

# 特集 第四次産業革命の最新動向と日系製造業のIoT対応の課題

## 第四次産業革命にかかわる欧州の最新情報



藤野直明



水谷禎志



百武敬洋

### CONTENTS

---

- I 「第四次産業革命」を考える視点
- II 特徴ある欧州企業の動向
- III ドイツにおける中小企業への展開施策
- IV 失敗を繰り返さないために

### 要約

---

- 1 第四次産業革命の試行的な取り組みが日本でも始まった。しかし、ドイツの産業政策もしくは欧米製造業の戦略として提唱された当テーマが、わが国では単純なEDI接続や製造設備の連携、3D CADや3Dプリンターの導入と誤解されているケースが多いため、製造業の現場から見ると「腑に落ちていない」という状況が多く見られる。
- 2 ドイツの報告の趣旨を精査すると、第四次産業革命はモジュール化とデジタル化による生産プロセスのオープンイノベーションを目指している。これは製造業の構造変革をもたらすイノベーションの加速と製造業のビジネスモデルの革新により、中長期の製造業の競争環境に大きな影響を与えるものである。
- 3 欧州の製造業各社はビジネスモデルの改革を急いでいる。この中で先進企業は単純な生産を主体とするビジネスモデルから、生産ノウハウをサービス化する「製造プラットフォームサービス事業」への展開を進め、ビジネスモデルを大きく変えようとしている。
- 4 ただ、第四次産業革命は大企業や先進企業で完結するものではなく、関連する産業全体の変革をもたらすものであり、中小企業を含めた競争力強化が必須となる。ドイツでは中小企業の取り組みを支援するための体制の整備を政府、民間企業、大学が連携して強く推し進めている。
- 5 第四次産業革命は産業全体の大きな構造変化であるため、足取りが遅いように見えるが着実に進展している。これは、欧米先進企業が日本の製造業の現場を研究し、オペレーション領域でITを活用することにより作り上げた枠組みであり、対応が遅れるとわが国の製造業の競争力を失う可能性があるため、強い危機感を持つ必要がある。

## I 「第四次産業革命」を考える視点

### 1 第四次産業革命が目指す革新

第四次産業革命が目指す将来像とは、ドイツ科学技術アカデミーの最終提言報告書においては、①バリューチェーンの水平統合、②製造システムのネットワーク化と垂直統合、③エンド・トゥ・エンドのエンジニアリングチェーン統合、という3つの統合による製造業の生産ネットワーク革新である。

バリューチェーンの水平統合は、企業・国境を越えた緊密な国際分業体制を実現するネットワークの統合を意味し、製品設計やメンテナンス領域をアウトソースするESO（エンジニアリングサービスアウトソーシング）のように、緊密な分業体制を国境や企業を越えて実現することを意図している。

また、製造システムのネットワーク化と垂直統合は、グローバルに展開する工場の現場と企業の中核とをリアルタイムに連携するネットワークの統合を意味するが、これは世界中の工場のデータをリアルタイムで収集し、同時に共通の知識データベースを提供して、非熟練工でも熟練工と同等のパフォーマンスを示せるように、中核のスマートなマザー工場がグローバルに分散する工場群を支援するためのインフラとして語られているケースが多い。

エンド・トゥ・エンドのエンジニアリングチェーン統合に関しては、製品の企画、開発、生産準備（調達、生産加工、設備、ライン、工場）、製造、アフターマーケットのサービスまでを含む「ものづくり活動」全般をエンジニアリングチェーンとして統合することを意味しており、これらの活動をすべてデ

ジタル空間で操作可能にしていくことを目指している。

実際にこれらの3つの統合を実現化していくためには、製造システムのネットワークやエンジニアリングチェーン全体をデジタル空間でモデル化し、シミュレーション可能な仕組みとしていくことが必要となる。この過程では「ものづくり」のノウハウを形式化して、これをさらにソフトウェア化していくことも必要となってくる。まさに製造業のデジタル化である。

そして第四次産業革命は、製造業をデジタル化することにより世界中どこへでもある程度の水準まで容易に技術移転できる（完全自動化や100%の技術移転ではない）ものとして、相互に協働作業ができるようにすることを提言しているのである。

一方、日本での解釈は、ともすると「①がEDIによる受発注ネットワーク、②が工場内の機械の相互連携、③は3D CADと3Dプリンターの導入による試作段階での効率化」というものが多く、「わが社では既に第四次産業革命が目指していることは実現されている」といわれることも多い。しかし、これでは第四次産業革命が目指す本当の姿にはほど遠く、まさに視野の狭い解釈というべきではないだろうか。

### 2 オープンイノベーション

ドイツの第四次産業革命推進組織であるプラットフォーム・インダストリー4.0は、生産ネットワークにおいて、部品メーカーや組み立てメーカー、さらにはESOや製造設備メーカーといったさまざまな企業が、相互に協働作業ができるようにするために「ものづく

り」のネットワークをモジュール化することを提案している。

具体的には製造システムのネットワークやエンジニアリングチェーン全体を構成するハードウェアやソフトウェアを標準化されたモジュール構造に分割し、モジュール間インターフェースを国際標準として公開（オープン化）するという方法を採用しているのである。モジュール内のハードウェア、ソフトウェアをブラックボックス化し、モジュール間のインターフェースのみを公開することによって、必要であればいつでもモジュールの交換が可能となる健全な競争環境を構築することが狙いである。

このような標準化は、企業の健全な競争に影響を与えることのない前競争的な協調活動といえる。こうすることで、世界中の多数の企業による分業体制を実現し、かつ、個々のモジュールを適宜取り替えることで技術革新（イノベーション）を取り込み、システムを常時進化させる仕組みづくりを狙っているのである。つまり、これが第四次産業革命が狙う「オープンイノベーション」である。

たとえば、PLC（Programmable Logic Controller：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）とロボットは、他企業の製品との相互運用が難しかったが、この関係をいったん分離し、容易に相互運用できるように標準インターフェースを設計しようというわけである。かつてパソコン産業でモジュール化の推進が価格破壊をもたらすと同時に市場を劇的に拡大したが、それと同様の変化を政策的に誘導しようということなのである。

なお、ドイツが推進している標準化の動き

には米国のIT企業も多数参画している。米国IIC（インダストリアル・インターネット・コンソーシアム）は、ハノーバーメッセの場で、国際標準化活動についてはドイツのプラットフォーム・インダストリー4.0と共同歩調を採ることを表明した。IICでCTOを務めるメラ氏は、「時間と手間がかかる国際標準化活動はプラットフォーム・インダストリー4.0に任せて、IICは先行するテストベッドによりビジネスモデルを開発し、ユースケースとして要求仕様を提出することに徹する」という表現で、IICのスタンスを明確にした。

もともとIICにもシーメンスやボッシュなどドイツの主要企業も参加しているため、IICとプラットフォーム・インダストリー4.0は対立する組織ではなかったのであるが、両者の立場が明確になったことは重要である。

この流れを受け、EU、中国、インド、東欧諸国、ロシア、中近東ほか、当該国際標準化政策に対して既にドイツ政府と覚書を締結している。日本政府もドイツ政府との間で、2016年は局長級、17年は閣僚級の覚書を締結し、当該標準化活動に参画することを表明している。

しかしながら、日本企業の現場を見る限り、標準化によりオープンイノベーションを推進するという考え方は「腑に落ちない」と捉えられていることが多いようである。「そもそも競合企業と協調する領域があるとは考えにくい」というのが本音と筆者は見ている。というのは、オープンイノベーションは「競争相手との協調活動」「特許を公開すること」と誤解されることが多いからである。このような誤解を解くためにさらに丁寧な説明が求められるだろう。

### 3 製造プラットフォームサービス事業

製造システムのネットワークやエンジニアリングチェーン全体をデジタル空間でモデル化し、シミュレーション可能な仕組みとしていく動きが進むと、製造業そのもののビジネスモデルがソフトウェア産業のそれに近づいていくものと考えられる。

既にアプリケーションソフトウェア産業では、ほとんどのベンダーがクラウドサービスを提供する方針を発表しており、ソフトウェアのライセンス販売からサービス販売への転換が進んでいる。

そして、今後はこれと類似のことが、デジタル化が進む製造業でも起きると考えられるのである。たとえば「ものづくり」のノウハウを形式知化してソフトウェアに結実させ、そのソフトウェアをクラウド技術を活用してサービス提供する、というモデルである。実際にレーザー加工機メーカーなどでは、加工機の運転プログラムをクラウドで提供する事例も出てきている。GE（ゼネラルエレクトリック）のPredixも、発電設備などの運用をクラウドサービスとして提供している。

さらには、単にクラウドサービスでソフトウェアを提供するだけでなく、オンデマンドでの生産設備などのハードウェアの提供や、各種製造ノウハウのコンサルティングの提供が始まっている。このように、製造業のビジネスモデルが単なる製品の製造販売にとどまらず、製造ノウハウや製造能力そのものをサービスとして提供するところまで広がり始めているのである。このように新たに登場し始めた事業を、製造プラットフォームサービス事業と呼ぶこととする。

シーメンスやボッシュに代表される欧州の

第四次産業革命における先進企業は、この製造プラットフォームサービス事業の確立に向けて動いているといわれるが、これには3つの狙いがあるとみてよいであろう。

#### (1) オープンイノベーション対策

今後、製造業のモジュール構造化が進展すると、特定モジュールをとれば競争は激化し、価格は低下すると同時にグローバルに共通化された市場が創造されることとなる。グローバル市場の創造に触発された、ファンドやベンチャーキャピタルなどのリスクマネーも投入され、イノベーションを加速することが期待される。ユーザーにとっては好都合であるが、モジュールの提供ベンダーにとっては厳しい競争環境にさらされることになる。

この時、製造プラットフォームサービス提供者は顧客のエージェントとして、顧客に最も近い位置で最適なモジュールを常に入れ替えることで、イノベーションの恩恵を享受できるポジションに居続けることができるわけである。つまり生産モジュールの提供ベンダーではなく、モジュールを活用してサービス化するビジネスモデルによってオープンイノベーションの脅威をビジネスチャンスに変えることを狙っているのである。

#### (2) 製造ノウハウの流出防止

製造ノウハウは、特許では守れない領域が大きい。手塩にかけて教育をした貴重な現場の人材が、数年もしないうちに競合他社へ流出してしまうということも新興国では常識である。このため、製造にかかわるノウハウをソフトウェアにある程度形式知化し、かつ、クラウドサービスとしてブラックボックス化

することで、継続的なサービス事業と製造技術の流出回避とを両立させるのである。

### (3) 株式価値（時価総額）の拡大

製造業企業の経営者として狙うべきは、製造原価低減や生産性向上ではなく、株式価値（時価総額）の拡大である。経営の観点から製造プラットフォームサービス事業には次の3つのメリットが期待できる。

第一に、事業収益の安定化である。景気に大きく左右される設備販売から、売上が安定するサービス提供型へ転換を図ることができる。次にROA（総資産利益率）の向上である。人や設備などへの大きな投資が必要な製造業として展開するよりも、限界費用がゼロに近いソフトウェア中心の事業であれば、高いROAの事業を展開できる可能性が高くなる。さらに、新興国へ今すぐに参入でき、投資家に対して成長性を訴求できることである。日本の製造業企業の中では「成長力のある新興国へ展開したいが、製品価格が適合しないので当面は難しい」という考え方が大勢であろう。

一方、新興国の製造業企業が最も必要としているのは、製品設計から生産準備、製造、アフターサービスに至る製造ノウハウである。このため、新興国の製造業企業にニーズの高い製造ノウハウを提供すれば参入は容易になるという着想である。もちろん、一過性のノウハウをライセンス提供するのではなく、各種ノウハウをソフトウェアとして結実させ、クラウド技術を活用した継続的なサービス事業として提供するのである。先進国の製造業企業が新興国市場へ展開するためには、必ずしも製品販売を行う必要はない。製

造プラットフォームサービスを販売するという方法があるのである。もっとも、一朝一夕では難しく、これを実現するにはマインドセットの大幅な転換が必要となる。

## II 特徴ある欧州企業の動向

第I章で「オープンイノベーション」「製造プラットフォームサービス」に言及したが、第II章ではそれらを具現化している欧州企業の動向を紹介する。ここで特徴ある欧州企業として取り上げるのは、シーメンス、ボッシュ、テトラパック、トルンプ、KEBA社の5社である。

### 1 製造業サポート産業での オープンイノベーションの事例

製造業サポート産業の1つ、「フィールドサービスマネジメント」で見られるオープンイノベーションの事例を紹介しよう。工場や事務所で使用される各種機器やシステムの設置・修理・メンテナンスをフィールドサービスと呼ぶが、そのサービスを提供するための要員を指定場所に派遣するのが、フィールドサービスマネジメントである。「製造業企業の工場に設置されている各種機械のメンテナンス要員を派遣するサービス」といえば、想像しやすいだろう。

各社が競ってIoTプラットフォームを提供しているが、オープンイノベーションの実現手段を提供するプロバイダーの最右翼に位置する1社がシーメンスである。2017年のハノーバーメッセでは、同社の巨大ブースにクラウドベースのオープンなIoTプラットフォームMindSphereをアピールする専用ラウンジ

が設置され、セッションが連日催されるなど、大々的に取り上げられていたことが印象的であった。

MindSphereの特徴を一言で表すとオープンアーキテクチャーである。シーメンスやAtoS社などのパートナー企業が開発したアプリケーション（MindAppsと呼ばれる）だけでなく、自社開発アプリケーションをMindSphere上で稼働させることができる。また、標準のインターフェースが採用されていることから、シーメンス製品だけでなく他社製品とも接続可能である。

このMindSphereを活用して製造業をサポートする中小企業がある。Coresystems社はスイスに本社を持ち、フィールドサービスマネジメントをSaaSで提供するIoTスタートアップであり、従業員数約140人の中小企業でもある。フィールドサービスマネジメント市場は、SaaSの普及やモバイル・機械学習の技術革新によって急速に成長している。その中で、Coresystems社は現在、84カ国で1日約15万人のフィールドサービス要員を派遣している。

製造業をサポートするCoresystems社が狙うのは、顧客企業の工場でのダウンタイムゼロである。そのためにCoresystems社はMindSphere上で稼働する仕組みを開発した。その仕組みは次の通りである。顧客企業が工場で使用している機器で故障が起きると、Coresystems社に自動的に連絡され、人工知能によりその機器を修理できるフィールドサービス要員が探索され、条件を満たす最適な要員が選ばれる。選ばれたフィールドサービス要員にモバイル機器（スマートフォン、タブレット）を通じて訪問日時と場所、修理

対象機器のメンテナンス履歴や仕様書などの情報が伝えられる。このほかに、顧客企業の工場に設置された機器の稼働状況を常時監視し、故障が発生する前にフィールドサービス要員を派遣するという機能もある。機器の予知保全には、エコシステムを形成するパートナー、SAP社のソリューションが使用されている。

なお、シーメンスはスタートアップへのMindSphere普及を図るべく、Rocket Clubという支援プログラムを開発している。Coresystems社はフィールドサービスマネジメントのSaaSを構築する際に、この支援プログラムを活用したとのことである。シーメンスが、フィールドサービスマネジメントという製造業サポート産業の領域で、中小企業向けにオープンなIoTプラットフォームサービスを提供しているという点が興味深いといえる。

## 2 製造プラットフォームサービス事業の事例

### (1) ボッシュ

ボッシュといえば、スイス国境に近い南ドイツ・ブライヒャッハにあるスマートなマザー工場が有名である（『知的資産創造』2016年4月号「インダストリー4.0とわが国製造業への示唆」を参照）。このボッシュが、自社の製造システムのノウハウを、外部企業に対して製造プラットフォームサービスとして提供している例を紹介する。先進国の製造業企業が提供する製造プラットフォームサービスが、新興国にある非ハイテク製品メーカーで導入されたという、興味深い事例である。

テクスモインダストリーズは、1956年創業

の、主に農業用ポンプを製造するメーカーであり、農業用ポンプメーカーとしてインド国内で最大手である。約2000人の従業員を擁して年間40万台超の農業用ポンプを製造する、年間売上高80億ルピー（日本円で約140億円）のメーカーである。

「農業用ポンプ」と聞いて、それがインダストリー4.0とどのような関係があるのかと疑問を抱く読者が多いかもしれない。実は農業はインド経済の中核であり、農産物収穫量増大のために農業用ポンプが灌漑に使われるのである。つまり、農業用ポンプは新興国の基幹産業を支える中核製品なのである。インダストリー4.0に取り組むドイツで培われた製造ノウハウが、ソフトウェアとして形式知化されサービスとして提供されることで、新興国の基幹産業のオペレーションが支えられているのである。

テクスモインダストリーズのオペレーション上で優先度の高い課題は、予測能力の向上と納期遵守率の向上の2つであった。テクスモインダストリーズはインダストリー4.0のビジョンを据え、柔軟かつアジャイルな製造オペレーションを実現するため、ボッシュのスマートマニュファクチャリングソリューションを採用した。電子タグを用いて工場内のモノの動きが把握され、工場全体のマテリアルフローが自動化・統制された（これはボッシュの工場で行われていることと同様である）。工場内の人・機械・モノの3者のつながりが可視化され、直接機械から稼働状況をリアルタイムに取得。生産にかかわる指標であるOEE（総合設備効率）、MTBF（平均故障間隔）、MTTR（平均修理時間）、段取り替え時間などが完全に把握された。これらを

通じて一層の改善が図られた結果、ダウンタイムが20%削減され、生産性が25%向上するという効果が得られたとのことである。

ボッシュは、自社の製造ノウハウを新興国メーカーに提供することを通じて、新興国成長に伴う事業収益を、ゼロに近い限界費用で獲得しているのである。「スマート」に儲けているといえよう。

## (2) テトラパック

スウェーデンに本社を持つテトラパックは、加工食品工場で使われる包装機械を製造するメーカーである。2016年の売上高は114億ユーロ。世界175カ国でその製品が稼働している。同社は顧客企業に対して充填ラインの故障予知保全サービスを提供している。

加工食品の包装の組立・シーリングに使われるサーボモータの寿命は、使用場所の温度・湿度によって2000~7000時間の広がりを持つ。工場の稼働時間は1年あたり平均4000時間であるため、サーボモータの交換頻度は半年から2年に1回となる。

テトラパックが、全世界に広がる顧客の工場に設置されている機器をMicrosoft Azureのクラウドに接続し、稼働状況を監視、メンテナンスが必要な時期を予測する。現在、全世界で5000以上の機器が遠隔監視の対象となっている。

テトラパックが実験的に11の充填ラインを対象として6カ月の期間で遠隔監視したところ、5ラインの故障を予測でき、その効果は3万ドルと推計されたとのことである。仮に5000ラインに拡大したと想定すると、年間約30億円の効果に相当する。この故障予知保全サービスの導入により、テトラパックはアフ

ターサービス提供に必要な資源を削減できることになる。

テトラパックの機器は既に175カ国で稼働しているが、この予知保全サービスの導入が広がることで、アフターサービス提供困難エリアでの導入機器数増加が期待できる。顧客企業への製造プラットフォームサービス提供を通じて、アフターサービス提供に必要な資源を節約し、浮いた資源を事業拡大に投入するという興味深い事例である。

### (3) トルンプ

ドイツのトルンプは、板金加工機械におけるマーケットリーダーである。売上高は28億ユーロであり、インダストリー4.0を牽引する、前出のシーメンス（売上高796億ユーロ、2016年）、ボッシュ（売上高731億ユーロ、同年）の売上高より1桁小さい。ドイツの中堅企業においても、製造プラットフォームサービスが創出されていることを紹介する。

AXOOMという名の製造プラットフォームサービスがトルンプから提供されている。これは、他社製を含む工場にあるすべての機械からの情報を、異種環境差を吸収しながら収集し、上位のシステムとの連携を実現するオープン型のプラットフォームである。

トルンプがAXOOMを提供するに至った背景は次の通りである。社内調査で、パンチング工程全体のリードタイム97分のうち、機械加工プロセスがわずか5分であったことが判明した。つまり、価値を生まない付随プロセスがパンチング工程全体のリードタイムの95%を占めていたのである。この調査結果からトルンプは、特定の工程の生産性向上だけ

に着目するのではなく、生産プロセス全体を最適化することが必要であり、それを実現する手段として「スマートファクトリー」が重要であると考えたのである。

このスマートファクトリーであるが、「材料を投入すると自動的に製品が出てくる」という印象を受けるかもしれない。しかし、現実の世界はそれほど簡単ではなく、生産管理・シフト管理・スケジュール管理・コンディションモニタリングなど複数のシステムが絡み合っていることに加え、顧客企業ごとに固有のプロセスが存在している。そのため、データやデータソースも多岐にわたり、統合して管理することは容易でないというのが実態である。そこで、このような課題に対しワinstoppでソリューションを提供するため、トルンプはAXOOMという製造プラットフォームサービスを作ったのである。

このAXOOMは、受注管理、調達、生産計画、物流、報告・KPI管理といった幅広い範囲にわたる機能を提供している。顧客企業が異なるベンダーの機械を使っていたとしても、情報を統合し管理することができる。スマートフォンで一般的なアプリストアのように、顧客企業はAXOOMのアプリストアを通じて必要なアプリを購入できるほか、機能の縮小・拡充などのカスタマイズが可能である。

このプラットフォームで、オープンな協業が実現していることにも言及しておきたい。CAD/CAM事業ではトルンプと競合しているながら、AXOOM事業では協業するパートナー企業が存在しており、また、数百に達するパートナー企業からAXOOMのパートナーになりたいと要望が出ているとのことであ

る。これらの事実から、トルンプはオープンイノベーション環境下で製造プラットフォームサービス事業を展開しているといえる。

#### (4) KEBA社

ボッシュ、テトラパック、トルンプはいずれも売上高が数千億円を上回る企業である。ここでは、グローバル事業展開のために、製造プラットフォームサービス事業を実施している中小企業の好例として、KEBA社を紹介しよう。

KEBA社は、オーストリア・リンツに本社を構える、売上高1.8億ユーロ（2014年）、従業員数約1000人のプライベートカンパニーである。産業オートメーション、特にプラスチックの射出成形機向けのPLCに強い。KEBA社のPLCは、欧州のハイエンド射出成形機メーカー、中国のローエンド射出成形機メーカー、中国のロボットメーカーなどで活用されている。

モジュール構造を重視した製品設計がKEBA社の特徴であり、カスタマイズをモジュール構造のコンフィギュレーションを変えて対応している。加えてKEBA社は、PLCopenの国際標準を活用したオープンイノベーション戦略を採用し、近年グローバルな事業展開に成功している。特に、中国における中堅の製造業でのKEBA社のシェアは相当高く、新規出荷台数の数十%程度を占める機械がKEBA社のPLCで動いている。全世界の産業用ロボット台数（設置国ベース）は14年の147万台から17年には195万台に増え、中国が増加台数の約半分を占めるという予測が同社によってなされている。国際標準を活用するオーストリアの中小企業が、産業用ロボ

ット市場が最も拡大する中国で事業を展開するという構図である。

一般的にPLCは機械メーカーが自社製品に対して提供することが多く、多種の機械がある工場にはPLCが多種存在することになる。興味深いのは、工場、特に射出成形機などを中心とする中規模の工場におけるファクトリーオートメーションの管理が、国際標準を採用したKEBA社1社のPLCで行われているケースが存在することである。

これは日本の常識と大きく異なるため、理解しづらいかもしれない。しかし、このことを理解するためには、現在、検討が進められている管理シェルの概念が重要である。管理シェルは、PLCとデバイスとの接続、つまり、デジタル（サイバー）空間と物理空間（フィジカル）との汎用の接続形式である。PLCにどのようなデバイス（装置）も連結できる管理シェルがあれば、PLCより上位階層の論理層とデバイス（装置）の物理層をいったん分離した上で接続できる。

固有の接続形式ではなく、汎用の接続形式が創造されることにより、企業を超えてすべてのデバイスがつながる世界が創造されるのである。日本の中堅企業もKEBA社のような成功ケースを見習って、系列の呪縛にとらわれず世界市場を目指すべきではないだろうか。

### Ⅲ ドイツにおける 中小企業への展開施策

#### 1 中小企業への展開施策の重要性

インダストリー4.0におけるドイツ政府の狙いは、大企業における新興国展開の加速に

よる事業規模の拡大、および、中小企業を中心とした経営資源のネットワーク化・連携強化による国内の既存産業資源の稼働率向上・競争力の強化である。中小企業をインダストリー4.0に巻き込むことで、大企業のバリューチェーンにドイツの中小企業を組み込むことを可能にして、大企業のグローバル化の恩恵を中小企業にも享受可能にしようとしているものと推定される。

ドイツ政府はこの狙いを達成するために、先に述べた『『ものづくり』活動全域についてデジタル空間で操作可能なようにモデル化を行い』『『ものづくり』ノウハウを形式知化・ソフトウェア化し』『世界中どこでもある程度の水準まで容易に技術移転できるようにする』というCPS (Cyber Physical Systems) について、より多くのドイツ国内企業が実装を進め、企業間の情報共有を推進することが前提であると考えている。しかし一方、大企業と比べて中小企業はCPSに対する理解が十分ではない。

ドイツ連邦経済・エネルギー省の調査では、「特に中小企業のインダストリー4.0対応を阻んでいるのは、その便益に関する透明性の欠如」と分析されている。多くの企業は、CPSの導入は技術的、経済的に不確実性が高いこと、また投資回収に要する時間が長いと予想されるため、投資することに躊躇しているとみている。また、インダストリー4.0は製造設備の完全自動化の推進だけであると誤解していることも確認された。このためドイツ政府は、インダストリー4.0とCPSに関する正しい理解の促進が課題であるという認識に立っている。

## 2 実証ラボとLNI4.0

### ——CPSを体験学習、相談できる場

大企業においては、自社の特定工場に「テストベッド」と称する自社および自社グループ企業にCPSを体験・理解し、適用機会・適用効果を検証するPoC (Proof of Concept) 環境を持つケースが増えているが、中小企業では、この環境を自前で持つことは経済的にも人材的にも妥当ではない。

そのため、ドイツでは中小企業に対してインダストリー4.0およびCPSに関する知識を身近に習得できる仕組みとして、州政府がイニシアチブをとり、教育機関を助成する形で、各地域工科大学や応用科学大学、フラウンホーファー研究所を核として実証ラボを構築し、主に中小企業向けのPoC環境を提供している。

#### (1) 実証ラボの具体的なケース

##### ①アーヘン工科大学

ドイツ北西部のアーヘン工科大学では、IoT技術を適用したCPSに関して、中小企業を対象としたエキスパート教育が行われている。具体的には電気自動車開発など、プロジェクトベースでの教育・トレーニングである。CPSの有識者がラボに参画し、中小企業の教育に貢献している。デモファクトリーではデジタル・フィジカル融合などのソフトウェアを活用し、実際のプロダクトを試作している。

##### ②エスリンゲン大学

ドイツ南部のエスリンゲン大学では、大企業との製造技術や生産管理に関する最新技術・技法の共同研究の成果・ベストプラクテ

イスを中小企業へ提供することや、マスタープログラムを生徒へ提供することで中小企業の人材育成を支援している。具体的には、アウディ、SAP社、シーメンス、BMW、ダイムラー、ボッシュ、トルンプなどの近隣の大企業と協働で実施しているさまざまな産学連携プロジェクトにより、大学の研究としてベストプラクティスを整理し、それを中小企業の人材育成・トレーニングに活用している。

### ③イルメナウ・コンピテンシーセンター

ドイツ中部のイルメナウ・コンピテンシーセンターは、中規模企業の枠組みの中でドイツ連邦経済・エネルギー省の支援を受けた組織であり、中小企業にデジタル化の機会と課題を理解してもらう組織として設計された。本センターは、専門知識と実践的な事例、デモンストレーション設備を有し、地域企業を支援する。このイルメナウ・コンピテンシーセンターのモデル工場では、画像処理、3Dプリンティング、および生産分野でのIT活用などの幅広い技術を試行することが可能となっている。

## (2) ラボをネットワーク化するLNI4.0

これらのラボの情報を集約し、中小企業に対する助言ができるコンサルタントを配したプロモーション組織がLNI4.0である。LNI4.0はBITKOM、VDMA、ZVEIといったドイツ国内業界団体の協力の下で、プラットフォーム・インダストリー4.0に関連する企業によって設立された。「ドイツの中堅企業群がグローバルなデジタル化をリードする役割を果たすことを支援することを目指している組織である」。

「LNI4.0はグローバルな競争の中であなたの会社を位置づけるのに役立つイノベーションのための、安全で資源に優しい試行の機会をあなたに提供します」という説明がなされている。

LNI4.0のWebサイトには、前出の3つの実証ラボのほかにも、さまざまな地域で産学連携により構築されているラボが紹介・説明されており、ユーザー企業の問い合わせに応じてどのラボに行けばいいのかの助言を得ることもできるとされている。

さらにLNIでは大企業では発見できない中小企業のCPSのユースケースを各ラボから発掘し、国際標準化組織への提案を行う機能も内包している。

このようにドイツでは、中堅・中小企業の実装の手助けをする手段としてリカレント教育の場を整備している。中小企業を中心とした経営資源のネットワーク化・連携強化による国内の既存産業資源の稼働率向上・競争力の強化という目的に向けて、産学一体となり着実に手を打っているといえるだろう。

## IV 失敗を繰り返さないために

インダストリー4.0は、センサーやIoT、ビッグデータ、人工知能を活用して製造プロセスを単に自動化するというのではない。

30年前、欧米先進企業は「日本の製造業のものづくりの凄さ」に感嘆し、脅威すら感じた。その後、日本の製造業の「現場」の研究を行い、オペレーション領域でITを活用して捲土重来を図ってきた。それは、今や大企業だけではなく中小企業を含めた産業政策として強力に推進されている。

「欧米はトップダウンでガチガチのオートメーションを志向する。日本は、ボトムアップで現場の人を重視し、現場からの改善活動を主体に、人を大事にし、人に優しいエンジニアリングを行う。欧米の真似や後追いをしても日本の競争優位は維持できない」という意見をよく聞く。本当にそうだろうか。

少なくとも筆者らには、欧米先進国やアジアの優れた企業は、既に『『優れた日本の現場力の強さ』を学習し、ビジネスモデルとして形式知化・組織知化し、限界費用ゼロに近いソフトウェア事業を立ち上げ、オープンイノベーションという産業進化の構造を実装し、さらにはファイナンス市場での戦略までを一貫して実現』しているように映る。希望的観測や過去の成功体験の美酒に酔い、判断を誤ってはいけなく強く感じる。

このまま放っておくと、数年から10年後、資本市場では新興国の成長を内部化し、株式時価総額を拡大した先進国の製造業との競争に、製品市場では先進国の製造ノウハウを装備したコストの安い新興国の製造業との競争に突入する危険性が高い。

その時、日本の製造業はまだ現場の優れた匠のノウハウで勝負できているのであろうか。日本企業のガッツとチームワークだけで勝負できるだろうか。顧客との関係や調達先との関係が強固だから大丈夫といえるであろうか。

科学技術の進歩、特に、要素技術を組み合わせ、全体最適から考えるシステム化思考、システム化技術に対するアレルギーが日本にまだ残っているとしたら、それは、前の大戦での失敗の二の舞になりかねない。

「人を大事にする」ことは、科学技術の進歩を最大限に取り込み、現場の人間の創造性を最大限に発揮できる環境を創造することであろう。単に、合理化をしないということが「人に優しい」ということではないはずである。

危機感を共有いただければ幸いである。

#### 著者

藤野直明（ふじのなおあき）

産業ITソリューション事業本部付主席研究員

専門はSCM革新のコンサルティング。近年、第四次産業革命やIoT、オムニチャネルリテリングでの調査研究・コンサルティング活動を、民間企業、産業政策双方の視点で行っている。

日本オペレーションリサーチ学会フェロー

オペレーションマネジメント&ストラテジー学会理事

水谷禎志（みづたにただし）

産業ITソリューション事業本部付上級コンサルタント

専門はサプライチェーン業務改革コンサルティング

百武敬洋（ひゃくたけたかひろ）

産業ITソリューション事業本部付上級コンサルタント

専門はPLM、SCMにまつわる業務改革・システム再構築実行支援