

# ソフトウェア開発プロジェクトにおける開発計画の分析 — 品質，生産性との関連性 —

稲垣 勝巳<sup>†</sup>，高木 徳生<sup>†</sup>，坂本 啓司<sup>†</sup>  
水野 修<sup>‡</sup>，菊野 亨<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> オムロン (株) ソーシャル事業グループ 開発・生産センタ  
Phone (0775)65-5071 FAX (0775)65-5579  
e-mail : inagaki@eftses.krc.omron.co.jp  
<sup>‡</sup> 大阪大学 大学院基礎工学研究科 情報数理系専攻

本研究ではソフトウェアプロジェクトのための開発計画の良さ(コスト予測の精度の高さ)が出荷後のソフトウェアの品質(フィールド品質)と開発チームの生産性に及ぼす影響について，31件の実際のプロジェクトから収集したデータを用いて分析する．得られた主な結論は次の通りである．(1) 開発計画が標準手順に準拠している度合と，実際に計画通りに実行される度合が高いほどその計画のコスト予測の精度が上がる．(2) コスト予測の精度が10%未満のプロジェクトとそれが10%以上のプロジェクトではフィールド品質とチーム生産性のいずれも有意的な差がある(有意水準5%の統計的仮説検定より)．

キーワード: ソフトウェアプロジェクト，開発計画，ソフトウェア品質，生産性，統計的仮説検定

## Effects of Cost Estimation Accuracy on Quality and Productivity

Katsumi Inagaki<sup>†</sup>, Yasunari Takagi<sup>†</sup>, Keishi Sakamoto<sup>†</sup>,  
Osamu Mizuno<sup>‡</sup> and Tohru Kikuno<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> Development and Production H.Q., Social Systems Business Group,  
OMRON Corporation, Japan  
Phone +81-775-65-5071 FAX +81-775-65-5579  
e-mail : inagaki@eftses.krc.omron.co.jp  
<sup>‡</sup> Department of Informatics and Mathematical Sciences,  
Graduate School of Engineering Science, Osaka University

This paper discusses the effects of the estimation accuracy(measured by relative error,  $RE$ ) for software development cost on both the quality(measured by  $FR$ ) of the delivered codes and the productivity(measured by  $PT$ ) of the development team. Using actual data on the thirty one projects at OMRON Corp., the followings are verified by statistical analysis : (1) The higher the completeness of development plan is, the smaller the  $RE$  is. (2) Both  $FR$  and  $PT$  are significantly different between projects with  $-10\% < RE < 10\%$  and projects with  $RE \geq 10\%$ .

Keywords: software project, development plan, software quality, productivity, test of statistical hypotheses

# 1 まえがき

ソフトウェア開発における品質と生産性向上の重要性が指摘されている。もっとも有望な取り組みとしてプロセス改善 [2] が注目され、多くの試みが報告されてきている [3][6][8][9]。

プロセス改善をより効果的に実現するためには適切な開発計画の作成とその実施が必要となる [1][12]。もし不適切な計画を与えられ、計画は適切であるがその履行に問題があると、せっかくの改善計画も計画倒れとなり実行できないために、結局はプロセス改善に失敗すると考えられる。

開発現場にとって開発計画の作成と履行の適切さを判断する直観的で、かつ、受け入れやすい1つの基準は開発コストが見積り通りであったかどうかである [13][14][15]。一般的に開発コストは働いた人間の延べ人数に近似的に等しいと考えられるので、開発期間(作業時間)や作業者の技術レベルなども間接的に含めて評価されていると考えてもよい。

ここで、この開発計画の適切さを開発コストが見積りから大きく崩れなかったことと考える理由は、そうしたプロジェクトでは品質や生産性が安定しており、しかもよい値を示しているためである。ここで品質とは出荷後の製品に含まれるフォールト数(フィールド品質)のことであり、生産性とはチーム当たりの開発規模をその開発に要した延べ工数で割って求めたもの(チーム生産性)とする。

そこで本研究では「開発コストの見積りが大きく崩れなかったプロジェクトでは品質や生産性が安定している。しかも品質や生産性の値そのものも高い」ことを開発現場で収集した31件のプロジェクトのデータを利用して示すことを目的とする。

その準備として、開発コストの見積りのずれの少ない(すなわち、コスト予測精度の高い)開発計画の状況を詳細に調べる。そのためにプロセス改善グループ(SEPG: Software Engineering Process Group)で行った「開発計画の評価」に基づいて、その評価点と予測精度の大小の関係を調べる。

次に、予測精度の大小とフィールド品質の関連性、および、予測精度の大小とチーム生産性の関連性について調べる。なお、分析に当たっては、有意水準5%の統計的仮説検定を用いる。

## 2 研究の背景と目的

### 2.1 背景

オムロン(株)ソーシャル事業グループでは、この5年間にわたって、全ての開発プロジェクトにおいてソフトウェア品質と開発チームの生産性の向上を目的としたプロセス改善活動を展開してきている [6][9]。こ

のプロセス改善活動には専任者が割り当てられ、ソフトウェアメトリクス [1][7][10] を利用した改善活動を行っている。ソフトウェアメトリクスは、プロセス改善活動の効果を定量的に検証するために利用されており、次のようなデータが各プロジェクトにおいて収集されてきた。

- 開発計画
- 開発規模
- 工程ごとの工数
- 工程ごとのフォールト数
- 出荷後のフォールト数

また、年度ごとに収集されたデータを集計し、傾向を分析してきている。特に開発計画の作成には力を入れてきたため、どれくらいのプロジェクトでプロジェクト管理手順に準拠した開発計画書が作成されているかという割合は年々上昇している [8]。その結果としてプロジェクトの予測した開発コストと実績値の差(計画のコスト予測精度と呼ぶ)が小さくなっていく傾向にある。なお、収集されている開発コストは金額を単位とするものと人月を単位とするものがあるが、ここでは人月に対する値を用いるものとする。

一方、出荷後一定期間内に発見されるソフトウェアフォールトの件数(フィールド品質と呼ぶ)も安定化、かつ、減少する傾向にある。それと同時に再利用分も含めて開発者の全ての生産性(チーム生産性と呼ぶ)も年々安定化し、かつ、向上する傾向にある。

そこで、ソフトウェア品質の向上と開発者生産性の向上の両方にとって開発計画のコスト予測精度の向上が有効であるのではないだろうかと推測するに至った。

### 2.2 研究の目的

2.1で述べたような事情から、本研究では次の3つの命題(A1), (A2), (A3)が成り立つことをオムロン(株)ソーシャル事業グループにおいて実施した31件のプロジェクトの開発データを用いて実証することを目指す。

- (A1) 開発計画が標準手順に準拠している割合が高いほどその計画のコスト予測精度も高い。

… 制定されているプロジェクト計画のための標準手続きに従って開発計画が作成されていて、しかもその計画通りに実行されたプロジェクトのコスト変動は小さいことを主張する。

- (A2) コスト予測精度の高い開発計画の下で実施されたプロジェクトにおいてはフィールド品質も高い。

… 結果的にほぼ見積り通りの開発コストで終了したプロジェクトにおいては、開発されたプロダ

クトの出荷後一定期間内に発見されるフォールトの数が少ないことを主張する。

(A3) コスト予測精度の高い開発計画の下で実施されたプロジェクトにおいては、そのチーム生産性が高い。

… ほぼ見積り通りの開発コストで終了したプロジェクトにおいては、そのプロジェクトに参加した開発者全員の生産性(平均的な意味での生産性)が高いことを主張する。

### 3 メトリクス の定義

#### 3.1 開発プロセスモデル

オムロン(株)ソーシャル事業グループでは、ATM(Automated Teller Machines)、POS(Point Of Sales) 端末、券売機などの多くのソフトウェア組込み型機器を製造している。このような組み込み型ソフトウェアの開発は図1に示す開発プロセスに従って行われる。

開発プロセスは設計フェーズとデバッグフェーズに分けられる。設計フェーズの1つの特徴は各設計作業工程、コーディング作業工程の後に必ずレビュー作業工程が配置されていることである。一方、デバッグフェーズの特徴は単体、統合、機能、検証の4種類の異なる目的を持ったテスト、デバッグが繰り返されていることである。

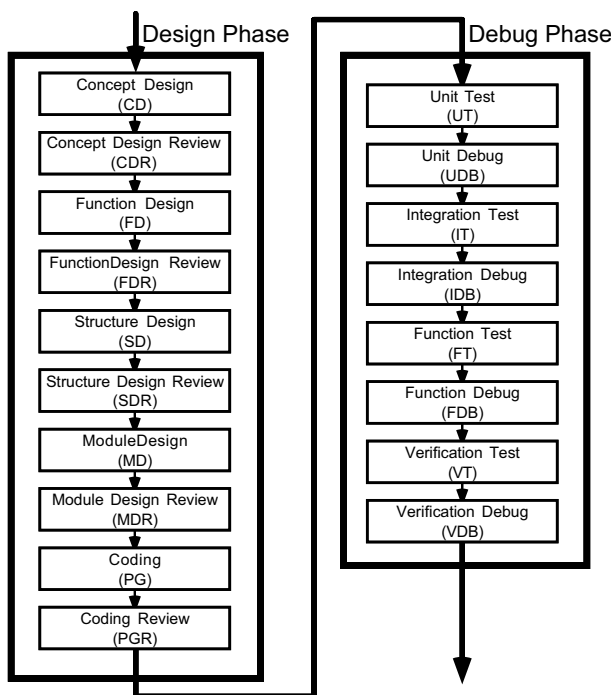


図 1: 開発プロセスモデル

#### 3.2 ソフトウェア開発に関するメトリクス

本研究ではソフトウェア開発を品質と生産性の両面から分析、評価するため次のメトリクス [1][7][12] を用いる。

##### 1. 開発規模 SLC

再利用分も含めて設計、コーディングしたソースコードの行数を表す。但し、コメント行は全て除いて集計する。なお、再利用分についてはその修正の割合に応じて行数を計算している。

以降では次の記号を用いる。

$SLC$  … 開発規模 (単位は Kstep である)。

$newSLC$  … 新規開発した部分のソースコードの行数。

$slgSLC$  … 若干の修正を行って再利用した部分のソースコードの行数。

$extSLC$  … 大幅な修正を行った上で再利用したソースコードの行数。

$\alpha, \beta$  … 補正係数。

このとき開発規模  $SLC$  は次式で定義される。

$$SLC = newSLC + \alpha \times slgSLC + \beta \times extSLC$$

##### 2. フィールド品質 FR

ソフトウェア出荷後の一定期間(6ヵ月)以内に発見されるフォールトの件数をその開発規模で正規化したもので、作成されたソフトウェアプロダクトの品質を測る。

以降では次の記号を用いる。

$FR$  … ソフトウェアのフィールド品質 (単位は 件/Kstep である)。

$\#Fault$  … 出荷後の6ヵ月間に発見されたフォールトの総数。

このときフィールド品質  $FR$  は次式で定義される。

$$FR = \frac{\#Fault}{SLC}$$

##### 3. チーム生産性 PT

プロジェクトに参加した開発チームの開発者全員の生産性の平均値を測る。具体的には、その開発チームで作成した全てのソフトウェアの開発規模をその開発に要した延べ工数で割って求める。

以降では次の記号を用いる。

$PT$  … チーム生産性 (単位は Kstep/人月 である)。

*Effort* … 開発に要した人月の総和 .

このときチーム生産性 *PT* は次式で定義される .

$$PT = \frac{SLC}{Effort}$$

### 3.3 開発計画に関するメトリクス

#### 1. コスト予測精度 *RE*

開発計画の適切さ,あるいは,妥当さを直観的に測るためのもので,計画段階で想定した開発に要するコストと実際にかかったコストの差を評価する.ここでは,コストの単位は人月とする.

以降では,次の記号を用いる.

*RE* … 開発コストの見積りと実績の差を見積りで正規化したもの (単位は % とする).

*actCOST* … プロジェクトで実際にかかったコスト (単位は人月とする).

*estCOST* … 開発コストの見積りの値 (単位は人月とする).

このときコスト予測精度 *RE* は次式で定義される .

$$RE = \frac{actCOST - estCOST}{estCOST} \times 100$$

#### 2. 完全度 *CT*

開発計画がプロジェクト管理手順に準拠して作成され,しかもその計画通りにプロジェクトが進むように進捗管理がなされている度を測るためのもの.したがって,計画の完全度 *CT* の評価は計画作成の正確度 *crtCT* と計画実行の充足度 *satCT* の2つの観点から行う.

まず,開発計画の正確度 *crtCT* に関しては,次の4つの文書を中心に評価する.

- (a) WBS (Work Breakdown Structure) [11][12]
- (b) プロジェクト体制図
- (c) PERT 図 (Program Evaluation and Review Technique) [12]
- (d) 成果物一覧表

具体的には,WBSにおける各作業の詳細化が概ね2人月以下のレベルになっているか,各作業毎の担当者,責任者が明記されているかを評価する.次に,プロジェクト体制図についてはWBS中に現れるプロジェクトの体制がプロジェクト体制図と整合性がとれていることを確認する.PERT図については開発期間,工数,要員などの制約条件を満たすか否か,クリティカルパスが明確になっ

ているか,などと同時に,WBS中で定義された各作業がPERT図上でも矛盾なく定義されていることを確認する.成果物一覧表については各作業での出力プロダクトが定義されていることを確認する.

次に実行したプロジェクトの計画の充足度 *satCT* に関しては次の2点を中心に評価する.

- (e) ソフトウェアレビュー
- (f) 進捗管理

具体的には,品質と相関が高いことが確認されているソフトウェアレビュー [10] が十分に行われていることをレビュー工数比率というメトリクス (レビュー工数を開発工数で割った値) を用いて評価する.更に,開発計画を忠実に守ってプロジェクトを進めるために,その実行を支援するための進捗管理がなされてきたことを管理者へのインタビュー,各種管理支援ツールの利用状況の調査を通じて行う.

以降では,次の記号を用いる.

*CT* … 開発計画の完全度 (単位は点で,100点を満点とする).

*crtCT* … SEPGの担当者が文書(a)-(d)が手順に準拠している度合を50点を満点として評価した値.

*satCT* … SEPGの担当者が,項目(e),(f)について対応する方法で50点を満点として評価した値.

このとき開発計画の完全度 *CT* は次式で定義される.

$$CT = crtCT + satCT$$

## 4 開発データ

### 4.1 プロジェクトの特性

2.1の背景や3.1の開発プロセスでも説明したように,本研究で分析の対象とするプロジェクトはいずれもオムロン(株)で行っている組込みソフトウェアの開発である.

詳細は省略するが,これらの組込みソフトウェアは非常に複雑な機能を実現している.更に,出荷後に発見されたフォールトを修正するには高い費用を要するため,開発チームに対しては特に高い信頼性が要求されることになる.

ソフトウェアの開発はシステムハードウェアの開発と並行して行われるため,全体的なプロジェクトの管理が必要となる.一般にこの種の開発においては,製

品の仕様はハードウェア設計の制約を強く受けることになる。

オムロン(株)の場合には、画面構成、帳票の構成、処理の流れ、処理速度などについては顧客からの要求仕様の変更が発生することもある。しかし、ハードウェアとのインタフェース部分やOS(Operating System)などは社内で決定できるために、開発途中で変化することは少ない[6]。

今回の分析で対象とした31件のプロジェクトは次の3種類に分類される。

- (1) 銀行関連の6プロジェクト … ATM, 振込, 記帳など

$$PB_1, PB_2, \dots, PB_6$$

- (2) 鉄道関連の24プロジェクト … 自動改札, 券売機, 清算機など

$$PR_1, PR_2, \dots, PR_{24}$$

- (3) 流通関連の1プロジェクト … POSターミナルなど

$$PS_1$$

## 4.2 開発計画の評価

分析で対象とした開発プロジェクトは全部で31件であるが、開発計画の評価に利用できる開発プロジェクトはその内の17件に限られる。件数が減った主な理由は年数を経ているために担当者への直接のインタビューができず、一部のデータに不備が生じたためである。

表1に開発計画の評価結果を示す。

表1で評価のA, B, C, Dは次の基準で判定している。

$$A : 75 \leq CT \leq 100$$

$$B : 50 \leq CT < 75$$

$$C : 25 \leq CT < 50$$

$$D : 0 \leq CT < 25$$

表1よりAは2件, Bは8件, Cは7件となっていることが分かる。

## 4.3 プロジェクトの評価

分析に用いた各プロジェクトに対しては、4.2で説明した開発計画の他に、開発規模  $SLC$ , 出荷後6ヵ月間に発見されたフォールトの総数  $\#Fault$ , 開発に要した人月の総和  $Effort$ , 開発コストの見積り  $estCOST$  とその実績  $actCOST$  などのメトリクスの値が収集されている。

これらのメトリクスの値そのものは企業の秘密に属するものなので、残念ながらそれらは公表できない。

表 1: 開発計画の評価

テーマ名	$crtCT$	$satCT$	$CT$	評価
$PS_1$	12	35	47	C
$PB_1$	12	35	47	C
$PB_2$	39	45	84	A
$PB_3$	18	40	58	B
$PB_4$	39	25	64	B
$PB_5$	19	35	54	B
$PB_6$	23	30	53	B
$PR_1$	26	30	56	B
$PR_2$	26	30	56	B
$PR_3$	26	30	56	B
$PR_4$	19	25	44	C
$PR_5$	32	25	57	B
$PR_6$	12	35	47	C
$PR_7$	30	20	50	C
$PR_8$	23	25	48	C
$PR_9$	12	25	37	C
$PR_{10}$	25	50	75	A

## 5 分析

ここでは31件の実際のプロジェクトから収集したデータを用いて、2.2の命題(A1),(A2),(A3)が成立するか否かについて検証してみる。その準備として、コスト予測精度  $RE$  を算出した結果を表2に示す。表2中でコスト予測精度  $RE$  についてさらに3つのクラス  $C_0, C_+, C_-$  に分類している。その分類の基準は次の通りとする。

$$C_0 : -10 < RE < 10$$

$$C_+ : RE \geq 10$$

$$C_- : RE \leq -10$$

つまり、 $C_0$ はコスト予測精度が-10%~10%の範囲に入っているもの、 $C_-$ ,  $C_+$ はそれぞれ予測精度が-10%以下, 10%以上となってしまうものを表している。

### 5.1 コスト予測精度の評価 (A1)

#### 1. クラス同士の比較

ここでは開発計画の完全度  $CT$  とコスト予測精度  $RE$  の関連を調べる。そのため、表1に示した  $CT$  の評価(クラスA, B, C, D)と  $RE$  のクラス分け ( $C_0, C_+, C_-$ ) の関係をまとめた結果を表3に示す。表3中の数字は対応するプロジェクトの件数を表す。

表3より、クラスA(すなわち、プロジェクトの開発計画が指定された手順に準拠して作成され、か

表 2: コスト予測精度の評価

プロジェクト名	コスト予測精度	
	RE(%)	クラス分け
PB <sub>1</sub>	-21	C <sub>-</sub>
PB <sub>2</sub>	6	C <sub>0</sub>
PB <sub>3</sub>	19	C <sub>+</sub>
PB <sub>4</sub>	-25	C <sub>-</sub>
PB <sub>5</sub>	3	C <sub>0</sub>
PB <sub>6</sub>	-17	C <sub>-</sub>
PR <sub>1</sub>	1	C <sub>0</sub>
PR <sub>2</sub>	-2	C <sub>0</sub>
PR <sub>3</sub>	-5	C <sub>0</sub>
PR <sub>4</sub>	-17	C <sub>-</sub>
PR <sub>5</sub>	14	C <sub>+</sub>
PR <sub>6</sub>	24	C <sub>+</sub>
PR <sub>7</sub>	1	C <sub>0</sub>
PR <sub>8</sub>	32	C <sub>+</sub>
PR <sub>9</sub>	21	C <sub>+</sub>
PR <sub>10</sub>	9	C <sub>0</sub>
PR <sub>11</sub>	26	C <sub>+</sub>
PR <sub>12</sub>	2	C <sub>0</sub>
PR <sub>13</sub>	-1	C <sub>0</sub>
PR <sub>14</sub>	0	C <sub>0</sub>
PR <sub>15</sub>	13	C <sub>+</sub>
PR <sub>16</sub>	9	C <sub>0</sub>
PR <sub>17</sub>	-29	C <sub>-</sub>
PR <sub>18</sub>	6	C <sub>0</sub>
PR <sub>19</sub>	6	C <sub>0</sub>
PR <sub>20</sub>	-1	C <sub>0</sub>
PR <sub>21</sub>	-3	C <sub>0</sub>
PR <sub>22</sub>	11	C <sub>+</sub>
PR <sub>23</sub>	-2	C <sub>0</sub>
PR <sub>24</sub>	0	C <sub>0</sub>
PS <sub>1</sub>	11	C <sub>+</sub>

つ、その計画通りにプロジェクトが実行される度合がもっとも高い)プロジェクトのコスト予測精度はクラスC<sub>0</sub>(見積りと実績値のずれが最も小さい)プロジェクトとなっていることが分かる。反対に、クラスC(開発計画の作成が手順に準拠している度合やプロジェクトの実行が計画通りに履行される度合が最も低い)プロジェクトのほとんどはクラスC<sub>-</sub>やC<sub>+</sub>に属しており、コスト予測精度も高くないことが分かる。

2. 値の比較

次に、同種のプロジェクトだけを取り出してCTとREの値の相関[4][5]を調べてみる。表1と表2に共通に含まれているPR<sub>1</sub>~PR<sub>10</sub>についてCTとREの値の間での相関係数を求めてみると次の

表 3: CTとREの関連

		REのクラス分け		
		C <sub>-</sub>	C <sub>0</sub>	C <sub>+</sub>
CTの クラス分け	A	0	2	0
	B	2	4	2
	C	2	1	4
	D	0	0	0

ようになった。

$$CTとREの間の相関係数 = -0.47$$

$$crtCTとREの間の相関係数 = -0.60$$

従って、今回の分析については鉄道関連のプロジェクトだけに限定して見ると、開発計画の評価CTとコスト予測精度REの間、また、開発計画の完成度crtCTとコスト予測精度REの間にはそれぞれ(決して強くはないが)相関があることが分かる。

5.2 フィールド品質 FR (A2)

ここではフィールド品質FRについての命題(A2)を検証するため次の統計的仮説検定[4][5]を行う。

クラスC<sub>0</sub>, C<sub>+</sub>, C<sub>-</sub>に属するプロジェクトのフィールド品質FRの平均をそれぞれμ<sub>0</sub>, μ<sub>+</sub>, μ<sub>-</sub>とする。

1. クラスC<sub>0</sub>とC<sub>+</sub>

$$\text{仮説 } H_0 : \mu_+ = \mu_0$$

$$\text{対立仮説 } H_1 : \mu_+ > \mu_0$$

有意水準 α = 0.05として検定すると、この仮説H<sub>0</sub>は棄却される。

つまり、開発計画のコスト予測精度が-10%~10%の範囲に入っている(クラスC<sub>0</sub>)のプロジェクトとそのコスト予測精度が10%以上となってしまう(クラスC<sub>+</sub>)のプロジェクトとでは、そこで作成されたソフトウェアプロダクトのフィールド品質に有意的な差のあることが分かった。

2. クラスC<sub>0</sub>とC<sub>-</sub>

同様に統計的検定を行うと、フィールド品質に関しては(仮にα = 0.1としても)2つのクラスC<sub>0</sub>とC<sub>-</sub>の間で有意的な差が無いことが分かった。

5.3 チーム生産性 PT (A3)

ここではチーム生産性PTについての命題(A3)を検証するため次の統計的仮説検定を行う。

クラスC<sub>0</sub>, C<sub>+</sub>, C<sub>-</sub>に属するプロジェクトのチーム生産性PTの平均をそれぞれμ<sub>0</sub>, μ<sub>+</sub>, μ<sub>-</sub>とする。

## 1. クラス $C_0$ と $C_+$

仮説  $H_0 : \mu_+ = \mu_0$

対立仮説  $H_1 : \mu_+ < \mu_0$

有意水準  $\alpha = 0.05$  として検定すると、この仮説  $H_0$  は棄却される。

以上より、開発計画のコスト予測精度が  $-10\% \sim 10\%$  の範囲に入っている (クラス  $C_0$ ) のプロジェクトとそのコスト予測精度が  $10\%$  以上となってしまう (クラス  $C_+$ ) のプロジェクトとでは、それぞれの開発チームの生産性に有意的な差のあることが分かった。

## 2. クラス $C_0$ と $C_-$

同様に統計的検定を行うと、チーム生産性に関しても (仮に  $\alpha = 0.1$  としても) 2つのクラス  $C_0$  と  $C_-$  の間で有意的な差が無いことが分かった。

## 6 むすび

本研究ではプロジェクトの計画段階で立てたコスト見積りと実際に要したコストの実績値の差に注目し、その差が小さいプロジェクトは品質と生産性の両方で見たときに優れていることを実際のプロジェクトから収集したデータを用いて検証することを試みた。その結果、その差が  $-10\% \sim 10\%$  の範囲にあるプロジェクトと  $10\%$  を超えてしまうプロジェクトの間では有意的な差があることを示すことができた。

更に、そうした見積りの差が生じる要因として作成された開発計画の正確さ  $ertCT$  とそれを運用する場合の進捗管理の十分さの度合  $satCT$  などを考えた。分析の結果、そうしたメトリクスの値が高いほど、見積りの差が小さくなる傾向にあることが分かった。

今後の課題としては、次の (1) ~ (3) がある。

- (1) 開発計画の完全度  $CT$  を客観的に評価する手順の確立とツール化
- (2) コスト予測精度  $RE$  が  $-10\%$  以下あるいは  $+10\%$  以上になったプロジェクトの詳細分析
- (3) 分析結果を開発現場にフィードバックする方法論についての検討

## 謝辞

日頃から我々の研究活動に対し多大の御協力を賜わり、また今回のデータ分析について貴重なご意見を頂いた大阪大学大学院基礎工学研究科 楠本真二講師に深謝致します。

## 参考文献

- [1] Fenton N. E. and Pfleeger S. L. : “Software Metrics : A rigorous & practical approach”, PWS Publishing (1997).
- [2] Humphrey W. S. : *Managing the Software Process*, Addison Wesley, Reading, MA (1989).
- [3] Humphrey W. S., Snyder T. and Willis R. : “Software Process Improvement at Hughes Aircraft”, IEEE Software, 8(4), pp.11-23 (1991).
- [4] 池田央 : “統計ガイドブック”, 新曜社 (1989).
- [5] 石村貞男 : “統計解析のはなし”, 東京図書 (1989).
- [6] 岸田孝一監修 (アルフォンソ・フェジッタ, アレキサンダー・ウルフ編) : “ソフトウェアプロセスのトレンド”, 海文堂 (1997).
- [7] Möller K. H. and Paulish D. J. : “Software Metrics : A practitioner’s guide to improved product development”, IEEE Press (Chapman & Hall Computing) (1993).
- [8] 新原直樹, 高木徳生, 稲垣勝巳 : “計画精度から見たプロセス改善活動の分析”, ソフトウェアシンポジウム’96 予稿集, pp.153-159 (1996).
- [9] Tanaka T., Sakamoto K., Kusumoto S. and Kikuno T. : “Improvement of Software Process by Process Visualization and Benefit Estimation”, Proc. of the 17th ICSE, pp.123-132 (1995).
- [10] Takagi Y., Tanaka T., Niihara N., Sakamoto K., Kusumoto S. and Kikuno T. : “Analysis of Review’s Effectiveness based on Software Metrics”, Proc. of the 6th International Symposium on Software Reliability Engineering, pp.34-39 (1995).
- [11] Tausworthe R. C. : “The Work Breakdown Structure in software project management”, Journal of Systems and Software, vol.1, pp.181-186 (1980).
- [12] 山田茂, 高橋宗雄 : “ソフトウェアマネジメントモデル入門”, 共立出版社 (1993)
- [13] *Project Estimating*, American Programmer, Vol.9, No.6 (1996)

[14] *Project Estimating part II*, American Programmer, Vol.9, No.7 (1996)

[15] *Death March Project*, American Programmer, Vol.10, No.2 (1997)