

博士論文

2017 年度

IT プロジェクトにおけるアジャイル型
手法に関するマネジメント方法論の研究

今仁 武臣

指導教員 教授 中野 冠

2017 年 9 月

慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科
システムデザイン・マネジメント専攻

Doctor's Dissertation

2017

A Study of IT Project Management Methodology with Agile Development

Takeomi Imani

Supervisor Masaru Nakano

September 2017

Graduate School of System Design and Management,
Keio University
Major in System Design and Management

論 文 要 旨

学籍番号	81352024	氏 名	今仁武臣
論文題目： ITプロジェクトにおけるアジャイル型手法に関する マネジメント方法論の研究			
<p>本研究は、ITシステム・ソフトウェア開発（ITプロジェクト）における、アジャイル型手法の採用の選択問題を多次元的な数理モデルとして定式化し、アジャイル型が有効に機能するための境界条件と、実務上の選択方針（マネジメント方法論）を提供するものである。近年、アジャイル型と計画駆動型を併用した手法（ハイブリッドアプローチ）の事例もみられる中、プロジェクトマネジメント組織は、様々な手法の有効性を評価する技術を必要としている。そこで本論文は、アジャイル型と計画駆動型の総工数を比較した基礎的な数理モデル、およびハイブリッドアプローチを含む3手法の有効領域を出力する多変数数理モデルを構築し、3手法の選択方針を提示することを目的とする。</p> <p>本研究の独自性は2点ある。1点目は、従来研究では別々に扱われていたプロジェクトの性質と総工数を統合的に分析可能な、多変数数理モデルを構築したことである。2点目は、アジャイル型、計画駆動型にハイブリッドアプローチを加えた3つの手法の有効領域を、プロジェクトの様々な性質に応じて数理的に明らかにしたことである。</p> <p>本論文は7章で構成されている。第1章では、本研究の目的を述べる。背景として、ITプロジェクトの成功率の停滞とアジャイル型手法の概要課題を述べた後、手法の選択にあたりプロジェクトの性質と総工数を分析することの必要性を説明する。また、既往研究レビューでは、アジャイル型と有効領域の研究は定性的なフレームワークの提示にとどまっており、アジャイル型の長所と短所に関する構造的な理解が不十分なことを示した。</p> <p>第2章では、アジャイル型の課題分析結果とモデルの全体設計を提示する。事例の統計分析によると、アジャイル型マネジメント手法は手戻りの発生を抑制する。しかし、アジャイル型における反復型開発手法がコスト（工数）面の成功に関連していない傾向を示す。また、アジャイル型と計画駆動型の適用領域の比較結果を踏まえ、モデルの入力パラメータとして、手戻りの可能性とその抑制効果、プロジェクトの規模、クリティカリティの4変数を示した。</p> <p>第3章では、アジャイル型の有効領域を分析するための基礎的な数理モデル</p>			

を導出する。従来の反復型開発の工数計算モデルにみられるオーバーヘッド工数（計画駆動型と比較した計画・調整工数の追加）に加え、手戻りの可能性の抑制効果を新たに導入し、アジャイル型の総工数を定式化する。また、数値実験を使用して、手戻り確率の減衰が大きいほどアジャイル型の有効領域が広くなること、および、アジャイル型の有効領域はオーバーヘッドからより大きな影響を受けることを定量的に明らかにした。

第4章では、プロジェクトの規模とクリティカリティを説明変数として追加し、ハイブリッドアプローチを含む3手法の有効領域を出力する多変数数理モデルを提示する。ハイブリッドアプローチにはいくつかのタイプがあるが、昨今の事例が増えている、フェーズごとにアジャイル型と計画駆動型を併用するアプローチを対象とする。数値実験から、ハイブリッドアプローチは手戻りの可能性と規模が大きいプロジェクトで有効だが、クリティカリティが高いと計画駆動型の有効領域が広くなる傾向を定量的に明らかにした。

第5章では、第3章、第4章のモデルの数値実験で示したアジャイル型とハイブリッドアプローチの有効領域を、事例研究により評価する。事例の傾向はモデルと一致していた。アジャイル型の手戻りを抑制する効果の要因として、開発のプラットフォーム化、および受注者側開発者との効果的な協業を示した。また、ハイブリッドアプローチは規模が大きく手戻りの可能性が高いほど、より大きな工数上のメリットが期待できることを定量的に明らかにした。

第6章では、モデルの使用想定と制限事項を考察する。事例では、プロジェクトマネージャがプロジェクトの開始時に、プロジェクトの環境、性質とイテレーション開発のレベルを評価しモデルに入力した。もし有効領域の境界上にある場合はイテレーション開発力の改善を検討するなどのWhat-if分析を実施した。一方、本論文ではモデルのパラメータの入力値はリッカート尺度値から算出されているため、今後、手戻りの発生確率・抑制効果、およびクリティカリティの算出方法の精緻化が課題となることを示した。

最後に、第7章では、第1章で述べた研究目的に対応する結論を提示し、今後の展望としてクリティカリティおよび手戻りの確率の算出方法の定式化、有効領域の自動計算ツール化による国内外データの比較分析の必要性を述べた。

キーワード (5語)

ITプロジェクト, アジャイル型, 計画駆動型, ハイブリッドアプローチ, マネジメント方法論

SUMMARY OF DOCTORAL DISSERTATION

Student Identification Number	81352024	Name	Takeomi Imani
Title A Study of IT Project Management Methodology with Agile Development			
<p>This research is intended to create a mathematical model to properly choose the agile method in IT project, and to provide a boundary condition of the effective area of agile and a management method selection direction (management methodology). Researches have illuminated a trend of cases using a hybrid approach that uses plan-driven and agile methods together, and project management organizations have been facing needs of systematic evaluation technologies to choose an appropriate management method. To address those issues, this thesis aims at presenting a fundamental mathematical model to compare the total work effort of agile with the one of plan-driven, and then at constructing a multi-parameter mathematical model to illustrate the effective area of the three methods including the hybrid approach.</p> <p>The originality of this research is (1) to implement a multi-parameter mathematical model to analyze effective area of management methods in conjunction with work effort, and (2) to present quantitative effective area of three methods including hybrid approach with diverse characteristics of projects.</p> <p>This dissertation consists of 7 chapters. Chapter 1 describes the objective and goals and structure of this research. The chapter begins with a research background around a stagnant trend of IT project success rate and challenges of agile method, and presents an importance of analyzing project characteristics of project for appropriate usage of agile method. Our literature review reveals a lack of structural causal understandings of agile method benefits and challenges.</p> <p>Chapter 2 presents the issue analysis result of agile method and the overall design of our models. The statistical analysis results show that agile method can reduce rework likelihood but implies the possibility that a low maturity of agile development leads lower project success rate. The case studies provide 4 model parameters: rework probability and its reduction rate, project size, and criticality of projects.</p> <p>Chapter 3 introduces a fundamental mathematical model to analyze the effective</p>			

area of agile method. The model introduces the reduction rate of rework probability in addition to the overhead workload of iterative development (coordination cost increase compared with the overall workload of plan driven), which was pointed out by a past research. Our numerical experiments show that the bigger the reduction rate of the rework probability in each iteration is, the wider the effective area of the agile is. Besides we indicate that the effective area should be impacted significantly by the overhead workload.

Chapter 4 documents a multi-parameter mathematical model by adding the project size and criticality parameters to generate the effective areas of three methods containing the hybrid approach. Due to the increasing number of case studies, this research focuses on hybrid approach by phase. Our numerical experiments reveal that hybrid approach should be effective in projects with higher change probability and bigger size, but also indicate that the effective area of plan-driven methods should be wider in high-criticality projects.

Chapter 5 validates our models with the statistical analysis via survey responses and case study with interviews. The results support our numerical experiments of effective areas of agile and hybrid presented in Chapter 3 and 4. The case study of agile method indicates that the IT system development platform and the collaboration with outsourced development partners should enhance the reduction rate of the rework probability, and that The hybrid approach is expected to provide bigger cost benefit (less work effort)as compared with the plan-driven method in larger-scale projects with uncertain requirements.

Chapter 6 discusses a model usecase and limitations. In initiating projects, project managers input the Likert 5 scales and numerical parameters, then analyze the agile or other methods are appropriate or not. Our model limitation is that Rework likelihood, criticality and rework attenuation rate has been calculated from the average of several Likert 5 scale inputs.

Finally, Chapter 7 summarizes the conclusion in response to our research goals. It also provides the future research direction: (1) our model enhancement, (2) implementation of the model calculation tool, and (3) global comparison analysis.

Key Word

IT project, Agile, Plan-riven, Hybrid approach, Project management methodology

目次

1. 序論	1
1.1. 本研究の背景	1
1.2. 既往研究とその課題	5
1.2.1. アジャイル型と計画駆動型	5
1.2.2. アジャイル型と計画駆動型とその有効領域	7
1.2.3. アジャイル型と計画駆動型の成功度	8
1.2.4. アジャイル型と計画駆動型の比較モデル	8
1.2.5. アジャイル型と計画駆動型を統合したハイブリッドアプローチ	9
1.2.6. まとめと本研究の着眼点	11
1.3. 本研究の目的	12
1.4. 論文の構成	13
1.5. システムズアプローチからみた本研究	16
2. 課題分析	18
2.1. 課題分析の概要	18
2.2. 調査・分析方法	20
2.2.1. 調査設計とデータ収集	20
2.2.2. 分析方法	24
2.3. アジャイル型と計画駆動型の比較結果	25
2.4. 事例研究	35
2.4.1. アジャイル型の事例	35
2.4.2. 計画駆動型の事例	36
2.5. モデルの全体設計	46
3. 手戻り可能性を主変数とした基礎的数理モデル	50
3.1. 基礎的数理モデルの概要	50
3.2. モデルの前提条件	52
3.3. 総工数の定式化	54
3.4. 数値実験	57
3.5. まとめ	63
4. 規模等を変数として追加した多変数数理モデル	64
4.1. 多変数数理モデルの概要	64
4.2. モデルの前提条件	66
4.3. 目的関数と総工数の定式化	67

4.4.	数値計算の方法	70
4.5.	入力データ	72
4.6.	3手法の有効領域	74
4.7.	まとめ	75
5.	事例研究を使用したモデルの評価.....	78
5.1.	評価手法の概要	78
5.2.	基礎的数理モデルの評価	78
5.3.	アジャイル型の適用度合いと手戻り確率の減衰要因.....	81
5.3.1.	評価方法	81
5.3.2.	評価結果	83
5.4.	多変数数理モデルの評価	89
5.5.	ハイブリッドアプローチの適用領域の傾向.....	92
5.5.1.	評価方法	92
5.5.2.	評価結果	94
5.6.	ハイブリッドアプローチの工数メリットの要因.....	97
5.6.1.	評価方法	97
5.6.2.	評価結果	98
6.	考察	102
6.1.	モデルの使用想定と有用性	102
6.2.	モデルの制限事項.....	104
7.	結論	105
7.1.	本研究の結論.....	105
7.2.	今後の展望	107
Appendix A	アンケート質問票.....	110
Appendix B	ハイブリッドアプローチ検討フローの提案	123
Appendix C	グローバル型プロジェクトにおける手戻り発生の構造モデル	129
研究業績	144
参考文献	146
謝辞	154

1. 序論

1.1. 本研究の背景

ビジネスモデルの変革に必要な革新的 IT システム・ソフトウェア開発 (IT プロジェクト) の推進を、企業の経営者が意思決定し、迅速に実行することが近年求められている。実行にあたっては、市場、経営、組織面の構造的な課題も念頭に、複雑なプロジェクトの統制・コントロールおよび不確実な状況への柔軟・迅速な対応といった、相反した課題に対処する必要があるとされている。2015 年の IT サービス市場規模は 15 兆円と言われており、そのうち IT システム開発サービスの市場規模は約 7 兆円を占める。近年は 4%以上の成長をしており、2019 年まで安定成長を見込んでいとされている[1]。その背景としては例えば、企業内の情報システム部門におけるクラウドによるシステム更改、グローバルシステム統合、E コマースシステムの実装プロジェクトの増加が報告されている。さらには、IT システムの重要性は高まりを見せている。インターネット産業の GDP は約 23 兆円、日本の GDP の 4.3%に相当するといわれている[2]。社会システムとしての IT システムの台頭も、スマートシティ (Internet of Things : IoT)、金融システム (Fintech)、行政システム (電子政府) 等の分野で顕著にみられる。

しかしながら、IT ソフトウェア・システム開発においては、しばしば開発コストや開発完了までの期間が計画時から超過するなどの問題がある。我が国のシステム開発プロジェクトは約 70%が失敗と言われている[3]。プロジェクトマネジメント上の多くの改善活動が見られる中、2003 年のユーザー企業の情報化プロジェクトの成功率は約 27%だったものは、2008 年でも 31%程度で停滞している。プロジェクトの失敗原因の多くは要求に起因するとされている。多くのプロジェクトが、要求を初期段階で定義するプロジェクトマネジメント手法を使用してきたが、要求を線形なプロセスで獲得することの限界が指摘されてきた[4]。

そのような状況のもと 2 つの開発手法がみられる。1 つは計画駆動型開発手法 (計画駆動型) [5]、もう 1 つはアジャイル型開発手法 (アジャイル型) である[6, 7]。計画駆動型では要求はプロジェクトの初期に定義され、後続の設計や

実装フェーズが開始される前にプロジェクトマネージャが凍結する。一方、アジャイル型では反復的（イテレーティブ）に再計画が行われる。概要要求はプロジェクトの初期に定義されるが、詳細要求の優先順位付けと開発判断は要求提出者と開発者の協業により繰り返し行われる。

アジャイル型の主な特徴はイテレーティブ、インクリメンタル開発手法である。成果物を反復的に開発して（イテレーティブ開発）、逐次的にリリースする（インクリメンタルリリース）。リリースはリリース計画に基づき、単数または複数のイテレーションから構成され、プロジェクトにおける成果物の納品の完了を指す。イテレーションは、イテレーション計画、設計・開発、テスト、レビューと振り返りから構成され、通常 2-4 週間で実施される。優先順位づけされた機能リストのうち、選択されたものが各イテレーション開発の対象となる。アジャイル型の開発チームは自律型と言われている。このような開発手法を通じ、また顧客の密な参画を通じて要求の変更に対応し、プロジェクトの生産性を向上させることができるが、計画工数は計画駆動型より大きい傾向がみられる。欧米では要求変更柔軟に対処できるアジャイル型の導入率が 50% を超えているといわれているが[8]、成功度合への正の影響は限定的とされている[9]。一方、我が国でのアジャイル型の導入率は約 30% から 50% といわれており[10, 11]、主にモバイルアプリ、業務用 Web アプリ開発、Web システム等での使用が進んでいる。アジャイル型は品質・納期面の成功度合は高い傾向にあるが、工数面は計画駆動型より 20% 増の傾向があるといわれている[12]。また、Boehm ら[13]によると、本来は計画駆動型で実施すべきプロジェクトで、アジャイル型を使用してしまった場合もあり、プロジェクトの成功に至らずアジャイル型の採用をやめてしまった事例もある。したがって、多様な IT プロジェクトを踏まえた、アジャイル型の有効性と限界が十分理解されているとはいえず、多様な IT プロジェクトを踏まえたアジャイル型の有効性の検討の必要性が指摘されている[14]。

近年、企業内部ではビジネスモデルや組織ごとに計画駆動型、アジャイル型が混在しており[8]、プロジェクトマネジメント手法の適切な選択がプロジェクトの成否に影響していることがみられる。適切な開発手法の選択は、情報システムマネジメント及び経営マネジメント上の組織的な重要課題になってきてい

る[14, 15, 16]. 情報システムの開発では、例えば財務マネジメント、受注マネジメント、調達マネジメントを含む基幹情報システム（ERP等）やマスターデータ統合、またサプライヤ会社とのシステム連携は計画駆動型で実施されていることが見られる一方、顧客情報マネジメント（CRM等）やWeb販売システムや関連した受注マネジメント機能はアジャイル型で開発している場合がある。また、例えば電気・電子系製造業における製品開発では、ハードウェア開発のうち機構部分、組込みソフトウェア、外部インタフェース開発、データ連携機能の開発は計画駆動、一方ハードウェア開発のうち意匠部分、ユーザー機能の組込みソフトウェア、ユーザーインターフェース開発はアジャイル型で開発していることが見られる。

さらに昨今は、企業レベルのITシステム・ソフトウェア開発では、2つの開発手法を併用したプロジェクトマネジメント（ハイブリッドアプローチ）を使用し、プロジェクトの規模や複雑性に起因する統制と要求の柔軟な対応の双方に対応した事例の増加がみられる。ハイブリッドアプローチは、計画駆動と統合変更管理をベースとしたコントロールを重視したプラクティスと、アジャイルにおけるイテレーティブな計画・リリースと変更への柔軟性を重視したプラクティスの双方を使用し、企業レベルのプロジェクト要求や制約、および分散したプロジェクトチーム体制に対応する。しかし、先行研究に、プロジェクトマネージャがハイブリッドアプローチを体系的に計画するにあたって有用な文献はみられず、国際ジャーナルでは、ハイブリッドアプローチの研究の必要性が指摘されている。企業内のプロジェクトマネジメント者およびその親組織は様々なプロジェクトマネジメント手法を適切に選択するための体系的な方法論の必要性に直面している。

今後、上述したようなマネジメント手法を適切に選択するための体系的な方法論の必要性はさらに高まると考えられる。例えば、著者は特に、前述したInternetを通じてつながるIoT（Internet of Things）の開発に携わっており、マネジメント方法論の必要性に度々直面している。2016年のIoTの国内市場は約5兆円で、2021年までに年率17%で11兆円の市場に成長するといわれている。IoTの特徴はハードウェア製品や施設等に設置されたセンサー情報が、インターネット回線等を通じ自動的に収集され、企業内の情報システムで分

析された情報がユーザー等に到達することである。大きく分けて製品のスマート化、工場や店舗などの製造・業務プロセスのスマート化があげられる。前者の例としては、自動車の自動運転サービスが挙げられる。後者の例としては、工場設備の故障の予兆管理サービスが挙げられる。著者らの初期インタビューによると、IoT サービスの開発手法に関し 2 つの対照的な意見がみられる。1 つ目は、要求が不明確なためユーザーと開発者が反復的に協業するアジャイル型開発手法で実施すべきという意見である。2 つ目は IoT を複雑なシステムとしてとらえ、計画駆動型やシステムズエンジニアリング手法を使用した計画・設計重視の開発手法で実施すべきという意見である。開発手法を検討する上では、複数の視点（検討軸）が考えられる。例えば、アーキテクチャの視点である。例えばネットワークやハードウェアの部分がモジュール化されていないと、アプリケーションの開発をユーザーと協業しながら反復的に開発することは困難だろう。また、ライフサイクルの視点も検討すべきである。アジャイル型は設計・開発フェーズでは使用できるが、運用フェーズにおけるセンサー機器の設置、電源・通信の確保は確実な要求分析と設計を行う必要があるだろう。つまり、IoT サービスを大規模・複雑なシステムとしてとらえると、目的を達成するための開発手法は一律ではないだろう。アーキテクチャやライフサイクルも踏まえながら、アジャイル型と計画駆動型を組み合わせる使用、ハイブリッドアプローチとなる場合が多いと考えられる。

以上を総合すると、アジャイル型の使用をシステム・ソフトウェアの種類だけで判断することは不十分であり[14]、アジャイル型か計画駆動型か、もしくはハイブリッド型かという開発スタイル選択の意思決定問題ととらえるため、プロジェクトの性質を体系的に分析する枠組みが必要と考えられる。そこで本研究は、IT システム・ソフトウェア開発プロジェクトにおける、アジャイル型手法の採用の選択問題を数理モデルとして定式化し、アジャイル型が有効に機能するための境界条件と、実務上の選択意思決定方針（マネジメント方法論）を提供する。次節では、まずプロジェクトマネジメント手法をアジャイル型と計画駆動型に分類し、有効領域、成功率、比較モデルおよびハイブリッドアプローチについての既往研究とその課題を説明する。

1.2. 既往研究とその課題

1.2.1. アジャイル型と計画駆動型

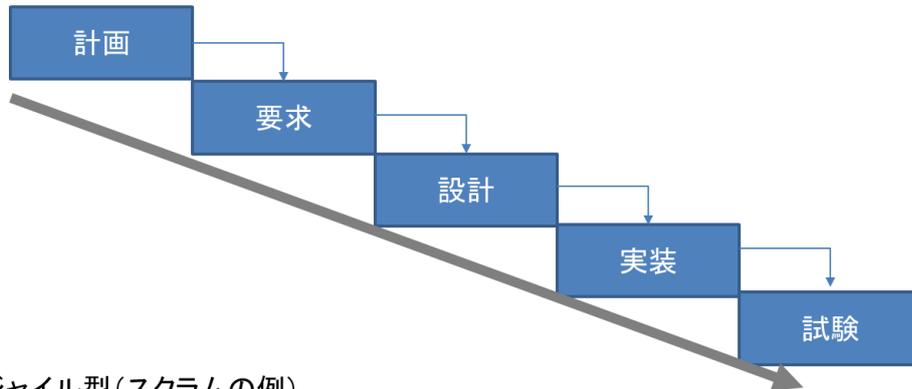
計画駆動型はウォーターフォール型とも呼ばれ、線形に接続されたフェーズから構成される開発プロセスである[5]。要求はプロジェクトの初期に定義され、後続の設計や実装フェーズが開始される前にプロジェクトマネージャが凍結する。計画駆動型におけるフェーズは通常、要求分析、設計、実装、試験及び運用を含み、後続のフェーズに進むにはプロジェクトマネージャのサインオフを通常必要とする。要求は凍結されてから、設計及び実装が開始され、その後は統合変更管理プロセスによりコントロールされる[17]。Boehmらは計画駆動型の主な目的を「予測可能性」「安定性」「高い確実性」と述べている[13]。計画駆動型では、組織やプロジェクトの制約の中で、詳細計画に基づく確実な実行が期待される一方、プロジェクトの外部環境の変化と要求の変更への柔軟な対応に不向きな面があるとされている[13]。

アジャイル型は、Scrum, XP 等の 6 つ以上の反復型フレームワークやプラクティス[18, 19, 20]から構成された概念的総称で、主に IT システム・ソフトウェア開発プロジェクトで使用されている。2001年に17人の開発者たちによって作成されたアジャイルマニフェストでは、4つの価値を原則とする開発手法をアジャイル型と称している[6]。

- プロセスやツールよりも個人と対話
- 包括的なドキュメントよりも動くソフトウェア
- 契約交渉よりも顧客との協調
- 計画に従うことよりも変化への対応

但し、アジャイル型とそのプロジェクトマネジメント上の目的、効果を体系的に研究した文献は少ない。また、アジャイル手法に関する研究の多くが、アジャイルマニフェストまたはアジャイル宣言に傾倒しており、プロジェクトマネジメントにおけるアジャイル手法の位置づけが曖昧であるため[21]、目的を明確にする必要がある。

計画駆動型



アジャイル型(スクラムの例)

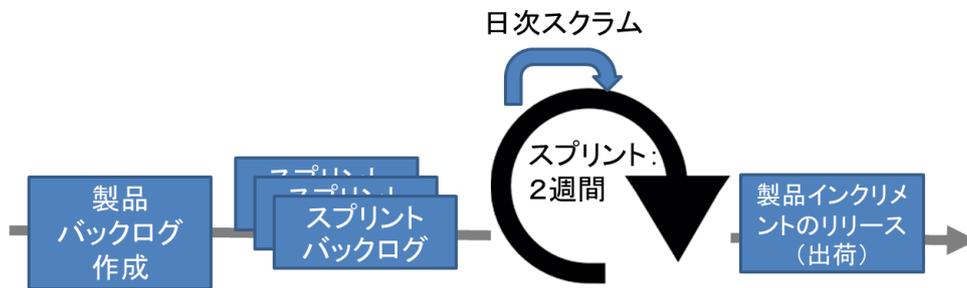


図 1.1 計画駆動型とアジャイル型のイメージ

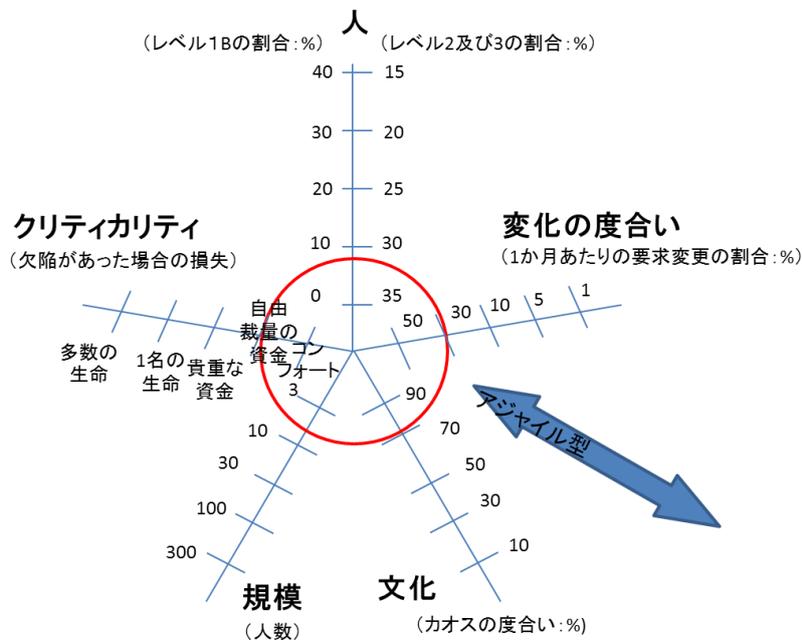


図 1.2 アジャイル型のホームグラウンド[13]

Highsmith はアジャイルプロジェクトマネジメントの目的を、「顧客に、コスト制約とスケジュール制約の中で、革新的な結果を、確実に提供する」と述べている[18]. また、不確実性に適応するための能動的なリスク対応が、アジャイル型手法の狙いと述べている. Conforto 達の最近の研究では、「アジャイルさ (アジリティ)」のプロジェクトマネジメント上の概念 (Construct) を、チームの能力を中心に考察している. 重要因子として迅速なプロジェクト計画の変更、および能動的な顧客の巻き込みを導出している[22].

上記の既往研究を鑑み、本研究ではアジャイル型マネジメント手法を、「コスト制約とスケジュール制約の中で、変更へ柔軟に対応しながら、顧客に革新的な成果を、確実に提供するプロジェクトマネジメント手法」と概念定義する.

1.2.2. アジャイル型と計画駆動型とその有効領域

アジャイル型開発手法はプロセス及びチーム運営の面で計画駆動型との相違点が多く、効果的に実施するのは容易ではないとされている[18, 23]. したがって、企業内の様々なプロジェクト状況に応じてどのようにアジャイル型を使用するのが効果的か、またアジャイル型が計画駆動型よりも工数面で有効に機能するプロジェクトの性質 (有効領域) について体系的に分析する手法が必要と考えられる.

アジャイル型の有効領域の先行研究の多くは、外部環境や要求の変更の頻度・影響を強調している. Fernandez らはプロジェクトのゴール (目的) とソリューション (手段) を使用してアジャイル型の適用領域を説明している[24]. ソリューションが明確でないときは、イテレーションごとの継続的なソリューション変更を含むアジャイル型 (Adaptive アプローチ) を提案している. ゴールとソリューションの双方が不明確な場合は、プロジェクトのゴールを実行フェーズで探索するアジャイル型 (Extreme 戦略) を提示している. Boehm らはアジャイル型の適用領域をホームグラウンドと称し、5 つの検討軸のうち変化の度合いが高い開発プロジェクトでアジャイル型が適しているとしている[13]. 計画駆動型に相当する「線形」および「インクリメンタル」戦略は、ゴールとソリューションの双方が明確な領域に限定されている. 一方、Kruchten らはアジャイル型開発の有効領域は限定的で「Sweet Spot」と称している[14]. 既存文献

と比較しながら「変更の頻度」を含めた 8 つのパラメータを定性的に整理しているが、ビジネスモデルやガバナンス（規制）等の組織や外部環境が並列に記載されており、プロジェクトの特性と前提条件が混合している。上記 2 つも含めた先行研究の手法の多くは定性的で一貫しない主張もみられるため[9]、アジャイル型が有効となるプロジェクトの性質に関する理論的研究の必要性が指摘されている。

1.2.3. アジャイル型と計画駆動型の成功度

アジャイル型とプロジェクトの成功との関係に関する欧米の研究論文のうち [9, 25, 26], Serrador 等の最近の研究では、主にアメリカ、インド、カナダ、オーストラリア等におけるアジャイル型開発事例のサーベイ結果を使用し、プロジェクトの成功因子との関係を統計的に分析したところ、生産性とステークホルダーの成功認識の双方に正の相関があると報告している[9]。ただし、著者らも指摘しているように回帰係数は比較的小さい(約 0.15)。既往調査[10]では、日本国内でのアジャイル型の導入率は 30%とされているが、成功度との関係は記述されていない。主に計画駆動型を対象とした調査[3]では、国内での IT プロジェクトの成功率は 30%で停滞しているとされている。

上記の既往研究は、アジャイル型と適用領域との関係を十分考慮しておらず、アジャイル型が特定のプロジェクト性質において有効か、又は全てのプロジェクトで有効かは考察されていない。

1.2.4. アジャイル型と計画駆動型の比較モデル

アジャイル型の有効領域に関する解析モデルの研究は少ないが、その中でも、Abrahamsson ら[27]は開発中のイテレーション終了毎に、工数予測モデルを逐次的 (Incremental) に調整し、アジャイル型開発で見られる継続的な変更に対応する「Incremental Prediction Model」を提示し、プロジェクト単位で予測する従来型の予測モデルと比較をしている。また、Benediktsson[28]らは、定量係数モデルの代表的手法の 1 つである COCOMO II モデル[13]の規模変数に、アジャイル型で見られる反復型開発 (イテレーション) とそのオーバーヘッドを導入している。開発の総工数 y_t を、イテレーション回数 i 、各イテレー

ションの規模 s_i (コード行数), スケール指数 E_i , イテレーションにおけるオーバーヘッド変数 c_i , 及び定数 a_i を用いて式(1)のように表されるが, 前述したような手戻り作業は明示されていない.

$$y_t = \sum_i a_i (1 + c_i)^{E_i} s_i^{E_i} \quad (1.1)$$

また, 著者らも指摘しているとおり, COCOMO II モデルは開発工数のみを扱っており, 計画や要求定義は一般的に対象外とされている. 従って, アジャイル型開発におけるユーザーと開発者の反復的な協業作業を通じた, 手戻り作業の抑制効果を導入することは容易でないとみられる.

1.2.5. アジャイル型と計画駆動型を統合したハイブリッドアプローチ

ハイブリッドアプローチを扱った先行文献には, 2種類の併用形態がある. 1つ目はプロセスの併用で, 計画駆動型の計画およびテストフェーズとアジャイル型を併用している [13, 20, 29]. 2つ目は特定の手法の併用で, スクラムとXPの混在や計画駆動型の見積もり計算手法の併用である[19, 30].

Boehm等はリスクベース手法を使用した, アジャイル型と計画駆動型手法の併用戦略 (Mixed strategy) を提示している. 初期計画に費やす工数を説明変数, 変更の対応遅延リスク, 重要タスクの計画漏れリスクの合計 (リスクエクスポージャー) を従属変数とする最小化問題として扱い, ハイブリッドアプローチのコストメリットが高い領域をスイートスポットと称している. Port達は, プロジェクトコスト対効果の累積値のシミュレーションを行い, パレート最適解としてハイブリッドアプローチが最も有効としている[31]. しかし, イテレーション開発時のチームメンバー数との関連が曖昧なため, プロジェクト規模の影響の分析は容易でない.

英達による事例分析では, 企業システム開発プロジェクトにおける, ハイブリッドアプローチの効果をプロセスベースで算出している[29]. 文書化や変更対応工数等のマネジメント工数の削減により, 計画駆動型に比べて約 7-8%の工数削減が報告されている.

本研究では, フェーズごとに計画駆動型とアジャイル型を併用するのハイブリッドアプローチを対象とする (図 1.3). 計画駆動型手法の開発フェーズに,

アジャイル型のイテレーティブ開発手法を併用した事例の増加がみられるためである。また、上述の先行研究と同様、本研究でもプロジェクトの工数に着目しアジャイル型が有効に機能するためのプロジェクトの性質を提示する。

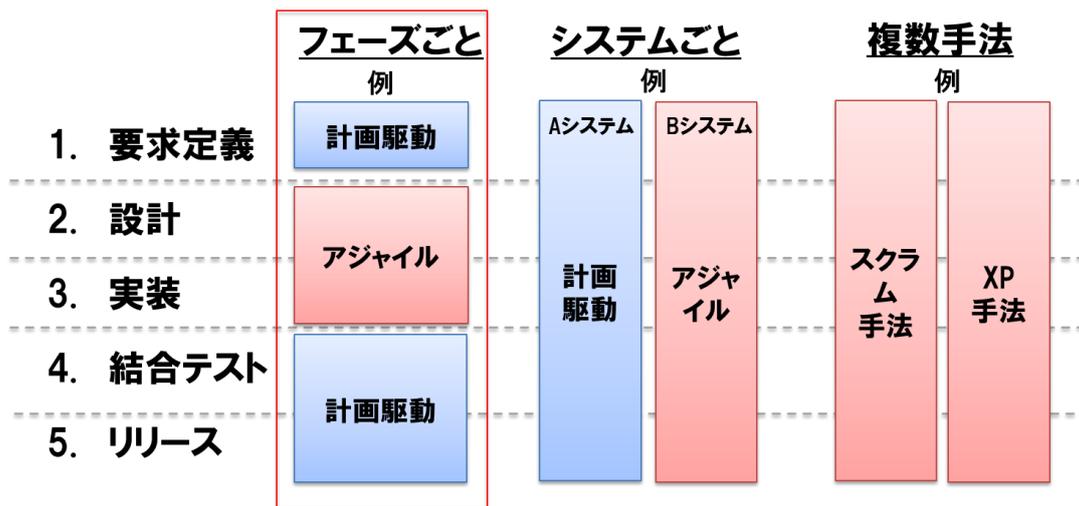


図 1.3 本研究が対象とするハイブリッドアプローチ

1.2.6. まとめと本研究の着眼点

前項までの既往研究レビューのまとめとして次の 2 点が挙げられる。1 点目は、アジャイル型の有効性の要因構造の理解が不十分なことである。1.2.2 項で述べた通り、アジャイル型と有効領域の研究は、定性的なフレームワークの提示、または有効領域を考慮していない統計分析にとどまっていた。また、1.2.4 項で述べた通り、アジャイル型の長所と短所のモデリングが十分でなかった。したがって、アジャイル型が特定のプロジェクト性質において有効か、または全てのプロジェクトで有効か十分研究されていないといえる。2 点目は、ハイブリッドアプローチは十分研究されていない。そもそも、アジャイル型の有効領域の理解が不十分なことに加え、事例研究が非常に少ない。

従って、本研究では、IT システム・ソフトウェア開発における、アジャイル型手法とハイブリッドアプローチの有効領域を多次元的な数理モデルとして定式化し、それぞれの手法が有効に機能するための境界条件と、実務上の選択意思決定方針（マネジメント方法論）を提示する。着眼点は 2 点ある。1 点目は、アジャイル型の有効領域の数理モデルの目的関数として総工数に着目することである。理由は、既往調査によると工数が計画駆動型よりも大きい傾向があり、また品質・納期面の成功度合は高い傾向にあるからである。なお、総工数には手戻りの可能性や、アジャイル型における調整などの追加工数を含む。2 点目は、前項で述べた通り、ハイブリッドアプローチの定義として、アジャイル型と計画駆動型をフェーズごとに併用したものを対象とする。

なお本研究では、アジャイル型（またはハイブリッドアプローチ）を使用した場合のプロジェクトの総工数が、計画駆動型と比較して小さくなるプロジェクトの性質（手戻り作業の発生確率やプロジェクト規模等）の範囲をアジャイル型（またはハイブリッドアプローチ）の有効領域と称する。

1.3. 本研究の目的

本研究は、IT システム・ソフトウェア開発における、アジャイル型手法の採用の選択問題を多次元的な数理モデルとして定式化し、アジャイル型が有効に機能するための境界条件と、実務上の選択意思決定方針（マネジメント方法論）を提供するものである。

上記を達成するにあたり、前節で述べた以下の既往研究の課題に着目した。まず、計画駆動型とアジャイル型と有効領域と成功度が別々に研究されており、それぞれの手法がどのようなプロジェクト性質において有効か、十分研究されていなかった。また、計画駆動型、アジャイル型、ハイブリッドアプローチを適切に選択する方法論が提示されてこなかった。

これらの課題に着目すべき理由は、2 点ある。1 点目は、近年アジャイル型の導入は Web アプリやゲーム開発等で本格化してきたが、他のシステム開発では成功度合い向上の関係は限定的とされてきたことである。2 点目は、ビジネスモデルや組織ごとに計画駆動型、アジャイル型が混在している場合がより多くみられるようになってきたためである。

したがって、本研究では、次の 2 点を研究目的とする。

- (1) アジャイル型と計画駆動型の総工数を比較した基礎的な数理モデルを構築する。
- (2) ハイブリッドアプローチを含む 3 手法の有効領域を出力する多変数数理モデルを構築し、実務上の選択方針を提示する。

本研究の独自性は 2 点ある。1 点目は、従来研究では別々に扱われていたプロジェクトの性質と総工数を統合的に分析可能な、多変数数理モデルを構築したことである。2 点目は、アジャイル型、計画駆動型にハイブリッドアプローチを加えた 3 つの手法の有効領域を、プロジェクトの様々な性質に応じて数理的に明らかにしたことである。

1.4. 論文の構成

本論文の構成を図 1.4 に示す。

第 1 章（序論）では、本研究の目的を述べる。背景として、IT プロジェクトの成功率の停滞とアジャイル型手法の概要課題を述べた後、手法の選択にあたりプロジェクトの性質を詳細に分析することの必要性を説明する。また、既往研究レビューでは、マネジメント方法論の構築にあたって、アジャイル型の長所と短所に関する構造的な理解が不十分なことを示した。

第 2 章（課題分析）では、課題分析とモデルの全体設計を示す。統計分析によると、アジャイル型マネジメント手法は手戻りの発生を抑制する。しかし、アジャイル型における反復型開発手法がコストや納期の面のプロジェクトの成功に関連していない傾向を示す。また、事例研究の結果も踏まえ、モデルの入力パラメータとして、手戻りの可能性（手戻り確率）とその抑制効果、プロジェクトの規模、クリティカリティの 4 変数を示す。

第 3 章（基礎的数理モデル）では、アジャイル型の有効領域を分析するための基礎的数理モデルを導出する。従来の反復型開発の工数計算モデルにみられるオーバーヘッド工数（計画駆動型と比較した計画・調整工数の追加）に加え、手戻り作業の発生の抑制効果を新たに導入し、アジャイル型の総工数の数式を示す。また、数値実験を使用して、手戻り確率の減衰が大きいほどアジャイル型の有効領域が広がること、および、アジャイル型の有効領域はオーバーヘッドからより大きな影響を受けることを定量的に明らかにする。

第 4 章（多変数数理モデル）では、プロジェクトの規模とクリティカリティを説明変数として追加し、ハイブリッドアプローチを含む 3 手法の有効領域を出力する多変数数理モデルを提示する。ハイブリッドアプローチにはいくつかの種類があるが、昨今の事例が増えているフェーズ毎のハイブリッドアプローチを対象とする。数値実験から、ハイブリッドアプローチは手戻りの可能性と規模が大きいプロジェクトで有効だが、クリティカリティが高いと計画駆動型の有効領域が広がる傾向を定量的に明らかにした。

第 5 章（事例研究を使用したモデルの評価）では、第 3 章、第 4 章のモデルの数値実験で示したアジャイル型とハイブリッドアプローチの有効領域を事例研究により評価する。事例の傾向はモデルと一致していた。アジャイル型の手戻りを抑制する効果の要因として、開発のプラットフォーム化、および受注者側開発者との効果的な協業を示した。また、ハイブリッドアプローチは規模が大

きく手戻りの可能性が高いほど、より大きな工数上のメリットが期待できることを定量的に明らかにした。

第 6 章（考察）では、モデルの使用想定と制限事項を考察する。事例では、プロジェクトマネージャがプロジェクトの開始時に、プロジェクトの環境、性質とイテレーション開発のレベルを評価しモデルに入力した。もし有効領域の境界上にある場合はイテレーション開発力の改善を検討するなどの What-if 分析を実施した。一方、本論文ではモデルのパラメータの入力値はリッカート尺度値から算出されているため、今後、手戻りの発生確率・抑制効果、およびクリティカリティの算出方法の精緻化が課題となることを示した。

最後に、第 7 章（結論）では、第 1 章で述べた研究的についての結論を提示し、今後の展望としてモデルの拡張の方向性と、有効領域の自動計算ツール化、および国内外データの比較分析の必要性を述べた。

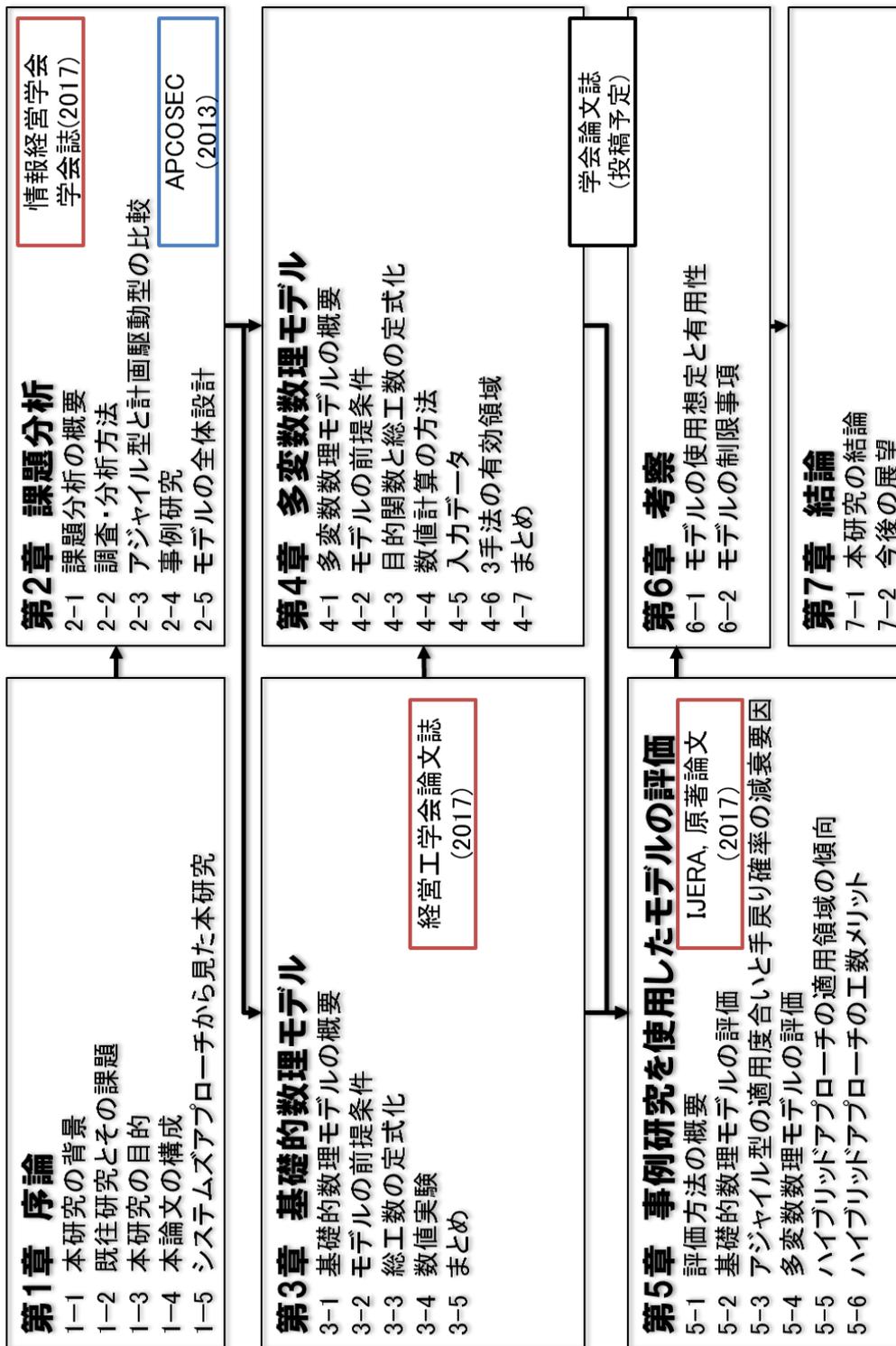


図1.4 論文の構成

1.5. システムズアプローチからみた本研究

本研究は以下の点でシステムズエンジニアリング的要素を含んでいる。1 点目はアジャイル型と計画駆動型の選択問題に関する課題分析を行い、複数の視点（以下）を総合したモデル設計を行っていることである。

- プロジェクトの性質・外部環境（コンテキスト）
- プロジェクトのマネジメント手法
- プロジェクトの成功・失敗度合い（マネジメント指標）

図 1.5 に本研究の V モデルを示す。モデル設計では、課題分析および先行研究レビューから得られた 4 つの主な入力パラメータ（説明変数）と、工数計算用基本プロセス（目的関数）から、出力として開発手法の有効領域と境界条件を設定した。サブモデル設計では、アジャイル型と計画駆動型の総工数を比較した基礎的な数理モデルを構築した。総合モデル構築では、ハイブリッドアプローチを含む 3 手法の有効領域を出力する多変数数理モデルを構築した。検証（評価）方法としてサーベイ・事例研究を計画し、モデルから得られる有効領域に矛盾がないことを示した。最後に、課題分析結果に対応した 3 手法の選択方針を示した。

2 点目は、システムズエンジニアリングの既往研究[32]でみられるハイブリッド V モデル（図 1.6）への有効性に関する知見が期待されることである。ハイブリッド V モデルは計画駆動型をフェーズの初期と、後期に使用し、プロジェクトの初期と後半（要求分析、概要設計、統合テスト、システムテスト）のリスクマネジメントと、中間（設計・実装フェーズ）における変更への迅速な対応を両立したものである。Hayata ら[32]の単一事例では約 20%の工数メリットがあると指摘している。ただし、著者らも指摘している通り、ハイブリッド V モデルに基づく工数メリットの根拠は定性的にも定量的にも十分ではなく、研究課題として挙げられている。本研究では、IT プロジェクトにおけるハイブリッドアプローチを含めた 3 手法の有効領域評価モデルから、ハイブリッドアプローチの有効領域と工数メリットの算出値し、事例研究で評価している。したがって、システムズエンジニアリングにおけるハイブリッド V モデルの研究課題への本研究の寄与は少なくないと考えられる。

2. 課題分析

本章では、アジャイル型の課題分析を行った後、アジャイル型と計画駆動型の有効領域を分析するための数理モデルの全体設計を示す。まず、課題分析の概要を示したのち、分析方法とアジャイル型と計画駆動型の比較分析結果を示す。その後、課題分析のまとめから次章以降で提示する数理モデルの全体設計を行う。

2.1. 課題分析の概要

課題分析の概要を図 2.1 に示す。プロジェクトの性質、マネジメント手法、及びプロジェクトの成否を統合的に調査し、アジャイル型の課題を分析する。プロジェクトの性質として、前述したアジャイルホームグラウンド[13]の5指標のうちクリティカリティと変更の可能性、および Shenhar らの NTCP モデル[33]にみられる4指標を使用し、アジャイル型の適用領域を統合的に分析する。複数の指標を総合した調査を行うことで、指標間の関係を分析できるためである。

Shenhar らはプロジェクトの市場新規性 (Novelty) , 技術的新規性 (Technology) , 複雑性 (Complexity) , 及び緊急度 (Pace) に応じてプロジェクトマネジメント手法を分けるべきとしたNTCPモデルを提唱し、主に大規模プロジェクトの失敗事例の研究を行っている[15, 33, 34, 35]。Boehmらはアジャイル型の適用領域をホームグラウンドと称し、5つの検討軸のうち変化の度合いが高い開発プロジェクトでアジャイル型が適しているとしている[13]。なお、図2.1内の所属組織の文化及び人のスキルやメンバー数も分析可能だが[36]、プロジェクトの性質に着目した本研究では調査の対象外とする（但し、文化及び人のスキルの一部は、別のモデルパラメータに影響があるため入力変数として使用する（第6章））。本節で検証する仮説を以下に示す。

仮説1. プロジェクトの成功度合いはアジャイル型開発と計画駆動型開発で異なる

仮説2. アジャイル型は計画駆動型と異なる性質のプロジェクトで使用されている

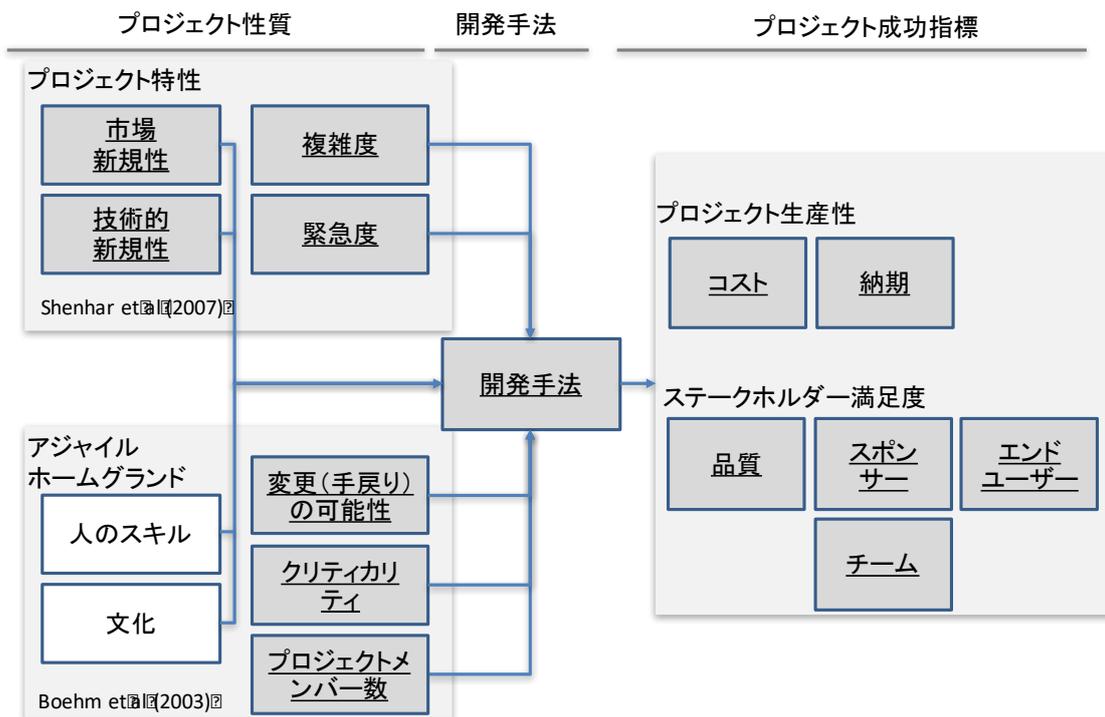


図 2.1 分析モデル
(灰色枠内の下線部が分析対象)

2.2. 調査・分析方法

2.2.1. 調査設計とデータ収集

前節で述べた仮説を検証するため、プロジェクトの性質、プロジェクトマネジメント手法、プロジェクトの成否を調査するための質問票を作成した。質問票は回答者の所属組織・職種（6問）、プロジェクトの属性（3問）、直近に終了したプロジェクトのスコープ・成果物と性質（20問）、プロジェクトの成否（12問）、プロジェクトの要求・設計品質（14問）及びその理由の自由回答（2問）、使用されたプロジェクトマネジメント手法（12問）、所属組織におけるプロジェクトマネジメントの現状（9問）・理想ポリシー（12問）、及び国籍（1問）から構成される。表2.1に本項が対象とする質問カテゴリを抜粋する。選択式の設問では、5段階（「よく当てはまる（5）」から「全く当てはまらない（1）」）の5段階リッカート尺度を用いた。このような調査設計は、アジャイル型に関する過去の調査研究で見られるものと同様だが[9, 26]、本研究ではプロジェクト性質に関する設問を追加し、またアジャイル型と計画駆動型を比較できるように質問票を拡張した。以降では、統計分析対象のプロジェクトの性質、プロジェクトの成功、及びプロジェクトマネジメント手法に関する質問票の詳細を述べる。

プロジェクトの性質に関する質問を、前節で述べたBoehmのアジャイルホームグラウンドモデルの5つの検討軸[13]、及びプロジェクトマネジメント方法論研究で使用されているNTCPモデル[33]を使用して分類した。アジャイルホームグラウンドモデルでは、変化の度合い、規模、クリティカリティ（プロジェクトが失敗した場合の深刻度合い）、メンバーのスキル、及び文化に応じてアジャイル型の適用領域を説明している。NTCPモデルでは、市場新規性、技術的新規性、複雑性、緊急度に応じてプロジェクトマネジメント・アプローチが異なるとされている。本研究での調査票では、上述した2つのモデルの文献を参照し、計9つの分類（因子）からなる特性を調査するための質問を設定した（Q10_#）。

表2.1 質問票

番号	質問内容（太字部が分析対象）
Q1-6	回答者属性,
Q1.産業, Q2.組織の規模, Q3.年間売上	
Q4.職種, Q5.PM経験年数, Q6.PMP取得有無	
Q7-9	プロジェクト属性
Q7.スコープ・成果物（自由回答）, Q8.チームメンバー数, Q9.期間	
Q10_#	プロジェクトの性質
1.成果物新規性, 2.技術新規性, 3.システム集合, 4.完了時期重要性, 5.要求変更可能性, 6.市場データ有無, 7.緊急度, 8.新技術, 9.複雑なシステム階層, 10.ソリューション変更可能性, 11.多国籍, 12.多拠点, 13.多国籍, 14.外資系業者, 15.ゴール明文化, 16.ゴール伝達, 17.高い安全性, 18.欠陥は人命に関わる, 19.財務影響, 20.第三者による品質担保	
Q11_#	プロジェクトの成否
1.成果物品質, 2.予算内, 3.締切り期間内, 4.スポンサー認識, 5.チーム満足, 6.エンドユーザー利益, 7.要求定義誤り, 8.ソリューション設計誤り, 9.開発誤り, 10.機能要求変更, 11.設計変更, 12.ニーズ変更	
Q12_#	プロジェクト実績（要求・設計品質）
1.要求文書, 2.要求凍結, 3.要求文書網羅性, 4.要求書無矛盾, 5.要求試験可能, 6.要求受け入れ可能, 7.要求トレーサビリティ, 8.設計網羅性, 9.設計文書, 10.設計無矛盾, 11.設計検証, 12.設計トレーサビリティ, 13.設計サインオフ, 14.設計妥当性	
Q13-14	.Q12の選択の理由（自由回答）
Q15_#	プロジェクトマネジメント手法
1.顧客の参画は要求・試験フェーズのみ, 2.要求は初期フェーズで定義, 3.単方向パス, 4.文書によるフェーズゲートレビュー, 5.プロジェクトマネージャが統治, 6.フェーズが反復的, 7.要求はライフサイクルを通じて定義, 8.レビューは動作する成果物を使用, 9.顧客は全てのフェーズに参画, 10.チームによるコントロール, 11.計画駆動型の使用度, 12.アジャイル型の使用度	

プロジェクトの成功に関する質問では、ステークホルダーの満足度、プロジェクトマネジメント上の成否及びプロジェクト全体にかかわる大規模な手戻り[37]（以下「手戻り」と表現）の有無を調査した（Q11_#）。先行研究では、アジャイル型とプロジェクトの成功の関係を同様の分類で調査しているが[9]、本研究では失敗した場合の要因との関係が分析できるように調査票を拡張した。プロジェクトの失敗要因に関して及びソリューション（設計）の変更や誤りによる、手戻りの発生に関する質問を設定している。手戻りの発生は、計画駆動型及びアジャイル型双方のプロジェクトマネジメント研究で広く使用されているパラメータの1つである[37, 38, 39]。

プロジェクトマネジメント手法を分析するために、計画駆動型及びアジャイル型の双方についての性質、及び各々の手法の使用度合いに関する2種類の質問を設定した（Q15_#）。それにより、アジャイル型を使用しているとした回答者のアジャイル型開発の性質に関する理解を相互確認することができる。アジャイル型に関する質問では、アジャイルマニフェスト[6]及びアジャイル型開発に関する5項目を使用し、計画駆動型ではその5項目の対比質問（Q15_1, 2, 3, 4, 5）を設定した。

調査データは、国内外のプロジェクトマネージャ及びプロジェクト従事者を対象に、インターネット上のアンケート調査システムを使用してデータを収集した。質問票の送信先は、主に複数のプロジェクトマネジメント関連団体、及び複数のアジャイル型関連のコミュニティとした。このような回答収集方法は複数の先行研究で実施されている[9, 25]。回答収集は2015年3月から6月に実施し、多様な産業、職種、及びプロジェクトに関する有効回答として約150件を得た。本研究では日本国籍の回答者からのデータ121件を分析対象とした。回答者とプロジェクトの属性を表2.2に示す。また、アンケートの質問票をAppendix Aに示す。

表2.2 回答者及びプロジェクト属性

産業	度数	%	累積%
ITシステムプロバイダ・インテグレータ	45	36.9	36.9
ソフトウェア	19	15.6	52.5
電気製品・機器製造	11	9.0	61.5
コンサルティング	11	9.0	70.5
その他	36	29.5	100.0
組織の規模	度数	%	累積%
10,000人以上	33	27.0	27.0
1,000人以上 and 10,000人未満	43	35.2	62.3
500人以上1,000人未満	8	6.6	68.9
500人未満	38	31.1	100.0
年間売上	度数	%	累積%
1億円未満	10	8.2	8.2
1億円以上～5億円未満	8	6.6	14.8
5億円以上～10億円未満	7	5.7	20.5
10億円以上	97	79.5	100.0
職種	度数	%	累積%
プロジェクトマネージャー (または、プログラムマネージャー)	80	66.1	66.1
プロジェクトチームメンバー	28	23.1	89.3
プロジェクトステークホルダー	3	2.5	91.7
その他	10	8.3	100.0
PM経験年数	度数	%	累積%
15年以上	33	41.3	41.3
10年以上 ～ 15年未満	21	26.3	67.5
5年以上 ～ 10年未満	16	20	87.5
3年以上 ～ 5年未満	7	8.8	96.3
1年以上 ～ 3年未満	2	2.5	98.8
1年未満	1	1.3	100.0
プロジェクトチームメンバー数	度数	%	累積%
100人以上	17	13.9	13.9
50人以上 ～ 100人未満	13	10.7	24.6
20人以上 ～ 50人未満	29	23.8	48.4
20名未満	63	51.6	100.0
プロジェクト期間	度数	%	累積%
3年以上	21	17.4	17.4
1年以上 ～ 3年未満	51	42.1	59.5
6か月以上 ～ 1年未満	33	27.3	86.8
3か月以上 ～ 6か月未満	11	9.1	95.9
3か月未満	5	4.1	100.0

筆者らによる事前インタビューの調査結果によると、アジャイル型開発手法は様々な業種で使用されていることから、統計分析対象は産業・職種を問わないこととした。回答者の属する組織の約50%はITシステム・ソフトウェア関連産業だが、そのほか電気製品・機器製造及びコンサルティング等多岐にわたる。また所属企業は大企業が約27%、中堅企業が約40%、残りが小規模企業となった。また、プロジェクトチームメンバー数の約5割は小規模、残りの5割は20人以上、プロジェクト期間は約50%が1年以上の長期プロジェクトとなった。これらの分布により、特定の業種、企業規模、プロジェクトサイズに偏らない分析が可能となる。

有効データの回答者の職種は、プロジェクトマネージャが約7割で、そのうち7割程度が10年以上のプロジェクトマネジメント経験者であった。これにより、プロジェクトマネジメント手法に関する回答の一貫性を高めることができると考えた。

アジャイル型プロジェクトは有効回答データ全体の3割程度となり、既往調査[10, 11]と同様の結果となった。アジャイル型開発を使用したプロジェクトは、企業内ポータルサイト開発、設計支援Webシステム開発、CRMシステム構築、オンライン教育システムの開発、電子商取引イベントセールスシステムの開発等多岐にわたっていた。

2.2.2. 分析方法

仮説を検証するため多変量解析手法として、記述統計、2変数相関分析、重回帰分析、及び偏相関分析を使用する。これらの分析手法は、アジャイル型開発の成否、及び成功要因の調査にあたって複数の文献で使用されている[9, 25, 26]。分析にあたっては、統計解析ソフトウェア SPSS Statistics Version 22 を使用した。なお、分析結果は、筆者らが本調査前に行った約20社のプロジェクトマネージャとインタビュー結果と照合した。また、計画駆動型又はアジャイル型を使用している、2名のプロジェクトマネジメントの実務家と考察結果をレビューし、プロジェクトの現場の事象との関連を確認した。

2.3. アジャイル型と計画駆動型の比較結果

2.3.1. プロジェクトの成功の関係の比較

アジャイル型開発を使用しているプロジェクトとプロジェクトの成功度指標との関係は、計画駆動型と比較して相違がみられる（表 2.3）。アジャイル型開発の度合いが高い（「Q15_12. アジャイル型の使用」が「よく当てはまる (5)」と「少し当てはまる (4)」）ほど、「Q11_1.成果物品質」「Q11_4.スポンサー認識」「Q11_5.チーム満足」「Q11_6.エンドユーザー利益」といったステークホルダー満足に関連した指標が高く、計画駆動型の度合いが比較的高い（「Q15_11. 計画駆動型の使用」が「よく当てはまる (5)」と「少し当てはまる (4)」）と「Q11_2.プロジェクトの予算内の終了」「Q11_3.締め切り期間内の終了」といった生産性に関連した指標が高い傾向にある。また表 2.4 に示す通り、アジャイル型の使用度が高いプロジェクトでは、3 つの成功指標の「よく当てはまる」と「少し当てはまる」の回答割合が計画駆動型の使用度が高いプロジェクトより大きい（「Q11_1.成果物品質」(88.9%)、「Q11_4.スポンサー認識」(92.6%)、「Q11_6.エンドユーザー利益」(81.5%)）。一方、残りの 3 つの成功指標（「Q11_2.プロジェクトの予算内の終了」(63.0%)、「Q11_3.締め切り期間内の終了」(66.7%)、及び「Q11_5. チーム満足」(70.4%)）には大きな差はみられない。また、表 2.5 にアジャイル型開発で使用された手法の詳細と成功指標の相関を示す。統計上有意な相関係数がみられたのは「Q15_7 要求はライフサイクルを通じて定義」と「Q11_1.成果物品質」「Q11_5.チーム満足」との関係のみであり、「Q11_2.プロジェクトの予算内の終了」「Q11_3.締め切り期間内の終了」に有意な係数はみられない。

上述の分析結果により、「仮説 1. プロジェクトの成功度合いはアジャイル型開発と計画駆動型開発で異なる」を品質・ステークホルダー満足面では確認できたといえる。一方、コスト・納期の面で仮説 1 を確認できたとは言い難いため、次項のアジャイル型の適用領域の分析結果と合わせて考察する。

表2.3 開発手法とプロジェクトの成功指標の記述統計

番号	質問内容	アジャイル型の使用度			計画駆動型の使用度				
		高い 平均値	低い 標準偏差	低い 平均値	高い 平均値	低い 標準偏差	低い 平均値		
Q11_1.	プロジェクト成果物は求められている品質を満たした	4.22	.751	4.00	1.107	4.00	1.148	4.16	.754
Q11_2.	プロジェクトは予算内に終了した	3.59	1.185	3.61	1.423	3.63	1.394	3.55	1.329
Q11_3.	プロジェクトは締切期間内に終了した。	3.67	1.387	3.91	1.381	3.90	1.376	3.76	1.403
Q11_4.	プロジェクトスポンサーはプロジェクトを成功と判断した	4.26	.712	4.14	1.069	4.15	1.079	4.21	.811
Q11_5.	プロジェクトチームはプロジェクトの結果に満足している	3.85	.989	3.76	1.210	3.77	1.240	3.82	.982
Q11_6.	エンドユーザーはプロジェクトの成果物（実績）がビジネス上の利益をもたらすと判断した	4.11	.801	3.95	1.009	3.96	.968	4.03	.972

表2.4 プロジェクトの成功指標の回答結果

成功指標	開発手法	回答結果				
		1	2	3	4	5
Q11_1	アジャイル型	0.0%	3.7%	7.4%	51.9%	37.0%
	計画駆動型	3.6%	10.8%	10.8%	31.3%	43.4%
Q11_2	アジャイル型	7.4%	11.1%	18.5%	40.7%	22.2%
	計画駆動型	7.2%	24.1%	6.0%	24.1%	38.6%
Q11_3	アジャイル型	7.4%	22.2%	3.7%	29.6%	37.0%
	計画駆動型	6.0%	19.3%	4.8%	18.1%	51.8%
Q11_4	アジャイル型	0.0%	3.7%	3.7%	55.6%	37.0%
	計画駆動型	2.4%	8.5%	11.0%	28.0%	50.0%
Q11_5	アジャイル型	3.7%	3.7%	22.2%	44.4%	25.9%
	計画駆動型	6.1%	13.4%	13.4%	31.7%	35.4%
Q11_6	アジャイル型	0.0%	3.7%	14.8%	48.1%	33.3%
	計画駆動型	3.6%	2.4%	19.3%	43.4%	31.3%

表 2.5 アジャイル型の詳細と成功指標の相関

	Q11_1	Q11_2	Q11_3	Q11_4	Q11_5	Q11_6
Q15_6. フェーズが反復的	.111	-.071	-.051	.050	.127	.115
Q15_7. 要求はライフサイ クルを通じて定義	.286**	-.003	.024	.167	.260**	.105
Q15_8. レビューは動作す る成果物を使用	.055	.009	-.111	.021	.057	.100
Q15_9. 顧客は全ての フェーズに参画	.069	.071	-.004	.009	.136	.073
Q15_10. チームによるコン トロール	-.044	.041	-.072	-.051	-.040	-.039

** .相関係数は1%水準で有意(両側)

2.3.2. 適用領域の比較

アジャイル型の適用領域に関するデータ分析の事前準備として、プロジェクト性質に関する質問回答 (Q10_#) の因子分析を行い、説明変数を合成した。因子分析 (主因子法・Promax 回転による) 後の因子パターン (因子負荷) 行列を表 2.6 に示す。なお、図 2.1 中の「緊急度」、及び「技術的新規性」に関する質問は因子負荷量が小さくまたアルファ係数が低いため分析の対象外とした。因子名を「F1.クリティカリティ」、「F2.手戻り可能性」、「F3.市場新規性」、及び「F4.複雑度」と命名する。

適用領域の属性を示す各因子とアジャイル型が使用されているプロジェクトの重回帰係数は、計画駆動型が使用されているプロジェクトのものと対照的である (表 2.7)。「Q15_12. アジャイル型の使用」と「Q15_11. 計画駆動型の使用」を従属変数、適用領域に関する 4 因子を説明変数とした重回帰分析結果によると、アジャイル型で有意な正の係数は「F2.手戻り可能性」、「F3.市場新規性」、及び「F4.複雑性」で負の係数は「F1.クリティカリティ」であった。一方、計画駆動型ではそれらの係数の正負が逆転している。表 2.6 の因子相関行列によると「F4.複雑度」と「F2.手戻り可能性」の正の相関が強い。したがって、アジャイル型開発手法が使用されているプロジェクトは、複雑度が高いため手戻り可能性が高く、成果物は市場新規性があり、またクリティカリティの低いプロジェクトでの使用が多くみられることが示唆される。

なお表2.7は、クリティカリティに関する詳細な質問 (Q10_17, 18, 19, 20) を設定したデータセット (N=66) の分析結果だが、R²乗値が大きいため、アジャイル型と計画駆動型の適用領域の比較に適していると判断した。クリティカリティを説明変数から除いた重回帰分析結果でも、同様にアジャイル型と計画駆動型の適用領域 (「新規性」、「複雑性」及び「ゴールの明確さ」) の係数の正負が逆転していた。したがって、「仮説2. アジャイル型は計画駆動型と異なる性質のプロジェクトで使用されている」を確認できたといえる。

表 2.6 因子分析の結果

	因子			
	F1	F2	F3	F4
Q10_17.高い安全性要求	.743	-.061	.005	-.131
Q10_20.第三者品質担保	.742	.023	.010	-.114
Q10_18.人命に関わる	.575	.024	.228	.229
Q10_19.財務諸表に影響	.517	.059	-.276	.148
Q10_10.ソリューション変更による手戻り可能性	.032	.996	-.004	-.021
Q10_5.要求変更による手戻り可能性	-.024	.705	-.007	-.037
Q10_1.成果物新規性	-.096	.118	.838	.038
Q10_6.市場データ無	.104	-.127	.735	-.126
Q10_3.分散システム集合	-.036	-.027	.103	.915
Q10_9.複雑なシステム階層	-.005	-.034	-.209	.606
因子寄与	1.80	1.62	1.45	1.37
F1	1	.174	-.083	.029
F2		1	-.093	.248**
F3			1	.124
F4				1

** . 相関係数は 1% 水準で有意 (両側)

表 2.7 重回帰分析の結果

従属変数:Q15_12.アジャイル型を使用				
R=.610 R2乗=.373 調整済みR2乗=.331 有意確率=.000 N=66				
	係数B	標準化係数β	有意確率	VIF
定数	-.038			
F2.手戻り可能性	.426	.362	.001	1.040
F3.市場新規性	.355	.334	.002	1.009
F4.複雑度	.286	.225	.031	1.011
F1.クリティカリティ	-.400	-.302	.005	1.038
従属変数:Q15_11.計画駆動型を使用				
R=.561 R2乗=.315 調整済みR2乗=.270 有意確率=.000 N=66				
	係数B	標準化係数β	有意確率	VIF
定数	5.502		.000	
F2.手戻り可能性	-.316	-.261	.019	1.040
F3.市場新規性	-.503	-.462	.000	1.009
F4.複雑度	-.072	-.055	.605	1.011
F1.クリティカリティ	.262	.193	.079	1.038

2.3.3. アジャイル型の効果

前項までで述べた通り、アジャイル型の度合いが高いとプロジェクトの品質向上に寄与する一方、手戻り可能性の高く難易度が比較的高いプロジェクトで適用されている。したがって、「プロジェクトの手戻り可能性と品質の真の相関関係は、アジャイル型の度合いを統制すると変化する」という、新たな仮説が示唆される（仮説 3）。

本項ではプロジェクトの手戻り可能性とプロジェクト品質との関係が、有効回答データ内の「Q15_12. アジャイル型の使用」の有無によってどのように変化するか、偏相関回帰係数を使用して分析する。偏相関回帰係数は、2 変数間の関連に混入している第 3 変数の影響を統制しても表れる、2 変数間の向きと相関の強さである。

ここでは、「Q15_12. アジャイル型の使用」を第 3 変数として統制した後の、「Q10_5.要求変更可能性」「Q10_10.ソリューション変更可能性」と「Q11_1.品質」「Q11_2.予算内」「Q11_3.締め切り期間内」の偏相関係数を算出する。

表 2.8 に示す通り、第 3 変数「Q15_12. アジャイル型の使用」を統制した場合の、「Q10_5.要求変更可能性」「Q10_10.ソリューション変更可能性」と「Q11_1.品質」との偏相関係数は、-.295 及び-.355 で、また 1%水準で統計的に有意であった。通常の 2 変数相関係数 (-.279 及び-.340) よりも値が小さいことから、「Q15_1.アジャイル型手法」を統制することにより「Q10_5.要求変更可能性」「Q10_10.ソリューション変更可能性」(x)と「Q11_1.品質」(y)との間のさらに強い負の相関関係が明らかになったといえる。それらの手戻りと「Q11_1.品質」の偏相関係数と、2 変数相関係数の差は、「Q11_2.予算内」「Q11_3.締め切り期間内」のものより大きい。上述の分析結果より、「仮説 3.プロジェクトの手戻り可能性と品質の真の相関関係は、アジャイル型の度合いを統制すると変化する」ことを確認できた。

表 2.8 偏相関分析の結果

		Q11_1. 品質	Q11_2. 予算内	Q11_3. 締切期間内
Q10_5. 要求の変更	偏相関係数 ^a	-0.295	-0.259	-0.296
	相関係数	-0.279**	-0.251**	-0.306**
Q10_10. ソリューションの変更	偏相関係数 ^a	-0.355	-0.280	-0.316
	相関係数	-0.340**	-0.275**	-0.331**

a. 制御変数は「Q5_12.アジャイル手法」

** 相関係数は 1% 水準で有意 (両側)

2.3.4. アジャイル型の課題

アジャイル型と計画駆動型の適用領域とプロジェクトの成功の関係の分析結果のまとめ（図 2.2, 図 2.3）を比較し、アジャイル型開発の課題を考察する。なお、図 2.2 にみられる「規模」とアジャイル型の使用」、,、図 2.3 にみられる「規模」と「計画駆動型の使用」との間の数字は 2 変数相関係数で、表 2.7 に示した重回帰分析の結果に別途追加したものである。

アジャイル型は、市場新規性とシステムの複雑度の双方が高いため、プロジェクトマネジメント上、比較的難易度の高い状況で使用されているといえる。そのような状況のもと、プロジェクトマネジメント上の示唆として以下 2 点が考察される。

1 点目は、アジャイル型開発の技術面、及びプロジェクトマネジメント面のスキルアップの必要性である。表 2.5 に示した通り、アジャイル型開発の詳細のうち「Q15_7. 要求はライフサイクルを通じて定義」のみが品質、チームの満足といったステークホルダー満足度に寄与しているが、他の 4 つ（Q15_6, 8, 9, 10）と成功の関係は明らかになっていない。考えられる要因として、アジャイル型開発におけるイテレーション開発の難易度を上げることができる[18, 23]。

今後は、反復型開発、動作するソフトウェアによるレビューを通じた技術面のスキル向上、及び顧客の参画やチームによるコントロールといった開発マネジメントスキルを持った人材の育成を通じた、アジャイル型開発の効果の最大化が課題となることが推察される。筆者らがインタビューを実施した、アジャイル型開発とその出版活動を 10 年以上実施してきたコンサルティング会社の CEO（最高経営責任者）は以下のように述べている。

「イテレーションで開発するのは難しい。開発側も難しいが、お客さんにとって何回もリリースをするのがいいのかどうか、というもある。そのような両方の側面が、きちっとしていないとアジャイルなどをやってもしょうがない。イテレーションで開発するというのは、エンジニアのスキル次第ということが相当大きい」

2 点目は、プロジェクトの性質に応じたマネジメント上の目標を設定し、アジャイル型開発を適用することである。計画駆動型と比較調査結果によると、現状のアジャイル型開発事例はコスト、納期面の効果を定量的に明らかにでき

ていない。アジャイル型では、イテレーション開発（計画・レビューミーティング）を通じて手戻りの発生を減らすことができるが、ミーティングなどの調整工数は計画駆動型よりも多くなるとされている。また、複雑度の高いプロジェクトでは、チーム数の増加により調整工数がさらに増える傾向がある。したがってプロジェクトマネージャは、イテレーション開発の効果（手戻りの抑制効果）と調整工数の増加分を比較し、前者がより大きい場合にアジャイル型を適用すべきといえる。英らによる事例分析では、基幹業務システム開発プロジェクトにおける、アジャイル型と計画駆動型を併用したハイブリッド型開発のコスト削減目標を10%と設定し、文書化や変更対応工数等のマネジメント工数の削減により、計画駆動型に比べて約7-8%の工数削減を実績値として算出している[29]。

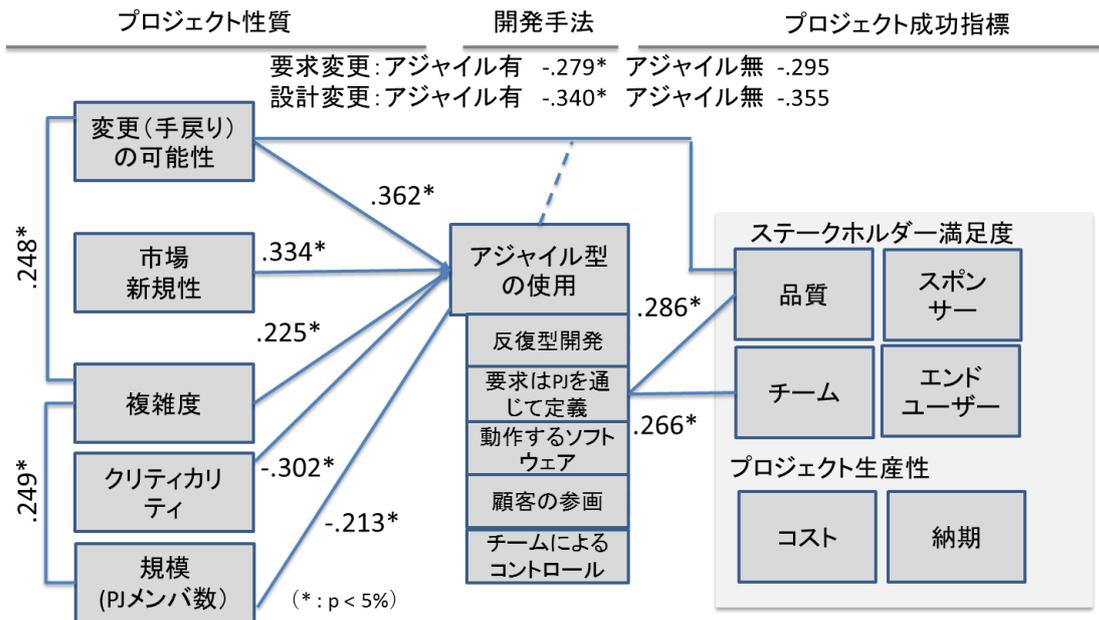


図 2.2 アジャイル型の統計分析結果のまとめ

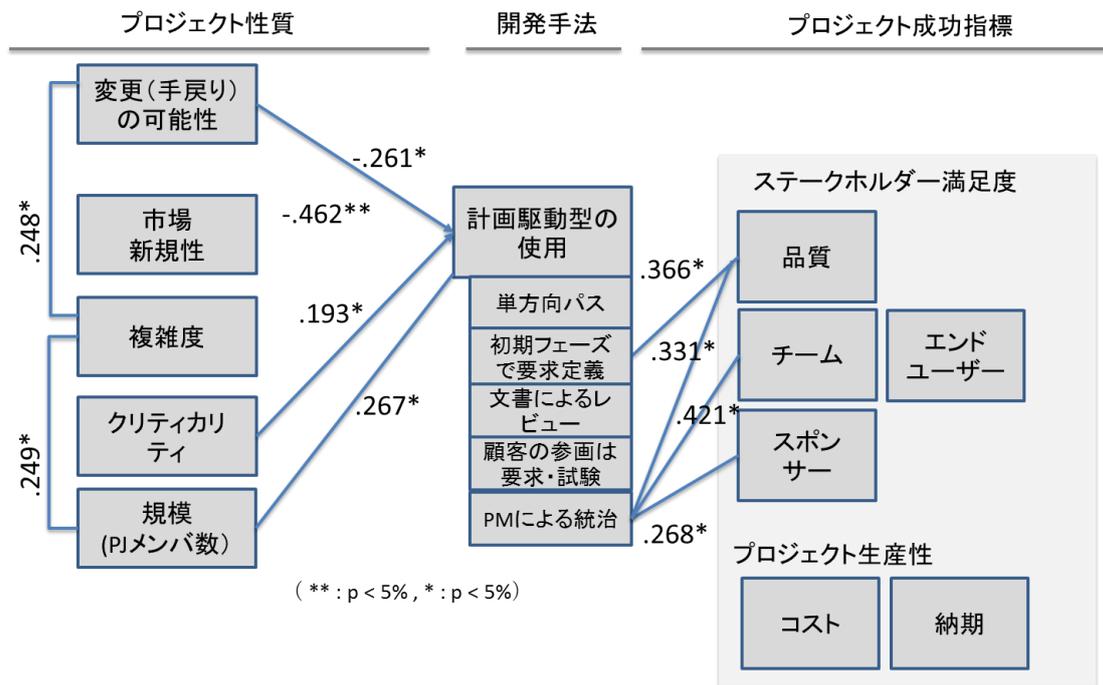


図 2.3 計画駆動型の統計分析結果のまとめ

2.4. 事例研究

本節では、2.3 節におけるサーベイ調査の分析結果を踏まえ、アジャイル型開発では工数面の成功に寄与していないこととその要因、および計画駆動型ではアジャイル型よりも規模が大きいこととその背景を示す。

2.4.1. アジャイル型の事例

アジャイル型の事例として、建設エンジニアリング文書管理システムをクラウド上で開発したプロジェクトを概説する。

事業部側にはユーザーが約 1,000 名で、ユーザーのキーパーソン、情報システム部と、情報システム開発子会社がアジャイル型のプロジェクトチームを構成していた。1 週間に 1 回のミーティングで要求を収集したが、以下のように調整工数が重要になっていることが強調されていた。

- 「いろいろ要望が出てくるが、キーパーソンとの協力体制が大事。ブレーキもかけてもらう必要があった」
- 「こういうのができたらいいなという形で始まる。事業部ユーザーサイドの歯止めと、開発側のうまくできる提案、といった誘導、調整が重要になってくる」

情報システム子会社は 1,300 時間の工数を使用した、「お客様のキーパーソン、アジャイルでやると話をし、この工数の中でやることを事前に握って」おく調整工数が発生していた。

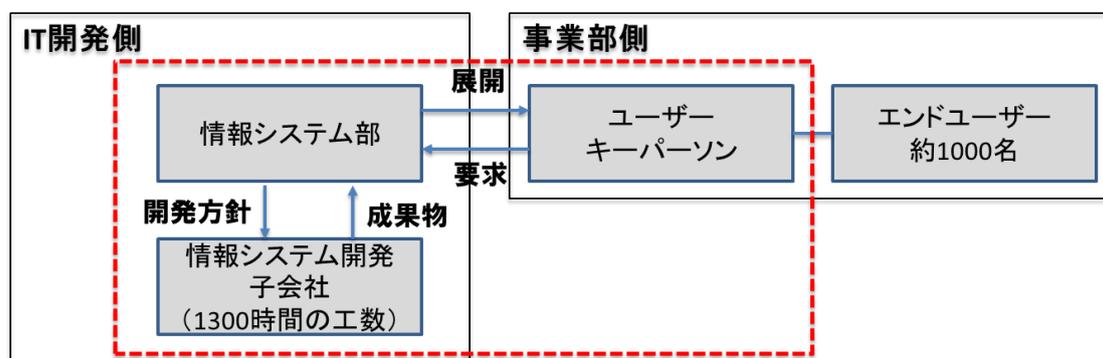


図 2.4 アジャイル型の事例

2.4.2. 計画駆動型の事例

プロジェクトのグローバル性と手戻りの発生には正の相関があり (Appendix C), またグローバル型プロジェクトは規模 (チーム数) が大きい傾向がある。規模の大きいグローバル型プロジェクトの要求が不明確な場合, アジャイル型を適用するにあたっては調整工数か課題となると考えられる。本節では, Webセールスに対応したサプライチェーン業務・IT システムのグローバル導入展開の事例をもとに, 多くのステークホルダーの要求をまとめるための, プロジェクトマネジメントオフィス (PMO) とその設計手法についての事例を述べる。

2.4.2.1. 概要

グローバル型プロジェクトのマネジメント組織として, グローバル型プロジェクトマネジメントオフィス (GPMO) の設計手法を述べる。システムズアプローチを使用し, 以下の3点に対応する。

1. グローバル型プロジェクトの類型
2. グローバル型プロジェクトのリスクマネジメント
3. グローバル型プロジェクトの複雑性とビジネス環境及び要求の不確実性[40]

グローバル型プロジェクトは多国籍, 多言語, 多文化性を持っており, そのため国内プロジェクトよりコミュニケーション工数が大きいと考えられる。いくつかの組織ではプロジェクトマネジメント組織としてグローバル型プロジェクトマネジメントオフィス (GPMO) を設置し, ステークホルダーマネジメント, 課題・リスクマネジメント, 業務上の変更マネジメント等を推進している。これらの活動は国内プロジェクトにおける PMO でも同様だが, グローバル型プロジェクトではプロジェクトチームが世界中に分散していたり, 各国の拠点は独自のビジネス環境を持っているため, GPMO の機能は断片化したり, 場合によっては十分定義されていないことがある。先行研究では, グローバル型プロジェクトの成功モデルを全体的に提示したものがあるが[41], 個別プロジェクトの支援機能を持つ GPMO を設計するための体系的フレームワークについてはほとんど研究されていない。

このような先行研究の課題に対応するため, システムズアプローチを使用し

た GPMO 設計のツールとして、問題空間、コンテキスト図およびユースケース図を選択した。この手法には、3つの利点がある。

1. グローバル型プロジェクトの類型に応じて GPMO の役割の柱を複数提供する
2. 多面的なリスクマネジメントのフレームワークを提供し、組織構造やプロジェクトのフェーズごとに集中すべき対応事項を提供する
3. プロジェクトの複雑性やビジネス環境の不確実性を分析し、GPMO の機能を体系的に提供する

事例はグローバル製造業における事業部単位の業務・IT改革プロジェクトで、筆者らが実際に GPMO 活動を主導したものを使用しあ。

2.4.2.2. GPMO の機能

グローバル企業では、グローバル型プロジェクトは国境を越えたプロジェクトを指すことが多い。一方、グローバルプロジェクトは海外からのメンバーが国内企業のためのプロジェクトを指すこともある。Binder の既往文献では、グローバル型プロジェクトは 5 つの次元をもつ[42]。地理、言語、組織、文化およびタイムゾーンである。Martinelli によると、グローバル型プロジェクトは世界的に分散したチーム（仮想チーム）により実行される[43]。GPMO が必要なのは、マネジメントタスクの作業を 1 名のプロジェクトマネジメント者で実行しきれない場合である。既往文献によると、全プロジェクトコストのうち 10% をプロジェクトマネジメントと GPMO に割り当てていることが多い。

既往文献によると、PMO は 3 つのレベルに分類される。

1. 企業レベルのマネジメントオフィス
2. プログラムマネジメントオフィス
3. プロジェクトマネジメントオフィス

一般的に PMO は 3 つの機能を持っており、複雑なプロジェクトにおける意思決定の説明責任を持つが、決定の責任はプロジェクトマネジメントにあるとされている。

1. プロジェクトマネジメントプロセスの実行
2. 状況の可視化

3. 意思決定の推進

本項では、GPMO は世界的に分散したメンバーにより実行される複雑なプロジェクトにおいて以上の 3 つの機能を持つと定義する。調整を推進し統治を構築することは分散したステークホルダー（異なる国籍，言語）に情報を共有し，意思決定を進める上で重要である。文化，地域，言語を超えた調整が，GPMO の主な活動になる傾向があり，そのため PMO メンバーは異なるプレゼンテーションスキルが必要になるに違いない。先行研究によると，5 つのタイプの調整（標準，計画，公式な相互調整，非公式な相互調整，チームの選抜）がある。

2.4.2.3. GPMO の設計

本項では，大規模プロジェクトにおける GPMO の設計のため，システムズアプローチを使用した手法を記述する。システムズアプローチとは，価値共創のためのシステムズエンジニアリングおよびデザイン思考に基づいている[44]。

2.4.2.3.1. プロセス

システムズエンジニアリングの V モデルにおける要求分析フェーズにある手法を使用する。ツールは先行研究[44]に記載されたものから選択した。再帰のプロジェクトの結果から，問題空間マップ，コンテキスト図，ユースケース図を使用する。図 2.5 に示すように，問題空間とはプロジェクトミッションとさらに調査が必要な領域を定義したものである。問題空間をプロジェクトマネジメントメンバーやステアリングコミッティにシェアすることで，複雑なプロジェクトにおける GPMO のミッションを承認し，また GPMO の価値を定義することができる。次のステップは問題空間に基づいた主要な性質の調査を協業的に行うことである。本項では，システムズエンジニアリングの要求分析で使われる，コンテキスト図とユースケース図を活用する。

2.4.2.3.2. 問題空間

企業における製品開発における問題空間は，スタンフォード大学の Mechanical Engineering 部で使用されており，企業の歴史，製品の歴史，競合，

及び想定される市場が記載されている[45]。大規模グローバル型プロジェクトの GPMO の設計にあたり，本項では 3 つの GPMO のコンテキスト（プロジェクト類型，リスク，複雑性および不確実性）に着目する。問題空間は，ブレインストーミング等のシステムズアプローチのツールを使用してステークホルダーや PMO の専門家と共同で作成していく。問題空間の例を図 2.5 に示す。

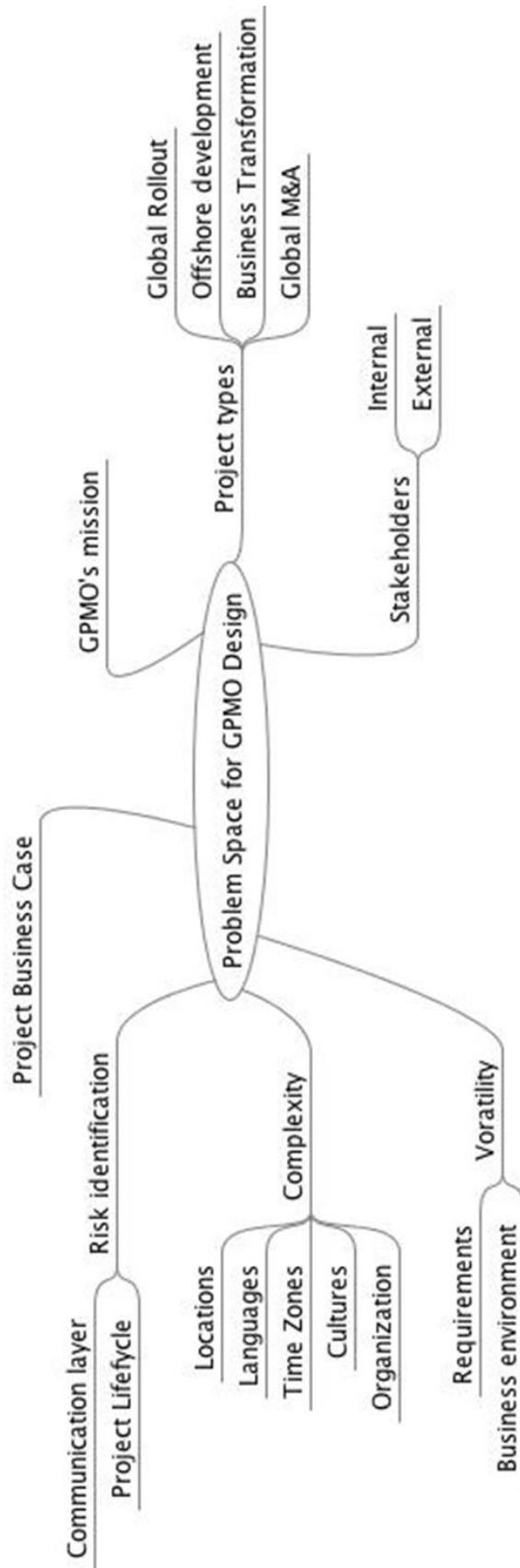


図2.5 問題空間の例

2.4.2.3.3. コンテキスト図

グローバル型プロジェクトには、海外現地法人、グローバルサプライヤ、オフショアサービスベンダ等、多くのコンテキストが存在すると考えられる。本項ではプロジェクトチームと相互作用するアクタやエンティティのまとまりを可視化するためにコンテキスト図を使用する。コンテキスト図はプロジェクトライフサイクルの各々の段階で描画されるものである。コンテキスト図を使用してプロジェクト類型を議論・確認することができる。

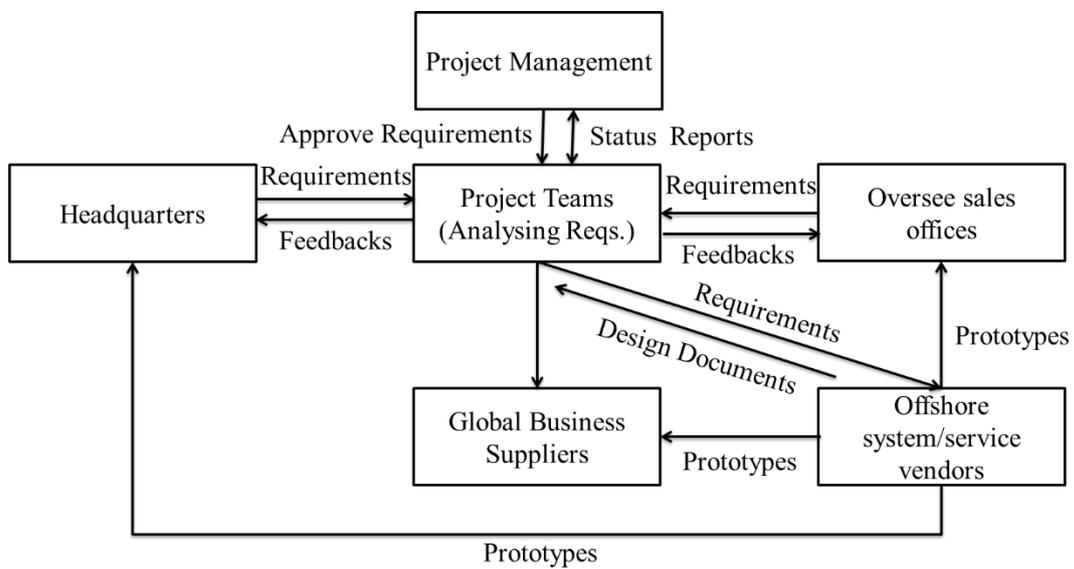


図 2.6 プロジェクトの要求・設計フェーズにおけるコンテキスト図の例

2.4.2.3.4. ユースケース図

グローバル型プロジェクトにおけるリスク、複雑性及び不確実性を分析するために、本項では、概要ユースケース図を活用してアクタ（ステークホルダー）とプロジェクトの相互作用を描画する。元来は、ユースケース図はシステムの境界とユーザーとの総合作用を把握し、システムの主要機能を分析するために使用する。本項でのアプローチでは、ユースケース図を GPMO の機能設計とプロジェクトの各フェーズにおけるステークホルダー分析の基として使用する。

要求定義フェーズにおけるプロジェクトのユースケース図の例を図 2.7 に示す。プロジェクトマネジメント者やプロジェクトメンバー等の内部ステークホルダーを表示していないが、各々のユースケースにおいて影響を受ける外部ステークホルダーを確認することができる。

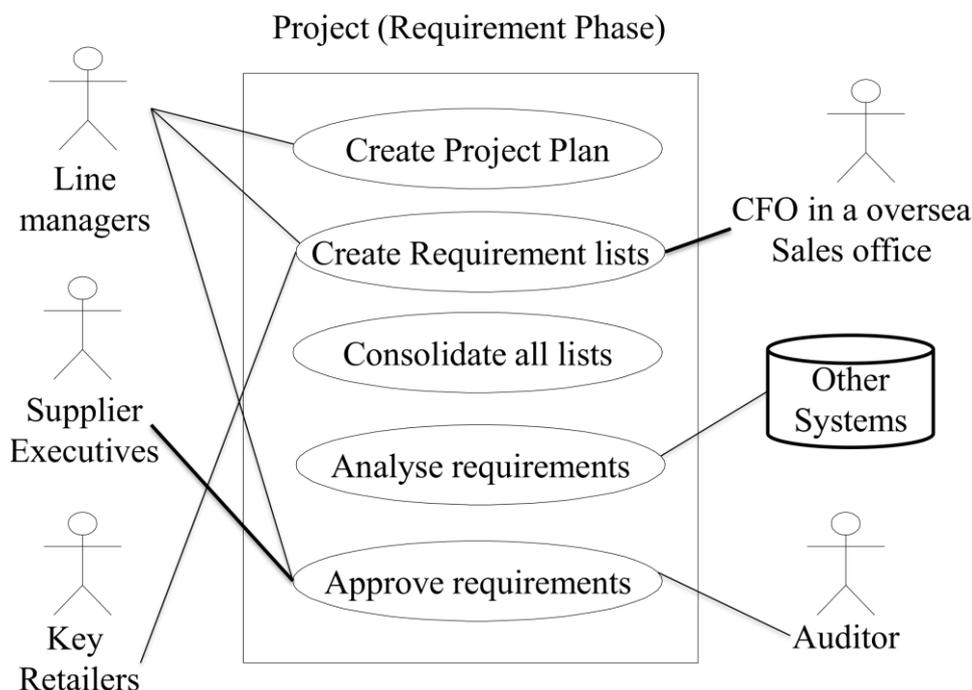


図 2.7 プロジェクトの要求フェーズにおけるユースケース図の例

2.4.2.4. GPMO の類型

ブレインストーミングやコンテキスト分析をゼロから実施し、まだ知らないリスク（Unknown Risk）のある全く新しい、また複雑なプロジェクトに適用することもできるが、先行研究や各組織にある教訓に記載された主要なコンテキストを活用することもできる。

2.4.2.4.1. オフショア開発

IT システム・ソフトウェアは、コスト削減のためにオフショアベンダーを使用して開発していることがよくあるが、ビジネス要求を正確に伝えるためのコミュニケーション技術や、綿密な変更マネジメントが重要になってくる。この類型は顧客とベンダーとの関係としてはよくあるものだが、顧客側がベンダーからのアプローチを受動的に待っている場合、多くの課題に直面するかもしれない。例えば、

1. 設計の変更を十分マネジメントできない
2. ビジネス要求がベンダーに十分理解されていない
3. IT 知識のギャップに気づくのが遅れる
4. 期待するサービスレベルや成果物品質のギャップに気づくのが遅れる

従って、オフショア開発を使用したグローバル型プロジェクトを支援するために、多くの GPMO の活動はビジネス要求定義に重点が置かれ、また IT 開発標準の相互理解のためのワークショップを主導したりする。IT システム・ソフトウェア開発力が発展途上の国でオフショア開発が実施される場合、成果物品質の技術的ギャップとコミュニケーションの文化的ギャップがみられる。GPMO の活動の重点もそれらのギャップの解消の支援に置かれるべきと考えられる。

2.4.2.4.2. グローバルビジネス・IT 改革

グローバル製造業では業務オペレーションやシステムは国境を越えたものとなり、海外支社のオペレーションを本社と同じとすることもある。その場合、明確なビジネス戦略とそのガバナンスが重要になってくる。海外支社の業務オペレーションのほうが本社のものよりも高度化していたり、企業全体で海外支

社や販社がより大きな力を持っている場合があるからである。

もし、海外支社が独立した法人で、企業グループ内で大きな力を持っている場合、本社の CIO による意思決定が十分伝わらなかつたり、誤解されている場合もあるかもしれない。また、プロジェクト予算を海外支社と本社で分担する場合、財務インパクトを考慮しながら GPMO が企業グループ全体でガバナンスを扱う必要がある。従って、各地域のリーダーが参加する定期的なコミュニケーション会議を GPMO が計画することは、ステークホルダーマネジメントとガバナンスマネジメント上効果的な場合が多い。

2.4.2.4.3. グローバルビジネス展開

海外サプライヤ企業や組立工場に業務オペレーションを展開することは、グローバル型プロジェクトのもう 1 つの類型である。このタイプのグローバルプロジェクトは、製造業の向上オペレーションのファブレス化により増加傾向にあった。他社との調整は GPMO の主要活動になる場合がある。もしプロジェクトマネジメントルールや成果物の合意がない場合、当該企業だけではコントロール・回復できない深刻な問題が発生する。

従って、このプロジェクト類型では、多くの GPMO の活動はプロジェクトマネジメント上のルールの準備や、他社とのコミュニケーションパスの確立に集中してきた。一方、グローバル PMO が注力してきたのは、会社間の質疑応答プロセスである。既存業務オペレーションと IT システムの情報を共有およびマネジメントする必要があるが、他社のステークホルダーに全ての情報を開示することはできない。オフショア開発プロジェクトも同様だが、GPMO はセキュリティと機密情報を熟知しておく必要がある。

また、新しい業務オペレーションやシステム統合がグローバル M&A（企業合併および吸収）後に発生し、複雑なオーナーシップの基グローバル型プロジェクトを実行する場合がある。グローバル M&A プロジェクトのマネジメント手法や GPMO の設計については、上述の 3 つの類型が混合している場合もある。本節で提案したシステムズアプローチを使用すると、そのようなプロジェクトにおける複雑な GPMO の機能と物理構造を可視化することができる（図 2.8）。

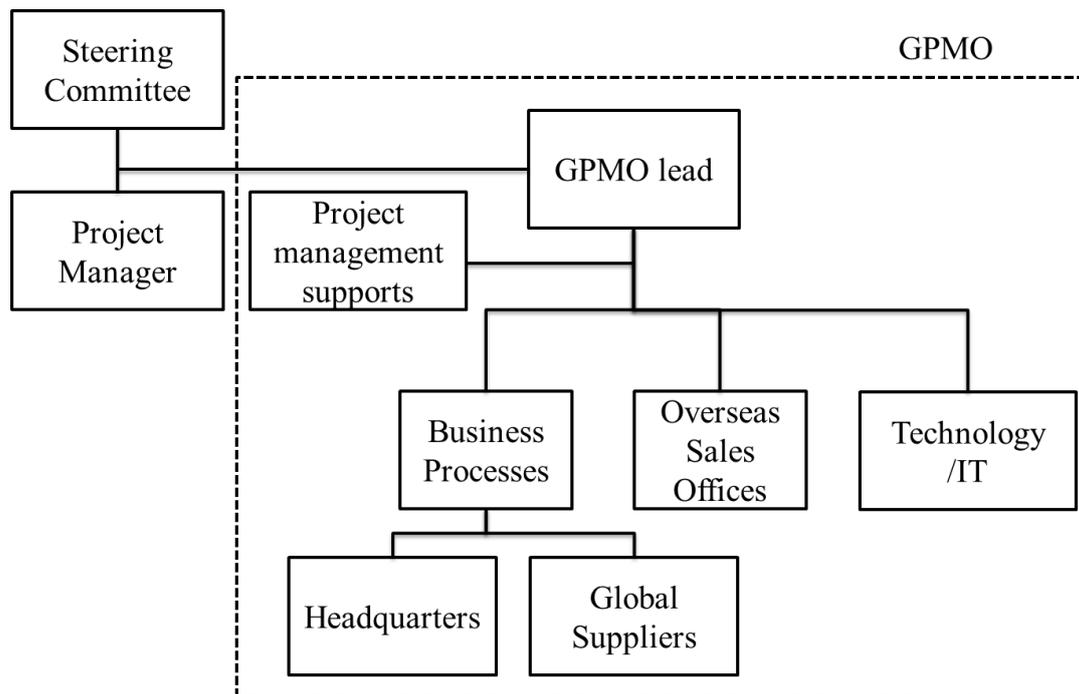


図 2.8 大規模グローバル型プロジェクトにおける GPMO の構造例

2.5. モデルの全体設計

2.3 節では、アジャイル型開発を使用した場合、手戻りの可能性の高いプロジェクトでありながら、品質を担保できる可能性があるが、アジャイル型開発におけるイテレーション開発の成熟度がプロジェクトの成功度合いに関連していない可能性があることを示した。

2.4 節では、アジャイル型では、イテレーション開発（計画・レビューミーティング）を通じて手戻りの発生を減らすことができるが、ミーティングなどの調整工数は計画駆動型よりも多くなるとされていることを考察した。グローバルプロジェクトのような規模の大きいプロジェクトでは、チーム数の増加によりアジャイル型の調整工数がさらに増える傾向がある。

上述の分析結果を踏まえ、アジャイル型と計画駆動型の適用領域の比較結果のまとめを図 2.9（図 2.2 および図 2.3 の結果に、規模と開発手法の相関係数を追加した模式図）に示す。アジャイル型は手戻りの可能性が高く、クリティカリティと規模が小さいプロジェクトで使用されている傾向がある。計画駆動型はアジャイル型とは対照的な性質のプロジェクトで使用されている（戻りの可能性が低く、クリティカリティと規模が大きい傾向がある）。したがって、アジャイル型および計画駆動型手法の適用領域の分析にあたって、以下の項目を入力パラメータとした。但し、市場新規性を総工数の計算として定式化することは難しいため、本研究のモデルにおける入力パラメータからは除外した。

1. 手戻りの可能性（モデルでは手戻り作業の発生確率と称する）
2. 手戻りの抑制効果
3. プロジェクトの規模
4. クリティカリティ

また、事例研究よりアジャイル型の成功度合いの分析にあたっての重要変数として、以下の項目の評価が重要であることを明らかにした。

1. 総工数
2. 調整工数
3. イテレーション開発の成熟度

モデルの全体設計を図 2.10 に示す。また、本研究における、インプットパラメータの定義を表 2.9 に示す。第 3 章では、手戻り作業の発生確率が高いと、

総工数は増加するが、アジャイル型で手戻りの抑制効果を高くできる場合は総工数の増分を小さくできる定式化を行う。第4章では、プロジェクトの規模が大きいと調整工数が増加し、またクリティカリティが高いとアジャイル型であっても要求文書や品質管理のための試験の工数が比較的高くなる定式化を行う。

本モデルの独自性として3点が挙げられる。1点目は、従来の数理モデルでは十分扱われてこなかった、アジャイル型の効果として手戻りの抑制、アジャイル型の課題としてクリティカリティおよび規模を導入したことである。2点目は、計画・要求定義の工数を別項として扱ったことである。3点目は、計画駆動型・アジャイル型の有効領域に加え、ハイブリッドアプローチの有効領域追加したことである。

但し、モデルのインプットパラメータ値の算出にあたっては、実際のプロジェクトの事例に即してプロジェクトマネージャが入力した、リッカート尺度値を使用している。本モデルの制限事項については、第6章で詳説する。

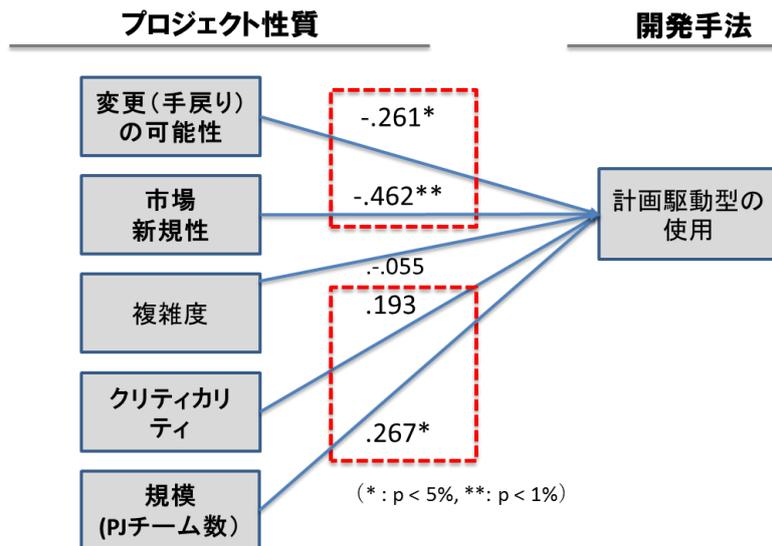
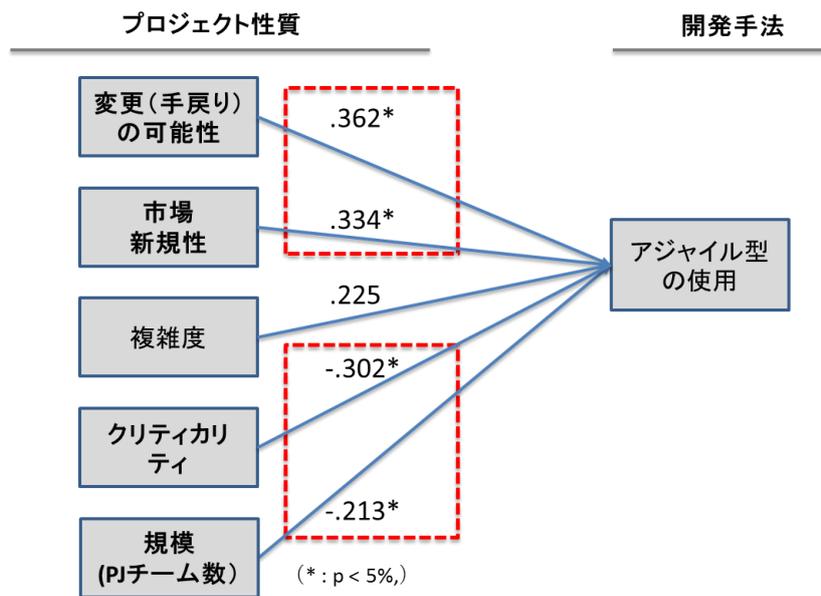


図 2.9 アジャイル型と計画駆動型の適用領域の比較

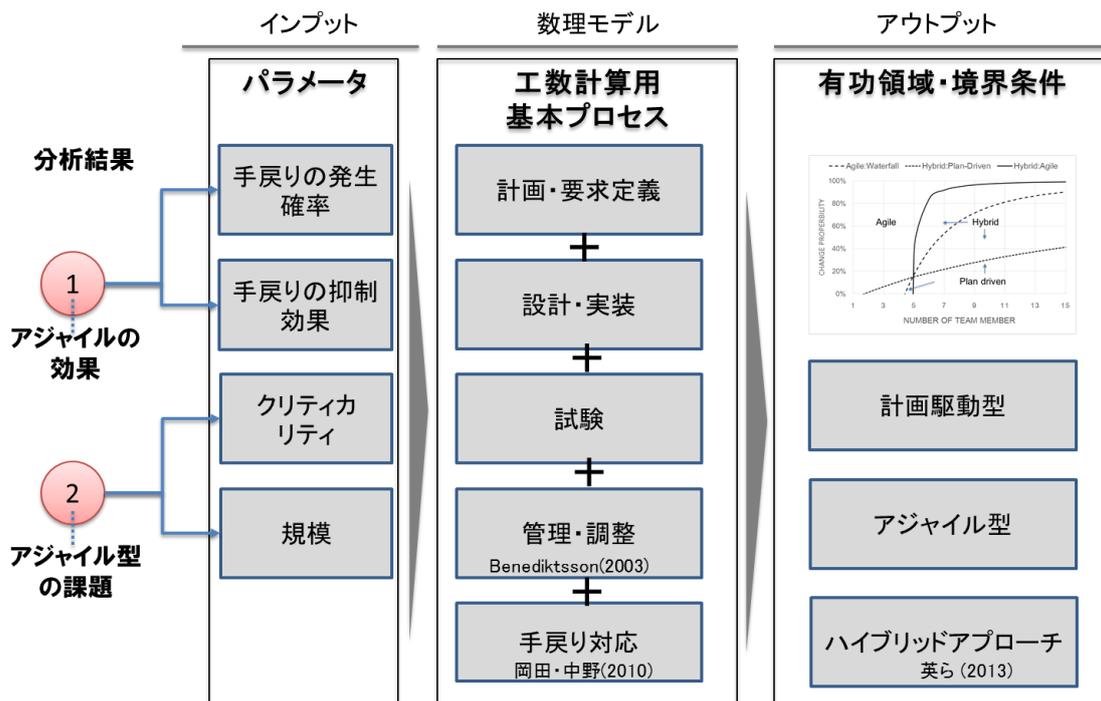


図 2.10 課題分析を踏まえたモデルの全体像

表 2.9 本研究におけるインプットパラメータの定義

パラメータ	定義	参考文献
手戻り作業の発生確率	プロジェクトにおいて、要求や設計の変更または誤り等により再作業が発生する確率 (%)	[46]
手戻りの抑制効果	アジャイル型において、変更の見過ごし等による手戻りの兆候を早めに察知できる効果	[13]
クリティカルティ	プロジェクトの成果物に欠陥があった場合の深刻度 (安全性、信頼性等の要求レベル)	[13]
規模	プロジェクトメンバーが属するチームの合計数	[47]

3. 手戻り可能性を主変数とした基礎的数理モデル

アジャイル型開発手法 (アジャイル型) の適切な選択はプロジェクトの成否に影響するため、アジャイル型の有効領域の理論的研究が必要とされている。アジャイル型では反復的开发により、曖昧な要求等による手戻り作業の兆候を早めに察知できるが、反復型開発におけるプログラムの統合工数 (オーバーヘッド) が追加工数となる。本章では、オーバーヘッドに加え、手戻り作業の発生の抑制効果を導入し、アジャイル型の有効領域をより総合的に考察できる基礎数理モデルを提案する。数値実験により、手戻り発生の抑制効果が大きいほどアジャイル型の有効領域が広がるが、有効領域はオーバーヘッドの影響をより強く受ける場合があることを示す。

3.1. 基礎的数理モデルの概要

前節で示したモデルの全体像のうち、本モデルのカバー範囲を灰色で示す(図 3.1)。モデルを将来的に実用に近づけることを鑑み、岡田らの計画駆動型の先行研究[46]にみられる手戻り作業を含む基本プロセスフローをアジャイル型に拡張し、総工数を定式化する (基礎的分析モデル)。定式化において、先行研究の工数計算モデルにみられるアジャイル型のオーバーヘッドに加え、手戻り作業の発生の抑制効果を係数として導入する。また、アジャイル型の総工数が計画駆動型と比較して小さくなる範囲を有効領域と称し、オーバーヘッドと手戻り作業の発生の抑制効果の両面で、有効領域の性質を数値計算により分析する。

前節で述べたように計画駆動型とアジャイル型の比較には、手戻り作業の工数やその発生確率が大きく関係すると考えられる。プロジェクトにおける手戻り作業 (Rework) の解釈には 2 種類の先行研究がみられる。1 つ目は個々のタスクレベルの手戻りで、システムダイナミクス・シミュレーション[39]や、デザイン・ストラクチャー・マトリックスを使用した製品開発に関する研究[38]で使用されている。2 つ目はプロジェクト全体の手戻り (Rework プロジェクト) である。Yim ら[37]によると、Rework プロジェクトは緊急性が高く、品質や技術の変更があり、また高コストでリスクが高いことが多いとされている。本研究では、計画駆動型とアジャイル型の有効領域の分析にあたり、様々な手戻りの中でも、影響の大きいプロジェクト全体の手戻り作業の発生確率に着目し

た総工数の比較を行う。

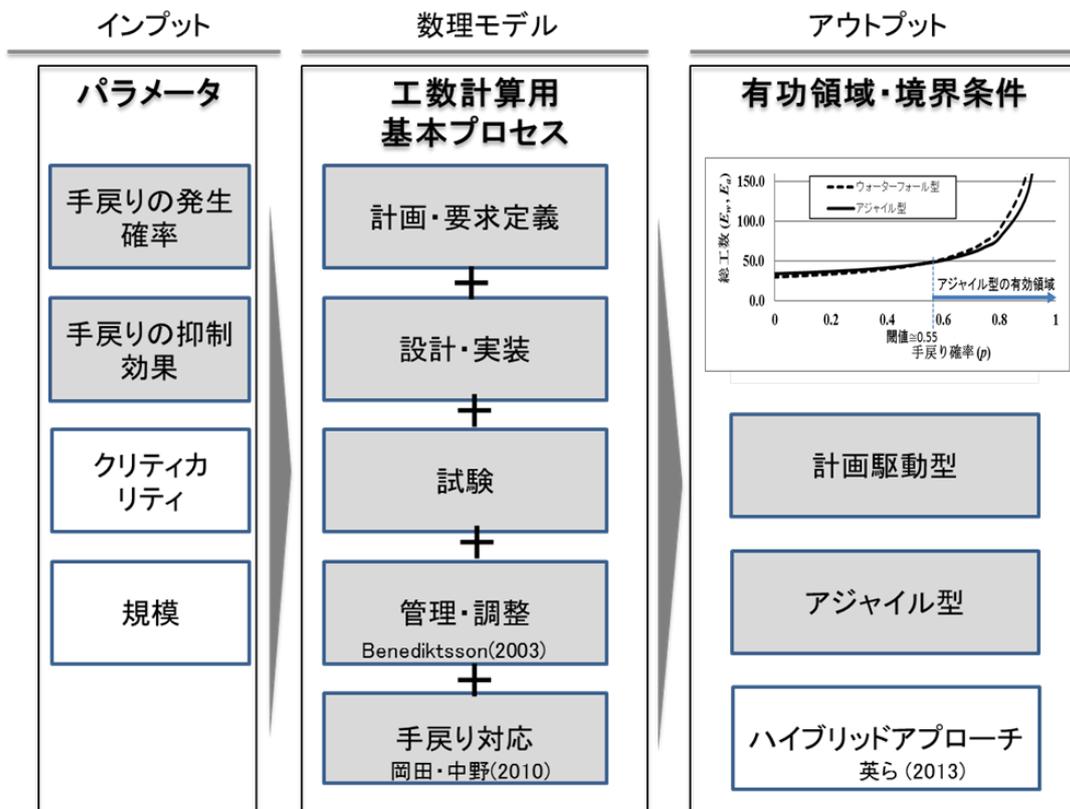


図 3.1 基礎的数理モデルの概要

3.2. モデルの前提条件

本節では、IT ソフトウェア・システム開発における一般化したプロセスフローを使用し、手戻り作業を含む総工数を定式化する。総工数には先行研究[10]のオーバーヘッドを含むだけでなく、手戻り作業量と手戻り作業の発生確率の積を含む。また、アジャイル型のイテレーションによる手戻り作業の抑制効果を、手戻り作業の減衰係数としてモデルに含む。

モデリングの前提を以下に示す。

1. 総工数は無単位とする[46] (4.1 節で示すとおり、解析的に導出されたアジャイル型が有効となる境界条件式は、実工数と手戻り工数の比等の無単位の変数から構成される)。
2. アジャイル型ではイテレーションが進むにつれて手戻り作業の発生確率(手戻り確率)が一定割合で減衰する。
3. 様々な手戻りの中でも、プロジェクト全体の手戻りを中心とした定式化を行う(アジャイル型では各イテレーションで再計画が行われるため[16, 17], 各イテレーションからの手戻りを想定していないことが多い。また、最終テストから各イテレーションへの手戻りも実務的に想定しにくい)。
4. 手戻り確率はプロジェクトの開始前に評価される定数値とする(開発前に高精度な確率を予測することは難しいため、この値を変えながら **What-if** 分析を行う)。
5. 上記 4 と同様の理由により、手戻り確率の減衰係数もプロジェクト開始前に評価される定数値とする。
6. アジャイル型のオーバーヘッドは、プロセス内の各タスクと手戻り作業に一定割合で発生するとする[28] (先行研究 [18, 28]を参照し、アジャイル型のオーバーヘッドが計画駆動型よりも大きいとした定式化を行う)。
7. 手戻り作業の工数はプロジェクト開始前に評価される定数値とする[46] (手戻り工程が複数回繰り返された場合、手戻り部分が少なくなることに加え、習熟効果により同工数が減少していくことが想定されるが、減少分を評価したデータがないため定数値を使用する)。

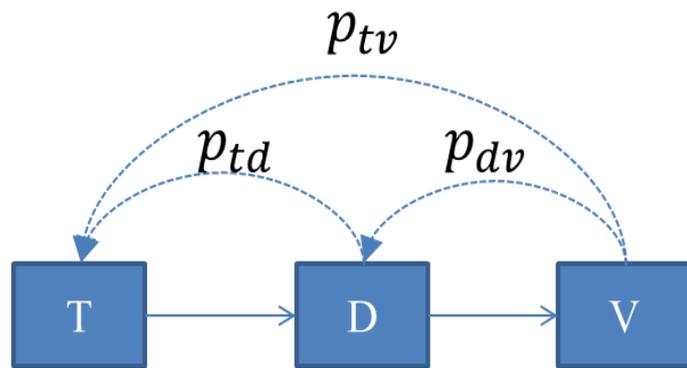


図 3.2 計画駆動型の手戻り作業付きプロセス

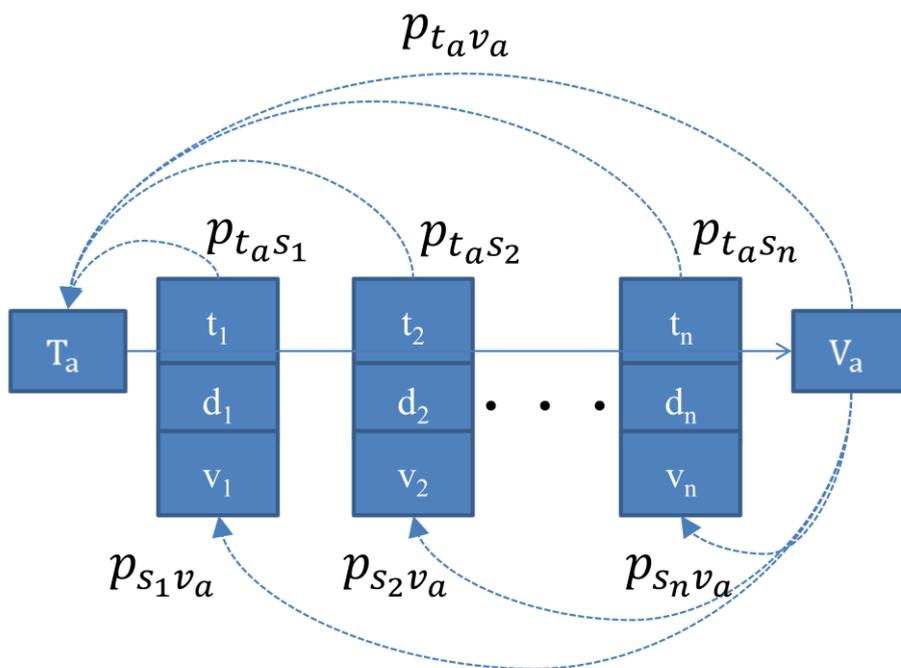


図 3.3 アジャイル型の手戻り作業付きプロセス

3.3. 総工数の定式化

総工数の計算式の導出にあたり、先行研究[46]と同じくプロセスは、計画・要求伝達 (T: Transmission), 設計・実装 (D: Design), テスト・妥当性確認 (V: Validation) のそれぞれを合計した3タスクから構成されるとする。

計画駆動型の基本プロセスを図 3.2 に示す。 T (計画工数), D (設計・実装工数), V (妥当性確認工数), p_{tv} (V から T への手戻り作業の発生確率), p_{td} (D から T への手戻り作業の発生確率), p_{dv} (V から D への手戻り作業の発生確率), t_r (手戻り作業(Rework)における計画工数), d_r (同, 設計・実装工数), v_r (同, 妥当性確認工数), i (手戻りの繰り返し回数) とすると総工数 E_w は、式(3.1)で表される。

$$E_w = T + D + V + \sum_{i=1}^{\infty} (t_r + d_r + v_r) \times p_{tv}^i + \sum_{i=1}^{\infty} (t_r + d_r) \times p_{td}^i + \sum_{i=1}^{\infty} (d_r + v_r) \times p_{dv}^i \quad (3.1)$$

第4項, 第5項, 第6項は, それぞれ V から T へ, D から T へ, V から D への手戻り作業の工数を表す。

ここで, 前項で示した前提 3 を適用し式(3.1)を変形すると,, 設計・実装から計画への手戻りと妥当性確認から設計・実装への手戻りを考慮しないため, 第4項だけが対象となる。

$$E_w \cong T + D + V + \sum_{i=1}^{\infty} (t_r + d_r + v_r) \times p_{tv}^i = T + D + V + (t_r + d_r + v_r) \times \frac{p_{tv}}{1 - p_{tv}} \quad (3.2)$$

ただし, $0 \leq p_{tv} \leq 1$ である (以降, 他の手戻り作業の発生確率も同様の値範囲とする)。

アジャイル型の基本プロセスを図 3.3 に示す。アジャイル型では, 計画, 設

計・実装および妥当性確認が各イテレーション内で実施される[48]ため、 j 番目のイテレーションの工数は、 t_j (計画工数), d_j (設計・実装工数), v_j (テスト工数) の合計となる。また、 T_a は、アジャイル型における構想、プロダクトバックログ作成、イテレーション計画などの工数を指し、 V_a は、最終製品のリリース、受入、終結作業工数を指すものとする[18]。 S_j (イテレーション j の工数), n (イテレーション回数), k (手戻りが発生したイテレーションの番号), s_j (手戻り作業における各イテレーション工数), $p_{t_a v_a}$ (V_a から T_a への手戻り作業の発生確率), $r_{t_a v_a}$ (同, 減衰率), $p_{t_a s_k}$ (S_k から T_a への手戻り作業の発生確率), $r_{t_a s_k}$ (同, 減衰率), $p_{s_k v_a}$ (V_a から S_k への手戻り作業の発生確率), $r_{s_k v_a}$ (同, 減衰率), とすると、総工数の期待値 E_a は式(3.3)で表される。

$$\begin{aligned}
E_a = & T_a + \sum_{j=1}^n S_j + V_a + \sum_{i=1}^{\infty} (t_r + \sum_{j=1}^n s_j + v_r) \times p_{t_a v_a}^i r_{t_a v_a}^{n-1} \\
& + \sum_{i=1}^{\infty} \sum_{k=1}^n ((t_r + \sum_{j=1}^k s_j) \times p_{t_a s_k}^i r_{t_a s_k}^{k-1}) \\
& + \sum_{i=1}^{\infty} \sum_{k=1}^n ((\sum_{j=k}^n s_j + v_r) \times p_{s_k v_a}^i r_{s_k v_a}^{n-1}) \quad (3.3)
\end{aligned}$$

第 4 項, 第 5 項, 第 6 項は、それぞれ V_a から T_a へ, S_k から T_a へ, V_a から S_k への手戻り作業の工数を表す。

ここで、 $s_r \equiv \sum_{j=1}^n s_j$, $p_{t_a v_a}$ を一定値 p_{tv} , $r_{t_a v_a}$ を一定値 r とし前項で示した前提 3 を適用し式(3.3)を変形すると、設計・実装から計画への手戻りと妥当性確認から設計・実装への手戻りを考慮しないため、第 4 項だけが対象となる。

$$\begin{aligned}
E_a &\cong T_a + \sum_{j=1}^n S_j + V_a + \sum_{i=1}^{\infty} (t_r + s_r + v_r) \times p_{tv}^i \times r^{n-1} \\
&= T_a + \sum_{j=1}^n S_j + V_a + r^{n-1} (t_r + s_r + v_r) \frac{p_{tv}}{1 - p_{tv}} \quad (3.4)
\end{aligned}$$

なお、前項で述べたモデリングの前提 2 より、各イテレーションの後に手戻り確率が一定割合で減衰することを、初項 p_{tv} 、公比 r 、項番号 n の等比数列で定式化した ($p_{tv} \times r^{n-1}$)。また、 $1-r$ を減衰係数と称する (減衰係数が大きいほど、イテレーションが進むにつれて手戻り作業の発生確率 (手戻り確率) が大きく減衰する)。

次にアジャイル型のオーバーヘッドを導入する。オーバーヘッドは計画駆動型と比較した場合の追加工数で、アジャイル型のイテレーションで見られる継続的統合、ソースコード整理等を含む[18, 28]。本モデルの前提 6 より、それらを T (計画工数)、 V (妥当性確認工数) および手戻りの工数に適用する。イテレーションの計画、設計・実装、テストの工数をそれぞれの和 (T_s, D_s, V_s)、また **Benediktsson** らのイテレーションの見積もりモデル[28]のオーバーヘッドの定式化を参照し、オーバーヘッド変数 α を使用して式(3.4)右辺の前半部を、

$$T_a + \sum_{j=1}^n S_j + V_a = (1 + \alpha)(T + D + V) \quad (3.5)$$

と変形する (式(3.4)右辺の後半の手戻り工数もオーバーヘッド変数 α を使用し、 $t_r + s_r + v_r = (1 + \alpha)(t_r + d_r + v_r)$ と変形とする)。なお、 T_a におけるオーバーヘッドは各イテレーションにおける計画・見積もりミーティング、 V_a におけるオーバーヘッドは各イテレーションにおけるレビュー・振り返りミーティング等が想定される[48]。オーバーヘッド変数は T_a, D_a 、および V_a でそれぞれ異なる場合があるとも考えられるが、本項では同じ値 α を使用した (タスクごとに α が異なっても以降の分析結果に大きな変化はない)。上記により、アジャイル

型の総工数を式(3.6)のように定式化できる.

$$\begin{aligned} E_a = & (1 + \alpha)(T + D + V) \\ & + (1 + \alpha)(t_r + d_r + v_r) \\ & \times r^{n-1} \frac{p_{tv}}{1 - p_{tv}} \end{aligned} \quad (3.6)$$

3.4. 数値実験

本節では、まずアジャイル型と計画駆動型の総工数の比較を行い、手戻り確率の減衰の影響を調べる。その後、アジャイル型が有効になる手戻り確率の閾値の性質を分析する

3.4.1. 計画駆動型とアジャイル型の有効領域の境界

式(3.2)および式(3.6)を使用した、アジャイル型の総工数 (E_a , E_w) と手戻り確率 (p_{tv} , 以降 p と称する) の関係の数値計算結果を図 3.4, 図 3.5 および図 3.6 に示す。3.1 節で示した前提 1 から、プロジェクト条件パラメータを、 $T=10.0$, $D=10.0$, $V=10.0$, $t_r=5.0$, $d_r=5.0$, $v_r=5.0$, $n=5$ とし比較を進める。また先行研究 [28]を参照し $\alpha=0.15$ を使用した。

手戻り確率の減衰がない ($r=1.0$) 場合は図 3.4 のように、アジャイル型の総工数は計画駆動型より常に大きくなり、計画駆動型が工数の面で有利となる。手戻り確率の減衰が小さい ($r=0.9$) 場合は図 3.5 のように、手戻り確率が 0.55 付近より大きいとアジャイル型の総工数がより小さくなり、計画駆動型に比べアジャイル型が工数の面で有利となる。手戻り確率の減衰が大きい ($r=0.7$) の場合は図 3.6 のように、手戻り確率が 0.29 付近より大きいとアジャイル型の総工数がより小さくなり、計画駆動型に比べアジャイル型が工数の面で有利となる。

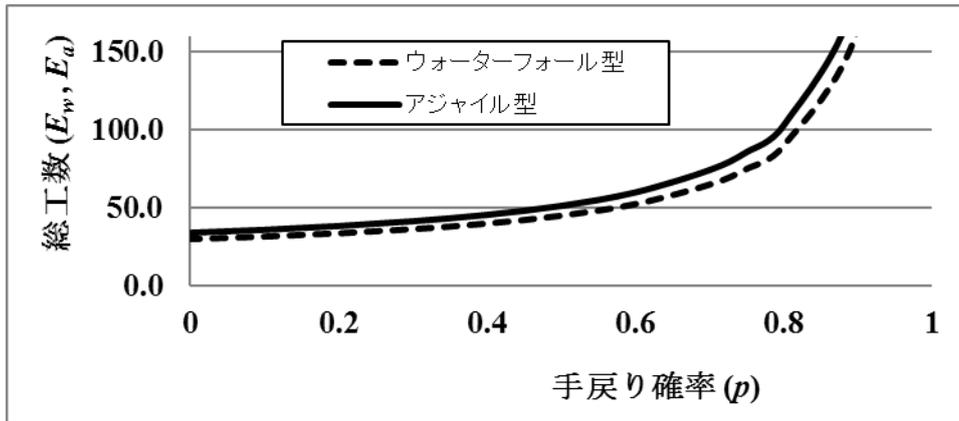


図 3.4 アジャイル型の手戻り確率の減衰がない場合 ($r=1.0$) の比較

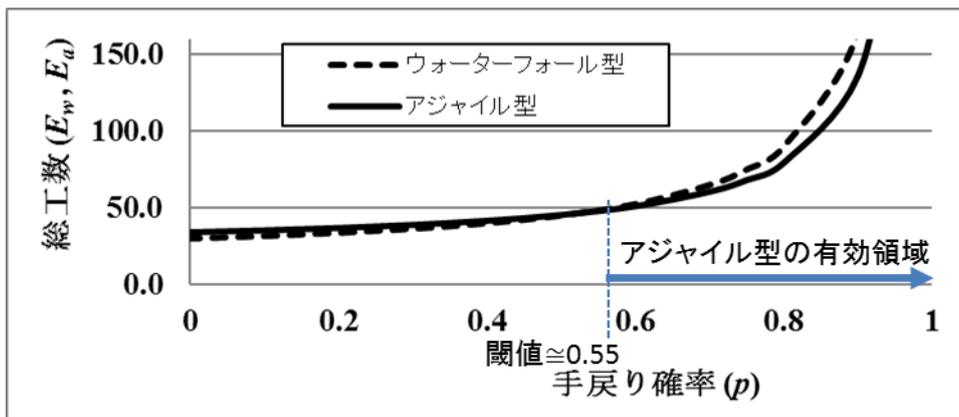


図 3.5 アジャイル型の手戻り確率の減衰が小さい場合 ($r=0.9$) の比較

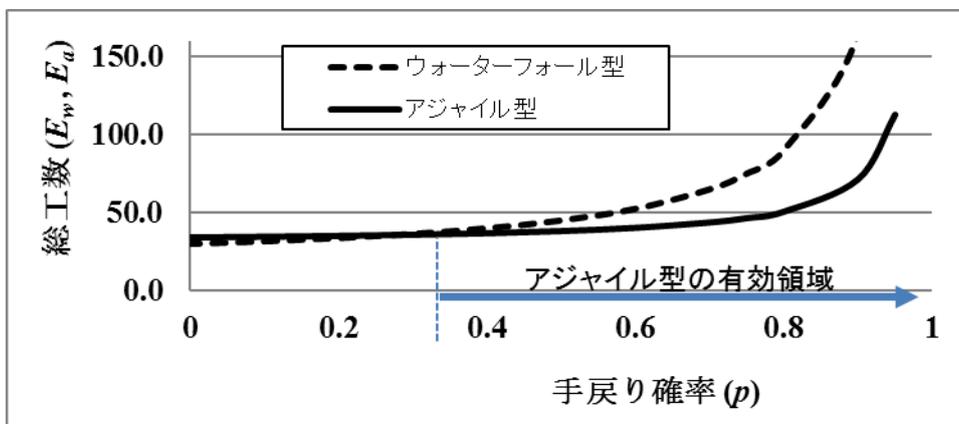


図 3.6 アジャイル型の手戻り確率の減衰が大きい場合 ($r=0.7$) の比較

3.4.2. 境界条件

計画駆動型とアジャイル型の総工数の数式を比較し、アジャイル型が有効になる手戻り確率の閾値を定式化する。式(3.2)、式(3.6)からアジャイル型が工数上有効な条件 ($E_a \leq E_w$) は不等式(3.7)で表すことができる。

$$(1 + \alpha)(T + D + V) + (1 + \alpha)(t_r + d_r + v_r)r^{n-1} \frac{p}{1 - p} \leq T + D + V + (t_r + d_r + v_r) \times \frac{p}{1 - p} \quad (3.7)$$

ここで、計画駆動型における工数の和と、手戻り作業の工数の和の比を

$$(T + D + V)/(t_r + d_r + v_r) = R \quad (3.8)$$

として変形すると、アジャイル型の総工数のほうが小さくなる（アジャイル型が有効となる）手戻り確率の条件不等式は式(3.9)で表される。

$$p \geq \frac{\alpha R}{1 + \alpha R - (1 + \alpha) \times r^{n-1}} \quad (3.9)$$

（等号の場合を $p=p_m$ として以降を述べる）

まず、先行研究[28]を参照し $\alpha=0.15$ を固定値とし、計画駆動型における工数の和と、手戻り作業の工数の和の比 R の値を変化させた場合の、閾値 p_m と手戻り確率の減衰 r の関係を図 3.7 に示す。手戻り確率の減衰が大きいほど (r が小さいほど)、閾値 p_m は小さくなる。但し、 r が 0.5 より小さくなると、図 3.7 の曲線は平坦になり、閾値 p_m への r の影響はほとんどなくなる。閾値 p_m の数値表を表 3.1 に示す。

次に、 $r=0.5$ を定数値とし、 R の値を変化させた場合の閾値 p_m とオーバーヘッド変数 α の関係を図 3.8 に示す。図 3.8 では閾値 p_m の変分が比較的小さい $r=0.5$ でも、 α が変化すると閾値 p_m がより大きく変化していることがみられる。

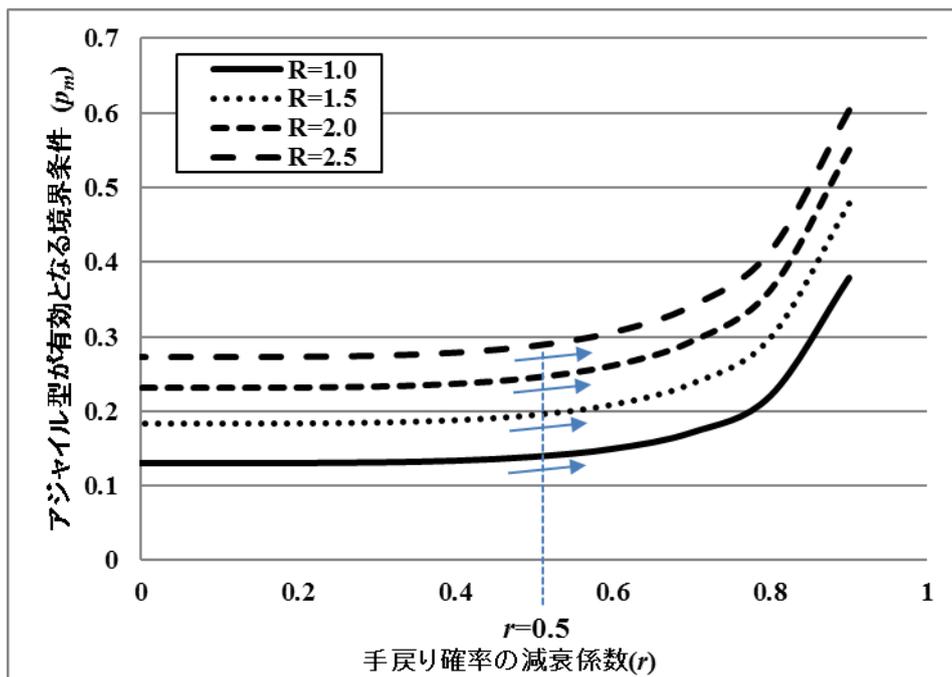


図 3.7 手戻り確率の閾値と手戻り確率の減衰の関係

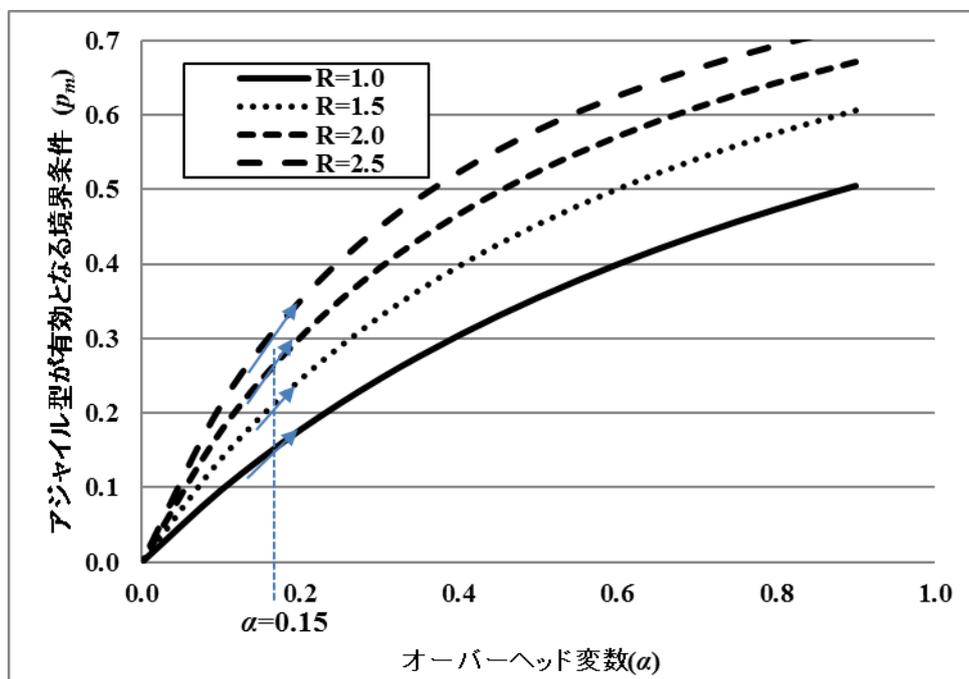


図 3.8 手戻り確率の閾値とオーバーヘッド変数の関係

表 3.1 アジャイル型が有効になる手戻り確率の閾値表

($\alpha = 0.15, n=5$)

r	R									
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
0.90	0.379	0.478	0.550	0.604	0.647	0.681	0.710	0.733	0.753	0.771
0.80	0.221	0.298	0.362	0.415	0.460	0.498	0.531	0.561	0.586	0.609
0.70	0.172	0.237	0.293	0.341	0.383	0.420	0.453	0.483	0.509	0.533
0.60	0.150	0.209	0.261	0.306	0.346	0.382	0.414	0.442	0.468	0.492
0.50	0.139	0.195	0.244	0.288	0.327	0.361	0.393	0.421	0.447	0.471
0.40	0.134	0.188	0.236	0.279	0.317	0.351	0.382	0.410	0.436	0.459
0.30	0.131	0.185	0.232	0.275	0.312	0.346	0.377	0.405	0.431	0.454
0.20	0.131	0.184	0.231	0.273	0.311	0.345	0.375	0.403	0.429	0.453
0.10	0.130	0.184	0.231	0.273	0.310	0.344	0.375	0.403	0.429	0.452
0.00	0.130	0.184	0.231	0.273	0.310	0.344	0.375	0.403	0.429	0.452

図 3.7 によると、手戻り確率の減衰が大きいほど (r が小さいほど) 閾値 p_m は小さくなり、アジャイル型の有効領域が広くなると解釈できる。従って、アジャイル型の有効領域に関し以下の指針を導くことができる。

「イテレーションごとの手戻り作業の発生の減衰が大きいほど、アジャイル型を選択することが有効な場合が多い」

この指針はアジャイル型の実務上の工夫とアジャイル型の有効領域の関係をよく説明する。要求とソリューションの曖昧度が高く、手戻り確率が高くなる傾向にある場合、要求を提出するキーパーソンとの密な協業やレビュー等を通じた、適切なイテレーション計画をマネジメント者が行う[18]。その結果、1回のイテレーションあたりの手戻り確率の減衰を大きくすることができ、計画駆動型と比較してアジャイル型が工数面で有利になる場合が多くなることが示唆される。

但し図 3.8 によると、手戻り確率の減衰が十分大きい場合 ($r=0.5$) でも、アジャイル型の有効領域はオーバーヘッドからより大きな影響を受ける可能性がある。先行研究では、イテレーション時の調整工数等のオーバーヘッドが増加し、開発効率に負の影響を与えていた事例がみられる[49, 50]。計画駆動型と比較してアジャイル型を工数面で有利にするためには、アジャイル型の開発マネジメント者が各イテレーションで実施されるミーティングやユーザーとの開発・レビュー作業を効率化し、オーバーヘッドの増加を防ぐことに、より注力する必要があることが示唆される。

3.5. まとめ

アジャイル型と計画駆動型の有効領域を分析するための基礎数理モデルを提示した。既往研究[28]の反復型開発の工数計算モデルにみられるオーバーヘッド工数（計画駆動型と比較した反復型開発における統合工数の追加）に加え手戻り作業の発生の抑制効果を新たに導入し，計画駆動型とアジャイル型の総工数の数式を示した。また，数値実験を使用して，手戻り確率の減衰が大きいほどアジャイル型の有効領域が広くなることと，アジャイル型の有効領域はオーバーヘッドからより大きな影響を受ける傾向を示した。

4. 規模等を変数として追加した多変数数理モデル

本章では、プロジェクトの規模及びクリティカリティを説明変数に追加し、ハイブリッドアプローチを含めた3手法の有効領域を出力するモデルを提示する。第2章の課題分析結果で述べたように、規模とクリティカリティが高いプロジェクトではアジャイル型が使用されていない傾向があるためである。ハイブリッドアプローチにはいくつかの種類があるが、昨今の事例が増えているフェーズ毎のハイブリッドアプローチを対象とする。数値実験から、ハイブリッドアプローチは、手戻りの可能性と規模が大きいプロジェクトで有効だが、クリティカリティが高いと計画駆動型の有効領域が規模によらず最も広い傾向を示す。

4.1. 多変数数理モデルの概要

モデルの全体像を図4.1に示す。第3章で示した基礎的数理モデルに、説明変数として規模とクリティカリティを追加し、アウトプットとなる境界条件にハイブリッドアプローチを追加する。ハイブリッドアプローチには、2種類の併用形態がある。1つ目はプロセスの併用で、伝統的マネジメント手法の計画およびテストフェーズとアジャイル型開発を併用している[13, 18, 29]。2つ目は特定の手法の併用で、スクラムとXPの混在や計画駆動型の見積もり計算手法の併用である[30]。本研究では、企業レベルの大規模ITプロジェクトの計画にあたり、プロセス併用型のハイブリッドアプローチの対象とする。計画駆動型手法の開発フェーズに、アジャイル型のイテレーティブ開発手法を併用した事例の増加がみられるためである。

4.2. モデルの前提条件

モデリングの前提を以下に示す. なお, 本項で提示するモデルの説明変数は, プロジェクト規模, クリティカリティ, および手戻りの発生確率の 3 つとする.

1. 総工数は無単位とする[46] (3.1 節と同様).
2. ハイブリッド型, アジャイル型ではイテレーションが進むにつれて手戻り作業の発生確率 (手戻り確率) が一定割合で減衰する (3.1 節と同様に無限等比級数の公式を使用した[46].).
3. 様々な手戻りの中でも, プロジェクト全体の手戻りを中心とした定式化を行う (3.1 節と同様).
4. 手戻り確率はプロジェクトの開始前に評価される定数値とする (3.1 節と同様)
5. 上記 4 と同様の理由により, 手戻り確率の減衰係数もプロジェクト開始前に評価される定数値とする (3.1 節と同様).
6. アジャイル型のオーバーヘッドは, プロセス内の各タスクと手戻り作業に一定割合で発生するとする[28] (3.1 節と同様).
7. 手戻り作業の工数はプロジェクト開始前に評価される定数値とする[46] (3.1 節と同様).
8. 規模 (チーム数) が大きくなるとチーム間調整工数が増加する (調整とは一般的に依存関係のマネジメントと定義される[51]. その工数はハイブリッド型, 計画駆動型, アジャイル型のそれぞれで計算方法が異なるとした).
9. クリティカリティが高いと, アジャイルやハイブリッドであっても計画駆動型と同等のテストや文書化の工数が必要となる

クリティカリティとはプロジェクト成否の環境や状況に対する影響と定義される[13]. クリティカリティが高い場合は, 体系的で厳密な品質マネジメント, 信頼性の保証, および法規制への対応にあたり膨大な文書作成が必要な場合がある[52]. プロジェクトマネジメント上は品質保証, コンティンジェンシー計画等の品質マネジメントに関連する. 本モデルでは, テストの工数, 及び文書化の工数に影響があるとし, 5 段階リッカート尺度をもとに数値化を行った.

4.3. 目的関数と総工数の定式化

4.3.1. 目的関数：総工数差異

本モデルにおける、総工数計算式を以下に示す。各項の計算式は3手法（ハイブリッド型、アジャイル型、計画駆動型）で異なる。

$$TC = Req + Dev + Val + Chg + Cod + Mgt \quad (4.1)$$

TC: プロジェクト総工数

Req: 計画及び要求定義フェーズの工数

Dev: 設計・開発フェーズの工数

Val: テスト・妥当性確認フェーズの工数

Chg: 変更対応工数

Cod: 調整工数

Mgt: マネジメント・文書作成工数

各フェーズの工数は計画駆動型を使用した場合の工数（Man hours）をベースに計算される。要求定義フェーズにはプロジェクト計画工数，設計・開発は詳細設計及び単体テスト，テストフェーズは統合テスト，最終テスト（Validation）及び移行・展開工数を含む。ハイブリッド型では要求定義フェーズおよびテスト工数が計画駆動型に比べて一定割合で小さく，それらの工数がイテレーション開発工数(*Dev*)に含まれるとした。またアジャイル型のテスト・妥当性確認フェーズの工数は，イテレーション開発工数(*Dev*)に含まれるものとする。また，ハイブリッド型ではテスト・妥当性確認フェーズの工数が開発とは別途発生するため，イテレーション回数はアジャイル型に比べて小さくなるように定式化した。

本モデルの目的関数は，3つの手法の総工数の差異である。計画駆動型と比較した、ハイブリッド型の総工数便益式を以下に示す。

$$CB_{hy,pd}(p, m, c) = \frac{TC_{hy} - TC_{pd}}{TC_{pd}} \quad (4.2)$$

CB: 工数便益（ハイブリッド,またはアジャイル）

pd: 計画駆動型を示す

ag: アジャイル型を示す

hy: ハイブリッド型を示す

p : 変更の発生確率

m : 規模

c : クリティカリティ

ハイブリッド型と阿闍梨型の比較 $CB_{hy,ag}$, およびアジャイル型と計画駆動型の比較 $CB_{ag,pd}$ も同様に計算される.

$$CB_{hy,ag}(p, m, c) = \frac{TC_{hy} - TC_{ag}}{TC_{ag}} \quad (4.3)$$

$$CB_{ag,pd}(p, m, c) = \frac{TC_{ag} - TC_{pd}}{TC_{pd}} \quad (4.4)$$

4.3.2. 総工数：計画駆動型

計画駆動型における総工数の数式を以下に示す. 計画駆動型では要求, 開発, テスト工数は観測変数 (見積もり工数) をそのまま使用する.

$$TC_{pd} = Req_{pd} + Dev_{pd} + Val_{pd} + Chg_{pd} + Cod_{pd} + Mgt_{pd} \quad (4.5)$$

変更対応工数は, 開発, テストフェーズに発生する. 調整工数は要求, テストフェーズに発生し, チーム数に比例する. マネジメント工数は各フェーズにおいて文書作成工数として発生する.

$$Chg_{pd} = Chv \times \frac{p}{1-p}, \quad Chv = Chp \times (Dev_{pd} + Val_{pd}) \quad (4.6)$$

$$Cod_{pd} = \alpha \times (Req_{pd} + Val_{pd}) \times (m - 1) \quad (4.7)$$

$$Mgt_{pd} = (Req_{pd} + Dev_{pd} + Val_{pd}) \times Doc_{pd} \quad (4.8)$$

Chp : 変更の発生割合

Chp : 変更の発生ボリューム

α : 調整工数の割合変数

Doc_{pd} : 文書作成工数の割合

4.3.3. 総工数：アジャイル型

アジャイル型における総工数の数式を以下に示す。アジャイル型では、テストは開発フェーズで行われる。また、イテレーション開発の計画が要求フェーズに一定割合で発生する。

$$TC_{ag} = Req_{ag} + Dev_{ag} + Val_{ag} + Chg_{ag} + Cod_{ag} + Mgt_{ag} \quad (4.9)$$

$$Req_{ag} = \beta \times Req_{pd}, Dev_{ag} = Req_{pd} + Dev_{pd} + Val_{pd} \quad (4.10)$$

$$Val_{ag} = 0 \quad (4.11)$$

β : 計画・要求フェーズの全工数に対する、イテレーション開発計画の工数の割合

変更対応工数に各イテレーションの減衰効果を設定する。調整工数は要求、テストの工数に発生し、チーム数 m とした場合 $\frac{m(m-1)}{2}$ に比例して増加する。

マネジメント工数は必要最小限度の文書の作成工数に相当し、計画、テスト時に発生する。

$$Chg_{ag} = Chg_{pd} \times (r_{ag})^{n_{ag}-1} \quad (4.12)$$

$$Cod_{ag} = \alpha \times (Req_{pd} + Val_{pd}) \times m(m-1)/2 \quad (4.13)$$

$$Mgt_{ag} = (Req_{pd} + Val_{pd}) \times Doc_{pd} \times Fml \quad (4.14)$$

n_{ag} : アジャイル型のイテレーション回数

r_{ag} : アジャイル型の手戻り確率の減衰級数

Fml : プロジェクトに要求されるフォーマリティ (文書作成の必要割合)

4.3.4. 総工数：ハイブリッドアプローチ

ハイブリッドアプローチにおける総工数の数式を以下に示す．ハイブリッドアプローチでは，統合テストがテストフェーズに行われる．

$$TC_{hy} = Req_{hy} + Dev_{hy} + Val_{hy} + Chg_{hy} + Cod_{hy} + Mgt_{hy} \quad (4.15)$$

$$Req_{hy} = \beta \times Req_{pd} \quad (4.16)$$

$$Dev_{hy} = Req_{pd} + Dev_{pd} + Val_{pd} \times (1 - \gamma) \quad (4.17)$$

$$Val_{hy} = \gamma \times Val_{pd} \quad (4.18)$$

γ ：テストフェーズの全工数に対する統合テストの工数割合

変更対応工数に各イテレーションに減衰効果を設定する．調整工数は要求，テストの工数に発生，チーム数の比例する．マネジメント工数は必要最小限度の文書の作成工数に相当し，計画，開発，テスト時に発生する．

$$Chg_{hy} = Chg_{pd} \times (r_{hy})^{n_{hy}-1} \quad (4.19)$$

$$n_{hy} = Round(n_{ag} \times Dev_{hy} / Dev_{ag}) \quad (4.20)$$

$$Cod_{pd} = \alpha \times (Req_{pd} + Dev_{pd} + Val_{pd}) \times (m - 1) \quad (4.21)$$

$$Mgt_{hy} = (Req_{pd} + Dev_{pd} + Val_{pd}) \times Doc_{pd} \times Fml \quad (4.22)$$

n_{hy} ：ハイブリッド型のイテレーション回数

r_{hy} ：ハイブリッド型の手戻り確率の減衰級数

4.4. 数値計算の方法

ハイブリッドの工数便益を，計画駆動型との差分により算出することでその適用領域を規模，及び変更の発生確率を2軸としたグラフに図示する．スプレッドシートソフトウェア上のゴールシーク型 What-if シミュレーションにより， $CB_{hy,pd}$ $CB_{ag,pd}$ ， $CB_{hy,ag}$ が0%になる条件下のプロジェクト特性として変更の発生確率 p を変化させて連続逆計算を行う．有効領域の境界の数値計算フローと入力変数を図 4.2 に示す．

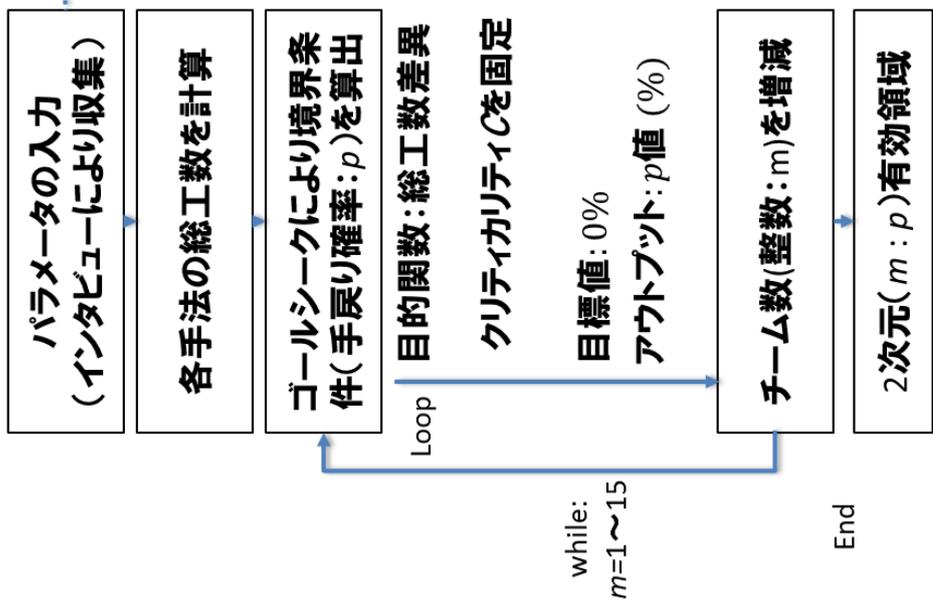
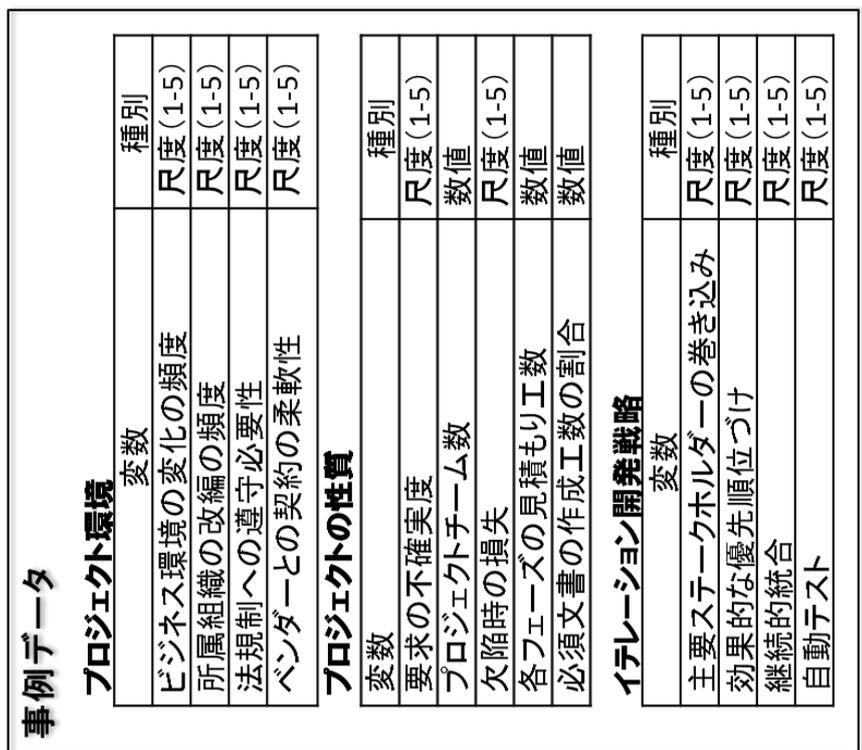


図4.2 有効領域の境界の数値計算フローと入力変数

4.5. 入力データ

入力データは、主にインタビューによって収集された事例データから構成される。また、学会発表および書籍・雑誌記事等の 2 次データを併用しインタビュー結果の確認を行った。インタビュー対象はハイブリッドプロジェクトに関わるプロジェクトマネージャ及び開発者とした。主なインタビュー質問を以下に示す。

1. プロジェクトステークホルダーのニーズ
2. プロジェクトの規模、期間等の性質
3. プロジェクトマネジメント手法
4. 主な課題とプロジェクトマネジメント施策

インタビュー質問項目を事前に送信し、約 60 分間から 90 分間のヒアリングを 2016 年 3 月から 5 月にかけて実施した。インタビュー後 24 時間以内の録音データの原稿をインタビューイーに送信し、内容の確認を行った。また、事例データを、前節の計算シートに入力し、モデル計算上の工数便益率と実際の工数便益の比較を行った。それらの差異がある場合、インタビュー結果との照合を行いながら、モデルの修正が必要か、またモデル入力パラメータに現れない別の要因を確認した。入力データ（プロジェクト α ）を表 4.1 に示す。

表4.1 入力データ

入力値	プロジェクトα	プロジェクトβ	プロジェクトγ
プロジェクト環境 <i>Bel</i> : ビジネス環境の変化の頻度 <i>Cml</i> : 法規制への遵守必要性 <i>Osl</i> : 所属組織の改編の頻度	High Middle High	← Very high ←	← Very low ←
プロジェクト性質 <i>Rul</i> : 要求の不確実度 <i>Sul</i> : ソリューションの不確実度 <i>Chp</i> : 開発・テスト工数（スコープ）内の変更可能性割合 <i>The</i> : 欠陥時の損失 <i>m</i> : プロジェクトチーム数 <i>Doc</i> : 必須文書の作成工数の割合	High High 50% Middle 6 30%	← ← ← Very high ← ←	← ← ← Very low ← ←
プロジェクト工数見積もり（時間） <i>Req_{hy}</i> : 計画・要求定義工数 <i>Dev_{hy}</i> : 設計・開発工数 <i>Val_{hy}</i> : 統合テスト・妥当性確認工数	900 3300 3400	← ← ←	← ← ←
イテレーション開発成熟度 <i>Ksi</i> : 主要ステークホルダーの巻き込み <i>Epr</i> : 効果的な優先順位づけ <i>Eci</i> : 継続的統合 <i>Ews</i> : 動くソフトウェアを使用したレビューの有効性 <i>n</i> : イテレーション回数	Middle Very high Middle High 9	← ← ← ← ←	← ← ← ← ←

4.6. 3 手法の有効領域

図 4.3 にプロジェクト α 事例（不確実性が比較的高く，クリティカリティが比較的低い）における，3 つのプロジェクトマネジメント手法の有効領域の数字実験結果を示す．プロジェクト α は全世界に分散した複数のチームからなる，比較的複雑性の高いプロジェクトでもある．アジャイル型とハイブリッドアプローチの境界は，チーム数が 5 の付近で見られる．つまり，アジャイル型は比較的チーム数が少ない領域で適しており，ハイブリッド型はチーム数が 5 以上のプロジェクトで適している．また，計画駆動型はチーム数が 13 以上で，変更の可能性が低い領域で有効といえる．

ハイブリッドアプローチの工数上の利点は 2 つある．1 つ目は，反復型インクリメンタル開発による，変更対応工数の削減である．2 つ目は，アジャイル型が使用されているフェーズにおける，文書作成工数の削減である．アジャイル型の工数便益が比較的高いのは，チーム数が 5 以下の場合である．チーム数が 5 を超えると，アジャイル型の工数便益はハイブリッドアプローチよりも小さくなっていく．これはチーム数 m が増えると，アジャイル型手法を使用した

時の調整工数がより強く影響するからである（ $\frac{m(m-1)}{2}$ の非線形効果）．アジャ

イル型では要求はチームによる協業により定義され，チーム数が多い場合の調整工数の増分はハイブリッドアプローチと比較して大きくなる．

クリティカリティが高い場合は，計画駆動型の有効領域が広がる．クリティカリティを「非常に高い」に設定し，テストフェーズに必要な工数を計画駆動型と同じものにした場合（プロジェクト β）の有効領域プロファイルを図 4.4 に示す．図 4.3 と比較して，計画駆動型の有効領域が広く，ハイブリッドアプローチの有効領域は狭くなっている．

クリティカリティが低い場合は，ハイブリッド型の有効領域が広がる．クリティカリティを「非常に高い」に設定した場合（プロジェクト γ）の有効領域プロファイルを図 4.5 に示す．図 4.3 と比較して，ハイブリッド型の有効領域が広がっている．

4.7. まとめ

プロジェクトの規模及びクリティカリティを説明変数に追加し、ハイブリッドアプローチを含む3手法の有効領域を出力するモデルを提示した。数値実験から、ハイブリッドアプローチは、手戻りの可能性と規模が大きいプロジェクトで有効だが、クリティカリティが高いと計画駆動型の有効領域が広がる傾向を示した。また、クリティカリティが低いとハイブリッド型の有効領域がより広がる傾向を示した。

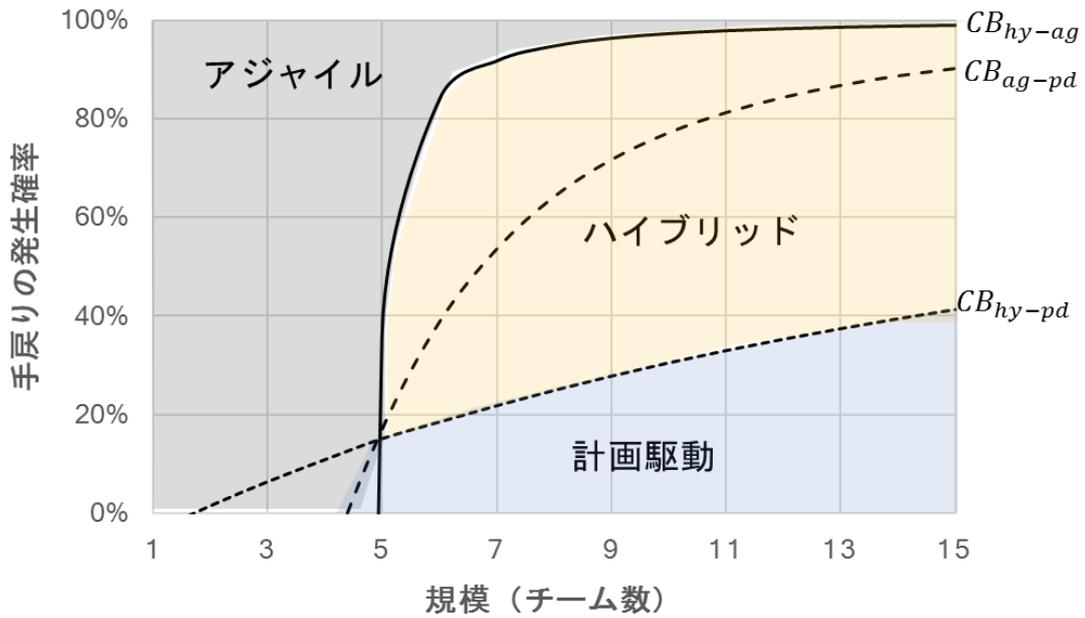


図 4.3 クリティカリティが中程度の事例の数値実験結果

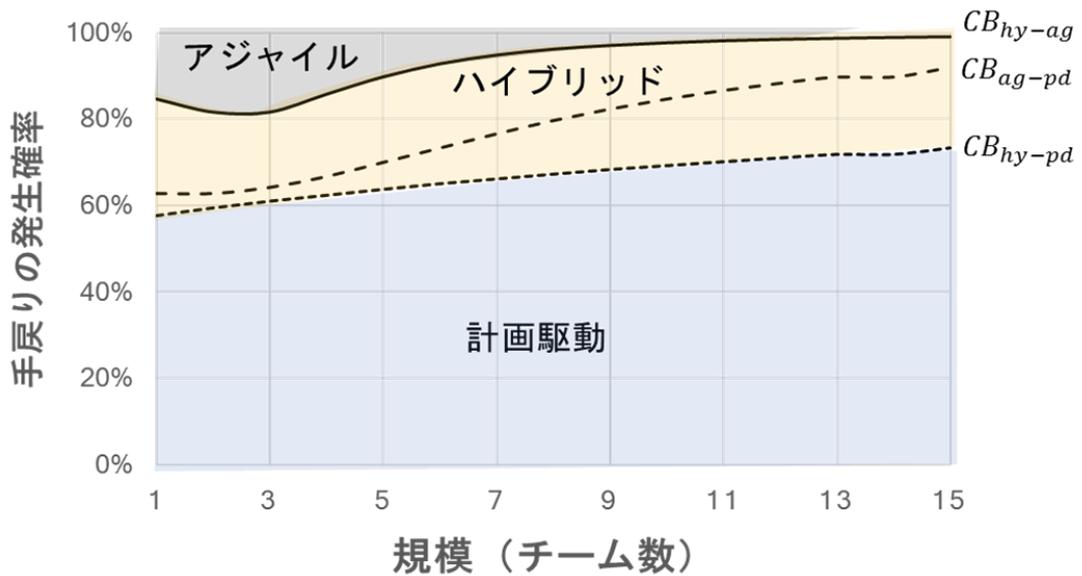


図 4.4 クリティカリティが高い場合の数値実験結果

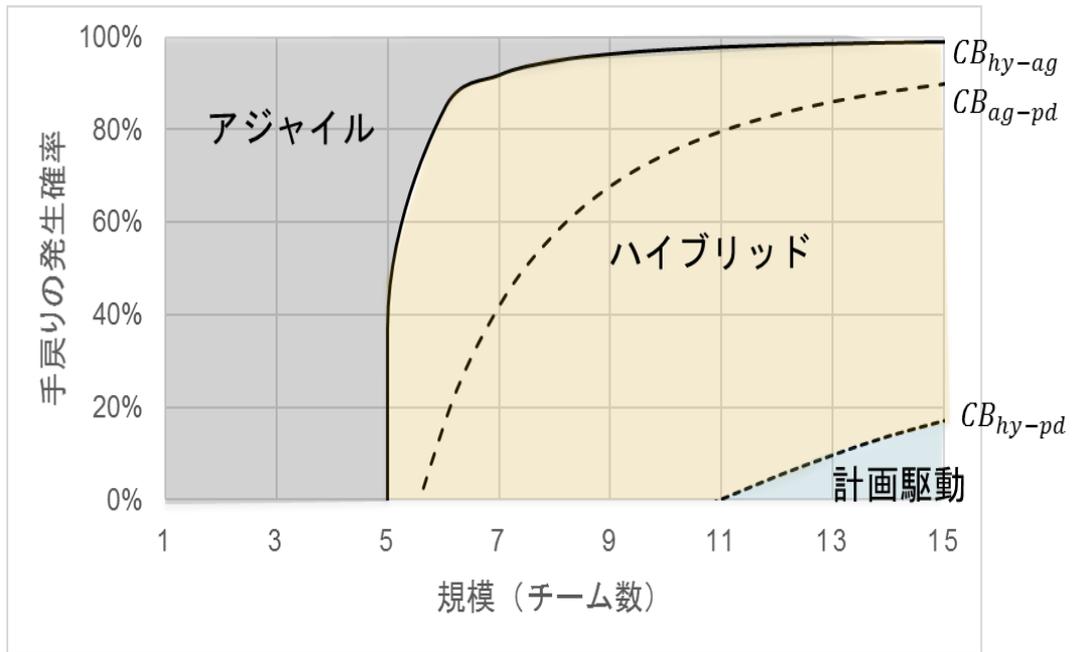


図 4.5 クリティカリティが低い場合の数値実験結果

5. 事例研究を使用したモデルの評価

本節では、事例データによるモデル計算結果の評価と、インタビューによる事例研究から、第3章、第4章で述べたモデルの数値実験結果を評価する。まず、モデルの評価方法の概要を述べた後、基礎数理モデルによる事例データの計算結果を評価する。また、アジャイル型が使用された複数のプロジェクトにおける、適用度合いと手戻り確率の減衰率の関係の要因をインタビュー分析結果により説明する。また、多変数数理モデルによる事例データの計算結果を評価する。ハイブリッドアプローチが使用された複数のプロジェクトを調査し、その適用度合いとプロジェクトの規模と手戻り可能性の関係の傾向と工数メリットの実績値とその要因を説明する。

5.1. 評価手法の概要

評価手法は2つある。1つ目は、基礎的数理モデル、多変数数理モデルへの事例データの入力である。事例データについては、複数のITプロジェクトのマネージャ等に計算シートを送り、事例データ及び手戻りの発生確率などの評価値を入力してもらった。2つ目は、サーベイ及びインタビューを使用して収集した事例の分析である。本節では、アジャイル型、計画駆動型、ハイブリッドアプローチを使用したプロジェクト事例を各々2つ使用した。

5.2. 基礎的数理モデルの評価

4つのプロジェクトのデータ(表5.1)を式(3.9)に入力した閾値 p_t と、実際の手戻り確率の算出値 p_a を比較した(図5.1)。事例1, 事例2, 事例3ではアジャイル型がプロジェクト全般で使用され、事例4ではアジャイル型と計画駆動手法が併用[13]されていた。データ収集にあたっては、計算シートを4社のプロジェクトマネージャに送信し、入力されたリッカート尺度値・定量値についての確認と整合性チェックを共同で実施した。

閾値 p_t の計算にあたって、式(3.9)右辺の各変数値のうち R (総工数に対する手戻り作業工数の割合の逆数)および n (アジャイル型のイテレーション回数)は計算シートの入力値、オーバーヘッド変数 α は定数値0.15を使用した[28]。 r (イテレーションあたり手戻り確率の減衰級数)は先行文献を参照し[18]、主要

ステークホルダーの巻き込み，効果的な優先順位付け，継続的統合，自動テストの 5 段階評価結果（非常に高(5)～非常に低(1)）の平均値 A を使用し(2.10)式から算出した．右辺は，平均値 A が最大値(5)の場合最終イテレーション（スプリント）後に計 90%の減衰，最小値(1)の場合 10%の減衰に線形に変化することを示す．

$$r = {}^{n-1}\sqrt{(-1.2 \times A + 1.1)} \quad (5.1)$$

手戻り確率の評価値 p_a の計算にあたって，ビジネス環境の変化の頻度，所属組織の改編の頻度，要求の不確実度，およびソリューションの不確実度[13, 24]の 5 段階評価結果の平均値 B を使用して (2.11)式から算出した．右辺は平均値 B が最大値(5)の場合に $p_a=90\%$ ，最小値(1)の場合に $p_a=10\%$ に線形に変化することを示す．

$$p_a = 0.2 \times B - 0.1 \quad (5.2)$$

数値計算の結果，図 5.1 に示された通り，全ての事例で $p_a > p_t$ となっており，本数値実験下における式(3.9)の有用性が確認されたといえる．但し，事例 4 のプロジェクトでは，実際の手戻り確率の評価値(50%)が式(7)の閾値(49%)に比較的近かった．事例 4 では，人事系基幹システムの Web システムへの移行がスコープで，「ビジネス環境の変化の頻度」および「手戻り量の合計工数に対する割合」の双方が比較的低い性質のプロジェクトであった．図 5.1 上の直線 $p_a = p_t$ 付近のプロジェクトでは，事例 4 のようなアジャイル型と計画駆動型の併用型も有効となりうることが，本モデルから示唆される．

表 5.1 入力されたプロジェクトデータ

入力データ	事例1	事例2	事例3	事例4
プロジェクトの性質				
ビジネス環境の変化の頻度	高(4)	中(3)	中(3)	低(2)
所属組織の改編の頻度	中(3)	高(4)	高(4)	中(3)
要求の不確実度	高(4)	高(4)	高(4)	高(4)
ソリューションの不確実度	高(4)	低(2)	中(3)	中(3)
不確実部の全体に対する割合 (1/R)	80%	40%	30%	20%
イテレーション開発の実績				
主要ステークホルダーの巻き込み	低(2)	非常に高(5)	中(3)	高(4)
効果的な優先順位付け	高(4)	高(4)	非常に高(5)	非常に高(5)
継続的統合	低(2)	非常に高(5)	中(3)	非常に高(5)
自動テスト	中(3)	中(3)	高(4)	高(4)
スプリント数 (n)	14	4	9	3

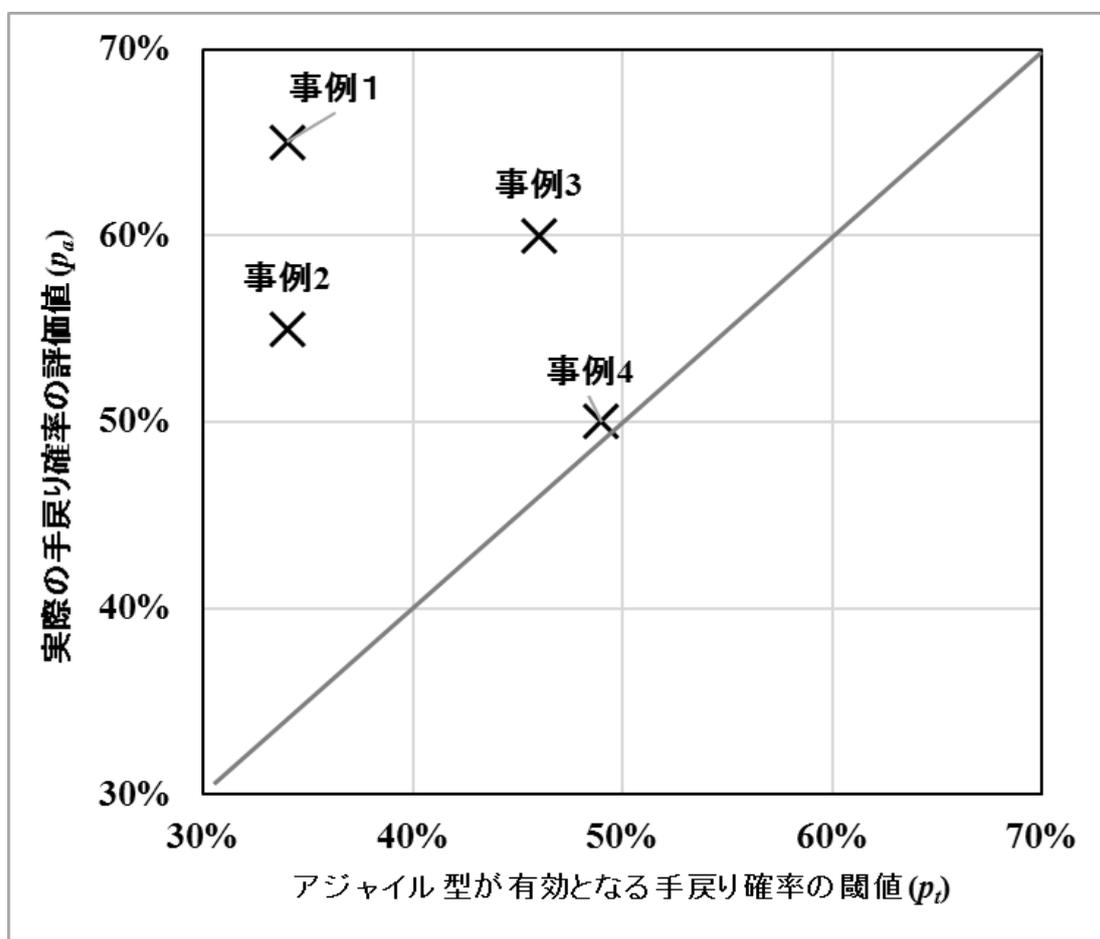


図 5.1 事例データによる数値計算例のまとめ

5.3. アジャイル型の適用度合いと手戻り確率の減衰要因

第3章で基礎的数理モデルによる数値計算結果では、各イテレーションでのレビュー効果が高いほど、手戻り作業の減衰率が大きく、アジャイル型が有効な場合が多いこと示した。本項では、インタビューによる事例研究を使用して評価する。

5.3.1. 評価方法

インタビュー対象はアジャイル型を使用していない、または使用している10社のプロジェクトマネージャまたはその関係者とした。インタビュー質問項目を事前に送信し、約60分から90分間のヒアリングを2015年3月から6月にかけて実施した。Convergent Interview (CI) 法を使用し、ビジネス状況、主なプロジェクトの概要と特性、およびプロジェクトマネジメント手法を結びつけながら包括的、また客観的な情報収集をした。また、インタビュー後にスクリプトをインタビューイーに送信し内容の確認を行った。

適用事例の分析にあたって、企業内ITシステムの開発プロジェクトに関わるインタビュー4件を選択し、スクリプトのコーディングを行った。インタビュー分析対象を表5.2に示す。

表5.2 インタビュー分析対象

PM手法	主としてAPMを使用	主としてWaterfallを使用
インタビュイーの役割	A1：建設会社のIT部門責任者	W1：IT事業会社のPMOリーダー
	A2：商業銀行のシステム企画リーダー	W2：証券会社のシステム開発責任者

表5.3 インタビューコーデイング件数のクロス集計結果

	B	N	B	P	C	N	C	P	E	N	E	P	I	N	I	P	W	N	W	P	Others	合計	
A1	0	(0.00%)	17	(16.19%)	6	(5.71%)	3	(2.86%)	3	(2.86%)	13	(12.38%)	0	(0.00%)	8	(7.62%)	5	(4.76%)	22	(20.95%)	28	(26.67%)	105
W1	9	(7.83%)	9	(7.83%)	4	(3.48%)	8	(6.96%)	4	(3.48%)	6	(5.22%)	11	(9.57%)	8	(6.96%)	4	(3.48%)	2	(1.74%)	50	(43.48%)	115
W2	6	(3.08%)	13	(6.67%)	17	(8.72%)	25	(12.82%)	12	(6.15%)	0	(0.00%)	9	(4.62%)	5	(2.56%)	2	(1.03%)	4	(2.05%)	102	(52.31%)	195
合計	17	(2.88%)	54	(9.14%)	31	(5.25%)	43	(7.28%)	39	(6.60%)	50	(8.46%)	34	(5.75%)	33	(5.58%)	12	(2.03%)	33	(5.58%)	245	(41.46%)	591
カイ	15.130**	8.044*	8.629*	14.781**	10.748*	40.709**	11.531**	5.117	8.032*	57.393**	20.602**												
2乗値																							

*p < 0.05, **p < 0.01

これら 4 つのインタビュー対象者は、従業員 10,000 人以上の組織に属しており、様々な規模・種類の IT システム関連のプロジェクトを扱う組織のリーダー的役割でプロジェクトマネジメントの経験は 5 年以上で共通点が多い。

インタビュー内容の分析にあたって、2 種類の（プロジェクト特性および外部環境）のコードを使用した。インタビュースクリプトのコーディングを切片化された文単位で実施する。プロジェクト特性に関するコードとして、アジャイルマニフェストの分類をベースに以下の 8 つを使用した。

I_P（「個人と対話を重視」にポジティブ）、I_N（同ネガティブ）

W_P（「動くソフトウェアを重視」にポジティブ）、W_N（同ネガティブ）

B_P（「顧客とは協調パートナー関係」にポジティブ）、B_N（同ネガティブ）

C_P（「変更を尊び対応する」にポジティブ）、C_N（同ネガティブ）

プロジェクトの外部環境[3, 11]に関するコードとして以下の 2 つを使用し、それ以外の切片を「Others」とした。

E_P（ビジネス状況、IT 環境がアジャイルに対してポジティブ）、E_N（同ネガティブ）

計量テキスト分析ソフトとして、KH Coder [53]を使用しクロス集計および対応分析を実施した後、インタビュー4 件の事例と基礎数学モデルから導かれた指針を比較した。

5.3.2. 評価結果

各コードの切片の件数と度数をクロス集計した結果を表 5.3 に示す。591 個の切片のうち、Others 以外にコーディングされたものを除く約 60%を分析対象とする。独立性検定の結果、I_P を除き 1%、5%水準で有意となった。アジャイル型を採用している A1 組織は B_P と W_P、A2 組織は E_P、E_N の度数が高い。アジャイル型を採用していない W1 組織は B_N、W2 組織は C_N、C_P の傾向が高く、組織ごとに傾向が異なる。

対応分析の結果を図 5.2 に示す。円の大きさはコーディング件数の全体に占める割合を表し、B_P が約 9%で最も大きい。

A1 組織では、パッケージベース開発手法がアジャイル型の適用にポジティブに寄与しており W_P に近い。例えば、以下のようなコメントがあり、

「ユーザーインターフェースをすぐ作れるようになるのは（アジャイル型適用の）大きな理由としてある。打ち合わせしながら決めることができるスピード感がある」

「一から作る（開発）のは時間がかかる，それだけ投資して回収する価値がある場合いいが，そうでない場合はアジャイル的にやり，共通的なものを使ってもらいように妥協していったほうがよい」

パッケージベース開発によりユーザーと調整しながら開発できることによりアジャイル型が有効になってきたことが強調されていた。4 組織の中で最もアジャイル型の適用が進んでいた。

A2 組織は E_P と E_N の双方に強い対応があり，外部ビジネス環境の変化と商業銀行特有のリスク回避型の企業文化が影響している。例えば，以下のコメントがみられた。

「新しいビジネスのチャンスが海外のほうが圧倒的にあって，そこに投資していかななくてはいけない流れで，よりブランドリブンだけでは対応できない状況」

「守りの投資が多く戦略的投資がすくない。守りの投資だとウォーターフォールでもいいじゃないかとなる。」

また I_N にも近いが，外注している開発者とエンドユーザーとの協業が難しく，アジャイル型の適用拡大に課題がみられた。

「銀行から他社の直接の指示は，業務遂行責任者となる。他の人は直接指示できないことになっている。（中略）アジャイルの場合はその労務的な観点はどうするかについて，目配りする必要がある」

W1 組織はアジャイル型の標準プロセスが会社内に既にあるものの，基幹系システム開発関連のプロジェクトが主な組織のためアジャイル型は使用されていない。図 5.2 にみられるようにステークホルダー，キーパーソンが多くの部署に分散しており B_N にやや近い。例えば，以下のようなコメントがある。

「（アジャイル型適用）領域は数％。意思決定が分散しているので，私の担当領域では（アジャイル型適用は）すすんでいない」

「お客さんのアクセプタンスがポイント。ステークホルダーが少ないと適用できるが，5人も10人もいると難しい」

W2 組織では C_N, C_P の双方と強い対応がある。現行業務は、基幹系システムのプロジェクトマネジメントは計画駆動型であり、アジャイル型は使用されていない。

「要求は あまりぶれなかった」

「ある程度のことは証券取引法によって決まってくる。そこに試行錯誤はない」

一方、ディーラー用のシステム開発はアジャイル型アプローチが使用されている。

「ディーラシステムはまさに試行錯誤、ディーラー一人一人によって（要求が）違う」

「(変更を価値としてとらえる考え方は)ディーリングシステムなんかはそのようなもの・・・というのはビジネスそのものが変化していく。金融商品はどんどん新しいものが開発されていく」

W2 の事例では、ビジネス上の変化の可能性・頻度により、計画駆動型とアジャイル型が組織ごとに使い分けられていることが特徴としてみられる。

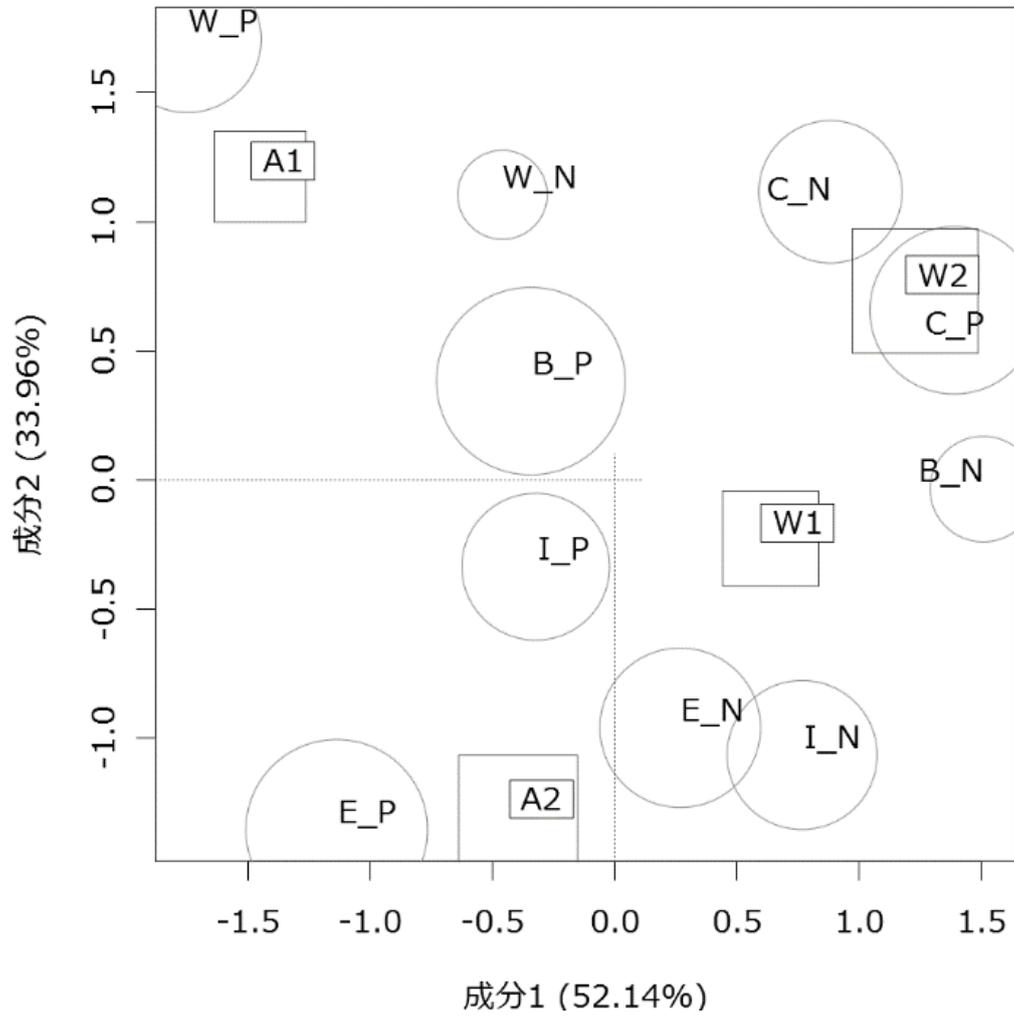


図 5.2 対応分析の結果

前節から得られた分析結果と基礎数学モデル（第3章）との対応を以下に示す。基礎的数理モデルの分析から得られた3パターンは、インタビューの分析結果の4つと対応していた（表5.4）。

A1 組織はアジャイル型の適用が最も進んでおり、モデル上は第3章図3.6に対応する。ソフトウェア、システムパッケージを使用した開発への移行が進んでおり、実機を使用したレビューを顧客と実施している。不明確な初期要求により手戻り確率が大きい場合も、イテレーションごとの効果的なレビューを通じて手戻り確率を減少させている。

A2 組織はアジャイル型の適用範囲は新規事業関連プロジェクトに限定されており、モデル上は第3章図3.5に対応する。要求提出者と開発者の効果的な協業が難しく、イテレーションごとの要求定義・レビューを通じた手戻り確率を減少度合いは低い。

W1 組織はアジャイル型の適用が進んでおらずモデル上は第3章図3.4に対応する。基幹系のプロジェクトのステークホルダーや要求提出者が多く、アジャイル型によるチーム単位のイテレーションを実施するだけでは要求が固まらず手戻り確率が減少していない。

W2 組織はアジャイル型の適用が進んでおらずモデル上は第3章図3.4に対応する。基幹系のプロジェクトの要求は明確で、スプリントを通じたプロジェクト全体の手戻り作業の確率の減衰はない。一方、証券ディーラー用のアプリ開発では要求は流動的でアジャイル型的なプロジェクトの進め方になっており第3章図3.6に対応する。そこでは、ユーザーと開発者が頻繁に打ち合わせをしながら開発をしていて、手戻り確率の減衰は大きい。

以上から、アジャイル型の適用・不適用事例とスプリントによる手戻り確率の減衰度合いには強い関連があり、事例とその状況と基礎数学モデルの分析結果は一致がみられる。プロジェクト特性や外部環境は様々だが、手戻り確率を主変数とした本項が提案するモデルにより、アジャイル型の有効領域を体系的に考察可能なことを示すことができた。

表 5.4 インタビュー分析結果とモデルの対応

アジャイルの 適用度合い	各イテレーションの要求定義・レビュー効果		
	高	低	なし
高	A1事例	<ul style="list-style-type: none"> 手戻り確率減衰:大 ソフトウェア, システムパッケージを使用した開発への移行が進んでおり, 実機を使用したレビューを顧客と実施可能 	
低		A2事例	<ul style="list-style-type: none"> 手戻り確率減衰:中 外注している開発者とエンドユーザーとの協業が難しい
なし	<ul style="list-style-type: none"> 手戻り確率減衰:なし 基幹系のプロジェクトのステークホルダーや要求提出者が多く, イテレーションだけでは要求を定義できない 		W1事例 W2事例

5.4. 多変数数理モデルの評価

本節では、3つ事例データ（ハイブリッドアプローチ、アジャイル型、計画駆動型）を4節で述べた多変数数理モデルに入力し、有効領域と計算結果との関係からモデルと事例が一致していることを示す。入力データを表 5.5 に示す。ハイブリッドアプローチのデータは前章で述べたプロジェクト α の事例である。

図 5.3 にハイブリッドアプローチの事例を使用した多変数数理モデル計算結果を図示する。計算結果はハイブリッドアプローチの有効領域内にあり、モデルと事例との一致が見られる。規模がより大きく、また手戻りの可能性が高いプロジェクトで、工数上のメリットがより高い。計画駆動型と比較した工数上のメリットは、プロジェクトマネージャによる実績評価値約 15% に対し、モデルの計算結果は約 21% であった。

図 5.4 にアジャイル型の事例を使用した多変数数理モデル計算結果を図示する。本事例は、クリティカリティが中程度のプロジェクトであった。計算結果はアジャイル型の有効領域内にあり、モデルと事例との一致が見られる。

図 5.5 に計画駆動の事例を使用した多変数数理モデル計算結果を図示する。本事例は、クリティカリティが高く、手戻りの可能性も高いプロジェクトであった。計算結果は計画駆動型とハイブリッド型の境界付近であった。本プロジェクトではイテレーションの開発効果を向上させることで、ハイブリッドアプローチも有効であることが示唆される。

表5.5 入力データ

入力値	ハイブリッド	アジャイル	計画駆動
プロジェクト環境 <i>Bel:</i> ビジネス環境の変化の頻度 <i>Cmt:</i> 法規制への遵守必要性 <i>Ost:</i> 所属組織の改編の頻度	High Middle High	Middle High Middle	Low High Low
プロジェクト性質 <i>Rul:</i> 要求の不確実度 <i>Sul:</i> ソリューションの不確実度 <i>Chp:</i> 開発・テスト工数（スコープ）内の変更可能性割合 <i>Thc:</i> 欠陥時の損失 <i>m:</i> プロジェクトチーム数 <i>Doc:</i> 必須文書の作成工数の割合	High High 50% Middle 6 30%	High Middle 20% Middle 1 20%	Low Low 20% Low 1 30%
プロジェクト工数見積もり（時間） <i>Req_{hy}:</i> 計画・要求定義工数 <i>Dev_{hy}:</i> 設計・開発工数 <i>Val_{hy}:</i> 統合テスト・妥当性確認工数	900 3300 3400	2115 6534 2973	600 700 1090
イテレーション開発成熟度 <i>Ksi:</i> 主要ステークホルダーの巻き込み <i>Epr:</i> 効果的な優先順位づけ <i>Eci:</i> 継続的統合 <i>Ews:</i> 動くソフトウェアを使用したレビューの有効性 <i>n:</i> イテレーション回数	Middle Very high Middle High 9	High Very high Very high High 4	(想定値) Middle Low Middle Middle 5

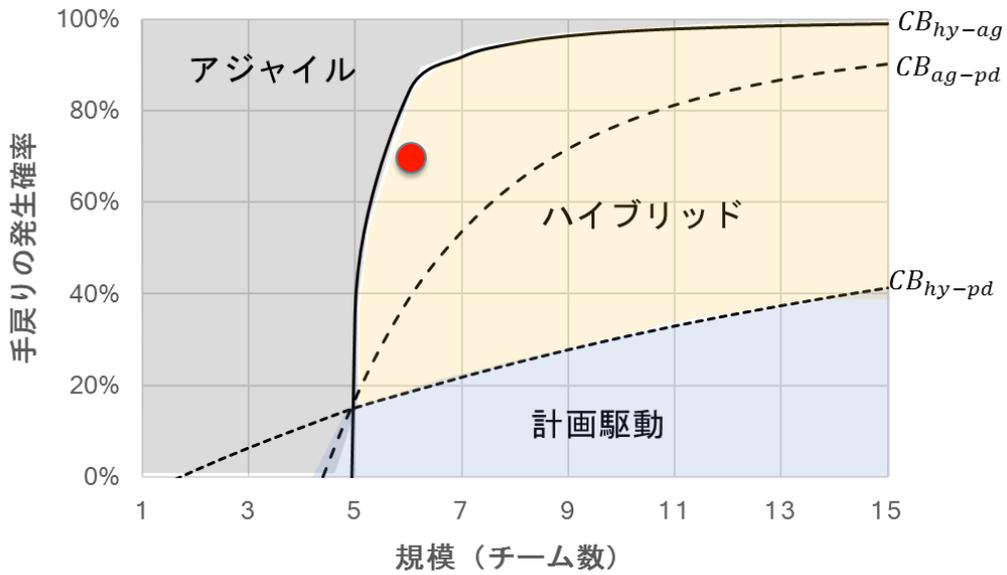


図 5.3 ハイブリッドアプローチの事例を使用した計算結果

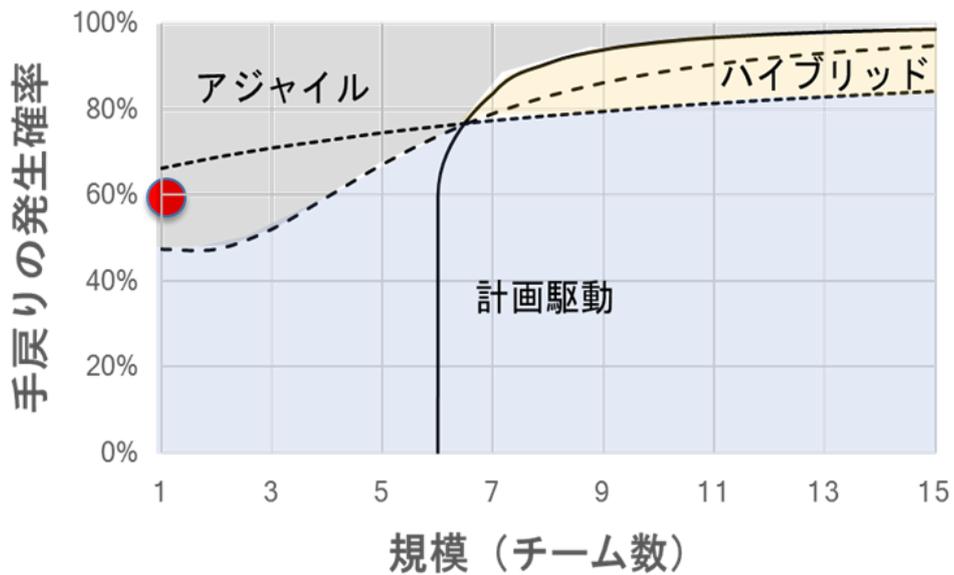


図 5.4 アジャイル型の事例を使用した計算結果

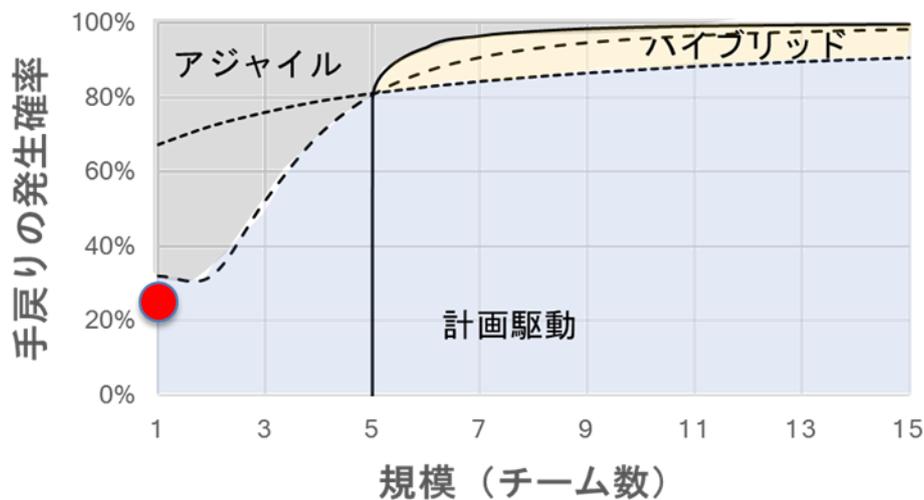


図 5.5 計画駆動型の事例を使用した計算結果

5.5. ハイブリッドアプローチの適用領域の傾向

第 4 章ではモデルを使用した数値計算を通じて、ハイブリッドアプローチは、アジャイルよりも規模が大きく、また計画駆動型よりも手戻りの可能性が高いプロジェクトで使用されていることを述べた。本項では、サーベイ結果の統計分析を使用して評価する。

5.5.1. 評価方法

本項では第 2 章で使用したサーベイ結果のうち、117 個の事例データのクラスタリング分析と分散分析を使用し、アジャイル型と計画駆動型が併用されているデータ（ハイブリッドアプローチ）の適用領域の傾向を分析する。プロジェクトの性質、プロジェクトの実績、プロジェクトマネジメント手法は 5 段階のリッカートスケールで回答されたものである。クラスタリング分析を使用して、ハイブリッドアプローチのデータ集合を抽出し、分散分析を使用してハイブリッドアプローチの適用領域の統計的な有意性を分析する。質問票と選択式回答結果の記述統計を表 5.6 に示す。

表 5.6 質問票と選択式回答結果の記述統計

#	質問内容	Mean	S.D.
Q1-6	回答者属性		
<u>Q1.産業, Q2.組織の規模, Q3.年間売上, Q4.職種, Q5.PM経験年数, Q6.PMP資格取得有無</u>			
Q7-9	プロジェクト属性		
<u>Q7.スコープ・成果物(自由回答), Q8.チームメンバー数, Q9.期間</u>			
Q10_#	プロジェクトの性質	Mean	S.D.
1.	プロジェクトの成果物(製品またはソリューション)は現存しない, 全く新しい製品またはソリューションである.	2.94	1.53
2.	製品またはソリューションの市場データが現存していない.	2.39	1.46
3.	該当プロジェクトでは様々な新技術を使用する必要がある.	3.23	1.40
4.	必要となる技術はプロジェクトの初期フェーズ時点で存在していない.	4.33	1.05
5.	製品やソリューションは共通の目的を持った広範囲に分散したシステム集合を含んでいる	3.37	1.29
6.	製品またはソリューションはシステムとサブシステムの複雑な複数階層から構成される.	2.56	1.43
7.	プロジェクトの完了時期は, プロジェクトの成功にとって極めて重要である	3.06	1.40
8.	プロジェクト緊急度が高く, かつ使用できる期間は非常に限られている.	3.08	1.34
9.	<u>要求の変更による, かなりの規模のプロセスや作業の再実施作業(手戻り作業)が高い確率で予想される.</u>	3.60	1.27
10.	ソリューションの変更による, かなりの規模のプロセスや作業の再実施作業(リワーク)が高い確率で予想される.	3.10	1.25
11.	プロジェクトステークホルダー(プロジェクトチームを含む)は異なる出身国の個人から構成されている.	2.83	1.69
12.	プロジェクト作業実施場所が異なる国をまたぎ地理的に分散している.	2.91	1.75
13.	プロジェクトの要求は異なる国から収集される.	2.33	1.56
14.	プロジェクトの成果物(製品やソリューション)は外資系の製造業者やサービスプロバイダによって開発される.	2.68	1.78
Q11_#	プロジェクト結果	Mean	S.D.
1.	<u>プロジェクトは予算内に終了した.</u>	4.06	1.01
2.	<u>プロジェクトは締切期間内に終了した.</u>	3.64	1.32
3.	<u>プロジェクト成果物は求められている品質を満たした.</u>	3.91	1.33
4.	<u>プロジェクトスポンサーはプロジェクトを成功と判断した.</u>	4.18	1.03
5.	<u>プロジェクトチームはプロジェクトの結果に満足している.</u>	3.82	1.18
6.	エンドユーザはプロジェクトの成果物(実績)がビジネス上の利益をもたらすと判断した.	3.99	0.99
7.	要求定義の誤りが原因で, プロセスや作業の再実施作業(手戻り作業)が発生し, プロジェクト全体に影響を及ぼした	2.81	1.45
8.	ソリューション設計の誤りが原因で, かなりの規模のプロセスや作業の再実施作業(手戻り作業)が発生し, プロジェクト全体に影響を及ぼした.	2.49	1.39
9.	開発されたものに誤りがあることが原因で, かなりの規模のプロセスや作業の再実施作業(手戻り作業)が発生し, プロジェクト全体に影響を及ぼした.	2.29	1.32
10.	機能要求の変更が原因で, かなりの量の手戻り作業が発生し, プロジェクト全体に影響を及ぼした.	2.38	1.38
11.	ソリューション設計の変更が原因で, かなりの量の手戻り作業が発生し, プロジェクト全体に影響を及ぼした.	2.21	1.29
12.	ステークホルダーのニーズの変更が原因で, かなりの量の手戻り作業が発生し, プロジェクト全体に影響を及ぼした	2.56	1.40
Q15_#	プロジェクトマネジメント方法	Mean	S.D.
1.	<u>プロジェクトスケジュールは一連のフェーズからなる単方向パスとして計画された.</u>	2.87	1.52
2.	<u>プロジェクトスコープ・要求とその優先順位は初期フェーズで定義された.</u>	3.86	1.14
3.	<u>プロジェクトのフェーズゲートレビューは文書を通して実施され, サインオフが行われた.</u>	3.63	1.42
4.	<u>顧客のプロジェクトへの参画は, 主に, 要求及び試験フェーズに限定されていた.</u>	3.52	1.33
5.	<u>プロジェクトマネージャーがガバナンス(統治)とコントロールした.</u>	3.70	1.19
6.	<u>プロジェクトは要件定義, 設計, 開発, テスト反復, また定期的に重複したフェーズを使用して計画・実行された.</u>	3.45	1.27
7.	<u>プロジェクト要求はプロジェクトライフサイクルを通じて定義され, また優先順位づけされた.</u>	3.52	1.19
8.	<u>プロジェクトフェーズゲートレビューは動作する成果物(ソフトウェア等)を使用して行われた.</u>	3.15	1.37
9.	<u>顧客はプロジェクトのすべてのフェーズに参画していた.</u>	3.33	1.45
10.	<u>プロジェクトチームメンバーがプロジェクトマネージ・コントロールする権限を持っていた.</u>	3.26	1.27
11.	全体として, プロジェクトマネジメント・アプローチは伝統的な手法に基づいていた。(例:ウォーターフォール型手法)	3.77	1.32
12.	全体として, プロジェクトマネジメント・アプローチはアジャイルの手法に基づいていた。(例:スクラム手法)	2.22	1.39

5.5.2. 評価結果

クラスタリング分析 (Ward 法を使用) の結果を図 5.6 に示す. 質問票内の設問 Q15_1 および Q15_2 を使用した分析結果によると, 3 つのクラスタがみられる. カイ二乗検定によると独立性の帰無仮説は否定されている ($\chi^2=17.28$, $df=2$, $p<.001$).

分散分析の結果を表 5.7 に示す. アジャイル型の指標, および計画駆動型の指標の双方が比較的高いクラスタ 1 をハイブリッドアプローチとみなすことができる. クラスタ 3 は計画駆動型のうち, 「プロジェクトスコープ・要求とその優先順位は初期フェーズで定義」, 「プロジェクトスケジュールは一連のフェーズからなる単方向パスとして計画」 および 「プロジェクトのフェーズゲートレビューは文書を通して実施され, サインオフ」 の値がクラスタ 2 より高い. また, クラスタ 3 はアジャイル型のうち 「プロジェクトフェーズゲートレビューは動作する成果物 (ソフトウェア等) を使用」 の値がクラスタ 1 より高い. さらに, クラスタ 1 は変更の可能性が計画駆動型 (クラスタ 3) よりも大きく, プロジェクトサイズがアジャイル型よりも高い (クラスタ 2).

従って, ハイブリッドアプローチは, アジャイル型よりも規模が大きく, また計画駆動型よりも手戻りの可能性が高いプロジェクトで使用されている傾向がみられる. これらの結果は, 4.7 節で示した多変数モデルの数値実験結果と一致する.

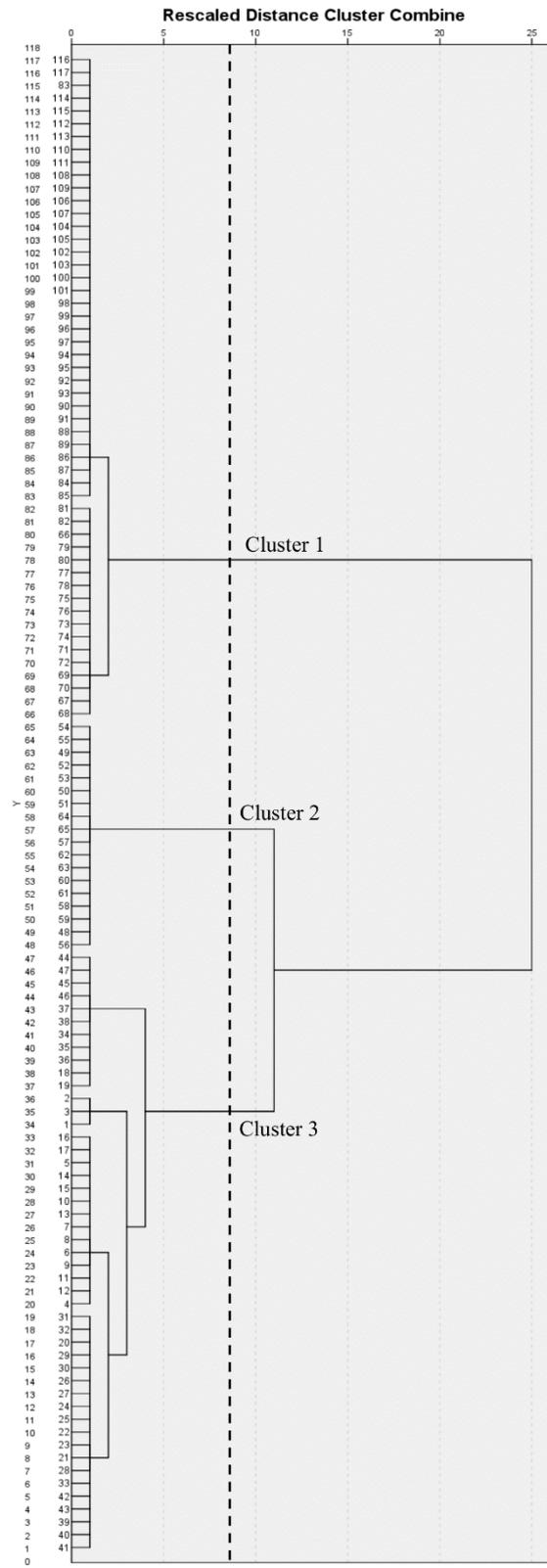


図 5.6 クラスタ分析後のテンドグラム図

表5.5 分散分析の結果

Cluster	N	Means and ANOVA										
		Methods			Attributes		Methods in detail					
		Agile method rates (Q15_12)	Plan-driven method rates (Q15_11)	Project Size (Q8)	Project Duration (Q9)	Rate of requirement changes (Q10_9)	Scoping in initial phase (Q15_1)	Scheduling in single path (Q15_2)	Phase gate review with document (Q15_3)	Phase gate review with working system (Q15_8)		
1 (Hybrid)	47	2.77	3.64	1.64	3.45	3.47	3.76	3.26	3.38	3.21		
2 (Agile)	18	4.33	1.50	1.56	3.67	3.89	3.44	2.28	2.72	3.83		
3 (Plan-driven)	52	1.00	4.67	2.21	3.73	3.10	4.10	4.44	3.92	2.87		
All clusters	117	2.22	3.77	1.88	3.60	3.37	3.86	3.63	3.52	3.15		
F		119.62	186.79	4.61	0.89	2.85	2.55	26.40	6.43	3.53		
p(F)		0.000	0.000	0.012	0.413	0.062	0.083	0.000	0.002	0.032		

5.6. ハイブリッドアプローチの工数メリットの要因

第4章ではモデルを使用した数値計算を通じて、ハイブリッドアプローチが、規模がより大きく、また手戻りの可能性が高いプロジェクトで、計画駆動型と比較した工数上のメリットが高いことを述べた。本項では、それらを事例研究を使用して評価する。

5.6.1. 評価方法

研究データは、主にインタビューによって収集された1次データから構成される。また、バイアスを排除するため学会発表および書籍・雑誌記事等の2次データを併用し確認を行った。インタビュー対象はハイブリッドプロジェクトに関わるプロジェクトマネージャ及び開発者とした。主なインタビュー質問を以下に示す。

1. プロジェクトステークホルダーのニーズ
2. プロジェクトの規模、期間等の性質
3. プロジェクトマネジメント手法
4. 主な課題と施策
5. プロジェクトマネジメントパフォーマンス

インタビュー質問項目を事前に送信し、約60分から90分間のヒアリングを2016年3月から5月にかけて実施した。インタビュー後24時間以内に録音データをメモ化し、メモ原稿をインタビューイーに送信し、内容の確認を行った。

また、事例データを、多変数モデルに入力し、モデル計算上の工数便益率（ハイブリッドアプローチの工数÷計画駆動型の工数）と実際の工数便益の比較を行った。それらの差異がある場合、インタビュー結果との照合を行いながら、モデルの修正が必要か、またモデル入力パラメータに現れない別の要因が関連しているのかを確認した。

5.6.2. 評価結果

5.6.2.1. プロジェクト H1

本プロジェクトの目的は、グローバルシステムインテグレーター企業における、共通インフラ上の社内購買システムを6か国に導入することであった。本プロジェクトは各国の複数のチームにより実行され、比較的大規模のプロジェクトに分類される。ステークホルダーの最優先事項は納期で、9か月でサービスインさせる必要があった。一方、プロジェクト開始時点で約50%の要求事項が未確定であった。また、各国にある多くのシステムとデータインタフェースを構築する必要があり、整合性を取るための工数の増大のリスクを抱えていた。

上述の不確実性への対応とリスク軽減の双方に対処し、また、計画駆動型マネジメントが適している要求があるため、ハイブリッド型アジャイルアプローチを採用した。約2.5か月間の初期フェーズは外部設計までを含み、各国のチーム向けに詳細スコープ・要求定義書を文書化し、分散したチームとのコミュニケーション上の調整工数の削減を図った。

「時差や言語、仕事に対する考え方等の特性が異なっていたために、日本のみで実施する場合と同様のマネジメントでは、進捗が滞るリスクがあった。＜中略＞プロジェクトの初期段階で海外チームを交えてアーキテクチャ・レビューを実施する場を設け、その場で大まかな変更内容と、影響を受ける変更対象システムを確認して正式合意した。」（プロジェクトマネージャ）

スクラム手法を開発フェーズに適用した。技術的にはアーキテクチャ文書と保守サービスレベル文書をプロジェクトの初期に作成・共有することで、変更にとともなう調整工数の削減を図り、効果的なイテレーション開発を実施した。

「早期のアーキテクチャ合意を実施していなかった場合、効果の章で述べた問題が発生した際に責任の所在を明確に説明できず、リリース延期せざるを得なかった可能性がある。これを回避できたことは、プロジェクト成功要因の1つだった。」（プロジェクトマネージャ）

また、アジャイルと計画駆動型を併用した以下の施策を実行して、ビジネス価値に柔軟に対応するためイテレーション開発の効率化を図り、同時にプロジェクトのリスクを軽減した。

- 各国のステークホルダーマップとコミュニケーション上のリスク計画

の作成

- 非機能要件をプロダクトバックログに入れて統一的にマネジメント
- 確度が高い要求事項を優先的にイテレーション開発

今後、イテレーション開発の効果をより高めるため、継続的統合・出荷の組織的な達成を課題としている。

「*Continuous Deployment* の実現には、既存移管プロセスや監査周りのプロセスの変更などを伴うため、インフラ部門、業務監査部門など巻き込むべき部門が多くなる可能性がある。」(プロジェクトマネージャ)

5.6.2.2. プロジェクト H2

本プロジェクトの目的は、電力会社における人事システムの Web アプリケーションへの移行である。高いレベルのセキュリティや権限マネジメントが求められ、電子決済システムとの連携が必要であったが、移行元のシステムは長期間使われており、仕様書などのドキュメントがプロジェクト遂行上十分な形で存在していなかった。

要求の不確実性と高いレベルに品質要求の双方に対応するため、ハイブリッド型アプローチを採用した。要求の不確実性が高いが、要求の提出者がプロジェクトに常時出席することが難しいため、アジャイル型の採用は詳細設計及び開発フェーズとし、期間 3 週間のイテレーション開発を 3 回実施した。基本設計までは計画駆動型とし、不確実性コーンを使用して不確実度を 20% と見積もり、納期に対しての対応可能な変更の割合を設定した。結合テストは計画駆動型と同様とした。変更対応は約 20 件発生したが、本プロジェクトは納期通り終了し、工数面で計画駆動型に比べ約 8% の便益を達成した。また、ユーザーの満足度も高い。

「計画駆動型だと、(手戻り作業により) 計画の 1.5 倍ぐらい増えてしまう。一回リリースした後にフェーズ 2 の開発ということで作り直しが発生してしまう。本ハイブリッド事例では作り直しが全くなかった。必ずお客さんの幹部の方に来てもらって、イテレーションの最後で実際動くものでみてもらった。」(ベンダ側プロジェクトマネージャ)

「ハイブリッド開発後の利用者の満足度は、(ウォーターフォールに比べて)

全然違う。使い勝手や、新しくシステムになってマニュアルなしで使えない場合が多いが、どういう手順でやったらよいかわからない、マニュアルを見ないとわからないといった状況から、わかりやすい状況になった。ボタンの位置などが探しやすい、使いやすい。使う人の意見を聞いて開発しているため。」(ベンダー側プロジェクトマネージャ)

成功要因の1つ目は計画に時間をかけて文書作成の工数削減戦略を作成していたことである。

「計画はきちんとやっている。ウォーターフォールのドキュメントをこれは省ける、省けないかどうかを全部確認する。省いた時の代替の工数削減がどのくらいになるか計算シミュレーションしてその通りやっていく。実績もほぼはずれなくなった。」(ベンダー側プロジェクトマネージャ)

2つ目の成功要因は、イテレーション開発のインテグレーション・納品の自動化を行っていたことである。単体テストでは常時結合と自動テストを導入し、イテレーションレビュー時に動くシステムで効果的なレビューを通じ不確実性に対処した操作レビューを行った。

「計画とマネジメント系。進捗、コストをチケットマネジメントで毎日チェックする。品質系は継続的インテグレーション、自動化のツールが必要。自動的にテストをするので時間はあまりかかっていないが、計画駆動型のテストよりもはるかに厳しいテストにしている。」(ベンダー側プロジェクトマネージャ)

現在、さらに効率を上げるためにアジャイル型のプロセス上の範囲を広げていくことをしているが、組織のルールの変更が必要な状況である。

「電力会社なので、プロセスがものすごく厳しい。ウォーターフォールの際、変更を入れる時に、変更承認プロセスが1か月ぐらいかかる(スタンプリレーをするため)。その辺りの考え方が変わってきて、主管部門がその辺を判断してよいことになってきた。」(ベンダー側プロジェクトマネージャ)

5.6.2.3. 評価結果のまとめ

本節では、規模がより大きくまた手戻りの可能性が高いプロジェクトにおいて、ハイブリッドアプローチは計画駆動型と比較した工数上のメリットが高いことを確認した。

プロジェクト H1 では、アジャイルと計画駆動型を併用し、共通インフラ上の 6 か国の社内購買システムを 9 か月でオンタイム導入した。プロジェクトチームは 6 個あり、また開始時点で 50%の要求事項が未確定でありながら、約 15%の工数メリットがあった。一方、プロジェクト H2 では、人事システムの Web アプリケーションへの移行に際し、工数面で計画駆動型に比べ約 8%の工数上の便益を達成している。

上述の結果は、4.7 節で示した多変数モデルの数値実験結果と一致する。

6. 考察

6.1. モデルの使用想定と有用性

3 節および 4 節で述べたモデルでは、プロジェクトマネージャが、プロジェクトの開始時に、プロジェクトの環境、性質とイテレーション開発のレベルを初期入力することを使用想定としている。もし有効領域の境界上にある場合は、イテレーション開発力の改善を検討する（What-if 分析）。図 6.1 に入力値とモデルのパラメータとの関係を図示する。

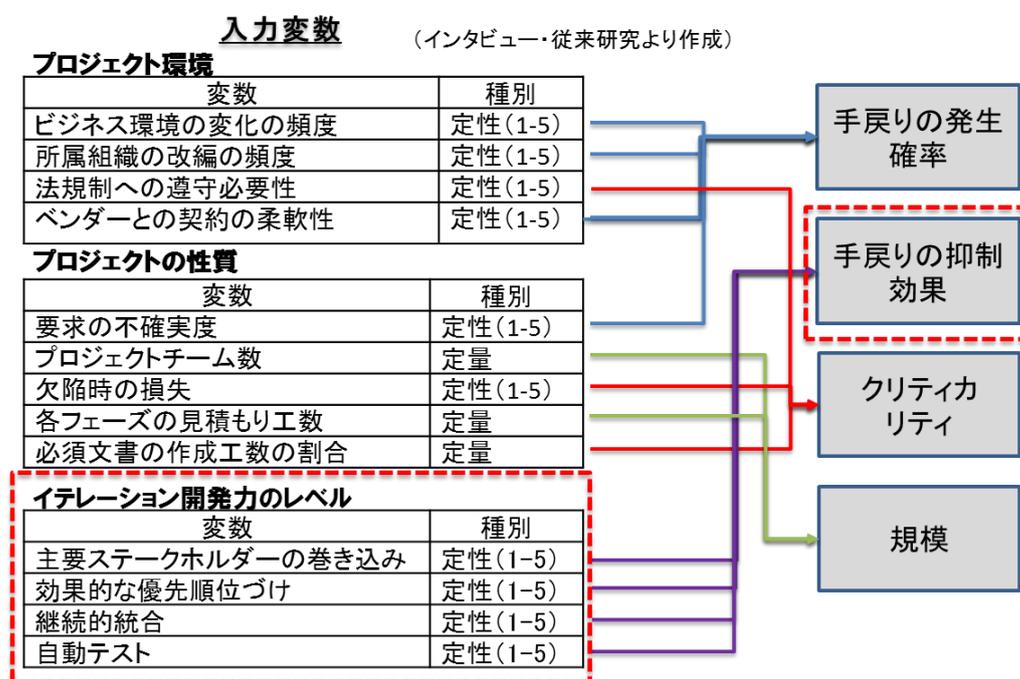
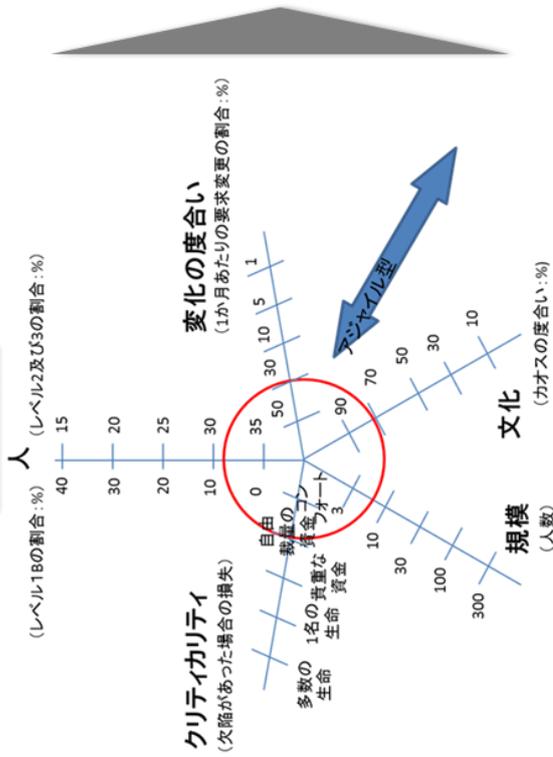


図 6.1 入力値とモデルのパラメータとの関係

モデルの有用性としては 2 点ある。1 点目は、手戻りの確率、規模、クリティカリティ等の複数変数を使用して、有効領域を総合的に判断可能、What-if 分析が可能なことである。2 点目は、従来扱われなかったハイブリッドアプローチの選択方針をモデル化可能なことである。図 6.2 に従来研究と、本研究のモデルの比較イメージを図示する。左側は Boherm 達のアジャイルホームグラウンドモデルで、アジャイル型と計画駆動型の境界を概念的に図示している。右側は本研究のモデルで、多変数数理モデルからアジャイル型、ハイブリッドアプローチ、計画駆動型の境界条件を定量的に図示している。

従来研究



Boehm et al (2003) [14]

本研究のモデル

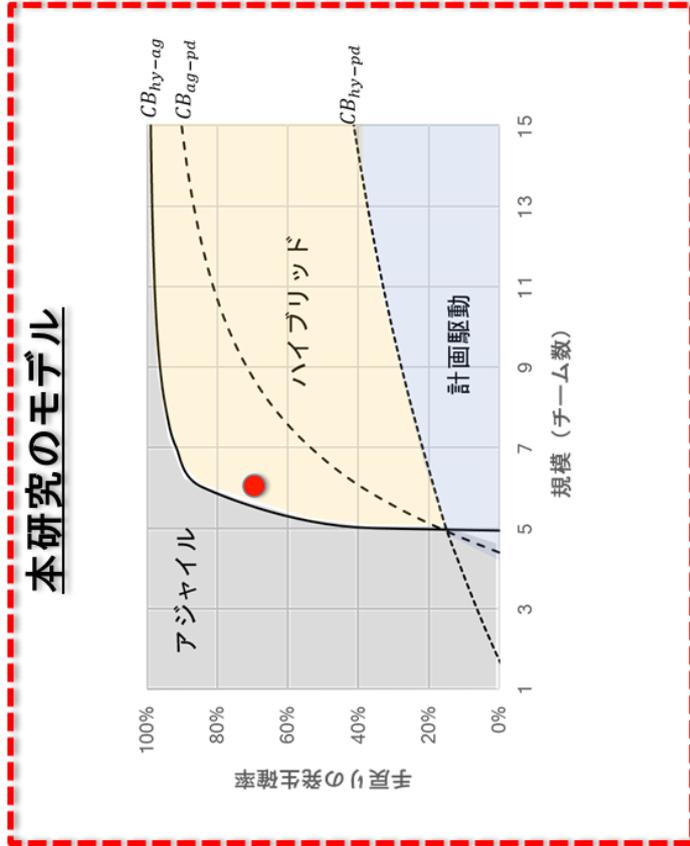


図6.2 従来研究との比較

6.2. モデルの制限事項

本研究では、5.1 節で述べたように各事例でのプロジェクトマネージャが評価した尺度値を使用してモデルパラメータ値を算出していることが制限事項となる。図 6.1 で示したように、手戻り発生の確率パラメータの算出にあたって、「ビジネス環境の変化の頻度」、「所属組織の改編の頻度」、「要求の不確実度」について 5 段階リッカート尺度値を使用した平均値を使用している。手戻りの抑制効果の算出にあたっては、同様に「主要ステークホルダーの巻き込み」、「効果的な優先順位付け」、「継続的統合」、「自動テスト」を使用している。クリティカリティの算出にあたっては、「法規制の順守必要性」、「欠陥時の損失」、「必須文書の作成工数の割合」を使用している。手戻りの確率の抑制確率や、クリティカリティをダイレクトに質問することは難しい。重みをつけようとする各社異なるため、数値計算にあたっての定式化が難しい。したがって、本研究では平均値を使用せざるを得ず、最後の結果で確認すると矛盾がない結果が得られた。また、2 つの事例で算出値に大きな違和感がないことをインタビューで確認した。

今後、手戻りの発生確率・抑制効果、およびクリティカリティの算出方法の定式化が課題となる。平均値を使用した方法の他に、手戻りの確率をダイレクトに質問する方法、重みを使用して複数の評価値から算出する方法が考えられる。重みの算出にあたっては事例に基づき AHP 法を使用する場合と、サーベイデータを使用した回帰分析が考えられる。

7. 結論

本研究では、近年市場拡大と多様性が高まってきている、ITプロジェクトにおけるマネジメント手法（計画駆動型、アジャイル型、ハイブリッドアプローチ）の選択の体系化の必要性に着目し、アジャイル型手法の採用の選択問題を多次元的な数理モデルとして定式化し、またアジャイル型が有効に機能するための境界条件と、実務上の選択方針（マネジメント方法論）を提示した。

本研究は、既往研究の2つの主要課題に対応したものであった。1点目は、計画駆動型とアジャイル型と有効領域と成功度が別々に研究されてきたため、それぞれの手法がどのようなプロジェクト性質において有効か、十分研究されていなかった。2点目は、近年、アジャイル型と計画駆動型を併用したマネジメント手法（ハイブリッドアプローチ）の事例もみられる中、計画駆動型、アジャイル型、ハイブリッドアプローチを適切に選択する方法論が数理的に提示されてこなかった。これらの課題に着目するのは、近年導入がアジャイル型の導入はWebアプリやゲーム開発等で本格化してきたが、他のシステム開発では工数上の成功度合い向上の関係は限定的とされていたためである。また、ビジネスモデルや組織ごとに計画駆動型、アジャイル型が混在していることがみられるが、本来は、計画駆動型で実施すべきプロジェクトで、アジャイル型を使用している場合もあるためである[13]。したがって、本研究では、次の2点を研究目的とした。

- (1) アジャイル型と計画駆動型の総工数を比較した基礎的な数理モデルを構築する。
- (2) ハイブリッドアプローチを含む3手法の有効領域を出力する多変数数理モデルを構築し、実務上の選択方針を提示する。

7.1. 本研究の結論

まず本研究は、従来の反復型開発の工数計算モデルにみられるオーバーヘッド工数（計画駆動型と比較した計画・調整工数の追加）に加え、手戻り作業の発生の抑制効果を新たに導入した、計画駆動型とアジャイル型の有効領域を分析できる基礎的な数理モデルを提示した。岡田ら[46]の計画駆動型の先行研究にみられる手戻り作業を含む基本プロセスフローをアジャイル型に拡張し、総

工数（総工数）を定式化した。また、アジャイル型ではイテレーションが進むにつれて手戻り作業の発生確率（手戻り確率）が一定割合で減衰する効果を導入し、計画駆動型とアジャイル型を比較した。数値計算の結果、イテレーションごとの手戻り作業の発生の減衰が大きいほど、アジャイル型を選択することが有効な場合が多いことを示した。プロジェクトマネージャは、要求を提出するキーパーソンとの密な協業やレビュー等を通じた、適切なイテレーション計画を実施する必要がある。さらには、数値計算を通じ、手戻り確率の減衰が十分大きい場合でも、アジャイル型の有効領域はオーバーヘッドからより大きな影響を受ける可能性があることを示した。プロジェクトマネージャは、各イテレーションで実施されるミーティングやユーザーとの開発・レビュー作業を効率化し、オーバーヘッドの増加を防ぐことに、より注力する必要がある。

また本研究は、プロジェクトの規模及びクリティカリティを説明変数に追加し、ハイブリッドアプローチを追加した3手法の有効領域を出力する多変数数理モデルを提示した。基礎数理モデルで設定したオーバーヘッド工数に、規模（チーム数 m ）が大きくなるとチーム間調整工数が増加する影響を、アジャイル型では非線形 $(m(m-1)/2)$ 、計画駆動型、およびハイブリッドアプローチでは m の1次効果として導入した。数値実験と事例研究の結果、ハイブリッドアプローチは、手戻りの可能性と規模が大きいプロジェクトで有効だが、クリティカリティが高いプロジェクトでは計画駆動の有効領域が広がることを示した（表 7.1）。ハイブリッドアプローチは、手戻りの可能性と規模が大きいプロジェクトで有効、アジャイル型は、手戻りの可能性が大きく規模が小さいプロジェクトで有効、計画駆動型は、手戻りの可能性が小さく、クリティカリティが高いプロジェクトで有効となる。事例研究では、それらの有効領域が広がる工数メリットの要因として、変更対応作業の簡素化を挙げ、大規模プロジェクトでは約 15%、小規模プロジェクトでも約 8%の工数メリット等を予想値として算出した。

表 7.1 本研究が示す 3 手法の選択方針

	手戻りの 可能性	規模	クリティカリ ティ
ハイブリッド	大	中～大	小
アジャイル	大	小	小
計画駆動	小	小～大	小～大

7.2. 今後の展望

ハイブリッドアプローチ, アジャイル型, および計画駆動型の 3 つの手法を, 企業内の様々な状況に応じて体系的に検討するための指針として, 3 手法の適切な選択のための検討フローの提案が, 今後の展望の 1 つ目として挙げられる. 著者は検討フローの 1 つの類型をすでに作成しているが, ほかの類型を踏まえ検証が必要である. Appendix B で示した検討フローでは, プロジェクトマネージャは, 13 個の変数を入力し, 要求変更の割合, イテレーション開発の効果, プロジェクト規模, およびクリティカリティの評価を順次実施し, 計画駆動型とアジャイル型の併用の有効性をプロジェクト計画時に判断する. ハイブリッドアプローチ, アジャイル型, および計画駆動型の 3 つの手法を, 企業内の様々な状況に応じて体系的に検討することが可能となる.

今後の展望の 2 つ目としては数理モデルの拡張が挙げられる. 6.2 節で述べたように, 手戻り発生の確率パラメータの算出にあたっては, 「ビジネス環境の変化の頻度」, 「所属組織の改編の頻度」, 「要求の不確実度」について 5 段階リッカート尺度値を使用した平均値を使用している. 手戻りの抑制効果の算出にあたっては, 同様に「主要ステークホルダーの巻き込み」, 「効果的な優先順位付け」, 「継続的統合」, 「自動テスト」を使用している. クリティカリティの算出にあたっては, 「法規制の順守必要性」, 「欠陥時の損失」, 「必須文書の作成工数の割合」を使用している. 本研究ではそれらのリッカート尺度値の平均値を使用してパラメータ値を算出したが, 今後の研究法としては AHP 法等を使用した重みの設定, サーベイデータを使用した回帰分析が考えられる. また, 本

研究ではオーバーヘッド変数をプロジェクト開始前に推定する定数値として計算したが、プロジェクト開始前の推定値を用いて計画駆動かアジャイルかどちらかを選ぶのであれば、その前提はやむを得ないと考えられる。先行研究ではイテレーションの数が増えるとオーバーヘッド変数が大きくなることが言及されている[28]。本モデルの動的解析への拡張も、今後の研究課題の1つと考えられる。

今後の展望の3つ目としては、さらに多くの事例を使用した実証的研究が挙げられる。実証的研究として2点考えられる。1点目は本研究の方法論を使用した場合の、プロジェクトの成功度の変化を調査することである。先行研究では、本来は計画駆動型で実施すべきプロジェクトで、アジャイル型を使用している場合もあるとされている[13]。本研究ではハイブリッドアプローチを含む3手法の有効領域を出力しており、特に大規模プロジェクトにおけるハイブリッドアプローチの選択により工数上のプロジェクトの成功度合の向上が予想される。2点目は、国内・海外事例データの比較である。本研究でのサーベイデータ及び10社のプロジェクトマネージャ及びその関係者のインタビューは、日本国内のものであった。大手銀行業のプロジェクトマネージャは「新しいビジネスのチャンスが海外のほうが圧倒的にあって、そこに投資していかなくてはいけない流れで、よりプランドリブン（計画駆動）だけでは対応できない状況」と述べているが、同時に「銀行から他社の直接の指示は、業務遂行責任者となる。他の人は直接指示できないことになっている。（中略）アジャイルの場合はその労務的な観点をどうするかについて、目配りする必要がある」と述べている。またプラントエンジニアリング会社の社内IT部署のマネージャは契約形態について述べている「アジャイル系だと契約方法が違う。ウォーターフォールは一括発注。アジャイル型は実績精算。ウォーターフォールの場合は要件定義をして、使用についてフェーズフェーズで確認して、追加が発生したら追加をくださいとなる。アジャイルの場合はやりながら、見せながらとなる、その場合は追加が発生しますよと言い、追加が発生したらOKをもらい、OKであればその分すすめる。ユーザーとのやり取りをしながらやっていく」。日本国内でのITシステム開発の受注者は請負契約による固定価格で受注していることが多いといわれる。国内の法規制や契約形態により、アジャイル

型の効果に影響が出てきていることが複数のインタビューで指摘されている。それらの国内の法規制、商習慣がアジャイル型の効果のうち手戻りの抑制効果にどのように影響するのかモデル化し、国内外のデータを分析から欧米と日本のアジャイル型の導入率の違いを考察することも、今後の研究課題と考えられる。

Appendix A アンケート質問票

第2章で述べたアンケートの質問文を以下に示す。

あなたが所属している会社・組織と、役割等についての質問（Q1-Q6）にご回答ください。

Q1 業種

- 航空・防衛
- 自動車
- 化学工業
- 建設
- コンサルティング
- 電気製品・機器製造
- エネルギー・石油関連
- メディア・エンターテインメント
- 銀行、保険、金融サービス
- 食料品製造
- 政府・自治体関連
- ヘルスケア
- IT システムプロバイダ・インテグレータ
- 鉄鋼業・金属製品製造
- 研究機関・教育関連
- ソフトウェア
- 電気通信
- その他 _____

Q2 従業員数

- 10,000 人以上
- 1,000 人以上 and 10,000 人未満
- 500 人以上 1,000 人未満
- 500 人未満

Q3 年間売上

- 10 億円以上
- 5 億円以上～10 億円未満
- 1 億円以上～5 億円未満
- 1 億円未満

Q4 プロジェクトにおけるポジション

- プロジェクトマネージャ (または, プログラムマネージャ)
- プロジェクトチームメンバー
- プロジェクトステークホルダー
- その他 _____
- プロジェクトに所属していない

Q5 プロジェクトマネジメント経験年数

- 15 年以上
- 10 年以上 ～ 15 年未満
- 5 年以上 ～ 10 年未満
- 3 年以上 ～ 5 年未満
- 1 年以上 ～ 3 年未満
- 1 年未満

Q6 プロジェクトマネジメントプロフェッショナル (PMP) に認定されていますか?

- はい
- いいえ

過去 3 年にあなたが参画したプロジェクトのうち、所属組織や顧客にとって最も大きな影響を与えたプロジェクトを選んでください。そのプロジェクトについて以下の質問 7 から 16 にご回答ください。

Q7 プロジェクトの範囲と主要成果物について簡単に記述ください。

プロジェクト範囲概要 (例 CAD ソフトウェア開発, ERP システム実装)
主な成果物 (例: ソフトウェアモジュール, クラウド上のシステム, 外部向け Web サイト)

Q8 プロジェクトチームメンバー数

- 100 人以上
- 50 人以上 ~ 100 人未満
- 20 人以上 ~ 50 人未満
- 20 名未満

Q9 プロジェクト期間

- 3年以上
- 1年以上 ～ 3年未満
- 6か月以上 ～ 1年未満
- 3か月以上 ～ 6か月未満
- 3か月未満

Q10 前の質問で選択されたプロジェクトの開始前に想定した，プロジェクトの性質についてお聞きします．最も当てはまるものを選択してください．

全く当てはまらない (1)	少し当てはまらない (2)	どちらともいえない (3)	少し当てはまる (4)	よく当てはまる (5)
プロジェクトの成果物（製品またはソリューション）は現存しない，全く新しい製品またはソリューションである。				
製品またはソリューションの市場データが現存していない。				
該当プロジェクトでは様々な新技術を使用する必要がある。				
必要となる技術はプロジェクトの初期フェーズ時点で存在していない。				
製品やソリューションは共通の目的を持った広範囲に分散したシステム集合を含んでいる。				
製品またはソリューションはシステムとサブシステムの複雑な複数階層から構成される。				
プロジェクトの完了時期は，プロジェクトの成功にとって極めて重要である。				
プロジェクト緊急度が高く，かつ使用できる期間は非常に限られている。				
要求の変更による，かなりの規模のプロセスや作業の再実施作業（手戻り作業）が高い確率で予想される。				
ソリューションの変更による，かなりの規模のプロセスや作業の再実施作業（リワーク）が高い確率で予想される。				
プロジェクトステークホルダー（プロジェクトチームを含む）は異なる出身国の個人から構成されている。				
プロジェクト作業実施場所が異なる国をまたぎ地理的に分散している。				
プロジェクトの要求は異なる国から収集される。				
プロジェクトの成果物（製品やソリューション）は外資系の製造業者やサービスプロバイダによって開発される。				
プロジェクトゴールは明確に定義され，文書化されている。				
プロジェクトゴールはステークホルダーに適切に伝達されている。				

高い安全性が要求される法規制を順守する必要がある。

プロジェクト成果物の欠陥は人命に関わる。

所属組織の財務諸表はプロジェクトの成否に大きく影響される。

プロジェクトの親組織とは独立した第三者により、プロジェクトの品質保証が最終担保される必要がある。

Q11 前の質問で選択されたプロジェクトの実績パフォーマンスについてお聞きします。最も当てはまるものを選択してください。

全く当てはまらない (1)	少し当てはまらない (2)	どちらともいえない (3)	少し当てはまる (4)	よく当てはまる (5)
プロジェクトは予算内に終了した。				
プロジェクトは締切期間内に終了した。				
プロジェクト成果物は求められている品質を満たした。				
プロジェクトスポンサーはプロジェクトを成功と判断した。				
プロジェクトチームはプロジェクトの結果に満足している。				
エンドユーザーはプロジェクトの成果物（実績）がビジネス上の利益をもたらすと判断した。				
要求定義の誤りが原因で、プロセスや作業の再実施作業（手戻り作業）が発生し、プロジェクト全体に影響を及ぼした。				
ソリューション設計の誤りが原因で、かなりの規模のプロセスや作業の再実施作業（手戻り作業）が発生し、プロジェクト全体に影響を及ぼした。				
開発されたものに誤りがあることが原因で、かなりの規模のプロセスや作業の再実施作業（手戻り作業）が発生し、プロジェクト全体に影響を及ぼした。				
機能要求の変更が原因で、かなりの量の手戻り作業が発生し、プロジェクト全体に影響を及ぼした。				
ソリューション設計の変更が原因で、かなりの量の手戻り作業が発生し、プロジェクト全体に影響を及ぼした。				
ステークホルダーのニーズの変更が原因で、かなりの量の手戻り作業が発生し、プロジェクト全体に影響を及ぼした。				

Q12 前の質問で選択されたプロジェクトの進捗にあたっての実際の状況についてお聞きします。最も当てはまるものを選択してください。

全く当てはまらない (1)	少し当てはまらない (2)	どちらともいえない (3)	少し当てはまる (4)	よく当てはまる (5)
<p>要求文書はプロジェクト成果物の設計に必要な情報を全て網羅していた。</p> <p>要求項目間に内容の矛盾はなかった。</p> <p>要求は試験可能だった。</p> <p>要求はステークホルダーが受け入れ可能なものだった。</p> <p>上位要求と下位要求間の関係を追跡（トレース）可能だった。</p> <p>要求は設計フェーズの前にベースライン化され、凍結された。</p> <p>要求は、設計者とのコミュニケーションにあたり適切に文書化された。</p> <p>ソリューション設計は要求の実装にあたり必要な情報を全て網羅していた。</p> <p>ソリューション設計に矛盾のみられる内容はなかった。</p> <p>ソリューション設計仕様は後続のプロジェクトフェーズで検証可能だった。</p> <p>ソリューション設計は要求との追跡性（トレーサビリティ）を保った形で、わかりやすく書かれた。</p> <p>ソリューション設計は開発フェーズの前にサインオフされた。</p> <p>ソリューション設計は開発者とのコミュニケーションに当たり適切に文書化された。</p> <p>ソリューションの実現可能性と、アーキテクチャの妥当性は実装フェーズ前に確認された。</p>				

Q13 前の質問 (Q12) 中のプロジェクト要求についての評価の背景及び理由を自由にご回答ください (例: 市場からみた新規性が高く要求を正確に表現できなかった, ステークホルダーニーズが曖昧だった).

Q14 前の質問 (Q12) 中のソリューション設計についての評価の背景及び理由を, 自由にご回答ください (例: 設計者が初めて経験する領域の新ソリューションだった, システム全体のアーキテクチャ構成とインターフェース仕様が決まっていなかった).

Q15 前の質問で選択されたプロジェクトで、実際に使用されたプロジェクトマネジメント・アプローチについてお聞きします。最も当てはまるものを選択してください。

全く当てはまらない (1)	少し当てはまらない (2)	どちらともいえない (3)	少し当てはまる (4)	よく当てはまる (5)
<p>プロジェクトスケジュールは一連のフェーズからなる単方向パスとして計画された。</p> <p>プロジェクトスコープ・要求とその優先順位は初期フェーズで定義された。</p> <p>プロジェクトのフェーズゲートレビューは文書を通して実施され、サインオフが行われた。</p> <p>顧客のプロジェクトへの参画は、主に、要求及び試験フェーズに限定されていた。</p> <p>プロジェクトマネージャがガバナンス（統治）とコントロールした。</p> <p>プロジェクトは要件定義，設計，開発，テスト反復，また期間的に重複したフェーズを使用して計画・実行された。</p> <p>プロジェクト要求はプロジェクトライフサイクルを通じて定義され，また優先順位づけされた。</p> <p>プロジェクトフェーズゲートレビューは動作する成果物（ソフトウェア等）を使用して行われた。</p> <p>顧客はプロジェクトのすべてのフェーズに参画していた。</p> <p>プロジェクトチームメンバーがプロジェクトマネージ・コントロールする権限を持っていた。</p> <p>全体として，プロジェクトマネジメント・アプローチは伝統的な手法に基づいていた。（例：ウォーターフォール型手法）</p> <p>全体として，プロジェクトマネジメント・アプローチはアジャイル的的手法に基づいていた。（例：スクラム手法）</p>				

Q16 前の質問で選択されたプロジェクトマネジメント・アプローチがアジャイル型の場合、実際に使用されたアジャイル開発手法を選択してください。

- XP (Extreme Programming)
- Scrum
- XP-Scrum
- DSDM (Dynamic Systems Development Method)
- Crystal
- FDD (Feature Driven Development)
- Lean
- Kanban
- Other (please specify) _____

Q17 所属組織におけるプロジェクトマネジメント・アプローチとその認識についてお聞きします。最も当てはまるものを選択してください。

全く当てはまらない (1)	少し当てはまらない (2)	どちらともいえない (3)	少し当てはまる (4)	よく当てはまる (5)
所属組織のポリシーは、Waterfall 手法などの伝統的プロジェクトマネジメント手法を使用することになっている。				
所属組織のポリシーは Scrum 手法などのアジャイル的プロジェクトマネジメント手法を使用することになっている。				
所属組織のポリシーは伝統的、アジャイル的プロジェクトマネジメント手法の双方を使用することになっている。				
Waterfall 型のプロジェクトのほうが、より高いプロジェクト効率（コスト、時間）をもたらすと考えられている。				
アジャイル型のプロジェクトのほうが、より高いプロジェクト効率（コスト、時間）をもたらすと考えている。				
Waterfall 型のプロジェクトのほうが、より高い成果物品質レベルをもたらすと考えている。				
アジャイル型のプロジェクトのほうが、より高い成果物品質レベルをもたらすと考えている。				
Waterfall 型のプロジェクトのほうがより大きなステークホルダー満足度が高いと考えている。				
アジャイル型のプロジェクトのほうがより大きなステークホルダー満足度が高いと考えている。				

Q18 所属組織のビジネス戦略に沿った、理想とするプロジェクトマネジメント・アプローチについて、最も当てはまるものを選択してください

全く当てはまらない (1)	少し当てはまらない (2)	どちらともいえない (3)	少し当てはまる (4)	よく当てはまる (5)
プロジェクトスケジュールは一連のフェーズからなる単一パスとして計画されるべきである。				
プロジェクトスコープ・要求とその優先順位は初期フェーズで定義されるべきである。				
プロジェクトのフェーズゲートにおけるレビューは文書を通して実施され、サインオフが行われるべきである。				
顧客のプロジェクトへの参画は要求及び試験フェーズに限定されるべきである。				
プロジェクトマネージャがガバナンス（統治）とコントロールすべきである。				
プロジェクトは要件定義，設計，開発，テスト反復，また期間的に重複したフェーズを使用して計画・実行されるべきである。				
プロジェクト要求はプロジェクトライフサイクルを通じて定義され優先順位づけされるべきである。				
プロジェクトフェーズゲートにおけるレビューは動作する成果物（ソフトウェア等）を使用して行われるべきである。				
顧客はプロジェクトのすべてのフェーズに参画すべきである。				
プロジェクトチームメンバーがプロジェクトマネージ・コントロールする権限を持つべきである。				
全体として，プロジェクトマネジメント・アプローチは伝統的な手法に基づくべきである。（例：Waterfall 型手法）				
全体として，プロジェクトマネジメント・アプローチはアジャイル的的手法に基づくべきである。（例：Scrum 手法）				

Q19 国籍を選択してください。

Appendix B ハイブリッドアプローチ検討フローの提案

B.1 各手法の選択のための総合評価の必要性

企業レベルの大規模プロジェクトにアジャイル手法を適用するにあたって、様々なプロジェクトの性質を総合的に評価する必要がある。

- プロジェクト規模（規模） [13, 18, 54]
- プロジェクトのクリティカルリティ [13, 52]
- 所属組織の文化・商習慣 [13, 25, 36]
- プロジェクトの外部環境 [13, 36]

先行研究では、規模に関連した対照的な主張がみられる。Boehm 達は大規模プロジェクト（メンバー数 40 名以上、複数チーム）ではアジャイル型は効率的ではなく、計画、文書やプロセスを多用する計画駆動型のほうが適していると述べている。一方、Highsmith は、プロジェクトマネジメントチーム、および責任の明確化等の規制を効率的に活用することで、アジャイル型の大規模プロジェクトへの拡張は可能と述べている[18]。本研究では、規模を評価する入力変数として、先行研究[47]で提示されてきたプロジェクトチーム数を使用した。

クリティカルリティについても、同様に相反した考え方がみられる。社会インフラ関連の基幹システムの開発等、障害時の影響が大きく（クリティカルリティが高く）、体系的で厳密な品質マネジメント、信頼性の保証、および法規制への対応にあたり膨大な文書作成が必要な場合がある。従って、動作するソフトウェアを使用したインフォーマルなレビュープロセスを活用するアジャイル型と相いれない[13]。一方、クリティカルリティが高い場合も、変更柔軟に対応しながら、必要とされるシステム検証と妥当性確認を実施している成功事例がある[52]。本項では、クリティカルリティを評価するための入力変数として、欠陥時の損失と必須文書の作成工数の全体工数に対する割合（必須文章の作成工数の割合）を使用した。

上述の先行文献にある対照的な主張を鑑み、プロジェクトの性質を統合的に分析する必要がある。本項で提案するプロジェクト性質に関する評価軸と主な変数を図 B.1 に示す。プロジェクト規模(Project size. PS と略する)、クリティカルリティ(Criticality. CC と略する)、および要求変更の割合の 3 つとする。

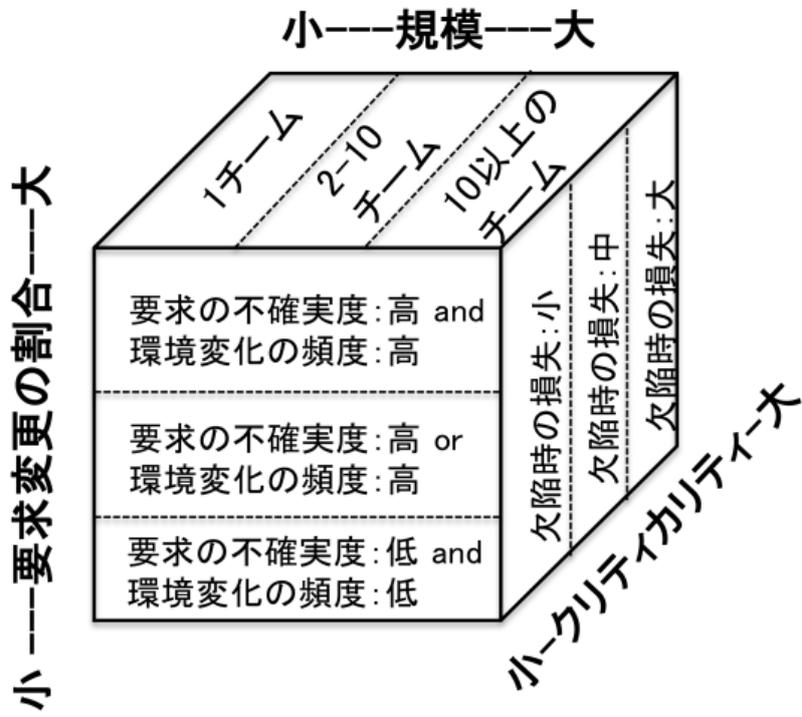


図 B.1 プロジェクト性質の評価軸

ハイブリッドアプローチやアジャイル型手法を併用するにあたり、顧客と協業しながらイテレーション開発を効率よく進める必要がある。但し、その方策の研究のほとんどはソフトウェア工学領域のものであり、プロジェクトマネジメント上の位置づけが明確であるとは言えなかった。

Chow 達はサーベイを使用した統計分析により、アジャイル型のプロジェクトの成功要因として 36 個の仮説（大分類は組織、人、プロセス、技術、プロジェクト性質）を検証したところ、継続的な出荷、統合テスト等の技術的な戦略が重要な成功要因の 1 つであると述べている[25]。大規模プロジェクトへのアジャイル型の適用にあたっては、継続的統合とテストの自動化が課題となる[23]。一方、企業レベルの主要ステークホルダーの巻き込み、および複数チーム体制下での要件の効果的な優先順位づけといった、プロジェクトマネジメント上の課題も指摘されている[55]。

本項では、プロジェクトマネジメント上の重要タスクとして、イテレーション開発の効果（Iteration effectiveness. IE と略する）の評価を明示した。顧客にとって価値のある変更に効率的・効果的に対応するため、上述の技術的およびマネジメント上の課題に対応したイテレーション開発戦略を策定することが必要と考えられる。

ハイブリッドアプローチの検討フローの入力変数と関連する評価項目を表 B.1, 表 B.2 および表 B.3 に列挙する。プロジェクトマネージャは、定量的変数の数値を入手しておく。但し、定性的な評価項目から開発手法をプロジェクトマネージャが都度判断するのは容易でないと考えられるため、プロジェクトの親組織が開発手法の選択方針を事前に策定しておく必要がある。

入力変数間には関連がある場合があるため、入力値の一貫性に注意を要する。ビジネス環境の流動性または所属組織の改編可能性が高いと、不確実な要求の割合が大きくなる傾向がある。また、文書化工数の割合は法規制への遵守必要性と関連がある。

プロジェクト環境に関する入力変数は様々だが、本研究では先行研究を参照し、企業レベルの大規模 IT ソフトウェア開発に関連した、4 つの変数に着目した。

イテレーション開発戦略に関する変数は、ハイブリッドアプローチの目的を

達成するために重要である。イテレーション開発戦略が効果的に計画できない場合、ハイブリッドアプローチの効果は小さい。

表 B.1 プロジェクト環境に関する入力変数

変数	種別	評価項目
ビジネス環境の変化の頻度	定性	CP
所属組織の改編の頻度	定性	CP
法規制への遵守必要性	定性	CP, CC
ベンダーとの契約の柔軟性	定性	CP

表 B.2 プロジェクト性質に関する入力変数

変数	種別	評価項目
要求の不確実度	定性	CP
プロジェクトチーム数	定量	PS
欠陥時の損失	定性	CC
各フェーズの見積もり工数	定量	CP, PS
必須文書の作成工数の割合	定量	CC

表 B.3 イテレーション開発戦略に関する入力変数

変数	種別	評価項目
主要ステークホルダーの巻き込み	定性	IE
効果的な優先順位づけ	定性	IE
継続的統合	定性	IE
自動テスト	定性	IE

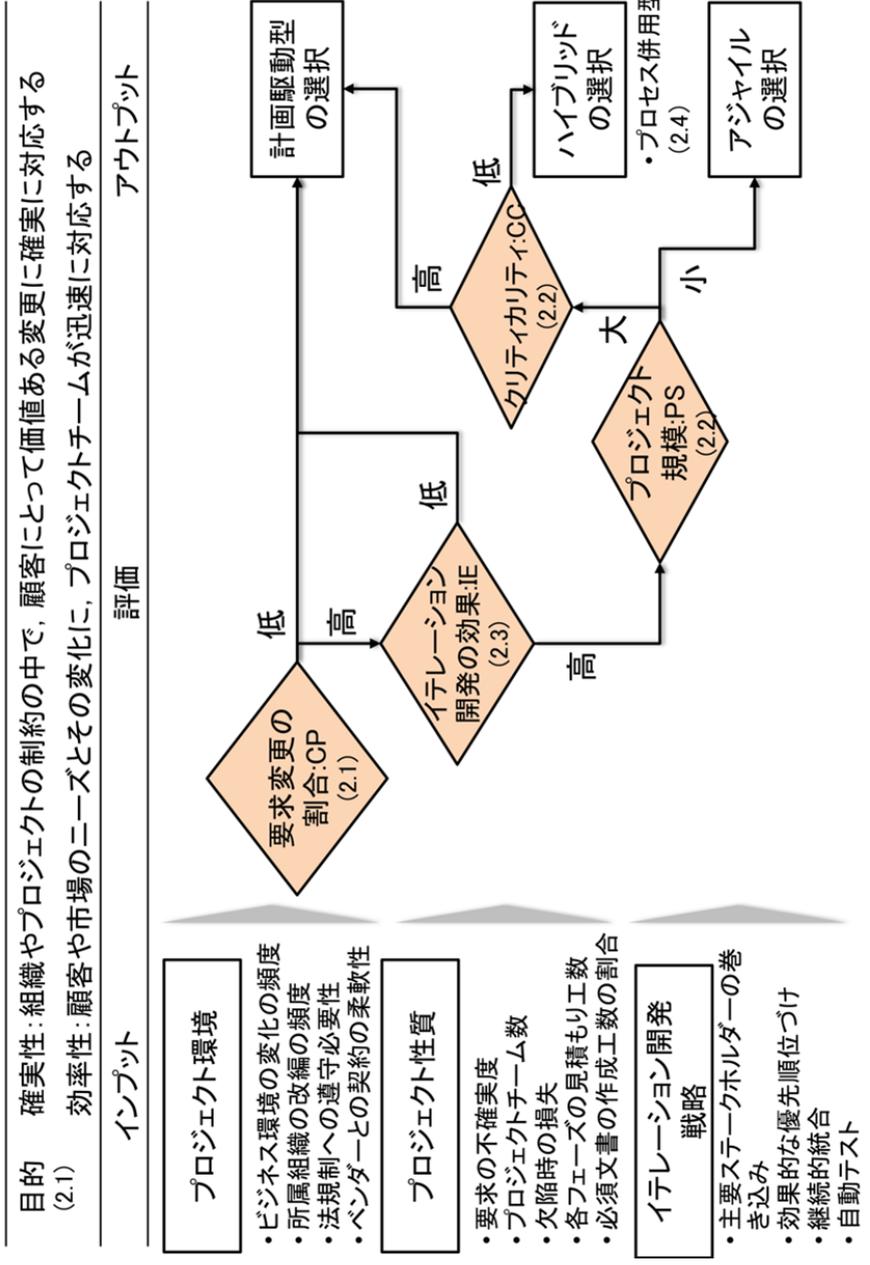
B.2 マネジメント方法論の提案

企業における IT システム・ソフトウェア開発を対象にした、ハイブリッドアプローチの検討フローを図 B.2 に示す。条件ポイントは 4 つある。図 B.1 より、「要求変更の割合:CP」,「プロジェクト規模:PS」,「クリティカリティ:CC」,「イテレーション開発の効果:IE」とした。

ハイブリッドアプローチの計画にあたっては不確実な要求項目の全体に占める割合 (CP) を最初に精査すべきである。この割合が相対的に小さい場合はアジャイル型を併用するメリットは小さい。また、不確実な要求の割合が高くても、イテレーション開発の効果 (IE) が小さいと、アジャイル型を併用するメリットは小さいため、プロジェクトマネージャはステークホルダーマネジメント、継続的統合・テスト等の戦略を計画する必要がある。また、クリティカリティ (CC) が高い大規模プロジェクトでは、品質保証、規制対応のため必要な文書が多く、計画駆動型が適しているとした。但し、クリティカリティは尺度値のため、親組織が評価ルールを事前策定しておく必要がある。

Boehm 等はリスクベース手法を使用した、アジャイル型と計画駆動型手法の併用戦略 (Mixed strategy) を提示している[13]。初期計画に費やす工数を説明変数、変更の対応遅延リスク、重要タスクの計画漏れリスクの合計 (リスクエクスポージャー) を従属変数とする最小化問題として扱い、ハイブリッドアプローチのコストメリットが高い領域をスイートスポットと称している。

本項で提案する検討フローは、イテレーション開発戦略の明示的な追加している。効果的なイテレーション開発のためマネジメントおよび技術課題を早期評価することをプロジェクト計画タスクに明示しており、プロジェクトマネジメント上より実用的であると考察される。



図B.2 ハイブリッドアプローチの検討フロー

Appendix C グローバル型プロジェクトにおける手戻り発生の構造モデル

本項では、アジャイル型が使用しにくいと言われているグローバルプロジェクトの手戻り発生の構造モデルを提示する。多くのソフトウェア開発プロジェクトはグローバル型である一方、プロジェクトの生産性は手戻り作業等により約 50%低下するといわれている。本項は市場新規性 (N)、技術新規性 (T)、複雑性 (C)、および緊急性 (P) の 4 次元からなる NTCP モデルを理論レンズとし、グローバル型プロジェクト (GPJ) の特性と大規模手戻りとの関係と構造を考察する。サーベイにより収集した 144 個のプロジェクト事例データの共分散構造分析によると、GPJ が大規模手戻りに至るパスは複数あり、それぞれ異なるプロジェクトマネジメント上の施策の必要性を示唆していた。

C1.背景

日本国内では海外オフショア率は全体の 3 割、従業員 1,000 人以上の会社では 60%以上が海外法人への発注をしており、また、68%の企業がオフショア開発の取り組み意向を拡大したいとの調査結果がある[56]。一方、世界規模の調査によると、80%のソフトウェア開発プロジェクトはグローバル型である一方、生産性は手戻り作業等により 50%以上低下する傾向があるといわれている[57]。

先行研究では、グローバル型プロジェクト (GPJ) の特性として多拠点および多文化を強調していることが多い。Anantatmula 達は GPJ を「多国籍間プロジェクト、つまり異なる国からの個人から構成されるプロジェクトチームによる一時的な活動で、共通の目的を持ちながら異なる文化や事業体の中で作業すること」と定義している[41]。しかしながら、そのような GPJ の特性がどのような要因で大規模手戻り作業に影響するかを構造的に分析した先行研究は、筆者達の知る限りみられない。

プロジェクトの特性とその成否を分析した定性的研究のうち、Shenhar 達はプロジェクトの市場新規性 (Novelty)、技術的新規性 (Technology)、複雑性 (Complexity)、および緊急性 (Pace) の評価手法とプロジェクトマネジメント施策からなる NTCP モデルを提唱し、大規模プロジェクトの事例研究を行っている[33, 58]。NTCP モデルは約 600 個のプロジェクト事例から導出され、

様々な失敗・遅延事例の調査結果の中に GPJ も含まれており、GPJ の特性を評価し失敗に至る要因の分析とその対策を考察するための理論レンズとして適当と考えられる。

本項は、NTCP モデルの 4 指標を使用して GPJ の特性との関係を分析した後、GPJ が大規模手戻り至る構造を考察する。調査データとして、サーベイにより収集した 144 個のプロジェクト事例を使用する。また、多変量解析手法として、相関分析と共分散構造分析を使用し、NTCP モデル指標と GPJ の特性、および GPJ の特性とプロジェクト成否の関係と構造を定量的に明らかにする。対象とする GPJ は、前述の先行研究における特性を持つプロジェクト全般とする。

本項は、プロジェクトマネージャとその所属組織向けに、多様な GPJ の特性と大規模手戻りとの関係および構造を提示し、成功に向けてのプロジェクトマネジメント上の知見を提供することを目的とする。従来は、定性的な説明となっていた NTCP モデル指標と GPJ の特性との関係を、定量的研究を通じて構造化することは、それらの先行研究の実証と拡張に寄与すると期待される。

C2. 調査方法

プロジェクトの市場新規性 (N), 技術新規性 (T), 複雑性 (C), 緊急性 (P), プロジェクトのグローバル性およびプロジェクトの成否との関係を調査するため質問票を作成した. 表 D.1 に本項が対象とする質問内容と, NTCP モデル指標およびグローバル性 (G) との関連を示す. 選択式の設問では, 5 段階のリッカート尺度 (「よく当てはまる (5)」から「全く当てはまらない (1)」) を用いた. NTCP モデルおよびグローバル性についての質問内容の設定にあたって, 前節で述べた Shenhar 達および Anantatmula 達の先行研究を参照した[33, 41].

プロジェクトの成功に関する質問では, 品質, コスト, 納期, スポンサー満足度を調査対象とした. プロジェクトの失敗に関する質問では, 先行研究を参照し[37, 57], 要求, 設計または開発の誤りや変更に起因した, プロジェクト全体に影響する手戻り作業の発生に関する質問を設定した.

質問票の対象は, 主に国内のプロジェクトマネージャおよびプロジェクトメンバーとし, インターネット上のアンケート調査システムを使用してデータを収集した. 質問票の送信先は, 主に複数のプロジェクトマネジメント団体およびコミュニティとし, 回答収集は 2016 年 3 月から 6 月に実施した. 148 件の有効回答から欠損値を含む回答を除いた, 144 件を分析対象とした.

回答者の属する組織の 47%は IT システム・ソフトウェア関連作業だが, 残りは電気製品・機器製造またはコンサルティング会社等多岐にわたる. 企業規模は, 従業員数 10,000 人以上が 26%, 500 人以上 10,000 人未満が 45%, 29%が 500 人未満となった. また, プロジェクトチームサイズの 15%は 100 人以上, 34%は 20 人以上 100 人未満, 51%は 20 人未満であった. プロジェクト期間は 59%が 1 年以上の長期プロジェクトとなっている. 回答者の職種はプロジェクトマネージャが 67%で, そのうち 72%が経験年数 10 年以上であった.

回答されたプロジェクトの 68%に, グローバル性 (Q10_11 から Q10_14 のいずれかの回答が「よく当てはまる」または「少し当てはまる」) がみられた. 特に「作業場所」が地理的に分散 (Q10_12) は 48%となり, 「ステークホルダー」が異なる出身国 (Q10_11) 42%, 「外資系の製造業者」(Q10_14) 43%, 「要求は異なる国」(Q10_13) 32%と比べて高い傾向がみられた.

回答されたプロジェクトの約 8 割は「品質を満たした」(Q11_1, 79%) と「ス

ポンサー」が成功と判断（Q11_4, 80%）が「よく当てはまる」または「少し当てはまる」であった。一方、「予算内に終了した」（Q11_2）は63%、「締め切り期間内に終了」（Q11_3）は72%となっていた。これらの傾向は、他のプロジェクト成否に関する調査結果と同様であり[59]、本データを使用した分析は有効と考えられる。

表 C.1 質問票

番号	質問内容
Q1-6	回答者属性
Q1.産業, Q2.組織の規模, Q3.年間売上, Q4.職種, Q5.PM経験年数, Q6.PMP取得有無	
Q7-9	プロジェクト属性
Q7.スコープ・成果物（自由回答）, Q8.チームメンバー数, Q9.期間	
Q10_#	プロジェクトの性質（選択式, Q10_5およびQ10_10は本論文で使用しない質問につき省略）
<ol style="list-style-type: none"> 1. プロジェクトの成果物は現存しない, 全く新しい製品またはソリューションである. (N) 2. 必要となる技術はプロジェクトの初期フェーズ時点で存在していない. (T) 3. 製品やソリューションは共通の目的を持った広範囲に分散したシステム集合を含む. (C) 4. プロジェクトの完了時期は, プロジェクトの成功にとって極めて重要である. (P) 6. 製品またはソリューションの市場データが現存していない. (N) 7. プロジェクト緊急度が高く, かつ使用できる期間は非常に限られている. (P) 8. 該当プロジェクトでは様々な新技術を使用する必要がある. (T) 9. 製品またはソリューションはシステムとサブシステムの複雑な複数階層から構成される. (C) 11. プロジェクトステークホルダー（プロジェクトチームを含む）は異なる出身国の個人から構成されている. (G) 12. プロジェクト作業実施場所が異なる国をまたぎ地理的に分散している. (G) 13. プロジェクトの要求は異なる国から収集される. (G) 14. プロジェクトの成果物（製品やソリューション）は外資系の製造業者やサービスプロバイダによって開発される. (G) 	
Q11_#	プロジェクト成否（選択式, Q11_5およびQ11_6は本論文で使用しない質問につき省略）
<ol style="list-style-type: none"> 1. プロジェクト成果物は求められている品質を満たした. 2. プロジェクトは予算内に終了した. 3. プロジェクトは締め切り期間内に終了した. 4. プロジェクトスポンサーはプロジェクトを成功と判断した. 7. 要求定義の誤りが原因で, プロセスや作業の再実施作業（手戻り作業）が発生し, プロジェクト全体に影響を及ぼした. 8. ソリューション設計の誤りが原因で, かなりの規模のプロセスや作業の再実施作業（手戻り作業）が発生し, プロジェクト全体に影響を及ぼした. 9. 開発されたものに誤りがあることが原因で, かなりの規模のプロセスや作業の再実施作業（手戻り作業）が発生し, プロジェクト全体に影響を及ぼした. 10. 機能要求の変更が原因で, かなりの量の手戻り作業が発生し, プロジェクト全体に影響を及ぼした. 11. ソリューション設計の変更が原因で, かなりの量の手戻り作業が発生し, プロジェクト全体に影響を及ぼした. 12. ステークホルダーのニーズの変更が原因で, かなりの量の手戻り作業が発生し, プロジェクト全体に影響を及ぼした. 	

D3. 分析結果

GPJ の特性（グローバル性）と大規模手戻りの関係と構造を、NTCP モデルを理論レンズとして分析する。以降、統計解析ソフトウェア「SPSS Statistics Version 22」および「SPSS Amos 23.0.0」を使用した、相関分析および共分散構造分析の結果を提示する。同様の手法は、プロジェクトの成功要因を分析した先行研究で使用されている[60, 61].

グローバル性とプロジェクト成否の関係

表 C.1 で示した質問の回答結果を使用し、グローバル性とプロジェクトの成否指標の関係の相関分析を行った。グローバル性は表 D.1 に示した Q10_11 から Q10_14 の 4 回答の平均値を使用した。成功指標については、「品質を満たした」(Q11_1), 「予算内に終了」(Q11_2), 「締め切り期間内に終了」(Q11_3) および「スポンサー」が成功と判断 (Q11_4) の回答結果を使用した。またプロジェクトの失敗の指標として、大規模手戻り作業の発生の有無に関する質問 Q11_7 から Q11_12 の 6 回答の平均値を使用した。

表 D.2 に示す通り、グローバル性と「品質を満たした」(Q11_1), 「予算内に終了」(Q11_2), および「スポンサー」が成功と判断 (Q11_4) の間に統計上有意な負の相関がみられた。また、グローバル性と大規模手戻り作業の発生との関係は、統計上有意な正の相関となった。これらの結果により、グローバル性が高いプロジェクトでは、大規模手戻りが発生し、またプロジェクトの品質、納期、およびスポンサーの満足度に負の影響が生じていることが示唆される。

NTCP モデル指標とグローバル性の関係

プロジェクトの市場新規性、技術新規性、複雑性、緊急性 (NTCP モデル指標) と全項で述べたグローバル性との間の相関分析を実施した。市場新規性 (N) の指標値は Q10_1 と Q10_6 の回答の平均値, 技術新規性 (T) の指標値は Q10_2 と Q10_8 の回答の平均値, 複雑性 (C) の指標値は Q10_3 と Q10_9 の回答の平均値, 緊急性 (P) の指標値は Q10_4 と Q10_7 の回答の平均値を使用した。

表 D.3 に示す通り、グローバル性と、複雑性 (C) および緊急性 (P) の指標間に統計上有意な正の相関がみられた。Shenhar 達の文献では[33], グローバ

ル型（多拠点型）プロジェクトは複雑性が高い傾向があると述べられており、一致がみられる。

グローバル性と緊急性（P）との関係は同文献で明示されていないため、質問票の回答を使用した詳細な相関を分析した。表 D.4 で示した通り、「完了時期」は極めて重要（Q10_4）との有意な正の相関は「作業場所」が地理的に分散（Q10_12）および「外資系の製造業者」（Q10_14）にみられた。一方、「使用できる期間は非常に限られている」（Q10_7）との有意な正の相関は、「ステークホルダー」が異なる出身国（Q10_11）および「作業場所」が地理的に分散（Q10_12）にみられた。上記の結果の考察は次項で行う。

表D.2 グローバル性と成否指標の相関

	グローバル性	Q11_1	Q11_2	Q11_3	Q11_4	手戻り
グローバル性 (Q10_11-Q10_14)	1					
品質 (Q11_1)	-.205*	1				
予算内 (Q11_2)	-.141	.478**	1			
締切 (Q11_1)	-.191*	.471**	.645**	1		
スポンサー (Q11_3)	-.205*	.641**	.563**	.563**	1	
大規模手戻りの発生 (Q11_7-Q11_12)	.319**	-.523**	-.294**	-.335**	-.448**	1

** . 相関係数は 1% 水準で有意 (両側)

* . 相関係数は 5% 水準で有意 (両側)

表D.3 NTCPモデル指標とグローバル性の相関

	グローバル性	N	T	C	P
グローバル性 (Q10_11-Q10_14)	1				
市場新規性 (N: Q10_1, Q10_6)	-.062	1			
技術的新規性 (T: Q10_2, Q10_8)	-.018	.392**	1		
複雑性 (C: Q10_3, Q10_9)	.217**	.151	.305**	1	
緊急性 (P: Q10_4, Q10_7)	.280**	-.158	.068	.248**	1

** . 相関係数は 1% 水準で有意 (両側)

表D.4 緊急度とグローバル性の相関

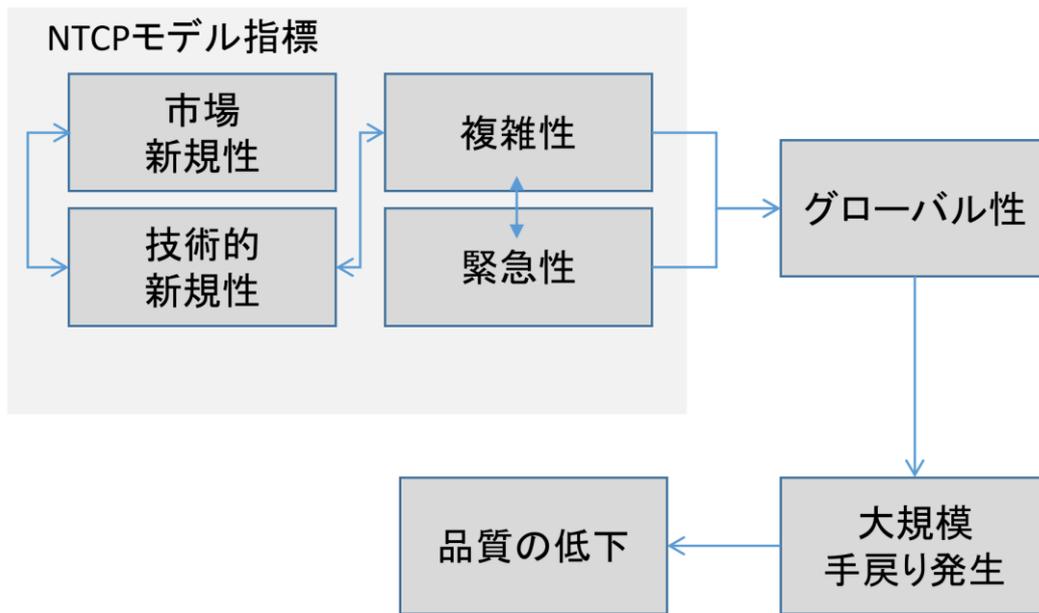
	Q10_11	Q10_12	Q10_13	Q10_14
完了時期 (Q10_4)	.111	.191*	.043	.211*
使用できる期間 (Q10_7)	.215**	.208*	.122	.079

** . 相関係数は 1% 水準で有意 (両側)

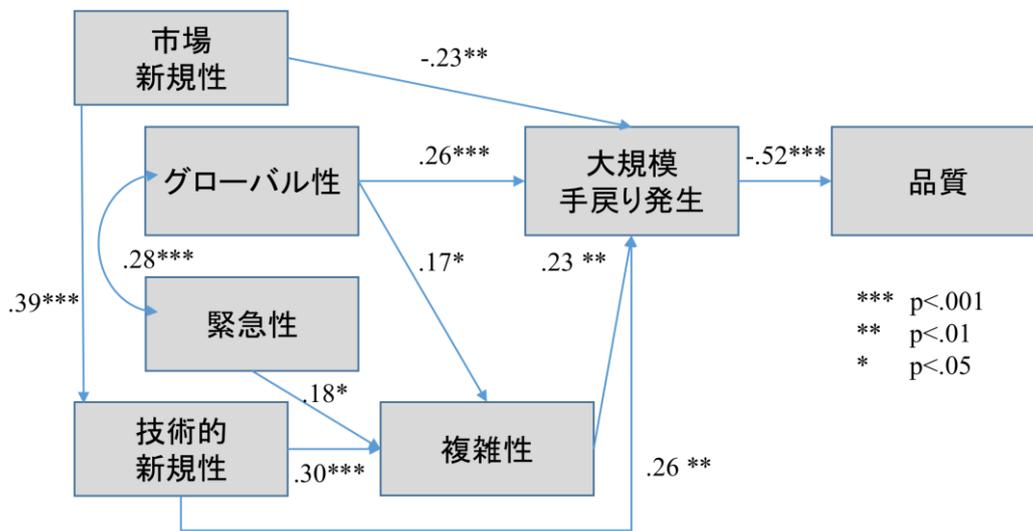
* . 相関係数は 5% 水準で有意 (両側)

表D.5 モデル1, 2, 3の適合度指標の比較

	カイ二乗	自由度	有意確率	GFI	AGFI	RMSEA	AIC
モデル1	11.899	11	0.371	0.976	0.939	0.024	45.899
モデル2	12.895	11	0.300	0.974	0.934	0.035	46.895
モデル3	12.675	11	0.315	0.975	0.935	0.033	46.675



図D.1 検討モデル



図D.2 GPJが大規模手戻りに至る構造 (モデル1)

GPJ が大規模手戻りに至るパス

前項までに示したグローバル性とプロジェクト成否の相関関係、および NTCP モデル指標とグローバル性の相関関係を踏まえ、グローバル型プロジェクトが大規模手戻りに至る要因の関係性を検討モデルとして図 D.1 に示す。本節ではまず、前項までに述べた NTCP モデル指標、グローバル性、および大規模手戻り作業を観測変数とした共分散構造分析を使用し、パス解析をおこなう。モデルの構築にあたって、図 D.1 を参照しモデルの当てはまりのよさを調べながら行い、表 D.2 および表 D.3 にみられる相関関係をパス図に追加した。

モデルはカイ二乗値、GFI、AGFI、RMSEA 値[61]、および AIC 値で適合度を評価した。GFI (Goodness of Fit Index) は適合度の指標であり、値が 1 に近いほど説明力のあるモデルとなる。AGFI(Adjusted Goodness of Fit Index) を使用して、 $GFI \geq AGFI$ となることを確認する。RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation) はモデルの分布と真の分布の乖離を 1 自由度当たりの量として表現した指標で、一般的に 0.05 以下であれば当てはまりがよいと判断される。AIC (赤池情報量基準) は複数のモデルを比較する際に、モデルの相対的なよさを評価するための指標であり、AIC 値が最も小さいモデルを選択する。

D.3 項で述べた NTCP とグローバル性の相関から、3 つのモデルを設定した。モデル 1 は緊急性 (P) がグローバル性と相関関係、グローバル性が複雑性 (C) につながるモデルとした。モデル 2 は緊急性 (P) および複雑性 (C) の双方がグローバル性につながるモデルとした。モデル 3 は複雑性 (C) がグローバル性に、グローバル性が緊急性 (P) につながるモデルとした。これら 3 つのモデルの適合度を比較したところ、モデル 1 の適合度が最もよかった (表 D.5)。図 D.2 にモデル 1 を示す (数値は標準化推定値、誤差変数を省略)。グローバル性から手戻りに至るパスは、直接のパスおよび複雑性を経由したパス、計 2 種類あることが示された。

モデル 1 のパス係数及び共分散値は、全て統計的に有意となった。大規模手戻りの発生はグローバル性からのパス係数が 0.26、複雑性からが 0.23、技術的新規性からが 0.26 で、グローバル性からの直接パスの係数が比較的大きくまた統計的な有意性も高かった。次項でグローバル性が大規模手戻りに直接的に至

る要因を分析する。

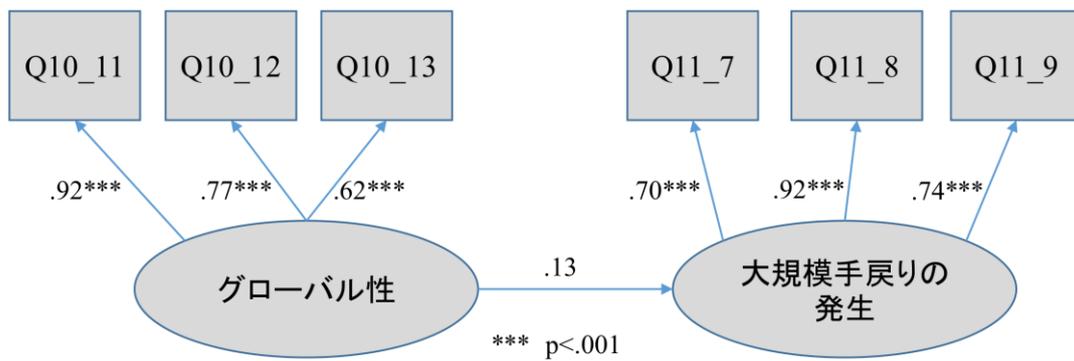
GPJ が大規模手戻りに至る要因

本項では「グローバル性」および「大規模手戻りの発生」を潜在変数として設定し、各設問で回答されたグローバル性の詳細 (Q10_11, Q10_12, Q10_13, および Q10_14,) と大規模手戻りの要因 (Q11_7, Q11_8, Q11_9, Q11_10, Q11_11, および Q11_12) を使用した多重指標モデルを構築する。モデルの評価指標は 3.3 項と同様とした (表 D.6)。

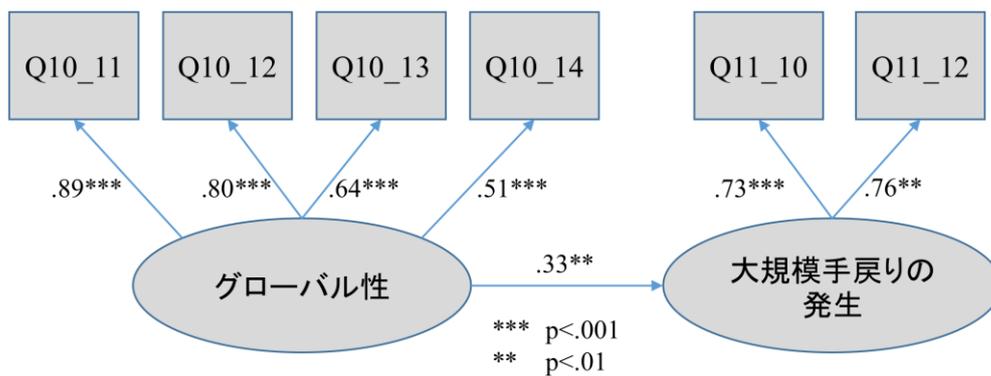
最も当てはまりがよいモデルを図 D.3 (モデル 4) および図 D.4 (モデル 5) に示す。四角が観測変数、楕円が潜在変数を示す (数値は標準化推定値, 誤差変数を省略)。モデル 4 およびモデル 5 に共通する傾向として、潜在変数「グローバル性」から「ステークホルダー」が異なる出身国 (Q10_11), 「作業場所」が地理的に分散 (Q10_12) への因子負荷量が比較的高い。モデル 4 では、「グローバル性」から「外資系の製造業者」(Q10_14) へのつながりがなく、「大規模手戻りの発生」から「ソリューション設計の誤り」(Q11_8)への因子負荷量が 0.92 で最も高い。つまり、主に設計品質の誤りに起因して大規模手戻りの発生に至るモデルとなった。モデル 5 では、「グローバル性」から 4 つの因子全てにつながりがあり、「大規模手戻りの発生」から「機能要求の変更」(Q11_10), 「ステークホルダーのニーズの変更」(Q11_12)の因子負荷量がほぼ同じ値となった。つまり、要求提出者側の変更起因して大規模手戻りの発生に至るモデルとなった。モデル 4 とモデル 5 を比較したところ、適合度の指標はモデル 5 のほうがよい。また、「グローバル性」から「大規模手戻りの発生」への標準化係数は、モデル 5 が 0.33 でより高く、また統計上有意性が高い。従って、グローバル性と大規模手戻りの発生へのつながりは、変更起因する場合のほうが比較的強いことが示唆される。

表D.6 モデル4, 5の適合度指標の比較

	カイ二乗	自由度	有意確率	GFI	AGFI	RMSEA	AIC
モデル4	10.359	8	0.241	0.977	0.939	0.045	36.359
モデル5	4.808	8	0.778	0.989	0.970	0.000	30.808



図D.3 要求・設計・開発の誤りによる手戻りの構造 (モデル4)



図D.4 要求・ニーズの変更による手戻りの構造 (モデル5)

C4. 考察

GPJ の複雑性と緊急性

本項は、先行研究では定性的に説明されていた NTCP モデル指標と GPJ の特性（グローバル性）の関係を定量的に明らかにした。GPJ は 4 つの NTCP モデル指標のうち、複雑性および緊急性と統計上有意な正の相関関係があった。

NTCP モデルでは複雑性を「プロジェクト構成要素間の相互作用の数や種類」から評価している[33]。複雑性はプロジェクトタスク数等に応じて 3 種類に分類される。英仏海峡トンネル建設プロジェクト等の大規模型多拠点プロジェクトの場合、複雑性が最も高い「Array」型になる傾向があるとされている。「Array」型プロジェクトでは、フォーマルな文書体系と厳格な管理プロセスを持ったプロジェクトマネジメントが必要とされる[33]。但し、GPJ では多拠点、多文化といった特性があるため[41]、プロジェクト構成要素間の相互作用の他、ステークホルダー間の相互作用による複雑性が付加され、納期遅延の可能性がより高まると考察される。例えば、英仏海峡トンネル建設プロジェクトでは、英仏政府間調整の遅れ、意思決定機関、ドキュメントの不備により、19 か月の納期遅れ、約 30 億ドルのコスト超過が発生したといわれている[33]。多拠点、多文化にともなう複雑性が過小評価された場合、GPJ の成否に大きな影響を与える可能性がより高くなることを、プロジェクト管理者は留意すべきと考察される。

また、本項はグローバル性が緊急性と比較的強い関係があることを明らかにした。NTCP モデルでは緊急性を「Time-to-Market まで時間」と定義している[33]。緊急性は「通常」、「スピード重視」、「緊急」、「重大局面」からなる 4 つのレベルで評価され、緊急性が高くなるにつれて経営層等のトップマネジメントの関与度を高くすべきとされている。筆者らが関わるグローバル市場向けのハードウェア製品開発やソフトウェア・システム開発では、各国の市場や競合の動向をみながら要求仕様を後ろ倒しする一方、量産開始やサービス開始を前倒ししている事例がみられる。D.3 項で示したように、多国籍のステークホルダーからなる GPJ では、プロジェクト期間が非常に限られている傾向があるため（表 D.4）、緊急性が比較的高くなる傾向があると考察される。今後、本分析結果をもとに、緊急性と GPJ の因果関係をさらに詳細に調査する予定である。

GPJの成功に向けての課題

本項は GPJ の特性となる「グローバル性」が高くなると、大規模手戻りの発生を通じて品質に負の影響を与える傾向が高いことを定量的に示した (D.3 項)。既往文献では、GPJ が生産性に影響することに言及したものがみられるが、その構造を分析したものは筆者らの知る限りみられない。本項は GPJ が大規模手戻りに至るパスが複数あり、それらは NTCP モデル指標を使用して構造的に説明できることを示した。1 つ目のパスでは、GPJ は直接的に大規模手戻りに至る。2 つ目のパスでは、GPJ は複雑性 (C) を通じて大規模手戻りに至る。後者の対応としては、前項で述べたような、分散したシステムの結合とその品質管理に必要なフォーマルな文書体系、および厳密なリスク管理等が必要と考えられる。

直接的に大規模手戻りに至る場合の対応策の 1 つ目として、GPJ のプロジェクトマネージャは、各国に分散したステークホルダーの要求の管理とその変更の兆候や通知に関するコミュニケーション計画を綿密に実施すべきと考えられる。D.3 項の図 D.4 で示した通り、「機能要求の変更」、「ステークホルダーのニーズの変更」に起因する大規模手戻り発生につながりの強さが最も高いためである。2 つ目の対応として、各国のステークホルダーからの要求に基づく設計の漏れや設計記述の誤りの発生リスクを監視し、多拠点と多文化といった GPJ の特性を考慮した設計品質の管理計画を策定することが考えられる。3.4 項の図 D.3 で示した通り、上流工程の誤作業に起因した大規模手戻りの発生に至るモデルでは、特に「ソリューション設計の誤り」の因子負荷量が最も高いためである。

本項は、先行研究では定性的に関連付けられていた NTCP モデル指標とグローバル型プロジェクト (GPJ) の特性 (グローバル性) の関係を、サーベイにより収集した事例データを使用して分析した。その結果、プロジェクトのグローバル性が高いと複雑性だけでなく緊急性も高い傾向にあることを定量的に明らかにした。

また、GPJ が大規模手戻りに至るパスには、複雑性を通じたパスの他に、直接至るパスがあることを構造的に示し、プロジェクトマネジメント上の重点項目として次の 2 点を考察した。(1) 多拠点、多文化環境におけるステークホル

ダー間の相互作用をプロジェクトの複雑性評価に加味する。(2) 各国に分散したステークホルダーの要求の管理計画, および設計品質の管理計画を策定する。

研究業績

- 1 定期刊行誌掲載論文（査読付きの主論文に関連する原著論文）
 - 1.1 今仁武臣, 中野冠. (2017). IT プロジェクトにおけるアジャイル型開発手法の有効性に関する基礎的数学モデル. 日本経営工学会論文誌, Vol. 68, No. 2, pp. 74-81.
 - 1.2 今仁武臣, 中野冠. (2017). アジャイル型開発手法の適用領域とプロジェクトの成功度の関係. 日本情報経営学会誌, Vol. 37, No. 3, pp. 50-62.
 - 1.3 Imani, T., Nakano, M., Anantatmula, V. (2017): "Does a Hybrid Approach of Agile and Plan-Driven Methods Work Better for IT System Development Projects?", International Journal of engineering Research and Applications, Vol. 81, No. 3, pp. 39-46.

- 2 国際会議論文（査読付きの full-length articles）
 - 2.1 Imani, T., Shiota, K., Shirasaka, S. (2013): "Architecting PMO in Global and Complex Projects Utilizing a Systems-Approach", In Proceedings, Asia-Pacific Conference on Systems Engineering.

- 3 その他：国際会議論文，投稿記事（査読付き）
 - 3.1 Imani, T., Kawamura, H., Chinone, R., Ishibashi, K., Minato, N., Shirasaka, S. (2014): "A proposal of a holistic and human-centric system design approach for a beauty industry stimulation", The First Asia-Pacific System Dynamics Conference of the System Dynamics Society. 1004.
 - 3.2 今仁武臣, 中野冠. (2016). 大規模 IT プロジェクトにおけるハイブリッドアプローチの計画: アジャイル型手法の併用のための検討フローの提案 (特集 プロジェクトの計画と評価). プロジェクトマネジメント学会誌 Vol. 18, No. 3, pp. 14-19.
 - 3.3 Nagaya, H., Imani, T., Shirasaka, S. (2015): "Socio-Cultural Enablers for Agile Project Management", PMI Global Congress

Proceedings – EMEA, London, England. Newtown Square, PA:
Project Management Institute.

4 その他：国内学会発表

- 4.1 今仁 武臣 (2016) 「アジャイル・計画駆動統合型手法の大規模プロジェクトへの適用方法」『日本情報経営学会第 72 回全国大会予稿集』pp. 171-174.
- 4.2 今仁 武臣・中野 冠 (2016) 「グローバル型プロジェクトにおける大規模手戻り発生の構造モデル」『プロジェクトマネジメント学会 2016 年度秋季研究発表大会予稿集』 pp. 295-300.
- 4.3 今仁 武臣・中野 冠 (2016) 「ビジネス生態系への Loose Coupling モデルの適用」『日本経営工学会 秋季大会』 pp. 4-5.
- 4.4 今仁 武臣 (2017) 「アジャイル型開発手法の適用領域：IoT サービス開発プロジェクトにおける活用に向けた一考察」『日本情報経営学会第 74 回全国大会予稿集』 pp. 307-310.

参考文献

- [1] ミック経済研究所: "IT サービス市場の実態と展望 2016 年版," <https://mic-r.co.jp/mr/01000/>, 2016. (2017 年 7 月 27 日アクセス)
- [2] 野村総研: "インターネット経済調査報告書 2014 版," http://innovation-nippon.jp/reports/NRI_Internet%20and%20Japan%20Economy_hi.pdf, 2014. (2017 年 7 月 27 日アクセス)
- [3] 日経コンピュータ: "2008 年 12 月 1 日号," pp. 38-40, 2008.
- [4] 情報処理推進機構 (IPA): "非ウォーターフォール型開発の課題と対策を知る," <https://www.ipa.go.jp/files/000004091.pdf>, 2012. (2017 年 7 月 27 日アクセス)
- [5] Royce, W. W.: "Managing the development of large software systems," *Proceedings of IEEE WESCON*, Vol. 26, No. 8, pp. 328-388, 1970.
- [6] Beck, K., Beedle, M., Van Bennekum, A., Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M., Grenning, J., Highsmith, J., Hunt, A. and Jeffries, R.: "Manifesto for agile software development," <http://agilemanifesto.org>, 2001. (2017 年 7 月 27 日アクセス)
- [7] Dybå, T. and Dingsøyr, T.: "Empirical studies of agile software development: A systematic review," *Information and software technology*, Vol. 50, No. 9, pp. 833-859, 2008.
- [8] Conforto, E., Rebentisch, E. and Amaral, D.: "Project Management Agility Global Survey," *Massachusetts Institute of Technology, Consortium for Engineering Program Excellence – CEPE, Cambridge, Massachusetts, U.S.A.*, 2014.

- [9] Serrador, P. and Pinto, J. K.: "Does Agile work?—A quantitative analysis of agile project success, " *International Journal of Project Management*, Vol. 33, No. 5, pp. 1040-1051, 2015.
- [10] PMI 日本支部: "アジャイル プロジェクト マネジメント意識調査報告 2016, " https://www.pmi-japan.org/topics/pdf/PMI_Japan_Chapter_Agile_Survey_2016.pdf, 2016. (2017年7月27日アクセス)
- [11] PMI 日本支部: "アジャイル プロジェクト マネジメント意識調査報告 2015, ", https://www.pmi-japan.org/topics/pdf/PMI_Japan_Chapter_Agile_Survey_2015%20.pdf, 2015. (2017年7月27日アクセス)
- [12] 日本情報システム・ユーザー協会: "ソフトウェアメトリックス調査 2014, " 2014.
- [13] Boehm, B. and Turner, R.: *Balancing Agility and Discipline: A Guide for the Perplexed, Portable Documents*, Addison-Wesley Professional, 2003.
- [14] Kruchten, P.: "Contextualizing agile software development, " *Journal of Software: Evolution and Process*, Vol. 25, No. 4, pp. 351-361, 2013.
- [15] Shenhar, A. J.: "One size does not fit all projects: Exploring classical contingency domains, " *Management Science*, Vol. 47, No. 3, pp. 394-414, 2001.
- [16] Cooke - Davies, T. J., Crawford, L. H. and Lechler, T. G.: "Project management systems: Moving project management from an operational

to a strategic discipline, " *Project Management Journal*, Vol. 40, No. 1, pp. 110-123, 2009.

- [17] Project Management Institute: *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide)*, Fourth, Newtown Square, PA: Author, 2008.
- [18] Highsmith, J.: *Agile project management: creating innovative products*, Pearson Education, 2009.
- [19] Fitzgerald, B., Hartnett, G. and Conboy, K.: "Customising agile methods to software practices at Intel Shannon, " *European Journal of Information Systems*, Vol. 15, No. 2, pp. 200-213, 2006.
- [20] Conforto, E. C., Salum, F., Amaral, D. C., da Silva, S. L. and de Almeida, Luís Fernando Magnanini: "Can Agile Project Management Be Adopted by Industries Other than Software Development? " *Project Management Journal*, Vol. 45, No. 3, pp. 21-34, 2014.
- [21] Conforto, E. C. and Amaral, D. C.: "Agile project management and stage-gate model—A hybrid framework for technology-based companies, " *Journal of Engineering and Technology Management*, Vol. 40, pp. 1-14, 2016.
- [22] Conforto, E. C., Amaral, D. C., da Silva, S. L., Di Felippo, A. and Kamikawachi, D. S. L.: "The agility construct on project management theory, " *International Journal of Project Management*, Vol. 34, No. 4, pp. 660-674, 2016.
- [23] Leffingwell, D.: *Scaling software agility: best practices for large enterprises*, Pearson Education, 2007.

- [24] Fernandez, D. J. and Fernandez, J. D.: "Agile project management- Agilism versus traditional approaches, " *Journal of Computer Information Systems*, Vol. 49, No. 2, pp. 10-17, 2008.
- [25] Chow, T. and Cao, D.: "A survey study of critical success factors in agile software projects, " *Journal of Systems and Software*, Vol. 81, No. 6, pp. 961-971, 2008.
- [26] Sheffield, J. and Lemétayer, J.: "Factors associated with the software development agility of successful projects, " *International Journal of Project Management*, Vol. 31, No. 3, pp. 459-472, 2013.
- [27] Abrahamsson, P., Moser, R., Pedrycz, W., Sillitti, A. and Succi, G.: "Effort prediction in iterative software development processes-- incremental versus global prediction models, " *In First International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM 2007)*, pp. 344-353, IEEE, 2007.
- [28] Benediktsson, O., Dalcher, D., Reed, K. and Woodman, M.: "COCOMO-based effort estimation for iterative and incremental software development, " *Software Quality Journal*, Vol. 11, No. 4, pp. 265-281, 2003.
- [29] 英 繁, 奈加 健, 平岡 嗣, 前川 祐: 「ハイブリッドアジャイルの実践」, リックテレコム, (2013)
- [30] Jahr, M.: "A Hybrid Approach to Quantitative Software Project Scheduling Within Agile Frameworks, " *Project Management Journal*, Vol. 45, No. 3, pp. 35-45, 2014.
- [31] Port, D. and Bui, T.: "Simulating mixed agile and plan-based requirements prioritization strategies: proof-of-concept and practical

- implications, " *European Journal of Information Systems*, Vol. 18, No. 4, pp. 317-331, 2009.
- [32] Hayata, T. and Han, J.: "A hybrid model for IT project with scrum, " pp. 285-290, IEEE, 2011.
- [33] Shenhar, A. J. and Dvir, D.: *Reinventing project management: the diamond approach to successful growth and innovation*, Harvard Business Review Press, 2007.
- [34] Shenhar, A. J. and Dvir, D.: "Toward a typological theory of project management, " *Research policy*, Vol. 25, No. 4, pp. 607-632, 1996.
- [35] Shenhar, A. J., Holzmann, V., Melamed, B. and Zhao, Y.: "The Challenge of Innovation in Highly Complex Projects: What Can We Learn from Boeing's Dreamliner Experience? " *Project Management Journal*, Vol. 47, No. 2, pp. 62-78, 2016.
- [36] Nagaya, H. and Imani, T.: "Socio-Cultural Enablers for Agile Project Management, " Project Management Institute, PMI Global Congress 2015—EMEA, 2015.
- [37] Yim, R. L., Castaneda, J. M., Doolen, T. L., Tumer, I. Y. and Malak, R.: "Exploring the Relationship Between Rework Projects and Risk Indicators, " *Project Management Journal*, Vol. 46, No. 4, pp. 63-75, 2015.
- [38] Browning, T. R. and Eppinger, S. D.: "Modeling impacts of process architecture on cost and schedule risk in product development, " *Engineering Management, IEEE Transactions on*, Vol. 49, No. 4, pp. 428-442, 2002.

- [39] Glaiel, F., Moulton, A. and Madnick, S.: "Agile project dynamics: A system dynamics investigation of agile software development methods, " *31st Inter-national Conference of the System Dynamics Society*, 2013.
- [40] Loconsole, A. and Börstler, J.: "An Industrial Case Study on Requirements Volatility Measures. " Vol. 5, pp. 249-256, 2005.
- [41] Anantatmula, V. and Thomas, M.: "Managing global projects: A structured approach for better performance, " *Project Management Journal*, Vol. 41, No. 2, pp. 60-72, 2010.
- [42] Binder, J.: *Global project management: communication, collaboration and management across borders*, CRC Press, 2007.
- [43] Martinelli, R. J.: *Leading global project teams: The new leadership challenge*, Multi-Media Publications, 2010.
- [44] Yasui, T., Shirasaka, S., Kohtake, N. and Tsutsuki, A.: "Creating community commons: a systems-approach to re-vitalize declined rural towns, " pp. 19-21, 2011.
- [45] Beiter, K.: "Design Methods ME317, Lecture Presentation, Department of Mechanical Engineering Stanford University, " 2013.
- [46] 岡田 匡, 中野 冠: "システム開発プロジェクトにおける価値情報伝達が設計プロセスに及ぼす影響", プロジェクトマネジメント学会誌, 12, 4, 33-39 (2010)
- [47] Dingsøy, T., Fægri, T. E. and Itkonen, J.: "What is large in large-scale? A taxonomy of scale for agile software development, " *Product-Focused Software Process Improvement*, pp. 273-276, 2014.

- [48] Schwaber, K. and Beedle, M.: *Agile Software Development with Scrum*, Prentice Hall, Upper Saddle River, 2001.
- [49] Melo, C. D. O., Cruzes, D. S., Kon, F. and Conradi, R.: "Interpretative case studies on agile team productivity and management, " *Information and Software Technology*, Vol. 55, No. 2, pp. 412-427, 2013.
- [50] 川口恭伸, 荻野恒太郎, 古川貴朗: "楽天でのエンタープライズアジャイルと DevOps— Dev/Test/Ops 三位一体の自動化, " *情報処理学会デジタルプラクティス*, Vol. 7, No. 3, pp. 243-251, 2016.
- [51] Strode, D. E., Huff, S. L., Hope, B. and Link, S.: "Coordination in co-located agile software development projects, " *Journal of Systems and Software*, Vol. 85, No. 6, pp. 1222-1238, 2012.
- [52] Leffingwell, D.: "Agile Software Development with Verification and Validation in High Assurance and Regulated Environments, " *Rally Software Development Corp*, 2011.
- [53] 樋口耕一: "テキスト型データの計量的分析, " *理論と方法*, Vol. 19, No. 1, pp. 101-115, 2004.
- [54] 荒井俊晴, 竹内弘範, 朝岡勝, 磯村大誠 and 神原俊一郎: "1405 大規模システム開発における改良版 Agile 開発プロセスの効果について: Water-Fall と Agile 開発を組み合わせたハイブリッドプロセスの提案 (一般セッション), " *プロジェクトマネジメント学会研究発表大会予稿集*, Vol. 2011, pp. 238-242, 2011.
- [55] Vlietland, J. and van Vliet, H.: "Towards a governance framework for chains of Scrum teams, " *Information and Software Technology*, Vol. 57, pp. 52-65, 2015.

- [56] IPA 独立行政法人 情報処理推進機構: "「IT人材白書2013」グローバル/オフショア動向調査," <http://www.ipa.go.jp/files/000027251.pdf>, 2013. (2017年7月27日アクセス)
- [57] IBM Software Group: "Overcoming challenges to ensure success of outsourcing/offshore projects," http://www-07.ibm.com/hk/e-business/events/archives/download3/sdp/Outsourcing_offshore_mgmt.pdf, 2004. (2017年7月27日アクセス)
- [58] Sauser, B. J., Reilly, R. R. and Shenhar, A. J.: "Why projects fail? How contingency theory can provide new insights—A comparative analysis of NASA's Mars Climate Orbiter loss," *International Journal of Project Management*, Vol. 27, No. 7, pp. 665-679, 2009.
- [59] 社団法人 日本情報システム・ユーザー協会: "ソフトウェア開発管理基準に関する調査報告書," http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2012fy/E002056.pdf, 2012. (2017年7月27日アクセス)
- [60] 和田佳久, 辻洋: "オフショア・ソフトウェア開発委託の構造方程式モデリングによる成否要因分析", 電気学会論文誌.C, 128, 4, 540-545 (2008)
- [61] 河村 智, 高野 研: "情報システム開発の成否に影響を与える組織文化の要因の研究", 情報処理学会論文誌, 53, 12, 2854-2864 (2012)

謝辞

本論文は、慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科(SDM研究科)後期博士課程に在籍中の研究成果をまとめたものです。執筆にあたっては多くの方々の協力とアドバイスをいただきました。とてもすべてを書き記すことはできませんが、以下、心からの感謝とお礼を申し上げます。

指導教員の中野冠教授には、研究および研究論文とはどのようなものなのかについて、多くのアドバイスをいただきました。SDM研究科の白坂成功教授には、システムズエンジニアリングの基礎と、また本論文の研究テーマとの関連に関し貴重なご意見をいただきました。また、SDM研究科の高野研一教授からは、情報システム開発と組織論の観点から貴重なご意見をいただきました。また、千葉工業大学大学院社会システム科学研究科の久保裕史教授、ウエスタンカロライナ大学PMプログラムのヴィットル・アナンタトムラ教授からは、プロジェクトマネジメントの観点から様々なご指導を繰り返しいただきました。誠にありがとうございました。

中野冠研究室の皆様、SDM研究科の皆様の有益なアドバイスや知見が、本論文の完成を後押ししてくれました。特に、都丸孝之氏、佐藤みずほ氏、岡田匡史氏、河村智之氏、大塚有希子氏、遠藤正之氏、湊宣明氏の諸先輩方の知見とアドバイスにより、研究活動が一層充実したものになりました。また、小林延至氏、安部和秀氏、本村浩一氏、貴島文緒氏、草野孔希氏、瀬谷啓氏にはゼミや研究会等を通じて貴重な知見をいただきました。また、インタビューに応じてくださった各社様、特に株式会社日立ソリューションズ英繁雄様、株式会社テクノロジックアート長瀬嘉秀様、日本アイ・ビー・エム株式会社眞部大五様からは大変貴重なご意見をいただきました。ありがとうございました。

最後に、後期博士課程への進学と研究活動を長きにわたり支援してくれた、家族に感謝します。特に、篤子(妻)、千紗子(長女)、和武(父)、嘉子(母)、嘉奈子(妹)の理解がなければ本論文の完成には至らなかったかもしれません。本当にありがとうございました。

2017年9月

今仁武臣