

IoT時代のイノベーションを支える エンジニアリング

— IESE 所長 ディーター・ロンバック氏を迎えて —

IESE 所長

ディーター・ロンバック



IPA 理事

立石 譲二

IPA/SEC 設立 10 周年にあたり、ソフトウェア・エンジニアリングの世界的権威である、ドイツ フラウンホーファー研究機構 実験的ソフトウェア工学研究所 (IESE) の所長ディーター・ロンバック博士をお招きし、現在ドイツが取り組んでいる『インダストリ 4.0』の IoT (Internet of Things)、IoS (Internet of Service) 構想やソフトウェア・エンジニアリングの最新動向についてお話を伺った。本対談は 2015 年 2 月に開催した SEC 特別セミナー「IoT 時代のソフトウェア・エンジニアリングとビジネスイノベーション」会場にて公開形式で実施したものである。

IESE のプロフィール

立石: 日本でも昨年あたりから「IoT」「IoS」という言葉が盛んに聞かれるようになってきました。物のネットワークが急速に人々の関心を集めるようになってきています。ある予測によれば、2020 年には世界中で数百億個の機器あるいはセンサがインターネットにつながると見られてい



ディーター・ロンバック

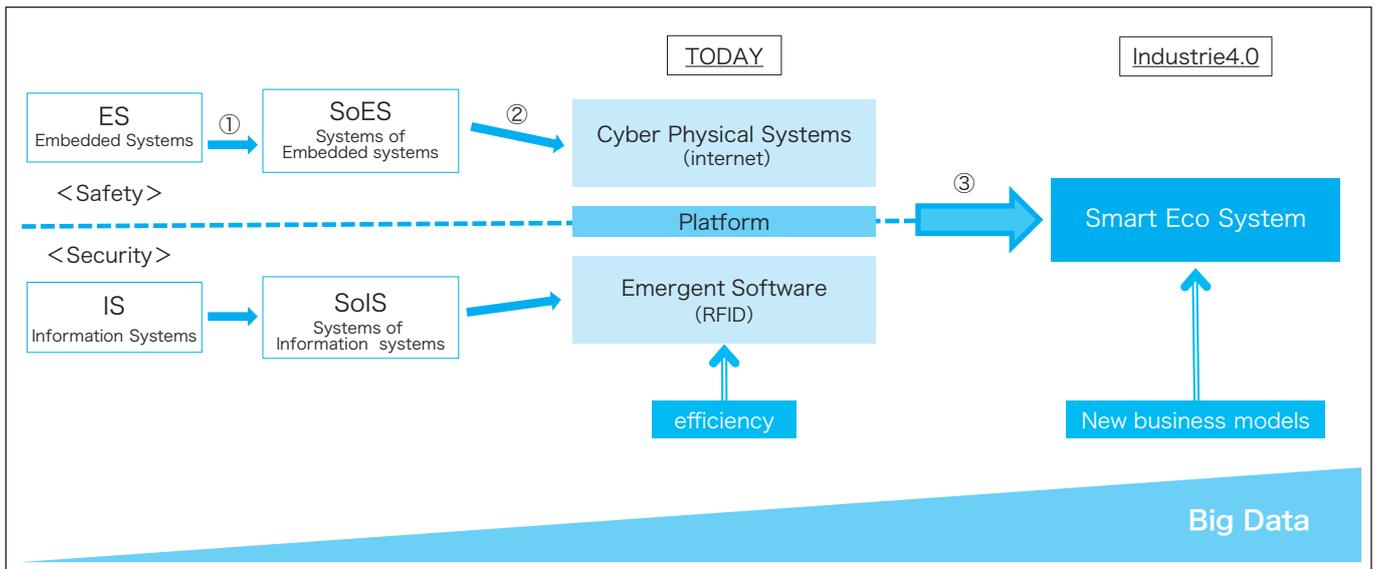
カイザースラウテルン大学コンピューターサイエンス領域講座教授。フラウンホーファー研究機構 実験的ソフトウェア工学研究所 (IESE) 設立から 2014 年まで所長、その後同所のビジネス開発ディレクターとなり、同時にカイザースラウテルンの The Board of the Science Alliance の議長に就任。Gesellschaft für Informatik (GI) のメンバーであり、ACM と IEEE のフェローも務める。主要な研究テーマはソフトウェアエンジニアリング分野である。200 以上の科学分野に関する著作を持ち、アメリカ国立科学財団の Presidential Young Investigator Award、ドイツ Rhineland-Palatinate 州のメリット勲章など多数の章を受章している、アメリカやヨーロッパなど企業、業界、国家等に対し科学的な助言をしている。



立石 譲二 (たていし じょうじ)

1985 年東京工業大学大学院総合理工学研究科システム科学専攻修士課程修了 (1998 年同大学院社会理工学研究科社会工学専攻博士課程修了)。同年通商産業省 (現経済産業省) 入省。2004 年より内閣官房副長官補 (安全保障・危機管理) 付内閣参事官として内閣官房情報セキュリティセンター (NISC) の新設に参画し、重要インフラ防護、政府機関のセキュリティ対策促進を主導。2008 年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・エンジニアリング・センター (SEC) 副所長、2013 年同機構理事 (技術本部長) として情報セキュリティ対策、情報システム基盤の高信頼化及び電子政府における相互運用性基盤の整備等の取組みを統括。2009 年東京工業大学非常勤講師。2015 年東京大学非常勤講師。

ます。こうした IT の変化を受けて私どもの足下でも農業、医療、製造業など幅広い分野でスマート化によるイノベーションが広がりつつあります。本日のセッションでは、こうした時代に向かって従来私どもが取り組んできたソフトウェア・エンジニアリングやこれから新たに出てくるシステムズエンジニアリング、こうした工学的な手法が果たす役割について考えていきたいと思います。まず、ディーター・ロンバック博士から IESE についてご紹介いただければと思います。



図：IT Mega-trend : Integration

※ロンバック博士が会場でホワイトボードに手書きしたものから作成

ロンバック：まずフラウンホーファー研究機構について、そして私が所長をしております IESE についてご紹介したいと思います。

フラウンホーファー研究機構は、第二次世界大戦後間もなくの 1949 年、産業界の戦後復興を手助けすることを目的に設立されました。その使命は、すべての産業界のすべての技術について様々な研究を行い、技術移転を行うことにあります。この研究機構の下には、実に 75 もの組織があり、全体の従業員数は 23,000 人、年間予算は 20 億ユーロに達します。予算の 3 分の 2 は委託業務によるもので、そのうちの半分は公的なもの、半分が民間のものとなっています。

IESE は、実験的ソフトウェア工学研究機構の中にあります。この研究機構は 1996 年に設立されました。ドイツのフランクフルトの南西約 100km にあるカイザースラウテルンというところにあります。この研究機構のフラグシップ的な研究機関と位置づけられているのが IESE です。

IESE はソフトウェアシステムズエンジニアリングを研究の対象としており、200 人以上の従業員がいます。様々な産業セクターの、ソフトウェアを活用した製品・サービスを開発している企業と協力をしています。

具体的には、自動車、航空、医療機器、エネルギーマネジメントの各業界です。

私たちが取り組んでいるのは、物の世界とデジタルな世界の統合にフォーカスした研究であり、いわゆる IoT、

スマートエコシステム、サイバーフィジカルシステムなどを領域としています。また、私たちが能力を発揮している場として、システムアーキテクチャ、セーフティエンジニアリング、セキュリティのエンジニアリング、そしてビッグデータの解析などがあります。

IoT 時代の本質は何か

立石：はじめに、IoT 時代のイノベーションについて考えていきたいと思っています。

そもそも IoT という言葉が取り上げられる背景には色々な側面があると思います。それは単に物と物がつながるといふ文字通りのことだけではなくて、サイバーの空間と物理、実体の空間が切れ目なくつながるといふこと、また IT が持つ産業構造、ビジネスモデルに対する変革力を指して言われているところもあると思います。しかしこれらは、かなり広い概念が、断片的に伝えられているような側面があるのではないのでしょうか。IoT によって起こる本質的な改革力の全体像が今ひとつ明らかになっていない、つかみにくいという気がしてなりません。これらについては、インダストリー 4.0 (Industrie4.0) やアメリカの取り組みである IIC (Industrial Internet Consortium) などが紹介されていますが、まず、IoT 時代の本質は何か、その全体像について博士のお考えを伺いたいと思います。

ロンバック：全体像が見えにくいというご指摘は、全く

その通りだと思います。語る人の経歴やバックグラウンドが、IT 寄りなのかエンジニア寄りなのかによっても見方が違ってきます。全体像ではなく、そのごく一部を見ているに過ぎないということがあると思います。視点が違い、使う用語も違うという状況です。IESE においてはそうした様々な視点を分析し、それをとりまとめて全体像を再構築しました。それは、色々な部分に分かれ、様々な用語が使われている中で全体的な視野で見る手助けになるのではないかと考えています。3つのレベルのシステムの統合ということを、図でご説明しましょう。

まず、最初の部分がどのように始まったのかと言えば、ソフトウェアやITは、2つの全く異なるものとして存在していました。1つが組込みのシステム、もう一つが情報システムです。互いに離れており、それぞれの課題も異なっていました。組込みシステムにおいては安全、情報システムにおいてはセキュリティでした。

さて、次に何が起こったか——これは私が第一のレベルの統合と呼んでいるものですが（図中①）、“組込みシステムのシステム”が登場しました。物理的なシステムが相互接続され、マシンとマシンがやりとりをするようになったわけです。また、情報システムの側でも同じことが起きました。企業の中に単体で存在したたくさんの情報システムが相互接続され、やりとりをするようになっていったのです。

このシステム間ではデータ交換が可能でしたが、そこにインテリジェンスはありませんでした。誰もが情報を活用するということではできなかったのです。そして最近になって出てきたのがサイバーフィジカルシステム (Cyber Physical System) です。これはエンジニアリングの世界の方から発信してきたものです。組込みシステムが相互接続され、全体としてのシステムになっていたのですが、それがインターネットにアクセスしました。それによってもう一方の情報システムに対してインターフェースが取られました (②)。

トラックを例にご紹介すれば、トラックにセンサが搭載され、センサからデータがインターネットに送られます。トラックの中のある部品が近い将来不具合を起こしそうだと、ということが見て取れるということです。製造技術者の視点でいえば、パーツがIPを持ったというという

ことになります。

情報システムの方でも同じようなことが起こりました。例をあげればRFID (Radio Frequency Identification) です。倉庫の中でのロジスティックシステムにおいて、物の世界とデータがRFIDを通じて、より結びつきを強めました。

これらが最終的に合体したところがスマートエコシステム (Smart Eco System) です (③)。第3のインテグレーション、あるいはインダストリ 4.0 と私たちが呼んでいるものです。組込みシステムと情報システムが同じレベルで相互にやりとりすることができるようになった世界であり、先ほどのトラックの例で言えば、走っているトラックに間もなく故障が起こるようなパーツがあったとき、ロジスティック側がそれを察知し、交換部品を用意して、故障する前に交換してしまう。それによってトラックが故障せずに走り続けビジネスを継続することができます。

トラックにセンサが付いていて、そのセンサのデータが、あるパーツが今後2週間で故障するかもしれないというデータを持つようになる。実際に故障しそうだとなったら、ロジスティックシステムの方でそのパーツを入れて直すことになる。これは2番目のレベルでの話です。

これに対してスマートエコシステムでは、今までの経緯といった歴史的なデータが蓄積されているので、それによって予測ができるようになります。要するに、故障する前に取り替えることができる。故障しそうだとなったら、一番早くその部品を調達できるロジスティックに連絡をして、それを持ってくることになります。

具体的にスマートエコシステムでどういうことが起きるかということ、トラックがどういったルートで走っているかというデータまで、いち早く得ることができるので、そのトラックがどこにいるときにそのパーツの故障が起こるのか、そこまで予測することによって、例えばトラックがドイツ国外だった場合、そのパーツを送って、ドライバーが休んでいる合間に部品の交換をすませてしまい、一刻の無駄もなくなるということです。機会を無駄にすることなくビジネスの効率を上げることができます。

第2のイノベーションでは、ビジネスモデルは変わらず、

その効率が良くなっただけですが、スマートエコシステムになればビジネスモデルそのものが変わることになります。トラックのシステムから送られてくるデータがあることによって、トラックの製造だけでなくその後のサービスまで行うことができるようになるわけです。

この新しい世界になると、ドイツや日本で、新たな仕事がたくさん生まれます。スマートエコシステムでは、実際には例えばグーグルがこのサービスを提供する可能性をもっています。グーグルは今奇妙な車を走らせて実験をしています。彼らは新たなプロダクト、新たなモビリティの発展性を追求しているのです。一般の目には奇妙で滑稽に見える自動走行の実験にしても、彼らは非常に真剣に取り組んでいる。それはなぜかという、グーグルはこの本質が分かっているからです。またソフトウェアの大切さ、ビッグデータ解析によって何ができるかを知っていてその上でやっている。この統合がうまくいけば、グーグルが、例えばダイムラーやトヨタといった自動車メーカーを買収するということがあるのかもしれませんが。

IoT、IoS と言った時には基本的にはプラットフォームを指します。これをできれば標準化して提供したい。IoT、IoS は何かという本質はスマートエコシステムに集約されますが、ドイツや日本においてスマートエコシステムは経済発展のためのプラットフォームとなっていてエンジンです。それに対してビッグデータは燃料です。ドイツや日本では組込みシステムや情報システムからプラットフォームを持ってきたので、スマートエコシステムに進む準備ができていると思います。

組込みシステムや情報システムから始まって第2のインテグレーションが起きるところまでは、徐々にによりよく改善していくという意味で、だんだんと変わってきました。つまりエボリューションと言えらると思いますが、第3のインテグレーションにおいては色々なことが全く変わる、大きな変化が起こるとの意味でレボリューションということができると思います。

立石：ありがとうございます。頭の中にあっただくさんのキーワードが、1枚のホワイトボードの中に整理されました。IoT やインダストリー 4.0 といった物作りの改革が、レボリューションといわれるような形で大きく進ん

でいる背景には、色々な舞台装置が整ってきたということがあるわけですね。

ロンバック：そうです。私がお伝えしたいことは、ビジョンを持たなければいけないということです。そこを目指してインダストリー 4.0 といった改革も起こり、メリットが生まれます。投資もしながらそのビジョンへの到達を考えていくということです。

■システムズエンジニアリングとは

立石：今から 35 年前の 1980 年頃に話題となった本に、アルビン・トフラーの『第三の波』があります。そこには、今起こっているような変化がたくさん出てくるので、今読み返しても大変おもしろく、私の好きな書物ですが、そこに、物同士がお互いに話をするようになる、そして人間と意思を通じるようになるというくだりがあります。それから「プロシューマー」という言葉が出てきます。メーカーと消費者の明確な区別が崩れ、消費者であると同時に生産者にもなる。思ったものが手に入りやすくなる。究極のカスタマイゼーションが起こる。こういうこともトフラーは指摘しています。博士がおっしゃるように、IT が変革のドライバーになる、変革力につながっていくということを目指していたのではないかと思います。この本が指し示している出来事が、正に今日のモバイルコミュニケーションの発達であり、インターネットの広帯域化であり、デバイスの技術であった。こうしたすべての舞台装置が整ってきた段階で、IoT やインダストリー 4.0 といったことが実現し始めたということではないでしょうか。

さて、次に今日の対談の本題といえるかもしれませんが、ソフトウェア・エンジニアリングと、システムズエンジニアリングの関係について考えていきたいと思っています。私ども IPA/SEC は、ご存じの方も多いかと思いますが IESE をお手本としてつくられた組織です。とくにシステムのコンポーネントとなっているソフトウェアを正しく正確に作るための手法をソフトウェア・エンジニアリングとして追求してきました。ところが近年では、システムズエンジニアリングという工学分野が着目されています。これは二者択一ではなく相互補完的に発展していく

べきものだと思っていますが、このソフトウェア・エンジニアリングとシステムズエンジニアリングについて、それらの関係や重要性、役割の変化について、ぜひお話を伺いたいと思います。

ロンバック：ご質問にお答えする前に、先ほど立石さんがまとめてくださったことについて少し触れたいと思います。アルビン・トフラーの『第三の波』について語っていらっしゃいましたが、それはインダストリ 4.0 ではなくて 3.0 の世界なのだと私は思っています。組込みシステムが複数集まってひとつの大きなシステムをなすという世界だと思うからです。これは 1970 年に始まったものです。今では生産の環境などでは標準となっています。色々な舞台装置である製品・通信が使えるようになってきたということで、工場のような閉鎖型の環境のみならず、幅広い領域の中で利用機会が広がってきたということだと考えています。

さて、ご質問についてですが、おっしゃるようにソフトウェア・エンジニアリングとシステムズエンジニアリングは、二者択一であるとか、あるいは両者が競合するというようなものではないと思います。もちろんソフトウェアが全体的な大きなシステムの一部であると考えれば、システムズエンジニアリングの一部にソフトウェア・エンジニアリングが入ると考えることもできますが、これはスマートエコシステムが出てくる前から必要な考え方でした。

その例としてお話したいことがあります。ある企業の方に「システムアーキテクチャとして何を使っていますか」と質問したことがあるのです。それに対して示されたのはハードウェアのアーキテクチャでした。そこで「そうではなく、システムのアーキテクチャとして何を使っているか知りたいのです」とあらためて尋ねると、今度は、ソフトウェアのアーキテクチャについて返事がありました。そこで「それらを俯瞰する全体的なアーキテクチャを知りたいのです」というと、そういう物は存在していない、アーキテクチャを示すことはできないという回答でした。

以前なら、そういう形でもよかったのかもしれませんが。システムの中で使われるソフトウェアがごく小さな一部であり、ハードウェアの割合が大きかったときには、ハー

ドウェアのアーキテクチャがおおよそシステムアーキテクチャなのであるという考え方をとっていても問題はありませんでした。しかし今は、ソフトウェアの量がどんどん大きくなり、色々なことを実現しているのはソフトウェアであり、ソフトウェアこそがイネーブラー（何かをさせるもの）であるということが多々あるなかで、もともとあったハードウェアのアーキテクチャに、どんどんソフトウェアを上乗せし、後付けすることによって問題が引き起こされています。

システムズエンジニアリングと言う時、私はハードウェアエンジニアリングのことを指しているのではありません。ハードウェアエンジニアリングという世界は、存在はしていますが、システムズエンジニアリングというのはより高い階層で、より抽象化された部分でのエンジニアリングということです。ハードウェアとソフトウェアで実現していく機能的領域、これに関してのエンジニアリングを指してシステムズエンジニアリングと言うのだと考えています。

ソフトウェア・エンジニアリングに長けている人たちは、何を強みとしているかということ、モデリングが得意であり抽象化がうまくできるということところです。これが今、システムズエンジニアリングにも求められている能力なのです。

これまで協力関係を保ちながら IPA/SEC とは研究を進めてきましたが、過去 10 年の間に私たち IESE も変革を遂げてきました。しかしそれは、ソフトウェア・エンジニアリングからシステムズエンジニアリングへ、ということではありません。ソフトウェア・エンジニアリングから、ソフトウェア・エンジニアリングとシステムズエンジニアリングの両方をやるという形への変革です。要件を設定するに当たっても、例えばドイツの海軍の艦船に関するシステムのシステムズエンジニアリングをしていますが、その時の要件は単なるハードウェアの要件でもソフトウェアの要件でもありません。現在の IESE の組織にはソフトウェア・エンジニアリング部とシステムズエンジニアリング部がありますが、お互いに認め合っていて、もちろん標準化をどうするかといった問題もありますが、実践的な協力関係を維持しています。

IESE のコンピテンスをよく T 字で表現します。その縦棒

はソフトウェアの深い理解を示し、横棒はシステムへの広い理解ということを示しています。

私は大学教授と IESE 所長という二つの役割を果たしています。大学においては、ソフトウェアに何ができるかといった基本的な分野での研究をしていますが、フラウンホーファーでは企業と協力しながら、いかにしてイノベーションを起こしていくかについて話しをするので、抽象化された議論だけではすみません。コンテキストが必要になります。小さいところから理解をして、そこから始めるべきだと言っていますが、人々の傾向としては問題が大きくなり始めてからシステムズエンジニアリングの重要性に気づくということがよくあります。小さいところからしっかり考えてシステムズエンジニアリングをすることによって先に進んでいけばいいところを、10 億行ものコードから成る膨大なシステムになってからシステムズエンジニアリングがどうなっているかと考え始める。それでは遅過ぎるのです。その前に、全体像をしっかり捉えるシステムズエンジニアリングが必要になります。

立石：コンテキストというキーワードが出てきましたが IoT の時代になって様々なシステムが相互につながっている状態になり「つながる IT」と言われる時代になっています。次に何につながるのかということが見えていない世界でシステムを組んでいかなければならない。とりわけ上流工程の設計がますます難しくなってくると思います。更に、専門的な教育を受けたオペレーターとしてのユーザが使うシステムから、マニュアルすら見ない一般の消費者がユーザとしてどういう使い方をしてくるかが全く予想できないという中で、システムズエンジニアリングの役割はますます重要になってくると思います。この点について博士はどうお考えでしょうか？とくに、かつて経験していない課題について全知全能の人がビッグピクチャーを描くということは考えられないので、様々なサブシステムのデザイナーたちがビッグピクチャーを共有していかなければならないという技術的にも困難な問題が出てくると思います。そのために必要な技術として interoperability、standardization、model based design といったキーワードがあると思いますが、その点についてどうお考えでしょうか？

ロンバック：おっしゃる通り、コミュニケーション、伝え方は変わってきます。研究する方も変わっていかなくてはならないし、課題もトピックも変わってくると思います。そこでインテグレーションについて、IESE のリサーチ部門で注目し、大切にしている 6 つのことについて説明したいと思います。

まず複雑性 (complexity) ということです。システムの複雑性は爆発的に増加していると言えます。ここで重要になってくるのがシステムアーキテクチャであり、モデルベースのデザインも重要になってきています。モデルなしでは進められない状況になっています。

2 つめはコンテキストです。コンテキストに関するデータをセンサで集めることができるようになってきました。コンテキストを利用し、サービス品質を保障していくことが、まだ完全ではありませんが、その方向に向かっていくと思っています。

そして 3 つ目がセーフティとセキュリティです。先ほどもご紹介しましたが、これまでは、セーフティとセキュリティは別々に扱われてきました。しかし、両方が統合され別々に考えていくようなものではなくなってきている。インテグレーションということで、両方を扱わなければならなくなりました。

4 つ目は多様性 (diversity) です。システムも多様なものであり、一つの同じホモジニアスなシステム環境ではなくなってきています。ステークホルダも多く、言語も様々です。相互に接続する interoperability が重要になり、標準化も重要になってきます。標準化なくしては実現できないからです。

5 つ目がスマートデータの活用です。このスマートデータの活用の背後にはビッグデータがあるのですが、私どもの呼び方としてはスマートデータです。この点についても IPA と過去 10 年間、共有してきたところがあります。データを活用するというだけでは不十分であり、きちんと目標を見据えて、目標に基づいて評価することが必要です。そしてそのアプローチを、爆発的に伸びたビッグデータに適用していくことになります。ビッグデータは将来的には、企業の資本になるものです。そのためにはデータセキュリティを考えていく上でも、コンテキストに基づいた、そしてスマートな方法でのデータ

セキュリティを考えていかなければなりません。データを持つ企業にとってメリットもありますが、同時に、プライバシー、個人情報にかかわることも考えていかなければなりません。

6つ目にユーザ体験ということです。立石さんもおっしゃったように、これまでのように訓練を受けた、しっかりとした能力を持ったオペレーター以外の人も使うようなものがどんどん増えてくるということです。資格を持った人たちだけでなく、色々な人たちが使う。その中ではユーザ体験を考えていかなければなりません。過去にはグーグル、あるいはマイクロソフトといったところだけがユーザ体験を考えていたかもしれませんが、今ではスマートエコシステムを構成するすべてのものに対してユーザ体験を重視していくことが必要です。

以上、私たちの研究がどういう領域を重視しているのかということについて6つの例をあげましたが、私たちの研究は、全体としていえば、統合によって生まれる課題に対応するための研究ということになります。

■人材育成にいかに取り組むか

立石：ありがとうございます。工学手法や技術の話になってくると、次に出てくるのはそれを実践する人材育成のことではないかと思います。今後、システムズエンジニアリングの重要性がますます増していくことは間違いないわけですが、そのための人材はかなり不足しているというのが日本の状況です。ドイツではどうか、またドイツでは人材育成にどう取り組んでいるか、力を入れている施策があれば教えていただきたいと思います。

ロンバック：その問題については、日本もドイツも同じ状況ではないかと思います。世界全体として共通の人口動態的な状況があり、それが影響を与えていることは事実だと思います。ドイツでは、この問題を克服するための3つの取り組みを行っていますので、それをご紹介します。まず1つ目は大学における教育です。

これまでのようにソフトウェア・エンジニアリングやハードウェアエンジニアリングの、一つひとつを深掘りしていく形ではなく、その全体にまたがるシステムズエンジニアリングというクラスを持つようになっていき

ます。ジョン・ディア社という農機具メーカーがありますが、その産業者向けのもの、あるいはダイムラーなど商業的な車を想定したシステムについての修士クラスがあります。そこではシステムズエンジニアリング、あるいはカーエンジニアリングもありますが、まず先にシステムズエンジニアリングを学習していくようになっています。なぜかといえば、現在はあまりにもシステムの複雑性が増しているの、それぞれの構成要素についてのエンジニアリングだけを個別に考えていくのは十分ではないからです。

もちろん新たな学生を対象とした教育だけでは十分ではありません。それに並行して、既にエンジニアとして職業に就いている人に対して再訓練を施していくことを進めています。これが2つ目の取り組みです。

多くのエンジニアは今、システムを考えた上でソフトウェア開発をしなければなりません。しかし、これまでそれに関してのトレーニングを受けたことがないという状況です。そこで私は、大学において、また、フラウンホーファーの研究機構において、2年の修士コースを作っています。ボッシュやダイムラーなどの民間企業で既にエンジニアとして働いている人にこのコースに参加してもらい、ソフトウェア・エンジニアリング、システムズエンジニアリングを履修してもらっています。これは今までシステム全体を扱ってこなかった人が今後システム全体を考えていくために、これまで行われていなかったトレーニングを補うものです。

更に3つ目の取り組みは、やや微妙な問題でもありますが、技術を持つ外国人の移民を受け入れるということです。例えば中国の工学系の大学卒業生は無視できない存在になっています。

立石：ありがとうございます。本日は博士をお迎えして直接お話を伺うせっかくの機会ですので、会場からご質問があれば、ぜひお訊ねください。

(会場)：『第三の波』のお話の中で、それはインダストリ 3.0 であって 4.0 ではないとのご指摘がありました。物がしゃべるといふ点では、既に 4.0 の世界かと思っていたのですが、それは外にロジックがあるということなのでしょう？両者の違いをあらためてご説明いただけますか？

ロンバック：違いはインテリジェンスのあるなし、ということ。3.0の中でも、マシンとマシンのコミュニケーション、データ交換、または同期化ということは行われています。スマートエコシステムでは更に何を行うかということ、それ以外の情報にアクセスします。ビッグデータを活用して予測するというように、インテリジェンスにビッグデータを加えた形で見ていくことができる、それが4.0なのです。確かにマシン同士がやり取りをするということは同じですが、そこに先ほどお話しした“燃料”があるという点が異なっています。この“燃料”、追加的な外の情報を得てインテリジェンスをもって解釈をするということが大きな違いなのです。

先ほど挙げたトラックの例でお話しすれば、トラックにおけるインダストリ3.0は、トラックが生産からの情報を受けて、パーツが壊れるかどうかを認識できるというところまでです。4.0ではそれが物流のシステムと統合され、パーツの倉庫の情報と統合される。つまり追加的な価値、インテリジェンスがあるということが4.0になります。

(会場)：人材育成について大学教育に関するお話がありました。大学より若い小中高レベルの取り組みはいかがでしょうか？これからのIoT時代を生き抜く若者の育成ということについて、ドイツでの取り組み、あるいは博士の見解をお聞かせいただけますでしょうか。

ロンバック：おっしゃる通り、大学から始めたのでは遅いといえるでしょう。既に一定の考え方が固まっているからです。また、ドイツでも大きな問題になっていることがあります。それはエンジニアリングの世界に女性が非常に少ないということです。そこで若い世代に対して、コンピューターサイエンスという形で教育を進めています。それはいかに作るかではなく、どう使うかという教育です。使うことによってどんなベネフィットがあるのか、ということから始めています。こうしてコンピューターサイエンスについて知らせることで、そういった専門に進んだときにどんな仕事があるかということが分かれば考え方が変わってきます。例えば、医者になりたいと思う人は、医者の仕事に対するイメージを持つことで初めて医者になりたいと考えるわけです。今は、高校生に将来何になりたいか、あるいはコンピューターサイエ

ンスを専攻したときに何になると思うかと質問したときに、描くイメージが間違っていると私は考えています。高校生たちが思い描くのは窓のない部屋でひたすらコンピューターに向かう、いわばプログラマのようなイメージです。それしかコンピューターサイエンスの世界から導き出せない。いわば30年前にあったような世界しか思い描けないところに問題があるのです。ところが今のエンジニアというのは、色々な産業で、例えば製造業、自動車産業やエネルギー産業のエンジニアとわたり合っ、様々な活躍をしている、そういったイメージが描けないところに問題があり、イメージを変えることが必要だと考え、それに取り組んでいます。

また大学のレベルでも、コンピューターサイエンスの概念を変える必要があると考えています。今までは、コンピューターサイエンスのコンピューターの部分は、物理的な考えの部分とメカニカルあるいは電気的なエンジニアリングの部分に分かれていて、どちらかを選ぶようになっていたと思いますが、システムズエンジニアリングを考えたときは、それらは統合されて理解する必要があるので、二者択一ということではありません。コンピューターサイエンスは、それらのベーシックな統合的で包括的なものであると考えています。

立石：ありがとうございます。まだご質問があるかと思いますが、時間になりましたので質疑はここまでさせていただきます。ロンバック博士、本日は長時間貴重なお話をありがとうございました。お礼申し上げます。以上で、所長対談を終わらせていただきます。

