

## 製造業と情報通信ネットワークの結合をもたらすインパクト —— Industrie 4.0 を中心として ——

Impact Brought by the Merger of the Manufacturing and ICT Network  
: Focusing on the German Case of Industry 4.0

永野 博

### 1. はじめに

情報通信革命という表現は我が国でもかなり以前から使われてきており、何かこれまでとは違ったことが起きるのではないかという話題は常に出ていたが、後世から見て、ああ、あの頃だったのかというようなことが、現在起きつつあるのではないだろうか。本会誌が1,100号を迎える2016年は、インターネットが個人向けに普及し始めてから20年程度だが、この20年間の技術進歩を踏まえ、多くの人々が、世の中、何か変わってきたと感じるようになってきた。

昨今、メディアをにぎわしているIoT（インターネットオブシングズ：もののインターネット）という表現は1999年に初めて使われている。CPS（サイバーフィジカルシステム）という表現も米国の国立科学財団が2006年から使っており、それなりに時間が経過している。ビッグデータという表現もあちこちで目に付くようになってきているが、日本では既に情報大航海などの分かりやすい言い回しがあった。そこに降って湧いたように現れたのがドイツ発のIndustrie 4.0（以下、インダストリー4.0と表記）である。

日本ではドイツのことは知られているようで、実は余り知られていない。サッカーのブンデスリーガやクラシックのベートーベン、お菓子のバウムクーヘン、あるいは、町を走るベンツやBMWなどを見ると一見身近なような感じもするが、それが全てという感じでもある。それなのにIoTなどと同じようなコンセプトであ

りながら、インダストリー4.0が2013年の春先に現れると、瞬く間に日本中で話題に取り上げられるようになった。これは4月にドイツで開かれたハノーバー見本市の状況をメディアが大きく伝えたことも一因である。

では、なぜ、普段はドイツの情報などほとんど流れない我が国で、インダストリー4.0に限って突然に話題となったのであろうか。ドイツ車が好まれることと底流は同じかもしれないが、日本ではドイツは製造や技術では一目置かれる存在であり、そのドイツが製造業で何か新たなことを始めたとなると、同じ製造業で自負を持つ日本の経済界の人々がこの動きを無視してはまずいと思ったのではないだろうか。

本稿では、このような背景を踏まえ、インダストリー4.0の中身について解説するとともに、インダストリー4.0が我々の社会に与えるインパクト、並びに、それに対して情報通信技術者はどのような視点を持つべきかについて解説する。

### 2. ドイツにおけるインダストリー4.0

#### 2.1 ドイツでインダストリー4.0が生まれた背景

ドイツでなぜインダストリー4.0が生まれたのであろうか。今、欧州経済を支えているのはひとえにドイツであると言われていたが、ドイツは自他共に認める製造業大国である。世界の輸出に占めるドイツの割合は世界トップであったこともある。そればかりでなく、中堅企業がグローバルに活躍していることもドイツの特徴である。これらの企業は世界のマーケットシェアを握っていることもあり、時に「隠れたチャンピオン」などとも言われている<sup>(1)</sup>。

図1に各国の輸出総額において中小企業が占める割合を示す。同図に示されるように、ドイツの輸出に占める

永野 博 国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発戦略センター  
E-mail nagano@grips.ac.jp  
Hiroshi NAGANO, Nonmember (Center for Research and Development Strategy, Japan Science and Technology Agency, Tokyo, 102-0076 Japan).  
電子情報通信学会誌 Vol.99 No.1 pp.16-23 2016年1月  
©電子情報通信学会 2016

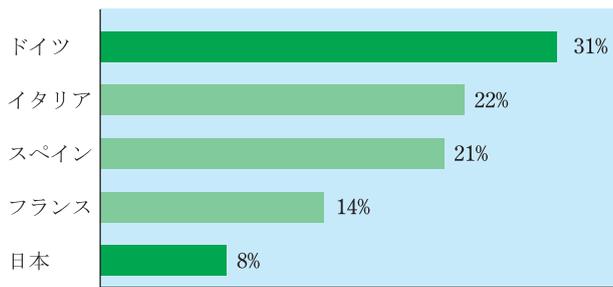


図1 各国の輸出総額における中小企業が占める割合（出典：経済産業省通商白書2012） ドイツでは輸出に占める中小企業の割合が高い。インダストリー4.0は、中小企業の国際的競争力の強化を一つの目的としている。

中小企業の割合は30%を超え、競争力のある中堅企業なしにドイツの産業を語ることはできない。

一方、全く異なるシステムで成り立つ米国はインテル、アップル、グーグル、マイクロソフトなどスタートアップから始まった情報産業企業がソフトウェアなどの領域で世界を制覇しており、今やこの勢いに乗って製造業の世界になだれ込み始めている。グーグルの自動運転車への参入が良い例である。このような状況に直面し、中小企業比率の高いドイツとしてはどのように現在のポジションを維持するか、特に、競争力はあるが研究開発能力には劣るグローバル中堅企業の存立を確保する必要に迫られ、連邦政府の施策であるインダストリー4.0が脚光を浴びることになった。

## 2.2 インダストリー4.0の成立

ドイツ政府はインダストリー4.0を、第四次産業革命をもたらす政策と称しているが、これはあくまでこの政策の名称であり、学問的に定義されたものではない。蒸気機関の利用を第一次産業革命、電気エネルギーを用いた大量生産の導入を第二次産業革命、情報技術の利用による自動化の進展を第三次産業革命とし、情報技術と現実世界の融合による新しい生産システムを第四次産業革命としている。

インダストリー4.0は短期の政策というより、10年、20年先を見通し、ドイツの将来のポジションをにらんだ俯瞰的政策であり、それまでの間、何をどう進めるのかというロードマップを伴う、いわばコンセプトに基づく実行計画である。将来図だけ、あるいは数年にわたる実行計画だけという政策ではなく、この両者が結び付いていることが特徴でもある。

しかし、インダストリー4.0も突然に現れた政策ではなく、以前から将来を見越してこのような方向を目指して努力してきた人々がいる。いわゆるビジョナリーと言われる、将来を見通すことのできるトップクラスの人材である。その一人が、毎年、ハノーバー見本市で「つながる機械」の展示を行っているカイザーセラウテルン大

学のチュールケ教授（ドイツ人工知能研究所兼務）である。彼は2004年以来、「つながる工場」の実現にまい進する第一人者である。

これに対してオピニオンリーダーとして活躍しているのが、ドイツ工学アカデミーのカーガーマン会長である。彼は経営ソフトウェアで世界をリードするドイツのSAP社の中興の祖とも言われているが、ドイツ工学アカデミーが政府の審議会と協力して取りまとめたインダストリー4.0実現のための提言書<sup>(2)</sup>が、現在の政策推進プラットフォームを形成している。ドイツでは、このカーガーマン氏と、ドイツ人工知能研究所のバルスター所長、連邦教育研究省のキーテクノロジー（イノベーション研究）局のルーカス局長の3人がインダストリー4.0の名付け親と言われている。

## 2.3 政策の立案

ドイツは歴史的経緯もあり16の州から構成される連邦制の国家である。州は大きな権限を有し、例えば教育は高等教育を含め全て州の権限に属し、連邦政府が支援するのは特別の合意のある場合に限られる。研究も、基本的には同じ考えから成り立っている。現在3期目（1期は4年）を務めるメルケル首相は物理学の出身であり、科学技術の振興にはことのほか熱心である。研究関係機関の式典などにも現れ、研究投資が国富を作る、研究投資なくしてドイツの将来はない、などと述べている。

首相は現実の政策においても、EUが政治目標として設定した国全体の研究開発投資の対GDP比3%目標の実現のために政府投資を継続して拡大し、欧州の大国では初めてこの目標をほぼ達成した。研究政策においても、政権についてすぐ連邦政府全体としては初めて「ハイテク戦略」を策定した。

図2に、ドイツのハイテク戦略の沿革を示す。インダストリー4.0は、メルケル政権第2期の「ハイテク戦略2020」のアクションプランにおいて定めた10の未来プロジェクトの一つとして2012年に誕生した。「ハイテク戦略」はドイツの産業競争力の強化を目的とするものであるが、このインダストリー4.0において興味深いことは、これが産業界からのボトムアップによる提案であることが政府文書において明記されていることである。「新ハイテク戦略」は3回目の科学技術・研究戦略に相当し、インダストリー4.0はその中で重要な地位を占めている。

インダストリー4.0の構想は、「ハイテク戦略」に対して政府以外からのアイデアを持ち込む機関として設立され、産業界、学界からの委員により構成される連邦教育研究大臣の諮問機関（正式名称は「研究連盟・経済・科学」）での議論からスタートしている。更に構想の肉付けに際しては、この諮問機関がドイツ工学アカデミー

■ハイテク戦略の沿革



■新ハイテク戦略 -イノベーションのための六つの未来挑戦課題

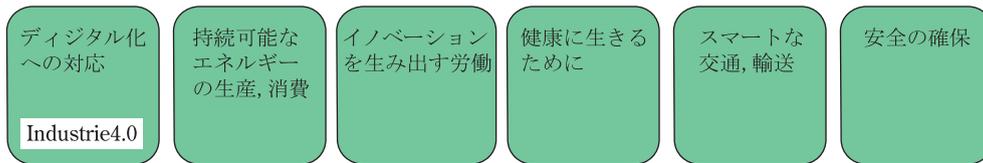


図2 ドイツにおけるハイテク戦略の沿革 メルケル首相は連邦政府として初めて、政府全体にわたる科学技術・研究戦略を策定した。現在は3回目の戦略となる「新ハイテク戦略」が遂行されており、インダストリー 4.0 はその中で重要な地位を占めている。

と共同で具体的な提言<sup>(2)</sup>を策定している。工学アカデミーも、メルケル首相が就任後、継続的な国家資金の提供を決定し、その後シンクタンクとしての機能を發揮している組織であり、連邦政府がアイデアを政府の外から取り入れようとしていることが見て取れる。このようにインダストリー 4.0 は元々産業界の危機意識から成立し、当初は静かにスタートしたが、数年前から、グーグルによる自動運転技術への参入表明に触発された世論、政治家による関心の増大と絡み合いながら、ドイツ国内においてもその存在感が急速に大きくなった。

ドイツは政策立案にあたり第三者の考え方を聞くことにますます力を入れるようになっていく。2013年の総選挙後に立ち上げられた新たな審議会（名称は「ハイテクフォーラム」）においては委員長以外の委員は、学界から6人、経済界から6人のほか、その他の団体から6人となっている。その他の団体6人の出身は、財団法人商品検査協会、ドイツ労働総同盟、連邦ネットワーク市民参加活動、フォルクスワーゲン財団、連邦経済諮問委員会、ドイツ持続可能な開発委員会となっていて、今までは考えられなかったような分野からの代表者が委員として参加している。しかも、このうち女性の人数がそれぞれ3人、3人、2人となっている。様々なダイバーシティと透明性を考慮しているわけだが、この背景には、デジタル技術の浸透により構築される新たな未知の世界へ向けて社会全体で考えていく必要があるとの認識があることも事実であろう。

2.4 インダストリー 4.0 の狙い

それではインダストリー 4.0 の狙いとは何であろうか。それは製造業大国としての自信と不安の交錯から出

ているのではないだろうか。世界の輸出に占めるドイツの割合は2000年代中頃には世界トップの座を占めることもあったが、現在は、中国、米国に次ぎ第3位にとどまっている。連邦教育研究省の報告書<sup>(3)</sup>によれば、2025年には世界トップとなる可能性に言及している。そのための方策としてドイツ政府は、二重政策を打ち出している。これは製造装置を輸出して海外における生産設備への影響力を持つとともに、国内における製造業の力も強化して輸出増につなげるというものである。その輸出を支える中堅企業の競争力を付けることはインダストリー 4.0 の本質的な目標である。

経済効果のうちでよく引き合いに出されるものは、GDPの増と雇用の確保である。報告書<sup>(4)</sup>によれば、2025年までに、化学、自動車、機械、電機、農業、情報通信の6分野の合計において、毎年1.7%のGDPの増加を見込んでいる。また、2015年4月に出されたボストン・コンサルティング・グループの5~10年後の予測によれば、ドイツの製造業全体で年間900~1,500億ユーロ（約12~20兆円）のコスト削減効果（加工費の15~25%）、年間200~400億ユーロ（約2.6~5.2兆円）の売上げ拡大（GDPの1%）、製造業の雇用者数39万人増（2015年の製造業雇用者数の6%）を見込んでいる。

インダストリー 4.0 はこのような経済的な効果ばかりでなく、社会システムの変革に決定的な影響を与えるものと思われる。社会システムの変化を事前に想像することは必ずしも容易ではなく、ドイツ政府はデジタル化が何をもたらすのかをインダストリー 4.0 という政策を利用して国民に考えさせようとしている。

## 2.5 インダストリー 4.0 に必要な研究領域

インダストリー 4.0 によって製造業のどの部分がどのように変わるのであろうか。2015 年 4 月に出された「実施のための戦略」報告書<sup>(5)</sup>によれば、インダストリー 4.0 は技術面では漸進的な影響かもしれないが、ビジネスモデルには革命的な影響を与える契機になるとしている。また、インダストリー 4.0 を、「顧客の要望に対応できる、バリューチェーン全体の新たな制御を実現する第四次産業革命」であり、「リアルタイムでの情報の処理。生産に最適なタイミングでデータを反映し、企業の枠を超えてネットワークが成立すること」と定義している。要は、ものやサービスのインターネットのうち、特に製造業を意識したものであり、スマートファクトリーという言葉でも代表される‘もの’と‘もの’、‘もの’と製造装置、現場と経営がつながり（垂直統合）、それが更に企業、国境を越えてつながる（水平統合）イメージである。

これに続けて同報告書は以下の八つの研究領域を設定している。

- ① 標準化：参照アーキテクチャのためのオープンな標準によって企業間の枠組みを越えたネットワークを構築し、バリューチェーンの統合を可能にする
- ② 生産の自動化とサイバー・リアルの統合化
- ③ インフラ整備：安全で堅ろうな高速インターネット網
- ④ 工場内の安全と情報保護（IT セキュリティ）
- ⑤ インダストリー 4.0 における働き方の定義と組織の構築
- ⑥ 高度にデジタル化した社会に必要な人材の育成と、高齢化し不足が予想される熟練労働者を補完する技術
- ⑦ 法的整備：とりわけ EU 域内での統一的な規制と法律の策定
- ⑧ リソースの負担軽減：人的、経済的リソースだけでなく、エネルギー、素材等コストに関わる全ての資源を減らし、競争力を維持

## 2.6 ドイツにおけるスマートファクトリーの研究開発

2015 年 4 月に開かれたハノーバー見本市は、どのブースを見てもインダストリー 4.0 一色であった。しかし、情報通信技術の活用による新製品の提案をインダストリー 4.0 と称しているものも多く、つながる工場という意味での展示ブースは必ずしも多くなかった。その中でも最も注目されていたのは、ドイツ中西部のカイザースラウテルン市にある世界的に有名な人工知能研究所のチュールケ教授を中心としたグループの展示であった。

チュールケ教授は元々カイザースラウテルン大学の教



図3 レゴを使ってスマートファクトリーを説明するカイザースラウテルン大学チュールケ教授

授であるが、大学における情報技術活用の流れの中で、2004 年に「つながる工場」（スマートファクトリー）を実現しようという着想を得た。しかし、開発には資金が必要であったため産業界に声をかけ、人工知能研究所をベースとするスマートファクトリー KL（KL はカイザースラウテルンの略）という公益的団体を 2005 年に設立した。人工知能研究所では研究を行い、スマートファクトリー KL では、開発、実施をするという仕事の仕分である。チュールケ教授の活動はインダストリー 4.0 よりずっと早く、先駆的活動と言える（図 3 はチュールケ教授）。

人工知能研究所の所長であるパールスター教授は製造技術と情報技術の結合により新時代のドイツ企業の国際競争力を維持、向上しようというチュールケ教授の活動を支援し、開発資金の獲得のために奔走した。パールスター教授は連邦教育研究大臣の諮問委員会の一員であったため、2008 年に同委員会が連邦政府の重要テーマを特定した際に大きな役割を果たし、その後、インダストリー 4.0 が連邦政府の未来プロジェクトの一つとなる基盤を作った。

さて、チュールケ教授のスマートファクトリーとはどのようなものであろうか。ハノーバー見本市での展示はデモ用に作成された名刺ホルダーを作成する装置群である。名刺ホルダーといっても受注から始まり、ケースの張合せ、エッチングによる模様刻印、色の選択、所有者の名入れなど様々な工程がある。これらの工程を作業する装置メーカーは全て異なるが、異なる企業の製造装置が横一列でつながり、製造速度を落とすことなく作業が進行する。

工程は PILZ 社（左端）の装置から始まる。図 4 にその概要を示す。また全体構成の写真を図 5 に示す。PILZ 社の装置は作成するホルダーを運ぶ運搬部分（ホ

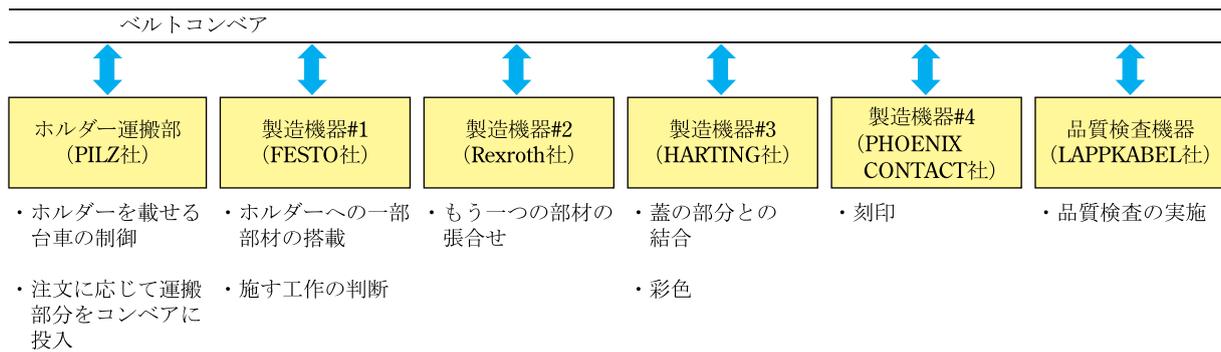


図4 スマートファクトリーの装置構成例



図5 ハノーバー見本市における展示①(スマートファクトリー・デモ装置) 通信規格の異なる各社の装置をつなげて、名刺ホルダーの個別大量自動生産装置をデモ展示している。



図6 ハノーバー見本市における展示②(展示装置のプラグ部) 図5の各装置を接続するモジュールに、それぞれの装置からのプラグが繋がっている。

ルダの台車のようなもの)を制御し、注文に応じてこの運搬部分をコンベアに投入する。次のFESTO社の装置では、ここに来た運搬部分にホルダーの一部部材を乗せ、この部材にどのような工作を施すかを制御装置から受信し、部材はそれに応じて彫り込みを受ける。次のRexroth社の装置ではもう一つの部材との張合せを行う。更にHARTING社の装置では、蓋の部分との結合を行い、選択した色に彩色される。次のPHOENIX CONTACT社の装置では、この蓋の部分にレーザーによる刻印(所有者の名前やQRコード)がされ、最後にLAPPKABEL社の装置で品質検査が行われるという手順である。ここでは組み込まれていないが、これら全体の調整を行っているスマートファクトリー KL社の手前にある装置は必要に応じてHARTING社のものと組み合わせるようになっている。

それではこれらの別々の企業の製造装置はどのように繋がっているのでしょうか。ここがインダストリー

4.0がキャッチコピーとしているプラグ&プロデュースのプラグの部分である。実体としては各製造装置から出ているプラグを隣接機器との間に設置したモジュールに差し込めば隣の装置とつながるという仕組みである。このモジュールは、別の企業の製造装置の通信規格が相互に認識し合えるようする機能を有している。展示場では各装置から出てくるケーブルを来場者の行き交う床の下に見えるように通しているが、実際は装置の近くに置けばよいし、小形化されれば、装置の下にでも置ける。ちなみに、これは既に販売されているとのことであった。図6にハノーバー見本市の展示におけるプラグ部の写真を示す。

チュールケ教授によれば、欧州企業の関心は意外と少なく、逆に、中国、韓国、日本の関心が大きいことが分かったので、日本のイノベティブな企業との協力を期待していた。

## 2.7 ハノーバー見本市におけるそのほかの企業

シーメンス社は膨大なスペースを使って新たなソフトウェアの活用を宣伝していたが、同社は米国のゼネラル・エレクトリック社(GE)と同じく製造業からソフトウェア産業に軸足を移しつつある。SAP社は経営管理部門のソフトウェアが有名であり、世界各地に散在する製品の管理用ソフトを中堅企業へ普及するための展示などが目に付いた。このほか、PC制御専門メーカーでEtherCATを開発したベッコフ社も活況を呈していた。同社はハンス・ベッコフ現社長がドイツ北部の町フェルル(Verl)で1980年に起こした企業である。創業当初から情報通信技術と製造業の連結を頭に描きつつ1985年には最初の商品を出した。PCの技術的發展に歩調を合わせて発展しており、先見の明はすばらしい。現在、自動化工場の制御機器(PLC)の世界では規格が乱立しているが、ベッコフ社のEtherCATはシーメンス社のProfi Netなどととも世界で気を吐いている。

## 2.8 ドイツ政府の支援

当然のことながらドイツ政府はインダストリー4.0の始まるずっと以前から、この分野の支援を行っている。ベッコフ社の社長によれば、「インダストリー4.0は2011年にスタートしたが、ドイツではサイバーフィジカルシステムは10年前から推進されている」。米国では国立科学財団がCPSに関わる活動を2006年から支援しており、ドイツはそれを導入したと思いきや、そもそもCPSの概念形成にドイツ人が大きな貢献をしたとのことである。実際、連邦経済エネルギー省では2005年から公募プログラムとして「インターネットオブシングズ」、2007年から同じく「インターネットオブサービス」を開始している。両プログラムとも2017年まで継続する予定である。

ドイツ政府部内でインダストリー4.0に強く関わる省庁は連邦教育研究省と連邦経済エネルギー省であり、基本的には教育研究省が研究サイド、経済エネルギー省が開発サイドを支援している。しかし、具体的な違いを質問すると、例えば情報について、ビッグデータは前者、スマートデータは後者、サービスについても、技術に裏付けられるサービス(Dienst)は後者、社会システムまで含めたサービス(Dienstleistung)は前者という説明があったりして必ずしもすっきりしないが、重複にはこだわっていない。ちなみにDienstもDienstleistungも日本語に訳せばサービスである。

## 2.9 地域クラスター事業における支援

連邦教育研究省の産学連携事業の中でよく知られているものは地域クラスター支援事業である。ドイツは各地の封建諸国や自治都市、あるいは王国の統合により成立したこともあり、経済活動の盛んな地域が各地に分散し

ている。このため、連邦政府の「ハイテク戦略」においても産学連携のトップ施策として「先端クラスター競争プログラム」が位置付けられている。2008年にスタートしたこのプログラムは、5年間に連邦政府が4,000万ユーロ(約52億円)、地元(主として企業)が同額以上を出し、例えばある産業で現在は欧州で2~3位となっている地域を世界で2~3位にしようという、まさに「強いものをより強く」という発想に基づいた施策である。これまで全国で15地域を選び支援している。

その一つに北部のパダーボルン市を中心とする地域を支援する「it's owl (Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippeの略、OWLは地域名の略)」というプロジェクトがある。ここもプラグ&プロデュースによる「考える工場」スマートファクトリーをテーマとしている。参加するのは中堅企業をはじめとする地域の企業22社のほか、17の研究機関・大学などであり、8万人の雇用維持、1万人の新規雇用などを掲げて40程度のプロジェクトを進めている。参加パートナーに共通する課題を公的研究機関が中心となって取り組む横断的プロジェクトが五つ、幾つかの参加企業が主体的に取り組むイノベーションプロジェクトが33ある。プロジェクトの実行にあたっては、産学連携の実現に特化した公的研究機関であるフラウンホーファー協会、日本の高専を大学にしたような学校でエンジニアの育成に特化する専門大学(英語では応用科学大学と称している)が参画することが多く、スムーズな技術移転に貢献している。

it's owlプロジェクトにおいては、部品同士や部品と製造装置が直接情報交換する製造プロセスの実現が技術開発の目標であることは当然であるが、もう一つの目玉開発が労働者の作業環境の改善である。特殊な眼鏡をかけて部品の山を見ると、どの部品を取り、どこにつなげるかを順々に指示するシステムである。このシステムは中高年になったり、転職してきた職員の支援に役立つばかりでなく、例えば何十、何百という機器の保守点検を行うエキスパートに対してもミスのないように的確な支援を行うことができる。人口構成の変化、情報化の進む製造業の中で人間がどのような位置を占め、どのような仕事を行い、どのような人と機械の組合せが未来の工場にとって最適であるかを研究することもインダストリー4.0の重要な課題である。労働者の権利の強いドイツでは、労働環境の改善は政府の研究政策における大きな課題として以前から連綿と続いている政策分野であり、その政策分野とインダストリー4.0の接点で、このような研究が行われている。インダストリー4.0によって無人工場ができるという考えはドイツ政府にはなく、情報化の急速な進展に則して、人と製造業の新たな在り方を探求することを政策目標としている。

### 3. インダストリー 4.0 の運営と課題

このような展開を見せてきたインダストリー 4.0 は、今大きな転換点を迎えている。この3年間は言わばコンセプトの確立期であったが、これからは実施期に入っていく。運営についてはこれまで、中小企業の声を反映させるため、ドイツ IT・通信・ニューメディア産業連合会、ドイツ機械工業連盟、ドイツ電気・電子工業連盟という三つの大きな業界団体が共同して推進母体（プラットフォーム）の事務局を務めてきた。日本では例を見ない業界を越えた共同体制である。2015年4月からは強化された専属の事務局が発足している。

インダストリー 4.0 の課題としては何が考えられているのであろうか。関係企業を調査した結果によれば、その筆頭には標準化が挙げられている。世界的なインターネットソフトウェア、IT 技術のサプライヤである米国、インターネット関連デバイスの製造では世界有数であり、工作機械の巨大マーケットである中国の間において、工作機械の輸出で世界をリードするとともに、企業向けソフトウェアの開発でも世界の上位に位置するドイツにとって、技術標準を握ることがインダストリー 4.0 の成功の鍵であることは確かである。ドイツでは、標準化によるイノベーションの実現ということがしきりに言われている。標準化によりドイツの優秀な中堅企業がスマートファクトリーを導入し、国際的な競争力を強化することを念頭に描いている。標準化、規格化については EU、国際標準化機構（ISO）、国際電気標準会議（IEC）において既にかかなりの議論が始まっている。

これからの 10 年間を考えると、標準化のほかにも、セキュリティの確保、新たな規制の在り方、新たな専門教育のシステムなど大きな課題が山積している。ドイツでは過去 2 年間にほぼ 1/3 の企業が情報通信システムへの攻撃を経験しており、セキュリティの確保なくしてインダストリー 4.0 を推進することはできない。

インダストリー 4.0 プラットホームでは 2015 年 4 月に実現のための戦略を発表した。報告書<sup>(5)</sup>は、①研究・イノベーション、②参照アーキテクチャ・標準化、③システムの安全性という三つの柱と、法律や規制の整備を含めたロードマップを発表し、アカデミア、企業、研究開発機関、中小企業の連携による早期実現を訴えている。標準化については、参照アーキテクチャモデルの構築を特に推奨している。また、研究・イノベーション領域で重要とされるテーマとしては次の五つを挙げ、その下で取り組むべき数多くの課題についてマイルストーンを提示している。具体的には、①バリューチェーンの水平統合、②プロダクトライフサイクル全体を通した一貫したエンジニアリング、③経営から現場の垂直統合とネットワーク化、故障や生産中断を予防的に察知する技術など、④新たな社会インフラ構築と労使双方の参加、

人材育成とヒューマン・マシンインタフェースの研究、⑤領域横断的な技術の研究開発、とりわけ高速ブロードバンド、クラウドコンピューティング、ビッグデータ解析、機器間通信（M2M）など、である。

### 4. インダストリー 4.0 のもたらすインパクト

ではインダストリー 4.0 は世界にどのような変化、インパクトをもたらすのであろうか。製造業といってもまずどのような分野で変革が起こってくるのかという点について、先述のチュールケ教授は、「①生産ラインの組替えや新しい設備の導入が迅速にでき、また、②既に生産プロセスにおいて、頻繁にラインの組替え需要が大きい分野かどうか大きな要素で、これらを総合すると、一つは包装産業、もう一つは組立産業である。自動車産業では、車体の組立部門というより、部品の組立など前工程部門で実現するのではないかと語っている。

しかし、製造業の大きな変革は、その後、あるいはそれと並行して起こる社会の変革の前触れなのかもしれない。インダストリー 4.0 の結果、企業内における経営から現場までの情報の垂直統合ばかりでなく、いろいろなバリューチェーンの統合、例えば、製品や部品を廃棄まで継続して追跡できるライフサイクルマネジメントができるようになれば、部品の交換時期、廃棄時の製品の状況が分かるので、廃棄業者が引き取って廃棄物の中から有用な材料を探すというプロセスは必要でなくなってしまう。製品の状況を常にフォローしている製造業者が自らその商品に関する情報に基づき、生涯を終えた製品の処理にあたることができるので、その分野での廃棄業者は不要になる。

車についても、屋外の車の情報がどのスマートフォンからも分かるようになると、必要が生じたときに、そのときに乗りたい車を使えばよいという発想になる。車を買うことは目的ではなくなり、走るというサービスが適切に実現すればよいことになる。そうすると、端末を使い、近い場所にある車を見つけて運転し、必要な場所で降り、その後、同じ車を別の人が使うというシステムが突然に脚光を浴びてくる。カーシェアリングである。

日本でも所々でカーシェアリングの宣伝が出てきたが、ドイツでは、1~2 年前から急激に認知度が高まり、多くの人がアプリに入れ、現実のものとなりつつある。今後も車の製造は続くとしても、車を取り巻くビジネスの形は全く変わっていく。急速な情報化の進展により米国の雇用の 47% が 10~20 年以内に危険にさらされるという調査結果も出ているが、その内容も現実味を帯びてくる。更に、全く新しいビジネス、職業が生まれてくることも確かである。社会はこれにうまく対応できるようにしておかなければならないが、その一つとして必要なことは小回りの利くスタートアップをしやすいことである。

## 5. 世界の状況

ここまでドイツのインダストリー 4.0 について述べてきたが、米国でも全く同様な変化が起こっている。グーグルなどの情報通信産業の動きや、ものづくり回帰と言いながら新たな情報技術、ソフトウェアに基づきインダストリアルインターネットを進める GE など大きな動きが既に始まっている。

インダストリアルインターネットでは、「先進的な産業機器」、「予測分析ソフトウェア」と「意思決定をする人々」が結びつくプラットフォームを形成し、全ての先端機器に予測機能を付与し、障害を予防することで性能を向上するとともに、世界中に分散している生産システム・産業用機器をインターネットにつなぐことで、産業の飛躍的な効率化を実現しようとしている。

GE をはじめとする米国企業 5 社 (GE, Cisco, AT & T, IBM, Intel) は 2014 年 3 月に IoT 普及推進団体としてインダストリアルインターネットコンソーシアム (IIC) を設立し、標準化の要件の明確化、共通アーキテクチャの定義などを目的とした活動を開始している。このコンソーシアムの設立には米国政府機関も関与している。メンバーは順次増えつつあり、現在では 21 か国、150 機関を超え、ドイツはもとより日本からも日立・東芝・NEC・富士通・三菱電機・富士フィルム等が参加している。

## 6. 情報通信関係者への期待

インダストリー 4.0 は製造業に焦点を当てているが、これは今後 10 年、20 年後の経済、社会システムの革命的变化の単なる序の口にすぎない。製造業にも大きな影響を及ぼす情報通信技術、デジタル化の急速に進む中で、どの国においても、近い将来に人間の遭遇する社会とはどのようなものか、また、その未来に向けて何をすべきかを考え始めている。ドイツでは研究政策において最も重要な審議会に市民団体や労働団体の代表まで入れた。デジタル化の進む世の中とは何か、デジタル化

によりどんな社会を実現したいのかということについて情報通信関係の専門家がリードしつつ多くの人が議論し、主体的に考えることのできる場を作り、新しい試みをする人を支援することが求められる。

デジタル化により実現する社会を想定し、そのために行うべき施策を考えていけば、具体策に裏付けられる将来ビジョンを作ることができる。そのためには各分野においてジェネラリストではない深く考えることのできる専門家が不可欠である。同時に、環境が整いさえすれば潜在的な能力を十分に発揮できる人材も必要である。たこつば型、縦割り型ではない人材、競争と協力の両方のできる人材が育つためには、自由に職場を移動できるモビリティの高い社会、また、スタートアップのしやすい社会を作ることが大前提である。そうでない国は、知らない間に土俵の変更、ルールの変更遭遇し、世界をリードする国となることはできない。情報通信分野の専門家は社会の基盤を先頭に立って構築する任務を有しており、これからの社会の変化を構想し、それを克服していくアイデアを考えることのできる人材として各界で活躍してほしい。

### 文 献

- (1) ハーマン・サイモン, グローバルビジネスの隠れたチャンピオン企業, 中央経済社, 東京, 2012.
- (2) Forschungsunion, acatech, "Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0," Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, 2013.
- (3) Bundesministerium für Bildung und Forschung, "Zukunftsbild 'Industrie 4.0,'" 2013.
- (4) BITKOM e. V. and Fraunhofer IAO, "Industrie 4.0-Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland," 2014.
- (5) BITKOM e. V., VDMA e. V., and ZVEI e. V., "Umsetzungsstrategie Industrie 4.0, Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0," 2015.

(平成 27 年 6 月 27 日受付 平成 27 年 9 月 9 日最終受付)



ながの ひろし  
永野 博

昭 46 慶大・工・機械卒。昭 48 同大学・法・政治卒。同年科学技術庁(現文部科学省)入省。以来、政策立案に従事。現在、OECD グローバルサイエンスフォーラム議長、慶大特別招聘教授、著書「世界が競う次世代リーダーの養成」(近代科学社)など。