

SEC[®]

journal

Software Engineering Center

28

巻頭言

築田 稔 社団法人組込みシステム技術協会 会長

所長対談：渡辺 尚生 東京ガス株式会社 常務執行役員 技術開発本部長

スマートエネルギーネットワークの実現と ITの役割を考える

連載 情報システムの障害データ

情報システムの障害状況 2011年後半データ

トピックス

ETロボコンと組込み技術者教育 エンタプライズ系ソフトウェアプロジェクトにおける 層別生産性とその信頼区間

国際連携

仏CEA-LISTとの国際合同ワークショップ開催について

技術解説

変革を求められるIT人材 -高信頼設計・検証を担う人材育成-

ESxRトレーナーズトレーニングの紹介

定量的プロジェクト管理ツール (IPF) の紹介

組織紹介

横浜スマートコミュニティの紹介

システム開発文書品質研究会ASDoQ (アスドック)

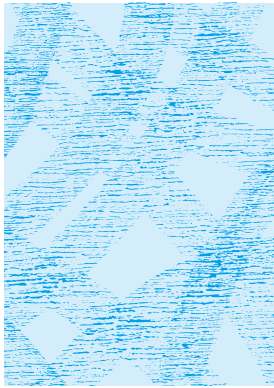
Column

今、伝えたいこと

IPA

独立行政法人情報処理推進機構

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



SEC journal No.28
2012年3月30日発行
第8巻第1号(通巻30号)
ISSN 1349-8622

巻頭言

1 築田 稔 社団法人組込みシステム技術協会 会長

所長対談：渡辺 尚生 東京ガス株式会社 常務執行役員 技術開発本部長

2 スマートエネルギーネットワークの実現と
ITの役割を考える

連載 情報システムの障害データ

6 情報システムの障害状況 2011年後半データ

松田 晃一
金沢 成恭

トピックス

9 ETロボコンと組込み技術者教育

星 光行 株式会社システムファクト 事業戦略室 室長
社団法人組込みシステム技術協会 理事 ET展実行委員会 副実行委員長 ETロボコン本部実行委員長

17 エンタプライズ系ソフトウェアプロジェクトに
おける層別生産性とその信頼区間

古山 恒夫 東海大学理学部 教授 IPA/SEC専門委員

国際連携

25 仏CEA-LISTとの
国際合同ワークショップ開催について

佐々木 勇人

技術解説

26 変革を求められるIT人材

—高信頼設計・検証を担う人材育成—
室 修治

30 ESxRトレーナーズトレーニングの紹介

石井 正悟

35 定量的プロジェクト管理ツール (IPF) の紹介

ソフトウェア開発プロジェクトの効果的な定量的管理を支援するために
大和田 裕

組織紹介

40 横浜スマートコミュニティの紹介

有馬 仁志 横浜スマートコミュニティ 代表 dSPACE Japan株式会社 代表取締役社長

43 システム開発文書品質研究会ASDoQ (アスドック)

山本 雅基 名古屋大学大学院情報科学研究科 附属組込みシステム研究センター ディレクタ/
特任准教授 博士(情報科学) システム開発文書品質研究会 代表幹事

Column

45 今、伝えたいこと

鶴保 征城 IPA顧問 学校法人・専門学校HAL東京 校長

46 BOOK REVIEW

47 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 / SEC BOOKSのご案内

48 編集後記

お知らせ(論文募集 / SEC journalバックナンバー)

社会の安心・安全を目指す 組込みシステム業界として

社団法人組込みシステム技術協会
会長

築田 稔



組込みソフトウェア産業の抱える課題

リーマンショック以降、業況はおおむね回復基調にありましたが、2011年3月11日の東日本大震災や急激な円高、欧州の債務危機による影響を踏まえると、日本の経済情勢は依然として厳しい状況と言えます。

さて、組込みソフトウェア業界は2008年4月に、日本標準産業分類3912に規定されることで、日本の産業界における重要性が認知されるとともに、その課題も浮き彫りになってきました。

組込みソフトウェアの品質の向上は、社会の安心・安全を保つために必須要件であり、生産性の向上並びに技術の高度化は、グローバル競争の中で打ち勝つためには不可欠なものとなっています。

JASAの取り組み

組込みシステム技術協会（JASA: Japan Embedded Systems Technology Association）は、これらの課題を解決すべく下記の活動を展開しています。

- ①組込みシステム技術の普及啓発事業
組込み総合技術展（ET展）の開催
（カンファレンスを併設し横浜と大阪にて開催）
- ②組込みシステム技術の高度化及び効率化推進事業
各種組込み技術の調査研究活動と成果発表イベント開催
- ③組込みシステム技術者の育成及び資格認定事業
組込みソフトウェア技術者認定試験（ETEC）の実施と、学生から社会人を対象としたETロボコ

ンの企画運営及び教育機関と連携し、学生に対する組込みシステム技術のスキル教育による啓発活動

④セキュリティ高度化事業

組込み業界企業を対象とした情報セキュリティ対策成熟度評価・認証制度（CMSiS）の立ち上げ

⑤組込みシステム業界の地域振興及び国際交流事業 全国7拠点での活動と海外の業界団体との交流

これらの諸事業を円滑に進めるためには、他団体との協力は不可欠と言えます。

IPA/SEC との協調

IPAにはその事業の普及を目的に、組込み総合技術展に毎年出展していただき、また、併設して行われるETロボコンチャンピオンシップ大会では、昨年よりIPA賞を設けていただいております。

とくにIPA/SECの提供する「組込みシステム開発技術リファレンス（ESxRシリーズ）」は、組込み技術者のバイブルともなるべきものとして、JASA内で数回にわたりセミナーを開催していただいております。

当協会のETEC試験はSECの組込みスキル標準（ETSS）に準拠しており、また、CMSiSを進める上でも、IPAのベンチマークを参照して5段階の成熟度レベルを設定しています。

今後は更に他団体との協力関係を深めるとともに、IPAとの連携強化を図り、社会の安心・安全に応えるための事業活動へ邁進していくことが重要であると考えます。

スマートエネルギーネットワークの実現とITの役割を考える

東京ガス株式会社
常務執行役員 技術開発本部長
渡辺 尚生

SEC 所長
松田 晃一

東日本大震災を境に、エネルギー問題への関心が急速に高まってきた。そして今、電気エネルギーや熱エネルギー、さらに自然エネルギーをうまく組み合わせて、最適なエネルギーシステムを構築する技術、スマートエネルギーネットワークに注目が集まっている。ここでは、スマートエネルギーネットワークの現状と今後の見通し、そしてスマートエネルギーネットワークを実現していく上でITが果たす役割について、お話を伺った。

松田：これまではエネルギーというと電気にばかり目が向きがちだったと思います。しかし、熱エネルギーも大事な社会インフラです。そして今、熱エネルギーと電力エネルギーをうまく統合したスマートエネルギーネットワークが構想されていると伺っています。熱エネルギーの重要なプレイヤーである東京ガスさんの取り組みを含めて、今後のエネルギーシステムについてお話を伺いたいと思います。初めに、ガスの供給システムの現状についてお話しただけないでしょうか。

渡辺：東京ガスでは首都圏を中心に1,000万件を超えるお客様に都市ガスをお届けしています。お届けしている都市ガスの主成分は、天然のメタンガスであり、世界各地で採取されます。採取された天然ガスは現地で液化され、液化天然ガス（LNG）の形でタンカーに載せ、日本のLNG基地に運ばれてきます。東京ガスはLNG基地で受け入れたLNGをガス化し、パイプラインを通してお客様にお届けしています。

松田：パイプラインの長さはいくつのくらいなのですか。

渡辺：総延長で約5.9万kmです。天然ガスは、LNG基地から非常に高い圧力で送り出し、

パイプラインの途中でだんだん圧力を下げてお客様にお届けしています。電力を送る際に電圧を高圧から低圧に落としていくことと同じ仕組みです。電力会社の変電所に相当する設備がパイプラインのところどころにあるのです。ガスは家庭でお湯を沸かすときや料理に使っていただいています。じつは需要の4割は工業用の需要です。鉄を処理する炉を高温にしたり、蒸気を作り出すボイラーに都市ガスをお使いいただくこともあります。また、電気と蒸気の両方を必要とするお客様は都市ガスで発電し、そのときに出てくる排熱も利用して蒸気を作っています。

松田：火力発電所は重油を使っていたと思いますが、その代わりにガスを使うようになっているのでしょうか。

渡辺：現在、日本の火力発電所の46%が天然ガスを利用するようになっています。一部の天然ガスはガス会社と電力会社とが共同購入しています。

高まるエネルギー問題への関心

松田：東日本大震災を境に、一人ひとりがエネルギー問題を自分のこととして考える機運が高まってきたように思います。

渡辺：そうですね、エネルギーの信頼性に対する意識も非常に高まったと感じています。従来、あつて当たり前のように使っていた電気やガスも、ひとたび供給障害が起きると全く利用出来なくなり、その不便さに多くの方が改めて気づかれたと思います。そして、自力で補えるものは補おうと考える方が増えていると感じています。

松田：大震災の前からもエネルギー問題に対する関心はありましたが、それは地球温暖化を背景としてクリーンエネルギーを使おうという意識が中心だったように思います。それが、エネルギーを安定して供給するために様々なことを考え直すべきではないか



渡辺 尚生 (わたなべ ひさお)

1975年東京大学工学部計数工学科卒業、同年東京ガス入社。システムセンターで大型計算機オペレーション、数理計画業務等に従事。企画部門での技術開発企画、業務用ビルや工場への都市ガス営業の経験の後、2000年から通信事業会社に出向。情報通信部長、総合研究所長、技術戦略部長の後、2009年常務執行役員技術開発本部長、2012年東京ガス退任、株式会社代表取締役社長（予定）

という見方へと変わってきているように思います。

渡辺：大震災以降は、3つのEプラスSという表現が使われています。Energy、Environment、Economyに加えてSecurityが必要だと言われるようになってきました。セキュリティを確保しつつ、地球温暖化問題の解決に貢献するエネルギーの使い方を考えようと人々の意識が変わってきていますね。

スマートエネルギーネットワークへの期待

松田：電力の安定供給はもちろん必要ですが、さらに熱エネルギーを加えて、電気のネットワークと熱のネットワークを重ねてコントロールする、スマートエネルギーネットワークが、これから重要になると思います。

渡辺：スマートエネルギーネットワークの一つの動機は再生可能エネルギーを出来るだけ取り込みたいということにあると思います。基本的に再生可能エネルギーは不安定な電源です。太陽が照らなければ発電出来ませんし、風が止まれば発電出来ません。この不安定な電源を上手に使いこなすためにはスマートグリッドのような仕組みが必要だと議論されてきました。そして、大震災を経験して、セキュリティ問題を考えても再生可能エネルギーを地産地消のエネルギーとして導入し、従来の電力系統と連携させて利用しようという考え方が出てきています。エネルギーは電力だけでなく、空調を中心に熱エネルギーもたくさん使われています。私どもは、天然ガスを用いて発電が出来るガスエンジン発電機やガスタービン発電機と、太陽光発電、風力発電などの再生可能エネルギー設備と一緒に設置することによって、安定した電力供給と、熱の有効利用も出来るスマートエネルギーネットワークを提案しています。

松田：渡辺さんのお話には重要なコンセプトがあると思います。それはエネルギーの地産地消です。別の言葉を使うと集中と分散のバランスをうまく取ることでですね。電力と熱エネルギー、再生可能エネルギーをうまく組み合わせるために、コジェネレーションや燃料電池など具体的な製品をつくられていますね。

渡辺：スマートエネルギーネットワークの大きな目的は省エネを図ることです。そのためには、個々のエネルギー利用機器を出来るだけ高効率で動かすことが求められます。ガス機器は昔に比べて非常に高効率になっています。今の高効率ガス給湯器は熱エネルギーの95%がお湯になります。ご家庭用の燃料電池は発電効率37%（高位発熱量基準）になります。また、同時にお湯を作ります。熱に使用する部分が約45%なので、全体としてエネルギーの約80%を発電と熱に使えるわけです。また、数千kW級のガスエンジンには発電効率が約43%の製品があります。こちらも発電時の

熱が利用出来ます。天然ガスを用いて火力発電所で発電する場合、最も効率が高いもので50%を超える効率で発電していますが、最終的に系統をたどってお客様に届くまでにロスが生じるので、平均的には約37%の効率になっています。

松田：燃料電池は家庭用のものでもその発電効率は大規模な火力発電所と同程度で、それにお湯が利用出来るというプラスαが得られるということですか。

渡辺：まさしくそういうことです。

松田：家庭用燃料電池は、超小規模のコジェネレーションシステムといえますね。

渡辺：そうです。一般的なコジェネレーションシステムは工業用や業務用ビルに日本全国で440万kW導入されています。電力と熱の両方をお使いいただくシステムとして、ほぼ確立されています。

開発が進むスマートメーター

松田：電力の負荷の変動あるいは再生可能エネルギーの発電量の変動を埋めるものとして、熱エネルギーを使った発電があるとお話ですが、その内容についてお話しいただけますか。

渡辺：再生可能エネルギーの発電量のコントロールは難しいものがあります。例えば太陽光発電であれば、昼夜の差や雲の量によって、ずいぶん変動します。そのため、余った場合には蓄電池に貯めておきます。また、不足した際には蓄電池から取り出すことにより、発電量の変動を補うことが出来ます。ただし、蓄電池の問題として、価格が高く、大容量化が難しいこと、貯めたエネルギーの3割くらいは利用出来ないことがあります。大容量化が難しいということは、必要な電力量が不足という事態もあり得ます。そこで、再生可能エネルギーの変動を補うには、エンジンやタービンなどの発電機の利用のほうがよい場合もあります。さらにコジェネレーションシステムを用いれば地域の熱需要にも応えられます。

松田：頻繁にエンジンやター



松田 晃一（まつだ こういち）

1970年京都大学大学院修士課程修了後、日本電信電話公社入社。NTTソフトウェア研究所ソフトウェア開発技術研究部長、株式会社国際電気通信基礎技術研究所（ATR）取締役企画部長、NTTコミュニケーション科学研究所 所長、NTT先端技術総合研究所所長、NTTアドバンステクノロジー株式会社代表取締役常務、NTT AT IPシェアリング株式会社代表取締役社長を歴任し、2008年2月IPA（独立行政法人情報処理推進機構）IT人材育成本部長に就任、2009年1月よりSEC（ソフトウェア・エンジニアリング・センター）所長、工学博士。

ピンをコントロールすることは大変なことのようにも思いますが、その点はいかがでしょうか。

渡辺：おっしゃるとおりです。エンジンによって発電する場合、出力を絞ると効率が下がります。したがって、今申し上げたシステムを作るときには、エンジンの大きさをどうするか、そしてどういう再生可能エネルギーと組み合わせるかという設計が非常に重要になります。熱を利用するといっても熱の使い方もいろいろあります。業務用途では、熱は空調に使うことが多いのですが、季節によって冷房に使うのか暖房に使うのかといった用途が変わるので、シミュレーションを繰り返しながら機器や容量の最適な組み合わせを定めていくことになると思います。

松田：ある程度広い地域でコジェネレーションシステムを共用する実験が行われていると伺っています。どのような取り組みなのでしょうか。

渡辺：東京都荒川区・南千住の当社敷地内に研究開発の拠点を含めた複数のビルがあります。そこでスマートエネルギーネットワークを構築し、発電と空調を行って、全体システムを最適にコントロールする技術の実証実験に取り組んでいます。その実証実験の一つの特徴は、敷地内に閉じているのではなく、道を隔てた荒川区さんの特養老人ホームとも熱の融通をしていることです。

松田：スマートエネルギーネットワークの狙いの一つとして、需要と供給のバランスをうまく保つことがあります。このために需要側のエネルギー消費を制御するスマートメーターと呼ばれる技術が必要だと思います。スマートメーターは電力会社が先行して取り組んでいるように見えますが、ガス会社としての取り組みはいかがでしょうか。

渡辺：ガス会社はメーターの機能を高度化するという取り組みをずっと続けてきています。ポイントは、メーターのコストを下げることと精度を高めることです。100年以上前から、ガスの体積を量る技術をベースにしたメーターを利用してきています。現在は、超音波を用いてガスの流量を測る技術が出来ており、その技術を採用して高度化を図ったメーターがほぼ完成しています。このメーターには、電子回路が搭載されていて、通信機能を実現すると共に保安機能をさらに高度化させたものとなっています。

松田：ガスの検針は人手によって行われていますが、メーターに通信機能が付けば検針が自動化されますね。

渡辺：課題はコストです。人手による検針は案外に低コストなのです。1日に1回検針したり、毎時間検針してお客様に提示するというニーズが出てくればスマートメーターによる検針機能が必要になるのですが、1カ月に1度の検針だけであれば、スマートメーターの普及はコストの点で難しいですね。

松田：電力の場合は、パワーラインを使った通信も出来るので通信機能が付けやすいのですが、ガスの場合はそういう方法がとれませんね。

渡辺：残念ながらガス管を使った通信は出来ないで、別途通信サービスを使用することになります。そのためには、電源がメーターに必要になります。メーターは10年に1回取り替えることになっています。そのため、内蔵している電池は通信機能を含めて10年間もつものでなければなりません。通信サービスに何をを使うかは、これからの課題です。

松田：現在のガスのメーターには電池が入っているのですね。

渡辺：そうです。保安機能を搭載したマイコンを動かすための電池です。また、スマートメーターから出てくる信号を送送するためのインターフェースの仕様も作ってあります。そして、各種のセンサーや通信をするための非常に低電力で動く無線システムについても東京ガスで開発し、国際標準化を進めているところです。

松田：電気の場合、検針値を活用して、老人の見守りサービスを実現している例もあるようですね。

渡辺：東京ガスも、メーターの通信機能を用いて、そうしたサービスを有料サービスとして提供しています。有料のサービスにご加入いただいたご家庭のメーターを通信機能付きのメーターに取り替え、見守りサービスやご両親のお宅のガス機器が正常に動いているかどうかといった情報をご家族の携帯電話に通知するというサービスを提供しています。

松田：ガス事業にITが組み込まれて活用されているのですね。現在は、それをどう生かすか、どう広げていくかというところへきている段階ですか。

渡辺：そうです。ITを活用してどういうビジネスモデルを描くかが最大の問題であり、スマートエネルギーネットワークでITが実現するものはビジネスモデルそのものだと思っています。エネルギーをコントロールすること、あるいはコントロールして出来上がった価値をお客様に買っていただくことになるわけですから。ビジネスモデルを実現する上で、エネルギーの供給事業者からITを見ると、実のところソフトウェアにまつわる問題すべてが見えているわけではありません。ソフトウェアのセキュリティやそのソフトウェアをどこに置いて誰がコントロールすると最も効率や保守性がよいのか、よく分からないことが多いのが現状です。そうした点について、ITのご専門の方からお知恵をいただきたいと考えています。また、スマートエネルギーネットワークが実現されると、扱うデータ量が飛躍的に増えると考えられます。ビッグデータという言葉がありますが、エネルギー屋からすると大量のデータをどうハンドリングしたらよいのか分からないということがあ

ります。IT の側から標準的な処理方法も含めて提供されるとありがたいですね。

HEMSの実現に向けて実験を推進

松田：家庭を対象としたスマートエネルギーハウスを実現するためには、コジェネレーションや再生可能エネルギーをベストに組み合わせる制御するホームエネルギーマネジメントシステム (HEMS) と呼ばれるシステムが求められますね。そのためには、家電メーカーや電力会社、ガス会社などが業界をまたがって取り組む必要があると思いますが、現状の取り組みはいかがでしょうか。

渡辺：ガス機器が HEMS でコントロール出来るよう、インターフェースや信号をどういうものにするかという点について、関連する業界の方々にご相談しなければいけないと考えています。HEMS にするメリットとして省エネ以外にどんなものがあるのか、家電メーカーさんも模索している段階だと思います。東京ガスでは、電気機器メーカーさんやハウスメーカーさんと一緒にさせていただいて、どういうものがお客様にメリットがあり、お客様に受け入れていただけるかを考える実験に取り組んでいます。例えば、東京ガスでは磯子に建設する家族寮に燃料電池を付けたり、太陽光を利用したり、電気自動車も使用して実証研究をします。それを HEMS でコントロールしてどういう情報を提供したらどういう行動になるのかを検証していきます。また、マンションのデベロッパーさんと一緒になって省エネサービスの HEMS を導入してお客様に使っていただく取り組みを進めています。

松田：HEMS のアピール点としては、省エネは当然ですが、エネルギーの供給安定性、信頼性もアピールポイントになると思います。

渡辺：そうですね。エネルギーのセキュリティも大きな価値だと思いますが、それ以外にも別の価値が出てくる可能性もあります。それは環境に対する一般の方の意識の高まりです。省エネはどちらかというと節約です。別の表現でいうと、電気代やガス代が下がるという方向ですね。それは大きなインセンティブですが、同時に地球環境のためになるなら多少お金を払ってもいいと考える人の割合が増えていると思います。そういう人々に対しては、今日一日行動した結果、どれだけ CO₂ が減ったのかをお見せする仕組みも歓迎されるのではないかと思います。実際にそういう実験も行っています。

松田：よい取り組みですね。ところで、エネルギーを扱われる企業として、安全問題には非常に神経を使っておられるのではないかと思います。IT システムあるいはソフトウェアは、今では人の安心・安全にかかわりが深くなっています。その点についてどのような取り組みをされていますか。



渡辺：東京ガスのブランド価値は、安心・安全・信頼だとずっと言い続けています。ありとあらゆる場面で安心・安全のために会社全体で取り組んでいます。機器の安全はもちろんですし、地震時には安全にガスを止め、事故が起こらないようなシステムを作ってきています。ところで、IT がらみのことで気になるのは、ガスの安全をコントロールしているシステムがサイバーテロなどに脅かされることが無いようにすることです。ガスを供給するコントロールや監視のシステムは外部と繋がっていません。それで完全だということはありませんが、まずはそういう手立てをしています。スマートエネルギーネットワークが実現されると、大きなネットワークの中で機器情報だけでなく、お客様の個人情報も飛び交うこととなります。プライバシー問題も含めいかにセキュリティを担保するかが大きな課題だと考えています。また、スマートエネルギーネットワークは複雑なコントロールをすることになりますが、安全に動くことが保障されなければなりません。一方で、ユーザーが意識せずとも、多くの機能が自動的に動くことが求められますが、同時にユーザーの身体に危害が及ばない安全性を保障することが課題になると考えています。

松田：ご指摘の制御監視システムに対する外部からの攻撃の問題は、今後非常に重要な課題であると認識しており、セキュリティセンターを中心に検討を進めています。また、SEC としてもソフトウェアエンジニアリングの観点から安心・安全の確保に貢献すべく取り組みを続けていきたいと考えています。本日はありがとうございました。

文：小林 秀雄 写真：越 昭三朗

情報システムの障害状況 2011年後半データ

SEC所長 松田 晃一 SEC研究員 金沢 成恭

前号No.27で報告した2011年前半分のデータに引き続き、2011年7月から12月までの後半(半年分)の情報システムの障害状況を報告する。この間に報道された情報システムの障害は合計18件、月平均3.0件/月であり、ここ数年に無い高い水準となった。今期の障害の中には、急激なトラフィックの増加にシステムの処理能力が追従出来ず、サービスが不安定になる、あるいは停止するという障害が多く見られた。利用状況などシステムを取り巻く環境の変化に応じて、開発時に設定した設計条件を見直し、変化に遅れることなくシステムを改善し、対応することの重要性を示唆している。

1. はじめに

私たちの生活に大きな影響を与える情報システムの事故は相変わらず後を絶たない。実際に起こった事故の経験を次に生かし、同種障害の再発を防止することを狙いにSEC journalではNo.26から情報システムの障害に関する情報の連載を開始した[松田 2011]。本稿では、前号No.27で報告した2011年前半の状況[松田 2012]に引き続き、同7月から12月までの後半6カ月間の障害状況を報告する。

2. 2011年後半の概況

2011年7月から12月までの半年間で報道された情報システムの障害数は合計18件と最近では例の無い多数となった。その全体は表1に示す通りであり、障害発生件数を月平均にすると3.0件/月となる。これは2010年の平均値1.47件/月[松田 2011]、2011年前半の平均値1.5件/月[松田 2012]と比較して約2倍の高い水準となる。過去のデータを見ると、2007年の月平均3.1件/月や2008年の4.5件/月に次ぐ高い水準である[経産省 2009]。月別の発生件数を2011年全体で示すと図1の通りとなる。

2011年後半の障害の中には、交通機関や金融機関、通信事業者など社会活動や経済活動を支える重要インフラシステムの障害も多く、一般市民生活に大きな影響を

与えた。中でも、スマートフォンのメールが意図しない相手に届くといった通信の根幹を揺るがす障害や、金融機関の取引が長時間にわたって中断されるなど、一般市民生活に直接大きな影響を与えた情報システムの障害が発生している。これら重要インフラシステムについての障害対策やサービスの継続対策の一層の強化が望まれるところである。

また、全18件のうち原因が判明している15件について原因別に見ると、ソフトウェアの障害は7件で、その他の原因として電源障害2件、回線障害1件、容量設計の不備3件、システムの設定誤り2件などとなっている。

3. 高負荷がもたらす障害

今期の障害の特徴は、容量設計の不備に分類された3件(表1のNo.1115, 1126, 1127)である。障害を引き起こしたきっかけは、どれも予想外のアクセスの集中やこれまでには無かった多量の処理要求が発生したことを契機に生じた障害である。またこの他に、プログラムの不具合が原因であった2件(表1のNo.1118, 1119)についても、システムが高負荷の状態になったためにこれまで潜在的に抱えていたソフトウェアのバグが顕在化したものであり、さらに障害の原因が不明である1件(表1のNo.1113)も相場の急変によるトラフィックの集中がシステム障害のきっかけとなったと伝えられている。

システム開発の段階で、設計条件として設定している

トラフィックが確実に処理出来ることを確認したか？ もしも設計条件を超える負荷がシステムにかかったときにシステムは安定して運転出来るか？ バースト的に異常に高い処理要求が集中したときにはどうか？ といったことがシステムの開発の段階で十分確認されていたか、などについて今後の検証が待たれるところである。

さらに、このような確認が開発段階において十分になされていたとしても、システムを長期間運用するうちにユーザの利用特性など、システムを取り巻く環境条件の変化によって、開発時点では妥当であった設計条件が、現在の利用条件を満足しなくなっていることに気付かずにそのまま運用を続けて問題を起こすケースも多い。

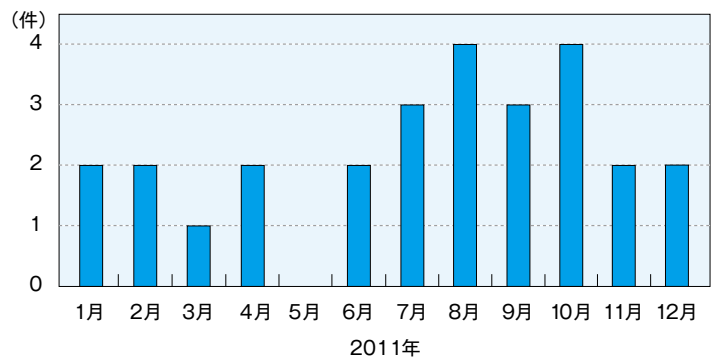
昨年3月に発生した、みずほ銀行システムの障害は、その事例として挙げる事が出来る。みずほ銀行のシステム障害特別調査委員会の報告書[みずほ 2011]において、次のような指摘がなされている。やや長くなるが以下に引用する。

「システム障害は、夜間バッチで実行された1処理においてリミット値を超過したことを起因として発生したものである。当該リミット値はシステム稼働時（1988年 筆者注）から設定の見直しはなされておらず、定期的な点検項目にも入っていなかった」

さらに「勘定系システムは1988年に稼働を開始したものであるが、その後、情報環境は大きく変化し、例えば、ATMは、当時においては稼働時間が限定されていたものの、現在では24時間の利用が可能となり、インターネット・モバイルを始めとした取引チャネルが多様化し、情報量が増大したばかりか短期集中的な処理を求められるようになっており、そのためにシステム復旧に充てられる時間的な余裕は減少しつつある。したがって、このような状況の変化に応じシステムにおいても柔軟に対応すべきであった」と指摘している。

これは、みずほ銀行固有の事情ではなく、多くの情報システムに共通にいえることである。例えば、2011年12月に発生した携帯電話の通信障害（表1のNo.1127）は、利用者の端末が旧来の携帯端末からスマートフォンに移行していく中で、トラフィック特性が大きく変化したことに対し、対応が後手に回った事例である。

図1 情報システム障害の月別発生件数（報道に基づきSECが整理）



開発時点では適切な容量設計であっても、放っておくと時間の経過と共に環境に十分に対応しきれなくなることは当然である。運用中に、定期的にそのような観点での見直しを行い、システムがその時々環境に適合するよう必要なシステムの増強や保守などを実施することが重要である。このような観点からシステムを定期的に点検し、必要な処置を講ずることはマネジメントの役割であることを再度指摘しておきたい。

4. むすび

2011年後半6カ月間の情報システムの障害情報を、報道などをもとにSECにおいて整理したものを報告した。すべての障害を網羅したものではないが、社会的に影響の大きいものについては、ほぼ収集出来たと考えられる。本文でも述べたとおり、システムの運用は長期にわたるため、開発当初には妥当であった設計条件が現状に合わなくなって障害を引き起す例が多く見られる。システム監査の観点として、このような見方も重要であることを改めて指摘しておきたい。

参考文献

- [松田 2011] 松田晃一・金沢成恭：情報システムの障害状況 2010年データ, SEC journal No.26, Vol.7, No.3, pp.102-104, Oct.2011
- [松田 2012] 松田晃一・金沢成恭：情報システムの障害状況 2011年前半データ, SEC journal No.27, Vol.7, No.4, pp.150-152, Jan.2012
- [みずほ銀行 2011] システム障害特別調査委員会：調査報告書, 2011年5月20日
- [経産省 2009] 経済産業省, IPA, 社団法人日本情報システム・ユーザー協会：重要インフラ情報システム信頼性研究会報告書, 2009年3月

表1 2011年後半の情報システム障害データ(報道に基づきSECが整理)

No.	システム名	発生日時(上段) 回復日時(下段)				影響	現象と原因	直接原因	主な情報源
		年	月	日	時				
1110	東京金融取引所 外国為替証拠金 取引システム	2011	7	5	深夜	外国為替証拠金(FX)取引「クリック365」のシステム障害によって「ユーロ・円」取引などの6通貨ペアが売買出来なくなった。また、日経平均株価を対象とする商品(「くりっく株365」)の売買も止まった。	不明。	不明	・日本経済新聞(2011.7.7朝刊)
		2011	7	5	発生後約1時間				
1111	東京競馬 南関東4競馬場 共同トータル ゼータシステム	2011	7	8	12時50分	馬券の発券や払い戻し、オッズの表示、券売機の制御など、レース運営を支援するシステムが障害となり、川崎競馬で当日開催予定の全11レースが中止となった。	ハードウェア(ディスプレイ)の電源故障が原因で、データベースの一部情報が消失。復旧に時間がかかった。	電源故障	・日経コンピュータ(2011.8.18)
		2011	7	8	16時42分				
1112	JR(西日本、 九州、北海道) 座席予約システム	2011	7	13	15時00分	JR西日本、JR九州、JR北海道のインターネット列車予約サービスでシステム障害が発生し、携帯電話・パソコンからの座席予約・変更操作が利用出来ず。JR西日本管内で約1,500件の予約・変更操作に影響。	JR三社は、座席予約システムの管理を「鉄道情報システム」に委託しており、三社が同じサーバーを用いて「旅客総合システム(マルス)」に接続している。このサーバーがダウンしたためサービスが停止した。サーバーのダウンの原因はプログラムの設定ミス。	設定誤り	・JR西日本報道発表(2011.7.17) ・JR北海道報道発表(2011.7.17) ・西日本新聞(2011.7.15朝刊)
		2011	7	14	5時30分				
1113	スター為替証券 システム	2011	8	3	不明	外国為替証拠金(FX)取引「クリック365」でシステム障害が発生し、取引を一時停止。	相場の急変で処理が遅延したことが原因。	不明	・日本経済新聞(2011.8.3朝刊)
		2011	8	7	不明				
1114	東京電力 地震記録 収録装置	2011	5	16		東京電力福島原発に設置されている一部地震計で、ソフトウェアの不具合により、観測データが記録されていないことが判明。6月17日までに改修。その後、点検の結果、全国5電力事業者の地震計について、データを記録する装置計24台でソフトウェアの不具合が見つかり、8月17日までに改修された。	ソフトウェアの不具合。 詳細は不明。	プログラム バグ	・原子力安全・保安院 報道発表(2011.5.16/2011.8.17) ・日本経済新聞(2011.8.18朝刊)
		2011	8	17					
1115	NTTドコモ spモード サービス	2011	8	16	11時29分	スマートフォンによるインターネット接続とメールサービスを使う「spモード」で、ホームページへの閲覧やメールの送受信がしにくい状態が7時間続いた。	通信の中継設備の故障と、障害に伴う通信の集中が原因と推定。	容量設計の 不備	・NTTドコモ報道発表(2011.8.17) ・日本経済新聞(2011.8.17朝刊)
		2011	8	16	18時29分				
1116	DeNA サイト	2011	8	25	9時20分	DeNAが運営するサービスサイト「MobaGe」やDeNA企業サイトが利用出来なくなった。	回線障害。	回線障害	・DeNA 報道発表(2011.8.25/8.26)
		2011	8	26	0時05分				
1117	成田国際空港 手荷物運搬 システム	2011	9	3	9時頃	成田空港第2ターミナルにおいて手荷物を搬送するベルトコンベアが故障。予備のベルトコンベアへの切替や人手による対応をしたが、手荷物の積み込みに手間取り、40便以上の航空機の出発が最大で2時間50分遅れるなどの影響。	運転を管理するコンピュータのプログラム障害。	プログラム バグ	・日本経済新聞(2011.9.4朝刊)
		2011	9	4	朝				
1118	UQコミュニケー ションズ WiMAX サービス	2011	9	21	17時45分	WiMAX サービスにおいて東日本地域全域の通信が不能。最大70万人に影響。	台風の影響などでアクセス増大。認証サーバーの応答が遅延して大量のトリップ処理を繰り返す、制御サーバーが高負荷状態に陥りシステム停止が発生。再起動を試みるも、輻輳状況下で内蔵していたソフトバグにより再度システム停止が発生。負荷を抑制しつつ再起動を順次行ったため復旧に長時間を要した。	高負荷状態で プログラムの バグが顕在化	・UQコミュニケーションズ報道発表(2011.9.28)
		2011	9	22	13時頃				
1119	住信SBIネット 銀行システム	2011	9	24	13時45分	WEBサイトを通じて提供されるすべてのサービス(振込み、残高照会、入金明細の照会、住宅ローン申込など)が利用出来なくなり、回復まで約10時間を要した。	サーバー群とインターネットを接続するスイッチが故障。予備機への自動切換えに失敗(原因不明)。その後、機器の遠隔監視・制御用サーバー及びWEBアプリケーション用サーバーの復旧が出来ず。前者は、搭載されていたNIC(ハードウェア)の潜在バグが顕在化して再立上げに失敗。後者は、DBサーバーとの通信を行うプログラムに不具合があり、再送を繰り返したため大量のログ情報が発生し、ログ領域がオーバーフローした結果、再起動に失敗。	ハード障害を 契機に複数の プログラムバ グが顕在化	・住信SBIネット銀行お知らせ(2011.10.13/9.29) ・日経コンピュータ(2011.11.10)
		2011	9	24	23時45分				
1120	気象情報 伝送処理 システム	2011	10	6	14時02分	気象庁の気象情報伝送処理システム(アデス)の東日本システムに障害が発生し、通信機能が停止。震度計などの観測データの収集、関係機関への情報提供が不能となった。西日本システムへの切替を行うまでの2時間半にわたってこれら機能が中断した。東日本システムの復旧は20時35分となった。	過電流により電源装置が故障し、バックアップ機も使用出来ず。電源装置の交換により復旧。その間、ファックスによる手作業で対応。設備工事による電源断が関係。	電源故障	・気象庁報道発表(2011.10.7)
		2011	10	6	20時35分				
1121	日本相互証券 債権取引 システム	2011	10	13	8時40分	債権取引システムが障害により起動出来ず、午前中の債券売買取引を中止。その後システムの立上げに成功したため、午後の取引から再開。	システムの機器の運用・管理を分担するサーバーとその他のサーバーとの接続が出来ず起動に失敗。運用管理サーバーのシェルスクリプトのバグ。	プログラム バグ	・日本経済新聞(2011.10.13夕刊) ・日経コンピュータ(2012.1.19)
		2011	10	13	11時05分				
1122	気象庁	2011	3			2011年3月以降に観測装置の更新を行った全国38カ所の気象台等において、気温・湿度・気圧の観測データの処理方法に誤りがあり、この期間の観測データの約3割を訂正。これに伴い最高・最低気温も一部修正、真夏日等の日数も変更。	データの極端なばらつきをならすための平均値を出す作業を、システムの設定ミスにより観測地点と気象庁本庁で重複して実施したため。	設定誤り	・気象庁 報道発表(2011.10.17) ・日本経済新聞(2011.10.18朝刊)
		2011	10	17	(発表)				
1123	日本航空 クレジットカード 精算システム	2011	10			システムの不具合により、カード決済した約6万8千件(計約25億8,100万円)の請求・払い戻し手続きが最大1カ月遅れた。うち、払い戻しは約6千件(計約1億7,100万円)。	クレジットカード精算システムの不具合(詳細は不明)。	-	・日本経済新聞(2011.10.25夕刊)
		2011	10	25	(発表)				
1124	東京工業品 取引所 システム	2011	11	1	19時17分	システム障害により、金(標準取引)、ミニ取引及びオプション取引に係る夜間立会い(11月2日4時まで)を休止。停止前に投資家から出されていた注文の一部が無効となった。	11月1日17時よりはじまった夜間取引において、売買注文を表示するコンピュータ画面にエラーが出たため、19時17分より取引を止めた。原因は気配情報の作成に係るソフトの不具合。	プログラム バグ	・東京工業品取引所報道発表(2011.11.1/11.2/11.16)
		2011	11	2	9時				
1125	日本相互証券 債権取引 システム	2011	11	11	13時頃	債権取引システムの障害が発生し、取引が停止。	新システムへの移行中にあり、新システムと現行システムを移行中継システムを介して接続し、並行稼働中であった。移行中継システムの業務プログラムにバグがあり、その結果現行システム、新システムともダウンした。	プログラム バグ	・日本経済新聞(2011.11.12朝刊) ・日経コンピュータ(2012.1.19)
		2011	11	11	14時45分				
1126	財団法人JKA 投票中継 システム	2011	12	7	10時40分	競輪の車券投票を集計し、払い戻し金を確定するシステムに障害が発生。投票数や払い戻金の表示が大幅に遅れたため当日予定の全国15カ所計96レースの競輪開催を中止。	当日のレース開催数も多く、近年では最大規模の発券状況となり各車券売り場からの票数などを集計する票数中継システムの処理が間に合わず、大幅に遅延した。	容量設計の 不備	・車両情報センター報道発表(2011.12.7/12.16)
		2011	12	8					
1127	NTTドコモ spモード サービス	2011	12	20	12時22分	spモードが利用しにくい状況が発生。さらに、メールアドレスが、別のメールアドレスに誤って設定され返信が意図しない相手に送信されるなどの障害が発生。約10万人に影響。	12月20日12時22分に発生した中継送路の中断によってspモードサーバーへのアクセスが集中し、過負荷となって通信がしにくい状況となった。同時にspモードサーバーの輻輳により、管理サーバにおける電話番号とPアドレスの関連付けに不整合が発生した。	容量設計の 不備	・NTTドコモ報道発表(2011.12.21) ・日経ITpro(2011.12.21)
		2011	12	20	14時45分				

ETロボコンと組込み技術者教育

株式会社システムファクト 事業戦略室 室長
社団法人組込みシステム技術協会 理事
ET 展実行委員会 副実行委員長
ET ロボコン本部実行委員長
星 光行

ETロボコンは、ETソフトウェアデザインロボットコンテストの愛称で、モデリング手法による組込みソフトウェア技術者の人材育成を目的とした、世界的にも大変ユニークなロボットコンテストである。組込みソフトウェア開発分野における分析・設計モデリングと、若手及び初級エンジニアに実践教育の機会を提供している。本稿では、今年(2012年)で通算11回の開催となるETロボコンの概要とその教育効果などについて解説する。

1 ETロボコンの歴史

2002年に、日本の若手技術者のモデリング手法の理解と技術力向上のために、SESSAME^{*1}のメンバーが中心となって、「UMLロボコン」として開催したのが最初である。その後、2005年からJASA^{*2}が主催となり、「ETロボコン」と名称も変え今日に至っている。名称の変更は、モデリング手法がUMLの枠だけに捉われることなく、様々な手法による新しい展開もあり得るといったことからである。

最初は、参加チーム数がわずか20チームだったが、毎年増加し、2011年は338チームが参加するまでになった。また、参加チームの増大により、2007年から地区大会を展開し、現在では北海道から沖縄まで、全国11地区で12大会を開催している。11地区で12大会とは、参加チームが多いため東京地区大会を、2回実施しているためである。

図1は2011年の各地区大会と参加チームの内訳である。個人参加は所属を公開していないので不明だが338チーム中128チームが学生であることが分かる。2008年頃から学生チームの参加が増加傾向にあり、ETロボコン部を発足した学校もある。

ETロボコンの基本方針として、参加チームに出来る

だけ交通費などの負担をかけさせずに参加出来るようにしたいと考えている。したがって、各地区大会は参加地域の区分を決めているが、交通事情などから他地区への参加を希望するチームに対しては、越境参加など柔軟に対応している。

2 ETロボコンの概要

2.1 ETロボコンの内容

ETロボコンは、単なる競技会でなく、モデル審査とそれに基づくプログラミング技術の両面を競うようになっている。参加チームは、決められた期日までにモデル図を提出することが義務付けられている(A3判で6ページ)。提出されたモデル図は、地区大会ごとに、各地区の審査員が主体となって審査を行う。そして、競技会で全参加チームのモデル図が会場に貼り出される。

走行競技では、作成したプログラムが実装されたロ

脚注

- ※1 SESSAME: NPO法人組込みソフトウェア管理者・技術者育成研究会, Society of Embedded Software Skill Acquisition for Managers and Engineers
- ※2 JASA: 社団法人組込みシステム技術協会, Japan Embedded Systems Technology Association



写真1 2011年のチャンピオンシップ大会

ポット（走行体）によって、決められたコースを自律走行させる。競技では、一度スタートをすると走行体には一切手を触れることが出来ない。

各地区大会で、優秀な成績を収めたチームは、毎年11月にJASAが主催する組込み総合技術展（ET展）に併設で実施されるチャンピオンシップ大会に出場して、その年のチャンピオンが決定される。写真1は、2011年のチャンピオンシップの様子である。チャンピ



写真2 ワークショップの様子

オンシップ大会の出場枠は40チームで、各地区の参加チーム数に按分して各地区の出場枠を決定する。チャンピオンシップ大会では、1日目に競技会と懇親会、2日目にワークショップを実施する。このワークショップは、ETロボコン参加チーム以外の一般の方も無料で聴講出来る。

ワークショップでは、その年のモデルの傾向や解説を行うパネルセッション（写真2）、貼り出されたモデルを見ながら審査員が解説を行うモデルツアー、審査員ごとに独自テーマを掲げて行うミニワークショップ、そして、自分のモデルを持参して審査員からアドバイスをもらうモデル相談室などを実施している。いずれも、複数の審査委員が手分けをして実施している。

また、大会終了後にアンケートに回答をしたチームは、その年の地区大会、チャンピオンシップ大会の全モデルをダウンロード出来る。とくに地区大会出場チームが他地区やチャンピオンシップ大会の優秀モデルを見て色々と勉強することが出来ることに大きな意義があり、全参

都道府県別参加チーム数

北海道	14	東京都	66	滋賀県	5	香川県	2
青森県	5	神奈川県	43	京都府	1	愛媛県	1
岩手県	15	新潟県	2	大阪府	12	高知県	0
宮城県	8	富山県	2	兵庫県	6	福岡県	18
秋田県	2	石川県	6	奈良県	1	佐賀県	2
山形県	4	福井県	3	和歌山県	1	長崎県	1
福島県	1	山梨県	0	鳥取県	1	熊本県	4
茨城県	8	長野県	4	島根県	1	大分県	2
栃木県	3	岐阜県	0	岡山県	1	宮崎県	2
群馬県	4	静岡県	17	広島県	9	鹿児島県	6
埼玉県	2	愛知県	34	山口県	1	沖縄県	13
千葉県	2	三重県	0	徳島県	0	海外	3

地区大会と参加地域区分

地区大会	参加チーム活動拠点の所在地
北海道	北海道
東北	青森、岩手、宮城、秋田、山形、福島
北関東	栃木、群馬、埼玉、新潟
東京	茨城、千葉、東京、山梨、長野
南関東	神奈川
東海	岐阜、静岡、愛知、三重
北陸	富山、石川、福井
関西	滋賀、京都、大阪、兵庫、奈良、和歌山
中四国	鳥取、島根、岡山、広島、山口、徳島、香川、愛媛、高知
九州	福岡、佐賀、長崎、熊本、大分、宮崎、鹿児島
沖縄	沖縄

地域別・カテゴリ別参加チーム

	全国	北海道	東北	北関東	東京	南関東	東海	北陸	関西	中四国	九州	沖縄
企業	177	6	11	2	63	26	34	5	14	5	10	1
大学	65	4	6	2	12	7	7	4	2	4	14	3
短大	7	0	3	0	0	0	1	0	0	0	1	2
専門	19	0	3	1	2	3	3	0	2	0	4	1
高専	23	3	5	2	0	0	1	1	0	4	4	3
高校	14	0	5	2	1	2	1	0	0	0	1	2
個人	31	1	0	2	4	5	6	1	8	3	0	1
特別	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
合計	338	14	34	11	82	43	53	11	26	16	35	13
CS出場	52	3	5	2	12	6	7	2	4	3	5	3

・中国（2）、タイ（1）の海外からの参加チームを含む。
・CS（チャンピオンシップ）大会出場枠は、例年40チームだが2011年は10周年記念として+12チームの特別枠を設けた。

図1 2011年の地区別参加チームの内訳

加チームのモデルの配布も教育を目的とする ET ロボコンの特徴の一つとなっている。

2.2 競技内容

走行競技は、図2のように546cm × 364cm(畳12枚分)のコースに書かれた黒のラインを走行体(ロボット)が赤外線センサを用いてラインレース走行するというものである。走行体は、競技規約で決められた同一のものを使用し、競技前に「車検」を行う。そして、車検に合格したチームにはスポンサーから提供されたアルカリ乾電池が支給され、その場で電池を入れ封印シールを貼る。以後競技終了まで電池の交換が出来ない。

電池に対するこの措置は、あくまでソフトウェアの技術を競うという観点からで、充電電池にすると充電方法で電池の特性が大きく変わってしまうためである。

コースには2本のラインがあり、それぞれをインコースとアウトコースとして2台の走行体が同時に走行する。競技は2ラウンドあり、このインコースとアウトコースをそれぞれ1回ずつの2回走行し、その合計タイムで競う。

また、コースの途中には「難所」と言われる箇所が何か所もある。これは名前のように、通常のラインレース走行では、通過が難しい箇所である。この難所を通過すると、その難易度によってボーナスポイントが与えら

れる。

2011年のボーナスポイントの対象となる難所には、インコース、アウトコースでそれぞれ2カ所に加えて、ガレージインがある。インコースは、シーソーと階段、アウトコースは、ルックアップゲートとET相撲である。アウトコースの難所は大変ユニークである。ルックアップゲートは、走行体よりも低くなっていて、倒立したまま走行するとぶつかってしまう。そこで、リンボーダンスのように走行体を斜めに傾けないと通過出来ない。この走行体を斜めにするためには、後述するシッポ出し走行が必要となる。

ルックアップゲートを通過するとET相撲がある。ET相撲は、相手チームが置いたペットボトルを超音波センサで探して、土俵の外に押し出すというものである。超音波センサの検出範囲は、約20cm程度なので土俵内を何度かサーチしないと発見出来ない。見事、発見してペットボトルを土俵外に押し出しても、コースに復帰するのが大変難しい。ガレージインは、周りの壁に接触せずに停止することが要求される。

競技結果は、実際の走行タイムからボーナスポイントを減算してリザルトタイムとし、競技結果とは、このリザルトタイムのことを指す。走行タイムが速く、全難所攻略をしたチームの場合では、ボーナスポイントを減算すると、リザルトタイムがマイナスになることもある。

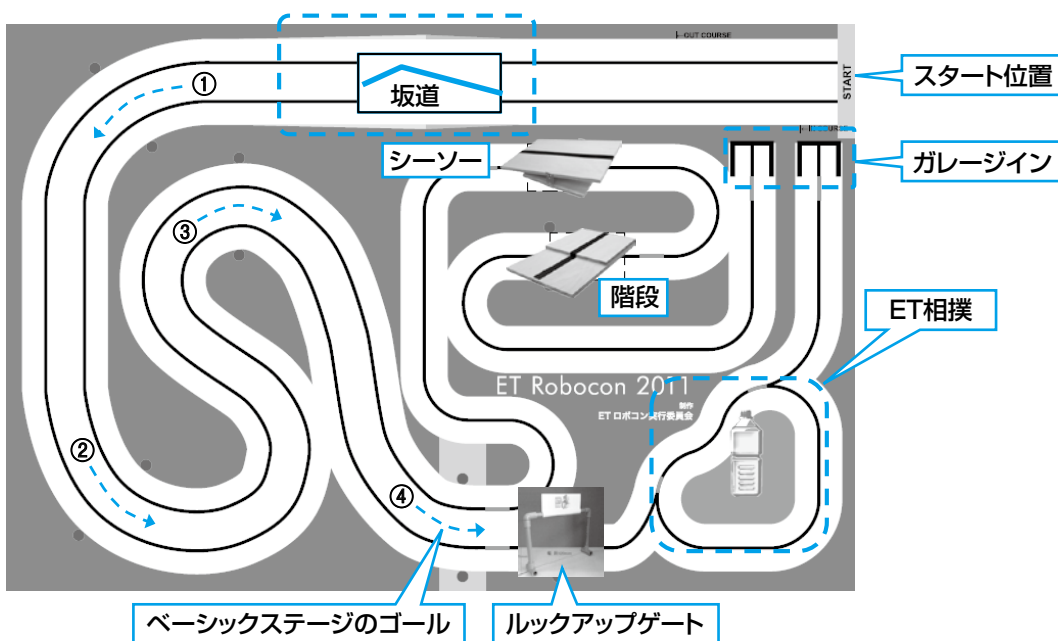


図2 2011年のETロボコンのコース

図3は、2011年の難所とボーナスポイントである。

ちなみに、スタートからゴールまでの時間は、難所攻略を含めて4分以内とルールで決められている。4分を超えると、そこでタイムアウトとなる。

2.3 競技内容の進化

走行競技は、過去に何度かルール改正を行ってきた。最初は、インコースとアウトコースを走行して、タイムの良い方を競技結果にしていた。そうすると、片方だけに注力し、片方を捨ててくるチームが現れてくる。コースは、インとアウトで違ふし、難所も異なる。教育的見地からは、両方のソフトウェアを作成して欲しいということから、インコースとアウトコースの合計で競技結果とするようにした。

また、難所に挑戦して、途中で失敗すると、リタイアとしてタイムを240秒のタイムアウトにしていた。そのため、ETロボコン初体験のチームは、あえて難所攻略をせずに行き、過去に経験のあるチームは難所にチャレンジして途中で失敗し、結果的には単に走ったチームの方がタイム的に上位になるという結果になってしまう。

そこで、2011年からコースレイアウトとルールを大きく変更した。コース全体をベーシックステージと、ボーナスステージに分け、前半のベーシックステージは単にライントレースで速く走るだけにして、後半のボーナスステージで難所を攻略するようにした。そうすると、例えば難所攻略に失敗しても、前半のベーシックステージでタイムを取っていることでリタイア扱いになることは無い。その結果、参加チームからの評判も良くなり、多くのチームが難所にチャレンジをするようになった。

2.4 走行体の進化

ETロボコンの走行体は、当初はレゴ社のRCXというコンピュータと3輪（実際はステアリングのタイヤが2列のため4輪だが）を使っていた。しかし、このRCXが販売中止となり、新たにNXTというコンピュータに変わった。NXTでは、CPUの性能向上、搭載するメモリの増加などの他に、超音波センサ、ジャイロセンサ、Bluetoothが装備され、より高度な制御が可能となった。それに伴い、走行体も大きく変更し、現在の2輪倒

ボーナス対象		ボーナス タイム	備考	
ルックアップゲート通過		10秒	アウトコース競技者のみ	
ET相撲	決り手	押し出し 押し倒し	25秒 15秒	アウトコース競技者のみ
	シングル	10秒		
シーズン通過	ダブル	20秒		
階段通過		15秒	インコース競技者のみ	
ガレージイン		5秒	インコース、アウトコースとも同じ	

図3 2011年の難所とボーナスポイント

立振子型とした。図4は、2011年の規定走行体である。

さらに、2011年からキットに付属するもう一つのモータを利用してシッポを出せるようにした。このシッポを出すことで、今までは手で押さえていないと自立が出来なかった走行体が自立出来るようになった。当初、運営側はスタート時に走行体を手で押さえなくても済むとか、ガレージインの際の完全停止を可能にするということ想定していた。しかし、参加チームの中でシッポを出しながら走る（シッポ走行）という想定外の走行をするチームが現れた。シッポ走行をすることで、実質的には3輪走行となり2輪倒立振子での走行よりも高速走行が可能になった。

このように、ETロボコンでは、競技規約に書かれていないルールの穴を突いてくるチームが現れる。過去にも、後ろ向き走行をするチーム、ライントレースなのにラインをトレースしないチーム、相手の難所をチャレンジするチームなど驚く走りをするチームが現れた。こうした、運営側が予想しない走りをしてくるチームに対しても、ルールの穴を突くという発想力を養うことも教育との観点から、あえて排除をしていない。

2.5 審査方法

ETロボコンは、モデル審査と走行競技の両面から総合評価で順位を決める手法を採用している。したがって、モデルと走行の片方だけが優れても総合評価で上位に来るとは限らない。この両方の結果で順位を出すという方法は最初から行っていたが、算出方法が現在とは異なっていた。

モデル審査は、モデルを生業とする専門家が審査委員として評価する。そして、提出されたモデルに、機能面と性能面に分けて、「良かった点」、「気になった点」をコメントとして参加者にフィードバックしている。この

モデル審査というのが、他のロボコン大会と大きく異なる点であるが、審査員の労力は大変である。

ただ、モデル審査は、競技のような数値化が難しい。それで、下記のように4レベルの審査基準を作成し、複数の審査員がA、A-、B+、B、B-、C+、C、C-、D+、Dまでの10段階のレベルで評価をしている。

A: Excellent (素晴らしい)

B: Good (良い)

C: Insufficient (不十分)

D: Reconsidered (再検討)

そして、各審査員の評価結果をまとめ、正規化することで点数をつけるという評価方式を取っている。最終的な順位は、1位に相当する「エクセレント」、2位に相当する「ゴールド」、3位に相当する「シルバー」としている。

2.6 審査の進化

当初は、モデル審査の結果と走行競技の結果を、足して2で割るという「相加平均(算術平均)」で行っていた。しかし、この方法だと、片方が100点で、もう片方が0点でも平均点は50点になってしまう。すなわち、モデルは優秀だが走行で結果が出せなかったチーム、逆にモデルの評価は低い走行で優勝するなど、モデリング教育のテーマでもある「良いモデルは、良い結果につながる」という運営側が期待する相関関係が見えないという

結果になっていた。

その理由を探るため、競技後に行われるワークショップで、審査員と参加チームとで質疑応答を交えながら原因を探ってみた。その結果、良いモデルを書いても、そのとおりに実装出来ていないのも原因の一つではないかという結論に至った。

そこで、現在では、実行委員会の中に「性能審査団」を組織し、そのメンバーがモデル審査に加わっている。性能審査団のメンバーの多くは、過去のETロボコンの参加者で、性能面からモデルを審査する。つまり、どんなに素晴らしいモデルであっても、実際に実装出来るのか？あるいは、現在の走行体(ハードウェア)で実現出来るかなどを評価する。

2008年大会からは、モデルと競技の結果をそれぞれ0~1に正規化して「調和平均」(図5)で求めることにした。調和平均を用いると図6のように、走行でトップだったチームが、モデルの順位が良くなかったために総合では5位に、一方、走行4位、モデル2位のチームが総合で1位になった。

そうした工夫の結果、2011年大会では、モデルの優秀チームが競技でも優秀な結果を出すという、「良いモデルは、良い結果につながる」という相関関係が全国で顕著に表れてきた。

また、2010年から、モデルに対して課題テーマを設けた。これは、参加メンバーは異なるものの、毎年出場

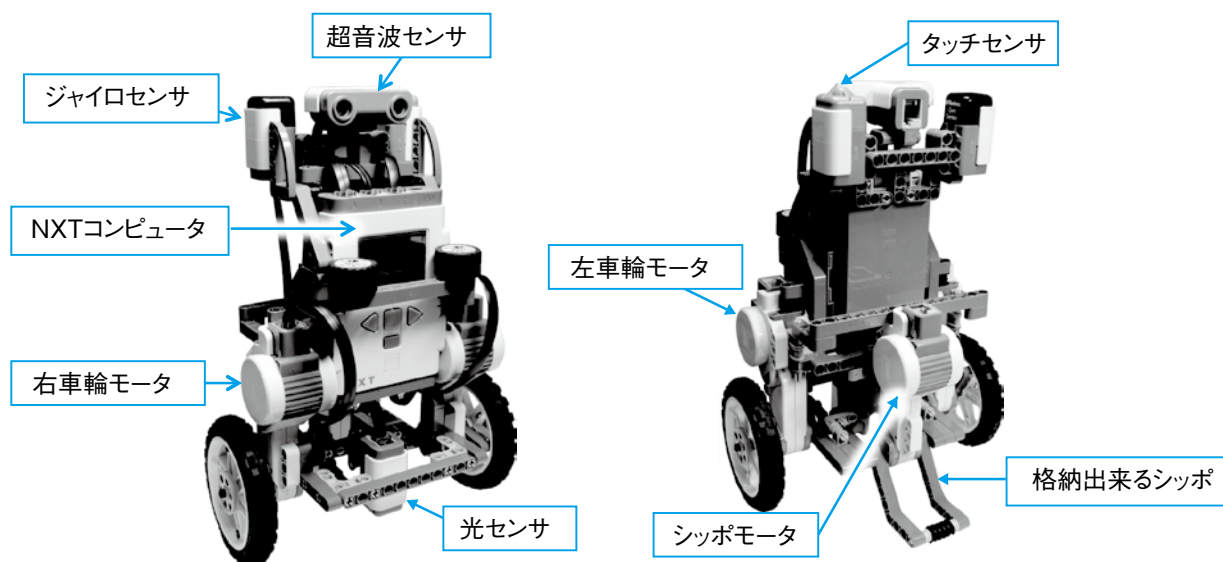


図4 ETロボコンの2011年の規定走行体

しているチームが、前年のモデルをベースにして提出してることがあるのが理由である。そこで、毎年、新たな課題を課すことで、前年のモデルだけでは、好成績にならないようにするためである。

3 ETロボコンの教育内容

ETロボコンは、教育スコープとして、モデリングの初級レベルを中級レベルにまで上げることを目標としている。使用する言語は、C、C++、Javaなど自由であるが、言語教育まではスコープに入れていない。

3.1 教育プログラム

ETロボコンの大まかな年間スケジュールとして、3～4月上旬に申込み受付を行い、5～6月にかけて2回の技術教育、7～8月に試走会を2回実施、9～10月に地区大会、そして11月にチャンピオンシップ大会となっている。

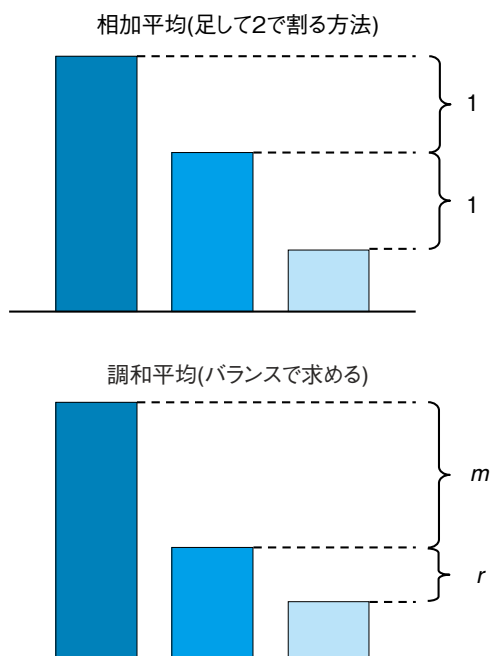
モデリング教育をテーマとするETロボコンでは、参

加チームに対して、いくつかの教育プログラムを用意している。まず、参加チームに対して2日間の技術教育を実施している。1回目は、モデリングに対する教育、2回目は開発環境についての説明を行う。この2日間は、連日ではなく、1回目と2回目とで2～3週間の間を置いている。また、地区によっては、地区独自の技術教育を実施する場合もある。

そして、競技会では、会場に貼り出された他チームのモデルを見ることが出来る(写真3)。さらに、競技終了後にワークショップを実施する。ワークショップでは、審査員によるモデルの解説、参加チームへのインタビューなど各地区で独自のプログラムで行われる。この

CS 出場	チーム名	タイム 総合	タイム 順位	モデル 順位	総合 順位
☆	チームA	-5.1	4	2	1
☆	チームB	32.7	6	4	2
☆	チームC	-11.4	2	11	3
☆	チームD	-8.1	3	11	4
-	チームE	-66.6	1	18	5
-	チームF	78.7	9	7	6

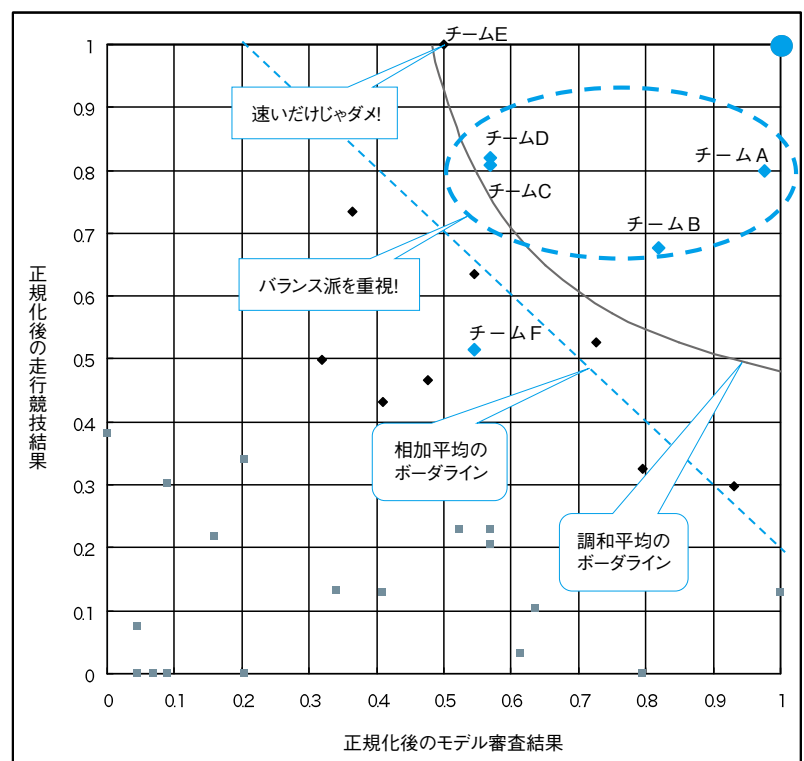
☆は、チャンピオンシップ大会出場



- ・モデル審査結果: 最低点0点～最優秀1点に正規化。
- ・走行競技結果: 最低タイム0点～最速タイム1点に正規化。
- ・走行競技結果とモデル審査結果を[0～1]に正規化し、下記の計算式で求める。

$$\text{総合結果} = \frac{2 \times \text{モデル} \times \text{走行}}{\text{モデル} + \text{走行}}$$

図5 調和平均の求め方



走行でトップだったチームEであるが、モデルの順位が良くなかったため、調和平均で算出すると総合では5位に、一方、走行4位、モデル2位のチームAが総合で1位になった。

図6 調和平均による総合順位の算出

ワークショップの実施は、ETロボコンの大きな特徴とも言えるもので、参加者はここから多くのことを学ぶことが出来る。

このモデリングワークショップがETロボコンの最大の特徴と言えるだろう。参加者は非常に熱心に、審査員のコメントの一言一句に耳を傾けている。ワークショップでは、その年のモデルの傾向を元にして、実際の参加チームのモデルを取り上げ、それぞれ専門分野の立場からの解説や改善点のアドバイスなどを受けることが出来る。

また、ワークショップ後に、懇親会も実施している。懇親会は、モデルを見ながらの意見交換、参加チーム同士、あるいは実行委員達との技術者交流、研鑽の場にもなっている。

3.2 ETロボコンに見る教育的効果

本来教育というのは、その成果が出るまでは、ある程度の時間を要するものだが、ETロボコンでは、2～3年で確実に成果が表れる。

ETロボコンのモデルは、ソフトウェアによるロボット制御ということで、制御モデルとソフトウェアモデルの両方の要素を含んでいる。さらに、制御モデルには、連続系、離散系の概念も必要になる。従来、UMLに代表されるソフトウェアモデルだけをやってきた人にとっては、制御モデルは新鮮であり、逆に制御モデルだけをやってきた人にとっては、ソフトウェアモデルは新鮮である。

ETロボコンは、2008年頃を境に学生チームの参加が多くなった。学生チームも、高専、大学チームの多い中、2011年の北関東地区大会では、高校生チームがモデル1位、走行1位で、チャンピオンシップ大会に出場を果たした。彼らに話を聞くと、ワークショップでの審査員のコメントや前年の優秀モデルを見て勉強をしたという。

チャンピオンシップに出場する学生チームは、企業チームとまったくハンディキャップなしで戦ってきたチームである。彼らは、モデルが書け、プログラミングが出来、そしてチームワークでプロジェクトを成し遂げた学生たちである。そのような彼らは、企業に入った時に、即戦力となるスキルを有しているといえる。

これは、ETロボコンが単なるモデリング教育だけで

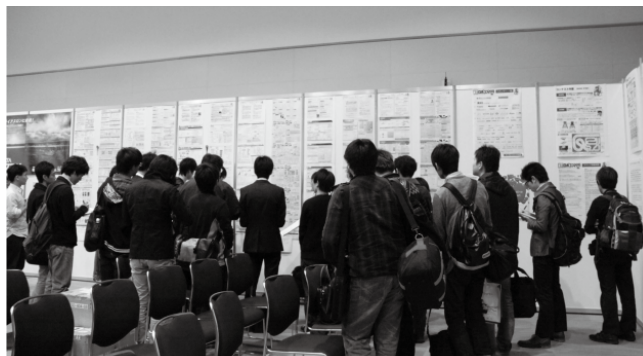


写真3 会場に貼り出されたモデルに見入る来場者

なく、実践型の、PBL^{*3}の教育機会をも提供していることを意味する。大会に参加することで、プロジェクトを成し遂げるためにどのようにすべきかを自然と学んでいる。

実際、ETロボコンでは、大会終了後に参加者全員にアンケートを実施している。その中の一つに、「ETロボコンに参加をしてもっとも良かったことは何か?」という質問がある。

回答として、技術的なスキルの向上といった内容は予想が出来ていたが、チームをまとめる大変さとか、プロジェクトの進め方などのマネジメントに関する回答も多く寄せられている。さらに、懇親会で他社の技術者と交流出来たのが良かったなどの回答もあり、ETロボコンの成果は、単に技術面だけでないことが伺える。

4 ETロボコンの運営

4.1 ETロボコンを支えるボランティア

ETロボコンの開催は、全国のボランティアによる実行委員で支えられている。2011年では、その数が290名を超え、その活動のほとんどが、土日、祝日に行われている。ボランティアの中には、過去のETロボコンの優勝チーム（いわば卒業生）が、翌年から審査員、あるいは技術員になってETロボコンで学んだノウハウで指導する側になるなど、好ましい循環体制になっている。

休み返上でご協力を頂いているボランティアの方々には、この場をお借りして心より御礼を申し上げたい。

4.2 産学官連携と業界団体とのコラボ

ETロボコンは、産学官連携協力により開催され、行

政、学校などの協力も欠かせない。とくに、競技会の実施には、かなりのスペースを必要とする。地区大会は、行政施設、あるいは学校施設を借りて実施している。

行政が力を入れている地区もある。例えば、東北地区大会の事務局をしている岩手県庁は、青森、岩手、秋田、宮城、山形に声をかけ、「二輪ロボットモデリング実践研修」を無料で開催し、ETロボコンの参加者の勧誘と東北地域の技術者育成に力を入れている。

一方、昨年からIPAがETロボコンに対して「IPA賞」を創設した。もともと、IPA/SECも組込みソフトウェア開発のモデルベース設計を積極的に推し進めている。IPA賞は、総合的には入賞が出来なかったが、モデルに特筆すべき点があるチームに贈られる。この賞は、走行は考慮せずモデルのみに限定し、形式手法、アーキテクチャ（システム構成）、斬新かつユニークなモデル、新しいチャレンジをしたモデルなどを評価して対象とする。昨年は、チャンピオンシップ大会だけの賞だったが、2012年からは、各地区大会にもIPA賞が設けられることになった。

また、2011年には情報処理学会からの「学生奨励賞」も創設された。これは、学生チームで際立った成績を取ったチームに贈られる。

この他、産学官連携とともに、いくつかの業界団体とのコラボも実施している。

5 ETロボコンの課題と今後の方向性

5.1 ETロボコンの課題

ETロボコンも、今年から11年目に入る。その間、提出モデルの内容や競技内容について、絶えず参加チームの動向を見ながらルール改正を行ってきた。その成果もあって、参加チームのレベルも高くなり、モデルの質も走行内容も飛躍的に向上してきた。

しかし、一方で、初参加のチームには、ハードルが高くなりつつあることも事実である。とくにモデリング初心者と、ある程度経験したチームとの差が大きくなってきている。

そこで、ETロボコンの本来の目的である、初級レベルを中級レベルに持ち上げるという観点から、初参加のチームに対しても参加がしやすい規約も取り入れる方向

である。2011年から、競技でベーシックステージとボーナラスステージに分けたのも、一つの試みであった。

また、競技内容の進化に伴いモデルの内容が肥大化し、モデルを書く方も審査する方も大変になってきている。そこで、モデリング初心者向けに、あらかじめクラス図のひな形を用意するなど、まずは、モデルを「作る」よりも「使う」というアプローチを試みる。ETロボコンに参加をしてモデリングの良さを知り、そしてスキルアップが出来ればと考えている。

5.2 海外展開

ETロボコンの今後の方向性として、海外展開も視野に入れている。海外は、一つの地区大会という位置付けで展開し、海外の優秀チームは11月に日本に来てチャンピオンシップ大会に出場して頂くという形態での検討をしている。

ただ、海外展開の場合、モデルの言語を何にするか、現地でモデル審査員の育成が可能かなど、解決すべき課題もある。まずは、実現の可能性を含めて、台湾のTCA^{※4}と議論を開始する予定である。TCAは台湾を代表する業界団体で、ETロボコンとET展の主催者であるJASAと相互事業協力/支援のMOU^{※5}を締結している。

最後に、参加費とスポンサー費によって運営されるETロボコンだが、リーマンショック後、スポンサー費の減少で厳しい運営状況にある。ETロボコンの「日本の若手技術者のモデリング手法の技術力向上を計る」という主旨をご理解頂き、大会への参加、あるいはスポンサーとしてご協力を得られることを切にお願いをしたい。

ETロボコン公式ホームページ

<http://www.etrobo.jp/>

脚注

- ※3 PBL : Project Based Learning
- ※4 TCA : Taipei Computer Association
- ※5 MOU : Memorandum of Understanding, 覚書

エンタプライズ系ソフトウェアプロジェクトにおける層別生産性とその信頼区間

東海大学理学部 教授
IPA/SEC 専門委員
古山 恒夫

SEC journal No.26で掲載した「ソフトウェアプロジェクトデータの量的変数に関する分析の一指針と分析事例」に引き続き、IPA/SECで収集したエンタプライズ系ソフトウェアプロジェクトデータ[IPA2010]から、アーキテクチャ別、業種別、開発言語別の層別に対して、FP規模(ファンクションポイントに基づいた規模測定量)に対する工数(=生産性)^{※1}の予測式と予測値の信頼区間を求めた結果を報告する。層別により平均的には層別前に比べて信頼区間が小さくなり、抽出条件を満たす10件の層別から得られた結果では、50%の信頼区間は多くの層で予測値の0.6倍から1.7倍の範囲にあり、95%の信頼区間はその3乗の0.2倍から5.0倍の範囲にあることが明らかとなった。

1 はじめに

FP規模も工数も一般に対数正規分布に従う。従って対数変換したあとで工数を目的変数、FP規模を説明変数とする回帰分析を行うことにより、FP規模から工数を見積もる予測式(モデル式)を得ることが出来る。しかし、回帰分析から得られる予測式は、与えられたFP規模に対する工数として唯一の予測値を指定してしまうため、実際にそれを利用する場合には単一の数字のみが独り歩きしてしまう危険性を伴う。そこで、予測式の精度を予測値の信頼区間として与えてやることで、与えられたFP規模に対して予想される工数は常にある幅をもって与えられるため、利用者も安心して利用出来ると考えられる。

本稿では、IPA/SECが2004年から2011年4月末までに収集した2,847件([IPA2010]掲載の2,584件にその後収集した263件を追加)のエンタプライズ系ソフトウェアプロジェクトデータをもとに回帰分析から得られた、FP規模から工数を見積もるための予測式、及びその式から得られた予測値の信頼区間を報告する。信頼区間としては50%信頼区間と95%信頼区間の2つを考える。前者は箱ひげ図の箱の大きさに対応するもので、この範囲に入ればおおむね安心、後者は統計学の「有意水準5%で有意」に対応するもので、この範囲外は注意を要する、という指標を与える。95%の信頼区間はそれ

以外にも、50%信頼区間を超えたプロジェクトの大きな位置付けを把握する(例えば50%信頼区間外ではあるが95%信頼区間の曲線からは離れているので安心など)ためにも利用出来る。

プロジェクトに層別を与えない分析結果は[古山2011]に既に示されているが、本稿では新たにデータを3つの視点(アーキテクチャ、業種、開発言語)から層別して同様の分析を行ったところに特徴がある。

2 分析対象プロジェクトと層別

2.1 分析対象プロジェクト

分析対象プロジェクトは、収集したプロジェクトデータの中で次の2つの条件を満たすものとする(定義については[IPA2010]を参照のこと)。

- ①新規開発で開発5工程がそろっている。
- ②FP計測手法が明記されていてFP規模が報告されている。
- ③工数 >0 である。

2.2 層別

- ①アーキテクチャ別、②業種別、③開発言語別の3つ

脚注

※1 工数(=生産性):本稿では、FP規模を説明変数、工数を目的変数とするため、生産性を規模/工数ではなく、その逆数で捉える。

視点から層別する。ただし、開発言語は「10001_同言語別 (1) _名称」に従って分類したものとする。3つの視点は独立であり、ある視点からのデータがあれば、他の視点からのデータが存在しなくても、その視点からの層別の分析対象プロジェクトとする。

2.3 目的変数と説明変数

目的変数は「工数」、説明変数は「FP規模」とする。ただし、工数は「開発5工程工数」、FP規模は「5001_FP実績値(調整前)」である。以下では、FP規模を x 、工数を y で表す。また、それぞれの変数を対数変換したものを X と Y で表す。

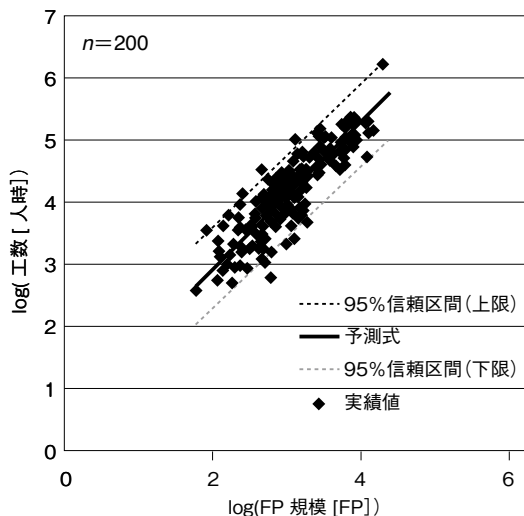


図1 「イントラネット/インターネット」の対数変換後の散布図

2.4 データ件数

一般に回帰分析を行うためには少なくとも30件程度のデータが必要であると言われているので、今回も30件以上データのそろっている層を分析対象とする。

3 分析結果

3.1 抽出された層

2項で述べた条件によって抽出された層は、アーキテクチャ別では①2階層クライアント/サーバ、②3階層クライアント/サーバ、③イントラネット/インターネット、業種別では④製造業、⑤情報通信業、⑥卸売・小売業、⑦金融・保険業、⑧サービス業、開発言語別で

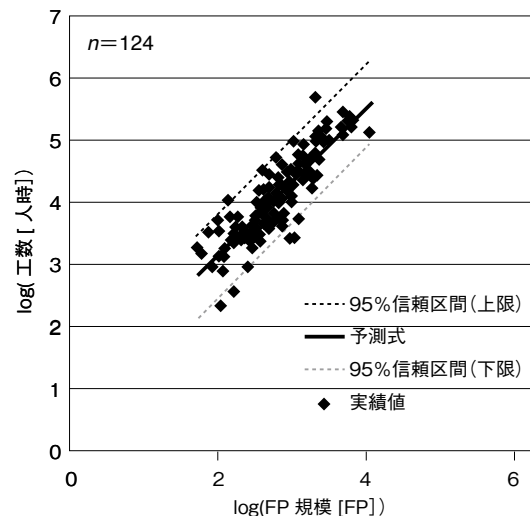


図2 「金融・保険業」の対数変換後の散布図

表1 分析対象データの概要

項番	層別条件		概要 (対数変換後)						
			標本数	FP規模 (X)			工数 (Y)		
				平均 (\bar{X})	標準偏差 (s_x)	χ^2 値 (注3)	平均 (\bar{Y})	標準偏差 (s_y)	χ^2 値 (注3)
1	アーキテクチャ	2階層クライアント/サーバ	109	2.75	0.444	0.47	3.59	0.537	1.02
2		3階層クライアント/サーバ	130	2.87	0.428	0.27	3.87	0.636	1.85
3		イントラネット/インターネット	200	3.00	0.501	13.72	4.06	0.663	0.10
4	業種	製造業	129	2.85	0.490	1.65	3.69	0.614	0.76
5		情報通信業	37	2.66	0.500	-	3.63	0.666	-
6		卸売・小売業	39	3.03	0.373	-	4.05	0.488	-
7		金融・保険業	124	2.91	0.497	1.20	4.14	0.676	5.17
8		サービス業	41	3.03	0.456	-	4.07	0.532	-
9	開発言語 (注2)	C言語, Visual C++, C#	31	3.11	0.425	-	4.28	0.571	-
10		Java	35	3.12	0.527	-	4.24	0.684	-
11	なし (全体集合)		493	2.86	0.490	1.15	3.85	0.665	4.21

(注1) 分析対象データは新規開発・開発5工程・FP計測手法が明記されていてFP規模の報告あり、工数>0の条件を満たすもの

(注2) 開発言語は、「10001_同言語別 (1) _名称」に従って分類したもの

(注3) χ^2 値<5.99の場合有意水準5%で、 χ^2 値<9.21の場合有意水準1%でそれぞれ正規分布が否定されない。

は⑨ C 言語系 (C 言語, Visual C++, C#)、⑩ Java である。これらに加えて「⑪層別なし (=全体集合)」も分析対象とする (表1)。

上記の層のうち正規分布の検定を行えるだけの100件以上のデータ数のそろっているのは、①2階層クライアント/サーバ、②3階層クライアント/サーバ、③イントラネット/インターネット、④製造業、⑦金融・保険業の5つの層だけである。正規分布の検定結果は、③イントラネット/インターネットのFP規模が有意水準1%で正規分布に従うとはみなせないということが分かった。また、⑦金融・保険業の工数の分布の χ^2 値が5.17となり、有意水準5%の閾値5.99より小さいがやや偏りがあることが分かった。正規分布に従うとはみなせないということが分かった。しかし、図1と図2に示すように対数変換後の散布図に外れ値や大きな偏りが見られないので、そのまま回帰分析を進めることにする。

3.2 回帰分析とその信頼区間

(1) 対数変換後

抽出された11の各層について、FP規模 x と工数 y の値を対数変換し、回帰分析した結果を表2に示す。表2には、次の式(1)及び式(2)によって与えられる予測値 \hat{Y} の50%及び95%の信頼区間を合わせて示す。

$$\hat{Y} \pm t_{0.5}(n-2) \sqrt{\left\{1 + \frac{1}{n} + \frac{(X-\bar{X})^2}{ns_{XX}}\right\} V_e} \quad (1)$$

$$\hat{Y} \pm t_{0.95}(n-2) \sqrt{\left\{1 + \frac{1}{n} + \frac{(X-\bar{X})^2}{ns_{XX}}\right\} V_e} \quad (2)$$

ただし、 n はデータ数、 \bar{X} と s_{XX} はそれぞれ独立変数 $X (= \log(\text{FP 規模}))$ の平均値と標本分散、 V_e は予測誤差の分散の不偏推定値である。 $t_{0.5}(n-2)$ と $t_{0.95}(n-2)$ は、それぞれ自由度 $(n-2)$ の t 分布の両側50%点と95%点である(V_e の平方根すなわち予測誤差の標準偏差の不偏推定値 σ は、Excelの分析ツールでは回帰分析の「標準誤差」として出力される)。式(1)及び式(2)から分かるように、信頼区間は独立変数 X の値によって異なるので、表2では代表値として、信頼区間が最も小さくなる(予測値の信頼度が高くなる) $X=\bar{X}$ のときと、独立変数の集合の両端に近い $X=\bar{X} \pm 2s_X$ (s_X は独立変数 X の標準偏差)のときの信頼区間を示している。

表2から次のことが分かる。

- ① 寄与率 (修正 R^2) は11の層のうち8の層で0.7を超えている。最も高いものは「製造業」の0.800である。「2階層クライアント/サーバ」と「卸売・小売業」の寄与率が0.6未満と低い。
- ② 回帰直線の傾きは、11の層のうち10の層で1を超えている。「2階層クライアント/サーバ」だけが0.896と1より小さい。それ以外の層の傾きは1より大きくFP規模の増加以上に工数が増える。言い換えるとFP規模が増えると生産性が低下する。傾きの最も大きいものは、「3階層クライアント/サーバ」で1.247

表2 回帰分析の結果と信頼区間

項番	層別条件		対数変換後の分析結果									
			標本数	回帰分析					信頼区間(±)(注3)			
				相関係数	寄与率	傾き(a)	切片(b)	標準誤差(σ)	50%		95%	
						$X=\bar{X}$	$X=\bar{X} \pm 2s_x$	$X=\bar{X}$	$X=\bar{X} \pm 2s_x$			
1	アーキテクチャ	2階層クライアント/サーバ	109	0.742	0.546	0.896	1.128	0.362	0.246	0.250	0.720	0.733
2		3階層クライアント/サーバ	130	0.840	0.703	1.247	0.297	0.346	0.235	0.239	0.688	0.698
3		イントラネット/インターネット	200	0.872	0.759	1.154	0.605	0.326	0.221	0.223	0.644	0.650
4	業種	製造業	129	0.851	0.800	1.066	0.651	0.324	0.220	0.223	0.644	0.654
5		情報通信業	37	0.853	0.720	1.136	0.608	0.352	0.243	0.256	0.725	0.763
6		卸売・小売業	39	0.771	0.584	1.009	0.994	0.315	0.217	0.228	0.646	0.679
7		金融・保険業	124	0.864	0.745	1.174	0.725	0.341	0.232	0.236	0.678	0.689
8		サービス業	41	0.893	0.792	1.043	0.909	0.242	0.167	0.175	0.496	0.520
9	開発言語(注2)	C言語, Visual C++, C#	31	0.872	0.753	1.174	0.634	0.284	0.197	0.209	0.590	0.627
10		Java	35	0.801	0.630	1.040	1.000	0.416	0.288	0.304	0.859	0.906
11	なし(全体集合)		493	0.846	0.715	1.148	0.569	0.355	0.240	0.241	0.699	0.702
平均(項番11を除く)			-	0.836	0.703	1.094	0.755	0.331	0.227	0.234	0.669	0.692

(注1) 分析対象データは新規開発・開発5工程・FP計測手法が明記されているFP規模の報告あり、工数>0の条件を満たすもの
(注2) 開発言語は、「10001_同言語別(1)_名称」に従って分類したもの
(注3) 予測値にプラスマイナスする幅

である。それ以外の9つの層では1.0から1.2までの間にある。

- ③ 50%信頼区間の範囲は、 $X = \bar{X}$ のときで0.167（サービス業）から0.288（Java）であるが、おおむね0.21から0.25の間にあり、全体集合を除いた10の層の平均は0.227である。同様に95%信頼区間の範囲は、 $X = \bar{X}$ のときで0.496（サービス業）から0.859（Java）であるが、おおむね0.64から0.73の間にあり、10の層の平均は0.669である。
- ④ $X = \bar{X}$ のときと $X = \bar{X} \pm 2s_x$ のときの信頼区間の差は50%信頼区間で最大0.016（Java）、95%信頼区間で最大0.047（Java）であってそれほど大きくない。

(2) 対数逆変換後（対数変換前）

表2で示した11の層に対して対数逆変換した結果を表3に示す。表3には信頼区間の上下限値を、回帰分析から得られた予測値に対する倍率で示している。例えば「製造業」の50%信頼区間は、 $X = \bar{X}$ ($x = 10^{\bar{X}}$)のときで上限値1.66倍、下限値0.60倍である。これは予測式（を対数逆変換した結果）から得られる、あるFP規模 x に対する工数見積り値 y の50%信頼区間が $[0.60y, 1.66y]$ であることを表している。

表3から次のことが分かる。

- ① 全体集合を除いた10件の層の50%信頼区間の上下限値（倍率）は、 $X = \bar{X}$ のときでそれぞれ1.47（サービ

ス業、以下同様）～1.94（Java、以下同様）と0.52（Java）～0.68（サービス業）である。10件の算術平均は上限が1.69、下限が0.59である。 $X = \bar{X} \pm 2s_x$ のときはそれぞれ1.50～2.01と0.50～0.67の範囲にある。10件の算術平均は上限が1.72、下限が0.58である。

- ② 同様に10件の層の95%信頼区間の上下限値（倍率）は、 $X = \bar{X}$ のときでそれぞれ3.13～7.19（平均は4.76）と0.14～0.32（平均は0.22）である。 $X = \bar{X} \pm 2s_x$ のときはそれぞれ3.31～8.02（平均は5.03）と0.12～0.30（平均は0.21）である。

例として、「層別なし（全体集合）」と「3階層クライアント/サーバ」の散布図及び予測式と予測値の信頼区間を図3～図6に示す。

なお、信頼区間の計算式から「上限値の倍率×下限値の倍率＝1」であることを注意しておく。これまでの分析結果から、上限値は1.7倍、下限値は0.6倍が大きな50%信頼区間であることが分かる。

3.3 さらなる層別

データ件数の多い5つの層を対象に次の2つの視点からさらなる層別を行って分析した結果を表4に示す。これらの組み合わせはすべて30件以上のデータがそろっていた。

- ① FP計測手法の中で最も多く（38%）報告がある

表3 対数逆変換後の信頼区間

項番	層別条件		標本数	分析結果 (注3) (注4)											
				50%の信頼区間						95%の信頼区間					
				逆変換後の上限			逆変換後の下限			逆変換後の上限			逆変換後の下限		
				$X = \bar{X}$	$X = \bar{X} \pm 2s_x$	概算値 (k)	$X = \bar{X}$	$X = \bar{X} \pm 2s_x$	概算値 (k)	$X = \bar{X}$	$X = \bar{X} \pm 2s_x$	概算値 (k)	$X = \bar{X}$	$X = \bar{X} \pm 2s_x$	概算値 (k)
1	アーキテクチャ	2階層クライアント/サーバ	109	1.76	1.78	1.75	0.57	0.56	0.57	5.25	5.41	5.11	0.19	0.18	0.20
2		3階層クライアント/サーバ	130	1.72	1.73	1.71	0.58	0.58	0.58	4.87	4.99	4.77	0.21	0.20	0.21
3		イントラネット/インターネット	200	1.66	1.67	1.66	0.60	0.60	0.60	4.41	4.47	4.35	0.23	0.22	0.23
4	業種	製造業	129	1.66	1.67	1.65	0.60	0.60	0.60	4.40	4.50	4.32	0.23	0.22	0.23
5		情報通信業	37	1.75	1.80	1.73	0.57	0.55	0.58	5.29	5.77	4.90	0.19	0.17	0.20
6		卸売・小売業	39	1.65	1.69	1.63	0.61	0.59	0.61	4.42	4.76	4.14	0.23	0.21	0.24
7		金融・保険業	124	1.71	1.72	1.70	0.59	0.58	0.59	4.77	4.89	4.67	0.21	0.20	0.21
8		サービス業	41	1.47	1.50	1.46	0.68	0.67	0.69	3.13	3.31	2.99	0.32	0.30	0.33
9	開発言語 (注2)	C言語, Visual C++, C#	31	1.57	1.62	1.55	0.64	0.62	0.64	3.88	4.22	3.60	0.26	0.24	0.28
10		Java	35	1.94	2.01	1.91	0.52	0.50	0.52	7.19	8.02	6.54	0.14	0.12	0.15
11	なし (全体集合)		493	1.74	1.74	1.74	0.58	0.57	0.58	5.00	5.03	4.97	0.20	0.20	0.20
平均 (項番11を除く)			-	1.69	1.72	1.68	0.59	0.58	0.60	4.76	5.03	4.54	0.22	0.21	0.23

(注1) 分析対象データは新規開発・開発5工程・FP計測手法が明記されていてFP規模の報告あり、工数>0の条件を満たすもの

(注2) 開発言語は、「10001_同言語別 (1)_名称」に従って分類したもの

(注3) 予測値 (対数変換後の回帰分析から得られた予測値の値を対数逆変換したもの) に対する倍率

(注4) 概算値 k は、50%信頼区間の場合 $\pm 0.6745 \sigma$ を、95%信頼区間の場合 $\pm 1.96 \sigma$ をそれぞれ対数逆変換して求めた値

IFPUG 法に絞った場合

②業種 {製造業、金融・保険業} ×アーキテクチャ {3階層クライアント/サーバ、イントラネット/インターネット} の2重層別

(1) IFPUG 法

表4からすべての層で、IFPUG 法のみの方が標本数は

は少なくなるが、寄与率が向上していることが分かる。とくに層別条件の無い場合(表4では「全アーキテクチャ」×「全業種」に相当)で0.078(表4から求めると丸め誤差の影響で0.077となる)、「イントラネット/インターネット」で0.062、「製造業」で0.068向上している。「製造業(IFPUG法)」の寄与率は0.868にも達

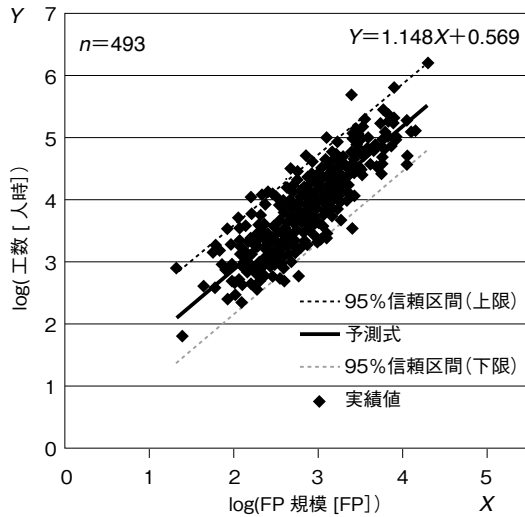


図3 FP規模と工数の対数変換後の散布図と予測式及び予測値の95%信頼区間(層別なし)

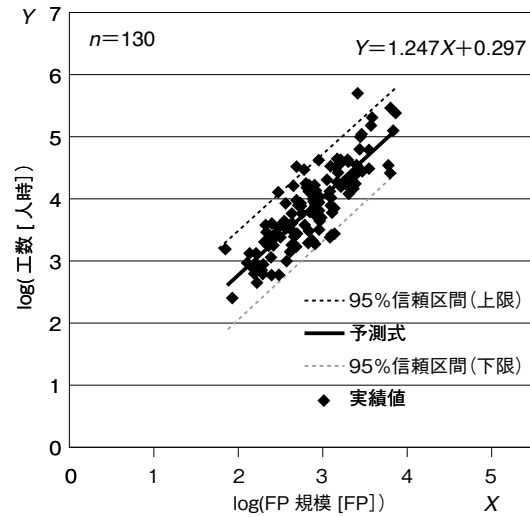


図5 FP規模と工数の対数変換後の散布図と予測式及び予測値の95%信頼区間(3階層クライアント/サーバ)

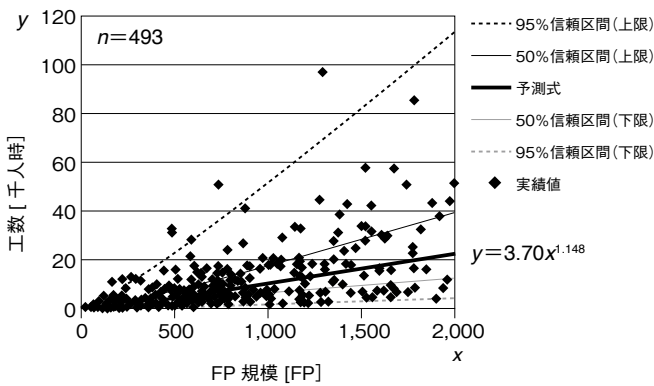


図4 FP規模と工数の散布図と予測式及び予測値の信頼区間(層別なし; 2,000FP以下を表示)

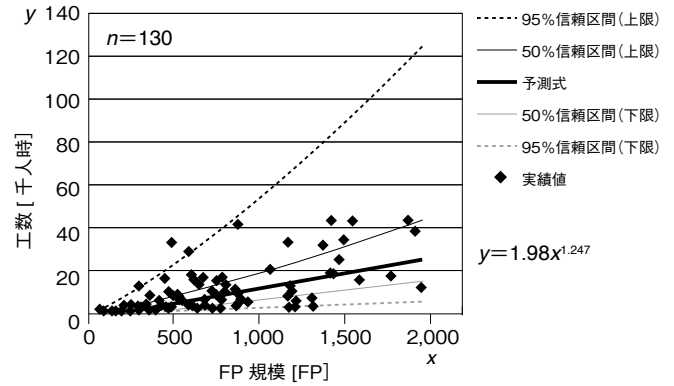


図6 FP規模と工数の散布図と予測式及び予測値の信頼区間(3階層クライアント/サーバ; 2,000FP以下を表示)

表4 さらなる層別の寄与率

業種	FP 計測手法混在			IFPUG 法		
	全業種	製造業	金融・保険業	全業種	製造業	金融・保険業
アーキテクチャ						
全アーキテクチャ	0.715 (493)	0.800 (129)	0.745 (124)	0.792 (189)	0.868 (33)	0.763 (52)
3階層クライアント/サーバ	0.703 (130)	0.767 (36)	0.639 (42)	0.705 (33)		
イントラネット/インターネット	0.759 (200)	0.732 (62)	0.842 (44)	0.821 (123)		

(注1) 下段括弧内は標本数
(注2) 網掛けした欄は層別を2重にすることによって寄与率が低下したものの

している。

(2) 2重層別

「イントラネット／インターネット」×「金融・保険業」の層では、「イントラネット／インターネット」×「全業種」の層より0.083、「全アーキテクチャ」×「金融・保険業」の層よりも0.097向上している。「3階層クライアント／サーバ」×「製造業」の層の寄与率は、「3階層クライアント／サーバ」×「全業種」の層より大きくなっているが、「全アーキテクチャ」×「製造業」の層よりは小さい。それ以外の組み合わせでは層別を2重にすることにより寄与率はむしろ低下している。

これらの層の対数変換後の分析結果と対数逆変換後の信頼区間の概算値を表5に示す。厳密な値は式(1)及び式(2)に表5の値を代入することにより求めることが出来る。

4 考察

4.1 層別による効果

50%及び95%の信頼区間がいずれも全体集合のものよりも大きくなっている層が3件(2階層クライアント／サーバ、情報通信業、Java)あるが、他の7つの層ではいずれも信頼区間が小さくなっていて10件の層の平均もそれぞれ全体集合のものより小さい(表3)。平均でみると50%信頼区間の上限で3%(=1 - 1.69 / 1.74)、

95%の信頼区間の上限で5%の向上、最も層別の効果の大きかった層(サービス業)では、50%信頼区間の上限で16%、95%の信頼区間の上限で35%向上している。

2重層別4件のうち1件(「イントラネット／インターネット」×「金融・保険業」)はさらに信頼区間が小さくなり、50%信頼区間の上限で19%(=1 - 1.41 / 1.74)、95%信頼区間の上限で46%向上している。

これらのことから予測精度は層別によって必ずしも向上することは期待出来ないが一般的には向上する傾向にあることが伺える。とくにFP計測手法がIFPUG法のみの場合は分析対象としたすべての層(2重層別はデータ件数が30件に満たないため分析対象外)にわたって信頼区間が小さくなっていることは注目に値する。

4.2 信頼区間の近似式

対数変換後のデータから回帰分析で得られる一次式を対数逆変換すると独立変数 x のべき乗の式となる。しかし、3.2項で示した式(1)や式(2)を含んだ式を対数逆変換したものは複雑な式となり直観的ではない。[古山2011]で述べられているように、 n が十分大きければ、式(1)と式(2)はそれぞれ正規分布の25%点及び75%点である $\pm 0.6745\sigma$ と正規分布の2.5%点及び97.5%点である $\pm 1.96\sigma$ を概算値として近似出来る。

例えば、元の説明変数(例えばFP規模)を x 、目的変数(例えば工数)を y 、それぞれの対数変換後の変数

表5 IFPUG法及び2重層別の分析結果

層別条件	FP計測手法	対数変換後の分析結果								対数逆変換後				
		標本数	平均(\bar{X})	標準偏差(s_x)	回帰分析					信頼区間の倍率(概算値)				
					相関係数	寄与率	傾き(a)	切片(b)	標準誤差(σ)	50%		95%		
										上限	下限	上限	下限	
なし(全体集合)	IFPUG法	189	3.04	0.493	0.891	0.792	1.151	0.694	0.290	1.57	0.64	3.70	0.27	
アーキテクチャ		3階層クライアント／サーバ	33	3.04	0.459	0.845	0.705	1.138	0.769	0.336	1.68	0.59	4.55	0.22
		イントラネット／インターネット	123	3.08	0.500	0.907	0.821	1.167	0.651	0.272	1.53	0.66	3.41	0.29
業種		製造業	33	2.84	0.531	0.934	0.868	1.088	0.754	0.225	1.42	0.71	2.76	0.36
		金融・保険業	52	3.21	0.435	0.876	0.763	1.043	1.238	0.252	1.48	0.68	3.12	0.32
2重層別	混在	3階層クライアント／サーバ×製造業	36	2.752	0.403	0.880	0.767	1.249	0.155	0.276	1.54	0.65	3.48	0.29
		イントラネット／インターネット×金融・保険業	44	3.126	0.492	0.919	0.842	1.032	1.241	0.220	1.41	0.71	2.70	0.37

を X と Y として、対数変換後の予測式（回帰式）が

$$Y = aX + b \quad (3)$$

で与えられた場合、50%の信頼区間の概算式は

$$Y = aX + b \pm 0.6745 \sigma \quad (4)$$

で与えられるので、対数逆変換後の概算式は次のような分かりやすい式となる。

$$y = 10^b x^a \times k \quad (5)$$

ただし、

$$k = 10^{\pm 0.6745 \sigma} \quad (6)$$

である。

表2の傾きと切片及び表3の信頼区間の概算値から、対数逆変換後の信頼区間の概算式を得ることが出来る。例えば、層別条件なしの493件のデータからは次の式が得られる。

$$y = 10^{0.569} x^{1.148} \times 1.74 = 6.45x^{1.148} \quad (7)$$

(50% 信頼区間の上限)

$$y = 10^{0.569} x^{1.148} \times 0.58 = 2.15x^{1.148} \quad (8)$$

(50% 信頼区間の下限)

$$y = 10^{0.569} x^{1.148} \times 4.97 = 18.4x^{1.148} \quad (9)$$

(95% 信頼区間の上限)

$$y = 10^{0.569} x^{1.148} \times 0.20 = 0.74x^{1.148} \quad (10)$$

(95% 信頼区間の下限)

表6 信頼区間の大きさと概算値との相対誤差

n	独立変数 X の値					
	50% 信頼区間			95% 信頼区間		
	\bar{X}	$\bar{X} \pm s_x$	$\bar{X} \pm 2s_x$	\bar{X}	$\bar{X} \pm s_x$	$\bar{X} \pm 2s_x$
30	0.695	0.706	0.740	2.082	2.117	2.217
	2.99	4.69	9.65	6.24	8.00	13.11
50	0.686	0.693	0.713	2.031	2.051	2.110
	1.77	2.78	5.76	3.61	4.64	7.67
100	0.680	0.684	0.694	1.994	2.004	2.034
	0.87	1.38	2.87	1.76	2.26	3.77
200	0.677	0.679	0.684	1.977	1.982	1.997
	0.43	0.68	1.43	0.87	1.12	1.87
300	0.676	0.678	0.681	1.971	1.975	1.984
	0.29	0.46	0.96	0.57	0.74	1.24
500	0.676	0.676	0.678	1.967	1.969	1.975
	0.17	0.27	0.57	0.34	0.44	0.74
∞	0.6745	0.6745	0.6745	1.960	1.960	1.960

(注) $n = \infty$ のときが概算値
 (凡例) 上段：信頼区間の大きさ (\times 標準誤差 σ)
 下段： $n = \infty$ の値との相対誤差 (%)

表3から、式(1)と式(2)から得られる正確な値と概算値は有効数字2桁では実際にはほとんど差が無いことが分かる(概算値がわずかに甘い)。

信頼区間の理論式と概算値からの一般的な相対誤差(対数変換後)を表6に示す。相対誤差の値は対数逆変換した場合は信頼区間の比率の誤差になる。例えば概算値3.00倍で相対誤差10%の場合の理論値は3.30倍ということになる。データが100件近くある場合は、50%信頼区間の相対誤差はおおむね1~3%程度、95%信頼区間ではおおむね2~4%程度である。データが30件しかない場合は、前者は3~10%、後者は6~13%程度であることが表6から分かる。

4.3 95%の信頼区間と50%の信頼区間の関係

50%と95%の2つの信頼区間の比は、式(1)と式(2)から

$$\frac{t_{0.95}(n-2)}{t_{0.5}(n-2)} \quad (11)$$

となり、データ数 n には依存するものの独立変数 X の値とは無関係の値になる。この比の値は、データ数が30件のとき3.00で、データ数が増えるに従ってデータ数が ∞ の場合(正規分布の場合)の比2.91に近づく。これは対数逆変換した場合95%信頼区間の倍率が50%信頼区間のほぼ3乗ということの意味している。今回の分析結果では、多くの場合95%信頼区間の上限値は17の3乗、すなわち5.0倍程度、下限値は0.59の3乗の0.2倍程度ということが出来る。

5 まとめ

アーキテクチャ別、業種別、開発言語別の各層別に対してFP規模に対する工数(=生産性)の関係を分析した。新規開発・開発5工程・FP計測手法が明記されていてFP規模の報告あり・工数 >0 ・データ件数が30件以上という条件で分析対象となる層を抽出したところ10件の層が抽出された。これら10件に層別なし(全体集合)を合わせた11件の層に対してそれぞれ回帰分析を行い、得られた予測式からの予測値に対して50%と95%の信頼区間を計算した。その結果次のことが明らかとなった。

- ① 寄与率（修正 R^2 ）は 11 の層のうち 8 つの層で 0.7 を超えている。最も高いものは 0.800 である（製造業）。各層とも工数が FP 規模に大きな影響を受けていることが分かる。
- ② 回帰直線の傾きは、11 の層のうち 10 の層で 1 を超えている。9 つの層で 1.0 から 1.2 までの間にあり、これらの層では FP 規模が増えると生産性が少しずつ低下することが分かる。
- ③ 層別によって信頼区間が層別前よりも大きくなる場合もあるが、平均的には信頼区間が小さくなる（予測精度が向上する）。とくに FP 計測手法を IFPUG 法に絞った場合はすべての層で信頼区間が小さくなる。
- ④ 50% 信頼区間の上限はおおむね予測値の 1.7 倍程度、下限は 0.6 倍程度である。
- ⑤ 95% 信頼区間の上下限値は 50% 信頼区間の上下限値の倍率の 3 乗程度であり、それぞれ 5.0 倍程度と 0.2 倍程度である。
- ⑥ 信頼区間の倍率の正確な値と概算値は有効数字 2 桁ではほとんど差が無いので、計算式の簡明さから概算値を用いるのがよい。
また、さらなる層別を行って分析したところ次のことが明らかとなった。
- ⑦ IFPUG 法のプロジェクトでは FP 計測手法混在よりも寄与率が高くなり、信頼区間も小さくなる（予測精度が向上する）。
- ⑧ 2 重の層別は一つの層別の場合に比べて必ずしも寄与率の向上をもたらさない。
今後、予実差の大きいプロジェクトを分析対象から除くなど、分析対象プロジェクトをより適切なものに絞り込んで分析の精度を向上させたい。

参考文献

- [IPA2010] IPA/SEC：ソフトウェア開発データ白書 2010－2011, 2010
[古山 2011] 古山恒夫：ソフトウェアプロジェクトデータの量的変数に関する分析の一指針と分析事例, SEC journal No.26, Vol.7, No.3, pp.105-111, 2011

仏CEA-LISTとの 国際合同ワークショップ開催について

SEC 企画グループ
佐々木 勇人

IPAとフランス原子力・代替エネルギー庁(CEA)システム統合技術応用研究所(LIST)とは、2011年に相互協力協定を締結し、協力へ向けた第一歩として、今回双方の関係者による国際合同ワークショップを2月21日～23日の間、沖縄県那覇市内にて実施しました。

CEA-LISTは、フランスのバリ近郊サクレーに本部を置き、700名の研究者、技術者が情報通信、エネルギー、交通、セキュリティ&防衛、健康、製造など様々な分野における、マルチメディア、組込み、センシング等各种システムの研究を行っています。本誌前号(SEC journal No.27号188頁)にて紹介があったように、研究・開発パートナーとして大小各企業との連携を推進し、産学官連携のネットワークの下、様々な技術移転を通して、産業の競争力を高める取り組みを実施するなど多くの実績を有しています。

2010年6月のカマン所長以下幹部の方々による日本表敬訪問を契機に双方の取り組みに関する情報交換を行ってきました。その結果、統合システムの信頼性向上に関する連携を取ることで、モデリング・検証技術の開発及び国際標準分野でのシナジー効果が期待されることから、両機関における研究協力に関する相互協力協定(Mutual Cooperation Agreement: MCA)を締結しました(2011年9月締結)。

MCA締結後は、今後の具体的な協力分野策定に向けたTV会議等を通じた協議を行い、今回沖縄にて3日間

の集中議論を実施しました。1日目は公開ワークショップを開催し、両機関の活動紹介のほか、沖縄県や企業等の取り組みを相互に紹介しました。午前のプログラム終了後には、IPA 藤江理事長、CEA-LIST カマン所長によって、MCAに基づく今後の具体的協力活動として、ソフトウェア・システムの品質保証制度の国際化に向けた連携の進め方に関する基本合意書への調印が行われました(写真1)。2日目、3日目には、両機関関係者(研究員及び部会委員)によるディスカッションを実施し(写真2)、双方からの忌憚りの無い意見交換がなされ、最終的には、今後の協力分野3分野の特定と各分野での具体的な行動計画をまとめるに至りました。その概要は、①モデルベースエンジニアリングとトレーサビリティ分野における標準的なオープン技術開発に向けた協力プログラムの推進、②複雑な高信頼ソフトウェア・システムの品質評価および監査に関するフレームワークの国際標準化における協力、③準形式手法及び形式手法に関する情報交換等、となっています。

(詳細は次号にて)



写真1 調印式後の集合写真風景



写真2 関係者によるディスカッションの様子

変革を求められるIT人材 — 高信頼設計・検証を担う人材育成 —

SEC 統合系プロジェクト
主査
室 修治

IT業界を取り巻く環境の変化は絶えず、留まらず、その速度は増すばかりであり、今後も収束することはないと心しておかなければならない。IT業界に携わる人材についてもその影響を免れるものではなく、置かれている状況を適切に把握し、状況に応じた育成を継続的に行うことが必須である。

本稿ではIT人材を取り巻く現状を簡単に整理し、今後の人材育成の方向性の一端をSEC及び関連団体の取り組みも交え紹介していく。

1 IT人材を取り巻く現状

まず経済産業省及びIPAが実施している調査よりIT人材の「量」、「質」に関する現状について整理する。

IT人材の「量」に対する不足感は、2008年度より減少傾向が強まり2009、2010年度については「大幅に不足している」、「やや不足している」と回答した企業は全体の約半数にとどまっている（図1）。

「質」に対する不足感は「量」に対する不足感の減少傾向に関わらず過去4年間についてほぼ同じ傾向が続いており「大幅に不足している」、「やや不足している」と回答した企業が全体の8割以上にのぼっている（図2）。

2011年度については、「量」に対する不足感及び「質」に対する不足感は若干の増加と同様の傾向との先行情報を得ている。

また国内のIT人材に影響を与えるオフショア開発に

ついては海外開発拠点展開を考えている企業は大企業では5割近くになっており開発拠点の海外展開を推進している、あるいは海外展開が可能であると考えられる（図3）。

ここ数年の各国でのオフショア開発の業務範囲を見ると、その業務範囲が徐々に拡大してきている（図4）。インド、中国では、「基本設計」もオフショア開発の業

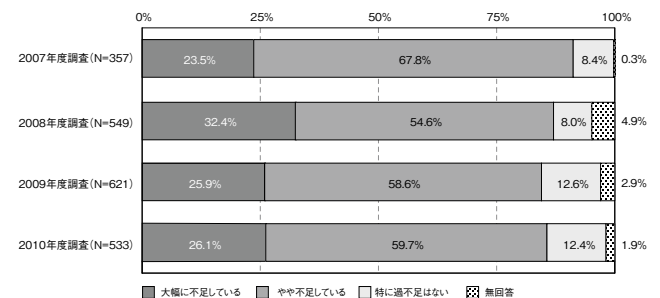


図2 IT人材の「質」に対する過不足感 [IT人材白書2011]

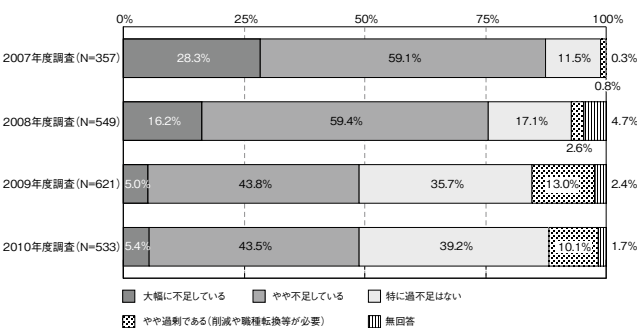


図1 IT人材の「量」に対する過不足感 [IT人材白書2011]

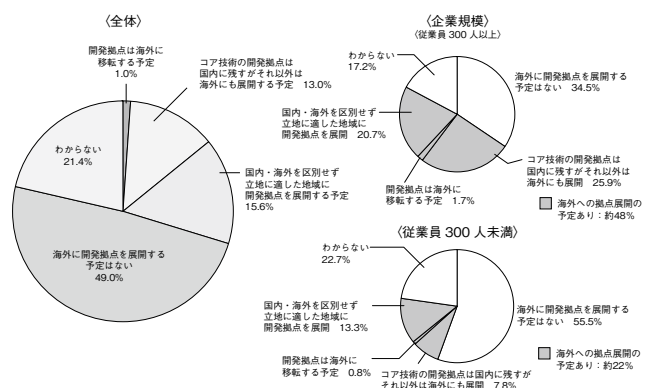


図3 開発拠点の海外展開 [METI2011]

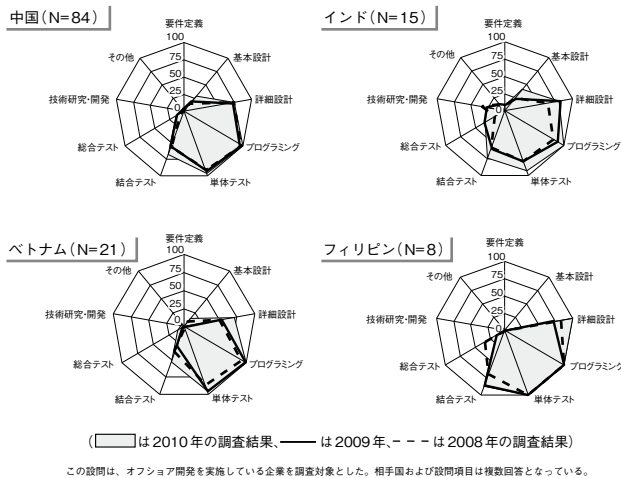


図4 オフショア開発の対象業務 [IT人材白書2011]

務範囲となりつつあり、上流工程のオフショア化も進展している。

2 組み込みソフトウェア開発を取り巻く事業環境の変化

(1) 機能安全、第三者検証（妥当性確認）など品質説明力の向上

米国で発生した自動車の安全性に関連するリコール問題が大きな話題となり、組み込みソフトウェアを搭載した製品に対する安全・安心への世の中の関心が高まっている。組み込みソフトウェア開発においては、機能安全規格と第三者検証（妥当性確認）の両方に対応することへの必要性が求められている（車載組み込みソフトウェア開発に関わる全ステークホルダーへの対応が必要）。

組み込みソフトウェア開発に対しては、以下が求められるようになってきている。

- ①開発に対応する開発情報管理
 - ・開発情報のトレーサビリティの確保
 - ・開発に関わる技術活動記録、組織活動記録などのエビデンス収集
- ②開発に使用する開発ツールの認証取得
- ③説明力（証明力）の高い開発技術の適用
 - ・形式手法^{※1}、モデルベース手法など

(2) 実装中心から設計中心のソフトウェア開発への移行

実装工程の海外へのアウトソーシングと機械化（自動コード生成ツール）の拡大により、国内における開発の中心が、上流工程へと移行している。

ここでいう、上流工程の中核技術は、モデルベース（モデル駆動）開発技術である。

- ・開発プロセスのモデルベース開発への適応（上流工程での設計検証など）
- ・開発ツールなどの導入（モデルベース開発技術はツール支援を前提とした開発技術）

また、要件定義など、利用者情報、利用情報の活用も開発における重要な要素となっている。

これに伴い、モデルベース開発技術を扱える上流工程技術者の育成、基礎的な学力（数学、論理学など）が不足しているソフトウェア技術者の育成が、重要な課題となってくる。

(3) 組み込みシステム他システムとの統合化（統合システム化）

組み込みシステムが他の情報系などのシステムと密接に連携して一つのシステムとして稼働する形態の「統合系システム」が、注目されるようになってきた。

自動車の場合には、車載システムの統合化と並行して、車外システムとの統合化が進行した以下のような例が挙げられる。

- ・電動機の採用による、スマートエネルギーシステムとの統合化
- ・インターネットなどとの接続による、情報システムとの統合化
- ・ITSなどの高度交通システムへの対応による、交通インフラや他の車両との統合化

また、組み込みシステムと他産業との連携したシステム開発の例として、住宅産業、電力産業、家電産業、情報サービス産業などがある。

組み込みシステム他システムとの統合化においては、全体システムとしての安全性・信頼性の確保という意味

脚注

※1 形式手法：開発工程において曖昧性を排除し網羅性を向上させるための取り組みの一つ。計算機科学における数学を基盤としたソフトウェア及びハードウェアシステムの仕様記述、開発、検証の技術。

から、共通モデルによる上流段階での検証などの対策が必要となってくる。

(4) 開発拠点のグローバル化

プラザ合意以降の円高に対応して、我が国の製造業の生産拠点は海外展開が進展しており、とくに、自動車産業では約4割が海外生産となっている。リーマンショック後の円高に対応するために、開発拠点の海外展開がさらに進行した。

約10万人と言われた、2008年までの国内組込みソフトウェア技術者の不足に対応するために、海外拠点での技術者確保、海外へのアウトソーシングが拡大してきた。

このように我が国の製造業は、既に海外拠点が存在し、海外でのソフトウェア開発経験も積んでおり、開発拠点の海外展開を進める土壌は整っている。

しかし今後は、国内の開発リソースの需要は減少することが想定されている。とくに、海外移転と自動化などにより、ソフトウェア実装・テストの外部委託の国内市

場は、消滅が懸念される。

したがって、国内組込みソフトウェア産業の構造改革は、急務となっている。

3 組込みソフトウェア開発の課題

様々な課題が指摘されているが、中でも、図5によれば「設計品質の向上」が最も大きな課題として挙げられている。それに続き、「開発コストの削減」や「開発期間の短縮」、「新技術の開発」など回答の割合が高くなっている。

こうした課題への対応策の一つとして、高いスキルと専門性を備えた組込みソフトウェア人材の育成は、重要な課題として位置付けられる。

図6からも、技術者、プロジェクトマネージャなどのスキルの向上が、組込みソフトウェア開発の課題解決のための有効手段であると認識されている。また、開発手法・開発技術の向上は、課題解決のための有効な手段として徐々に認知されてきていることが分かる。

今後、さらに重要性を増す組込みソフトウェア開発の発展のためには、上述のような課題解決に資する人材の育成が非常に重要な意味を持つと言えよう。

SECでは高信頼ソフトウェア開発・管理技術を実現するためシステムの要求獲得、要件定義、仕様記述及びモデルによる検証など上流における信頼設計過程の強化及び、それを実現する人材の育成に取り組んでいる。具体的には上記を実現するための有効かつ具体的な技術として一定の評価を得ている形式手法、モデリング手法^{※2}に注目して活動を行っている(図7)。

形式手法、モデリング手法はソフトウェア工学の領域でここ数年に新たに提唱・開発されたものではなく、その考え方のベースは数十年前に遡る程の歴史があるという見方もある。期待効果が高い技術ではあるが、その開発現場への普及状況は技術者のスキルアップも含めて必ずしも高くなっていない。

モデリング手法導入における課題は、人材確保と人材育成、導入コストの高さなどが挙げられる。また、人材育成上の課題は、指導者がいないことと、育成対象及び指導者ともに人材面の課題が大きい。

形式手法についても同様の課題が挙げられており、導

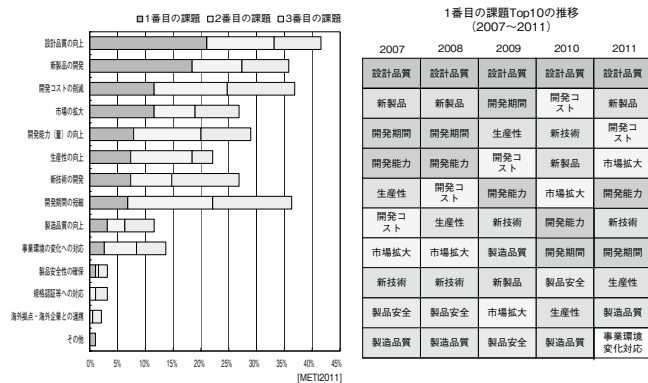


図5 組込みソフトウェア開発の課題

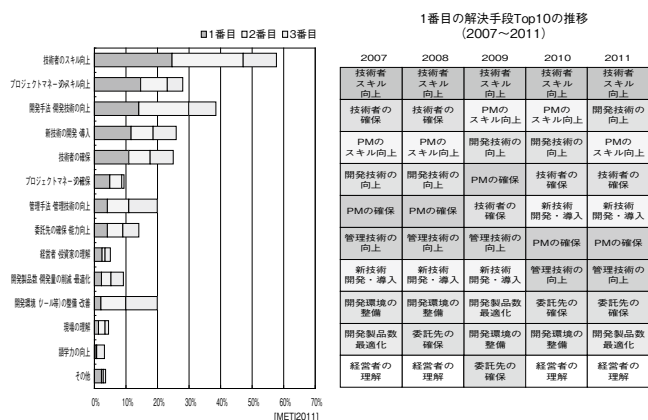


図6 組込みソフトウェア開発課題解決の有効手段

入できれば良いことがありそうだ、との認識はあるもののどう導入するかという方法論になると未だ確立された手法がなく、それぞれ模索しつつ進めているのが実情である。

その場合明確な導入効果が示されていないと経営的な判断を得られず、結局はとん挫しているというのが現在の普及状態から見て取れる。

SEC ではこの状況を打破するため、まずはその効果を示しつつ緒に付けるよう、形式手法導入コースのための育成用テキストを開発した(図8)。

本テキストを用いた育成実証セミナーも各地で実施しており、本年度中に形式手法導入の入門編を完成する予定である。

今後は他の形式手法に関わる活動成果も参照し実践編の検討をしていく。

モデリング手法に関しては、2010年度に実施したSECのモデルベース開発技術者スキル検討WGの活動成果であるモデルベース開発技術者スキル基準(案)(表1)を参考として、一般社団法人組込みスキルマネジメン

ト協会^{※3}のモデルベース設計検証技術部会において、より詳細なスキルの定義及び育成プログラムの検討・開発を進めている。

このようにSEC及び協力団体は今後とも形式手法、モデリング手法の啓発、育成マテリアルの開発を通じて高信頼ソフトウェア開発・管理技術の実現に寄与できるような活動していく予定である。

表1 モデルベース開発技術者スキル基準(案)

第1階層	第2階層	スキル評価のための文言
1 モデリング (モデルの作成)	1	モデリングの目的確認とビューの設定 モデリングの目的確認とモデリングのためのビューを設定出来る。
	2	モデリングの活用プロセスの設計 モデリングをスパイラルなどの設計プロセスに展開出来る。
	3	ビューに基づくモデリング対象の抽象化の考え方 ビューに基づいて、モデリング対象から不要な性質を削除して、抽象化することが出来る。
	4	要素の抽出の考え方 抽象化されたモデリング対象がもつ機能や関係といった要素を抽出することが出来る。
	5	モデルの記述体系 抽出した要素を用いて、モデリング対象をモデルとして再構築し、モデルの記述体系を用いて文書化出来る。
2 モデルの検証	1	検証プロセス設計技術 得られたモデルがモデリングの要求を満たしていることを検証するプロセスを設計することが出来る。
	2	モデル検証技術 作成したモデルの正しさを検証ツールなどを活用して示すことが出来る。不整合がある場合は、再モデリングが出来るようにその内容を文書化出来る。

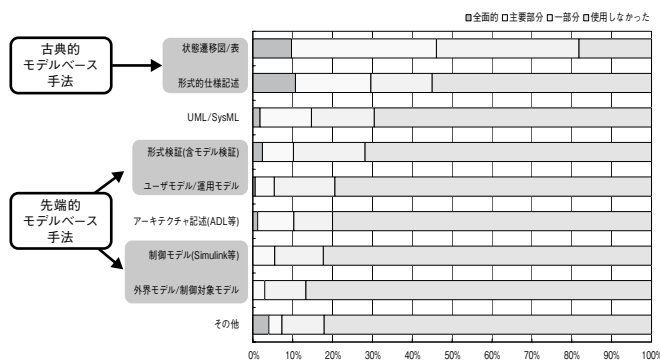


図7 プロジェクトで利用した手法・技法[METI2010]

仕様開発フェーズにおけるデバッグ

表1 仕様開発フェーズで修正した誤りの件数

誤りの発見工程	件数
仕様の記述	162
仕様の実行と単体テスト	116
仕様のレビュー	93
設計実装担当者・テスト担当者とのコミュニケーション	69
合計	440

「デバッグ密度」= 440 / 40,000 = 約 11 エラー / 千行
→形式手法は、開発の初期段階における誤りの発見に有効である

図8 形式手法導入コーステキスト例

脚注

- ※2 モデリング手法：開発工程において曖昧性を排除し網羅性を向上させるための取り組みの一つ。モデル化と呼ばれる抽象化技法を駆使し設計の明確化と検証を行う。
- ※3 一般社団法人組込みスキルマネジメント協会：Skills Management Association (SMA)。ETSS をベースにスキルに関する研究、啓蒙、標準化等の活動に取り組んでいる。

参考文献

[IT人材白書 2011] IPA：IT人材白書 2011，2011，<http://www.ipa.go.jp/jinzai/jigyuu/about.html>
[METI2010] 経済産業省：2010年版組込みソフトウェア産業実態調査報告書—プロジェクト責任者向け調査—，http://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/downloadfiles/2010software_research/
[METI2011] 経済産業省：平成22年度中小企業システム基盤開発環境整備事業（組込みシステム産業の施策立案に向けた実態把握のための調査研究）事業報告書，http://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/chusho_ESIR/2011/index.html

ESxRトレーナーズトレーニングの紹介

SEC 組込み系プロジェクト
 研究員
 石井 正悟

SECでは、我が国の組込みソフトウェア産業の国際競争力を強化するため、組込みソフトウェア開発の作法・手法・ノウハウを体系的に整理すると共に、その成果であるESxRシリーズの普及拡大を図っている。ESxRシリーズをより一層広範囲に、そして円滑に普及させるため、普及活動の民間への移管を進めることとし、トレーナーズトレーニング整備を推進している。

1 はじめに

近年の組込みシステムは、大規模化、多機能化、多機種化の流れが進んでいる。その流れと共に組込みソフトウェアは、急速に大規模化、短納期化、複雑化している。

その結果、例えば開発拠点の分散が余儀なくされ、コミュニケーションギャップの問題が発生したり、インタフェースの増加による組み合わせケースの爆発的増加など、多くの問題が発生しており、QCD^{*1}目標達成の難しさが増してきている。

そのような状況においてSECでは、我が国の組込みソフトウェア産業の国際競争力強化を目的として、組込みソフトウェアの品質向上と開発プロジェクトの円滑化を実現するための手法の整備を進めている(図1)。また、

SEC 組込み系プロジェクトでは、これまでの成果の普及拡大を図り、セミナー、ワークショップを開催して

いる(表1)。

しかし、これまでの普及活動にはいくつかの課題があり、利用者の期待に十分応えられていない面があった。そこで、より広範囲に、また円滑な普及を計るために、SEC 成果物に対するトレーナーズトレーニングの整備を開始した。

表1 2010年度セミナー開催実績

開催日	セミナー、ワークショップ(略称)	共催	開催場所
6/16	地域セミナー(ESCR)	石川県工業試験場(IRII)	石川県
6/18	ET-WEST2010 セミナー(ESCR)	社団法人組込みシステム技術協会(JASA)	大阪府
7/16	体験セミナー(技術者対象)(ESMR 演習付き)	—	東京都
10/1	地方企画セミナー(ESQR)	財団法人いがた産業創造機構(NICO)	新潟県
11/12	ESxR 適用事例ワークショップ(導入推進者対象)(ESCR-C++)	社団法人組込みスキルマネジメント協会(SMA)	東京都
11/16	ESxR Executive セミナー(管理者層対象)	社団法人電子情報技術産業協会(JEITA)	東京都
12/3	ET2010 セミナー(ESCR-C++)	社団法人組込みシステム技術協会(JASA)	神奈川県
1/18	地方企画セミナー(ESPR 演習付き)	車載組込みシステムフォーラム(ASIF)	愛知県
2/1, 2	業界団体連携企画セミナー(ESxR, ESCR, ESPR, ESMR, ESQR)	社団法人組込みシステム技術協会(JASA) 東北支部	宮城県
1/28, 2/18, 3/4	業界団体連携企画セミナー(ESxR, ESCR-C++, ESPR, ESMR, ESQR, 総合演習)	社団法人組込みシステム技術協会(JASA)	東京都
3/11	ESCR-C++ 言語版セミナー	—	東京都

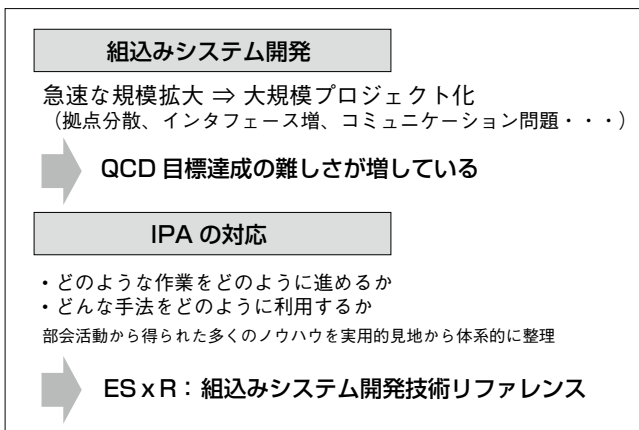


図1 組込みシステム開発の課題とIPAの対応

2 ESxR とは

組み込みソフトウェアの品質・信頼性向上や開発プロジェクトの円滑化実現の手法として、SEC が体系的にまとめ、整備してきたものが、組み込みシステム開発技術リファレンス ESxR^{*2} シリーズである。

組み込みソフトウェア開発において、どのような作業をどのように進めるか、どんな手法をどのように利用するか、どのようなことに注意が必要かなどについて、部会活動から得られた多くのノウハウを実用的見地から体系的に整理して書籍化した総称が ESxR である。2011 年現在 ESxR シリーズの書籍には次のものがある。

2.1 ESCR コーディング作法ガイド

組み込みソフトウェア開発向けコーディング作法ガイド [C 言語版] (ESCR) Ver 1.1

ESCR : Embedded System development Coding Reference

組み込みソフトウェア開発向けコーディング作法ガイド [C++ 言語版] (ESCR-C++) Ver 1.0

ESCR-C++ : Embedded System development Coding Reference

C 言語または C++ 言語を用いて開発されるソフトウェアのソースコードの品質向上を目的として、コーディングの際に注意すべきことやノウハウを整理したガイドである。C 言語版については英訳版も提供している。

ESCR は 2011 年 4 月に JIS X 0180「組み込みソフトウェア向けコーディング規約の作成方法」Framework of Establishing Coding Guidelines for Embedded System Development として JIS 制定された。

2.2 ESPR 開発プロセスガイド

組み込みソフトウェア向け開発プロセスガイド (ESPR) Ver 2.0

ESPR : Embedded System development Process Reference

組み込みソフトウェア開発を対象として開発プロセスを整理したガイドである。組み込みシステム開発を円滑に進めるためのノウハウ集となっている。

組み込みソフトウェアを開発する上で必要となる作業や基本動作を、現場の技術者が理解しやすい言葉で体系的に整理している。

2.3 ESMR プロジェクトマネジメントガイド

組み込みソフトウェア向けプロジェクトマネジメントガイド [計画書編] (ESMR) Ver1.0

ESMR : Embedded System development Management Reference

組み込みソフトウェア向けプロジェクト計画立案トレーニングガイド (ESMG) Ver1.0

ESMG : Embedded System development Management Planning Guide

ソフトウェア開発のプロジェクトを適切な方向へ導くプロジェクトマネジメント技術の中でもとくに重要なものが、プロジェクトマネジメントのベースとなるプロジェクト計画作成である。ESMR は、プロジェクト計画を立てるための基本的な考え方や参考となる計画書のひな形を整理したガイドである。

ESMG は、ESMR を補完するため、事例に基づいて具体的にプロジェクト計画書を作り上げるまでを自習形式にまとめたトレーニングガイドである。

2.4 ESQR 品質作り込みガイド

組み込みソフトウェア開発向け品質作り込みガイド (ESQR) Ver 1.1

ESQR : Embedded System development Quality Reference

組み込みシステムを対象として高品質なソフトウェアの作り込みを目指したガイドである。組み込みソフトウェアの開発段階において、開発対象となるシステムや開発プロジェクトの要求品質を把握し、ソフトウェアの品質を定量的にコントロールするためにシステムプロファイリング、プロジェクトプロファイリングという考え方を示している。定量的品質コントロールの方法の一つの考え方を示したガイドである。

品質を測り、そして可視化するためのさまざまなものさし（品質指標）やその参考値、あるいはソフトウェアの品質を向上させるためのヒントも掲載している。

脚注

※1 QCD : Quality, Cost, Delivery

※2 ESxR : Embedded System development exemplar Reference, 組み込みシステム開発技術リファレンス

3 これまでの普及活動形態

SECのこれまでのESxRシリーズ普及活動では、IPA主催、または他組織との共催により、SEC研究員や専門委員が講師となり、ESxR解説セミナー、ワークショップを開催してきた。

2010年度のセミナー、ワークショップ開催実績は表1に示す通りであり、開催回数はESxRシリーズ全体でも年間10数回に留まっており、1回あたりの受講者の定員にも制約があった。また開催場所も東京をはじめ大都市圏に集中していた。なお、図2に従来の普及活動形態を示す。

IPAは独立行政法人であることから特定企業向けには開催出来ず、教材内容も特定企業・業種向けにカスタマイズ出来ない、という制約もある。

従来の普及活動形態での課題をまとめると次のようになる。

- ・開催回数・開催場所の制約
- ・開催日時を含めたカリキュラムの制約
- ・受講可能人数の制約
- ・特定企業・業種向け教材カスタマイズ内容の制約

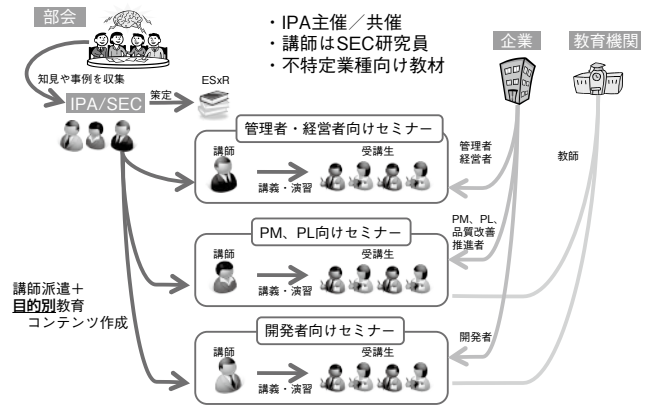


図2 従来の普及活動形態

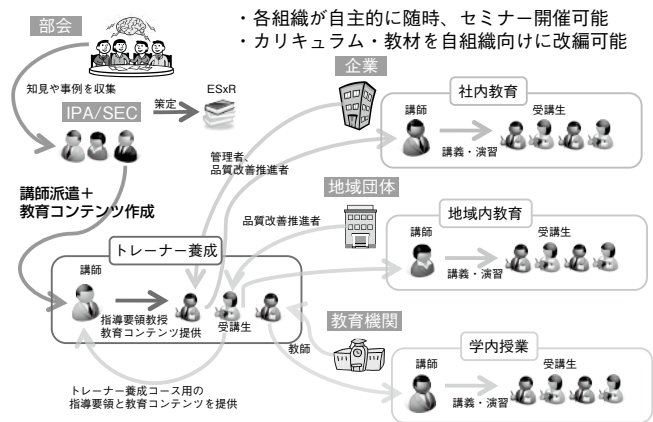


図3 SECが目指す普及活動

4 SECが目指す普及活動形態

SECは、上記の課題を解決すること等も考慮して、ESxRの普及活動を民間に移管することを推進している。

SECが目指す普及活動の形態を、図3に示す。IPA開催のトレーナー養成セミナーを修了した受講者に、ESxRトレーナーとしての修了証を授与し、次にその受講者が講師となってESxR解説セミナーを自組織内で自主的に開催出来るようにする、というものである。

企業・地域や各業種の団体・教育機関が、自主的に自組織内でESxR解説セミナーを開催出来るようになれば、自組織の都合に合わせた日時・場所、受講者層に応じたカリキュラムを計画し、自組織の開発内容に合わせた教材を用いる、なども可能になる。

また、ESxR解説セミナーで用いる教材セット一式をトレーナーに提供することによって、講師が行うべきセミナー開催のための準備作業を軽減してセミナーを開催

しやすくすると共に、SECがESxRに込めた思いが確実に受講者に伝わることを期待出来る。

トレーナーは、ESxR解説セミナーの他、トレーナー養成セミナー開催も可能とし、例えば、同じ企業内の他部門内にもトレーナーを配置出来るようにした。そのためトレーナーには、ESxR解説セミナー用教材と併せてトレーナー養成セミナー用教材も提供することとしている。

5 トレーナーズトレーニングの整備状況

SECでは、ESxRトレーナーズトレーニングのために、

- ① トレーナー養成セミナーのカリキュラム作成
- ② トレーナー養成用教材作成
- ③ ESxR解説セミナー用教材作成
- ④ トレーナー養成コースセミナー開催

を行う。

④のセミナー修了者には、修了証を授与すると共に、①のシラバス、②と③の教材一式を提供する。

5.1 トレーナー養成セミナーのカリキュラム作成

最初にSECが取り組んだESCRに関するトレーナー養成セミナーのカリキュラムは、表2の通りである。1日目にSECが③で作成したESCR解説セミナー用教材を用いて、教材説明を兼ねたセミナー受講体験を行い、2日目にはセミナー開催時の解説のポイント、教材改訂時のカスタマイズのポイントを説明し、ESCR解説セミナー実施体験を行う内容とした。

表2 ESCRトレーナー養成セミナーカリキュラム

	午前	午後
1日目		【オリエンテーション】 【講義】 ESCR導入セミナー 【グループ演習】規約の作成 (カスタマイズのポイント説明を含む) 【懇親会】 (コミュニケーションの活発化)
2日目	【講義】本コースの概要 【グループ討議】 現状の課題と発表 【講義】セミナーの準備プロセス 【演習】自組織向けセミナーカリキュラムの作成と発表	【講義】セミナーの実施プロセス 【演習】講義リハーサルの実施 【講義】セミナーの評価プロセス 【グループ討議】 作業計画書の作成と発表 【終了後の作業】 ・アンケート記入 ・修了証授与 ・IPAからのお願い

表3 ESPRトレーナー養成セミナーのカリキュラム

	午前	午後
1日目		【オリエンテーション】 【受講体験】 ESPR解説(基礎編)コースの受講体験 (カスタマイズのポイント説明を含む) 【懇親会】(コミュニケーションの活発化)
2日目	【講義】 本コースの概要 【解説1】 開発問題の発見およびそのプロセス改善による対策の考え方の解説 【演習1】 受講者持参の現場情報を題材とした問題発見・プロセス改善演習	【解説2】 トレーニングの指導解説 【演習2】 ESPR解説(基礎編)コースを題材としたトレーニング実習 【解説3】 組織内での改善実施計画立案の指導解説 【演習3】 参加者の自組織における、ESPRを活用したプロセス改善実施計画、立案演習 【終了後の作業】 ・アンケート記入 ・修了証授与 ・IPAからのお願い

ESCR に続いて現在開発中のESPR トレーナー養成セミナーでも、カリキュラムは表3のようになる予定で、ESCR とほぼ同等のものとなっている。

5.2 トレーナー用教材整備

教材として、②と③の教材を作成することになる。

ESCR 用には、トレーナーが自組織内で開催するESCR 解説セミナーとして、開催目的・受講者層別に表4の3コースを想定し、これら3コースで利用可能な教材セット一式を作成した。このコース例を参考にして講師は、独自にコース(カリキュラム)を作成出来る。

開発中のESPR トレーナーズトレーニング用には、表5の通り、基礎編と中級編の2コースを想定した教材を作成している。

いずれの教材にも構成要素として以下を含めている。

- ・シラバス
- ・解説用テキスト
- ・同テキストの講師用指導要領
- ・事前確認シート、記入例
- ・演習問題、解説付き解答例

表4 ESCR解説セミナーのコース例

コース種別	講義時間	演習時間	全体時間	目的・想定対象者
基礎コース (演習なし)	1.5H	なし	1.5H	コーディング規約策定上の課題やプロセス、ESCRの構成(概要)を把握する (組織の管理者向け)
基礎コース (ミニ演習付き)	1.0H	0.5H	1.5H	一部簡略化した講義に加え、簡単なコーディング規約の策定を演習で一部体験する (プロジェクトマネージャー向け)
基礎コース (フル演習付き)	1.5H	2.5H	4.0H	基礎コースと同等の講義に加え、コーディング規約によるコードレビューとコーディング規約作成を演習で体験する (コード作成の担当者、品質管理部門向け)

表5 ESPR解説セミナーのコース例

コース種別	講義時間	演習時間	全体時間	目的・想定対象者
基礎編 (演習付き)	1.5H	2.5H	4.0H	開発プロセスガイド解説と導入のためのプロセステイラーリング演習 (導入推進者、プロジェクト管理者向け)
中級編 (演習付き)	1.5H	2.5H	4.0H	開発プロセスの導入拡大のための手順とテイラーリング演習 (プロジェクト管理者向け)

- ・ 講師用の演習指導要領
- ・ 演習用の各種ワークシート
- ・ 理解度テスト問題、解説付き解答例
- ・ アンケート

6 教材利用許諾条件

ESxR トレーナーズトレーニングがSEC 成果の民間移管のひな形となるように、トレーナー用教材の利用許諾条件についても他のSEC 成果物に適用出来る汎用的なものとし、クリエイティブ・コモンズ・ライセンス（以下、CC ライセンス）の下に ESxR 教材の利用を許諾することとした。

CC ライセンスとは、国際的非営利組織のクリエイティブ・コモンズ^{*3}が提供しているライセンス^{*4}である。

CC ライセンスには利用条件によって4種類があり、作者が必要に応じてそれらの条件を組み合わせて、作者の著作物に適用することが出来るという特徴がある。

- ①（表示）著作権者の著作権表示が必要。
- ②（非営利）営利目的での利用禁止。
- ③（改変禁止）著作物の改変禁止。
- ④（継承）元の著作物と同じ組み合わせのCC ライセンスの下でのみ頒布を許可する。

ESxR トレーナー用教材に対しては、上記の①（表示）と④（継承）を組み合わせて適用することにした。

7 今後の整備計画

今後、既存のESxR シリーズに対して順次トレーナーズトレーニング教材を整備していく。

2010年度にESCR トレーナーズトレーニングの整備を行い、2010年7月には、トライアルを実施して、トライアルを受講した方々から教材について貴重なご意見・ご要望をいただいた。それらを反映した教材を用いて2011年12月に、第1回ESCR トレーナー養成セミナーを開催した。2012年3月には第2回目のセミナーをIEEE SMC Hiroshima Chapter^{*5}との共催で開催する予定である。

2011年度には、ESCR に続く第2弾としてESPR のトレーナーズトレーニングの整備に着手し、2012年夏

にはESPR トレーナー養成セミナーのトライアル実施を計画している。

さらに、ESMR、ESQR などについても順次整備を行う。

8 おわりに

SEC は、今後ESxR のトレーナーズトレーニング整備のためにトレーナー用教材開発に取り組み、トレーナー養成セミナーの開催等を通じて、民間への移管を推進していく。

自組織内にトレーナーを配置出来ない組織に対しては、SEC としてESxR 解説セミナーの開催を継続していく必要があると考えており、IPA からの講師派遣や、IPA が修了証授与した民間トレーナーの紹介も行っていく予定である。

ESxR シリーズについては、普及活動と並行して、一層の拡充を図っていく所存である。

脚注

- ※3 クリエイティブ・コモンズ：Creative Commons, 著作物の利用が促進されることを目指して国際的に活動している非営利団体である。
<http://creativecommons.org/>
- ※4 ライセンス：クリエイティブ・コモンズ・ライセンスの日本語版ライセンス。
<http://creativecommons.jp/licenses>
- ※5 IEEE SMC Hiroshima Chapter：IEEE System, Man, Cybernetics Societyのもとに設立された。Chair: 市村匠（県立広島大学）
<http://www.smc-hiroshima.info.hiroshima-cu.ac.jp/>

参考文献

- [ESCR] IPA/SEC：【改訂版】組込みソフトウェア開発向けコーディング作法ガイド [C 言語版]，翔泳社，2007
- [ESCR-C++] IPA/SEC：組込みソフトウェア開発向けコーディング作法ガイド [C++ 言語版]，株式会社オーム社，2010
- [ESMG] IPA/SEC：組込みソフトウェア向け開発計画立案トレーニングガイド，2011
- [ESMR] IPA/SEC：組込みソフトウェア向けプロジェクトマネジメントガイド [計画書編]，翔泳社，2006
- [ESPR] IPA/SEC：【改訂版】組込みソフトウェア向け開発プロセスガイド，翔泳社，2007
- [ESQR] IPA/SEC：組込みソフトウェア開発向け品質作り込みガイド，翔泳社，2008
- [SEC journal 25] 三原，濱田，十山，他：組込みソフトウェアの高品質化への取り組み，SEC journal No.25 Vol.7, No.2, pp.63-69, 2011
- [SEC journal ESxR 特集号] 平山，松田，大野，他：SEC journal ESxR 特集号，2009

定量的プロジェクト管理ツール(IPF)の紹介

ソフトウェア開発プロジェクトの効果的な定量的管理を支援するために

SECエンタプライズ系プロジェクト
研究員
大和田 裕

ソフトウェア開発プロジェクトにおいては、タスクの進捗状況、プログラムの作成状況、不具合・課題の検出状況などを日々監視し、異常が見つかった場合、直ちに必要対策を講じる必要がある。ソフトウェアの品質の確保や納期の遵守のためには、検出不具合数や工数の進捗具合など、プロジェクト進行過程で測定する定量的なデータを用いて品質や進捗の状況を適切に把握することにより、リスクを可視化し、問題を早期に発見する「定量的プロジェクト管理」が必要となっている。また、このような管理を行うことによってソフトウェア開発プロジェクトの品質・信頼性・生産性の継続的な向上に取り組むことが出来る。

1 はじめに

IPA/SECでは、これまでに2,000件以上のソフトウェア開発プロジェクトデータを収集・分析し、ソフトウェア開発プロジェクトの定量的管理を重点施策の一つとして取り組んできた。そこで、これまで実施してきたソフトウェア開発プロジェクトの定量的管理に関する検討の成果や知見をふまえ、定量的プロジェクト管理を支援するための定量的プロジェクト管理ツール（以降本ツールをIPF^{*1}と呼ぶ）を作成し、近日公開予定である。

2 IPFの目的

IPFは、プロジェクト管理を効率的・効果的に行いたいが、どのようにしたら分からない、もしくは定量的プロジェクト管理は知っているが、そのための専任者の配置やツールの整備にコストがかかるため、十分な取り組みが行われていないような地域及び中小規模の企業や中小規模プロジェクトのプロジェクト・マネージャへの普及促進を図ることを目的としている。

そのため、基本的な定量データ（ソース規模、工数、進捗、品質など）を自動収集し、その分析・管理を支援することに焦点を絞り、容易に導入や利用が出来ることを優先している。他の定量データの利用や複雑な使用については将来の拡張とし、それに対応出来るように柔軟性と拡張性が考慮されている。

容易に導入出来るように、使用ツールを一つのパッ

ケージにまとめた一括インストーラを提供するが、開発現場で既に導入されている様々な開発プラットフォームやプロジェクト管理プラットフォーム^{*2}から利用が可能なように、プラットフォームへの追加機能（プラグインやライブラリ）という形でも提供する。これにより既存の開発環境に、カスタマイズなどの比較的低いコストだけで容易に定量的プロジェクト管理を組み入れることが出来るようになる。

3 定量的プロジェクト管理の業務

IPFによる定量データに基づいたプロジェクト管理の業務範囲は、図1で示すように基本的なプロジェクト管理の範囲を想定している。

4 IPFの特徴

IPFの大きな特徴について以下に説明する。

4.1 グラフによるレポート

定量的プロジェクト管理の普及を阻害している要因として、測定されたデータがあっても定量データ分析のノ

脚注

- ※1 IPF: In Process Feedback tool, 定量的プロジェクト管理ツール
- ※2 プロジェクト管理プラットフォーム: プロジェクト管理ツールの一種。プラグインなどにより、機能拡張が可能なプラットフォーム型のツール。

ノウハウを持っている人材の確保が難しい、分析に手間がかかりタイムリーな予測が出来ないなどがある。これらの問題を解決するために、IPF では、各定量データの収集・集計結果をグラフ表示している。グラフ表示することにより、データ分析を行うことなく、定量データによる状況の把握を視覚的に行うことが出来る。とくに異常な状況については、グラフ形状の変化によって直観的に気づくことが出来る。

基本的な定量データに基づいて作成されるグラフの、管理種類、グラフ名、概要を表1に示す。

各グラフは、全体俯瞰による直観的な気づきから、詳細な状況・要因の把握まで、使用者が利用したい様々な階層での情報を、ドリルダウンすることによって表示する。また、プロジェクト全体を俯瞰して見られるように、以下のグラフを提供している。

① 定量管理ダッシュボード表示

使用者が担当しているプロジェクトの全体、もしくは使用者がプロジェクト中で受け持っている範囲の状況を複数の定量データ・グラフを縮小して一画面に表示する。

表1 表示グラフ一覧

グラフ名	概要
WBS (タスク)・品質管理グラフ	
試験計画項目密度	試験項目のカバレッジを確認
試験進捗率	試験項目の進捗を確認
WBS※3 進捗推移	
プロジェクトの進捗推移を把握	
WBS 進捗変化	プロジェクトの生産性変化を把握
EVM※4 評価	EVMによる生産価値の把握と将来予測
ソフトウェア規模推移	ソースコードによる規模の推移、及び計画値との対比
工数の予実	開発工数の予実把握と完了工数の推定
遅延重要タスク抽出	開発の遅れているWBS (タスク)を抽出
障害・課題管理グラフ	
障害件数変化	障害件数、未解決数の推移、計画値との対比を把握
障害解決予測	障害の未解決数と解決生産性から、解決完了日を推定
障害原因分析	現在の障害の数を原因別に分類
障害発生密度	開発品質の把握
障害滞留状況	長期間解決されていない障害を抽出
長期間未解決課題抽出	長期間解決されていない障害を抽出
負荷管理グラフ	
負荷状況	開発グループ/開発者の負荷を把握

各グラフを確認したい場合は、ここから個別のグラフを呼び出す。

② 複数プロジェクト俯瞰

使用者が担当している複数のプロジェクトについて、工数進捗もしくはソース規模進捗について設定した許容値を超えたプロジェクトを抽出する進捗確認グラフと、複数プロジェクトの状況が設定した安全域、注意域、危険域のどこにあるかを表示する健全性確認グラフを提供している。

それぞれのプロジェクトを個別に把握したい場合は、これらのグラフより個々のプロジェクトの定量管理ダッシュボードを呼び出す。

4.2 チケット駆動開発

チケット駆動開発 (TiDD) とは、プログラム開発手法の一種で、作業をタスクに分割し BTS (バグ管理システム) のチケットに割り当てて管理を行う開発スタイル

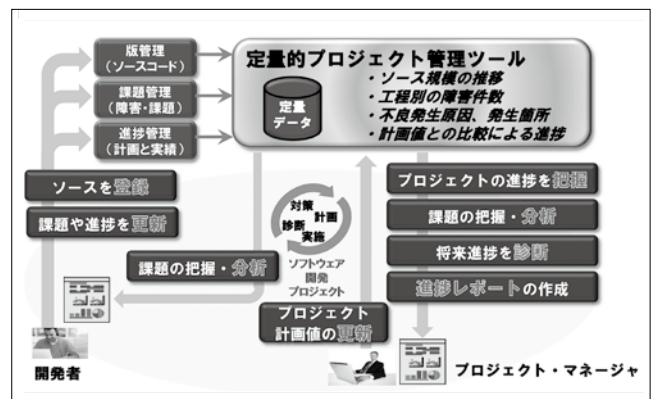


図1 適用業務範囲



図2 定量管理ダッシュボード

ルで、担当者が割り振られ、その作業に「登録」「担当者割り当て」「作業中」「完了」などの状態がある作業を「チケット」として扱っている。

最近の中小規模プロジェクトでは、アジャイル開発との親和性も相まって、この開発スタイルを採用している場面が多く見受けられる。この開発スタイルをサポートするチケット駆動型プロジェクト管理ツールとして Redmine、Trac などが使用されている。

チケット駆動型管理ツールの利点を次に挙げる。

- ・開発者は、自分に割り当てられているタスクやリスクを明確に知ることが出来る。
- ・開発者は、割り当てられたチケットの必要項目に入力するだけなので、作業報告を省力化出来る。
- ・管理者は、進捗やリスクについての収集作業を省力化することが出来る。
- ・進捗や品質などのプロジェクト情報の収集・集計はツールが行ってくれる。
- ・プロジェクト情報の一元管理と情報共有をリアルタイムで行うことが出来る。
- ・プロジェクト管理の問題を、機能として追加することにより、プロジェクト管理自体の品質を容易に上げることが出来る。

定量的プロジェクト管理ツールでは、上記の利点に加えて、ウォーターフォール開発にもアジャイル開発にも適用出来る可用性、及び機能追加の容易さと業界での普及率を鑑みて Redmine と Trac をプロジェクト管理プラットフォームとして使用することとした。

4.3 定量データの自動収集

定量的プロジェクト管理の普及を阻害している他の要因として、データ収集のための負荷がある。負荷が高い場合は、管理に必要な情報がタイムリーに取得することが出来ないためである。

この収集負荷を軽減するためには、日常的に使用しているツールからの日次データの取り込みが必要となる。IPF では、Redmine、Trac の日次データ（チケット・データ）から自動的に定量データの収集を行うことにより負荷の軽減を図っている。また、Redmine、Trac と親和性の高い Subversion、GIT を利用し、プログラムの変更情報を自動的に収集して負荷軽減を図っている。

4.4 データの可用性

定量データの可用性を高めるため、IPF ではチケット・データと Microsoft Excel、Microsoft Project、CSV 形式データとの相互変換機能（データのインポート、エクスポート機能）を提供している。これにより既存で使用している Microsoft Excel、Microsoft Project や他管理ツールとのデータ連携が可能となる。

また、グラフ・データの可用性を高めるため、グラフのファイル出力を提供している。PDF、Microsoft Word、Microsoft PowerPoint 形式の文書としてグラフを保存し、その文書を編集して報告書を作成することなどにグラフを活用することが出来る。

4.5 柔軟性・拡張性

①表示名称の変更

IPF で使用している項目の表示名称や表示ラベルは、プロジェクト管理ツールの設定ファイルや、編集機能を使用して変更することが可能となっている。また、グラフで使用している表示は、BI ツールの編集機能を使用して変更することが出来る。これにより、使用者が慣れ親しんでいる名称での表示に変更して利用することが出来る。

②定量データ項目の追加

定量データ・データベースのテーブルには、予備項目があらかじめ確保されている。これにより、新たな測定データを利用したい場合でも、プロジェクト管理ツールの機能を使用して新たな入力項目を設定し、ETL ツールの収集設定を変更・追加することで定量データ・データベースの拡張・移行を行うことなく新規データを収集することが出来る。

さらに、その新規データを使用した新しいグラフを追加する場合は、グラフ表示データ・データベースへのテーブル追加、ETL ツールの集計設定の追加、BI ツールでの新グラフ作成により実現することが出来る。

脚注

- ※3 WBS : Work Breakdown Structure, プロジェクト全体を詳細な作業に分割する手法。
- ※4 EVM : Earned Value Management, プロジェクトのスコープ、スケジュール、資源を統合するための技法である。

③オープンソースでの提供

使用しているプロジェクト管理ツール (Redmine、Trac)、利用既存プラグイン、構成管理ツール (Subversion、GIT)、ETLツール (Pentaho)、BIツール (Eclipse BIRT/BIRT Report Viewer) はオープンソースとして公開されている。また、IPF 自体もオープンソースとして提供する。加えてプログラム、データベース、インターフェースも公開するため、利用者によって機能の拡張・追加が実現出来る。

5 定量的プロジェクト管理ツールの概要

IPF は、図 3 のツール概要図のように大きく分けて 3 つの機能で構成されている。

5.1 プロジェクト管理機能

本機能は、プロジェクト管理ツール (Redmine、Trac) の上にプラグインとして作成され、定量的プロジェクト管理に必要な情報と機能を追加し、構成管理ツール (Subversion、GIT) との連携を行っている。以下に主な機能を説明する。

①ソース規模情報の登録管理

構成管理ツールと連携し、ソースの変更情報をプロジェクト管理ツールのチケットとして管理する。

②WBS (タスク)・課題・障害・工数情報の登録管理

プロジェクト管理ツールの機能と連携・同期し、定量的プロジェクト管理に必要な部分はカスタマイズを行って、各情報をチケットとして管理する。

③プロジェクト、モジュール情報の登録管理

プロジェクト管理ツールの機能をカスタマイズし、プロジェクト情報とモジュール情報をチケットとして管理する。

④データ・インポート／エクスポート

Microsoft Excel、Microsoft Project、CSV 形式のデータとプロジェクト管理ツールのチケット・データとの間で相互変換を行う。

⑤権限管理

役割によって使用機能や表示グラフを制限するなどの設定や、担当するプロジェクトの割り振りなどを行う。

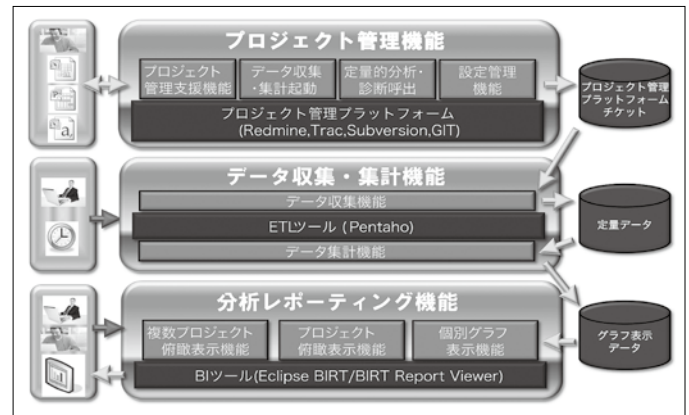


図3 ツール概要図

5.2 データ収集・集計機能

ETL ツール (Pentaho) を基盤アプリケーションとして利用し、データ収集・集計機能を構築している。

データ収集機能は、プロジェクト管理ツールのデータベース上に格納されているチケット・データを収集し、定量データとして生成する。

データ集計機能は、定量データ・データベースに格納されている定量データを読み込み、グラフ表示に必要な形式にデータを集計し、さらに予測計算を行ってグラフ表示データを生成する。

それぞれの機能は、OS の機能を使用して定期的に行われデータ収集・集計を行うが、プロジェクト管理ツールのプラグインから明示的に実行することも可能となっている。

5.3 分析レポート機能

BI ツール (Eclipse BIRT/BIRT Report Viewer) を基盤アプリケーションとして利用し、各表示グラフの設定を行って分析レポート機能を構築している。表示グラフデータ・データベースからデータを読み込んでグラフを生成し、Web 表示を行う。

6 IPF の稼働環境

IPF は図 4 に示すように Web アプリケーションとして提供されており、クライアント側は Web ブラウザとして Microsoft Internet Explorer もしくは Mozilla Firefox を使用して IPF の機能を利用することが出来る。

サーバ側は、開発現場の OS 環境での使用が多いと思

われる Windows や Linux をサポートしている。

7 使用の柔軟性

IPF は、なるべく簡単に導入、使用出来ることを優先している。そのため、Windows 版と CentOS 版には、IPF 本体と OS 以外の使用アプリケーション群、ツール群 (図4)、サンプル・プロジェクトを1つの導入パッケージとしてまとめており、一括導入と環境の自動設定が可能となっている。この導入パッケージ (一括インストーラ) を使うことにより、すべての管理が行える環境を作成することが出来る。

しかしながら、いきなり全部の定量データを使用してプロジェクト管理を始めるのは難しい場合もある。そのため IPF は部分的な使用も可能なようになっている。使用者の環境に合わせて、進捗管理のみ、工数管理のみを使用するということや、表示するグラフも使用するものだけを選択することが出来るようになっている。使用者の環境や利用目的に合わせて、適用出来る部分から、定量的プロジェクト管理を始めることが出来る。

また、IPF は図3のようにプロジェクト管理機能、データ収集・集計機能、分析レポート機能の3つの機能に分けられており、それぞれを独立して稼働させることが出来る。高度な使用方法として、Redmine、Trac 以外の管理ツールのデータベースから定量データを生成するようにデータ収集機能を変更してデータ収集・集計機能と分析レポート機能のみを利用する。または、グラフ表示データ・データベースへの入力を独自で行い、グラフ表示ツールとして分析レポート機能のみを利用するなど、機能の部分使用も行うことが出来る。

8 おわりに

プロジェクト管理には、様々なパターンがある。そのため、実際のプロジェクトを運用するにあたり IPF もまた、様々な使われ方がされると予想される。SEC が実施するセミナーや普及活動などを通じて、そのようなノウハウを収集し共有することで IPF 利用の裾野を広げていく予定である。

機能拡張は、オープンソースとして公開しているので、

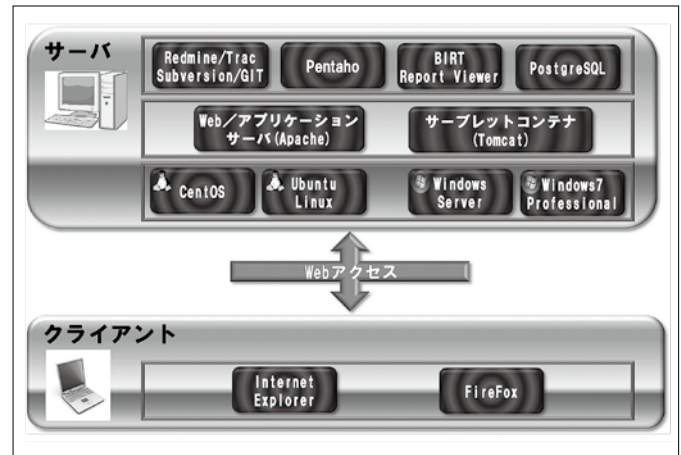


図4 稼働環境

より使い易くなる機能や、出来ると便利な他ツールとの連携機能などが、SEC 以外からも追加されて広まっていくことを期待している。

9 参考資料

SEC の成果と IPF との関連を図5に示す。それぞれの SEC 成果については、参考文献で紹介している。

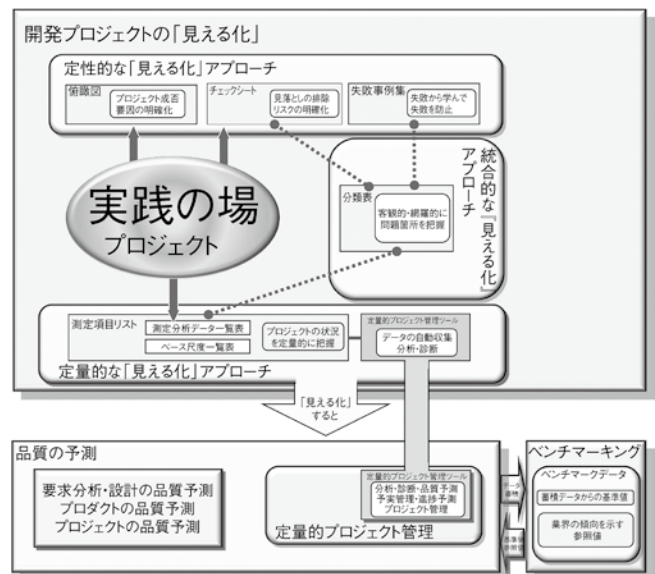


図5 IPFの位置付け

参考文献

- [SEC] IPA/SEC:IT プロジェクトの「見える化」(下流編, 中流編, 上流編, 総集編), 日経 BP 社, 2006-2008 年
- [高山 2009] 高山恭介: 入門 Trac 第2版, 秀和システム, 2009 年
- [小川 2010] 小川明彦, 阪井誠: Redmine によるタスクマネジメント実践技法, 翔泳社, 2010 年
- [前田 2010] 前田剛: 入門 Redmine 第2版, 秀和システム, 2010 年

横浜スマートコミュニティの紹介

横浜スマートコミュニティ 代表
dSPACE Japan 株式会社 代表取締役社長
有馬 仁志



URL : <http://ysc.paltek.co.jp/>

「本当に豊かで充実した社会生活のためには、自然に学ぶことが重要である」というスマートエナジー研究所の中村良道氏が提唱する理念に共鳴、賛同した企業や団体が集まり、自然エネルギーを実生活に取り入れ、真に有効活用出来る技術を確認すべく横浜スマートコミュニティが2011年6月14日に発足した。本稿では、横浜スマートコミュニティのこれまでの活動とこれからのビジョンについて述べる。

1 はじめに

横浜スマートコミュニティは、福岡スマートハウスコンソーシアム^{*1}の参加企業、横浜市の企業、学術団体とともに横浜市の支援を得て2011年6月14日に設立した団体である。本団体は、人々が豊かに暮らすために、技術側面の解決だけではなく、自然と共存し環境に負担をかけない自然エネルギーを用いた生活を追及するコミュニティを目指している。コミュニティの中で人々がいきいきと暮らすためには、生活するための建物や道路などの公共物と、里山や川など自然環境との積極的な調和が必要であると考え。常に未来へ向かって建築や改造を行い、進化し続けることで100年先まで続いていくようなプロジェクトにしたい。このような理念のもと、自然エネルギーを上手に利用することで安価で柔軟なエネルギーシステムを実現し、CO₂削減や食料不足問題などの解決につながる技術開発を目指している。

2 横浜スマートコミュニティのビジョン

本団体の基本コンセプトは、「自然に学び、自然を活用するコミュニティを創る」としている。福岡スマートハウスコンソーシアムでは、植物細胞が持つエネルギー

生成、蓄積、制御の仕組みから、スマートハウスで必要なエネルギーシステムのグランドビジョンの構築を考え、実際にエネルギーシステムを考案し、ミニハウスを構築して評価を行った。このコンソーシアムでは家一軒のエネルギーシステムの完成度を上げることによって家同士のエネルギーのやり取りの仕組みが出来ることを研究した。この成果を利用することで、複数の家で構成するコミュニティで必要なエネルギーを商用系統電源と太陽光発電や風力発電と柔軟にバランスさせることが可能となる。また、家のエネルギーに必要な太陽光発電や風力発電機、燃料電池などの発電、蓄電・蓄熱、地熱の利用、エネルギー変換機器の実験、HEMS（ホームエナジーマネジメントシステム）などのIT情報機器の実証、家電品の省エネ試験、窓や壁の断熱性能など、様々な性能試験なども可能とする。地域の企業が参加出来るように数理モデル、シミュレータなどの最新技術を用いた実験環境も導入し、参加メンバーが利用出来る実証試験のインフラとしても利用可能とする。またここで得られた安価なエネルギーシステムを用いて、植物栽培、魚介類の陸上養殖、さらに循環型の社会システムとしてバイオマスの利用などに関しても研究・実証を計画する。

コミュニティで生活をする上では、文化や芸術も欠くことの出来ないものであり、それらが、精神的な豊かさ

につながると考える。そのためには、広く国内・国外の各分野からコミュニティのメンバとして参加いただき、文化・芸術との融合、横浜の土地や川、植物など、自然環境と風景を生かした実際の街づくりを予定している。

3 横浜スマートコミュニティの技術的側面

福岡スマートハウスコンソーシアムの活動としてとくに注目を浴びたのが、スマートエネルギー制御の開発手法を研究・開発してきたことである。スマートエネルギーシステムの開発にはモデルベース開発手法を使用している。モデルベース開発手法は、自動車や飛行機を開発検証する際、ワールドワイドで標準的に使用されている開発手法である。制御系や制御対象を数学的なモデルを使って検証を行う。一度モデルが出来ると制御系の完成度を上げ、制御対象の変化に対する制御系の対応など迅速に行うことが可能となり、開発の信頼性、速度、複雑化への対応など、多くのメリットがある。実際には、コントローラモデルやプラントモデルをハード・ソフトそ

れぞれ交換しながら、開発検証する。スマートエネルギーの開発プロセスは、ビジョンから出発し、回路を構成、制御モデルやプラントモデルを開発し、コンピュータシミュレーションを行い、プロセッサへの実装を行う。横浜スマートコミュニティでは、エネルギーやイメージをシミュレーションし、見える化を行い、また体験出来る工夫をする。その活動成果は、定期的なセミナーと内覧会で発表することになっている。

4 横浜スマートコミュニティの参加メンバ

街づくりにおいては建築会社や流通、エネルギー機器を含むあらゆる業種が参加することが望ましい。そこで本団体には、一つの業界に留まらず多様な企業が参加し

脚注

※1 福岡スマートハウスコンソーシアム：持続可能な低炭素社会の実現に向け、スマートグリッド関連機器やシステム構築を研究開発する企業と大学、及び公益法人と福岡市が集結し、2010年6月1日に設立。代表はスマートエナジー研究所中村良道氏。



図1 横浜スマートコミュニティ構想

ている。また、学術団体とは共同研究を行い、支援もいただいている。参加メンバは、2011年末までに48団体を超えており、その関心の高さが伺える。

IPA/SECとは、安心・安全なスマートコミュニティの実現を目指す「ソフトウェア品質監査制度（仮称）とトレーサビリティ」の観点から統合系プロジェクト&組込み系プロジェクトサプリーダーである田丸喜一郎氏にアドバイザーとして参加をいただいている。これには、スマートハウスやコミュニティで用いる機器の安全性に関し、複数のベンダから提供される機器を接続して運用することになるので、評価、認証基準をつくっていく必要があるという背景がある。また、IPA/SECが開催する、「ソフトウェア品質監査制度（仮称）」の部会には、本団体からも検討委員として参加している。

5 これまでの取り組み

発足後、本団体は実証実験で活用している技術を用いた製品やサービスの紹介セミナーなど、多くの活動を行っている。主に福岡スマートハウスコンソーシアムとの長崎ハウステンボスでの合同セミナーの開催、各種展示会への参加、横浜市とのパネルディスカッションへの参加など活動範囲は多岐にわたる。2011年12月に福岡、大阪そして横浜で実施したオランダ王国とのセミナーでは、20年間にわたり街づくりをしてきたオランダ「太陽の町」プロジェクトの責任者と横浜スマートコミュニティのメンバ、および各自治体とが意見交換する場を設けることが出来た。この場で、住む人がいかに豊かに暮らせるかを中心にしたコンセプト、また自然エネルギーを使った街づくりなどについて多くのアイデアを学ぶことが出来た。2012年1月27日には、福岡モーターショーにて福岡スマートハウスコンソーシアム共同主催、福岡市共催、横浜市／長崎県協力、九州経済産業局協賛でセミナーを開催した。セミナー前日には福岡アイランドシティのレンガハウスの内覧会および展示会を開催し、2日間にわたり述べ30社の参加企業、組織、団体による講演を行い、合計で約350名の参加者と意見交換をすることが出来た。

6 これから

今後も、参加メンバ同士の交流の機会として、セミナーや内覧会を行っていく予定である。また、現在は、実際にコンセプトを分かりやすく説明するための「モデルハウス」を設計し、建築することを予定している。このなかで参加メンバと家をつくり、実証試験を行うことを通じて、街づくりを行う予定である。

オランダ王国との相互連携をはじめとして、海外のプロジェクトとの活動も予定している。皆様の活動への参加、御支援をお願いするとともに、この活動がコミュニティづくりの参考になるように努めていく所存である。

問い合わせ先

・dSPACE Japan 株式会社

代表取締役社長 有馬 仁志

TEL : 03-5798-5460 FAX : 03-5798-5464

システム開発文書品質研究会 ASDoQ(アスドック)

名古屋大学大学院情報科学研究科 附属組込みシステム研究センター ディレクタ/特任准教授 博士 (情報科学)
システム開発文書品質研究会 代表幹事
山本 雅基



URL : <http://asdoq.jp/>

システム開発文書とは、システム開発の過程で作成する要求仕様書やアーキテクチャ設計書などの技術文書のことである。それらの開発文書の品質に対する研究を活性化するため、2011年7月に、任意団体のシステム開発文書品質研究会を設立した。近年、機能安全プロセスやソフトウェア品質監査制度(仮称)などの影響により、開発文書に対する関心が高まっているが、それらの文書品質は明らかにされていない。多くの方の研究会への参画をお願いしたい。

1 開発プロセスとシステム開発文書

産業界におけるシステムの開発は、開発プロセスに準じて行われている。この開発プロセスは、ウォーターフォール型やスパイラル型など、従来から様々な提案がされ、国際規格としては、ソフトウェア製品の開発プロセスを体系的に整理したISO/IEC 12207や、システム製品に対応したISO/IEC 15288が知られている。

IPA/SECでは、これらの国際規格を参考にして、組込みソフトウェア向けの開発プロセスとしてESPR^{*1}を作成し、公開している。ESPRは、①システム・エンジニアリング・プロセスと、②ソフトウェア・エンジニアリング・プロセスと、③セーフティ・エンジニアリング・プロセスと、④サポート・プロセスの4種類で構成さ

れており、①と②は、合計11のアクティビティからなるV字モデルとして知られている(図1)。

ESPRの各アクティビティは、開発文書を入力し、開発文書を出力する。例えば、アクティビティの一つである「ソフトウェア・アーキテクチャ設計」には、「ソフトウェア要求仕様書」が入力される。そして要求を満たす設計がされ、成果として「アーキテクチャ設計書」が出力され、続く「ソフトウェア詳細設計」に入力される。

このようにシステム開発では、アクティビティごとに定められた開発文書が作成され、順に引き渡されて開発が進められる。

2 高まるシステム開発文書への関心

近年、様々な国際規格に対応することが組込みシステム開発企業に求められ、規格が定める開発プロセスに準拠した開発が必須となっている。それらの企業では、仕事をする度に定められた開発文書を作成しプロセスに準拠した証拠を残さなければならず、開発文書への関心を高めている。

国際規格だけではなく、我が国が平成25年度より先行分野での運用開始を予定しているソフトウェア品質監査制度(仮称)も、開発文書への関心を高める要因となっている。この制度は、経済産業省とIPAが検討を進めており、制度に準拠するためには、システム開発を行う

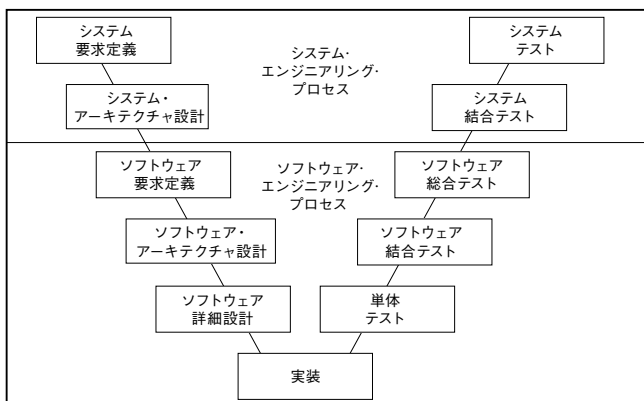


図1 ESPRのV字モデル

事業者が、監査機関に対して技術ドキュメントを提出し、第三者による検証と妥当性確認を行うことが求められる。そのために、開発を行う事業者は、第三者の評価に耐えうる高い品質の開発文書を作成する必要がある。

3 ASDoQ の設立

既に、ソースコードは、様々な角度から品質が分析されている。例えば、関数あたりの行数やサイクロマティック複雑度などのメトリックスが提案され、計測されている。さらに、組込みソフトウェア用のC言語コーディング規格である MISRA-C^{※2} など、高品質なソースコードを作成するための指針も提案されている。

他方、開発文書に対する品質の取り組みは、遅れている。確かに、多くの企業において作成すべき開発文書の種類や書式を定めている。さらに、ソースコード行数に対する開発文書のページ数をガイドラインとして定めることも、一部で提案されている。しかし、開発文書の内容にまで踏み込んだ品質は、十分には検討がされておらず、多義に解釈出来るあいまいな記述などがされた開発文書は少なくない。そのために、書き手の意図とは異なる解釈がされてバグにつながることや、何度も読み手が問い合わせるので生産性が低下することなど、多くの問題が生じている。すなわち現在までに、開発文書の品質とは何であり、どう計測し、どの程度の水準が求められ、そのためにはどのように書けば良いかなど、文書品質に関連する複数の事項が明らかにされていない。

そこで、システム開発文書の文書品質に関する研究を行う「システム開発文書品質研究会」(ASDoQ^{※3})を

2011年7月に設立した。ASDoQは、①文書品質の提案、②文書品質の計測技術の研究、③文書品質の普及を目指して、非競争領域で文書品質の研究を行う。

ソースコード品質の研究成果が教育やツール開発などに適用され、ソースコードの品質向上につながったように、文書品質の研究成果が様々な分野に適用され、開発文書の品質向上につながることを目指している。

4 活動計画

ASDoQは独立した組織であり、シンポジウムや研究会を定期的で開催し、研究成果の発表などを行う。表1に、ASDoQの概要を示す。

我々は、文書品質に関して数多くの研究課題があると考えている。そこで、課題ごとに作業部会を立ち上げ、個別に研究を進めることにした。現在の作業部会は、①ロードマップ部会、②用語定義部会、③人材育成部会であり、それぞれ研究活動を行っている。

5 参加のお誘い

開発文書品質には、文書を作成する開発担当者だけではなく、開発文書のレビューを行うエキスパートや、プロジェクトを管理する管理者や、開発プロセスの改善活動を行う組織などが関連する。ASDoQは、皆様の研究会への入会と、作業部会への参画をお待ちしている。入会方法については、ASDoQのWebサイト(<http://asdoq.jp/>)を参照願いたい。

問い合わせ先

・システム開発文書品質研究会 事務局分室
長野県長野市徳間 716
長野工業高等専門学校 地域共同テクノセンター内
E-Mail : secretariat@asdoq.jp

表1 ASDoQの概要

種別	任意団体
会員	団体、個人
会費	原則無料
条件	ASDoQ 著作物の取り扱いへの合意 <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> 著作権は、著作者に属する 著作者は、著作物の使用、複製、改変、再配布を認める </div>
シンポジウム	1回/年の頻度で開催
研究会	3～4回/年の頻度で開催
作業部会	必要に応じて設立し随時開催

脚注

- ※1 ESPR : Embedded System development Process Reference
- ※2 MISRA-C : MISRA (Motor Industry Software Reliability Association) が定めた C 言語のコーディング規約。
- ※3 ASDoQ : システム開発文書品質研究会, Association of System Documentation Quality

今、伝えたいこと

IPA顧問 学校法人・専門学校HAL東京 校長
鶴保 征城 (つるほ せいしろう)

早いもので東日本大震災から一年が経った。この原稿を書いている今、テレビでは一周年追悼式が放映されている。今回何を書くかずいぶん迷ったが、このタイミングで一番伝えたいことは何かを考え、次の三つにした。

1. 自分の頭で考えよう

私は今回の震災で、我々の生活に直結する重要な情報を政府やマスコミから与えられて、そのまま信じていることに気が付いた。「原発神話」がその最たるものである。「原発は安全」だと聞かされ、3.11以降でさえも、「原子炉は設計通りに停止した。压力容器や格納容器の堅牢性から判断してメルトダウンはあり得ない」という政府や有識者の説明を信じていた。周知のように、実態ははるかに危険な状況に直面していたのだ。安全性だけでなく経済性の点でも言われてきたように、原子力は本当に安いのか、一人ひとり考えなければならない。

年金や税など国の根幹にかかわる仕組みについて、あまりにも知らないことが多い。たとえば、国・地方の負債が1,000兆円を超えているのは周知の通りであるが、企業経営の基本としては、負債だけでなく資産との関係を表すバランスシートが重要だ。日本国の場合、負債が国・企業・家計合わせて2,400兆円であるのに対して、資産は2,700兆円もあるようだ。この事実は、政府もマスコミも伝えない。もちろん、年々、B/Sが悪化していることは改善すべきであるが、企業経営のセオリーから考えると、まずやるべきことは資産の圧縮であり、P/Lの改善だと思う。増税はその後だと思うが、どうなのだろうか。

自分の頭で考えるためには、質の高い情報をいろんなソースから集めなければならない。そのためには、ソーシャルメディアの活用が有効だ。信頼出来るソーシャルメディアの友達を作り、そこから情報を得ることも有力な方法だと思う。私は昨年6月からFacebookを始めたが、今では1,000人近くの友達ができ、各人に200人の友達がいると仮定すると、大雑把に言って、約20万人から情報を得ることが出来、同時に発信することが出来ることになる。つまり、自分自身が情報流通のハブになることで、

さらに質の高い情報が集まってくるのではないかと思う。私自身、過去にないほどの充実した知的環境を手に入っていると実感している。

2. 出来ることを一つずつ積み重ねよう

民主党政権誕生に際して、国民が心地よい改革のスローガンに酔わされたことを忘れてはならない。困難な状況に直面すると、我々はカリスマ指導者が改革の辣腕を振るってくれることを期待するが、結果として高い代償を払われることになりがちである。

それよりも重要なのは、国民一人ひとりが出来ることを積み重ね、少しずつ変わることだと思う。ベルリンの壁は、外からはあっという間にあっけなく崩壊したように見えるかも知れないが、内部では血のにじむような数多くの小さな積み重ねがあったのではないかと思われる。

自分が何もせずに、政治家や官僚をやみくもに批判し、変わって欲しいと願うのは、他力本願でむなしい行為に過ぎない。

3. 若い力を信じて任せよう

日本は高齢化社会に入り、世界に冠たる大量生産型の製造業もいよいよ衰退の道を歩み始めた。製造業には今後一層の付加価値化を目指して頑張ってもらいたいが、何とんでも21世紀の日本を支えるには新しい産業が必要である。

これまで、新しい事業を創出するには大量の人材とハードウェアを投入しなければならず、かなりの資金が必要だった。今は、「起業のチープ革命」が起こり、レンタルサーバとフリーのソフトウェアを組み合わせるなどの工夫によって、少ない資金で実用的なサービスを実現出来る。さらに、流通、広告などもソーシャルというインフラを使うことでハードルが格段に低くなった。

最近は若者に対して、学力低下とか草食系だという厳しい見方が多いが、新しい産業には若い人材が欠かせない。ピラミッド型の壁を突破し、若い人を信じて任せることが必要である。その場合、経験豊富なシニアはサポート役として活躍すればよいと思う。



ファミコンの驚くべき発想力

松村健一郎・司ゆき 著

ISBN : 978-4-7741-4429-0

技術評論社刊

四六判・200頁

定価 1,449円 (税込)

2010年10月刊

ファミコンからクラウド時代の価値とスキルを学ぶ

SNSが盛り上がっている。とくにスマートフォンや携帯電話機を使いSNSと連携するネットワークゲームが熱い。これまでのハイスペックな処理能力を必要とするゲームとは異なり、限られたハードウェアリソースの中で、利用者が楽しめる要素を作り込むことが求められている。

本書は、1983年に発売されたゲーム機であるファミコンの技術的な工夫を紹介した書籍である。ファミコンと現在のプロセッサの性能差は数千倍にもなるが、得られる楽しさは性能差ではないと気付かせてくれる。

ファミコンではコスト削減のために、ハードウェアに多くの制約があり、その制約下で楽しめるソフトウェアを開発しないとならなかった。例えば昔のプロセッサは、

乗算と除算の命令が実装されていない。これに対しては、シフト命令を使い計算することや、テーブルを使い答えを導くなどで工夫し対応していた。これは今のゲームや組込みシステムの開発においても重要な基本テクニックの一つである。またシステムの仕様を決めるときにも、このようなスキルが最適なアーキテクチャを導き出す際に必要となる。

ファミコンという一世風靡した製品における工夫は、なるほど！と思わせる工夫が満載である。ハイスペックなスマートフォンの普及や、クラウド側のリソースを自由に使える時代に、利用者の価値とスキルを考えさせられる書籍である。ぜひとも若い技術者向けにゲームボーイ版の出版を期待している。(渡辺 登)



利己的でない遺伝子

ヨハイ・ベンクラー 著

DIAMOND ハーバード・ビジネス・レビュー

2012年2月号

ISSN 0385-4272 雑誌 05969-02

ダイヤモンド社刊

A4判・144頁

定価 2,000円 (税込)

2012年1月刊

今回の書評は、単行本ではなく Harvard Business Review の翻訳の特集を組んで発行しているものの中から一つの論文を選んだ。「自分を鍛える 人材を育てる」という特集に興味を持ち購入したが、本論文に関心が向いたので、本論文について紹介する。なぜブリタニカがエンカルタに負け、エンカルタはウィキペディアに負けたのか？ 何故オープンソースは台頭しているのか？ 「人間行動の今までのモデルはこれらを予測しなかった。」及び「さまざまな実施調査からも協力のシステムが具体的に明らかにされており、その多くはインセンティブに基づくシステムよりも安定的かつ効果的である。」という記述には考えさせられるものがある。

ソフトウェアの社会生活への浸透が広がるにつれ、また、システムの活用が、利己的ではなく、社会的協力を進めるためになされる

ことを認識したときに、システム設計において何を考慮するべきであろうか？

著者は、「協力の科学」の進展をレビューし、次の「協力のシステムを構成する要素」を紹介している。

①コミュニケーション、②状況のフレーミングとその信憑性、③共感と仲間意識、④公平と道徳、⑤報酬と罰、⑥評判と相互関係、⑦多様性。

「『何の役に立つのか』という質問は、我々がまず尋ねるように教え込まれてきた。自分自身に関する考え方が固定化してしまうと、いかなる証拠に遭遇しても、自分の先入観や前提とつじつまが合うように解釈しがちである。」というのは習慣であり、そこには報酬に重きを置く考えがあるという。そうではなく、内発的動機付けがより重要である、という著者の主張には強く同感するものである。

(新谷 勝利)

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
5月	9(水)～11(金)	SODEC／第21回 ソフトウェア環境開発展	リード エグジビション ジャパン株式会社	東京都江東区・東京ビッグサイト	http://www.sodec.jp/
	9(水)～11(金)	ESEC／第15回 組込みシステム開発技術展	リード エグジビション ジャパン株式会社	東京都江東区・東京ビッグサイト	http://www.esec.jp/
6月	14(木)～15(金)	Embedded Technology West 2012／組込み総合技術展 関西	社団法人組込みシステム技術協会 (JASA)	大阪府大阪市・インテックス大阪	http://www.jasa.or.jp/etwest/
7月	25(水)～26(木)	SPES 2012	一般社団法人情報サービス産業協会 (JISA)	東京都千代田区・秋葉原UDX	http://www.jisa.or.jp/seminar/SPES_index.html
8月	27(月)～29(水)	ソフトウェアエンジニアリングシンポジウム2012	一般社団法人情報処理学会 ソフトウェア工学研究会	東京都・東京電機大学	http://www.ipsj.or.jp/sig/se/
9月	12(水)～14(金)	ソフトウェア品質シンポジウム2012	財団法人日本科学技術連盟	東京都文京区・東洋大学	http://www.juse.or.jp/software/217/
10月	25(木)	IPA Forum 2012	IPA/SEC	東京都港区・明治記念館	http://sec.ipa.go.jp/
11月	14(水)～16(金)	Embedded Technology 2012／組込み総合技術展	社団法人組込みシステム技術協会 (JASA)	神奈川県横浜市・パシフィコ横浜	http://www.jasa.or.jp/et/

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いたします。主催者名等は本号発行時点のものです。

SEC BOOKSのご案内

今号ではエンタープライズ系と組込み系から厳選した4冊のSEC BOOKSをご案内いたします。他の書籍も下記URLにてご覧いただけます。
<http://sec.ipa.go.jp/publish/>

高信頼化 ソフトウェアのための 開発手法ガイドブック —予防と検証の事例を中心に—

IPA/SEC 編著
ISBN：978-4-9905363-9-8
IPA/SEC 刊
B5変形判・273頁
定価1,000円(税込)
2011年3月刊



既発刊の「ソフトウェアテスト見積りガイドブック」に続き、本書ではソフトウェアの高信頼化を目指し、ソフトウェアの品質保証活動にかかわる予防活動及び検知活動での各種手法や技法を中心に、高信頼化ソフトウェアのための開発手法にかかわる解説を行います。
構成は大きく2つに分かれており、第1部が「総論」、第2部が「高信頼ソフトウェアに向けた各社の取り組み事例集」となっています。

実務に活かす IT 化の 原理原則 17ヶ条 ～プロジェクトを成功に導く 超上流の勘どころ～

IPA/SEC 編著
ISBN：978-4-9905363-2-9
IPA/SEC 刊
A5判・124頁
定価500円(税込)
2010年10月刊



「ユーザとベンダの想いは相反する」。本書は、この条文から始まります。システム開発で発生する問題の多くは、ユーザとベンダをはじめとする様々な関係者が違った思いを持ち、開発が進むにつれて、はじめてそれに気付くことに起因しています。
本書は、システム開発を成功させるために、要件定義フェーズのような超上流工程において、発注者と受注者が守るべき基本的な考え方と行動規範を格言のように短く表現したものです。

組込みソフトウェア向け プロジェクト計画立案 トレーニングガイド (ESMG)

IPA/SEC 編著
ISBN：978-4-905318-05-7
IPA/SEC 刊
A4変形判・278頁
定価1,000円(税込)
2011年11月刊



本書は、組込みソフトウェア開発におけるプロジェクト計画書の立案過程をプロジェクト事例を用いて解説したもので、演習形式でプロジェクト計画の立案手順をトレーニング出来る内容になっています。
さらに「組込みソフトウェア向けプロジェクトマネジメントガイド [計画書編] ESMR」を具体的に実践してプロジェクト計画書の立案過程を解説している演習書の位置付けになります。

組込みソフトウェア開発向け コーディング作法ガイド [C++言語版]

IPA/SEC 編著
ISBN：978-4-274-50316-0
オーム社刊
B5変形判・192頁
定価1,800円(税込)
2010年11月刊



本書では、オリジナルのESCR[C言語版]のコンセプトと構造を踏襲しつつ、オブジェクト指向の普及とともに急速に利用が拡大しているC++言語特有の特徴を反映して、C++言語によるルール適合/不適合等の事例や対応するルール、作法の見直しを加えています。
本書を皆様の傍らにおいていただき、品質の高いプログラムを作るという意識を持って日頃の開発作業の参考としてご利用いただければと考えています。

編集後記

東日本大震災より1年が経過しましたが、電力需給は依然として逼迫した状況が続いています。

今回の所長対談では、東京ガス常務の渡辺様にエネルギー供給側のお立場からのお話を伺うことが出来ました。熱エネルギーと電気のベストミックスという理念で推進してられる「スマートエネルギーネットワーク」に関するお話や、ガス供給における興味深い話題を熱心に語って頂きました。

IT人材の育成という観点からは、3つの記事を掲載しました。①ETロボコンの競技会が、若手技術者のモデリング手法の技術力育成にも役立っているというJASA殿からの話題。②ESCRをはじめ組込み関連の研修を効率良く行うために実施している、トレーナーズトレーニングの話題。③「高信頼設計・検証を担う人材育成」として、IT人材を取り巻く現状と今後の人材育成の方向性の話題も取り上げました。また、「ソフトウェア開発データ白書」のソフトウェアプロジェクトデータに基づいて様々な分析を行った古山先生の事例記事の第2弾も掲載しました。今後も連載記事として、掲載していく予定です。

プロジェクト管理に関する記事としては、新たに開発した「定量的プロジェクト管理ツール」(近日公開予定)についても紹介しています。

今号から、新しい編集長になりました。読者の皆様に満足して頂ける記事を企画し、お届けしたいと考えていますので、今後ともどうぞよろしくお願いいたします。

(h-tanaka)

編集部より

次世代のソフトウェア・エンジニアリング等に関して、忌憚のないご意見をお待ちしております。

FAX、または下記のメールアドレス宛にご連絡ください。

SECジャーナル編集部宛 e-mail : sec-journal_customer@ipa.go.jp

SEC journal 編集委員会

編集委員長	田中 秀明
編集委員 (50音順)	遠藤 和弥
	佐々木一彦
	杉原井康男
	立石 譲二
	保立 久幸
	松田 雅幸
	三原 幸博
	山下 博之



春を告げる京都市
上京区の水火天満宮
(撮影：金沢成泰)

SEC journal® 第8巻第1号 (通巻30号) 2012年3月30日発行

© 独立行政法人情報処理推進機構 2012

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 技術本部 ソフトウェア・エンジニアリング・センター 所長 松田 晃一

Tel.03-5978-7543 Fax.03-5978-7517

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

※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。

お知らせ

SEC journal 論文募集

IPA 技術本部 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。

応募様式は、下記のURLをご覧ください。
<http://sec.ipa.go.jp/secjournal/papers.html>

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

論文の評価基準

- 実用性(実フィールドでの実用性)
- 可読性(記述の読みやすさ)
- 有効性(適用した際の効果)
- 信頼性(実データに基づく評価・考察の適切さ)
- 利用性(適用技術が一般化されており参考になるか)
- 募集テーマとの関係

応募要項

投稿締切り

年4回、3ヵ月毎に締切り、締切り後に到着した論文は自動的に次号審査に繰り越されます。

(応募締切:1月・4月・7月・11月各月末日)

締切り後、査読結果は1ヶ月後に通知

詳細スケジュールについては、投稿者に別途ご連絡いたします。

提出先

独立行政法人情報処理推進機構 技術本部 ソフトウェア・エンジニアリング・センター内 SEC journal事務局
eメール: sec-ronbun@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。

論文賞

SEC journalでは、毎年SEC journal論文賞を発表しております(候補論文が少ない場合は、翌年の審議とする場合があります)。受賞対象は、SEC journal掲載論文他投稿をいただいた論文です(論文賞は最優秀賞、優秀賞、SEC所長賞からなり、それぞれ副賞賞金100万円、50万円、20万円)。

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

SEC journal バックナンバーのご案内

詳しくは<http://sec.ipa.go.jp/secjournal/>をご覧ください。



ESxR特集号



No.23



No.24



No.25



No.26



No.27

SEC Journal No.28
第8巻第1号 (通巻30号)
2012年3月30日発行 © 独立行政法人情報処理推進機構

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 Tel:03-5978-7543 Fax:03-5978-7517
独立行政法人情報処理推進機構 技術本部 ソフトウェア・エンジニアリング・センター URL : <http://www.ipa.go.jp/>
所長 松田 晃一



IPA

独立行政法人情報処理推進機構