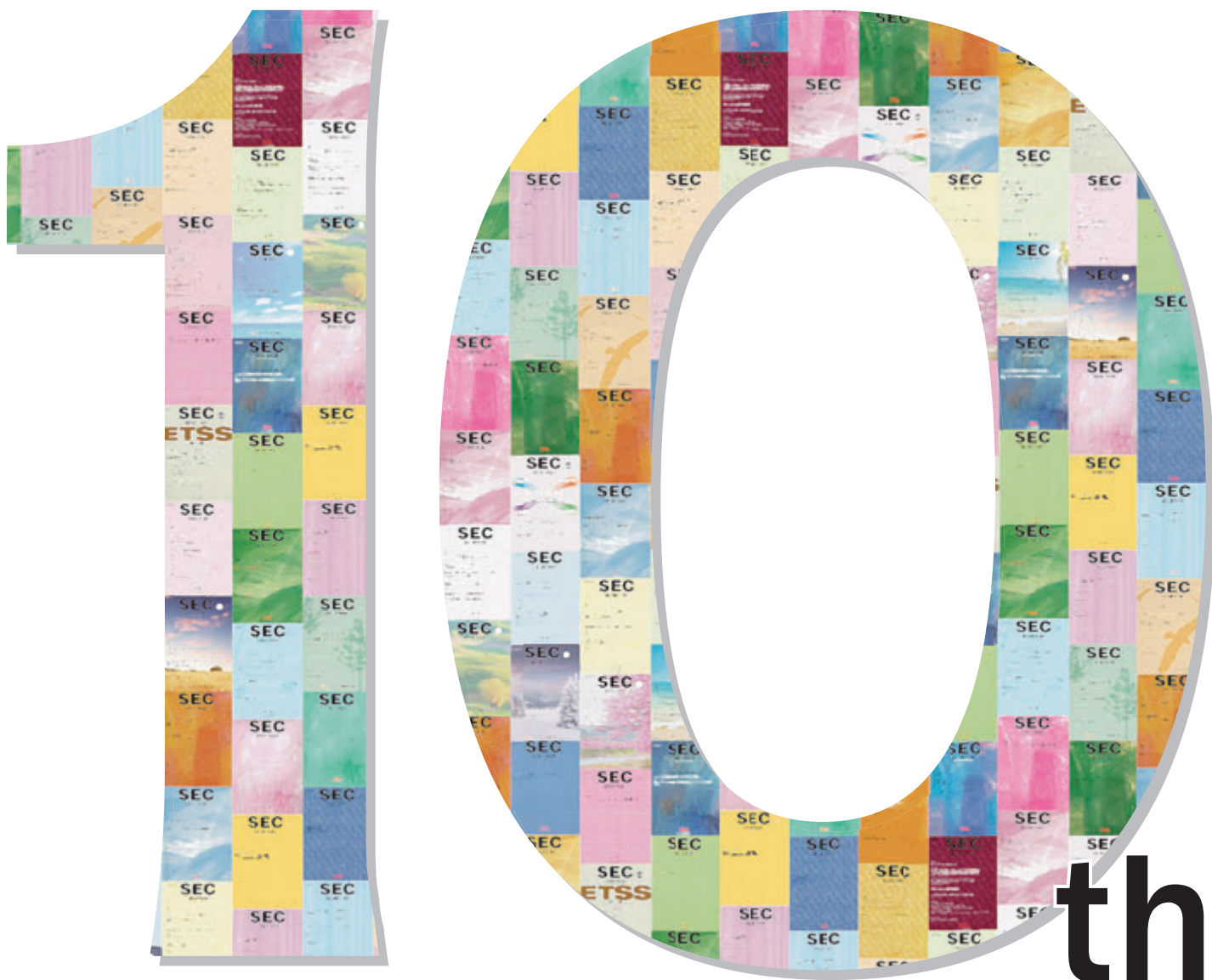


2014年11月1日発行
第10卷第4号(通卷41号)
ISSN1349-8622

SEC journal

創刊10周年特別号



独立行政法人情報処理推進機構
Information-technology Promotion Agency, Japan

巻頭言 ……2

先進的ソフトウェア技術の実践と創造

片山 卓也 北陸先端科学技術大学院大学シニアプロフェッサー／JAIST大学院大学調査研究機構長
中央大学研究開発機構 機構教授

情報政策の変遷及び今後の展望とSECに対する期待

野口 聡 経済産業省 商務情報政策局 情報処理振興課長

SEC10周年にあたり ……4

SECこの10年と今後の展望

松本 隆明 SEC所長

寄稿集に寄せて ……6

SEC 発足時の思い出とIT革命

鶴保 征城 IPA 顧問、学校法人・専門学校 HAL 東京 校長

今も続くソフトウェア危機にSECの役割を期待する

松田 晃一 IPA顧問

寄稿集

IT社会の変化 ……10

プラチナ社会に向けたITイノベーション

小宮山 宏 株式会社三菱総合研究所 理事長／プラチナ構想ネットワーク 会長

ソフトウェアが主役になる時代の登場

小川 紘一 東京大学政策ビジョン研究センター シニアリサーチャー

IT技術の変遷 ……16

組込みシステムのこれから

高田 広章 名古屋大学 未来社会創造機構 教授／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長

アプリケーション中心のアーキテクチャの創出を

栗島 聡 株式会社 NTT データ 代表取締役副社長執行役員

安全・安心 ……23

これからのシステムの安全・安心

白坂 成功 慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科 准教授

IT人材育成 ……26

これからのIT人材育成

有賀 貞一 AITコンサルティング株式会社 代表取締役

日本の課題解決に寄与するITと人材育成

大原 茂之 東海大学 名誉教授／IPA/SEC リサーチフェロー

SEC10年の歩み ……34

SEC 成果報告一覧

SEC journal 掲載論文一覧

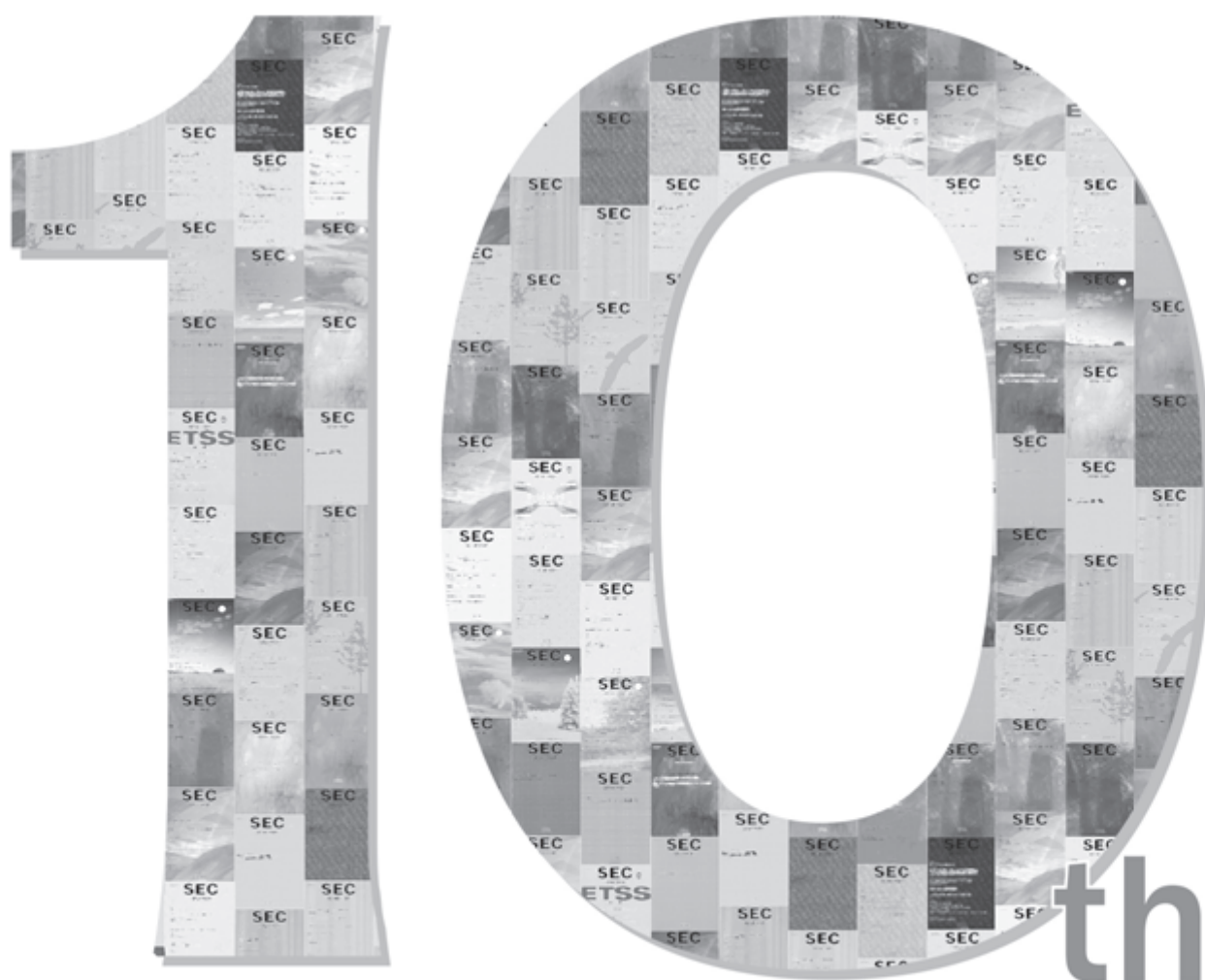
SEC journal バックナンバー一覧

編集後記 ……44

SECjournal 論文募集 /IT パスポート試験 (iパス) のご案内

SEC journal

創刊10周年特別号



先進的ソフトウェア技術の 実践と創造

北陸先端科学技術大学院大学 シニアプロフェッサー
JAIST 大学院大学 調査研究機構長 / 中央大学研究開発機構 機構教授

片山 卓也



我々の社会生活は、金融、製造、流通、行政、交通、通信、エネルギーなどを支える巨大な社会基盤情報システムなしには成立せず、また、工業製品はそれに組み込まれたソフトウェアによってその機能や価値が決まります。我々の社会が今後ますます発展し、我々の作り出す製品が世界で受け入れられるためには、一段と高い品質を持ったソフトウェアが要求されます。このようなソフトウェアを作り、進化させ、保守運用できるソフトウェア技術を持つことは、国や産業が発展する最も根幹的条件の一つです。

ソフトウェア工学という言葉は、1968年にNATOのある会議で提案されました。大規模システム開発の失敗が相次ぎ、ソフトウェア開発を系統的に行う技術体系の必要性が認識され始めた時代でした。ソフトウェア工学の基本思想は、ソフトウェア開発過程に工学的な方法論やツールを適用しようというものです。その後約50年を経て、ソフトウェアプロセス、要求分析、設計、実装、テスト検証、保守進化、プロジェクト管理、開発環境、形式手法など様々な技術が創られて、ソフトウェア開発を支えてきました。

その一方で、ソフトウェアは知的な人工物であり、その作成は一定の知的能力があれば可能という面もあることから、現在においても、ソフトウェア開発における工学的手法の導入が十分でなく、技術者を疲弊させている側面もあります。しかしながら、社会基盤情報システムや組込みソフトウェアが、ますます高品質高機能化する今後においては、技術者の知能だけに頼る方法では、その開発は困難になることは明らかであり、工学的手法の導入は必然であると考えられます。例えば、多くの組込みシステムでは、システムの持つ高度な並行性や実時間

性のために、従来のテスト手法だけによる高信頼化は限界にきており、形式手法や形式推論ツールの利用が必須になるようとしています。ソフトウェア産業界は、一刻も早く先進的開発体制を取るべきであると考えます。

同じ事が、ソフトウェアの保守にも当てはまります。我々の生活を支えている社会基盤情報システムは、異なった時期に異なった方法論で設計され、異なったプログラム言語で実装された複数のシステムの複合体であり、多くの技術者の高い職業倫理と地道な作業によりその保守と運用が行われています。今後社会の多様な要求に応えるべく、基盤情報システムはますます複雑・大規模化してゆきますが、このようなシステムを適切なコストで確実に保守・運用し、進化させる科学的方法論を確立する必要があります。これまでの保守技術の体系化を基礎に、最新のプログラム解析技術、検証推論技術、言語解析技術、システムモニタリング技術などと共に、新たに獲得した莫大な計算パワーの利用を前提とした保守・進化・統合のための科学技術体系を創造すべき時期にきていると考えます。

以上、ソフトウェア開発・保守における先進的技術の実践と創造の重要性について述べてきましたが、これらの点においてIPA/SECの役割には非常に大きなものがあります。IPA/SECは、業界を先導する高い技術展望を持ち、新しい技術の導入や創造において、産業界をリードする立場にあります。また、産学連携により最新の研究成果を創出する役割も期待されています。IPA/SECではこれまでこのような活動を積極的に行ってこられました。我が国のIT産業界が最先端のソフトウェア技術を保持できるよう、今後ともこのような活動を一層加速されることを期待いたします。

情報政策の変遷及び今後の展望と SEC に対する期待



経済産業省 商務情報政策局 情報処理振興課長

野口 聡

SEC journal の 10 周年記念号に寄せて、経済産業省の情報政策の 10 年の変遷と 2020 年に向けた今後の展望を簡単に述べてみたい。

我が国の情報政策は 2000 年を境に大きく転換した。1998～2001 年頃にかけて米国においてインターネットの普及による IT 革命が進展する中、我が国においても IT の活用による社会の革新を図るべく 2000 年に IT 基本法を制定し、2001 年には IT 戦略本部設置や e-Japan 戦略の策定を通じて、まずは IT 基盤整備に取り組んだ。

今から 10 年前に当たる 2004 年は、基盤整備に目途をつけて次の段階の「IT 利活用」を推進するための「e-Japan 戦略Ⅱ」を策定し実行していた時期である。

当時の重点分野は医療、食、生活などの「先導的 7 分野」について IT 利活用を通じた生産性向上や高付加価値化を目指すと共に、大規模な IT 投資促進税制により我が国企業の IT 利用を促進した。

経済産業省では、「e-Japan 戦略Ⅱ」に基づき、ソフトウェア・エンジニアリング手法を適用したソフトウェア開発、高度 IT 人材の実践的育成、ハード・ソフト融合領域における組込みソフトウェア開発力の更なる強化を情報政策の重点と位置付けて、我が国のソフトウェア・エンジニアリングの拠点として、2004 年 10 月 SEC (ソフトウェア・エンジニアリング・センター (現ソフトウェア高信頼化センター)) を設立すると共に、組込みソフトウェア開発力強化のため、組込みソフトウェア技術者のスキル標準である「組込みスキル標準 (ETSS)」を策定し、2005 年 5 月に公表した。

当時、高い国際競争力を有していた家電製品などにおいて高度な機能を実装する組込みソフトウェアの大規模化、複雑化が急速に進む中で、社内リソースの不足などからソフトウェア開発の外注比率が上昇すると共に、より短期間での開発要求が増加した。こうした厳しい開発環境のもとで、ソフトウェア品質の管理は困難さを増し、携帯電話やデジタルカメラなどでソフトウェアの不具合による販売の中止やリコール、事後的なソフトウェア修正対応などが発生した。その根底にはソフトウェアの品質・生産性の低下などの課題があると指摘され、我が国のソフトウェアの開発力強化の必要性が急速に高まったことが SEC 設立の背景と考えられる。

ちなみに、海外では当時既にソフトウェア・エンジニアリング研究が始まっており、1984 年に米国カーネギーメロン大学ソフトウェア工学研究所 (SEI) が、1996 年にドイツのフ라운ホーファ協会実験的ソフトウェア工学研究所 (IESE) が設立されていた。

その後 10 年を経て、通信速度や演算速度の劇的な向上、スマート端末の普及や製品のスマート化による IOT (Internet of Things) の顕在化、クラウド・サービスの加速化、ビッグデータ利用の拡大、セキュリティ対応の複雑化など、情報政策を取り巻く環境は革命的な変化を遂げた。

はたして、政府の情報政策はその環境変化に追いついているのだろうか。海外では、IT をビジネス戦略のコアとして活用することにより、これまでになかった革新的な製品やサービスを創出して世界市場を席巻した新たなグローバル企業も出現している中で、我が国産業の生産性向上や国際競争力強化などを実現するため、IT、とりわけソフトウェアの役割は更に重要となっており、今後の情報政策の一層の充実が必要となっている。

我々は今、IT 活用を通じて「コスト削減」ではなく「付加価値向上・売上拡大」を目指す「攻めの IT 投資」を産業界に呼びかけると共に、革新的なビジネスモデルを実現する IT ベンチャーの起業促進に重点的に取り組んでいる。2020 年に向けて、更なる情報政策の充実に取り組んでいきたい。

さて、SEC の取り組みは上述した時代の状況変化に追いついているのだろうか。これまでの取り組みの延長線上にとどまっていないだろうか。ソフトウェアがあらゆる産業を支える付加価値の源泉であることを十分に実証し、その成果を広く社会に対して分かりやすく発信できているのだろうか。この質問に対する答えは、きっと、この SEC journal の 10 周年記念号に載っているのではないかと期待するところである。

最後に、我が国産業がいよいよ本格的に知識サービス化の中でソフトウェアの役割は加速度的に重要性を増している。東京オリンピック・パラリンピックが開催される 2020 年に向けて、ソフトウェア・エンジニアリングやシステムズエンジニアリングに関する専門的知見を有する SEC の新たな飛躍を期待したい。

SEC この10年と今後の展望

SEC 所長

松本 隆明



1. はじめに

SECがIPAの中に設立されたのは2004年10月1日であり、今年でちょうど10年を迎えることとなる。当初より「ものづくり」として高品質なソフトウェアを効率よく開発する手法を確立し、普及させることをミッションに、産学官の我が国有数の連携拠点として、以下の取り組みをスタートさせた。

- ・エンタプライズ系ソフトウェアの品質・生産性の向上
- ・組込みソフトウェア開発力の強化と人材育成
- ・先進ソフトウェア開発の事例分析とベストプラクティス作り

SEC設立10周年の節目にあたり、これまでの10年にわたるSECの活動を振り返ると共に、今後の展望について考えてみたい。

2. 第一期中期計画期間(2004～2007年度)

社会生活を支える基盤としてソフトウェアの重要性が極めて重大となる一方で、

- ・エンタプライズ系ソフトウェアでは、開発プロジェクトの失敗や納期遅延、情報システムのトラブルなどが依然として後を絶たない
- ・組込みソフトウェアでは、開発ソフトウェアの規模やその複雑性が急激に増大し、開発エンジニア不足や効率的な開発手法の普及展開が求められる

などの問題が顕著となり、ソフトウェア開発力の強化が喫緊の課題として認識された。

こうした課題に応えるべく、エンタプライズ系ソフトウェア開発については、開発の見える化・定量化と上流工程からのアプローチの強化をSECの重点的な取り組みとして設定した。とくに、上流工程重視では、要件定義より更に前の経営戦略やシステム化計画策定についても超上流工程として開発プロセス全体に含めることを推進し、経営戦略やシステム化要件と実システムとの乖離の防止にも力点を置いた。

一方、組込みソフトウェア開発については、エンジニアリング手法の現場定着とスキル標準の確立が重点的な取り組みであった。当時、急激な規模増大に対応するために組

込みソフトウェア技術者の育成が急務であったが、求められるスキルが明確でなく、各企業とも人材の育成に苦慮していたことから、組込みスキル標準の確立は極めて重要なテーマとなっていた。

第一期における主な成果としては以下が挙げられる。

- ・「IT化の原理原則17ヶ条」など上流/超上流工程で守るべき規範
- ・「機能要件の合意形成ガイド」や「非機能要件グレード」など要件定義工程での設計手法
- ・ドイツ・フラウンホーファ協会 実験的ソフトウェア工学研究所(IESE)で開発した見積り手法である「CoBRA」をベースにした「ソフトウェア見積りガイド」などの工程見積り手法
- ・「ソフトウェア開発データ白書」や「定量的プロジェクト管理ツール」など定量的なソフトウェア開発を行うための支援ツール
- ・組込みソフトウェア開発のためのコーディング作法ガイド「ESCR」、組込みソフトウェア向け開発プロセスガイド「ESPR」、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「ESMR」といった、プロダクトとプロセスの両方の品質向上に資するための組込み向け各種エンジニアリングガイド
- ・組込みスキル標準「ETSS」として、組込み技術者のスキルの定義や教育のためのプログラム、ETSS導入に向けたガイド類を体系的に確立

3. 第二期中期計画期間(2008～2012年度)

情報システムが社会インフラとなり、証券システム、金融システム、通信システムなどのトラブルにより、社会生活に大きな影響を与えた情報システムの重大事故が増加しつつある状況を踏まえ、情報システムの信頼性向上に向けたソフトウェア・エンジニアリングの推進を重点的な目標として設定した。施策としては主に以下の3つを展開して進めることとした。

- ・情報システムの信頼性確保に向けたソフトウェア・エンジニアリングの推進
- ・地域産業・中小企業などのための具体的なシステム構築手法の提供

・海外有力機関との国際連携の推進

更に、2009年から2010年にかけて、米国において日本製自動車の「意図しない急加速」のクレームが多発し、電子スロットル制御システムのソフトウェアの信頼性に疑惑が生じるという問題が発生した。米国政府は第三者機関である米航空宇宙局（NASA）に疑惑の解明を委ね、ソースコードも含め徹底的な調査が行われた。結果として信頼性上の問題点は発見されなかったが、これを契機として我が国においても第三者がソフトウェアの品質を監査する制度が必要ではないかとの声が高まり、産業構造審議会の答申を受けて、SECにおいてソフトウェア監査制度の検討に着手することとなった。

第二期における主な成果としては以下が挙げられる。

- ・「共通フレーム」や「SPEAK-IPA」といった、ソフトウェア開発プロセスを改善するための規範や具体的な改善手法
- ・IESEと連携して開発した「GQM+Strategies」といったIT化戦略立案や意思決定支援のためのツール
- ・当時注目され始めていた「アジャイル開発手法」や高信頼化のための手法としての「形式手法」、「モデルベース開発」などの先進的な手法の事例紹介や導入ガイド
- ・組込みソフトウェア開発向け品質作り込みガイド「ESQR」やテスト工程の品質管理手法ガイド「ESTR」や「ESBR」を加え、組込み向けエンジニアリングガイドとして、一通り体系化されたガイド

4. 第三期中期計画期間(2013～2017年度)

情報システムの大規模化、複雑化、更には様々な装置や機器とシステムが高度に連携するようになり、これまでのエンタプライズ系や組込み系ソフトウェアの高信頼化のみならず、情報システム全体をシステムとして捉えて安全性を考えていくシステムズ・エンジニアリングへの対応の必要性が高まった。とくに、情報システムが企業活動や個人生活と一体化しつつあることから、利用者が安心してソフトウェアを利用できる社会の実現を目指し、以下の取り組みを強化することとした。

- ・重要インフラ分野の情報システムにかかわるソフトウェア障害情報の収集・分析及び対策
- ・利用者視点でのソフトウェア信頼性の見える化の促進
- ・ソフトウェアの信頼性に関する海外有力機関との国際連携

もちろん、こうした取り組みは、ソフトウェア・エンジニアリングのやり方が開発現場できちんと出来てこそ、信頼性の高いソフトウェアや安全なシステムが実現できるものであるため、これまでのSEC成果のブラッシュアップや定着化についても引き続き取り組んでいく必要がある。第三期はスタートしてからまだ1年半であるが、ここまでの

主な成果としては以下が挙げられる。

- ・第二期の途中からスタートしたソフトウェア監査制度の検討成果として、第三者がソフトウェアの信頼性や安全性を検証する制度を構築するためのガイドラインとしての「品質説明力強化のための制度ガイドライン」
- ・実際に発生した重要インフラ分野や各種製品における情報システムの障害事例を基に、有識者による分析を加え、再発防止に向けた教訓として取りまとめた「情報処理システム高信頼化教訓集」

ちなみに、一般社団法人コンピュータソフトウェア協会（CSAJ）では、「品質説明力強化のための制度ガイドライン」に基づくパッケージソフトウェアの認証制度（PSQ認証）を2013年6月からスタートさせている。

5. 今後の展望

以上述べてきたように、これまでSECは関係者のたゆまぬ努力によって数多くの成果を世の中に提供してきた。この場を借りて、多くの関係者、ご協力いただいた方々に厚く御礼申し上げる。我々を取り巻く社会システムは更に高度化し、利用者の利便性は格段に向上しつつあるが、それに伴って、それを支える情報システムの重要性は以前にも増して重大となりつつある。利用者が安心して生活できるために、システムとしての安全性設計の達成と、大規模化、複雑化し続ける情報システムの中核を成すソフトウェアを高信頼に構築するために、SECの果たすべき役割はますます重大になってくると考える。

更に、今後重要になってくるのが、運用・保守を含めてシステムのライフサイクル全体でソフトウェアを捉えていくことであろう。実際に情報システムがトラブルを起こして利用者に迷惑を与えるのは運用時であり、どのようにシステムが利用されるのか、どのように運用されるのかといった要件が、システムの設計に当たってはより重要なウェイトを占めるようになってくる。もちろん、どのような人（利用者、運用者や保守者も含め）がどのような環境や状況で使うのかといった、人間系の要素も加味していく必要がある。

ところで、これだけソフトウェアの規模が増大してくると、そのうち規模爆発が起こって人の手では作り切れなくなってくる恐れはないのだろうか。ハードウェアでは、CADや3Dプリンターの出現により設計のやり方が格段に進歩しているのに比べて、ソフトウェアの設計手法はまだ遅れているのではないかと思う。将来的には、社会の仕組みや人間の思考を具象化して自動的に論理的なプログラムに落とし込むようなツールが必須となってくるかもしれない。産学官のハブとしてソフトウェアの世界に新たなイノベーションが起こせるように今後とも努力していきたい。

SEC 発足時の思い出と IT 革命



IPA 顧問、学校法人・専門学校 HAL 東京 校長

鶴保 征城

SECは2004年10月に、SEC要員30人で設立された。設立にあたって、当時の経済産業省 情報処理振興課長の小林利典氏は、「ソフトウェア技術の社会的位置付けやそれに対する関心が高まっている。景気を牽引する自動車やデジタル家電などの高度化は、ソフトウェア技術の存在なくしてはありえない。また、金融機関や航空産業などは巨大なIT企業であり、ソフトウェアの事故が社会的に大きな問題になる」と話している。この小林氏の指摘がSEC設立の背景だと考えてよい。

筆者は初代所長に任命されたが、与えられた時間はそう多くないと考え、急ピッチで体制を整え活動を開始した。具体的には、「エンタプライズ系開発力強化」「組込み系ソフトウェア開発力強化」「先進ソフトウェア開発プロジェクト」の三つのタスクフォースを推進した。タスクフォースメンバは産学官に協力をお願いし、2004年末の時点で120人の精鋭に集まっていた。

三つのタスクフォースを進めるにあたっては、次のような事項に留意した。

(1) ソフトウェアの可視化

ソフトウェアはハードウェアと異なり、性能、品質、脆弱性、価値などの可視化が困難とされていた。開発における進捗状況も可視化されず、ベテランの勘に頼っていたと言っても過言ではなかった。このような前近代的な状況を脱するため、まず、エンタプライズ系タスクフォースにおいて、開発・運用時の定量データ収集と分析、見積手法の開発、開発プロセス共有化の検討を実施した。

(2) 人材の高度化

IT系人材育成に関しては、既にIPAには、情報処理技術者試験、ITスキル標準などの優れたツールが存在した。これらを、規模や重要性が急速に拡大していた組込み系ソフトウェアへ適応するため、組込みスキル標準の開発を行った。また、経済産業省が主導した先進ソフトウェア開発タスクフォースにおいて、組込みスキル標準を応用した人材育成の役割を担った。

(3) グローバル化

SECの成果がグローバルに通用すること、換言すれば、成果を応用した企業がソフトウェア開発に関して、グローバルな競争に打ち勝つことを念頭に置いた。具体的には、ドイツ・フラウンホーファ協会 実験的ソフトウェア工学研究所 (IESE)、米国・カーネギーメロン大学 ソフトウェア・エンジニアリング研究所などとの連携を積極的に進めた。

ソフトウェア工学のアプローチとしては、開発の現場から得られた経験的データに基づいて改善を図ろうとするエンピリカル（実証的）ソフトウェア工学の立場を重視することとした。このため、奈良先端技術大学院大学、大阪大学が、2003年から推進していたEASE（Empirical Approach to Software Engineering）プロジェクトと連携することとした。

このような活動の結果、2007年に3周年を迎えた時点で、SEC要員は48人、タスクフォースメンバは370人に達した。出身は129企業、24大学で、文字通り産

学（官）が集う場となっていた。また、成果はできる限り利用しやすい形でまとめることとし、発行書籍は23種・20万冊に達した。代表的なものは、約1,800件の開発データを収集・分析した「ソフトウェア開発データ白書」であった。筆者は2008年末に退任したので、その後の経過については稿を譲ることとしたい。

1979年は、エズラ F. ヴォーゲルは『ジャパン アズナンバーワン: アメリカへの教訓』を著した年として記憶される。この中でヴォーゲルは、日本人の高い学習意欲と読書習慣が高度経済成長の基盤になっていると評価した。1980年に入っても日本経済は順調に成長を続け、1980年代後半にピークに達したが、いつまでも続くことはなく、1990年前後にバブル崩壊を経験する。その後、日本は長い低迷期を余儀なくされるが、皮肉なことに世界はこの頃からインターネットを核にしたIT革命に入る。

1994年には、ブラウザを世に出したネットスケープ・コミュニケーションズ、電子商取引の端緒を開いたAmazon.comが誕生した。翌年はMicrosoftがWindows95をリリース、96年にはGoogleがスタートした。日本勢も1999年に、NTTドコモが携帯電話IP接続サービスであるiモードサービスを開始し気を吐いた。

インターネットを核にしたIT革命は、日米共に、1999年までは順調に推移したが、2000年に入ると株価が急落し、ITバブル崩壊に見舞われた。日本はそのダメージが大きく、1990年代初頭からの「失われた10年」が続くことになる。一方、米国においても多くのdot.com企業が姿を消したが、次の飛躍に備え、実力を養っていた企業が存在した。

その代表は2004年にIPOしたGoogleであり、2004年に創業したFacebookである。更に、Amazon.com、eBay、Yahooなどが本格的なIT革命をドライブしていく。更に、2002年にiPod/iTunesを商用化していたAppleは2007年にiPhoneを、2010年にiPadを出荷し、IT革命を決定的なものとしていく。

このように日本が2004年頃を起点に本格化したIT革命に乗り遅れ、多くの電機メーカーの屋台骨が揺らいでい

ることは周知の通りである。この原因はどこにあるのだろうか。最近の製品の付加価値がソフトウェアに依存していることは論を俟たないが、日本のソフトウェア開発能力が米国より劣っていたのだろうか。

米国・MITのマイケル・クスmano教授は、1991年に『日本のソフトウェア工場』を著し、日本企業が実現していた、きめ細かい機能をソフトウェアとして実装する力、高い品質保証能力に驚きを示している。例えば、商用化されたソフトウェアの欠陥は、日米で1:20であったと報告されている。クスmano教授は、日本の厳格な開発スタイルやゼロ欠陥を追求する「工場アプローチ」は、シリコンバレーのベンチャー企業の「手工業的アプローチ」よりも優秀であると考えたのではないだろうか。

事実、日本の工場アプローチは、大規模な銀行システムや製造システム、及び自動車などの大規模な組込みソフトウェア開発に非常に有効であった。一方、世界に通用するソフトウェアプロダクツや創意に富んだサービスを次々と生み出したのは、手工業的アプローチの米国企業であり、日本でも、ゲームやモバイルコンテンツは手工業的アプローチで世界を席卷した。

上記アプローチの違いは、日本のソフトウェア産業が「製造業」と言われ、米国のそれが「ビジネス」だと言われることと関係がある。米国がビジネスとして付加価値が高い知識集約型ビジネスを志向したこと、日本が製品として完成度が高く、高品質の実現を目指したことは、置かれた環境から考えて極めて理にかなっている。それが採用したアプローチの違いになったものと思われるが、今後は両アプローチの良いところを取り入れて融合していく流れになるのではないだろうか。

SEC10周年の2014年は、インターネットが普及し始めてから20年、IT革命が本格化してから10年である。IT革命はまだまだ緒についたばかりであり、ガートナーのハイブサイクルなどを見ると、多くの先進技術が目白押しである。それらの実用化に際して、ソフトウェアが中核になるのは間違いがないところであり、SECのこれからの活躍に期待したい。

今も続くソフトウェア危機に SECの役割を期待する



IPA 顧問

松田 晃一

■ OS/360 は今年 50 歳に

今年 2014 年はシステム 360 が生まれて 50 歳の記念の年だそうです。1964 年に IBM が発表したシステム 360 には、当時としては画期的な OS/360 が搭載されました。その OS/360 開発の責任者であったブルックスが、大規模なソフトウェア開発に苦勞した話を「人月の神話」と題した本にまとめたのがご存じの通りです。表紙に掲げられた、ターンの沼に足を取られ身動きできなくなった巨獣の図は、ソフトウェア開発プロジェクトの困難さを端的に表す図として印象に残っています。OS/360 発表の数年後の 1968 年には、NATO 主催の会議が行われ、初めて「ソフトウェア工学」という言葉が使われたとのこと。増大するソフトウェアの需要に対して、人海戦術による手作りの域を出ないソフトウェア開発は、生産性が低くとも供給が追いつけない状況、いわゆる「ソフトウェア危機」が叫ばれました。「このままでは世界中の人類すべてがプログラマにならないと、ソフトウェアの供給が間に合わない」と言われるほどで、このような危機意識のもとでソフトウェア工学が提唱されたのがご存じの通りです。

以来 50 年弱の年月が流れたわけですが、さてソフトウェア危機は解消されたのでしょうか？

■ 今も続く「ソフトウェア危機」

相変わらずソフトウェアの生産性の低さは大きな問題です。ソフトウェアの欠陥によって運用中のシステムが停止し、社会に大きな混乱をもたらす事故は後を絶ちません。SEC journal で 2010 年から連載している IT システムの事故の集計を見ても、マスコミで報道されるよ

うな事故だけでも月に 2～3 件のペースは変わらず、むしろ増える傾向にあります。更に近年では、組込みソフトウェアの問題も大きくなってきています。例えば、自動車の組込みソフトウェアの不具合が原因で大量のリコールが行われた件数が、今年初めから 8 月までで既に 10 件近くに上っています。

また、開発予算の大幅な超過や、完成時期を大きく遅らせ損害賠償を請求され開発会社が赤字に陥ってしまう、といった問題もあります。更に問題なのは、開発が途中で頓挫してしまう、あるいは開発は終わったが使い物にならずお蔵入りしてしまう失敗プロジェクトがかなりあるという事実です。このようなプロジェクトの失敗は、IT システムの事故以上に表面化し難いため、実態が把握できないのですが、米国スタンディッシュ・グループの 2013 年のレポートでは、完成に至らず途中でキャンセルされたり、完成したが使われなかった完全な失敗プロジェクトが 18%～21% というデータが示されています。ほかに、大幅な予算超過、納期遅延、機能不足などを起こしたプロジェクトが 42%～43% で、大きな問題なく成功したプロジェクトはわずかに 37%～39% 程度と報告されています。残念ながら、日本にはこの種のデータが全くありませんが、会計検査院が官公庁システムの開発失敗を指摘したり民間企業同士が開発の失敗を巡って裁判で争うなどによって明るみに出ることがありますが、多分氷山の一角でしょう。特許庁のシステムやスルガ銀行のシステムなどでは、開発の失敗によって数十億円規模の損失が報道されたのは記憶に新しいところです。それほど高額ではなくても、開発の失敗によって億円単位の損害賠償を争う訴訟や調停に持ち込まれる事例は結構多いようです。私もここ数年、東京地裁で IT 関係

の民事訴訟や調停に専門委員・調停委員として参画するようになって、このような実態にはじめて触れるようになったのですが、現場では問題が山積している印象です。

このように見てくると、今も「ソフトウェア危機」は解消されたとはとても言えず、一層困難な状況にあると思います。

■ 古くて新しい課題だが...

もう少し具体的な課題に触れてみたいと思います。例えば、プロジェクトが頓挫する失敗について見れば、システムに対するユーザの要求をいかに消化し適切な形にまとめて合意を得ながら設計を進めていくのか、そして開発のために必要なリソースや期間を早い段階でどう見積もれば良いのか、といった古くからの課題にまだ満足な答えが得られていないからこそ、このような失敗が起きます。更に外注形態の開発における発注者と受注者との間の協力義務やプロジェクト管理義務、善管注意義務などプロジェクトに取り組む姿勢の問題や適正な契約のあり方など、技術面以外の問題もあります。これらも、決して新しい課題ではありませんが、まだまだ解決したとは言えません。

また、ソフトウェアの欠陥による事故はどうでしょう。欠陥を作らないための開発の工夫はもちろん重要ですが、それでもなお欠陥は残ることを前提に運用・管理を行うことも重要です。エンタープライズシステムのように専門の運用者・管理者が居るケースに比べると、消費者が直接操作する組込み機器においては、信頼性や安全性、使い易さ、判り易さなどの品質はとくに重要です。人間の要素を加味したリスク分析や間違いの無い設計・実装の保証、品質の客観的な検証・確認などはまだまだ手探りの状態です。

更に、日々激しく変化するビジネス環境に応えられるシステムを開発するには、開発内容や計画の全体を開始時に決めて後戻りしないウォーターフォールモデルでは、限界があることは明らかですが、それに代わる開発モデルは確立できたのでしょうか？有力な候補であるアジャイル開発は、外注を使わざるを得ない大規模開発にも適用できる形に洗練されてきたのでしょうか？

課題を挙げれば、キリがないのでこのあたりにしますが、どの課題も古くから言われてきた課題です。しかし、今なお残されている新しい課題でもあるのです。

■ ソフトウェア・エンジニアリングのナショナルセンターに

では、SECはどんな役割を果たすべきなのでしょう？

ここまで述べてきた色々な課題解決をSECが直接カバーすることはもちろん不可能です。SECは、このような課題に取り組む産学官の多くの人々の「拠り所」としての役割を果たすことにあると思います。ソフトウェアにかかわる産学官の多くの人達が、利用者、開発者、保守者、研究者、教育者など様々な立場から現場の問題を共有し、解決に向けた方向を議論し、活発な情報交換を行う「拠り所」となり、そこで得られた多くの知見を結集して、現場の課題解決を牽引するナショナルセンターとしての機能を果たすことこそ、SECの大きな役割だと思います。

現在SECが重点的に取り組んでいるソフトウェアの信頼性は、市民が安心して利用できるITシステムのために重要であることに疑いはありません。しかし、その実現はソフトウェア・エンジニアリングの幅広い技術の基盤に支えられて初めて得られるものです。基盤となるソフトウェア・エンジニアリング技術全般を底上げすること、そして取引や契約のあり方の問題、知的財産権の問題、人材の問題など技術面だけに偏らず幅広く課題を取り上げて行って欲しいと思います。

2009年から2010年にかけて事業仕分けに翻弄されたことを思い出します。組織のあり方を不断に見直すことはもちろん重要ですが、大衆受けを狙ったパフォーマンスに振り回されるのはご免です。これからの社会におけるソフトウェアのあり方を見据えて必要な役割は自信をもって果たしていくべきです。

ソフトウェアが様々な形で社会を動かす「ソフトウェアこそが主役」の時代を迎え、「ソフトウェア危機」は一業界の問題ではなく、あらゆる産業の競争力、イノベーションを制する問題であり、社会全体の力を決定づける基本的な問題です。ますますSECの役割の重要性と期待は高まっています。

プラチナ社会に向けた IT イノベーション



株式会社三菱総合研究所 理事長
プラチナ構想ネットワーク 会長

小宮山 宏

IT化の進展によって多くの雇用が失われるというセンセーショナルな予測がある。未来を開拓するためのITが、我々の未来を奪うのであろうか？問題を解く鍵は、質的な豊かさを追求する社会の実現に向けたITの可能性にある。

1 IT化により雇用が激減？

IT化の進展によって20年後にはアメリカの47%の雇用が消滅する危険がある。これは、2013年の秋にオックスフォード大学での研究成果として発表された近未来予測である。研究論文のタイトルは、「雇用の未来：職業はコンピュータ化によってどのような影響を受けるか」。論文中には、具体的にIT化によって消滅する可能性の高い職業があげられており、衝撃的な予測として話題になった。

この研究は、アメリカの702種の職業を対象に、それぞれの職業がコンピュータ化によって代替される確率を推定したものである。上記の47%の雇用というのは、コンピュータ化によって代替される確率が0.7以上の職業の雇用総数をカウントしたものだ。また、こうした危険にさらされている職種として、具体的には、企業や行政の事務支援サービス、販売関連、サービス、金融（窓口、経理処理などの定型業務）、交通、物流関連などがあげられている。逆に、代替可能性が低いものは、経営、管理、金融（経営、管理、調査・分析業務など）、IT関連、研究開発、教育、法務関連、コミュニティーサービス、メディア、芸術、医療・介護関連などである。

つまり、定型あるいは単純労働的な職種は代替性が高く、逆に代替性が低いのは、高度な認識能力や繊細な操作能力を問われるもの、創造性が求められるもの、社会的な知性（対人能力）やスキルが求められる職種である。

実はこの研究では、これらの3つの要因をIT化や機械化を阻む変数として設定し、各職業における変数の度合いを分析することで、冒頭の予測を導き出しているのである。ちなみに3つ目の社会的知性とは、相手への理解や思いやる能力、相手との違いを踏まえた上での交渉力、説得力、他人を身体的にも精神的にも支援する能力を指している。また、代替性が高いのは単純労働だけでなく、ビッグデータの活用可能性が高まってきたことで、人間の認知能力に依存する非定型的な業務の代替も進んでいる。例えば、不法行為の特定のための調査や、株式売買、健康・医療診断などは、ビッグデータとそれを処理する高度なアルゴリズムによって、かなりの部分がコンピュータによる代替が可能であるとしている。

さて、この推定結果をどう解釈するかである。アメリカに限らずIT化を進める先進国では共通に起こり得る問題である。先進国での製造業の空洞化に加え、IT化の進展により労働節約的な産業構造となり、結果として雇用が激減してしまうのである。資本主義のジレンマと嘆く向きもあるかもしれない。しかし、これは変化の一断面だけを見た解釈だ。この論文でも、推定結果が示唆するのは、より高度で創造性や社会性が求められる部門への人材や資本のシフトの緊急性であり、そのための人材育成や教育が必要であると結論づけている。ここで注意したいのは、こうした部門は全くIT化の余地がないのではなく、人間の創造的、社会的な活動を支援するIT

化が進むということだ。そして、そうした部門とは、健康・医療・介護、教育、文化、コミュニティー再生などであり、これらは先進国共通の社会的課題分野と重なる部分が多いのである。実際に、創造性、社会性が求められる分野の需要が増加していくのは、人類史的な観点から見ても必然であり、現在は、そうした大きな変化への転換点なのである。

2 QOL を追求する社会への転換

現在、人類が大きな転換点にあることを示す要素は少なくとも3つ挙げられる。それは、産業革命の普及、人工物の飽和、人類の長寿化であり、今後の成長戦略を考える上で非常に重要な枠組みとなる。

超長期的に農業生産中心で均衡していた社会を一変させたのは、200年前の産業革命である。産業革命は、はじめは先進国への富の集中という形で進んでいったが、現在では新興国などを中心に世界の国々に普及しつつある。産業革命が世界的に普及する一方で、先進国では、人工物の飽和によって量的な豊かさを求める需要が飽和しつつある。例えば、先進国では、2人に1台の自動車を持った時点で保有台数が飽和する。これが、先進諸国の成長鈍化や景気停滞の構造的要因となっている。

また豊かさの普及と共に人類が手に入れたのが「長寿」である。古代エジプトでの平均寿命は24～25歳だったと言われている。そして、20世紀のはじめには31歳であった世界の平均寿命が、2011年には70歳に到達し、先進国の平均は78歳となった。長寿は文明が希求し続けようやく実現した大きな成果なのである。

産業革命の普及により量的な豊かさが満ち、かつ長寿となった人類が次に求めるのは何か？それは生活あるいは人生の質、つまり「クオリティー・オブ・ライフ(QOL)」の追求とそれを可能にする社会システムの実現であろう。こうしたQOLを追求する社会を私はプラチナ社会と定義する。プラチナ社会の実現こそが、今後の成長の地平を拓くことにつながる。

ここで、プラチナ社会の発展を牽引する需要について考えてみたい。先述のように自動車などモノの需要は、中国のような巨大な市場であっても遠からず飽和する。

これを飽和型需要と定義する。産業革命とは基本的に生産性を上げることであり、生産量が増えなければ雇用は減り、究極には国内で雇用が無くなってしまう。従って、先進国では、国内の雇用を持続的に作り出していくことが求められているのだ。一方、質を高めるための需要を創造型需要と定義する。国内に創造型需要で飽和しない質的競争に基づいた産業を創っていく必要がある。明治維新以来、日本人は産業を振興すれば暮らしが良くなると信じてきた。創造型需要の場合には、それを逆転させて、暮らしを良くすること、つまりQOLを追求すれば新しい産業が生まれると考えるべきである。

例えば、質を求める重要なテーマとして、活力ある長寿社会があげられる。高齢化は大きな社会的課題だが、これを好機ととらえ、医療・介護という枠にとらわれず、健康で誇りのある長寿を全うできる社会といったより裾野の広い視点で、新しい需要を創造していくことが必要である。また高齢化社会は、先進国だけでなく、今後遠からず、世界が経験する課題である。従って、活力ある長寿社会というテーマで、どこよりも先んじてイノベーションを起こすことが、国際競争力の観点からも重要となる。

以上のような社会ビジョンを踏まえると、今後のIT分野の方向性が見えてくる。これまでのITの役割は、飽和型需要に対応したものが中心で、とくに生産や業務の効率化といった点が強調されてきた。そして、今後は飽和型需要だけでなく、創造型需要に対応したITの可能性を追求する必要があることが明らかである。また創造型需要に対するITの可能性については、効率化に加えて、人間の創造的、社会的活動を支援するという点が強調されるべきなのである。

3 創造型需要を喚起するためのITイノベーション

以上のように、これからの成長のエンジンは飽和型需要ではなく創造型需要にある。この点から見ると、冒頭のITが導く将来像のように、ITを労働節約的な機能だけみるのはなく、より創造的な生活や社会を実現するためのツールとして活用していくことだ。こうした

創造型需要を見つけ出す鍵の一つはオープンデータである。データがオープンであれば、それをより多くの人々が活用してイノベティブな商品やサービスの開発の可能性が高まる。データをクローズドにしているはそうした可能性も限定的になる。正にオープンイノベーション環境としてのオープンデータなのである。もう一つの鍵は、センサ技術の発達により、あらゆる対象の状態変化をデータとして把握できるようになり、精緻な分析や制御が可能となったことである。いわゆるビッグデータの活用である。そして、最後の鍵は、最初の鍵と深くかかわることであるが、誰もが参加しイノベーションの担い手となり得るという点である。

こうした創造型需要の大きな開拓分野として社会的課題の解決があり、既に社会実装レベルでの動きが数多くある。

例えば農業生産へのITの導入である。IT導入により、気温や日照、土壌など栽培環境と生育状態の関係を「見える化」し、属人的であった高度な生産技術を知識化することで、より制御性に優れた生産プロセスを実現するのである。これは安定供給やコスト削減だけでなく、日本ならではの高品質を維持するためにも有効であろう。こうした手法を露地栽培にも適用し、流通や販売とも連動させていくことが可能だ。6次産業化も重要だが、ITが拓いてゆく農業生産改革の余地は大きい。

また、健康・自立を支えるためのIT活用がある。例えば、個人の診断情報、健康情報、遺伝子情報を統合化し、ビッグデータとして分析・活用することで、創薬だけでなく、食育や体育など多様な分野で、きめ細かな健康・医療サービスの開発可能性が広がる。個人のデータは、クラウドを通じて、健康産業や地域医療のネットワークと接続可能にすることで、いつでもどこでも、的確な情報で適切な処置やサービスを受けることが可能となる。

更に介護分野では、ブレイン・マシン・インターフェース（BMI）という技術による自立支援ロボットの開発が進められている。BMIは、脳の活動状態を信号化し、機械や情報通信機器の操作に反映させる技術である。逆に、外部からの刺激を電気信号化して脳内に送り、様々な感覚機能の再生や増強を図ることもできる。例えば、運動

機能障害を持った人が、脳で思うだけで手や足に装着した自立支援ロボットを自在に動かすことができる。極論すれば、BMIの活用により、脳機能が健全である限り人は自立した生活ができるはずである。BMIは「誰もが自立した尊厳ある生活を送る」というビジョンに向けたイノベーションとなりうるのである。

そして最後に、誰もがイノベーションの担い手となりうる社会実現に向けた取り組みとして、3Dプリンタとインターネットによるモノ作りシステムがある。これは、設計データをインターネット上で共有することで、「いつでも、どこでも、誰でも」必要なものを必要なだけ製造できるシステムであり、ファブ社会というコンセプトで世界的にも話題になっている。ファブ社会は、個別化、適量生産、需要志向という点で、物質的に飽和した社会が次に目指すべきモノ作り革命と言える。更に、インターネットを通じて、専門家ではない一般の消費者でもモノ作りに参加することが可能となる。正に、消費者から創造的な生活者への転換を促すツールなのである。創造的な生活者の増加が、イノベーションの裾野を広げていくことであろう。

本稿では、今後のITの方向性として、QOLを追求するプラチナ社会を実現するためのツールとしての可能性について論考した。エンジニアリングは常に社会のニーズに対応し未来を実現する活動でなければならない。ITもその例外ではない。従ってプラチナ社会実現のためのIT開発には、IT専門家だけでなく、多様な分野の主体との連携が求められるであろう。ITはそれ自体が多様な主体の連携や参加を可能にするツールであるからこそ、未来を切り拓くイノベーションとしてのポテンシャルが大きいのである。

【参考文献】

- 小宮山宏：日本「再創造」－「プラチナ社会」の実現に向けて，東洋経済新報社，2011
 小宮山宏：「課題先進国」日本－キャッチアップからフロントランナーへ，中央公論新社，2007
 Carl Benedikt Frey and Michael A. Osborne：The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?, Working Paper, Oxford Martin Program on the Impacts of Future Technology, 2013
 [online] http://www.futuretech.ox.ac.uk/sites/futuretech.ox.ac.uk/files/The_Future_of_Employment_OMS_Working_Paper_0.pdf
 (参照 2014.9.19)

ソフトウェアが主役になる時代の登場



東京大学政策ビジョン研究センター シニアリサーチャー

小川 紘一

1 ソフトウェアが先導する第三次産業革命

第三次産業革命とは、ソフトウェアがプロダクトイノベーションを主導し、ソフトウェアが社会システムイノベーションを先導する時代の到来をいう。

約 200 年前の 18 世紀後半にイギリスで起きた第一次産業革命は、人類が数千年にわたって蓄積した“経験則の産業化”であった。その代表的な事例が蒸気機関と量産工場である。

第二次産業革命は、100 年前の 19 世紀末にドイツで始まった。その最大の特徴は、科学者が発見した自然法則の組み合わせから生まれるイノベーションの連鎖が、電機産業や化学産業など、人類が経験し得なかった巨大産業をこの世にもたらした点にある。この意味で第二次産業革命は“自然法則の産業化”といってもよい。

本稿が焦点を当てる第三次産業革命は、製品やシステムの設計にソフトウェアが深く広く介在する 1980 年代にアメリカで始まり、1990 年代にはグローバル市場の隅々までその影響が及ぶようになった。ソフトウェアは、プログラミング言語、すなわち人間が作りだした人工的な論理体系によって開発される。この意味で第三の産業革命を、“論理体系の産業化”と定義することができる。

ソフトウェアを動かすエンジンがマイクロプロセッサである。その性能は 1970 年代にせいぜい 10 倍しか進化しなかったが、1980 年代の 30 倍を経て 1990 年代には更にその 100 倍となった。マイクロプロセッサが生まれた 1971 年から 3 万倍も向上するこの技術革新が、ソフトウェア先導の第三次産業革命をこの世にもたらしたのである。

2 ソフトウェアが加速するイノベーション

我々は神が作った自然法則を勝手に変えることはでき

ないが、人間が作った論理体系なら自由自在に変えることができる。ソフトウェアならプログラミングを工夫するだけで自然法則の組み合わせ結合よりはるかに容易に、人間のアイデアや期待を製品機能やシステム機能として具体化できる。

第三次産業革命がデジタル型のエレクトロニクス産業で最初に現れたのは、製品設計にソフトウェアを適用し易かったからであり、その代表的な事例がパソコンやインターネット、DVD であった。21 世紀の現在ではソフトウェアが介在する産業領域が急拡大している。

シュンペーターは、経済活動の中で生産手段や資源などが従来とは異なる形で新結合することをイノベーションと定義したが、多くのモノがソフトウェアを介して結合する 21 世紀は、100 年前のシュンペーターが見た世界より遥かに容易に、そして無限に、新しい組み合わせを作ることができる。しかも、結合スピードが自然法則の結合よりも遥かに速い。

ここから、これまで存在し得なかった価値がソフトウェア主導の新結合によって次々に生み出され、スマートフォンはもとより、自動車の価値さえソフトウェアが決める時代となった。インターネット・クラウドがこの潮流を更に拡大し、全く異なる巨大産業同士をつないで新たな価値を創り出す。21 世紀の技術イノベーションや製品イノベーションはもとより、社会システムイノベーションさえも、ハードウェアでなくソフトウェアが先導する時代になったのである。

あらゆるモノがつながり易くなれば、製品やシステムを構成する技術体系のすべてを、自社はもとより自国の中にさえ持つ必要はない。従って、他社・他国に委ねる領域（オープン）と自社・自国が担うコア領域（クローズ）との境界設計を起点にしたオープン&クローズの戦略思想が必須となる。そして、それぞれの国が得意とする技

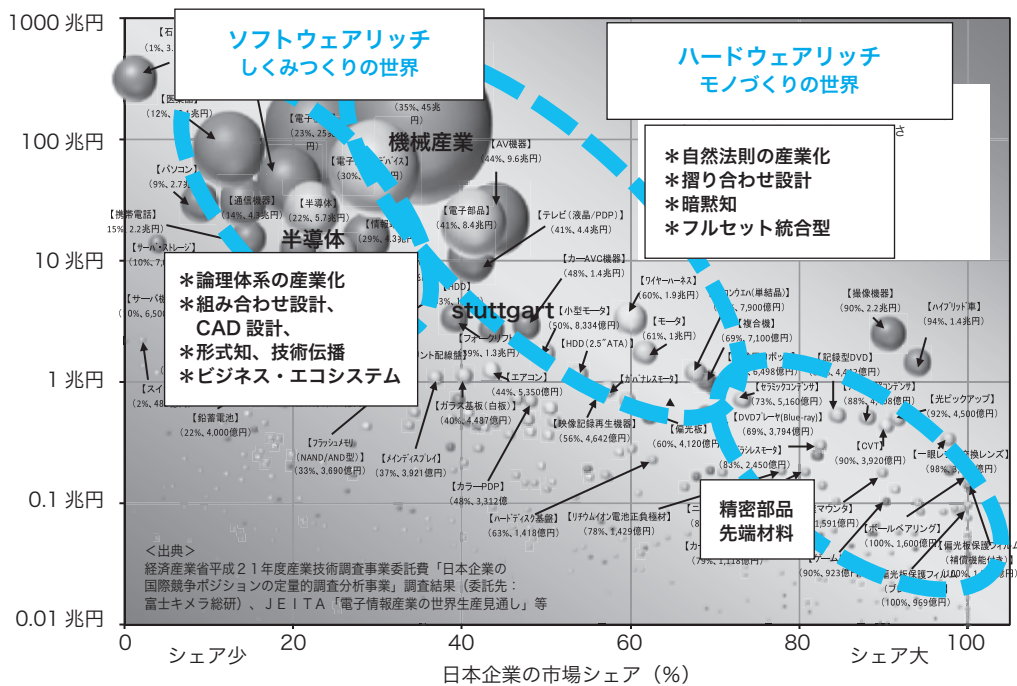


図1 日本企業はソフトウェアリッチな領域で勝てない

術領域を持ち寄る比較優位の企業間国際分業とも言うべき、ビジネス・エコシステム型の産業構造がグローバル市場に出現する。

ここからエコシステムの一翼担う新興国に雇用が生まれて経済成長が始まり、ビジネスチャンスを手握った企業が次々に生まれて新興国経済が成長軌道に載る^{*1}。新興国企業の興隆が、製品やシステムだけでなくグローバル市場の産業構造と競争ルールをも変える^{*2}。ソフトウェアが創り出す第三次産業革命が人類社会の経済と政治を大きく変え始めたのである。

3 ソフトウェアから見た日本企業の競争力

図1は、日本の製造業のグローバル市場における位置付けを示す。左上の産業領域は、パソコンやネットワークなど、いわゆる第三次産業革命を象徴するソフトウェアリッチ型の産業領域である。残念ながらこの巨大市場で日本企業の存在感が非常に薄い。

一方、右下の産業領域は、素材や精密部品など、いわゆる100年前の第二次産業革命で起きた自然法則の産業化を象徴する領域であり、日本のモノづくりがグローバル市場で圧倒的な競争優位を持つ。

日本企業が圧倒的に強い材料や精密部品それ自身には、ソフトウェアが介在しない。しかしながら部品や材料を使う完成品側がソフトウェアリッチ型へ転換する。ここから、完成品メーカーがオープン&クローズの戦略思

想でビジネスモデルを繰り出し、部品や材料の競争ルールを決めてしまう。

例えば300万点にも及ぶ巨大な技術体系で構成される航空機では、CADソフトウェアを使って航空機を技術モジュールの組み合わせに分解し、一つひとつのモジュールを更に細かな単品モジュールに分解する。その中の一部として、例えば炭素繊維とそれを使った翼や胴体を日本企業に製造委託して調達する。

ここですべての技術体系と細部仕様を知っているのは、CADソフトを駆使して技術モジュールへ分解した航空機メーカーだけであり、結果的に市場をコントロールする力がすべて航空機メーカーに集まる。欧米の航空機メーカーは、部品や材料の競争ルールを自社優位に決め、世界中の技術と知恵が自社へ集める仕組みを作った。これを可能にしたのがソフトウェアの力である。

ヨーロッパの自動車部品メーカーは、エンジンを制御するECU (Electronic Control Unit) にパソコン産業のインテルと同じビジネスモデルを応用しながら、中国やインドの自動車産業に君臨する。ECUシステムを支える組込みソフトがこれを可能にした。

これまで擦り合わせの極致と言われ、特定の自動車でしか実現できなかった自動車の乗り心地や高い加速性能も、組込みソフトを工夫することによって多くの車種へ適用できるようになった。更には、スマートフォン市場を支配するアンドロイドOSと同じ市場コントロールの

仕組みが、自動車のパワートレイン系でも見え隠れする。

類似のことがロボットや3次元プリンター、センサ産業を含む多くの領域へ急速に浸透しており、日本企業が強かったはずの産業領域で競争ルールが大きく変わる。例えば、日本が誇る超高精細で低消費電力の小型液晶パネルであっても、これを動かす独自のドライバーソフトを持たなければその価値を維持することができない。10年後に1兆個の巨大市場となるセンサ産業であっても、ソフトウェアを駆使するビジネスモデルを上位レイヤーで持たなければ、日本企業の優位性を保つことができない。

これまで日本企業は、設計技術者や熟練の工場オペレータによる摺り合わせ型のモノづくりで外国企業を差別化してきた。確かにこれは、組み合わせ結合に摺り合わせノウハウを必要とするハードウェアリッチな産業領域（自然法則の産業化）でなら、圧倒的な競争力を持った。しかしながら、組み合わせ結合が容易なソフトウェアリッチな産業では、モノづくりにソフトウェアを取り込むこと無くしてグローバル市場の競争力を維持できない。

4 モノづくりから“つながる”仕組み作りへ

先に述べたことは、1980年代から1990年代に顕在化した産業構造の転換であった。その20年後の2010年代から大規模に出現したのが、“つながり”によって生まれる新たな産業構造転換である。

ここでは、巨大なソフトウェア体系の組み合わせとしてのクラウドが、個々の技術や個々の製品ではなく、全く異なる巨大産業を組み合わせながら新たな価値を生み出そうとしている。ソフトウェアを駆使したビッグデータも、異なる産業のつながりが生み出す新たな価値創造と位置付けられる。

大規模なつながりが次々におきるのであれば、これまでそれ自身が全体だったはずの自動車やロボットも、単なる部品や端末に過ぎなくなる。ここから価値形成のメカニズムが変わり、競争ルールが変わる。しかしながら、これまで自動車やロボット産業を支えた日本型のモノづくりに、クラウドを介した“つながり”を主導する動きが少ない。

日本の成長戦略として2014年の6月に取り上げられた健康・医療、農業、ロボットなどの分野は、いずれも部分としての姿が強調されている。これらの製品産業が

今後も従来型のモノづくりに終始するのであれば、つながることによって生まれる大きな全体の中で、単なる部分へ追い込まれてしまう。つながることで生まれる新たな価値創造で主導権をとれず、多くの付加価値を日本以外の企業が握ることになるのである。

この意味で、日本企業にはモノづくり中心の製造業から、“つながり”の仕組み作りを中心にした製造業への転換が求められているのである。現状のままなら、日本の成長戦略で取り上げられた製品産業であっても、これが日本企業の競争力や日本の雇用と経済に貢献するのは限定的となる。

日本企業がソフトウェアを駆使した仕組み作りができないのは、ソフトウェア人材とソフトウェア技術の蓄積が決定的に不足しているためである。最近の調査によれば、2018年にアメリカの理工系大学を卒業する学生の70%以上が、ソフトウェアエンジニアリングやコンピュータネットワーク、コンピュータ管理、データベースなど、ソフトウェア先導型の産業領域へ就職し、従来型の技術領域はわずか16%に過ぎないという。しかしながら日本では、2025年になっても現状とあまり変わらないのではないかと懸念されている。

欧州連合の国家プロジェクトであるフレームワークプログラム（FP-7）では、組込みソフトウェアの基礎研究に7年間で27億ユーロ（約3,700億円、年間約400億円）が投入された。アメリカや中国も同等以上の資金が使われているという。しかしながら日本の国家プロジェクトでソフトウェア研究に使われる研究費は、その十分の一を遥かに下回る。

日本はまだ第三次産業革命へ移行できていないのであり、第三次産業革命が創る新たな製造業への転換が決定的に遅れている。我々はまず、小学校の教育で読み書きそろばんと同じようにソフトウェア・プログラミングを教えるべきである。IPA/SECにはこれまでの10倍以上の恒常的な予算を付け、産業競争力を強化するソフトウェア基盤技術の開発に注力すべきである。そして、ソフトウェアを駆使し、グローバル市場の産業構造や競争ルールを自らの手で作りだす軍師型のソフトウェア・アーキテクトを育成しなければならない。こんな日が一日も早く訪れることを願って本稿を終える。

【参考文献】

- ※1 小川紘一：「国際標準化と比較優位の国際分業、経済成長」, 渡辺俊哉 編著『グローバルビジネス戦略』, 第5章, 白桃書房, 2011
- ※2 小川紘一：『オープン&クローズ戦略—日本企業再興の条件』, 翔泳社, 2014

組み込みシステムのこれから



名古屋大学 未来社会創造機構 教授
大学院情報科学研究科 附属組み込みシステム研究センター長

高田 広章

これからの組み込みシステムは、ネットワークを経由してクラウドと接続され、全体としてより高度なサービスを提供できるようになるだろう。そのときの課題として、ディペンダビリティの確保と機能配置の最適化を挙げることができる。本稿では、それらの課題について紹介し、取り組む必要のある技術について述べる。

1 はじめに

情報化社会という言葉が表す通り、過去 10 年の間に、我々の社会生活は、情報技術 (IT) に依存したものとなってきた。情報化社会は、社会の利便性や効率化に大きく貢献した一方で、サイバーセキュリティの問題など、過去にはなかった課題をもたらしている。

これからの 10 年は、IT に加えて、組み込みシステム技術 (Embedded Technology; ET) への依存が加速するものと思われる。M2M (Machine to Machine) や IoT (Internet of Things) という用語が注目されている通り、組み込みコンピュータに制御された「機械」や「モノ」が、ネットワークを経由してクラウドに接続される。クラウド (情報システム) は、組み込みシステムを通じて物理的な世界とつながることで、より高度なサービスを提供できるようになるだろう。ここでは、クラウドと組み込みシステムがつながったシステムを、統合システムと呼ぶことにする。

統合システムが提供するサービスは、社会の利便性・快適性の向上や効率化に加えて、サステナビリティや安全・安心にも貢献する。例えば、スマートグリッドは、電力供給の安定化により安全・安心に貢献することに加えて、再生エネルギーの活用や省エネルギー化により、サステナビリティにも貢献する。また、ITS は、より安

全な道路交通システムの実現に貢献することに加えて、渋滞を減少させることで、道路交通の効率化や省エネルギー化にも貢献する。

ここでは、社会インフラとなる大規模な統合システムが構築されていく流れの中で、組み込みシステム技術が果たすべき役割と、取り組むべき技術課題について述べる。

2 高度なサービスの創出

統合システムにより高度なサービスを創出するために重要な 2 つのキーワードが、コネクティビティとビッグデータである。

コネクティビティは、統合システムを成り立たせる大前提である。数多くの小規模な組み込みシステムを安価に (また、小さい電力消費で) ネットワーク接続するためには、これまでとは違った種類のネットワーク技術 (例えば、Wi-SUN のような) が必要である。また、あらゆる「モノ」を接続してサービスを提供するためには、プロトコルの標準化 (例えば、ECHONET Lite のような) も重要な課題である。これらの課題は、徐々に解決されていくと思われる一方で、コネクティビティが確保されることにより、組み込みシステムもサイバーセキュリティの問題から無縁ではいられなくなる。

ビッグデータに関しては、組み込みシステムは、その入

口と出口の役割を果たす。ビッグデータの生成源の多くは組み込みシステムであるし、その処理結果は、組み込みシステムを通じて物理的な世界にフィードバックされることもある。ビッグデータの処理自身は、大きいメモリ容量と処理能力が必要であることからクラウド上で行うことになる。

3 クラウドと機能配置の最適化

すべてのコンピュータがネットワークで接続されると、計算処理はどこで行ってもよくなる。つまり、ネットワークによる機能再配置が起こる。例えば、カーナビゲーションシステムを例にとると、従来はナビゲーションユニット内のハードディスクなどに地図を格納し、そのユニットのプロセッサで経路の探索を行っていたが、こういった処理は、サーバー（クラウド側）で行う方がメリットが大きいため、今後は、サーバーで行うケースが増えていくだろう。

一方で、すべての処理をクラウドで行って、組み込みシステムは単なる入出力装置（端末装置）になるかと言うと、幾つかの理由により、そのようにはならないと考えられる。

1つの理由は、ディペンダビリティとリアルタイム性の確保である。ネットワークの信頼性や速度が上がっているとは言え、100%の保証は難しく、高いディペンダビリティが求められるサービスの処理を完全にサーバーに委ねるのは、今後も容易ではないと思われる。これについては、次の節で詳しく議論する。

2つめの理由は、消費エネルギーである。一般に、高性能なコンピュータ（サーバー）は、低性能なコンピュータ（組み込みシステムの多く）と比べて、エネルギー効率が悪い。ポラックの法則を準用すると、性能がn倍のプロセッサのエネルギー効率は、おおよそn分の1ということになる。実際、クラウドサービスのためのデータセンターは、膨大な電力を消費している。また、情報を運ぶためにもエネルギーは必要である。ある試算によると、このままインターネットの通信量が増え、かつルータの

エネルギー効率が変わらないと、2020年代にはルータの消費電力が全発電電力を超えるという結果が得られている [1]。

以上のような理由により、すべての処理をクラウドで行うようにはならないと考えられる。上記の観点からは、むしろ、組み込みシステムで処理した方が利点が多いわけだが、一方で、ビッグデータを使用する処理の場合、組み込みシステムに大規模データを置いておくことは難しい。この問題に対しては、生のビッグデータはクラウドで処理し、ビッグデータに処理を加えた結果（大きくないデータ）のみを組み込みシステムに持たせるアプローチが考えられる。いずれにしても、クラウドと組み込みシステムの間で、最適な機能配置を行うことが重要である。

この最適機能配置を実現するための技術として、2つのアプローチがある。1つは、統合システム設計の早い段階で、システムをモデル化して評価を行い、最適な機能配置を決定する方法である。もう1つのアプローチは、機能配置を柔軟に変更できるようなプラットフォームを用い、機能配置の決定を、設計のできる限り遅い段階で行う方法である。例えば、車載制御システム向けのソフトウェアプラットフォームの標準である AUTOSAR[2] では、車載コンピュータ（ECU）の間での機能配置を柔軟に行えるような仕組みが導入されている。ただし、クラウドとの間の機能配置最適化までは想定されておらず、今後の課題である。

4 ディペンダビリティの確保

大規模な統合システム全体を、高い信頼性で構築するのは極めて難しい（できたとしても、膨大なコストがかかる）。とくに、複数のベンダによるシステム/サービスが接続された場合、サービス全体で責任を持つ者がいなくなる可能性もあり、高い信頼性を期待することができなくなる。また、前に述べたように、高い信頼性やリアルタイム性を、ネットワークを超えて保証するのは難しい。

そこで、例えば人命がかかっているなど、高い安全性が求められるサービスにおいては、安全性にかかわる部分は組込みシステム単独で担保する（言い換えると、クラウドやネットワークが誤動作／動作停止しても、安全性にかかわる事態にならないようにする）のが、有力なアプローチである。そのため、電子システムの安全性を確保するための機能安全の技術は、今後も、組込みシステムの最重要技術である。

とは言え、このアプローチだけでは、実現可能なサービスが限定される。例えば、車車間通信により車の現在位置を通知することで、車同士の衝突を防止するサービスを考える。この場合、他車からのメッセージにより衝突が予想されると、車にブレーキをかけて停止させたいが、他車からの間違ったメッセージを信じてブレーキをかけると、むしろ危険である（後ろの車に追突される可能性がある）。そのため、上記のアプローチ（ネットワークに依存せずに安全性を確保する）を厳密に守ると、このようなサービスは提供できない。更に、この例にも当てはまるが、他社が開発したシステムからのメッセージを信じてよいかという問題も含んでいる。

そこで、クラウドやネットワークの誤動作によって安全性が脅かされる場合には（あくまで誤動作（integrityを失った状態）であって、クラウドやネットワークが動作しないこと（availabilityを失った状態）で安全性が脅かされる場合は更に難度が高い）、通信相手の認証により、ディペンダビリティを確保するアプローチがある。具体的には、通信相手が他社が開発したシステムである場合には、まず、通信相手となるシステムが定められたディペンダビリティ基準を満たして開発されているかの認証を受けた上で、通信している相手が確かにその認証を受けたシステムであることを認証するという、2つの認証を行う。後者の認証については、公開鍵基盤（Public Key Infrastructure; PKI）を用いることができる。

前者の認証については、車車間通信を対象に、通信相手となるシステムが満たすべきセキュリティ基準をレベル分けして定めた信用保証レベル（Trust Assurance Level; TAL）という考え方が提案されている [3]。今後、

異なる会社が開発したシステムを接続する必要がある他のアプリケーション領域に対しても、同様の考え方が導入されていくものと思われる。

5 今後に向けて ～アーキテクチャ重視の必要性～

以上で述べたように、これからの10年、組込みシステムがクラウドにつながっていく過程で、ディペンダビリティの確保や機能配置の最適化といった課題に取り組んでいくことが必要である。

複雑化するシステムを設計する中で、このような課題に取り組む際には、システムのアーキテクチャ（または、設計コンセプト）を整理して取り組むことが不可欠である。我が国のシステム開発は、開発現場からのボトムアップ型の開発で強みを発揮してきたが、複雑化するシステムを効率的に開発するためには、アーキテクチャから考え始めるトップダウン型の考え方を取り入れることが不可欠である。例えば、ディペンダビリティの確保に関しても、システムのどの部分にどの責任を負わせるかを体系的に設計しないと、対策の漏れや、逆に重複対策が避けられない。

そのためには、プロジェクトマネージャとアーキテクトを分離し、アーキテクトに権限を与える（ITの分野では最近増えていると聞かすが、組込みシステムの分野では例を聞かない）など、開発体制からの見直しが不可欠であると考えている。

【参考文献】

- [1] <http://www.aist-victories.org/jp/about/outline.html>
- [2] <http://www.autosar.org/>
- [3] A. Kiening, D. Angermeier, et. al.: Trust assurance levels of cybercars in v2x communication, Proc. of the 2013 ACM workshop on Security, privacy & dependability for cyber vehicles, pp. 49-60, 2013.

アプリケーション中心の アーキテクチャの創出を



株式会社 NTT データ 代表取締役副社長執行役員

栗島 聡

この10年間 ICT の技術革新には目覚ましいものがあるが、アプリケーションの世界ではあまり大きな変化がない。ICT 基盤の進歩に追従するための維持コストが増大し、ビジネスに直結するアプリケーションへの投資が抑えられている。現状を打破するには、アプリケーション中心のアーキテクチャと ICT 基盤の構築が必要である。

1 はじめに

この10年間で ICT の変化には目覚ましいものがある。2007年に Apple が iPhone を発売後スマートフォンの普及は急激に広がり 2011年には PC の出荷台数を超えた [1]。2006年に Facebook、Twitter が一般に利用がスタートし、現時点では 30 歳以下の層ではソーシャルネットワークによるコミュニケーションがメールを上回っている [2]。1993年にエリックシュミット氏が、ネットワー

クがプロセッサ並みに高速になればコンピュータはネットワークに拡散すると予言し、2006年の Google CEO としての発言がクラウドの語源となった。2013年のパブリッククラウド市場規模は 457 億ドルに達しており、今後 2018 年まで年平均成長率 23% で成長していくと言われている [3]。

ただ、一方でアプリケーション開発の現状をみるとあまり変化はしていないのではないだろうか。図 1 に示すように、EA (Enterprise Architecture) というコン

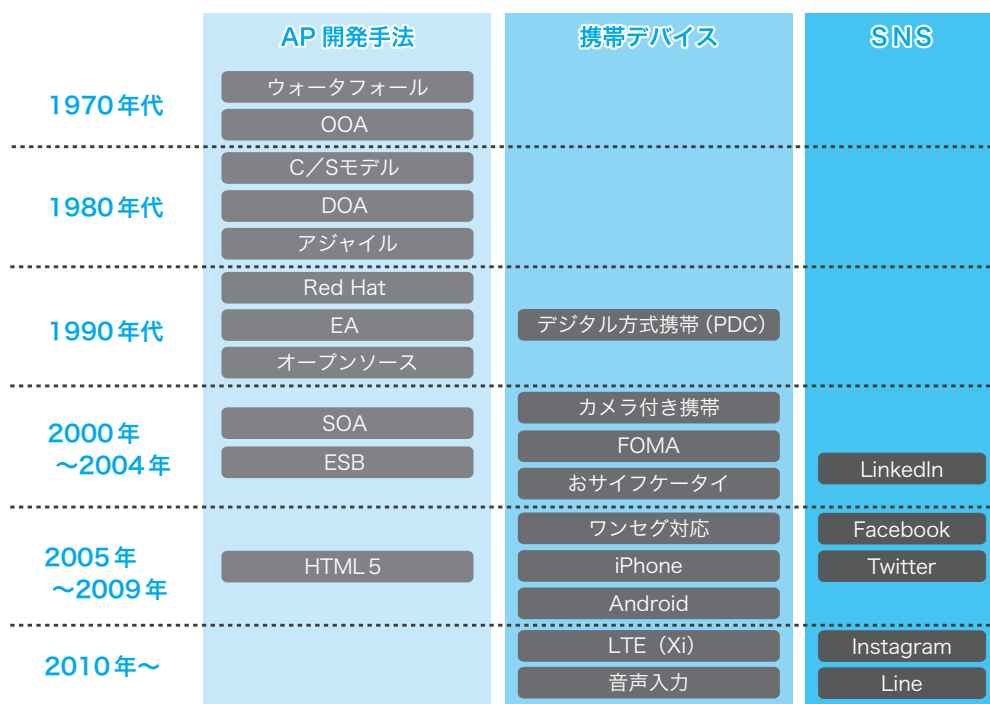


図1 ICT 関連技術とサービスの歴史

セプトが広がり始めたのが 1990 年代、SOA (Service Oriented Architecture) という概念が出始めたのが 2000 年代、また SOA を実現するための ESB (Enterprise Service Bus) の概念が現れた。しかし、現在でもこのようなアーキテクチャを備えた美しいシステムはあまり存在していないのではないだろうか。企業の中に何百ものサーバが存在し、これらをクラウド化する提案を各ベンダーが競っている現状は、いまだに EA が普及あるいは実現できていないことの現れではないか。また、様々な形で情報が展開され、セキュリティに関する大きな問題がでているのも、セキュリティ対策そのものの課題がある一方、企業ベースでのデータ種別の管理が適切にできていないことがコスト増の原因ともなっている。過去に DOA (Data Oriented Architecture) と呼ばれていたアーキテクチャの理想形とはかなり距離があるのではないだろうか。このように ICT の要素技術の進歩に対し、これらを有効に活用する利用技術、あるいは、アプリケーションレベルでの実装技術はあまり進歩していない、あるいは変化できていないのではないかと考える。

2 日本の IT 投資の課題

一方、日本国内の IT サービス市場の伸びは 2008 年のリーマンショック以降の投資抑制から抜け出しつつあるが、今後向こう数年間は 1% 強程度しか伸びないと予測されている [4]。世界的には 4% 程度、アメリカ国内では 5% 程度の伸びが期待されているにもかかわらず、である。これは日本国内では IT 投資がコストになっていることが原因の一つであると考えられる。バックオフィス系に投資が集中し、しかも EA といったアーキテクチャが構築できていない状況では、維持管理コストは増大するばかりである。2013 年における日本の IT 投資は 72% がアプリケーション (パッケージ/開発) 及びインフラ (ハードウェア/OS など) 運用・保守に使われ、アプリケーション及びインフラの新規・追加には 28% しか投資されていない [5]。更には、これらのレガシーシステムの維持管理を十数年にわたりベンダーが請負型で行ってきたことにより、ユーザ自身が業務を熟知していない状況を生じさせている。このような中、更改時期を迎え、いかに新システムに移行させるかが大きな課題と

なっている。

このような状況の背景には以下の三つの課題が挙げられる。

(1) ボトムアップ思考、個別最適主義

企業組織がボトムアップ型となっている中で、システム構築も個別最適を前提にユーザ部門ごとのサブシステムとして構築してきた。とくにデータベースについての共有化が遅れ、コード体系すら個別になっている場合もある。

(2) 労働集約型によるノウハウの非連続性

ソフトウェア工学においては新しい技術、手法が生まれてきているにもかかわらず、実際の現場においては従来型のシステムが長年存在し、これらを維持する中で設計書とプログラムの乖離が生じ属人的な知識に基づく開発が続いてきた。

(3) エンドユーザ側における高度な ICT 技術者の不足

これまで、システムには ICT の専門知識が必要という理由で、ベンダー側でブラックボックス化を推進してきた。一方、ユーザ側では要件を決めた後はベンダー責任ということで、ベンダー任せとなっていたことも否めない。米国の現状をみると国内約 300 万人の SE の内、約 2/3 がユーザ企業に属しているが、日本の場合は 130 万人の内、ユーザ企業に属するのは約 1/5 程度でしかない [6]。このような状況がユーザ側において ICT を活用したプロセス改善やビジネス創出への取り組みが遅れている原因の一つであると思われる。

3 ICT の進歩と情報社会

過去及び現状については、前章までに述べたが、ここで、将来に向けた、トレンドについて簡単にみてみよう。NTT データでは毎年 1 月に “NTT DATA Technology Foresight” を発表している。これは、政治、経済、社会、技術の変化を事実に基づき調査・分析することで 56 の重要課題と 218 の革新技術を抽出し、これらに基づいて情報社会のトレンドと ICT 技術のトレンドを導き出したものだ。2014 年版では情報社会トレンドとして以下の四つの方向性を示唆している。

(1) 個の影響力拡大が社会の変革を促進する

- (2) オープンな共創や連携が加速する
- (3) 価値の源泉は無形資産の活用へシフトする
- (4) 持続性の確保と変化への迅速な対応が求められる

また、これらの情報社会トレンドの実現に大きな影響を与える技術進化の方向性として10の技術トレンドを導き出した。一部を紹介すると、人間の行動や状況に合わせてデジタル機器が自動的に動作する「人間能力の自然な拡張」、コンピュータが人間の知的活動を一部代行する「人工知能による知的処理」などヒューマンインターフェースの高度化がある。また、ソフトウェアの制御により全体最適化を実現する「環境適応型ITシステム」、クラウド側の処理負荷をクライアント側に移行させる「次世代Webアーキテクチャ」、高速開発や反復開発によって市場の急速な変化に対応する「ラピッドデザイン技術」といったシステム構築技術の高度化もある。詳細はNTTデータのホームページを見ていただきたい[7]。

4 課題解決に向けた技術トレンドの活用と人材育成

前章で述べたように今後の情報社会トレンドのポイントの一つとして「オープンな連携」が挙げられる。利用

者やサプライヤが開発段階から参加し、短期間で構築したものを市場の中でブラッシュアップしていくことで、顧客ニーズにマッチした新製品、新サービスを生み出すことが可能となる。このような「オープンな連携」をICTによって実現することこそ、第2章で述べた、日本のICT業界の課題を解決する方向性の一つだと考える。すなわち、ユーザとベンダがこれまでのような発注者と受注者という関係を解消し、協同者として開発を行っていくことによりICT投資をコストではなくビジネスに直接貢献するもののできるのではないだろうか。

このような共創型の開発を促進する技術トレンドとして、アプリケーションを主眼に置いた「環境適応型ITシステム」や製造フェーズを期間短縮し市場の中で試行や製品評価を可能とする「ラピッドデザイン」といった技術が有効だ。これらを活用し、図2のような、サービスレベルでの連携を実現するアプリケーションアーキテクチャとこれを支えるICT基盤構築が急務である。更に、第2章で述べたように、既に個別最適で作られたレガシーなシステムが多く存在する現状も踏まえると、これらのレガシーなシステムに蓄積されたノウハウを有効に活用する技術も重要となる。

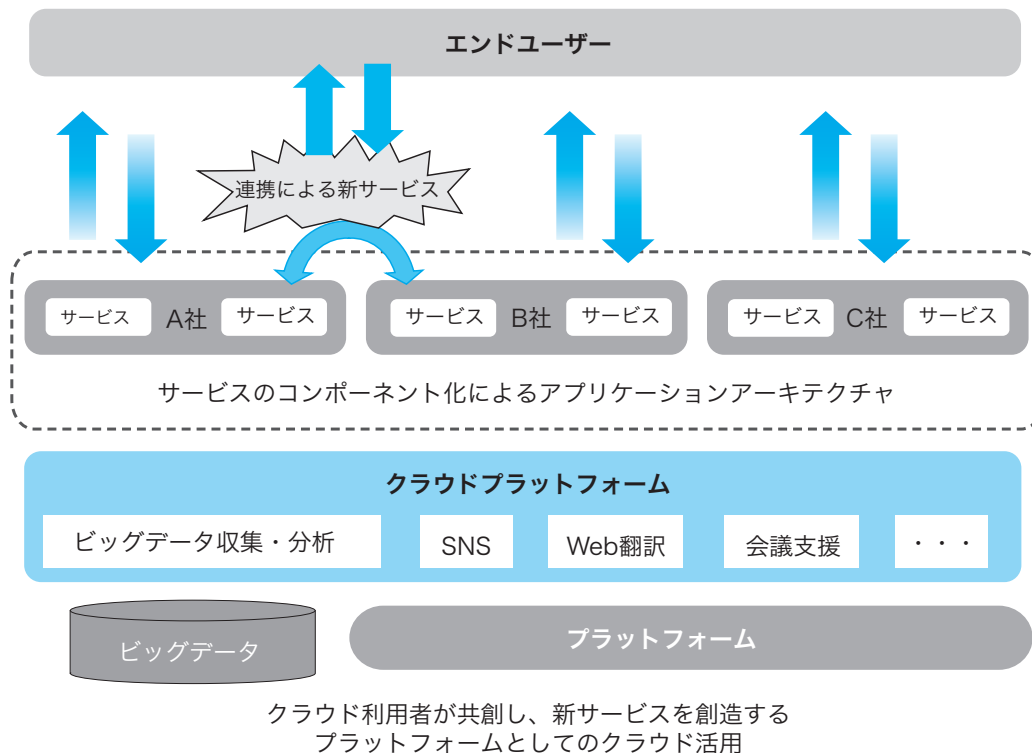


図2 アプリケーションアーキテクチャと連携基盤

このような観点から今後に向けては以下のような技術が重要であると考えられる。

(1) アプリケーションレベルのオープンアーキテクチャ

個々のアプリケーションを独立性の高いコンポーネントとし、その上でコンポーネント間の連携を促進するオープンなアーキテクチャが必要となる。また、その中でレガシーシステムを有効活用することも考慮する必要がある。

(2) アプリケーションに優しい IT 基盤

アプリケーションアーキテクチャはビジネス分野によって異なるものとなる。すなわち、金融、流通、製造などの業界ごと、あるいは更に分割された分野ごとに異なってくる。これらの異なるアプリケーションアーキテクチャを実装するために、アプリケーションに優しい IT 基盤が必要となる。クラウドなど共用型インフラもこれまでのように単に仮想型共通基盤というだけでなくアプリケーションドリブンな形で構築することで更に有効となる。

(3) レガシーアプリケーションの見える化技術

レガシーアプリケーションとの連携が可能なアーキテクチャと IT 基盤に加え、レガシーアプリケーションの中に蓄積されているノウハウの見える化、あるいは、これらを継続利用する技術が必要となる。

(4) ユーザとベンダが共創していく開発手法

アジャイルのように仕様決定、設計、製造において、ユーザも参加してアイデアを創出し、ベンダが実現する技術提供を行うといった共創を促進する開発手法が重要となる。また、ウォーターフォール型開発においても設計段階の作業にユーザとベンダが集中できるよう、設計言語と自動化技術の更なる高度化も重要である。

上記のようなことを実現していくためには以下の施策も必要と考える。

(1) 日本発のアプリケーションアーキテクチャの創出

前述してきたようにアプリケーションを中心としたアーキテクチャの創出はパッケージを中心とした ICT 要素技術主導の中では生まれてこない。日本のようにアプリケーションを中心とした文化の中でこそ生まれてくるものと思われる。産学官連携して日本発アプリケーショ

ンアーキテクチャの創出に取り組むべきである。

(2) 人材育成

産学連携したプロジェクトマネジメント、アプリケーションアーキテクトの育成が必要である。また、CIO 育成のための経営層における ICT 知識や事例を共有化していくことも必要である。

(3) 要員流動の促進

情報処理従事者の流動性の確保、とくにベンダユーザー間での流動を促進する必要がある。その結果として、ユーザ側における高度な ICT 技術者を増やしていく必要がある。

(4) 契約形態の見直し

従来のような受発注の請負形態から、ユーザとベンダが共創できるような役割分担と契約形態への見直しが必要となる。

5 終わりに

これまで、欧米主導の ICT 要素技術の進展から、高度な基盤技術の進展が進められてきた。このため、アプリケーションの世界では ICT 基盤が主導となったパッケージ化やサービス型の流れが主流となっている。一方、これからの情報社会トレンドでは、個の影響が拡大し、一人ひとりのニーズに合ったサービスが求められてくる。そのためには、アプリケーションを中心としたアプリケーションドリブンな技術革新を更に推し進めていくことが重要であり、これは日本の固有技術として世界に発信できるものと確信している。新たなアプリケーションセントリックな ICT 技術が期待されている。

【参考文献】

- [1] Canals : 「Smart phones overtake client PCs in 2011」, 2012 年 2 月
- [2] 情報通信政策研究所 : 「平成 25 年 情報通信メディアの利用時間と情報行動に関する調査」, 2014 年 4 月
- [3] IDC : 「Public Cloud Services Spending Is Being Driven by Enterprise Applications Solutions, According to IDC」, 2014 年 7 月
- [4] Gartner : 「Forecast: IT Services, Worldwide, 2012-2018, 3Q14 Update」, 2014 年 9 月 11 日 ガートナーのリサーチを基に 2015 年から 2018 年の成長率平均値を NTT データにて算出
- [5] Gartner : (IT デマンド・リサーチ) / 調査, 2013 年 11 月 「2013 年後期 企業ユーザ IT デマンド調査報告書: 第 1 部 Computer Systems」ガートナーのリサーチを基に NTT データにて算出
- [6] IPA (独立行政法人 情報処理推進機構) : 『「グローバル化を支える IT 人材 確保・育成 施策に関する調査」 概要報告書』, 2011 年 3 月
- [7] NTT DATA Technology Foresight : 「<http://www.nttdata.com/jp/ja/insights/foresight/sp/index.html>」

これからのシステムの 安全・安心

～世界のシステム開発方法論のトレンド から思うこと～



慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科 准教授

白坂 成功

1 はじめに

日本は大変信頼性の高い製品を作り出し、高品質なものづくりで一躍世界的な工業国となった。そして、日本のものづくりの精神は、昔から変わらず今も引き継がれていると考えられる。一方で、世の中はものすごい早さで変化を遂げてきた。まず最初に変化したのが、製品のソフトウェア化である。高度にソフトウェア化された製品では、たとえ高い信頼性を持っていても、決して安全ではないことを MIT の Nancy Leveson 教授がその著書「Safeware」で広く世に知らせた。その本では、ハードウェアの偶発故障という予見可能性の高い故障モードに基づく安全性解析では対応できない、ソフトウェアのシステム故障という予見可能性の低いものに対応せざるを得ない難しさを指摘している。

では、これからのシステムの安全性はどうなるのだろうか。ここでは紙面制約の関係から既にその傾向が現れ始めている三つの可能性を述べてみたい。三つとは、対象範囲の拡大と複雑化、ライフサイクルのカバー範囲の拡大、より複雑な設計の必要性である。また最後には、どのような人がこういったことに対応可能なのか。人材育成の観点から述べてみたい。

2 対象範囲の拡大と複雑化

これまでは単一のプロダクトあるいはシステムについ

ての安全性のみを考えれば良かった。ところが現在では、当初つながることを想定していなかったシステムがネットワークを経由して論理的にも物理的にもつながるようになってきた。こういったものを扱う考え方として System of Systems (以降、SoS) という概念がある。米国の政府系コンサルティング会社である Aerospace Corporation の副社長であった M.W.Maier 博士が 1998 年に INCOSE (International Council on Systems Engineering) のジャーナルで発表した「Architecting principles for systems-of-systems」によると、System of Systems (システムオブシステムズ) とは、その構成要素のそれぞれが独立したシステムとして扱えることができ、運用の独立性と管理の独立性があることとされている。運用の独立性とは、それぞれが独立して利用されることを意味し、管理の独立性とはそれぞれが別の組織によってそのライフサイクルが決められていることを意味している。実際に、自動車が家庭用の電力網に接続する例などは正に典型的な SoS であると言える。今後、IOT (Internet Of Things) が進むと、ますます SoS が身近に増えていくと考えられる。では、こういった SoS 全体の安全性はどのように実現すれば良いのか。未だ確定した方法は存在していない。最新の事例では、全体のアーキテクチャを高い抽象度で設計し、安全性にかかわる機能配分とインターフェースのみを規定して対応しようとしている。しかし、このアプローチでは決して安全性を

確実に保証してくれるものではない。今後、より確実な方法論が必要となるはずである。また、安心の観点では異なったアプローチが必要となると考えられる。つまり、安全を100%保証できないという前提に立ち、安全を保証できる範囲では積極的に安心感をあたえるだけでなく、安全を保証できる範囲を逸脱する場合には積極的に安心感をなくすことも必要であると考えられる。どのようにすれば人は安心し、どのようにすれば人は安心しないのかを明確にし、積極的に活用しなければならない時代がきていると思われる。

3 ライフサイクルのカバー範囲の拡大

2節では、対象の物理的な広がりについて述べた。ここでは、対象の時間的な広がりについて述べる。この時間的な広がりには2つの意味がある。一つは安全性を考慮しなければならない範囲が時間的に広がっているということである。もう一つは、かなり早いフェーズで安全性を考慮しなければ、安全性を担保することも、安全性を説明して安心感を得てもらうことも難しくなっているということである。

具体的には、単に利用しているフェーズというだけではなく、利用中に使用環境やビジネス環境がかわったり、それにより当初想定していなかったものがつながるようになるなど、これまでは考えていなかったような単に「利用する」といった状況の先まで考える必要がでてきた。更に、2節で説明したように、全く違う管理のシステムがつながる SoS では、SoS の全体構造を考えるとときに安全性の考え方をいれておかないと、後から追加することができなくなる。ある単独システムの要求を決める段階（つまり、一つ上のシステムである SoS レベルシステムのアーキテクチャ設計段階）において、安全性を埋め込まなければいけなくなってきた。更に、安全であることを伝えるためには、トップダウンで安全性を説明できなければいけなくなる。日本の多くの製品は、「あれは大丈夫か?」、「これは大丈夫か?」と聞かれると、ほぼ間違えなく大丈夫な設計ができています。しかし、「なぜ安全ですか?」と聞かれると論理的に説明できない場合が

多い。これは、何が安全でない状態で、それがなぜ発生する可能性があり、その可能性すべてがきちんと対応されているということが説明できないからである。現在のシステム開発では、一つの分野・会社でやめることなく業務を続ける日本人のような場合、経験的に安全設計を実施することが可能である。しかし、今後、SoS のように、全く異なるシステムがつながるようになると、必ずしもこれまでの経験だけで対応可能であることが保証できなくなってくる。このような場合の対処としても、トップダウンでのリクス駆動の安全設計の考え方を入れざるを得なくなってくる。またそれを明示的に説明するための手法も重要となると考えられる。

4 より複雑な設計の必要性

上記のように物理的に、かつ時間的に俯瞰性を高めていっても、それだけでは実際にシステムを実現できなくなってくると考えられる。それは、人の認識できる範囲を超えた対応が必要となる場合が多くなると考えられるからだ。例えば、自動車ひとつをとってみても、急激な複雑さの増加のため、故障時の対応について、ドライバーが対応できないものが増えてきている。更に、自動化が進むに従って、機能のクリティカルさが増大し、瞬時に対応することが求められるようになってきているからである。このようなことに対応する方策として、宇宙開発の分野では古くから利用されている FDIR (Fault Detection, Isolation and Recovery) という考え方がある。これは、宇宙システムが、オペレータが常に見てられない（むしろ、見えてる時間のほうが短い）状態で、何か故障が発生しても宇宙システムが使えるくならないようにするために、自動で故障を検知し、それを分離し、そして再構成をするための設計の考え方である。これには、新しい技術が必要というわけではなく、新しい設計の考え方が必要となると思ったほうが良い。実際に、自動車 OEM の数社が既にこの考え方を宇宙開発分野から学び、活用を始めている。今後は、3節で説明したことに対応するために、ますます広い分野で FDIR の考え方が使われると考えられる。

筆者は、宇宙ステーション補給期の開発において、確実に安全なシステムを実現するために、この FDIR という考え方を更に進めて、同時二故障の対応も実現した「階層化 FDIR」という新しい考え方を導入した。これは、FTA (Fault Tree Analysis) をベースに、故障に対するレスポンスと、対応可能な故障モードのカバレッジとの関係に目を付け、高レスポンスと低カバレッジの FDIR では故障が起きてから、その影響が波及するまでの間に FDIR で対応することで、ミッションの継続性をめざし、低レスポンスと高カバレッジの FDIR では、故障が発生してからの影響は波及しているが、大きなカバレッジをもった FDIR で確実に安全化を行う考え方を階層的に組み合わせ、想定可能な故障に対するミッション継続性と、想定ができない故障に対する安全性の確保を両立するために実施したものである。ただし、このような考え方は、その十分はシステムリソースを活用して始めて実現されているものである。低コスト化が求められるシステムにおいては、そのまま適用するのではなく、より工夫を凝らした実装が必要になることが考えられる。しかしながら、このような考え方はこれからの民生品開発においても多用されてくるであろう。

5 今後必要となる人材

上記のようなことに対応できる人材は、正に筆者が2014年のIT白書に述べたようなシステムズエンジニアリング人材であると考えられる。そのような人材のとても重要な素養として、「色々なことに興味を持つ」ことや「より深く知りたいと思う」ことがあげられる。2節で述べた通り、これからのシステムは多様なものが相互につながるようになってくる。このときに、つながるものがどのようなものかを興味をもち、深く知っていくことは、幅広いドメイン知識を得るためにも欠かすことができない素養となると考えられる。更に、これらを扱うための方法論もますます進化していくと考えられ、それらを自ら見つけ、積極的に身につけていくエンジニアが必要となってくる。また、高い科学的スキルと創造的スキルを併せ持つことが必要となってくる。空間的にも時

間的にも広がるシステムを適切に分析し、分解し、扱っていくことは高い科学的なスキルを持たずして行うことができない。また、初期のフェーズにおいて、広大な解空間から適切なソリューションを考えだすことは、正に創造的スキルが必要となってくる。これら科学的スキルと創造的スキルの両方を併せ持つ人材こそが、これからのシステムの安全・安心を担うことのできる人材となると考えられる。もちろん、このどちらも後天的に身につけることが可能であることは重要なポイントである。これまで強く求められてきた科学的スキルに追加して、これまではあまり明示的には言われてこなかったが、実際には設計作業の中で活用してきていた創造的スキルを積極的に身につけるように意識することで、これらの2つのスキルを強めていくことができる。それこそが、これからの若いエンジニアに求められることであると考ええる。

6 最後に

現在のシステム開発方法論の研究トレンドから、これからのシステムの安全・安心がどのようになっていくのか、三つの可能性を述べてみた。また、そういったことに対応できる人材とはどういう人なのかについても、その理由と共に簡単に示した。

私は、ドイツで欧州連合の会社で2年間働き、システム開発を通じて長年米国企業とつきあってきた。その個人的な感想からすると、世界で最も平均的に優秀で、勤勉なエンジニアは日本のエンジニアであり、適切な環境で適切な努力さえすれば最も結果をだすことができ、今後のシステム開発をリードできると心から感じている。逆に言うと、現在は、環境が適切ではなく、努力も残念ながら必ずしも適切な方向ではないのではないかと感じている。我々、大学という教育の場におくものは、この適切な環境を用意することに注力するので、ぜひ興味を持った方は適切な努力をしていただき、今後の社会を支えるシステムの開発に従事していただき、よりより社会を実現していただきたいと切に願っている。

これからの IT 人材育成

AIT コンサルティング株式会社 代表取締役

有賀 貞一



情報処理技術者試験・制度、人材スキル標準制定などに関与して 40 年近く経過した。SEC Journal 創刊 10 周年のため、これからの人材育成の観点から、ここ 10 年の人材育成指針の変化、それに基づく IT スキル標準をベースにした共通キャリアスキルフレームワーク形成の過程、次世代高度 IT 人材育成への動き、今後の展望、などについてまとめた。

1 ふりかえり、10 年間の変化

各種 IT 関連サービスの提供に必要とされる能力を明確化・体系化した指標であり、産学における IT サービス・プロフェッショナルの教育・訓練などに有用な「辞書」（共通枠組）を提供しようとする IT スキル標準（ITSS）V1 が公表されたのは、2002 年 12 月である。

しばらく改定されなかったが、2006 年 4 月に ITSS V2 が公表された。2006 年 9 月には、産構審情報サービス・ソフトウェア小委員会によって、「情報サービス・ソフトウェア産業維新～魅力ある情報サービス・ソフトウェア産業の実現に向けて～」がまとめられた。それらを受けて、人材育成 WG 主査として、2007 年 7 月に「高度 IT 人材の育成をめざして」を取りまとめた。共通キャリアスキルフレームワーク（CCSF）並びに ITSS に沿った新しい情報処理試験制度（新試験の実施は 2009 年から）の制定である。

	組織	成果物	プロフェッショナル コミュニティ
2001 年			
2002 年	普及の時代	〈夏〉タスクフォース検討開始	
		〈5月〉IT スキルスタンダード協議会	〈12月〉IT スキル標準
2003 年	普及の時代	〈7月〉IT スキル標準センター設立	〈7月〉IT スキル標準 V1.1 〈7月〉研修ロードマップ（以下の 6 職種）（SALES、CONS、ITA、PM、ITS、APS）
			〈12月〉IT アーキテクト
2004 年	浸透の時代	〈11月〉IT プロフェッショナル育成協議会	〈1月〉IT スキル標準概説書 〈8月〉研修ロードマップ（5 職種） 〈8月〉研修ロードマップ（6 職種）改訂 〈10月〉IT スキル標準ガイドブック
			〈5月〉プロジェクトマネジメントアプリケーションスペシャリスト
2005 年		〈10月〉IT スキル標準 V2 改訂委員会	〈12月〉IT スキル標準経営者向け概説書 〈5月〉コンサルタント IT スペシャリストオペレーション
2006 年	活用 の時代	〈10月〉IT スキル標準 V2 改訂委員会	〈10月〉IT サービスマネージメントアプリケーションを改称
			〈10月〉IT サービスマネージメントアプリケーションを改称
2007 年	活用 の時代	〈9月〉IT スキル標準改訂委員会	〈9月〉エデュケーション
			〈4月〉IT プロフェッショナルへのいざない 〈6月〉研修ガイドライン 〈6月〉社内プロフェッショナル認定の手引き

図 1 IT スキル標準制定と活用の経緯（～2007 年）

IPA に試験運営が移管されたのは 2004 年のことだから、IPA としての試験制度、ITSS に関する活動は、これらのとりまとめ結果がベースであるといっておく（図 1）。

1.1 「高度 IT 人材の育成をめざして」

当時、IT 人材を巡っては、3 つの構造変化が起きているという状況認識のもとに、報告をまとめた。

① IT が企業価値の中核へ浸透

IT と企業経営・プロセスの融合化、各種製品・サービスのソフトウェア化、IT 投資の生産性向上の必要性などから、IT を活かして、ビジネスモデルの組みかえや、業務の生産性向上、あるいはあらゆるプロダクトの基幹的な部分を組込みソフトウェアの形で競争力を担う、といったように、IT が企業の価値そのものになってきている。

② IT 開発・提供の基本構造の変貌

サービス型供給構造の発生、IT システム・ソフトウェアのオープン・コミュニティ型開発の浸透、ウェブ化、コモディティ化、モジュール化、消費者化、仮想化の進展が、IT 利活用の供給・利用構造を変えつつある。

③ グローバルでシームレスな IT 供給

シームレスでフラット化したグローバル IT 供給体制の進展、人材スキルセットと開発手法のグローバルインテグレーションによって、IT 供給はグローバルな体制で行われるようになる。

これら状況変化への対応を間違えると、日本の IT 産業競争力は長期的に低迷する可能性があること、IT 人材についての将来展望、戦略を、5 年、10 年を見据えた観点から描く必要がある、と思いまとめた。

日本の IT 人材をより高付加価値の職種にシフトすると共に、産業競争力維持の観点から世界の IT 人材の有効活用を戦略に組み込むことが急務である。その中で IT 供給側のみならず、ユーザ側も劇的な変化を受けらるであろうという認識のもと、三つの変化を踏まえて IT の人材育成にかかわる色々な方向性を見直しを行った。

1.2 欲しい人材はいない

実際には、システム構築現場で必要とされている人材（図2）が十分に供給されておらず、要求度は高いが実態のレベルはかなり悲惨であるという調査結果も出ていた。

- ・エンジニアリング的、サイエンス的発想に基づく（論理的に優れた）仕事のできる人材
- ・特定技術（データベース、ネットワーク、生産技術など）に高いスキルを持つ人材
- ・コミュニケーション能力があってチームワークのできる人材
- ・技術もわかる、大型チームを取りまとめられるプロジェクトマネジメント人材
- ・システム構築だけでなく、周辺業務も含めて、トータルにサービスを提供できる能力、そのためのビジネス企画力を持った人材
- ・カスタムメイドではなく SaaS / ASP 型企画、推進のできる人材



要求は高いが、実態はかなり悲惨

「プロジェクトマネジメント」のスキルレベルは3.3、「ソフトウェア開発」は2.4、ITエンジニア全体では2.9

出典：日経ITPro「1万人調査で分かったITエンジニアの実像」2007/1
出典：著者（当時）CSKホールディングス取締役 IPA フォーラム 2007 講演資料

図2 システム構築現場で欲しい人材

例えば、日経ITPro「1万人調査で分かったITエンジニアの実像」（2007年1月）によると、エンジニアの5点満点の自己採点で、「プロジェクトマネジメント」のスキルレベルは3.3、「ソフトウェア開発」は2.4、ITエンジニア全体では2.9、という結果が出ていた。エンジニア自らが、不十分なレベルであることを認めていたのであった。

更に、IT・アプリケーション知識に加えて、ビジネスモデル創造力や業務システム構築力といった、多様なスキルを持つダブル、トリプルスタンダード人材も必須であるとした（図3）が、ITサービス産業側からの供給は甚だ頼りないものであった。また、利用者側のリテラシーレベルの向上も必須で、提供者とユーザ、ともに一定以上のリテラシーが必要という結論を出した。

- ・ビジネスモデル（新しい儲け方）を作り出す創造性
- ・業務モデル構築（ユーザから言わずに自ら考案）
- ・システム・業務運用・アウトソース技術（ITO、BPO）
- ・知的資産／特許、契約、関連法律知識
例：BPOのためには、対象業務以外に、人事、派遣業、社会保険、不動産、リース・ローン等の知識が必要
- ・パートナー（協力会社）交渉・活用・検証ノウハウ



ダブル、トリプルスタンダード人材の必要性

- ・利用者側のリテラシーレベルの向上も必須
- ・IT活用に関するリテラシー、戦略立案力
- ・一定の技術知識（使いこなせなくとも知っていること）
- ・業務の厳密な定義能力
- ・コストパフォーマンスによっては妥当な満足レベルの商品、サービスの導入決断力



提供者とユーザにほぼ同一のリテラシーが必要

出典：著者（当時）CSKホールディングス取締役 IPA フォーラム 2007 講演資料

図3 IT・アプリケーション知識に加えて必要になること

1.3 新しい高度IT人材像の提言

優れたIT人材の働く場所は、IT産業だけではなく金融業、医療部門、製造業、流通業、官公庁などユーザ側産業であり、ITによって企業の付加価値を高めていくことが、産業の競争力を高める。そこで、ユーザ業界も含めた高度IT人材の人材類型を再考した。そこから導き出されたのが、4つの人材類型（図4）である。

- ・基本戦略系人材
- ・ソリューション系人材
- ・クリエイション系人材
- ・グローバル系人材

我が国経済とIT産業自体の構造変化

- 金融・流通・製造・医療等、あらゆる分野でITが生産性向上や競争力向上の鍵となる。その際、ベンダーとユーザの新しい関係が生まれる。（「ITソリューション革命」）
- 自動車・家電・携帯電話等の生活に密着した製品や金融システム等の大規模情報システムにおいて、汎用化されたソフトウェアのウエイトが高まる。（「ITプラットフォーム革命」）
- ITの利活用において、国際標準化された開発・生産・提供手法が確立され、欧米・中国・インド・東南アジアとの間で、グローバルなIT需給が一般化する。（「ITグローバル化革命」）



IT革命時代が必要とする高度IT人材の諸類型

- **基本戦略系人材（＝戦略を価値創造）**
→ 経営が直面する諸課題に対するIT活用型の新たな戦略を構築する人材
- **ソリューション系人材（＝信頼性、生産性、顧客満足を価値創造）**
→ 経営戦略のニーズに対応して、汎用化した製品群の最適組み合わせを実現したり、信頼性・生産性 の高いシステム統合・その安定的運用を実現する人材
→ 個別のアプリを支えるIT基盤をセキュリティ、統制等の観点から高度化する人材
- **クリエイション系人材（＝イノベーションを価値創造）**
→ Web活用の新技術や新たなコンピュータ言語の開発など、社会の夢や付加価値を創造するための新たなITフロンティアを創造・開拓する人材
→ 既存の製品分野に組込システム型の新たなITプラットフォームを提供する人材
- **グローバル系人材（＝世界との連携を価値創造）**
→ 世界中のIT人材と協業してグローバルな最適生産体制を構築する人材

出典：産業構造審議会人材育成ワーキンググループ資料（2007年）

図4 我が国の高度IT人材の育成をめざして～IT革命の進展を支える人材育成の必要性～

このような人材をいかに育成するか、そのために必要な施策をいかに工夫するかが、WGの課題であった。ひとつはCCSFの形成であり、もう一つはそれに沿った試験制度の改革であった。

1.4 CCSFと新しい試験制度

2002年以来ITSS、組込みスキル標準（ETSS）、あるいは情報システムユーザスキル標準（UISS）、という3種類のスキル標準が並立してきた。情報処理技術者試験の14試験区分の中で、それぞれの人材像を想定して試験が行われてきた。

人材育成WGでは、各人材についてのフレームワークを、一つの大きなメタフレームの中で参照できるようにするこ

とを提言した。これが、CCSF（図5）である。

今後我が国が目指すべき高度 IT 人材を定義し、そのキャリアと求められるスキルを示した CCSF を構築し、その下で、客観的な人材評価メカニズムを構築することになった。試験も区分を整理すると共に、合否の尺度として CCSF を利用するように改めた。また、供給者とユーザにほぼ同一のリテラシーが必要という観点から、入口試験としての「IT パスポート試験」を設立し、受験者の利便性を鑑みて、CBT（Computer Based Testing）の導入まで図った（図6）。

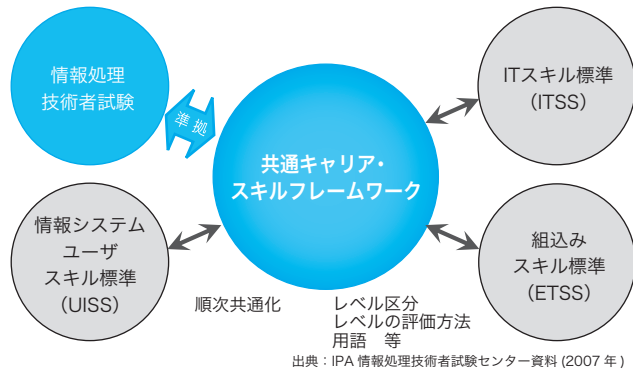


図5 参照モデルとしての共通キャリアスキルフレームワーク (CCSF)

1. 共通キャリア・スキルフレームワークのレベル判定ツール化
試験の合否をレベル判定の尺度として利用
2. 「ITパスポート」試験を創設
広く職業人一般に求められる情報技術に関する基礎的な知識を問う
3. 「情報システム」のベンダ側人材とユーザ側人材の一体化
4. 「組込みシステム」の重要性の高まりに対応
5. 受験者の利便性の向上
 - ① ITパスポート試験においてCBT（Computer Based Testing）の導入を目指す
 - ② 高度試験において午前免除制度を拡大
6. 高度試験の区分を11から9区分に整理、統合
7. 最新の技術動向を反映した出題範囲の抜本的見直し

出典：IPA 情報処理技術者試験センター資料（2007年）

図6 新試験の7つの特色

2 その後の変化

2.1 劇的变化

上記の提言と実施策を講じて既に数年以上が経過した。果たして効果のほどはどうであったか。結論的に言うと、想定していた環境の変化は想定以上のものであった。また要請される人材はますます高度化し、相変わらず育成が追いついていない。現在に至っても、2007年に設定したシステム構築現場で必要とされている人材（図2）に対する需要は、より高まりこそすれ、充足される状況にはない。

当時でも既に SaaS の台頭やクラウド化、モバイル化への動きはあった。とは言うものの、この数年で、クラウドが IT 市場内で重要な位置を占め、モバイル環境が当然になり、情報セキュリティに関する脅威が想定を超えるものとなる、といった劇的变化は想定以上だ。当然それは IT マーケット

に大変化をもたらし、ユーザの利活用側面にも大きな変革を与えている。IT のコモディティ化により、IT 関連産業の成長性や収益性の伸び悩みは大きい。国内 IT 市場の大きな拡大は望めない状況にあり、かつ、情報サービス産業技術者の高齢化の実態もあり、「閉塞感」「行き詰まり感」がある。

とは言うものの、IT は IT 関連産業の枠を超え、他産業・分野との融合によってイノベーションを起こし、新たなサービスを創造する役割を担いつつある。異分野と IT の融合領域においてイノベーションを創出し、新たな製品やサービスを自ら生み出すことができる人材＝「次世代高度 IT 人材」を育成することが喫緊の課題となっている。

2.2 次世代高度 IT 人材＝IT 融合人材

2011年の産構審情報経済分科会で、「スマート社会を切り拓く融合人材と教育」において、「IT 融合を生み出す人材の不足」が課題として挙げられ、「従来からの『高度 IT 人材』自体の位置付けを見直すことが必要」なことが、指摘された。

この課題に対し、IT 融合により時代のニーズを踏まえたビジネスをデザインできる次世代の高度 IT 人材について、人材のプロファイルと人材育成システムの検討、人材像の具現化を行い能力・スキルの見える化を行うと共に、育成・評価のフレームワークを見直すことが決定された。

結果、私が委員長として、人材育成 WG の活動を再開し、新たな IT 活用時代における高度 IT 人材の人材像（次世代高度 IT 人材像）はどのようなもので、その育成はどのように行われるべきか検討し、2012年9月に、中間報告を作成した。

人材育成 WG 中間報告「次世代高度 IT 人材像、情報セキュリティ人材、今後の階層別の人材育成」（2012年9月）

http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/jouhoukeizai/jinzai/pdf/report_001_00.pdf

報告を受けて、IT コーディネータ協会（ITCA）と IPA が事務局となり、関係する業界団体、学会、有識者などから成る、IT 融合人材育成連絡会が設置された。ここでは、次世代高度 IT 人材を IT 融合人材として定義し、IT 融合人材と組織の能力向上に関する方向性を明らかにすることについて検討を行った。

・「IT 融合」とは、IT とビジネス（技術、市場、プロセス）の融合により顧客や社会に新たな価値を生み出し、改善から革新的な変革までを含む幅広いイノベーションを創出することを指している。

・「IT 融合人材」とは、「IT 融合」により価値を創造し、イノベーションを創出する人材である。イノベーションの創出において、多様な専門性を持った複数の人材が協働しながら組織として活動することが実現要件となる。

連絡会の活動は、イノベーションを創出するプロセス、必要となる組織的能力増強を明らかにして、イノベーションをプロセスとして捉えるという、新しいアプローチを生み出した（図7）。

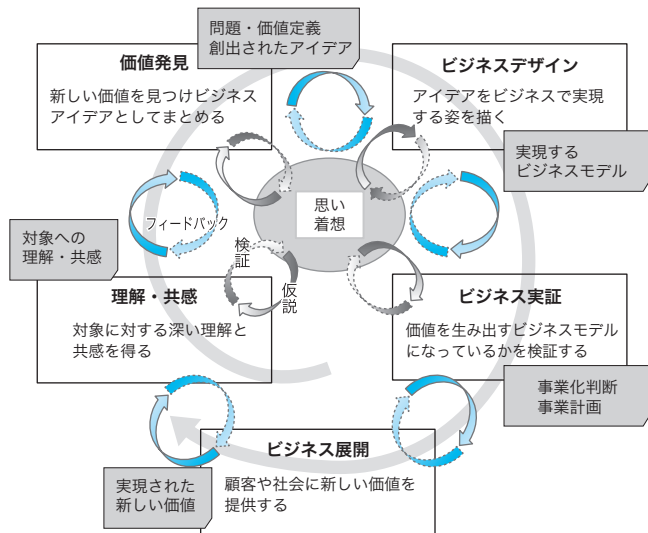


図7 価値創造プロセスの全体概要

IT 融合人材育成連絡会 最終報告書 「IT 融合による価値創造に向けて ～IT 融合人材の育成と組織能力の向上～」(2014年5月)

http://www.itc.or.jp/news/dlfiles/20140325_yuugoo-report.pdf

3 これから

3.1 更なる技術の大幅な進化

今後 IT 利活用側面に大きなインパクトを与える要素として、とくにクラウド化の急速な進展、モバイル化の進展、情報セキュリティ脅威の増大があげられよう。クラウド化の進展は、1966年のMIT100周年記念講演でジョン・マッカーシー教授が示唆して以来50年近くかかって実現してきた。このユーティリティ化の流れはとどまることなく普及し、今後のコンピューティングパワーの利用形態として当然のものとなるであろう。

大きな環境変化の中で、通常のIT利活用ユーザはコンピュータ、ストレージ、ネットワークなどのインフラ・リソースを準備して、常に管理、監視するといった業務がなくなる。またSaaS型アプリケーションの発達により、通常の業務処理はサイバー空間上に存在する適切なアプリを見つけることで、大半充足される。「見つけ出し組み合わせる」という能力にも大きな期待がかかる。

更に、クラウド化の効果は単に情報システム資源の有効活用にあるのではない。資源を準備する期間とコストが驚異的に削減され、容易になることから、従来ではやりたくてもできなかった、「IT支援による新しいビジネスモデルの実験」が容易にできるようになる。すなわち失敗コストの大幅な削減である。イノベティブなビジネスモデルの実験が、容易にできること、従って、多少のやり直しや修正を積み重ねて

も大きなコスト負担にならないこと、結果として成功モデルを生み出す可能性が高まること、を意味する。

3.2 優れたユーザ側人材こそ必須

エンドユーザの中に、論理的に自社・自部門の業務を把握して、要求仕様化できる者が育成できると、従来型情報システム部門の役割はほとんどいなくなる。クラウド化によって、ユーザ側として行うべきインフラに関する作業が大幅に減少するため、業務のわかるユーザ人材だけでも、ユーティリティ化されたシステムパワーを有効に使える。ビジネスモデルを考案しても、モデル実現へのITコストを考えて実験しにくかった者にとって、活躍の機会が増える。それがビジネスモデル創出の高速化、イノベーションの創出に役立つはずだ。そのような人材が流動化して、他の会社においても同様な活動をし、周辺の必要な知識技術を身に着けることで、ダブル、トリプル・スタンダードな人材が育つこととなる。IT融合人材の育成は喫緊の課題だが、クラウド化が育成を支援することになる。

更にこのようなトレンドを支援する、クラウド使いこなしの達人集団、いわばクラウド・インテグレータ(CIer)とも呼べるような人材を持つサービス企業群が勃興し、従来のシステムインテグレータは衰退して取って代わられるであろう。

3.3 強くならねば生き延びられない供給者側人材

経営目的に沿った品質の高い情報システムを構築するためには、ユーザ側人材が供給者側人材と共有の知識・技能を保持し、密接なコミュニケーションをとることが必要不可欠と主張したのが、2007年の報告であった。改めてそれを強力に推進すべき時が来たと思う。ユーザ側にはそのような人材(IT融合人材)が育ちつつある。

ではとくにインフラ側供給者はどうすべきか。結論は単純である。供給者としてグローバルに戦えるだけの、高度で卓越した知識技術を備えることしかないのである。それができないと、AmazonやGoogle、Microsoft、Salesforce等々のリーダーや、これから台頭する中国、インドの優れた企業群には勝てない。ということは、日本がITに限らず、世界的産業リーダーの地位を保持することが難しくなることも意味する。

以上から見ると、果たして現在のCCSFのカバー範囲で、述べたような大変化に対応可能か否か心配である。幸いにも、7月末にIPAから、これからのIT利活用ビジネスに求められる業務とそれを支える人材の能力や素養を、「タスクディクショナリ」、「スキルディクショナリ」として体系化し、目的に応じた人材育成に活用できる「iコンピテンシ・ディクショナリ」(試用版)がリリースされた。また、CCSFを利活用する関連団体の方々が集まって、近々にスキル標準促進協議会が発足する。IT融合人材とそのスキルのあり方をも含めて、活発な討議が行われることを期待したい。

日本の課題解決に寄与する ITと人材育成



東海大学 名誉教授
IPA/SEC リサーチフェロー

大原 茂之

日本が抱える貿易収支、財政、少子高齢化における問題を解決するには、文化を軸にすべきであることを述べる。文化の力を引き出すにはITの力が必要であるが、一方で情報系が人材の求心力を失っている。日本のあり方、そして山積する課題を突破するITと人材育成のあり方について、日本の伝統的な考え方を参考に論じる。

1 はじめに

本稿では、世界の中での日本の特徴的な社会的変化を踏まえ、日本がとるべき変化の方向を検討する。そして、この方向への産業界のあり方、人材育成のあり方、産学官連携のあり方について述べる。産業界については日本の情報系産業の問題点を指摘し、その解決策について検討する。また人材育成については、明治維新という大激動の直後に欧米諸国をキャッチアップした明治時代に焦点を当て、日本を支えた伝統的な人材育成の考え方を振り返る。

2 日本と世界の社会動向

2.1 経済的側面

2.1.1 変動相場制の出現

1971年のニクソンショックをきっかけに、世界は固定相場制から変動相場制へ移行し、基軸通貨ドルを中心に際限のない為替相場の攻防戦が始まった。かつて360円であった円相場は、今や100円前後となり、日本が得意とした高品質化、高機能化、小型化、低価格化といった技術的付加価値の作り込みだけでは海外に対する競争力を確保できなくなった。図1にドル円換算レートと貿易収支の年次推移を示す。貿易収支は山谷を繰り返しながら減少傾向である。2011年の東日本大震災以降3年間で累積21兆円という急激な赤字に転落している。

2.1.2 財政の状況

平成24年度の一般会計予算は次のようになっている。

- 歳出：90.3兆円。内、国債費（債務償還費、利払費など）21.9兆円、社会保障26.4兆円、地方交付税交付金など16.6兆円。これで全体の72%を占める。
- 歳入：90.3兆円。内、租税及び印紙などの収入が46.1兆円。残りは借金となる公債金収入44.2兆円。借金で借金を返済しつつ、他にも使う構造である。

図2に主要国の債務残高のGDP比を示す。日本の比率は欧米諸国に比べると異常である。ただし、日本の国債保有者の構成は民間銀行、保険・年金基金、その他の金融機関で約80%、海外の保有割合は4%程度である。これは金融機関などによる護送船団で支える構造である。内需が弱まると金融機関などの力も弱まり、日本経済を構造的に不安定化させることになる。

2.2 人口動態の側面

日本の人口動態を図3に示す。19歳以下の人口は1955年以降、20～64歳の人口は2000年以降減少し続けていく。65歳以上の人口は増加の一途であり、既に2005年の時点で19歳以下の人口を上回っている。労働収入の割合が少ないであろう19歳以下と65歳以上を加えた割合は2040年に50%を超える。オリンピックから僅か20年後、この層を20歳から64歳以下の層で支えていけるのかという大問題が待ち構えている。

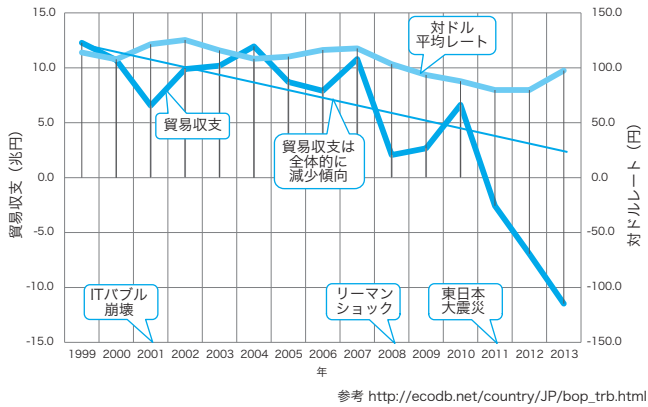


図1 ドル円換算レートと貿易収支の推移

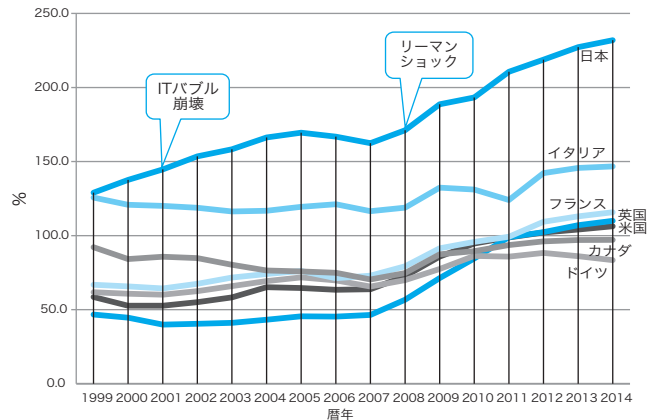


図2 債務残高の国際比較（対GDP比）：財務省調べ

2.3 ビジネスの側面

2.3.1 為替相場と企業のアプローチ

グローバルに展開する企業やその傘下の企業は、換算レートや法人税が有利な国にリソースを展開する戦略をとる。本社が日本にあって、国外での製造・販売・輸出入による収益確保を狙う。こうした動きは、国が改善を期待する国内マーケット拡大による税収増、貿易収支の黒字増大とは真逆の方向となる。

2.3.2 人口動態と企業のアプローチ

少子高齢化により経済規模が縮小に向かうことは容易に想定できるが、これを好機と捉えて高齢者向けヘルスケア事業などに資本が投入されている。しかし、経済規模が縮小する中で増加する高齢者の収入や貯蓄は減少に向かうと考えるべきであり、持続的な内需拡大と貿易収支改善への本質的な経済対策にはならない。

2.3.3 情報系産業のアプローチ

国内マーケットの拡大や貿易収支の増大、人口動態に対し、情報系産業はどのような力を発揮できるであろうか。

●輸出競争力：ソフトウェアの輸出入のデータは乏しい。情報処理推進機構（IPA）「IT人材市場動向予備調査報告書（中編）」（2007年）によると輸出額25億円、輸入額1,185億円である。同じくIPA「ソフトウェア産業の実態把握に関する調査」（2012年）によると、80%以上のソフトウェアベンダが海外売上上げなしである。

●受注先：製造業、情報通信業、金融・保険が多い。

日本の情報系産業は内向きの歴史を重ねてきており、世界をリードする力は弱いとみるべきである。情報系は

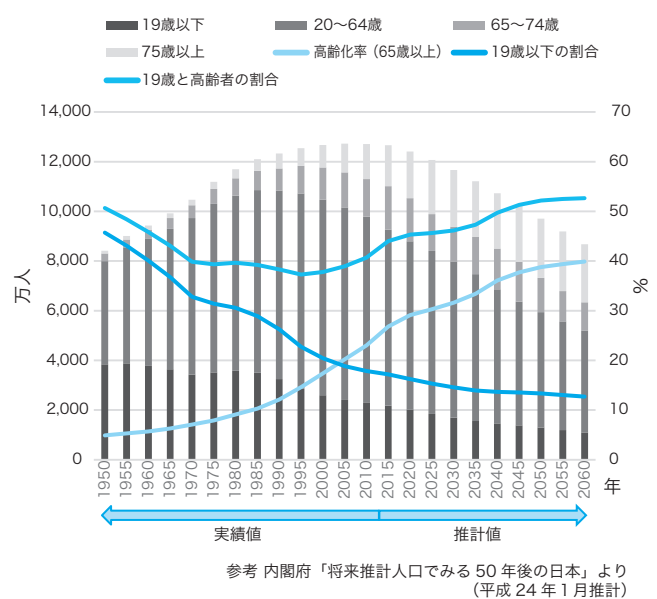


図3 日本の人口動態

付加価値を創るべく、財政、人口動態、工業生産などの関係を様々なパラメータでシミュレーションするなど、自ら動いて日本の戦略策定に大きく寄与できる筈である。なお、自動車など多くの製品の中には組込みソフトウェアが搭載されているため、この切り口での情報系は内需拡大と輸出競争力向上に寄与していると考えられる。

3 これからの日本のあるべき姿と そのための施策

3.1 財務にかかわるステークホルダに対する戦略の必要性

日本の今後に影響を及ぼす大きな要因は人口動態、国内マーケット、国際収支、財務などである。これらの要因を前提に国民が安心安全な生活を確保していく

には、歳出を減らす取り組みは当然として、法人税、所得税、消費税を支払うステークホルダの量と質を高め、税収増につなげるグローバル戦略が必要であり、全体構造をポートフォリオとして企画立案する必要がある。

3.2 ポートフォリオ作成のための軸

ポートフォリオを作成するためには、拠って立つ揺るぎない軸が必要である。その軸とは文化をおいてほかにない。日本が欧米諸国を急速にキャッチアップしていった明治時代であるが、文明開化に揺れて洋画が流行し、高価な日本の美術品は二束三文で海外に流出していった。ドイツから来日したお雇い外国人ゴットフリード・ワグネルはこうした状況を次のように酷評した [1]。

「美術は国の固有文化の表象。欧米の文化を学ぶことは良い。しかし、その文化にかぶれて自国文化を軽視するなどもってのほか。欧州諸国は美術が文化に及ぼす効果大なるを知っている。日本固有の画術が、日本の建築装飾、工芸美術制作、工芸の品位を高め、機械製品の急速な向上に大きく寄与しているではないか。このままでは日本の諸製品の質は低下、工芸は衰退、製品は形だけとなり、その製法は簡単に外国に真似されよう。」

受験に重点が置かれ、音楽、美術、体育などが軽視され、人づくりが疎かになっている現代の日本への警鐘のようでもある。日本のアイデンティティとしての文化をポートフォリオの軸として、技術開発と人材育成を行っていくならば、グローバルな世界においても求心力を得られるであろう。美術のみでなく日本固有の文化としての禅、武道、能楽等々に学ぶところは多い [2][3]。

4 具体的対応策と今後の技術動向

4.1 ポートフォリオの潜在力を引き出すために

グローバルに展開するポートフォリオを有機的に機能させて、日本の求心力を高めるには、ITの開発と人材のスキルアップに加えてアウトカムを常に意識することが重要である。注目すべき技術は、M to M、IoT、システムオブシステムズやビッグデータなどである。これらの技術によるアウトカムの1つは、各種製品やシステムが流通するマーケットの中で、グローバルに広がる個人が発信元になれる文化創造である。根付いた文化ほど強いものはない。

4.2 人材育成

国や組織の文化は人々の心の中に染み込み、時間と共に熟成され、やがて思想、形あるいは社会的特徴として表出されてくる。その意味で、文化を正しく理解した上で様々な課題を解決できる人材育成は最も重要なポートフォリオの一つとなる。人材育成は日本の伝統に学ぶべきところは多い。例えば、武道などには守破離という人材育成の段階があり、入門者は守から始まり離への到達を目指す。離ではその流派から離れ、独自の創意工夫による新しい流派の立ち上げを目指す。ゴットフリード・ワグネルと時を同じくした明治時代の1904年、米国セントルイス万国博覧会に出品した新しい日本画で最高賞を受賞し、横山大観、菱田春草など名だたるクリエイターを育て、現代の日本画の礎を築いた橋本雅邦がいた。雅邦は「心持ち」という創造性を育成する方法を生み出した。その方法は、一流の画の模写訓練において、お手本を朝から晩まで何日もひたすら見つめることだけをさせた。その画が心に染み込み心底描きたくなったとき初めて模写をさせるのである。雅邦は「筆の運び方、描いた線の巧拙などどうでもよい。何を、なぜ、画きたいのかという心持ちを持つことが大切である。」と説いた。CGの時代になっても、雅邦の心持ちの意味は不変である。

現代ではこうした指導方法では、指導を受ける側の多くが逃げ出すかも知れない。しかし、本格的に創造的人材を育成しようとするならば、こうした手法を再定義することも必要である。

因みに図4はIPA/SECにおいて開発した、日本の伝統的な人材育成を参考にした組込みスキル標準 ETSS である [4]。スキルは知識や技術活用能力のポテンシャルであり、人材が未来に向かう期待値である。レベル1、2が守、レベル3が破、レベル4は新たな技術を生み出すことを期待する離の段階である。

4.3 情報系産業の問題とユーザ企業

日本の情報系産業の最大の問題点は学生を含む大勢の人々に魅力を発信できていないことである。その理由は、大手ソフトベンダを頂点とする「顔」の見えない多重下請け構造にある。人材の回転率を高めるために開発工程にキャリアや下請けを割り当てて仕事を分割し、作業を並列化するため、大半の人は機械的に複数の工程の中に埋没し、開発したシステムの稼働という達成感の喜び

に浸れないのである。

一方、ユーザ側においては例えば業務改善の効率向上などを目的に、ベンダ依存体質の改善を目指している。ユーザ側には自社の文化を理解した上で組織と組織運用を支援するシステムとの関係を明確にし、業務ソフトの位置付けを明確にできる人材が必要となる。

4.4 モデルベース設計というソフトウェア開発の潮流

組込み系の場合は製品という顔が見えるため、開発者は参加意識が高く、一定の達成感に浸ることができる。また、開発ツールの技術的進化も興味を駆り立ててくれるところである。現在はモデリングとモデルベースによる設計手法が注目を浴びている。この手法では、モータなどの製品の物理的特性を数式で表現したものをプラントモデルと呼ぶ。ブレーキ、バッテリー、車体などもプラントモデルとなる。プラントモデルを動かす制御ロジックを制御モデルと呼ぶ。プラントモデルと制御モデルの両者がそろると、プログラミングせずに、かつ実物を作ることなくシミュレーションによって設計の検証ができ、更にプログラムコードを自動生成することができる。

ここで、電気自動車をモデルベースで設計している株式会社フォー・リンク・システムズ殿の事例を紹介する。

- モデリングとモデル作成用ツール：
MATLAB/Simulink。
- プラントモデルと制御モデル：モータとドライバの簡易プラントモデルとモータの制御モデル。ブレーキの簡易プラントモデルとブレーキ制御モデル。車輻の簡易モデルと姿勢の全体制御モデル。その他。
- 検証ツール：HILS など。
- モデルベースツール：CATIA(3DCAD) などを使用し、車全体をデザイン。
- プログラムの自動生成：制御プログラムはモデルから自動生成される。
- モデリングに要求されるスキル：物理、数学を活用して機能を記述でき、モデルの粒度を設計でき、更に HILS や MATLAB/Simulink などのツールを活用できることなど。

これらをプログラミングで行うと、多くのノウハウと

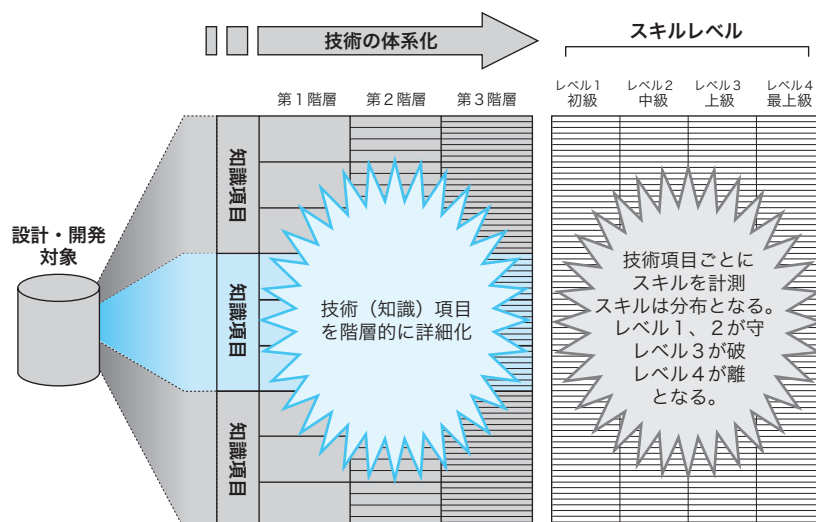


図4 技術とスキルの関係を可視化する組込みスキル標準 ETSS

膨大な作業時間を必要とし、ソフトウェア品質も安定するまでに時間がかかる。モデルベース開発はこれまでのソフトウェア開発に革命を起こす潮流となるであろう。

しかし、畑に相当する革命的開発基盤は欧米によるものであり、日本のソフトウェア開発技術を生み出す層は欧米に比べて薄い状況にある。いわば日本のソフトウェア開発は欧米から提供された高額の畑の上で、作物としてのソフトウェアを開発している構図である。果たしてこのままの状態が良いのか、日本発のソフトウェア開発環境を研究開発しなくてよいのか、グローバル化の中での産学官による産業競争力、安全保障などの観点からの戦略立案が必要である。

5 おわりに

本稿では、日本及び世界のこれまでとこれからの社会変化、多くの重い課題について述べた。そして日本が進むべき方向について述べ、そのための取り組み方と人材育成やソフトウェア開発のあり方などについて述べた。株式会社フォー・リンク・システムズ木下浩臣社長には貴重な情報をご提供いただいた。この場を借りて御礼申し上げる。

【参考文献】

- [1] 瀧俤三：日本近代美術事件史，東方出版，1993
- [2] 世阿弥：風姿花伝，岩波文庫，1958
- [3] 石井邦夫（翻訳）：天狗芸術論・猫の妙術，講談社学術文庫，2014
- [4] IPA：新版 組込みスキル標準 ETSS 概説書，翔泳社，2009

SEC 成果報告一覧

号数	号数 (通し)	発行日	タイトル	内容
6	第2巻第2号 (通巻6号)	2006年 4月28日	SEC2005年度 活動概要	<p>◆エンタプライズ系</p> <p>エンタプライズ系活動 見積り手法 定量データの定義・収集・分析—ソフトウェア開発データ白書 2006 & データ定義 Ver.2.0 のリリース— ソフトウェア開発における要求品質の確保 要求工学、設計・開発技術 プロジェクト見える化とは—下流工程編—</p> <p>◆組込み系</p> <p>組込みソフトウェア・エンジニアリング 組込みソフトウェアの組織的な開発の実現—開発プロセスガイドと開発計画書ガイドの策定— 組込みソフトウェア実装品質向上—組込みソフトウェア向けC言語コーディング作法ガイドの策定— 組込みスキル標準 (ETSS) ETSS スキル基準 Version 1.1 ETSS キャリア基準 Version 1.0 ETSS 教育研修基準 Version 1.0</p> <p>◆先進ソフトウェア開発プロジェクト 先進ソフトウェア開発プロジェクト</p> <p>◆共同研究</p> <p>ベイズ識別器に基づく混乱予測に利用するメトリクスの統計的選択 先進ソフトウェア開発プロジェクトにおけるコードクローン分析 組込みアーキテクチャとそのプログラミングについての調査 ETSS 向け教育プログラム評価手続きの策定 デジタル製品向け組込みソフトウェア—開発力と競争力について— 組込みソフトウェア教育における体験型学習の調査 協調フィルタリングを活用した工数見積り 組込みソフトウェアにおけるユーザビリティ 形式的手法の実用化を目指して 見積り手法の実証評価—CoBRA 法と OSR 法—</p>
10	第3巻第2号 (通巻10号)	2007年 5月28日	SEC2006年度 活動概要	<p>エンタプライズ系活動概要 組込み系活動概要</p> <p>◆エンタプライズ系</p> <p>「共通フレーム 2007」の概要 要求工学、設計・開発技術活動概要 見積り手法 (改造型開発) ITプロジェクトの「見える化」上流工程編 プロセス改善研究 定量データ分析</p> <p>◆組込み系</p> <p>組込みソフトウェアエンジニアリング領域の状況 組込みソフトウェア開発のプロセス面の支援</p>

号数	号数 (通し)	発行日	タイトル	内容
				<p>組込みソフトウェア開発のプロジェクトマネジメントの支援 ツール諸元表の策定 組込みスキル標準 (ETSS)</p> <p>◆共同研究</p> <p>COSE におけるデータ分析とフィードバック プロジェクトの遂行及び生産性に影響を与える要因の分析 相関ルールマイニングを用いたソフトウェア生産性の決定要因抽出 異なる FP 手法間における FP 変換式の導出 推定・近似に基づいた機能規模計測法間での変換法 相互比較可能な形式への FP 値の変換方法に関する検討 先進ソフトウェア開発プロジェクトにおけるソースコード分析 組合せ・すり合わせ視点での組込みソフトウェア分析調査 形式検証技術の設計検証への実用化に向けて ETSS 向け教育研修コースを対象とした評価フレームワーク 品質モデル適応型テストプロセスの研究 組込みソフトウェア教育の実施効果に関する調査 コンポーネントベース高信頼性実時間組込みシステム構築技術の研究 性能指向組込みソフトウェアの研究：並列化、ハードウェア化を目的とした C 言語記述に関する記述作法</p>
14	第 4 巻第 2 号 (通巻 14 号)	2008 年 9 月 30 日	SEC2007 年度 活動概要	<p>SEC2007 年度成果報告</p> <p>◆エンタプライズ系</p> <p>定量的マネジメント領域 ビジネス・プロセス改善領域 要求とアーキテクチャ領域 高信頼ソフトウェア領域</p> <p>◆組込み系</p> <p>組込みソフトウェア・エンジニアリング領域 組込みスキル領域</p> <p>◆共同研究</p> <p>先進ソフトウェア開発プロジェクトにおける Fault-Prone モジュール予測へのコードクローン分析の適用 インプロセス・プロジェクトデータの分析技術の開発 定量データの詳細解析に関する研究調査実施報告 生産性モデルの検討と信頼性モデル構築への提言 企業横断データからの相関ルールマイニングによるプロジェクト改善案の抽出 形式検証による組込みソフトウェア検証の実用化 高信頼性ソフトウェア開発のためのテスト技術に関する研究 ETSS 向け教育研修コースを対象とした評価フレームワーク 組込みソフトウェア教育効果計測のための調査研究 ETSS 国際標準モデル化に関する研究 機能安全に関する先行研究 (調査報告)</p>

号数	号数 (通し)	発行日	タイトル	内容
17	第5巻第3号 (通巻18号)	2009年 6月30日	SEC2008年度 活動概要	<ul style="list-style-type: none"> ◆エンタプライズ系 <ul style="list-style-type: none"> 定量的マネジメント領域 ビジネス・プロセス改善領域 要求・アーキテクチャ領域 高信頼ソフトウェア領域 ◆組込み系 <ul style="list-style-type: none"> 組込みソフトウェア・エンジニアリング領域 組込みスキル領域 ◆共同研究 <ul style="list-style-type: none"> 定量的データに基づいたソフトウェアプロジェクト診断のためのチェックリスト導出を目指して ソフトウェア信頼性モデル構築に関する調査研究 ソフトウェア安全の基礎概念と方法論 機能安全に関する先行研究 高信頼性・生産性組込みソフトウェア設計手法に関する調査研究 スキルの海外標準化に関する研究 ◆SEC成果の普及
21	第6巻第2号 (通巻23号)	2010年 6月30日	SEC2009年度 活動概要	<ul style="list-style-type: none"> ◆組込み系 <ul style="list-style-type: none"> 組込みソフトウェアプロジェクトの状況 組込みスキル領域 ◆エンタプライズ系 <ul style="list-style-type: none"> 定量的マネジメント領域 ビジネス・プロセス改善領域 要求・アーキテクチャ領域 高信頼ソフトウェア領域 重要インフラ情報システムの信頼性向上に向けた取り組み 非ウォーターフォール型開発の現状と課題～非ウォーターフォール型開発に関する調査、及び研究会における検討結果～ ◆統合系 <ul style="list-style-type: none"> 統合系
25	第7巻第2号 (通巻27号)	2011年 6月30日	SEC2010年度 活動概要	<ul style="list-style-type: none"> ◆統合系 <ul style="list-style-type: none"> 統合系プロジェクト設置の狙いと取り組みについて 利用者にわかりやすくソフトウェア品質を説明する仕組みの提案 モデルベース開発技術による信頼性向上にむけて ソフトウェアの高信頼化手法の実践にむけて 重要インフラ情報システムの信頼性向上のための指針 ◆組込み系 <ul style="list-style-type: none"> 組込みソフトウェアの高品質化への取り組み ◆エンタプライズ系 <ul style="list-style-type: none"> 定量的プロジェクト管理の推進 要件定義とアーキテクチャ設計の品質向上 ビジネス・プロセス改善の推進 多様な開発モデル等への対応 ◆国際連携活動 <ul style="list-style-type: none"> 国際連携活動

号数	号数 (通し)	発行日	タイトル	内容
29	第8巻第2号 (通巻31号)	2012年 6月29日	SEC2011年度 活動概要	<p>◆統合系</p> <p>発足後2年目を迎えた統合系プロジェクトの取り組み ソフトウェアの品質説明力強化 形式手法・モデルベース開発技術の推進 高信頼なソフトウェアの開発・管理に向けて</p> <p>◆組込み系</p> <p>組込み系ソフトウェアプロジェクトの状況</p> <p>◆エンタプライズ系</p> <p>定量的プロジェクト管理の推進 要求・仕様の高品質化に向けて ビジネス・プロセス改善の推進 新たな技術動向等に対応したソフトウェアエンジニアリング手法 ITサービス継続計画策定のための指針の作成</p>
33	第9巻第2号 (通巻35号)	2013年 7月31日	SEC2012年度 活動概要	<p>◆統合系</p> <p>統合システムの安全・安心に向けた2012年度の取り組み ソフトウェア品質説明力強化の取り組み 上流品質技術強化 形式手法普及活動の取り組み 上流品質技術強化 コンシューマデバイス機能安全規格化の取り組み 上流品質技術強化 MBSE 導入の手引き</p> <p>◆エンタプライズ系</p> <p>ビジネス・プロセス改善の推進 超上流及び上流工程の品質向上に向けて 定量的プロジェクト管理の推進 定量的な目標管理手法の普及活動の展開～組織目標達成とIT導入の整合性を図る「GQM+Strategies®」の活用～ 非ウォーターフォール型開発手法の普及に向けて ITサービス継続計画の策定を推進</p> <p>◆組込み系</p> <p>組込み系ソフトウェアプロジェクトの状況</p>
37	第10巻第2号 (通巻39号)	2014年 7月1日	SEC2013年度 活動概要	<p>◆システムグループ</p> <p>ソフトウェア障害情報の収集・分析及び対策 重要インフラ等システム障害対策 (製品・制御システム) 重要インフラ等システム障害対策 (ITサービス) 定量的プロジェクト管理による信頼性・生産性向上 コーディング作法ガイド: ESCR [C言語版] Ver. 2.0の発行 ソフトウェア・エンジニアリング成果の普及展開</p> <p>◆ソフトウェアグループ</p> <p>ソフトウェア信頼性の見える化～2013年度の取り組み～ ソフトウェア品質説明力の強化の促進～サプライチェーンにおけるソフトウェアの高信頼化～ 品質説明力の強化に向けた「制度ガイドライン」の活用 先進的な設計・検証技術の適用事例 コンシューマデバイス機能安全規格化の提案のコンセプトと取り組み</p>

SEC journal 掲載論文一覧

※所属などは掲載当時の情報です

号数	号数 (通巻)	発行日	執筆者	タイトル	備考
1	第1巻第1号 (通巻1号)	2005年 1月25日	富永章 (日本アイ・ピー・エム株式会社)	ソフトウェア開発負荷見積り式の汎用化の提案	SEC journal 創刊記念 招待論文
			片山卓也 (北陸先端科学技術大学院大学)	最新ソフトウェア技術による高信頼組込みソフトウェアの開発	SEC journal 創刊記念 招待論文
2	第1巻第2号 (通巻2号)	2005年 4月25日	松本健一 (奈良先端科学技術大学院大学)	エンピリカルソフトウェア工学の現状と展望	招待論文
			太田忠雄 (株式会社ジャステック)	ソフトウェア開発の生産管理に基づく見積りモデル	招待論文
3	第1巻第3号 (通巻3号)	2005年 8月5日	平沢尚毅 (小樽商科大学 商学部 社会情報学科 / NPO 法人人間中心設計推進機構)	組込みシステムとユーザビリティ工学	招待論文
			古山恒夫 (東海大学理学部)	プロジェクトデータ分析の指針と分析事例	
			野中誠 (東洋大学経営学部)	品質マネジメントシステムの再構築: 競争優位性の獲得に向けて	
4	第1巻第4号 (通巻4号)	2005年 11月4日	立本博文 (東京大学ものづくり経営研究センター)	ものづくり戦略論とアーキテクチャソフトウェア・アーキテクチャの測定と分析	
			小室陸 (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ー)、男澤康、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)	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	「SEC journal」創刊記念論文最優秀受賞論文
			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)	実践型 E V M を活用したプロジェクト管理の適用研究	「SEC journal」創刊記念論文優秀受賞論文
			水野修、安部誠也、菊野亨 (大阪大学大学院 情報科学研究科)	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	「SEC journal」創刊記念論文優秀受賞論文
5	第2巻第1号 (通巻5号)	2006年 1月31日	山本雅基、間瀬健二、河口信夫、本田晋也、金子伸幸 (名古屋大学 情報連携基盤センター) 阿草清滋、高田広章、富山宏之 (名古屋大学大学院 情報科学研究科)	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	「SEC journal」創刊記念論文優秀受賞論文
			山浦恒央 (法政大学 情報科学部)	第4世代のテスト・プロセス	
			大杉直樹、角田雅照、門田暁人、松村知子、松本健一 (奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科)、菊地奈穂美 (IPA/SEC)	企業横断的収集データに基づくソフトウェア開発プロジェクトの工数見積り	SEC journal 論文賞最優秀受賞論文 (2006年)
			菊地奈穂美 (沖電気工業株式会社、IPA/SEC、大阪大学大学院 基礎工学研究科) 安藤津芳 (沖電気工業株式会社) 水野修、菊野亨 (大阪大学大学院 情報科学研究科)	通信ソフトウェア開発におけるプロセス改善のためのフィールド品質に注目した主要な活動要因の抽出	SEC journal 論文賞優秀受賞論文 (2006年)
			なし		
7	第2巻第3号 (通巻7号)	2006年 9月11日	Adam Trendowicz、Jens Heidrich、Jürgen Münch、石谷靖 (ドイツ・フラウンホーファ協会実験的ソフトウェア工学研究所 (IESE)) 横山健次 (IPA/SEC)、菊地奈穂美 (IPA/SEC、沖電気工業株式会社)	ハイブリッドなコスト見積りモデルの反復的な構築方法について	
8	第2巻第4号 (通巻8号)	2006年 11月30日	中野裕也、水野修、菊野亨 (大阪大学大学院 情報科学研究科) 阿南佳之、田中又治 (オムロンソフトウェア株式会社)	コードレビューの密度と効率がコード品質に与える影響の分析	SEC journal 論文賞優秀受賞論文 (2006年)
			葉雲文 (株式会社 S R A 先端技術研究所)、山本恭裕 (東京大学 先端科学技術研究センター)	Java 開発者のオンデマンド・ラーニングを支援するソシオテクニカル環境	SEC journal 論文賞優秀受賞論文 (2006年)
			平石謙治 (日本電気航空宇宙システム株式会社、PMI 東京支部 組織成熟度研究会)	組織的プロジェクトマネジメント成熟度モデル (OPM3) の概要と適用上の留意点	
9	第3巻第1号 (通巻9号)	2007年 2月26日	岩切博 (三菱電機株式会社) 大曾根一将、藤原良一、中前雅之 (三菱電機インフォメーションシステムズ株式会社)	高度化プロセスにおける定量的プロジェクト管理の実践と効果	
			原田晃 (日本電子計算株式会社)、粟根達志、伊野谷祐二、大里立夫 (株式会社日立製作所 情報・通信事業グループ 生産技術本部) 大野治 (株式会社日立製作所 情報システム事業部)、松下誠、楠本真二、井上克郎 (大阪大学大学院 情報科学研究科)	WBS に基づくプロジェクト管理システムの実現	SEC journal 論文賞優秀受賞論文 (2007年)
10	第3巻第2号 (通巻10号)	2007年 5月28日	なし		
11	第3巻第3号 (通巻11号)	2007年 9月28日	青島武伸、伊藤智祥、春名修介 (松下電器産業株式会社)	メモリアーク検出システム λ trace	SEC journal 論文賞優秀受賞論文 (2007年)
12	第3巻第4号 (通巻12号)	2008年 1月15日	岸知二、金井勇人 (北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科)	組込みソフトウェア設計検証へのモデル検査技術の適用と考察	SEC journal 論文賞最優秀受賞論文 (2007年)
13	第4巻第1号 (通巻13号)	2008年 2月29日	水野修、菊野亨 (大阪大学大学院 情報科学研究科)	Fault-prone フィルタリング: 不具合を含むモジュールのスラムフィルタを利用した予測手法	
14	第4巻第2号 (通巻14号)	2008年 9月30日	柿元健 (大阪大学大学院 情報科学研究科) 門田暁人、角田雅照、松本健一 (奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科) 菊地奈穂美 (IPA/SEC)	規模・工期・要員数・工数の関係の定量的導出	SEC journal 論文賞優秀受賞論文 (2008年)
15	第4巻第3号 (通巻15号)	2008年 12月26日	斎藤忍、小橋哲郎 (株式会社 NTT データ 技術開発本部)	メタモデルを活用した要求分析技法の適用と考察	SEC journal 論文賞優秀受賞論文 (2008年)
16	第5巻第1号 (通巻16号)	2009年 3月31日	角田雅照、門田暁人、松本健一 (奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科) 高橋昭彦 (財団法人 経済調査会、産業技術大学院大学 産業技術研究科)	生産性要因に基づいて層別されたソフトウェア開発工数見積りモデル	

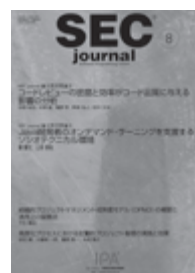
号数	号数 (通し)	発行日	執筆者	タイトル	備考
別冊	ETSS 特集号 第5巻第2号 (通巻17号)	2009年 4月30日	なし		
17	第5巻第3号 (通巻18号)	2009年 6月30日	大森久美子 (NTT 情報流通基盤総合研究所)、神沼靖子 (情報処理学会)	問題形成から受入れ検査までを含んだ PBL 型ソフトウェア開発研修とその評価	
18	第5巻第4号 (通巻19号)	2009年 9月30日	伏田享平 (奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科)、高田純 (奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科、マイクロソフト株式会社) 米光哲哉、福地豊 (株式会社日立製作所)、川口真司、飯田元 (奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科)	AQUAMarine : 定量的管理計画立案システム	
別冊	ESxR 特集号 第5巻第5号 (通巻20号)	2009年 11月16日	なし		
19	第5巻第6号 (通巻21号)	2009年 12月28日	なし		
20	第6巻第1号 (通巻22号)	2010年 3月31日	なし		
21	第6巻第2号 (通巻23号)	2010年 6月30日	なし		
22	第6巻第3号 (通巻24号)	2010年 10月25日	大蔵君治、川口真司、飯田元 (奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科)	Eメールアーカイブのクラスタリングによる開発コンテキストの可視化	SEC journal 論文賞優秀賞受賞論文 (2011年)
23	第6巻第4号 (通巻25号)	2011年 1月14日	なし		
24	第7巻第1号 (通巻26号)	2011年 3月31日	北川陽一 (日本証券テクノロジー株式会社)	特定デザインパターンに基づく大規模基幹システムのオープン化技法	SEC journal 論文賞優秀賞受賞論文 (2011年)
25	第7巻第2号 (通巻27号)	2011年 6月30日	高安篤史 (株式会社システムカルチャー パートナー サービスグループ)	DFSS (Design for Six Sigma) による組込みソフトウェアの品質改善	
26	第7巻第3号 (通巻28号)	2011年 10月13日	酒井大 (日本アイ・ビー・エム株式会社 グローバルビジネスサービス IGA アプリケーション・サービス)	CoBRA 法を使った見積りモデル構築のポイント	SEC journal 論文賞優秀賞受賞論文 (2011年)
27	第7巻第4号 (通巻29号)	2012年 1月12日	なし		
28	第8巻第1号 (通巻30号)	2012年 3月30日	なし		
29	第8巻第2号 (通巻31号)	2012年 6月29日	なし		
30	第8巻第3号 (通巻32号)	2012年 9月28日	杉山孝子、平原嘉幸 (東芝テック株式会社)	ソフトウェア技術者「レベル3以上2倍化」の実現	
31	第8巻第4号 (通巻33号)	2012年 12月14日	名倉正剛、田村清朗 (株式会社日立製作所)、川口真司 (奈良先端科学技術大学院大学、有人宇宙システム株式会社) 高田真吾 (慶應義塾大学)、飯田元 (奈良先端科学技術大学院大学)	事例紹介 : OEM ソフトウェア製品の検証プロセス	
32	第9巻第1号 (通巻34号)	2013年 3月1日	山本佳和 (株式会社デンソークリエイティブ プロジェクトセンター)、舟守淳 (株式会社オービス総研 組み込みソリューション第一部)、山本修一郎 (名古屋大学 情報連携統括本部 情報戦略室)	プロジェクトコミュニケーション管理プロセスの適用評価	
33	第9巻第2号 (通巻35号)	2013年 7月31日	小堀一雄、石居達也、松下誠、井上克郎 (大阪大学大学院 情報科学研究科)	Java プログラムのアクセス修飾子過剰性分析ツール ModiChecker の機能拡張とその応用例	
34	第9巻第3号 (通巻36号)	2013年 9月30日	中村伸裕 (住友電気工業株式会社、住友電工情報システム株式会社、大阪大学) 服部悦子 (住友電工情報システム株式会社)、永田菜生 (住友電気工業株式会社)、楠本真二 (大阪大学)	システム価値向上を目的とした Scrum の試行・評価	SEC journal 論文賞優秀賞受賞論文 (2013年)
			酒井大 (日本アイ・ビー・エム株式会社 グローバルビジネスサービス IGA アプリケーション・サービス)	アプリケーション保守サービスの定量化手法	SEC journal 論文賞最優秀賞受賞論文 (2013年)
			森本千佳子、津田和彦 (筑波大学大学院 ビジネス科学研究科)	ITSS 調査データから見る IT 技術者のキャリア形成とスキルの関係	
			大森久美子 (NTT サービスイノベーション総合研究所 ソフトウェアイノベーションセンター)	若年技術者向けソフトウェア開発研修プログラムの開発と評価	SEC journal 論文賞所長章受賞論文 (2013年)
35	第9巻第4号 (通巻37号)	2014年 1月31日	中村伸裕 (大阪大学、住友電気工業株式会社)、谷本收 (住友電工情報システム株式会社)、楠本真二 (大阪大学)	ソフトウェアプロダクトラインのエンタプライズ・システムへの適用と評価	
36	第10巻第1号 (通巻38号)	2014年 3月31日	久野倫義、中島毅 (三菱電機株式会社 設計システム技術センター) 松下誠、井上克郎 (大阪大学大学院 情報科学研究科)	ピアレビュー有効時間比率計測によるピアレビュー会議の改善と品質改善の効果	
			大平雅雄 (和歌山大学) 伊原彰紀、中野大輔、松本健一 (奈良先端科学技術大学院大学)	ソフトウェア品質の第三者評価における探索的データ解析ツールの利用とその効果 : OSS データを対象とした検証実験	
37	第10巻第2号 (通巻39号)	2014年 7月1日	松浦佐江子 (芝浦工業大学)、小形真平 (信州大学)、青木善貴 (日本ユニシス株式会社) 谷沢智史、西村一彦 (株式会社ボイスリサーチ)	要件定義プロセスと保守プロセスにおけるモデル検査技術の開発現場への適用	
38	第10巻第3号 (通巻40号)	2014年 9月30日	田辺壮史、津田和彦 (筑波大学大学院 ビジネス科学研究科)	UISS を活用した IT 人材のキャリアパス設計	
			齊藤康廣、門田暁人、松本健一 (奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科)	非機能要件に着目した Request For Proposal (RFP) 評価	

SEC journal バックナンバー一覧

※所属などは掲載当時の情報です



号数 (通し)	第1巻第1号 (通巻1号)	第1巻第2号 (通巻2号)	第1巻第3号 (通巻3号)	第1巻第4号 (通巻4号)	第2巻第1号 (通巻5号)
発行日	2005年1月25日	2005年4月25日	2005年8月5日	2005年11月4日	2006年1月31日
巻頭言	鶴保 征城 (IPA/SEC 所長) 「創刊にあたって」	藤原 武平太 (独立行政法人 情報処理推進機構 理事長) 「ソフトウェア産業の未来とソフトウェア・エンジニアリング・センターの役割」	小林 利典 (経済産業省 商務政策局 情報処理振興課長) 「SEC への期待」	小長 啓一 (AOC ホールディングス株式会社 相談役) 「ソフトウェア工学の発展を、SEC に託す」	鍛冶 克彦 (経済産業省 商務政策局 情報処理振興課長) 「時代の要請と SEC」
所長対談	H. Dieter. Rombach (ドイツ・カイザースラウテルン大学 情報専門学群専任教授) 「ソフトウェア・エンジニアリングの産学官コラボレーションの要は」	重松 崇 (トヨタ自動車株式会社 常務取締役) 「車載用組み込みソフトウェアの開発にソフトウェア工学を取り込む」	西浦 裕二 (株式会社ローランド・ベルガー-取締役共同会長) 「経営と IT」		David Ward (MISRA プロジェクトマネージャ) 「複雑化と短期開発要求が進展する組み込みソフトウェアの課題を解決する道を示す」
特集	SEC journal 創刊記念招待論文: 富永 章 (日本アイ・ピー・エム株式会社) 「ソフトウェア開発負荷見積り式の汎用化の提案」 片山 卓也 (北陸先端科学技術大学院大学) 「最新ソフトウェア技術による高信頼組み込みソフトウェアの開発」	招待論文: 松本 健一 (奈良先端科学技術大学院大学) 「エンピリカルソフトウェア工学の現状と展望: SEL が遺した 13 の教訓」 太田 忠雄 (株式会社ジャステック) 「ソフトウェア開発の生産管理に基づく見積りモデル」 平沢 尚毅 (小樽商科大学) 「組み込みシステムとユーザビリティ工学」		「SEC journal 創刊記念論文 優秀賞受賞論文発表」	



号数 (通し)	第2巻第2号 (通巻6号)	第2巻第3号 (通巻7号)	第2巻第4号 (通巻8号)	第3巻第1号 (通巻9号)	第3巻第2号 (通巻10号)
発行日	2006年4月28日	2006年9月11日	2006年11月30日	2007年2月26日	2007年5月28日
巻頭言	棚橋 康郎 (社団法人情報サービス産業協会 会長) 「魅力ある産業への旅立ち」	鳥居 宏次 (奈良先端科学技術大学院大学 特任教授) 「データ収集、『見える化』そして産学連携」	細川 泰秀 (社団法人 日本情報システム・ユーザー協会 専務理事) 「IS ユーザ企業と IT ベンダ企業の差」	松尾 隆徳 (社団法人 組み込みシステム技術協会 会長) 「第二発展期を迎える組み込み技術」	大竹 伸一 (関西経済同友会 ソフト産業振興委員会委員長) 「大阪・関西を組み込みソフトウェアの一大集積地に！」
所長対談	畑村 洋太郎 (工学院大学 教授 / 東京大学 名誉教授 / 畑村創造工学研究所長) 「『失敗学』の視点からソフトウェア開発の課題と解決策を考える」	Ron Bell (元英国政府保健省健康安全局 (HSE) 局員) 「IEC と SEC とが協力して機能安全の国際的な相互認証のスキーム確立を目指そう」 Richard Mark Soley (OMG 会長) 「産業競争力の強化には、ソフトウェアの標準化とスキル標準の確立が欠かせない」	Kyo-Chul Kang (韓国・浦項工科大学校 教授) 「プロダクトラインエンジニアリングの普及に向けて」	土居 範久 (中央大学 理工学部教授 / 日本学術会議 副会長) 「ソフトウェア産業はビジネスモデルの変革を目指せ」 西岡 郁夫 (特定非営利活動法人 IT コーディネータ協会 業務開発・広報委員会 委員長) 「システムコンサルティングとシステム開発は IT 経営の両輪さらなる人材の育成が急務」	Allen Brown (The Open Group 社長) 「企業情報システムにおける『境界のない情報の流れ』の構築に向けて」
特集	「SEC2005 年度活動概要」		「SEC journal 論文賞 受賞論文発表」		「SEC2006 年度活動概要」



号数 (通し)	第3巻第3号 (通巻11号)	第3巻第4号 (通巻12号)	第4巻第1号 (通巻13号)	第4巻第2号 (通巻14号)	第4巻第3号 (通巻15号)
発行日	2007年9月28日	2008年1月15日	2008年2月29日	2008年9月30日	2008年12月26日
巻頭言	長谷川 英一 (社団法人電子情報技術産業協会 常務理事) 「電子情報産業におけるソフトウェアエンジニアリングへの期待」	八尋 俊英 (経済産業省 商務情報政策局 情報処理振興課長) 「SEC 第1期の総括と次期フェーズにおけるゴール明確化」	和田 成史 (社団法人コンピュータソフトウェア協会 (CSA) 会長) 「ソフトウェア業界変革の波、変化に対応し、変化を活かすために」	西垣 浩司 (独立行政法人情報処理推進機構 理事長) 「情報処理推進機構理事長に就任して」	佐々木 元 (社団法人情報処理学会 会長) 「ソフトウェア工学への期待」
所長対談	片山 卓也 (北陸先端科学技術大学院大学 (JAIST) 情報科学研究科 教授) 「ソフトウェア開発における形式手法の適用と普及の方策を考える」	繁野 高仁 (株式会社情報システム総研 代表取締役社長) 「情報の源泉を押さえ、情報体系を管理することがIT部門のミッション」	羽生田 栄一 (アジャイルプロセス協議会 会長/株式会社豆蔵 代表取締役会長) 「プライオリティが恒常的に変化するビジネスアプリケーション開発に効果を発揮するアジャイルプロセス」	安達 和孝 (日産自動車株式会社 電子・電動要素開発本部 電子制御技術部 主管) 「大規模化・複雑化する自動車搭載ソフトウェアの課題と今後の方策を考える」	居 徳華 (上海華東理工大学 教授) 「中国におけるソフトウェア技術者育成とプロセス改善の課題・解決策を考える」
特集		「SEC journal 論文賞受賞論文発表」	「SEC 設立三周年成果報告会 ~ Software Engineering Best Practice Day ~ 実施報告」 「SEC 設立三周年成果報告会 ~ 三年間の SEC 活動を振り返って ~」 「ソフトウェアエンジニアリング ベストプラクティス賞審査報告」	「SEC2007 年度活動概要」	「IPA FORUM2008/SEC コンファレンス特別講演レポート」 「SEC journal 論文賞 受賞論文発表」



号数 (通し)	第5巻第1号 (通巻16号)	ETSS 特集号 第5巻第2号 (通巻17号)	第5巻第3号 (通巻18号)	第5巻第4号 (通巻19号)	ESxR 特集号 第5巻第2号 (通巻20号)
発行日	2009年3月31日	2009年4月30日	2009年6月30日	2009年9月30日	2009年11月16日
巻頭言	松田 晃一 (IPA/SEC 所長) 「『ハドソン川の奇跡』とディベンダビリティ」	大津賀 文雄 (トヨタテクニカルディベロップメント株式会社 専務取締役) 「組込み技術で世界をリードしていくために」	村岡 洋一 (早稲田大学 副総長/理工学術院 教授) 「IT 人材育成について」	白鳥 則郎 (社団法人 情報処理学会 会長/東北大学 電気通信研究所 教授) 「『2010年』: IPA/SEC への3つの期待」	松田 晃一 (IPA/SEC 所長) 「組込みソフトウェアに期待する」
所長対談	宇治 則孝 (日本電信電話株式会社 代表取締役副社長) 「高度 ICT 時代におけるサービス創造と人材育成の方策を考える」		所 真理雄 (株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所 代表取締役社長) 「安心・安全な IT 社会の実現に向けてその課題と解決策を考える」	鈴木 義伯 (株式会社東京証券取引所 常務取締役) 「高い信頼性を備える IT を実現するための開発手法のあり方について考える」	
特集	第1特集: 「本格的普及フェーズに入った ETSS」 第2特集: 「ソフトウェア開発プロジェクト計測プラットフォーム EPM の今~各国で活発化するインプロセス計測の動向~」	座談会: 風見 一之 (株式会社ニコン 執行役員 映像カンパニー開発本部長) 新 誠一 (電気通信大学 電気通信学部 システム工学科 教授) 林 和彦 (トヨタ自動車株式会社 BR 制御ソフトウェア開発室 室長) 大原 茂之 (SEC リサーチフェロー/東海大学専門職大学院 組込み技術研究科 教授) 「日本のものづくり産業にもたらす ETSS の意義と国際標準化への道を考える」	「SEC2008 年度活動概要」	「実践活用へ向けて活発化する SEC の『定量的アプローチ』」	Part1: 「ソフトウェア開発力強化のすゝめ方」 Part2: 「ESxR を活用した品質・開発効率の改善」



号数 (通し)	第5巻第6号 (通巻 21号)	第6巻第1号 (通巻 22号)	第6巻第2号 (通巻 23号)	第6巻第3号 (通巻 24号)	第6巻第4号 (通巻 25号)
発行日	2009年12月28日	2010年3月31日	2010年6月30日	2010年10月25日	2011年1月14日
巻頭言	東條 吉朗 (経済産業省 商務情報政策局 情報処理振興課長) 「情報技術の役割と SEC への期待」	浜口 友一 (社団法人 情報サービス産業協会 会長) 「ITサービスの信頼性向上を目指して」	片山 卓也 (北陸先端科学技術大学院大学 学長) 「国際競争時代における SEC への期待」	藤江 一正 (IPA 理事長) 「情報処理推進機構理事長に就任して」	関 隆明 (特定非営利活動法人 ITコーディネータ協会 会長) 「経営力強化に直結する IT 経営の推進」
所長対談	一色 浩一郎 (カリフォルニア州立大学ポモナ校 コンピューター情報学 教授) 「米国から見た日本の IT 教育と CIO の役割」	石黒 不二代 (ネットイヤーグループ株式会社 代表取締役社長 兼 CEO) 「これからの企業の IT 活用の方向と CIO の役割を考える」	佐藤 政行 (株式会社セブン&アイ・ホールディングス 執行役員) 「ビジネス変革に向けた IT の開発体制と活用策について考える」	岩野 和生 (日本アイ・ピー・エム株式会社 執行役員 未来価値創造事業) 「新しい社会サービスの実現に向けてその課題と解決策を考える」	鱗原 晴彦 (株式会社 U'eyes Design 代表取締役 / NPO 法人 人間中心設計推進機構 事務局長) 「ユーザビリティを基軸にして IT システムの安心・安全を実現する手法を考える」
特集	「SEC journal 論文賞受賞論文発表」		「SEC2009 年度活動概要」		SEC における国際学術活動展開 Part1 : 「IT プロジェクトの可視化」を中心とした開設以来 6 年間の軌跡 Part2 : 「IT プロジェクトの可視化」を中心とした国際学術活動の 6 年間国際交流と所感



号数 (通し)	第7巻第1号 (通巻 26号)	第7巻第2号 (通巻 27号)	第7巻第3号 (通巻 28号)	第7巻第4号 (通巻 29号)	第8巻第1号 (通巻 30号)
発行日	2011年3月31日	2011年6月30日	2011年10月13日	2012年1月12日	2012年3月30日
巻頭言	宮原 秀夫 (組込みシステム産業振興機構 理事長) 「地域の特色を活かした産業発展モデルを創造する」	牛島 和夫 (九州地域組込みシステム協議会 会長) 「九州地域組込みシステム協議会 (ES-Kyushu) の紹介」	高橋 淳 (経済産業省 商務情報政策局 情報処理振興課 課長) 「情報システムの信頼性向上と SEC への期待」	播磨 崇 (特定非営利活動法人 ITコーディネータ協会 会長) 「中小企業の IT 経営を支える人財～IT コーディネータ～」	築田 稔 (社団法人組込みシステム技術協会 会長) 「社会の安心・安全を目指す組込みシステム業界として」
所長対談	平野 晋 (中央大学総合政策学部 教授) 「ソフトウェアの信頼性に関する説明責任と品質監査のあり方について考える」	澁谷 裕以 (東京海上日動火災保険株式会社 執行役員 IT 企画部長) 「災害に強い情報システムのあり方を考える」	長尾 真 (国立国会図書館長) 「デジタル・ネット時代の知の基盤を考える」	野辺 継男 (日産自動車株式会社 ビークルインフォーマションテクノロジー事業本部 General Manager) 「『外部と繋がる車』がもたらす未来と IT が果たす役割を考える」	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」
特集	寄稿 : 栗田 太郎 (フェリカネットワークス株式会社 開発部 2 課統括課長 / 博士 (情報科学)) 「形式手法の実践に対してよく尋ねられる質問とその回答 モバイル FeliCa の開発における形式仕様記述を通して」	「SEC2010 年度活動概要」		「SEC journal 論文賞受賞論文発表」 「IPA FORUM 2011 招待講演より」 ポール・イー・ブラック博士、新谷 勝利 「ソフトウェアの品質保証とテスト～メトリクスと測定、明確な記述、そして管理可能なプロセスの三本の柱がより信頼できるソフトウェア開発に寄与する～」	



号数 (通し)	第8巻第2号 (通巻 31号)	第8巻第3号 (通巻 32号)	第8巻第4号 (通巻 33号)	第9巻第1号 (通巻 34号)	第9巻第2号 (通巻 35号)
発行日	2012年6月29日	2012年9月28日	2012年12月14日	2013年3月1日	2013年7月31日
巻頭言	江口 純一 (経済産業省 商務情報政策局 情報処理振興課 課長) 「IT 融合による新しいビジネスの創出と SEC への期待」	松本 隆明 (SEC 所長) 「労働集約型から知識集約型の開発へ」	森下 俊三 (一般財団法人関西情報センター 会長/組込みシステム産業振興機構 副理事長) 「組込みシステム産業の一層の活性化に向けて」	前野 隆司 (慶應義塾大学大学院 システムデザイン・マネジメント 研究科 研究科委員長・教授) 「俯瞰的視点から世界のリ・デザインを」	和田 成史 (一般社団法人コンピュータソフトウェア協会 (CSAJ) 会長) 「パッケージソフトウェア品質認証制度の発足に向けて」
所長対談	青野 慶久 (サイボウズ株式会社 代表取締役社長) 「クラウド時代のソフトウェア開発と技術者像を考える」	堀 重和 (アルパイン株式会社 常務取締役 技術・開発統括) 「グローバルビジネスから見た組込みソフトウェアの課題と解決策を考える」 インタビュー	浜口 友一 (一般社団法人情報サービス産業協会 (JISA) 会長) 「岐路に立つ日本のソフトウェア開発、その方向性について考える」	井上 友二 (株式会社トヨタ IT 開発センター 代表取締役 会長) 「IT 融合時代のクルマの役割について考える」	加藤 光明 (伊藤忠テクノソリューションズ株式会社 取締役 常務執行役員 CIO) 「真に利用者に求められるソフトウェアの提供とそれを実現するエンジニア像について考える」
特集	「SEC2011 年度活動概要」				「SEC2012 年度活動概要」



号数 (通し)	第9巻第3号 (通巻 36号)	第9巻第4号 (通巻 37号)	第10巻第1号 (通巻 38号)	第10巻第2号 (通巻 39号)	第10巻第3号 (通巻 40号)
発行日	2013年9月30日	2014年1月31日	2014年3月31日	2014年7月1日	2014年9月30日
巻頭言	喜連川 優 (情報処理学会 会長/国立情報学研究所 所長/東京大学 教授) 「情報処理学会は頑張っています」	新 誠一 (技術研究組合 制御システムセキュリティセンター (CSSC) 理事長/国立大学法人電気通信大学 情報理工学研究科 教授) 「ソフトウェア高信頼性とサイバーセキュリティ」	立石 譲二 (独立行政法人情報処理推進機構 (IPA) 理事/技術本部長) 「来たるべき IT 活用社会の未来に『死角』はないか？」	木村 英紀 (独立行政法人科学技術振興機構 (JST) 研究開発戦略センター (CRDS) 上席フェロー) 「普遍的な課題としてのシステム構築：ソフトウェアを超えて」	中鉢 良治 (独立行政法人 産業技術総合研究所 理事長) 「技術を社会へ：安全性の確保による橋渡し」
所長対談	ポール・D・ニールセン (カーネギー・メロン大学 SEI 所長) 「ソフトウェア・エンジニアリングの浸透とその効果の見える化について考える～CMU/SEI での取り組み～」	小川 紘一 (東京大学 政策ビジョン研究センターシニア・リサーチャー/元東京大学 知的資産経営・総括寄付講座 特任教授) 「ソフトウェア・リッチ時代の産業発展と標準化を考える」	本位田 真一 (国立情報学研究所 (NII) 副所長/東京大学大学院 教授) 「世界をリードするソフトウェア・エンジニア像とは？」 ナンシー・レブソン (マサチューセッツ工科大学 教授) 「安全なソフトウェアシステムを実現するための新たなアプローチ」	國井 秀子 (芝浦工業大学大学院 工学マネジメント研究科 教授/一般社団法人情報サービス産業協会 (JISA) 副会長) 「ソフトウェア産業の活性化と変革への道筋」	澤本 尚志 (東日本旅客鉄道株式会社 常務取締役 鉄道事業本部 副本部長 総合企画本部 システム企画部担当 総合企画本部 技術企画部担当 鉄道事業本部 サービス品質改革部担当) 「IT による鉄道システムのイノベーションについて考える」
特集		「SEC journal 論文賞 受賞論文発表」		「SEC2013 年度活動概要」	「安全・安心な IT 社会を目指して」

編集後記

本年10月1日をもって、SEC設立10周年を迎えました。それを記念してSEC journal 創刊10周年特別号をお届けします。この10年間でのIT技術の使い方の進歩に伴い、世の中の仕組みに浸透し、我々の生活に変革を起こしつつあるIoT、IoEの大きなムーブメントについて、各界の有識者の方々からの寄稿集として構成されております。この特別号編纂に際し、この10年間の回顧録でなく、これからの10年に目を向けた内容を目指しましたが、いかがでしょうか。ことに再びの東京オリンピック・パラリンピック開催が6年後と迫り、正に“ITでおもてなし”を具現するために、読者の方々と考えのきっかけになれば幸いです。

(編集長)

編集部より

次世代のソフトウェア・エンジニアリングに関して等、忌憚のないご意見をお待ちしております。下記のFAXまたはメールにてお気軽にお寄せください。

SEC journal 編集部 FAX：03-5978-7517 e-mail：sec-journal_customer@ipa.go.jp

SEC journal 編集委員会

編集委員長	杉崎真弘
編集委員 (50音順)	荒川明夫
	石川智
	石橋正行
	日下保裕
	杉浦秀明
	中尾昌善
	長谷川佳奈子
	三原幸博
	室修治
	山下博之



新しい夜明け

(撮影：Y. Morita)

SEC journal 第10巻第4号(通算41号) 2014年11月1日発行

©独立行政法人情報処理推進機構 2014

編集兼発行人 独立行政法人情報処理推進機構
技術本部 ソフトウェア高信頼化センター
所長 松本隆明
〒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
URL：http://www.ipa.go.jp/sec/
e-mail：sec-journal_customer@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。

SEC journal 論文募集

独立行政法人情報処理推進機構（IPA） 技術本部 ソフトウェア高信頼化センターでは、下記の内容で論文を募集しています。

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または先導的な論文
- ・ソフトウェアが経済社会にもたらす革新的効果に関する実証論文

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、コーディング手法、テスト/検証技術、要求獲得・分析技術、ユーザビリティ技術、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、組織経営、イノベーション

応募要項

締切り：1月・4月・7月・11月 各月末日

査読結果：締切り後、約1カ月で通知。「採録」と判定された論文はSEC journalに掲載されます。

応募方法：投稿は随時受付けております。応募様式など詳しくはHPをご覧ください。

<http://www.ipa.go.jp/sec/secjournal/papers.html>

SEC journal 論文賞

毎年「採録」された論文を対象に審査し、優秀論文にはSECjournal論文賞として最優秀賞、優秀賞、所長賞を副賞と併せて贈呈します。

ITパスポート試験のご案内

ー ビジネスにITを活用する すべての社会人のための「国家試験」ー

- ビジネスにITを活用するためには、情報システム部門に限らず、利用する側の社員一人ひとりにも“IT力”が求められています。
- iパス（ITパスポート試験）は、セキュリティ、ネットワーク等のITに関する基礎知識をはじめ、企業活動、経営戦略、会計や法務、プロジェクトマネジメントなど、幅広い総合的知識を測る国家試験です。
- iパスを通じて、社員一人ひとりに“IT力”が備わることにより、組織全体の“IT力”が向上し、様々なメリットが期待されます。

iパスのメリット

ITを活用した業務効率化とビジネス拡大に！

iパスを通じて習得したITの基礎知識を活かすことで、業務にITを積極的に活用し、業務効率化につながります。また、ITに関する基礎知識は、社内の情報システム部門等との円滑なコミュニケーションにも役立ちます。営業職であれば、顧客に対して製品やサービスを具体的にわかりやすく説明できるようになり、顧客のニーズをより深く把握できるようになり、ビジネスチャンスの拡大にもつながります。

情報セキュリティ対策・コンプライアンス強化に！

社員一人ひとりが、情報セキュリティやモラルに関する正しい知識を身につけ、意識することで、情報セキュリティに関する被害を未然に防ぐことができ、「情報漏えい」などのリスク軽減、企業内のコンプライアンス向上・法令順守に貢献します。

経営全般に関する知識など幅広い知識がバランスよく習得できる！

iパスは、ITに関する知識にとどまらず、企業活動、経営戦略、会計や法令など、ITを活用する上で前提となる幅広い知識がバランスよく習得できます。そうした知識が身につくことにより、業務の課題把握と、ITを活用した課題解決力が備わり、組織全体の業務改善につながります。

詳しくは、iパス Web サイトをご覧ください。<https://www3.jitec.ipa.go.jp/JitesCbt/index.html>

※企業の活用事例、企業の声、合格者の声など魅力的なコンテンツがご覧になれます。

IPA Better Life with IT

SEC Journal 創刊 10 周年特別号
第 10 卷第 4 号 (通巻 41 号)
2014 年 11 月 1 日発行

© 独立行政法人情報処理推進機構

ISSN 1349-8622



古紙パルプ配合率10%再生紙を使用

