

**オープンソースソフトウェアとハードウェアがEU経済の技術的自立、競争力、イノベーションに与える影響**

最終研究報告書

クヌート・ブラインド ミルコ・ベーム

ポーラ・グジェゴルジェフスカ アンドリュー・カッツ

武藤幸子 シヴァン・ペッチ トーベン・シューベルト

**内部識別**

### 契約番号： LC-01346583

### スマート 2019/0011

**欧州委員会**

通信ネットワーク・コンテンツ・技術総局 E-フューチャーネットワーク担当

ユニットE2「クラウドとソフトウェア

*連絡先*[CNECT-E2@ec.europa.eu](mailto:CNECT-E2@ec.europa.eu)

*欧州委員会 B-1049 ブリュッセル*

欧州委員会

**オープンソースソフトウェアとハードウェアがEU経済の技術的自立、競争力、イノベーションに与える影響**

最終研究報告書

通信ネットワーク・コンテンツ・技術総局

2021 EN

***EUROPE DIRECTは、欧州連合（EU）についての疑問を解決するためのサービスです。***

フリーダイヤル(\*)です。

00 800 6 7 8 9 10 11

(\*) 提供される情報は、ほとんどの通話と同様に無料です（ただし、一部のオペレーター、電話ボックス、ホテルでは有料になる場合があります）。

**法律上の注意事項**

この文書は欧州委員会のために作成されましたが、著者の見解のみを反映したものであり、欧州委員会はこの文書の再利用から生じるいかなる結果に対しても責任を負うものではありません。欧州委員会は、本調査に含まれるデータの正確性を保証するものではありません。欧州連合に関するより詳しい情報は、インターネット[(http://www.europ](http://www.europa.eu/)a.eu)で入手可能です。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| PDF | ISBN 978-92-76-30980-2 | doi: 10.2759/430161 | KK-04-21-080-EN-N |

2021年5月に原稿完成

第1版

欧州委員会は、本書の再利用に起因するいかなる結果にも責任を負いません。ルクセンブルグ：欧州連合出版局、2021年

© European Union, 2021



欧州委員会文書の再利用政策は、欧州委員会文書の再利用に関する2011年12月12日の欧州委員会決定2011/833/EU（OJ L 330, 14.12.2011, p.39）により実施されています。特に断りのない限り、この文書の再利用はCreative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) のもとで許可されています。これは、適切なクレジットを与え、変更を示すことを条件に、再利用が許可されることを意味します。

欧州連合が所有していない要素を使用または複製する場合は、それぞれの権利者に直接許可を求める必要がある場合があります。

このレポートの引用方法

Blind, K.; Böhm, M., Grzegorzewska, P., Katz, A., Muto, S., Pätsch, S., Schubert, T. (2021)．オープンソースソフトウェアとハードウェアがEU経済の技術的独立性、競争力、イノベーションに与える影響、最終研究報告書。ブリュッセル

目次

[ABSTRACT14](#_TOC_250067)

[エグゼクティブサマリー15](#_TOC_250066)

[RÉSUMÉ21](#_TOC_250065)

[アナライズ22のレジュメ](#_TOC_250064)

1. [イントロダクション29](#_TOC_250063)
2. [文献調査31](#_TOC_250062)
   1. [アプローチ31](#_TOC_250061)
   2. [他の概念との関連におけるオープンソースソフトウェア31](#_TOC_250060)
   3. [OSS35の経済性](#_TOC_250059)
   4. [OSS36のフレームワーク条件](#_TOC_250058)
   5. [OSS42の影響](#_TOC_250057)
   6. [オープンソースハードウェアに関する文献45](#_TOC_250056)
   7. [文献レビューの概要46](#_TOC_250055)
3. [方法論的アプローチの概要47](#_TOC_250054)
   1. [はじめに47](#_TOC_250053)
   2. [ケーススタディ、ビジネスモデル、タクソノミ47](#_TOC_250052)
   3. [経済効果分析：マクロおよびミクロレベル48](#_TOC_250051)
   4. [ステークホルダー調査49](#_TOC_250050)
   5. [最終解析50](#_TOC_250049)
   6. [公共政策分析50](#_TOC_250048)
   7. [政策提言52](#_TOC_250047)
4. [ケーススタディ分析、ビジネスモデル、タクソノミ54](#_TOC_250046)
   1. [はじめに54](#_TOC_250045)
   2. [ケーススタディ手法54](#_TOC_250044)
   3. [ソフトウェアとハードウェアのオープン性とハードワイアリングの次元55](#_TOC_250043)
   4. [ビジネスモデルとバリュープロポジション58](#_TOC_250042)
   5. [産業領域のケーススタディと成功例59](#_TOC_250041)
   6. [産業領域のケーススタディに基づく欧州経済のSWOT分析 84](#_TOC_250040)
   7. [ビジネスモデルの事例と定量分析89](#_TOC_250039)
   8. [ケーススタディ、ビジネスモデル、タクソノミのまとめ102](#_TOC_250038)
5. [経済効果分析103](#_TOC_250037)
   1. [はじめに103](#_TOC_250036)
   2. [OSS103のデータベース](#_TOC_250035)
   3. [マクロ経済への影響分析104](#_TOC_250034)
   4. [コストベースの影響評価154](#_TOC_250033)
   5. [経済効果分析の概要175](#_TOC_250032)
   6. [オープンソースハードウェア企業176社](#_TOC_250031)
6. [ステークホルダー調査結果 187](#_TOC_250030)
   1. [目標187](#_TOC_250029)
   2. [メソドロジー187](#_TOC_250028)
   3. [結果187件](#_TOC_250027)
7. [各種分析結果概要202](#_TOC_250026)
   1. [全体アプローチ202](#_TOC_250025)
   2. [各分析の主な結果202](#_TOC_250024)
   3. [包括的な分析209](#_TOC_250023)
   4. [オープンソースソフトウェアに「ダークサイド」はあるのか？ 215](#_TOC_250022)
8. [公共政策分析217](#_TOC_250021)
   1. [アプローチ217](#_TOC_250020)
   2. [分析的枠組み217](#_TOC_250019)
   3. [公共政策分析220](#_TOC_250018)
   4. [比較行動224](#_TOC_250017)
   5. [欧州連合機関228](#_TOC_250016)
   6. [EU加盟国での公共政策行動233](#_TOC_250015)
   7. [世界各国の公共政策の動き264](#_TOC_250014)
   8. [サイバーセキュリティにおけるオープンソースのメリット300](#_TOC_250013)
   9. [オープンソースと透明で公平なAI305](#_TOC_250012)
   10. [オープンソースハードウェアのポリシー313](#_TOC_250011)
9. [政策提言314](#_TOC_250010)
   1. [デジタルに自律した公共部門315](#_TOC_250009)
   2. [欧州の成長を可能にするオープンな研究開発322](#_TOC_250008)
   3. [デジタル化され、国際競争力のある産業328](#_TOC_250007)
   4. [次の革命オープンソースハードウェア338](#_TOC_250006)
   5. [ドメイン別推奨事項340](#_TOC_250005)
   6. [サステナビリティ342](#_TOC_250004)
10. [謝辞344](#_TOC_250003)
11. [ACRONYMS346](#_TOC_250002)
12. [参考文献350](#_TOC_250001)
13. [エコノメトリック分析に関する付属書384](#_TOC_250000)

テーブルのリスト

[表 2.1： イノベーションのプロセスと結果の双方の開放性に基づく様々なイノベーションのあり方（Huizingh 2011, S.3） 32](#_bookmark0)

[表2.2： 開放性の形態の違いによる構造（Dahlander and Gann 2010）.](#_bookmark1)

[..........................................................................................................32](#_bookmark1)

[表 2.3: オープンイノベーションの課題に対する解決策としてのオープンソース戦略 (West and Gallagher 2006) 33](#_bookmark2)

[表3.1： 公共政策分析の フレームワーク52](#_bookmark5)

[表4.1:SWOT分析 結果の概要88](#_bookmark7)

[表 4.2: OSH ビジネスモデルの分類法（von Falkenhausen 2020 に基づく） 98](#_bookmark10)

[表5.1： 変数、説明、出典108](#_bookmark14)

[表5.2: OSSコミットのGDPへの 影響(DOLS) 112](#_bookmark15)

[表5.3: OSS貢献者のGDPへの 影響(DOLS) 114](#_bookmark16)

[表 5.4: OSS コミットの労働生産 性への影響 (FE) 115](#_bookmark17)

[表 5.5: OSS 貢献者の労働生産 性への影響(FE) 116](#_bookmark18)

[表5.6： OSSコミットによる輸出への 影響（DOLS） 118](#_bookmark19)

[表5.7：TiVaにおける OSSコミットの影響（DOLS） 119](#_bookmark20)

[表5.8： OSS貢献者の輸出への 影響（DOLS） 120](#_bookmark21)

[表5.9： OSSコントリビューターがTiVaに 与える影響（DOLS） 121](#_bookmark22)

[表 5.10: OSS コミットが経済的複雑性指数(FE)に与える影響 122](#_bookmark23)

[表 5. 11：OSS の貢献者が経済複雑性指数（FE ）に与える影響 123](#_bookmark24)

[表 5.12： OSS コミットの知的財産権に対する支払いへの影響（FE） 124](#_bookmark25) [表 5. 13：OSS コントリビューターの知的財産権に対する支払いへの影響（FE） 124 表 5. 14：OSS コントリビューターの知的財産権に対する支払いへの影響（FE](#_bookmark26)

[........................................................................................................125](#_bookmark26)

[表 5.14: EU 加盟国の イノベーターシェアに対する OSS コミットの影響 (FE) 126](#_bookmark27)

[表 5.15: EU 加盟国における OSS 貢献者の革新者シェアへの影響(FE) 127](#_bookmark28)

[表 5.16： OSS コミットの計算機実装関連発明特許への影響（FE） 128](#_bookmark29)

[表 5. 17：OSS の貢献者による計算機実装関連発明の 特許への影響（FE） 129](#_bookmark30)

[表5.18： OSSコミットによる商標への 影響（FE） 130](#_bookmark31)

[表5.19： 通信サービスにおける OSSコミットメントの商標への影響](#_bookmark32)

[........................................................................................................131](#_bookmark32)

[表 5.20: 科学技術サービス・研究における OSS コミットの商標への影響 132](#_bookmark33)

[表5.21： OSSコントリビューターが商標に 与える影響（FE） 133](#_bookmark34)

[表 5.22: OSS 貢献企業の電気通信サービスにおける 商標への影響(FE) 134](#_bookmark35)

[表 5.23: OSS 貢献企業の科学技術サービス・研究 分野の商標への影響（FE） 135](#_bookmark36)

[表 5.24: OSS コミットの新興企業 への影響(FE) 137](#_bookmark37)

[表 5. 25：OSS 貢献者の新興企業への 影響（FE） 138](#_bookmark38)

[表 5. 26：OSS コミットの情報技術分野の新興企業への影響（FE） ...](#_bookmark39)

[........................................................................................................139](#_bookmark39)

[表 5. 27：OSS の貢献者が情報技術分野のスタートアップに与える影響（FE） 140](#_bookmark40)

[表 5. 28：OSS コミットの OSS 起業への 影響(FE) 141](#_bookmark41)

[表 5.29: OSS 貢献者が OSS の立ち上げに与える影響（FE） 142](#_bookmark42)

[表 5.30:Wrightら(2020)に基づく2016年GitHubコミット数10%増による 情報技術 分野のスタートアップ企業数増加予測 143](#_bookmark43)

[表 5.31: コンピュータ製造業と情報通信業 における OSS コミットの企業人口変化への影響(FE)](#_bookmark44)

[........................................................................................................144](#_bookmark44)

[表 5.32: コンピュータ製造業と情報通信業 における OSS 貢献者の企業人口変化への影響 (FE)](#_bookmark45)

[........................................................................................................145](#_bookmark45)

[表 5. 33：OSS コミットの IT 雇用 シェアへの影響(FE) 147](#_bookmark46)

[表 5.34: OSS コミットの雇用への 影響(FE) 148](#_bookmark47)

[表 5. 35：OSS の貢献者が IT 雇用の シェアに与える影響149](#_bookmark48)

[表5.36: OSSコントリビューターによる雇用への 影響150](#_bookmark49)

[表 5.37： 2018 年における EU 加盟国ごとの OSS 貢献企業と関連コストおよび付加価値 156](#_bookmark50)

[表 5.38: OSS コミット、必要な労力と関連コスト、2018 年の EU 加盟国 ごとの付加価値 157](#_bookmark51)

[表5.39: GitHubへの貢献者数で差別化された企業サンプル ...](#_bookmark62)

[2018年の企業規模167](#_bookmark62)

[表 5.40:2018年に企業 規模で差別化したサンプル企業におけるGitHubへのコミットメント 167](#_bookmark63)

[表 5.41:2018 年の企業規模で差別化したサンプル企業における GitHub へのコミットに費やした年数での労力 168](#_bookmark64)

[表 5.42： 2018 年、セクターで差別化した企業サンプルにおける GitHub への貢献者 169](#_bookmark65)

[表5.43: GitHubへのコミットメント（サンプル企業で差別化されたもの2018年のセクター 170](#_bookmark66)

[表5.44:2018年に業種で 差別化した企業サンプルにおけるGitHubへの努力年数 171](#_bookmark67)

[表5.45:2018年に企業規模で差別化された情報通信分野の企業のサブサンプルにおける GitHubへの貢献者 172](#_bookmark68)

[表5.46:2018年に企業規模で差別化した 情報通信 分野の企業のサブサンプルにおけるGitHubへのコミットメント 172](#_bookmark69)

[表 5.47:2018年に企業規模で差別化した情報通信分野の企業の サブサンプルにおけるGitHubへのコミットに費やした労力（年） 173](#_bookmark70)

[表5.48：回帰分析の 結果174](#_bookmark71)

[表 5. 49：Crunchbase でオープンソースハードウェアに 言及しているスタートアップ企業の産業グループ (n = 61) 179](#_bookmark75)

[表 5.50:EU 加盟国 によるオープンソースハードウェアプロジェクトの認証件数（出典：https://certification.oshwa.org/list.html 2020 年 5 月） 181](#_bookmark78)

[表 5.51： オープンソフトウエアの基盤（出典：Cánovas 2020）182](#_bookmark79)

[表 6.1： 地域ごとの OSSH の利用、統合、開発、参加状況（回答絶対数） 197](#_bookmark89)

[表8.1:政策の 次元と基準217](#_bookmark95)

[表8.2： 基準・指標219](#_bookmark96)

[表 8.3: 2010 年までに世界で承認された OSS イニシアチブの地域分布（Lewis, 2010） 221](#_bookmark98)

[表8.4： 経済的な懸念222](#_bookmark99)

[表8.5： 技術的な懸念事項223](#_bookmark100)

[表8.6： 政治的な懸念事項224](#_bookmark101)

[表8.7： 法的な懸念事項224](#_bookmark102)

[表 8.8：オープンソースポリシーの 概要と比較227](#_bookmark103)

[表 8.9： オープンソース財団への 中国の関与 278](#_bookmark106)

[表 8.10：科学技術政策文化の各局面におけるインドへの 影響 281](#_bookmark107)

[表9.1:政策提言の 構成315](#_bookmark113)

[表A.1: OSS コミットの全要素生産性(FE)への影響 384](#_bookmark114)

[表A.2： OSS貢献者の全要素生産性（FE ）に対する影響 385](#_bookmark115)

[表A.3: OSSコミットの多要素生産 性への影響(FE) 386](#_bookmark116)

[表A.4: OSS貢献者の多要素生産 性への影響（FE） 387](#_bookmark117)

図表の一覧

[図2.1： OSSのビジネスモデルと事例（Koenig 2004）39](#_bookmark3)

[図3.1：方法論的アプローチの 概要47](#_bookmark4)

[図4.1: 設計-施工-テストサイクルと製品化55](#_bookmark6)

[図4.2: 業種別にみたOSSを活用したスタートアップ企業95](#_bookmark8)

[図 4.3: ベンチャー企業に帰属する産業に基づくトピックモデリング結果 ...](#_bookmark9)

[..........................................................................................................96](#_bookmark9)

[図5.1： インパクト・モデルの枠組み106](#_bookmark11)

[図5.2: 年別・国別の GitHubのコミット数107](#_bookmark12)

[図5.3: GitHubの年別・国別の 貢献者数108](#_bookmark13)

[図 5.4: EU 加盟国ごとのコンピュータ・プログラミングにおける 従業員一人当たりの努力と平均人件費の掛け算と従業員一人当たりの 離職率 160](#_bookmark52)

[図 5.5: EU 加盟国ごとのコンピュータ・プログラミングにおける 従業員一人当たりの努力と見かけの労働生産性の掛け合わせ vs 従業員一人当たりの離職率 160](#_bookmark53)

[図 5.6: EU 加盟国ごとの GitHub への貢献企業数(n=1763) 162](#_bookmark54)

[図 5. 7：Amadeus でオープンソースに言及している EU 加盟国ごとの 掲載企業数（n=895） （出典：Amadeus） 162](#_bookmark55)

[図 5.8:EU 加盟国のターンオーバー・クラスごとの GitHub に貢献している 企業のシェア(n = 1763) 163](#_bookmark56)

[図 5. 9：Amadeus でオープンソースに言及している上場企業の売上高クラス 毎のシェア（n=703） （出典：Amadeus） 163](#_bookmark57)

[図 5.10: EU 加盟国において GitHub に貢献している企業の従業員階層別 シェア(n = 1763) 164](#_bookmark58)

[図 5. 11：Amadeus に掲載されている企業のうち、従業員クラス ごとにオープンソースに言及している企業の割合（n = 972）（出典：Amadeus） 164](#_bookmark59)

[図 5.12:EU 加盟国において GitHub に貢献している 企業の分野別 シェア（n = 1763） 165](#_bookmark60)

[図 5. 13：Amadeus でオープンソースに言及している上場企業の分野 別シェア（n = 1151）（出典：Amadeus） 165](#_bookmark61)

[図 5.14: Amadeus でオープンソースハードウェアに 言及している国別 上場企業数（n = 61） （出典：Crunchbase） 177](#_bookmark72)

[図 5.15: Crunchbase に掲載されたオープンソースハードウェアに 言及している企業の創業年別件数 (n = 61) 178](#_bookmark73)

[図 5.16:Crunchbase に 掲載されたオープンソースハードウェアに言及している 企業数（従業員数別） (n = 61) 178](#_bookmark74)

[図 5.17: オープンソースハードウェアプロジェクトの年度別認証件数（出典：https://certification.oshwa.org/list.html） 180](#_bookmark76)

[図 5.18: オープンソースハードウェアプロジェクトのカテゴリ 別認証件数（出典：https://certification.oshwa.org/list.html） 181](#_bookmark77)

[図6.1: 回答者の立場(絶対数) 188](#_bookmark80)

[図 6.2: 組織または組織単位のコアビジネスモデル（回答の 絶対数、複数回答可） 189](#_bookmark81)

[図6.3: ハード意識とソフト意識の比較（ソフト＝1〜ハード＝9まで） ...](#_bookmark82)

[........................................................................................................189](#_bookmark82)

[図 6.4：ソフトウェア/ハードウェアの 開発における様々なソースの貢献度（単位：％） 191](#_bookmark83)

[図 6.5： 組織または組織単位のノウハウを 保護するための戦略の使用（回答数 441 に基づく全回答のシェア） 192](#_bookmark84)

[図 6.6: コピーレフト・ライセンスの有無による OSS 活動への参加状況（回答の絶対数） 193](#_bookmark85)

[図6.7：OSSH194の 利用状況・貢献度](#_bookmark86)

[図 6. 8： OSSH の開発への参加形態（回答の 絶対数） 195](#_bookmark87)

[図 6.9： OSSH 開発に参加するインセンティブ（尺度：1 = 非常に低い～5 = 非常に高い関連性） 196](#_bookmark88)

[図6.10: OSSHの使用または貢献によるメリット（スケール。1 = メリットなし～5](#_bookmark90)

[= 非常に高い利益） 198](#_bookmark90)

[図6.11: OSSHの使用または貢献のコスト(スケール。1 = コストなし～5 = 非常に高い非常に高い) 200](#_bookmark91)

[図 6.12: OSSH の使用または貢献の全体的なコスト・ベネフィット比 (n = 101) .](#_bookmark92)

[図 6. 13： OSSH を 利用または貢献した場合の定量的な便益コスト比の評価（回答の絶対数） 201](#_bookmark93)

[図7.1： 全体アプローチ202](#_bookmark94)

[図8.1: OSSポリシー普及率の 可視化例220](#_bookmark97)

[図 8.2: EC オープンソース・ソフトウェア導入成熟度指数229](#_bookmark104)

[図8.3: ドイツにおけるOSS関連調達の取り組み244](#_bookmark105)

[図8.4: MeityのFOSSビジョン284](#_bookmark108)

[図8.5: 連邦政府のソースコードポリシーの機関への 導入299](#_bookmark109)

[図 8.6: The V-Model (](#_bookmark110)[出典: http://tryqa.com/what-is-v-model-advantages-](http://tryqa.com/what-is-v-model-advantages-) [disadvantages-and-when-to-use-it/) 303](#_bookmark110)

[図 8.7: Commits to AI Software vs All Software (出典: Bruffaldi et al 2020) .](#_bookmark111)

[........................................................................................................308](#_bookmark111)

[図8.8: AI半導体市場（出典：McKinsey 2018）309](#_bookmark112)

# 概要

本調査は、オープンソースソフトウェア（OSS）およびハードウェア（OSH）が欧州経済に与える経済効果を分析したものです。欧州委員会のDG CONNECTの委託により実施されました。

EUに所在する企業が2018年にOSSに投資した額は約10億ユーロと推定され、その結果、欧州経済への影響は650億ユーロから950億ユーロに上るとされています。分析では、費用対効果比を1:4以上と推定し、OSSの貢献度が10%増加すると、年間0.4%から0.6%のGDPが追加で発生するほか、EU内のICTスタートアップが600社以上追加されると予測しています。ケーススタディでは、プロプライエタリなソフトウェアの代わりにOSSを調達することで、公共部門は総所有コストを削減し、ベンダロックインを回避し、その結果、デジタル自治を高めることができることが明らかにされています。また、欧州および世界各国の既存の公共政策アクションの分析も含まれています。

しかし、欧州のOSSに関する制度的能力の規模は、OSSによって生み出される価値の規模に比べて不釣り合いなほど小さくなっています。そこで、本研究では、デジタルに自律した公共部門、欧州の成長を可能にするオープンな研究開発、デジタル化され内部競争力のある産業を実現するための具体的な公共政策の提案を数多く行っている。

# エグゼクティブサマリー

* 1. **はじめに**

この調査は、欧州委員会のDG CONNECTの委託を受け、オープンソースソフトウェアとハードウェアが欧州経済に与える経済効果を分析するために行われたものです。この調査は、オープン ソース ソフトウェア (OSS) の現在の商業的利用、コスト、および利点、ならびに OSS を利用しその利点を拡大するための世界的な政策の取り組みについて包括的な情報を提供しています。これらの情報に基づいて、この調査では、欧州連合 (EU) が OSS およびオープン ソース ハードウェア (OSH) の使用、推進、サポートを通じて政策目標 (経済成長、競争力強化、イノベーション、雇用創出など) を達成する可能性を評価しています。

この調査では、関連文献のレビュー、いくつかのケーススタディと統計分析、そして代表的な企業やデベロッパーを対象とした詳細なアンケートを実施しました。調査したさまざまな情報源から提供されたデータと、この調査のために特別に収集したデータの間には、強い一貫性が見られました。

* 1. **計量経済分析インサイト**

EU の OSS 開発者（ソロの開発者、学者、政府関係者、従業員）は、世界の OSS エコシステムに大きく貢献し ている。EUでは、OSSコード（「コミット」）を寄稿するのは、中小企業の従業員が最も多い。一方、米国では、コミットは、自由に利用でき、継続的に改善される大量のOSSコードに基づいて、関連ビジネスモデルを成功させる大規模ICT企業によって、主に行われる。

公開された情報に基づき、EUに所在する企業は2018年に約10億ユーロをOSSに投資している。本調査では、OSSプールはEUのGDPに大きく貢献しており、貢献度が10%増加すると、年間0.4%から0.6%のEUのGDPを追加で生み出すと結論付けています。また、10％増加すると、EUで年間600以上のICTスタートアップが追加で発生すると結論づけている。ケーススタディでは、プロプライエタリなソフトウェアの代わりにOSSを調達することで、公共部門は総所有コストを削減できるだけでなく、ベンダロックインを削減または防止できることが明らかになった。全体として、オープンソースの利点は、それに関連するコストを大幅に上回ります。これらのメリットは、追加的な収益の発生よりも、主にオープン性（標準化と独立性を含む）と人件費の節約に関連しています。

EU加盟国のGDPデータの計量時系列分析によると、2018年、すべての加盟国において、OSSの経済効果は650億ユーロから950億ユーロであることが示されています。個人の貢献者は少なくとも26万人で、2018年のコンピュータ・プログラミング部門のEU従業員約310万人の8％に相当します。合計すると、EU加盟国からの2018年の3000万件以上のコミットは、ほぼ10億ユーロに相当する人的投資（フルタイム換算）に相当し、この投資の成果はパブリックドメインで利用できるため、他者が再び開発する必要はない。

このデータから、企業規模が小さいほど OSS への相対的な投資額が大きいことがわかる（OSS に最も積極的な企業 のサンプルでは、従業員 50 人以下の企業がコミットのほぼ半分を占めている）。貢献者の 50%以上が ICT 産業に属するが(EU 全体で OSS 開発に参加した従業員は全体の 8%)、OSS 開発に参加した従業員には、以下のような特徴があった。

また、専門職、科学技術職、卸売業、小売業、金融業などの企業も強く関与しています。

本調査では、2018年までの累積で、EUのGDPに対するOSSの貢献と、EUの従業員のOSSへの貢献から、1：10を若干上回る費用便益比が得られると試算している。EUの26万人のOSSへの貢献者のハードウェアやその他の資本コストを考慮しても、コストベネフィット比は1:4をわずかに上回る程度である。

* 1. **調査インサイト**

回答は900社を超え、約100社がすべての質問に回答している。回答者の約25%はソフトウェア開発会社で、さらに10%は個人の開発者であった。さらに40%の企業は、部品、最終製品、サービスを製造しているか、プラットフォームプロバイダー、システムインテグレーター、ネットワークオペレーターであった。OSHの開発に実質的に参加している回答者はごく少数であった。新興企業が強い。調査回答者のうち、新興企業を含む零細企業は、絶対値でも規模に比しても、OSSへの貢献と投資が不釣り合いに大きい。いくつかの小規模・零細企業では、収益の半分以上が OSS、特に OSS 関連サービスによるものであると回答している。回答者（特に小規模・零細回答者）は、イノベーション関連費用の割合も高く、OSS の貢献の約 50％は社内の製品開発、さらに 40％は既存の OSS に関連するものであると報告している。回答者は、公開コードに関連して特許を申請することはほとんどなかったが、知的財産を保護するための代替手段を見出した。

OSSに参加する動機は、優先順位の高いものから順に技術的な解決策の発見、ベンダロックインの回避、技術水準の向上、高品質なコードの開発、知識の追求、知識の創造。また、個々の参加者の個人的な関心も重要であった。OSS への貢献によって新しい市場や顧客にアクセスすることは、大きな動機にはならなかった。しかし、社内の保守作業の軽減、ロイヤリティフリーのコードへのアクセス、研究開発投資に対するリターンの増加など、コスト削減は重要な動機となった。その他の平均的な動機としては、ネットワークの構築、差別化できない機能 (例：よく使われるライブラリ)の開発、評判の向上がある。OSS を使用し、OSS プロジェクトにコードを提供している回答者は、オープンスタンダードと相互運用性 のサポートが最も高い利益を生むと認識しているが、その利益は直接的な収益ではなく、ネットワーク外部 性によって生じる間接的なものであるとしている。また、ソースコードへのアクセス、支出削減、ベンダロックインの回避、知識交換のための活発なコミュニティへのアクセス、参加によるイノベーション促進効果、セキュリティと品質の向上についても、中程度以上の重要度を与えている。

回答者の3分の1は、非常に高い便益と低いコストを、さらに3分の1以上は、非常に高い便益と中程度のコスト、または少なくとも高い便益と低いコストを認識しており、最も多く挙げられた値は1：10、次いで1：5であった。比較のため、人件費以外のコスト（ハードウェアなど）を考慮すると、本研究では、経済学に基づく利益に基づいて費用対効果の比率を1：4と推定している。

* 1. **ケーススタディーインサイト**

文献と我々の調査の両方から、特に OSH に関するデータの不足に対処するため、参加への障壁を低くし、実験を可能にし、事実上の標準の開発に貢献できるオープンソースソフトウェアとハードウェア（OSSH）のコミュニティ開発に関する 5 つのケーススタディが実施されました。財団は、OSSとOSHのエコシステムにおいて重要な推進力であり、標準化、知識移転、プロジェクト管理など、多くの重要なサービスを提供しています。企業は、単に技術の消費者としてだけでなく、重要な貢献者やスチュワードとして、OSSH コミュニティとより深く関わるために財団に参加しています。しかし、いくつかの OSS と OSH のプロジェクト（公的資金によるものもある）は EU に本社があるが、参加は EU の個人または企業に限定されるものではない。参加は企業規模と相関しており、参加企業の多くは、プラットフォームをベースにしたビジネスモデルで OSS を使用している米国に本拠を置く大企業である。したがって、欧州の OSS プロジェクトと OSH プロジェクトを明確に区別することは困難である。また、OSH の規律はまだ新しく、製品開発もこれからであるため、ほとんどの場合、利益を評価するには時期尚早である。しかしながら、ケーススタディは、OSS と OSH の両方のエコシステムが、例えば OSH のためのソフトウェアサポートなど、いくつかの重複を伴いながら、高度かつ効率的に統合されていることを明らかにした。ケーススタディからの定性的な洞察は、EUの強み、弱み、機会、脅威（SWOT）の分析のための基礎として使用されている。

* 1. **政策分析**

本調査では、EU 加盟国（ブルガリア、フランス、ドイツ、イタリア、ポーランド、スペイン）をはじめ、 ヨーロッパ（イギリス）、アメリカ（アメリカ、ブラジル）、アジア（中国、日本、インド、韓国）の各国政府による OSS 関連の公共・民間政策の範囲、効果、影響を検証した。この調査では、質的方法と量的方法の両方が用いられました。レビューの結果、地域によって範囲や目的に大きな違いがあることがわかった。最後に、効果的なOSSとOSHのポリシーを作成し、実施することは、依然として困難である。

全体として、4つの主要な動機が見いだされ、時間の経過とともに強調点が変化している。(i) コスト削減 (ii) スイッチング・コストとネットワーク効果 (iii) 公共財の過小生産

1. 市場競争と技術中立性また、この調査では、OSS の政府支援には、2000 年代初頭に始まったものと 2010 年代半ばに始まったものの 2 つの主要な波があることを確認した。この2つの波は、それぞれ異なる物語によって推進された。

公共部門の政策は、オープンソースに関する能力を向上させ、公共部門内の結果を最適化すること、または、公共調達においてプロプライエタリなソフトウェアよりもOSSを優遇することを目的としています。このような政策は、拘束力のある法律から単純な規範まで、範囲、実施メカニズム、規定レベルもさまざまである。民間セクターの政策活動は、より多様である。OSS に対する指導や支援も含まれる。政府によっては、OSS を通じてイノベーションを生み出すために産業政策を課したり、影響を与えたり するが、一方で OSS のトレーニングや開発を促進するために大学と協力したり、OSS コミュニティの創設や支援 に直接手を伸ばしたりする。また、政府は、政策目標を達成するために、オープンソース・プロジェクトに直接資金を提供したり、認証したりすることもあります。

大まかに言って、欧州と米州の政府政策は公共部門に焦点を当て、アジアの政府は民間部門に焦点を当てる傾向がある。調査対象となったEU加盟国およびその他のヨーロッパの国々の大多数は、国家レベルでOSに関する正式な政策を持っており、ほとんどの場合、OSSの公共調達政策がとられている。全体として、この調査では、公共

セクターの OSS 政策は、公共調達の場合でさえ、成功しないことが多かった。本当に納得のいく導入は、オープンソースがデジタルシフトの中核となり、行政のデジタル文化に根付いている場合のみであった。公共部門における OSS の開発と再利用を義務付ける法律も、一般的には成功しませんでしたが、これは多くの場合、具体的な実施ガイダンスがなかったことが原因です。今日、民間企業におけるソフトウェア能力が向上した国々（すなわち、韓国や中国）では、オープンソースが産業政策において重要な役割を担っている。ヨーロッパの政府は、より自由放任的なアプローチをとっており、今日、この分野の能力に関しては、EUは後塵を拝している。民間部門での成功は、公共部門でより小さな役割を果たすオープンソースに関連した経済的インセンティブに関連しています。

OSHについては、OSSの潜在的な市場がOSHよりもはるかに広いこと、OSSベースのスタートアップの資金調達がOSHベースよりも安価になる場合があること、多くのOSHビジネスの立ち上げにはより高度なマネジメントが必要であることなど、OSSとは大きく異なる点がある。また、産業界がハードウェアに対するオープンなアプローチをソフトウェアの場合と同様に魅力的と感じるかどうかは、まだわからない。したがって、OSHに関する公的資金の投資対効果は、OSSの場合よりも推測しやすく、かつ狭い範囲にとどまる可能性が高い。

最後に、現在の出来事は、EUのリーダーシップとコミットメントが不釣り合いな結果をもたらす機会の窓を提供しています。OSS財団や標準開発者は、最近の貿易摩擦の結果、EUに移転している。EUに本部を置く非政府系団体に代表される中立性の歴史は、それゆえ、他の場所の政策変更にかかわらず持続しそうな問題に対する魅力的な解決策を提供する。

* 1. **政策提言**

実証分析の結果に基づき、以下の提言が導き出された。

#### デジタルに自律した公共部門

*制度的能力の構築*

* + オープンテクノロジーの消費、創造、応用を支援し、加速することを目的とした最大20のOSPO（オープンソースプロジェクトオフィス）のネットワークを欧州委員会が資金提供することを推奨している。

*レジティマシーの創造*

* + オープンソースによるデジタルオートノミーと技術主権の推進が推奨される。
  + OSS とそのコミュニティは、欧州の研究・イノベーション政策だけでなく、欧州グリーンディールや欧州産業 戦略のような一般的な政策枠組みにも統合することが推奨される。研究・イノベーションプログラムにOSSH財団を参加させることは、資金調達や支援を管理する上で適切なアプローチを提供することができるかもしれない。
  + OSSへの直接貢献の選択肢を評価することが推奨される。
  + オープンソースに関する立法を行う際には、Open Source InitiativeのOpen Source Definitionを参照することが推奨されます。

*ストラテジック・インテリジェンス*

* + Eurostat のデータ収集活動や EU のベンチマーキング活動にオープンソースを統合することが推奨されます。
  + オープンソース・オブザーバトリーを戦略的情報の構成要素によって拡張することが推奨される。

#### 欧州の成長を可能にするオープンな研究開発

*ナレッジ・クリエーション*

* + OSS と OSH プロジェクトに関する研究開発資金を、Horizon Europe などの既存のプログラムと、特に中小企業、あるいは零細企業や新興企業、個人開発者を対象とした新しいイニシアチブを通じて、より多く提供することが推奨される。この資金は、欧州グリーンディールと欧州産業戦略などの EU 固有の目標に焦点を当てるべきである。
  + OSSとOSHのコミュニティ、学生、教授を対象とした研究賞や賞を立ち上げることが推奨される。

*知識の普及とネットワーキング*

* + 公的資金による研究開発プロジェクトで生成されたコードを、一般にアクセス可能なEUベースのOSSHリポジトリにアップロードするための強力なインセンティブを提供することが推奨されます。
  + EUでホストされているネットワークと同様に、プラットフォームやデポジトリーの開発と維持を支援することが推奨されます。現在のOpen Source Observatoryの範囲を拡大することが出発点となり得る。

*起業家活動*

* + 加盟国の高等教育機関は、起業家精神に関する様々な修士課程やICT研究などにおいて、OSSHに基づく起業を促進する起業家的スキルを提供することが推奨される。
  + OSSやOSH財団の教育プログラムや、企業、特に中小企業や新興企業とのコラボレーションに対して、財政的な支援を行うことが推奨される。

*人財育成*

* + OSSとOSHを欧州資格枠組（EQF）にトピックとして含めることが推奨される。
  + 教育を担当する国の組織は、高等教育機関のプログラムにオープンソース（開発、ビジネスモデル、ライセンス）を組み込むことを推進することが推奨される。
  + 高等教育機関（HEP）や公的研究機関（PRO）、ビジネススクールに対して、OSSHに焦点を当てた特定のマネジメントコース（例：ミニMBA）を提供するインセンティブを提供することが推奨されます。
  + 特定の分野でオープンソースのスキルを身につけた個人に対して、EUの認証制度を開発することが推奨されます。
  + EUは、研究プロジェクトから始めて、オープンソースの貢献者の多様性を高めることを推奨しています。

#### デジタル化され、国際的な競争力を持つ産業

*金融資本整備*

* + 個人および法人からのOSSHへの寄付は、税法上、慈善寄付として扱われることが推奨されます。
  + 強化された欧州技術革新評議会（EIC）プログラム（EICアクセラレータを含む）を継続し、明確に公募することが推奨される。

欧州の中小企業エコシステムにおけるベンチャーキャピタルの不足を解消するため、高リスクで研究開発志向の強い若手OSSHベースの起業家から資金を調達します。

* + ベンチャーキャピタルファンドなど、OSSHを利用する新興企業が既存の企業と提携できるような資金調達手段を導入することが推奨されます。
  + プレコマーシャルプロキュアメントとOSSHの潜在的な相乗効果をより戦略的かつ体系的に十分に活用することが推奨される。

*規制環境*

* + OSSHの開発者個人の責任を明確にすることが望まれる。
  + セキュリティ向上のための具体的な変更を必要とする重要なOSSプロジェクトのセキュリティ監査には、公的資金を充てることを推奨する。
  + 標準化に加えて、知識・技術移転のさらなるチャネルとして、例えば、Horizon Europeプロジェクトの明示的な普及チャネルとして、OSSを推進することが推奨される。
  + OSS を使用する中小企業のニーズを考慮し、指令や戦略など、公共調達に OSS を含めることを改善す ることが推奨される。
  + 今後の欧州の著作権・特許法の改正において、オープンソースを考慮することが推奨されます。
  + 関連する政策イニシアチブにおいて、OSS（およびOSHとオープンデータ）の相互関係を考慮することが推奨される。

*マーケットクリエーション*

* + オープンソースコミュニティのガバナンスに関連するなど、競争政策やプラットフォーム政策において、オープンソースを明示的に考慮することが推奨されます。
  + 中小企業政策において、オープンソースを明示的に考慮することが推奨されます。

*オープンソースハードウェアに特化した推奨事項*

* + ホワイトスペースの周波数展開に関連して検討されているアプローチのような、オープンソースハードウェアのための革新的な規制メカニズムを開発するプロジェクトに資金を提供することが推奨されます。
  + オープンソースハードウェアの分野で、大学、研究機関、民間企業のパートナーシップで構成されるセンターオブエクセレンスの開発に資金を提供することが推奨されます。

*ドメイン別推奨事項*

* + OSS開発者や人工知能関連企業への資金提供の機会を提供することが推奨される。
  + EUの今後のAI戦略において、OSSを明示的に考慮することが推奨される。
  + FPGA (Field Programmable Gate Arrays) 用のビットストリームフォーマットの欧州標準を策定するため、欧州の標準化団体に標準要求 (mandate) を開始することが推奨されます。

*サステナビリティ*

* + OSSHは、機器のライフサイクルを延長し、部品の再利用を可能にし、重複する開発労力を削減することで持続可能性に貢献するため、メーカーが機器のサポートを終了した後のソフトウェアの変更権を含む修理権を設定することが推奨される。
  + OSS と OSH のプロジェクトが、環境に配慮した補足的な効果をもたらす場合は、追加資金やインセンティブを適用することが推奨される。

# 履歴書

この調査は、自由な論理（OSS）および自由な材料（OSH）が欧州経済に与える影響を分析したものです。本調査は、欧州委員会のDG CONNECTから委託されたものである。

UE内の企業は2018年に約100億ユーロを自由診療用医薬品に投資し、ユーロ経済に6500万ユーロから9500万ユーロの影響を及ぼした。この分析では、コスト・ベネフィットの比率が1:4以上であることが示され、また、自由なロジックへの投資が10%増加すると、年間0.4%から0.6%のPIBが増加し、さらに、EU内で600以上の技術系スタートアップ企業が補充的に設立されることが証明されています。事例研究では、公共部門が自由なロジックを利用することで、所有にかかる総費用を削減し、供給者側からの依存の影響を排除し、その結果、コンピュータの自律性を向上させることができることが証明されています。この研究では、ヨーロッパと世界における公共政策の動きも分析しています。

しかしながら、欧州の自由形式ロジックに関する制度的能力の水準は、自由形式ロジックが創出する価値の水準に比して不釣り合いなほど低い。したがって、本調査では、自律的なデジタル公共部門、欧州の成長を促進するオープンな研究開発、国際的に競争力のあるデジタル産業を実現するための具体的な公共政策の勧告を提示する。

# 分析結果

1. **はじめに**

この研究は、欧州委員会のDG CONNECTが、自由なロジックと自由なマテリアルが欧州経済に与える経済的影響を分析するために実施したものである。本書では、現在行われているフリーソフトウェア（またはオープンソース）の商用利用、そのコストと利点、そしてフリーソフトウェア利用に関連する利点を活用・増幅するために世界規模で展開されている政治的努力について完全な一覧表を提供します。これらの情報に基づき、本調査では、欧州連合（UE）が、自由なロジックとマトリクス（またはオープンソースマトリクス）の利用、促進、支援により、その政治的目標（特に経済成長、競争力の強化、イノベーション、雇用創出）を達成する能力を評価する。

本調査は、関連文書の調査、複数のケーススタディと統計分析の実施、および企業や開発者を代表する集団に対して実施したデタイル調査から構成されています。また、さまざまな情報源から提供されたデータと本調査のために特別に収集されたデータとの間には、強い相関が見られた。

1. **経済学的分析の概要**

欧州の自由形式ロジックの開発者（民間企業、大学、民間企業の従業員、給与所得者）は、自由形式ロジックの世界的な生態系に大きく貢献している。UEでは、自由なロジックコードの作成に貢献する可能性が最も高いのは、小規模または非常に小規模な企業の従業員です（「コミット」と呼ばれることもあります）。一方、米国では、コミットは主にTIC分野の大企業によって製造されており、彼らは、無料で提供され、常に改良されている膨大な数の自由なロジック・コードに基づいて、関連する商業モデルを成功裏に構築しています。

公共分野の情報に基づいて、UEに所在する企業は2018年に約100億ユーロを自由なロジックに投資しました。本調査では、自由なロジックの基盤はUEのPIBに有意に寄与しており、その寄与が10%増加すると、毎年UEの補完的なPIBを0.4%から0.6%増加させると結論付けている。また、この調査では、10％の増加により、UEで年間600社以上の補助的な技術系ベンチャー企業の設立が可能になると結論付けています。事例研究では、独占的なロジックではなく自由なロジックを採用することで、公共部門は保有コストを削減するだけでなく、供給者側からの支出を削減または防止することができることが証明されています。全体として、オープンソースの利点は、それに伴うコストに大きく影響します。これらの利点は、主に、規範と独立性の観点からの開放と、主業務コストの経済性に関係しますが、副次的な収益の創出にも関係します。

UE加盟国のPIBに関するデータを時系列で経済学的に分析したところ、2018年、すべての加盟国において、自由形式ロジックの経済的影響は65～9500万ユーロであったことが示された。個人の貢献者数は最低でも26万人となり、2018年に情報プログラム分野で働くUEの従業員約310万人の8%に相当します。合計すると、2018年にEU加盟国から提供された3,000万人以上のコミットは、人材への投資（quivalents temps pleinベース）égal à près d'un milliard d'eurros, et les résultats de cet investmentsement étant disponibles dans le domain public, they n'ton pas besoin, par concessent, d'uneau développés para other personnesといえるでしょう。

このデータから、企業規模が小さいほど自由形式ロジックへの関連投資が重要であることがわかる（従業員数 50 人以下の企業は、この自由形式ロジックに関連する最も活発な企業の約半分を生産している）。50%以上がTIC産業であり（UEレベルでは全従業員の8%が自由形ロジックの開発に参加）、さらに専門職、科学技術職、技術職、より小規模ではあるが大規模商業、小規模商業、金融業が大きく関与していることが判明している。

累積ベースでは、2018年まで、EUのPIBへの自由形ロジックの貢献と、EUの雇用者の自由形ロジックへの貢献は、1:10を大幅に上回るコスト・ベネフィットの比率を生み出していたと推定される。さらに、26万人の自由形式ロジックへの出資者のマテリアル関連費用やその他の投資費用を考慮した結果、コスト・ベネフィットの比率はさらに1:4と大幅に上回っています。

1. **調査概要**

900 社以上の企業と開発者がこの調査に回答し、そのうち約 100 社が、これまでの自由形式ロジッ クの調査で十分に議論されてこなかった分野のコストと利点に関する質問に回答した。回答者の25%以上がロジック開発企業で、10%が個人開発者であった。回答企業の40%は、部品、製品、最終サービスを製造しており、また、プラットフォームメーカー、システムインテグレーター、ネットワークオペレーターであった。オープンソースマテリアルの開発に重要な形で参加した回答者はごく少数でした。スタートアップ企業が多く含まれています。調査に回答した企業のうち、小規模企業、特に新興企業は、その規模に関わらず、オープンソース・ソフトウェアに多大な貢献をし、投資を行っています。多くの小規模および零細企業は、収益の何割かが自由形式サービスに起因していると述べています。また、回答企業（特に小規模・零細企業）は、イノベーションに関連する費用の割合が高く、自由形式ロジッ クスへの貢献の 50％以上が内部製品の開発、40％が外部製品の開発に関連するものであると回答しています。

% 既存の libres ロジックに追加します。回答者は、まれにソースコード公開への貢献と関連した報告書を提出することがありますが、知的財産を保護するための他の方法を見つけることができました。

自由なロジックに参加する回答者の動機は、優先順位の高い順に、技術的な解決策の発見、供給者の依存の回避、技術の開発状況の改善、高品質のコードソースの開発、知見の研究、知見の創造であった。参加者の個人的な関心も重要であった。自由なロジックへの貢献による新しい市場や顧客へのアクセスは、重要な誘因とはならなかった。しかし、コスト削減は重要な動機であり、内部保守の労力を削減し、自由な権利源にアクセスし、研究開発への投資からの利益を向上させることができます。大まかな動機としては、ネットワークの構築、差別化できない機能の開発（例：よく使われる書庫）、評判の向上などが挙げられます。自由形式のロジックを使用し、自由形式のロジックプロジェクトのコードソースに貢献している回答者は、自由形式の規範と相互運用性を支援することが、最も高い利益を生むと見なしており、これらの利益は直接的な収益ではなく、間接的でリゾートの外部収益であるとしています。また、回答者は、コードソースへのアクセス、経費の削減、ビジネス・パフォーマンスの向上など、次のような点にも大きな重要性を感じています。

供給者側の負担、知識交換のための活発なコミュニティへのアクセス、供給者の参加によるイノベーションへの有利な影響、さらには安全性と品質の向上。

グローバルなコスト・アヴァンテージ・レポートを独自に評価したところ、回答者のうち1割が非常に高いアヴァンテージと低いコストを認識し、もう1割が非常に高いアヴァンテージと高いコスト、あるいは低いアヴァンテージと低いコストを認識し、最も多く引用された数値は1.5であった。10であり、1:5である。比較のために、人件費以外のコスト（例：資材）を考慮し、経済的なメリットを基準に、コストとメリットの比率を1:4と推定した。

1. **ケーススタディ概要**

自由なロジックとマテリアルの共同開発（OSSH）に関して、特にドキュメントと調査から得られたデータの不足を解消するために、参加への障害を軽減し、実験を可能にし、事実上の標準の策定に貢献するための、4つのケーススタディが実施されました。財団は、自由なロジックとマテリアルのエコシステムにおいて重要な存在であり、標準化、ノウハウの移転、プロジェクトの管理など、重要なサービスを提供している。企業は、技術の消費者であるだけでなく、貢献者や管理者としても、OSSHコミュニティとより密接な関係を築くために、財団に参加しています。しかし、自由なロジックとマテリアルのプロジェクト（一部は公的資金を獲得）の多くがUEに拠点を置いているため、参加は特定の企業やUEの企業に限定されたものではありません。参加は企業の規模に相関しており、その結果、参加企業の多くは米国に本拠を置く大企業で、プラットフォーム原則に基づく商取引モデルに自由なロジックを使用しています。そのため、ヨーロッパで行われている自由形式ロジックや自由形式マテリアルのプロジェクトを明確に区別することは困難です。また、多くのケースで、その利点を評価するには時期尚早である。なぜなら、フリー素材はまだ発展途上であり、対応する製品の開発はまだ先である。しかしながら、研究された事例から、自由なロジックと自由なマテリアルのエコシステムは、例えば自由なマテリアルのためのロジックサポートなどの点で、ある種の衝撃を与えながらも、強力かつ効率的に統合されることが証明されました。ケーススタディで得られた品質情報は、UEの力、欠点、機会、脅威（SWOT）分析の基礎として利用されています。

1. **政治的な分析**

本調査では、UE加盟国（ブルガリア、フランス、アルメニア、イタリア、ポーランド、エスパーニャ）およびその他の国において、自由なロジックに関連する官民の政府政策の位置づけ、効率、影響を調査した。本調査では、EU加盟国（ブルガリア、フランス、アルメニア、イタリア、ポーランド、スペイン）およびその他の国、ヨーロッパ（ルーマニア）、アメリカ（イギリス、ブラジル）、アジア（中国、日本、インド、南アジア）において、自由なロジックに関連する官民のセクターを調査しています。本調査では、質的にも量的にも様々な手法を用いました。その結果、地理的な要因や目的によって、各ゾーンに有意な差異があることが明らかになりました。結局のところ、自由な論理と自由な材料に関する効率的な政策の作成と実行は、依然として困難な状況にあるのです。

(1)コスト経済、(2)移行コストとネットワーク効果、(3)公共財の副産物、(4)市場整合性と技術的中立性の4つの主要な動機が特定された。本調査では、政府による自由貿易協定への支援の主な流れとして、2000年初頭に始まったものと、2010年半ばに始まったものの2つを特定した。この2つの変化は、それぞれ異なるアプローチによって引き起こされたものです。

公共部門は、オープンソースに関する技術を向上させ、公共部門における結果を最適化すること、また、公共市場における所有権付きロジックと比較して、自由なロジックを優先することを目的として、政治を行っています。これらの政治は、様々な側面、運用方法、規範の特徴を持っており、反対する法律から単純な規範まで様々である。民間のセクターの政治的行動は、さらに多様である。その中には、自由なロジックのための支援活動も含まれます。ある政府は、自由形式ロジックを介してイノベーションを生み出すために産業界の政治に影響を与えたり、指示したりしていますが、他の政府は、自由形式ロジックの形成とその開発を促進するために大学と協力したり、自由形式ロジックコミュニティの形成や支援に直接力を注いだりしています。また、政府は、政治的目標を達成するために、オープンソースプロジェクトに直接資金を提供したり、認定したりすることができます。

一般的に、ヨーロッパとアメリカ合衆国の政府はパブリックセクターに集中しており、一方、アジア諸国の政府はプライベートセクターに集中する傾向があります。UE 加盟国の大部分とその他の欧州諸国では、国レベルでのオープンソースに関する形式的な政策が採用されています。

* この中には、多くの場合、自由なロジックのための公設市場政策が含まれています。この調査により、パブリック・セクターにおける自由なロジック・ポリシーは、パブリック・マーケットと同様、しばしば有益でないことが明らかになった。オープンソースが数字的な暴力の中心的な要素になり、その結果、関係する行政の数字的な文化に組み込まれている場合、唯一、本当に納得のいく運用が行われました。公共部門における自由なロジックの開発と利用を要求する法律は、一般的に成功したとは言えず、それは、具体的な実行指令がないことが原因となっています。現在、民間企業におけるロジスティック能力が向上している国々（南米や中国）では、オープンソースは産業界の政治において重要な役割を担っています。ヨーロッパ諸国は、より自由なアプローチを採用しているため、この分野での能力に関しては、現在後退しています。民間企業で見られる成功は、オープンソースに関連する経済的な刺激に起因するものであり、公共企業ではその役割はそれほど重要ではありません。

自由形式の材料に関しては、自由形式のロジックと比較して、以下のような重要な違いがあります。自由形式ロジックソリューションの市場規模は、自由形式マトリックスソリューションよりもはるかに大きく、自由形式ロジックベースのスタートアップ企業の資金調達は、自由形式マトリックスベースのスタートアップ企業の場合よりも負担が軽くなることが多く、多くの自由形式マトリックス企業を立ち上げるにはより高度な複雑な管理能力が必要とされるからである。さらに、業界は、自由なロジックの場合と同じように、自由なマテリアルのアプローチに、よりオープンで、より魅力的な方法を見出すことができるかどうかにかかっているのです。自由な素材への公的資金の投資に対するリターンは、自由なロジックの場合とは異なり、より具体的で、より限定的なものである可能性がある。

さらに、現在のイベントは、UEのリーダーシップと関与が不釣り合いな結果を生むことを可能にする好機を提供している。自由な論理の基盤や規範の開発者は、最近の商取引上の紛争の結果、UEに再導入された。そのため、UEに拠点を置く非政府機関の中立の伝統は、世界の他の地域の政治の発展とは無関係に持続する可能性がある問題に対して、適切な解決策を提供することができます。

1. **政治的な分析**

以下の推奨事項は、我々の経験的な分析の結果に基づいて策定されています。

#### 公共部門が自律的に動く

*インスティテューショナル・キャパシティの強化*

* + 欧州委員会が資金を提供し、最大20のOSPO（オープンソースプロジェクトオフィス、またはオープンソースプロジェクト事務局）からなるネットワークを構築し、オープンソース技術の消費、創造、応用を支援し加速させることが推奨されます。

*レギュータブルの創造*

* + オープンソースを介して、コンピュータの自律性と技術的な自立を促進することが推奨されます。
  + 欧州の研究・イノベーション政策だけでなく、欧州の垂直統合協定や欧州産業戦略などの一般的な政治的枠組みにも、自由なロジックとそのコミュニティを組み込むことが推奨されています。OSSHの財団と連携して研究・イノベーションプログラムを実施することで、資金調達や支援に適切な方法を提供することができます。
  + フリーソフトウェアへの直接アクセスのオプションを評価することが推奨されます。
  + オープンソースを利用する際には、オープンソースイニシアティブが策定した「オープンソース定義」を参照することをお勧めします。

*ストラテジック・ベース*

* + Eurostat のデータ収集活動や UE の比較分析活動にオープンソースを導入することが推奨されます。
  + オープンソース観測所（Observatoire du logic libre）の帰属を拡大し、戦略的ソリューションを組み込むことが推奨されています。

#### 欧州の経済成長に貢献するための研究開発

*ノウハウの構築*

* + Horizon Europeのような既存のプログラムや新たなイニシアティブを通じて、中小企業や小規模企業、スタートアップ企業、個人開発者などを対象に、自由ソフトウェアや自由材料プロジェクトに関連する研究開発資金をより多く提供することが推奨されます。この資金は、欧州垂直条約や欧州産業戦略など、UEに特化した目標に集中させる必要がある。
  + 自由形式のロジックとマテリアルに特化したコミュニティ、学生、専門家のために、研究コースと賞を設けることが推奨されます。

*ノウハウの普及とサポート*

* + UEに拠点を置き、一般にアクセス可能なOSSHレファレンスの公的資金による研究開発プロジェクトで生成されたコードの公開を強力に推進することが推奨されます。
  + UEに設置されたプラットフォームやリファレンス、レゾーの開発と維持を支援することが推奨されています。

現在のオープンソース観測所（Observatoire du logic libre）の属性の拡大は、出発点となるべきものです。

*起業家活動*

* + 加盟国の高等教育機関が、例えば起業をテーマとした様々な修士課程やTICをテーマとした学位課程において、OSSHに基づく起業を促進する起業能力を提供することが推奨されている。
  + 例えば、自由形式ロジックと自由形式マテリアルの開発財団を支援し、その育成プログラムや企業、特に中小企業やベンチャー企業とのコラボレーションに資金援助をすることが推奨されています。

*人的資本の開発*

* + 自由なロジックと自由な素材は、欧州認証規格（CEC）の包括的な対象として含めることが推奨されます。
  + 国の教育機関に、高等教育機関のプログラムにオープンソースを組み込むこと（開発、商用モデル、ライセンス料）を推奨しています。
  + EES、公的研究機関（ORP）、商科大学に対して、ミニMBAのような形でOSSHに特化した経営学コースを提案するよう呼びかけることが推奨される。
  + 特定の分野でオープンソースの技術を開発した人たちのために、ヨーロッパの認証プログラムを開発することが推奨されています。
  + UEは、オープンソースの貢献者の多様性を強化し、研究プロジェクトを開始することを推奨しています。

#### 国際的な競争力を持つ数多くの業界

*金融資本の整備*

* + OSSHへの身体的・精神的な貢献は、財政的な意味での寄付として扱われることが推奨されます。
  + 欧州イノベーション会議（EIC）プログラム（EICアクセラレータを含む）を推進し、欧州の小企業のエコシステムにおける資本不足を解消するために、リスクが高く研究開発を重視する若い起業家OSSHの候補に明確に働きかけることが推奨される。
  + OSSHを基盤とし、新たに融資を受けたベンチャー企業が設立された企業と連携できるよう、流動性のある資本性資金などの融資手段を活用することが推奨されています。
  + 商業化前の公売とOSSHの間にある潜在的な相乗効果を、より戦略的かつ体系的に活用することが推奨される。

*環境規制*

* + OSSHの個人開発者の責任を明確にすることが推奨される。
  + 安全性向上のための特別な変更を必要とする自由なロジック批判プロジェクトには、公的資源を活用して安全性監査への資金提供を保証することが推奨される。
  + 例えば、Horizon Europeプログラムのプロジェクトのための明確な普及チャンネルとして、正規化だけでなく、自由なロジックを促進することが推奨されます。
  + 自由形式ロジックをベースとした製造業のニーズに配慮し、例えば指令や戦略によって、自由形式ロジックを公的市場に取り込むことを改善することが推奨される。
  + 今後の欧州の著作権法改正では、オープンソースを考慮することが推奨されます。
  + 併設される政治的な取り組みにおいて、自由なロジック（および自由なマテリアルと公開されたデータ）の間に存在する相互作用を考慮することが推奨される。

*市場開拓*

* + - オープンソースを、オープンソースコミュニティのガバナンスに関連するような、コンカレンスやプラットフォームに関する政策において、明確な形で考慮することが推奨されます。
  + - PMEに関連する政策において、オープンソースを明確に考慮することが推奨されます。

*フリー素材に特化した推奨事項*

* + また、宇宙空間での利用を視野に入れた、自由素材向けの革新的なレギュレーションシステムを開発するためのプロジェクトに資金を提供することが推奨されています。
  + 大学、研究機関、民間の協力による自由素材分野の卓越したセンターの開発に資金を提供することが推奨される。

*ドメーヌに特化した推奨事項*

* + 自由なロジックの開発者や人工知能関連企業に資金調達の機会を提供することが推奨されます。
  + IAに関するUEの将来の戦略における自由なロジックを、明確な方法で考慮することが推奨される。
  + FPGA (réseau de portes programmables) 用のバイナリ・フラックス・フォーマットの欧州規格を策定するため、欧州の標準化機構に規格要求することが推奨されます。

*耐久性*

* + OSSHは、機器の寿命を延ばし、部品の再利用を可能にし、開発労力の2倍を削減することによって耐久性に貢献するため、製造者が機器の充電を終了した時点で、論理的な変更の権利も含めて、修理の権利を確立することが推奨されている。
  + 自由なロジックや素材のプロジェクトが補助的なエコロジーをもたらすのであれば、補助的な融資や奨励を行うことが推奨される。

# はじめに

過去20年間にオープンソース (OS) の関連性が高まったことで、その現在の役割、位置づけ、そしてヨーロッパ経済における潜在的な可能性についての詳細な分析の更新が必要とされています。特に、ここ数年、オープンソースをベースとした企業に関連するいくつかの重要な投資や買収が行われました。

オープンソースソフトウェア（OSS）が過去20年の間にソフトウェア業界のあらゆる分野で主流となったのに対し、オープンソースハードウェア（OSH）はまだ新興の段階にある。しかし、OSHのビジネス・エコシステムは発展しつつあります。これには、3Dプリント、エレクトロニクス（Arduinoの成功に代表されるように、ヨーロッパを拠点とするオープンソースの電子マイクロコントローラやプロトタイププラットフォームは、ユーザーがインタラクティブな電子オブジェクトを作成することを可能にします）、およびオープンソースシリコンなどの分野が含まれます。オープンの原則は、Open Compute Projectのようなイニシアチブを通じて、データセンターにも適用されています。OSH は、OSS といくつかの特徴を共有していますが、同時に明確な特徴も持っています。本報告書では、オープンソースイニシアティブのオープンソース定義に準拠したライセンスの下でリリースされたソフトウェアをオープンソースソフトウェア（OSS）と定義し、オープンソースハードウェアおよびオープンハードウェア（OSH）を、設計が公開され、オープンソースハードウェア協会が公開したオープンソースハードウェアの定義に準拠したライセンスの下でリリースされたハードウェア（あらゆる物理的対象）と定義しています。OSSとOSHは、ライセンスモデルを超えた意味合いを持つため、OSSHという包括的な用語は、ソースコードやデザインのライセンス、コラボレーションのガバナンス、手段や生産プロセス自体の提供といった側面を包含する広い概念であることを心に留めておく必要があります。

この研究の一般的な目的は、オープン ソース ソフトウェアおよびハードウェア (OSSH) が欧州経済に与える経済的影響のさまざまな側面を、マクロ経済および企業レベルの両方で、特にオープン ソース ハードウェアの分野におけるケーススタディも参考にしながら調査することです。これらの洞察は、さまざまな領域におけるオープンソースの強み、弱み、機会、および課題を特定するための基礎となるものです。さらに、ヨーロッパと世界の両方で開始されたオープンソースをサポートするための政策についても分析する必要があります。最後に、さまざまなタイプの分析に基づいて、競争力のある EU のソフトウェアおよびハードウェア産業と、EU 経済全体の環境に優しい転換をサポートするために、オープンソースのメリットを最大化することができる政策提言を導き出さなければなりません。

最終調査報告書の目的は、フラウンホーファーISIとOpenForum Europeのコンソーシアムが実施しているプロジェクト「EUにおけるオープンソースソフトウェアとハードウェアの技術的自立、競争力、イノベーションへの影響に関する調査（SMART 2019/0011）」の最終分析結果と政策提言を提供することです。

本レポートでは、以下のトピックを簡単に説明します。特にオープンソースソフトウェアに関連する重要な研究の現状を明らかにするために、この分野の主要な学者との接触を含め、過去20年間に出版された文献の包括的なレビューが行われました。その結果は、第 2 章で要約されています。既存のデータの制限を考慮した上で、文献の調査結果に基づいて、様々な課題に対処するための方法論が開発されました。提案された方法論的アプローチは、第3章で詳しく説明されている。オープンソースソフトウェアに適用される分類やビジネスモデルは多数あり、オープンソースハードウェアに適用されるものもあれば、異なるものもあるため、第4章では、異なる業界ドメインからの成功事例を含むケーススタディを提示し、次に欧州経済のSWOT分析とオープンソースソフトウェアとオープンソースハードウェアの両方のビジネスモデルの定量調査を行っている。第5章では、まずオープンソースソフトウェアの影響に関する経済分析が行われ、さらに既存の代替アプローチやオープンソースハードウェアの影響も分析されます。

は、その限界を強調する。次に、経済分析に加え、最終的な費用便益比率を示すために、国レベル、企業レベルのコストベースの影響分析を行っている。第6章では、ステークホルダー調査の結果を示し、第7章では、さまざまな方法論から得られた結果を包括的にまとめ、凝縮した三段論法で分析している。第8章では、分析フレームワークに基づいてオープンソースソフトウェアとオープンソースハードウェアをサポートするための様々な政策の分析から得られた洞察を示し、様々な分析から得られた洞察に基づいて政策提言が提示されています。

# 文献レビュー

## アプローチ

オープンソース全般、特にオープンソースソフトウェアとオープンソースハードウェアの影響に関する文献のレビューは、Google Scholar、Scopus、Web of Scienceの3つのデータベースでの検索に基づいて行われました。これらの検索は、非常に広範なアプローチを適用して段階的に実行され、オープンソース ソフトウェア (OSS) とオープンソース ハードウェア (OSH) のさまざまな影響を扱う出版物に絞り込まれました。

事実上のオープン文献データベースであるGoogle Scholarは、査読済みの雑誌や書籍だけでなく、政策文書を含む未審査の出版物も多く含んでおり、一般的に「オープンソース」を検索すると200万件を超えるソースが生成されます。SCOPUSとWeb of Scienceの2つのデータベースは、査読付き雑誌の記事、書籍、会議録のみを含み、それぞれ7万件、3万件以上の出版物を明らかにしています。全体として、年間の論文数はまだ増加していますが、この2つのデータベースでは統合のレベルに達しています。

オープンソース」と「インパクト」の組み合わせで検索を絞り込むと、やはりGoogle Scholarでは100万件以上の論文がヒットしますが、SCOPUSでは約4,500件、Web of Scienceでは3,000件の論文に留まります。後者のデータベースは、SCOPUSと比較して、査読プロセスや科学的な質の両方に関して、ジャーナルや会議録の収録に制約がある。全体として、このサブセットの年間出版件数はわずかに増加しているだけで、統廃合の傾向にある。

3,000件の論文の抄録をスクリーニングし、さらに論文のサブセットを以下の見出しに従って構造化しました。

## 他の の概念との関連におけるオープンソースソフトウェア

オープンソースソフトウェア (OSS) は、特に経営に関する文献で単独で議論されることはなく、20年前に Chesbrough (2003) が紹介したオープンイノベーションに始まる、より幅広いコンセプトの文脈で議論されています。クローズドイノベーションからオープンイノベーションへのパラダイムの変化に伴い、特にユーザーイノベーションの概念（von Hippelによって開発された）が導入されました。このモデルでは、ソフトウェア開発者は、特定のタイプのユーザーイノベーターとして分類されます。並行して、オープンソースは、一方で、2018年にリリースされた第4版で初めてオスロ・マニュアルにさえ統合されました。

オープンソース」という用語は、異なる貢献者によって共同開発された技術革新によく適用されます。ソフトウェアコードのようなオープンソースの成果物は、販売される製品に含まれることがありますが、貢献者にロイヤリティが支払われることはほとんどなく、これらの成果物の使用方法には通常、大きな制限はありません。実際、オープンソースライセンス（この用語はオープンソースイニシアティブによって定義されています）は、ロイヤリティの支払いや、アウトプットの展開方法に関するいかなる制限も規定しない場合があります。オープンソースのアウトプットに対する後続の追加も、「オープンソース」ベースで提供する必要がある場合がある（OECD/Eurostat 2019, p.133）。

最近では、OSSはクラウドソーシングというオープンイノベーションの文脈で、具体的な手法が議論されている。また、ソースコードの共同開発は、一種のコプロダクションに属する。最後に、OSS は新しいビジネスモデルを生み出し、それらは文献上でも議論されている。以下のセクションでは、OSS をこれらのイノベーションの概念の文脈に置いている。

#### オープンイノベーションの文脈におけるOSS

Chesbrough (2003)によるオープンイノベーションに関する画期的な発表の後、複数の学者がさまざまな分類法を開発し、その中にオープンソースも統合されました。その結果、オープンイノベーションとオープンソースの両方を扱う論文が多数発表されました。

オープンイノベーションを分類する1つの選択肢として、Huizingh（2011）は、イノベーションのプロセスのオープン性とイノベーションのアウトカムを区別して提案しています。イノベーションのプロセスと結果の両方がオープンであることを特徴とするカテゴリは、オープンソースイノベーションと呼ばれています。彼にとっては、OSSがこのカテゴリの最も有名な例であり、それ以上詳しく説明する必要はない。

表2.1：イノベーション のプロセスと結果の開放性に 基づく様々なイノベーションのあり方 （Huizingh 2011, S.3)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| イノベーションのプロセス | イノベーションの成果。 | |
| クローズド | オープン |
| クローズド | 1.クローズド・イノベーション | 3.パブリックイノベーション |
| オープン | 2.プライベート・オープン・イノベーション | 4.オープンソースイノベーション |

Dahlander and Gann (2010)は、インバウンド（調達）イノベーションとアウトバウンド（顕在化）イ ノベーション、そして、ペキュニティの相互作用と非ペキュニティの相互作用を用い、オープン性の 4 つの形態 を区別している。この分類法では、OSS は非金銭的なアウトバウンドイノベーションに分類される。例として、Linux (Henkel 2006) や、Apple や IBM のように、プラットフォーム戦略の一環として OSS をサポートするプロプライエタリなプラットフォームが挙げられている (West 2003)。ここでは、強力な知的財産権体制がない場合、OSS の開発のように累積的な進歩の可能性が高 いことが述べられている(West and Gallagher 2006)。

表2.2:開放性のさまざまな形態の構造（Dahlander and Gann 2010)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | インバウンドイノベーション | アウトバウンドイノベーション |
| 金銭的 | 取得中 | 販売 |
| 非金銭的 | ソーシング | 暴露 |

West and Bogers（2014）は、オープンイノベーションの文脈で、入手、統合、商業化、最終的には相互作用の4つのフェーズを区別して、外部のソースの活用に着目している。OSSはユーザーイノベーションと考えることができる（次節参照）。しかし、企業は OSS コミュニティを、例えば、商品技術の提供 (West, 2003)、非公式の知識共有 (Henkel, 2006)、既存製品の潜在的改良の開発 (Dahlander and Magnusson, 2008) のために利用している。企業にとって「ただ乗り」は一見合理的な経済戦略かもしれないが、企業はコミュニティのイノベーションへの正当性とアクセスを得るために、コミュニティのイノベーションへの従業員の貢献を承認する（例えば、Dahlander and Wallin, 2006；Henkel, 2006）。West and Lakhani（2008）によると、オープンイノベーションコミュニティは、営利目的のアクターによって組織化または活用された、個人または組織の継続的な自発的連合体と定義される。また、ネットワークとは異なり、メンバーシップ、アイデンティティ、グループへの忠誠心を持っている(von Hippel, 2007)。OSS コミュニティは、West and Gallagher (2006)によれば、企業間のコラボレーションとして認識されており、その目的 は次のとおりである。

また、Dahlander and Wallin (2006)は、ホビイストと企業従業員との相互作用に着目している。さらに、Spaeth et al. (2010)やStam (2009)などは、OSS コミュニティへの資源投入とそこから得られるイ ノベーションの間のトレードオフを分析している。さらに、企業は、OSS のコードや知識を共有することで得られる利益と、OSS コミュニティや潜在 的な競合他社に情報、統制、差別化を奪われる可能性とのバランスをとる必要がある (Stuermer et al., 2009)。

West and Gallagher (2006) は、オープンイノベーションの課題に対する解決策として、具体的な OSS 戦略を提示し、オープンイノベーションと OSS を明確に結びつけている。例えば、内部イノベーションを活用する創造的な方法を見つける、外部イノベーションを内部開発に取り込む、外部イノベーションを継続的に供給するよう外部者を動機付ける、などが挙げられる。第一に、OSSは、Linuxのように、研究開発や製品開発さえもプールするのに役立つ。第二に、社内開発プロジェクトは、Eclipseのようにスピンアウトによって外部に見えるOSSプロジェクトになることができる。第三に、Apacheサーバーのように無償のコア製品だけでなく、Linuxに関するトレーニングやサポートサービスなどの補完物を販売することも選択肢の一つである。第四に、補完物は販売するだけでなく、ユーザーツールキットや、Half-Lifeのようなゲームなど、技術的に熟達した民間や商業の購入者に、OSSの独自の修正や改良を生み出すことができるように寄付することも可能である。

また、von Hippel and Krogh (2003)は、今世紀初頭のOSSが主に民間ユーザー主導で発展したとの認識から、OSSを複合的な「民間集団」モデルとして紹介している。彼らのモデルは、「私的投資」モデルと「集団行動」モデルの両方の要素を含んでいる。前者は、効果的・効率的な知的財産保護体制に基づく私的財からイノベーターへの還元を想定したモデルである。後者は、市場の失敗、例えば知識波及効果によって、イノベーターが公共財に貢献するために協力することを想定している。OSSは、無償でコードを公開するにもかかわらず、イノベーションの普及を促進し、イノベーターに私的利益をもたらすことができる。補完的に、彼らは、フリーライダーが、公共財としてのOSSからすべての便益を得ることができるかどうか、積極的な貢献者がその開発に本来的に得ることができるものであることを疑問視している。その結果、OSS は社会に「両者の長所」を提供することができると主張している。

表2.3： オープンイノベーションの課題解決策としてのオープンソース戦略 (West and Gallagher 2006)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| オープンソース戦略 | 例 | 社内イノベーションのリターンを最大化する | 外部イノベーションの役割 | 外部イノベーションの動機付け |
| プール型研究開発  /製品開発 | リナックス | 参加者共同  割を食う | プールされた  きょうどうきんこう | 継続的な機関  正統性と継続性を確立する |
| スピンアウト | エクリプス | 他の目標をサポートするための非商用技術のシード | 継続的なイノベーションの基盤として、内部イノベーションに取って代わる。 | 貴重な技術を無料で利用できる |
| コンプリート販売 | アパッチ | 製品ソリューションの中で最も価値の高い部分をターゲットにする | 外付け部品は、その基礎となるものです。  内部発展 | 部品供給の継続的な調整を行う企業 |
| コンプリート品の寄贈 | ハーフライフ | 外部向けの拡張可能なプラットフォームを提供する  献金者 | 既存製品に多様性・新規性を持たせる | 表彰およびその他の非金銭的報酬 |

#### OSS vs ユーザーイノベーション vs クラウドソーシング vs コ・クリエイション

一方、OSSはオープンイノベーションの議論に組み込まれているが、その出発点はvon Hippelのユーザーイノベーションコミュニティに関する研究で、彼は2001年にすでにOSSプロジェクトと結びつけている（von Hippel 2001）。ここでは、消費者やユーザーが、メーカーの関与なく、他のユーザーと一緒に製品を開発、生産、流通、消費することに焦点が当てられている。その後、von Hippel (2007)は、OSS を顕著な例としてイノベーションネットワークを紹介している。ここでは、OSS のユーザーは、新しいコードを書き、他人のコードをデバッグし、インターネットのヘルプサイトに投稿されたヘルプの要求に答え、プロジェクトを調整するために、関心のあるボランティアに依存して、単に「コードを使う」だけである。最初に、OSSには商業的な市場は存在しないと述べたが、彼はすでに、ユーザー・イノベーション・ネットワークが成長し成熟するにつれ、レッドハットがサポートサービスを提供したり、IBMが補完的なプロプライエタリのソフトウェアやハードウェアを販売するように、商業企業がユーザー・イノベーション・ネットワークに付加したり補完的役割を担ったりしていることを観察している。

Bogers ら(2010)は、von Hippel (2007)に続き、Benkler (2006)が既に指摘している、生産者が関与しなくても OSS ユーザが製品を開発できる機会を特に指摘している。また、West and O'Mahony（2008）は、企業主導の OSS 開発に加え、大学発の OSS におけるユーザーイノベーターの起業を明らかにしている。

OSS はユーザーコミュニティという分類のほかに、個人の自治的な集団として認識することもできる (West & Lakhani 2008; Lerner & Tirole, 2002; O'Mahony, 2003)。

最近では、OSSは共創（Zwass 2010）や共有情報財の共同累積生産（West & Lakhani 2008）の一形態としても分類されるようになった。当初は企業の顧客との価値共創と定義されたが、次第に個人の自律的な取り組みへと拡大した。新しい技術的機会に基づき、ボランティア開発者のコミュニティによって開発されたOSS開発手法は、製品とともに組織、特に企業の生産活動に統合されるようになった。Zwass (2010)は、OSS の両面的なネットワーク効果も指摘している。なぜなら、OSS ベースの製品 は、多くの個人が利用すればするほど、その作者の評価が高まり、意欲ある開発者によって将来の利用が確 保される可能性が高くなるからである。OSSの利用者は、新しいOSSを共同開発するだけでなく、既存のOSSのテストや改良を行うことで、開発者との共同クリエーターになることが可能である。また、個人によるデジタルプラットフォームでのデータ、情報、知識の共有は、OSSのような共創活動の発展にさらに貢献する。

一方、OSSは、共創に加えて、企業がより良いプロセスや製品の開発・導入を支援するための新しいアプローチであるクラウドソーシングとも関連しています。OSSは、クラウドソーシングをソフトウェア開発に適用したものと分類できる（Olson & Rosacker 2013）。しかし、OSSの開発には学習と互恵性があり、さらに開発者の大半が企業や組織から報酬を得ているという事実に加えて、フリーソフトウェアのイデオロギーが推進力となっている点も異なる（Geiger（2017）またはNagleらによる最近の調査2020も参照のこと）。これらの特徴は、一般的に、よりトップダウン的なアプローチに従うクラウドソーシングでは与えられないが（Battistella & Nonino 2012）、評判と認識は同様のドライバーである。

最後に重要な関係として、研究あるいは科学との関係が挙げられる。OSSの開発とクラウドサイエンスの間には、自己組織化の度合いやコミュニティの役割など重要な違いがあるが（Franzoni & Sauermann 2014）、OSSにおけるイノベーションプロセスは科学における知識生産と似ている（von Krogh & Spaeth 2007）。第一に、OSSと同様に、科学は公共財の創造を目的としている。第二に、OSS の開発は、科学と同様に、世界中の仮想チームが行う特殊な学術研究 (Bezroukov 1999) として認識することができる。さらに、変化

は、科学論文の査読プロセスと同様に、仲間によって推進される。しかし、研究者は、OSS 開発者とは対照的に、一般に自分の仕事の成果を利用しない(von Krogh & Spaeth 2007)。一方、OSS の活動資金は、企業がプログラマーに支払うものであり、特に基礎研究活動への 資金提供に類似している。

最後に、応用科学の成果はOSSコードとなり得るが、オープンアクセスやオープンデータなどのオープンサイエンスが推進される中で、その人気はさらに高まっている（McKiernan et al.2016）。

#### OSSとビジネスモデル・イノベーション

OSS に基づくビジネスモデルについては、実務家の間で集中的な議論が行われているが、これらのビジネ スモデルを明示的に取り上げた文献は限られている。たとえば、West and Gallagher (2006) は、4 つのオープンソース戦略を詳しく説明しており、これらは部分的に新しいビジネ スモデルを表している。しかし、彼らはそれらをビジネスモデル・イノベーションの文脈に明確に位置づけてはいない。ビジネスモデル・イノベーションに関する研究が適切に確立されたのは、Chesbrough (2010)の貢献が高く引用された2010年以降のことです。明らかに、オープンソースとオープンイノベーションに取り組む学者たちは、この関連性を明確に説明することなく、ビジネスモデル・イノベーションの先駆者となってきました。Chesbrough (2010) は、ビジネスモデル・イノベーションの推進要因と障壁を論じる際に、ソフトウェアやオープンソースについて言及していないことに注目する必要があります。明らかに、ビジネスモデル革新の研究者は、OSS に明確な焦点を合わせていない。このことは、商用オープンソースに基づくビジネスモデルに関するShahrivarら（2018）の広範なレビューでも強調されているが、結局は約30の研究に基づいているに過ぎない。これに対し、Jin and Ji（2018）は、関連する出版物のリストを提供することなく、「オープンソース」がビジネスモデル・イノベーションに関する文献の主なホットスポットに属していることを見出している。

それでも、ビジネスモデルとオープンソースに関する論文の数はまだ限られており、ここ数年の出版物はごくわずかです。Okoli and Nguyen (2016) は、最も関連性の高いビジネスモデル（OSS分野の専門家へのインタビューに頼って得られた）を特定する、利用可能な最も新しい研究と見なすことができます。新しいビジネスモデルは、技術開発（Software as a Serviceなど）によって生じるが、一般的にビジネスモデル研究者では扱われていない。文献の詳細なレビューでは、オープンソースとビジネスモデルを関連付ける重要な文献は見つかりませんでしたが、いくつかの例外があります。しかし、Ebert（2007）は、確かに他のタイプのイノベーションとして、プロセスイノベーション、新技術、高品質、新しいアーキテクチャや標準に加えて、オープンソースによって引き起こされる、流通モデルや責任サポートなどの新しいビジネスモデルを特定しています。最近では、Riehle（2019）が、ライセンス、ツール、プロセスといった法的イノベーションに加えて、営利モデルに分化したビジネスモデル・イノベーションとオープンソース財団を1つのタイプとして確認しています。まとめると、ビジネスモデル・イノベーションに関する増加する文献とオープンソースに関する一連の文献の間には、依然として大きな研究ギャップが存在すると推測される。

## OSSの経済性

最終的には、OSS の経済性についても言及される。初期の研究では、GNU-Linux オペレーティングシステムの例に注目した Johnson (2002) のように、OSS の開発を公共財の動的な提供として特徴づけている。彼らのモデルでは、個々のユーザーであるプログラマーが、開発されれば公共財となるソフトウェアの拡張を開発するために自らの努力を投じるかどうかを決定する。しかし、このモデルは、フリーライドによって、価値あるオープンソースコードの開発が妨げられる可能性があることも示している。Hawkins (2004)は、OSS を真の公共財とは異なる準公共財と定義し、その生産コストは小さいとし ている。

社会的便益と比較すれば大きいが、私的便益と比較すれば大きい。Apache を例にとり、Hawkins (2004) は、IBM にとっては、この準公共財を提供するためのコスト をすべて負担しているわけではないので、自社独自のソリューションを維持・管理するよりも OSS コードに投資する方が有益であると論じている。Bitzer ら(2007)は、OSS も公共財と捉えているが、OSS の開発は、遊びの価値やホモ・ルーデンスの報酬、ユーザー・プログラマーの利益、贈与文化の利益によって駆動される公共財の私的提供であると理解している。Kubiszewski ら(2010)は、OSS を公共財の下位分類である情報財として捉え、その利用が拡大すること で強化されると考えている。彼らにとっては、貢献によって得られる個人の評判に基づくステータス主導のインセンティブ構造が、OSS の発展の主な原動力である。

Lee and Cole (2003)は、OSS、特に Linux カーネル開発プロジェクトを、企業ベースのモデルとは対照的なコミュニティベースの知識創造のモデルとして認識しており、若干異なるアプローチを提唱している。これは、批判とエラー修正によって駆動される学習の進化的なプロセスによって特徴付けられます。

Raymond (1999) に続き、Bergquist and Ljungberg (2001) は、OSS コードの発展を、人々の間に開放性と関係を生み出す贈与経済の結果として理解している。OSS の贈与は、これらの関係を、評判という考え方に基づく相互依存関係へと変化させる。贈与者は自分が開発したコードを公開することで力を得るが、これはピアによる検査や修正の可能性により、コードの品質を保証する方法でもある。

Raymond (1999)に触発された Demil and Lecocq (2006)は、取引コスト経済学に基づいて OSS プロジェクトのガバナンス構造を記述するバザールガバナンスモデルを導入している。このバザール経済の特徴として、管理水準が低く、インセンティブが弱いため、取引の不確実性が高い。しかし、バザールガバナンスは、OSSコミュニティの開放性を促進し、強い正のネットワーク外部性とその後の累積取引の効率性を生み出す。また、Fitzgerald（2006）は、Raymond（1999）が紹介したバザールモデルに触発されて、OSSコードの開発からOSS製品の提供やサポートサービスへと焦点が移っていることを強調している。

OSS の労働経済学は、Lerner and Tirole (2002, 2005) によって分析されている。彼らは、OSS 開発者にとって、仲間に認められたいという欲求から生じるすでに述べた自 己満足のインセンティブに加え、より良い将来の仕事のオファーがあるため、キャリアへの関心が重要 な推進要因であると論じている。Lerner and Tirole (2002, 2005) は、詳細な説明は省略するが、互換性の確保やオープンスタンダードの設定に おける OSS の関連性にも言及しており、支配的企業との戦いにおける役割も含んでいる。これは、プロプライエタリな標準が支配的な環境において OSS が普及したとする Bonaccorsi and Rossi (2003) の知見と一致する。Alexy et al. (2013)は、OSSコードへの貢献を、知識の選択的な開示、特に新しい開発経路を生み出すためのソリューションと位置づけ、その利用についていくつかの命題を導き出している。第一に、OSSコードの公開は、補完的な資産やサービスを提供する企業との協調行動を誘発するために利用されるかもしれない。第二に、このアプローチは、企業が他の企業や組織から提供される外部の知識から価値を抽出する能力を持っている場合に利用される。第三に、競合他社による代替的脅威の強さが認識されることで、自社や組織にOSSコードへの貢献の圧力がかかる。

## OSSのフレームワーク条件

OSS の影響に関する文献に移る前に、考慮しなければならない一連のフレームワークの条件に ついて言及しておく必要がある。

フレームワークの条件は、4 つのカテゴリーに分けられる。まず、個人と企業が OSS に貢献する動機についてまとめる。次に、OSS のビジネスモデル、そして最終的にはガバナンスについて検討する。

#### 個人のモチベーション

von Krogh and von Hippel (2006) の先行研究に基づく von Krogh ら (2012) の包括的なレビュー論文と、Battistella and Nonino (2012) による OSS を含むオープンイノベーションのプラットフォームに関する調査結果によると、開発者が OSS に貢献する動機は次のように分類される。Nagle ら(2020)は、依然として内発的動機である思想、利他主義、楽しみを、内発的外発的動機である評判、互恵性、学習、自 己利用と、純粋に外発的な動機であるキャリア、給与と区別している。さらに、短期的な動機と長期的な動機を区別することを提案している。貢献の種類（Oreg and Nov 2008）、開発者が受け取る報酬だけでなく、アプリケーションの種類によっても違いが見られる。例えば、ブロックチェーン分野におけるOSS開発者の動機についてBosuら（2019）が述べている。上記の内的動機と外的動機の区別を補完するものとして、Bagozzi and Dholakia（2006）は、LinuxユーザーグループにおけるOSSへの参加に対する認知的（態度、知覚的行動制御、オープンソース運動との同一性）、感情的（正および負の予期感情）、社会的（社会的アイデンティティ）の決定因子を発見している（Bagozzi & Dholakia 2006）。さらに、動機は時間の経過とともに変化する可能性がある(Shah 2006)。コンテキスト要因は、貢献者の動機に強い影響を与える。例えば、コミュニティベースの信頼性やスポンサー企業のオープン性（Spaeth et al. 2015）を含むガバナンス（Shah 2006）だけでなく、OSSプロジェクトの管理に対する満足度（Iskoujin & Roberts 2015）である。特に、プロジェクトライセンスの開放度は、内発的動機づけ、評判、労働市場のシグナリングに重要であるが、互恵性についてはより限定的な役割を持つ（Belenzon & Schankerman 2015）。最後に、開発者による支払いの受け入れは、彼らの異なるタイプの動機に影響されるが（Krishnamurthy et al. 2014）、支払いが彼らの動機を変える（Roberts et al.）

#### 企業の動機

OSS 研究の初期段階では開発者の動機が研究の焦点であったが、企業の動機と戦略の考察に焦点 が移ってきている。コードの選択的開示の戦略については、OSS の経済性の項ですでに述べたとおりである。しかし、それは企業の全体的な特性や戦略に強く依存する、特定の企業戦略として強調され ている（Henkel 2006）。特に、企業は OSS コードにアクセスし、その開発の方向性に影響を与えようとする(Dahlander and Wallin 2006)が、アクセス性と透明性の異なるアプローチを適用する(West & O'Mahony 2008)。このアプローチは、よりオープンな戦略を必要とする大きな成長を促すか、より独占的な戦略を好む大きなコントロールを確保するかという企業の目的によって異なります。これらの選択は、市場のライフサイクルの中で変化し、組織が蓄積したコンピテンシーに依存する（Appleyard & Chesbrough 2017）。オープンイノベーションの文脈でOSSを紹介する際、企業が現実のライバルや潜在的なライバルと共有するOSSに投資する理由を説明するために、すでに4つの戦略が提示されている。それらは、研究開発や製品開発のプール化、スピンアウト、補完品の販売、寄付された補完品の誘致である（West & Gallagher 2006）。この文脈で、Dahlander and Magnusson (2005) は、企業と OSS コミュニティの関係を扱うために、 共生的アプローチ、調和的アプローチ、寄生的アプローチという類型を紹介している。また、OSS は企業のブランディング戦略においても重要な役割を果たし、OSS はコーポレートオ ープンの進化の最終段階に位置づけられる (Pitt et al. 2006)。

企業の戦略や動機に影響を与える要因はいくつかある。すでに述べたように、一般的な企業の特性が重要な役割を果たす（例：Henkel 2006）。さらに、企業は知的財産権に対する考え方や採用する戦略に大きな違いがあり、このことは、主に特許や商標の観点から保有する知的財産ポートフォリオの規模と強さとともに、どの企業が OSS をリリースし、また OSS を取り込むかを決定する上で何らかの影響を与える。

に、技術的、組織的、環境的な決定要因（Chauhan et al.2018）と同様に、その商業製品（Fosfuri et al.）デュアルライセンスモデルを提供する選択肢もある（Välimäki 2003）。しかし、企業の特性だけでなく、OSSコミュニティとのコミュニケーション形態も重要であり、すなわち、企業が新たな戦略的機会を生み出そうとするならば、オープンなコミュニケーション環境を構築すべきである（Foss et al.2016）。また、OSSプロジェクトへの貢献の多様化は、ソフトウェア製品ポートフォリオの多様性と正の相関がある。この業界内の多様性は、ソフトウェア開発者が勤務時間内に自分の好きなOSSプロジェクトに自律的に貢献することを許可することでさらに促進される（Colombo et al.2013）。

全体として、OSSの初期段階ではすでにOSSプロジェクトの貢献者の40%が''有償''で参加しており（Lakhani and Wolf 2005）、これはGhosh（2006）の報告よりも高いが、企業貢献はプロジェクトによっては90%まで増加している（Zhang et al.2019）．企業固有の例として、IBM の OSS 採用が調査されている。

例えば、Campbell-Kelly and Garcia-Swartz (2009)によるものです。

#### ビジネスモデル

イノベーションの項では、ビジネスモデルのイノベーションに関する文献を既に取り上げているが、これは OSS 関連のビジネスモデル研究とはあまりリンクしていない。

企業の動機の項で述べたように、企業の OSS への貢献や利用に関する活動は、補完的な資産、特に知的財 産権の保有に依存する。したがって、Bonaccorsi ら (2006)はハイブリッドビジネスモデルについて述べている。特に OSS の初期段階では、企業は、既存企業やその独自規格が支配する市場に戦略やビジネ スモデルを適応させてきた。その結果、企業は異なるライセンススキームの下でプロプライエタリと OSS の両方を提供するようになりました。プロプライエタリなプラットフォームの伝統的なベンダーは、OSS の利点を組み合わせると同時に、プロプライエタリなソフトウェアのコントロールを維持し、競合他社との差別化を図るために、ハイブリッド戦略を導入しました (West 2003)。

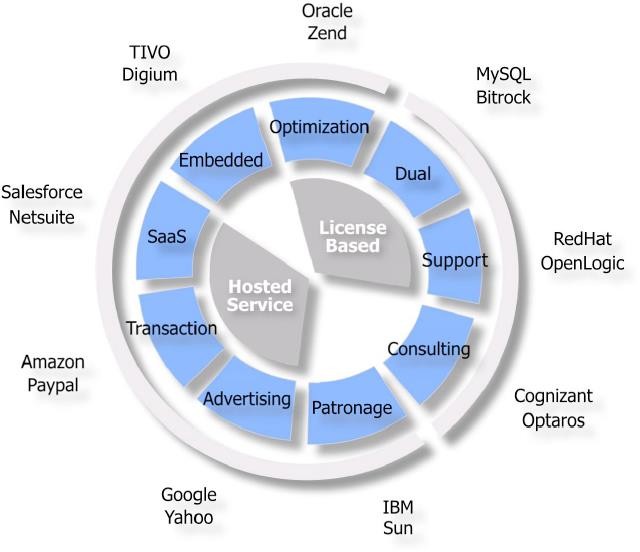
OSS の発展段階の後半になると、よりユーザー中心の OSS ビジネスモデルが導入されている。企業は、自社の資源基盤を拡張するために OSS コミュニティにアクセスし、自社の戦略をコミュニティと整合させ、さらには成果を統合・共有するために OSS コミュニティを同化させる (Dahlander and Magnusson 2008)。このような包括的なアプローチには、適切なソーシャルソフトウェアの設計、透明性の高い知的財産戦略、適切なインセンティブ制度、従業員の権限委譲を伴う進化的な学習と育成のアプローチが必要である (Hienerth et al. 2011)。

オープンイノベーションの文脈で、Rajala ら（2012）は、市場志向とオープンイノベーションの原則を融合させた両利きのアプローチを提案している。このようなアプローチは、企業の収益性を高め、効果的な市場アクセスによって市場投入までの時間を短縮し、イノベーション能力を向上させる（Rajala et al.）

Koenig (2004) は、OSS に基づくビジネスモデルとして、すでに 7 つのモデルを挙げている。

* 1. 最適化
  2. にじゅうライセンス
  3. コンサルティング
  4. サブスクリプション
  5. 引き立て役
  6. ホステッドアプリケーション
  7. 組込みアプリケーション

図2.1： OSSのビジネスモデルとその例（Koenig 2004）



オープンソースをベースとしたビジネスモデルは、オープンソースソフトウェアの開発パターンの原則に従っています。OSSの開発は非常に協力的であり、コードへのアクセスを制限することはありません。したがって、開発者がソフトウェアの使用ライセンスを購入するために前払いを要求するのは珍しいことです。OSSモデルの価値は、開発者がリソースをプールして協力し、関係者全員に利益をもたらすソリューションを共同開発することにある。OSSの特徴は、開発者がリソースを出し合った後、その成果を誰でも無償で再利用できるようにすることです。そのため、オープンソースソフトウェアの開発資金を調達するためのさまざまなモデルを見つけなければなりませんでした。

OSSに基づくビジネスモデルの網羅的で明確に区切られたリストを確立することは難しく、このトピックで利用できる研究は限られている（Shahrivarらによるレビュー2018を参照のこと）。技術開発（Software as a Serviceなど）を通じて新しいモデルが登場し、多くのモデルが重複している。Okoli and Nguyen（2016）は、OSSに依存する最も関連性の高いビジネスモデルを特定するために専門家インタビューに依存した、最も広範な研究として見ることができる。彼らは合計27のビジネスモデルを特定し、そのうちの10を専門家が「最も注目すべきもの」とみなしている。

この10種類のビジネスモデルのうち、その仕組みについて共通の理解が得られている確立されたビジネスモデルが8種類あります。また、2つのビジネスモデルは、まだ新しいビジネスモデルであり、そのため現在は流動的です。

OSSのビジネスモデルとして確立された8つのもの。

* 補助的なサービス
* コーポレート・ディベロップメントとディストリビューション
* サーバーソフトの配布を伴うSaaS
* デュアルライセンス/セリングの例外
* 会員登録と寄付
* クラウドファンディング
* 広告宣伝
* 定期購読の更新

OSSのビジネスモデルとしては、次の2つが浮上している。

* ユーザーデータの販売
* ソフトウェア認証

#### OSSのガバナンス原則

OSS のガバナンスに関する文献は限られている。より広い OSS コミュニティは、Benkler（2002）、Lerner and Tirole（2002）、または O'Mahony and Ferraro（2007）に反映される個人ボランティア主導のコミュニティの初期の理解を超えて、業界主導の継続的研究開発 協力によって形成される協力モデルへと発展してきた。この進展は、これらの以前の観察と矛盾するものではなく、業界全体で OSS 製品およびプロセスが採用されたことを示すコミュニティ構成の変化を示している。また、OSS ライセンスの条件による著作権ライセンスと、コミュニティがどのように組織化されるかの規範をカバーする OSS ガバナンスとの区別がより明確になったことを意味する。特に、Android Open Source Project のようなコミュニティ参加型ではない閉じたガバナンスと OSS ライセンスを組み合わせたビジネスモデルや、著作権所有が単一事業者に集中するシングルベンダの OSS 製品が出現している。

Böhm (2019)とBlind and Böhm (2019)に近い形で、OSSのガバナンスに関する最近の見解をまとめると、以下のようになる。

OSSコミュニティにおけるガバナンスは、現在でもすべての貢献者の自発的な参加によって形成されている。個人や組織は、それが自己の利益になる場合にのみ、コミュニティの開発プロセスに貢献する。コミュニティによっては、意思決定や紛争解決の手続きや機能を備えているところもありますが、コミュニティの決定事項を参加者に強制的に実施させることはできません。参加者は常に、決定事項の実施に貢献しないか、コミュニティから完全に離脱するかという選択肢を持っています。そのため、OSSコミュニティは、一般に、意思決定を行う際にはコンセンサスを目指し、少数意見にも配慮する。運営委員会や理事会の役割は、コンセンサスを得るためのプロセスを調整し、貢献を促進することである。

OSSコミュニティにおける最終的な意思決定者は、すべての貢献者の全体であり、各投票は、実力主義的な組織における貢献者の功績によって重み付けされる可能性がある。特定の貢献者の投票の重み付けについては様々なアプローチがあり、例えば創設者主導型、企業型、平等主義型など様々なガバナンスモデルが存在する。1 かつては、「慈悲深い独裁者」のような概念が、自発的な参加なくして貢献者もコミュニティも存在しないという事実を覆い隠していましたが、近年では、コミュニティのガバナンス規範が次第に形式化され、共通の期待が確立されつつあります。代表的な理事会は、貢献者によって選出されるか、コミュニティへの組織の財政的貢献に基づいて任命され、日々の運営にあたりますが、少数の貢献者の影響力に対してさえ、ほとんど決定を下すことができません。また、コミュニティは以下のような共通の理解があります。

1 https://www.redhat.com/en/blog/understanding-open-source-governance-models

マネジメントと技術的なリーダーシップは別の問題である。多くのコミュニティ組織は、運営委員会と技術運営委員会を分けている。

投票に関する規則は、自発的な参加の下でのリーダーシップのこの両義的な性質を反映している。投票は通常、一人の寄付者が一票を投じる方式か、より高い会費を支払っている組織がその地位に応じて追加の票と委員会の席を得るという段階的なモデルに基づいて割り当てられる。しかし、代表委員会の構成が、技術的な決定に対する具体的な影響力につながることはほとんどない。技術的なリーダーシップは、具体的な製品への貢献から生まれるものであり、管理的なプロジェクトリーダーシップとは部分的にしか重ならないことが多い。

つまり、実力主義とプロジェクト内の組織的地位が混在した上で、選挙が行われるのです。また、選挙プロセスのインパクトもかなり弱くなります。OSS コミュニティの運営は、製品貢献の実現者という控えめな役割であるため、運営委員会や技術運営委員会に参加することは、特権というよりも責任という意味合いが強くなる。OSSプロジェクトが代表的な機能を選出する場合、投票は一人一票方式か、階層的な会員資格のどちらかで行われる。

参加者の個々の義務は、貢献を可能にし、貢献者を惹きつけるというコミュニティの全体的な目標に焦点を合わせることです。参加するすべての組織は、競争的な利害に関係なく、プロジェクトの利益のために他の貢献者と協力することを要求されます。コミュニティが正式な組織を必要とする規模に成長すると、これらの行動規範の詳細は、プロジェクトが採用する「行動規範」に記載されることが多く、貢献者を引き付け、貢献を促す、魅力的で、無差別で生産的なコミュニティを作成することを目的としています。行動規範のような明示的なポリシーだけでなく、強固な暗黙のコミュニティ規範によって、プロフェッショナリティ、誠実な行動、親組織やより広いオープンソースコミュニティとの統合が強化されます。

OSSコミュニティの組織形態は、小規模な自己組織化されたグループから、任命された管理・技術代表者による正式な構造まで様々である。任意参加であるため、これらのプロジェクト代表者は、プロジェクトの貢献者に対して執行権を持たず、具体的な技術的成果物に対して限られた影響力しか持ちません。

しかし、プロジェクトによっては、技術スタッフや管理スタッフを雇用しているものもあります。このような場合、コミュニティ組織は、プロジェクトの使命を遂行するために、企業と同じように行動する。独立した法人として設立されたOSSコミュニティは、ごく少数である。近年設立された大規模なコラボレーションのほとんどは、法人であるEclipse Foundation、Apache Foundation、Linux Foundationのような傘下組織の下に設立され、管理サポート、技術インフラ、マーケティングや資金調達の調整といったその他の機能を提供している（Izquierdo & Cabot 2018）。

プロジェクトの構成が大きく異なるため、スタッフの役割を簡単に一般化することはできません。産業界主導のコミュニティでは、スタッフは通常コミュニティの管理とプロジェクトの代表に重点を置いています。リリースマネージャのような主要な技術貢献者は、プロジェクトにフルタイムで従事できるように、プロジェクトによってはスタッフとして雇用されている。全体として、OSSプロジェクトのスタッフの人数は、従事する貢献者の数に比べて一般的に少なく、実現と支援的な役割に重点が置かれています。OSS コミュニティのスタッフは、通常、ガバナンス、法的、技術的な決定を行う立場にはない。

同様に、OSSエコシステムは、様々な個々のコミュニティの作業を、エンドユーザーに適した技術スタックや商用製品のソフトウェアプラットフォームとして統合する、グローバルな上流/下流ネットワークへと発展してきました。このように、個々のプロジェクト、開発者、研究機関、企業、その他オープンソースソフトウェアの創造に参加するあらゆる主体のグローバルネットワークを、より広いOSSコミュニティという言葉で表現しています。ワイドOSSの作業を指揮する中央意思決定機関は存在しない。

グローバルなアップストリーム/ダウンストリームネットワークのコミュニティです。より広いOSSコミュニティの活動は、下流の統合と採用のための代替ソリューション間の競争という方法で調整されています。上流/下流ネットワーク内のコミュニティ間のコラボレーションは、Red Hat、SUSE、Canonical などの統合製品のディストリビューターとして活動する企業の支援により有機的に生まれることもあれば、統括組織によって促進されることもあります。

OSSのガバナンス原則を提示することは、OSSコミュニティの発展だけでなく、OSSがもたらす影響を理解する上でも重要である。

## OSSの影響

本研究では、OSS の経済的影響に焦点を当てているが、包括的なイメージを生成するために、文献レ ビューは異なる下位次元に分化されている。まず、経済そのものに集中し、次に企業に焦点を当て、さらに個々の OSS 貢献者、OSS プロジェク トにも焦点を合わせている。最後に、OSS が社会全体に与える影響、ひいては政策について検討し、政策分析へとつなげている。

#### 経済への影響

Lerner and Schankerman (2010)は、ソフトウェア一般、特に OSS を新成長論の文脈に位置づけている。原理的には、非競合性の利点を最大限に活用し、最高のソフトウェアを実質的にゼロコストで提供することができる。他方で、開発者が（個人または企業として）OSS開発に自発的に貢献することで、インセンティブ問題が解決される可能性がある。OSSは、経済発展に大きな影響を与える可能性がある。Lerner and Schankerman (2010)は、大規模な企業調査データベースに基づき、企業がプロプライエタリなソフトウェアを販売する一方でオープンソースに貢献し、ユーザーは両者を広範に混在させているなど、OSSとプロプライエタリなソフトウェアの相互作用があることを明らかにしている。したがって、彼らは、製品開発やマーケティングにおいて、OSS とプロプライエタリなソフトウェアとの間に実質的なコストシナジーが存在すると想定している。しかし、彼らはその理論的考察から導かれるOSSの経済効果を実証的に示していない。

Ghafele and Gilbert（2014）は、OSSを学習と模倣のプロセスによって特徴付けられるオープンイノベーションのプロトタイプとして概念化している。彼らは、米国の雇用構造の変化に基づき、OSSが高賃金職の雇用成長にプラスの影響を与える可能性があると仮定している。しかし、彼らの発見は、過去の雇用データの外挿に基づくものでしかない。Ghosh (2006)は、労働生産性を説明するためにOSSをシミュレーションモデルに統合し、OSS投資の重複の仮説からGDPを0.1%増加させることを導き出した。しかし、この知見は実証データによって検証されていない。

Ghosh (2006)の主な主張は、ソフトウェアの開発に関連する大幅な節約を探求し、それが経済発展 に有益であるというものである。例えば、Mockus (2007)は、一般的な OSS コードの 50%が複数のプロジェクトで頻繁に再利用されていることを明らかにし ている。このコスト削減効果の経済合理性は、Riehle (2007)がミクロ経済モデルで精緻化している。また、Ghosh（2006）は、OSSが潜在的にソフトウェアの研究開発に対する産業界の投資を節約し、その結果、利益が増加したり、さらなるイノベーション活動に有用に使われたりすることを論じている。Robbinsら（2018）は、OSSの影響を無形資本として分析している。労力を推定するためのコード行数で、彼らは国民経済計算の方法を修正し、いくつかの人気のあるOSSパッケージの資源コストを推定しています。また、米国連邦政府がCode.govで公開しているOSSの資源コストも推定している。直近では、Wrightら（2020）が、180カ国以上のパネルについて、GitHubへのコミットがITスタートアップの数に強固な正の影響を与えることを発見している。

最近では、オープンイノベーションの一種であるOSSが、国のイノベーションシステムの文脈でも議論されている。そして、OSSが国家イノベーションシステムを強化していることが議論されている。

の重要性はもちろん、その有効性の向上やネットワークの多様化など、国家的なイノベーションシ ステムの重要性が高まっている(Wang et al. 2012)。最終的には、OSS を取り巻くエコシステムやプラットフォームにより、より包括的であるため、社会 起業家の戦略として提案されている(Waitzer & Paul 2011)。

OSS の競争効果は、プロプライエタリなソフトウェアの価格や品質に影響を与えることがある (例: Jaisingh et al. 2008)。品質への影響は両義的なものもあるが (Choudhary & Zhou 2007)、OSS ベンダーは脆弱性に関連するパッチのリリースをより迅速に行うが (Arora et al. 2010)、OSS は独占ソフトウェアの価格を押し上げる (Xing 2015)。しかし、ネットワーク外部性は、OSSとプロプライエタリなソフトウェアとの間の競争（Cheng et al.最近、August ら（2020）は分析を 3 人ゲームに拡張し、企業向けソフトウェア市場で競合する OSS 創始者、OSS 貢献者、所有者の間の競争に OSS ライセンスがどのように影響するかを検証している。ここでは、OSSライセンスの役割が市場成果や社会厚生に強い影響を与えることが示されている。また、知的財産権の具体的な行使がOSSプロジェクトの成功に影響するという実証的な証拠もある（Wen et al.2013）。最近、M&AがOSSプロジェクトへの貢献に与える関連した影響がChenら（2018）によって分析されている。

#### 企業への影響

OSS が個々のソフトウェア生産・購入企業 (Krishnamurthy 2003) や、特に中小企業 (Hendrickson et al. 2012) に与える影響に注目した研究がいくつかある。たとえば、Cereola ら (2012) は、中小企業向けのオープンソースの ERP (enterprise resource planning) ソフトウェアの影響について分析している。

定性的な性格が強い上記の論文とは対照的に、定量的な研究は限られている。Aksoy-Yurdagul（2015）は、ソフトウェア特許と商標の補完資産を考慮して、OSS商用化の企業価値への影響を分析している。日本のIT企業に対するOSSの活用と成長貢献の両方の影響については、野田・丹匠（2014）が調査している。企業のパネルを用いたOSS活用と貢献度の企業生産性への影響は、Nagle（2018, 2019b）によって分析されている。通信ソフトウェア開発における OSS の影響に関する定性的アプローチは、Theunissen ら（2004）により提示されている。

理論的な経済学研究では、OSS 導入によるコスト削減効果が仮定されているが、Kumar and Krishnan (2005)によれば、企業の IT 投資全体、特に IT 労働支出に正の相関がある。

先に紹介したように、OSS はオープンイノベーションの文脈に位置づけることができる (Chesbrough et al. 2006)。その結果、アウトサイドイン・オープンイノベーション（Inauen & Schenker-Wicki 2011）やインバウンド・オープンイノベーション（Parida et al.2012）のイノベーションパフォーマンスへの影響が分析されてきた。しかし、この文脈でOSSの役割が明示的に取り上げられることは、これまでなかった。例外は、Pivaら(2012)の研究で、OSSコミュニティと協働する起業家ベンチャーは、協働しない同業者と比較して、優れたイノベーションパフォーマンスを示すことを発見していることである。

#### プロジェクトへの影響

OSSプロジェクトは、個人、企業、財団など、さまざまな組織によって共有されているため、少なくとも考慮しなければならない、さらなる影響の次元は、プロジェクトレベルである。

第一の課題は、OSSプロジェクトの成功の定義と測定である（Crowstonら2003、Senら2012、Ghapanchi & Aurum 2012）。第二に、OSSプロジェクトの成功の要因を見つけることが重要である（Stewart 2004, Wray et al. 2009, Koch 2007, Ahuja 2018）。

もちろん、プロジェクトの発案者自身が重要であるが（Wang & Wang 2020）、プロジェクトを運営する際のリーダーシップも重要である（Neufeld & Gu 2019）。OSSプロジェクトは開発者のネットワークによって開発されるため、プロジェクトの成功には、ネットワークへの埋め込み性（Grewal et al. 2006）、そのコラボレーションネットワーク（Singh 2010; Singh et al. 2011; Koo et al. 2017; Sowe et al. 2006）、ソーシャルネットワーク（Barbagallo et al. 2008）、それらのコミュニケーション（Chent et al. 2013）とフィードバックパターン（Kavaler et al. 2019）などが重要である。OSS プロジェクトは一般にグローバルである。したがって、関与する開発者のグローバルな分散は、ソフトウェア品質を含む彼らの協調とパフォーマンスに影響を与える（Anhら2015、Birdら2012、Danielら2013）。特に、設計（Zazworka et al. 2011, D'Ambros & Bacchelli 2010, Fontana et al. 2012, Palomba et al. 2018）、コードレビュー（McIntosh et al. 2016, Herzig & Zeller 2013, Rigby et al.2014, Baysal et al 2013, Hu et al. 2019）、コード再利用（Haefliger et al. 2008; Jiang et al. 2019c）、OSS品質、ひいては成功、例えばsecurity by design (Chehrazi et al. 2016)に影響を及ぼしている。また、コメント文は、OSSにおけるコードの安定性に影響を与える（Aman & Okazaki 2008）。最後に、OSSプロジェクトにおける作業分担とタイミングは、その成功に関係している（Howison & Crowston 2014）。

また、ユーザーの関与は、探査と開拓のミックスと同様に、プロジェクトの成功に影響を与える（Ghanpanchi et al.

枠組み条件として、様々な種類のライセンスは確かに重要であるが（Subramaniam et al. 2009, Ghapanchi & Aurum 2011）、金銭的補償（Atiq & Tripathi 2016, Liao et al. 2019）も重要である。

#### 個人への影響

OSSプロジェクトでは、貢献者の大半が企業から報酬を得ているため、企業が主な推進力となっているが（Geiger 2017 and Nagle et al. 2020）、OSSコードの品質、ひいてはその最終的なインパクトに対して、個々の開発者は依然として重要な役割を担っている。

その結果、社会的な結びつきやコラボレーションが OSS プロジェクトのチーム形成に強い影響を与えることが明らかになった (Hahn et al. 2006; Hahn et al. 2008, Qureshi & Fang 2011)。これは、開発者の仕事に対する初期環境の高い関連性によって補完される（Zhou & Mockus 2011, 2015）。さらなる段階では、ソーシャルキャピタルはOSSへの持続的な参加に影響し（Qiu et al. 2019）、OSSプロジェクトにおける開発者の離職にも寄与する（Lin et al.）開発者の評判は、コードレビューの結果に影響を与える（Bosu & Carver 2014）。しかし、周辺開発者であっても影響を与える（Setia et al.2012）。一般に、OSS 開発者は仲間や自分の経験から学んでいる（Singh et al.2011）。まとめると、リーダーシップ、チームメンバーのアイデンティティ、公共的利益の認識が、OSS開発者の満足度に影響を与える（Chang 2018）。

また、個々の開発者はプロプライエタリ開発とOSS開発の間で緊張を経験し（Rolandsson et al. 2011）、これはOSSコミュニティと関係企業に対する思想のミスフィットの大きな影響によって補完されている（Daniel et al. 2018）。

#### 社会への影響

OSSは、経済全体や特にソフトウェア分野で活躍する企業への影響に加え、他の分野にも影響を及ぼしている。しかし、科学的な文献は限られており、ジャーナリズムや印刷（Berry 2008）、図書館・情報科学（Adhikari 2017）、翻訳サービス（Désilets 2007）、教育（Brown 2008）といった分野についても言及されている。さらに、OSSがセキュリティ全般に与える影響についての文献もありますが（Hepman & Jacobs 2007）、クラウドセキュリティ（Riquet t al. 2012）、セキュリティバイデザイン（Chehrazi et al. 2016）、ひいては安全性（Dobberstein et al. 2017）についても触れられています。

公共財としての安心・安全に加えて、OSSは環境科学（Blower 2019）だけでなく、災害影響評価（Olyazadeh et al. 2016）、エネルギー効率（Capra et al. 2012）、ひいては持続可能性全般（Fitzgerald et al. 2019）について関連性があると認識されています。しかし、公共部門におけるOSSの役割に関する最近の科学的文献はほとんどない（Mergel 2015）。

## オープンソースに関する文献 ハードウエア

OSS に関する膨大な科学的文献とは対照的に、オープンソースハードウェアに関する出版物は、イノベーショ ンだけでなく、ビジネスや経済的影響に関連するものも含め、かなり限られています。例外は、3Dプリンティングやアディティブ・マニュファクチャリングに関する重要な文献です。

例えば、小規模製造業（Laplume et al. 2016）、ドローン（Ebeid et al. 2018）またはバイオプリンティング（Lee et al. 2017）について。主に非常に具体的な技術事例ベースの論文のさらなるトピックは、教育（Herger & Bodarky 2015; Rodriguez-Sanchez et al. 2015, Schelly et al. 2015）および研究、例えば顕微鏡（Wijnen et al. 2016）、ロボットのプロトタイプ、センサーネットワークおよびIoT、最終的には健康におけるアプリケーション、一方でCovid-19の結果の解決に関連する医療機器や環境保護などのためのOSHの役割である。OSHハードウェアプラットフォームの顕著な例は、例えばArduinoです（Nayyar & Puri 2016）。しかし、経済的・財政的な側面はまだ分析されていない。

OSHへの参加（Bonvoisin et al. 2018）、動機（Hausberg & Spaeth 2020）、OSHベースの企業の起業家の動機（Li et al. 2017）を調査する研究もある OSHはプラットフォーム原理に基づいているので（Kim & Hong 2018）、開放性が重要な側面である（Bonvoisin & Mies 2018）。OSHは製品開発および設計に使用され（Bonvoisin 2017）、設計の反復プロセスによって特徴付けられ、複数の専門家が関与し、OSHおよびOSSを採用する（Sparazzo & Ceconello 2018）。これらのオープンデザインプロジェクトは、複雑な戦略を追求しています。オープンソースコミュニティは、ハードウェアのオープン性よりもソフトウェアのオープン性を高く評価することが判明している。例えば、Balkaら（2010）は、オープンデザイン企業が、開発者コミュニティを疎外することなく価値獲得を守るために、部分的なオープン化の戦略をうまく実行できることを発見しています。OSHエコシステムのコミュニティとパートナーは、デザインまたは生産を中心に、補完的なサービスをミックスして価値を創造しています（Moritz et al.）KimとShin（2016）は、OSHをソーシャルプラットフォームイノベーションの文脈に置き、コンテンツ、消費者サポート、ユーザーインターフェース、報酬がソーシャルOSHプラットフォームへの貢献の引き金となる重要な要因であることを発見している。

より洗練され多様化したOSSのビジネスモデルとは対照的に、OSHのビジネスモデルに関する文献は非常に限られている。Pearce（2017）は、以下のOSHビジネスモデルのリストを提示しているが、このリストは、しかし、科学コミュニティにサービスを提供することに焦点を当てたものである。

* + OSHメーカー（タイプ1）
    - キットサプライヤー
    - 機能性部品サプライヤー
    - 校正・バリデーションサービス
  + OSHバイヤー（タイプ2）
    - OSHを販売する
    - OSHサービスの販売
    - 実験のアウトソーサー（タイプ3）

Li and Seering（2019）は、OSHベースの企業のビジネスモデル全般を分析することで、Pearce（2017）による作業を拡張している。

最後に、OSHの影響に関する研究は数少ない。一例として、Pearce（2016）による科学的なフリー・オープンソースハードウェア（FOSH）開発のための投資収益率（ROI）決定方法があり、特にOSHのコスト削減効果に焦点が当てられている（Pearce 2014）。ただし、事例は主にOpen Sourceの科学的ハードウェア開発に焦点を当てたものである。さらに、産業制御アプリケーションにおけるコスト重視のOpen Source自動化の可能性についても調査されている（Hoxha et al.2016）。補完的に、Kwakら（2018）は、3D印刷技術の領域において、単一の3Dイノベーションからイノベーション・エコシステムやプラットフォームに視点を広げており、ビジネスモデルを含むOSHとイノベーションの関連性について、より幅広い議論を始める可能性があります。

まとめると、OSHに関する文献は非常に限られており、また、非常に特殊な事例や技術に焦点が当てられている。つまり、OSHに関する事例研究は、その経済的影響について新しい洞察を提供しなければならない。

## 文献の要約 レビュー

文献をレビューしたところ、OSS に関する科学的な出版物が多数あることがわかった。第一段階として、OSS をオープンイノベーションと関連するアプローチの文脈に位置づけ、その影響 が最終的に分析されるより広い枠組みを示す。第 2 段階では、OSS の枠組み条件、すなわち企業や個人の動機、利用可能なビジネスモデルや OSS のガバナンス機構を検討する。最終的に、OSS の影響に関する文献を、経済レベルの研究から始めて要約する。これらは限定的であるため、企業、プロジェクト、重要なレベル、そして開発者個人への影響も考慮する必要がある。最後に、経済やビジネスの側面を扱ったOSHに関する数少ない研究についての簡単なレビューで締めくくられている。

全体として、この文献レビューは、このプロジェクトで実施される実証分析と政策のレビューのベースとなるものである。

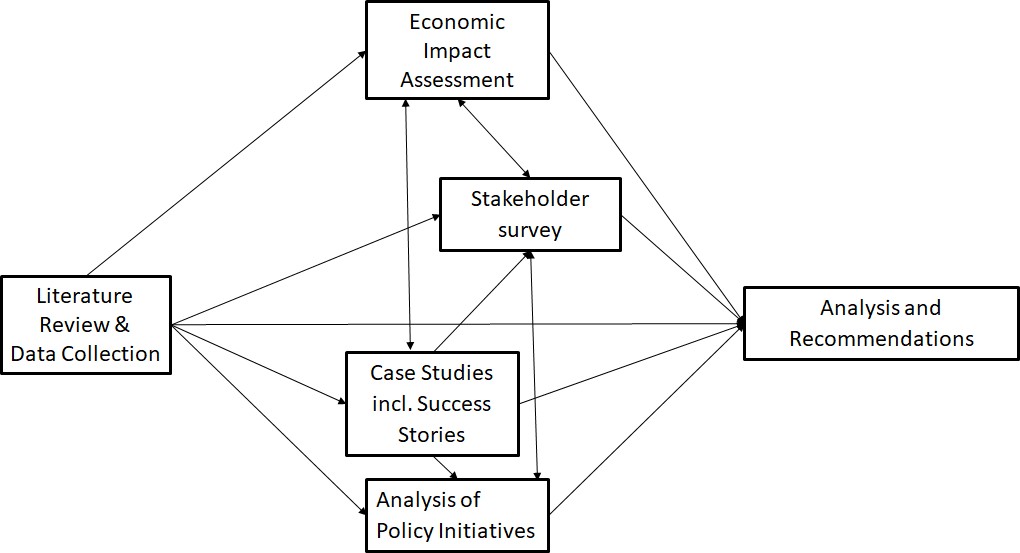
# 方法論の概要 アプローチ

## はじめに

20 年近く前からオープンソースソフトウェア（OSS）の関連性が認識されているにもかかわらず、その影響 を測定する確立された方法論がないため（文献レビューを参照）、いくつかの柱に基づいた方法論が開発され ている。オープンソースハードウェア（OSH）については、先行研究がなく、経験的証拠、特にデータが不足しているため、このような方法論を開発する課題はさらに高いものとなっています。そのため、OSH については、主にケーススタディに基づく個別のアプローチをとっています。

以下の図では、OSS と OSH およびその様々な影響を分析するために、既存文献の包括的なレビューに基 づく我々の様々な方法論のアプローチの概要を示している。これらのアプローチについては、以下のセクションで詳しく説明する。さらに、様々なステークホルダーを代表する100人以上の専門家を招いてワークショップを開催し、ケーススタディや政策分析に関連するインタビューも実施した。

図3.1： 方法論的アプローチの 概要



## ケーススタディ、ビジネスモデル、 タクソノミ

文献調査や専門家との議論から、ビジネスモデルの分類を含め、本研究の分析フェーズに関連する可能性のある分類が多数特定されました。有意義な分類法を採用することは、2 つの目的を果たすことになります。第一の目的は、研究を一貫した方法で実施することで、研究のために調査中に得られたデータと既存のソースから入手可能なデータの両方について、異なるプロジェクト間で有効な比較を行うことができるようにすることである。第二の目的は、特にケーススタディにおいて、変換エラーや仮定を最小化する方法でデータ収集を促進するためのフレームワークを提案することである。

特にOSHに関しては、すでに利用可能なデータセットが限られていることに留意する必要がある。既存のデータセットを照合するために使用された分類法は、今回の目的には適していないかもしれませんが、場合によっては、分類法間の変換が直接、または比較的少量の追加調査によって可能であり、情報の損失も最小限に抑えられます。また、既存のタクソノミがなく、独自に開発しなければならない場合もあります。また

そのため、適切なタクソノミを選択、または適応させる必要がありました。

最初の専門家会議では、一部の専門家が、この研究が OSS と OSH に焦点を当てていることを考えると、プロプライエタリ設計の商業化に焦点を当てた組織をこの研究に含めることが適切であるかどうかを質問しました。OSSH の影響に関する基本的な研究課題に答えるには、たとえ商業化している製品がオープンソースでなくても、オープンソースを取り込んで利用している組織も考慮する必要があるようです。このことから、「オープン性」をよりニュアンスの異なる方法で考慮する必要があるかどうかが検討されました。具体的にどのようなニュアンスなのかは、ワークショップで議論された問題です。同様に、「ハード意識」の導入は、可能であれば、オープンハードウェアに使用されるのと同じ分類法を使用して、OSS を含むデータ収集と分析にもっと価値があることを示唆している。

その他の分類法は、より単純なもの（地理に関するものなど）や、既存のデータセットとの統合を容易にするために卸売りで輸入されたもの（例えば、Open Source Hardware Associationが認定製品データベースで使用している分類法など）です。

これらの分類法とビジネスモデルのカテゴライズは、デスクトップリサーチの段階だけでなく、インタビューやアンケートの段階でも、データの収集と分析に使用されました。

デスクトップリサーチで得られたデータと専門家の意見を参考に、5つのケーススタディのためにいくつかの重要なプロジェクトが特定され、選択されました。これらのプロジェクトの中から、ケーススタディに適したものが選ばれ、一連のインタビューが行われた。5つのケーススタディの中で、5つの関連する成功事例が特定され、精緻化された。ケーススタディに基づき、産業ドメインのケーススタディに基づく欧州経済のSWOT分析を実施した。

ケーススタディにおけるビジネスモデルの分析は、成功したOSSベースのビジネスモデルを持つ組織の概要と、影響を受けるセクターと技術の多様性を示すCrunchBaseによって提供される新興企業の大規模なサンプルの説明の分析によって補完される。最後に、OSHベースの新興企業の小規模なサンプルについて、ビジネスモデルのより詳細な分析が実施されました。

## 経済効果分析：マクロとミクロ レベル

文献調査によって OSS の様々な影響の次元が明らかになったため、様々なレベルで様々な影響の次元に対処するために、異なるアプローチが適用されている。

出発点は、最も重要なオープンソースリポジトリであるGitHubが提供するデータベースである。GitHub開発者プラットフォームから得られるOSSデータは、GHTorrentプロジェクト（https://ghtorrent.org/）のコンテキストでTU Delftによって提供されています。このソースは特に有望であり、したがって、OSS の経済的影響を評価するための我々の方法論的アプローチの主要なデータベースとなる。OSS プロジェクトの最大のリポジトリである GitHub は、国や組織における OSS の普及に関する独自の体系化されたデータを提供する。GitLabやSoftware Heritageのような他のデータベースは、現在、適切なデータを提供していません。GitHubのデータベースとしての関連性と健全性は、GitHubに言及する出版物の増加によって裏付けられている。当社の経済分析は、2018年までのデータのみを対象としています。したがって、マイクロソフトによるGitHubの買収が我々の分析に与える影響はわずかである。

残念ながら、OSS コードの普及に関するデータは一般に公開されていない。しかし、文献レビューにあるように、OSSはユーザーのイノベーション、または、その一形態と考えることができる。

開発者とユーザーとの共創。その結果、GitHub における OSS コードへの貢献は、その利用を反映するものでもある。したがって、貢献することがOSSの実装にもつながるとして、Nagle（2019a）などに続き、GitHubへのコードの貢献に依拠することが提案されている。また、第二段階として、寄稿者はより経験豊富なユーザーの群れからフィードバックを受けるため、寄稿者の学習を促進し、その結果、物品を使用することによる価値をよりよく捉えることができる（Nagle 2018）。

GitHubが提供するデータは、さまざまな目的で使用される予定です。10億以上のコミット数と3000万人以上のユーザー数により、EUの全加盟国だけでなく、OSSに貢献している重要な他の国についても十分長く堅牢な時系列を作成することができます。これらの時系列は、マクロ経済パネル回帰の入力として使用され、OSSがEUのGDPや労働生産性、さらには競争力、イノベーション、市場参入に与える影響を判断することができる。GitHub で活動するユーザーへのコミットやユーザーへの貢献度を基に、直接・間接の影響を統合した OSS のマクロ経済効果を算出することが可能である。しかし、ユーロスタット、OECD、その他有名な組織から入手可能なマクロ経済変数は OSS に焦点を当てたものではなく、経済全般に焦点を当てたものであるため、マクロ経済モデルの中には有意な結果を生み出さないものがある。しかし、EU 加盟国のレベルでは、貢献者数、コミット数を把握することができ、EU での OSS 生産のためのコストの基準として必要な投資を計算することができる。これらのコストの数値は、これらの投資に基づいて創出される GDP との関連に置かれ、最終 的にコストベネフィット比の決定へとつながる。

さらに、GitHubが提供する、より細分化されたレベル、つまり組織レベルのデータも使用されている。3200 万人以上のユーザーのうち、60 万人が組織、つまり企業や財団のような他の組織、またプロジェクトにリンクされている。しかし、プロジェクトレベルでは、特定の国や EU に帰属させることができず、また外部 の財務データも存在しないため、OSS の経済効果を分析するには適切ではない。そのため、ミクロレベルの分析では、組織、あるいは企業により焦点を当てることにした。ユーザー数または貢献者数が最も多い10,000の組織に焦点を当てました。これらの組織は、GitHubの全ユーザーの3分の1以上が組織へのリンクを表明している。これらの組織と企業データベース「アマデウス」とのマッチングにより、約2,000のヨーロッパ企業、またはEU加盟国に所属する企業が生成された。

最終的に、これらの企業のうち1.000社以上について、2018年の売上高と従業員数に関する情報が入手できます。この情報は、ユーザー、すなわち従業員の数、およびそのコミットメントと照合されます。したがって、これらの企業を業種、従業員、売上高のカテゴリーで区別することが可能です。最終的には、これらの企業のOSSへの投資額を算出し、一種の費用対効果分析として収益と比較する。

最後に、ステークホルダー調査には、費用便益比率を決定するセクションもあります。これらの比率は、マクロおよびミクロ経済学的なコスト評価の結果とリンクしているため、これまでに決定したコストベネフィット比率を検証することに貢献する。

## ステークホルダー 調査

既に述べたように、我々の方法論の更なる重要な要素は、包括的なステークホルダー調査を実施することである。ステークホルダー調査の目的は、OSS と OSH の影響というトピックに関する幅広いステークホル ダーの意見を収集し、分析することであり、これにより、問題となっている意見と問題の確実な実証的 表現を作成することである。さらに、OSS と OSH の影響を評価するための文献、データベース、事例研究からの洞察は、関係者調査の 回答者からの情報によって補完されている。

以下の手順で実施しました。

1. 事前調査（文献検索、ケーススタディ設計、既存データ調査など）に基づくアンケート設計から開始する。
2. ウェブベースのツールでアンケートをプログラミング
3. フィールドで調査をテストする
4. 調査対象者の連絡先データベースを構築し、調査票の発送準備を行う。
5. 様々なコミュニティやターゲットグループにアンケート用紙を送付し、2回のリマインダーを行う。
6. は、最新のソフトウェアと統計手法を用いて、結果を分析します。調査の構成は以下の通りです。
   * アンケートに答える人の立場
   * 組織の基本情報（ソフトウェア・ハードウェアの規模やビジネスモデル、イノベーション活動に関する位置づけなど）
   * 組織またはビジネスユニットのノウハウの保護に関する戦略
   * OSSHへの関わり方
   * OSSHに参加している組織の種類
   * OSSH開発への参加インセンティブの妥当性
   * 著作権ライセンスの役割
   * OSSHが使用、統合、開発、参加されている分野の差別化
   * OSSHのメリットとコスト
   * 欧州委員会によるオープンソースへの支援の可能性についての提案を含む追加コメント。

## 最終的な の分析

すべての異なる分析アプローチから得られた知見は、最終的な知見の三角測量と検証のために使用されます。したがって、特にマクロ経済レベルからトップダウンで行われる経済分析からの主に定量的な知見は、ボトムアップで行われるステークホルダー調査や最終的にはケーススタディからの主に定性的な知見と三角関係を構築しています。

その結果、まず経済分析の結果が要約され、次のセクションでステークホルダー調査の要約、そして最終的にケーススタディが補完される。最後に、調査結果は、関係するステークホルダーによって、OSS または OSH、主題、そして最終的には影響の次元に分類される。

さまざまな証拠に基づくこれらの知見は、一般的な政策提言やトピック別の政策提言を導き出すための基礎となるものです。

## 公共政策 分析

政策分析の主な目的は、対象国におけるオープンソースに影響を与える、関連する公共政策の動きとその要因を特定することです。公共政策分析の最終的な指標を定義する際、政策提言を導き出す必要性がすでにありました。

を考慮に入れています。公共政策分析の対象国は世界中に広がっており、そのためオープンソースに対する様々なアプローチが明らかになっています。

まず、関連する行動を特定するために、様々な情報源に頼ることが必要である。オープンソースは主流の公共政策分野ではないため、特に国ごとのレベルでは、情報が広く行き渡っていないことが多い。必要な情報を収集するために、学術的な情報源、専門家へのインタビュー、政府のリソース、専門的な調査を組み合わせて使用しています。これは、国ごとに調整されています。

学術的な資料が入手でき、比較的深い研究が行われている国もあるが、他の国、あるいはほとんどの国では、学術的な資料が入手できない。それでも、この政策分析のために、約150の関連する学術出版物が選別された。専門家へのインタビューは、2番目に重要な情報源であった。

専門家は、より非公式な場で情報を提供し、文脈や背景、政策行動の成功と失敗に関する情報を提供することができる。したがって、不文律や文化的特質を理解し、異なる国の公共政策に関わる言語のギャップを埋めるために非常に重要な存在である。専門家はまた、研究の重要なスタート地点となり、乗数として働き、重要な学術・政府情報源を提供する。公共政策分析のために、50人以上の専門家へのインタビューが行われました。これらのインタビューは、半構造化質問票に基づいて行われました。

政府、特に民主主義国家では、通常、政府報告書、戦略文書、法律などの形で、政策行動に関する相当量の情報を自らに提供している。これは、政策行動の内容分析を行う上で重要なツールとなります。さらに、コンサルタント会社やその他の専門的なサービスも、一般的に政策行動に関する重要な情報を提供している。

政策アクションとその内容の特定に加え、分析から結論を導き出し、公共政策提言の策定に役立てるため、政策アクションの比較を行う。

このような比較のためには、比較可能な情報を収集することが必要である。そのため、データ収集は全ケース共通の分析フレームワークに基づいて行われ、その概要は以下の通りである。分析は、公共部門を対象とした公共政策行動と民間部門を対象とした2つの側面から構成されている。

このフレームワークに基づいて、データが収集され、分析されます。この比較は、上記の次元と基準から派生する指標に基づいて、公共政策の行動の拡張性を評価するものである。このように、各分析対象国には詳細な国別レポートと、政策の拡張性に基づく比較スコアが用意されています。

表3.1:公共政策分析の枠組み

|  |  |
| --- | --- |
| 寸法 | 基準 |
| 公共部門は、当該公共機関が自らの組織においてOSSとOSHをどのように実施するかを言及する政策を目指した。 | * 管轄区域全体におけるポリシーの規定レベル。 * 公共調達政策がOSSHに配慮している度合い。 * 方針がどれだけ効果的に実行されているか。 * 公的機関内のOSSとOSHに関する能力の度合い。 |
| 民間部門に向けた政策とは、当該公的機関が他のアクター、特に民間部門とどのように関わるかを指すものである。 | * OSSとOSHを採用し開発する民間事業者をどの程度まで支援するか。 * 管轄区域がどの程度、民間アクターに指針を提供しているか。 * OSSやOSHコミュニティに関して、管轄行政が役割を担っているかどうか（担っているとすればどのような役割か）。 * 近隣の政策分野において、OSSやOSHがどの程度考慮されているのか。 |

## 政策 提言

作業を通じて、コアチームのメンバー間で、提言や結論に関して考えられる観察結果やアイデアの交換が常に行われた。コアチームのスタッフは、フィールドワークにも大いに参加し、より広い文脈を知らずに特定の仕事だけに孤立して取り組むのではなく、チームメンバー全員が「全体像」を把握できるようにした。政策分析・比較の結果は、政策提言を導き出す上で大きな役割を果たした。定期的なチームミーティングでは、新しいアイデア、結論、提言のオプションが話し合われた。異なるアプローチによる最初の結果が出ると、それぞれの手法の利点と欠点に対抗するために、異なるエビデンスベースに基づいて三角測量が行われた。関連するすべての段階において、サウンディングボードのメンバーは、私たちのアイデアや提言の相手として参加しています。特に、5回のワークショップは、政策提言を導き出すための貴重なインプットとなった。最後に、進捗報告書とECとのミーティングにより、提言に向けた発展過程について意見交換を行うことができた。

限定的ではあるが、明確に定義された一連の提言は、証拠に基づく提言の要請を反映し、これまでの作業 の成果に基づいて導き出された。特に、インパクトの分析は、第一に公共政策措置の正当化について、第二にこれらの政策措置のターゲットグループとしてOSSとOSHに関わるステークホルダー（例えば、零細企業や中小企業）に関する洞察を明らかにするものである。ケーススタディ、SWOT分析および利害関係者調査は、政策措置が焦点を当てるべき特定の分野に関する洞察と、ECが集中的に取り組むべき手段を提供している。

公共政策の分析により、現在ある政策手段（拡大や適応が必要と思われるもの）だけでなく、ECが検討すべき他国のベストプラクティスについても、指標に基づく体系的な概観が得られます。

全体として、OSSH に特化した政策イニシアチブと、OSSH の政策的側面を教育、競争、公共調達のような他の政策イニ シアチブに統合することの両方が必要であることが明らかにされている。可能な限り、分析は、人工知能のような新しい技術や、分野別のアプリケーションに分けて行われ ている。OSS は IT セキュリティにおいて高い重要性を持つため、安全で信頼できる ICT ソリューションの提供に向 けた OSS と OSH の共同貢献に関する提言がなされている。最後に、OSS は公共部門に大きな可能性を持っており、相互運用可能なソリューションと公共サービ スの開発における OSS の役割の強化に関する提言がなされている。

# ケーススタディ分析、ビジネスモデル、 タクソノミ

## はじめに

本セクションでは、個人、組織、セクター、社会の各レベルで OSSH に関連する特性を説明する主要な変数と測定基準を定義した付属書に記載されている分類法を用いて、主要な OSSH プロジェクトの定性的分析を提供することを目的としています。ケーススタディから得られた知見は、OSS のインパクトの定量的評価を補完し、最終的には政策提言 の基礎となるものである。

OSSH は、ソースコードやデザインのライセンス、コラボレーションのガバナン ス、制作手段の提供、制作プロセスそのものといった側面を包含する幅広い概念であ る。本報告書では、OSSHの影響をこれらの次元ごとに理解するために、分類体系を構築し、ビジネスモデルや経済的インパクトとの関係を示唆することを目的としている。

## ケーススタディ 方法論

ケースは、エンベディッド・マルチケース・スタディ（Yin 2003）の形で研究されている。データは、標準化されたインタビューガイドラインに基づき、半構造化、自由形式のインタビューによって収集されている。個々のケースは、共通の基準構造を用いて評価され、水平的に比較できるようになっている。その後、政策決定者の視点に焦点を当てたSWOT分析により、ケースを集約しています。ケースは、インタビュー結果や専門家ワークショップで提供された意見に基づいて、欧州経済の技術的自立、競争力、イノベーションに影響を与えるものが選ばれています。

#### ケーススタディとインタビュー対象者の選定

5 つのケーススタディは、OSSH 分野に関連する多様な産業分野を代表している。これらのケーススタディは、13の関連プロジェクトのキーパーソンへのインタビューに基づいている（場合によっては、プロジェクトごとに複数のインタビューが行われることもある）。インタビューに答えていただいた方々は、いずれも各分野で活躍されている著名な方々で、積極的に参加され、貴重なご意見をいただきました。彼らの参加と協力は非常にありがたい。また、OSSH の特性として、個人が複数のプロジェクトに関わることが多いため、各インタビュイーには、本調査に最も関連性があると思われる特定のプロジェクトについて回答してもらったことを記しておく。インタビュー対象者の選定基準は以下の通り。

地理的な多様性：候補者の大半はEU圏に住んでいますが、北米やイギリスからも面接官が来ています。

セクターの多様性：商業、公共、学術を代表するプロジェクトからの代表が確保されました。

ハードウェアとソフトウェア：インタビューに答えてくれた人たちは、ハードウェア（積層造形、エレクトロニクス、シリコン）とソフトウェア（基盤技術、エンドユーザー技術）のプロジェクトを代表する人たちです。

オープン性の多様性：インタビューに答えてくれたのは、完全にオープンなプロジェクト（以下に示すモデルで評価）から、オープンなテクノロジーをベースとしながらも、それ自体は閉じているプロプライエタリな製品を提供しているプロジェクトまでです。

組織構造の多様性：インタビューに答えていただいた方々は、財団、プロジェクトリーダー、ベンチャーキャピタル出資企業、民間企業、学術機関、政府出資の団体を代表しています。

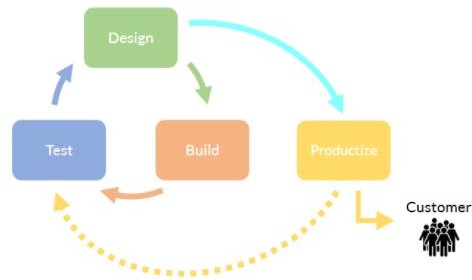
#### インタビューの構成

インタビューは1時間の予定で、30分程度のオーバーランを許容している。インタビューは、Covid-19の影響を考慮し、すべてビデオ会議で行われ、通話は内部使用目的でのみ録音された。各通話に先立ち、インタビュー対象者には、インタビューのテンプレートと説明文が提供された（別紙参照）。インタビューは、定量的な質問（インタビュー対象者に、OSSHが様々な要因に与える影響、および様々な要因がOSSHに与える影響について、主観的な数値評価を求める）と、より談話的な回答が可能な一連の定性的質問とが混在している。

## ソフトウェアとハードウェアのオープン性とハードワイアリングの次元

ソフトウェアやハードウェアの開発は、通常、設計、構築、テスト、そしてテストの結果を基にした再設計というサイクルで行われます。そして、準備が整った段階で、製品化に向けて構築のフェーズに移行します。ソフトウェアの場合、すべてのフェーズがデジタル領域で行われます。

図4.1：設計-施工-テストサイクルと製品化



製品化とは、デバッグコードを削除し、バイナリをダウンロードできる場所に置くという単純なことかもしれません。また、製品を電子的にパッケージングしたり（Linuxのコンテナ・イメージなど）、バイナリをデバイスの不揮発性メモリにフラッシュしたりすることもあります。自動車の場合、設計の多くはデジタルで行われるかもしれませんが、多くの部品は物理的に作られるまで効果的にテストできません。また、1点物のサスペンション部品は個別に機械加工できますが、自動車の製造準備には、治具の作成など物理領域での膨大な作業が必要になります。このように、より多くのサイクルがアナログ／物理的な領域で行われることになるのです。

#### ハードウエア

各段階において、活動はデジタル（情報）領域と物理領域の間のどこかで行われる。例えば、ソフトウェアに関しては、設計と構築はデジタル領域で行われ、テストもデジタル領域で行われると思われますが、デバイスで使用することを意図したソフトウェアはデバイスへのロードを伴います。製品化もデジタル領域で行われる可能性が高い。

FPGA（Field Programmable Gate Array）は、HDL（Hardware Description Language）を用いて設計・構築される。テストの多くは、デジタル領域で行われます。一部のテストや製品化には、物理的な領域での活動（回路基板に実装されたFPGAにビットストリームをロードする）が含まれます。特定用途向け集積回路（ASIC）の場合、設計と構築（シミュレーションを使用）はデジタルで行われ、テストは（テストにFPGAを使用する場合）物理的な活動を伴うことがありますが、製品化には物理的な領域での大きな活動が必要となります。

プリント基板の場合、設計やテストの多くはデジタル領域で行われますが、製品化は主に物理的なものです。

職人的あるいは工芸的とみなされる多くの活動は、その大部分がハードウェアの端で行われると思われます。たとえば、何かのデザインを紙にスケッチして、コメントをもらうために誰かに郵送したとしても、情報が伝達されるのですから、これはまだスケールのソフトウェア側のどこかにあるのでしょう。製品が2つの領域にまたがる場合(たとえば、ファームウェアも含むPCB)、それぞれのコンポーネントに異なるレベルのハードウェイズが存在する可能性があります。.このことを念頭に置いて、サイクルにおける設計、構築、テスト、製品化の各段階において、ハードウェイアをスケールで評価することができます。

#### オープン化の度合い

オープン性の意味に関する議論は、オープンソースそのものよりも古いものです。オープンな技術とプロプライエタリな技術の間に二元的な区別がないことは広く受け入れられている。何がオープンソースのライセンスで何がそうでないかの定義が受け入れられているため、最も定義された側面はライセンスの側面である。しかし、オープン性のより広い文脈は、コラボレーション、（再）配布、および派生作品の形式での結果の再利用である。ここでは、たとえライセンスがフリーであっても、利害関係者が技術に対して確固たるコントロールを維持できることが明らかになっている。このことは、技術の取り組みがどの程度オープンであるとみなされるかという問いに答える必要性を示している。

オープン性の程度を評価するために、open by ruleモデルやWaugh-Metcalfeモデルなど、既存の多くのアプローチが評価されています。ルールによるオープンモデルは、オープンな実力主義ガバナンス、ルールベースのシステム、協調的なロードマップ計画、独立した貢献者による健全なコミュニティ、フォークの可能性、全体的な透明性などがオープン性の主要な側面であると仮定している。Waugh-Metcalfeモデルでは、法的、標準、知識、ガバナンス、および市場の開放性を区別している。

開放性のさまざまな側面は、参加者に開放性を尺度で評価してもらうことで直接評価することは困難である。そこで、オープン・バイ・ルール・モデルやWaugh-Metcalfeモデルに基づく指標を、インタビューの質問やケーススタディの構成において間接的かつ個別に評価することにした。このアプローチでは、結果を集計することで、各ケースのオープン性の総合的な評価が実現される。インタビュー対象者がドメインの開放性指標を直接評価するよう求められることはない。

#### 生産プロセスにおける位置づけ

ハードウエア分類における設計、構築、テスト、製品化の各段階に関連し、ソフトウエアとハードウエアの組み合わせによる製品を市場に投入する過程では、ソフトウエアやハードウエアの設計などの情報財の創出と、基板や部品、デバイスなどの物理製品の製造が行われることになる。このことから、ある技術について何がオープンであるかという問いは、設計過程と設計手段については、製造過程と製造手段とは別に答えることができる。その結果、開放性と硬直性には関係があることが判明した。

オープン性とハードワイズ性の両方に対するアプローチは、生産プロセスに沿って定期的に変化する。例えば、設計段階から得られる情報財であるフリーライセンスのチップ設計は、物理財であり市場価格で販売されるチップを製造するために使用されるかもしれない。同様に、プロプライエタリなソフトウェア開発ツールが、フリーライセンスなソフトウェア製品を作るための設計手段として使われることもある。設計プロセス、設計手段、製造プロセス、製造手段のオープン性を個別に評価することで、何がオープンかという問いに体系的に答えることができ、オープン性とハードワイアリングの関係を明らかにすることができる。

このように、ソフトウェア開発プロセスは、設計段階で終了する生産プロセス全体の中の特殊なケースと考えることができるというのが、この分解がもたらす興味深い視点である。情報財であるソフトウェアには、通常、製造段階はありません。しかし、設計段階では、ハードウェア設計の開発、特にデジタル領域で開発されるハードウェア設計の開発と類似している。

この生産プロセスの記述は一般的なものです。現在の視点は、OSSHの概念が導入される以前とは異なり、4つの側面のいずれにおいてもオープンであることが可能になっているという点である。これは、プロプライエタリな製品やオープンなプロセスを、二元的に区別するのではなく、オープン性のスペクトラムとハードワイアリングのスペクトラムで考えるという、理論的アプローチの可能性を提供するものである。

#### 市場分野、技術分野、産業領域における位置付け

欧州経済は、OSSHの影響を特に受けると予想される複数の産業領域で構成されています。これらの領域には、エネルギー、健康、ホームオートメーション、航空宇宙、家電、エンターテインメント、自動車、製造、ロジスティクスなどが含まれます。これらの領域で変化をもたらすと予想される技術開発には、サイバーセキュリティ、コンピューティング、ネットワーキング、ソフトウェアインフラ、人工知能、ハイパフォーマンスコンピューティング、テストとツールの進歩が含まれます。ケースは、これらのドメインと技術開発の組み合わせを定性的に調査し、特定の関心分野を特定する可能性があります。

#### 技術開発におけるコラボレーションの側面

OSSH技術の開発は、健全なコミュニティにおける生産的なコラボレーションに依存する部分が多い。単独でOSSH技術を開発するケースもありますが、一般的ではなく、ベンチャーキャピタルの資金調達に関連する領域ではあっても、イノベーションの主要領域とは言えません。通常、地域社会との連携は、研究開発費をプールすることで個々の参加者のコストを削減しつつ、単独の競合他社に勝るイノベーションをもたらします。本報告書では、コミュニティが開発した技術に焦点を当て、ケーススタディを行っている。

多くの参加者は、徐々に参加範囲を広げながら、コミュニティに成長していきます。このように、消費者から参加者個人への戦略的関与への道程と、組織のコミュニティへの関与の度合いが、OSSHが実現できるインパクトを示しています。

コミュニティは、正式な構造を持たない緩やかに組織されたグループから、効果的なガバナンスと非公式および正式な標準への影響力を持つ複雑な生態系へと成熟しています。コミュニティの成熟度を評価することは、そのコミュニティが各産業分野やドメインに与える影響を理解するのに役立ちます。

財団は、プロジェクトの推進、運営支援、イベントの開催、資金調達など、重要な役割を担っています。ここでいう財団とは、より大きな組織の中で、複数の個別のOSSHプロジェクトを主催する傘のような組織と理解される。効果的な財団を設立したドメインは、技術開発により大きな影響を与えることが想定される。

## ビジネスモデルと価値 の提案

ソフトウェアとハードウェアのモジュールは、最終的に消費者向けの製品を形成するまで、システム・オブ・システムに集約・結合されます。このサプライチェーンにおけるすべての市場関係者は、顧客にバリュープロポジションを提供する。顧客は、競合他社の提案と比較し、最高の価値を提供すると認識するものを選択する。このシンプルなコンセプトは、経済的な背景から、OSSHの開発は、投資を正当化するための具体的な市場価値を提供しなければならないことを示しています。このため、コミュニティ開発からビジネスへの商業化および知識移転のアプローチに焦点が当てられています。

#### 製品・サービスの分類

ビジネスモデル分析の応用アプローチでは、価値提案を製品とサービスに分類している。製品とは、売り手が販売する権利を持ち、何らかの方法で他者を排除するものであると定義される。これには、物理的なアイテムや独自のソフトウェアが含まれる。サービスは、サービスを提供する主体が所有していないアイテムや製品に対して提供することができる。サービスは、製品を補完することによって、あるいは垂直統合によって、製品との関連で価値を表す。通常、請求可能な時間単位、またはサブスクリプションベースで提供される。製品は、その収益モデル、商品の種類、差別化された側面に基づいて分類される。このアプローチでは、製品がどのように価値を生み出すか、また、その特性が企業のビジネスやガバナンスモデルの選択の実行可能性にどのような影響を与えるかを評価する。

OSSHの開発に関連して、財の種類を基礎技術や未完成品から消費者向け技術や完成品までのスペクトラムでモデル化した。この考え方は、ソフトウェアスタックという技術概念でも表現されている。製品をこの「商品の種類」のスペクトルに位置づけることで、オープンな開発モデルかプロプライエタリな開発モデルかの選択など、研究開発の優先順位が示される。

差別化は、消費者に期待されているが、それがない限りほとんど気づかれない非差別的な製品特徴から、購買決定を左右する差別的な製品特徴までのスペクトラムでモデル化されている。市場アクターは、自社開発（差別化）か共同開発かを決定し、製品の差別化側面に基づいて研究開発費を配分する。

収益モデルの分析では、しばしばビジネスのための収益の生成に焦点が当てられる。OSSHの文脈では、より一般的に、企業がOSSHを使用・開発することによってどのような利益を実現するのかが問われます。このような利益は、研究開発費をプールすることによるコスト削減から、消費者に焦点を当てた価値提案による収益創出まで、さまざまなパターンに分類することができます。この変数は、開発プロセスに適用される開放性または独占性、適用される知的財産権（IPR）モデル、さらにはビジネスモデルの実行可能性についての決定に影響を与える。

#### 収益-差別化-製品型空間

収益モデル、差別化アプローチ、製品タイプの3つの次元を組み合わせると、8つの八分儀を持つ3次元空間が形成される。各オクタントは、共通の製品特性と実行可能なビジネス戦略のセットを持つ領域を表しています。たとえば、コスト削減、非差別化、基盤技術というオクタントは、弱コピーレフト・ライセンスのLinuxディストリビューションやモジュールのスペースを提供する。収益を上げる、差別化しない、消費者志向のような他のオクタントは、OSSHベースのビジネス戦略には一般的に適していません。

特殊なケースとして、収益もコスト削減も重視せず、収益には無関心な価値提案もある。このようなケースは、例えば、提供されるOSSH技術によって促進される商業サービスを販売することによって、間接的な利益を生み出すビジネスを表しています。これは、イノベーションと市場競争のバランスをとるという規制上の課題を提起している。

#### 公共インフラとの関係

OSSHの全体的なインパクトの重要な側面は、様々な複雑な技術の再利用可能な基盤またはビルディングブロックとしての有用性である。OSSHのイノベーションは、「イノベーションのスープ」からポジティブなスピルオーバー効果を生み出す。OSSHは、コミュニケーションや学習のような特定の目的のための手段を、正確な使用方法を規定することなく、容易にする。用途やユーザーによって差別されることはない。過疎地や経済的に貧しい地域へのソフトウェアの提供のように、そうでなければ経済的に実現不可能なアクセスを可能にする。つまり、OSSHは一般的にインフラと関連づけられる属性を示しているのです。

一方では、インフラ型の波及効果による経済効果が、直接的な利益を上回りながらも不明瞭になる可能性があることを意味する。一方では、OSSH開発の実行可能性と主要なOSSH製品の保護に対する公共の利益を示している。

#### オープン化の議論

これらのさまざまな分類法で説明されているさまざまな変数や測定基準は、財のライセンスや開発モデルの開放性が、それらがライセンスされた時点のものと、それらがインプットとなる次の財のものとを別々に評価することによって、開放性の意味に関する質問により系統だった答えを提供しようとするものである。この議論は、無償の入力とプロプライエタリの入力の組み合わせが一般的であるという事実によって複雑になっている。たとえば、プロプライエタリなツールは、OSSのオーサリングによく使われる。同様に、フリーライセンスの3Dプリンターは、商業的に販売されている商品を作るために使われることがあります。つまり、OSSHの影響を切り分けるには、バリューチェーンのさまざまなポイントで適用されるオープン性の分類法が必要なのです。

## 産業領域のケーススタディと成功例

#### メーカーからメーカーへ - プロセスの革新

*導入、位置づけ、ドメインの説明*

オープンソースハードウェア（OSH）は、アカデミアやメイカームーブメントなどのセクターを結びつける技術の開発を可能にし、市民による製造と産業領域の架け橋となり、それぞれが他から恩恵を受けることを可能にするものです。このケーススタディには、Arduino、WhiteRabbit、MyriadRF、RepRapの各プロジェクトからのインプットが含まれています。

Arduinoは、マイクロコントローラのファミリーです。小型でシンプルなシングルボードコンピュータであり、センサーロギング、デバイス制御、IoTインターフェースなど様々なタスクを実行するために複数の方法で設定することができます。ハードウェアとファームウェアの両方がオープンソースです。WhiteRabbitはCERNのプロジェクトで、もともとはEthernetネットワーク規格とプロトコルを拡張することで、素粒子物理学の領域で起こるイベントの高精度タイミングを提供することを目的としていましたが、この電子デバイスファミリーは現在、他の学術分野や、地震学、高周波金融取引など多様な分野で使用されています。MyriadRFは、オープンソースのエレクトロニクス、ゲートウェア、ファームウェア、ソフトウェアを組み合わせたソフトウェア定義無線技術ファミリーです。RepRapは、もともと学術界から生まれた3Dプリンタ技術で、RepRapプリンタのコンポーネントの多くが、RepRapプリンタを使って印刷可能であるという点で注目されています。このため、部分的に自己複製が可能です。

これらの技術は、通常、他の技術を容易にしたり、可能にしたりするものです。これらの技術は、学術、製造、エレクトロニクス、研究など、さまざまな分野から生まれることがあります。技術の安定した実装を提供することで、開発のための低摩擦のプラットフォームを提供し、元の考案者が想定していなかった利益を提供することがよくあります。市場や組織を代表する支配的なセクターはありません。

を開発し、それを利用することは、幅広い分野で起こり得ます。

このカテゴリの技術は、その柔軟性が特徴である。いずれの場合も、技術の最初の開発者は、この柔軟性は、技術を他の人に自由に開放することで最もよく発揮されると考えている。その推進力は多岐にわたる。CERNのプロジェクトである「ホワイトラビット」が公開されたのは、プロジェクトの発起人が、公共の資金によって、一般の人々が等しく利用できる技術を生み出すべきだと強く感じたことが主な理由である。また、適切なライセンスがあれば、採用した設計に改良を加えれば、それ自体が一般に公開され、最終的には最初のプロジェクトにフィードバックできると考えたのである。ご紹介したプロジェクトは、いずれもハードウェアとソフトウェア（White RabbitとMyriadRFの場合は、HDLコードを含むソフトウェア的な技術）の組み合わせになっています。それぞれのプロジェクト内でも、サブプロジェクトごとに異なるコミュニティが形成されていた。

この分野のアクターの背後には、幅広い資金調達モデルが存在する。最初のプロジェクトの発起人は、学術・研究資金、民間投資、政府補助金の恩恵を受けています。各プロジェクトの背後にある構造と生態系は様々であり、これは全体として、各プロジェクトの生態系が異なる資金調達モデルを持っていることを意味する。ほとんどの場合、プロジェクトの発案者と、そのプロジェクトの周囲に出現した商業モデルを切り離すことに注意を払う必要がある。例えば、RepRap自体は最小限の資金しか持っていませんが、設計を受け継ぎ商業化する商業オペレーターのエコシステムが盛んです。

いずれの場合も、オープンライセンシングモデルから生じるベンダーのロックインが減少したと認識されることが、そのテクノロジーを採用する際の重要な要因となっています。これは、基礎となる技術が消滅したり、根本的に変更されたりしないこと、また、突然価格を上げるメーカーがないことの両方が、採用者に安心感を与えるからです。特に、研究者や学術関係者は、予算的な制約の中で活動し、また自らも好奇心を持ち、多くの場合、必要なスキルや専門知識を持ち、既存の独占市場よりも効率的かつ効果的に、自分たちで製品を生産できないか、と考えているのです。どのケースでも、プロジェクト開始者が予想した以上の新しい使用事例が見つかっています。オープンであることは、設計を異なるユースケースに再利用することを容易にする。例えば、高温や高湿の環境で使用するために回路基板を硬化させる場合、その特定のユースケースのために一点物のバリエーションを開発するよう独占的な生産者に要求するよりも、オープンな設計に適用した方が大幅に単純で安価になります。

多くの場合、製品そのものの市場は多様化し、多くのアクターによって供給されている。いずれの場合も、消費者が自分で製品を作ることは（少なくとも理論的には）可能である。実際、RepRapのほとんどの部品がそうであり、多くのエンドユーザーは、既存のRepRapを持っている友人に頼んで、多くの部品を自分で製作することを選択します。また、サードパーティの3Dプリント会社に部品のプリントを依頼したり、メーカースペースにある既存の3Dプリンタを利用したり、プルーサなどの会社からRepRapプリンタ一式を購入したりすることもできます。このような選択肢は、市場に多様性をもたらし、供給の弾力性につながる可能性があります。同様に、Arduinoについても、多くの購入者はArduinoからボード一式を購入することを選択し、多くのホームユーザはArduinoの回路基板を自分で製作することが困難だと感じるかもしれませんが、理論的には、ボード設計を取り出して、オンオフ回路基板製作施設を提供する会社の一つで迅速、安価、効率的に製作してもらうことが可能なのです。また、Arduino以外の企業が製造・販売するArduino互換ボードのエコシステムも盛んである。このことから、消費者がArduinoの純正基板を購入するのは、無名のメーカーの基板よりも品質基準が高いと感じることが差別化のポイントになると考えられます。また、Arduinoがオープンなエコシステムに付加した価値を消費者が認識したい（一種の「感謝」）ことも要因の一つかもしれない。注目すべきは、Arduinoにカスタムボードデザインの開発・生産を大量に依頼することが可能なことであり

そのような中で、消費者がArduinoを選ぶ理由は、蓄積された技術と経験だけでなく、Arduino自身が下請け業者と価格交渉をする能力を身に付けているためである。これらは、Arduinoのライセンスモデルがオープンであるのとは対照的に、Arduinoが商業モデルを維持するために、商標の知的財産の厳格な管理に依存していることを示唆している。

特に興味深いのは、同じプロジェクトに異なる生態系が形成される可能性があることです。例えばRepRapのように、あるプロジェクトがハードウェアとソフトウェアで構成されている場合、ハードウェア部分とソフトウェア部分とで異なる生態系が形成され、異なるダイナミクスを持つことができます。MyriadRFの場合、ハードウェア、ソフトウェア、ゲートウェアの3つの異なるコミュニティが存在します。それぞれの異なるエコシステムが、異なるダイナミクスと、異なる差別化の機会を提供します。1つの共通点は、参加者が特定の問題や要望に対応するために基本設計を変更し、それをメイン設計にフィードバックできる「オープンソース開発モデル」が、ソフトウェアとゲートウェアの領域では機能しますが、純粋なハードウェアの領域ではそれほど機能しないということです。言い換えれば、ハードウェアが「ハード」であればあるほど、最終的に設計・開発作業は、共同研究者のコミュニティとは対照的に、中央集権的な研究開発運営によってプロプライエタリな開発者が行うのと同じように行われる可能性が高くなるのである。

この分野のテクノロジーは、幅広いユースケースで使用することができます。これらはターンキー方式の消費者向け製品ではなく、一般に、より複雑なシステムの構成要素として、あるいは研究や学術の場で使用されます。

ツーリングは重要な問題であると考えられていた。いずれの場合も、製品を設計、製造、テストするためのオープンソースソフトウェアツールが相対的に不足していることが、開発の阻害要因として指摘されています。この問題は、「ハード」ハードウェア（機械部品や電子機器）と、ゲートウェアを開発、テスト、シミュレーション、インスタンス化するためのツールなどの「ソフト」ハードウェアの両方に当てはまります。いずれの場合も、参加者は、この状況は改善されつつあるが、参加への障壁を低くするためには、さらに改善する必要があると指摘しています。

研究開発において、サイバーセキュリティを特に重要視している参加者はいなかった。しかし、シリコンを使用するプロジェクトでは、基盤となるチップが内部で危険にさらされる可能性があるという懸念が残っている。これは、通信に組み込まれる可能性のあるプロジェクト（MyriadRFなど）において、特に懸念されることであった。理論的には、メッセージの解読を容易にするバックドアを隠し持ったチップを製造したり、バックドアを知っている悪意のある第三者が機器にアクセスできるようにすることが可能です。これは、ゲートウェアを使用してコンフィギュレーションできる汎用チップである FPGA よりも、特定用途向け集積回路（製造サプライ チェーンや開発チェーンを完全に追跡することが困難なことで知られている）の方が深刻な問題になる可能性があります。したがって、オープンゲートウェアは、コードの精査を可能にし、異常な動作を監視するコードの組み込みを可能にし、デバイスが現場にある間に脆弱性を修正することを可能にすることで、セキュリティ強化の道を開く可能性があるのである。したがって、コンピューティング・インフラストラクチャも、このオープン・ハードウェアの分野からの影響を受ける可能性があります。人工知能は、この分野からの影響を特に受けていないと見なされています。しかし、これらの要素の関連性と影響は、将来的に増加することが予想されます。

この分野の技術は、現在、ほとんどの分野で研究開発への影響が少ないか、あってもごくわずかであり、最も発展が見られるのは企業分野であろう。このことは、公的な学術・研究部門においても、より少ない程度ではありますが、当てはまります。これは、特に企業において、時間の経過とともに大きくなっていくでしょう。生産段階でのこれらのセクターへの影響も同様である。

*成功事例Arduino*

Arduinoプロジェクトは、ヨーロッパにおけるホビースト、メーカー、製造者のムーブメントが生み出したニーズが、国際的に影響を与える独自のエコシステムを発展させた製造ビジネスの成功へと拡大することを実証しているのです。

Arduinoはマイクロコントローラのファミリーで構成されており、メーカープロジェクト、アカデミア、産業界など、研究開発領域から大規模な製造まで、さまざまな用途で利用することができる。ハードウェアはクリエイティブ・コモンズ・シェア・アライク・ライセンス（CC-BY-SA 4.0）、ソフトウェアは同等の相互ライセンス（GPL）でライセンスされています。このため、Arduino の商標と関連するライセンス モデルを管理することは、ビジネスの価値を維持し、その名前を品質と公式 Arduino 製品の起源と関連付けるために重要です。

Arduinoは、さまざまなボードを商用マーケットで販売しています。また、ボードの使用や開発に関するコンサルティングも行っており、最近では、Arduinoハードウェアを使用したIoT技術の開発を促進するための有料のSaaSモデルも発表しています。

Arduinoは、ホビーユーザーやメーカーにとって参入障壁が非常に低いため、このプラットフォームを経験した人が数多く存在します。このことは、多くのMakerが先生や教育者になり、エコシステムが自立していることを意味します。このような経験を持つ人々が産業界に転職した場合、使い慣れたプラットフォームを使い続けることができ、プラットフォームが提供するロックインの回避という点で非常に魅力的になります。ハードウェアはサードパーティもありますが、価格差が少なく、Arduinoの純正品を購入する方が安心なので、実際には大きな脅威にはなっていません。主な差別化要因は、知識のある個人、互換性のあるハードウェアとソフトウェアからなる既存のエコシステムと、ロックインがないことによる供給の安全性がそこにある。

Arduinoボードは、学術、研究、製造など、簡単な処理と接続性を必要とする多くのケースで使用することができます。特に、小型で低消費電力、柔軟な処理能力、多様なプロトコルや周波数を利用したRF（無線周波数）接続が重要な「モノのインターネット」分野での利用が進んでいます。

物理的な領域では大きな要因の影響があり、Arduinoを含むオープンハードウェアプロジェクトは、デジタル領域に適用される影響だけでなく、これらの影響を受けています。そのため、回路の研究開発のためのソフトウェアツールの存在は、ソフトウェアに相当するものに比べてまだ遅れている。オープンソースの代替ツール（KiCadなど）が開発されていますが、オープンソースハードウェアツールの利用可能性は、ソフトウェアの世界での同様のツールの利用可能性に比べてまだ遅れています。これは、参入障壁が高いことを意味し、趣味やメーカーの市場では、これらのツールにアクセスできないことを意味し、これらの製品に熟練したエンジニアのプールが少ないことを意味します。また、物理的なものでは、輸送費の問題（回路基板などの小型デバイスの場合、輸送費というより、国境を越えた輸送に関する問題や、国によっては輸入規制の問題）がある。また、規制や認証の問題も、小ロット生産には不釣り合いであり、特に中小企業には大きな影響を与える。例えば、CEマーキング（EU）、FCC認証（米国）などがある。

サイバーセキュリティは重要な要素であり、時代とともにその重要性は増しています。また、Arduinoデバイスは、デジタルインフラ、特にIoTの分野でますます重要な要素になっていくと思われます。

Arduinoは、インフラ、特にIoTの領域で利用されるため、特定の産業や社会セクターで偏った影響を与えることはないと思われますが、全体的にはすべてのセクターで大きなプラスの効果が期待されます。今回の

は、Arduinoによって参入障壁が低くなるため、中小企業にとって特に有益な市場であると思われます。

Arduino は、オープンソースベースのシンプルなハードウェアプラットフォームを提供することで、技術へのアクセスを民主化できることを実証しています（ホビーユーザーやメーカー、学者、研究者、そして最終的には産業界からの一般参加の増加に繋がります）。産業界による採用は、技術に精通した個人の利用可能性によって促進されます。また、重要なこととして、技術のオープンソースとしての性質がロックインに対する防御となり、比較的小さな組織であるArduinoがはるかに大きな企業に対して効果的に競争できるようになることが挙げられます。

*オープンソースソフトウェアおよびハードウェアのコミュニティへの統合*

エコシステムは、多様な活動をカバーしています。エコシステムは、垂直方向に、「ハード」ハードウェア、ゲートウェア、ファームウェア/ソフトウェアをカバーするセグメントに分けることができます。相互に依存しながらも、それぞれのエコシステムは独自の特性とダイナミクスを持っています。

複数の相互依存的な生態系の確立と並行して、相互依存的なコミュニティの確立も行われている。最もよく確立されているのは、ハードウェアプロジェクトのソフトウェア側で運営されているもので、Linuxのような他の関連コミュニティと深く統合されています。

貢献の仕組みは、組織によって、また組織内のプロジェクトによって大きく異なる。重要な観測点は、ハードウエアが難しいほど、伝統的な開発手法を用いる組織が開発を行う可能性が高いということである。

エコシステムは、メーカー、デザイナー、ホビーやメーカー、学術関係者、商業メーカーなど、多様な人々で構成されています。

Arduino、RepRap、White Rabbitは、ハードウェアとソフトウェアの両方にコピーレフトのライセンスモデルを採用していますが、各プロジェクトは、より寛容なライセンスモデルがより適切である使用例（例えば、独占技術とのインターフェースを容易にするため）があるかもしれないことを認識しています。Arduinoは、教育などの用途では、非商業的な条件付きのライセンスなど、オープンソースではないライセンスを適用することもあります。いずれの場合も、コピーレフト・ライセンスは、技術を使用する主体が、基礎となる技術に改良・修正を加えた設計資料を公開することを奨励するために採用されています。特にArduinoは、自身を差別化し、エコシステム内の明快さを促進するメカニズムとして、その商標権を使用しています。したがって、"Compatible with Arduino "という言葉を使うことは（それが事実であれば）奨励されますが、Arduino以外の製品を "Arduino "と表現することは禁止されています。

ソフトウェアやゲートウェアに貢献しているのは、メーカーや趣味人、個人であったり、電子回路などのハードウエアや現物の開発に携わっているのは、企業主導の傾向があり、区別されることが多いようです。個人の開発者は、活発なコミュニティの中にいる方が定着しやすいので、いずれの場合もコミュニティへの働きかけが重要です。

オンラインで公開するものから、ワークショップの開催、世界各国で開催されるカンファレンスでの発表など、よりインタラクティブで対人的なアプローチまで、さまざまなアプローチが展開されています。また、Arduinoは恵まれない人たちに教材を寄付するプログラムも持っています。

Arduinoは直接お客様に販売するため、IP開発、コミュニティ開発、販売と一貫した事業体となっています。それに対して、White Rabbitのデザインは、独立した商業団体が販売しています。CERNはそれ自体、知識の移転に関心があり、商業団体にその知識を使う自由を与えている。

可能であれば（例えば相互ライセンスの使用によって）、さらに生成された知識は、それ自体が利用可能になることが要求されるべきであるという目的です。RepRapは、例えばPrusaのように、マシンを製造・販売する多くの商業団体を通じて入手することができます。また、大量生産技術（例えば、射出成形）に切り替えることが費用対効果的になる時点が増えるにつれて、材料を大量生産できる3Dプリンターの農場に対する市場も拡大しています。

Arduinoは商業組織として収益と利益を重要視していますが、技術が停滞することなく、新しい革新的な方法で展開され続けることも強く望んでいます。この後者の要素は、おそらくRepRapとWhite Rabbitにとってより関心の高いものでしょう。RepRapとCERN（White Rabbit）は、（RepRapの場合は）Prusaのような商業団体が技術を展開することを切望している。MyriadRFは、コミュニティが成長し、この技術から生まれる多様なプロジェクトの数が増えることを望んでいる。

*結論*

EUは、オープンライセンスとオープン開発の方法論が、趣味人から研究者、学者、メーカー、販売者まで、多様なエコシステムをまとめる力を持つことを示す、うらやましいプロジェクトを有しています。しかし、IPに関する規制や明確性の欠如が阻害要因になることがあります。バランスの取れたアプローチをとり、米国や極東からの脅威に適切に対応することができれば、これらの障壁を取り除くことは大きなチャンスとなります。

#### オープンハードウェア・コンピューティングとインフラ

*導入、位置づけ、ドメインの説明*

これらのプロジェクトは、オープンおよび準オープンのハードウェア技術を活用し、イノベーションと商業利用のためのプラットフォームを提供することを目的として開始されました。このケーススタディでは、Open Compute Project、RISC-V、SiFiveの3つのプロジェクトについて考察しています。

Open Compute Projectは、データセンターのコスト削減と効率化を目的にFacebook社によって始められ、サーバーからデータストレージ、ラックなどの物理インフラに至るまで、様々なコンポーネントを開発する。ハード（ラックや家具）から中間（HDLビットストリームで構成されたFPGAを組み込んだネットワークスイッチ）、ソフト（ファームウェア、インターフェース、モニタリングなど）まで、ハードとソフトを包括している。ハードウェアの）ライセンスモデルは完全にはオープンではない。RISC-Vは、カリフォルニア大学バークレー校で開発されたマイクロプロセッサコア用の命令セットアーキテクチャで、オープンソースライセンスの下で公開されており、FPGAやASICに実装可能な多くのマイクロプロセッサコア設計に導入されている。これらのデザインの中には、オープンライセンスの下で利用できるものもあります（例えば、SWERV（Western Digital社開発）、SiFive社のFreedomプラットフォームなど）。SiFiveはこの分野の3番目のケーススタディで、RISC-V ISAを開発した人物によって設立され、シリコンバレーに拠点を置く積極的な商業企業である。2020年末時点で1億2500万ドルの資金を集め、オープンソースとプロプライエタリの両方のライセンスで、さまざまなプロセッサコアと関連製品を生産している。

これらの技術は、オープンソースライセンスを使用した研究開発の共有に固有のコスト削減を活用しています。しかし、コスト削減にとどまらない新たなメリットも生まれています。オープンハードウェア・コンピューティングとインフラストラクチャーのプロジェクトは、標準化と共同研究開発の力を活用しようとするものです。技術の非専有化は、コモディティ化と標準化を推進するインフラ技術の顧客（従来のプロバイダーは、バリューチェーンの上位にある自社製品を差別化することで価値を引き出しているため）と、自社製品の差別化を図り続ける従来のインフラ技術プロバイダーとの間の緊張関係を明らかにしている。RISC-VとSiFiveは、エコシステムの主要なプレーヤーです。

(また、非営利団体と営利目的のベンチャーキャピタルが、それぞれの利益、エコシステムの利益、より広い経済の利益のために、いかに相互運用できるかを実証しています。

Open Compute Projectは、主にテクノロジー業界の大企業であるメンバーからのサブスクリプションによって運営されている。その資金は、運営とアウトリーチに費やされている。RISC-Vは、主にメンバーの購読料と、限られた程度ではあるがイベントのスポンサー料によって資金を調達している。Si-Vは、大規模な資本投資を行う商業貿易事業体である。その日々の収益は、主にIP（例：コア・デザイン）とシリコンの販売から得られています。

これらのプロジェクトに共通しているのは、ロックインを減らすことで、プロプライエタリな技術との差別化を図っている点です。Open Compute Projectの場合、設計は複数のメーカーによって実装されるため、顧客は選択したハードウェアのベンダーを選べる可能性があり、極端な話、自らその仕様でハードウェアを製造してもらうことも可能である。RISC-V財団は、RISC-V命令セットを管理する団体として機能している。つまり、命令セットは一貫したコアと、オプション（公式）の拡張機能から構成されている。つまり、この命令セットを使ってRISC-Vコア上で動作するソフトウェアを書けば、ベンダーの異なるさまざまなチップ上でそのソフトウェアが動作し続けるという安心感を得られるということだ。コア開発者が独自の拡張機能を実装したコアを開発することを止めることはできませんが、ロックインの恐怖が拡張機能の使用を抑制し、拡張機能開発者がその拡張機能を公式仕様に組み込むために提出する動機付けになります。この相乗効果は、SiFiveがRISC-V命令セットの開発に広く参加していることで実証されています。この参加により、SiFiveの顧客は、SiFiveの独自技術を使用している顧客であっても、ロックインのリスクを減らすことができるという安心感を持つことができます。

OCPプロジェクトは通常データセンターで使用されますが、データセンター以外の場所でも、同様のハードウェ ア特性（集中管理と監視が可能、ハードウェアを動的に再構成できる、環境への影響とエネルギーコストが低い、不良ハー ドウェアを複数のベンダーの同等ハードウェアで容易に交換・修理できる）が使用できる場合（例えば、携帯電 話塔）にも使用することが可能です。RISC- Vプロセッサは、ますます多くの場面で使用されるようになってきている。Western Digital社は複数のストレージ製品に採用しているが（組み込みシステムが一般的な使用例）、命令セットの拡張により、ベクトル処理スーパーコンピュータや、Linuxなどの汎用オペレーティングシステム（例えばBeagleVなど）でも使用できるようになった。特に、車載技術はロードマップに載っている。

Open Compute Projectは、そのハードウェアに対して、古典的なオープンソーススタイルの開発モデルを採用していない。オープンに開発されることはなく、デザインは一般に完成されたものとして提示されるが、改良がオリジナルの設計者にフィードバックされることもある。これに対し、OCPが開発するソフトウェアは、GitHub上でより参加型に（そして完全にオープンソースライセンスの下で）開発されている。このため、OCPでは、ツールは重要な要素として挙げられていますが、そのオープン性は挙げられていません。輸送は、サーバーラックのような大きな物理的ハードウェアの成功には重要な要素だが、シリコンチップのような非常に小さなハードウェアには最小限の要素であり、ソフトウェアやゲートウェアには無関係である。OCPは、デザイン思考（ベンダーではなくユーザーの視点からデザインを開発すること）のようなヒューマンファクターが重要であり、すべてのプロジェクトがコミュニティの重要性を指摘していることを指摘した。OCPは、循環型経済（部品の再使用や再利用を含む）と結びついた環境思考の普及が、プロジェクトの成功にとって重要であり、会員企業のビジネスニーズと、良き企業市民として見られたいという願望の両方に合致していると指摘しました。現在、シリコン開発の障壁となっているのは、ファウンドリへのアクセスやASIC製造の準備にかかるコストです。費用対効果を高めるためには、大量生産する必要があり、中小企業がその市場にアクセスするための障壁となっています。

サイバーセキュリティは、この分野のすべての回答者にとって非常に重要であった。特に懸念されるのは、シリコンのセキュリティと、チップにバックドアやサプライチェーンの悪者によって埋め込まれたマルウェアを組み込む能力に関するものです。サプライチェーンを通じて、信頼の根源を開発し維持する能力は、オープンなハードウェアとソフトウェアによって促進されます。この影響は時間の経過とともに大きくなっていくでしょう。

これらの技術は、いずれもインフラに大きな影響を与え、その影響はますます大きくなると予想されます。

人工知能は、この分野のテクノロジーから大きな影響を受けることになりますが、その理由はさまざまで、ますます増えていくでしょう。OCPは、AI技術の高度な展開に必要なデータと計算能力を提供するデータセンターの構築に必要な技術に集中する傾向がありますが、RISC-Vは拡張の可能性もあり、コア処理能力を提供する可能性があります。時間の経過とともに、その影響は大きく、大きくなっていくと思われる。ハイパフォーマンス・コンピューティングについても同様の回答があり、その理由も同様である。

これらの技術開発によって、環境にはすでに良い影響が及んでおり、それが大幅に増加することが前提となっていたのです。

すべての部門が、研究開発および生産の両面において、これらの技術の影響を受けており、この影響は将来的に大幅に増加すると思われます。すべての部門が直接的または間接的に影響を受けており、重要な役割を担っている可能性があります。

*成功事例RISC-VとSiFive*

RISC-VとSiFiveの組み合わせは、学術研究から生まれた技術に基づくオープンソースハードウェア財団と、資本市場からの資金調達に適した商業的な事業体の組み合わせの力を実証しています。さらに、RISC-V財団は、EFTA加盟国であるスイスにその拠点を移しました。

すべてのマイクロプロセッサ（CPU）は、その動作と機能を決定する命令セットを必要とします。RISC-Vの命令セットは、自由なBSDライセンスの下で自由に利用できるため、営利・非営利を問わず、あらゆる組織が最小限の摩擦で実装できるようになっています。このため、実装者は自由にライセンスモデルを選択することができ、様々なモデルが採用されています。実装の中には、Western Digital社のSweRVコアやSiFive社のfreedomコアなど、それ自体がオープンソースであり、すべて寛容なオープンソースライセンスの下でリリースされているものもある。SiFiveはまた、Risc-V ISAを使用した独自の技術も生産しています。同社の収益モデルは、この独自IPのライセンス供与、シリコンの販売、コンサルティングの販売である。

RISC-VとSiFiveは、RISC-V ISAとその拡張機能の開発にSiFive（およびその他）が積極的に貢献し、安定した標準プラットフォームを提供すると同時に、SiFiveがこれらの標準を使用してIPを開発、商業化（直接的、間接的に）することで形成されるエコシステムの主要プレイヤー同士なのです。SiFiveはまた、RISC-Vコア技術（ISA仕様とは異なる）のオープンソースコミュニティに積極的に参加し、人々がRISC-V技術を実際に理解しやすくし、そしてRISC-Vエコシステムの中で働き続けられるような訓練を受けた知識のある人々のベースを提供するのです。

RISC-Vは、92%がメンバーの購読料、8%がイベントのスポンサー料で賄われています。その支出は、管理、アウトリーチ（マーケティング、イベント管理、プロモーション）、RISC-Vの技術的な作業の開発をカバーしています。Si-Vは、大規模な資本投資を伴う商業的な取引組織です。日々の収入は、主にIP（例：コアデザイン）とシリコンの販売から得ています。支出の大部分は、研究開発、特にエンジニアリングに費やされています。

SiFiveとRISC-Vは、危険なロックインから解放されると認識されている技術プラットフォームを提供することで差別化を図っています。ハードウェアとソフトウェアの世界における他の多くのオープンソースプロジェクトと同様に、技術への参入障壁を下げると同時に、商業的な文脈で技術を使用する人々に対して、その実装が存在し続けサポートされ続けるという安心感を与えます。

SiFiveコアは、IoTデバイスからシステムオンチップ設計、最近ではデスクトップOSを実行できるプロセッサまで、幅広い分野の様々なアプリケーションで利用されています。

研究開発段階と開発段階の両方で、設計の実装の可用性と品質と同様に、工具が問題となる。物流はあまり重要ではありません（製品はIPかコンサルティングで、場所は関係ありませんし、シリコンチップは物理的に小さいです）。IPの制約、特に特許が問題になるかもしれません。RISC-Vは可能な限りIPの侵害がないように意図されており、フリーダムコアの寛容なライセンスの選択もそれを反映しています。RISC-VのISAは、学生や他の人がすでに慣れ親しんでいる他のISAの構造と一致するように、合理的に簡単に設計されているので、RISC-Vに触れたことがなくても、学習過程はかなり速いと思われます。この点で特に重要なのは、非営利団体であるRISC-V財団と営利団体であるSiFiveの相互関係です。

サイバーセキュリティは、ハードとソフトの両面から意義があり、その技術がインフラに与える影響は重要であり、ますますその重要性が高まっています。

人工知能は、RISC-V ISA、ひいてはSiFiveシリコンの柔軟性と再現性が重要な意味を持つ分野かもしれません。これは、ベクトル数学やテンソル命令などの分野で、ISAのドメイン固有の拡張機能が採用されることで高まる可能性があります。しかし、高性能コンピューティングの文脈でこの技術を採用する際の阻害要因の1つは、既存のIPの多くが厳しく保護されており、したがってオープンソースでの実装に適していないことです。

RISC-Vは、低消費電力チップを作るだけでなく、高性能コンピューティングの効率を最大化し、1ワットあたり最大TFLOPSを達成するための様々な取り組みを行っています。

RISC-VやSiFiveの製品は、個人、特に研究に携わる人に大きな影響を与えると思われる。現在、企業におけるインパクトはASICよりもFPGAに集中しており、FPGAの重要性が増すにつれてこの傾向は続くと思われます。RISC-V技術の採用には、インターフェイスや命令の標準化が重要な要素であり、今後もこの傾向は続くと思われる。デジタル主権と自律性に関連して、公共部門への影響が特に注目されるかもしれません。一例として、インド工科大学マドラス校で開発されたShaktiコアがあります。これは RISC-V 技術をベースとしたオープンソースのコアで、その目的は、他国が自国の技術の供給を制限した場合に、核開発用の軍事用を含むインドのコンピューティング能力が引き続き利用でき、さらなる発展が可能であることを保証することです。

SiFiveは、オープンソースハードウェア技術を開発するために1億ドル規模の資金調達に成功する企業があり、その活動の成功は、SiFiveとRISC-V財団、そしてより広い世界との相乗効果に大きく依存することを実証しているのです。

RISC-Vの財団自体はEFTA（スイス）に移ったが、SiFiveは資金調達の環境などもあり、米国シリコンバレーに拠点を置いたままだ。

*オープンソースソフトウェアおよびハードウェアのコミュニティへの統合*

この2つのエコシステムは、現在のところほとんど重複していない。Open Compute Projectは、データセンターのコンポーネントの開発と標準化に関心を持ち、全体的なコスト削減を目指す組織と、その設計を実装しようとする組織で構成されています。RISC-Vエコシステムは、RISC-V ISAの実装者とRISC-V財団、そしてこの技術を活用するために存在するOpen Hardware GroupやCHIPS Alliance(a project of the Linux Foundation)などの組織で構成されています。また、オープンソースのツールチェーンの開発に関連するエコシステムもあり、例えば、ハードウェア記述言語があります。

SIFive自身とRISC-V財団は深く統合されており、RISC-V ISAの最初の開発に関わった多くの人が、両方の組織に関わっていますし、今もそうしています。両組織ともアウトリーチや開発に深く関わっており、SiFiveはCHIPS Allianceのような組織のメンバーでもあります。

SiFiveは、RISC-V ISAや自社チップの設計に中心的に貢献している。Open Compute Projectは、ハードウェアに関する限り、共同設計を行うことはほとんどなく、設計は主に完成した設計としてOCPに提出され、その後、一部のテスターグループとベータテストを行い、そのコメントを元の設計団体にフィードバックすることがあります。また、ソフトウェアは、オープンソースソフトウェアの開発手法に基づき、GitHub上で開発されています。

いずれの場合も、エコシステムの中心は組織（RISC-V FoundationまたはOpen Compute Project Foundation）であり、各プロジェクトのコアIPRの管理者として基本的な役割を担っています。RISC-Vの場合、これは命令セットアーキテクチャであり、OCPの場合、様々なハードウェア、ソフトウェア、およびインターフェイスの設計です。カストディアンの役割に加え、それぞれが調整、アウトリーチ、ガバナンスの中心的なハブを提供します。コアとなる知的財産権の安定性は、各プロジェクトの成功に不可欠であり、この点で、財団は事実上の標準化団体としての役割を果たし、ガバナンス構造のオープン性を可能にしています。

RISC-V ISAは最小限の制限のBSDライセンスで利用可能ですが、そのISAを使って実装されたコアは、寛容なライセンスから独占的なライセンスまで、幅広い異なるライセンスの下でリリースされています。注目すべきは、大量実装を目的としたオープンソースのRISC-Vコアは、寛容なライセンスでリリースされる可能性が高いということです。これは、コピーレフト/互恵的ライセンスをゲートウェアに適用するのが複雑であること、また、プロプライエタリなツールチェーンによって導入された多くのIPブロックやその他のコンポーネントがリリースされているプロプライエタリ・ライセンスと互換性がないことが理由です。Open Compute Projectがリリースするハードウェアとソフトウェアは、様々なライセンスの下でリリースされており、ハードウェアは、OCP自身が起草した2つのライセンス（パーミッシブ、レシプロ/コピーレフト）のうちの1つの下でリリースされています。これらのライセンスは、オープンソースライセンスというよりも、おそらく標準ライセンスと言った方が良いという点で注目に値します。なぜなら、完全にライセンスされた実装は、オリジナルのライセンサーの設計に忠実に従ったものだけだからです。

OCPとRISC-Vは、企業メンバーの貢献に依存しています。特に、ハードウェアに関しては、個人の意見がほとんど反映されていません。しかし、ソフトウェアを中心としたコミュニティは、より多様である傾向があります。RISC-Vは、会員が他のプロジェクトに参加することを奨励し、業界標準としてプロジェクト貢献を確立することで、模範となることを目指しています。また、RISC-Vは、プロジェクトへの貢献意欲の背景にある人的要因は、プロジェクトが魅力的でやりがいのあるものであることだと考えています。一部

のエンジニアは、自分の貢献をプラットフォームにして、自分のエンジニアリング能力を誇示したがりますが、これはソフトウェア、あるいはハードウェアのゲートウェア（コア）など、よりソフトウェアに近い部分で顕著に見られます。

それぞれのケースでかなりの労力と費用が、教育や、関連するデザインや教材を入手し、使えるようにするために費やされています。これには、Wiki、メンバーポータル、GitHub、ディスカッションフォーラム、チュートリアル、テキストブック、プロフェッショナルトレーニングパートナー、オンライン学習、ワークショップ、ミートアップなどが含まれます。

OCPの主な目的は、その設計を商業的に機能させ、技術のユーザーにコスト削減と効率的な改善を提供することです。OCPテクノロジーの使用は、ユーザーの収益に影響を与えることを意図していますが、収入の増加ではなく、支出の削減という手段で行われます。これはRISC-Vにもある程度当てはまりますが、RISC-Vは変化の激しい技術分野であるため、それ自体が利益を生み出す新しいアプリケーションに展開される可能性が高くなります。

SiFiveの中心的な指標は株主価値の向上であるが、その中でもデザインウィンや採用率といった指標は重要である。全体として、展開されているコアに占めるSiFiveのコア数の割合が大きい。また、イネーブラーとしてのコアの技術的な出現や、それを利用したアカデミアからの新技術の出現も要因の一つである。後者の指標は、RISC-V財団にとっても、あらゆる種類のRISC-Vコアに関連するものである。

*結論*

EU/EFTAに学術的に卓越したセンター（ボローニャ大学、バルセロナにあるスペイン国立スーパーコンピューティングセンター、チューリッヒ工科大学）がいくつか存在し、中小企業がこの分野を開発・活用していることは大きなプラス材料である。しかし、RISC-V財団がスイスに移転し、主にEUを拠点とするFOSSi財団が存在するという前向きなステップにもかかわらず、オープンハードウェアにおける共同開発のほとんどは米国が主導しています。ソフトウェア定義インフラへの移行は、EU にとって、この分野でのスキルと商業活動を強化する絶好の機会です。ただし、オープンテクノロジーに関するビジネスを深く理解し、それを推進するための資金を調達できる国や地域に資本を求める企業や起業家を確保できるよう、リスクを回避できるビジネス環境を整備できることが前提です。米国（主にシリコンバレー、ボストン広域圏、ノースカロライナ州のリサーチトライアングル）に加え、EU は英国や極東、特に中国との競争を認識する必要があります。

#### エンドユーザー向けアプリケーション

*導入、位置づけ、ドメインの説明*

コンシューマー向けアプリケーションやエンドユーザー向けアプリケーションは、ソフトウェアの一般的な自由度と企業の差別化の必要性との間に内在する矛盾のために、実行可能なビジネスモデルの開発が特に困難な分野です。このケーススタディは、CentOS、LibreOffice、Nextcloud、OW2からのインプットを基に構成されています。

コミュニティ主導のCentOSプロジェクトは、Red Hat由来のLinuxプラットフォームを提供し、組み込みシステムの基盤として広く利用されています。LibreOfficeは、The Document Foundationによって開発されたオフィススイートです。Nextcloud は、セキュリティとプライバシーに焦点を当てたオンプレミス型のコンテンツコラボレーションプラットフォームです。OW2 は、企業情報システムのためのインフラストラクチャー・ソフトウェアを開発しています。

消費者のニーズは、製品に特化した中小企業、サービスプロバイダー、コミュニティが運営する非営利組織などが混在していることによって提供されています。ヨーロッパの大企業

は、主要なオープンソースプロジェクトを代表することはほとんどありません。アクターは、しばしばビジネスの自己利益とコミュニティや政治的な関与を組み合わせています。

一般的なLinuxディストリビューションに含まれるソフトウェアのほとんどを含め、幅広いオープンソースが、少なくとも部分的には消費者やエンドユーザーを対象としています。開発者の第一の関心は、自分たちの製品の採用を目指すことである。利益動機のほかに、オープンスタンダードの構築、少数言語のような多様なニーズに対応する能力、技術採用の障壁を減らすことなどが、それを後押ししている可能性がある。その結果、コミュニティ組織から新興企業まで、幅広い多様なアクターが存在することになる。

ヨーロッパの消費者向けオープンソース・ビジネスは、収益から自己資金を得る中小企業によって特徴付けられています。中小企業は、製品別の貢献者コミュニティに組み込まれ、コミュニティが革新できるような計画と安定性をビジネスが提供することもあります。支出のうち最も大きな割合を占めるのは人件費である。クラウドコンピューティングとマーケティングコストも重要である。非営利組織の資金は、会費、寄付金、カンファレンスや商品からの収入で賄われる。また、ハードウェアやクラウドインフラの寄付などの現物支給も一般的である。コミュニティ組織は、ユーザーエクスペリエンスデザインやドキュメンテーションなど、ピアプロダクションプロセスでは十分なサービスを提供できないタイプの活動に資金を提供することもある。

オープンソースライセンスのもとでソフトウェアが無償であることは、重要な差別化要因である。これは、予期しないユースケースの探求を容易にし、組み込みシステムの場合にはベンダロックインを低減し、消費者が自分のデータとプライバシーをコントロールできるようにする。消費者の中には、例えばデータをオープンに標準化されたフォーマットで保持することを要求する場合など、自身のステークホルダーからの指令に基づいて技術を決定する人もいます。オープンなガバナンスは、差別化要因としても機能します。オープンソース製品は、単に開発プラットフォーム上でソースコードが利用可能であることよりも、認知されたコミュニティ組織でピアレビューされた方法で開発されることが好まれます。これは特に、競争力強化のためにオープンなガバナンスが要求される産業界のコラボレーションを可能にします。

消費者の支払い意欲は多岐にわたります。オープンソース製品は、経済的余裕のないユーザーによる採用を促進しますが、サービス利用契約と組み合わせて使用されることもあります。また、非金銭的な理由による消費者のニーズ、例えば、メーカーや教育機関がオープンな技術を好んで使用する場合にも対応しています。

オープンソース製品の研究開発は、ヒューマンファクターやデザインファクター、工具やコンポーネントの入手性に最も影響されます。生産においては、人的要因とともに、部品と工具の入手可能性が依然として懸念されます。

参加者は、現在の研究開発においては、コンピューティング・インフラとサイバーセキュリティが重要であると評価し、環境面とコンピューティング・インフラは今後重要性が増すと予想しています。生産現場においても、コンピューティング・インフラとサイバーセキュリティが重要視されており、将来的には環境面の重要性が増すと考えられています。

研究開発において、個人、企業・団体、公的機関、産業界の代表者、EUの影響力は、今日、かなり均衡していると考えられています。企業や組織の相対的な影響力は、今後大きくなると予想されます。オープンソースの生産的な利用は、企業または組織と公的機関が推進すると考えられ、企業または組織の重要性は将来的に増加すると考えられる。

*成功事例をご紹介します。ネクストクラウド*

Nextcloud は、オープンソースのエンドユーザー向けアプリケーションの分野では、特に成功事例となっています。コンピュータ、モバイルデバイス、クラウド間のデータの同期を可能にします。2020年現在、Nextcloudは、最も広く展開されているオープンソースのコンテンツコラボレーションプラットフォームです。これは、ヨーロッパを中心としたKDEによってownCloudとして構想され、インキュベートされました。

クラウドに保存されたデータに対するユーザーの管理能力を向上させることを目的に、ownCloud コミュニティが設立されました。ownCloudがベンチャーキャピタルから投資を受けた後、開発者コミュニティと投資家の間に対立が生じました。その結果、Nextcloudは、商業コミュニティとボランティアコミュニティの両方の存続をより重視したガバナンスモデルで設立されました。NextcloudはAGPL-3.0の下でライセンスされており、貢献者ライセンス契約は必要ありません。

2016年の設立以来、ネクストクラウドは企業顧客の契約数、従業員数、売上高を前年比で着実に成長させた。2020年には収益が800万ユーロを超えました。Nextcloudは、Next Generation Internetプログラムの一環として、プライバシーを尊重した検索機能を開発するために、欧州委員会から資金提供を受けた。

Nextcloudは、オンプレミス、バーティカルインテグレーターによる設定済みアプリケーション、またはユーザーが運用するクラウドハードウェアのいずれかに導入されるコンテンツコラボレーションプラットフォームです。競合製品とは異なり、Nextcloudは、ホストされたユーザーデータに基づく分析や広告のプラットフォームを運営しません。ユーザーは、自分のデータのプライバシーとセキュリティに対するコントロールが強化されたことを高く評価しています。

このようにセキュリティとプライバシーを重視することで、他ではあまり提供されていない多くのユースケースが可能になるのです。大規模な大学では、学生へのコラボレーション・プラットフォームとして利用されています。フランスやドイツの公共放送局や政府機関も導入しています。企業では、機密データの共有や、企業情報をパブリッククラウドプラットフォームから排除するためのポリシー設定に利用されています。OSライセンスのもとで完全なソースコードを利用できるため、セキュリティとコンプライアンスの監査が容易になり、大規模なNextcloudの導入に投資する企業にとって長期的な運用の自由が保障されます。

製品としてのネクストクラウドの開発には、ほとんどのファクターインプットが容易に利用可能です。同社は、人的要因、特にエンジニアリングスキルや創造性、また法律や規制環境の重要性を強調しています。

データプライバシーを含むサイバーセキュリティは、重要な関心事である。規制環境は、ユーザーのプライバシー保護と、企業や一般市民によるユーザーデータ解析の利益とのバランスをとるために極めて重要である。中立的なプラットフォームとして運用される汎用的なコンピューティングインフラが利用可能であることは、重要な基盤であると考えられている。

Nextcloudが提供する革新的な技術は、あらゆるステークホルダーに影響を与えます。現在、企業が最大のユーザーグループとなっています。また、家庭用のセルフホスティングプラットフォームとして、ホビーユーザーや個人による採用も見られます。政府や公的機関では、プライバシー重視の姿勢と市民のデータ保護という公的使命が一致することから、採用が進んでいます。

Nextcloud は、ヨーロッパのオープン ソース コミュニティの創造的な構造から生まれた自己資金による中小企業であり、コミュニティとユーザーの価値観に沿った、ヨーロッパのオープン ソース ビジネスを代表する存在となっています。貢献者間の対称性と、開発者コミュニティのための企業の支援的な役割に基づいて構築された、そのコミュニティのガバナンスモデルの持続性は、オープンソースビジネスのロールモデルとなっています。

*オープンソースソフトウェアおよびハードウェアのコミュニティへの統合*

消費者向けのオープンソースの開発は、技術革新を推進する上で比較的持続可能な方法であると考えられている。特に、少数派の利益や非金銭的なインセンティブに応えることができ、ITプラットフォームの中央集権的な傾向を打ち消すことができるのです。

全体として、様々なアクターがオープンソースのエコシステムと深く融合しています。プロジェクトは、グローバルなアップストリーム-ダウンストリームネットワークの一部として、互いのソリューションを構築しています。いくつかのプロジェクトは、オープンソースに重点を置いたヨーロッパのサブエコシステムの構築を明確な目的としています。

ガバナンスを確立し、市場参入を可能にする。直接の狙いではないが、これは米国に本拠を置く支配的なインターネット企業に対抗するための一つの方法と考えられている。

ほとんどのプロジェクトは、中小企業または少数の中心的貢献者を中心に構築され、その周囲を時折参加する貢献者が共同でプロジェクトコミュニティを形成するネットワークによってサポートされています。このような環境において、非営利組織が高い評価を得ているのは、組織のガバナンスとコミュニティの参加意欲が密接にマッチしているためである。

コード上の単純な共同作業以上のガバナンスを必要とするプロジェクトでは、OSプロジェクトのガバナンスと管理上のホームは、通常、財団か企業のどちらかになります。ヨーロッパの財団を含む財団は、プロジェクトをホストし、管理、法的、財政的なサポートを提供します。これにより、信頼性の高いオープンソースのポートフォリオと、オープンなガバナンスが促進されます。ヨーロッパの財団における多くのプロジェクトは、中小企業によって推進されています。企業は、製品に関連するコミュニティを構築または採用し、コミュニティの作業に基づいてビジネス価値を生み出すために微妙なバランスを管理しています。財団と企業主導のシナリオの両方で、成功するモデルが出現しています。

オープンソースライセンスのコンセプトは、著作権に基づくコードの所有権と、現在の貢献者のコミュニティによるプロジェクトに対するスチュワードシップを分離することです。この分離は、オープンソース製品のカスタマイズや運用、その他の補完的なサービスを提供するサービスプロバイダにとって特徴的なものです。このようなサービスを提供する場合、著作権所有者の許可や彼らとの交渉は必要なく、オープンソース・サービスのサブセクターにおける競争を促進します。オープンソースベンダーにとって、所有権と管理権の分離は、顧客の目から見てどのように差別化するかという特別な問題を提起する。オープンソースの生産者と消費者の間には本質的な関係がないため、ソフトウェアそのものはすぐにコモディティ化する傾向にあります。特にクラウド事業者による垂直統合は、必ずしも製品に貢献しないサービス事業者にほとんどの付加価値を割り当てる。GNU Affero General Public License のようなライセンスは、クラウドホスティングをソフトウェアの配布として扱い、ライセンス義務を発生させることで、このトピックに対処しています。

すべてのプロジェクトが、貢献者を引き付け、維持し、コミュニティへの貢献を生み出すことの難しさを報告しています。ほとんどのプロジェクトは、ごく一部の貢献者だけが長期にわたって滞在していることを示しています。企業は、コアな貢献者を雇用することで対応しています。今日、貢献の大部分は有償の開発者と商用エコシステムからもたらされています。コミュニティは多様性と包括性を重視し、可能な限り魅力的で歓迎され、公正、透明性、持続可能性という評判を維持する傾向があります。

オープンソースの貢献者になるには、険しい学習曲線があります。プロジェクトはこのことを認識しており、指導やガイダンス、さらには高校生のためのサマープログラムも提供しています。このように知識の伝達に重点を置くことで、高等教育につながるオープンソースに基づいた教育の必要性を強調しています。主に仕事に関連するスキルに焦点を当てているわけではありませんが、技術の基本を教え、将来の発明家を育成します。

エンドユーザー重視のアプリケーションでは、商品化は大きな関心事ではありません。ビジネス主導のプロジェクトでは、商業化は彼らに任される。コミュニティ組織は、補完的なサービスプロバイダを奨励し、依存する。

プロジェクトは、具体的な基準で成功を測定します。特に、コミュニティの規模やコードベースへの貢献の数を、コミュニティの健全性の指標として見ています。これらの具体的な基準の次に、ほとんどの参加者は、ユーザの期待にエコシステムを合わせることや、社会の進歩に貢献することなどの追加的な目標に言及しています。これらの理想的な目標がなければ、オープンソースのエコシステムはより革新的で包括的でなくなることは明らかです。

結論

消費者やエンドユーザーをターゲットとしたアプリケーションの開発は、利他的な関心と自己中心的な関心が混在しているため、オープンソースコミュニティにとって特別な課題となっています。オープンソースコミュニティは、グローバルなアップストリーム/ダウンストリームネットワークにうまく統合された、実行可能で多様かつ革新的な中小企業エコシステムによって運営されています。しかし、特に大企業は、ソフトウェア以外の分野でイノベーションを起こすことがまだ多い。このため、オープンソースのコンシューマ向けアプリケーションへの潜在的な投資、ひいては市場への影響力が制限されています。

#### エンベデッドシステムとモノのインターネット

*導入、位置づけ、ドメインの説明*

スマートフォンから芝刈り機、自動車に至るまで、汎用コンピュータを組み込んだ物理デバイスが普及している。それらの多くは、オープンソースのコンポーネントを用いて作成されている。既製品のハードウェアと自由にライセンスされたソフトウェアの組み合わせによる価格競争の激化は、消費者の価格低下につながりますが、オーダーメイドのハードウェアやソフトウェアソリューションの市場での地位を脅かし、通信のように知的財産権が保護されている技術分野にも侵入しています。このケーススタディでは、CentOS、OpenComputeプロジェクト、SiFive、Yoctoからの情報を使用しています。

コミュニティ主導のCentOSプロジェクトは、組み込みシステムの基盤として広く使用されているRed Hat由来のLinuxプラットフォームを提供しています。OpenComputeプロジェクトは、効率的で柔軟、かつ拡張性のある標準化されたハードウェアコンポーネントを開発しています。SiFiveは、Open Hardwareの設計に基づき、ドメインに特化したチップを開発する企業です。

さまざまな種類の物理的デバイスにおけるイノベーションは、ますますソフトウェアによって推進されています。これは、自動車が見慣れたものに見えても、組み込まれたコンピューターシステムの更新や人工知能の応用によって新しい機能を獲得する自律走行への流れによって浮き彫りにされています。そのため、汎用オペレーティングシステムやリアルタイムオペレーティングシステムを搭載したコンピュータを機器に組み込むという作業は忘却の彼方に向かいつつあります。このため、ICT分野では、組み込み型OSSHシステムが不可欠となっている。

組込みシステムのインプットは、コンピューティングデバイスの選択とソフトウェアプラットフォームの選択です。この2つが揃うことで、ユーザが目にするデバイスの機能が実現されます。CentOS と Yocto は、基盤となるハードウェア用にカスタマイズされた Linux ベースのソフトウェアプラットフォームを構成する方法を提供します。このような設定可能なソフトウェアプラットフォームがあることで、デバイスの開発者は、基本的な機能ではなく、差別化された機能に焦点を当てることができます。Linuxは、一般的なコンピュータ用途のオペレーティングシステムとして主流になっています。しかし、リアルタイム用途などでは、まだ独自のオペレーティングシステムが使用されています。

また、ハードウェア部品の標準化も進み、コモディティ化も進んでいる。参加者は、部品の陳腐化を抑え、寿命を延ばすなど、コスト削減の動機から、オープンなハードウェア設計への関心が高まることを期待しています。同時に、オープンなハードウェアチップの設計と命令セットが利用可能になることで、特注シリコンの開発が容易になり、コストとエネルギー消費量が削減されます。コスト以外にも、オープンソースソフトウェアプラットフォームとオープンハードウェアの組み合わせは、組み込みシステム市場においてイノベーションを起こすためのより効率的なアプローチと考えられています。

組込みソフトウェアプラットフォームは、単一の当事者がプロジェクトに対して不当な影響力を行使することができないようにする方法で資金を調達し、統治しています。Yoctoは、Linux Foundationでホストされています。CentOS は Red Hat との緊密なパートナーシップを維持しており、その製品から派生しています。多くの貢献は、ソフトウェア開発インフラのホスティングや、大学や企業から提供されるネットワーク帯域幅の提供という形で現物支給されています。これは支出構造にも対応しており、コンピューティング・インフラストラクチャーの費用が大部分を占めている。人件費は、プロジェクトが直接貢献やスタッフにお金を払うことはほとんどなく、コミュニティからの供給に頼っているため、低く抑えられている。

オープンハードウェアプロジェクトは、コスト削減やサプライヤー間の競争など、具体的なメリットが期待できるため、主に産業界によって推進されています。OpenComputeは、Facebookが自社のデータセンターのコスト削減と効率化を目的に2009年に立ち上げた。SiFiveは、RISC Vの命令セットに依存したビジネスである。

ユーザーは、オープンなハードウェア設計とオープンソースの組み込みソフトウェアプラットフォームの組み合わせを使用することで、コストと基本機能の実装にかかるオーバーヘッドを削減し、製品の機能に集中できるようになります。また、ソフトウェアのコンフィギュレーションやライセンス管理におけるベストプラクティスの恩恵を受けることができます。これらの側面のほとんどは、反復的で差別化できないものです。ソフトウェアとハードウェアのコンポーネントを標準化することで、雇用と契約管理を簡素化できる。

オープンハードウェアコンポーネントのコモディティ化は、大規模な産業界の消費者によって推進されています。標準化されたコンポーネントの仕様を策定した後、サプライヤーは価格競争に参加することができる。これにより、無償の差別化を減らし、個々のコンポーネントの寿命を延ばすことができる。標準化されたソフトウェア・プラットフォームとの組み合わせは、組み込みシステムに必要なビルディング・ブロックを提供する。

研究開発において、人的要因、法的規制環境、ツールの可用性は主要な懸念事項です。特に、オープンなハードウェア設計のためのオープンソースツールは、商用製品と比べて不足しています。生産においては、ツールやヒューマンファクターが依然として懸念材料です。組込みソフトウェアプラットフォームのプロジェクトでは、生産的な使用は、ほとんどの場合、ユーザーの責任です。

サイバーセキュリティ、コンピューティングインフラ、人工知能は、組込みシステムを構築する際に特に関心の高い分野です。人工知能のアプリケーションは、組込みコンピュータに対してより厳しい性能要求を課しています。これらの側面は、今後ますます重要性を増すと予想されます。

ステークホルダーの影響は、組み込みデバイスの普及により個人に対して最も強く、市場への影響や特定の産業分野では、既存の特注ハードウェアやソフトウェアシステムが汎用デバイスに取って代わられるため、ビジネスに対して最も強い影響を与えます。これは特にサプライチェーンの性質を変え、イノベーションはブラックボックスソリューションを提供するサプライヤーから、オープンなハードウェア仕様とソフトウェアプラットフォームが開発される場所へと移行します。

*成功事例Yocto*

Yoctoプロジェクトは、デバイス、特に組み込みシステム向けのカスタムLinuxディストリビューションを構築するために使用される環境を開発しています。趣味で使うRaspberry Pisからキューブ型人工衛星まで、幅広いデバイスの環境構築に利用されています。

Yoctoは、2010年に発表された非営利のLinux Foundation共同プロジェクトです。ロンドンを拠点とするスタートアップOpenHandに端を発し、2008年にIntelに買収された。組込み機器やIoT機器の開発者に開発ツールやリファレンスプラットフォームを提供する。これをベースとしたAutomotive Grade Linuxなど、組込みシステムのベースプラットフォームとして広く採用されている。

典型的な業界主導のオープンソースコミュニティとして組織されたYoctoは、会費で資金を調達しています。主な経費は、システム管理、コンピューティングインフラ、ごく少数のスタッフで、コラボレーションプラットフォームを提供しています。プロジェクトは直接収益を上げません。プロジェクトコードへの直接の貢献は、貢献する主体によって賄われています。

中立的なコラボレーションプラットフォームであることは、競合するデバイスメーカーの参加を可能にするために不可欠です。これは、独立した開発および統合プラットフォームを提供することにまで及びます。Yoctoに貢献し、参加することは最良の方法と考えられています。

を実践しています。Yoctoは、参加企業に対して、クリティカルマス、最先端の技術品質、ライセンス管理、規模の効率性を提供します。

ユーザーはYoctoをベースに製品を構築する。これは、段階的に機能を追加していくレイヤーアプローチによってサポートされています。一部のシリコンベンダーは、Yoctoプロジェクトに直接ハードウェアサポートレイヤーを提供しています。デバイスの構成はバージョン管理されており、システムエンジニアリングに不可欠な再現性が高い。

Yoctoプロジェクトでは、OSプラットフォームの開発に注力し、具体的なユースケースへの適応はプラットフォーム利用者に委ねています。これは、レイヤー開発アプローチによって支えられています。開発プロセスにおける重要なファクターインプットは、ツーリング、ヒューマンファクター、IPRフレームワークです。ツーリングは、システムイメージの特定デバイスを構築するプロセスの特徴的な自動化を提供します。この開発プロセスに参加することは非常に困難であり、そのためにヒューマンファクターが不可欠となる。プロジェクトでは、「かなり優秀なコーダーであるか、そうなりたいと思っている人である必要がある」とユーザーに警告しています。2 Yoctoのビルドプロセスは、多数の一般的なオープンソースパッケージを統合システムに組み上げるため、オープンソースのライセンスとライセンス遵守の仕組み全体に大きく依存している。

業界全体で広く使われているプラットフォームであるYoctoは、サイバーセキュリティの問題を増幅させる可能性があり、サイバーセキュリティへの配慮が特に重要となっています。また、コンピューティングインフラの可用性は、プロジェクトの運営上、非常に重要なポイントです。今後、組込み機器やモノのインターネットが爆発的に増えていくことを考えると、環境への配慮は非常に重要になると考えています。

このプロジェクトは、将来的に様々なステークホルダーに影響を与えることが期待されています。個人は、ホビー用および商用デバイス用の安定かつ安全な基礎プラットフォームを提供するために、これに依存しています。企業では、このプロジェクトに依存して製品を構築しています。コンピューティングやインターネットワーキングの機能の一部が実用的な性格を持つようになると、Yoctoプロジェクトは公共部門にも影響を与え始めるでしょう。Yoctoプロジェクトは、重要なソフトウェアやネットワークインフラを実行することが多くなっています。

Yoctoプロジェクトは、ベンダーに依存しない組織で、差別化できない機能を共同で開発することで、オープンソースイノベーションの可能性を示しています。また、すべてのステークホルダーが参加できる機会も提供しています。このプロジェクトでは、開発者の創造性を失わせないために、あまりに煩雑な手続きを踏まないこと、また、あまりに規範的でないことが重要であると考えています。これにより、プロジェクトを立ち上げた民間企業の利益と、セキュリティや持続可能性といった社会的な利益の架け橋となるのです。

*オープンソースソフトウェアおよびハードウェアのコミュニティへの統合*

OSSHのエコシステムが組み込みシステム市場にもたらす重要な変化は、製品の所有権と機能の分離であると、インタビュイーは認識しています。これは、計画的陳腐化やマーケティング上の必要性からくる機能追加を制限するものです。また、メーカーがサポートを終了した後、消費者がデバイスをアップデートする可能性も生まれます。これにより、環境への影響を軽減し、持続可能性を高めることができます。以前はもっと特殊だったデータセンターのハードウェアでさえ、コモディティ化しつつあります。

ハードウェアとソフトウェアは、特にオペレーティング・システム・レベルでは、連動して開発されることがよくあります。オープンハードウェアとオープンソースソフトウェアの組み合わせは、特定のアプリケーションのために両方のコンポーネントをカスタマイズするコストを削減することができます。組込みシステム市場におけるコラボレーションへの障壁は、より広いオープンソースコミュニティと比較して平均よりも高いです。オペレーティングシステムソフトウェアの開発は複雑で、多くの場合、次のようなアクセスが必要です。

2 https://www.yoctoproject.org/is-yocto-project-for-you/

プリプロダクションのハードウェアです。とはいえ、CentOSとYoctoは、オープンソースのエコシステムにしっかりと統合されています。

オープンハードウェアプロジェクトでは、参加に必要な投資額はさらに高くなります。開発は、産業界の関係者や学術界が地域財団と連携して行い、命令セットなどの標準に頼る部分が多くなります。

貢献のプロセスは、この複雑さを反映しています。オープンソースソフトウェアの開発とは異なり、ハードウェアでは、基礎となる著作物の上に構築して、個別にライセンスされる派生物を作成するという考え方はあまり一般的ではありません。

OSプラットフォームは、低レベルのプログラミング活動に特化したコントリビューションプロセスであっても、通常のオープンソースコミュニティとして運営されています。

Yoctoプロジェクトは、Linux Foundationが主催している。この2つの組織は互いに信頼性に寄与しており、個々のアクターから独立したガバナンスが必要であると想定されています。CentOSは、Red Hatと密接な関係を持ちながら、独立したプロジェクトとして運営されています。オープンハードウェアの分野では、ガバナンスとコラボレーションのプロセスはあまり発達していませんが、Linux Foundationは、SiFiveの設計のベースとなった命令セットであるRisc-Vプロジェクトもホストしています。

OSプラットフォームは、多様な上流コミュニティによって開発された多数のパッケージを出荷しているため、そのライセンスモデルは上流ライセンスの選択に従います。独自のコードには、Apache-2ライセンスが一般的に使用されています。一般的に含まれるパッケージの数が増えているため、ライセンス管理はますます複雑になってきています。SPDXのような新しい業界標準がこの問題を軽減します。3 オペレーティングシステムレベルのソフトウェア機能を特許でカバーすることは、イノベーションに反すると考えられています。

オープンハードウェアのライセンスは、オープンソースのライセンスよりも標準化されていません。コピーレフトのオープンハードウェアライセンスの実用的なコンセプトはまだ現れていないため、オープンハードウェアには寛容なライセンスモデルが好まれます。

オープンソースソフトウェアのコミュニティは、貢献者の減少率が高い。あるインタビュイーによると、長期にわたって参加する貢献者はごく少数で、その数は5％程度と推定されています。オープンソースでは一般的に単発の貢献が多いのですが、これはより高い技術的複雑さを反映しています。オープンソースソフトウェアでは一般的な、早期リリース、頻繁なリリースというコンセプトは、オープンハードウェアのコミュニティでは適用することが困難である。その代わり、イベントで進捗状況やイノベーションを発表することは、新しい貢献者を募るための一般的な宣伝方法です。このような参入障壁を乗り越えた参加者は、比較的高い市場価値と高いキャリアを享受することができます。

知識の伝達は、技術的な複雑さを反映した問題であると考えられています。新しい貢献者の受け入れは、必ずしも伝達可能とは限らない予備知識に依存します。このため、企業が自社の優先順位に従ってスタッフをタスクに割り当てる能力は制限されます。オープンソースソフトウェアの貢献の公開など、成果を伝える機会は、従業員に喜ばれています。

商業化のアプローチは、コミュニティ製品の上に構築する消費者を奨励する一方で、プロジェクト自体が商業化されることを防ぐという微妙なバランスを反映している。プロジェクトのガバナンスを参加企業の活動から切り離すことが重要です。この努力は、時には商標によって支援されます。

3 https://spdx.org/

コミュニティ商標は、ソースコードやハードウェア設計の著作権とは別の価値を持つことを認識し、登録手続きを行っています。

成功は一般的に、プロジェクトの目標に沿った採用者と貢献者のエコシステムをキュレートする能力に基づいて評価されます。これは、消費者がプラットフォームの上に加える価値によって測定されることが多い。その他に、コミュニティの健全性を評価する一般的な指標として、貢献団体や会員企業の数、貢献回数、さらにプロジェクトの技術に関する事前の経験を必要とする求人情報の数で表されるマインドシェアがあります。これらはすべて、市場における技術の評判と採用を反映しています。他のドメインと同様に、OSSH コミュニティは、学生が抽象的な概念ではなく、「本物」を研究し、さらに開発することを可能にするという特徴に満足していると、インタビューでは述べられています。

*結論*

組込みシステムおよび Internet of Things サブセクターは、さまざまなアプリケーションを実現する技術として、ICT 分野に大きな影響を及ぼしています。OSSHを使用して基本的なハードウェアとソフトウェアの機能をカバーし、イノベーションのポイントですぐに開始する可能性を生み出します。主要なイノベーションとコアプロジェクトには、欧州の強力な足跡があります。しかし、これはまだ、ヨーロッパ企業の市場をリードするポジションに完全に変換されていません。ヨーロッパには、ソフトウェアとハードウェアの分野で重要な革新をもたらした、健全で緊密に統合された OSSH コミュニティがあります。しかし、その技術的な可能性を具体的な市場製品として商業化し、採用するという点では、欧州に欠けている。

#### 公共部門

*導入、位置づけ、ドメインの説明*

公共部門とOSSHの相互作用は、主に3つの重要な側面を含んでいます。公共部門で使用するソフトウェアとハードウェアの最大のユーザーの1つとしての公共調達、参加者、ステークホルダー、貢献者としての公共部門とOSSHエコシステムの関係、そしてOSSHコミュニティのために政府が提供する公共政策のフレームワークです。このケーススタディでは、公共調達の側面と、公共部門とOSSHエコシステムとの関係に焦点を当てます。OW2、Software Heritage、White Rabbit、X-Roadからのインプットに基づいています。公共政策の枠組みは、政策分析、そして最終的には研究報告書の政策提言でより詳細に扱われます。

OW2 は、企業情報システムのためのインフラストラクチャー・ソフトウェアを開発しています。Software Heritage 文化遺産の一部としてソフトウェアのソースコードを収集・保存しています。Inriaによって設立された非営利のマルチステークホルダーで、UNESCOの支援を受けています。White Rabbit は、CERN で開発された汎用データ転送および同期のための完全決定論的なイーサネットベースのネットワークです。X-Road は、Nordic Institute for Interoperability Solutions によって開発されたデータ交換レイヤで、分散型情報システムにおける機密データへのアクセスを管理するために世界中で使用されています。

fouX-Roadは、Nordic Institute for Interoperability Solutionsが開発した情報システム間の分散データ交換レイヤーを一元的に管理するもので、関連するアクターは通常、業界関係者です。

関連するアクターは、通常、産業財団、マルチステークホルダー・プラットフォーム、官民パートナーシップ、または独自の技術ニーズを実装する公共機関です。これらのアクターは、自分たちをより広いオープンソースコミュニティの一部、または密接に関連した存在だと考えています。また、学術界との関係や、オープンソースの積極的な貢献者を雇用するなど、付加的な関係を維持しているところもあります。営利企業は、公共部門向けの ICT 製品やサービスの伝統的なプロバイダであるにもかかわらず、あまり目立っていません。一部のアクターは

北欧諸国などでは、デジタル公共サービスの提供に使用されるバックボーン・ソリューションに取り組んでいます。また、文化遺産の保護など、公的責任の遂行に向けた取り組みも行っています。

公共ソフトウェアサービスには、監査可能性、説明責任、透明性が求められるため、オープンソースのミドルウェアやデータ交換レイヤーは、特にオープンスタンダードに基づいて構築されている場合は、自然に適合すると考えられています。例えば、学術界のように、そもそも情報が公的資金で提供されている活動には、特別な注意が払われます。一方で、公共機関のニーズに合致した規模のソフトウェアソリューションを提供するサービスプロバイダーは、通常、プロプライエタリなソフトウェアで構築されています。オープンソースライセンスのソリューションを開発したり、そのサービスを大規模に提供したりする環境は、まだ十分に整備されているとは言えない。

公的なOSSH領域では、様々な資金調達構造が明らかになっている。産業界の財団は通常、会費で資金を調達しているが、例えば EU の H2020 プログラム内のような公的資金による研究プロジェク トからも資金を調達している。また、アカデミアを通じた公的資金と、民間企業によるスポンサーシップや民間企業との協働を組み合わせたものもあります。また、公共的なニーズに対応した OSSH ソリューションを開発するプロジェクトもある。直接の資金提供のほかに、ほとんどのプロジェクトでは直接的な収入はほとんどない。一般的に、公共的なニーズに応えることと、顧客からの収益を得るための差別化との間に矛盾があると認識されている。この2つの活動は明確に分離されることが多く、時には収益を生み出す活動をカバーするビジネスと協力することもある。人件費は支出全体の中で最も大きな割合を占めている。

品質、オープンなガバナンス、透明性は、パブリックドメインにおけるOSSH活動の重要な差別化要因です。ゲームや娯楽とは対照的に、ミドルウェアや市民データの管理など、深刻なトピックに焦点が当てられていることが顕著です。評判と信頼性は、ピアレビューだけでなく、世間からの評価によって築かれます。さらに、参加者は、提供される活動が高潔なものであることに動機づけられている。OSSHやオープンガバナンスに対する社会的な関心は、ひとたびこのような問題が公に議論されるようになれば、広く一般に浸透する。公的機関、特に学術・基礎研究機関は、OSSH 技術を生み出し、それが採用されれば、社会的な好感を得ることができる。公的資金で行われた研究の成果は、関係する研究者だけでなく、一般市民にも広く公開されるべきだという意識が強い。

ユースケースは、主に3つの分野に分類されます。OSSHソリューションを開発し、その周辺に商業サービスを提供する業界団体、他の用途や公共のデジタルサービスを可能にする基本インフラ的なソフトウェアの開発を公的に支援する団体、アーカイブや市民のサービスへのアクセスを可能にするなど、公的責任を果たすソリューションを開発する団体です。

研究開発では、ヒューマンファクター、金型、部品が主な関心事となります。この分野では、民間企業との競争の中で、特に優秀なイノベーターを採用することが難しいようです。生産段階では、金型はあまり問題になりませんが、部品とヒューマンファクターは依然として重要です。

研究開発では、コンピューティングインフラと環境面が特に注目され、環境面は今後さらに重要性が増すとされている。生産現場では、コンピューティングインフラ、サイバーセキュリティ、人工知能の応用、環境面などが今後高い重要性を持つと予想される。

公共OSSH領域における研究開発は、公共機関だけでなく、企業や団体に影響を与えることがほとんどであると予想される。将来的には、研究開発活動が個人および産業部門に与える影響はより大きくなると予想される。この文脈では、研究開発と生産の間に関連する差はない。

*成功事例X-Road（エックスロード*

X-Roadは、エストニアとフィンランドのデータ交換レイヤーのエコシステムのバックボーンであるオープンソースのデータ交換レイヤーです。2001年から開発され、主に政府関係者からなる国際的なコミュニティによって活発に開発が続けられています。X-Roadは、エストニア、フィンランド、アイスランドにおける政府のeサービスの基盤として機能しています。

調整され、厳密に管理された、安全でプライバシーに配慮したデータ交換は、デジタル・ガバメント・サービスの中核をなすものです。これにより、市民は政府から要求されたときに一度だけデータを提供し、そのデータを他の電子サービスと必要かつ適切に共有することができます。X-Roadは、公共サービスのデジタル化で世界をリードするエストニアをはじめ、フィンランド、アイスランド、アルゼンチン、ドイツなど約20カ国で政府の電子サービスを推進するデータ交換ソリューションです。X-Roadは、MITライセンスのもとで使用されています。参加には、コントリビューター契約への同意が必要です。

X-Roadは、Nordic Institute for Interoperability Solutions（NIIS）4によって開発されています。NIISは非営利団体として運営されています。NIISのステークホルダーは、通常、政府省庁である。NIISとX-Roadは、主に公的資金で運営されており、資金ニーズはNIISによって確立され、ステークホルダー国間で共有されています。

X-Roadは、市民からデータを取得する機関において、データの分散保管を可能にすることで差別化を図っています。データは複製されるのではなく、安全な方法で使用を許可された機関と共有され、転送中のデータの完全性と機密性を維持し、無許可の第三者によるアクセスから保護されます。省庁間のデータ共有が管理されることで、期待されるプライバシーレベルを維持しながら、管理上のオーバーヘッドを削減し、従来の情報の重複提出を排除することができ、結果として市民からの高い受容性と承認が得られます。特に、官僚的な雑務がなくなることで、政府職員は市民が本当に注意を必要としている業務に集中することができるようになります。

エストニアでは、国民のID管理、土地登記、処方箋管理などの医療アクセス、教育、税務情報などのサービスにX-Roadを利用しています。エストニアでは、すべての国家サービスの99％がオンライン化されており、X-Roadベースのシステムにより、毎年844年分の労働時間が節約されていると推定されています。5

市民の個人データを扱うということは、データ保護規制を含む法律や規制の枠組みが、X-Roadを実運用する上で最も重要な要素になるということです。さらに、規制環境の調和を必要とする国境を越えたデータ交換によって、複雑さが増しています。開発においては、ツールの可用性とヒューマンファクターも重要です。

管理するデータの機密性、プライバシー侵害やデータ漏洩の可能性から、サイバーセキュリティと適切なコンピューティングインフラは、X-Roadベースのサービス運営者にとって特に重要な関心事です。さらに、各国政府は持続可能性と環境への影響に関して高い基準を設けています。X-Roadは、最も環境に優しいデータ交換ソリューションとなることを目指しています。一般的に、X-Roadは、民間企業にも影響を与えるのと同じ関心分野と新技術を有しています。国民の監視の目や政治的な説明責任の必要性から、公共部門の電子サービスには民間部門のインターネットプラットフォームよりも高い基準が求められると認識されています。

よく管理され効率的な公共電子サービスは、市民や企業と政府とのやりとりの効率を大幅に向上させる可能性を秘めています。エストニアのX-

4 https://www.niis.org/

5 https://e-estonia.com/solutions/interoperability-services/x-road/

道路ベースのX-teeシステムは、年間約10億件のデータ要求を処理することで、これを実証しています。同時に、比較にならないほど効率的な政府の電子サービスは、ほとんどの EU 加盟国でまだ一般的ではありません。これは、加盟国が提供するオンラインサービスのさらなる発展と、X-Roadのフェデレーション機能に基づくEU単一市場内のeサービスの統合の改善のための大きな可能性を示しています。エストニアとフィンランドは、2018年にデータ交換のフェデレーションを開始しました。このようなフェデレーションが単一市場全体に拡大されれば、結果として国境を越えた貿易における効率性の向上がEUにとって最大化されるでしょう。

1. Roadは、公共部門が提供するオープンソースベースのeサービスの可能性を実証しています。参加国によって監督されたオープンで透明なガバナンスモデルとソースコードのオープンソースライセンスの組み合わせは、信頼を確立し、コストを削減し、広く普及させることを可能にします。これは、公共部門が単に消費するだけでなく、積極的にオープンソースソフトウェアのインフラストラクチャを開発する例となります。

*オープンソースソフトウェアおよびハードウェアのコミュニティへの統合*

欧州の公共部門に OSSH 関連サービスを提供する可能性のある民間企業は、ほとんどが中小企業で ある。大手の ICT 企業では、通常、独自のソリューションを構築しています。このため、公共部門は、最適とはいえないソリューションの中から選択することになる。

業界団体や学術プロジェクトは、通常、より広いOSSHコミュニティによく統合されている。公共機関は、欧州の既存大企業と同様、コミュニティへの統合に苦労している。しかし、少数の成功例が存在し、このケーススタディで紹介されている。これは、例えば、オープンソースエコシステムへの公的アクターの参加に関するヨーロッパのフレームワークや、公的資金による情報財のオープンライセンスのためのより厳しいガイドラインによって、残りの問題を克服することができることを示すものである。

貢献のプロセスは、特定の公共部門の利害関係者とコミュニティの構成を反映しています。学術的なプロジェクトは、通常、OSSH コミュニティの規範に従う。しかし、いくつかのプロジェクトは、透明性と説明責任に対する利害関係者のニーズを反映し、より管理された官僚的な参加を実施している。これらの例は、OSSHのライセンス開発と公共部門の管理されたガバナンスの組み合わせが成功することを示している。

主なステークホルダーは、消費者またはデジタル公共サービスのプロバイダーとしての役割を担う公共機関、OSSHコミュニティに属する中小企業、そして学術研究機関です。多くのプロジェクトは、重要なOSSHのアンブレラ組織と良好な関係を保っている。プロジェクトによっては、省庁に代表される加盟国をエコシステムとして捉え、ステークホルダーの構成に適応しているものもある。このことは、公共サービスのアクターによるOSSH開発を、適合したガバナンスの形態でモデル化するチャンスがあることを明確に示しています。

ライセンスという側面は、公共のOSSHドメインでは重要な役割を果たしません。ほとんどのアクターは、既存のよく知られたオープンソースソフトウェアまたはオープンソースハードウェアのライセンスを選択します。中には、カスタマイズされた貢献者のライセンス契約を必要とするものもあります。

貢献者を集めるには、オープンなガバナンス、特に公平性、透明性、コミュニティの持続性、そして最先端のプロジェクトであるという評判を獲得することに基づいて行われます。参入障壁は可能な限り低く保たれるべきであると認識されています。しかし、著作権使用許諾契約のようないくつかの障壁は、公共のOSSHドメインのコンテキストでは必要かもしれないことも認識されています。

知識の伝達は、ニュースレターや会議などの一般的な慣習に頼っている。現実的な理由と理想的な理由の両方から、結果は自由に利用できるようにすべきであるという深い理解がある。

商業化は必ずしも主要な関心事ではない。適切な場合には、アクターは商業製品のメーカーやサービスプロバイダーとの関係を構築する。プロジェクトは、OSSH製品に関するコミュニティ構築とスチュワードシップに従事する。

プロジェクトは、OSSHエコシステムの他のアクターと同様に、その成功を測定します。貢献の流入と新しい貢献者の獲得は不可欠な指標と考えられています。可能であれば、これはコードのアーカイブ量のようなプロジェクトの目標に沿った生産性メトリクスと組み合わされる。開発者のマインドシェアや技術的推奨度などの非定量的な指標は、個々の貢献者の内発的動機づけに関係するため、重要な役割を果たす。

*結論*

公共部門とOSSHエコシステムの関係は、まだ発展途上です。加盟国での成功例はほとんどありませんが、オープンソースコラボレーションの大きな可能性を明確に示しています。この可能性を実現するためには、公共部門の関係者がよりオープンなコラボレーションとローカルに開発されたソリューションにシフトすることと、民間部門のサービスプロバイダーがオーダーメイドのプロプライエタリなソリューションからオープンソースのコンポーネントに基づいたソフトウェアインフラのサービス提供へと役割を変えることの両方が必要である。公共 e サービスがオープンソースソフトウェアをベースとすることを好むのは、コストだけでなく、原則の問題であると考えるべきでしょう。

#### 事例研究の結果概要

すべての事例から得られた知見を分析した結果、異なる事例間で次のような結果が導き出されました。

インタビューに答えてくれた人たちは例外なく、OSSHに関連するコミュニティ開発の重要性を強調している。多くの参加者が、OSSHが参加への障壁を低くし、参加者が通常考えないような実験的な活動を可能にする役割を担っていることを強調しました。このことは、参加者を増やすことにつながる。その結果、すべてのインタビュイーが、時間の経過とともにOSSHの導入が進んでいることを指摘した。

この文脈では、オープンテクノロジーが参入障壁を低くする分、中小企業の機会が増える。多くの参加者が、OSSHの存在によって、他の方法では参加できなかった市場に参加できるようになったと述べています。これは、技術が簡単に利用できるようになったことで、製品自体の参入障壁が低くなったという直接的な効果だけでなく、オープンソースのツールを使ったサービスの開発や提供という点でも効果がありました。

多くのインタビュイーが、非推奨やサポート終了の可能性のないオープンソースコードの長期的な可用性は、エンドユーザーやプラットフォーム上で構築する人々に、民間企業の提供するものとは比較にならないほどの確実性を提供すると述べています。この文脈で、何人かのインタビュアーは、OSSH が事実上の標準を開発する役割を果たしたと述べている。

オープン ソース ソフトウェアのインタビューでは、通常、コンパイラ (例: GCC) などの高品質で低コスト (または無料) のツールが存在することは当然と考えられていました。しかし、オープンソースハードウェアのインタビューでは、ツール (ハードウェア記述言語でコア デザインを開発するためのツールチェーンなど) のコストと利用可能性について、より懸念しています。また、オープンソースの開発手法は、より物理的な設計よりも、ソフトウェアに近いハードウェア設計 (HDLでのコア設計など) に適用しやすいと述べています。マイクロプロセッサのコア設計と伝統的なプリント基板 (PCB) の設計を組み合わせたプロジェクトに従事していたあるインタビュー参加者は、コア設計 (これはよりソフトウェアに近い) を中心にさまざまなコミュニティが生まれてきたと述べています。

とPCBコミュニティがあり、PCBコミュニティよりもコアデザインコミュニティの方が効果的です。

ほぼすべてのインタビュー回答者が、オープンテクノロジーの利用は環境に有益であると述べている。それは、データセンターなどにおけるエネルギーや材料の消費を直接的に減少させるか、既存のインフラの不必要な再作成を減らすことで間接的に減少させるか、による。

ある事例（Software Heritage）では、公共部門とNGOからの資金提供により、他の方法ではまったく存在しない可能性が高い製品の開発が可能になりました。Software Heritageは、主にINRIAとUNESCOが資金を提供し、ソフトウェアのソースコードの普遍的なカタログとリポジトリを照合することを目的としています。その存在は、ソフトウェアの寄託や学術研究など、周辺ビジネスや活動を発展させることになった。

財団は OSSH のエコシステムの重要な推進役であり、標準化、知識の移転、プロジェクト管理 の側面（財政、会議の手配など）を扱う能力など、プロジェクト自身が扱う意欲やスキルがないような重要 なサービスを数多く提供している。また、EUの「財団のための財団」という統括組織の存在が、小規模なプロジェクトを支援する上で有益であるとの意見もあった。

すべてのインタビュイーが、自分たちのプロジェクトは真空中には存在せず、プロジェクト間の相互通信と相互依存が非常に高いレベルにあることを強調しました。これは、オープンソースコミュニティの強さと、オープンで開発・運営するという一般的な慣行の両方が作用しています。その結果、コミュニティは互いにコミュニケーションをとり、プロジェクトに関する情報を肯定的にも否定的にも互いに共有することがデフォルトになっています。これは、企業秘密の漏洩を恐れたり、競争法を理由に、競合他社や他の業界団体とのコミュニケーションに消極的な多くの企業の文化とは対照的である。多くのオープンテクノロジー・プロジェクトは、他のプロジェクトの方向性や開発に直接影響を与える。また、プロジェクト間のオープンな相互コミュニケーションと、多くの個人が複数のプロジェクトに同時に参加するという事実の間には、双方向の因果関係があるように思われる。

プロジェクトや組織が成功のために自ら設定する基準は、実にさまざまである。あるものは、プロジェクトのダウンロード数を指標としている。多くの場合、コミュニティの関心と参加の度合いである。また、その技術を取り入れた他のプロジェクトや製品の数である場合もあります。また、あるプロジェクトが予想外の用途に使われるのを目の当たりにすることもあります。ある人は、自分のプロジェクトが「世界をより良い場所にする」のを目の当たりにしました。

#### 教訓

おさらいすると、精緻化されたドメインは以下の通りです。Maker to Manufacturer (産業界の外で始まったプロジェクトが、どのようにOSSHメカニズムを通じて活用され、拡大されるのか。オープンハードウェア・コンピューティングとインフラストラクチャ：オープンハードウェアの方法論が、伝統的に独占的な分野にどのように適用され、イノベーションがバリューチェーンの上位に移行できるかを示しています。エンドユーザ向けアプリケーション：OSS プロジェクトが、エンドユーザへの提供において、プロプライエタリなソリューションと効果的に競合できる製品を提供できることを示す。自動車と組み込み：自動車を含むデバイスへの OSS の実装をカバーする。

ケーススタディから学んだ教訓として、いくつかの共通項があります。

*OSSは、差別化されたイノベーションをバリューチェーン上に移動させる効果がある*

例えば、自動車を購入する消費者は、インフォテインメント・システムの使用体験に関心があるが、インフォテインメント・システムが動作するオペレーティング・システムには関心がない。したがって、購入の選択（したがって、その車を他の車と差別化する特性）は、インフォテインメント・システムのインターフェースと機能に影響されるため、企業は、そのレベルで競合他社との差別化を図ろうとする。もちろん、インフォテインメントシステムは、消費者が考慮する特性のひとつに過ぎない。従って、差別化できない部分については、OSSのサブシステムを利用するインセンティブがメーカーにはある。

*OSHが成功しているところでは、ビジネスとOSHプロジェクトの間に共生関係がある。*

自由市場は、企業が独占を作り、複雑な資本操作に従事するのではなく、顧客に最高の価値を提案するために競争しているときに最もよく機能します。OSH は、企業がロックイン（独占的行為）を行う機会を制限します。これは、製品提供の中核がオープンであること、そしてその周辺のサービスが競合他社によって継続的に提供されることを保証するためです。

非差別的イノベーション（長期安定性、循環型経済、環境改善など）が刺激される。これは、企業が、単独でインフラ整備に投資するよりも、サービス提供の時点で差別化を図るために投資した方が良いと考えるからである。サービス提供の時点で競合しないかもしれない企業に対して、こうした開発を否定することで得られると思われる利点は、幻想に過ぎないと見なされる。つまり、OSHによって促進される共有研究開発モデルの共通の目的は、コスト削減により焦点を当てるようになるのです。共通の目標の1つは、エネルギー消費量の削減である。もう1つは、ハードウェアの交換コストを削減し、ハードウェアのモジュール性を高めて、交換が必要なコンポーネントのみを交換できるようにすることです。Software-Defined-Infrastructure は、コンポーネントの動的な再利用を可能にすることで、これを次のレベルへと導きます。

*OSSHは、プロプライエタリの世界では起こりそうもない機会を提供してくれます。*

多くのオープンソースプロジェクトは、安定性と柔軟性があるため、コードやデザインが元の開発者が予想しなかったような使われ方をする機会があります。これは、OSSと同様にOSHにも当てはまります。例えば、White RabbitはCERNによって実装された、遠距離でサブナノ秒の精度でイベントのタイミングを計る方法であるが、高周波取引の一部として金融セクターで使用されるように再利用されている。6

*コミュニティが重要です。*

インタビューに答えてくれた人たちは皆、自分たちの成功にコミュニティが重要であることを強調していた。最も成功したプロジェクトは、コミュニティが活気に満ち、活発であればあるほど、より多くの参加者を惹きつけるという好循環を生み出しています。

*OSSHは国際的なものです。*

プロジェクトがどこで設立されたか、あるいはガバナンスがどこにあるかということに関係なく、現実にはプロジェクトのコミュニティは世界中から集まっており、非常に特殊なユースケースを除いて、プロジェクトは世界中の様々な場所で消費されていると思われる。

6 <https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/research_and_innovation/> open\_science\_monitor\_case\_study\_white\_rabbit.pdf。

## 産業ドメインのケースに基づく欧州経済のSWOT分析 スタディ

一般的に、SWOT分析は、特定のコンテキストに対して、強み、弱み、機会、脅威を個別に評価することによって、意思決定者の立場を状況的に探るものである。以下のSWOT分析では、EUの政策立案者の視点から、欧州のOSSHエコシステムを評価する。政策検討のための意思決定支援の基礎を提供するものです。

#### メソドロジー

欧州のOSSHエコシステムの強み、弱み、機会、脅威に関する情報を、5つのケーススタディから収集しました。長所と短所は、欧州のICTセクターのイメージを作成するために集約された。最後に、欧州のICT政策に関連する機会と脅威を、PEST基準（政治的・法的要因、経済的要因、社会的要因、技術的要因）に従って導き出した（適切な場合）。

#### EUのオープンソースソフトウェアとハードウェアのエコシステムの強み

政治的・規制的枠組みとしてのEU単一市場は、共通の価値観に基づき、高い競争力を持ち、共同で規制された経済空間であり、企業やコミュニティの持続的成長を可能にします。EUの成功例の存在は、オープンで協力的な発展形態への信頼を築きます。単一市場は、EUレベルの先進的な規制（GDPRなど）によって十分にサポートされており、OSSHとEUの価値観が文化的に密接に合致していることを示しています。オープンスタンダードと相互運用性に関して、EUはOSSHから多くの利益を得ており、シリコンバレーなど他地域の既存産業と競争する機会を得ている。EU単一市場は、効率的な政府のeサービスを開発しようとするEU加盟国にとって不可欠な強みである。EUの既存の協力関係の枠組みの中で共同開発を行うことで、研究開発費の分担が容易になる。相互運用可能なサービスは国境を越えた貿易に恩恵をもたらす一方、連合アーキテクチャは参加加盟国の自治と主権を維持する。さらに、EUは国際的なOSSHコミュニティによく統合されており、東洋と西洋の架け橋として機能している。

経済的な要因に関連して、ヨーロッパの OSSH コミュニティは、グローバルなアップストリーム/ダウンストリームネットワークにうまく統合された、実行可能で多様かつ革新的な SME エコシステムによって特徴付けられる。これは、共同イノベーションを促進するだけでなく、競争を排除するために標準化、OSSHに焦点を当てた調達、共同開発の努力を頓挫させようとするEUの主要なハードウェアやソフトウェア企業がないことを意味します。

社会的には、EUの産業界とコミュニティの関係者は、ビジネスの自己利益と社会的価値の一致を期待し、重なり合っていることに注目する必要があります。これは、例えば知識の共有や保存、情報へのアクセスの多様性、メーカーコミュニティの促進など、オープンコラボレーションによって引き起こされる社会の進歩や広範なイノベーションに対する認識です。この認識は、異なる目的や願望を持つアクターが同じエコシステムの中で効果的に協力する、支援文化によって補強されています。社会の価値観とビジネスの利害が一致する文化は、協力と官民のパートナーシップの伝統の上に築かれています。これは、特に学術界において、多くの卓越したセンターと共有と開放の伝統があることに表れています。これが、ソフトウェアとハードウェアの領域で重要な革新をもたらした、健全で緊密に統合されたヨーロッパの OSSH コミュニティの原動力となっています。

最後に、最も重要な技術的側面として、欧州のICTセクターではオープンテクノロジーが重要な位置を占め、その存在感を増していることが示されています。これは、水平方向および垂直方向の共同研究開発を促進する環境の積極的な推進によって支えられています。

縦に、つまりドメインを越えて、また同じドメイン内でもバリューチェーン上の異なる位置で。

#### EUのオープンソースソフトウェアとハードウェアのエコシステムの弱点

一般に、EU の公共機関は、OSSH コミュニティが導入したイノベーションの様式への適応が遅れている。特に公共機関では、既存のプロプライエタリなソリューションプロバイダがソフトウェアの所有権とソフトウェアサービスを兼ねていることが多く、共同でメンテナンスされるOSSHソリューションの開発を阻害している。一部のソリューションに慣れているなど様々な理由から、公的アクターは、国を超えて機能を最適に再利用することを妨げる、「ここで発明されたものではない」行動を顕著に示している。技術所有とイノベーションを効果的に分離することは、より広いOSSHコミュニティの重要な貢献であるが、まだ十分に実現されていない。さらに、消費者保護とオープンライセンスの相互作用のように、OSSH に関連する IP と規制のいくつかの領域が明確でないことが阻害要因となり得る。最後に、公認標準開発組織などの確立された官民協力の方法は、ICT セクターにおける OSSH の影響を受けた変化にうまく適応していない。その結果、良い規制とより広いOSSHコミュニティの育成に強い公共的関心があるにもかかわらず、市場の発展にはほとんど影響を与えなかった。

補完的に、大企業は依然としてソフトウェア以外の分野でのイノベーションを好むことが多い。また、ここでも既存のプロプライエタリなソリューションプロバイダが、ソフトウェアの所有権とソフトウェアサービスを組み合わせていることが多く、ベンダーに依存しないOSSHソリューションの開発を阻害しています。このため、オープンソースのコンシューマ向けアプリケーションへの潜在的な投資、ひいては市場への影響力が制限されます。通信、自動車、銀行、保険などの老舗産業は、OSSH の導入にまだ苦労しており、貢献者や協力者としての潜在能力をまだ発揮していません。さらに、EUでは、OSSHプロジェクトのリスクキャピタルへのアクセスが一般的に不足しているため、EU/EFTAのエンジニアは、今でも頻繁に海外、例えばシリコンバレーに資金を求めています。

より一般的には、OSSH コミュニティが引き起こしたイノベーションは十分に認識されていません。コミュニティの多くの機能およびイニシアチブは温かく歓迎されていますが、公共のサポートと、これらのソリューションの共通善への貢献の認識は、社会的にまだ不足しているのです。公共の利益に大きく貢献しながらも、強力な公的支援と操作や不当な競争からの保護を得るのに苦労しているコミュニティのイニシアティブの例として、Wikipediaやソフトウェア・ヘリテージが挙げられます。欧州委員会による技術革新と知識移転への多額の支出（例：Horizon 2020）以外にも、幅広いOSSHコミュニティがICT分野の産学をしのぐ技術革新を続けていることを考えると、これは特に驚くべきことである。資本提供者、大企業、アカデミアが、オープンライセンスによって価値を発揮できるケースを理解せず、IPを「保護」しようとすることにあまりにも重点が置かれている。

EUでは、ICTイノベーションを市場性のある主要な製品に転換することに、まだ顕著なギャップがあります。関係者は、失敗を嫌う文化を嘆いている。欧州の企業は、OSSHイノベーションの技術的可能性を具体的な市場性のある製品に商業化し、採用することに苦心している。健全なソフトウェア・スタートアップ・シーンの出現や、オープン・ハードウェアのリーディング・カンパニーの成功により、前進はしている。しかし、このギャップはまだ完全に埋まってはいません。ヨーロッパのOSSH貢献者は、コミュニティにおける技術的リーダーシップを、市場をリードするビジネスに転換することがまだ困難であると感じています。

#### EUにおけるオープンソースソフトウェアとハードウェアの可能性

米国、中国と並ぶ国際貿易の三大国際企業として、EUの規制はEU内だけでなく、世界的にも非常に大きなウェイトを占めています。EU加盟国の貿易総額の大半は、EU内の他の加盟国との間で行われているため、オープンテクノロジーとIPのための一貫した体制は、EU全域に及んでいます。

共通市場は、経済成長を促進し、イノベーションのリーダーシップを強化する機会を提供する。規制を通じて、EUは、特に、オープン技術を尊重するハードウェアの環境を整えることができるだろう。同様の機会として、オープンテクノロジーへの資本出資の環境強化を促し、加盟国、民間団体、コミュニティの貢献者が共同開発した実装に基づき、公共部門でのOSSH技術採用の道を開くことができる。欧州の公共部門プロジェクトは、OSSH分野の成熟を促すために利用できるソフトウェアとハードウェアの需要の大きな割合を占めています。EUと加盟国は、公共部門の主要な消費者として、ヨーロッパのOSSH中小企業をベースに、効率的なサービスプロバイダポートフォリオを構築する機会を得ると同時に、既存のICTソリューションプロバイダに、OSSHソリューション上でサービスを提供するよう強制し、サービスプロバイダと製品間の関係を効果的に断ち切らせることができる。

コンピューティングインフラに関しては、学界、OSSHコミュニティ、民間企業間の強い結びつきが、フラッグシッププロジェクトや卓越したセンターを促進する機会を提供しています。また、Software Defined Infrastructureへの移行が進んでいることから、ソフトウェアだけでなく、特にゲートウェアに関するオープンな開発手法を推進することが容易になりました。

エンドユーザー用アプリケーションの場合、支配的なインターネット企業による制約が少なく、ユーザーと消費者に持続的にサービスを提供するアプリケーション環境を開発する機会がある。特に、革新的なOSSHベンダーが、公的な支援やICT支援に対する需要を満たすために、定期的に苦労している多様な中小企業エコシステムが利用しやすくなっています。

組み込みシステムとモノのインターネットでは、ハードウェアとソフトウェアのコモディティ化、オープンなハードウェアコンポーネントの利用可能性、広く採用されているオープンソースのオペレーティングシステムプラットフォーム、アディティブマニュファクチャリングにより、付加価値が製造から知識集約型の研究開発やサプライチェーンの統合フェーズに移行しています。これにより、カスタマイズされたエネルギー効率の高いコンポーネントを高度に洗練された消費者製品に適用することで、さまざまな技術分野でイノベーションを起こす多様な産業サブセクターネットワークを構築する機会が開かれるのである。OSSHに基づくコンピュータサイエンスとシステムエンジニアリングの基礎教育は、ツールの知識ではなく、動作原理に重点を置いています。

#### EUにおけるオープンソースソフトウェアとハードウェアへの脅威

典型的な中小規模の事業者は、買収されやすく、例えば、既存のプラットフォームに対する潜在的な脅威を買収してシャットダウンするなど、反競争的行為に対して脆弱です。オープンソースのライセンスと高水準のオープンなガバナンスは、企業のコントロールを自らの組織に制限することでこの脅威に対抗しますが、基盤となるテクノロジーには制限をかけません。オープンソースの政府および公共部門の電子サービスの最適な実装は、ローカルプロバイダを優遇する保護規制や、研究開発の共有ではなく、オーダーメイドのソリューションに対する要件を人為的に確立する無償の差別化などの行政障壁によって脅かされています。EUレベルで、全加盟国が共有する政府系eサービスの連合体ネットワークに向けた規制を行えば、単一のeサービス市場に対するこのような障壁を取り除くことができます。

もう一つの脅威は、多くのオープンテクノロジー分野で米国企業や技術が優位にあることだ。このような集中は、OSSHの革新性に不可欠な代替実装の広範な実験を阻害する可能性があります。同様に、ICT 分野で使用されるハードウェアやコンポーネントの多くに基礎的な製造能力を提供する新興経済国の役割が増大し、欧州メーカーの市場シェアが圧迫される可能性がある。この圧力が、類似の規制的枠組みを持つ経済間の比較優位のバランスに基づくものである限り、健全な競争の表れであると言える。競争力の一部

しかし、欧州の製造業者に対する圧力は、人権と労働衛生の軽視に基づく競争によって引き起こされている。この競争の歪みは、EUの貿易政策に人権に基づく原則を適用することによって緩和される可能性がある。また、この問題は、EUの情報セキュリティ、デジタル主権、ICT競争力を、原則的な貿易体制の適用によって向上させる機会と解釈することができる。

高度に発達したEU経済は、特に知識と専門性に依存しています。第三次レベルを含む教育・訓練において、オープンなビジネスモデルやプロセスに対処できない状態が続いていることは、OSSHエコシステムの長期的な発展に対する脅威と考えることができる。さらに、米国や日本など他の革新的な地域への投資や雇用を求めるEUの技術者の頭脳流出が顕著である。これは、最先端のシリコン技術やソフトウェア技術の研究開発を行うEU企業にとって、困難な状況となっています。こうした懸念は、欧州の投資・ベンチャーキャピタル市場を育成する政策や、ICT教育・訓練の近代化・合理化によって緩和される可能性がある。

コミュニティによっては、技術のオープン化を求める従来のモデル（コピーレフトなど）が通用しない、あるいは通用しないクラウドへの移行が続くことに脅威を感じている人もいるようです。この脅威には、知的財産権制度の施行とは対照的に、社会規範に基づくコラボレーション文化を奨励することで対抗できるかもしれません。これは、主に寛容なライセンススキームを適用しながら生産的なコラボレーションプロセスを維持する、業界主導のオープンソースプロジェクトで既に部分的に起こっています。

表4.1: SWOT分析 結果の概要

|  |  |
| --- | --- |
| 強み | 弱点 |
| P.EU単一市場の規制枠組みの規模と成長性  E.有効で多様な革新的中小企業エコシステム   1. 多様なエコシステムにおけるコラボレーションを支援する文化、センター・オブ・エクセレンス 2. 欧州のICTセクターで高まるオープンテクノロジーの注目度 | P.公的機関の導入が遅れており、知的財産や標準化に関する法的不確実性が残っている。  E.大企業は、既存ベンダーによるソフトウェア所有とソフトウェア・サービスの組み合わせを好む。   1. OSSHコミュニティの経済的役割の認識不足 2. 欧州におけるICTイノベーションを市場性の高い製品に変換するためのギャップ |
| 機会 | 脅威 |
| P.EU単一市場において、オープン技術を尊重したハードウェアとソフトウェアの環境を構築する。  E.フラッグシップ・プロジェクトやセンター・オブ・エクセレンスの推進   1. より持続可能な形でユーザーや消費者に貢献するアプリケーション環境の開発 2. カスタマイズされたエネルギー効率の高いコンポーネントを用いて、さまざまな技術分野でイノベーションを起こす産業サブセクターの多様なネットワークを構築します。 | P.ビッグテックによる買収や弾圧による新興企業や中小企業への危険性、公共部門における行政の壁  E.多くのオープンテクノロジー分野で米国企業・技術の優位性   1. 米国やアジアへの人材の頭脳流出、資金調達の機会にも追随 2. 技術のクラウド化の進展による一般的なライセンスモデルの崩壊 |

## ビジネス モデルの例と定量分析

#### はじめに

ケーススタディの文脈におけるビジネスモデルの分析に加えて、重要かつ成功した OSS ベースのビジネ スモデルのさらなる事例が紹介されている。CrunchBase はAmadeusのような伝統的な企業データベースよりも詳細な記述を提供するため、有名な事例をOSSベースの新興企業のビジネスモデルの分析で補完している。この分析によって、OSS に適用されるビジネスモデルの広範なスペクトルが明らかになる。さらに、OSH をベースとした新興企業についても調査している。

#### OSSベースのビジネスモデルの重要な例

Okoli and Nguyen（2016）が提示したタクソノミーを基に、その10のビジネスモデルに対する重要な事例を紹介する。

**補助サービスは**、製品の使用権以上のサービスを提供することで、開発者に収益をもたらす。このような追加サービスには、製品の実装、カスタマイズ、サポート、メンテナンス、コンサルティング、トレーニング、ローカライゼーションなどがあります。

このモデルの例としては

* + LinuxカーネルベースのOSを補完するトレーニング、サポート、メンテナンスなど多くのサービスを提供するRed Hat社。Red HatはIBMに買収され、コンサルティングサービス、OSSオペレーティングシステム用のハードウェア、およびハードウェアを補完する多数のOSSを販売している。
  + クラウドストレージと生産性スイートのNextCloudは、誰でも実行できるようにOSSライセンスで配布されている。製品サポートやコンサルティングなどを販売し、これで開発資金を調達している。
  + LinuxベースのAndroidオペレーティングシステムは、Googleが開発し、Android Open Source Projectで公開されています。Googleは、コンシューマーデータビジネスを可能にするマーケットプレイス、データ、アプリケーションサービスでこれを補完しています。
  + 同じくGoogleが開発した機械学習ライブラリ「TensorFlow」は、アプリケーション開発者が機械学習を活用できるようにし、クラウドコンピューティングやデータセンターの提供の需要を喚起しています。

**企業による開発・流通は、**直接的に利益を上げるモデルではなく、ソフトウェアの利用を可能にすることを目的としています。組織は、開発者にお金を払って自分たちのニーズに合わせてソフトウェアをカスタマイズしてもらい、そのカスタマイズをOSSコミュニティに公開し、コミュニティによってカスタマイズされたソフトウェアが維持されることを目的としています。

このモデルの例としては

* + 企業が開発者にお金を払って、Linuxカーネルにコードを提供する。企業はカーネルを利用し、自分たちの開発努力と他者の開発努力から相互に利益を得る。
  + Androidスマートフォンメーカーは、自社のハードウェアで動作するようにAndroidを適合させています。Androidのライセンスは寛容であるため、これらのベンダーはこれらの変更を公表しないことができます。
  + 教育現場でのコンピューターサイエンスの勉強のために低価格のコンピューターを開発しているMicro:bitは、この活動も企業によって支援されています。

近年、クラウドサービスの普及に伴い、サーバーソフトウェアを配布する**SaaS（Software as a Service）が**大きな人気を集めています。SaaSはビジネスモデルとしてだけでなく、常時接続型という異なる技術的な考え方に基づくものである。

オンラインの世界。このモデルでは、OSSプロバイダーは、OSSライセンスの下でソフトウェアを無償で提供します。そのソフトを自分で動かすこともできますが、かなり複雑で、必要なハードウェアも揃えなければなりません。そこで現在では、その煩雑さを解消するために、ソフトウェアの実行とホスティングを代行し、インターネット経由でアクセスできるようにし、通常は定期的に料金を支払っている企業もあります。このような会社は、ソフトウェアのオリジナル開発者である場合もあれば、このようなサービスを専門に提供している会社である場合もあります。

このモデルの例としては

* + WordPressは、非常に一般的なOSSのウェブサイトソフトウェアで、自分でダウンロードして無料でホストすることも、WordPress.com自身や他のホスティングプロバイダーが有料でホストすることも可能です。
  + 企業は、OSS NextCloudスイートをホスティングし、顧客にソフトウェアをサービスとして提供することで、ホスティングの労力とリソースに対して対価を得ることができます（無償のプロバイダーもありますが）。

**オープンコア／デュアルライセンス／セリングの**例外は、このモデルに多少の違いはあるが、本質的な要素は、ソフトウェアの「コア」バージョンをOSSライセンスでリリースし、より多くの機能を持つバージョンを、プロプライエタリライセンスで有料でリリースすることである。このコアバージョンは「コミュニティ／デベロッパーエディション」と呼ばれることが多い。

このモデルの例としては

* + データベースソフトウェアであるOracle MySQLは、コピーレフトのOSSライセンスで提供されていますが、ユーザーはお金を払ってコピーレフトの要件に準拠する必要のないプロプライエタリ・ライセンス版を入手することができます。
  + JavaミドルウェアのjooQは、OSSライセンスで自由に利用できますが、商用利用者は、プロプライエタリ・ライセンスの同一のソフトウェアを購入する必要があります。
  + Revolution Analyticsは現在Microsoftの傘下にあり、同社の統計ソフトウェア「R」の有償エンタープライズ版を販売しているが、FOSSライセンスのもと「R Open」としても提供している。

メンバーシップモデルでは、個人または組織は、料金を支払うことで、OSS開発組織のメンバーまたはサポーターになることができます。一般に、会費のレベルはさまざまである。会員制モデルをオープンソースビジネスモデルに含める著者もいるが、元の開発者がプロジェクトのガバナンスを財団の後援の下に設立された新しいプロジェクトに委ねるので、別のアプローチと考えるべきである。したがって、このモデルは、個々の企業のビジネスモデルというよりも、共同開発という意味合いが強い。この「アンブレラ組織モデル」については、次の小節で詳しく説明します。

**クラウドファンディングでは、**会員制とは異なり、通常、より多くの個人または組織のいずれかによる少額の寄付によってプロジェクトの資金が調達される。従来、これらの寄付は、開発開始時に要求され、一回限りの寄付であった。このモデルの新しいバリエーションは、特定のプロジェクトや開発者の仕事に対する一般的なサポートとして、開発者の仕事の資金を調達するための毎月の自動的な寄付である。

このモデルの例としては

* + Kickstarterは、開発者がプロジェクトを提供し、1回限りの寄付で一般に支援することができます。
  + パトロン（Patreon）：一般の人が、通常の収入と同様に、毎月定期的に開発者を支援することができます。
  + オープン・コレクティブ、プロジェクトに年間予算を提供することを目指し、定期的にプロジェクトを支援することができます。

**広告**モデルでは、広告はソフトウェアのインストール時、ソフトウェアのユーザーインターフェース、またはマニュアルなど、ソフトウェアの一部として表示されます。開発者は、ソフトウェアのユーザーに広告を表示することで、お金を受け取ります。開発者は、自分で広告を実装するか、広告ネットワークを使用します。この

このモデルの例としては

* + 特定の検索エンジンプロバイダーを自社製品のデフォルトとして設定し、その対価として金銭を受け取っているモジラ。
  + ウェブサイトシステムで、ホストしているウェブサイトに広告を表示する「WordPress.com」。
  + 特定の広告をブロックしないことで金銭を受け取る、ウェブブラウザ用の広告ブロックプラグイン「AdBlock Plus」。

**アップデートサブスクリプションモデルは、**通常、大規模なOSSプロジェクトの拡張に関連するものである。これらの場合、アップデート、パッチ、バグフィックスを受け取るために、ユーザーは有料会員になる必要がある。このモデルは、ユーザーベースは小さいが、ユーザーが頻繁にアップデートやバグフィックスを受け取ることが重要である場合に、より一般的である。基本ソフトウェア自体は、通常、無償で提供される。

このモデルの例としては

* + WordPressやJoomlaなどのウェブサイトソフトウェアの拡張機能で、ユーザーはコア製品に加えて、無償のOSSライセンスで利用できるソフトウェアに対価を支払うことになります。

OSSの世界は、Software as a Serviceのようなオンラインサービスを受け入れるように進化してきました。これらのサービスは、オフラインで動作するソフトウェアや、限定的なレベルのオンラインインタラクションを利用するソフトウェアを補完するようになってきています。ビッグデータ、機械学習、そして増え続けるように見えるソフトウェア提供のような発展により、これらを取り入れたビジネスモデルが進化する機会とリスクが出現しています。例えば、機械学習を利用すれば、膨大な量のデータを分析することができ、ひいてはユーザーデータも収益化できる可能性があります。また、膨大な数のソフトウェアが提供されているため、ユーザーにとって信頼性や安全性はますます重要な課題となっています。OSSは開発モデルであると同時に、自由を基盤とした倫理観でもあります。つまり、OSSの開発者の多くは、自分たちの製品に選択するビジネスモデルについてより慎重であり、それらのビジネスモデルがユーザーに悪影響を及ぼすべきではないと考えているのです。

OSSの世界では、以下のようなモデルが登場しており、その仕組みはまだ進化しているところです。

**ユーザーデータの販売は、**OSSライセンスで無償提供される製品の内部でユーザーの行動を分析する新しいモデルである。これらの分析に基づき、ユーザープロファイルを作成し、直接または広告主に販売する。OSSの世界では、現在このモデルは非常に珍しい。

このモデルで広く知られたOSSの例は存在しない。

**ソフトウェア認証では、**ソフトウェアはFOSSライセンスで提供され自由にダウンロードできるが、開発者のブランドを利用するためには認証料が必要である。これは、ソフトウェアの実装にセキュリティや信頼性が求められる分野で活用することができる。

このモデルの一例です。

* + デジタル学習プラットフォームであるMoodleは、開発元である「Moodle HQ」が、ソフトウェアの実装組織がMoodle HQの品質基準を遵守していることを認定しています。
  + 生産性向上スイート「LibreOffice」。開発元の「The Document Foundation」は、サポートサービスを提供する公式認定パートナーを指しています。

この概要は、OSSベースのビジネスモデルの異質性を確認するものであり、技術的な機会やデータの可用性などにより、最近さらに拡大している。

#### オープンソースの統括組織で開催されるプロジェクト

オープンソースの推進において、財団はますます重要な役割を果たすようになっています。財団には、単一の支配的な団体によって管理されているものと、すべての利害関係者に平等な条件で開かれているものと、2つの根本的に異なるセットアップが存在します。

シングルエンティティーモデルは、ソフトウェアベンダーが自社のソフトウェアの周りにコミュニティを確立しようとする試みであることが多い。オープンなコラボレーションとそのような「管理されたコミュニティ」の間には本質的な対立があるため、このようなモデルは一般に貢献者を集めるのにあまり成功しません。Red Hat、Nextcloud（ケーススタディのセクションを参照）、または Qt Company のように、そのような基盤なしに自分たちのビジネスの利益をオープンに伝え、関心のある人たちにコラボレーションを呼びかける企業は、エコシステムにおいてより堅固に確立されています。

今日のより一般的なアプローチは、オープンソースの統括組織で、その後援のもとでさまざまなプロジェクトをホストしています。これらの組織は、しばしばオープンソース財団と呼ばれます。これらの組織の中には、OW2、Eclipse Foundation、Apache Foundation、Linux Foundationなどのように、主に業界の協力者を集めているものもあります。彼らは通常、優れた個人の貢献者を実力に基づいて招待し、時にはフェローシップや雇用という形で彼らの仕事のための資金を提供することもあります。これらの活動は、例えばコア・インフラストラクチャ・イニシアチブのように、主要なオープンソースプロジェクトの実行可能性をサポートするための産業界の資金調達において重要な役割を担っています。7 KDE コミュニティ8 や Software in the Public Interest (SPI)9 は、コミュニティ主導の統括組織で、広範なプロジェクトを促進することに重点を置いて同様の役割を担っています。

このモデルの例としては

* + Linuxカーネルをはじめとする数多くのプロジェクトの開発資金を提供しているLinux Foundationには、1000社以上の企業会員がおり、ほとんどのテクノロジー企業が会員となっています。
  + Apache Software Foundationは、共通のApacheライセンスを定義し、多数のOSSプロジェクトを主催しており、個人会員数も多い。
  + 例えば、ソフトウェア開発ツールのEclipseファミリーをホストするEclipse Foundationは、最近ブリュッセルに移転した。
  + 匿名化ソフトウェアを提供するTorプロジェクトは、より少数の学術的・組織的な支援者によって資金が提供されています。

財団が主催するプロジェクトは、しばしば業界コンソーシアムでのコラボレーションを代表し、商用サービスを推進するソフトウェアを開発します。例えば、OpenStackとKubernetesは、データセンターと商用クラウドを実行するための重要なビルディングブロックです。その他

7 https://www.coreinfrastructure.org/

8 https://kde.org/

9 https://www.spi-inc.org/

Java Enterprise Edition（現在はEclipse FoundationがJakarta Enterprise Editionという名称でホストしている）のような技術は、企業向けソフトウェアの開発を広く可能にする。

オープンソースの統括組織や財団の役割と影響は、本質的にそのガバナンスモデルに依存します。財団は、すべての利害関係者が参加、意思決定プロセス、紛争解決に等しくアクセスできる場合、競争促進的でオープンなコラボレーションプラットフォームと考えることができます。会費は透明で少額であるべきで、例えば組織の規模に応じ、個人の場合は非常に低く設定し、参入障壁を最小にする必要があります。このようなオープンなガバナンスと、すべての開発製品へのオープンソースライセンスの適用により、標準化団体と同様に、技術開発に関するコンセンサスを得るなど、アンブレラ組織が業界コラボレーションのためのプラットフォームとして機能することができます。

アンブレラ組織が上記のようなオープンなガバナンスを適用している場合、個々のメンバー組織は、主に技術的貢献のメリットに基づいてプロジェクトの決定に影響を与える。これにより、大企業によって財団に設立されたプロジェクトによるリスクを軽減することができます。例えば、著名なKubernetesプロジェクトは、当初Googleが開発した後、2016年初頭にLinux Foundationに設立されました。2020年第4四半期には、約500の異なる企業がKubernetesのリポジトリに貢献しました。10 オープンなガバナンスの下では、当初の創設者を含む貢献企業は、プロジェクトにおいて強い影響力を持つ立場を維持するために、ソフトウェア開発に多額の投資をする必要があります。Linux Foundationでは、単一のメンバーまたは事業体が全体の予算の2%以上を占めることはありません。フォークの可能性は、個々のメンバーによる支配的な行動に対する追加的な安全装置である。

要約すると、オープンソースの統括組織や財団は、今日、オープンソース開発の開発と推進において影響力のある支援的な役割を果たし、オープンソースエコシステムの重要なイネーブラーとなっています。Eclipse Foundation、Apache Foundation、Linux Foundation、そして SPI や KDE コミュニティなどの著名な組織は、確立されたオープンなガバナンス規範を持ち、オープンソース・コミュニティ全体から肯定的に評価されています。

#### OSSベースのビジネスモデルの定量的分析

より大規模な企業や組織に基づく分析によって、ケーススタディと著名なケースの両方を拡張することは興味深いことである。その結果、企業データベースAmadeusにおいて、EU加盟国に所在し、説明文に「オープンソース」と記載されている1000社以上の企業が確認されました。

これらの1011社のうち、681社は「金融サービスおよび教育分野において、ニッチな独自技術、オープンソース、レガシー技術の専門知識を基にしたソフトウェア開発およびアプリケーション管理サービスを提供し、卓越したドメイン知識を持つ」と主張しています。明らかに、3分の2以上の企業が、製品の実装、カスタマイズ、サポート、メンテナンス、コンサルティング、トレーニング、ローカライゼーションなどの補助的なサービスを提供しています。Facebook、Amazon、Google のような大規模プラットフォームのヨーロッパ支社の多くは、部分的に OSS に基づいてビジネスを展開している企業である。

残りの3分の1の企業では、135社がビジネスモデルのコード化を可能にする十分な詳細説明を提供している。これらの企業の大半は

10 Kubernetesの開発メトリクスはDevStatsで公開されています。https://k8s.devstats.cncf.io/d/11/companies- contributing-in-repository-groups?orgId=1&var-period=q&var-repogroup\_name=Kubernetes アクセスは2021年3月14日です。

は、OSS をベースとした一般的な IT サービス（51）、または OSS をベースとしたソフトウェア開発（40）のいずれかを提供している。従って、補助的なサービスを提供するビジネスモデルである。Linux をビジネスモデルのベースとしている企業は、EU 加盟国の Red Hat を含め、相当数見受けられる。これに対し、Android や MySQL など、他の OSS ベースのシステムについては、ごくわずかの記述に留まる。その他の数社のビジネスモデルは、OSS ベースのハードウェア組み込みソフトウエアの開発、または OSS ツールの提供をベースとしている。

第二のアプローチとして、データベースCrunchbaseに掲載されている、説明文にオープンソースを含み、EU加盟国に本社を置く新興企業を特定しました。757社は、異なる技術、アプリケーション、産業に一般的に複数帰属しています。そこで、産業と技術に基づく相関分析の一種であるトピックモデリングを適用して、産業への複数の帰属を構造化しました。インターネット」と「Web」に大きなクラスタがあるが、「クラウド」や「ブロックチェーン」など、特定のクラスタも観察される。OSS に依存する新興企業は、会社概要で OSS を参照している既存企業にはまだあまり見られない新しい領域に参入していることがわかる。

図4.2:産業別に みたOSSを利用したスタートアップ企業数

050100150200250300350400450

ソフトウェア オープンソース 情報技術

インターネットエンタープライズソフトウェア

コンサルティング ウェブ開発

Eコマース クラウドコンピューティング

アプリ・ウェブデザイン

モバイルIoT開発者向けツール

ブロックチェーンロボティクスハードウェア

情報サービス 人工知能

SaaS ウェブホスティング ソフトウェアエンジニアリング

モバイルアプリ コンピュータ

リナックス・テレコミュニケーションズ

セキュリティ ビッグデータ 教育

iOSコミュニティ

コンテンツCRM

暗号通貨 コラボレーション 非営利 サイバーセキュリティ

アナリティクス 機械学習 金融サービス

データベース Webアプリケーション デベロッパーAPI メッセージング デベロッパープラットフォーム

Association Electronics Android Health Care

PaaSインフラ

エンタープライズリソースプランニング（ERP）

FinTech クラウド管理 クラウドインフラ ビジネスインテリジェンス

ビットコイン3D技術

トレーニング

B2B

製造

ビデオ IT マネジメント 広告 検索エンジン データ統合

ボイパ

クラウドデータサービス ビデオストリーミング プロジェクトマネジメント

ファイル共有 地理空間ソーシャルメディア

IaaSデジタルマーケティング

Eコマースプラットフォームのマーケティング

産業用データマイニング 自動車

プライバシー 組込みシステム 生産性向上ツール ネットワークセキュリティ データの可視化

図 4.3: スタートアップ企業に帰属する産業に基づくトピックモデリングの結果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **インターネット** | | **エンタープライズ** | | | | **クラウド** | | |
| インターネット99 | コンサルティング 61 | 広告 6 | | 検索エンジン6 | | インフラストラクチャー 9 | | PaaS 10 |
| 非営利団体 13 | 情報サービス 23 | 企業向けソフトウェア 70 | | 教育 15 | | 3Dテクノロジー8 | | データベース11 |
| サイバーセキュリティ 13 | ソフトウェア工学 18 | エンタープライズリソースプランニング（ERP） 9 | | リナックス17 | | クラウドコンピューティング 36 | | 人工知能 22 |
| ビデオストリーミング 6 | データ  インテグレーション 6 | CRM 15 | | コンピュータ 18 | | 機械学習 12 | | SaaS 21 |
| ヘルスケア 10 | セキュリティ17 | 協会10 | | プロジェクトマネジメント 6 | | クラウドマネジメント 9 | | ビッグデータ16 |
| コンテンツ15 | | ビジネスインテリジェンス 8 | | | | アナリティクス 13 | | |
| **ウェブ** | | **アプリ** | | | **ファイナンス** | | | |
| デベロッパーツール 27 | E-  コマース39 | デベロッパーAPI 11 | モバイルアプリ 18 | | コミュニティ 15 | | クラウドデータサービス 6 | |
| ウェブアプリ 11 | ウェブデザイン 32 |
| モバイル29 | ウェブホスティング 18 | | フィンテック9 | | Fin.サービス 12 | |
| ウェブ開発  58 | IT マネジメント7 | iOS 15 | アンドロイド10 | | トレーニング8 | | B2B 7 | |
| デベロッパープラットフォーム11 | | アプリ 35 | | | クラウドインフラストラクチャー 9 | | | |
| **コミュニケーション** | | **ブロックチェーン** | | | **ハードウェア** | | | |
| メッセージング11 | ファイル共有6 | クリプトカレンシー 14 | | | ロボティクス 25 | | IoT 28 | |
| テレコム17 | コラボ13 | ビットコイン8 | | | ハードウェア 25 | | 製造業 7 | |
| ビデオ7 | VoIP 6 | ブロックチェーン26 | | | エレクトロニクス10 | | | |

全体として、OSS をベースとした様々なビジネスモデルのシェアを定量化する初の試みは、Linux を中心とした OSS に基づく補助的なサービスの提供に強い関心があることを明らかにするものである。OSS をベースとした SaaS を提供している企業はごくわずかである。その他のビジネスモデルは、定量的には大きな役割を担っていない。ただし、OSS 財団は企業データベースに掲載されていないが、Apache 財団、Eclipse 財団、 Linux 財団、およびその他の財団が会員制モデルの重要な代表格である。

#### OSHに基づくビジネスモデルの定量的分析

OSSをベースとしたビジネスモデルは、オープンソースハードウェア（OSH）をベースとしたビジネスモデルにすぐに移行できるものではない。そのため、採用には疑問がある

企業におけるOSHの(Pearce, 2017)。ハードウェアの性質、すなわち物理的に存在しなければならない、すなわち製品を持つために生産コストが発生することから、OSSの多くの側面はOSHに転用できない。しかし、OSHに基づくビジネスモデルが成功することを証明している企業もある。

オープンソースのハードウェア設計は、模倣者に市場シェアを奪われるリスクを含んでいます。プロプライエタリモデルとは対照的に、デザインは特許やその他の権利で保護されていないため、オープンソースは模倣者の技術的障壁を低くし、模倣はパイオニア企業にとって致命的となりうる（Li & Seering, 2019）。さらに、Li and Seering（2019）は、ハードウェアの性質上、OSHはOSSよりも競争に対して脆弱であると見抜いている。OSHでは、すでに存在するオープンデザインを製造・販売するだけで価値を創造することができるが、OSSでは、ソフトウェアが常に自由に利用できるため、そのような価値創造はほとんど意味をなさないことが多いのである。

Li and Seering（2019）は、オープンソースを実行可能なビジネスモデルとするためには、関連するオープンソースのリスクを補うメリットがオープンソースから得られる必要があると結論づけています。そして実際、ハードウェア設計のオープンソース化には、企業にとっていくつかの利点があります。

1. 地域の人々は、市場情報の収集、製品のテスト、フィードバックを通じてサポートしています。これによって、高価な製品の失敗を減らすことができるのです。
2. 膨大な数のOSHツールにより、より迅速なプロトタイピングが可能です。さらに、コミュニティを巻き込むことで、製品の市場投入までの時間を短縮することができます。
3. コミュニティのメンター（Li and Seering, 2019の定義）は、顧客チャネルやパートナーシップという形でリソースを提供します。
4. 地域社会からの製品開発により、研究開発のコストが削減される。"コミュニティが自発的にテストやデザインの改良、技術的課題の解決に携わることで、時間とコストが大幅に削減されました。"
5. 開発段階ですでに適切な顧客層に製品が紹介されているため、マーケティングや販売にかかるコストが削減される。マーケティングが全く必要ない場合もある。
6. 地域から募集することで、募集コストを下げることができます。
7. サードパーティーのプログラマーやパートナーにとっての使い勝手が向上します。
8. IPベースのライセンスモデルを避けることで、法的費用を削減することができます（Pearce, 2017）。

さらに、LiとSeeringは、オープンソースが顧客による製品の知覚価値を高めることができることを発見している。コミュニティは市場ニーズの把握に役立ち、製品開発へのフィードバックを即座に提供する。これがより良い製品につながるため、顧客はオープンソース化された製品の機能的価値をより高く認識する。著者らによると、製品のデザインや技術について議論するフォーラムで製品が可視化されることで、製品の機能性や性能が正当化されるとのことです。これにより、顧客からの信頼が高まり、製品の機能的価値を認識することができるのです。最後に、オープンソース製品は、製品を消費するだけのアプローチから、製品と共に学び、探求する経験へと移行します。これにより、顧客が知覚する感情的な価値が高まります。Li氏とSeering氏は、オープンソースのビジネスモデルを通じて、企業は顧客の知覚価値を高め、ビジネスを運営するコストを削減することができるとまとめています。

オープンソースのこれらの利点は、企業によって適用されるものが異なることに注意する必要があります。Li and Seering（2019）は、オープンソースにおける模倣リスクを軽減し、持続可能なオープンソースビジネスを創出するための戦略を検出しています。彼らは、ハードウェア設計をオープンソース化するビジネスを持続させるための実行可能な戦略として、以下を挙げている。1）ブランドの構築。2）模倣者を出し抜くための高速イノベーション 3）オープンソースでの経験を蓄積し、プロプライエタリモデルに移行する 4）十分な市場資源を蓄積し、より収益性の高い他のモデルに移行する。

2つのソースから得た企業データに基づいて、オープンソースハードウェアのビジネスモデルの実証的な分類法を提示する（von Falkenhausen 2020に基づく）。まず、Crunchbaseで、EU加盟国に本社があり、「Open Source Hardware」に言及している企業、およびOSHWAの認定プロジェクトのリストにある企業や組織を検索しました。アマデウスで検索したところ、ヒットしたのは1件のみでした。もう存在しない企業、ウェブサイトで提供された情報によるとオープンソースハードウェアに関連していない企業、またはCrunchbaseにリストされていない企業は、分析のためにそれ以上考慮されていません。最終的には、オープンソースハードウェアのビジネスモデルの実証分析のためのデータベースとして、44の組織のリストが作成されました。

分類法の開発のために、オープンソースビジネスモデルの関連する構成要素を文献から特定した。Shahrivarら（2018）は、商用オープンソースソフトウェア（COSS）ビジネスモデルの特徴を決定するために、体系的な文献調査を実施しています。彼らは、バリュープロポジション、価値の創造と提供、価値の獲得というカテゴリーに分類された8つの構成要素を明らかにしています。価値提案は、COSSの製品と補完性、COSSの顧客とユーザー、そして最終的にはCOSSの競争戦略を包含している。価値の創造と提供は、COSSビジネスのリソースと能力、COSSの組織的側面、価値ネットワークにおけるCOSS生産者の位置づけに束ねられる。彼らは、収益の獲得をCOSSの収益源とCOSSのコスト-ベネフィットと結びつけている。同様に、Pearce（2017）は、オープンソースにおけるビジネスモデルの3つの構成要素として、価値、収益、ロジスティクスを挙げている。

ビジネスモデルの構成要素に関する情報は、オンライン調査によってのみ収集されており、企業や組織の代表者とのインタビューによって収集されているわけではありません。そのため、さらなる選定が必要である。ビジネスモデルの構成要素であるバリュー・プロポジション、バリュー・ネットワークの役割、顧客とユーザー、収益モデル、製品の産業領域が、分析と分類法の開発のために選択されました。

表 4.2 OSH ビジネスモデルの分類法（von Falkenhausen 2020 に基づく）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| バリュープロポジション | クライアントとユーザー | バリューネットワークの役割 | タイプ |
| 自社製品の製造に使用できる製品（主にエレクトロニクス）の提供 | メーカー、教育関係者、企業 | サプライヤー、メーカー、デザイナー | メーカー志向 |
| 特定のソリューションを提供する製品、または特定のテーマに焦点を当てた製品の提供 | 消費者、企業 | メーカー、デザイナー | ソリューション志向 または製品指向 |
| カスタマイズされたハードウェア（および統合されたソフトウェア ソフトウェア）ソリューション | 事業内容 | メーカー、デザイナー | カスタマイズ・ソリューション・プロバイダー |
| 非営利 寄付を前提としたアプローチ | 多様な | 多様な | 非営利団体、NGO |

カテゴリーに関する情報は、企業のウェブサイト、GitHub、Crunchbaseから提供された情報を調査することで得たものである。フォン・ファルケンハウゼン（2020）は、ウェブ調査によって得られた企業に関する定性的な知識をもとに、最終的なデータベースをレビューし、カテゴリー間のパターンを検出した。その結果、Value Propositionが、データベースで収集されたビジネス間の最も強い識別パターンを示すカテゴリーとして同定された。その結果、4つのビジネスモデルタイプが導き出された。

バリュープロポジション最終的な分類法では、価値提案を区別して、4 種類のビジネスモデルを検出している。表 4.2.はその概要を示している。

調査対象となった44の企業では、「ソリューション型」「プロダクト型」「メーカー型」が、全体の4分の3以上を占めている。カスタマイズ・ソリューション・プロバイダーは非常にまれであり、非営利団体やNGOは全体の5分の1程度であった。

収益モデルは、製品の販売に集中している。ほとんどの企業がウェブサイト上にショップを開設しており、そこから製品を購入することができる。製品とともにトレーニングなどのサービスを提供している企業は2社のみである。非営利団体（NGO）は、ドナーからの資金提供、寄付、財団、スポンサーシップから収入を得ている。

*タイプ メーカー志向*

その価値提案で、ビジネスモデル型Maker-orientedは、メーカーとEdTechシーンをターゲットにしています。ハードウェアのプロトタイピングや、初心者から上級者までのDIY電子工作プロジェクト向けの製品を提供しています。これらのビジネスのサブグループは、教育用電子機器に焦点を当てています。メーカー系企業のウェブサイトには、オンラインショップもあります。製品ポートフォリオには、一般的な基板、組み立てキット、ディスプレイ、ケーブル、モーター、ケース、ドローン、センサーなどが含まれます。

これらの事業の売上高は、100万ドルから1000万ドルの間である。AdafruitとSparkFun Electronicsの売上だけが、1000万ドルから1000万ドルの間と推定されます。

5,000万ドル。

このビジネスモデルは、プロトタイピング、プロジェクト構築、製品および教育の部品としてオープンソースエレクトロニクスを使用する個人ユーザー、コミュニティ、学校および教育者、起業家および企業を対象としています。特に、Microduinoは、教育技術にフォーカスしたビジネスを行っています。

ハードウェア製品の設計と製造の両方を行う企業が大半を占めている。自社で製造しているのか、第三者が製造して販売しているのかは、公開されている情報からは必ずしも明らかにはなっていない。メーカー系には、「エレクトロニクス・ハードウェアのスーパーマーケット」として、海外に部品を供給している企業もある。純粋な供給者としての役割を果たすことは、バリューネットワークにおいて有効な位置づけとなる。

これらの企業は、Crunchbaseに記載された説明によると、特にエレクトロニクスとハードウェア、ソフトウェア、DIY、ドローン、教育、製造、ロボット、3D-プリンティング、モノのインターネットを産業としており、彼らは活動している。これらの企業は同じ、あるいは似たような市場を共有しているため、メーカー系が活躍する産業領域は比較的均質である。

これらの企業は、全体の品揃えとOSHの使用に関して、異なる製品戦略を採用しています。ある企業は、オープンソースとプロプライエタリなハードウェアを、オープンとクローズドなプラットフォームのどちらかで混合して販売しています。多くの企業は、自社で設計したものを、Raspberry PiやArduinoのような他社のハードウェアと一緒に品揃えして販売している。また、ドローンに特化した企業もあり、メーカー向けにドローンの電子機器ハードウェア部品を販売したり、顧客の多様な需要に対応するためにすぐに使えるドローンを製造して販売している。

タイプMaker-orientedビジネスは、メーカーやオープンソースコミュニティに主要な顧客層がある。Li and Seering（2019）が仮定しているように、コミュニティは製品のイノベーションと開発者の強力な推進力である。OSHのセルフマーケティング効果は、コミュニティを介した次期製品の情報拡散によってもたらされる。また、コミュニティは迅速かつ即座にフィードバックを提供し、製品の失敗リスクを低減する。

製品が販売された後は、コミュニティは限られたコストで製品のサポートと開発の源となることができる。全体として、メーカー指向のビジネスモデルタイプは、コミュニティを通じてオープンソースの利点を大きく引き出している。したがって、ビジネスにとって、製品の周りのコミュニティを成長させ、その貢献者と密接な関係を維持することは非常に重要である。

*タイプ ソリューション型／プロダクト型*

ソリューション型・プロダクト型は、特定の顧客ニーズを解決する、あるいは特定の市場ギャップを埋めるという目的を達成する製品を提供するビジネスモデルである。メーカー志向型とは対照的に、ソリューション／プロダクト志向型の企業は、特定の価値提案を含む最終製品を販売します。一般的に、顧客は製品開発プロセスの一部ではないため、より強力なマーケティング活動などを通じて、顧客志向をより強く打ち出す必要性がある。

スマートハウス用換気システム、生体信号処理システム、ボディセンシング機器、伸縮式アンテナ、産業用オートメーション機器、CNC装置、写真・映像用モーションコントロールシステム、環境監視装置、暗号用USBメモリなどが含まれます。推定売上高の範囲は、1,000万ドルです。

個人消費者と商業企業の両方が、Solution-typeから製品を購入する。

/ 製品志向の企業です。しかし、これらの企業は、例えば産業部門向けの産業用オートメーション・ソリューションや個人住宅向けのスマート空調システムなど、製品によって対象とする顧客グループが異なっています。

一般的に、このカテゴリのビジネスはすべて、製品の設計と製造の両方を行います。

Crunchbaseの情報によると、この種のビジネスは、クラウドデータサービス、スマートホーム、ウェアラブル、エレクトロニクス、IT、ロボティクス、製造、産業オートメーション、写真、3D技術、環境エンジニアリング、サプライチェーンマネジメントなど、かなり多様な産業ドメインに出現しているとのこと。OSHをツールとして、必ずしも電子機器やハードウェアに依存しないソリューションを提供しているため、その産業領域は多岐にわたる。

各社の製品にOSHがどの程度組み込まれているかは、様々である。一部の企業は、Raspberry PiやArduinoのような既存のOSHデザインに自社製品の技術を構築しているが、OSSもある。彼らは、このような大規模なコミュニティとその専門知識から、また他のOSHコンポーネントとの互換性から利益を得ている。オープンソースデザインを採用することで、より多くの開発者を引き付け、その品質と最終的な普及を促進することで、先駆的な製品のイノベーションを加速しているところもある。いくつかの企業は、製品のすべてのコンポーネントに対してアクセス可能なドキュメントを提供していますが、他の企業はハードウェア設計の完全なドキュメントを開示せず、オープンソースでない製品も販売しています。

*タイプ カスタマイズド・ソリューション・プロバイダー*

カスタマイズ・ソリューション・プロバイダーのタイプに該当するのは、サンプル中2社のみである。ハードウェアと統合されたソフトウェアソリューションをオンデマンドで提供する。顧客層は、自社の専門知識を活用する企業であるようだ。従業員数は10名以下の小規模な企業である。このタイプは、他のタイプとは全く異なる価値提案戦略をとっている。最後に、このタイプの経済的な関連性は非常に限定的であり、これ以上詳しく調査することはない。

*種類 非営利・NGO*

最後に、データベースに登録されている組織のうち、ほぼ20%がNGO/NPOのタイプであることが確認された。これらの組織は、von Falkenhausen（2020）によって、3つのサブグループに分類されている。

技術や製品の開発を調整・支援・参画するための**アライアンスや財団。**

* + RISC-Vは、オープンスタンダードな命令セットアーキテクチャです。RISC-V Internationalは、RISC-V ISAをベースとしたソフトウェアとハードウェアのイノベーションのためのオープンで協力的なコミュニティを作るために、2015年に非営利法人として設立されました。2018年にLinux Foundationとの協業を発表し、RISC-V Internationalに運営、技術、戦略的なサポートを提供している。会員は会費を支払う必要がある。
  + CHIPSアライアンスの目的は、「ハードウェア開発のためのIPやツールの開発コストを下げる」バリアフリーな協業環境を提供することです。OSHコード、インターコネクトIP、OSS開発ツールの開発およびホスティングを行っています。IPブロックの開発を通じて、例えば、RISC-Vコアやニューラルネットワークアクセラレータコアなどのハードウェア開発を強化します。CHIPS AllianceとCHIPS Alliance FUNdは、Linux Foundationが主催しています。CHIPSアライアンスFUNDは、インフラや活動資金を提供する企業会員を受け入れています。
  + BeagleBoard.org Foundationは、「組み込みコンピューティングにおけるオープンソースソフトウェアとハードウェアの設計に関する教育とコラボレーションを提供する」非営利法人で、主にフォーラムを通じて活動しています。ボード試作のための資金は、製造パートナーから得ています。

特定の分野におけるイノベーションを推進し、その技術をより安価で身近なものにするために、知識、ツール、方法を共有する**コミュニティ**（パブリックラボ、オープンガレージ）。

* + Public Labは、コミュニティと非営利団体で、コミュニティサイエンスとオープンテクノロジーを通じて環境正義を推進することを使命としています。これは、意識を高め、科学的な手段を強化し、スキルを身につけ、特定の被ばくを軽減することによって行われます。財団、公的助成金、プログラム、個人からの寄付で運営されています。
  + オープンガレージは、自動車のチューニングショップのネットワークです。ウェブサイトopengarages.orgは、オープンガレージの車両技術に関する中心的な情報源となっています。現在はあまり活動していないようです。

OSH（Field Ready、Open Power Quality）を用いたソリューションを開発する**組織。**

* + Field Readyは、人道支援や復興支援のために、製造を通じて有用な品物を生産する非営利団体です。Field Readyはさらに、トレーニングや能力開発にも携わっている。Field Readyは、寄付やドナーからの資金提供によるプロジェクトを通じて資金調達を行っています。
  + Open Power Qualityは、低コストで分散型の電力品質データの収集、分析、可視化を行うためのハードウェアとソフトウェアを作っています。ハワイ大学の部局がスポンサーとなっている。

*結論*

このセクションでは、von Falkenhausen (2020)に従い、44の組織のサンプルに基づいて、オープンソースハードウェアのビジネスモデルに関する分類法を提示しました。この分類法では、ビジネスモデルを4つのタイプに分類しています。メーカー志向」、「ソリューション/製品志向」、「カスタマイズ志向」。

ハードウェア・ソリューション・プロバイダ」、「非営利団体/NGO」、このうち最初の2つをさらに分析した。その結果、メーカー志向のビジネスモデルは、製品/ソリューション志向のビジネスモデルとは異なるコミュニティとの相互依存関係を持ち、オープンソースから異なる利益を得ていることが分かった。

44の組織に基づく調査結果は、いくつかの限界に直面している。サンプリングは、アマデウスよりもOSHをよく扱っているCrunchbaseの範囲によって制限されている。また、Crunchbaseから得た情報と企業のウェブサイトから得た情報では、結果が表面的なものになってしまう。インタビューによる質的なアプローチで、より深い洞察を得ることができます。しかし、ケーススタディはこの欠点を補うものであり、一方、ステークホルダー調査は、OSHに基づくビジネスモデルを持つ組織をより広くカバーし、提示された概要の表面性を補うより詳細な背景情報を提供するものであると思われる。

## 事例紹介、ビジネスモデル、 タクソノミのまとめ

ケーススタディは、さまざまな分類法を総合的に分析することで導き出されたものです。また、具体的なサクセスストーリーも含まれています。全体として、欧州経済の SWOT 分析の基礎となるものである。最後に、ビジネスモデルのケースベースの分析は、OSSとOSHの両方に関連するビジネスモデルの定量的分析によって補完される。これらすべての洞察は、異なる方法論的アプローチから得られた結果の包括的な分析に統合され、最終的に政策提言の導出の基礎となるものである。

# 経済効果 分析

## はじめに

このプロジェクトの主な課題は、OSS と OSH の経済的インパクトの分析に焦点を当てることであ る。前章の分類法、様々なビジネスモデル、ケーススタディに基づき、まずデータが提示され、OSSの影響に関する様々な分析が行われる。第二に、経済成長、国際競争力、イノベーションと雇用に焦点を当てたマクロ経済分析のモデルと 結果が示される。これは、OSS の市場価格が存在せず、OSS に基づいて生み出された企業の収益に関するデータ が入手できないため、少なくとも取り組みの定量化を可能にするものである。ハーバード・ビジネス・スクールが Linux Foundation の委託を受けて実施した個人貢献者への 調査を通じて収集した OSS プロジェクトの動機と投資時間に関するデータ（Nagle et al.2020）は、特にコストに関する結果に定性的な情報を与えている。第 6 章では、ステークホルダー調査の結果からも検証している。まず、EU加盟国のマクロ経済レベルからスタートし、加盟国の努力を定量化することができる。全体的な努力は、マクロ経済分析の結果、すなわち EU における OSS の GDP への貢献度に結びつけられ、これによってコストベネフィットの比率を算出することができる。このような比率は、ステークホルダー調査でも質問されている。第二に、EU 加盟国の中で最も OSS への貢献が多く、EU 内の貢献の大部分を担っている企業を特定した。このサンプルについて、彼らが OSS に投資している努力量を算出した。マクロ経済分析から得られた知見を補完するために、企業ベースのミクロ経済分析により、企業規模別およびセクター別の企業のOSSへの投資に関する新たな知見が得られた。また、投資と業績（売上高や従業員一人当たりの売上高）を関連付けることで、利益面にも言及し ている。しかし、一般的な OSS の様々な種類の便益と、特に企業が OSS に基づいて生み出す収益について、 ステークホルダー調査からさらなる洞察が得られた。

このような定量的なアプローチは OSS でのみ可能であるため、OSH については、より企業に特化したア プローチを開発した。既存企業のデータベースに掲載されている企業はほとんどないため、新興企業のデータベースとして定評のあるCrunchbaseを分析した。OSHベースの新興企業に関する洞察に加え、OSHプロジェクトの認証に関する新しいデータベースが、さらなる洞察を与えてくれました。これらは、ケーススタディで得られた結果を補完するものです。

## OSSのデータベース

OSS の影響は、利用可能なコードの量だけでなく、特にその普及に依存するため、理想的なコンステレーションでは、OSS の生産と利用可能性に関するデータへのアクセス、最終的には OSS の配布や利用の両方が利用可能であるべきである。

すなわち、インプリメンテーションです。ただし、いくつかの制約がある。OSS の制作への参加に関する情報は公開されているが、企業やその他の組織による OSS の実際の利用状況は透明性が低く、ケーススタディ内のインタビューなど企業との直接的な協力や、ステークホルダー調査などの調査によってのみ明らかにすることが可能である。そこで、本報告書および本章では、OSS 開発への関与全般、特に最も積極的な OSS 参加者について集中的に取り上げる。

利用可能なOSSコードについては、最も著名なOSSリポジトリであるGitHubに依存し、これは既に他の研究でも利用されている（Nagle 2019a, Mombach et al.2018など）。GitHub開発者プラットフォームから得られたOSSデータは、GHTorrentプロジェクト（https://ghtorrent.org/）の文脈でTU Delftから提供されています。OSSプロジェクトの最大のリポジトリであるGitHubは、国や組織を超えたOSSの普及についても独自の体系化を提供しています。Microsoftは2019年にGitHubを買収したばかりであるため、可能

は、2000年から2018年までの時間軸しかカバーしていないため、使用したデータ、例えば時系列に依存する影響はない。GitLabやSoftware Heritageも調べられているが、GitHubのデータベースの方がはるかに規模が大きく、長い時系列を提供しているため、より適切である。GitHubのデータベースとしての妥当性・健全性は、Web of Scienceに掲載されているGitHubに言及した論文の数が、GitLabに言及した論文の50倍以上であることからも裏付けられます。

GitHubは、ソフトウェアのホスティングと正確なバージョン管理を行うための、インターネットベースのシステムで、Webインターフェースからのアクセスも可能である。2008年初頭に開始された。GitHubは、2008年初頭に公開され、すぐにOSSプロジェクトの主要なリポジトリとなり、13億行以上のOSSコード（コミット）を持つようになりました。これらのコミットは、68万以上の組織から発信された2016年の1500万人（GitHub 2016）に対し、その間3200万人以上のユーザーによって寄稿されています。GitHubは、2016年当時すでに、OSS開発のためのコードホスティングサービスとして圧倒的に人気がありました。先行する実証研究は、SourceForgeに依存している（Engelhardt & Freytag 2010, Engelhardt et al. 2013, Lakka et al.）一方、370万人のユーザー（SourceForge, 2016）や310万人のユーザー（Launchpad, 2016）などのプラットフォームは、GitHub（Ojanperä et al. 2019）よりもはるかにユーザー数が少なく、その重要性は比較的小さいと言えます。最後に、SourceForgeが提供するアーカイブデータはもう最新ではないため、OSSの現在の影響力を適切に評価することはできない。

残念ながら、OSS コードの普及に関するデータは一般に公開されていない。しかし、文献レビューで述べたように、OSSはユーザーイノベーション、つまり開発者とユーザーの共創の一形態と考えることができる。そのため、GitHub における OSS コードへの貢献は、その利用状況を反映するものでもある。そこで、Nagle (2019a) や Wright et al. (2020) にならって GitHub へのコードの貢献に、あるいは SourceForge にならって Engelhardt & Freytag (2010), Engelhardt et al. (2013), Lakka et al. (2015) に貢献して、貢献は OSS の実装にもつながるとして提案する。また、第二段階として、寄稿者はより経験豊富なユーザーの群衆からフィードバックを受けるため、寄稿者の学習を促進し、その結果、物品を使用することによる価値をよりよく獲得することができる（Nagle 2018）。

コミットだけでなく、一般的に企業やその他の組織（財団、研究機関、大学など）の従業員である貢献者も使用されます。彼らは、仕事の一部または全部をOSSコードの開発に費やしています。このアプローチは、Lakkaら（2015）、またEngelhardt & Freytag（2010）およびEngelhardtら（2013）と同様で、より小さなデータベースとしてSourceForgeに依存している。Borgesら（2016）と同様に、Mombachら（2018）はGitHubでホストされている人気のOSSプロジェクトを分析しているが、プロジェクトの大半は複数の異なる国にいる貢献者によって駆動されているため、国への帰属は非常に複雑で困難である。

しかし、コストベースの影響評価は、組織、特に企業がGitHubに参加し、そのリンクされた貢献者の数と提出されたコミット、それに必要な労力に依存しています。

## マクロ経済への影響 分析

#### マクロ経済影響モデルの枠組み

OSS の影響について包括的な分析を行うため、GDP や経済成長だけでなく、他の影響の次元に も焦点を合わせている。より具体的には、労働生産性（Ghosh 2006 も参照）、貿易、グローバルバリューチェーンを含む次元での影響 評価に集中している。OSS コードはイノベーション、すなわち製品とプロセスのイノベーションにも影響を与えるため、 このインパクトの次元も我々のアプローチに含まれる。基本的な前提は、OSSコードの総ストックは、イノベーションを起こす企業にとって情報源となり、イノベーターの生産性を高めるというものである。しかし、もう一つの現象であるスタートアップ企業の創出に対する直接的なインパクトは、OSSコードに依存する。

のイノベーションは、Wright et al. (2020)に従い、OSSがソフトウェア・ハードウェア市場の参入障壁を下げることによる競争力向上に取り組む企業数の変化も含まれる。Nagle（2019a）に従い、OSSの貢献はICT専門家の直接的な雇用増加にもつながるため、その点も考慮されている。

このセクションでは、EUおよびEFTA加盟国におけるオープンソースソフトウェアの経済効果に関する比較計量分析、および必要なデータが入手可能な他の関連国についても紹介します。

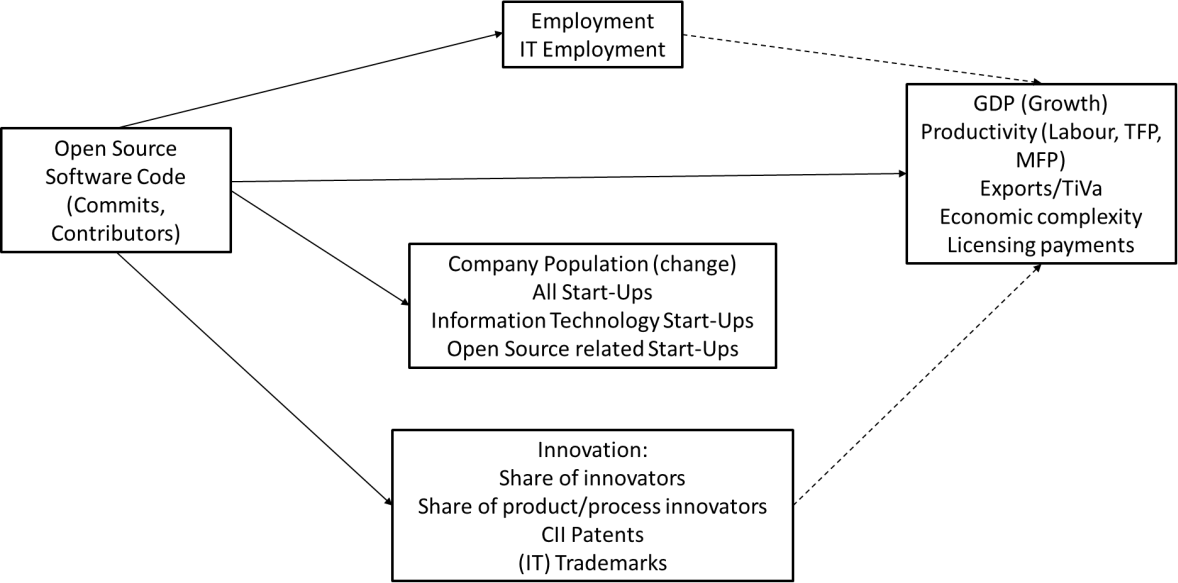
まず、データソースについて説明し、次に計量経済学的なモデル化のアプローチについて詳しく述べる。次に、OSS の影響を評価するために、以下の点を検討した11。

1. 経済成長への影響
2. 生産性への影響
3. 付加価値、輸出、経済の複雑さ、知的財産の支払いにおける貿易への影響
4. イノベーション、特許、商標への影響
5. スタートアップ企業や企業人口への影響
6. (IT)雇用への影響

図 5.1 では、これから取り組む最も関連性の高い影響の側面を簡単に概観するために、影響モデ ルの一般的な構造を示している（労働力など経済成長に関する他の説明変数や、距離など貿易 に関する説明変数を示していない）。OSS が 17 の持続可能な開発目標に与える可能性のあるインパクトは既知である。しかし、一般的に、時間の経過に伴うそれらの発展は、他の多くの要因に影響される。従って、我々のフレームワークでは、9 番目の持続可能な開発目標であるイノベーションのみを明示的に考 えている。

11 オープンソースソフトウェアのリポジトリであるGitHubへの10億以上のコミットとは対照的に、オープンソースハードウェアについては、OSHプラットフォームArduinoに関連する50万コミットなど、国全体の指標の小さなベースのみが利用可能です。したがって、このデータに基づく時系列は堅牢ではなく、エコノメトリック分析を行うことによって合理的で堅牢な結果を生成することは不可能です。しかし、ArduinoはOSHに関するケーススタディで成功事例として分析されている。

図5.1： インパクト・モデルのフレームワーク



#### マクロ経済分析のためのデータ収集

前述の通り、データ収集はまず、世界中の OSS プロジェクトの主要なリポジトリである GitHub に焦点を当て、影響評価の背景と、関心のある変数の測定方法についての考察を行う。12

次に、OSSの貢献、すなわちコミットと貢献者、すなわちGitHubユーザーに関連する関心のある主要な結果変数の構築について詳述する。GitHubから得られたデータをもとに、2000年から2018年までのEU加盟国28カ国すべてのコミット数とユーザー数の時系列（可能な場合）を作成する。13 例えば、Nagle（2019a）は、小規模なEU加盟国については、貢献数が十分に少ないか、他のデータソースが利用できないか強く偏っている（例えば、Crunchbaseでは米国のスタートアップに強く偏っている）という事実のために、22 EU加盟国とOECD加盟国にのみ依拠している。したがって、表 5.1 にリストされた変数と組み合わせて、我々の計量パネル分析の基礎となる 500 オブザベーションに近いパネルデータセットが作成される最適なケースのみである。

12 しかし、GitLab でホストされているコンテンツも含む新しいプラットフォームである Software Heritage も検討されているが、必要な時系列データを提供していない。

13 イギリスは、この時期まだ EU に属していたため、含まれている。さらに、貢献者の約半数、結果としてコミットの約半数が特定の国に起因しており、OSSへの投資を著しく過小評価している。

図5.2: 年別・国 別のGitHubのコミット数

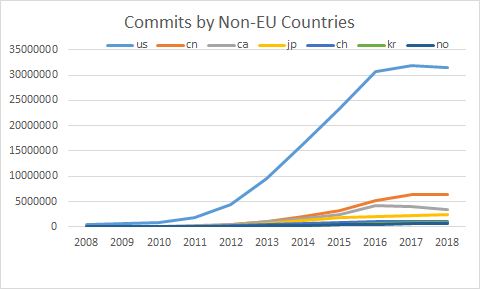
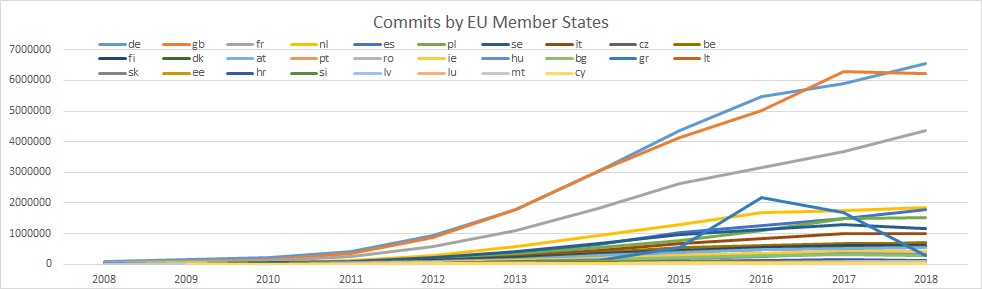


図5.3: 年別・国別の GitHubコントリビューター数

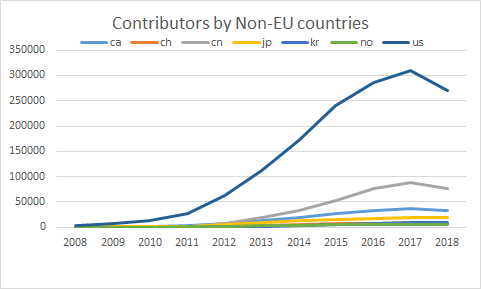
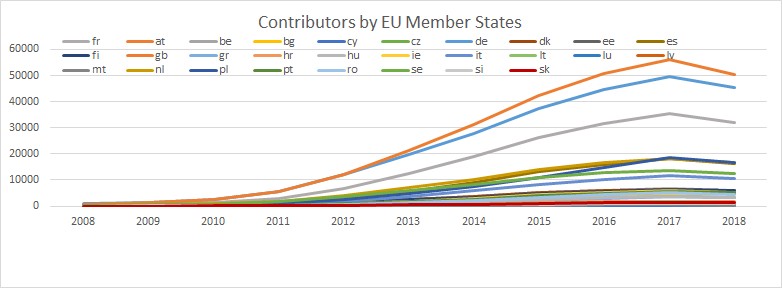


表5.1: 変数、説明、出典

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| バリアブル | 商品説明 | ソース |
| OSSコード | GitHubコミット数 | GitHub/ GHTorrentプロジェクト (https://ghtorrent.org/) |
| OSSCon-  献金者 | GitHubのユーザー数 | GitHub/ GHTorrentプロジェクト (https://ghtorrent.org/) |
| Y | 付加価値 | OECD STAN Rev. 3 |
| GDP | 名目GDP | 世界銀行 WDI |
| TFP | 全要素生産性 | TFPPennWorldTables8 .1  [(](http://www.rug.nl/ggdc/productivity/pwt/)http://www.rug.nl/ggdc/productivity/pwt/) |
| 主計画 | 多要素生産性の推移 | OECD多要素生産性 |
| K | 資本金総額 | バーレマンとヴェッセルホフト（2017年） |
| L | 従業員総数 | OECD STAN Rev. 3 |
| 研究開発 | 研究開発費 | OECD科学技術・研究開発統計 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| パット | 欧州特許庁の特許付与数および特許出願数 | OECD特許データベース |
| リック | 知的財産の使用に対する支払い | 世界銀行 世界開発指標 |
| 欧州共同体 | 経済的複雑性 | ECIT経済複雑性観測所 経済コンプレックス研究所 [(](http://atlas.media.mit.edu/en/)http://atlas.media.mit.edu/en/) |
| スタートアップ企業 | スタートアップ企業数 | クランチベース |
| 情報技術系スタートアップ企業 | 情報通信分野の起業数 情報技術 | クランチベース |
| オープン ソース・スタートアップ企業 | OSSを参照しているスタートアップ企業数 | クランチベース |
| 企業人口 | コンピュータ製造業と情報通信業の企業人口の推移 | ユーロスタット  (https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/s how.do?dataset=bd\_9ac\_l\_form\_r2&lang= ja) |
| IT-雇用 | ICT雇用 | ユーロスタット  (https://data.europa.eu/euodp/en/data/data set/yS02f1YaXkfPyT0S8A6HmQ) |
| 採用情報 | 従業員総数 | 国際労働機関 |
| ティーバ | 海外最終需要に具現化された国内付加価値 | OECD-WTOTradeinValue(貿易価値) 付加価値データベース |
| エックスジーアール | 総輸出額 | OECD-WTO TiVAデータベース |
| ディス | 距離 | CEPII GeoDistデータベース |
| コンティグ | コンティギュイティ | CEPII GeoDistデータベース |
| コムラング | 共通言語 | CEPII GeoDistデータベース |
| パット | 特許出願 | パットスタット |
| シーアイエス | コンピュータで実装された発明 | パットスタット |
| 商標について | 商標登録 | EUIPO |
| イノ | イノベーター数 | ユーロスタット CIS |
| エデュ | 第三次教育を受けた人口の割合 | ILO労働市場の主要指標 |
| インプ | 輸入額、対GDP比 | 世界銀行 WDI |
| エキスプレス | 輸出額、対GDP比 | 世界銀行 WDI |
| ポップ | 人口増加率 | 世界の開発指標 |
| 失業率 | 労働力人口に占める失業率の割合 | 世界の開発指標 |
| 財務 | 貸出金利、国内民間部門への与信の対GDP比 | IMF国際金融統計 |
| インスティテューション | 腐敗認識指数 インデックス（Transparency）。 行政要件指数（フリーダムハウス）、官僚主義コスト（フリーダムハウス）、知的財産権の保護（フリーダムハウス）。 | トランスペアレンシー・インターナショナル [(https://www.transparency.org/research/cpi/](http://www.transparency.org/research/cpi/) 概要)  フリーダムハウス (https://freedomhouse.org/) |

#### 経済的側面への影響

*OSSのGDPへの影響*

Jungmittagら（1999）が標準化の影響を算出するために、あるいはNagle（2018）が米国企業のミクロレベルでのOSSの影響を分析するために用いたアプローチを適用し、ベースラインモデルは以下のように単純なコブ・ダグラス生産関数に基づくものとなっている。

ᵄ𝑖𝑡 = 𝐴𝑖𝑡-1𝐾𝛼ᵃ (1)

𝑖𝑡 𝑖𝑡

ここで、係数 α, β はそれぞれの生産弾力性を表す。F(.)には、さらに対数線形化した入力係数やコントロール変数が含まれる。最も重要なのは、ǔ𝑖ᵆ-1が知識ストックを表し、これは、以下の構造的アプローチに基づいてモデル化されている。

は、Bottazzi and Peri (2007)によるものである。このアプローチでは、知識ストックの進化は、研究開発及び既存の知識ストックの関数としてモデル化される。さらに、海外と国内の研究開発費による効果の差があることを認めると、次のような対数線形関数が仮定される。

𝑙𝑔(ǔ˙ᴥᴥ)

) = 𝜀𝑙𝑅𝐷

+ 𝜀 𝑙 𝐷 𝑅 𝑂 𝜀 𝑙 𝑜𝑔

(2)

𝑖𝑡 1

𝑖𝑡-1 1

𝑖𝑡-1 1

𝑖𝑡-1

ここで、(ǔ˙ )は知識ストックの変化、ǔ𝑡は研究開発費

𝑖𝑡

であり、上付き文字のROWはrest of the worldを意味する。式(1)を対数化し、知識ストックの変化を年間特許件数で近似すると、我々の注目する中心方程式は、logF(.)を一般対数制御関数として以下のように書き換えることができる。

logYit = γ1logRDit-1 + γ2logRDROW + γ3logPATit + αlogKit + βlogLit + logF(. ) (3)。

イットワン

ここで、他の入力要因や制御変数を構成する追加要因の中に、OSS の利用も含まれていると仮定すると、構造 推定モデルは以下のように書き換えることが可能である。

logYit = γ1logRDit-1 + γ2logRDROW + γ3logPATit + αlogKit + βlogLit + γ4logOSSit-1 + γ5logOSSROW +logxitμ（以下、「logxit」という。 (4)

イットワン

イットワン

ここで、𝑙ᵅは一般制御変数のログ版（下記参照）、𝑥𝑖𝑡はOSSへの貢献と利用を近似する指標を参照している。Geiger (2017) や最近では Nagle et al. (2020) が、貢献者の大半は貢献に対して報酬を得ていることを確認しているため

OSS への貢献者、および彼らがコミットを提出するために費やす時間は、主に労働投入量 L のサブグループであり、自由な時間に貢献する趣味人の程度は低いと推測される。

式(4)をどのように推定するかは、変数の仮定に依存する。(4)は変数の仮定に依存する。最も重要なことは、N に比べて比較的大きな T で運用されるため、通常のパネルデータ手法が失敗する可能性があることである。重要な問題は、非定常時系列に関するものである。一般に、時系列が非定常である場合、通常のOLS型回帰では、通常の漸近定理（大数の法則、中心極限定理など）が適用できなくなり、矛盾が生じる。GDPのような多くの時系列は非定常であることが知られています。同様に、Bottazzi and Peri (2007)の結果は、式(2)で表される関係が定常的な変数を含まないことを示している。また、OSS の量が膨大であることを考えると、時系列が定常的なトレンドに従う可能性は非常に低い。しかし、非定常時系列が共積分している場合、すなわち、それらの線形結合が定常であるような線形結合が存在する場合、その方程式を推定するための特別な推定量を開発することが可能である。

共和分法は、関連する時系列が非定常であり、長期的な定常関係を実際に制御することを要求している。上記の方程式は、長期的な成長方程式であり、まとめると、技術指標と経済指標を組み合わせるという要件を反映している（Castellacci 2007）。同様に、Bottazzi and Peri (2007)は、特許ストック、国際特許ストック、研究開発が共 同積分されることが期待できるモデルを考案している。このように、パネル・コインテグレーション推定量の適用には、段階的な手順が必要である。まず、全ての時系列が非定常であるという仮説を、いわゆるパ ネル単位根検定を用いて検証する。次に、パネル・コインテグレーション検定を用い、非定常時系列がコインテグレーションしているかどうかを検証する。特に，有限サンプルにおいて検出力とサイズの点で代替検定より優れていることが知られているパネル／グループt-検定に依存する。最後に，Bottazzi and Peri（2007）モデルを拡張し，代替パネルコインテグレーション推定量，特にDOLS（Dynamic OLS）を用いて，共和分関係を推定する。

2000年から2018年までの年単位で、最大28のEU加盟国、または特定の時系列や加盟国のデータ制限がある場合はより少ない数のパネルデータが使用されています。また、米国、日本、韓国、カナダ、中国、ノルウェー、スイスなど他の国々も含まれる。生産高Yの指標として、一国の付加価値の合計を用いる。資本ストックKは、Berlemann and Wesselhöft（2017）の総資本ストックである。著者らは、すべての国にわたって一貫性があり、ほぼ30年の長期パネル次元を一様にカバーする唯一の利用可能な資本ストック指標を提供している。L は、一国の労働力によって等化される。

式(4)の他に、代替成果指標と代替コントロール変数を用いて、多くの異なるモデルを計算した。一貫した推定値を得るために、以下の手順を踏んでいる。特に、研究開発、OSS の利用、GDP、TiVa、輸出は非定常であることが分かる。従属変数と少なくとも1つの独立変数が非定常である場合、共和分検定を行った。その結果、これらのケースでは、常に共和分であることが確認された。そこで、これらのモデルは、ダイナミックOLSで推定されます。従属変数と説明変数の少なくとも1つが非定常である場合，非定常変数は定常となるまで差分化され，他の変数については通常のパネル固定効果モデルを実行した．推定方法は、各表のヘッダーに記載されている。すべてのモデルが対数形式であることは、係数が弾性値として解釈できることを意味していることに注意されたい。

表 5.2: OSS コミットの GDP への影響(DOLS)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|  | すべて | EU (Var1) | EU (Var2) | EU (Var3) | その他 |
| 対数資本ストック | 0.71265\*\*\* | 0.66287\*\*\* | 0.67172\*\*\* | 0.56873\*\*\* | 0.52507\*\*\* |
|  | (14.69) | (13.03) | (13.68) | (10.33) | (13.31) |
| ログ雇用 | 0.23555\* | 0.09257 | 0.10556 | 0.08895 | 0.42886\*\*\* |
|  | (1.96) | (0.83) | (0.98) | (0.73) | (2.61) |
| IPの使用に対するログ支払い | 0.04534\*\*\* | 0.05674\*\*\* | 0.05670\*\*\* | 0.05245\*\*\* | 0.04902\*\*\* |
|  | (3.85) | (5.16) | (5.35) | (4.41) | (3.45) |
| L.対数研究開発費 | -0.06622\*\* | -0.06985\*\* | -0.07158\*\* | -0.07118\*\* | -0.06299 |
|  | (-1.98) | (-2.26) | (-2.40) | (-2.11) | (-1.34) |
| L.log 研究開発費  列 | -0.93139\*\*\* | -0.72398\*\*\* | -0.84036\*\*\* | -0.93408\*\*\* | -0.47722\*\*\* |
|  | (-4.81) | (-3.65) | (-4.45) | (-4.39) | (-3.12) |
| 多国間特許出願の記録 | 0.06357\*\*\* | 0.02375\*\*\* | 0.01974\*\*\* | 0.02513\*\*\* | 0.16022\*\*\* |
|  | (18.06) | (6.89) | (5.96) | (6.72) | (53.61) |
| GitHubのコミットを記録する | -0.03103\*\*\* | -0.03124\*\*\* | -0.03087\*\*\* |  | -0.01671\*\* |
|  | (-6.24) | (-6.86) | (-7.00) |  | (-2.44) |
| GitHubのコミットをROW単位で記録 | 0.06849\*\*\* | 0.06716\*\*\* |  |  | 0.02832\*\*\* |
|  | (7.74) | (7.85) |  |  | (3.10) |
| ログ GitHub  コミットEU（フォーカルを除く） |  |  | 0.06537\*\*\* |  |  |
|  |  |  | (7.70) |  |  |
| GitHubのコミットを記録する EU |  |  |  | 0.04067\*\*\* |  |
|  |  |  |  | (4.78) |  |
| 国別ダミー | はい | はい | はい | はい | はい |
| 観察記録 | 480 | 375 | 375 | 375 | 105 |
| *R2* | 0.917 | 0.894 | 0.891 | 0.861 | 0.993 |
| N\_g | 32 | 25 | 25 | 25 | 7 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

マクロ経済の基本的な生産関数の結果から、資本ストックと雇用が経済成長にとって重要な役割を担っていることが確認された。係数でさえも妥当な範囲にある。技術進歩の役割は、一連の変数で表される。まず、特許権などのライセンス料と、ソフトウェアを含む著作権などの知的財産の使用料で測った外国技術の輸入は、経済成長の重要なドライバーである。一方、国内の研究開発費は経済成長を抑制している。これは一見不可解な結果だが、研究開発費は一種の投資であり、リターンが不確実である。また、他国の研究開発費は、他国の競争力を押し上げ、国内の貿易収支にマイナスの影響を与えるため、国内の成長にはマイナスである（輸出にはマイナス、輸入にはプラス）。結局、国内生産者の輸出の増加が鈍化し、輸入の増加によって国内市場でのシェアが低下することで、GDP成長率は低下する。イノベーションの投入指標である国内研究開発費はGDP成長率に対してマイナスであるが、国内特許出願はGDP成長率に対してプラスであり、これは国内特許出願が国内市場を確保するためである。

は、保護された技術を独占的に使用できるため、国際的な競争力を持つことができます。

一国に帰属させることができるユーザのコミット数で測定した OSS への国家投資の影響は、国の経済成長に対して 有意にマイナスであり、これは国の研究開発に対する支出の影響と類似している。これは、この投資が、主にこのコードを生成するソフトウェア開発者を雇用する企業にコストを生み出すという事実によって説明することができる。そして、これらの開発コストは、他の全ての国がこの OSS コードに自由にアクセスできるため、生産性や国際競争力の向上によって直ちに補われるものではない。しかし、OSSコードの公共財的性格は、他の国によるOSS、すなわちGitHubへの貢献が著しくポジティブな影響を与えることで確認される。したがって、国の成長は、OSSに対する世界的な投資の恩恵を大きく受けていることになる。ここで指摘しなければならないのは、国の成長を阻害しているグローバルな研究開発への投資とは異なる点で、ここでは秘密保持の措置により成果が公開されず自由に利用できないか、特許などの知的財産権で保護されていることである。したがって、GitHubに投稿されたコードで測定されるOSSは、世界中のすべての企業や個人がアクセスでき、利用できる知識のプールであり、純粋に公共財であると言える。その結果、Romer (1990) の内生的成長理論で紹介された知識プールやAcemoglu et al.

この期間内に EU 加盟国だけに限定して分析した場合、結果は変わらない。EU 加盟国以外の国から提供された OSS が EU 加盟国の成長に与える正の影響、および国別貢献の負 の影響は、すべての国を含むパネルの結果とほぼ同じである。EU 加盟国が生産する OSS に着目した場合、その影響は僅かに小さく、米国からの巨額の貢 献を考慮しなくとも、EU 加盟国は他の EU 加盟国からの OSS の貢献から利益を得ていることが分かる。そこで、EU 加盟国による OSS への貢献と他の EU 加盟国からの貢献の影響に大きな差がない と仮定して、最終的なモデルを計算した。その結果、EU 加盟国の拠出金が自国の GDP に与える影響は有意であることがわかった。0.04の弾力性は、GitHubに貢献した2017年から2018年のようにコミットが10％増加すると、EUのGDPの0.4％に貢献することを意味します。このシェアは、Ghosh（2006）がシミュレーションモデルに基づいて報告した0.1%の増加よりもわずかに高い。彼らは、2006年当時、この0.1%の生産高の増加は、年間100億ユーロ強に相当すると論じている。2018年、EurostatによるEUのGDP総額約16兆ユーロ、ちょうど15兆9000億円の0.4％は、年間630億ユーロ以上の貢献となる。比較のために、Jungmittagら（1999）によるコブ・ダグラス生産関数を適用して標準化の経済的影響を評価したところ、ドイツ経済で年間約170億ユーロとなり、これは他のEU加盟国や欧州以外の国でもいくつかのフォローアップ研究によって検証されています（欧州委員会2016年）。標準化の経済効果メカニズム以来

すなわち、ネットワーク効果（例えば理論的な経済効果に関する Weitzel 2004）は、OSS のそれと同様であるが、よりハードウェアに焦点を当て、ソフトウェアにはあまり焦点を当てており、ドイツが EU の GDP の約 1/3 を担っていることを考えると、定量的な経済影響は同等である。したがって、EU 加盟国数カ国における標準化の経済効果の評価に Cobb-Douglas 関数を適用した結果は、EU における OSS の経済効果の推定に同じアプローチを使用することの妥当性を示すものと解釈される。

基本回帰ではコミット数の絶対値を用いたが、国別・年別の GitHub ユーザー数またはコントリビューター数を用いたアプローチも行っている。この指標は、OSS の開発に携わる従業員の数と解釈することができ、その大半は会社から報酬を受け取っている (Geiger

2017; Nagle et al. 2020）、労働時間の割合に関係なく、GitHubへのOSSコードの貢献に費やしている（Lakka et al. 2015も参照）。

OSS の開発・利用状況をユーザーイノベーション、コプロダクションの概念で測定した結果は、GitHub のコミットメントに基づく測定結果と概ね類似している。OSS への貢献者の弾力性は 0.06 と、追加コミットの弾力性よりも若干高い。しかし、コミット数は貢献者数よりはるかに強く増加する可能性があり、また増加し続けているため、これは理にかなっている。しかし、貢献者数が 10%増加すると GDP 成長率は 0.6%増加し、年間 950 億ユーロの GDP 増加に相当する。

表5.3:OSS貢献者のGDPへの影響(DOLS)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|  | すべて | EU (Var1) | EU (Var2) | EU (Var3) | その他 |
| 対数資本ストック | 0.61387\*\*\* | 0.55873\*\*\* | 0.56022\*\*\* | 0.55052\*\*\* | 0.56485\*\*\* |
|  | (12.16) | (10.14) | (10.01) | (9.99) | (13.77) |
| ログ雇用 | 0.23417\* | 0.04696 | 0.04747 | 0.08222 | 0.21776 |
|  | (1.83) | (0.39) | (0.39) | (0.67) | (1.30) |
| IPの使用に対するログ支払い | 0.04293\*\*\* | 0.05074\*\*\* | 0.05023\*\*\* | 0.05108\*\*\* | 0.06139\*\*\* |
|  | (3.47) | (4.33) | (4.26) | (4.29) | (4.19) |
| L.対数研究開発費 | -0.08478\*\* | -0.07736\*\* | -0.08109\*\* | -0.08630\*\* | -0.06735 |
|  | (-2.35) | (-2.27) | (-2.38) | (-2.54) | (-1.45) |
| L.対数研究開発  ROWによる支出 | -1.59074\*\*\* | -1.32761\*\*\* | -1.46516\*\*\* | -1.53061\*\*\* | -0.70856\*\*\* |
|  | (-5.26) | (-4.28) | (-4.80) | (-4.96) | (-3.11) |
| 多国間特許出願の記録 | 0.05540\*\*\* | 0.03544\*\*\* | 0.03651\*\*\* | 0.02662\*\*\* | 0.12108\*\*\* |
|  | (15.34) | (9.84) | (10.15) | (7.32) | (42.58) |
| ログ GitHub  献金者 | 0.02125 | -0.02463 | -0.02429 |  | -0.00537 |
|  | (1.49) | (-1.53) | (-1.56) |  | (-0.52) |
| ログ GitHub  ROWによる貢献者 | 0.03897\*\* | 0.07809\*\*\* |  |  | 0.02637\* |
|  | (2.07) | (3.81) |  |  | (1.90) |
| ログ GitHub  貢献者 EU（フォーカルを除く） |  |  | 0.08542\*\*\* |  |  |
|  |  |  | (4.20) |  |  |
| ログ GitHubコントリビューター EU |  |  |  | 0.06438\*\*\* |  |
|  |  |  |  | (5.19) |  |
| 国別ダミー | はい | はい | はい | はい | はい |
| 観察記録 | 480 | 375 | 375 | 375 | 105 |
| *R2* | 0.901 | 0.867 | 0.868 | 0.864 | 0.993 |
| N\_g | 32 | 25 | 25 | 25 | 7 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

つまり、国家のGDP、ひいては経済成長も、コミット数、コード数に関係なく、グローバルなOSSコードのプールから大きな恩恵を受けているのです。

を指標とした。EU加盟国からの貢献を1つの知識プールとみなした場合、コミットで0.04、コントリビューターで0.06の弾力性があることが判明した。この両者が将来的にわずかでも増加することができれば、英国を含むEUのGDPは年間1000億ユーロを超えても大きく増加することになる。

*OSSが生産性に与える影響*

この基礎回帰のデータと知見により、例えばMenonら（2018）が基準の影響について北欧諸国に対して行ったように、OSSの労働生産性（LP）への寄与を計算することも可能である。その結果、モデルは労働生産性の観点で書き直され、すなわち、Eq.(4) を労働力人口で割る。モデルは前回と同じものを使用する。ただし、生産性指標は定常であるため、非定常変数も定常となるまで差分し、固定効果を適用している。

表 5.4 の労働生産性の変化を説明するパネル回帰の結果、資本ストックの影響がプラス、雇用の影響が マイナスとなり、これは予想された結果であった。また、技術進歩のドライバーとして確立している海外知財への支払いや自国の研究開発費は労働生産性の正のドライバーとなるが、海外からの研究開発費や自国の特許出願は正のドライバーとはならない。また、GitHubへの国内コミット数は労働生産性の有意な正のドライバーとはならないが、海外からのコミット数は労働生産性の有意な正のドライバーとなる。

表 5.4: OSS コミットの労働生産性への影響(FE)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| 対数資本ストック | 0.84764\*\*\* | 0.87350\*\*\* | 0.74137\*\*\* |
|  | (19.32) | (15.79) | (9.58) |
| ログ雇用 | -0.59355\*\*\* | -0.68790\*\*\* | 0.00406 |
|  | (-4.05) | (-4.17) | (0.01) |
| IPの使用に対するログ支払い | 0.14289\*\*\* | 0.14077\*\*\* | 0.14174\*\*\* |
|  | (8.49) | (7.51) | (3.03) |
| LD.LogR&D  支出 | 0.15425\*\* | 0.18300\*\* | -0.17651 |
|  | (2.00) | (2.24) | (-0.60) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | 0.22617 | 0.39193 | -0.20053 |
|  | (0.56) | (0.84) | (-0.26) |
| D2.Log 国際特許出願件数 | -0.00097 | 0.00384 | -0.01646 |
|  | (-0.12) | (0.42) | (-0.89) |
| D.GitHubのコミットを記録する | 0.01243 | 0.01320 | -0.01706 |
|  | (1.37) | (1.38) | (-0.51) |
| D.GitHubのROWごとのコミットを記録する | 0.13788\*\*\* | 0.09576\*\* | 0.31062\*\*\* |
|  | (3.96) | (2.40) | (3.97) |
| 定数 | -20.26254\*\*\* | -19.29215\*\*\* | -28.16814\*\*\* |
|  | (-8.16) | (-6.66) | (-4.69) |
| 観察記録 | 576 | 457 | 119 |
| *R2* | 0.755 | 0.732 | 0.847 |
| N\_g | 34 | 27 | 7 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

成長モデルと同様に、GitHubのアクティブユーザー数やコントリビューター数によるアプローチも行われている。ここでは、技術進歩を表す他の指標について、いくつかの違いが見られる。世界全体の研究開発費と国内の特許出願件数は、労働生産性の発展に対して有意に負の影響を与えることがわかった。GitHubの利用者数については、コミット数と同様、国別利用者数には大きな影響がないことがわかる。しかし、世界各国からのOSSへの貢献者数は、自国の労働生産性に対してプラスであり、このことは、無料でアクセスできる知識プールの公共財としての特性を裏付けている。

表 5.5: OSS 貢献者の労働生産性への影響 (FE)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| 対数資本ストック | 0.85578\*\*\* | 0.86207\*\*\* | 0.76241\*\*\* |
|  | (21.43) | (17.36) | (10.02) |
| ログ雇用 | -0.56605\*\*\* | -0.69772\*\*\* | 0.19300 |
|  | (-4.22) | (-4.63) | (0.57) |
| IPの使用に対するログ支払い | 0.12280\*\*\* | 0.12360\*\*\* | 0.12355\*\*\* |
|  | (7.95) | (7.19) | (2.78) |
| LD.LogR&D  支出 | 0.12505\* | 0.14030\* | -0.18413 |
|  | (1.77) | (1.88) | (-0.66) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | -1.19720\*\*\* | -1.25926\*\*\* | -0.80798 |
|  | (-3.24) | (-2.95) | (-1.12) |
| D2.Log 国際特許出願件数 | -0.03401\*\*\* | -0.03202\*\*\* | -0.03647\*\* |
|  | (-4.33) | (-3.66) | (-2.00) |
| D.LogGitHub（ログギットハブ  献金者 | 0.00273 | -0.01170 | 0.06877 |
|  | (0.10) | (-0.36) | (1.09) |
| D.ログ ROWごとのGitHubコントリビューター | 0.33366\*\*\* | 0.34031\*\*\* | 0.28621\*\*\* |
|  | (7.90) | (7.19) | (2.89) |
| 定数 | -20.55911\*\*\* | -18.55091\*\*\* | -31.67473\*\*\* |
|  | (-9.12) | (-7.08) | (-5.61) |
| 観察記録 | 576 | 457 | 119 |
| *R2* | 0.795 | 0.777 | 0.868 |
| N\_g | 34 | 27 | 7 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

国家の労働生産性は、一般的にOSSコードのグローバルプールの恩恵を受けており、これは企業のミクロレベルで行われた研究を裏付けている(Nagle 2019b)。しかし、GitHub のコミット数および国別貢献者数に基づく国別貢献度は、有意な正の値ではない。貢献者は一般に企業の従業員であるため、生産性のプラス効果は少なくとも部分的に

従業員数の増加に伴い、労働生産性が低下するという効果で補っている。14

*OSSが輸出や貿易に与える影響（付加価値額*

OSSの成長への影響に加え、さらに関連性が高いのは、国際競争力、ひいては貿易への影響である。規格がOSSと類似していると仮定すると（Blind and Böhm 2019）、Swan（2010）は規格と貿易に関する既存の研究について包括的な概観を提供し、その一方で数と複雑さが増している（Blind et al.2018など）。

OSS コードの影響を特定するためのベースライン推計モデルは、以下のように定義される。従属変数 X は、国レベルでの総輸出額（EXGR）と輸入額を差し引いた付加価値貿易額（TiVA） の値をとる。時刻 t における i 国から他国への貿易フローの自然対数を OSS の寄与で説明し、いくつかの要因 を制御したモデルを推定した。

𝐸𝑋𝐺𝑅𝑖𝑡 = 𝑎+ 𝜆1𝑙𝑜𝑔𝐺𝐷𝑃𝑖𝑡 +𝜆2𝑙𝑜𝑔𝑎𝑣𝑑𝑖𝑠𝑖 + 𝜆3𝑙𝑜𝑔𝑎𝑣𝑐𝑜𝑛𝑡𝑖𝑔𝑖 + 𝜆4𝑙𝑜𝑔𝑎𝑣𝑐𝑜𝑛𝑙𝑎𝑛𝑔𝑖 +

𝜆5𝑙𝑜𝑔𝑅𝐷𝑖𝑡−1 + 𝜆6𝑙𝑜𝑔𝑅𝐷𝑅𝑂𝑊 + 𝜆7𝑙𝑜𝑔𝑃𝐴𝑇𝑖𝑡 + 𝜆8𝑙𝑜𝑔𝑂𝑆𝑆𝑖𝑡−1 + 𝜆9𝑙𝑜𝑔𝑂𝑆𝑆𝑅𝑂𝑊 + 𝑢𝑖𝑡 (5a)

𝑖𝑡-1 𝑖𝑡-1

𝑇𝑖𝑉𝑎𝑖𝑡 = 𝑎+ 𝜆1𝑙𝑜𝑔𝐺𝐷𝑃𝑖𝑡 +𝜆2𝑙𝑜𝑔𝑎𝑣𝑑𝑖𝑠𝑖 + 𝜆3𝑙𝑜𝑔𝑎𝑣𝑐𝑜𝑛𝑡𝑖𝑔𝑖 + 𝜆4𝑙𝑜𝑔𝑎𝑣𝑐𝑜𝑛𝑙𝑎𝑛𝑔𝑖 +

𝜆5𝑙𝑜𝑔𝑅𝐷𝑖𝑡−1 + 𝜆6𝑙𝑜𝑔𝑅𝐷𝑅𝑂𝑊 + 𝜆7𝑙𝑜𝑔𝑃𝐴𝑇𝑖𝑡 + 𝜆8𝑙𝑜𝑔𝑂𝑆𝑆𝑖𝑡−1 + 𝜆9𝑙𝑜𝑔𝑂𝑆𝑆𝑅𝑂𝑊 + 𝑢𝑖𝑡 (5b)

𝑖𝑡-1 𝑖𝑡-1

分析対象は再び2000年から2018年の間である。伝統的な貿易モデルと同様に、貿易の流れは輸出国のGDPで制御されている。さらに、生産者と消費者の間の平均距離の国別指標（Head and Mayer, 2002）、連続する国の数、共通の（公用）言語（例えばドイツではドイツ語を公用語とする国の数）を使用している。

変数R&D支出に関連する競争力の影響は、国内では予想通り正であるが有意ではなく、それ以外の地域による支出は有意に負である。国内競争力の第二指標である国内特許出願件数は、有意にプラスである。

研究開発費をコントロールした場合でも、GitHub へのコミットの国家的貢献は有意にプラスであり、それ以外の国による貢献はマイナスである。このように、OSSへの貢献による生産性向上効果は、国の競争力強化にもつながっている。この結果は、依存変数として総輸出を用いても、輸入を考慮したTiVa（Trade in Value Added）を用いても、ロバストである。まとめると、OSSへの国家的貢献は、R&Dへの支出や特許出願と同様に、グローバル市場における国家経済の競争力を強化するものである。世界の他の国々によるコミットメントも、輸出では正であるが、TiVaモデルでは正ではない。

14 OSS が全要素生産性、多要素生産性に与える影響も検証されている。しかし、有意で説得力のある結果は得られず、これは使用した国のサンプル数が少ないことが原因である。結果は別添の通りである。

表5.6： OSSコミットによる輸出への影響（DOLS）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| 対数GDP | 0.89258\*\*\* | 1.28299\*\*\* | 0.95771\*\*\* |
|  | (11.40) | (16.29) | (5.20) |
| ログ距離 | -0.43260 | -1.45504 | -0.08552 |
|  | (.) | (.) | (.) |
| ログコンティギュイティ | 0.36917 | 0.59427 | 0.27270 |
|  | (.) | (.) | (.) |
| ログ共通言語 | 0.27181 | 0.25060 | 0.15986 |
|  | (.) | (.) | (.) |
| L.対数研究開発費 | 0.07078 | 0.04936 | 0.49450\*\* |
|  | (1.23) | (0.97) | (2.57) |
| L.log ROWの研究開発費 | -1.82695\*\*\* | -2.29031\*\*\* | -0.88684\* |
|  | (-7.12) | (-9.39) | (-1.96) |
| 多国間特許出願の記録 | 0.05398\*\*\* | 0.09489\*\*\* | -0.09972\*\*\* |
|  | (8.14) | (15.39) | (-7.88) |
| L.Log GitHubコミット | 0.04130\*\*\* | 0.04601\*\*\* | -0.07191\*\* |
|  | (4.86) | (6.29) | (-2.35) |
| L.ログ GitHubのROW別コミット数 | 0.05021\*\*\* | 0.04754\*\*\* | 0.10988\*\*\* |
|  | (3.75) | (3.91) | (3.10) |
| 国別ダミー | はい | はい | はい |
| 観察記録 | 480 | 375 | 105 |
| *R2* | 0.859 | 0.891 | 0.904 |
| N\_g | 32 | 25 | 7 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

表 5.7: TiVa への OSS コミットの影響 (DOLS)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| 対数GDP | 0.92513\*\*\* | 1.23027\*\*\* | 1.09098\*\*\* |
|  | (12.84) | (17.43) | (5.33) |
| ログ距離 | -0.29129 | -1.08227 | -0.15148 |
|  | (.) | (.) | (.) |
| ログコンティギュイティ | 0.27694 | 0.33419 | 0.22362 |
|  | (.) | (.) | (.) |
| ログ共通言語 | 0.23291 | 0.14694 | 0.19498 |
|  | (.) | (.) | (.) |
| L.対数研究開発費 | 0.09639\* | 0.08186\* | 0.46195\*\* |
|  | (1.82) | (1.80) | (2.16) |
| L.log ROWの研究開発費 | -1.03206\*\*\* | -1.25704\*\*\* | -0.63215 |
|  | (-4.37) | (-5.75) | (-1.26) |
| 多国間特許出願の記録 | 0.06896\*\*\* | 0.10811\*\*\* | -0.10877\*\*\* |
|  | (11.31) | (19.57) | (-7.73) |
| L.Log GitHubコミット | 0.03602\*\*\* | 0.04050\*\*\* | -0.05796\* |
|  | (4.60) | (6.17) | (-1.70) |
| L.ログ GitHubのROW別コミット数 | 0.02035\* | 0.01148 | 0.08491\*\* |
|  | (1.65) | (1.05) | (2.15) |
| 国別ダミー | はい | はい | はい |
| 観察記録 | 480 | 375 | 105 |
| *R2* | 0.867 | 0.897 | 0.889 |
| N\_g | 32 | 25 | 7 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

GitHubへの貢献者数に基づく結果を見ると、各国による貢献者の有意な正の影響は、すべての国に基づくモデルでは消失しているが、TiVaモデルではEU加盟国のサブサンプルで確認される。また、それ以外の国による貢献者数も有意にプラスを維持している。

表5.8 OSS貢献者の輸出への影響（DOLS）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| 対数GDP | 0.79159\*\*\* | 1.13724\*\*\* | 1.04060\*\*\* |
|  | (10.40) | (13.90) | (5.53) |
| ログ距離 | -0.31871 | -1.30024 | -0.15195 |
|  | (.) | (.) | (.) |
| ログコンティギュイティ | 0.33386 | 0.23996 | 0.25048 |
|  | (.) | (.) | (.) |
| ログ共通言語 | 0.25799 | 0.04549 | 0.14711 |
|  | (.) | (.) | (.) |
| L.対数研究開発費 | -0.00462 | -0.04268 | 0.42477\*\* |
|  | (-0.08) | (-0.80) | (1.97) |
| L.log ROWの研究開発費 | -4.55315\*\*\* | -4.72808\*\*\* | -2.88397\*\*\* |
|  | (-13.05) | (-13.92) | (-4.20) |
| 多国間特許出願の記録 | 0.12809\*\*\* | 0.13497\*\*\* | -0.20064\*\*\* |
|  | (18.57) | (20.33) | (-13.93) |
| L.LogGitHub（ロジットハブ  献金者 | -0.03757 | 0.04441 | 0.03105 |
|  | (-1.55) | (1.64) | (0.78) |
| L.ログ ROWによるGitHubコントリビューター | 0.23055\*\*\* | 0.15493\*\*\* | 0.07741 |
|  | (7.90) | (4.89) | (1.52) |
| 国別ダミー | はい | はい | はい |
| 観察記録 | 480 | 375 | 105 |
| *R2* | 0.850 | 0.873 | 0.893 |
| N\_g | 32 | 25 | 7 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

OSS が国際競争力に与える影響については、EU 加盟国においては一貫して、各国の OSS へのコミットメントや貢献が競争力強化に寄与していることが明らかになった。加えて、世界の他の国々による貢献も、一般的に貿易にプラスの影響を与える。全体として、OSSは明らかに成長だけでなく、貿易にとってもプラスのドライバーである。

表5.9： OSSコントリビューターによるTiVaへの影響（DOLS）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| 対数GDP | 0.82653\*\*\* | 1.12332\*\*\* | 1.14700\*\*\* |
|  | (11.80) | (15.69) | (5.63) |
| ログ距離 | -0.19080 | -0.99687 | -0.20374 |
|  | (.) | (.) | (.) |
| ログコンティギュイティ | 0.25024 | 0.09829 | 0.20751 |
|  | (.) | (.) | (.) |
| ログ共通言語 | 0.20505 | 0.00278 | 0.15582 |
|  | (.) | (.) | (.) |
| L.対数研究開発費 | 0.03709 | 0.00569 | 0.45764\* |
|  | (0.69) | (0.12) | (1.95) |
| L.log ROWの研究開発費 | -2.90687\*\*\* | -2.88172\*\*\* | -1.74452\*\* |
|  | (-9.05) | (-9.70) | (-2.34) |
| 多国間特許出願の記録 | 0.11671\*\*\* | 0.12923\*\*\* | -0.23936\*\*\* |
|  | (18.38) | (22.25) | (-15.33) |
| L.ログ GitHubの貢献者 | -0.00614 | 0.06604\*\*\* | 0.06792 |
|  | (-0.27) | (2.78) | (1.57) |
| L.ログ ROWによるGitHubコントリビューター | 0.13964\*\*\* | 0.06690\*\* | 0.00074 |
|  | (5.20) | (2.41) | (0.01) |
| 国別ダミー | はい | はい | はい |
| 観察記録 | 480 | 375 | 105 |
| *R2* | 0.857 | 0.884 | 0.885 |
| N\_g | 32 | 25 | 7 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

*OSSが経済的複雑性と技術的独立性に与える影響*

OSS が EU とその加盟国の技術的自立に寄与しているかどうかを検討するために、経済的複雑さ指数と知 的財産に対する支払いという 2 つの指標を使用した。

経済複雑性指数（ECI）は、ある国の輸出バスケットがどれだけ多様で複雑かをランク付けするものである。したがって、この指標が高いほど、その国の輸出ポートフォリオは多様化し、特定の製品への依存度が低くなるため、独立性の指標として用いることができます（例：Sweet and Eterovic 2019）。

ここでも、固定効果を使って推定した式（4）と同じモデルが適用されている。

まず、経済の複雑さを説明するパネル回帰分析の説明力は、成長モデルや生産性モデルよりも低く、これは他の要因の影響も受けることを示唆している。さらに、対象国のECIは全体的に国内の研究開発活動にはほとんど影響を受けておらず、国内特許出願にも影響を受けている。しかし、国内特許出願は、各国の経済の複雑さの発展に大きな影響を与える。また、知的財産の使用に対する支払いによって測定される技術的ノウハウの輸入は、国の製品ポートフォリオの多様性と複雑性を大幅に向上させている。しかし、世界の他の国々によるGitHubへの貢献の増大は、各国の経済的複雑性の発展を妨げている。自由にアクセスできるOSSコードのプールは、国の経済的複雑性を低下させる。

経済的複雑性の発展。OSSコードのプールがもたらすこのマイナスの影響については、解釈する必要がある。GitHubでホストされているコードのオープン性にもかかわらず、OSSコードがプロプライエタリなコードとリンクしている可能性があるため、この指標は海外のソフトウェア開発者の競争力を表している。

EU加盟国だけを対象としたモデルは、すべての国を対象とした結果を裏付けている。対照的に、中国、韓国、日本、米国を対象としたモデルでは、知的財産に対する支払いは大きな役割を果たしていない。補完的に、彼らの国内研究開発費は、彼らの経済の複雑さを後押ししています。しかし、GitHubに投稿されたOSSコードによるマイナスの影響も経験している。

表 5.10: OSS コミットの経済的複雑性指数 (FE) への影響

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| IPの使用に対するログ支払い | 0.02892\*\* | 0.03046\*\* | 0.01421 |
|  | (2.15) | (2.20) | (0.42) |
| LD.LogR&D  支出 | 0.05192 | -0.03526 | 0.68485\* |
|  | (0.64) | (-0.45) | (1.86) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | 0.79070\* | 1.41390\*\*\* | -1.39768 |
|  | (1.83) | (3.12) | (-1.43) |
| D2.Log 国際特許出願件数 | 0.02098\*\* | 0.02330\*\*\* | 0.00506 |
|  | (2.40) | (2.62) | (0.22) |
| D.GitHubのコミットを記録する | 0.00781 | 0.01050 | -0.05595 |
|  | (0.81) | (1.14) | (-1.12) |
| D.GitHubのROWごとのコミットを記録する | -0.21893\*\*\* | -0.16432\*\*\* | -0.36792\*\*\* |
|  | (-5.96) | (-4.34) | (-3.58) |
| 定数 | 0.61564\*\* | 0.54446\* | 1.09577 |
|  | (2.20) | (1.93) | (1.43) |
| 観察記録 | 526 | 424 | 102 |
| *R2* | 0.075 | 0.050 | 0.437 |
| N\_g | 31 | 25 | 6 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

また、コミット数の代わりに GitHub のユーザー数を用いたモデルでは、GitHub への国別貢献者数が正の効果を持つことが明らかになっ ており、これは予想されたことである。全体として、これらのモデルの説明力は限定的である。

表 5.11: OSS 貢献度の経済的複雑さ指数 (FE) への影響

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| IPの使用に対するログ支払い | 0.01006 | 0.00901 | 0.01215 |
|  | (0.76) | (0.66) | (0.41) |
| LD.LogR&D  支出 | 0.03842 | -0.05361 | 0.56029 |
|  | (0.47) | (-0.68) | (1.61) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | 0.31390 | 0.70488 | -0.72891 |
|  | (0.71) | (1.52) | (-0.78) |
| D2.Log 国際特許出願件数 | 0.01578\* | 0.01238 | 0.02991 |
|  | (1.67) | (1.30) | (1.27) |
| D.ログ GitHubの貢献者 | 0.06472\* | 0.10190\*\*\* | -0.02192 |
|  | (1.87) | (2.86) | (-0.28) |
| D.ログ ROWごとのGitHubコントリビューター | -0.19755\*\*\* | -0.14634\*\*\* | -0.46476\*\*\* |
|  | (-3.85) | (-2.79) | (-3.84) |
| 定数 | 0.99424\*\*\* | 0.95866\*\*\* | 1.17035\* |
|  | (3.59) | (3.42) | (1.74) |
| 観察記録 | 526 | 424 | 102 |
| *R2* | 0.040 | 0.027 | 0.494 |
| N\_g | 31 | 25 | 6 |

*t* 統計（括弧内

*\* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01*

OSS が技術依存に与える影響をさらに分析するために、ソフトウェアライセンスの支払いが大部分を占める知的財 産の使用に対する支払いを、さらなる従属変数として取り上げている。具体的には、加盟国による OSS への貢献が、外国の知的財産権の使用に対する支払い、つまり主にプロプライエタリなソフト ウェアに対する支払いを減らすかどうかを検証している。

𝑙𝑜𝑔𝐿𝑖𝑐𝑖𝑡 = 𝑎+ 𝜆1𝑙𝑜𝑔𝑅𝐷𝑖𝑡−1 + 𝜆2𝑙𝑜𝑔𝑅𝐷𝑅𝑂𝑊 + 𝜆3𝑙𝑜𝑔𝑃𝐴𝑇𝑖𝑡 + 𝜆4𝑙𝑜𝑔𝑖𝑡 + 𝑒𝑚𝑝𝑙𝑜𝑦𝑚𝑒𝑛𝑡𝑖𝑡 +

𝑖𝑡-1

ᵰ5ᵅᵄ𝑆𝑆𝑖ᵆ1 +ᵰ6𝑙𝑔𝑂𝑆𝑅 +ᵆ𝑖\_1D44A↩Ъ (6)

𝑖𝑡-1

パネル回帰による各国の対外知的財産権の支払いに関する説明力は、経済的複雑さを説明する回帰よりもはるかに高いものであった。特に、国内特許出願が外国への知的財産の支払いを減らしていることがわかった。後者については、IT分野の雇用が知的財産の支払いを減少させる要因となっている、つまり、IT分野の国内雇用が増加すれば、外国の知的財産への依存度が減少する。これらの国にとって、世界の研究開発費もまた、知的財産への支払いを減少させている。これは直感に反する結果である。なぜなら、これらの支出は知的財産を生み出すはずであり、それに対して支払いをしなければならないかもしれないからである。しかし、研究開発の成果が十分に保護されていないのか、あるいは、これらの国が外国で研究開発投資を行うことで、知的財産権の支払いを減らしている可能性がある。

表 5.12：OSS コミットの知的財産権に対する支払いへの影響（FE） 表 5.12：OSS コミットの知的財産権に対する支払いへの影響（FE

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| LD.LogR&D  支出 | -0.12984 | -0.15104 | 0.77777 |
|  | (-0.44) | (-0.48) | (0.73) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | -2.84631\* | -2.40052 | -5.52321\*\* |
|  | (-1.91) | (-1.40) | (-2.29) |
| D2.Log 国際特許出願件数 | -0.20138\*\*\* | -0.19293\*\*\* | -0.26470\*\*\* |
|  | (-6.42) | (-5.49) | (-4.59) |
| IT関連職種のログ | 0.64621\*\*\* | 0.69173\*\*\* | -6.93500\*\*\* |
|  | (3.56) | (3.61) | (-3.62) |
| LD.Log GitHubコミット | 0.06321\* | 0.06338 | 0.04355 |
|  | (1.72) | (1.64) | (0.22) |
| LD.Log GitHubのROW別コミット数 | 0.82178\*\*\* | 0.81308\*\*\* | 0.81374\*\*\* |
|  | (6.46) | (5.66) | (3.06) |
| 定数 | 19.92397\*\*\* | 19.58012\*\*\* | 29.73158\*\*\* |
|  | (110.01) | (103.85) | (14.42) |
| 観察記録 | 558 | 473 | 85 |
| *R2* | 0.161 | 0.157 | 0.353 |
| N\_g | 33 | 28 | 5 |

*t 統計（括弧内*

*\* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01*

GitHub へのコミットの国別貢献は、すべての国のパネルの知的財産の支払いに大きな影響を与えるだけであるのに対し、OSS への世界の他の国々の貢献は支払いを増加させる。GitHub に提供されたコードを使用することは、一般にライセンス料に結びつかないので、その他の国による貢献の正の影響は、OSS コードとプロプライエタリなソフトウェアとの間の補完関係、あるいはハードの表れと言えるかもしれない。つまり、OSSコードに貢献する人は、OSSコードとライセンス料を要求されるプロプライエタリなコードとを結びつけるビジネスモデルを持っている可能性があるということである。この結果は、OSS コードとプロプライエタリなソフトウェアコードの代替関係を支持するものではなく、補完 関係を支持するものである。OSS貢献者数に基づくモデルの結果は同じであり、本アプローチの有効性が確認された。

各国の経済的複雑性（輸出ポートフォリオの多様性と複雑性）については、付加価値額と輸出の回帰分析に類似した結果が得られた。すなわち、各国のGitHubへの貢献は増加し、一方、その他の国々による貢献は経済的複雑性を減少させることがわかった。これは、我々のアプローチの一貫性と有効性を示している。知的財産の支払いは、世界各国による OSS への貢献によって正の影響を受ける。

表 5. 13：OSS 貢献者の知的財産権に対する支払いへの影響（FE）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| LD.LogR&D  支出 | -0.33520 | -0.38368 | 1.16352 |
|  | (-1.29) | (-1.38) | (1.39) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | -11.24660\*\*\* | -11.04232\*\*\* | -12.38116\*\*\* |
|  | (-7.73) | (-6.57) | (-5.80) |
| D2.Log 国際特許出願件数 | -0.25445\*\*\* | -0.24805\*\*\* | -0.30697\*\*\* |
|  | (-9.46) | (-8.19) | (-6.92) |
| IT関連職種のログ | 0.48315\*\*\* | 0.51782\*\*\* | -6.23467\*\*\* |
|  | (3.05) | (3.09) | (-4.14) |
| LD.Log GitHubの貢献者 | 0.20095\* | 0.19468 | 0.25605 |
|  | (1.76) | (1.58) | (0.77) |
| LD.Log ROWによるGitHubコントリビューター | 1.39937\*\*\* | 1.43290\*\*\* | 1.13434\*\*\* |
|  | (8.87) | (8.14) | (3.24) |
| 定数 | 19.91418\*\*\* | 19.56635\*\*\* | 28.86573\*\*\* |
|  | (126.57) | (119.05) | (17.84) |
| 観察記録 | 558 | 473 | 85 |
| *R2* | 0.365 | 0.356 | 0.603 |
| N\_g | 33 | 28 | 5 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

*OSSがイノベーションに与える影響*

規制がイノベーションに与える影響を分析したBlind（2012）、成長と競争力の重要なドライバーとして標準がイノベーションに与える影響に着目したBlind and Münch（2019）に続き、OSSがイノベーションに与える影響を評価するために同様のアプローチを適用している。イノベーションに関しては、様々な指標に依拠している。まず、EU 加盟国については、イノベーターシェアを用いるが、欧州共同体イノベーションサーベイで収集したデータ に基づき、プロダクトイノベーターとプロセスイノベーターに区別している。第二に、欧州特許庁におけるコンピュータ実装の発明に関する特許（CII）（Neuhäusler and Frietsch 2019）が用いられているが、欧州商標出願（商標）全体と電気通信サービスおよび科学技術サービス・研究のサブカテゴリーで区別されている。固定効果モデルは、いくつかのベースライン変数を制御するOSS指標によって説明される時間tにおける国iのイノベーション変数の自然対数について、2000年から2018年の間の期間をカバーして推定されている。

𝑖𝑛𝑛𝑜𝑖𝑡 = 𝑎+ 𝜆1𝑙𝑜𝑔𝑖𝑚𝑝𝑖𝑡 +𝜆2𝑙𝑜𝑔𝑒𝑥𝑝𝑖𝑡 + 𝜆3𝑙𝑜𝑔𝑒𝑑𝑢𝑖𝑡 + 𝜆4𝑙𝑜𝑔𝐺𝐷𝑃𝑖𝑡 + 𝜆5𝑙𝑜𝑔𝑅𝐷𝑖𝑡−1 +

𝜆6𝑙𝑜𝑔𝑅𝐷𝑅𝑂𝑊 + 𝜆7𝑙𝑜𝑔𝑃𝐴𝑇𝑖𝑡 + 𝜆8𝑙𝑜𝑔𝑂𝑆𝑆𝑖𝑡−1 + 𝜆9𝑙𝑜𝑔𝑂𝑆𝑆𝑅𝑂𝑊+ 𝑓𝑒 + 𝑢𝑖𝑡 (7)

𝑖𝑡-1 𝑖𝑡-1

ここで、イノベーション変数は、全体イノベーター、製品イノベーター、プロセスイノベーターで区別されている。イノベーター変数がCommunity Innovation Surveyに由来し、他の国では一般に入手できないため、回帰はEU加盟国についてのみ実行されている。

一般に、イノベーター数に関するパネル回帰分析の説明力は、あまり高くない。しかし、製品数とプロセス数に分化することで、より高い説明力を得ることができる。

イノベーター数の説明力を高めている。イノベーター数全般を説明する最初のモデルでは、世界の他の地域による研究開発費のみがわずかにプラスであり、世界の他の地域によるGitHubへの貢献は有意にマイナスの影響を持つのに対し、国による貢献は期待通りのプラスの影響を持っているが、有意ではない。

製品イノベーター数を見ると、GDPに占める輸出の割合は、その他の国による国境を越えた特許ストックと同様、正のドライバーであるが、第三次教育を受けた人口の割合も同様である。GitHubへのコミットがイノベーターのシェアに有意な影響を与えないのに対して、その他の国によるコミットはプロダクトイノベーター数に有意な正の影響を与える。一方、EU加盟国のプロセスイノベーター数には、その他の国のGitHubへのコミットが負の影響を与える。

表 5.14: EU 加盟国における OSS コミットのイノベーターシェアへの影響 (FE)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | イノベーター | 製品イノベーター | プロセスイノベーター |
| D.対数GDP | 0.12452 | -0.12476 | 0.26856 |
|  | (0.51) | (-0.24) | (0.72) |
| D.対数輸入 シェア GDP | -0.02755 | -0.27417 | -0.36410 |
|  | (-0.17) | (-0.82) | (-1.52) |
| D.対数輸出シェア GDP | 0.14578 | 0.65716\*\* | 0.23833 |
|  | (0.93) | (1.97) | (1.00) |
| LD.LogR&D  支出 | 0.08961 | 0.06624 | 0.16862 |
|  | (1.21) | (0.42) | (1.50) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | 0.86314\* | -1.00083 | -0.63379 |
|  | (1.92) | (-1.05) | (-0.93) |
| D2.Log 国際特許出願件数 | 0.01216 | -0.00919 | 0.00437 |
|  | (1.40) | (-0.50) | (0.33) |
| ログシェア 第三次教育人口 | -0.04434 | 0.37402\*\*\* | -0.07670 |
|  | (-1.26) | (5.02) | (-1.44) |
| LD.Log GitHubコミット | 0.00409 | 0.01279 | 0.00214 |
|  | (0.45) | (0.67) | (0.16) |
| LD.Log ROW による #GitHub コミット | -0.08871\*\* | 0.13787\* | -0.26339\*\*\* |
|  | (-2.45) | (1.79) | (-4.80) |
| 定数 | -0.64291\*\*\* | -3.91831\*\*\* | -2.07311\*\*\* |
|  | (-6.09) | (-17.45) | (-12.96) |
| 観察記録 | 473 | 473 | 473 |
| *R2* | 0.043 | 0.128 | 0.099 |
| N\_g | 28 | 28 | 28 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

また、コミット数の代わりに貢献者数を用いたイノベーターのシェアに関するモデルの説明力もかなり限定的である。特に、イノベーターの総数は、回帰に含まれるどの変数によっても説明されない。

のモデルである。しかし、プロダクトイノベーターのシェアは、GDPの輸出シェアによって駆動されており、これは理論や他の実証的調査の両方と一致している。最後に、GitHubの国内貢献者数はプロダクトイノベーター数を有意に牽引しているが、それ以外の国の貢献者数は重要ではない負の影響しか与えていない。一方、プロセスイノベーターのシェアには、国内の貢献者数と世界の貢献者数の両方が有意に負の影響を及ぼしている。OSS の貢献者と企業がプロセスイノベーターになる可能性の間には代替関係があるようである。つまり、OSS に投資する国ほど、プロセスイノベーターの成功率は低くなる。

表 5.15: EU 加盟国における OSS 貢献者の革新者シェアへの影響(FE)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | イノベーター | 製品イノベーター | プロセスイノベーター |
| D.対数GDP | 0.13170 | -0.07043 | 0.09268 |
|  | (0.52) | (-0.13) | (0.24) |
| D.ログ 輸入 シェア GDP | -0.04081 | -0.24021 | -0.40046\* |
|  | (-0.26) | (-0.72) | (-1.67) |
| D.対数輸出シェア GDP | 0.15739 | 0.59807\* | 0.31272 |
|  | (0.99) | (1.79) | (1.30) |
| LD.LogR&D  支出 | 0.09173 | 0.03883 | 0.20319\* |
|  | (1.23) | (0.25) | (1.80) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | 0.86359\* | -1.28932 | 0.11998 |
|  | (1.70) | (-1.20) | (0.16) |
| D2.Log 国際特許出願件数 | 0.00743 | -0.00641 | 0.00199 |
|  | (0.84) | (-0.34) | (0.15) |
| ログシェア 第三次教育人口 | -0.05435 | 0.35449\*\*\* | -0.05536 |
|  | (-1.46) | (4.52) | (-0.98) |
| LD.Log GitHubの貢献者 | -0.02416 | 0.16431\*\* | -0.08354\* |
|  | (-0.73) | (2.35) | (-1.67) |
| LD.Log ROWによるGitHubコントリビューター | -0.01616 | -0.04700 | -0.15404\*\* |
|  | (-0.32) | (-0.44) | (-2.03) |
| 定数 | -0.63212\*\*\* | -3.83426\*\*\* | -2.16067\*\*\* |
|  | (-5.69) | (-16.39) | (-12.85) |
| 観察記録 | 473 | 473 | 473 |
| *R2* | 0.034 | 0.135 | 0.091 |
| N\_g | 28 | 28 | 28 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

Neuhäusler and Frietsch (2019) は、欧州において純粋なソフトウェア特許が特許対象から除外されているにもかかわらず、EU加盟国の特許出願に大きな割合を占めるコンピュータ実装発明（CII）に関する特許を特定するための方法論を開発した。イノベーター数に関する回帰モデルの説明力が低いのに比べ、CIIに関する特許を説明するアプローチでは、いくつかの有意な説明因子が明らかになった。他の国による研究開発費が高い説明力を持つのに対し

CII の特許は、予想通り、世界の特許にマイナスの影響を与え、国内特許はプラスの影響を与える。また、第三次教育を受けた人口比率は正の影響を与える。最後に、GitHub へのコミットの国別寄与度は有意ではないが、それ以外の国による寄与度は CII の特許の発展に対して有意に正の影響を与える。これらの結果は、EU加盟国のサブサンプルや非EU加盟国の小さなサブサンプルに対してもロバストである。

表 5. 16：OSS コミットのコンピュータ実装発明特許への影響（FE）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | 非EU |
| D.対数GDP | -1.30528\* | -0.78896 | -8.45950\*\*\* |
|  | (-1.67) | (-0.96) | (-2.82) |
| D.ログ インポートシェア  GDP | 0.12086 | -0.02518 | 0.16674 |
|  | (0.26) | (-0.05) | (0.18) |
| D.対数輸出シェア GDP | -0.13606 | -0.12933 | 0.65232 |
|  | (-0.30) | (-0.25) | (0.70) |
| LD.LogR&D  支出 | 0.16386 | 0.26631 | -2.23063\* |
|  | (0.66) | (1.07) | (-1.79) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | -4.41515\*\*\* | -4.58161\*\*\* | -3.81957 |
|  | (-3.31) | (-3.03) | (-1.35) |
| D2.Log 国際特許出願件数 | 0.66074\*\*\* | 0.63728\*\*\* | 0.80108\*\*\* |
|  | (24.19) | (21.74) | (11.02) |
| ログシェア 第三次教育人口 | 0.87040\*\*\* | 0.87915\*\*\* | 0.78463 |
|  | (7.45) | (7.45) | (1.37) |
| LD.Log GitHubコミット | -0.00303 | -0.00288 | 0.01099 |
|  | (-0.10) | (-0.09) | (0.09) |
| LD.Log ROW による #GitHub コミット | 0.56942\*\*\* | 0.55606\*\*\* | 0.52559\* |
|  | (5.11) | (4.57) | (1.91) |
| 定数 | 2.28967\*\*\* | 1.66208\*\*\* | 5.21177\*\*\* |
|  | (6.37) | (4.68) | (2.72) |
| 観察記録 | 592 | 473 | 119 |
| *R2* | 0.635 | 0.640 | 0.670 |
| N\_g | 35 | 28 | 7 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

GitHub の OSS のアクティブな貢献者数を用いた結果は、コミット数に基づくアプローチと非常に似ており、ア プローチの頑健性が確認された。すべての国を対象としたモデルでは、OSS の国別貢献者数でさえ、IT 分野のイノベーション指標である CII の特許の発展に対して正の影響を与えることがわかった。EU 加盟国のモデルでは、国別貢献者数の正の影響は消失しているが、それ以外の国ではさらに強くなっている。全体として、CII の特許を指標とした場合、OSS は IT 産業のイノベーションに正の影響を与えることが確認され た。

表 5.17: OSS コントリビューターがコンピュータで実現した発明の特許に与える影響(FE)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| D.対数GDP | -0.14646 | 0.21166 | -6.12006\*\* |
|  | (-0.19) | (0.26) | (-2.27) |
| D.Logimportsshare  GDP | 0.10274 | 0.02569 | 0.01840 |
|  | (0.23) | (0.05) | (0.02) |
| D.対数輸出シェア GDP | -0.37171 | -0.38031 | 0.30540 |
|  | (-0.84) | (-0.74) | (0.37) |
| LD.LogR&D  支出 | 0.03121 | 0.12755 | -1.81514 |
|  | (0.13) | (0.52) | (-1.63) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | -8.87903\*\*\* | -8.46794\*\*\* | -10.69638\*\*\* |
|  | (-6.09) | (-5.11) | (-3.54) |
| D2.Log 国際特許出願件数 | 0.62345\*\*\* | 0.60639\*\*\* | 0.74015\*\*\* |
|  | (23.45) | (20.96) | (11.34) |
| ログシェア 第三次教育人口 | 0.63730\*\*\* | 0.69560\*\*\* | 0.26453 |
|  | (5.39) | (5.72) | (0.50) |
| LD.Log GitHubの貢献者 | 0.22091\*\* | 0.07135 | 0.78121\*\*\* |
|  | (2.26) | (0.66) | (3.58) |
| LD.Log ROWによるGitHubコントリビューター | 0.68161\*\*\* | 0.77322\*\*\* | 0.19632 |
|  | (4.60) | (4.72) | (0.59) |
| 定数 | 2.92623\*\*\* | 2.14634\*\*\* | 6.80260\*\*\* |
|  | (8.11) | (5.92) | (3.83) |
| 観察記録 | 592 | 473 | 119 |
| *R2* | 0.660 | 0.658 | 0.737 |
| N\_g | 35 | 28 | 7 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

特にサービス部門におけるイノベーションを測定するためのもう一つの選択肢は、EUIPOにおける欧州商標の登録に依拠することである（Schmoch and Gauch 2009）。ソフトウェアには特定のサブカテゴリがないため、年間登録件数とサブカテゴリ 38 の電気通信サービスとサブカテゴリ 42 の科学技術サービスおよび研究（コンピュータのハードウェアとソフトウェアの設計と開発が含まれる）の両方が採用されている。一貫性を持たせるために、コンピュータを利用した発明の特許出願を説明するモデルと同じ制御変数を使用した。

全体として、すべての商標登録に基づくモデルだけでなく、少なくともEU加盟国については、電気通信分野の商標に基づくモデル、科学技術サービス・研究分野の商標に基づくモデルでも、GitHubへのコミットによる有意なプラスの影響は見いだせませんでした。

しかし、コミット数ではなくGitHubへの貢献者数に基づくモデルでは、登録者全体と2つのサブクラスについて、以下のパターンが見出された。国内のコントリビューター数、およびその他の国によるコントリビューター数

は、イノベーション指標としての商標に有意に正の影響を与える。この結果は、EU加盟国のサブサンプルに基づく商標の総数について確認されている。サブクラスについては、その他の地域からの貢献者の数だけが有意に正のままである。

表 5.18: OSS コミットが商標に与える影響(FE)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| D.対数GDP | -4.27692\*\*\* | -3.79796\*\*\* | -13.66455\*\*\* |
|  | (-4.14) | (-3.35) | (-4.10) |
| D.Logimportsshare  GDP | 0.55559 | 0.82566 | -0.69713 |
|  | (0.92) | (1.13) | (-0.68) |
| D.対数輸出シェア GDP | -0.01159 | -0.14353 | 1.09754 |
|  | (-0.02) | (-0.20) | (1.06) |
| LD.LogR&D  支出 | 0.17382 | 0.32659 | -2.40057\* |
|  | (0.53) | (0.96) | (-1.74) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | -3.68493\*\* | -2.62988 | -5.36978\* |
|  | (-2.09) | (-1.27) | (-1.71) |
| D2.Log 国際特許出願件数 | -0.09541\*\*\* | -0.06605 | -0.19174\*\* |
|  | (-2.64) | (-1.64) | (-2.37) |
| ログシェア 第三次教育人口 | 2.39788\*\*\* | 2.44500\*\*\* | 2.28804\*\*\* |
|  | (15.54) | (15.11) | (3.59) |
| LD.Log GitHubコミット | 0.05031 | 0.06427 | -0.16109 |
|  | (1.27) | (1.54) | (-1.17) |
| LD.Log ROW による #GitHub コミット | 0.17893 | 0.10233 | 0.56300\* |
|  | (1.22) | (0.61) | (1.84) |
| 定数 | -1.14386\*\* | -1.28211\*\*\* | -0.51184 |
|  | (-2.41) | (-2.63) | (-0.24) |
| 観察記録 | 592 | 473 | 119 |
| *R2* | 0.428 | 0.454 | 0.398 |
| N\_g | 35 | 28 | 7 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

表5.19： 通信サービスにおける OSSコミットメントの商標への影響

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| D.対数GDP | -3.77140\*\*\* | -2.98219\*\*\* | -14.77799\*\*\* |
|  | (-3.62) | (-2.69) | (-3.81) |
| D.対数輸入 シェア GDP | 0.55343 | 0.59757 | -0.04342 |
|  | (0.91) | (0.84) | (-0.04) |
| D.対数輸出シェア GDP | 0.01703 | -0.03587 | 1.06289 |
|  | (0.03) | (-0.05) | (0.88) |
| LD.LogR&D  支出 | -0.14590 | -0.02406 | -2.16407 |
|  | (-0.44) | (-0.07) | (-1.35) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | 0.53000 | 1.33433 | -0.70471 |
|  | (0.30) | (0.66) | (-0.19) |
| D2.ログトランスナショナル  特許出願 | -0.00805 | 0.01684 | -0.09100 |
|  | (-0.22) | (0.43) | (-0.97) |
| ログシェア 第三次教育人口 | 2.25700\*\*\* | 2.29534\*\*\* | 2.12545\*\*\* |
|  | (14.51) | (14.49) | (2.87) |
| LD.Log GitHubコミット | 0.01918 | 0.03804 | -0.25262 |
|  | (0.48) | (0.93) | (-1.57) |
| LD.Log#GitHub（ギットハブ  ROWによるコミットメント | 0.15831 | 0.12762 | 0.41164 |
|  | (1.07) | (0.78) | (1.16) |
| 定数 | -3.26610\*\*\* | -3.31097\*\*\* | -2.81543 |
|  | (-6.82) | (-6.94) | (-1.14) |
| 観察記録 | 592 | 473 | 119 |
| *R2* | 0.365 | 0.407 | 0.278 |
| N\_g | 35 | 28 | 7 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

表5.20: OSS コミットが科学技術サービス・研究分野の商標に与える影響

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| D.対数GDP | -4.05688\*\*\* | -3.29540\*\*\* | -13.96328\*\*\* |
|  | (-3.70) | (-2.72) | (-4.00) |
| D.Logimportsshare  GDP | 0.07998 | 0.02462 | -0.14023 |
|  | (0.12) | (0.03) | (-0.13) |
| D.対数輸出シェア GDP | 0.29802 | 0.38972 | 0.76007 |
|  | (0.47) | (0.50) | (0.70) |
| LD.LogR&D  支出 | -0.32545 | -0.20387 | -2.22456 |
|  | (-0.94) | (-0.56) | (-1.54) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | -3.70338\*\* | -2.46868 | -6.83952\*\* |
|  | (-1.98) | (-1.11) | (-2.08) |
| D2.Log 国際特許出願件数 | -0.11663\*\*\* | -0.07856\* | -0.27733\*\*\* |
|  | (-3.04) | (-1.83) | (-3.27) |
| ログシェア 第三次教育人口 | 2.55537\*\*\* | 2.63431\*\*\* | 1.98441\*\*\* |
|  | (15.58) | (15.25) | (2.97) |
| LD.Log GitHubコミット | -0.02265 | -0.00763 | -0.24679\* |
|  | (-0.54) | (-0.17) | (-1.71) |
| LD.Log ROW による #GitHub コミット | 0.27658\* | 0.15796 | 0.88258\*\*\* |
|  | (1.77) | (0.89) | (2.75) |
| 定数 | -3.41828\*\*\* | -3.55681\*\*\* | -1.66426 |
|  | (-6.77) | (-6.84) | (-0.75) |
| 観察記録 | 592 | 473 | 119 |
| *R2* | 0.429 | 0.450 | 0.414 |
| N\_g | 35 | 28 | 7 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

表 5.21: OSS 貢献者の商標への影響 (FE)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| D.対数GDP | -2.39705\*\* | -1.67321 | -11.75883\*\*\* |
|  | (-2.39) | (-1.53) | (-3.68) |
| D.対数輸入 シェア GDP | 0.48192 | 0.83115 | -0.64150 |
|  | (0.84) | (1.22) | (-0.66) |
| D.対数輸出シェア GDP | -0.37919 | -0.62286 | 0.71238 |
|  | (-0.67) | (-0.91) | (0.73) |
| LD.LogR&D  支出 | -0.04571 | 0.03526 | -2.37697\* |
|  | (-0.15) | (0.11) | (-1.81) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | -10.70038\*\*\* | -10.49952\*\*\* | -9.16373\*\* |
|  | (-5.67) | (-4.80) | (-2.57) |
| D2.Log 国際特許出願件数 | -0.19485\*\*\* | -0.18525\*\*\* | -0.20291\*\*\* |
|  | (-5.67) | (-4.85) | (-2.63) |
| ログシェア 第三次教育人口 | 1.90863\*\*\* | 1.89564\*\*\* | 2.11117\*\*\* |
|  | (12.48) | (11.81) | (3.35) |
| LD.Log GitHubの貢献者 | 0.43817\*\*\* | 0.33350\*\* | 0.88418\*\*\* |
|  | (3.46) | (2.34) | (3.43) |
| LD.Log ROWによるGitHubコントリビューター | 0.67368\*\*\* | 0.93136\*\*\* | -0.40334 |
|  | (3.52) | (4.31) | (-1.02) |
| 定数 | 0.08968 | 0.02873 | 0.04075 |
|  | (0.19) | (0.06) | (0.02) |
| 観察記録 | 592 | 473 | 119 |
| *R2* | 0.489 | 0.519 | 0.457 |
| N\_g | 35 | 28 | 7 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

表 5.22: 通信サービスにおける OSS 貢献企業の商標への影響（FE)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| D.対数GDP | -2.11118\*\* | -1.29114 | -11.35527\*\*\* |
|  | (-2.06) | (-1.18) | (-3.28) |
| D.Logimportsshare  GDP | 0.50202 | 0.60321 | 0.09951 |
|  | (0.86) | (0.88) | (0.09) |
| D.対数輸出シェア GDP | -0.32705 | -0.41262 | 0.34287 |
|  | (-0.56) | (-0.60) | (0.32) |
| LD.LogR&D  支出 | -0.32883 | -0.24870 | -2.16257 |
|  | (-1.04) | (-0.77) | (-1.51) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | -5.54314\*\*\* | -4.90300\*\* | -7.05120\* |
|  | (-2.88) | (-2.24) | (-1.82) |
| D2.Log 国際特許出願件数 | -0.09508\*\*\* | -0.07533\*\* | -0.15080\* |
|  | (-2.71) | (-1.97) | (-1.80) |
| ログシェア 第三次教育人口 | 1.82292\*\*\* | 1.87099\*\*\* | 1.66548\*\* |
|  | (11.69) | (11.65) | (2.44) |
| LD.Log GitHubの貢献者 | 0.46905\*\*\* | 0.22922 | 1.45713\*\*\* |
|  | (3.63) | (1.61) | (5.21) |
| LD.Log ROWによるGitHubコントリビューター | 0.47876\*\* | 0.78832\*\*\* | -0.87474\*\* |
|  | (2.45) | (3.64) | (-2.05) |
| 定数 | -2.16915\*\*\* | -2.30001\*\*\* | -1.47379 |
|  | (-4.56) | (-4.80) | (-0.65) |
| 観察記録 | 592 | 473 | 119 |
| *R2* | 0.420 | 0.454 | 0.434 |
| N\_g | 35 | 28 | 7 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

表 5. 23：OSS 貢献企業の科学技術サービス・研究分野の商標への影響（FE)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| D.対数GDP | -1.86311\* | -0.84480 | -11.38286\*\*\* |
|  | (-1.75) | (-0.73) | (-3.56) |
| D.Logimportsshare  GDP | -0.00975 | -0.00744 | -0.04064 |
|  | (-0.02) | (-0.01) | (-0.04) |
| D.対数輸出シェア GDP | -0.08485 | -0.07845 | 0.22174 |
|  | (-0.14) | (-0.11) | (0.23) |
| LD.LogR&D  支出 | -0.53509 | -0.47633 | -2.24064\* |
|  | (-1.62) | (-1.39) | (-1.70) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | -11.50887\*\*\* | -11.28082\*\*\* | -11.71185\*\*\* |
|  | (-5.73) | (-4.84) | (-3.27) |
| D2.Log 国際特許出願件数 | -0.22654\*\*\* | -0.21080\*\*\* | -0.27746\*\*\* |
|  | (-6.19) | (-5.18) | (-3.59) |
| ログシェア 第三次教育人口 | 2.04006\*\*\* | 2.07025\*\*\* | 1.82553\*\*\* |
|  | (12.54) | (12.10) | (2.89) |
| LD.Log GitHubの貢献者 | 0.25582\* | 0.00808 | 1.29812\*\*\* |
|  | (1.90) | (0.05) | (5.02) |
| LD.Log ROWによるGitHubコントリビューター | 0.98999\*\*\* | 1.38362\*\*\* | -0.66366\* |
|  | (4.86) | (6.00) | (-1.68) |
| 定数 | -2.15410\*\*\* | -2.26914\*\*\* | -1.14550 |
|  | (-4.34) | (-4.45) | (-0.54) |
| 観察記録 | 592 | 473 | 119 |
| *R2* | 0.489 | 0.518 | 0.516 |
| N\_g | 35 | 28 | 7 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

OSS がイノベーションに与える影響については、様々な指標を用いて検証している。まず、イノベーターのシェアに影響があり、特にプロダクトイノベーターのシェアには正の、プロセスイノベー ターのシェアには負の指標が観察される。また、特許や商標に基づく指標はOSSの影響を大きく受け、特に貢献者数に依存する商標ベースのモデルで顕著な正の影響を受けている。特に、OSSやGitHubへの海外からの貢献は、コンピュータで実装された発明の特許件数を押し上げており、文献調査に含まれるいくつかの資料で既に強調され、Lakkaら（2015）によって実証的に検証されたOSSと独自の発明やソフトウェアの間の補完性を確認するものである。商標はGitHubへのコミット数に影響されないが、商標登録だけでなく、電気通信サービスや科学技術サービス・研究については、GitHubへの国内貢献者数および国外貢献者数の両方に正の影響を受けることが明らかにされている。

*OSSがスタートアップ企業や企業集団に与える影響*

Nagle（2019a）、Wrightら（2020）の議論を踏襲し、Arinら（2015）のメタ分析で明らかになった影響因子を考慮し、参入障壁の低下による競争改善の指標でもあるスタートアップ企業数に対するOSSの影響も同様のアプローチで評価する。OSSの利用可能性が高まり、OSSを十分に理解して貢献できる人が増えることも、IT分野のスタートアップ企業の設立数に影響を与える可能性がある。Nagle (2019a) や Wright et al. (2020) と同様に、新しく設立されたスタートアップの数は、企業のデータベースである Crunchbase から生成されたものを使用しており、設立日だけでなく産業も含まれているが、スタートアップがその説明で OSS について言及しているかどうかも含まれている。Crunchbaseはすべてのスタートアップをカバーしているわけではなく、米国に拠点を置く企業を中心にカバーしているが、欧州全体を適度にカバーしており、EU加盟国を含む欧州各国を比較的均等にカバーしている（Nagle 2019a）。したがって、Crunchbaseのスタートアップの数は、ある国のスタートアップの総数を過小評価している可能性が高いが、この過小評価がヨーロッパのある国で他の国よりも大きいということはないだろう。

2000年から2018年までの期間に、i国の時間tにおける一般的なスタートアップ企業とOSSスタートアップ企業の数を、いくつかのベースライン変数を制御してOSS指標で説明した固定効果モデルを推定した。

𝑙𝑜𝑔𝑠𝑡𝑎𝑟𝑡𝑢𝑝𝑠𝑖𝑡 = 𝑎𝑖 + 𝜆1𝑙𝑜𝑔𝑅𝐷𝑖𝑡−1 + 𝜆2𝑙𝑜𝑔𝑅𝐷𝑅𝑂𝑊 + 𝜆3𝑙𝑜𝑔𝑖𝑡𝑒𝑚𝑝𝑙𝑜𝑦𝑚𝑒𝑛𝑡𝑖𝑡 +

𝑖𝑡-1

𝜆4𝑙𝑜𝑔𝐺𝐷𝑃𝑖𝑡+𝜆5𝑙𝑜𝑔𝑒𝑑𝑢𝑖𝑡 + 𝜆6𝑝𝑜𝑝𝑖𝑡 + 𝜆7𝑢𝑛𝑒𝑚𝑝𝑙𝑜𝑦𝑖𝑡 +𝜆8𝑓𝑖𝑛𝑎𝑛𝑐𝑖𝑎𝑙𝑖𝑡 + 𝜆9𝑖𝑛𝑠𝑡𝑖𝑡𝑢𝑡𝑖𝑜𝑛𝑖𝑡 +

ǖ10Ǚ𝑜𝑔𝑆𝑆-1 +ᵰ11𝑙𝑂𝑆𝑅𝑂𝑊 + ᑓᑒ + ᵆ𝑡 (8)

𝑖𝑡-1

𝑙𝑜𝑔𝑂𝑆𝑆 − 𝑠𝑡𝑎𝑟𝑡𝑢𝑝𝑠𝑖𝑡 = 𝑎𝑖 + 𝜆1𝑙𝑜𝑔𝑅𝐷𝑖𝑡−1 + 𝜆2𝑙𝑜𝑔𝑅𝐷𝑅𝑂𝑊 + 𝜆3𝑙𝑜𝑔𝑖𝑡𝑒𝑚𝑝𝑙𝑜𝑦𝑚𝑒𝑛𝑡𝑖𝑡 +

𝑖𝑡-1

𝜆4𝑙𝑜𝑔𝐺𝐷𝑃𝑖𝑡+𝜆5𝑙𝑜𝑔𝑒𝑑𝑢𝑖𝑡 + 𝜆6𝑝𝑜𝑝𝑖𝑡 + 𝜆7𝑢𝑛𝑒𝑚𝑝𝑙𝑜𝑦𝑖𝑡 +𝜆8𝑓𝑖𝑛𝑎𝑛𝑐𝑖𝑎𝑙𝑖𝑡 + 𝜆9𝑖𝑛𝑠𝑡𝑖𝑡𝑢𝑡𝑖𝑜𝑛𝑖𝑡 +

ǖ10Ǚ𝑜𝑔𝑆𝑆𝑖↪Ll\_1D461-1 +Ű11𝑙𝑆ᵄ𝑅 +ᑓ𝑆ᵄ (8a)

𝑖𝑡-1

最後に、EU加盟国の「コンピュータ製造」と「情報通信」の2部門について、企業数の変化をOSSへの貢献度で説明し、結果の頑健性を検証している。

第一段階として、OSS がスタートアップ企業の設立に影響を与えるかどうかを検証し、第二段階として、より 正確には情報技術分野のスタートアップ企業の設立に影響を与え、最後に Wright ら（2020）のアプローチに従ってオープンソース関連のスタートアップ企業に影響を与えるかを検証している。

その結果、以下のような結果が得られた。世界各国の研究開発費、第三次教育を受けた人口の割合、失業による創業へのプレッシャーが予想されるマイナス影響に加え、世界各国のGitHubコミットが創業数の増加のドライバーとなっています。この結果は、EU加盟国のサブサンプルや、EU圏外の少数の企業についても確認されています。最後に、GitHub のコントリビューター数に基づくモデルは、コミット数に基づく結果を確認するものである。全体として、新興企業の成長に対するOSSの影響に関するモデルは非常に頑健であり、Nagle（2019a）が特にフランスについて、Wrightら（2020）が世界中の企業の大きなサンプルについて明らかにしているOSSのポジティブな影響を支持している。

表 5.24: OSS コミットの新興企業への影響（FE）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| LD.LogR&D  支出 | 0.18157 | 0.23775 | -0.06353 |
|  | (0.75) | (0.89) | (-0.12) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | -1.95493\*\* | -2.84011\*\*\* | 0.03832 |
|  | (-2.19) | (-2.66) | (0.03) |
| IT関連職種のログ | -0.15584 | -0.24733 | 3.20224\*\*\* |
|  | (-0.86) | (-1.29) | (3.81) |
| D.対数GDP | 0.15486 | 0.08120 | 1.19887 |
|  | (0.26) | (0.12) | (0.91) |
| ログシェア 第三次教育人口 | 0.36024\*\*\* | 0.43947\*\*\* | -0.68089\*\* |
|  | (3.22) | (3.62) | (-2.33) |
| とっぷ | -0.00800 | 0.00327 | -0.09339\* |
|  | (-0.33) | (0.12) | (-1.81) |
| 失業率 | 0.22258\*\*\* | 0.22481\*\*\* | 0.25442\*\* |
|  | (3.43) | (3.06) | (2.29) |
| 金融のこと プライベート・レンディング | 0.04094 | 0.04008 | -0.02416 |
|  | (1.45) | (1.36) | (-0.10) |
| 機関 政府効果 | 0.07713 | 0.09461 | -0.42094 |
|  | (0.65) | (0.74) | (-1.17) |
| LD.Log GitHubコミット | 0.03829 | 0.03567 | 0.11393 |
|  | (1.48) | (1.31) | (1.28) |
| LD.Log ROW による #GitHub コミット | 0.80749\*\*\* | 0.89223\*\*\* | 0.52723\*\*\* |
|  | (10.71) | (10.03) | (4.25) |
| 定数 | 2.77759\*\*\* | 2.28929\*\*\* | 4.58874\*\*\* |
|  | (7.22) | (5.64) | (3.17) |
| 観察記録 | 355 | 279 | 76 |
| *R2* | 0.443 | 0.487 | 0.533 |
| N\_g | 25 | 20 | 5 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

表 5. 25：OSS 貢献者の新興企業への影響（FE)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| LD.LogR&D  支出 | 0.22276 | 0.27161 | 0.17302 |
|  | (0.87) | (0.95) | (0.33) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | -4.14502\*\*\* | -5.21410\*\*\* | -2.16002 |
|  | (-3.98) | (-4.17) | (-1.59) |
| IT関連職種のログ | -0.15852 | -0.28235 | 3.39226\*\*\* |
|  | (-0.82) | (-1.36) | (3.98) |
| D.対数GDP | 0.31720 | 0.33422 | 1.61076 |
|  | (0.50) | (0.47) | (1.21) |
| ログシェア 第三次教育人口 | 0.42397\*\*\* | 0.52913\*\*\* | -0.79999\*\*\* |
|  | (3.56) | (4.07) | (-2.66) |
| とっぷ | -0.00044 | -0.00076 | -0.04648 |
|  | (-0.02) | (-0.03) | (-0.92) |
| 失業率 | 0.21863\*\*\* | 0.20870\*\* | 0.23443\*\* |
|  | (3.06) | (2.50) | (2.08) |
| 金融のこと プライベート・レンディング | -0.00724 | -0.00964 | -0.09521 |
|  | (-0.24) | (-0.30) | (-0.41) |
| 機関 政府効果 | 0.26718\*\* | 0.35131\*\* | -0.68545\* |
|  | (2.09) | (2.53) | (-1.90) |
| LD.LogGitHub  献金者 | 0.04929 | 0.03642 | 0.08632 |
|  | (0.57) | (0.39) | (0.45) |
| LD.Log ROWによるGitHubコントリビューター | 0.67359\*\*\* | 0.77069\*\*\* | 0.50715\*\* |
|  | (5.81) | (5.67) | (2.49) |
| 定数 | 2.82281\*\*\* | 2.29577\*\*\* | 5.41648\*\*\* |
|  | (6.85) | (5.23) | (3.67) |
| 観察記録 | 355 | 279 | 76 |
| *R2* | 0.366 | 0.403 | 0.524 |
| N\_g | 25 | 20 | 5 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

第二のアプローチとして、Nagle (2019a) や Wright と同様に、Crunchbase に掲載されている全スタートアップ企業よりも OSS の恩恵が明確な情報技術分野のスタートアップ企業にのみ着目している。確かに、情報技術分野の雇用が同分野のスタートアップの発展に正の影響を与えることが観察される。しかし、GitHub のコミット数やコントリビューター数がスタートアップ企業に与える影響は、全スタートアップ 企業を対象としたモデルと同じ範囲で有意にポジティブである。

表 5. 26：OSS コミットの情報技術分野のベンチャー企業への 影響（FE）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| LD.LogR&D  支出 | -0.85140\* | -0.93982 | 0.54819 |
|  | (-1.71) | (-1.62) | (0.61) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | -3.43238\* | -3.34876 | -3.19214 |
|  | (-1.87) | (-1.45) | (-1.52) |
| IT関連職種のログ | 0.74809\*\* | 0.72964\* | -0.21067 |
|  | (2.00) | (1.75) | (-0.14) |
| D.対数GDP | -1.11004 | -1.02368 | -0.99444 |
|  | (-0.91) | (-0.72) | (-0.43) |
| ログシェア 第三次教育人口 | 0.29048 | 0.30112 | 0.57637 |
|  | (1.26) | (1.15) | (1.12) |
| 人口 | -0.09975\*\* | -0.08859 | -0.05070 |
|  | (-1.98) | (-1.52) | (-0.56) |
| 失業率 | 0.61867\*\*\* | 0.73196\*\*\* | -0.03976 |
|  | (4.63) | (4.60) | (-0.20) |
| 金融のこと プライベート・レンディング | 0.00915 | 0.01098 | -0.61569 |
|  | (0.16) | (0.17) | (-1.51) |
| 機関 政府効果 | -0.66172\*\*\* | -0.67633\*\* | 0.06502 |
|  | (-2.70) | (-2.46) | (0.10) |
| LD.Log GitHubコミット | -0.06065 | -0.05918 | -0.10658 |
|  | (-1.14) | (-1.00) | (-0.68) |
| LD.Log ROW による #GitHub コミット | 0.57202\*\*\* | 0.52687\*\*\* | 0.65003\*\*\* |
|  | (3.68) | (2.74) | (2.97) |
| 定数 | 0.48558 | -0.08085 | 5.57314\*\* |
|  | (0.61) | (-0.09) | (2.18) |
| 観察記録 | 355 | 279 | 76 |
| *R2* | 0.256 | 0.272 | 0.245 |
| N\_g | 25 | 20 | 5 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

表 5.27: OSS の貢献者が情報技術分野のスタートアップ企業に与える影響（FE)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| LD.LogR&D  支出 | -0.75975 | -0.85965 | 0.96104 |
|  | (-1.53) | (-1.49) | (1.12) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | -5.55708\*\*\* | -5.19507\*\* | -5.74797\*\* |
|  | (-2.77) | (-2.07) | (-2.57) |
| IT関連職種のログ | 0.77855\*\* | 0.73244\* | 0.06822 |
|  | (2.08) | (1.76) | (0.05) |
| D.対数GDP | -0.76008 | -0.64308 | -0.63062 |
|  | (-0.62) | (-0.45) | (-0.29) |
| ログシェア 第三次教育人口 | 0.31075 | 0.33923 | 0.41770 |
|  | (1.35) | (1.30) | (0.84) |
| 人口 | -0.10456\*\* | -0.10142\* | 0.02027 |
|  | (-2.08) | (-1.73) | (0.24) |
| 失業率 | 0.56618\*\*\* | 0.67484\*\*\* | -0.05943 |
|  | (4.11) | (4.02) | (-0.32) |
| 金融のこと プライベート・レンディング | -0.01621 | -0.00952 | -0.80091\*\* |
|  | (-0.28) | (-0.15) | (-2.07) |
| 機関 政府効果 | -0.50143\*\* | -0.50375\* | 0.03329 |
|  | (-2.03) | (-1.81) | (0.06) |
| LD.Log GitHubの貢献者 | -0.10870 | -0.09421 | -0.53708\* |
|  | (-0.65) | (-0.50) | (-1.70) |
| LD.Log ROWによるGitHubコントリビューター | 0.70353\*\*\* | 0.64264\*\* | 1.14805\*\*\* |
|  | (3.15) | (2.35) | (3.43) |
| 定数 | 0.52622 | -0.08612 | 6.84096\*\*\* |
|  | (0.66) | (-0.10) | (2.82) |
| 観察記録 | 355 | 279 | 76 |
| *R2* | 0.259 | 0.271 | 0.327 |
| N\_g | 25 | 20 | 5 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

しかし、OSS 関連のスタートアップ企業の年間創業額を説明するモデルの説明力は、あまり高くない。GitHub への国内コミット数、世界各国からのコミット数ともに有意ではない。これらの有意でない結果は、コントリビューター数に基づくモデルでも確認されたが、Wright ら（2020）による OSS ベースのスタートアップ企業だけに焦点を当てたあまり頑健でない結果も反映している。

表 5. 28：OSS コミットが OSS 起業に与える影響（FE） 表 5.28：OSS コミットが OSS 起業に与える影響（FE

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| LD.LogR&D  支出 | -0.46979 | -0.33293 | -0.77039 |
|  | (-1.41) | (-1.09) | (-0.50) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | 1.74200 | 0.51972 | 5.94903 |
|  | (1.41) | (0.43) | (1.67) |
| IT関連職種のログ | -0.39091 | -0.33039 | -3.87585 |
|  | (-1.56) | (-1.51) | (-1.54) |
| D.対数GDP | -0.00194 | 0.18525 | -2.06145 |
|  | (-0.00) | (0.25) | (-0.52) |
| ログシェア 第三次教育人口 | 0.22185 | 0.09327 | 2.40726\*\*\* |
|  | (1.43) | (0.67) | (2.75) |
| とっぷ | 0.01726 | 0.01427 | 0.10383 |
|  | (0.51) | (0.46) | (0.67) |
| 失業率 | 0.04652 | 0.05592 | -0.10900 |
|  | (0.52) | (0.67) | (-0.33) |
| 金融のこと プライベート・レンディング | 0.01602 | 0.02433 | -1.00114 |
|  | (0.41) | (0.72) | (-1.45) |
| 機関 政府効果 | 0.02415 | 0.00382 | 0.33240 |
|  | (0.15) | (0.03) | (0.31) |
| LD.Log GitHubコミット | -0.00473 | -0.01512 | 0.30914 |
|  | (-0.13) | (-0.49) | (1.16) |
| LD.Log ROW による #GitHub コミット | 0.06738 | 0.12158 | -0.57800 |
|  | (0.65) | (1.20) | (-1.55) |
| 定数 | 0.73384 | 0.88712\* | 2.49300 |
|  | (1.38) | (1.92) | (0.57) |
| 観察記録 | 355 | 279 | 76 |
| *R2* | 0.033 | 0.033 | 0.199 |
| N\_g | 25 | 20 | 5 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

表 5.29: OSS コントリビューターの OSS 起業への影響（FE)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| LD.LogR&D  支出 | -0.46370 | -0.31903 | -0.80052 |
|  | (-1.41) | (-1.06) | (-0.51) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | 0.49417 | -0.49144 | 5.29654 |
|  | (0.37) | (-0.38) | (1.29) |
| IT関連職種のログ | -0.36651 | -0.32079 | -3.78135 |
|  | (-1.47) | (-1.48) | (-1.46) |
| D.対数GDP | 0.19388 | 0.37391 | -2.56661 |
|  | (0.24) | (0.50) | (-0.64) |
| ログシェア 第三次教育人口 | 0.17451 | 0.07337 | 2.06134\*\* |
|  | (1.14) | (0.54) | (2.26) |
| とっぷ | 0.00852 | 0.00473 | 0.04395 |
|  | (0.25) | (0.15) | (0.29) |
| 失業率 | -0.02572 | -0.00380 | -0.18809 |
|  | (-0.28) | (-0.04) | (-0.55) |
| 金融のこと プライベート・レンディング | 0.00845 | 0.01839 | -0.83010 |
|  | (0.22) | (0.55) | (-1.17) |
| 機関 政府効果 | 0.07194 | 0.06070 | 0.38263 |
|  | (0.44) | (0.42) | (0.35) |
| LD.LogGitHub  献金者 | 0.06922 | 0.06358 | -0.01438 |
|  | (0.63) | (0.64) | (-0.02) |
| LD.LogGitHub  ROWによる貢献者 | 0.18084 | 0.17679 | 0.04903 |
|  | (1.21) | (1.24) | (0.08) |
| 定数 | 0.94799\* | 1.01334\*\* | 2.74607 |
|  | (1.79) | (2.20) | (0.61) |
| 観察記録 | 355 | 279 | 76 |
| *R2* | 0.049 | 0.047 | 0.166 |
| N\_g | 25 | 20 | 5 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

より多くの国のサンプルを用い、IT スタートアップに焦点を当てた Wright ら (2020) の調査結果に基づけば、2016 年に EU 各国が GitHub へのコミットを現実的に 10% 増加した場合に、スタートアップ企業の設立数を決定することも可能である。この場合、EUでは650社以上のITスタートアップ企業が新たに誕生することになる。

表5.30: Wrightら(2020)に 基づく2016年GitHubコミット数10%増による情報技術分野のスタートアップ企業数増加の予測

|  |  |
| --- | --- |
| **EU諸国** | **増加予想** |
| ドイツ | 171.426 |
| フランス | 111.500 |
| オランダ | 58.755 |
| スペイン | 57.792 |
| イタリア | 33.078 |
| スウェーデン | 28.226 |
| フィンランド | 26.140 |
| ベルギー | 24.524 |
| ポーランド | 23.346 |
| アイルランド | 21.385 |
| デンマーク | 17.854 |
| オーストリア | 15.351 |
| ポルトガル | 12.810 |
| エストニア | 9.289 |
| チェコ共和国 | 9.048 |
| ハンガリー | 6.886 |
| ルーマニア | 6.706 |
| ギリシャ | 6.566 |
| ブルガリア | 3.932 |
| リトアニア | 2.367 |
| ルクセンブルク | 1.880 |
| スロベニア | 1.701 |
| キプロス | 1.454 |
| スロバキア共和国 | 1.312 |
| ラトビア | 1.247 |
| クロアチア | 0.510 |
| マルタ | 0.368 |
| **EU合計** | **654.525** |

OSS が企業の市場参入と撤退に与える影響を分析するもう一つの選択肢として、企業数の変化に対する OSS の影響を調査することができる。このデータは一部の EU 加盟国について提供されているため、コンピュータ製造業（コンピュータ、電子、光学製品製造、電気機器製造）、情報通信業（コンピュータプログラミングを含む）の企業数変化について、起業と同じモデルを実行した。の結果は、以下の通りである。

EU 加盟国のサンプル数が少ないため、データの入手が困難であったが、情報通信産業における企業数の変化に対 して、その他の地域からのコミット数が有意に負の影響を与えることが明らかになった。この負の効果は、ハードウェア市場、すなわちコンピュータの製造業には見られない。しかし、GitHub への貢献者数に基づくモデルでは、情報通信市場の企業数に関連する有意な負の 効果は最終的に消滅する。

表 5.31: コンピュータ製造業と情報通信業における OSS コミットの企業人口 変化への影響(FE)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) |
|  | コンピュータ M. EU | I&C EU |
| LD.LogR&D  支出 | -6.71223\* | -10.64985\*\*\* |
|  | (-1.77) | (-2.63) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | -25.23838\* | 0.86845 |
|  | (-1.66) | (0.05) |
| IT関連職種のログ | -3.21543 | -2.69451 |
|  | (-1.18) | (-0.93) |
| D.対数GDP | -7.47938 | 11.75851 |
|  | (-0.81) | (1.19) |
| ログシェア 第三次教育人口 | -1.64632 | -7.20510\*\*\* |
|  | (-0.95) | (-3.92) |
| とっぷ | -0.58765 | 1.36025\*\*\* |
|  | (-1.53) | (3.33) |
| 失業率 | -1.68203 | 1.92879\* |
|  | (-1.61) | (1.73) |
| 金融のこと プライベート・レンディング | 0.92220\*\* | -0.81631\* |
|  | (2.20) | (-1.83) |
| 機関 政府効果 | -0.57817 | -1.38221 |
|  | (-0.32) | (-0.72) |
| LD.Log GitHubコミット | 0.00623 | 0.00700 |
|  | (0.02) | (0.02) |
| LD.Log ROW による #GitHub コミット | 0.14986 | -3.07968\*\* |
|  | (0.12) | (-2.29) |
| 定数 | 7.34386 | 33.61147\*\*\* |
|  | (1.27) | (5.48) |
| 観察記録 | 279 | 279 |
| *R2* | 0.059 | 0.192 |
| N\_g | 20 | 20 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

表 5.32: コンピュータ製造業と情報通信業における OSS 貢献者の企業人口変化への影響 (FE)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) |
|  | コンピュータ M. EU | I&C EU |
| LD.LogR&D  支出 | -6.59914\* | -10.92644\*\*\* |
|  | (-1.75) | (-2.70) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | -19.71376 | 6.96982 |
|  | (-1.20) | (0.40) |
| IT関連職種のログ | -3.36467 | -2.53109 |
|  | (-1.23) | (-0.87) |
| D.対数GDP | -8.75512 | 11.20948 |
|  | (-0.94) | (1.12) |
| ログシェア 第三次教育人口 | -1.39599 | -7.58957\*\*\* |
|  | (-0.82) | (-4.14) |
| とっぷ | -0.53490 | 1.36846\*\*\* |
|  | (-1.39) | (3.32) |
| 失業率 | -1.22648 | 1.84634 |
|  | (-1.12) | (1.57) |
| 金融のこと プライベート・レンディング | 0.97059\*\* | -0.69563 |
|  | (2.32) | (-1.55) |
| 機関 政府効果 | -0.80308 | -2.15323 |
|  | (-0.44) | (-1.10) |
| LD.Log GitHubの貢献者 | 0.19962 | -0.27480 |
|  | (0.16) | (-0.21) |
| LD.LogGitHub  ROWによる貢献者 | -1.24806 | -2.05858 |
|  | (-0.70) | (-1.07) |
| 定数 | 6.15992 | 34.13889\*\*\* |
|  | (1.07) | (5.51) |
| 観察記録 | 279 | 279 |
| *R2* | 0.062 | 0.183 |
| N\_g | 20 | 20 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

*OSSがIT雇用に与える影響*

Nagle (2019a) に従い、OSS の IT 雇用への影響を評価するために同様のアプローチを適用する。Ghosh (2006)などの先行文献では、OSSに貢献することで、個人でコーディングするよりも、大きなソフトウェアを構築するチームの一員としてプログラミングの方法を学ぶことができると論じられている。さらに、企業におけるOSSの利用率の上昇やスタートアップ企業の増加（いずれも前述）は、成果変数であるIT関連職に就く労働需要を高めることにもなり、経済成長の指標ともなる。ただし、IDC（2019）やBITKOM（2020）は、企業調査からOSSによる雇用削減効果を指摘している。全体として、OSSへの貢献がIT雇用を増加させるとは理論的に期待できない

2000年から2018年の間に、i国のt時点の雇用全体に占めるIT雇用の割合をOSS指標で説明し、いくつかのベースライン変数を制御した固定効果モデルを推定している。

𝑖𝑡 − 𝑒𝑚𝑝𝑙𝑜𝑦𝑚𝑒𝑛𝑡𝑖𝑡 = 𝑎+ 𝜆1𝑙𝑜𝑔𝑒𝑑𝑢𝑖𝑡 + 𝜆2𝑙𝑜𝑔𝐺𝐷𝑃𝑖𝑡 + 𝜆3𝑙𝑜𝑔𝑅𝐷𝑖𝑡−1 + 𝜆4𝑙𝑜𝑔𝑅𝐷𝑅𝑂𝑊 +

𝑖𝑡-1

+Ű5𝑙𝑂𝑆𝑆𝑖ᵆ1 +Ű6ᑙ𝑔𝑂𝑆𝑅+ᑓᑑ𝑊 1 +𔛒ᵆ (9)

𝑖𝑡-1

また、OSS は IT 分野だけでなく、雇用全般に影響を及ぼすとされているため（e.g. Ghafele & Gilbert 2014）、雇用全体を説明変数として同様の回帰を行っている。

𝑒𝑚𝑝𝑙𝑜𝑦𝑚𝑒𝑛𝑡𝑖𝑡 = 𝑎+ 𝜆1𝑙𝑜𝑔𝑒𝑑𝑢𝑖𝑡 + 𝜆2𝑙𝑜𝑔𝐺𝐷𝑃𝑖𝑡 + 𝜆3𝑙𝑜𝑔𝑅𝐷𝑖𝑡−1 + 𝜆4𝑙𝑜𝑔𝑅𝐷𝑅𝑂𝑊 +

𝑖𝑡-1

+ᵰ𝑙𝑂𝑆𝑆𝑖ᵆ1 +ᵰ6𝑙𝑔𝑂𝑆𝑅 +ᑓ𝑊ё + 䛒𝑒1↩ (10)

𝑖𝑡-1

GitHubのコミットを用いてIT雇用の割合の推移を説明する回帰モデルの結果、世界の国々による研究開発費が負の影響を及ぼしていることが明らかになった。この結果は、世界の競争力が高まり、それが国内企業、ひいてはその雇用にマイナスの影響を与えることで説明できる。しかし、国の研究開発支出はこの競争圧力を補うことはできない。意外なことに、国内での特許出願もまたマイナスの影響を及ぼしている。最後に、GitHub へのコミットの国別貢献度、世界別貢献度は、いずれも大きな影響を与えない。

GitHubへのコントリビューター数によるモデルの結果を見ると、やはり国内コントリビューターの数はあまり大きくないことが分かる。しかし、GitHub への海外からの貢献者の増加により、特に EU 加盟国の IT 雇用における国内でのシェア の伸びは小さくなっている。明らかに、OSS への貢献は IT 産業の労働市場にマイナスの影響を及ぼしている。

一般的な雇用の発展を説明するモデルでは、コミット数で測定しても貢献者数で測定しても、OSS の有意な影響は見ら れなかった。唯一の例外は、他の国による GitHub への貢献者数が他の国に対してプラスの影響を及ぼしていることである。彼らの IT 雇用は、明らかにグローバルな OSS のプールから恩恵を受けることができる。

表 5. 33：OSS コミットの IT 雇用シェアへの影響(FE)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| D.対数GDP | -0.27582 | -0.33683 | -0.08615 |
|  | (-1.38) | (-1.51) | (-0.54) |
| LD.LogR&D  支出 | 0.01209 | 0.02229 | 0.07287 |
|  | (0.17) | (0.29) | (1.10) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | -1.62229\*\*\* | -2.00241\*\*\* | -0.14609 |
|  | (-4.26) | (-4.41) | (-0.90) |
| D2.Log 国際特許出願件数 | -0.02503\*\*\* | -0.02963\*\*\* | -0.00219 |
|  | (-3.23) | (-3.32) | (-0.54) |
| ログシェア 第三次教育人口 | 0.16103\*\*\* | 0.15776\*\*\* | 0.00389 |
|  | (4.80) | (4.30) | (0.09) |
| LD.Log GitHubコミット | -0.00248 | -0.00268 | -0.00355 |
|  | (-0.29) | (-0.28) | (-0.29) |
| LD.Log#GitHub（ギットハブ  ROWによるコミットメント | 0.03649 | 0.04689 | -0.00499 |
|  | (1.14) | (1.25) | (-0.29) |
| 定数 | 0.46641\*\*\* | 0.47219\*\*\* | 1.06173\*\*\* |
|  | (4.50) | (4.28) | (7.22) |
| 観察記録 | 558 | 473 | 85 |
| *R2* | 0.134 | 0.147 | 0.055 |
| N\_g | 33 | 28 | 5 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

表 5.34: OSS コミットの雇用への影響 (FE)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| D.対数GDP | 0.00721 | 0.05874 | -0.39244\*\*\* |
|  | (0.11) | (0.84) | (-2.80) |
| LD.LogR&D  支出 | -0.03327 | -0.03622 | -0.09548 |
|  | (-1.46) | (-1.50) | (-1.52) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | -0.02196 | 0.12037 | -0.17067 |
|  | (-0.18) | (0.85) | (-1.21) |
| D2.Log 国際特許出願件数 | -0.00362 | -0.00059 | -0.00923\*\* |
|  | (-1.47) | (-0.21) | (-2.58) |
| ログシェア 第三次教育人口 | 0.11430\*\*\* | 0.10721\*\*\* | 0.36408\*\*\* |
|  | (10.62) | (9.36) | (12.66) |
| LD.Log GitHubコミット | 0.00032 | 0.00010 | -0.00391 |
|  | (0.12) | (0.03) | (-0.63) |
| LD.Log ROW による #GitHub コミット | 0.01068 | 0.00204 | 0.02860\*\* |
|  | (1.05) | (0.17) | (2.08) |
| 定数 | 15.23173\*\*\* | 14.82739\*\*\* | 16.09483\*\*\* |
|  | (460.19) | (430.13) | (167.37) |
| 観察記録 | 592 | 473 | 119 |
| *R2* | 0.231 | 0.207 | 0.730 |
| N\_g | 35 | 28 | 7 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

表 5.35: OSS コントリビューターの IT 雇用 シェアへの影響

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| D.対数GDP | -0.28595 | -0.34652 | -0.08762 |
|  | (-1.40) | (-1.51) | (-0.55) |
| LD.LogR&D  支出 | 0.01255 | 0.02207 | 0.06618 |
|  | (0.18) | (0.28) | (0.99) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | -1.57066\*\*\* | -1.94905\*\*\* | -0.07869 |
|  | (-3.71) | (-3.89) | (-0.41) |
| D2.Log 国際特許出願件数 | -0.02224\*\*\* | -0.02642\*\*\* | -0.00155 |
|  | (-2.87) | (-2.95) | (-0.38) |
| ログシェア 第三次教育人口 | 0.16665\*\*\* | 0.16427\*\*\* | 0.01273 |
|  | (4.74) | (4.25) | (0.30) |
| LD.Log GitHubの貢献者 | 0.03517 | 0.03288 | -0.00434 |
|  | (1.13) | (0.95) | (-0.17) |
| LD.Log ROWによるGitHubコントリビューター | -0.02805 | -0.02022 | -0.00862 |
|  | (-0.63) | (-0.39) | (-0.30) |
| 定数 | 0.46051\*\*\* | 0.46590\*\*\* | 1.03078\*\*\* |
|  | (4.27) | (4.04) | (6.74) |
| 観察記録 | 558 | 473 | 85 |
| *R2* | 0.134 | 0.145 | 0.061 |
| N\_g | 33 | 28 | 5 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

### GitHub へのコミット数は IT 雇用に占める割合や雇用の絶対数に影響を与えないが、GitHub へのコントリビューター数が雇用、特に欧州に大きな正の影響を与えることが確認された。つまり、世界の他の地域の開発者がGitHubやOSSに貢献すればするほど、欧州の雇用は増加する。しかし、世界の他の地域の貢献者が1％増加しても、欧州の雇用は0.03％しか増加しないのである。

表5.36: OSSコントリビューターの雇用への 影響

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| D.対数GDP | 0.06697 | 0.11866\* | -0.34926\*\* |
|  | (1.04) | (1.68) | (-2.59) |
| LD.LogR&D  支出 | -0.04058\* | -0.04399\* | -0.08274 |
|  | (-1.80) | (-1.83) | (-1.37) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | -0.27239\*\* | -0.10578 | -0.41011\*\* |
|  | (-2.08) | (-0.68) | (-2.57) |
| D2.Log 国際特許出願件数 | -0.00702\*\*\* | -0.00423 | -0.01096\*\*\* |
|  | (-2.90) | (-1.53) | (-3.20) |
| ログシェア 第三次教育人口 | 0.09664\*\*\* | 0.08991\*\*\* | 0.34220\*\*\* |
|  | (8.73) | (7.55) | (11.85) |
| LD.Log GitHubの貢献者 | 0.00547 | 0.00569 | 0.01515 |
|  | (0.60) | (0.54) | (1.28) |
| LD.Log ROWによるGitHubコントリビューター | 0.03918\*\*\* | 0.03290\*\* | 0.02492 |
|  | (2.84) | (2.06) | (1.38) |
| 定数 | 15.27515\*\*\* | 14.86720\*\*\* | 16.16386\*\*\* |
|  | (451.93) | (418.62) | (167.67) |
| 観察記録 | 592 | 473 | 119 |
| *R2* | 0.255 | 0.226 | 0.749 |
| N\_g | 35 | 28 | 7 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

#### マクロ経済への影響のまとめ

OSS の経済効果を評価するために、EU 加盟国の時系列データに基づく計量分析を行った結果、 以下の結論が導き出された。

まず、EU加盟国の国内GDPは、研究開発支出や特許のストックなど、グローバルな知識プールの他の指標でコントロールした場合でも、OSSコードのグローバルプールの恩恵を大きく受けていることがわかる。しかし、OSSコードのグローバルプールへの貢献は、必ずしも国内GDPの大きな要因とはならない。明らかに、OSSコードは、消費における非競合性や利用者の非排他性といった公共財の特性を有している。したがって、少なくともマクロ経済生産モデルの結果から導き出されるフリーライドは、効率的な戦略である。しかし、EU加盟国からのGitHubへのコミットやコントリビューターがEUのGDPに与える大きな経済的影響を特定し、定量化することは可能である。その影響は、2018年のEUのGDPに対して、600億ユーロから950億ユーロの範囲に及ぶ。GitHubへのコミットやコントリビューターのうち、EU加盟国のような国に帰属できるのは約半分なので、特にGitLabのようなもっと小さいOSSリポジトリを考慮すると、上記の数字は下限となります。

生産モデルから得られた知見は、労働生産性の推定によっても確認され、労働生産性はグローバルなOSSコードのプールの恩恵を受けていることがわかります。コミット数に基づくGitHubへの国別貢献度でも、労働生産性を押し上げている。

こうしたマクロ経済レベルの洞察は、ミクロレベルの企業の生産性に関する洞察と整合的である（Nagle 2018, Nagle 2019b）。

OSSが国際競争力に与える影響から、国家的貢献は輸出や付加価値税で測定される国内競争力を強化することが明らかになった。しかし、OSSのグローバルプールは、輸出のパフォーマンスに影響を与える。これは、各国の経済的複雑性、すなわち輸出ポートフォリオの多様性と複雑性が、GitHubへの国家的貢献の増加によって恩恵を受け、一方、その他の国による貢献は経済的複雑性を低下させるという発見と一致する。しかし、知的財産に対する支払いは、OSSやGitHubへの貢献によって大きな影響を受けておらず、これはおそらくデータの粗密によってなされるものであろう。

OSS がイノベーションに与える影響については、様々な指標で検証されているが、強い関連性は認め られていない。イノベーションは、既存の科学技術や競合他社との差別化によって特徴付けられるため、OSSコードへの貢献や依存は、主に限界的な変化を可能にし、必ずしも急進的な変化とはならない。しかし、世界各国によるOSSやGitHubへの貢献は、コンピュータで実装された発明に関する特許件数を増加させており、これは、単一事例や企業データに基づく研究において既に強調されているOSSと独自の発明やソフトウェアの補完性を確認するものです（例： Aksoy-Yurdagul 2015）。

Nagle (2019a) または Wright et al. (2020) に従い、OSS が情報技術分野のスタートアップに有意に正の影響を与えることが明らかにされている。Wrightら(2020)のモデルによれば、EU加盟国によるGitHubへのコミットが10%増加すると、EU内の情報技術分野のスタートアップが650社以上追加で発生すると予測される。

最後に、OSSへの貢献は、IT雇用の割合にも雇用の絶対数にも、強固な正の影響を及ぼさないことが明らかになった。企業調査（BITKOM 2020 など）やその他の調査（IDC 2019）から、人件費の節約や熟練したソフトウェア開発者の不足に対処するために OSS を利用していることが知られており、OSS が直ちに雇用にプラスの影響を与えることは期待できない。

全体として、様々なマクロ経済回帰分析の結果に基づき、OSS は主に生産性と競争力にプラスの 影響を与え、成長を促進していることが確認された。しかし、Wright et al. (2020)は、OSSが起業に大きな影響を与えることを見出しているのに対し、OSSとイノベーションの関係は、どちらかと言えば両義的である。最後に、OSSは必ずしも雇用の直接的なドライバーではなく、生産性と競争力のプラスの効果を介して間接的にのみ影響を与える。

しかし、これらの知見は、ケーススタディやステークホルダー調査から得られた知見によって補完され、検証されています。

#### マクロ経済学的分析の限界

私たちのマクロ経済分析には、いくつかの限界があります。まず、様々な経済効果の次元を説明する変数についてだが、GitHub のリポジトリは OSS の全ストックを反映しているわけではないことを認めざるを得ない。使用した変数、すなわちコミット数と貢献者数でさえ、特定の国へのリンクがあるアカウントは約半数しかないため、様々な国のGitHubへの貢献すべてを完全にカバーしているわけではありません。全体として、この限界は OSS への関与と投資を過小評価する可能性がある。しかし、このデータベースに依存することで、マクロ経済レベルの分析だけでなく、次章のコストベースのアプローチによる影響分析で見られるように、ミクロレベルの分析も行うことができるのである。両視点を合わせると、OSS の経済的影響についてかなり包括的な図式が描ける。

さらに、様々な経済的側面を説明するための関連変数がすべて考慮されていない可能性があり、すなわち省略された変数バイアスは、効果の帰属を引き起こす可能性がある。

を含んでいる。その結果、省略された変数の影響が OSS を表す変数に帰着している可能性があり、すなわち過大評価の可能性がある。しかし、OSS よりも広範な概念である研究開発支出や特許を含めることで、省略された変数のバイアスは重要でない程度に小さくなるはずである。

今のところ、OSS への貢献度だけが利用されているが、これらの投資が成功したかどうか、つまり OSS コードが最終的に実用化されたかどうかは不明である。しかし、この情報は、ケーススタディやステークホルダー調査を通じてのみ収集することが可能である。全体として、過大評価と過小評価の両方の問題が関連するが、後者の方がより関連性が高い。

従属変数は、一般に OSS 固有のものではなく、経済活動、競争力、イノベーションの一般的な指標である。しかし、目的は OSS の一般的な経済効果を評価することである。したがって、まず GDP や輸出のような一般的な指標を用いる。しかし、可能であれば、OSS ベースの新興企業、ソフトウェア特許、IT 雇用のケースのように、 OSS 固有の指標を説明するために回帰モデルを実行する。GDP や輸出のように、OSS に特化した指標を利用できない分野もある。

従属変数と独立変数の時系列に依存することで、単純な相関関係だけでなく、因果関係を明らかにするという主張は正当化されうる。しかし、内生性（OSS 変数自体がイノベーションなどの影響を受けている可能性）に関す るすべての懸念に対処することはできない。このような複雑な関係の場合、有意な関係が見いだせなかったり、有意な関係があっても内生性 に起因していたりする可能性がある。しかし、このような相互関係は実際の実験によってのみ解明できるものであり、本研究の文脈では実現不可能な選択肢である。

最後に、ケーススタディとステークホルダー調査の両方から得られる追加的な洞察により、前述の限界 に対処している。ケーススタディは OSS のより詳細な影響を明らかにし、一方、ステークホルダー調査は OSS 固有の利益、特にその使用に関するデータを収集しようとするものである。OSH の分野は、OSS と比較してまだ新しい分野であるため、データのギャップを埋めるために、ケーススタ ディで明示的に扱われている。

#### マクロ経済効果分析の代替アプローチ

マクロ計量分析の結果を、OSS の経済効果を評価しようとする他の研究の文脈に当てはめるた め、他の最近の論文やレポートの結果を紹介した。

代替原理」と呼ばれる代替的なアプローチは、測定が困難な資産の集合が、それらを代替するために必要なお金の合計を数えることによって、どれだけ評価されているかを測定しようとするもので、例えば、同様のプロプライエタリなソフトウェアの同等物の価値を評価することによってApacheサーバーソフトウェアの価値を分析する。例えば、Greenstein & Nagle (2014)は、米国で使用されているすべての外向きのウェブサーバーの1％サンプルからなるデータセットを分析している。彼らは、米国で一般にアクセス可能なApacheウェブサーバーの数を推定し、これらのApacheウェブサーバーをすべてプロプライエタリなウェブサーバーソフトウェアに置き換えた場合の金銭的コストを計算しています。ライセンス料の評価に基づいて、米国で一般にアクセス可能なすべてのApache WebServersを置き換えるコストは、5億1400万ドルから128億ドルの間となり、中間値は20億ドルと推定されます。これらの見積もりは、米国におけるパッケージソフトの在庫の1.3%から8.7%に相当します。

重要ではあるが特定の OSS にのみ焦点を当てるのではなく、OSS 全般の経済効果を測定するためのさら なる代替アプローチは、OSS が提供しうる節約額の計算に基づいている（BITKOM 2020 を参照、OSS に貢献し実施するためのドライバーとしてのコスト削減の高い関連性を示している）。したがって、Daffara (2012)が開発し適用したアプローチと、Daffara (2020)に続く以前の洞察の更新が提示されています。

Daffara (2012)は、現在の評価手法のほとんどが「販売」、すなわち OSS の直接的なマネタイゼーションを評価することに基づいていると批判している。しかし、このアプローチでは、「販売」されず、たとえば、社内の労働力を通じて直接実施されたり、サービスやインフラに組み込まれたりしているOSS利用の大規模かつ大部分が報告されていない、過小評価されている側面が見落とされているのである。

Daffara (2012)は、EU 経済全体が OSS から享受する貯蓄を、複数のビジネスモデルを通じて OSS を提供する企業だけでなく、ハードウェアやソフトウェアサービスなどの補完的な市場に付随してマネタイズする企業についても推計することを目的にしている。また、金銭的な対価を得ずに行われる作業や、携帯電話や自動車に組み込まれて広く配布されるOSSも考慮されている。したがって、Daffara（2012）は、Greenstein and Nagle（2014）がApacheサーバソフトウェアに適用したような、OSSがプロプライエタリな代替品と完全に交換可能であるという仮定によるアプローチ、特に非代替性の程度が大きい場合に疑問を投げかけているのである。さらに、ユーザーはそのような代替品に正の価格を支払うことを望まないかもしれない。

そこで、Daffara (2012) は、OSS の再利用の度合いに関連するデータからの節約に基づく別のアプローチを提案し ている。彼は、ソフトウェア開発およびサポートに対するIT支出の総額は、2020年にヨーロッパで4680億ドルに達するという包括的な市場観から出発しており、これはGartner（様々な年）によると、ITに直接的または間接的に帰属する投資の4%に相当します。Daffara（2012）は、複数の研究に基づき、このソフトウェアの35%がOSSで、2019年には60%になると主張しています（Daffara 2020はSynopsis Surveyに基づく）。

このコード再利用プロセスによって導入されたOSSの節約の指標を提供するために、Daffara (2012; 2020) は、Greenstein and Nagle (2014) やNagle (2019a) と同様に、OSS再利用の仕様に適合したCOCOMOIIというコードコスト推定モデル（建設的コストモデル）を適用しました。このモデルは、ソフトウェアプロジェクトの別々の部分に対する一連の異なるコスト見積りに基づいています。しかし、外部リソースの再利用は、開発工数の削減による節約と同時に、OSSプロジェクト自体のように外部リソースを制御できないことによるリスクの増加、およびソフトウェアコンポーネントを残りのコードに適合させ統合するために必要なテーラリングと「グルーコード」開発に関連するいくつかのコストも導入されます。

再利用に関連するコストに、再利用する OSS コンポーネントの特定と選択に必要な労力（いわゆる 「統合コスト」15％）を加えると、35％の再利用による節約額は、総コーディング労力の 31％に相当すると Daffara（2012）は推定している。また、Jones and Bonsignour (2012)によれば、再利用されるOSSプロジェクトの共有コードによって、保守・開発コストがさらに14%削減される。彼は2020年にOSSの比率を35%から60%と想定しているので、14%の比率も27%とほぼ倍増している。その結果、彼は750億ドル近い別の節約源、すなわち

2,800億ドル。合計すると、OSSは2020年に年間3,540億ドルの直接節約を生み出します。

Daffara (2012)は、直接的な節約に加えて、OSSの割合が増加してもIT投資の割合が減少しないという観測から、この節約分のIT自体への再投資を仮定している。この仮定は、IT投資が支出グループ間で数年間ほぼ横ばいであるという観察に基づいている。しかし、これはまだかなり厳密な仮定であり、さらなる検証が必要である。

最後に、Daffara (2012)は、Brynjolfsson and Hitt (2003)を引用し、コンピュータ化の長期的な貢献度の測定値は、コンピュータ資本コストを5倍以上と大幅に上回っていることを明らかにしている。そして、OSSの利用に関連する節約は、同じ生産性効果を生むと仮定している。Daffara (2012)は、2012年のデータに基づいて、以下のように推定している。

は、生産性と効率性の向上において、2012年には年間3420億ドル、2019年には3540億ドルの節約をベースに年間1兆7000億ドルにも相当する長期的な成果を挙げています。

最近、IDC（2019）はRed Hat Enterprise Linux（RHEL）の経済効果に関するホワイトペーパーを発表しましたが、これは異なるアプローチを適用して同様の結果に至っています。2019年の世界のビジネス収益188兆ドルから出発して、IDC（2019）は「ITフットプリント」を次のように想定しています。

81兆ドル。例：従業員用電子メール、生産管理システム、在庫管理ソフト、エンジニアリング設計ソフト、顧客関係管理（CRM）、ウェブサイト管理など。これらのシステムのほぼ半分、すなわち35兆ドルがLinuxベースであると仮定している。最後に、RHEL上で動作するソフトウェアとアプリケーションは、10兆ドルの事業収益と想定されている。ほぼ3分の1はヨーロッパに起因するもので、2倍になっているが、それでもDaffara（2020）が算出した値と同じ範囲である。

要約すると、Daffara (2012, 2020) は、OSS の貢献に関する透明性のある分析を示しており、Greenstein and Nagle (2014) が Apache OSS サーバソフトウェアについてだけ分析した OSS によって可能な節約分を含むだけでなく、このような分析も行っている。コードの再利用による節約分に加えて、保守・開発コストの節約分も想定している。このアプローチで重要なのは、全ソフトウェアの60％がOSSであるという仮定である。この仮定は経験則に裏付けられていない。生産性や効率性の向上による経済効果が5倍というのは、BrynjolfssonとHitt（2003）が発表した要因にさかのぼる。2019年にIDCがLinux財団に代わって発表した結果もトップダウンアプローチを用いているが、Red Hat Enterprise Linux（RHEL）の欧州向けだけの経済効果は、Daffarra（2020）がOSS全般について算出した値の2倍である。これは主に業界の専門家を対象とした調査に基づいている。残念ながら、サンプリングも回答率も透明化されていない。次の節では、OSS の生産に必要なコストから出発して、少なくとも投資したコストを補う効 果があると仮定して、考えられるインパクトの下限を算出する別のアプローチを適用する。

## コストベースのインパクト アセスメント

#### はじめに

マクロ経済分析では、EU加盟国やその他の重要な活動を行う国のレベルでのGitHubへの貢献度に基づいている。OSS の経済効果を評価するために提示された代替アプローチのほとんどは、情報技術やソフトウェアに関する世界または国の予算から導き出される。OSS の市場価格が不明であることや、OSS を利用した企業の収益に関するデータが不足してい ることから、これらの予算やソフトウェアコードに占める OSS の割合について、かなり曖昧な仮定に基づいてい る。その結果、OSS の経済効果は、数兆円という高い数字になっている。OSS の経済効果のベースラインを作成するために、コストベースの影響評価が実施されている。この評価では、少なくとも EU 加盟国および EU 加盟国に所在する最も活発な企業が OSS に投資する努力 を貨幣単位で定量化することが可能である。このアプローチの基本的な前提は、これらの投資から得られる便益は、少なくとも投資されたコストを上回 る、ということである。その結果、コストベースのアプローチで得られた知見は、下限値に過ぎない。

ここでも、まず EU 加盟国のマクロ経済レベルから始めており、加盟国ごとの取り組みを定量化すること ができる。全体的な努力は、マクロ経済分析の結果、すなわち EU における OSS の GDP への貢献度に結びつけられ、コストベネフィットの比率が算出される。第二に、EU 加盟国の中で最も OSS への貢献度が高く、EU 内の全貢献度のうち大きな割合を占め ている企業を抽出した。このサンプルについて、彼らが OSS に投じた労力を算出した。マクロ経済分析から得られた知見を補完する形で、このミクロ経済ベースの企業分析により、OSSに対す る新たな知見を得ることができた。

企業規模別、業種別に、企業の OSS への投資を調査した。また、投資と業績（売上高や従業員一人当たりの売上高）を関連付けることで、利益面でも取り 組んでいる。OSS の一般的な利点と、企業が OSS に基づいて生み出す収益に関するさらなる洞察は、ステークホル ダー調査から得られている。さらに、Linux Foundation の Core Infrastructure Initiative (CII) と The Laboratory for Innovation Science at Harvard (LISH) が FOSS の貢献者を対象に実施した調査を通じて、さらなるデータが収集されている。最終的には、これらすべての洞察がコストに関する現在の知見を補完することになる。

#### EUにおけるオープンソースソフトウェアへの投資コスト

最も関連性の高いオープンソースプラットフォームであるGitHubへの貢献の分析に基づいて、これらの投資に関連する財務コストを計算する。Nagle（2019a）に従い、Ghosh（2006）で使用されたのと同様の方法で、このコードを作成するために私企業がかかるであろう代替コストを計算することによって、これらの貢献から生じる社会的価値創造を推定することができる。この方法論は完全ではないが、オープンソースソフトウェアのような価格のない財を評価するための標準的なプロセスである（Nordhaus, 2006）。

まず、EU加盟国に帰属するGitHubのアカウント数を取得し、Eurostat[（http://appsso.eurostat.ec.europa.eu](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/) Annual detailed enterprise statistics for services）が提供するコンピュータプログラミング分野の平均人件費と掛け合わせる。一般に、最後に入手可能な値は2017年のものである。ソフトウェア開発者は平均的な従業員よりも多くの収入を得る可能性があるため、これらの平均コストも下限であるが（例えば、フランスのNagel 2019a）、異なるEU加盟国の人件費と区別することができる。

次に、EU加盟国に所在する開発者が寄稿したコミットを作成するために必要な人月を、COCOMO II（建設的コストモデルII）を用いて推定する。2018年に貢献されたすべてのコミットが1行のコードに過ぎないと仮定すれば、これをCOCOMO IIのプロセスへの入力として使用することができる。この1コミットあたり1行のコードという見積もりは必然的に過小評価となるが、Nagle（2019a）によれば、1コミットあたりのコード行数は一般的に1である。しかし、この努力は下限と考えることができる。最終的には、デフォルトのパラメータ推定によるCOCOMO II計算を使用して、コード行を書くために必要な人月の労力を計算します。次のステップでは、EUにおけるOSSの開発に必要な全体の人件費と要素コストでの付加価値を評価するために、再びコンピュータプログラミング部門の平均人件費と見かけの労働生産性を使用する。

表 5.37: 2018年のEU加盟国ごとのOSS貢献者と関連コスト・付加価値額

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EU加盟国 | コンピュータ・プログラミングに携わる従業員（フルタイム換算） | 2018年のGitHubへの貢献者たち | 寄付者・従業員 | 貢献者 ※平均人件費（単位：千円  ユーロ) | (投稿者  \* 平均人件費）  /従業員 | 投稿者  \* 見かけの労働生産性 | (投稿者  \* 見かけの労働生産性)  /従業員 | 雇用者一人当たりの売上高  -  千ユーロ |
| ドイツ | 620,791 | 45,527 | 0.07 | 3,086,730.6 | 4.97 | 3,683,134.3 | 5.93 | 174.1 |
| イギリス | 658,351 | 50,562 | 0.08 | 2,351,133 | 3.57 | 4,611,254.4 | 7.00 | 158.6 |
| フランス | 371,303 | 32,047 | 0.09 | 2,297,769.9 | 6.19 | 2,730,404.4 | 7.35 | 169.2 |
| オランダ | 153,194 | 16,643 | 0.11 | 1,076,802.1 | 7.03 | 1,388,026.2 | 9.06 | 193.9 |
| スペイン | 242,901 | 16,283 | 0.07 | 727,850.1 | 3.00 | 858,114.1 | 3.53 | 115.2 |
| ポーランド | 123,654 | 16,879 | 0.14 | 438,854 | 3.55 | 433,790.3 | 3.51 | 60.4 |
| スウェーデン | 117,811 | 12,333 | 0.10 | 1,011,306 | 8.58 | 818,911.2 | 6.95 | 216.7 |
| イタリア | 205,361 | 10,521 | 0.05 | 559,717.2 | 2.73 | 724,896.9 | 3.53 | 140.6 |
| チェコ共和国 | 64,021 | 4,960 | 0.08 | 171,616 | 2.68 | 195,424 | 3.05 | 88.6 |
| ベルギー | 51;617 | 5,972 | 0.12 | 459,246.8 | 8.90 | 513,592 | 9.95 | 199.4 |
| フィンランド | 50;084 | 5,838 | 0.12 | 377,134.8 | 7.53 | 510,825 | 10.20 | 173.6 |
| デンマーク | 46;102 | 5,897 | 0.13 | 482,374.6 | 10.46 | 580,854.5 | 12.60 | 200.3 |
| オーストリア | 38,778 | 4,777 | 0.12 | 323,402.9 | 8.34 | 352,542.6 | 9.09 | 156.6 |
| ポルトガル | 50,963 | 5,067 | 0.10 | 157,077 | 3.08 | 182,412 | 3.58 | 68.9 |
| ルーマニア | 89,267 | 4,569 | 0.05 | 103,716.3 | 1.16 | 131,587.2 | 1.47 | 46.7 |
| アイルランド | 50,152 | 5,098 | 0.10 | 359,918.8 | 7.18 | 771,327.4 | 15.38 | 837 |
| ハンガリー | 55,825 | 3,437 | 0.06 | 86,612.4 | 1.55 | 102,078.9 | 1.83 | 67.8 |
| ブルガリア | 47,876 | 3,367 | 0.07 | 76,430.9 | 1.60 | 90,572.3 | 1.89 | 45.6 |
| ギリシャ | 17,112 | 3,224 | 0.19 | 108,648.8 | 6.35 | 111,228 | 6.50 | 79.3 |
| リトアニア | 14,257 | 1,528 | 0.11 | 34,991.2 | 2.45 | 40,644.8 | 2.85 | 49.5 |
| スロバキア | 27,485 | 1,375 | 0.05 | 42,762.5 | 1.56 | 47,300 | 1.72 | 86.3 |
| エストニア | 9,012 | 1,240 | 0.14 | 38,564 | 4.28 | 46,004 | 5.10 | 70.5 |
| クロアチア | 16,432 | 1,667 | 0.10 | 35,340.4 | 2.15 | 51,010.2 | 3.10 | 63.7 |
| スロベニア | 10,578 | 979 | 0.09 | 34,558.7 | 3.27 | 41,313.8 | 3.91 | 90.3 |
| ラトビア | 13,442 | 945 | 0.07 | 20,317.5 | 1.51 | 24,759 | 1.84 | 45.2 |
| ルクセンブルク | 9,809 | 420 | 0.04 | 31,584 | 3.22 | 40,572 | 4.14 | 249.2 |
| マルタ | 4.432 | 390 | 0.09 | 13,338 | 3.01 | 41,457 | 9.35 | 271.4 |
| キプロス | 3.820 | 293 | 0.08 | 9024.4 | 2.36 | 32,142.1 | 8.41 | 406.1 |
| 合計/平均 | 3.164.430 | 261,838 | 0.08 | 14,516,822.9 | 4.59 | 19,156,178.6 | 6.05 | 158.0 |

表 5.38: 2018年のEU加盟国ごとのOSSコミット、必要な労力と関連コスト、付加価値額

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EU  加盟国 | コンピュータ・プログラムの従業員数（フルタイム換算単位） | 2018年のGitHubへのコミットsはミオで。 | 年単位での取り組み | 努力の成果（単位：年  / 従業員 | 努力の成果（単位：年 | 年単位での取り組み  \* 平均単価  - Mio Euros | (努力年数) \* 平均人件費）／従業員数 | 年単位での取り組み  \* 透明な労働生産性 百万ユーロ | (の取り組み）。  年 \* 見かけの労働生産性  )/従業員数 | 雇用者一人当たりの売上高  -  千ユーロ |
| ドイツ | 620,791 | 6.563 | 3862.2 | 0.006 | 0.085 | 261.86 | 0.42 | 312.46 | 0.50 | 174.1 |
| イギリス | 658,351 | 6.211 | 3635.5 | 0.006 | 0.072 | 169.05 | 0.26 | 331.56 | 0.50 | 158.6 |
| フランス | 371,303 | 0.437 | 2473.4 | 0.007 | 0.077 | 177.34 | 0.48 | 210.73 | 0.57 | 169.2 |
| ネザーランド | 153,194 | 0.184 | 953.4 | 0.006 | 0.057 | 61.69 | 0.40 | 79.51 | 0.52 | 193.9 |
| スペイン | 242,901 | 0.178 | 921.7 | 0.004 | 0.057 | 41.20 | 0.17 | 48.57 | 0.20 | 115.2 |
| ポーランド | 123,654 | 0.152 | 773.0 | 0.006 | 0.046 | 20.10 | 0.16 | 19.87 | 0.16 | 60.4 |
| スウェーデン | 117,811 | 0.117 | 578.0 | 0.005 | 0.047 | 47.39 | 0.40 | 38.38 | 0.33 | 216.7 |
| イタリア | 205,361 | 0.101 | 493.5 | 0.002 | 0.047 | 26.25 | 0.13 | 34.00 | 0.17 | 140.6 |
| チェコ共和国 | 64,021 | 0.703 | 331.5 | 0.005 | 0.067 | 11.47 | 0.18 | 13.06 | 0.20 | 88.6 |
| ベルギー | 51,617 | 0.662 | 310.2 | 0.006 | 0.052 | 23.85 | 0.46 | 26.68 | 0.52 | 199.4 |
| フィンランド | 50,084 | 0.620 | 288.4 | 0.006 | 0.049 | 18.63 | 0.37 | 25.26 | 0.50 | 173.6 |
| デンマーク | 46,102 | 0.562 | 258.6 | 0.006 | 0.044 | 21.15 | 0.46 | 25.47 | 0.55 | 200.3 |
| オーストリア | 38,778 | 0.531 | 243.0 | 0.006 | 0.051 | 16.45 | 0.42 | 17.94 | 0.46 | 156.6 |
| ポルトガル | 50,963 | 0.424 | 190.1 | 0.004 | 0.038 | 5.89 | 0.12 | 6.84 | 0.13 | 68.9 |
| ルーマニア | 89,267 | 0.348 | 152.8 | 0.002 | 0.033 | 3.47 | 0.04 | 4.40 | 0.05 | 46.7 |
| アイルランド | 50,152 | 0.398 | 177.1 | 0.004 | 0.035 | 12.50 | 0.25 | 26.79 | 0.53 | 837 |
| ハンガリー | 55,825 | 0.315 | 137.00 | 0.002 | 0.040 | 3.45 | 0.06 | 4.09 | 0.07 | 67.8 |
| ブルガリア | 47,876 | 0.286 | 123.1 | 0.003 | 0.037 | 2.79 | 0.06 | 3.31 | 0.07 | 45.6 |
| ギリシャ | 17,112 | 0.264 | 112.8 | 0.007 | 0.035 | 3.80 | 0.22 | 3.89 | 0.23 | 79.3 |
| リトアニア | 14,257 | 0.123 | 48.5 | 0.003 | 0.032 | 1.11 | 0.08 | 1.29 | 0.09 | 49.5 |
| スロバキア | 27,485 | 0.118 | 46.5 | 0.002 | 0.034 | 1.45 | 0.05 | 1.60 | 0.06 | 86.3 |
| エストニア | 9,012 | 0.113 | 44.3 | 0.005 | 0.036 | 1.38 | 0.15 | 1.64 | 0.18 | 70.5 |
| クロアチア | 16,432 | 0.120 | 47.2 | 0.003 | 0.028 | 1.00 | 0.06 | 1.45 | 0.09 | 63.7 |
| スロベニア | 10,578 | 0.093 | 35.7 | 0.003 | 0.036 | 1.26 | 0.12 | 1.50 | 0.14 | 90.3 |
| ラトビア | 13,442 | 0.080 | 30.2 | 0.002 | 0.032 | 0.65 | 0.05 | 0.79 | 0.06 | 45.2 |
| ルクセンブルク | 9,809 | 0.048 | 17.1 | 0.002 | 0.041 | 1.29 | 0.13 | 1.66 | 0.17 | 249.2 |
| マルタ | 4,432 | 0.030 | 10.3 | 0.002 | 0.026 | 0.35 | 0.08 | 1.09 | 0.25 | 271.4 |
| キプロス | 3,820 | 0.026 | 7.5 | 0.002 | 0.026 | 0.23 | 0.06 | 0.87 | 0.22 | 406.1 |
| 合計/平均 | 3,164,430 | 30.330 | 16,302.7 | 0.005 | 0.062 | 937.08 | 0.30 | 1.24 | 0.39 | 158.0 |

2018年、EU加盟国には、1つのGitHubアカウントが1人の開発者を表すと仮定して、GitHubに貢献しているソフトウェア開発者が26万人以上いる。この数は、teknowlogy（2019）が報告した欧州全体のOSS関連雇用のフルタイム換算値233,800を若干上回っている。しかし、コントリビューターの約半数しか出身国を明らかにしていないため、下限値と考えることができる。しかし、これらの貢献者は、コンピュータプログラミング部門の従業員約310万人の8％以上を占め、この部門の従業員だけが貢献しているわけではないことを意識している。

をGitHubに移行した。15 このシェアの幅は、ルクセンブルクの4％からギリシャの19％の間である。8％というシェアは、teknowlogy（2019）が報告したソフトウェア・ITサービス市場全体に占めるOSS・ITサービス市場量の7.4％に非常に近く、SMART( 2015/0015)が報告した雇用者数にも合致している。

EU加盟国からの2018年の3000万以上のコミット数を合計し、COCOMO IIモデルを適用すると、16000年以上の常勤換算が必要となり、これはGhosh（2006）が最も活発な貢献者のグローバルサンプルについて報告した努力と同様である。これは、teknowlogy（2019）が報告したOSS関連の常勤換算の10％未満であるが、OSS関連市場全体の売上高の90％以上を占めるOSS関連のITサービスを提供する従業員も含まれている。この労力をGitHubに貢献している26万人のソフトウェア開発者に関連づけると、彼らがGitHubへのコミット投稿に費やす時間は10%未満となり、少し前にGoogleが発表した20%、すなわち週1日よりもはるかに低い(Colombo et al. 2013)。しかし、この比率は最近の調査で明らかになった週 6 時間の範囲内にあり、この結果、OSS 開発の労力を測定する我々のアプローチの妥当性が確認された。ドイツでは約9％、キプロスやマルタでは約2.5％の割合である。EU のコンピュータプログラミング部門の従業員全員を対象にすると、彼らの時間の 0.5% 強が、GitHub へのコミットで測定されるオープンソースコードの作成に費やされています。

ここで、各EU加盟国の貢献者数を取り、EU加盟国ごとの平均人件費と掛け合わせると、2018年には全EU加盟国でほぼ150億ユーロとなる。16 平均人件費の代わりに、要素コストでの付加価値と定義される見かけの労働生産性をとると、2018年にはほぼ200億ユーロに達する。これらの数字は、teknowlogy（2019）が発表した欧州のOSS・ITサービス市場と同じ次元のものであり、ソフトウェア・ITサービス市場全体の7.4％であるが、透明性のある定義ではない。フランスのOSS・ITサービス市場内では、teknowlogy（2019）によると90％以上がOSS関連のITサービスに属している。OSSの小さな部分の半分以上がインフラソフトウェアとプラットフォームに関連し、3分の1がアプリケーションソフトウェア製品、10％未満がSaaSに関連している。オープンソース関連のITサービスのうち、3分の2近くがシステムインテグレーションに属し、2割強がアウトソーシング、1割強がアウトソーシングである。

JC MARKET RESEARCH（2020）が企業ベースのボトムアップと国ベースのトップダウンを組み合わせて作成したデータによると、2019年の欧州におけるオープンソースサービスの市場規模は50億ユーロ弱で、そのうち約半分がコンサルティングサービス、3分の1がOSS導入サービス、15％がサポート保守・管理サービス、10％弱が教育サービスとなっています。オープンソースサービスの導入先は主にIT・通信が3分の1近く、次いで製造業が5分の1、銀行・金融サービス・保険が17％、生命科学・医療が12％、小売・流通が10分の1、残りがその他の分野となっています。

EU 加盟国が 2018 年に 3,000 万件以上のコミットを生成するための年単位の努力に同じアプローチを 適用すると、国別の平均人件費に基づいてほぼ 10 億ユーロ、見かけの労働生産性を使用して 12 億ユーロのコストに相当する。17 比較のため、Ghosh（2006）は、2005年にグローバルレベルで企業がOSS開発に12億ユーロを投資したと推定している。

15 Korkmaz (2020)も、GitHubに学界が大きく貢献していることを見出している。

16 加盟国の価格水準の違いを考慮すると、その労力は10％程度少なくなる。

17 加盟国の価格水準の違いを考慮すると、その労力は10％程度少なくなる。

EUのGDPに対するオープンソースの貢献度を算出するための回帰モデルの結果を再考すると、2018年にはGitHubへのコミット数で630億ユーロ、貢献者数で950億ユーロと見積もられています。コミット数に基づく両アプローチを比較すると、コスト・ベネフィットの関係は1：63であるのに対し、貢献者数に基づく場合は15：95であることが明らかになった。後者の場合、GitHub に貢献している EU のソフトウェア開発者 260,000 人がフルタイムでオープンソースに取り組んでいると仮定しています。しかし、現在の研究では、最大でも10%であり、これは努力を10で割る必要があることを意味し、同様の費用対効果が1:60であることを意味します。

しかし、2018年のOSSのGDPへの貢献は、2018年に開発されたOSSコードだけでなく、過年度のコードにも基づいている。Bernhardsson（2016）は、異なるOSSプロジェクトについて、3.33年の半減期、すなわち、コードの50%しか使用されていないことを明らかにし、その後

3.33年である。しかし、Linuxは6年以上の半減期さえあり、つまり6年後でも50%以上のコードが使われている。しかし、Bernhardsson（2016）は、より最近リリースされたOSSの半減期が著しく低いことも示している。その結果、彼は、最近のプロジェクトではOSSのコードがより速い速度で変化しているようだと推測している。結局、情報の欠落により年率10%の線形減価を仮定し、1年あたりの労力が同じであれば、2018年の労力に5.5を掛ける必要があり、費用対効果は1：10を若干上回ることになります。

これまでは、人件費だけを考えていた。しかし、OSS開発者が使用しているハードウェアのコストも含める必要がある。Eurostat [(http://appsso.eurostat.ec.europa.eu](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/) Annual detailed enterprise statistics for services) によると、2018年のEU加盟国のコンピュータプログラミング分野では、1人当たりの年間投資額は5,000ユーロを若干上回っている。この金額をGitHubの26万人のコントリビューターと掛け合わせると、13億ユーロの投資額に達する。この投資額をコンピュータのハードウェアのみと仮定し、コンピュータのハードウェアの減価償却率を100％とすると、このハードウェアのコストを人件費に足すと、総コストは次のようになる。

2018年には23億ユーロ。ただし、これは最大限の想定である。その結果、費用便益比は1:4をわずかに上回ることになる。

この比率は、Brynjolfsson and Hitt (2003)がコンピュータ化の長期的な貢献の測定値がコンピュータの資本コスト を 5 倍以上大きく上回っていることを示した議論と一致するものである。最近、Jones and Summers (2020)はイノベーションに対する社会的便益の計算を行ったが、それは非常に保守的な仮定で少なくとも4であった。OSSへの貢献もまたイノベーションの一形態として認識できるため、EUの費用便益比を1：4という保守的に計算しても、参照した二つの研究と一致する。

さらなるステップでは、GitHubにおけるオープンソースの開発に関連する取り組みが、Eurostatが提供する従業員あたりの回転率として測定されるEU加盟国ごとのコンピュータプログラミング部門の生産性パフォーマンスにリンクされています。この指標は、Red Hat Enterprise Linux（RHEL）を使用することで、RHEL使用による収益の増加、費用の減少、従業員の生産性の向上に関連する何らかの利点があったかどうかを経営者に尋ねたIDC（2019）によるアプローチを反映しています。その回答者は、3分の1を収益の増加、3分の1を経費の減少、3分の1を生産性の向上と、かなり均等にメリットを分けています。しかし、表示された定量的評価は、収益増加の影響と費用削減の影響にちょうど均等に分かれています。

図 5.4 と図 5.5 を見ると、平均人件費と見かけの労働生産性の両方から、従業員一人あたりの オープンソースへの取り組みが、従業員一人あたりの離職率と正の相関を持っていることがわかる。具体的には、平均人件費で 0.25、見かけの労働生産性で 0.50 の相関が得られている。クロスカントリー・データに基づくこれらの正の相関は、因果関係を示す証拠とはならない。しかし、計量経済学的な時系列分析の結果では、従業員一人当たりの人件費に正の影響があることが明らかになった。

OSS は、GDP や生産性にも影響を与える。したがって、例えばルーマニアで従業員一人当たり 40 ユーロの支出を、フランスやドイツで従業員一人当たり 500 ユーロ近くまで増加させれば、コンピュータプログラマー部門の従業員一人当たりの売上高が、理論上最大で 45 千ユーロから 15 万ユーロ以上に増加し、費用対効果で最大で 200%となる可能性があります。

図5.4：EU加盟国ごとの コンピュータ・プログラミングにおける 従業員1人あたりの努力と平均人件費の掛け算と従業員1人あたりの離職率

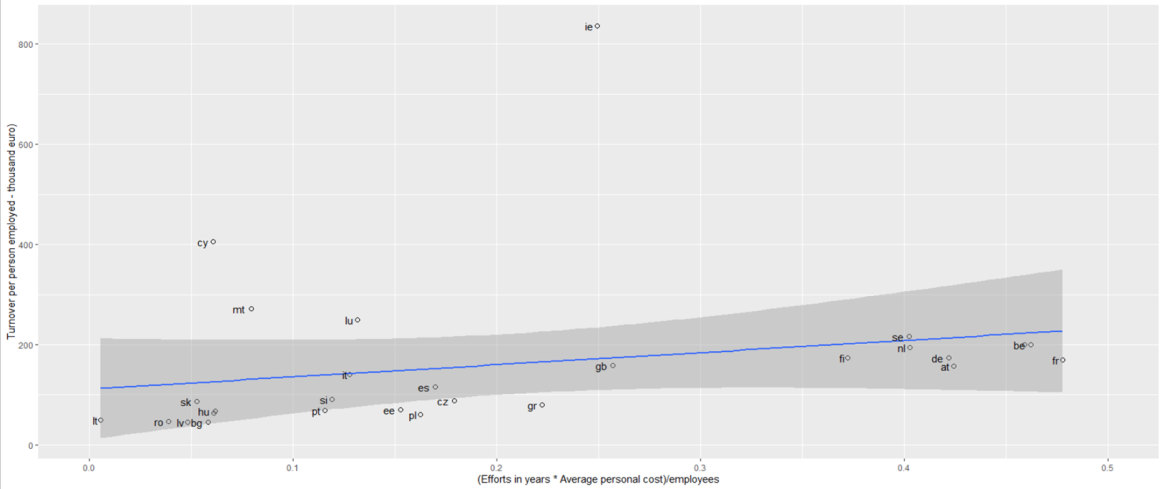
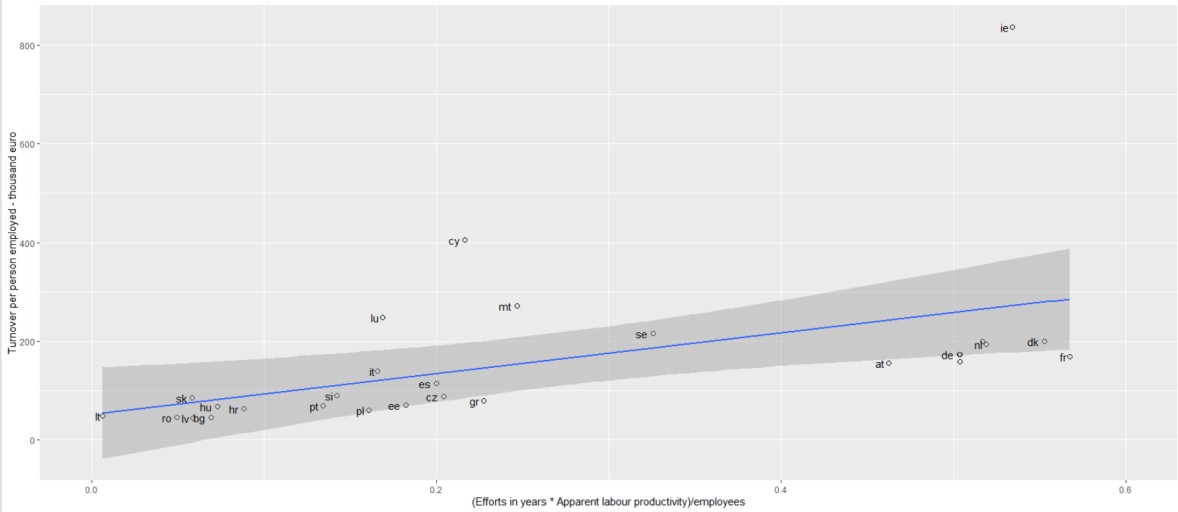


図5.5: EU加盟国ごとのコンピュータ・プログラミングにおける従業員1人当たりの努力と見かけの労働生産性の掛け算と従業員1人当たりの離職率



#### オープンソースソフトウェアに貢献するEU域内企業の特徴

GitHub のコミットや貢献者の国別時系列の構築と補完的に、個々の企業や財団などの組織の GitHub への貢献について調査した。個々の貢献者は必ずしも所属を明らかにしない（つまり、必ずしも所属している組織を名乗らない）ことを意識している。

しかし、貢献者を介して企業を特定することで、少なくとも経済分野ごとの EU における OSS への投資額を把握することができ、企業規模との組み合わせで企業の OSS への投資額を企業規模別に区別することが可能となる。このように、主にコストベースで EU における OSS の経済効果を評価するアプローチは、確かに

は、下限値での数字を生成している。上記の通り、OSSの市場価格を用いたマーケットベースアプローチは、OSSの販売価格が不明であるため、企業から提供される追加情報に基づいてのみ可能である。したがって、OSSに投資している企業やOSSにビジネスモデルを依存している企業の収益も考慮する必要がある。この調査は、特にステークホルダー調査との関連で実施されている。

OSS プロジェクトも含む 10,000 の組織と 10 名以上の貢献者を、欧州企業または欧州に関連会社を持つデータベースとマッチングさせ、GitHub への貢献の分析から開始された。なお、最も活発に貢献している企業は、Microsoft、Google、IBM、ORACLE、Facebookで、いずれも米国に本拠地を置く企業である。この最初のマッチングで、3,000 社以上のマッチングが行われた。OSS プロジェクトや財団法人、大学などの他の種類の組織は、企業データベースとの照合に含まれていない。マッチングの質を高めるために、3,000 の結果を GitHub に掲載されている組織のリストに照合したところ、EU 加盟国に所在する約 2,000 社の企業が見つかりました。最後に、特に大規模な貢献者について、いくつかの手作業によるクリーニングが行われました。例えば、Microsoft のヨーロッパでの所属は、GitHub のアカウント数と Microsoft にリンクされたコミットの両方が、国によって簡単に区別できないため、削除する必要がありました。

まず、以下の図から各社の大まかな特徴がわかる。まず、GitHubの主要な活動企業は、EU加盟国間でかなり広く分布しており、大きなEU加盟国だけに集中しているわけではない。また、売上高や従業員数から見ても、かなり小規模な企業が大半を占めている。最後に、EU加盟国にありGitHubで活動している企業のほぼ半数はIT部門に属しており、これはNagleら（2020）によるLinuxへの貢献者調査でも裏付けられている。様々なサービス部門からいくつかの企業が来る一方で、製造業の数とシェアは、Nagleら(2020)によって調査された貢献者の部門所属によって再び支持される10％未満である。

比較のため、欧州企業データベースAmadeusで "Open Source "に言及している企業を特定した。国別の分布でも、"Open Source "に言及している企業は EU 加盟国から幅広く発見されたが、GitHub への貢献者と比べると、アマデウスではイギリスからの企業の数が相対的に少なく、ドイツ企業のシェアが高いことがわかった。これは、規模分布によっても説明できる。つまり、GitHubで活動している小規模企業のシェアは、Amadeusで「オープンソース」に言及した企業よりもはるかに高い。これは、離職率や従業員クラスに基づいても同様である。その理由は、アマデウスに掲載されている企業が大企業に偏っているためである。しかし、GitHubの主要な貢献者とアマデウスの「オープンソース」に言及した上場企業では、分野ごとの企業分布はむしろ類似している。IT企業のシェアはGitHubのコントリビューターではアマデウスの企業よりも45%近く低く、これもアマデウスに掲載されている企業の規模が大きい方に偏っていることで説明できる。全体として、GitHub を介して特定された企業は、オープンソースに貢献している企業の現実的なイメージを若干良く表しており、さらなる分析ステップのために使用することが正当化されます。

図5.6: EU加盟国ごとのGitHubに貢献している企業数(n=1763)

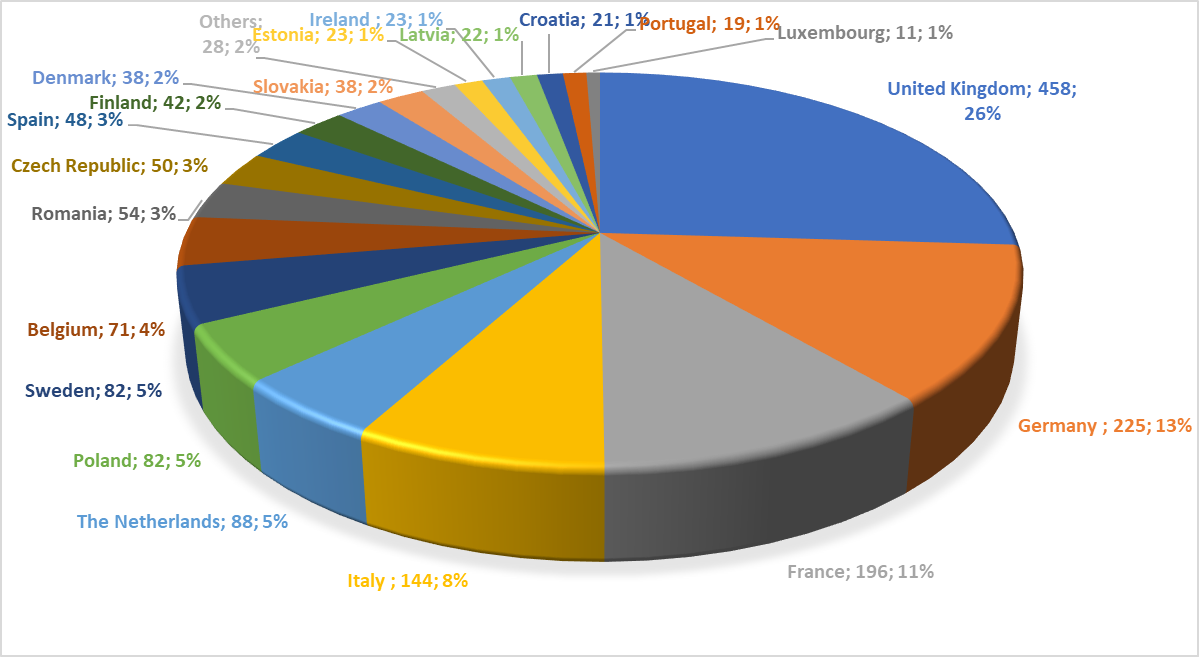


図 5.7：Amadeus でオープンソースに言及している EU 加盟国ごとの掲載 企業数（n=895）（出典: Amadeus）

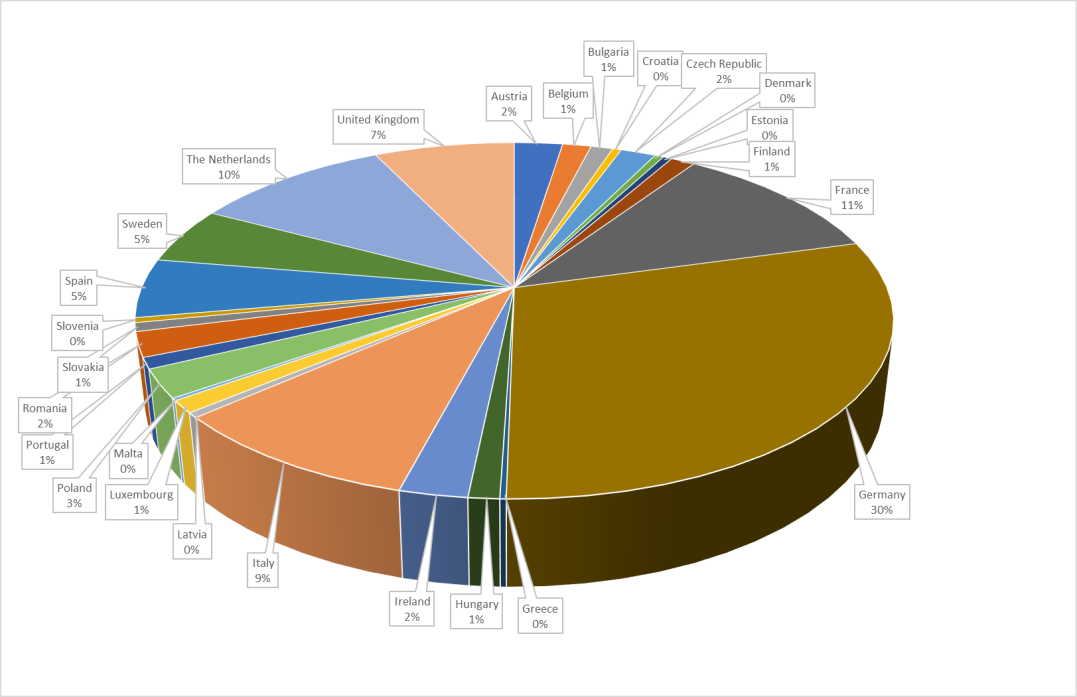


図5.8: EU加盟国におけるGitHubに貢献している企業のターンオーバー・クラスごとのシェア（n = 1763）

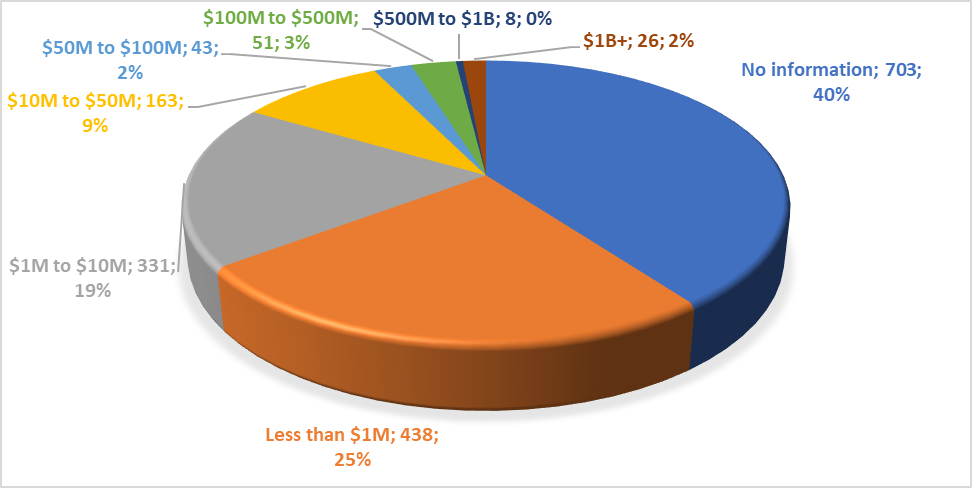


図 5. 9：Amadeus でオープンソースに言及している上場企業のターンオーバークラスごとのシェア（n=703）（出典：Amadeus）

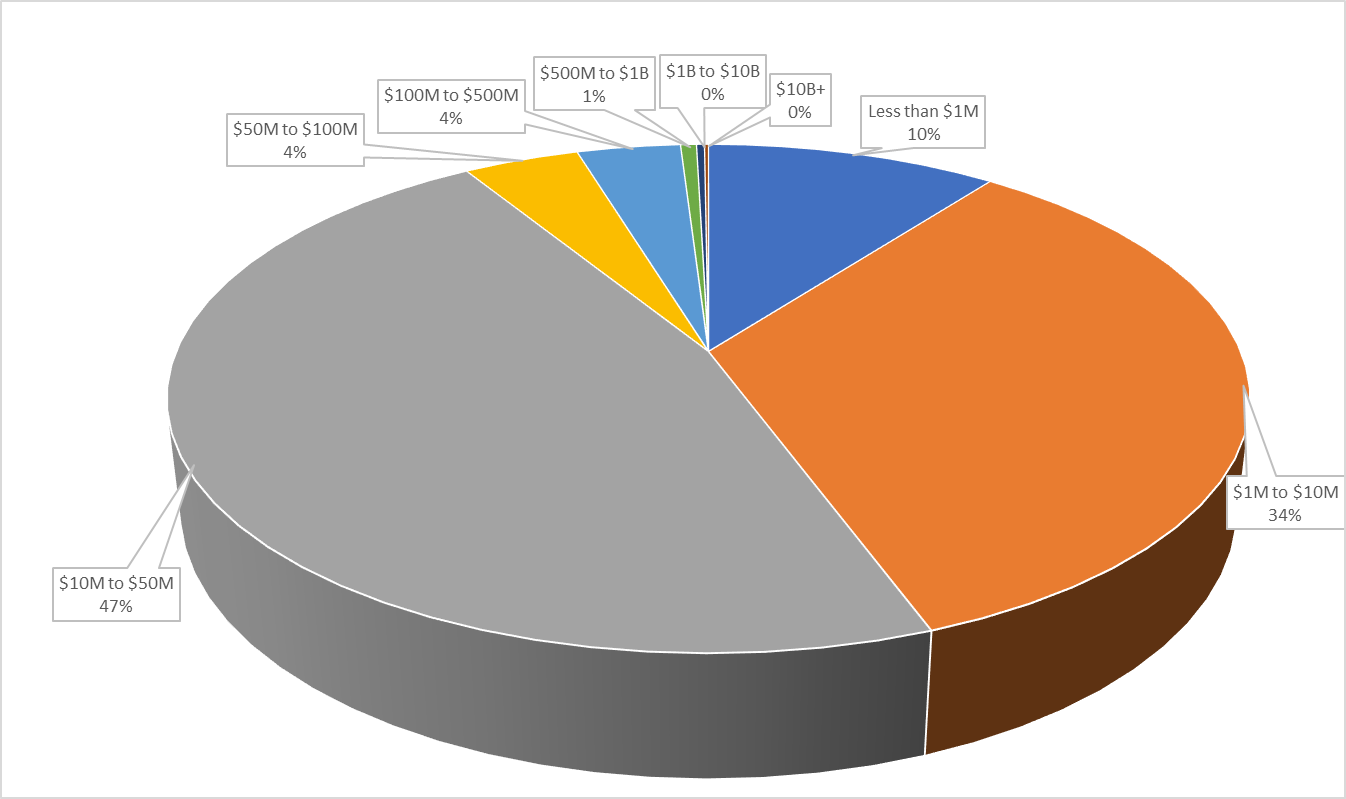


図5.10:EU加盟国におけるGitHubに貢献する企業の従業員階層別 シェア(n=1763)

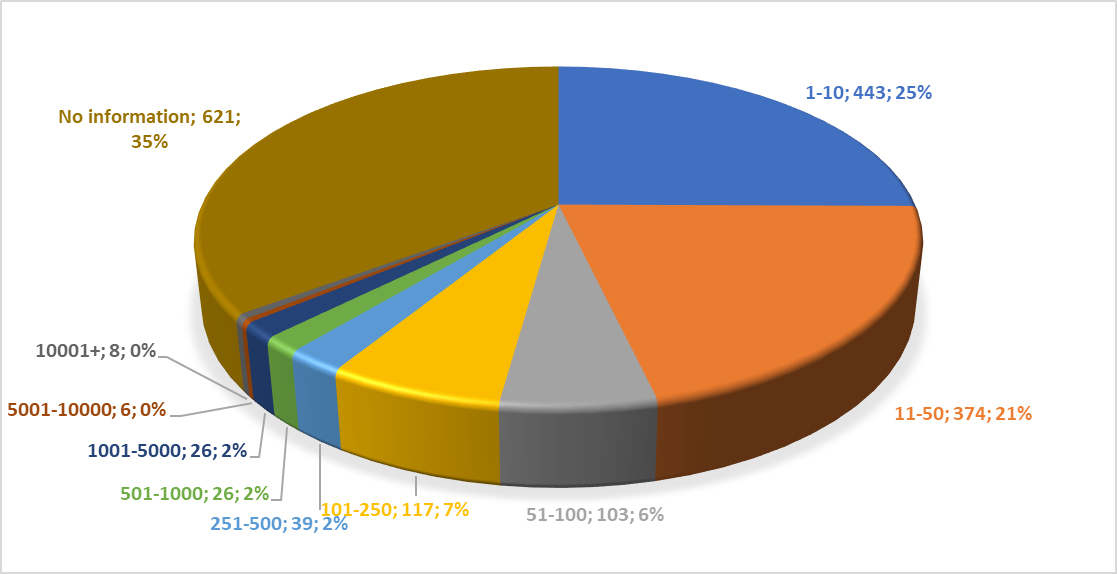


図 5.11: アマデウスに掲載されている企業のうち、従業員クラスごとにオープンソースに言及している企業の割合（n = 972）（出典：アマデウス）

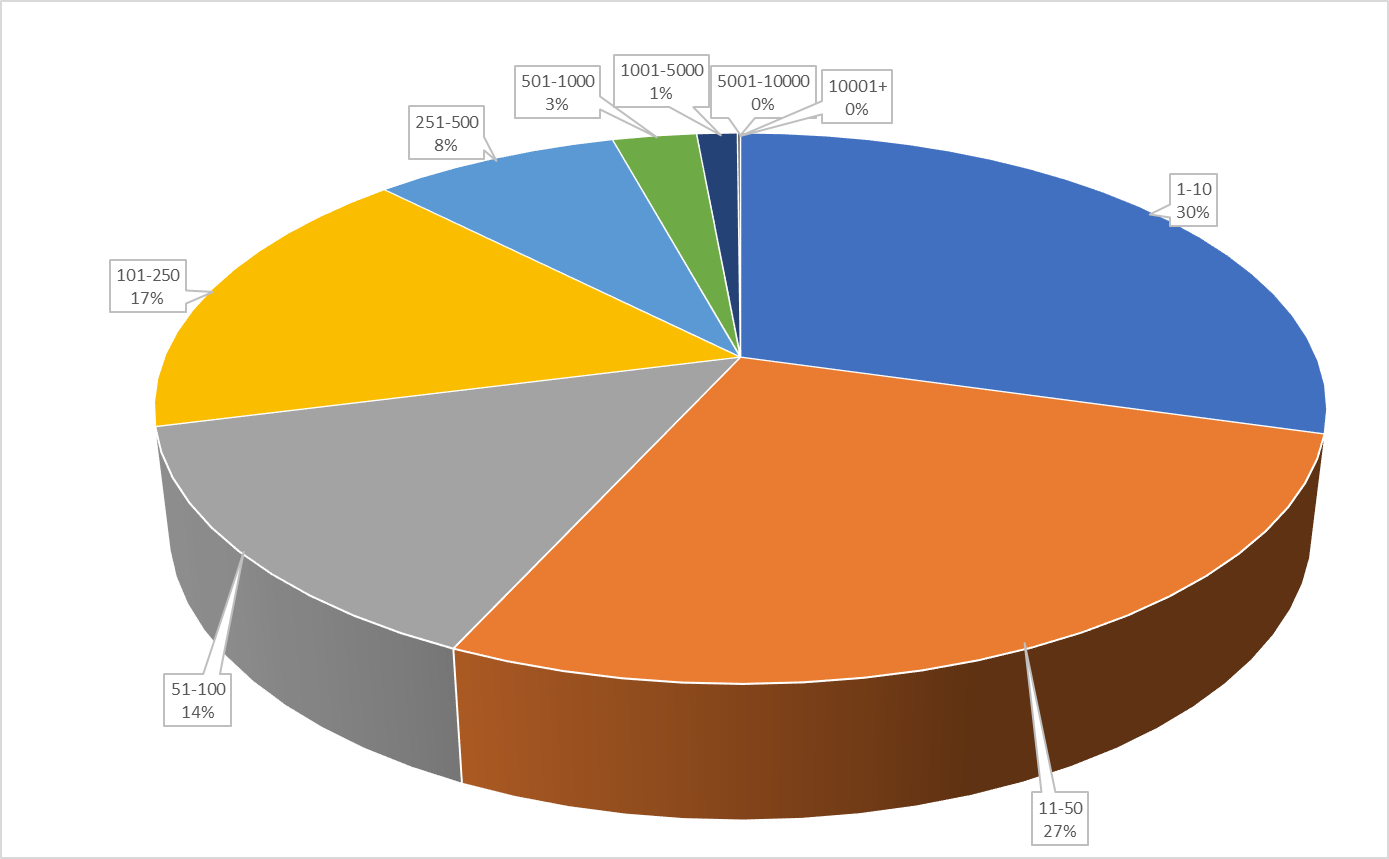
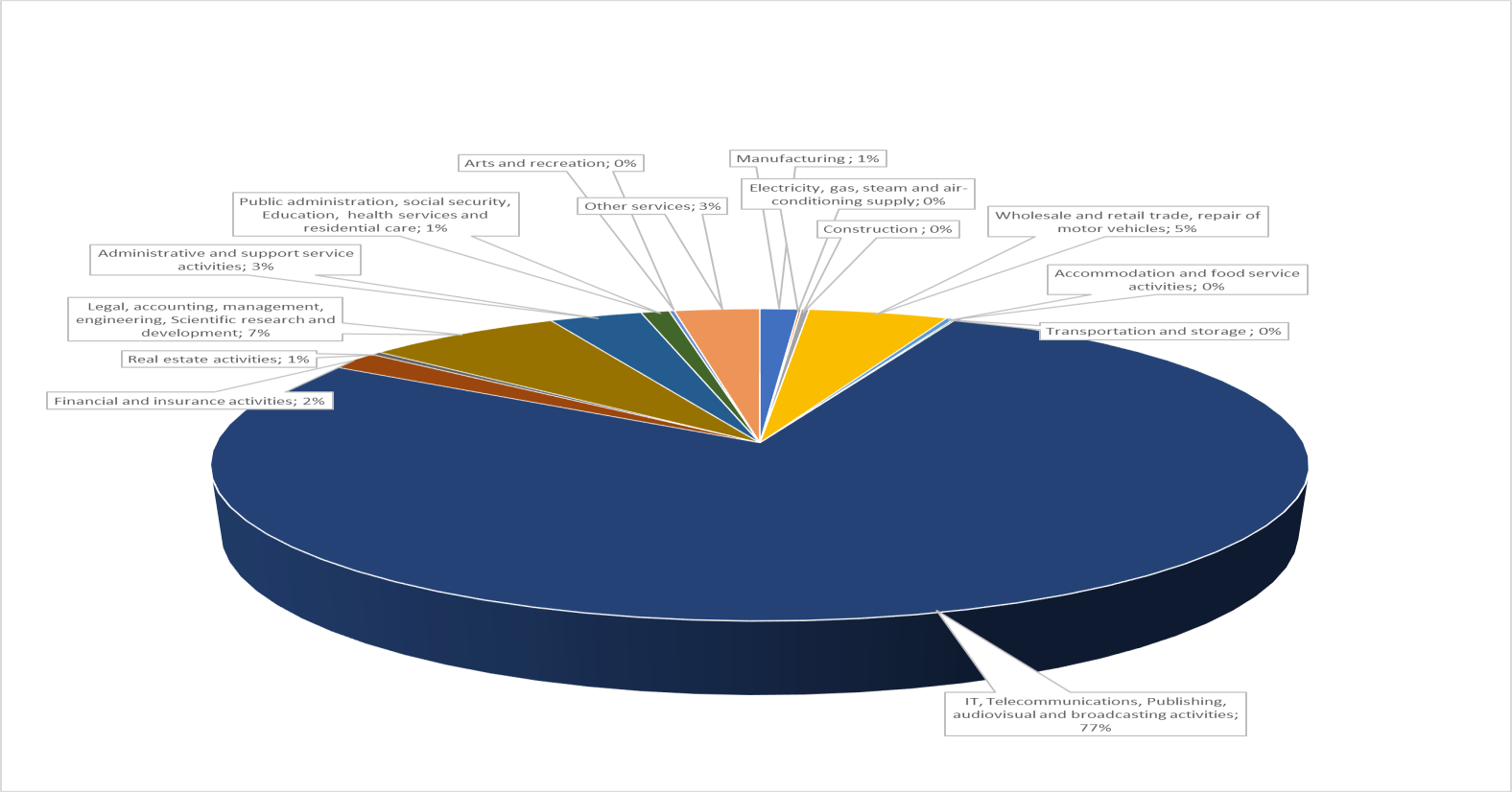


図5.12: EU加盟国におけるGitHubに貢献する企業の分野別シェア(n=1763)



図 5.13: アマデウスに掲載されている企業のうち、オープンソースについて言及している企業の分野別シェア（n = 1151）（出典：アマデウス）



#### オープンソースソフトウェアに対するEU域内企業の貢献度

EU 加盟国レベルでの貢献者数や GitHub へのコミット数による OSS への取り組みの判断に加え、EU 加盟国のいずれかに所在する主要な貢献企業の投資をミクロレベルで分析した。これは、前章の EU 加盟国レベルでの貢献の分析を補完するものである。

このサンプルは、2018年にGitHubで最もアクティブな企業をコントリビューター数で表したもので、コントリビューターの12%以上、つまり26万人のうち3万人以上、さらにはコミットのほぼ1/3以上、つまり300万人のうち100万人を担っているのです。この関係は、上位10,000の組織に注目していることから、理にかなっています。

は、アカウント数が最も多く、その規模から、またスケールメリットにより、アカウントあたりのコミット数をより多くGitHubに提出する可能性が高いです。最後に、これらの企業は100万人を少し超える従業員を雇用しており、これはEUのコンピュータプログラミング部門の全従業員の約3分の1にあたる。ちなみに、2005年にOSSに最も貢献している企業のグローバルサンプルは、50万人強の従業員を雇用し、2630億ユーロの収益をあげている(Ghosh 2006)。したがって、このサンプルは EU 加盟国の OSS 貢献企業、特に GitHub の代表的なサンプルであると言える。しかし、これらの企業による EU からのコミットの約 3 分の 1 という高いシェアは、OSS へのコード寄稿に積極的な企業に偏りがあることを示唆している。このように企業をベースにした分析を行うことで、企業の規模や活躍する分野によって、さらにOSSに投入される努力や関連コストを差別化することができる。

全体として、OSS に積極的に参加している企業のうち、小規模な企業の割合が高いことが確認された。従業員数で規模を区別すると、より強固なパターンが見出せる。OSS に参加している企業の規模が小さいほど、GitHub に登録されているコントリビューターの数が多く、コミット数も多く、労力も多く投入されている。従業員数が 10 名未満の企業では、従業員よりも貢献者の方が多い。これは、これらの零細企業では、従業員一人当たり複数のアカウントを持っていることから説明できる。ただし、アマデウスの雇用データは必ずしも最新のものではない可能性があります。全体として、従業員数50人までの企業は、サンプル内のGitHubの貢献者やアカウントのほぼ半分を担っています。

一社当たりの投稿者数は、従業員数千人以上の会社から、企業規模に応じてわずかに増加しているに過ぎない。上位企業全体では、1社あたりの投稿者数は平均20人をやや下回っている。従業員一人当たりの投稿者数を見ると、企業規模が大きくなるにつれて明らかに減少する傾向が見られるが、これは全く理にかなっている。サンプル企業の従業員のうち、GitHub で OSS に貢献しているのは合計で 2.7%である。この値は、EU加盟国レベルのコンピュータプログラミング分野の従業員に関する8％よりも低く、GitHubに貢献している他の分野の従業員は考慮されていない。

第二段階として、GitHub へのコミットは、貢献者数とは対照的に実際の努力を反映しているため、サンプル内の企業が提供したコミットも調査しています。しかし、ほぼ半数のコミットは従業員数50人以下の企業によって提供されている。企業あたりのコミット数は、超大企業を除くほとんどの規模クラスで5,000件前後となっています。ここでも、従業員一人当たりのコミット数は、従業員数の増加とともに急激に減少している。サンプルの従業員が2018年に貢献したコミットは平均で8件であり、これは再びコンピュータ・プログラミング部門のみを考慮したEUレベルの人数ベースの10件よりわずかに少ない。

表5.39:2018 年に企業規模で差別化したサンプル企業におけるGitHubへの貢献者数

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| サイズクラス | 会社数 | 従業員数 (合計) | 2018年の寄稿者 | 投稿者/会社名 | 貢献者・社員 |
| 1-10 | 474 | 1,611 | 7,891 | 17.813 | 4.898 |
| 11-50 | 381 | 9,885 | 6,319 | 16.896 | 0.639 |
| 51-100 | 104 | 7,656 | 2,196 | 21.320 | 0.287 |
| 101-250 | 119 | 18,044 | 2,442 | 20.872 | 0.135 |
| 251-500 | 39 | 13,750 | 1,030 | 26.410 | 0.075 |
| 501-1,000 | 27 | 17,757 | 554 | 21.308 | 0.031 |
| 1,001-5,000 | 26 | 54,246 | 1,052 | 40.462 | 0.019 |
| 5,001-  10,000 | 6 | 44,252 | 90 | 15.000 | 0.002 |
| 10,001+ | 8 | 978,315 | 554 | 69.250 | 0.001 |
| 情報なし | 623 |  | 9,130 | 14.702 |  |
| 合計 | 1,763 | 1,145,516 | 31,258 | 17.730 | 0.027 |

表 5.40: 2018 年に企業規模で差別化したサンプル企業の GitHub へのコミットメント

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| サイズクラス | 会社数 | 従業員数 (合計) | コミットメント 2018年 | コミット／会社 | コミット／社員 |
| 1-10 | 474 | 1,611 | 2,366,997 | 5,343.108 | 1,469.272 |
| 11-50 | 381 | 9,885 | 2,243,612 | 5,998.963 | 226.971 |
| 51-100 | 104 | 7,656 | 799,523 | 7,762.359 | 104.431 |
| 101-250 | 119 | 18,044 | 496,543 | 4,243.957 | 27.518 |
| 251-500 | 39 | 13,750 | 212,334 | 5,444.462 | 15.442 |
| 501-1,000 | 27 | 17,757 | 91,351 | 3,513.500 | 5.145 |
| 1,001-5,000 | 26 | 54,246 | 255,810 | 9,838.846 | 4.716 |
| 5,001-10,000 | 6 | 44,252 | 27,787 | 4,631.167 | 0.628 |
| 10,001+ | 8 | 978,315 | 74,876 | 9,359.500 | 0.077 |
| 情報なし | 623 |  | 2,997,579 | 4,827.019 |  |
| 合計 | 1,763 | 1,145,516 | 9,566,412 | 5,426.212 | 8.351 |

最後に、1コミットあたりのコード行数が一般的に1行であるというNagle（2019a）に従い、コミットは1行のみであると仮定して、サンプル内の各企業がコードを書くために必要な工数を算出した。 算出された工数はコミット数と高い相関があるため、同じパターンが見出された。工数は人月で測定されるため、零細企業ではOSSへの貢献に割かれる時間の割合が高いことが観察される。従業員数 11 名～100 名の企業を対象とした場合、フルタイム従業員の 5%が OSS に時間を割いている。

出典サンプル全体では0.3％以下、EUレベルの分析でも0.5％以下であり、これはコンピュータ・プログラミングの従業員のみを参照とした場合である。さらに、このサンプルは、テレフォニカやSAPなど、かなり大規模な企業で構成されていることが特徴です。

表5.41:2018年に企業規模で 区別したサンプル企業におけるGitHubへのコミットに対して費やした年数での労力

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| サイズクラス | 会社数 | 従業員数 (合計) | 2018年の取り組み | 取り組み・会社 | 努力／社員 |
| 1-10 | 474 | 1611 | 807.871 | 1.82364 | 0.50147 |
| 11-50 | 381 | 9885 | 758.727 | 2.02868 | 0.07676 |
| 51-100 | 104 | 7656 | 288.289 | 2.79893 | 0.03766 |
| 101-250 | 119 | 18044 | 153.908 | 1.31545 | 0.00853 |
| 251-500 | 39 | 13750 | 69.074 | 1.77112 | 0.00502 |
| 501-1,000 | 27 | 17757 | 27.229 | 1.04726 | 0.00153 |
| 1,001-5,000 | 26 | 54246 | 85.601 | 3.29233 | 0.00158 |
| 5,001-10,000 | 6 | 44252 | 8.580 | 1.42992 | 0.00019 |
| 10,001+ | 8 | 978315 | 24.672 | 3.08402 | 0.00003 |
| 情報なし | 623 |  | 989.273 | 1.59303 |  |
| 合計 | 1,763 | 1,145,516 | 3213.224 | 1.82259 | 0.00281 |

GitHub に貢献している企業のサンプルを企業規模別に分析した後、NACE 2 に従ってセクター別に区別した。 グループ内の企業数を十分に確保するために、いくつかのセクターを一緒にしている。まず、「情報・通信」では、貢献者の半数近くを占める企業もあり、次いで専門的、科学的、技術的活動を行う企業となっている。また、卸売・小売業や金融業も活発で、製造業は全体の10%未満である。全体として、1社当たりの貢献者数は、各業種とも平均17人と、ほぼ同じである。

表 5.42: 2018 年に業種別に分化した企業サンプルにおける GitHub への貢献者数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| セクター (NACE 2) | 会社数 | 2018年の寄稿者 | 寄稿者・会社 |
| 農業、林業、漁業、鉱業、そして  採石 | 9 | 188 | 20.89 |
| 製造 | 103 | 1,950 | 18.93 |
| 電気・ガス・蒸気・空調の供給、水の供給、下水道、廃棄物管理および修復活動。  建設 | 51 | 1,609 | 31.55 |
| 卸売業、小売業、自動車修理業  四輪車・二輪車 | 170 | 2,761 | 16.24 |
| 輸送・保管 | 28 | 422 | 15.07 |
| 宿泊・飲食サービス業 | 36 | 651 | 18.08 |
| 情報・通信 | 769 | 13,758 | 17.89 |
| 金融・保険業、不動産業  財産活動 | 132 | 2,837 | 21.49 |
| プロフェッショナル、サイエンス、テクニカル  活動 | 217 | 3,656 | 16.85 |
| 行政・防衛、強制社会保障 | 107 | 1,711 | 15.99 |
| その他の分野 | 91 | 1,216 | 13.36 |
| 情報なし | 50 | 754 | 15.08 |
| 合計 | 1,763 | 31,513 | 17.87 |

部門間のコミット数の分布は、貢献者に基づくパターンと非常によく似ている。1 社あたりの平均コミット数は約 5,000 件で、これも業種間でほぼ同じですが、製造業ではほぼ 1 万件となっています。

最後に、企業別の労力を分析すると、コミット数から同じパターンが見えてくる。サンプルのある平均的な企業は、2018年にほぼ2人分のフルタイムを投資してGitHubへの貢献を行っています。

表5.43: 2018年に業種で差別化した企業サンプルのGitHubへのコミット数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| セクター (NACE 2) | 会社数 | 2018年のコミットメント | コミット／会社 |
| 農業、林業、漁業、鉱業、そして  採石 | 9 | 61,964 | 6,884.89 |
| 製造 | 103 | 975,009 | 9,466.11 |
| 電気・ガス・蒸気・空調の供給、水の供給、下水道、廃棄物管理および修復活動。  建設 | 51 | 279,428 | 5,478.98 |
| 卸売業、小売業、自動車修理業  四輪車・二輪車 | 170 | 856,182 | 5,036.36 |
| 輸送・保管 | 28 | 157,886 | 5,638.79 |
| 宿泊・飲食サービス業 | 36 | 162,710 | 4,519.72 |
| 情報・通信 | 769 | 3,846,231 | 5,001.60 |
| 金融・保険業、不動産業  財産活動 | 132 | 1,147,348 | 8,692.03 |
| プロフェッショナル、サイエンス、テクニカル  活動 | 217 | 1,280,853 | 5,902.55 |
| 行政・防衛、強制社会保障 | 107 | 494,598 | 4,622.41 |
| その他 | 91 | 194,893 | 2,141.68 |
| 情報なし | 50 | 270,140 | 5,402.80 |
| 合計 | 1763 | 9,727,242 | 5,517.44 |

表 5.44: 2018年に業種で差別化した企業サンプルにおけるGitHubへの取り組み年数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| セクター (NACE 2) | 会社数 | 2018年の取り組み | 取り組み・会社 |
| 農業、林業、漁業、鉱業、そして  採石 | 9 | 19.6 | 2.18 |
| 製造 | 103 | 347.0 | 3.37 |
| 電気・ガス・蒸気・空調の供給、水の供給、下水道、廃棄物管理および修復活動。  建設 | 51 | 93.1 | 1.83 |
| 卸売業、小売業、自動車修理業  四輪車・二輪車 | 170 | 270.5 | 1.59 |
| 輸送・保管 | 28 | 49.1 | 1.75 |
| 宿泊・飲食サービス業 | 36 | 50.3 | 1.40 |
| 情報・通信 | 769 | 1269.1 | 1.65 |
| 金融・保険業、不動産業  財産活動 | 132 | 415.6 | 3.15 |
| プロフェッショナル、サイエンス、テクニカル  活動 | 217 | 442.5 | 2.04 |
| 行政・防衛、強制社会保障 | 107 | 154.5 | 1.44 |
| その他 | 91 | 55.3 | 0.61 |
| 情報なし | 50 | 95.7 | 1.91 |
| 合計 | 1763 | 3262.3 | 1.85 |

最後に、「情報・通信」分野の企業に焦点を当て、企業規模別に分析した。全体として、全企業と同じパターンが見受けられる。詳細には、零細企業や小規模企業が、貢献者やコミットメントの大きな割合を占めている。このような小規模企業への偏りは、サンプル全体でも、情報・通信業に従事する企業のサブサンプルでも検出することができる。

しかし、情報通信部門に焦点を当てたことで、コンピュータプログラミング部門を参照した EU 加盟国レベ ルの分析との比較が可能となった。EU レベルでは、コンピュータプログラミング分野の従業員数を参考にすると、8%の従業員が OSS に貢献し ている。情報通信分野の最も活発な企業のサブサンプルでは、その値は 6%をわずかに上回っている。しかし、社員一人当たりのコミット数は、マクロレベルでは 10 を若干下回るが、最も活発な企業のサンプルでは 16 であり、GitHub へのコード貢献への強い関与が伺える。18 従業員一人当たりの労力もほぼ同じであり、トップダウンとボトムアップの両方のアプローチでほぼ同じ結果になるため、このアプローチの有効性を裏付けている。

18 コミット数に基づく比率と COCOMO II を使用した場合の労力の差は、非線形な労力関数、すなわち、コード行数またはコミット数が多いほど、平均的にコーディングの複雑さが増すために必要な労力が高くなることによって説明することができる。

全体として、このコストベースの分析により、EU加盟国別のOSSへの投資パターンが明らかになっただけでなく、GitHubの最も活発な貢献者のサンプルをもとに、分野別、企業規模別の投資パターンも明らかになった。

表5.45:2018年に 企業規模で差別化された情報通信分野の企業のサブサンプルにおけるGitHubへの貢献者

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| サイズクラス | 会社数 | 従業員数 (合計) | 2018年の寄稿者 | 投稿者/会社名 | 貢献者・社員 |
| 1-10 | 157 | 644 | 1,081 | 6.89 | 1.679 |
| 11-50 | 217 | 5,931 | 3,474 | 16.01 | 0.586 |
| 51-100 | 66 | 4,807 | 1,548 | 23.45 | 0.322 |
| 101-250 | 72 | 11,361 | 1,426 | 19.81 | 0.126 |
| 251-500 | 18 | 6,500 | 432 | 24.00 | 0.066 |
| 501-1,000 | 12 | 7,980 | 283 | 23.58 | 0.035 |
| 1,001-5,000 | 13 | 27,300 | 802 | 61.69 | 0.029 |
| 5,001-  10,000 | 2 | 12,281 | 21 | 10.50 | 0.002 |
| 10,001+ | 3 | 120,287 | 92 | 30.67 | 0.001 |
| 情報なし | 209 |  | 2,881 | 13.78 |  |
| 合計 | 769 | 197,091 | 12,040 | 15.66 | 0.061 |

表 5.46: 2018 年に企業規模によって区別された情報通信分野の企業のサブサンプルにおける GitHub へのコミットメント

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| サイズクラス | 会社数 | 従業員数 (合計) | コミットメント 2018年 | コミット／会社 | コミット／社員 |
| 1-10 | 157 | 644 | 331,125 | 2,109.08 | 514.17 |
| 11-50 | 217 | 5,931 | 977,426 | 4,504.27 | 164.80 |
| 51-100 | 66 | 4,807 | 621,889 | 9,422.56 | 129.37 |
| 101-250 | 72 | 11,361 | 306,496 | 4,256.89 | 26.98 |
| 251-500 | 18 | 6,500 | 124,817 | 6,934.28 | 19.20 |
| 501-1,000 | 12 | 7,980 | 42,389 | 3,532.42 | 5.31 |
| 1,001-5,000 | 13 | 27,300 | 160,985 | 12,383.46 | 5.90 |
| 5,001-10,000 | 2 | 12,281 | 2,048 | 1,024.00 | 0.17 |
| 10,001+ | 3 | 120,287 | 18,260 | 6,086.67 | 0.15 |
| 情報なし | 209 |  | 775,073 | 3,708.48 |  |
| 合計 | 769 | 197,091 | 3,360,508 | 4,369.97 | 17.05 |

表 5.47: 2018 年に企業規模によって区別された情報通信分野の企業のサブサンプルにおける GitHub へのコミットに費やした年数での労力

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| サイズクラス | 会社数 | 従業員数 (合計) | 2018年の取り組み | 取り組み・会社 | 努力／社員 |
| 1-10 | 157 | 644 | 122.16 | 0.78 | 0.18968 |
| 11-50 | 217 | 5,931 | 315.95 | 1.46 | 0.05327 |
| 51-100 | 66 | 4,807 | 233.20 | 3.53 | 0.04851 |
| 101-250 | 72 | 11,361 | 94.09 | 1.31 | 0.00828 |
| 251-500 | 18 | 6,500 | 42.27 | 2.35 | 0.00650 |
| 501-1,000 | 12 | 7,980 | 12.66 | 1.06 | 0.00159 |
| 1,001-5,000 | 13 | 27,300 | 56.05 | 4.31 | 0.00205 |
| 5,001-10,000 | 2 | 12,281 | 0.54 | 0.27 | 0.00004 |
| 10,001+ | 3 | 120,287 | 5.74 | 1.91 | 0.00005 |
| 情報なし | 209 |  | 237.57 | 1.14 |  |
| 合計 | 769 | 197,091 | 882.66 | 1.46 | 0.00448 |

#### 企業のオープンソースソフトウェアへの投資と売上高の相関関係

EU 加盟国レベルでの OSS 投資関連コストの分析では、コンピュータプログラミング分野の従業員一人当 たり離職率と正の相関があることが明らかになった。この正の相関を EU 加盟国レベルで検証するために、必ずしも因果関係ではないが、個別企業の OSS 投資に関連するコストを総売上高と従業員一人当たりの売上高にリンクさせた。特に後者は、IDC（2019）やNagle（2018）がLinuxについて提示したように、コスト削減効果と収益向上効果の両方をカバーするOSSの便益を示す指標である。

まず、企業あたりの貢献者数またはコミット数と、従業員あたりの離職率または回転率の間には、有意な正の相関が見いだせない。そこで、第二段階として、従業員数（Empl）、業種、国を基準とした企業規模を対数化したすべての変数を用いた単純な多変量モデルで制御する。

このアプローチにより、企業の営業収入を従属変数とした場合、次のような結果が得られた。3 つのコスト変数すべてにおいて、正の関係が観察される。しかし、GitHub への貢献者数に関する係数のみが有意であり、コミット数や関連する努力は有意ではない。資本金など他の説明変数が欠落していることや、時系列の欠落や識別戦略が明確でないため、因果関係を主張できないことは認めます。しかし、EU 加盟国レベルで既に明らかにされている OSS への投資と GDP で測定される生産高との正の連 関は確認することができる。したがって、マクロレベルで見出されたこの正のリンクは、Nagle（2018）がすでに示したように、ミクロレベルでも存在すると想定できる。

対数を用いているため、0.158 という係数は弾性値として解釈できる。非常に単純な仮定ではあるが、貢献者数が 1%増加すると、企業の売上高は 0.158%増加する。貢献者ベースのマクロ経済モデルにおける弾力性は 0.064 であり、欧州加盟国の OSS 貢献者数が 1%増加すると、GDP は 0.158%増加する。

は0.064%増加する。全体として、企業のミクロレベルの売上高とEU加盟国のGDPの両方に対して、同様の範囲の影響が観察される。

表5.48:回帰分析の結果

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| (1) | | (2) | (3) |
| バリアブル | | | |
| lnContributors  lnCommits | 0.158\*\*\* (0.0492) | 0.0207 |  |
| lnEffort |  | (0.0282) | 0.0190 |
| lEmployment | 0.997\*\*\* | 1.015\*\*\* | (0.0263)  1.015\*\*\* |
| セクターダミー | (0.0258)  はい | (0.0260)  はい | (0.0260)  はい |
| 国別ダミー | はい | はい | はい |
| 観察記録 | 744 | 731 | 731 |
| R二乗 | 0.849 | 0.849 | 0.849 |
| N | 744 | 731 | 731 |
| R2 | 0.849 | 0.849 | 0.849 |
| 対数尤度 | -1097 | -1082 | -1082 |

括弧内はロバスト標準誤差

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

この回帰分析では、従業員一人当たりの離職率を従属変数とした回帰分析も行った。しかし、このアプローチでは、有意な結果は得られなかった。

#### コストベース影響度分析の概要

まとめると、2018年にGitHubで最もアクティブな組織である欧州企業のサンプルの分析は、加盟国レベルに基づく分析を補完し、いくつかの追加的な洞察を明らかにするものである。まず、企業のOSSへの関与は、コントリビューター数、コミット数、取り組み数に基づいて定量化することができます。サンプルに含まれる企業を規模別に分類すると、企業の規模が小さいほど、オープンソースへの投資額が相対的に高くなることがわかります。これは重要な洞察であり、政策的含意の導出に関連するものです。第二に、企業を部門別に分類することで、情報通信部門の支配的な役割を確認する一方、その他の部門、例えば専門的、科学的、技術的活動を行う企業の関連性を明らかにすることができます。製造業におけるオープンソースへの貢献に対する企業の実際の関与は、明らかにまだ拡大の余地を残しています。しかし、その関与の度合いは、部門間でそれほど大きな違いはありません。企業規模の偏りは、全分野で顕著なパターンであり、また、情報通信分野で活動する企業だけをみても同様です。

最後に、EU 加盟国のマクロレベルでは、OSS への投資と企業の従業員一人当たりの売上高には正の相関があ ることがわかった。この比率は、OSS への貢献や利用による人件費削減効果と収益向上効果の両方を包含している。サンプル企業のレベルでは、GitHub への貢献者数と企業の離職率の間に有意な正の関係があることだけが明らかになったが、コミット数および関連する労力に依存した場合はそうではない。また、従業員一人当たりの離職率には正の相関がない。

は，ミクロレベルでは，貢献者数，コミット数，労力など，どの指標とも相関がある．

このアプローチにより、コストの観点からは新しく強固な洞察が得られたが、OSS に貢献し利用す ることの利点は、利用可能なデータでは十分にカバーされていない。そこで、今回のステークホルダー調査には、OSS や OSH の性質や市場規模、関連するビジネスモデ ルに関する質問も含まれており、データに基づくアプローチで得られた知見の補完と検証に貢献し ている。特に、OSS に基づく収益に関する追加情報は、より重要であるが、すぐに収益を生まないその他の便益に ついても、便益の定量化を解釈し、これまでに明らかになった費用便益比率を確認することを可能にしている。

## 経済効果 分析の概要

OSS の経済効果に関する分析は、まず OSS コードの生産と在庫、特にその利用、影響、便益に関す るデータが限られているという課題に直面する。そのため、OSS コードの生産に関する利用可能なデータ に焦点を当てることにした。先行研究によれば、OSS コードの生産者は、OSS コードを積極的に利用していることが推測される。さらに、OSS に積極的に貢献している企業の生産性に関連する利益などは、他者が作成した OSS コードを単に使用している企業よりも有意に高い（例：Hecht 2020）。したがって、OSS開発への投資コストは、収益や生産性の向上などのメリットでカバーされるだけでなく、それを大きく上回ることが予想される。

最初のステップでは、OSS への貢献と投資が様々なインパクトの次元に及ぼす影響を特定するた めに、EU 加盟国およびその他の関連する OSS アクティブ国に基づいてマクロ経済時系列モデルを構築し た。まず、EU の GDP に与える影響から始め、加盟国による貢献が大きく影響していることを見出した。最終的に、GDP への影響は、以下の範囲に定量化することが可能である。

2018年には600億ユーロと950億ユーロ。補完的に、EU加盟国内の労働生産性は、グローバルなOSSコードのプールの恩恵を受けるだけでなく、GitHubへの各国からの貢献もあるのです。

輸出または付加価値貿易によって測定される国際競争力だけでなく、国の経済の複雑さ、すなわち輸出ポートフォリオの多様性と複雑さは、OSSへの国の貢献によって強化されますが、OSSのグローバルプールが輸出パフォーマンスに挑戦しています。

OSS と各種指標で測定されるイノベーションの関連性は、かなり弱い。インクリメンタルイノベーションの一形態であるOSSコードへの頻繁な限界貢献は、例えば特許取得に必要なラディカルイノベーションに結びつけることは困難である。しかし、OSSは情報技術分野のスタートアップ企業の原動力となっている。ライトら（2020）による180カ国以上を対象としたモデルの結果によれば、EU加盟国によるGitHubへのコミットが10％増加すると、EU域内の情報技術分野のスタートアップが1000社近く追加で発生することになる。最後に、OSS への貢献が一般的な雇用、特に IT 分野の雇用に与える強固な正の影響は見られず、これは OSS が追加従業員を必要とする追加収益を生むだけでなく、自身のソフトウェア開発者を救うという両義的効果により説明できる。

全体として、OSSは、主に生産性と競争力にプラスの影響を与え、成長を促進していることが観察される。しかし、OSSとイノベーションの関係は、Wrightら(2020)が明らかにしたスタートアップ企業創出へのポジティブな影響を除いては、どちらかといえば両義的である。最後に、OSSは必ずしも雇用を増加させる直接的なドライバーではなく、生産性、ひいては競争力へのプラスの効果を介して間接的に作用しているに過ぎない。

これは、OSS の市場価格が存在せず、OSS に基づいて生み出された企業の収益に関するデータ が入手できないためである。

まず、EU 加盟国のマクロ経済レベルからスタートし、OSS に関する取り組みを定量化する。その努力は、最終的にマクロ経済分析の結果、すなわち EU における OSS の GDP への貢献度に結びつけられる。その結果、EU のコストと便益、すなわち追加的な GDP の比率の範囲を決定することができる。

次に、EU 加盟国の中で最も OSS に積極的な貢献をしている企業について、彼らが OSS に投じた努力量を算出している。加盟国のコスト計算を補完するために、このミクロ経済学的な企業ベースの分析により、企業規模別、セクター別の企業の OSS への投資に関する洞察が明らかにされた。特に、非常に活発な零細企業がGitHubへの貢献の大きな割合を占めていることが強調されている。さらに、投資の約半分は情報通信セクターの企業によるものである。残りの半分は、サービス業や製造業が占めている。このように非常に活発な企業の投資を、業績、すなわち売上高や従業員一人当たりの売上高と結びつけて、利益面にも対応させたが、大きな関係は見出せなかった。最後に、マクロ経済ベースのアプローチとミクロ経済ベースのアプローチでコストを比較したところ、かなり一貫した結果が得られ、我々のアプローチ全般を確認することができた。

しかし、マクロ経済学的分析とコスト重視の分析には、まだいくつかのギャップやミッシングリンクが見ら れる。したがって、一般的な OSS のメリットと、特に企業が OSS に基づいて生み出す収益について、ステークホルダー調査からさらなる知見が得られている。Linux Foundation の Core Infrastructure Initiative (CII) とハーバード大学の Laboratory for Innovation Science (LISH) が実施した調査の結果をさらに利用することができる。これら2つの調査だけでなく、他の調査の結果も、一般的な影響に関する我々の知見、特にこれまでに判明した費用対効果比を検証するのに役立っている。

## オープンソースハードウェア企業

#### はじめに

OSS に取り組んでいる企業に関する時系列を含む広範かつ詳細なデータとは対照的に、OSH に取り組んでいる企業に関する情報はほとんどない。例えば、欧州企業のデータベースでは、「オープンソース」に言及している企業は1000社近くあるが、RISC-V Foundationを除いては、2020年にスイスの非営利企業団体RISC-V Internationalとしてスイスに移転している。したがって、OSH製品の認証プラットフォームが調査される前に、最初のステップでは、この分野のスタートアップ企業に焦点が当てられています。

#### スタートアップ企業

Crunchbaseで "Open Source Hardware "を検索すると、全世界で61社しかヒットしない。そのうち8社だけがEUに本社を構えています。

図 5.14: Amadeus でオープンソースハードウェアに言及している国別上場企業数 (n = 61) (出典: Crunchbase)

米国

中国 フランス インド イスラエル ヨルダン

イギリス

カナダ デンマーク フィンランド 香港

アイルランド 日本 パキスタン ルーマニア 韓国

スペイン スイス

情報なし

25

20

15

10

5

0

設立年を見ると、2013年まではダイナミックな展開が見られる。しかし、それ以降、OSHに基づき設立された企業の数は減少していることがわかる。Crunchbaseのデータ品質には、最近資金調達した企業がまだ含まれていないなどの欠点があるが、この数値はダイナミックなポジティブな発展を確認することはできない。

OSHに基づく企業の成長が限定的であることは、従業員50人未満の企業の割合が75％を超えていることからも確認できる。61社のうち半数以上の企業は、売上高について情報を提供していない。残りの半分のうち、3分の1は100万ドル以下、残りの3分の2は100万ドルから1000万ドルの間であり、このことも成長の可能性が限られていることを示している。

図 5.15: Crunchbase に掲載されたオープンソースハードウェアに言及している企業の創業年別件数 (n = 61)



8

7

6

5

4

3

2

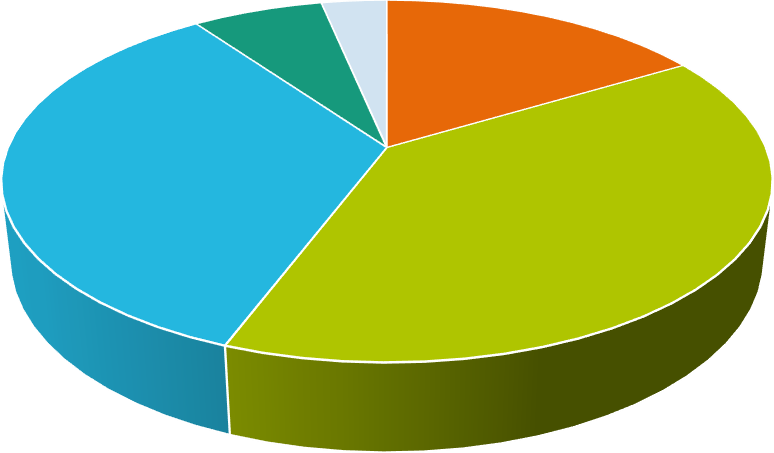
1

0

1998 2001 2002 2004 2005 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019

最後に、新興企業の属する業界について見てみよう。ハードウェアとソフトウェアの組み合わせに加え、コンシューマーエレクトロニクス分野の企業も多く見受けられます。製造業は6分の1の企業が挙げている。全体として、業種とその組み合わせは、幅広い分野の多様性を示唆し、また、様々な応用分野におけるハードとソフトの融合が見られる。

図 5.16: Crunchbaseに掲載されたオープンソースハードウェアに言及した企業数（従業員数で区別）（n = 61



1-10

39%

11-50

35%

情報なし

16%

101-250

3%

51-100

7%

表 5.49: オープンソースハードウェアに言及した Crunchbase の新興企業の産業グループ (n = 61)

|  |  |
| --- | --- |
| **産業別グループ** | **n** |
| ハードウエア、インターネットサービス、ソフトウエア | 6 |
| ハードウェア、ソフトウェア | 6 |
| ハードウェア、情報技術、ソフトウェア | 3 |
| 教育, ハードウェア, ソフトウェア | 2 |
| ハードウェア | 2 |
| ハードウェア、情報技術、インターネットサービス、ソフトウェア | 2 |
| ソフトウェア | 2 |
| 農業・農村、人工知能、コミュニティ・ライフスタイル、データ・分析、食品・飲料、ハードウェア、ヘルスケア、インターネットサービス、科学・工学、ソフトウェア | 1 |
| 農業・農村, 食品・飲料, ソフトウェア | 1 |
| コマース・ショッピング、家電、消費財、ハードウエア、インターネットサービス、製造業 | 1 |
| コマース・ショッピング、コンシューマエレクトロニクス、ハードウェア | 1 |
| コマース・ショッピング、消費財、コンテンツ・出版、デザイン、製造、メディア・エンターテインメント、モバイル、ソフトウェア | 1 |
| コマース・ショッピング、消費財、ソフトウェア | 1 |
| 商業・ショッピング、ハードウェア、製造、科学・工学 | 1 |
| コミュニティ・ライフスタイル、家電、消費財、ハードウェア、インターネットサービス、科学・工学、ソフトウェア | 1 |
| コミュニティとライフスタイル, ハードウェア, ソフトウェア | 1 |
| 地域・生活関連、インターネットサービス | 1 |
| 地域・生活関連、ものづくり | 1 |
| 家電、消費財、教育、ハードウエア、インターネットサービス、ソフトウエア | 1 |
| 家電、消費財、ハードウエア、製造業 | 1 |
| 家電、消費財、ハードウエア、理工系 | 1 |
| コンシューマーエレクトロニクス、デザイン、ハードウェア、製造、ソフトウェア | 1 |
| 家電、教育、ハードウエア、製造、理工系 | 1 |
| コンシューマーエレクトロニクス、ハードウエア | 1 |
| 家電、ハードウェア、情報技術、ソフトウェア、輸送機器 | 1 |
| コンシューマーエレクトロニクス、ハードウエア、製造 | 1 |
| 家電、ハードウエア、理工系、ソフトウエア | 1 |
| コンテンツ・出版、教育、メディア・エンターテインメント | 1 |
| コンテンツ・出版、ハードウェア、メディア・エンターテインメント | 1 |
| エネルギー、ソフトウェア | 1 |
| 金融サービス | 1 |
| 金融サービス、情報技術、ペイメント、ソフトウェア | 1 |
| ハードウェア、ヘルスケア、情報技術、インターネットサービス、プロフェッショナルサービス、ソフトウェア | 1 |
| ハードウェア、情報技術、インターネットサービス、プライバシーとセキュリティ、ソフトウェア | 1 |
| ハードウェア、インターネットサービス、製造、科学技術、ソフトウェア | 1 |
| ハードウェア、製造 | 1 |
| ハードウェア、プロフェッショナルサービス、ソフトウェア | 1 |
| ハードウェア、科学・工学、ソフトウェア、サステナビリティ | 1 |
| ハードウェア、ソフトウェア、交通 | 1 |
| 健康管理 | 1 |
| 情報技術 | 1 |
| 情報技術、ソフトウェア | 1 |
| 製造 | 1 |
| 交通機関 | 1 |
| 情報なし | 1 |

#### 認定資格

最後に、OSHの分野で活躍する企業を特徴づける、まだあまり確立されていない新しいデータソースを紹介する。

OSHdata（https://oshdata.com/）は、2020年に発足した独立したプロジェクトで、2020年3月の第10回オープンハードウェアサミットに向けて、OSHの状況について振り返り、静的レポートを作成することから始めています。OSHdataによると、OSHコミュニティはダイナミックで成長中であり、正式なムーブメントとしてはまだ初期段階にあるとのことです。OSHdataは、OSHプロジェクトの認定を提供しています。以下の数字は、OSHdata（2020年）のライセンスデータベース（https://certification.oshwa.org/list.htm.l）によるものである。

2020年5月現在、37カ国から900を超えるプロジェクトが認証されています。認定数は増加傾向にあります。認定プロジェクトが200から300になるには1年近くかかりましたが、2020年に400から900になるには半年ほどかかりました。認証された製品の6割近くが販売可能で、平均販売価格は211.47ドルですが、ここは大きな幅があります。7割近くを占めるプロジェクトカテゴリーの筆頭はエレクトロニクスで、Crunchbaseに掲載されている企業の業種分布を裏付けているようなものだ。しかし、3Dプリントに関するプロジェクトは10％しかなく、これもCrunchbaseのリストでは産業として明示されていない。

図 5.17: オープンソースハードウェアプロジェクトの年度別認証件数（出典：https://certification.oshwa.org/list.html）

600

500

400

300

200

100

0

2016

2017

2018

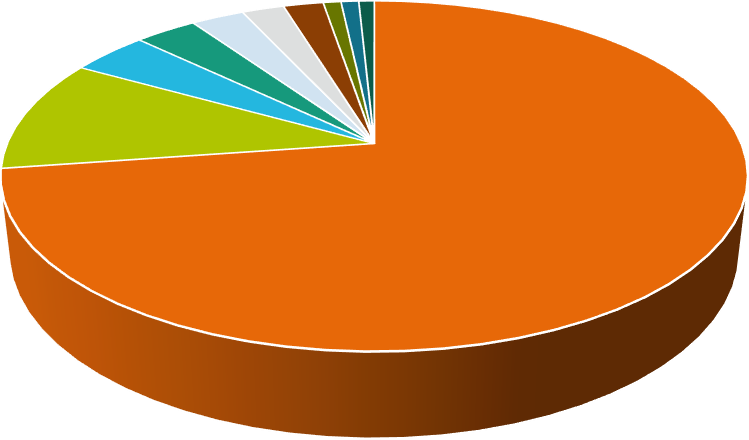
2019

2020

EU加盟国に所在する企業は、認定プロジェクトの数で米国に次いで2位となっています。ヨーロッパの企業やクリエイターが認証したプロジェクトは205種類で、これに対してアメリカは633種類。これは、全世界の認証プロジェクトの90%に相当します。

EU全体における認証の分布は、予想通り、テクノロジーと製造業のリーダーであるドイツがリードしています。しかし、ヨーロッパのオープンソースハードウェアの中心地は、OlimexやANAVI Technologyのような企業の多大な貢献により、明らかにブルガリアのプロブディフであり、ブルガリアはドイツに近い第2位につけています。フランスやスペインなど、他のEU加盟国の企業は、10個以下の認証しか持っていません。

図 5.18: オープンソースハードウェアプロジェクトのカテゴリ別認証件数（出典：https://certification.oshwa.org/list.html）



エレクトロニクス

73%

3Dプリンティング

10%

サイエンス・サウンド 1

ツール 2 2%

IoT 3％ （※）。

4%

環境

EDUCATION

3%

ロボティクス

1% ウェアラブル

1%

表 5.50: EU加盟国によるオープンソースハードウェアプロジェクトの認証件数（出[典：](https://certification.oshwa.org/list.html)2020年5月、[https://certification.oshwa.org/list.html）](https://certification.oshwa.org/list.html)

|  |  |
| --- | --- |
| EU加盟国 | 合計 |
| ドイツ | 72 |
| ブルガリア | 69 |
| フランス | 10 |
| スペイン | 8 |
| スイス | 7 |
| ポーランド | 6 |
| イタリア | 5 |
| スウェーデン | 5 |
| クロアチア | 3 |
| ギリシャ | 3 |
| ベルギー | 2 |
| スロバキア | 2 |
| オランダ | 2 |
| オーストリア | 1 |

OSHdataのレポート（OSHdata 2020）では、これらの証明書レポートに関する統計は、オープンソースハードウェアの定義を満たす製品を作っているが、その製品を（まだ）証明していない企業をカバーしていないことが強調されています。最後に、彼らは次のことも認めています。

OSHの開発と並行して行われるOSSの開発については、認証が十分でない。

#### オープンソースソフトウェアの基礎知識

OSS 財団は OSS の発展に重要な役割を果たし、経済的なインパクトもあることから、Cánovas (2020) が作成した最近の財団の概要を紹介する。彼は、さまざまな情報源を用いて、多数の財団からなるデータセットを構築した。まず、Python、Apache Software、Perl、Free Software Foundationの代表者によって2005年に設立されたオンラインコミュニティであるflossfoundations.orgで利用できる財団のリストに依拠した。当初の目的は、フリーソフトウェアと財団の分野における経験や専門知識を共有することでした。しかし、このリストは古くなっています。そこで、[http://opensource.com](http://opensource.com/) や [http://oss-watch.ac.uk](http://oss-watch.ac.uk/) のような他の情報源を通じて特定された財団を追加で取り込んで、このリストを補完したのです。

各財団について、URL、法的組織の種類、対象プロジェクト数（もしあれば、公開されているもの）、簡単な説明を抽出した。最終的に、89の財団からなるデータセットを構築した。表

5.51（最初の2列参照）は、側面のみの報告を集めた財団のリストである。

(a)と(c)は紙面の都合上、掲載できません。

表 5.51: オープンソフトウェア基盤（出典：Cánovas 2020）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | URL | サイズ | SIZE RQ1 | RQ2 | | | RQ3 |
|  | | | | ジオDIST. | カバレッジ | MISSION | RQ4 |
| アパッチソフトウェアファウンデーション | <http://www.apache.org/foundation/> | 312 |  |  |  |  |  |
| ソフトウェア・ライブラリー・アソシエーション | <http://associacao.softwarelivre.org/> |  | X | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 |
| ベネテック | <http://www.benetech.org/> |  | X | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 |
| バイオブリック財団 | <http://bbf.openwetware.org/> |  | X | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 |
| ブレンダーファンデーション | <http://www.blender.org/blenderorg/blender-> 財団/ |  |  | X |  | X | 非対称性 |
| BSD基金 | <http://bsdfund.org/> |  |  |  | X |  | 非対称性 |
| クリエイティブ・コモンズ | <http://creativecommons.org/> |  | X | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 |
| Djangoソフトウェアファウンデーション | <http://www.djangoproject.com/foundation/> | 1 |  |  |  |  |  |
| ドキュメント財団 | tp://www.documentfoundation.org/ | 1 |  |  |  |  |  |
| 道場財団 | [http://dojofoundation.org/...](http://dojofoundation.org/.) |  |  |  | X | X | 非対称性 |
| エクリプスファウンデーション | <http://www.eclipse.org/org/foundation/> | 216 |  |  |  |  |  |
| 電子フロンティア・ソフトウェアセンター  財団 | [http://www.csol.org。](http://www.csol.org/) |  |  | X |  | X | 非対称性 |
| フリー・ナレッジ・インスティテュート | <http://www.eff.org/> |  | X | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 |
| フリーソフトウェアとオープンソース | <http://freeknowledge.eu/> |  | X | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 |
| アフリカ財団 | <http://www.fossfa.net/> |  | X | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 |
| フリーソフトウェアファウンデーション | <http://www.fsf.org/> |  | X | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 |
| フリーソフトウェアファウンデーション ヨーロッパ | [https://fsfe.org](https://fsfe.org/) |  |  | X | X |  | 非対称性 |
| フリーソフトウェアファウンデーション・インド | <http://www.fsf.org.in/> |  |  | X | X |  | 非対称性 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| フリーソフトウェアファウンデーション ラテン語  アメリカ | [http://www.fsfla.org](http://www.fsfla.org/) |  |  | X | X |  | 非対称性 |
| FreeBSDファウンデーション | <http://freebsdfoundation.org/> |  | X | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 |
| ビア・リブレ財団（Fundación Via Libre | <http://www.vialibre.org.ar/> |  | X | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 |
| Gentooファウンデーション | <https://www.gentoo.org/inside-gentoo/foundation/> | 1 |  |  | . | .. | .. |
| グノーム  財団 | <http://foundation.gnome.org/> | 1 |  |  |  |  |  |
| アイデンティティ・コモンズ | <http://idcommons.net/> |  |  |  |  | X | 非対称性 |
| インターネットシステムコンソーシアム | <http://www.isc.org/> | 9 |  |  |  | X | 非対称性 |
| ITPUG（イタリア語  PostgreSQLユーザー会) | <http://www.itpug.org/index.en.html> |  |  | X |  | X | 非対称性 |
| JS財団 | https://js.foundation |  |  |  | X |  | 非対称性 |
| にっぽんげんしりょくぎじゅつきょうかい  PostgreSQLユーザー会) | [http://postgresql.jp](http://postgresql.jp/) |  |  | X |  |  |  |
| KDE e.V. | <http://ev.kde.org/> |  |  | X |  |  |  |
| Linux Expo of Southern California | <http://www.socallinuxexpo.org/> |  |  | X |  | X | 非対称性 |
| リナックスファウンデーション | [http://linux](http://linux/) foundation.org/ | 67 |  |  | X |  | 非対称性 |
| リナックス基金 | <http://linuxfoundation.org/> |  |  |  | X |  |  |
| リナックスインターナショナル | <http://www.li.org/> |  |  |  |  | X | 非対称性 |
| Linux Profesional Institute | https://www.lpi.org/ |  | X | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 |
| ロジロジ財団 | <http://foundation.logilogi.org/> | 1 |  |  |  | X | 非対称性 |
| マンボ・ファウンデーション株式会社 | <http://mambo-foundation.org/> |  |  |  |  | X | 非対称性 |
| Mozilla Foundation | <http://www.mozilla.org/foundation/> | 9 |  |  |  |  |  |
| NetBSD財団 | <http://www.netbsd.org/donations/> | 1 |  |  |  |  |  |
| NLnet基金 | <http://www.nlnet.nl/> |  |  | X |  |  | 非対称性 |
| NLnet Labs財団 | [http://www.nlnetlabs.nl](http://www.nlnetlabs.nl/) |  |  | X | X |  | 非対称性 |
| 株式会社ナムフォーカス | https://www.numfocus.org/ | 43 |  |  | X |  | 非対称性 |
| 1人1台のノートパソコン  株式会社子供会 | <http://www.laptop.org/> |  | X | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 |
| オープンハードウェアファウンデーション | <http://www.openhardwarefoundation.org/> |  | X | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 |
| オープンヘルスツール | <http://www.openhealthtools.org/> |  |  |  |  | X | 非対称性 |
| オープンメディアなう財団 | <http://www.openmedianow.org/> |  |  |  |  | X | 非対称性 |
| オープンソースアプリケーション  財団 | [http://www.osafoundation.org](http://www.osafoundation.org/) |  |  |  |  | X | 非対称性 |
| オープンソースデジタル投票財団 | <http://www.osdv.org/> | 1 |  |  |  | X | 非対称性 |
| オープンソース・フォー・アメリカ | ittp://opensourceforamerica.org/about-osfa/our-mission/ |  | X | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 |
| オープンソース  ジオスペーシャルファウンデーション | attp://www.osgeo.org/content/foundation/abouthtml | 32 |  |  |  |  |  |
| オープンソースイニシアティブ | [http://opensource.org](http://opensource.org/) |  | X | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 |
| オープンソースソフトウェア協会 | <http://www.ossinstitute.org/> |  |  |  |  | X | 非対称性 |
| OpenBSDファウンデーション | [http://openbsdfoundation.org/。](http://openbsdfoundation.org/) | 7 |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| オープンエデュケーションコンソーシアム | <http://www.oeconsortium.org/about-oec/> |  | X | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 |
| OpenDocソサエティ | <http://www.opendocsociety.org/> |  | X | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 |
| OpenIDファウンデーション | <http://openid.net/foundation/> |  | X | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 |
| OpenSourceMatters | <http://www.opensourcematters.org/> | 1 |  |  |  |  |  |
| オレゴン州立大学オープンソースラボアライアンス | <http://osuoslorg/> |  |  |  |  | X | 非対称性 |
| オウム基金 | <http://www.parrot.org/foundation> | 1 |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 参加型文化財団 | <http://pculfure.org/> |  | X | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 |
| ピアディレクテッドプロジェクトセンター (freenode) | <http://freenode.net/pdpe.shtm> |  | X | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 |
| プローン財団 | <http://plone.org/foundation> | 1 |  |  |  |  |  |
| PostgreSQLブラジル | [http://postgresql.org.br](http://postgresql.org.br/) |  |  | X |  | X | 非対称性 |
| ポストグレースクールヨーロッパ | [http://postgresql.et](http://postgresql.et/) |  |  | X |  |  | 非対称性 |
| PostgreSQLUS | [http://postgresqlus](http://postgresqlus/) | 1 |  | X |  |  | 非対称性 |
| PostgreSQLFr.org | [http://asso.postgresql.fr](http://asso.postgresql.fr/) |  |  | X |  |  | 非対称性 |
| 公共ソフトウェア基金 | <http://www.pubsoft.org/> | 43 |  |  |  | X | 非対称性 |
| Python Software Foundation | <http://www.python.org/psf/> | 1 |  |  |  |  |  |
| シャトルワース財団 | <http://www.shuttleworthfoundation.org/> |  | X | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 |
| ソフトウェア・フリーダム・コンサーバンシー | [http://sfconservancy.org](http://sfconservancy.org/) | 46 |  |  | X | X | 非対称性 |
| ソフトウェア自由権法センター | <http://www.softwarefreedom.org/> |  | X | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 |
| 公益性の高いソフトウェア | <http://www.spi-inc.org/> | 45 |  |  | X |  | 非対称性 |
| ソフトウェア・リブレ・アルゼンチン | <http://www.solatorg.at/> |  |  | X |  |  | 非対称性 |
| ソフトウェア・リーブル  チリ | <http://www.softwarelibre.cl/> |  |  | X |  |  | 非対称性 |
| ソフトウェア・ライブ・ブラジル | <http://www.softwarelivre.org/> |  |  | X |  | X | 非対称性 |
| 株式会社サブバージョン | <http://subversionorg/> |  |  |  | X |  | 非対称性 |
| シンフォニーソフトウェア財団 | https://symphony.foundation/ | 1 |  |  |  |  |  |
| TeXユーザーグループ | <http://tug.org/> |  | X | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 |
| オープン・プランニング・プロジェクト | <http://theopenplanningproject.org/> |  |  |  |  | X | 非対称性 |
| Perlファンデーション | <http://perlfoundation.org/> | 1 |  |  |  |  |  |
| ソフトウェア・コンサーバンシー | <http://www.tsc.org/> |  | . |  |  | X | 非対称性 |
| ツイスト・ソフトウェア・ファウンデーション | [http://twistedmatris](http://twistedmatris/) com/trac/wild/TwistedSoftwareFoundation |  |  |  | X | X | 非対称性 |
| TYPO3協会 | <http://association.typo3.org/> |  | . |  |  | X | 非対称性 |
| ウィキメディア財団 | ittp://www.wikimediafoundationorg | 1 |  |  |  |  |  |
| ウィキオティック財団 | https://wikiotices.org/en/Wikiotices\_Foundation | 1 |  |  |  | X | 非対称性 |
| ワードプレス・ファンデーション | [http://wordpressfoundation.org](http://wordpressfoundation.org/) | 1 |  |  |  | X | 非対称性 |
| X.Org Foundation LLC | <http://www.x.org/wiki/XorgFoundation> | 1 |  |  |  |  |  |
| Xiph.org | <http://xiph.org/> | 23 |  |  |  | X | 非対称性 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| XMPP標準化財団 | [https://xmpp.org/about/xmpp-standards- 財団.htm](https://xmpp.org/about/xmpp-standards-foundation.htm) |  | X | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 | 非対称性 |
| Zopeファウンデーション | <http://foundation.zope.org/> | 1 |  |  |  | X | 非対称性 |

最初のステップとして、Cánovas (2020)は、特定のソフトウェアプロジェクトの開発を支援することを目的とした財団に注目した。トレーニング、認証、OSS の一般的な普及に焦点を当てたその他の財団は除外した。表 5.51 では、黒四角の財団が前者に該当する（それ以外は×印）。結局、Cánovas (2020)では、この段階で24の財団が切り捨てられた。

残りの65財団は、現在800以上のソフトウェアプロジェクトに関与している。これは、GitHub などの OSS リポジトリで開発されているプロジェクトの数が 6700 万以上であることと比較すると少ない（数字は Octoverse https://octoverse.github.com/#community-overview より引用、ただし実際に活発に開発されているプロジェクトの数は、少なくともこれより一桁少ないだろう）。しかし、これらの財団がカバーするプロジェクトの中には、Apache Software Foundation（例：Apache Web Server）、Linux Foundation（例：Linux Kernel、GitHubで最もフォークされているプロジェクトのトップ10の一つ）、Symphony Foundation（例：Symphonyプロジェクト、GitHubで最もコード参加者の多いプロジェクトのトップ10の一つ）のようにOSSで最も影響があるものが含まれています。分析した財団のほぼ4分の3は、特にOSS開発努力の支援を目的としている。ソフトウェアにフォーカスしていない財団は、主に OSS ムーブメントを支援・促進することに専念している。

EUに焦点を当てた分析で重要なのは、財団の地理的な位置である。唯一

18 のソフトウェア財団は、主にローカルな OSS コミュニティの発展に焦点を当てたものであった。たとえば、Free Software Foundation Europe、KDE e.V.、PostgreSQL Europe の 3 団体は、欧州で開発されたプロジェクトに焦点を当てた活動をしている。全体として、大半の財団は国際的な活動範囲を持っており、特定の地域や国に帰属させることはできな い。これは、特に政策提言を導き出す際に考慮されるべき重要な特性である。

ただし、3 大財団に対する EU 加盟国の貢献の役割は明記されている。Linux財団への寄付を詳しく見ると、EU加盟国はカーネル版Linuxの20％近くを寄付していることがわかる。

* 1. (2021-02-14) [(http://www.remword.com/kps\_result/index.php)](http://www.remword.com/kps_result/index.php))。しかし、ほぼ半数のコントリビューションでは、特定の国への帰属が不可能である。したがって、Nagleら(2020)の調査におけるEU加盟国からの回答者のほぼ30%は、Linuxカーネルへの貢献の実際のシェアをよりよく反映していると考えられる。

しかし、このカーネルのリリースに貢献した100以上の組織のランキングでは、上位10社の中にEU加盟国に本社を置く企業はない。ここには、Intel、Google、IBM、Oracleといった米国に本拠を置く有名な大企業や、中国の携帯通信会社Huaweiが名を連ねている。

その結果、Nagle ら（2020）の調査では、OSS 財団における企業の影響力に関する懸念が明らかになっ ている。企業の関与の透明性を高めて、隠された意図の告発を減らすことが提案されている。さらに、有償の貢献者がボランティアの貢献者を押しのけ、一企業が重要なプロジェクトへの貢献を独占することがないよう、OSSプロジェクトのガバナンスを確保することが求められている。そのため、今回の調査では、OSS プロジェクトを中立的なガバナンスのもとで運営し、一企業 に支配されないようにすることを求める回答が大半を占めた。

一方、ヨーロッパを拠点とするEclipse Foundationは、Linux Foundationとは対照的に、企業メンバーの半分以上がヨーロッパにおり、コミッターもヨーロッパ人の割合がさらに高い。Linux Foundationがより柔軟なガバナンスを持つのとは対照的である。

Eclipse Foundation のプロジェクトやコミュニティ・オブ・プラクティスでは、ガバナンスはすべて同じです。

最後に、Apache Foundationへの貢献は定量化できない。Apache財団のホームページには、貢献者の地図が掲載されているが、ヨーロッパからの貢献が大きいことがわかる。

全体として、最大の財団に対するEUからの貢献は、GitHubのコミットや貢献者の分析から得られた結果と一致している。ただし、Eclipse Foundationsは特にEUに所在する企業やコントリビューターが牽引している。

# ステークホルダー アンケート結果

## 目的

ステークホルダー調査の目的は、OSS の影響だけでなく、OSH に関する幅広いステークホルダーの意見を 収集し分析することであり、これにより、問題となる意見や課題を実証的に表現することである。さらに、OSS と OSH の影響を評価するための文献、データベース、事例研究の結果を、ステークホル ダー調査の回答者の意見で補完することを目的としている。全体として、この一連の証拠は、政策提言を導き出すために使用される。

## メソドロジー

調査設計のアプローチは、最先端技術を踏襲している。それは、ICTにおける知的財産権に関する同様の調査（Blind et al. 2011; Blind et al. 2017）、あるいはOSSと標準化（Blind and Böhm 2019）に関する我々の経験を反映するものである。他の機関、例えばベルン大学（2018）、teknowlogy（2019）、特にBITKOM（2020）が実施した調査領域における調査やアンケートの構造が考慮されている。

文献調査、すでにかなり詳細なインタビューガイドラインに沿って行われたケーススタディ、上記の調査、経済分析からの洞察に基づき、2020年夏からアンケートの設計が開始された。アンケート形式は、閉じた質問と自由形式の質問が混在しており、前者に重点が置かれている。最初のドラフトを配布し、OFE の専門家だけでなく、欧州委員会にも意見を求めた。その後、数回のフィードバックを経て、9月初旬にアンケートが完成し、ライム調査ツールを使ってオンライン化された。アンケートの最初の回答期限は、ワークショップの開催日である2020年11月5日でした。最終的に、アンケートの最終締め切りは2020年11月20日であった。

最終的なアンケートの構成は、以下のようなトピックとなっています。

* + - セクションA：アンケートに回答する人の立場
    - セクションB：組織の基本的な経済情報（ソフトウェア・ハードウェアの規模やビジネスモデル、イノベーション活動、保護戦略に関する位置づけを含む）。
    - セクションC：オープンソースコミュニティへの参加（参加のタイプ、インセンティブ、著作権ライセンスの役割、地域による区別を含む）。
    - セクションD：OSSHのメリットとコスト
    - セクション E:最終コメント

9月上旬までに、特定の専門家だけでなく、いくつかのメーリングリストにもこの調査についてお知らせしました。また、Twitterを利用して、アンケートへのリンクを配布した。

例：Eclipse FoundationのTwitterアカウントによるもの。

これらのメーリングリストやコンタクトは、DG CONNECTのプロジェクトウェブサイトで公開されたメモに加えて、最終的に記入された十分な数のアンケートを含め、コンサルテーションが様々なタイプのステークホルダーを幅広くカバーすることを保証している。すべての利害関係者にアンケートを公開することに関心があったため、回答をコントロールすることができる閉じたアンケートアプローチとは対照的に、オープンなステークホルダーコンサルテーションを行うことを決定しました。

## 結果

以下の項では、ステークホルダー調査の結果を紹介します。全体では、ほぼ一千人の回答者がアンケートに取り掛かった。しかし、そのうちの115人だけが

の回答者が最後まで回答し続けたのに対し、826人は部分的に回答している。

次の章では、回答者のプロフィールと、企業や様々なタイプの民間および公的機関の組織、オープンソース・コミュニティへの参加、そして最後にOSSHのコストと利益に対する認識から、結果が示されます。

#### 回答者

600人以上の参加者が、所属する組織での立場を明らかにした。回答者の大半は、BITKOM（2020年）が実施した調査と同様にIT部門のメンバーであり、次いで独立系ソフトウェア開発者となっています。しかし、最高経営責任者やトップマネジメントの回答者も1割以上いる。一般に、従業員250人以下の小規模組織や若い組織ではCEOが回答しているのに対し、大規模組織ではIT部門のメンバーが回答している。このような違いは、小規模組織と大規模組織の回答の違いを解釈する上で考慮しなければならない。

図6.1: 回答者の立場(絶対数)

グラフ

自動的に生成された説明

#### 組織の基本的な経済情報

一般に、図 6.2 に表示されているように、回答者の組織のビジネスモデルはかなり多様である。一般に、組織は1つから2つのビジネスモデルを持ち、時には3つ以上のビジネスモデルを持つこともある（Blind and Böhm 2019またはBlind et al.2017も参照）。回答した組織のほぼ4分の1はソフトウェアを提供しており、さらに10％は独立したソフトウェア開発者であり、すなわち回答者の30％以上がソフトウェアに強いバックグラウンドを持っている。回答者の40％以上は、コンポーネント、最終製品、またはサービスを生産する組織を代表しており、プラットフォームプロバイダー、システムインテグレーター、またはネットワークオペレーターである。さらに、10％以上が民間または公的な研究機関や大学に勤務している。また、政府機関の回答者もいる。全体として、回答者の分布は、Blind and Böhm（2019）が標準化とオープンソースの間のインターフェースについて行った同様のステークホルダーコンサルテーションのパターンに類似している。

図6.2: 組織または組織単位のコアビジネスモデル(絶対数。複数回答可)

グラフ, 棒グラフ

自動的に生成された説明

回答者のビジネスモデルに関する情報を補完する形で、設計、構築、テスト、生産の各活動について、ソフトウェア・ハードウェアの観点から評価をお願いしました。一般に、回答者の大半は、自らをソフトウエア志向の最たるものと位置づけています。しかし、設計から生産までの連続したフェーズを考慮すると、平均的な回答はややハード志向に移行している。

図6.3: ハードウエアとソフトウエアの比較（ソフトウエア＝1〜ハードウエア＝9まで）

グラフ, 箱ひげ図

自動的に生成された説明

ハードウェアに強い関心があることは、OSH のみを使用または貢献している回答組織はわずか 2 つであるのに対し、3 分の 2 以上が OSS のみを使用または貢献しており、20% 以上が OSS と OSH の両方に貢献しているという事実からも裏付けられている。したがって、以下の質問に対する回答は、主にオープンソースソフトウェアについてであり、オープンソースハードウェアについては言及していないと考えることができる。

回答企業のうち、本社所在地を公開している企業の80%以上がヨーロッパにあり、2000年以降に設立された企業が大半を占めています。その結果、従業員数を公開している100社強のうち、250人以上の大企業は20%に過ぎない。一方、40%以上は、主に過去10年間に設立された従業員10人以下の零細企業であり、残りの40%弱は従業員11人から249人までの企業である。全体として、この分布は、GitHubに貢献しているEUにある企業を特定することで既に発見されたパターンと一致する。

情報を公開している約 100 社の全従業員のうち、ソフトウェア開発全般に従事している常勤者は 10%弱で、OSS や OSH の開発に従事している常勤者は 1.5%であった。この比率はかなり低いように思われる。しかし、GitHub に貢献しているとされる情報通信分野の企業のフルタイム換算の 0.5% は、GitHub の主要貢献企業全体の 0.3% をも下回っていると考えれば、このシェアは理にかなっていると言えるでしょう。このシェアは常勤換算であるため、GitHub に貢献している企業の分析や他の調査から、全従業員に占める OSS への貢献者のシェアは常勤換算のさらに 10 倍であると推測される。

しかし、小規模組織や零細組織では、ソフトウェア全般の開発、OSSやOSHの開発に携わる常勤職員の割合が非常に高くなっている。小規模組織では、従業員の4分の3がソフトウェア全般の開発に、3分の2がOSSの開発に携わっている。中小規模の組織では、従業員の半分以下がソフトウェアの開発に、4分の1程度がOSSの生成に関与している。この構造的パターン、すなわち、OSSへの貢献者としての零細・小規模組織の関与が比例して強いことは、GitHubの主要貢献者から得られたデータに基づく知見と一致するものである。

関係者調査の十分な数の回答者が、一般的なソフトウェアやオープンソースソフトウェアの開発に従事 する従業員の雇用総数に関する情報を提供することができたが、売上高をプロプライエタリとオープンソース の両方、および関連サービスに割り当てることは明らかに困難であった。売上高の異なるタイプについて、合理的で一貫した数字を提供している少数の特に小規模な組織は、一般的に売上高の半分以上をオープンソースベースのソフトウェアに、特にOSS関連サービスに起因しています。ソフトウェアと比較してOSS関連サービスに強い関心があることは、フランスのteknowlogy（2019年）の調査結果と一致する。

全体として、回答企業は非常に革新的である。まず、イノベーションのための支出は総売上高の20%以上に達しており、これは主に小規模・零細企業が高い割合を占めているためである。80% 以上が、新しいソフトウェア/ハードウェア製品を開発、発表、または貢献していると回答しており、その半数以上は市場の新 規品であると推測される。コミュニティ・イノベーション・サーベイでは、新規性のある製品のEU企業における平均シェアは10％以下である。さらに、関連情報を提供した少数の回答者サンプルでは、組織の売上高の3分の1が自社にとって新規性のある製品で生み出されており、この値もEU内の平均的な企業よりはるかに高いものであった。回答組織のサンプルに偏りがあることは確かですが、このような回答が得られたことは、EUの平均的な企業よりもはるかに高い値であると言えます。

は、イノベーション活動へのインプットだけでなく、それに基づく成果も、EUの平均的な企業のそれよりもはるかに高い。

さらに、ほとんどの回答者が、新しいソフトウェア/ハードウェアに OSSH が含まれていると答えている。ソフトウェア/ハードウェアの開発におけるソースの詳細を見ると、50%近くが社内開発によるものとなっている。しかし、既存の OSS の利用は 2 番目に重要なソースで、40%近くあり、特に小規模組織では重要である。これは、Daffara (2012) が主張する 35% と同じである。このパターンは、内部開発とOSSへの依存の間に強い補完性があることを明らかにし、外部開発サービスの購入や商用ライセンスの取得はわずかな役割しか果たしていない。

図 6.4:ソフトウェア/ハードウェアの 開発に対する各種ソースの 貢献度(単位:パーセント)

グラフ

自動的に生成された説明

最後に、回答者には、組織のノウハウの保護戦略について質問しました。特許や登録意匠、実用新案などの伝統的な知的財産権は、回答した組織にとって小さな役割しか果たしていないのに対し、寛容なオープンソースライセンスは最も実施されているアプローチです。ドメイン名の使用も非常に多く、これはBlind and Böhm（2019）の調査結果と一致する。興味深いことに、秘密保持契約は3位にランクインしている。そして、それらは寛容なオープンソースライセンスと組み合わせて使用されることが多く、相互的なオープンソースライセンスとは併用されません。明らかに、どちらかといえば寛容なライセンス戦略と、機密を確保しようとすることの間には、補完的な関係があるのです。さらに、商標と顧客関係管理は、いくつかの回答者が使用しています。最後に、回答した組織の中には、標準化委員会に参加しているものもある。

要約すると、回答した組織は非常に革新的である。新しいソフトウェアの開発は、主に社内の取り組みに基づいていますが、オープンソースの利用にも依存しており、外部の開発サービスの購入や独自のソフトウェアライセンスはあまり使用されていません。ノウハウの保護は、寛容または互恵的なライセンスに基づいている。

オープンソースライセンス。しかし、補完的にドメイン名や商標を保護し、顧客関係管理を実施することが多いだけでなく、秘密保持契約が頻繁に結ばれるため、機密性も重要視されます。

図6.5: 組織または組織単位のノウハウを保護するための戦略の使用（回答数 441件に基づく全回答のシェア）。

グラフ, 棒グラフ

自動的に生成された説明

Geiger (2017)がまとめたGitHubのコントリビューターの調査によると、OSSの利用や貢献にはライセンスが最も重要であるため、2番目の質問で、回答者のOSS活動で実装されているコピーレフトライセンスの種類についても尋ねている。MIT、BSD、ApacheなどのパーミッシブOSSライセンスが再び最も人気があり、GPL、GNU AGPLなどの確立された強力なコピーレフトOSSライセンスがそれに続いています。保護戦略のランキングでは、寛容なライセンスが互恵的なライセンスよりも人気があるため、これは回答の一貫性を確認するものです。しかし、回答者が参加しているOSSプロジェクトでは、弱いコピーレフト・ライセンスと超許容的なライセンスの両方があまり使われていない。

図 6.6： コピーレフト・ライセンスの有無による OSS 活動への参加状況（絶対数）

グラフ, 棒グラフ

自動的に生成された説明

#### オープンソースへの取り組み

回答組織のほぼ9割が、現在OSSの開発活動に携わっている。OSH への関与が確認されたのは、回答者のうち 2 社のみである。したがって、以下の回答は、あくまでもOSSの文脈で解釈される。

一般に、回答したすべての組織が OSS を利用している、つまり 95% 以上が OSS を利用している。その関与の形態は様々である。一般的に、回答者の4分の3以上の組織は、時々OSSに貢献している。Geiger (2017)によるGitHubの調査のまとめでも、同様のシェアが明らかにされている。さらに、特に、OSSは、回答者の80％がアプリケーションレベルへの入力として、60％強が中間レベル、すなわちミドルウェアへの入力として、50％弱がベース層、すなわちOSやプラットフォームレベルへの入力として利用されている。このランキングは、Blind and Böhm（2019）が行った調査や、組織が関与している平均10件のプロジェクトで既に発見されたパターンを確認するものである。

図6.7：OSSHの 利用状況・貢献度

グラフ, 棒グラフ

自動的に生成された説明

OSS の利用や貢献に関する質問に加え、組織が OSS の開発にどのように参加しているかについても質問している。回答した組織の大半は、一般的に個々の従業員やチームがOSSコミュニティのプロジェクトに貢献したり参加したりすることを認めており、これはTODO Groupが行った2020年の調査（Hecht 2020）と一致している。その結果、これらの組織のほとんどは、自分たちの開発で変更されたOSSコードをコミュニティに還元している。補完的に、回答者の半数以上が、購買方針など、OSS の利用を促進する社内方針を有している。しかし、組織内で OSS コミュニティのためのプロジェクトを立ち上げ、支援しているのは回答組織の 3 分の 1 未満であり、積極的に貢献している組織は多数派ではない。さらに、OSS に関するコースを提供しているのは、回答組織の 4 分の 1 未満である。さらに、OSS を育成する公的イベント(例：カンファレンス)の財政的スポンサーであったり、OSS 財団 の有料会員やスポンサーであったりする組織は非常に少数である。OSS の企業向けサポートサービスやサブスクリプションを購入しているのは、回答組織の中ではまれな例外である。

図 6.8: OSSH の開発への参加形態（回答の絶対数）

グラフ, 棒グラフ

自動的に生成された説明

組織が OSS 開発に参加する動機を明らかにするために、回答者に一連の誘因の妥当性を評価するよう 求めた（図 6.9）。技術的な解決策を見出すことが、回答した組織の最優先事項であり、これは 3 位の技術水準の向上、4 位の高品質なコードの開発と補完関係にある。これらのインセンティブは、Blind and Böhm (2019)が行ったステークホルダーコンサルテーションでも、最も関連性が高いとされている。ベンダーロックインの回避は、teknowlogy（2019）が実施したフランスの調査と同様に、関連性の高いインセンティブとして2位に選ばれています。関連性の5位は知識追求で、知識創造をわずかに上回っている。これは、Nagleら(2020)がLinux開発者を対象に行った最近の調査で明らかになった自己利益との関連性の高さと一致している。OSSによる開発プロセスのスピードアップが平均より高く評価されている。顧客の需要に応えることは依然として平均以上の評価であるが、新しい市場や顧客にアクセスするためのOSSへの貢献は関連性が低い。

OSS への貢献によるコスト削減の側面は、回答した組織にとって、上流への変更寄与による社内保守の手間の 省略やコードのロイヤリティフリー使用という意味で、平均以上の関連性を持っている。研究開発に関連して、組織が OSSH 開発に参加することを決定するインセンティブは、研究開発への投資対効 果の増加または研究開発コストの削減であり、これも平均以上の評価であった。

さらに、ネットワークの確立とそれに関連する自身の評判の向上は、差別化しない機能、例えばよく使われるライブラリの開発と同様に、中程度の関連性以上であると評価されている。最後に、自社の著作権をOSSに含めることは、回答した組織にとって重要ではなく、これはBlind and Böhm（2019）の研究でも最も低いランクのインセンティブである。全体として、彼らのOSS活動への参加動機のランキングは、我々のものと非常によく似ている。BITKOM (2020)による調査においては

OSS 開発に参加する理由を尋ねたところ、回答企業の 80%以上が財務的支出の削減に関心を持ってい ることがわかった。この動機は、特に IT 産業以外の企業で優先度が高い。この一般的な金銭的動機の重要性は、2位のベンダロックイン回避の動機と関連しており、その他、保守作業の回避、コードのロイヤリティフリー使用、研究開発コストの削減などの理由もあるようです。ビットコムの調査では、回答者のほぼ3分の2が、OSSに貢献することはOSSに対する理解や自己イメージの一部となっている。また、半数以上の人が、OSS の既存動向を調べるために OSS に貢献しており、これは今回の調査における知識探索のインセンティブに近いと言える。最後に、BITKOM 社の調査では、OSS への貢献は企業のブランド戦略とは無関係であり、このことは、本調査 におけるインセンティブとしての評判の関連性が限定的であることからも確認される。

図 6. 9：OSSH 開発に参加するインセンティブ（尺度：1 = 非常に低い～5 = 非常に高い関連性）

グラフ

自動的に生成された説明

さらに、回答者には、どの分野でOSSを利用、統合、開発、参加しているかについても尋ねています。OSSは、コンテナ技術、ITおよびサイバーセキュリティ、クラウドコンピューティング、ビッグデータ＆アナリティクスで最も多く使用されている。人工知能や機械学習モノのインターネット（IoT）に関連する利用は回答者が少なく、ハイパフォーマンスコンピューティングやブロックチェーンに関連する利用が最も少ないという結果になっています。この順位は、BITKOM（2020年）の調査結果と同様で、OSSの利用はコンテナ技術関連が最も高く、次いでビッグデータ＆アナリティクス、クラウドコンピューティング、モノのインターネットと続く。人工知能や機械学習については、OSSの利用は10％程度、ブロックチェーンについては全く関係なく、今回の結果と同様である。OSS の統合に関する質問への回答による各分野の順位は、我々の調査での利用に関連する順位と同様であり、BITKOM の調査結果とも非常に近いものとなっている。OSS のさらなる発展、OSSH への参加については、ハイパフォーマンスコンピューティングとブロック チェーンのみ回答が少なく、ほぼ均等に回答されている。補足すると、ブロックチェーンを除く各分野では、OSSHは関係ないとする回答は少数にとどまっている。BITKOM の調査に回答したほぼすべての企業は、OSS のさらなる開発には関与していない。最後に、多くの回答者が「知らない」と回答していることも言及しなければならない。

の回答は、特にブロックチェーンだけでなく、ハイパフォーマンスコンピューティングにも関連しており、BITKOMの調査結果と合わせて、この2つの分野でのOSSHの関連性はまだ始まったばかりであることを示しています。

表 6.1：地域ごとの OSSH の 利用、統合、開発、参加状況（回答の絶対数）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | コンタナ技術 | ビッグデータ＆アナリティクス | クラウドコンピューティング | インター ネット オブ・シングス(IoT) | 人工知能 /  機械学習 | ブロック-チェーン | インフォメーション・テクノロジー  セキュリティー  サイバーセキュリティ | ハイパフォーマンコンピューティング |
| OSSHの利用 | 69 | 51 | 56 | 33 | 35 | 20 | 58 | 24 |
| OSSHの統合 | 37 | 26 | 31 | 19 | 22 | 6 | 27 | 14 |
| (OSSHの開発（続報 | 19 | 15 | 17 | 21 | 20 | 8 | 20 | 12 |
| OSSHに参加する | 15 | 14 | 17 | 18 | 17 | 6 | 21 | 11 |
| OSSHは関係ありません | 1 | 7 | 3 | 9 | 5 | 17 | 3 | 11 |
| わからない | 10 | 17 | 15 | 20 | 20 | 30 | 13 | 26 |

#### OSSHのメリットとコスト

マクロレベルの費用便益分析を補完し、詳細に説明するために、利害関係者調査の回答者は、自分たちの組織でOSSHを使用したり貢献したりすることの便益だけでなく、費用の妥当性についても尋ねた。

明らかに、OSSの使用と貢献は、オープンスタンダードと相互運用性をサポートするという形で最も高い利益を生み出し、これは従来の標準化プロセスで生まれた標準の利益と同様であり（欧州委員会2016）、理論（Weitzel 2004など）にも合致している。しかし、これらの利点は、少なくとも企業の収益に直接的な影響を与えず、必ずしもコストに影響を与えず、したがってまた利益にも影響を与えない。BITKOMの調査（2020年）では、この利点はOSSの最も頻繁に挙げられる3つの利点の中にランクされていないが、ベルン大学による調査（2018年）では、この利点はランクされている。2位のソースコードへのアクセス向上は、社内開発やプロプライエタリなコードの調達に必要なコストを削減するため、支出を減らすことができる。ドイツのBITKOMの調査では2番目に大きな利点として、フランスのteknowlogy（2019）の調査では3番目に重要な動機として挙げられている、ソフトウェアコードの専有プロバイダーからの独立という3番目の利点は、ソフトウェアコードへのアクセスの容易さを補完し、回答組織にとってコスト削減効果もある。OSSの利用によるコスト削減の関連性の高さは、BITKOMの調査でも回答企業が最も多く挙げたメリットであり、フランス企業ではOSSを利用する3番目に関連性の高い動機として言及されている（teknowlogy 2019）。これら3つのメリットは、以下のメリットを大きく上回る高い関連性から非常に高い関連性の間で評価されていることが明らかである。

4 位は、知識交換のための活発なコミュニティへのアクセスで、関連性が高いと評価され ている。イノベーションの促進、総所有コストという意味でのコスト削減、ツールやコンポーネント間の互換性 は、すべて OSS を使用または貢献することのメリットであり、高い関連性があると評価されている。ここでも、相互運用性とコスト削減の両次元は、これらの利点の次元に加え、イノベーションを促進する OSS の役割に関連している。

高い関連性と中位の関連性の間には、多数のプロバイダが提供する豊富な OSSH コンポーネント、個々 の変更のしやすさ、研究開発におけるコラボレーションによるコスト削減、高い開発スピードと話題性、 高いセキュリティ、優れた安定性と低いエラー感受性、さらにソフトウェアとハードウェアの品質、従業員のモチベ ーションを高める魅力ある IT 作業環境、最終的には開発者育成にかかるコスト削減などがメリットとして挙げられ ている。OSSH を使用または貢献することにより、新たな収益機会や新しい市場へのアクセスが得られるという利点は、中位 の利点よりかなり低い評価となっている。

多数のベネフィットの次元の評価をまとめると、相互運用性と互換性を確保するオープンスタンダードに続いて、直接的または間接的にコスト削減に貢献するいくつかのベネフィットが上位に挙げられています。セキュリティと品質に関連する問題は、依然として中程度以上と評価されているが、Geiger（2017）がまとめたGitHubの調査の回答者が、プロプライエタリなソフトウェアと比較してより安全なOSSを強調しているのに対し、それほど高くはない。最後に、追加の収益機会や市場アクセスを生み出すためのOSSHの利用や貢献は、回答した組織にとって中程度の利益以下である。この一般的なパターンは、OSS の影響に関する全体的な評価の文脈で考慮されなければならない。また、コスト削減を除いて、我々のステークホルダー調査における利点のランキングと BITKOM の調査における利点のランキングの間には違いがあり、これは異種のセクター固有の評価によって説明することができることに留意しなければならない。

図6.10: OSSHの使用または貢献によるメリット（スケール：1=メリットなし～5=非常に高いメリット）

アプリケーション が含まれている画像

自動的に生成された説明

OSSH の利用や貢献に関する利点の詳細なリストを補足するために、ステークホルダーは、OSSH に関連する様々なコスト面についても質問しています。

OSS の利用および OSS への貢献まず、コストの次元はすべて中位以下であるのに対し、便益の次元は、OSS の利用や貢献による追加収益機会や新市場へのアクセスを重要な例外として、すべて中位以上に評価されている。さらに、零細企業や中小企業は、大企業よりもベネフィットを高く評価している。特に、中小企業は収益機会や新市場へのアクセスを中程度以上に評価しており、中小企業や大企業より も高い評価となっている。一方、コストについては、大企業が中小企業より高い評価をしている。

最も高く評価されたコストの次元は、安定性の確保とエラーの影響の低減に関連している。一方、OSS の使用と貢献による大きな安定性とエラーの影響の低減という利点は、あまり有益ではない利点の次元に含まれている。従って、この 2 つの評価は互いに補完し合うものである。熟練労働者の雇用と訓練にかかるコストは、2 番目に重要なコストとして位置づけられており、BITKOM (2020)による調査の文脈でインタビューした企業において、熟練労働者の不足が OSS の使用を妨げる最も大きなデメリットであることが確認されている。OSSH を利用するために必要な要件として、教育コストや OSSH への貢献コストと同様に、アプリケーショ ンのための特定ソリューションの開発コスト、足りないインターフェース、OSSH の進化をコントロール/モ ニタリングするためのコストも低く評価されていることが続く。OSSH の選択肢が豊富なため、回答企業は少なくともその選択に関するコストを低く抑えている。選択した場合、商用サポートの欠如やエンタープライズ版の欠落によるサポートコストや、プロプライエタリから OSSH へのスイッチングコストが発生する可能性がある。開発者やサプライチェーンの製造物責任など、法的不確実性に関連するコストは、低いよりやや低いと評価される。OSSH を使用または貢献することによる追加的な収益機会や新市場へのアクセスが限定的であることを補完す るものとして、顧客が製品を無料で使用することや競合他社のフリーライドなど、収益の損失が関連性の低いコスト次元に含ま れている。OSS の利用や貢献が直ちに収益を生まないのであれば、収益損失のコストも低いという説明である。また、大企業の回答者は、OSS や OSH の受け入れを拡大するために高いコストを認識しているが、小企業の 回答者ではあまり問題にならないことも指摘しなければならない。最後に、OSSH の認定漏れによるテストコストは、セキュリティギャップによるコストや、ライセンスに 関する法的不確実性を低減するためのコストと同様に、低いと評価される。後者 2 つは、BITKOM の調査でも OSS を利用するデメリットとしてほとんど挙げられていない。しかし、ベルン大学による調査（2018年）の回答者からは、セキュリティギャップが最も関連性の高い障壁として挙げられている。

要約すると、回答者は OSSH を使用し貢献するためのコストは、様々な次元で平均して低いと考えている。しかし、安定性を保証するためのコスト、特定のアプリケーションやインターフェイスの開発、人材の雇用とトレーニングのコストは平均以上である。

図 6.11: OSSH の使用または貢献のためのコスト（尺度：1 = コストなし～5 = 非常に高いコスト）

グラフ が含まれている画像

自動的に生成された説明

様々な便益と費用の次元を集約し、費用便益評価の結論と妥当性を確認するため、回答者には総合的な費用便益比率を回答するよう求めました。予想通り、3分の1は非常に高い便益と低いコストを認識し、さらに3分の1以上は非常に高い便益と中程度のコスト、または少なくとも高い便益と低いコストを認識していました。

図6.12: OSSHの利用または貢献の総合的な費用対効果(n=101)

グラフ

自動的に生成された説明

この定性的な評価と相補的に、最後のステップでは、OSSH を利用したり貢献したりすることの便益と費用の比率を定量的に評価するよう、回答者に求めました。例えば、便益とコストが等しい場合、その比率は1となり、便益がコストの10倍である場合、その比率は10となります。

いくつかの外れ値により平均値が1:17であるのに対し、最も名のある値は1:10で、次いで1:5である。この範囲の投資率（RoI）は、Pearce（2016）がオープンソースの科学的ハードウェア開発について計算したRoIと同様である。また、費用便益比は組織の規模が大きくなるにつれて減少することも言及しなければならない。

これは、多くの利益とコストの次元の個別の評価と一致しています。

TODO Groupによる2020年の調査でも、Hecht (2020)は、回答者の3分の2以上が、オープンソース財団の会員であることの投資対効果を非常に高い、または高いと報告していることを定性的な尺度で示しています。

図 6. 13：OSSH の利用・貢献の定量的なメリット・コスト比の評価（回答の絶対数）

グラフ, 棒グラフ

自動的に生成された説明

#### ステークホルダー調査結果のまとめ

ステークホルダー調査への回答が限られているにもかかわらず、回答の分析から、健全で内部的に一貫性のある結果を得ることができました。さらに、その結果は、方法論的に類似した分析から得られた洞察とも一致する。また、サンプルを大企業と中小企業に分類することで、興味深い洞察が得られ、それが政策提言の導出にもつながっている。

# 各種解析のまとめ

文献調査、ケーススタディ、統計分析、利害関係者調査の結果は、オープンソースの状況と影響に関する包括的な図式を提供するものである。様々な情報源からの結果は、利害関係者を特定し、OSS と OSH の主題を描き、最終的に影響の様々な次元を分析するために統合された。最終的に、これらの洞察は、最終章で提示される政策提言を導き出すために使用される。

## 全体 アプローチ

特に OSS の状況、主題、ひいては様々な影響の次元を分析するための様々なアプローチの概要を示すた めに、図 7.1 は様々な構成要素とその相互関係を示している。

図7.1： 全体アプローチ

グラフィカル ユーザー インターフェイス

自動的に生成された説明

残りの章では、まず加盟国レベルでの便益の評価に焦点を当てた計量経済学的分析からの主要な洞察から始め、次に同じく加盟国レベルでのコスト評価、そしてEUに本社を置く最も活発な企業のサンプルに焦点を当てた分析へと移っている。次に、ステークホルダー調査やその他の調査から得られた知見が、コスト面だけでなく、主に半定量的な便益面の追加情報を提供し、ケーススタディから得られた主に定性的な知見で締めくくられることになります。最後に、コスト・ベネフィット・レシオをマクロレベルだけでなくミクロレベルでも決定し、最終的に両者をマッチングさせて、異なるレベルや方法論的アプローチから得られた知見を検証しています。

## 異なる の主な分析結果

#### 計量経済学的分析による主な考察

EU加盟国のデータに基づくエコノメトリック時系列分析の結果、EU加盟国のGDPはグローバルなOSSコードのプールから大きな恩恵を受けていることが明らかになった。EU加盟国からのGitHubへのコミットまたは貢献者が、2018年のEUのGDPに対して600億ユーロから950億ユーロの範囲で大きな経済的影響を与えることを特定し、定量化することが可能であった。これらの貢献は、EUのいくつかの加盟国で行われた研究によって測定された、標準がGDPに与える影響の範囲と一致します。GitHubへのコミットや貢献者のうち、EUのような国に帰属させることができるのは約半分であるため

加盟国、および他のOSSリポジトリからのデータを使用できないため、上記の数値は下限値である。

GDPだけでなく、EUの労働生産性もOSSコードのプールの恩恵を受けている。各国の貢献は、輸出や付加価値額で測定される国内競争力を強化するが、並行して、OSSのグローバルプールは、輸出パフォーマンスに挑戦している。イノベーションは、既存の科学技術や競争相手との差別化によって特徴付けられるため、OSS コードへの貢献や依存は、主に限界的な変化を可能にし、必ずしも急進的な変化ではない、これは測定上の問題である。従って、OSS がイノベーションを強く促進するインパクトは観測されない。例えば、EU 加盟国が GitHub へのコミットを 10%増加させると、EU 内で 650 社以上の情報技術分野のスタートアップ企業が追加で生まれると予測される。最後に、OSSは雇用の直接的な促進要因ではなく、生産性や競争力のプラスの効果を通じて間接的にのみ促進される。

#### コストベースの影響度分析における主な補足的洞察

EUのOSSへの投資を定量化すると、少なくとも2018年の貢献ソフトウェア開発者は26万人以上で、EUのコンピュータプログラミング分野の従業員約310万人の8％以上に相当することが確認できる。この数は、teknowlogy（2019）が報告したヨーロッパ全体のOSS関連雇用のフルタイム換算233,800人に近いものである。ただし、貢献者の半数程度しか出身国を明らかにしていないため、貢献者数は下限とみなすことができる。しかし、8％というシェアは、teknowlogy（2019年）が報告したソフトウェア・ITサービス市場全体に対するOSS・ITサービス市場のボリューム7.4％に非常に近いものである。企業の関与に加え、学術機関もOSSに貢献している。米国の場合、Korkmaz（2020）は、学術機関がOSSへの貢献のほぼ1/3を担っていることを明らかにしている。

これは、Ghosh (2006)が2005年に最も活発に貢献している企業のグローバルサンプルの貢献として報告したのと同様の値です。この努力がGitHubに貢献している26万人のソフトウェア開発者に関連するものであれば、彼らはGitHubへのコミット投稿に時間の10%未満を費やすことになり、これは最近発表された調査で報告された範囲内である。EUのコンピュータプログラミング部門の従業員全員を例にとると、彼らの時間の0.5%強がOSSへの貢献のために費やされていることになる。

EU各国からの貢献者数を取り、EU各国あたりの平均人件費と掛け合わせると、2018年にはEU加盟国全体で150億ユーロ近いコストとなる。この数字は、teknowlogy（2019）が発表した欧州のOSS・ITサービス市場がソフトウェア・ITサービス市場全体の10%を若干下回ることと同じ次元の数字である。EU加盟国による2018年の3000万件以上のコミットを生み出すための年単位の努力に同じアプローチを適用すると、人件費はほぼ10億ユーロに達し、Ghosh（2006）が2005年に報告した世界の値に近くなる。

最後に、企業レベルでは、OSS に積極的に参加している企業の中で、小規模企業の割合が高いことが確認され た。OSS に積極的な企業ほど、貢献者、コミット数が多く、その結果、より多くの労力を費やしている。全体として、従業員数 50 名以下の企業が、調査対象サンプルの OSS への貢献者またはコミット 数のほぼ半数を占めている。

それでも、情報通信業が貢献者の半数近くを占めており、次いで専門的、科学的、技術的活動を行う企業が多い。また、卸売・小売業や金融業もかなり多い。

製造業が10%未満で続いている。また、1社あたりの貢献者数は、平均17社と、業種間で大きな差はない。最後に、情報通信部門に注目することで、EU加盟国レベルの分析との比較が可能になる。EU レベルでは、コンピュータプログラミング部門の従業員数を参考にすると、8%の従業員が OSS に貢献し ている。情報通信分野の最も活発な企業のサブサンプルでは、その値は 6%をわずかに上回る。しかし、従業員一人当たりのコミット数は、加盟国レベルでは10をわずかに下回るが、最も活発な企業のサンプルでは16であり、GitHubへのコード貢献への強い関与が伺える。また、従業員一人当たりの労力もほぼ同じであり、トップダウンとボトムアップの両方のアプローチで同様の結果が得られることから、このアプローチの有効性を裏付けています。

全体として、このコストベースの分析により、EU加盟国別のOSSへの投資パターンが明らかになっただけでなく、GitHubの最も活発な貢献者のサンプルをもとに、分野別、企業規模別の投資パターンも明らかになった。

要約すると、2018年にOSSで最も活発な組織である欧州企業のサンプルの分析は、加盟国レベルに基づく分析を補完し、いくつかの追加的な洞察を明らかにするものである。まず、貢献者、コミット、努力の数に基づいて、企業のOSSへの関与を判断することが可能であった。サンプルに含まれる企業を規模別に分類したところ、企業の規模が小さいほど、オープンソースへの投資額が相対的に高いことが明らかになりました。これは重要な洞察であり、政策的含意を導き出すのに関連します。第二に、企業を部門別に分類することで、情報通信部門の支配的な役割を確認する一方、その他の部門、例えば専門的、科学的、技術的活動を行う企業の関連性を明らかにすることができます。製造業におけるオープンソースへの貢献に対する企業の実際の関与は、明らかにまだ拡大の余地を残しています。しかし、その関与の度合いは、部門間でそれほど大きな違いはありません。企業規模の偏りは、全分野で顕著なパターンであり、情報通信分野で活動している企業だけを見ても同様である。

2018年のEUのGDPに対するOSSの貢献度を再考し、2018年に開発されたOSSのコードだけでなく、その前の年のコードも考慮した上で、EUがOSSに貢献していることを組み合わせることで、2018年だけでなく、その前の年の貢献度を算出する。最終的には、1:10をやや上回る費用対効果が算出される。OSSの貢献者26万人分のハードウェアコストも考慮すると、コスト・ベネフィット・レシオは1:4をわずかに上回ることになる。この比率は、コンピュータ化の長期的貢献（Brynjolfsson and Hitt 2003）やイノベーションの社会的収益（Jones and Summers 2020）に関連するコンピュータ資本コストと同じである。

#### ステークホルダー調査から得られた主な補足的知見

コストベースのアプローチでは、コストの観点から新しい強固な洞察が得られたが、OSS に貢献し利用することの利点は、利用可能なデータでは十分にカバーされていない。そこで、今回のステークホルダー調査では、OSS や OSH の性質や市場規模、関連するビジネスモデ ルに関する質問を行い、データベース・アプローチで得られた知見の完成度と検証を行う。特に、OSS に基づく収益だけでなく、その他の便益に関する追加情報は、便益の定量化およびこれまで 明らかにされてきた費用便益比率をより広い文脈に置くことを可能にしている。

今回のステークホルダー調査は、900 名を超える有識者がアンケートを開始し、大きな注目を集めました。しかし、特に投資の定量化に関する設問では

と、特にOSSとOSHに関連する収益について、数名の専門家によるパイロットテストを行ったにもかかわらず、回答が減少し、最終的に全質問を完全に通過した回答者は100名をわずかに上回っただけでした。

回答した組織のほぼ 4 分の 1 がソフトウェアを提供しており、さらに 10%が独立系ソフトウェア開発者、つまり回答者の 30%以上がソフトウェアに強いバックグラウンドを持っていることがわかる。このパターンは、OSS への最も積極的な貢献者の企業ベースの分析と一致する。しかし、40%以上の回答者は、コンポーネント、最終製品、サービスを生産する組織を代表して、プラット フォームプロバイダ、システムインテグレータ、ネットワークオペレータであることも確認された。最後に、いくつかの回答者は、2つまたは3つの異なるビジネスモデルを持っていると主張し、以前の研究の結果 を裏付けている。

OSS と OSH の相互補完性に関心があるため、回答者には、設計、構築、テスト、製造における活動を、ソフトウ ェアハードウェアの観点から評価するよう依頼した。一般に、回答者の大多数は、ソフトウエアの最前線に位置する。しかし、設計から製造までの連続した段階を考慮すると、平均的な回答はややハード志向に傾いています。全体として、OSHのコミュニティは、かなり小規模であるため、この調査にはあまり参加していない。

回答企業の大多数は2000年以降に設立され、2010年以降も50%近くが設立されており、回答企業の中で新興企業の割合が高いことを示している。その結果、従業員数250人以上の大企業は、100社強の組織のうち20%に過ぎない。一方、従業員10人以下の零細企業が4割強を占め、残りの4割弱は従業員11人から249人までとなっている。全体として、この規模の分布は、GitHubに貢献しているEUにある企業を特定することによって見出されたパターンと一致している。

情報を公開している約 100 社の全従業員のうち、ソフトウェア全般の開発に従事している常勤職員 は 10%弱、OSS/OSH の開発に従事している常勤職員は 1.5%である。しかし、小規模・零細企業では、ソフトウェア全般の開発、OSSやOSHの開発に携わる常勤職員の割合が非常に高くなっている。小規模組織では、従業員の4分の3がソフトウェア全般の開発に、3分の2がOSSの開発に携わっている。中小規模の組織では、従業員の半分以下がソフトウェアの開発に、4分の1程度がOSSの生成に関与している。この構造的パターン、すなわち、OSSへの貢献者としての零細・小規模組織の関与が比例して強いことは、GitHubの主要貢献者から得られたデータに基づく知見と一致するものである。

回答者は、売上高をプロプライエタリなソフトウェアとオープンソースソフトウェアの両方、および関連サー ビスに帰属させるという問題に直面している。信頼できる情報を提供している少数の、特に小規模な組織は、一般的に売上高の半分以上をオープンソースベースのソフトウェア、特にOSS関連サービスに起因しており、これは他の研究と一致している。

回答した企業は、非常に革新的であると主張している。すなわち、EUの平均的な企業と比較して、革新のための支出も、市場の新しさによる売上高の割合も非常に高いのである。ほぼすべての回答者が、自社の新しいソフトウェアやハードウェアにOSSHが含まれていると宣言している。ソフトウエア・ハードウエアの開発ソースの詳細を見ると、50%近くが自社開発によるものである。しかし、既存の OSS の利用は、先行研究でも言及されているように、40%近くあり、ソフトウェア開発の 2 番目に重要なソースである。

これは、Wright et al. (2020)が明らかにした OSS による起業促進効果を支持するものである。しかし、回答した企業は寛容なオープンソースライセンスや互恵的なオープンソースライセンスを利用しているが、ノウハウを保護するために特許などの正式な知的財産権を利用している企業は少なく、その革新性はこうした従来のイノベーション指標では測ることができない。しかし、ドメイン名や商標を補完的に保護し、顧客関係管理を実施しているケースは多い。また、秘密保持契約も頻繁に結ばれているため、秘密保持も重要である。

文献や他の最近の研究でも見られるように、回答したほぼすべての組織が OSS を利用し、回答者の 4 分の 3 以上が少なくとも時折 OSS に貢献している。その結果、寄稿者も OSS を利用しているというマクロ計量的アプローチの基本的前提が確認された。具体的には、OSS の利用者と貢献者に偏りがあるものの、少なくとも貢献者の 1/4 を 3/4 で割った 3 分の 1 が OSS を利用していると推測される。EU 全体の調査では、26 万人以上の貢献者が確認されている。したがって、少なくとも 3 分の 1 を追加することができる。つまり、ほぼ 9 万人の従業員が、少なくとも OSS を積極的に利用している可能性があるのだ。

他の最近の調査と同様に、回答した組織の大部分は、一般に、従業員が OSS コミュニティのプロジェクトに貢献したり参加したりすることを許可しています。その結果、これらの組織のほとんどは、開発したOSSコードを変更し、コミュニティに還元している。しかし、回答組織のうち、組織内から OSS コミュニティのプロジェクトを立ち上げ、支援している組織は 3 分の 1 未満であり、積極的に貢献している組織は少数派であることがわかる。

さらに、回答者には、どの分野でOSSを利用、統合、開発、参加しているかも尋ねています。OSSは、コンテナ技術、ITとサイバーセキュリティ、クラウドコンピューティング、ビッグデータ＆アナリティクスで最も顕著に利用されています。人工知能や機械学習、モノのインターネット（IoT）に関連する利用を挙げる回答者は少なく、高性能コンピューティングやブロックチェーンに関連する回答者は少なく、上記の質問に対する答えが分からないという回答者も何人かいました。明らかに、これら 2 つの領域における OSS の関連性は、まだ始まったばかりである。一般に、我々の結果は、他の研究の結果と同様である。

組織が OSS 開発に参加する最も重要な動機は、技術的な解決策を見つけることであり、技術 の最先端を前進させることを補完することである。ベンダロックインの回避は、他のいくつかの研究結果からも支持され、関連性のある2番目の動機として選ばれている。第4位は、知識創造よりもわずかにリードして、知識探求が選ばれています。従業員の個人的な興味も、回答した組織が OSS の開発に参加するための高い関連性を持っている。OSS への貢献による新しい市場や顧客へのアクセスは低い関連性であり、OSS の使用や貢献による収 益創出は重要性が低いことを強調する必要がある。対照的に、OSS への貢献によるコスト削減は、回答企業、特に IT セクター以外の企業にとって、社内の保守 作業の回避、コードのロイヤリティフリー使用、研究開発への投資収益率の向上、研究開発コストの削減という意味 で、平均以上の関連性を持っている。最後に、ネットワークの確立とそれに関連する自社の評判の向上は、一般的に使用されているライブラリなどの非差別的機能の開発と同様に、中程度の関連性を持つと評価されています。

マクロレベルで行われた費用便益分析を補完し、特定し、検証するために、ステークホルダー調査の回答 者は、彼らの組織にとって OSSH を利用したり貢献したりすることの便益とコストの関連性を尋ねられた。OSS の使用と貢献は、オープンスタンダードと相互運用性をサポートするという形で最も高い便益を生 み出しており、これは標準の便益と同様である(European)

委員会 2016）。これと並行して、EU の様々な加盟国における標準の経済的便益に関するマクロ経済研究の結果、GDP への影響は、EU 全体の GDP に対する OSS の役割に関する結果と一致していることが明らかになっている。しかし、この便益は、少なくとも企業の収益に直接的な正の影響を与えず、ネットワーク外部性を介した間接的な便益を生み出している。2 位のソースコードへのアクセス改善は、他の調査でも非常に重要であると評価されており、ソフトウェアの内部 開発の労力が軽減されるため、組織の支出を減らすことができる。OSS を利用し貢献する重要な動機の一つは、ベンダロックインを避けることであり、ソフトウェアコー ドの独占的な提供者からの独立は、関係者協議や他の調査への回答者にとって重要な利点である。さらに、知識交換のための活発なコミュニティへのアクセスや、イノベーションを促進する効果も、 OSS の使用や貢献のメリットとして高い関連性を持つと評価されている。多くの利点の評価をまとめると、オープンスタンダードが相互運用性と互換性を確保し、直接的または間接的にコスト削減に貢献するいくつかの利点が利点の上位に挙げられている。セキュリティと品質に関する問題は、依然として中程度以上の評価を受けています。最後に、OSSH を利用して新たな収益機会や市場アクセスを得ることは、中小企業を除き、回答企業 にとっては中程度以下の利益しか得られていない。OSS の影響に関する全体的な評価と関連して、ステークホルダー調査の結果は、OSS の直接的な収益や売 上を生み出す影響は重要ではなく、ネットワーク効果に寄与する相互運用性と、独占的なソフトウェアのベン ダーからの独立によるコスト削減が大きな利点であることを明らかにしている。OSS の利益に関するこの評価は、OSS のプールが EU 全体の経済にプラスの影響を与えることを明らかにした計量 分析の結果と一致している。さらに、小規模および中小規模の組織は、大規模組織よりも OSS に関連する利益を高く評価しており、これは GitHub への最大の貢献者の分析で明らかになった OSS への大きな貢献を説明するものである。その結果、大企業と比較して、零細・中小企業は OSS の利用や貢献からより多くの利益を得ていると結論づけることができる。

マクロ経済分析だけでなく、企業分析においても、OSS の生成に関連するコストは、少なくともベネフィットを上回ると想定して調査している。これまでのところ、主に OSS に貢献するために必要な人件費に焦点が当てられ、ハードウェアのコストが補完され ている。OSS の使用と貢献に関するコストの範囲を広げるため、利害関係者に様々なコストの側面について質問し た。一般に、すべてのコスト側面は中位以下であるが、大規模組織は小規模組織より高く評価する。熟練労働者の雇用と訓練にかかるコストは、他の研究でも確認されているように、2 番目に重要なコ スト項目として位置づけられている。したがって、OSS の費用便益分析において、人件費に焦点を当てることは正当化される。

しかし、最も高く評価されたコスト次元は、OSS の安定性の確保とエラーの発生しやすさ の低減に関連しており、これは Nagle ら（2020）が明らかにしたバグ/セキュリティ修正、無料のセ キュリティ監査、セキュリティ関連の追加方法の簡素化の必要性によって補完されたセキュリティ問題 への投資の低さによっても引き起こされていると思われる。このコストやリスクの側面は、今回の統計分析ではカバーされていないため、投資やGDPへの貢献、ひいてはOSSに関連するポジティブな影響の一部を減価させる可能性がある。最後に、OSS の相互運用性に関連する問題は、アプリケーションのための特定のソリューションの開発 や、インターフェースの欠落などにより、さらなるコストを発生させる。要約すると、回答者は OSSH の使用と貢献について、様々な次元で平均して低いコストしか認識していな いことがわかる。したがって、OSS の影響を評価するために人件費に焦点を当てることは適切なアプローチであり、他のコスト の次元はエラーの影響を受けやすいというリスクを伴うからである。

最後に、様々な便益と費用の次元を集約し、定量的な費用便益評価の結果を検証するために、回答者に総合的な費用便益比率を回答してもらった。予想通り、ベネフィットとコストを別々に評価したところ、3分の1は非常に高いベネフィットと低いコスト、3分の1以上は非常に高いベネフィットと中程度のコスト、または少なくとも高いベネフィットと低いコストと回答し、この結果は他の調査結果と一致しています。この定性的な評価を補完するために、最後の段階として、回答者に OSS の使用や貢献のコストベネフィットの 比率を定量的に評価するよう依頼した。最も多かったのは 1:10 であり、次いで 1:5 であった。費用便益比は、EU 加盟国レベルで必要な人件費や ICT ハードウェアへの投資を、EU 全体の OSS プールの GDP への貢献と関連付けることで1：4と算出された。したがって、費用便益比 1:4 によれば、OSS への投資に必要なコストは、マクロ経済学的なアプローチだけでなく、 ステークホルダーの評価にも基づいて、4 倍の利益を生むと結論づけることができる。したがって、この費用便益比の内的整合性は、一般的なイノベーション支出や特に ICT ハードウェアに関連する外部情報源によっても検証され、主張することが可能である。

#### ケーススタディから得られる主な補足的知見

統計的・計量的分析に使用するOSHに関する定量的データの検索は、この新しい分野での科学的発表が非常に少ないことを反映して、満足のいく結果を得ることができませんでした。さらに、ステークホルダー調査は、一般的に十分な注目を集めましたが、OSHに関する回答の数は不十分で、オープンソースコミュニティの間でOSH活動に独占的に焦点を当てたことは、明らかにまれな例外です。そこで、今回のケーススタディでは、このギャップを認識し、OSH領域における2つのケースを取り上げることとした。Maker to Manufacture - process innovations "では、特にArduino、White Rabbit、MyriadRF、RepRapを取り上げる。一方、"Open Hardware computing and infrastructure" では、RiscV/SiFive、Open Compute Project、White Rabbit を取り上げている。OSS 領域では、「エンドユーザー用途」の文脈で Nextcloud、LibreOffice、CentOS、OW2 が、「自動車・組み込み」の文脈で Yocto、CentOS、「公共分野」の文脈で XRoad、 Software Heritage、OW2 が分析されている。

ケーススタディでインタビューした専門家の評価によると、多くの主要な OSS と OSH プロジェクトがヨーロッパで設立された、またはヨーロッパを拠点としていることから、ヨーロッパの OSS と OSH のエコシステムはよく練られている。しかし、それらは一般に欧州のイノベーションとして認識されていないことが多い。欧州の公共部門は、OSS と OSH において重要な役割を果たしている。例えば、多くの成果が公的資 金に基づいており、一般に公開されているのである。重要な洞察の一つは、OSS と OSH の貢献は、即時のニーズを解決し、価値生成のロングテールを示 すということである。しかし、長期的なインパクトは多くの追加的な要因に影響されるため、しばしば即時的なインパク トしか測定できないかもしれない。最後に、OSS と OSH のイノベーションは、参加者の参入障壁を低くし、趣味やボランティア のコミュニティと企業との間の橋渡しをするものである。これらの橋は、イノベーションを促進するだけでなく、労働市場の効率も向上させる。

多くの OSS と OSH プロジェクトは、共同研究開発であり、重複する労力と先行投資のリスクを低減する。これらのプロジェクトは幅広い経済分野に影響を与え、その結果、特に影響を受けた典型的な分野やセクターは存在しない。共同研究開発の側面は、大半のプロジェクトが共有資金に基づいて構築されているため、異なる資金源に反映されている。その結果、これらのプロジェクトは利益を上げることを目的としておらず、これは「オープンデザイン」や「準備ができたらオープン」といった、収益を独占しないことを目的とした原則によっても裏付けられている。ただし、競争の激しい市場で収益を上げることを目的とした消費者向けのアプリケーションは例外である。

インプット要因に関連し、支援的な規制的枠組みによって補完されたツールやコンポーネントの可用性は、エコシステム全体の発展にとって重要であると一般的に言及されています。OSS と OSH のライセンスと他の知的財産権、特に特許の組み合わせは、しばしばコラボレーションにとって有害であると考えられ、広く普及していないが (Blind and Böhm 2019 も参照)、多くの参加者はライセンスをオープンコラボレーションのアドオンとして考えている。

ここで重要なのは、サイバーセキュリティ、AI、HPCなどの特定のフォーカストピックが、汎用技術としてのOSSやOSHの影響を特に受けていないことを強調することである。これに対して、OSSやOSHは、市場で「その用途を探す」。ステークホルダー等の調査から、例えば、OSSはHPCよりもサイバーセキュリティの方が関連性が高いことが明らかになっています。この矛盾は、ケーススタディの基礎として実施されたインタビューの文脈で述べられた専門家の個々の見解によって説明することができる。一方、ステークホルダー調査や他の調査、例えばBITKOM（2020）やteknowlogy（2019）は、数百人の専門家からなるより多様な集団の認識を集めている。最後に、OSSとOSHは、オープンソースコミュニティ、産業界、公共セクターの橋渡しをしていますが、産業界に重点を置いており、最近Nagleら（2020）、Geiger（2017）、Hecht（2020）が明らかにしたように、OSSプロジェクトにおいて企業の貢献者がますます多くなってきているのが現状です。企業によるOSSへの関心と投資の増加にもかかわらず、インタビューでは、個々のOSS開発者による個人的なスキル、知識、経験の重要性が強調されています。BITKOM (2020)のように、産業界ではOSSに関連するスキルを持つ専門家への需要が高まっているが、インタビューした専門家は、OSSだけでなくOSHに関する教育の不足に不満を抱いている。したがって、貢献者の獲得と維持は、多くの OSS および OSH コミュニティにとって課題である。例えば、Nagle ら (2020)が明らかにしたように、複数のプロジェクトが高い減少率または貢献者の変動に言及している。

事例研究の焦点は、ステークホルダー調査への回答から限定的に明らかになった、OSS と OSH の重 複の調査でもある。ケーススタディでは、OSS と OSH の両方のエコシステムが、例えば OSH のためのソフトウェアサポート のような、いくつかの重複を伴いながら、高度かつ効率的に統合されていることが明らかにされた。したがって、ステークホルダー調査におけるソフトウェアへの強いバイアスは、OSS と OSH の間のインターフェイスに明確に焦点を当てたいくつかのケーススタディによる洞察によって補完される。

産業界と学界に加えて、財団のような傘下組織は、信頼性、評判に基づくインパクト、中立的で競争促進的なガバナンスを提供することによって、OSS全体において重要な役割を果たすが、OSHエコシステムでは少ない（Blind and Böhm 2019も参照のこと）。

ケーススタディから、EUはOSSHエコシステムを発展させる多くの可能性を持っていると結論付けることができる。しかし、官僚的な挑戦やコラボレーションとOSSH採用の欠如に懐疑的な人も残っている。全体的に、ケーススタディは、OSSHコラボレーションの本当の成功は、ベースラインの測定可能な利益のみを表す既存の統計に表されていないことを明らかにした。例えば、「学生が本物に取り組めるように設計やツールを利用できるようになった」という統計データはない。

## 包括的な の分析

文献調査、ケーススタディ、利害関係者調査、そして最終的には統計・計量分析により、OSS だけでなく、OSH に関わる利害関係者、対象事項、そして最終的には様々な影響の側面について包括的な図が得られ ることになる。したがって、以下のセクションはそれに従って構成されている。

#### ステークホルダー

EU加盟国では、少なくとも26万人以上のソフトウェア開発者がOSSに貢献していることが確認されており、これはOSSの常勤職員に相当する人数とほぼ同じです。

teknowlogy（2019年）が欧州全体で報告した関連雇用。企業の関与に加え、学術機関もOSSに貢献している。アメリカの場合、Korkmaz（2020）は、OSSへの貢献のほぼ1/3を学術機関が担っていることを明らかにしている。したがって、欧州でもOSSへの貢献者のうち、大学などの研究機関が大きな割合を占めており、これはステークホルダー調査の回答者の約15％が大学や研究機関に関係していることからも裏付けられている。

企業レベルでは、OSS に参加する企業のうち、小規模あるいは零細企業の割合が高く、その半数以上は情報通信業、次いで専門的、科学的、技術的活動を行う企業である。卸売業、小売業、金融業も非常に活発で、製造業がそれに続くが、全参加企業のうちシェアは10%未満である。これは、Ghosh (2006)が2005年に発表した世界全体の企業数の2倍以上である。

ステークホルダー調査から、回答企業の4分の1がソフトウェアを提供しており、さらに10%が独立系ソフトウェア開発者であることが判明した。しかし、回答者の40％以上が、コンポーネント、最終製品、サービスを生産する組織、プラットフォームプロバイダー、システムインテグレーター、ネットワークオペレーターであり、他のビジネスモデルも観察されている。最後に、いくつかの回答者は、2つまたは3つの異なるビジネスモデルを持っていると主張しており、以前の研究結果（Blind and Böhm 2019など）を裏付けている。調査に回答した組織の大部分は2000年以降に設立され、さらに2010年以降に50％近くが設立されているので、これは新興企業の割合が高いことを示しており、40％以上が従業員10人以下の小規模企業であることと一致する。

産業界だけでなく、大学のような公共部門からも多くの組織がOSSへの貢献に積極的であることに加え、信頼性、評判に基づくインパクト、中立的で競争促進的なガバナンスを提供するオープンソース財団の重要な役割も言及しなければならない（Blind and Böhm 2019も参照のこと）。大半は米国に本部を置く国際的なレベルで活動しているが、一部の財団は欧州に特化している。最後に、最近、世界最大のオープンソース財団の1つであるEclipse Foundationがブリュッセルに本部を移転したことを明記しておく必要がある。

OSH に関しては、ケーススタディによる詳細な情報しかなく、特にスイスの Arduino の成功例を挙げることができる。OSHに基づくごく少数の新興企業を分析すると、米国やアジア諸国と比較して、ヨーロッパにある企業はごく少数であることがわかる。しかし、欧州の企業は、米国を拠点とする認証プラットフォームが発行する認証のほぼ4分の1を保有している。全体として、OSHに基づく企業の数は非常に限られているため、それらを分析するためのケーススタディーに基づくアプローチは正当化され、これはOSHに焦点を当てた2つのケーススタディに反映されている。

#### 主題

すでに述べたように、現時点では、OSS は非常に新興の段階にある OSH よりもはるかに関連性が高いことは確かである。その結果、OSS と OSH の重複は、関係者調査の回答者が報告したように、まだ限定的ではあるが存在す る。一方、ケーススタディでは、Arduino のケースのように OSS が OSH をサポートしているケースもいくつかあ るが、それ以外もある。

ステークホルダー調査から、OSSは、コンテナ技術、ITとサイバーセキュリティ、クラウドコンピューティングとビッグデータ＆アプリケーションで最も頻繁に使用されていることが明らかになりました。

の分析を行う。人工知能や機械学習モノのインターネット（IoT）に関連する利用を挙げた回答者は少なく、ハイパフォーマンスコンピューティングやブロックチェーンに関連する利用は最も少なかった。明らかに、これら2つの領域におけるOSSの関連性は、ごく初期に過ぎない。

事例集によると、サイバーセキュリティ、AI、HPCなどの特定のフォーカストピックは、汎用技術としてのOSSやOSHが特に影響を与えるようなものは目立っていない。これに対し、OSSやOSHは、市場で「用途を探す」。

関係者調査や他の調査では、例えば、OSS は HPC よりもサイバーセキュリティに関連性が高いことが明らかになっ ている。この矛盾は、専門家の個々の見解が、ケーススタディの基礎として実施されたインタビューの中で示されたものであるのに対し、BITKOM（2020）やteknowlogy（2019）などによるステークホルダー調査や他の調査では、数百人の専門家からなるより大規模で多様な集団の認識を収集していることで説明することができる。

具体的には、「エンドユーザー用途」の事例では、Nextcloud、LibreOffice、CentOS、OW2 が、「自動車・組込用途」の事例では、Yocto、CentOS が調査対象として挙げられている。最後に、公共部門における OSS の役割の拡大に対応するため、XRoad、Software Heritage、OW2 の各プロジェクトを分析したケーススタディがある。

以上のように、今回の事例選定では、OSH に関する統計データのギャップを認識し、OSH 領域の 2 つの事例を取り上げた。Maker to Manufacture - process innovations "のケースは、特にArduino、White Rabbit、MyriadRF、RepRapを含み、"Open Hardware computing and infrastructure "のケースは、RiscV/SiFive、Open Compute Projectに加えて、White Rabbitも考慮に入れています。

#### インパクトの大きさ

ケーススタディ、ステークホルダー調査、マクロ計量分析により、オープンソースソフトウェアの影響に関するいくつかの側面が明らかになりました。オープンソースハードウェアの影響については、ケーススタディにおいてのみ詳細に分析され、この分野で活動する新興企業を含む少数の企業に関する統計情報によって補完されています。以下のセクションでは、様々な方法論のアプローチから得られた結果を、最も関連性の高い影響の次元に集約しています。

英国を含む EU の GDP への影響という一般的なレベルから、OSS による貢献は年間最大 1,000 億ユーロと大きく、ステークホルダー調査等から知られるその活用の指標も算出されている。ステークホルダー調査からの回答によれば、OSS のプールは、容易にアクセスできる知識プールと して、内生的成長理論に基づく成長に寄与していると見ることも可能である。しかし、それだけではなく、OSS の利用や貢献によってもたらされるオープンスタンダードや相互運用性 のメリットに対するステークホルダーの高い評価によって、巨大な正のネットワーク外部性を生み出す公共インフラと して認識することができる。したがって、OSS は、先に定量化した技術標準のストックの影響の次元で、さらなる成長促進効果も持っている。さらに、OSS の貢献は EU の労働生産性を向上させている。これは、企業に対する様々な調査 で主要な利益として報告されている労働コスト削減効果によって説明でき、またステークホルダー調査でも 非常に関連性が高いと評価されている。

マクロ経済モデルにおいて、OSS が労働市場全般、特に IT 雇用に大きな影響を及ぼしていないこと は、ステークホルダーや他の様々な調査結果によって再び説明することができる。上記の通り、OSS に依存することによる人件費の削減は、多くの企業にとって大きなメリットとして 報告されており、それは自社の新しいソフトウェアを開発する際のインプットとして OSS が高い割合を占めてい ることにも裏付けられている。これはコスト削減だけでなく、リスクも付加的な要因としてケーススタディで明らかにされている。その結果、この直接的なコスト削減は

なぜなら、OSS に貢献したり積極的に利用したりするために雇用する従業員よりも、熟練労働者の 需要の方が高くなるからである。さらに、ステークホルダー調査の回答やケーススタディでインタビューした専門家の発言によれば、追加的な収益や新しい市場へのアクセスを得ることは、OSS に貢献し利用する企業にとってあまり意味のないインセンティブやベネフィットに過ぎない。OSS への貢献は、企業間の重複作業を排除することで、部分的に労働需要を減らすことは十分に可能であ る。これは効率化にもつながる。しかし、競争の激しい市場で収益を上げることを目的とした消費者向けアプリケーションには例外がある。全体として、収益が上がらないからといって、企業のソフトウェア開発者需要が増加するわけではありません。最後に、様々な調査やケーススタディから、OSS に貢献し利用できるスキルを持った開発者が不足していること が明らかになった。したがって、たとえ需要が増加しても、スキルの供給サイドが限られているため、雇用の大幅な拡大は望めない。

イノベーションは、既存の科学技術や競合他社の製品やサービスとの差別化によって特徴付けられるので、 OSS コードへの貢献や依存は、主に限界的な、必ずしも急進的ではない変化を可能にし、特に、特許や商標など、伝統的なイ ノベーション指標に依存する場合、測定上の問題を発生させる。さらに、ソフトウェア開発は、研究開発またはイノベーション活動として認識されるだけでなく、イノベー ションのアウトプットとして認識されることもあり、これも測定上の課題となっている。ケーススタディで明らかになったように、OSS はしばしばイノベーションのベースとなっているが、ステークホル ダーやその他の調査による評価では、OSS がイノベーションと高い関連性を持つという一貫した図式は見 られない。したがって、マクロ計量分析の結果では、全体として OSS がイノベーションを強く推し進めるイン パクトは観測されなかった。

例えば、EU 加盟国が GitHub へのコミットを 10%増加させると、EU では年間 650 社以上の情報技術分野のスタートアップ企業を追加で生み出すと予測され ている。OSS が新興企業に与える非常にポジティブな影響は、ステークホルダー調査の結果からも確認することができる。特に、この特定のタイプの企業にとって、OSS は新しいソフトウェアのインプットとして、社内開発 とほぼ同等の関連性があり、イノベーションを促進する効果があることも明らかになった。要約すると、新興企業は、簡単にアクセスできるコードのプールと、互換性と相互運用性の影響の両方から利益を得ている。

OSSの直接的なインパクトの次元として、OSSおよび関連サービスの市場規模がある。teknowlogy（2019）は、欧州全体のOSS関連雇用の常勤換算で23万3800人と報告しているが、これは2018beにEU加盟国に位置するGitHubに貢献する26万人を超えるソフトウェア開発者が確認されるのに近い数字と言える。しかし、コントリビューターの約半数しか出身国を明らかにしていないため、この数字は下限とみなすことができる。これらの貢献者は、コンピュータ・プログラミング・セクターの約310万人の従業員の8％以上を占め、このセクターの従業員だけがGitHubに貢献しているわけではないことを認識している。8％というシェアは、teknowlogy（2019年）が報告したソフトウェアおよびITサービス市場全体に占めるOSSおよびITサービス市場の量の7.4％に非常に近い。絶対値としてteknowlogy（2019）は、2019年のOSSおよび関連サービスの市場規模を250億ユーロ近くと報告しているが、これはEU各国の貢献者26万人に必要な総人件費150億ユーロと同じ次元のものである。ちなみに、Ghosh（2006）は、2006年のOSSに関連または関与するITサービスの欧州市場は、260億ユーロと推定している。

この市場規模を支えている企業を詳しく見てみると、EU加盟国にあるGitHubの主要な貢献者を分析した結果、零細・小規模企業の割合が非常に高いことがわかった。この結果は

つまり、組織が小さいほど OSS に関連する利益が高く、コストが低いということが、利害関係者調査 で報告されている。最後に、これらの企業のサンプルは 100 万人を少し超える従業員を雇用しており、これは EU のコン ピュータプログラム部門の全従業員の約 3 分の 1 にあたる。ちなみに、2005 年に最も OSS に貢献した企業のグローバルサンプルは、従業員数が 50 万人強、売上高が

2630億ユーロである（Ghosh 2006）。

また、OSS はソフトウェアに強い情報通信分野の企業によって、まだ主に占められている。このことは、GitHubへの主要な貢献企業の分析、ステークホルダー調査、OSSベースのスタートアップ企業の定量的分析によるケーススタディによって確認されている。需要側を見ると、JC MARKET RESEARCH (2020)によると、オープンソースサービスは主にITと通信で3分の1近くが導入され、次いで製造業で5分の1、銀行、金融サービス、保険で17%、生命科学と医療で12%、小売と流通、その他の分野で10分の1が導入されています。ケーススタディから、OSSはより一般的で、より幅広い経済領域に影響を与え、その結果、特に影響を受ける典型的なセクターは存在しないことが明らかになった。

OSS の直接的な定量的経済効果を補完するものとして、組織が OSS 開発に参加する最も重要な動機は、 技術的解決策の発見と技術水準の向上であることが明らかにされている。ベンダロックインの回避も非常に重要な動機であると評価されており、これは他のいくつかの研究でも支持されている。このインパクトの大きさは、デジタルオートノミーや技術的な主権を達成するために特に重要である。さらに、従業員の個人的な関心は、ネットワークや評判の構築につながるため、回答した組織がOSSの開発に参加することに高い関連性があることが、Nagleら（2020）によるLinux貢献者の評価に基づく最近の調査結果で裏付けられている。

OSS を利用し貢献する重要なインセンティブは、ベンダロックインを避けることであるため、ソフトウェア コードのプロプライエタリなプロバイダからの独立性は、ステークホルダーコンサルテーションの回答者のみならず、他の調査 でも重要な利点となる。

マクロ経済分析だけでなく、企業ベースの分析では、OSS の生成に関連するコストが少なくともベネフィットを 上回ると仮定して調査している。OSS への貢献のために必要な人件費とハードウェアのコストを超えて、OSS の使用と貢献に関するコ ストの範囲を広げるために、利害関係者は多くの異なるコスト側面について質問している。しかし、すべてのコスト側面は中位以下であるが、大規模組織は小規模組織より高く評価している。熟練労働者の雇用と訓練にかかるコストは、他の研究でも確認されているように、2 番目に重要なコスト 側面として位置づけられている。したがって、OSS のコスト評価において、人件費に焦点を当てることは正当である。

しかし、最も高く評価されたコスト次元は、OSS の安定性の確保とエラーの発生しやすさ の低減に関連しており、これは Nagle ら（2020）が明らかにしたバグ/セキュリティ修正、無料のセキュリ ティ監査、セキュリティ関連の追加方法の簡素化の必要性に加え、セキュリティ問題への投資の低さ にも起因していると思われる。このコストやリスクの側面は、今回の統計分析ではカバーされていないため、投資やGDPへの貢献、ひいてはOSSに関連するポジティブな影響の一部を減価させる可能性がある。最後に、OSS の相互運用性に関わる問題は、アプリケーションのための特定のソリューションの開発 や、インターフェースの欠落などにより、さらなるコストを発生させる。要約すると、回答者は OSSH の使用と貢献について、様々な次元で平均的に低いコストしか認識していない。

多数のベネフィットの評価をまとめると、オープンスタンダードは相互運用性と互換性を確保し、直接的 または間接的にコスト削減に貢献するベネフィットが上位に挙げられている。OSS の使用と貢献によるセキュリティとコード品質の向上は、関連する便益であるが、OSS はセキュリティに関連する追加コストとリスクも発生させる。最後に、OSSH の利用・貢献による新たな収益機会の創出や市場参入は、中小企業を除けば、中程度以 下である。OSS の影響に関する全体的な評価と関連して、ステークホルダー調査の結果、OSS の直接的な収益や売 上を生み出す影響は重要ではなく、ネットワーク効果に寄与する相互運用性や、独占的なソフトウェアのベン ダーからの独立によるコスト削減が大きな利点であることが明らかになった。OSS の利益に関するこの評価は、OSS のプールが EU 全体の経済にプラスの影響を与えることを明らかにした計量 分析の結果と一致している。さらに、小規模および中小規模の組織は、大規模な組織よりも OSS に関連する利益を高く評価しており、これは GitHub への最大の貢献者の分析で明らかになった OSS への大きな貢献を説明している。その結果、大企業と比較して、零細企業や中小企業は OSS の利用や貢献によってより多くの利益を得ていると結論づけることができる。

ケーススタディから、さらに複雑なインパクトの次元を導き出すことができる。まず、OSS の周辺では、イノベーションに適した規制的枠組みに支えられた OSH の複雑な生態系が発達しており、それ自体がイノベーションの起源となることも多いが、新興企業にとって実りある環境でもある。

第二に、これまでは主に民間部門に焦点が当てられてきた。しかし、欧州の公共部門は、OSS と OSH において重要な役割を担っている。例えば、多くの成果 は公的資金に基づき、一般に公開されているものである。また、公共部門は、特に OSS の重要なユーザーであり、実施者でもある。つまり、各ケーススタ ディで詳述されているように、OSS は公共部門に強い影響を与えることができる。

最後に、組織のマクロレベル、ミクロレベルの両方でコスト・ベネフィット比を決定する。まず、2018 年の EU の GDP に対する OSS の貢献度を便益とする。次に、2018年のOSSのGDPへの貢献は、2018年に開発されたOSSのコードだけでなく、それ以前のコードの貢献もあるため、コストは2018年だけでなく、それ以前のEUによるOSSへの貢献のための努力として考える。最終的には、1:10をやや上回る費用対効果が算出される。OSSの貢献者26万人分のハードウェアコストも考慮すると、コスト・ベネフィット・レシオは1:4をわずかに上回ることになる。この比率は、コンピュータ化の長期的貢献に関連するコンピュータ資本コストや、最近計算されたイノベーションへの社会的リターンの線上にある。

マクロレベルで行われた費用便益分析を補完し、特定し、検証するために、ステークホルダー調査の回答者に、組織で OSSH を利用したり貢献したりすることの便益だけでなく、費用の妥当性を尋ねました。様々な利益とコストの次元を集約し、定量的な費用便益評価の結果を検証するために、回答者は全体的な費用便益比率の評価を提供するよう求められました。予想通り、ベネフィットとコストを別々に評価したところ、3分の1は非常に高いベネフィットと低いコスト、3分の1以上は非常に高いベネフィットと中程度のコスト、または少なくとも高いベネフィットと低いコストと回答し、これは他の調査結果とも一致しています。この定性的な評価を補完するために、最後の段階として、回答者に OSS の使用または貢献のコストベネフィッ ト比の定量的評価をお願いした。最も多かったのは 1:10 であり、次いで 1:5 であった。上述のように、1:4 の費用便益比は、EU 加盟国レベルで必要な人件費と ICT ハードウェアへの投資と、OSS のプールへの貢献とを関連付けることで算出されている。

EU 全体の GDP に相当する。したがって、1:4 の費用便益比によれば、OSS への投資に必要なコストは、我々のマクロ経済的アプロー チによれば、4 倍の利益を生むが、利害関係者の評価にも基づくと結論づけられた。したがって、この費用便益比の内的整合性は、一般的なイノベーション支出や特に ICT ハードウェアに関連する外部情報源によっても検証され、主張することが可能である。

## オープンソース ソフトウェアに「ダークサイド」はあるのか？

OSSH開発のデメリットやリスクを強調する議論は数多く発表されています。オープンソースの潜在的なダークサイドに関する実質的な学術研究はありませんが、エコシステムやソーシャルメディア上で議論が続いています。ほとんどの立場は部分的な利益を代表しているので、結論は慎重に導き出されるべきです。議論の中心は、ICTセクターにおける中小企業と大企業の役割の間に内在する対立や、IPRの共有が逆効果になる可能性がある状況です。

よくある議論として、大規模なクラウド事業者がOSSを「横取りして収益化」し、オリジナルのソフトウェアの独自派生物を作成して自社のクラウド製品に統合しているというものがある。これは、例えばAWSがElasticSearchの派生物を提供しているように、実際に起きていることではあるが、関係者は、自己バランスを保つエコシステムの中で、ソフトウェア開発者と垂直統合者のそれぞれの役割を果たし、ソフトウェアのこうした利用を明示的に可能にする寛容なオープンソースライセンスの普及によって、後押しされているのだ。ビッグテックがオープンソースエコシステムを吸い上げている」または「ストリップマイニング」という関連する議論は、大規模な ICT 企業が同時に最大のオープンソース貢献者であり、Microsoft、Google、Red Hat (IBM) などがトップであるという事実を無視している。

もう一つの主張は、オープンソースのライセンスが、特にサーバサイドパブリックライセンス (SSPL) のようなプロプライエタリなソース利用可能ライセンスの導入により、より複雑になっているというものです。この主張は誤解を招く恐れがあります。というのも、オープンソースライセンスは実際にはよく理解されており、ほとんどが標準化され、オープンソース定義の要件に対して承認されていますが、この新しいライセンスのセットは、ソフトウェアの使用に条件を追加しようとするもので、プロプライエタリなライセンスとベンダロックインを再導入してしまうからです。オープンソースイニシアティブでは、これらのライセンスはオープンソースライセンスとは見なされておらず、ユーザーはこれらのライセンスに対して強い嫌悪感を示しています。関連性はありますが、同じではありません。ソフトウェアの使用と人権の尊重を結びつけることを目的とする倫理的なソース運動があります。このような倫理的要件は現在オープンソース定義と矛盾していますが、倫理的問題を探求することは、オープンソースの理解を進化させるために価値ある試みです。倫理的なライセンシングに対する議論は、人権に対する留保として理解されるべきではなく、(オープンソース定義の焦点である) ソフトウェアライセンシングはこれを達成するための適切なメカニズムではないという議論として理解されるべきです。現時点では、より広いオープンソースコミュニティのアプローチは、OSS が倫理的か否かに関わらず、いかなる目的にも誰にでも使用できることを要求することで、ライセンスにおける倫理的判断を回避することである。

ソフトウェア開発者とクラウド事業者の間の問題を悪化させているのは、「商用オープンソースソフトウェア」（COSS）企業、つまりベンチャーキャピタルが資金提供するオープンソース制作事業を指す誤解を招く用語が、OSS貢献の大部分を占めているという主張です。しかし、この資金力と発言力のあるグループの貢献は、より広いオープンソースコミュニティの共同貢献、特に主要なオープンソース財団で協働する産業コンソーシアムの貢献に比べれば矮小なものです。これらの企業の多くは、OSS の非差別的な性質と、消費者の目から見た差別化という企業の本質的な必要性とのバランスを取るのに苦労しています。この報告書で立証されているように、研究開発費の共有によるコスト削減は、技術ソリューションの単独提供に比べてはるかに大きな参加者のシェアを集めている。COSSビジネスの中には、生産したオープンソースライセンスソフトウェアを基に高い評価を得ているものもある。このような評価は、オープンソース製品によって促進される補完的な収入源以上のものである場合、疑問が残る。オープンソース製品の使用はビジネスのコントロール外であるため、製品の資産価値はゼロに近いか、せいぜいその程度と考えるべきだろう。

のれん分けの評価に基づいています。この議論は、コミュニティの代表者が、そのような企業は商標や提供するサービスを所有しているが、製品は公共財であると指摘していることに沿うものである。法的な観点からは、企業は貢献者ライセンス契約の使用などにより、製品の所有権を維持できるかもしれないが、オープンソースライセンスとコミュニティの規範は、派生物やフォークの作成を含め、いかなる目的でも誰でも使用できることを強制するものである。

これとは別に、より政治的な観点から、競争や地政学的な観点から知的財産権を共有することのデメリットについて議論が行われています。OSSH開発におけるコラボレーションは、例えば制裁措置や技術拡散をコントロールするためのオプションを減らすことができます。また、コラボレーションの結果を誰もが即座に利用できるようになり、新しい技術の状態を定義することができます。オープンソースのライセンスとコラボレーションは、政策立案者が、企業が競争すべき技術に影響を与える手段を提供するものでもあります。この影響は歓迎すべきものであり、しばしば意図されたものである。権威主義的な資本主義体制との国際競争では、製造業のバランスはそれぞれの国の比較優位性によって決定される。そのため、労働者の生活水準や人権の尊重に基づくこのような競争が受け入れられるかどうかは、政治的な判断となる。これは主に知的財産権政策についての議論ではないが、オープンソースライセンスに基づく技術の共有は、この競争のための青写真を提供するものである。

ソフトウェアベンダーとクラウド事業者の競争について、市場にはソフトウェア開発だけでなく、補完的なサービスや垂直統合のニーズがあることは明らかである。ソフトウェア開発者はイノベーションを続けたいと願い、インテグレーターは安定した、変化の遅い製品に興味を持つという利害の対立が内在している。インテグレーターにとって、ソフトウェア開発者との関係には本質的な価値はない。しかし、例えばソフトウェア開発から得られる専門知識に基づいて、そのような価値を示すことは可能である。また、開発者が信頼できるサプライヤーとみなされる規模に達していない、または魅力的でないコントリビューターのライセンス契約条件に基づいているなどの理由で、インテグレーターが関係を避ける場合もある。このため、この状況は両者間の交渉によってバランスを取るべき両面的な問題となる。

知的財産権政策に関する議論については、例えば新兵器システムの開発時など、知的財産権を共有することが逆効果となる状況や、秘密にすることに価値がある状況が発生する可能性があることは明らかである。しかし、その場合でも、OSSは基盤技術として利用される可能性が高い。この「差別化か共同化か」というシナリオのダイナミックな性質は、今日のイノベーションが明日のコモディティになることを意味する。秘密主義が技術的な優位性をもたらす状況は、OSSHが導入するスタックの上位にあるイノベーションのシフトによって減少する。知的財産権によってもたらされる価値をどのように効果的に実現するかということに基づいて、意思決定がなされるべきである。秘密保持や独占は一つのアプローチである。重要なイノベーションをオープンに開発することは、秘密保持に対する直接的な挑戦であると同時に、先行技術の創出を通じて、他者が特許出願によって技術の側面を囲い込むことをより困難にするため、技術の使用を抑制する可能性を減らすもう一つの方法論である。

結論として、OSSHの生産による悪影響の観測は、オープンコンペティションの創造的破壊の側面を表している。大手ハイテク企業によって技術が広く採用されるサイクルは、開発者が初期の段階で行った投資を無価値にする。本レポートの分析では、勝者と敗者は当然存在するものの、その利益はコストをはるかに上回っていることが示されている。Google が Android 認証プログラムを実施するために商標を使用したことに示されるように、OSSH 製品の開発に基づいて差別化を図る実証済みの方法があることを心に留めておく必要があります。政治的な考慮は、ビジネス上の議論とは切り離して考えるのが最善です。敵対者と技術を共有したくないという利害がある場合、そのような決定の理由を経済的影響と比較検討する必要があります。

# 公共政策 分析

## アプローチ

公共政策分析の対象範囲は、採用された内部および外部のOSSとOSHの政策の両方をカバーしています。政策は、内部と外部の2つの側面から分析され、また、この調査の領域範囲に含まれる管轄区域における政策の包括的な概要を提供するいくつかの異なる基準に対しても分析されます。

表8.1:政策の次元と基準

|  |  |
| --- | --- |
| **寸法** | **基準** |
| **内部**  公共部門は、当該公共機関が自らの組織においてOSSとOSHをどのように実施するかを言及する政策を目指した。 | * 管轄区域全体における、ポリシーの規定レベル。 * 公共調達政策がOSSHに配慮している度合い。 * 方針がどれだけ効果的に実行されているか。 * 公的機関内のOSSとOSHに関する能力の度合い。 |
| **外部**  民間部門に向けた政策とは、当該公的機関が他のアクター、特に民間部門とどのように関わるかを指すものである。 | * OSSとOSHを採用し開発する民間事業者をどの程度まで支援するか。 * 管轄区域がどの程度、民間アクターに指針を提供しているか。 * OSSやOSHコミュニティに関して、管轄行政が役割を担っているかどうか（担っているとすればどのような役割か）。 * 近隣の政策分野において、OSSやOSHがどの程度考慮されているのか。 |

## 分析 フレームワーク

データ収集と政策インパクトの分析は、机上調査、技術や政策の専門家との構造化インタビュー、および主要なステークホルダーへのアンケートを通じて行われた。インタビューは録音され、価値のあるものについては文字に起こされています。

十分な政策データを収集・整理した上で、それぞれのOSSH政策のサイバーセキュリティと人工知能に対する関連性、役割、メリットを分析する。また、このデータを使って、世界の政策行動とEUの政策行動を比較する。さらに、OSS政策のOSH領域への潜在的な移転可能性を概説し、分析する。これは、政策提言にも反映されている。

以下に詳述する分析フレームワークは、EUの政策行動と各国のアプローチとの比較にも使用されている。これらの国とは、ブラジル、中国、インド、日本、韓国、米国である。これらの分析から、有望でインパクトの大きい政策措置が推定され、詳細に説明され、政策提言に反映されている。

このフレームワークは、OpenForum Europe (OFE) と Fraunhofer ISI が以前に行った政策分析、および Center for Strategic and International Studies (Lewis, 2010)、Red Hat and Georgia Tech OSPI Project (Noonan et al., 2008) と Spanish National Open Source Software Observatory (CENATIC et al., 2010) が開発したフレームワークによって情報を得ました。2010 年まで、これらの研究はグローバルな政策を特定する上で重要な分野をカバーしていました。今日、オープン ソース政策について活発に維持されている研究はありませんが、前述のフレームワークは、収集した歴史的データとともに

* は、今日のフレームワークを成功に導くための重要なデータポイントです。

互換性を持たせるためには共通の基準が必要ですが、共通の基準だけに頼ると、重要な詳細や文脈が見落とされる危険性があります。そのため、このフレームワークでは、定性的な手法と定量的な手法の両方を採用しています。

すべての指標の状況を決定するデータを収集することは、EU加盟国およびその他の国におけるOSSおよびOSH政策の概観と比較の基礎を形成する。この情報により、どの国がどのような分野の政策を持っているかという構造的な調査に到達することができる。これは、定量的な情報により深さと文脈を提供する定性的な情報で補完されています。

さらに、政策の普及度を点数化することで、世界におけるOSSおよびOSH政策の普及度を指数化しました。これにより、オープンソース政策に関する各国の成熟度を、様々な角度から評価することが可能になります。この指標は、概要を即座に把握し、主要なギャップや、さらに詳しく調査すべき領域を特定するために使用されます。

採点の際には、客観的で再現性のある結果を得るために、様々な要素が考慮されます。既存の政策評価の枠組みや文献（海外開発研究所（ODI）、BetterEvaluation（BE）、オーストラリア外務貿易省（DFAT）共通手法ラボや米国CDCなどによる）を基に、指針となる質問セットを作成した（Gasper, 2005; Pasanen & Shaxson, 2016; Centers for Disease Control and Prevention, 2013）。

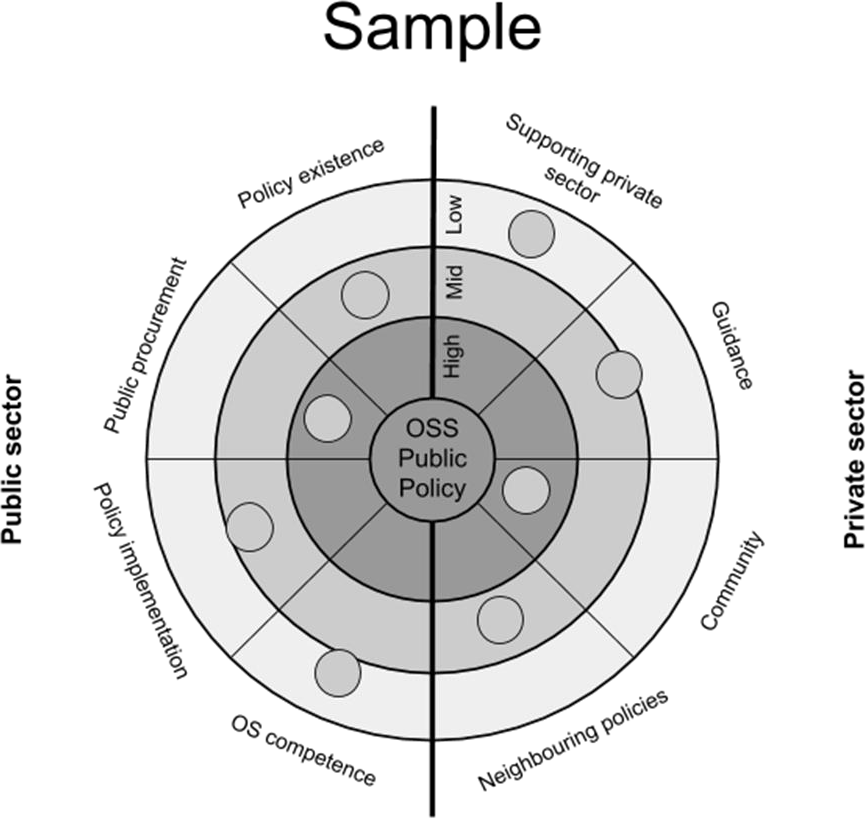
* + 方針は正式に文書化され、伝達されるか？
  + 意図した目標を達成するために、政策はよく設計されているか？
  + 目標達成のために、資源を効率的に使っているか？
  + 他の政府関係者、企業、コミュニティなど、関連するステークホルダーと協議したか？
  + その政策は、管轄区域にとって付加価値を生むか？
  + 政策から得られる成果はプラスですか、それともマイナスですか？
  + 政策が意図しない結果を招いたことはありませんか？
  + 政策行動は、その法的、経済的、社会的環境とうまく整合しているか？
  + 以前の政策行動や他の管轄区域からの経験は考慮されましたか？
  + 二次的目標を考慮した政策か？

この指標は、さらに多くの目的に使用することができ、定期的に継続的に更新することで、OSSとOSHの政策について信頼できる情報源となることが期待される。また、このデータは様々な方法で視覚化することができる。例えば、下の図のサンプルは、内部政策と外部政策の2つの軸に沿って国を明確にマッピングしている。

表8.2： 基準および指標

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **基準** | **インジケーター** | **マックスマーク** |
| **ディメンション公共部門** | | **65** |
| **政策の存在** | OSSHに関するポリシーはありますか？ある場合、そのポリシーはどの程度まで有効ですか？ | |
| ノーム | 5 |
| 法令 | 10 |
| 法 | 15 |
| **基準点合計** | **15** |
| **公共調達** | OSSHに有利な公共調達方針がありますか？もしあれば、その方針は以下のどのカテゴリーに該当しますか？ | |
| OSSHの使用が許可されるアドバイザリー | 5 |
| Preference：OSSHの利用を優先するが、強制はしない) | 10 |
| OSSHの利用が必要な場合は必須 | 15 |
| **基準点合計** | **15** |
| **政策の実施** | OSSHのポリシーがある場合、ポリシーはどの程度効果的に実施されているか？ | 10 |
| OSSHのポリシーは強制されるのですか？ | 5 |
| **基準点合計** | **15** |
| **OSの能力** | 行政はOSSHに関する内部戦略を持っているのか？ | 5 |
| 行政にオープンソースオフィスはありますか？ | 5 |
| 行政は、そのOSSとOSHの方針と解決策を他の行政機関と共有しているか？ | 5 |
| 行政は、外部に委託する開発も含め、自社の開発でOSSHを利用しているか？ | 5 |
| **基準点合計** | **20** |
| **次元民間部門** | | **45** |
| **民間企業への支援** | 民間企業による既存のOSSHの活用を支援することを目的とした法律やルールはあるのか？ | 5 |
| 民間企業による新しいOSSHの開発を促進することを目的とした法律やルールはあるのか？ | 5 |
| OSSHを産業振興に活用する戦略はあるのか？ | 10 |
| **基準点合計** | **20** |
| **ガイダンス** | 民間企業に対して、OSS/OHH関連のガイダンスを行っているサービスはあるか(例：説明を通じて)OSのライセンス体系、知的財産権、機会均等、調達ルール、OSSHコミュニティへの参加方法などの説明を通じて）民間企業へのOSS/OHH関連指導を行うサービスはあるか？ | 5 |
| **基準点合計** | **5** |
| **コミュニティ** | 公権力がオープンソースコミュニティを育てているか？ | 5 |
| 公権力は、開かれた良き地域市民であるか？ | 5 |
| **基準点合計** | **10** |
| **近隣の政策に存在するOS** | 隣接する分野（研究・イノベーション、サイバーセキュリティ、通信、AI、HPCなど）の政策行動は、どの程度OSSHを考慮しているのか？ | 10 |
| **基準点合計** | **10** |
|  |  |  |
| **達成可能な点数の合計** | | **110** |

図8.1: OSSポリシー普及の 可視化例



すべての指標の状況を決定するデータを収集することは、EU加盟国およびその他の国におけるOSSおよびOSH政策の概観と比較のための基礎を形成するものである。この情報により、どの国がどのような分野の政策を持っているのか、構造的な概観を得ることができる。これは、定量的な情報により深さと文脈を提供する定性的な情報で補完されている。

さらに、政策の普及度を点数化することで、世界におけるOSSおよびOSH政策の普及度を指数化しました。これにより、オープンソース政策に関する各国の成熟度を、さまざまな角度から評価することができます。この指標は、概要を即座に把握し、主要なギャップや、さらに詳しく調査すべき領域を特定するために使用することができます。

この指標はさらに多くの目的に利用することができ、定期的に継続的に更新することで、OSSとOSHの政策について信頼できる情報源を実現することができるだろう。また、このデータは様々な方法で視覚化することができる。例えば、上の図8.1のサンプルは、内部政策と外部政策の2軸に沿って各国をマッピングしている。

## 公共政策 分析

研究の最初のレビューから、2000 年代初頭に OSS 政策への関心の第一波が始まったことが明らかである。おそらく、より多くの OSS プロジェクトが主流の地位を獲得し、調達コストを削減する意図があったのだろう。したがって、ほとんどの政策は公共調達に集中した。これはほとんどまだ真実であるが、オープンソース政策は現在、より広い政策領域に波及している。オープンソース政策が開始された当初から

2010 年代にこの最初の波は終わり、2015 年頃から、異なる目的を持った新しい波が始まりました。このセクションでは、世界的な範囲を対象とした研究の概要を説明する。国別では、特定の地域を対象とした研究についての理解を深めることができる。

2000 年代末までは、OSS 企業の Red Hat が Georgia Institute of Technology と共同で、「Red Hat/Georgia Tech Open Source Index Project」として、世界中の OSS に関する政策を国レベルで特定するための構造化モデルを開発する研究を行ってきた。このプロジェクトでは、OSS に関連する政策の成熟度をマッピングし、75 ヶ国のランキングを作成した (RedHat, 2011; Noonan et al., 2008)。

Center for Strategic and International Studies は、世界中のオープンソース政策イニシアチブの包括的な概要を維持しています。最新版は2010年3月に発行され、364のオープンソース政策イニシアチブがリストアップされています (Lewis, 2010)。

2010 年、スペイン国立オープンソースソフトウェア観測所（現在はデジタル行政総局内）は、OSS の現状につ いて、公共および民間部門の支援と地域や国による導入の観点から報告書を発行した。この報告書には、使用された方法論とアンケートに関する情報も含まれており、本研究では、これらの要素を活用することを目的としています（CENATIC et al.、2010）。

表 8.3: 2010 年までに世界で承認された OSS イニシアチブの地域分布 (Lewis, 2010)

テーブル

自動的に生成された説明

#### 動機

政府が OSS と OSH を支持または考慮した公共政策を採用するかしないかを決定する理由は様々である。学者たちは、この問題についての理解を深めることに貢献してきたが (Comino & Manenti, 2005; Hahn, 2009; Lee, 2006; Oram, 2011)、オープンソースへの政府の関与に関する研究のほとんどは、OSS の第一波の中で実施されたものである。技術、政治、経済、法律の状況は 2010 年代初頭以降に進化しており、政府がオープンソースをサポートする主な動機も変化しています。

動機に関する支配的な分類はありませんが、Lee (2006) は、経済的、技術的、政治的、法的な懸念という 4 つの包括的な動機を提案しています。大まかに言えば、調査対象国に基づいて、政府にとっての主要な動機は時間とともに進化していますが、世界地域間で区別されたままであり、オープンソースの長所と短所を理解することが成熟していることを表しています。

OSS の最初の波では、調達コストに関する経済的な懸念が OSS を採用する国の大きな原動力となっ たようである。我々の分析によれば、これはすべての国・地域に当てはまるが、アジアや南米の国々の政府は、地政学的に米国と弱い立場にあったこともあり、政治的・イデオロギー的な考慮により積極的であったようだ。この時点では、オープンソースは一般的に、その技術力に基づいて選択されたわけではありません。

技術的なメリットと法的な懸念は、オープンソースの採用を阻害する役割をより多く担っています。

2010 年代初頭から、オープンソースの公共政策の新たな採用が減少した後、OSS はソフトウェアの民間部門でそのユビキタスな地位を獲得しました。この影響を比較的受けずにオープンソースのサポートを継続した法域もありましたが、公共部門でオープンソースがどのように考えられているかについては、新しいパラダイムが広く展開されました。オープンソースは、もはや公共調達コストを削減する方法としてではなく（欧米諸国ではまだ重要な役割を果たしていますが）、代わりにソフトウェア部門の支援、技術的独立性、デジタル化といった側面が支配的になっています。

#### 経済的な懸念

2010 年頃まで、政府によるオープンソース政策の第一波では、経済的な懸念が主な動機付けとなっていました。オープンソースは、プロプライエタリなソフトウェアよりも安価に調達できることを主な理由として検討されることが多く、産業規模でのソフトウェア開発に対する幅広い利点は、当時は同じ程度には評価されませんでした。政府は、通常の（ほぼゼロの）調達コストに動機づけられ、新しいソフトウェアソリューションへの移行に伴うスイッチングコスト（トレーニング、互換性、データ利用可能性など）を過小評価することもありました。

また、政府が公益性のあるプロジェクトを財政的に支援する場合、公共財の過小生産の問題も考慮しなければならない。OSS を好むことは競争を阻害し歪めるという懸念もありましたが、オープンソースの第二の波の中では、オープンソースは遅れている企業の競争力を向上させるツールとなり、ICT 市場においてよりオープンな競争を作り出すための一歩になると考えられています。

表8.4：経済的な懸念

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 経済的な懸念 | コスト削減 | 製造コスト |
| マージナル・プライシング |
| メンテナンス費用 |
| スイッチング・コストとネットワーク効果 | OSSとプロプライエタリ・ソフトウェアの切替 |
| ロックインコスト |
| (互換性のなさ |
| 公共財の過小生産 | 公共財の過小生産 |
| 贈答品に対する公的補助 |
| 市場競争と技術中立性 | 政府によるOSSの支援は、競争を促進/阻害する。 |
| 地域産業支援 |

#### 技術的な問題

政府がオープンソースに関する政策を策定する際、つい最近まで、政府にとってアーカイブ目的で重要な、オープンソース（通常はオープンスタンダードを使用）で保存されたデータの可用性の向上が主な考慮事項であることが多かった。また、OSS とプロプライエタリなソフトウェアとの間の互換性の問題も考慮されていた。最近では、オープンソースの潜在的な技術的利点が問題として取り上げられることが多くなっている。オープンソースのオープンな性質は、ソフトウェアのセキュリティ、可用性、カスタマイズ性などの面で、潜在的な関連する固有の利点を有している。

表8.5：技術的な懸念事項

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 技術的な問題 | 互換性 | プロプライエタリなソフトウェアとOSSの非互換性 |
| ソフトウェアの互換性を促進するための規制的アプローチ |
| セキュリティ | |
| ユーザビリティ | |
| 可用性 | |
| カスタマイズ性 | |
| 現地語 | |
| アーカイブのための再現性 | |

#### 政治的な問題

近年、OSS に関する意思決定プロセスにおいて、政治的な懸念がより大きな役割を果たすようになっています。アジアやブラジルでは、このような懸念はすでに初期の政策議論の一部となっていたが、EU では、この問題はより政治的なものとなり、「デジタル主権」の傘の下でオープンソースを検討し、デジタルインフラに関して少数のサプライヤーに依存しないことを望む主な動機の1つとなっている。最初の波では、これはマイクロソフト製品への依存を避ける必要性に関する懸念として提示されることが多かったが、現在では、より多くの選択肢を持つための幅広い取り組みへと発展しており、米国に拠点を置く企業への依存に関するより大きな懸念も一部で見られるようになった。これとは別に、発展途上国が OSS を利用することで、商用ソフトウェア製品の輸入を減らすことができるため、 外貨資産を保全する方法として、OSS を特に考慮するようになった。

これはさておき、政府は、オープンソースを、政府プロセスの透明性を向上させ、情報や政府サービスへのアクセスを改善し、全体として民主主義を強化する機会だと考えています。このように、オープンソースは、政府および管轄内の産業のデジタル化を改善する方法としても考えられています。

表8.6: 政治的な懸念

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 政治的な問題 | ガバナンス | 民主主義の強化 |
| 一般市民へのアクセス改善 |
| 透明性の向上 |
| インデペンデンス | ベンダーの独立性 |
| 技術の自立 |
| 為替資産の保全 |
| 反米国コンプレックス |
| デジタル化 | デジタル技術の向上 |
| 政府のデジタル化 |
| ソフトウェア産業政策 |

#### 法的な問題

専門家レベルでは、法的な懸念は大きな役割を果たすことがありますが、オープンソースをめぐる一般的な議論では、法的な問題は長い間小さな役割を担ってきました。オープンソースの最初の波では、国際貿易体制の遵守に関する問題が提起されましたが、公共部門におけるオープンソースの台頭により、そのような懸念はやや薄れてきているように見えます。主に発展途上国において、オープンソースはプロプライエタリなソフトウェアの海賊版の問題に対処する方法としても検討されました。

今日、技術へのアクセスを中心とした貿易紛争という形で、新たな法的問題が生じています。オープンソースは、ソフトウェアを貿易紛争の対象から外すことで、このようなリスクを軽減する機会を提供します。ソフトウェアは誰もが利用できるため、オープンソースライセンスに基づいて公開された特定のソフトウェアプログラムやコンポーネントへのアクセスを特定の当事者に制限することは困難です（理論的には不可能）。

表8.7：法的な懸念事項

|  |  |
| --- | --- |
| 法的な問題 | ソフトウェア違法コピーへのアプローチ |
| 補償に関するリスク |
| アクセス制限の難しさ |
| 国際貿易体制の遵守 |

## 比較 アクション

このほかにも、政策空間の認識、政策文化、機会構造など、さまざまな要因が、一般的な目標から実際の政策へと転換される具体的な動機を形成している。一般に、国ごとに観察される動機と同様に、調査対象国の中でも地理的・年代的な差異が観察される。

各国の政策行動の比較に入る前に、各国が取り得る、あるいは取ったことのある行動の種類を理解することで、以下のことが理解できるようになります。

を作成し、政府が利用できる選択肢を紹介しています。一般的に、公共政策の行動は、民間部門または公共部門を対象とすることで区別することができる。

公共部門を対象とした政策は、通常 2 つの主要なカテゴリに分類されます。最初のカテゴリーは、行政自体のデジタル化をサポートし、そこから公共部門に報酬を得るために、公共部門内のオープンソースに関する能力を向上させるか、または行政の規模をテコにして、より幅広い利点を達成することを目標としています。2 つ目のカテゴリーは、通常、プロプライエタリなソフトウェアよりも OSS を優遇する公共調達政策に関連するものである。このような政策には、管轄の立法機関が採択した拘束力のある法律から、公共部門内の行政機関が採択した単純な規範まで、範囲、実施メカニズム、規定レベルが異なっている。公共部門の能力を向上させることを目的とした政策は、通常、オープンソース戦略などの内部戦略を中心に展開され、組織自体におけるオープンソースの使用を規定または指導したり、管轄の公共部門におけるOSSの再利用に関するガイドラインを策定したりする。また、オープンソースに関する公共部門の専門知識を集約したオープンソースプログラムオフィス（OSPO）（コンピテンスセンターと呼ばれることもある）の設立も政策的なアクションの1つである。

民間部門を対象とした政策行動は、より多様で、多くの異なる利害関係者を対象とする傾向があります。ここで考えられるアクションは、オープンソースとその共同開発のパラダイムに関する企業のためのガイダンスとサポートです。これは、OSPO を通じて調整することができ、ガイダンスを発行し、トレーニングやコンサルティングサービスを提供することができます。さらに、一部の政府は、産業界がオープンソースを通じてイノベーションを起こすよう舵を切ることで、産業政策の設定や影響力に直接関与しています。例えば、大学と協力してオープンテクノロジーやオープンソースの開発に関するプログラムを作成することで、オープンソースを通じた ICT 教育の改善に関与することもできる。もう 1 つの可能なアクションは、コミュニティへの参加を通じて、管轄内のコミュニティの創設を支援し、直接的または間接的にオープンソースコミュニティの拡大を図り、OSS と OSH の採用を改善することである。政府は、公共部門または民間部門にとって戦略的に重要なオープンソースプロジェクトや、公共財と見なされるプロジェクトに直接資金を提供したり、認証したりすることもできる。

この研究では、オープンソースに関する以下の国の政策を分析しました。

* + 欧州連合機関政策
  + EU加盟国。
    - ブルガリア
    - フランス
    - ドイツ
    - イタリア
    - ポーランド
    - スペイン
  + その他の国
    - ブラジル
    - 中国
    - インド
    - 日本
    - 南朝鮮
    - イギリス
    - 米国

国ごとの詳細な分析は次の章で行うが、ここでは政策の概要と比較について紹介する。

これまでの議論では、世界各地域の地理的な違いが強調されてきたが、この違いは、地域間の成果を区分する際にも明確になる。一般に、EUや米州の政府は公共部門に焦点を当てた政策行動をとるが、アジア（インドを除く）の政府は民間部門の発展に力を注ぐ傾向がある。

収集したデータを詳細に見ると、EU 加盟国の大部分（ドイツとポーランドを除く）は OSS に関する正式な政策を持っており、ほとんどの場合、これは政令レベルで OSS を独占ソフトウェアより優遇する公的調達政策を意味する。これに対して、アジアでは、インドだけが、国家レベルで OSS を優先する公的調達政策をとっている。中国政府は、研究機関を通じて非公式にOSSを優遇しているが、この政策は公共部門には法的に適用されない。

政策の実施は、基本的に全ての国・地域において依然として問題である。公共調達政策の実施の有効性は、政策の規定度や正式な執行メカニズムとは相関関係がないように思われる。この点、ブルガリアは、執行が実施につながらないことを示している。実際には、制度化のレベル、オープンソースの政治化、オープンソースへの文化的・教育的なシフトの程度が、実装の成功のより強い予測因子となるようです。しかし、本当に納得のいく実装は、地域レベル（スペインのカタルーニャ州やインドのケーララ州など）でしか行われておらず、そこではオープンソースがデジタルシフトの中核となり、行政のデジタル文化に根付いているのです。国レベルでこれを実現することは、調査対象のどの国もまだ達成していない課題であるようです。

もう1つの問題は、行政によるオープンソースの開発に関連しています。多くの国では、公共部門におけるオープンソースソリューションの開発と再利用を要求する法律が制定されているが、そのような法律や政令が採択された後のフォローアップが不十分であることが多いのである。先に述べたように、制度化や教育の問題とも密接な関係があります。OSS を開発し再利用するよう行政に指示する法律を採択しても、その行政が必ずしもそれを実行するわけではな い。ここで注目すべきは、具体的な実施ガイダンスが存在しないことである。多くの法域では、法律はあっても、多くの要因を考慮する必要があるため、法律を実施可能 にするためのオープンソース戦略がないのである。

先に述べたように、政府が公共部門にオープンソースを採用する理由はさまざまです。政府をよりデジタルに精通させ、コストを削減することに加え、政府によっては、より高いレベルの透明性を達成することを目指し、規範的な観点からオープンソースをツールとみなしているのです。この分析は、経済的および政治的な懸念がより大きな役割を果たす世界の他の地域よりも、EUにおいてこの側面がより大きな役割を果たすと結論づけています。

表8.8：オープンソースポリシーの概要と比較

グラフィカル ユーザー インターフェイス, アプリケーション, テーブル, Excel, カレンダー

自動的に生成された説明

分析の焦点を公共部門を対象とする公共政策から民間部門に移すと、分析対象地域がEUや英国、米国、ブラジルからアジアに移ることがわかる。日本の場合、一見すると日本にはそれほど多くの政策的アクションがないように見えますが、過去には（他の東アジア諸国と同様に）オープンソースに対する産業界のサポートと公的セクターの関与が広範囲にありました。

しかし、アジアでは、EU やアメリカ以上に、オープン ソースは初期の政府のリーダーシップや影響力によって定義されています。さまざまな経済省が、欧米の IT 企業におけるオープンソースの偏在に反応して産業政策を策定し、多くの場合、その地域の産業の急先鋒で目に付いた傾向を取り上げたのです。ここでのリーダーは韓国で、民間セクターのサポートという点で、最も広範なオープンソース政策に関してトップに立っています。

韓国では、デジタル産業政策に関してオープンソースが重要な位置を占めており、ガイダンス、トレーニング、産業支援を行う多くの機関を通じて、支援を制度化することに重点を置いている。同時に、オープンソース・コミュニティを構築し、オープン性の要素を幅広いデジタル政策の中に取り入れることにも緩やかに取り組んでいる。中国もまた、より非公式な政策手段を用いて国内産業を誘導しているが、（重要なテクノロジー企業の所有を通じて）依然として国内産業に強い影響力を行使しており、オープンソースを通じてイノベーションと技術的主権を支援している。

インドはある程度異常で、政府としてはオープンソースに対してEU諸国のように振る舞い、公共部門を中心に、2000年代以降は技術的な主権を重視することなく行動しています。

EU加盟国は、長い間、民間部門を刺激するためのオープンソース政策の可能性にあまり重点を置いてきませんでした。この点については、米国の政策と重なるところがあり、公共部門に焦点を当てた活動も行っています。しかし、民間部門の構造から見ると、2000年代初頭のEU加盟国はアジアに近く、特にソフトウェアに関しては弱いICT部門しか持っていなかったのに対し、米国はソフトウェア能力で世界を席巻する民間部門を持っているのである。アジア諸国の政府は、現地のICTセクターを発展させるために政治的・財政的な資本を多く投入しており、オープンソースはその手段の1つであることは明らかです。今日、民間企業側のソフトウェア能力が向上した国々（すなわち、韓国と中国）では、オープンソースが産業政策において重要な役割を担っています。因果関係を確認することは困難ですが、EU加盟国政府がこれに対してより自由放任的なアプローチをとっており、今日、この分野の能力に関してEUが後塵を拝していることも明らかです。

## 欧州連合 機関

#### 背景と経緯

EUにおける行政のデジタル化に関する包括的なコミュニケーションは、電子政府行動計画であり、国境を越えた相互運用性によって市民のモビリティを可能にし、公共部門と市民および企業間のデジタル交流を促進することによって、これらの行政をよりオープン、効率的、包括的にすることを目指しています（欧州委員会、2016年）。2016年から2020年までの最新版では、当初20のアクションから始まり、一般から提案されたアクションで拡張されている。特にOpen Sourceに言及しているわけではありませんが、行政におけるオープン性と透明性の重要性を謳っています。欧州連合全体でオープンソースの利点を活用するために、オープンソースの導入と開発を支援するために、欧州レベルでいくつかの内外の活動が実施されています。

#### EU機関の内部政策

長年にわたり、EUの機関は、オープンソースをサポートするための強固な政策基盤を構築してきました。OSS の内部使用に関する戦略は、2000 年に欧州委員会によって初めて採用され、UNIX システムに Apache Web Server を使用することが推奨されました（欧州委員会、n.d. ）。ここ数年の変化としては、サーバーOSとしてLinuxの使用を奨励し、europa.euサーバーを動かすためにApacheを使用し、現在いくつかの民間および公共組織が使用している欧州連合パブリックライセンス（EUPL）を開発し正式に承認したことなどがある。

それ以来、この戦略は定期的に改訂され、前回の戦略は2014年から2017年をカバーし、2020年から2023年の戦略はリニューアルされた（European Commission, 2020）。2020年10月21日に発表された最新の戦略では、欧州委員会がオープンソースの採用を拡大するための取り組みを継続・拡大し、公共調達におけるOSSの公正な取り扱い、サードパーティが開発したソフトウェアを含む今後の内部開発におけるOSSの優先順位を決定することが約束されています。また、この戦略の実施を促進し、このテーマにおける欧州委員会の活動（関連研修の開催、コードの配布、貢献、利用の支援など）をより正式な組織とするために、欧州委員会にオープンソースプログラムオフィス（OSPO）を設置する。

欧州委員会は、EUおよび加盟国の法律と互換性のあるオープンソースライセンスを提供するためにEUPLを導入し、欧州委員会のために開発されたオープンソースソフトウェアを、ISAプログラムの電子政府専用プラットフォームJoinupで公開し、ユーザーが公共部門内でオープンソースソリューションを共有・再利用できるなど、オープンソース採用において大きなマイルストンを達成した。この変化は内部でも導入され、データやウェブサーバ、企業向けソリューションなどにOSSを使用し、同時に調達におけるオープンソースの機会均等を確保した。Europe Coding Week、Bug Bounties Programme、European Interoperability Reference Architectureなどの取り組みも、この戦略の目標を達成する活動の一環である。

2020年、欧州委員会におけるOSSの状況を分析するため、「欧州委員会におけるオープンソースソフトウェアのガバナンスに関する研究」が実施されました（European Commission & KPMG, 2020）。この調査では、ECのオープンソースソフトウェア採用成熟度指数の更新が行われ、下図に示すように、最もスコアの高いカテゴリは、新しいソフトウェアの制作とOSSとしてのリリースで、これは主にISA2プログラム内と欧州委員会の情報総局であるDIGITのいくつかのユニットで行われている。デスクトップアプリケーションのユーザー向け次元は、最も低いスコアで評価されている。

図8.2: ECオープンソースソフトウェア導入成熟度指数

グラフ

自動的に生成された説明

前バージョンの戦略はかなり成功していると思われるが、最新の戦略は「OSSの声をより顕著にする」「デジタル主権という新しい切り口を与える」可能性を持っている。

#### 外部方針

欧州機関の公式な内部方針とは別に、長年にわたって、相互運用性の活動を調整し、行政のためのソリューションを開発することを目的とした、EUが資金を提供するいくつかの関連した活動が行われてきた。

例えば、2010年に導入されたISAプログラムは、2016年にISA²が導入され、いくつかのオープンソースの活動やソリューションを支援することによって、公共行政における相互運用性の育成に向けた重要な一歩を踏み出しました。その前身であるIDABCプログラムは、2004年とかなり前に導入されていました(European Commission, n.d.)。

2010年から2015年まで実施された最初のISAプログラムは、EU加盟国が効率的なデジタル国境を越えた公共サービスの構築で協力できる枠組みを作った（欧州委員会、2016年）。約1億6000万ユーロの予算で、信頼できる情報交換、相互運用性アーキテクチャ、新しいEU法のICTへの影響の評価、および付随する措置という異なるクラスターにおける40以上の行動で構成されていました。

ISA²プログラム（2015-2020）は、同プログラムの下で開発された相互運用可能な国境を越えた、セクター横断的な公共サービスを利用して、欧州の行政、企業、市民のためのデジタルソリューションの開発を支援するという同様の目的を持っていました。5年間で1億3100万ユーロの予算が配分されました。このプログラムは、EU法の適用の監視、電気通信、行政のためのビッグデータ、市民参加、電子調達、財務データ報告、その他多くの分野における54のアクションを包含している（European Commission, n.d.)．ISA²プログラムの継続は、範囲を調整したデジタル・ヨーロッパ・プログラムの下で計画されている。(Joinup, 2020）。

2020年、このプログラムは「COVID-19へのデジタル対応」を開始し、危機を緩和するための数多くのデジタルアプローチをリストアップし、構造化することを提案した（Sowińska, 2020）。提供されたアプローチのうち、約500のソリューションの3分の1以上がオープンソースであり、医療スタッフ、行政、企業、市民の日常活動を支援するために利用可能であることが分かる。

オープンソース観測所（OSOR）プロジェクトは、ISA²プログラム（Open Source Observatory, 2021）の一部でもあり、加盟国の活動を支援するために観測所とリポジトリの両方として最初に開発・管理されました。その焦点は以下のように変化しています。

このサイトでは、公共部門に関連するオープンソースプロジェクトや実装に関するニュースのリポジトリとして、また情報交換やリソース共有のためのプラットフォームとして、Joinupプラットフォームがリポジトリの機能を提供しています。本稿執筆時点では、2,000以上のニュース記事と600以上のイベントが掲載されている。情報提供や普及の側面以外では、コミュニティへの参加を通じてOSSを推進しており、500人以上のメンバーからなる独自のコミュニティを維持している。また、OSORは、OSSのライセンスに関連するアドホックな法的支援も行っています。

EU-FOSSA 2 (Free and Open Source Software Auditing)も関連するEUレベルのイニシアチブです。2015年に欧州議会が欧州委員会のパイロットプロジェクトとして100万ユーロの初期予算を確保し、EUの最も重要なOSSのセキュリティを監査するために開始されたものです。公開協議の結果、Apache HTTP ServerとKeyPassが選ばれ、詳細なセキュリティ監査が行われました。この取り組みに続き、EU FOSSA 2が260万ユーロの予算で実施されました（欧州委員会、2019年）。

EU-FOSSA 2は、欧州委員会が「世界中の公共行政におけるオープンソース、ライセンスやITサポートに関する問題、利用拡大のための障害、オープンソースコミュニティのリーダーとの交流、解決策の特定と実行」といったテーマでベストプラクティス調査を発注することになった（Ramos, 2019）。悪名高いセキュリティバグ「Heartbleed」の波に乗って導入されたこのプロジェクトは、2020年6月に完了し、成功を収めたようだ（European Commission, n.d. ）。広い視野で見れば、ボトムアップで技術主導で推進することで、EU機関とOSSコミュニティの距離を縮める取り組みと言える。このように、ECは、EU-FOSSAおよびEU-FOSSA 2プロジェクトを通じて、オープンソースのユーザーから、その安定性、信頼性、セキュリティに積極的に貢献するまでに進歩したのである。

OSSのライセンスについては、2017年に欧州委員会がFree and Open Sourceのライセンスである前述のEuropean Public Licence (EUPL)を作成しました。その使用は欧州機関やEU加盟国の間で奨励されており、最新版（2017年発行）は23の言語で利用可能である（EUPL, 2021）。すべての加盟国の著作権法と法的に整合しており、他の多くの一般的なオープンソースライセンスと互換性があるため、公共行政におけるOSSの普及を促進するユニークなツールとなっています。その結果、EUPLはいくつかの加盟国の政策文書に正式に盛り込まれ、欧州の公共部門による多数のオープンソースプロジェクトで使用されており、Open Source Initiativeによって正式に認められたオープンソースライセンスの1つとなっています。ライセンスに関する欧州委員会のもう1つの注目すべき取り組みは、Joinup Licensing Assistantツールで、ソフトウェアに使用できるさまざまなライセンス（およびそれぞれの条件）に関するガイドラインを簡単かつユーザーフレンドリーな方法で提供しています（Joinup, n.d.）。

EUレベルの政策のほとんどは、EU加盟国に対する「諮問」的な位置づけであり、その実施を目的としたガイドラインやグッドプラクティスで構成されています。それでも、いくつかの文書は大きな注目を集め、オープンソースの使用や地域のオープンソース政策に影響を及ぼしています。これらの文書は通常、デジタルインフラの「開放性」、（政府または民間セクター間の）データ共有、および相互運用性という包括的な用語に言及しています。オープンソースは、国によっては「デジタル主権」という概念で括られ、2020年12月に署名されたベルリン宣言によって、欧州レベルでの議論に参入した。同宣言は、デジタルへの参加と欧州のデジタル主権の強化に取り組み、価値に基づくデジタル変革に貢献することを目的としたいくつかの目標を挙げています。その署名者は、2024年までに「国境を越えたデジタルソリューションの開発と展開において、共通の標準、モジュラーアーキテクチャ、および（適切な場合には）オープンソース技術を導入する」ことを加盟国で約束し、欧州機関に対し「国境を越えたオープンソース標準、ソリューションおよび仕様の開発、共有および再利用を促進する」よう要請しました。

さらにもう一つの手段は、当初はIDABCとISAプログラムの下で開発され、そして、欧州相互運用性フレームワーク（EIF）である。2017年版では、相互運用性活動のガバナンスをいかに改善するかについて、47の勧告を行政に提案している（欧州委員会、n.d.）。その最初のバージョンは2010年に採択され、2016年に行われたパブリックコンサルテーションで、ICTの状況における早送りの変化との整合性を保つために更新の必要性が指摘され、内容が改訂された。EIFは、公共部門情報の再利用に関する指令の改訂、eIDAS規則、欧州クラウドイニシアティブなどのイニシアチブなど、この間登場したEUの政策も反映している。

EIFは、再利用が可能で開発コストの削減に役立つOSSの利用を呼びかけています。また、加盟国がOSSの公平な競争条件を確保し、当該行政の特定のニーズに基づいてOSSのソフトウェアを優先的に使用するよう推奨しています。これらの勧告を実施するためには、加盟国のローカルな状況における国家的イニシアチブを調整するために、EIFを基にした国家相互運用性フレームワークが必要となります。

デジタル政府と相互運用性の領域において、重要な一歩となったのが「電子政府に関するタリン宣言」（欧州委員会、2017）です。2017年10月6日、欧州32カ国の閣僚がこの前向きな宣言に合意しました。この宣言には、相互運用性をサポートするオープンスタンダードの重要性、および重要なインフラストラクチャを支え、公共部門が最先端の電子政府ソリューションを革新し開発する力を与えるオープンソースの機会について、参加加盟国が行った一連の重要なコミットメントが記載されています。

次世代インターネット（NGI）は、欧州の価値観に基づき、欧州のデジタル発展を包括的に形成することを目的とした欧州委員会のイニシアティブで、2018年から2020年にかけて2億5千万ユーロ以上の投資を受けている（Next Generation Internet, n.d. ）。ネットワークインフラからデジタルプラットフォーム、ソーシャルイノベーションに至るまで、多様なデジタルトピックに関する複数の研究イノベーションと研究プロジェクトを集め、資金を提供しています。NGIの範囲に関するポジションペーパーでは、イノベーションと協力と一緒になるべき開放性の重要性を指摘している（Next Generation Internet, 2019）。2019年8月に発表されたプログラムでは、NGIは透明性、セキュリティ、レジリエンスを高めるための重要な技術コンポーネントをオープン化するために、OSSとOSHに投資すると述べられています。2020年12月現在、第三者から受注した450のプロジェクトはOSSHであり、ITスタックのすべてのコンポーネントをカバーしています。NGIプログラムの資金提供を受けている第三者は、ほとんどが個人（54％）および零細企業または中小企業（28％）です。

オープンソースに関連する最近のデジタルファイルは多数ありますが、明確に言及することはほとんどありません。2020年2月に発表された欧州委員会のコミュニケーション「Shaping Europe's digital future」は、デジタルに関する欧州の立場を形成するために、ECがどこを（場合によってはどのように）政策立案することを目指しているか、より幅広いビジョンを示している (European Commission, 2020)．デジタル、ひいては地政学的に欧州の地位を守り強化し、EUの価値を守るために、「欧州技術主権」の重要性を強調しているが、その実現方法としてオープンソースには触れていない。一方で、この文書は政策立案の一般的な方向性を示すハイレベルな文書であり、ヨーロッパレベルでは、オープンソースはかなり技術的な用語で見られているようだ。いくつかの加盟国、すなわちフランスとドイツの発展途上国では、政治用語としてのオープンソースの強い存在が観察され、デジタル開放性のより広い定義に使用されています。

コミュニケーションは、EUが加盟国を通じてだけでなく、新しいEU多年間財務フレームワーク（MFF）を通じて、より多くの投資を行うことを提案している。EUが優先的に取り組むべき分野として、イノベーション、コネクティビティ、スマートエネルギーと輸送構造、サイバーセキュリティの強化、デジタルスキルが挙げられている。データインフラに重点が置かれていますが、これについては、別の文書で詳しく説明されています。

は、同時期に欧州データ戦略（European Strategy for Data、European Commission, 2020）を発表しています。

欧州データ戦略は、データを市民の利益のために活用し、この分野の地元企業を強化することを目的としている。同戦略では、2021年から2027年にかけて実施される次期MFFにおいて、欧州委員会が欧州のデータスペースと連携クラウドインフラに関するHigh Impact Projectに投資することを明記している。このようなデータスペースは、9つの異なる分野（健康や移動など）で開発され、多くのオープンソースプロジェクトがその場所を見つけることができるだろう。機能面（データ共有ツール、データガバナンスフレームワーク、データの可用性、品質、相互運用性の向上）だけでなく、環境性能、セキュリティ、データ保護、相互運用性、拡張性などの要件も満たす必要がある。これはEOSC（European Open Science Cloud）と密接に関連しており、他のパートナーシップとともに、この分野への投資の舵取りを助けることができるだろう。配布スキームや要件によっては、オープンソースのエコシステムに影響を与える可能性があります。

オープンソースは、加盟国全体およびすべての欧州機関における政治的認知度が同じレベルには達していません。オープンソースの取り込みと開発をどのように増加させるかについて方向性を示す政策は数多くありますが、近隣の政策からこのテーマに触れた政策文書はほとんどありません。オープンソースに関する政策立案者の知識不足が意図しない結果を招き、立法文書の起草にオープンソースが省略され、時にはこの分野にマイナスの影響を与える可能性があります。これは、著作権指令のケースで起こった可能性がありますが、コミュニティの強い反応のおかげで起こりませんでした（OpenForum Europe & FSFE, 2017）。

## EU加盟国での公共政策活動 国

#### ブルガリア

グラフ, サンバースト図

自動的に生成された説明

*政策的背景*

ブルガリアは、1970年代から1980年代初頭にかけて、ソ連圏のニーズに応えるICTプロバイダーとしてハードウェア部門が発展し、「東欧のシリコンバレー」と呼ばれた歴史がある。その中央集権的に計画されたICTの才覚は、90年代の自由市場経済への経済転換に苦戦し、特に2007年のブルガリアのEU加盟から期待されたプラスの成果が世界金融危機に阻まれ、この国はまだそのデジタル潜在力を発揮していない（Petrov, 2018）。

ブルガリアは、産業のデジタル化がEU平均より遅れているため、先進加盟国に追いつくために、近年、ICT分野とデジタル化を政策課題の上位に位置づけています。中小企業や産業界におけるビッグデータ分析やクラウドコンピューティングといった技術の利用が少ないことが特徴で、その根底には比較的高い投資コスト、人員不足、デジタルスキルの欠如といった要因があります（McKinsey&Company, 2018）。

ブルガリアの経済状況は他の加盟国に比べて好ましくなく、一人当たりのGDPはEUで最も低く、低賃金であることから多くの国民が国を離れる動機となり、その結果、毎年、他のEU加盟国への人口の大きな移住が観察されている（Hristova & Petrova, 2017; National Statistical Institute Bulgaria, 2020; European Commission, 2020）。

デジタル経済・社会指数では最下位で、接続性や政府のデジタル化などの分野では好成績を収めていますが、デジタルスキルの面ではEUで最低レベルであり、産業へのデジタル技術の統合でも劣勢です（欧州委員会、2019）。ICT専門家と卒業生に関しては、ブルガリアはそれぞれ23位と22位であり、これは移民の多さによって悪化しているに過ぎない。

一方、労働市場の状況は改善されつつあり、近年はデジタル化を重視する政府によるいくつかの取り組みもあって、GDPも伸びています。ブルガリアのDESI指標の多くはここ数年で改善されており、さらに、ソフトウェア部門の収益は毎年増加しており、ソフトウェア部門の月額報酬は国の平均を3倍以上上回っていることから、新しい人材を惹きつけ、よりデジタル化された豊かな国への道筋が強化されるかもしれません（The Bulgarian Association of Software Companies, 2018）。

ブルガリアは、1999年に情報社会に関する国家戦略を実施したEUの最初の加盟国の一つであり、その後、情報・通信・管理技術に関する専門調整センターが作成した電子政府戦略を2002年に実施しています（Tzitzellkov and Decheva, 2016）。2006年、ブルガリアは欧州のフレームワークに準拠した国家相互運用性フレームワークを採択し、これは同国の円滑な移管プロセスの一例である（Council of Ministers, 2006）。

オープンソースの利用を義務付ける最初の法案は、2003年にブルガリア議会で審議されました。この法案は、自治体や地域、高等学校、医療機関、非営利団体、政府から資金提供を受けている組織などのすべての政府機関に対し、採択後2年以内にオープンソースやオープンフォーマットを使用することを義務付けるものでした。ただし、OSS が特定の目的に適さない場合は例外とされる予定であった（EDRi, 2003）。この法案は通過せず、OSSの利用を義務付ける取り組みは10年以上遅れている。

近年、政府は「デジタル・ブルガリア2025」という主要プログラムを通じて、ブルガリアの産業部門のデジタル化、電子政府の開発加速、高資格ICT専門家の増加、相互運用性の確保、サイバーセキュリティの強化といった目標を掲げ、産業のデジタル変革に向けて一定の措置を講じています（交通情報技術通信省, 2019）。また、2017年のコンセプトペーパー「ブルガリア産業のデジタル変革（インダストリー4.0）のコンセプト」もプログラミング文書の一つで、イノベーションの促進や競争力のあるサービスや技術の導入、インダストリー4.0の新しいビジネスモデルやプロセスの恩恵を受けてデジタル経済の地域ハブとなることを目標として示しています（経済政策研究所、2018年）。その他にも、中小企業が新しいデジタルインフラを獲得するための結束政策プロジェクトや、今後の5G戦略（欧州委員会、2020年）などが進められています。これらの文書は、デジタル政策に望まれる価値としてのオープン性、そしてブルガリアにおけるそうした政策の実施に言及しているが、具体的には触れていない。

しかし、公共サービスやブルガリアの産業のデジタル化を監督するために、いくつかの取り組みを強化し、調和を図っています。

ブルガリアのデジタル政策を統括するのは運輸・情報技術・通信省で、サイバーセキュリティ、オープンデータ、ブロードバンド接続、標準化などの分野でICT政策に取り組んでいます。国家プログラム「デジタル・ブルガリア2020」や「デジタル・ブルガリア2025」、EUのプログラムや戦略の実施も担っています。

省内の電子政府の政策、規則、規制を担当する機関は、2016年から運営されている国家予算による別組織のSEGA（The State eGovernment Agency）である。電子政府分野の政策の発行や導入、予算計画、セクター関連政策の調整、その実施の監督に関する活動を行っています。また、同庁は、電子政府の要件を満たすための中央レジスター、国家プライベートクラウド、行政が使用する通信ネットワークなどを管理している（State eGovernment Agency, n.d. ）。

過去には、市民団体が政府や産業界においてOSSの重要性を高め、その導入を公然と提唱していました。ここ数年、ブルガリアではOSSに焦点を当てた目立った市民活動は行われていませんが、Bulgarian Association of Software Companiesのようなソフトウェア指向の組織は、国内外において明確にその関心を表明しています（BASSCOM, n.d.)。

2016年にブルガリアで公共調達の中にオープンソースを取り入れることに貢献した組織は、Obshtestvo（The Society）というソフトウェア専門家、プログラマー、開発者の独立グループで、国家のために設計され納税者が支払うソフトウェアは、公的に所有され透明な方法で開発するよう運動しました（Obshtestvo, n.d.)．有志がOSSを開発し、オープンデータの利用を促進し、会議やオンライン資料を通じて政策立案者、企業、ユーザーにOSSのメリットを説明していました。しかし、すべての人がオープンソリューションに移行する必要はなく、状況に応じて特定のニーズを満たすことに集中すべきだという意見から、プロプライエタリなソフトウェアの使用は排除していなかった。このグループは、彼らが提唱した改正案が電子政府法に盛り込まれた後すぐに活動を停止したようで、2017年以降、目立った関与はありません。

歴史的には、1995年に設立されたインターネットソサエティのブルガリア支部が、ブルガリアにおけるOSSとオープンスタンダードの推進に携わった最初の組織であった。活動内容は、ブルガリアにおけるインターネット利用の利点に関する意識向上、FreeとOSSに関するプロモーション、開発、教育、そして電子政府に関する取り組みなどです。現在も活動の一部を続けていますが、2008年以降はあまり活発ではありません（ISOC Bulgaria, n.d. ）。インターネット協会は世界的な組織であり、各国支部があるため、最近では新しい支部が誕生し、活動を再開していますが、ブルガリア支部はここ10年間、活動していません。

*現在の政策アクション*

2016年、ブルガリア政府は、もともと2008年に採択された電子政府法において、公共調達とOSSに関する画期的な改正を可決した（State e-Government Agency, 2016）。これは、情報システムや電子サービスの開発、アップグレード、導入を調達する行政機関に対し、公共調達手続きの条件内に、ソースコードが「オープンソースソフトウェアの基準を満たすこと」という規定を盛り込むことを義務づけたものです。

2019.11.29施行の最新版では、以下のように記載されています（国家電子政府庁、2019年）。

**Art.58a.**情報システム又は電子サービスの開発，アップグレード又は実施のための公共調達のための技術仕様の作成において，行政当局は，仕様に以下の要件を含めなければならない。

1.契約の目的が、コンピュータ・プログラムの開発または改良に関わる場合。

1. コンピュータ・プログラムは、オープンソースソフトウェアの基準を満たす必要があります。
2. 関連するコンピュータプログラム、そのソースコード、インターフェースのデザイン、および開発が契約の対象となるデータベースに関するすべての著作権および関連する権利は、その使用、変更および配布に制限なく、完全に契約当局に生じなければなりません。

c) 開発には，リポジトリ及びバージョン管理システムを使用すること。

この法律は、対象となる行政機関の様々なレベル（すなわち、地域、中央、省庁などの公的機関）を区別していないため、すべての行政機関が等しくこの法律を実施することが期待されていることになります。この法律には、オープンデータ、アクセシビリティ、相互運用性の要件も含まれています。また、2016年には、電子政府に関する国家政策とこの分野の優良事例を担当する国家電子政府機関（SEGA）が新たに設置されました。最新の法律（2019年11月より施行）によれば、公務員はガイドラインを遵守しなかった場合に責任を問われる可能性があり、違反が繰り返された場合には金銭的な罰金を科される可能性があるが、その規則の施行に関する報告は見つかっていない。

電子政府法には、2017年に採択された「情報システム、レジスター及び電子行政サービスに関する一般要件に関する条例」が付随しており、その実施に関してより詳細な指示がなされている（閣僚会議、2017）。これは、電子行政サービスに関する用語、手続き、一般的・技術的要件を定めている。それらには、電子文書のフォーマット、電子アーカイブの実践、職員の義務と責任、アクセス制限、標準などが含まれる。

条例では、ソースコードとドキュメントを一般に公開しなければならないライセンス（EUPL、GPL 3.0、LGPL、AGPL ライセンスを含む）と、公共機関が使用すべきソースコードリポジトリでプロジェクトを利用できるようにすることを明記しています。この文書では、このリポジトリへのアクセスはオープンで無料であること、プロジェクトのリポジトリの数は無制限であること、リポジトリのコピーはGitHubプラットフォームを通じて利用可能であることが規定されています。官公庁にソフトウェアを提供する業者には、日常業務でリポジトリを利用することが求められ、改善は誰でも提案できる。しかし、2020年4月現在（設立から2年以上の間）、国家電子政府庁が管理するこの目的のための公式GitHubリポジトリは、数ヶ月間何の活動もなく、ほんの一握りの貢献者しか見ていない（国家電子政府庁、2018）。法律と条例の実施に関する監視は、国家電子政府庁の議長が調整しており、その責任には、閣僚会議への年次報告書の提出と定期的なコンプライアンスチェックの委託が含まれる。

元副総理顧問によると、オープンソースに関する改正案の導入は、政府のウェブサイトで発見されたいくつかの脆弱性が大きな動機となったという。このような事態は、監督不行き届きや、期限切れの契約の結果かもしれないが、根本的な問題は、明らかに過去にうまくいかなかった「無名によるセキュリティ」に対する信念だったと、専門家は述べている。

一部のICT専門家は、ブルガリア議会の代表者との一連のミーティングに参加し、2016年の法律にオープンソースを含める可能性について議論し、OSSの性質について関係者を教育することを試みました。最終的にテキストに組み込まれたものの、一部の人によると、多くの政治家はOSSがもたらす可能性に納得しておらず、依然として政府サービスのデジタル化のための安全性の低いソリューションとして認識しているとのことです。

OSSがもたらす可能性のある好影響を信じる一部の官僚から内部で働きかけがあり、この問題を優先的に扱う小さな諮問団が作られたため、改正案は可決された。この諮問団は、首相が入札を行った際に解散させられた。

は2016年、大統領選挙での同党の敗北を受けて辞任し、翌年には早期議会選挙が実施された。次の委任状では諮問グループの活動は継続されず、それ以降、グループは再び召集されていない。

*チャンスと課題*

ブルガリアは、EUの法律を移項し、様々な分野で数多くの政策イニシアチブと規制戦略を提案した良い実績がありますが、実装が不足しているようです。この国は、いくつかのランキングによると、迂回または無視されている法律や規制の遵守を実施する上で問題を経験しています（欧州委員会、2018年）。頻繁な政権交代は、政策行動の数を増やしますが、必ずしも長期的な計画やそのポジティブな影響の確保につながるわけではありません。オープンソースは、2003年以降、政策立案者によって何度も（通常は公共圏との関係で）持ち出され、2016年にようやく公的機関での利用が明示的に義務付けられたものの、その後の実用化には至らなかったツールの一例である。

ブルガリアでこの法律の実施やOSSの調達に消極的なのは、いくつかの構造的、政治的、経済的理由がある。まず、公共調達に参加するステークホルダーの多くが、同法と付随する条例の規定とその内容を十分に理解していないことが挙げられます。このような環境では、公務員はそのような規定を見過ごし、その執行を確実に行わなかったとしても、実質的な影響がないため、その執行を無視することが容易になりかねない。また、行政機関のリソースが不足していることや、あらゆるレベルの公的組織にオープンソース機関が存在しないことも、説明責任の欠如に拍車をかけています。第二に、国内の多くの企業は、ロイヤリティ料を徴収し、ユニットごとに収益を上げることを好むため、コードを公開することに消極的です。第三に、包括的な要因として、法律に携わる専門家が見た同国のOSSに対する信頼の欠如があり、プロプライエタリなソリューションよりも安全性が低いと認識されている。ブルガリアの多くの政府関係者は、インフラ共有とデータ開示の違いや、脆弱性をより迅速に発見しシステムのセキュリティを向上させる可能性があるという利点を無視して、この観点に賛同しているようです。

このようにOSSに対する信頼がないにもかかわらず、現行法では公共調達の手続きにおいてOSSが必要とされています。ブルガリアの政策決定におけるオープンソースの役割と、政策に関連する産業の取り込みレベルの両方を評価するために、実装の欠如は依然として重要な問題である。2019年に電子政府法が改正され、その条項を施行しなかった場合の責任が強化されたことで、公的機関における実施レベルが改善されるかもしれませんが、国内の規制の質の低さを考慮すると、これは確実ではありません。行政機関がオープンソースを利用することで、政府のソフトウェア支出を削減し、民間部門での利用を促進し、ブルガリアの企業、特にデジタル化レベルの低い中小企業に様々な可能性を提供することができるかもしれません。

#### フランス

グラフ, サンバースト図

自動的に生成された説明

*政策的背景*

フランスは、公共サービスにオープンソースを活用し、オープンデータや公共機関のリソースの共有といった隣接するオープン性の原則にも大きな関与を見せています。

国レベルでは、オープンソース政策はデジタルサービス省（Direction Interministérielle du Numérique, DINUM）の後援を受けており、その構造にはオープンデータとオープンソースを担当する別の組織がある。Etalab - the French Taskforce for Open Data（オープンデータに関するフランスのタスクフォース）。

Etalabは、フランス政府内でオープンソースを用いたデジタル化の取り組みを支援するために2011年に設立されました（Etalab, n.d.）。Blue Hats（「公益ハッカーのための運動」）などの取り組みや、複数のパートナーシップを結び、オープンソースの利用促進に強く取り組んでいる（Etalab, 2018）。2020年2月には、数十の教育機関、政府機関、協会、企業が集まるADULLACT（Association of Developers and Users of Free and Open Source Software for Public Administrations）とパートナーシップ契約を締結した（Adullact, n.d. ）。

オープンソースは、より技術的な観点から検討されることが多い他の加盟国よりも、フランスでは政治的に注目される傾向があります。たとえば、フランス上院では、デジタル主権に関する調査委員会 (Commission d'enquête sur la souveraineté numérique) の最初の報告書が発表されました。

2019年11月、オープンソースをデジタル主権に関する会話の重要な一部とみなし、省庁内でこのテーマに関する議論を緊急に呼びかける（La Commission d'Enquête sur la Souveraineté Numérique, 2019）。

フランスでオープンソースを推進する独立組織Aprilは、2007年から毎年、フランスの地方選挙と国政選挙の候補者に自由ソフトウェア協定（Pacte du Logiciel Libre）を提案しています（April, 2007）。2020年、フランスでは3月15日から22日にかけて自治体選挙が行われる予定でしたが、COVID-19の危機により第2回が中止されました。この協定は、候補者が署名した場合、オープンテクノロジーの使用を奨励する意思を示し、オープンソースとオープンフォーマットを候補者のデジタル政策の取り組みの最前線に位置づけるものである。2020年の協定には、全国から集まった44人の候補者が署名した（Candidats.fr, 2020）。前回のPactでは、立法府の選挙で501人の署名者が署名しており、政治レベルでのオープンソースの地位の高さを示しています。候補者の署名は、その問題に対する完全な理解やコミットメントを示すものではありませんが、オープンソースを奨励することが、有権者の目には候補者のチャンスを増やすと映る可能性があることを示しています。

*現在のポリシー*

近年、フランスでは、いくつかの異なるオープンソース政策が採択されています。2012 年 9 月にフランス政府によって、画期的な法律である Circulaire 5608 が採択されました (Secrétariat général du gouvernement, Direction interministérielle des systèmes d'information et de communication, 2012)．この法律は、フランス行政のすべての部門に対して、「ソフトウェアを調達する際にはOSSを考慮すること」「既存のアプリケーションを大幅に改訂する際には、新たなOSSの調達や既存のソフトウェアのオープンソースを検討すること」を求め、OSS活用を促進することを目的としている。Circulaire 5608では、ICTインフラやアプリケーションの構築・改修の際に、フリーな代替手段を徹底的かつ体系的に検討することを行政に求めている。

Circulaire 5608の主な目的は、プロプライエタリなソフトウェアのライセンスコストを回避することに関連するコストメリットを実現することである。それによると、節約した資金の5％から10％をOSSの開発への貢献に再投資し、その結果、すべての人のために調達したソフトウェアを向上させることを推奨している。

フランク・ネーグル氏は2019年の研究で、Circulaire 5608がフランスからのOSSへの寄稿を増やし、「年間2000万ドルの社会価値を生み出している」と指摘した（Nagle, 2019）。社会的価値と国家の生産性・競争力向上の両面から、非常に有益な法律であると評価した。その結果、IT関連のスタートアップが年間9％～18％増加し、IT関連の従業員数が年間6.6％～14％増加するほか、ソフトウェア関連の特許が年間5％～16％減少するなどの成果が得られている。この調査については、本レポートの経済分析セクションでより詳細に分析し、調査に使用された定量的モデルや正確な数値について詳しく見ている。この調査では、オープンソースの公共調達政策が、その量と、影響を受ける産業、企業、市民の数の両方において、広範囲にわたって影響を及ぼしていることが示されました。

フランスは歴史的にオープンソースに深く関わってきており、その関わりを減らす気配はありません。Circulaire 5608の後、フランスにおけるOS政策には2つの大きな法整備がありました。2016年10月7日のデジタル共和国法（Loi pour une République Numérique）、それに伴う2017年4月27日の法令番号2017-638は、ソフトウェアライセンスの問題に取り組んでいます（Décret n° 2017-638 du 27 avril 2017 relatif aux licences de réutilisation à titre gratuit des informations publiques et aux modalités de leur homologation、2017）。

2016年10月7日のデジタル共和国法（Loi pour une République Numérique）は、国家レベルでオープンデータ、データポータビリティ、オープンアクセス、アクセス性、プライバシーを推進しています（LOI n° 2016-1321 du 7 octobre 2016 pour une République numérique、2016）。行政サービスに使用されるシミュレーションソフトウェアにオープン性を求め、奨励するものである。

フランスの行政機関がOSSを利用すること。この法律によると、ソフトウェアのソースコードは行政文書であり、伝達され、（可能であれば）再利用されなければならない。この法律を作るために大規模な影響調査が行われたが、その焦点は政府データへのオープンアクセスであり、ソフトウェアには重きを置いていない（Projet de Loi pour une République numérique, 2015）。

この法律が施行される前、フランス行政裁判所は、行政機関内で開発されたソースコードは、公共的、行政的、再利用可能な文書とみなすことができると述べていたが、デジタル共和国法によって確認された。同法は、公共機関には匿名性と産業秘密を守りながらデータベースを公開・無償で共有する義務を、民間機関には公共性に関わるデータを共有する義務を課している。第16条では、行政機関に対し、オープンソースソリューションやオープンフォーマットの利用を奨励している。

公共サービスのデジタル化に関するフランスの包括的な政策である公共調達の変革計画 2017-2022 (Le plan de transformation numérique de la commande publique) は、公共調達プロセスの簡素化、透明性と相互運用性の向上、ガバナンスの促進を目指している (Ministère de l'économie et des finances, Direction des Affaires Juridiques, 2016)。手段の一つとしてオープンソースを挙げてはいないが、アクション18では、各当局が一般に関心のあるデータセットを公開するよう指導することに焦点を当て、オープンで相互運用可能な公共データの重要性をピンポイントで指摘している。

2018年5月15日、DINSICは、フランスの行政機関のオープンソースへの取り組みを支援するため、「国家のフリーソフトウェアに対する貢献方針（Politique de contribution de l'Etat aux logiciels libres）」を発表しました。また、公的機関がそれぞれの任務の中でオープンソースコードに貢献することを奨励することを目的としています（DINSIC, 2018）。

フランスの行政機関は、他の機関や団体とリソースを共有することに積極的である。これには、コードのオープン化やオープンソースの利用を希望するフランスの行政機関向けの専用ガイダンスも含まれる（Etarab, n.d.-a）。このガイダンスには、開発されたオープンコードの入手先や法的ガイドラインの共有だけでなく、技術的・法的な問題に関して、Etalab のアドバイザーが特定のケースで個別に提供するヘルプも含まれます。この支援は、フランス政府内でオープンソースの使用に関心を持つ人々を集めたBlue Hats運動と連携している。オープンソースの暗号化インスタントメッセージングアプリであるTchapは、商用メッセージングアプリの安全な代替手段として開発され、公務員が内部コミュニケーションに利用できるようになりました（Dussutour, 2020）。また、公共部門におけるOSSの採用に関する情報交換、経験談の交換、その周辺の問題点を解決するために利用されている。

Etalab は、公共部門のオープンソースイニシアチブを専用サイトで共有しており、Beta Gouv (公共サービスの向上を目的としたスタートアップインキュベータの政府ネットワーク)、フランス国立サイバーセキュリティ庁、INRIA (フランス国立デジタル科学研究機関)、Lutece (動的ウェブサイトやアプリケーションを迅速に作成できる OSS ポータルエンジン) などの組織のリポジトリがまとめられています (Etalab, n.d.-b).2021年1月現在、6,500以上のリポジトリがあり、関係機関、使用言語、ライセンスに関する明確な統計が提供されています。

その他、Etalabがフランスの行政機関内で共有しているリソースは、公共サービスに関するもの、市民の個人情報をワンストップで提供する個人に関するもの、企業に関するものの3つのカテゴリーのAPIである。市民は、企業に関する公開データを持つAPIを別サイトで見つけることができる。

フランス政府は、公共部門におけるオープンソースの知識とリソースの共有に例外的に取り組んでいますが、民間部門によるオープンソースの導入を奨励する産業政策の面ではそれほど発展していません。明確な

フランスでは、民間企業に対する公共政策として、行政における OSS の推進が、その普及と OSS の機会や特徴に関する国民への啓蒙に一定の影響を及ぼしている。

他の国々と同様、OSHを公然と取り上げる政策はない。しかし、エコロジー省内の運動は修理の権利に関する法律の制定を目指しており、OSHの問題を公的な議論に持ち込む一助となるかもしれない。

*チャンスと課題*

フランスでは、自国内で開発されたソリューションに引き寄せられる傾向があるようです。デジタル主権 "の概念は公的な議論に存在し、オープンソースはこの用語に容易に結び付けられる傾向があるが、これは他の加盟国では必ずしも見られることではない。ドイツでは、デジタル主権とオープンソースの間に強い結びつきがあるようですが、ポーランドのような他の国では、この結びつきがまだ発展していないようです。

フランスのCNLL協会(the National Free Software Council, fr:Union des Entreprises du Logiciel Libre et du Numérique Ouvert）は、300以上のフランスのオープンソース企業の利益を代表しています。また、フランスにおける産業界からの取り込みとオープンソースのエコシステムに関する市場調査の情報源でもある。CNLL が述べるように、CNLL は「OSS のための真の産業政策」の確立を何年も前から推進しており、政策立案環境に現実の風景を近づけるために、オープンソースの産業的取り込みに関する白書や研究を定期的に発表している (CNLL, n.d.) これまでのところ、フランス国内レベルでは OSS に関する特定の産業に焦点を当てた政策が存在するわけではありません。

2019年にCNLLのために実施された最後の調査では、EUにおいて、オープンソース市場は毎年力強い成長を遂げたと述べています：フランスでは8.6%、ドイツでは8.2%、西、北、地中海のEU加盟国の一部では9.6%です（CNLL、2019）。また、フランスのオープンソース市場は、IT市場そのものよりも急速に成長していることが判明しており、これは、OSSがよりテーラーメイドのITサービスを必要とすること、そして、急速に成長する革新的技術（クラウドサービス、AIなど）の開発においてオープンソースが多用されているという事実を反映しています。このレポートでは、フランスのオープンソース企業を対象にCNLLが実施した調査に基づいて、OSSに関連する雇用機会や企業における利用拡大が予測されていることが指摘されています。この調査は、フランスにおけるオープンソースの楽観的な予測を示していますが、このレポートには、EU15加盟国のみを考慮に入れていること、不明なデータセット、一般に公開されていない方法論などの制限がいくつかあります。

オープンソース政策におけるフランス政府の強力な信任については、デジタル空間とインフラストラクチャにおけるオープン性の可能性を開発し活用し続けるだろうと考えるかもしれない。フランスの公共部門のすべての努力は、新しいプログラムや活動を実施し、リソースを共有する組織やコミュニティの数が増えているため、無駄ではないようだ。これらの組織の中には、産業界のパートナーに焦点を当てたものもあり、そうした企業は公共部門にITサービスを提供するプロバイダーでもある。

フランスのデジタル政策では、オープンソースを強く強調している。オープンソースの導入を目指す民間企業への支援はあまり行われていないが、Frank Nagle 氏が研究で確立したように、公共空間におけるコミュニティの活性化や実践の共有に政府が大きく関与することは、民間企業にも良い影響を与えるようである。フランスでは、産業界に対する支援政策がないにもかかわらず、民間企業におけるOSSの導入と発展が比較的高いようである。オープンソース企業やプロジェクトを支援する独立組織の発達したエコシステムと、オープン性の原則に基づく革新という点で、ヨーロッパ市場における強い地位と相まって、民間部門を対象としたオープンソース政策が繁栄するために必要であるかどうかという疑問が生じるのである。

時計 が含まれている画像

自動的に生成された説明**ドイツ**

*政策的背景*

ドイツと OSS の関係は、政府の観点から見ると複雑であり、連邦、州、自治体レベルで権限が分かれ ている複雑な制度的枠組みの中に存在する。ドイツでは、様々な次元で、様々な目的を持った OSS の取り組みが行われている。

過去には、連邦政府が調整の役割を果たすこともあったが、連邦政府の管轄は限定的であった。連邦政府がそのような役割を果たすのは、たいていOSSに好意的な政府が政権をとっているときであり、その政府が交代すると、これらの活動は停止されるか、あるいは逆転してしまうのである。政権が交代すると、ドイツはオープンソース支援に対して主導的な立場になることが多いのですが、政権が交代すると、まったく何もしない状態に逆戻りすることがあります。このように、オープンソースに対する政府の姿勢は、一貫性に欠け、サポートが変化しやすいという特徴がある。

2000 年代初頭は、調整、採用、サポートの各分野で、大規模な活動が行われた時期であった。連邦政府には、連邦行政の IT プロジェクトを調整する新しい役割が設けられ、後に「Letter No.2/2000 Open Source Software in the Federal Administration」を発行し、行政のための OSS 採用のベストプラクティスを文書化しました (Bundesstelle für Informationstechnik, 2000)。

その1年後、連邦経済技術省が「オープンソースソフトウェア、中小企業向けガイド」を発表したことから、積極的に

は、自国産業の競争力強化とデジタルトランスフォーメーションを目指し、民間企業の OSS 利用を支援することを決定しました。その1年後、ドイツ議会は、この分野を支配する独占企業に対する競争を確保する方法として、OSSの利用を促進する決議を採択した（CENATIC et al.、2010）。

この間、連邦政府もオープンソースを広範に調達していた。IBMとSuSeとの契約に署名した1年後には、ドイツの500を超える公共団体がコンピュータにOSSを使用していた。この契約では、IBM社は、ニュルンベルクにあるSuSe社のオープンSuSeオペレーティングシステムと一緒に注文した場合、そのハードウェアの価格にリベートを付与していた。多くの機関が、ある時点からOSSへの移行を進めている。例えば、連邦財務省、ドイツ航空宇宙センター、連邦外務省、ドイツの公営企業ドイチェバーン、独占委員会、航空管制、ドイツ連邦地球科学・天然資源研究所などがある（Blau、2003年）。

ドイツ連邦のいくつかの州（Länder）は独自の政策を持っており、いくつかの都市は OSS ソリューションに移行し、関連政策を採用している。また、多くの連邦省庁がOSSを採用したプロジェクトを持っているが、これらのプロジェクトのいくつかは終了し、結果としてプロプライエタリなソフトウェアに戻ることになった。

例えば、2018年にシュレスヴィヒ・ホルシュタイン州は、行政のすべてをOSSソリューションに完全に移行し、すべてのクローズドソースソフトウェアを段階的に廃止することを決定しました（Krempl, 2018）。また、OSSに移行した多くの都市の中で、最も有名なのはミュンヘンですが、その都市は、調整とロビー活動の不足からか、再びクローズドソースソリューションに移行することを決定し（Krempl, 2017）、OSSとは複雑な歴史を持っています（Riehle, 2019）。それでも2020年、同市はさらなる方針転換を発表し、再び多くのOSSを採用する取り組みへのコミットメントを行いました（Bantle, 2020）。

*現在の政策行動と制度*

他の多くの国とは対照的に、ドイツではOSSに関する集中的な政策はなく、公共調達、OSSの内部使用と再利用、ソフトウェアとIT部門に向けたツールとしてのOSSへの支援を規定するものはありません。ドイツでは、様々なレベルの比較的バラバラのアクターが、オープンソースの導入やサポートに向けたステップを踏み、近年ではデジタル主権の拡大を旗印にダイナミックな状況が展開されているが、ドイツでは協調的かつ効果的なアプローチが欠けているのが現状である。ドイツの政府制度では連邦制が強く強調されているため、この国別報告書では、さまざまなレベルの政府の行動に特に重点を置いています。

公共部門におけるソフトウェアの再利用に関しては、ドイツの IT プロバイダーの複雑な組織を通して状況が把握されています。まず連邦政府レベルを見てみると、ドイツの連邦機関のレベルでは、公共部門のためにオープンソースのメリットを最大化することを目的とした戦略は存在しない。

近年、連邦レベルのITサービスの集中化が意思決定者の目標となっていますが、このプロセスは2020年現在、まだ不完全です。2016年に創設された連邦レベルの中央ITプロバイダー「連邦情報技術センター」（ITZ-Bund）は、少数の省庁にしかサービスを提供しておらず、他の公的機関は引き続き独自の内部ITインフラを構築し運営しています。形式的には、ITZ-Bundには「連邦行政におけるOSSのサポート」を目的としたOSSコンピテンスセンターがありますが、インタビューによると、このコンピテンスセンターはもう存在せず、OSSの使用方法について永続的に影響を与えるための政治支援やリソースがなかったと指摘されています。この組織的な問題に加えて、OSS の利点は「コスト削減とイメージアップ」とされているが、これは、 このイニシアチブがまだ活動していた当時、OSS の潜在的な利点と課題についての理解が限られていたことを示 している (ITZBund, 2020)。

ドイツにおける公共調達は、多くの場合、自治体、州、連邦レベルで、半独立の公営ITプロバイダーを通じてITサービスが調達され、一つまたは複数の公共機関のITインフラの調達と運用を担っている。例えば、自治体レベルでは、1つのプロバイダーが1つの自治体だけを担当することもあれば、複数の自治体に共通のプロバイダーを通じて供給することもある。州レベルでも事情は同じです。連邦政府レベルでは、各省庁や各組織が独自にITを決定しており、限られた統一しか存在しない。これらのプロバイダーを調整するために、（自治体プロバイダーのためのVitakoのような）協会が存在します（Vitako, 2020）。

図8.3:ドイツにおける OSS関連調達の取り組み

マップ

自動的に生成された説明

連邦CIOは「EVB-IT」テンプレートを提供しており、ITプロバイダーはすべての典型的なICT調達にこれを使用することになっている（Der Beauftragte der Bundesregierung für Informationstechnik, 2020）。したがって、これらのテンプレートは、現在、ドイツで公的機関がどのように、そしてどのようなICTを調達しているかに影響を与える、連邦政府の最も直接的な手段となっています。これらのEVB-ITテンプレートに対して行われた法的評価では、OSSやOSHの調達が不可能になるわけではありませんが、プロプライエタリなソフトウェアを念頭に置いて作成されており、このテンプレートを使ってOSSやOSHを調達するには、追加の知識と手順が必要であるという結論に達しました。これをある程度緩和する試みとして、2012年にドイツのCIOが法的な問題に焦点を当てたOSS移行ガイドを発表したが、インタビューによると、この文書は実務家に届くことはなく、EVB-ITテンプレートに固有の問題は残ったままである（Die Beauftragte der Bundesregierung für Informationstechnik, 2012）。このように、ドイツでは、公共調達を通じて地域経済を支援する可能性が、形式的には未開拓のまま残されているのです。ドイツのオープンソース事業者協会（OSBA）は、OSSを購入しようとする調達担当者のためのガイドラインを作成した（Jäger, 2018）。また、ドイツのサイバーセキュリティ当局（BSI）は、ソフトウェアを調達する際にサポート契約を結ぶことを求めており、これはOSSに典型的なより多様なサポートソリューションとうまく整合していない（Der Beauftragte der Bundesregierung für Informationstechnik, 2020）。

これらのガイドラインを見つけ、それに従うためには、その存在についての知識と、複雑な指示に従う決意が必要なのは明らかである。したがって、ドイツがオープンソース調達に積極的であるとは言い難い。

連邦政府の中には、プロプライエタリなソフトウェアよりもオープンソースを優先する法律を採択した州もあります。例えば、チューリンゲン、ブレーメン、ハンブルク (Krempl, 2020) およびシュレスヴィヒ・ホルシュタイン (Bauduin, 2020) があり、後者は2025年までにデジタルインフラ全体をオープンソースに移行する計画を持っています。これらの計画は、通常、進歩的なリーダーシップの下、企業においてオープンソースが主流となった政府から出されています。

オープンソースに対する先入観は、例えばCDU Digitalcharterに示されるように、政治的なスペクトルを超えて減少しています。

ドイツにおける新しい方向性（連邦レベルでも）を示す証拠として、連邦内務省は、市民のデジタル行政サービスへのアクセスを規制する法律の改正を実施するためのガイダンスとして、2020年に「サービス標準」を策定した。このサービス標準は、6つの主要な柱に基づいており、そのうちの1つは「オープン性」で、オープンスタンダード、オープンソース、再利用を包含している（Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat, 2020）。

"フリーソフトウェアを公開することで、他の人が再利用したり、例えば特定の地域条件などに合わせて適応させたりすることができます。公開と再利用は、コードのソースコードだけでなく、プロジェクトのオープンソースアーキテクチャ、データ、構想、文書にも言及することができます。公開の前提条件として、その後の使用、変更、配布の法的枠組みを定義したフリーライセンスを使用することが挙げられます。一方では，フリーでオープンなソフトウェアの再利用と適応は，管理コストを削減し，他方では，自分の機関以外の他の利害関係者と協力する可能性を提供する．" (own translation)(直訳)

産業政策を見ると、ドイツ政府は、企業、特にドイツで非常に多い企業規模である中小企業（SMEs）の技術主導の成長を支援することを目的とした複数のプログラムを用意しています。これらの企業は、深く広いサプライチェーンに組み込まれていることが多いため、製品やサービスの提供を他の企業との協力に依存しています。

したがって、ドイツの2つの主要な産業開発プログラム、経済省（Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2020）の中央革新プログラムSME（ZIM）と教育研究省（Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2020）のプログラムSME-Innovativeでは、中小企業を他の中小企業や学術パートナーと連携させて、革新的ソリューションを開発することに焦点を合わせています。

現在、オープンソースの潜在能力は、これらのプログラムでは表現されていませんが、ソリューション開発のためのモジュラー、コラボレーションツールとしてのオープンソースは、ドイツの産業の経済的現実によくマッチしています。さらに、オープンソースは、既存のライブラリやモジュールの再利用を通じて、ソリューション開発における既存のデジタルスキル不足を緩和する重要なツールであり、したがって、産業開発プログラムではその可能性が見落とされているのです。

*チャンスと課題*

ドイツの連邦レベルでは、オープンソースの潜在的な利点が理解されつつあることが明確に示されています。デジタル主権の傘の中で、オープンソースはしばしば重要なイネーブラーとして引用されています。ここで注目すべきイニシアチブは、たとえば、オープンテクノロジーに基づいて構築される予定のGAIA-X（連邦経済エネルギー省、2020年）、内務省が委託したMicrosoft製品への依存度を分析する最近の研究（PwC Strategy&、2019年）、ドイツのテクノロジー政策の新しいパラダイムとして「Open-X」を挙げている保守党CDUの新しいデジタル憲章（CDU Deutschland、2019年）です。しかし、これまでのところ、これらのイニシアチブのいずれも具体的な変化を生み出していないため、現時点では、このように現実よりも期待を持たせるものとなっています。

ドイツのほとんどの州は、州のインフラを調達・運営する公営のITプロバイダーに依存しています。州によっては、業務ごとに複数のIT企業を抱えているところもあります。

注目すべきは、北部のソリューションプロバイダーであるDataport社で、6つの州をカバーし、デジタル主権というテーマをその中心的な目的の1つにしています。この文脈で、Dataport は、「Phoenix」というプロジェクト名で、完全にオープンソースの、ブラウザからアクセスするクラウドベースのオフィスソフトウェアスイートを作成した（Dataport, 2020）。このスイートは、すべての標準的なオフィスソフトウェア（グループウェア、コミュニケーションツール、共同編集とストレージを意味する）を提供することを目的としている。行政機関が使用する重要な管理プロセスは、後の時点で分析・移行されるだけであり、このプロジェクトは完全にオープンソーススタックへの切り替えを意味するものではありません。このスイートには、Open-Xchange、Nextcloud、OnlyOfficeなど、主に国内のソフトウェアが統合されています。Dataportは、自社のパブリッククライアント向けにこのソフトウェアを実行することを計画していますが、統合やスイートのさらなる開発については、コミュニティと協働しており、コミュニティへの参照ソリューションとして提供されるため、他の行政機関にも採用される可能性があります。このプロジェクトが成功すれば、Dataportは、当局間で要件が統一される傾向にあるこの分野において、他のプロバイダに重要なテンプレートを提供するのに役立つだろう。

自治体レベルでは、ITプロバイダーの数が多く、1つの自治体だけを担当しているところも少なくありません。ドイツ内務省が自治体レベルのオープンソースソリューションを調査したところ、多くの都市がすでにオープンソースソリューションを導入していることがわかりました。この調査の結果の1つは、現行の公共調達法のために、自治体が可能な購入の決定がいくらか制限されていることでした（Der Beauftragte der Bundesregierung für Informationstechnik, 2020）。自治体には調達ルールを作る権限はないものの、自治体のITプロバイダーであるVitakoを中心に、自治体レベルである程度の組織化が行われています。この分野では、調整の重要性が明らかになります。調整機関なしでは、ソリューションの共有と再利用、ひいてはオープンソースの利点の1つを享受することは、成功の可能性が低くなるからです。

Vitakoは協会として、会員間のオープンソースの取り込み、共有、再利用、共同開発の増加を支援する計画を立てています。2020年6月には、OSBAのほか、市や郡、内務省、2つの連邦州の協会と協力し、「公共部門のコードのための一つの場所」を開発する計画を発表しました。計画はまだ初期段階だが、Vitakoは、このようなプラットフォームによって、成熟したソフトウェアの開発、ソリューションの共有、IT調達者の選択肢増加のための強力なスケーリングとネットワーク効果が可能になることを期待している（Krempl, 2020; Open Source Business Alliance & Vitako, 2020）。

#### イタリア

時計 が含まれている画像

自動的に生成された説明

*現在の政策行動と制度*

現在、イタリア共和国の主要な電子政府法である「Codice dell'Amministrazione Digitale」（CAD）は、公共部門にOSSを活用することを目的として、オープンソースを優先することを特徴としています。

CADの第68条と第69条は、オープンソースに関連しています。この2つの条文は、長年にわたって頻繁に調整されてきました。2005年の制定以来、CADは37回修正され、2012年8月にOSSに対する優遇措置が導入され、それ以来、第68条と第69条は4回修正されている。

第68条は、公共調達の実施前に行うべき活動に関するものです。

第69条は、公共部門またはプロバイダが公共行政の仕様に従って開発したコード（カスタムソフトウェア）の配布に関するものです。

*第68条*

第68条に対する重要な調整は、2012年8月7日にイタリア議会で承認された法律134/2012によって行われました。これにより、比較評価に基づいて、プロプライエタリなソリューションよりもオープンソースのソリューションを優先して調達することが追加されました。第68条第1項には、次のように記されています（Aliprandi & Piana, 2013に基づくイタリア語からの翻訳）。

|  |  |
| --- | --- |
| **2012年8月** | **2018年9月** |
| *行政機関は、市場で入手可能な以下のソリューションの中から技術的・経済的側面を比較評価した結果、コンピュータ・プログラムまたはその一部を取得するものとする。*   * *(a)行政が開発したソフトウェア。* * *(b) 行政が開発したソフトウェアまたはその一部の再利用。* * *(c) フリーまたはオープンソースソフトウェア。* * *(d) ライセンスに基づくプロプライエタリ・ソフトウェア。* * *(e) 上記を組み合わせたソフトウェア。* | *行政機関は、費用対効果及び効率性、投資保護、再利用及び技術的中立性の原則に従い、市場で入手可能な以下の解決策の技術的及び経済的比較評価に従って、コンピュータ・プログラム又はその一部を取得するものとする。*   * *(a)行政が開発したソフトウェア。* * *(b) 行政が開発したソフトウェアまたはその一部の再利用。* * *(c) フリーまたはオープンソースソフトウェア。* * *(d) クラウドコンピューティングサービスを利用すること。* * *(e) ライセンスに基づくプロプライエタリ・ソフトウェア。* * *(f) 上記を組み合わせたソフトウェア。* |

2012年12月17日にイタリア議会で承認された法律294/2012により、3ヵ月後にクラウドコンピューティングに関するポイント(d)が追加されました。インタビューによると、クラウドソリューションの採用は行政の優先事項となっており、中小のサービスプロバイダーにとっては問題になっているとのことである。また、ソフトウェアの評価基準も時代とともに変化しており、現在では間接コスト（ベンダロックインなど）も考慮したTCO（Total Cost of Ownership）アプローチを目指しています。

必要な比較評価のパラメータは、最初の段落の後に明記されています。イタリア法の主な問題は、頻繁な調整と不明瞭な草稿の両方が寄与している可能性のある、実施上の不備に起因しています。初期のバージョンは「明確とは程遠い」もので、価格に焦点を絞りすぎていると批判されています。

しかし、法律の改正に伴い、法律上のリストにさらに説明文を追加することで、より明確な表現を導入しようとしました。これは（リストと同様に）年々進化しており、より具体的になっている。下表は、「解決策の比較分析」に関する説明文の変遷を示したものである（翻訳は、Aliprandi and Piana 2013および自身の翻訳を再度引用した）。

|  |  |
| --- | --- |
| **2012年8月** | **2018年9月** |
| *技術的および経済的側面の比較評価により、行政システム内でオープンソースソリューションまたは（より低価格で）既に開発された他のソフトウェアソリューションを採用することが不可能であることが証明された場合に限り、プロプライエタリなソフトウェア製品の（ライセンスによる）取得が許可されます。このパラグラフで言及されている評価は、Agenzia per l'Italia Digitaleが定義した手順と基準に従って行われるものとし、同機関は利害関係者のために、その準拠性に関する意見も提供します。* | 1. *bis.このため、購入を進める前に、行政機関は、立法令第50号に言及されたコードに規定された手続きに従って、以下の基準に基づいて、利用可能なさまざまなソリューションの比較評価を行います。50 of 2016に規定された手続きに従って、以下の基準に基づいて利用可能なさまざまなソリューションの比較評価を行う。*    * *(a) 購入、導入、保守、サポートにかかる費用として、プログラムまたはソリューションの総費用。*    * *b) 相互運用性とアプリケーションの連携を確保できるオープンタイプのデータ形式とインターフェース、および標準の使用レベル。* |

|  |  |
| --- | --- |
|  | *行政のさまざまな情報システム間で*   * *(c) セキュリティレベル、データ保護規制の遵守、取得したソフトウェアの種類を考慮したサービスレベルに関する供給者の保証。*   *1-ter.1-bisに定める基準による技術的及び経済的比較評価によって，満たすべきニーズに適した行政内部で既に利用可能な解決策，又はフリーソフトウェア若しくはオープンソースコードにアクセスすることが不可能であることが正当化できる場合，ライセンスの使用を通じて所有権のあるコンピュータプログラムの取得が許可される。* |

さらに調整を加え、この規定は、公共調達者が調達を決定する際に考慮できる要素を増やした。現在では、メンテナンス、相互運用性の問題、サイバーセキュリティなどのコストを考慮し、総所有コストの計算に近づいています。

法的解釈（Aliprandi and Piana, 2013）は、この新しい法律によれば、「プロプライエタリなソリューション（あるいはクラウドサービス）の調達は、これまでの（オープンソース）ソリューションが失敗し、不適切であることが判明した場合にのみ利用できる極端な比率である」と結論付けています。

2012年の初版では、「Agenzia per l'Italia Digitale」（AgID）は、評価の正確な基準を明記し、まさに実行可能なオープンソースソリューションがない場合、プロプライエタリなソフトウェアの調達を可能にすることを任務としていました。しかし、そのような指針は2019年5月に「Guidelines on the acquisition and reuse of software for public administration」（イタリアデジタル庁＆デジタル変革チーム、2019）として発行されたばかりで、調達決定の計算方法についてそのような指針がないため、同条の実際の実施は低いままだった（Nagle, 2019; Montegiove, 2016）。新しいガイダンスの影響については、後の時点で評価する必要があるだろう。

インタビューに答えてくれた人たちは、この新しいガイダンスを重要なステップと考えています。これまで、公共調達担当者は、法律を実施するためのツールを欠いていた。法律とガイドラインは、公共調達者が、例えば、技術的ノウハウの創造や技術的自立性の向上など、OSS に対する評価のボトムラインを改善しうる正の外部性のような追加要因を考慮できるよう、さらに促進される可能性がある。法律もガイドラインも、異なる公共機関間でソリューションを共同開発する際のコスト相互化の潜在的な利点を考慮に入れていない。

*第69条*

2016年に69条が再整理されて以来、CADは68条と並んで、イタリアの行政内でオープンソースを推進する最も重要な条項の2番目となった。第69条は、行政が開発した、または行政のために開発された、行政が権利を有するソフトウェアのソースコードを、オープンソースライセンスの下で公開することを行政に義務付けています。その目的は、他の行政機関が自分たちのニーズに合わせてソフトウェアを再利用し、カスタマイズする機会を提供することです。

|  |  |
| --- | --- |
| **2016年8月** | **2018年9月** |
| 1. *公共顧客の特定の指示に基づいて作成されたコンピュータ・ソリューション及びプログラムの所有者である行政機関は、公序良俗及び安全、国防並びに選挙協議に関する正当な理由を除き、関連するソースコードを、文書とともに完全に、オープンライセンスの下で公共リポジトリに公開し、それらを自らのニーズに適合させようとする他の行政機関又は法人に自由に利用させる義務を負います。* 2. *第1項に従い、行政が所有するコンピュータ・プログラムの再利用を促進するため、プロジェクトの仕様書または明細書において、可能な限り、行政に代わって、行政の費用で特別に開発されたICTプログラムおよびサービスは、AgIDが定義するSPCの技術仕様に準拠することが規定されています。* | 1. *公共顧客の特定の指示に基づいて作成されたコンピュータ・ソリューション及びプログラムの所有者である行政機関は、公序良俗及び安全、国防並びに選挙協議に関する正当な理由を除き、関連するソースコードを、文書とともに完全に、オープンライセンスの下で公共リポジトリに公開し、それらを自らのニーズに適合させようとする他の行政機関又は法人に自由に利用させる義務を負います。* 2. *第1項に従い、行政が所有するコンピュータプログラムの再利用を促進するために、仕様書又はプロジェクト仕様書において、技術的・経済的に証明された理由により過度に負担とならない限り、契約行政は常にそのために特別に開発された情報通信技術プログラム及びサービスに対するすべての権利の所有者であると規定されています。*   *2-bis.第2項において言及される同じ目的のために、ソースコード、ドキュメント、および第1項において言及されるすべてのITソリューションの相対的な技術的機能説明は、独自のガイドラインによりAgIDが特定する一つまたは複数のプラットフォームを通じて公開されます。* |

第69条も法改正によって進化し、2017年12月からは、コードの共有と発見を容易にするために、公共機関がコードを公開できる1つ以上のプラットフォームを特定することをAgIDに義務付けています。この法律は、AgIDがGitHubなどのサードパーティのコード共有プラットフォームを特定すれば十分と思われ、やや曖昧です。実際には、AgIDとデジタルチーム（現在は技術革新・デジタル化大臣の一部）が開発したDevelopers Italia (AgID & Dipartimento per la Trasformazione Digitale, 2020) が、公共部門が開発したオープンソースコードと、公共部門が使用できるように第三者が提供するオープンソースコードの両方のコードカタログとして機能する役割を担っています。Developers Italiaは、コードのカタログと、コードをホストするサードパーティのインフラストラクチャへのリンクを提供するだけです。

第68条の実施方法を詳述したAgIDが2019年に策定したガイドラインは、第69条の実施方法についても詳述しています。

イタリアでは、オープンソース政策は、公共部門のデジタル変換と密接に結びついています。今日、主な機関は、AgID、イタリアデジタル庁、技術革新・デジタル化省であり、以前のデジタルチームの大部分は、「Dipartimento per la Trasformazione Digitale」という名称で吸収された。

デジタルチーム（Team Digitale）は、イタリアの公共部門の「デジタル非常事態」に対応して、「国の『オペレーティングシステム』、その上に、よりシンプルで効率的なサービスを構築できる一連の基本コンポーネント」を提供するために2016年に創設されたものである。当初の任務は2年間だけでしたが、2019年末まで延長されました。

約30～40人のスタッフからなる比較的小規模で集中的なチームで、他の行政機関が再利用できるソリューションを提供し、そのインフラに組み込むことで、デジタル変革のための作業テンプレートを提供しました。再利用機関として、このチームは、組織のマニフェストの一部として強力なオープンソースのアイデンティティを持つ、事実上の国のオープンソースオフィスとして機能しました。Team Digitaleは、オープンソースと公共部門によるオープンソースの調達に関するコンサルティングサービスとしての役割も担っていました。しかし、CAD第68条と第69条を実施することは、その役割ではありませんでした。

2019年、イタリア政府はデジタルチームのマンデートを更新せず、新たに設立されるイノベーション省に吸収させることを決定した。インタビューによると、デジタルチームの多くのスタッフは、省が取るべき方向性の違いから、省に移らなかったという。オープンソースに対する同省の取り組みには疑問が残るが、同省が公共部門のさまざまなレベルにおけるオープンソースの能力を支援し、ソリューションの共有と再利用を改善するために進めている活動のひとつが、地方や自治体に助言する地域オープンソース能力センターを設立することである。現在、すでに2つの地域コンピテンスセンターが存在しています。

AgIDは、2012年に設立されたイタリアン・デジタル・エージェンシーで、国、地域、自治体レベルのイタリア政府内の調整と認証に関する多くの業務を受託しています。そのため、政策の実行や明確化を行う機関であり、政策の作成は行わず、技術的な面を重視しています。CADの第68条と第69条を明確にすることを任務とする機関である。現在では、省とAgIDの役割分担に多くの問題がある。

2020年8月、AgIDは2022年までの行政のデジタル化の目標をまとめた文書「Piano Triennale per l'Informatica nella PA」を発表しました。この文書では、オープンソースソリューションの共有と採用について多くの言及がなされています（l'Agenzia per l'Italia Digitale & Dipartimento per la Trasformazione Digitale, 2020）。

*チャンスと課題*

IT法の民間法務領域で働くあるインタビュー回答者は、イタリアの法律を「素晴らしい」と表現しています。しかし、イタリアはオープンソースの取り組みに関して、さまざまな方向から批判を受けています（Nagle, 2019; Hillenius, 2013; Montegiove, 2016）。このような法的状況と経験された現実とのギャップは、何によって説明されるのでしょうか。

文献やインタビューによると、イタリアのオープンソース政策の成果が期待外れだった主な問題は、実施の欠如であると指摘されています。新しい政策の実施を成功させるには、新しいルールの実施を任された人々の認識、能力、積極的な政治的サポートが必要です。イタリアの場合、少なくとも最初の 2 つの要件が十分に満たされていないことが、データから読み取れます。

新法への変更は2012年以降段階的に行われ、調整が頻繁に行われた。基本的に、公共調達の分野において、オープンソースの調達はニッチであり、法体系の絶え間ない変更は、同じ程度に専門的ではなく、多くの場合、あらゆる製品やサービスの調達を任されている調達担当者を混乱させる可能性を持っています。そのため、オープンソース優先の新しいトップダウン政策に対する認識は、公共調達担当者の間で非常に低いとインタビューに答えています。これは、法律の最新の変更に対する認識がまだなく、逆に調達担当者が過去に調達したことのある「安全な選択肢」と思われるものを調達する動機付けになっているだけかもしれません。

さらに、新しい法律やその変更の可能性を認識するだけでなく、それを正しく実行するためのサポートが行政機関には必要です。イタリアには22,000の行政機関があり、それぞれが個別にITソリューションを調達しています。しかし、公共調達は非常に複雑な手続きであり、多くの法律が適用されます。

の要件を満たしている。ドイツと同様、明確な実施ガイドラインがなければ、既存のプロプライエタリなソフトウェアに適用されるものとは異なる金銭的メカニズムを持つオープンソースの調達は、既存の慣行と調和させることが困難となります。インタビューによると、AgIDからのガイドラインがない場合、調達担当者は、CADの第68条で予見される必要な「結論の比較分析」をどのように実行すればよいかわからないだけであると指摘されました。これらのガイドラインは2019年5月に発行されたばかりで、したがって新しい調達優先権が施行されてからほぼ7年が経過しています。したがって、ガイドラインが調達ルールの実施に与える影響について完全な評価を行うには、現状では時期尚早である。

AgIDがこのような重要なガイドラインを早期に提供しなかったのは、組織内の作成意欲の欠如が原因とは考えにくいが、政治や組織のサポートが不足していたことがうかがえる。イタリア議会が採択した法律は、当初AgIDにやや不明瞭な権限しか与えなかったが、イタリア政府は2013年の初めにガイドラインを定義するためのワーキンググループを開催した。このグループには、関係する既得権益者のステークホルダーが含まれていたが、結果は公表されないまま終了した。

最後に、CADは、規則を遵守しない場合に、例えば、担当の公共調達当局に罰則を科すなどして強制する具体的な手段を予見していません。このような厳格な施行はどの地域にも存在しないようですが、実施のレベルを高めることは可能でしょう。また、あるインタビューでは、調達法（欧州、イタリアを問わず）は、判例法が広範な例外を設けているため、実際には執行が困難であるとの指摘がなされました。

前述の通り、2019年5月に発表されたガイドラインは、このような公共調達におけるオープンソース優先の実施不足に対処するために作成されたものです。このガイドラインは、行政機関の実際の調達プロセスを考慮し、必要なすべての重要な概念を説明し、調達担当者をポイントごとに案内するだけでなく、準備した文書をそれほど追加作業なしに調達プロセスに添付するだけで済む「すぐに使える」テンプレートを提供することを目標に、AgIDが起草したものです。

公共調達者が適切なOSSを見つけるのを助け、CAD第69条（イタリアの公的機関が開発したソフトウェアの共有と再利用について）の実施をサポートするために、旧デジタルチーム（現在はイノベーション省内）とAgIDは、Developers Italiaを設立しました。このプラットフォームにより、公共機関や民間企業は、公共機関による使用に適したソフトウェアのカタログに自社のソフトウェアを掲載することができます。このプラットフォームは技術的に分散化されており、サードパーティのソフトウェアホスティングから情報をかき集め、用意されたフォーマットでエンコードし、プラットフォーム上に表示するようになっています。現在は、ソフトウェアの基本情報、管理者、コードや文書へのリンク、どの行政機関がすでにそのソフトウェアを使っているかなどを提供しています。このプラットフォームは、以前から認識されていた問題点である、「自分たちがソフトウェアを提供すると、他の公共機関へのサポート提供の責任が生じるのではないか」という公共機関の懸念の解決にも寄与しています。

Developers Italiaが、OSSを提供する企業や公的機関のさらなるビジネスにつながることが期待されています。2020年7月現在、約129のソフトウェアがカタログに掲載されており、そのうち110が公的機関、19が民間企業から提供されており、これらのソリューションは630回利用されている。あるインタビューでは、プラットフォーム上でソリューションを提供する企業の製品への関心が高まったと報告されています。

地方公共団体の中には、ソフトウェアプロジェクトを中心としたコミュニティを形成し始めたところがある（ある意味、コンソーシアムのようなもの）。これらのコミュニティは、ソフトウェアを開発し、サポートし、時には運用するためのリソースをプールしています。

#### ポーランド

時計 が含まれている画像

自動的に生成された説明

*政策的背景*

ポーランド政府はここ数年、公共サービスの近代化、オープンデータの推進、産業のデジタル化、研究開発への投資の増加などに積極的に取り組んできました。しかし、ポーランドはヨーロッパにおけるデジタル チャンピオンとして知られておらず、オープン ソース ポリシーに対する関心とその可能な影響も限定的なものに留まっています。

Linux Polskaが2018年のOpen Source Daysで実施した分析によると、ほぼすべてのポーランド企業が何らかのオープンソースを使用しており、その柔軟性を採用の主な理由として挙げています。しかし、オープンソースの活用を主なビジネスモデルとして専門的に行っているところはほとんどありません（Open Source Days, 2019）。しかし、同国で急成長しているICT分野におけるオープンソースの役割に関する研究はほとんどありません。ポーランドのIT部門は毎年成長しており、2018年だけで7.2％増となっていますが、ポーランド企業開発庁（PARP）が強調しているように、これは同国の高いスキルを持つIT労働者の資格に大きく起因しています。興味深いことに、ポーランドのIT市場の55%もがIT機器の販売で構成されており、ソフトウェア開発は16%に過ぎない。このため、政策立案者にとってソフトウェアは当面の関心事ではなく、オープン ソースはなおさらです。

ポーランドの国家レベルでは、オープンソースを担当する組織はデジタル省であったはずですが、（しかし）オープンソースだけを担当する部署や機関はありませんでした (Cyfryzacja KPRM, n.d.)。2020年10月、デジタル担当省は首相府に編入され、「デジタル担当-首相府」という名称で運営されるようになり、独立した組織として存在しなくなった。アン

ポーランド政府内で近年最もオープンソースに注力した組織は、2016年から2018年まで活動した省内デジタル関連協議会内のワーキンググループの1つです。

デジタル関連協議会は、デジタル関連省の内部シンクタンクとして、政策決定プロセスに外部専門家の知見を提供しています。協議会は、デジタル化に関連する特定のテーマに焦点を当てた、各期におけるいくつかのワーキンググループで構成されています。現在のワーキンググループ（2019年～2021年）は、インフラとクラウド、デジタルコンピテンシー、AI、サイバーセキュリティ、テクノロジー（5G、ブロックチェーン、モノのインターネットを含む）などに取り組んでいます。2月の初会合以来、協議会のすべての公開文書内では、いかなる形でもオープンソースやコードのオープン化について言及されていない（Cyfryzacja KPRM, 2020）。

政府がオープンソースに関してあまり行動を起こしていない一方で、市民社会もあまり積極的ではありません。過去には、オープンソースの導入がもたらすポジティブな影響を分析し、促進することを主な目的とした組織がポーランドにいくつかありましたが、現在では、このトピックに焦点を当てた復活中のグループは1つだけです。

Internet Society Polandは、同国におけるオープンソースやオープンスタンダードに関する議論に大きく貢献してきた市民団体です。2000年に設立された同団体は、2008年に活動を停止し、2019年後半から更新の過程にある（Internet Society Poland, n.d.）。COVID-19の危機によって更新が中断され、遅くなったとはいえ、現在では役員や協力者の中に重要な名前を挙げることができ、近い将来、新しいメンバーの受け入れが開始される予定です。

OSS に焦点を当てたもう一つのポーランドの組織は、2007 年から 2015 年にかけて活動した Free and Open Source Software Foundation (Fundacja Wolnego i Otwartego Oprogramowania, FWiOO) で、いくつかの小さなイニシアティブをまとめ、FOSS を擁護しオープンソース政策に取り組む最も注目すべき市民社会組織となっている (Fundacja Wolnego i Otwartego Oprogramowania, 2014)。FWiOOは、公共調達におけるオープンソースと現行のポーランド調達法におけるその状況、オープンライセンス、公共調達プロセスの技術的・法的側面などのテーマについていくつかのレポートを作成し、相互運用性、学校のデジタル化、デジタル権、オープンスタンダードなどのテーマに取り組んできました（Fundacja Wolnego i Otwartego Oprogramowania, n.d.)（FUNDACYA WOLNEGO I OTLEGANE, 2014）.

FWiOO はまた、2010 年に Pentor Research International に委託して実施した、行政におけるフリーおよびオ ープンソースソフトウェアの利用に関する定量的調査（Pentor Research International, 2010）も行ってい る。この調査では、国および地域（voivodeship）レベルでの行政機関におけるFOSS利用の普及状況、FOSSの品質、そうしたソフトウェアに対する需要、OSSを導入する理由、そして行政機関の利用を阻む障壁を分析した。この調査は100人以上の回答者を対象とし、90%の行政機関が少なくとも1台のコンピュータにFOSSをインストールしていることが判明しました。この調査ではまた、FOSSを採用する最も一般的な理由は、プロプライエタリなソフトウェアを購入するための資金不足と、将来のコスト削減であることが判明した。FOSSを使用する際の最も大きな障害は、調査した職員が示したように、職員にトレーニングを提供する必要性、セキュリティとデータプライバシーに関する懸念、より「珍しい」ソフトウェアの導入に伴う異なる行政レベル間の長い決定プロセスであった。

ポーランドには、オープンカルチャーとクリエイティブコモンズを支援する Centrum Cyfrowe、オープンガバメントとオープンデータに重点を置く Fundacja ePaństwo、デジタル監視に反対しデジタル権を保護する Panoptykon Foundation など、オープンソースが関心を引く可能性のある市民社会組織があります (Centrum Cyfrowe, n.d.; Fundacja ePaństwo, n.d.; Panoptykon, n.d.)．これらの組織はすべて

この研究のために声を寄せていただきました。しかし、オープンソースは、今のところ、彼らの誰にとっても、重要な活動分野ではありません。彼らの中には、国家レベルでそのような議論が行われていないこと、政策立案者からの関心がないこと、現在のデジタルエコシステムにおいて最も重要な問題ではないと感じていること、また、専門知識の不足を指摘する人もいます。

ポーランド政府は、2019年に最後に改正されたPSI指令を完全実施した公共部門情報の再利用に関する法律（2016年）などの立法文書を通じて、オープンデータに関する活動を紹介しており、今後は2021年7月までに国内法に移項しなければならないオープンデータ指令に取って代わられます（Chancellery of Sejm, 2016）。

公共データ中央リポジトリ（data.gov.pl）関連の活動を通じて、より多くの政府データの利用や透明化に向けた大きな一歩を踏み出した。このリポジトリでは、あらゆる公共機関がデータを公開でき、現在（2020年7月）公開協議が行われているなど、拡大中である (Centralne Repozytorium Informacji Publicznej, n.d.).公共サービスのデジタル化、ICT教育、国内のインフラ拡充、デジタル単一市場目標の実施などと並んで、オープンデータが政府にとって関心の高い分野であることがうかがえる。

2005年に制定された「公共事業を行う団体の業務の電子化に関する法律」では、公共用に調達するICTプロジェクトで遵守すべき規格の概要が示されており、2017年に採択された「国家相互運用性フレームワーク」では、公的登録簿内のデータの相互運用を可能にする規格が示されています（Rada Ministrów, 2017; Chancellery of the Sejm, 2005）。この文書の大部分はプロプライエタリなソフトウェアを調達することを想定しているが、OSSの調達に有用な条項が多数含まれており、調達機関が目指すべきライセンス条件や機能が明記されている。

ポーランドでは、オープンソース政策やそれを支援する手段に関して、重要な立法措置はとられていません。現在、この問題に取り組んでいる特定の部署や関係者は知られていません。

*現在の政策アクション*

ポーランド政府内でオープンソースに関連する最も新しいアクションは、デジタル問題評議会の2016年から2018年の期間内に「データのオープン化と公的資金によるソフトウェア」に関するワーキンググループが設立されたことです（Cyfryzacja KPRM, 2018）。このグループが作られた理由は、メンバーが述べているように、ある程度の牽引力を集めたOpen Dataと「現在基本的に誰も取り組んでいない」OSSの問題を推進するためであり、ポーランドにおけるオープンソースに関する言説が成熟していないことを表している。

ワーキンググループの目的は、ポーランドの公共調達における OSS へのアプローチの評価、国内法制の教訓を得るための選択した国の OSS に関する政策の分析、ライセンスモデルの法的分析、およびその影響などであった。これらの目標は、ソフトウェアを調達する公共機関への一連の提言、そして場合によっては法改正を提案する政策提言として実施され、イノベーション、官民ITベンチャーの増加、公共機関のコスト削減などに長期的に良い影響を与えるものであった。

さらに、ワーキンググループは、行政におけるオープンソース利用のコストとメリット、オープンソースによってサポートされるビジネスモデル、ポーランド経済における可能なメリットなどの問題を扱う公開コンサルテーションを実施しました。残念ながら、この協議の結果は、同省の公的なリポジトリにはどこにもありません。

このワーキンググループは、設立以来、2つの文書を作成してきたとされている。いずれの文書も一般に公開されたことはないが、この調査のために2つの文書のコピーを入手することが可能であった。

最初の文書「公的資金または共同出資されたソフトウェアのライセンス。予備的仮定」は2018年11月に完成し、ソフトウェアライセンスの種類、コストや政府・市民のデータに対する管理という観点から調達当局に与える影響を網羅した（Rada ds. Cyfryzacji, 2018a）。

2つ目の文書（補完的文書）「公的資金または共同出資によるソフトウェアのライセンス供与」について

* の提言」は、ライセンススキームに関する報告、協議、分析、ワーキンググループ内の議論に基づいて、策定された提言の一部を掲載している（Rada ds. Cyfryzacji, 2018b）、その内容は以下の通りである。
  + 公的な（共同）出資によるソフトウェアの開発または購入を調達する際には、著作権およびソースコードへのアクセスの問題に対処する必要があります。完全な文書へのアクセスやオープンスタンダードへの準拠は、そのようなソフトウェアの使用、将来の修正と追加の可能性、および相互運用性に影響を与えます。
  + ソフトウェアのコストは、初期導入コストだけでなく、保守、改良、調整、相互運用性の確保などが含まれる。ソースコードにアクセスできなければ、このようなコストに関する不確実性があり、このようなソフトウェアの使用にはリスクが伴う。特別に、市民のデータ、国家の安全、ITシステムの長期安定性が問題となる中、これらは大きなリスクである。
  + Software-as-a-Service ソリューションでは、データの長期的なセキュリティや、サービスプロバイダーを変更した場合の将来の可能性やコストについて、厳密な検証が必要です。
  + 上記の理由から、審議会は、ソースコードと文書へのアクセス、使用される形式とインターフェース、複雑なコスト分析、データの使用の制御を、公的調達手続きの中の要件に含めることを推奨した。プロプライエタリなソリューションの使用は、正当に正当化された場合にのみ許可されるべきであり、その立証責任は調達当局にあるべきである。
  + 国民と国との間のやりとりに、特定のプロバイダーのソフトウェアやモジュールの利用を要求することは許されない。
  + どのようなライセンスモデルを選ぶにせよ、ソフトウェアはデータをきちんと文書化されたフォーマットでエクスポートできなければならず、その実装は他人の独占権によって制限されないため、他のITシステムへの移行や、長期間保存されたデータへのアクセスを可能にする必要があります。

さらに、ポーランドの著作権法を自由化し、著作権者によって20年以上開発・配布されていないソフトウェアの利用を可能にすることも提案された。現行の法律では、この期間は70年とされており、これを短縮すれば、何年も使用されていない情報システムに保存されているデータへの合法的なアクセスや、その再構築が可能になる。

このワーキンググループ内の動きと、デジタル事務局内で作成された2つの文書は、公共サービスにおけるオープンソースの主流な採用に向けて一歩を踏み出し、さらなる発展のための強固な地盤を提供しました。しかし、ワーキンググループは2018年末に任期を終え、その後、更新や交代は行われていない。2つの報告書のどちらも、一般に共有されるなど、何らかの形で公表されることはなかった。いずれの報告書も放棄され、その結論が公表されなかった理由についてコメントを求めたところ、デジタル総務審議会および同省から回答は得られていない。

ポーランドでは、クラウド分野で注目すべきプロジェクトとして「ナショナルクラウド（Chmura Krajowa）」がある。これは、ポーランド最大の銀行PKO Bank Polskiとポーランド開発基金が、企業や行政のデジタル化のために2018年に発足させた国家規模のマルチクラウドベンチャーだ（Chmura Krajowa, n.d.）.Microsoftが10億ドル以上を投資し、Google Cloudが戦略的パートナーになるなど、複数のパートナー企業の関与が確保されている。欧州の他の大型クラウドベンチャー、より具体的にはGaia X構想の文脈では、オープン性をコアバリューとして宣言していないようだ。このパートナーシップは7年間の予定で、15万人以上の専門家、教育者、学生を対象に、マルチクラウドソリューションの管理、AI、ビッグデータ、Internet of Things、その他の関連トピックのトレーニングを行います。データセンターの建設、Microsoft Azureサービスの提供、ビジネスインテリジェンス、データ分析、最新のワークプレイスモジュールなど、ポーランドで最大級の技術投資となります。

*チャンスと課題*

近年、ポーランドでは公共政策によるオープンソースの活性化に関する議論があまり行われていないため、現時点ではポーランドにおけるオープンデジタルソリューションに対する将来の支援はあまり期待できない。もし、デジタル問題評議会のワーキンググループの提言が実現すれば、ポーランドのオープンソースに関する政策の展望が変わるかもしれません。公共部門でオープンソースに関する何らかの政策を採用した多くの国で、公共機関による実践的な実装はあまり見られず、また民間部門でも結果は出ていないのです。

ポーランドでは、公共政策や資金調達スキーム、地域開発基金などの手段を通じて、民間企業におけるオープンソースの導入を促進するための実質的な行動はとられていません。欧州や国が出資するプロジェクトで、競合他社にオープンソースの実装を慎重に勧めている例はあります。たとえば、政府の研究機関である National Centre for Research and Development は、「Fast Track」（「Szybka Ścieżka」）プログラム（The National Centre for Research and Development, 2020）のようなオープンソースを優遇する資金を分配しています。このプログラムは、欧州スマート成長オペレーショナルプログラムの中で、中小企業やコンソーシアムに対して、革新的なベンチャー企業のための資金を提供しており、研究成果をOSSライセンスでオープンに（または自由に）配布することを計画し、そのことを提案書に明記した申請者には、より多くの資金が与えられると予想される。

ポーランドの公共部門では、グダニスク市のような特異な地域的イニシアチブが生まれつつある。グダニスク市は、運用プログラム 2023 (2015 年に発表) において、可能な限りオープンソースソリューションを含む「オープン化政策」をスマートシティ戦略の最重要事項としている (Operational Programme Development Team, City Hall in Gdańsk, 2015)。このような戦略が成功すれば、他の都市も追随する可能性があるが、行政の自治体レベルでOSSの採用が進むかどうかはまだ分からない。

最近、欧州委員会が実施するデータ協議に参加するため、同省はさまざまなステークホルダーに意見を求めましたが、デジタル主権の概念において重要な要素であるオープンソースがテーマの1つになる可能性があります。現在、この問題に取り組んでいる市民社会組織がないことが、ポーランドの公論でオープンソースに焦点が当たっていないことの説明、または一貫していることは間違いないでしょう。近年、オープンソースに関するポーランド語の学術出版物はそれほど多くなく、存在するものも、特定のオープンソフトウェアの使用に関する実用的なガイドが主で、このテーマのより戦略的な側面を見落としたままになっています。オープンソースの政策を発展させるためには、その特徴と、公共サービスや民間部門にもたらす可能性のある機会について理解する必要があります。このような理解の欠如が見られることから、将来的に関連する政策が採用されるためには、オープンソースの性質と約束について国民と当局者を教育することが重要であると思われます。

ポーランドはデジタル化においてEUの平均を大きく下回っており、ICT分野での経済投入を低コストの労働力、外国投資の優遇条件、教育水準の高い労働力に頼っているため、別の競争優位性を作り出す必要がある。長期的には、イノベーションの可能性を強化し、西側諸国へのキャッチアップを支援するような他のソリューションを育成する必要があります。

#### スペイン

時計 が含まれている画像

自動的に生成された説明

*政策的背景*

2005 年までに、スペインの公共部門の 98% が「ある程度」OSS を使用し、ヨーロッパの調査対象国の中で最高位を獲得した (CENATIC et al., 2010)。したがって、スペインでオープンソースの採用に関する中央政府の政策が広まる前の早い段階ですでに、政府当局は組織で OSS を採用しており、スペイン政府の IT 部門はオープンソースの採用による潜在的なメリットを認識していたことが明らかになった。スペインは、オープンソースの使用を推奨すると明言したことはありませんが、電子政府に関する比較的複雑な法律と地域のボトムアップイニシアチブを通じて、スペインの公共政策の中で OSS に対して明らかにポジティブな環境を作り出しています。

法的には、最初の重要なステップの1つは、市民による公共サービスへの電子アクセスを保証する2007年の法律（eGov法11/2007）で、行政間でのソフトウェアの再利用に焦点を当てたものでした。この法律は、OSS に門戸を開くいくつかの規則を特徴としている。第 45 条と第 46 条では、行政機関がソリューションを再利用する目的で、行政機関のアプリケーションをオープンソース化すること（行政機関がその知的財産権を所有している場合）を認めており、また、（創設予定の）技術移転センターと協力して再利用可能なソフトウェアの最新登録簿を維持することを義務付けている。また、第4条では、オープンスタンダードをツールとして、法律の文脈の中で技術的中立性を基本原則とすることを定めている。

スペインではこれ以前（2005年）に、電子行政推進のための高等IT協議会が作った国家政府のOSSグループが、スペインの行政におけるOSSの利用を勧める勧告を採択しています。翌年には、スペイン政府によるオープンソースの採用を推進する公的機関であるCENATICが設立された（Metzger, 2016）。CENATICは、OSSの認知・利用を促進するスペイン政府唯一の戦略的プロジェクトである（CENATIC et al.）CENATICは2013年にRed.esに統合されたが、このユニットは現在もコンピテンスセンターとしてサービスを提供している（Red.es, n.d.)．スペイン議会は2007年の決議で、中央政府に対してOSSの利用を促している（CENATIC et al.、2010）。

CENATICによると、スペインでは行政におけるOSSプロジェクトのほとんどが自治行政レベル（地方と同様、州より大きい）で実施されている。地域や地方レベルでは、多くの当局が、特に教育分野においてOSSの利用や調達を優遇するような法律を制定している（Garro, 2016）。バレンシア州政府が入札した関連プロジェクトのひとつに、gvSIGがある。このプロジェクトは、当初からオープンソースライセンスで利用できるように入札され、EUの共同出資で2004年に最初のバージョンがリリースされた。このツールは、現在もスペインだけでなく、世界中で使用・開発されています。開発が進むにつれ、プロジェクトはコミュニティ団体（gvSIG協会）に引き継がれ、現在もコミュニティによって開発が進められています。これは、公共部門が始めたプロジェクトをオープンソース化することで、実際のコミュニティが生まれた良い例と言えるでしょう。

スペインの多くの地域（例えば、カタルーニャ、アラゴン、アストゥリア）や自治体も、2000年代前半に典型的だったように、多くのLinuxディストリビューションを作成した。このように多数のLinuxプロジェクトを立ち上げる際に、他地域に倣う必要性を感じていた地域があったことは確かです。しかし、これらのプロジェクトが長く続くことは少なく、現在ではほとんど残っていない。行政機関のニーズが似ていて、各地域の Linux ディストリビューションには小さなコミュニティしかないため、このモデルではオープンソースから得られるメリットは比較的少なく、同時に地域は有名なディストリビューションの独自のフォーク開発に投資せざるを得なかったことが明らかです。

*現在の政策行動と制度*

2015年、スペインではeGov法11/2007の後継となるスペイン公法法制度に関する法律40/2015が10月1日に導入されました。157条と158条で、オープンソースに関するルールが定められている。この法律では、OSSを積極的に義務付けたり、優遇したりすることまではしていませんが、主に3つの指導原則を定めています。

* + 既存のソリューションを行政間で再利用する選択肢を行政に思い起こさせる。
  + スペイン中央政府の技術移転センターのリポジトリを使用するオプションで、その後の再利用のためにリポジトリを作成することを行政に義務付ける。
  + これは、オープンソースライセンスの下でソフトウェアソリューションをリリースすることを行政に義務付けています。

また、知的財産権の制限のないデジタル・コンテンツを対象とした Law 57/2007 の 17 項も関連しており、この条項では、同じ条件のもとでの学習、複製、再配布を容易にするライセンスを選択するよう求めていることから、ある程度のコピーレフト（同じ条件での再配布の義務）を導入しています（ Commissioner for Technology and Digital Innovation, n.d.)）．

2007 年の eGov 法とその後継の Law 40/2015 を補完する形で、勅令 4/2010 が再び eGov という手段を用いて、公共部門における OSS の利用を具体化した。この政令の第16条は、ソフトウェアに適用される条件を定めている。

特に、二次的著作物がオリジナルの条件を保持することを条件として、再利用を意図したソリューションに、ある程度のコピーレフトが導入されることを意味します。この条文ではさらに、EUPL（欧州連合パブリックライセンス）の使用を推奨していますが、同じ権利を保証する他のライセンスを使用する選択肢を排除しているわけではありません。法律の正確な文言は以下の通りです（バルセロナ市による翻訳）。

1. オープンソースとして認定されたアプリケーションに関して、行政は、共有されるプログラム、データまたは情報が保証されたライセンスを使用しなければならない。
   1. 目的に応じて実行可能。
   2. ソースコードを参照できるようにする。
   3. 修正・改良が可能である。
   4. 二次的著作物が同じ4つの保証を維持することを条件に、変更の有無にかかわらず他のユーザーに再配布することができます。
2. このため、第1項および第2項に定める権利と同一の権利を保証する他のライセンスを害することなく、欧州連合パブリックライセンスの使用を確保するものとします。

政令第17条は、2007年のeGov法で導入されたリポジトリの導入条件を明記している。具体的には、同政令は、新たな要件のニーズを十分または部分的に満たす可能性のある、行政機関が利用可能なソリューションを検討する義務を課しており、ソリューションがリポジトリに公開される条件も明確にしている（Commission for Technology and Digital Innovation, n.d. ）。

公共調達に関して言えば、スペインでは特にOSSを優遇する法律はない。関連する王立立法令（3/2011）では、商用オフザシェルフ（COTS）ソフトウェアを供給と見なし、カスタムメイドのソフトウェアは公共部門へのサービスと見なされています。後者の場合、サービス提供者（開発者）は、行政仕様に別段の定めがない限り、ソフトウェアの修正・カスタマイズの権利を行政に譲渡する義務がある。これに加えて、前述の勅令 4/2010 では、行政機関が新しいソリューションを調達する前に、リポジトリを通じて利用可能な既存のソリューションを検討することを求めている（Commission for Technology and Digital Innovation, n.d.)．

中央政府の役割以外にも、スペインでは地域や都市が採用する公共的な取り組みが数多くあり、OSSをうまく採用していることで知られている。一例として、マドリード市が開発した市民相談のためのソフトウェア「Consul」があり、現在世界18カ国で再利用されている（Hillenius, 2018）。バルセロナ市では、市のソフトウェア予算の7割をOSSに投資しており、ほとんどがOSSであるソフトウェアを採用している状況である（Offerman, 2017）。また、2017年以降、市は新しい技術規範に基づき、技術主権に関する戦略とその実現方法に関する実施ガイドを持っている（Commissioner for Technology and Digital Innovation, n.d.)．

政策的な観点からは、スペインではアンダルシア地方とバスク地方が非網羅的な例として挙げられる。アンダルシア州では、2005年にOSSの利用・再利用、およびリポジトリの作成による再利用を促進する条例を採択している。2012年のバスク地方の政令も同様の運用をしている。バルセロナ市は、ソフトウェアインフラをオープンソースに切り替えているが、公的機関にオープンソースの採用を義務付ける公的政策はない。しかし、既存の再利用と相互運用性の要件はオープンソースを支持している（ Commissioner for Technology and Digital Innovation, n.d. ）。

Red.es（2013年までCENATICとして知られていた）内のオープンソースと再利用可能なソリューションサービスは、公共部門に向けたOSSの国家コンピテンスセンターとして機能し、以下を提供します。

は、財務省および公共機能省（MINHAFP）のデジタル行政総局（SGAD）と連携してガイダンスを行っています（Red.es, n.d. ）。公務員はこのサービスに連絡し、OSSソリューションの構築方法について、上から下までアドバイスを受けることができる。以下のサービスのうち、SGAD は公務員向けの「出版・ライセンスガイド」も提供している。

* + オープンソースライセンスと関連するコンポーネントの互換性についてのアドバイス。
  + ソリューションのリリース前のステップとして、適切なオープンソースライセンスを選択すること。
  + ソリューションを構成するコンポーネント群に応じた、オープンソースライセンスの推奨事項。
  + リリース可能なソリューションの生成に関連する技術的なアドバイス。
  + オープンソースとしてソリューションを効果的に配布するためのアドバイス：パッケージの作成、ライセンスの遵守、など。
  + オープンソースコミュニティの運営と統合
  + オープンソースソリューションの知的財産権に関する質問。

前述のサービスと連携して、技術移転センター（TTC）は、法律40/2015（勅令4/2010）に基づいて作成されたオープンソースソリューションの国家リポジトリの作成と維持を担当している。このポータルは、電子政府分野で開発されているプロジェクト、サービス、セマンティック資産、規制、ソリューションに関する情報を提供しています。スペインでは、中央政府のユニットには利用が義務付けられており、スペイン国家の下位レベルの行政機関も利用することができます。その主な目的は以下のとおりである（Portal de Administración Electrónica, n.d. ）。

* + 行政で再利用するための共通のソフトウェアとサービスのリポジトリを作成すること。
  + 電子政府分野の様々な技術的ソリューション(規制、サービス、セマンティック資産、インフラ、開発など)に関する共通の知識ベースを作成する。
  + 電子政府の分野で経験を共有し、協力できる場を作ること。

また、GitHubを利用することで、行政のアプリケーションの共同開発が促進されます。どの行政機関でも、フリーソフトのプロジェクトを公開し、その周りに開発コミュニティを作ることができます。

TTCは、EUのJoinUpだけでなく、地域レベルの多くのリポジトリ（Analusia、Catalonia、Extramaduraなど）とも相互運用を行っている。2018年には、米州開発銀行（IADB）およびスペイン政府との別の協力により、国境を越えたソリューションの利用を可能にするため、それぞれのソフトウェア・リポジトリーのフェデレーションを開始しました（欧州委員会、2018年）。

*チャンスと課題*

歴史的に、スペイン行政のオープンソース・ソフトウェア利用における主な目的は、IT調達のコストを削減することでした（jserrano, 2019）。これは、10年代の変わり目の経済不況以前からそうであり、不況の持続的な経済的影響により、スペイン中央政府にとってコスト削減は高い課題となっています。今日、スペインは技術開発への投資が不足しており、技術的自立のための闘いを認識しながらも、議論は得られず

は、他の EU 加盟国で行っているのと同じ牽引力を持つ。ラテンアメリカ世界以外に、可能性のあるパートナーとのつながりが最も強い欧州の他国と、とりわけ協力し、資源をプールしなければならないという理解である（Ortega Klein, 2020）。

しかし、2016年の調査では、スペインの政治家層における技術的なリーダーシップと理解は低いと結論づけられています。問題定義のステップからアジェンダ設定、可能な解決策の策定まで、政策決定は、可能な解決策を紹介するために機会があればそれを利用しようとする公務員によって支配されているのである。このように中央政府レベルでは、OSS は技術的な観点から、オープンソースに投資している公務員によって推進されることがほとんどである。技術産業における重要なツールとしてのオープンソースの可能性、特にコスト削減の側面よりさらに進んだ側面は、政治レベルではよく理解されておらず、それ自体、政治課題において高い役割を担っていないデジタル政治課題において意味のあるレベルで取り上げられることはない。そのため、望ましい結果が十分に定義されたり、評価されたりすることはほとんどありません。

スペインの政治的な意思決定者は、即興的で非公式な意思決定を行う傾向がある。特に大規模な組織では、いわゆるゴミ箱モデルが観察され、意思決定がより大きな戦略的考察に従っておらず、問題、アクター、機会、解決策の間のダイナミックスが流動的であることが指摘されています。また、意思決定に至るまでの影響評価、分析、評価の欠如も確認されました。同時に、オープンソースの決定の再利用を可能にする様々な法律や調達内のような以前の決定は、政治的意思決定者によって見直されていないようです（Garro, 2016）。

## 世界各国の公共政策アクション

#### イギリス

時計 が含まれている画像

自動的に生成された説明

*政策的背景*

英国政府は、オープンソースの使用に関する政策を 2004 年に初めて打ち出したと主張しているが、Office of Government Commerce (OGC) による 2002 年の出版物がそれ以前に知られている (Cabinet Office, 2011)。当時、OGC は英国政府の財務省の一部だったが、2010 年に内閣府に移り、2011 年に解散した。OGC は、公共調達の効率を向上させるためのガイダンスの発行を担当していた。この役割の中で、英国政府が調達の観点からオープンソースをどのように扱うべきかというガイダンスを提供しました。OGC はそのガイダンスの中で、公共部門に対して「プロプライエタリなものの中から OSS ソリューションを [...] 金に見合う価値に基づいて検討する」よう指示したが、「プロプライエタリな製品へのロックインを避ける」ようにも述べ、カスタムソリューションに関する必要な権利を取得してそれを再利用できるよう組織に指示している (Office of Government Commerce, 2002)。

本質的に、これらの基本原則は、その後の英国政府のさまざまな政策の中で繰り返された後 でさえ、今日も有効である。2004 年、内閣府電子政府事務局は、OGC が概説したのと同じ原則を発表し、OGC が発行したより詳細なガイダンスに言及した（内閣府、2004 年）。

2010年に誕生した新政権は、行政のオープン化を積極的に推進し、OpenNexPressとOpenNexPressを連携させたと、インタビュアーは述べています。

ソースからオープンスタンダードへ、そしてその後数年間、さまざまな取り組みを進めてきました。

2009年2月、前政府はすでに、以前の調達に焦点を当てたガイドラインよりもさらに踏み込んだ、新しい政府行動計画を発表していました。このアクションプランでは、既存の文言を継承しつつ、オープンソースに対する英国政府のアプローチを成熟させました。たとえば、OSS とプロプライエタリなソフトウェアを比較する際にオープンソースの間接的な利点（柔軟性や再利用など）を考慮することや、「政府とそのサプライヤー間で共有、再利用、共同開発という『オープンソース』文化を定着させる」、「オープンソース製品の採用にあたって手続き上の障害がないことを確認する（Lord、2009）」ことなどが挙げられる。

このアクションプランは、パブリックコンサルテーションの期間を経て、2010年にその実施効果を向上させるために更新されました。新しい行動計画では、「オープンソースのすべて」を含む、いくつかの重要なアクションも規定されました。政府ITのためのオープンソースソフトウェア入門 "を含む、いくつかの重要なアクションが規定されました。オープンスタンダードの原則も、この行動計画で取り上げられている（内閣府、2010年）。このことは、2011 年の内閣府政府 ICT 戦略でも再び強調され、その中でオープンテクノロジーが大きく取り上げられ、オープンソースソリューションの調達のために公平な競争の場を設けることが再び約束された。このイニシアティブの主な動機は、技術に対する政府の支出を削減することであり、このパラダイムは現在も続いています（内閣府、2011年）。

この文書に続いて、内閣府と内務省は「オープンソースのすべて」と題する説明文書を2011年末に初版を発行し、2012年に改訂しました。この文書は、オープンソースについて公務員を教育することを目的とし、神話を否定し、一般的な質問に答えることに重点を置いています (Cabinet Office & Home Office, 2012)。

*現在の政策行動と制度*

米国と同様、オープンソースに関する英国の政策は、政府内部の側面に焦点を当て、民間部門にルールを規定することは求めていません。それにもかかわらず、イギリス政府の包括的なオープンソース政策は存在しません。しかし、イギリスには多くの政策イニシアチブがあり、その政策の成果を見ることができます。

最もインパクトのある具体的な政策は、内閣府の支出（「支出」と呼ばれる）管理の一部を形成しており、したがって調達政策に相当するものであると考えられる。この支出管理は、英国のすべての中央政府部門と、中央政府部門が管理する団体に適用される。具体的には、ITの領域では、「10万ポンド以上のデジタル支出と500万ポンド以上の技術支出」に支出管理の原則を適用する必要がある（内閣府、2020年）。支出コントロールが適用される場合、Technology Code of Practiceを遵守する必要がある（Government Digital Service, 2019）。この実践規範のポイント3は、中央政府省庁に「...オープンであり、オープンソースを使用する」ことを義務付けている。この方針では、オープンソースとその政府にとっての利点を熱心に訴えていますが、調達者は「技術を選択する際に（OSSを）平等に考慮する」ことが義務付けられているだけで、オープンソースの購入を義務づけるには至っていません（Government Digital Service, 2017）。

コードを再利用できるようにするという、英国政府のもうひとつの典型的なオープンソース政策分野は、公共サービスのサービス基準でカバーされており、（ポイント12で）公共機関は、「人々がコードを再利用して構築できるように」、「新しいソースコードをオープンにする」ことを要求しています。サービス基準ではさらに、公共機関に対し、オープンライセンスの下で再利用できるように、コードをオープンリポジトリで公開し、関連する知的財産権の所有権を保持するよう求めています（Government Digital Service, 2019）。サービスマニュアルは、要件を明記し、要件の実施方法についてのより詳細なガイダンスを提供している（Government Digital Service, 2017）。

GitHubによると、現在、英国では約63の中央省庁、29の地方議会がコード共有プラットフォームでコードを公開しており、多くの当局が非常に頻繁に公開していることから、再利用のためのコード公開を推進した政府の取り組みが一定の成果を上げていることがわかります。

英国では、内閣府がCCS（Crown Commercial Service）と連携し、GDS（Government Digital Service）とともに、オープンソースに関する最も重要な公的機関となっています。

内閣府は、公共調達の改善、政府の透明性、および省庁横断的な政策の調整役として、主に関与しています (Cabinet Office, n.d.)。この役割の中で、政府全体に適用される、過去のオープンソース政策のほとんどを発表しています。

CCS は公共調達を担当する行政機関であり、サプライヤーとの対話役であると同時に、調達方針の立案やガイダンスの作成も行っており、最近では GOV.UK の枠組みにはないウェブサイトを公開している（Crown Commercial Service, n.d.. ）。

GDS は、英国のデジタル機関であり、政府のためのデジタルソリューションを開発しています。また、現在進行中のオープンソース関連のポリシー、つまり、内閣府のデジタルとテクノロジーに関する支出管理、デジタルサービススタンダード、オープンスタンダード原則、テクノロジー規範の管理も行っています (Government Digital Service, n.d.).

GDS は、オープンソースとオープンテクノロジーに関して主導的な立場にあり、Linux Foundation、W3C、Unicode において英国政府を代表し、オープンソースコミュニティとの関わりの価値を強調し、正常化するための努力も行っているので、英国のオープンソースオフィスとみなすことができる。しかし、英国政府内部からのインタビューによると、政府の目的はオープンソースに関する中央集権的な権威を持つことではなく、異なる政府省庁に分散した能力を持たせることであるとのことだ。ほとんどの省庁が、そのような社内コンピタンスを持っていると言われています。正式なものではないが、オープンソースに関して強い能力を持つことが知られている職員は、さまざまな種類のデジタル政策を起草する際に相談される。

GDSは2018年7月に英国住宅・コミュニティ・地方政府省（MHCLG）とともに「ローカルデジタル宣言」を策定し、6つの原則の1つに「オープンでの開発」を明記し、サービススタンダード（政府が優れたデジタルサービスを作成・運営するための18の基準）と、公開技術規範にコミットして、地方自治体レベルへの適用拡大を目指しています（住宅・コミュニティ・地方政府省、2018）。2020年末時点で、この宣言（45の共同出版社に支持された）は、約241の署名者によって採択された。

英国の医療制度（National Health Service、NHS）の中で、データ共有や透明性など、NHSのテクノロジー、デジタル、データに関する国家政策の設定やベストプラクティスの開発、つまりシステムのデジタル化を支援する役割を担う別組織NHSXが2019年初頭に設立されました。(名称のXは「ユーザーエクスペリエンス」を意味します）。NHSXは、その業務においてオープンソースやオープンスタンダードなどのオープンテクノロジーの活用に取り組んでおり、オープンソース特許プールOpen Invention Network（OIN）のメンバーでもある（NHS England, n.d. ）。

*チャンスと課題*

英国政府の戦略には、大きな影響力を持つ独自のオープンスタンダード原則の導入（2012年が最初）が含まれており、現在では、この原則が改訂されています。

2015年、そして2018年。インタビューによると、これらの原則は、地方自治体が購入できるものを政府が規定することはできないが、政府は標準を設定することができ、その結果、オープンスタンダードの使用を要求することができるという問題に取り組むことを目的としていました。現在のオープンスタンダード原則の文言によると、「オープンスタンダードは、政府をオープンにするための最も強力なツールの1つです。オープンスタンダードは、政府をオープンにするための最も強力なツールのひとつであり、最小のサプライヤーが最大のサプライヤーと競争できるようにする。オープンスタンダードは、あらゆる市民が監査できるようデータを公開する。彼らは、オープンソースソフトウェアの変革力を解き放ちます。"(内閣府、2018年)とあります。

このことは、英国政府がオープンテクノロジーの追求によって、現地の中小企業の支援やオープンソースの利用強化など、内外に向けた多くの目標を達成しようとしていることを示している。OSS はオープンスタンダードの実装を好む傾向があり、そのためオープンスタンダードを必要とする標準ベースの調達はオープンソースに有利に働くからである。公共調達に関連するものを除き、英国にはオープンソースの導入、教育、指導に関して民間企業を支援するルールはない。

オープンソースの可能性とその再利用は、英国政府がデジタル政府サービスのための「ワンストップショップ」と、すべての政府ウェブサイトのための共通プラットフォームであるGOV.UKを作ったときにも利用されました。このプラットフォームはオープンな技術で構築されており、ほとんどのコンポーネントはMITライセンスのもとGitHubで開発されています。イタリア政府のテンプレートと同様に、GOV.UKは政府部門がウェブサイトに採用するための共通の基盤とスロットインテンプレートを提供し、各部門が簡単にサービスをウェブサイトに追加できるようになっています。GOV.UKはGDSによって開発され、すべての政府部門に採用されているため、すべての中央政府のウェブサイトは同じプラットフォーム上で動作し、共通のコンポーネントが使用されていることになる。GOV.UKは、オープンソースのアプローチによって他の政府にも採用され、GDSと英国政府にとって成功したと考えられています（Derek du Perez, 2019）。

#### ブラジル

時計 が含まれている画像

自動的に生成された説明

*政策的背景*

ブラジルでは、OSS（フリーソフトウェアの概念も浸透していますが）の物語は主に過去のものであり、現在のものではありません。ブラジルは、世界で最もオープンソースコミュニティが活発な国の一つであり、オープンソースがテクノロジーだけでなく文化部門にも浸透している国である。オープンソースは、情報、データ、コンテンツをコミュニティが共同で所有、管理するナレッジコモンズの確立を目指すルーラ政権の幅広い推進の一部となった（Birkinbine, 2016）。その目的は、「新しい技術の利用を通じて、情報や知識へのアクセスを民主化し、普遍化すること」（CENATIC et al.、2010）でした。

2003年以降、ブラジル政府は、公共および民間のソフトウェア技術のオープンソースを可能にするため、政策と制度化の分野で多くの措置を講じてきました。

2003 年のルーラ政権以前にも、2000 年の大統領令で、行政サービスへのユニバーサルアクセスを可能にする政策オプショ ンを策定することを目的とした省庁間ワーキンググループが設置され、その中の一つのオプションとして OSS が提案されている（CENATIC et al.2010)。この頃、主に経済的な理由から、多くの都市や自治体がOSSへの移行を決定しました。当時の試算では、全米でマイクロソフトへのライセンス料だけで年間2億ドル近くが費やされているとの結論に達している

を切り替え、そのうち1億2,000万ドルを節約することができた。最初の取り組みは都市や州からだったが、この成功は中央政府の注目を集め、2003年に左翼労働者党のルイス・イナシオ・ルラ・ダ・シルバ（ルーラ）が政権を取ると、オープンソースは中央政府の優先事項となり、リーダーシップをとるようになった（Birkinbine, 2016）。

その後数年間、政府は新しい制度や内部政策の創設を進めたが、公共調達法についてのより抜本的な改正は行わなかった。最初の大きな正式措置は、「OSS プロジェクトとアクションの実施を調整し、形成する」ことを目的とした技術委員会の設立でした。オープンソースコミュニティは、連邦政府内での OSS 実装のための戦略的計画を作成する目的で、技術委員会の議論に参加するよう招待されました。この計画は、移行プロセスのガイドラインを設定し、29の政策アクションを推奨しています。計画の実施とオープンソースコミュニティとの調整は、OSS Brazil プロジェクトを運営する Institute of Information Technology (ITI)に委ねられた。まず5つの省庁がオープンソースに移行し、経験を蓄積して他の公的機関にケーススタディを提供することになりました (CENATIC et al., 2010)。この間、ブラジル政府は、EUのIDAオープンソース移行ガイドラインに基づくOSSの採用方法に関する移行リファレンスガイドや、コピーレフトのLGPL（GNU Lesser General Public License）ライセンスを政府利用の公式ライセンスとするための研究など、いくつかの研究や出版物を作成しました（Furtado de Magalhães Gomes et al.、2015年）。

オープンソースは、2005年に文化省が開始したブラジル政府のデジタル文化プログラム（Cultura Viva）にも含まれています。このプログラムでは、教育やデジタルキャンペーンがOSSを通じて提供され、オープンソースの専門家とデジタル技術の使用を希望する文化部門のプロジェクトがマッチングされました。

2004 年から 2005 年にかけて、国立情報技術研究所（ITI）は大統領令の草案を作成しました。この草案は、プロプライエタリなソフトウェアを優遇する現在の法的基準を覆し、サーバーとデスクトップ用のオペレーティングシステム、オフィスソフトウェア、インターネットブラウザ、電子メールの 4 分野で行政機関の OSS への移行を促進するものとなっています。世界中の他の法律と同様に、プロプライエタリなソフトウェアを調達することは可能だが、正当な理由が必要であった。しかし、この問題をどのように進めるかについて政府内で意見が分かれたため、提案された政令は承認されなかった（Cassino, 2019）。

調達法に関する別の試みが開始されるまで、しばらく時間がかかりました。その間、ブラジルの官僚は移行作業を継続し、オープンソースの提供を拡大することになります。2007年には、オープンソースの再利用ソフトウェアカタログが "Brazil Public Software Portal "という名前で作成されました。これは、再利用可能なソフトウェアを構造化し、関連するサービスプロバイダを特定するものです（このポータルについては、後ほど詳しく説明します）。

2010年、ルーラ政権は再び公共調達の問題に取り組み、Instrução Normativa MP/SLTI No04 (Normative Instruction No. 4)という拘束力のある決議を採択した。第11条第2項では、政府当局が公共調達を決定する際、OSS全般、およびブラジルの公共ソフトウェアポータルで公開されているソフトウェアの利用可能性を考慮する必要があると規定した。予算を検討する際にはOSSを使用すべきであり、プロプライエタリなソフトウェアを調達する場合には、その正当性を証明しなければならない。文献では、この規範は拘束力があるとされているが、インタビューによると、実際には拘束力はなく、経済省からの勧告に過ぎないとのことである。この規範は、ブラジルの最高裁判所である連邦最高裁判所（STF）において、一企業を優遇しているとして争われたが、裁判所はこの法律を支持した（Birkinbine, 2016）。同様の法律は、ブラジルのいくつかの州や都市でも制定された。インタビューによると、政府のさまざまなレベルで、オープンソースを優遇する「何百もの」法律が制定されたとのことです。インタビューによると、2010年がそのピークと考えられるそうです。

ブラジルのオープンソース政策は、その後、最も関与した官僚の多くが政府を去ったため、横ばいになりました。

2010年の年末にルーラ政権が終わり、後継者が同じ党出身でルーラの参謀だったにもかかわらず、ディルマ政権がオープンソースに対して同じ信念を示すことはありませんでした。2016年に新政権が新たなデジタルガバナンス政策に関する政令（政令第8,638号）に署名した際、オープンソースに関する官僚の作業の重要な部分を占め、オープンソースを推進するために省庁間の調整の枠組みを作っていた技術委員会を創設した2003年の政令を取り消したのである。オープンソースはデジタルガバナンス政策にさえ言及されなかったため、官僚のオープンソースへの推進力は失われてしまった（Cassino, 2019）。

*現在の政策行動と制度*

今日、ブラジルでは、2010 年のソフトウェア調達に関する規範（オープンソースを優遇）が、中央政府レベ ルの最も関連性の高い既存の法律となっているが、インタビューによると、実際の効果は比較的弱いと指摘されて いる。ブラジルにおける OSS は、草の根レベルの運動から中央政府の政策優先事項となるまでの道のりを経て、中央政府から 10 年間注目された後、より分権的な運動へと戻りつつあるのです。

2010 年にブラジルの公共機関を対象に行われた調査では、電子メール、インターネット サーバー、情報システム、デスクトップ、オフィススイートの各カテゴリにおける OSS の導入状況が示されました。この調査では、大学や技術的なミッションを持つ機関が最もオープンソースへの移行が進んでいることが明らかになりました。また、ほとんどの省庁が何らかの移行を行っている一方で、大きな技術的背景を持たない小規模機関は最も低い導入率でした。一般に、電子メール、情報システム、インターネットサーバーは移行が成功したカテゴリであり、デスクトップとオフィスソフトウェアは OSS にほとんど移行されていない (Software Livre Brasil, 2010)。

2020年6月、極右のジャイル・ボルソナロ大統領政権は、オープンソースソフトウェアに関する暫定措置（MP 983/2020）を議会に提案し、第8条（取材者訳）でこう述べている。

"大国の直接、自治的、基礎的行政の機関および団体、連邦団体の憲法上の自治団体によって開発された、またはその開発が委託された情報通信システムは、オープンソースライセンスによって管理され、その使用、コピー、変更、本条が対象とするすべての機関および団体への無制限の配布を許可します..."

この文章はまだ投票されていないため、提案に過ぎない。このほか、ブラジルの5,500都市の多くは、公共調達においてOSSを優遇する地方法を制定している。

ブラジルのソフトウェア保護法は、（第9条において）「国内でのコンピュータ・プログラムの使用は、ライセンス契約に従う」ことを義務付けています。前述のように、GPLライセンスが使用される主要なライセンスとして定義され、後にCreative Commons GNU GPL (CC-GNU-GPL-BR) が加わりました。これらのライセンスは、国営IT企業であるSERPROによってポルトガル語に翻訳された（Metzger, 2016）。

ブラジルには、オープンソースに関する政府の取り組みを推進・調整するための正式な政府オープンソースオフィスは存在しなかったが、政府は、OSS の導入に向けた包括的な取り組みの中で特定のタスクを担当する組織を少数設立した。その中には、国立情報技術研究所（ITI）、ソフトウェア・リヴル実装委員会（または

CISL）と、州のITサービスプロバイダーであるSerpro（セルプロ）が参加しました。さらに、大統領首席補佐官が全体的な取り組みの中で指揮を執った。

ブラジルのオープンソースにおける国立情報技術研究所（ITI）の役割は、ほとんど偶然の産物である。2003年にルーラ政権が誕生するまで、同機関は国家の暗号と認証システムを担当し、ほとんど注目されていなかった。新政権は新総裁を任命しなければならず、Sérgio Silveira氏を選んだが、彼は（ポストを提供されたことについて）次のように語っている。「ITIが何であるかはよく知らないが、ソフトウェア・リーブルを実装するためにそこに行くのだ」。彼は、ITIを利用してオープンソース導入の先鋒となる機会を見出した国内のオープンソース関係者と話をした。シルヴェイラ氏は、ITIを利用して有能な人材を探し出し、国家的なOSS戦略を構築したいと考えたのです。彼は、ITI の社長になることに同意したとき、大統領府からこの任務を支援することに同意してもらった (Shaw, 2011)。

ITIと密接な関係にあったのが、CISL（Committee for the Implementation of Software Livre）です。この委員会は、オープンソースの支持者のネットワークを活性化し、接続するために、明確なアジェンダを設定する機能を果たしていました。この委員会には、省庁、民間企業、機関、支持者など、さまざまな組織から利害関係者が集まりました。最初の主な成果は、2003 年に発行され、ルーラが承認した戦略的計画文書であった。主な提言は、Silveira が率いるオープンソースの採用を任務とする連邦委員会を設立することでした (Shaw, 2011)。

国営の IT サービス企業である Serpro は、自称「世界最大の公共部門向けサービスを提供する情報技術企業」 (Serpro, n.d.) で、ブラジルの公共部門におけるオープン ソース移行の管理に深く関与しています。インタビューによると、Serpro はオープン ソースに関するノウハウの主な提供元であり、社内に多くの技術専門家がいることから重要な役割を担っていました。Serpro の主な貢献の 1 つは、OSS の移行マニュアルを作成したことです。このマニュアルは、行政機関に移行を成功させるために必要な知識を提供する上で非常に重要であると、インタビュアーは指摘しています。Serpro は、自社組織のオープンソース戦略も開発し、オープンソース活動家が参加する諮問委員会を設立しました。また、電子政府のための相互運用性標準を提供する e-PING 相互運用性プログラムも運営しています。このプログラムは、情報通信技術の使用に関する前提、方針、技術仕様の最小限のセットを提供し、サービスの相互運用性のための技術的および規制的基礎を提供するために必要なものである。このプログラムは、オープンな技術を使用し、なおかつ拘束力を持たない（Metzger, 2016）。

ブラジルの公共ソフトウェアポータル（Governo do Brasil, 2020）は、単なるソリューションのカタログではなく、ユーザーが地域コミュニティのニーズを満たすソフトウェアをリクエストすることができるサービスも提供されています。さらに、既存のソフトウェアや新しいソフトウェアのニーズに対してコミュニティを形成し、共同でソフトウェアを開発することも可能です。このプラットフォームは2007年に設立されましたが、現在では69のソフトウェアが公開されています。これは、プラットフォーム上のソフトウェアはGPL v2の下でライセンスされなければならないため、一部のソフトウェアが不適格であることが影響していると思われる（Birkinbine, 2016）。

2013年には、ポータルの機能統合を進め、より多くのライセンスを許可することで、より多くのソフトウェアをホストできるようにすることを目的に、ポータルが改革されました。最初の目標を達成するために、ポータルをより集中化し、開発をGitHubなどの外部サイトからポータルに移行させることで、ソフトウェアに対するコントロールを強化し、米国機関を通じた監視の報告を減少させることができました。改革後、利用が大きく伸びたとは思えないので、改革がどれだけ成功したかは疑問である。これは、政府がオープンソースを重視しなくなったことも原因かもしれません（Birkinbine, 2016）。また、インタビューによると、すべての政府がそうであったとしても

は、自社のソフトウェアをポータルサイトで公開し、再利用することを想定していましたが、明らかに普及には至っていません。

*チャンスと課題*

ブラジルのオープンソース運動の場合、2つの側面が最も注目されるかもしれません。第一に、経済的な理由が優先される多くの国とは異なり、ブラジルのオープンソースは、何よりもまずコモンズとしてのソフトウェアという信念が動機となっており、より共有の所有権という観点から捉えられていることである。第二に、オープンソースの採用はトップダウンの政治的プロジェクトではなく、市民社会と技術専門家から提起されたため、制度化され、ある程度の政治化を卒業することができました。

2000 年代初頭、ブラジルではすでに「技術的主権」という言葉が、自分たちや政府が使用するソフトウェアをもっと管理したいと考える活動家たちによって使用されていました。政治的イデオロギーの観点から）オープン ソース コミュニティが非政治的またはリバタリアンである傾向がある大多数の国とは対照的に、ブラジルではオープン ソース コミュニティは公益のための共同所有という強い感覚によって特徴付けられる傾向があります。オープンソースは、国民教育、経済成長、自治、開発の分野で主権的なデジタル化を達成するための戦略の一部と見なされていました。これに基づき、地元のソフトウェア産業が連邦政府によって創設され、育成されたのです。

市民社会と技術専門家によって形成されたネットワークは、ブラジルにおけるオープンソース運動を政治的勢力にする火種となることが証明されました。文献では、政治、技術、教育機関内で集団行動を動員するために活動していた「反乱分子の専門家」のエリートネットワークに言及しています。これらのネットワークは、政府政党である労働者党に強く働きかけ、党のイデオロギーにメッセージを適応させ、OSSを支配的な市場ベースの論理に対する反覇権的な代替物として仕立て、この問題に対する政治的支持を確保するために活動したのです。支持者は、この問題をより高度に政治化するために、意識的に（外国の）独占企業を刺激し、政治的なアジェンダ設定サイクルにおけるその役割を増大させた(Shaw, 2011)。

公共部門におけるオープンソースの側面に加え、ブラジルでは、政府は国際的なサプライヤーから独立した自国のソフトウェア部門を促進する可能性も見出しています。国営の IT 企業である Serpro は、オープンソースの利用だけでなく、システムインテグレータやソフトウェア開発者として、出版物や調達を通じて多くの企業のオープンソース導入を支援しました。こうした活動は、労働者党の指導部から政治的な支持を得ていました。自給自足という彼らの幅広い政治目標や、多国籍企業およびブラジルへの影響に対する彼らの否定的な見方とよく合致していたからです (Shaw, 2011)。同時に、他の国と同様、政府は量と質の面で政府の要求を満たすのに必要な供給を行うことができるソフトウェア部門を育成することができなかったとインタビュアーは述べている。ほとんどの企業は小規模で、従業員も1人であることが多く、政府が必要とするものを供給することができず、成長することができなかった。そのため、行政がブラジル製やブラジル統合のOSSに頼ろうとしても、それが不可能であったり、現実的でないことが多く、ブラジルのソフトウェア産業の専門化をいかに効果的に支援するかという問題が残されていた。

内部的には、ブラジル政府内の高度な制度化（ITI、CISL、Serpro を通じて）が、政治レベルへ のインプットだけでなく、政治的インプットに対する反応も効果的に調整し、適切な対応を確保すると ともに、その場の機会構造を利用する上で重要な役割を果たした。政策起業家としての技術専門家と官僚の協力は、OSSの信念をブラジルの各省庁に浸透させる重要な要因であった。しかし、2000年代末になると、このような政策起業家たちがどんどんブラジルの行政機関に出向き、官僚機構の中で仕事をするようになったとインタビューでは述べられていた。

ブラジル政府では、民間企業における Open Source の推進力が失われました。ブラジル政府内で達成されたレベルの制度化であっても、この問題を内部で提唱する個人がいなければ、Open Sourceは政治家の政策レーダーから外れ、政治家はこのテーマ全体への関心を失ってしまったのです。したがって、2016年にDilma政権によって政策が改訂されたとき、Open Sourceは検討すらされず、忘れ去られていたことは驚くべきことではないだろう（Cassino, 2019）。このことは、ある政策課題に対する継続的な支持の問題は、制度化によって完全に解決できるものではなく、その課題が政治課題として残るためには、個人の信念も必要であることを示している。

#### 中国

時計 が含まれている画像

自動的に生成された説明

*政策的背景*

中国における政策形成過程について、調査チームが入手した文書情報はほとんどなく、アウトプットに関する情報も限られている。したがって、この分野では専門家からのインプットが主な情報源となる。

中国では、オープンソースを最初に推進したのが民間企業なのか、それとも公的企業なのか、意見が分かれるところです。この疑問は、欧米の文脈では当てはまるが、中国の文脈ではあまり関係がない。民営化によって中国企業はより柔軟で自由になりましたが、政府の関与は、特に政府が戦略的と見なす産業において、財務的な出資をはるかに超えて広がり続けています。

しかし、この二項対立を可能な限り当てはめると、大手企業が10年代の変わり目にオープンソースに取り組んだのに対し、中国政府の関与はすでに2000年代初頭に始まっており、長い間、中国におけるあらゆるOSS推進の原動力となっていたようだ。

しかし、中国政府はすでに早い段階から、OSS に経済発展、技術的独立性の向上、セキュリティの確保などの可能性を見出していた。そのため、中国政府はオープンソースの利用において「断固とした介入主義」(CENATIC et al., 2010)を実行したのである。

技術的自立の推進は、中国の産業政策において新しい展開ではない。歴史的に中国は技術的なリーダーであったが、この優位性は18世紀には失われており、中国政府はこの不利な状況の影響をその後数年間感じていた。情報化時代は西洋の技術、言語、標準の上に築かれたものであり、中国はそのため、それらの技術を支配する側の条件で技術にアプローチしなければならなかったのである。このことが、中国にとって戦略的技術の支配力を高めるという長年のモチベーションを生んだ。

政府は、中央政府の計画によって、開発コミュニティの拡大と行政内でのオープンソースの利用を支援してきた。当初、中国にとってオープンソースとはLinuxのことであり、マイクロソフトが支配するプロプライエタリなデスクトップを自社開発の代替品に置き換えることに注力していた。Red Flag Linux は、日本の Miracle Linux、韓国の Haansoft と共に、より大きな Asianux プロジェクトの一部でした。中国政府の戦略の一環として、新しいコンピュータにはOSを搭載して販売することが義務付けられ、中国国内で生産されたソフトウェアの使用が奨励されました。

他の多くの政府主導のLinuxディストリビューションと同様に、また2010年までにすべての政府機関で使用が義務付けられたにもかかわらず、Red Flag Linuxは、COTSや既存のオープンソースOSに比べて比較的利点が少なく、したがって、2010年までにすべての政府機関で使用が義務付けられた団体以外にはほとんど市場に浸透しなかったため、最終的に廃止されました（Muncaster、2014年）。Asianuxプロジェクトの包括的な最終バージョンは2015年にリリースされた（Asianux, 2019）。

民間企業では、Huawei が中国の主要企業として初めて、グローバルな競争力を高めるために 2010 年頃からオープンソースを戦略的に検討し始めました。オープンソースの能力を高めるため、ファーウェイはオープンソースプログラムオフィス（OSPO）を設立し、IP処理能力を向上させ、オープンソースに精通した国際企業や組織との関わりを持ち始めた。

長い間、中国におけるオープンソースの発展を妨げていた要因のひとつは、主に英語でコミュニケーションするグローバルなオープンソース・コミュニティとつながることが困難だったことです。また、インタビューに答えてくれた人たちは、一般に公開され直接的に利用されている欧米のオープンソース・コミュニティと、人目を避けて1対1で問題に取り組むことが普通である中国のコミュニティとの間の文化の違いも指摘してくれました。時差の問題は別として、オープン ソース開発環境はますます同期的になっており、欧米のオープン ソース システム内に存在する中国人開発者にとっては、非生産的な状況に置かれる可能性があるため、歴史的な課題となっていました。

一方、中国の文化はオープンソースの開発手法に適していると指摘する人もいました。中国の開発者は集団主義的、共同作業的なアプローチに慣れており、プロジェクトからプロジェクトへと素早く移動し、以前の作業を基にし、車輪の再発明に重点を置かず、開発速度を向上させることができるのです。

*現在の政策行動と制度*

一般に、中国政府は産業発展の方向性の設定に大きく関与している。中国の5カ年計画は、「中国製造2025」計画などの関連するハイレベルな戦略と連携しながら、この中でハイレベルな役割を果たしており、工業情報化部（産業政策）と科学技術部（研究開発とイノベーション）の両方が、技術領域における具体的な政策形成を担っている。これらの省は、多くの研究機関や政府系シンクタンクの支援を受けている。ここで関連するのは、産業インターネット特別作業部会、計測技術経済研究所、中国情報産業発展センター、中国情報通信技術研究院（CAICT）である（Arcesati et al.、2020）。

中国における公共部門でのオープンソースの導入に関して、インタビューによると、すべての政府部門に適用される統一されたポリシーはなく、地域によって大きな違いがあるとのことです。

国家レベルでは、主要な省庁が比較的定期的にオープンソースに関する情報（発表、意見書、論文）を発表しており、それらは一般的に好意的な見方をしています。しかし、各省庁は法律を制定しておらず、たとえば、中国には正式な調達政策や再利用政策が存在しない。この理由の 1 つは、各省庁がオープンソース推進政策を明確に主張するために必要な証拠を持っていないことです。各省庁は、オープンソースの開発に関わるプロジェクトに資金を提供することが知られている。

CAICT は、中国でオープンソース政策を策定する主要な機関として特定され、工業情報化省 (MIIT) の子機関です。CAICT は、中国におけるオープンソースのトピックについてソートリーダーシップを発揮することを期待されており、その役割としてガイダンスを作成しています。中国では、正式な政策（規制）と政策アドバイスの境界線は明確です。インタビューによると、CAICT のアドバイスは、特に戦略的産業の場合、政府の影響下にある人々から「任意ではない」と考えられているそうです。

CAICTの研究は通常、一般に公開されることはありません。また、最近では、オープンハードウェアの可能性を評価するために、より深く調査するようになりました。CAICTは、政府のために標準やベストプラクティスを作成する役割を担っていますが、この役割は正式なものではありません。

オープンソースに最も理解のある政府機関としての役割として、CAICTはオープンソースカンファレンスにも参加し、独自のオープンソースカンファレンスを開催することでコミュニティとの接点として機能する予定です。しかし、CAICTはまだオープンソースのコンピテンスセンターの役割を、少なくとも公式には担っていません。

CAICTとその包括的な役割に加え、産業別の研究機関もあり、MIITの下に設立されたものもあれば、政府の影響力が大きい企業の中にあるものもあります。多くの場合、国営企業の幹部は関連省庁の委員会の役割を担っており、コミュニケーションはごく普通に行われています。研究機関の役割は、コンセンサスの形成に寄与することである。

政府の下層部では、地域差も顕著である。沿岸部の高度にデジタル化された地方（浙江省、広州市、広東省など）は、その革新的な可能性に基 づいて国家プログラムを通じて資金調達を競うため、OSS の採用に関して非常に好意的な姿勢をとっており、 そのためトレンドとのつながりを確実に維持する必要がある。しかし、技術的な露出度が低い地方は、この問題に全く関与していないことが多い（Xu 2020）。

公共部門から離れると、中国政府は多くの教育機関や、利害関係のある民間および半民間企業に非常に直接的に関与している。テクノロジー主導の分野では、政府は民間企業に対し、デジタル変換、イノベーション、技術的自立の両方における戦略的ツールとして、オープンソースを使用する自由とその祝福を与えています。

中国は、能力の向上とオープンソースの普及を目的とした官民パートナーシップの構築を支援してきました。これは、国家レベル、多くの業界団体、教育分野、そして国際的なレベルで行われています。

2005年、中国政府は70のメンバーからなる大学連合、「オープンソース大学推進連盟（LUPA）」の設立を支援しました。この設立により、300以上の大学や学校がオープンテクノロジーに関するコースを提供するようになりました。同様のイニシアチブは、同年、広東省 Linux センターとして開始され、-27 の大学とともに、Guangdong Leadership of Open-Source University Promotion Alliance (GDLUPA) を設立しました (CENATIC et al., 2010)。

国際的にも、中国はアジアの数多くの組織と連携しています。工業情報化部は、中国の OSS 産業の発展を奨励し、オープン ソースに関して同様の目的を持つアジアの他の国との連携を図るため、オープン ソース ソフトウェア推進連盟の設立を支援しました (Lewis, 2010)。同様に、中国 OSS 推進連合 (COPU) も同省の指導の下で設立されました。COPU は、中国政府省とともに、北東アジア OSS 推進フォーラムに中国を代表して参加しています。このフォーラムは、中国、日本、韓国の主管省庁によって設立され、3 カ国すべてに関わるオープン ソース プロジェクトの調整、協力、交換を行う組織です。このコラボレーションは、中国、日本、韓国の技術言語圏である「Kanjisphere」とも呼ばれる、より大きなコンテクストの中で行われています。このフォーラムは、民間企業、研究機関、教育機関とも連携しています (日本OSS推進フォーラム、2013年)。

*チャンスと課題*

技術立国である中国は、ハードウェアの生産国としても歴史があり、その典型は外国企業の「工場」である。中国の工場で生産される製品の多くは、生産する側にとって手に負えないものであることが、中国政府が自国産業の技術化を追求し、ソフトウェアにより重点を置くようになった主な動機の1つである（CENATIC et al.、2010）。

2000年、中国の第10次5カ年計画では、ITサービスの消費国から生産国への転換が目指された（中国政府、2000年）。

「情報化は、産業の発展、工業化、近代化を促進する鍵である。したがって、国家経済と社会の情報化は最優先事項でなければならない。国家経済と社会の情報化の推進に力を入れることは、全体の近代化建設計画を実現するための戦略的行動である。"

この傾向は、2010年の「沿岸部を『世界の工場』から研究開発、ハイエンド製造、サービス業の拠点にする」（中国政府、2010年）、2015年の「古い重工業から脱却し、現代の情報集約型インフラの基盤を構築してバリューチェーンを向上させる」（中国政府、2015年）という計画など、その後の計画に呼応しています。ここでは、Made in China 2025や中国標準2035といった形の追加産業政策も関連しており、バリューチェーンをさらに向上させ、国産またはオープンソースソリューションへの依存度を高めて自立を図るという、ほぼ同じ戦略に従っている。

これについては、リサ・ケイウッドが、経済発展の問題だけでなく、国家安全保障の問題としてもコメントしている。「中国には、生産手段へのアクセスなしに外国の技術に依存することを避けなければならない、非常に確かな歴史的理由がある。さまざまなユーロ帝国のかつての臣民もそうですが、中国にとってこの問題は近代国家の中核をなすものです」（Asay, 2019）。プロプライエタリなソフトウェアは戦略的でなく、外国の利益による捕獲の対象になると考えられていたため、オープンソースはこの問題に取り組む際に中国政府が好んだツールの1つであった。

中国の建設・生産能力を考慮しても、中国は依然として外国の技術提供者に依存しており、国内需要を満たすために必要なチップの90%が輸入されており、中国で使用されているハイエンド産業用ソフトウェアの90%以上が外国製で、通常はSAP、Microsoft、Salesforceなどの企業が提供している。さらに、有名なケースを除けば、製造業の多くはローテクにとどまっている（Arcesati et al.、2020）。こうした戦略的依存関係を緩和することは、中国政府の長年の戦略的目標であったが、現在の貿易摩擦によってさらにその傾向が強まっている。

オープンソースは、例えば新しい国家デジタル通貨の開発など、この取り組みにおいて役割を果たしています。しかし、オープンソース技術に基づいて構築されているとはいえ、結果として得られる製品はオープンソースではなく、中国政府にとってオープンソースは主に目的に対する手段に分類されることを認識する必要があります。したがって、中国政府がすべての技術開発をオープンソース化する方向に進むと期待するのは間違いであろう。

しかし、中国ではしばらくの間、上流への貢献という文化はやや未発達なままでしたが、国際的なオープンソース・コミュニティに触れる機会が増え、オープンソースの恩恵を長期的に受けるために必要なステップを理解する人が増えるにつれて、この状況は変化しています。中国政府は、「競争するために協力する」というアプローチにも同意しています。つまり、目標を達成するために、協力のための妥協も厭わないということです。

オープンソースは、中国指導部が重要視しているAIやクラウドなどの技術を急速に発展させるという目的を達成するためのツールの組み合わせの中の1ピースと考えられています。これに伴い、政府は中国企業に対して、国内外を問わずオープンソースに積極的に取り組むよう指示しています。

工業情報化部は、中国企業（特に大手企業）のオープンソースコミュニティへの関与を積極的に追跡し、これらのコミュニティや標準化組織における中国の代表を増やそうとしています（Guanyu, 2019）。中国が米国に次いでGitHubへの貢献元となったことに満足感がある（Zihe, 2019）。

表 8.9: オープンソース財団への中国の関与

テーブル

自動的に生成された説明

また、中国政府は国内のオープンソースコミュニティに対する支援を強化しており、英語に不慣れな大多数の開発者や中小企業がより簡単に利用できるようなプロジェクトの成果を上げている。例えば、OS ChinaやGitee.com（中国市場のみにフォーカスすることで、OSSホスティングプラットフォームとして2番目の規模に成長した）などが挙げられる。

貿易の不確実性が高まる中、米国の法律が適用される財団、プロジェクト、ライセンスに関与することへの懸念が定着しています。これを受けて、中国は国内のガバナンスとライセンスの充実を推進しています。Huawei は、進行中の貿易紛争で GitHub がサービスの特定部分へのアクセスを制限したことへの反応として、2019 年の初めに国内のオープン ソース財団の設立に関与したと報告されていますが、インタビューによると、中国には本格的なオープン ソース財団が存在しないとのことです。

を、現時点ではまだ(China Daily)。このため、一部のオープンソース組織は、中国の組織との継続的な協力を可能にするために、その管理管轄を米国から移すことを選択しています。

実際、中国政府も早くからOSHが自国の技術主権に関連することを認識していたようである。米国が、中国以外の企業（米国だけでなく、韓国や台湾の企業も含む）が製造したチップへの中国企業のアクセスを制限できることを予期して、中国政府は「中国RISC-V同盟」の設立を支援した。この同盟は、中国におけるオープンソース・アーキテクチャの開発と採用を促進し、欧米の支配するx86とARMアーキテクチャへの依存度を下げることを目的としている。その結果生まれた最初の特殊用途向けチップは、すでに中国企業によって生産が開始されている。(Meinhardt 2020)

技術の迅速な発展を可能にするため、中国政府はしばしば技術分野のリーダー企業を指定し、中国の他の産業界が従うべき国家規格の策定を任せることがある。また、中国政府は、国内市場において効率的な企業を作り、国際競争への準備をさせるために、互いに競争する3つの企業群を作ろうとする。

#### インド

時計 が含まれている画像

自動的に生成された説明

*政策的背景*

国民の意識では、インド人はソフトウェア産業と密接な関係にある。したがって、インドは少なくとも技術に強い国であるという認識を作り出すことに歴史的な成功を収めてきたに違いない（Folz, 2019）。

フリーソフトウェアやオープンソースソフトウェアの概念が生まれたのは1980年代であり、インドにおける初期のオープンソース政策は、IT政策への理解なくしては理解できません。実際、1960年代にはインド政府（特にDepartment of Electronics (DoE)）はソフトウェア部門に対して介入的な産業政策をとっていました。したがって、インド政府は独自のソフトウェア産業を持つことがインドにとって経済的価値があることを早くからある程度は理解していたのです。このことは、1970 年代に DoE が行った 3 つの主要な政策行動によって証明されている。

* + インド電子公社（ECIL）の設立は、「幼児産業保護」と「国際禁輸措置の抑止力」を目的としていた。
  + インドで設立または操業する国際的な IT 企業の子会社の国内所有権の最低要求水準を引き上げる。
  + 1972年にソフトウェア輸出スキームが導入され、インドのソフトウェア部門に資金援助を行い、1974年以降、第三国への最初の輸出が行われたことです。

これらの施策の成功の度合いを客観的に把握することは困難であり、議論の余地が あるが、特に輸出スキームはインド国内のソフトウェアサプライヤー市場の本格的な創設に 大きな影響を与えたと評価されている。同制度を最初に利用したインド企業は Tata Consultancy Services であり、同 社は同制度を利用して国際的なプレゼンスを確立した（Saraswati, 2012）。

1970 年代から 1980 年代にかけても介入的な政策パラダイムが支配的で、スワデ ィの概念に基づき、技術的に自立した自給自足のインド経済を目指す産業政策が生み出され た。技術系企業の経済的生産高の増大を目指す政策は、「プロマーケッ トというよりむしろプロビジネス」（Guha, 2008）と評された。しかし、消費財の内需を拡大するためには、インド経済を国際市場に対してある程度開放する必要があった。この時点では、インドの技術系企業は国際的な競争力を備えていなかったため、政府はインド市場で国際的な供給者に接触することに慎重であった。自国産業の保護と消費財の充実というインドの2つの政策目標を達成するために、政府は原材料、生産機械、中間財の輸入を自由化することを決定した。ソフトウエアのないコンピュータキットは、「メイド・イン・インディア」として、インドのソフトウエアで動作するように輸入された。これにより、国内の技術経済は大幅な増収となった（Saraswati, 2015）。

この新産業政策の下での自由化政策は1990年代に入ってから強まり、最終的にはインドの主要な技術系ハードウェアメーカーはすべて、競争力を失ったという理由で自社生産を停止するに至った。このとき、各社はさまざまな対応策をとりました。ある企業は事業を停止し、ある企業は外資を受け入れ、HPやDellといった欧米の大手サプライヤーの再販業者になりました。また、ハードウェアからソフトウェアに事業を転換し、当時最も有望なソフトウェア会社を設立した企業もあった。インドのソフトウェア開発者は人件費が安く、英語力があり、技術力が高いため、これらの企業は競争力があり、輸出志向の強いインド IT サービス産業の成功につながりました。また、インドでOSSが注目されるようになったのは1990年代です。自給自足パラダイムの影響を受け、1988 年にインド政府が調達するすべてのコン ピュータは UNIX システムであるべきとし、Linux システムが利用可能になるとそれを補うようにな った。民間企業ではOSSに対する誤解が残っていたが、多くの大学では当時、プロプライエタリなソフトウェアに比べて低コストで技術的に有利なLinuxなどのOSSを受け入れ、Linux User Groups（LUGs）を結成した（Folz, 2019）。

表8.10: インドにおける科学技術政策文化の各段階における 影響力

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 年 | 政治的-官僚的 | 業界-市場 | アカデミック | シビック |
| 1947-1970 | ++ | - | ± |  |
| 1970s | + | - |  | - |
| 1980s | + | - |  | ± |
| 1990s | ± | ++ |  | ± |

### 凡例++非常に高い影響力｜＋：高い影響力｜±：中程度の影響力｜-：低い影響力、出典は以下の通り。[クリシュナ（2001](https://www.zotero.org/google-docs/?7lVeow)）、p.4

2000年代に入り、OSSの認知度はアカデミアから一部の政府関係者、さらには高い地位にまで浸透し始めた。この時点でインド政府は公式なOSS政策をとっていなかったが、政府内の一部では、プロプライエタリなソフトウェアよりもOSSを調達することを支持する動きが出始めた。同時に、インドのソフトウェア会社

は、1990年代に獲得した強力な競争力のあるポジショニングをまだ活用することができました。インドのソフトウェア技術者は、すぐにこの国のイメージの主要な部分を占めるようになった。

しかし、2000 年代半ばになると、国際的な IT サプライヤーがインドでの市場プレゼンスを高め、インドの経済、政治、公共活動において地位を確立するようになりました。これと並行して、インドの IT 産業は成長を続けましたが、その成長はインド企業から国際企業へとシフトし、よりバランスの取れた分布が失われつつあります。このため、インドのソフトウェア部門は全体としてかなりの規模を維持しているものの、国内企業が果たす役割は小さくなっている。この背景には、大きく 2 つの要因があると考えられる。まず、国際的な IT サプライヤーがインドの IT サプライヤー の上級・優秀な従業員を大量に解雇し、若くて能力の低い従業員を残したため、複雑で高 価な契約での競争力が失われ、成長が阻害された。このことが、インドのソフトウェア市場の軌道を変えたのです。人材に乏しいインド企業は、コールセンターのアウトソーシングなど基本的なサービス提供に移行し、大手ソフトウェアプロバイダーとなる機会を失ったのである。第二に、政府主導の政策に代わって、政策提言や市場調査への投資により、国際的な IT サプライヤーのコングロマリットがインドの IT 政策を形成し、インド IT サプライヤーの弱体化を政策決定者からやや隠しつつ、業界のソフトウェア政策の唯一の指針として確立していったことである。これにより、インドのソフトウェア市場の軌跡は大きく変わりました。

これはインドの OSS 政策に影響を与えた。インドでは、潜在的なコスト削減に対する肯定的な意見が政治的に広がっていたが、OSS を公に支援することは、国際的な IT サプライヤー（その多くはその時点では独占的企業）に依存していた地元の IT 企業にとって危険であると考えられていたのである。

2015年のOSS優遇公共調達政策採択までの10年間、インド政府はOSSを直接支援するのではなく、技術やOSSに特化した公的機関を通じて行政内部のノウハウや意識を高めることに注力するという緩やかな路線を歩んできたように思われる。その中心となったのが、National Informatics CentreとC-DAC（Centre for Development of Advanced Computing）であり、その下にNRC-FOSS（National Resource Centre for Free/Open Source Software）が設立された。

*現在の政策行動と制度*

インドにおけるオープンソースに関連する既存の公共政策の中で最も重要なものは、2014年に通信情報技術省（Meity）が採択したDigital Indiaプログラムです（Ministry of Communication & Information Technology, 2014）。Digital Indiaプログラムは、「インド政府のためのオープンソースソフトウェアの採用に関する方針」（Ministry of Communication & Information Technology, 2015）を特徴としています。

として、本ポリシーの目標を掲げています。

「インド政府は、クローズドソースソフトウェア（CSS）と比較して好ましい選択肢として、様々な政府機関によって実装されるすべてのe-ガバナンスシステムにオープンソースソフトウェアを採用するよう努めるものとする」。

OSSの定義には、フリーソフトウェア財団やオープンソースイニシアティブの定義を参照するのではなく、フリーソフトウェア財団の定義を修正したものを使用した。

このポリシーの適用範囲は、インドの中央政府のすべての部署がソフトウェアの公共調達を行う際に適用されます。州政府は、このポリシーを採用することを選択できます（ただし、必須ではありません）。この法律では、提案依頼書（RFP）に回答する際、潜在的な供給者は、OSSベースでない提案を正当化する必要があり、また、調達もOSSベースである必要があります。

は、「戦略的コントロール」と「ライフタイムコスト」を含む特定の基準に基づいて決定されるべきです。

設定された政策成果は以下の通りです。

* + OSSを迅速かつ効果的に採用するための政策的枠組みを提供すること。
  + 電子政府のアプリケーションとシステムにおいて、長期的な観点から戦略的なコントロールを確保すること。
  + プロジェクトのTCO（Total Cost of Ownership：総所有コスト）を削減するために。

2012 年には、インド政府調達予算の約 50％を IT 調達が占めたとの推計もある（Consumer Unity & Trust Society, 2012）。このように、本政策がインドのソフトウェア市場に与える潜在的影響は明らかに大きいが、実施の厳密性や、インドのITサプライヤーが需要と供給を一致させるために必要な能力を構築することを目的とした側面的措置など、多くの要因に依存しているのが現状である。

インタビューによると、インドの調達方針の浸透度は「まばら」であり、個々の調達担当者の知識のレベルに大きく依存しているとのことである。このような状況は、政策が強制手段を予見しておらず、政策の実施を知らない、あるいはやる気のない調達担当者を支援する手段もないために生じています。さらに、ほとんどの公共ソフトウェア調達は、インドにある29の別々の州によって行われており、これらの州はそれぞれ個別に異なる政策を持っているため、政治レベルでのオープンソースに関する知識のレベルが関係しています。

インドの7つの州のサンプルに焦点を当てた2015年の調査では、プロプライエタリなデスクトップソフトウェアと非デスクトップソフトウェアが混在して使用されており、非常に乖離した取り込み状況が明らかになりました。この2015年の調査のために実施したインタビューでは、結果が一様でない主な理由として、OSSの品質に関する情報不足と誤解が明らかにされました（De', 2015）。

また、国際的な IT サプライヤーが政策立案者に影響を与え、国内 IT サプライヤーへの発注を減らす目的で OSS 採用を促進しないように仕向けたとインタビューでは述べられている。国際的な IT サプライヤーは国内大手 IT サプライヤーとの関係を利用して、 インドが自社製品から離れれば企業やパートナーシップを継続できないのでは ないかと政策立案者に圧力をかけたと言われている。このため、すでに政権内で原則的な支持を得ていた政策が、何年にもわたって足踏み状態にあったと言われている。

調達政策の潜在的な影響力を振り返ってみると、政策の浸透が一つの問題であったが、別の問題がその影 響力を大きく低下させた。国や州レベルで統一されたものではないものの、調達法に基づくインタビューによると、OSS ソリューションに対する需要は増加したという。しかし、現地のソフトウェア部門は、増加した需要に見合うだけの OSS ソリューションを現地で供給することができなかった。

インドのソフトウェア産業が OSS の需要増に伴って成長しなかった理由として、様々な要因が指摘され ている。背景の項では、これらの要因の背景をより詳細に調査した。ここでは、「優秀な人材が確保できない」、「インドの平均的な IT サプライヤーの規模が小さい」という 2 つの主要因を挙げることができる。

2000 年代に入ると、海外直接投資の増加に伴い、インド のソフトウェア市場では国際的な IT サプライヤーが優位に立 つようになりました。国際的な IT サプライヤーの製品カタログや雇用者としての魅力に匹敵するような規模の国内企業はほとんどありません。インドのソフトウェア開発者は一般に、小規模な現地企業ではなく国際的な IT サプライヤーに就職することを希望しており、これがインドの IT 産業の成長を大きく妨げています。インタビューに答えてくれた人たちは、インドの IT サプライヤーには多くのビジネスがある一方で、国内の

市場規模が小さすぎて需要を満たすことができず、公的調達者は中小企業規模からの購入をためらっています。

インドでは、多くの公的機関が OSS の政策的な側面に関与している。その中には、電子情報技術省（Meity）、国立、C-DAC（先進コンピューティング開発センター）があり、その下にNRC-FOSS（フリー/オープンソースソフトウェアのための国立リソースセンター）があります。一貫して、これらの機関の努力は公共部門に集中しています。

Meityは、2015年のOSS公共調達政策の導入を担当した省である。2016年7月以前、まだインド政府の一部門に過ぎない同省は、OSS政策に関連して次のように記している（Ministry of Communication & Information Technology, 2016）。

「電子情報技術省（DeitY）は、相互運用性の向上、地域能力/産業の発展、コスト削減、外貨の節約、ベンダーの独立性の達成、ローカライゼーションの実現、著作権侵害の削減といった様々な固有の利点を考慮して、フリー＆オープンソースソフトウェア（FOSS）の採用を促進し育成するために多くのイニシアティブを取ってきた。インドの情報技術における強みは、FOSSを利用した製品開発に活用することができ、大幅なコスト削減を伴うデジタルデバイドの解消や知識社会の創造を促進することができます。インドの産業/中小企業は、ソフトウェアの自由な改変と配布を可能にするFOSSの自由なライセンス規範から恩恵を受けることができます。

これらの目標は、調達政策の導入以来、更新されていないことは明らかであるが、インド政府の政策に明らかな戦略的目標を反映したものである。インド民間企業については、この方針の最後にのみ言及されており、これはインド政府が設定する優先順位を反映している。インド政府の OSS への取り組みにおいて、民間部門は通常、調達法などの間接的な 影響を受けるだけで、インド政府の政策の直接的な対象にはならず、インド政府が設立した機 関の対象にもならない。

図8.4: MeityのFOSSビジョン

ダイアグラム

自動的に生成された説明

この 20 年間、C-DAC は OSS 政策に携わるインドの主要な国家機関であったといえる。すでに2000年代初頭には、インド公共部門のOSS能力を向上させる最初のプロジェクトの1つに参加し、バンガロールのインド経営大学院とIBMとともにOSSのためのインフラを構築し、そのインフラを提供しました。

は、このプロジェクトの資金の大半を提供しました。このプロジェクトは3年後に終了し、2005年のNational Resource Centre for Free/Open Source Software (NRC-FOSS)の設立につながりました。

NRC-FOSSはC-DACの監督下に置かれ、2012年に資金提供が終了するまで存続しました。インドにおけるOSSの開発と普及のために、政府、大学、産業界を幅広くネットワーク化し、「デジタルデバイドを解消し、インドのソフトウェア産業を強化する」ことを目的としていた。NRC-FOSSは3つのフェーズで計画されていましたが、資金が枯渇したため、2つのフェーズしか実施することができませんでした。

第一段階では、センターは大学にFOSSコースを導入する予定だったが、12人の講師に学生にOSSを教え始めるよう説得できただけだった。同組織のディレクターの一人によると、コースを受講した学生は採用率が向上したというが、その効果は低いままであった。第1期の2つ目のアクションは、インドを中心としたLinuxベースのOSを開発することだった。BOSS Linuxは、インドの22の公用語のうち18の言語でリリースされましたが、小規模なプロジェクトにとどまったため、主要なLinuxベースのOSにまだ納得していない人たちを納得させることはできませんでした。

フェーズ1の相対的な成功の欠如は、修士課程の創設、既存のOSSの翻訳と改良を含むフェーズ2の後続プロジェクトのための連合と利害関係者の賛同を構築するセンターの能力にマイナスの影響を及ぼした。これらの活動はそれなりに成功したが、組織に対する信頼は損なわれ、フェーズ3、ひいてはセンター全般に対する資金援助は拒否された（Folz, 2019）。

インタビューによると、インドの政府機関は、内部でソリューションを共有したり、OSS ライセンスを供与したり、リポジトリを利用したり、民間の OSS コミュニティを育成したりしていない。これは、多くの機関やイニシアチブが表明している目標とは相対的に対照的で、20年以上にわたる努力にもかかわらず、インド政府が自機関の中にオープン（ソース）文化を創造できていないことを示している。

*チャンスと課題*

戦略的な観点から見ると、インドにおけるFOSSの採用は、コスト削減、地元経済の支援、インド市場向けのカスタマイズといった側面に重点を置いている。起業家的なデジタルスキルの育成、部門を超えた能力の共有、ベンダーの固定化の解消、データの完全管理によるデータセキュリティの向上、透明性の向上、電子政府の能力と意思決定の改善といった無形のメリットは、それほど大きな役割を担っていない。

インドは発展途上国または新興国であるため、IT費用のコスト削減の可能性は、一部の先進国よりも高い検討の役割を果たすことがあります。しかし、インド経営大学院バンガロール校のための2015年の最初の調査結果が結論づけたように、経済的影響は過小評価されるべきではないのです。この研究における「保守的」な試算では、総所有コストを考慮すると、インドの小中学校をOSSに移行することでソフトウェア予算が13億ドル削減でき、他の優先事項のために支出を解放できる可能性があると結論付けています (De', 2015)。

また、同じ2015年の調査では、現地でのソフトウェアの供給やサポートという観点から、OSSの移行が地域経済にもたらす可能性も強調されています。OSSによって、あらゆる企業がソフトウェアを統合しサポートできるようになるため、インドの政策立案者は2015年の公共調達政策で、国内企業に収益を移すことを目指しています。

インドでは、第三の要因として、この国特有の言語の多様性があげられる。インドには22の公用語があり、さらに（2001年の国勢調査によると）122の「主要」言語があります。多くの国際的なソフトウェア企業は、このインドの言語の異質性をサポートするために必要な投資を行うことに経済的価値を見出せないでいます。しかし

プロプライエタリなソフトウェアでは、現地の人が自らソフトウェアを翻訳することは法的に禁じられています。OSSは、必要な専門知識さえあれば、誰でもソフトウェアを翻訳し、その翻訳をコミュニティに提供することを可能にする（Babu, 2011）。

実際、この言語の多様性は、OSS を通してスキルを向上させる大きな原動力となっており、OSS が提供する重要な無形の利益となっている。ある政府関係者(II2)は、インドで多くの教師が OSS のスキルを身につけたのは、自分たちの教 科言語で利用できないソフトウェアを翻訳し、授業に役立てたからだとインタビューに答えてい る。この作業を通じて、多くの教員が基礎から応用までのコーディングスキルを習得し、OSS の大きな可能性に気付い た。さらに重要なことは、コーディングスキルを持つ多くの教師が、生徒に対するマルチプライヤとして、コーディングやOSSスキルの知識を生徒たちに広めていったことです。

インドの政策立案者が追求する主な有形的利益とは別に、これらの政策立案者はいくつかの無形の利益の達成を目標としている。しかし、インタビューによると、政策立案者が調達政策と制度的な意識改革以外の手段でこれらの目標を追求している様子はない。サイバーセキュリティ、人工知能、ハイパフォーマンスコンピューティングなど、最近の技術関連法案を調査しても、OSSやOSHに特別な関心が向けられていない。OSSが主流となったことで、そのような技術の導入が具体的に言及されないまま期待されていることが考えられる（Folz, 2019）。

インタビューによると、2014年から政権を担っているナレンドラ・モディ率いるインドBJP政権は、OSSの政策成果をあまり具体的に変化させていないとのことです。OSSは党や政府内の主要な言説の一部ではないが、それでもそれらの政策の背後にある動機に変化をもたらしている。BJP率いる政府は、国家主義的な配慮をより重視し、OSSを外国勢力からの技術的独立を達成するための方法とみなしている。これは、政府に大きな余地を与え、国家の経済的利益を強調するものであると考えられる。

#### 日本

時計 が含まれている画像

自動的に生成された説明

*政策的背景*

他のアジア諸国に見られるように、日本におけるオープンソースの早期導入における中央政府の役割は、（米国やEU内と比較して）OSSのユーザーまたは生産者としての民間部門による早期導入がないため、極めて重要であった。2000年代初頭、日本政府は、技術的自立、経済発展、安全保障の観点から、OSSを採用することによる日本経済への影響を調査・評価することに力を注いでいました。日本は、2003年に中国、韓国と共同で、マイクロソフト社以外のソフトウェア製品の共同開発に関する数百万ドルの協力協定に調印した。オープンソースは、この協定の中核をなす要素であった (Chae & McHaney, 2006)。

当初の焦点は、日中韓（中国、日本、韓国）諸国特有のニーズや要件に適した、アジア市場向けのLinux派生製品にあった。日本政府は、国際的なサプライヤー（IBMなど）とも協力し、現地のパートナーとともに、政府の給与計算などにLinuxベースのOSを導入しました（CENATIC et al.、2010年）。Linuxを採用することで、政府は約70億ドルのランニングコストの半減を目指した(Kshetri & Schiopu, 2007)。

同年、日本の経済産業省は「オープンソフトウエアの活用について」を発表しました。同年に経済産業省から「オープンソフトウェアの利用について-導入の手引き-」が発表された。この中で、Linuxは積極的に取り上げられ、Linuxの導入方法やそれに伴う法的な問題についての指針が示された。総務省が「オープンソフトウェアの利用について」を発表したとき

は、2004年に新しい電子自治体システムを採用し、自治体のオペレーティングシステムの選択肢としてLinuxを追加しました（CENATIC et al.2010）。

しかし、しばらくの間、民間企業は OSS に関して比較的無関心であり続け、日本政府は産業界に対し て、ビジネスのデジタル化とソフトウェア重視の姿勢をとるよう働きかけました。日本政府は、これを強力に支援した（Asay, 2008）。

オープンソースへの理解を深めるための重要なステップは、2006年に経済産業省傘下の情報処理推進機構（IPA）が組織したOSSセンターの設立でした。OSSセンターは、「オープンソースソフトウェア利用基盤整備事業」のもと、日本の自治体におけるOSSの採用を財政的に支援してきました。しかし、これは、持続不可能な資金調達モデルと、日本の地元産業からのOSSのためのサポートサービスの低い利用可能性によって抑制されました。この政策は、海外のサプライヤーと競争する少数のITサプライヤーを日本で作り出すことには成功しましたが、活気のあるOSS市場を作り出すことも、日本の自治体でオープンソースを長期的に採用することにもつながりませんでした。OSS センターは、大手 IT ベンダーの協力を得て、技術情報の提供も行っている (Noda & Tansho, 2010)。インタビューによると、OSS センターは、オープンソース・ライセンスに関するものなど、多くのガイドを発行していたとのことです。OSS センターは 2010 年代初頭に閉鎖され、その後に続く新しい組織はない。

他の国々と同様、日本でも 2000 年代前半に多くの取り組みが行われた後、公共部門でのオープン ソース導入に対する注目度はやや低下しました。しかし、米国やEU圏とは異なり、技術的な独立性に関する懸念は依然として活発です。したがって、数千台の政府用コンピュータがLinuxに移行するという見出しが減少しても、産業界におけるオープンソースの採用に対する一般的な推進力は残っていると、インタビューでは指摘されています。

*現在の政策行動と制度*

他の日中韓2カ国との緊密な連携と同様、日本は明確なオープンソース調達・再利用方針を持たず、オープンソース活動は産業支援と技術的独立性に重点を置いています。

インタビューによると、公共調達において OSS を優遇する政策を実施する試みはあるが、国レベルでは成功し ていないとのことである。総務省は、「情報システムの公共調達に関する基本方針」を通じて、調達に関する指導を担当している。この方針には、OSS を直接的に差別する規定はないが、TCO（総所有コスト）の考慮や、再利用や地域経済の支 援など OSS が間接的にもたらす可能性のある利益の考慮など、プロプライエタリなソフトウェアと比較して OSS が有利になる側面は、指針には全く含まれておらず言及もない。それでも、2005年までは日本の法律でプロプライエタリなソフトウェアがOSSよりも明確に優先されていたため、現状は改善されていると言えるでしょう（Metzger, 2016）。

インタビューによると、日本の地方は、国レベルの指導に忠実に従い、ソフトウェアの公共調達に関して異なる規則を持っていないとのことである。いくつかの自治体では、地元や地域のソフトウェア企業を支援するために、OSS を調達する慣行がある。福島市と松江市がその例である。両市ともLibreOfficeの採用率が高く、松江市はRubyによるソフトウェア開発を奨励し、Ruby Biz大賞を開催してRubyを活用した企業に賞を与え、世界に広めています。長崎県と島根県は、IT 受託を OSS に切り替えることで、地元や地域のソフトウェア開発企業に事業資金を確保し、大手 IT 企業への依存を低減する手段として活用している（野田・丹生, 2010）。インタビューによると、政府は研究におけるオープンデータを奨励しているが、自社開発のオープンソース化は一般的ではなく、特にこれを奨励する規則もないとのことであった。また

COVID-19のパンデミックの文脈では、より迅速に情報を発信するために、いくつかの開発がオープンソース化され、オープンデータが使用されています。

日本の経済産業省（METI）は、多くのデジタル政策分野を担当しています。アジアの他の同様の省庁とは異なり、METIは産業ソフトウェア政策を任務とする特定のソフトウェア政策部門を持たず、代わりに一般的なIT産業とイノベーション部門を有しています（経済産業省、2018年）。経済産業省は、日本社会・経済のデジタル変革のための戦略として、人工知能、IoT、データ、クラウドなど現在進化している多くの技術領域を結びつけ、「フィジカル」と「サイバースペース」の境界がなくなる「Society 5.0」を目標としている。この中で、経済産業省は、OSSやOSHを特に重視していないようだが、日本政府がオープンソースを通じて日本の産業のデジタル化を支援してきたことは知られている。デジタル・ガバメントのアクションプランの一環として、プロプライエタリなソリューションから「共有または標準サービス」への移行が想定されている（平本、2018）。IT戦略、データ戦略、デジタル・ガバメント戦略、オープンデータ戦略がある一方で、現在の日本政府内には、内部または外部を対象とした包括的なオープンソース戦略は存在しないようです（商務情報政策局、2019年）。

経済産業省の下には情報処理推進機構（IPA）があり、サイバーセキュリティ、新技術、IT教育など、主にソフトウェアの問題に注力している。IPA は、北東アジア OSS 推進フォーラムに日本代表として参加し、過去には企業の OSS 導入を支援する政策に関与してきたが、インタビューによると、最近では OSS よりも標準化の方に重点を置いているとのことであった。このことは、重点分野の一つである電子政府についても同様である。

民間側では、オープンソースの主要なビジネス団体として、OSSに関わる業界の利益を代表する日本OSS推進フォーラム（JOPF）があります。その会員は、ほとんどが企業で構成されており、その他にいくつかの団体や大学、IPA（情報処理推進機構）などがあります。112名の「一般」会員に対し、「正」会員は14名しかいない。正会員のうち、日本に本社がないのは2社（RedHatとSynopsis）だけである。経済産業省、総務省はオブザーバーです。JOPFは、4つの委員会と3つのワーキンググループを中心に組織されています。各委員会は、特定の分野（ソーシャルメディア、モバイル、ビッグデータ、クラウド、AI、IoT）におけるオープンソースの状況を調査する役割を担っています。また、オープンソースに関する最新の知識を社内に普及させることを目的とした広報委員会もあります。ワーキンググループは、技術的な質問、標準化・認証、ビジネス推進を中心に構成されています。委員会がオープンソースコミュニティとの連携を図るのに対し、ワーキンググループは、北東アジアオープンソースソフトウェア推進フォーラムと連携しています。

日本政府はライセンスに関する指導や支援を行わなくなったため、民間企業がその責任の一端を担っています。オープンソースライセンスラボラトリー（OLL）は、会員制の非営利団体で、OSSのライセンス、OSSの利用方法、OSSを適切に利用するためのライセンスに関する研究を行い、日本におけるOSSの利用率の向上とソフトウェア産業の発展のために、OSSの健全な利用を促進することを目指しています（Open Source License Laboratory, 2020）。

*チャンスと課題*

日本では、オープンソースに対する官民の関わりが逆転していることが観察されます。インタビューによると、2000 年代以前にすでに日本政府は、技術的な独立性、デジタル化の促進という戦略的目標を実現するためにオープンソースの可能性を認識したアジアで最初の政府であったとのことです。

産業界とコスト削減のためにこうして、政府はアジアや日中韓の国々でリーダーシップを発揮するようになった。

この時期、政府は日本の大企業と密接に連携し、アプローチの調整と普及に努めた。インタビューでは、三菱商事、日立製作所、トヨタ自動車の役割が強調されました。日本政府は、日本経済のデジタル化の遅れと、重要なデジタル技術を海外のサプライヤーに依存していると認識し、オープンソース技術の普及を推進することに反応しました。最初の段階では、政府は Linux などの OSS の公共調達を通じて技術部門の開発を刺激しようとしました。2003年からは、産業界への直接支援も加わり、政府は日本のIT産業に対してOSSを推進し、ソフトウェアの開発と輸出を増加させる努力をしました。2006 年、OSS センターは、IPA 内のプログラムとともにこの取り組みを制度化した。企業や大学におけるOSSの開発奨励や教育の取り組みに70億円が費やされたとインタビューに答えています。しかし、政府は産業界がこのような支援を必要としなくなったと判断し、クラウドコンピューティング、そして人工知能へと焦点を移したため、2012年頃まで続きました。そのため、制度的な支援の多くは中止され、民間に委ねられました。しかし、これらの技術を開発し、ホストできる日本のIT産業の育成を目指したことに変わりはない。

オープンソースは、日本やその企業にとってある程度新しいアプローチでした。日本は島国という保護された特権と、それに伴う政策オプションを享受してきたからです。しかし、日本の大手企業がよく知っていたのは、企業間で開発を共有することでした。日本の大手企業は、いわゆる「系列」と呼ばれる組織を持ち、開発費を分担し、市場開拓を支援し、新しいビジネスチャンスに資金を提供していた（現在もある程度はそうなっている）。このように、相互の利益のために特定の分野で協力し合うという考え方は、決して外国にはないものだった。同様に、日本のハードウェアおよびコンピュータ産業も、奪われる可能性のある独自技術への依存度を下げる必要性を感じており、日本政府の後押しを歓迎していた（CENATIC et al.、2010）。軽井沢の文脈では、オープンソースは開発を共有するためのもう一つの方法であり、異なる枠組みである。しかし、系列は「インナーソーシング」に類似しており、企業は社外で結果を共有することなく、社内の開発をオープンにすることができます。また、日本企業はアジアでいち早くオープンソースの世界に参入し、現在ではOSS開発の仕組みについて高い評価を受けていますが、韓国や中国の企業に比べて上流への貢献が少ないと回答しています。

#### 南朝鮮

時計 が含まれている画像

自動的に生成された説明

*政策的背景*

世界の多くの国々と同様、韓国の最初の政策措置は、政府用コンピューターにおける支配的なプロプライエタリなオフィスソフトウェアの代替となる OSS の採用を中心に展開し、ベンダーロックインを減らすことに重点を置いたものであった。たとえば、2002 年に韓国政府は、12 万台のコンピューター（つまり、すべての政府用コンピューターの約 23%）を、韓国のソフトウェア会社 Hancom が保守するディストリビューション、Hancom Linux に移行すると発表した。さらに2004年と2006年には、小規模なLinux移行プロジェクトが発表され、2005年には政府当局がOSSへの切り替えのための財政支援を受けることにまでなりました。今日、政府機関に設置されているデスクトップコンピュータの90%がプロプライエタリなオペレーティングシステムで稼働しているため、こうした取り組みの成功は疑問視されています（インタビューに答えてくれた人たちによる）。よりインパクトのあるアクションは、産業界や教育界に対するOSSの早期支援だったかもしれない。2004 年、情報通信部は、国の ICT 産業を促進し、それによって地域経済を支えることを目的として、国の OSS 産業を育成する計画を発表した。例えば、2004 年に Linux Foundation に参加したり、OSS の経験に関する情報を交換するためにブラジルの National Information Technology Institute (ITI)と協定を結んだりして、韓国政府はすでに早くからオープンソース能力を高めようと努めていた (CENATIC et al., 2010)。

2008年、電子政府プロジェクトの標準的な開発フレームワークを構築するため、国家情報社会庁と行政安全保障省が運営するeGovFrameプロジェクトが発足した。このフレームワークは

このフレームワークは、オープンテクノロジー、特に OSS に基づいて構築される予定であった (Kim & Teo, 2013)。このフレームワークの作成は、様々な役割を持つメンバーからなる正式な組織で監督され、開発者とユーザーをサポートするために、eGovFrameセンターが2010年に設立されました。

韓国教育省は、OSS ベースの NEIS (National Educational Information System) プロジェクトを立ち上げています。このシステムは、韓国の教育システムの近代化計画の一環として、学校がオンラインで情報にアクセスし共有できるように、すべての学生データのための統一された集中型プラットフォームとなることを目的としています。

NEIS は、韓国の IT 産業振興庁（KIPA、現在の NIPA）による包括的な取り組みの一環で、官民で使用するオープン ソース ソリューションの投資と標準化を目的としており、海外の多国籍企業ではなく、国内のソフトウェア企業によって開発されていました（Mreness、2006年）。この活動の一環として、オープンソースソフトウェア推進グループが 2002 年から 2006 年にかけて活動し、KIPA のアクションプランを策定しました (CENATIC et al., 2010)。

すでに2007年に韓国政府は「オープンソースソフトウェアライセンスガイド」を発表し、現在も更新中である。政府は、ソフトウェア開発者や企業が、代表的なOSSライセンスの条件を十分に理解できるようにすることを目的としている（Metzger, 2016）。

それ以前にも、2000 年に韓国の業界は韓国 Linux 協議会（2006 年に韓国オープンソース ソフトウェア協会（KOSSA）に名称変更）を組織しています。KOSSA は、国内外の 200 社を超えるメンバー企業からなる産業界の民間団体ですが、民間企業におけるオープンソースの利用を促進するため、政府がその活動に一部資金を提供しています (Korea IT Times, 2012)。協会は、オープンソース技術に関する専門的なオンラインおよびオフラインのトレーニングを提供する、オープンソースソフトウェアラーニングコミュニティを運営しています。主な目的は、会員へのサポート（コンプライアンス、ガバナンス）、教育（会員企業の社員と一緒に世界中のフィールドトリップを開催）、およびオピニオンコントロールタワーの役割を提供することです。KOSSAは、企業の意見を集めて政府に伝え、政府は常にKOSSAに相談する(Korea Open Source Software Association, 2010)。

大学もまた、特定の製品に特化しない、より汎用性の高いデジタル・スキルのトレーニングを可能にするために利用され、産業界と大学が共同でセンター・オブ・エクセレンスを設立しました。

英語スキルのレベルがまちまちであったため、政府が支援したもう1つの焦点は、重要なオープンソースプロジェクトのドキュメンテーションの適合であった。最も重要なのは、Korean Linux Documentation Project (KLDP) であろう。このプロジェクトは、1996年から活動しており、今日でも活発なコミュニティを保持している (Korean Linux Documentation Project, n.d.)。

*現在の政策行動と制度*

韓国におけるオープンソース政策は、業界のサポートと著作権およびライセンスに関する問題に傾いている。特に欧米ではオープンソースは民間企業が主導しているが、韓国では政府がOSSをより重視する方向へリードしている。公共調達や公共部門でのソフトウェアの再利用は二次的な役割を担っている。

これを実現するために、韓国政府は政府機関を使って情報を発信している。科学・ICT・未来企画部（MSIP）がソフトウェア政策展開の全体的な方向性を決定する。その下にあるのが国家IT推進委員会

韓国のソフトウェア産業の育成を担当するNIPA(New York Development Agency)と

年間予算は3億6千万ドル。市場調査、大学教育開発、マーケティング、直接的なビジネス支援、国際協力などを駆使して、その使命を果たしています。3Dプリンターを専門とする部署もあり、ソフトウェアに重点を置いていますが、ハードウェアの新興市場もカバーしています。また、シリコンバレーをはじめとする複数の海外事務所を設置し、韓国企業（ベンチャー企業など）がノウハウや海外市場にアクセスできるよう支援しています。同庁の主な目的の1つは、既存産業の「ソフトウェア化」を支援することです（国家IT産業振興院、2019年）。これにはオープンソースが大きな役割を果たし、これを支援するためにNIPAはオープンソースソフトウェアコンピテンスプラザ（OSSCP）も開催しています。

同プラザは年間1200万円の予算を持ち、OSSの活用を希望する企業を支援するフルサービスの提供を目指している。提供しているサービスの中には、以下のようなものがある（国立IT産業振興公社、2017年）。

* + 技術コンサルティングを行う。
  + デジタル化計画の見直し
  + OSSソリューション、ライセンス、ガバナンス、企業ガイドを提供。
  + OSSライセンスの選択を検証する。
  + コードの脆弱性を検査する。
  + OSSガバナンスコンサルティング
  + OSS研究開発タスクのデータハブの維持。
  + OSSの成功事例を発見し、表面化させる。
  + OSSセミナーの開催

コンピテンスセンターとは別に、オープンソースに関心のある個人や企業のための学習コミュニティ、韓国企業の優れたOSS利用を毎年表彰するアワード、オープンソースインキュベータであるKOSSLabも提供しています。KOSSLabは、年間30件のプロジェクトを選び、ネットワーキング、コミュニティ開発、資金援助などを通じて支援しています。また、同プラザは、日中韓の北東アジアOSS推進フォーラムにも毎年参加している（国家IT産業振興院, n.d.)。

NIPA と OSSCP が産業政策支援に直接力を入れているのと同様に、韓国著作権委員会 (KCC) は、OSS ライセンスの遵守とガバナンスを促進することを使命として、年間 300 万ドルを確保している。KCCは、韓国企業がOSSに関与する際にライセンス条件に適合し、取引コストを低く抑えられるよう、大小を問わず幅広い指導を行っている。KCC は、一般的なライセンスを韓国語に翻訳して採用を容易にするとともに、Korean Open Government License (KOGL) や Korean Creative Commons License などの独自の法域固有のライセンスも開発しています。専門家は、彼らの「オープンソースライセンスガイド」は、韓国の主要なテクノロジー企業がオープンソースを採用する際に、移行を支援するためのすぐに利用できるリソースがあったため、重要なステップであったと指摘しています。このガイドでは、OSSライセンスの法的リスク、ライセンス違反への対処法、第三者によるIP侵害、IP管理に関するリスクについて説明しています（Metzger, 2016）。また、オープンソースライセンス情報システム（OLIS）の中で、KCCは、製品にOSSが含まれているかどうかを特定・検査するソフトウェアプログラム（CodeEye）を開発しました。これにより、商用製品がリリースされ、あらゆるオープンソース素材が配布される前に、（ライセンスの）依存関係や問題を特定することができます。CodeEyeのコンサルティングでは、企業が製品スタックをサポートするために使用できるモジュールやライブラリも提案しています（Open Source License Information System, 2016）。2018年、KCCは149件の案件を扱った。

前述の通り、韓国の政策立案者にとって、調達政策や再利用政策（欧米諸国ではオープンソース政策の中核をなす傾向がある側面）はそれほど高い優先度ではない。企画財政部は予算編成に関するガイドラインを出し、OSS調達の可能性に言及しているものの、OSSの優先順位は明記されていない（国家IT産業振興院、2016）。これとは別に、ソフトウェア産業振興法では、科学・ICT・未来計画担当大臣が指定したソフトウェア製品については、各政府機関が個別に契約を締結する権限を与えている。韓国では行政機関がOSSを頻繁に調達していることから、OSSに対する明確な優遇措置が存在しないとしても、現地調達法にはOSSの調達を妨げる大きなハードルは存在しないと考えられる（Metzger, 2016）。

ソフトウェアを含む政府の著作物の再利用は、2013年に韓国の著作権法に第24条の2として追加されました。政府著作物（政府がすべての権利を所有するもの）は、政府を含むすべての人が自由に再利用することができる。また、この法律では、政府がさらに政府著作物の再利用を奨励するオプションも残されています。政府は、この法律の適用範囲であるOSS製品情報とソースコードを含むデータベースを維持している（韓国著作権委員会、2013）。

*チャンスと課題*

2018年のプレゼンテーションで、Kyungwon Rho氏（科学・ICT・未来計画省ソフトウェア政策局局長）は、韓国政府のオープンソースへのアプローチを示しました。政府が人工知能とクラウドという重要な分野を産業界に適用するという文脈の中で、政府はこれらの領域がOSSに大きく依存していることを認識している。これに伴い、政府は、正しい政策決定を行い、小規模から大規模まで、さまざまな規模の産業をサポートできるようにするため、OSS を理解することに多大な投資を行っています。これは、「ソフトウェア中心の社会」を作り、「ソフトウェアビジネスを営むのに最適な国」（Rho, 2018）になるという一般的な戦略とも結びついています。Rho氏の後継者であるKang Dohyun氏は、「オープンソースソフトウェア[...]はすべての活動の基礎」と呼びました（Kang, 2019）。

そのために、韓国政府は4つの基本原則を守っています。

* + 開放感。
  + 参加すること。
  + 協力すること、および
  + 共有すること。

より具体的には、韓国政府は、韓国の産業界によるより大きな取り込みを可能にするために、OSS エコシステムの世界的な発展を支援することを目的としています。上記のように、政府はオープンソースの法的側面について、産業界に幅広いガイダンスとサポートを提供しています。そして最後に、開発者の教育の改善、オープンソーススキルの教育、産業界との緊密な連携を通じて、自組織内および産業界にオープンソース文化を広めることを目指している。あるインタビューに答えてくれた人は、韓国政府はまだ自分たちの開発をうまく共有できておらず、韓国政府内でより透明性の高い文化を実現するためにまだやるべきことがあると指摘していました。

韓国政府が OSS を支援する際に、経済発展のための戦略を追求していることは明らかである。しかし、（他のアジア諸国と同様に）技術的自立という側面が重要な動機付けとなっている。

Samsung や LG などの韓国の大手企業は、この 10 年でオープンソースに関する知識を大幅に向上させ、現在ではオープンソースと強く結び付いています。

グローバルおよび国内のオープンソースコミュニティ。以前は、これらのメジャーは、オープンソースのコードを使用し、それを統合することに集中していたが、これは、プロジェクトやコミュニティへの還元に発展している。例として、Tizen OS と WebOS (HP/Palm から買収) - これは、企業やその技術を買収して既存の技術を獲得するメジャーの姿勢も反映しています。韓国オープンソースソフトウェア推進フォーラムのJeongmin Woo氏によると、韓国のOSS市場は過去5年間で年平均成長率（CAGR）が20％で、2019年には2780億韓国ウォンの規模になる（Woo, 2019）。大手企業が重要な主導的役割を果たし、多くの中小企業が大手企業のサプライチェーンに密接に統合されていることから、少なくともこれらのコングロマリットを注意深く見守っています。

韓国政府はこれを支援しており、その一例として、他のクラスターの中でも企業クラスターとして、オープンソースソフトウェアコンピテンスプラザ（OSSCP）を設立しています。韓国政府の目的は、第4次産業革命の期待に沿った生産ができる国家的な技術スタックを作ることであり、それには海外のサプライヤーによって独占的に管理されるコンポーネントをできるだけ少なくする必要があります。オープンソースの公開プロジェクトに関連するライセンス条件により、技術へのアクセスが制限されているため、サプライヤーがリード開発者であっても困難ですが不可能ではありません（例：Android）。したがって、オープンソースは韓国の戦略的目標に適しています。韓国政府はここで、すべてのコンポーネントを韓国に拠点を置く企業から調達するという、「純粋な」韓国のアプローチを目指しています。韓国政府は、オープンソースを排他的にサポートしているわけではありませんが、政府内でいくつかの移行プロジェクトが行われている一方で、これらは、政府がよりコントロールできるように、完全なオープンソースではなく、「オープンタイプのオペレーティングシステム」であることが望ましいとされています。例としては、Harmonica OS、GooRoom OS、T-Max OSなどがあります。また、2019年12月に内務安全省は、このような「Open-Type OS」に起因するセキュリティ脅威を確認するための調査を開始しました。

#### 米国

時計 が含まれている画像

自動的に生成された説明

*政策的背景*

1980 年代、米国政府はソフトウェア業界の大きな流れに沿っ て、カスタムメイドのプロプライエタリ・ソフトウェアを採用した。特にこの初期には、民間企業にとって政府との契約が非常に重要であった。政府は高価なシステムを調達する資金力を持つ数少ない団体であったため、政府調達、特に国防省（DoD）による調達が製品の成功や失敗を決定づけた。推定によると、米国国防総省は、米国で最大のカスタムソフトウェア購入者であった（Mowery & Langlois, 1996）。1990 年代に入ると、開発コストの削減を目指し、プロプライエタリな商用オフザシェルフ（COTS）製品へとシフトしていった。

* しかし、この移行はベンダーの囲い込みと統合コストの増大という問題をもたらした。1995年に制定された技術移転促進法では、連邦議会が連邦政府機関に対して、「政府独自の」規格ではなく、民間の規格を取り入れるように指示しました。
* ベンダロックインを低減することを目的としたソフトウェア標準を含む。OS や生産性ソフトウェアの分野では、デスクトップにおけるプロプライエタリな COTS ソフトウェアの優位性が今日まで続いていますが、1990 年代には、米国連邦政府のインフラやバックエンドにも OSS が導入され、連邦政府内のオープンソースの受け入れと理解が進みました (Castle, 2020)。

2000年代初頭、民間企業では状況が著しく変化し、国際的で米国に拠点を置く大手ソフトウェア企業の中には、OSSとその普及、法的保護に多額の投資を行う企業もあった。公共部門では、MITRE Corporation による報告書がある。

Bollinger (2003)は、連邦政府が出資する研究開発センターを管理する非営利の会社であり、米国国防総省内でOSSが大幅に利用されていることを発見した。

「分析の主な結論は、FOSSソフトウェアは一般的に認識されているよりもDoDにおいて重要な役割を担っているということです。[中略）予想外の結果の一つは、セキュリティがFOSSに依存する度合いであり、[...]FOSSを禁止することは、多くの機密性やセキュリティに焦点を当てたDoDグループのサイバー攻撃からの防御能力に、即時に、幅広く、そして強い悪影響を与えることを暗示している。"(p.2)(p. 2)

2004 年、ホワイトハウス行政管理予算局（OMB）は、OSS を調達する可能性を連邦機関に喚起し、さらにソフ トウェア調達の際に「ライフサイクル維持コストを含む総所有コスト、データのセキュリティとプライバシーを 含むリスク問題に関連するコスト、IT システム自体のセキュリティ確保コスト」を検討するという主旨の基、 覚書 M-04-16 を発表した（Burton、2004 年）。2004 年のメモランダムは、明らかに連邦政府機関による OSS の調達を推奨・義務化するまでには至っていないが、TCO、セキュリティ、プライバシーに関する注意喚起は、規定的な効果はないものの、OSS を暗に推奨していると見なすことができるだろう。

2004 年のメモランダムは、米国の公共部門におけるオープンソース利用の状況を構造的に変えることはなく、オープンソースのバックエンドとプロプライエタリのフロントエンドが混在する状況が続き、ある程度は現在も続いている。民間企業に比べて公共機関では大規模なプロプライエタリ・ソフトウェアの利用が比較的多いというもう一つの要因は、一部の連邦・州機関が惰性や予算上の制約を理由にレガシーシステムを採用し続けている度合いである。

過去には、2008年や2009年など、公衆衛生データベースに関する法律の一部として、オープンソースのアプローチを取り入れることを提案した議員もいたが、米国の議員は、公共または民間セクターのいずれかを対象とした、オープンソースを特徴とする法律を承認していないようだ（Lewis, 2010）。連邦政府機関レベルでは、多くのイニシアチブが開始され、例えば、退役軍人省との協力のもと、2011年にOpen Source Electronic Health Record Agentプロジェクトが結成された（Alsaffar et al.、2017）。

*現在の政策行動と制度*

米国では、オープンソースを考慮した公共政策は、もっぱら公共部門に焦点を当てています。

米国連邦政府の主なオープンソースポリシーは、2016年に採択されました。OMBに組み込まれた大統領の政治的任命者であるアメリカ合衆国最高情報責任者が、Memorandum M-16.21（"Federal Source Code Policy"）を発表しました。再利用可能なオープンソースソフトウェアによる効率性、透明性、革新性の達成」）（Scott & Rung, 2016）を発表しました。ホワイトハウスのメモランダムは取り消されるまで有効であり、公表時点ではこのメモランダムは引き続き有効である。

ホワイトハウスの方針は、連邦政府のすべての主要機関に適用され、連邦政府がオープンソースのソフトウェアをますます調達するよう促すと同時に、連邦政府が調達したカスタムソフトウェアを連邦政府内の別の行政機関の目的のために再利用することを奨励することを目的とした「連邦ソースコード方針」に基づいた方針を作成するよう指示している。

現状では、連邦機関がソフトウェアを調達する場合、ソフトウェアスタックの下から上まで、行政のためにカスタム開発されたコードが大半を占めている（Castle, 2020）。そこで覚書では、カスタム生成されたコードに焦点を当て、「各省庁は、政府全体の再利用目標とオープンソースのリリース目標の両方を満たすために、カスタム開発されたコードに対する十分な権利を取得する必要がある」と述べている

本政策のパイロットプログラムに概説されている」（Scott & Rung, 2016）。その目的は、第一に他の連邦機関内で再利用可能なソフトウェアがない場合、第二に既存の商用ソリューションがない場合にのみ、新たにカスタム開発されたソフトウェアを調達することである。

既存のソリューションを再利用できるようにするためには、これらを容易に利用できるようにする必要がある。連邦ソースコード・ポリシーは、カスタム開発されたコードの一部をオープンソースとして公開することを全機関に指示している。当初、メモランダム発行後36ヶ月間、各省庁は新しく開発されたカスタムコードの少なくとも20％を利用可能にするよう指示されている。この「パイロット・プログラム」は期限切れとなり、更新はされなかった。公的資金を活用するため、各機関は「インベントリ」を通じて他のすべての機関がオープンソースコードを利用できるようにするよう指示されている。コードの発見を可能にするため、code.govのプラットフォーム上で発見可能にすることが要求された。

連邦ソースコードポリシーでは、連邦ソースコードポリシーに沿った独自のオープンソースポリシーを連邦政府主要機関に義務付け、政策立案と実施の責任を機関自身に委ねているため、code.gov（GSA（General Services Administration）が運営するプラットフォーム）では、政策の実施に関する機関の進捗を、3つのタスクで把握しています（code.gov, n.d）:

1. **代理店ポリシーの更新**。機関は、連邦ソースコードポリシーと一致するようにポリシーを更新する必要があります。
2. **完成したコードの**インベントリー機関は、2016年8月以降に作成されたすべての新しいカスタムコードをインベントリ化する必要があります（連邦ソースコードポリシーに列挙された例外にかかわらず）。
3. **オープンソースの目標を完了した**。エージェンシーは、2016年8月以降に作成されたすべての新しいカスタムコードの20%以上をオープンソース化する必要があります。

これまでのところ、結果はまちまちで、24の機関のうち、すべての要件を満たしているのは6機関のみです。17機関は、少なくとも1つの要件（通常はポリシーがあること）を満たしており、部分的に適合している。一方、コードのインベントリを完成させ、どれだけのコードがオープンソースライセンスの下で公開されているかを特定することになると、ほとんどの結果はより否定的である。デジタル機関のGSAや18Fも、すべてのコードをOSSとして公開する方針を明示している（Shive, 2019; 18F, n.d. ）。米国では多数の機関がOSSライセンスでプロジェクトを公開している。下図はその概要である（code.gov, n.d.）。

図8.5: 連邦政府ソースコードポリシーの各機関における実施状況

グラフ, 棒グラフ

自動的に生成された説明

凡例緑＝完全適合、黄＝部分適合、赤＝非適合

*チャンスと課題*

防衛や軍事技術といった政府主導の分野以外では、米国政府は通常、産業分野の方向性を決定することはなく、特に米国では、政府は「勝者を選ぶ」べきではなく、技術的な成果をコントロールすべきではないという考え方が一般的である。技術分野は動きが速く、民主的な統制を受け、正統性の構築を必要とする政府の行動が、こうした意思決定に関与するのに最適な位置にあるのかどうかという疑問がある。

そのためもあって、米国政府は歴史的に多くの分野で研究開発（R&D）資金に重点を置いてきた。しかし、特定のプロジェクトに資金を提供しても、商業的な勝者を選ぶ結果になりかねないため、その資金をどこに使うべきかという問題が残っている。応用性の高い基礎研究に資金を提供し、企業同士が協力して共通の課題に取り組み、企業が成功するために必要なインフラに投資することは、研究開発資金のアプローチとして一つの方法である。その場合、重要なのは、どの企業が特定の技術を最も早く商業化できるかということである（Branscomb, 1992）。ここで、企業間のコラボレーションを促進するモデルの1つであり、ソフトウェア産業で主流となっているオープンソースの役割が明らかになる。したがって、オープンソースの能力は、米国の企業が技術を製品に即座に統合して成功させるための重要なスキルである。

米国の産業政策に対する考え方は、ソフトウェア分野においても同様である。ソフトウェア産業の黎明期において、米軍からの支援は、米国のソフトウェア部門を構築する上で重要な要素であり、他の多くの国とは異なる要因であった。ここで注目すべきは、GNU/Linux の改良や インターネットの実質的な前身である ARPANET など、 米軍に関連するソフトウェアプロジェクトの主導に ARPA（高等研究計画局）が関与していたことである。ソフトウェア産業の初期の発展におけるもう1つの大きな要因は、米国の大学におけるソフトウェアの研究および教育に対する連邦政策を通じて、米国政府による組織的および財政的な支援であった。米国政府は、学習プログラムの作成を支援し、大学とそのプログラムのデジタル化に多額の投資を行った。

であり、一時は総資金の半分を提供していた。1967 年、ホワイトハウスは全米科学財団（NSF）内にコンピュータ活動局を設立し、政府支出を大学でのコンピュータ教育支援に再び集中させ、博士課程の急増を実現した。軍による教育への関与も重要な要素であり、ARPA の資金は、1990 年現在、米国の主要 40 大学のコンピュータ科学科の教員の 26%の博士号取得の基礎となっている (Mowery & Langlois, 1996)。米国の強力なソフトウェア部門に対する連邦政府の資金提供の役割がいかに大きいかは、1950年から1980年の間に、米国発の画期的とみなされた45のソフトウェアの進歩のうち、18が連邦政府からの資金提供を受けていたと結論付けた研究によって明らかになった（Flamm、1988）。

米国が直接的に産業支援政策に取り組んだ例としては、1987年に設立されたセマテックという非営利の官民コンソーシアムの事例がある。セマテックの主な目的は、半導体産業で競争力を維持するために必要な研究開発の高い壁を、研究開発の資源をプールすることで克服することだった。1985年当時、半導体の販売シェアは日本企業が大半を占めており、日本の産業界が研究開発の調整を行う「系列化モデル」に依存していた。一方、米国では、半導体産業が崩壊寸前であった。米国政府は、半導体産業が自国にもたらす価値と、研究開発プーリングがもたらす戦略的優位性を認識した。セマテック社では、米国の半導体産業がエンジニアを派遣し、米国内の競合他社に共通する問題に取り組ませた。これらのエンジニアは、それらの解決策を自社に持ち帰り、自社製品に実装することになる（Whetsell et al.）この例は、独禁法政策の役割と、研究協力を可能にすることの価値も示している。現代のOSS開発モデルの進化は、この先例に直接遡ることはできないが、結果として得られるメリットはほぼ類似している。そして、広く再現されなかったセマテックモデルとは異なり、企業がスポンサーとなるOSSプロジェクトの形成は爆発的に増加している。

今日、セマテックは成功したと考えられている。その全盛期、1990年代に米国の半導体産業が半導体市場でトップの座を取り戻すのに貢献し、セマテックはその要因の1つであった。米国では、セマテックと同様の組織として、The National Alliance for Advanced Transportation Battery Cell ManufactureやSunShot Initiativeがあり、それぞれ電池産業や太陽エネルギー産業に同じ利益をもたらそうとしている（Hof, 2011）。しかし、Sematechは当初、組織上の問題、イニシアチブの方向性をめぐる口論、洞察力の共有に関する不信感などに悩まされていた。オープンソースのライセンスは、研究開発を共有する際の取引コストを削減することを目的としており、誰にとっても有益な場合は協力し、企業にとって有益な場合は単独で行うことを推奨するインセンティブ構造を構築しています。したがって、OSS は、組織的および法的な摩擦が少なく、政府の監視と監督のレベルが低くても、同様の政策目標を達成できる可能性を持っています。

米国のソフトウェア産業の創成期を見ると、Mowerey と Langlois によれば、米国政府による防衛関連支出が半導体産業よりも重要な役割を果たしたという。米国の連邦機関がソフトウェア産業の初期の発展に及ぼした影響は、ある意味で独特なものであったが、同時に1990年代を通じて減少した。これは、産業自体が明らかに独自の方向を示す規模と経済的ダイナミズムを獲得し、連邦政府の指示や資金に依存せず、歓迎さえしなかったからである（Mowery & Langlois, 1996）。

## サイバーセキュリティにおけるオープンソースのメリット

サイバーセキュリティを前進させるためのオープンソースのメリットは、すぐに直感的に理解できないかもしれません。一方はサイバーセキュリティの分野におけるオープンソースの機会、他方は欠点を主張し、議論の両側は、自分側の主張が退けられるという誤解を確認する傾向があります。納得できない人たちは、ソフトウェアやハードウェアの構成に関するコードやプランにアクセスすることで、そのソフトウェアやハードウェアを使用している人たちは、そのソフトウェアやハードウェアを使用するために必要な情報を得ることができるという主張を展開します。

しかし、オープンソースの支持者は、オープンな環境であればこそ、ユーザーや専門家がコードを精査して脆弱性を見つけることができると主張する。しかし一方で、オープンソースの支持者は、オープンな環境であればこそ、ユーザーや専門家がコードを熟読して脆弱性を発見することができると主張する。

長年にわたり、両者は議論を交わし、場合によっては経済的利益や技術的メリットなど、さまざまな要因によって動機づけられてきました。しかし、私たち専門家の初期調査によると、この問いに対する答えは微妙なものであることがわかりました。独自の調査によると、批判派と賛成派の両方の主張が、現実の世界ではメリットがある可能性があるという。例えば、サイバーセキュリティの研究者であるロス・アンダーソン（ケンブリッジ大学コンピュータ研究所）が行った研究では、「完璧な世界、そして統計的手法が適用できるほど大規模で複雑なシステムにおいては、システムがオープンであるかクローズであるかは長期的に見て何の違いもない」と断言しています。(Feller et al., 2007)と述べている。この問題は、オープンソースかプロプライエタリかという問題よりも複雑であり、他の多くの要因に依存するため、この分野には単純な答えがないことを示している。

サイバーセキュリティ全般に関わる OSS と OSH の役割を明確に理解することが必要である。これは、既存の研究と専門家へのインタビューに基づくものである。サイバーセキュリティにおける現在の政策行動と影響を理解するために政策影響分析内で採用された方法論と、さらにサイバーセキュリティの事例をカバーするケーススタディからの方法論の両方が、OSSとOSHがサイバーセキュリティに及ぼす影響を調査するために使用できる。

#### 欧州連合政策

欧州委員会は、EUのデジタル変革を支援する上で、サイバーセキュリティを最も重要な重点分野の1つにしています。欧州委員会は、多くの政策的な取り組みによって、この問題に取り組んでいます。

欧州委員会による最初の包括的なサイバーセキュリティ戦略は、「An Open, Safe and Secure Cyberspace」（欧州委員会、2013年）というタイトルで2013年に発表されました。この戦略の一環として、欧州警察機構（Europol）に欧州サイバー犯罪センター（Europol, n.d.）を設立し、ネットワークと情報システムのセキュリティに関する指令（NIS指令）の提案を導入し、2016年に発効、サイバーセキュリティに関する最初のEU立法となった。NIS指令の目的は、サイバーセキュリティ攻撃に対する重要インフラの耐性を向上させることである（欧州委員会、2016年）。サイバーセキュリティ戦略は2017年に見直され、欧州委員会の「セキュリティに関する欧州アジェンダ2015-2020」によって補完された。

2017年には、他国がサイバー犯罪に対する耐性を高めることを支援するため、EUサイバー外交ツールボックスが採択されました。これに端を発して、2019年に初めて適用されたサイバー制裁体制もある（欧州委員会、2020年）。モバイルネットワークのセキュリティを高めるために、加盟国との協調評価を経て、欧州委員会は2020年に5Gツールボックスを採択し、戦略的・技術的な対策で特に5Gインフラとサプライチェーンを対象としています。欧州電子通信コード（EECC）は、重要な定義と一般的なサイバーセキュリティ対策を規定することで、EUのサイバーセキュリティ政策に貢献しています（欧州委員会、2018年）。

欧州連合サイバーセキュリティ機関ENISAは、2004年に欧州ネットワーク・情報セキュリティ機関として創設されました。2019年にサイバーセキュリティ法が施行され、そのマンデートが恒久化され、予算が増加し、製品、プロセス、サービスに対する欧州サイバーセキュリティ認証を開発する責任が与えられたことで、その任務は大きく進化した（欧州委員会、2004年、欧州委員会、2019年）。

EUの最新のアクションは、新しいサイバーセキュリティ戦略の採択で、NIS指令の改訂案を具体的に紹介し、次のような次期提案を発表しました。

IOT および EU 機関内のレジリエンスを向上させる。改正NIS指令では、必須インフラと重要インフラを区別し、その範囲に執行罰金の可能性を追加した（欧州委員会、2020年）。

サイバーセキュリティに取り組む EU の立法手段は、いずれもその規定においてオープンソースソフトウェアまたはハードウェアを特に考慮していません。実際、オープンソースについては、立法文書でまったく言及されていません。しかし、技術的な透明性と脆弱性の開示に触れたいくつかの規定は、オープンソースのソフトウェアとハードウェアによって可能になった手法にもアプローチしているようです。

#### 可能性についてのディスカッション

専門家のコミュニティでは、オープンソースを正しく使用すれば、サイバーセキュリティに関連するシステムのセキュリティを向上させる可能性があるというコンセンサスが形成されています (Lynch, 2015)。有名なサイバーセキュリティの専門家であるBruce Schneierは、ICTにおけるサイバーセキュリティを向上させる方法としてオープン性を捉えていることを何度も書いている(Schneier, 2004)。ドイツ政府は、Huaweiが5Gネットワーク用のインフラを供給することに向けられた懸念に対処するためのツールとして、オープンソースを利用しました（Busvine, 2018）。オープンソースの世界では、製品のコードや計画の中に未知の要素や不要な要素がないようにするために、ハードウェアからソフトウェアまで完全にオープン化することが最も安全なソリューションと考えられています（Pearce, 2018）。

サイバーセキュリティに関するオープンソースの主な利点の1つは、コードが明らかに検査のためにオープンであるため、その監査可能性です。この側面は、セーフティクリティカルな用途の分野で特に重要です。プロプライエタリなソフトウェアでは、脆弱性が複合的に作用するため、ソフトウェアのセキュリティレベルを下げることによって、脆弱性やバックドアを隠すことが比較的容易であり、表向きは少数の人にしか知られていない脆弱性であっても、過去には、多くの人がそれを知っていて悪用することが示されています。このため、ソフトウェアがユーザー、消費者、企業、政府からの信頼を必要とする分野では、メッセージングなどの分野で、セキュリティに関連する部分をオープンソース化して独立した監査を行うことが良い習慣になっています。しかし、セキュリティ監査は必ずしも専門のサービスによって実施される必要はない。オープンソースのコンポーネントはどこにでもあり、再利用されています。ソフトウェアを使用する人は、企業の従業員であるかどうかにかかわらず、コードを検査し、製品に統合する前にそのコードが安全であることを確認することができます。バグが発見され修正されれば、通常、そのコードのすべてのユーザーがその恩恵を受けることになります。このオープン性、つまり誰でも貢献できることは、「十分な目玉があれば、すべてのバグは浅い」という「ライナスの法則」と呼ばれるものによって明らかにされています（Raymond, 1999）。

コードの監査可能性に関しても、ソースコードと最終的なコンパイル済み製品が同一であるかどうかという問題が残されています。ごく稀にではあるが、ソースコードとコンパイルされた製品が同一でないことはあり得る。OSSの場合は、ソースコードを見ることができるため、プロプライエタリなソフトウェアに比べれば信頼度は低いが、コンパイルされたコードとソースコードが一致することは難しいため、OSSでも完成品を使う場合はコンパイル・配布のチェーンに対してある程度の信頼が必要である。企業などの上級ユーザは、自分で製品コードをコンパイルすることも選択肢の一つである（Hofferbert, 2018）。

オープンソース固有のもう一つの利点は、プロジェクトをフォークすることができることです。フォークとは、あるプロジェクトのコードをコピーし、そのコードに基づいて別のプロジェクトを作成することです。多くの場合、プロジェクトの方向性について重大な意見の相違がある場合にフォークが行われ、プロジェクトが分割されて別のバージョンが独立して開発されることになりますが、多くの場合、リンクが残ります。サイバーセキュリティの懸念に関して言えば、フォーク処理は、高いレベルのセキュリティを継続的に達成したり、再達成したりする上で重要な役割を果たすことがあります。OSSもプロプライエタリなソフトウェアも、ある段階で元の開発者によって放棄される可能性があります。

リバースエンジニアリングは、通常、ソフトウェアを最新かつ安全に保つために利用できるオプションは非常に限られています。

一方、OSSは、メンテナがプロジェクトの作業を停止した場合、フォークすることができる（著作権の帰属の問題がないため、新しいメンテナが割り当てられることもある）。この例として、ファイルやディスクの暗号化ソフトウェアプロジェクトであるTrueCryptは、2014年にメンテナが開発中止を発表するまで標準ソフトウェアとして使用されていた。TrueCryptはソース公開型のソフトウェア（Open Sourceとは区別され、制限が厳しい）だったため、複数の新しいメンテナによってプロジェクトがフォークされた。現在では、VeraCrypt が事実上の後継プロジェクトとなり、このセキュリティ上重要なソフトウェアの開発を継続しており、新しい問題が最初に確認されてから 1 日以内に修正されることがよくあります。このオプションは、問題のソフトウェアが他のソフトウェアに（複数回）統合されている重要なコンポーネントであるような状況では特に重要である（Hofferbert, 2018）。

#### 実践的な機会と課題

ソフトウェアの開発には、さまざまな方法、さまざまな目標があります。OSSは、ソフトウェアの共同開発において、非常にダイナミックで革新的な方法と考えられている。オープンソースの基礎となったEric S. Raymond著「The Cathedral and the Bazaar」は、"Release early.Release often." という言葉を生み出しました。(Raymond, 1999)という言葉がありますが、これはオープンソースの理想的な開発モデルを代表するもので、常に反復することで頻繁にリリースを行うアジャイルな開発モデルです。反復型モデルでは、開発はプロジェクトの一部から始めることができ、迅速に進化させることができ、最初から厳しい仕様に準拠する必要はない。さて、これで追求される目標、つまり新しいコードや機能を素早く試すことができることを考えると、これはその目標によく合致したパラダイムと言えるでしょう。しかし、セーフティクリティカルなコードになると、このアプローチには課題が見えてきます。オープンソースの可能性は、脆弱性を迅速に発見するために議論されてきましたが、一定のリリースがある場合、品質保証において問題が見落とされるリスクが増加し、さらに潜在的な脆弱性に接続した場合、雪だるま式に増える可能性さえあります。

図8.6： Vモデル（[出典：http://tryqa.com/what-is-v-model-advantages-](http://tryqa.com/what-is-v-model-advantages-) disadvantages-and-when-to-use-it/）

ダイアグラム

自動的に生成された説明

V-modelは、プロセスに重点を置いた開発アプローチで、要件とテストの明確な特定を必要とし、これにより、理想的なオープンソースアプローチがセーフティクリティカルなコードに持ちうるいくつかの問題を実証しています。V-モデルは、より大きなシステム内の要件とコンポーネントの検証および妥当性確認に重点を置いています。計画および開発プロセスのすべての段階は、プロジェクトの要件に対して検証されます。第二部では、開発されたコードは単一ユニットとして、プロジェクト内のコンポーネントとしてテストされ、次にターゲット環境に統合され、最後にシステム全体としてテストされます。この開発モードでは、変更された要件に柔軟に対応することができないため、より多くの時間とプロジェクトに対する明確な要件が必要となりますが、検証フェーズは通常、安全要件によく対応します。Vモデルは、医療や航空アプリケーションなどのセーフティクリティカルな分野でよく採用されています（Pressman, 2015）。

OSSは、オープンソースやプロプライエタリなソフトウェアなど、より大きなソフトウェアの中のコンポーネントとして使用されることが多く、統合されるソフトウェアやその中に展開されるより大きなシステムとの相互作用を理解することが重要です。しかし、頻繁な変更を伴う反復的な開発アプローチは、このような要件に適しているとは言えません。しかし、オープンソースの開発者は、一般的にアジャイル開発モデルを好みますが、特定のモデルに縛られることはありません。したがって、セーフティクリティカルなコードを開発する場合、必要なレビュー要件やプロセスを考慮した上で、その開発方法を評価する必要があります。このことから、趣味で開発され、専門的にメンテナンスされていないコードは、高いセキュリティ要件が要求されるプロジェクトに含めることは適切でない可能性があります。Linux財団やEclipse財団などのオープンソース組織や、その内外で組織された企業は、セキュリティクリティカルな環境におけるオープンソースコンポーネントの普及に反応し、セキュリティクリティカルな環境におけるオープンソースの強化のためのツールやプロセスの改善を通じて、オープンソース内のセキュリティ向上を目指す多くのプロジェクトを開始しました（Stewart、2019年）。

オープンソースコンポーネントを開発・使用する際に考慮すべきもう1つの重要な点は、メンテナンスです。前述したように、現在開発されているソフトウェアで、オープンソースコンポーネントに依存していないものはほとんどありません。このようなコンポーネントは、以前のプロジェクトで成功裏に解決された基本的な機能を提供していることが多いのです。しかし、これらのコンポーネントは、一度開発したら二度と触らないというものではありません。有用性を維持し、コードに発見されたバグを修正するために、継続的にメンテナンスとアップデートを行う必要があるのです。そうしないと、そのコードに依存するプログラムには、統合されたコンポーネントが示すのと同じ脆弱性が反映されることになる。この作業は人によって行われる必要があります。企業やコンソーシアム、財団によって支援されている技術で、商業的な利益に基づいて活発に開発・保守されている例があります。Linuxが最も顕著な例であることは間違いありませんが、他にも（機械学習フレームワークのTensorflowやコンテナオーケストレーションソフトウェアのKubernetesなど）、企業が自社の利益のために基礎技術の開発やメンテナンスに資金を提供している例があります。

しかし、重要なオープンソースプロジェクトのすべてが、深いポケットによってサポートされているわけではありません。その顕著な例がOpenSSLで、全Webサーバーの約⅔で稼働し、安全な通信を確保するOSSライブラリです。2014年まで、OpenSSLは1人のフルタイム開発者と数人のボランティアによって維持されていました。OpenSSLがWebのトラフィックの大部分のセキュリティに不可欠であるにもかかわらず、プロジェクトに流れ込むリソースのレベルは、OpenSSLに必要な信頼性とテストのレベルを確保するにはまったく不十分でした。今となっては悪名高い2014年のHeartbleedバグの技術的な詳細はここでは関係なく、攻撃者が（特に）サーバーの秘密鍵やユーザーのパスワードを入手することができたと言えば十分でしょう。この脆弱性は2年間報告されないままであり、これを悪用されてシステムにアクセスされた例もある。インターネットに商業トラフィックが流れ始めて以来、（少なくとも潜在的な影響という点では）見つかった最悪の脆弱性」（Steinberg, 2014）と呼ばれています。

しかし、ここでは、Googleのチームによって非常に短時間で問題が修正されたため、オープンソースの強みも表面化した。プロプライエタリなソフトウェアの場合、脆弱性が長い間修正されないことがあり、コードの所有者がコードの修正を選択しない、あるいは希望しない場合、他の誰も修正することができません。この場合、そのソフトウェアが巨大な商業的利益にとって重要であるにもかかわらず、セキュリティ上重要な機能をそのソフトウェアに依存している人々は、手遅れになるまで、そうした役割を果たすのに十分な資金がない第三者の労働にただ乗りしていたことになります。このように、オープンソースに関するEric S. Raymondの有名な言葉をもう一度引用すると、「十分な目玉があれば、すべてのバグは浅い」のであり、十分な目玉がなければ、それらのバグは発見されない（Eghbal, 2016）のである。

OpenSSLは氷山の一角に過ぎません。メンテナンスはすべてのソフトウェアの問題であり、プロプライエタリなソフトウェアと同じようにオープンソースにも影響を及ぼします。重要なプロジェクトの多くは、小規模なコミュニティ・プロジェクトと、企業の支援を受けられるほど大規模なプロジェクトの中間に位置しているため、明確な責任の所在を確立することは、重要な生産環境におけるOSSの未解決の問題である。

また、メンテナの中には、企業からの支援の流入を不快に感じ、外部からの影響によってプロジェクトが変化することを懸念し、プロジェクトの維持や企業からのソフトウェアに対する変更要求を受け入れるために無償で労働を提供するという状況に陥る人もいます。その結果、オープンソースコミュニティにおいて、燃え尽き症候群が大きな問題となっています。これを緩和するためには、大きな依存関係が存在するプロジェクトのメンテナンスのために、より多くの有給労働を導入することです。

オープンソースは、よりサイバーセキュアな製品を提供する上で、一定の利点と欠点があります。しかし、オープンソースのコラボレーションと革新的な可能性は、他のすべてのコンピューティング分野と同様に、サイバーセキュリティにも適用されることを考慮する必要があります。例えば、Mozilla（人気のオープンソースブラウザ Firefox の開発元）は、重大な脆弱性が存在しない状態で 1 回のメジャーリリースを行うことができないブラウザを出荷していたとき、Rust というプログラミング言語を開発し、デフォルトで安全でフェイルセーフを考慮したコードを作成してセキュリティを重視するようにしました。

この言語は Mozilla にとっても有効で、ブラウザの Rust への移行は進んでおり、攻撃の第一のベクトルであるプログラムをより安全なものにすることができます。他の企業も、コードをより安全にする Rust の可能性に興味を持ちましたが、自分たちの用途に必要な機能をすべて備えていたわけではありません。現在、Rust は Mozilla をはじめ、Microsoft や Intel などの企業によって共同開発されており、さらに多くの機能が追加されています。それによって、誰もがより便利に使えるようになり、結果として業界全体がよりサイバーセキュアなコードを作成できるようになりました。現在、Rustはプログラマに最も愛されている言語の1つであり、その人気は急速に高まり続けています（Hu, 2020; Levick, 2019; von Leitner, 2020）。2021年2月、Rustの開発は独立した財団に引き渡された（Williams, 2021）。

最後に、オープンソースにはサイバーセキュリティを強化する特性があり、正しく使用されれば、ソフトウェアをより安全にすることができることを考慮する必要があります。しかし、サイバーセキュリティは主に製品ではなく、プロセスであるため、最も重要な要因は、コードがどのように維持されているかということです。

## オープンソースと透明で偏りのない AI

人工知能は、人間の知能と同じ特性を持ち、機械、システム、ネットワークに組み込まれた様々な技術の総称と定義されることが多い（Li & Du, 2017）。その本質的な意味は、与えられたデータの入力を、AIモデルに投入されたデータに対して行われる一連の広範な操作を通じて、望ましい出力に変えることである。AIは、さまざまな軌跡、パラダイム、技術によって定義される複雑な用語であるため、AIを構成するものに焦点を当てることはないだろう。この研究の目的にとってより重要なことは、すべてのAIの実装はソフトウェアに依存しており、その多くはオープンソースであるということです。

人工知能」（AI）という言葉が初めて使われたのは1956年であり、考えられているほど新しい分野ではないにもかかわらず、AIはあらゆるレベルで、驚くほど多様なグループの間で注目度を高めている（Abate, 2017）。大量のデータを処理し、時間をかけて改善できる高度な機械学習（ML）アルゴリズムの誕生や、MLのサブセットである、脳の生体神経ネットワークのアーキテクチャを模倣した深層学習の開発により、大きなブレークスルーが観測されました。

Artificial Intelligence Index Report 2019によると、査読付きAI論文の量は1998年から2018年にかけて300％以上増加し、AIスタートアップへの世界の投資は過去10年間で年平均48％増加し、政策決定者側の関心も著しく高まっている（Perrault et al.）このような成長率が観測される中、多くの技術的、倫理的、法的な問題が生じており、それらには、透明性と不透明性、偏見と差別、イノベーションと規制、開放性と競争などのトピックに関する問題が含まれます。透明性とは、情報の開示と定義でき、AIの使用目的、ソースコード、制限、法律、人間が読める説明など、何十種類ものデータが含まれる。本章では、倫理的で公平なAIにおけるオープンソースの役割に焦点を当てました。オープンソースは、AIシステムの信頼性や開発スピードを高め、AIの普及を促進する方法として認識されることが多いためです。

アルゴリズムシステムの多くは，パーソナライズされたニュースフィードや自律走行車のような大規模な統合サービスやデバイスの一部を形成し，大規模なデータセットを使ってアルゴリズムを学習します．例えば、顔認識では、数百万枚の写真を含む大規模な注釈付きデータセットが、最初は人間によってラベリングされます。AIソリューションの開発と実装では、通常、プロジェクトに適したこのような大規模なデータセットが基礎となり、その上に他のレイヤーを構築することができます。データセットの入手は容易ではなく、異なるグループや特徴を均等に表現するデータセットを入手することはさらに困難です。構造化されたデータセットを取得し、人工知能や機械学習モデルを開発することは、多くの場合、時間と費用のかかる作業です。したがって、オープンソース開発モデルの利点は、商用および非商用プレーヤーによって利用されています。

この文脈では、バイアスは、恵まれないグループを不利な立場に置く可能性のある系統的なエラーである。学習データには、歴史的、表現的、測定的、行動的など、いくつかの種類のバイアスが存在することが知られている。しかし、データセットに根差すバイアスと、アルゴリズム自体に由来するバイアスの区別もあります（Mehrabi et al.、2019）。バイアスは、顔認識システムや推薦システムなど、ユーザーと直接向き合う分野で広く研究されているが、バイアスの問題は、採用プロセス、チャットボット、医療行為、犯罪リスク評価など、様々なアプリケーションを包含している。こうしたバイアスを克服するための取り組みはいくつかあるが、AIモデルに用いるソフトウェアをOSSとして公開することもその一つであり、バイアスの軽減支援を目的としたツールキットをオープンソースとして実現することも含まれている（Bellamy, 2018）。オープン化は、バイアスを検証し、コントロールするための手段となり得るが、手段としては必ずしも十分ではない。

#### AIにおけるオープン化

AI開発におけるオープン性は、他のデジタル領域と同様に、さまざまな意味を含んでいます。オープンソースコード、オープンサイエンス、オープンデータ、安全性に関する企業の一般的なオープンネス原則、その他が含まれます。この研究では、OSSとOSHに焦点を当てているため、本章ではこれらの構成要素に重点を置いていますが、AIの倫理とバイアスに関する議論では、他のレイヤーを無視してはいけません。

機械学習に関するコードをオープンにする研究者が少ないという主張（2007年にさかのぼるものもある）がある（Sonnenburg et al.2007）。このような状況下、AIの研究開発を加速させるために、よりオープンな研究開発を求める声もある。

研究とその再現性を重視する一方で、開放性を高めることで生じるかもしれない性急な開発に注意を促す声もある（Bostrom, 2017）。以下に記述するのは、現在の現実では、本研究で関心のあるものを含め、多くのものが異なるレイヤーでAI開発をオープンにしているということである。

この数年、AIにおけるオープン性は、業界標準として、あるいは研究者やコミュニティが求める目標として浮上しました。その一例がヘルスケア領域で、眼科研究や医療予測などさまざまな用途でヘルスケア研究をより透明化する方法として、また、将来的に利益をもたらす可能性のあるヘルスケア環境でのAIによるデータ解析や臨床判断システムに対する恐怖を克服する方法として、オープンサイエンス、オープンデータ、オープンソースがピンポイントで取り上げられています（Krasら、2020； Calsterら、2019； Paton & Kobayashi、2019）。

例えば、マイクロソフトが出資して2015年に発足した非営利のOpenAI（OpenAI, n.d.）、機械学習モデルにおける偏りの検出と除去を目的としたIBMのAI Fairness 360 toolkit（IBM Research Trusted AI, n.d. ）、世界各地で18,000以上の組織が利用するオープンソースのデータ科学および機械学習プラットフォームH2O（H2O.ai, n.d. ）などがあります。これらは、AI分野におけるいくつかの大きなオープンソースベンチャーの例に過ぎず、他にも多くのオープンソースが日々作成・公開されています。

AIを実用化するためには、いくつかの重要なコンポーネントが必要です。例えば、初期データセット（プロジェクトの目的によってはトレーニングデータ）、アプリケーションを構築するフレームワークやライブラリ（Pythonライブラリや、人気のPythonフレームワークScikit-Learn、GoogleのTensorflowなど）、テキスト分類や感情分析などのサービスを提供するAPI（Amazon Web ServicesやMicrosoft Azureなどの大手クラウドプロバイダーが提供することが多い）、顧客向けAIアプリケーション（SiriやAlexa、レコメンドエンジン）、大量のデータを処理できる基盤ハードウェア（CPUやGPUなど）などがあります。

#### AIにおけるソフトウェア

2020年5月に発表された最近のOECDワーキングペーパー(Baruffaldi et al., 2020)では、AI開発におけるOSSの問題についての研究が議論されている。このOECDペーパーでは、本研究の定量分析同様、データソースにGitHubデータ（つまりOSSリポジトリ）を用いて、調査対象領域であるAI関連ソフトウェアの技術動向を評価している。この論文では、AI関連プロジェクトの数は2010年以降増加しており、2014年以降、月あたりのコミット数は、プラットフォーム上の全オープンソースソフトウェアプロジェクトの全体の数の約3倍に増加していると結論づけています。

図8.7: AIソフトウェアへのコミット対全ソフトウェア（出典：Bruffaldi et al 2020)

グラフ

自動的に生成された説明

さらに、AIリポジトリで最もよく使われているプログラミング言語はPythonであり、これらのOSS開発プロジェクトで最もよく使われているテーマは、画像認識、深層学習、テキストマイニングであることが示されました。このデータから、オープンソースのAIプロジェクトがかなり成長し、関心を集めていることがわかります。OSSプロジェクトのさまざまな利点や特徴は、この研究の他の部分で議論されていますが、それらはAIに非常によく適用可能です。

前述の通り、AIシステムは通常、大規模なデータセットと大量のコードに基づくものです。そのため、一個人や一団体で所有し、管理することは困難です。オープンソースは、組織や個人がアルゴリズムを検証し、その効果を調査し、改善することを可能にし、アルゴリズムの正確さだけでなく、その公平性にも良い影響を与え、共同開発による透明性のメリットもあります。このようなシステムや意思決定過程のデータ、システム、結果の不透明性の問題から、多数の関係者がAI開発の透明性を高め、偏りを少なくするための努力と働きかけを行っています。ソフトウェアをオープン化することは、これらの機能を改善する方法の1つですが、透明性を確保するためには、AIシステムはしばしばオープンソースであるだけでなく、信頼できるデータセットで動作する必要があり、これには独自の規制、技術、プライバシーの課題があります（Mayernik、2017年）。

企業や政府によって、AI開発におけるオープンソースの役割を強調することに異なる重きを置いています。国によっては、2018年に設立され、工業情報化省傘下の中国電子標準化協会（CESI）を支援する中国AIオープンソースソフトウェア開発連盟のように、この分野をカバーする専門機関が見られることもある。同連盟は2018年にAIオープンソースソフトウェア（AOSS）に関する報告書を発表しており、その中でAOSS開発におけるアメリカの主導的地位を指摘しており、それによると世界のAOSSの66％のグループ／主要開発者の本拠地であるのに対し、中国は13％に過ぎない（China Artificial Intelligence Open Source Software Development League, 2018）。

また、AOSSの維持管理者について、企業、研究機関、財団の3つの主要なタイプを概説している。中国は、中国語のデータ処理など、現地で役立つ機能のAOSSを独自に研究・開発することに力を入れている

また、産業用アプリケーションにAIソリューションを導入することも可能です。現在、中国で注目されている興味深いコンセプトは、AIの産業化です。これは、ボトムアップで個人に焦点を当てたAIの開発から、再現可能で専門的な方法で「AI」を生産すること、つまり、例えば、個々の大学生が作ったツールからTensorFlowのような業界が運営するシステムへ移行することを示しています（Ding、2020年）。

#### AIにおけるハードウェア

AIモデルのテストは、柔軟性、カスタマイズの可能性、相互運用性、スピード、特定の目的、その他の機能などの要件を伴う深刻な計算能力を必要とする、資源集約的な作業となります。このような条件から、より高度な協力を可能にし、多様なビルディングブロックの適応と統合を容易にするOSHにとって興味深い領域となっています。AIインフラストラクチャには、ディープラーニングモデルのトレーニングなど、AIタスクに必要なパフォーマンスを実現・向上させる集積回路、コンピューターシステム、クラウドサービスなどが含まれます。

図 8.8: AI半導体市場（出典：マッキンゼー2018年版）

グラフ, 棒グラフ

自動的に生成された説明

2018年、McKinseyのレポートでは、AIアプリケーションは、市場の急成長とAIを実現するインフラに対する市場の需要の高まりにより、この分野で何十年も活動してきた半導体企業にとって最高のビジネスチャンスをもたらすと述べられています（McKinsey, 2019）。この報告書の提言によると、そうした企業は「特定の産業向けにカスタマイズされたエンドツーエンドのソリューションを実現することに焦点を当てた新しい価値創造戦略に取り組む必要がある」とされており、2025年までにAIを実現する半導体はこの分野の需要全体のほぼ20％を占め、売上高は670億ドルにも達し、イノベーションの価値という点ではAIスタックのほぼ半分を取り込む可能性があると予測されています。予測される成長には、AIに使用されるハードウェアのあらゆる分野が含まれます。コンピューティング（データセンターとエッジアプリケーションの両方）、メモリー（高帯域幅とオンチップメモリーの両方）、ストレージ、ネットワーキングなどです。OSHは、このような有望な予測にどのように関わっているのでしょうか？

上述したように、多くの企業や組織がAIソフトウェアをオープンにしている一方で、AIに使用するインフラ設計をオープンにしている企業もある。それらには、Facebook、Google、NVIDIAやその他多くの企業が含まれる（Lee & Wang, 2018; Lattner & Davis, 2019; NVIDIA, n.d.）。さらに、いくつかのプロジェクトは、次のようなAIアプリケーションのためのOSHに焦点を当てています。フランスのGreenWavesは、実行を目的とした超低消費電力のRISC-Vプロセッサをベースにしています。

電池で動作するIoTセンサー内のニューラルネットワーク、Antmicroのディープラーニング対応エッジハードウェア、またはArduinoはAIアプリケーションのためのボードを推進している（GreenWaves Technologies, n.d.; Antmicro, n.d.; Arduino, n.d.)。AIにおけるOSHの役割に関する包括的な研究はまだありませんが、OSHプロジェクトの用途や応用の多様性から、この分野での発展が今後見られるかもしれません。

#### ポリシー

技術の多くの分野と同様に、世界中の政策立案者は技術革新に追いつこうとしている。民間企業は新しいAIシステムに関して非常に高い開発率を提示しており、そのようなシステムの適切な実装を保証するために、いくつかの倫理・政策文書が作成されており、しばしばそのようなソリューションの特定の価値、信頼性、利益、または無害性に言及している。また、AIシステムの安全性と責任、そして政策立案者がそのようなシステムの安全な運用とユーザー保護の保証をどのように確保するかについても、大いに議論されている。

2019年9月からの世界のAI倫理ガイドラインの状況を調査したところ、当時、世界には84のそのようなガイドラインがあったという（Jobin et al, 2019）。その数はアメリカが最も多く、次いでEUで、そのほぼ9割が2016年以降に発行されたもので、民間企業や政府機関によるものが大きな割合を占めていました。調査されたほぼすべてのガイドラインをつなぐ最も一般的な原則は、透明性（害を最小限に抑え、AIを改善する方法として、また信頼と法的理由のために）である。

AI倫理ガイドラインを分析・分類しているもうひとつの資料として、ドイツの非営利団体AlgorithmWatchが運営する「AI Ethics Guidelines Global Inventory」があり、160以上のガイドラインで構成されている（AlgorithmWatch, n.d. ）。このうち、拘束力のあるものは8つで、大半は単なる勧告の域を出ていない。多くの国の政策立案者が、倫理、イノベーション、産業への取り込み、研究などの領域について、独自のAI戦略を策定している最中である。欧州レベルでは、さまざまな機関やレベルでAIに関連する政策立案活動が大幅に増加している。ここでは、欧州の重要な政策を見て、オープンソースに対する彼らのアプローチを示します。

そうした取り組みの一つが、2018年に欧州委員会（European Commission, 2020）によって招集された「人工知能に関するハイレベル専門家グループ（HLEG）」である。HLEGはまず「倫理ガイドライン」を、次に「政策・投資勧告」を発表したが、これらはいずれも「人工知能に関する欧州戦略」の実施を支援するというHLEGの一般的な目的を達成することを目的としている（High-Level Expert Group on Artificial Intelligence, 2018）。

HLEGは、そのガイドラインの中で、AIを信頼できるものにするための7つの重要な要件を挙げているが、その中に透明性が挙げられている（そのような要件を達成する方法としてオープンソースを挙げているわけではない）。さらに、アカウンタビリティの要件では、AIシステムの望ましい監査可能性について、「必ずしもAIシステムに関連するビジネスモデルや知的財産に関する情報が常にオープンにされなければならないことを意味するものではない」と述べている。

HLEGのガイドラインではオープンソースについて言及されていませんが、2019年6月の「政策・投資勧告」では、この問題に焦点が当てられています。この勧告では、EUにおけるデジタル自立を促進するために、オープンソースのAIソフトウェアライブラリの開発を支援する必要性が述べられており、AI Digital Innovation Hubネットワークなどのイニシアチブが付随しています（High-Level Expert Group on Artificial Intelligence, 2019）。研究者や企業に最新のOSSとサポートを提供することは、AI分野における欧州の強力なコンピタンスの構築に貢献し、コネクテッドデバイスやモノのインターネットに向けたハードウェアやコンピューティングインフラの商業開発への支援メカニズムを確保することにもなり得るでしょう。 さらに、HLEGは、「AIサイバーセキュリティ政策

は、ユーザー中心であり、システム的であり、オープンで多元的なプロセスに固定されるべきである」とし、オープンソースはその実現者であるとしています。

論文によると、公共部門は、e-政府に関するタリン宣言のような文書の援助、企業、市民社会、研究機関が利用できるAIソリューションを開発・訓練するための欧州注釈付き信頼できる公的非個人データベースの作成、この分野の全欧州イニシアチブへの投資増加、適切なガバナンスと規制枠組みの確立により、倫理的AIの進歩の実現者として大きな役割を果たすことができると述べている。

近年、欧州レベルで最も重要かつ待望されていた政策アクションが、2020年2月に発表された欧州委員会の「人工知能白書-卓越と信頼のための欧州アプローチ」（欧州委員会、2020）である。タイトルが示すように、AI白書では、欧州におけるAI開発の2つの側面が示されている。信頼」と「卓越性」である。この白書では、異なる規制の対象となる高リスクと非高リスクのAIアプリケーションといった概念を導入し、EU単一市場の潜在力を最大限に活用するために、EU加盟国全体で統一された規制と投資アプローチの必要性を提起しています。オープンソースの活用については明確に言及していませんが、既存のEU法の適用範囲の制限、すなわち、スタンドアロンソフトウェア（最終製品の一部ではなく、特定のセクタールールの対象でもない）がEU製品安全法に該当するかどうかという未解決の問題、現行の枠組みは製品に適用され、サービスには適用されないという点を指摘しています。

白書が示すように、AIの研究と展開における欧州の卓越性は、2018年のAIに関する調整計画の更新、AIエクセレンスとテストセンターの設立の促進、AI、データ、ロボット工学における新たな官民パートナーシップの設立、AIスキルを身につけるための労働者の教育とスキルアップへの投資、公共部門によるAI採用の促進を含む一連の主要アクションを通じて実現される予定だ。これらのアクションはすべて、OSSとOSHのエコシステムと企業に機会をもたらすことができます。

2020年2月の白書は、2020年2月から6月まで実施された「人工知能に関するパブリックコンサルテーション」によって補完され（欧州委員会、2019）、非常に高い関心を集めた：欧州委員会は、1200以上の個別の回答や書面によるインプットを受け取っている。回答者の大多数は、加盟国との協力、スキルアップ、中小企業への注力、民間企業とのパートナーシップ、公共部門でのAI導入の促進といった取り組みを含む、欧州委員会が「卓越した生態系」パッケージで計画した行動のほとんどに同意している。回答者の約42％がAIに関する新たな規制の枠組みを要望し、現行の法律で十分と考えているのはわずか3％で、全提出者の80％以上が、明確な責任と安全のルール、AIシステムの性質と目的の通知、人間の監視、データセットの品質確保など、論文で示された必須要件に同意しています。回答者の約60％は、AIシステムをカバーするために既存の製造物責任指令を調整するための改訂に同意を示した。これは現在、特に欧州委員会の責任と新技術に関する専門家グループが検討しており、2020年2月に発表された「人工知能、モノのインターネット、ロボティックスの安全性と責任の意味に関する報告」で明示されたものである。

本報告書は、明確で予測可能な法的枠組みの必要性に取り組み、EUにおける現在の断片的な法的状況によってもたらされるいくつかの課題を提示している。製品を市場に出す前にリスク評価が行われるが、製品のライフタイムを通じて重要な変化を考慮した新たなリスク評価が行われ、より人間による監視を可能にし、その自律的な行動の安全性を確保することができるだろう。そして、オープンソースソフトウェアは、アルゴリズムとそれに付随するプロセスの透明性を高めるのに有効な要素の1つです。

AIシステムは、その自律性と不透明性から独自の課題を抱えているため、製造物責任指令の改正により、その範囲が明確になり、ユーザーと生産者の双方にとって明確な枠組みが提供される可能性があります。特に、自律走行車のような公共空間に存在するAIを用いた機器や、交通管理システムのような広く一般に利用されるサービスでは、そのリスクは高くなります。EUでは、この問題に関して、AIシステムの作成者の手にかかる責任の制限を明確に定めるとともに、AIシステムによって損害を受けたり不当に扱われたりした人に対する補償スキームの可能性を示すような調和的枠組みはまだ存在しない。

AIに関する質問のテーマを持ち込んでいる欧州機関は、欧州委員会だけではありません。欧州議会は、AIの使用、開発、導入に関するファイルを多数保有しており、そのほとんどが2019年9月の本会議で議論されているほか、より広い範囲を対象とした包括的な政策イニシアチブ（デジタルサービス法など）にも、人工知能とのタッチポイントがいくつか存在する。

COVID-19のパンデミック以前は、ヨーロッパ全体でAIは非常に高い政治的課題となっていましたが、しかし、COVID-19の健康状況が、政治的焦点が確実に変化したため、ヨーロッパレベルでのAI規制のスピードと将来性に影響を与えた可能性はあります。AI開発におけるオープンソースの利用は、ソフトウェアとハードウェアの両方のレイヤーで高く、オープンでのAI開発の可能性は数多くありますが、透明性と偏りのなさを特徴とするAIランドスケープにおいて、オープンソースを重要な要素として指摘する政策的イニシアチブは多くありません。しかし、そのようなイニシアチブの多くは拘束力を持たず、まだ開発の初期段階であり、専門家や一般市民との協議の段階であることは注目に値します。したがって、政策立案者がこの領域で、偏見と透明性に関してオープンソースにどのような正確な役割を期待しているかを述べることは困難なようです。

AIにおけるオープンソース、バイアス、透明性というトピックは、政策立案のレンズを通して、より詳細に調査する価値があります。うまく使えば、AIはユーザー主導のイノベーションを可能にします。これは、あらゆる種類の、多くの領域における技術革新を含むだけでなく、人工知能に関連する問題や課題を克服する上でも役立つ可能性があります。

*公共サービスにおけるAI - ポーランドの事例*

AIシステムは数多くのアプリケーションに使用することができ、その多くは公共部門にその場所を見出すことができます。多くのEU加盟国や欧州レベルでそうであるように、公共サービスにおける人工知能の利用をめぐる法的不確実性は、多くの問題を引き起こしています。例えば、ポーランドでは、脱税の疑いのある企業の口座封鎖、交通違反に対する罰金の自動化、失業者のプロファイリングと手当の配布、学校の場所の割り当て、特定のケースへの裁判官の割り当て（Random Case Allocation System）などにAIベースのソリューションが使用されており、多くの懸念と声が上がっている。このアプリケーションはePaństwo財団の注意を引きました。この割り当てシステムにはいくつかのバグと不正があり、その結果、人的資源が事件に不当に割り当てられていることが明らかになったからです。

財団は、トルンの裁判所を管理する監査人と同様に、システムのアルゴリズムとソースコードにアクセスしようとした（Izdebski, 2020; Sąd Apelacyjny w Gdańsku, 2018）。いずれの場合も、（システムの責任者である）法務省からソースコードやその結果へのアクセスは認められなかった。同省はその決定において、ソースコードは特定のプログラミング言語の文章であるため著作権の対象となり、したがってそのような技術情報は情報公開の権利に該当しないと説明し、一貫してソースコードの公開を拒否してきた。さらに、同省は、このアルゴリズム・システムの結果を含む報告書についても、このデータが技術情報と認定され、当局による開示の対象とはならないとして、公開に同意しなかった（Škop

ら、2019 年）。これは、特にその公共分野での応用において、AIシステムとその構成要素に関連する法的確実性の欠如に関連する問題を明確に指摘している。例えば、フランスでは、公的資金によるソースコードは公共情報とみなされ、市民がアクセスを要求できるため、同様の事例が出現した場合、ソースコードが公開される可能性は高い。うまく使えば非常に有益なAIイノベーションを、より信頼できる、公平な場で提供するために、これらの問題はEUおよび加盟国レベルで検討されるべきです。

## オープンソースハードウェアのポリシー

OSH政策の問題に取り組んだ資料は限られており（経済効果分析の研究と同様）、OSHがOSSよりも公的な言説に浸透していないことが分かる。この問題についての研究とこの分野の動向の監視がもっと必要である。

専門家と実務家の関与は、OSHに特化した政策の欠如が認識される中で、そのギャップを埋めるために極めて重要であろう。第一に、調達と配備の領域で既存の OSS 政策を適用することの実行可能性である。これは、ハードウェアに特化したライフサイクルコスト（LCC）要件などの二次政策の効果も想定しておく必要がある。第二に、知的財産権、標準化政策、オープンスタンダードの実装ルール、さらにはファブラボやメイカースペースを含むインフラへの潜在的な直接的支援など、OSHに直接的または間接的に影響を与える分野における追加政策の開発を検討することが極めて重要である。

この問題の専門家の一人であるJavier Serranoは、「なぜ（そしてどのように）公的機関はハードウェア設計の多くをオープンソースハードウェアとして公開すべきか」（Serrano & Serrano, 2020）という草稿を発表しています。この論文では、デジタル・インフラストラクチャの設計を共通化・共有することで得られる可能性のあるメリットや、そのようなインフラストラクチャのセットアップの反復性について指摘しており、OSHに関する政策やグッドプラクティスが開発されれば、そのようなことは回避できるだろうとしています。

この論文は、特に公共部門の研究開発に焦点を当てた機関の間で、OSHの議論のプロファイルを上げるためのいくつかの方法を提案している。この財団は、技術的、法的、組織的なガイダンスを提供されるプロジェクトのためのハブの役割を担うことができます。初期段階のプロジェクトが構築できるようなガバナンスのガイドラインやテンプレート、様々な利害関係者や機関の協力、未解決問題の研究への資金提供、OSHの推進、この開発モデルの利点について政策立案者を教育することなどが必要である。この文書の主な目的は、このテーマに関する議論のきっかけを作り、将来の政策立案のためのアイデアを共有することであるため、著者はフィードバックと貢献を呼びかけて論文を締めくくっている。

現在開催されているOSH専門家グループでの議論に基づき、このランドスケープで現在検討されているコンセプトのいくつかを紹介します：AIインフラとOSHのリンク、公共政策や研究開発活動でのその可能性、異なるタイプのOSHとそれらを公共政策の領域に置くことの可能性、OSS財団とガバナンスモデルから学ぶ教訓、OSHのためのOSSから学ぶ教訓、公共セクターでのOSHに関する有望分野、議論を促進すべき関係者のタイプ、その他多数です。

# 9.政策提言

社会のあらゆる領域でデジタル化を成功させる必要性が、かつてないほど明確になっています。2021年3月、欧州委員会は「2030デジタルコンパス」の中で、欧州社会のデジタル化の目標を達成すると定義している19。

1. デジタル技術に精通した人口と高度なデジタル技術を持つ専門家
2. 安全で充実したデジタルインフラ
3. ビジネスのデジタルトランスフォーメーション
4. 公共部門デジタル化

OSS と OSH を活用すれば、これらの目標を達成するために重要な貢献をすることができる。欧州社会のデジタル化の必要性はかつてないほど明確であり、様々な課題の文脈で行われた様々な分析か ら、これを達成するための一連の政策提言を導き出すことができる。具体的な政策提言の詳細に入る前に、なぜ OSS と OSH に関連する政府の介入が正当化されるのか、その論拠を示さなければなら ない。

市場の失敗の理論的根拠に従い、我々の実証結果は、OSSが公共財（Eghbal 2016）または共通財（Tirole and Rendall 2017）の性質を持ち、EUのGDPに0.4％～0.6％の貢献という大きな正の経済外部性を生成することを示す。さらに、GitHubへの貢献のいくつかの停滞が観察され、それは最近Dornerら（2020）によって確認されているが、Nagleら（2020）が行った調査やケーススタディの文脈でいくつかのインタビュイーによって表明されているので、OSHの唯一の新興活動だけではなく、OSSコードの開発を公的に支援する圧力もさらに大きくなってきている。

欧州におけるOSSとOSHの支援に必要な政策手段を特定するための概念的出発点は、Hekkertら（2007）が特定したイノベーションシステムの機能である。このフレームワークは、EUの研究「ソフトウェア＆サービスが競争力とイノベーションに与える経済・社会的影響」（SMART 2015/0015）やその前身（SMART 2009/041）において、欧州のソフトウェア分野の政策手段を導き出すためにも利用されており、経済や行政のあらゆる分野でOSSを支援するための提言がすでに含まれている。最終的には、2020年12月に実施されたオンラインワークショップの文脈で、公共部門の実務家と提言について議論し、その後、-必要に応じて-適合させました。

欧州委員会に提出された政策提言は、それぞれの提言が貢献しようとする主な目標に対応する3つの次元に沿って構成されています。

19 https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/digital-compass

表 9.1: 政策提言の構成

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| デジタルに自律した公共部門 | 欧州の成長を可能にするオープンな研究開発 | デジタル化され、国際的な競争力を持つ産業 |
| * 制度的能力の構築 * レジティマシーの創造 * ストラテジック・インテリジェンス | * ナレッジ・クリエーション * 知識の普及とネットワーキング * 起業家活動 * 人財育成 | * 金融資本整備 * 規制環境 * マーケットクリエーション * オープンソースハードウェア * AI、HPC、ソフトウェア定義インフラ * サステナビリティ |

これらの目標は、欧州デジタル戦略、デジタル・ヨーロッパ・プログラム、フォン・デル・ライエン議長の次期欧州委員会のための政治的指針、ベルリン宣言など、欧州委員会が定めた主要な戦略と直接結びついている。また、これらの政策提言は、人工知能に対する欧州のアプローチ、欧州の新産業戦略、欧州データ戦略、EU中小企業戦略、EUの2020年サイバーセキュリティ戦略、高性能コンピューティングに対する欧州委員会のアプローチなど、特定のデジタル戦略を考慮に入れ、これらに貢献することを目的としている。

## デジタルに自律した公共 セクター

#### 制度的能力の構築

今日、オープンソースに関連するヨーロッパの集約的な制度的能力の規模は、経済分析で示されたオープンソースによって生み出される価値の規模に比べて不釣り合いなほど小さくなっています。この研究で得られた知見の規模、すなわちEUにおける年間GDPの0.4%から0.6%までのオープンソース政策を実現するためには、それを実現するための制度的能力の構築を検討することが前提条件となります。この制度的能力の向上は、欧州委員会、欧州企業だけでなく、EU全域のオープンソース戦略を持つ公共部門組織、公的研究機関、大学にも同様に関連するものである。

民間企業は、少なくとも大手のIT企業を考慮すると、オープンソースの重要性が高まるにつれて、その制度的能力を高めてきました (Hecht 2020)。一般的に、民間企業をそっくり真似ることや、民間企業が行っていることを行うことはお勧めできませんが、ヨーロッパ全体では、膨大な革新的オープンソース運動から市民にとっての価値を確保するために、制度的能力を向上させる必要があります。

オランダの行政におけるオープンソースソフトウェアの採用に関する自治体での調査に基づく van Loon and Toshkov (2015) の洞察、特に境界を越える者と政治的コミットメントの重要性に支えられたデジタル政策への全体的なアプローチが必要である。欧州委員会は、OSSを支援するいくつかのプログラム、例えば、DIGITのISA²、EU FOSSA 2、オープンソースソフトウェア（OSS)プロジェクトなどにおいて、すでに積極的に活動しています。

Observatory (OSOR)、JoinUp、EUオープンソース戦略（欧州委員会2020）などがあります。しかし、これらの施策はすべて断片的で、EUとその加盟国のデジタル変革の旅を加速させ、欧州に多くの雇用とデジタルリーダーを生み出すための指針となる包括的な共通目的を欠いています。

さらに、デジタル単一市場の法律に起因する、OSSHベースのビジネスに対する意図しない結果もありました。より広い視野で見れば、欧州委員会のすべてのサービスが、意図しない結果を積極的に回避し、オープンソースの生態系を強化し、欧州のOSSHベースのビジネスがその中で成功できるよう行動することが必要である。デジタル政策に関する責任は断片的である。その結果、デジタル法は水平的な政策領域であり、今日のほとんど、あるいはすべての政策領域に影響を及ぼしているので、その調整を改善する可能性が残っている。

*欧州のOSPOネットワーク*

OSPO（Open Source Programme Office）は、オープンテクノロジーの消費、創造、応用を支援し、加速させるものです。多くのIT企業が、社内のオープンソース管理のベストプラクティスとしてOSPO（Hecht 2020）を採用し、半公式なネットワークを通じて時間をかけてベストプラクティスを共有しています。OSPOが他社のOSPOとネットワークを構築する段階に達したことは、明らかに成熟の証であると言えるでしょう。

OSPO は、オープンソースの世界的な組織基盤における基本的なビルディングブロックおよびネットワーキングインターフェイスとして台頭してきています。そのため、ヨーロッパのオープンソースの能力開発、ひいてはオープンソースへのさらなる貢献、ひいてはEUのGDPを促進するための中心的存在として考慮されるべきです。民間企業だけでなく、公共機関やアカデミアにおいても、より多くのOSPOが形成される兆しは明らかだが、まだ始まったばかりである。

欧州委員会は、欧州委員会内部の制度的能力を高めるために、政府機関に率先してOSPOを設立している。しかし、欧州委員会の制度的能力の向上は、加盟国全体の欧州機関の制度的能力の向上と同時に行われるべきものである。

OSPOのネットワークを通じて、ヨーロッパのオープンソースの制度的能力を高めるために、5つのステップを踏むことを検討することが推奨されます。

* EC OSPOに外部ネットワーク要素を持たせる
* EC OSPOを欧州委員会内のオープンテクノロジーに関する法制上の調整役とする。
* 産官学に存在する欧州のOSPOを特定し、マッピングする。
* 資金提供プログラムによる20のOSPOの奨励と構築
* EU OSPOネットワークの構築と資金提供。

*EC OSPOに外部ネットワーク要素を持たせる*

EC OSPOを、産業界、研究機関、大学、そして国境を越えた様々なOSPO対応機関に対する欧州委員会の外部連携インターフェースとして積極的に活用することが推奨される。このように、OSPOは「オープンソース」の相互運用性を高めることを目的とした、一種の「標準化」努力の制度化と見なすことができる。

ベストプラクティス、ソースコード、その他のデジタルアータファクトを公共機関や民間企業間で共有し、再利用することを促進する多様な組織です。

欧州委員会が欧州市民のためにオープンソースのエコシステムの膨大な価値を確保するためには、このような内部と外部の作業の全体的なビジョンが必要な出発点です。

*EC OSPOを欧州委員会内のオープンテクノロジーに関する法制上の調整役とする。*

EC OSPO をオープンソースのコンピテンスセンターおよびオープンテクノロジーの立法コーディネータとして活用することが推奨されます。オープンソースとオープンテクノロジーは、過去にEUの政策が意図しない結果をもたらすことが明らかになっているため、OSPOは内閣、総局、政策立案部門のためのコンサルティング機関となるであろう。

ここで想定されている EC OSPO は、産業界、学界、市民社会、公共部門のオープンソースコミュニティにおけるネットワークコンポーネントとして機能するため、政策決定を行う際に、コミュニティで得られる豊富で十分に文書化された知識を表面化するのに最適な位置づけとなる。さらに、そのネットワークにより、EC OSPO は、公開協議が意図されたターゲットグループに確実に届くよう利用することができます。

*産官学に存在する欧州のOSPOを特定し、マッピングする。*

EC OSPOに、産業界、公共部門、学界における既存の欧州OSPOを特定・マッピングする任務を与え、将来の欧州OSPOネットワークに向けた情報交換とベストプラクティスの共有を目指すことが提言される。また、このような活動は、どのような支援活動が必要かを継続的に特定し、ライセンス取得の支援、デジタル化の支援、トレーニングセッションなどのサービスを提供することも可能である。このモデルは韓国で成功裏に適用され、政府は技術部門におけるソフトウェアの専門性を高めるために、インセンティブとサポートを提供するという重要な役割を果たしました。

*資金提供プログラムによる20のOSPOの奨励と構築*

IT企業だけでなく、さまざまな産業分野でのOSPOの導入を促進するために、欧州委員会と加盟国が有する潜在的な手段をさらに調査することが推奨される。2030年までにFTSEurofirst300の各企業がOSPOを導入する」といった目標も検討する価値があるのではないだろうか。

公共部門については、Horizon Europe や Digital Europe などの資金調達プログラムを活用して、欧州政府機関内に少なくとも 10 の OSPO を設立し、政府のベストプラクティスの開発プロセスを加速させることが推奨される。これは、例えばEUの都市や地域が、OSPOを設立するための資金と追加支援を申請するコンペを通じて行うことができる。また、ネットワーク化されたコンポーネントを要求することで、EU政府OSPOのネットワークの成熟度をリードフロッグすることができます。

学術機関については、公的研究機関や大学特有のニーズや要求を考慮しつつ、公的セクターと同様のアプローチをとることが推奨される。

公共部門とアカデミアの両方において、OSPOを構築する際の要件を慎重に検討し、一方で異なる組織の多様なオープンソース目標を満たすのに十分な柔軟性を持ち、他方で組織の相互運用性を高めるために十分に「標準化」されたネットワークコンポーネントを維持することが推奨されます。

*EU OSPOネットワークの構築と資金提供*

最後に、EC OSPO、産官学の特定 OSPO、および EU の資金提供プログラムの支援を受けて形成された公共部門と学界の OSPO をネットワークするためのプログラムを作成することが推奨される。異なるセクターのための特定のサブグループを検討することもできますが、このネットワークは、オープンソース政策を大規模に実現するための制度的バックボーンインフラとして使用することができます。これは、中国、日本、韓国の所管省庁が集まり、行動を調整するための北東アジア OSS 推進フォーラムで成功裏に実施されています。このようなネットワークは、より野心的な行動へのインセンティブを提供するために、ベンチマークの取り組みも採用することができます。

最後に、多様な機関間の意味論的相互運用性の観点から、OSPOという用語の主流化を支持することを推奨する。同じ言葉を話し、同じような組織構造を持ち、同じような能力と権限を持つ OSPO のネットワークがあれば、EC OSPO と他の政府機関、研究機関、大学、オープンソース財団、民間 OSPO が欧州内外の国境を越えて構造的に協力することが可能になるはずです。

*EC OSPOが実現する欧州のオープンソース文化*

世界各地の政策分析によると、政策の実施を成功させ、政策立案を成功させるためには、トップレベルの政治的意思決定者と行政の双方に意識と賛同を得ることが重要な要件であることが分かっている。OSPOを利用して、オープンへの文化的転換を図り、作業方法についてもオープンイノベーションの原則を活用することが推奨される。これを実現するために成功した戦略として、オープンソースの専門知識を持つ人材を重要なポジションに任命することが挙げられます。同時に、そのような人物を行政の中で長期的に従事させるためのインセンティブを設ける必要がある。

#### レジティマシーの創造

正統性は、OSHのような新興の技術システムの躍進にとって基本的なものであるが、OSSのような既存の技術のさらなる発展にとっても基本的なものである。その正当性を高める一つの機会は、デジタルオートノミーと技術的主権の達成について最近始まった議論において、オープンソースの役割を詳しく説明することです。それと並行して、オープンソースを情報・知識駆動型社会の技術基盤の大部分と見なし、経済成長に貢献する-我々の経済分析に示されるように-長い伝統があります。

*オープンソースによるデジタルオートノミーと技術主権の推進*

一般的には技術主権20 を、特に欧州ではデジタル主権や自律性を求める声が、コロナウイルスの大流行以前から大きくな ってきている。経済の相互依存やグローバルなバリューチェーンのさらなる統合に関するここ数十年の楽観論は、最近の地政学的な不確実性の高まりや世界的な貿易摩擦の脅威によって否定されるようになった。EUだけでなく、その加盟国でも、これらの課題によって、国家やEUが重要な技術に関してどれだけ自立しなければならないか、またできるのかという議論が始まっている。技術やデジタルの主権を求める声と、何十年も前から技術やデジタルの主権を求める声との間に緊張関係があることは明らかです。

20 例えば、Edlerら（2020）は、"技術主権とは、国家または国家連合が、その福祉、競争力、行動力にとって重要と考える技術を提供し、一方的な構造依存なしにこれらを開発したり他の経済領域から調達したりできる能力 "と定義しています。

一方では、グローバルな専門化と分業が自由貿易と結びついて、すべての人の福祉を向上させると強調する経済モデル、あるいは何世紀にもわたって支配的な経済モデルもあります。したがって、経済圏としてのEUは、技術主権の問題を慎重かつ差別化された方法で検討する必要があります。

Edlerら（2020）は、技術主権を確保するために、異なる戦略的アプローチを提案している。まず、研究・イノベーション政策の古典的な手段を用いて、技術に特化した知識を生み出すことがまず必要である。これは、短期的には、いくつかの脆弱性によって危険にさらされているEU域外から専門家を雇用することによって確保することができる。したがって、この需要は、長期的には、EU域内の大学で実際に対応する内容を教えることによってのみ満たされるのです。この供給側の対策に加えて、公共調達は、欧州のデジタル主権を支える欧州のエコシステムによって、関連技術と対応する製品の生産能力が創出または確保されるよう、戦略的インセンティブを提供することができる（FOSS4SMES 2019）。技術主権に関連する技術の潜在的なポートフォリオは非常に大きいので、欧州だけでなく国際的な文脈で、特定の分業が必要である。長期的な研究協力を通じて、二国間、とりわけ多国間の研究は、重要であると特定された技術に関連する補完的な能力を持つパートナーと共に行われ、これらの技術への共同アクセスを確保し、一方的な依存を避けることができる。最後に、多くの国際企業だけでなく、OSSやOSHによってサポートされているオープンスタンダードの開発は、研究を超えたコラボレーションの特定の形態であり、技術およびデジタル主権を保証するために関連する技術へのアクセスを保証することができます（FOSS4SMEs 2018）。

最も重要なことは、OSS と OSH は、一般に公開されているため、アクセスを制限することが困難であり、技術 の管理を可能にすることである。さらに、ステークホルダー調査の結果で強調されたように、特定のプロプライエタリな技術やソフトウェアのベンダーへの依存を減らすことができる。オープンソースライセンスの下でライセンスされたソフトウェアは、すべての関係者が利用できる状態を維持しなければならないため、国際的な貿易摩擦に強いことが示されています。したがって、オープンソースソフトウェアは、貿易摩擦に対する防御的なツールと見なすことができます。最後に、標準規格だけでなく、OSSやOSHを公共調達と組み合わせれば、関連技術のより多くの供給者にアクセスすることができ、長期的な競争も保証されます。しかし、技術およびデジタル主権に関する現在の議論は、例えば、域内市場担当委員である Thierry Breton 氏のように、コンピュータパワー、データの管理、安全な接続性を不可分の3本柱として強調している。

したがって、技術的、特にデジタル主権と自律性を達成するための戦略についての議論に、OSS と OSH を統合することが推奨され、それは EU 内での正統性をさらに高めることにも貢献することになる。デジタル主権を促進するための具体的なオプションとして、欧州委員会が所有する Open Source Observatory (OSOR) を、GitHub や GitLab など主に米国がホストするリポジトリに加えて、欧州の OSS や OSH リポジトリにさらに精緻化することが考えられる。特に、FOSS4SMEs (2019)の勧告は、ヨーロッパのスタートアップや中小企業が、彼らのニーズに合った利用可能なOSSソリューションを容易に利用でき、最終的には彼らの商業的成功につながるように、ヨーロッパ機関はOSSソリューションのディレクトリのサポートを検討すべきであると支持されています。

*オープンソースソフトウェアを公共インフラとして考える*

Eghbal（2016）は、OSSが各国のデジタルインフラに属すると主張し、我々の計量分析では、OSSへの貢献がEUのGDPに大きな影響を与えることが明らかになっているが、既存の政策枠組みにはまだ反映されていない。

SDO はすでに欧州の研究および政策の枠組みに十分に統合されているが、OSS コミュニティについては、そのような統合はまだ始まったばかりである。したがって、以下のことを推奨する。

OSSとそのコミュニティを欧州の研究・イノベーション政策に統合するだけでなく、欧州標準化に関する規則（EU）No 1025/2012と同様の規則を通じて、欧州グリーンディールや欧州産業戦略など、より一般的な政策の枠組みに統合すること。

OSS財団の公的支援は、ヨーロッパのSDOに提供される支援に匹敵するレベルまで引き上げられるべきである。特に、慈善事業に取り組み、関連するWTO規制と水平協力協定に関するヨーロッパのガイドラインの両方を遵守している場合はなおさらである。

今日、OSSは情報・知識駆動型社会の技術基盤の大部分を動かしている。OSSは、高速道路や橋梁と同様の重要性を持つ情報化時代のインフラと考えるべきである（Eghbal 2016も参照）。EUの政策目標（例えば、欧州グリーンディールや欧州産業戦略）を支援するOSSインフラへの中長期的な公共投資のメリットを調査することは価値があると思われる。EU が OSS に直接貢献するための政策オプションについて、さらに評価することが推奨される。そのためには、規制の枠組みを変更したり、欧州の OSS 開発組織を設立することが必要かもしれない。

OSS による公益への貢献に対する公共的関心が認められれば、欧州の OSS 開発統括組織の設立が正当化 される可能性がある。自己同定に基づく上流・下流モデルのピアプロダクションプロセスを崩壊させないよう、慎重な配慮が必要である。これは、EU による現在の研究資金援助と同様に、競争的な期限付き助成金を選択的に授与することで回避できる。政府および規制当局の代表者は、歓迎される貢献者として迎えられるだけでなく、他の貢献者と同じようにコミュニティで自分の価値を獲得しなければならないことを期待する必要があります。OSS 開発の促進を目的とした政策手段を開発する場合、セクター固有の経験が一般に適用できるわけでは ない場合がある。特に、高度に集中し、規制され、政治的な影響を受ける移動通信セクターは、一般的な公共 OSS 政策の開発にとって有用な基準とはならないかもしれない。クラウドネイティブコンピューティング、自動車プラットフォーム、プログラミング言語など、標準 化と実装を伴う革新性の高い複数の技術分野からの経験を考慮することが必要である。一般に開放性と透明性を求める傾向、特に WTO の要求を反映した実践を展開する必要がある。

*オープンソースのエコシステムの健全性を確保する*

法的確実性を確保し、取引コストを最小限に抑え、健全な生態系を維持するためには、明確で受け入れられやすい定義が重要である。OSSの定義に疑義が生じると、これらの固有の利益が脅かされることになる。OSSは、Open Source Initiative (OSI) のOpen Source Definition (OSD) の10項目で定義されています。フリーソフトウェアは、フリーソフトウェア財団(FSFE)のフリーソフトウェア定義によって定義され、4つの自由が損なわれています。立法する際、調査対象国の大半は、オープンソース定義を直接参照するか、その文章をそのまま法律にコピーしています。

オープンソースソフトウェアはOpen Source InitiativeのOpen Source Definitionで、フリーソフトウェアはFree Software FoundationのFree Software Definitionでそれぞれ定義されていることを明確にすることが推奨される。

#### ストラテジック・インテリジェンス

戦略的インテリジェンスは、OSHのような新興の技術システムにおいても、OSSのような既存の技術システムにおいても、いくつかの目的を果たすために重要な機能を果たしている。まず、新しく有望な技術的機会や応用分野の探索を支援し、産業界と政策の双方が、より適切でタイムリーな戦略的意思決定プロセス、ひいては資源配分を行えるようサポートします。第二に、潜在的な技術的選択肢のモニタリングは、以下のことを可能にする情報を生み出す。

新しい技術やビジネスの機会を特定すること。最後に、恒久的なモニタリングは、政策立案者の行動領域を決定し、既存の施策を見直す機会を提供します。

*欧州のデジタル指標にオープンソースを統合*

既存の文献のレビューと、OSS関連の活動に関するデータを収集するための私たち自身の努力の課題だけでなく、OSHの領域での唯一の新興の動きは、データの大きなギャップを明らかにしました。しかし、OECD/Eurostatが発表したイノベーションに関するデータの収集、報告、利用のための新しいガイドライン（2019年）には、初めてオープンソースが知識源として含まれています。最近のドイツ版コミュニティ・イノベーション調査の結果は、情報通信分野だけでなく、あらゆる産業や規模クラスの多くの企業にとって、知識源としての関連した役割を確認するものである。

したがって、短期的には OSS に、少なくとも中期的には OSH に焦点を当て、コミュニティ・イノベーション調査 のイノベーション関連の質問をさらに拡大することが推奨される。この調査から得られる知見は、オープンソースへの貢献、ひいては EU の経済成長を促進するために、最も関連性が高く、有望な質問に対するさらなる洞察を提供することができます。EU の最初の結果が出たことで、他の OECD 加盟国でも同様のデータ収集の取り組みが進み、国際比較やベンチマーキングが可能になるかもしれません。これらの洞察は、EU が OSS と OSH 関連政策の中で遅れている分野を調整し、改善するのに役立つことでしょう。

OSS と OSH に関するデータギャップは、「地域イノベーション調査」で対応可能であるが、それ以外の OSS と OSH に関するデータは今のところない。企業の税務申告に基づき、OSSやOSHに関する取り組みを測定する可能性を調査することも一つの選択肢であろう。しかし、加盟国によってアプローチが異なること、また、このオプションが利用可能であっても利用が限定的であることから（Ghosh 2006）、OSS や OSH に積極的に貢献している企業を対象に定期的に調査を行うことが推奨される。ソフトウェア企業については、企業数、付加価値、雇用など、必要な数値はすでに古典的な統計デー タに存在するが、具体的な OSS や OSH に関する活動、OSS や OSH コードの使用について詳細な分析 が必要である。加盟国間の比較を可能にし、変化や新しい傾向を検出するために、これらの調査を EU レベルで定期的に行うことが、特に Eurostat によって*推奨されている。*さらに、公共部門とそれ以外の部門のデジタル化において OSS が重要な役割を果たすことを認識し、定期的な DESI (Digital Economy and Society Index) に OSS の使用と能力に関するベンチマークを含めることが推奨される。

*戦略的インテリジェンスの構成要素によるOpen Source Observatoryの拡大*

OSSを基盤とする大企業には、このようなモニタリング活動を行うための資金や資源があるが、小規模、零細企業にはそのような機会はない。しかし、我々の分析が示すように、OSSとOSHの主要な貢献者はこのグループであり、このようなモニタリング活動の結果は公共財としての性格を持つため、公的な介入は正当化される。第一に、インセンティブの問題があり、このような情報が単独の民間主体によって作成され、自由に配布されることを妨げている。第二に、もし情報が作成されたなら、すべての利害関係者がそれを利用できるようにすることが効率的である。したがって、OSS と OSH に関する将来のトレンドと機会に関するこの情報を、加盟国の国レベ ルだけでなく、EU レベルで作成することが推奨される。

したがって、欧州委員会がすでに所有している既存のオープンソース観測所（OSOR）を拡張し、戦略的情報の要素を含むようにそのポートフォリオを開放することが推奨される。OSOR はすでに、関連する知識の交換だけでなく、アクセスにも役立っている。加盟国間の行政における OSS の利用に焦点を当てる。

は、民間企業関連、そしてヨーロッパ以外の需要にも拡大する必要があります。しかし、このプラットフォームは、Twitterアカウントのフォロワーがわずか1,000人程度であることから、その宣伝効果はまだ限定的である。したがって、最近設立された Open Source Programme Office (OSPO) に加えて、2020-2023 年の Open Source Software 戦略に概説されたすべての活動のファシリテーターとして、OSOR の認知度を公共機関だけでなく民間セクター、特に中小企業やスタートアップ、そして学者や OSS ファンなどの市民にも促進することがさらなるステップで推奨されています。

## 欧州の成長を可能にするオープンR&D

#### ナレッジ・クリエーション

学習と研究がイノベーションの前提である以上、知識基盤の創造と拡大は、新興技術や産業の中核をなすものである。したがって、知識基盤の創造には、OSSHのような研究開発による新しい基礎知識だけでなく、公的研究機関（PRO）や大学での普及も含まれる。また、公的研究機関（PRO）や大学だけでなく、特に民間企業や公的セクターの間で、知識の応用を通した学習プロセスを通じて普及することも含まれます。経済分析で示されるように、それは最終的に経済成長に貢献するのです。

ユーザ主導のイノベーションパラダイム(e.g. von Hippel 2005)に従い、ユーザによる学習とフィードバックの プロセスは、知識ベース全般、特に OSS と OSH においてますます重要性を増してきている。したがって、知識や OSS、OSH の創造とその普及の境界は、一般的にはオープンイノベーションのメカニズ ムを通じて、特に OSSH による新しい知識やコードの創造にユーザーが与える影響が強くなり、ますます流動的 になっていく。

*特定のオープンソースプロジェクトに対する公的な研究開発資金提供のレベルを向上させる。*

OSS が生み出す正の外部性は、我々の計量分析の結果だけでなく、Nagle ら（2020）が実施したステークホルダー調査や開発者調査によ って裏付けられており、従業員が OSS に貢献することで得られる知識やスキルの価値を明らかにしているため、 公的研究開発費は正当なものであると言える。OSSに対する既存の資金提供のレベルは（Ghosh 2006）、OSSとOSHのいずれにおいても限定的である。

したがって、それを拡大する必要がある。すでに、Yildrim and Ansal (2011)は、学術研究のアジェンダが、OSH に関連する Heikkinen ら (2020)の提案を補完して、OSS 開発に関する研究に高い優先度を与えるべきであると具体的に勧告している。これと並行して、政府も産業界も、OSS と OSH に関する研究プロジェクトを開発する学術界に資金を提供す るべきである。

OSS の経済価値向上への影響から、OSS と OSH に焦点を当てた研究開発プロジェクトへの公的資金を、ホライズンヨーロッパで年間 10 億ユーロ、デジタルヨーロッパプログラムでも、GDP に大きな影響を与えることが正当化され推奨されている。この文脈で、OSSとOSHに基づく組織への50％の資金提供比率は、モデル助成金契約の関連条項に反映される75％に増加させるべきである。このような資金提供の成功を示すために、2016年にArduinoが、EU資金による研究プロジェクトにおける主要なイノベーションとイノベーターを特定する欧州委員会のイニシアチブであるイノベーション・レーダーによって、1000以上の組織の中で1位になったと認められたことを強調しなければならない（Cuartielles et al.2018）。

研究開発への資金提供に加え、健康や安全など特定の課題に対する革新的なソリューションを生み出すOSSやOSHコミュニティ、学生や研究者を対象とした研究賞や賞の創設も推奨されます。

特に OSS は国境を越えた波及効果が大きいため、国レベルだけでなく EU レベルで研究開発資金を提供するこ とが強く主張されている。OSS に関する研究開発資金を欧州レベルに集中させ、既存の正の外部性を EU 全域でより大きく活用 することは、より効果的かつ効率的であろう。

しかし、OSS の公共財としての性格から、我々の分析によれば、EU 域外の地域も欧州の資金による OSS の恩恵を受けることになる。したがって、OSS のための EU R&D 資金を純粋に増やすだけでなく、例えば、欧州グリーンディールや 欧州産業戦略などの具体的な目標にリンクさせるという意味で、R&D 資金をターゲット化することが推奨され ている。

*中小企業、スタートアップ、個人開発者がICT関連のオープンソースファンディングにアクセスしやすくする。*

研究開発資金を OSS と OSH 関連プロジェクトに集中させることに加え、この資金のターゲットグループは、中小 企業、あるいは零細企業や新興企業、さらには個人開発者であることが明確である。我々の分析では、これらの企業が OSS への貢献の主な部分を担っており、従業員数の減少に伴い従業員一人当たりの貢献が増加し ていることが明らかになった。さらに、Wright et al. (2020)は、OSSのプールがICT関連のスタートアップ企業の創出を促進していることを示しており、これはステークホルダー調査の結果、特に若い小規模組織がOSSから利益を得ていることを明らかにして補完するものである。これら 2 つの見解を総合すると、既存の中小企業と OSS に貢献する積極的な個人開発者を支援し、それ自体が OSS に関連する研究開発への公的資金提供を通じて、さらなる新興企業の創出を促進するという好循環を利用することが推奨され る。OSHに関連して、この分野の専門家は、必要なリソースと生産能力を持つ大企業の重要性を強調しています。したがって、少なくとも中小企業より規模の大きい企業は、OSHの分野で公的資金を提供するプログラムによって差別されたり排除されたりしないようにすることが推奨される。

#### 知識の普及とネットワーキング

知識の創造とは対照的に、知識の普及とネットワーク化は文化的な要因に依存しており、一般的にはソフトな政策手段によってのみ影響を受けることができる。しかし、イノベーション、ひいては成長との関連性は広く認められています。OSSとOSHは、その開放性により、効果的かつ効率的な知識の拡散に必要なすべての要件を備えており、最終的にはコモンズとして特徴付けられる。その結果、我々の実証結果は、OSSがEUのGDPに大きく寄与していることを明らかにした。

*公的資金による研究開発プロジェクトが、その成果をオープンにしてアクセスできるようにするためのインセンティブを支援する。*

特定のOSSやOSHプロジェクトに対する公的資金提供の拡大と相補的に、すべての公的資金を受けた研究開発プロジェクトの参加者は、その成果をすべての利害関係者がアクセスできるようにする強い動機を持つべきであり、これは上記の知識の拡散を支援しているのである。この提案は、オープンソースコミュニティと科学者が、すべての公的資金による研究への無料パブリックアクセスを提供するEUを後押しした、2030年の未来像を提示するMoedas (2016)を踏襲しています。

公的資金による研究開発プロジェクトの研究成果をすべてオープンアクセスにすることの現実的な障 害を反映し、また産業界に起こりうるインセンティブの問題を考慮して、すべての研究成果のオープン アクセスを義務付けるのではなく、むしろそのための強いインセンティブを提供することが推奨される。従って、現行のモデルグラント契約を以下のパラグラフで拡張することが推奨される。

「研究成果がソフトウェアやハードウェアの設計である場合、受益者は、ソースコード（ソフトウェアの場合）や設計（ハードウェアの場合）を他の研究成果とともに、（ソフトウェアの場合）EUパブリックライセンスまたは（それぞれの場合）オープンソース定義に準拠するとオープンソースイニシアティブが認めた他のライセンスの下で一般公開することを検討すべきです".

さらに、一般にアクセス可能なEUベースのOSSおよびOSHリポジトリにコードをアップロードするための追加賞を提供することが推奨される（Heikkinenら2020による具体的な勧告を参照）。ここでは、欧州委員会が運営する既に存在するオープンソース観測所（OSOR）をリポジトリとして利用することが可能である。また、欧州委員会が資金提供する研究開発プロジェクトにおいて、既存のOSSやOSHプロジェクトに貢献するインセンティブを、新しいプロジェクトを作るのと同等に提供することも推奨される。プロプライエタリモードとは異なり、オープンソースは本質的に既存の仕事の上に構築することを好むので、すべての人のために成果を向上させることができる。最後に、プロジェクトを維持するという課題が常に存在する。すなわち、ソフトウェア遺産と同様に、プロジェクト完了後数年間はコードが利用可能でなければならない（Nagle et al.したがって、公的資金による研究開発プロジェクトで作成されたコードをアップロードするプラットフォームとして、OSORを推進することが推奨される。

*EUにおけるオープンソースプラットフォームとネットワークの構築の支援*

OSSだけでなく、OSHを開発・利用する上で、GitHubのようなプラットフォームやリポジトリの役割は極めて重要である。その商業的価値の下限を示すものとして、2018年のマイクロソフトによるGitHubの75億ドルでの買収を挙げることができる。EUによるデジタル自治または主権の獲得と確保という目的も、第三国にホストされるこうしたプラットフォームやリポジトリの独立性に依存している。世界中の政府は、プロジェクトの周辺にネットワークやコミュニティを作り、個々の当局やより広いエコシステムのために、規模、メンテナンス、開発においてそのようなコミュニティの利点を活用することに成功しています。その例として、スペインの gvSIG と Decidim、ドイツの Integreat、フランスの Blue Hats が挙げられます。したがって、プラットフォームやデポジトリーだけでなく、EUでホストされているネットワークの開発・保守を支援することが推奨される。

#### 起業家活動

起業家活動は、OSHの場合のように新しいものが出現する際に重要な側面であるが、OSSの場合のようにすでに存在するイノベーションシステムのパフォーマンスにとっても、これらの活動には新しい技術の応用や潜在的なビジネスチャンスの探索が含まれるからである。最後に、ライトら(2020)によれば、OSSやOSHには個人や零細企業が多く関与し、OSSが起業を生み出す原動力となっているにもかかわらず、OSSベースのプラットフォーム企業で成功している米国と比較して、EUでは特に若くてハイリスクだが力強く成長する起業の成功が観察されている。

*オープンソースベースのスタートアップを育成するための適切な教育の提供と文化の確立*

ライトら(2020)の大規模サンプルに基づくスタートアップ創出におけるOSSの役割に関する研究、および我々の独自の分析により、OSSがITスタートアップの創出に大きく貢献していること、すなわちEUで年間650社以上であることが明らかになった。Wrightら(2020)の研究では、OSSを利用したスタートアップは、SDGsに対応した社会的インパクトのある活動に従事する「ミッションドリブン」な企業が多いことまで示している。

この肯定的な関係は、例えば、起業家精神に関する様々な修士課程だけでなく、ICTに焦点を当てた研究において、OSSおよびOSHベースのスタートアップを促進する起業家精神を提供することによって、さらに促進することができます。SMART（2015/0015）の調査では、ソフトウェアエンジニアの起業家的スキルの不足により、ヨーロッパのソフトウェアセクターにおける起業家精神の欠如が確認されているため、この要件はさらに重要です。

しかし、長期的には、このような新興企業のための文化を発展させる必要がある。これには、教育に加えて、例えば、持続可能なビジネスモデルのための重要な要素として、長期的な戦略や対策が必要である。したがって、EU加盟国に対して、大学内の組織でOSSとOSHを積極的に推進するよう働きかけることが推奨される。

* 1. 起業家支援センター、公的研究機関（技術移転機関など）は、技術系スタートアップ企業の多くを生み出しているため、起業家支援に責任を持つ必要があります。さらに、欧州特許庁の欧州発明家賞のようなオープンソースイノベーター賞を設立することも推奨されています。

*小規模なオープンソースプレーヤー、信頼できる仲介者、および大企業間のパートナーシップを促進する。*

我々の分析からの洞察では、特に零細企業や小規模企業が、追加的なスキームのために、上記の彼ら の間の仮想ネットワークに加えて、EU コールからの OSS への主要な貢献を担っていることである。特に、OSS や OSH に基づくスタートアップ企業が、商業的に成功した既存企業と提携することを支援する施策 は、EU における発明とイノベーションの間のよく言われるギャップを埋めることができ、これは OSS や OSH にも関連する。Ghosh (2006)は、EU が OSS への多大な貢献から経済的利益を得ることができない主な理由の一つとして、 IBM やマイクロソフトといった米国企業とは対照的に、大手 ICT 企業による OSS ベースの小規模企業や SME への投資が弱いことを既に示しており、これは我々の計量分析結果からも裏付けられ ている。OSS や OSH をベースとする企業や OSS や OSH コミュニティと提携する、より積極的な戦略は、欧州の大手 ICT 企業自身によってのみ推進されうる。公的資金による措置を通じて、そのようなパートナーシップを支援し、奨励することが推奨される。パートナーシップは、公式なものだけでなく、非公式な取り決めも含むかもしれない。

OSSだけでなく、OSH財団もエコシステム全体において重要な役割を果たしているため、例えば、教育プログラム（下記の詳細を参照）だけでなく、企業、特に中小企業や新興企業とのコラボレーションに対して、財政支援を提供することで彼らをサポートすることが推奨されます。また、EU域内の中小企業や新興企業の特定のニーズに対応するOSSプロジェクトや、持続可能な開発目標（SDGs）の達成やグリーンディールの目的を支援するプロジェクトにも補助金を出して、彼らの活動を支援する必要があります。

米国のいくつかの大企業が、しばしばOSSによって駆動される大規模なプラットフォームベースのビジネスモデルを構築しているのとは対照的に、ヨーロッパではこのような戦略的アプローチはまだ限定的である。例外は、たとえば、通信事業者のTelefonicaである。したがって、Ghosh (2006)の提案に従い、大企業が OSS コミュニティや OSS ベースの新興企業や 中小企業と協力することで、ビジネス上の戦略的利益を得られるという認識を、幅広いキャンペーンを通じて 支援することが依然として推奨される。しかし、国、州、地方レベルの公共機関は、民間企業の例に倣い、OSS 財団や特定のプロジェクト コミュニティと公式・非公式な提携関係を結び、自らのビジネス管理の必要性に応じた「ローカライゼーション」 や特別目的のソフトウェアシステムを提供することを模索することができるだろう。

SMART（2015/015）では、プラットフォーム・パートナーシップを確立または支援することによって、これを実現することが提案されている。例えば、TelefonicaのようなEUにある通信事業者は、すでにOSSに非常に積極的であり、新規参入者がサービスを販売するために使用できるプラットフォームを提供することをサポートすべきである。信頼できる仲介者とチームを組むアプローチを促進し、関連するOSSの開発に資金を提供し、OSSエコシステムにおける運用の役割に関するガイドラインを提供することによって、これを支援することが推奨される。このアプローチは、米国の大規模プラットフォーム企業による大規模なOSSの関与によって危険にさらされているEUのデジタル自治を確保するためにも適切です。我々の分析によれば、米国経済、したがってこれらの企業もまた

欧州のOSS開発者や企業の多大な貢献から大きな利益を得ています。

欧州委員会が所有する Open Source Observatory (OSOR) は、OSS コミュニティが集まってニュースを発表し、イベントを見つけ、関連する OSS ソリューションを見つけ、欧州内外の公共行政における OSS の使用について読むことができる場所としてすでに機能している。しかし、このプラットフォームは、Twitter アカウントのフォロワーが 1,000 人程度であることから、まだ宣伝が限られている。したがって、行政機関だけでなく、民間企業、特に中小企業や新興企業、そして学者やOSS愛好家な どの市民にも、効率化と並行してOSORの認知度を高めることが推奨される。具体的には、OSOR はすでに公共部門が OSS に関して能力を向上させるのを支援しているので、民間 部門にも同様の活動を拡大し、現在の関連する開発を監視し、OSS 採用、開発、OSPO の設立、ライセ ンスサポートのためのガイダンスを提供することが可能であろう。我々の政策分析が明らかにしたように、これらの活動は韓国の公的機関によって既に成功裏に行 われている。

#### 人財育成

イノベーションシステムにとっての人的資本の関連性は、特に熟練した人材の関与が鍵となる OSS と OSH の分野では、基本的なものである。我々のステークホルダー調査や、BITKOM (2020)などのいくつかの研究、あるいはOSSに関連する政策措置を取り上げた論文から、OSSに関連する教育の重要性を強調するエビデンスが得られている。例えば、BITKOM (2020)が行った調査では、熟練労働者の不足が最も重要なデメリットであり、次いでトレーニング機会の不足が企業のOSS利用を妨げていることが明らかにされている。特に、ソフトウェア全般、OSS や OSH のようなイノベーションシステムは、それ自身の高いダイナミク スと適用分野の継続的な発展の両方によって形成される汎用的な技術である。このような多次元的なダイナミクスにより、ソフトウェアや OSS、OSH の分野での人 材の継続的な育成は、その長期的な発展とパフォーマンスのために重要な要素である。

すでに Yildrim and Ansal (2011) は、専門家養成プログラムは、大学を含むアカデミアだけでなく、スタートアップ企業を含む地元のソフトウェア産業によって提供されるべきであると提言している。また、Eghbal (2016)は、OSSの潜在的な貢献者のプールを拡大することを提案しており、そのためには民間企業の従業員だけでなく、政府職員に対する教育も強化する必要があると述べている。加盟国に所在する開発者のOSSへの貢献がEUのGDPにプラスの影響を与えるという本研究の結果を踏まえ、OSSとOSHをトピックとして欧州資格枠組み（EQF）に盛り込むことが推奨される。これは、異なる国や制度間で資格の一貫性や互換性を高めるだけでなく、EQFのすべての資格のポートフォリオに統合し、可能な相乗効果を引き出すための欧州共通の参照枠組みである。

*高等教育機関のプログラムにオープンソース（開発、ビジネスモデル、ライセンス）を取り入れることを促進する。*

大学では、Webサイトの構築、教育用ソフトウェアの作成、学習ツールへのアクセス改善などに、オープンソースを利用してきました。OSS ベースの技術を使うことには長けているが、大多数の大学は、学生に OSS 開発の利点を教えることに関してはあまり積極的ではないようである、つまり、EU では OSS や OSH に焦点を当てた授業さえあまりない。例えば、"study.EU "に含まれる約15,000のプログラムの中で、"Open Source "に言及しているのは2つだけで、"Open Source Hardware "に言及しているものはない。これは驚くべきことで、OSSの開発スキルに対する需要は高まっており、雇用主はOSSでの作業経験がある開発者を雇いたいと考えるようになっているからです（Linux Foundation 2018:

[https://www.linuxfoundation.org/publications/2018/06/open-source-jobs-report-2018/）](http://www.linuxfoundation.org/publications/2018/06/open-source-jobs-report-2018/))、BITKOM（2020）が明らかにした熟練者の不足によって裏付けられている。明らかに、OSSに関連する教育市場にはギャップがあるが、おそらくOSHについても同様である。

EUの高等教育機関は、OSS分野の熟練した人材の需要に十分に応えていないため、Ghosh (2006)が既に要求したように、特定の独占的プロバイダを優先することなく、OSSに焦点を当て、最終的にはOSHに拡張するカリキュラム（FOSS4SMEs 2018）の開発を支援する資金をEUレベルで提供することが推奨されます。FOSS4SMEs (2018)は、ベンダーや製品固有の知識だけでなく、汎用的な能力へと移行することによって、移転可能で主権的なデジタル能力の価値を指摘している。EUレベルでの資金提供は、第一に、我々の分析で明らかになったように、EU全体の中でOSSが生み出すクロスボーダーなスピルオーバーによって正当化される。第二に、企業間、ひいては加盟国間のソフトウェア開発者の移動は非常に高く、欧州研究領域内の研究者の移動のような、さらなる正の外部性を生み出している。

このようなコース・ポートフォリオを構築している高等教育機関と、これから構築しようとする高等教育機関との間で、正の外部性を活用するために、ERASMUS+の下でツイニング・プロジェクトに資金提供する機会を設けることが推奨されている。

最後に、OSS と OSH に関するマスターコースが提供されるだけでなく、ソフトウェア全般、特に OSS と OSH のダイナミックな発展に対応した同様のモジュールを含む、さらなる教育プログラムが提供される必要があります。中国、インド、韓国など、多くの国の政府が、オープンソースを高等教育機関のカリキュラムに導入することを可能にした。その結果はまちまちであったが、公共調達と同様に、その導入と影響が大きくなるためには、その意識と文化が存在する必要があるためである。高等教育機関に加え、OSS 財団も既に継続的な教育を実施している。したがって、OSS や OSH に関連する教育プログラムやサービスを開発するための支援を検討することが推奨される。

*オープンソースベースの小規模企業および中小企業における起業家精神と経営スキルの促進*

OSS と OSH 関連のスキルの一般的なギャップを補完するものとして、EU は明らかにマネジメントスキルの不足に直面し ている。我々の実証分析の結果、OSS に貢献している多くの零細企業が明らかになったが、大規模な若い企業 はほとんど見られないため、成長するのに問題がある。一つの障壁は、ベンチャーキャピタルを含む資金調達へのアクセスであることは確かである（下記参照）。しかし、SMART 2015/015やFOSS4SMES（2019）などの他の研究でも取り上げられているように、ヨーロッパのソフトウェア部門の関係者は、特に経営スキルの不足に直面しています。

例えば、FOSS4SMES (2019)で既に提案されているように、ミニ（MBA）として、一般的なビジネス開発、資金調達だけでなく、知的財産権、責任問題、公共調達の機会に関するモジュールを含む、特定のOSSおよびOSHに焦点を当てた経営コースを提供するよう加盟*国に*奨励することが推奨されます。これらのコースは、教育に焦点を当てたワーキンググループをすでに持っているオープンソースビジネス協会と密接に協力して開発することも可能です。

*特定の分野でオープンソースのスキルを身につけた個人に対するEUの認証制度の開発*

既存研究、インタビュー、ステークホルダー調査から、熟練労働者の深刻な不足が明らかになったため、教育プログラムの推進は確かに1つである。

は、この課題に取り組むための重要なアプローチである。しかし、労働市場の有効性と効率性は、資格とスキルの透明性のレベルに依存している。OSS や OSH に特化したマスターコースはほとんどなく、スキルは特に OSS への継続的な貢献に依存するため、個々の開発者のスキルは透明性がなく、熟練労働者を探している企業や組織では評価することが難しい。

そこで、情報の非対称性を低減し、オープンソース開発者の労働市場の効率性を高める、EU全域を対象とした認証制度を策定することが推奨されます。このようなスキームは、高等教育機関が開発・提供することも考えられるが、すでに組織だけでなく個人向けの認証も提供している民間の認証機関も利用できる。

*オープンソースコントリビューターの多様性を向上させる*

IT 産業における女性の割合が低いことはよく知られているが、OSS も同様で、ソフトウェア産業全体に 比べて OSS の女性の割合が低いという調査もある。2006 年の報告書では、OSS の貢献者のうち女性はわずか 1.5％であり、プロプライエタリなソフト ウェアでは 28％であった（Ghosh, 2006）。全世界の1000人以上のOSS貢献者を対象にした最新の調査では、回答者のうち93％以上が男性で、この種の他の調査と同様だった（Nagle et al.、2020）。

このため、オープンソースの分析において、特に、さまざまなプロジェクトに参加する際の障壁、 女性らしいユーザーによるコードの受け入れや拒否、「ボランティア」タイプの OSS への貢献（特に開発者 のキャリアの初期）、女性は介護の仕事のためにあまり時間がない傾向にあること、などの女性の経験が 含まれていない (Nafus et al. 2006)。

OSS のエコシステムに関して、女性が直面するすべての課題と機会を取り上げた包括的な研究 は行われていないため、Horizon Europe の研究プロジェクトの形で、この問題をより深く掘り下げるこ とが推奨される。OSS に女性が参加するための方法として、IT/STEM 分野のジェンダーバランスを重視する市民社会組織への OSS 固 有プロジェクトの資金提供の奨励、OSS アクター（財団、プロジェクト等）と女性技術者組織の連携促進、OSS 公式イベント やカンファレンスにおける適切な女性代表の確保、EC が資金提供するプロジェクトにおけるジェンダーバランス維持の奨励（技術職 に女性を積極的に含めるプロジェクトの選定等）が挙げられる。

多様性は男女平等だけでなく、民族や人種の多様性の問題や、一般市民が参加する上での阻害要因も検討す る価値がある。例えば、Linux Foundation は、OSS 活動に効果的に参加できる Linux Foundation 認定プログラムを受けようとする黒人に、四半期に 50 名の奨学金を提供するプロジェクトを実施している。

## デジタル化され、国際的な競争力を持つ 産業

#### 金融資本整備

ベンチャー企業だけでなく、中小企業、つまりOSSやOSHベースの企業にとっても、金融へのアクセスは経済発展のための重要な要素の一つ、あるいは最も重要な要素である。

*オープンソースコントリビューションに関連する税制優遇措置の確立*

上記のようなOSSやOSHを利用した企業が成長し、大きな収益を上げるようになった場合、税制優遇措置が適用される可能性があります。

なぜなら、EUの経済に大きなプラスの波及効果をもたらすからです。まだ収益性のない新興企業については、税制上の優遇措置、すなわち負の税金も検討されるべきです。

すでに Ghosh (2006) や Eghbal (2016) は、OSS の貢献者に対する衡平な税制上の取り扱いを求めている。具体的には、EUの全加盟国に対して、個人・法人を問わずOSSやOSHの寄贈を、コードを書くのに費やした時間に応じて、税法上の慈善寄付として扱うよう促している。米国のような国もあるが、EU のいくつかの加盟国でも、これはすでに可能であるが、OSS や OSH をベースとする企業の間ではあまり知られていないことが多い。したがって、このような場合には、企業、寄付者、財団だけでなく、税務当局に もこのようなスキームが効果的に届くよう、認知度を高めることが推奨される。

*高リスクで研究開発集約的なオープンソースベースのスタートアップ企業を対象とした、成長段階を含む欧州のスキームを確立する。*

OSSに積極的な欧州の大企業はそれほど多くなく、米国と比較するとかなり古い、つまり前世紀に設立された企業が多い。この「産業の高齢化」は欧州経済全般の傾向であるが (Philipon & Veron 2008)、特にソフトウェア全般や OSS のような動きの速いハイテク産業ではその影響が大きい (Veugelers 2009)。高齢化現象は、従業員 100 人以上の大企業が少ないのに比べ、OSS で活動している零細企業や SME が多いことに見られるように、必ずしも EU に起業家精神がないことの結果とは言えない。明らかに、EU加盟国のOSSに基づく新興企業のほとんどは、設立後数年間は、あまりダイナミックに発展していない。OSH の状況に関連して、状況はさらに劇的である。第一に、EUには、OSHに基づくスタートアップはあまりない。第二に、設立後、かなりの割合で廃業している。欧州では中小企業政策が重視されているが（Philipon & Veron 2008）、この OSS に関する成長問題と生存問題は、EU の政策ではうまく対処されていないようである。

OSS をベースとする新興企業にとって大きな問題は、ケーススタディで実施したインタビューから 得た知見によると、資金源へのアクセスである。したがって、高リスクで、人件費の割合が高い研究開発型の新興企業、すなわち、急進的で革新的なソリューションを目指す企業のニーズに対応する必要があります。

2018年以降、EU加盟国のいずれかに拠点を置く、またはHorizon 2020関連国に設立されたスタートアップ企業や中小企業は、Enhanced European Innovation Council（EIC）パイロットの一環として、市場創造の可能性を持つ画期的なイノベーションプロジェクトに対してEU資金と支援を受けることができるようになりました。EICパイロット版は、助成金のみの支援に加え、助成金と株式投資を組み合わせたブレンデッド・ファイナンスを提供します。EICの強化型パイロットは、企業の急成長と市場を創造するイノベーションを促進するために、段階的な資金提供を行います。また、ビジネス・アクセラレーション・サービスへのアクセスを提供することで、革新的な企業のスケールアップを促進します。

EICアクセラレータ・パイロットは、欧州の革新的な起業家に対して、全く新しい市場の創出や既存の市場の変革をもたらす可能性のある画期的なアイデアに対して資金提供を要請する機会を提供するもので、中小企業が開発するハイポテンシャルかつハイリスクのイノベーションに資金を提供します。EICアクセラレータ・パイロットは、コーチングやメンタリングを含む全サイクルのビジネス・イノベーション・サポートを提供します。

したがって、第一に、欧州のスモールビジネスエコシステムにおけるベンチャーキャピタルの不足を解消するために、プログラムを継続し、EICアクセラレータを含む強化型EICを、若くてハイリスク、研究開発集約型のOSSおよびOSHベースの起業家からの応募に明示的に開放することを推奨する（FOSS4SMEs 2019）。第二に、OSSおよびOSHベースのスタートアップのこの資金調達の機会を、OSSおよびOSHコミュニティ内で周知することが推奨される。なぜなら、これまでに6,000以上の資金調達されたプロジェクトから

オープンソース "に関連するものはわずか 0.5%で、"オープンソースハードウェア "に関連するものは皆無です。最後に、特定のレイトステージにフォーカスしたベンチャーキャピタルファンドのような資金調達手段を立ち上げ、フォローアップのステージと、資金調達したOSSやOSHベースのスタートアップが既存企業と提携できるような措置をとることをお勧めします（上記を参照）。

*革新的なオープンソースベースの企業を支援するための（プレ）商業的な公共調達の可能性を促進する。*

公的機関は、EUにおけるソフトウェアとサービスの最大の調達者の一つである。したがって、公共調達戦略は、OSS と OSH のさらなる発展において重要な役割を果たすことができる。特に、プレコマーシャルプロキュアメントという形での公共調達は、プロプライエタリなソフトウェアからOSSへの切り替えによるコスト削減だけでなく、持続可能な開発全般や持続可能な開発目標（SDGs）への取り組みに向けたOSSやOSHの可能性を醸成するために利用することが可能である。米国などでは、大学やベンチャー企業のソフトウェア研究に対する政府の投資が、OSS を採用した広範なソフトウェア部門を生み出す要因となっている事例も多い。

EUの研究革新プログラムFP7、CIP、Horizon 2020は、EU加盟国の調達担当者グループが共同でプレコマーシャル調達（PCP）や革新的ソリューションの公共調達（PPI）を実施するプロジェクトや、将来のPCPやPPIのための基盤を整える調整・ネットワーキング・プロジェクトに資金を提供しています。

しかし、プロジェクトの分析（European Commission 2019: Innovation Procurement:The power of the public purse）を見ると、オープンソースとしてソリューションを展開したプロジェクトはごくわずかであることがわかる。一例はDECIPHER PCPで、患者、医師、親族のためのオープンソースコネクタを実現した。もう一つの例はPREFORMA PCPで、デジタル化の精度と品質を高め、キュレーション能力を向上させる3つの新しいオープンソースの標準化ツールを、コストを抑えながら提供することに成功したものです。このプロジェクトで開発された3つのオープンソースコンフォーマンスチェッカーは、メモリー機関が受信するファイルフォーマットやコーデックを標準仕様に照らし合わせて検証し、カスタムポリシーを定義し、効率的なインジェストワークフローを構築することを支援します。これらの2つの例は、商業的な事前調達がオープンソースソリューションの成功につながることを示すものです。

したがって、より戦略的かつ体系的な方法で、事前商業調達と OSS および OSH の両者の潜在的な相乗効果を十分に活用することが推奨される。特に、標準化と同様に、PCP と PPI の参加者の間で、OSS または OSH ベースのソリューショ ンを選択することがより意識されるようにすべきである。さらに、資金調達の要件を、プロプライエタリな成果物ではなく、OSS や OSH ベースのものを好む方向に変更することが推奨される。なぜなら、そのポジティブな波及効果と、公共機関にとってプロプライエタリなソフトウェアに関連するロックイン効果を回避することができるためである。

最後に、前商業的な公共調達は、欧州の新興企業を刺激する一つの方法である。なぜなら、特に OSS に基づく新興企業は、競争力をつけるために完璧なソフトウェア製品やサービスを提供する必要性から解放されるかもしれないからである。さらに、このターゲットグループから調達したOSSベースの新製品やサービスが公共セクターで成功裏に展開されれば、それは他の顧客グループに対して無料の証明書や評判を提供することでデモンストレーションの役割を果たすことになるのです。

#### 規制環境

規制環境は、OSH のようなイノベーションの技術システムの出現だけでなく、OSS の場合のように、そのさらな る発展にも大きな意味を持つ。規制の枠組み条件は、様々な形で機能や要素に影響を与える。最も明白なのは、インフラストラクチャーとフレームワークの条件に影響を与えることである。

(システム要素）、および起業家活動、資源の動員、市場の創造（システム機能）に関するものである。McEntaggartら（2020）による最近の概説にあるようなトピックから、中小企業政策や金融へのアクセス、知的財産権（IPR）に至るまで、幅広い問題を包含している。中小企業政策、高リスクのスタートアップ企業支援、ベンチャーキャピタルのようなこれらのトピックの一部は、明らかに水平レベルで取り組まれているが、IPRのような他のトピックは、例えば、今世紀初頭のソフトウェア特許の条件変更に関する議論（例えば、Blind et al 2005）においてソフトウェアに関する特定の問題を持つことができる。

政府が定めた規制を補完するものとして、WTOの特定の規則に従って、あるいは省庁のような政府機関によって認定された機関が発行する自主的な標準は、主に産業界によって推進される自己規制プロセスの結果であり、NGO、組合、特定の社会の利益を代表するその他の組織といった他のステークホルダーも同様です。欧州は、公平な競争条件を提供し、信頼性の高い規制環境を備えているため、オープンソース組織や財団の関心が高まっており、そのうちのいくつかは、2020年に欧州に移転することが明らかになっています。アジアの企業は、排除のリスクが低いと認識されるため、米国ベースの組織よりも欧州ベースの組織を好む傾向があります。これを利用して、欧州を世界のオープンソース開発とガバナンスの中心地とすることができます。欧州は、デジタル技術の向上とソフトウェアサプライチェーンに対する規制の影響力から利益を得ることができます。

*オープンソースソフトウェアおよびハードウェアの個人開発者の責任体制の明確化*

特に革新的な製品やサービスには、未知の高いレベルのリスクが伴う可能性があるため、ライアビリティー の高いリスクはイノベーションの妨げになる。責任の問題は、例えば COVID の課題に取り組むために開発された医療機器の分野では、OSS と特に OSH の両方に貢献するための障害として挙げられている19。

EU法の施行に関する最新の報告書（欧州委員会2018）では、デジタル化、モノのインターネット、人工知能、サイバーセキュリティに関連する製造物責任の課題を認めているものの、ソフトウェア一般やOSS、あるいはOSHの役割については言及されていない。OSSやOSHはセキュリティの問題だけでなく、AIにも関係するので、少なくとも間接的には製造物責任に関係する。

なぜなら、ほとんど全ての OSS と OSH のライセンスに見られる、責任を排除しようとする既存の条項は、開発者に誤った安心感を与えているからである。第一に、加盟国の国内法および一般製品安全指令のようなEU法の両方を考慮すると、強制力に疑問符がつく。第二に、知的財産の所有権とその内容に対する責任との間には直接的な関連性がないため、いかなる場合にも開発者が除外条項を適用する機会がない可能性がある。安全でない製品の消費者が、その製品によって生じた損失や損害をサプライチェーンの関係者に請求する権利を必要とすることは明らかであるが（一般製品安全指令に例示されている）、製品に組み込まれ市場に出される設計やコードに貢献した個々の開発者にどの程度責任が及ぶことが適切であるか、検討する必要があると提言される。さらに、製品が消費者、仲介者、企業や公的機関のような非消費者団体に供給されるかどうかも考慮する必要がある。

*オープンソースソフトウェアのセキュリティレベルを向上させる*

安全・セキュリティ問題への投資に対するインセンティブを高めようとする責任体制と相補的に、これらの活動のための資源配分を公的に支援することができる。Nagleら（2020）は、OSSの貢献者がセキュリティ問題の対応に費やす時間は非常に少ないことを明らかにしているが、バグ/セキュリティ修正、無料のセキュリティ監査、OSSプロジェクトにセキュリティ関連ツールを追加する方法の簡略化を高く評価しているためである。補完的に、BITKOMの調査で調査した企業のかなりの割合が、定期的かつタイムリーな更新によるOSSの安定性とエラーの影響の少なさなど、セキュリティ関連の利点を述べている。しかし、OSS の IT セキュリティについては、セキュリティギャップやエラーの発生しやすさ などのデメリットを感じている企業もあり、両極端な見方をしている。OSS のセキュリティレベルを向上させるための投資は、民間の支払い意欲が限られているため、最適とは言えない可能性があり、セキュリティ関連の取り組みへの投資を増加させるための追加的なインセンティブが必要である。

さらに、OSS はデジタル公共インフラの重要な構成要素となっている。OSSのコンポーネントは、民間と公共部門の両方でミッションクリティカルな機能として利用されているが、これらのコンポーネントの継続的なセキュリティと機能は、現在資金不足であり、市場の失敗の可能性を示している。ここで、公共部門は、この公共財が利用可能であり続けることを保証する重要な役割を担っている。欧州委員会は、FOSSAバグ報奨金プログラムによって、この方向で最初の前向きな一歩を踏み出しました。しかし、このプロジェクトは、限られた範囲と予算でのパイロットプロジェクトに過ぎない。FOSSAバグバウンティプログラムを、広く使われているOSS、ひいてはOSHのリスクを特定し、それに対処するための恒久的な施設に拡大することを検討することが推奨される。具体的には、バグ報奨金制度に参加する研究者が、制度の条件を遵守することを条件に、著作権法やデータ保護法、コンピュータシステムへの不正アクセスによる民事・刑事訴訟の責任を負わないことを保証する法律に裏付けられたバグ報奨金制度の運営に関する一連のテンプレート規約を正式に作成し、セーフハーバーを実装することを提言する。

また、EUの政策決定において、OSSやOSHの役割が反映されていないのが現状である。サイバーセキュリティに関する欧州委員会の最近の政策イニシアチブの中に、OSSやOSHを考慮したものはない。これらの利点の中には、コードと回路図の監査可能性、コードの改善とパッチの永続的な可能性、問題に対処するためにプロジェクトをフォークする能力、継続的なサポートと放棄ウェアの防止が含まれる。欧州委員会は、自社製または調達したソフトウェアに占めるOSSの割合を増加させることで前進してきた。この戦略を、民間および公共部門の重要なインフラストラクチャにも適用し、それらのコンポーネントにおけるOSSの採用を奨励または要求することを検討することが推奨される。

特に、重要なソフトウェアの定期的な監査を義務化し、その結果を公に提供することで、開発コミュニティによる取り込みを確保することを検討することが推奨される。ソフトウェアに基づく重要なインフラを維持する企業に対しては、ソフトウェアスタックで使用されるOSSコンポーネントが企業によって適切に監視され更新されることを保証するために、オープンソースプログラムオフィスを法律で奨励することが必要である。また、欧州委員会は、ソフトウェアのメンテナンスが良好であることを示すマークやシールの使用も検討することができる。

さらに、脆弱性のある OSS プロジェクトの一部または全コンポーネントを書き換えて、実質的 に安全な結果を得る必要がある。民間部門による投資不足と、安全な OSS の積極的な外部性から、個人開発者だけでなく、セキュリティチェックを行う社内リソースを持つ企業に対しても、例えば、デジタルヨーロッパプログラム内のサイバーセキュリティのための資金提供を通じて、公的資金提供の機会を設けることが推奨されます。さらに、ベスト

安全なソフトウェア開発の実践を特定し、促進する必要がある。安全なソフトウェア開発は、現在、高等教育機関が提供する教育プログラムに含まれる べきであるが、OSS 開発者の雇用や継続的な専門的能力の開発においても考慮されるべきである。バッジングやメンタリングプログラムだけでなく、尊敬する OSS 貢献者の影響力を利用して、プロジェクトとその貢献者が安全なソフトウェア開発手法を開発し維持することを奨励すべきである。最終的には、OSS プロジェクトが、コードの継続的統合の一部として、あるいは、デフォルトのコード管理プラットフォームの一部として、セキュリティツールや自動テストを組み込むように奨励されるべきである。

*OSSと標準化のインターフェイスを改善する*

Ghosh (2006)では、OSSを推進する機会として標準化が挙げられているが、具体的な提言は練られていない。Blind and Böhm (2019)からも、OSSと標準化のインターフェースを改善する必要があることが知られている。その理由は多岐にわたる。まず、標準開発組織（SDOs）とOSSコミュニティにおけるガバナンスの仕組みが異なっている。さらに、SDOsでは、大企業や特許保有者の割合が高い異質なステークホルダーが活動しているのに対し、OSSコミュニティは、一般的に中小企業や独立したソフトウェア開発者が多いことが特徴です。最後に、IPR制度は、OSSコミュニティと比較して、SDOでは異なる目的を果たす。しかし、法的な互換性は、SDOとOSSの協力が可能であるための必要条件ではあるが、十分条件ではない。コンフリクトは報告されているが、ライセンスの非互換性は、ほとんどのコラボレーションにおいて、実際には関連する問題ではない（Blind and Böhm 2019のケーススタディ参照）。一般に、SDOとOSSのコミュニティは、開発速度の低下につながるいくつかのトレードオフにもかかわらず、相互の交流が実り多く生産的であると述べているが、その協力は非常に低いレベルであり、新興のレベルに過ぎない。

標準化の関連性は、インタビューと調査の両方でOSSの文脈で強調されているので、ブラインドとベーム（2019）によるこれらの勧告は、現在、追加の実証的証拠が利用可能であることを再確認しています。したがって、ドイツ版の地域イノベーション調査（Rammer 2020）から、OSSとOSSコミュニティが企業規模にかかわらず重要な知識源であることが知られているため、特に*加盟国と欧州委員会の政策立案者に、*知識と技術移転のさらなるチャネルとして、例えばHorizon Europeプロジェクトの明確な普及チャネルとして標準化に加えてOSSを推進することが提言される。また、OSS と標準化の接点をまず明確にし、さらに推進することが必要である。例えば、人工知能（AI）の開発にはOSSが関係すると認識されているが、ドイツ標準化機構DINが発表したAIに関する標準化ロードマップでは、AI全般に対するOSSの役割や標準化活動とOSSとのインターフェースが包括的に考慮されていない。

*欧州の公共調達におけるオープンソースの推進*

Blind and Böhm（2019）が詳しく述べているように、公共調達の有効性と効率性の向上において、政府はすでに、特定の製品の所有コストや、独自規格や事実上の規格に覆われたロックインのリスクを低減する方法として、規格に注目している。EUでは、このことが公共調達の分野での具体的な措置につながっています。例えば、公共調達は指令2014/24/ECに準拠する必要があり、この指令では、正式な規格と民間組織が開発したその他の技術仕様とを区別しています。後者については、機能要件の記述と技術中立的な仕様の利用が追加的に奨励されています。指令の23条1項は、「技術仕様は、入札者に平等なアクセスを与え、公共調達の競争への開放に不当な障害を生じさせる効果を持つものであってはならない」と要求しています。従って、規格は以下のような差別的な方法で使用されるべきではない。

契約の対象から不当に除外されること。EUの公共調達法における重要な要素は、公共機関が（独自技術ではなく）オープンスタンダードを参照してソフトウェアやその他の技術システムを調達することを要求していることである。このような標準ベースの製品を購入することによるコスト削減に加え、標準化によって文書フォーマットの非互換性や変換のコストを削減できる可能性があります。

標準はすでに調達指令と、より最近のオープンICTシステム構築のための公共調達における標準のより良い活用に関するコミュニケーション（欧州委員会2013a）の両方で明示的に言及されているのに対し、ソフトウェア一般とOSSは特に言及されていない。しかし、Nagle（2019a）は、フランスの技術調達政策の変更により、政府機関がコスト削減のためにプロプライエタリなソフトウェアよりもOSSを優先するよう求められたことが、OSSに対する需要にプラスの影響を与えたことを証明している。このようにフランスの開発者によるOSSへの貢献が増加したことで、フランスはOSSを利用する企業数、IT起業数、IT労働力の増加、ソフトウェア関連特許の減少など、国家の生産性や競争力を高める利益を得た。

したがって、公共調達指令や公共調達戦略の更新など、OSS を利用する中小企業特有のニーズを考慮し て、公共調達政策に OSS を明示的に含めることが推奨される（FOSS4SMEs 2019）。特に、OSSソリューションの再利用性による付加価値を考慮した、出口コストを含む総所有コスト（Total Cost of Ownership）が考慮されるべきです。補完的に、公共部門の政策立案者や実務者との議論では、公共調達者がOSSベースの製品やサービスを調達する方法についてのガイドラインの必要性が明らかになった。これは、従来のベンダーの営業チームがすでに自社独自のソフトウェアを押し付ける強いインセンティブを持っているのに対し、公共部門にOSSを積極的に引き入れる必要性によって補完される。

ブラジル、インド、ドイツ、イタリア、ブルガリアなど多くの国の政策分析では、新しい規則を積極的に導入するには、公共調達のための効果的なガイダンスが重要であることが示されています。ITにおける公共調達は複雑であるため、このガイダンスがなければ、公共調達担当者は進化するルールにゆっくりとしか反応しないか、まったく反応しない傾向にあります。これらのケースはまた、一方では法律を実施し、他方ではコードよりもさらに進んだオープンソースの利点を享受するために、組織内でオープンソース文化を育成することの重要性を示しました。

欧州全域でOSSの調達を促進するために、OSSの調達方法に関するガイドを作成し、競争の場を公平にすることで、各国の調達担当者間の学習を促進し、最終的にはOSSに基づく企業と研究機関や大学などの他の組織との競争を促進することが推奨される。

*欧州の著作権・特許法の将来的な改正におけるオープンソースの検討*

事例研究の文脈でインタビューに応じた人々やステークホルダー調査の回答者が提起した大きな懸念はないが、OSSの役割に関連するBlind and Böhm（2019）による勧告は、既存の知的財産権の枠組みの文脈でOSHに明記されるだけでなく、拡張される。著作権だけでなく特許にも関連する現在の規制の枠組みは、そのようなソフトウェア、特にOSSの関連性を反映していない。

したがって、欧州の著作権法や特許法の今後の改正においては、TRIPSやベルヌ条約などの拘束力のある国際協定の中で、OSSだけでなくOSHについても検討することが望まれる。

OSSとOSHは、多くの異なるライセンスと異なるライセンスメカニズムの下で利用可能ですが、特定のライセンスの選択は、欧州や国内の知的財産法の影響を直接受けることはできません。しかし、起こりうる問題は回避することができたり

OSS と OSH のステークホルダーと積極的に協議することで、緩和される。EU の政策立案者は、OSS と OSH に基づくビジネスモデルが、既存のビジネスモデルやライセ ンスフレームワークとどのように異なるのか、より良く理解する必要がある。例えば、OSH と OSS の両方に対する現在のライセンスモデルは、適用される著作権法から生じる範囲の不確 実性を残しており、これらの問題は、最近承認されたデジタル単一市場における著作権に関する指令の 今後の改訂において考慮されるべきものである。また、欧州特許条約には、先行技術としてソフトウェアやOSSへの言及がないが、技術や産業のデジタル化が進む中で、特許とソフトウェア全般、特にOSSとの接点はより重要性を増していくものと思われる。

特に、以下のことを推奨します。

* + - オープンソースコードに「孤児著作物」規定を設け、著作権者の追跡ができないコードの再ライセンスを容易にする。
    - SAS v. World ProgrammingにおけるCJEUの判決を受け、APIやプログラミング言語を著作権の範囲から除外する文言が著作権法に盛り込まれる（Google v. Oracleにおける米国最高裁判決の影響と一致する）。
    - 特許に記載された参照用実装コードを、適切なオープンソースライセンスの下で公開しなければならないとする規定を特許法に導入する（理解、研究、調査を容易にするために実装を世界に公開する代わりに、特許権者は限定的独占を受けるという特許制度の根底にある基本的な取り決めと矛盾しないようにするため）。

*オープンソースとオープンデータのシナジーを追求する*

OSSとOSHは重複する領域を占めており、オープンイノベーションの第三の主体であるオープンデータは、この両者と相互に影響し合っている。欧州委員会は、特定のデータベースに対する知的財産権保護のsui generisとしてデータベース権を制定したが、その結果の一つとして、この権利の対象となるデータベースは、オープンデータであるために適切なライセンスが付与されていなければならないということがある。データに適用するために特別に設計されたオープンライセンスや、データが対象となる情報のカテゴリに含まれることを認めたオープンライセンスが数多く存在します。Solderpad Hardware License (Solderpad.org), the Community Data LIcense Agreements (sharing and permissive) (https://cdla.dev/) and the Open Data Commons Open Database License (ODbL) ( https://opendatacommons.org/licenses/odbl/) などがそれである。

ソフトウェアとハードウェアのオープンテクノロジーは、データソースに依存して動作することがよくあります。これは、大量の学習データを必要とする機械学習アルゴリズムや、地図データなどのサービスに依存するウェブサービスに当てはまります。実際、オープンライセンスモデルで利用できるAPIを通じて利用できるデータソースの数は増えている（例えば、OpenstreetmapはODbLの下で利用でき、膨大な数のサービスによって信頼されている）。

オープンデータの有用性は、そのデータの再利用や他のデータとの組み合わせが容易かどうかに大きく依存する。そのために、オープンスタンダードが果たす役割は大きく、問題のデータの形式だけでなく、その収集プロセスや、アクセスや配布のためのAPIも規制している。例えば、opencorporates.comは、世界中の企業登録にある企業データ（約2億社）への統一インターフェースを提供し、統一API（https://opencorporates.com/info/our-data/）を通じてそれらを提供している。

また、ソフトウェアやハードウェアと、データの間には重複があります。例えば、ソフトウェアはISOの国コードと国名を関連付けるルックアップテーブルに依存し、ハードウェア設計は電子回路のコンポーネント間の相互接続をリスト化したデータベースであるネットリストを含む場合があります。

最後に、データには個人情報が含まれている可能性があり、個人データに関してデータ主体に与えられている権利とオープンデータライセンスで認められている権利との間に緊張関係が生じるという追加の課題がある。

本報告書の範囲ではありませんが、OSSHに関連する政策の検討や提言は、OSSHとオープンデータの相互関係を念頭に置き、オープンデータの側面からの影響に対処することを保証する必要があります。

#### マーケットクリエーション

OSH のような新興の技術システムでは、市場の創出は重要な前提条件である。なぜなら、市場の創出は、起業家 的活動や人的・財政的資本の配分など、イノベーションシステムの他のすべての機能に影響を与えるからである。したがって、競争市場もまた、技術やビジネスにおけるイノベーションの主要な源泉である。したがって、市場の創出や機能に影響を及ぼす重大な障害や不具合に対処しなければならない。

*競争政策とプラットフォーム政策におけるオープンソースの検討*

先行研究に基づく標準化とOSSのインターフェースの改善が示唆され（Blind and Böhm 2019など）、またインタビューやステークホルダーコンサルテーションからの洞察でも確認されていることから、この調整手法は競争政策全般に拡大されたものである。

したがって、イノベーションを促進するために、SDO と OSS コミュニティの間に公平な場を作り、それらの間の相乗的な相互作用を促進することが推奨されます。これには、OSS コミュニティにおける進化的な選択プロセスと SDO 内の正式なものとの間に交流が生まれることが必要であるが、さらに、マルチステークホルダー プラットフォームや OSS コミュニティと協力して、OSS 開発モデルの長期存続を支えるガバナンス規範に関する最低限の義務、例えば WTO 原則に従うことなどが追加されてもよい。これは、Nagleら（2020）による、組織の多様性と影響力のコントロールを確保するために、OSSプロジェクトを中立的なガバナンスを持つ財団に移行させるという勧告と一致する。OSS財団が支配的なプラットフォームとなった場合、Crémerら（2019）が提唱する勧告に従って、その規則が自由で歪みのない活発な競争を妨げないようにする責任がある。一方、Nagleら（2020）が調査した開発者の半数は、雇用主から報酬を得てOSSに貢献しているため、競争への影響も懸念されている。

政策立案者は、SDOのIPR政策の選択の実質に適用される法的境界と要件について、水平協力協定に関するガイドライン（欧州委員会2011）で定義されたセーフハーバーアプローチによる実質的なガイダンスを提供している。OSSコミュニティ、特にOSSとOSHの傘下組織の役割については、そのような指針は存在しない。このような要件は、常に分岐の脅威があるため制限される可能性があるが、まずその必要性を調査し、最終的にOSSとOSHコミュニティ、特に財団に適用される水平協力のための特定の要件を開発することが推奨される。

したがって、競争政策やプラットフォーム政策において、オープンソースを明示的に考慮することが推奨されます。例えば、オープンソースは、前回の年次総会で言及されなかった

競争政策に関する報告書デジタルサービス法（案）の幅広い目的は、多くの異なる種類のサービスがその範囲に含まれることを意味します。OSSコミュニティは、ソフトウェアの開発、再利用、共有により、開発者のコラボレーションを可能にするプラットフォームに大きく依存している。これらのプラットフォームは、デジタルサービス法の特定の要素に関連する可能性があり、共同立法者は、オープンソースの利害関係者（これらのサービスのユーザとプロバイダの両方）に配慮し、彼らの意見を収集することで、提案された規則が意図した目的を達成し、ソフトウェア開発に対する意図しない結果を回避する方法を理解するよう推奨されます。

特に、AI は多くのデジタル市場やプラットフォームの発展・成長に影響を与える重要な技 術であり、ステークホルダー調査でも明らかになったように、OSS は AI の文脈で利用されているため、 AI に対する競争関連のアプローチにおいて OSS の役割を認識することが必要であろう。例えば、OSSは障害物ではなく、むしろ企業がAIをベースとした競争市場にも参入するための促進剤である。しかし、競争政策や当局に挑戦する大規模なプラットフォームプロバイダーも、自社のプラットフォームアーキテクチャやエコシステムの開発に使用するソフトウェアの開発にOSSの貢献を利用している。その結果、オープンソースは、競争に対して多面的な役割を担っている。したがって、一般的な競争政策、特にプラットフォーム政策のさらなる議論と発展において、オープンソースを明示的に考慮することが推奨されます。OSSH の開発を主目的とし、透明性、開放性、参加に関する一連の基本要件を満たす団体間の取り決めを TFEU 101 条の適用範囲から除外することを検討することも可能である。

*中小企業政策におけるオープンソースの明示的な考慮*

このようなデジタル市場における競争のかなり新しい動きと相補的に、オープンソースの貢献者の多くが零細企業や中小企業であることから、中小企業政策においてオープンソースを検討することが推奨される。しかし、ステークホルダー調査によると、中小企業ほどOSSの恩恵を受けているのに対し、Nagle（2018）は、OSSに貢献している企業の生産性のプラス効果は大企業に強く偏っていることを明らかにしている。したがって、OSSコミュニティへの関与に関連する中小企業や零細企業をより多く支援することは、参入障壁が低いため、その必要性はないが、経済的合理性は高い。これは、OSHに関する限り、必ずしもそうではない。中小企業政策の設計と実施の指針となる広範な企業支援策を提供するEUの欧州小企業法（SBA）の10原則に従って、OSSとOSHに基づく中小企業と零細企業を支援する体系的なアプローチを推奨するものである。

SBAの柱は、以下の通りです。

* + - 応答的な政府。事業創造とリスクテイクに資する全体的な運営環境か？中小企業政策の枠組みは、中小企業家のニーズに応えているか？
    - 起業家の人的資本：起業家精神のキーコンピタンスの形成と中小企業の能力開発は公共政策設定の一部となっているか？また、ジェンダーに配慮した形でアプローチされ、女性の起業家精神を支援しているか？
    - 資金調達へのアクセス新興企業や中小企業にとって、外部からの資金調達はどの程度可能か？小規模起業家が事業を開始し、成長させるための資金をより容易かつ安価に調達できるような具体的な政策手段は導入されているか。
    - 市場へのアクセス。中小企業は、国内市場や海外市場の顧客に製品やサービスを販売することができるか。公共政策によって、小規模企業家の新規市場参入を容易にすることができるか。
    - イノベーションとビジネスサポート。中小企業は競争力を維持し、生産性を向上させるためのアドバイスや技術を得ることができるか？政府は、より革新的な中小企業セクターを育成しているか？

公共政策の分析では、公共部門が中小企業部門を支援する試みにおいて、成功例と失敗例が観察され ている。成功例は 2000 年代半ばまでのインドとフランスに見られ、そこでは、支援的な規制環境、公的調達、 政府の保護によって中小企業の大幅な成長と規模拡大が可能になった。しかし、国際的な成長には国際的な競争力が必要であり、政府が国内市場を国際的な参入者から保護する 意欲は通常、限界があるため、いずれの場合も効果は限定的なものにとどまった。2000 年代半ばのブラジルやインドなどの事例では、国内のソフトウェア部門が国際競争に直面し、衰退している。

## 次の革命オープンソース ハードウェア

OSH や OSS にも当てはまるが、上記の責任に関する勧告に加え、OSH の開発における潜在的な阻害要因も存在する。EUの特許制度では、研究、非営利活動、個人使用目的での特許発明の実施に対する免除の取り扱いに一貫性がないことが指摘されている21。21 これは、3D印刷やシリコン設計などの多様な分野におけるOSHの発展に影響を与える可能性がある。特定の活動が特許保護の対象であるかどうかを判断するコストは、高くつく上に不確実であることはよく知られており、我々の直接的な提言は、研究、非営利活動、個人使用において特許を侵害する可能性のある行為者にセーフハーバーを提供するために、欧州経済領域全体で適用除外を調和させる措置を取る一方で、特許権者が合法的に与えられた独占から利益を得る権利を商業文脈で認識することである。

オープンソース技術と規制の間の相互作用は、特に安全性が懸念される場合には複雑です。理論的には、少なくともソフトウェアの領域では、規制された領域でオープンソースプロジェクトを利用しようとする行為者は、コードのすべてのコンポーネントを取り出し、そのソースコードを入手し、バグ、エラー、脆弱性がないかコードをレビューすることが可能です。したがって、自動車、飛行機、ペースメーカー、セルタワーなどでソフトウェアが誤動作した場合、ソフトウェア自体に原因があるか、あるいはソフトウェア作成に使用されたツールチェーンに原因があるか、すべてオープンソースであれば、再構築してエラーの潜在的原因を追跡することが可能である。ソフトウェアは「1」と「0」でできています。ハードウェアは原子でできており、どんなハードウェア設計も（オープンであろうとなかろうと）、より高い抽象度で記述されたコンポーネント（例えば、コンデンサ、チップ、ネジ、ベアリングなど）で構成されています（Katz 2012）。つまり、OSHの設計は、OSSの設計ほど簡単に複製できないのです。なぜなら、不具合の原因やソースを特定するために、個々のコンポーネントを追跡する必要があるかもしれないからです。

規制当局は通常、製品を展開したり市場に出したりしようとする組織に対し、その設計と性能の特定の側面をカバーする認証を取得する責任を負わせる。この認証は一般に高価であり、そのプロセスに参加できるのは大規模な組織に限られる傾向がある。これは、小規模な組織とオープンソースコミュニティの両方にとって、参入の障壁となります。オープンソースハードウェアの企業がこのような状況に参加するのは、コストがかかるだけでなく、オープンソースの早期リリース、頻繁なリリースという方法論が認証プロセスと相容れないことが多いため、困難な状況にあります。また、実験によって製品が認証の範囲外になることを恐れて、認証製品を実験・修正することを阻害しています。

21 https://www.wipo.int/edocs/mdocs/scp/en/scp\_15/scp\_15\_3-annex1.pdf

消費者の安全や環境要因が最重要であることは確かだが、革新的な規制の仕組み（ホワイトスペースの周波数展開に関連して検討されているアプローチなど）を開発するためのプロジェクトに資金を提供することが推奨される。22 検討すべき規制の分野としては、医療、電波、自動車などが考えられる。

オープンソースプロジェクトの開発における障害は、物理的な意味（フライス、旋盤、プレス、ワークスペースなど）とデジタルな意味（設計ソフトウェア、コンパイラツールチェーン、シミュレータ、デバッガなど）の両方で、ツールの入手性であると指摘されています。オープンソースソフトウェアの世界では、ツールの多くは、現在それ自体がオープンソースソフトウェア（したがって無料で利用可能）であるか、非常に低コストで利用可能です（例：AppleのXCode開発環境など）。オープンハードウェアの世界では、同じことは当てはまりません。後述するように、シリコン設計の場合、シリコンの設計、シミュレーション、テストに必要なソフトウェアの多くは独占的で高価ですが、これはまだデジタル領域で行われる活動であり、オープンソースのツールチェインを利用可能にする動きが活発化してきています。しかし、物理的なものについては、開発サイクルのどこかの時点で、問題の物理的な実体を作る必要性を避けることはできない。非常にシンプルで小さなものであれば、3Dプリンターでラピッドプロトタイピングができるかもしれませんが、シンプルなものを単発または少量で迅速に製作するサービスを利用できるようにすることが必要かもしれません。例えば、プリント基板の分野では、EU全域にそのようなサービスが存在するが、最も進んでいるのは中国、主に深圳であり、このようなサービスを発展させる方法を検討することが政策目標になるはずである。

前の提言と同様に、ファブラボとメイカースペースは、より幅広い個人が工具を利用できるようにすることで、オープンハードウェアの開発への障壁を下げる役割を果たすことができます。これと同時に、知識・スキルの移転やコミュニティにおける重要な役割も担っています。

学術機関、研究機関、民間企業間のパートナーシップからなるセンター・オブ・エクセレンスを開発することで、オープンハードウェアの分野ですでにEUで行われている優れた仕事の多くを深めることができます。技術自体の研究開発および知識移転を促進するだけでなく、スキルの獲得と開発、そしてどの協力形態が最も効果的であるかを調査し、オープン開発の方法論を標準化することで、さらに多くのことを行えます。英国は最近、英国 ARPA プログラムを加速させたいと確認しました。それ自体は、この名前のオリジナルの米国プロジェクトに基づいていますが、米国で宇宙開発（例：スペースX）および核融合発電に使用されているのと同様のモデルに沿った官民パートナーシップの成功も模倣しています。オープンソースハードウェアの研究分野として、シリコンチップ開発のための標準化された中間言語の開発が検討されています。チップ技術の開発は、EDA（Electronic Design Automation）各社が推進する互換性のない独自言語が深く関わっているために阻害されていると指摘されています（Verilogは低レベルの標準として機能していますが）。中間言語の統一（Verilogへのコンパイル）により、設計の相互運用がより自由になるだけでなく、言語の抽象度を高めるプラットフォームとして機能します。また、FPGA をリアルタイムでダイナミックに再構成するシステムなど、FPGA 技術のより高度な応用も可能になる。ヨーロッパでは、多くの革新的なオープン シリコン イニシアチブが成功を収めています (OpenCores や OpenRISC など)。

22

[https://www.researchgate.net/publication/224244913\_TV\_White\_Space\_standardization\_and\_regul](http://www.researchgate.net/publication/224244913_TV_White_Space_standardization_and_regul) ation\_in\_Europe[,https://www.europarl.europa.eu/EPRS/EPRS-Briefing-554170-Radio-Spectrum-](http://www.europarl.europa.eu/EPRS/EPRS-Briefing-554170-Radio-Spectrum-) FINAL.pdf

センター・オブ・エクセレンス・イニシアチブは、欧州の技術革新の流出を減らし、デジタル・オートノミー（自律性）を促進することにつながる。

## ドメイン別推奨事項

イノベーションシステムの機能から導かれる一般的な勧告を補完する形で、さまざまな分析結果に基づき、いくつかの領域について政策勧告が導出されています。

#### 人工知能

経済・社会のデジタルトランスフォーメーションが非常に急速に進んでいます。その中で、人工知能（AI）は、いくつかの分野で広範囲な影響を及ぼし、バリューチェーンやビジネスモデルの根本的な変化を引き起こす可能性のある汎用的な技術として徐々に台頭してきています。我々の分析で明らかになったように、零細企業や小規模企業は、こうしたAIが支配する新しい市場に参入することに何の問題もなく、OSSに大きく貢献し、OSSベースのAIの選択肢にもなっているのである。さらに、OSSベースの開発プロセスの俊敏性は、大きな市場力を持つベンダーから独立して、AIソリューションの迅速かつ低コストの実装の両方を可能にします。最後に、OSSソリューションは、AIに関連するソフトウェアの透明性を提供することができます。これらの機会を活用するために、加盟国はOSS開発者だけでなく、例えばデジタル・ヨーロッパ・プログラムを通じて、企業にも資金提供の機会を提供することが推奨されます。しかし、これまでのところ、欧州委員会が発表したAI関連文書、例えば白書（欧州委員会2019）には、AIのさらなる発展に対するOSSの可能性については触れられていない。さらに、EUの著作権法やデータベース法において、深層学習システムによって開発されたモデルが知的財産保護の対象となり得る範囲や、既存の資料群をどの程度までAIアルゴリズムの学習に利用できるかを明確にする規定（上記のAPIやプログラミング言語に対する推奨規定と同様の路線）を検討することが推奨される。既存のテキストマイニング及びデータマイニングの規定は、そのような活動が頻繁に非常に高いレベルでデータセットを利用すること（データセットの内容にはあまり関心がなく、その中の項目間の関係であり、アクセスや分析のカテゴリーは商業目的であってもライセンス取得の必要性が免除されること）を認識していない。同様に、ソフトウェアによって生成された著作物の著作権が、それを生成した基礎となるソフトウェアの著作権期間よりも長いといった異常事態を回避する観点から、コンピュータによって生成された著作物の保護範囲を加盟国間で調和させる必要がある。

#### ハイパフォーマンス・コンピューティング

ハイパフォーマンス・コンピューティングは、技術進歩の最先端を行くものであり、HPC技術を収容するデータセンターにおけるオープンなハードウェアとソフトウェアの役割に加え、より根本的なレベルでは、主に米国、中国、台湾に拠点を置くEDA（電子設計自動化）企業やシリコンファンドリとの競争が必要となっているのです。ニューラルネットのようなHPCの最先端分野では、FPGAとASICの両方が重要であることが、このことを浮き彫りにしている。EUには、シリコンチップの設計言語において主導権を握る機会があるが、これらの設計言語が実装されたチップは一般に海外で製造されているという事実が、これを阻害している。FPGAは、プロセッサ・コアのような機能を持つ専用ASIC部分と、汎用FPGAアレイを組み合わせたハイブリッド・デバイスになりつつある。これらのチップは、その大部分が海外で設計・製造されており、このような海外技術への依存が、EU域内のイノベーション、自律性、経済活動にどのような影響を及ぼしているか、また、これらの要素をどのように改善できるかを調査する必要がある。

具体的には、欧州の標準化団体に標準化要求（mandate）を行い、ビットストリームフォーマットの欧州標準を開発し、以下のような問題を軽減することが推奨される。

特定のFPGA のベンダーに依存することなく、（FPGA を構成するためのコードではなく）基盤となるFPGA の開発におけるイノベーションを促進する方法です。

#### ソフトウェア定義インフラ

事例研究のインタビューによると、通信インフラの差別化は、ハードウェアからソフトウェアに移行する傾向にあるようです。言い換えれば、ゲートウェアやソフトウェアで設定できる汎用的なハードウェアが主流になりつつあるということです。ネットワークデバイスは、多数のネットワークインタフェースと、インタフェースによって実装されるプロトコルやデータフローを定義するマイクロプロセッサベースのコントローラで構成され、ルータ、スイッチ、マルチプレクサなど、任意の数のネットワークインタフェースデバイスとして動的に動作するように設定することができます。この原理は、サーバーなどの他のデバイスや、ソフトウェア定義無線の実装により、無線通信にも拡張できます。つまり、1 台のデバイスで 3G や 4G の基地局を構成でき、さらに適切なソフトウェア、ファームウェア、ゲートウェ アを使用すれば、5G や、潜在的には 6G などのまだ定義されていない規格も構成できるようになるのです。このコモディティ化の利点は、資本コストの削減、メンテナンスコストの低減、物理的にハードウェアを交換することなくリモートで新しいテクノロジーを提供できること、リモートや過酷な環境での展開やメンテナンスが容易なこと、脆弱性やバグへの対応が容易なこと、環境への影響の低減（適切な部品の再利用や循環型経済の導入による）などがあげられます。

Open Compute ProjectやMyriadRFなどのプロジェクトは、このアプローチの例となります。多くのオープンハードウェアプロジェクトと同様に、ハードウェア要素（すなわち物理回路）は従来のクローズドな設計チームで設計され、初期設計が展開できるようになった時点で、オープン（またはOpen Compute Projectの場合は準オープン）ライセンスの形で世界に公開されます。Stirling and Bowman（2020）はこれをOpen When Ready（OWR）モデルとして定義しています。しかし、ソフトウェアは一般的に古典的なオープンソースモデル（Stirling and BowmanはODH: Openly Designed Hardwareと定義）を用いて開発される。オープンソースソフトウェアに適用されるバザールモデル（Raymond 1999）は、ODHにも同様に適用でき、OWRとは対照的に、分散型共同開発の力を十分に発揮させることができるのです。Software-Defined Infrastructureの実装を可能にするハードウェアがコモディティ化し、機能性や差別化がソフトウェアに移行すると、バザールモデルがますます適用されるようになることを意味しています。さらに、プロセッサコアのようなコンポーネントは広くハードウェアと見なされていますが、それらが FPGA に実装される場合、それらを実装するコード（ハードウェア記述言語で記述）はバザール/ODH モデルの開発に適合するようになります（これは MyriadRF プロジェクトのインタビューに答えた人が指摘しており、ハードウェア、FPGA コード（「ゲートウェア」）、ファームウェア/ソフトウェアにはそれぞれ異なるモードで活動するコミュニティが存在するとのことです）。したがって、私たちの政策提言は、OSSH がソフトウエアとハードウエアの間のスペクトルにあり、ゲートウエアがそのスペクトルのソフトウエアに近いということを認識しています。結果として、オープンソースソフトウエアに対する提言は、特に問題のハードウェアがソフト/ハードスペクトルのソフト側にある場合、オープンソースハードウェアにも適用されます。

この部門にとっての意味は、ハードウェアの機能がソフトウェア（ファームウェアを含む）やソフトウェアのようなハードウェアコード（ゲートウェア）によってより定義されるようになると、バザール/ODHモデルから生じる効率性の向上と機会が適用され、したがって、オープンソースソフトウェアに適用できる政策提言の多くは、バザール/ODHモデルに従順なゲートウェアなどの形態のハードウェアにも適用されるということです。

OSS に関する政策は、OSH、特にハードウェアスペクトラムのソフトウェア側に位置する OSH にも同様に適用可能であることを認識することが推奨される。特に、これらの政策提言には、本報告書で既に述べた以下のようなものが含まれる。

* + - OSPOまたはOSPOのネットワークの設立
    - 知的財産権に関する提言
    - 推奨銘柄
    - 責任勧告

## サステナビリティ

ICT セクターが排出量やその他の気候変動への影響を測定する際に与える負の影響は、より明白になってきています。同時に、デジタル化は社会の持続可能性に大きく貢献する可能性を持っています。特に、OSSHは、重複作業を避けるという単純な理由から、資源の消費に間接的な影響を及ぼします。OSSHを開発する際、産業界はソフトウェアとハードウェアで再利用可能な共通コンポーネントを合意する。ソフトウェアでは、デジタル化に必要な労力の軽減につながり、デジタル化の正の外部性を早期に達成することができます。ハードウェアでは、オープンソースのコンポーネントを共有することで、高度に最適化されたプロセスで生産することができ、環境への影響を低減することができる。コモディティ化のエンジンとして、OSHとOSSは、差別化の動機をより高いバリューチェーンに移動させる結果となる。

Open Compute Projectは、OSHの特性をハイパースケールサーバーやデータセンター分野に適用することで、データセンターインフラの購入者が、標準化の推進、消費電力の削減、電源ユニットなどのコンポーネントのリサイクル能力を容易に要求できることを実証しています。

OSSライセンスで提供されるソフトウェアコンポーネントは、既存のハードウェアとの互換性を高めて動作するように調整することができるため、純粋に非互換性を理由にハードウェアを交換する必要性を低減することができます。ICTのほとんどのユースケースにおいて、ハードウェアに要求される性能は最先端ではありません。OSSを使用することで、そのような要求が低い分野のハードウェアコンポーネントを、意図したライフサイクルを超えて使用し続けることができ、その結果、陳腐化を減らすことができることが示されています。これにより、原材料や希少材料の使用量を削減することができます。

同様に、オープンテクノロジー（上記セクション参照）によって促進されるソフトウェア定義インフラ技術は、個々のハードウェアユニットを複数の目的に再利用できるようにする可能性を持っています。したがって、廃電気電子機器（WEEE）を削減するだけでなく、その場でハードウェアを構成し、機器の輸送と人員の配置に伴う環境負荷を削減することができるのです。

供給者が保守サービスと予備品を提供し続けることを要求される場合、ソフトウェアの設計資料とソースコードのリリースは、適切な状況においてその要求から解放することができる。ファームウェアの場合、これはおそらく GPL-3.0 の特徴を持つライセンスとなり、消費者がソースコードにアクセスし、それを修正し、修正を加えて再コンパイルする能力を保証するだけでなく、多くの機器について、再コンパイル後にファームウェアを再インストールするのに必要な情報を提供することになるだろう。このような利用可能性は、再利用市場の成長を促進する。

また、オープンソースの設計を活用することで、製造時および使用時のエネルギー使用量に関する製品の透明性を高めることができる。透明性の高い市場は、生産者が持続可能な製品により多くの料金を課すことを可能にする。ICTの負の環境外部性を認識している顧客は、「グリーン」でアップグレード可能な製品とサービスを認識し選択する立場にあり、逆選択を回避することができるからである。

設計がオープンソースであれば、（自動）解体のしやすさも向上し、リサイクルの条件も整う。設計の透明性を高めることで、以下のような分析が可能になります。

廃棄物の削減やリサイクル性の向上を図りながら、製品を分解するために必要な手順を具体的に説明します。

従って、OSSH プロジェクトが「グリーン」な補足的な利益をもたらすのであれば、その支援に追加資金を提供することが推奨される。以下の具体的な行動を推奨する。

* + - 適切なOSSHライセンスの下での設計資料とソースコードの公開によって満たすことができるメンテナンスと修理可能性の要件を実装することによって、「修理する権利」の旗の下に確立されたイニシアチブをサポートします。自社で保守・修理可能性を提供できない企業は、この手段により、第三者がソフトウェアやハードウェア製品の寿命を延ばすことを可能にすることができる。
    - プロセスや製品をデジタル化する際には、既存の OSSH ソリューションを考慮し、デジタル化によるプラスの外部性を享受するために必要な労力と時間を最小限に抑えるようにします。
    - OSSHライセンスによるソフトウェアおよびハードウェアコンポーネントのコモディティ化をサポートします。
    - 設計資料やソースコードの公開により、製品の透明性を高め、お客様が購入する製品の環境負荷について、より多くの情報を得ることができるようにする。
    - サードパーティによる継続的なサポートを可能にし、リサイクル性を向上させるために、耐用年数を迎えた製品の設計資料とソースコードの公開を義務付ける。
    - OSSHが循環経済に与える影響をさらに分析するための研究を実施する。特に、エネルギー使用や廃棄物の削減を含む環境フットプリントの確立に重点を置き、OSSHが最も影響を与える可能性の高い分野に政策の照準を合わせることを目的とする。

# 謝辞

この調査の過程で、時間と経験を惜しみなく提供してくださった方々に感謝の意を表します。

特に、欧州委員会、特に責任者のLuis-Carlos Busquets-Perez氏とOdysseas Pyrovolakis氏の多大な時間と労力に感謝します。

最後に、インタビューにご協力いただいた方々、アンケートにご協力いただいたステークホルダーアンケートの回答者の方々に感謝いたします。

特に、フラウンホーファーISIのプロジェクトチームは、データの収集と準備に携わったPeter NeuhäuslerとMarkus Kraft、セキュリティ問題に関連したサポートを提供したDirk Kuhlmannに感謝します。

OpenForum Europe のプロジェクトチームは、本調査にご協力いただいた多くの方々に感謝いたします。以下の方々は、ここで謝辞を述べることを許可してくださっています。

* Amanda Brock, OpenUK
* Amin Mehr, Code.gov
* スタンフォード大学 Argyri Panezi氏
* Bryan Che, Huawei Technologies
* Diego Calvo de Nó, オープンソースビジネスアライアンス
* Edmund Laugasson, エストニア・フリー＆オープンソース・ソフトウェア協会
* Elias Aarnio, 電子フロンティア・フィンランド
* ハーバード大学 フランク・ネーグル
* フレデリック・ブラシェッタ（PwCストラテジー＆）氏
* Gijs Hillenius, 欧州委員会
* Chung-Ang University, Republic, Gyooho Lee 教授
* KAISTのHangjung Zo氏。
* ハラルド・シューマン、インベスティゲート・ヨーロッパ
* Hong Phuc Dang, FOSSASIA
* イアン・リー（ローレンス・リバモア国立研究所
* ジャスミン・フォルツ
* Jessica Feldman（パリ・アメリカン大学
* João Francisco Cassino、ABC連邦大学（UFABC）、ブラジル
* Open Compute Project Foundation ジョン・ラバン氏
* Joseph Castle, PhD, Virginia Polytechnic Institute and State University
* 中央大学グローバル情報学部 飯尾 潤氏
* キース・バーゲルト（Open Invention Network)
* レオナルド・ファバリオ（イタリア政府
* リサ・ケイウッド、レッドハット
* Lisa Käde, ifrOSS
* オープンソースビジネスアライアンス Lothar K. Becker氏
* スタンフォード・デジタル・シビル・ソサエティ・ラボ ディレクター ルーシー・バーンホルツ氏
* Marco Ciurcina, StudioLegale.it
* オープンソースビジネスアライアンス Peter Ganten氏
* ピエール・クルザノフスキー 世界銀行 災害リスク軽減のための世界ファシリティ
* レベッカ・アルケサティ メルカトル中国研究所（MERICS）
* Roberto Guido, Italian Linux Society
* Satish Babu, 国際フリー・オープンソース・ソフトウェアセンター（ICFOSS）創設ディレクター, ケーララ州政府
* ハーバード・ビジネス・スクール Shane Greenstein氏
* Nexttextプレスエージェンシー Stefan Krempl氏
* Terence Eden, shkspr.mobi/blog/.
* ティル・イェーガー, ifrOSS
* Timo Väliharju, フィンランド オープンシステム＆ソリューションセンター（COSS）

# 頭字語

AGPL:アフェロ・ジェネラル・パブリック・ライセンス AI : 人工知能

API : Application Programming Interface ARM : Advanced RISC Machines。

ARPA : Advanced Research Projects Agency ASIC : アプリケーション特化型集積回路 BE : BetterEvaluation

BSD : バークレーソフトウェアディストリビューション CAGR : 複合年間成長率

CC-BY-SA : Creative Commons Attribution-ShareAlike CERN : Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire CII : Computer-implemented inventions（コンピュータで実現する発明

CNC : Computerized Numerical Control COCOMO : Constructive Cost ModelI COSS : Commercial Open Source Software COTS : Commercial Off-the-shelf (商用オフザシェルフ)

CPU：中央演算処理装置

CRM : カスタマー・リレーションシップ・マネジメント CSS : クローズド・ソース・ソフトウェア

DG CONNECT : 欧州委員会 通信ネットワーク・コンテンツ・技術総局

DIGIT : 欧州委員会情報科学総局 DIY : Do It Yourself

DOLS : ダイナミックOLS

EC : 欧州委員会 ECI : 経済的複雑性

EDA : electronic design automation EEA : European Economic Area（欧州経済領域）。

EFTA : 欧州自由貿易連合

EIC : Enhanced European Innovation Council EIF : European Interoperability Framework EOSC : European Open Science Cloud

EQF : 欧州資格枠組

ERASMUS : EuRopean Community Action Scheme for Mobility of University Students ERP : Enterprise Resource Planning（エンタープライズリソースプランニング）。

EU : 欧州連合

EUIPO : 欧州連合知的所有権機関 EUPL : 欧州連合パブリックライセンス

EUR : ユーロ

EUROSTAT : 欧州統計局 EXGR : 総輸出額

FE：固定効果

FOSH : フリー・オープンソースハードウェア FOSS : フリー・オープンソースソフトウェア FPGA : フィールドプログラマブルゲートアレイ GCC : GNU Compiler Collection

GDP : 国内総生産

GDPR : 一般データ保護規則 GPL:[Gnu] 一般公衆利用許諾契約書

GPU : Graphics Processing Unit HDL : ハードウェア記述言語 HEI : Higher Education Institution HPC : ハイパフォーマンス・コンピューティング HTTP : Hyper Text Transfer Protocol

ILO : 国際労働機関 IMF : 国際金融統計 IoT : モノのインターネット

IP：知的財産

IPR : 知的財産権 ISA : Instruction Set Architecture LCC : ライフサイクル・コスト計算

LGPL : 劣等[旧ライブラリ]一般公衆利用許諾契約書 LP : 労働生産性指数

LUG : Linuxユーザーグループ

MBA : 経営学修士

METI : 経済産業省 MFF : 多年間財政フレームワーク

MFP : 多要素生産性 ML : 機械学習

NACE 2 : 欧州共同体の経済活動に関する統計的分類 NGI : 次世代インターネット

NGO : 非政府組織 ODH : オープンリー・デザイン・ハードウェア

OECD : 経済協力開発機構 OLIS : オープンソースライセンス情報システム

OSD : オープンソース定義 OSH : オープンソースハードウェア OSOR : オープンソースオブザーバトリー

OSPO : オープンソースプログラムオフィス OSS : オープンソースソフトウェア

OSSH : オープンソースソフトウェアとハードウェア PCB : プリント基板

PCP : プレコマーシャルプロキュアメント

PPI : 革新的なソリューションの公共調達 PSI : 公共部門情報

PSS : プロダクト・サービス・システム RHEL : レッド・ハット・エンタープライズ・リナックス

ROI投資収益率 SAAS :ソフトウェア・アズ・ア・サービス

SDG : 持続可能な開発目標 SDO : 標準開発組織 SME : 中小企業

SQL : 構造化問い合わせ言語

STEM : 科学、技術、工学、数学 SWOT : 強み、弱み、機会、脅威 TCO : 総所有コスト

TFLOPS : 1秒間に1兆回の浮動小数点演算 TFP : 全要素生産性

TRIPS : 知的財産権の貿易関連の側面に関する協定 UNESCO : 国際連合教育科学文化機関 VC : ベンチャーキャピタル[ist].

WDI : 世界開発指標 WTO : 世界貿易機関

# 参考文献

Abate, T. (2017).スタンフォード主導の人工知能インデックスが新興分野を追跡。スタンフォード・ニュースサービス . https://news.stanford.edu/press-releases/2017/11/30/artificial- intelsemerging-field/

Acemoglu, D., Gancia, & Zilibotti, F. (2012).Competing engines of growth:イノベーションと標準化。経済理論』147(2), 570-601.

アデュラクト。(2018).Membres adhérents. https://adullact.org/association/membres/membres- adherents.

Adhikari, N. (2017).オープンソースソフトウェアとその図書館情報学への影響.

イタリアデジタル庁、＆デジタルトランスフォーメーションチーム。(2019).Guidelines on the acquisitionandreuseofsoftwareforpublic administration（行政のソフトウェアの取得と再利用に関するガイドライン） 。 ドックス Italia. https://docs.italia.it/italia/developers-italia/gl-acquisition-and-reuse-software-for- padocs/en/stabile/index.html

Agenzia per l'Italia digitale., Dipartimento per la Trasformazione Digitale.(2020).ソフトウェア。公共行政の処分におけるオープンソースカタログ。Developers Italia. https://developers.italia.it/en/software.html

Ahuja, V.K., (2018).オープンソースプロジェクトインパクトの回帰分析。活動および報酬との関係.情報システム・定量分析学部出版物, 62.https://digitalcommons.unomaha.edu/isqafacpub/62

Aksoy-Yurdagul, D. (2015) オープンソースソフトウェアの商用化が企業価値に与える影響。産業とイノベーション、22(1)、1-17、DOI:10.1080/13662716.2015.1014163

Alexy, O., George, G., & Salter, A. (2013), Cui Bono?The Selective Revealing of Knowledge and its Implications for Innovative Activity（知識の選択的開示と革新的活動への影響）.アカデミー・オブ・マネジメント・レビュー。38(2), 270-291.

AlgorithmWatch.(2020) AI倫理ガイドライン グローバルインベントリ.AlgorithmWatch のウェブサイト。https://inventory.algorithmwatch.org/about

Aliprandi, S., & Piana, C. (2013).イタリアの行政におけるFOSS。基本法の原則.Journal of Open Law, Technology & Society, 5(1), 43-50.

阿萬秀明・岡崎裕之 (2008, 6月).オープンソース開発におけるコメント文のコード安定性への影響.JCKBSE (pp. 415-419) に収録されています。

アンダーソン、R. (2005).Open and Closed Systems are Equivalent (that is, in an ideal world).Perspectives on free and open source software, 127142.

Antmicro.(2021).エッジAI。Antmicro.from https://antmicro.com/services/edge-ai/

アプリアード，M.M.，＆チェスブロウ，H.W.（2017）．オープン戦略のダイナミクス。採用から復帰まで。ロングレンジ・プランニング，50，310-321．

4月(2007).Pacte du Logiciel Libre. [https://www.april.org/actions/le-pacte-du-logiciellibre](http://www.april.org/actions/le-pacte-du-logiciellibre)

Arcesati, R., Holzmann, A., Mao, Y., Nyamdorj, M., Shi-Kupfer, K., von Carnap, K., & Wessling, C. (2020).中国のデジタルプラットフォーム経済。インダストリー4.0に向けた展開の評価。

Arduino.(n.d.).Arduino で機械学習.Arduino のウェブサイト[。https://www.arduino.cc/en/AI/HomePage](http://www.arduino.cc/en/AI/HomePage)

Arellano, M., & Bond, S. (1991).パネルデータの仕様に関するいくつかのテスト。を、モンテカルロ法による証拠と雇用方程式への応用から検証した。このような場合、「経済学研究」（The review of economic studies）, 58(2), 277-297.

Arin, K. P., Huang, V. Z., Minniti, M., Nandialath, A. M., & Reich, O. F. (2015).アントレプレナーシップの決定要因の再検討。ベイズ的アプローチ。ジャーナル・オブ・マネジメント』41(2), 607-631.

Arora, A., Krishnan, R., Telang, R., & Yang, Y. (2010).ソフトウェアベンダのパッチリリース行動に関する実証分析：脆弱性公開の影響.情報システム研究

Asay, M. (2008, March 31).オープンソース。メイド・イン・ジャパン？Cnet. [https://www.cnet.com/news/open-source-made-in-japan/](http://www.cnet.com/news/open-source-made-in-japan/)

アティク，A.＆トリパティ，A. (2016).オープンソースソフトウェアの持続可能性に対する金銭的利益の影響.

August, T., Chen, W., & Zhu, K. (2020).プロプライエタリなソフトウェア企業とオープンソースなソフトウェア企業の競争。戦略的貢献に対するライセンシングの役割.マネジメント・サイエンス

バブ、S. (2011).開発のためのツールとしてのFOSS。ケーララ州の経験.2011 IEEE GlobalHumanitarianTechnologyConference , 108–110. https://doi.org/10.1109/GHTC.2011.82

Bagozzi, R.P., and Dholakia, U.M. (2006).オープンソースソフトウェアのユーザーコミュニティ。Linux ユーザーグループへの参加に関する研究.マネジメントサイエンス, 52(07) 1099-1115.

バルカ，K.，ラアッシュ，C.，＆ヘルシュタット，C.（2014）．ユーザーイノベーションコミュニティにおける選択的開放性の価値創造への影響。ジャーナル・オブ・プロダクト・イノベーション・マネジメント、31(2)、392-407。

Bantle, U. (2020, 5月 11日).München plant Digitalisierung und will möglichst freie Software.Linux-Magazin[。https://www.linux-magazin.de/news/muenchen-plantdigitalisierung-und](http://www.linux-magazin.de/news/muenchen-plantdigitalisierung-und) will-moeglichst-freie-software/

Barbagallo, D., Francalenei, C., & Merlo, F. (2008).The Impact of Social Netowrking on Software Design Quality and Development Effort in Open Source Projects（オープンソースプロジェクトにおけるソーシャルネットワークのソフトウェア設計品質と開発努力への影響）.ICIS 2008 プロシーディングズ、201。

Baruffaldi, S. , et al.（2020）。人工知能の発展を特定し、測定する。不可能を可能にする。OECD科学・技術・産業ワーキングペーパー、No.2020/05、OECD出版。issn: 18151965. https://doi.org/10.1787/5f65ff7e-en.

バッサニーニ, A., & Ernst, E.(2002), 労働市場制度、製品市場規制、およびイノベーション:としている。OECD経済局ワーキングペーパー。

BASSCOM.(n.d.) 私たちについて https://basscom.org/

バトラ、G.、他（2018）。人工知能を搭載したハードウェア。半導体企業にとっての新たな機会。 マッキンゼー& Company. [https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/artificialintelligence-](http://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/artificialintelligence-) hardware-new-opportunities-for-semiconductor-companies#.

Battistella, C., & Nonino, F. (2012).Open Innovation Web-based Platforms: the Impact of Different Forms of Motivation on Collaboration（オープンイノベーション・ウェブベース・プラットフォーム：さまざまなモチベーションがコラボレーションに与える影響）.INNOVATION.14, no.4.557-575.10.5172/impp.2012.14.4.557.

Bauduin, S. (2020).Open-Source-Strategie: Schleswig-Holstein stellt bis 2025 auf freie Software um.ComputerBase. [https://www.computerbase.de/2020-06/schleswigholstein-](http://www.computerbase.de/2020-06/schleswigholstein-) bundesland-microsoft-open-source/

Baysal, O., Kononenko, O., Holmes, R., & Godfrey, M. W. (2013).コードレビューにおける非技術的要因の影響.20th Working Conference on Reverse Engineering (WCRE) (pp.122-131).IEEE.

Belenzon, S., and Schankerman, M. (2015) Motivation and sorting of human capital in open innovation.戦略経営ジャーナル、36 (6). pp.795-820.

ベラミー、R.K.E.、他（2018）。Ai フェアネス 360:An Extensible Toolkit For Detecting, Understanding, And Mitigating Unwanted Algorithmic Bias（アルゴリズムの望ましくない偏りを検出、理解、緩和するための拡張可能なツールキット）。IBMリサーチ. https://arxiv.org/pdf/1810.01943.pdf

ベンクラー、Y. (2002).Coase's Penguin, or, Linux and "The Nature of the Firm".Yale law journal, 369-446.

ベンクラー、Y. (2006).The Wealth of Networks:How Social Production Transforms Markets and Freedom.New Haven and London: Yale University Press.528 pp.

Bergquist, M., & Ljungberg, J. (2001).The power of gifts: organizing social relationships in open source communities (プレゼントの力: オープンソースコミュニティにおける社会的関係の組織化).情報システムジャーナル, 11(4), 305-320.

Berlemann, M., & Wesselhöft, J. E. (2017).122カ国の総資本ストック推計。更新を行った。レビュー・オブ・エコノミクス、68(2)、75-92.

Bernhardsson, E. (2016):The half-life of code & the ship of Theseus; https://erikbern.com/2016/12/05/the-half-life-of-code.html

ベリー，D．コピー、リッピング、バーン。コピーレフトとオープンソースの政治学.Pluto Press.

Bezroukov, N. (1999).学術研究の特殊なタイプとしてのオープンソースソフトウェア開発。低俗なレイモンド主義への批判.ファーストマンデー, 4(10).

Bird, C., & Nagappan, N. (2012).Who? Where? What? 2 つの大規模なオープンソース プロジェクトにおける分散開発の検証.9th IEEE Working Conference on Mining Software Repositories (MSR) (pp. 237-246).IEEE.

バーキンバイン, B. (2016).ブラジルにおける公共サービスとしてのフリーソフトウェア。アクティビズム、政策、技術の評価。インターナショナル・ジャーナル・オブ・コミュニケーション、10(0)、16.

ビットコム (2020), OpenSourceMonitor(オープンソースモニタ) 2019年、[https://www.bitkom.org/opensourcemonitor2019](http://www.bitkom.org/opensourcemonitor2019)

Bitzer, J., & Schröder, P. J. (2007).オープンソースソフトウェア、競争とイノベーション.産業とイノベーション, 14(5), 461-476.

Bitzer, J., Schrettl, W., & Schröder, P. J. (2007).オープンソースソフトウェア開発における内発的動機づけ.比較経済学研究，35(1), 160-169.

Blau, J. (2003, 6月 25).500 以上のドイツ政府機関がオープンソースを使用InfoWorld. [https://www.infoworld.com/article/2679404/over-500-german-](http://www.infoworld.com/article/2679404/over-500-german-) governmentagencies-using-open-source.html

Blind, K. (2012).規制がイノベーションに与える影響。OECD 諸国に対する定量的評価。研究政策, 41(2), 391-400.

Blind, K., & Mangelsdorf, A. (2016).標準化する動機。ドイツからの実証的証拠。テクノベーション、48、13-24

Blind, K., & Münch, F. (2019), The Impact of Regulation and Standards on Innovation, A Comparative Study based on OECD Countries, Paper presented at WSC, Belgrade 2019.「規制と基準のイノベーションへの影響」。

Blind, K., and Böhm, M. (2019), The Interrelation between Open Source Software and Standardisation, JRC, https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/6521f427- 01df-11ea-8c1f-01aa75ed71a1/language-en

ブラインド、K.、Jungmittag, A., (2008):特許と規格がマクロ経済成長に与える影響：4カ国・12部門を対象としたパネル・アプローチ, Journal of Productivity Analysis 29(1), 51-60

Blind, K., Bekkers, R., Dietrich, Y., Iversen, E., Müller, B., Pohlmann, T., Verweijen, J. (2011):標準と知的財産権（IPR）の相互作用に関する研究, Tender No ENTR/09/015, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2011, ISBN 978-92-79-20654-2.

Blind, K., Edler, J., Friedewald, M. (2005):ソフトウェア特許。経済的影響と政策的含意（知的財産の新地平シリーズ）；エドワード・エルガー。

Blind, K., Florez Ramos, E. & Fullea, E. (2017), 新フレームワーク案の影響評価報告書, 責任あるイノベーションのためのICT特許フレームワークへの挑戦, CIFRA Consortium, 2018, [http://hdl.handle.net/10016/25906.。](http://hdl.handle.net/10016/25906)

Blind, K., Mangelsdorf, A., Niebel.C.、ラメル、F. (2018):欧州単一市場のグローバル・バリュー・チェーンにおける基準、Review of International Political Economy 2018, 25 (1), 28- 48.

Blower, J., (2019) Using Open Source software to build networks and create impact in environmental science.（環境科学におけるネットワークの構築とインパクトの創出に向けたオープンソースソフトウェアの活用）。

Bogers, M., Afuah, A., & Bastian, B.L. (2010).イノベーターとしてのユーザー．A Review, Critique, and Future Research Directions:を、「経営学」（Journal of Management） Vol.36 No.4, July 2010 857-875 DOI: 10.1177/0149206309353944

ベーム、M. (2019).ボランティア主導のオープンソースコミュニティにおけるガバナンス規範の出現。オープン法・技術・社会研究』11(1), 1-37.

Böhm, M. and Eisape, D. (2019).8.Normungs- und Standardisierungsorganisationen und Open Source Communities - Partner oder Wettbewerber?Normen und Standards für die digitale Transformation (pp. 99-140).De Gruyter Oldenbourg.

Bollinger, T. (2003).米国国防総省におけるフリー・オープンソース・ソフトウェア（FOSS）の利用 （p. 168）。 TheMITRE 株式会社[。http://www.terrybollinger.com/dodfoss/dodfoss\_pdf\_hyperlinked.pdf](http://www.terrybollinger.com/dodfoss/dodfoss_pdf_hyperlinked.pdf)

Bonaccorsi, A., & Rossi, C. (2003).なぜオープンソースソフトウェアは成功できるのか.Research Policy, 32(7), 1243-1258.

Bonaccorsi, A., & Rossi, C. (2006).Comparing motivations of individual programmers and firms to take part in the open source movement:コミュニティからビジネスへ.Knowledge, Technology & Policy, 18(4), 40-64.

Borges, H., Hora, A., & Valente, M. T. (2016).GitHub リポジトリの人気に影響を与える要因の理解。In 2016 IEEE International Conference on Software Maintenance and Evolution (ICSME), 334-344.

Bostrom, N. (2017)、AI開発における開放性の戦略的意味。Global Policy, 8: 135-148。https://doi:10.1111/1758-5899.12403。

Bosu, A., & Carver, J. (2014).OSS プロジェクトにおける開発者の評判がコードレビューの結果に与える影響。実証的な調査。International Symposium on EmpiricalSoftware Engineering and Measurement.10.1145/2652524.2652544.

Bosu, A., Iqbal, A., Shahriyar, R., & Chakraborty, P. (2019).ブロックチェーンソフトウェア開発者の動機、課題、ニーズを理解する。サーベイを実施。経験的ソフトウェア工学, 24(4), 2636-2673.

Bottazzi, L., & Peri, G. (2007).研究開発とイノベーションの国際的なダイナミクスは、長期的にも短期的にも。The Economic Journal, 117(518), 486- 511.https://doi.org/10.1111/j.1468-0297.2007.02027.x

Branscomb, L. M. (1992).アメリカには技術政策が必要か.Harvard Business Review, 70(2), 24-31.

Brügge, B., Harhoff, D., Picot, A., Creighton, O., Fiedler, M., & Henkel, J. (2012).OpenSource-Software: eine ökonomische und technische Analyse（オープンソースソフトウェア：経済的・技術的分析）.Springer-Verlag.

Brynjolfsson, E., & Hitt, L. M. (2003).コンピューティングの生産性:企業レベルの証拠。経済学と統計学のレビュー, 85(4), 793-808.

Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat.(2020).Digital Offenheit im Servicestandard. Bundesministerium desInnern , fürBauund <http://www.onlinezugangsgesetz.de/Webs/OZG/DE/umsetzung/servicestandard/offenheit/> offenheit-node.html.

Bundesministerium für Bildung und Forschung.(2020).KMU-innovativ.Bundesministerium für Bildung und Forschung - BMBF[. https://www.bmbf.de/de/kmuinnovativ-561.html.](http://www.bmbf.de/de/kmuinnovativ-561.html)

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.(2020).Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand[. https://www.zim.de/ZIM/Navigation/DE/Home/home.html.](http://www.zim.de/ZIM/Navigation/DE/Home/home.html)

Bundesstelle für Informationstechnik.(2000).Letter No. 2/2000 Open Source Software in theFederalAdministration（レターナンバー2/2000 オープンソースソフトウェア・イン・ザ・フェデラルアドミニストレーション） 。 Bundesstellefür Informationstechnik. [http://www.](http://www.bit.bund.de/nn_1333080/BIT/DE/Shared/Publikationen/OSS/KBSt-Brief-nr)bit.bund.de/nn\_1333080/BIT/DE/Shared/Publikationen/OSS/KBSt-Brief-nr2- 2000 engl,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/KBSt-Brief-nr-2000\_engl.pdf

Burton, R. A. (2004).M-04-16, Software Acquisition (p.2).Office of Federal Procurement Policy（連邦調達政策局）[https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2017/11/2004-M-04-16-Software-](http://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2017/11/2004-M-04-16-Software-) Acquisition-.pdf.

Busvine, D. (2018, 10月 23).エクスクルーシブ。中国のファーウェイ、5Gオークションに向けドイツの監視に口を開く。ロイター [https://www.reuters.com/article/us-germany-](http://www.reuters.com/article/us-germany-) telecomshuawei-exclusive-idUSKCN1MX1VB

内閣府・内務省.(2012).オープンソースのすべて。オープンソースのすべて: An Introduction to Open SourceSoftwareforGovernmentSIT . CabinetOffice. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\_ data/file/78959/All\_About\_Open\_Source\_v2\_0.pdf

内閣府.(2004).OPEN SOURCE SOFTWARE: Use within UK Government.

内閣府.(2010).オープンソース、オープンスタンダード、再利用:政府行動計画. 内閣府. 内閣府. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\_ data/file/61962/open\_source.pdf

CabinetOffice . (2011).政府ICTS戦略 (p. 25). 内閣府. <https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachme> nt\_data/file/85968/uk-government-ict-strategy\_0.pdf.

CabinetOffice . (2011). OpenSourceProcurementToolkit . GOV.UK. [https://www.gov.uk/government/publications/open-source-procurement-toolkit](http://www.gov.uk/government/publications/open-source-procurement-toolkit)

CabinetOffice . (2018, 4月5日 )である。 OpenStandardsprinciples . GOV.UK[。https://www.gov.uk/government/publications/open-standards-principles/openstandards-](http://www.gov.uk/government/publications/open-standards-principles/openstandards-) 原則

内閣府.(2020年、10月5日)です。内閣府の統制方針。バージョン5.GOV.UK. [https://www.gov.uk/government/publications/cabinet-office-controls-version-](http://www.gov.uk/government/publications/cabinet-office-controls-version-) 5/cabinetoffice-controls-policy-version-5

内閣府．(n.d.).私たちについて.GOV.UK.2020年12月31日、[https://www.gov.uk/government/organisations/cabinet-office/about](http://www.gov.uk/government/organisations/cabinet-office/about) から取得。

Calster, B. V., Steyerberg, E. W., Collins, G. S. (2019).医学的予測のための人工知能アルゴリズムは非占有的であり、容易に利用可能であるべきである。JAMA Intern Med., 179(5). https://jamanetwork.com/journals/jamainternalmedicine/article-abstract/2731779.DOI:10.1001/jamainternmed.2019.0597.

Campbell-Kelly, M., & Garcia-Swartz, D. D. (2009).Pragmatism, not ideology: Historical perspectives on IBM's adoption of open-source software.Information Economics and Policy, 21(3), 229-244.

Candidats.fr.(2020).Municipales 2020 - Liste des signataires du Pacte du Logiciel Libre. [https://www.candidats.fr/post/2020/02/11/municipales-2020-liste-des-signataires-dupacte-](http://www.candidats.fr/post/2020/02/11/municipales-2020-liste-des-signataires-dupacte-) du-logiciel-libre[.](http://www.candidats.fr/post/2020/02/11/municipales-2020-liste-des-signataires-dupacte-)

Canfora, G. , & Cerulo, L. (2006).影響度分析をサポートするためのソフトウェアリポジトリの細粒度インデックス作成。Proceedings - International Conference on Software Engineering.105-111.10.1145/1137983.1138009.

Cánovas, J. (2020). オープンにおける財団の役割 ソース プロジェクト、https://livablesoftware.com/study-open-source-foundations/

カッシーノ、J. F. (2019).Implenetacao de software livre no governo federal:Um estudo de caso de adacao do comum.Univeridade Federal do ABC.

カステラッチ, F. (2007):進化論と新成長論。収斂しているのか？Journal of Economic Surveys, 21(3), 585-627.

キャッスル、J. R. (2020).ピープルズ・コードの出版に関する組織分析（博士論文、バージニア工科大学）。

CDU Deutschland.(2019).デジタルチャータ・イノベーションズプラットフォーム。D, Beschluss des 32.ParteitagsderCDUDeutschlands . シーディーユー Deutschland. [https://www.cdu.de/system/tdf/media/images/leipzig2019/2019-11-23-digitalcharta-](http://www.cdu.de/system/tdf/media/images/leipzig2019/2019-11-23-digitalcharta-) innovationsplattform-d-beschluss.pdf?file=1

CENATIC, National Open Source Competency Centre, National Open Source, & Software Observatory.(2010).オープンソースソフトウェアの国際的な状況に関する報告書 2010.NationalOpenSourceSoftwareObservatory/ （ナショナルオープンソースソフトウェアオブザバトリー）. CENATIC. [https://opensource.org/files/Report%20on%20the%20International%20Status%20of%2](https://opensource.org/files/Report%20on%20the%20International%20Status%20of%252) 0Open%20Source%20Software%202010.pdf

CENATIC, Penteo ICT Analyst, & ONSFA.(2010).オープンソースソフトウェアの国際的な状況に関する報告書2010.National Open Source Software Observatory / CENATIC. https://opensource.org/files/Report%20on%20the%20International%20Status%20of%20O pen%20Source%20Software%202010.pdf

米国疾病管理予防センター.(2013).CDCの政策分析フレームワーク.センターズフォアディジーズコントロールアンドプリベンション Prevention. [https://www.cdc.gov/policy/analysis/process/docs/CDCPolicyAnalyticalFramework.pdf](http://www.cdc.gov/policy/analysis/process/docs/CDCPolicyAnalyticalFramework.pdf)

Centralne Repozytorium Informacji Publicznej.(n.d.).O serwisie - Otwarte Dane. https://dane.gov.pl/pl/about

Centrum Cyfrowe.(n.d.).Mission and strategic objectives. https://centrumcyfrowe.pl/en/co- robimy/

セレオラ，S.，ウィアー，B.，ストランドノーマン，C. (2012).を採用した中小企業におけるトップマネジメントチームの企業業績への影響.行動と情報技術。31.889-907.

Chae, B., & McHaney, R. (2006).アジアのトリオによる Linux ベースのオープンソース開発の採用. CommunicationsoftheACM , 49(9), 95-99.

https://doi.org/10.1145/1151030.1151035

Chancellery of the Sejm.(2005).Ustawa z dnia 17 lutego 2005 r. o informatyzacji działalnościpodmiotówrealizującychzadania publiczne. <http://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20050640565/T/D20050565L.pdf>

SejmのChancellery。(2016).Ustawa z dnia 25 lutego 2016 r. o ponownym wykorzystywaniu informacji sektora publicznego.(Dz.U. 2016 poz. 352)[。http://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20160000352/T/D20160352L.pdf。](http://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20160000352/T/D20160352L.pdf)

Chang, L. (2018).モチベーション、チームダイナミクス、開発プラクティス、それらがどのようにオープンソースソフトウェアの成功に影響を与えるか。コード・フォー・アメリカ・ブリゲードのプロジェクトに関する研究。 ElectronicThesesandDissertations . 1528.

https://digitalcommons.du.edu/etd/1528

Chauhan, S.ら(2018)。オープンソースのオフィスアプリケーションに対する採用の決定要因。複数の調査。情報システムマネジメント, 35(2), 80-97.

Chehrazi, G., Heimbach, I., & Hinz, O. (2016).The impact of security by design on the successofopensourcesoftware . ResearchPapers . 179.

<http://aisel.aisnet.org/ecis2016_rp/179>

Chen, X., Li, X., Clark, J. G., & Dietrich, G. B. (2013).オープンソースソフトウェアのプロジェクトチームにおける知識共有。というのは，このような「知識共有の仕組み」があるためである．国際情報管理ジャーナル, 33(3), 553-563.

鄭宏圭・劉耀・唐琪 (2011).ネットワーク外部性がオープンソース・ソフトウェアとプロプライエタリ・ソフトウェアの間の競争に与える影響。このような場合、「経営情報システム」、27(4), 201-230.

Chesbrough, H. (2006).Open innovation: a new paradigm for understanding industrial innovation.オープンイノベーション。新しいパラダイムの研究, 400, 0-19.

中国人工知能オープンソースソフトウェア開発連盟。(2018).中国人工知能オープンソースソフトウェア（AOSS）の発展に関する白書.TranslationbyJeffrey 丁。https://docs.google.com/document/d/1Uou1GW7cegRB6\_UDV7tGsK3YcLfGY6czlg61Jd0l qM/edit#

チャイナ・デイリー(2019, 8月 13日)に掲載された。ファーウェイ、国内初のオープンソース財団の設立を支援。China.org.cn. <http://www.china.org.cn/business/2019-08/13/content_75094255.htm>

Chmura Krajowa.(n.d.).Dlaczego Chmura Krajowa? https://chmurakrajowa.pl/dlaczego- chmura-krajowa/

Choudhary, V., & Zhou, Z. Z. (2007).オープンソースソフトウェアとの競争がプロプライエタリなソフトウェアに与える影響．INFORMS Annual Meeting, 101-139.

CNLL (l'Union des entreprises du logiciel libre et du numérique ouvert).(2019).オープンソース：デジタルトランスフォーメーションとイノベーションに後押しされたダイナミックな市場 [http://www.openforumeurope.org/wp-content/uploads/2020/02/CNLL-study.pdf.](http://www.openforumeurope.org/wp-content/uploads/2020/02/CNLL-study.pdf)

CNLL (l'Union des entreprises du logiciel libre et du numérique ouvert).(n.d.).A propos du CNLL. https://cnll.fr/cnll/code.gov.(n.d.)。(n.d.). 代理店のコンプライアンス.Code.Gov。2020年12月31日、https://code.gov/federal-agencies/compliance/dashboard から取得。

Colombo, M., & Piva, E., & Rossi-Lamastra, C. (2013).従業員が就業時間中にコミュニティとコラボレーションすることを許可すること。企業にとって価値があるのはどんなときか？ロングレンジ・プランニング.46.236-257.10.1016/j.lrp.2012.05.004.

Comino, S., & Manenti, F. (2005).マスマーケット向けオープンソースソフトウェアをサポートする政府政策.Review of Industrial Organization, 26(2), 217-240。https://doi.org/10.1007/s11151-004-7297-4。

商務情報政策局.(2019, 11月 21日)をご参照ください。日本のIT政策とデジタルトランスフォーメーション.第18回北東アジアOSS推進フォーラム. <http://ossforum.jp/jossfiles/1-2%20JAPAN%20ITDG_Keynote%20speech20191121.pdf>

テクノロジー＆デジタル・イノベーション担当委員.(n.d.).目的と範囲:倫理的なデジタル基準. Retrieved29December2020 , [https://www.barcelona.cat/digitalstandards/en/tech-practices/0.1/aim-and-scope](http://www.barcelona.cat/digitalstandards/en/tech-practices/0.1/aim-and-scope) より

テクノロジー＆デジタル・イノベーション担当委員.(n.d.).フリーソフトウェアと行政. Retrieved29December2020 , [https://www. barcelona.cat/digitalstandards/ja/tech-sovereignty/0.1/publicadministration](http://www.barcelona.cat/digitalstandards/en/tech-sovereignty/0.1/publicadministration) から。

消費者の団結と信頼の会（編）．(2012).インドにおける政府調達。インドにおける政府調達：国内規制と貿易の展望.CUTS International.

閣僚会議。(2006).政府情報システムのためのブルガリア国家相互運用性フレームワーク (決定番号 482).ブルガリア[。 https://www.mtitc.government.bg/upload/docs/en\_BUL](http://www.mtitc.government.bg/upload/docs/en_BUL) FRAMEWORK.pdf

閣僚会議です。(2017).情報システム、レジスター、電子行政サービスに関する一般要件に関する省令。(Decision Nr. 3 -09.01.2017). [https://www.lex.bg/bg/laws/ldoc/2136995819](http://www.lex.bg/bg/laws/ldoc/2136995819)

クレマー、J.、ド・モンジョイ、Y.A.、＆シュヴァイツァー、H.（2019）。デジタル時代の競争政策、欧州委員会に提出された最終報告書。ISBN：978-92-76-01946-6

クラウン・コマーシャル・サービス(n.d.).クラウン・コマーシャル・サービス(CCS)について.2020年12月31日、[https://www.crowncommercial.gov.uk/about-ccs/](http://www.crowncommercial.gov.uk/about-ccs/) より取得。

Crowston, K., Annabi, H., & Howison, J. (2003).オープンソースソフトウェアプロジェクトの成功を定義する。In Proceedings of the International Conference on Information Systems (ICIS 2003), Seattle, WA, USA, December.

Cuartielles, D., Nepelski, D., & Van Roy, V. (2018).Arduino-A global network for digital innovation.オープンイノベーション2.0年鑑-版2018．

Cyfryzacja KPRM.(2018) Sprawozdanie z działalności rady do spraw cyfryzacji za rok 2018. [https://www.gov.pl/web/cyfryzacja/dokumenty-obecnej-kadencji。](http://www.gov.pl/web/cyfryzacja/dokumenty-obecnej-kadencji)

Cyfryzacja KPRM.(2020) Dokumenty Rady kadencji 2019 - 2021. [https://www.gov.pl/web/cyfryzacja/dokumenty-rady-kadencji-2019-2021](http://www.gov.pl/web/cyfryzacja/dokumenty-rady-kadencji-2019-2021)

Cyfryzacja KPRM.(n.d.).Biura i departamenty. [https://www.gov.pl/web/cyfryzacja/biurai-](http://www.gov.pl/web/cyfryzacja/biurai-) departamenty

Daffara, C. (2012):欧州経済に対するオープンソース ソフトウェアの経済的貢献の推定.The First Openforum Academy Conference Proceedings (pp. 11- 14)に掲載されています。

ダファラ、C. (2020):欧州経済に対するオープンソースソフトウェアの経済貢献度の推定。An Update; https://twitter.com/cdaffara/status/1260655009223434242

Dahlander, L., & Gann, D. (2010).How Open is Innovation?研究政策.39.699-709.10.1016/j.respol.2010.01.013.

Dahlander, L., & Wallin, M. W. (2006).A man on the inside:補完的な資産としてのコミュニティの解き放ち。Research Policy, 35(8), 1243-1259.

Dahlander, L., and Magnusson, M. G., (2005).オープンソースソフトウェア企業とコミュニティの関係:北欧企業からの観察, Research Policy, 34, issue 4, p. 481-493.

Dahlander, L., and Magnusson, M. G., (2008).企業はどのようにオープンソースコミュニティを活用するのか？ロングレンジプランニング.41.629-649.10.1016/j.lrp.2008.09.003.

D'Ambros, M., Bacchelli, A., & Lanza, M. (2010).設計上の欠陥がソフトウェアの欠陥に与える影響について.2010 10th International Conference on Quality Software (pp. 23-31).IEEE.

ダニエル、S. (2018).オープンソースソフトウェアプロジェクトにおける知識のソーシング。プロジェクトの成功に対する内部および外部のソーシャルキャピタルの影響」、『戦略的情報システム』、27(3)、237-256。

ダニエル、S.、アガーワル、R.、スチュワート、K. (2013).The Effects of Diversity in Global, Distributed Collectives:A Study of Open Source Project Success (オープン ソース プロジェクトの成功に関する研究).情報システム研究。24.312-333.10.1287/isre.1120.0435.

Dataport.(2020).プロジェクト・フェニックス。オープンソースのオフィス向けアプリケーションプラットフォーム。Dataport. [https://www.dataport.de/was-wir-bewegen/portfolio/projekt-phoenix/](http://www.dataport.de/was-wir-bewegen/portfolio/projekt-phoenix/)

デ', R. (2015).政府におけるフリーおよびオープンソースソフトウェア利用の経済的影響.Indian Institute of Management Bangalore. https://icfoss.in/doc/ICFOSS\_economic-impact- free(v3).pdf

Décret n° 2017-638 du 27 avril 2017 relatif aux licences de réutilisation à titre gratuit des informations publiques et aux modalités de leur homologation, 2017-638 (2017年)。

Der Beauftragte der Bundesregierung für Informationstechnik.(2020).IT-Beauftragter der Bundesregierung. [https://www.cio.bund.de/Web/DE/ITBeschaffung/EVB-IT-und-](http://www.cio.bund.de/Web/DE/ITBeschaffung/EVB-IT-und-) BVB/Aktuelle\_EVB-IT/aktuelle\_evb\_it\_node.html

Der Beauftragte der Bundesregierung für Informationstechnik.(2020).Stärkung der Digitalen Souveränität in der Öffentlichen Verwaltung.Der Beauftragte der Bundesregierung für Informationstechnik.

デレク・デュ・ペレズ(2019年、8月30日)の記事です。GDS、GOV.UKのオープンソースコードを非公開に...しかしその理由は？デジノミカ.

Désilets, A. (2007).Translation wikified:大規模なオンラインコラボレーションは、翻訳の世界にどのような影響を与えるのだろうか。Translating and the Computer (29), 29-30.

Die Beauftragte der Bundesregierung für Informationstechnik.(2012).Rechtliche Aspekte der Nutzung, Verbitung und Weiterentwicklung von Open-Source-Software (p.117).オープンソースソフトウェアの使用、利用、および開発における法的側面 (p. 117). <http://www.cio.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Architekturen-> undStandards/migrationsleitfaden\_4\_0\_rechtliche\_aspekte\_download.pdf? blob=publica tionFile[.](http://www.cio.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Architekturen-)

Ding, J. (2020).ChinAI #100。古くからの論争を再燃させる。データ vs. アルゴリズム.ChinAI Newsletter. https://chinai.substack.com/p/chinai-100-re-igniting-an-age-old

DINSIC.(2018).Publication de la politique de contribution de l'Etat aux logiciels libres. [https://www.etalab.gouv.fr/publication-de-la-politique-de-contribution-de-letat-auxlogiciels-](http://www.etalab.gouv.fr/publication-de-la-politique-de-contribution-de-letat-auxlogiciels-) libres[.](http://www.etalab.gouv.fr/publication-de-la-politique-de-contribution-de-letat-auxlogiciels-)

情報学総局（欧州委員会）、KPMG.(2020).欧州委員会におけるオープンソースソフトウェアのガバナンスに関する研究.ISBN 978-92-76-10536-7.doi 10.2799/755940.カタログ番号 NO-02-20-079-EN-N.

Dobberstein, J.、他（2017）。The Eclipse working group openPASS: an open source approach to safety impact assessment via simulation.DOI 10.1016/j.infsof.2014.06.002

Dorner, M.; Capraro, M.; Barcomb, A. (2020).Quo Vadis, Open Source?オープンソースの成長の限界, arXiv:2008.07753v2 [cs.SE] 2020年8月19日

Dussutour, C. (2020).フランス政府、自社開発のメッセージングサービス「 Tchap」を開始 （OpenSource Observatory）。https://joinup.ec.europa.eu/collection/opensource-observatory-osor/document/french- government-launches-house-developedmessaging-service-tchap

経済政策研究所（2018）．ブルガリア産業のデジタルトランスフォーメーション（インダストリー4.0）の概念（pp.11-12）.ブルガリア、ソフィア。

エドラー，J.; ファーガーバーグ，J. (2017):イノベーション政策：何を、なぜ、どのように。オックスフォード・レビュー・オブ・エコノミック・ポリシー，33(1)，2-23，https://doi.org/10.1093/oxrep/grx001

エグバル、N. (2016).道路と橋。The Unseen Labor Behind Our Digital Infrastructure (p.143).フォード財団。

エタラブ。(2018).Lancement :Rejoignez la communauté "Blue hats, hackers d'intérêt général"（ブルーハット、ハッカーズ・ディンテレット・ジェネラル） ! [https://www.numerique.gouv.fr/agenda/lancement-rejoignez-la-](http://www.numerique.gouv.fr/agenda/lancement-rejoignez-la-) communauteblue-hats-hackers-dinteret-general/

エタラブ．(n.d.).Ce que nous faisons. [https://www.etalab.gouv.fr/](http://www.etalab.gouv.fr/)

エタラブ。(n.d.-a).自由なロジックのための支援 [https://www.etalab.gouv.fr/accompagnement-logiciels-libres](http://www.etalab.gouv.fr/accompagnement-logiciels-libres)

エタラブ。(n.d.-b).フランスの公共部門のソースコードを閲覧する。 https://code.etalab.gouv.fr/en/stats

EUPL。 (2021). EUPLtext (EUPL-1.2). ジョイナップ のウェブサイトをご覧ください。https://joinup.ec.europa.eu/collection/eupl/eupl-text-11-12

欧州委員会 (2011).水平協力協定に対するTFEU第101条の適用性に関する指針」.Official Journal of the European Union, Vol.54, C 11, https://eur-lex.europa.eu/legal- content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.C\_.2011.011.0001.01.ENG&toc=OJ:C:2011:011:TOC.TOC.TOC.

欧州委員会（2014）。Regulation (EC) No 460/2004 of the European Parliament and of the Council of 10 March 2004 establishing the European Network and Information Security Agency (Text with EEA relevance), (testimony of European Commission).2004年3月10日の欧州議会と理事会の規則（EC）No 460/2004（EEA関連性のあるテキスト）。2021年3月16日 、 以下から取得。 https://eur- lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32004R0460:EN:HTML

欧州委員会（2016）。標準化パッケージ。21世紀の欧州規格.COM(2016) 358 final. https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/EN/1- 2016-358-EN-F1-1.PDF

欧州委員会.(2013).EU Cybersecurity plan to protect open internet and online freedom and opportunity [Text].European Commission - 欧州委員会. https://ec.europa. eu/commission/presscorner/detail/ja/IP\_13\_94

欧州委員会（2016）。ネットワークと情報システムのセキュリティに関する指令（NIS指令）［テキスト］.Shaping Europe's Digital Future - European Commission. https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/directive-security-network-and-information- systems-nis-directive.

欧州委員会（2018）欠陥製品の責任に関する加盟国の法律、規制、行政規定の近似性に関する理事会指令の適用に関する欧州議会、理事会、欧州経済社会委員会への委員会からの報告書。(85/374/EEC)

欧州委員会(2018).欧州電子通信コード（Recast）Text with EEA relevance.32018L1972, CONSIL, EP, OJ L 321 (2018). <http://data.europa.eu/eli/dir/2018/1972/oj/eng> を確立する2018年12月11日の欧州議会および理事会の指令（EU）2018/1972。

欧州委員会 (2020).Communication to the commission open source software strategy 2020 - 2023.Think Open.C(2020) 7149 final. https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/en\_ec\_open\_source\_strategy\_2020-2023.pdf

欧州委員会（2020年）。人工知能に関する白書 - 卓越性と信頼に対する欧州のアプローチ.COM(2020) 65 final.

欧州委員会（2016）。ISAについて.欧州委員会ウェブサイト. https://ec.europa.eu/archives/isa/about-isa/index\_en.htm

欧州委員会（2016）。政府のデジタルトランスフォーメーションを加速する。EU eGovernmentActionPlan2016-2020 . EUR-Lex. https://eur- lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=CELEX:52016DC0179

欧州委員会（2016）。EU eGovernment Action Plan 2016-2020 Accelerating the digital transformation of government.COM/2016/0179 final https://eurlex.europa.eu/legal- content/EN/TXT/?uri=CELEX:52016DC0179

欧州委員会（2017）。電子政府に関する閣僚宣言-タリン宣言。 EuropeanCommission . https://ec.europa.eu/digital- singlemarket/ja/news/ministerial-declaration-egovernment-tallinn-declaration

欧州委員会（2018）。スペインにおける電子政府 2018 年 12 月 (p.65).欧州委員会. https://joinup.ec.europa.eu/sites/default/files/inlinefiles/eGovernment\_in\_Spain\_December

\_2018\_v2.00.pdf

欧州委員会（2018）。EU28 における行政の特徴とパフォーマンス：ブルガリア. 欧州委員会. https://op.europa.eu/en/publication-detail/-

/publication/e0ad3cfd-9606-11e8-8bc1-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source- search

欧州委員会（2019）。デジタル経済社会指数（DESI）、2019年国別報告書ブルガリア.

欧州委員会（2019）。EU-FOSSA バグバウンティーの本格的な実施.欧州委員会ウェブサイト https://ec.europa.eu/info/news/eu-fossa-bug-bounties-full-force- 2019-apr-05\_ja

欧州委員会（2019年）。人工知能に関する白書-卓越性と信頼に対する欧州のアプローチ.欧州委員会ウェブサイト [https://ec.europa.eu/digital-single- market/ja/news/white-paper-artificial-intelligenceeuropean-approach-excellence-and-trust.](https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/white-paper-artificial-intelligenceeuropean-approach-excellence-and-trust)

欧州委員会（2019）。EUサイバーセキュリティ法【テキスト】.Shaping Europe's Digital Future - European Commission. https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/eu- cybersecurity-act

欧州委員会 (2020).2020年欧州セメスター。構造改革、マクロ経済の不均衡の防止と是正の進捗状況の評価、規則(EU) No 1176/2011に基づく綿密なレビューの結果。国別報告書ブルガリア2020.COM(2020)150final . https://eur- lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020SC0501&from=EN

欧州委員会（2020年）。A European strategy for data.COM(2020) 66 final.EURLex. https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0066&from=EN

欧州委員会（2020年）。コミュニケーション:Shaping Europe's digital future.欧州委員会. ISBN978-92-76-16363-3. DOI:10.2759/091014. KK-03-20-102-EN-N.

https://ec.europa.eu/info/publications/communication-shaping-europes-digitalfuture\_en

欧州委員会（2020年）。人工知能に関するハイレベル専門家グループ。欧州委員会。https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/high-levelexpert-group-artificial- インテリジェンス

欧州委員会 (2020).オープンソースソフトウェア戦略 2020 - 2023.Think Open.C(2020) 7149final .

<https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/en_ec_open_source_strategy_2020-2023.pdf>

欧州委員会（2020年）。EUの新サイバーセキュリティ戦略【テキスト】.欧州委員会-European 欧州委員会 https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP\_20\_2391

欧州委員会（2020年）.デジタル10年におけるEUのサイバーセキュリティ戦略 [本文]. ShapingEurope 'sDigitalFuture-European 欧州委員会. https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/eus-cybersecurity-strategy-digital- 10年-0

欧州委員会 (n.d.) ISA²について.European Commission. https://ec.europa.eu/isa2/isa2\_en

欧州委員会 (n.d.) ISA² - 公共行政、企業、市民のための相互運用性ソリューション 。 Actions. 欧州委員会 欧州委員会 https://ec.europa.eu/isa2/actions\_en

欧州委員会 (n.d.).EU-FOSSA 2 - フリーおよびオープンソースソフトウェアの監査.欧州委員会 https://ec.europa.eu/info/departments/informatics/eufossa-2\_en

欧州委員会 (n.d.).オープンソース戦略:歴史.欧州委員会ウェブサイト. https://ec.europa.eu/info/open-source-strategy-history\_en

欧州委員会（n.d.).新しい欧州相互運用性フレームワーク.欧州委員会ウェブサイト https://ec.europa.eu/isa2/eif\_en

欧州デジタル著作権協会（EDRi）.(2003).ブルガリアにおけるフリーソフトウェアを促進する法律の草案 https://edri.org/our-work/edrigramnumber6free-software-draft-bulgaria/.

Europol.(n.d.).欧州サイバー犯罪センター-EC3.Europol.2021年3月16日、[https://www.europol.europa.eu/about-europol/european-cy](http://www.europol.europa.eu/about-europol/european-cybercrime-centre-ec3)bercrime-centre-ec3 から取得。

Facebook Engineering. https://engineering.fb.com/ml-applications/the-next-step- infacebook-s-ai-hardware-infrastructure/

連邦経済・エネルギー省.(2020).GAIA-X:Technical Architecture (p. 56). FederalMinistryforEconomicAffairsandEnergy. [https://www.datainfrastructure.eu/GAIAX/Redaktion/EN/Publications/gaia-x-](http://www.datainfrastructure.eu/GAIAX/Redaktion/EN/Publications/gaia-x-) technicalarchitecture.pdf? blob=publicationFile&v=5

Feller, J., et al.オープンシステムとクローズドシステムは同等である (つまり、理想的な世界において).In Perspectives on Free and Open Source Software (pp. 127-142).MITP. https://ieeexplore.ieee.org/document/6277068

Fitzgerald, B. (2006).オープンソースソフトウェアの変容.MIS Quarterly:経営情報システム.30.10.2307/25148740.

Fitzgerald, B., Mockus, A., & Zhou, M. (2019).エンジニアリング・フリー/リブレ・オープンに向けて

Flamm, K. (1988).コンピュータの創造。政府、産業、およびハイテク。The Brookings Institution.

フォルツ、J. N. M. (2018).インドにおけるフリー＆オープンソースソフトウェア。Mobilising Technology for theNationalGood . ユニバーシティ・オブ マンチェスター[. https://www.research.manchester.ac.uk/portal/files/102613332/FULL\_TEXT.PDF](http://www.research.manchester.ac.uk/portal/files/102613332/FULL_TEXT.PDF)

Fontana, F. A., Braione, P., & Zanoni, M. (2012).コード内の悪臭の自動検出。An experimental assessment.オブジェクト技術ジャーナル, 11(2), 5-1.

Fosfuri, A., & Giarratana, M., & Luzzi, A. (2008).The Penguin Has Entered the Building:The Commercialization of Open Source Software Products（オープンソース ソフトウェア製品の商業化）.組織科学.19.292- 305.10.1287/orsc.1070.0321.

フォス，N.，＆フレデリクセン，L.，＆ルラーニ，F.（2015）．自己組織化されたコミュニティにおける問題形成と問題解決。無料オープンソースソフトウェアコミュニティにおけるコミュニケーションモードは、どのようにプロジェクトの行動を形成するか。ストラテジック・マネジメント・ジャーナル.10.1002/smj.2439.

foss4smes (2019).政策提言最終報告書 [https://www.foss4smes.eu/](http://www.foss4smes.eu/)

Franzoni, C., & Sauermann, H. (2014).クラウド・サイエンス。オープンな共同プロジェクトにおける科学研究の組織化。研究政策, 43(1), 1-20.https://epf.org.pl/en/

Fundacja Wolnego i Otwartego Oprogramowania.(2014).O nas.インターネット・アーカイブ https://web.archive.org/web/20180108145016/https://fwioo.pl/section/o-nas/

Fundacja Wolnego i Otwartego Oprogramowania.(n.d.).Publikacje.Internet Archive. https://web.archive.org/web/20180108145017/https://fwioo.pl/section/publikacje/

Furtado de Magalhães Gomes, M., Vasconcelos Novaes, R., & Guimarães Becker, M. (2015).オープンソースソフトウェア、知識へのアクセス、ソフトウェアライセンス。Human Rights Rule of Law and the Contemporary Social Challenges in Complex Societies, 100-115。https://doi.org/10.17931/ivr2013\_sws24\_02。

ガロ、P. U. (2016).公共政策のアクター、プロセス、決定、評価：スペインにおけるフロスのケース（2003-2013）（博士論文、Universidad de Deusto）https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=175799.

ガートナー (各年 ): ITKeyMetrics [データ https://www.gartner.com/en/documents/3895264/it-key-metrics-data-2019-index-](http://www.gartner.com/en/documents/3895264/it-key-metrics-data-2019-index-) ofpublished-documents-an

Gasper, D. (2005).政策評価-管理主義・経済主義からガバナンスの視点へ」 https://repub.eur.nl/pub/50685/

Geiger, R. S. (2017) 2017 github open source surveyの概要分析．SocArXiv Preprints, 2017. doi: 10.17605/OSF.IO/ENRQ5. URL

https://osf.io/preprints/socarxiv/qps53。

Ghafele, R., & Gibert, B. (2012).発展途上国における知的財産のマネタイゼーションの推進。発展途上国における知的財産の収益化の促進：知識主導の成長を支援するための課題と戦略のレビュー.世界銀行政策研究ワーキングペーパー、（6143）。

Ghapanchi, A. H., & Aurum, A. (2012).Competency rallying in electronic markets:オープンソースプロジェクトの成功のための含意。電子市場, 22(2), 117-127.

Ghapanchi, A. H., Aurum, & Daneshgar, F. (2012).オープンソースソフトウェアプロジェクトへの貢献に対するユーザーの関心にプロセスの有効性が与える影響.jsw, 7(1), 212-219.

Ghapanchi, A. H., Aurum, A., & Low, G. (2011).オープンソースソフトウェアプロジェクトの成功を測定するための分類法.First Monday, 16(8).

Ghosh, R.A. (2006).オープンソースソフトウェアが EU の情報通信技術 (ICT) セクターのイノベーションと競争力に与える経済的影響.Maastricht: UNU-MERIT.

GitHub.(n.d.).GitHub.https://github.com/18F/open- source-policy から2020年12月31日に取得。

Gorgulla, C., Boeszoermenyi, A., Wang, Z. (2020).オープンソースの創薬プラットフォームで超大規模な仮想スクリーンを実現。Nature. https://doi.org/10.1038/s41586-020-2117-z

GOV.UK. [https://www.gov.uk/guidance/be-open-and-use-open-sourceGovernment](http://www.gov.uk/guidance/be-open-and-use-open-sourceGovernment) デジタルサービス.(2017, 10月 5日)を参照してください。ソースコードをオープンにして再利用可能にする。

GOV.UK[。https://www.gov.uk/service-manual/technology/making-source-code-openand-](http://www.gov.uk/service-manual/technology/making-source-code-openand-) リユース可能。

ガバメント・デジタル・サービス．(2017, 11月 6日)を参照してください。オープンであること、オープンソースを使うこと。

ガバメント・デジタル・サービス。(2019, 3月 27日)を参照してください。テクノロジー・コード・オブ・プラクティス。GOV.UK. [https://www.gov.uk/government/publications/technology-code-of-practice/technologycode-](http://www.gov.uk/government/publications/technology-code-of-practice/technologycode-) of-practice

ガバメント・デジタル・サービス。(2019, 5月 8日)を参照してください。12.新しいソースコードをオープンにする。GOV.UK[。https://www.gov.uk/service-manual/service-standard/point-12-make-new-source-](http://www.gov.uk/service-manual/service-standard/point-12-make-new-source-) codeopen

ガバメント・デジタル・サービス.(n.d.).私たちについて.GOV.UK.2020年12月31日、[https://www.gov.uk/government/organisations/government-digital-service/about](http://www.gov.uk/government/organisations/government-digital-service/about) から取得。

Government ofChina . (2000). 第10次5ヵ年計画 中国 <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/apcity/unpan022769.pdf>

中国政府.(2010).中国第12次5カ年計画 (p.62).中国政府.

中国政府.(2015).中国の第 13 次 5 カ年計画。Government of China. https://en.ndrc.gov.cn/policyrelease\_8233/201612/P020191101482242850325.pdf

GovernodoBrasil . (2020). SobreoPortal . ガバメント デジタル[。https://www.gov.br/governodigital/pt-br/software-publico/sobre/sobre-o-portal](http://www.gov.br/governodigital/pt-br/software-publico/sobre/sobre-o-portal)

GreenWavesTechnologies . (n.d.). GreenWavesTechnologies. のウェブサイトをご覧ください。https://greenwaves-technologies.com/

関羽、L. (2019, 11月 21).中日韓共同オープンソースニューフロンティアの拡大.第18回北東アジアOSS推進フォーラム、韓国・ソウル [http://ossforum.jp/jossfiles/1-3%20CHINA%20IT-DG\_Keynote%20speech20191121.pdf.](http://ossforum.jp/jossfiles/1-3%20CHINA%20IT-DG_Keynote%20speech20191121.pdf)

グハ, R. (2008).ガンジー以後のインド。The history of the world's largest democracy (1st Harper Perennial ed).Harper Perennial.

グプタ、G.、他（2016）。オープンソースハードウェア。チャンスと課題 <http://arxiv.org/abs/1606.01980>

H2O.ai.(n.d.)です。H2O.aiについて.H2O.ai[.について https://www.h2o.ai/company/](http://www.h2o.ai/company/)

Haefliger, S., von Krogh, G., and Spaeth, S., (2008) オープンソースソフトウェアにおけるコードの再利用.Management Science 54(1):180-193。https://doi.org/10.1287/mnsc.1070.0748。

Hahn, J., & Moon, J. Y., & Zhang, C. (2006).Social Ties on Open Source Project Team Formation (オープンソースプロジェクトチーム形成における社会的絆の影響).IFIP international conference on open source systems (pp. 307-317).Springer, Boston, MA.

Hahn, J., Moon, J.Y., & Zhang, C. (2008).オープンソース ソフトウェア開発者ネットワークからの新しいプロジェクト チームの出現。Impact of Prior Collaboration Ties.Inf.Syst.Res., 19, 369-391.

Hahn, R. W. (2009).オープンソースソフトウェアに対する政府の政策.SSRN Electronic Journal. https://doi.org/10.2139/ssrn.1411617

Hall, B. H. (1990), The Manufacturing Sector Master File: 1959-1987.NBER Working Paper Series:Cambridge, MA.

Hasan, I., & Tucci, C. L. (2010).イノベーション-経済成長のネクサス。Global evidence.研究政策, 39(10), 1264-1276.

Hausberg, J. P. & Spaeth, S. (2020).なぜメーカーは何を作るのか：オープンソースハードウェア開発に貢献する動機づけ。R&Dマネジメント.

Hecht, L. (2020).2020年オープンソース・プログラム調査結果、https://github.com/todogroup/survey/tree/master/2020

Heikkinen, I. T. S., Savin, H., Partanen, J., Seppälä, J., & Pearce, J. M. (2020).オープンソースハードウェア研究のための国家政策に向けて。フィンランドの事例。技術予測と社会変化, 155, 119986.

Hekkert, M.P.; Suurs, R.A.A.; Negro, S.O.; Kuhlmann, S.; Smits, R.E.H.M. (2007):イノベーションシステムの機能。技術変化を分析するための新しいアプローチ、Technological Forecasting and Social Change, 74(4), 413-432, https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.03.002

Hendrickson, M., Magoulas, R., and O'Reilly, T. (2012).オープンソースの中小企業への経済的影響。A Case Study.O'Reilly Media.

ヘンケル, J. (2006).オープンイノベーションプロセスにおける選択的啓示(Selective Revealing):Embedded Linux のケース.Research Policy.35.953-969.10.1016/j.respol.2006.04.010.

Hepman, J.H., & Jacobs, B. (2007).オープンソースによるセキュリティの向上.Communications of the ACM, 50(1), 79-83.

Herzig, K., & Zeller, A. (2013).絡み合うコード変更の影響.2013 10th Working Conference on Mining Software Repositories (MSR), 121-130.

Hienerth, C., and Keinz, P., and Lettl, C. (2011).ITを活用したユーザー中心型ビジネスモデルの性質と導入プロセスの探索.ロングレンジ・プランニング, 44 (5/6)

人工知能に関するハイレベル専門家会合.(2018).信頼できるAIのための倫理ガイドライン. EuropeanCommission . https://ec.europa.eu/futurium/en/ai- allianceconsultation/guidelines#Top

人工知能に関するハイレベル専門家会合。(2019).Policy and investment recommendationsfortrustworthyArtificialIntelligence . 欧州 欧州委員会。https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/policy-and- investmentrecommendations-trustworthy-artificial-intelligence

Hillenius, G. (2012):オープンソースの欧州経済への貢献度：年間4500億円 https://joinup.ec.europa.eu/news/contribution-open-source-europes-economy-450-billion- year.

Hillenius, G. (2013).政府の作業部会がイタリアのオープンソースへの移行を遅らせている https://joinup.ec.europa.eu/collection/open-source-observatoryosor/news/governmental- working-group-i

ヒレニウス、G. (2018).ヨーロッパの都市は、マドリードのオープンソースの市民参加ソリューションを再利用しています。https://joinup.ec.europa.eu/collection/open-source-observatoryosor/news/open- discussion

平本紘一（2018, 1月 19）．日本におけるデジタルガバメント.ガバメント＆ノンプロフィット[. https://www.slideshare.net/hiramoto/170119-digital-government-in-japan](http://www.slideshare.net/hiramoto/170119-digital-government-in-japan)

ホフ, R． D. (2011). セマテックの教訓 MITテクノロジー Review. [https://www.technologyreview.com/2011/07/25/192832/lessons-from-sematech/c](http://www.technologyreview.com/2011/07/25/192832/lessons-from-sematech/c)

Hofferbert, B. (2018).Ist Open Source Software wirklich sicherer? Heise online. <https://www.heise.de/tipps-tricks/Ist-Open-Source-Software-wirklich-sicherer-> 3929357.html

ハウソン，J.，＆クロウストン，K. (2014).オープンスーパーポジションによるコラボレーション。オープンソース流の理論．MIS Quarterly.38.29-50.10.25300/MISQ/2014/38.1.02.

Hoxha, V.ら（2016）。コスト指向のオープンソースオートメーション 産業制御アプリケーションにおける潜在的なアプリケーション.IFAC-PapersOnLine, 49(29), 212-214.

Hristova, V., & Petrova, P. (2017).EU加盟後のブルガリア労働市場の主な指標.ISSN 2601-257X ISSN-L 2601-257X, 1.

[https://www.cio.bund.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/DE/2020/20200330\_Machbarkeitsn](http://www.cio.bund.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/DE/2020/20200330_Machbarkeitsn) achweise\_download.pdf? blob=publicationFile

Hu, D., Zhang, Y., Chang, J., Yin, G., Yu, Y., & Wang, T. (2019).マルチレビューのプル・リクエスト。GitHub OSSプロジェクトにおける探索的研究。Inf.Softw.Technol., 115, 1-4.10.1016/j.infsof.2019.07.004.

Hu, V. (2020).RustがTIOBE Top 20 Most Popular Programming Languagesに食い込む。InfoQ. [https://www.infoq.com/news/2020/06/rust-top-20-language/](http://www.infoq.com/news/2020/06/rust-top-20-language/)

Huizingh, E. (2011).オープンイノベーションのState of the Art and Future Perspectives.テクノベーション.31.2-9.10.1016/j.technovation.2010.10.002.

IBMResearchTrustedAI . (n.d.)です。 AIFairness360 . IBM リサーチ[。http://aif360.mybluemix.net/](http://aif360.mybluemix.net/)

IDC.(2019).Red Hat Enterprise Linux の経済効果:Trillions, Yes Trillions, of Dollars[. https://www.redhat.com/en/enterprise-linux-economy.](http://www.redhat.com/en/enterprise-linux-economy)

Inauen, M., & Schenker-Wicki, A. (2012).Fostering radical innovations with open innovation. EuropeanJournalofInnovationManagement . 15.

10.1108/14601061211220986.

インターネット社会ポーランド (n.d.) マニフェスト インターネット社会 ポーランド[。https://www.internetsocietypoland.org/manifest/](http://www.internetsocietypoland.org/manifest/)

イスコウジナ，Z.，ロバーツ，J. (2015).オープンソースソフトウェアコミュニティにおけるナレッジ共有の動機と管理．ジャーナル・オブ・ナレッジ・マネジメント.19.10.1108/jkm-10- 2014-0446.

ISOC ブルガリア.(n.d.) ISOC-ブルガリアについて <http://www.isoc.bg/about_en.html>

ITZBund. (2020). BeratungOSS . ITZBund. [https://www.itzbund.de/DE/Leistungsangebot/Beratung/OSS/oss\_node.html](http://www.itzbund.de/DE/Leistungsangebot/Beratung/OSS/oss_node.html)

Izdebski, K. (2020).(Nie)słodka tajemnica losowania sędziów.Fundacja ePaństwo. https://epf.org.pl/pl/2020/01/13/nieslodka-tajemnica-losowania-sedziow/.

イェーガー、T. (2018).オープンソースソフトウェアの導入におけるEVB-ITの活用（p.44）.OSBA オープンソースビジネスアライアンス.

日本OSS推進フォーラム.(2013, 8月 20日)をご参照ください。北東アジアOSS推進フォーラム. <http://ossforum.jp/en/north_asia>

JCマーケットリサーチ(2020).欧州オープンソースサービス市場、2020年。

Jiang, Q.、他（2019）。Open-source Software ProjectにおけるFollowership and Its SignificanceinCodeReuse . MISQuarterly , 43(4), 1303-1319.

https://doi.org/10.25300/MISQ/2019/14043

Jobin, A., Ienca, M., & Vayena, E. (2019) The global landscape of AI ethics guidelines.Nat Mach Intell 1.DOI: 10.1038/s42256-019-0088-2. [https://www.nature.com/articles/s42256-](http://www.nature.com/articles/s42256-) 019-0088-2

Johnson, J. (2002).オープンソース・ソフトウェア。公共財の私的提供.Journal of Economics & Management Strategy.11.637-662 10.1162/105864002320757280.

ジョイナップ。(2020).Joinup Roadmap 2020 - 2021.Joinupウェブサイト. https://joinup.ec.europa.eu/collection/joinup/roadmap

ジョイナップ(n.d.).JLA - ソフトウェアライセンスの検索と比較。ジョインアップのウェブサイト。

ジョーンズC.・ボンシニョールO.（2012）。ソフトウェア品質の経済学.Addison Wesley, 2012.

ジョーンズ，B.F.＆サマーズ，L.H.（2020）．A Calculation of the Social Returns to Innovation, NBER Chapters, in:Innovation and Public Policy.全米経済研究所（National Bureau of Economic Research, Inc.

Jungmittag, A., Blind, K., & Grupp, H. (1999).イノベーション、標準化、長期的生産機能：ドイツ1960-1996年のコイントグラタン分析(Cointegraton Analysis for Germany 1960-1996).このような状況下において、「生産性」は「生産性」である。

カン・D. (2019, 11月 21).第4次産業革命とDNAとSW.第18回北東アジアOSS推進フォーラム、韓国・ソウル <http://ossforum.jp/jossfiles/1-> 1%20KOREA%20IT-DG\_Keynote%20speech20191121.pdf

Kavaler, D., Devanbu, P. and Filkov, V. (2019).誰に電話するつもりですか？Githubの議論における@-メンションの決定要因。経験的ソフトウェア工学.DOI: 10.1007/s10664-019-09728-3

Kim, J., & Hong, Y. (2018).オープンソースハードウェア開発のためのプラットフォーム計画フレームワーク with case study of project ara.インターナショナル・ジャーナル・オブ・インダストリアル・エンジニアリング。2018, 25(5).

Kim, S. L., & Teo, T. S. H. (2013).ソフトウェア開発エコシステムのための教訓。韓国の電子政府オープンソース・イニシアチブ.MIS Quarterly Executive, 12(12).

Kim, T., & Shin, D.H. (2016).韓国におけるオープンソースハードウェアのソーシャルプラットフォームイノベーション.テレマティクスとインフォマティクス、33(1)、217-226。

Koch, S. (2007).オープンソースプロジェクトにおけるソフトウェアの進化 - 大規模な調査。ソフトウェア保守と進化-研究と実践のジャーナル, 19(6), 361-382.

ケーニッヒ、J. (2004).競争優位のための 7 つのオープン ソース ビジネス戦略. https://johnkoenig.com/seven-open-source-business-strategies-for-competitiveadvantage/.

クー、K.、ヒョンミ、B.、セロム、L.（2017）。知識創造と共有の構造がオープン・コラボレーションのパフォーマンスに与える影響．オープンソースソフトウェア開発コミュニティに焦点をあてて。ナレッジ・マネジメント研究 18(4), 287-306.

韓国著作権委員会.(2013).著作権法 第2章. [https://www.copyright.or.kr/eng/laws-and-treaties/copyright-law/chapter02/section04.do](http://www.copyright.or.kr/eng/laws-and-treaties/copyright-law/chapter02/section04.do)

韓国ITタイムズ。(2012, 9月 14日).韓国のオープンソースソフトウェアの推進:韓国オープンソースソフトウェア協会(KOSSA).韓国ITタイムズ[. http://www.koreaittimes.com/news/articleView.html?idxno=23501](http://www.koreaittimes.com/news/articleView.html?idxno=23501)

韓国オープンソースソフトウェア協会.(2010).オープンソースソフトウェア学習コミュニティ. https://olc.kr/main/index.jsp

Korean Linux Documentation Project.(n.d.).フォーラム｜KLDP.2020年12月31日、https://kldp.org/ から取得。

Korkmaz, G. (2020).GitHubにおけるオープンソースソフトウェアイノベーションのコストとインパクトの測定。ハーバード・ビジネス・スクールでのプレゼンテーション。

Kras, A., Celi, L. A., & Miller, J. B. (2020).眼科人工知能研究の加速：オープンアクセスデータリポジトリの役割。Current Opinion in Ophthalmology, 31(5).DOI: 10.1097/ICU.0000000000000678.

Krempl, S. (2017).Aus für LiMux:Münchner Stadtrat sagt zum Pinguin leise Servus. Heise online. [https://www.heise.de/newsticker/meldung/Aus-fuer-LiMux-MuenchnerStadtrat-](http://www.heise.de/newsticker/meldung/Aus-fuer-LiMux-MuenchnerStadtrat-) sagt-zum-Pinguin-leise-Servus-3626623.html

Krempl, S. (2018).Umstieg auf Open Source:Schleswig-Holstein will sich von Microsoft lösen. Heise online. [https://www.heise.de/newsticker/meldung/Open-Source-vorSchleswig-](http://www.heise.de/newsticker/meldung/Open-Source-vorSchleswig-) Holstein-will-sich-vollstaendig-von-Microsoft-loesen-4079834.html

Krempl, S. (2020).ハンブルク、ミュンヘンでのオープンソース。Microsoft will nicht mehr unbedingt fensterln. heise online. [https://www.heise.de/news/Open-Source-in-HamburgMuenchen-](http://www.heise.de/news/Open-Source-in-HamburgMuenchen-) Microsoft-will-nicht-mehr-unbedingt-fensterln-4784467.html

クリシュナ、V. V. (2001).インドの科学技術における政策文化、局面、傾向の変化。Science and Public Policy, 28(3), 179-194。https://doi.org/10.3152/147154301781781525。

Krishnamurthy, S. (2003).オープンソースソフトウェアの経営的概要.Business Horizons.46.47-56.10.1016/S0007-6813(03)00071-5.

Krishnamurthy, S., Ou, S., & Tripathi, A. K. (2014). オープンソースソフトウェア開発における金銭的報酬の受容(Acceptance of monetary rewards in open sourcesoftwaredevelopment) . ResearchPolicy , 43(4), 632-644.

10.1016/j.respol.2013.10.007.

Kshetri, N., & Schiopu, A. (2007).Government Policy, Continental Collaboration and the Diffusion of Open Source Software in China, Japan, and South Korea (中国、日本、韓国における政府政策、大陸間協力とオープン ソース ソフトウェアの普及).Journal of AsiaPacific Business, 8(1), 61-77。https://doi.org/10.1300/J098v08n01\_06。

Kubiszewski, I., Farley, J., & Costanza, R. (2010).利用が進むと強化される財としての情報の生産と配分。エコロジカル・エコノミクス, 69(6), 1344-1354.

l'Agenzia per l'Italia Digitale, & Dipartimento per la Trasformazione Digitale.(2020).Piano Triennale per l'informatica nella Pubblica Amministrazione (p. 84)[。https://www.agid.gov.it/sites/default/files/repository\_files/piano\_triennale\_per\_linformatica。](http://www.agid.gov.it/sites/default/files/repository_files/piano_triennale_per_linformatica)

\_nella\_pa\_2020\_2022.pdf

La Commission d'Enquête sur la Souveraineté Numérique.(2019).Rapport fait au nom de la commission d'enquête sur la souveraineté numérique. [http://www.](http://www.senat.fr/rap/r19-)senat.fr/rap/r19-007- 1/r19-007-11.pdf。

Lach, S. (1995).産業レベルでの特許と生産性上昇。A First Look.エコノミック・レターズ、49、101-108

Lakhani, K. R., Wolf, R. G., Feller, J., & Fitzgerald, B. (2005).フリー・オープンソースソフトウェアの展望(Perspectives on free and open source software).フリー＆オープンソースソフトウェアの展望(pp.1-22)で。MIT Press.

Lakka, S., & Stamati, T., & Michalakelis, C., & Anagnostopoulos, D. (2015).電子政府の成熟度とOSSの成長の関係に関するクロスナショナルな分析.技術予測と社会変化, 99, 132-147.10.1016/j.techfore.2015.06.024.ローンチパッド、2016年

Lanjouw, J. O., and Schankerman, M. (2004).特許の質と研究生産性.複数の指標でイノベーションを測定する。The Economic Journal, 114, 441-465.

Laplume, A. O., Petersen, B., & Pearce, J. M. (2016).3Dプリンティングの視点から見たグローバル・バリュー・チェーン。国際ビジネス研究, 47(5), 595-609.

Lattner, C., & Davis, T. (2019) MLIR: accelerating AI with open-source infrastructure.Google, The Keyword[.https://www.blog.google/technology/ai/mlir-accelerating-ai-](http://www.blog.google/technology/ai/mlir-accelerating-ai-) opensource-infrastructure/

Lecocq, X., & Demil, B. (2006).産業構造の戦略化：ローテク産業におけるオープンシステムの事例。戦略経営ジャーナル, 27(9), 891-898.

Lee, G., & Cole, R. (2003).知識創造の企業ベースからコミュニティ・ベース・モデルへ。Linuxカーネル開発の事例.組織科学 - ORGAN SCI.14.633-649.10.1287/orsc.14.6.633.24866.

Lee, J. A. (2006).オープンソース・ソフトウェアに対する政府の政策．中立性と競争性のパズル.Knowledge.Technology & Policy, 18(4), 113-141。https://doi.org/10.1007/s12130-006-1007-5。

Lee, K., & Wang, X. (2018).FacebookのAIハードウェア基盤の次のステップ。

Lee, S., Baek, H., & Oh, S. (2020).オープンコラボレーションにおける開放性の役割。オープンソースソフトウェア開発プロジェクトに焦点をあてて。ETRIジャーナル, 42(2), 196-204.

ラーナー、J.およびシャンカーマン、M. (2010).カミングアウトされたコード。オープンソースと経済発展.MIT Press Books, 1.

ラーナー、J.、ティロール、J. (2002).オープンソースのいくつかの簡単な経済学.を使用することができます。50.197-234.

ラーナー，J.，ティロル，J. (2005).The Economics of Technology Sharing（技術共有の経済学）:オープンソースとその後.Journal of Economic Perspectives, 19(2): 99-120.doi: 10.1257/0895330054048678

レヴィック、R. (2019, 7月 22).安全なシステムプログラミングのためになぜRustなのか。Microsoft Security Response Center. https://msrc-blog.microsoft.com/2019/07/22/why-rust-for-safesystems- programming/

Lewis, J. A. (2010).政府のオープンソース政策(p.66).Center for Strategic and International Studies（戦略国際問題研究所） https://opensource.org/files/100416\_Open\_Source\_Policies.pdf

Li, D., & Du, Y. (2017).不確実性を考慮した人工知能（第2版）.ボカ・ラトンCRC Press, Taylor & Francis Group.

Li, Z., Seering, W., Ramos, J. D., Yang, M., & Wallace, D. R. (2017).なぜオープンソースなのか？ハードウェア開発にオープンモデルを使用する動機の探求。International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference (Vol.58110, p.V001T02A059) に掲載されています。アメリカ機械学会.

Li, Z., Seering, W. (2019).オープンソースハードウェアは持続可能なビジネスモデルか？オープンソースハードウェア企業における価値創造と捕捉のメカニズムの分析.第22回エンジニアリングデザイン国際会議（ICED19）議事録、デルフト、オランダ、2019年8月5-8日。DOI:10.1017/dsi.2019.230

Liao, Z., Zhao, B., Liu, S., Jin, H., He, D., Yang, L., ... & Wu, J. (2019).オープンソースソフトウェアのエコシステムにおけるプロジェクト寿命の予測モデル.Mobile Networks and Applications, 24(4), 1382-1391.

Lin, B., & Robles, G., & Serebrenik, A. (2017).Global, Industrial Open Source Projectsにおける開発者の離職率。生存分析の適用からの洞察。66-75.10.1109/ICGSE.2017.11.

Lin, L. (2006).プロプライエタリなソフトウェアとオープンソースソフトウェアの間の競争におけるユーザーの専門知識の影響.Proceedings of the 39th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'06), Kauia, HI, USA, 166a-166a, doi: 10.1109/HICSS.2006.213.

Loi n° 2016-1321 du 7 octobre 2016 pour une République numérique (1), 2016-1321.

(2016).

Lord, A. (2009, February 24).英国政府。FOSSの推進を開始？The Open Sourcerer. <http://www.theopensourcerer.com/2009/02/uk-government-starts-the-pushfor-> foss/

Lynch, J. (2015, September 22).なぜオープンソースソフトウェアはより安全なのか？InfoWorld. [https://www.infoworld.com/article/2985242/why-is-open-source-software-moresecure.html](http://www.infoworld.com/article/2985242/why-is-open-source-software-moresecure.html)

Mallapragada, G., Grewal, R., & Lilien, G. (2012).ユーザー生成のオープンソース製品。を作成した。マーケティングサイエンス, 31(3), 474-492.

Mayer, T., & Head, K. (2002) Illusory Border Effects:CEPII リサーチセンター Working Papers 2002-01, CEPII research center.

メイエルニク、M. S. (2017).オープンデータで説明責任と透明性。ビッグデータ＆ソサエティ.DOI: 10.1177/2053951717718853.

https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/2053951717718853

McEntaggart, K., Etienne, J., Beaujet, H., Campbell, L., Blind, K., Ahmad, A., & Brass, I. (2020)（McEntaggart, K., Etienne, J., Beaujet, H., Campbell, L., Blind, K., A., & Brass, I.）。 規制の種類とその影響に関する分類. <https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachme> nt\_data/file/861154/taxonomy-regulatory-types-their-impacts-innovation.pdf.

McIntosh, S., Kamei, Y., Adams, B., & Hassan, A. E. (2016).最新のコードレビュープラクティスがソフトウェア品質に与える影響に関する実証研究。経験的ソフトウェア工学，21(5), 2146-2189.

McKiernan, E. C., et al.（2016）。How open science helps researchers succeed. eLife, 5, e16800。https://doi.org/10.7554/eLife.16800。

McKinsey&Company.(2018).デジタル・チャレンジャーの台頭。デジタル化がブルガリアと中東欧（CEE）の新たな成長エンジンになるには.

McKnight, G., & Herrera, A. (2010).IEEE Humanitarian Projects:最貧国のためのオープンハードウェア.オープン ソース ビジネス リソース. <http://timreview.ca/article/401>

Mehrabi, N.、他（2019）。A Survey on Bias and Fairness in Machine Learning（機械学習におけるバイアスと公平性に関する調査）。USC-ISI。https://arxiv.org/pdf/1908.09635.pdf

Meinhardt, C. (2020, March 18).トラブルのオープンソース化。中国の外資系IT技術からの切り離しへの取り組み。MERICS Analysis. https://merics.org/en/analysis/open- sourcetrouble-chinas-efforts-decouple-foreign-it-technologies.

メノン（2018）。北欧経済における規格の影響力．メノン-出版NO 31/2018.

メレネス、J. (2006, 10月 1).韓国におけるオープンソース.TechLearning. [https://www.techlearning.com/news/open-source-in-south-korea](http://www.techlearning.com/news/open-source-in-south-korea)

メルゲル、I. (2015).公共部門におけるオープンコラボレーション：GitHub上のソーシャルコーディングの事例。においてである。Government Information Quarterly, 32(4), 464-472.ISSN 0740-624X. eISSN 1872-9517.DOI: 10.1016/j.giq.2015.09.004

メッツガー，A．(2016).フリー＆オープンソースソフトウェア（FOSS）と他の代替ライセンスモデルの比較分析 (Vol.12).Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-21560-0

Mies, R., Bonvoisin, J., & Jochem, R. (2018).Harnessing the Synergy Potential of Open SourceHardwareCommunities（オープンソースハードウェアコミュニティのシナジーポテンシャルを活用する） . SpringerLink. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-97788-1\_11

Ministère de l'économie et des finances, Direction des Affaires Juridiques.(2016) Le plan detransformationnumériquedelacommandepublique. 2017-2022. [https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions\_services/daj/marches\_publics/demateri](http://www.economie.gouv.fr/files/files/directions_services/daj/marches_publics/demateri) alisation/plan-transform-numeriq-cp/Plan-Transfo-Num-CP.pdf

通信・情報技術省.(2014).デジタル・インド・プログラム https://digitalindia.gov.in/

通信・情報技術省.(2015).オープンソースソフトウェアの採用に関する方針forGovernmentof インド [https://www.meity.gov.in/writereaddata/files/policy\_on\_adoption\_of\_oss.pdf.](http://www.meity.gov.in/writereaddata/files/policy_on_adoption_of_oss.pdf)

通信・情報技術省.(2016).フリー＆オープンソースソフトウェア [https://www.meity.gov.in/content/free-and-open-source-software](http://www.meity.gov.in/content/free-and-open-source-software)

経済産業省.(2018).経済産業省組織図.経済産業省, 通商産業省 [https://www.meti.go.jp/english/aboutmeti/data/aOrganizatione/pdf/chart2018.pdf.](http://www.meti.go.jp/english/aboutmeti/data/aOrganizatione/pdf/chart2018.pdf)

住宅・コミュニティ・地方自治省.(2018).ローカルデジタル宣言. MinistryofHousing , CommunitiesandLocalGovernment. <https://localdigital.gov.uk/wp-content/uploads/2019/05/Local-Digital-Declaration-July-> 2018.pdf

運輸・情報技術・通信省.(2019) 国家プログラム「デジタル・ブルガリア2025」とその実施のためのロードマップ (Decision Nr.730/05- 12-2019). ブルガリア. [https://www.mtitc.government.bg/en/category/85/national-program-](http://www.mtitc.government.bg/en/category/85/national-program-) digital-bulgaria-2025-and-road-map-its-implementation-are-adopted-cm-decision- no73005-12-2019.

Mockus, A. (2007, May).オープンソースソフトウェアにおける大規模なコードの再利用.In First International Workshop on Emerging Trends in FLOSS Research and Development (FLOSS'07: ICSE Workshops 2007), 7-7.IEEE.

モンバッハ, T.; ヴァレンテ, M. T.; チェン, C.; ブルンティンク, M.; ピント, G. (2018):世界のオープンソース開発。比較研究」https://arxiv.org/abs/1805.01342。

Montegiove, S. (2016, 2月 2日).Nuovo CAD e software libero:Una relazione complicata? テックエコノミー 2030.

https://www.techeconomy2030.it/2016/02/02/cadsoftware-libero-relazione-complicata/

Moritz, M., Redlich, T., & Wulfsberg, J. (2018).オープンソースハードウェアにおけるベストプラクティスとピットフォール。In International Conference on Information Theoretic Security (pp. 200-210).シュプリンガー、チャム。

Moritz, M., Redlich, T., Günyar, S., Winter, L., & Wulfsberg, J. P. (2019).オープンソースハードウェアの経済的価値について - オープンソース磁気共鳴画像スキャナのケーススタディ。ジャーナル・オブ・オープン・ハードウェア、3(1)、2.

Mowery, D. C., & Langlois, R. N. (1996).Spinning off and spinning on(?):米国コンピュータ・ソフトウェア産業の発展における連邦政府の役割(The federal government role in the development of the US computer software industry).研究政策, 25(6), 947-966.

Muncaster, P. (2014, 2月 14).中国、Windowsの「ライバル」Red Flag Linuxをシャットダウン。The Register[.https://www.theregister.com/2014/02/14/china\_shutters\_windows\_rival\_red\_flag\_](http://www.theregister.com/2014/02/14/china_shutters_windows_rival_red_flag_) linux/

Nafus, D., Leach, J., Krieger, B. (2006).フリー/リブレとオープンソースソフトウェア。政策的支援.ジェンダー:Findings の統合報告書.ケンブリッジ

Nagle, F. (2018).貢献することによる学習。クラウドソーシングによる公共財への貢献を通じて競争優位を獲得する。組織科学, 29(4), 569-587。https://doi.org/10.1287/orsc.2018.1202。

ナグル、F. (2019).政府の技術政策、社会的価値、国の競争力。ハーバード・ビジネス・スクール戦略ユニット・ワーキングペーパー、(19-103).

Nagle, F. (2019a) Government Technology Policy, Social Value, and National Competitiveness (March 3, 2019).ハーバード・ビジネス・スクール戦略ユニット・ワーキングペーパーNo.19-103[. http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3355486](http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3355486)

Nagle, F. (2019b).オープンソースソフトウェアと企業の生産性。マネジメント・サイエンス, 65(3), 1191-1215。https://doi.org/10.1287/mnsc.2017.2977。

Nagle, F., Wheeler, D. A., Lifshitz-Assaf, H., Ham, H., & Hoffman, J. L. (2020).2020年FOSS貢献者調査報告書.The Linux Foundation & The Laboratory for Innovation Science at Harvard.

独立行政法人IT産業振興機構.(2016, 4月 26日)をご参照ください。공공부문 공개sw 적용 확대 지렛대 역할.공개SW 포털. [https://www.oss.kr/news/show/afcf1705-b558-448a-bf30-](http://www.oss.kr/news/show/afcf1705-b558-448a-bf30-) 9970323d9f23

独立行政法人IT産業振興機構.(2017).OSSコンピテンシープラザ.공개SW 포털. [https://www.oss.kr/en\_oss\_plaza](http://www.oss.kr/en_oss_plaza)

独立行政法人IT産業振興機構.(2019).Mission and Vision-About NIPA - Welcome To NIPA[. https://www.nipa.kr/eng/contents.do?key=241.](http://www.nipa.kr/eng/contents.do?key=241)

独立行政法人IT産業振興機構.(n.d.).韓国オープンソースソフトウェアデベロッパーズラボ.공개SW 포털.2020年12月31日、[https://www.oss.kr/en\_oss\_frontier\_lab](http://www.oss.kr/en_oss_frontier_lab) から取得。

ブルガリア国家統計局.(2020).国内総生産 2017-2019. [https://www.nsi.bg/en/content/5216/gdp](http://www.nsi.bg/en/content/5216/gdp)

Nayyar, A., & Puri, V. (2016).Arduinoボードの、Lilypadの＆Arduinoシールドのレビュー。2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom) (pp. 1485-1492) に掲載されています。IEEE.

Neufeld, D., & Gu, H. (2019).リーダーシップの出現とオープンソースソフトウェアプロジェクトの成功への影響。比較ケーススタディ。

Neuhäusler, P., & Frietsch, R. (2019).ヨーロッパにおけるコンピュータ実装の発明。Springer Handbook of Science and Technology Indicators (pp. 1007-1022) にて。シュプリンガー、チャム。

次世代インターネット。(2019).NGI, For An Internet Of Humans[. https://www.ngi.eu/news/2019/09/18/next-generation-internet-the-internet-of-humans/.](http://www.ngi.eu/news/2019/09/18/next-generation-internet-the-internet-of-humans/)

Next Generation Internet.(n.d.) NGIイニシアティブ。An Internet Of Humans.NGI.eu ポータル[. https://www.ngi.eu/about/](http://www.ngi.eu/about/)

Nguyen-Duc, A., Cruzes, D. S., & Conradi, R. (2015).The impact of global dispersion on coordination, team performance and software quality-A systematic literature review.情報・ソフトウェア技術、57、277-294。

NHSイングランド。(n.d.).How we work.NHSX.2020 年 12 月 31 日、[https://www.nhsx.nhs.uk/about-us/how-we-work/](http://www.nhsx.nhs.uk/about-us/how-we-work/) より取得。

野田智也・丹下健三 (2010) 日本におけるオープンソース導入政策と地域産業振興.オープンソースソフトウェアにおけるNew Horizons, 319, 214- 223).Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-13244-5\_17

野田哲也・丹匠(2014).日本のIT企業におけるオープンソースソフトウェアの活用と貢献による事業成長への影響に関する研究.

Noonan, D. S., Baker, P. M. A., & Moon, N. W. (2008).オープンソースソフトウェア潜在能力指数 (OSPI):開発に関する考察(p.23).Georgia Tech. https://static.redhat.com/legacy/f/pdf/OSSI\_Research.pdf

ノードハウス，W.D.（2006）．非市場会計のための国民会計の原則。In:Jorgenson, D.W., Landefeld, J.S., Nordhaus, W.D. (Eds.), A New Architecture for the US National Accounts.シカゴ大学出版会、シカゴ、IL。

NVIDIA.(n.d.).NVDLA.NVIDIA のウェブサイト[。http://nvdla.org/](http://nvdla.org/) Obshtestvo.(n.d.) について。 https://gov.obshtestvo.bg/administration

OECD (2019), ArtificialIntelligenceinSociety(人工知能社会) . OECDPublishing , パリ。https://doi.org/10.1787/eedfee77-en

オファーマン、A. (2017, 12月 21).バルセロナ市、プロプライエタリなソフトウェアから脱却へ https://joinup.ec.europa.eu/collection/open-source-observatoryosor/news/public- money-public-code

Office of Government Commerce.(2002).オープンソースソフトウェア。英国政府の政策を実施するためのガイダンス (p.14).Office of Government Commerce. https://webarchive.[nationalarchives.gov.uk/20110802164237/http:/www.ogc.gov.uk/docum](http://www.ogc.gov.uk/docum) ents/Open\_Source\_Software.pdf

Ojanperä, S., Graham, M., & Zook, M. (2019).デジタル・ナレッジ・エコノミー・インデックス。コンテンツ制作のマッピング.開発学研究』55(12), 2626-2643.DOI: 10.1080/00220388.2018.1554208

Okoli, C., & Nguyen, J. (2016).フリー＆オープンソースソフトウェアのビジネスモデル.SSRN WorkingPaperSeries , 2016.

https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\_id=2568185

Olson, D., & Rosacker, K. (2013).クラウドソーシングとオープンソースソフトウェアの参加。サービス・ビジネス.7.10.1007/s11628-012-0176-4.

Olyazadeh, R.ら（2016）。迅速な災害影響評価のためのオープンソース Web-GIS プラットフォームのプロトタイプ.空間情報研究、24(3)、203-210.

オマホニー、S. (2003).Guarding the Commons:コミュニティが管理するソフトウェア・プロジェクトは、どのように自分たちの仕事を守るのか。Research Policy, 32, 1179-1198.

O'Mahony, S., & Ferraro, F. (2007).The emergence of governance in an open source community.アカデミー・オブ・マネジメント・ジャーナル, 50(5), 1079-1106.

オープンソースビジネスアライアンス、＆ビタコ。(2020).Ein Ort für öffentlichen Code. [https://www.vitako.de/Publikationen/Vitako\_PM\_Ort%20f%C3%BCr%20%C3%B6ffentlich](http://www.vitako.de/Publikationen/Vitako_PM_Ort%20f%C3%BCr%20%C3%B6ffentlich) en%20Code\_web.pdf

オープンソースデー2019(2019年)です。https://opensourceday.com/2019/

OpenSourceLicenseInformationSystem . (2016). オーリス はじめに[https://www.olis.or.kr/en/OlisIntroduction.do。](http://www.olis.or.kr/en/OlisIntroduction.do)

オープンソースライセンス研究所。(2020).一般社団法人オープンソースライセンス研究所

[... https://www.osll.jp/](http://www.osll.jp/)

オープンソースオブザーバトリー（OSOR）。(2021).オープンソース天文台（OSOR）について.Joinupのウェブサイト。https://joinup.ec.europa.eu/collection/open-source-observatoryosor/about

OpenAI．(n.d.).OpenAIについて.OpenAI のウェブサイト。https://openai.com/about/

OpenForum Europe & FSFE.(2017).白書.ヨーロッパの著作権改革。Impact On Free And Open Source Software And Developer Communities（フリー・オープンソース・ソフトウェアと開発者コミュニティへの影響）.セーブ・コード・シェア ウェブサイト[.https://www.savecodeshare.eu/static/assets/WhitePaperImpactofArticel13onSoftw](http://www.savecodeshare.eu/static/assets/WhitePaperImpactofArticel13onSoftw) areEcosystem-SaveCodeShare.pdf

グダニスク市役所運営プログラム開発チーム。(2015).Gdańsk Operational Programmes 2023 (adopted by the Resolution of Gdańsk City Council No. XVII/514/15asofDecember17th , 2015）。https://app.xyzgcm.pl/gdanskpl/d/20160877137/gdansk-operational-programmes-2023.pdf

Oram, A. (2011).政府におけるオープンソースソフトウェアの推進:The Challenges of Motivation and Follow-Through.Journal of Information Technology & Politics, 8(3), 240- 252. https://doi.org/10.1080/19331681.2011.592059

Oreg, S., & Nov, O. (2008).オープンソースイニシアチブに貢献する動機の探求。このような場合、「オープンソースイニシアチブに貢献する動機の探究：貢献のコンテキストと個人的な価値の役割」。このような場合、「オープンソースイニシアチブに貢献する動機の探究：貢献の文脈と個人の価値観の役割」（Computers in human behavior, 24(5), 2055-2073.

オルテガ・クライン、A. (2020).スペインからの眺め。EUのデジタル主権への入札（Europe's Digital Sovereignty:From Rulemaker to Superpower in the Age of US-China Rivalry）。EuropeanCouncilonForeign Relations. https://ecfr.eu/publication/europe\_digital\_sovereignty\_rulemaker\_superpower\_age\_us\_chi na\_rival/

OSHdata.(2020).2020年レポート｜オープンハードウェアの現状 https://oshdata.com/2020-report

パロンバ、F., (2018).コードスニームの拡散性と保守性への影響について：大規模な実証的調査。Empir Software Eng, 23, 1188-1221 , DOI 10.1007/s10664-017-9535-z

Panoptykon.(n.d.).について。 https://en.panoptykon.org/about

パリダ, V. (2012).ハイテク中小企業におけるインバウンド・オープンイノベーション活動：イノベーション・パフォーマンスへの影響.Journal of Small Business Management 2012, 50(2), 283-309.

Pasanen, T., & Shaxson, L. (2016).How to design a monitoring and evaluation framework forapolicyresearchproject . TheMethods Lab. [https://www.odi.org/sites/odi.org.uk/files/odi-assets/publications-opinion-files/10259.pdf](http://www.odi.org/sites/odi.org.uk/files/odi-assets/publications-opinion-files/10259.pdf)

Paton, C., & Kobayashi, S. (2019) An Open Science Approach to Artificial Intelligence in Healthcare.Yearb Med Inform, 28(1).DOI: 10.1055/s-0039-1677898 [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6697543/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6697543/)

Pearce, J. (2018, 10月 31).オープンソースハードウェアがセキュリティを高める方法。Opensource.Com. https://opensource.com/article/18/10/cybersecurity-demands- rapidswitch-open-source-hardware

ピアース、J. M. (2015).オープンソースハードウェア開発の価値の定量化.現代経済, 6(01), [1.http://digitalcommons.mtu.edu/materials\_fp/11](http://digitalcommons.mtu.edu/materials_fp/11)

ピアース、J. M. (2017).オープンソースハードウェアの新たなビジネスモデル.ジャーナル・オブ・オープン・ハードウェア、1(1)、2. https://doi.org/10.5334/joh.4

ピアース、J. M. (2018).フリー＆オープンソースのSoftwareandHardwareを作成するためのスポンサー付きリブレ研究契約 . インベンション, 3(3), 44.

https://doi.org/10.3390/inventions3030044

Pentor Research International, Fundacja Wolnego i Otwartego Oprogramowania.(2010).Wykorzystanie wolnego i otwartego oprogramowania w rządowej administracji publicznej.

ペロー、R.、他（2019）。AIインデックス2019年版年次報告書。AI Index Steering Committee, Human-Centered AI Institute, Stanford University.

Pesaran, M. H., Y. Shin and Smith, R. P. (1999).動的異質パネルのプール型平均群推定。アメリカ統計協会誌、94、621-634。

ペトロフ、V. (2018).国内と国外のサイバー社会主義。ブルガリアの近代化、コンピュータ、そして世界、1967-1989.

Philippon, T. & Veron, N. (2008) Financing Europe's Fast Movers.Bruegel Policy Brief 2008/01.

フィップス、S. (2001).Open By Rule. https://webmink.com/essays/open-by-rule/

ピット、L.、他（2006）。ペンギンの窓OSの視点から見た企業ブランド.Journal of the Academy of Marketing Science, 34, 115-127.

Piva, E., Rentocchini, F., & Rossi-Lamastra, C. (2012).オープンソースソフトウェアはイノベーションをもたらすか？オープンソースコミュニティとのコラボレーションとソフトウェア起業家ベンチャーのイノベーションパフォーマンス。を、「オープンソースコミュニティとのコラボレーションとソフトウェア起業のイノベーションパフォーマンス」、Journal of Small Business Management, 50(2),340-364.

電子行政のポータルサイト。(n.d.).Centro de Transferencia de Tecnología- CTT.Retrieved29December2020 , https://administracionelectronica.gob.es/ctt/CTTprincipalEs.htm?urlMagnolia=/pae\_Home/ pae\_SolucionesCTT.html#.X-tcex7PyHs から。

プレスマン，R. S. (2015).ソフトウェアエンジニアリング:A practitioner's approach (Eighth edition).マグロウヒル・エデュケーション

Projet de Loi pour une République numérique.(2015).Etude d'Impact 9 décembre 2015.

PwCストラテジー。(2019).Strategische Marktanalyse zur Reduzierung von Abhängigkeiten von einzelnenSoftware-Anbietern (p. 34). PwCStrategy. [https://www.cio.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Aktuelles/20190919\_strategische\_](http://www.cio.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Aktuelles/20190919_strategische_) marktanalyse.pdf? blob=publicationFile

Qiu, H. S., Nolte, A., Brown, A., Serebrenik, A., & Vasilescu, B. (2019, May).一緒に遠くへ行くこと。オープンソースへの持続的な参加に対するソーシャルキャピタルの影響。2019 IEEE/ACM 41st International Conference on Software Engineering (ICSE) (pp.688-699) に掲載されています。IEEE.

Qureshi, I., & Fang, Y. (2011).オープンソースソフトウェアプロジェクトにおける社会化。A Growth Mixture Modeling Approach.

Rada ds.Cyfryzacji.(2018a).Licencjonowanie oprogramowania finansowanego lub współfinansowanego ze środków publicznych.Założenia do analizy, Rada ds.Cyfryzacji.

Rada ds.Cyfryzacji.(2018b).Licencjonowanie oprogramowania finansowanego lub współfinansowanego ze środków publicznych - rekomendacja Rady ds.Cyfryzacji.

ラダ・ミニストルッフ(2017).Obwieszczenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2017 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia RadyMinistrów w sprawie Krajowych Ram Interoperacyjności, minimnych wymagań dla rejestrów publicznych iwymianyinformacjiwpostacielektronicznejorazminimalnych wymagań dlasystemówteleinformatycznych <http://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20170002247/O/D20172247.pdf>

ラジャラ、R. (2012).オープンイノベーションにおける戦略的柔軟性 - オープンソースソフトウェアのビジネスモデルの設計.マーケティング欧州ジャーナル, 46(10), 1368-1388.doi 10.1108/03090561211248071

ランマー、C. (2020).Dokumentation zur Innovationserhebung 2019, ZEW Mannheim.

ラモス、A. (2019).EUにおけるフリー＆オープンソースソフトウェア：継続的な愛の物語。ジョインアップのウェブサイト https://joinup.ec.europa.eu/collection/eu-fossa-2/news/foss-eu-lovestory

レイモンド、E. S. (1999).The cathedral & the bazaar:The cathedral & bazaar: Musings on Linux and open source by an accidental revolutionary (1st ed).O'Reilly.

レイモンド、E.S.（1999）。カテドラルとバザール:偶然の革命家による Linux とオープンソースについての考察.Knowledge, Technology & Policy, 12(3), 23-49.

Red.es.(n.d.).オープンソースと再利用可能なソリューション。2020年12月29日、[https://www.red.es/redes/es/que-hacemos/fuentes-abiertas-y](http://www.red.es/redes/es/que-hacemos/fuentes-abiertas-y-solucionesreutilizables)-solucionesreutilizables より取得。

Reddy, T. R., & Kumar, K. (2013).オープンソースソフトウェアとその図書館・情報センターへの影響。概要.国際図書館情報学ジャーナル, 5(4), 90-96.

RedHat. (2011, 6月8日 ). OpenSourceActivityMap2008 .

[https://web.archive.org/web/20110608033951/http:/www.redhat.com/about/where-isopen-](http://www.redhat.com/about/where-isopen-) ソース/アクティビティ/

Rho, K. (2018).韓国におけるオープンソースSW活性化政策の方向性.第17回北東アジアOSS推進フォーラム <http://ossforum.jp/jossfiles/1-3%20KOREA%20IT-> DG%20Keynote%20Speech20181115.pdf

Richard, H. (2004).競争力のある企業のためのオープンソースソフトウェアの経済学 - なぜ無料で提供するのか？Netnomics, 6, 103-117.10.1007/s11066-004-2717-z.

Riehle, D. (2007).オープンソースソフトウェアの経済的動機．ステークホルダーの視点.Computer, 40(4), 25-32.

リグビー、P.、他（2012）。Contemporary Peer Review in Action:オープンソース開発からの教訓。IEEE Software, 29(6), 56-61.

Riquet, D., & Grimaud, G., & Hauspie, M. (2012).大規模な連携攻撃。クラウドセキュリティへの影響．このような状況下で、「クラウドセキュリティ」を実現するためには、「クラウドセキュリティ」を実現するための様々な工夫が必要です。558-563.10.1109/IMIS.2012.76.

Robbins, C. A., et al. (2018, November).無形資本としてのオープンソースソフトウェア。無料のデジタルツールのコストとインパクトの測定.In Paper from 6th IMF Statistical Forum on Measuring Economic Welfare in the Digital Age: What and How (pp.19-20).

Roberts, J., Hann, I.H., & Slaughter, S. (2006).Understanding the Motivations, Participation, and Performance of Open Source Software Developers:Apache プロジェクトの縦断的研究。マネジメントサイエンス, 52, 984-999.10.1287/mnsc.1060.0554.

Rolandsson, B., Bergquist, M., & Ljungberg, J. (2011).企業におけるオープンソース:ソフトウェア開発の専門的な実践を開放する。Research Policy, 40(4), 576-587.

Romer, P. (1990).内生的技術変化.Journal of Political Economy 98, no.5, Part 2: S71-S102. https://doi.org/10.1086/261725

Sąd Apelacyjny w Gdańsku.(2018).Sprawozdanie z lustracji II Wydziału Karnego Sąd Okręgowego w Toruniu objętej planem czynności nadzorczych na 2018 rok.10ページ目、https://torun.so.gov.pl/container/sprawozdanie.pdf

サラスワティ、J. (2012).ドット.コンプラドールDot.compradors: Power and policy in the development of the Indian software industry.Pluto.

サラスワティ、J. (2015).ドット.コンプラドール。インドのソフトウェア産業の発展における権力と政策.Pluto Press. https://doi.org/10.2307/j.ctt183p2wx

Schmoch, U., & Gauch, S. (2009).サービスマークは、知識ベースのサービスにおけるイノベーションのための指標として 。を作成した。 323–335. https://doi.org/10.3152/095820209X451023

Schneier, B. (2004).The Non-Security of Secrecy.Schneier on Security. [https://www.schneier.com/essays/archives/2004/10/the\_non-security\_of.html](http://www.schneier.com/essays/archives/2004/10/the_non-security_of.html)

Scott, T., & Rung, A. E. (2016).連邦政府のソースコード・ポリシー。再利用可能なオープンソースソフトウェアによる効率性、透明性、革新性の達成（M-16-21）。OfficeofManagementand [https://www.whitehouse.gov/sites/whitehouse.gov/files/omb/memoranda/2016/m\_16\_21.p](http://www.whitehouse.gov/sites/whitehouse.gov/files/omb/memoranda/2016/m_16_21.p) df[.](http://www.whitehouse.gov/sites/whitehouse.gov/files/omb/memoranda/2016/m_16_21.p)

Secrétariat général du gouvernement, Direction interministérielle des systèmes d'information et de communication.(2012).Usage du logic libre dans l'administration, septembre[. http://circulaire.legifrance.gouv.fr/pdf/2012/09/cir\_35837.pdf.](http://circulaire.legifrance.gouv.fr/pdf/2012/09/cir_35837.pdf)

Sen, R., Singh, S. S., & Borle, S. (2012).オープンソースソフトウェアの成功。測定と分析.意思決定支援システム, 52(2), 364-372.

セルプロ．(n.d.).Serpro について。2020年12月31日、[https://www.serpro.gov.br/en/about-serpro](http://www.serpro.gov.br/en/about-serpro) より取得。

セラーノ, J. (2019, 10月 24).スペインと法律39と40/2015。行政のデジタルトランスフォーメーション。Viafirmaのブログ[。https://www.viafirma.com/blog-xnoccio/en/laws-digital-](http://www.viafirma.com/blog-xnoccio/en/laws-digital-) transformation-administrations/

Serrano, C., & Serrano, J. (2020).Why (and how) public institutions should release more of theirhardwaredesignsasOpen-SourceHardware . LBNL-CERN. https://ohwr.org/project/ohrmeta/wikis/uploads/d1c1ceaa290ec2fd670df42dbd5fb598/Ope n\_Source\_in\_Public\_Institutions.pdf。

Setia, P., Rajagopalan, B., Sambamurthy, V., & Calantone, R. (2012).周辺開発者はどのようにオープンソースソフトウェア開発に貢献するのか.情報システム研究, 23(1), 144-163.

Shah, S. (2006).Motivation, Governance, and the Viability of Hybrid Forms in Open Source Software Development（オープンソースソフトウェア開発におけるモチベーション、ガバナンス、およびハイブリッド形式の有効性）.マネジメントサイエンス, 52(7), 1000-1014

Shahrivar, S., Elahi, S., Hassanzadeh, A., Montazer, G. (2018):商用オープンソースソフトウェアのビジネスモデル。体系的な文献レビュー。情報とソフトウェア技術, 103, 202-214, https://doi.org/10.1016/j.infsof.2018.06.018

ショー、A．Insurgent Expertise:ブラジルにおけるフリー/リブレとオープンソース ソフトウェアの政治.Journal of Information Technology & Politics, 8(3), 253-272。https://doi.org/10.1080/19331681.2011.592063。

シャイブ, D. (2019, January14 )である。 オープンソースソフトウェア (OSS) ポリシー。https://open.gsa.gov/oss-policy/

Singh, P. V., Tan, Y., & Mookerjee, V. (2011).ネットワーク効果:オープンソース・プロジェクトの成功に対する構造資本の影響.MIS Quarterly, 813-829.

Singh, P. & Youn, N. & Tan, Yong.(2010).A Hidden Markov Model of Developer Learning Dynamics in Open Source Software Projects.情報システム研究。22.10.2307/23207663.

Škop, M., etal . (2019). alGOVrithms. StateofPlay . Fundacja ePaństwo. https://epf.org.pl/pl/wpcontent/uploads/sites/2/2019/05/alGOVrithms-State-of-Play- レポート.pdf

SMART（2017年）。ソフトウェア＆サービスが競争力とイノベーションに与える経済的・社会的影響（SMART 2015/0015）、欧州委員会、通信ネットワーク・コンテンツ・技術総局編著。

ソフトウェアリブレブラジル (2010). Softwarelivre. <http://www.softwarelivre.gov.br/levantamento/levantamento/levantamento>

Sojung, K., & Thompson, T. (2013).ソフトウェア開発エコシステムのための教訓。韓国の電子政府オープンソースイニシアチブ.MIS Quarterly Executive, 12, 93-108.

Sonnenburg, S.ら（2007）。機械学習におけるオープンソースソフトウェアの必要性.機械学習研究会誌、8(Oct).

インパクトとサステナビリティのためのソースソフトウェア（FLOSS）エコシステム。Springer Singapore.

Sowe, S., Stamelos, I., & Angelis, L. (2006).OSS プロジェクトにおいてソフトウェア工学の知識をもたらす知識ブローカーを特定する。情報・ソフトウェア技術, 48(11), 1025-1033.

ソウィンスカ, M． (2020). DigitalResponsetoCOVID-19 . Joinup のウェブサイト。https://joinup.ec.europa.eu/collection/digital-response-covid-19/news/lets-hack- crisistogether

スパース，S.，＆シュトゥルマー，M.，＆クロー，G. (2010).アウトサイダーによる知識創造を可能にする。オープンイノベーションのプッシュモデルに向けて.International Journal of Technology Management.52.411-431.10.1504/IJTM.2010.035983.

Spallazzo, D. & Ceconello, M. (2017).デジタル・ストーリーテラーによる場所のジーニアス・ロキを実現する。インタラクティブな展示からの振り返り。618-625.10.1007/978-3-319- 57937-5\_64.

Stam, W. (2009).コミュニティへの参加は、いつオープンソース ソフトウェア企業のパフォーマンスを向上させるのか？Research Policy, 38(8), 1288-1299.

Stark, R., Buchert, T., Neugebauer, S., Bonvoisin, J., & Finkbeiner, M. (2017).持続可能な製品開発手法の利点と障害。アーバンモビリティの分野におけるケーススタディ。デザインサイエンス、3(17). https://doi.org/10.1017/dsj.2017.20

国家電子政府機関。(2016).2008 年電子政府法（2016 年改正）https://www2.e-gov.bg/en/about\_us。

Statee-GovernmentAgency . (2018). Aboutthisorganisation . (Github). https://github.com/governmentbg/about/blob/master/README.en.md

国家電子政府機関。(2019).2008年電子政府法（2019年改正版）[. https://www.](https://www.lex.bg/laws/ldoc/2135555445%26usg%3DALkJrhjmLrPKOwYhMzLLM50LmG6a6)lex.bg/laws/ldoc/2135555445&usg=ALkJrhjmLrPKOwYhMzLLM50LmG6a6Tlb pg

国家電子政府機関.(n.d.).庁について. https://www2.egov.bg/en/about\_us

Steinberg, J. (2014).Massive Internet Security Vulnerability-Here's What You Need To Do（インターネットセキュリティの大規模な脆弱性-あなたがすべきことはこれです）。Forbes. [https://www.forbes.com/sites/josephsteinberg/2014/04/10/massiveinternet-](http://www.forbes.com/sites/josephsteinberg/2014/04/10/massiveinternet-) security-vulnerability-you-are-at-risk-what-you-need-to-do/

Stewart, K. (2019, 10月 1日).セーフティクリティカルなアプリケーションにおけるオープンソース。次のフロンティア」[https://www.youtube.com/watch?v=sUq6tJzg7nU。](http://www.youtube.com/watch?v=sUq6tJzg7nU)

スチュワート，K．(2004).OSS プロジェクトの成功。内部ダイナミクスから外部インパクトまで.10.1049/ic:20040272.https://doi:10.1057/jibs.2015.47

Stürmer, M., Spaeth, S., & Krogh, G. (2009).プライベート・コレクティヴ・イノベーションの拡張。ケーススタディ。R&Dマネジメント, 39, 170-191.10.1111/j.1467-9310.2009.00548.x.

Subramaniam, Chandrasekar & Sen, Ravi & Nelson, Matthew.(2009).オープンソースソフトウェアプロジェクトの成功の決定要因。A longitudinal study.Decision Support Systems.46.576-585.10.1016/j.dss.2008.10.005.

Swann, P. (2010), 国際標準と貿易:A Review of the Empirical Literature.英国ビジネス・イノベーション・技能省（BIS）向け報告書。OECD Trade Policy Working Papers.

Sweet, C. & D. Eterovic (2019), Do patent rights matter?イノベーション、複雑性、生産性の40年、World Development 115, 78-93.

ティース，D．ビジネスモデル、事業戦略、イノベーション.Long Range Planning, 43(2-3), 172-194.

テクノロジー（2019年）。Open Source: a dynamic market fueled by digitaltransformation and innovation:teknowlogy GroupがNational Free Software Council (CNLL)のために実施した調査。Syntec NumériqueとSystematic。

ブルガリアソフトウェア企業協会。(2018).ブルガリアにおけるソフトウェア・セクターの現状に関する年次報告書 2018.

[https://www.basscom.org/RapidASPEditor/MyUploadDocs/BASSCOM\_Barometer\_2018\_](http://www.basscom.org/RapidASPEditor/MyUploadDocs/BASSCOM_Barometer_2018_) ENG.pdf

国立研究開発法人国立研究開発法人。(2020).2020年のファストトラック - What's new? https://archiwum.ncbr.gov.pl/en/programmes/european-funds/smart- growthoperational-programme/fast-track/

Theunissen, W. H. M., Boake, A., & Kourie, D. G. (2004).A preliminary investigation of the impact of open source software on telecommunication software development（通信ソフトウェア開発におけるオープンソースソフトウェアの影響に関する予備調査）.In Proceedings of the Southern African Telecommunication Networks and Applications Conference (SATNAC) 2004.

Tidelift（2019年）です。2019年Tideliftマネージドオープンソース調査結果 https://thenewstack.io/the-surprising-truth-about-how-many-developers-contribute-toopen- source/)

Tirole, J., & Rendall, S. (2017).エコノミクス・フォー・ザ・コモン・グッド.PRINCETON.OXFORD: Princeton University Press. doi:10.2307/j.ctvc77hng.

ツィツェルコフ、S.、＆デチェヴァ、R.(2016).21 世紀に向けた公共サービスの再デザイン。エストニア、ブルガリア、ルーマニアにおける改革の比較分析。ELF. <http://www.fnf-southeasteurope.org/wp-content/uploads/2016/11/Re-designing-> publicservices-for-the-21st-century\_ENG.pdf。

ベルン大学（2018）。Open Source Studien Schweiz 2018, https://oss-studie.ch/.

ヴァリマキ、M. (2003).オープンソースソフトウェア産業における二重ライセンス.Systemes d'Information et Management, 8(1), 63-75.

Van Loon, A., & Toshkov, D. (2015).行政におけるオープンソースソフトウェアの採用。バウンダリースパナーと政治的コミットメントの重要性。Government Information Quarterly, 32(2), 207-215.

Veugelers, R. (2009).欧州の若いラディカル・イノベーターのためのライフライン.Bruegel Policy Brief, 2009/01.

ビタコ。(2020).Mitglieder. [https://www.vitako.de/SitePages/Mitglieder.aspx](http://www.vitako.de/SitePages/Mitglieder.aspx)

フォン・ファルケンハウゼン、I. (2020).オープンソースハードウェアビジネスの理解。ビジネスモデルの分類法.タームペーパー、TUベルリン。

Von Hippel, E. (2001).Learning from open-source software.MIT Sloan management review, 42(4), 82-86.

Von Hippel, E. (2007).Horizontal innovation networks-by and for users.Industrial and corporate change, 16(2), 293-315.

Von Krogh, G., & Spaeth, S., (2007).オープンソースソフトウェア現象．研究を促進する特性.JOURNAL OF STRATEGIC INFORMATION SYSTEMS, 16(3), 236- 253.

Von Krogh, G., & Von Hippel, E. (2006).オープンソースソフトウェアに関する研究の将来性.マネジメントサイエンス, 52(7), 975-983.

Von Krogh, G., Haefliger, S., Spaeth, S. and Wallin, M. W. (2012).Carrots and Rainbows:オープンソースソフトウェア開発におけるモチベーションとソーシャルプラクティス.MIS Quarterly, 36(2), pp.649-676.

フォン・ライトナー、F. (2020).Entwicklung:Warum Rust die Antwort auf miese Software und Programmierfehler ist. heise online. [https://www.heise.de/hintergrund/EntwicklungWarum-](http://www.heise.de/hintergrund/EntwicklungWarum-) Rust-die-Antwort-auf-miese-Software-und-Programmierfehler-ist-4879795.html

Waitzer, J. M. & Paul, R. (2011).Scaling social impact: When everybody contributes, everybody wins.Innovations:Technology, Governance, Globalization, 6(2), 143-155.

Waugh, P. and Metcalfe, R. 2007 The Foundations of Open:ソフトウェアプロジェクトにおけるオープン性の評価.OSS Watch: <http://pipka.org/wpcontent/uploads/2008/07/Foundations-> of-openness-V2-release.pdf

Weitzel, T. (2004).情報ネットワークにおける標準の経済学。Springer.

Wen, W., Forman, C., & Graham, S. (2013).知的財産権の行使がオープンソースソフトウェアプロジェクトの成功に与える影響.情報システム研究 24(4), 1131-1146, 2013.SSRNで利用可能: https://ssrn.com/abstract=2590204

West, J, (2003), How open is open enough?プロプライエタリとオープンソースのプラットフォーム戦略の融合.研究政策, 32(7), 1259-1285.

ウェスト，J.，＆ボーガース，M. (2014).イノベーションの外部ソースを活用する。オープンイノベーションに関する研究のレビュー。ジャーナル・オブ・プロダクト・イノベーション・マネジメント、31(4)、814-831.

West, J., & Gallagher, S. (2006).オープンイノベーションの課題：オープンソースソフトウェアに対する企業の投資のパラドックス.R&Dマネジメント, 319-331.

West, J., & Lakhani, K.R. (2008) Getting Clear About Communities in Open Innovation（オープンイノベーションにおけるコミュニティを明確にする）.産業とイノベーション, 15(2), 223-231, DOI: 10.1080/13662710802033734

West, J., & O'Mahony, S. (2008).The Role of Participation Architecture in Growing Sponsored Open Source Communities (スポンサー付きオープンソースコミュニティの成長における参加型アーキテクチャの役割).Industry & Innovation, 15, 145-168.10.1080/13662710801970142.

Woo, J. (2019, 11月 21日).韓国のOSS動向とプロジェクト.第18回北東アジアOSS推進フォーラム、韓国・ソウル <http://ossforum.jp/jossfiles/2-> 1%20Chairman%20of%20KOPF20191121.pdf

Wray, B. A., Mathieu, R. G., & Teets, J. M. (2009).このような場合、「セキュリティに基づくオープンソースソフトウェアプロジェクトの成功に影響を与える決定要因」をルール帰納法を用いて特定する。このような場合、「このような場合、どのようにすればよいのか？

Wright, N. L., Nagle, F., Greenstein, S. (2020).オープンソースソフトウェアとグローバルアントレプレナーシップ。HBS、ワーキングペーパー、20-139。

Xing, M. (2015).ネットワーク外部性の存在下におけるオープンソースソフトウェアとの競争がプロプライエタリソフトウェアの品質に与える影響。ジャーナル・オブ・インダストリアル・エンジニアリング・アンド・マネジメント、8.10.3926/jiem.1362.

Xu, K. (2020, May 10).中国におけるオープンソースのゲーム.Interconnected. https://interconnected.blog/open-source-in-china-the-game/

Yildirim, N. & Ansal, H. (2011).Foresighting FLOSS (free/libre/open source software) from a developing country perspective:トルコの事例.Technovation, 31 (12), 666-678.

Yin, R. K. (2003).ケーススタディ研究。Design and methods.SAGE Publications, Inc.

Zanjani, M.B., Swartzendruber, G., & Kagdi, H. (2014).インタラクションとコミット履歴に基づくソースコードへの変更要求の影響分析。In Proceedings of the 11th Working Conference on Mining Software Repositories (MSR 2014).Association for ComputingMachinery , NewYork , NY, USA, 162-171. DOI:https://doi.org/10.1145/2597073.2597096

Zazworka, N., Shaw, M. A., Shull, F., & Seaman, C. (2011, May).このような場合、「技術的負債の管理」を行う必要がある。このような状況下で、「技術的負債を管理する」ためのワークショップが開催されました。

Zhao, R., & Wei, M. (2017).オープンソースソフトウェアのインパクト評価。アルトメトリクスの視点。サイエントロメトリックス、110(2)、1017-1033。

Zhou, M., & Mockus, A. (2015).誰が FLOSS コミュニティに留まるのか？参加者の初期行動をモデル化する。IEEE Transactions of Software Engineering, 41(01), 82-99

Zihe, H. (2019, November 21).Constructe [sic] open source ecology デジタルイノベーションを促進する。第18回北東アジアOSS推進フォーラム、韓国・ソウル [http://ossforum.jp/jossfiles/2-3%20Chairman%20of%20COPU20191121.pdf.](http://ossforum.jp/jossfiles/2-3%20Chairman%20of%20COPU20191121.pdf)

Zott, C., Amit, R., & Massa, L. (2011).ビジネスモデル:最近の進展と今後の研究。ジャーナル・オブ・マネジメント, 37(4), 1019-1042.

ズワス、V．Co-creation。Toward a taxonomy and an integrated research perspective.International journal of electronic commerce, 15(1), 11-48.

# Annex to Econometric アナリシス

表A.1： OSSコミットの全要素生産性（FE ）への影響

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| 対数資本ストック | -0.05641\*\*\* | -0.06962\*\*\* | -0.08843\*\*\* |
|  | (-2.73) | (-2.70) | (-2.93) |
| ログ雇用 | -0.48225\*\*\* | -0.50659\*\*\* | -0.65485\*\*\* |
|  | (-6.99) | (-6.60) | (-4.63) |
| IPの使用に対するログ支払い | 0.02068\*\*\* | 0.01993\*\* | 0.06314\*\*\* |
|  | (2.61) | (2.28) | (3.45) |
| LD.LogR&D  支出 | 0.02739 | 0.05371 | -0.25160\*\* |
|  | (0.75) | (1.41) | (-2.18) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | 0.67581\*\*\* | 0.87039\*\*\* | -0.13109 |
|  | (3.56) | (4.01) | (-0.43) |
| D2.Log 国際特許出願件数 | 0.01525\*\*\* | 0.01868\*\*\* | -0.00192 |
|  | (3.94) | (4.36) | (-0.26) |
| D.GitHubのコミットを記録する | 0.00982\*\* | 0.01079\*\* | -0.01177 |
|  | (2.30) | (2.42) | (-0.90) |
| D.GitHubのコミットをROW単位で記録する | -0.13455\*\*\* | -0.17187\*\*\* | 0.03026 |
|  | (-8.21) | (-9.26) | (0.99) |
| 定数 | 8.48179\*\*\* | 9.01494\*\*\* | 12.27003\*\*\* |
|  | (7.26) | (6.68) | (5.23) |
| 観察記録 | 576 | 457 | 119 |
| *R2* | 0.253 | 0.323 | 0.274 |
| N\_g | 34 | 27 | 7 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

表A.2: OSS貢献者の全要素生産性(FE) への影響

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| 対数資本ストック | -0.08459\*\*\* | -0.11114\*\*\* | -0.10241\*\*\* |
|  | (-3.94) | (-4.12) | (-3.25) |
| ログ雇用 | -0.49663\*\*\* | -0.52746\*\*\* | -0.65538\*\*\* |
|  | (-6.90) | (-6.44) | (-4.68) |
| IPの使用に対するログ支払い | 0.01744\*\* | 0.01808\* | 0.06830\*\*\* |
|  | (2.10) | (1.94) | (3.72) |
| LD.LogR&D  支出 | 0.01326 | 0.03574 | -0.29883\*\* |
|  | (0.35) | (0.88) | (-2.58) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | 0.33022\* | 0.44746\* | -0.12728 |
|  | (1.66) | (1.93) | (-0.43) |
| D2.Log 国際特許出願件数 | 0.01041\*\* | 0.01306\*\*\* | -0.00078 |
|  | (2.46) | (2.74) | (-0.10) |
| D.ログ GitHubの貢献者 | 0.00978 | -0.00003 | 0.04964\* |
|  | (0.64) | (-0.00) | (1.89) |
| D.ログ ROWごとのGitHubコントリビューター | -0.07896\*\*\* | -0.09163\*\*\* | -0.04213 |
|  | (-3.48) | (-3.56) | (-1.03) |
| 定数 | 9.54002\*\*\* | 10.48084\*\*\* | 12.57817\*\*\* |
|  | (7.88) | (7.35) | (5.38) |
| 観察記録 | 576 | 457 | 119 |
| *R2* | 0.187 | 0.230 | 0.294 |
| N\_g | 34 | 27 | 7 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

表A.3: OSSコミットによる多要素生産性への影響（FE）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| 対数資本ストック | -0.08459\*\*\* | -0.11114\*\*\* | -0.10241\*\*\* |
|  | (-3.94) | (-4.12) | (-3.25) |
| ログ雇用 | -0.49663\*\*\* | -0.52746\*\*\* | -0.65538\*\*\* |
|  | (-6.90) | (-6.44) | (-4.68) |
| IPの使用に対するログ支払い | 0.01744\*\* | 0.01808\* | 0.06830\*\*\* |
|  | (2.10) | (1.94) | (3.72) |
| LD.LogR&D  支出 | 0.01326 | 0.03574 | -0.29883\*\* |
|  | (0.35) | (0.88) | (-2.58) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | 0.33022\* | 0.44746\* | -0.12728 |
|  | (1.66) | (1.93) | (-0.43) |
| D2.Log 国際特許出願件数 | 0.01041\*\* | 0.01306\*\*\* | -0.00078 |
|  | (2.46) | (2.74) | (-0.10) |
| D.ログ GitHubの貢献者 | 0.00978 | -0.00003 | 0.04964\* |
|  | (0.64) | (-0.00) | (1.89) |
| D.ログ ROWごとのGitHubコントリビューター | -0.07896\*\*\* | -0.09163\*\*\* | -0.04213 |
|  | (-3.48) | (-3.56) | (-1.03) |
| 定数 | 9.54002\*\*\* | 10.48084\*\*\* | 12.57817\*\*\* |
|  | (7.88) | (7.35) | (5.38) |
| 観察記録 | 576 | 457 | 119 |
| *R2* | 0.187 | 0.230 | 0.294 |
| N\_g | 34 | 27 | 7 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

表A.4: OSS貢献者の多要素生産性への影響(FE)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (1) | (2) | (3) |
|  | すべて | EU | その他 |
| IPの使用に対するログ支払い | 0.02022 | -0.00089 | 0.06190 |
|  | (0.12) | (-0.00) | (0.18) |
| LD.LogR&D  支出 | -0.57500 | -1.43856 | 6.38451\* |
|  | (-0.31) | (-0.66) | (1.79) |
| LD.logR&D  ROWによる支出 | -2.95279 | -4.25354 | 0.39727 |
|  | (-0.49) | (-0.57) | (0.04) |
| D2.Log 国際特許出願件数 | 0.28569\*\* | 0.31778\* | 0.09564 |
|  | (2.06) | (1.89) | (0.40) |
| D.ログ GitHubの貢献者 | 0.21704 | 0.73846 | -3.20867\*\*\* |
|  | (0.40) | (1.18) | (-2.80) |
| D.ログ ROWごとのGitHubコントリビューター | -2.56735\*\*\* | -3.19163\*\*\* | 1.55110 |
|  | (-3.51) | (-3.73) | (1.04) |
| 定数 | 1.06076 | 1.48165 | -0.09485 |
|  | (0.28) | (0.34) | (-0.01) |
| 観察記録 | 357 | 255 | 102 |
| *R2* | 0.120 | 0.136 | 0.181 |
| N\_g | 21 | 15 | 6 |

*t* 統計（括弧内

\* *p* < 0.10, \*\* *p* < 0.05, \*\*\* *p* < 0.01

**EUとの連絡**

**直営店**

欧州連合（EU）域内には、数百のヨーロッパ・ダイレクト・インフォメーション・センターがあります。お近くのセンターの住所は、[https://europa.eu/european-union/contact\_en でご確認いただけます。](https://europa.eu/european-union/contact_en)

**電話またはEメールにて**

ヨーロッパ・ダイレクトは、欧州連合に関するご質問にお答えするサービスです。このサービスには、以下の連絡先があります。

* フリーダイヤル00 800 6 7 8 9 10 11 （オペレーターによっては通話料がかかる場合があります。）
* にてお問い合わせください。+32 22999696 または
* by email via: <https://europa.eu/european-union/contact_en>



**EUに関する情報収集**

**オンライン**

EUの全公式言語によるEUに関する情報は、Europaのウェブサイト[（https://europa.eu/european-union/index\_en）でご覧いただけます。](https://europa.eu/european-union/index_en)

**EU出版物**

EUの無料および有料の出版物は、[https://publi](https://publications.europa.eu/en/publications)cations.europa.eu/en/publications からダウンロードまたは注文することができます[。](https://publications.europa.eu/en/publications)無料の出版物は、ヨーロッパ・ダイレクトまたは最寄りの情報センター[（https://europa.eu/european- union/contact\_enを参照](https://europa.eu/european-union/contact_en)）に問い合わせれば、複数部入手することができます。

**EU法および関連文書**

1952年以降のすべてのEU法を含むEUの法律情報（全公式言語版）にアクセスするには、EUR-Lex[（http://eur-lex.europa.eu）にアクセスしてください。](http://eur-lex.europa.eu/)

**EUのオープンデータ**

EU Open Data Portal [(](http://data.europa.eu/euodp/en)http://data.europa.eu/euodp/en) は、EUのデータセットへのアクセスを提供します。データは、商用・非商用を問わず、無料でダウンロードし、再利用することができる。

KK-04-21-080-EN-N

背景パターン

自動的に生成された説明

グラフィカル ユーザー インターフェイス が含まれている画像

自動的に生成された説明

doi: 10.2759/430161

ISBN: 978-92-76-30980-2