

日本におけるデジタルトランスフォーメーションの方向性



清水 敦



小宮昌人



近野 泰



小林敬幸

CONTENTS

- I 「デジタルトランスフォーメーション」の台頭
- II デジタルトランスフォーメーションが製造業にもたらす影響と機会・脅威
- III デジタルトランスフォーメーションの鍵となるIoTの日本と欧米での活用の相違
- IV 日本流IoTの課題と目指すべき方向
- V これ以上デジタル敗戦を繰り返さないために

要 約

- 1 欧米および新興国でIoTをはじめとしたデジタル技術の活用が進むのと並行して、日本でも多くのメーカーがデジタル技術の活用を模索しており、「第一次製造IoTブーム」とでも呼ぶべき時期を迎えつつある。
- 2 しかし、欧米の製造業では、IoTとITを組み合わせたデジタル技術を活用して事業・産業の構造変革を狙う「デジタルトランスフォーメーション」を最終目標としているのに対し、日本の製造業では、生産現場でのデジタル技術活用をスコープとした、いわば「工場IoT」にとどまっている。
- 3 このままでは、日本ではIoTが局所的にしか活用されないまま、製造業のデジタル技術活用への関心が収束してしまいかねない。その結果、欧米企業、ひいては新興国企業が仕掛けてくる産業構造の変化に対し、日本のメーカーは無防備なままになりかねず各所でエレクトロニクス産業に続く「デジタル敗戦」を喫することも危惧されるのである。
- 4 このような事態に陥ることを避けるため、デジタルトランスフォーメーションがグローバルトレンドとなりつつあることを認識し、世界の強豪企業に先駆けて自社のビジネスモデルやエコシステムの変革・再構築に向けた検討を進める必要がある。
- 5 そのためには、経営トップ自らが「デジタルトランスフォーメーション」のインパクトを理解し、変革後の自社の競争戦略や強みのあり方を明確にした上で、デジタル技術を前向きに活用する旨のメッセージを発信し、各機能部門に「あるべき姿」の検討を求める必要がある。

I 「デジタルトランスフォーメーション」の台頭

本稿では、日本における製造IoTの課題を指摘し、日本でのデジタルトランスフォーメーションの方向性を示す。

欧米および新興国でのIoTなどのデジタル技術活用の高まりを受け、日本でも多くの企業がIoTの活用方法を模索し始めており、現在は「第一次製造IoTブーム」とも呼べる時期を迎えつつある。

しかし、日本企業では製造現場での活用にとどまりがちであるのに対し、欧米では事業・産業変革まで目指す「デジタルトランスフォーメーション」となっている。

1 製造業におけるデジタル技術活用の広がり

本稿では「デジタル技術を使った事業・産

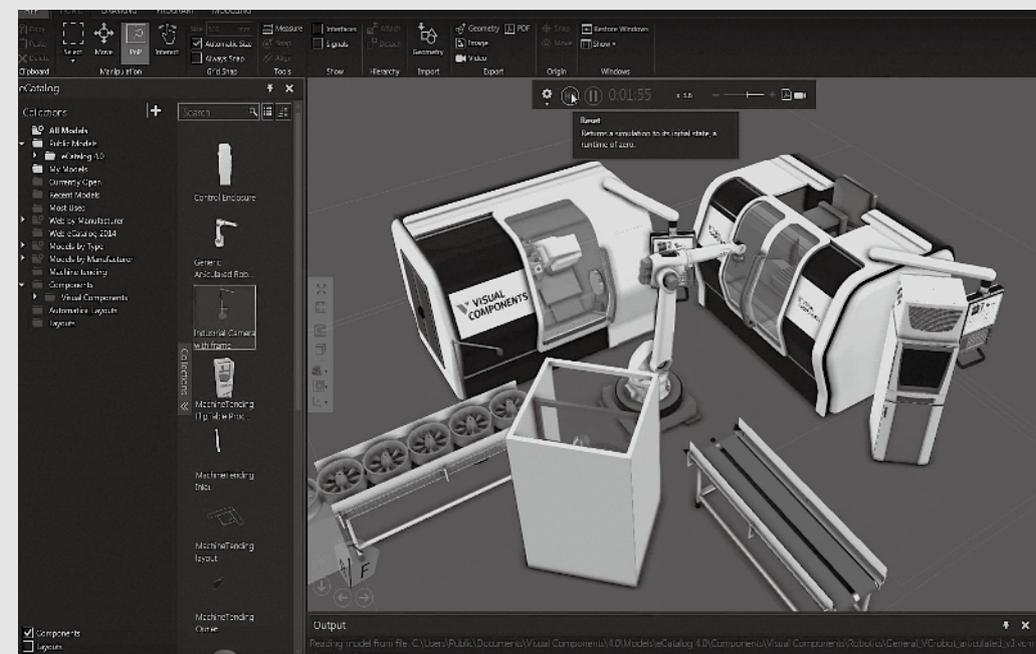
業革新」のことを「デジタルトランスフォーメーション」と定義する。デジタルトランスフォーメーションのイメージを具体化するために、「工場配置シミュレーター」と呼ばれるソフトウェアがメーカーにもたらす事業・産業変革の可能性を例示したい。

(1) デジタル技術がもたらす業務の効率化

工場配置シミュレーターとは、生産ラインで利用される設備や機器の3Dモデルを画面上に配置し、ライン設計を行うソフトウェアである。図1に、Visual Components社の工場配置シミュレーターの画面イメージを示す。

汎用的な設備・装置（ロボットや旋盤、プレス機など）の3Dデータはソフトウェアにプリセットされており、ユーザーは配置したい設備を選択し、3Dイメージをドラッグ&ドロップすることで、生産ラインへの設備配置を設計することができる。

図1 Visual Components社の工場配置シミュレーター（画面イメージ）



出所) Visual Components社製品紹介ビデオより
(<http://www.visualcomponents.com/visual-components-4-0/essentials/>)

また、設備の物理的配置にとどまらず、各設備の動作をシミュレートし、物理的な干渉の有無や、工程ごとの所要時間（タクトタイム）の確認も可能である。さらに、PLC（Programmable Logic Controllerの略称で、工場などにあるロボットなどの自動機械の制御装置を指す）のような動作プログラムを必要とする設備では、シミュレーター上で生産ラインの動作を指示すると、必要なプログラムを自動生成する機能も搭載されつつある。たとえば、Visual Components社のシミュレーターには「PLC-Connectivity」という機能が備えられており、著名なメーカーのPLCに対してハードウェア・ソフトウェア両面での動作検証が可能になりつつあるのだ。

もちろん、複数の装置間の動きの最終的な微調整など、生産技術者が実際の設備を使って行わなければならない作業も残されている。しかし、このような「アナログの残滓」は急速に小さくなりつつある。デジタル技術を使い、設備の動作を事前に確認・検討しておくことで、実際の設備を扱いながらでなければ解決できない課題を絞り込んでおくことができる。これにより、生産ラインを世界各地に展開する際の、生産立ち上げ人材の不足も解消され、生産ラインのスケラビリティを大幅に高められる。デジタル技術の活用により業務の効率化が実現されるのである。

(2) 業務変革に伴う

生産設備販売チャンネル変化の可能性

工場配置シミュレーターは、デジタル化によりライン設計の業務を変革させるだけではない。シミュレーターのユーザーは、あらかじめデータがプリセットされた生産設備を選

択する可能性が高まる。生産設備メーカーの側から見ると、顧客との最初の接点がこのソフトウェアになり、ここでふるい落とされた設備メーカーは、大きな販売機会を失うことになりかねない。すなわち、生産設備ユーザーの業務の変化が設備の購買行動を変え、ひいては設備メーカーの販売チャンネルにも大きな変化が及ぼされる可能性があるのだ。

将来は、業種や製品ごとの基本的な生産ライン設計がプリセットされた「工程テンプレート」が提供される可能性もある。ユーザー企業は、テンプレートをカスタマイズして差別性を加えることで、生産ラインをごく短期間で設計・立ち上げ・稼働させることが可能になる。その際、ユーザー企業は個別設備ではなくテンプレートを選択することになる。このため、設備メーカーにとっては、テンプレートを開発する企業に対し、テンプレートへの自社設備の採用を働きかける営業の重要性が増すことになる。

2 デジタルトランスフォーメーションの実現を支える技術進化

このように事業・産業変革をもたらし得る「デジタルトランスフォーメーション」だが、この概念はIoTという新技術のみでは実現できず、IoTと従来型のIT技術を組み合わせることで初めて実現されることを強調しておきたい。

従来型のITが得意としているのは、製造業を例に取れば、生産数量や売上高など、何らかの企業活動の「計画」や「記録」といった、時間断面のスナップショットをデータとして扱うことである。そのため製造現場では、週次・月次の事後的な活動分析や計画最

適化にしかITを使えなかった。しかし、IoTの登場によりこの状況が一変した。生産設備や人に取り付けられたさまざまなセンサーから多種・多量のデータを得られるようになり、「実行」をリアルタイムに追跡できるようになったのである。つまり、従来型のITだけではできなかったことをIoTが補ったのである。

PDCAサイクルでいえば、計画（P）とチェック（C）を担ってきたのがITであり、実行（D）とアクション（A）を担うのがIoTである。ITとIoTを組み合わせることで初めて、PDCAサイクル全体を一貫して最適化できるようになったのである。

このようなITとIoTの役割分担の概念は、IoTがOT（Operation Technologies）を担う、と表現されることもある。また、ITがSoR（System of Records）であるのに対し、IoTはSoI（System of Insight）である、などと表現されることもある。いずれにせよ、ITとIoTを組み合わせることで初めて、デジタル技術を用いて企業の活動全体を効率化させる「デジタルトランスフォーメーション」が可能になるのである。

3 グローバルトレンド化する

デジタルトランスフォーメーション

グローバルに見ると、デジタルトランスフォーメーションは大きな潮流になりつつある。たとえば、エンタープライズソフトウェアの最大手企業であるSAP社は、2017年7月11～12日、ドイツのフランクフルトにおいて「SAP Leonardo Live!」というイベントを開催した。このイベントは、同社が新たに立ち上げたソリューションブランドであるLeonardoのロー

ンチイベントと位置づけられた。

この会場で繰り返されていたメッセージは、同社の技術や商品の優位性を訴える宣伝だけではなく、むしろ「デジタルトランスフォーメーション」を実現しつつあるイノベティブ顧客の事例や、それらの顧客がどのように意思決定をしたか、顧客の意思決定をどのようにサポートすべきか、などであり、顧客とパートナー企業にデジタルトランスフォーメーションを意識づけるための仕掛けが多く施されていた。

IT業界のリーディング企業であるSAP社の戦略は、今後、多くのパートナー企業や競合企業を通じ、グローバルに拡大していくことが予想される。

II デジタルトランスフォーメーションが製造業にもたらす影響と機会・脅威

デジタルトランスフォーメーションは、製造業に対してデジタル化による業務効率改善にとどまらず、ビジネスモデルの変化、ひいては産業構造変化をももたらす可能性がある。以下、既に生じつつある産業構造変化の兆しを例に、デジタルトランスフォーメーションがもたらす事業・産業革新の方向性とその影響について述べる。

1 デジタルトランスフォーメーションによる事業・産業革新の方向性

(1) 工場向けデジタルソリューションの登場・拡大と販売チャネルシフト

工場配置シミュレーターによる生産設備の販売チャネルシフトの可能性については、既

に述べた。ここでは、さらなる発展として「工場向けデジタルソリューション」の登場について説明したい。

前述の通り、工場配置シミュレーターと工程テンプレートを活用することで、設備ユーザーは生産機器を個別に選定し、自社でラインを設計・組み立てる必要がなくなり、工程テンプレートに自社流のカスタマイズを加えるだけで、効率的に工場やラインを構成することが可能になる。

その際、特に、新興国の企業においては、ライン全体、ひいては工場全体の設計や建設、試運転、性能確認までを一括で外部委託する企業が増加すると予想される。このようなソリューションを「ターンキー型ソリューション」と呼ぶ。

具体例として、シーメンスが、ドイツの自動車メーカーであるBMWと中国Brilliance社の現地生産子会社向けに提供したと発表された、ターンキー型生産ラインがある。この生産ラインでは、BMWの全車種が混流生産可能であり、工場稼働率についても99%以上を達成したとされている。

工程テンプレートやターンキー型工場は、工場の設計や立ち上げを容易にする「工場向けデジタルソリューション」が登場・拡大する萌芽事例といえる。これによって生産設備事業は、個別顧客への個別設備販売という事業スタイルから、テンプレートやソリューションの一部としての設備提供へと、販売チャネルシフトを強いられる可能性を秘めているのである。

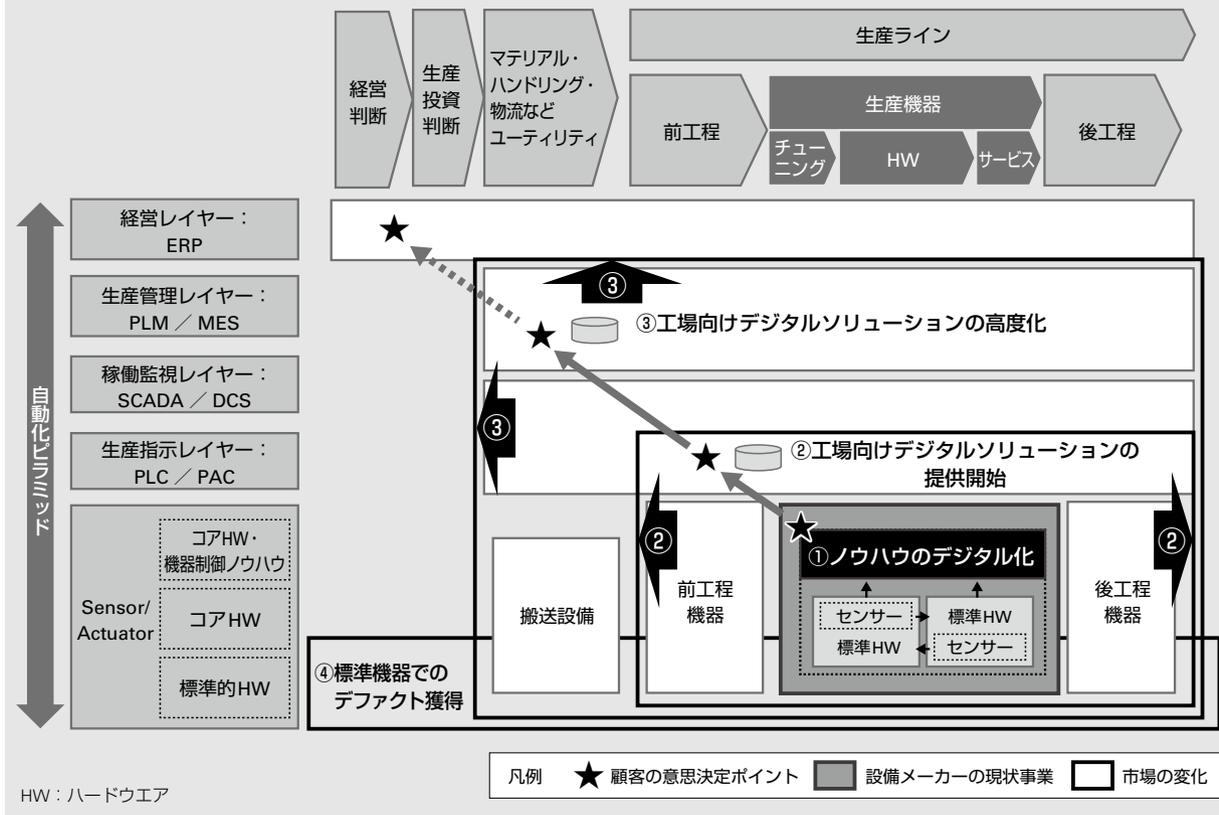
(2) ハードウェアの標準化とコモディティ化

工場配置シミュレーターのテンプレートに

生産設備が採用されるためには、生産設備の形状や動作プログラムが組み込まれていることに加え、シミュレーターの指示通りに実際の設備が作動できるよう、ソフトウェアと設備ハードウェアのインターフェースが標準化されている必要がある。

一般的に生産設備メーカーは、他社製品へのスイッチングコストが下がってしまうため、標準インターフェースの採用に積極的ではない。むしろ独自インターフェースを開発し、ユーザー企業を囲い込むことが事業戦略上の要諦であったといえる。しかし、大手の生産設備メーカーの中にも、標準化に伴うデジタルトランスフォーメーションの流れを敏感に感じ取り、従来の独自インターフェースによる囲い込み戦略を転換しようとしている企業が登場しつつある。たとえば、ドイツの大手産業用ロボットメーカーであるクーカは、ロボットのプログラミングを行う制御言語の一つとして、ITシステムの開発言語である「JAVA」を利用できるロボットコントローラー「Kuka Sunrise」の開発・提供を始めている。これにより既に多数存在しているIT開発者にもロボット制御・監視といったIoTサービスの開発の門戸が開かれたことになる。いわば、産業用ロボットをITの周辺機器として扱えるようになったのである。当然、クーカは自社ユーザーが他社製品へのスイッチングコストを下げるリスクを負うことになる。また、ハードウェアの選択基準も、独自の差別化機能が潤沢に盛り込まれていることよりも、むしろそのような独自仕様は取り除き、ソフトウェアの要求に従って標準的な動作にきちんと対応できることへと変化する。すなわち、ハードウェアのコモディ

図2 生産設備メーカーにおけるデジタルトランスフォーメーションの影響



ティ化のリスクもはらんでいる。

それでもクーカが標準であるJAVAを採用した狙いは、IT開発者が必要とする仕様にロボットの機能を絞り込み、「低価格だがIT親和性の高いロボット」としてのデファクトをいち早く確立することであると考えられる。従来の顧客囲い込みとは全く異なる発想でIT開発者コミュニティを取り込み、大量にハードウェアを販売する戦略へと、大幅な転換を図っていると考えられるのである（図2）。

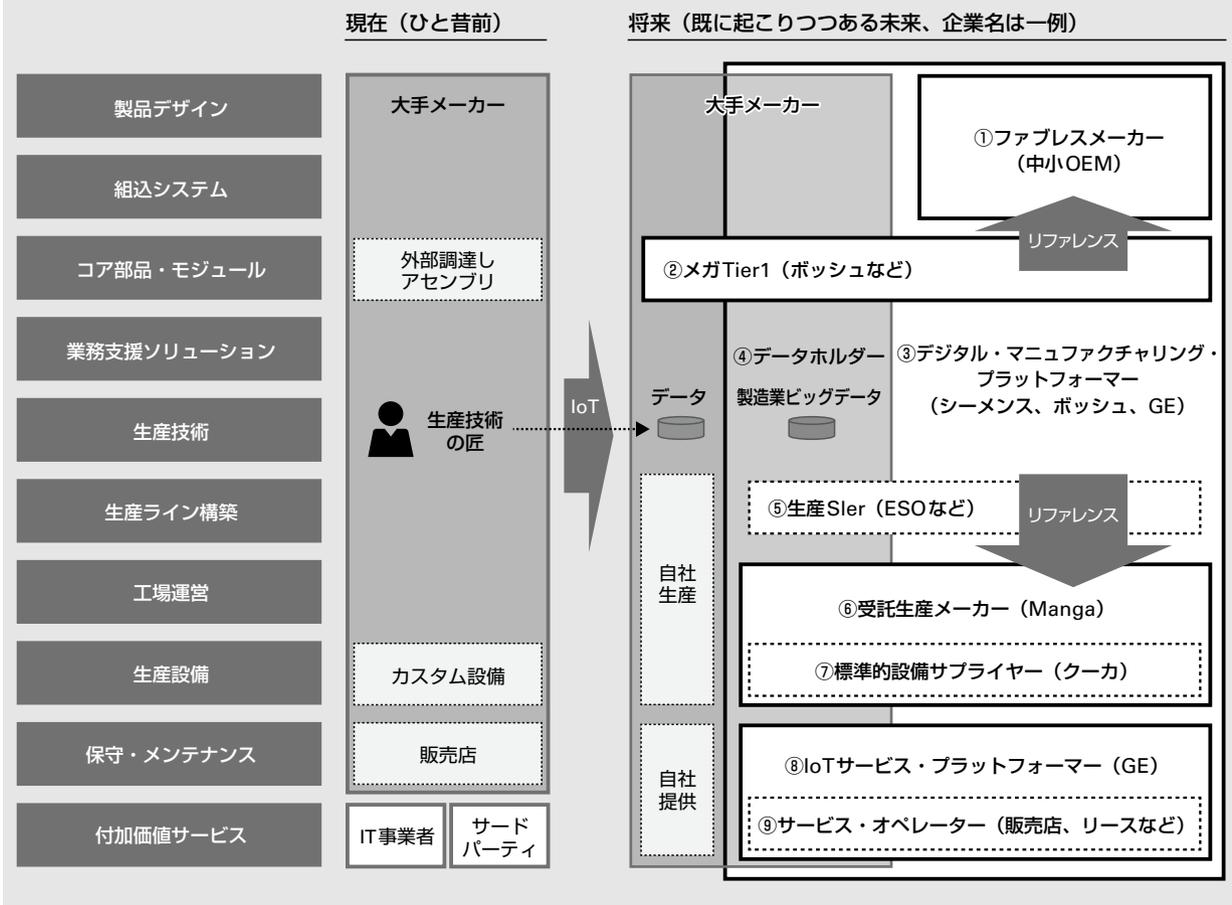
(3) 水平分業化と得意領域への集中

生産支援ソリューションの活用や提供が進むと、メーカー各社が持つ生産技術の独自性は徐々に薄まっていく。すると、「わが社独

自の工程／工法」も少なくなるため、メーカー各社が工場を自前で保有し続ける経済的な合理性も弱まることになる。自前の生産設備に投資するより、生産は受託生産事業者へ委託し、自社は顧客接点を強化して差別化商品を開発する能力に特化する、あるいは、差別化のためのコア技術の開発に投資を集中する、といった集中と選択を行うのである。こうして、設計と生産が分離し、ファブレスメーカーが増加することになる。

エレクトロニクス業界では、既にファブレス企業やデザイン・企画特化企業の存在は珍しくなくなってきている。例として「女子力の高い家電」を標榜し、秋葉原を拠点に起業した日本のエレクトロニクス機器メーカーで

図3 自動車メーカーを例にした水平分業化の可能性



あるUPQ社が挙げられる。同社は、開発・生産受託を行う新興国企業を活用することで、創業してわずか3カ月で20種類近くの製品を市場に投入している。

ファブレスメーカーのように、特定の機能に集中・特化した企業が登場することを「水平分業化」と呼ぶ。これは、デジタル技術により機能・工程間のコミュニケーションコストが大幅に引き下げられることにより生じる。たとえば、ファブレスメーカーと生産受託企業の間で3D-CAD図面がやり取りできれば、製品の物理形状の誤認の可能性は大幅に小さくなるのである。

水平分業化は、垂直統合型産業の代表と考えられてきた自動車分野でさえ進みつつあり、自動車の受託生産メーカーが出現している。たとえば、自動車部品大手であるマグナは、子会社であるマグナ・シュタイヤーのオーストリア工場において自動車の受託生産を行っている。また、北中米を中心に約12の工場を保有するアンドロイド・インダストリーズは、自動車への車輪モジュールの組み付け作業を受託している。

最終的には、自動車や自動車部品産業でも水平分業化が進み、従来とは違う競争環境が出現する可能性があるのである（図3）。

2 産業構造変化に対応できる 競争戦略の再構築の必要性

デジタル化によって前節（1）～（3）のような3つの変化が生じると、チャンネルとメーカーの間のパワーバランス、顧客の意思決定ポイント、企業の事業領域など、従来の企業の競争力の前提条件も併せて変化してしまう。そのため、変化を先取りし、ビジネスモデルやエコシステムを再設計しなければならない。

このような産業構造変化は、既にIT産業やIT周辺機器産業で先行して生じており、今後の製造業での対応戦略を検討する上で参考になる。以下、いくつかの事例を紹介したい。

（1）産業構造変化に伴う

競争戦略の再構築の必要性

精密機器（コピー機）の業界では、PCと社内LANの普及に伴い、コピー機からMFP（Multi-Functional Printerの略で、ファクス、スキャナ、プリンタの複合機）へのシフトが急速に進んだ。精密機器メーカー各社は、従来、中小企業向けにはコピー機専門の販売チャンネル、大手企業へはメーカー直販という販売チャンネルを保有していたが、MFPはIT周辺機器という側面が強く、従来型のチャンネルではミスマッチであった。一方、ITシステムの周辺機器として、システムインテグレーターやソフトベンダーがMFP販売に果たす役割が大きくなり、業界全体での販売チャンネル再構築の契機となった。

また、MFPがネットワークに接続されて稼働状況を集集できるようになったため、MPS（Managed Print Service）と呼ばれる

機器のサービス型販売が盛んに行われた時期がある。MPSを提案する際は、顧客オフィスでの印刷枚数と機器配置を把握することにより、最適な機器構成と配置を提案するが、その際、他社機器から自社機器への置き換えを進め、保守効率を向上させることで印刷コストの削減を実現していた。

しかし、MPSには顧客の他社へのスイッチを防止する仕組みがなく、結局、競合との価格の叩き合いに陥りかねない状況が生じてしまった。

このように、エコシステム再構築にあたっては、過去のIT業界・IT周辺機器業界の事例をひも解きながら検討を進めることが参考になる。

（2）製造業における

競争戦略再構築の萌芽事例

製造業の産業構造変化にいち早く対応しようとしている企業も登場しつつある。たとえば、パナソニックは「工程テンプレート」の構築を見越して動いていると思われる。

パナソニックの表面実装装置や溶接ロボットを扱う事業部であるPanasonic Automotive & Industrial Solutions（PAIS）社は、2016年4月末に、ドイツのIoTリーディングカンパニーの1社であるシーメンスとの間で「次世代電子機器の組み立て工場における協業」に合意したと発表した。これは、シーメンスが強みを持つ製造業向けソフトウェア群である「Teamcenter」や、IoT向けデータプラットフォームである「MindSphere」といった製品・サービス群と、PAIS社が世界トップシェアを持つ表面実装装置のハードウェア、および、それらをコントロールするソ

フトウェアである「PanaCIM」を相互に接続し、スマホやPCなど、表面実装工程を含むエレクトロニクス機器向け工場の「工程テンプレート」を共同で構築していくことが目的と考えられる。

結果として、シーメンスは工程テンプレートを備えた自社サービス・ソフトウェア群の利便性向上による拡販を、一方パナソニックは、工程テンプレートの拡販を通じた自社設備の拡販を狙っているものと思われる。

III デジタルトランスフォーメーションの鍵となるIoTの日本と欧米での活用の相違

1 欧州と日本でのIoT活用目的の違い

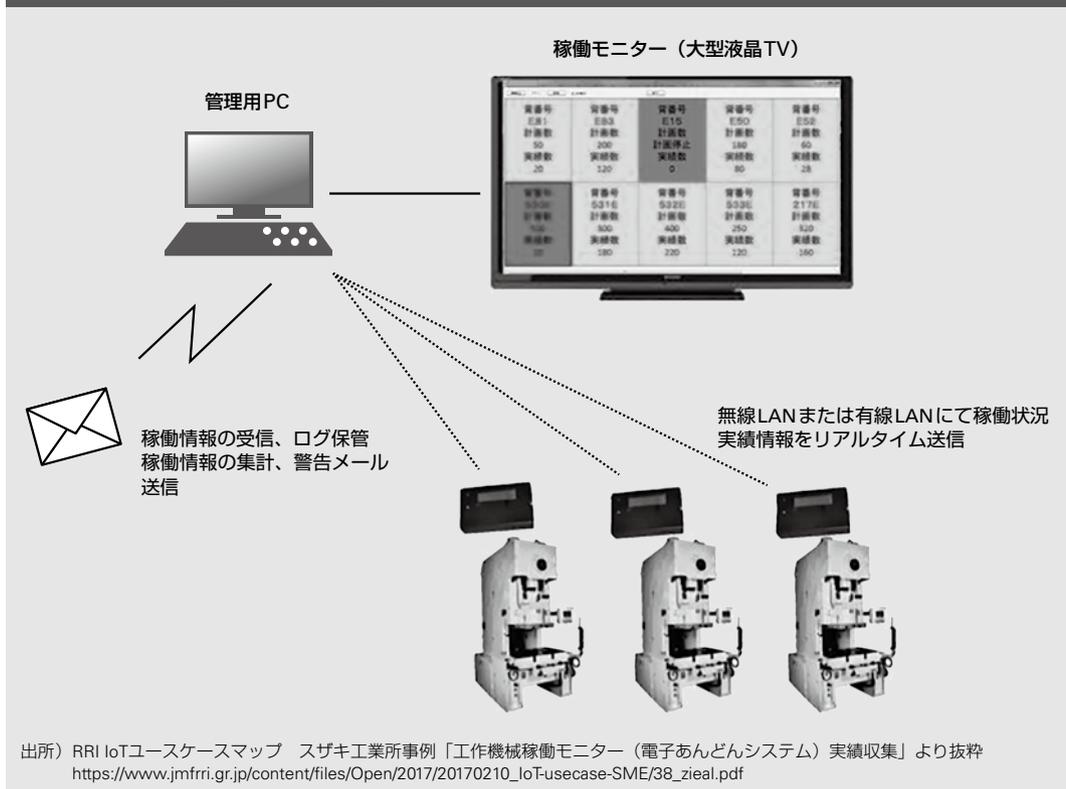
欧米の製造業は、デジタル技術の一つであ

るIoTを、ITと組み合わせることで「デジタルトランスフォーメーション」を実現するための鍵として利用しようとしているのを見てきた。では、日本においては、製造業でのIoTの活用はどの程度進んでいるのだろうか。

日本で現在流行しつつある製造業でのIoT活用は、多くが生産現場を対象としている。いわば「現場カイゼンのIoT」であり、従来から使われてきた定量的な現場カイゼンのツール（新QC7つ道具など）に代わり、生産現場にカイゼンのツールとしてIoTを導入することが主たる活動内容となっていることが多い。IoT活用の目的も、従来型の現場業務の見える化・効率化・自動化の延長線上に置かれていることがほとんどである。

一例として、ロボット革命イニシアティブ協議会（RRI）が収集・公表している「IoTユースケースマップ」の中から、スズキ工業

図4 工作機械ごとに端末で管理する場合



所の取り組んでいる「電子あんどん」を紹介する。同社の「電子あんどん」は、工場内の生産設備にセンサーを取り付け、その稼働状況をリアルタイムに取得・見える化・分析し、現場の生産活動を支援することを目的としており、「日本流IoT」の代表的な事例といえることができるだろう（図4）。

日本流IoTと欧州のIoTの目的の違いを明確にするために、日欧でのIoT取り組み事例の「狙い」の定量的な分析を試みた。日本のIoTについては、ロボット革命イニシアティブ協議会（RRI）の「IoTユースケースマップ」に含まれる約200のIoTユースケースを、欧州については、プラットフォームインダストリー4.0が公開している「Maps of Industry 4.0 Use cases」を分析の対象とした。

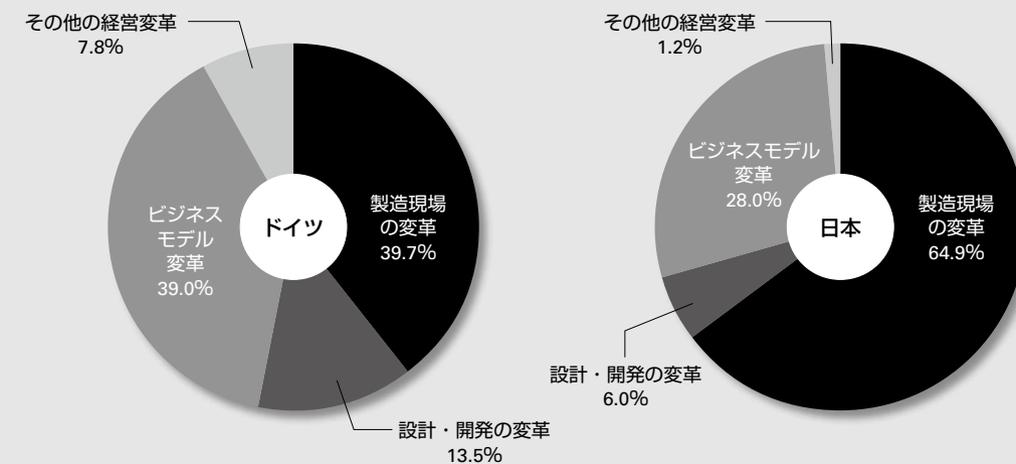
これらのユースケースを、インダストリー4.0プラットフォームが公表している「Aspects of the research roadmap in application scenario」で示されているIoT活用の代表的な9つの「アプリケーションシナリオ（用途）」を参考に、IoT活用の狙いを、①製

造現場の変革、②設計・開発の変革、③ビジネスモデル変革（デジタルトランスフォーメーション）、④その他経営変革（環境負荷低減）、の4つに分類した（図5）。

分類の結果を見ると、日本では、製造現場の変革を目的としたIoT活用がドイツの2倍弱に近い。具体的なシナリオは、現場の作業者やエンジニアに生産設備の挙動を知らせ、機械学習などにより生産品質向上策やチョコ停の発生原因を探るといった、まさに現場カイゼンのIoTに相当するものが多く、日本のメーカーにとって極めてなじみやすいIoTの利用方法といえる。

一方欧州では、製造現場の変革の比率とほぼ同じ比率でビジネスモデル変革を狙いとしたユースケースが含まれている。具体的には、マス・カスタマイズの実現の基礎となるOCP（Order Controlled Production：顧客要望に応じ自律的に構成を変化させる生産現場のネットワーク）が15%（日本は10%）、AF（Adaptive Factory：顧客要望に応じ自律的に工程や機能を変化させる生産設備やライ

図5 IoTの利用目的：欧州と日本のユースケースの分類



注) 小数第1位で四捨五入したため、合計が100にならない場合がある
出所) 左はプラットフォームインダストリー 4.0 「Map of Industrie 4.0 use cases」、右はロボット革命イニシアティブ協議会「IoTユースケースマップ」

ン)が12% (日本は5%)、SAL (Self Adaptive Logistics: 顧客要望に応じ自律的に構成が変化する物流網)が10% (日本は2%)などが主となっており、ドイツではデジタルトランスフォーメーションを実現するためのIoT活用が進んでいる状況が見て取れる。

2 欧州と日本でのIoT活用目的からくるシステム構成の違い

欧州と日本のIoT活用目的の違いは、システムの構成や、将来的な拡張性にも違いを及ぼしている。

日本流IoT実現に必要なシステムは、製造現場で発生したデータを製造現場でなるべく早く分析・活用することを目的としている。そのため、製造現場以外の業務やITシステム、特にERPなどの経営系ITシステムとの接続は、あまり考慮されていない。

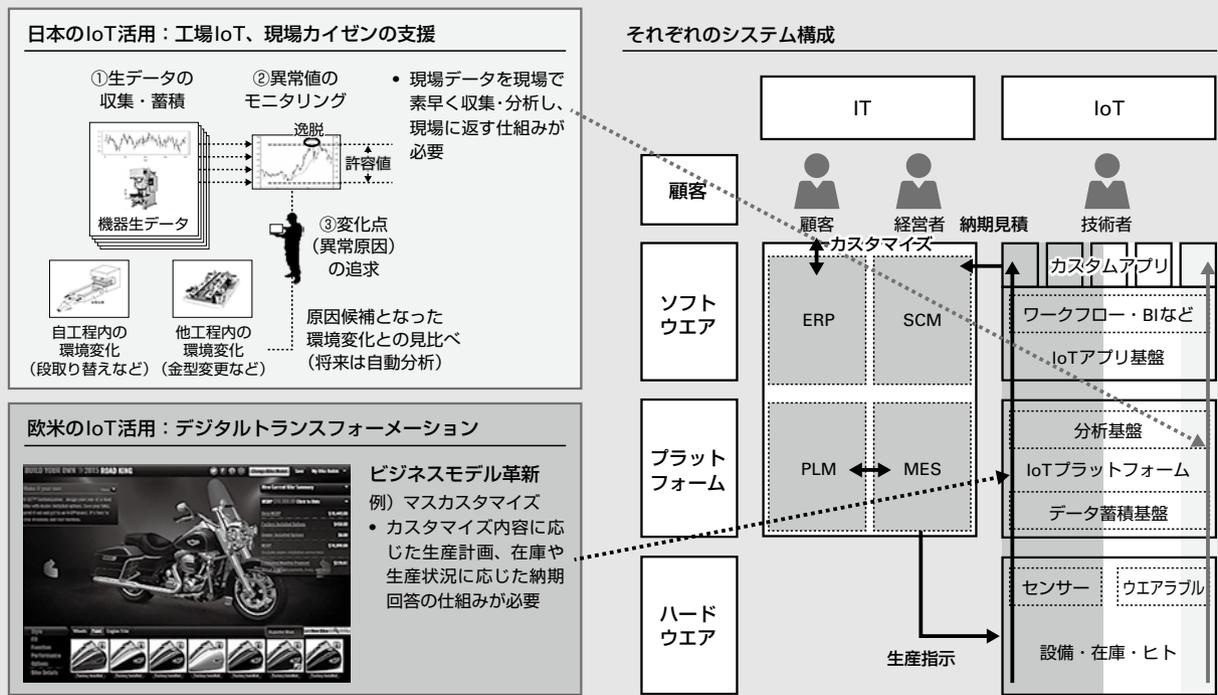
一方、インダストリー4.0の代表的な萌芽事例とされるハーレーダビッドソンのマス・カスタマイズを考えると、販売系や経営系のITシステムと製造現場のIoTシステムの連携動作が必須となる。

このような、IoTを適用する業務範囲、あるいは、ITとIoTの接続の有無といったIoT活用の目的・スコープの違いが、欧米と日本の間のIoT活用の最大の違いといえる。くり返すが、日本のIoTの目的が「工場IoT」にとどまるのに対し、欧米のIoTの目的は「デジタルトランスフォーメーション」なのである(図6)。

IV 日本流IoTの課題と目指すべき方向

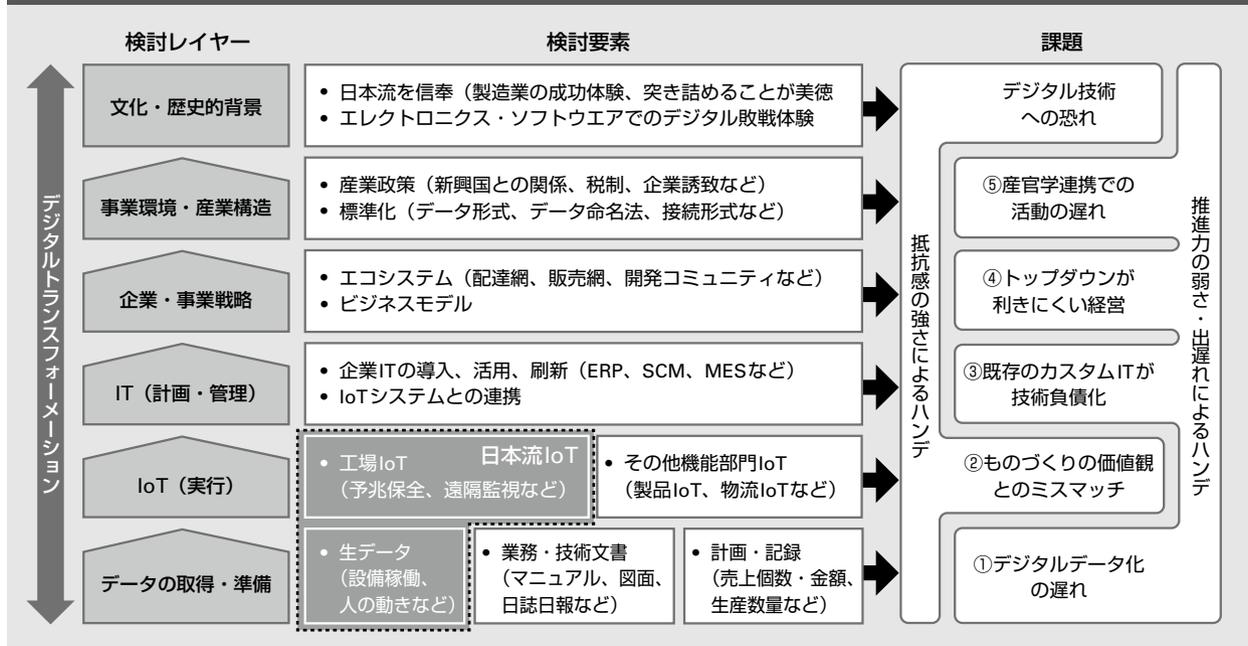
これまで見てきたように、日本流IoTと

図6 欧米と日本におけるIoT活用目的と必要なシステム構成の違い



出所) 画面はハーレーダビッドソンWebサイトより

図7 日本企業でのデジタルトランスフォーメーションを阻む構造的課題



は、工場IoTであり、生産現場のカイゼンを主たる目的にしている。一方、欧米流IoTとは、デジタルトランスフォーメーションであり、産業や事業の変革を目的としている。このような相違があるのは、日本においては、IoTが機能部門レベルの課題であると捉えられているためである。このままだと、日本の製造業におけるデジタル技術の活用に向けた取り組みは、欧米流IoTのように経営に大きなインパクトを与える「デジタルトランスフォーメーション」には到達できないのではないかと懸念される。

では、日本企業においてデジタルトランスフォーメーションを実現するにはどうしたらよいのだろうか。実は、日本には、海外に比べてデジタルトランスフォーメーションへの抵抗感が強く、検討や意思決定が進みにくい背景がある。さらに、これまでのIT投資状況の遅れや推進力の弱さというハンデを乗り

越える必要がある。以下、デジタルトランスフォーメーションの5つの検討レイヤーごとに、変革を阻む課題について論じる（図7）。

1 データの取得・準備

(1) 現状と課題：デジタルデータ化の遅れ

デジタルトランスフォーメーションを実現する前提として、インプットとなるデジタルデータを豊富にそろえておく必要がある。機器の稼働データなど、IoTにかかわる新たなデータ取得のためにはこれから投資・システム作りを行うことになるが、問題となるのは、既存のデータのデジタル化の状況である。

日本企業の多くは、ものづくり業務におけるデジタルデータの活用、各種書類のデジタル化において欧米企業に出遅れている。そのため、膨大な書類をデジタル化する作業をこれから進めなければならず、デジタルラン

スフォーメーション実現にあたってコスト・時間面でハンデを負っている。

たとえば、日本のものづくり現場では、いまだに生産数量や品質の管理が手書きで行われていることが珍しくない。また、設計図面についても、下請け企業がCADを使っていないなどの理由から、紙の図面でやりとりがなされていることも多い。大企業であっても3D-CADの利用が十分には進んでおらず、2D-CADから出力された紙の図面が使われていることも多く、このような現状に合わせて最適化された業務スタイルが続いている。

設計業務と生産現場をつなぐ重要な書類であるBOM（Bill of Material：製品を構成する部品を記載した表）について考えてみても、設計側の部品表と生産側の部品表の内容や記載方法を統一する「BOM統合」は、製造業の長年の課題とされてきた。しかし、BOM統合の実現においても、膨大な量のBOMをデジタル化して管理するコストと手間がハードルとなってきた。

そのほかにも、生産現場や開発現場に残されている各種標準や設計変更書といった書類も、膨大な紙書類やPDFファイルとして残されていることが多い。これらを有効に活用するには、地道な「デジタル化」の作業が必要であり、その手間と時間とコストがデジタルトランスフォーメーション実現における最初のハンデとなっている。

(2) 目指すべき方向性：アウトソーシングによるデジタル化の推進

「デジタル化」は、多くの場合単純作業の集積であり、これらを低コストに進めるためにESO（Engineering Service Outsourcer）と

呼ばれるアウトソーシング企業などへの外部委託を行うことも考慮すべきである。ESOという業態は、IT産業が集積しているインドを中心に拡大しつつあり、2D図面の3D化や、PDF書類のデジタル化などの「IT単純作業」を高効率に実行するためのノウハウの蓄積が進んでいる。加えて、ESOは、SAP社やシーメンスなどの著名なソフトウェアベンダーが提供するグローバル標準ソリューションを導入する際に紙の書類をデジタルデータ化し、ソリューションの初期パラメーターの設定を行うなどの業務もソリューション導入サポートサービスの一部として提供しており、ソリューション導入の低コスト化・高速化の有力な選択肢となっている。さらに、IoTシステムをグローバル展開した際のヘルプデスク運用やバージョン管理など、IoTシステムの運用サポートにもESOの活用余地がある。

2 IoT（実行）

(1) 現状と課題：ものづくりの価値観とのミスマッチ

IoTにより、さまざまな機能、特に生産現場がリアルタイムに見える化され、状況把握できるようになりつつある。加えて、デジタルトランスフォーメーションが実現すると、「80点のものづくりは、テンプレートで実現可能」になる仕組みがもたらされようとしている。既に確立済みのソリューションや業務テンプレートを水平分業的に組み合わせることで効率化を図ろうという考え方である。

一方、日本の伝統的なものづくりの現場では、高い品質や安定性を実現するため、徒弟制度的な人材育成と、設備や治具、業務プロ

セスの全体にわたり垂直統合的に丁寧な作り込みやすし合わせを行うことを強みとしている。また、5SやQCサークルなど、生産現場の人員の所作・考え方にまで及ぶ理想像を作り上げてきた。いってみれば茶道や華道といった「道」にも通じるような、時間をかけて丁寧に作り込むことを尊ぶ考え方である。

このように、品質や丁寧さを重視する日本の生産現場の風土と、効率を重視するデジタルトランスフォーメーションの理想は、簡単には相いれない。日本では、IoTの活用についても他者が構築した業務テンプレートやノウハウをそのまま使うことには抵抗感が大きく、各現場によるカスタマイズを前提とした作り込みを進めがちである。このため、生産現場が、デジタルトランスフォーメーションの抵抗勢力になってしまうということも起こりかねない。

(2) 目指すべき方向性：現場の強み×IoTを活用した意識変革の実現

デジタルトランスフォーメーションが実現する新しいものづくりプロセスと、それに対抗する日本の伝統的なものづくり現場、という対決構図に陥ることは避けなければならない。そのためには、ものづくり現場に対してデジタルトランスフォーメーション実現のモチベーション、いわば「変革ストーリー」を示せることが重要である。

まず、デジタルトランスフォーメーションがもたらすのはあくまで「80点のものづくり」であり、これを100点に近づけるためには、依然としてもものづくり現場の力が必要、という捉え方をすべきである。デジタルでは再現し切れないノウハウや物理性質などの

「アナログの残滓」はどうしても残り、これを埋めるのが日本の強みとする「すり合わせ」である。すり合わせの強みを発揮する以外の工程では、デジタルトランスフォーメーションによる効率的なものづくりの手法を活用し、より多くの件数のすり合わせを行えるようになれば、日本のものづくり現場の競争力を一層効率的に引き出すことができる。このような考え方は、デジタルトランスフォーメーションの活用による、ものづくり現場の「働き方改革」と捉えることもできる。

さらに、ものづくり現場の「見える化」についても、従来の考え方を変える必要がある。現在、日本のものづくりの現場への期待は生産性向上にあり、OEE（設備総合効率。生産現場の生産性を表す代表的な指標）のような伝統的な生産性の指標が重視されてきた。その弊害として、ものづくり現場では最終顧客の姿や自社の販売部門、あるいは企業全体の課題を必ずしも理解できていない、といった状況に陥っていることが多い。

一方で、デジタル化技術を採用してエンジニアリングチェーンがデジタル化されれば、ものづくり現場が顧客や企業にもたらしている付加価値や、ものづくり現場に要求されていることを理解するのも容易になるはずである。いわば、顧客や経営のデジタルツイン（デジタル技術を用いて構築された、物理的実体のサイバーなコピーのこと。物理とサイバーの「双子」の意からデジタルツインと呼ばれる）をものづくり現場に提供するのである。ものづくり現場の優秀なエンジニアに、課題を抱える顧客や経営者、その他機能部門の姿を正しく提供することができれば、これまでにない問題解決ループが回り始め、日本

のものづくり現場の強みを活かした新たな業務プロセスを作り込むことにつながると期待できる。

短期的には、KPIのあり方をOEE重視の考え方から変化させ、経営や顧客を見据えた「第2 KPI」を設定することで、自部門に閉じこもりがちだった生産機能部門の意識変革を図ることも有効であろう。

日本のものづくり現場が旧来の価値観に固執しすぎ、デジタルトランスフォーメーションの抵抗勢力となってしまうことがある。このような場合、効率的なものづくりに意欲的な新興国を実験的な拠点として活用しながらデジタルトランスフォーメーションのノウハウを蓄積し、そのノウハウを日本に逆輸入する、といった対応を検討する必要も増してくると考えられる。

3 IT (計画・管理)

(1) 現状と課題：

既存のカスタムITが技術負債化

デジタルトランスフォーメーションの実現にはIoTとITの組み合わせが必要であることは既に述べた。しかし、日本企業はITの現状にも課題を抱えている。日本企業においてはIT投資が部門ごとに行われていることが多く、加えて内製ソフトウェアやカスタマイズが施されたパッケージを利用していることも多い。ことに、生産現場や生産管理におけるITは、ものづくり現場の風土を反映し、IT投資を行う際にも現場の独自性が尊ばれてきたため、独自システムを採用していることが多い。

このままでは社内・社外のITシステム同士を接続し、デジタルトランスフォーメーシ

ョンの基盤とすることはできない。しかしながら、既に存在しているIT資産を破棄してグローバル標準のITに乗り換えることは、コスト面からも、現在の業務との連続性からも困難である。既存のITシステムが技術負債 (Technical Debt) 化しているのである。

(2) 目指すべき方向性：

リバース・イノベーションの活用

IT資産の現状を一朝一夕に変えることはできない。特に、IT投資に積極的であった企業ほど、また、地域の中でも独自性の強い国内マザー工場や開発センターほど、思い切ったITシステム刷新が行いにくい状況に陥っている。

そこで、発想を転換し、IT投資がまだ進んでいない海外の開発拠点で先端的なデジタル技術への投資を行い、グローバル標準パッケージを使った効率的な業務の進め方、働き方改革、さらには現場担当者教育のテストベッド・実証センターと位置づけることで、そこで得られたノウハウを国内にフィードバックする「リバース・イノベーション」の発想も必要となるだろう。

また、前述の通り、IT投資を行う際には高速化・低コスト化のためにESOを活用することも有効な選択肢となり得る。

4 企業・事業戦略 (経営者の課題)

(1) 現状と課題：トップダウンが利きにくい経営システム

ものづくりの現場だけではなく、経営者の意識変革も必要である。これまで述べてきたように、IoTへの対応は、生産現場や新商品開発など個別の機能部門ごとに行うべき「現

場課題」ではなく、企業にデジタルトランスフォーメーションの実現を図る「経営課題」だと捉える必要がある。

しかし、多くの企業では、いまだに「製造IoT」や「製品IoT」といった機能別・部門別のIoT検討が行われるにとどまっている。検討を行う体制も、担当機能部門長をトップに据え、IT部門、および事業部がアドバイザーとして参加するプロジェクト体制を取っているケースが多い。このようなプロジェクト体制では、全社横断的な課題を抽出することはできても、課題解決のための最終的な意思決定には至らないことが多い。仮に意思決定できたとしても、実行に移す責任と権限が伴わない。検討はしたが解決できない「検討倒れ」の状態になりがちなのである。

(2) 目指すべき方向性：IoT活用度診断の活用とデジタル変革担当役員の設置

このような「検討倒れ」の状況に陥るのを避けるためには、まずは経営トップがデジタルトランスフォーメーションに対する理解を深め、変革へのコミットメントを示すべきである。また、課題解決のための意思決定と実

行も、機能部門のトップに任せるのではなく経営トップ自らが行うか、特設の担当役員を設置して責任と権限を集中させるべきである。このような担当役員は、CDO (Chief Digital Officer) と呼ばれ、欧米ではCIOを設置する企業が増加している。

また、トップのコミットメントを具体的なものにする手段として、全社のデジタル技術活用に向けた「IoT化ロードマップ」を作成することも有効である。その際の参考として、欧米では「デジタル経営度診断」といったツールが提供されており、デジタルトランスフォーメーションに対する自社の現状を客観的に把握することが可能になりつつある。

欧州で実際に提供しているデジタル経営度診断ツールの一例として、「Industry 4.0 Maturity Index」を紹介したい。この診断ツールは、acatech Executive Board memberであるアーヘン工科大学のIng. Reiner Anderl教授をトップとした6人のプロジェクトチームが核となり、2016年4月から1年間をかけて開発されたものである。開発作業のメンバーには、ドイツ国内の学識者20人余りが名を連ねている。さらに、工場製造システムのイ

表1 Industry 4.0 Maturity Indexの3つの構成要素

企業のインフラ	ものづくりの業務領域	IoT活用レベル
A. Resource (資源)	I. Development (開発)	Computerization (コンピュータが支援)
	B. Information Systems (情報システム)	II. Production (生産)
C. Culture (文化)		III. Logistics (物流)
	D. Organizational Structure (組織構造)	IV. Service (サービス)
V. Marketing & Sales (販売・マーケティング)		Predictive capacity (現場で次に起こることを予測)
		Adaptability (不都合を未然に回避)

出所) Industry 4.0 Maturity Index (acatech) を基に作成

ンテグレーターを中心に、デジタルトランスフォーメーションに関するソリューション開発・導入を手がけているドイツ内外の企業からも資金と有識者を集めて開発された。

この診断モデルでは、メーカーの企業活動におけるIoTの活用状況と将来像を、それぞれ4つの「企業のインフラ」領域、5つの「ものづくりの業務領域」、および6つの「IoT活用レベル」で評価するフレームワークが提唱されている（表1）。

このような診断ツールを使用することにより、各企業が共通の物差しでデジタル経営度を測り、自社の現在地を明確にする参考ができる。しかし、日本企業の企業風土や組織課題を前提とした日本発の診断ツールは今のところ見あたらず、日本企業の独自性や日本ならではのIoT活用方法を踏まえた診断ツールの構築が待たれるところである。

5 事業環境・産業構造

(1) 現状と課題：産官学連携での活動の遅れ

デジタルトランスフォーメーションへの対応は、民間企業の努力だけでは解決できない。デジタル技術の活用が引き起こす産業構造変革は、従来の日本のものづくり産業を支えてきた「技術開発国としての日本、量産国としてのASEANなど新興国」という国・地域間の役割分担にすら変化を及ぼしかねない。具体的には2つの変化の方向性が考えられる。

変化の方向性の一つは、新興国でのデジタルトランスフォーメーションの進展による日本との地位の逆転である。新興国では、テンプレートを活用した80点のものづくりの恩恵を最大限に活用し、自社リソースを差別化技

術開発に集中することにより、これまで以上のスピードで世界最先端のイノベーター化する企業が増加する可能性がある。その一例が、鴻海精密工業によるシャープの買収であろう。圧倒的な量産規模を達成してきた鴻海精密工業であるが、シャープという企業の買収を通じて先進国の技術とブランドを獲得したことで、イノベーション能力と量産能力の掛け合わせを現実のものにし、世界有数のエレクトロニクス企業となることを狙っているものと考えられる。鴻海精密工業のような「先進国の技術で武装した新興国企業」の登場は、デジタルトランスフォーメーションの結果として、頻繁に見られるようになっても不思議ではない。

もう一つの変化の方向性は、日本のさらなるガラパゴス化である。世界の多くの国が共通の標準プラットフォームの上で、さまざまなサービスやソフトウェア、最終製品の開発・調達・販売を行うようになると、グローバル規模のオープン・イノベーションのネットワークが出来上がる。一方、日本企業は、データやノウハウの流出を恐れ、このようなネットワークには参加しないか、自社を頂点とした小さいイノベーションのネットワークを構築しがちに見える。

ここでも、グローバル標準ネットワーク対日本（自社）という二元論的な対立に陥るよりも、グローバル標準ネットワークに参加しながら、日本の強みを活かして競争するモデルを模索することが必要であろう。経済学的には、このようなネットワークの「効用」は、参加者数の2乗に比例するとされており、ガラパゴス化の効果も極めて大きくなってしまふ。加えて、そのような小規模ネット

ワークを構築すると、技術やデータの流出を防げる代わりに、グローバル市場にアクセスするには、常に標準を乗り換えるコストを負担し続けなければならないのである。家電、液晶、スマホについて自動車がガラパゴス化し、「ガラパゴス4.0」などというありがたくない命名をされるといった事態は避けたいものである。

(2) 目指すべき方向性：汎アジアのデジタルものづくり政策の立案

このような状況に陥るのを避けるためには、産官学が連携し、一民間企業では進められない横断的な活動を進める必要がある。データ流通の際のデータフォーマットの標準化や、IoT機器の導入を促進するための減価償却期間の見直し、デジタルトランスフォーメーション化後の付加価値の流れを踏まえた新たな地域間税制など、検討すべき政策課題はまだまだ多いはずである。

また、日本とASEAN地域との深い関係性を維持するためには、日本の定めた標準がASEAN諸国で採用されるよう促す政策的マーケティング活動も必要であろう。日－ASEAN横断での標準化推進やテストベッドの構築、さらには両地域が得意とする産業でのテンプレート構築の促進など、「グローバル製造業の中の日本」を意識した汎アジアのデジタルものづくり産業政策の立案に力を注ぐべきであろう。

V これ以上デジタル敗戦を繰り返さないために

日本国内では、実は過去にも、「ものづく

りへのデジタル技術の活用」を目指した取り組みが行われてきた。具体的な例として「デジタルマイスター関係プロジェクト（2001年）」を挙げると、同プロジェクトでは「ITとMT（Manufacturing Technology）を融合した新しいものづくり」の実現を狙い、設計・製造現場に存在する暗黙知を形式知化し、ソフトウェア化・データベース化すること、それらをイントラネット／インターネットにより公開・共有し、わが国独自の新生産システムを構築すること、などを目標としていた。

デジタルトランスフォーメーションへの取り組みを進める際には、これらの過去のプロジェクトが抱えていた課題をあらためて振り返っておく必要があるだろう。

課題の一つは、デジタル化技術が未成熟であったことである。当時は、暗黙知を形式知化するには、膨大な労力を費やして人間がテキスト化し、「エキスパートシステム」を構築するしか方法がなかった。しかし現在では、ウェアラブル端末を通じて人の動作をデータ化し、機械学習によりベストプラクティスを抽出することができる。

3Dデータ作成の効率も向上している。工場配置シミュレーターを有効活用するには、既存の設備や工場の形状・配置をデジタル化することも必要になるが、工場スキャナと呼ばれる光学スキャナを使うことで、工場全体を2～3日程度で3Dデータ化することが可能になっている。

このように、デジタル技術の向上により、現在ではデジタルには表現できないアナログな特徴、いわば「アナログの残滓」はかなり小さくなっている。だからこそ、デジタルト

ランスフォーメーションのインパクトは極めて大きくなり得るのである。

また、もう一つの課題は、プロジェクトの範囲が産業構造の変化にまでは踏み込まず、ツールの構築にとどまっていたことにある。デジタルマイスタープロジェクトでは、暗黙知の形式知化や、製品開発や量産現場の支援ツールとしてのCAD・CAMの開発・導入支援などにフォーカスをしていた。ところが、デジタル化技術のもたらす本質的な影響は、そのような「現場支援のツール」としての部分にあるのではなく、結果として引き起こされる産業構造の変化によりもたらされるものである。

そのため、産業構造やエコシステムの再構築がなければ、単にデジタル技術で武装した強い現場ができるのみで、そこから収益を回収する仕組みでは世界から取り残されてしまう。技術で勝ってビジネスで負けた状態に陥ってしまうのである。そうならないよう、世界に先駆けて積極的にビジネスモデル変革やエコシステムの再構築の検討を進めるべきである。

しかし、過去の「ものづくりへのデジタル技術の活用」や「デジタルトランスフォーメーション」が進みにくい本当の原因は、企業の経営者や現場が無意識のうちに「デジタル技術への恐れ」を抱えていることにあるのではないだろうか。

日系メーカーでIoTにかかわる議論をしていると、「データ化・デジタル化によって自社の強みが外部に流出し、現在の競争優位性が失われる」との強い恐怖感があるように思われる。そのため、データを取得すること、

データをクラウドに載せること、外部と共有することを忌避しようとする傾向が強い。だが、本当に「デジタル化は日本流ものづくりの敵」なのだろうか。

確かに、デジタル技術の活用により、80点の商品や工場を作るスピードは大幅に向上するだろう。だが、特に新興国企業を中心に、グローバルなものづくりネットワークは既に構築されつつあり、デジタルトランスフォーメーションは実現に向かって動き出している。1社だけ、あるいは日本だけがネットワークを閉ざそうとしても、グローバルなトレンドに抵抗することは難しいだろう。

エレクトロニクス産業の衰退を経験してきた日本であるからこそ、企業経営者はIoTの本質をきちんと理解し、デジタルトランスフォーメーションの恩恵は受けながらも、自社の差別化領域に投資を集中し、競争力を高め続ける具体的な方策を検討すべきである。たとえば差別化技術を連続的に生み出す研究開発・新技術ドリブンな企業を目指す、あるいは、顧客接点を圧倒的に強化し差別化商品を生み出し続ける企画ドリブン企業を目指すなど、これまでの自社の強みをデジタル技術でさらに強化する、という気概を持って、自社のあるべき姿を具体的にイメージし、現場に対しても分かりやすく・前向きなメッセージを行うことが必要なのである。

その際、経営者が打ち出すべきメッセージは、「生産性を何%向上させる」といった抽象的なもの、あるいは特定機能部門のみに向けられたものであるべきではない。デジタルトランスフォーメーション後の自社が目指す競争力のあり方を明確に打ち出し、その実現のために各機能部門が貢献すべきことの検討

と、実現に向けたトライアルを促すことが求められているのではないか。

また、デジタルトランスフォーメーションを闇雲に押し付けるのではなく、日本の製造現場の強み、特性を活かした変革ストーリーを伝達することも重要である。少子高齢化を迎える日本の製造現場の「働き方改革」に資するツールとしてデジタル技術を使いこなし、高付加価値のすり合わせ業務に特化する、といったメッセージングも有効であろう。経営者には今こそ、自社の変革をリードする才覚が求められているのである。

著者

清水 敦（しみずあつし）

グローバル製造業コンサルティング部上級コンサルタント

専門は製造業の事業再編や新規事業戦略、IoT・インダストリー4.0対応など

小宮昌人（こみやまさひと）

グローバル製造業コンサルティング部副主任コンサルタント

専門はグローバル事業戦略、M&A戦略、イノベーション創出支援、IoT・インダストリー4.0対応など

近野 泰（こんのやすし）

コンサルティング事業本部パートナー

専門は経営戦略、グローバル経営戦略

小林敬幸（こばやしりのゆき）

グローバル製造業コンサルティング部長

専門は自動車業界を中心とした、製造業の経営・事業戦略立案