

## プロジェクトマネジメントへの AI 活用の知識分類モデル

—IT 企業における AI 適用方策の研究—

## Knowledge Classification Model for Applying AI to the Project Management

—Research for the Application of AI in an IT Company—

大島 丈史 Takeshi Oshima<sup>†</sup>

内平 直志 Naoshi Uchihira<sup>††</sup>

プロジェクトマネジャーに必要とされる知識には、形式知化が容易なものと難しいものがある。定量的管理プロセスに関する知識は比較的知識化が容易であるが、リスクの特定や問題への対策検討などは経験や暗黙知の占める部分が多く、知識継承が難しい。近年の AI（人工知能）技術の進展に伴い、異常の予測等の暗黙知の領域についても、AI 技術の活用によって補完する取り組みが行われ始めている。本稿では、ソフトウェア開発におけるプロジェクトマネジメントの知識を、形式知化やシステム化の可否、AI による代替または補完の可能性の有無によって分類するためのモデルを提案する。この知識分類モデルは、AI 活用や知識継承の検討の枠組みとしての活用をねらいとしたものである。また、提案した知識分類モデルを元に、プロジェクトマネジメントへの AI 活用の具体的な方策を検討する。

**キーワード：** 知識継承、形式知、暗黙知、AI、リスク

In the project management knowledge, there are the easy one to make to explicit knowledge and the difficult one. For example, making the knowledge of quantitative management process to explicit knowledge is relatively easy. However, as for the predicting risk or handling problems, it is difficult to make explicit because most of them are tacit knowledge acquired through experience. So, it is difficult to transfer implicit knowledge. The challenge to apply AI (Artificial Intelligence) to the project management has been started. In this research, knowledge classification model for project management of software development is proposed. The knowledge is classified by the viewpoint that AI can substitute or supplement the project management activity. The model can be used for utilizing the AI and transferring the knowledge. Some case studies for applying AI to project management are shown which utilize the knowledge classification model.

**Keywords:** Knowledge Transfer, Explicit Knowledge, Tacit Knowledge, AI, Risk

## 1. はじめに

IT システムは企業や社会を支える基盤としてますます重要な位置付けとなっている。このため、システム開発のプロジェクトマネジメントのナレッジをいかに継承するかが各組織における重要な課題の一つであると言える。ナレッジ継承の具体的な取り組みとして、各企業

---

<sup>†</sup> (株) 富士通クオリティ&ウィズダム

<sup>††</sup> 北陸先端科学技術大学院大学

や組織では、教訓集の作成や事例研修会の開催などのプロジェクトマネジャー育成のための各種の取り組みが行なわれている。しかし、なかなかその効果が現れてこないのが実情である。これは、プロジェクトマネジャーに必要なナレッジが多岐に渡ることや、ナレッジの多くが個人の暗黙知となっていることなどが背景にあると考えられる。

プロジェクトマネジャーの役割や知識には、形式知化が容易なものと難しいものがある。例えば、計画策定時の WBS の策定や管理プロセスの準備、定量化された指標を用いたマネジメント方法などは、比較的形式知化が容易である。また、定量的な情報に基づく進捗やコストのモニタリングプロセスに関する知識は、管理方法の定量化や実績データの蓄積を進めることで、システムによる代替も可能である。一方、リスクの予測や実行フェーズにおいて発生した問題への対策検討等には、経験に基づく判断が求められ、暗黙知の占める割合が多い。このような暗黙知は、主に SECI モデルにおける「共同化 (Socialization)」<sup>[1]</sup> のための場づくりや体験型の研修などを中心として継承してゆく必要があるものであるが、近年発展が著しい人工知能 (以下、AI と略す) 技術をプロジェクトマネジメントに活用する事例も登場してきた<sup>[2][3][4]</sup>。例えば、リスク予測や異常の検知等は、プロジェクトの特性や状況に関する情報や様々なデータを蓄積し、機械学習やディープラーニングなどを活用することで補完できる可能性がある。ただし、プロジェクトマネジメントのどの知識領域に AI 技術が適用できるかについての研究は、体系的には行われていない。

そこで本稿では、プロジェクトマネジャーの様々な役割や必要な知識を、知識の活用や継承の観点で体系化するとともに、形式知化、システム化や AI によって代替または補完できる可能性によって分類するためのモデルを提案する。この知識分類モデルは、プロジェクトマネジメントのどのようなアクティビティに AI を活用できるかの検討や、知識の蓄積及び活用のための枠組みとしての活用をねらいとしたものである。さらに、提案する知識分類モデルを元にして、IT 企業におけるソフトウェア開発のプロジェクトマネジメントにおける具体的な AI 活用方策や実現方法について考察する。

なお、AI 活用のためには、具体的な活用方策の検討の過程で明らかとなる様々なデータの蓄積が重要である。したがって、データ収集方法の標準化と合わせたデータや情報の蓄積を、P2M におけるプログラムマネジメントの中に位置付け、組織的、計画的に準備を進めることが必要である。

## 2. プロジェクトマネジメントに関する知識の分類

プロジェクトマネジメントの知識体系として、PMBOK ガイドがデファクト・スタンダードとなっているが、文献[5]で指摘されているように、これらは実施すべきプロセスや利用可能な技法等の解説が中心であり、何をすべきか (What) は記載されているが、ソフトウェア開発プロジェクトにおいて発生する問題に対して、いかなる理由により (Why)、どのように (How) 対処すれば良いかは示されていない<sup>[5]</sup>。プロジェクトマネジャーは、形式知だけでなく経験に基づく暗黙知を含むナレッジを場面や状況に応じて駆使する必要があるため、知識

の蓄積や継承方法を検討するための知識体系としては、PMBOK ガイドの体系だけでは不十分である。このような問題に対して、文献[6]に、知識の活用や継承を目的とした知識構造モデルが提案されている<sup>[6]</sup>。以下では、この知識構造モデルと ISO21500<sup>[7]</sup>等の知識体系を元にして、システム化や AI の活用が可能な知識を抽出するための知識分類モデルを示す。

本章では、始めにプロジェクトマネジメントの知識構造モデルを示し、形式知と暗黙知の観点での分類を示す。その後、第4章でシステム化や AI 活用の可能性による知識分類モデルを提示する。

## 2.1. ソフトウェア開発のプロジェクトマネジメントに関する知識構造モデル

プロジェクトマネジメントは、計画を策定し、実行段階においては状況をモニタリングし、計画に対する変動が発生した場合には、原因分析や是正のためのコントロールを行う一連の作業であると言える。この関係を図2-1に示す。計画段階で設定した目標としての規模、生産性、進捗（スケジュール）、工数を元にして計画と実績の差異（変動）をモニタリングする。その結果を分析し、経験や既存のナレッジを利用しながら判断し、差異が少なくなるようにコントロールするという一連のプロセスを図示したものである。

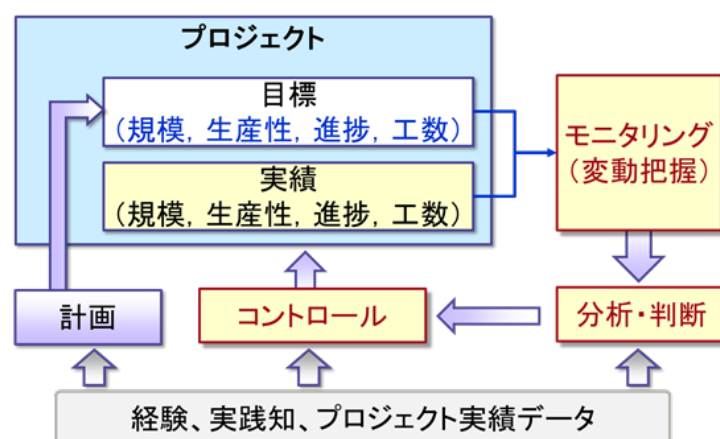


図2-1 プロジェクトマネジメントの概念図

次に、図2-1をさらに詳細化した知識構造モデル<sup>[6]</sup>を図2-2に示す。これは、研究開発プロジェクトにおける知識の分類<sup>[8]</sup>の考え方を参考にし、ISO21500などのプロジェクトマネジメントの知識体系の要素と管理要素等を再構成したものである。特に、ソフトウェア開発プロジェクトの変動のコントロールを考慮したものであるが、他分野への適用も可能と考える。この知識構造モデルでは、知識の活用や継承が行い易いように、計画策定、変動のモニタリング、コントロールの一連のプロセスに関連付けて、各種の管理要素や対処方法の間の関係を示している点が特徴である。さらに、知識の特性によって以下の5つの知識レイヤーに分類し、知識間の関係を表現している。

## (1) プロジェクト知識

プロジェクト自体のドメインに関する知識や開発手法、組織、構成員等の知識である。

図 2-2 では詳細は省略している。

## (2) 管理要素

規模、期間、生産性、工数、品質、スキルなどと要素間の関係性に関する知識を含む。

これらの要素は、変動管理プロセスやコントロールプロセスから参照される。

## (3) コントロールプロセス

変動管理プロセスのアウトプットを元に行う各種の対策の実行から成る。問題の発生原因に応じた仕様調整やスケジュール変更、体制変更、品質対策などの主要な対策をパターン化しておくことで、プロジェクトマネジャーへの行動指針の提示や知識の効果的な継承が可能となる。

## (4) 変動管理プロセス

規模、工数、進捗等の変動を可視化するための管理プロセスであり、工数計画、実績収集、進捗計上方法等から成り、システム化することが可能な知識である。

## (5) 実践知

リスクの特定、ステークホルダマネジメント、コミュニケーションマネジメントなどに必要な、実践経験から得られる暗黙知に位置付けられる知識である。ここでの実践知は、文献[9]で定義されている、「絶えず変化する状況や文脈の中で、最善の判断ができる実践的な知性」<sup>[9]</sup>という意味で用いている。

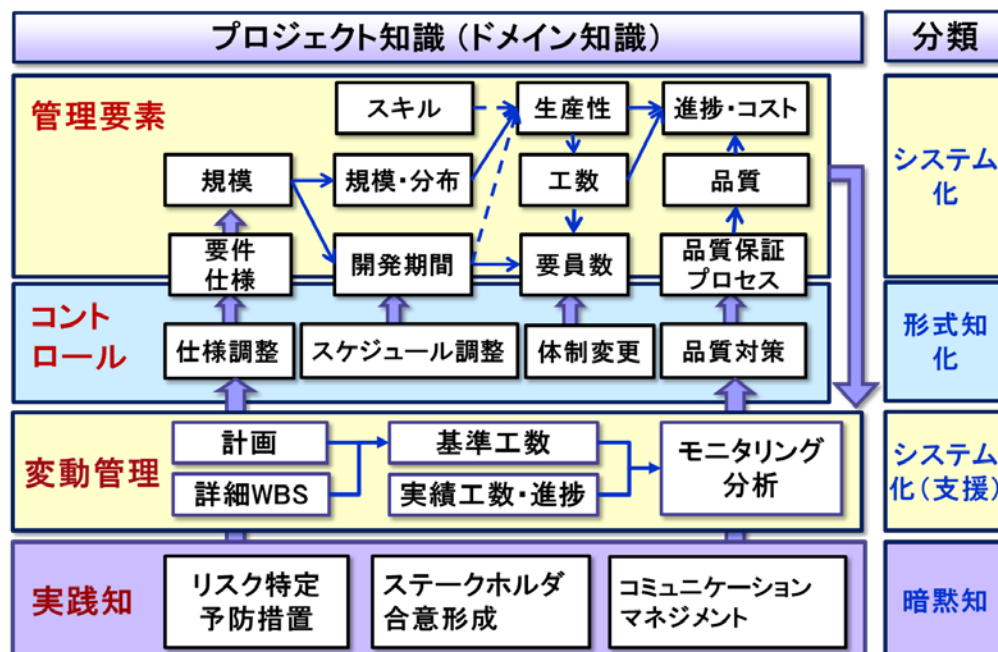


図 2-2 プロジェクトの知識構造モデル

このモデルの特長は、PMBOK や ISO21500 などのように知識領域やプロセスを分類するだけでなく、管理要素や各知識と対処方法の間の動的な関係を構造化し、モデル化した点である。これにより、プロジェクトマネジメントの具体的なプロセスの策定や知識移転、及びデータの蓄積と活用等に利用できることを狙いとしたものである。

次に、図 2-2 の右側に、「形式知化」、「システム化」、「システム化（支援）」及び「暗黙知」という分類を示している。これは、「管理要素」、「コントロール」、「変動管理」、「実践知」の各レイヤーを、形式知化やシステム化が比較的容易な領域と、形式知化が難しく暗黙知の占める部分が多い領域に分類したものである<sup>[9]</sup>。ここでの形式知と暗黙知は、文献[10]のプロジェクトマネジメントにおける分類の定義に従い、人の頭の中にある体験に基づく知識を暗黙知とし、記録された知識を形式知<sup>[10]</sup>として使用する。これらの知識レイヤーごとの分類は相対的なものであり、形式知化が可能な知識レイヤーにも、結果の分析や判断などを行う際には暗黙知が必要とされることがある。

この知識モデルにより、計画策定やモニタリング、コントロールの各場面においていかなる情報を元に、どのような対処を行えば良いかといった観点で知識を整理することで、知識の活用が容易となり、継承すべき知識が明確になる。また、各知識レイヤーの特性に応じて、各組織内で効果的な知識継承を行うことが可能となる。例えば、形式知化やシステム化を行いやすい知識レイヤーについては、プロセスや知識の関係性と結びつけ、利用しやすい形で知識を整理することができる。暗黙知の占める部分が多い知識レイヤーについては、SECI モデル[1]における「共同化」を進める際の方法の検討などに役立てることが可能である。以上のように知識を構造化することにより、組織的な知識の蓄積や活用を進める際の枠組みとして活用することができる。

## 2.2. 知識構造モデルに対応するアクティビティの例

図 2-2 の知識構造モデルと知識分類に基づき、形式知が容易な知識レイヤーと暗黙知の占める部分が多い知識レイヤーの具体的なアクティビティとその分類について、以降に例を示す。

### 2.2.1. 形式知化やシステム化が比較的容易なアクティビティの具体例

以下に、図 2-2 における「管理要素」、「変動管理（モニタリングを含む）」及び「コントロール」のそれぞれの知識レイヤー別に、形式知化やシステム化が可能な具体的なプロジェクトマネジメントのアクティビティを例示する。

#### (1) 管理要素（規模、コスト、品質、期間等）に関するアクティビティ

- (a) 計画工程における規模見積り、工数見積り、WBS 作成
- (b) 品質計画作成

#### (2) 変動管理（モニタリング）に関するアクティビティ

- (a) 進捗、工数の変動の把握、可視化

(b) 品質状況の可視化

(3) コントロールに関するアクティビティ

(a) 対処方法のパターン化

プロジェクトのコントロールでは、変動の原因分析に基づき、対処方法を決める必要があるため、プロジェクトマネジャーによる判断や決断が必要となる。この知識レイヤーにおいては、発生した変動に応じた仕様調整、スケジュール調整、体制変更、品質対策などの対応方法を、変動の種類や原因に応じてパターン化することで形式知化できる部分を拡大することができると考える<sup>16)</sup>。

(b) 工数や要員数の再見積りの方法の形式知化

規模や開発期間などが変動した場合に、計画の修正に必要となる工数や要員数を見直し直すことが必要となる。このアクティビティはプロジェクトマネジャーの経験に基づいて行われることが多いが、規模や期間の変動の影響に関するデータを蓄積することによって形式知化することが可能である。

以上のアクティビティのうち、(1)の(a)、(2)の(a)は、文献[11]や[12]でシステム化の方法が提案されており、(3)の(b)は、文献[13]で形式知の方法が提案されている。

## 2.2.2. 暗黙知の占める部分が多いアクティビティの具体例

2.2.1 で示した知識レイヤー以外は、形式知化が難しく暗黙知の占める部分が多い領域である。特に、プロジェクトに影響を及ぼす外部環境、組織文化や人に関連する部分のマネジメントなどは、様々な活動や事象の積み重ねによって共通の認識を獲得するものであり、言語化や形式知化することが難しい。以下に、PMBOK や ISO21500 の知識領域やプロセスの中から、文献[5]を参考にして暗黙知の占める部分が多いアクティビティの具体例を示す。

(1) プロジェクト・ライフサイクルと組織

(a) プロジェクトマネジメントに影響を及ぼす企業の理念や組織文化の理解

(b) 国や地域の文化、習慣の理解

(2) 人的資源マネジメント

(a) 個人のスキルや特性などを考慮したプロジェクトチーム編成

(b) パフォーマンスの良いチームとしてメンバーを育成するためのチームビルディング

(3) ステークホルダマネジメント

(a) ステークホルダの特定と、ステークホルダの特性に応じた合意形成

(4) リスクマネジメント

(a) リスクの特定や、事前の対策、リスクの予兆検知、リスク顕在化時の判断

(5) コミュニケーションマネジメント

(a) 組織や顧客に関する文化や風土に関する認識

ここで、ISO 21500 の 3.3.38 コミュニケーション計画書の説明で、「多様な文化などの要因、及び組織的要因は、コミュニケーション要求事項に著しい影響を与えることがある。」と記述されているように、(5)(a)のプロジェクトマネジメントを取り巻く組織や顧客に関する文化や風土、(5)のステークホルダに関する認識や(4)のリスクの特定等については、経験によって習得する部分が多く、プロジェクトマネジャーの実践知と位置付けられる部分であり、暗黙知が占める割合が多い領域である。

なお、各知識エリアに共通する人間関係の知識として、心理、認知バイアス、個人特性などの知識・経験や、人材育成、リーダーシップ等が挙げられるが、これらはプロジェクトマネジメントの知識モデルでは明示していない。

### 2.2.3. プロジェクトマネジメントアクティビティの知識分類

2.2.1 と 2.2.2 の考察を元に、図 2-2 「知識構造モデル」に示されている知識構造に対応した主なプロジェクトマネジメントのアクティビティを抽出したものを図 2-3 に示す。ここでは、ISO21500 のプロセスグループに対応させて示している。ただし、プロセスグループの中の「分析」と「判断」は、本稿で独自に追加したものである。抽出したアクティビティは、図 2-2 の知識構造モデルにおける変動管理、コントロール及び実践知の各知識レイヤーに関するアクティビティを中心としたものである。

図 2-4 では、抽出したアクティビティを、形式知化が容易なものと暗黙知の占める割合が多いものに分類している。「知識分類」の欄は、形式知化が容易なアクティビティについて形式知の欄に「○」を付し、形式知化が難しく暗黙知の占める割合が多いアクティビティには暗黙知の欄に「○」を付している。なお、形式知化の欄に「○」を付しているアクティビティの中で、暗黙知の欄に「△」を付している箇所があるが、これは、形式知化が容易なアクティビティについても、すべてを形式知化できるとは限らず暗黙知の要素が含まれることを示している。以上の分類結果に対して、形式知の欄が「○」のアクティビティを実線で囲み、暗黙知の欄が「○」のアクティビティを点線で囲んで示す。

サブジェクト	プロセスグループ	アクティビティ	形式知	暗黙知	
統合 スコープ	計画	規模見積り	○	△	形式知化
		WBS作成	○	△	
		コスト計画、スケジュール作成	○	△	
資源		チーム編成、要員割り当て		○	暗黙知
タイム	モニタリング	規模変動把握	○	△	形式知化
		進捗、コスト変動把握	○	△	
コスト		ヒアリングや重点的監視		○	
品質 調達	分析	原因分析		○	暗黙知
	判断	判断		○	
	コントロール	仕様(規模)調整		○	
		生産性、工数、要員再見積り	○	△	形式知化
		体制・スケジュール変更		○	
ステークホルダー		ステークホルダーマネジメント		○	
リスク		リスク特定、対応		○	暗黙知
コミュニケーション		計画、情報配付、管理		○	

図 2-3 マネジメントアクティビティの知識分類と利用データ

ただし、この形式知と暗黙知の分類は、相対的な分類である。また、暗黙知に分類しているアクティビティでも、形式知化が可能な部分があると考えられる。

### 3. AI 技術の定義

以降では、プロジェクトマネジメントへのシステムや AI 技術の適用が可能な知識レイヤーの分類方法について検討する。ここで、AI については厳密な定義が定着しているわけではないため、本稿で扱う AI 技術の範囲を示しておく。

#### 3.1. 実現技術視点での AI の分類

以下は、総務省の公開資料<sup>[14]</sup>に基づく、実用面から見た主な AI の研究分野である。

##### (1) 推論・探索

推論は、人間の思考過程を記号で表現し結論を導くものであり、探索は解く必要のある問題をコンピュータに適した形で記述し、探索木などの手法によって解を得る手法である。

##### (2) 知識表現 (エキスパートシステム)

専門分野の知識を取り込んだ上で推論することで、その分野の専門家と同じ解を導くことを目指すものである。



### (3) 機械学習

コンピュータがデータから潜在的なルールや知識を学習することで特徴を捉え、定量化する。学習によって識別したパターンを用いて、新たなデータについて予測を行う技術である。

### (4) ディープラーニング

ニューラルネットワークを用いた機械学習の技術の一つで、情報抽出を多階層にわたって行うことで高い抽象化を実現する。ディープラーニングは、予測したいものに適した特徴量を大量のデータから自動的に学習することができる点が特長である。

プロジェクトマネジメントにおけるこれらの技術の適用場面としては、次のような例が上げられる。例えば、(1) の「推論・探索」は、過去のプロジェクトの実績データからの工数、開発期間の予測や、蓄積した知識の検索などに利用できる。(2) の知識表現は、過去の教訓に基づいたリスクや対策の抽出への応用が考えられる。(3) の機械学習や、(4) のディープラーニングは、プロジェクトの異常検知や所用工数の予測などに応用可能と考えられる。そこで、本稿では、プロジェクトマネジメントに応用可能な AI 技術として、上記の(1)から(4)を対象とする。

## 3.2. 利用用途の観点での AI の分類

文献[15]では、機械学習を中心とした AI の利用用途は表 3－1 のように識別、予測、実行に分類している。プロジェクトマネジメントへの適用可能な例としては、例えば「識別」に関してはプロジェクトの異常検知や情報検索などの用途が挙げられ、「予測」に関しては工数や開発期間の予測、「実行」については要員配置の最適化などが挙げられる。

表 3－1 機械学習による AI の利用用途<sup>[15]</sup>

用途	識別	予測	実行
サブ用途	<ul style="list-style-type: none"> <li>情報の判別、仕分け、検索 (言語、画像)</li> <li>音声、画像、動画の認識</li> <li>異常検知、予知</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>数値予測</li> <li>ニーズ予測</li> <li>マッチング</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>表現生成</li> <li>デザイン</li> <li>行動の最適化</li> <li>作業の自動化</li> </ul>

(安宅和人「人工知能はビジネスをどう変えるか」、ハーバード・ビジネス・レビュー2015年11月号、P.47、図表2より)

## 4. システム化や AI 適用の観点での知識分類

前章で示した AI 技術をプロジェクトマネジメントに応用するにあたって、利用可能なデータと、各データの活用によってどのような AI 技術が適用可能かという観点で具体例を挙げて考察する。

#### 4.1. AI 適用時のインプットデータの検討

図 2-3 の各アクティビティに対して「利用データ」の有無と「データの例」の欄を追加したものを図 4-1 に示す。

サブジェクト	プロセスグループ	アクティビティ	形式知	暗黙知	利用データ	データの例
統合	計画	規模見積り	○	△	○	規模、画面
スコープ	形式知化	WBS作成	○	△	○	WBS、生産性
		コスト計画、スケジュール作成	○	△	○	生産性、期間
資源	暗黙知	チーム編成、要員割り当て		○		
タイム	モニタリング	規模変動把握	○	△	○	規模
コスト	形式知化	進捗、コスト変動把握	○	△	○	進捗、工数
		ヒアリングや重点的監視		○		
品質	分析	原因分析		○	○	各種定量データ
	判断	判断		○		
調達	コントロール	仕様(規模)調整		○		
	暗黙知	生産性、工数、要員再見積り	○	△	○	生産性、工数
		体制・スケジュール変更		○	○	要員数、期間
ステークホルダ		ステークホルダマネジメント		○	△	ステークホルダ特性
リスク		リスク特定、対応		○	△	プロジェクト特性
コミュニケーション		計画、情報配付、管理		○	△	要員特性

図 4-1 利用可能なデータ

「利用データ」の欄には、各アクティビティに AI を適用するために必要となるデータの入手の容易性を示している。「○」はデータの入手が容易であり、「△」は部分的なデータの入手は可能なことを示す。「データの例」の欄には、利用可能なデータの例を挙げており、その詳細を以下に記述する。この際、図 2-2 の知識構造モデルを参照することで、プロジェクトマネジメントの各プロセスでどのような情報を利用できるかを検討しやすくなる。以下に具体例を示す。

##### (1) 知識構造モデルで示す「管理要素」に関するデータ

以下のような管理要素の指標やそのインプットとなるデータは、システム化や AI 技術の中での推論・探索や機械学習に利用可能である。

- (a) 各種管理要素：規模、生産性、要員数、工数、進捗
- (b) 品質記録：レビュー指摘件数、テスト件数、障害発生率、QA 数等
- (c) プロジェクト単位の管理データ：契約金額、プロジェクト損益、契約回数、契約変更回数、勤務時間<sup>[2][3]</sup>

## (2) 非構造化データ

ソフトウェア開発プロジェクトの成果物やマネジメント用のドキュメントなどの非構造化データとして、下記の物が挙げられる。これらは、キーワードの集計などに利用可能である。

- (a) 各種文書：設計書（ページ数や文字数）、ソースコード（行数、メソッド数）、議事録、課題一覧、変更管理台帳、QA管理台帳、レビュー記録、テスト仕様書、障害票、障害一覧（原因区分別件数）
- (b) 構成管理情報：資産の格納頻度、資産の変更回数
- (c) コミュニケーション関係データ：メール発信数、質問件数、議事録、メール内容

## (3) プロジェクト、組織、ドメイン、要員の特性

以下の情報は、暗黙知が占める部分が多い組織、文化やステークホルダ、コミュニケーション等のプロセスに関するものであるが、データとして入手することが難しいものが多い。

- (a) 組織やステークホルダの特性情報（組織構造、文化）
- (b) 技術特性：開発方式、実装方式、利用技術
- (c) 業務特性
- (d) 要員特性：業務知識の保有、スキル、パーソナルタイプ等

## 4.2. AI の実用技術別の活用方法の検討

前項のインプット情報を元にして、AI をどのように活用することができるかについて、AI 技術の種類別に具体例を列挙する。

### (1) 知識化や推論・探索での活用

プロジェクトマネジメントにおける知識の蓄積・活用や事例の検索等において、AI による代替や補完が可能な例として、以下の例が挙げられる。

- (a) プロジェクト計画作成やコントロールに関する過去事例の検索や成果物の再利用
- (b) 変動の原因分析や判断の支援
- (c) リスクの抽出支援や、各リスクへの対応策の提示

### (2) 機械学習の適用例

プロジェクトマネジメントに対して機械学習が適用可能な例としては、次のような活用方法が考えられる。

- (a) リスクの特定や重み付け
- (b) プロジェクトのシミュレーションによる最適な要員投入方法等の検討<sup>[13]</sup>

### (3) ディープラーニングの適用例

ディープラーニングの適用が可能な例としては次のような活用方法が考えられる。

- (a) 問題悪化の予兆検知<sup>[2]</sup>
- (b) 異常の発見

### 4.3. プロジェクトマネジメントへの AI の適用可能性による知識分類モデル

前項までの知識の分類と、利用可能なデータ及び AI 技術の検討結果に基づいて、プロジェクトマネジメントの知識を、形式知化、システム化及び AI 適用のどの方法を知識継承に利用可能かという観点で分類、整理する。ここでは、「システム化」という用語は、前章で示した AI 技術を利用せずにシステム化を実現できることという意味で使用する。

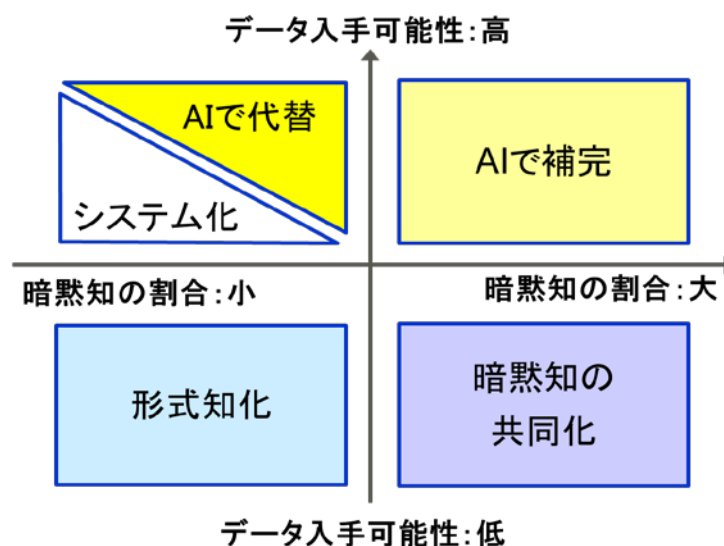


図 4-2 知識継承の方法や AI の適用可否による知識の分類方法

図 4-2 に、プロジェクトマネジメントの知識やアクティビティについて、システム化や AI 適用等のいずれの方法が適用可能かを、データ入手の可能性や暗黙知の占める割合によって、分類するための考え方を示す。図 4-2 は、横軸に暗黙知の占める割合を取り、縦軸には分析や学習のインプットとなるデータの入手可能性を取ることによって、対象となるプロジェクトマネジメントのアクティビティがどの領域に位置付けられるかを分類するものである。この分類軸を利用すると、例えば、暗黙知の割合が少なく、データ入手の可能性が高いアクティビティはシステム化が可能な領域である。暗黙知の割合が多く、データ収集が比較的容易なアクティビティについては、システム化は難しいが、AI 適用によって知識の補完ができる可能性のある領域と言える。なお、暗黙知の割合が少なくデータ入手が容易な領域はシステム化が可能であるが、その中でも暗黙知の割合が多くなるほど、従来型のシステム化には限界が生じてくる。このような領域については、データの入手可能性が高ければ AI の活用によって代替できる可能性があるということを表している。

次に、図 4-2 の知識継承方法による分類を元に、具体的なプロジェクトマネジメントのアクティビティの分類例を図示す。ここでは、ソフトウェア開発プロジェクトにおけるプロジェクトマネジメントのアクティビティの分類例を示す。図 4-3 は、図 4-1 に対して、図 4-2 の分類の考え方を適用することによって、「システム化」、「AI で代替できる可能性がある」または「AI で補完できる可能性がある」の観点で分類し、アクティビティごとに

該当する分類に「○」を付したものである。ここでの AI は、2 章で示した(1) 推論・探索、(2) 知識表現、(3) 機械学習、(4) ディープラーニングのいずれかの技術の意味で用いている。

サブジェクト	プロセスグループ	プロセス、アクティビティ	形式知	暗黙知	利用データ	システム化	AIで代替	AIで補完
統合 スコープ 資源 タイム コスト 品質 調達	計画	規模見積り	○	△	○	△	○	
		WBS作成	○	△	○	△	○	
		コスト計画、スケジュール作成	○	△	○	△	○	
	モニタリング	チーム編成、要員割り当て		○		△		○
		規模変動把握	○	△	○	○	○	
		進捗、コスト変動把握	○	△	○	○	○	
	分析	ヒアリングや重点的監視		○				
		原因分析		○	○	△		○
	判断	判断		○				
		仕様(規模)調整		○				
ステークホルダー リスク コミュニケーション	コントロール	生産性、工数、要員再見積り	○	△	○	△	○	
		体制・スケジュール変更		○	○			○
		ステークホルダーマネジメント		○	△			○
	リスク	リスク特定、対応		○	△			○
	コミュニケーション	計画、情報配付、管理		○	△	△		○

図 4-3 AI 適用の可能性によるアクティビティの分類例

図 4-2 より、暗黙知の割合が少なくデータ入手が容易なアクティビティについては、システム化できる可能性が高いため、「システム化」の欄に「○」または「△」を付している。文献[11]及び[12]の変動可視化手法のように、全面的なシステム化が可能なモニタリング（規模や進捗・工数の変動管理）には「○」を付し、それ以外については、部分的なシステム化が可能という意味で「△」を付している。例えばソフトウェア開発における規模見積りやコスト計画等及びそれに基づく WBS 作成については、定量データの蓄積や見積りの定式化が不十分な場合には、対象業務の有識者の暗黙知が必要となるなど、完全なシステム化は困難である。このような場合は、システム化はマネジメントの補完に止まるという意味で「△」を付しているものである。ただし、これらの「○」や「△」などの程度は分野によって異なる。例えば、プラントエンジニアリングや建設業など、規模見積りやコスト計画の間の定量的な因果関係が得られている分野では、すでにシステム化されていることもあり、「○」となる。

次に、暗黙知が「○」となっているアクティビティは、図 4-2 に示すように、形式知化やシステム化が難しいアクティビティであるが、利用データの欄が「○」のアクティビティは、蓄積データの量が多くなれば AI によって補完できる候補となるという意味で「AI で補

完」の欄に「○」を付している。ただし、実際に AI の適用が可能か否かは、アクティビティごとに実現性の検証が必要である。

その他のヒアリング、判断、仕様調整等については、「利用データ」の欄が空欄になっており、これは利用データの入手が難しいアクティビティであることを意味している。これらのアクティビティは、暗黙知の占める割合が多くデータの入手も難しいため、AI の適用も現状では難しいとして、「AI で代替」の欄も「AI で補完」の欄も空欄としている。これらの分類案の妥当性については、次章での実現性の考察や事例による分析に基づいて評価する。

## 5. プロジェクトマネジメントへの AI 適用の可能性の考察と知識分類モデルの妥当性及び有効性の評価

図 4-3 で示したシステム化が可能なアクティビティについては、変動に関するマネジメントの例が文献[6]に述べられている。以下では、図 4-3 で AI による代替や補完が可能と想定した領域について、具体的な実現方策の検討結果や文献に基づいた研究結果を示すことによって、提案した知識分類モデルの活用方法を示す。

### 5.1. AI による代替としての適用方策の考察

始めに AI で代替できる可能性のあるアクティビティについて、どのように AI を活用できるかと、そのために必要となるデータについて考察する。表 5-1 は、図 4-3 の中から、「AI で代替」の列に○を記したアクティビティを抜粋したものである。各アクティビティについて、統計処理や機械学習のために利用可能なインプットデータや教師データの例と、AI 活用方法の具体例を記載している。

表 5－1 AI で代替できる可能性のあるアクティビティにおける AI 活用方法の例

No.	プロセスグループ	アクティビティ	AI で代替	インプットデータ 教師データ	AI 活用方法	例
1	計画	規模見積り	○	各種規模計測法のインプットとなるデータや画面レイアウト等の情報と見積り結果データ	画面レイアウトの情報からの規模見積りの推定や規模変動の検出（ディープラーニングの活用による）	例 1-1
2		コスト計画	○	開発手法別の標準 WBS と、WBS 別の生産性（単位規模当りの工数）	WBS の策定と WBS 別の基準工数の予測（機械学習の活用）	例 1-2
3		スケジュール作成	○	同上	No. 1、No. 2 の AI 活用方法と同じ	（例 1-2）
4	モニタリング	規模変動把握	○	例 1 に同じ	No. 1 の AI 活用方法と同じ	（例 1-1）
5		進捗、コスト変動把握	○	進捗、コストの変動データ	進捗やコストの異常検知と推定（機械学習の活用）	（例 1-2）
6	コントロール	生産性、工数、要員再見積り	○	規模や生産性の変動データと期間及び要員数	要員数の再見積りや要員投入の最適化（シミュレーションと機械学習の適用）	例 1-3

以下では、表 5－1 に提示した AI 活用方法の具体的な方策の例を元に AI の適用可能性を評価する。表 5－1 の右列に記載している各例の番号は、以下の例の番号に対応している。

#### 5.1.1. 例 1-1：規模見積りと規模変動の可視化への AI 活用

文献[16]に、規模変動の可視化手法のプロジェクトマネジメントへの活用方法が述べられている。この手法は、規模に関するデータの集計から可視化までの一連のプロセスを標準化したものであるが、機能別の難易度を加味した規模見積りの補正や、規模分布の変動による生産性への影響の評価等は、経験者の知識に依存している。これに対して、表 5－1 の No.1 に示すように、ディープラーニングによって画面レイアウト情報や設計情報から機能規模を推定することによって、規模の計測や変動把握の精度を高めることができ、規模見積りや規模の変動把握を AI で代替できる可能性がある。ただし、この実現のためには画面ごとのレイアウトと規模が対となったデータを多数蓄積することが必要である。

#### 5.1.2. 例 1-2：コスト見積り、コスト計画への AI 活用

文献[11]及び[12]に、コストや進捗などのプロジェクトの変動を可視化する手法が提案されている。これは標準 WBS と過去の WBS 別の生産性を元に WBS 別の基準工数を算出し、この基準工数をベースラインとして工数の変動や進捗の変動をモニタリングするプロセスをシステム化したものである<sup>[11][12]</sup>。ただし、過去のプロジェクトを元にした生産性の設定や WBS

のカスタマイズは組織内で有識者が手作業で実施しており、経験が必要な作業である。これに対して、表 5-1 の No.2 に示すように、開発手法に応じた WBS 別の工数や規模の情報を蓄積することで、WBS 別の工数の見積り精度を向上させることができる。また、表 5-1 の No.5 のように、進捗やコストの変動データをすることによって異常を検知することができれば、より早期の対策が可能となり、最終的にはモニタリングプロセスの多くを AI で代替できる可能性がある。

### 5.1.3. 例 1-3 : 工数や要員数の再見積りへの AI 活用

文献[13]に、規模の増加や期間の圧縮等によってスケジュールの変更が必要となった場合の要員数を見積もるための再見積り手法が提案されている<sup>[13]</sup>。この手法は、開発手法が類似した過去のプロジェクトの実績データを元に人が分析した結果を用いている。また、要員の投入時期などは、プロジェクトマネジャーの経験を基に判断している。これに対して、文献[17]で提案されているシミュレーションと過去のプロジェクトの規模、工数を用いた機械学習を組み合わせることで、最適な要員数や要員の投入時期などの判断に活用でき、投入工数の見直しや要員数の見積りの部分を AI で代替できる可能性がある。このためには、プロジェクトの規模、工数、期間、要員数とその変動状況のデータを、組織的に継続して蓄積してゆくことが重要となる。

## 5.2. AI による補完としての適用方策の考察

次に、プロジェクトマネジャーの経験に基づく暗黙知に依存していたようなマネジメントのアクティビティのうち、AI による補完としての活用が可能な例について検討する。

表 5-2 に、AI で補完できる可能性のあるアクティビティにおける AI の活用方法の例を示す。表 5-2 は、図 4-3 の中から、「AI で補完」の列に○を記したアクティビティを抜粋したものである。各アクティビティについて、利用可能なインプットデータの例と AI 活用方法の具体例を記載している。以下に、具体的な適用方策の例を元に各 AI の適用可能性を評価する。表の右列に記載している各例の番号は、以下の番号に対応している。

### 5.2.1. 例 2-1 : 工数や要員数の再見積りへの AI 活用

文献[11]及び[12]に、ソフトウェアの機能規模、生産性、要員スキル等を元に、機能別、WBS 単位の工数計画を半自動的に作成する手法が提案されている<sup>[11][12]</sup>。ただし、規模の大小や開発期間に応じた最適な要員配置などは、プロジェクトマネジャーの経験に依存している。表 5-2 の No.1 に示すような規模分布、要員スキル、開発期間等のデータと過去の生産性データ等を元に、最適組合せ問題の解法などを適用することで、最適な要員とタスクの組合せの候補を提示することが可能となると期待される。実際には要員の割り当てには、育成などの観点も含めた判断が必要となるため、AI によって出力される組合せパターンは、プロジェクトマネジャーの判断を補完する使い方になると考えられる。



表 5－2 AI で補完可能なアクティビティにおける活用方法の例

No.	プロセスグループ	アクティビティ	AI で補完	インプットデータ 教師データ	AI 活用方法	例
1	計画	チーム編成、要員割り当て、WBS 別計画作成	○	規模分布、要員スキル、期間の変動データ	要員の最適な配置や計画変更時のオーバーヘッドの算出	例 2-1
2	モニタリング	ヒアリングや重点監視	○	・設計書、ソースコードなどの開発資産の量の変動データや、メール発信量等 ・プロジェクトの規模や契約、原価等の時系列の変動データ	異常の検出  問題発生の子兆検知	例 2-2
3	分析	原因分析	○	各管理要素の相互関係と各データの変動状況	変動の原因分析支援	(例 2-2)
4	コントロール	体制・スケジュール変更	○	規模、生産性、要員数、期間、スキル	要員再見積り、投入最適化	(例 2-1)
5	ステークホルダ	ステークホルダマネジメント	○	ステークホルダの特性と発生事象	ステークホルダの特性に応じたリスク抽出支援	例 2-3
6	リスク	リスク特定、対応	○	プロジェクト特性と重大リスクの関係情報と事前対策の例	(a) リスク抽出と対策の準備の支援  (b) 第三者によるリスクの予兆検知	(a) 例 2-3  (b) (例 2-2)
7	コミュニケーション	計画、情報配付、管理	○	コミュニケーション情報(メール、QA)	異常の検出	(例 2-2)

### 5.2.2. 例 2-2：異常検知への AI 活用

文献[11]や[12]に、詳細 WBS 単位の変動を可視化することで、変動の原因特定を支援する手法が提案されている。この手法におけるモニタリングは、基準工数をベースラインとした変動データのみを元に行っている。これに加え、表 5－2 の No.2 に示す、設計書やソースコードなどの成果物の量の変動を学習させることにより、プロジェクトの異常の検知ができる可能性がある。また、アジャイル開発手法における継続的インテグレーションでは、開発資産の構成管理情報や変更管理情報を開発支援ツールで蓄積する方法が標準的となっているため、これらのデータを利用することによる異常検知も期待される。文献[2]や[3]では、プロジェクトの会計データ、調達データ、要員数、勤務時間などのデータをディープラーニングや決定木によって学習及び分析することにより、不採算やリスク発生の予兆を検知する方法が発表されている。

図 5－1 に、このようなプロジェクトのデータから異常や問題発生の予兆を検知するための実現方式の一案を示す。また、表 5－2 の No.3 に示すように、管理要素の間の関係や成果物の量と工数の相関関係等の分析によって原因分析を支援することも可能となる。

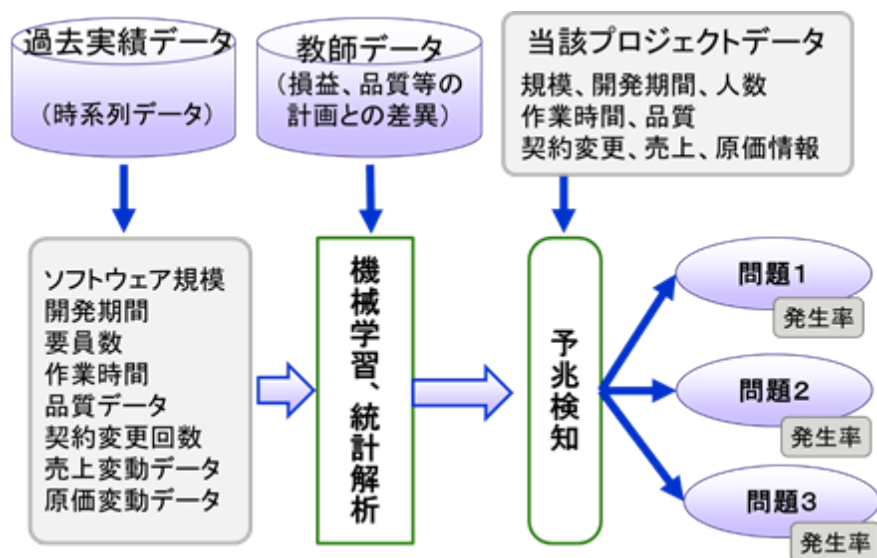


図5-1 プロジェクトの状況悪化の予兆検知

図5-1は、過去のプロジェクトの規模、開発期間、要員数等のデータを入力データとし、損益や品質を元にしたプロジェクトの成功か失敗かの判断を教師データとして学習させることにより、プロジェクトの失敗の予兆を検知するための方式である。

### 5.2.3. 例2-3：リスクの特定や事前対策へのAI活用

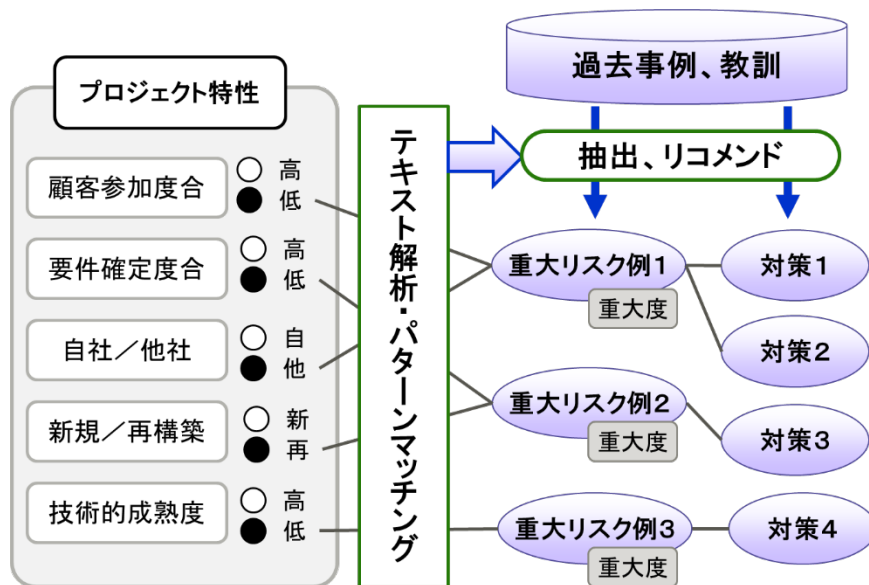


図5-2 リスクの抽出と対策の助言

また、表5-2のNo.5やNo.6に示すように、過去のプロジェクトの特性を表す情報と発生リスクの情報を蓄積することで、発生する可能性の高い重大リスクを抽出することが可能

となる。富士通株式会社の「KIWare」の中の「プロジェクトリスク予兆検知ツール」において、このような活用方法が発表されている<sup>[4]</sup>。この活用方法の実現方式の案を図5-2に示す。リスクに対する事前対策については、過去事例に基づく教訓集などの情報を活用する。なお、ここで活用しているAI技術は、キーワードの出現頻度などの統計分析の範囲である。

## 6. 結論と展望

本稿では、プロジェクトマネジメントの知識を形式知や暗黙知に分類する方法に加え、システム化やAIの活用によって代替または補完できる可能性の有無の観点で分類するための知識分類モデルを提案した。

本研究の理論的な意義は、プロジェクトマネジメントの知識を、暗黙知の占める割合とインプットとなるデータの収集の容易性の分類軸を用いることにより、システム化やAIによる代替または補完の可能性の有無によって分類することができることを示した点である。

次に、この知識分類モデルを元にして抽出したAI適用の可能性のあるアクティビティについて、AIの活用方策やその実現方式について考察した。暗黙知の占める部分が多いプロジェクトマネジメントの知識は、実践の場や体験的な研修等を通じた共同化によってプロジェクトや組織内に継承する必要がある。このような知識の継承方法は効率が良くないが、近年進歩の著しいAIを活用することで補完できる可能性が高まってきた。この際、AIをどのように活用可能かを検討する必要があるが、提案した知識モデルを参照することにより、どのようなアクティビティにAIを活用するかを見極めた上で、必要なデータの蓄積やAI適用の具体化を計画的に進めることが期待できる。なお、事例による考察の過程でも明らかになったように、AIの活用のためには、学習や分析のためのデータの蓄積が重要である。この際、データの種類や粒度が標準化されていなければ効果的な分析や学習が行えないため、プロジェクトマネジメントのプロセスやデータ収集方法の標準化が必要である。したがって、この活動はP2Mにおけるプログラムマネジメントに位置付け、スキームモデルの段階から組織的、計画的に進めることが望ましい。

本稿で提案した知識分類モデルは、ソフトウェア開発プロジェクトにおけるウォーターフォール型の開発プロジェクトを前提として整理したものである。ただし、他の分野やアジャイル開発などの場合にも5つの知識レイヤーや、知識の種類自体はほぼ同じ考え方が適用でき、分野や開発サイクルの違いによって部分的に修正することで応用可能であると考えられる。

なお、AI技術については、推論・探索、知識化、機械学習における統計的処理などのようにルールや統計処理などの論理的方法によるものと、ディープラーニングなどのように、因果関係を論理的に説明することが難しい方法があるが、このような技術的な特性の違いについては、本稿で提案した知識分類モデルでは考慮されておらず、今後の課題である。

## 参考文献

- [1] Nonaka, I. and Takeuchi, H "The Knowledge-Creating Company", Oxford University Press, 1995
- [2] 大峽他、AI を活用した不採算プロジェクトの予兆検知、プロジェクトマネジメント学会 2017 年度春季研究発表大会予稿集、pp.18-23、2017
- [3] 神林友和「AI 技術を活用した高リスクプロジェクト予兆検知手法の一提案」、プロジェクトマネジメント学会 2018 年度春季研究発表大会予稿集、pp.423~428、2018
- [4] 富士通株式会社「AI などの最新テクノロジーを活用し、システム構築・運用業務を変革」、富士通株式会社、2017 年 11 月 28 日（<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2017/11/28.html>）、2018 年 3 月 23 日アクセス
- [5] Reich, Blaize Horner & Wee, Siew Yong "Searching for knowledge in the PMBOK guide", Project Management Journal, 37(2), 11-26, 2006
- [6] 大島丈史、内平直志「開発プロジェクトの変動マネジメントに関する知識構造モデルの活用」、プロジェクトマネジメント学会 2017 年度春季研究発表大会予稿集、pp.18~23、2018
- [7] ISO21500 : 2012. "Guidance on project management".
- [8] 内平直志「研究開発プロジェクトマネジメントの知識継承」、博士論文、北陸先端科学技術大学院大学、2010
- [9] 野中郁次郎、竹内 弘高「賢慮のリーダー」Harvard Business Review, 2011 年 9 月号
- [10] ニック・ミルトン著、梅本勝博、石村弘子監訳「プロジェクト・ナレッジ・マネジメント」、生産性出版、2009
- [11] 大島丈史、丸山富子「WBS 単位の詳細実績データ活用によるソフトウェア開発の変動管理手法」、プロジェクトマネジメント学会 2017 年度春季研究発表大会予稿集、pp.289-294、プロジェクトマネジメント学会、2017
- [12] Takeshi Oshima, Tomiko Maruyama, "The Method for Visualizing Variance of Software Development Project in Real Time", Proc. 27th National Conference of the Society of Project Management, pp.628-633, The Society of Project Management, 2017
- [13] 大島丈史、丸山富子「変動要因を考慮した工数見積方式に基づくプロジェクト管理手法」、プロジェクトマネジメント学会 2016 年秋季研究発表大会予稿集、pp.201-206、プロジェクトマネジメント学会、2016
- [14] 総務省「ICT の進化が雇用と働き方に及ぼす影響に関する調査研究」（平成 28 年）、2016
- [15] 安宅和人「人工知能はビジネスをどう変えるか」、DIAMOND ハーバード・ビジネス・レビュー 2015 年 11 月号、ダイヤモンド社、P.47、2015

- [16] 大島丈史、丸山富子「ソフトウェア規模の変動可視化によるプロジェクト管理手法」、プロジェクトマネジメント学会誌、19 (1).、pp.26-31、プロジェクトマネジメント学会、2016
- [17] 岡田公治「プロジェクト規模の多様性を考慮したプロジェクトマネジメント行動ルールの機械学習可能性に関する検討」、プロジェクトマネジメント学会 2017 年度春季研究発表大会予稿集、pp.94-101、2017

査読 2018 年 7 月 16 日

受理 2018 年 9 月 15 日