JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	次世代製造技術の研究開発 : ドイツの事例
Author(s)	澤田, 朋子
Citation	年次学術大会講演要旨集, 29: 947-950
Issue Date	2014-10-18
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/12602
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

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

２Ｊ１７

次世代製造技術の研究開発：ドイツの事例

○澤田朋子（科学技術振興機構）

1. 注目される次世代製造技術の研究開発戦略

複雑化する生産プロセスや日進月歩の技術革新など、現代の製造業は大きなチャレンジの中に置かれている。エネルギーやその他の資源など有限なリソースをどう利用していくか、ますます短くなるイノベーションサイクルにどう対応するかなど課題は多い。さらに、ドイツを始めとした先進工業国にとって、これまで主に安い労働力で組み立てを中心に行ってきたアジア諸国や南米諸国が技術力、イノベーション力を備えてきていることは大きな脅威である。また、急激に進む高齢化で将来の労働人口が減少することは避けて通れない事実となっており、国際競争力維持のためにも新たなコンセプト下で次世代の稼ぎ頭を生む努力が必要となってきている。このような背景を踏まえてドイツ連邦政府から 2011 年 11 月に出されたのが、産学官共同のアクションプラン「インダストリー4. 0」である。

ドイツ初の包括的科学技術イノベーション戦略「ハイテク戦略（2006 年）」は、2010 年に更新されて「ハイテク戦略 2020（～2015 年）」となった。同戦略の中で政府は、社会的な課題を解決するための 10 のアクションプラン[1]を順次策定した。 未来プロジェクトと名付けられたこのアクションプランを、10-15 年以内に実現すること目標にしている。そのうちの一つが、製造業高度化の試み「インダストリー4.0」という位置づけである。ドイツは輸出競争力のある、高度に個別化された製品を輸出することと、工作機械の輸出大国としてスマートファクトリの生産技術そのものを輸出する二段階の戦略（デュアル戦略）をもっている。生産プロセスの標準化をいち早く推し進め、世界中の工場で一番のカギとなる部分をドイツが握るというのが「インダストリー4.0」の真の目的である。

2. 第四次産業革命

「インダストリー4.0」とは、第四次産業革命の意で、 ワットの蒸気機関発明に代表される手工業から機械工業への転換「第一次産業革命」、電気を利用したベルトコンベアによる大量生産「第二次産業革命」、コンピュータ制御による IT 利用の「第三次産業革命」を経て、現在世界はグローバル化した新しいものづくりの時代にきているという定義から命名された。国によって定義は異なり、あくまでドイツが、工場や輸送システム、原料や生産プロセスをサイバー・フィジカル・システム（CPS）を通じて全世界にネットワーク化することを「第四次産業革命」と解釈している。第四次産業革命により、生産・エンジニアリング・設計・材料管理・ライフサイクル等の根本的な改善が期待されている。自動化され自立的に稼動する工場（スマートファクトリー）では、個別化生産や製品とサービスの一体化を実現できるとしている。

ドイツは、世界第 3 位の輸出国[2]（2012 年 1 兆 970 億ユーロ）で、うち機械、自動車、化学製品が 6 割を占める。また、組み込みシステム技術でも米国、日本についで世界 3 位の規模である[3]。ゆえにハード・ソフトともに第四次産業革命を起こすことのできる数少ない国の一つであるという認識から、市場のグローバル化は脅威である一方で、ドイツの企業にとっては大きなビジネスチャンスであるとの見方が優勢である。

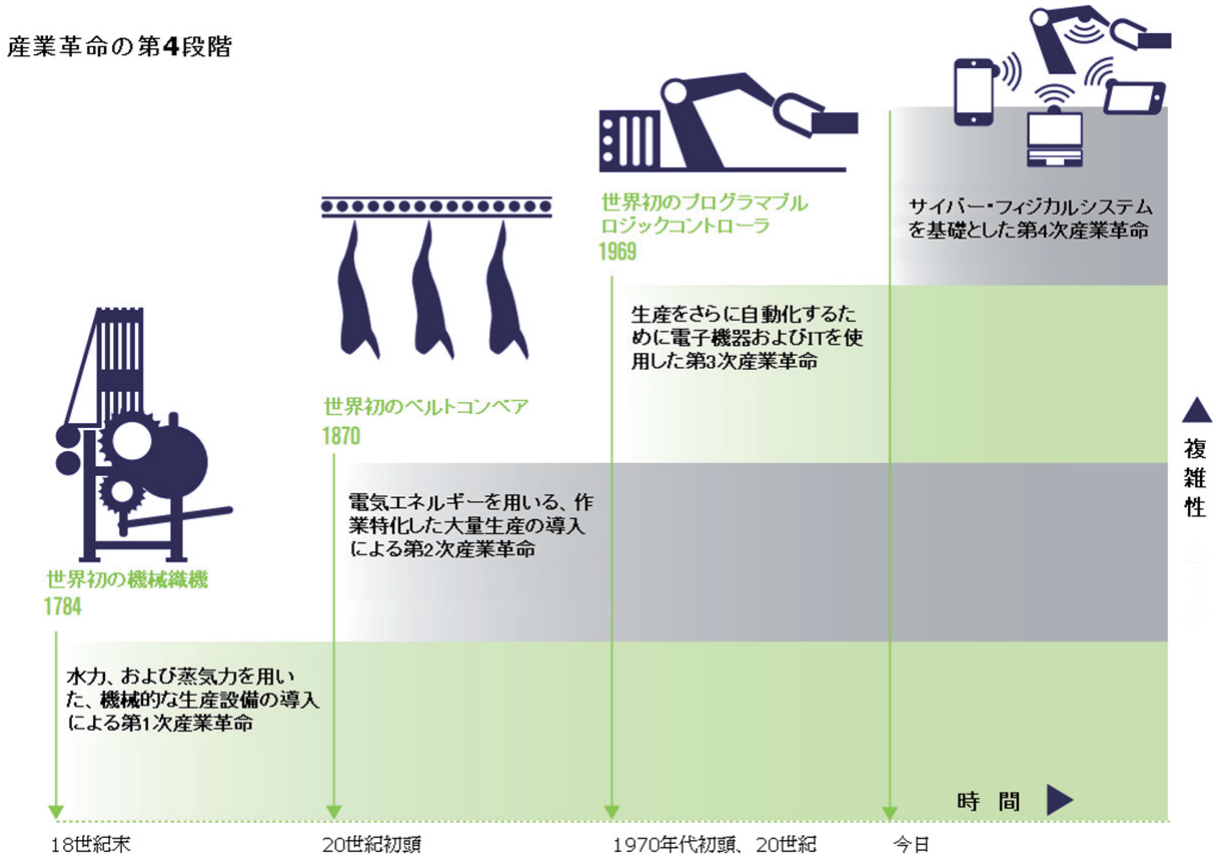
■ 産業革命の 4 段階

---

1 連邦教育研究省（BMBF）: Zukunftsprojekte der Hightech-Strategie（2012）
http://www.bmbf.de/pub/HTS-Aktionsplan.pdf

2 JETRO 調べ : http://www.jetro.go.jp/world/europe/de/

3 ドイツ電気・電子工業連盟（ZVEI）: Nationale Roadmap Embedded Systems（2009）



出典：Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie4.0/JST 改変

3. 「インダストリー4.0」推進体制

他の 9 つのアクションプランと比較して「インダストリー4.0」は、ドイツの主たる産業に関わること、雇用や経済成長など喫緊の課題を包含することなどから、政策としての優先度が高いとされている。産業界、アカデミア、政府、労働組合が力を合わせ、日本や欧米の先進国、BRICS など新興工業地域に先んじて製造業高度化のイニシアティブを握ろうと一丸となっている。ドイツ政府の助言機関である経済学術連合（Forschungsunion）主導で 2011 年末に組織された「インダストリー4.0 プラットフォーム」が研究開発に関する提言を行ったり、分野の俯瞰をした上でロードマップを発表している。ここには政府側から、教育研究省（BMBF）、経済エネルギー省（BMWi）と内務省（BMI）、産業界は各企業のほか、3 つの業界団体、ドイツ機械工業連盟（VDMA）、 ドイツ IT・通信・ニューメディア産業連合会（BITKOM）、ドイツ電気・電子工業連盟（ZVEI） 、学術界からは大学、大学外研究機関、工学アカデミー（Acatech）が参加している。 2013 年に「インダストリー4.0」実施勧告[4]、2014 年には各技術分野の開発テーマを俯瞰した白書[5]を出した。

他に「インダストリー4.0」政策の推進を支えているのが、公的研究機関であるフラウンホーファー応用研究促進協会（FhG）と、ドイツの労働組合である。FhG はソフトウェア、センサー、ネットワーク、集積回路、オートメーションなど多岐にわたる分野の研究で、大学および企業と連携し、研究主体あるいは橋渡しの機関として大きな役割を果たしている。「インダストリー4.0」は、工場のオートメーション化によって将来、雇用の減少につながるような研究開発であるといえる。にもかかわらず、このプロジェクトの成功により工場がドイツにとどまり、むしろ単純労働から人間が解放されて、質の高い労働内容に変容させるために労働経済、組織を発展させる可能性を労働組合が共に目指すという姿勢を

[4] Plattform Industrie4.0：Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie4.0 http://www.plattform-i40.de/sites/default/files/Abschlussbericht_Industrie4%200_barrierefrei.pdf

[5] Whitepaper：http://www.plattform-i40.de/sites/default/files/Whitepaper_Forschung%20Stand%203.%20April%202014_0.pdf

示している。後者がこのイニシアティブに賛同している意義は大変大きいと言われている。産官学に労組が加わり、まさにドイツが一つのチームとなっている様子が見て取れる。

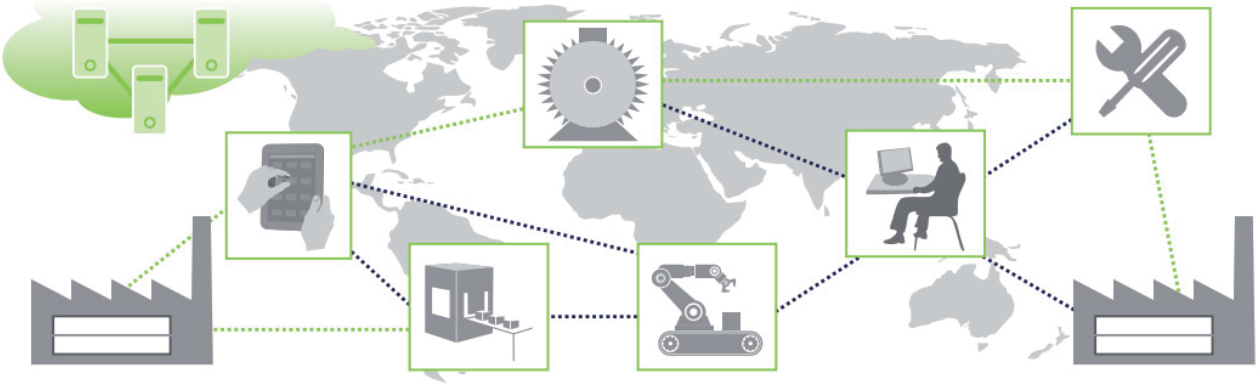
4. 「インダストリー4.0」のビジョンとデュアル戦略

BMBF が 2012 年に出した「インダストリー4.0 に関する計画書」[6]には、2025 年までに米国、中国を抜いて輸出世界第 1 位になるという目標が明記されている。「インダストリー4.0」では、スマートな考える工場の実現を目指しているが、簡単に言えば、(1) 全ての製品は製造に必要なデータを備え、(2) 製造工程の全ての機械がネットワークにつながり自立的に動作し、(3) 生産の状況に応じて機械、プロセスが適宜最適化されるということである。資源やエネルギーの無駄の少ない工場で、小ロットでも低コストの生産を可能にすることが期待されるのが未来のスマート工場である。

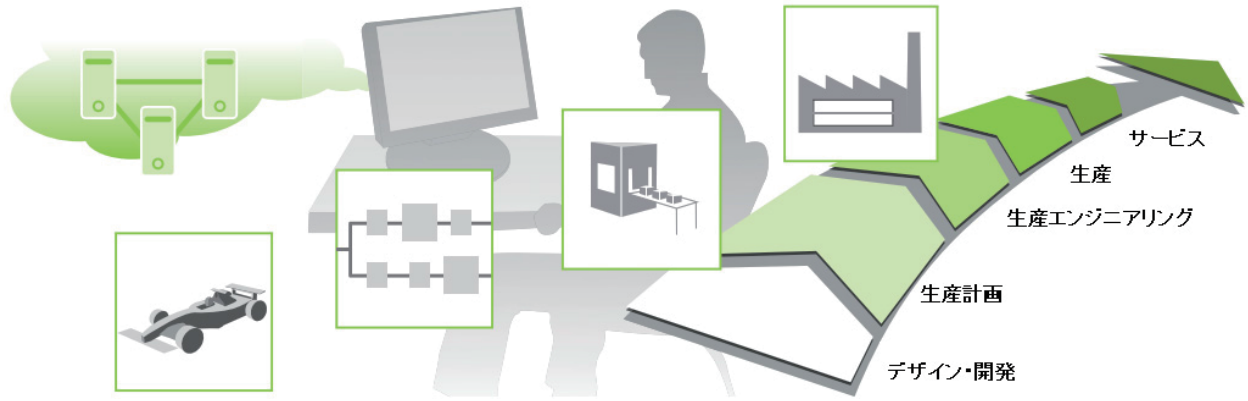
上述のデュアル戦略達成のためには以下の 3 つの要素が不可欠である。

- 水平方向（サプライチェーン）の統合をベースとする企業の垣根を越えた工場間連携
- 生産システムのデジタル化と一貫したエンジニアリング
- 工場内の垂直方向の統合における柔軟な生産システムの構築

■ 水平方向の統合



■ 垂直方向の統合



出典：Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie4.0

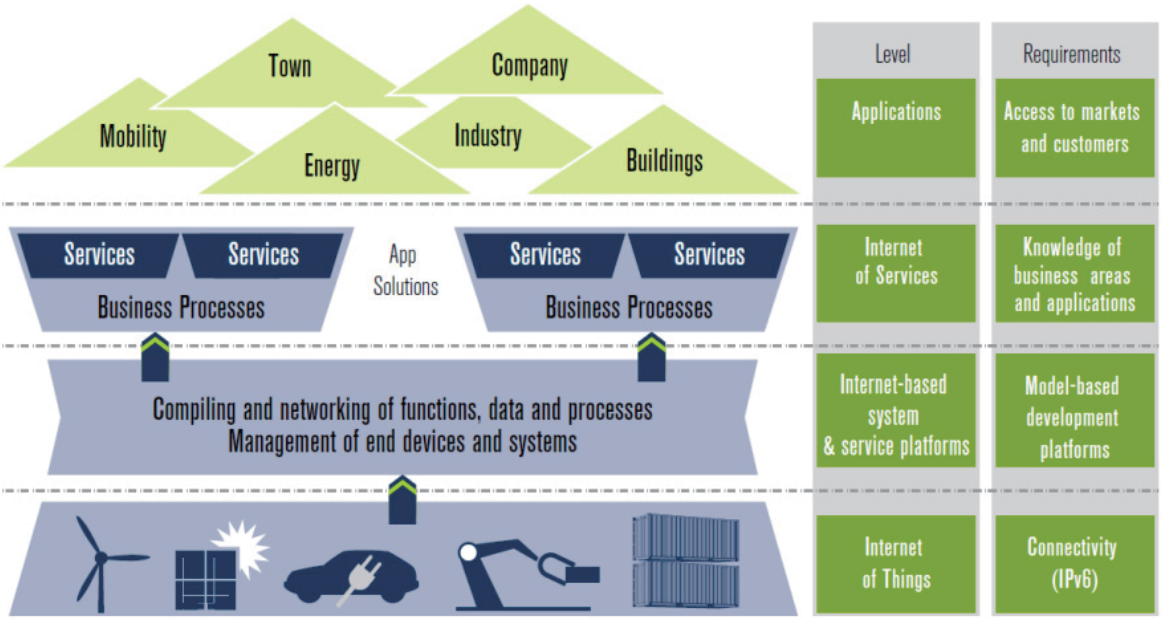
5. 標準化と技術開発分野

2013 年にドイツ電気技術者協会（VDE）が「インダストリー4.0」の標準化ロードマップ（Die deutsche Normungs-Roadmap Industrie 4.0）を発表。プラットフォームにおける標準化作業グループの作業を踏まえ、「インダストリー4.0 」を実現するにあたって重要な領域、とりわけ、オートメーション技術と IT 技術を中心に標準化についての提言を行っている。複数の工場をネットワークで結ぶには技術の標準化が必須で、相互にシームレスな仕様や実用段階の規則を「参照アーキテクチャ」と総称している。こ

6 BMBF：Zukunftsbild ”Industrie4.0” (2012)
http://www.bmbf.de/pubRD/Zukunftsbild_Industrie_40.pdf

のアーキテクチャ・モデルは技術的な中立性を保ち、生産現場におけるあらゆるシステム、サービスに搭載して利用可能とするものである。国際電気標準会議（IEC）では 2014 年 6 月に、「インダストリー4.0」のための戦略グループ（SG8）を設置、標準化の検討を本格化している。

■　レベル毎の標準化 参照モデル



出典：Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie4.0

インダストリー4.0 プラットフォームによると、生産と物流システムに適したサイバーフィジカルプロダクションシステム（CPPS）の開発のため、機械工学と設備工学の強みを活かし、自動化技術および情報工学の能力と統合することを中期的な目標にしている。さらに、センサー・アクチュエータ技術と、バーチャルな情報技術を組み合わせ、モジュール化して考える工場の実現を 2030 年ぐらいまで実現したいとしている。今後は、ネットワークのセキュリティ技術の確立が当面の大きな課題となるであろう。

6.　まとめ

ドイツのハイテク戦略は、一言で言えば「強いものをより強く」という政策である。すでに国際競争力のある産業をさらに強くし、いち早く世界のトレンドをリードする、これが現在のドイツ強さの源となっているのではないか。世界市場における地盤強化を進めるために、産官学が一体となって研究開発のスピードアップを計っている。シンプルな新概念は、何か新しいことが興りそうな期待感にあふれている。マイスター制度に代表されるように、技術をもつ者を尊重する伝統は、研究者のみならず若手の優秀な人材育成に生かされているといえる。忘れてならないのが、ドイツ国内のクローズマーケットだけではなく、EU そしてグローバル市場をにらんで積極的に標準化の検討をアクションプラン実施の初期段階から進めていることである。