不公平な慣習が創発する条件: 進化シミュレーションによる検討

HBES-J2024 Hiroshima まとめ

山本嵩記

2024-12-16

目次

[抄録 2](#_Toc185205703)

[1. 目的と背景 2](#_Toc185205704)

[1.1 不公平な慣習 2](#_Toc185205705)

[1.2 慣習性 2](#_Toc185205706)

[2. Cochran & O’Connor モデル 3](#_Toc185205707)

[2.1 生産・分割ゲーム 4](#_Toc185205708)

[2.2 ゲームと公平性 6](#_Toc185205709)

[3. 分析方法 7](#_Toc185205710)

[3.1 進化ゲームと吸引域の大きさの推定 7](#_Toc185205711)

[3.2 慣習の恣意性の測定 7](#_Toc185205712)

[4. 結果 8](#_Toc185205713)

[4.1 慣習性の恣意性の測定 9](#_Toc185205714)

[補足: 離散時間レプリケーター・ダイナミクス 9](#_Toc185205715)

[引用文献 9](#_Toc185205716)

# 抄録

本研究では不公平な慣習がどのような条件で創発するかをCochran & O’Connor (2019) の生産・分割ゲームに基づいて進化シミュレーションにより検討した。ゲームでは、行為者は無作為に他の行為者とペアとなり、どの程度生産に貢献し、どの程度分割を求めるかという2段階の意思決定を行う。ペアの貢献度の合計が不足していたり、生産された量を超える財の分割を求めたりすると両者とも資源を得られない。先行研究では不公平な慣習が一定程度発生する可能性が示されていた。本研究では生産と分割の段階数を操作し、その数が増えるほど平等で公平な慣習の発生頻度が減少することが確認された。また、特定の均衡の成立がどの程度慣習的かを情報量の基準を用いて比較したところ、段階数の増加に伴い平等で公平な均衡の慣習性 (慣習の恣意性) の程度が高くなるパタンが得られた。

# 1. 目的と背景

ここでの問いは以下の2点である。

* 不公平な社会的状態 (主に、慣習) がどのような条件と過程によってもたらされるか。
* そういった状況や行動パタンはどの程度慣習的か。

主に不公平について状況的側面に注目している[[1]](#footnote-1)。ここで扱う進化ゲームによる文化進化のモデルは、ステレオタイプや偏見といった心理的概念を用いなくとも、異なる集団が相互作用 (生産と分割) を行うだけで、不公平な慣習が潜在的に一定程度創発する可能性があることを捉えている[[2]](#footnote-2)。

## 1.1 不公平な慣習

ここでは、不公平を「貢献」と「報酬」の不均衡な状態として捉える (Adams, 1963; Van den Bos, 2001 (確認中))。この集団間の均衡に着目し[[3]](#footnote-3)、不公平な慣習がいかなる状況下で進化するかをシミュレーションにより検討する。たとえば、ある集団に属する人が、もう一方の集団に属する人よりも大きな貢献をしているのにもかかわらず、もう一方の集団に属する人よりも小さな報酬を得るといったに状況に注目する。

## 1.2 慣習性

Skyrms (2023) [[4]](#footnote-4)は、Lewis (1969) から始まる慣習の研究から、慣習を以下のように説明している。慣習 (Convention, ここでは、主に社会的慣習) とは、その慣習が機能している社会的相互作用をモデル化したゲームにおいて、ある種の均衡とみなすことができる行動の規則性とされる。慣習は、潜在的な慣習であるゲームの均衡が複数存在するという点で慣習的であり、慣習が維持されるのは、それが均衡だからであり、Lewisは一種の厳密なナッシュ均衡であるとした。

不公平な慣習のゲームについても潜在的なナッシュ均衡が複数存在する (後の [Figure 4](#fig-pp-game) から確認できる) 。不公平、あるいは公平な状態が均衡として、どの程度慣習的かということに着目する。慣習性 (慣習の恣意性) の高さ (O’Connor, 2020) は、別の均衡への移動の容易さと関連している。つまり、ある種の均衡を変えようとする場合に、その均衡がどの程度慣習的かということは重要な問題である。ここでは、Cochran & O’Connor (2019) のモデルから思考実験 (追試と拡張) を行った。

# 2. Cochran & O’Connor モデル

交渉ゲームに生産ゲームという新たなゲームを加えた生産・分割ゲームとその進化ゲームで不公平な慣習の創発を検討する (Cochran & O’Connor, 2019)。今回は、挙げられたモデルの中でも無限個体のモデルを扱った (cf. 異なる条件だが、有限個体・エージェンントベースモデルも示されている)。行為者たちは以下を繰り返し行う。

ここでは、完全に分離した2つの集団を考える。各集団から出てきた行為者たちは、それぞれ別の集団の行為者と無作為にペアを作り、それぞれ共同作業を行う。共同作業が成功したペアは財を生産することができ (ここでは固定量の10)、その後に財の分割を行う。この生産と分割の2段階のゲームである生産・分割ゲームが終了すると、行為者は自分の集団に戻り、そこで他の行為者の戦略を見渡し、より良い戦略を真似ることで戦略を更新する[[5]](#footnote-5)。これを繰り返すことで、集団はある状態から特定の均衡 (慣習) に収束する。

[Figure 1](#Xf32258498bd825b80a2aa8236413fd318b56788) は、次にシミュレーションを行うモデルの流れを表したものである。離散時間レプリケーター・ダイナミクスの説明は、最後の補足の項目に入れた。

|  |
| --- |
| Figure 1: モデルの手順 |

## 2.1 生産・分割ゲーム

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| |  | | --- | | Figure 2: 生産ゲームの利得表 | | |  | | --- | | Figure 3: 分割ゲームの利得表 | |

ペアが行う生産・分割ゲームについて詳しく説明する。生産段階 (生産ゲーム) において、行為者は貢献度を決定し、この段階では自由時間の利得を得る。自由時間は他の労働や共同作業に携わることができ、したがって、生産で怠けると利得が大きくなる。行為者が選択できる貢献度は、Shirk (Low, 怠ける)・Work (Med, 普通に働く)・Toil (High, 精一杯働く) の3段階である。ペアの貢献度が十分であるとき生産が成功する。成功の条件は貢献度の段階によって表現される。一方がShirkのとき、もう一方はToilであると成功する。一方がWorkのとき、もう一方はWorkかToilのときに成功する。一方がToilのとき、もう一方は3つのうちどの貢献度でも良い。このような段階の組み合わせで生産の成功が決定する[[6]](#footnote-6)。生産が失敗したペアは生産・分割ゲームを終了し、生産の利得 (自由時間) のみを得る。利得はそれぞれShirkが6、Workが5、Toilが4とし、利得表は [Figure 2](#fig-produce-game) となる。

生産が成功したペアは分割ゲーム (交渉ゲーム、要求ゲーム) を行う。どのペアも一定量の財10を分割する。行為者は要求量を決定する。低い順からLowが4、Medが5、Highが6である。ここでは交渉の結果に注目し、[Figure 3](#fig-partition-game) のような利得表となる。ただし、ペアの要求額の合計が10を超えた場合、財を分割することに失敗する。交渉が決裂したものとし、お互いの利得は小さくなる (利得0とする)。

[Figure 4](#fig-pp-game) は生産・分割ゲームの全体の利得表である。利得が太字でセルがグレーになっている戦略の組み合わせがナッシュ均衡であり、このゲームでは複数存在する[[7]](#footnote-7)。ナッシュ均衡は、どの行為者も行動を変えてペイオフを向上させることができない戦略の集合である。このため、ナッシュ均衡は誰も変化するインセンティブを与えられないという意味で安定する傾向がある。したがって、このゲームに存在する9つのナッシュ均衡は、[Section 1.2](#sec-conventionality) で説明した存在しうる慣習である。

|  |
| --- |
| Figure 4: 生産と分割段階を組み合わせたゲームの利得表 |

## 2.2 ゲームと公平性

生産・分割ゲームにより、不公平な慣習のパタンについて「貢献」と「報酬」の不均衡から検討することが出来る。慣習となりうる9つの戦略の組み合わせについて考える。たとえば、最も望まれる可能性のある戦略の組み合わせは「Work-M, Work-M」だろう。これは、貢献と報酬が釣り合っているという意味で公平な慣習のパタンである。これはペアの両方が同じ行動をとるという意味で平等[[8]](#footnote-8)であり、両者ともに中程度働き (Work)、中程度の報酬を得る (M: Medium) パタンである。また、お互いに異なる戦略をとるが公平なパタンは「Shirk-L, Toil-H」である[[9]](#footnote-9)。これは、一方があまり貢献せず、小さな報酬を得る。対して、もう一方は大きな貢献をし、大きな報酬を得るというパタンである。

最も望まれないパタンは「Shirk-H, Toil-L」かもしれない。これは、一方が大きな貢献をしているにもかかわらず、小さな報酬を受け取り、もう一方は小さな貢献で大きな報酬を得るというものである。他にも、貢献の大きさは同じでも報酬に差が出るパタンとして「Work-L, Work-H」があり、報酬の大きさが同じで貢献に差がであるパタンとして「Shirk-M, Toil-M」がある。このように、このゲームではこの5つのパタンから公平性を検討することができる。

# 3. 分析方法

## 3.1 進化ゲームと吸引域の大きさの推定

[Section 2](#sec-model) で説明したように、このモデルはある状態から相互作用を繰り返すことで、ある戦略の組み合わせに収束する。生産・分割ゲームのナッシュ均衡点は9つある。しかし、このゲームの組み合わせだけでは、集団・社会において、どういった均衡 (慣習) がどの程度生じるのかを検討することができない (直感的には、平等と公平を重んじるペアであれば「Work-M, Work-M」をとりうることを思いつくだろう。しかし、集団が相互作用と社会的な学習を行うとき、全体としてどういった行動に落ち着くのだろうか。)

そこで、コンピューター・シミュレーションによる吸引域の大きさの推定を行う。進化ゲームモデルにおける吸引域とは、ある特定の均衡に至る個体群の状態のこととされる (O’Connor, 2019/2021)。あらゆる初期状態から集団に相互作用を行わせ、終点 (収束した戦略の組み合わせ、進化のエンドポイント) を集計する。また、終点は今回の追試と拡張の範囲では、ゲームにおけるナッシュ均衡であった。その結果、どの終点 (均衡、慣習) がどの程度生じうるかという発生率ともされる、各均衡の吸引域の大きさを推定することができる。

## 3.2 慣習の恣意性の測定

慣習について、O’Connor (2020) は以上のようなゲームと進化ゲームによる分析に加え、情報量による慣習の恣意性の測定を提案した。これらの試みは、ある文化の形態が慣習であることの度合い[[10]](#footnote-10)を、慣習が慣習であることの自然さの観点から、進化ゲームと情報量の指標を用い、測定しようというものである[[11]](#footnote-11)。

行為者が実際にその社会的状況におかれたときに、どういった慣習を学習しうるかということに着目する。

式…

# 4. 結果

追試により Cochran & O’Connor (2019) の結果は再現された。 [Figure 5](#X4a21546b935381cc124c9828269b3b8f2672e19) の「3×3 Strategies」のプロットがその結果である。この図は、貢献度と報酬の釣り合いから各慣習の吸引域の大きさをプロットしたものである (ゲーム利得表の位置関係とは関連していないので注意)。慣習のパタンはゲームで見られたナッシュ均衡のパタンと一致した。

両者が同じ行動をとり、行為者の貢献と報酬が釣り合っている公平な慣習 (「Work-M, Work-M」) の吸引域の大きさは19.91%である。[Figure 5](#X4a21546b935381cc124c9828269b3b8f2672e19) では黄色の円で「Perfect Equality」としている。次に、両者が別の行動をとるが、貢献と報酬が相関しているという意味で公平となりうる慣習 (「Shirk-L, Toil-H」) は11.76%である。

一方が大きな貢献をしているにもかかわらず、小さな報酬を受け取り、もう一方は小さな貢献で大きな報酬を得る (「Shirk-H, Toil-L」) 不公平な慣習は、。

**Q**. 生産・要求の選択肢が増えたとき、不公平な慣習はどのように変化するのか。**A**. 不公平な慣習が生じやすくなり、その社会状態はより慣習的なものになる。

不公平な慣習のモデル (Cochran & O’Connor, 2019) の追試とその拡張的な分析の結果のプロット [Figure 5](#X4a21546b935381cc124c9828269b3b8f2672e19) である。各均衡の吸引域・出現率の大きさが確認できる。括弧で表記されている数値は、収束点ごとの情報量である。

|  |
| --- |
| Figure 5: 公平性と各慣習の吸引域の大きさ |

このモデル全体が示すことは、こういった2つの集団からペアを作り、共同作業と生産財の分割を行うことで、一定程度の不公平な慣習が発生するということである。また、段階数を増やすと、同じ行動をとるという意味で平等で、生産への貢献と報酬のバランスがとれているという意味で公平な慣習が減少することになる。

## 4.1 慣習性の恣意性の測定

戦略の段階数が増えると社会的状況の慣習性 (Conventionaliry) が大きくなる分かる [Figure 5](#X4a21546b935381cc124c9828269b3b8f2672e19) 。行為者がその社会的状況に自らを置いたとき、

# 補足: 離散時間レプリケーター・ダイナミクス

ここでは戦略の更新に離散時間レプリケーター・ダイナミクスを用いる (O’Connor, 2019/2021)。このダイナミクスでは、ゲームをする時間ステップ ごとに (つまり、1ゲームごとに) 行動を変化させる。各時刻で各戦略の期待利得が計算され、計算された期待利得は集団の平均期待利得と比較される。結果、平均期待を上回る戦略が増え、そうでない戦略は減る[[12]](#footnote-12)。以下の式で離散時間レプリケーター・ダイナミクスが表される。

ここで、 は集団内で戦略 をプレイする個体の割合であり、 は集団状態における の適応度で、 はその状態における集団の平均適応度である。この式は、次の時刻でをプレイする個体の割合 が、現在の割合 に対する比を示したものであることを意味している。

加えて、ここで扱うモデルは完全に分割された2集団の相互作用であった[[13]](#footnote-13)。を各集団は相手集団の戦略の頻度に依存し、期待値を計算する。そして、それぞれの集団における各戦略は、その集団の平均期待利得と比較されることで [Equation 1](#eq-discrete-time-replicator-dynamics) と同様に増減する。モデルの流れは [Figure 1](#Xf32258498bd825b80a2aa8236413fd318b56788) である。

# 引用文献

Cochran, C. & O’Connor, C. (2019). Inequality and inequity in the emergence of conventions. *Politics, Philosophy & Economics*. <https://doi.org/10.1177/1470594X19828371>

O’Connor, C. (2020). Measuring conventionality. *Australasian Journal of Philosophy*, *99*(3), 579–596. <https://doi.org/10.1080/00048402.2020.1781220>

Skyrms, B. (2014). *Social dynamics*. Oxford University Press.

Skyrms, B. (2023). Quasi-Conventions. *Synthese*, *201*(3), 99. <https://doi.org/10.1007/s11229-023-04103-8>

1. ここで用いたモデルは、2つの集団における戦略的相互作用の同調的側面と、その適応的なダイナミクスを扱っていると思われる (参考: Skyrms, 2014)。 [↑](#footnote-ref-1)
2. また、時間経過とともにゲームにおける適応をもたらすという意味で良い行動 (戦略) が増減するということを意味するだけだと思われる (参考: O’Connor, 2019/2021)。したがって、さまざまな行動選択の成功に基づいて人間文化が規則的に変化することを示すために、複雑な過程を用いていない。ただし、ここで前提とされる社会的学習の妥当性には疑問が残る。 [↑](#footnote-ref-2)
3. ここで扱う Cochran & O’Connor (2019) の進化ゲームモデルは2集団全体の均衡、2集団それぞれの均衡、集団間の均衡の3つの均衡が存在する。Cochran & O’Connor (2019) は集団間の均衡とその不公平性に焦点を当てており、ここでも同じである。 [↑](#footnote-ref-3)
4. 最近の慣習理論を見渡すことのできる論文になりそう。いくつかの均衡の整理と慣習理論についての説明がある。 [↑](#footnote-ref-4)
5. このモデルは自分の集団の成員のみから学習を行うモデルである。この仕様は妥当だろうか。次の拡張は、別の集団からも学習を行うモデルだろうか。 [↑](#footnote-ref-5)
6. 実際の計算は貢献度の低い戦略から1から順に番号を振り、ペアでその番号の合計が となることを生産の条件として一般化した。ちなみに、0から番号を振るときは ではなく、 である。 [↑](#footnote-ref-6)
7. ここでは、純粋戦略ナッシュ均衡のみを扱っている。ナッシュ均衡が進化ダイナミクスに関連する唯一の均衡とされている。 [↑](#footnote-ref-7)
8. 平等と (コーディネーション) ゲームについては『不平等の進化的起源』を参照。 [↑](#footnote-ref-8)
9. このゲームは、2人のプレイヤーが同じ戦略と選好 (利得) を持っている。両者の戦略の種類とその利得に差はない。したがって、「Shirk-L, Toil-H」が公平なパタンとされるなら、「Toil-H, Shirk-L」も同様に公平なパタンであることが分かる。 [↑](#footnote-ref-9)
10. そこでは、性別役割分業や家庭内交渉の他に、言語における単語や文型、色についての表現といったものが、慣習として検討された。 [↑](#footnote-ref-10)
11. 慣習が慣習である程度は、生じうるパタンの数やパタン間の関係に依存するとされた。たとえば、「フォーク」という単語について、そのカトラリーの一種の形態を「フォーク」と呼ばなかったパタンというものは無数にあると思われる。対照的に、自動車の慣習である片側走行は左右のどちらかの2パタンだけが存在する。少なくとも、ある単語が伝播なしで他の文化圏で成立するよりも、右 (もしくは、左) 走行の慣習の方が容易に成立しそうである。また、ある慣習が他の慣習よりも何かしらのメリットを持つこともある。たとえば、人が集まって働きたいとき、昼か夜かのどちらかの時間帯に集まるという選択肢があるとする。昼に活動することが、夜に活動するよりも一般的に人の健康や生理的な面で良いだろうから、夜働くよりも昼働くという形態が成立しやすいように思われる。 [↑](#footnote-ref-11)
12. シミュレーションの実装では、ここでの基本となる比率に基づくものの他に、差分・指数バージョンも行っている。オプションで選択できるようにコードを書いたが、吸引域を見る今回の追試ではその違いはあまり問題にならないと思われる。 [↑](#footnote-ref-12)
13. 「2集団標準 (離散時間) レプリケーター・ダイナミクス」と呼ばれているようだ。 [↑](#footnote-ref-13)