インダストリー 4.0 の時代の わが国製造業の変革の方向性*

The Direction of Reform in Japan's Manufacturing Industry for an Industrie 4.0 Era

徳増伸二**
Shinji TOKUMASU

Key words Industrie 4.0, 4th industrial revolution, digitalization, IoT, solution

1. はじめに

ドイツの「インダストリー 4.0」、米国の「先進製造プログラム (AMP)」、中国の「製造大国 2025」など、リーマン・ショック後、主要諸国で製造業の重要性を再認識し、大きく進展したデジタル技術を活用して、その強化を図る動きが活性化している。

わが国においても、デジタル技術の大幅な進展にともない IoT、ビッグデータ (BD)、AI 等の活用への関心が急速に高まっており、これらの利活用が現在の産業の在り様を大きく変革するとの考えの下、これを蒸気機関による動力獲得を特徴とする「第一次産業革命」、電力・モータによる動力革新を特徴とする「第二次産業革命」、コンピューターによる自動化を特徴とする「第三次産業革命」に続く、「第四次産業革命」と捉え、これらデジタル・ツールの積極的な利活用に向けた取り組みがさまざまな産業で加速化している。わが国の屋台骨である製造業においても大変革がもたらされることが見込まれている。

「インダストリー 4.0」の名前で広く知られ始め、現在、わが国では「第四次産業革命」と呼ぶことの多いこの大きな変革の流れは、わが国製造業にどのような影響をもたらすのであろうか。また、わが国製造業にはどのような対応が求められるのであろうか。

本稿では、最近の動きを踏まえつつ、この第四次産業革命 (インダストリー 4.0) の時代に求められる、わが国製造業の変革の方向性等について紹介したい。

2. 今、何が起きているのか? (図 1)

過去半世紀、ムーアの法則に沿ってハードウェアの性能は、指数関数的に進化し、それにともない世界のデータ量は飛躍的に増加している。また、それらにともない AI もディープラーニング等の新たな手法が生み出され、非連続的な進化を果たしつつある。これら技術のブレークスルー

により、実社会のさまざまな事象・情報がデータ化されて、ネットワークを通じてやりとりが容易に行われること (IoT) が可能となり、集まった大量のデータ (ビッグデータ) を分析し、新たな価値を生む形での利用が行える環境となってきた。また、機械が自ら学習し、人間を超える高度な判断が可能となり (AI)、その成果を活用して多様かつ複雑な作業についても、自動化が可能となってきた。

これら技術のブレークスルーにより、これまで実現不可能とされていた社会の実現が可能となりつつあり、これにともない産業構造や就業構造が劇的に変わる可能性が高まっている。

第四次産業革命の下では、製造現場における自動化が進むのみならず、製品の企画・設計・開発段階から生産活動を経て、市場への提供、アフターサービスまで製品のライフサイクルを通じたデジタル化が進展することが期待される。つまり、図 2 に示すとおり、エンジニアリング・チェーンやサプライ・チェーン上の各工程がデジタル技術によりつながり、データがやり取りされるのみならず、これらのチェーンが交差する生産現場を中核に、これらチェーン間もデジタル的につながることが目指す方向となる。さらに、これら現実空間でのデータをサイバー空間との間で

今、何が起きているのか? ～技術のブレークスルー～

- ◆実社会のあらゆる事業・情報が、データ化・ネットワークを通じて自由にやりとり可 (IoT)
- ◆集まった大量のデータを分析し、新たな価値を生む形で利用可能に (ビッグデータ)
- ◆機械が自ら学習し、人間を超える高度な判断が可能に (人工知能 (AI))
- ◆多様かつ複雑な作業についても自動化が可能に (ロボット)

→ これまで実現不可能とされていた社会の実現が可能に。

これにともない、産業構造や就業構造が劇的に変わる可能性。

データ量の増加

世界のデータ量は
2 年ごとに倍増。

処理性能の向上

ハードウェアの性能は、
指数関数的に進化。

AI の非連続的進化

ディープラーニング等
により AI 技術が
非連続的に発展。

図 1 今、何が起きているのか?

*原稿受付 平成 28 年 10 月 4 日

**経済産業省製造産業局参事官 (東京都千代田区霞が関 1-3-1)

独：インダストリー 4.0 ～ものづくりを中心としたコンセプト～

図2 ドイツ・インダストリー 4.0 のコンセプト

図3 第四次産業が製造業にもたらす変化

行き来させ、AI 等も活用しつつ、最適な全体最適のシステムを目指すことが考えられる。

また、このように大きく進展したデジタル技術を、モノづくりにおける「生産性向上」に役立てるのみならず、製品のもたらすデータを活用したサービス・ソリューションの顧客への提供等、新たな付加価値の創出を目指す方向に「ビジネスモデル」の変革を目指す視点も極めて重要である(図3)。しかしながら、そうした観点からの取り組みは、欧米の先進企業に比べてわが国企業では遅れている状況にある。

そうした中、経済産業省では、『ものづくり白書 2016 年版』において、製造業の IoT の課題について明らかとすべく、日本企業の IoT 取り組み状況についての調査を実施した。そして、その結果を踏まえ、単に優れたモノを作って売るといった従来の考え方から、IoT を活用することにより、優れたモノを活かしてサービスやソリューションの提供につなげるなど、新たな付加価値の創出を目指す方向

図4 ドイツのリファレンス・アーキテクチャーモデル「RAMI4.0」

にビジネスモデルを変革する必要性を、そうした変革を進める企業を新たに「ものづくり+ (プラス) 企業」と呼称することなどを通じ、呼び掛けている。

3. 製造業をめぐる各国の動き

こうした製造業の変革の方向性を念頭に、ドイツでは「インダストリー 4.0」の構想発表(2011 年)を受け、それを推進する母体として「プラットフォーム・インダストリー 4.0 (PI4.0)」が発足、米国でも大統領科学技術諮問委員会(PCAST)の勧告(2011 年)を受け、オバマ政権は「Advanced Manufacturing Initiative」をスタートさせている。さらに、中国では「製造業 2025」(2015 年)が、韓国でも「製造業革新 3.0 戦略」(2014 年)が公表されているほか、英国では「High Value Manufacturing カタパルト」(2014 年)が、フランスでも「産業の未来」連盟が形成(2015 年)されるなど、主要各国で製造業の革新を進める取り組みが始まっている。

わが国でも、官邸で開催された「ロボット革命実現会議」の提言を受け、その推進母体として、「ロボット革命イニシアティブ協議会(RRI)」が創設(2015 年)され、その WG の一つである「IoT による製造ビジネス変革 WG」を中心に製造業変革の方向性が議論されている。

また、世界の主要な民間主導の動きとしては、AT & T, GE, IBM, Intel, Cisco の米国企業が中心となって、「IIC (Industrial Internet Consortium)」が設立(2014 年)され、製造業のみならず、ヘルスケア、エネルギー、交通インフラ、公共部門等、幅広い分野におけるユースケースの創出に向けた取り組みがなされている。この IIC と、ドイツの PI4.0 が 2016 年 3 月に標準化とテストベッドの相互アクセスについての協力を進めることが合意された。ここでは、ドイツが策定したリファレンス・アーキテクチャーモデル「RAMI4.0」(図4)と IIC が策定した IIRA モデルとの相互運用性などの検討が進められている。そして、この動きは、IEC や ISO でのリファレンスアーキテクチャーのモデルを巡る議論に影響することも考えられ、国境を越えて、標準化を巡る駆け引きがグローバルに始まっている。この標準化の動きについては、オープン・クローズ

出典：JEITA, 「ITを活用した経営に対する日米企業の相違分析」調査結果, 2013

図5 ITに対する期待の日米比較

戦略等も視野に入れて、わが国も積極的に関与して、標準化を戦略的に考えることが重要な課題となっている。

こうした中、2016年4月には、日独の政府間およびプラットフォーム間（RRIとPI4.0）で、標準化をはじめユースケースの共有や産業サイバーセキュリティ、中小企業政策などにおいて連携していくことが合意されたところである。

また、欧米では、こうした流れを反映して、大企業のビジネスモデル転換も目覚ましい。例えば、シーメンスは、ソフトウェアを提供する企業を次々に買収し、デジタル環境におけるモノづくりプラットフォームを提供するソフトウェア企業として変貌を遂げつつある。米国でも、GEはITソフトウェア専門家を3000人以上新規採用し、展開する多様な分野において、データ分析システムのプラットフォーム「Predix」の活用を通じてソリューションを提供する、プラットフォームとしての展開を目指している。このように従来の製造業が、ITソフトウェア企業の買収やIT人材採用増により、データを活用したソリューション提供を行うプラットフォームとなるべくビジネスモデル展開を急速に進めている。

4. わが国の製造業におけるIoT活用の動向

このように製造業においても、ITをうまく活用し、生産現場や製品利用等から得られるデータを基に「生産性向上」を図ると同時に、新たなサービスやソリューションの提供等の「ビジネスモデルの変革」につなげていくかが重要となるが、わが国企業のITに対する考え方・期待については日米間で大きな違いが見られる。

JEITAが2013年に日米のマネージメント層に実施したアンケートによると（図5）、日本においては、ITを「業務合理化/コスト削減」のツールと捉え考えるのに対し、米国企業は「製品・サービス開発」や「ビジネスモデルの変革」等の攻めのツールとして捉えていることが明確である。

また、経済産業省が2015年12月に行ったわが国製造業のIoT活用状況に関するアンケート（図6）においても、生産や設計・開発における活用は一定程度進んでいるもの

出典：経済産業省, 「ものづくり白書 2016 年度版」, 2016

図6 わが国製造業のIoTの活用状況

の、製品の予知保全サービスや製品の運用ソリューションサービスといった新規事業への取り組みがほとんどされていない点が明らかとなっている。さらに、3Dプリンターの活用も極めて低い状況であるほか、3Dシミュレーターもリアルタイムでのラインへの反映といった点については、まだまだ取り組みが進んでいない状況にあることが示されている。

現在、技術的に製造業のデジタル化においては、生産現場でのデータの利活用のみならず、商品企画から実際の製品設計、さらには、生産工程の設計といった流れを3Dモデルで連携させ、生産ラインの具体的なイメージまでデジタルシミュレーションで事前につくり上げることが可能になってきている。さらに、製品が市場に出た後も、製品にひも付いたデータ管理や使われ方のデータ分析等を通じて、サプライチェーンを通じた在庫管理の適正化や、製品の修理・交換の適切なタイミングでの実施（予知保全サービス）、効果的な使用方法に関するソリューションサービス提供等を行うことが可能である。製品の使い方に則して、例えば製品販売から製品が生み出すサービスへの従量課金システムへの転換等を行って、他社と差別化したサービス提供会社となり、顧客満足度を高めることも考えられる。

このような製造業における大きなデジタル化の流れの中で、日本企業の課題だと考えられる点としては、まず生産現場・生産技術に強みを有していることとは裏腹に、生産工程に付随するデータの囲い込み意識が強く、工場内等のクローズドなシステムをつくりがちであることが挙げられる。このため、例えば在庫適正化といった課題に対して、工場間やサプライヤー間のデータの共有化のように、工場や企業をまたぐシステムがつくりにくい状況にある。一方、グローバル企業では、世界規模で展開する大手ソフトウェア企業の製品活用等により、国際拠点の工場間等において受発注や在庫管理、コスト管理等のデータの共通化が進んでいるといわれている。

また、モノづくりを自らの強みとして強く意識している

図7 データの流れに着目した製造業のバリューチェーン

ものの、製造業が大きく舵を切り、自らのビジネスドメインをモノづくりだけにとどめるのではなく、優れたモノを活用したサービス・ソリューション提供にまで視野を広げ、バリューチェーンの拡張を図るなどのビジネスモデル変革がなかなか進んでいない点も課題だと考えられる。

5. 今後に向けて

今後、製造業とサービス業の境界は、より曖昧なものとなるが見込まれる。顧客価値の実現に向けて、Amazon や Google をはじめとするサービス系企業が製造分野にも一部乗り出し、顧客へのソリューション提供を目指す動きが見られる中、製造業においても、付加価値の源泉が「モノ」そのものだけから、モノの利活用を通じた「サービス・ソリューション」提供に重心が移りつつあることを意識した取り組みが世界的に活性化してきている。

製造業のバリューチェーンを、第四次産業革命の時代の米ともいえるデータの流れを意識し、図7のとおり「製造現場・ハードウェア」「ソリューション」「IT 基盤・ソフトウェア」の層に分類して考えた場合、今後の競争の主戦場であり、利益の源泉となるのは、上述のとおり「ソリューション」層だと考えられる。そして、今後、この「ソリューション」層でのポジション確保を目指し、「IT 基盤・ソフトウェア」層からと「製造現場・ハードウェア」層からのせめぎ合いが顕在化するのではないだろうか。

これまで述べたとおり、製造業もモノをつくるだけでは厳しい時代になりつつあり、いかにその優れたモノを生かして、顧客へのサービスやソリューションにつなげていくか、図7の「ソリューション」層が一層重要になってきている。

他方、これを、GAFA と呼ばれる Google や Amazon 等が B to C で進めている世界とのアナロジーで考えると、基本的な枠組みは似ていても、B to C の世界と製造業等の B to B の世界は若干違う部分があると考えられる。具体的には、B to C の世界だと、一番下の層が消費者で、消費者のデータが一番上の基盤部分である GAFA 等に吸い上げられて、真ん中の部分、サービス展開による付加価値の部分も彼らに席巻されつつある状況だと考えられる。

他方、製造業の場合、さまざまな現場データが発生して

いるのが一番下の「製造現場・ハードウェア」層となり、B to C と同様、一番上の「IT 基盤・ソフトウェア」層であるサイバー空間にビッグデータとして吸い上げた上で、AI 等を活用して真ん中の付加価値の源泉である「ソリューション」層に生かす動きももちろん見られるが、製造業の B to B の場合は、①製造現場で発生するデータの重要性・価値を企業は強く認識し、サイバー空間に情報を出すことに対しては多くの製造現場が相当慎重であること、さらに②製造現場では即時性、すなわちミリ秒以下の処理が求められる場合も多く、現状では時間を要するクラウド経由での処理が適当でないものも多いことなどの違いがあると考えられる。

そうした中、データが発生する製造現場に近いところでデータ処理を行うエッジ・コンピューティングを最大限活用し、その上で一部情報をクラウド経由で処理するものの、基本的には即時処理等に優れる現場に近いところでのデータ処理を中心に付加価値の源泉であるソリューションの提供を目指す動きも見られる。

このように、図7の真ん中の「ソリューション」の部分が今後の付加価値の源泉であり、重要であると考えられる中、上の層のサイバー空間・クラウド経由を主体とするアプローチと、他方で一部はクラウド等を活用しつつも、製造現場近くでのエッジ・コンピューティング力を中核にしてサービス提供を考える下の層からのアプローチの大きく2つがあると考えられ、現在、多くの企業がこの「ソリューション」の層におけるポジションの確保を目指してしのぎを削りつつある状況にあると思われる。

わが国の強みである強い製造現場を最大限生かし、エッジ・コンピューティング等の活用に AI 等を組み合わせる下からのアプローチ、あるいは強い製造現場とわが国有力 IT 企業等とが組み、魅力的なソリューションをつくり出すことにより、製造現場の一層の強化とわが国 IT 企業の競争力強化を同時に目指す上からのアプローチ、双方ともに有効なアプローチであると考えられる。

いずれのアプローチをとるにしても、日本の強みである「強いハードウェアや現場」を最大限生かして、AI や IT 企業と戦略的提携を図りつつ、いかにいち早く優れたソリューション提供を行うポジションを確保するか、特定の業務分野でソリューション提供のプラットフォームとなれるかが、第四次産業革命が進む今日、わが国製造業にとって重要となると考えられる。

徳増伸二

早稲田大学理工学部卒業・同大学院修士、ハーバード大学行政修士、MIT 経営修士、東京工業大学社会理工博士。経済産業省入省後、大学連携推進課、研究開発課、国際室長、産総研室長など産業技術関連部署を数多く経験。現在、経産省製造産業局参事官（デジタル化、産業システム担当）。