



Industrial Value Chain Initiative

「つながる工場」によるつながるものづくり

目次

はじめに	1	生産技術と生産管理の 統合モデル	12
現状認識ともものづくりの課題	1	ものづくり社会での イニチアチブの必要性	13
人、道具、機械、ロボット、そしてシステム	3	まとめ	15
日本的な工場の パラダイムシフト	4	付録	17
ゆるやかな標準としての リファレンスモデル	5	ゆるやかな標準でつながる方法	17
リファレンスモデルの 国際標準	6	想定される活動またはプロジェクト	18
工場のモデルをめぐる 最新の動向	7	標準化活動の進め方	20
連携がもたらすメリットとは	9	よくある質問	20
サプライチェーンから エンジニアリングチェーンへ	10	用語解説	24
		分科会メンバー	26

一般社団法人日本機械学会 生産システム部門
インターネットを活用した「つながる工場」における
生産技術と生産管理のイノベーション研究分科会
(P-SCD386) 中間とりまとめ

平成 27 年 3 月

エグゼクティブサマリー（概要）

ドイツ政府がインダストリー4.0を政策の一部として掲げた理由は、国をあげての製造業の競争力強化です。産業構造や製造業の立ち位置などが、日本とよく似たドイツでのこうした取り組みは、日本企業の大きな関心となっていますが、現在の日本の技術力からすれば、そう大きな脅威ではないと見ている人も少なくありません。しかし、ICT化やその前提となる標準化が苦手な日本人にとって、もし、こうした取り組みの裏側に、ゲームのルールそのものを変えるようなグローバルなエコシステムをしかけ、自社あるいは自国に有利なしくみを作り上げようとする思惑があったとすれば、いま、なにもせずに傍観しているのは、危険極まりないことです。

日本のものづくりの特徴は、設計や生産の現場を起点とした人中心のボトムアップなカイゼンアプローチにあるといわれます。自動化、無人化といった取り組みも、それを実現する人たちが必要なのです。ロボットがいくら人工知能によって賢くなったとしても、あくまでそれは人が作った自律的な機械でしかありません。一方、人を含む生産システムは、場合によって、どのような生産システムにでも自在に変容することが可能といえます。人とロボットの協調、あるいは人を中心とした生産システムが重要視されるのは、このような未知の状況への対応力が求められているからなのです。

マーケットがグローバルに展開し、競争相手の多くが海外のグローバル企業を含むサプライチェーンとなったとき、これまで競合していた相手とも協調しながら、グローバルな土俵で戦っていかなければならなくなりました。また、生産プロセスの多様化、複雑化が進み、エンジニアリングの部分でも外部との連携を強めていかざるを得なくなりました。日本では、部品の共通化、作業の標準化の取り組みは、全社的な活動として積極的に行われてきましたが、企業間では、こうした共通化、標準化といった取り組みによる連携は、企業や工場のクローズ体質や自前主義などが原因で、まったくといっていいほど進みません。

こうした状況を解決するための糸口となるのが、厳

格な標準と“ゆるやかな標準”の使い分けです。ゆるやかな標準は、守らなくてもよいが、守った方がよい標準です。厳格な標準のように限定するのではなく、ある範囲の中で、それぞれの事情にあわせて独自に変更することが許されている標準です。ゆるやかな標準のひとつであるリファレンスモデルは、その内容および粒度や精度によって、競争領域と協調領域との境界をデザインし、より効果的な方向へ全体を誘導させるパワーをもっています。つまり、グローバルなエコシステムを形成するためのイネーブラでもあるのです。

欧米では、すでにものづくりの世界におけるリファレンスモデルが提案されています。ISA-95は、生産管理、在庫管理、品質管理、そして保全管理など、製造オペレーションマネジメントと、経営システム全体との統合を目的としたモデルを定義しています。もうひとつ海外の動向として注目すべきは、デジタルファクトリー標準(IEC62832)です。この仕様はまだ国際標準とはなっていませんが、工場をまるごとデジタル化し、バーチャルな世界と現実世界とを統合的に管理しようというきわめて斬新的なものです。

この小論で提案している「つながる工場」のコンセプトは、工場と工場が、工場全体を単位としてつながるのではなく、さらに細かな単位でその工場の内部が、工程間や担当業務間で柔軟につながり、そして、工場という枠を超えて、それぞれの工程や担当業務が、他の工場、他の企業の工程や業務と柔軟につながることを目指しています。そして、「つながる工場」は、こうした連携のしくみを、ICTという道具を駆使して、より広く多くの製造業に展開することで、ものづくりの生産性、柔軟性、頑強性を高め、グローバルな競争力をさらに強化していくための取り組みです。

たとえば、企業間のサプライチェーンにおいて、生産ラインの単位、あるいは設備の単位でつながることによって、工場や企業を超えた同期生産が可能となり、納期管理や在庫の最小化がさらに進みます。また、納品されるモノを検査することで品質を保証すると同時に、さらにそのプロセスそのものや、そこで実際に得られたデータを用いて、個別のロットのレベルで品質を保

証することができるようになります。

また、エンジニアリングチェーンの側面から見ると、まず、工程設計において、シミュレーションを行う際に、すでに実在する設備データや生産管理データを利用でき、省力化と同時に信頼性が格段に高まります。また、シミュレーションで用いたモデルを生産管理と連動すれば、現在よりもさらにきめ細かく、かつビジュアルな生産指示やモニタリングが可能となります。また、設備の稼働実績データを連携させることで、予防保全、予知保全の精度がさらに高まると期待できます。

特に、企業を超えたサプライチェーン、エンジニアリングチェーンを ICT のプラットフォーム上でさらに進めることで、生産準備のためのデジタルデータ、設備保全のためのデジタルデータ、そして品質保証のためのデジタルデータが連携します。こうした取り組みが企業を超えて相互につながることで、ある閾値を超えたところで、一気にブレイクし、世界規模で、新しいビジネスモデルが次々と生まれ、これまでとはまったく異なるゲームのルールに切り替わる可能性があります。

こうした中で、日本のものづくりの構造的な転換が求められています。分業化、効率化が進んだ結果、ものづくりは、“もの”と“つくり”に分断されてしまい、生産現場は、単にコスト削減と品質安定だけを追求する面白味に欠けたものになってしまいました。この状況は、ICT やデジタル化技術が先導してきたのは事実ですが、今度は逆に、ICT と「つながる工場」によって、これらを再結合させるのです。カッコいい生産現場、輝きのある生産現場であり続けるためには、“つくり”だけではなく“ものづくり”がセットになって、決して離れずにいる必要があります。

ものづくりと ICT が融合することは、そう容易いものではありません。ものづくりの世界は、アトムの世界であり、これに対する ICT の世界は、ビットの世界と言われています。両者は、そもそもよって立つ原理、原則が異なるのです。しかし、新たな産業革命が起こり、ビットとアトムが融合したサイバーフィジカルな世界が誕生すれば、おそらく現在では想像できないことがつぎつぎと可能となるかもしれません。ビットの世界ではあまり存在感のない日本企業も、アトムの世

界ではものづくり大国としてのこれまでの蓄積があります。ものづくりと ICT の融合を、ものづくり側がしかけるか、あるいはものづくり側はあくまで守りに徹するのか、きわめて重要な判断が求められています。

こうした状況を踏まえて、「つながる工場」研究分科会のメンバー有志は、それぞれの企業や団体における立場を超えて、まずはこうした連携のフレームワークの先鞭をつけようとしています。Industrial Value Chain Initiative は、特に日本のものづくりを知り尽くしている精鋭たちが、これからの新たな時代に向けて、フォロワーではなく、リーダーとしてイニシアチブをとるという宣言です。

国の政策に従ってトップダウン的に動くのではなく、かといって企業あるいは企業グループが独自に行動するのではなく、多くの日本の製造業が、和の精神でゆるやかに連携しながら、自発的に行動を起こし、同時に競争と協調の枠組みを内包しながら高め合っていくようなフレームワークがデザインできれば、それは今後、国際的にも大きな流れとなっていくでしょう。産学官がそれぞれの立場で協力し、当初から、国内と国外といった障壁をもうけず、グローバルとローカルの両にらみで進め、それぞれの活動をボーダレスに展開していくことで、日本のものづくりの国際的なプレゼンスも大いに上がると期待できます。

この小論では、「つながる工場」研究分科会としてのこれまでの活動の中で得られた知見をもとに、日本のものづくりが未来へ向けて、新たな一步を踏み出すために必要となる考え方についてまとめました。日本の製造業にも未来への変革が求められているとすれば、この小論は、これまでの製造業がこれまでのやり方で復権するのではなく、新しいタイプの製造業に生まれ変わるための試論ということもできます。そして、いまひとつ重要なことは、考えるだけではなく、実際に一步を踏み出すアクションです。Industrial Value Chain Initiative は、学会の研究分科会という枠を超えて、ものづくりを支える多くの企業や団体の共通の理念として、こうした新たなアクションを支えていきたいと思えます。

はじめに

ものづくりをとりまく環境が、めまぐるしく変わろうとしています。ドイツ政府が主導するインダストリー4.0¹⁾がひとつのきっかけともなり、全世界的な規模で、ものづくりとICTの融合による新しい時代を目指して、企業の垣根を超えたさまざまな活動がはじまりました。日本国内でも、日本機械学会生産システム部門の呼びかけにより、平成26年6月に、産学官の有志による提言が公開され²⁾、ものづくり大国である日本の製造業も、徐々にその進むべき方向性を、いったんものづくりの原点にまで立ち返って、根本から見直そうという機運がたかまっています。

この小論は、前述の提言を受けて日本機械学会内で設置された“インターネットを活用した「つながる工場」における生産技術と生産管理のイノベーション研究分科会（P-SCD386）”（略称「つながる工場」研究分科会）の活動の中間とりまとめとして、これまでの議論の成果を、できるだけ多くの関係者にご理解いただけるような解説書としてまとめたものです。研究分科会は、平成28年2月の終了までまだしばらく期間を残していますが、世の中の流れがはるかに早いため、予定を大幅に早めて、具体的なアクションの提案をしていくことになりました。

「つながる工場」研究分科会は、日本を代表する製造業において、その中長期ビジョンを策定する責任者や実務家、情報サービス産業やICTの新しい展開を模索する企業の戦略スタッフ、生産工学、情報工学、経営学など、各分野で活躍するアカデミア、そして各省庁にて政策立案に携わる担当官などをメンバーとして、まさに産学官の垣根をこえた活動をしています。この貴重な場を、単なる意見交換、あるいは現状調査で終わらせるのではなく、未来へ向けたアクションに関するベクトルを合わせるための場としていければと考えています。

日本人は、大きなコンセプトを他に先駆けて提案することが苦手であるとよく言われます。前例がないと、なかなか前に進めないという傾向や、出る杭は打たれ

る的な文化が未だに根強いのは事実です。しかし、そうだとすると、ごく一部の有志グループに限定されてもよいので、そろそろ、他にさきがけてリーダーシップを発揮し、あたらしいものづくりの世界でイニシアチブをとってもいいのではないかと思います。

だとしたら、何をどうすればよいのか？ 日本の製造業はどう変わればよいのか？ 小論はこの問いに対して、「つながる工場」というキーワードを手掛かりに、研究分科会での活動を踏まえ探しあてた1つの方向性をまとめたものです。研究分科会の後半は、おそらくここで述べられている内容を具体化し、現実のプロジェクトとして社会に実装していくことに重きが置かれることになるでしょう。そしてその流れは、最終的には、研究分科会から生まれた新しい組織に引き継がれることが理想です。

この小論が対象とする読者は、生産システムに関する専門家だけではなく、工場マネージャ、関連業務のマネージャ、中小企業経営者、および製造業以外の業種（たとえばICT企業）の管理者、技術者、製造業支援コンサルタント、大学等の研究者、政策立案者、などです。できれば、これまでもものづくりにはあまり関心がなかった人に読んでいただき、ものづくりの世界をより身近なものと感じてもらいたいと思います。ものづくりとICTが融合することで、ものづくりから派生した、さまざまな“カッコいい（クールな）”世界が広がることを、そしてそうした人々がイメージできたとしたら、この小論は、十分な価値があるといつてもよいかもしれません。

現状認識とものづくりの課題

日本の製造業が置かれた状況は、ここ1、2年の景気動向や為替レートによって、いったんは持ち直しているようにも見えます。しかしながら、貿易収支を見れば歴然とわかるとおり、モノを作って輸出する力はかつての1970年代、80年代からは比較にならないほど落ちています。また、雇用の受け皿としての期待も、失われた20年を経て、今では完全にサービス業にと

って代わられています。

加えて、産業のコメと言われてきた半導体産業の失墜と、それに拍車をかけたコンシューマ向けエレクトロニクス産業の低迷により、日本のものづくりへの自信とプライドが大きく揺らぎました。アップルコンピュータに代表されるイノベティブな商品の企画力の欠如が、そのまま企業の収益力に影響し、技術は高いが売れる商品が作れないという傾向が今も続いています。

一方、海外のメガヒット商品を支えているのは、日本企業が作った高性能な部品であり、そうした外には見えない部分でのものづくりは大きな収益を上げているということもできます。また、そうした工場を高度に自動化し、高品質な製品を製造するための FA 機器や工作機械は日本製である場合が多いのです。さらに、炭素繊維など、原材料や素材の世界でも日本企業の躍進は目立ちます。

ものづくりにはこのようにいろいろなステージがあり、こうして考えると、日本のものづくりもまだまだ大丈夫、と安心していてもよいのかもしれませんが。しかし、やはり、コンシューマ向け製品は、付加価値が最も高く、派生するサービスなどの需要をも含めると、その経済的効果は莫大です。ソニーのウォークマンや任天堂のファミコンのように、新たなカテゴリを産み出すようなイノベティブな商品はもう生まれないと諦めてよいという理由は、どこにもありません。

ドイツ政府がインダストリー4.0 を政策の一部として掲げた理由は、国をあげての製造業の競争力強化です。製造業の競争力が相対的に落ちているのは日本もドイツも同じなのです。さらに中小企業の多い産業構造も、日本とよく似ているともいえます。勤勉な国民性からしても共通するところが多そうです。だからといって、インダストリー4.0 の政策がそのまま日本にあてはまるわけではありません。「自動化という視点でいえば、日本ですでにできていることばかり」とか「目指しているところは崇高だが、どうせできるはずのない内容で話題先行」など、批判的な意見も聞かえてきます。

ただ、ここで指摘しておきたいのは、こうした楽観的、あるいは自己肯定的な方向に流れがちな日独の比較分析ではなく、あえて悲観的な視点、つまりすでに大きく引き離されており、追いつけるかどうかわからない部分があるのではないかという立場から見えてくる違いです。それは、まさに ICT に対する姿勢と、標準化やフレームワークによって大連携する巧みさにおける違いなのです。

一般の日本企業では、社員の流動性が低い上に、生産現場で一人前になるには10年から15年かかるともいわれます。したがって、ものづくりの方法について、社外と比較する機会がめったになく、その必要もありませんでした。したがって、いざシステムをつなげよう、などと言った途端に、ああでもない、こうでもないと延々と議論が続きます。つまり、モノゴトを抽象的にとらえ、言語化し、形式知としていく能力において、日本人は欧米諸国から大きく後れをとっているといえます。

また、連携という観点からいえば、日本国内の場合、基本的に性善説に基づいた管理方法となっています。一方、欧米は基本的に性悪説であり、みずからすすんでカイゼンするというマインドはあまりありません。ましてや、守るべきところを守らないとすべて盗まれてしまいます。セキュリティの問題など、これまでは国内だけで閉じていた場合には問題が顕在化されなかった部分が、ICT を利活用してグローバル展開する段階になると、こうした基本的なスタンスが大きな弊害となる可能性があります。

日本の製造業が海外展開する際に、常に技術流出のリスクと向き合ってきました。デジタル化が進めば進むほど、この問題は深刻であり、結果として後発企業による技術のただ乗りを許してしまうことになるかもしれません。オープン&クローズ戦略³⁾によって、競争力の源泉となるコアの部分をクローズにするという理屈がわかっているにもかかわらず、前述の理由から、実際にその切り分けをすることができません。

ならばいっそのこと、すべてをオープンにして、競合相手をこちら側のプラットフォームに呼び込み、マーケットそのものを拡大するというプラットフォーム

ム戦略もありでしょう。しかし、こうした戦略は、さらに高度なかけひきと、知財戦略およびマーケティング戦略を組み合わせ、国際標準化などの手法を適宜組み合わせながら進める必要があります。こうしたグローバルな規模のエコシステムを形成する能力については、日本はもっとも苦手とするところであると言わざるをえません。

インダストリー4.0の狙いや取り組みは、現在の日本の技術力からすれば、そう大きな脅威ではないと見て取った人も、もし、インダストリー4.0や、インダストリアル・インターネットコンソーシアム⁴⁾の裏側に、こうしたグローバルなエコシステムをしかけ、自社あるいは自国に有利なくみを作り上げようとする思惑があったとすれば、いま、なにもせずに傍観しているのは、危険極まりないことであると気づくはずで

人、道具、機械、ロボット、そしてシステム

とはいえ、そうしたシナリオが単なる思い過ごしである可能性も高く、実際に、日本のものづくりは、まだ当分の間は世界でトップクラスを維持するでしょう。今日明日に、即刻手を打たなければならない状況でないかも知れません。まずは、ものづくりの本質にいまいちど立ち返り、日本のものづくりの良さを再発見したうえで、大きな目標をさだめ、それに向けてブレず着実に成果を積み上げるというスタンスで行く必要があるでしょう。

ものづくりの現状認識として、ここ数年、世界を凌駕するような魅力的な商品が日本から生まれていないのが事実だとすれば、それは商品のアイデアや発想力の問題だけではなく、“モノ”と“つくり”の距離が離れてしまったからなのではないかと思えます。つまり、生産現場であれやこれやと試行錯誤する過程の中で、新しいひらめきやつながりが生まれ、それが最終的な商品のコアとなるコンセプトあるいはモチーフ

に成長していく場合があります。

もしそうだとしたら、製品の設計フェーズと、製品の生産フェーズは、表裏一体でなければなりません。事実、高度な加工技術をもつ町工場の生産現場は、オーダーに対応した加工も、新たな図面に対する試作も、独自のアイデアや仮説にもとづく研究も、まわりから見れば何ら境界がありません。加工しながら考え、その新たな考えをもとに加工するといったスパイラル的PDCAにより、技術が磨かれていきます。生産現場は、知識創造の源なのです。

では、自動化、無人化といった取り組みは、こうした人間中心的なアプローチと相いれないものなのでしょうか？ そうではありません。非常に逆説的ですが、工場を自動化、無人化するためには、それを実現する人たちが必要なのです。無人化工場は、それを作る人たちにとって、作る対象そのものであり、無人化工場を作り動かす場所が、彼ら、彼女らの生産現場なのです。無人化工場は、それを設計し、構築し、運用し、保守する非常に多くの人たちがいてはじめて成り立っているのです。

このように、ある種、メビウスの輪的なレトリックに惑わされないようになるには、システムという概念を、ここであらためて再確認しておくといよいでしょう。一般に、システムとは、“複数の要素で構成されており、お互いに複雑に関係しあうことで、全体としてひとつのまとまった振る舞いをするしくみ”をいいます。自動車も、携帯電話も、ロボットもみなシステムです。

ここで注意して欲しいのは、システムと“私”との関係です。あるいは、システムの内側と外側の境界についてです。自動車を運転するとき、あるいは携帯電話で通話するとき、私はシステムを利用するユーザであり、システムの外側にいます。一方、生産システムではたらく作業員である“私”にとって、私は生産システムの一部であり、システムの内側にいます。後者のように、人がシステムの内部にいて、その構成要素となっているものを第二種のシステムと呼ぶことにしましょう。

これまで、工学の世界では、自動車や携帯電話など、

複雑なシステムですが、人がその外側にいるシステム（これを第一種のシステムと呼びましょう）を多く手掛けてきました。その反面、第二種のシステムは、その挙動が自然法則のみに依存せず、なかなか理論化できません。人は設計者が思った通りに動かないからです。まして、カイゼンすることで、生産システムそのものを作り替えてしまうような場合、それを理論的なモデルの中に押し込むことは、もはや不可能です。

ロボットがいくら人工知能によって賢くなったとしても、あくまでそれは人が作った自律的な機械しかありません。一方、人を含む生産システムは、場合によって、どのような生産システムにでも自在に変容することが可能といえます。人とロボットの協調、あるいは人を中心とした生産システムが重要視されるのは、このような未知の状況への対応力が求められているからなのです。

日本的なものづくり、あるいはものづくりにおける日本人のアイデンティティを論じるときに、こうしたシステム論的な視点、あるいは人とシステムとの位置関係を基準とすると、いろいろと見えなかったものが見えるようになるでしょう。以下では、こうしたメガネを通して見えてくる日本のものづくりの新しい姿を議論していきたいと思います。

日本的な工場の

パラダイムシフト

加工組立型のものづくりにおいて、部品の共通化は、コスト削減と品質安定において非常に重要なポイントです。市場ニーズの多様化、個別化に対応しつつ、工場での安定的な操業を維持するためには、製品のバリエーションを、部品の組み合わせ、あるいは一部の部品の差し替えのみで対応するマスカスタマイゼーションを志向する必要があります。

また、個々の作業場（ワークセンタ）では、作業の標準化が求められます。作業を標準化することで、作業による品質のばらつきをなくすと同時に、作業者

それぞれの習熟のスピードを速め、多能工化を容易にします。個々の作業が標準化されれば、ライン全体の能力バランスや、最適な工程設計も可能となり、自動化ラインへの展開あるいは並立も可能となります。

このように、製造業の内部では、これまで、部品の共通化、作業の標準化の取り組みが、全社的な活動として積極的に行われてきました。日本の製造業の技術力と生産性の高さは、こうした取り組みの成果といってもよいでしょう。これらの活動は、設計、生産、販売などの異なる部門が連携しつつ、社内のカイゼン活動の一環としても進められてきました。

ところが、企業間では、こうした共通化、標準化といった取り組みが、まったくといっていいほど進みません。メーカー側が極めて強い影響力をもったいわゆるケイレツ企業内での連携の場合を除いて、サプライチェーン、エンジニアリングチェーンにおける共通化、標準化の取り組みは、あまり聞かれません。これは、ある意味で当然のことです。つまり、2つの組織が、協調よりは競合の関係にある場合には、お互いの利益の合計を増やそうとするWin-Winの関係は成り立ちにくいのです。

ただし、競争環境が変わり、ゲームのルールが変わると、この状況が一変することになります。マーケットがグローバルに展開し、競争相手の多くが海外のグローバル企業を含むサプライチェーンとなったとき、これまで競合していた相手とも協調しながら、グローバルな土俵で戦っていかねばならなくなりました。1990年代後半くらいから、サプライチェーンマネジメントということばが注目されるようになったのもこうした理由からです。

しかし、だからといって、企業間で、共通化、標準化が進んだかといえば、そうではありません。理由はいくつも挙げられますが、その中で、最も大きな要因として、個々の企業や工場の行き過ぎたクローズ体質と、自前主義があげられます。

基本的に、工場の内部には、多くのノウハウが暗黙知として組み込まれています。したがって、企業競争上の観点から、そうした独自の技術を秘匿することは

当然の行為といえます。しかし、多くの工場では、何が固有のノウハウで、何が一般的なのかの区別がつかず、結果としてすべてを隠します。人財の流動性が少ないことも相まって、結果的にミニガラパゴスがいたるところで生まれ、個別に進化してしまいました。

もうひとつが自前主義です。ものづくりへのこだわりや、ブラックボックスを作らないという視点からすれば価値がありますが、ダイナミックなサプライチェーンや部品の共通化、要素技術の標準化といった観点からはデメリットとなります。あえて社外の標準に従わず、独自の社内標準で作ることを差別化だと言う人はさすがにいないとしても、多くの場所で、機能的に大差がないにもかかわらず、自社流に作り直すという“付加価値のないすり合わせ”が横行しているのではないのでしょうか。

このように、企業内では共通化、標準化について非常に高いマインドをもった日本企業が、企業間での標準化を核とした連携強化やプラットフォーム化がきわめて不得手であるという実態が現状といえます。そして、この現状を克服し、そこでの原因となる問題を解決していくことなしには、個々の製造業が今後グローバルな競争の中で勝ち残っていくことができないのも事実なのです。

ここで解決のための糸口となるのが、厳格な標準と“ゆるやかな標準”の使い分けです。厳格な標準とは、法律で定められた安全基準や規格をはじめ、製品の機能および品質上、あるいは商品のマーケティング戦略上、必要不可欠となる標準です。一方、ゆるやかな標準は、守ってもよいが、守らなくてもよい標準です。あるいは、ある範囲の中で、それぞれの事情にあわせて独自に変更することが許される標準ということもできます。

ゆるやかな標準としての

リファレンスモデル

それでは、ゆるやかな標準について、具体例をあげ

て説明しましょう。スモールシェフは、目玉焼きの達人です。彼の店の目玉焼き定食は絶品で、いつも行列ができます。競合する定食屋は、なんとか彼が作る目玉焼きが美味しい秘密を知ろうと、彼に詰め寄りしましたが決して教えません。そればかりか、スモールシェフの厨房は、誰も立ち入ることができません。

ある日、ガスコンロが壊れました。スモールシェフは、コンロを分解して、すべて自分で修理しました。またある日、玉子の形がいつもと違うことに気付きました。スモールシェフは、養鶏所に出かけ、自分で鶏の肥料と飼育状況を確認しました。スモールシェフは、こうすることが当たり前だと信じ、こうすることに喜びを感じ、実際に店は繁盛し、いつも行列ができていました。ある時期から、スモールシェフは体調を崩し、店は閉店しがちになり、そして、病が悪化し、とうとう閉店してしまいました。

今ではスモールシェフの目玉焼きのレシピを知る人は、もう世の中には存在しません。スモールシェフは、その絶頂期に、周りの人にこう言うべきだったのです。「オレの目玉焼きは、玉子を材料として使って、ガスコンロで作るのだ！」と。あるいはさらに踏み込んで「フライパンは特製だが、油のひきかたと、火力の調節と、蓋の使い方がポイントだ。」くらいは表明してもよかったでしょう。なぜなら、これらはある意味で、目玉焼きを作るうえで当たりの知識だからです。

この例で、目玉焼きは、玉子を材料として使って、ガスコンロで作ること、そして、目玉焼きにおいては、油のひきかた、火力の調節方法、蓋の使い方が品質を決定することは、厳格な標準ではなく、ゆるやかな標準です。この考え方に賛同するシェフだけが従えばよい内容であり、さらに、従ったからといって、目玉焼きがとびきり美味しくなる保証はまったくないのです。目玉焼きの店に行列ができるようになるには、ここで開示されたレベルから、さらに気の遠くなるほどの技術の研鑽が必要となります。

厳格な標準は、ある一定の品質を保証してくれます。一方で、ゆるやかな標準は、品質を保証しません。あえていえば、目玉焼きの作り方を1から勉強する人にとって、その労力をすこしだけ減らしてくれる効果は

あります。では、ゆるやかな標準がもつ意味はなんでしょう？ ゆるやかな標準は、品質は担保しませんが、その代わりに、とてつもない大きな力を秘めています。それは、後述するエコシステムを形成する力です。

スモールシェフの例で説明しましょう。目玉焼きに関するゆるやかな標準として、材料や器具について定義し、さらに焼き方に関する1レベル深いステップと、そこでの評価指標を定義することで、目玉焼きの作り方という1つのモデルができました。これを、目玉焼きのリファレンスモデルと呼びます。これによって、新たな目玉焼きビジネスへの参入が起こり、ガスコンロなどの機器を提供する会社も技術改良を進め、玉子の生産者もより品質に注意するようになり、結果として目玉焼き人口が増えるのです。

スモールシェフにとっては、多くの競合する目玉焼き店ができて、お客様が減ることはないでしょう。コアとなる技術についてはオープンにはしていないため、その地位を脅かされることもありません。逆に、目玉焼き人口が増えたことによって、来客数は増えるともいえます。ゆるやかな標準は、競争環境のなかで、協調関係を構築するために非常に重要な役割を担います。そして、標準として、競合相手との間でも共通の枠組みを設定し、その上で、個別の技術を付加し、差別化していくことができるしくみなのです。

ゆるやかな標準という考え方に基づいて、その具体的なしくみとしてエコシステムを機能させるために、リファレンスモデルを定義する必要があります。リファレンスモデルは、ゆるやかな標準の中核となるものであり、これによって、対象とする問題の構成要素や構造を定義します。表現する内容は、細かすぎてもだめですし、大雑把すぎてもだめです。リファレンスモデルは、対象問題において一般的にいえる共通部分と、それぞれの当事者ごとに個別である部分とを切り分けるものです。リファレンスモデルは、その内容および粒度や精度によって、競争領域と協調領域との境界

をデザインし、より効果的な方向へ全体を誘導させるパワーをもっています。

リファレンスモデルの 国際標準

モノゴトを第三者に伝えることは、簡単そうに思えてとても難しいことです。モノなら持ってくる、コトならやってみせる、など最後の手段はあるものの、そうはいかない場合には、モデルを作成します。ファッションモデルも、CADモデルも、数学モデルも、すべて何らかの対象を表現したものであり、その内容を第三者に伝えるとともに、解析や分析などの操作によって、そこから新たな情報やアクションのきっかけを取り出すことができます。

リファレンスモデルは、この意味でいうと、ビジネスの当事者あるいはさまざまなステークホルダに対して、問題の構造を示し、ゲームのルールを示すためのものともいえます。目玉焼きのように、すでに多くのプレイヤーが存在し、そのカテゴリが認知されている場合には、帰納的にそのリファレンスモデルを決定していくことが可能です。しかし、その内容が斬新な場合や、カテゴリキラー的な場合には、逆に先手を打って、そのパイオニアたちがリファレンスモデルを提示することで、ゲームメーカーになれるのです。

欧米では、すでにものづくりの世界におけるリファレンスモデルが提案されています。ISA-95は、生産管理、在庫管理、品質管理、そして保全管理など、製造オペレーションマネジメントと、経営システム全体との統合を目的としたモデルを定義しています。このリファレンスモデルでは、図1のように、製造業で行われているものづくり全体を鳥瞰し、それを構成する機能要素と、それらをつなぐ情報フローの形でモデル化しています⁵⁾。

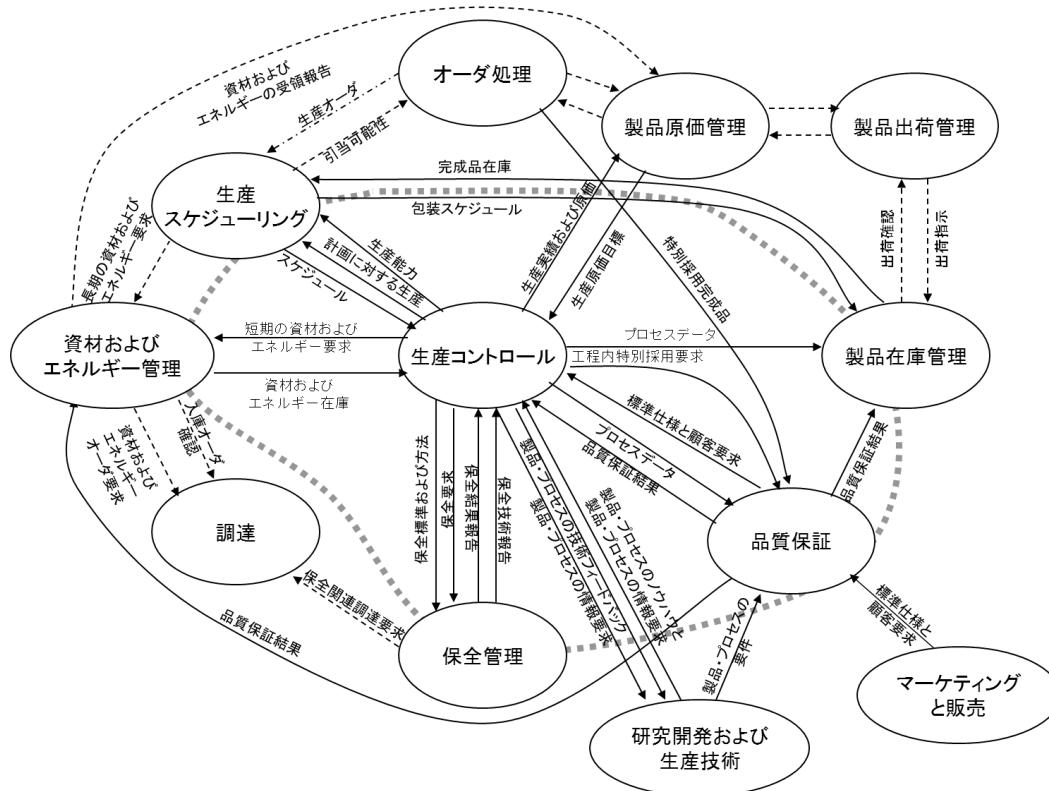


図1 ISA-95 が定義するものづくりのための機能と情報フロー (IEC62264.01)

ものづくりという括りでとらえると、このようにモデルは複雑になり、さらにアクティビティのレベルにまで落とし込むには、膨大で多種多様な現実を一つずつ吟味していくことが必要となります。まさに、気の遠くなる作業です。

スモールシェフの例では、リファレンスモデルが比較的簡単に定義できました。しかし製造業全体を対象とした場合は、そう簡単にはいきません。何が違うのでしょうか？ これは、スモールシェフの例は、ボトムアップアプローチであったのに対して、今回はトップダウンであるという点が異なるからです。欧米の世界では、こうしてトップダウン的にモノゴトの枠組みを決めていくのが上手なのです。

ボトムアップにどれだけ効果的なモデルを作成しても、いずれトップダウンで定めた世界のルールに従わざるを得ない領域に到達し、全体最適という大義のもと、トップダウンが全体を制するのです。決して、ボトムアップアプローチを否定するものではありませんが、トップダウン的な視点の欠けたボトムアップは危険なのです。

トップダウンアプローチをうまく取り入れるにはどうすればよいのでしょうか。そこでは、複雑な現実をモデル化するために、さまざまな手法が用いられています。その1つがレベル分けです。ISA-95では、ものづくりの全体を整理するために、4つのレベルを用いています。つまり、経営管理のレベル、製造現場のレベル、そして制御のレベルを明確に分け、その間のインタフェースを定義することで、それぞれのレベル内でのモデルの複雑性を減らしているのです。同様に、企画設計のレベル、生産準備のレベル、生産実行のレベル、そして安全や廃棄のレベルといったライフサイクルの視点からもレベル分けが可能です。

工場のモデルをめぐる

最新の動向

もうひとつ海外の動向として注目すべきは、デジタルファクトリー標準 (IEC62832) です。この仕様はまだドラフトの段階であり、国際標準とはなっていません

表1 デジタルファクトリーのレイヤ構造

レイヤ	説明	例
1	メタモデルの世界	変換ルール、認証方法、識別コード、名付けルール、セキュリティ、など
2	リファレンスモデルの世界	用語辞書、項目リスト、評価モデル、アクティビティモデル、オブジェクトモデル、など
3	デジタルな世界	データ、スキーマ、リレーション、プロシージャ、コンテキスト、オブジェクト、など
4	現実の世界	モノ、コト、ヒト、お金、など

んが、工場をまるごとデジタル化し、バーチャルな世界と現実世界とを統合的に管理しようというきわめて斬新的なものです。

表1では、レイヤという考え方をを用いて工場のさまざまなしくみを整理します。まず、現実の世界のレイヤは、今現在、あちらこちらで起きていること、存在している現実がそのまま対応します。人々の会話や、アナログ的な処理は、この現実の世界のレイヤでの出来事です。これに対して、コンピュータが扱うことができるのが、デジタルな世界です。ここでは、データまたは信号（ビット）として、現実の世界の一部が写し取られ、同時に現実の世界と一体となって、現実そのものを変えていきます。

デジタルファクトリーの狙いは、このデジタルな世界を限りなく現実の世界と一体化させ、サイバーフィジカルなしくみとすることです。生産設備やラインの監視や制御など、生産フェーズはもちろん、設計フェーズや保全フェーズなど、工場のライフサイクル全体がそのターゲットとなり、それらをサイバー空間上でつながることで、現実の世界を連携させます。

ただし、もちろん、このようなしくみを実際に構築することは、たやすいことではありません。現実の世界は、企業の枠を超えて、あらゆるところでつながっているからです。したがって、こうした取り組みを可能とするためには、企業の枠をこえたリファレンスモ

デルが必要となります。表1のレイヤ2にあるように、リファレンスモデルの世界では、対象となるモノを表すオブジェクトモデルや、活動に相当するアクティビティモデルなどを、ひとつずつ定義していく必要があります。

国際標準では、個々のリファレンスモデルを定義する代わりに、リファレンスモデルを作成するためのルール、管理するためのルールなど、リファレンスモデルそのものよりも1つ高いレイヤのモデルを定義する場合があります。これらを、表1ではメタモデルの世界として定義しています。これにより、それぞれの企業が独自のリファレンスモデルをつくるのが可能となるのです。

国内では、ものづくりに関するリファレンスモデルとして、PSLX プラットフォーム仕様⁶⁾があります。ここで定義された、オブジェクトモデルやアクティビティモデルを、実際の工場で現実に動いているデジタルデータと対応づけることで、業務単位で個別に実装されたICTを、相互に連携させることが可能となります。たとえば、2014年11月に東京ビックサイトで行った「工場まるごと連携」デモでは、生産計画システム、在庫管理システム、スケジューラー、MESなどの独自のデータ構造をもつソフトウェアが、PSLX プラットフォーム上で柔軟に連携できることが実証されました。

ISA-95 や PSLX 以外にも、製造業のリファレンスモデルはさまざまな地域や分野で存在しているでしょう。この世の中に、唯一のリファレンスモデルは存在しえないともいえます。ただし、もし、同一分野におけるリファレンスモデルが多様にあったとしても、それらを選択するデジタル世界によっておのずと淘汰され、エコシステムの形成とあわせて、リファレンスモデルも自然といくつかの主流に収斂していくと予想されます。

したがって、たとえば PSLX リファレンスモデルに日本的なものづくりの遺伝子を大量に注ぎ込んでおくことで、グローバルに勝ち残ったリファレンスモデルの一部に、その遺伝子が継承されていくことになるでしょう。

連携がもたらすメリットとは

「つながる工場」のコンセプトは、工場と工場が、工場を単位としてつながることを目指しているではありません。こうした工場間の連携は、ICT を効率的に活用しているかどうかはともかくとして、すでに多くの工場が当たり前のように行っています。「つながる工場」では、その工場の内部が、工程間や担当業務間で柔軟につながり、そして、工場という枠を超えて、それぞれの工程や担当業務が、他の工場、他の企業の工程や業務と柔軟につながることを目指しています。

実際のところ、日本の製造業の場合に限って言えば、こうした工程単位での連携は、一部の企業間ですでに実現されているとあってよいでしょう。たとえば、カンバン方式は、メーカーとサプライヤーを工程単位でダイレクトにつなぐためのしくみなのです。また、メーカーとサプライヤーが、部品設計の段階から緊密に連携することで、製造プロセスを最適化してきた例も多く存在しています。

したがって、「つながる工場」とは、こうした先進的な日本の製造業の事例でみられるしくみを、ICT という道具を駆使して、より広く多くの製造業に展開する

ことで、わが国全体としてのものづくりの生産性、柔軟性、頑強性を高め、グローバルな競争力をさらに強化していくための取り組みともいえるでしょう。

ただしどうせなら、これまでできていたことを、そのまま展開するだけでなく、できなかったことを含めて、ICT を利用して新たにできるようにしていきたいと思います。さもなければ、近い将来、ICT を駆使した欧米の列強に完全にキャッチアップされ、これまで築いてきた地位を失うことにもなりかねません。では、どのような新たなしくみが可能なのでしょうか？

まず、これまでのサプライチェーンは、モノを介して工場と工場、あるいは工程と工程がつながっていました。サプライヤーの工場から出荷された部品は、メーカーに納品された後、受入検査され、合格品がメーカー側の工程に送られます。ただし、検査にも工数がかかるため、不良品を見逃す可能性も否定できません。

多くのメーカーでは、サプライヤーで生産される部品の品質を担保するために、その生産プロセスや管理プロセスを監査します。あるいは ISO9000 シリーズなどの国際標準にもとづき認証機関に監査を委託します。サプライヤーから送られるモノを一品ずつ品質検査するのとあわせて、それらのモノを生み出すプロセスの品質を担保するという発想です。

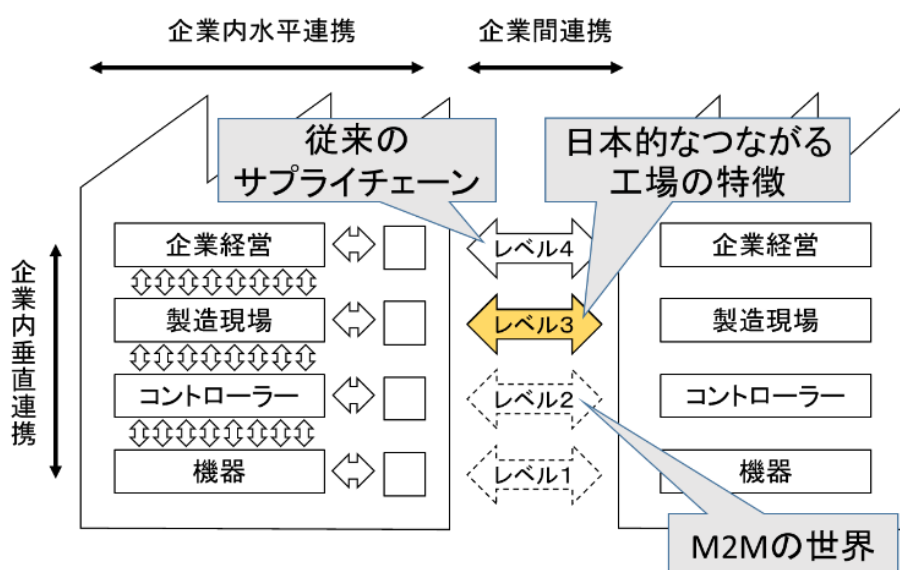


図2 情報連携のレベルの違い

ここに IoT（モノのインターネット）技術が加わるとどうなるでしょうか。生産設備やプロセスの監査の時点では問題がなくても、たまたまその部品を生産しているときに、なんらかの異変がおきているかもしれません。そうした個別の状況を、データを用いて常にモニタリングすることで察知することが可能となります。つまり、たとえサプライヤーなど企業を超えた関係であっても、規定されたプロセスや納品されるモノで品質を保証すると同時に、さらにそのプロセスを実施する際に得られたデータを用いて、個別のロットのレベルで品質を保証することができるようになります。

これは、サプライヤー側、あるいは中小製造業側にとってもメリットがあります。顧客である納入先の生産プロセスと自社の生産プロセスが、たとえば日程計画上でダイレクトにつながれば、必要以上の在庫をもつ必要がなくなります。また、品質に関する不確定要素がなくなると同時に、トレーサビリティが向上するため、発注側からの安定的な受注につなげることができるはずで、さらに、小ロットで受注設計生産を行う場合など、工程情報をあらかじめデジタル化し、実績をデータによって管理しておくことで、見積工数と見積精度が大幅にカイゼンされ、より利益率の高いビジネスモデルにシフトすることも可能となるでしょう。

工場を超え、企業の枠を超えて、生産プロセスをつなげることができるようになったとしても、必ずしも自社の生産プロセスをすべてオープンにする必要はありません。誰に対して、どの部分を、どこまでオープンにするかは、それぞれの生産プロセスをもつ側が決定します。時々刻々得られる生産に関するデータを、サプライチェーンの強化、販売力や収益力の強化にどのように使うかはまさに企業の経営戦略の一部です。こうしたデータは、活用のしかたによって、企業の競争力につながる付加価値の源泉となり得るのです。

サプライチェーンから エンジニアリングチェーンへ

異次元の金融緩和による円安の影響もあって、一度海外へ出ていった日本のものづくりが、少しずつ国内回帰しているといわれています。中国はもとより、ASEAN 諸国でも、かつてほど人件費は安くなり、これが国内への生産体制の移管の後押しをしているのでしょう。しかし、だからといって、かつてのような、薄利多売型の大量生産を再び国内の工場で行うことはないでしょう。

消費行動の多様化、個別化の流れを受けて、生産ラインでは、多品種少量生産、変種変量生産のための小ロット化がますます進み、変化の激しい需要動向に対応するため、製品のライフサイクルはますます短期化、不確実化しています。従来型のサプライチェーン、つまり、必要なときに、必要なモノを、必要な量だけ調達するだけでは不十分なのです。こうした状況に対応するには、そもそも何が必要なのか、どうやったら作れるのか、といったことをエンジニアリングの視点を含めて、企業の枠をこえて連携する必要があります。

エンジニアリングチェーンでは、要求される製品の形状や特性に対応して最適な生産方法を決定し、さらにそのための生産システムを設計し準備します。そこで交換される情報は、製品の形状や構造データであり、材料や機能特性データであり、生産プロセス仕様であり、品質検査パラメータであり、設備稼働要件であり、試験結果データであり、QC 工程表であり FMEA シートだったりもします。

サプライチェーンと比較して、エンジニアリングチェーンは、一回の PDCA サイクルが長いのが特徴でした。製品のモデルチェンジや新製品開発、工場の新設や増設など、感覚的にいえば、年に数回といったところでしょうか。しかし、生産財の世界では、すでに個別受注設計生産が進んでおり、消費財においても、前述のとおり、製品ライフサイクルの短期化によってその頻度が増しています。エンジニアリングチェーンの

スピードアップと、それを支える ICT を駆使した付加価値の高いしくみの新たな構築が求められています。

「つながる工場」によってもたらされるエンジニアリングチェーンへの貢献は多大なるものがあるでしょう。まず、工場間、企業間を論じる前に、企業内でのエンジニアリングチェーンを抜本的に見直すことができます。たとえば、新しい製品に対応して工程設計を行う際に、シミュレーションモデルを用いて解析をします。そこで利用されたモデルは、その場限りのものとなる場合がほとんどです。現実には、生産準備の時点で、実際に生産現場で微調整され、さらに生産が開始された以降にカイゼン活動によってさらに変更されていくのですが、それぞれの担当部門が、それぞれのデータを用いており、相互に関係性がないため連携がとれません。つまり、企業内でさえ、エンジニアリングチェーンに関する PDCA がデータとしてつながっていないのです。

もし、この企業内エンジニアリングチェーンが、データあるいはモデル上でつながっていると、どのようなことが起こるのでしょうか。まず、工程設計において、モデルを用いたシミュレーションを行う際に、すでに実在する設備のデータ、生産管理で得られた過去の実績データなどを利用でき、データ入力工数が大幅に削減できると同時に、データそのものの信頼性が格段に高まります。また、シミュレーションで用いたモデル

を生産管理で利用できれば、現在よりもさらにきめ細かく、かつビジュアルな生産指示やモニタリングが可能となり、工程設計へのリアルタイムなフィードバックが可能となるかもしれません。そして、保全管理では、設備の稼働実績や今後の稼働計画と、実際の設備点検や保守作業との連携を実際のデータを用いて行っていくことで、予防保全、予知保全の精度が高まると期待できます。

こうして、企業内でのエンジニアリングチェーンをデジタル化していくことで、さらに企業間での連携へと発展させていくことができるでしょう。まず、発注者側と受注者側とで、CAD データなどのエンジニアリング情報を交換するだけでなく、それに対応する工程の履歴データ、品質試験データ、化学物質データなど、双方向のデータ交換が行われることになるでしょう。

また、特に IoT の中で注目されているのが、設備データの交換です。メーカー側としては、生産ラインを構成する設備や機器の性能データや形状データなどを、調達先であるサプライヤーから取得します。このデータは、設備管理や原価管理のマスターを作成する際に利用され、生産ラインの設計やシミュレーションでも利用できるでしょう。一方、サプライヤー側としては、設備の稼働データを得ることで、設備のリモートメンテナンスなど、アフターサービスに活用することができます。

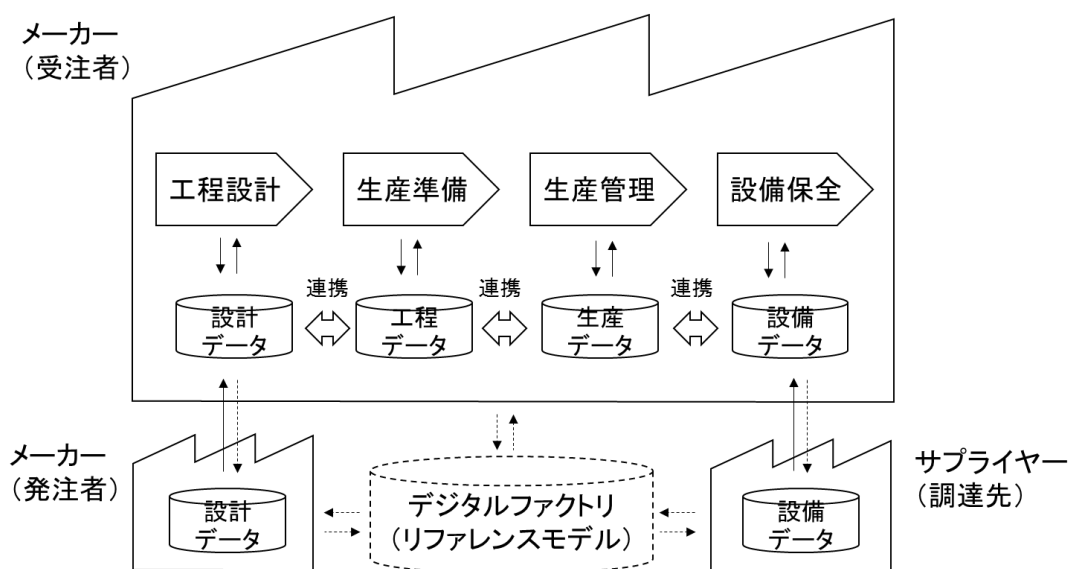


図3 エンジニアリングチェーンにおける企業内・企業間のデータ連携

生産技術と生産管理の 統合モデル

これまでのエンジニアリングは、どちらかといえば、製品設計を起点として組み立てられてきました。まず、作るべきモノがあって、その作り方を検討し、それにあわせて生産システムを設計し、実際の生産ラインを構築し、生産を実行するというのが正統な順序といえます。しかし昨今では、製品のライフサイクルが短期化し、製品のライフサイクルよりも生産システムを構成する設備のライフサイクルが格段に長くなっています。もはや、1種類の製品のみでは、設備や生産ラインのコストを償却することはできません。

したがって、望むと望まざるとに関わらず、設備あるいは生産システムの側からスタートして製品の設計を論じるという逆方向の発想も必要となってきます。つまり、工場のモデル、生産システムのモデルを、それぞれの企業や工場は統合的に管理し、それを活用したサプライチェーンとエンジニアリングチェーンの統合を図る取り組みが、今後必要となってくるでし

よう。

日本機械学会生産システム部門では、こうした取り組みのためのフレームワークとして、以下の図4のような JSME-MSD モデルを提案しています²⁾。これまでは、製造現場における情報システムとして、MES（製造実行システム）という概念が定義され、ERP（基幹情報システム）と、FA 機器やコントローラーや各種の生産設備との間に位置づけられてきました。また、ISA-95では、MOM（製造オペレーション管理）という概念で MES の範囲を拡張し、より人による管理の領域を意識したモデルが提案されています。

欧米のモデルでは、製造現場で行うべき仕事として、エンジニアリング的な要素があまり濃くありません。設計と生産現場とは、職能的にも、場所的にも、管理上の区分でも完全に分かれているのかもしれませんが。これに対して、JSME-MSD モデルでは、工程設計、生産技術、生産準備といった工場におけるエンジニアリングの中核を、すべて製造オペレーション管理の内部に位置づけている点が特徴です。設計においても、現地、現物、そして現実をベースに問題解決を行うという日本的なものづくりのマインドがここに示されています。

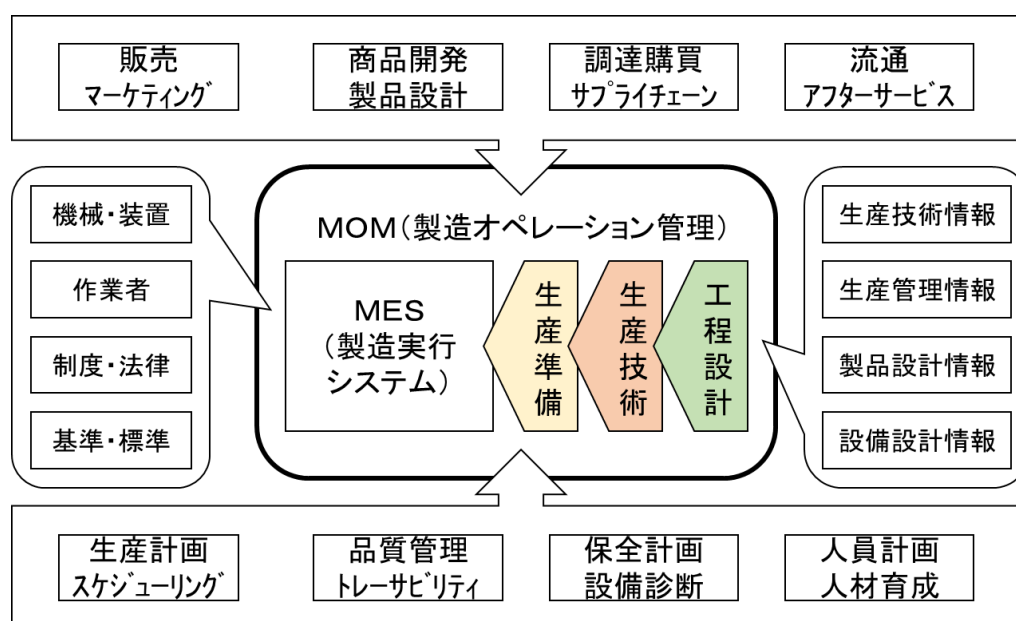


図4 製造オペレーション管理のための JSME-MSD モデル

現時点では、JSME-MSD モデルは、非常にラフな概念モデルでしかなく、厳密な意味でのリファレンスモデルとはなっていません。実際に、これを用いて、サプライチェーンとエンジニアリングチェーンを統合し、バリューチェーンを完成させるためには、まだいくつもの課題が残されています。すでに先行する他のリファレンスモデルとも連携しつつ、不足する部分は、製造業の内部で実際に行われている製造オペレーション管理を参考に、少しずつ内容を充実させていかなければなりません。

すでにある ISA-95 における足りない部分は、前述のデジタルファクトリーの仕様の中の生産設備のモデルが利用できるかもしれません。また国内の活動である PSLX リファレンスモデルも議論の出発点として有効です。さらに、議論を進める過程で、多くの関係する団体の活動やその成果が明らかになれば、そうした内容を統合していきながら、より包括的で効果的なリファレンスモデルとして発展させていくことが可能となるでしょう。

くり返しになりますが、リファレンスモデルは“ゆるやかな標準”であり、それぞれの企業のそれぞれのやり方を否定するものではありません。いままでバラバラであった業務やデータを連携させるために、最低限合わせられるぎりぎりのラインを見極め、その内容を決め、合意を形成していくためのものです。

ただし、ひとたびリファレンスモデルが確定し、多くのプレイヤーがそれにあわせて業務やデータを連携し始め、そのためのツールやシステムができ上がってしまったら、後から参加したプレイヤーは、そのゲームのルールに従うしかありません。それはそれで、リスクの少ない無難な選択かもしれませんが、もしかしたら分の悪いゲーム展開となるかも知れません。やはり、リーディング企業は、リファレンスモデルづくりに参画すべきなのです⁷⁾。

ものづくり社会での イニチアチブの必要性

日本のものづくりの構造的な転換が求められています。原材料を買って、製品に加工して、そして売るという当初はシンプルな行為で構成されていた製造業が、そのしくみが複雑さを増すにつれて、徐々に機能分化していき、ついには、モノと作りが分断されてしまったようです。単にコストと効率だけを追求する生産現場は、すこしずつ面白味に欠けたつまらないものになってしまうような気がします。非常に抽象的な言い方をすれば、モノと作りが一体となったユニットが、アメンバーのように有機的に結合した、ダイナミックなものづくりの組織はできないでしょうか。若者から見ても、カッコいい生産現場、輝きのある生産現場であり続けるためには、“つくり”だけではなく“ものづくり”がセットになって、決して離れずにいる必要があると感じます。

そこへ至るための一つの手がかりは、最終的な製品を作るという立場と、製品を作る“しくみ”を作るという立場の使い分けです。工作機械を自分たちで作る、生産ラインのしくみを工夫するなど、からくりの世界にも通じたものづくりが、本来の生産現場にあるはずで、JSME-MSD モデルが示すような、工程設計、生産技術、生産準備といった機能を、人中心に極め、それを生産現場と一体となって進めていくということは、輝かしい現場を再構成するためのひとつの有効な手段となりそうです。

もうひとつの有効な切り口は、やはり ICT によるデジタル化でしょう。ものづくりの世界は、アトムの世界であり、これに対する情報の世界は、ビットの世界と言われています。両者は、そもそもよって立つ原理、原則が異なるのです。工場で実際にモノを加工するのはアトムの世界です。工場から消費者へ製品を届ける物流の世界も、物理法則が支配するアトムの世界です。一方、情報社会におけるビットの世界は、物理法則に支配されません。情報は無限に複製でき、一瞬で空間

を移動できます。ビットとアトムが融合したサイバーフィジカルな世界は、おそらく現在では想像できないことがつぎつぎと可能となるかもしれません。

ここで、議論となるのが、そうした世界を、だれが先頭をきって切り開くのか、つまり、イニシアチブを誰がとるかということです。現在のところ、ICT は欧米企業が完全に先行し、日本企業はそのキャッチアップに追われています。一方、ものづくりの世界では、日本企業に一日の長があります。つまり、ICT とものづくりの融合領域を誰が切り開くのは、日本企業である可能性も十分にあり得るのです。ビット側がアトムの世界を理解するのが早いか、それと比較して、アトム側がビットを凌駕するのが早いかです。

工場の側、つまりアトム側にとって、すでにビットの世界、つまり ICT の世界は、情報システムの利活用という意味で、馴染みのある領域といえます。ただし、ICT の世界の怖さは、相手とつながってはじめて機能するという点なのです。たとえば、電話機は、通話の相手が同じプロトコルでなければ会話は成立しません。ネットワーク外部性と呼ばれる性質によって、つながる相手が増えるほど、その製品の利用価値は高まります。また、デジタルデータやプログラムなどは、複製コストが限りなくゼロに近付けられるため、製造原価と販売価格の関係を、これまでとはまったく異なる発想でとらえる必要があります。さらに、開発した ICT の資産価値を維持するために、知的財産の管理が極めて重要となります。

この知的財産の管理技術は、“エコシステム”の形成と密接に関係しています。製品がそれ単独では機能し得なくなり、より大きなシステムの中のいち部品として位置付けられることが多くなっている中で、ある程度内部のしくみを公開することなしに製品は市場に普及しません。この傾向は、つながるための機能が、ハードウェアからソフトウェアに徐々にそのウェイトがシフトしていることにより、ますます顕著となっています。

製品と同様につながる工場も、他の工場とつながってはじめてパフォーマンスが最大に発揮できます。つながらなければ、工場にある高価な設備や機械は何の

役にも立ちません。つながる工場をつなげている多くの部分は情報であり、広い意味でのソフトウェアなのです。サプライチェーンはもちろんのこと、設計プロセスや保全プロセスなどのエンジニアリングのチェーンにおいて、今後デジタル化がすすみ、さらにつながる工場に関する駆け引きがこれから激化していくでしょう⁸⁾。

ネットワーク外部性が支配する世界では、先行した者が莫大な利益を得ることになり、フォロワーにはもはや市場をコントロールする力は残されていません。半分アトムを引きずっているものづくりの世界では、そこまで極端ではないとしても、しかし今後、これからの ICT とものづくりの融合のプロセスにおいて、フォロワーに徹した場合、非常に不利なゲームのルールで戦わざるをえないという状況となる可能性は大いにあります。

こうした状況を踏まえて、「つながる工場」研究分科会のメンバー有志は、それぞれの企業や団体における立場を超えて、まずはこうした連携のフレームワークの先鞭をつけようとしています。Industrial Value Chain Initiative (IVI) は、特に日本のものづくりを知り尽くしている精鋭たちが、これからの新たな時代に向けて、フォロワーではなく、リーダーとしてイニシアチブをとるという宣言です。

具体的にどのような課題に対して何から手をつけるべきか、また、どのような相手とアライアンスを組むかなどについて、賛同するそれぞれの企業の第一歩は、さまざまです。ただし、それぞれの企業は、これまでのように単独で課題に取り組むのではなく、複数のクラスタを形成しながら方向性を定め、同時にそれぞれのクラスタで共通となる要素技術、標準化技術を横串としてコンソーシアム全体で共有しながら進めていくこととなります。そして、そうした活動を、外部に対して最大限オープンにし、海外に対しても情報を発信していくことで、逆に海外からの人材や知恵を積極的に取り込むという姿勢です。

国の政策に従ってトップダウン的に動くのではなく、かといって企業あるいは企業グループが独自に行動するのではなく、多くの日本の製造業が、和の精神

でゆるやかに連携しながら、自発的に行動を起こし、同時に競争と協調の枠組みを内包しながら高め合っていくようなフレームワークがデザインできれば、それは今後、国際的にも大きな流れとなっていくでしょう。産学官がそれぞれの立場で協力し、当初から、国内と国外といった障壁をもうけず、グローバルとローカルの両にらみで進め、それぞれの活動をボーダレスに展開していくことで、日本のものづくりの国際的なプレゼンスも大いに上がると期待できます。

まとめ

10年くらいまえまでは、“製造業の復権”や“産業の空洞化”といったキーワードがよく議論されてきました。長く続いたデフレ経済の中では、もはやこうしたことばは肌にあわなくなったのか、あるいは解がない議論にもう疲れてしまったのか、ここ数年はあまり聞こえませんでした。そんな中、欧米に端を発した製造業の未来に関する最近の一連の議論は、IoT や M2M など新しいキーワードの効果もあり、ある意味で、とても新鮮です。そして、日本の製造業にも未来への変革が求められているとすれば、この小論は、これまでの製造業がこれまでのやり方で復権するのではなく、新しいタイプの製造業に生まれ変わるための試論ということもできます。

ドイツ政府も、米国政府も、膨大な予算をつかって自国の製造業の競争力強化のためのプログラムを練っています。欧州には欧州の事情にあった欧州流のやり方があり、北米には北米流のやり方があります。日本流、あるいはもう少し範囲を広げて、東アジア流のやりかたで、少なくとも東アジア圏においてイニシアチブをとらなければなりません。

インダストリー4.0のコンセプトを見習うところは見習うとして、ただ、必要以上にその内容に振り回される必要もないでしょう。自分自身の骨格が出来上がる前に、あまりにも回りの調査ばかり進めると、そもそも自分にとって、なにが問題で、何がやりたかったのかが見えなくなってしまう危険性もあります。いっ

そのこと、やりたいこと、やらなければならないことをゼロベースで議論し、その本質を見極めた上で、あとは見切り発車し、詳細はその都度、走りながら軌道修正していくという方法もありだと思います。

ものづくりにおいて、ICTをどのように活用するかは、これまでも重要な課題としてあげられてきました。ここにきて、センサー技術、ネットワーク技術の急激な進歩により、ものづくりに関するきめ細かなデータが安価に入手可能となったことにより、こうしたデータを用いた新たな展開が見込まれます。ただし、データはデータであり、それらが必要なときに必要なところへ必要な形で提供されなければ価値にならないのです。つまり、新たなものづくり、しくみづくりを提案し、現実のものづくりに役立ててはじめて新たなイノベーションが完成します。

海外では、インダストリー4.0をさらに進めるための国際標準の策定作業も、徐々に進められています。それぞれの企業の利益を守り、新たな製品を普及させていくという観点からの国際標準はもちろん重要ですが、同時に、新しい価値観や基盤となるルールを、守りではなく攻めでもなく、広くグローバルなものづくりの発展のために提案し、普及させていくという役割も、ものづくり大国である日本の使命であるのではないのでしょうか。

この小論では、「つながる工場」研究分科会としてのこれまでの活動の中で得られた知見をもとに、日本のものづくりが未来へ向けて、新たな一步を踏み出すために必要となる考え方についてまとめました。そして、いまひとつ重要なことは、考えるだけではなく、実際に一步を踏み出すアクションです。Industrial Value Chain Initiativeは、学会の研究分科会という枠を超えて、ものづくりを支える多くの企業や団体の共通の理念として、こうした新たなアクションを支えていきたいと思っています。

参考文献

- 1) Industrie 4.0 Working Group, Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0 (2013) <http://www.plattform->

i40. de

- 2) 日本機械学会生産システム部門, 日本的な「つながる工場」実現へ向けた製造プロセスイノベーションの提言, (2014)
http://www.jsme.or.jp/msd/html/92/msd_innovation2014.pdf
- 3) 小川紘一, オープン&クローズ戦略, 翔泳社(2014)
- 4) Industrial Internet Consortium,
<http://www.industrialinternetconsortium.org>
- 5) IEC/TC65/JWG5 国内委員会, 製造オペレーションマネジメント入門~ISA-95 が製造業を変える!,
ものづくり APS 推進機構 (2015)
- 6) PSLX プラットフォーム仕様書, APS 推進機構(2014)
<http://pslx.org/platform/>
- 7) 科学技術振興機構研究開発センター, 次世代のものづくり~基盤技術とプラットフォームの統合化戦略~, 科学技術振興機構 (2014)
- 8) 西岡靖之, ボーダレス時代における「つながる工場」のための自律分散プラットフォーム, システム制御情報学会論文誌, Vol. 28, No. 3, システム制御情報学会 (2015)

付録

ゆるやかな標準でつながる方法

「つながる工場」の実現のための技術的なキーワードは、ゆるやかな標準であり、そのためのリファレンスモデルです。人工物を対象とした第一種のシステムとは異なり、人の要素を多分に含む第二種のシステムでは、厳格な標準ではなく、ゆるやかな標準によって、それぞれのしくみの個別性を許容し、ノウハウなどを内在させた上で、その外側にある共通部分においてつながるという構成が望まれます。

では、もう少し具体的に、ゆるやかな標準であるリファレンスモデルによって、2つの異なるシステムがつながるかについて説明しましょう。たとえば、機械加工職場の作業者が、班長または職長に作業実績を報告する場面を想定します。業務のカテゴリとしては、作業実績報告に関するアクティビティとなります。アクター（登場人物）は、作業員、および班長です。

当然のことながら、作業実績の報告の仕方や内容は、さまざまです。たとえば、一日の業務が終了したあとにまとめて報告する場合もあれば、1つの作業指示が終わるごとに行う場合もあります。報告する内容は、数量合計の場合、良品、不良品の内訳がある場合、個々

の工数（時間）がある場合と、開始時刻のみの場合、あるいは利用した治具や機器、材料の状態やワークの状態などを細かく報告する場合など、さまざまです。

リファレンスモデルとして、これらを1つのアクティビティでまとめることは、おそらく不可能でしょう。しかし、こうした多様な仕事のやりかたの中で、作業員から班長へ送られる多様な情報を、“作業実績”というオブジェクトで置き換えてみましょう。すると、「作業員は、1日の業務終了後に、班長に対して作業実績を報告する」あるいは「作業員は、作業指示が完了するたびに、班長に対して作業実績を報告する」の2種類となります。

一方、作業指示の内容については、基本的には、作業が対象とする品目、数量、開始・終了時刻および時間、作業条件、作業手順などについて、指示された内容とその結果によって構成されているはずですが、こうした、本来あるはずであるデータ項目を挙げておき、その中から必要なものを選択することで、だいたい6割くらいの内容はカバーできるのです。

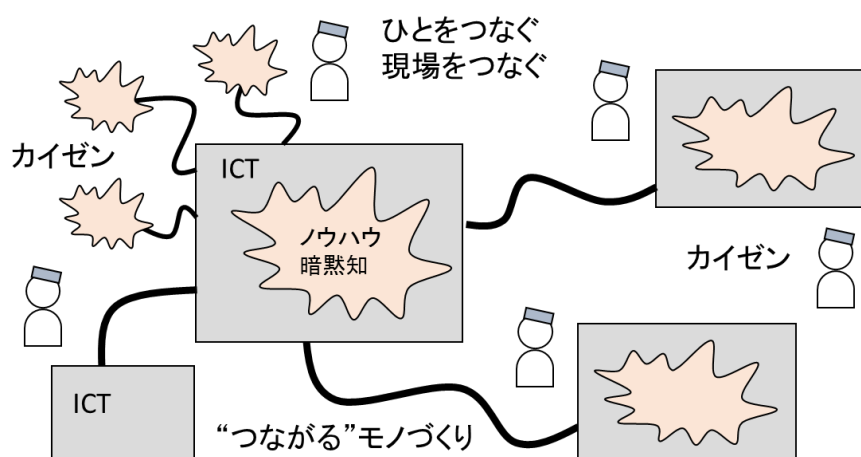


図5 ノウハウ（暗黙知）をICTでつなぐ

このように、リファレンスモデルによって、その骨格の部分は表現できることがわかりました。次に、残った個別に異なる部分をどうするかが問題となります。この会社のこの現場のみで利用する場合は、残りの部分はすべてカスタマイズの対象となりますが、複数の工場や複数の関連企業で同じしくみを使いたい場合、つまりつながりたい場合は、残りの部分の中で、共通的な部分のみを切り出します。そして、たとえば2割は共通部分として採用することが決定したら、この2割はつながるための仕様として定義し、最後の2割が個別の仕様となります。

ここで、ゆるやかな標準を実現するうえで、リファレンスモデルと並んで、もうひとつのキーワードである“プロファイル”が重要となります。プロファイルとは、機器や装置など、ネットワークにつながるしく

みが、それぞれどのような機能や構造をもっているかを示す情報です。プロファイルを用いて、つながるためのモデル、つまり、先の例でいえば、リファレンスモデルを2割修正した修正履歴を、当事者間で記録しておき、さらに最後に個別の仕様に合わせるために手を加えた2割を個別に記録しておきましょう。

このように、リファレンスモデル+プロファイルのしくみをルール化することで、リファレンスモデルでは合わせきれない個別の業務の特性などを、できるだけそのまま ICT で置き換えることが可能となります。そして、それと同時に、プロファイルを用いて、それぞれの多様性をシステムチックに管理し、多様性を維持したまま、それぞれの業務がつながることが可能となるのです。

想定される活動またはプロジェクト

すでにドイツでは、インダストリー4.0に関する多くのプロジェクトが立ち上がっています。米国でも、同様の産学官からなるスキームが動き出しました。また、インダストリアル・インターネット・コンソーシアムのように、マーケット戦略あるいはビジネス戦略としての企業の連合体も形成され、活発に活動しています。

ただ、どちらかといえば、ドイツの動きも、米国の動きも、シーズ側、つまり FA 設備や ICT の売り手側が主体となっている部分が色濃くでているようにも思えます。ニーズ側、つまり実際にモノをつくっている工場において、何が問題であり、これからどうしていきたいのか、といった視点をもつ側からの、次元を超えた呼びかけ、リーダーシップ、そしてイニシアチブが重要です。

1つの重要なテーマとして、まず企業内でのデジタル化、ICT化があります。「つながる工場」のつながる単位を、工場から生産工程のレベルに落とすためには、日本の現場にあったリファレンスモデルを大手製造業が共同で開発するとともに、それを活用した連携の

ひな形を確立する必要があります。

特に、これまで、比較的、サプライチェーンにおけるデータ連携に多くの企業が取り組んできましたが、これに加えて、エンジニアリングチェーンにもフォーカスし、サプライチェーンとエンジニアリングチェーンが一体となったしくみを議論していく必要があります。なぜなら、日本企業は、これからさらに製品ライフサイクルの短期化と、個別受注生産、個別設計生産に対応するなかで、エンジニアリングの PDCA サイクルをより短くせざるを得なくなると予想されるからです。

たとえば、前述のデジタルファクトリーの枠組みにより、バリューチェーンを自律的で自己完結的な組織のダイナミックな組み合わせで構成することを可能とするプロジェクトなどが想定できそうです。そこで、工程設計のためのシミュレーション技術と、生産管理のためのスケジューリング技術、そして設備の予防保全、予知保全のための人工知能技術などが融合した新しいモデルとその実装が可能となるかもしれません。

また、自律的なものづくりの自己組織化という観点からすると、それぞれの組織が、技術的な側面とともに、原価あるいは付加価値という側面から、経済的、経営的な意味も含めて成り立っている必要があります。たとえば、中小製造業が、それぞれの強みを発揮しながら、大手製造業と連携してものづくりを進めていくためには、設計や見積りの段階から、モデル化、データ化を進め、それらを効率的に利活用していくしくみが欠かせません。

こうした話は、大手製造業の内部でも、それぞれをプロフィットセンター（収益管理主体）としてみなす動きに展開させることも可能です。単に、安く仕入れて高く売るのはではなく、工程設計やカイゼンによって効率的な生産システムを構築し、それぞれの設備を効果的にメンテナンスすることで、トータルの利益向上に貢献するという立場は、現場力に定評のある日本のものづくりが目指すひとつのパターンではないでしょうか。

工場が中核となった企業内部のデジタル化、そして企業間でのデジタル化が、エンジニアリングチェーンを含むバリューチェーンとして機能しはじめると、工場内の設備やロボットを手掛けるメーカーやインテグレーターにとって、新しい商機が生まれます。工場内の設備の運転履歴や故障履歴など、さまざまなエンジニアリングデータは、それを提供する設備メーカ

ーにとってはバリューそのものです。

つまり、モノそのものではなく、モノにまつわるデータがビジネスの対象として付加価値をもつしくみが、技術的にはすでに可能になっています。こうしたしくみを、ある程度、共通的な枠組みのなかで、プロジェクトをとおして実装していくことで、多くの知見が得られるはずです。また、工場の生産ラインを構築するサービス、実際の生産や保全に関するサービスなど、製造業から派生するサービスが、新しいサービス産業の担い手として自立していくための共通のプラットフォームの構築なども、新たなプロジェクトの候補のひとつとなるでしょう。

もちろん、こうしたしくみは、ICTの信頼性、とくにセキュリティ面でどこまで実用性があるのかについて、明確な指針が提示されている必要があります。100%安全という世界はないものの、どのようなレベルの対応でどのような効果があるか、あるいはセキュリティ上の問題が発生した際に、どのような対応が求められるのかといった点について、ガイドラインやマニュアル等が求められるでしょう。工場内部には、膨大な機密情報があるため、こうした指針にそって、安全サイドからどのような手順でICT化を進めるべきかを、それぞれの実証プロジェクトを通して、明らかにしていくことも、非常に重要な課題として認識しなければなりません。

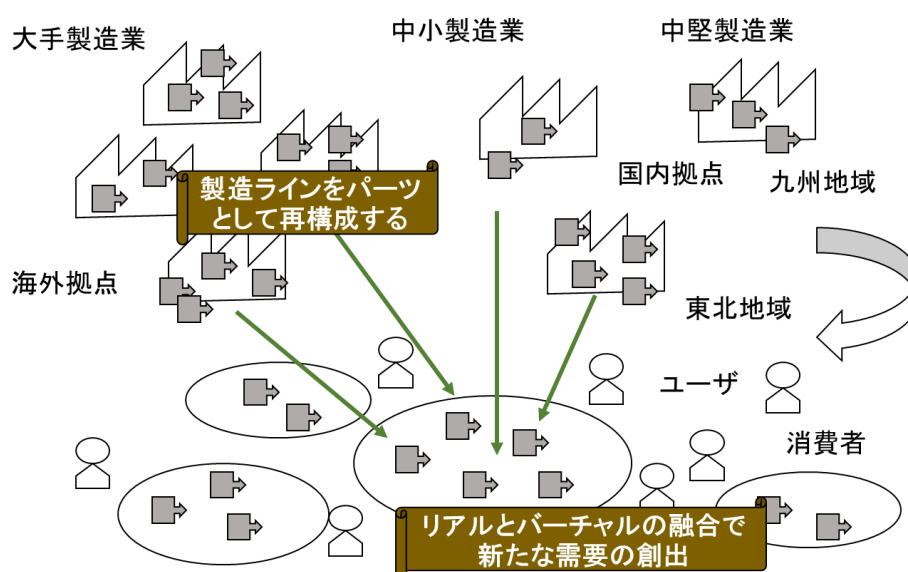


図6 サイバーフィジカルな生産システム

標準化活動の進め方

インダストリー4.0の報告書の中でも、まず最優先に取り組むべき課題は、標準化であると書かれています。ここでいう標準化には、厳格な標準化とゆるやかな標準化の両方が含まれます。ただし、実際のところ、ドイツでは、こうした標準化の取り組みが着実に進んでいるかといえば、そうではありません。こうした作業は大幅に遅れており、あそ2、3年はかかるといわれているようです。

ここで、標準化について、国際標準などのデジュール標準と、個別企業が単独あるいはコンソーシアムを形成して実質的な標準とするデファクト標準の2つの視点で見てください。一見して、両者は相反するアプローチのようにも見えますが、最近では、デファクト標準をオープン標準として中立的なフォーラムで議論し、それをISOやIECなどの国際標準とする流れが定着しています。つまり、まずは標準とすべきモノを実際につくり、使ってみて、改良しながらよりユーザーの支持が得られてから国際標準として提案するという流れです。

その意味では、ものづくりのためのリファレンスモデルも、まずはそれぞれの製造業の現場で使ってみて、その内容をさらにブラッシュアップしながら、改良を

かさねていく必要があります。また、そうしたプロセスを経て、リファレンスモデルの体系化、類型化などがさらに進み、同時に、それらを管理していくノウハウも身に付くでしょう。

インダストリアル・バリューチェーン・イニシアチブとしては、何年か後に制定される国際標準を待ってそれに従うのではなく、そうした国際標準化の活動に積極的に関与し、提案していくべきだと思います。そのためには、まず、日本の製造業が個別のプロジェクトの中で既存のリファレンスモデルの活用を促し、あらたなりファレンスモデルの開発を支援するチームが必要となります。

おそらく、インダストリアル・バリューチェーン・イニシアチブの中で繰り広げられるさまざまなプロジェクトの中で、異なる企業が共通の業務アクティビティや共通の業務オブジェクトを議論する際に、こうした標準化チームが関与することで、混乱や回り道ができるだけ避けることができるでしょう。そして、同時に、そうした成果を、標準化チームが、他のプロジェクトや、既存の国際標準との整合性も見比べながら、最終的には、わが国からの提案として、国際標準の一部として提案することも大いにあり得る話です。

よくある質問



「つながる工場」で何がつながるのですか？

これまでは、工場と工場との間は、部品や中間品の移動という形でつながっていました。これに加え、「つ

ながる工場」では、1レベル細かな単位、つまり、工場の生産ラインや各業務が、工場内で、あるいは工場や企業の壁を越えてつながります。また、工場と最終ユーザーである顧客がつながり、工場とそれを支える働く人々がつながり、物流・販売・サービスに携わる人々もが、ICTによって時間や場所を超えてつながります。



BPR (Business Process Reengineering) との違いはなんですか？

業務プロセスを見直すために、これまでの BPR の手法も取り入れ、さらに生産プロセスも含めてモデル化し、ICT を活用することで、これまでは BPR では行えなかった運用面も含めた PDCA を回します。BPR は、業務を比較的大きな粒度でとらえていましたが、「つながる工場」では、現場のオペレーションの部分まで粒度を細かくできるため、実際のデータを介して、有機的に工場内の生産プロセスと業務につながります。



自動化、ICT 化が進むと人がいなくなるのではないですか？

繰返し性の高い作業、付加価値の低い作業は、自動化および ICT 化によって機械やコンピュータに置き換えていきます。一方で、人しかできない作業、たとえば創意工夫が必要な作業、個性や感性が求められる作業、あらかじめ予測ができない状況に対応した作業などは人が担当します。自動化、ICT 化を進めると、むしろこうした人しかできない高付加価値の作業がますます増え、人の能力をさらに高めることになると予想されます。



オープン化によって、技術を他社にまねされるのが心配です。

オープン化では、そもそも他社と共通の部分のみを

開示します。つまり、つながるために最低限必要な部分のみオープンにします。企業固有の内部ロジックや職人的ノウハウは隠ぺいされます。固有技術をブラックボックス化し、その技術を利用するためのインターフェースを積極的に公開することで、その技術が普及し企業の利益につながります。



自社ですべて完結した企業にとっては関係のない話ですか？

技術革新がそれほどなく、競争のフェーズではない領域において、内製化率が高く、サプライチェーンの視点でいえば、これ以上の効率化をあえてする必要のない企業もあります。しかし、社内、工場内では、設備や機械の稼働管理や保安全管理、ICT による効率的な資産管理や副資材管理など、さらなる原価低減に「つながる工場」のための技術が必要となります。



ビックデータをどうやって活用すればよいのですか？

工場における生産プロセスの各ステップにおいて、その履歴を単に記録するだけでなく、それらを生産したモノ（部材や製品）と対応づけて記録することでビックデータとして活用することができます。さらに生産データは、生産した設備や作業者とも関連づけて記録しておきます。その後、蓄積されたデータを、製品や設備や人をキーとして解析することで、設備の安定稼働、人の効率的な働き方、そして製品の品質向上など、さまざまな視点から新たな知見が得られるはずです。



膨大な開発コストがかかるのでは？

工場におけるさまざまな業務や、ものづくりにおける設計プロセス、マーケティングやアフターサービスなども含めて、従来のやりかたで ICT 化すると、膨大な開発コストが必要となります。一方、「つながる工場」では、従来は外部の ICT 企業に開発を委託していた内容の一部を、自分自身のカイゼン活動の一環として行うため、開発コストは大幅におさえられます。社内のメンバーが中心となって開発することで、ニーズにあったしくみが逆に安価にできます。そして、つなげるための技術者の育成ができると同時に、その後のさまざまなシステムの改変要求に、スピーディーに対応できるようになります。



セキュリティは大丈夫ですか？

「つながる工場」にとって、セキュリティの問題は、常に最大限の注意を要する問題です。さまざまな技術やノウハウをデジタル化することで、それらの漏えいの危険性が高まり、さらに漏えいした場合の被害の程度も拡大します。どの世界でも、100%安心ということはあり得ませんが、かといってすべてをガードしたらビジネスができません。したがって、オープンにすべきところ、クローズで守るべきところの切り分けを、全社的なポリシーをもって進めてください。



システムインテグレーター（エスアイヤー）の これからの役割は？

システムインテグレーターを Sier（エスアイヤー）と呼ぶこともあります。Sier は、個々の装置や設備、そしてソフトウェアを開発しているベンダーと連携し、それらの個別の要素を組み合わせる工場をつなげるしくみを完成させます。工場の自動化を主に扱う FA 系の Sier と、業務システムや基幹システムなどの情報システムを対象とする IT 系の Sier に分かれます。こうした Sier は、「つながる工場」のためのエキスパート集団です。特にこれから、中小製造業の活躍にとともに、FA 系の Sier が、日本でも非常に注目されてくると予想されます。



第二種のシステムってなんですか？

これまで工学は、工業製品としての人工物を設計してきました。これらは第一種のシステムといって、物理法則が支配するモノの世界が対象です。一方、第二種のシステムは、モノと人とが複雑に関係した世界が対象で、生産現場で人が介在したものづくりは、この第二種のシステムとなります。第二種のシステムでは、人間工学や経営工学などの側面とともに、再現性をとれないアートな世界としての対応力も求められます。



ロボットとの関係は変わっていくのですか？

ロボットは、工場内において、生産ラインの自動化の重要な構成要素です。ロボットは、あらかじめ設定した作業方法に忠実に作業を実行することができます。つながる工場によって、こうした作業の実行を自動化するだけでなく、ロボットへの作業方法のティー

チングや、ロボット間でのノウハウの共有、故障時のメンテなどが、工場や企業をこえて可能となります。また、工場の外で、より消費者に近い場所でのものづくりが、ロボットを介して広がる可能性があります。



これは大手企業の話で、中小の製造業にはあまり関係がないのでは？



うちの会社は毎回つくるものが違うので自動化は不可能です。

「つながる工場」において、生産ラインを自動化することは、必要に応じておこなうべきものであって、その前提ではありません。最終的に完成した製品や部品は異なっても、その作り方の一部において、繰り返し性が高い部分や、品質の安定が求められる部分について、必要に応じて少しずつ自動化していきます。こうして、作業手順を整理していく過程で、自社のノウハウがより鮮明となり、新たな技術の開発余地が生まれる場合があります。



さらに国内が空洞化することはないですか？



カイゼン活動や5Sやリーン生産とはどのような関係ですか？

日本的なものづくりでは、生産現場の作業者がみずから問題を発見し解決していくボトムアップなアプローチが得意です。一方、ICTのしくみは、要件定義からはじめて全体を最初にデザインするトップダウン方式が一般的です。「つながる工場」のアプローチは、ICTを活用するために、個々の生産現場の単位、個別の業務単位でカイゼンを実行し、同時に全体の視点から情報の流れにおけるムダを排除していくという意味で、両者のいいところを融合したものということができます。

「つながる工場」のプラットフォームが普及することで、製造業が、状況に応じて海外展開することが容易となります。一方で、技術のある中小企業は、国内にしながら海外のメーカーからの注文を多数こなすといったことが「つながる工場」のプラットフォーム上で増えるかもしれません。自動化が進んだ工場や、高度な加工技術が必要となる工場は、国内であるほうが有利なのです。これからは、国内で作るか、海外で作るかの棲み分けが明確となり、より付加価値の高い工場が国内に残るという傾向が、今後ますます強まるでしょう。結果として、国内では、こうした高付加価値なものづくりに関連した雇用が増えていくと予想されます。

用語解説

■ インダストリー4.0

ドイツ政府による産学官プロジェクトの中でまとめられた第四次産業革命に関する政策、およびそれ引き金となって広まったものづくりと ICT の世界規模での融合の流れ。

■ エコシステム

オープン化の流れの中で、あえて技術を公開することでビジネス上の仲間を増やし、Win-Win の関係からなる企業ネットワークを自己増殖させていくしくみ。

■ コントローラー

工場の自動化ラインにおいて、センサーやアクチュエータなどのデバイスを制御するためのコンピュータが組み込まれた機器。通信機能により外部とつながっている。

■ 製品ライフサイクル

製品が企画され、設計され、そして工場で生産するための工程設計、生産準備などを経て実際に生産され、販売された後、さらにユーザに利用され廃棄されるまでの流れ。

■ つながる工場

工場と工場が、工程や生産ラインの単位で柔軟につながること、バリューチェーンを実現するためのしくみ。リファレンスモデルにもとづいたオープン化により、エコシステムを形成することが可能な工場をいう。

■ デジタルファクトリー

現実世界の工場が、デジタルなデータやモデルとして表現され、実際の工場の一部として ICT によって可視化され、解析され、場合によっては操作されるしくみ。

■ バリューチェーン

企業間、組織間での価値連鎖のしくみ。本小論では、サプライチェーンとエンジニアリングチェーンを統合したものとして定義している。

■ プロフィール

全体システムを構築するうえでの構成要素となる製品やサブシステムが、どのような機能を持ち、どのようなインタフェースをもつかを第三者が理解可能なかたちでまとめたもの。

■ ものづくり

カタカナの“モノづくり”は、物理的なモノをイメージするのに対して、ひらがなの場合は、マーケティングや企画、設計、アフターサービスなどを含むより大きな概念となる。

■ ゆるやかな標準

従わなければならない厳格な標準とは異なり、必要などに参照するなど、強制力の弱い標準のこと。制約が弱いと、その分だけ、実質的に参照するユーザ数が多くなる。

■ リファレンスモデル

個別の状況に対応したモデリングにおいて参照され、その内容を個別の事情に応じて改変されて利用されることを前提としたモデル。ゆるやかな標準のためのモデルとなる。

■ M2M (Machine to Machine)

ものづくりの現場において、モノとモノが直接つながることを意味する概念。一般的なコントローラーが人を介して連携するのに対して、人を介さないという点を強調している。

■ IoT (Internet of Things)

さまざまなモノがインターネットにつながる時代

のこと。これまでのコンピュータがインターネットに接続していたものが、IP アドレスをもったスマートなデバイスがつながるようになった。

■ ISA-95

ISA（自動機器に関する標準化団体）が作成した経営システムと製造システムとの統合に関する規約。製造オペレーションマネジメントに関するリファレンス

モデルとなる。

■ PDCA (Plan Do Check Action)

計画、実行、問題発見、問題解決というサイクルを繰り返すことで、継続的にその組織や生産のしくみそのものをカイゼンしていくための取り組み。

分科会メンバー

■主査

西岡靖之（法政大学）

■幹事

日比野浩典（東京理科大学）

■以下、あいうえお順

阿部 倫也（日本電機工業会）

天沼 光太郎（アズビル）

荒井 栄司（大阪大学）

荒井 智則（中村留精密工業）

五十嵐 賢一（長野日本電気）

池田 英生（神戸製鋼所）

石橋 基弘（デンソー）

市川 裕則（スキューズ）

井筒 理人（神戸製鋼所）

井上 達男（ダイフク）

岩城 拓（科学技術振興機構）

岩下 純久（アズビル）

岩村 幸治（大阪府立大学）

宇野 純（IHI）

大竹 洋介（富士通アドバンストエンジニアリング）

岡 誠一郎（三菱電機）

尾崎 行雄（富士通）

小野里 雅彦（北海道大学）

貝原 俊也（神戸大学）

角谷 有司（日立製作所）

梶田 大毅（日立製作所）

片岡 渉（コマツ）

木下 博貴（川崎重工業）

木村 南（東京工業高等専門学校）

木本 彰（富士通アドバンストエンジニアリング）

高鹿 初子（富士通）

酒井 正敏（三菱電機）

佐久間 隆史（日産自動車）

篠崎 勉（NEC）

瀬戸屋 英雄（製造科学技術センター）

高田 英治（富士通）

高梨 千賀子（立命館大学大学院）

高橋 剛（釧路工業高等専門学校）

館野 寿文（産業技術大学院大学）

田中 秀一（矢崎総業）

茅野 眞一郎（三菱電機）

富田 浩治（安川電機）

富田 順二（富士通研究所）

中野 信一（川崎重工業）

中野 冠（慶應義塾大学）

中村 昌弘（レクサーリサーチ）

成田 浩久（名城大学）

西宮 正伸（リコー）

西村秀和（慶應義塾大学）

則竹 茂年（豊田中央研究所）

橋間 正芳（富士通研究所）

橋本 公一（産業能率大学）

蓮野 剛（中村留精密工業）

長谷川 文夫（IHI）

平岡 弘之（中央大学）

平澤 茂樹（神戸大学）

蛭田 智昭（日立製作所）

福田 好朗（法政大学）

堀江 和男（製造科学技術センター）

堀重 卓司（富士通アドバンストエンジニアリング）

本部 隆弘（パナソニック）

松井 貴元（日立製作所）

松隈 隆志（オムロン）

松田 三知子（神奈川工科大学）

光行 恵司（デンソー）

森 健一郎（オムロン）

森永 英二（大阪大学）

山本 吉二（ジェイテクト）

山本 忠幸（慶應義塾大学）

横山 和彦（安川電機）

吉田 寛子（パナソニック）

吉村 正平（エコノサポート）

米澤 佑樹（レクサーリサーチ）

領家 大和（IHI）

渡邊 嘉彦（矢崎総業）

渡辺 真也（IHI）