

# MT法に基づくソフトウェア開発プロジェクトの成功可否判定手法の開発

江崎和博<sup>†</sup> 寒河江徹<sup>†</sup>

ソフトウェア開発プロジェクトでは、ソフトウェア製品リリース後の運用段階でプロジェクトの成功可否を客観的、定量的に判断し、その失敗原因を究明して、今後のプロジェクトへの対策に反映させることは極めて重要と考えられる。近年、IPA/SEC（独立行政法人情報処理推進機構 技術本部 ソフトウェア高信頼化センター）によって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データが蓄積されている。先行研究では、IPA/SECにより集められたビッグデータに基づき、線形判別モデルと重回帰モデルを使ったプロジェクトの成功可否の判別手法を開発し、その有効性を検証した。そこで、本研究では新たにMT法を用いたソフトウェアプロジェクト成功可否の判別手法の開発を試み、その有効性を比較検証した。

Key Words & Phrases : ソフトウェア開発, プロジェクト管理, プロジェクト成功度, MT法

## 1. はじめに

情報化社会の進展に伴い組織の新しい経営課題の達成に向けた多くの情報システム導入プロジェクトが進められている。一方、これらのシステムに組み込まれるソフトウェア開発の現場では、プロジェクト完了後のプロジェクトの成功可否がベテランのプロジェクトマネージャによる過去の類似プロジェクトの経験や感に基づく主観的な判断で決定されている場合がある。

一方、開発期間中の顧客からの要求の追加や変更に伴って、当初、計画した納期やコストが変化する場合もあり、プロジェクト成功可否の客観的な判断は、極めて困難である。もし、プロジェクト成功可否の判断に誤りがあると結果的に、本来、失敗したプロジェクトを成功と判定し、又は逆に成功したプロジェクトを失敗したと判定してしまい、組織のプロジェクトの成功に向けたPDCが回らず、成功可否の向上に向けた改善の取り組みが進まない可能性がある。

従って、ソフトウェア開発プロジェクトの管理では、プロジェクトの成功可否を定量的、客観的に推定するための判定手法が必要と考えられる。

近年、プロジェクトを成功に導くための多くのプロジェクト管理手法[1-5]が提案され、先行研究では、プロジェクトの成功に向けた管理の視点[6], [7]や成功要因[8]に関する提案がなされている。

しかし、これらのプロジェクト管理手法や先行研究は、研究対象となる実績データの件数が少ないことや、プロジェクトの属性が多岐にわたるため、あくまで概念レベルの定性的な提案にとどまり、ソフトウェア開発プロジェクトの成功可否の客観的かつ定量的な診断手法の研究は見あたらない。

一方、筆者らの先行研究[9],[10]では、開発されたソフトウェア製品の信頼性の定量的な予測手法として、ソフトウェア開発の試験段階や設計段階の属性データの一つ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、これらのソフトウェア開発期間中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[11],[12]では、ソフトウェア設計段階の人的要因と設計業務の成果物である設計文書の信頼性の関係を解明するために、実験の再現性と実績データの不足を補う手法として、実験計画法を採用し、品質工学的アプローチにより人的要因とソフトウェア設計品質の定量的な関係を検証した。

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 ソフトウェア高信頼化センター）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[13],[14]の収集と蓄積が進められている。

そこで筆者らは、先行研究[15]で、ソフトウェア開発プロジェクトの成功度の概念を定義するとともに、成功度に影響を及ぼすプロジェクト属性を特定し、プロジェクト「成功要因関連図」の開発を試みた。

そこで、先行研究[16-18]では、プロジェクトの成功可否を判定するために、図1[18]に示す、プロジェクト管理の計画-実行管理-実績評価の枠組みに基づき、成功可否をプロジェクト完了段階で得られた実績データからと成功度予測モデルと線形判別モデルの結果に基づいて診断する2つの手法の開発と比較検証を行なった。もし、プロジェクト成功可否の定量的・客観的な診断が可能になれば、プロジェクトの適正な終結時期を判断できることや、失敗プロジェクトの失敗原因の分析結果を、次期プロジェクト

<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

の失敗の再発防止に向けた、組織的な改善につなげられる可能性がある。

本研究では、これらの2つの成功可否の診断手法に加えて、新たにマハラノビス距離を使ったMT法[19]による診断手法の開発を試みた。さらに、本論文では、先行研究で開発した、プロジェクト成功可否を診断する2つの診断手法とMT法を用いた診断手法の診断精度の比較検証を行なった。

本論文では、MT法を用いたプロジェクト成功可否診断の有効性と、比較検証結果について述べる。

## 2. プロジェクト管理品質の概念

### 2.1 プロジェクトの計画と実績

図1にソフトウェア開発プロジェクトの計画値と実績値及び管理プロセスの概念を示す。ここで、ソフトウェア開発プロジェクトの計画プロセスの品質は、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、要員数、工数などの各種の属性の計画値の見積もり精度と考えられる。一方、プロジェクト完了後の属性データの実績値はプロジェクトの計画と実行プロセスの結果の品質を示すと考えられる。

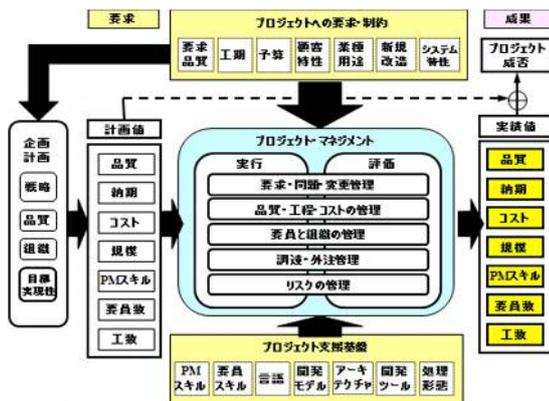


図1 ソフトウェア開発プロジェクトの計画と評価の枠組み [15]

図1で、プロジェクト計画段階の属性は実行段階の属性に影響を及ぼし、最終的にはプロジェクトの結果の属性データに影響を及すと考えられる。

従って、プロジェクトの計画及び実行段階のプロダクト及びプロセスの属性データの実績値とプロジェクトの成功可否には密接な関係があると考えられる。

### 2.2 プロジェクト成功可否の判定基準

通常、プロジェクト成功可否の最終的な判断はプロジェクト完了後、一定期間経過後に実施する顧客やプロジェクトメンバーなどの関係者に対するアンケート調査やヒアリングの結果に基づき、プロジェクトが初期の目的を達成したか否かと言う視点から総合的に行われる。

一方、本研究では、IPA/SECによる属性データの収集範囲が、プロジェクトの開始から終了までの期間に限定されていることから、プロジェクト成功可否の判断を図1に示す、プロジェクトが計画書に記述された計画値通りに達成されたか否か、すなわち、計画値と実績値の差異の視点から行った。表1にプロジェクトの計画と実績の品質、納期、コストの成功度の定量化基準及びプロジェクトメンバーの主観的な定量化基準を示す。

本研究では表1に示す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がアンケート調査などよりも具体的かつ客観的にプロジェクトの成功度を示す可能性が高いと考え、プロジェクト成功度の定義を行った。

#### (1) 計画と実績の成功度の定量化

表1に示すように、IPA/SECの属性データに含まれる品質、納期、コストに関する計画の定性的な評価結果の記述に対応して、-1.0から1.0の値を設定した。

同様に実績の評価結果に対応して、-1.0から1.4の値を設定した。

#### (2) プロジェクト成功度

計画と実績の品質、納期、コストの視点から見たプロジェクトの成功可否の定性的な評価結果を表1に示す定量化基準に基づいて定量化した値を「成功度」と定義した。さらに、プロジェクトの総合的な成功度は品質、納期、コストの成功度の総和から導いた。

#### (3) プロジェクト成功可否の定義

表1で、実績値が計画値に近ければ近いほどプロジェクトは成功したと判断できる。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。又、実績値が計画値を上回った場合は、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を上回る結果が得られたとも判断できる。但し、実績値が計画値を大幅に上回るケースでは、目標値を達成可能な値よりも意識的に低く目に設定し、元々の計画値の見積もり精度が悪い可能性もある。この場合のプロジェクトは本来、得られるはずの妥当な期待便益を得られず、利益損失や機会損失につながった可能性もある。

従って、厳密にはプロジェクト計画の精度が良いと言う前提条件の下で品質、納期、コストの計画値と実績値が等しい場合のみ、プロジェクトが確実に成功したと判定できる。但し、本研究では、IPA/SECのデータに計画段階の属性の実績データがほとんど存在しないことから、プロジェクトの成功可否を表1の成功度が1.0以上を成功、1.0以下を失敗と識別した。

表 1 プロジェクト成功度の定量化基準と成功可否の判定基準 [18]

判定	品質 (Quality) の評価		納期 (Delivery) の評価		コスト (Cost) の評価		自己評価
	計画精度	実績	計画精度	実績	計画精度	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 ( $\pm 10\%$ 未満) ( $90 < y < 110$ )	a=1.0: QCD 全て成功
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	e=0.6: 納期 10 日未満遅延 ( $\text{計画納期} < z < \text{計画納期} + 10$ )	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 ( $110 \leq y \leq 130$ )	b=0.60: QCD のうち 2つは成功・概ね成功
		d=0.2: 計画値の 100%以内の超過 ( $150 < x \leq 200$ )		d=0.2: 納期 30 日未満遅延 ( $\text{計画納期} + 10 \leq z < \text{計画納期} + 30$ )		d=0.2: 計画の 50%以内の超過 ( $130 < y \leq 150$ )	c=0.2: QCD のうち 1つだけ成功・やや失敗
	b=0.0: 品質目標不明確, 又は実行可能性未検討	-----	b=0.0: 納期計画の根拠不明確, 又は実行可能性未検討	-----	b=0.0: コスト算定の根拠不明確, 又は実行可能性未検討	-----	e=1.0: 計画の 50%を超える超過 ( $150 < y$ )
	e=1.0: 計画なし		e=1.0: 計画なし	e=1.0: 納期を 30 日以上遅延 ( $\text{計画納期} + 30 \leq z$ )	e=1.0: 計画なし		

2.3 MT法の概念

図 2[21]に示すように, MT法とは多次元の情報空間からの「マハラノビスの距離」に基づく一種のパターン認識の手法である。

多次元の属性データを総合して, 診断の対象となるプロジェクトが成功したプロジェクト (正常空間) からどれだけ離れているかを「マハラノビスの距離」という 1つの指標で表し, この距離に基づいて, 診断対象となるプロジェクトが正常空間 (成功) からどれだけ離れているかを確認することにより, 失敗プロジェクトを診断できる可能性がある。

そこで, 本研究ではMT法を用いることで, プロジェクトの成功可否を診断できるだけでなく, 成功可否の総合的な診断精度の向上が期待できると考えた。

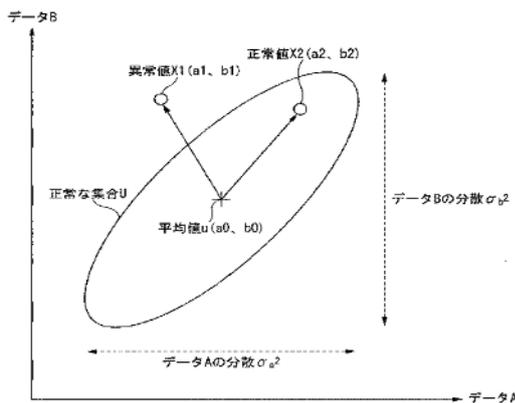


図 2 MT法の概念 [21]

3. 解析プロセス

3.1 解析対象データの抽出

図 3[18]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の概要である。これらの属性データはウォータフォールモデルをベースとしたソフトウェア開発方式に基づいており, 2004年から2013年までの収集されたプロジェクトの件数が 3325 件, 属性データの項目数は 611 件であるが, 必ずしも, 全ての属性データが記入されていないことに加え, データに欠損が見られるケースもあった。従って, 本研究ではプロジェクト完了段階で, プロジェクトの成功可否を推定するモデルの開発に向けて, 必要な属性データに欠損が無く, 信頼性が認められ, 且つ, 表 1 の成功度の定量化基準に基づいて, プロジェクトの計画と実績の成功度の値が得られ, さらに重度の仕様変更が起こらなかったプロジェクトのみを抽出した。その結果, 3325 件あったプロジェクトを 56 件に絞った。

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、要求仕様の明確性等
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 3 IPA/SEC のプロジェクトデータの属性[15]

3.2 重回帰分析に基づく成功可否の推定

「成功率予測モデル」「線形判別モデル」の 2つの方法で, プロジェクトの属性データから成功可否を推定するために重回帰分析を行った。まず相関分析により成功度と関連の強い属性データを特定した。

表 2 相関分析の結果

12oc 総合	10053	10053_実績工数(総計人時)_基本設計
	10057	10057_実績工数(総計人時)_総合テスト(ベンダ確認)
	5249m	5249_設計フェーズ別レビュー指摘件数基本設計/10050_実績工数(総計人時)_プロジェクト全体
	10080m	10080_レビュー指摘件数_製作
	10077	10077_レビュー指摘件数_プロジェクト全体
123d コスト	5232	5232_ピーク要員数プロジェクト全体
	10077m	10077_レビュー指摘件数_プロジェクト全体/10050_実績工数(総計人時)_プロジェクト全体
	10079m	10079_レビュー指摘件数_要件定義/10050_実績工数(総計人時)_プロジェクト全体
	5249m	5249_設計フェーズ別レビュー指摘件数基本設計/10050_実績工数(総計人時)_プロジェクト全体
124d 品質	10077m	10077_レビュー指摘件数_プロジェクト全体/10050_実績工数(総計人時)_プロジェクト全体
	5249m	5249_設計フェーズ別レビュー指摘件数基本設計/10050_実績工数(総計人時)_プロジェクト全体
	5250m	5250_設計フェーズ別レビュー指摘件数詳細設計/10050_実績工数(総計人時)_プロジェクト全体
	10080m	10080_レビュー指摘件数_製作/10050_実績工数(総計人時)_プロジェクト全体
125d 工期	10052m	10052_実績工数(総計人時)_要件定義/10050_実績工数(総計人時)_プロジェクト全体
	10050	10050_実績工数(総計人時)_プロジェクト全体
	5185mh	5185_実績工数(管理人時)プロジェクト全体*902_人時換算係数_人時/月
	5249m	5249_設計フェーズ別レビュー指摘件数基本設計/10050_実績工数(総計人時)_プロジェクト全体
	5249	5249_設計フェーズ別レビュー指摘件数基本設計
	11015	11015_プロジェクト開発工数計画値(基本設計開始時点)
12oc3 総合 (変換後)	10053	10053_実績工数(総計人時)_基本設計
	10054	10054_実績工数(総計人時)_詳細設計
	10057	10057_実績工数(総計人時)_総合テスト(ベンダ確認)
	5249m	5249_設計フェーズ別レビュー指摘件数基本設計/10050_実績工数(総計人時)_プロジェクト全体
	5250m	5250_設計フェーズ別レビュー指摘件数詳細設計/10050_実績工数(総計人時)_プロジェクト全体
	11015	11015_プロジェクト開発工数計画値(基本設計開始時点)
123d3 コスト (変換後)	5232	5232_ピーク要員数プロジェクト全体
	10053m	10053_実績工数(総計人時)_基本設計/10050_実績工数(総計人時)_プロジェクト全体
	10052	10052_実績工数(総計人時)_要件定義
	10015h	10015_実績工数(社内計人時)_プロジェクト全体
	10079m	10079_レビュー指摘件数_要件定義/10050_実績工数(総計人時)_プロジェクト全体
	5257	5257_発生不具合現象数(重大)0ヶ月
124d3 品質 (変換後)	10052	10052_実績工数(総計人時)_要件定義
	10053	10053_実績工数(総計人時)_基本設計
	10057	10057_実績工数(総計人時)_総合テスト(ベンダ確認)
	10048	10048_実績工数(総計)_総合テスト(ベンダ確認)
	10077m	10077_レビュー指摘件数_プロジェクト全体/10050_実績工数(総計人時)_プロジェクト全体
	5249m	5249_設計フェーズ別レビュー指摘件数基本設計/10050_実績工数(総計人時)_プロジェクト全体
125d3 工期 (変換後)	10052m	10052_実績工数(総計人時)_要件定義/10050_実績工数(総計人時)_プロジェクト全体
	10077m	10077_レビュー指摘件数_プロジェクト全体/10050_実績工数(総計人時)_プロジェクト全体
	5249m	5249_設計フェーズ別レビュー指摘件数基本設計/10050_実績工数(総計人時)_プロジェクト全体
	5249	5249_設計フェーズ別レビュー指摘件数基本設計
	11015	11015_プロジェクト開発工数計画値(基本設計開始時点)

相関分析の結果,表 2 に示す属性データを説明変数の候補とした

### 1) 成功度予測モデルに基づく成功可否の診断

表 2 で示す, 成功可否と相関の高いプロジェクト属性を説明変数として重回帰分析を行うことにより, 成功度を予

測するためのモデルを (1) 式のように定式化し, 成功度予測するモデルの開発を試みた.

重回帰分析を行うにあたり, 本研究では 56 件のデータから無作為に 28 件のデータを抜き出し, これらのデータに基づいて成功度予測モデルの開発と有意性の検証を行った. さらに, 開発した有意性の確認できた予測モデルを残りの 28 件のプロジェクト属性データに適用することにより, 成功可否の予測精度の検証を行った.

$$y_i = r_0 + r_1 x_{a_i} + r_2 x_{b_i} + \dots + r_n x_{l_i} \quad (1)$$

$y_i$ : プロジェクト成功可否の推定値

$r_n$ : 偏回帰係数

$i$ : プロジェクトのサンプル番号

(  $i = 1 \sim N, N = 28$  )

以下に, 総合的な成功度(12oc), コスト(123d), 品質(124d), 工期(125d) についての成功度予測モデルの式を示す.

$$Y_{12oc} = -0.000048x_1 - 14.68x_2 + 0.0002x_3 + 3.0852$$

$$Y_{123d} = -0.0054x_4 - 3.93x_5 - 1.72x_2 + 1.066$$

$$Y_{124d} = 1.922x_6 - 7.137x_2 - 3.532x_7 + 0.992$$

$$Y_{125d} = -1.029x_8 - 7.623x_2 + 0.00035x_9 + 1.044$$

$x_1$ : 10053\_実績工数(総計人時)\_基本設計

$x_2$ : 5249\_設計フェーズ別レビュー指摘件数基本設計 / 10050\_実績工数(総計人時)\_プロジェクト全体

$x_3$ : 10077\_レビュー指摘件数\_プロジェクト全体

$x_4$ : 5232\_ピーク時要員数 プロジェクト全体

$x_5$ : 10079\_レビュー指摘件数\_要件定義 / 10050\_実績工数(総計人時)\_プロジェクト全体

$x_6$ : 10077\_レビュー指摘件数\_プロジェクト全体 / 10050\_実績工数(総計人時)\_プロジェクト全体

$x_7$ : 5250\_設計フェーズ別レビュー指摘件数詳細設計 / 10050\_実績工数(総計人時)\_プロジェクト全体

$x_8$ : 10052\_実績工数(総計人時)\_要件定義 / 10050\_実績工数(総計人時)\_プロジェクト全体

$x_9$ : 5249\_設計フェーズ別レビュー指摘件数基本設計

### 1) 線形判別モデルによる成功可否の診断

線形判別分析を行うために成功度を(2)式によって変換し, 上記の手順と同じように相関分析と重回帰分析を行った.

$$Y_{i,d} = \begin{cases} \frac{N_F}{N} & (A_i \geq 1.0) \\ \frac{N_S}{N} & (A_i < 1.0) \end{cases} \quad \dots \quad (2)$$

$Y_{i,d}$ : 変換後の成功度

$N$ : サンプル数

$N_S$  : 成功度実績値が1.0以上のサンプル数  
 $N_F$  : 成功度実績値が1.0未満のサンプル数

本研究では、成功度を変換しない診断手法を「成功度予測モデル」、(2)式に基づいて成功度を成功か失敗かの2値に変換した診断手法を「線形判別モデル」と呼ぶ。

以下に、総合的な成功度(12oc)、コスト(123d)、品質(124d)、工期(125d)についての線形判別モデルの式を示す。

$$Y_{12oc3} = -0.00017x_1 + 0.00016x_{10} - 0.00016x_{11} - 13.7x_2 + 10.85x_7 + 0.254$$

$$Y_{123d3} = -0.0158x_4 - 1.917x_{12} - 15.86x_5 - 0.065x_{13} + 0.462$$

$$Y_{124d3} = -0.0001x_{14} + 0.0003x_1 - 0.0008x_{15} + 3.902x_6 - 16.13x_2 + 0.24$$

$$Y_{125d3} = -2.64x_8 - 11.75x_2 + 0.0007x_9 + 0.181$$

- $x_{10}$  : 10054\_実績工数(総計人時)\_詳細設計
- $x_{11}$  : 10057\_実績工数(総計人時)\_総合テスト(ベンダ確認)
- $x_{12}$  : 10053\_実績工数(総計人時)\_基本設計/10050\_実績工数(総計人時)\_プロジェクト全体
- $x_{13}$  : 5257\_発生不具合現象数(重大)6ヶ月
- $x_{14}$  : 10052\_実績工数(総計人時)\_要件定義
- $x_{15}$  : 10048\_実績工数(総計)\_総合テスト(ベンダ確認)

これらの式に説明変数となる属性データを適用することで、成功度を推定した。

## 2) MT法に基づく成功可否の診断

本研究では、MT法を用いた診断手法の開発を試みた。MT法を用いた診断手法と先行研究で開発した2つの手法との有効性の比較を行うため、先行研究の手法で得られた重回帰式の説明変数となる属性データを、MT法に基づく診断にも適用して、プロジェクトの成功可否を診断し、その診断精度を比較することにより、3つの診断手法の優劣の客観的・公平な比較を試みた。

まず、成功度予測モデルと線形判別モデルの重回帰式を開発した28件のプロジェクトから、成功したプロジェクトのみを抽出し、成功プロジェクトのみの正常空間となる「単位空間」をつくった。

次に残りの28件のプロジェクト別の正常空間からのマハラノビス距離を計算した。

ここで、マハラノビス距離は(3)式によって導いた。

$$D^2 = \frac{1}{k} UR^{-1}U^T \quad \dots (3)$$

$U = (u_1 \ u_2 \ u_3 \ \dots \ u_i)$

$D^2$  : マハラノビス距離

$k$  : 項目数(属性データ)の数

$u_i$  : 属性データ

$R$  : 単位空間の属性データでつくった相関行列

## 3.3 成功可否の判定精度

本研究では、ソフトウェア開発プロジェクトの成功可否を判定するための3つの診断手法の有効性を比較検証するため、28件のプロジェクト実績データに基づいて、3つの診断手法毎に成功可否の的中率を、以下の(4)式で求めた。

$$A = \frac{P_c}{P} \quad \dots (4)$$

表3 プロジェクト別マハラノビス距離と成功可否の診断

A : 的中率

$P_c$  : 判定に成功したプロジェクト数

P : 全体プロジェクト数(28)

## 4. 解析結果

本研究では単位空間の中でマハラノビスの距離が最も離れているプロジェクトの距離を成功可否の境界(閾値)と考え、この閾値よりもマハラノビス距離が大きいプロジェクトは失敗、小さいプロジェクトは成功したと判断して、表3に示す28件の対象プロジェクトの成功可否を診断した。表3で、最初の行に示した黄色の網掛けの値が成功可否の境界(閾値)を示す。

### 4.1 診断手法の有効性の比較

表4は3つの診断手法毎のプロジェクトの総合、品質・納期・コストの成功可否の的中率を示している。

表4 診断手法別の成功可否判定の的中率の比較

判別手法の的中率と比較		
	重回帰的中率	MT法
総合(成功度予測モデル)	0.536	0.643
総合(線形判別モデル)	0.786	0.714
品質(成功度予測モデル)	0.250	0.75
品質(線形判別モデル)	0.679	0.857
コスト(成功度予測モデル)	0.714	0.75
コスト(線形判別モデル)	0.679	0.821
工期(成功度予測モデル)	0.393	0.857
工期(線形判別モデル)	0.607	0.857

表4で、MT法に基づく的中率が総合、品質・納期・コストの的中率を、それぞれ2通り示しているのは、同じ項目でも成功度予測モデルと線形判別モデルに対応する2種類の重回帰モデルで、それぞれ説明変数が異なるためである。表4から、総合、品質、工期で成功度予測モデルよりも線形判別モデルに基づく診断手法の的中率が高く、コストのみ、ほぼ同じ値を示している。

さらに、線形判別モデルに基づく総合的な成功可否の的中率を除くすべての項目で、MT法に基づく診断的中率が高いということが分かった。一方、最も高い的中率でも85%と全体的に見てあまり高い数字とはなっていない。

表 3.1 マハラノビス距離と成功可否の診断—成功度予測モデル

	12oc	123d	124d	125d
成功境界	4.490281	4.046895	5.615888	7.296566
No.1	34.11525	4.032823	0.311534	4.035637
No.2	1.408891	0.199781	0.20145	0.188217
No.3	3.167306	0.813985	0.247231	2.360578
No.4	0.373074	4.287281	0.134541	0.227466
No.5	6.289618	8.488977	5.911232	0.177551
No.6	0.644495	0.415842	0.370558	41.98337
No.7	4.053245	6.345432	3.493853	2.507137
No.8	1.008498	0.123523	0.832235	0.497959
No.9	1.190924	0.265431	0.595238	0.182344
No.10	519.3391	6.045579	2.636977	4.938612
No.11	14.80539	17.40702	8.453705	2.72148
No.12	0.402835	0.479997	0.079159	0.259906
No.13	0.344733	0.342367	0.180616	0.254
No.14	0.755562	2.299988	0.45035	0.184119
No.15	2.25331	3.476838	2.193768	2.813193
No.16	0.308312	0.254768	0.083943	0.159646
No.17	8.118871	9.596216	1.674043	3.12143
No.18	0.333049	0.263229	0.080751	0.19681
No.19	0.525931	0.745214	0.42754	0.224361
No.20	0.236456	0.156611	0.180147	0.400617
No.21	29.26487	13.82016	17.31002	0.498735
No.22	0.187058	0.118786	0.689182	0.399194
No.23	2.812221	0.101656	1.408292	2.212878
No.24	0.485724	0.591052	0.369087	2.249742
No.25	3.87234	3.51637	0.430464	8.511748
No.26	0.399867	0.464863	0.326498	1.954309
No.27	36.54763	1.754088	1.694678	1.376182
No.28	1.665416	2.033615	1.498617	0.41585

表 3.2 マハラノビス距離と成功可否の診断—線形判別モデル

	12oc3	123d3	124d3	125d3
成功境界	2.9628	5.5	2.267081	7.296566
No.1	64.71402	52.22095	17.55328	1.376182
No.2	3.121385	0.146337	1.622523	0.41585
No.3	6.051086	0.608901	13.12299	4.035637
No.4	16.85944	4.927626	0.182944	0.188217
No.5	3.458303	0.314637	3.624976	8.511748
No.6	0.41997	0.341733	0.407271	1.954309
No.7	2.653026	5.791821	2.190209	2.360578
No.8	0.244767	0.113505	16.22848	0.227466
No.9	0.935664	0.20432	32.52655	0.177551
No.10	62.37375	1.164934	17.02481	41.98337
No.11	8.044038	11.40407	8.14428	2.507137
No.12	0.332469	0.360113	0.275339	0.497959
No.13	0.212572	2.043035	0.247771	0.182344
No.14	0.623982	1.760158	0.48465	4.938612
No.15	1.519856	0.797738	1.413311	2.72148
No.16	0.23011	0.167151	1.042571	0.259906
No.17	5.610134	16.91649	1.431865	0.254
No.18	0.898485	0.220937	0.158897	0.184119
No.19	0.496135	2.022084	0.776329	2.813193
No.20	0.179898	0.383961	0.25778	0.159646
No.21	15.98818	6.805997	5.069571	3.12143
No.22	0.522679	1.568012	0.483938	0.19681
No.23	0.166776	0.706533	16.8605	0.224361
No.24	0.988543	1.513998	0.345136	0.400617
No.25	12.31975	4.740308	1.01839	0.498735
No.26	0.215963	0.389646	0.37824	0.399194
No.27	6.622596	2.379637	15.11174	2.212878
No.28	0.794866	0.167003	1.02746	2.249742

## 4.2 考察

本研究では先行研究で提案した他の診断手法と、今回、試みたMT法に基づく診断手法の診断精度の公平な比較検証を行なうために、成功度予測モデルと線形判別モデルのそれぞれに対応した重回帰モデルの説明変数と同様の

属性データに基づいて、MT法による成功可否の診断を行った。一方、MT法では複数の属性データ間の距離を求めることができるため、相関分析や重回帰分析などの結果に基づく属性データに関係無く、診断に適した複数の属性データを適用することにより、診断の精度を改善できる可能性があると考えられる。MT法に基づく成功可否の診断手法の的中率は表4に示す通りであるが、予測結果を詳細に確認すると、実際は成功しているにも関わらず失敗と判定しているケースが多くみられた。その原因としては、成功したプロジェクトは設計段階のレビュー指摘件数の少ない場合が多く、マハラノビスの距離に対する「レビュー指摘件数」の影響が考えられる。

すなわち、設計段階におけるレビュー指摘件数が多いために、成功しているプロジェクトでも、マハラノビスの距離が大きくなってしまい、失敗したプロジェクトと診断してしまっただけの可能性もある。

たとえ設計段階で、設計レビューに基づく多くの指摘を受けた場合でも、その指摘に基づいて、設計の見直しを行うなど、その後の対応次第では、ソフトウェア開発の品質、生産性が改善されて、結果的に成功する状況が、マハラノビスの距離に反映されていない化膿性がある。

レビュー指摘件数は確かに成功度に相関の高い属性と考えられるが、設計段階以降の対策如何によっては、必ずしも負の相関であるとは限らない。

また、MT法は単位空間に均質性がある事象について有効である。従って、様々な業種や規模のソフトウェア開発プロジェクトの属性データを対象に、MT法を適用するためには、比較的類似したプロジェクトの集合を対象にして解析を行うことが理想である。

一方、類似したプロジェクトで、属性データに信頼性のあるサンプルデータを統計的な処理に耐える数だけ、採取することは現実的にはなかなか困難である。

従って、MT法の単位空間の均質性を確保するためのプロジェクト属性データの選定方法や抽出方法、成功可否の診断精度及び的中率を改善するための手法の研究が必要と考えられる。

## 5. おわりに

今回、MT法に基づくプロジェクト成功可否の診断手法が、先行研究で提案した診断手法に比べても比較的有効であるということが確認できた。

一方、その的中率を見ると、まだ確実な診断手法とはいいがたく、診断精度改善のために明らかにすべき多くの研究課題があると考えられる。

しかしながら、MT法をソフトウェア開発プロジェクトの設計段階の属性データに適用することで、設計段階からプロジェクトの将来の成功可否を予測し、ソフトウェア開発プロジェクトの生産性と、品質の抜本的な改善を図れる可能性があると考えられる。

今後の課題として,MT法の適用による設計段階からのプロジェクトの成功可否診断手法の開発を試みる予定である。

## 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,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.
- [5]Turner,J.R., The handbook of project-based management:Improving the process for achieving strategic objectives, London: McGraw-Hill ,1999.
- [6]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,pp.87-99, 2012.
- [7]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, pp.337-342, 1999.
- [8]T.Cooke-Davies,The “real” success factors on project, International Journal of Project Management 20,pp.185-190,2002.
- [9]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.
- [10]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.
- [11]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.
- [12]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.
- [13]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.
- [14] 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 ソフトウェア高信頼化センター,2012.
- [15] 江崎和博, ソフトウェア開発プロジェクトの成功に關係する要因の研究, 電子情報通信学会論文誌, vol.J98-A, no.9, pp.571-579 (September2015)
- [16] K.Esaki, K.Kuwahara, T.Sagae, Comparison between Decision Making Method for Success right or wrong of Software Development Project, Handbook on Economics, Finance and Management Outlooks, 3rd International Conference on Economic, Finance and Management Outlooks, vol.3, pp60-65 (July 2015)
- [17] Esaki, K, Kuwahara, K, Sagae, T., Development of Decision Making Method to Success of Software Development Project based on the Discriminant Analysis, Handbook on Economics, Finance and Management Outlooks, vol.3, pp.47-53 (July2015)
- [18] 江崎和博, ソフトウェア開発プロジェクトの成功可否を診断する手法の開発, 電子情報通信学会論文誌, vol.J99-A, no.6, pp.211-221 (Jun 2016)
- [19]長谷川諒子 マハラノビス・タグチシステムのはなし