

# プロジェクト成功に向けた最適な PM 能力診断手法の開発

江崎和博<sup>†</sup>

ソフトウェア開発プロジェクトを成功させるためには、プロジェクトの成功に必要なプロジェクト管理能力を客観的、定量的に予測し、プロジェクトの特性に適合した最適なプロジェクト管理能力を投入する必要がある。先行研究ではプロジェクト成功の定義や成功要因に関する多くの概念的な提案がなされている。しかし、プロジェクトの成功に向けたプロジェクト管理能力の定量的な予測に関する研究は見当たらない。近年、IPA/SEC（独立行政法人情報処理推進機構 技術本部 ソフトウェア・エンジニアリング・センター）により国内の多くのソフトウェア開発プロジェクトの属性に関する実績データの収集と蓄積が行われている。そこで、本研究では、これらの収集されたビッグデータの中から成功したと判定できるプロジェクトを抽出し、プロジェクトの属性データに基づいて、プロジェクト成功に必要な最適なプロジェクト管理能力を予測するためのモデルの開発を試みた。さらに、本研究ではプロジェクト管理能力を予測するモデルの有効性を検証すると共に、有効性のある予測モデルを失敗したプロジェクトに適用することにより、プロジェクト計画段階でプロジェクト管理能力の妥当性を診断する手法の開発と検証をおこなった。本論文では研究の基本概念及び、プロジェクト管理能力の予測モデルに基づくプロジェクト管理能力の妥当性診断手法の有効性について述べる。

## Development of the Judgment Method for optimization of Project Management Capability for success a project based on the prediction model

KAZUHIRO ESAKI<sup>†</sup>

In order to achieve software development project succeed, it is necessary to predict the project management capability for the success of project and to cast the most suitable project management capability into the characteristic of the each project. In the precedent study, many conceptual suggestions about a definition of success and success factor of the project are proposed. However, study on the quantitative prediction of a project management capability for the success of the project is not found. In recent years, collection and accumulation of the actual attribute data of the many domestic software development projects are performed by IPA/SEC (Software Engineering Centre of the Information-Technology Promotion Agency Japan). Therefore, In this study, we extracted the success project from these collected big data, and tried the development of the prediction model to predict the most suitable project management capability necessary for project success based on the attribute data of the project and inspected the effectiveness of the prediction model. Also, Inspected the validity of the judgment method of project management capability at planning stage by applying the prediction model of management capability to the failed project data. In this study, we propose the effectiveness of method to judge the suitable project management capability for success by using the developed prediction model based on the concept of project management capability.

### 1. はじめに

情報化社会の進展に伴い多くの企業で経営課題の達成に向けたソフトウェア開発プロジェクトが進められている。

一方、実際のソフトウェア開発現場では過去の類似プロジェクトの経験や社内で保有する人的資源の制約に基づきプロジェクトマネージャ（以降、PM と記述する）が任命されて、プロジェクトが遂行されている。もし、プロジェクトの成功に必要なプロジェクト管理の質的・量的な能力（以降、PM 能力と記述する）が不足すると、結果的にプロジェクトは失敗する可能性がある。従って、ソフトウェア開発を成功させるためには、プロジェクトに求められる PM 能力を的確に予測し、最適な PM 能力を投入する必要があると考えられる。近年、プロジェクトを成功させるための多くのプロジェクト管理手法[1-6]が提案され、先行研究[7-13]が行われている。このなかで、先行研究[7-9]では、プロジェクト成功の定義[7-8]や成功要因[9]に関する提案

がなされている。さらに先行研究[10-13]では、複数のプロジェクトのアンケート調査の結果に基づいて PM の能力に関する概念や評価の視点、プロジェクトの成功度と PM の能力の関係の分析結果を報告している。

しかし、これらの先行研究は、あくまで概念レベルの提案にとどまり、PM 能力に関わる定性的な議論のみられるものの、ソフトウェア開発プロジェクトの成功に向けて、プロジェクトの規模や複雑さなどを考慮した PM の能力の客観的かつ定量的な分析や最適化手法の提案は見られない。

このように中で、筆者らの先行研究[14-15]では、ソフトウェア開発を成功させるための予測手法として、ソフトウェア試験段階や設計段階のプロジェクト属性である試験バグ発見密度や設計レビュー指摘密度に着目し、これらの属性データから、ソフトウェア製品リリース後の障害の発生を統計的に予測するモデルの開発を試み、その有効性を検証した。さらに、先行研究[16],[17]では、ソフトウェア設計段階の人的要因とプロジェクトの成果物である設計文書の品質の関係を実験計画法と品質工学的なアプローチにより定量的に分析し、人的要因とソフトウェア設計品質の定量的な関係を確認した。

<sup>†</sup> 法政大学 理工学部 経営システム工学科  
HOSEI University Faculty of Science and Engineering.

近年、プロジェクト管理の改善を目的とする国家プロジェクトの一環として、IPA/SEC（独立行政法人情報処理推進機構 技術本部 ソフトウェア・エンジニアリング・センター）により、国内の情報サービス関連企業の3000件以上のソフトウェア開発プロジェクトの実績データ[7]の収集と蓄積が進められている。そこで、我々は、これらの多くのプロジェクト実績に関するビックデータを統計的に分析することにより、計画段階でソフトウェア開発プロジェクトの成功に必要なPMの能力を定量的に予測できないかと考えた。もし、計画段階でプロジェクト成功に向けた最適なPM能力が定量的に予測できれば、そのPM能力をプロジェクト計画の体制に盛り込むことにより、プロジェクトの成功度を大幅に改善できる可能性がある。一方、IPA/SECで収集した属性データの大半は、プロジェクト完了後の実績データであり、プロジェクト計画段階から最適なPM能力を予測するために必要不可欠な計画段階のデータがほとんど収集されていないという課題があった。そこで、本研究では、計画段階でプロジェクトの成功に求められるPM能力を予測するために、成功プロジェクトの属性データの実績値は計画値に一致するという前提のもとに、図1に示す、成功プロジェクトの属性データの実績値を計画値に置き換えて代用するというアプローチを採用した。

まず、成功プロジェクトの識別に向けた判定条件を明確化し、この判定基準に基づいて、成功プロジェクトを抽出した。次に、プロジェクト成功に向けた最適なPM能力を予測するという課題に対して、PM能力の質的側面であるPMスキルと量的側面である対象プロジェクトの規模を考慮したPM能力の評価指標としてProject Management Capability Indicator（以降、本論文ではPMCIと記述する）をプロジェクト計画の属性データから導く複数の方法を定式化した。さらに、本研究では、プロジェクト成功に向けて投入すべきPMCIを予測するモデルを開発するために、成功プロジェクトの実績値から求めたPMCIの値と、成功プロジェクトの規模に関する属性データの関係を分析し、プロジェクト成功に向けた最適なPMCIを予測するための複数のモデルの開発を試みた。

さらに、本研究では開発した複数のPMCI予測モデルの有効性を比較検証すると共に、最も有効性の高いPMCI予測モデルを失敗プロジェクトに適用し、失敗プロジェクトのPMCI実績値とプロジェクト成功に向けたPMCI予測値との差異分析を行い、この結果に基づいて計画段階で設定されたPMCIの妥当性を診断する手法の開発と有効性の検証を行なった。本研究では先行研究[15]に基づく多変量解析のアプローチを採用した。

本論文では、2章にプロジェクト成功とPM能力、及びPMCI予測モデル開発の概念、3章に研究の概要、解析対象データ、PMCIの定式化及び研究の詳細手順、4章にPMCIとプロジェクト属性データの関係の分析結果、PMCIをプ

ロジェクト属性データの計画値から予測するためのモデル及びPMCIの妥当性診断手法の有効性について述べ、5章で結論及び今後の研究の方向性などについて述べる。

## 2. プロジェクトの成功と管理の概念

### 2.1 プロジェクトの要求と評価

図1にソフトウェア開発プロジェクトの要求と成果の概念を示す。プロジェクトに対する要求はプロジェクト計画書に記述された品質、納期、コスト、開発規模、PMスキル、要員数、工数などの計画値で示される。さらに、プロジェクトの成果はプロジェクト完了後の実績値で示され、プロジェクト成功の可否は最終的には、プロジェクト計画値に対する実績値の差異によって判断できる。

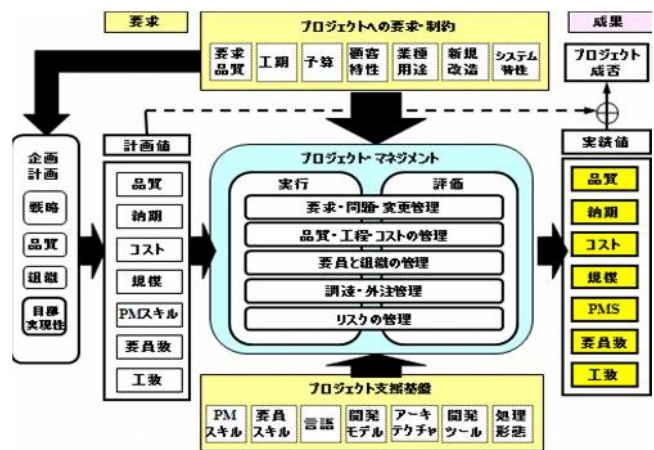


図1 ソフトウェア開発プロジェクトの要求と評価の枠組み  
 Figure 1 Framework of Requirement and Evaluation for Software development Project

ここで、プロジェクトに投入されたPMスキルはプロジェクトの実績に影響を及ぼし、最終的にはプロジェクトの成功可否に影響を及ぼすため、PMスキルとプロジェクトの実績には密接な関係があると考えられる。

一方、プロジェクトの成功を計画値と実績値が一致した場合とすると、図1に示すように、成功したプロジェクトの実績値は計画値として代用できると考えられる。

### 2.2 プロジェクト成功の概念

表1に本研究におけるプロジェクト成功の判定基準を示す。通常、プロジェクト管理の良し悪しの最終的な判断はプロジェクトが計画書に記述された目標通りに達成されたか否かで行われる。又、プロジェクト成功度はプロジェクト関係者のアンケート調査や品質、納期、コストの計画と実績の差異分析により行われている。

表1 プロジェクト成功の評価基準  
 Table1 Assessment Criteria of Project Success

状態	品質 (Quality) の評価		納期 (Delivery) の評価		コスト (Cost) の評価	
	計画精度	品質の実績	計画精度の評価	納期実績 (日)	計画精度	コスト実績 (%)
超過	a=1.0: 品質目標が明確で実行可能性を検討済	a=1.4: 計画値より 20%以上少ない ( $0 \leq x \leq 80$ )	a=1.0: 納期計画の根拠が明確で実行可能性を検討済	a=1.4: 納期より前倒し ( $z < \text{計画納期}$ )	a=1.0: コスト算定の根拠が明確で実行可能性を検討済	a=1.4: 計画より 10%以上少ないコストで達成 ( $0 \leq y \leq 90$ )
成功	a=1.0: 品質目標が明確で実行可能性を検討済み	b=1.0: 計画値以下 ( $80 < x \leq 100$ )	a=1.0: 納期計画の根拠が明確で実行可能性を検討済	b=1.0: 納期通り ( $z = \text{計画納期}$ )	a=1.0: コスト算定の根拠が明確で実行可能性を検討済み	b=1.0: 計画通り ( $\pm 10\%$ 未済) ( $90 < y < 110$ )
失敗	a=1.0: 品質目標が明確で実行可能性を検討済	c=0.6: 計画値の 50%以内の超過 ( $100 < x \leq 150$ )	a=1.0: 納期計画の根拠が明確で実行可能性を検討済み	c=0.6: 納期を 10 日未満遅延 (計画納期 $< z < \text{計画納期} + 10$ )	a=1.0: コスト算定の根拠が明確で実行可能性を検討済み	c=0.6: 計画の 30%以内の超過 ( $110 \leq y \leq 130$ )
		d=0.2: 計画値の 100%以内の超過 ( $150 < x \leq 200$ )		d=0.2: 納期を 30 日未満遅延 (計画納期 $+10 \leq z < \text{計画納期} + 30$ )		d=0.2: 計画の 50%以内の超過 ( $130 < y \leq 150$ )
		e=-0.1: 計画値の 100%を超える超過 ( $200 < x$ )		e=-0.1: 納期を 30 日以上遅延 (計画納期 $+30 \leq z$ )		e=-0.1: 計画の 50%を超える超過 ( $150 < y$ )
	b=0.0: 品質目標が不明確, 又は実行可能性未検討	-----	b=0.0: 納期計画の根拠が不明確, 又は実行可能性未検討	-----	b=0.0: コスト算定の根拠が不明確, または実行可能性を未検討	-----
c=-1.0: 計画なし		c=-1.0: 計画なし		c=-1.0: 計画なし		

ここで、プロジェクトの品質、納期、コストに関する計画値と実績値の差異の評価はアンケート調査などよりも具体的にプロジェクトの成功可否を示す可能性が高い。そこで、本研究ではプロジェクトの品質、納期、コストの計画と実績の定性的な評価結果に着目して、プロジェクト成功の定義を行った。

プロジェクトは実績値が計画値に近ければ近いほど成功したと考えられる。プロジェクトの実績値が計画値を下回った場合、プロジェクトは目標を達成できず失敗したと判定できる。一方、プロジェクトの実績値が計画値を上回った場合、プロジェクトメンバーの努力や創意工夫の結果として、計画値より良い結果が得られたと判断する考え方もあるが、実績値が計画値を大幅に上回るケースでは、もともとの計画の精度が低く、目標値を低く設定した可能性もあり、この場合には、プロジェクトを実行した結果、本来、得られるはずの期待便益が得られず、機会損失につながった可能性がある。従って、本研究では品質、納期、コストの計画値と実績値が等しいプロジェクトを成功したと判定した。

**(1) プロジェクト計画精度と実績の定量化**

表1に示すように、IPA/SECの品質、納期、コストの計画の定性的な評価に関するプロジェクト属性データの記述内容に対応して、-1.0から1.0の値を設定した。さらに、表1に示すように、品質、納期、コストの実績評価に関する定性的なプロジェクト属性データの記述内容に対応して、0.1から1.4の値を設定した。

**(2) プロジェクト成功度の定義**

表1で品質、納期、コストの計画及び実績共に、評価結果の値が1.0のプロジェクトを成功と定義し、1.0以下を失敗、1.0以上を超過と定義した。さらに、プロジェクト全体の成功度の定義は、品質、納期、コストの実績評価結果が全て1.0のプロジェクトを成功と定義した。

**2.3 プロジェクト管理能力の概念**

表2に、IPA/SECで規定したPMスキルの構造を示す。PMスキルはプロジェクトの規模及び契約金額に基づき7段階のレベルを定義している。本研究では表2に基づき、プロジェクト毎に設定されたPMスキルに対応してPMスコアを設定した。ここで、PMスキルは、プロジェクトマネージャが保有するプロジェクト管理に関わる問題解決やコミュニケーションなどの管理能力の質的側面を示す。

表2 PMスキルの定義  
 Table2 Definition of Project Management Skill

PMスキル	定義	PMスコア
PMS <sub>i</sub>		PMC <sub>i</sub>
レベル7	管理要員数がピーク時500人以上、又は年間契約金額10億円以上	1.4
レベル6	管理要員数がピーク時50人以上500人未満、又は年間契約金額5億円以上	1.0
レベル5	管理要員数がピーク時10人以上50人未満、又は年間契約金額1億円以上5億円未満	0.6
レベル4	管理要員数がピーク時10人未満、又は年間契約金額1億円未満	0.5
レベル3	特定せず	除外

ただし、実際のプロジェクトではPMスキルに加えて、プロジェクトマネージャがプロジェクト管理に費やした時間も考慮する必要があると考えられる。

従って、本研究ではプロジェクト目標の達成に向けて、PMスキルで示されるプロジェクト管理の質的側面と量的側面であるソフトウェア開発規模や平均要員数、プロジェクト管理工数などのプロジェクトの規模に関する属性を考慮し、投入されるプロジェクト管理の質及び量を示すPMCI: Project Management Capability Indicatorの概念を導入した。

ここで、PMCIの投入量はプロジェクトの要求に対して高すぎても低すぎても適切とは言えないと考えられる。

プロジェクトの要求に対してPMCIが不足すると、プロジェクトは失敗する可能性が高い。一方、PMCIの投入量が超過すると、プロジェクトの目標は達成されても、企業の有限な人的資源であるPMの適材適所による最適な配分を阻害し、母体組織が抱える複数のプロジェクト全体の成果の最大化につながらず、機会損失を生むリスクがある。

従って、組織全体のプロジェクトの成功度を高めるためには、プロジェクト目標の達成に必要な最適なPMCIを投入する必要がある。そこで、プロジェクトに対する要求の視点から見たPMCIを最適化するためには、PMCIへの影響が大きいと考えられるプロジェクトの属性を特定し、最適なPMCIを明確化しなければならない。

## 2.4 PM能力の予測モデルの開発

図2に計画段階のプロジェクト属性データから、プロジェクトの成功に求められるPMCIを予測するためのモデルの開発プロセスの概念を示す。

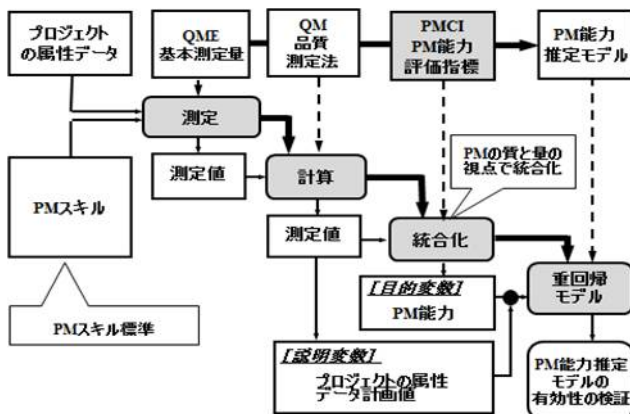


図2 PM能力予測モデルの開発プロセス  
Figure 2 Process of development for Prediction Model of Project Management Capability

プロジェクト計画時点の属性データは、図2に示す基本測定量 (QME: Quality Measure Element) を用いて測定できる。さらに、図2に示すようにプロジェクト成功に向けたPMCIはプロジェクトの計画値からPMCIを導くための適切なアルゴリズムを定式化した測定法 (QM: Quality Measure) を適用して求めることができると考えられる。

本研究ではPMCIがプロジェクトの成功に影響を及ぼすと考えた。何故なら、PMCIがプロジェクトの成功に影響を及ぼさないと仮定すると、いかなるPMのスキルの強化もプロジェクトの成功には無関係となり、全てのプロジェクト活動におけるPM能力の改善活動が無意味になるためである。さらに、本研究ではソフトウェア開発プロジェクトの開発規模や平均要員数及び全体工数などのプロジェクトの規模に関する属性がプロジェクトを成功に導くために必要となるPMCIと密接な関係があると考えた。

もし、プロジェクトの規模の属性とPMCIに関係がないと仮定すると、どのような規模のプロジェクトに対してもPMCIの差異が無意味となり、プロジェクト管理の現実からはかけ離れるためである。

さらに、成功したプロジェクトのPMCIに影響を及ぼすプロジェクト計画段階の属性が特定できれば、成功プロジェクトに求められる最適なPMCIを予測できる可能性があると考えた。

## 3. 研究の概要

図3に本研究のプロセスの概要を示す。本研究ではプロジェクト計画段階で、プロジェクトの成功に求められる最適なPMCIを予測するモデルの開発に向けてIPA/SECのデータ[18]から表2に示すPMスキルが記述され、表1に示す成功の定義に基づいて品質、納期、コストに関する実績の評価結果が成功したプロジェクトのみを抽出した。

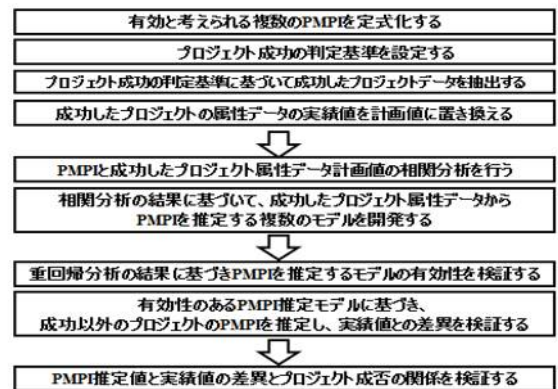


図3 研究のプロセス  
Figure 4 Process of this study

次に、成功プロジェクトに含まれるPMCIの実績値は、プロジェクトの成功に向けたPMCIの最適値に近いと考えられるため、成功プロジェクトの計画値の属性データからPMCIを予測するモデルの有意性が高いほど、予測されたPMCIの値は最適値に近く、PMCIの予測値をプロジェクトに適切に投入することにより、プロジェクトの成功度の向上が図れると考えた。

図3に示すように、成功プロジェクトの属性データから求めたPMCI<sub>i</sub>とプロジェクト計画段階の属性データとの相関分析を行い、表2に示すようにPMCI<sub>i</sub>と相関の強い属性を確認した。

さらに、プロジェクト計画段階の属性データに基づいて、プロジェクトの成功に必要なPMCI<sub>i</sub>を予測するための複数のモデルの開発を試み、表3に示すようにモデルの有効性の比較検証を行なった。さらに、有効性の高いPMCI<sub>i</sub>予測モデルを失敗したプロジェクトに適用してPMCI<sub>i</sub>の予測値を求めると共に、図6に示すように、失敗プロジェクトのPMCI<sub>i</sub>予測値と実績値の差異の確認を行ない、計画段階で設定されたPMCI<sub>i</sub>の妥当性を診断する手法の有効性の検証をおこなった。

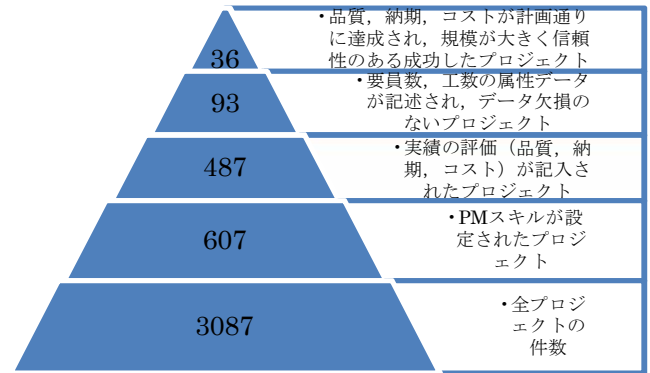


図5 研究対象プロジェクトデータの抽出の推移  
Figure 5 Process for choosing the Project Data

### 3.1 解析の対象データ

図4はIPA/SECから提供されたプロジェクト属性データの収集項目概要である。これらの属性データはウォーターフォールモデルをベースとしたソフトウェア開発に基づいており、収集プロジェクトの件数が3087件、管理項目数は611件であるが、必ずしも、全ての項目のデータが記入されていないことに加え、データ項目が空欄のケースもあった。従って、本研究ではプロジェクト計画段階で、プロジェクトの成功に必要なPMCI<sub>i</sub>を予測するモデルの開発に向けて、信頼性が認められ、表1の判定基準に基づいて成功したと判断できるプロジェクトのみを抽出した。

13 グループ	その他	総括コメント
	品質	発生不具合数、品質保証体制等
	要員数	社内、外注の工程別平均要員数等
	工期	計画、実績の工程別工期等
	工数	総工数に含まれるフェーズ、レビュー実績工数等
	システム規模	FP、SLOC、その他指標等
	要員等スキル	PMスキル、要員スキル、業務分野の経験等
	ユーザ要求管理	ユーザ担当者の業務経験、要求仕様の明確さ等
	開発の進め方	開発ライフサイクルモデル、運用ツールの有無等
	システム特性	主開発言語、アーキテクチャ、処理形態等
	利用局面	業種、システムの用途、利用者数等
	開発プロジェクト全般	計画、実績の評価(品質、コスト、工期)等
	IPA/SEC内データ	データの信頼性等

図4 プロジェクトデータの属性  
Figure 4 Attribute of Project Data

図5は、本研究で妥当な分析結果を得るために行なった分析対象となるプロジェクトの絞り込みの推移と件数を示す。

まず、PMスキルが記入された607件のプロジェクトを抽出後、表1のプロジェクト成功の定義に基づき品質、納期、コストの実績評価結果が記入された487件のプロジェクトを抽出した。次にPMCI<sub>i</sub>の定式化に必要な平均要員数、工数、開発工数計画値、プロジェクト管理工数、ソフトウェア開発規模などが記入され、データの欠損や計画と実績の評価結果に矛盾が認められるプロジェクトを分析の対象から除外して93件のプロジェクトを抽出した。

さらに、表1のプロジェクト成功の定義に基づき品質、納期、コストの実績評価結果が全て1.0(成功)で、事務局で属性データ間の整合性が認められ信頼性が高いA、Bと判定され、さらに、プロジェクトの総工数の規模が250人日以上PMCI<sub>i</sub>予測モデルの開発に有効性が高いと判断した最終的に36件のプロジェクトを抽出し、図1に示すプロジェクト属性データの実績値を計画値として代用した。

### 3.2 PM能力を推定するモデルの定式化

本研究では、プロジェクト毎に、表2に基づいて設定したPMスコアと図2に示すPMCI<sub>i</sub>に影響を及ぼすと考えられる複数のプロジェクト属性データに基づいて定式化するための複数の方法を試みた。ここで、表2に基づきプロジェクト毎のPMスキルに対して設定したPMスコアからPMの投入量を考慮せずに直接、導かれるプロジェクト毎のPMCI<sub>i</sub>:Y<sub>1i</sub>は式(1)で与えられる。

$$Y_{1i} = PMS_i \text{ ----- (1)}$$

PMS<sub>i</sub>:プロジェクト毎のPMスコア (PMの能力の質)  
i: 研究対象としたプロジェクトのサンプル番号  
(i = 1~N, N=36)

次に、プロジェクト毎のPMCI<sub>i</sub>は特定のスキルを有するPMがプロジェクトの単位当たりの要員にかかる能力の質と考えて、PMS<sub>i</sub>にプロジェクト毎の平均要員数を考慮して、プロジェクト毎の単位要員あたりのPMCI<sub>i</sub>:Y<sub>2i</sub>を式(2)で定式化した。

$$Y_{2i} = PMS_i / PMA_i \text{ ----- (2)}$$

PMA<sub>i</sub>:プロジェクト毎の平均要員数

さらに、プロジェクト毎のPMCI<sub>i</sub>は特定のスキルを有するPMがプロジェクト毎の単位当たりの要員にかかる管理

能力の質と量の積と考え、 $PMS_i$ にプロジェクト毎の管理工数及び平均要員数を考慮して、プロジェクト毎の  $PMCI_i : Y_{3i}$  を式(3)で定式化した。

$$Y_{3i} = PMS_i \times PMM_i / PMA_i \text{-----} (3)$$

$PMM_i$ :プロジェクト毎の管理工数 (PMの能力の量)

本研究ではプロジェクト毎の  $PMCI_i$  は特定のスキルを有する PM がプロジェクトの単位当たりの工数にかける管理能力の質と量の積と考えて、 $PMS_i$ にプロジェクト毎の管理工数及び全体工数を考慮して、プロジェクト毎の  $PMCI_i : Y_{4i}$  を式(4)で定式化した。

$$Y_{4i} = PMS_i \times PMM_i / PJM_i \text{-----} (4)$$

$PJM_i$ :プロジェクト毎の全体工数実績値

本研究では、成功プロジェクトに必要な、式(1), (2), (3), (4)で求めたプロジェクト毎の  $PMCI_i$  を表3に示すプロジェクト計画段階の複数の属性データに基づいて計画段階から予測する重回帰モデルを式(5)で定式化した。

$$y_{ki} = r_0 + r_1 x_{a_i} + r_2 x_{b_i} \text{-----} - r_{10} x_{i_i} \text{-----} (5)$$

ここで、プロジェクト毎の PM 能力の予測値  $pmCI_i : y_{ki}$  には大きなバラつきが予想されることから式(6)に基づきロジスティック変換を行った。

$$pmCI_i = \exp^{y_{ki}} / (1 + \exp^{y_{ki}}) \text{-----} (6)$$

さらに、プロジェクト毎の PM 能力の実績値  $PMCI_i : Y_{mi}$  についても式(7)に基づきロジスティック変換を行った。

$$PMCI_i = \exp^{Y_{mi}} / (1 + \exp^{Y_{mi}}) \text{-----} (7)$$

$y_{ki}$ :プロジェクト毎の  $pmCI_i$  の予測値  
 $Y_{mi}$ :プロジェクト毎の  $PMCI_i$  の実績値  
 $k, m$ : 式の番号  $r_n$ : 偏回帰係数 ( $n=0 \sim 10$ )

本研究では、開発した複数の  $PMCI$  予測モデルの有意性を確認するため式(8)により  $ACI$  による推定を行った。

$$AIC = N \times (\log(2 \pi \times \sum_i^N \sqrt{(PMCI_i - pmCI_i)^2 / N} + 1) + 2 \times (p+2)) \text{-----} (8)$$

又、式(9)により、予測値と実績値の誤差平均を求めた。

$$e_i = \sum_i^N \sqrt{(PMCI_i - pmCI_i)^2} / N \text{-----} (9)$$

$N$ : プロジェクトサンプル数 ( $N=36$ )

### 3.3 詳細解析プロセス

本研究は以下のような流れで進めた。

[手順1] 最終的に抽出した36件の成功プロジェクト毎に、図2に示した  $PMCI_i$  の導出プロセスを適用した式(1)から式(4)に基づいて求めた。

[手順2] [手順1]でプロジェクト毎に求めた  $PMCI_i$  とプロジェクトの属性間の相関分析を行い、表3に示す  $PMCI_i$  と相関が認められる複数の属性データを特定した。

[手順3] [手順2]で特定した  $PMCI_i$  と相関の認められる属性を説明変数とし、 $PMCI_i$  を目的変数として、計画段階からプロジェクトの成功に必要な  $PMCI_i$  を予測する複数のモデルを開発した。この際、 $PMCI$  の定式化に使用した属性は予測モデルの説明変数から除外し、相関分析の結果、多重共線性の認められる属性は取捨して説明変数とした。

[手順4] 表4に示す重回帰分析の結果に基づき、[手順3]で開発した  $PMCI_i$  予測する複数のモデルの有意性及び優劣の比較検証を行なった。

[手順5] 最も有意性の高い  $PMCI_i$  予測モデルを失敗プロジェクトに適用し、 $PMCI_i$  実績値と予測値の差異分析を行って、計画段階で成功プロジェクトに必要な  $PMCI_i$  の値の妥当性を診断する方法の有効性を検証した。

## 4. PM 能力を推定するモデルの検証

本研究では、式(1)から(4)で定式化した  $PMCI_i$  を成功したプロジェクト計画の属性データから推定するモデルの有効性を検証した。

### 4.1 PM 能力とプロジェクトの属性の相関分析

#### (1) PM 能力と属性データの相関分析

表3は  $PMCI_i$  とプロジェクト属性との相関分析の結果、絶対値が0.3以上の属性データを抜粋したものである。

表3 PM能力と成功プロジェクトの属性間の相関分析  
 Table3 Result of correlation analysis among Attributes of Successful Project and PMPI

プロジェクト属性データ	PMCI (PM能力)				
	$Y_{1i}$	$Y_{2i}$	$Y_{3i}$	$Y_{4i}$	
平均要員数	<i>a</i>	0.3694	-0.3622	-0.1517	-0.1246
ピーク時要員数	<i>b</i>	0.4147	-0.3359	-0.1383	-0.1490
実績工数総計	<i>c</i>	0.0604	-0.0623	0.8949	-0.0072
外注実績工数	<i>d</i>	0.0332	-0.0437	0.8495	-0.0634
社内実績工数	<i>e</i>	0.1521	-0.1169	0.7501	0.2318
管理実績工数	<i>f</i>	0.0872	-0.0197	0.9602	0.2548
実績工数(人時)	<i>g</i>	0.5032	-0.1811	-0.0565	-0.1342
開発計画工数	<i>h</i>	0.0527	-0.0118	0.8972	0.0113
開発実績工数	<i>i</i>	0.0847	-0.2135	0.2751	0.0004
相関の強い属性		<i>a, b, g</i>	<i>a, b</i>	<i>c, d, e, f, h</i>	-

表3から、 $PMCI_i$ との相関の強い属性データとして平均要員数、社内及び外注工数の実績、プロジェクト管理工数の実績、開発計画工数の実績値などに相関が認められ、これらの相関の認められた成功プロジェクトの属性データの実績値を計画値に代用することにより、プロジェクトを成功させるために必要な、計画段階から予測できる可能性があることが確認できた。ここで、表3に示す一部の属性間には多重共線性が認められた。従って、 $PMCI_i$ を目的変数とし、表3に示す複数の属性を説明変数とする予測モデルの開発に当たっては、 $PMCI_i$ の定式化にあたって使用した属性を説明変数としては採用しないと共に、表3に示す属性間で多重共線性が認められた属性は取捨選択して説明変数とした。

#### 4.2 重回帰分析

表4に  $PMCI_i (Y_{1i} \sim Y_{4i})$  を表3で相関が認められたプロジェクトの属性から推定するモデルの検証結果を示す。

表4から観測された  $PMCI_i: Y_{1i}$  を相関が認められるプロジェクトの属性 ( $a, f, g$ ) に基づいて推定するモデルの重回帰分析の結果は、重相関係数が 0.5172, 決定係数が 0.2675 である。F 値は 3.8960 ( $F_0=2.9223, m=3$ ), P 値が 0.0176 で 5%の有意性が認めらる。

次に  $PMCI_i: Y_{2i}$  を相関が認められるプロジェクトの属性 ( $g, h, i$ ) に基づいて予測するモデルの重回帰分析の結果は、重相関係数が 0.3053, 決定係数が 0.4717 である。F 値は 1.0963, P 値が 0.3649 であり、さらに  $Y_{4i}$  は、相関の強い属性が存在せず、いずれも有意性が認められない。

表4 最適な PM 能力予測モデルの重回帰分析の比較結果  
Table6 Result of Multiple regressions analysis of prediction Models for Project Management Capability

プロジェクトの属性	変数	係数	PM 能力を推定するモデルの有効性の比較			
			$Y_{1i}$	$Y_{2i}$	$Y_{3i}$	$Y_{4i}$
定数項	-	$r_0$	0.46911	0.24805	3.49220	0.06039
平均要員数	$a$	$r_1$	-0.00153			
ピーク時要員数	$b$	$r_2$				
実績工数総計	$c$	$r_3$			0.07723	
外注実績工数	$d$	$r_4$			-0.06510	0.00000
社内実績工数	$e$	$r_5$				
管理実績工数	$f$	$r_6$	0.00003			
実績工数(人時)	$g$	$r_7$	0.00000	0.00000		0.00000
開発計画工数	$h$	$r_8$		0.00000		
開発実績工数	$i$	$r_9$		-0.00005	-0.08032	0.00000
説明変数とした属性			$d, f, g$	$g, h, i$	$c, d, i$	$d, g, i$
重回帰分析の結果	R: 重相関係数		0.5172	0.3053	0.9379	0.1441
	R <sup>2</sup> : 決定係数		0.2675	0.0932	0.8797	0.0208
	F-値		3.8960	1.0963	78.0207	0.2262
	P-値		0.0176	0.3649	0.0000	0.8774
	AIC		21.5	13.6	-5.02	35.4
誤差平均			0.0504	0.0216	0.0043	0.0322

$F_0(3, 36, 0.05) = 2.9223$   $F_0(3, 36, 0.01) = 4.5097$   $Y_{mi}$ : プロジェクトの属性に基づく PM 能力の推定値  $r_n$ : 偏回帰係数 ( $n = 1 \sim 10$ )

ここで、最も高い有意性が認められた  $PMCI_i: Y_{3i}$  を相関が認められたプロジェクトの属性 ( $c, d, i$ ) に基づいて予測するモデルの重回帰分析の結果は重相関係数が 0.9379, 決定係数が 0.8797 であり、F 値が 78.0207, P 値が 0.000 となって、 $F_0(3, 36, 0.01) = 4.5097$  より大きく 1%の有意性は認められ、 $PMCI_i$  とプロジェクトの属性間の因果関係が認められる。又、表4に示す、ACK も -5.02, 誤差平均は 0.0043 と、 $Y_{3i}$  の予測モデルが他の予測モデルに比べて、最も当てはまりが良く優れている。以上の結果から、プロジェクトの  $PMCI_i$  をプロジェクト計画段階の属性データから推定するために、本論文で提案する  $PMCI_i: Y_{3i}$  を予測するモデルの有効性が確認できた。

#### 4.3 プロジェクト管理能力の妥当性診断

本研究では、開発した  $PMCI_i$  予測モデルを表1の定義に基づいてプロジェクトが一定の規模 (250 人月) を超える失敗したと判定したプロジェクトの属性データにも適用し、失敗プロジェクトの  $PMCI_i$  の予測値に基づいて、 $PMCI_i$  の実績値の妥当性を診断する手法の開発を試みた。

図6は、最も有意性の認められた  $Y_{3i}$  のモデルを失敗したプロジェクトに適用して求めた  $PMCI_i$  の予測値と実績値との相対誤差のグラフである。

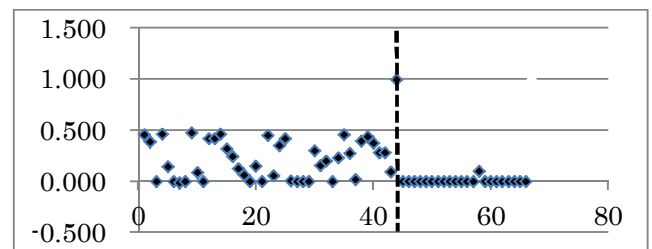


図6  $PMCI_i$  予測モデルに基づく PM 能力の診断  
Figure 5 A diagnosis of Project Management Capability based on the Prediction Model of  $PMCI_i$

図6の斜線より左側は失敗プロジェクトであり、右側が成功プロジェクトである。図6から、失敗プロジェクトの  $PMCI_i$  の相対誤差は成功プロジェクトの誤差より大きく、バラツキが認められる。さらに、失敗プロジェクトの相対誤差が大きいプロジェクトは、 $PMCI_i$  の実績値が予測値を下回っていることを示し、失敗プロジェクトでは  $PMCI_i$  の投入量が不足していることを示している。

従って、プロジェクト計画段階で見積もられたプロジェクトの計画工数総計、外注計画工数、開発計画工数などの属性データを本予測モデルに適用して予測した  $PMCI_i$  と PM スキル、プロジェクト管理工数、平均要員数などのプロジェクトの計画値から求めた  $PMCI_i$  計画値を比較することにより、計画段階で投入予定の  $PMCI_i$  の妥当性を診断できると考えられる。

## 5. おわりに

本研究ではプロジェクトの成功に必要なPMCI<sub>i</sub>を定量的に推定するため、PM能力（PMCI: Project Management Capability Indicator）をプロジェクトの属性から推定するモデルを開発し、モデルの有効性を検証した。本研究の検証結果から、プロジェクトの成功に必要なPMCI<sub>i</sub>を計画段階で見積もられたプロジェクトの計画値の属性から予測できるY3のモデルに最も高い有効性を確認した。さらに、PMCI<sub>i</sub>の定式化では、実績工数総計を使用したPMCI<sub>i</sub>に対するプロジェクト属性の相関は認められず、PMCI<sub>i</sub>はプロジェクトの工数ではなく、管理対象となるプロジェクトの平均要員の視点から捉える必要があることが確認できた。

今後の研究課題としては、本論文で提案したPMCI<sub>i</sub>を失敗プロジェクトだけでなく、超過プロジェクトにも適用し、PMCI<sub>i</sub>の最適化に向けた手法の開発を進める予定である。

さらに、PMCI<sub>i</sub>を構成するPMスキルと、プロジェクト管理工数の関係を解明することにより、プロジェクトの成功に必要なPMCI<sub>i</sub>の質と量の最適化について、その関係の解明と最適化手法の開発が必要と考えられる。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり研究データを提供していただいた独立行政法人情報処理推進機構（IPA/SEC）の山下様、秋田様に深く感謝致します。又、同研究室で共に研究を進めた卒研生と検討過程を通じて行われた議論にも深謝します。

## 参考文献

- 1) 江崎和博監修,プロジェクトマネジメント,共立出版(2012).
- 2) Project Management Institute, プロジェクトマネジメント知識体系ガイド(PMBOKガイド) 第4版(2008)
- 3) 日本プロジェクトマネジメント協会,P2M プロジェクト&プログラムマネジメント標準ガイドブック,日本能率協会(2008)
- 4) 江崎和博,組織的なプロジェクトマネージャの育成に向けてプロジェクトマネジメント学会誌,Vol.11,No.4,pp.20-21(2009)
- 5) 江崎和博,経営視点から見た IT 投資における総合的なリスク・マネジメント,プロジェクトマネジメント学会誌,Vol.6, No.4,pp.9-14(2004)
- 6) Turner,J.R, The handbook of project-based management:Improving the process for achieving strategic objectives, London: McGraw-Hill (1999)
- 7) R.Turner, R.Zolin, Forecasting Success on Large Projects:Developing Reliable Scales to Predict Multiple Perspectives by Multiple Stakeholders Over Multiple Time Frames, Project Management Journal,Vol.43,No.5,87-99 (2012)
- 8) R.Atkinson, Project management: Cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria, International Journal of Project Management Vol.17,No.6, 337-342 (1999)
- 9) T.Cooke-Davies,The “real” success factors on project, International Journal of Project Management 20,185-190 (2002)
- 10) Pinto,JK, Slevin,DP, Definition and measurement techniques, Project Management Journal,Vol.19,67-71 (1988)
- 11) Turner,J.R, & Muller,R, The project manager’s leadership style as a success factor on projects: A literature review, Project Management Journal,Vol.36,No.2,49-61 (2005)
- 12) N.P.Napier, M.Keil, Felix B.Tan,IT project manager’s construction of successful project management practice:a repertory grid investigation, Information System Journal 19,255-282(2007)
- 13) L. Geoghegan, V.Dulewicz, Do Project Manager’s Leadership Contribute to Project Success?, Project Management Journal,Vol.39,No.4,58-67 (2008)
- 14) 江崎和博,山田茂,高橋宗雄,設計レビュー過程の属性に基づくソフトウェア信頼性予測モデルとその評価,プロジェクトマネジメント学会誌,Vol.3, No.2,pp.27-32(2001)
- 15) K.Esaki, M.Takahashi, A model for program error prediction based on testing characteristics and its evaluation International Journal of Reliability, Quality and Safety ,Engineering , Vol.6, No.1,pp.7-18(1999)
- 16) 江崎和博,山田茂,高橋宗雄,設計レビューにおけるソフトウェア信頼性に影響を及ぼす人的要因の品質工学的解析,電子情報通信学会論文誌,Vol.J84-A, No.2,pp.218-228(2001)
- 17) 江崎和博,山田茂,高橋宗雄,日原圭祐,ソフトウェア設計過程の信頼性に影響を及ぼす人的要因の品質工学的アプローチ,電子情報通信学会論文誌,Vol.J83-A, No.7,pp.875-882(2000)
- 18) IPA/SEC, 独立行政法人情報処理推進機構（IPA）技術本部：ソフトウェア開発データ白書 2012-2013(2012)
- 19) 山下博之, 秋田君夫, ソフトウェア開発データの分析に基づくエンジニアリング研究の推進～収集データの活用に向けた IPA/SEC の取組み～, 独立行政法人情報処理推進機構 ソフトウェア・エンジニアリング・センター(2012),
- 20) ISO/IEC 29155-1:2011, Systems and software engineering --Information technology project performance benchmarking framework - Part 1: Concepts and definitions