

# SEC

4

## journal

Software Engineering Center

## SEC journal創刊記念論文 優秀賞受賞論文特集号

開発現場の実態に基づいたピアレビュー手法改善と  
改善効果の定量的分析

小室 睦, 男澤 康, 木村好秀

実践型EVMを活用したプロジェクト管理の適用研究

竹本昇司

プロジェクト混乱予測システムのベイズ識別器を利用した開発

—ソフトウェア開発現場への本格導入を目指して—

水野 修, 安部誠也, 菊野 亨

大学における

社会人向け組込みソフトウェア技術者人材養成の実施と分析

山本雅基, 阿草清滋, 間瀬健二, 高田広章,  
河口信夫, 富山宏之, 本田晋也, 金子伸幸

IPA

独立行政法人 情報処理推進機構

<http://www.ipa.go.jp/>



1	巻頭言 小長啓一(AOCホールディングス株式会社 相談役)
2	「SEC journal」創刊記念論文 優秀賞受賞論文発表
4	受賞者プロフィール
6	「SEC journal」創刊記念論文 最優秀賞受賞論文 開発現場の実態に基づいたピアレビュー手法改善と 改善効果の定量的分析 小室睦, 男澤康, 木村好秀
16	優秀賞受賞論文 実践型EVMを活用したプロジェクト管理の適用研究 竹本昇司
24	プロジェクト混乱予測システムの ベイズ識別器を利用した開発 ソフトウェア開発現場への本格導入を目指して 水野修, 安部誠也, 菊野亨
36	大学における 社会人向け組込みソフトウェア技術者人材養成の実施と分析 山本雅基, 阿草清滋, 間瀬健二, 高田広章, 河口信夫, 富山宏之, 本田晋也, 金子伸幸
46	「SEC journal」創刊記念論文審査委員会 審査報告 相磯秀夫(審査委員会副委員長 東京工科大学 学長)
47	論文講評とSECへの期待 井上克郎 富永章 片山卓也 重松崇 有賀貞一 榎木好明
50	論文の歩き方 ソフトウェア・エンジニアリング実証論文をよむ 平山雅之
54	情報化月間2005記念特別行事 SECオープンダイアログセッション
56	BOOK REVIEW
57	ソフトウェア・エンジニアリング関連 イベントカレンダー
58	あとがき
59	お知らせ(論文募集 / SEC journal バックナンバー)

## ソフトウェア工学の発展を SECに託す



AOCホールディングス株式会社  
相談役  
小長 啓一

財団法人ソフトウェア工学研究財団(RISE)は、1988年2月(昭和63年)に「ソフトウェア工学の健全な発展を図るとともに、我が国経済社会の円滑な情報化の実現に寄与し、もって国民生活の向上に資すること」を目的に、経済産業省所管の公益法人として設立されました。

爾来、私が理事長を務めて参りましたが、16年後の2004年(平成16年)6月には発展的解散を選択しました。それまでのRISEの事業成果としては、ソフトウェアの信頼性・生産性の向上及び再利用に関する調査研究や研究開発、ソフトウェア工学に関する国際連携の推進、並びにソフトウェア工学に係わる研究成果の普及啓蒙として実践セミナーを開催するなど様々な事業活動を展開し、事業件数79件、委員会等人数650名を数えて、多くの研究成果を挙げてました。その残余財産については同様主旨を持つ独立行政法人 情報処理推進機構(IPA) ソフトウェア・エンジニアリング・センター(SEC)へ引き渡しました。その心は、RISEの成果を十分に吸収し、産学官連携によるソフトウェア工学の実践拠点として、さらに力強く適切に目的を果たしていただくことにあつたのです。

SECでは、受け入れた財産を基金として運用され、この度SEC journal創刊記念論文の副賞にあてられるこ

とになりました。まことに時宜をえた結構な企画であり、評価しております。このような経緯から論文審査委員会の委員長にご指名いただいた次第です。

実際に論文の査読、選考にあられた井上克郎教授を委員長とする査読委員会より20件の論文の中から4件の優秀論文の選考を行ったとの報告をいただきました。3か月という短い募集期間にもかかわらず、20件もの論文が投稿されたことは、ソフトウェア・エンジニアリングについて、学界、産業界共に期待が高まっているといふことの表れであり、大変喜ばしい限りです。今後は論文にとどまらずにSECが現在取り組まれている「ソフトウェア開発力強化」の成果をいかに産業界で実装し、普及させることができるかが課題だと思えます。

今回は、創刊記念論文の発表を「IPA Forum 2005 (SECコンファレンス)」で行いましたが、是非「SEC journal」で論文投稿を継続的に受け付け、このような論文発表の場を継続していただきたいと考えます。さらに、学界からもより多くの論文投稿をいただけるよう「SEC journal」のステータスを上げ、さらに産業界からは、大手企業のみならず、中小企業からも論文が投稿されるよう努力していただくことを期待いたします。

# 「SEC journal」創刊記念論文 優秀賞受賞論文発表

2004年10月に発足した独立行政法人 情報処理推進機構 ソフトウェア・エンジニアリング・センターでは、2005年1月より「SEC journal」創刊記念論文を募集しておりました。3か月間という大変短い応募期間であったにもかかわらず、24件の応募があり、皆様方のソフトウェア・エンジニアリングに対する関心の高さを改めて実感いたしました。残念ながら4名の方は、期限内に完成できずに辞退なさいましたが、忙しい業務の合間を縫って日々の課題を追求し、論文にまとめ上げた応募者の方々の熱意と努力に敬意を表します。

さて、投稿いただいた20件につきまして、査読委員による厳密な審査の結果、4件を優秀賞とし、審査委員により1件を最優秀賞に選定いたしました。最優秀賞の選定、各賞の発表と表彰は、2005年10月24日に実施したIPA Forum 2005 SECコンファレンス（「SEC journal」創刊記念論文発表会）において行いました。

（敬称略。最優秀賞、優秀賞受賞論文は、申込み受付順に、本誌6頁以降に掲載）

## 「SEC journal」創刊記念論文審査委員会

委員長	AOCホールディングス株式会社 相談役	小長 啓一
副委員長	東京工科大学 学長	相磯 秀夫
委員（50音順）		
	株式会社CSKホールディングス 取締役	有賀 貞一
	大阪大学大学院情報科学研究科 コンピュータサイエンス専攻 ソフトウェア工学講座 教授	井上 克郎
	北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 教授	片山 卓也
	パナソニックモバイルコミュニケーションズ株式会社 取締役社長	榎木 好明
	トヨタ自動車株式会社 常務役員	重松 崇
	日本IBM株式会社 取締役 専務執行役員 技術担当	富永 章
	東京大学COEものづくり経営研究センター センター長	藤本 隆宏
	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 所長	鶴保 征城

## 「SEC journal」創刊記念論文査読委員会

委員長	大阪大学大学院情報科学研究科 コンピュータサイエンス専攻 ソフトウェア工学講座 教授	井上 克郎
委員（50音順）		
	南山大学数理情報学部 情報通信学科 教授	青山 幹雄
	松下電器産業株式会社 ソフトウェアエンジニアリングセンター 所長	今井 良彦
	東海大学電子情報学部 情報メディア学科主任 教授	大原 茂之
	東京工業大学情報理工学研究科・計算工学専攻 教授	佐伯 元司
	日本IBM株式会社 サービス事業 ストラテジー&コンピテンシー	
	IBMディスティングイッシュト・エンジニア ITアーキテクト	榎原 彰
	株式会社アイネス 技術開発本部 ソリューションビジネス開発部長	志村 雅樹
	三菱電機株式会社 人材開発センター 主席研究員	清尾 克彦
	名古屋大学大学院情報科学研究科情報システム学専攻 教授	高田 広章
	早稲田大学理工学部 コンピュータネットワーク工学科 教授	中島 達夫
	株式会社東芝 ソフトウェア技術センター 企画担当 参事	平山 雅之
	株式会社情報数理研究所 専務取締役	伏見 諭
	株式会社東陽テクニカ ソフトウェア・システム研究部 部長	二上 貴夫

受賞者

### 最優秀賞

賞品：賞状、記念品 副賞：金1,000,000円

## 開発現場の実態に基づいた ピアレビュー手法改善と改善効果の定量的分析

小室 睦, 男澤 康, 木村 好秀

### 優秀賞

賞品：賞状、記念品 副賞：金500,000円

## 実践型EVMを活用したプロジェクト管理の適用研究

竹本 昇司

## プロジェクト混乱予測システムのベイズ識別器を利用した開発 ソフトウェア開発現場への本格導入を目指して

水野 修, 安部 誠也, 菊野 亨

## 大学における 社会人向け組込みソフトウェア技術者人材養成の実施と分析

山本 雅基, 阿草 清滋, 間瀬 健二, 高田 広章

河口 信夫, 富山 宏之, 本田 晋也, 金子 伸幸



上段左より 平山 雅之・大原 茂之・二上 貴夫  
牧内 勝哉・鶴保 征城・有賀 貞一・富永 章・片山 卓也・井上 克郎・丹羽 喜一  
安部 誠也・水野 修・山本 雅基・木村 好秀・小室 睦・竹本 昇司・相磯 秀夫・藤原 武平太

（敬称略）

## 開発現場の実態に基づいたピアレビュー手法改善と改善効果の定量的分析

小室 睦 (日立ソフトウェアエンジニアリング株式会社 プロセス改善技術センタ チーフコンサルタント)  
 男澤 康 (日立ソフトウェアエンジニアリング株式会社 産業システム事業部 グループリーダー)  
 木村 好秀 (日立ソフトウェアエンジニアリング株式会社 産業システム事業部)



男澤 康、小室 睦、木村 好秀

本論文は統計的プロセス制御のソフトウェア開発プロセス、具体的にはピアレビューへの適用を論じています。統計的プロセス制御という難しそうな聞こえですが、統計的手法による品質管理、例えば管理図の利用は製造業では一般的であり、日本のものづくりの強さの源泉、ひいては日本の現在の経済的繁栄の原動力ともされています。ただし、ピアレビューのような人手で行うプロセスの制御に統計的手法を使おうというのは、やや意外に感じる面もあるかもしれません。メーカ系のソフトウェア企業では製造業のものづくりのやり方をベースにした開発プロセスが実施されているところも多いと思いますが、何故か管理図の使用法は伝わっていないようです。ソフトウェア開発プロセスのように人手で行うものには適用できないという思い込みがあったのかもしれませんが。

ソフトウェア開発でのレビューの重要性はかなりよく知られているものと思いますが、実際にどれだけの効果があり、どの

ようなレビュー方法がどのように役立つかという分析を行っている組織はあまりないのではないかと思います。統計的プロセス制御の手法はこういった問いに明確な答えを与えてくれます。プロセス改善を正しい方向に導く羅針盤のようなものだといえるでしょう。科学的、実証的なソフトウェア開発の確立・実現に向けて有用な道具の1つになると思います。

本論文では、最終的に実施した改善内容よりもむしろ、改善の検討段階の部分に意図的に焦点をあてて記述しました。自分達なりにあれこれ考え、悩み、試してみながら進んでいったことが貴重な体験であり、その後の改善の礎になったと感じているからです。論文を読んで興味をお持ちいただけたなら、是非、自分達のデータを自分達の手で、自分達の事業目標に照らして分析してみてください。必ず得るところがあると思います。

## 実践型EVMを活用したプロジェクト管理の適用研究

竹本 昇司 (株式会社野村総合研究所 品質監理本部 生産性向上推進部 上級専門スタッフ)



竹本 昇司

今回の論文では、システム開発プロジェクトの進捗管理を定量的に行うため、EVM(アード・バリュー・マネジメント)を用いるための手法、およびその適用事例について記述しています。

野村総合研究所(NRI)では、金融、流通等の顧客に対して、システムのサービス提供、アウトソーシング受託等を行っています。その中で私の所属する品質監理本部では、システム開発プロジェクトの管理、品質管理、プロジェクト支援を行っています。

システム開発プロジェクトでは、プロジェクトを進めていくうちに、計画時には想定しなかった事象が発生し、スケジュール進捗の遅れに繋がりがちです。そのため遅れの発生を早期に把握し、適切に対応する必要があります。手遅れになると取り返しのつかない状況になってしまいます。

しかし、従来のガントチャート(バーチャート)による進捗

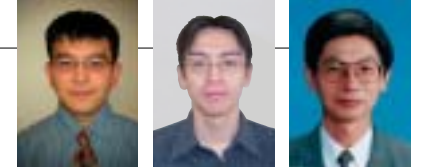
把握では、進捗を定量的に測ることは難しく、遅れの早期発見や、定量的な評価も困難です。

PMBOKガイド(プロジェクトマネジメント知識体系ガイド)の中では、EVMをプロジェクトの実績と進捗を客観的に測るマネジメント手法として採用しています。EVMでは進捗を定量的に測るため、進捗情報の共有、可視化、傾向の早期把握、将来予測にメリットがあるといわれています。

NRIでは、この定量的な進捗把握手法を、実際のプロジェクトに適用する手法として、実践型EVMを考案し、実際のプロジェクトに対して、進捗把握、管理を行っています。この論文では、実践型EVMの考え方、及び適用事例をご紹介します。

## プロジェクト混乱予測システムのベイズ識別器を利用した開発ソフトウェア開発現場への本格導入を目指して

水野 修 (大阪大学大学院情報科学研究科, 助手, 博士(工学))  
 安部 誠也 (大阪大学大学院情報科学研究科, 博士前期課程2年)  
 菊野 亨 (大阪大学大学院情報科学研究科, 教授, 工学博士)



水野 修 安部 誠也 菊野 亨

菊野研究室では15年近くにわたってソフトウェア開発企業からのデータ提供を受けながら、ソフトウェア開発プロセスの改善につながる種々の研究を行っています。このような研究を行うにあたっては「開発現場で困っていることを明らかにしよう」を原則としました。誰も困っていない問題について解を与えてもそれは役に立たない。それよりは、誰かが実際に助かる研究をしたいというのが我々の願いでした。本研究もその考えの延長上にあります。

現場にいる人であれば、進行中のソフトウェア開発プロジェクトに混乱が生じるかもしれない、そしてそれを避けなくてはならないという意識は誰もが持つものだと思います。しかし、今自分が関わっているプロジェクトが混乱しているかどうかを考えると、混乱しているとは思いたくない心理が働くのではないのでしょうか。また具体的な根拠を持たずに混乱しているか否かを判定すると、判定者の主観や周りの環境(内部での評

価や対外的な印象等)によってその判定は曖昧になりがちです。そうして皆が何となく安心してしまうことで、根本的な原因を取り除けず、プロジェクトが失敗するまで放置されてしまう危険性もあります。

本論文で提案する「混乱予測システム」は、そうした状況を改善することを目的としています。我々は判断材料としてアンケートに基づく人間の主観を用いながらも、混乱するか否かの判定に具体的な数値を用いることで、プロジェクト状況の可視化を目指しています。具体的にはあるプロジェクトが混乱するか否かをベイズ識別により確率として提示します。本論文では提案法で得られた確率に基づいてプロジェクトの状況を予測する実験を行い、その結果が非常に高い精度であったことを確認しています。単純なことですが、こうした手法こそがプロジェクトの状況把握において重要であると考えています。

## 大学における社会人向け組込みソフトウェア技術者人材養成の実施と分析

山本 雅基 (名古屋大学情報連携基盤センター, 研究員)  
 阿草 清滋 (名古屋大学大学院情報科学研究科, 教授, 博士)  
 間瀬 健二 (名古屋大学情報連携基盤センター, 教授, 博士)  
 高田 広章 (名古屋大学大学院情報科学研究科, 教授, 博士)  
 河口 信夫 (名古屋大学情報連携基盤センター, 助教授, 博士)  
 富山 宏之 (名古屋大学大学院情報科学研究科, 助教授, 博士)  
 本田 晋也 (名古屋大学情報連携基盤センター, 研究員, 博士)  
 金子 伸幸 (名古屋大学情報連携基盤センター, 研究員)



山本 雅基 阿草 清滋 間瀬 健二 高田 広章



河口 信夫 富山 宏之 本田 晋也 金子 伸幸

名古屋大学では、社会人の組込みソフトウェア技術者の人材養成を、文部科学省の科学技術振興調整費で行っています。私たちはこの活動を、英語名称の頭文字をとりNEXCESS(ネクセス)と呼んでいます。NEXCESSは、名古屋大学の情報連携基盤センターが、大学院情報科学研究科の協力を得て、平成16年度から5年間の期間を限定し開始しました。NEXCESSは、社会が必要とする組込みソフトウェア技術者を育成すると共に、過度の現場主義に陥らず、教条主義にも陥らない、真に有効な教材を開発します。

活動を開始して直ぐに、私たちは想像していた以上の大きな社会の期待を実感しました。定員を超える受講申し込み、参加された方の熱心な受講態度、受講者アンケートへの具体的な回答、アドバイザー委員からの要望等、どれも、私たちの活動をより一層発展させるべきとのメッセージでした。私たちは、

社会が要求する組込みソフトウェア技術者の人材養成の進展に寄与していきたいという想いを新たにしました。

そのようなとき、「SEC journal」が創刊されることを知りました。ソフトウェア・エンジニアリング・センターの活動は、多岐にわたっていますが、組込みソフトウェア技術者の人材養成はその重要なテーマの1つに位置づけられています。私たちは、「SEC journal」にNEXCESSの平成16年度の活動を発表し、今後の人材養成の進展に貢献したいと考えました。

組込みソフトウェア教育に関する活動を論文という形式で発表することは、今後の組込み産業の発展に寄与するものであると信じています。NEXCESSは、今後ともその活動を論文形式で報告し、5年間の限定された期間を越え、社会に貢献します。

# 開発現場の実態に基づいた ピアレビュー手法改善と 改善効果の定量的分析

小室 睦† 男澤 康† 木村 好秀†

最初に現状分析を実施し、ピアレビューの品質向上・原価低減への効果及びレビュー手法によるパフォーマンスの差異を現場の実データにより明確にした。この知見に基づき効果的なレビュー手法と統計的分析手法の教育を展開した。さらに、プロジェクト自ら分析を実施できる分析ツールの提供を行った。

これらの施策の結果、欠陥の捕捉率が高まり、レビュー効率も4～5倍に向上する等の成果を上げることができた。

## Improvement of Peer Review Process based on Quantitative Effect Analysis of Actual Practices and Performance of Projects

Mutsumi Komuro†, Ko Otokozawa† and Yoshihide Kimura†

In the beginning was the analysis of current practices. Making use of actual performance data of projects, it was demonstrated that peer review has positive effect on quality and cost reduction. Performance differences of various peer review methods were also made clear. Based on these observations, training courses on effective peer review methods and statistical process analysis were delivered. Furthermore a tool was provided for projects to analyze process performance by themselves. As a result, the ratio of defects captured by peer reviews has increased and review effectiveness has been 4-5 times enhanced.

### 1 はじめに

わが国では1950年代以降、QC活動が製造業で大きな成功をおさめ、日本製品の品質向上と競争力強化に大きく貢献した[1][2]。しかし、ここで使われている統計的プロセス制御の手法をソフトウェア開発に適用することは現在のところあまり広く行われていないように思われる。

ソフトウェア開発に対するプロセス改善のモデルとし

て、ソフトウェアCMM、及びその発展であるCMMIがあり、そこでは統計的プロセス制御の手法はレベル4、5といったいわゆる高成熟度レベルに位置付けられている[3][4]。このことは、統計的プロセス制御手法の重要性を示すと同時に、ソフトウェア開発に適用する時の難しさをも表していると考えられる。例えば、CMMIにはフルスペックで25個のプロセス領域があるが、段階表現でレベル4、5に分類されるのはそのうちわずか4個に過ぎず、残りの21個は高成熟度レベルに到達するための基礎固め

†日立ソフトウェアエンジニアリング株式会社, Hitachi Software Engineering Co., Ltd.

Capability Maturity Model, CMM, CMMIはカーネギーメロン大学によりU.S. Patent and Trademark Officeに登録されています。SCAMPI, IDEAL, SEIはカーネギーメロン大学のサービスマークです。

や準備にあたりとみられる。

ソフトウェアCMMやCMMIに基づくプロセス改善運動では、SEPG (Software Engineering Process Group) あるいはEPG (Engineering Process Group) と呼ばれる改善のとりまとめ役が組織としてのプロセス改善を展開していく仕組みを想定している[3]。このような体制をとる場合、組織側からの押し付けを避け、開発現場の要望や実態に基づき、開発現場が益を実感できる改善策を展開していくことが重要である。

本論文では、日立ソフトにおけるピアレビュープロセスの改善について報告し、統計的プロセス制御の手法を適用することで、品質向上、原価低減の両方に効果が見られたことを示す。また、現場での実施プロセスをいかに組織レベルに吸い上げ、展開し、さらに各プロジェクトにおける実施をどのようにサポートしたか、そしてこの改善が定量的にどのような効果を持ったかについても報告する。

### 2 プロセス改善の背景

日立ソフトはソフトウェアシステムの開発、システムインテグレーションを中心としたサービス提供を行っているソフトウェア企業である。創業以来、9次にわたる品質向上運動、11次にわたる生産性向上運動を中心に改善運動を実施しており、高品質のシステム構築能力を強みとして業績を伸ばしてきた。

一方、冷戦の終了を契機として始まった価格破壊とグローバル化の波は日本のソフトウェア産業にも押し寄せてきており、品質に関する強みを保持しながら、飛躍的な生産性向上を実現することがビジネス上の大きな課題となっている。そのためには、これまでの運動に加えて、世界にも通用する新たな視点を採用することが重要と考えた。そこで、プロセス改善におけるデファクトスタンダードであるCMMIに基づいたプロセス改善運動を、全社トップのコミットメントの下、2001年から推進している[5][6][7][8]。

このプロセス改善運動を展開するにあたって以下のような方針を設定した。ただし、ここでいう「組織」とは各事業部あるいはその下の本部のことを指す。

- 全社の組織的強化
- 各組織の実態を反映した改善の実施
- 迅速な改善の実現

改善体制の整備と人材育成

これらの方針の実現方法については既に報告済みなので、ここでは詳説を避けるが、品質向上を実現するため、全社の各事業部にSEPGを設け、各事業部の実態に応じた改善活動を実施するようにした。また、コスト削減を実現するためには、各組織の現状をなるべく正確かつ客観的に把握することが肝要と考え、改善の初期にCMMIの正式アプレイザルであるSCAMPIアプレイザル[9]を実施し、ここで指摘された改善点を中心に改善活動を展開した。これらの施策は有効に機能し、全社すべての事業部でレベル3を達成した。また、レベル3までの主要な改善事項であった、プロセスに対する品質保証活動が、統計的に有意な品質向上効果を持つことを確かめた[10]。

しかし、レベル3はプロセス改善のための組織的な仕組みが整い、その後の改善のための基礎ができたという状態であり、ビジネス的な観点から見ても、十分満足できるだけの効果を生むとは限らない。主要事業部の1つである産業システム事業部では、レベル3達成にいたる以前から、事業部長主導の下、コードインスペクション運動を展開していた。これはソースコードに対するピアレビューを徹底しようという運動である。産業システム事業部は産業系の組込みシステムの構築等を手がけており、事業的に今後拡大が期待される一方、比較的新しい分野であるため、プロセスを徹底することで品質向上、原価低減できる余地が、まだかなりあると考えられていたことが背景にある。

産業システム事業部のコードインスペクション運動では、対象言語に関する知識やレビュー経験に基づいてレビューアの認定制度を設け、ソースコードのピアレビューを行う際には、認定されたレビューアの参加が事業部内規で義務づけられている。

以下、本論文では産業システム事業部におけるピアレビュープロセスの改善を、レベル3達成以降どのように進めたかを中心に述べる。

### 3 ピアレビューとは

ピアレビューとは欠陥摘出と改善点の特定を目的に実施する作業成果物に対するレビューのことである[11]。ピア (peer) とは作者と対等な同僚のことを指し、管理者は出席しないのが普通とされる。代表的なレビュー方法

としてはフェイガンインスペクションやウォークスルーがある[12][13][14]。

管理者が原則として出席しないのは、ピアレビューの実績データを人の評価に使うような誤用を避けるためである。作者はその作業成果物に関して最も詳しい技術者であり、作者が自ら進んで欠陥の早期抽出につとめることで、大きなレビュー効果が得られる。レビューの場を作者が欠陥を指摘しづらくなるような雰囲気にするのは、ピアレビューにおいては厳に慎むべきことである。もちろん、レビューの中には管理者が主催し、管理的視点からチェックをかけるものもあり、そういったレビューには、また別の意義がある[12]。ピアレビューはこのような管理者レビューとは区別すべきものだということである。

日立ソフトの場合、レビューが品質向上、また、手戻り防止による原価低減に効果のあることは一般的によく知られていたが、上述のようなピアレビューと管理者レビューとの区別は、あまり明確には意識されていなかった。また、ピアレビュー実施により具体的にどの程度の効果が上がるのか、定量的に把握することはできていなかった。

## 4 改善への取り組み方針

レベル3達成後のピアレビュープロセス改善に対する取り組み方針について述べる。既に述べた全社のプロセス改善方針、またレベル3に至る実現に際しての教訓・反省から、以下のような方針を設定した。

- 現場の実態を反映した改善とすること
- ビジネスゴールとの明確な関連付けを行うこと
- 自ら改善していく文化の醸成を目指すこと

まず、全社の改善方針実現の際の経験から、現状を正確に把握することが、その後の的確かつ効果的な改善につながるということがわかった。レビューに関しては各プロジェクトで、既にかなり実施されていたので、その実態に合わせて、よい点を伸ばしていくような改善が重要と考えた。

次に、「コードインスペクション運動」はもともと品質向上、原価低減というビジネスゴールに結び付けて、トップ主導で開始されたものであったが、実際にどのようなやり方でどの程度実施すれば、どれくらいの効果が期待

できるのか、定量的に示すことが望ましいと考えた。

最後に、改善を継続していくために、現場が自ら考えて改善を進めること、それをサポートしていく環境作りが重要と考えた。

このためには、データを測定し報告することがプロジェクトにとって利益になるよう適切なフィードバックをするようにしなければならない。間違えても、報告をすると怒られて損をするだけということにはならない。

## 5 ピアレビューデータの分析

### 5.1 管理図と統計分析

方針を実現するため、まず、ピアレビューデータの組織レベルでの統計分析を実施し現状把握を行った。分析にはXmR図、Z図、X-bar-S図等の管理図[1][2][15][16]を用いた。

管理図とは（通常、時系列に）データをプロットした折れ線グラフ（ランチャート）で、管理限界を示す横線が入ったものである。プロセス実績を管理図にプロットしてゆき、管理限界と比較することにより、プロセスの実施状況を随時、視覚的にチェックし制御することができる。データの群分けやデータ分布に対する仮定等によって、使用する管理図が異なってくる。

XmR図は隣り合う2つのデータを1つの群とする群分けに基づく管理図で、各群の範囲の変動を表すmR（moving Range、移動範囲）図と個別データの変動を表すX図の2つのグラフからなる。管理限界はmR図のデータをもとに統計的手法で決定する。Z図はポアソン分布を仮定した管理図であり、ソフトウェア開発では作業成果物の欠陥密度（レビューでの指摘密度、テストでのバグ密度等）の管理等によく用いられる。管理限界はポアソン分布の統計的性質を利用して算出する。X-bar-S図は対象データをいくつかの群に分け、各群のそれぞれの標準偏差を計算し、これらのばらつき具合を表すS図と、各群の平均値のばらつき具合を表すX-bar図の2つからなる。管理限界はS図のデータを基に統計的手法により決定する。X-bar-S図は群分けされたデータが多数入手できるときに有用な管理図である。群と群の間に統計的に有意な差異があるかどうかを視覚的に示すことができるので、改善効果の確認にも用いることができる。

管理図では管理限界の設定が重要であるが、これは群ごとの統計量による母標準偏差の推定値をとして、平

均値から $\pm 3$ の位置に設定される。管理図を用いたプロセス実績のチェックとしては、この $\pm 3$ の管理限界を越すデータがあるかどうかを見るのが基本である。プロセスが安定して実施されていれば、 $\pm 3$ を越すようなデータが出現する確率は非常に小さいので、もしこのようなデータが観測されれば何かプロセス上の特殊原因により引き起こされたものと考え、その原因を探る。日立ソフトでは、これを含めて以下のテスト1~4をチェックしている。正規分布を仮定すると、テスト2~4もテスト1と同程度に小さな出現確率しか持たないことが、これらのチェックを行う根拠である。

- テスト1  $\pm 3$ の管理限界を超えるデータがある。
- テスト2 連続した3つのデータのうち2個以上が中心線（平均値）からみて、同じ側にあり、隔たりが2を超えている。
- テスト3 連続した5つのデータのうち4個以上が、中心線からみて同じ側にあり、隔たりが1を超えている。
- テスト4 連続した9つのデータが、中心線からみて同じ側にある。

ただし、X - bar - S管理図のS図で各群のサイズが小さい場合及びXmR管理図のmR図ではテスト2~4は適用しない。これは、これらの図にプロットされるデータの分布が正規分布からかけ離れており、確率計算の前提を満足しないからである。なお、テスト1~4は、Flora-Carleton[15]の記述を主に参考にして定めたが、テスト4の条件は、JIS規格[16]に合わせて「連続した8点」から「連続した9点」に変更して用いている。

管理図は本来プロセス制御のために考案されたツールであるが、いくつかの留意点を守って適切に使用すれば統計分析にも有効に用いることができる。留意すべき点は次の2点にまとめられる。

合理的な群分けの原則を遵守する。

プロセスごとのパフォーマンスを評価し、必要ならプロセスの分離を実施する。

の合理的な群分けは管理図の根底にある基本的な考え方であり、採用プロセス、環境等、実施状況が類似したデータを同じ群として群分けすることにより、標準偏差の推定値の算出に対する特殊原因の影響を最小化しようという手法である[1][2][15][16]。ソフトウェア開発プロセスでは人的要因による変動が入りやすいので、こ

の原則を守るとはとくに重要となる。

は、プロセスが異なればパフォーマンスも異なってくるので、異なるプロセスに由来するデータは区別して扱うべきだという当然のことを述べている。層別の考え方[1][2]の特別な場合といってもよい。「当然のこと」ではあるが、一般には案外この点を誤解していることも多いように思われる。統計処理では多数のデータが必要だと妄信して、複数のプロセスをいっしょくたに扱って、結局無意味な結果しか出てこないというケースを時折見かける。実際には安定したデータの分布を得ることのほうが、むやみにデータ数を増やすことよりずっと重要で価値がある[15]。

### 5.2 準備的分析

コードインスペクション運動の結果として蓄積されたピアレビューデータの分析を実施した。この時点では、ピアレビューに対する測定の運用基準（Operational Definition）が十分明確でなく、レビュー記録に対していくつかの問題点が指摘された。代表的なものとしては以下が挙げられる。

記録フォーマットにレビュー対象規模の記入欄がなく、規模の記録が十分ではない

何回かのレビュー結果を1つにまとめて報告したと思われるデータがある

レビュー準備工数が記録されている場合とそうでない場合が混在する

さて、ピアレビューに対する代表的な指標としてはレビュー速度と指摘密度の2つがあるが、表1に示すようにどちらも定義的にレビュー対象規模を含んでいる。の事情から、レビュー対象規模についてはこの準備的分析の段階では十分なデータを得ることができなかった。そこで代わりに、レビュー効率すなわち、（指摘件数）/（レビュー工数）を用いて分析を行った。

ここでは、各回のピアレビューの実績について知るた

表1 ピアレビューに対する代表的な指標

指標名	定義式
レビュー速度	$= \frac{(\text{レビュー対象規模})}{(\text{レビュー時間})}$
指摘密度	$= \frac{(\text{指摘件数})}{(\text{レビュー対象規模})}$
レビュー効率	$= \frac{(\text{指摘件数})}{(\text{レビュー工数})}$

め、XmR図を分析に用いた。既に述べたようにXmR図では、隣り合った2つのデータが1つの群として扱われる。通常のプロセス制御のための使い方では、時系列にデータを順に入力していく。これは実施時期が近いデータは類似性が高いと仮定していることになる。この分析では複数のプロジェクトのデータを扱ったため、まずプロジェクトごとにデータを整理し、各プロジェクト内で時系列に並べた。また、プロジェクトの並びも同じ部に属する業務が類似したプロジェクトを隣り合わせるようにした。

図1が実際のXmR管理図である。参考のために中心線、上方/下方の管理限界以外にも平均から $\pm 2$ 、 $\pm 1$ 離れた横線も示してある。丸を付けたデータは他のデータから桁が違うほどかけ離れた明らかな異常値である。X図では3を超す異常が1件だけなのに、mR図では続けて2件異常となっている。

これは、mR図では隣り合ったデータの差分の絶対値をとるため、X図に1件異常に値の高いデータがあると、その前後で異常値が出るためである。このデータのレビュー記録を調べてみると、他のレビューとは明らかに異なる次のような特徴があった。

認定されたレビューアがモデレータ(取りまとめ者)の役割を果たしていた。

事前準備を実施し、そこでレビューでチェックする観点について合意をとっていた。

上で定められた観点、具体的にはメモリの割当てと開放のみに集中して、大量のソースコードの該当箇所だけをレビューしていた。

レビュー時には欠陥の抽出のみに専念し、修正方法

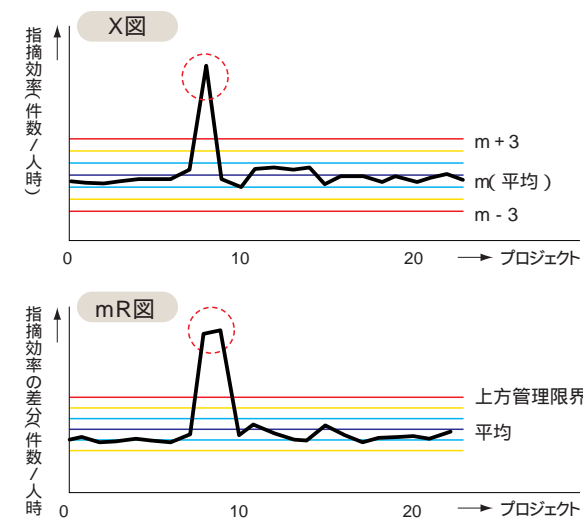


図1 レビュー効率の最初のプロット結果

等、他の議論は避けるようにしていた。これらの特徴はWheeler[12]によるピアレビューの分類でいうと、特定観点レビュー(Selected Aspect Review)、インスペクション等と共通するものとなっている。

ただし、図のプロット結果では準備作業に要した工数は考慮に入れていない。また、レビュー記録から見ると実際には複数回実施したレビューの結果を最後にまとめて記録したとみられることから、記録されたレビュー時間の精度に問題があるのではないかという疑念もある。したがって、図1に表れている桁外れの異常がすべて、上記のレビューの特徴に起因するものかどうかは不明である。

次にこの異常値を外して、他のデータをもう一度XmR図にプロットしなおした。図2が異常値を外した後のXmR図で、丸で囲んだ部分に新しい異常が出てきた。

mR図では実線の丸で囲んだ管理限界を超したデータ以外に、破線の丸で囲んだデータもほとんど管理限界に近い値を示しており、移動範囲に不安定な要因があることがうかがえる。次に、X図を見ると、大きな丸で囲んだ4件のデータの部分でテスト1, 2, 3にすべて引っかかる激しい異常が観測されている。レビュー効率の値をヒストグラムで図示したものを、図3に示す。山が2つ以上に分かれており、左側で大きな山を作っているデータから離れたデータが4件あることが見て取れる。これらが丸を付けた4件のデータである。

レビュー記録を調べると、この4件のデータに対応するレビューは、同一のプロジェクト、同一の認定レビューアが指導して実施したものであった。レビュー方法は通常のウォークスルーで、レビュー方法に際立って特徴

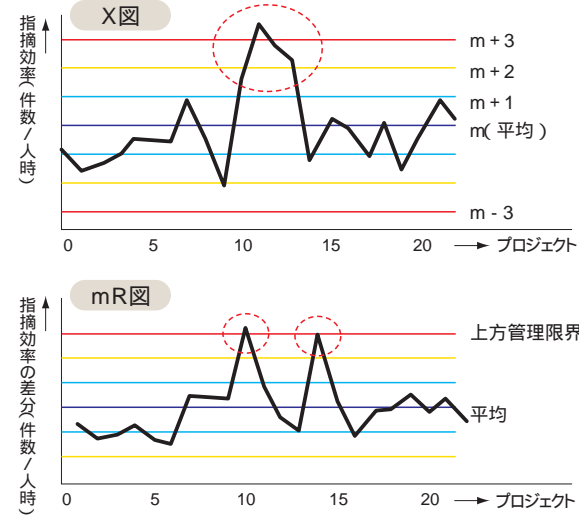


図2 再プロット結果

的な点は見出せなかった。ただ、このプロジェクトは組込みシステム用のある特定のプラットフォームでの開発を繰り返しており熟練者が揃っていた。

レビュー方法に関する差異ではないが、プロセスの実施環境が違い、パフォーマンス的にも明らかに異なることから、以後このプロジェクトでのレビューは他のプロジェクトのレビューとは別のカテゴリとして扱うことにした。

このプロジェクトのデータを除いたデータをプロットし直すと、図4に示すとおり安定した範囲に収まった。レビュー方法としては、これらはすべてウォークスルーに分類されるレビューであった。

この後、新しいデータが追加されたため、以上と同様の分析を繰り返した。この結果、特殊原因の分析から次のような現象が観察された。

- 効率の高かったレビュー方法
- レビュー準備を行った場合
- 2人によるレビューの場合
- 3人によるレビューで、指導する認定レビューアが該当レビューの業務内容にも精通している場合
- 効率の低かったレビュー方法
- レビューに時間をかけすぎている場合

効率の低かったレビューでは、工程の最後の方で、関係者を集めてほぼ1日かけてレビューをしていたような例があった。興味深いのはそのプロジェクトでは慣習的にこのようなレビュー方法をとっており、定量的に測定・比較したこともなかったため、レビュー実施者達が自分達のプロセスの効率の低さに気が付いていなかったことである。

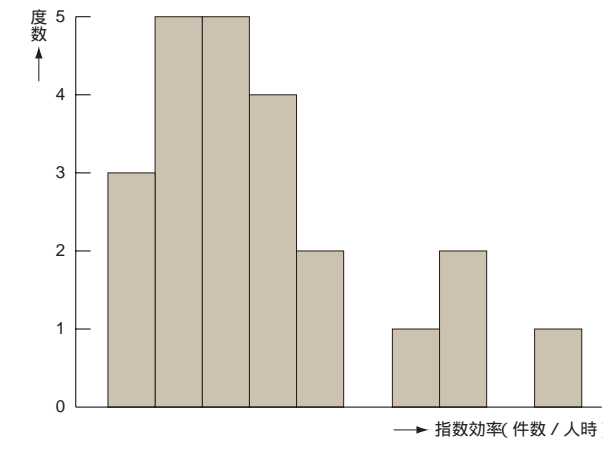


図3 レビュー効率のヒストグラム

既に述べたようにピアレビューの実施方法や測定、記録方法に不備があったため、以上の分析結果は完全に信頼できるものとはいえない。しかし、分析結果としてウォークスルーのパフォーマンスがほぼ把握できた。また、異常値の特殊原因を調べていくことにより上述のようなピアレビューのベストプラクティスを特定した。とくに、レビューの仕方によってパフォーマンスがかなり異なること、広く実施されているウォークスルー型のレビューはパフォーマンスが低いことから、ピアレビューの実施方法に大きな改善余地があることが明白となった。なお、に挙げた効率のよいピアレビュー方法と、それ以外の通常のウォークスルーのレビュー効率の比は概ね4~5倍程度であった。

### 5.3 レビュー実施効果

前節の結果から、ウォークスルー型のレビューに関しては、指摘効率、すなわち工数あたりの指摘件数がほぼわかるようになった。この逆数をとれば、欠陥を1件指摘するのにかかる工数が計算できる。これにさらに欠陥を実際に修正するのに要する工数及びレビューの準備工数を加えて、欠陥1件を抽出し修正するのに要する工数の推定値を算出した。

一方、欠陥を発見し除くには、テストを用いる方法もある。テスト工程での工数のかかり方を求めて、ピアレビューと比較することを考えた。テスト工程では組織レベルで、プロジェクトごとの抽出バグ数、工数が記録されていた。ただ、残念ながらこの時点では個々のバグに対する抽出工数、修正工数等の細かな記録がなかった。そこで、バグ数 $x$ と工数 $y$ の間の相関を回帰分析により分析し、一次式 $y = ax + b$ の形で最小二乗近似した。

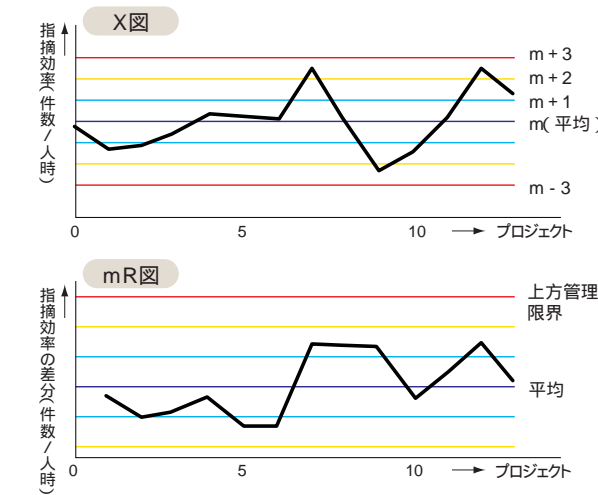


図4 特殊原因を除いた後

係数  $a$  は、バグが1件増えたときに多くかかる工数であるから、これが、求めるバグ1件あたりの抽出・修正工数を表すものと考えられる。なお、定数項  $b$  はテスト環境構築等のテスト工程でのオーバーヘッドを現している。回帰分析で求めた係数  $a$  の値とワークスルーの場合のパフォーマンスの平均値との比を計算すると、約2.3となり、テスト工程の方が余計に工数がかかるという結果になった。これを図示したものが図5である。この図からテスト工程で抽出しているバグを、ピアレビューにより抽出するにすれば、工数を削減できることがわかる。

次に品質向上効果の分析を行った。日立ソフトでは以前より組織レベルで「前倒し抽出率」と呼ばれる指標を測定している。これは、発見された欠陥全体のうち単体テストより上流で抽出されたものの比率を表す指標である。図6に前倒し抽出率と欠陥密度の散布図と回帰直線を示す。

この図からわかるように、前倒し抽出率が高くなると欠陥密度も下がるという負の相関がある。これは上流で欠陥を除けば類似不良も除かれて欠陥の総数も減るためと考えられる。前倒し抽出率の算出には単体テストで除いたバグも含むため、レビューだけの効果を示しているわけではないが、上述の考察からピアレビューにより上流で欠陥を除けば品質向上することは確実と考えられる。

## 6 ピアレビューに関する改善施策

前章で述べた準備的分析の結果をもう一度まとめておくと以下ようになる。

プロセスに対する測定、記録の不備がわかったので、当面の改善点が明らかになった。

パフォーマンス分析によりベストプラクティス、ワーストプラクティスがわかってきたので、その後ど

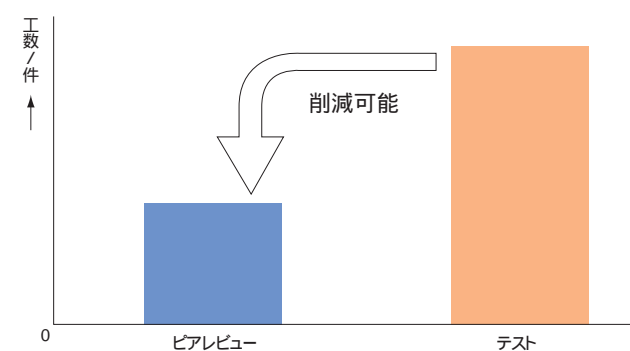


図5 ピアレビューとテストの工数比較

う改善していくべきか、方向付けできた精密な分析ではないにせよ、ピアレビューの改善が品質及び原価低減に効果を持つことがはっきりした。

で見出したベストプラクティス・ワーストプラクティスは既に多くの文献[11][12][13][17]で指摘されていた内容と一致している。また、の改善効果についても同様の内容の報告[18]が既にある。したがって、これらは新しい結果というわけではないが、自分たちのデータで結果が示されたということに意味があり、現場に展開していく際に大きな説得力を持った。例えば、自分たちの経験と文献の内容が符合したことはNAH(Not Applicable Here)症候群を乗り越える助けとなり、フェイガンインスペクション等既に提唱されているレビュー方法を導入する動機付けにもなった。

に対応する改善点を実現するためにとった代表的な施策を説明する。

### (1) 指標とその測定法の明確化、ルール化

(a) レビュー記録のフォーマットを改訂して、準備状況、レビュー対象規模等、必要事項が記載されるようにした。

(b) ピアレビューに対する指標として、レビュー速度、指摘密度、レビュー前倒し抽出率の3つを定めた。さらに、最初の2つについてはそれぞれXmR、Z管理図でプロセス制御することとした。レビュー前倒し抽出率とは前倒し抽出率の改良版で、レビューで指摘された欠陥の総欠陥に対する割合のことである。

準備的分析の時点で用いていたレビュー効率も組織的分析の際に用いる副指標とし、各プロジェクトがプロセ

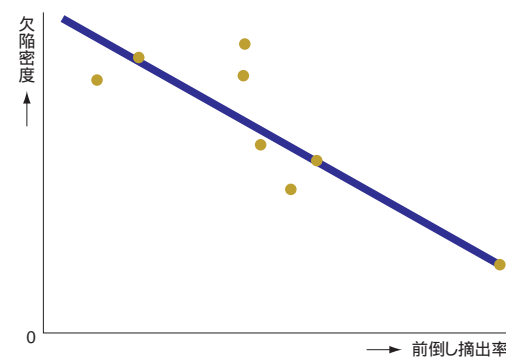


図6 前倒し抽出率と欠陥密度の相関

ス制御する指標としては採用しなかった。これはプロセスを安定化させるにはレビュー速度と指摘密度を用いる方が適切と考えたからである。これについては後述する。

### (2) ビジネスゴールとの関連付け

既に述べたように、日立ソフトとしてのビジネスゴールは高い品質の維持と競争力強化のための原価低減の2点にある。ピアレビューはこのどちらにも効果のあることがわかっており、準備的分析の結果から定量的な効果予測も可能となった。そこで組織的にビジネスゴールに関連付けた目標設定を行うことにした。具体的には品質向上、原価低減の目標値を満足できるようにレビュー前倒し抽出率の事業部としての目標値を定め、これを受け、各プロジェクトも目標値を決めることとした。

### (3) ベストプラクティスの明文化

効果の高いレビュー方法の特徴をまとめ、ガイドラインとして明文化した。典型的な内容は以下のとおり。

(a) レビュー時間、参加人数を絞って集中レビューする、ガイドラインとしてレビュー時間は2時間以内、参加者は4~5名までとした。

(b) 事前にレビュー観点を決めて共有する。このレビュー観点にはシステム目標、プロジェクト目標が反映される。

(c) 成果物を事前配布し、参加者は目を通しておく。

(d) 管理図を用いてレビュー実績を常にチェックして、安定化を図る。特に、レビュー速度を監視して、急ぎすぎたレビューにならないようにする。

(e) 成果物がすべて完成するのを待つようなことはせず、レビューできる状態になったものから順次レビューにかける。

### (4) ピアレビューに関する教育

2つの講座を立ち上げ、事業部内の設計者に教育を実施した。どちらの講座も産業システム事業部内で100名以上が受講し、レビューの中心となる開発リーダ層をほぼ網羅している。

#### (a) ピアレビュー入門講座

ピアレビューの定義、意義、産業システム事業部での実績に基づく効果の説明、上述のベストラインとガイドライン、管理図の見方と使い方等を解説する講座である。

#### (b) フェイガンインスペクション講座

代表的なピアレビュー手法であり、欠陥抽出効果が最も高いとされるフェイガンインスペクションについてその手順を解説する講座である。

### (5) ツールの提供

改善をうまく進めるには現場が自分で効果を実感できることが大切である。また、プロセスの安定化を図るためにも、現場で実績を測定・分析して即座にフィードバックしていける仕組みが欲しい。そこで、プロジェクトが自分たちで管理図をプロットして異常値をチェックできるようにツールを開発し配布した。このツールでは管理図の種類、用途は完全にピアレビューに限定して、レビュー速度分析用のXmR図、指摘密度分析用のZ図のみをサポートするようにした。

### (6) 分析サービス

統計的プロセス制御は新しい試みなので、上述のようなツールの配布と並行して、プロジェクトからデータを送ってもらい分析を実施して結果を返却するサービスも実施した。結果はなるべくプロジェクトメンバに直接説明するようにした。

### (7) 静的解析ツールの適用サービス

ソースコードのピアレビューの助けとなるよう、コードを静的に解析するツールを用意し、ピアレビューの事前準備の1つとして活用してもらうようにした。

## 7 レビューデータの分析再訪と効果確認

### 7.1 フェイガンインスペクションの効果

前節で述べたような施策を実施し、レビュー速度及び指摘密度のパフォーマンスベースラインを組織レベルで確立した。この分析の過程で、まずフェイガンインスペクションの指摘密度がワークスルーのそれよりも統計的に有意に高いことが確認され、分離した別のベースラインを作成することとした。ここで、有意水準は管理図による統計的プロセス制御の設定にあわせて3を超えないか、それと同程度に小さな確率とする。ここで、は想定している分布の標準偏差を表す。



## 7.2 静的解析ツール利用の効果

次に、レビュー対象規模と指摘密度の関係を調べた。既に、レビュー速度のベースラインを確立したので、これによりレビュー方法及びレビュー条件（カテゴリ等）ごとに、許容されるレビュー速度の範囲、特に速度の上限値は決まっている。しかし、レビュー速度は割り算をする点、やや間接的であるし、ベースラインの範囲に収まっていたとしても、ビジネスゴールを満足するとは限らない。そこで、直接的に把握できるレビュー規模の大きさによりビジネスゴールの実現具合を把握することを試みた。

レビュープロセスが安定している範囲でみると、レビュー対象規模を大きくすると、レビュー速度が速くなり、指摘密度が落ちてくるという強い相関が観察された。ビジネスゴールはレビュー前倒し摘出率の目標値として表現されているが、品質指標としての欠陥密度の実績とレビュー前倒し摘出率を掛け算すれば、レビューで最低限必要な指摘密度がわかる。上で述べた相関から、レビュー対象規模がある程度の大きさになると、指摘密度がこの下限値を下回ってしまうことが想定される。このことから、レビュー対象規模の上限値 $L$ を決めることができる。

この手続きを、ウォークスルーのパフォーマンスについて、静的解析ツールを準備に使わなかった場合と使った場合に分けて、それぞれの上限值 $L_0$ 、 $L_1$ を求めてみた。その結果を図7に示す。ツールを使用した場合、指摘密度の下がり方がゆるやかとなり、 $L_1$ は $L_0$ の約1.3倍の値となった。なお、レビュー対象規模が $L_0$ 以下の範囲では、ツールサポートを用いたか否かで指摘密度に有意な差は

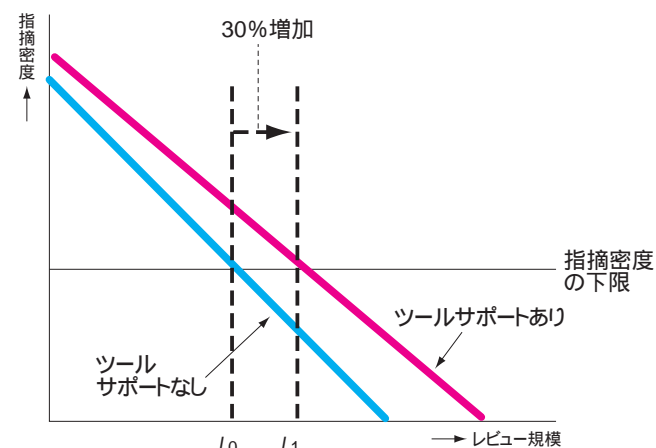


図7 ツールによる準備作業の効果

みられなかったが、 $L_0$ と $L_1$ の間の範囲では統計的に有意な差が見出された。

この分析結果を受けて、事業部内規を次のように改訂した：ソースコードレビューでは1回のレビュー規模を極力 $L_0$ 以下に抑えること、もし、それ以上の規模を対象にする場合には、静的解析ツールによる事前チェックを義務付け、その場合でも $L_1$ を超す規模のピアレビューは認めない。

## 7.3 レビュー効率の向上

準備的分析の段階では、レビュー対象規模の記録が不十分であったこともあり、レビュー効率を分析し、ウォークスルー型のレビューのデータの安定部分を取り出した。しかし、その後のレビュー方法の改善活動ではレビュー効率については意図的にあまり強調しないようにし、指標としてもレビュー速度と指摘密度の2つをプロジェクトレベルの指標とした。これは、効率をメインの目標に掲げると、じっくりとレビューせずに、ともかく指摘件数をかせごうという方向に走ってしまうのではないかと恐れためである。改善としてはむしろその逆に、レビュー速度が速くなり過ぎないように、ゆっくりじっくりレビューすることを目指した。これにより品質が向上し、結果的にレビュー効率も向上することを期待した。

改善前後のウォークスルー型レビューのパフォーマンスベースラインの平均値と比較すると、静的解析ツールを用いない場合で約4.8倍、用いた場合には約5.0倍にレビュー効率が向上していた。これは上の考え方が正しかったことを示している。また、この4~5倍という数字は、準備的分析のときに見出したベストプラクティスのパフォーマンスにほぼ等しい。改善運動の内容がプロジェクトに受け入れられ、ベストプラクティスが実際に実施されるようになった証左と考えられる。

## 7.4 プロジェクトの自律的改善

改善内容が浸透した事例として、次のようなプロジェクトがあった。ピアレビューを何回か実施していくうちに、だんだんとレビュー時間が長くなり、管理図で見ると管理アウトにこそなっていないものの指摘密度がだんだんと落ちてきていた。そこで、プロジェクト内で原因分析の話し合いを行い、対策としてレビュー時に欠陥の修正方法の議論を避け、欠陥のたたき出しに専念するようにした。この結果、レビュー時間がガイドラインどお

りの2時間に収まるようになり、指摘密度もアップした。このプロジェクトで実施されていたのはウォークスルー型のピアレビューであったが、たたき出しに専念するというインスペクションの特徴を取り入れて成功したわけである。ここで、特筆すべきなのは、この改善をプロジェクト自らが話し合って自主的に実施したということである。

これが、まさに今回の改善の狙いとしたところであった。

## 7.5 レビュー前倒し摘出率

最後に、ビジネスゴールの指標として採用したレビュー前倒し摘出率の変化について述べる。準備的分析の時点では、この指標は未定義であり測定されていなかった。正確にはわからないが、品質指標である欠陥密度とレビューにおける指摘密度の比から推察すると、当初は50%を切る値であったと思われる。改善後には60%程度は確保しており、ビジネスゴールの実現も着実に進んでいるといえる。

# 8 結果の検討

## 8.1 結論

最初に現状分析を実施し、ピアレビューの品質向上・原価低減への効果及びレビュー手法によるパフォーマンスの差異を現場の実データにより明確にした。

この知見に基づき効果的なレビュー手法と統計的分析手法を明文化し教育を展開した。さらに、プロジェクト自ら分析が実施できる分析ツールの提供や統計分析サービス、静的解析ツールによるソースコード分析サービス等のサポートを実施した。

これらの施策により、プロジェクトがデータを基に自ら改善を進めていけるようになった。その結果、組織レベルでは欠陥の捕捉率が高まり、レビュー効率も4~5倍に向上する等の結果が得られた。

次に、この活動から得られた教訓を挙げる。

最初に現状把握を行うことで無理のない適切な改善を実現できる。

現場が実際実施しているプラクティスをもとに改善策を立てることで、現場に受け入れられやすい改善が実現できる。

「プロセスや尺度がきちんと定義され、データ数がそろってから統計分析を始めよう」と考えるのではな

く、まずは現状のデータをもとに分析と改善をスタートするのがよい。分析から改善点が見えてくる。ビジネスゴールを反映する形の改善を計画し、実績を測定することで効果も見えてくる。

## 8.2 今後の課題

今後の課題として以下の2点を挙げたい。

ピアレビュー以外のプロセス、例えば要件管理やリスク等について、統計的プロセス制御を適用できれば、大きな効果が期待できる。実現の仕方を考えていきたい。

今回の活動を通して、プロジェクトが自ら実態を把握して、改善を進める文化が育ちつつある。この流れを大きくして一般化していきたい。

## 参考文献

- [1] 石川馨：品質管理入門，日科技連，1989
- [2] 鐵健司：品質管理のための統計的方法入門，日科技連，2000
- [3] Humphrey W.：Managing the Software Process，Addison-Wesley，1989
- [4] Chrissis M.B., Konrad M., Shrum S.：CMMI Guidelines for Process Integration and Product Improvement，Addison-Wesley，2003
- [5] Komuro M., Tsunoda F., Amaya M., Baker E.：Experiences of SCAMPI<sup>SM</sup> Appraisals in a Software Development Company，SEI SEPG Conference，2003
- [6] 小室睦，高橋一郎，角田文広，菅沼弘：ソフトウェアプロジェクトに対するプロセス標準化と改善情報の組織間共有，プロジェクトマネジメント学会 春季研究発表会，pp.34-37，2003
- [7] Komuro M., Takahashi I., Otokozawa K.：Effective Use of PIIDs makes Process Improvement Easier，SEI SEPG Conference，2004
- [8] Komuro M.：Know Your Objective, Know Yourself. Lessons Learned in Process Improvement Movements in Hitachi Software Engineering，CMMI Workshop Taipei 2004
- [9] SEI Assessment Method Integrated Team：Standard CMMI<sup>SM</sup> Appraisal Method for Process Improvement (SCAMPI<sup>SM</sup>)，Version 1.1: Method Definition Document，<http://www.sei.cmu.edu/publications/documents/01.reports/01hb001.html>，Dec 2001
- [10] 小室睦，高橋一郎，角田文広：プロセス改善活動の定量的評価，プロジェクトマネジメント学会 春季研究発表会，pp.133-138，2004
- [11] Wiegers K. E.：Peer Reviews in Software: a practical guide，Addison Wesley，2002
- [12] Wheeler D. A., Brykczynski B., Alexandria V.：Software Peer Reviews，pp.454-469 in R. Thayer (editor)，Software Engineering Project Management，IEEE Computer Society Press，1997
- [13] Gilb T., Graham D.：Software Inspection，Addison Wesley，1993
- [14] Fagan M.E.：Design and Code Inspections to Reduce Errors in Program Development，IBM Systems Journal 1976
- [15] Florac W. A., Carleton A. D.：Measuring the Software Process，Addison-Wesley，1999
- [16] 日本規格協会（編）：JIS ハンドブック 57 品質管理2001，日本規格協会，2001
- [17] Bisant D., Lyle J.R.：A Two-Person Inspection Method to Improve Programming Productivity，IEEE Transactions on Software Engineering，Vol. 15, No. 10, Oct 1989
- [18] Kan S.H.：Metrics and Modes in Software Quality Engineering，Addison-Wesley，2003

# 実践型EVMを活用したプロジェクト管理の適用研究

竹本 昇司†

EVM<sup>1</sup>は、タイムマネジメント、コミュニケーションマネジメントの手法としてPMBOKで取り上げられている。しかしながら、日本国内でのソフトウェア開発プロジェクトでは価値の算出の難しさからEVM利用の普及が進んでいないのが現状である。

本研究では予定価値、実績価値の算出を効率的に行うために日本国内でのソフトウェア開発プロジェクトに則したEVM手法を考案した。これを実践型EVMと呼び、その効果について報告する。

## Study for Project Management using Practical EVM

Shoji Takemoto†

PMBOK adopted EVM as a method for Time management and Communication management. In Japan, however, EVM is not popular for management of software development project because it is difficult to calculate values.

We designed effective method for calculating values such as Planned Value, Actual Cost, and Earned Value, and execute project management using Practical EVM. I report Practical EVM and its effectiveness in this paper.

### 1 はじめに

プロジェクトマネジメントの教科書ともいえるPMBOK[2]において、タイムマネジメント、コストマネジメント、コミュニケーションマネジメントのツールとしてEVMが取り上げられている。また米国においては、EVMを国内規格として制定、国防総省の調達規則として採用している。日本国内でも、平成14年度には、情報処理振興事業協会から「EVM活用型プロジェクト・マネジメント導入ガイドライン」[1]が公開される等、日本国内においてもEVMを導入しようとする動きが強まってきている。

しかしながら、日本のシステム構築現場においては、

発注者とシステム構築を実施する受注者の間は請負契約が主体であり、いったん契約が締結されると、金額は基本的には固定される。そのため、下記のような理由からEVMは請負契約での調達マネジメントにマッチするものではない。

- 支払われる金額は、実際のコストと連動しない
- そのためいったん契約が締結されると、発注側は受注側のコストには興味はない
- 一方、受注側は契約金額とコストの差額が利益となるため、自分のコストを開示することを望まない
- このような理由から、日本のシステム構築の現場での契約及び発注者と受注者の間のコミュニケーションの場においては、EVMの普及はいくつかのハードルがある状態となっている。

†株式会社野村総合研究所品質監理本部, Nomura Research Institute, Ltd. Quality Managenet Dvision

1 EVM : Earned Value Managementの略。EVMとその用語については参考文献[1][2][3][4]参照のこと。

### 2 EVMの活用

#### 2.1 EVMの有用性

EVMによるプロジェクト管理を行うと、以下のような有用性が期待できる。

- 定量的な表現  
成果物の進捗、コスト実績が数値により表現される。そのため、従来の担当者の感覚に頼った表現に比べ定量的に遅れ/進み、コスト実績を表現できる。
- 早期の傾向把握  
従来のスケジュール表での進捗管理では、スケジュールが進まない傾向が掴みにくかったが、EVMで数値把握を行うことにより、早期に傾向を把握することができる。
- 数値による将来予測  
EVMにより、現状を定量的に把握することで、そこから指標値を定量的に算出することが可能となる。その指標を利用することにより、EVMでは数値による将来予測が可能となる。
- 数値による将来予測を行うことにより、対応策としての期間、コストの調整に対して、定量的な根拠を持って提示することが可能となる。

#### 2.2 EVMの活用場所

上記のような有用性をもつEVMに対して、前述した日本のシステム構築の商習慣をもつ契約の中で、システム構築を受注する企業では、どのように活用すればよいかを検討した。その結果、受注企業のプロジェクト内での進捗、コスト管理に利用することで効果を上げることがわかった。以下の理由による。

- 定量的管理の必要性  
より戦略的なシステムを求める発注者と、急速に進化する技術の中で、システム構築はより複雑なものになってきている。とすれば遅れがちになるスケジュールに対して的確に管理するためには、従来の勘と経験による管理だけではなく、定量的な管理が必要となっている。
- 受注企業のプロジェクト内管理としてのコスト管理  
発注者の価格に対する意識が上がっている中で、契約金額は厳しく精査される。いったん契約を締結した後は、受注側としてはコストを管理し、適切に利益を上

げる必要がある。そのためには受注企業のプロジェクト内管理として、コスト管理を定量的に行っていく必要がある。

### 3 実践型EVM

システム構築受注企業の、プロジェクト内管理において2節で述べた効果を上げるためには、システム構築プロジェクトマネジメント現場において、EVMを適用する必要がある。実際のシステム構築プロジェクト現場に対して、スムーズにEVMを適用するためには、プロジェクト現場に負荷を与えることなく導入を行う必要がある。EVM導入にあたって、いくつかの点についてEVM適用にあたってのポイントを検討し、システム構築プロジェクトのEVM管理手法として、実践型EVMを考案した。実践型EVMのポイントを表1に示す。

以下3節では、実践型EVMのポイントについて説明する。

#### 3.1 コスト単位

発注者と受注者のコミュニケーションとしてEVMが位置付けられていることからわかるように、一般的なEVMにおいては、計画価値(以下PV)、実績コスト(以下AC)、アーンドバリュー(以下EV)の単位は、ドル、円等の金額である。

実践型EVMにおいては、システム構築プロジェクトの以下のような点を考慮し、PV、AC、EVの単位を工数(人日(MD))とした。

すなわち、システム構築プロジェクトにおける詳細なWBS、スケジュールの作成、管理は、基本的に各工程ごと、かつ各サブシステムごとに行われる。この管理はサブシステムを担当するリーダによって行われる。

表1 実践型EVMのポイント

	一般的なEVM	実践型EVM
コスト単位	コスト単位は金額	コスト単位は工数(人日(MD))
期間	プロジェクト全期間	各工程ごと
コスト	間接費含む全コスト	開発に投入する工数
WP	プロジェクト任せ	開発工程ごとに規定
進捗計上	プロジェクト任せ	開発工程ごとに規定

このリーダは配下に何人要員がいるか、またどのように実績を上げているかは把握しているが、要員の単価まではあまり意識することはない。そのため、実践型EVMとしては、コストの単位としては工数（人日（MD））が適当である。

### 3.2 期間

一般的なEVMにおいては、プロジェクト全体のWBS、スケジュールに対応してEVMを行うため、期間はプロジェクト全体となる。

対して、システム構築プロジェクトでは上記のように、詳細なWBS、スケジュールは各工程、各サブシステムごとに作成する。内部管理として、詳細なレベルでの管理を行うためには、この詳細なWBS、スケジュールに合わせた管理が必要となる。また、成果物、管理方法についても、各開発工程ごとに異なるため、上流工程での傾向が必ずしも下流工程や、プロジェクト全体の傾向を示すとは限らない。

そのため、実践型EVMにおいては、期間としては各工程ごとの期間が妥当である。

### 3.3 コスト

一般的なEVMにおいては、プロジェクト全体でのコストを予算、または実コストとして計上するため、間接費を含む全コストがEVM管理の対象となる。

対して、受注企業のプロジェクト内管理としてEVMを適用する場合、各サブシステムごとの管理を行うことは前述したとおりだが、実際に開発に投入した工数のみで計上することで、投入工数と成果物進捗の関係がより鮮明に浮かび上がってくる。そのため、プロジェクト全体での間接費を各サブシステムに配分することはしない。

ただし、各サブシステムを統合して、プロジェクト全体でのEVMを行う際には、管理工数等の間接工数につい

ても計上することで、実際の全体工数と乖離しないようにしている。

### 3.4 WP（ワークパッケージ）

WBSにおいて、管理の最小単位をワークパッケージ（以下WP）とよぶ。WPについてはプロジェクトの性質ごとに異なるため、一般のEVMではとくに規定はされていない。

今回の実践型EVMにおいて、システム構築プロジェクトにEVMを適用するにあたっては、プロジェクトへのスムーズな導入を行うため、各工程ごとにWPの標準を定めている。

WPの標準を定めるにあたっては、管理のしやすさと、取得した数値の有効性を両立させる必要がある。社内工程標準による工程ごとの標準WBSと、従来の詳細スケジュールでの項目を照らし合わせて、項目毎の作業期間が1～2進捗把握期間（1～2週間）となるように定めた。

表2に各工程でのWPを示す。

### 3.5 進捗計上

一般的なEVMは、進捗計上においてもいくつかの手法を例示しているだけである。また、従来のスケジュール管理でも進捗率は報告させている。しかし、従来の進捗率は主に主観的な進捗率であり、はじめはどんどん進捗するが、作業の終わりあたりになると工数を費やしても進捗が伸びない、といった傾向が見られた。

実践型EVMにおいては、統一的に定量的な計上が行えるよう、工程ごとに進捗計上の標準を定めている。

以下に各工程ごとの進捗計上について記す。

#### (1) 基本設計工程

基本設計工程においては、複数の設計が同時並行に進行する等、完了前する前の段階でも進捗を計上したい。

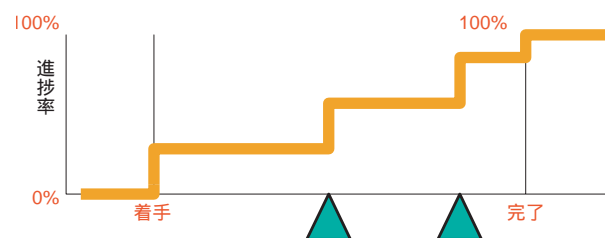


図1 基本設計工程での進捗計上

そのため、加重比率計上法を採用した。

図1に基本設計での進捗計上法を示す。

マイルストーンをおき、マイルストーンごとに進捗率を計上する。進捗率は次のように定義した。

着手前：0%，着手後：30%，半ばまで達成：60%，担当者レベルで完了：90%，レビュー完了：100%

#### (2) 詳細設計～単体テスト

詳細設計～単体テストの工程においては、プログラム単位に詳細設計、コーディング、単体テストを実施するが、従来の進捗管理でも着手・完了で管理している。

EVMでも各作業ごとに着手、完了において50 - 50の固定比率計上法で計上する。図2に詳細設計～単体テスト工程での進捗計上法を示す。

各プログラム毎作業ごとの進捗率は次のようになる。

着手前：0%，着手後：50%，完了：100%

#### (3) 連結テスト工程、総合テスト工程

連結テスト工程、総合テスト工程においては、WPとして進捗把握期間ごとのテストケース数としている。

進捗計上は、次の式で表される。

$$\text{進捗率} = \frac{\text{実施テストケース数}}{\text{予定テストケース数}}$$

以上、コスト単位、期間、コスト、WP、進捗計上の5つのポイントについて標準を決めたことで、実践型EVMとして、EVMをシステム構築プロジェクト受注企業でのプロジェクト管理ツールとして利用することが可能となった。

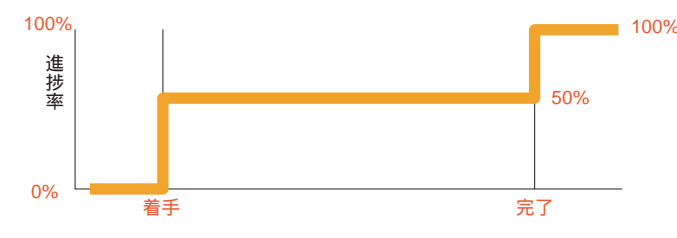


図2 詳細設計～単体テスト工程での進捗計上

## 4 実践型EVMの適用結果

ここまで述べてきたような実践型EVMについて、適用可能性、有用性を実証するために、筆者の所属する野村総合研究所（以下NRI）で実施した実際のシステム構築プロジェクトに対して、実践型EVMを適用してきた。

4節では実践型EVMを4プロジェクトに適用した結果と、各プロジェクトでの判断において、実践型EVMをどのように活用したかについて、適用結果を述べる。

### 4.1 Aプロジェクト

Aプロジェクトはシステム構築期間1年半の大規模プロジェクトである。数サブシステムからなる業務システムであり、全国の拠点に対してオンラインを提供する。このAプロジェクトでは、当初基本設計は2カ月の予定であったが、途中で期間を3カ月に延ばしている。基本設計工程に実践型EVMを適用し、その延長の判断と、延長時の対応について、EVMからどのような判断ができるかを、2サブシステムの結果を踏まえて以下に記述する。

#### (1) A1サブシステム

当初計画の基本設計を2カ月で行うスケジュールでのA1サブシステムのEVMグラフを図3に示す。

予定価値であるPVに対し、実績を表すEVは、11月中盤に入ったところで、徐々に下回りつつある。つまり遅れが拡大しつつあるということである。11月14日時点でのSPI（スケジュール効率指数；SPI=EV/PV）は0.70であった。グラフのEVの傾きが一定であるということは、こ

表2 実践型EVMにおけるWP（ワークパッケージ）

工程	標準的なWPの単位
基本設計	各サブシステム内の個別機能ごとの設計の単位（画面設計 ファイル設計 処理設計等の単位）
詳細設計～単体テスト	各プログラム単位の作業単位（詳細設計 コーディング 単体テスト）
連結テスト、総合テスト	進捗把握期間内の実施テストケース数（通常は一週間ごとのテストケース数）

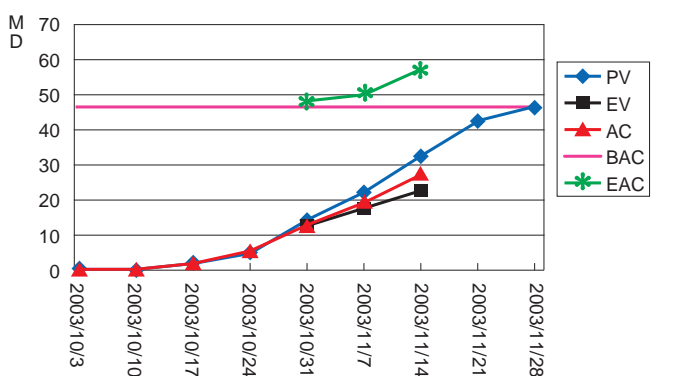


図3 AプロジェクトA1サブシステムEVMグラフ（スケジュール延長前）

の傾向が継続的なものであることを示している。

EVMを用いると、現在の状況からの定量的な将来予測が可能である。基本設計終了までにどれだけの期間がかかるかEVMの数値から計算を行う。現在のSPI = 0.70であるから、

$$\text{TEAC (完了期間予測)} = \frac{\text{SAC (当初予定期間)}}{\text{SPI}}$$

となり、当初予定期間2カ月に対して2.85カ月必要と予測できる。

前述したように、Aプロジェクトでは、プロジェクト全体で基本設計を2カ月から3カ月に延ばすことをこの時点で決定している。A1サブシステムは現在の配分で進めば、2.85カ月で完了する予定であるから、現状どおりの体制で完了すると予測できる。

スケジュール延長後のEVMグラフを図4に示す。

グラフからわかるように、スケジュール延長後は立て直した予定に対し、実績が計画通りに推移したことがわかる。

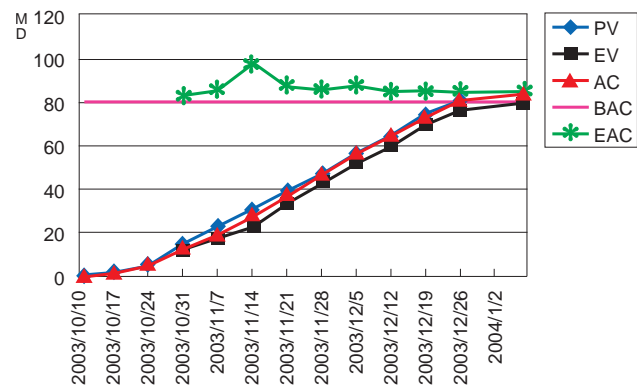


図4 AプロジェクトA1サブシステムEVMグラフ (スケジュール延長後)

## (2) A2サブシステム

Aプロジェクトのもう一例として、A2プロジェクトでの実践型EVMの適用結果である。

A2サブシステムの計画見直し前のEVMを図5に示す。

11/14時点で、A1サブシステムの場合はSPI=0.70であり、当初予定の2カ月を3カ月に延長したことで対応可能であったが、A2サブシステムの場合、SPI=0.52であり、期間延長だけでは対応不能である。

A2サブシステムでは、期間延長に合わせ、要員の追加を行い、遅れを回復することを決定した。

スケジュール延長後のEVMを図6に示す。

設計最終段階において、仕様変更が発生し、A2サブシステムについては完成の遅れは出たが、要員を追加していたため、1カ月弱の遅れでとどめることができた。

## 4.2 Bプロジェクト

Bプロジェクトにおいて、詳細設計～単体テスト工程の管理に実践型EVMを適用した結果を図7に示す。

完了2週間前から遅れが生じ始めている。工程を予定通

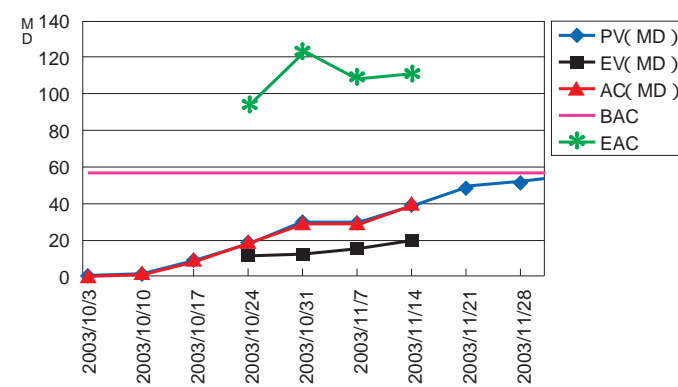


図5 AプロジェクトA2サブシステムEVMグラフ (スケジュール延長前)

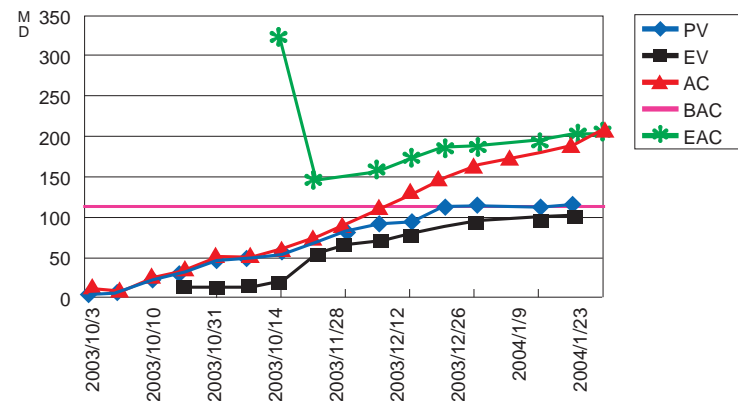


図6 AプロジェクトA2サブシステムEVMグラフ (スケジュール延長後)

り完了させるため、プロジェクトではEVMの値から、人員の追加投入を決め、残り2週について大量に人員を投入した。

EVMグラフでのACの大幅な伸びはその人員大量投入を表す。

図8は指標値の推移を示すグラフである。

プロジェクト最終段階で大量に人員を投入しているため、生産性を示すCPI (コスト効率指標=EV/AC) は大幅に悪化しているが、スケジュールに対する進捗を示すSPIが1に収束していることから、進捗はほぼ予定通りに回復したことがわかる。

実践型EVMでの定量的な判断により、適切な人数を投入することができ、Bプロジェクトではほぼ計画通りの期間で工程を完了することができた。

## 4.3 Cプロジェクト

Cプロジェクトは本番稼働システムの保守を行いながら、兼務で新システムの設計を行ったプロジェクトであ

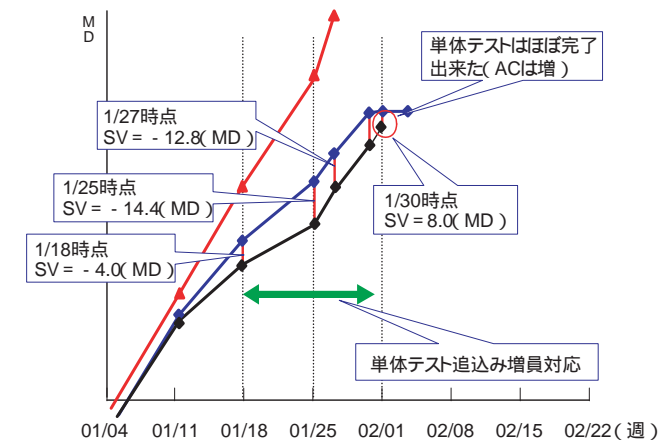


図7 BプロジェクトEVMグラフ(部分)

る。ACで表される投入工数と、EVの関係から読みとれること、対応結果について述べる。

Cプロジェクトの4サブシステムあるうちの最大規模、かつ先行プロジェクトであるC1サブシステムのEVMグラフを図9に示す。

11月に入ってから4週間程度で、EVがPVから乖離してきている、つまり、遅れが拡大していることが見て取れる。このグラフで特徴的なのは、ACよりもEVが上回っている、つまりCPI=EV/ACで表される生産性は予定よりも高いということである。

生産性が高いにもかかわらず、進捗が遅れている原因はACで表される投入工数が低すぎるためということがグラフから読み取れる。実際にプロジェクトでは、兼務している本番稼働システムに障害が発生し、その対応に追われて、新システムの設計に十分な工数が割り当てられていなかった。

プロジェクトの建て直しには、このC1サブシステムに投入する工数を確保することが必要であるとプロジェク

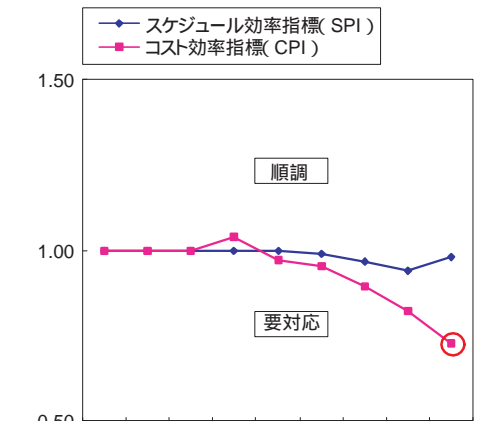


図8 BプロジェクトCPI, SPI推移グラフ

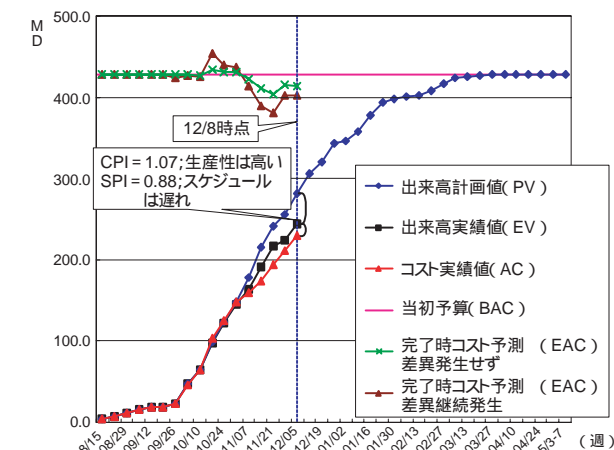


図9 CプロジェクトC1サブシステムEVMグラフ 対応前のEVMグラフ(部分)

トマネージャは判断し、同時に設計を進めていた他サブシステムに投入予定の工数をC1サブシステムに投入することを決定した。

対応後のEVMグラフを図10に示す。対応期間において、EV、ACの実績が、PVで表され予定通りに進行したことが読み取れる。

同時に設計を進めていたCプロジェクトC2サブシステムのEVMグラフを図11に示す。

C1サブシステムに注力した結果、C2サブシステムには工数が投入されず、進捗が止まったことが読み取れる。ただし、最重要であるC1サブシステムを救ったことで、プロジェクト全体としての建て直しが順調に行うことができた。

#### 4.4 Dプロジェクト

Dプロジェクトでは、総合テスト工程で実践型EVMを適用した。全体の1/3の時点での将来予測及び対応策を定量的に示すことを行った。

総合テストは9週3サイクルで実行の予定であった。

3週1サイクルが終了した時点のEVMグラフを図12に示す。

EVはほぼPVどおりに推移している。これは遅れが出ていないことを示す。一方でACはPVを上回っている。これは工数は予定より投入していることを示す。

工数超過の原因は、他業務に振り分けるべき工数まで

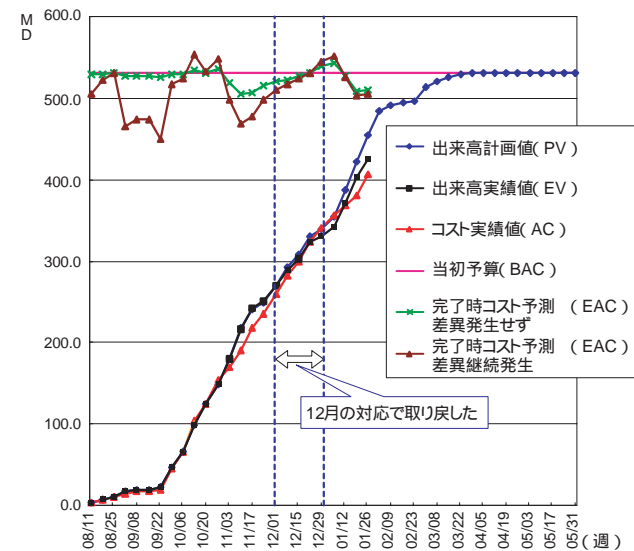


図10 CプロジェクトC1サブシステム 対応後のEVMグラフ(部分)

費やしてテストを実行していたことによる。他業務への影響が危惧されるため、プロジェクトでは対応を検討したが、その際にEVMにより、対応策に対して定量的な指針を出すことができた。

対応策の指針を表3に示す。

プロジェクトでは上記対応策を検討した結果、サイクル2以降のテスト実施において、要員を22人に増員することを決定した。

要員を増加した結果のEVMグラフを図13に示す。

要員を増加しているため、ACは予定を上回っているが、実施予定のテストを予定期間内に完了させることができた。

## 5 考察

### 5.1 実践型EVMの導入可能性

3節で述べた実践型EVMとして、システム構築プロジェクトの実態に合わせた導入を検討したことで、EVMを実際にシステム構築プロジェクトのプロジェクトマネジメントに導入することができた。

導入プロジェクトのメンバーに対するアンケートでも、導入負荷はたいしたものではなかった、という声が多かった(5点満点中の3.6点)。

### 5.2 実践型EVMの有用性

実践型EVMを適用した各プロジェクトのリーダー15人が

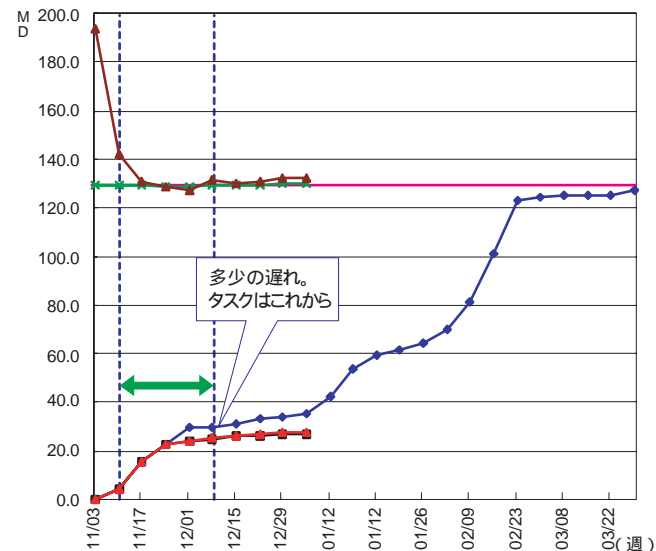


図11 CプロジェクトC2サブシステムEVMグラフ

らのアンケート結果を表4に示す。

定量的な表現、早期の傾向把握に対して、とくに高い評価を下していることがわかる。

また、定性的な評価として、アンケートでの代表的なコメントについて記載する。

「初めてからの1~2週間の動きでの、トータルでの工数が客観的に判断できた」

「実際に設計を行いながらの「遅れ」(スケジュールのいい加減さ)が、感覚ではなく数字で捉えることができる」

「計画との乖離が数値で表されるので、人員投入の説得材料になった」

「実質的な価値が可視化された(コスト超過がすぐにはわかった)」

「将来予測と、対応策の案が数値的に提示できた」

2節で述べたEVMの有用性については、実践型EVMにおいても、十分に有用であることが実証できた。

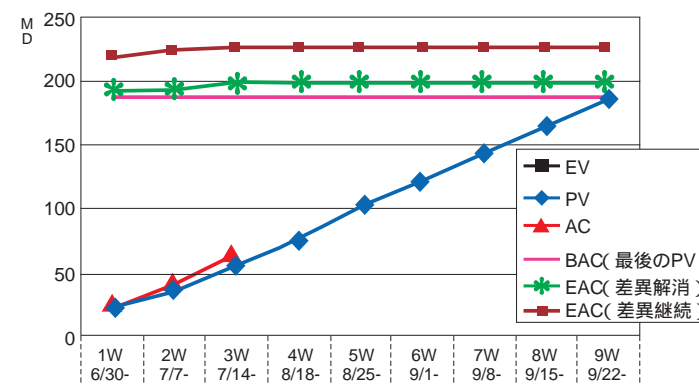


図12 DプロジェクトEVMグラフ(サイクル1終了時点)

表3 Dプロジェクトに対する定量的な対応策指針

対応策	EVMによる指針
生産性向上	現状に対し22.9%の向上が必要
期間延長	1.4週の延長が必要
要員追加	22.8人への増員が必要
成果物削減	81.1%への削減が必要

### 5.3 今後の展開

実践型EVMの有用性が立証された。集計ツール等の整備を行い、今後はNRIで行うシステム構築のプロジェクト管理において、実践型EVMを広く適用していく動きとなっている。

#### 参考文献

- [1] 情報処理振興事業協会：EVM活用型プロジェクト・マネジメント導入ガイドラインの作成ガイドライン，2003
- [2] プロジェクトマネジメント協会：プロジェクトマネジメント知識体系ガイド，2000
- [3] クォンティン・フレミング，ジョエル・コッペルマン：PMI東京(日本)支部監訳，アーン・バリューによるプロジェクトマネジメント第2版，日本能率協会マネジメントセンター，2004
- [4] 富永，解説：アーン・バリュー・マネジメント，プロジェクトマネジメント学会，2003

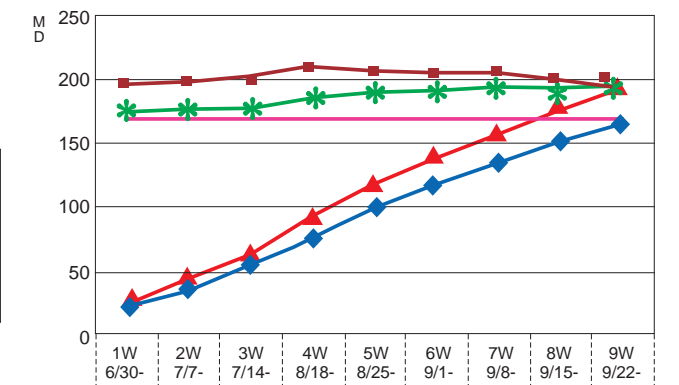


図13 DプロジェクトEVMグラフ(サイクル3終了時点)

表4 プロジェクトメンバに対するアンケート結果

評価項目	平均得点(5点満点)
定量的な表現	3.7
早期の傾向把握	4.1
数値による将来予測	3.3

# プロジェクト混乱予測システムの ベイズ識別器を利用した開発

## ソフトウェア開発現場への本格導入を目指して

水野 修† 安部 誠也† 菊野 亨†

我々は、これまでロジスティック回帰分析に基づくプロジェクト混乱予測を行ってきた。本研究ではソフトウェア開発現場への本格導入を目指して、ロジスティック回帰分析に残っていたいくつかの問題を解決した、ベイズ識別器を利用する混乱予測手法を提案する。まずベイズ識別器に基づく6つのデータマイニング手法に対して精度比較実験を行い、最も精度の高い手法を選択した。次に、ベイズ識別器を利用した提案法の有効性を実際の開発現場から得られたデータに適用することで確認した。具体的には、ロジスティック回帰分析では混乱予測を誤ったプロジェクトのすべてについて提案法では正しい予測結果を得ることができた。

# Development of Project Confusion Predicting System Using Bayesian Classifier Towards its Application to Actual Software Development

Osamu Mizuno†, Seiya Abe† and Tohru Kikuno†

This paper proposes an empirical method to predict runaway status of software projects using Bayesian classification technique. We first performed a preliminary experiment which compares accuracy of six Bayes-based data mining techniques and finds the most accurate technique. Next, we conducted a main experiment which predicts runaway projects by applying Bayesian classifier with the optimal technique. The result of experiment shows that proposed method has higher capability of prediction than the previous logistic regression based method.

## 1 はじめに

ソフトウェアの開発期間が短縮される一方、ソフトウェアに求められる品質はますます高くなりつつある。

品質を保ったまま、こうした要求に応えるためにはソフトウェア開発プロジェクトが抱える問題点（リスク要因）を早期に発見して、それらを回避する技術の開発が望まれている。

我々の研究グループでは、ソフトウェア開発プロジェクトの早期に行うリスク調査アンケートによって、そのプロジェクトが最終的に混乱状態に陥るかどうかを判定する手法を提案してきた[14][18][23]。これらの手法[14][18]では、過去に収集したアンケートのデータに対して統計的分析を行い、ロジスティック曲線に基づくモデル式を作成した。そして、新規に入力されるアンケートのデータをこのモデル式に適用することにより、プロジェクトの初期時点でも最終状態をある程度予測できるこ

† 大阪大学大学院情報科学研究科, Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

とを示した。また、アンケートのデータに対してクラス分析を行うことで、同様な予測を行う手法も提案してきた[23]。

本研究では、従来の手法で判明した問題点を改良しつつ、ソフトウェアの混乱を予測する新しいシステムの開発を目指す。このシステムでは、開発者へのアンケート結果をデータベースに取り込み、その内容（厳密には、プロジェクトの分割）に基づいて新しいプロジェクトの混乱予測を行う。また、予測のために利用するデータマイニング手法については最も精度が高いものを利用する。さらに、現場への適用が容易となるようなシステムの開発を目指す。

アンケートデータの収集には固有の問題がある。実際の開発現場での使用を考えるとすべてのアンケート項目に対して回答が得られるということは稀であり、未回答のデータを適切に取り扱える手法の開発が必要である。従来の手法[14][18][23]では、回答が得られなかった、あるいは回答者がその項目についてわからないとした回答を、他の回答と同様に1つの回答値として取り扱っていた。そのため、このような回答を適切に取り扱うことが従来法の課題であった。さらに、従来の手法では回答を得てから予測モデルを作るまでの手順が煩雑であるため、進行中のプロジェクトに対する迅速な適用が難しいという問題もあった。

そこで本研究では、未回答の項目のあるアンケートに対しても簡単に予測を行う手法としてベイズ識別器を利用した手法を提案する。ベイズ識別器はベイズの定理を利用してカテゴリカルデータをいくつかのクラスに高い精度で分類する手法としてよく知られている[4]。ベイズ識別器を用いたデータマイニング手法はいくつか知られているため、本研究では、まずこれらの手法の精度比較（実験1）を行い、最も精度の高い手法を選択し、採用する。

また、実際の開発現場での運用を意識した適用実験（実験2）も行う。この実験では、過去のプロジェクトデータによって作成したモデルを利用して新しいプロジェクトの混乱を予測する。

以上のように本研究は実際の開発現場での問題点を強く意識したものとなっている。また、開発現場からの実際のデータを必要とするため、あるソフトウェア開発企業との共同研究としてデータの提供を受けている。

本論文の以降の構成は次のとおりである：まず、2節

では本研究でのプロジェクト混乱予測について、その概要を述べる。3節では提案手法の基本的な構想について説明したあと、ベイズ識別器に基づくデータマイニング手法について述べる。4節では、リスクの分類や予測に関する関連研究について述べる。5節では提案するベイズ識別器に基づくプロジェクトの混乱予測システムについて述べる。また、提案するシステムの有効性を評価するための2つの適用実験を6節にて行う。また、7節では本システムを実プロジェクトに導入するために必要となる作業について述べる。最後に8節では本論文のまとめを述べる。

## 2 プロジェクト混乱予測の概要

本研究で対象とするプロジェクトの混乱予測システムの概要について述べる。

これまで我々が行ってきた研究の過程において、ソフトウェア開発の組織毎に「あるプロジェクトが混乱したか否か」という問いに対する組織内でのコンセンサスが得られている状況を見てきた。これは、ある特定の組織に限ったことではなく、異なる企業・組織のメンバに話を聞いても「混乱した」プロジェクトの特定は可能であるという意見が得られている。

我々はこの事実に着目し、「混乱する」プロジェクトを早期に発見し、正常な状態へと導くための手法の開発を目指している。その手法のひとつとして、アンケートに基づくプロジェクトの混乱予測システムを提案する。ここでは以下の手順でプロジェクトの混乱を予測する。

- (1) 混乱プロジェクトの定義
- (2) 過去プロジェクトへのリスク調査アンケートの実施（データ収集）

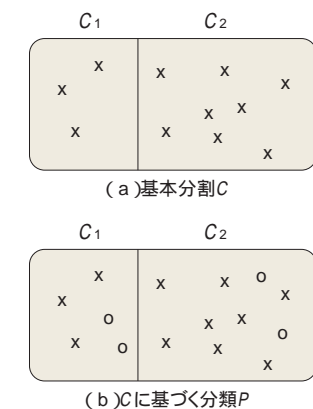


図1 基本的な構想の説明図

### (3) 混乱予測モデルの構築

### (4) 新規プロジェクトでのアンケート実施(混乱予測)

上記の手順のうち,(1),(2),(3)は導入までの準備に相当し,(4)が導入してからの作業となる。7節において,提案システムを新しく導入するのに必要な準備等についてまとめる。

## 3 準備

### 3.1 基本的な構想

学習データ(図1(a)中ではxで表す)の分割 $C = \{C_1, C_2\}$ が与えられていると仮定する。ここで, $C_1$ が混乱プロジェクトを, $C_2$ が成功プロジェクトを表す。学習データは過去のプロジェクトが用いられる。以降では,この分割のことを基本分割 $C$ と呼ぶ。

このとき入力データ(図1(b)で  $d$ で表す)を基本分割 $C$ の各クラス $C_i$ との親和性に基づいて分類する。この入力データは混乱を予測すべき(現在進行中の)プロジェクトである。本研究ではクラス $C_1$ に分類されると,プロジェクトは混乱すると予測される。一方,クラス $C_2$ に分類されると成功すると予測される。こうして求まる分類と基本分割 $C$ を合わせたものを $C$ に基づく分類 $P$ と呼ぶ。

この親和性に基づいた分類 $P$ をいわゆるデータマイニング手法を利用して計算する。利用するデータマイニング手法によって,分類 $P$ が変化する。さらに,この分類 $P$ の違いが予測の精度の差に対応する。したがって,予測精度の高いデータマイニング手法を見つけることが重要な課題となる。

本研究ではベイズ識別器に準拠したデータマイニング手法に注目して,複数の代表的なデータマイニングの中から最も高い予測精度を与えるものを実証的に決定する。

### 3.2 データマイニング手法

ベイズ識別器は単純かつ強力なデータの分類手法であり,それ自体で強力なデータマイニング手法になり得る。ベイズ識別器の適用にはデータ中の各属性が互いに独立であるという仮定が必要となるが,経験的に仮定が破られたデータセットであっても極めて精度の高い予測が可能であることが知られている[4]。そうした特徴を利用し

て,近年では迷惑メールのフィルタリング等にも応用されている。ベイズ識別器の考え方の基礎となるベイズの定理や,確率の計算方法については付録A.1節で述べる。また,精度向上のために様々な拡張を施した手法が開発されている。

本研究では, Waikato大学にて開発されているオープンソースのデータマイニングツールWeka[19]で利用可能な次の6手法を使用する。ここでは単純ベイズ法と正規分布による単純ベイズ法についてだけ,付録A.1.3で詳しく説明する。その理由は,単純ベイズ法は最も基本的な手法であること,一方,正規分布による単純ベイズ法は6.3節で述べる適用実験で最も高い精度を与えるためである。

単純ベイズ法: NaiveBayes

最も単純にベイズ識別器を利用したデータマイニング手法。データ $d$ の属性 $q_i$ を名義変数<sup>1</sup>として扱う。正規分布による単純ベイズ法: NaiveBayes(正規分布)

NaiveBayesを拡張し,正規分布を仮定した数値データを属性 $q_i$ に利用する手法。

カーネル密度による単純ベイズ法: NaiveBayes(カーネル密度)

NaiveBayesを拡張し,数値データにカーネル密度推定が属性 $q_i$ に利用する手法。

ベイジアンネット法: BayesNet

関係のありそうな属性 $q_i$ をネットとして構成しながら最適なネット形状を選択し,分類に利用する。補完ベイズ法: ComplementNaiveBayes

学習データにおいて,片方のクラスのデータ数が多い時,あるパラメータを導入することにより,データ数のバランスを取る手法[16]。多項ベイズ法: NaiveBayesMultinomial

ナイーブベイズ分類器の一種としてよく知られている多項モデルを使用する。属性 $q_i$ の値の出現頻度情報を学習の強度としてモデルに組み込む手法[16]。

## 4 関連研究

ソフトウェア開発プロジェクトにおけるリスク要因の分析については多くの研究がなされてきている。

Boehmはソフトウェア開発の中で発生するリスク要因

について上位10個のリストを示し,その危険性について指摘した[2]。Jonesはソフトウェア開発においてコントロールすべきリスク要因を列挙し,その対処法について論じている[11]。また,米国SEIにおいてはソフトウェア開発において発生するリスク要因を検出するためのアンケートが作成されている[20]。Kasserは開発中に問題を引き起こすリスク要因を自身の関わった開発の中から列挙している[13]。Hosalkarらはプロジェクトをいくつかのクラスに分類し,それぞれについて成功への要因を列挙している[8]。これらの研究からもわかるように,リスク要因の分析はまず要因を列挙し,アンケートのような形で開発者からの聞き取りが行えるようにする必要がある。そこで,本研究でもアンケートに基づいた混乱予測の手法を提案する。ここで作成されたアンケート(具体的には,5.3節で述べる)は上で挙げた文献で網羅されているものばかりではなく,開発組織固有の要因をも含めている。

次に,リスク要因の分析結果を利用してプロジェクトの最終状態に関する分析を行う研究も行われている[1][10][15][17][21]。Jiangらはプロジェクトの効率とリスク要因との間の関連を調査している[10]。その結果,チーム内での専門的知識の欠如と役割の明確化不足がプロジェクトの効率に影響するという結論を導いている。しかし,この研究では目的変数であるプロジェクトの効率自体を

アンケートで収集していることから,結果がやや主観的になっている。また,Ropponenらは主成分分析を用いてリスク要因を大きいカテゴリにまとめ,ソフトウェア開発の環境的な要因とリスクの関連を調査している[17]。しかし,彼らの調査はリスクの特徴付けを行っているが,プロジェクトの予測にまでは至っていない。

## 5 プロジェクトの混乱予測システム

この節では提案するプロジェクトの混乱予測手法についての説明を行う。まず,混乱プロジェクトの定義を与えたあと,混乱予測の手順について説明する。さらに,混乱予測に利用されるアンケート表の構成を示す。

開発現場の状況が制御不可能になってしまうプロジェクトを混乱プロジェクトとよぶ[22]。しかし,これだけでは定義がかなり漠然としているので,混乱プロジェクトを次のように定式化する。

基本的には開発コストと開発期間の2つについて開発計画作成時の推定値と実績値のずれを見て,いずれかが基準値を超えていれば,それは混乱プロジェクトであると判断する。しかし,これでも必ずしも十分ではないので,プロジェクト管理者と開発者にインタビューを行って同意が得られたものだけを最終的に混乱プロジェクト

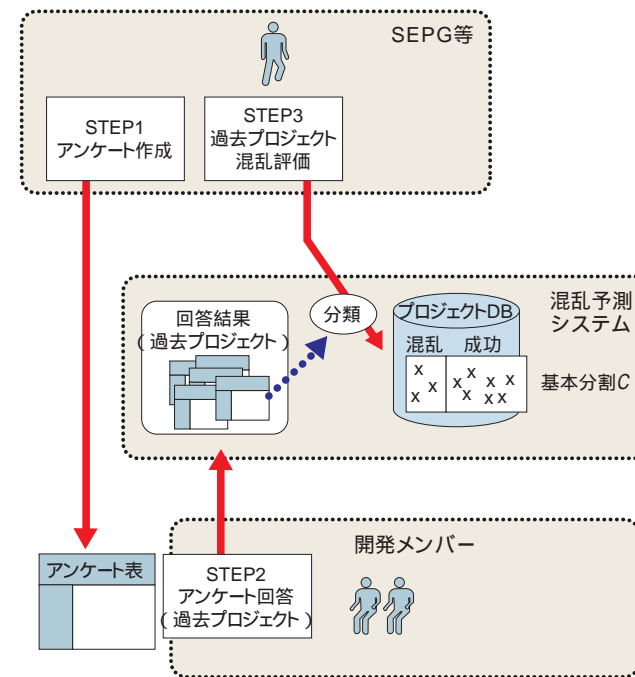


図2 基本分割Cの作成

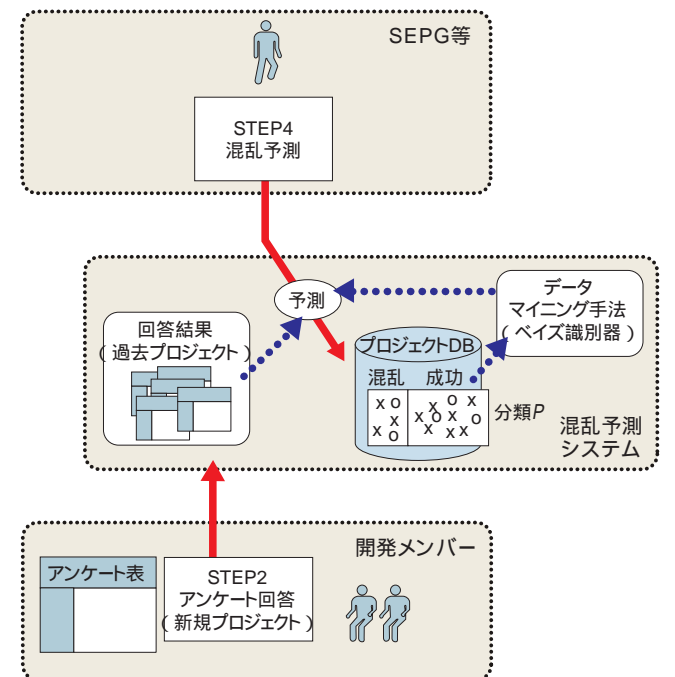


図3 Cに基づく分類Pの計算

1 名義変数: 名義変数とは,数量的大小関係がなく,分類のみが意味をもつ変数と定義される[7]。

と定めることにする。

2節でも述べたように、本研究でプロジェクトを「混乱」と判定する基準は対象とする開発組織においてコンセンサスがとれているものであればここに挙げた基準以外のものであっても問題ない。そもそも、混乱プロジェクトという言葉は非常に直感的で現場の開発者・管理者であれば理解可能な概念であるが、その詳細は各組織によって微妙に違うはずである。そうした違いをまとめて一般的な「混乱」の概念を定義するには、さらに大規模な企業横断的な分析が必要となるが、それは今後の研究課題としたい。

## 5.2 混乱予測の手順

### 5.2.1 基本分割Cの作成

図2は本論文で提案する混乱予測手法における基本分割Cの作成の大まかな作業の流れを表している。

#### ステップ1

まず、プロジェクトメンバーからプロジェクトの評価を聞き出すためのアンケートを作成する。混乱プロジェクトの特性を抽出するため、5つの観点と22の質問項目(混乱抽出要因)からなるアンケート表を設計した[14][18](詳細については5.3節で述べる)。アンケートへの回答方法としては、質問項目ごとに回答選択肢をいくつか用意し、その何れかを選択するものとした。

#### ステップ2

過去のプロジェクトについてアンケートを実施する。具体的にはステップ1で作成したアンケートを(過去のプロジェクトの)メンバーに配布し、回答してもらう。回答結果を回収したあと、プロジェクトデータベースに格納する。

#### ステップ3

過去のプロジェクトのデータを分類し、基本分割Cを作成する。その作成にあたっては、プロジェクトが混乱したのかどうかの情報が必要になる。本研究では混乱プロジェクトの判定を、

- ・ 開発コストと開発期間の計画値からの相対誤差
- ・ 組織により定められた開発プロセス規約をもとにSEPGが総合的に判定した。

### 5.2.2 Cに基づく分類Pの計算

図3は新規プロジェクトの混乱予測(Cに基づく分類Pの計算)の作業の流れを記したものである。

#### ステップ2

新規プロジェクトに対するアンケートは開発者が記入する。記入されたアンケートは予測システムに対する入力データになる。

#### ステップ4

基本分割Cに基づいて新規プロジェクトdに対する分類(予測)を行う。まず、ステップ3で求めた基本分割 $C = \{C_1, C_2\}$ に関する親和性 $P(C_1 | d)$ ,  $P(C_2 | d)$ を計算する(このとき、直感的にはすべての条件付確率を求めた表が与えられている)。次に、 $P(C_1 | d)$ と $P(C_2 | d)$ の大小関係に基づいて、dを $C_1$ に入れるか、それとも $C_2$ に入れるかを決定する。これを繰り返していき、最終的に、分類Pが計算される。

このとき、アンケートの回答結果は部分的に未回答の項目があることも考えられるが、ベイズ識別器に基づくデータマイニング手法では問題なく扱える。

## 5.3 混乱予測アンケート

調査表の設計にあたっては、リスク管理に関する専門書や論文[2][3][6][9][11] ~ [13][20]と協力企業における内部規約を調査した。その結果、混乱プロジェクトを引き起こすリスク要因を次の5つの主要な要因に整理した。

- (1) 要求仕様の定義と理解に関する問題点
- (2) 実現すべきプロダクトの規模や機能の見積りに関する問題点
- (3) 開発計画の作成方法とその内容に関する問題点
- (4) 開発チームの編成と人材(能力)に関する問題点
- (5) 技術的な事項や外的事項に対するプロジェクト管理に関する問題点

5つの主要な要因はそれぞれより詳細なレベルの項目に展開されている(図4)。なお、これらの調査項目は開発終了時点ですべて記入可能であることを目安にして作成されている。

ここでは、設計した調査表の一般性についての考察のため、ソフトウェアリスクについての従来研究[9][13]で列挙されたリスク要因事例との比較を行う。Humphreyによるリスク要因[9]はCMMIの一部ともなっているほどの

非常に一般的なものとなっている。一方、Kasserらによるリスク要因[13]は米国防総省でのソフトウェア開発に関するものとなっている。図5は比較の結果を表しており、実線は各アンケートの項目間に同一または非常に近いリスク要因が存在することを表す。その結果、Humphreyによるリスク要因については、「魔術を信じる」という項目以外は我々のアンケートにも対応する項目が存在した。また、Kasserらによるリスク要因との間には「プロセスの欠如」以外の項目との間に対応する項目が存在した。我々のアンケートに存在しなかった項目「魔術を信じる」

「プロセスの欠如」はいずれも開発者の意識や開発体制の初歩的な部分に関してのものであったため、今回対象とした組織においてはあえて問う必要がなかったと考えて差し支えない。

## 6 適用実験

本節では、5.3節で作成したアンケートを用いて実際のソフトウェア開発プロジェクトに対して適用実験を行う。実験では、まずデータマイニング手法の選択のための実

項目	評価	項目	評価
1. 要求仕様の定義と理解に関する問題点		4. 開発チームの構成と人材(能力)に関する問題点	
1.1 ソフトによる実現を要求する側が、何を要求したいかわかっていなかった。		4.1 スキル不足。	
1.2 要求側の説明力不足。		4.2 要求スキルを考慮せず、その時に当てられる人員しか確保しなかった。	
1.3 実現側の理解力不足。		4.3 モラル不足。	
1.4 実現側の理解内容・構想を、要求側に説明・確認不足。		5. 技術的な事項や外的事項に対するプロジェクト管理に関する問題点	
1.5 頻繁な仕様変更。		5.1 進捗状況が把握できていなかった。	
2. 実現すべきプロダクトの模様や機能の見積りに関する問題点		5.2 進捗管理方法不明確。	
2.1 見積の大切さの認識不足(安易に約束してしまった)。		5.3 管理のための最小限のデータ(進捗、工数など)収集を行っていなかった。	
2.2 過去の成功パターンで安易に見積った(見積り根拠が不明確であった)。			
2.3 例外処理などに見積項目抜け(見えている範囲しか見積らなかった)。			
2.4 技術的課題を過小評価してしまった。			
2.5 政治的圧力に妥協してしまった。			
3. 開発計画の作成方法とその内容に関する問題点			
3.1 マネージャによる実現性の検証不足。			
3.2 作業分割構造(WBS)およびプロジェクト組織構造の明確化不十分。			
3.3 各作業分担の工程毎成果物の定義が不十分。			
3.4 マイルストーン、チェックポイント、レビュー時期の設定がなかった。			
3.5 前テーマの引きずり、割込み等で予定工数分が確保できず。			
3.6 計画に対する設計者全員のコミットメントがなかった。			

各項目に対し、(3)極めて同意する (2)同意する (1)同意しない (-)分からない を記入してください

図4 混乱予測アンケート

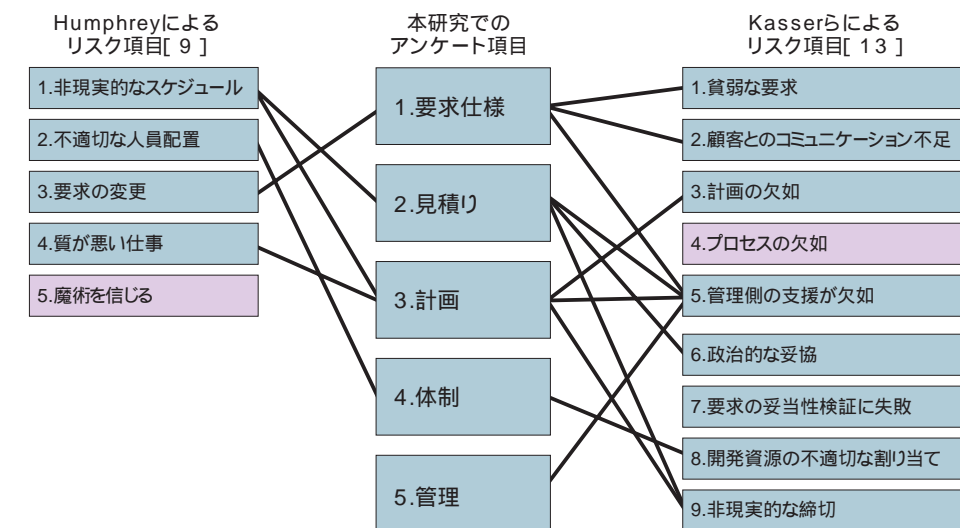


図5 従来研究でのリスク要因との対応



験1を行う。次に、選ばれた手法を用いて、提案法の有効性を示すための実験2を行う。

### 6.1 対象としたプロジェクト

本実験では、実際に行われたソフトウェア開発プロジェクトから得られたアンケートデータを用いる。ここでは実際のソフトウェア開発企業の協力を得て、1996年から1998年までに開発された40プロジェクトのマネージャから得られたデータを利用する。なお、アンケート収集作業は1999年に実施されている。

ここで利用したデータは組み込みソフトウェア開発プロジェクトからのデータとなっている。また、プロジェクトの選択にあたっては、ある規模以上のプロジェクトを対象としている。これはプロジェクトの混乱が発生した時の損失が大きいものを優先する狙いに基づいている。

### 6.2 実験の概要

表1は得られたデータの一覧である。表1の1:~5:の欄は図4の問題分析アンケートの1:~5:に対応している。同表の右端の混乱判定は、SEPGによる総合判定の結果を示す。表中の記号“-”は答が「分からない」もしくは無回答であった項目を表す。なお、得られたデータに基づくアンケート項目の独立性については付録A.2で議論する。

表1のデータd1からd40までが1996年と1997年に実施されたプロジェクトを表している。そのうち、d1からd2までが成功したプロジェクト、d3からd2までが混乱したプロジェクトである。また、d33からd40までは1998年に実施されたプロジェクトを表し、d33からd37が成功したプロジェクト、d38からd40が混乱したプロジェクトになっている。

すなわち、この実験では図2に示すステップ1~3まで

表1 アンケートにより得られたデータ(40プロジェクト)

Project '96-'98	1:要求仕様					2:見積り					3:計画						4:体制			5:管理			混乱判定
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	1	2	3	
d1	1	1	1	1	1	2	3	3	2	1	2	1	1	1	1	1	2	-	1	1	1	1	成功
d2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	成功
d3	1	1	1	1	3	1	1	2	3	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	成功
d4	3	3	2	2	3	1	1	2	2	1	2	2	1	1	1	-	2	1	1	1	1	1	成功
d5	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	成功
d6	1	3	2	1	1	2	2	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	成功
d7	1	1	2	3	2	1	1	1	1	1	1	2	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	成功
d8	1	2	3	3	1	-	1	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	-	3	1	1	成功
d9	1	2	1	2	3	1	1	1	1	1	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	成功
d10	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	成功
d11	1	3	3	2	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	成功
d12	1	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	成功
d13	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	3	3	1	2	2	2	2	1	2	2	-	成功
d14	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	成功
d15	1	2	2	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	1	3	1	1	成功
d16	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	2	1	2	3	2	3	2	1	2	2	2	成功
d17	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	2	3	2	2	1	1	1	2	2	1	成功
d18	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	成功
d19	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	成功
d20	1	2	3	2	3	1	1	1	1	1	3	1	1	1	3	1	2	1	1	1	3	3	成功
d21	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	成功
d22	3	2	3	3	2	2	-	3	2	-	1	2	2	2	1	-	3	-	2	2	2	1	成功
d23	2	2	1	2	3	1	1	2	3	1	2	1	2	2	3	2	1	1	1	1	2	3	混乱
d24	2	2	3	3	3	2	2	3	2	3	3	3	2	3	2	3	3	3	1	2	2	2	混乱
d25	3	2	1	1	3	1	1	1	1	1	3	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	1	混乱
d26	1	2	3	2	2	3	1	2	2	-	1	2	1	1	2	2	1	2	2	2	1	2	混乱
d27	1	2	2	2	2	1	3	2	3	3	1	2	2	1	2	2	2	2	1	1	1	1	混乱
d28	2	3	3	2	2	1	1	3	3	2	3	1	3	1	2	3	2	1	2	1	2	1	混乱
d29	3	2	3	2	1	3	2	2	2	1	1	2	2	2	3	1	2	1	2	1	3	3	混乱
d30	2	2	3	3	2	1	1	2	1	2	2	2	2	2	1	1	3	1	2	1	2	1	混乱
d31	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	3	3	混乱
d32	2	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	1	1	混乱
d33	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	3	2	1	1	2	3	1	1	2	1	1	成功
d34	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	成功
d35	2	2	2	2	3	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	成功
d36	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	成功
d37	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	成功
d38	3	1	1	2	2	1	2	2	3	3	1	2	2	1	1	1	2	3	1	3	3	1	混乱
d39	2	3	3	3	2	-	-	3	-	-	-	3	3	3	1	2	2	-	3	1	1	1	混乱
d40	2	2	2	2	3	2	1	3	1	1	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	2	2	混乱

は既に完了していることになる。以降では、ステップ4について条件を変えて2つの実験を行う。

実験1: データマイニング手法を選択するための実験

実験2: 有効性を示すための混乱予測の実験

### 6.3 実験1(データマイニング手法を選択するための実験)

まず、実験1では得られる予測精度に関して最適なデータマイニング手法の選択を行う。この実験ではベイズ識別器に基づく次の6つのデータマイニング手法について、その精度を比較する: 単純ベイズ法, 正規分布による単純ベイズ法, カーネル密度による単純ベイズ法, ベイジアンネット法, 補完ベイズ法, 多項ベイズ法。

実験の手順について説明する。まず、表1のプロジェクトデータを基本分割C作成用のデータセット(D)とCに基づく分類Pの計算(予測)用のデータセット(D2)に分ける。そして、Dに対して基本分割Cを作成し(図2のステップ3)、D2に対する分類Pを求める(図3のステップ4)。この分類Pを6つのデータマイニング手法によって計算したあとで、予測精度を評価して、最適な手法を選択する。

本実験では以上の手順を全てのデータに対して繰り返し適用するための方法としてジャックナイフ法を用いる。ジャックナイフ法は、標本サイズn個のデータセットに対して、n-1個のデータをD1として使ってモデルを構成し、残しておいた1個のデータをD2と見なして適用結果を判定する。この作業を順にn回繰り返す検証手法である[5]。こうすることで、複数のモデルを作成すると共に、

全てのデータの予測を必ず1回ずつ行うのでモデルの性能を有効に評価することができる。

この実験では、6つのデータマイニング手法のそれぞれについて、ジャックナイフ法を適用し、精度の計算を行った。具体的には、各手法について、以下の手続きを繰り返す。まず、 $d_1, \dots, d_{39}$ を用いて基本分割Cを作成し、 $d_{40}$ に対する分類Pを計算する。次に、 $d_1, \dots, d_{39}, d_{40}$ を用いて基本分割Cを作成し、 $d_{39}$ に対する分類Pを計算する。同様にすべてのデータについて1度ずつ分類Pを予測する。最後に、予測結果と実際の結果(混乱または成功)を比較し、このデータマイニング手法の予測精度を計算する。

6つのデータマイニング手法について、ジャックナイフ法で精度を計算した結果を表2に示す。例えば表2(1)の場合、分類Pによると成功と予測されたが実際にも成功したプロジェクトの数が23、成功と予測されたが実際には混乱したプロジェクトの数が3である。一方、分類Pによると混乱と予測されたが実際には成功したプロジェクトの数が4、混乱と予測されたが実際にも混乱したプロジェクトの数が10である。その結果、予測精度(つまり、正答率)は  $(23 + 10) / (23 + 3 + 4 + 10) = 33 / 40 = 0.825$  となる。

実験の結果、最も精度が高かったのは“正規分布による単純ベイズ法”で、その精度は87.5%と非常に高いものとなった。“正規分布による単純ベイズ法”はデータd内の属性 $q_i$ を数値データとして扱い、属性値の分布を仮定して確率の計算を行う。そのため、同じリスクアンケートの結果からでも得られる情報が名義変数を使う手法

表2 各手法による混乱予測精度の比較

(1) 単純ベイズ法の予測結果			(2) 正規分布による単純ベイズ法の予測結果			(3) カーネル密度による単純ベイズ法の予測結果		
実際の結果	予測の結果		実際の結果	予測の結果		実際の結果	予測の結果	
	成功	混乱		成功	混乱		成功	混乱
成功	23	4	成功	23	4	成功	23	4
混乱	3	10	混乱	1	12	混乱	2	11
正答率: 0.825			正答率: 0.875			正答率: 0.850		
(4) ベイジアンネット法の予測結果			(5) 補完ベイズ法の予測結果			(6) 多項ベイズ法の予測結果		
実際の結果	予測の結果		実際の結果	予測の結果		実際の結果	予測の結果	
	成功	混乱		成功	混乱		成功	混乱
成功	23	4	成功	18	9	成功	20	7
混乱	3	10	混乱	5	8	混乱	4	9
正答率: 0.825			正答率: 0.650			正答率: 0.725		

よりも多くなるため、精度の向上がみられたと考えられる。

また、正規分布による単純ベイズ法の優れている点は、第2種の過誤の率が非常に低いことも挙げられる。第2種の過誤とは今回の実験の場合、実際には「混乱」したプロジェクトを「成功」プロジェクトであると予測してしまう誤りである。実験の結果から、正規分布による単純ベイズ法による第2種の過誤は40プロジェクト中わずか1プロジェクトだけであった。

#### 6.4 実験2 (有効性を示すための混乱予測の実験)

実験2では実際の混乱予測に即した状況での評価を通じて、提案法の有効性を示す。ここでは、ある年度までの開発のデータが存在している(従って、それらを利用した基本分割Cが与えられている)という仮定の下に、新しい年度のプロジェクトのアンケートを行い、その結果得られたデータdから混乱予測をする(つまり、dに対してCに基づく分類Pを計算する)。

具体的には、表1中の1996年と1997年に実施された32プロジェクト( $D = \{d_1, \dots, d_{32}\}$ )を学習データに利用して基本分割Cを作成する。次に、1998年に実施された8プロジェクト( $D_p = \{d_{33}, \dots, d_{40}\}$ )が新規に実施されたものと考え、これらについて実際に混乱が予測できるか否かを調べる。6.3節での結果を踏まえ、混乱予測には“正規分布による単純ベイズ法”を利用する。



図6 1996年と1997年のデータに対する基本分割C

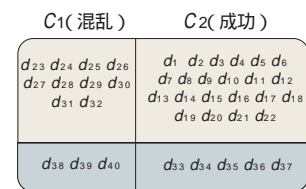


図7 1998年のデータに対する分類P

まず1996年と1997年に実施されたプロジェクトDに対して構成した基本分割Cを図6に示す。そのあと、1998年のプロジェクトデータ $d_{33}, \dots, d_{40}$ に対して計算した分類Pを図7に示す。

前述の通り、これらのプロジェクトデータについては既に混乱の有無は判定されているため、予測結果の妥当性を検証することが可能である。求めた分類P(図7)に基づいた混乱予測結果と実際の混乱判定の結果の対応を表3に示す。この表からわかるとおり、8プロジェクトのすべてについて正しく予測できることを確認した。

なお、この実験は過去の文献[18]で示したものと同じ条件で行っている。文献[18]ではロジスティック回帰モデルを用いた混乱予測モデル式を作成し、混乱予測実験を行っている。そのときの結果は8プロジェクトの内7プロジェクトの予測に成功しており、残りの1プロジェクトの予測には失敗していた。

このことから、今回提案する混乱予測システムでは過去の手法よりも高い精度でしかも容易にプロジェクトの混乱を予測できることを確認した。

なお、本研究で用いたデータの収集はプロジェクトの終了後に行われたため、回答結果は開発者が自分で感じ取っているプロジェクトの混乱を反映したものになっている可能性もある。今後の研究課題としては、プロジェクトの実行中に行われたアンケートからの混乱予測が有効か否かを調べていくことが必要と考えられる。

## 7 導入に向けて

本システムを開発現場に新しく導入するにあたっては、最低限、以下の準備が必要となる。

開発現場における「混乱したプロジェクト」と「成功したプロジェクト」を明確に区分できる基準の設定。成功、混乱の双方のプロジェクトについてリスク要因を抽出するアンケートの作成。

表3 1998年のプロジェクトに対する混乱予測結果

実際の結果	予測の結果	
	成功	混乱
成功	5	0
混乱	0	3

正答率: 1.000

上記アンケートをプロジェクトに対して実施したデータの回収。少なくとも30プロジェクト以上のデータを得ることが望ましい。

また、精度のよいデータをそろえるためには本研究の意義(アンケートに協力して開発現場にもたらされる効用、具体的には混乱プロジェクトの回避等)を開発現場にも十分理解してもらうことが必要と考える。

## 8 まとめ

本論文では、ソフトウェア開発プロジェクトの混乱予測を行う手法として、プロジェクトメンバーへのアンケートとベイズ識別器を用いる手法を提案し、そのためのシステムの開発を行った。また実際のプロジェクトデータを用いて適用実験をおこなった。その結果、非常に高い精度でプロジェクトの混乱予測が可能であることがわかった。

今後の取り組みとしては、主観に基づくアンケートだけではなく、定量的なメトリクスの導入を考慮していくことも必要となる。

## 謝辞

本研究の実施にあたり、多大なご協力を頂きましたオムロン株式会社の高木徳生博士に深く感謝致します。

## 参考文献

- [1] Avritzer, A. and Weyuker, E.J.: Metrics to assess the likelihood of project success based on architecture reviews, *Empirical Software Engineering*, Vol. 4, pp. 199-215, 1999
- [2] Boehm, B.W.: Industrial software metrics top 10 list, *IEEE Software*, Vol. 4, No. 5, pp. 84-85, 1987
- [3] Conrow, E. H. and Shishido, P. S.: Implementing risk management on software intensive projects, *IEEE Software*, Vol. 14, No. 3, pp. 83-89, 1997
- [4] Domingos, P. and Pazzani, M. J.: On the Optimality of the Simple Bayesian Classifier under Zero-One Loss, *Machine Learning*, Vol. 29, No. 2-3, pp. 103-130, 1997
- [5] Dura, R. O., Hart, P. E., David G. Stork: (邦訳, 尾上守夫監訳, パターン識別, 新技術コミュニケーションズ, 2001)
- [6] Fairley, R. and Rook, P.: Risk management for software development, *Software Engineering*, IEEE CS Press, pp. 387-400, 1997
- [7] Fenton, N.E. and Pfleeger, S.L.: *Software Metrics: A Rigorous & Practical Approach*, PWS Publishing, 1997
- [8] Hosalkar, A. and Bowonder, B.: Software development management: Critical success factors, *International Journal of Technology Management*, Vol. 19, No. 7/8, pp. 760-772, 2000
- [9] Humphrey, W. S.: *Winning with Software: An Executive Strategy*, Addison-Wesley, 2001
- [10] Jiang, J. and Klein, G.: Software development risks to project effectiveness, *Journal of Systems and Software*, Vol. 52, pp. 3-10, 2000
- [11] Jones, C.: *Assessment and control of software risks*, Prentice Hall, Inc., 1993
- [12] Karolak, D. W.: *Software Engineering Risk Management*, IEEE CS Press, CA, 1996
- [13] Kasser, J. and Williams, V. R.: What do you mean you can't tell me if my project is in trouble?, *DoD Software Tech News*, Vol. 2, No. 2, 1998
- [14] Mizuno, O., Kikuno, T., Takagi, Y. and Sakamoto, K.: Characterization of risky projects based on project managers' evaluation, *Proc. of 22nd International Conference on Software Engineering*, pp. 387-395, 2000
- [15] Mockus, A. and Weiss, D. M.: Predicting Risk of Software Changes, *Bell Labs Technical Journal*, Vol. 5, No. 2, pp. 169-180, 2000
- [16] Rennie, J. D., Shih, L., Teevan, J. and Karger, D. R.: Tackling the Poor Assumptions of Naive Bayes Text Classifiers, *Proc. of 20th International Conference on Machine Learning*, 2003
- [17] Ropponen, J. and Lyytinen, K.: Components of software development risk: How to address them? A project manager survey, *IEEE Trans. on Software Engineering*, Vol. 26, No. 2, 2000
- [18] Takagi, Y., Mizuno, O. and Kikuno, T.: An Empirical Approach to Characterizing Risky Software Projects Based on Logistic Regression Analysis, *Empirical Software Engineering* ((to appear)).
- [19] Weka Machine Learning Project: Weka 3: Data Mining Software in Java, <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>
- [20] Williams, R. C., Pandelios, G. J. and Behrens, S. G.: Software risk evaluation (SRE) Method Description (Version 2.0), Technical Report CMU/SEI-99-TR-029, Software Engineering Institute, 1999
- [21] Wohlin, C. and Andrews, A. A.: Prioritizing and Assessing Software Project Success Factors and Project Characteristics using Subjective Data, *Empirical Software Engineering*, Vol. 8, pp. 285-303, 2003
- [22] Yourdon, E.: *Death March: The Complete Software Developer's Guide to Surviving 'Mission Impossible' Projects*, Prentice-Hall Computer Books, 1997
- [23] 濱崎考成, 水野修, 菊野亨, 高木徳生: リスク管理のためのアンケート回答のクラス分析と混乱プロジェクト発見への応用, *ソフトウェアシンポジウム 2002*, pp. 159-166, 2002

## 付録

### A.1 ベイズの定理による親和性の計算

この節では、ベイズの定理とベイズ識別器に基づくデータマイニング手法について説明する。

#### A.1.1 ベイズの定理

ベイズの定理は、事前確率を事後確率に変換するものである[5]。

確率変数  $A, B$  において、事前確率  $P(A), P(B)$ 、事後確率  $P(A|B)$  とするとき、次のような関係が成り立つことが知られている。

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$$

#### A.1.2 ベイズ識別器

以降の説明では各データ  $d$  (図1の学習データ、入力データのこと) は3つの属性 ( $q_1, q_2, q_3$ ) をもつと仮定する。さらに、基本分割  $C = \{C_1, C_2\}$  が与えられているものとする<sup>1</sup>。

今、 $q_1 = x, q_2 = y, q_3 = z$  という新しいデータ  $d$  が与えられたとき、このデータ  $d$  がクラス  $C_1, C_2$  のどちらに分類されるかを決定する。ここでは最も単純なベイズ識別器 (これは3.2節の単純ベイズ法である) の例で説明する。

2つのクラス  $C_1, C_2$  とデータ  $d$  の親和性はそれぞれ確率  $P(c = C_1 | q_1 = x, q_2 = y, q_3 = z)$  と  $P(c = C_2 | q_1 = x, q_2 = y, q_3 = z)$  と定義される。以降では、上の2つの確率をそれぞれ  $P(C_1 | d), P(C_2 | d)$  と表記する。この確率はベイズの定理を再帰的に適用することで、次のように計算できる。

$$\begin{aligned} P(C_1 | d) &= P(q_1 = x | c = C_1) \times P(q_2 = y | c = C_1) \\ &\quad \times P(q_3 = z | c = C_1) \times P(c = C_1) \\ &= P(q_1 = x, q_2 = y, q_3 = z) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P(C_2 | d) &= P(q_1 = x | c = C_2) \times P(q_2 = y | c = C_2) \\ &\quad \times P(q_3 = z | c = C_2) \times P(c = C_2) \\ &= P(q_1 = x, q_2 = y, q_3 = z) \end{aligned}$$

これらの式の分子に当たる部分は学習データから簡単に求めることができる値である。

もし  $P(C_1 | d) \geq P(C_2 | d)$  となれば、このデータ  $d$  はクラス  $C_1$  に分類される。

逆に、 $P(C_1 | d) \leq P(C_2 | d)$  ならデータ  $d$  はクラス  $C_2$  に分類される。

#### A.1.3 単純ベイズ識別法における確率の計算

ここでは3.2節で取り上げたデータマイニング手法のうち、単純ベイズ識別法 (Naive Bayes) と正規分布による単純ベイズ識別法 (Naive Bayes (正規分布)) について、データ  $d$  の親和性を表す確率の計算法を示す。

データ  $d$  の属性集合を  $\{q_1, q_2, \dots, q_n\}$  とし、2つのクラス  $\{C_1, C_2\}$  を考える。したがって、ここでは名義変数  $c$  が取り得る値は  $C_1, C_2$  の2値であると仮定する。

属性集合が、 $q_1 = Q_1, \dots, q_n = Q_n$  と与えられたとき、 $c = C_1$  となる確率

$$P(c = C_1 | q_1 = Q_1, q_2 = Q_2, \dots, q_n = Q_n)$$

は、ベイズの定理を用いて次のように表される。

$$\frac{P(q_1 = Q_1, \dots, q_n = Q_n | c = C_1)}{P(q_1 = Q_1, \dots, q_n = Q_n)} \times P(c = C_1)$$

$P(c = C_1)$  は学習データセットの数え上げから簡単に求めることができる。

そこで、 $P(q_1 = Q_1, \dots, q_n = Q_n | c = C_1)$  を求めることに焦点を当てる。

ベイズの定理を再び適用すると、この部分は次のように変形できる。

$$\begin{aligned} P(q_1 = Q_1 | q_2 = Q_2, \dots, q_n = Q_n, c = C_1) \\ \times P(q_2 = Q_2, \dots, q_n = Q_n, c = C_1) \end{aligned}$$

この式の第2項目も同様にして、

$$\begin{aligned} P(q_2 = Q_2 | q_3 = Q_3, \dots, q_n = Q_n, c = C_1) \\ \times P(q_3 = Q_3, \dots, q_n = Q_n, c = C_1) \end{aligned}$$

ここで、各属性  $q_i (1 \leq i \leq n)$  がお互いに独立であると仮定すると、

$$\begin{aligned} P(q_1 = Q_1 | q_2 = Q_2, \dots, q_n = Q_n, c = C_1) \\ = P(q_1 = Q_1 | c = C_1) \end{aligned}$$

が成り立つ。

よって、 $P(q_1 = Q_1, \dots, q_n = Q_n | c = C_1)$  は次のようになる。

$$\prod_{i=1}^n P(q_i = Q_i | c = C_1)$$

この  $P(q_i = Q_i | c = C_1)$  の計算の部分で、単純ベイズ法と正規分布による単純ベイズ法ではその違いが現れる。 $q_i$  を名義変数として扱う単純ベイズ法では、

$$P(q_i = Q_i | c = C_1)$$

の値は学習データの数え上げによって求められる。

一方、 $q_i$  を連続値の変数として扱う正規分布による単純ベイズ法では、 $q_i$  の分布が正規分布であるという仮定をおく。そして  $q_i$  の平均値  $\mu$ 、分散  $\sigma^2$  を学習データから求め、正規分布関数  $g$  を用いて

$$P(q_i = Q_i | c = C_1) = g(Q_i, \mu, \sigma^2)$$

と確率を求める。

その結果、 $c = C_1$  となる確率は次式で求められる。

$$\begin{aligned} P(c = C_1 | q_1 = Q_1, \dots, q_n = Q_n) \\ = \frac{\left( \prod_{i=1}^n P(q_i = Q_i | c = C_1) \right) \times P(c = C_1)}{P(q_1 = Q_1, \dots, q_n = Q_n)} \quad (1) \end{aligned}$$

同じ条件下で  $c = C_2$  となる確率は、同様に次式で求められる。

$$\begin{aligned} P(c = C_2 | q_1 = Q_1, \dots, q_n = Q_n) \\ = \frac{\left( \prod_{i=1}^n P(q_i = Q_i | c = C_2) \right) \times P(c = C_2)}{P(q_1 = Q_1, \dots, q_n = Q_n)} \quad (2) \end{aligned}$$

(1) 式と (2) 式は共に同じ分母を持つため、分母は正規化係数と見なすことができる。このようにして、それぞれのクラスに分類される確率が学習データのみを用いて求められる。

### A.2 アンケート項目の独立性

ここでは、アンケート項目の独立性について議論する。これを調査するためにアンケート回答結果から、各項目間の相関係数を求めた。

相関係数が0.7以上の項目の数は次の4組となっていた：1.2と1.3、1.3と1.4、3.1と3.5、3.3と3.6。これらの要因については比較的相関が高いため、今後要因の精査等が必要かと思われる。しかし、全体的に見て相関の高い項目が少なく、相関係数が0.5以下のものがほとんどであった。そのため、本研究で作成したアンケートでのリスク要因は高い独立性を持っていたと考えられる。

<sup>1</sup> データ  $d$  が3つの属性をもつと仮定したのは便宜上のことである。5節で実際に使用するデータ  $d$  の場合には22個の属性をもつ。

# 大学における 社会人向け組込みソフトウェア技術者人材養成 の実施と分析

山本 雅基† 阿草 清滋† 間瀬 健二† 高田 広章†  
 河口 信夫† 富山 宏之† 本田 晋也† 金子 伸幸†

近年、企業において組込みソフトウェア開発が増大している。これに伴い、企業における組込みソフトウェア技術者人材養成の必要性が高まっており、大学に対する期待も大きい。我々は、大学において社会人向けの組込みソフトウェア技術者人材養成を、職種と技術レベルに対応した短期集中型として実施している。初級、中級、上級の各技術レベルに対応した8種類のコースを実施したところ、初級技術者教育の必要性が高いこと、実務能力を育てるためには体験型学習が有効であること、教育における上司の役割が大きいこと等がわかった。また、産学官のそれぞれの立場における社会人教育に対する課題を整理し、学としては初級技術者の育成強化と、実務能力を育成する教育の提供が必要であること等がわかった。

## Practice and analysis of extension courses for embedded software specialists in a university

Masaki Yamamoto †, Kiyoshi Agusa †, Kenji Mase †, Hiroaki Takada †,  
 Nobuo Kawaguchi †, Hiroyuki Tomiyama †, Shinya Honda † and Nobuyuki Kaneko †

We have started an extension course program at the Nagoya University in 2004 to foster embedded software specialists in Japan. The program is prepared for the engineers in industry to provide practical and organized knowledge in developing the embedded software. This paper reports the analysis of the program based on the practice that has been provided to over 200 people during Year 2004. The development of embedded software has recently been increasing among many companies. This situation carries the need for training of more embedded software engineers. The Nagoya University provides reeducation of embedded software engineers in the working world. These extension courses are short intensive courses on training embedded software engineers according to the types of their jobs and technological levels. Eight different types of courses corresponding to different skill levels of introductory, intermediate and advanced, have been provided. While we have learned from the practice that the need for introductory courses is higher than the rest, the questionnaire analysis of attendees showed that the seminars with hands-on experiments were effective to train on technical skills and the role played by the superiors in the education is crucial.

### 1 はじめに

近年、わが国の製造業の根幹を支える組込みシステムの開発需要が増大している。組込みシステムでは、製品の競争力を高めるために、ハードウェアの差別化に加え、組込みソフトウェアにより実現される機能により製品の差別化を狙う傾向が顕著であり、組込みソフトウェアの開発が増大している。

組込みソフトウェアは、限られたハードウェア制約の下での開発が要求され、高度で専門的な技術が必要である。また、高信頼性が要求される中で、開発規模が拡大する一方で開発期間が短縮する傾向が近年顕著であり、以前に増して高い生産性も要求されている。

しかし、現在、大学における組込みソフトウェア技術に関する教育カリキュラムや教材が不足しており、十分な教育を受けないまま卒業し、企業で組込みソフトウェア開発の業務をしている実態がある。また、企業におい

†名古屋大学情報連携基盤センター, Information Technology Center, Nagoya University  
 †名古屋大学大学院情報科学研究科, Graduate School of Information Science, Nagoya University

ても、体系だった教育カリキュラムや教材がなく、無計画な現場主義が横行しており、企業内での教育をする体制や要員が不十分であるという意見も多数あり、大学等の教育機関に対する大きな期待がある。

これらの組込みソフトウェア開発への要求を解決するために、各所で様々な取り組みが行われている。SECでは、組込みソフトウェア開発力強化推進委員会を設け、エンジニアリング分野とスキル分野において包括的な取り組みを行っている[1][2][3]。大学においても、学生に対して組込みソフトウェア技術教育が実証実験として行われている[4][5]。

このような中で、名古屋大学は社会人に対する組込みソフトウェア技術者人材養成プログラム(NEXCESS(ネクセス))を実施している[6][7]。本プログラムでは大学における社会人教育の実践を通じ、社会の要求に応える組込みソフトウェア技術者教育カリキュラムを、特定の企業文化に与せず開発する。これにより、企業が社内教育として人材養成を行う場合や、大学が学部及び大学院での教育やエクステンション教育等を行う場合において、参考となるカリキュラムを提供する。

以降、2節でNEXCESSにおいて開発した教育コースを説明し、3節で社会人向けの教育実績から得た経験を分析し、4節で考察を加え、今後の展望を述べる。

## 2 教育コース開発

### 2.1 技術者レベルと職種による層別

社会人教育においては、一般的に、キャリア及び職種に対応するスキルを規定し、スキルを育成する教育を行うことが多い。既にITサービスの分野においては、ITスキル標準が定められ、スキル標準に従った教育訓練が行われつつある。組込みソフトウェア分野においても、SECにおいて組込みスキル標準が作成され[3]、今後対応する教育カリキュラムを作成することとなっている。

NEXCESSでは、ほとんどの組込みソフトウェア企業に当てはめられると思われる抽象度の高い技術者レベルと職種を設定し、対応する教育コースを開発することとした。なお、今後SECが定義する教育カリキュラムに対して、NEXCESSの教育コースを対応付ける。技術者レベルとして、次の3種類を設定した。

- (1) 初級技術者  
 上司の指示に従い業務を遂行できる者。技術経験

- 年数5年程度までの技術者を想定する。
- (2) 中級技術者  
 自らの判断に従い担当するプロジェクトを推進できる者。技術経験年数5年以上10年程度までの技術者を想定する。

- (3) 上級技術者  
 卓越した能力により、会社をリードし会社の事業推進に積極的に寄与する者。技術経験年数10年程度以上の技術者を想定する。
- ここで、技術経験年数は、技術分野等により変動するため目安値である。次に、職種として、次の2種類を設定した。

- (1) 管理職  
 プロジェクトや組織の管理を通じ会社事業を推進する管理者を目指す者。
- (2) 専門職  
 優れた技術開発を通じ会社事業を推進する技術者を目指す者。

ここで、管理職及び専門職は、上級技術者において明確にその職種が定義され能力を発揮するものとし、その時点でキャリアパスが分かれるものとする。管理力と専門力により技術者レベルと職種を層別すると図1のようになる。

### 2.2 教育コース

次に、各層の技術者を育成する教育コースを設定する。教育対象とする技術の難度は、初級、中級、上級の順に難しくなる。また、管理職と専門職では、教育対象とする技術項目が異なる。

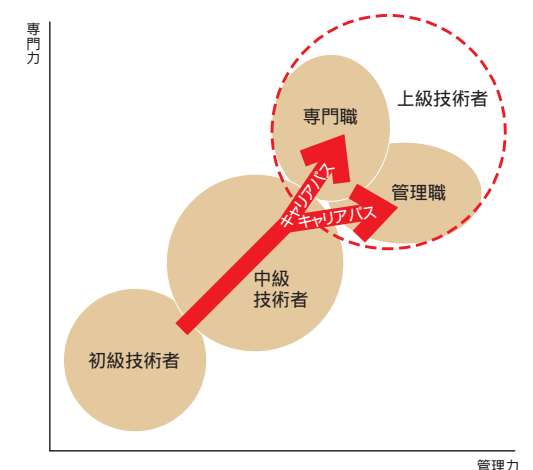


図1 技術者レベルと職種

初級技術者向けには、組み込みソフトウェア開発プロセス全体に関して基本的な理解をした上で、基礎的な組み込みプログラミング能力を身に付ける教育を行う。これにより、主として製作工程を担当する基礎能力を養成する。

中級技術者向けには、要求分析やレビューや複雑なリアルタイム設計等プロジェクトにおける技術的主導者としての能力を身に付ける教育を行う。これにより、上流工程を担当する能力を養成する。なお、管理に関する技術の基礎も学ぶ。

上流技術者向けには、専門職としては個々の専門性の高い技術領域において、より高度な技術教育を行う。また、管理職としては、部下の育成方法に関する教育を行う。

各レベル及び職種別の技術者を適切に教育するため、技術分野と技術難度で層別された複数の教育コースを設ける。そこで、NEXCESSでは、2004年度に以下の8つの教育コースを開発した。なお、上級コースは大学で実施する特徴を生かし、それぞれの研究を行っている研究者による専門性が高いコースとした。また、管理職向けには指導者養成コースを2005年度に開発する。

(1) 初級技術者向け

組み込みソフトウェア開発技術の基礎

(2) 中級技術者向け

01: 組み込みソフトウェアの設計方法論と開発管理技術

- 02: リアルタイムOSを用いたソフトウェア設計技術
- (3) 上級技術者(専門職)向け
  - 01: リアルタイムOSの内部構造
  - 02: C言語ベースの組み込みハードウェア設計
  - 03: システム制御ミドルウェアとアプリケーション
  - 04: 組み込みシステムのためのソフトウェア工学
  - 05: コピキタスインタフェースと画像処理組み込みプログラミング

教育期間は、社会人が受講しやすいように短期集中型とした。初級技術者向けと中級技術者向けの各教育コースは、それぞれ4日間である。上級技術者向けでは、上級01コースが3日間である以外、2日間である。

各コースにおいて、概要・到達目標・履修条件等を明確にしたシラバスを作成し、受講者申込受け付け時に公開した。表1に、初級技術者向けコースのシラバスの一部を示す。

各コースで教育するスキルは、SECの公開したスキル基準Version1.0[3]の第2階層までに対応付けると、表2のようになり、まだ教育すべき項目が多く残されていることがわかる。今後、各スキルに対する社会の教育ニーズの分析や教育実施結果をフィードバックし、カリキュラムを見直す。また、各教育コースにおいて、スキル第3階層及びスキルレベルまでを明確にする。

なお、エンタプライズ系のソフトウェア技術者が組込

表1 初級技術者向け「組み込みソフトウェア開発技術の基礎」シラバスの一部

対象	組み込みプログラム開発において、主に製作・テスト工程の業務を担当される経験5年以内の組み込みソフトウェア開発技術者の方。 ただし、本コースの受講者は除く。
概要	このコースでは組み込みソフトウェア開発技術の中でとくに組み込みプログラミング技術を演習を通じて学びます。組み込みプログラミングではマイコンボードを用いた実習を中心とし、基礎から理解できます。まずスタートアップやハードウェアへのアクセスを行うC言語プログラムを動作させます。次に時間経過に伴ってLEDを点滅させるアプリケーションをOSを用いずに開発します。最後に国内で最も多く利用されているiTRONの概要を理解しiTRONを用いたアプリケーション開発を体験します。 なお分析や設計は組み込み向けの構造化技法を例題を用いて学びます。また組み込みではとくに高い品質が要求されるためテスト技術に関しても基礎から徹底的に学びます。このコースはこれから組み込みソフトウェア開発を始める方に最適です。また経験者の方も知らず知らずに我流に陥っている知識を見直すことができます。
到達目標	・組み込みプログラミングの基本を理解できる ・リアルタイムOSの特徴が理解できる ・µiTRONを用いた簡単なプログラム開発ができる ・組み込み向け構造化分析と設計の基礎を理解できる ・テストと品質の基礎を理解できる
履修条件	C言語プログラミングの経験が6カ月以上あること
教科書及び教材	NEXCESS編著「NEXCESS初級コース1-2日目」「NEXCESS初級コース3-4日目」 SESSAME編著「話題沸騰ガット(GOMA-1015型)要求仕様書」 高田広章監修・著「リアルタイムOSと組み込み技術の基礎」CQ出版社 坂村健監修 / 高田広章著「µiTRON4.0仕様」(社)トロン協会 OAKS16-MINI FullKit+ケーブル式 オークス電子

み系のソフトウェア技術教育を受ける場合、各カリキュラムで教育するスキル項目と、自身が保有するスキルとの差分を明確にすることで、効果的に組み込みソフトウェア技術教育を受講することができる。

2.3 体験型学習

企業の事業推進に寄与する人材を育成するためには、教育を通じて辞書的な知識を記憶させるだけではなく、実業務に適用できる発揮能力を育成しなければならない。一般的に、身体的なあるいは感覚的な判断能力を持たな

表2 カリキュラムとスキル

・技術要素スキルカテゴリ

第1階層	第2階層	初級	中級01	中級02	上級01	上級02	上級03	上級04	上級05
通信	有線 無線 放送 インターネット								
情報処理	情報入力 セキュリティ データ処理 情報出力								
マルチメディア	音声 静止画 動画 統合								
ユーザインタフェース	人間系入力 人間系出力								
ストレージ	メディア インタフェース ファイルシステム								
計測・制御	理化学系入力 計測・制御処理 理化学系出力								
プラットフォーム	プロセッサ 基本ソフトウェア 支援機能								

・開発技術スキルカテゴリ

第1階層	第2階層	初級	中級01	中級02	上級01	上級02	上級03	上級04	上級05
システム要求分析	要求の獲得と調整 システム分析と要求定義 システム分析と要求定義のレビュー								
システム方式設計	ハードウェアとソフトウェア間の機能および性能分担の決定 実現可能性の検証とデザインレビュー								
ソフトウェア要求分析	ソフトウェア要求事項の定義 ソフトウェア要求事項の評価・レビュー								
ソフトウェア方式設計	ソフトウェア構造の決定 ソフトウェア構造のデザインレビュー								
ソフトウェア詳細設計	ソフトウェアの詳細設計 ソフトウェアの詳細設計のレビュー								
ソフトウェアコード作成とテスト	プログラムの作成とプログラムテスト項目の抽出 コードレビューとプログラム項目のデザインレビュー プログラムテストの実施								
ソフトウェア統合	ソフトウェア統合テスト仕様の設計 ソフトウェア統合テストの実施								
ソフトウェア適格性確認テスト	ソフトウェア適格性確認テストの準備とレビュー ソフトウェア適格性確認テストの実施								
システム統合	テスト項目抽出とテスト手順の決定およびレビュー システム統合テストの実施								
システム適格性確認テスト	システム適格性確認テストの準備とレビュー システム適格性確認テストの実施								

・管理技術スキルカテゴリ

第1階層	第2階層	初級	中級01	中級02	上級01	上級02	上級03	上級04	上級05
プロジェクトマネジメント	統合マネジメント スコープマネジメント タイムマネジメント コストマネジメント 品質マネジメント 組織マネジメント コミュニケーションマネジメント リスクマネジメント 調達マネジメント								
開発プロセスマネジメント	開発プロセス設計 知財マネジメント 開発環境マネジメント 構成管理・変更管理								

い技術者は、知識を業務へ適用する際に基本的な部分での設計ミス等を犯しがちである。このため、演習等の体験学習を通じ、新しく獲得した知識を体験的に理解させ、業務に適用できる発揮能力として育成する必要がある。

社会人向けの体験学習としては、日常の業務プロセスを模擬体験させる体験学習が最も効果的であると考えられている。組込みソフトウェア教育の場合、教育の受講者同士で開発チームを構成し、それぞれの役割を分担し、業務の開始から終了までを体験的に学習させることとなる。

しかし、一連の開発プロセスを順次体験的に学習するためには、1-2週間以上のまとまった教育期間を必要とすると考えられ、社会人が受講しやすい短期集中型教育内で実施することは困難である。

そこで、NEXCESSでは、体験型学習をすべての開発プロセスに対して行うことはせず、各クラスの技術者に対して体験学習を行う教育項目の優先度を設定し、教育期間に応じた限定的な体験学習を行うこととする。

例えば、初級技術者に対しては、製作工程において組

込みプログラミング技術の教育に対する必要性が高いと判断し、実際にマイコンボードを用いた組込みプログラミング演習を行う。また、中級技術者の管理者基礎教育としては、要求分析やレビュー技術をとくに重点的に教育すべきと考え、演習用の小規模プロジェクトを設定し、要求分析及びレビューのみをグループ演習として体験学習する。

体験型学習は、8つすべてのコースに用意し、うちマイコンボードを用いた演習は6つのコースに用意した。

### 3 社会人向け教育の分析

各企業から異なる技術レベルの社会人を募集し、教育を実施し、社会人向けの組込みソフトウェア技術者人材養成を分析した。

#### 3.1 教育実施

2004年11月から2005年3月にかけて、初級技術者向け

のコースを2回、中級技術者向け及び上級技術者向けの各コースを1回ずつ、合計9回の教育コースを開催した。なお、4日間のコースでは2日間連続の講義を2週間に渡り実施し、3日間及び2日間のコースではそれぞれの日数を連続して実施する短期集中型とした。各コースとも、平日の9:30~17:00に実施し、1コマ90分からなる4コマで1日を構成した。

初級及び中級技術者向けの各コースは定員30名、上級技術者向けの各コースは定員20名とし、Webを用いて社会人からの申し込みを受け付けた。のべ369名からの受講申込に対し、特定の会社への偏りを排除し、あらかじめ設定した各コースの履修条件に従い1227名を選考した。なお、各コースを修了した者は214名であり、13名は業務都合等の理由で欠席した。

マイコンボードを用いる演習では、PC及びボード類等を1人につき1式用意し、平均4名のTAが演習補佐をした。また、受講生には、コース開始日から終了3日後までWeb上でアンケートの記入を求めた。アンケート用紙の提出を講義終了時に求めるよりも、自由記入欄に多くの意見が書かれた。

講義はすべてデジタルビデオカメラで撮影し、PowerPoint資料を同期させて記録し、e-learningコンテンツを作成し、復習用教材として受講者に対し2カ月間Webで配信した。

#### 3.2 申込者分析

##### 3.2.1 申込者数の分析

各コースあたりの平均申込者数は、初級が67名、中級が41.5名、上級が30.4名となり、技術レベルが上がるに従い申込者数が減少する傾向が観察される(図2)。これは、初級、中級、上級の順に、教育対象とする技術を絞り、より専門性が高い教育としたため、それらの教育を必要とする対象者が少なくなるためであると考えられる。

初級コースの2回目の申込者数が1回目の80%程度と大きく減少しているが、これは、2つのコースの開催日が近接(20日間隔)していたため、2回目において新たな申込が減少したものであると考えられる。また、上級01コースの申込者数が他の上級コースに比べて突出しているが、これは、本コースがRTOSに関するものであり、上級の組込みソフトウェア技術者の多くがRTOS技術を必要としていることであると考えられる。

##### 3.2.2 申込者年齢の分析

申込者の平均年齢は、初級が28.5歳、中級が32歳、上級が35.2歳となり、順に年齢が高くなる傾向が観察される(図3)。入社時の年齢を24歳と仮定すると、それぞれ、入社後4.5年、8年、11.2年となり、最初に設計した各コースの想定受講者の経験年数とほぼ一致する。

募集時の履修条件として、初級では「組込みプログラム開発において主に製作・テスト工程の業務を担当される経験5年以内」としており、中級01では「組込みソフトウェア開発に従事して4年以上」としていることが影響しているが、その他のコースではプログラミング力やTCP/IPの知識等の技術力を問いとくに年齢に強く関連する条件は設けていない。このことから、社会人は、年齢に応じて業務経験を積み、業務を通じて技術力を向上させ、経験年数が上がるにつれ上位の教育を受講する傾向があり、年齢と求める教育にはある程度の相関があると考えられる。

##### 3.2.3 申込企業分析

申込者がアンケートで回答した所属企業の業種では、民生用機器と産業機器のメーカー系が約6割を占めている。各コース別においてあまり顕著な差は見られないが、初級及び中級では民生用機器企業が比較的多く、上級では産業用機器企業が比較的多くなる傾向がある。産業用機器では、専門性が高い技術教育を求める傾向が強いことがわかる。

また、組込みソフトウェア技術者数は関東地区が東海地区より数倍以上多いと言われるが、受講申し込み企業の所在地を分析したところ、61.9%が東海三県からの申し込みであった。ついで、関西地区19%、関東地区15.2%となっており、その他には、信越地区や東北地区等からの申込者もあった。受講者のアンケートには、「社外セミナーは東京や大阪等の開催が多いため今後も名古屋圏で質の高いセミナーを望む」(東海からの受講者)との意見がある一方、「東京開催を願う」(関東からの受講者)との意見もあった。以上より、社会人教育を阻害する要因の1つとして、交通宿泊費及び移動時間の負担が推測される。

#### 3.3 e-learning 復習教材分析

教育実施後に復習目的として配信したe-learningコンテンツへのアクセス者数は、初級で57%、中級で32%、上

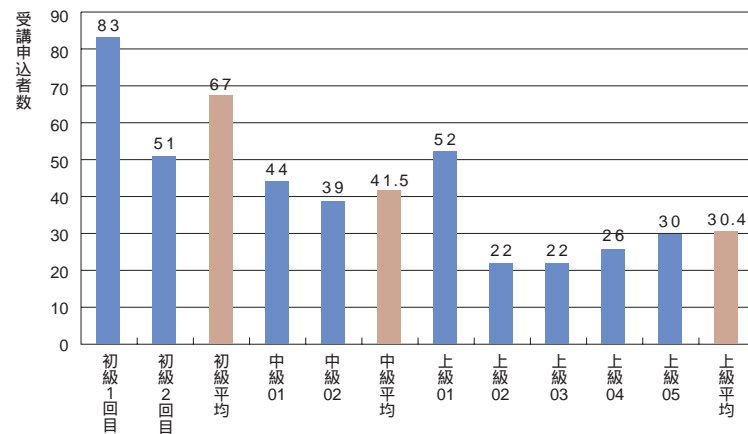


図2 受講申込者数

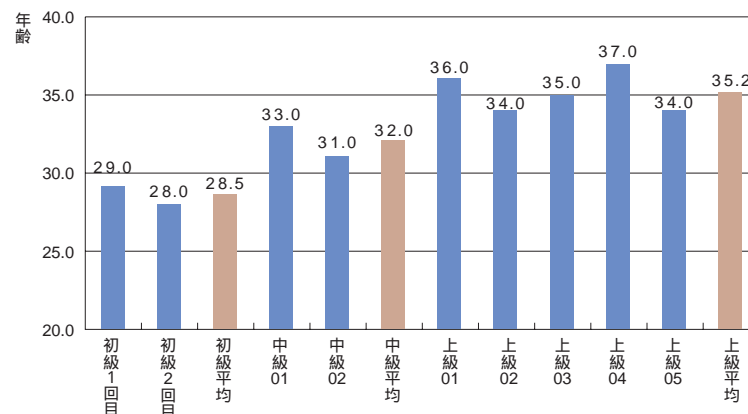


図3 受講申込者平均年齢

級で26%であった。なお、中級及び上級は配信期間の2カ月が終了する前の計測値である。

利用者の多くが1～5回程度のアクセスを行っているが、これは、復習用途として講義中に聞き逃した内容を確認する目的で利用する傾向があることを示唆し、復習用途としてe-learningが活用できることが判明した。

### 3.4 受講者の自己評価分析

受講者に対して、受講コースの関心の有無、役立ち度、わかりやすさ、総合の各評価をそれぞれ5点満点で採点させた(図4)。受講者の平均点は3.5ポイント以上であり、総合評価に至っては、4.4ポイントとなり、教育コース全般に対して高い評価を与えている。次に、各データを詳細に分析する。

#### 3.4.1 わかりやすさ分析

全体的に関心度に比べてわかりやすさが低くなっている。中でも、初級2回目、中級02、上級03、上級05において、関心度とわかりやすさは0.6ポイント以上乖離しており、わかりやすさの落ち込みが目立つ。ここで、わかりやすさに低い評価を与えた受講者のアンケートを詳細に分析すると、自由記述欄に次の記述が観察された。

OSを利用することにまだ慣れていないため、勉強が必要です。駆け足で進みましたので理解に苦しみました(初級)。

割り込みの手順は理解できていたが、プログラムに落とすのに苦労した(中級02)。

コードや設定との関係がわからないままプログラムを動かすことに追われていた(上級03)。

実習時間が短く、とりあえず動作させることに専念してしまい、処理の低計算化を意識したプロ

グラミングを行うことができませんでした(上級05)。

わかりやすさに対して低い評価を与えた者は、一様にプログラミング演習でのわかりにくさを指摘している。なお、他に、上級02においてもプログラミング演習を実施しているが、わかりやすさは4.3ポイントであり、それほど低くない。次に、上級02のアンケートの自由記述欄を分析すると、以下の記述があった。

簡単でわかり易い課題でした。もっと演習を増やして欲しい。私にとっては、分量も適当でした(上級02)。

上級02においてはプログラミング演習の量及び難度が受講者の能力に対して適切あるいは多少低めに設定されており、講師が計画した通りに受講者は演習を行うことができたためであると考えられる。なお、その他のコースではプログラムを書かせる演習は行っていない。

プログラミング演習では、受講者は自らの発揮能力を明確に自覚するため、演習課題が出来なかった場合、わかりやすさを低く申告したと考えられる。わからない箇所を明確に自覚することは、今後の学習において有効であり、組込みソフトウェア技術者教育における体験型学習としてプログラミング演習の有効性が示された。

#### 3.4.2 役立ち分析

全体的に役立ち度は、関心度とわかりやすさの間に位置し、総合評価とほぼ同じ値になる傾向がある。その中で、上級03、04、05において、役立ち度が関心の有無に比べて0.5ポイント以上低くなっている。これらにおいて、役立ち度に低い評価を与えた受講者のアンケートを詳細

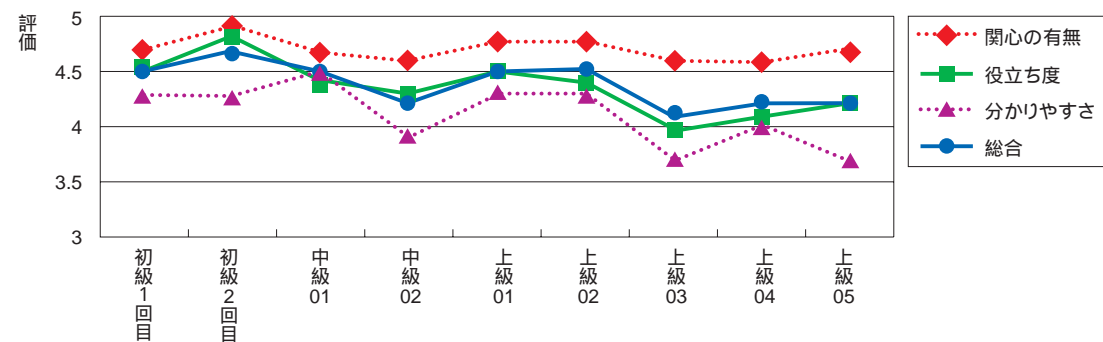


図4 受講者の自己評価

に分析すると、自由記述欄に次の記述が観察された。

cogmaのシステム自体は非常に面白いと思ったが現時点での実用性はまだわからない(上級03)。  
講義内容が現在の業務と直接結びつかず、かつ今後もすぐに導入するという類のものでなかった(上級04)。

欲を言えばもっと実践的な演習を入れて欲しかった(上級04)。

トラッキングシステムについてはわかったがそれをどのように応用していくのがもうひとつわかりませんでした(上級05)。

受講者は業務への応用を意識して受講しており、役立ち度に対して低い評価を与えた受講者は、担当業務への直接の応用ができないためとしている。とくに専門性が高い上級技術者教育において、教育内容と受講者の業務との距離が広がるため、その傾向が強い。一方、初級及び中級技術者への教育では、役立ち度は上級ほど低くないが、これは、教育内容が汎用的な基礎技術であり受講者の業務との距離が近いためであると考えられる。

#### 3.4.3 大学における教育の特徴分析

企業内で実施する一般的な社内教育に比べた本教育の特徴は、次の2点に集約される。

大学で実施する教育として、体系立てた教育を目指すと共に、比較的新しい研究内容に関する教育も実施する。

クラスの受講生を異なる企業の出身者で構成するため、グループ演習では企業文化が異なる新しい考え方に触れる機会を得られる。

上記の特徴に関して、本教育のアンケートの自由記述欄に、以下の記述が観察された。

十分に高度な内容で、満足しました(上級01)。  
学術的なアプローチをなかなかできていないので、系統立てて講義して頂ける場合は、非常に重要であると感じました(上級04)。

演習中の議論の中で、他の会社のやり方や考え方等を聞くことができたのが非常に新鮮であり、ためになりました(中級01)。

本教育の2つの特徴は受講者により方向に評価されていることがわかる。今後、この特徴をより強化する教育の体系化と教育効果の上がる運営を行う。

### 3.5 受講の経緯分析

本コースを知った経緯を選択式で質問した(図5)。上司等の紹介による者が、全体の44%であり、最多である。とくに、初級においては、63%に上る。これは、本コースが平日に2～4日間開催するため、受講には上司の協力が必要であることを示している。とくに、入社後間もな

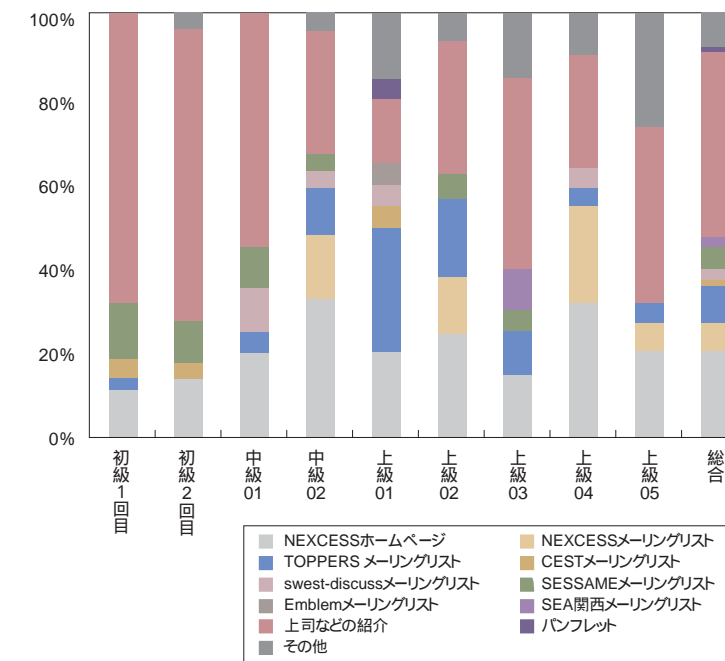


図5 本コースを知った経緯

い初級技術者に、その傾向が強く観察される。

また、受講者個人が本コースを知ったあと、91%の者は、上司の許可を得て受講申し込みを行っているが、9%の者は上司の許可を得ずに申し込んでいる。

なお、開講日が比較的遅いコース（中級02, 上級02, 上級04）では、NEXCESSのWebページ及びメーリングリストにより知ったと答えた者が増える傾向にある。これは、NEXCESSの活動が社会に認知され始めたためであると考えられる。

## 4 考察

大学において214名の社会人に対する組込みソフトウェア技術者教育を実施した経験から、産学官のそれぞれの立場における今後の取り組み課題を以下に示す。

### 4.1 学における取り組み課題

組込みソフトウェア技術の研究及び教育機関として、社会への高度な新しい技術の提供及び人材養成が求められている。今回実施した教育の経験から、以下の2つの取り組み課題を示す。

初級技術者の育成強化

実務能力を育成する教育の提供

1つ目の課題は、初級技術者に関するものである。

初級技術者の育成が不十分であり教育を期待されていることが、受講申込者数から確認できた。また、実際に教育を実施したところ、組込みプログラミング演習に手間取る等、受講生の組込みに対する基礎的な技術不足が深刻であることがわかった。

そこで、学生向けに組込みソフトウェア技術の教育を実施し、組込みソフトウェア技術の基礎知識を有する卒業生を社会へ供給する必要がある。また、社会人向けのエクステンションコースでは、中級及び上級技術の教育に偏らず、初級技術教育を実施する必要がある。

2つ目の課題は、実務能力に関するものである。今回、体験型学習により理解が深まることがわかったが、今後、実務能力の育成をより効率的に実施するため、様々な教育方法の研究が必要である。とくに、体験型学習は有効な教育方法であると思われるが、今後、組込みソフトウェア教育における体験型学習方法を体系化し、技術要素毎に適切な教育方法を対応付け、効果的な教育カリキュ

ラム作成の基盤とする。

### 4.2 産における取り組み課題

今回実施した教育の経験から、以下の2つの取り組み課題を示す。

上司の育成指導力の向上

会社の教育投資の強化

1つ目の課題は、上司の育成指導力に関するものである。初級技術者の育成は学校だけに任せる問題ではない。上司は初級技術を体系的に勉強しなおし、業務で使用する技術を体系立てて部下へ教育することにより、各企業に適合した実務能力を有する初級技術者を育成できる。

また、上級技術者に対しても、上司は育成指導を行う必要がある。今回、組込みソフトウェア開発を行っている11社のアドバイザー委員から、上級技術者向けへ高度な技術教育を行う要求が多くあった。高度な技術教育では、十分に時間をかけて教育内容を咀嚼し、業務への応用を検討する必要がある。しかし、実際に教育を行った所、十分な咀嚼をせず担当業務に直接は役立たないと見切る傾向が見られ、上級技術者の教育に対する取り組み姿勢に不十分な点が観察された。集合教育後、教育内容の報告や業務への適用可能性の検討を行わせる等、上司による指導育成が必要である。

2つ目の課題は、会社の教育投資に関するものである。今回の教育において、上司等の紹介による者が初級では63%に上り、人材養成に対する会社の役割の大きさがわかった。一方、上司の許可を得ずに受講申し込みを行った者も9%存在し、教育への会社としての取り組み姿勢に差があることがわかった。また、アドバイザー委員から、零細の人材派遣企業において技術者教育が十分に実施できていない現状が報告され、社会人向け組込み技術者教育における課題の1つであるとの指摘を受けた。

以上より、一部企業において十分な教育への投資が行われていないことが推測される。また、その他の企業においても教育への投資が適切であるか、教育の投資対効果を検証する必要がある。その上で、適切な教育への投資を事業計画に織り込み、着実に教育を実施し、人材養成を行う必要がある。

### 4.3 官における取り組み課題

今回実施した教育の経験から、以下の2つの取り組み

課題を示す。

スキル標準の整備

教育コーディネート機能の整備

1つ目の課題は、スキル標準に関するものである。今回、スキルを初級、中級、上級のように大括りで表現し、スキルと経験年数にある程度の相関があると仮定したが、申込者の実績から、初級、中級、上級の順で年齢が高くなった。また、教育後に受講者の上司4名に対して聞き取り調査をしたところ、3名の上司が「技術レベルは経験年数と関連がある」とした。以上より、大まかなスキルの区分を行い、それに対応した教育コースを設計し、教育コース選択を経験年数を目安に行わせることの有効性が示唆された。

今後、スキルの整備を進め教育コースを明確に対応付ける。これにより、スキルを軸として教育コースの体系化を行い、キャリアに対応した典型的な教育コース受講モデルを作成できる。また、各スキルに到達するモデル経験年数を示すことにより、キャリアアップの目標となり、教育受講時のモチベーション向上が期待できる。

2つ目の課題は、産学を結ぶ教育コーディネート機能に関するものである。企業に対するアンケート調査では、学校教育で強化すべき分野としてソフトウェアエンジニアリングを最も多く求めていた[2]。しかし、今回行った「組込みシステムのためのソフトウェア工学」コースの申込者は26名であり他のコースに比べてとくに多くなかった。また、当該コースの修了者21名に対して教育に取り上げて欲しい技術項目を質問したところ、ソフトウェア工学関連を挙げた者は14名のみであった。これは、社会人は知りたいことを明確にしているわけではなく、提供される教育コースを受動的に受講する傾向があることを示している。

そこで、社会人技術者の潜在的な教育に対するニーズを把握し、具体的な教育計画の作成や教育コースの選定や指導者の手配等を行う組込みソフトウェア技術者教育のコーディネータが必要になる。そのようなコーディネータ機能を官が持つことにより、高いレベルで産と学を結びつけることができ、効果的な社会人組込み技術者の人材養成が期待できる。

## 5 おわりに

本稿では、大学における社会人向けの組込みソフトウェア技術者人材養成の取り組みを示した。初級、中級、上級において8種類の技術者教育コースを開発し実施した。申込者数から初級教育が最も必要とされていること、体験型学習が有効であること、経験年数に対応した教育コースの設定が有効であること、教育における上司の役割が大きいことがわかった。

また、産学官のそれぞれにおいて今後の課題を抽出した。学としては、初級技術者の育成強化と実務能力を育成する教育の提供が必要である。産としては、上司の育成指導力の向上と会社の教育投資の強化が必要である。官としては、スキル標準の整備と教育コーディネート機能の整備が必要である。

### 謝辞

組込みソフトウェア技術者人材養成プログラムは文部科学省科学技術振興調整費により実施しました。教材の開発及び講義にあたり、NPO法人組込みソフトウェア管理者・技術者育成研究会、NPO法人TOPPERSプロジェクト、立命館大学・大西淳教授、南山大学・野呂昌満教授、京都大学・沢田篤史助教授、和歌山大学・吉田敦講師、ATRメディア情報科学研究所、株式会社富士通ソフトウェアテクノロジーズ、株式会社ソリトンシステムズの協力を得ました。

### 参考文献

- [1] 組込みソフトウェアエンジニアリング部会：組込みソフトウェアの開発力向上に向けた施策と提言（第1部）、経済産業省、2004
- [2] 組込みソフトウェア開発力強化推進委員会：2004年版組込みソフトウェア産業実態調査報告書、経済産業省、2004
- [3] ソフトウェア・エンジニアリング・センター：組込みスキル標準2005スキル標準、経済産業省、2005
- [4] 東海大学：組込みソフトウェア技術教育訓練実証実験、[http://www.meti.go.jp/policy/it\\_policy/jinzai/sangaku/tokai.pdf](http://www.meti.go.jp/policy/it_policy/jinzai/sangaku/tokai.pdf)
- [5] 九州産業大学：組込みソフトウェア技術者育成実践教育プログラム、[http://www.meti.go.jp/policy/it\\_policy/jinzai/sangaku/kyusyusangyo.pdf](http://www.meti.go.jp/policy/it_policy/jinzai/sangaku/kyusyusangyo.pdf)
- [6] 科学技術振興調整費：<http://www.jst.go.jp/shincho/>
- [7] 名古屋大学組込みソフトウェア技術者人材養成プログラム：<http://www.nexcess.itc.nagoya-u.ac.jp/>



# 「SEC journal」創刊記念論文 審査委員会審査報告



審査委員会副委員長  
東京工科大学 学長  
相磯 秀夫

まずは、第1回の荣誉ある最優秀賞、優秀賞を受賞された皆様に心からお祝いを申し上げます。

4編の論文を通していえるのは、第一に、問題点のとりえ方が非常に適切であったということです。最も重要な課題について、それを取り上げているのです。第二は、論文の論点のまとめ方がとてもすぐれているという点です。非常によく論点をとらえており、しかも、その解決へのアプローチが適切でした。第三に、論文の内容が豊かである上、明快かつわかりやすく書かれていました。これらは、審査委員全員の一致した意見です。特に私達のように学会の論文を見ている者にとっては、様変わりともいえる仕上がりで、「SEC journal」に適した論文の書き方にされたのではないかと、高く評価しています。

また、本日4名の方に発表していただきましたが、発表のしかたも申し分ありませんでした。非常に立派でわかりやすく、審査委員全員が高く評価しています。このようなことで、4名(4組)の論文と発表に関しては、まったく甲乙付けがたい状況でした。しかし、審査委員会としては最優秀論文を選ばなくてはならない宿命があります。

4編の論文をよく読むと、それぞれ異なった課題を取り上げています。したがって、同じ土俵で、これらの論文を比較することは困難です。しかも、各論文が、それぞれに優秀であることもあり、審査委員会としてはとまどい、議論の結果、SECの活動に合っているかどうかという観点で評価してはどうかという結論に達しました。SECの活動とは、本日のSECコンファレンスの成果発表において鶴保証城所長が述べられたように、第一に、ソフトウェアの開発を可能な限り、組織的に、かつ数量管理したいということです。これは、SECに与えられた課題だと思います。第二に、そのためには、ソフトウェア開発の実態を可視化あるいは数量化する必要があります。つまり、誰でもがわかりやすくしたいということです。第三には、現場の技術(スキル)・知識・経験・知恵を生かしたい。第四には、リアルタイムのプロジェクト管理につながるようにしたいということです。この観点に立って優秀論文4編を検討し、

その結果、「開発現場の実態に基づいたピアレビュー手法改善と改善効果の定量的分析」を最優秀論文に選定しました。

同論文は、第一に、現場の実態を非常によく反映し、しかも、現場のよいところを生かしていると感じられました。第二に、定量的な把握に努めています。第三に、問題点の整理をきちんとしています。しかも、自分のデータで解析しているため、説得力があります。そして、実際に役立つことを期待できます。これらのことから、先に挙げたSECの活動に合っていると判断し、最優秀論文に選定しました。もちろん、最優秀論文の選からもれた各論文にも、それぞれ捨てがたいよい面が多かりましたが、それらについての説明は割愛させていただきます。

皆さんの発表を聞いていて私の感じたことであり、鶴保証城所長も述べていたことですが、ソフトウェア・エンジニアリングとは、正にエンピリカル・エンジニアリングであると思います。これは、メリーランド大学のバッシリー先生が数年前に来日されたときにいわれたとのことですが、ソフトウェア・エンジニアリングは、現時点では、試行錯誤の状態にあると言ってもよいのではないのでしょうか。大変大きな問題ですから、すぐには解決するとは思いません。しかし、今回選出した4編の論文のような、個々の実績が積み重なってこそ、実用になると思います。したがって、それぞれの方々が、それぞれの立場で実績を積み重ねていただきたいと思います。

今回は、その実績を積み重ねていく第1回目ですが、大変よい見本を示されたのではないかと思います。来年度に挑戦される方は、ぜひこれらの論文を参考にして、より高度な目標を目指していただきたいと思います。また、今回受賞された皆さんも研鑽を積み、また新たな挑戦をしていただきたいと思います。

最後に、受賞された皆様には心からお祝いを申し上げ、またソフトウェア・エンジニアリングに関わる皆様方のますますのご発展をお祈り申し上げます。

2005年10月24日

## 論文講評とSECへの期待

優秀賞受賞論文について、評価できる点、不足している点を審査委員の皆様にご説明していただきました。また、同時に、SECに期待することをお伺いしました。

「SEC journal」編集部



大阪大学大学院情報科学研究科  
コンピュータサイエンス専攻 教授

井上 克郎

短い周知期間でありながら、今回、創刊記念論文へは、20件余りの投稿が寄せられた。その内訳は、産業界と大学からの投稿がほぼ同数であった。それらを複数の査読者が事前に読み、講評を持ち寄って、半日がかりの議論の末、4編の優秀賞受賞論文を選考した。

多くの優れた論文も選考枠の都合上、不採録とせざるをえなかった。産業界の論文の中には、実績データに基づく有益な結果を載せているにもかかわらず、論理的な追求が甘く、その方法や得られる知見が一般化されない、という問題を持つものも見られた。一方、大学からの論文は、理論的な背景は強固であるが、実用的な利用法や価値に関する議論が十分でないものもあった。選考された論文は、これらに関するバランスがよく、論文で示された手法に関して、読者が読んで、自分なりに展開することが可能と思われる。

この論文採録の結果は、SECの進むべき方向性を示しているのではないかと。すなわち、いかに現実の複雑な問題を簡潔にモデル化し、それを理論的な枠組みを用いて展開して、現実世界にフィードバックする、というエンジニアリングの基本的手法を用い、ソフトウェア開発の諸問題を正攻法で責めていく、という姿勢がSECにとって肝要であろう。

今までは、ソフトウェア開発に関して、理論やデータの裏付けのない手法やツールを情緒的な判断で採用したりしなかったりするケースが多かったように思う。SECが中心になって、論理的な枠組みやデータの裏付けの技術を一般化し、広く日本のソフトウェア産業に普及させることを強く期待する。また、欧米発の既存技術に頼るのではなく、日本のソフトウェア産業に合った技術をどんどん提案し、国内外で広く採用されるようになることを願う。



日本IBM株式会社  
取締役専務執行役員技術担当

富永 章

日本のソフトウェア品質(ただし欠陥の少なさ)に関しては、最近でも話題に上がる(例: ACMコミュニケーション本年7月号pp.25-27クスマノ氏記事)が、一方でコストダウンは必須だ。小室氏らのピアレビューでの「前倒し摘出率」は、工程進行に伴う欠陥除去負荷増の予防手段としてすばらしい。日本の長所を伸ばすのに格好で、普及すべき方策だろう。工程との関係を追究すること等により、一層の発展と実用価値の向上が期待できる。

竹本氏はEVM導入の端緒として妥当な方策を示した。価値の単位設定については、今後の柔軟な拡張を期待したい。なぜならオフショア開発進展で、わが国の調達慣行等の改善はこの産業の競争力に直結するからだ。

水野氏らはベイズ定理をプロジェクトリスク識別に役立てようとしており、内容も大変興味深い。本応募で既発表論文を更新された形だが、実践への適用が待たれる。

山本氏らは組込みソフトウェア初級教育の重要性を検証した。今後モノの価値を左右するだろう組込み系について、教育の一層の進展と対象範囲の多様化を期待したい。

グローバルリソースへのシフトが欧米で浸透し、日本にも影響し始めた。ソフトウェア開発が下手をすると3K(汚い、危険、きつい)になり兼ねないという人も多い。工数単価低減だけを追えば悪循環に陥る。却って高くつく点は諸氏が指摘するが、一般の認識はなかなか向上しない。SECへの期待の1つは、技術の普及・発展によりこの悪循環を断ち切り、近い将来ソフトウェアを日本の得意技とすることだ。SECにより産業界のソフトウェアへの見方は改善してきたし、プロフェッショナルへはよい動機を与えている。直接の活動に加え論文募集は的確な方策だ。初回の成功を基にSECの知名度をさらに上げ、産学からより多くの応募が集まるように皆で是非働きかけよう。



北陸先端科学技術大学院大学  
情報科学研究科 教授  
**片山 卓也**

優秀論文に選ばれた4件の論文は、論文の完成度という観点からは改善すべき点も認められるが、内容自体に関しては、それぞれに優れたものであり、「SEC journal」創刊記念論文特集号にふさわしいものである。「開発現場の実態に基づいたピアレビュー手法改善と改善効果の定量的分析」は、著者らの属する組織におけるピアレビューを、実際のデータを元に統計的に分析したものである。分析の手法も明快であり、また、レビュー効率の高い方法を提案したことの価値は高い。「実践型EVMを活用したプロジェクト管理の適用研究」は、わが国におけるソフトウェア開発プロジェクトの特徴に合わせてEVMを適用したことに關するものである。一般には、現実のプロジェクトを対象にして新しい方法論を適用したことは困難であり、この点大いに評価される。「プロジェクト混乱予測システムのベイズ識別器を利用した開発」では、プロジェクトの特徴量からその混乱を予測するという、著者らの研究を前進させたものである。一見系統的な手法がないような問題を、科学的な手法で解決しようとする著者らの研究態度は、多くの研究者が見習うべきものである。「大学における社会人向け組込みソフトウェア技術者人材養成の実施と分析」は、著者らが行った組込みソフトウェア技術者人材養成教育を分析し、そのような試みの重要性や課題について論じたものである。現実に多数の受講者に対して行われた教育に関するものであり、インパクトのある内容である。

これら4つの論文は、現実のソフトウェア開発にもとづいた解析や新しい手法の導入、あるいは教育について論じたものであり、「SEC journal」ならではのものである。このうち、2件は企業からのもの、2件は大学によるものというのも興味深い。ソフトウェア工学研究においては、産業界と大学や研究機関が協力して研究を行うことが重要である。その意味で企業のデータや企業人の教育を対象にした大学発の論文が選ばれていることは、今後のSECの活動を考える上で大きな意味をもっていると思われる。産官学の連携の場としてSECには大きな役割が課せられているが、産業界からの開発者や大学や研究機関の研究者が共通の課題について研究開発をする場所としてSECが機能することを期待したい。特に、次世代の開発方法論、プロジェクト管理技術や先進的設計技術等、先進ソフトウェア工学技術の実験・実践の場としてSECに期待される役割は大きい。



トヨタ自動車株式会社  
常務役員  
**重松 崇**

いずれも日本のソフトウェア開発の現場から発信された実用論文である。机上で発想された学術論文と異なり、現場の問題解決の熱意がひしひしと伝わってくる内容のものが多かった。個々の課題に対して経験知とその分析がなされており、非常に興味深い提案がなされている。

「ピアレビュー手法改善・定量的分析」に関する論文は実際にピアレビューの特徴やその効果を上手く捉え、非常に具体的で有用である。このような地道で着実な改善の積み重ねが日本のソフトウェア産業の品質向上に大きく貢献するであろうと大きな期待を寄せている。

また「大学における社会人組込みソフトウェア技術者養成」に関する論文は教育の観点から非常に判り易く、その指摘もソフトスキル標準とカリキュラムを関係付けた事例等は、官・学のよい連携を示している。

今回の論文に代表される「現場から発信された実用的知見」の集約が日本のソフトウェア産業の核であり、SECにはその求心力を保ち続けることを期待したい。様々な産業実態調査に加え教育実態調査等も積極的に実施し、今、開発現場に起きている実課題の洗い出しと産官学の連携によるPDCAサイクルの推進をリードして頂きたい。

その意味で今回の論文募集は幅広く一般のソフトウェア技術者が参画するには非常によい機会であった。今後もこのような形での現場参加型の知見の共有がソフトウェア産業全体の増強につながると期待している。

また我々自動車業界としても、常に早い段階でSECの活動内容の公開と成果の展開を支援していきたい。



株式会社CSKホールディングス  
取締役  
**有賀 貞一**

最終選定に残った論文は、企業メンバからのものが2編、大学メンバからのものが2編となっている。この種の論文はどうしても「学術的」になってしまうのは致し方がないが、現場での活用方策等への言及が少ない。企業での実践を記述しているものについても、企業として本当に根付いたものなのか、根付かせることができるのかはやや不明だ。

大学人の論文は視点には新しさが感じられるものもあるが、内容的には物足りない。やはり現場とどのような接点を持って活動するかが課題であろう。

実践的なソフトウェアエンジニアリング(SWE)の普及促進を図るための、「SEC journal」の創刊記念論文としてはまずまずである。今後現場での様々な創意工夫を、いったん抽象化し、理論化しながらも、再度理論的裏づけのあるものとして現場にフィードバックし、納得させて使わせていく、という良循環ができることを期待したい。その場合、このような純粋学術論文型の記述がふさわしいかどうか要検討であろう。

SECは日本で初めて公的に実践的ソフトウェア・エンジニアリングを推進する機構として設立された。ここで重要なのは「実践的」という点である。ソフトウェア・エンジニアリングそのものは既に、大学で数十年以上研究され、検討され、議論されてきた。にもかかわらず、特に日本ではなかなか普及せず、研究者と現場との間の溝はかなり深い。科学的、エンジニアリング的ソフトウェア開発を好まない(もしくはできない)現場と、研究・理論の実施段階で最後の詰め(現場への普及)ができない研究者、というわけだ。

SECにおいてはこの溝をどのように、具体的に埋めるかがテーマであろう。とかくこのジャンルを手がける者は、個別テーマを深掘りして論文に仕立て上げるのが好きである。たくさんの個別各論が林立し、実践的でなくならないよう心がけていただきたい。また、特にソフトウェア開発を手がける企業の、トップマネジメントの意識改革が必須であり、それを側面から促進するための「公的な」ガイドラインや目標値の設定も望まれるところである。



パナソニック モバイルコミュニケーションズ株式会社  
取締役社長  
**榎木 好明**

今回採録された4論文は、「レビュー手法改善」、「プロジェクト管理」、「プロジェクト混乱予測システム」、「組込みソフトウェア技術者教育」と多方面のテーマから成り、ソフトウェアエンジニアリング活動の幅の広さを実感している。ソフトウェアエンジニアリング活動の浸透には、開発現場が効果を実感できるデータの裏付けが不可欠であり、現場のデータに基づいた効果の実証が重要である。企業からの論文では、企業内での実践活動に基づく提案がなされていることはもちろんのことであるが、大学からも実際の開発現場への導入を実践されている点で説得力があり、また、非常に参考になる内容となっている。ソフトウェアエンジニアリング活動に携わる方々には、是非とも、今回の論文のような実開発での定量的な効果実績を発表して頂きたい。そのような活動がわが国のソフトウェア開発力強化に直結するものと信ずる。

ソフトウェアより歴史のあるハードウェア分野の発展を振り返ると、当初は職人的な現場最適な活動から始まるが、ある段階で技術の体系化・標準化が行われ、工業生産としての基盤が整備される。その段階で、産業界としてのノウハウの共有/開発力の底上げが加速し、さらに生産性が向上するという好循環サイクルが回りだす。

急速に大規模化してきた組込みソフトウェア分野では、現場最適な開発手法が取られることが多く、体系化・標準化のような工業生産としての基盤整備が遅れている。

日本のデジタル家電が世界の中で競争力を発揮しているが、ソフトウェア開発力では世界の中で優れているわけではない。SECには、産官学の総合力を発揮し、技術の体系化及びベストプラクティスの共有の場を提供されると共に、産業界全体の開発力の底上げを先導されることに大きな期待を寄せるものである。

# ソフトウェア・エンジニアリング 実証論文をよむ

株式会社東芝  
ソフトウェア技術センター 企画担当 参事  
平山 雅之

ここでは「ソフトウェア・エンジニアリングの実証」をテーマに「SEC Journal」創刊記念論文として募集した論文の中で、優秀賞に選ばれた4編の論文について、それぞれの論文が着目している技術について、その背景や意味などを考えてみたい。

## 1 はじめに

「SECjournal」創刊1周年を記念して募集した論文は、「ソフトウェア開発現場におけるソフトウェア・エンジニアリングの実証」をテーマとしている。SECはわが国のソフトウェア産業競争力強化を図るために、開発現場へのソフトウェア工学の導入と実践の後押しをするべく設立された組織である。多数の応募の中からこの趣旨に相応しい4編が選定され、本号に掲載させていただいた。ここでは、この「ソフトウェア・エンジニアリングの実証」という意味、そして、優秀論文として選ばれた4編の論文の周辺などを俯瞰してみたい。

## 2 ソフトウェア・エンジニアリングとその実証

### 2.1 ソフトウェア・エンジニアリング実証の難しさ

初めに「ソフトウェア・エンジニアリング」とは何かについて述べてみたい。ソフトウェア・エンジニアリングのルーツは、1960年代、コンピュータ技術が急激に進歩し、ソフトウェアの規模の増大と技術者の不足などが問題となる中、1968年のNATO会議でその解決の手段として取り上げられたことに始まるといわれている。日本語では一般的にソフトウェア工学と呼ぶことが多く、ソフトウェアの開発と利用に関する手法・方法論や技術を体系的に整備し、ソフトウェア開発の生産性や品質面での課題を解決することを主な役割としている技術領域である(図1)。

ソフトウェア・エンジニアリングが技術領域として認

識されて既に半世紀近くになるが、なぜ今、「ソフトウェア・エンジニアリングの実証」を取り上げるのか？そこが今回の懸賞論文募集にあたっての最も重要なメッセージであり、かつ、SECが設立された原点であると考えることができる。

一般的にソフトウェアの開発は、どのようなソフトウェア製品を開発するかを検討する企画・要求フェーズからスタートし、それをどのように実現するかを考える設計フェーズ、そしてその設計に基づいて実際にソフトウェアとして作り上げる実装フェーズを経て、作り上げたソフトウェアの正しさを確認するテストフェーズと一連の作業を経て完成を見る。一連の開発過程の中に下記に示すようなソフトウェア開発の特性のいくつかが潜んでいる。

・一連の開発作業は、多くの場合、“人”による知的作業に依存している。

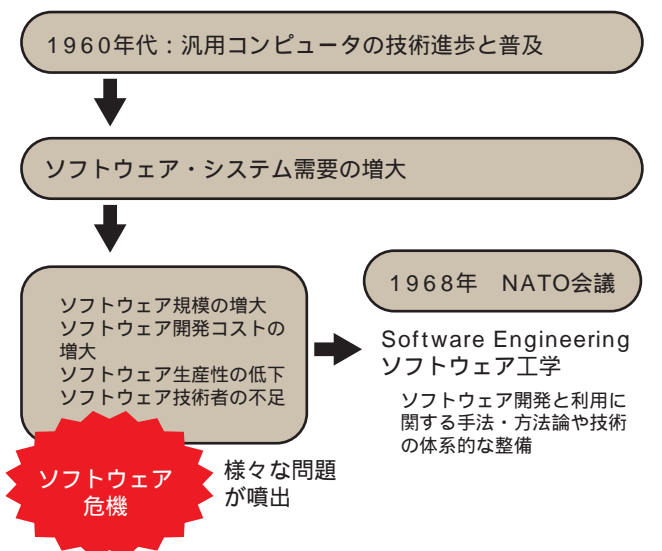


図1 ソフトウェア開発の遷移

- ・ソフトウェアはメカニカルデバイスなどのように目に見える形をもっておらず、その動作はある意味で、ある限られた時間内でのみ意味をもっている。
- ・ソフトウェア開発ではそれに携わる人(技術者)や関係するビジネス環境など様々な影響要因や制約が介在し、同じ条件での開発が繰り返されることが少ない。

実はこのようなソフトウェア開発がもつ特性が、ソフトウェア・エンジニアリングの導入や実証を阻んでいる要因にもなっている。そしてソフトウェア・エンジニアリングが誕生して以来、この特性は依然として堅持され続けており、実際のソフトウェア開発現場では未だに「ソフトウェア・エンジニアリング手法の有効性が実証できていないがために、その導入を躊躇している」あるいは、「ソフトウェア・エンジニアリング手法を導入していないので、その効果が実証できない」といったジレンマが続いている。

### 2.2 「工学」とは

筆者が関係している情報処理学会ソフトウェア工学研究会の組込みソフトウェア研究WGの議論の中で、「工学」とは何かという議論をしたことがある。例えば、「機械工学」という領域は、そのベースに「熱力学」、「流体力学」、「材料力学」といった力学の原理原則と物理法則によりどこを持っている。これに対し「ソフトウェア工学」の場合、「数学」、「情報理論」がそのよりどころの1つとなることは間違いない。しかし、前述のソフトウェア・エンジニアリングが持つ特徴を考慮すると、それ以外にも「経済・経営学」や「心理学」など思いもしない領域の原理原則が関係しているように思われる。こうしたよりどころとなる原理原則が極めて広いことが、ソフトウェア・エンジニアリングの実証を難しくしている原因の1つではないかと思われる。さて、元に戻って「工学」とは何かについて考えてみると、自動車のエンジンを作る場合、機械工学の3力学を無視してエンジンを設計することはナンセンスである。その意味で、機械システムというモノを作るうえで機械工学は必要不可欠な技術であり「使われて何ぼ」の技術の集まりであると考えられる。同じように、「ソフトウェア工学(エンジニアリング)」もソフトウェアシステムを作る上で「使われて何ぼ」の技術の集大成と考えることができる。その意味で、ソフトウェア・エンジニアリングを「使う(使われて)」ということ、「何ぼ」ということを科学的に見てい

くが必要になるのだと思う。

今回のソフトウェア・エンジニアリング実証論文についても、ぜひこうした視点で読んでいただくとよいのではないだろうか。

## 3 ソフトウェア・エンジニアリングの範囲

ソフトウェア・エンジニアリングをソフトウェア開発における生産性や品質の課題を解決するための技術の集まりとしてとらえることとすると、その範囲にはどのような技術が含まれるかを簡単に述べておきたい。

図2に示すように、ソフトウェア開発の直接作業として、企画・要求技術、設計技術、実装技術、テスト技術等を挙げることができる。また開発をより円滑に進めるための支援技術として開発プロセス技術、プロジェクトマネジメント技術、品質管理・保証技術等を挙げることができる。また、こうした直接作業や支援作業を円滑にするという意味での様々な開発環境やツール技術、あるいは、こうした開発作業を担うソフトウェア技術者や管理者の育成等も広い意味ではソフトウェア・エンジニアリングの範囲に入れることができる。

今回のソフトウェア・エンジニアリング実証論文では、こうした広がりをもつソフトウェア・エンジニアリングの領域の中でも、主に開発を円滑にするための技術としてのプロジェクトマネジメント技術、品質保証技術関連で3編、技術者の育成に関するテーマ1編の合計4編が優秀論文として選定された。優秀論文の選定の過程で特にテーマによる分け隔てをしたわけではなく、前述の「ソフトウェア・エンジニアリングの実証」という観点から

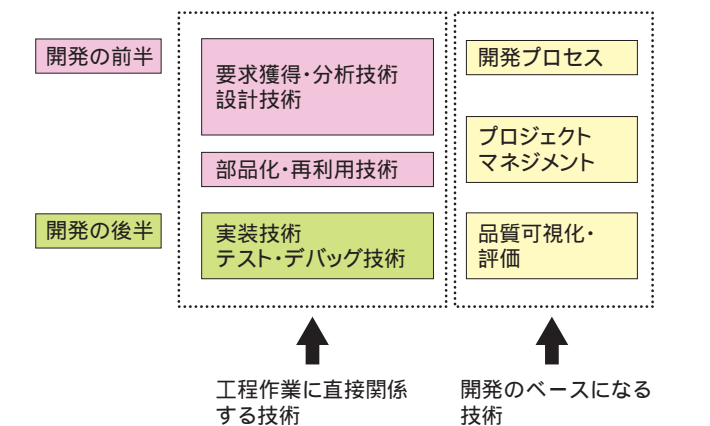


図2 ソフトウェア開発の直接作業

多くの方々の参考になるであろう論文を厳選した結果としてこの4編が選ばれた経緯がある。

以下では、この4編が扱っているテーマの周辺について若干紹介をしてみたい。

## 4 開発プロジェクトのマネジメント

優秀論文4編のうち「プロジェクト混乱予測システムのベイズ識別機を利用した開発」と「実践型EVMを活用したプロジェクト管理の適用研究」の2編はいずれもソフトウェア開発におけるプロジェクトマネジメントの問題を扱った論文である。近年、コンピュータ技術の進歩とともにソフトウェアシステムに対する機能面・非機能面の要求が肥大化する傾向にあり、これに伴いソフトウェアの規模も急速に増大している。こうした規模の大きなソフトウェアを開発するためには、より多くの開発者を投入することとなり大規模な開発プロジェクトが増加している。こうした背景のもと、大規模開発プロジェクトでのプロジェクト混乱などが顕在化し、プロジェクトマネジメント手法の実践に期待が集まっている。開発プロジェクトマネジメントを論じたこれらの2編は、現場の開発マネジメントを担当されている方や企業経営に携わっている方にぜひ目を通していただくと参考になる文献ではないかと思う。

1編目の「プロジェクト混乱予測システム」に関する論文は、現実に進行するプロジェクトの現状をアンケート形式で把握し、過去の類似状況におけるプロジェクトの結果を参考に、当該プロジェクトの将来の混乱を予測する方式を提案している。これまでも所謂、優秀なマネージャとよばれる方の多くはこうした過去の経験をもとに、プロジェクトの時々でその行く末を予測し対策を打つといったことを実践してきた。この論文では、こうした過去の経験をアンケートとしてデータベースに整理し、この過去の経験を新しいプロジェクトの混乱予測に利用するという点において、経験を知識として昇華させ、プロジェクト混乱予測手法にまとめ上げた点が大いに参考になる。プロジェクトを円滑に進める上で、「いかに早い時点でその状況を把握し、将来を見通して対策を打つか」はプロジェクトの成否の点から極めて重要なポイントであり、そのきっかけを与える技術として参考に値する。

また、この論文では「経験から知識・技術への昇華」という「工学」の原点ともいえる視点を併せ持っていることも大変に参考になるアプローチであると読み取ることができる。

2編目の「実践型EVM」に関する論文は、開発プロジェクトの進捗管理に着目したものである。EVM(アーンド・バリュー・マネジメント: Earned Value Management)とは、米国の国防総省が関連産業や欧州各国の国防省と協力して開発したプロジェクト進捗コントロールの方式である。主として「コスト」、「スケジュール」、「品質」などを指標として、プロジェクト全体の実績状況を科学的手法によって分析し、各時点でのプロジェクトの進捗と最終点を把握し、適切な対応策を講じることを可能にするためのマネジメント方式と定義されている。本文中でも述べられているように一般的なEVMでは進捗評価の視点として金額換算の出来高を見ていくが、この論文では実践を重視する形で工数を中心にインデックスを決め、開発の各工程での作業成果物単位を決めて進捗把握を行う方式を試みている。この論文では提案方式を実際の複数プロジェクトで適用し進捗把握と進捗コントロールを試みた事例も紹介しており、大変に参考になる。

## 5 ソフトウェアの品質保証

実際に開発が終わった、あるいは開発途中のソフトウェアの品質が大丈夫であるかどうかを評価することはソフトウェア製品の開発に携わるものとしての責務の1つであるといっても過言ではない。その意味で、ソフトウェアの品質保証はソフトウェア開発に関わる技術の中でもとりわけ重要な役割を担っている。ソフトウェア品質の世界では、よく「品質の作り込み」という言葉を耳にする。これは「質の高いソフトウェアを目指すのであれば、その開発過程から品質を把握し向上させる工夫をしなければならない」という意味合いである。この品質作り込みを実現するための1つの手法として「レビュー」を挙げることができる。ソフトウェア開発過程におけるソフトウェアレビューは、開発段階で生まれる様々な中間成果物 例えば要求仕様書、設計書、ソースコード等をその都度、矛盾や問題が含まれていないことを確認し、問題が見つければその時点で修正をかける行為を促

すことを目的としている。

「開発現場の実態に基づいたピアレビュー手法改善と改善効果の定量的分析」に関する論文は、実際の開発現場でソフトウェアのレビューにあたる管理者や開発リーダーの方に大いに参考になるものであろう。ソフトウェアのレビュー方法については、これまで様々な開発現場での経験をもとに様々な方法が提案され試みられている。一般的に、レビューにマネージャなどの管理者が同席し成果物の出来不出来を確認する方式や、この論文で紹介されているように、所謂、同僚などの仲間内で行うピアレビューといった方式などがある。このピアレビューについては管理者が同席しないことで、より率直に成果物に向き合うことができる反面、レビューの進め方等が人に依存する形となるといった特性をもち、レビュー効率等の面でピアレビューの有効性を引き出す方法が十分には議論されていなかった。この論文ではピアレビューのこのような側面に着目し、実際に実施した際のデータを分析することで、ピアレビューのよさを引き出すための方法を整理した点が注目に値する。また、こうした提案をさらに実際のプロジェクトでのレビューに活用することでその妥当性の確認も試みており、技術導入効果の評価の事例としても参考になるものである。

## 6 ソフトウェア技術者教育

わが国のソフトウェア産業を支える技術者は50万人とも60万人ともいわれているが、大学において情報関連を修めた技術者はその一握りである。多くの技術者は会社に入ってからOJTや自己啓発などによってソフトウェア技術を身につけている現実がある。冒頭に記したようにソフトウェア開発の特徴の1つは極めて属人性が高いことが上げられる。それゆえ、ソフトウェア開発を支える技術者の質、あるいは技術の習得度合いによって、ソフトウェア開発における生産性や品質は大きく異なってくる。こうした問題意識を受け、SECでも組み込みスキル技術標準ETSS(Embedded Technology Skill Standards)の開発を進めているように、技術者のスキルやその育成に大きな関心が集まっている。こうした中で、「社会人向け組み込みソフトウェア技術者人材育成の実施と分析」に関する論文は、大学における組み込みソフトウェア技術者教

育を具体的に扱ったものであり、組み込みソフトウェアの技術者育成を進める方々には大いに参考になるものであろう。国内ではこの論文で紹介されているNEXCESSをはじめとして、技術者教育コース開発や実施をテーマにした複数のプロジェクトが進められている。その中で、この論文の著者らが推進しているNEXCESSは大学におけるソフトウェアの社会人に対するスキル育成をテーマにした点に大きな特色がある。特に技術者教育というテーマについては、その効果が確認できるまでには数年スパンの時間がかかる場合もある中で、受講者の自己評価データを用いて、技術者教育のあり方や産官学それぞれにおける教育の取り組みへの課題と提言を考察している点が参考になる。また、多くの企業で技術者不足という問題を抱え独自の技術者教育を模索する中で、この論文で提示された教育コースや教育シラバスとその考え方、体験型学習等も参考になるかと思う。

## 7 おわりに

以上、ソフトウェア・エンジニアリングの実証をテーマに、SECjournal創刊記念論文優秀賞受賞論文の4編について読みどころを紹介した。ソフトウェア・エンジニアリングに関しては、情報処理学会他の学会や日本科学技術連盟等の諸団体でも様々な切り口から毎年多くの論文が公開発表されている。その多くは、学術的な研究という側面あるいは企業における経験という側面が中心になっている。この点で、今回のソフトウェア・エンジニアリング実証論文は、こうした産業界における経験と学術的な研究を結び付ける役割を果たそうとする試みである。すでに国際的には実証ソフトウェア工学(Empirical Software Engineering)という領域の議論も始まっているが、わが国でもSECにおけるこうした試みを通じてソフトウェア・エンジニアリングの実践・実証という活動が活性化し、ソフトウェア・エンジニアリングが実践の場で有効に機能していくことを期待したい。

### 参考文献

- ・S.プレスマン：実証ソフトウェアエンジニアリング，日科技連出版，2005年
- ・有沢誠：ソフトウェア工学，岩波書店，2003年

# 情報化月間2005記念特別行事 SECオープンダイアログセッション

IPAでは、情報化月間2005記念特別行事として、10月3日に東京全日空ホテルで講演会、パネルディスカッション等を行った。SECでは、発足後1年になるこの機会にエンタプライズ系、組込み系それぞれにおける活動成果の講演を行い、また来場者との対話の場としてオープンダイアログセッションを行った。

「SEC journal」編集部



## エンタプライズ系オープンダイアログセッション

司会  
パネリスト（回答者）

安田 守：エンタプライズ系プロジェクト リーダ  
松浦 清：所長補佐  
石谷 靖：エンタプライズ系プロジェクト サブリーダー  
神谷 芳樹：エンタプライズ系プロジェクト 研究員  
室谷 隆：エンタプライズ系プロジェクト 研究員

### 質問1 エンタプライズ系と組込み系の違い？

司会：まず、エンタプライズ系と組込み系の違いについてパネリストの皆さんと整理をしたいと思います。

松浦：ソフトウェアという意味では、エンタプライズ系と組込み系にほとんど違いはないと思っていますが、自分自身がハードウェア出身という経験から考えると、組込み系のソフトウェアは、製品の一部という感覚です。一方、エンタプライズ系は、ソフトウェアが主体です。

石谷：以前、組込み系エンジニアと違いについて議論したときに、組込み系の場合、ソフトウェアの完成後、ソフトウェアが搭載された製品が販売されてしまい、保守ができなくなってしまう。一方、エンタプライズ系の場合、ソフトウェアの完成後もソフトウェアが手元にあるので保守ができるという結論に至りました。しかし、最近ではネットワークを利用して、販売済み製品のソフトウェアをアップデートすることも可能になっていますし、エンタプライズ系の場合でもパッケージ販売してしまえば、組込み系と同じ状況です。

司会：そうすると、組込み系とエンタプライズ系で同じなのは、どの部分でしょうか。

神谷：同じ部分よりも異なる部分の方が多いと思います。ソフトウェアのチェックを例にすれば、エンタプライズ系の場合は、レビューに多くの時間を費やしますが、組込み系の場合には、テストに多くの時間を費やします。

室谷：開発プロセスの観点から見ると、エンタプライズ系も組込み系も変わらないと思います。また、マネジメントの観点でも同じでしょう。

司会：私も組込み系エンジニアと何回が議論したことがあるのですが、結論は、エンタプライズ系と組込み系では、成り立ちが違うということ、組込み系の要件定義はハードウェアエンジニアと詰め



ますが、エンタプライズ系の要件定義はユーザと詰める点に根本的な違いがあるということでした。

### 質問2 プロジェクト管理の責任を負う者

質問者A：要求仕様については、ユーザが責任を負うべきなのですが、それを前提とした場合、プロジェクト管理の責任は誰が負うべきなのでしょう。

室谷：どのレベルからプロジェクト管理を行うかによって、変わります。ユーザがプロジェクト全体を管理したいということであれば、ユーザがプロジェクト管理の全責任を負うべきです。そうでない場合、少なくとも要件定義までは、ユーザが責任を負うべきでしょう。また、設計・製造はベンダの仕事ですが、ここにユーザが関与することも不可能ではありません。

司会：プロジェクトのオーナーが誰であるかということは重要です。エンドユーザもステークホルダともいえる社会的なシステムでは、ユーザがオーナーになることが必要でしょう。

質問者A：では、ユーザはどこまで勉強する必要がありますでしょうか。

石谷：ユーザはシステムを作るプロフェッショナルではありません。一方、ベンダはシステムを作るプロフェッショナルです。それから考えると、ユーザをサポートするのもベンダの仕事ではないでしょうか。

### 質問3 上流プロセス改善のモデル

質問者B：要求仕様を明確にして上流プロセスを改善するという説明はウォーターフォールモデルで行われたと思います。ウォーターフォールモデルは限界が明らかにされているのになぜ採用したのでしょうか。また、反復型開発プロセスも、取り上げるのでしょうか。室谷：大型の開発においては、ウォーターフォールモデルは現在でも主流です。また、ユーザとベンダの役割分担を明確にする目的で、ウォーターフォールモデルを採用しました。反復型やアジャイル等の手法については、今後取り入れ、皆さんに提示していくつもりです。

### 質問4 見積手法における対象システムの特性について

質問者C：当社では図形も扱うソフトウェアを開発しているのですが、帳票のように文字だけを処理するソフトウェアとは、開発の負

荷が大きく異なります。このような対象システムの特性は、どのように対処すべきなのでしょう。

石谷：2つの対処方法が考えられます。1つは、図形の複雑さをシステムの規模に換算する方法です。もう1つは、図形が複雑な場合と

## 組込み系オープンダイアログセッション

司会  
パネリスト（回答者）

猪狩 秀夫：組込み系プロジェクト 研究員  
門田 浩：組込み系プロジェクト リーダ  
田丸喜一郎：組込み系プロジェクト サブリーダー  
大原 茂之：スキル標準領域責任者/リサーチフェロー  
平山 雅之：エンジニアリング領域責任者



### 質問1 ITスキル標準と組込みスキル標準（ETSS）の違い

質問者A：ITスキル標準とETSSの考え方の違いはどこにあるのでしょうか。

大原：インド、中国、台湾、ベトナム等では、毎年約20万人から40万人ものソフトウェア人材が大学等で育成されているといわれています。一方日本においては約2万人です。日本のソフトウェア技術者は太刀打ちできません。そのため労働集約型の仕事は海外で行い、日本では知識集約型に軸足を移すべきという考えがあります。そのために必要なスキルやキャリア、ビジネスモデルを定義したものがITスキル標準だと考えます。

また少子高齢化に伴い、大学や大学院等も学生の確保に力を入れています。産業界も新人の確保で苦しむことになる予想されます。よって組込みも、魅力的な職場にして若い人を確保していく仕組みを作ることが急務です。そのためには学ぶ技術をきちんと位置づけていかなくてはなりません。また組込みソフトが製品の仕様のかなりの部分に関わっている今、組込み技術者の役割は重要なものがあります。このような背景の中、人材育成の質的向上および量的拡大の観点で技術やスキルを明確にしたものがETSSです。

### 質問2 組込み系におけるインドや中国等海外の台頭

質問者B：組込み系でもインドや中国等、海外のエンジニアが台頭してきているようですね。

猪狩：日本で作られる組込み系ソフトウェアの品質は、日本以外の国で作られる組込み系ソフトウェアに比べて、今でも非常に高いと思っています。したがって現在の課題は、他の国のエンジニアに仕事を取られないように考えることではなく、もっと数多くのソフトウェアを開発していくためには、どのような手を打っていくかを考えることであると認識しています。

田丸：調査によると、日本以外の国でも品質の高いソフトウェアが作られています。しかし一般にソフトウェアの規模が日本のものよりも小さい傾向があります。また日本のような数百人規模のプロジェクトでハードウェアとソフトウェアが連携して製品作りに関わるようなことは行われていません。とはいえ、インドや中国では組込み系でもスキル標準に相当するものが確立しているようですので、そのような点は見習わなければなりません。

平山：日本でなくてはできない、海外でもできるもの等の棲み分けをきちんと考えていなければならないと考えています。また、プロセス関係でいうと、ISOにおけるエンジニアリング領域の委員も兼任をしているので、海外、国内外を含めてすべてのプロセス関係の情報が私のところに集まっています。海外の強み、戦略を含めて日本がどのような方針をとるかということも考えています。

いう要因を追加し、定量化する方法です。本日、行った発表は、ある要因をどのように定量化するかという内容なので、個々の要因は、組織ごとに洗い出す必要があると思います。また、一般的な要因については、ガイドラインで示したいと考えています。

### 質問3 ETSSの領域拡大

質問者C：ETSSは、今後、領域をハードウェアまで広げる予定はあるのでしょうか。

大原：来年度に公開する予定のETSSのバージョン2.0では、ハードウェアの領域（SOC）に関しても取り組んでいきます。

田丸：日本の組込みシステムの特徴は、ソフトウェア設計とハードウェアの開発が並行して行われることです。また、ハードウェアの欠点をソフトウェアで補うといったことも行われるでしょう。したがって、ソフトウェア技術者であってもハードウェアのことを理解している必要があり、ETSSをハードウェアの領域にまで広げていくことは大変重要だと思っています。

### 質問4 セミナー等の開催の有無

質問者D：SECでは、成果を習得するセミナー等の開催計画はありますか。

門田：現在、セミナー等の計画はありませんが、今後は、協力していただける教育関係の企業や団体の方々と一緒に、セミナー等を開催していくことを予定しています。

### 質問5 資料の引用

質問者E：社内・社外のセミナーでSECの資料を引用することは可能でしょうか。

田丸：SECが公開している資料は、出典さえ明記されていれば、自由に引用していただいて結構です。SECでは昨年、主に経営者に役立てていただく資料の作成のために、国内と米国、欧州など海外4カ国で調査を実施し、450点ほどの集計データを公開しました。その後、調査範囲を広げ、現在、1,300点ほどのデータを公開しています。今後は、国内における地域別の産業の違いや、小規模企業の実態などを調べて公開したいと思っています。様々な要望も受け付けていますので、リクエストがあればSEC宛にメールをお送りください。



# BOOK REVIEW

## ソフトウェア企業の競争戦略

マイケル A. クスマノ 著

ISBN : 4-478-37481-3 ダイアモンド社刊  
四六判・448頁・定価2,520円(税込) 2004年12月刊



## リアリティのある分析

1990年ごろの日本のソフトウェア産業を極めて高く評価し、内外、特に米国に大きな衝撃を与えた「日本のソフトウェア戦略」(1993年発行)の著者、クスマノ博士の近著である。「ソフトウェア・ビジネスの実態」 「ソフトウェア企業のあり方」 「10件のソフトウェア・スタートアップ企業のケーススタディ」が盛り込まれている。いずれも、著者が間近で観測した事象を背景とし、相当なリアリティがある。そして読みやすい。しかし、ソフトウェア企業のあり方については、深く考えさせられる。「企業」を長期にわたって成長基調のなかで安定的に運用すべき組織体と考えれば、博士の博識をもってしても、決定打が見出せないのである。本書の全体を鳥瞰すると、ソフトウェア企業とは成長に合わせて業態を七変化させ、ダイナミック

に事業機会を捉えていく極めてリスクなビジネス組織、という印象を受ける。それにしてもクスマノ博士とは何者なのか。経営学者であり、インタビューの積み重ねで名著を著すノンフィクションライター、キャピタルゲイン狙いのベンチャー投資家、そして、ベンチャー企業へのコンサルタントやメンターか。才能と経験の積み重ねがあっけはじめてソフトウェア産業を研究対象にできるのかと考えると、あらためてこの領域の研究の難しさを感じる。

(神谷芳樹)

## 基本から学ぶテストプロセス管理

Rex Black 著 テスト技術者交流会 監訳 トップスタジオ 訳

ISBN : 4-8222-8199-X 日経BP社刊  
B5変型判・494頁・定価5,775円(税込) 2004年4月刊



## 「即戦力」の書籍

昨今の組み込みソフトウェア開発においては、テストの重要性が増している。大規模・複雑化が進んだことに加え、プロダクトライン的に流用開発が多いことや、汎用部品の利用が進んだことが関係している。開発量や変更量は微々たるものであるにも関わらず、多くのテスト工数を要するケースが益々増えていくことであろう。

本書はテスト手法の解説本ではない。エンジニアは先マネージャが読むべき書籍である。テストプロセスを効率よく確実にを行うためのTipsが多く紹介されており、また明確に対応付けはされていないが、PMBOPKの知識エリアのすべてをカバーしていることが読み取れる。

テストプロセスのマネジメントに特化し、ここまで詳細に解説された本書は非常に有意義であり、テスト担当のマネージャ

だけでなく、開発全般を対象とするマネージャおよびマネージャを目指すエンジニアに一読して欲しい。組み込みソフトウェアのマネージャであれば、ハードウェア製品の品質マネジメントに関するノウハウと、本書で紹介されているノウハウを組み合わせ、効率的で確実なテストプロセスを実現して欲しい。また本書の最大の特徴は、豊富で具体的な記述である。ワープロソフトウェアのテストと、通信ボードとソフトウェアの統合を含むサーバ製品のテスト事例が記されており、読者が扱うテスト対象に置き換え(読み替え)しやすい。さらには、即戦力となる書籍といえるだろう。(渡辺 登)

## ソフトウェア・エンジニアリング関連イベントカレンダー

作成 : SEC Journal編集委員会

開催時期	開催日	イベント名	主催	開催場所	URL	
2005年	16日(水)~18日(金)	Embedded Technology 2005	社団法人 日本システムハウス協会 (JASA) 協賛:IPA)	神奈川県横浜市・パシフィコ横浜	http://www.jasa.or.jp/	
	16日(水)	ETソフトウェアロボットコンテスト・チャンピオンシップ	社団法人 日本システムハウス協会 (JASA) (特別協力:IPA/SEC, SESSAME)	神奈川県横浜市・パシフィコ横浜	http://www.etrobo.jp/	
11月	25日(金)	情報処理学会連続セミナー2005(第5回)「組み込みソフト開発事例(組み込みOS系)」	社団法人 情報処理学会	東京都千代田区・東京電機大学 神田キャンパス7号館1F 丹羽ホール	http://www.ipsj.or.jp/	
	28日(月)	情報処理学会連続セミナー2005(第6回)「組み込みソフト開発事例(コピキタス系)」	社団法人 情報処理学会	東京都千代田区・東京電機大学 神田キャンパス7号館1F 丹羽ホール	http://www.ipsj.or.jp/	
2006年	1月	30日(月)~31日(火)	JaSST'06 in Tokyo	ソフトウェアテストシンポジウム 実行委員会 (TEF:ソフトウェアテスト技術者交流会)	東京都千代田区・都市センターホテル	http://blues.se.uec.ac.jp/swtest/symposium.html
2月	9日(木)~10日(金)	Developers Summit 2006	翔泳社	東京都目黒区・目黒雅叙園	http://www.seshop.com/event/dev/2001/	
3月	7日(火)	日本のコンピュータ生誕50周年記念シンポジウム	社団法人 情報処理学会	東京都新宿区・工学院大学 新宿キャンパス	http://www.ipsj.or.jp/	
	7日(火)~10日(金)	第68回全国大会(学会創立45周年記念大会)	社団法人 情報処理学会	東京都新宿区・工学院大学 新宿キャンパス	http://www.ipsj.or.jp/	

## Embedded Technology 2005 SEC関連セミナーご案内

特別講演 S-1 11月16日(水) 10:30~11:30  
会議センター5F(501+502)

タイトル ソフトウェア開発力強化政策について ~組み込みソフトウェアを中心として~  
講演者 鍛冶 克彦 経済産業省 商務情報政策局 情報処理振興課 課長  
講演概要 経済産業省では、昨年11月に独立行政法人情報処理推進機構(IPA)内にソフトウェア・エンジニアリング・センター(SEC)を設置し、ソフトウェアの開発力強化に向けた様々な活動を推進してきている。本講演では、SECの一年間の活動成果を振り返ると共に、今後の活動の方向性を紹介する。

アドレス http://www.jasa.or.jp/et/conference/info\_special.html#S1

スペシャルセッション C-1 11月16日(水)13:00~17:00  
会議センター3F(301+302)

概要 2005年度のSECの成果を各担当者から説明する。  
セッションタイトル SEC2005年度成果プレビュー

タイトル 今年のSEC「組み込み系プロジェクト」活動報告  
講演者 猪狩 秀夫  
講演概要 SEC組み込み系プロジェクト6部会「スキル基準、キャリア開発、教育、品質向上技術、プロジェクト・マネジメント、開発プロセス」の活動実績と、共同研究、成果物を紹介する。

タイトル 「ETSSによる開発技術スキル診断」の紹介  
講演者 佐藤 和夫  
講演概要 11月18日(金)13:00~開催される「ETSSによる開発技術スキル診断」についての概略を紹介する。

タイトル コーディング作法Ver1.0にむけて  
講演者 大野 克巳  
講演概要 組み込みソフトウェアの実装品質向上を目的として、コーディング作法の開発策定を進めている。2005年春にバージョン0.8としてパブリックコメント公開を行ったものについて、今後の改定方針も含めて概要の解説を行う。

タイトル 開発プロジェクトを成功に導く「開発計画書」とは  
講演者 室 修治  
講演概要 「組み込み産業実態調査報告書2005」により、組み込み開発プロジェクトでは、プロジェクト・マネジメントの必要性が高まっていることがうかがえる。プロジェクト・マネジメントを実施するには、プロジェクト計画書が重要である。プロジェクト計画書の策定について「開発計画書テンプレート」をもとに紹介する。

タイトル 「ETSSキャリア基準」策定状況報告  
講演者 関口 正  
講演概要 2006年春正式バージョンを公開予定の「ETSSキャリア基準」の仕組みや考え方について紹介する。

アドレス http://www.jasa.or.jp/et/conference/info\_c.html#C1

上記は変更される場合があります。参加の際に必要な詳細事項は主催者にお問合せをお願いします。

パネルセッション P-2 11月17日(木) 15:00~17:00  
会議センター5F(501+502)

タイトル アジャイル手法は組み込みに使えるか  
モデレータ 渡辺 政彦 キャット株式会社  
パネリスト 田丸 喜一郎 他  
講演概要 過去3回、組み込みソフト開発の改善をテーマに様々なテーマで議論してきたが、今回はその集大成として近年、特に注目されているアジャイル手法を中心に議論を行う。アジャイルの第一人者の方々をパネラーに招聘し、組み込みソフトウェアを改善するための本質にせまる。

アドレス http://www.jasa.or.jp/et/conference/info\_panel.html#P2

スペシャルセッション C-7 11月17日(木) 14:00-17:00  
アネックスホール(F206)

タイトル 人間中心設計によって変わるETビジネス  
講演者 平山 雅之  
講演概要 組み込みシステムのユーザビリティは今後の組み込みシステムを考える上で欠くことのできない要素の1つである。本講演では組み込みシステム開発や組み込みビジネスの中に人間中心設計の発想を持ち込むことの意義や期待される効果等について考えてみたい。

アドレス http://www.jasa.or.jp/et/conference/info\_c.html#C7

テクニカルセッション TS-11 11月18日(金)13:40~15:10  
アネックスホール(F201)

タイトル モデルに捕らわれないプロセス改善への取り組み  
講演者 猪狩 秀夫  
講演概要 プロセス改善活動には、様々なモデルが紹介されているが、多くはモデルに捕らわれ改善経過を実感できていない。何処からどのように着手すべきか組み込みソフトウェア開発現場を分析し、改善活動への取り組み提案を行う。

アドレス http://www.jasa.or.jp/et/conference/info\_tech.html#TS11

スペシャルセッション C-11 11月18日(金) 14:00~17:00  
会議センター3F(301+302)

セッションタイトル 体験版 あなたの組み込み技術スキルの棚卸  
タイトル ETSS説明  
講演者 大原 茂之 東海大学 電子情報学部 情報メディア学科 教授 他  
講演概要 ETSSの基本構造と評価シートの説明を行う。  
タイトル 技術者の診断  
講演者 佐藤 和夫  
講演概要 技術要素、開発技術、管理技術についての診断に関して解説を行う。  
タイトル ETSS導入事例  
講演者 佐々木 方規 株式会社ベリサーブ  
講演概要 ETSS導入の事例を紹介する。  
アドレス http://www.jasa.or.jp/et/conference/info\_c.html#C11

SECが発足し1年が経過いたしました。あっという間でした。「SEC設立記念式典」から始まり、IPA-SEC主催のイベントだけでも「IPAX2005」、「SEC Forum 2005」、「IPA Forum 2005」と4件、その他「ET2004」、「ESEC/SODEC」、情報処理学会関連、日本科学技術連盟関連、日本システムハウス協会関連等数多くのセミナー、シンポジウム等に参加させていただき、毎月2回以上のSEC活動を報告していたこととなります。各種セミナー、シンポジウム等に参加させていただいた業界団体の方々には、SECの活動にご協力いただき感謝いたします。

さて、今回の「SEC journal」4号は論文特集号ですが、掲載いたしました論文が選出されるまでの経緯を簡単にご紹介したいと思います。井上査読委員長による「査読委員会」では、投稿された20件から4件の優秀賞選出を行いました。半日がかりで1件ずつ採点の根拠の確認を行いました。また小長審査委員長による「審査委員会」では、論文の発表後に1時間という短い時間での選出でしたが、各発表論文について「優れている点」「不十分な点」等審査委員全員から、非常に的確な講評があり、最優秀論文の選出に至りました。この審査委員会の会話はできることなら公開したい程(期待していた以上)の討議でした。皆さん非常に熱心で、関連論文を事前に調査してお持ちになった方もいらっしゃいました。また、相磯副委員長による論文の講評についても、短い時間で非常に的確にまとめていただきました(審査委員会終了後全員に、ぜひ次回もと、思わずお願いしてしまいました)。この場を借りて、査読委員、審査委員の方々には、深く感謝いたします。

今回の「IPA Forum 2005 SECコンファレンス(「SEC journal」創刊記念論文発表会)」に、企業の方が本当に参加してくださるか不安でしたが、250席がほぼ満員になるほど多くの方に参加していただいたことで、論文に副賞を付けた目的が一部達成できたと思います。

既に新たな論文募集(「SEC journal」への採録基準による査読付)を始めております。論文作成にあたっては「1 数量的に管理、2 開発実態の可視化、3 現場の知恵・知識活用、4 リアルタイムでの管理」を心がけ、企業の方は現場のソフトウェア開発データを盛り込むことに留意し、大学の方は企業と連携等を行い実証データによる裏付けに留意していただくことで、次回は発表者を目指していただきたいと思ひます。

本journalに対してのご意見もお待ちしております。<ご意見用メールアドレス: sec-journal@ipa.go.jp> (ヒゲ)

## SEC journal 編集委員会

### 編集委員長

猪狩 秀夫(ソフトウェア・エンジニアリング・センター 組込み系プロジェクト)

### 編集委員(50音順)

赤田 真弓

伊東 稔

川井 奈央

菊地奈穂美

田丸喜一郎

樋口 登

松浦 清

神谷 芳樹

門田 浩

渡辺 登



SEC journal 第1巻第4号(通巻4号) 2005年11月4日発行

独立行政法人 情報処理推進機構 2005

編集兼発行人 〒113-6591 東京都文京区本駒込2-28-8 文京グリーンコート センターオフィス16階  
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 所長 鶴保 征城  
Tel.03-5978-7543 Fax.03-5978-7517  
http://sec.ipa.go.jp/

編集・制作 〒101-8460 東京都千代田区神田錦町3-1 株式会社オーム社 Tel 03-3233-0641

本誌は、「著作権法」によって、著作権等の権利が保護されている著作物です。  
本誌に掲載されている会社名・製品名は、一般に各社の商標または登録商標です。

# SEC journal 論文募集

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・センターでは、  
下記の内容で論文を募集します。

## 論文テーマ

ソフトウェア開発現場のソフトウェア・エンジニアリングをメインテーマとした実証論文

開発現場への適用を目的とした手法・技法の詳細化・具体化などの実用化研究の成果に関する論文

開発現場での手法・技法・ツールなどの様々な実践経験とそれに基づく分析・考察、それから得られる知見に関する論文

開発経験とそれに基づく現場実態の調査・分析に基づく解決すべき課題の整理と解決に向けたアプローチの提案に関する論文

## 論文分野

品質向上・高品質化技術  
レビュー・インスペクション手法  
コーディング作法  
テスト/検証技術  
要求獲得・分析技術、ユーザビリティ技術  
見積り手法、モデリング手法  
定量化・エンピリカル手法  
開発プロセス技術  
プロジェクト・マネジメント技術  
設計手法・設計言語  
支援ツール・開発環境  
技術者スキル標準  
キャリア開発  
技術者教育、人材育成

## 論文の評価基準

- a. 実用性(実フィールドでの実用性)
- b. 可読性(記述の読みやすさ)
- c. 有効性(適用した際の効果)

- d. 信頼性(実データに基づく評価・考察の適切さ)
- e. 利用性(適用技術が一般化されており参考になるか)
- f. 募集テーマとの関係

## 応募要項

### スケジュール

A募集 2005年11月末必着  
B募集 2006年5月末必着  
両募集とも、採録の場合には「SEC journal」への掲載およびIPA SECのWebやイベント等での発表を行います。

### 提出先

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・センター内「SEC journal」事務局  
eメール:sec-journal@ipa.go.jp

### その他

論文の著作権は著者に帰属しますが、採択された論文については「SEC journal」への採録、ホームページへの格納と再配布、論文審査会での資料配布における実施権を許諾いただきます。提出いただいた論文は返却いたしません。応募時の個人情報の取扱いは下記のとおりです。SEC内の審査事務局にて管理し、論文審査に係わる査読委員、審査委員とSECが行う広報活動(論文公募、各種イベントの案内、実態調査など依頼)で使用することを許諾いただきます。

## 応募様式

応募様式は、下記のURLをご覧ください。



http://sec.ipa.go.jp/secjournal/oubo.php

## SEC journal バックナンバーの ご案内

http://sec.ipa.go.jp/secjournal/  
よりご注文いただけます





IPA

独立行政法人 情報処理推進機構