

Title	先進国の製造業の将来：何が語られているのか？
Author(s)	西尾，好司
Citation	年次学術大会講演要旨集，29：51-54
Issue Date	2014-10-18
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/12393
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

先進国の製造業の将来：何が語られているのか？

西尾好司（富士通総研／日本工業大学）

1. はじめに

ドイツが 2013 年 4 月に **Industrie 4.0** を発表し、製造業の将来についてのビジョンが明らかになったことから、日本では様々に取り上げられている。この **Industrie 4.0** の関心の高さは日本だけではなく、海外でも同様であるという¹。製造業の将来像について、欧米では様々な政策や関連するレポートが出されており、**Industrie 4.0** はその 1 つである。本報告は、先進国の製造業や **Manufacturing**（製造）の将来についてどのようなことが語られているのか、欧米のレポートのレビューを行うものである。

2. 欧米の製造業の将来に関連するレポートの概要

本章では、製造業の将来像について、どのようなことが考えられているのか、将来のビジョンやイノベーションに関するレポートなど、米国や欧州（EU、ドイツ、イギリス）の政策的な動きを概説する。

(1) 米国

米国では、2009 年 12 月の“A Framework for Revitalizing American Manufacturing”の発表まで、政策面で製造に対する関心は低かった²。オバマ政権の中間選挙での敗北により、政府では製造業の競争力や雇用に対する関心が高まった³。

2011 年から 2013 年にかけて、President’s Council of Advisors on Science and Technology や National Science and Technology Council など、政府から製造業の競争力強化やイノベーションに関する様々な報告が行われた。2011 年 2 月に“A Strategy for American Innovation: Driving towards Sustainable Growth and Quality Jobs”⁴が発表され、同年 6 月“Ensuring American Leadership in Advanced Manufacturing”、翌 2012 年 1 月に“The Competitiveness and Innovative Capacity of the United States”、同年 2 月に“A National Strategic Plan for Advanced Manufacturing”、更に 7 月に“Capturing Domestic Competitive Advantage in Advanced Manufacturing”が発表された。オバマ大統領は、2013 年 2 月 13 日に、“Our first priority is making America a magnet for new jobs and manufacturing”というメッセージを発するのである。これらの報告や戦略では、Advanced Manufacturing（先端製造）の対象を示し、製造イノベーションを推進するためのイノベーション基盤、ビジネス環境の整備、人材育成の方向性を示している。新製品だけでなく既存製品においても、製造というプロセスのイノベーションが重要な領域と位置付けられた。

(2) EU

欧州では、EU が継続的に製造の将来に関するビジョンやロードマップを発表してきた。例えば、2004 年 11 月には“Manufacturing: A Vision for 2020”を発表し、2009 年には、European Factories of the Future Research Association が、環境及び人と協調することによる持続可能な製造、ICT 化やデジタル化により、ヴァーチャルで、インテリジェント化されたスマート工場を実現すること、適応性の高い製造機器、高精度製造や不良ゼロの製造のような高い生産性や材料効率性を実現する製造プロセスなど、戦略的な研究ロードマップ“Factories of the Future 2020”を作成している。

¹ R. Drath and A. Horch “Industrie 4.0: Hit or Hype?” Industrial Electronics Magazine, 8(2), 2014

² Council on Competitiveness が 2011 年 12 月発表した“Make: An American Manufacturing Movement”において、産業界でも同様であったと考えている。

³ 米国企業のリショアリングの拡大も重要な要因として挙げられる。

⁴ 先端製造分野の中に国防技術があり、2012 年 3 月 Institute of Defense Analyses が、広範な技術トレンドや各国の強さに関する分析レポート Emerging Global Trends in Advanced Manufacturing を発表している。

（３）ドイツ

ドイツでは、2006年に”iDEEN INNOVATION WACHSTUM”という2020年に向けたハイテク戦略を発表した。ここでは、気候変動・エネルギー、健康・食品、安全、輸送、通信分野を対象に、産業と科学のリンクを強化してイノベーションを推進することが定められた。通信分野では、重要なICTのトレンドや社会的な課題に焦点を当て、ICTの発展とビジネスの発展を融合し、ドイツ産業の新しい時代を導くことが位置付けられた。また、同年の”Nationaler IT Gipfel”（ドイツITサミット2006）において、Internet of ThingsやInternet of Services、E-Energyのプロジェクトが始められた。

関心を集めるIndustrie4.0は、2006年策定のハイテク戦略が2010年に改定され、新たな未来プロジェクトの1つとして2012年に始まった。AcatechとBoschのコーディネートにより、Smart Factory、Real Environment、Economic Environment、Human Being & Work、Technology Factorの5つのワーキング・グループを結成して検討が進められ、2012年10月に中間報告、2013年4月に”Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0”が出された。Industrie4.0では、物理的に機械などが個別に存在していた状態から、マイコンが組み込まれ、センサやアクチュエータが付加されたる組込みシステムの状態、インターネットによるネットワーク化、M2Mのように相互に接続される状態へ移行するという認識が示されている。

また、別の戦略的イニシアチブである”Smart Services”では、インターネットベースのサービスを対象とする。クラウドにより、スマート・サービス/プロダクトからデータからスマートデータを抽出して、製品やサービス、サプライヤとの関係やスマート・ファクトリの最適化につなげることを目的としており、今年に入りIndustrie4.0と連携して進めることになっている。

（４）イギリス

イギリスでは、2013年10月にGovernment of ScienceのForesightグループが、”The Future of Manufacturing: A New Era of Opportunity and Challenge for the UK”及び一連のEvidence Paperが出された。Evidence paperの中に”The Factory of the Future”が含まれている。このレポートは、製造業の将来に対して政府がどのような対応を取るべきかを提示したものであるが、製造業の将来について、①より早く、より反応よく、そしてよりカスタマに近い製造、②新市場機会の出現、③よりサステイナブルな製造、④ますます高度なスキルワークに依存する、4つが特徴として挙げられている。

3. 将来の製造業の方向性

前章で取り上げたレポート等で考えられている製造業の将来を概説する。製造現場では、機械同士のデータのやり取りやモバイルデバイスの利用など、オフィスほどICT化が進んでいなかった。モバイルやウェアラブル端末をユビキタスな汎用ツールとして、サプライチェーン、アセット、メンテナンスや生産の管理に使用される。製造・生産現場のデジタル化やNW化が拡大し、企業内のR&Dから、設計、製造、物流や消費までのプロセスやサプライチェーンマネジメントまでシームレスにつながり、工場や企業の境界を超えてつながる製造が想定されている。

（１）パーソナル化の促進

現在、マス・カスタマイゼーションが進み、消費者は様々な選択肢を獲得できるようになった。更に、個々のニーズに対応した製品やサービスを効率的・迅速に提供する個別化生産やマス・パーソナライゼーション⁵が進む。様々なセンサがデバイス、装置、衣服、機械に組み込まれ、M2Mなど広範にデータが活用され、診断や故障の予測などの状態のモニタリングや自己診断できる商品が普及する。そして、使用ベースでの料金設定のようなケイパビリティ・ベースの支払いが中心となる。

より正確で詳細なデータが集まり、消費者の好みや利用状況が明らかになり、自動遠隔管理、適切な装置の使用時間やコストの削減、デバイスソフトウェアの自動アップデートが可能になる。更には秒刻みのデータのやり取りにより、利用時でも、修理が必要な機械の利用の停止やより適切な利用方法にするためのフィードバック情報の提供等なども可能になる。こうしてサービスと一体化することで、製造のパーソナル化が一層進むことになる。

⁵ Peter Marsh は、”The New Industrial Revolution”(Yale University Press,2012)において、フランスの光学レンズ企業 Essilor 社が、一人の顧客に一つ眼鏡を製造し、2010年には1000万の独自の眼鏡を作り、200万が標準デザインとなっていることを紹介している。

（２）分散化される製造（Distributed Manufacturing）

途上国発のイノベーションが、先進国にとっての破壊的イノベーションになるリバース・イノベーションが指摘されている⁶ように、イノベーションが起こる場所はグローバル化、分散化するようになりつつある。製造でも、アフリカを含め全世界に広がるだけでなく、住宅地・都市部でも、環境・エネルギー・騒音などに配慮し、**Urban Production** と呼ばれるような製造が可能となる。分散化が進むことにより、サプライチェーンのパートナー同士のように他社との間での工場の立地共有化や **Cloud Manufacturing** のような考え方も提案されている。

また、CAD や 3D プリンタなどの設計・製造ツールが普及することで、家庭でも製造するモバイル・マニュファクチャリングが普及し、製造においても個人の活動が重要になる。個人も含め、様々なステークホルダーが、アイデア、設計、製造・生産に関与して共創が行われ、製造の場所や製造者が分散化された世界で製品やサービスの提供を行うことになる。デザインのプロセスが消費者にオープンになり、消費者自身がデザインすることが拡大し、生産者と消費者間で強い関係が構築され、消費者とニーズを議論し製品を設計・製造することも想定されている。

なお、再生可能エネルギーの普及により、製造場所や自宅やオフィスで発電が可能になると、分散化の動きは一層促進されることも考えられている。

（３）スマート・ファクトリ

パーソナル化の進展は、サプライヤの企業からみると、オーダーがその日ごとに変動するため、顧客の要求やその変化の激しさに対して、迅速・柔軟に対応できることが求められる。モデリングやシミュレーションが、あらゆる設計・製造プロセスに統合され、製品・デザイン・生産システムの安全性、工場のデザインやサプライチェーンの最適化や評価に活用される。

顧客関係のマネジメント、プロセスの制御、製品の評価、製造のシミュレーション、ロジスティックス、製品のトレーサビリティ、安全システムなどを含む機能間のデータの統合が実現される。また、生産現場と消費者がつながるようになる。そして、AI などにより適応力を持つリアルタイムな制御、高度な品質性能や製品の複雑な選択が可能になり、ヴァーチャルな世界と物理的な世界が融合する **Cyber-Physical System** の世界で、機械の構成自体も再配置可能に、自己最適化される（考える）製造が行われるようになる。

（４）物流・サプライチェーン

製造のフレキシビリティとは単に工場の機械の自動化・ICT 化や工場とオフィスがつながることなどで実現するのではなく、物流や働く人のフレキシビリティが必要となる。研究、設計、生産、サービスの境界が曖昧になり、研究からカスタマ参加に至るまで、サプライチェーンやバリューチェーンの分断化が進む。物流⁷に関しては、間際まで購入しない（直ぐに手に入れたい）消費者やオンラインでの取引が増大し、迅速なサプライチェーンを構築し、サプライヤやサブコントラクタ等と協働して、素早く消費者に製品・サービスを届けることが求められる。バリューチェーンや製品のライフサイクルを超えた新しく統合された作業の関係構築するために、設計・生産・組立などの空間上の再配置が必要となる。

（５）働き方

人と機械の関係（人を支援する機械、人とロボットが一緒に活動する場）のように人への配慮も重要な項目である。工場の現場でも、高齢化の進展と労働人口の減少を前提としている。そのため、高齢者が働きやすい環境作り、高齢労働者から若い労働者への知識移転の推進、ユーザフレンドリーな ICT ツールにより日常業務の支援が必要と考えられている。また、高齢者の労働への配慮は、一般の従業員の働き方のフレキシビリティの向上にも活用される。つまり、働く時間以外のフレキシビリティが求められる中で、新しい仕事・職場に入りやすいような支援が行われ、従業員は、より高度なスキルや遠隔操作に対応したスキルが求められる。

⁶ GE は Local Growth Team による、新興国や BOP 市場で現地に合った超音波診断装置や心電計の開発を、NOKIA や SAP は、アフリカや南アメリカで Living Lab による新サービス開発を進めている。

⁷ 米国の先端製造に関するレポートでは物流の記述は少ないが、Suzanne Berger は”Making in America: From Innovation to Market”(MIT Press, 2013)の中で、物流の重要性を指摘している。

4. さいごに

本報告で取り上げたような将来のビジョンは、サービスと製品を一体的に考えており、一企業レベルの活動では実現ができるものではない。そのため、ビジョンは国際的な連携、業界を超えた連携において、コミュニケーションツールとして活用されており、現在のビジネスにも積極的に活用されている。わが国でも、広い視点に立ったビジョンづくりが求められる。

(1) 標準化に向けた国際的な取り組み

異なる企業製の機械同士、工場と工場、工場と消費者などがつながり、ビジネス環境を構築していくためには、インターフェースが重要となる。ドイツや米国はそれぞれ、グローバルなデファクト・スタンダーを作るための取り組みを開始している。ドイツでは、Industrie4.0 Platform⁸が設立され、ABB、IBM、HP、IBM などのドイツ以外の企業も運営委員会のメンバーとなっている。また、Industrie4.0 の実現に最も重要と考えられている標準化について、DKE（ドイツ電気技術者協会）が、最初のドラフトとして、“The German Standardization Roadmap Industrie 4.0”を今年 4 月に発表した。

米国では、本年 3 月に Industrial Internet Consortium⁹が、AT&T、Cisco、GE、IBM および Intel により設立された。Internet of Things や Industrial Internet など、インターネットによるサービス（M2M や製造や生産のインフラも含め）に関する標準アーキテクチャの構築を目的に活動を開始している。IIC は、設立や活動には米国政府も関与している。設立企業以外にも、Microsoft や HP などの米国企業や日本企業も参加している。参加する企業の技術の接続性・互換性を検証するフレームワークやそのための Testbed の取り組みが行われている。

(2) 中小企業やベンチャー企業の重要性

参加している企業の多くが、既存の大企業ではあるが、中小企業やベンチャーの力を重要と位置付けている。つまり、アイデアがあれば、小規模企業による製造も実現でき、創業時からグローバル事業展開できる企業の出現（Born Global）し、小規模企業でありながら多国籍企業（Micro-Multi-Nationals）として活動できる時代となる。Long Tail Manufacturing と呼ばれるような、企業規模を小さく保ったまま規模の経済の実現が可能となり、高コスト企業でも専門商品による事業機会拡大が期待されている。

(3) 「工場」を超えた将来像の必要性

3 で概観したような将来像は、生産から消費者参加に至るまで、またサプライチェーンの全行程を、末端から末端まで、製造プロセスの能力を拡張することが想定されており、自働化やロボット、あるいは付加製造技術のような「ものづくり」に留まらない。製品を作るだけでなく、サービスを含むあらゆるものにインターネットを活用することが前提となっている。更に Industrie4.0 やイギリスの Future of Manufacturing における将来像は、ものづくりの現場の枠を超えて、サービスと製造が一体となったビジョンであり、大きくいえば 1 つの新しい産業社会像を描いているともいえる。そこでは、サプライチェーンや消費者との関係が、オフィスと消費者のつながり、オフィスと工場のつながりに限らず、工場と消費者とのつながりまで拡大している。あるいは物流の効率性もみている。

しかも、働き方にまで広げており、そこでは個人や家族、そして社会との関係が一層重要になる。Industrie4.0 において、社会的な課題として重要な分野を設定したのは、様々な市民グループ、NGO や労働組合などと議論することが念頭に置かれている。特に欧州では特にその傾向が強いが、様々なステークホルダーが参加して、イノベーションを進めることがビジョンの中に含まれている。

⁸ <http://www.plattform-i40.de/>

⁹ <http://www.iiconsortium.org/>