

SEC Journal

43

巻頭言

渡邊 昇治

経済産業省 商務情報政策局 情報処理振興課長

所長対談

農業現場における IT 活用の可能性

井村 辰二郎 株式会社金沢大地

論文

契約を用いたソフトウェア開発の修正傾向調査

岡野 浩三 信州大学 工学部情報工学科/吉岡 一樹 株式会社日立製作所 インフラシステム社モノづくり統括設計部
楠本 真二 大阪大学 大学院情報科学研究科

特集

IoT時代のつながる世界

つながる世界に向けた取り組み

中尾 昌善 SEC ソフトウェアグループリーダー/宮原 真次 SEC 研究員

つながる車載電子システム

豊島 真澄 株式会社デンソー 電子基盤システム開発部先行技術開発室

住宅分野から見たつながる世界の可能性と課題

飯島 雅人 株式会社ミサワホーム総合研究所 環境創造研究室

集団健康管理サービス「タニタ健康プログラム」

丹羽 隆史 株式会社タニタ 社長補佐 事業戦略部長 株式会社タニタヘルスリンク 取締役副社長

エネルギー（電力）分野でのつながるネットワーク

芹澤 善積 一般財団法人 電力中央研究所 システム技術研究所 研究参事

IoT時代の開発方法論としてのシステムズエンジニアリング

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

つながる世界における脅威と脆弱性検討のポイント

金野 千里 IPA 技術本部 セキュリティセンター 情報セキュリティ技術ラボラトリー ラボラトリー長

報告

ドイツにおける製造業のデジタル化「Industrie4.0」の取り組みについて

技術解説

iコンピテンシ ディクショナリを活用した組織力強化

組織の活動紹介

インダストリアル・バリューチェーン・イニシアチブ

西岡 靖之 インダストリアル・バリューチェーン・イニシアチブ 理事長 法政大学デザイン工学部 教授

IoT & Industrial Internet の Global 展開と日本の産業界の課題について

吉野 晃生 一般社団法人 日本 OMG 代表理事 Industrial Internet Consortium Sales Representative, Japan

Column

ソフトウェア開発 2.0

巻頭言 ……1

IoT 時代のIT 政策を考える

渡邊 昇治 経済産業省 商務情報政策局 情報処理振興課長

所長対談 ……2

農業現場におけるIT 活用の可能性

井村 辰二郎 株式会社金沢大地

論文 ……8

契約を用いたソフトウェア開発の修正傾向調査

岡野 浩三、吉岡 一樹、楠本 真二

特集：IoT 時代のつながる世界

つながる世界に向けた取り組み ……16

中尾 昌善 SEC ソフトウェアグループリーダー／宮原 真次 SEC 研究員

つながる車載電子システム ……20

豊島 真澄 株式会社デンソー 電子基盤システム開発部先行技術開発室

住宅分野から見たつながる世界の可能性と課題 ……23

飯島 雅人 株式会社ミサワホーム総合研究所 環境創造研究室

集団健康管理サービス「タニタ健康プログラム」 ……26

丹羽 隆史 株式会社タニタ 社長補佐 事業戦略部長 株式会社タニタヘルスリンク 取締役副社長

エネルギー（電力）分野でのつながるネットワーク ……30

芹澤 善積 一般財団法人 電力中央研究所 システム技術研究所 研究参事

IoT 時代の開発方法論としてのシステムズエンジニアリング ……34

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

つながる世界における脅威と脆弱性検討のポイント ……37

金野 千里 IPA 技術本部 セキュリティセンター 情報セキュリティ技術ラボラトリー ラボラトリー長

報告 ……40

ドイツにおける製造業のデジタル化「Industrie4.0」の取り組みについて

和田 恭 SEC 副所長

技術解説 ……44

i コンピテンシ ディクショナリを活用した組織力強化

奥村 有紀子 IPA IT 人材育成本部 HRD イニシアティブセンター

組織の活動紹介 ……48

インダストリアル・バリューチェーン・イニシアチブ

西岡 靖之 インダストリアル・バリューチェーン・イニシアチブ 理事長 法政大学デザイン工学部 教授

IoT & Industrial Internet のGlobal展開と日本の産業界の課題について

吉野 晃生 一般社団法人 日本OMG 代表理事 Industrial Internet Consortium Sales Representative, Japan

Column ……52

ソフトウェア開発2.0

松田 晃一 IPA 顧問

書籍紹介 ……53

編集後記 ……54

IoT時代のIT政策を考える



経済産業省 商務情報政策局 情報処理振興課長
渡邊 昇治

電気電子機器、自動車、産業機械など様々な製品の機能・性能の向上に伴い、ソフトウェアの大規模化・複雑化などが進む一方で、開発期間の短期化やエンジニアの不足など、ソフトウェアの開発環境は厳しさを増している。このため、ソフトウェアの不具合などによるトラブルなどの増加が懸念される。

このような中、SEC（ソフトウェア高信頼化センター）は2004年に設立されて以来、10年以上にわたって、ソフトウェア・エンジニアリング手法を駆使したソフトウェア開発、高度IT人材の実践的育成、組込みソフトウェア開発力の強化など、日本のソフトウェア・エンジニアリングの拠点として多大な功績をあげてきた。これまでのSECの取り組みに対して敬意を表したい。

振り返ってみると、2000年にIT基本法が制定され、2001年にIT戦略本部、e-Japan戦略が設置、策定されるなど、IT基盤の整備が積極的に行われてきた。そして、日本のインターネットや携帯電話・端末の普及率は順調に伸展した。コンピュータや通信の処理速度や容量も飛躍的に進歩した。また、2003年のe-Japan戦略IIに基づき、医療、食、生活、金融、行政などの重要分野におけるIT利活用も進められた。私たちの生活はITによって着実に便利になったし、産業はITによって付加価値を高めた。近年では、インターネットにつながったサーバーやコンピュータに置かれた膨大なデータやプログラムを利用できるクラウド・サービスが本格化している。

このような変化を踏まえ、これからの課題を考えてみる。一つは、近年増加しているサイバー攻撃への対応など、サイバー・セキュリティ対策である。サイバー攻撃の対象は、政府組織だけでなく重要インフラ、民間企業などにも広がり、攻撃の内容は巧妙になっている。官民共にサイバー・セキュリティ対策は急務であり、経済産業省としてもガイドラインの策定や監査・監視、原因究明への協力などに取り組んでいる。

また、IoTの進展によるビッグデータの更なる増大や、今後の労働人口の減少などの観点から、AI（人工知能）やロボットなどの新技術の円滑な導入も重要な課題であろう。センサ、小型電源・電池、モーター、ロボットなどのIoTにおけるキーデバイスは日本の得意分野であり、IoTの進展は日本の企業にとってチャンスでもある。AIに関しては、

産業技術総合研究所にAI研究センターが設置され、更に、文部科学省、総務省、経済産業省の連携も深まるなど、研究開発の加速が期待される。

これからは、ただITを利活用すればよいということではなく、利活用の内容も進化していくと考えられる。既に多くの組織がITを業務効率化などに役立てているが、これからは、ITを新たなサービスや製品の開発・提供などに役立てる、いわゆる「攻めのIT投資」が必要であろう。

新たなビジネスに関しては、ベンチャー企業の方が機敏に取り組める場合もあり、特区や実証試験なども含め、イノベティブな研究者や起業家に対する支援が望まれる。IPAの「未踏」事業も重要だ。

日本では、上記のような課題に対応できる人材が不足しており、人材育成・人材確保も急務である。ITは国境を越えやすいものであり、グローバルに活躍できる人材も必要である。

以上のように課題が山積する中、経済産業省では、IoT、ビッグデータ、AIの進展がこれからの社会や産業更には行政にどのような変化を与えるか、これらをどのように社会課題の解決や経済成長に活かしていくのか、検討を深めることとしている。

「2～3年後のこともわからないのに、10～20年後のことなんて考えても無駄」と言われることもある。そうかもしれない。しかし、2～3年後のことはわからなくても、10～20年後の方向性がイメージできる場合がある。例えば私は、2～3年後にどんな仕事をしているかは予想できないが、10～20年後に歳をとってリタイアしている姿は想像できる。私は、電力・ガスや建設・住宅などの分野で活躍している方々を尊敬している。彼らは、30年間運転し続ける発電所、60年間使い続ける建物などを造っている。30年後、60年後のその地域の人達や産業のことを考えている。将来のことについて責任を持つのはとても難しいが、将来を思う気持ちを私は大切にしたい。

あらゆるものがインターネットにつながり、あらゆるものがソフトウェアと連動して動くような社会は既に来ているし、将来もこの傾向は続くであろう。今後、SECの役割はますます大きくなる。SECがこれからも日本そして世界に貢献していくことを期待している。

農業現場における IT 活用の可能性

株式会社 金沢大地

井村 辰二郎



SEC 所長

松本 隆明

農家の減少や農業従事者の高齢化など、農業を取り巻く環境はますます厳しくなり、IT化による作業の効率化や高付加価値化が求められている。一方、IoTの時代を迎え、あらゆる産業のスマート化が進展している。真に現場のニーズに合致したIT農業のあるべき姿はどのようなものなのか——農業従事者として先進的な取り組みを進めている井村氏にお話を伺った。

1年1作。あと40回のチャレンジ

松本：この対談で一次産業に携わっている方とお話をさせていただくのは、実は今回が初めてです。面白いお話が伺えるのではないかと楽しみにしております。どうぞよろしくお願いたします。



井村 辰二郎 (いむら しんじろう)

1964年石川県金沢市生まれ。明治大学農学部卒業後、広告代理店に入社。1997年に「脱サラ」して就農。「1000年産業を目指して」を理念に、環境保全型農業を实践。耕作放棄地を中心に開墾し、金沢郊外・河北潟干拓地及び奥能登の広大な農地で、農業や化学肥料を使用せずに、米、小麦、大麦、大豆、蕎麦、ハトムギ、野菜を有機栽培。耕作面積は約180ha(水田35ha、畑地145ha)。自社有機農産物の加工・販売で、農業の六次産業化にも積極的に取り組む。

井村さんは有機農業を進められており、その視点からのお話もあるかと思いますが、今日はIT活用という点からお話を伺いたいと思います。早速ですが、井村さんと農業との出会いはどのようなものだったのか、簡単にご紹介いただけますか？

井村：実は実家はもともと農家です。しかし私はずっとサラリーマンをしていました。サラリーマン時代は広告代理店におりまして、企業の広報活動のお手伝いをしていました。私の地元である金沢で働いていましたが、IT系の企業が多く、ディスプレイの大手メーカーや情報通信機器メーカー、更に大手情報通信会社とのお付き合いもありました。その中で、これからの時代のキーワードは、持続可能性であり、生物多様性だどつづく

く感じていたんです。要するに環境問題ですね。PL法が施行され、電磁波の問題への対応が求められ、また各メーカーの商品開発もリサイクルやリユースへの対応を抜きには考えられなくなっていました。自然と親和性があり、環境としっかり向き合っていける企業でなければ生き残れないということが明らかでした。

その時、家業である農業を振り返ってみると、これほど持続可能性があり、生物多様性を大切にできる産業はほかにないということにあらためて気付いたんです。農業に関するビジネスの可能性を考えたとき、ここには無限の可能性がある。一次産業から二次、三次と産業は分化してきたわけですが、本来、一次産業にすべてがあるんですね。むしろこれからは、一次産業に回帰していく方向なのではないか、と思いました。あらためて農業に関連するビジネスにどんな可能性があるか考えてみると、広大な土地がありますから、太陽光発電、風力発電、小水力発電といった自然エネルギー事業が考えられますし、エコツーリズムやグリーンツーリズムなど、消費者とのネットワークも考えられる。一次産業に関係しないものはないと気付きました。それで脱サラして家に戻り、農業を継ぎました。私は5代目になります。もっとも、私にとっての農業は、単なる農産物の生産ではなく、最初からアグリビジネスでした。その後現在まで18年間、農業ビジネスを続けています。

松本：農業における生産から出荷までの過程の中に、ビジネス化の視点はどういうふうに入っていくのですか。企業であれば売り上げを伸ばす、利益を上げるということがあると思いますが、収穫量をどう上げるかとか、作業の効率化をいかに図るかといったことでしょうか。

井村：すべての基本となるのは持続可能性ということだと思います。農業は、途中で儲からなくなったからやめます、

というわけにはいきません。外部経済の事もあります、農業は地域の基幹産業であり、雇用の創出という役割も担っています。効率とか利潤追求だけでは説明できないものもっています。

更に農地を基盤に生産し雇用を生み出し納税するという一連の流れは、一般の企業と変わらないように見えるかもしれませんが、そのスピード感はIT業界とは全く違って、非常にゆっくりです。農業は1年1作がほとんどなんですね。これも大きな特殊性です。

今でもよく覚えています、私は脱サラを考えたときに、ある取引先の当時常務にご相談したんです。てっきり「君にやめられたら困るよ」と引き留めてくださるのかと思っていたら全く逆で「それはいい、すぐ始めなさい」と言われました。そのとき、こう聞かれたんです「今から米作りを始めて、何回できるの?」と。当時30歳くらいでしたから70歳までとして40回くらいなんですね。その方は「そうでしょう。IT業界の物作りなら、机の上で何億回というシミュレーションができる。しかし、米は40回しかチャンスがない。だからすぐやりなさい。1年でも無駄にはいけない」というわけです。

お話を伺って、なるほど時間ということが大きなキーワードだなと感じました。だから、何事もスピード感をもってやらなければいけないと。以来私は、「石橋を叩きながら全速力で渡る」「清水の舞台から命綱をつけて飛び込む」ということをモットーにしています。リスクは取れない。しかしゆっくり進むわけにもいかないんですね。

松本：慎重に、しかし時間は限られているからスピード感をもって取り組まなければならないというわけですね。

営々と受け継いでいくべき農業

松本：農業というと個人事業という印象がありますが、企業として経営していく意義やモチベーションというのはどういうところにあるんですか。

井村：先ほども申し上げましたが、一つは地域の基幹産業であり、雇用を創出するという大きなミッションがあります。確かに家族経営でパートさんを使いながら高収益を上げていくというやり方もあると思いますが、そのやり方に持続可能性があるかという疑問がある。やはり組織として、法人として人材を育てていくことが大事だと思います。効率やひとり当たりの粗利率といったこともありますが、雇用を維持していくことは、地方では非常に重要です。

松本：組織としてやっていかなければ、ノウハウの蓄積も後継者の育成もできないということですね。

井村：仮に私が個人経営をして、私の代で終わってしまえば、フィロソフィーが伝承されていきません。私がしっかりフィロソフィーを築き、その理念の下に組織的に取り組

めば、私がいなくなっても100年、200年と続いていきます。私は脱サラして農業に携わるときに、まず経営理念を作りました。そこでは「1000年産業を目指して」と掲げました。今も、すべてそれに基づいて意思決定をするようにしています。これは持続可能性があるのか、それとも短期的なものでしかないのか。打ち上げ花火のように、単発で大きな利益を上げるという発想はありません。どんなに短くても10年、20年という単位で、しっかり経営していく。今のグローバリゼーションの中で企業が求めている事とは違うと思います。これは郷愁で申し上げているのではありません。長く続くということは非常に大事です。少しずつ成長して行くということです。

松本：農業というのは産業として最も歴史が長いと思いますが、しかし企業化は進まないですね。どういった要因があるのでしょうか。

井村：これは歴史観に関係するかも知れません。つまり、どのスパンで物を考えるかです。私は昭和39年生まれです。新幹線が誕生した年であり東京オリンピックが開かれた年ですね。日本が高度成長に向かう、正にその時に生まれているんです。実は私の生まれる10年ほど前までは、化学肥料も農薬も普及していませんでした。一次産業が国の基幹産業で、食糧自給率も75%くらいあった。ということは、それからの50年くらいが、色々な産業が急速に伸びた時代

で、その前の50年は、農業が基幹産業の時代だったわけですね。とすれば、これからの50年間は、あらためて農業が脚光を浴びる時代になるかも知れない。100年後、200年後にIT業界があるかどうか?たぶんあるでしょうが、前にご紹介した当時常務は「携帯電話はなくなるかも知れないね」とおっしゃっていました。しかし農業は、未来に、農産物生産工場のようなところで作るものがあっても、なくてはならないものですね。農業というのは、スピードもミッションも違う、独特の産業です。一つの企業の盛衰とは同日に論じられない。少しご質問から離れてしまいましたが。

松本：農業は特別な産業分野という認識が必要なんですね。



松本 隆明 (まつもと たかあき)

1978年東京工業大学大学院修士課程修了。同年日本電信電話公社(現NTT)に入社、オペレーティング・システムの研究開発、大規模公共システムへの導入SE、キャリア共通調達仕様の開発・標準化、情報セキュリティ技術の研究開発に従事。2002年に株式会社NTTデータに移り、2003年より技術開発本部本部長。2007年NTTデータ先端技術株式会社常務取締役。2012年7月より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(SEC)所長。博士(工学)。

IT 導入が目的になってはいけない

松本：今、農業従事者が減って、同時に高齢化も急速に進んでいます。2013年の農水省の調査では、平均年齢が66.5歳で、65歳以上が全体の60%を占めているとされています。後継者不足も深刻です。その中で産業としての継続性を考えたとき、大事になってくるのはどういったことだとお考えですか。

井村：私の地元である石川県の能登地方では、農業従事者の平均年齢は既に70歳を超えていると思います。10年後、20年後に高齢の方が現場を離れたらどうなるのか、非常に危ういですね。崖っぷちにきていると感じます。他方で企業の農業参入が盛んになっていて、農地はリース形式での耕作もできるようになっていますし、流通業界大手が農場を手がけるのがトレンドになっていて、私のところにも手伝ってくれないかと声がかかっています。大手商社も農業への参入のタイミングを見ているかも知れません。手がける人間がいなくなれば必ず代替りのプレイヤーが必要になってくるわけですから、規制緩和などもその時にセットで進むということなのだろうと思います。

松本：その時、IT活用による省力化で人手不足に対応したり、データの分析で収穫率を向上させたり、ITによって改善できることもあると思いますが、ITへの期待としてどんなものがありますか。

井村：私は金沢工業大学の先生方と色々な共同研究をスタートしました。つい先日もシンポジウムがあり、その時に、農業の中でのIT利用の可能性についてお話をしました。私は大きく分けてふたつの場面があると思います。ひとつは施設園芸的なクローズドな空間、いわば植物工場のようなところでITを使って効率化していくケースです。オランダなどが先進的に進めています。これはかなりのレベルまで進んでいます。もう一つは、耕作面積も広く従事者が多い米、麦、大豆などを生産する土地利用型農業です。

実はこちらの現場で活用できるIT技術に何があるかということ、まだそれほど提案されていません。実験的に行われているもので私も参加しているものとして、トヨタさんと一緒にセールスフォースというエンジンを使って進めている「豊作計画」というものがあります。何をしているかということ、社員一人ひとりが端末を持ち、そして圃場ほじょうに行きながら田植えをしますと入力すると、GPSが見ていて、何分でどれだけの面積の田植えをしたかを計測し、それが計画通りかどうかをチェックする。早生わせと晩生おくてという二つの品種があるとすると、その配合がどうなっているのか、その分析もできる。働いている人の人件費との関係を見て、労働の効率や利益率もはじき出せる仕組みです。また、クボタさんはコンバインの中に食味センサを付けて、おいしい

ものおいしくないものを区分管理していくとか、石川県がイセキさんと共同開発している田植機は、田植えをしながら瞬時に土壌分析をし、それに合わせて施肥量が調節できるというものです。実は1haの畑でも、場所により地力はバラバラです。ところが今は同じ施肥量になっている。それを、地力に合わせて細かく調節しようという趣旨です。

松本：そうすれば育成状況もよくなり収穫量もあがるというわけですね。

井村：ただ、どこまで収穫量があがるのか、その最新の田植機が無料でもらえるならいいですが、そんなことはない。投資した費用に見合う効果があるのかどうか、現場はピンと来ていないですね。米の価格はどんどん下がっています。それに対してコストをかけようということをやっているわけです。そもそも難しい。

IT化というのは目的ではないんです。手段に過ぎない。ところが最近目的になっているようなところがありますね。IT化を進めなければ、とみんなが口をそろえますが、本当にきちんとしたビジョンがあるのか、そこは検証すべきでしょう。当然ですが、ITを使えばコストがかかります。そのコストをどこが負担するのか、ということです。

松本：その問題は農業だけではないですね。最近企業経営者の間でも、ITが企業のビジネスにどれだけ役に立っているのか、ということがあらためて問われ始めています。色々なシステムを導入しても、業務の効率化にはある一定の効果はあったが、IT化により新しいビジネスチャンスが広がったか、新しい商品やサービスの開発につながったかといえば、それほど成果は見えていない、ということも少なくありません。おっしゃるようにIT化が目的化されてしまうと、とにかくまずITを導入しましょう、システムを入れましょうということになってしまう。経産省も「守りのITから攻めのITへ」というスローガンを打ち出しています。効率化・省力化というのは守りであり、これからは攻めのIT化が必要だというわけですが、いずれにしてもITで何を狙うのか、必要なのはその戦略ですね。

農業には雇用創造という任務もある

井村：先ほども申し上げたように、農業は社会的な産業です。IT化で効率は上がっても雇用がなくなってしまうのかということもある。非効率なことが雇用面では意味を持つこともあるわけです。過疎地で高齢化し、耕作放棄も続いているような土地で、IT化は確かに人手の心配を払拭するかも知れないが、新たに若者が参入してくるような産業にしていかなければいけない、という面もあるはず。効率化によって仕事が減るということは、必ずしもプラス面だけではないのです。

松本：省力化して人を減らすことが目的なのではなくて、

農業という産業の成長のために IT 化があり、そこに人が集まってくるようにすべきだということですね。

井村：とくに日本の農業は、安いものを大量に作るのか、付加価値の高いものを作っていくのかと考えたとき、他とは違う価値のあるものを作らなければならないと思うんです。効率化を図って安いお米を作り、アメリカやオーストラリアと競争していこうというのではなくて、味か、ストーリーか、文化か、何か付加価値のあるものを作っていくというのがこれからの方向ではないでしょうか。もっとクリエイティブに考えていかなければならないと思います。

松本：正にかつての日本の半導体産業のように、以前は世界的に大きなシェアを誇っていたながら、結局価格競争に引きずり込まれて、労働力が安い中国などにシェアを奪われてしまった。付加価値を付けることを考えなければいけなかったはずですよ。

井村：今、日本の米農家には所得の半分くらい補助が入っていると思います。税金が使われている。そういう生業の中で、どう使命を果たしていくのか。農水省は農業の多面的な機能、つまり治水や景観の保持といった外部経済に価値を見いだしていますが、果たしてそこに国民の共感や支持があるのか。そしてそこに IT はどうかかわっていくべきなのか。効率化のための IT 化に走ってしまえば、魅力のない農村になってしまうでしょう。ここははき違えないようにしなければならぬと考えています。大きなハウスを構えて何トンものトマトが獲れるといったところでは IT 化による効率的な栽培がびたつとはまる。しかし、過疎地の農村に IT が入ることによってどういう幸せが生まれるのか、ということです。ここを考えていけば、日本だけではなくて東アジアの農村のモデルになる。そういう技術開発をきちんとやるべきだと思います。

現場が本当に欲しい IT とは

松本：その意味では井村さんが進めていらっしゃるような、現場からの IT 化に意義があるのではないかと思います。大手の農機具メーカーが進めている IT 化とはまた違った追求だと思いますが、いかがでしょうか？

井村：IT 化というのは、草の根的であるべきだと思っています。実は私が就農した 18 年前に比べて、米の値段は半分以下です。ところがコンバインの値段は当時の倍になっています。今私たちが使いたいプロ仕様の 6 畳刈りのコンバインの価格は 1,500 万円くらいです。機能がどんどん追加されているから高いんです。ところが、たくさん使う農家でも年間で 1 カ月は使わない。2, 3 週間です。しかも、それが 6 年くらいで壊れる。

松本：そんなに早く……。

井村：そこで見えてくるのは日本の農業の独特の構造です。

農家や関連組織・企業が、競争や市場原理からかけ離れたところにあった。IT 導入も、普通の費用対効果の計算が成り立たないんです。だから農家が自分でしっかり考えて、草の根的に使っていく、ということしかないですね。これだけモバイル端末が普及して、マシンとマシンがつながる世の中なのだから、アイデアがあれば農家の現場でもできることがある。私自身が、WI-FI なども使って効率化が実現できないかと考えて始めたのがハウス栽培の遠隔自動制御システム「rSence」^{*1}でした。

松本：「IT Japan Award 2015」で特別賞を受賞されましたね。手作りならではの苦労もあったのではないかと思います。

井村：スタッフに詳しい者がいたので、私はアイデアを出したり、こうしたらうまくいくんじゃないのと、アドバイスをしていただけなので、苦労はそれほどありませんでした。ほとんど秋葉原で誰でも手に入れられるようなパーツを組み合わせて作っています。ただ、先行投資ではありますから、経営者としては決断してコストをかけました。面白いものができたのですが、販売のところでストップしてしまいました。「今までどおり、人がやればいいじゃないか」と言われてしまうんです。

松本：先ほどから指摘されている、農家がコストをかける意味ですね。

井村：現場の農家が自分の頭で考えて、必要なものを取り入れていくということをしていって欲しい。今、イノシシの被害が深刻です。うちもやられています。イノシシが田んぼに入って一部でも食べると、においが付いてしまって田んぼ 1 枚全部だめになります。その鳥獣被害対策として電気柵を設ける、ということが行われているのですが、電気柵は広い範囲に設置することになるのでとても大変です。その点、檻を仕掛けてセンシングでイノシシの体温を感じて作動させるというアイデアがあり、これはかなり使えるのではないかと思います。

葉の色で施肥のタイミングと量を知る

松本：センサ類も安くなって、色々なセンシングができるようになりましたが、それをどう農作業に活かしていくかですね。データが取れ、その蓄積がビッグデータになっても、それをどう活用するかということが分からないと意味がな

【脚注】

*1 「rSence」はビニールハウス内外の環境の変化（温湿度、照度、土壌水分量など）をセンサーでリアルタイムに把握し、ハウス内の水やりやハウスサイド（側面のビニール）の巻き上げ、ヒーターの運転などを自動制御するシステム。スマートフォンやタブレットで遠隔地から設定を変更したり、水やりなどの指示をすることもできる。

い。農業の場合のデータというのは、標準化・形式化されず、人の経験や勘に頼るような属人的なところも大きいのかなと思いますけどどうなのでしょう？

井村：データ化で今一番可能性があるのが葉の色ですね。葉の色は肥料に大きく関係し、味にも関係します。葉色と施肥の関係をデータベース化することは、既に稲で取り組まれています。また、金沢工業大学の先生と一緒に取り組んでいるのですが、ドローンに近赤外線カメラなどを積んで上空から稲を撮影してデータ化し、その色と肥料の量を関連させようという試みに着手しています。

松本：その場合、どのくらいの色だったら肥料はこうする、という基礎資料はあるのですか？

井村：今まで各農家は経験値でやってきましたが、データを使って一番手軽に省力化できるのは田植えと一緒にいる施肥の場面です。コーティングされた肥料を入れて、それを積算温度に応じて溶けるようにします。コシヒカリでどの時期に窒素分があればいいかということはデータ化されているので、それに合わせて溶け出させるわけです。そうすれば田植え時に成長のための肥料があり、その後ある時期になって必要な肥料が自動的に供給されるわけです。

松本：なるほど。既に基礎知識は積み上がっているんですね。

井村：コメ栽培の歴史は長いですからね。ただ、こうした詳細なデータは試験場にはありますが、現場の農家はデータを取っていません。今後、米だけでなくイチゴでも何でも、栽培品種に応じた細かいデータを取っていけば、日本型のビッグデータ活用事例になっていく可能性はあると思います。ただし、先ほどもお話ししましたが、個々の農家はその費用を必要コストと見ることはできません。そこに問題があるんです。

松本：確かにそうですね。全国の農家で共通して使えるようなものにしてコストを下げていかなければいけないですね。

井村：国が1つのインフラとして確立することを決断して、公共的に取り組むとか、そういう動きなしに、一農家という“点”ではできません。国家戦略の中に組み込んで、日本で栽培できる農作物を網羅して、50年後100年後に誰がやってもできる、そのままノウハウをアジアに持って行ける、それくらいのしっかりしたプロジェクトにしていければ面白いですが、難しいでしょうね。

松本：しかし、2013年に閣議決定された「世界最先端IT国家創造宣言」の中でも、「メイドバイジャパン農業」を謳っています。農業を一つの柱にして、それをスマート化していくという機運はあると思います。

井村：グローバル経済の中で日本の農業をどうするか、守るのか、攻めて出るのか、というときに、日本は攻めていく、海外で売っていくという選択したわけです。しかし、

海外で日本の農産物を買ってもらうときに、その強みは何なのか。品質なのか、味なのか、安全性なのか、価格なのか、まずその戦略が必要だと思います。戦略がなければ何も生まれない。IT化と言えば面白いし、注目もされる。マスコミも取り上げる。しかし、農業のIT化で何をしたいのかという議論が、実はまだされていません。色々なことができるわけだし、IT化は大きな流れです。今冷蔵庫の中に何があるのということがセンシングされてビッグデータになっていけば、これはこれで面白いでしょう。いずれにしても、求められているのは戦略です。

松本：おっしゃる通りですね。データをきちんととりましようといっても目的がはっきりしていないと、何のためのデータなのかということになってしまう。

求められる農業の構造改革

井村：日本の農業を、ビジョンを持って構造改革していかなければいけないと思います。そこにITが位置づけられるのであれば面白いでしょうね。

松本：産業構造としてはどうなのでしょう？農協のような大組織があってその下に個々の農家が組み込まれているといった大きなピラミッド型なのでしょうか。もしそうだとすると、IT化などの新たな取り組みをボトムアップでやりにくいという面もあるかと思いますが。

井村：昨今、大規模な農業生産法人が台頭しています。農協は、兼業農家を支えていることが多いのかもしれませんが。私たちのようなプロ農家は農産物を自分たちで販売するケースも多い。農協の役割は、新しい時代に向け進化してゆくべきですね。また、もともとは農地解放で庄屋さんが持っていたものを細かくしたわけです。しかし、生産性が落ち再生産できないのでどんどん農業をやめる家が出て、農地も荒れてしまった。そこでもう一度、生産法人のような大きな組織で取り組むような仕組みができて、今度は農地を集約しようという流れになっているわけです。

松本：それが新たに成り立つためには、生産だけではなく、流通や販売も含めて考えていかなければならないと思います。

井村：そうですね。「六次産業化」と呼ばれますが、生産だけでなく、加工したり、消費者と直接つながるといったことを考えていかなければならないと思います。

松本：IT化を考える上でも、生産のIT化だけでなく、流通や販売と連携したIT化が求められるような気がしますね。

井村：農業はECと親和性がありますから、ITの恩恵を受けることができると思います。可能性は大きいと思いますね。当社も売り上げの10%ぐらいはインターネット通販によるものです。

松本：今はホームページも簡単に立ちあげられるので、販売

ツールにできますね。売れ行き状況をリアルタイムで収集して生産に反映させるということもできるのでしょうか？しかし、農作物だから簡単には生産調整できないですね。

井村：難しいです。1年1作のものがほとんどですからね。今のところは、できたものをどう売るかというアプローチです。しかしデータがどんどん貯まってその分析もできるようになれば、作付計画から変えていくということができるでしょう。計画生産に入っていけます。それが先ほど触れたトヨタさんとの「豊作計画」です。

松本：カイゼンの農業版ですね。そういう意味でのIT化の可能性はありますね。

他産業とも広く連携して

松本：農業ビジネスと他の産業の連携というケースは既に出ているのでしょうか？

井村：色々なところでマッチングが成立しています。例えば医療と農業、ツーリズムと農業、土地があるのでエネルギー開発とも連携が考えられます。

松本：そのときにITを使って連携をするということもあるのでしょうか。例えば風力発電で風向きや強さをセンシングする、そのデータが農作業の場面で共有されるとか。

井村：風と収穫は関係が浅いので、データの利用はあまりないかも知れません。ただ、IT化とは直接関係はませんが、過疎地で風力発電をする場合に、農家はその管理をするといったことはあるでしょう。あるいは太陽光発電をするときに、都市部の人に出資をしてもらってその利息をその土地の農作物で返すということも考えられ、既に着手しています。また、都会の人は農業や地方の過疎地のことに無関心なので、そこに関心を持ってもらう仕組みとしてエコツーリズムを考えたり、色々なものが農業には関連付いてくるので、そこにはITが介在できると思います。例えば太陽光発電を設置した農場にカメラを置く。それによって出資者は太陽光発電の状況を知ることができるし、農作物の生育状況もわかり、また、色々なことが学べる。今までネットワークがなかった農業の現場にネットワークが入ってくるということは、色々な可能性につながります。センシングもその有力な手段ですね。

松本：遠隔地でも情報が手に取るようになりますね。

井村：インフラが整えられたら、最後はコンテンツです。そのコンテンツとして農業の現場に何があるのかということですが、ここには非常に大きな可能性があると思います。

松本：今後ITに期待されることや、やってみたいと思われること、これができたら助かる、ということがあったらぜひ教えてください。

井村：先ほどの雇用創出とは矛盾するかも知れませんが、ロボットが面白いと思っています。当社は有機農業をして

いるので、除草が大変です。そこで「アイガモ農法」を取り入れています。本物のアイガモ（真鴨）ですが、あれのロボット版があるといいですね。また、有機大豆を作ると草がものすごく生えるので、その除草で苦労しています。先日も金沢工大の先生と話しました。これらの雑草の芽をカメラで見ながら除草するロボットがあったら1,000万円くらいは出しますよと。金沢工業大学では「ロボコン」もやっていますが、球を投げたりするのではなくて「畑を走って草を取る」とか、そういう課題にしてくれたらいいと思いますね。

松本：それはいいかも知れない。

井村：学生たちは色々なことを考えそうですよね。

松本：農業のIT化を考えるとときに、安全性というのはテーマになってきますか？

井村：個人情報ではありませんし、機密性の高い特許もありませんから、あまり問題にはならないと思います。しかし、秩序やルールは大事でしょう。例えば農家のハウスにカメラを置いて、どこからでも見えるようにするという場合、働いているスタッフはいやでしょう。そうしたことへの配慮が必要です。日本の工業界が蓄積してきた安全の配慮などは、農業の現場に入っていません。そのため、工業界の当たり前を農業にもってくるということを考えています。まずは整理整頓からです。農家でも大型の機械を扱いますし、工具も使います。でも、いつも工具を探し回っているなど、とても整頓されているとは言えない。この解決だけで、生産の効率はずっと上がるでしょう。

松本：なるほど。それにしても、まずは産業としての日本の農業をどうしていくのか、その戦略の策定とそれに基づいた構造改革が必要だということですね。その中でITが大きな力を発揮できればいいと思います。今日は貴重なお話をありがとうございました。



契約を用いたソフトウェア開発の修正傾向調査



岡野 浩三^{†1}



吉岡 一樹^{†2}



楠本 真二^{†3}

ソフトウェアに対して Design by Contract に基づく契約記述を付加することによって、ソフトウェアの品質の向上が期待されている。しかし、契約記述がソフトウェアの品質に影響を実際に与えるか否かについて実証的な観点からの調査を行った研究は報告されていない。そこで本研究では、契約記述の存在する複数のオープンソフトウェアに対してリポジトリマイニングを行ない、ソフトウェアの品質への影響を調査した。具体的には、契約記述のあるファイルと無いファイルで、そのファイル中の不具合の修正傾向（修正の頻度、タイミング）に違いがあるかどうかを調査した。その結果、正しい契約記述が開発の効率向上に結びつき、また、早期に契約記述をすることで、不具合の早期・短期修正の可能性があることが確認された。今後、開発過程で正しい契約記述がなされたかどうかを担保する方法を検討しなければならない。

Empirical Research on Design by Contract based Software Development

Kozo OKANO^{†1}, Kazuki YOSHIOKA^{†2}, and Shinji KUSUMOTO^{†3}

A program based on Design by Contract is said to have high software quality. Any past study, however, does not report that such contract actually affects the quality of the software from the view point of empirical approach. In this research, we mine software repository for open software, and confirm whether contract affects software quality. In particular, we research whether there is differences of a tendency to fix defects between programs with contracts and without them. In the results, we find that programs with correct contracts improve development process and early contracts promote early and rapid bug-fixing. Consequently studies on verification methods for DbC written in real software in software development are needed.

1. はじめに

ソフトウェア開発が大規模化すれば、それだけ仕様の漏れやテストケースの不足などが発生しやすくなり、細かい不具合の検出が困難になる。Design by Contract (以下 DbC) [Meyer1992] の概念では、ある処理の呼び出し側と呼び出される側の責任を、契約として明確に分けることにより不具合が発生したときの修正箇所を明確にする。このような契約に対して、形式手法などを用いることで実装が契約を

満たしているか否かを調べることができる。DbC に基づく仕様記述言語の例として、Java Modeling Language (以下 JML) [Leavens1999] や Spec# [Barnet2005] などが挙げられる。JML を用いて Java プログラムに対して仕様記述する

【脚注】

- †1 信州大学 工学部情報工学科
- †2 株式会社日立製作所 インフラシステム社モノづくり統括設計部
- †3 大阪大学 大学院情報科学研究科

ことにより、ESC/Java2[Flanagan2002]などを用いて仕様に対するプログラムの正しさを検証できる。ESC/Java2の結果は正当性、完全性は保証されていないが、不具合検出などに活用できる。このような軽量的手法 (light-weighted approach), すなわち、形式手法が使える場面で活用する方法を用いることにより、契約記述が付加されたプログラムの正しさを保証し、ソフトウェアの品質、特に、保守性、再利用性の向上を図ることができる。しかしながら、契約記述がソフトウェアの品質に実際に影響を与えるか否かについて実証的に調査をした研究は報告されていない。そこで、本研究では契約記述の存在するソフトウェアに対してリポジトリマイニングを行ない、ソフトウェアの品質に影響を与えているかについて実証的に調査する。この論文は[吉岡 2010]で報告した内容を整理し、記述追加を行ったものである。

リポジトリマイニングとはソフトウェアの特徴を調べる手法の一つであり、開発履歴情報の集合であるリポジトリに対してデータマイニングを行う。リポジトリマイニングを行う際のデータの収集対象としては、ソフトウェアの変更履歴や開発者情報などのプロセス情報、開発期間などの時間情報 [Kim2008] などがある。本研究では、契約記述の付加されたファイルとそうでないファイルで不具合の修正率や修正までにかかる時間で差があるかを調査した。その結果、契約を正しく書くことが契約記述による効率向上につながるであろうことが分かった。

以降、2, 3, 4章で、それぞれ、本研究の背景、調査内容および実装、得られた結果について述べる。5章で考察し、6章では関連研究について言及する。最後に7章でまとめる。

2. 背景

2.1. Design by Contract

DbC は Bertland Meyer が提案した概念 [Meyer1992] であり、クラスとそのクラスを利用する側との間での仕様の取り決めを契約とみなすことにより、ソフトウェアの品質を向上させることを目指している。契約とは、クラスの利用側がそのクラスのメソッドを利用する際に、ある指定された事前条件を保証すれば、そのメソッド実行後は指定された事後条件を満たすことを保証するというものである。

いくつかのプログラム言語では、標準で DbC を提供している。一方で、オリジナルの言語定義とは独立に DbC をサポートする言語や処理系も存在する。例えば、Eiffel [Meyer1991] は標準で DbC を提供している。C# と Java は標準ではその機能はないが、それぞれ仕様記述用の言語が存在する。Spec# [Barnet2005] は C# に契約を記述する言語である。Spec# に対する静的解析のために制約記述の中間言語としての Boogie [1] や Boogie のための種々の処理系が挙げられる。Java においては、仕様記述用の言語として

は JML がよく知られている。また Daikon[Ernst2007] は複数のプログラム言語を対象に契約の構成要素である表明を動的解析によって導出するツールであり、すでに作成されたプログラムコードの仕様保守などに有用視されている。

2.2. Java Modeling Language

JML[Cok2011], [Leavens1999] は DbC に基づいて Java に契約を付加するための仕様記述言語である。契約はメソッド実行前に満たすべき事前条件、事前条件を満たした上でメソッド実行後に満たされるべき事後条件、オブジェクトが生存中に、各フィールド変数が常に満たすべき不変条件などがあり、JML ではこれらを Java の文法を拡張した言語で記述することができる。また、この記述に対して種々の解析を行えるツールがある。ここでは、契約の基本的な概念である事前条件、事後条件、不変条件について説明する。図 1 に説明例として用いる BankAccount クラスを示す。

@requires 句は JML において事前条件を示すために用いられる。図 1 において、withdraw メソッドと deposit メソッドはそれぞれ、9 行目、10 行目と 16 行目に事前条件が記述されている。@ensures 句は事後条件を示すために用いられる。コンストラクタと withdraw メソッド、deposit メソッド、getBalance メソッドは事後条件を持つ。図 1 の 4 行目はインスタンスを生成した直後はフィールド balance の値は 0 であることを事後条件として記している。

図 1 の 11 行目は事前条件を満たしている状況で withdraw メソッドが実行された後には事後条件として balance == \old (balance) - amount が成り立つことを記している。ここで \old() はメソッド実行前の状況でのフィールド変数の値を参照するのに用いられる。

JML において、不変条件を示すためには @invariant 句が

```
1 public class BankAccount{
2     private int balance ;
3     // @invariant balance >= 0;
4     // @ensures balance == 0;
5     // @assignable balance ;
6     public BankAccount () {
7         this.balance = 0 ;
8     }
9     // @requires amount >= 0;
10    // @requires balance >= amount ;
11    // @ensures balance == \old (balance) - amount ;
12    // @assignable balance ;
13    public void withdraw ( int amount ) {
14        this.balance -= amount ;
15    }
16    // @requires amount >= 0;
17    // @ensures balance == \old (balance) + amount ;
18    // @assignable balance ;
19    public void deposit ( int amount ) {
20        this.balance += amount ;
21    }
22 }
```

図 1 JML が記述された BankAccount Class

用いられる。図1の4行目は、フィールド balance はオブジェクトが生存する間は必ず0以上ということを示している。

その他、任意のフィールド変数 a の宣言時に @non_null が修飾された場合は、@invariant a != null という表現と同等の意味を持つ。これらの事前条件、事後条件、不変条件やプログラムの着目する1点で成立すべき条件などを併せて表明 (assertion) と呼ぶ。

以上で述べた各種の表明は ESC/Java2[Cok2004] や、JML4c [Sarcar2010] などのツールを用いることで解析できる。

静的検査器の1つである ESC/Java2 [KindSoftware2013] は ESC/Java[Flanagan2002] の後継ツールであり、対象プログラムと JML 表明を述語論理式に変換し、充足可能性の判定を行う。

ESC/Java2 がプログラムの実行を伴わない静的な検査ツールなのに対し、JML4c は動的にプログラムを実際に動かして表明とプログラム動作との適合検査を行う。

2.3. リポジトリマイニング

ソフトウェアの開発履歴が蓄積されているソフトウェアリポジトリに対するデータマイニング (リポジトリマイニング) は、実際のソフトウェア開発における有用な知見の発見が期待され、近年の実証的ソフトウェア工学で多くの研究が行われている [小林 2010]。近年のソフトウェア工学の動向としても、実証的証拠を発見、収集することが重視されている [MacDonell2010]。

3. 調査手法

3.1. 動機

契約記述はソフトウェアの品質を高めていると一般的に考えられているが、実際の開発に与える影響に関して調査した研究は存在しない。我々の研究グループの既存研究 [武藤 2011] において、実装中に出現した変数のうち、契約記述に出現した変数の割合を計測している。この手法では契約記述の網羅性を測ることはできるが開発においてどれだけ必要な記述であるかまでは判定することはできない。そこで、本研究では実際にソフトウェアリポジトリを用いて、開発履歴情報がソフトウェアリポジトリに蓄積されているソフトウェアを対象に調査を行う。ソフトウェアリポジトリには開発の変更履歴の情報が残っているために、開発プロセスにおいて契約記述がどのように変更されているかを調査することができる。JML が付加されたソフトウェアにおいてどのような変更が行われているかを調査し、実際の開発における JML の影響に関する知見を得る。

3.2. 調査内容

本研究では、3つの調査を行った。1つ目は契約記述が付加されたソフトウェアの修正傾向の調査、2つ目は JML 記

述を付加されたプログラムと付加されていないプログラムにおける変更率の比較調査である。3つ目は JML 記述を付加されたプログラムが付加されていないプログラムと比較して不具合が早期修正される傾向にあるかという調査である。これらにより、JML 記述の付加されたプログラム自体の修正傾向 (修正の頻度、タイミング) と、JML 記述の付加されていないプログラムとの比較による、JML 記述が付加されることによる開発の違いの調査を行う。

3.3. リサーチセッション

本研究における各調査の求めるリサーチセッション (RQ) は以下の通りである。

調査1のRQ: 契約記述が付加されたソフトウェアの修正内容は特徴付けできるか?

調査2のRQ: 契約記述が付加されることにより、不具合の修正回数が減るか?

調査3のRQ: 契約記述が付加されることにより実際に不具合が早期に修正される傾向にあるか?

3.3.1. 調査1：契約記述が付加されたソフトウェアの修正内容の調査

調査対象のリポジトリから diff 情報を取得し、変更前、変更後、それぞれのソースコードを目視で検査した。

3.3.2. 調査2：契約記述を含むコードとそうでないコードの変更率の調査

契約記述が付加されたソースコードのあるソフトウェアにおいても、契約記述を含まないソースコードは大量に存在する。そこで、契約記述の付加されたソースコードと、契約記述の付加されていないソースコードにおける修正率及び修正影響量の比較を行う。具体的には、それぞれの修正された

- ・メソッド数
- ・メソッド行数

を調査する。これらの修正された値を、最新バージョンにおける

- ・総メソッド数
- ・総メソッド行数

によって正規化を行う。このようにして、不具合に関わるコミットに関する修正率及び修正影響量の比較による調査を行う。

本研究における不具合修正の定義について述べる。ソースコードに対して加えた修正が、不具合修正であるのか機能追加であるのかなどは、厳密には開発者以外判断できない。不具合修正に関する既存研究においては、通常ソフトウェアリポジトリと関連付けられた、バグ管理システムの情報を用いて不具合の混入したリビジョンを特定している [Sliweski2005] [Wu2011]。

これらは、ソフトウェアリポジトリのコミットログや編

集履歴において、バグ管理システムのバグ管理チケットと関連のあるものを取得することで、バグの混入した時期を特定している。しかしながら、我々の研究グループが調査した限りにおいて、契約記述の付加されたソフトウェアリポジトリと関連付けられ、かつ公開されているバグ管理システムは存在しなかった。従って、上記のツールやアルゴリズムを用いることはできない。

そこで、各リビジョンにおいて不具合に関する単語 (bug, fix, problem, issue, error) を含むコミットログを持ち、明らかに不具合修正ではないものを手作業で取り除いた結果を不具合修正の行われたコミットとする。一般的なソフトウェアにおいては、不具合修正を行った場合、上記の単語を含むコミットログを残す。この方法は、不具合修正が行われたかどうかを確かめる際に不具合修正が行われたコミットをおおよそに特定するために用いられる [Li2012]。

今回調査する対象のソフトウェアには公開されたバグ管理システムが存在しないため、この方法を用いて不具合に関するコミットを特定する。

3.3.3. 調査3：契約記述を含むコードはそうでないコードと比較して不具合が早期修正される傾向にあるかの調査

一般的に、契約記述が付加されたソフトウェアにおいては不具合が早期に修正される傾向にあると考えられている。本調査では、契約記述の付加されたファイルがそうでないファイルと比較して不具合が早期に修正されているかを調査する。具体的には、不具合が修正されたメソッドを特定し、そのファイルがいつ生成されたのかを特定する。また、不具合が修正されたメソッドの存在するファイルにおいて、最後に修正された日時を取得する。これらの日時情報から、不具合を修正するのにかかった時間を特定する。通常の調査においてはバグ管理情報から不具合 (バグ) の混入した日時を特定するが、今回の調査対象ではバグ管理システムとの連携を行っていないため、不具合が修正されたメソッドが存在するファイルにおいて最後に修正された日時を不具合混入日時と仮定している。このためこの調査は「早期の修正」と「短期の修正」の2つの意味を併せて行ってしまっているが、本稿ではこの調査を「早期の修正」の調査と見なす。そして、契約記述が付加されている場合とそうでない場合で、どちらの方が早期に修正される傾向があるのか、ウィルコックス検定を行う。

3.4. 調査手法の詳細

前述した調査手順の実装の詳細について述べる。本調査では、svnの解析のために、svnkitを用いた。svnkitはJavaからsvnを操作するためのオープンソースソフトウェアである。また、Javaソースコード及びJML記述を解析するためにJava Development Tool (以下JDT)を用いた。JDTはEclipseプロジェクトのサブプロジェクトとして開発され

たJavaソースコードの静的解析ツールである。

調査2、調査3共通の前処理は以下の通りである。

ステップ1 svnkitを用いてリポジトリにアクセスし、全diff情報をファイルに出力する。

ステップ2 取得したunified diff情報から、変更のあったリビジョンおよびその前のリビジョンにおけるファイルをローカルマシンにエクスポートする。必要なファイルをすべて先にローカルに取得しておくことで、後の工程の作業を効率化する。

ステップ3 取得したソースコード中のメソッドがJML記述を含むかどうかを判定する。まず、ソースコード中のコメントノードを取得し、そのコメントがJML記述を含むかどうかを判定する。

そのコメントがラインコメントであれば、//@で始まり、直後にOverrideなどのJava言語自体のアノテーションが続かなければJMLであると判定する。また、ブロックコメントも同様に/*@で始まり、直後にOverrideなどのJava言語自体のアノテーションが続かなければJMLであると判定する。その後、コメントがどのメソッドに対するものなのかを判定する。そのコメントがラインコメントであれば、その行を含むメソッドのコメントとする。そのコメントがブロックコメントであれば、コメントの開始行と終了行を計算し、終了行の直後から始まる実装を確認する。もしも直後にある実装がフィールド変数であればクラスのコメントとし、メソッドやコンストラクタであった場合にはそのメソッドやコンストラクタのコメントとする。

ステップ4 unified diff情報から適切に差分のあるメソッドを取得するために、diffの開始行と終了行に含まれているメソッドを計算する。このために、まずJDTを用いてソースコード中の全メソッドのノードを取得する。取得したノードからメソッドの開始行と終了行を計算し、diffの開始行と終了行と照らしあわせて、そのメソッドがdiffに含まれているかを確認する。これをコメントにおいても同様に確認し、変更されたのがJML記述なのか、実装なのか、あるいは両方なのかを確認する。

ステップ5 ステップ3において差分があると判定されたメソッドにおいて、diffとなっているのがJML記述なのか実装なのかを判定する。

調査2固有の手順は以下の通りである。

ステップ1 svnkitを用い、コミットログを取得する。

ステップ2 不具合に関すると思われるコミットを取得する。**ステップ1**において取得したコミットログを単語に分割して次の単語群に含まれる単語があるかを判定する。

- bug
- fix
- error

- problem
- issue

なお、このとき先頭の大文字や複数形、活用等の語形の変化したものも検出している。

ステップ3 ローカルにファイルをエクスポートして、そのファイルが JML 記述を含むかどうかを判定する。JDT を用いて構文解析を行う。このステップにおける比較は、ファイル単位、メソッド単位、行単位で行う。

調査3固有の手順は以下の通りである。

ステップ1 全コミットにおいて、変更パスのうち svn のバージョン管理下に加えられたものを取得し、それぞれのコミットされた日時との対応を記録する。

ステップ2 同様に不具合修正に関するコミットを取得し、修正されたファイル、メソッドも同様に取得する。このとき修正されたファイル、メソッド毎に不具合修正のコミットがなされた日時の対応を記録する。

ステップ3 ステップ2において修正されたファイルにおいて、そのファイルが作成された時間をステップ1において取得したファイルと日時との対応情報から取得する。

ステップ4 ステップ3までの操作によって、ファイル毎、メソッド毎の実装から不具合修正までの時間が取得できるので、これを JML の付加されたファイル、付加されていないファイル、JML の付加されたメソッド、付加されていないメソッド、の4つに分類し、修正にかかる時間の情報を作成する。

ステップ5 ファイル単位、メソッド単位それぞれにおいて JML の付加されたものと付加されていないものでどちらの方が早期に修正される傾向があるのかについて検定を行う。ファイル単位の修正に関しては、まず全リビジョン毎にリビジョンと不具合情報を対応つける。次に、不具合修正のあるリビジョンにおいて、log コマンドで変更パス情報を取得する。取得した不具合修正の行われたリビジョンの変更パスを用いて、対応情報から最新更新リビジョンを取得する変更されたファイルパスを取得し、ファイルパスと最新更新リビジョンを結びつける。

検定にはウィルコックス検定を用いて R で行った。

4. 結果

4.1. 調査対象

バージョン管理システムには CVS, Subversion, git などがあるが、今回の調査では Subversion で管理されたソフトウェアを対象とした。対象としたのは以下のソフトウェアである。

- Community Z Tools (以下 CZT)
- Weka3

- JavaFE

CZT は、Z 言語のための、編集、タイプチェック、アニメーションを行う開発ツールである。

Weka3 は、Java コードに対する機械学習アルゴリズムを用いたデータマイニングツールである。JavaFE は Java1.4 および、Java1.5 のパーサであり、ESC/Java2 や RCC のフロントエンドコンパイラとして用いられている。

JML の付加されたファイル数、JML の付加されたファイルに関するコミット数、ソフトウェアサイズなどのデータを表1に示す。

表1 調査対象

	# files with JML	# files w/o JML	# revisions	LOC*
Weka3	10	1259	7342	282285
CZT	40	116	8248	157653
JavaFE	106	223	188	69500

*LOC of the latest revision

4.2. 調査1の結果

結果を表2にまとめる。add, delete, modify はそれぞれ追加, 削除, 修正を意味する。

Weka3 において特徴的なのは、実装が修正されておらず、かつ JML 記述が修正されているメソッドが他のソフトウェアの結果と比較すると非常に多いという点である。また、61 メソッドにおいて追記がなされているが、これらは全て後から追記したものであり同様の修正であった。これらの追記は 16 リビジョンという短い期間でおこなわれており、実際のコミットした日時を見ても 11 日間で行われている。Weka3 において発見された特徴的な修正の例をあげる。

変更前のプログラムにおいてあるメソッドの事前条件は `m_Dataset != null;` となっていた。しかしながら、変更後のプログラムにおいては事前条件が `m_Dataset == null;` に変更されていた。これは、プログラム中において `m_Dataset != null;` であるときには例外をなげているため変更前の事前条件では矛盾が発生するためである。従って、事前条件の式を `m_Dataset == null;` に変更することで問題を解決していた。

表2 記述修正量

		実装, JML 記述共に修正	実装無修正 JML 記述修正	JML 記述無修 正実装修正
Weka3	add	176	61	13
	delete	1	5	2
	modify	27	4	29
	total	204	70	44
CZT	add	6	0	22
	delete	33	0	47
	modify	11	0	16
	total	50	0	85
JavaFE	add	134	32	11
	delete	9	5	15
	modify	74	8	91
	total	217	45	117

また、このプログラムでは例外を発生させているために `//@signals (RuntimeException) m_Dataset != null` という契約を記述することが可能である。これにより、`m_Dataset != null` であるときに `RuntimeException` が発生することを明示的に示すことができる。

誤契約の修正の別の例を挙げる。

変更前のプログラムにおいてはある変数 `index` に対して代入可能であることを示す `@assignable` 節が記述されていた。これにより変数 `index` への代入が可能であるということが契約として指定されている。しかしながら、このメソッドの実行中に `index` という変数に代入を行われることはない。すなわち、厳密には誤契約というわけではないが意味のない契約となってしまう。よって変更後のプログラムにおいては、`@assignable` 節を削除している。このソフトウェアにおいては、類似した変更が存在した。変更後のメソッドにおいてはこのような事前条件の削除が同一コミットで3つのメソッドにおいて同様に行われていた。ある時期において、開発者が不要な契約であると発見、認識し、同時修正したものであると思われる。

次に、JavaFE において発見された特徴的な修正の例を示す。

JavaFE においては、JML 記述のリファクタリングが行われている。その例を図2に示す。図2の変更前のプログラムにおいては、事前条件および事後条件がそれぞれ `@requires` 節、`@ensures` 節で記述されている。これは JML 記述における最も基本的な契約の記述例である。しかしながら、変更後のプログラムにおいては変更前のプログラムに記述された契約と同等の契約が `/*@non_null*/` 節によって記述されている。変更前および変更後のプログラムにおいて記述されている契約の意味的差異は存在しない。しかし、変更後のプログラムにおける契約記述の方がより契約に関連する実装部分との距離が近く、厳密には直前に記述され

```
//@ requires signature != null;
//@ ensures \nonnullelements(\result);
private FormalParaDecl[] makeFormals(MethodSignature signature) {
    int length = signature.countParameters();
    FormalParaDecl[] formals = new FormalParaDecl[length];
    :
    :
return formals;
```



```
private/*@non_null*/FormalParaDecl[]
makeFormals(/*@non_null*/MethodSignature signature) {
    int length = signature.countParameters();
    FormalParaDecl[] formals = new FormalParaDecl[length];
    :
    :
return names;
}
```

図2 リファクタリングによる契約記述変更例

るようになっている。

この変更は、引数が満たすべき事前条件や、戻り値が満たすべき事後条件が、コードを見る開発者にとってよりわかりやすくなることを意図してリファクタリングを行ったものであると考えられる。

最後に CZT について簡単に述べる。

CZT においては表2から分かるようには実装が修正されずに JML 記述が修正されたメソッドの数が0である。すなわち、JML 記述が修正される場合には常に実装も修正されるということあり、仕様を決めてから実装を行っていること、修正の際も仕様と実装の一貫性を維持していることを伺わせる。すなわち契約を記述する際に、正しさに十分に注意を払って記述していると考えられる。

4.3. 調査2の結果

JML 記述の付加されたソフトウェアにおける、実際に JML 記述が付加されたファイルとそうでないファイルにおける変更率の比較結果を示す。本調査における変更単位にはメソッドを用いている。この結果を表3に示す。

不具合修正の発生率、影響量を以下で定義する。

不具合修正の発生率＝

$$\frac{\text{不具合修正に関わるメソッド数}}{\text{最新バージョンのメソッドの総数}}$$

不具合修正の影響量＝

$$\frac{\text{不具合修正に関わるメソッドの総行数}}{\text{最新バージョンのメソッドの総行数}}$$

Weka3 においては JML 記述を含むほうが、修正頻度、正影響量ともに値が小さい。すなわち JML 記述が付加された効果があるといえる。一方、CZT と JavaFE において逆の結果が出ている。すなわち、JML 記述による優位性はこの2つのソフトウェアでは見られなかった。

4.4. 調査3の結果

表4の中で示される平均値および中央値の値はファイルが作成されてから不具合修正が行われるまでの時間で、単位は時間 (hour) となっている。また、それぞれの平均値、中央値、ウィルコックスの順位と検定によって導かれる p 値も表4に附す。順位と検定を用いたのはウィルコックス検定の値だけでは有意水準しか示されず、比較した際の値の大小がわからないためである。 p 値が 0.05 より小さい場合、分布に差があると判断する。

ファイル単位で見たときには、僅かながら JML に有意な傾向があるが、より細かい粒度であるメソッド単位で見たときには、2つのソフトウェアにおいて、統計的に JML 記述が付加されていない方が不具合の発生から修正までの期間が短いといえる。

表 3 最後に修正されてから不具合修正にかかる時間の調査結果

調査対象		修正全体における		不具合修正に関わる			
		メソッド数	総行数	メソッド数	総行数	不具合発生率	不具合影響量
Weka3	with JML	312	4316	20	336	0.115	0.088
	w/o JML	20415	701110	3466	122142	0.175	0.316
CZT	with JML	461	5870	78	1036	5.423	0.918
	w/o JML	1723	29806	407	6827	1.702	0.539
JavaFE	with JML	2598	81841	1070	29165	0.996	1.393
	w/o JML	822	11846	175	3289	0.135	0.194

表 4 不具合の発生率と影響量

調査対象			平均値 (時間)	中央値 (時間)	p 値
Weka3	file	with JML	4892.36	3378	0.2476
		w/o JML	5510.42	1675	
	method	with JML	13196.88	15598	2.542e ⁻⁶
		w/o JML	13106.33	6373	
CZT	file	with JML	2574.14	433	0.3867
		w/o JML	2766.07	652	
	method	with JML	5647.06	2991	0.8764
		w/o JML	5616.15	3182	
JavaFE	file	with JML	3338.15	2138	0.0111
		w/o JML	5778.33	3647	
	method	with JML	7089.99	3647	7.516e ⁻²
		w/o JML	3887.10	3647	

残り 1 つのソフトウェアである CZT に関しては統計的に有意差が出ないだけでなく、 p 値が 0.87 と非常に近い傾向にあるという結果になった。

5. 考察

本章において考察を述べる。

5.1. 調査 1, 2 の考察

調査 2 の 3 つの対象のうち、Weka3 は JML 記述の付加されたメソッドの方が不具合の発生率、影響量が小さかった。すなわち、Weka3 は JML による効果があったといえる。実際にこのソフトウェアにおいて JML の付加されたファイルを調べたところ、その全てが /core 以下にあるファイルであった。これらのファイル群はソフトウェアの根幹部分を成す機能を担っており、他のファイルと比較すると重要度が高く、変更も容易には行われなかったのではないかと考えられる。また、重要度の高いファイルだからこそ、JML 記述を付加することで信頼度を高めようとしたと思われる。調査 1 の結果から併せて考察すると契約をきちんと早期にチェックした Weka3 においては契約記述の効果があり、そうでない他の 2 つのプロジェクトは開発時間を多くとったと考えることができる。

5.2. 調査 3 の考察

今回の調査では、不具合の修正にかかる時間を、最後に修正を行った時間から不具合修正を行った時間と定義している。この方法では、開発自体が特定の期間に偏っていると、その期間における不具合修正にかかる時間が短くなる。

Weka3 においては、開発期間が早い時期に偏っていたために不具合修正にかかる時間に影響を与えたと考えられる。

なお、メソッド単位よりはファイル単位でみたときには DbC についてやや肯定的な結果がでていることについては、1 つの仮説としてファイル、すなわち、クラスの単位で DbC を考えるのが適切である、ということが考えられる。この考えはそもそも DbC がオブジェクト指向プログラミングを対象に考案されたことに付合する。ただしこの仮説の妥当性についての調査は今後の課題である。

5.3. 妥当性の脅威

今回の調査における妥当性への脅威として、実験対象が小規模かつ少数であることや、実際の不具合修正情報を用いていないことが挙げられる。特に、実験対象の一つである Weka3 などは JML 記述の付加されたファイルが 10 しかないのに対して JML が付加されていない通常の Java ファイルが 1259 あるなど、結果へのゆらぎが大きい。実験対象を今回の調査よりも大規模かつ大量にすることで今回の調査よりも信頼性の高い結果が得られるものと考えられる。また、今回の調査では、実際の不具合情報を用いずにキーワードによる判定をし、不具合の発生した時期も最後に修正をした時期と見なしている。一般的なりポジトリマイニングの研究においては、バグチケットが fix された時間を不具合の修正された時間とし、不具合の発生した時期に関しては推定用のアルゴリズムを利用して精度を上げている。もしも、契約記述の付加されたソフトウェアリポジトリにおいて、対応するバグ管理システムが存在すればそれを利用することにより、異なる調査結果が得られる可能性がある。その他、各種表明の効

果の比較をするためのデータがまだまだ不十分だと考えられる。今後多くのデータの蓄積が望まれる。

6. 関連研究

武藤らは文献 [武藤 2011] において、形式仕様記述のメトリクスである変数カバレッジを提案した。このメトリクスは実装中に出現した変数のうち、形式仕様記述にも出現する変数の割合を表したものである。変数カバレッジはメトリクスを利用することで形式仕様記述が十分に記述されていないメソッドやフィールド変数を明示し、開発者に情報を仕様として記述すべきものを提示することを目的としている。

また、不具合の修正に関して本論文では最終修正日時を不具合の混入時期と見なしているが、既存研究においては、SZZ アルゴリズム [Sliwski2005] や混入時期特定ツール [Wu2011] などが提案されている。これらのツールは、ソフトウェアリポジトリと連携しているバグ管理システムの情報を利用することで、不具合の混入時期を推定している。契約を用いた開発手法が、文献 [Leitner2007] で提案されている。この手法では、実行時に契約を満たさない実行であった場合、その実行履歴をトレースしテストケースを生成する。すなわち、契約を記述することでテストケースを記述するコストが軽減される。文献 [Knauth2009] では、mutation の概念を利用することで契約記述の有効性を検証している。テストケースとテストケースの mutant を実行し、双方の振舞いが異なるとき、detectable であるとする。この detectable な mutant のうち契約となる表明の発生数を調べる。表明の発生数が多いほど契約が網羅されている（完全性）に近いと見なしている。

7. おわりに

本研究では、契約記述の付加されたソフトウェアに対して、リポジトリマイニングを利用した3種類の調査を行った。調査1では契約記述が付加されたソフトウェアの修正内容の調査を行った。調査2では、契約記述の付加されたソフトウェアにおいて契約の付加されたファイル、メソッドが付加されていないものと比較して、修正率、修正に関わる量の差があるかを調査した。調査1, 2より、正しい契約記述が開発の効率向上に結びつくということが分かった。

調査3では、契約記述の付加されたソフトウェアにおいて契約の付加されたファイル、メソッドの不具合が早期に修正される傾向にあるのかを調査した。結果として、Weka3には早期あるいは短期の修正の傾向があり、契約を早期に記述する効果があったことが分かった。

また、いくつかのプロジェクトではDbCの改変に関する特徴的な変更が観測できた。

今後の課題として、修正が行われた部分と契約との関連の調査などが挙げられる。

謝辞

本研究に関して、実験対象のツールの調査にご協力頂いた肥後芳樹、井垣宏両氏に深く感謝致します。

本研究の一部は科学研究費補助金基盤C(21500036)の助成による。

【参考文献】

- [Barnet2005] M. Barnett, K. Rustan M. Leino, W. Schulte, G. Barthe, L. Burdy, M. Huisman, Jean-Louis Lanet, and T. Muntean: The Spec# Programming System: An Overview, Vol. 3362, LNCS, pp.49-69, 2005.
- [Ernst2007] M. D. Ernst, J. H. Perkins, P. J. Guo, S. McCamant, C. Pacheco, M. S. Tschantz, and C. Xiao: The Daikon system for dynamic detection of likely invariants, Science of Computer Programming, Vol.69, No. 1-3, pp.35-45, 2007.
- [Cok2011] D. R. Cok: OpenJML: JML for Java 7 by extending Open JDK, In Proceeding NFM'11 Proceedings of the Third international conference on NASA Formal methods, pp.472-479, 2011.
- [Cok2004] D. R. Cok and J. R. Kiriya: ESC/Java2: Uniting ESC/Java and JML, In International Workshop on Construction and Analysis of Safe Secure and Interoperable Smart Devices CASSIS 2004, Vol.3362, LNCS, pp.108-128, 2004.
- [Flanagan2002] C. Flanagan, K. Rustan M. Leino, M. Lillibridge, G. Nelson, James B. Saxe, and Raymie. Stata: Extended Static Checking for Java, ACM SIGPLAN Notices, Vol.37, No.5, p.234, 2002.
- [Kim2008] S. Kim, E.J. Whitehead, and Y. Zhang: Classifying software changes: Clean or buggy? IEEE Transactions on Software Engineering, Vol.34, No.2, pp.181-196, 2008.
- [KindSoftware2013] KindSoftware: ESC/Java2, <http://kindsoftware.com/products/opensource/ESCJava2/>.
- [Knauth2009] T. Knauth, C. Fetzer, and P. Felber: Assertion-driven development: Assessing the quality of contracts using meta-mutations, In Software Testing, Verification and Validation Workshops 2009, pp.182-191, 2009.
- [Leavens1999] G. T. Leavens, A. L. Baker, and C. Ruby: JML: A Notation for Detailed Design, Behavioral Specifications of Businesses and Systems, pp.175-188, 1999.
- [Leitner2007] A. Leitner, I. Ciupa, M. Oriol, B. Meyer, and A. Fiva: Contract driven development = test driven development - writing test cases, In Proceedings of the 6th joint meeting of the European software engineering conference and the ACM SIGSOFT symposium on The Foundations of Software Engineering, ESEC-FSE '07, pp.425-434, 2007.
- [Li2012] J. Li and M. D. Ernst: Cbcd: cloned buggy code detector, In Proceedings of the 2012 International Conference on Software Engineering, pp.310-320, 2012.
- [MacDonell2010] S. MacDonell, M. Shepperd, B. Kitchenham, and E. Mendes: How reliable are systematic reviews in empirical software engineering? IEEE Transactions on Software Engineering, Vol.36, No.5, pp.676-687, 2010.
- [Meyer1991] B. Meyer: Eiffel: The Language, (Prentice Hall Object-Oriented Series). Prentice Hall, 1991.
- [Meyer1992] B. Meyer: Applying 'Design by Contract,' IEEE Computer, Vol.25, No.10, pp.40-51, 1992.
- [Sarcara2010] A. Sarcara: A New Eclipse-Based JML Compiler Built Using AST Merging, In 2010 Second World Congress on Software Engineering, pp.287-292, 2010.
- [Sliwski2005] J. Sliwski, T. Zimmermann, and A. Zeller: When do changes induce fixes? In Proceedings of the 2005 international workshop on Mining software repositories, pp.1-5, 2005.
- [Wu2011] R. Wu, H. Zhang, S. Kim, and S. Cheung: Relink: recovering links between bugs and changes, In Proceedings of the 19th ACM SIGSOFT symposium and the 13th European Conference on Foundations of Software Engineering, ESEC/FSE '11, pp.15-25, 2011.
- [武藤 2011] 武藤祐子, 岡野浩三, 楠本真二: JML によって記述された契約に対する品質評価手法の提案, 情報処理学会関西支部大会, B-03, 2011.
- [小林 2010] 小林隆志, 林晋平: データマイニング技術を活用したソフトウェア構築・保守支援の研究動向, コンピュータソフトウェア, Vol. 27, No.3, pp.13-23, 2010.
- [吉岡 2010] 吉岡一樹, 岡野浩三, 楠本真二: 契約記述の変更傾向の開発履歴情報を用いた調査, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.112, No.457, pp.121-126, 2013.

つながる世界に向けた取り組み

SEC ソフトウェアグループリーダー

SEC 研究員

中尾 昌善

宮原 真次

1 はじめに

今日、ソフトウェアが組み込まれた製品・システムは日常生活に無くてはならない社会基盤となってきた。更に、そのような製品・システム同士がネットワークを介してつながって、新しいサービスを生み出す世の中へと変遷しつつある。これをIPA/SECは「つながる世界」と呼んでいる。「つながる世界」は、次に示す2つの軸（図1の横軸と縦軸）から形成される。

(1) あらゆる製品・システムが、業界や企業を越えてつながり、新しいサービスや価値を創造する。例えば、スマートフォン（以後、スマホ）による自動車制御、家庭内の機器をつなげるスマートハウス、スマート家電などが考えられる（図1の横軸）。

(2) 利用される製品・システムから得られる各種データをビックデータとして収集・分析し、その結果を製品・システムの開発や制御にフィードバックする。例えば、電車の車両にセンサを装着し、電車の運行中に線路の保全データを収集し、劣化の予兆解析することで、線路の保全をタイムリーに実施するなどが考えられる（図1の縦軸）。

前者はIoT（Internet of Things）と呼ばれることもあるが、ここではインターネットに接続する場合だけでなく、あらゆる通信手段を用いてつながること、及びモノだけでなく、あらゆる製品やシステムをつながる対象としている点で、一般に用いられるIoTという用語を更に拡大して捉えている。

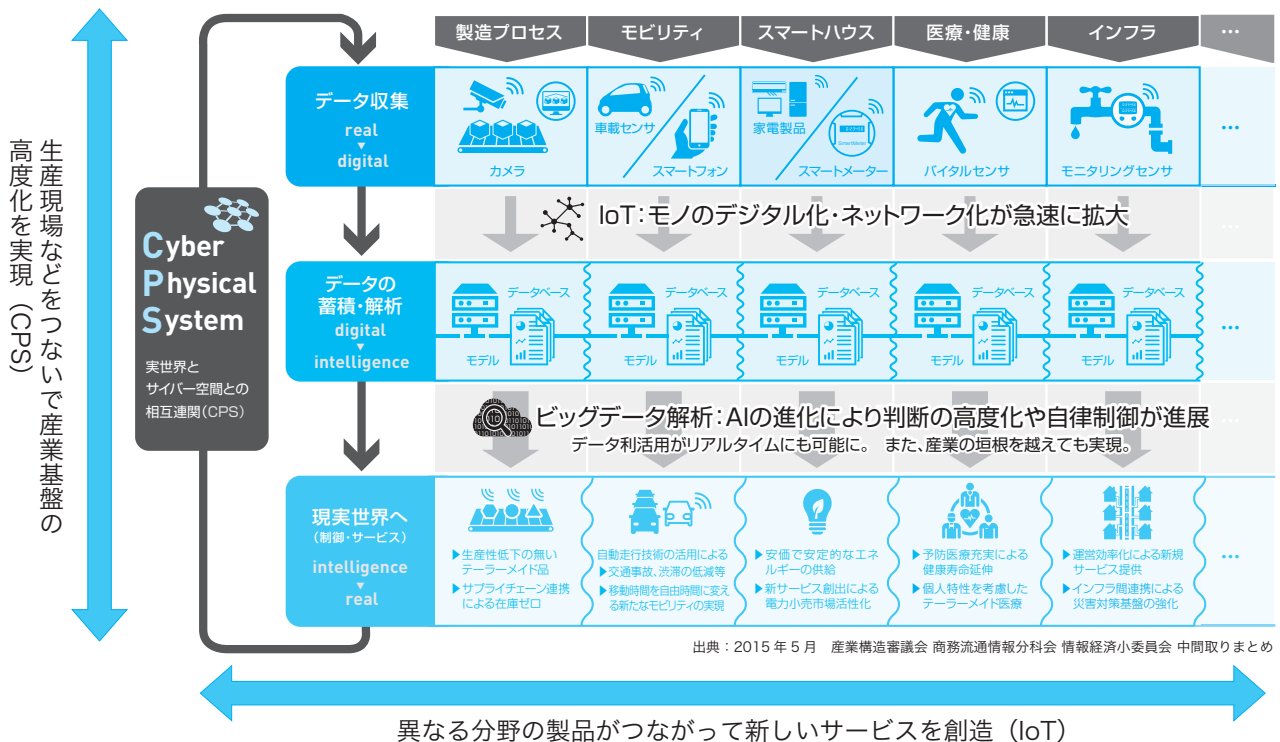


図1 つながる世界

後者は、実製品や実システムから得られるデータをもとに、その制御を行うという意味で、CPS (Cyber Physical System) またはデータ駆動型社会と呼ばれることもある。

このつながる世界では、色々な製品・システムがつながって新しい製品・サービスが生み出され、我々の生活の益々の利便性向上や新しいビジネスの創出に寄与するものと期待されている。一方で、色々な品質の製品・システムが氾濫し、それが勝手につながってしまうと、安全上あるいはセキュリティ上の問題を引き起こす危険がある。そこで、IPA/SEC は本格的なつながる世界の到来に備えて、つながる世界に潜むリスクを防止する取り組みが必要と考えている。

2 つながる世界の特徴

つながる世界の特徴は、以下の点にあると考えられる。

- (1) 異なる分野の製品やシステムがつながる。
- (2) モノとモノが自律連携動作し、互いに影響を及ぼす可能性がある。
- (3) 制御などに利用するデータの信用が重要となる。
- (4) 試験対象が膨大化する。

これらの特徴に応じて、次のような仕組み作りの必要性が浮き彫りになると想定される (図2)。

- ① 分野間を安全・安心につなげる仕組み
- ② モノの自律連携における安全・安心を担保する仕組み (例：暴走防止など)
- ③ データの信用性を確認する仕組み

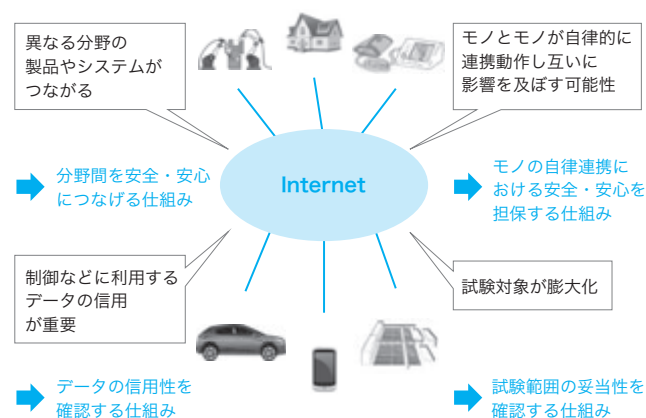


図2 つながる世界の特徴と必要となる仕組み

④ 試験範囲の妥当性を確認する仕組み

このうち、IPA/SEC では、2015 年度は①と②を中心に検討を行っている。③と④についても、2016 年度以降に順に検討していく予定である。

3 分野間を安全・安心につなげる仕組み

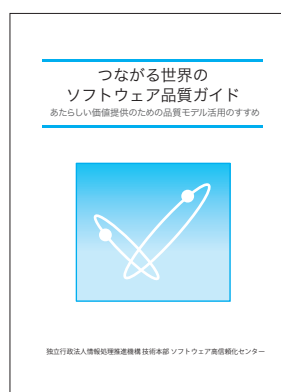
3.1 概論

分野間をつなげるプラットフォームの規格は、米国及び欧州を中心に議論されている。一方、国内では、分野内の規格としてホームネットワーク関連の ECONET-LITE や産業ロボット分野の ORiN などが存在し、分野間にも適用拡充する活動は緒についたばかりである。このプラットフォーム議論は既存の検討に委ねることとし、IPA/SEC は高信頼性の観点から寄与していくことを考えている。具体的には、つながる世界の品質の考え方やコンシューマデバイスの開発方法論などに関する取り組みを行っている。

3.2 つながる世界のソフトウェア品質ガイド

異なる業界や企業の製品をつなげようとする時、品質に関する共通的な捉え方が必要である。今までその製品が属する分野でのみ通用していた品質の概念を持ち出しても、異なる分野の理解を得られるのは難しい。

そこで、IPA/SEC では、まずは品質理解の共通化を図ることが重要であると考えている。分野横断的な理解を得るには、品質定義に関する国際標準に従うことが妥当であり、その規格として存在する SQuaRE の採用を推進していこうとしている。SQuaRE の特徴は、品質はバグ含有量だけを指すものではなく、性能効率性や使用性などの幅広い観点での捉え方になっていることにある。この SQuaRE は、まだ必ずしも浸透しているわけではないので、その理解の手助けとするために、「つながる世界のソフトウェア品質ガイド」を作成した (図3)。



この SQuaRE は、まだ必ずしも浸透しているわけではないので、その理解の手助けとするために、「つながる世界のソフトウェア品質ガイド」を作成した (図3)。

◀ 図3 つながる世界のソフトウェア品質ガイド

この「つながる世界のソフトウェア品質ガイド」は、ソフトウェア品質ガイド編とSQuaRE品質モデル活用リファレンス編の2部構成である。前者は、製品・サービスを提供する事業者が理解しておくべき品質に関する基本的な知識を分野事例を交えて紹介しており、後者は、国際規格SQuaREの活用方法についてわかりやすく解説している。

3.3 コンシューマデバイスの開発方法論の標準化

コンシューマデバイスとは、自動車、家庭用のサービスロボット、スマートハウス（スマート家電）など、一般の利用者が使用する機器のことである。IPA/SECは、このコンシューマデバイスの開発方法論の国際標準案を、国立研究開発法人産業技術総合研究所、トヨタ自動車株式会社、富士通株式会社、電気通信大学との共同で、OMG（Object Management Group：オブジェクト指向の標準化推進のための国際的な業界団体）に提案してきた。その結果、2015年3月にOMGの国際標準規格として成立した。今回の標準規格の特徴は、次の通りである。

- ① 対象がコンシューマデバイス全般であること
- ② ディペンダビリティ向上のための仕組みに関する規格であること
- ③ 日本流のすり合わせ開発の方法論を汎用的な開発方法論として提案していること

今後のつながる世界では、コンシューマデバイス間の連携は欠かせぬものになると想定され、その開発方法に関して我が国からの規格提案が認められたことの意義は大きく、本規格が各産業界で適用され、日本の国際競争力向上につながる事を期待する（図4）。

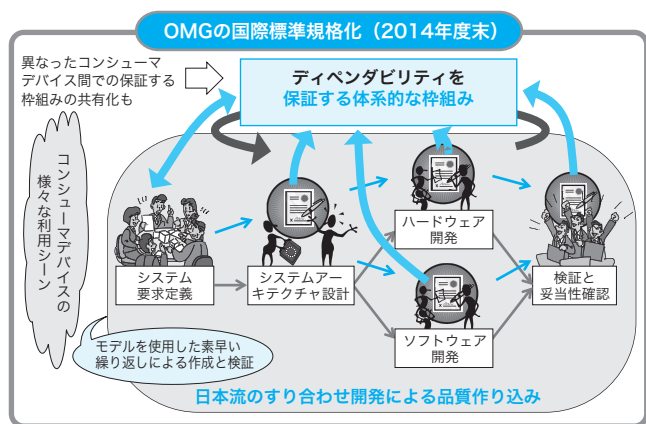


図4 日本流のすり合わせ開発による品質作り込み

4 自律連携における安全・安心を担保する仕組み

4.1 概論

自律連携とは、モノとモノが直接つながって、独自の判断により、互いに制御したり、データを交換したりすることである。換言すれば、モノ（機械）にすべてを委ねてしまうことになるため、想定外の事象が発生すれば、それが正しい動作を行わなくなり、人間の判断が関与できない事態が想定される。このような潜在リスクを極小化し、安全・安心を担保するための対策は多岐にわたるが、IPA/SECはその中でもセーフティ設計とセキュリティ設計を一定水準以上に保つことが重要であると考えている。そのために実施している活動は、次の通りである。

4.2 つながる世界のセーフティ&セキュリティ設計入門

例えば、スマホで自動車の自動駐車を制御するというサービスが実現されるかもしれない。スマホは主に通信やエンターテインメントで利用される製品だが、一方で自動車は人の命を預かるという、レベルの厳しい信頼性の設計要件を備えた製品である。2つを接続するとなると、おのずと、それらを接続しても問題ないかという確認が必要になる。設計要件が異なるこれらを接続する際に想定されるリスクとしては、別のスマホから自動車に乗っ取られてしまうという盗難の危惧や、スマホ操作中のハングアップにより動作中の自動車が暴走して事故を起こすという危険も考えられる（図5）。

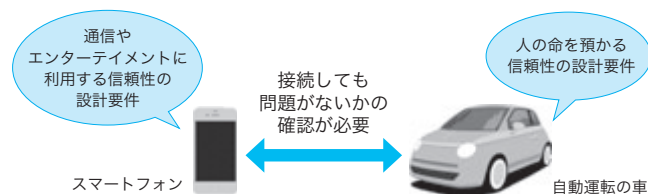


図5 接続先は信頼できるか

つながる世界の安全・安心のためには、異分野製品とつながることを想定したセーフティ設計・セキュリティ設計を行っておくことが必要であり、つなげる際には互いの製品の信頼性を確認することが重要である。そのため、自身が行った設計を「見える化」（ドキュメント化）しておくことが必要不可欠になる。

ところで、セーフティ設計・セキュリティ設計の実態調査を行ったところ、その必要性はほぼ 100% 認識しつつも、経営層の関与は 30% 弱という結果であった(図 6)。

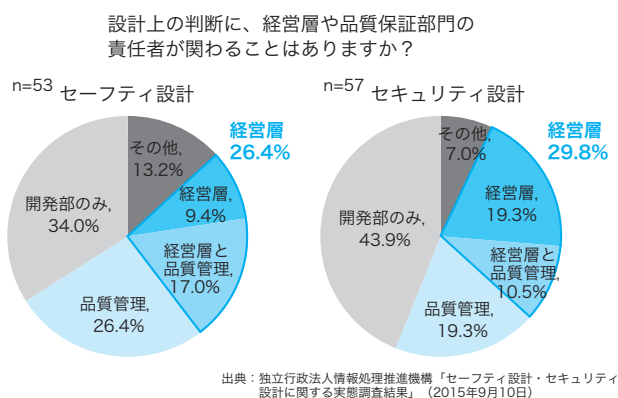


図 6 セーフティ設計・セキュリティ設計に関する経営層の関与の割合

事故やインシデントが発生すると、損害賠償や企業の信用失墜といった経営リスクにつながるため、安全・安心にかかわる設計の基本方針の策定など経営層の関与が重要であると考えられる。セーフティ設計・セキュリティ設計は、表面上に見える製品やサービスの機能とは異なり、下支えする要件のため、開発現場の判断だけではコストやリソースをかけにくく、それらの推進のためにはやはり経営層の積極的なリーダーシップが不可欠と考えられる。

このような課題認識のもとに、セーフティ設計・セキュリティ設計の実施、見える化の推進、経営層の関与の必要性を解説した入門書として「つながる世界のセーフティ&セキュリティ設計入門」を作成した(図 7)。



◀ 図 7
つながる世界のセーフティ&セキュリティ設計入門

4.3 つながる世界の開発指針検討 WG の開催

つながる世界を実現するには、セーフティ・セキュリティ・信頼性などの確保が必要であり、それらの要件を実現することを前提として新しい製品やサービスの創出が期待される。しかし、異なる分野の製品・サービスのつながりを考える場合、どのようにリスクを捉え、どの

ようなセーフティ・セキュリティ・信頼性を担保すればよいのか分からない状況である。そこで、IPA/SEC は業界横断的な開発指針を作成することを目的として、「つながる世界の開発指針検討 WG」を開催している。

この WG は、幾つかの業界の識者の方々へ出席いただき、その中のコンセンサスとして意見をとりまとめるものであり、あまねく業界に意見を伺うのは、次の段階としている。

つながる世界特有のリスクとしては、次のようなものが想定される。

- つながることを想定していなかったが、勝手につながってしまう。あるいは、間違っつないでしまう。
- 悪意者がつなげてしまう。
- 悪影響が周囲のつながる環境に波及的に拡大する。

それらへの対策として、IoT 製品の開発者が考慮すべき事項を中心に、経営者や運用者・利用者が考慮すべき事項も含めて、開発指針として作成予定である。

4.4 システムズエンジニアリングへの取り組み

IPA/SEC ではつながる世界は、アメーバ状にシステムが拡大していく世界と捉えている。そこでは、色々な環境条件や要因により様々なことが発生するため、総合的な設計の考え方が必要になると考えている。そのアプローチとして、最近話題になりつつあるシステムズエンジニアリングは、課題解決のヒントを与えてくれるものではないかと推測している。そこで、IPA/SEC 内にシステムズエンジニアリングに取り組むチームを立ち上げ、その見識を高めると共に、産業界へ貢献していきたいと考えている。具体的な取り組み内容は、今後詳細化していく。

5 おわりに

つながる世界は、利用者にとっては新たな製品やサービスによる更なる利便性向上への期待感があり、産業界にとっても新たなビジネス創出の鍵として捉えられている。一方で、勝手に色々なものがつながってしまうことは、安全・安心上の問題を引き起こすという危惧がある。IPA/SEC は、高信頼性の観点から、引き続きこれらの課題へ取り組んでいく。

つながる車載電子システム

株式会社デンソー 電子基盤システム開発部先行技術開発室

豊島 真澄

本稿では、IoT という定義が進行中の語に対して車載電子システムを考える。最初に自動車を持つべき基本的な要件を確認し、次に関連すると思われるアプリケーションをいくつか紹介する。第3節ではIoTの定義を行うコミュニティの検討状況を見る。最後に課題を述べる。

1 車載電子システムへの基本的な要件

1970年代の米国排ガス規制を契機に大きく進みだした自動車制御システムの電子化は、今日では動力伝達や空調を含む幅広い領域に採用され、多くの付加価値を実装するために無くてはならないものとなった。走る・曲がる・止まるという自動車の基本機能に加えて、環境や快適利便の観点からも更に多くの機能が今日の自動車には電子システムという形で搭載されている。

近年ではとくに運転支援の高度化や運転の自動化に対する期待が高く、多くの研究開発や実証実験が世界中で行われてきた。これらの機能を実現するためには、車内外のより多くの情報を入力として受け取り、ヒトでいうところの認知や判断に相当する計算を実行し、機器を制御する、高度な組込みシステムが必要となる。

自動車の基本的に重要な特性として、安全安心・環境・快適利便がある。自動車分野で「つながる」を検討するにあたっては、これらの基本的な要件を満たすことを確認しながら、つながることによるサービス・付加価値の向上を実現する必要がある。

2 アプリケーション

車内外をつなぐアプリケーションが一部の車種では実装されて既に利用されている。また2020年までの装着率に関しては様々な予測が行われているが、5割～7割の新車に装着されると予測するものが多く、装着率の向上と応用の拡大は間違いないと思われる。本節では既に提供されているアプリケーションとそれらが提供した価値について振り返り、今後の展望の材料とする。

2.1 eCall

1999年頃から欧州でコンセプトが検討され始めた

eCallは、事故の際に乗員の操作無しに自車の情報（位置、衝突センサ、エアバッグセンサ）をセンターに通知するシステムである。議論開始から16年余りを経た2015年4月の欧州議会において、2018年4月以降に欧州で販売されるすべての新車に対する搭載義務がようやく可決された[eCall]。eCallが全車に搭載されて広く普及してゆけば、事故後までを含む広い意味での安全性を向上させ、安心の提供にも寄与すると考えられる。

2.2 災害時の情報提供

2011年3月11日に発生した東日本大震災の翌日、ホンダのインターナビが収集する情報をもとにした通行実績情報が公開された。更に同社はGoogleとYahoo! Japanと協力しインターネット上に通行実績情報を広く提供した。この情報は被災関係者・支援物資運搬車両・ボランティア団体などによって利用され、自動車が生成する情報が復興を支援した事例となった[Honda]。

2.3 動的な地図

LDM (Local Dynamic Map) は、ITS (Intelligent Transport Systems) 向けの動的な情報を含む地図であり、2011年にETSIで標準化され[ETSI]、現在名古屋大学と同志社大学が共同で開発と評価を実施している[LDM]。

LDMでは動的度合いを4つのタイプに分類し、最も静的な通常の地図情報から、最も動的な信号や走行中の車両の情報までのすべてをダイナミックな地図情報として扱う。個々の車両は、情報の提供と活用の両方の機能を担う。自車の情報とLDMから得る情報の双方を入力として計算を行う事で、追突防止支援、緊急車両接近警告、信号情報提供、歩行者や自転車の存在情報提供など、主に安全性向上に寄与する様々な応用が可能である。

2.4 エコ運転支援

最近では充電やエコ運転を支援するための通信機能がトヨタ自動車のプリウスPHVに用意された。充電にかかわる利便性を向上させることによりプラグインハイブリッド車の価値を向上させ、結果として環境に対して貢献することが期待される。

2.5 ソフトウェアアップデート

米国テスラモーターズでは、自動運転機能を含む車両の広い機能にかかわるソフトウェアアップデートを提供している。ソフトウェアのアップデートが自動車内の様々な機能に対して広く実施されるようになったことにより、ユーザの利便性向上や満足度向上が期待できる。

2.6 いまのクルマによる新モビリティ

UBERは世界中に展開されるタクシー配車サービスであり、国によって実態は大きく異なるが、とくに米国では広く普及している。米国では、運転手はプロのドライバーの場合もそうでない場合もある。タクシーを待つ乗客の位置情報と目的地情報、時刻情報、車両の位置情報などから価格が計算されて設定される。ドライバーと客双方には相手が獲得している評価スコアの情報が伝えられ、双方が合意すると迎車が始まる。待機中の乗客は車両の現在位置を携帯端末のアプリケーションで見ることができる。目的地に向かう経路は乗車時に運転手を使う端末から提案されて合意して出発する。支払いに使うクレジットカードを事前に登録しておけば降車時には挨拶するだけでよく、領収書は電子メールで送られてくる。事後に相互に評価スコアを入力して利用が完了する。

位置や時刻の情報、合意形成やオンライン決済処理などにより実現されたこの類のサービスが提供する価値は、乗客乗員双方にとっての利便性や経済性はもちろんのこと、北米ではとくに関心が高い相乗りの促進による走行台数の削減によって、環境負荷の低減をもたらしことも期待される。

3 定義途上のIoT

現時点でIoTの明確な定義が存在するとは言えない。CPS (Cyber-Physical Systems) と同じではないかという問いを受けることがしばしばあるが、筆者の感触では相当の差が出てくると感じている。

2005年頃から米国NSF周辺で議論され始め[CPSorigin]、2008年頃には対象技術領域がおおむね明らかになり、国際会議CPSWeek[CPSWeek]が始まった。CPSとは何

かの問いについては、2010年から毎年開催されているICCPS (International Conference on Cyber-Physical Systems)においてたびたび話題に上がる。これらの結果、CPSのコンセプトは既に明確であり、UCBerkeleyの教科書[Lee]^{*1}や日本語の簡潔な説明[nkjm]もある。

これに対してIoTの国際会議の多くは比較的新しいものが多く、内容をざっと見てみると[confs]、コンセプトやアプリケーションが多く語られている一方で、現時点では技術的なセッションはセンサネットワークの領域以外はあまり明確とは言えない。これが今後どのような広がりを見せるのか、注目していきたい。

このような状況の中、IoTに定義を与えようとする活動がIEEE、ISO、NISTなど複数の場で並行して着手された。ここではIEEE Internet of Things Communityがコミュニティ内でオープンに定義を試みている“Towards a Definition of the Internet of Things (IoT)”[IEEE]を取り上げ、IoTの輪郭を少しでも明らかにすることを試みる。

[IEEE]では最初に、IoTと類似であると言われることが多い既存の関連する語(具体的にはM2MやCPSなど)の用いられ方について、それらの語を用いている団体・研究プロジェクト・文献別に列挙し、IoTとの類似点と相違点について論じている。とくにアーキテクチャとインタラクションの観点ではIoTと似ていると思われるコンセプトの実例を複数挙げている。

[IEEE]の最終章にある定義部分では、IoTシステムが持たなければならない九つの特色と、文脈の広さに応じた二種類の定義を提案している。

特色は以下の9個である：

- Interconnection of Things
- Connection of Things to the Internet
- Uniquely Identifiable Things
- Ubiquity
- Sensing/Actuation capability
- Embedded intelligence
- Interoperable Communication Capability
- Self-configurability
- Programmability

一方IoTの定義に関しては、複雑度が低いシステムと高いシステムの2種類の定義を用意している。そのまま引用することはできないため短くまとめて表現すると、前者は、「ユニークに識別可能であり、センサ・アクチュ

【脚注】

*1 Page5のコラム“About the Term “Cyber-Physical Systems”に1ページの説明がある。

エーターを持つプログラム可能な Things をインターネットにつなぐネットワーク」である。後者は、「self-configuring・アダプティブ・複雑なネットワークのことで、標準化されたプロトコルで Things をインターネットにつなぐ」である。

いずれの定義もインターネットという身近な実体を定義に含んでおり、想像をめぐらせやすい反面、コンセプト段階で既に実装（インターネット）を特定しているという点が CPS の抽象的な定義と対照的である。

4 IoTに関する課題

4.1 技術課題

2014年のIEEE IoT Journalの創刊号には、Prof. John Stankovicによる記事“Research Directions for the Internet of Things”[Stankovic]が招待論文として掲載された。この論文では以下の8つのトピックを技術課題と位置付けている：

- massive scaling
- architecture and dependencies
- creating knowledge and big data
- robustness
- openness
- security
- privacy
- human-in-the-loop

これらの中で、とくに第1節で述べた車載電子システムが提供するべき価値との関係が分かりやすいものは、セキュリティ、プライバシー、ヒューマン・イン・ザ・ループであろう。この3項目は安全安心を提供し続けるためには重要な技術課題であり、IoTを視野に入れた技術開発取り組みが必要である。

一方で社会レベルまで視野に入れて環境性能や利便性を高めるためには、opennessを上げてゆく必要がある。Security&privacyによって安全安心を担保しながら、更に一步前に進み、状況に合わせて適切なアクセスコントロールを行いながら積極的につながることによって、IoT環境に潜在する利益の取り込みと価値ある情報提供の双方を加速する。[Sakamura]にあるようにプライバシーと公共の概念を再構築し、適切なアクセスコントロールを行うことで、IoTシステムは社会への貢献度を高められる。

4.2 社会的課題

今年10月、欧州司法裁判所は、米国と結んでいた“Safe

Harbour Decision”（EU域内と同様のプライバシー基準を運用していることを認めて、EU域内の個人情報を域外に持ち出せる協定）は無効であると発表した[EUCJ]。この影響により、ISOにおけるITS分野のプライバシー扱いに関する技術文書ISO/TR12859:2009の妥当性に対する欧州の合意、すなわちISOとしての合意が崩れる可能性が高くなり、より制約が強い欧州CEN技術文書CEN TR16742をベースにして再検討する可能性が出てきている。このようにプライバシーに関しては国家や文化による個別事情や国家間の関係が強く影響してくるため、相手国や周辺国を注視しながら社会的な課題として技術と並行して適切に取り扱ってゆく必要がある。

5 まとめ

本稿ではIoT時代の自動車・車載電子システムとはいかにあるべきかを模索するために、これらのシステム求められる特性に視座を固定しながら、IoTの定義、技術、社会との関係の面で検討を行った。まだ輪郭が見えてきただけのIoTであるが、今後の技術進歩と社会レベルまで含めた貢献に期待したい。

【参考文献】

- [eCall] The European Commission, “eCall in all new cars from April 2018”, <http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/news/ecall-all-new-cars-april-2018>
- [Honda] 本田技研工業株式会社, “東日本大震災でのインターナビによる取り組み「通行実績情報マップ」が「2011年度グッドデザイン大賞」を受賞”, <http://www.honda.co.jp/news/2011/4111109.html>
- [ETSI] European Telecommunications Standards Institute, “Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Local Dynamic Map (LDM); Rationale for and guidance on standardization”, TR 102 863 V1.1.1, 2011-06
- [LDM] Hideki Shimada, Akihiro Yamaguchi, Hiroaki Takada, Kenya Sato, “Implementation and Evaluation of Local Dynamic Map in Safety Driving Systems”, Journal of Transportation Technologies, 2015, 5, 102-112
- [IEEE] IEEE Internet of Things Community, “Towards a definition of the Internet of Things (IoT) Revision 1”, 27thMAY 2015, <http://iot.ieee.org/definition.html>
- [confs] IEEE IoT community, “Conferences”, <http://iot.ieee.org/conferences-events.html>
- [LeeSeshia] Edward A. Lee and Sanjit A. Seshia, Introduction to Embedded Systems, A Cyber-Physical Systems Approach, Second Edition, <http://LeeSeshia.org>, ISBN 978-1-312-42740-2, 2015.
- [nkjm] 中島震, “CPSとは”, SSR2010年度調査研究報告, <http://research.nii.ac.jp/~nkjm/ssr2010/aboutCPS.html>
- [Stankovic] John A. Stankovic, “Research Directions for the Internet of Things”, Internet of Things Journal, IEEE (Volume:1, Issue: 1) <http://dx.doi.org/10.1109/JIOT.2014.2312291>
- [CPSorigin] Past CPS Events, <http://iccps.acm.org/2014/?q=Workshops>
- [CPSWeek] CPSWeek, <http://www.cpsweek.org/>
- [Sakamura] 坂村健, 「スマートハイウェイ - IoT, ビッグデータを駆使したハイウェイの未来 -」, 高速道路と自動車, 第58巻第2号, 公益財団法人高速道路調査会, 2015年2月
- [ISO] ISO, “ISO/TR 12859:2009 Intelligent transport systems -- System architecture -- Privacy aspects in ITS standards and systems”, Jun.1.2009
- [EUCJ] Court of Justice of the European Union, “The Court of Justice declares that the Commission’s US Safe Harbour Decision is invalid”, PRESS RELEASE No 117/15, Luxembourg, 6 October 2015

住宅分野から見たつながる世界の可能性と課題

株式会社ミサワホーム総合研究所 環境創造研究室

飯島 雅人

1 はじめに

HEMS やスマートメータなどのネットワークに接続された機器の導入が急速に進んでいるが、それにより生活が大きく改善されたという話はほとんど聞くことがない。また、日本国内では空き家が増加するなど、住宅を取り巻く環境が大きく変化しつつある。今後つながる世界が実現することによりこの状況にどのような変化を起こせるのか、その可能性と課題について幾つかの視点を示したい。

2 HEMS とスマートハウス

住宅分野では HEMS を中心としたスマートハウスやスマートマンションなどの議論がほとんどであった。HEMS の機能は電力の見える化と一部家電・設備の操作機能程度で、家電制御の標準化を標榜する ECHONET Lite の進展が見られるものの魅力的な新サービスの登場には至っていない。また電力の自由化の動きに合わせたスマートメータの導入でダイナミックプライシングやデマンドレスポンスの可能性を探る動きは電気料金低減の魅力のほかは電力事業者のメリットに類するもので新しいビジネスを生み出す可能性は見いだせていないのが現状である。

3 住宅に必要とされる機能

3.1 全く足りなかった住居の基本機能

2010 年頃からスマートハウスに求められる機能としてエネルギーの見える化と家電制御に加えて生活の利便性を向上させる様々な機能が検討されていたが、2011 年 3 月 11 日に東日本に甚大な被害をもたらした大震災によってスマート化に根本的な見直しを迫られることとなった。例えば、原発停止などの影響により各所で計画停電が行われた際には太陽光発電システムが設置されているにもかかわらず昼間に電気の使い方を知らなかったり、ガスがあれば発電すると思っていた燃料電池が停電すると発電を始められなかったりという状況も散見された。HEMS は Home Energy Management System と名乗りながら居住者のためのエネルギーマネジメントにすら役立つことはなかった。



図1 地震や台風でも居住者を守るシェルター機能

3.2 つながらない世界を想定外にしない

震災で明確になったのはライフラインの復旧にはこれまで想定していた以上に多くの時間を要するという点である。直接の被害は小さい地域でも携帯電話が繋がらない状況が続いたことは記憶に新しい。クラウドを活用したサービス提供はユーザ側に過大な設備を要求せずスタートしやすいというメリットがあるものの、非常時には利用できないと想定するべきである。住宅は居住者の命と資産を守る最後の砦であり、生命維持のための必要最低限の機能は例えば外部との通信が途絶し、宅内の閉ざされた環境であっても動作する必要がある。更に言えばすべてのライフラインが途絶した場合にも、例えば厳冬期でも凍死しない程度に暖をとれる最低限の空間を提供するような物理的な住宅設計ノウハウを組み合わせる多重な安全設計を導入することが望ましい。

3.3 多発する異常気象と変化する住宅需要

企業などで用いられている BCP (Business Continuity Plan) の考え方を個人の生活が営まれる住宅に適用した LCP (Life Continuity Plan) という考え方がある。様々なリスクを想定し、それらの対策をあらかじめ講じて生命と財産を守ることを目的としている。地震に限らず温暖化の影響とも言われるスーパー台風の発生、100 年に一度という局所的な集中豪雨の増加、竜巻発生頻度の増加、火山活動の活発化など、日本国内においても自然災害による被害がますます増えていく可能性が高い。これらに対応できる住宅を提供していく必要があるが、従来の住宅設計手法だけでは不十

4.2 IoTが内蔵された住宅システム

一定の大きさを持ったパネル状のパーツをオモチャのブロックのように組み合わせて住宅をつくる方法を想像して欲しい。各パーツはIoT化されていて組み立てが終了するとそれぞれの場所で必要な空間機能が提供される。各場所の温度や湿度、明るさを検知してパーツに組み込まれた照明装置や空調装置が動作する未来の住宅システムのイメージの一例である。

空間はパーツが組み合わされて構築されるので、空間に機能を提供するにあたって、それぞれのパーツが建物のどの位置にあるのかを適切に認識できていなければならないし、パーツ自体のメンテナンス情報も必要となるだろう。かなり極端な例であるが、複数のIoTの集合体としての住宅も考えられるということである。



図6 IoTが内蔵された住宅のイメージ

5 安全なIoTの集合体を目指して

5.1 IoTの住宅分野への普及と問題

米国を中心にIoTを居住環境に持ち込む動きが活発で、実現しやすい思いつきがビジネス化されている。また、IFTTTやヤフージャパンのMyThingsのようなIoTを簡単に連携させてサービスを構築する仕組みが提供されつつある。様々なサービスが登場するのは良いが、それらの機能の複数個が同時に導入された場合に動作不良や事故が起こる可能性は否定できない。例えば室温が一定温度より低下した場合にファンヒーターが動くという機能と雨が降ったら窓を閉じる機能が同時に動作した場合、各機能に意図は無くとも酸欠による一酸化炭素中毒事故が発生するかもしれない。

居住空間に機能を実装していく場合、その安全性の評価は機能単体では不十分で複数の機能の総体で評価しなければ

ならないが、現時点ではそれらの取り組みが適切に行われているかは甚だ疑問である。一定の安全性を確保する枠組みが存在しないと開発者は安心して機能やサービスを提供することができなくなる可能性が高い。

5.2 居住空間に求められる最低限の安全を担保するには

住宅のIoTのセキュリティを確保することはいうまでもないが、複数のIoTデバイスが連携して動作している環境で最低限の安全性を担保することを想定するなら何らかの枠組みが必要なのは前述の通りである。例えば、居住空間で起こり得る様々な事象（火災、酸欠、侵入者、洪水、台風、地震、etc.）を可能な限り想定し住宅用アプリ開発フレームワークとして提供する必要があると思われる。それぞれのアプリが動作可能な環境を限定することで不本意な誤動作による事故を防止できる可能性がある。動作環境においては現在の居住環境をセンサ情報などに基づき総合的に判断する人工知能的な機能が必要になるかもしれない。

6 IoTの集合体としての住宅と街を構成するIoTの基本パーツとしての住宅

住宅はそれ自体がIoTであると共に、街を構成する一つのIoTデバイスである。現在はスマートメータを起点としたエネルギーのタウンマネジメントが主に検討されている状況と考えられるが、防災や防犯を考えた場合の各住戸が果たす機能はほかにもある（ドアホン映像の街の防犯カメラ化、不法侵入情報の共有、火災情報の共有など）。

コミュニティとして共有することで得られるメリットが大きい情報は個人に不利益の無い範囲で積極的に活用していくべきだろう。街の構成パーツである住宅をIoTとしてどう定義するのかを将来を見通して設計しておくことで魅力的な街づくりに結び付けられるかもしれない。



図7 スマートタウンのイメージ

7 おわりに

住宅がつながる世界を実現するにはセキュリティの確保をはじめとした多くの解決すべき課題があるのは確かだが、個々の生活の場に直接つながる住宅は様々なビジネスが展開されるフィールドとして可能性が大きい。また、つながりは災害時のリスク低減にも役立つことが期待される。住宅自体がIoT化され、相互につながった時代は遠からずやってくるだろう。

集団健康管理サービス 「タニタ健康プログラム」

株式会社タニタ 社長補佐 事業戦略部長
株式会社タニタヘルスリンク 取締役副社長

丹羽 隆史

IoTは様々な産業に新たな可能性を提供しているが、医療、ヘルスケア業界もIoTの影響力が大きい業界の一つと考える。最近では様々なヘルスケア機器のデータを、ネットワークを通じて収集して分析するといった取り組みも注目されている。正にヘルスケア版のIoTである。タニタは、既に2003年に「ヘルスプラネット」という健康管理プラットフォームを商品化し、早くからネットワークに対応してきた。現在ではスマートフォンやタブレット端末の普及により、普段から操作に慣れたこれらの一般向け端末を活用することで、専用端末のみで構成した場合と比べ安価に、そして手軽にヘルスケアのシステム（ソリューション）を構築することが可能になってきている。

1 はじめに

株式会社タニタは、体組成計や活動量計といった健康計測機器の製造・販売事業を中心に、ヘルシーメニューを提供する「タニタ食堂」や女性専用のフィットネススタジオ「フィッツミー」などの健康づくりのソリューション事業を展開する健康総合企業である。会社設立は1944年で、昨年、創立70周年を迎えた。商品面では、医療用から家庭用まで展開し、最近では、世界で初めて開発した筋肉の質を評価する指標「筋質点数」を導入した家庭用の体組成計を手がけるなど、独自技術により世界初・日本初のユニークな商品を開発し続けている。一方、サービス面では、健康計測機器とインターネット、ヒューマンサービスを組み合わせた集団健康管理サービス「タニタ健康プログラム」を展開しており、現在、多くの自治体や企業で、医療費削減や生産性向上につながるとして導入が進んでいる。今回、この「タニタ健康プログラム」について紹介する。

2 導入経緯

特定健康診査・特定保健指導がスタートした2008年4月、タニタでは、生活習慣病予備軍であるメタボリックシンドローム対象者が、将来、企業経営にとって新た

なりスクになると考えていた。

重要な経営資源である従業員の健康は、企業の生産性や業績に影響を与えるという「健康経営」の視点からである。そこでタニタでは、継続的に従業員の健康づくりに取り組み環境を整備すべきと考え、2009年1月より、本社従業員を対象に「タニタ健康プログラム」を導入。健康経営への取り組みをスタートさせた。

タニタの提唱する健康づくりは決して難しいものではない。健康を維持・増進させるために必要な「食事」「運動」「休養」の3要素のバランスを保ち、それぞれを「はかる」ことで可視化し、原因を探り、改善するといったサイクルを継続することで、正しい生活習慣が身につく適正体重が維持できるというものである。この健康づくりをサポートする取り組みが本プログラムである。

タニタでは本プログラムの導入に際して、コンセプトを「はかることから始まる健康づくり」とした。これは「はかる」ことで日常生活を振り返るきっかけが生まれ、そこに数値変化が生じた場合に原因を考えるといったように、「はかる」ことは現状を把握し、変化の原因を探り、改善行動を起こす起点となるということである。例えば、夏季・冬季などの長期休暇は普段と違う生活サイクルとなるため、体形が変化しやすいものである。1週間も普段と違うサイクルの生活を送ると確実に体重や

体脂肪率といった数値に変化が見られる。つまり、からだの状態が「わかる」ということである。そして数値の変化の原因を考えると暴飲暴食や運動不足といった原因に「きづく」わけである。

しかしながら、自身のからだの状態の変化を認識したものの、それを元に戻そうとすることはなかなか容易ではない。この改善行動に移す「かわる」が難しいと言える。いかにこの「かわる」という行動変容を会社としてサポートする仕組みを用意していくかが課題であった。

このためタニタでは、本プログラムを導入するにあたって、ただ「自分の健康状態をはかりましょう」「歩きましょう」と訴えても続かないと考えた。そこで健康になるため、健康を維持するための取り組みはできるだけ「簡単」「楽しい」「続けたい」と参加者自身に感じてもらえる仕組みを用意した。

3 楽しみながら続けられる工夫

本プログラムは誰もが手軽に取り組めて、楽しみながら続けられることに重点を置いて設計した。したがって難しい仕組みにはなっていない。本プログラムは、通信機能を搭載したタニタのプロフェッショナル仕様の体組成計や血圧計、1日の総消費カロリーが計測できる活動量計を使ってからだの状態や運動量などを「見える化」し、その客観的な数値をもとに個々の健康管理をサポートするものである。計測データはインターネットを介して専用サーバーに蓄積され、利用者はパソコンやスマートフォンでからだの状態の変化や運動の状況を推移グラフにして見ることができる。以下、本プログラムの主な取り組みを紹介する。

3.1 体組成計・血圧計によるからだの状態のチェック

本プログラムで使用する体組成計や血圧計は、医療機関などで使用されるタニタのプロフェッショナル仕様のハイスペックモデルである。体組成計では、体重だけではなく、体脂肪率、脂肪量、筋肉量、推定骨量、体水分率、内臓脂肪レベル、基礎代謝量、BMI、アスリート指数といったバイタルデータ（生体情報）を計測することができる、また、全身だけでなく、右腕、左腕、体幹部、右脚、左脚といった部位別の脂肪量や筋肉量、またそのバランス

なども表示するなど、からだの状態を細かくチェックすることができる。また、設置場所にもこだわった。執務スペースに設置すると周りの目を気にしてはかりづらいため、新聞や雑誌などを読んだりコーヒーを飲むなどリラクゼーションできる雰囲気のある休憩スペースに設置。1週間に1度は計測することをルールとした。

3.2 活動量計の配布と歩数イベントの実施

全従業員に1台ずつ、身に付けるだけで1日の歩数や総消費カロリーが計測できる活動量計を配布した。日々どれだけの運動をしているかを可視化することで、気づきを与えるのが狙いである。この活動量計には、非接触ICカード技術「FeliCa（フェリカ）」^{*1}を搭載している。FeliCaに対応したカードリーダーにかざすだけで、歩数や消費カロリーなどの計測記録を専用サーバーに転送。加えて、この活動量計には個人認証機能も搭載しているため、読み取り機にかざして個人認証を行えば、カードリーダーと連動している体組成計や血圧計の計測データも自動転送することができる。このため、大人数の健康管理において、利用者と管理者双方の負担を大きく軽減できるメリットがある。

転送されたデータは従業員ごとに割り振られたIDとパスワードで管理されており、各自がパソコンやスマートフォンでアクセスすることができる。データは時系列グラフなどに変換され、視覚的に変化の推移を確認することが可能になっている。

しかしながら、このようなハード面の整備だけでは不十分で、従業員が楽しみながら続けるためには、エンターテインメント性を持たせた仕組みづくりが必要となると考えた。そこでタニタでは、活動量計で計測した歩数データをもとにした従業員や部署同士による歩数イベントを半年に1回開催。エンターテインメント性を加味することで従業員の健康管理意識のモチベーションを高め、継続を促している。

3.3 個別指導プログラム

特定健康診査は、一般には40歳以上が義務付けされ

【脚注】

※1 ソニー株式会社が開発した非接触ICカード技術で、カードや機器を読み取り機にかざすだけでデータの送受信ができる。非接触のデータ通信ができるため、故障が少ない、データの送受信操作が簡単といったメリットがある。FeliCaはソニー株式会社の登録商標。

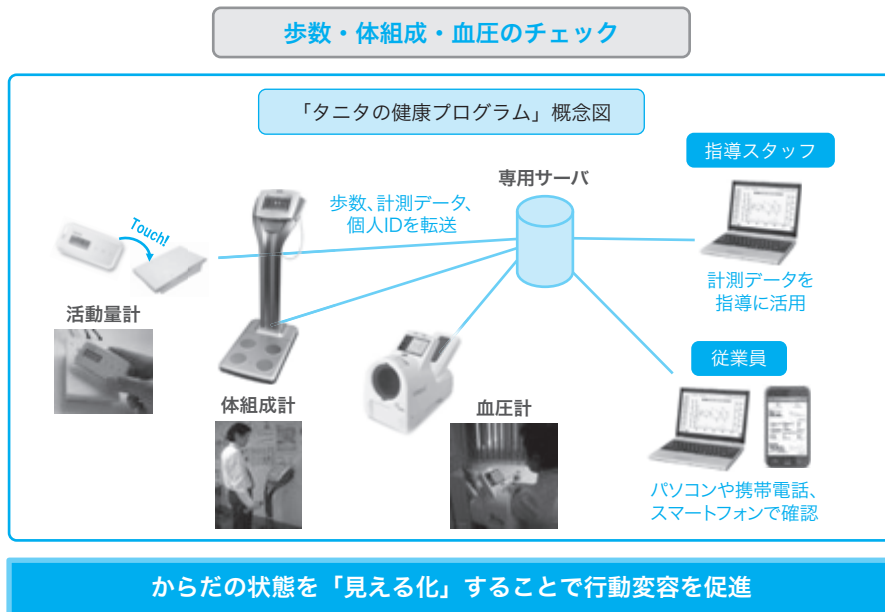


図1 タニタ健康プログラム概念図

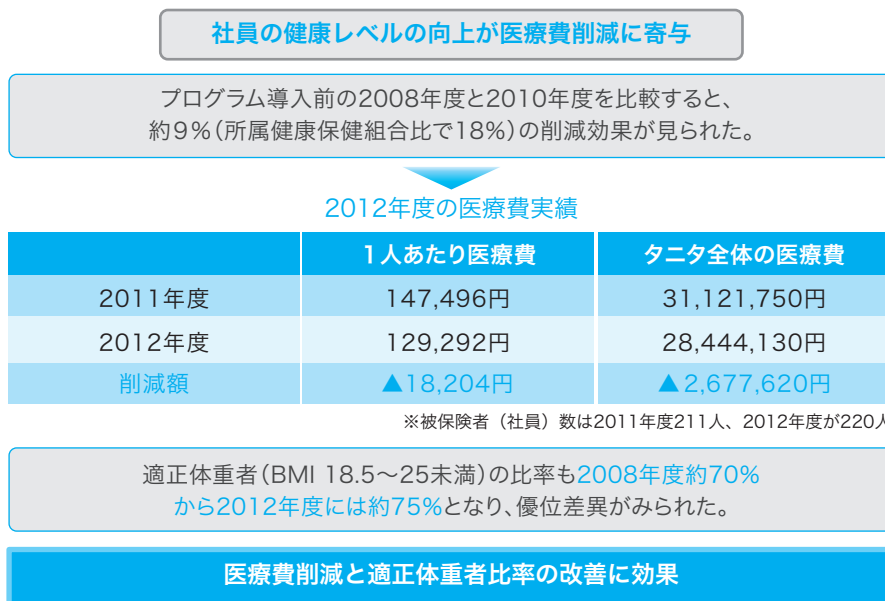


図2 タニタ従業員の医療費と適正体重比率の変化

ており、腹囲とBMIで内臓脂肪蓄積のリスクを判定するが、タニタでは、年齢に関係なく全社員を対象にしている。健康診断の結果を基にメタボリックシンドロームかどうかを独自基準でスクリーニング。男性腹囲85cm以上、女性90cm以上または男性腹囲85cm未満、女性90cm未満かつBMI25以上の従業員で、空腹時血糖値100mg/dl以上またはHbA1c 5.6%以上、中性脂肪150mg/dl以上またはHDLコレステロール40mg/dl未満、収縮期血圧130mmHg以上または拡張期血圧85mmHg以上の三つの項目のうち一つでも該当する場合には、管理栄養士

が目標設定とその達成に向けた個別サポートを実施し、従業員のメタボ率の引き下げを図っている。また全従業員を対象として、食生活改善を中心テーマに集団型のセミナーも実施している。

3.4 社員食堂でのヘルシーメニューの提供

健康面で大きなウエートを占める食事に関しては、前述の管理栄養士による指導に加え、社員食堂でバランスのとれた栄養と摂取カロリー・塩分を抑えたヘルシーメニューを提供している。

健康的な食事の代名詞になっている「タニタ食堂」であるが、単なるダイエット食ではない。栄養バランスのとれた一汁三菜の定食スタイルで、一定食あたり500キロカロリー前後、塩分3g以下、野菜は150g~250gを使用することが基本になっている。日替わりで1メニューのみの提供スタイルも特徴的である。敢えて自分で好きなメニューを選べないようにすることで、栄養の偏りを防止している。

国では、1日の塩分摂取量を男性8g以下、女性7g以下に抑え、野菜を350g摂取することを推奨しているが、この量がどれだけの分量か

イメージできる人は少ないと思う。そこで、タニタでは社員食堂で提供するメニューを通じて、健康的な食の“モノサシ”を従業員に体感してもらっている。これにより、自宅での調理や外食の際に、従業員から食べ過ぎや塩分の摂り過ぎに注意したりするようになった。

3.5 継続的に取り組むための工夫

本プログラムを従業員に定着させ、継続的に取り組んでもらう仕掛けとして用意したのが「アラートメール発信機能」である。前述した通り、1週間に1度は最低でも活動量、体組成、血圧のデータをアップすることがルー

ルとなっている。しかしながら、どうしても業務に追われがちの日々では、計測やデータアップを忘れられがちになってしまう。そこでこのルールが守られなかった際には「〇〇さんの体組成計計測が期間内に行われていません。すぐに計測しましょう、健康管理も仕事の一つです」といったメッセージが本人と同じ部署の上司や同僚に自動送信するように設定した。お互いに声を掛けあう、励ましあうといったコミュニケーションが取り組みを継続させるためには必要不可欠である。

4 取り組みの成果

本プログラムを導入した2009年1月以降、従業員の健康状態が大きく改善したのと共に、医療費の削減も確認できた。

図2のデータはタニタが所属している総合健保である計機健康保険組合の協力のもと、タニタの従業員の健康診断データ、レセプトデータを計算してもらったところ、本プログラム導入以降、生活習慣の改善により、適正体重者の判断基準となるBMI18.5～25未満の比率の高まりや、医療費の削減が確認できた。これは、本プログラムを通して基礎体力がアップしたこと、免疫力の向上や疾病予防につながったと考えられる。この成果は各方面から高く評価され、本プログラムは、厚生労働省が主催する「第2回健康寿命をのぼそう！アワード」(2013年)で厚生労働大臣最優秀賞を受賞した。また、厚生労働白書(2012年、2014年)にもメタボ解消成功事例や健康寿命延伸の事例として紹介された。

本プログラムが成功した要因は三つあると考えている。一つ目は、本社の全従業員が参加し、継続して取り組んだこと。二つ目は歩数や活動量、体組成、血圧といった計測データを個人ごとに管理・蓄積できたこと。そして最後にこの個人ごとの計測データと健康診断データ、医療費のレセプトデータとを突合したことで成果を可視化できたことにあると考えている。

5 更なる進化

タニタでは、2014年の年頭に「社員一人ひとりが、心身共に健康で、常に働く喜びに満ち溢れ、新しい価値

を創造し社会に貢献できるよう、健康づくりに取り組む」といった「健康宣言」を発表。全社を挙げて「生活習慣病予防に向けた取り組み」「睡眠・休養への取り組み」「禁煙への取り組み」を積極的に推進することとした。

この一環として、2014年春より本社だけでなく、秋田県にある自社工場でも本プログラムを導入。同工場の従業員は、その大半が車通勤であるため、歩く習慣がほとんど無く、生活習慣病のリスクが懸念されていた。このため、活動量計や体組成計、血圧計で計測して、自身のからだの状態や運動量などをしっかり把握することからスタートした。現在では、自発的に工場敷地内にウォーキングコースを設けるなど、健康づくりへの取り組みが広がっている。

一方、本社従業員に対しては運動面の支援強化をスタートした。具体的には、保健指導が必要と判断された従業員に対し、社員食堂の利用だけでなく、外部のスポーツクラブと提携して対象者が無料利用できる体制を構築。半年間継続したところ、体重減少などの体形変化が見られた。これを踏まえ、今年秋より、スポーツクラブの利用を保健指導対象者だけでなく全従業員に広げ、全国の施設で月4回まで無料利用できるようにした。

また、禁煙については、現在行っている社内の喫煙室の利用時間の制限(就業前、昼食時休憩時、就業後のみ利用可能)に加え、今後、機器を活用した計測キット及び禁煙マラソンなどのウェブサービスなどによるサポートプログラムを充実させる予定である。

このように本プログラムの取り組みは常に進化しており、そこには終わりはない。従業員の健診データ、日々の計測データ、医療費のレセプトデータなどを突合させ、施策の有効性を評価し、翌年の施策に反映している。このような健康管理のPDCA(計画・実行・検証・改善)を通じて得られた健康管理のノウハウをパッケージ化。子会社のタニタヘルスリンクを通じて、自治体や法人などに対して医療費削減や生産性向上のプログラムとして提案を進めている。タニタでは、本プログラムの利用機会の拡大を通して、国が推進している「健康寿命の延伸」「医療費削減」に寄与していきたいと考えている。

エネルギー（電力）分野でのつながるネットワーク

一般財団法人 電力中央研究所 システム技術研究所 研究参事
 芹澤 善積

従来の大規模・集中型の発送配電システム用 ICT ネットワークと、今後、再生可能エネルギー電源大量導入や効率的エネルギー利用などを実現するために重要になる需要側の ICT ネットワークについて、現状と動向を述べると共に、更なるつながるネットワークに向けた課題を示す。

1 はじめに

電力分野の情報通信（ICT）ネットワークは、電気の発生（発電）と流通（送配電）を消費（需要）に合わせて最適に制御するためのものとして発展し、整備されてきた。近年では、低炭素社会に向けた再生可能エネルギー（再エネ）電源大量導入への的確な対応や、電気の効率的利用や省エネルギーなどを実現するため、再エネ電源や蓄電設備、需要設備などの監視制御も重要になってきており、ICT ネットワークをフルに活用し、供給側と需要側を連携させて最適運用する、いわゆるスマートグリッドが指向されている [芹澤 2015]。スマートグリッドは、欧州の Smart Grid Coordination Group (SG-CG) がとりまとめたスマートグリッドアーキテクチャモデル (SGAM) [SG-CG 2012] (図 1) に示されるように、発電から需要家までの各ドメインと、フィールド機器からその運用・管理システムや企業、市場までの各ゾーンが

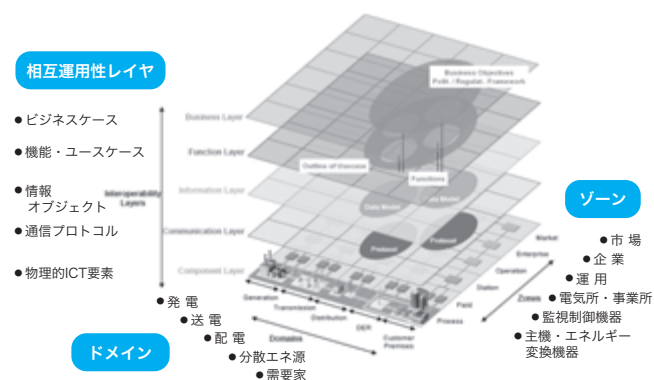


図 1 欧州 SG-CG のスマートグリッドアーキテクチャモデル (SGAM) のフレームワーク ([SG-CG 2012] の Figure 8 に筆者が加筆)

ICT システム（相互運用性レイヤ）により重層的かつ複合的に連携される。

本稿では、従来の大規模・集中型の発送配電システム用 ICT ネットワーク（供給側 ICT ネットワーク）と、今後、整備が重要になる需要側の ICT ネットワークについて、現状と動向を述べると共に、更なるつながるネットワークに向けた課題を示す。

2 供給側 ICT ネットワーク

ICT ネットワークを活用した供給側システムとしては、平常時に電力供給のコストや電力品質などを維持するための「運用システム」、主として電力系統の事故時に設備や人身を保護したり、系統の安定性を維持したりするための「保護システム」、更に電力設備の健全性を維持するための「保全システム」などがある。これらのシステムを収容する供給側 ICT ネットワークの概念構成

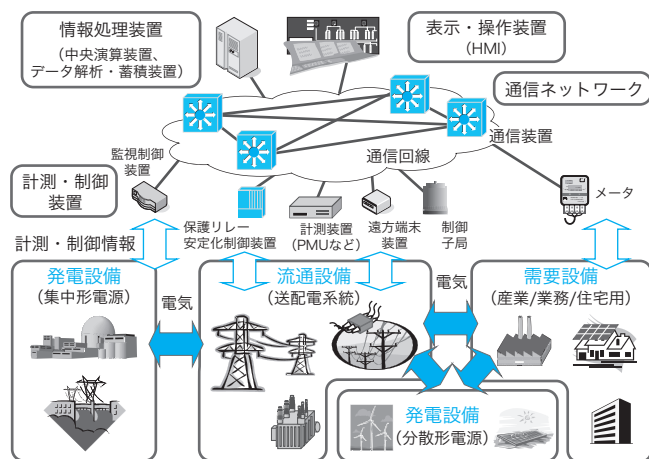


図 2 電力設備と供給側 ICT ネットワークの概念構成

を図2に示す。その構成要素は、系統状態の入力（計測用センサ）と系統側への制御信号や指令の出力を行う計測・制御装置（データ変換を含む）、それらの信号やデータを伝送する通信ネットワーク、入力データなどに基づき各種の演算・処理やデータの蓄積を行う情報処理システム、人間系により制御・操作する場合の表示・操作システム（HMI：Human Machine Interface）などである。これらは、発電所間（主として保護システム）や給電所・制御所～発電所間（主として運用システム）などで広域的にデータ連携しており、その形態は、運用者などの人間系を介したH2M（Human to Machine）と、人間系を介さないM2M（Machine to Machine）に大別できる。

運用システムでは、発電設備・流通設備などを総合的・経済的かつ安全に運用するため、給電所や制御所、発電所には計算機制御システムが導入され、計算機ネットワークによる設備の遠方監視制御あるいは運転自動化（給電自動化、変電所自動化、配電自動化など）が実現されている。電圧や周波数の自動制御は通信ネットワークを介したM2M形態のシステムであるが、制御所の運用者が行う管轄発電所などの監視や操作は、通信回線を介して集中的に行われ、H2Mの形態である。

保護システムには、電力系統の事故時に事故区間を高速に遮断する事故除去システムと、擾乱時に安定性を維持（過酷事故後の脱調（同期はずれ）や電圧・周波数異常、過負荷を防止）するために発電機や負荷などの遮断や制御量の変更を行う系統安定化（事故波及防止）システムがある（図3）。これらは、事故後に数十から数百ミリ秒オーダーで高速に動作する必要があることから、完全な自動制御（M2M）システムとなっており、マイクロプロセッサによる組込み型装置（保護リレー、制御用端末装置など）や制御用計算機（中央演算装置）などが適用されている。

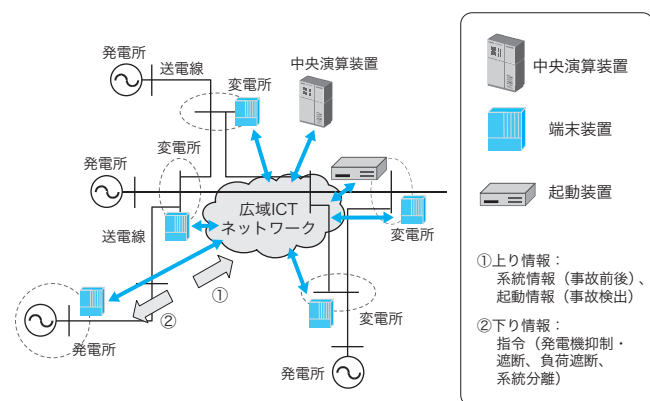


図3 系統安定化システムの概念構成

今後、自然変動する再エネ電源が大量に導入されると、配電系統だけでなく上位の送電系統にも影響を及ぼし、従来よりもきめの細かい監視や緊急時対応が必要になると考えられ、このための広域リアルタイム ICT ネットワークも整備する必要がある。電力系統の監視制御機能の高度化に向け、GPS による時刻同期を用いた汎用の計測装置であるフェーザ計測装置（PMU：Phasor Measurement Unit）を広域の電力系統内に多数配置し、データ解析により電力系統の状態推定などを行う広域監視システム（WAMS：Wide Area Monitoring System）の適用が海外において拡大している。図4は北米の電力系統の周波数をPMUにより収集し、可視化したものである。このような広域センサネットワークシステムは、データの収集や配信も容易になるため、PMUの動特性やネットワーク配信の高速性などを向上させることで、単なる広域監視から広域監視・保護制御（WAMPAC：Wide Area Monitoring, Protection and Control）への高度化も期待される。

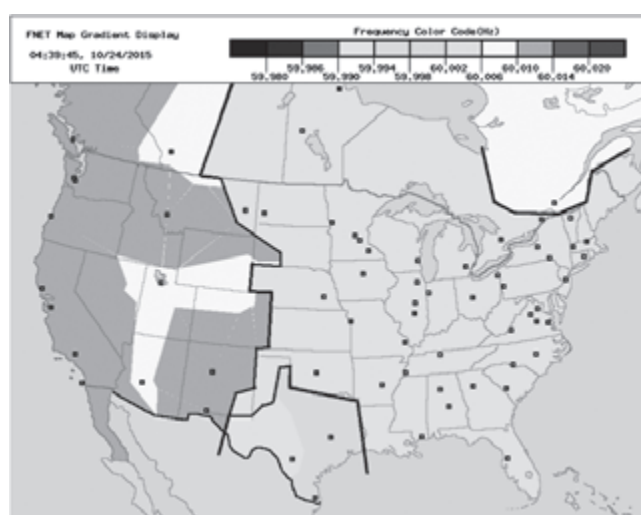


図4 Map of Synchronized Sensors on the U.S. Grid
https://www.smartgrid.gov/recovery_act/program_impacts/applications_synchrophasor_technology.html

高経年化する電力設備を適切に維持管理していくためには、ICT ネットワークの活用により、設備状態のリアルタイムかつオンラインでの監視や劣化診断などを可能とし、保全業務の省力化や高度化、設備のトータルコスト削減を図っていくことが重要である。すなわち、従来の時間監視保全（TBM：Time Based Maintenance）から、設備をできる限り長期間使用すると共に、適切なタイミングでの改修や更新を可能とする状態監視保全（CBM：Condition Based Maintenance）に移行するためには、これまでの人手中心の現場巡視による設備保全業務から、

設備保全用センサネットワークを活用した業務へ切り替えていくことが重要になる。設備保全用センサネットワークでは、設備の状態監視、診断、データ管理などの機能を具備するだけでなく、それ自身の設置・運用コストを極力抑制することも求められる。このため、重要な電力設備を稼働させながら監視用センサを後付けできることや、無線技術による配線の不要なネットワーク、必要な時（初期故障期や摩耗故障期など）にのみ設置や撤去を可能とするアドホックシステムといった概念が重要になる。また、大量のセンサの接続管理やセンサ情報の処理設定を自動化するプラグアンドプレイ（PnP）方式の実現、センサの長寿命化や省電力化なども重要である。一例として、PnP機能や無線センサネットワークなどを組み込んだシステムの構成イメージを図5に示す[黒野2014]。

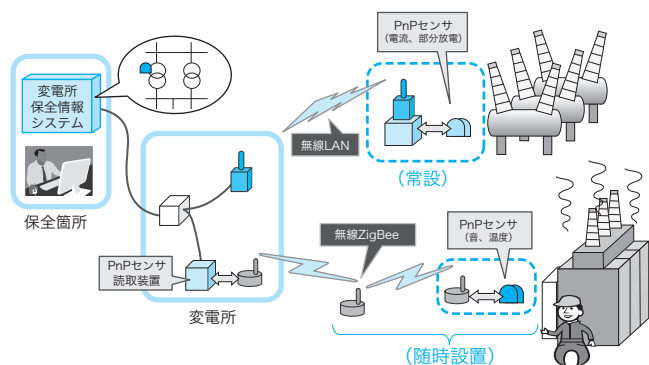


図5 電力設備の保全用センサネットワークの一構成イメージ

設備保全にかかわる現場のセンサ機器とICTネットワークがIoT（電力分野では自営のイントラネットが適用される）化してくると、大量に収集したデータの効率的解析が重要になる。この一例として、機械学習を活用した電力設備の異常予兆識別ツールが開発されている（図6）

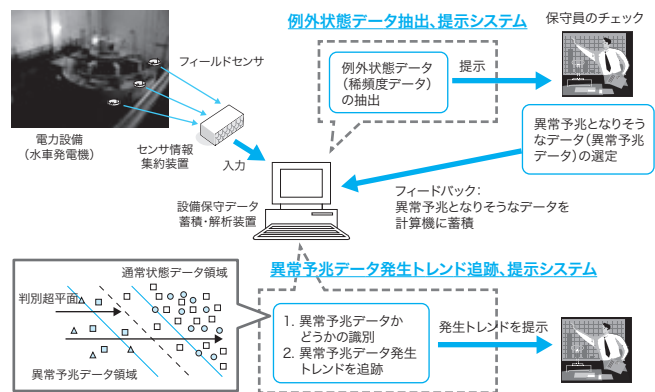


図6 大容量データと機械学習に基づく電力設備の異常予兆識別ツール

[小野田 2011]。分散した大容量保全データの解析に関しては、プライベートクラウドの活用も考えられる。

3 需要側 ICT ネットワーク

今後、需要側には従来の電力供給設備としての配電線だけでなく、エネルギーの効率的利用や省エネルギー、供給側とのエネルギー利用最適化などのため、インテリジェントなエネルギー機器（家電、発電、蓄熱・蓄電、電気自動車（EV）など）やエネルギー管理システム（xEMS）、スマートメータ、出力監視・制御システムなど、多種多様な設備が接続され、各種の双方向ICTネットワークが適用されるようになって考えられる（図7）。これらにより、需要家でのエネルギー利用の見える化や需要家機器のエネルギー管理に加え、需要調整（デマンド・レスポンス：DR）や分散形再エネの動作監視・出力制御などの機能が実現される。また、エネルギー管理にかかわる外部事業者やサービスプロバイダ、地域あるいは需要家群や再エネ群の総合的管理システム（コミュニティEMSやVPP：Virtual Power Plantなど）も連携されるものと考えられる。

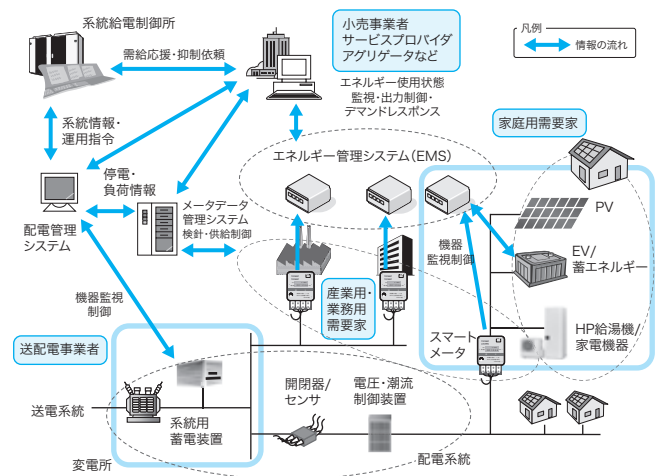


図7 需要側システムを中心としたICTネットワーク連携

低圧需要家用スマートメータに関しては、電力使用量の遠隔検針や送電停止・停止解除の遠隔操作を行うためのAルート通信として、営業所から電柱上の集約装置までは光ファイバ、更に集約装置から各メータまでは、マルチホップ無線通信やPLC（電力線通信）が適用される形態のほか、直接、携帯電話回線が適用される形態がある。また、宅内のHEMS関係（図8）では、PLCや無線通信を用いた、スマートメータからHEMSへのメータデータ通信（Bルート）や宅内機器の監視制御用通信がECHONET-Liteプロトコルにより実現される。これに

より、2020年代前半までに8,000万台規模の巨大ICTネットワークシステムが完成する見込みである。スマートメータの情報は、供給側の配電システムの運用管理にも活用が期待される。

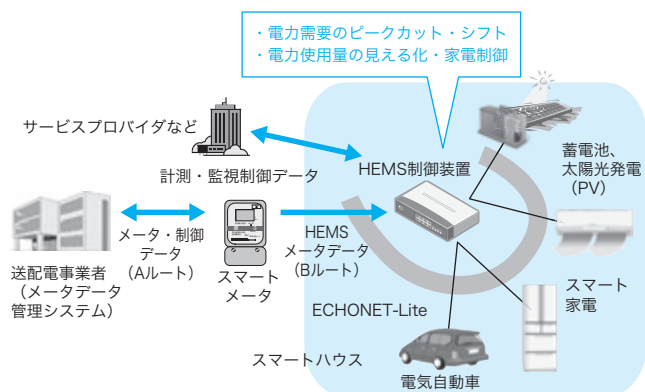


図8 スマートメータと家庭用エネルギー管理システム (HEMS)

4 更なるつながるネットワークに向けた課題

供給側システムについては、計算機ネットワークによる設備の運転自動化（遠方監視制御）が実現されているが、上位通信プロトコルや監視制御データの定義については、一部共通仕様があるものの、ほとんどが電力会社やベンダごとの独自仕様となっている。このため、相互運用性の向上には国際標準の活用なども重要になる。例えば、電力設備の監視制御（自動化）用通信プロトコルとして IEC 61850 があるが、このアプリケーションごとの標準プロファイルの規定や、上位の制御所計算機処理システムの API に関する規格である IEC 61970 とのデータの連携・協調が課題となっており、これらを踏まえた国内共通規格化や標準化も重要である。また、需要側 ICT ネットワークについては、スマートメータや xEMS、DR などにかかわる通信方式は標準化されつつあるが、更に再エネ電源などのプラグインやライフサイクル管理、システム間のゲートウェイ機能など、上位機能の標準化も重要になってくる。

供給側・需要側システムにおいて汎用・標準技術の適用と各種装置のネットワーク連携が強まるにつれて、セキュリティ上の懸念が増大する。現在、電力分野では、ISO、IEC、IEEE、SG-CG、北米電力信頼度協議会（NERC）などで規定された、電力用 ICT システムのサイバーセキュリティに関するマネジメントや対策・実装技術などの規格があるが、我が国においても電力の制御系及びスマートメータシステムに関するサイバーセキュリティガイド

ラインが近々策定される見込みである [日本総研 2014]、[スマートメータ 2015]。今後、国際的な動向も踏まえつつ、新たなガイドラインに則り、セキュリティを確保していく必要がある。ただし、供給側システムはリアルタイム性や動作信頼度の要件が極めて高いものがあるため、セキュリティ対策の組み込みに当たっては機能安全性とサイバーセキュリティ（とくに可用性や完全性）の両立に十分に留意する必要がある。また、需要側のシステムではスマートメータや EV など電気の使い方に関する情報が取り扱われるため、サイバーセキュリティ（とくに機密性や完全性）に加えてプライバシーに関する配慮も重要になる [SG-CG 2014]。現在、スマートコミュニティやスマートシティなどが議論されているが、スマートグリッドがこれらに組み込まれていくと、エネルギーシステムや交通システムなどのそれぞれのシステム信頼性と共に、システム障害の相互依存性を明らかにし、適切な対策を施すことも重要になる。

5 おわりに

既に述べた通り、供給側イントラネットワークでは電力機器と制御・通信機器の ICT ネットワーク連携が進み、H2M や M2M の形態によるサイバーフィジカルシステムを形成している。今後は自然変動電源の大量導入や電力システム改革などを踏まえ、情報系技術（IT）と制御系技術（OT：Operational Technology）の更なる融合や設備保全用センサネットワークなどの高度化が重要になる。また、需要側 ICT ネットワークについては、多種多様な機器が広域・分散的に接続されることから、IoT や M2M、クラウドといった概念・技術を取り入れたシステムの構築も期待されるが、サイバーセキュリティ確保が極めて重要になろう。

【参考文献】

- [芹澤 2015] 芹澤：スマートグリッドにおける ICT システムと監視制御系通信の課題，電子情報通信学会ソサイエティ大会，2015
- [SG-CG 2012] CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group：Smart Grid Reference Architecture，2012
- [黒野 2014] 黒野ほか：変電所設備保全センサネットワークの構成手法－無線とプラグアンドプレイ機能によるプロトタイプの構築と基礎評価－，電力中央研究所報告，2014
- [小野田 2011] 小野田ほか：水力発電所における異常予兆発見支援ツールの開発，電気学会論文誌 D，2011
- [日本総研 2014] 日本総合研究所：平成 25 年度次世代電力システムに関する電力保安調査 報告書，2014
- [スマートメータ 2015] 経済産業省 スマートメーター制度検討会 セキュリティ検討ワーキンググループ：報告書，2015
- [SG-CG 2014] CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group：SG-CG/M490/H_ Smart Grid Information Security，2014

IoT時代の開発方法論としてのシステムズエンジニアリング

～システム・オブ・システムズのデザインアプローチ～

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 背景

最近は、「モノのインターネット」といわれるIoTが注目を浴びており、色々な企業がIoTを活用した新たなビジネスを目指して様々な製品を出している。更に、国もIoTを産官学連携で推進する組織を立ち上げるなど、IoTは多くの人たちの注目を集めている。これには、「モノと人との通信」だけでなく、「モノとモノとの通信」まで含まれ、その組み合わせを考えても無限の可能性を持つものであると考えられている。しかしながら、IoTを活用した実用的なビジネスがどれだけ多く生み出されているかというところ、実のところそれほど多いわけではない。それは、IoTというものの特質を知ると理由がわかる。更に、その理由と共に、どのようにアプローチをすれば、IoTを活用した新しい製品、システム、サービスを生み出すことが可能となるかわかる。

本項では、大学という立場から、IoTを活用した製品、システム、サービスを生み出すための方法論について、そのベースとなるシステムズエンジニアリングと、その拡張となるシステム・オブ・システムズ (System of Systems) の考え方を交えて紹介する。

2 システムズエンジニアリング

IoTを活用した新しい製品、システム、サービスのいずれも、複数の要素から構成されているという点で、システムである。そのシステムというものをもう一度考えておくことは重要である。

システムは、「ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、人、情報、技術、設備、サービス及びほかの支援要素を含む、定義された目的を成し遂げるための、相互作用する要素を組み合わせたもの」(INCOSE Systems Engineering Handbook) であると定義されている。つまり、いわゆるハードウェアやソフトウェアだけがシステムなのではなく、その中に人などを含むことがもともと想定されている。また、システムは階層構造を取る。つまり、システムはサブシステムの集合体であり、それぞれのサブシステムもまた、

システムである。この考え方を「Building Block」と呼ぶ。ただし、これは大変重要な考え方である。つまり、システムとシステムを足したものは、システムであるということになる。

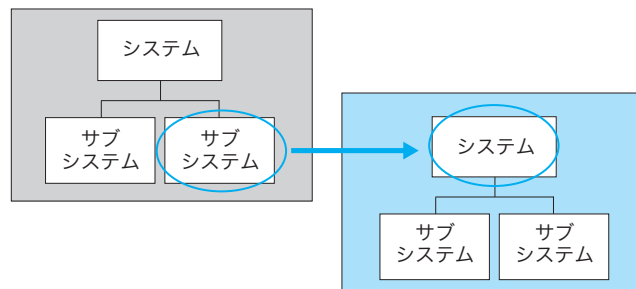


図1 Building Block

では、システムズエンジニアリングはどのような考え方なのか。オーストラリアのProject Performance社は、「システムにかかわる工学を実施するための、技術分野に依存しない仕事のやり方」と定義している。また、INCOSE SE Handbookでは、「システムの実現を成功させる複数の分野にまたがるアプローチ及び手段」としている。つまり、どちらも何か一つの専門性を出すものではなく、複数の専門を束ねるアプローチということである。では、そのアプローチは高度で複雑なものなのであるか。全くの逆で、とてもシンプルなものである。シンプルだからこそ、多くの分野を横串で貫くことができるのである。実際、システムズエンジニアリングは、大きく分けるとたった4つの活動から構成されている。これはVモデルを見ながらだと理解が容易である。

一つ目は、Vモデルの左側である、「システム設計」である。これは、顧客の要求を分析し、アーキテクチャを設計することで、サブシステムに対する要求とインターフェースの要求をきめる活動となる。二つ目は、Vモデルの右側である、「インテグレーション」。ここでは、検証済みのサブシステムを統合し、1つのシステムに組み上げていく。三つ目は、Vモデルの真ん中である、「評価・解析」。Vモデルの左側では、解析やシミュレーションを行い、Vモデルの右側では、実際に試験を実施する。Vの右側でも左側

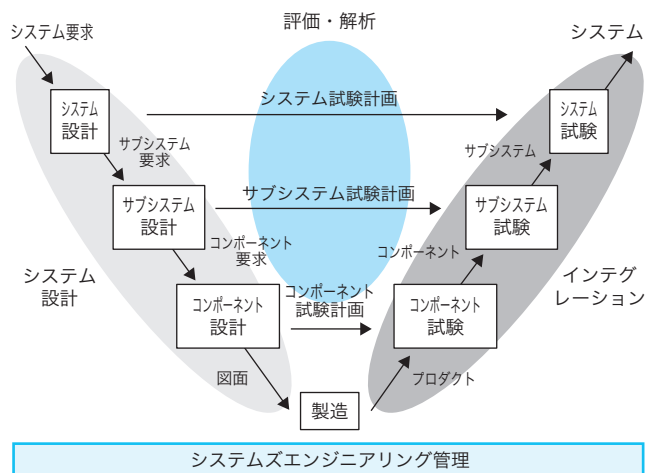


図2 Vモデルとシステムズエンジニアリングの構成

でも行われるため、真ん中とされている。最後は、このVモデルをマネジメントする活動である「システムエンジニアリング管理」、Vモデルの下とされている。Vモデルは、色々なところで使われるようになった結果、「作業の順番を定義している」ととらえられているケースがあるが、実際には、順番を規定しているのではなく、あくまでも考え方を表現したものであるという点は注意が必要である。ここを間違えると、IoTの開発方法論を構築できなくなってしまう。あくまでも、システムの要求は、サブシステムの要求の統合として実現されるということであり、Vの左側で行われる活動結果が、Vの右側で行われる活動で確認可能であるということである。

3 IoTの特徴であるシステム・オブ・システムズ

では、IoTの特徴ともいえるシステム・オブ・システムズでは、上述したシステムと何が違うのか。ときどき、複数のシステムが組み合わさった巨大なシステムがシステム・オブ・システムズであるという定義をしている人がいる。しかしこれは、Building Blockの概念によると、これまでのシステムの定義から出るものでは決していない。この疑問に対して、クリアな回答を出してくれたのが、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博士である。彼が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、システム・オブ・システムズの構成要素のそれぞれがシステムとして扱えることとしている。更に詳しくのべると、運用の独立性とマネジメントの独立性があることと言っている。これは、システム・オブ・システムズの構成要素のそれぞれが独立に運用され、それぞれ独立にマネジメントをされているということとなる。これを考えると、いくら大規模で複雑なシステムでも、独立に

運用されないものや、全体をマネジメントする主体が存在するものはシステム・オブ・システムズではなくなる。もっと重要なことをMaier博士はいつている。それは、進化的開発と創発的振舞いである。進化的開発とは、機能や目的が追加/削除されたり、途中で変更されるなど、開発とシステムが進化的であるということ、創発的振舞いとは、構成システムの単純な総和にとどまらない性質が、全体としてあらわれることをいつている。INCOSEのSystems Engineering Handbookの例に基づいて、この条件をチェックしてみると、以下ようになる。

INCOSEのSystems Engineering Handbookでは、デジタルカメラとカラープリンターを統合したものをシステム・オブ・システムズの例としてあげている。つまり、このシステム・オブ・システムズは、撮影したものを印刷するというサービス(機能)を提供している。このとき、デジタルカメラは、デジタルカメラで独立して使われることができる。一方で、カラープリンターも、デジタルカメラがなくても単独で利用される。更にそれぞれの開発は、誰かが統合的にマネジメントをしているわけではなく、多くの場合、異なる会社がそれぞれ独立に開発している。新製品の投入も誰かが統合的に管理しているわけではなく、個別にマネジメントされているものである。こういったものが集まって、それまでにないサービスや機能を提供するのがシステム・オブ・システムズであり、だからこそ、これまでのシステムズエンジニアリングを超えたものとして、新たにシステム・オブ・システムズという言葉が必要になってきたのである。これを、単に巨大なシステムをシステム・オブ・システムズとして扱うのは本質的にあまり意味がないことをやろうとしていることとなる(もちろん、巨大だからこそ難しいこともある)。IoTを考えると、これまでにある製品やシステムにつながることで新たな機能やサービスを提供するというのは、本質的に上記の条件を満たすものであり、正にシステム・オブ・システムズであると言える。

4 システム・オブ・システムズの開発アプローチ

4.1 システム・オブ・システムズにおける2つの開発

上述した通り、IoTとは、システム・オブ・システムズであるとわかったわけであるが、開発における難しさはどこにあるのか。

システム・オブ・システムズとしてのIoTの開発を考えると大きく分けて、以下の2つのパターンが存在することがわかる。一つは、既存のシステムに追加する形で、システムを開発する場合であり、もう一つは、新たにシステム・オブ・システムズのベースとなるシステムを開発する場合である。

まず、前者の開発について考えてみる。既にベースとなるシステムが存在しているので、現状のシステムを理解し、そのシステムに追加することで目的を満たすことが可能であるかを判断し、デザインし、検証する必要がある。通常の開発と大きく異なるのが、境界 (Boundary) のあいまいさと評価の困難さではないだろうか。なぜなら、既に存在しているシステムの要素すべてが必要であるとは限らないため、存在しているシステムと、新たに追加するシステムが活用する既存のシステムの範囲が一致しないからである。例えば、目的を実現するための要素としては、もちろん必要な範囲に境界は限定できるが、システムのその他の部分が密接な関係性を持つ外部となってしまう。この場合は、その外部となった要素の影響をうけてしまう。とくに、その外部となった要素と、内部となった要素が、一つのシステムとしてある目的を満たす場合には、新たに追加しようとする目的と必ずしも相容れない可能性が出てくる。こういった可能性をあらかじめ把握して開発しなければいけない。既存部分のインターフェース条件がすべて成立しているからといって、追加する部分がそれをすべて受け入れられない場合もあるかもしれない。更に、システムの一部となる要素の品質レベルがどの程度を把握していなければ、本当に目的を達成できるかどうかもわからない状況になってしまう。検証においても、実際に使っているものを使う必要がでてきたり、異なるライフサイクルのために、検証したものが更新されて変更されてしまうなどが発生する。このように、現状のシステムについて把握しなければいけない範囲が広範囲になるだけでなく、本質的に自分たちの管理しないところでシステムが変化していくことを想定せざるを得ないのである。

後者のシステム・オブ・システムズのベースとなるシステムを開発する場合には、上述したような、追加するシステムがあらわれてくることを想定して、開発をしておく必要がある。しかし、本質的にすべての可能性を考えておくことは不可能であるので、そういった開発に対応できる仕組み、つまり、後から進化的に開発ができるようにしておく必要がある。その一つのアプローチがプラットフォーム化である。プラットフォームという階層を用意することで、後から追加するシステムの開発者が必要以上に既存のシステムを詳細に理解しなくていいようにすることが可能となる。もちろん、開発時間やコストの削減にも効果があり、品質もあげやすくなる。これが、プラットフォーム化が進んでいる理由である。

4.2 システム・オブ・システムズの開発に役立つ考え方

前節で話したような事実を助けるために、役立つことが幾つかあるので、ここでは紹介しておきたい。

まず最初に、システム・オブ・システムズの品質をどのように確保するのかという問題に対する対応である。前述のとおり、システム・オブ・システムズである IoT システ

ムでは、後から想定していなかったシステムが接続される。あるいは、もともと存在しているシステムに接続する。前者の場合には、後から接続されるシステムの開発者に、どのように品質を考えて確保したのかを伝えることが重要となる。また、後者の場合には、既存のシステムがどのように品質を考え、確保しているかを理解できることが重要となる。しかしながら、色々なシステムが後からつながってきて、更に目的も異なるということは、利用者の期待が単一ではなく、当初想定していなかったような多様な利用者がいると考える必要がある。とくに今後は、業界を越えてシステムがつながることを考えると、業界標準のような考え方でも対応ができないことが考えられる。このために役に立つと考えられるのが、品質に関する共通の考え方や共通言語を提供してくれる国際標準である。具体的には、ISO25000 シリーズである SQuARE (Systems and software Quality Requirements and Evaluation) が利用可能である。

また、目的を限定すれば、アーキテクチャリファレンスモデルを用意することで、それに対応する設計をすればよくなる。例えば、スマートグリッドでは、スマートグリッドアーキテクチャモデル (SGAM) があり、Industrie4.0 では、Industrie4.0 リファレンスアーキテクチャモデル (RAMI4.0) というものが作られている。同様に Industrial Internet Consortium もインダストリアルインターネットリファレンスアーキテクチャ (IIRA) を発表している。いずれも、システム・オブ・システムズの範囲を限定することでアーキテクチャリファレンスモデルを作ることが可能となっており、このリファレンスモデルに対応したシステムとすることで、システムの成立性を高めているのである。

いずれの場合も、重要なポイントとなるのは、システム・オブ・システムズの俯瞰の仕方である。上記のアーキテクチャリファレンスモデルはいずれも、時間軸、空間軸、意味軸の3つの軸でシステムを俯瞰し、それぞれをその範囲にあった形で細分化することで、体系的に対象を捉えようとしている。今後、IoT を考える上でも、対象がシステム・オブ・システムズであることを理解した上で、俯瞰的に捉え、体系的に対処することが必要となる。

5 最後に

本稿では、IoT システムを、システム・オブ・システムズであると捉え、通常のシステムとどのように違うのか、どのように考えてデザインをすればいいのか、そのときに役に立つ考え方を紹介した。今後、大きな可能性をもち、多くの人がある開発を目指すであろう IoT システムにおいて、単にその場限りの対応をするのではなく、より体系的にアプローチすることは、価値ある IoT システムの実現をより確実にしてくれるはずである。

つながる世界における脅威と脆弱性 検討のポイント

IPA 技術本部 セキュリティセンター
情報セキュリティ技術ラボラトリー ラボラトリー長

金野 千里

様々な物がネットにつながることで、利便性の飛躍的な向上やサービス利用形態の質的な変革が期待されるが、そうした世界を実現するには、セキュリティ上の課題を解決していかなければならない。本稿では脅威とセキュリティ対策の概要と、基本的な課題である脆弱性への対応について解説する。

1 はじめに

様々な物がネットにつながることで、利便性の向上やサービスの質の変化を生む、IoT と呼ばれている世界が開けていくが、その反面、セキュリティ上の課題が大きくクローズアップされてくる。図1にIoTの世界の全体イメージを示す。

IPA では、組込みシステム [1]、情報家電 [2]、制御システム [3]、自動車 [4]、医療機器 [5] などの個々の分野において、システムやサービスの形態の急速な変化を考慮し、セキュリティ上の脅威の調査と対策のガイドの策定を行ってきている。それぞれの分野における各論については、公開物を参照いただきたい。

本稿では、つながる世界 IoT 全般に対して、脅威と対応の全体概要と脆弱性の対応について解説する。

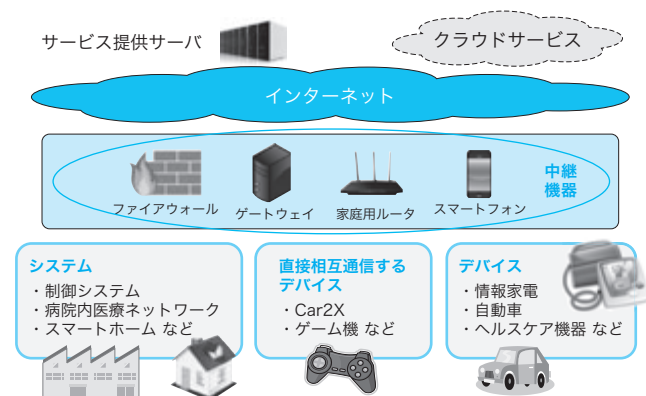


図1 IoTの全体像

2 課題

IoTを情報の流れと構成からみると、Things（「物」：デバイスや機器やシステムなど）が、ネットワークと接続し、それを介して情報のやり取りをし、「物」に対しては情報やサービスが提供されるが、やり取りする相手は「物」同士であったり、他のシステムであったりする。また、「物」が所有している情報がネットワークを介してバックにあるシステムやクラウドサービスに収集され、様々な利用がなされ、それにより新たに生成された情報が再び「物」にフィードバックされたりする。

これは、例えば「物」をパソコンに置き換えてみれば、一般的なインターネットシステムと構造的には何ら変わることがあるわけではない。従って、脅威としては、パソコンと同様のことを想定することになり、対策はこれまで情報セキュリティで培われてきた技術を活用することになる。ただ、IoTの描く世界では、以下のような固有の様々な課題が存在しており、それらが対応を困難にしている。

- (1) ネットにつながる脅威をこれまで考慮していなかった分野の機器の接続が想定される
- (2) 生命にかかわる機器やシステムがつながることが想定される
- (3) 「物」同士が、無線などで自律的につながることが想定される
- (4) 「物」のコストの観点から、セキュリティ対策が省かれることが想定される
- (5) ネットを介して収集される情報の用途は、「物」側では制御が困難であり、バックにあるシステムやクラウドサービス側での管理範囲となる
- (6) つながる世界を広げていくためには、「物」同士の技術的（通信プロトコル、暗号、認証など）、

及びビジネス的な約束事が不可欠となってくる

この内、(1)～(4)は、「物」におけるセキュリティ対策を「物」を開発する側が考えることになるが、(5)(6)は様々な分野の事業者の連携や業界基準、あるいは個人情報やプライバシー情報の取り扱いなどにおいては制度や規制が必要になってくるものと考えられる。IoTの世界におけるセキュリティは、「物」単体やその製造者による管理にとどまらず、「物」と接続して情報をやり取りするサービス側のセキュリティ（とくに収集情報の取り扱い範囲と管理など）も絡んでくるため、問題を難しくしている。

以下では、この「物」におけるセキュリティ対策について述べる。

3 脅威とセキュリティ対策の概要

ネットにつながる「物」としては、主な脅威と攻撃は以下となる：

- (a) 不正アクセス
- (b) つながる「物」やサービスシステムの成りすまし
- (c) ウイルス感染
- (d) 通信情報の盗聴、改ざん

これらに引き続いて、情報の改ざんや漏えい、誤動作などが発生しうるが、攻撃の上流にあるこれらをいかに抑止するのが対策の基本となる。

その対策としては、技術的には一般のパソコンと変わることなく、

- ① 脆弱性対策 <(a) (c) (d)>
- ② ウイルス対策 <(c)>
- ③ 認証（つながる相手の特定） <(a) (b)>
- ④ 使うサービスの特定 <(a) (c)>
- ⑤ 通信路暗号（盗聴の防止） <(d)>
- ⑥ 情報の完全性の保証（やり取りされる情報の改ざんの防止） <(d)>

などが挙げられる。

これらを具体的に決めるためには、「物」に実装されるコンピュータリソースやかけられるコストの問題、要求されるセキュリティレベルなどを勘案して定めていくことになる。更に、「物」のつながる世界の範囲やその世界のビジネスの管理主体（サービスやシステムの運

営管理元）にも依存してくる。これらが、IoTの世界のセキュリティの検討を進める上での大きな隘路であり、個々のつながる世界ごとに議論が必要となってくるところである。

次節では、この中で、「物」を作る側にとって、とくに重要となり、共通で基本的なセキュリティ上の課題である脆弱性への対応について、説明する。

4 脆弱性への対応

情報システムにおける脆弱性への対応は、以下の2ステップから成る：

【開発時】：開発段階で脆弱性を極力埋め込まない、残留させないようにする。これには、上流から、以下の対応を実施することになる：

- ① 脆弱性を作り込まない
セキュアプログラミング技術の適用やコーディング規約（例えばESCR[6]など）の利用
- ② 既知の脆弱性を解消する
用いるソフトウェア部品（フリーウェアを含む）に、既知の脆弱性がないか脆弱性対策情報データベースJVN-iPediaの活用（下記(1)で紹介）
- ③ 残留している脆弱性を検出し解消する
出荷前の脆弱性検査として、各種のテスト（既知の脆弱性検査、ソースコード検査、ファジング[7]による未知の脆弱性検出）ツールの活用

【運用時】：利用開始後に、新たに報告される脆弱性に対して、「物」の開発者（提供者）は脆弱性対策情報（パッチなど）の作成と、「物」の利用者への通知、更にその対策情報を「物」に適用する手段が必要となる。そのため、「物」の開発者側には、これらを実施できる仕組みと組織体制の整備が期待されることになる。

この脆弱性への対応を支援するため、IPAでは脆弱性対策情報を提供するデータベースと、脆弱性の早期解消を促進する制度を運用している。

- (1) 脆弱性対策情報データベース：JVN iPedia (<http://jvndb.jvn.jp/>)

これまで報告された脆弱性対策情報のデータベースとその利用機能（例えば製品名やバージョンで該当する脆弱性をすべて検索する機能など）を合わせて広く一般に公開しているのが、図2に示すJVN iPediaである。現

2015年第3四半期の登録件数

	情報の収集元	登録件数	累計件数
日本語版	国内製品開発者	0件	168件
	JVN	326件	5,722件
	NVD	1,435件	50,585件
	計	1,761件	56,475件
英語版	国内製品開発者	0件	168件
	JVN	53件	1,113件
	計	53件	1,281件



図2 脆弱性対策情報データベース

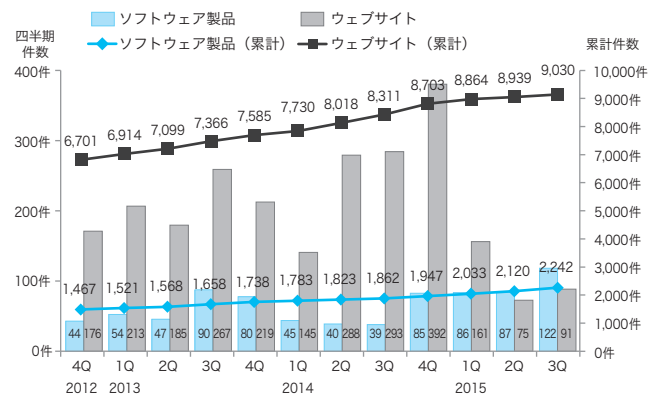


図3 脆弱性の届出状況

在、56,000件以上の国内外のソフトウェアの脆弱性対策情報が蓄積されている。従って本データベースを、「物」の【開発時】の②における業務に活用することや、【運用時】においては、新たに登録された脆弱性の有無や対策情報の収集に活用することが可能である。

(2) 脆弱性届出制度 (<https://www.ipa.go.jp/security/vuln/report/index.html>)

ソフトウェア製品やウェブサイトに脆弱性を発見した場合、それをIPAに届け出て、当該ソフトウェアの開発者（提供者）やウェブサイト運営事業者に、脆弱性対策対応を促し、ソフトウェア製品に対しては対策情報が用意されたら、その情報を広く周知する役割を果たしているのが、「情報セキュリティ早期警戒パートナーシップ」制度である。対策情報の用意された脆弱性は、(1)のデータベースにも登録される。この制度における脆弱性の届出状況を図3に示すが、年々、新たに発見された多数の脆弱性が届け出られており、対象製品には家電やホームルータなども含まれている。今後これまで以上に、IoTにかかわる製品の届け出が増えてくるものと推測される。

■ IoT における課題

上記ではこれまでの情報システムに対する脆弱性への

対応手順にそって説明したが、パソコンのように新たに発見された脆弱性を解消する手順や利用者のリテラシーが確立していないIoTという新しい分野で、これらに対応していくには開発者側の脆弱性に対する対応体制の整備、脆弱性対策を「物」に適用する手段と利用者への対応など、2節で述べた様々な課題を背景に、解決していく必要がある。

例えばその典型的な例として、今年、自動車のインターネット接続サービスの口から脆弱性を突いて侵入され自動車が遠隔操作できてしまうという問題が表面化し、大きなニュースとなった。その対応にUSBで修正プログラムを対象車種のオーナーに送付して実施してもらうことから、リコールでの対応にまで発展した。これは、2節(2)で述べた課題が背景にあるからである。また、利用者が特定される「物」であればこうした対応も考えられるが、民生品として広く販売されたものとなると、その脆弱性対応は、ネット経由で自動的にできることなどが、市場の要請としては求められることが想定される。

5 おわりに

技術的につながる世界が広がっていくことで、様々な利便性の向上とサービスや利用形態の質の変革が期待されているが、真にその発展を実現していくためには、セキュリティの保証が不可欠となってくる。そのためには、個々の「物」へのセキュリティの実装と運用はもとより、業界横断や異業種との連携の下で共にセキュリティや情報を運用管理する規約や基準などの約束事が重要となってくるものと考えられる。

【参考文献】

- [1] 組込みシステムのセキュリティへの取組みガイド, http://www.ipa.go.jp/security/fy20/reports/emb_app/index.html
- [2] 情報家電におけるセキュリティ対策 検討報告書, <http://www.ipa.go.jp/security/fy22/reports/electronic/index.html>
- [3] 制御システムの情報セキュリティ動向に関する調査, http://www.ipa.go.jp/security/fy22/reports/ics_sec/index.html
- [4] 自動車の情報セキュリティ動向に関する調査, http://www.ipa.go.jp/security/fy22/reports/emb_car/index.html
- [5] 医療機器における情報セキュリティに関する調査, https://www.ipa.go.jp/security/fy25/reports/medi_sec/index.html
- [6] 組込みソフトウェア開発向けコーディング作法ガイド, <https://www.ipa.go.jp/sec/publish/tn13-001.html>
- [7] 脆弱性対策：ファジング活用の手引き, <http://www.ipa.go.jp/security/vuln/fuzzing.html>

ドイツにおける製造業のデジタル化 「Industrie4.0」の取り組みについて

ドイツ出張報告

SEC 副所長

和田 恭

我が国でも、様々な機器・サービスがネットワークによりつながり、システムとして自律的に動作することを指す Internet of Things (IoT) と、爆発的に増大するデータを分析・加工することで新たな価値を生み出そうとする人工知能、ビッグデータなどが IT 分野の新たなトレンドとしてよく聞かれるようになってきている。ドイツにおける IT 政策である Industrie4.0 は IT を製造産業に導入し、競争力基盤を強化しようとする取り組みとして知られており、その処方箋は我が国における IT 政策の参考となるものと思われる。我が国でも、IoT や人工知能・ビッグデータなどの IT の動向を踏まえ、産業構造の変革への対応に必要な信頼性・セキュリティの確保と国際標準化などの方向性を検討していく必要がある。

以上のような問題意識から、IPA 立石譲二理事（技術担当）、新谷勝利専門委員と共に、ドイツで Industrie4.0 の政策提言を行っているドイツ工学アカデミー（ACATECH）、Industrie4.0 関連プロジェクトを実施しているフラウンホーファー研究機構実践的ソフトウェア工学研究所（IESE）・オープンコミュニケーションシステム研究所（FOKUS）を訪問し、意見交換を行った。

Industrie4.0 の概要

まず、ドイツにおける IT を中心とした産業政策の動向について説明する。ドイツでは科学技術の中長期戦略を「ハイテク戦略」という形で取りまとめ累次改定してきている。ドイツでは、卓越した製造業の力と欧州の中心にあるという地理的・政治的利点を活かして、世界最大の貿易国となっているが、近年、製造業における中国や IT サービス業における米国の台頭、世界でも突出した高賃金体系の中進む少子高齢化といった問題があり、その対応の必要性が徐々に認識されるようになってきていた。

その状況下、2010 年のハイテク戦略では、ヘルスケア、エネルギー、セキュリティと並んでイノベーションが重点項目とされ、その後工業のデジタル化による「第 4 の産業革命」を目指す Industrie4.0 構想が 2011 年に発表された。これを受け、ドイツ工学アカデミー（ACATECH）とボッシュを中心として、産業界、労働組合が参加する Industrie4.0 作業グループ（技術諮問委員会）において作業が進められ、2013 年 4 月に「Industrie4.0 実現に向けた勧告」が発表された。

ACATECH との意見交換

2015 年 9 月 2 日（水）、ベルリンのドイツ工学アカデミー（ACATECH）オフィスにてカガーマン会長と意見交換を行った。

ACATECH は 2003 年に創設された、産学から成る政策提言のための非営利組織である。会長は、ラインハルド・ハットル博士（前環境諮問委員会委員、BMW 監査役）とヘニング・カガーマン博士（前 SAP CEO）である。オフィスはミュンヘン（スタッフは 340 人程度）、ベルリン（60 人程度）、ブラッセル（若干名）の 3 つである。

Industrie4.0 の課題として、カガーマン会長からあげられたのが、中小企業をどう巻き込むかということであった。日本国内からみた Industrie4.0 は、製品設計、開発、試験、運用といったプロダクトマネジメントサイクル（PLM）の各段階をデジタル化して一つのアプリケーションやミドルウェアで統合する、あるいは、マス・カスタマイゼーションを実現するための製造装置のモジュール化を進めるための取り組みのように捉えられている。これに対し、日本国内で有力な PLM ビルダーは存在しないことから、日本国内の PLM のデジタル化、

統合化の必要性が指摘されていたところであった。カガーマン会長は、Industrie4.0の導入に関して、中小企業の関心が自らの知的財産権（ソフトウェアに体现されたノウハウ）が守られるかどうかということにあり、中小企業に製造プロセスにおけるプラットフォームに参画してもらうためには、これらの課題解決が必要であると認識されていた。なお、今回、ACATECH訪問に先立ってフラウンホーファー研究機構実践的ソフトウェア工学研究所（IESE）を訪問したところであるが、同研究所は中小企業向けPLM統合ツールの開発を委託されることとされているものの、ツール開発には9月時点では未着手とのことであり、製品の開発から運用までをデジタル化するPLM統合の動きは途上にあることが推測された。

ACATECHは、製造業のバリューチェーン改革のため進められているERPやPLMのプロセスのデジタル化を金融などのサービス分野にも適用する構想「スマートサービス世界」(“Smart Service Welt”)を提言しており、Industrie4.0においてもスマートサービス世界WGが設立されている。同WGにおいても、デジタルプラットフォーム上に中小企業を含めたエコシステムを構築することが重要な課題とされている。しかし、カガーマン会長によれば、中小企業はプラットフォームで流通するデータを大手企業が独占することを恐れていることが明らかになったとのことであった。多数のプレーヤーが参加するプラットフォームは、GoogleのようなIT企業や、GEやシーメンスのようなユーザ企業からも中立的である必要がある。また、製造業のデジタル化により様々なデータが扱われることとなるが、それをういたビッグデータ分析にしても、ビッグデータ中に含まれる企業のデータのIP、プライバシーが守られるかどうか重要であるとの指摘があった。

Industrie4.0の実施体制

2013年4月、ハノーバー展において、「Industrie4.0実現に向けた勧告」の発表と合わせ、Industrie4.0の実施機関としてPlatform Industrie4.0が提唱された。これは産業界横断的な体制が構想されており、BITCOM（情報技術・通信・ニューメディア産業連合会）、VDMA（機械工業連盟）、ZVEI（電気・電子工業連盟）の3団体がPlatform Industrie4.0の事務局を務めることとされた。

以降、Industrie4.0の成果として、2014年、2015年

4月のハノーバー展などでの個別実証プロジェクト（自律制御、スマート向上のモデルプロジェクト、CPS運用ツール開発など）が進められてきた。一方で、中小企業へのIndustrie4.0の導入が進まないとの問題があり、SAP、ボッシュなどの働きかけにより、政府の関与を強化することとされた。2015年4月に、運営体であるPlatform Industrie4.0は連邦研究教育省（BMBF）と連邦経済エネルギー省（BMWi）とが主導し、メンバも労働組合、学术界（主としてフラウンホーファー研究機構）を加えた体制に発展的に改組された。

その中で、ACATECHが主導する技術諮問会議が政策提言を、政府機関（BMBF、BMWi）が主導する産学官労使参加の運営委員会が実施を担当している。現在、Platformには、6つのWG（reference architecture / standardisation / research and innovation / security of networked systems / legal framework / labour, training）が設置されている。また、より上位の政策進捗の点検メカニズムとして、首相主導で設置されている産官イノベーション対話がある。ACATECHは産官イノベーション対話の事務局も務めている。

カガーマン会長からは、産業界横断的な連携が重要であり、例えば、インフラや規制制度を考慮に入れる必要のある電気自動車は自動車産業のみでは開発することはできないという指摘があった。インフラ事業者、シーメンス、BASF、消費者団体、労働組合やより広いレベルで産業界間の利益相反を解決する必要があり、特定の大企業が作った政策ということでは産業界はついてこないことから、Industrie4.0の実施にあたっては、3つの業界団体、労働組合とも調整を行っていく必要があるとの認識であった。

その提言を策定するACATECHに求められているのは、産業界の利害に対して中立的であることと、産業界に対するリーダーシップである。

ACATECHは学术界から18人の大学教授が参加しているほか、産業界からはCEO、CTOの参加を多数得ているとのことである。特定の企業に偏らない中立性を持った組織であると認識されており、Industrie4.0に関する政策提言策定などをメルケル首相から指示された。このトップダウンの指示と中立性・専門性がACATECHのリーダーシップを支えていると言える。

これに加えあらゆるステークホルダにIndustrie4.0を

理解してもらうことが重要であり、与党3党や労働組合、緑の党を含めて広く政策説明を行っている。カガーマン会長は、より良い産業界とのネットワークを構築すると共に、ハイレベルの政策サポートを得続けなければならないと語った。

今後の展開

製造業やサービス業のデジタル化を進めていく際、グローバル化の流れを考えると、国際的な協力や国際標準化が大きな鍵となる。

米国では、GEが主導して、IoTによる様々なデータを活用し、ものづくりにビッグデータやAIによるクラウドベースでの高付加価値化を目指すインダストリアル・インターネットの取り組みが進んでいるところである。これらには、ボッシュやシーメンスなど、多数のドイツ企業も参加しているところであるが、米国におけるインダストリアル・インターネットと、ドイツが提唱するIndustrie4.0が、製造業やサービス業を巻き込んだIT化の大きな流れとして、ここ数年展開が進むと予想される。

Industrie4.0における標準化はDIN（ドイツ規格協会）が担当しており、国内標準化に向けたロードマップ策定を行っているほか、ISOにIoT向け規格策定WGを設置している。今後、国際的に標準化をどう展開していくか、いまだIoT関係の標準化はISO、IEEE、DINなどの動きが明確になっていないが、事前の情報収集を含め、国際的に整合性の取れた標準策定が進むよう、各分野でも注視が必要と考えられる。

国際的な協力体制の構築の動きも見逃せない。ACATECHは、インドとの間で製造業と都市開発についてのリサーチプロジェクトを2014年に行ったほか、インド、中国とワークショップを開催している^{※1}。今や、ドイツから見ても中国はオランダに次ぐ第2位の貿易相手国であり、製造業最大のライバルと目されている。中国側でもドイツの動向を注視しており、2013年にIndustrie4.0を発表して、最も早くACATECHを訪ねてきたのは中国の科学技術院だったとのことである。なお、そのあと、イギリス、フランスや韓国からのコンタクトがあり、日本の政府機関からACATECHにコンタクトしてきたものはこれまでになかったとのことであった。

Industrie4.0に関する国際協力を進めるため、ACATECHは、政府から国際協力に関する動向調査を指示されてお

り、中国、イギリス、日本、インドなどが製造業のデジタル化に関してどのような関心事項をもっているかを明らかにするため、これらの国への調査を開始予定とのことであった。（その後、10月23日、カガーマン会長がアジア地域調査のため訪日した。）

所感

ドイツのIndustrie4.0については、大企業における実証試験が進んでいる一方で、製造業の基盤強化としての中小企業のIT化・標準化は途上であり、Industrie4.0により構築されるサプライチェーンへの中小企業参加のための説得が必要（IESE）、中小企業がIndustrie4.0に参加しやすい環境整備が必要（ACATECH）などの指摘がなされており、今後Industrie4.0を推進するために、新たな取り組みがとられることが予想される。我が国にも今後、Industrie4.0成果の国際標準化や産業展開の働きかけが来ると見込まれるが、標準化戦略などの観点から、我が国からも必要な情報交換や協力を能動的に行っていくことが必要と思われる。今回SECとIESEでシステムズエンジニアリング分野の協力を合意したところであるが、これをはじめ、SECとしても引き続き日独間の国際的なソフトウェア協力を検討・実施していく予定である。

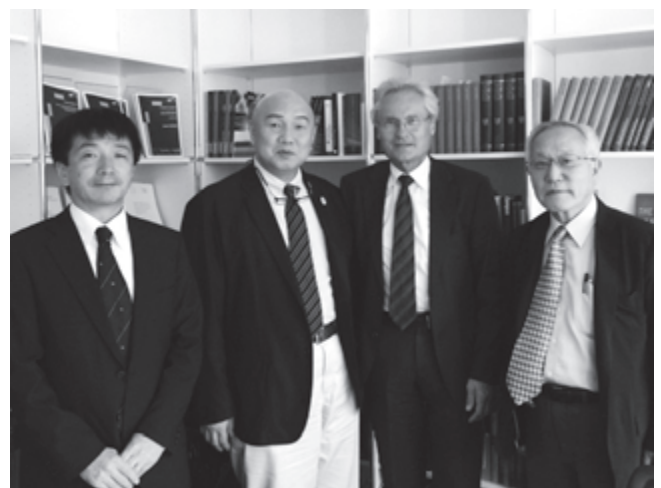


写真1 ACATECH カガーマン会長(写真右から2番目)と出張者一行

【脚注】

※1 カガーマン会長はインド最大のITサービス企業WIPRO社の社外取締役を兼務。

「宇宙がみちびくIoTの未来」 宇宙とくらしがつながる

“The Future of IoT the universe leads” Life connect with the universe

★ Program ★

Day 1 1月19日(火) 技術セミナー・第2回IV&Vコンテスト

Day 2 1月20日(水) 特別基調講演・一般講演・チュートリアル

【特別基調講演】

Massachusetts Institute of Technology

Nancy Leveson

【チュートリアル】 つながる世界のセキュリティ

情報セキュリティ大学院大学 情報セキュリティ研究科 教授 大久保 隆夫 氏

Day 3 1月21日(木) 基調講演・招待講演

【基調講演】 高精度測位技術の応用について

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構

第一宇宙技術分野 衛星測位システム技術ユニット ミッションマネージャー 小暮 聡 氏

【招待講演】 「IoTは一夜にしてならず」日立建機のM2MとIoTの取組みのご紹介

日立建機株式会社

経営管理統括本部 IT推進本部 業務システム統括センタ長 松田 富士夫 氏

【招待講演】 ミサワホームが描く住まいと暮らし-IoT住宅の真面目

ミサワホーム株式会社

代表取締役 専務執行役員 平田 俊次 氏

【招待講演】 人工知能は人間を超えるか-ディープラーニングの先にあるもの-

東京大学大学院工学系研究科

技術経営戦略学専攻 准教授 松尾 豊 氏

【招待講演】 つながる世界 (IoT時代) の天使と悪魔

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

ソフトウェアグループリーダー 中尾 昌善 氏

2016 1/19 火 20 水 21 木

[名称] 第13回クリティカルソフトウェアワークショップ (13thWOCS²)

[共催] 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA)
独立行政法人情報処理推進機構 (IPA)

[会期] 2016年1月19日(火)-21日(木)

[参加費] 無料

[URL] <http://www.ipa.go.jp/sec/events/20160119.html>

[会場] コングレススクエア日本橋

○ Registration ○



iコンピテンシ ディクショナリを 活用した組織力強化

～ IoT 時代に向けた組織と個人の相互成長～

IPA IT 人材育成本部 HRD イニシアティブセンター

奥村 有紀子

変革の時期である IT 業界において、変化に対応するためには、組織力を強化することが一策と言える。ここでは人材に着目した組織力強化のためのしくみとして、「iコンピテンシ ディクショナリ」とその活用方法について紹介する。

1 はじめに

今、IT 業界は変革の時期と言える。今号のテーマとなっている IoT はもちろんのこと、クラウドサービスやオープンデータなどの様々な技術要素やサービスが、これまでとは違うつながりを持つことで新しい価値が生まれており、ビジネスは大きく変わっていくと考えられる。

このような状況下では、変化に対応できる組織となることが必要であろう。本稿では変化に対応する方法のひとつとして組織人材に着目し、人材を活用した組織力強化の方法について解説する。

2 人材を活用した組織力強化の考え方

変化への対応には、変化に影響を受けない堅牢性を持つ、変化に柔軟に対応する、などが考えられるが、これらを実行するのは組織に所属する「人」（以下、組織メンバ）である。企業などの組織では、業務の状況は組織メンバの業務実行能力に依存する。

一方、この能力を向上するには人材育成が手段として挙げられるが、組織メンバの育成には時間がかかる。また、従来の「必要な知識を学んでから、業務で実践」という方法では、変化への対応としては遅く、効率的な人材育成を行う必要がある。

ここでは「業務における組織メンバの成長」に力点を置いた方法に着目する。これは、業務を行う中で経験を

積み業務実行能力を身に付けつつ、不足するスキルを学習するなど業務実行能力を向上するやり方である。

この方法ではまず、組織メンバ個々の業務実行能力を見える化する必要がある。そしてこれを集計・分析することで、組織における業務の現状を把握することができる。変化に対応するためには、この業務状況を判断材料のひとつとして、自組織の戦略や方針の検討を進めていく。以下では、業務の見える化や成長のための材料を作るしくみとして、「iコンピテンシ ディクショナリ」とその活用方法を紹介する。

3 iコンピテンシ ディクショナリの概要

3.1 iコンピテンシ ディクショナリとは

iコンピテンシ ディクショナリ（以下、iCD）[iCD] は、企業において IT を利活用するビジネスに求められる業務（以下、タスク）と、それを支える IT 人材の能力や素養（以下、スキル）を「タスクディクショナリ」「スキルディクショナリ」として体系化したものである。IPA は、2014 年 7 月 31 日に iCD の試用版を公開、パブリックコメントや産業界における実証実験などを踏まえ、2015 年 6 月 30 日にはその正式版となる「iコンピテンシ ディクショナリ 2015」を公開した。

iCD は、主たる利用目的を IT 人材育成に置いて構築されたものである。これまで発表された 3 つのスキル標準「IT スキル標準」(ITSS)「組込みスキル標準」(ETSS)「情

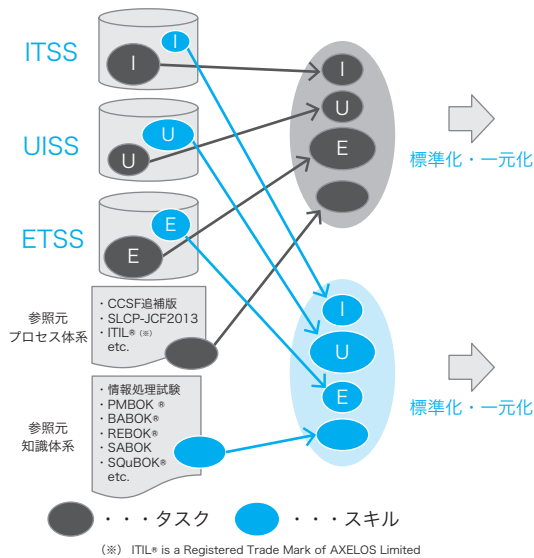
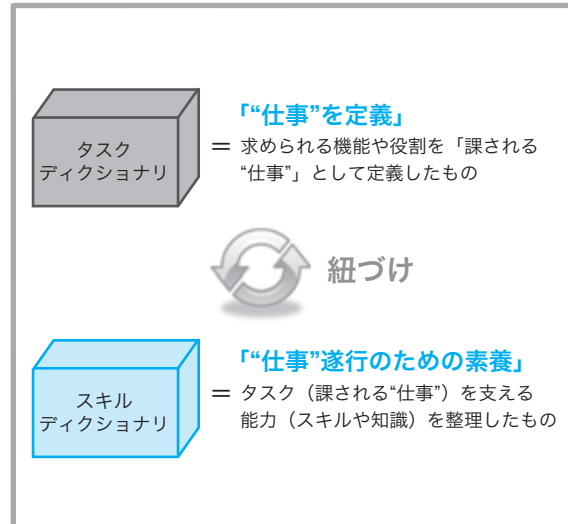


図1 iCDの概要



報システムユーザースキル標準」(UISS) 内の IT 人材育成に必要な要素を基礎として、「タスク」「スキル」の2つの体系に整理した。加えて、共通フレーム 2013 などのプロセス体系や、PMBOK、SWEBOK、SQuBOK などの知識体系を参照し、IT の業務に関するタスクとスキルを充実、それらを「タスクディクショナリ」「スキルディクショナリ」の2つの辞書にまとめた。

iCD の一番の特徴は、タスクを使って業務の実行能力を評価する点である。

これまでの人材育成のやり方では、研修を受講したり資格試験を受験したりして「スキルが身についたかどうか」を確認していた。しかし、スキルは業務の実行能力を直接表す指標とはならず、「スキルを持っているからといって必ずしも仕事ができるとは限らない」ということについては誰もがうなずくことであろう。

企業などの組織が人材育成において把握したいのは、業務の実行能力がどのような状態であり、どのように変化したか、である。iCD では、タスクディクショナリを使用し組織ごとに定義した必要業務（以下、自タスク）に対し、社員などの組織メンバが実行能力を診断することで、個人ごとの業務状況が見える化できる。またそれらを部門単位、業務の分担を考慮して定義した役割単位で集計すると、能力レベルごとの人数が把握できるため、組織の状況を把握することができる。

個々の組織のタスクセットである自タスクは、組織ご

とに必要な業務を、タスクディクショナリに記載されているタスク一覧から選択して定義する。そのため、自タスクは組織ごとに異なるタスクセットになる。

これは、個々の組織に合わせたカスタマイズに当たるものだが、これまでのスキル標準では、このカスタマイズが容易ではなかった。自組織に適用するためには、スキル標準で提供されている幾種類かの参照モデルを利用する際関連付けを考慮した変更を行う必要があったり、業務やスキルの詳細を組織ごとに一から考えて定義する必要があったりした。組織ではそのために、カスタマイズや運用の専任者を用意し工数を確保するなどが必要となった。専任者を用意できない中小規模の組織などでは、スキル標準の活用を断念することもあった。

iCD では、IT に関する業務をタスクとしてディクショナリ形式で提供しているため、タスクディクショナリから「選択する」という行為で、自組織の業務を定義することができる。このように自タスクを定義するための工数がこれまでより少なくて済むため、中小規模の組織での導入も進んでいる。また規模の大きい組織においては、組織全体のみならず、部門やプロジェクト単位など少数の体制でも比較的容易に導入できるようになっている。

3.2 iCD 利用のプロセス

iCD を組織で利用するためのプロセスについては、「i コンピテンシ ディクショナリ解説書 3.1 i コンピテンシ ディクショナリの企業・組織での利活用例」[iCD 解

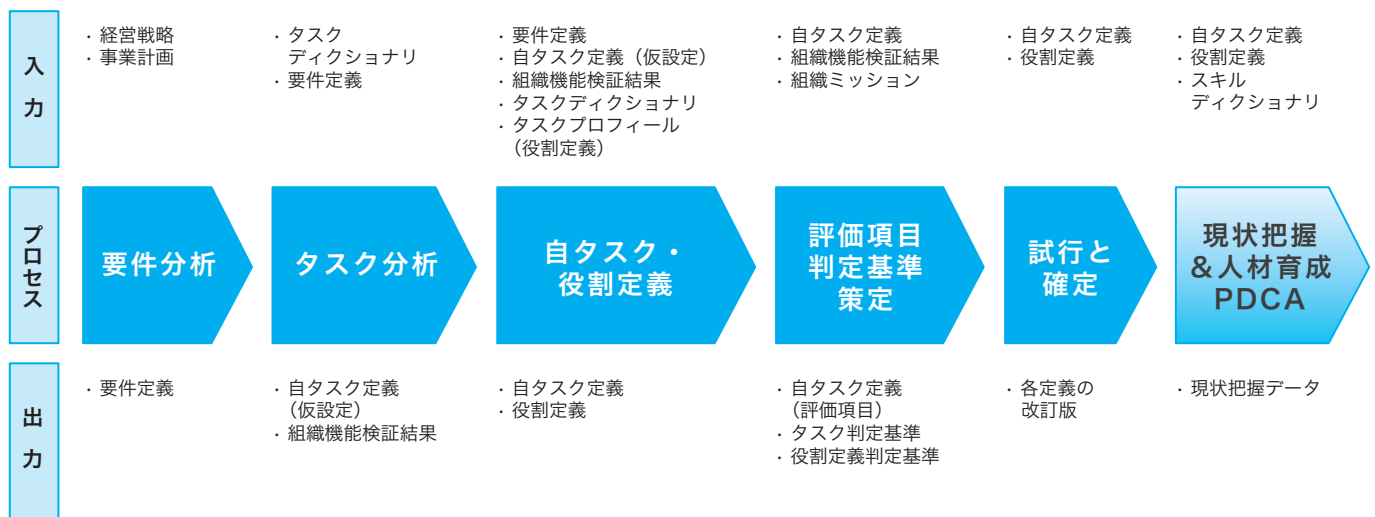


図2 iCDの利用プロセス

説書]に、人材育成において利用する場合の詳細を掲載している。図2に利用のプロセスを示す。

以下では、図2に沿ってプロセスの概要を紹介する。

(1) 要件分析

自組織の経営戦略や事業計画に基づき、ビジネスの達成に必要な組織や人材に関する要件をまとめる。

(2) タスク分析

定義した要件を満たす組織となるために必要なタスクを、タスクディクショナリから選択し、自組織用のタスクセットである自タスクとして仮設定する。このとき、今実行している業務のタスク (AsIs タスク) だけでなく、(1) の要件定義を基にした、本来行う必要のあるタスク (ToBe タスク) も定義することが重要である。これには、やるべきだが実行できていなかったり、明確に役割として定義されていなかったりする業務なども当てはまる。これが定義されていないと、計画や戦略とタスクが紐付けされない状況になる。

(3) 自タスク・役割定義

(2) で仮設定した自タスクを (1) や実業務に照らし合わせ、ブラッシュアップする。また、個々のタスクを実行する役割について仮設定し、突き合わせながら自タスクと役割を確定する。このとき、現場で実際にその業務を担当している組織メンバに協力を仰ぎブラッシュアップ作業を行うと、実業務を反映したタスクとなる。

(4) 評価項目、判定基準策定

自タスクを診断する際に使用する評価項目や診断基準を設定する。

(5) 試行と確定

(3) (4) で設定した自タスク、役割、診断基準などを使って、組織メンバの協力を得て診断を試行する。自タスク設定で実際に行っている業務がもれていた、診断基準で設定した特定のレベルに診断結果が集中して、目的とする分析ができなかったりなどの不具合を改善、調整する。規模の大きな組織では、試行可能な部門の協力を得てパイロットとして適用し、運用について試行することもある。

(6) 現状把握、人材育成 PDCA

確定した自タスクや診断基準を使用して、運用を開始する。組織メンバは自タスクに対し実行状況の自己診断を行い、それを材料としてマネージャと面談する。確定した診断結果を部門単位、役割単位に集計する。

運用を始めてからも、組織メンバが利用しやすくなるための調整や改善を行い、要件や実業務が自タスクと乖離しないようにする必要がある。

3.3 iCDを活用した人材育成

前節の手順で定義した自タスクに対し、組織メンバがタスクの実行度合いをレベル診断することで、メンバ個人の業務の実行状況が分かる。4階層で構成されているタスクディクショナリの3~4階層で見ると、細かなタ

スク単位の経験や状況が見えてくる。また、2階層ではタスク全体を俯瞰して実行状況を確認することができる。

これを材料として、メンバはマネージャと面談を行い、業務の現状と将来の方向性を確認し、将来の目標を設定する。また、成長（育成）のマイルストーンとして、次期に伸ばしたいタスクとその達成レベルを、次期の目標として設定する。次の期には、目標に向けて業務経験を積んだり、不足するスキルを学んで身に付けたりする。期が終了する際にレベル診断を行い、達成度合いの確認を行う。タスクの診断レベルが向上すれば、成長した証となる。

これらを部門単位や役割単位に集計することで、部門別、役割別の業務実行状況が見える化できる。経営者や人材育成部門はこの集計情報を活用し、効果的な育成計画、研修計画を立案する。

4 iCD を利用した組織力強化

組織メンバの個々の診断結果や、部門または役割単位の集計は、組織状況が見える化したものになる。この情報は育成以外にも活用できるため、これらを利用した組織力強化につながる立場別の活用方法の例を示す。

(1) 経営者、経営層の活用方法

- ・ビジネス目標や経営戦略とタスクの紐付けができるため、計画や戦略の確実な実行につなげることができる
- ・個人別、組織別などの業務実行状況が分かるため、適材適所の配置や計画的な育成など、人的リソースの把握と有効活用が可能となる
- ・タスクによる目標設定を行うことで、育成の目標達成と業務実行が同時に行えるため、効率的かつ効果的な育成が可能となる
- ・育成自体が業務能力向上に直結するため、人事評価への利用も可能となる

(2) マネージャの活用方法

- ・自部門が担当するタスクを定義することにより、部門のミッションや業務範囲を明確化できる
- ・部下の業務における強み・弱みが見える化できるため、業務に直結した効果的な育成・指導ができる
- ・自部門の状況説明の際、経営層への説明資料とすることができる

(3) 組織メンバの活用方法

- ・経営の戦略などがタスクとして具体的に示され、組織の共通認識となるため、組織の要求を理解し、役割を果たすことができるようになる
- ・自身の業務実行状況が見える化し把握することで、自身のキャリアパスを描くことができる
- ・組織で求められる役割と、自身のキャリアパスを踏まえて、目標設定と実行の成長サイクルを意欲的に回すことができる

(3) においては、メンバに対しての育成が組織からの押し付けになると「やらされ感」が生まれ、個々の成長を阻害することになる。そのため自己の成長を促すことも重要となる。

自らの意思で成長した組織メンバは、自組織のビジョンを理解し、自身の目標を設定した上で業務に取り組むことになるため、業務への意欲が高いと考える。このようなIT技術者が組織に定着することは、正に「人財」であり、組織力を強化する上で大きな礎となるであろう。

5 おわりに

ここでは組織力強化の視点でiCD活用方法を紹介したが、前述のようにiCDはフレームワークを伴わないディクショナリ形式で提供されている。そのため導入は、組織規模によらず、中小規模の組織でも、部門単位でも可能である。また、タスクディクショナリから自タスクを定義する際も、すべての業務を定義してからとなると、改善の機会を逃す場合もある。喫緊の課題となっている業務や、システム開発会社における開発業務など携わるメンバが多い業務から自タスクとして定義し、見える化する方法もある。

またiCDは人材育成のみならず、プロセス改善活動や人材の採用活動にも利用されている。それ以外にも、IPAが公開したものであるiCDは公共性が高く、IT業界の「共通言語」としての利用も提案されている。

iCDを見える化のツールとして活用し、人材育成のみならず様々な改善を進めて欲しい。

【参考文献】

[iCD] IPA HRD イニシアティブセンター：iコンピテンシ ディクショナリについて、http://www.ipa.go.jp/jinzai/hrd/i_competency_dictionary/index.html

[iCD 解説書] IPA HRD イニシアティブセンター：iコンピテンシ ディクショナリ解説書、<http://www.ipa.go.jp/files/000040676.pdf>

インダストリアル・バリューチェーン・イニシアチブ



インダストリアル・バリューチェーン・イニシアチブ 理事長
法政大学デザイン工学部 教授

西岡 靖之

1 はじめに

2015年6月に産学官が連携して立ち上げたインダストリアル・バリューチェーン・イニシアチブ (IVI) は、IoT時代におけるものづくりとITの融合を、ものづくりの側である製造業がイニシアチブをとって進めるためのフォーラムである。第4次産業革命という名の大きなうねりの中で、設立当初53社であったメンバー企業は、10月時点で100社を超え、そこには日本企業のみならず、欧米企業も名を連ねている。

IVIでは、メンバー企業それぞれが、自社単独ではなく、企業間でつながるしくみを構築するために、競争領域と協調領域を切り分け、更にはデジタル化する部分とアナログのまま残す部分を切り分ける作業を行う環境を提供する。

一般に、異なる企業や異なる工場がつながるためには、そこで行われている業務や、そこで利用されているデータの標準化が必要となるが、やり方によっては、これまで培った技術やノウハウが流出する危険性もある。どこまで共通化し、どこは固有のまま残すかという判断が必要となる。

また、デジタル化、ネットワーク化は、成長のための非常に強力なツールではあるが、これも使い方によって、ひとの創意工夫や自らカイゼンする力、職人技などの暗黙知を制約し、独自の進歩を阻害する可能性がある。したがって、すべてをデジタル化するのではなく、アナログ部分をあえて残すという選択を含めて、その境界を議論する。

2 業務シナリオによるゆるやかな標準

IVIにおけるこうしたものづくりの未来に向けた地道な作業は、ITの専門家ではなく、工場の業務に精通した製造業

の技術者、管理者が、企業の壁をこえて問題や課題を提示しあい、そのための方策を現場のオペレーションレベルで議論する必要がある。IVIでは、こうした目的のため、現在以下の表にある19のワーキンググループ（業務シナリオWG）が活動している。

表1 業務シナリオ標準WGの概要

WGのテーマ名	参加企業
遠隔地の工場の操業監視と管理	ダイフク、NEC、ほか11社
設備ライフサイクルマネジメント	矢崎総業、ほか7社
現物データによる生産ラインの動的管理	横河電機、パナソニック、ほか10社
設備連携によるリアルタイムな保全管理	オムロン、ほか14社
リアルタイムなデータ解析と予知保全	オークマ、ほか12社
保全データのクラウド共有とPDCA	NEC、ほか7社
MESによる自動化ラインと搬送系、人間系作業の統合	神戸製鋼所、ほか15社
企業を超えて連携する自律型MES	小島プレス工業、ほか9社
想定外の状況に対応可能なMES	デンソー、ほか10社
実績データによる製造知識の獲得	日立製作所、ほか5社
データ連携による品質保証（不良原因の早期発見、未然防止）	キヤノン、ほか7社
ロボットを活用した中小企業の生産システム	安川電機、ほか9社
生産技術&生産管理のシームレス連携	川崎重工、ほか9社
設計&製造BOM連携とトレサビ管理	豊田中央研究所、ほか10社
人と設備の共働工場における働き方の標準化	トヨタ自動車、ほか6社
中小企業を中心とするつながる町工場	今野製作所、富士通、ほか8社
サーバーフィジカルな生産&物流連携	東芝、ほか4社
遠隔地のB2Bアフターサービス	ニコン、ほか12社
ユーザ直結のマス・カスタマイゼーション	マツダ、ほか8社

各業務シナリオ WG では、それぞれの業務シナリオとして、現状と課題、解決手段、目指す姿について、メンバー企業が持つ問題意識を提示し合った後に、シナリオの内容を共通的なことばで相互に理解可能なように具体化していく。これは、舞台やドラマの脚本を共同で書く作業に似ている。

まず、役者（登場人物）と場面を設定する。業務シナリオは、ここで定義した場面の展開によって起承転結が描かれる。各場面では、いつ、どこで、どの役者が登場し、どのような活動を繰り返し広げるかを設定する。ここで、役者の活動（振りつけ）として、モノや情報に対して、何らかの操作をすることになる。

実際の工場で行われている業務を忠実に表現しようとすると、どこまで細かくすればよいか際限がない。ここでは、モノや情報に対する操作と、そうしたモノや情報がどのような属性や項目を持ち、更にそれがデータとしてどのように表現されるかを指定するところまでとしている。つまり、業務担当者や技術者が、モノや情報に対して、どのようなロジックで仕事をするかといった個別の競争領域は定義しない。

IVI では、こうした業務シナリオを記述するために、共通的なモノ、情報、活動、そしてデータのモデルをゆるやかな標準 WG があらかじめ用意する。そしてこれを、データベース化することで、各業務シナリオ WG の作業の軽減を図ると同時に、それぞれの業務シナリオが異なっても、そこで利用するモノや情報のモデルを共通化し、プラットフォーム上で相互につなげることを可能とする。

3 会員組織と推進体制

IVI は、正会員、サポート会員、学会会員、そして賛助会員で構成される。ものづくりの側からのニーズ主導で会を運営するために、正会員は実際にもものづくりを行っている製造業に限定され、サポート会員は、正会員の推薦がなければ会員になれない。正会員とサポート会員は、それぞれ大企業と中小企業の区分があり、中小企業であっても積極的に活動に参加できるよう配慮している。

組織構成は、総会、理事会、幹事会から構成され、正会員とサポート会員は、最高議決機関である総会の構成員となる。実際の運営方法は、20 社以内の正会員から成る幹事会で決定され、幹事会のもとに各委員会が設置されている。現在、ビジネス連携委員会、標準モデル委員会、インフラ支援委員会、そしてパブリシティ委員会がある。

ビジネス連携委員会は、業務シナリオ WG で行う業務シナリオの開発を推進し、同時にそれらの活動を通して、メンバー企業が相互に連携した実際のビジネスケースを実証実験として具体化することを支援する。委員は、各業務シナリオ WG のファシリテータによって構成され、WG 間のスコープの調整や、新規 WG の立ち上げなども議題とする。

標準モデル委員会は、ゆるやかな標準の策定を推進し、

個々のビジネスケースにおいて、業務シナリオを具体化する際に参照可能な活動や情報やモノなどを定義し、ライブラリとして提供する。実際の活動は、活動リファレンスモデル WG、情報リファレンスモデル WG、物事（モノコト）リファレンスモデル WG、そしてデータリファレンスモデル WG が担当する。

インフラ支援委員会では、メンバー企業が実際のプロジェクトとして実証実験を行うにあたって、共通的に利用可能なデータ通信のインフラや、クラウド上でのデータ管理のためのインフラなどに関する要件を整理し、オープンな環境の中でそうした機器やサービスを調達できるための環境を整備する。

最後に、パブリシティ委員会は、IVI の様々な活動を対外的に発信する上での方針や具体策などを検討すると共に、外部の団体との情報共有のためのコンテンツや仕組みづくりを推進する。とくに、海外への情報発信のための窓口として、その具体的な方策を検討し、国内では中小企業への普及のためのよりわかりやすい広報活動なども手がける。

4 ロードマップ

IVI が行うべき事業としては、ものづくり競争力強化のための各種教育・研修、ものづくり業務改革のための基盤技術の研究と支援、ものづくりと IT が融合したビジネスシナリオの研究、ゆるやかな標準化のためのリファレンスモデルの開発、IoT を活用したプラットフォームのための標準化の提案、そして、会員相互の支援、交流、連絡その他共有する利益をはかる活動が、定款の中であげられている。

こうした活動を通して、今後の IVI が目指す姿をロードマップ的に示してみたい。まず、直近の 2017 年には、IVI のリファレンスモデルをデータベース化してアクセス可能とし、中小製造業を対象とした IoT の業務アプリケーションや、製造業のサービス化を志向したアプリケーション、そして既存のグローバル展開している製造業のアプリケーションへの適用を可能とする。

そして、2020 年には、IVI のキーコンセプトであるゆるやかな標準に対応した国際標準が整備され、様々なリファレンスモデルのトレースがグローバルに可能となり、産業界のニーズに合わせて、それらが自律的に進化可能な状況としたい。

更に長期的な視点でいえば、2030 年には、製造業は、サービス産業として変革し、それらの企業が IVI のゆるやかな標準のリファレンスモデルを利用した IoT プラットフォームを無意識に利用している姿を目指したい。そのためには、様々な技術的課題を解決し、様々な障害を乗り越えなければならないが、異なる企業が相互につながる環境があたりまえの時代となる過程の中で、IVI がどこまでグローバルにイニシアチブをとれるかにぜひ期待して欲しい。

IoT & Industrial Internet の Global 展開と日本の産業界の課題について



一般社団法人 日本 OMG 代表理事
Industrial Internet Consortium Sales Representative, Japan

吉野 晃生

IoT がもたらすであろう新しい産業革命に多くの注目が集まっている。ドイツでは数年前より Industrie 4.0 の名で国家 Project として検討、推進が図られている。また、昨年3月には、当初 US の大手企業5社（IBM、GE、CISCO、INTEL、AT&T）が中心となり、Global に開かれた Industrial Internet Consortium を立ち上げ、現在 200 社以上の企業・団体が参加しており、日本企業も 8 社（日立、東芝、三菱電機、富士電機、富士通、NEC、富士 Film、トヨタ；US より）が参加している。両組織と

も目的とするところは、過去 20 年間停滞した先進国としての GDP の実質成長率 0%、雇用問題の抜本的解決をその本質的、戦略的目標設定としている。両者の関係をみると下記の図にあるように、Industrie 4.0 はデジタル・ファクトリーを視点に置いた製造業全体の向上を目指している。Industrial Internet Consortium は、同様に製造業全体の向上も視点に置いているが、それよりも大きく新規分野の開拓に多く注視している。双方とも結果が重要であり、コミュニケーションがなされている。

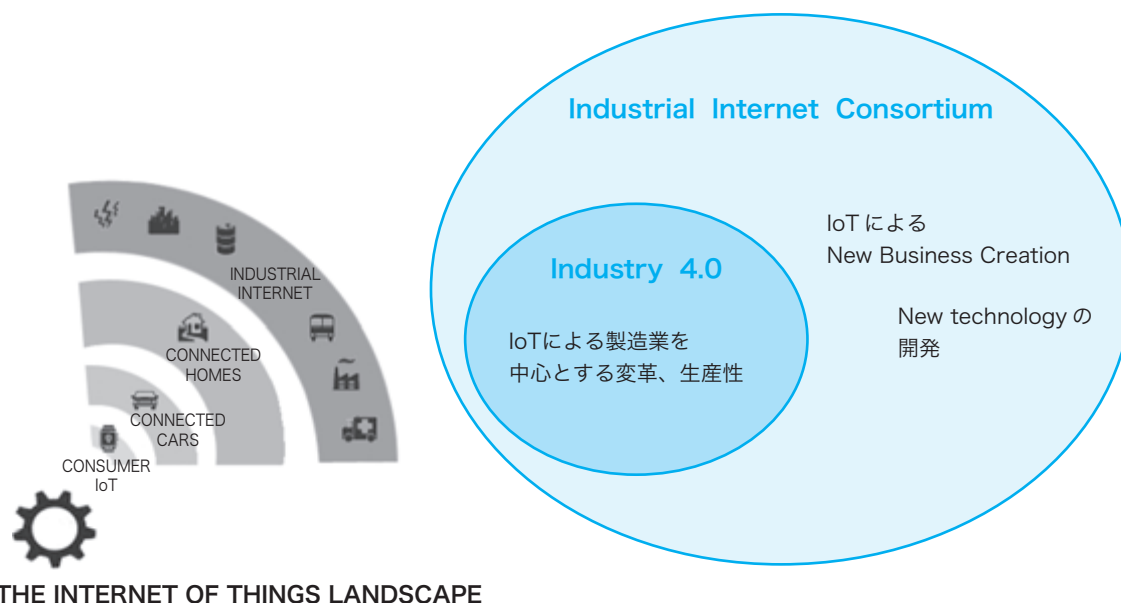


図1 Industrie 4.0 と Industrial Internet Consortium の比較

IoTに関する個々の技術などについては、多くの議論、報告がなされているので、ここではそれらの検討から離れた視点を展開してみたい。現在、Industrial Internet Consortiumに参加する多くの企業、団体に具体的テスト・ベットの検討がなされつつありその一部が公表されている。どのような開発、提案がなされているかの詳細を検討することも必要だが、最も重要なのは、これらの試行を通じてどのようなビジネスモデル、ビジネス・アーキテクチャ変革を目指しているかを判断、洞察することである。基本的な姿勢は、Open InnovationでありOpen Collaborationによる早期実現、拡大を基本としている。この変革は、従来すべて自社内で完結していた日本企業の事業形体に大きな変革をもたらすと考えられる。オープンにすることによりビジネスの範囲、ボリューム、スピードに大きな効果が期待されている。

これらの変革への対応策として次のことが上げられる。

- 1) 企業間、異業種間、グローバルに地域を越えて連携、協業をしていくための必須要件などの準備
 - ・ 自社のノウハウ・技術・バリューに対するオープンクローズ戦略のビジネスモデル構築と準備

- ・ 事業のモデリングによる連携相手とのベンチマークができる
- ・ 技術、設計レベルでコミュニケーションが可能な基盤整備と複雑プロセス（システム）の可視化及び最適化（要件定義）

2) 中長期的視野を見据えての国際標準、デファクト・スタンダードの活用と戦略的な技術選択と、今後新たに検討、推進されるものに対する積極的参画

3) 産学官のよりいっそうの緊密な連携と、その組織と成果に対する積極的なグローバルへの解放

Industrial Internet Consortium は、これらの具体的なGlobalなCollaborationの場として、図のように、ソート・リーダーシップ、テクノロジー及びセキュリティとテスト・ベットの活動を展開している。

その中心的活動は、実証実験の場であるテスト・ベットで順次その成果が発表されつつある。

この世界は、次の日本の世界に視点を置いた発展と、貢献の中心的役割を果たす可能性が大きいといえる。技術論だけではなく、ビジネスモデルの議論、検討を含め進めていくことが重要である。

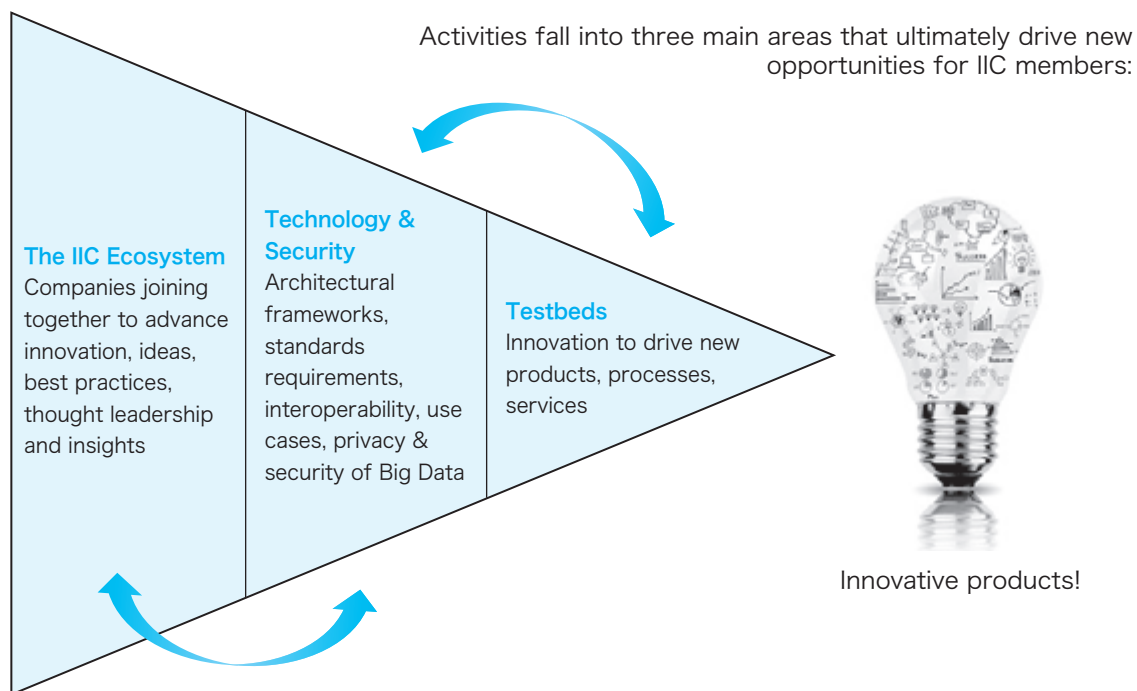


図2 IIC Core Focus Areas

ソフトウェア開発 2.0

IPA 顧問

松田 晃一

20世紀に生まれた「ヒトのインターネット」は、21世紀に入って「モノのインターネット」へ進化を遂げつつある。今や30億人を超す人々をつなぐ「ヒトのインターネット」は、我々の社会、経済、生活、文化などあらゆる分野に大きな変化をもたらしたが、それと同様に「モノのインターネット」も大きな変革の起爆剤になるだろう。

IoTでモノ作りに革命が

その一つが製造業、モノ作りの革新である。インダストリ 4.0 やインダストリアル・インターネットが代表例である。モノ作りの現場に「モノのインターネット」を大々的に導入し、製造業を全く新しいビジネスモデルに作り変えようとするインダストリアル・インターネットでは、例えばガスタービンに5,000個ものセンサーを取り付け、5テラバイトという膨大なデータがネットを介してリアルタイムで集められ、解析され、耐熱素材や冷却技術の開発に活かされ、製品改良の時間短縮やコスト削減の効果を得ているとのことである。(日経新聞 2015年3月31日)

では、ソフトウェア作りは？

ところで、ソフトウェア作りはどうであろうか？先人達の努力にもかかわらず、ソフトウェア危機と言われ始めた1960年代から現代に至るも、革命的と言われるような飛躍は生まれていない。モノ作りは、ソフトウェアの効用を受けて4次の革命を迎えようとしているにもかかわらず、ソフトウェア作りは旧態依然のまま取り残されているという皮肉な状況にある。

モノ作りに大きな効果をもたらしている「モノのインターネット」の主要な役割は次の3つに集約できる。その第1は、生産工程の正確な情報がセンサーでリアルタイムに得られること。第2に、集められた膨大な情報が集約・分析され有用な情報が取り出されること。そして第3には、その結果が生産工程へリアルタイムにフィードバックされること、である。なかでも、第1の情報の収集、つまり生産工程と完全に同期した情報が集められることがすべての基礎である。情報の分析がいかに優れていても、元の情報が歪んでいてはしようもない。ソフトウェア開発を見た時には、この部分が決定的に弱いことが問題である。

ソフトウェア開発の情報センサー

ソフトウェア開発の進捗会議において、「ほぼスケジュール通り」「やや遅れているが、1週間程度で回復見込み」という報告に安心していると、納期の直前になって「テスト完了が大幅に遅れる」「要員の追加が必要」といった報告が突然出てくることはよくある。こんなトラブルを目にする、アンデルセン童話の「裸の王様」を連想してしまう。王様に素晴らしい着物を作ってあげる、とやってきた詐欺師たちが連日忙しそうに機を織り、布を縫い、夜を徹して一生懸命作業をしている様子は見えるのだが、肝心の布は見えず、出来上がった着物も見えない。実際には何も出来ておらず王様は裸だったのだが、大人たちには真実が見えなかった、という物語だ。ソフトウェア開発にも、「裸の王様」に出てくる大人の曇った目ではなく、「王様は裸だ！」と叫んだ素直な子供の目が必要だ。マネージャが感覚を元に鉛筆を舐めて作った報告ではなく、開発プロセスから直接得られる生の情報こそが必要である。

と言っても、人間の頭脳作業、手作業が中心のソフトウェア開発プロセスから適切に情報を取り出すセンサーはなかなか難しい。しかし、コンピュータ支援での開発が一般的になった現在、Trac や Redmine といった開発プラットフォームや開発ツールからプロセスの情報をリアルタイムで収集することが余分な負担無くできる環境になってきている。コンビニが店舗のPOSレジから得られる膨大なデータを分析し、商品開発や商品流通、配送など様々な活用して成功を収めていることはよく知られているが、これと同様なことをソフトウェア開発に持ち込むことも夢ではない。SECが数年前から進めてきたEPMはこのようなことを目指した試みの第一歩である。

「測れないものは制御できない」

ソフトウェア開発プロセスの状況を正しく反映する情報をリアルタイムで自動的に得るセンサーが全ての始まりである。EPMのような開発プロセスのセンサーツールを育てて、モノ作りの革命4.0に負けない、ソフトウェア作りの革命2.0への道を少しでも前進させたいものだ。



ゴール & ストラテジ入門 — 残念なシステムの無くし方 —

ビクター・バシリ、他 著

早稲田大学グローバルソフトウェアエンジニアリング研究所
ゴール指向経営研究会 訳

ISBN: 978-4274505843
オーム社刊
四六判・244 頁
定価 2,800 円 (税抜)
2015 年 9 月 26 日刊

残念なシステムの無くし方

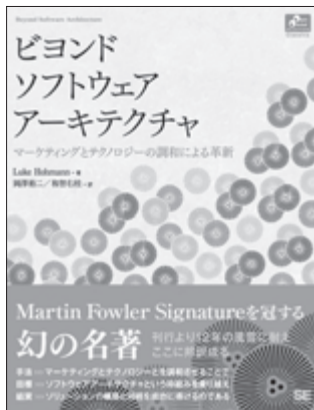
本書のまえがきに原著者の一人であるロンバック博士は以下のように書いてくださっている。「GQM+Strategies は、10 年以上に及ぶ IPA/SEC とフランホーファー IESE の間の技術連携における重要な成果でもある。」当書評を書いている私も訳者及び監訳者の一人に名前を連ねると共に、事例の提供もしている。GQM+Strategies を含むどんな方法論もそれが最初に提案されてから実戦に至るまでに 10 年以上を必要とするのは一般的である。

IPA/SEC では、研究者が独断でプロジェクトを進めるというのではなく、IPA/SEC での検討の結果を現場に技術移転することを踏まえ、当該方法論に関心を持っていただき、実践してくださるみなさんをメンバーとする「ワーキンググループ」という活動を進めている。本書で説明している方法論のオリジナルが英語であるため、ワーキンググループにおいて訳を作成ことにした。この時に IESE との間でのやり取りを仲立ちし

たのが新谷であるが、この活動は初期のころから本として出版する計画を作ったころにまで継続した。本として広く世間にでることになり、更に訳注を追加しなければならないものと思っているが、そのためには版を重ねることが必要になり、多くのみなさんに読んでいただきたい。

本書では日本において「なぜなぜ」として広く実戦されているものと類似の考え方とも言える。今達成したい事象をゴールとストラテジに分解し、それを段階的に詳細化する。その過程で明確化しておかなければならない諸事項を文書化し、ぬけもれをなくし、確かさが十分検証されていることを確認しようというものである。私たちが解決し達成しようとする対象は大きく複雑になっているため、複数のストラテジとして分割して対応することになる。その道筋を本書は読者に提供してくれるものである。

(新谷 勝利)



ビヨンドソフトウェア アーキテクチャ

ルーク・ホフマン 著

岡澤裕二、和智右桂 訳

ISBN: 978-4798139623
翔泳社刊
B5 変型判・368 頁
定価 3,800 円 (税抜)
2015 年 10 月 1 日刊

なぜ優れたソフトウェアがビジネスで 失敗するのか

著者は OOPSLA や UML World の常連スピーカー ルーク・ホフマンである。原書は Martin Fowler シグネチャシリーズの一冊として刊行されている。これまで、「アーキテクチャ」について技術的な観点から書かれている本は数多くあるが、ビジネスの視点から考えるべきポイントを網羅している本はそう多くないであろう。本書はその点を網羅していることを特徴としている。技術面、またビジネス面でのアーキテクチャ論にしても経験豊富な著者の実体験に根ざす優れた考察と共に記述されている。

ビジネス視点でのアーキテクチャといっても想像できない方も多いのではないかと。例えば本書の第 9 章には「ブランドとブランド要素」が記述されている。「アーキテクチャ」の本に「ブランド」の章があること自体、私には新鮮に感じてしまったが、アー

キテクチャが継続的な価値をもたらすためには、対象物の成り立ちや成長・進化といった時間的広がりにも目を向けなければならないことが理解できた。

訳者は情シス部門メンバーへのメッセージとして「アジャイルや SCRUM に興味を持つのもよいけど、アーキテクチャについてきちんと考えてみるべきである」と綴っている。現在、エンジニアの大多数がアーキテクチャや設計についてのきちんとした教育を受けることなくソフトウェアを書いているのが実情ではないだろうか。本書は、そのような技術者にはもちろん、また、アーキテクチャの技術論をおさえている方々にも読んでいただきたい。新たな気づきが得られるはずである。

(遠藤 秀則)

編集後記

今号の特集は「IoT時代のつながる世界」としました。ソフトウェアが組み込まれた製品が、製品同士やシステムとつながって、新しいサービスや価値を生む、つながる世界が現実のものとなっています。しかもハッカソンやクラウド／ソーシャルファンディングなどにより、広がりやつながりの複雑性が増し、実現までのスピードも以前とは比べものになりません。このような大きな可能性の一方で、様々な品質の製品がつながったり、意図しない使い方などにより安全上やセキュリティ上での問題を引き起こす危険性もあることを考えなければならなくなってきました。IoT時代に向けた私たちIPA/SECの取り組み、各産業界から見た期待や課題を集めて今号の特集としています。特集を組んであらためて、IoTは農業から自治体まで、様々な業界に計り知れない可能性を提供していることが感じられました。

本誌が届く頃、年末のイベントで忙しい方も多いかと思います。お体ご自愛ください。

(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	遠藤秀則
編集委員 (50音順)	荒川明夫
	石橋正行
	日下保裕
	千脇誠司
	中尾昌善
	長谷川佳奈子
	三原幸博
	室修治
	山下博之
	和田恭



年越しの準備

(撮影：Y.kobuchi)

SEC journal 第11巻第3号(通算46号) 2015年12月1日発行

©独立行政法人情報処理推進機構 2015

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。

IoT時代に活躍する【組み込みシステムの腕利きエンジニア】を目指す！

国家試験 エンベデッドシステムスペシャリスト試験

高度な実践能力の証明に！

- ▶ 身近な場面を想定した出題を通して、最適な組み込みシステム実現のために必要となる高度な実践能力（レベル4）を問います。

レベル4の定義：専門分野において、自らのスキルの活用によって、独力で業務上の課題の発見と解決をリードするレベル。

技術要素

プロセッサ、メモリ、バス、計測・制御、リアルタイムOS、プラットフォーム、電気・電子回路、ネットワーク、セキュリティ

開発技術

- ・要求分析の実行とレビュー
- ・設計の実行とレビュー
- ・テストの実行とレビュー

管理技術

- ・開発環境マネジメント
- ・知財マネジメント
- ・構成管理、変更管理

- ▶ 近年の試験では、「無線通信ネットワークを使用した安全運転支援システム」、「3次元複写機」、「通信機能をもつ電子血圧計を用いた健康管理システム」、「非接触型ICカードを使用した入退場ゲートシステム」などのテーマを出題しました。
- ▶ 自動車、家電、モバイル機器などに搭載する組み込みシステムや重要インフラの制御システムを、ハードウェアとソフトウェアを適切に組み合わせて構築し、求められる機能・性能・品質・セキュリティなどを実現できる組み込みエンジニアを目指す方に最適です。

試験概要

【試験区分】 エンベデッドシステムスペシャリスト試験（平成28年度春期情報処理技術者試験の1区分として実施）

【日時】 平成28年4月17日（日）実施予定（年1回の実施）

【申込受付】 平成28年1月18日（予定）からWEB・郵送で申込み開始

詳しくは、Webページをご覧ください。<http://www.jitec.ipa.go.jp/index.html>

試験概要の最新情報、過去問題、活用事例などをご紹介します。

IPA Better Life with IT

SEC Journal No.43
第 11 卷第 3 号 (通巻 46 号)
2015 年 12 月 1 日発行

© 独立行政法人情報処理推進機構

ISSN 1349-8622

