



RIETI Policy Discussion Paper Series 16-P-009

インダストリー4.0を推進するドイツの国内事情及び国家目標

岩本 晃一
経済産業研究所



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所

<http://www.rieti.go.jp/jp/>

インダストリー4.0を推進するドイツの国内事情及び国家目標¹

岩本晃一（経済産業研究所）

要 旨

本稿は、「インダストリー4.0,ドイツ第4次産業革命が与えるインパクト,日刊工業新聞社,2015年7月,岩本晃一」出版後、新たに調査し、全国各地で行った講演のうち、「インダストリー4.0を推進するドイツの国内事情及び国家目標」の部分をPDPとしてとりまとめたものである。

ドイツでは、いきなりインダストリー4.0構想が出現した訳ではない。1989年の東西統一にまで遡って、インダストリー4.0構想の源流を述べている。また、機械がインターネットに接続されるIoTがあらゆる分野において世界的規模で進行するなかで、なぜ、ドイツは製造業の製造現場にスポットを当てた構想を打ち出したのか、国全体を挙げて推進するインセンティブは何か、ドイツの国家目標は何か、それらを調査した結果を述べている。

最後に、ドイツと対比した日本の状況を述べている。日本に関しては、IT投資に対する経営者の理解不足と、仮にIT投資を行うとしても新しいビジネスによる売り上げ増ではなく、コストダウンによる効率化に向かう傾向がある。そのため、世界中のあらゆる分野で進行しているIoT化の波に乗り遅れ、日本の製造業の国際競争力は益々世界から取り残されてしまう可能性が大きいとの指摘で終える。

キーワード：IoT、インダストリー4.0、プラットフォーム、インターネット

JEL classification: O10, O11, O20, O21, O22

RIETI ポリシー・ディスカッション・ペーパーは、RIETI の研究に関連して作成され、政策を巡る議論にタイムリーに貢献することを目的としています。論文に述べられている見解は執筆者個人の責任で発表するものであり、所属する組織及び（独）経済産業研究所としての見解を示すものではありません。

¹この論文は、RIETIにおけるプロジェクト「IoTによる生産性革命」の研究成果である。本稿の原案に対して、大橋弘教授（東京大学大学院経済学研究科）RIETI ファカルティフェロー/プログラムディレクター、経済産業省職員ならびに経済産業研究所ポリシー・ディスカッション・ペーパー検討会の方々から多くの有益なコメントを頂いた。ここに記して、感謝の意を表したい。

1. はじめに
2. ドイツでの議論の流れ
3. ドイツでの主要プレイヤー
4. ドイツで検討されている新しいビジネスモデル
5. ドイツが国家として目指す成長率及び生産性
6. ドイツがインダストリー4.0を推進する国内背景
7. ドイツの国内推進体制
8. ドイツ国内での実施状況
 - 8-1 研究開発の実施状況
 - 8-2 標準化の実施状況
9. 今後の推進見通し
10. EU内におけるインダストリー4.0の位置付け
 11. ドイツ経済を支える中小企業
12. 中小企業へのインダストリー4.0の導入法
 - 12-1. プラグ・アンド・プレイ方式
 - 12-2. テスト・ベッド方式
 - 12-3. リーディング・エッジ・クラスター； it' s owl
 - 12-4. 中小企業への導入の重要性
13. 低い日本の潜在成長率
14. 国際競争に負けている日本の製造業
15. IT投資に関する日本の経営者の常識は世界の非常識
16. 冷静で客観的な議論が必要な日本
17. 日米独の特徴
18. 新たに出現する巨大市場
19. さいごに

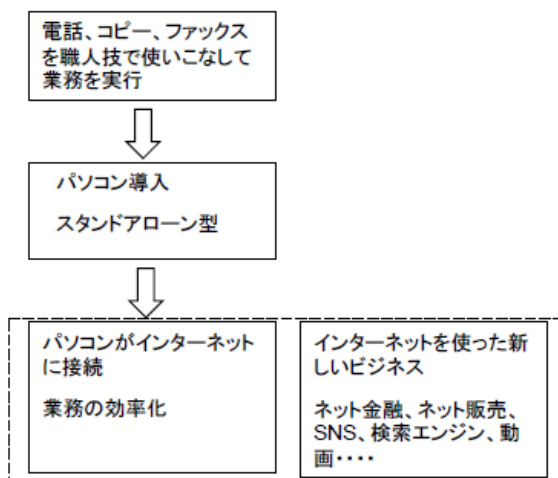
1. はじめに

まず、オフィスへのパソコン導入の歴史について振り返り、インダストリー4.0導入との類似性と対比したい。

筆者が社会人になった頃、先輩らからよく聞かされた話では、先輩らが若い頃は、コピーやファックスがなかったため、ゲラ版を刷り、人間が直接書類を届けたという。だが筆者が社会人になった頃は、電話、コピー、ファックスがあったので、それらを職人技で使いこなして仕事をした。やがて職場に大きなオフコンが入った。ワープロソフトはLPレコードくらいの大きさのフロッピーに入っていた。やがてオフコンに替わってパソコンが導入さ

れ、暫くして1人に1台が配られるようになった。その次に起きた変化が、パソコンがインターネットに接続されたことである。パソコンがインターネットに接続されたとき、それまでとは違った大きな変化が起きた。ガリ版からパソコンに至る変化は、業務に用いる「道具」の変化であり、「業務の効率化」による「生産性の向上」となって現れた。だが、だがインターネットに接続されたことで、ネット証券、ネット銀行、ネット販売、SNS、検索エンジン、動画、音楽配信など新しいビジネスが次々と産み出され、また端末機器もスマホやタブレットへと次々と進化し、それが企業の売上げを増やしていった。それらは「ネット革命」と呼ばれ、今やインターネットに多少なりとも関わる事業

で職を得ている人は恐らく日本国内だけでも数百万人いるだろう。(図表 1)



業務効率化による生産性向上 新規ビジネス創出プロセスのプロセス

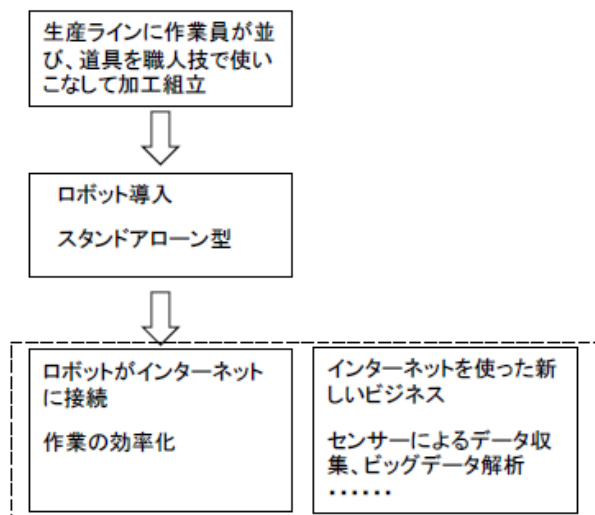
(図表 1) オフィスへのパソコン導入の歴史

実は、これと同じ変化が工場のなかでも進行している(実は、製造業だけでなく、医療、金融、物流、農業、建設などあらゆる分野でネット化が進行している)。かつて工業製品は職人が手作業で作る家内制手工業であったが、フォード社が考案したフォード生産方式により流れ作業で大量生産が可能となった。作業員がスパナを持ち、生産ラインに沿って順に並び、自分の担当箇所の作業を行い、次の人に渡した。やがて生産ラインにロボットが導入された。今、工場の中は、ロボットがスタンドアローンで使用されている段階である。そして今、ロボットがインターネットに接続されようとしている。すると、オフィスで起きた「ネット革命」と同じ革命が製造現場でも起きる。スパナからロボット導入に至る変化は、作業に用いる「道具」の変化であり、「作業の効率化」による「生産性の向上」となって現れてきた。ロボットがネットに接続された時点で、更に効率化され「生産性の向上」が見られるだろう。個々の機械設備が単独で稼働しているスタンドアローンの状態と比べて、ネットワークで接続されれば、全体が 1 つのシステムとして稼働できるため、単独では出来なかった数多くの新しい事が「自律的」かつ短時間で出来るようになり、全体が「最適化」されて「生産性」が大幅に向上するからだ。

だが、それだけでなく、インターネットに接続されたことで新しいビジネスが生まれる。現在想定されている新しいビジネスは、センサーによるデータ収集サービス、ビッグデータ・サービス、クラウドサービス、M2M サービスなどである。賢明な読者はお気づきのことと思うが、いま出現している新しいビジネスモデルは、製造メーカー

による「対事業所サービス」なのである。

パソコンがインターネットに接続されたとき想定された新しいビジネスは、電子メールとホームページの 2 種類でしかなかったが、今では、アプリ次第で無限のビジネスが生まれる可能性がある。それと同様、工場内のロボットがインターネットに接続されたことで産み出される新しいビジネスは、アプリ次第で無限の可能性もある。恐らく、企業にとって大きな利益をもたらすのは、「作業の効率化」よりむしろ「新しいビジネス」の方ではないかと思っている。後ほど述べるが、米国人は、いま躍起になって、新しいビジネスモデルの開発に取り組んでいる。生産現場の効率化でもたらされる利益よりも、遙かに大きいからだ。それは、かつて米国で、グーグル、フェイスブック、ヤフーなどが急成長したときの現象を、改めて再現しようという動きになっている。(図表 2)



作業効率化による生産性向上 新規ビジネス創出プロセスのプロセス

(図表 2) 工場へのロボット導入の歴史と今後の発展

ドイツ人がいう第 1、2、3、4 の産業革命とは、
 < 第一次産業革命 > ; 18 世紀末、水力や蒸気機関を利用した動力機関を用いて、それまで人間の力だけによって製造が行われていた工場内に、動力機械が導入された。
 < 第二次産業革命 > ; 20 世紀初頭、動力源は電力になり、フォード型生産方式が導入されて、ベルトコンベアによって流れ作業で、同一の品質の同一の工業製品の大量生産が可能になった。
 < 第三次産業革命 > ; 1970 年代に入ると、工場の生産ラインには、ロボット、工作機械などの製造設備が導入されて人間に取って代わり、厳しい現場産業が力強い動力を持った疲れにくい機械に置き換わっていった。
 < 第四次産業革命 > ; 21 世紀になるとインターネットが

整備され、工場内の機械もネットに接続され、ネットワーク化が完成する。第四次産業革命は、製造現場にモノとサービスのインターネット (Internet of Things and Services) が導入されることで出現した。インダストリー4.0が導入されたシステムでは、機械や記憶装置をスマート化し、それぞれが自律的に制御された製造装置が、自動的に情報を交換し、自動的に稼働する。製造される製品もスマート化され、製造の過去の経歴や現在の状態、最終的に完成品に至るまでの製造ルートが自動的に認識される。(図表3)

筆者は、ドイツがかつて「欧州の病人」と言われていたが、わずか十数年で「独り勝ち」と呼ばれるに至った要因を調査分析し、日本の「成長戦略」に活かそうとして、多くのドイツ人氣質に触れてきた。ドイツ人は、論理的に正しいと考えることを最後まで実行し、論理どおりの成果を出す。インダストリー4.0プロジェクトも、きっと彼らは時間を要してもやり遂げるだろう。



(図表3)ドイツ人が考える第1次から第4次までの産業革命

日本の自動車業界、電気業界、鉄鋼業界、化学業界など自社内に優秀なエンジニアを多く抱える大企業では、現時点でもネット化という世界の潮流に追随している。ただ、これら各社は、自社の工場内のシステムにのみ関心があるため、自社のシステムのノウハウが外部に知れるようなことには余り積極的ではない。ドイツでは自動車業界がインダストリー4.0に熱心であり、インダストリー4.0の研究グループのなかに入ってきて意見を述べているが、日本の自動車業界ではそうした動きは今のところはない。だが今後とも、これら各社は、自社内に抱える優秀なエンジニア集団で「ものづくりネット革命」の大きな波に乗って国際競争力を強化していこう。

かつてパソコンがインターネットに接続され、ネット革命と呼ばれるほどの大変革が起きた。グーグル、ヤフー、NTTドコモ、ソフトバンク、楽天、ニコニコ動画、フェイス

ブック、ツイッターなど多くの企業が成長し、音楽配信、ネット金融、ネット販売、SNS、検索エンジンなどの「対個人サービス」が大きく拡大し、我々のライフスタイルを劇的に変えた。今後は全ての機械がインターネットに接続され、ビッグデータ・サービス、クラウド・サービス、M2Mサービスなど「対事業所サービス」市場が大きく拡大する。その市場規模は、資金力がある企業が対象だけでなく、これまでとは比較にならないほど巨大である。製造メーカーは、工業製品を売るだけでなく、製品に付随するサービスを提供することで利益を上げる新しいビジネスが出現しようとしている。製造業がサービス内容で勝敗を決する時代に突入しようとしている。日本でも早めにその変革に備えた準備をした企業は、ネット化の波に乗って大きく羽ばたかろう。再び、グーグル、ヤフー、フェイスブックのような巨大企業に成長するベンチャーが出現すると私は予想している。

日本で世界の潮流に乗り遅れる可能性がある業界は、そうした世界的な潮流に無関心な企業である。にっちもさっきにもいかないようなところまで追い込まれないと動かない業界や企業も多いと思われる。

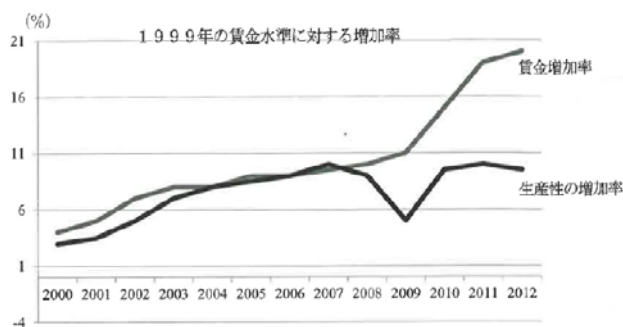
ある地方都市の講演会終了後の懇親会で、IoTについて会話をしていたところ、ある人は「この地域の企業は、IoTブームが早く過ぎて過ぎ去ってほしいと頭を低くして耐えている」とおっしゃった。また、ある地方自治体の幹部の方が、東京で聞いたIoTの話を持ち帰って役所の中で話をしたところ、あの人は東京で変な話を吹き込まれた、誰かに騙されたのではないかと、言われたとのことだった。だがかつて、オフィスにパソコンが導入され、やがてインターネットに接続され、それを使うビジネスが当たり前になってきた歴史を我々は経験している。当時、パソコンが怖くて使えなかった人は知らない間にどこかに異動し消えていなくなってしまった。いま、世界中であらゆる分野に押し寄せているネット化の波は、頭を低くして耐えてやり過ごせばよいというものではない。このネット化の流れに追随しなければ、単に世界から取り残されるだけなのである。

2. ドイツでの議論の流れ

1989年、ドイツは東西統一で生産性の低い東独を抱え込み、「欧州の病人」と呼ばれるほど経済がガタガタになった。だが、その後、ドイツ連邦政府によるマクロ改革である「シュレーダー改革」、地方政府によるミクロ改革である「産業クラスター政策」により、わずか十数年で「独り勝ちのドイツ」と呼ばれるまで経済再生に成功した。(注1)

だが、2010年頃になるとドイツでは、「シュレーダー改革」「産業クラスター改革」が既に飽和状態に達して生

産性の伸びがほとんど見られなくなった。一方、好調な経済成長の成果配分を求める労働者の声を反映して賃金は上昇し、両者の乖離が顕著になった。そのため、ドイツ政府は、今後の経済発展の原動力となる成長戦略を必要としていた。(図表 4)



(図表 4)ドイツにおける生産性増加率と賃金増加率の推移 出典)

欧州の競争力に学ぶ、経済同友会、2015年4月、No.2015-3

ドイツ最大のソフトウェア会社サップ(SAP)社のカガーマン会長がドイツ工学アカデミー会長に就任し、インダストリー4.0を提唱、これに、シーメンス、ボッシュ、フラウンホーファー研究所、アーヘンやミュンヘンなど主要工科大学、機械・電気・情報の業界団体などが賛同し、国家プロジェクトに採用され、2011年頃、ドイツ国内で議論がスタートした。

2013年4月、関係者が合意した所謂コンセプト・レポートと呼ばれる“Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE4.0, Final report of the Industrie4.0 Working Group, April 2013”を公表した。それが日本に伝わり、日本で大きな反響となった。

その後、ドイツは「標準化」や「研究開発」など具体的課題に取り組み始めが、上記レポートで提言した無人化全自動工場は技術的にかなり難しく、IGメタル(金属労働組合)による雇用機会を守る活動が活発化し、米国で出現しつつある新しいビジネスモデルに対抗しなければドイツは米国に搾取される可能性が出てきたことなどの状況変化により、基本コンセプトが大幅な見直しの段階にある。ドイツでは今、強い危機感の下で新しいビジネスモデルの議論が展開されている。IGメタルは、初の女性副代表が就任し、インダストリー4.0を推進しなければドイツの競争力が失われるとして推進派に参加し、第4次産業革命のなかで組合員の雇用を守るために積極的に発言している。

2015年4月、ハノーバメッセ2015において、IGメタルや商工会議所が新しいプラットフォームに参加するという発表があるなど、国内で理解が深まり、広がりが見られている。

日本人のなかで週刊誌や三面記事をよく読んでおら

れる方は、まるでドイツが日本に戦争をしかけてくるかのような誤った認識を持っている人がいるが、実際はそうではない。日本における本分野の議論は、まさに2015年頃頃から始まったばかりである。そのような時期、ドイツが日本に対してどのようなアプローチをとれば、ドイツにとって便益が高まるか、冷静に考えれば理解されよう。すなわち、日本陣営をドイツ陣営に取り組み、ドイツと協調行動をとるようになれば、ドイツにとってメリットが大きいがわかる。日本人関係者のなかにも、現時点でドイツと対立行動をとろうという人はいないと言ってよい。そうした日本人関係者の意識も、ドイツ陣営が日本陣営に対して協調行動を呼びかけている要因の1つでもある。(注2)

3. ドイツでの主要プレーヤー

ドイツでは数多くの企業・機関が参加しているが、主要プレーヤーを挙げると以下ようになる。(図表5)

- ・民間企業では、ハードウェア分野では工作機械・ロボットのシーメンス、部品のボッシュ、ソフトウェア分野ではサップ、そして以下の機械、電機、情報分野の3業界団体が参加している。

ZVEI ; German Electrical and Electric Manufacturers' Association

BITKOM ; Federal Association for Information Technology, telecommunications and New Media

VDMA ; German Engineering Federation

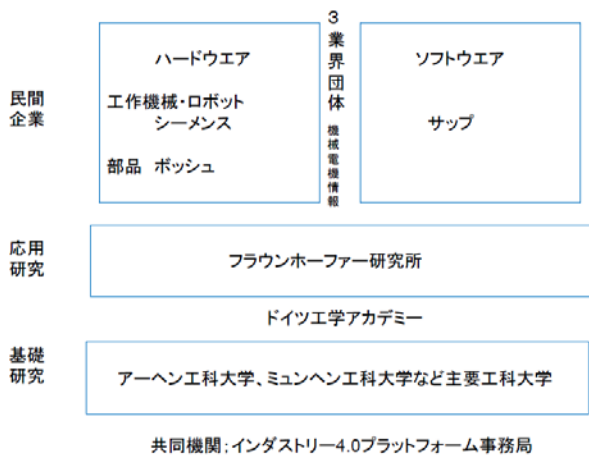
- ・応用研究分野では、フラウンホーファー研究所の役割が大きい。同研究所は全国に67ヶ所あるが、中心的な役割は、デュッセルドルフのIWU研究所、ストットガルトのIPA研究所である。インダストリー4.0による労働への影響に関する研究「Arbeiten4.0」では、ストットガルトのIAO研究所が中核的役割を担っている。

- ・学会では、ドイツ工学アカデミー(acatech)とミュンヘンクライス(Munchener CRIES)である。

- ・基礎研究では、ベルリン、アーヘン、ミュンヘンなどの主要工科大学が中心になっている。だが、最近では、ドイツ全国の工科大学に研究が広がってきている。

- ・プロジェクトに参加する全企業・機関の共同機関としてインダストリー4.0プラットフォームが設置されている。

- ・以上の活動を支えるドイツ連邦政府は、研究教育省と経済エネルギー省である。



(図表 5)ドイツ国内での主要プレーヤー(おおまかなイメージ)

4. ドイツで検討されている新しいビジネスモデル

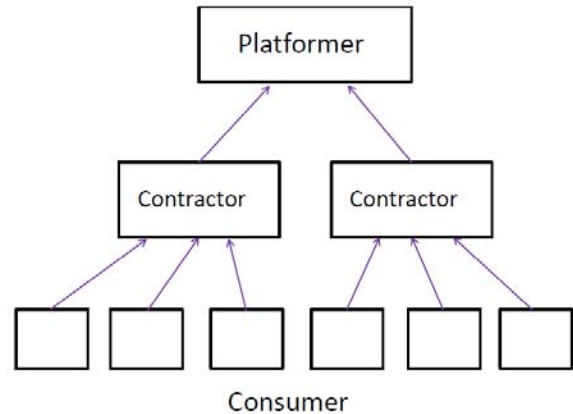
ドイツが 2013 年 4 月に発表した上記レポートでは、工場のなかは全自動化され、人間が 1 人もいないコンピュータ制御の生産現場を描いていたが、やがて、そのような全自動化工場は、技術的に無理であること、ドイツ国民の関心は別にあったこと、IG メタル(金属労組)から強い懸念の声が出されたこと、米国に搾取されないために対抗策を考えないといけない状況になったことなどから、現時点では、全自動化工場というビジネスモデルはほとんど存在していない。

ドイツ国民が共通の関心を持って全国各地で開発を進めたのは、「単品生産」「カスタマイズ生産」と呼ばれるビジネスモデルである。すなわち、消費者 1 人 1 人の要望に応え、世界に 1 つしかない製品を生産するものである。この方式では、生産ラインを流れる製品のどこかに IC チップを埋め込み、そこに消費者 1 人 1 人の要望を記憶させ、コンピュータ制御で、全製品が異なる生産過程を経るものである。この方式は、単に液体石鹸や香水のような瓶詰めするだけの製品であればさほど難しくないかもしれないが、自動車であれば、1 台ずつロボットに載せて工場内を移動しつつ組立てられることになり、技術的な困難度が高い。なかなかインダストリー 4.0 が実用化されない背景はここにある。

ところが、データ処理技術で優位性を持つ米国が、「プラットフォーム型」と呼ばれるビジネスモデルを追求するようになり、ドイツは最近になって、米国に対抗するビジネスモデルの開発に急ぐようになった。だが少なくとも私が知る限り、そうしたビジネスモデルは未だに見いだしていない。

「プラットフォーム型」という新しいビジネスモデルは、ビッグデータが利益の源である。可能な限り価値のある

多くのデータを集めた方がより多くの利益を手にする。プラットフォーム企業で働く人々が大きな収入を手にし、プラットフォーム企業間の勝者が大規模な利益を得る。モデルになっているのは、Google(総人件費 745 億ドル/社員 62000 人=1 人当たり平均 1200 万円)、Facebook(総人件費 179 億ドル/社員 12700 人=1 人当たり平均 1400 万円)などである。コントラクト企業は、プラットフォーム企業への対抗力がないので、コントラクト企業で働く労働者は、永続的雇用が失われ、最低賃金を享受し、コスト最小化という会社の都合で人事配置され、雇用は不安定化する。ドイツ人が恐れていることは、米国のプラットフォーム企業の下で、ドイツ企業がコントラクト企業となり、ドイツ人労働者が、少数の米国人の莫大な利益のために、悲惨で惨めな雇用環境に陥ってしまうことである。島国日本では、こうした危機感を持っている人は極めて少ない。(図表 6)



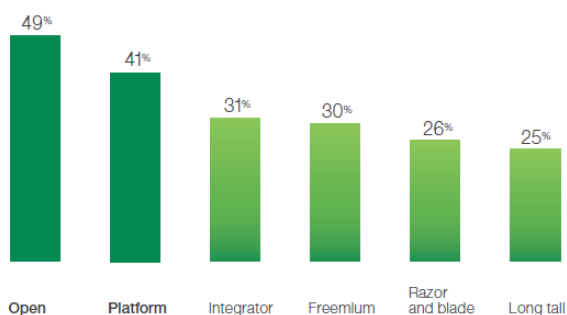
(図表 6) Consumer から Contractor へ、そして Platformer へとマネー及びビッグデータが吸い上げられる様子

IBM が行った調査 IBM Institute for Business Value(2015)によれば、回答した CxOs5, 247 人の 4 分の 3 が、これから生まれる新しいビジネスモデルは、「オープン型」「プラットフォーム型」と回答している。また、これまでの競争相手ではなかった企業が、別の産業分野から参入することが最大の脅威であるとも回答している。(図表 7)

実施;November 2015

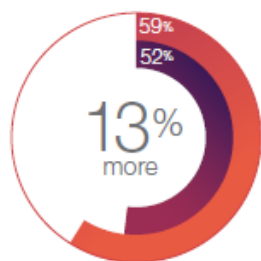
回答;70ヶ国以上、21 産業分野、5,247 人の CXOs から回答
個別面談も実施

Top forms: CxOs are focusing, first and foremost, on open and platform business models



“The biggest threat is new competitors that aren’t yet classified as competitors.”

Piotr Ruzowski, CMO, Mondial Assistance, Poland



More competition expected from other industries

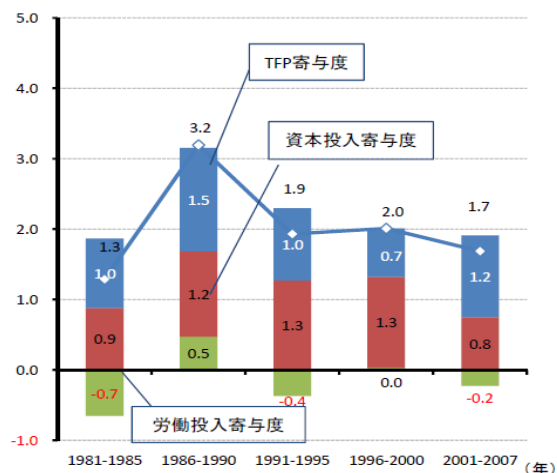
● Torchbearers ● Market Followers

(図表 7) IBM Institute for Business Value(2015)による調査結果(抜粋)

5. ドイツが国家として目指す成長率及び生産性

ドイツの2012年の人口は8,052万人、2002年が人口のピーク、その後、毎年約10万人ずつ減少している。合計特殊出生率は2013年1.38であり、日本(2014年1.42)より低く、日本よりも少子高齢化が早く進んでいる。そのため、2000年前後以降、潜在成長率に占める労働投入寄与度はマイナスになっている。(図表8)

(前年比寄与度、%)



(図表 8)ドイツの潜在成長率の推移 出典)内閣府

ハノーバーメッセ 2015 の第 9 回日独経済フォーラム(2015 年 4 月 15 日)の席上、ドイツ連邦政府経済エネルギー省ウーヴェ・ベックマイヤー政務次官は、「ICT 及びデジタル化の力を活用し産業を強くすることを目指した一連のプログラムにより、ドイツではバリューチェーン全体の効率を高め 5 年間で+18%の労働生産性向上を実現できる。」「デジタル化経済がメガトレンドとなる中、ドイツの国内企業も多くの課題を抱えている。調査によると 95%の企業がデジタル化の影響を受けると回答しているにもかかわらず、自社が十分に備えていると回答した企業は 3%に過ぎなかった。これらを解決する必要がある。」「インダストリー4.0 を含めたスマートファクトリーやスマートホームなどさまざまな新たなビジネスチャンスを創出する。関連する取り組みにより、経済付加価値は2013年から2025年にかけて年平均で1.7%成長し、2025年には4250億ユーロを生み出す。(注3)」「ドイツ企業は積極的な投資を行っており、今後、5年間にドイツ企業の売上高の3.3%をこの領域に投資する。これは現在決まっている設備投資予算の50%以上に上る。」と発言した。この発言は、ドイツのPwCが実施した調査分析に依っている。(注4)

6. ドイツがインダストリー4.0を推進する国内背景

強いドイツ経済を支えるのは「自動車、機械、電機及び中小企業の輸出」である。ドイツは下記に述べるように、その国際競争力を今後とも維持向上させ続けなければならない宿命にあるといえる。

1) ユーロ経済圏を守るべき立場にある。ギリシャ等経済力が弱い国や移民・難民への資金援助を行うには、ドイツが財政的な資金力を有することが絶対条件である。ドイツが財政的な資金力を失ったとたん、欧州は大変な

事態になる。ドイツの政治指導者は、その事情をよく理解している。

2) 景気が減速すれば、直ちに移民が職を奪っているとしてデモが頻繁に発生する。ドイツのなかでも経済状態が厳しい旧東独や北ドイツにおいては、現在既に、急速に流入する移民に対して反対するデモが起きている。フランスでのISによるテロを見てペギータと呼ばれる反イスラムデモも発生している。ドイツには急進的なネオナチと呼ばれるグループも存在している。

ドイツは、「欧州の病人」と呼ばれて以降の経済再生の課程で、多くの移民を労働力として受け入れてきた。その結果、国籍を変更した元移民、ドイツで生まれた移民の子供でドイツ国籍を持っている2世や3世など、元移民は国民の約2割にまで達している。

3) 人口減少・少子高齢化により潜在成長率に占める労働投入寄与度がマイナスになるため、設備投資とイノベーションで成長を続けられないといけない。

4) 少子化により熟練技能をもったマイスターが急速に減少している。早く熟練マイスターの有する技能を機械に伝承しなければならない。

ドイツでは、大学進学率が急速に高まり、最近では3割程度にまで達している。しかも少子化の進行により、デュアルシステム教育の下で、マイスターに進学する子供が急速に減少している。

5) 再生可能エネルギーの拡大により、電力価格が上昇している。

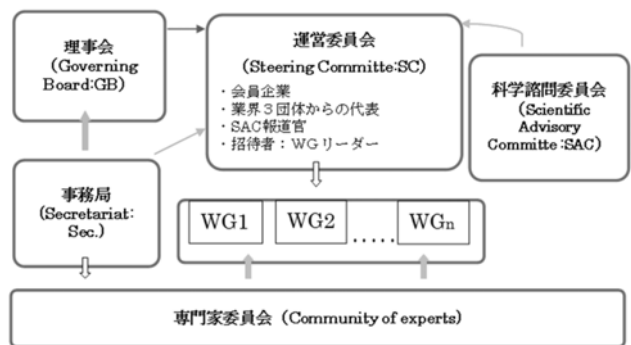
6) コストが安い旧東欧諸国に製造業が移転する圧力がある。かつてシュレーダーが政権を失ってでも守ったドイツの製造業であるため、移転を是が非でも防がないといけない。

7) アジア諸国の台頭がドイツの地位を脅かしつつある。

8) 米国の製造業が国内回帰し、本格的な競争力強化に取り組みつつある。

7. ドイツの国内推進体制

2013年、ドイツ国内にインダストリー4.0プラットフォームが設置された。運営委員会、理事会、科学諮問委員会、WG、事務局などから構成された。(図表9-11)



(図表9) インダストリー4.0 プラットフォーム

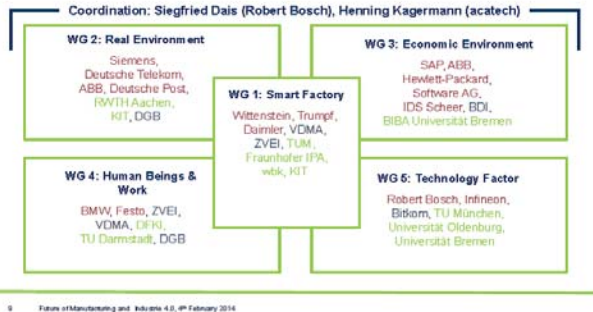
出典) Working Group(2013)

理事会 (GB)	運営委員会 (SC)	事務局
-ABBAG Mr. Peter Terwiesch President of the Governing Board	-Bosch Rexroth AG Mr. Olaf Klemm Director of the Industrie 4.0 project	-BITKOM (Federal Association for Information Technology, Telecommunications and New Media)
-Deutsche Telekom AG	-ABBAG	-VDMA (German Engineering Association)
-FESTO AG & Co. KG	-Deutsche Telekom AG	-ZVEI (German Electrical and Electronic Manufacturers' Association)
-Hewlett-Packard GmbH	-FESTO AG & Co. KG	
-IBM Deutschland GmbH	-Hewlett-Packard GmbH	
-Infineon Technologies AG	-IBM Deutschland GmbH	
-PHOENIX CONTACT GmbH & Co. KG	-Infineon Technologies AG	
-Robert Bosch Industrietreuhand KG	-PHOENIX CONTACT GmbH & Co. KG	
-Siemens AG	-Robert Bosch Industrietreuhand KG	
-SAP Deutschland AG & Co. KG	-Siemens AG	
-ThyssenKrupp AG	-SAP Deutschland AG & Co. KG	
-TRUMPF GmbH + Co. KG	-ThyssenKrupp AG	
-Volkswagen AG	-TRUMPF GmbH + Co. KG	
-WITTENSTEIN AG	-WITTENSTEIN AG	
-acatech (National Academy of Science and Engineering)	-BITKOM (Federal Association for Information Technology, Telecommunications and New Media)	
-BITKOM (Federal Association for Information Technology, Telecommunications and New Media)	-VDMA (German Engineering Association)	
-VDMA (German Engineering Association)	-ZVEI (German Electrical and Electronic Manufacturers' Association)	
-ZVEI (German Electrical and Electronic Manufacturers' Association)	-Darmstadt University of Technology	

(図表10) インダストリー4.0 プラットフォーム参加機関

出典) Working Group(2013)

Working Group Industrie 4.0
16 companies, 10 institutes, 2 trade unions, 4 trade associations



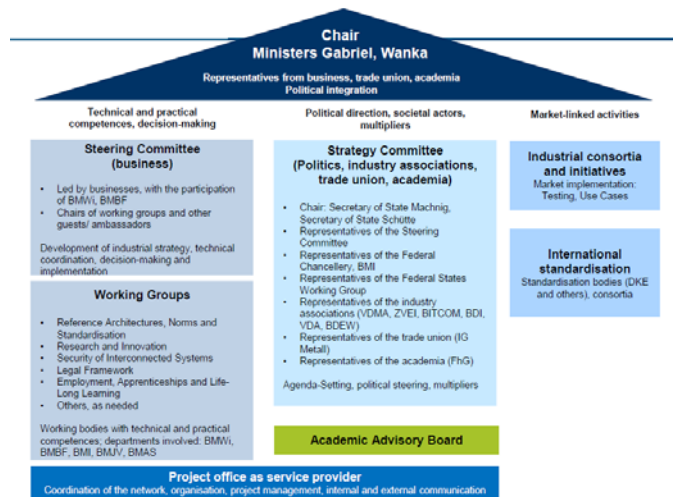
(図表 11) インダストリー4.0 ワーキンググループ
出典) Working Group(2013)

2015年4月、ハノーバーメッセ2015において、ドイツは、プラットフォームの改組を発表した(図表 12-14)。その特徴は、ドイツ連邦政府が参加すること、これまでインダストリー4.0に懸念を表名してきたIGメタル(金属労働組合)が参加することであった。ドイツ政府の参加は、国内でも利害関係の調整が難航し、より強力な推進役を必要としていたからであり、労働組合の参加は、インダストリー4.0の大きな流れを押しとどめることが出来ないと悟った労働組合が、中に参加し、ルール作りに最初から参加していきたいという意志表明と受け取れられている。



14. April 2015: (Re-) Launch of the Platform Industrie 4.0 with Minister Gabriel and Minister Wanka

(図表 12) 新しいプラットフォームメンバーの紹介
出典) 駐日ドイツ大使館提供



(図表 13) 新しいプラットフォーム体制 出典) 駐日ドイツ大使館提供

The Working Groups: Five thematic priorities



(図表 14) 新しいプラットフォームの下での新 WG
出典) 駐日ドイツ大使館提供

8. ドイツ国内での実施状況

現在、ドイツ国内では、研究開発と標準化の2つの作業が行われている。

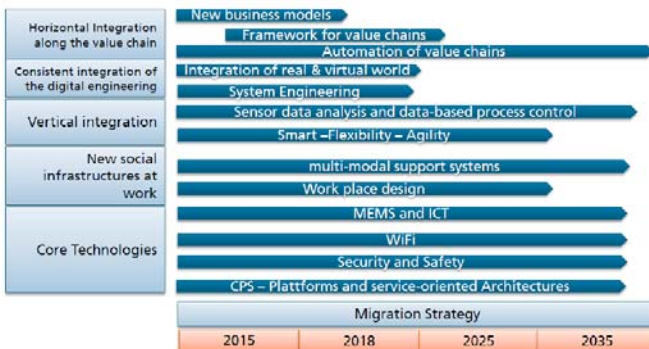
8-1 研究開発の実施状況

現在実施中のインダストリー4.0に関する主要な研究開発プロジェクトは以下のとおりである。

- サイプロス(SyproS); 2012年9月~2015年9月、所管; 教育研究省、予算; 560万€、概要; スマート工場に関連したCPSの運用方式及びツールの開発提供、参加企業、研究機関、大学の数; 21
- カパフレクシー(Kapaflexcy); 2012年9月~2015年9月、所管; 教育研究省、予算; 270万€、概要; 自律生産システムの実現、参加企業、研究機関、大学の数; 10
- プロセス(Prosense); 2012年9月~2015年9月、所管; 教育研究省、予算; 308万€、概要; 人工知能システムとインテリジェントセンサーに基づいた生産マネジメントの実現、参加企業、研究機関、大学の数; 9

○オートノミク(Autonomik for Industrie4.0)
 ;2013 年～2017 年、所管;教育研究省、予算;1 億€、
 概要;3-D、ロボット、自律制御システムの実現等 10～14
 のプロジェクトを予定、参加企業、研究機関、大学の数;
 未定

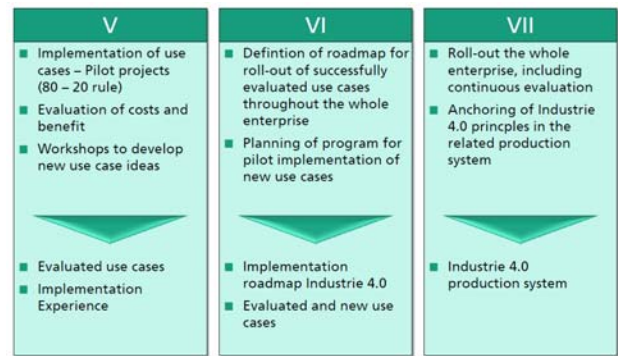
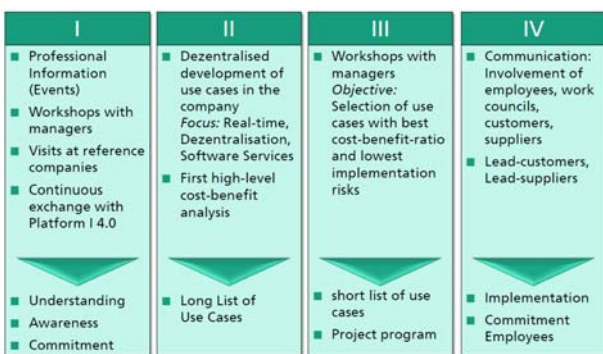
(図表 15)にプラットフォーム科学諮問委員会が策定し
 た 2035 年までの研究開発ロードマップを示している。ド
 イツ政府は 2020 年までに 10 億€以上の資金を研究開
 発に投じるとしている。



(図表 15) 2035 年までの研究開発ロードマップ
 出典)ドイツ・インダストリー4.0 プラットフォーム

8-2 標準化の実施状況

ドイツ・プラットフォームでは、通信プロトコールの標準
 化作業を行っており、現在は、その前提となるユースケ
 ース策定の段階にある。(図表 16)



(図表 16) ユースケースの作業工程表
 出典)ブラウンホーファー研究所

ドイツ・プラットフォーム事務局は、ユースケースの検
 討状況を問い合わせてもガードが堅く、検討結果は、
 2015 年 11 月 18, 19 日にベルリンで開催される IT サミ
 ットで公表するとしていた。昨年の IT サミットは外国人オ
 フリミットで、公表内容の入手には時間を要したが、「も
 っと明確な形でユースケースが出てくると思いきや、あま
 りにたいしたものではなかった」(科学技術振興機構
 JST 澤田朋子フェロー)、「この地図の目的はあくまでド
 イツ国内向けのプロモーション」(ジェットロベルリン平林
 孝之氏) (詳しくは、日刊工業新聞 2016 年 1 月 6 日版
 第 1 面参照)という期待外れだった。標準化の前提と成
 るユースケースでさえこうした状況なので、ドイツでの標
 準化作業は当初の想定どおりに進んでいないのではな
 いかと推察される。

9. 今後の推進見通し

ドイツは 2015～2035 年の 20 年計画でインダストリー
 4.0 を推進する予定である(図表 17)。



(図表 17) 2035 年までのインダストリー4.0 ロードマップ
 出典)駐日ドイツ大使館提供

(図表 18)は、Working Group(2013)に掲載されている取り組むべき課題である。現在、ドイツは、第1の段階にある。今後、取り組むべき課題は2~8もあることがわかる。

分野	概要
1. 情報ネットワークの標準化と参照アーキテクチャ	バリューネットワーク上の複数の企業が情報ネットワーク上で統合されることを念頭に、共通の標準とその標準に対応する参照アーキテクチャを作成する。
2. 複雑なシステムの管理	複雑な製造システムに関する適切な計画・説明モデルを利用し、システム管理の基盤を構築する。
3. 産業向けの網羅的なブロードバンド通信インフラ	信頼性が高く、網羅的かつ高品質な通信網の確立を目指し、ブロードバンドインターネットのインフラをドイツ国内、およびドイツとパートナー国との間で大規模に拡張する。
4. 安全とセキュリティ	製造施設および製品そのものが人々と環境に害を及ぼさず、製造施設および製品、特にそれらに含まれるデータと情報の濫用と不正アクセスを防ぐため、統一されたセキュリティーアーキテクチャと単一の識別子の普及、トレーニングおよび専門能力の継続的な開発に向けた検討を行う。
5. 労働組織とワークデザイン	製造現場のスマート化によるリアルタイムでの制御や業務の内容、プロセスに変化に対応できるよう、各労働者への責任の移譲や個人の能力開花を図るため、参加型ワークデザインと生涯学習の普及に向けたモデルプロジェクトを立ち上げる。
6. トレーニングと専門能力の継続的な開発	労働者の職務と求められる能力の変化に対応できるよう、適切な訓練を施し、生涯学習および専門能力の継続的な開発を促進するため、モデルプロジェクトを立ち上げ、ベストプラクティスの共有を促進。また、デジタル技術を利用した学習方法の可能性も模索。
7. 規制の枠組み	新たな製造プロセスや水平なビジネスのネットワーク化に対応できる法規制とするため、企業のデータ保護、法的責任、個人情報の扱いなどを検討。また、企業活動の円滑化のため、ガイドライン、モデル契約書の策定、監査に関する企業協定などのあり方を検討。
8. エネルギー効率性	製造業における原材料とエネルギーの大量消費は環境および資源の安定供給の脅威となる。Industrie 4.0を導入し、資源生産性と効率性を向上させるには、製造業のスマート化に必要な追加投資とそれにより生み出される節約効果を計算し、比較する必要がある。

(図表 18) 取り組むべき課題 出典) Working Group(2013)

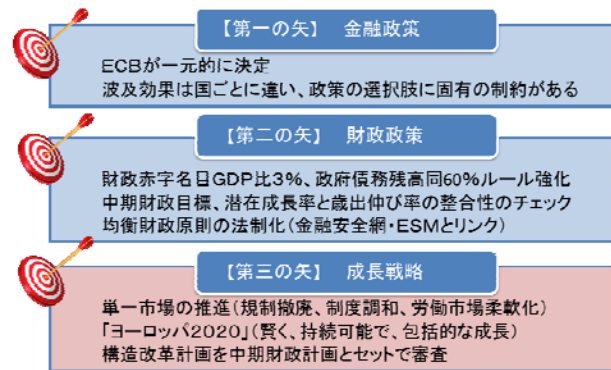
だが、この表のなかには、中小企業対策が盛り込まれていない。2013年の時点で、ミッテルシュタンドにインダストリー4.0を普及させなければならないと考える人が、ほとんどいなかったのであろう。だが、以下に述べるように、2013年の計画には載っていなかった中小企業向けに普及させる施策が、今のドイツでは大きな 이슈となっている。

この点にも、ドイツ人特有の気質、すなわちまずやってみて、まずいことが発生したらその都度、議論し、軌道修正すればいいじゃないか、なによりもスタートすることが重要、という考え方が反映している。これまで、このようなやり方で、多くの困難を乗り越えてきたという自信があるのであろう。日本人の「石橋を叩いても渡らない」という気質とはかなり異なっている。

10. EU内におけるインダストリー4.0の位置付け

欧州安定メカニズム(ESM)により、ギリシャ等の国庫

に資金を提供し、欧州金融危機は一旦は落ち着いたかに見えてはいるが、産業基盤がないギリシャ等では、抜本的な再生には至っておらず、単に問題を先伸ばしただけでしかない。そのため、現在、EUでは、日本と同様、第1、第2、第3の矢を議論中である。だが、第2の矢「財政出動」は、ドイツが財政健全化重視の姿勢を崩しておらず、未だ検討中の段階。(図表 19-20)



(図表 19) EUで議論中の第1、第2、第3の矢 出典) ニッセイ基礎研究所



(図表 20) EUの10カ年の成長戦略「ヨーロッパ2020」の目標 (*) 90年水準からの温室効果ガス排出量20%削減、エネルギー最終消費量に占める再生可能エネルギー比率20%への引き上げ、エネルギー利用効率の20%向上

資料) 欧州委員会 出典) ニッセイ基礎研究所

第1の「金融政策」による「金利低下」、「ユーロ安」、「量的緩和」は、ギリシャ等経済力が弱い国を多少立ち直らせる効果はあるが、むしろ強いドイツを、もっと強くする効果が大きい。ギリシャ等が危なくなればなるほどマネーは安全なドイツ国債に流れる。

(参考) 国債格付けランキング

ドイツ 1位 Aaa 金利 0.4%

ギリシャ 30位 Caa1 金利 9.3%(総選挙直後)

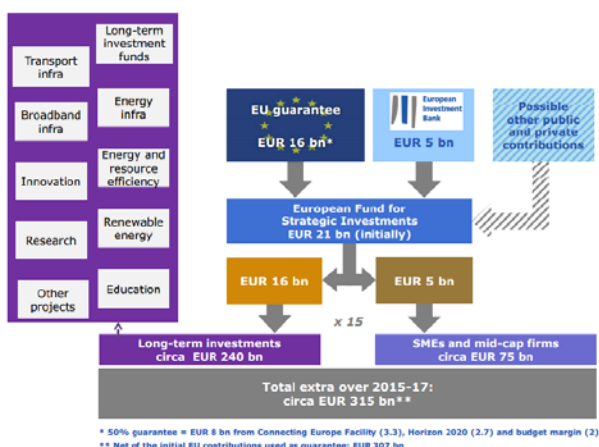
2016年1月22日に欧州中央銀行(ECB)が発表した量的金融緩和策についても、ECB 総裁は、「ギリシャの国債も買う」と発言しているものの、各国の出資比率に応じて国債を購入するため、出資比率1位のドイツ

25.27%に最もマネーが供給されると見られている。

第3の矢「成長戦略」により、EU 全域に、ブロードバンド通信網などを整備し、産業の発展基盤のためのビジネスインフラを形成することを検討している。EU 全体の潜在成長率の向上が目的である。

ドイツ国内及びドイツ以外の EU 各国に、EU の予算でインダストリー4.0 の発展基盤を形成するものと考えられている。ドイツのインダストリー4.0 を支援するとともに、ドイツ以外の国にもインダストリー4.0 の恩恵を広めようとしているものと思われる。

(図表 21)は、ユンケル欧州委員長が提案した 3150 億ユーロの投資計画「欧州戦略投資基金(EFSI)」である。



(図表 21) 投資計画「欧州戦略投資基金(EFSI)」

1.1. ドイツ経済を支える中小企業

ドイツ人は自分の国を「中小企業の国」と呼ぶ。ドイツには古くから「マイスター」と呼ばれる高い技能を持った職人がいて、技術力の高いドイツ製品を作り、ドイツ経済を支えてきた。かつては、家内制手工業であったが、近代になると中小企業へと発展していった。彼らは社会からの尊敬を受けるだけでなく、ギルドと呼ばれる組合を作り、政治的発言力を持ち、自らの地位向上を図ってきた。ドイツの教育システムは、「デュアルシステム」と呼ばれ、世界的にも有名であり、職人養成コースが設けられ、充実した教育訓練を受けている。

戦後、西ドイツ市場が拡大していたので中小企業は国内市場を対象としていればよかったが、1989 年の東西統一により、西独に比べて生産性が約 1/3 の東独 2 千万人を抱え込み、経済がガタガタになり、「欧州の病人」を呼ばれた。そこでドイツは国を挙げて製造業、得に中小企業の輸出振興に取り組み、輸出主導による経済成長が定着した。当時、中小企業は生き残りをかけて

外国市場に積極的に進出していった。国際化に成功して売上げを伸ばした中小企業は「隠れたチャンピオン (Hidden Champion)」と呼ばれ、競争力を更に高めたが、国際化に対応できなかった中小企業は淘汰されていった(と聞いている)。

ドイツでは競争力のない中小企業は「ゾンビ企業」と呼ばれ、国民のなかにゾンビ企業を永らえさせようという発想自体がないため、銀行はとてつもなく冷たく、淘汰されていく。今、ドイツの中小企業の黒字化率はほぼ 100%に近いと言われている。

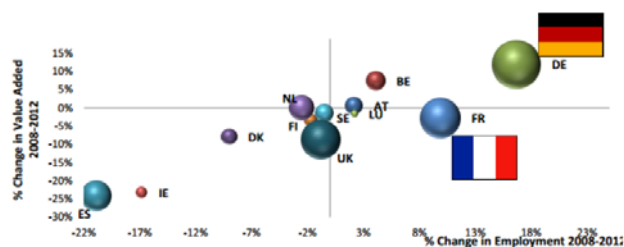
ドイツの中小企業は、大企業を凌ぐペースで成長し、欧州の他国と比べてもドイツの中小企業は付加価値及び雇用者数の双方で大きく伸びている。雇用を吸収し、失業率低下に大きく貢献したのも大企業よりむしろ中小企業である。このためドイツにおいて中小企業は国の経済の屋台骨を支えるという意味を込めて「ミッテルシュタンド (Mittelstand)」と呼ばれている。

ドイツの中小企業の特徴は、①外国指向が強い「隠れたチャンピオン」が圧倒的に多いこと、②それが大都市に集中せず全国各地に点在していること、③その ROA が高いこと、④Family owned company (家族経営、同族経営) が 95%と多いこと、である。全輸出額に占める中小企業の割合は日本は 2.8%であるが、ドイツは 19.2%である(2010 年)。ドイツ経済における中小企業の役割の大きさが、この数字からもわかる。

今、「独り勝ち」と言われるほど強いドイツの経済力は、「隠れたチャンピオン」と呼ばれる強い中小企業があってこそ可能である。そのため、中小企業にもインダストリー4.0 を普及させることが必須要件なのである。

EU は陸続きなので EU 域内への輸出を増やすことはさほど難しいことではないと言う人がいるが、統計データを見ると、EU 域内向け輸出はむしろ減少し、BRICS 向け輸出が増えている。ドイツの中小企業は BRICS まで出かけていって果敢に市場開拓をしたのである。

日本の中小企業の多くは大企業の下請であるため、ROA は低い、ドイツには系列がなく、中小企業は高付加価値商品販売するため、ROA が高いとされている。(図表 22-27)



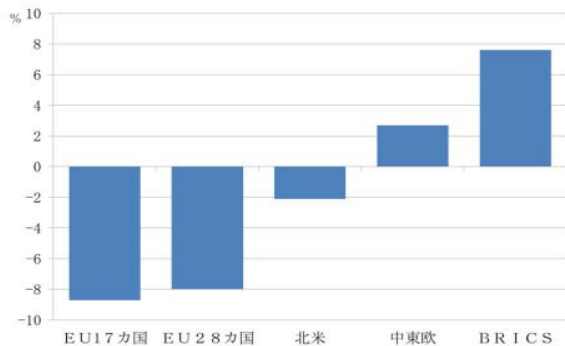
(図表 22) 欧州各国の中小企業の付加価値と雇用の増減率 (2008→2012年)

縦軸;付加価値の変化率 横軸;雇用者数の変化率
出典)ニッセイ基礎研究所

	日 本	ドイツ	フランス	イタリア	スペイン
輸出を行う企業の割合	2.8%	19.2%	19.0%	27.3%	23.8%
対外直接投資を行う企業の割合	0.3%	2.3%	0.2%	1.6%	2.1%

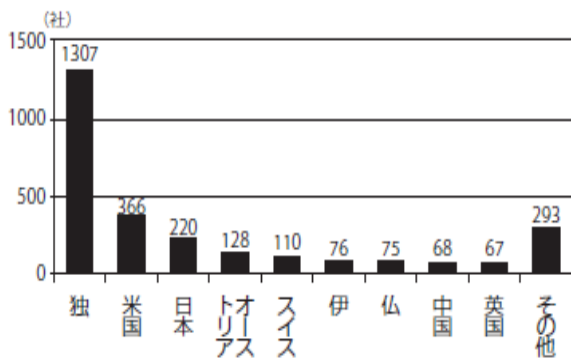
資料：経済産業省「2012年版中小企業白書」(経済産業省「工業統計」、総務省「経済センサス」を再再編加工)、欧州委員会(2010)「Internationalisation of European SMEs」から作成。
備考：本表の中では、日本の中小企業は従業員数300以下、EUの中小企業は従業員数250人未満。

(図表 23) 主要各国の輸出及び対外投資における中小企業の割合
出典)通商白書 2012



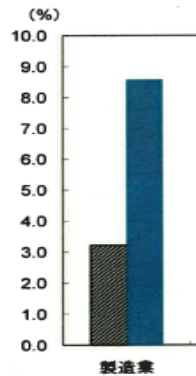
(注) 輸出シェアの変化 (資料) ドイツ経済技術省「国家改革計画2014」

(図表 24) ドイツの輸出相手国地域の変化(2000→2013年)
出典)ニッセイ基礎研究所



(注) 製品の世界シェアが3位以内か大陸シェアが1位の中小企業
(資料) Herrman Simon 'Hidden Champion of the 21st century'

(図表 25) 隠れたチャンピオンの数



(注)2004年~2007年の平均値。中小企業の定義は、日本は資本金1億円未満、ドイツは売上高5,000万ユーロ未満。

(資料)財務省「法人企業統計」、European Committee of Central Balance Sheet Data Offices. "Bach Data-base" によりみずほ総合研究所作成

(図表 26) 日独製造業の ROA の比較

	ドイツ	日本	米国
企業数	99.6%	99.7%	99.7%
被雇用者数	61%	62.8%	49.1%
付加価値	52%	49.3%	43.9%

備考：・中小企業：〈日本〉常用雇用者300人以下(卸売・サービス業は100人以下、小売・飲食業は50人以下)、又は資本金3億円以下(卸売業は1億円以下、小売・飲食・サービス業は5000万円以下)、〈ドイツ〉従業員500人未満又は年間売上高5千万ユーロ未満、〈米国〉従業員500人未満。
・〈日本〉2007年(付加価値)・2009年(企業数・被雇用者数)、〈ドイツ〉2012年(企業数)・2010年(被雇用者数、付加価値)、〈米国〉2007年(付加価値)・2010年(企業数・被雇用者数)。

資料：中小企業庁「平成24年版中小企業白書」、ドイツ経済技術省資料、BonnIfM 研究所、米国通商代表部、米国センサス局、OECD「Science, Technology and Industry Scoreboard 2011」から作成。

(図表 27) 各国の中小企業の定義 出典)通商白書 2012

12. 中小企業へのインダストリー4.0の導入法

ドイツのインダストリー4.0 関係者によれば、大企業・中堅企業は、インダストリー4.0 に大いに関心を有し、自主的に導入するであろうことはほぼまちがいないものの、大部分の中小企業は、インダストリー4.0 に関心を持っているものの、よくわからない、との理由でなかなか導入にまで至っていない。大企業は自社で抱える優秀で多くのシステムエンジニアの力でインダストリー4.0 をオーダーメイドで導入できる実力を持っているが、中小企業には難しい。中小企業が、インダストリー4.0 を導入するためにはどうすればよいか、ドイツでもまだ議論中であるが、Working Group(2013)などで、かつて議論された内容は、以下の2とおりである。

第1に、大企業を中心として、日本の「系列」のような企業グループ(サプライチェーン、バリューチェーン)を作り、そのなかに中小企業に入ってきてもらい、大企業のサポートを受けて、同じ企業グループ内で同じインダストリー4.0 を導入するという考え方である。日本には既に「系列」が存在しているため、ドイツ以上に中小企業

にインダストリー4.0を導入しやすい環境が整っていると
いえる。

第2に、中小企業が自分の力でインダストリー4.0のシステムを組み立てなくとも、「モジュール化」された低価格の機械を買ってきて接続さえすれば、原理はわからなくても、とりあえずインダストリー4.0が使える、というものの。例を挙げて説明するなら、ステレオを買うとき、経済力があり、かつ耳に自信のある人は、スピーカ、プリアンプ、メインアンプ、プレーヤーなど1つ1つ自分の耳で確かめながら、自分の好みの音を作り上げていくことができるが、資金力が余りなく、耳に自信の無い人は、とりあえずメーカーが用意したミニコンポーネントをセットで購入するようなものである。それぞれの機械の役割や原理がわからなくても、とりあえず音楽は聞けるという最低限の機能だけは持っている。だが、ステレオの例を挙げるまでもなく、「モジュール化」されたインダストリー4.0市場の方が、実は格段に市場規模が大きい可能性があるため、企業の勝敗を決するのは、実はモジュール事業であるかもしれない。それは例えて言うなら、自動車分野では、エンジニアとしてはフェラーリのような先端技術を織り込んだ機械を作ることに魅力を感じるだろうが、フェラーリ市場よりも小型車市場の方が遙かに巨大であるため、小型車市場が日本の自動車メーカーの収益を支えていることに似ている。それは以下に述べる「プラグ・アンド・プレイ方式」として開発が進められている。

今、新聞には、毎日のように、どこかの企業によるIoT導入に関する記事が載る。だがそれらは例外なく大企業である。私の知る限り、日本の中堅・中小企業において、生産現場に本格的なIoTシステムを全面的に導入したという事例は1社もない。その事情は、ドイツでも同じである。

今年3月にドイツの現地調査を行った際、ドイツには生産現場に本格的なIoTシステムを全面的に導入したミッテルシュタットは一体何社くらいあるだろうかと関心を持っていたが、ほとんど存在しない、ということがわかった。

また、今のドイツでの最大関心は、①インダストリー4.0が雇用にどのような影響を及ぼすか、②インダストリー4.0をミッテルシュタットに如何にして普及させるか、③インダストリー4.0を用いた新しいビジネスモデルとはどのようなものか、という3点であるということもわかった。

日本もドイツも、中小企業は全企業数の99.6～99.7%を占めていて、正に中小企業が国家経済を支える国なのである。そのため、両国において、中小企業へのIoT普及の程度が、その国でIoTが成功したか、失敗したか、という評価になると言っても過言ではない。

一部のドイツ人は、早くから中小企業対策の重要性に気づいていたようだが、全てのドイツ人が、この点に気

づいたのは、まだ最近である。2013年4月に発表されたレポート「Industrie4.0 Working Group, Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE4.0, Final report of the Industrie4.0 Working Group, April 2013」のなかには、「雇用問題」、「ミッテルシュタット」、「新しいビジネスモデル」といった項目は出てこない。2015年4月に発表されたレポート「Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0, Umsetzungsstrategie Industrie4.0, BITKOM/VDMA/ZVEI, April 2015」の中に、ようやく、「雇用問題」と「新しいビジネスモデル」という項目が見られるが、依然として「ミッテルシュタット」の項目はない。ドイツ連邦政府により、中小企業向けにデジタル技術を普及させようとする「Mittelstand Digital」プロジェクトがスタートしたのは、2015年に入ってからである。だが、その政策の規模を見れば、ドイツ政府の本気度がわかる。

日本でもドイツでも、中小企業にIoTが導入されていない要因は、「よくわからない」の一言に尽きると言っても良い。「よくわからない」には2とおりの意味があり、1つめは、「技術が難しくてよくわからない」であり、もう1つは、「自分の会社にどのようなメリットがあるのかよくわからない。」という問題である。

ドイツは、そのハードルを越えるために、テストベッドを中小企業の参加の下で共同開発することにした。ドイツでは、連邦政府が予算を支出するかたちで、「ミッテルシュタット4.0プロジェクト」というプロジェクトが進められている。それは、インダストリー4.0を組み込んだ中小企業向けの生産ラインを作り、周りの中小企業に研究開発に参加してもらって技術ノウハウを蓄積してもらい、また開発に参加しない中小企業にもデモ用生産ラインに来訪してもらって、触って、使って、その良さを実際に体験してもらおうというものである。それを、去年末から本年始にかけて、全国に5カ所作った。最終的には全国30数カ所に作る予定としている。しかも、国が補助金を出すだけでなく、企業どうしが自主的にテストベッドを開発する地域もあり、テストベッド方式が国全体に急速に広がりつつある。

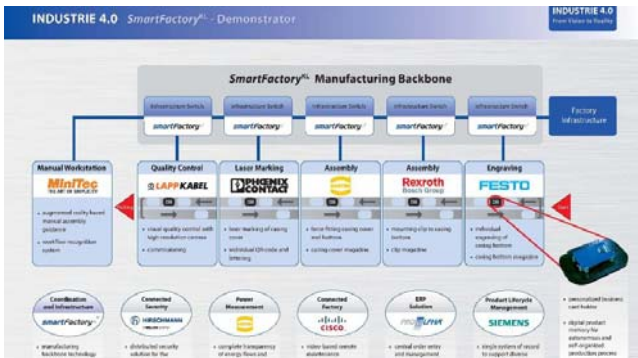
12-1. プラグ・アンド・プレイ方式

ドイツのスマートファクトリーKLのデトレフ・ツュールケ教授は、中小企業に導入されるインダストリー4.0は、モジュール化され、REGOブロックのように、簡単にばらしたり、組み立てたり出来なければならない、と主張する。電化製品をコンセントに差し込めばすぐに使えるのと同様、インターネットの接続プラグに差し込めば、直ちに使用できる、という意味で、「プラグ・アンド・プレイ」(Plug and Play)方式と呼ばれる。すなわち、中小企

業への導入を目指すインダストリー4.0 は、全体的性能は大企業が自社ニーズに合わせて特注で設計導入するシステムには及ばないものの、基本機能は揃っていて低価格であり、かつ、原理がわからなくても、機械を取り替えて簡単に接続でき、すぐにインダストリー4.0 を使えるものであるべきと主張する。(図表 28, 29)



(図表 28) デトレフ・ツールケ教授
REGO ブロックによりモジュール化された工場を体現している



(図表 29) 多くの企業が開発に参加 出典)スマートファクトリー-KL

ハノーバーメッセでは 2011 年以降、インダストリー4.0 に関する展示を行っており、今年で 5 年目である。今年、2015 年 4 月 13~17 日、'Integrated Industry - Join the Network !' をテーマに開催された。そこでデトレフ・ツールケ教授は PILZ, FESTO, Rexroth, HARTING, PHOENIX, CONTACT, LAPPKABEL, MiniTec など各社の機械を、モジュールを介してネットワークで接続したデモ工場を展示した。モジュールにはプラグを差し込むだけの状態となっており、「Plug and Play 3 Minutes Swap」のキャッチフレーズで、機械を入れ替えてプラグを差し込めば直ちに接続されて機械を使用でき、それに要する時間は 3 分間というプラグ・アンド・プレイ方式を体現したデモ工場であった。上述した各企業は、スマートファクトリー-KL での開発に参加している企業である。

(図表 30-33)



(図表 30) ハノーバーメッセ 2015 スマートファクトリー-KL によるデモ工場 各機械が容易に入れ替え可能な状態になっている



(図表 31) ハノーバーメッセ 2015 スマートファクトリー-KL 3 分で入れ替えができるとアピールしている



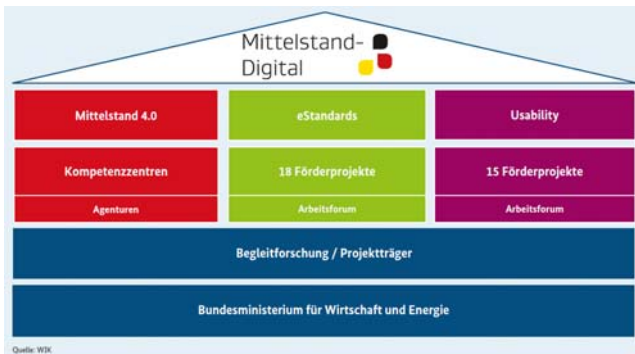
(図表 32) ハノーバーメッセ 2015 スマートファクトリー-KL によるデモ工場 各機械どうしを接続するモジュールをデモ用に大きくしてある



(図表 33) ハノーバーメッセ 2015 スマートファクトリーKLによるデモ工場 モジュールはプラグを差し込めば直ちに接続可能なプラグ・アンド・プレイ方式

12-2. テスト・ベッド方式

Working Group(2013)を策定する際には、議論がなされていなかったが、中小企業への導入を促進するため、2015 年当初頃、ドイツ連邦政府経済エネルギー省は、中小企業への IT 導入を促進する「Mittelstand-Digital」(中小企業デジタル)政策を開始した。そこには、Mittelstand4.0, eStandards, Usability,・・・など全部で9つのプロジェクトがある。(図表 34, 35)



(図表 34)「Mittelstand-Digital」の全体像
出典)ドイツ連邦政府経済エネルギー省



Gruppenfoto der Abschlussveranstaltung des „Kompetenz-Netzwerks für Unternehmen“

(図表 35) 中小企業デジタル政策の参加メンバー
出典)ドイツ連邦政府経済エネルギー省

(図表 36)は、中小企業デジタル政策の実施場所マップであり、たとえば、eKomponentz-Network 38 クラスタ、eStandards 16 プロジェクト、Usability 13 プロジェクトなどとなっている。

中小企業デジタル政策のうち、中小企業の製造工程への IT 導入を進めるプロジェクトは、当面、「Mittelstand 4.0」, 「eStandards」, 「Usability」の3プロジェクトから開始。

- Mittelstand 4.0 : Digitale Produktions- und Arbeitsprozesse
- eStandards : Geschäftsprozesse standardisieren, Erfolg sichern
- Usability : Einfach intuitiv - Usability für den Mittelstand

このうち、製造技術を扱う「Mittelstand 4.0」は、まず以下の5ヶ所でスタートする。開始時は、2015 年末から 2016 年初にかけてである。

Bundesweite Präsenz der Projekte
des Förderschwerpunkts Mittelstand-Digital

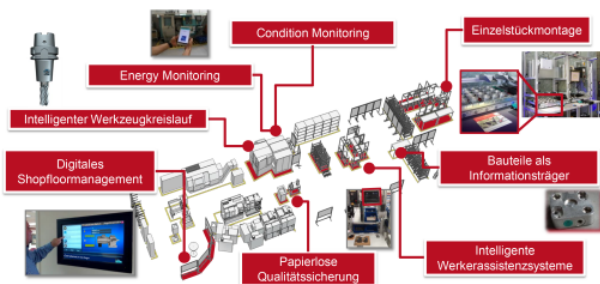




(図表 36) 中小企業デジタル政策の実施場所マップ
出典)ドイツ連邦政府経済エネルギー省

- Berlin/Brandenburg unter der Leitung des Bundesverbandes mittelständische Wirtschaft, Unternehmerverband Deutschland e.V.
- Hessen (Darmstadt) unter der Leitung der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen.
- Niedersachsen (Hannover) unter der Leitung der Leibniz Universität, Produktionstechnisches Zentrum.
- Nordrhein-Westfalen (Dortmund) unter der Leitung des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik.
- Rheinland-Pfalz (Kaiserslautern) unter der Leitung des Technologie-Initiative SmartFactoryKL e.V.

このうち、ダルムシュタット工科大学においては、2016年2月に開催の Kon M4.0 で以下のテストベッドを公開した。(図表 37)



(図表 37)ダルムシュタット工科大学 2016年2月開催 Kon M4.0 公開したテストベッド

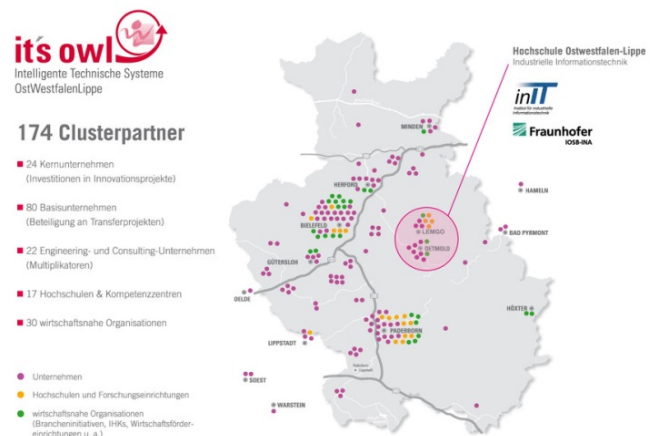
中小企業が多いドイツにおいて、中小企業へのインダストリー4.0の普及拡大を進めなければならないという事情は日本とまったく同じである。ドイツで進められている「ミッテルシュタンド4.0」プロジェクトは連邦政府が主導し、予算を付けて、国を挙げて進められており、中小企業向けのインダストリー4.0を組み込んだ生産ラインを作り、付近の中小企業に来てもらって、触って、使ってもらって、こんなにいいものだと思ってもらおうものである。そ

れをドイツ人は「テストベッド」と呼んでいる。去年末からこの年始にかけて、上述したように全国に5カ所作った。最終的には全国30数ヶ所に作る予定である。

12-3. リーディング・エッジ・クラスター； it's owl

ノルトライン＝ヴェストファーレン州(NRW)のオストヴェストファーレンリッペ市(OWL; OstWestfalenLippel)において、ドイツ連邦政府の予算を使った German Leading Edge Cluster; Industrie 4.0 it's owl projectが進められている。

ドイツ研究教育省は、2012年2月、先端クラスター(Leading edge cluster)コンペティションの選定結果として、「イツ・オウル(it's owl)」を選出した。そのため、イツ・オウル(it's owl)の組織形態及び活動内容は、産業クラスターとしての活動である。イツ・オウル(it's owl)は、人口知能分野における科学技術ネットワークである。そのネットワークのなかには、例えば、ベッコフ(Beckhoff)、クラス(Claas)、DMG 森精機、アカテン研究所(AKTIENGESELLSCHAFT)、ハーティング(Harting)、レンツ(Lenze)、ミーレ(Miele)、フェニックス(Phoenix)、コンタクト(Contact)、ワゴ(WAGO)、ヴィードミュラー(Weidmuller)、ウインコール・ニックスドルフ(Wincor Nixdorf)など地元の中小企業を含め計174社が参加している。(図表 38)



(図表 38) it's owl

ネットワークのなかでは、約1億ユーロの資金を得て、製造業でのオートメーション、人間と機械の協力、自動車の自動運転、家電のネットワーク化など45プロジェクトが実施されている。最も重要なプロジェクトは、「自己X能力(self-x capabilities)」プロジェクトであり、それは最

適化生産システムに関する研究である。イツ・オウル (it's owl) が産業クラスター組織として活動していること自体が最大の Industrie4.0 プロジェクトである(図表 39)。

ドイツの先端クラスター

2007年からドイツ連邦政府教育研究省が「ドイツ先端クラスター競争プログラム」を開始。

これまで3回の選考を実施し、15の先端クラスターを選抜。

同省から5年間で最大4,000万€が提供。

目的は、国際競争力を有する強い産業クラスターの形成。

(図表 39) ドイツ連邦政府研究教育省が実施中の先端クラスターの概要 出所) 各種資料に基づき岩本作成

イツ・オウル (it's owl) は、先端クラスターに選定される前の 2004 年には既に活動を開始していた。活動を主導したのは、オストヴェストファーレンリッペ (OWL; OstWestfalenLippe) 地域政府 (デッセルドルフから北東に 150km) であり、ノルトライン＝ヴェストファーレン (NRW) 州政府がこれに協力した。

オストヴェストファーレンリッペは小さくほとんど無名の町だが、同地域には、いくつかの有名な企業が存在している。ニックスドルフ (nixdorf) 社は 70 年代にドイツ国内第一位、世界第四位のパソコンメーカーだったが、シーメンスを経てフランス企業に買収され、ウィンコール・ニックスドルフ (Wincor Nixdorf) 社となっている。だが今でも地元では中核企業であり、大学に名前を冠した研究所を寄付するなど地元貢献も行っている。また、「隠れたチャンピオン (Hidden Champion)」であるベンテラー (Benteler) 社、ミーレ (Miele) 社、ベッコフ (BECKOFF) 社などもあり、イツ・オウル (it's owl) のスポンサー 22 社のうち 2 社が上場企業である。2012 年から 2016 年まで、連邦政府から 6 千万€、スポンサー企業から 4 千万€、計 1 億€で研究開発を実施している。

研究教育省の予算では、研究開発が可能であるが、商業品の開発は出来ないため、技術成果をスポンサー企業が自社に持ち帰り、商業化を目指すこととなる。先端クラスターとしての助成は 5 年間で修了するので、その先、EU の「ホライズン (Horizon) 2020」やドイツ政府からの助成などに応募すべく、ブダペストに本部を設置した。

2014 年 4 月、ハノーファー・メッセにデモ工場を展示した。製品に IC チップが組み込まれ、自分がどこに行くのか製品自身を知っていて、自分自身で工程の最後まで到達するというもの。また、工程の 1 回目は人間が実

行するが、それを機械が覚え、2 回目以降は自動的に工程が流れる。(図表 40-42)



(図表 40) ハノーバメッセ 2015 での it's owl の展示ブース



(図表 41) ハノーバメッセ 2015 での it's owl のデモ用生産ラインの展示



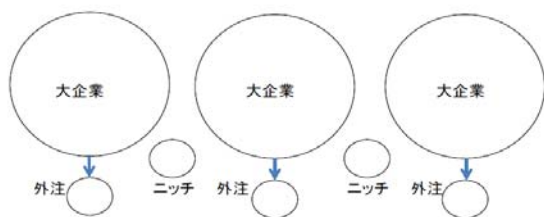
(図表 42) ハノーバメッセ 2015 での it's owl の展示のデモ用生産ライン (カスタマイズ生産) の展示

12-4. 中小企業への導入の重要性

日独の中小企業について、企業数、被雇用者数及び

付加価値を比較すれば、ドイツを「中小企業の国」と呼ぶのであれば、日本も立派な「中小企業の国」である。そのため、日本でも中小企業にインダストリー4.0を導入しないなどということは考えられない。だが日本の大手メーカーが開発するシステムは中小企業にとって高価格、高機能であり、使いこなせない。今のままでは、大企業だけにシステムが導入されて、ハイ終わり、となりかねない。日本企業全体への広がりが少ない状態になってしまう。日本には風土的にどのようなシステムが適しているのかわからないが、低価格・簡易機能版を開発しないと、中小企業への導入が進まない。

多くの日本人は、インダストリー4.0 というのは、大企業の話であって、中小企業には関係ないと思い込んでいる人が案外多いのではないかと思うが、実際はそうではない。インダストリー4.0 市場は巨大市場に成長することが予想されており、大企業だけでなく中小企業にも大きな恩恵がある。その主な分野は、①大企業が手を出さないニッチ市場、②大企業の外注先、である。(図表 43)



(図表 43) 中小企業が活躍できるインダストリー4.0 市場

まず、①ニッチ市場では、1)中小企業に低価格で簡易なシステムを生産販売する事業、2)その低価格システムを導入し、新しいサービスを顧客に提供する事業、である。

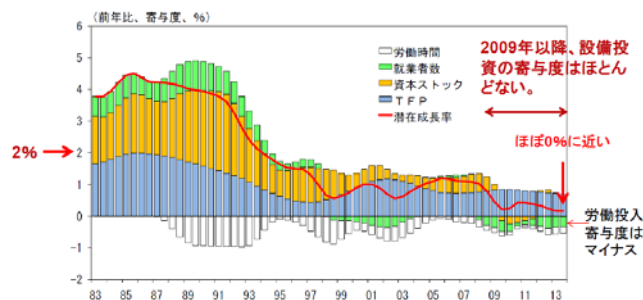
次に、②大企業の外注先では、1)ネットワークの端末機器、すなわちセンサー、ライブカメラ、計測器などビッグデータを収集する機器の生産販売、2)システムに組み込む部品の生産販売、3)ビッグデータ解析の周辺業務、すなわち、ビッグデータ解析の一部の受注、解析ソフトウェアの生産販売、ビッグデータ解析に必要なデータベースの生産販売、ビッグデータ解析用クラウド環境提供サービスなどがある。

1.3. 低い日本の潜在成長率

ドイツは日本よりも特殊出生率が低いにも関わらず、現時点での潜在成長率は約 1.7%である。一方、日本の直近の潜在成長率は、計測方法にもよるが、0.数%であり、0%に近い。ドイツと日本の差は、設備投資とイノ

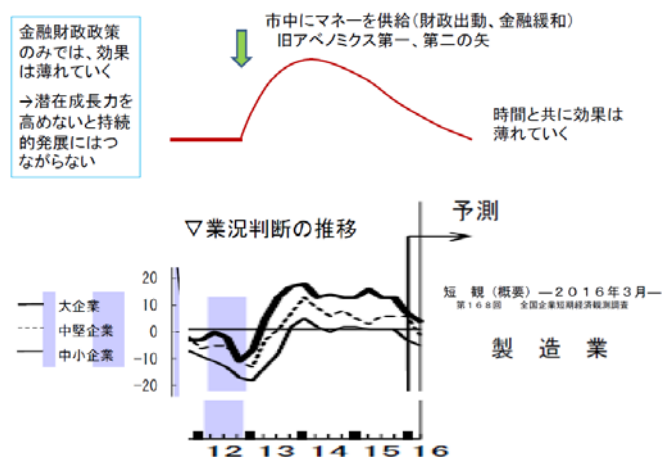
ベーションの差である。特に、日本では2009年以降、設備投資による寄与度がほとんどない。今後とも人口減少・少子高齢化が進む中、労働投入量はマイナスが続くと予想される。(図表 44)

新アベノミクスが目標とする GDP600 兆円を実現するためには、実質 GDP 成長率 2%が必要であり、そのためにもっと設備投資とイノベーションを増やし、ドイツを超える水準にまでもっていかないといけない。特に設備投資を増やす必要がある。



(図表 44) 日銀の推計による直近の日本の潜在成長率 出典) 日本銀行黒田総裁講演資料(2014年6月23日)

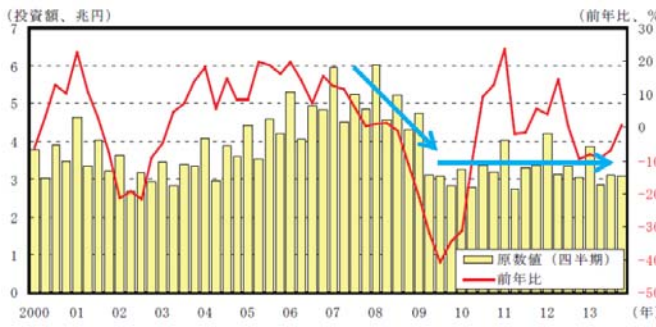
経済学的には当たり前のことであるが、財政金融政策(アベノミクスの第一、第二の矢)のみでは、効果は短期的でしかない。(図表)を見れば、市中にマネーを供給し、その効果が薄まっていく様子と、日銀短観のカーブを照らし合わせてみれば、実態は、経済理論どおりの動きをしていることがわかる。(図表 45)



(図表 45) 金融財政出動による景気のカーブと日銀短観との比較

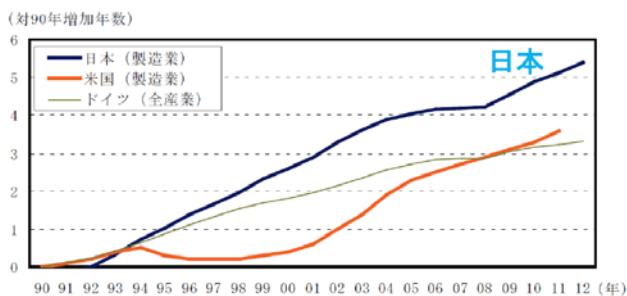
持続的に経済成長を行うためには、潜在成長力を高めないといけない。すなわち「アベノミクス第三の矢」である。なかでも、民間企業の投資の回復が最重要である。だが、長期のデフレ下のデフレマインド経営により、2009年以降、製造業分野での設備投資の伸びはほと

んど見られない。(図表 46)



(図表 46) 日本の製造業の設備投資の動向
出典)財務省「法人企業統計」

設備投資が伸びないために、日本の製造設備は年々古くなっている。製造設備の平均使用年数は、最近 20 年間で約 5 年以上古くなった。これは製造業の国際競争力劣化の要因の 1 つであり、「ビンテージ設備問題」と呼ばれている。(図表 47)



(図表 47) 日本のビンテージ設備問題
出典)内閣府「平成 25 年度経済財政白書」

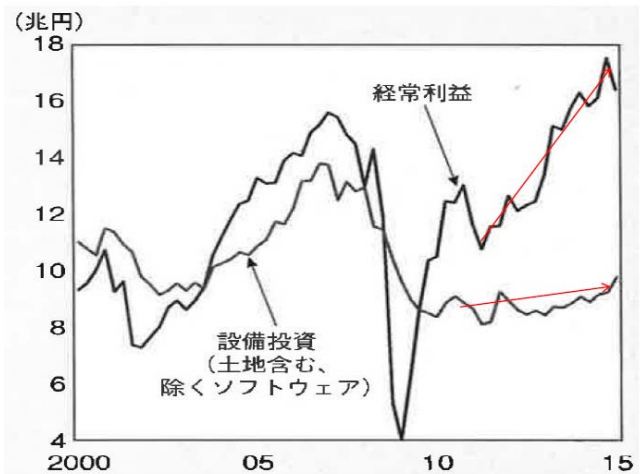
2013 年の日本の就業 1 時間当たり就業者 1 人当たり名目付加価値でみた労働生産性は、41.3 ドルであり、OECD 加盟国 34 ヶ国中第 20 位であった。日本の労働生産性が低いことは既に世界的に有名になっている。

そこで、民間企業の生産能力増強ではなく生産性向上のために設備投資を行ってもらうため、安倍政権は、設備投資を呼びかける官民対話を開始した。かつて労働者の賃金をあげるために官民対話を行い、成功したため、同じ手法を用いることにしたと思われる。

平成 27 年 10 月 13 日、安倍総理は、総理大臣官邸で第 19 回日本経済再生本部を開催し、「未来投資に向けた官民対話の設置」を決定した。安倍総理は、会議での議論を踏まえ、次のように述べた。「戦後最大の経済、名目 GDP600 兆円を実現するため、日本経済の生産性を抜本的に高める『生産性革命』に取り組んでまいります。企業収益は、過去最高です。今こそ、設備、技術、人材に積極果敢に投資していただきたい。これは『未来

への投資』です。本日、『官民対話』を設置いたしました。未来への投資を拡大する上で、制度的に壁があれば、取り除きます。聖域を設けず、この場で決めていきます。」

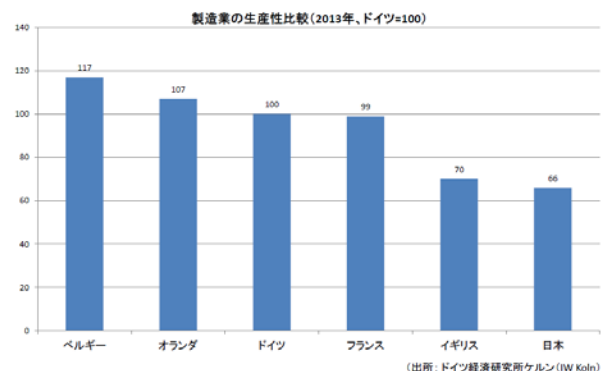
こうした背景にある官邸側の認識としては、安倍政権が進めてきたアベノミクス政策の恩恵により企業が努力をしなくとも自然と利益が大きく増えているのであるから、その一部で構わないので国のために投資して欲しいというもの。アベノミクス第二の矢で国は既に先行投資を行ったので、今度は民間企業の番、との認識であろう。(図表 48)



(図表 48) 日本企業の経常利益と設備投資
出典)経済財政白書 2015

1 4. 国際競争に負けている日本の製造業

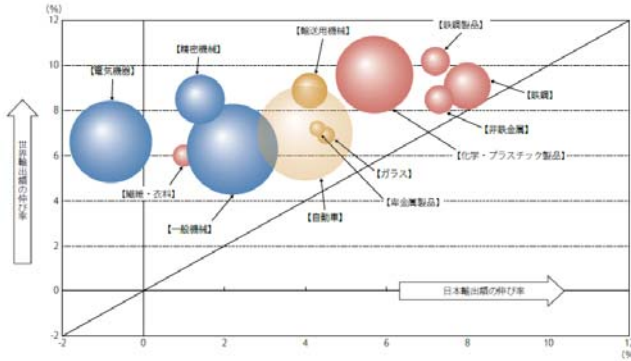
日本は、労働生産性にもならず、製造業の生産性も低いことは、もはや世界の常識となっている。(図表 49)



(図表 49) 製造業の生産性比較
(出所: ドイツ経済研究所ケルン (IWK Köln))

2015 年に発表された「通商白書 2015」のエッセンスを以下に紹介する。(図表 50)を見ればわかるように、日本からの輸出の伸びは、世界の平均値を下回っている。

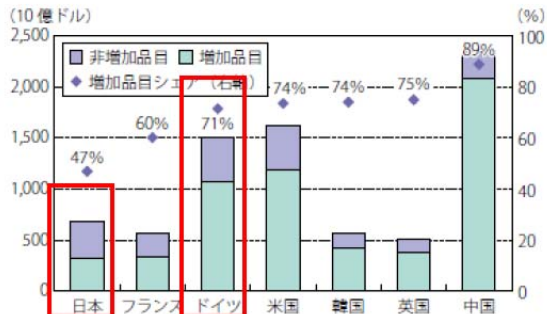
特にこれまで日本が強いと言われてきた品目でさえ世界に負けている。すなわち、もはや日本の製造業は世界に比べて劣っているのである。



備考：1. 2000～2013年の世界の輸出額と日本の輸出額の前年比を幾何平均したもの。
2. バブルの大きさは2013年時点の日本の輸出額の大きさ。
資料：UNComtrade から作成。

(図表 50) 世界と日本の主要業種別輸出額の伸び率
出典)通商白書 2015

(図表 51)は、輸出額が増加傾向の品目が輸出額全体に占める割合の各国比較である。ドイツは、輸出額が1500億ドルもあり、うち増加品目が71%もある。しかし日本は輸出額が700億ドルしかないのに、増加品目は47%しかない。すなわち日本は世界市場で伸びている新しい品目のニーズをとらえていないのである。



備考：「増加品目」は、2005-2014年の対世界輸出額が別記に基づき増加傾向の品目 (HS6 析品目)。ドルベース。
資料：GTA から作成。

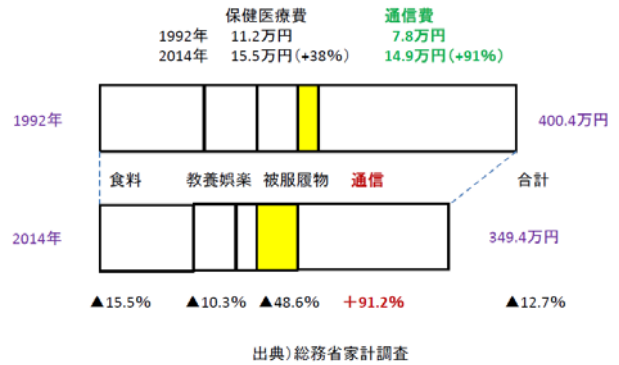
(図表 51) 輸出増加品目の割合に関する各国比較
出典)通商白書 2015

(図表 52)は、対中輸出の日独比較である。ドイツは、主要8業種全てで「量」と「単価」の双方が上昇しているが、日本は、主要8業種のなかで、「量」が増加しながら「単価」が下落している業種が多い。すなわち、日本は高付加価値競争でドイツに負けていることがわかる。

対中国輸出 (主要8業種)	日本								ドイツ											
	数量		単価		数量		単価		数量		単価		数量		単価					
	伸び率	単価	伸び率	単価	伸び率	単価	伸び率	単価	伸び率	単価	伸び率	単価	伸び率	単価	伸び率	単価				
化学・プラスチック品	58.9%	22.2%	3.7%	27.2%	12.7%	4.2%	25%	15%	114%	46%	81.4%	60.2%	17.8%	29.8%	18.2%	15.5%	221%	15%	246%	21%
繊維・衣料	38.3%	47.8%	3.2%	12.2%	12.1%	8.8%	50%	110%	8%	108%	78.5%	55.7%	7.8%	28.2%	13.4%	28.5%	281%	21%	18%	13%
鉄鋼・鉄鋼製品	80.1%	34.7%	0.8%	15.2%	24.5%	14.5%	23%	6.4%	22%	78.8%	38.4%	1.8%	27.4%	14.0%	3.8%	25%	20%	21%	18%	13%
非鉄金属	22.8%	31.2%	0.0%	3.0%	10.7%	9.8%	21.7%	82%	106%	79%	44.7%	75.9%	2.1%	28.1%	8.6%	8.0%	45%	2%	7%	75%
一般機械	46.3%	46.4%	2.1%	12.4%	8.0%	25.5%	18%	191%	8%	12%	70.4%	40.8%	2.8%	24.1%	17.7%	26.8%	220%	14%	18%	6%
電気機器	50.2%	32.1%	4.3%	6.2%	14.0%	20%	67%	22%	81%	77.9%	43.1%	4.3%	28.6%	11.2%	24.5%	34%	137%	28%	18%	6%
精密機械	41.9%	25.1%	8.4%	8.4%	4.2%	25.5%	17%	114%	15%	8%	84.4%	37.8%	3.5%	22.8%	16.2%	22%	18%	27%	20%	6%
輸送用機械	58.2%	82.5%	1.1%	44.8%	0.8%	5.8%	66%	10%	76%	73%	80.0%	68.9%	0.5%	32.8%	14.1%	12.9%	142%	22%	44%	25%

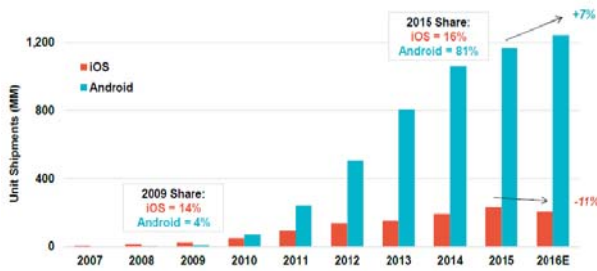
(図表 52) 数量・単価動向(対中国輸出、主要8業種、数量増加カテゴリ) 出典)通商白書 2015

総務省家計調査に基づき、我が国の過去22年間の家計支出(名目)の推移(図表 53)をみると、総支出が400.4万円から349.4万円に▲12.7%縮小するなかで、日本国民は、食料(▲15.5%)、被服履物(▲10.3%)、教養娯楽(▲48.6%)などを切り詰め、保険医療費(+38%)と通信費(+91%)だけが增加している。なかでも通信費(通信機器費用を含む)の増加率は突出して大きい。では、この通信費はどこへ流れているのだろうか？



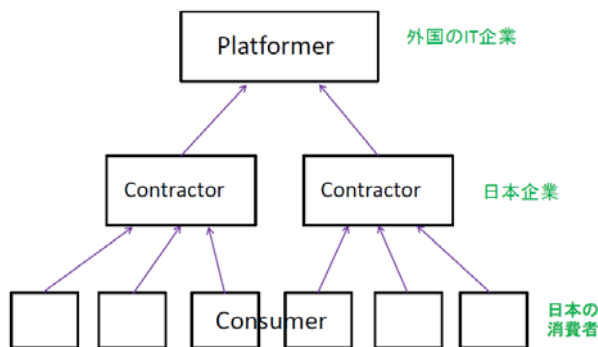
(図表 53) 家計支出の推移 出典)総務省家計調査

今、我々の身近には、携帯、スマホ、タブレット、パソコンなどの情報通信端末機器があるが、そのなかに使用されている部品やソフトなどは外国製が圧倒的に多い。例えば、Intel, AMD, IBM, ARM Ltd, LG Electronics, PHILIPS, Acer, Bing, Google, Microsoft などがある。(図表 54)には、Android 及び iOS の出荷数の推移を示しているが、Android は急激な伸びをしていることがわかる。



(図表 54) アンドロイド及びiOSの出荷数の推移
出典)Internet Trends 2016-Code Conference, Mary Meeker, Kleiner Perkins Caufield Byers, June1, 2016 データ出所)モルガンスタンレー研究所, 2016年5月

こういった外国のIT関連企業は、日本だけでなく世界中のユーザーからも同様にマネーを受け取っている。その結果、先の連載記事でも指摘したが、グーグルは(総人件費745億ドル/社員62000人)社員1人当たり平均1200万円、フェイスブックは、(総人件費179億ドル/社員12700人)社員1人当たり平均1400万円という高給を得ることに成功している。彼らのビジネスモデルは、「オープン・プラットフォーム型」である。(図表 55)



(図表 55) 情報通信端末機器の日本人ユーザが支払ったマネーの流れ

では、どのくらいのマネーが日本からこれら外資企業に流出しているのだろうか。1世帯当たり通信費14.9万円(2014年)のうち約半分(7.5万円)が海外に流出していると「仮定」すると、

総流出金額=7.5万円×4997万世帯(*)=1年間当たり37.5兆円 *H20年住宅・土地統計調査

となる。実際には、1人世帯の通信費はもう少し小さいだろう。また、企業や各機関が支払う通信費が加算される。いずれにしても、おおざっぱに言って、日本の国家税収並の金額が、これら外資企業に流れている。

このように、個人消費の最大拡大費目が海外に抜け

ていて、かつ国内にそのマネーが貫流していない。それは、ただでさえ弱い日本の個人消費が、更に弱くなっている要因の1つであり、景気回復の足かせとなっている。また、日本を含め先進国において、いま個人間の経済格差が拡大しているが、その要因の1つでもある。すなわち、世界中の富が一部の者に独占されている。今年3月の訪独の際、こうした現象のことを、ドイツでは「デジタル・プロレタリアート」と呼ばれていると教えてもらった。特に、食料や衣服を切り詰めて通信費を捻出するという傾向は若者に多い。

米国人は、この成功体験を踏まえ、次の第4次産業革命の時代でも、莫大な富を得ようと、ビジネスモデルに知恵を絞っている。巨大な投資により「オープン・プラットフォーム」を作り、一気に世界市場を独占しようという戦略である。

ドイツ人は、一部の米国人に搾取されることで、ドイツの若者が低賃金・不安定な雇用に陥らないよう、インダストリー4.0を国家規模で推し進め、競争力を強化しようと努力している。

では、日本企業はこれまでの戦いでどうなったか、簡単に振り返ってみよう。シャープは、2016年5月に7000人のリストラ計画を発表し、東芝は、2016年4月に1万4450人リストラ計画を発表した。

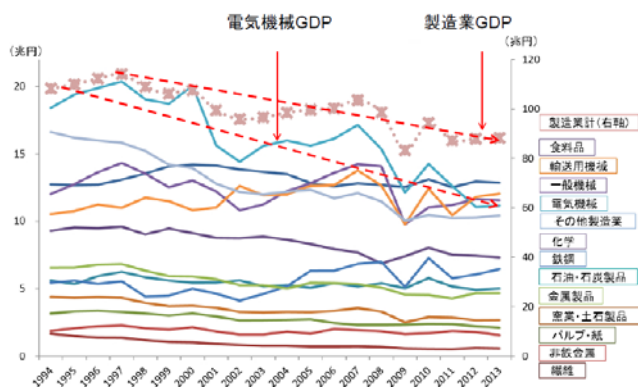
東洋経済が2016年4月11日に発表した「5年前より正社員を減らした500社ランキング」では、(2014年12月~2015年11月期決算)と5年前(2009年12月~2010年11月期)の正社員の比較をしている。(図表 56)

順位	社名	5年前比正社員減少数(人)	正社員数(人)
1	パナソニック	▲130,502	254,084
2	NEC	▲43,476	98,882
3	ソニー	▲36,200	131,700
4	日立製作所	▲23,076	336,670
5	富士通	▲13,592	158,846
6	第一三共	▲13,397	16,428
7	マブチモーター	▲12,897	25,354
8	バイオニア	▲9,642	19,404
9	ユニデンホールディングス	▲9,171	1,380
10	東京電力	▲9,122	43,330
11	セイコーエプソン	▲8,058	69,878
12	アーク	▲5,304	3,272
13	東芝	▲5,148	198,741
14	セイコーホールディングス	▲5,074	13,565
15	シャープ	▲4,903	49,096

(図表 56) 5年前より正社員を減らした500社ランキング
出典)東洋経済 2016年4月11日

その結果、製造業のGDPは1997年の約114兆円をピークに減少し続け、ここ数年は90兆円レベルである。

2000 年以降、特に大きく落ちたのは「電気機械」である。すなわちグローバル競争のなかで日本の製造業が競争に負け、特に「電気機械」の地位が低下しているのがわかる。統計で見ても、自動車に次いで裾野が広く雇用吸収力が大きかった電気機械の GDP は、1997 年の 20 兆円をピークに最近では 12 兆円にまで急激に落ちている。日本企業は、米国 IT 企業との戦いをほとんど諦めたように見える。(図表 57)



(図表 57) 業種別 GDP の推移 出典)内閣府「国民経済計算」

1.5. IT 投資に関する日本の経営者の常識は世界の非常識

国際 IT 財団 (IFIT ; International Foundation for Information Technology) は、2014 年、615 社の日本企業を対象に、IT の利活用に関する調査を実施した。

目的 ; IT 投資の現状及び IT 活用の実態と効果、人材投資の実態把握

方法 ; 郵送及び Web によるアンケート調査

期間 ; 2014 年 11 月 13 日 ~ 2015 年 1 月 19 日

対象 ; 日経リサーチ社保有の企業データベース 3,536 社
有効回答数 ; 615 社 (回収率 17.4%)

調査実行委員会 ; 主査 宮川努 経済産業研究所ファカルティ・フェロー・学習院大学経済学部教授

その結果、日本企業による IT 投資の主目的は、通常業務の合理化・コスト削減であり、10 年前の調査と同じであり、時代とともに変わっていないことがわかった。日本では、IT 投資が企業の業績にほとんど反映しないとされているが、IT 投資の目的が通常業務の合理化・コスト削減であるため、従業員の前向きな協力が得られず、労働組合からも反発されることが、その背景であるとしている。

一方、極めて少数派であるが、CIO を置くような IT 投資に理解のある企業では、IT 投資を、ROE 拡大、海外

進出、新規事業など売上増の手段として投資を行っており、この場合は、従業員が積極的に協力し、企業業績向上につながるとしている。

国際 IT 財団では、日本企業でなかなか IT 投資が企業業績に反映しない理由として、通常言われている「人材不足」説を否定し、真の理由は、経営トップの理解のなさ、日本企業の IT 戦略の欠如にあると結論づけている。(図表 58, 59)

Improvements in Efficiency in Management Practices	85.3	Reform in Organizational Structure	25.2
Improvements in Utilization in Information and Communication within Firms	64.4	New Product Developments	21.0
Faster Transformation in Decision Making of Top Managers	53.6	Cooperation with Other Firms	20.4
Restructuring in Employees	37.6	Improvements in Workers Satisfaction	18.9
Improvements in Customer Satisfaction	37.4	Sales Increase in the New Products	14.6
Decrease in Inventories	32.3	Improvements in Abilities Creating New Business	14.1
Management Planning	31.3	Increase in ROE	11.4
Sales Increase in the Current Products	30.0	Cooperations with Foreign Firms	8.6
Developments in New Customers	28.5	Establishment in Foreign Affiliates	5.8

(図表 58) 日本企業が IT 投資を行う理由 出典)国際 IT 財団

Increase in ROE	80.8	Decrease in Inventories	63.2
Establishment in Foreign Affiliates	75.0	Sales Increase in the New Products	62.2
Improvements in Abilities Creating New Business	69.7	Sales Increase in the Current Products	61.4
New Product Developments	69.4	Management Planning	61.3
Cooperations with Foreign Firms	67.6	Improvements in Utilization in Information and Communication within Firms	59.6
Developments in New Customers	67.6	Improvements in Workers Satisfaction	59.2
Improvements in Customer Satisfaction	67.1	Cooperation with Other Firms	58.1
Reform in Organizational Structure	65.0	Improvements in Efficiency in Management Practices	57.5
Faster Transformation in Decision Making of Top Managers	64.0	Restructuring in Employees	53.8

(図表 59) CIO を置く日本企業が IT 投資を行う理由 出典)国際 IT 財団

同様の調査結果は他の調査でも示されている。一般社団法人電子情報技術産業協会が平成 25 年 10 月 9 日に発表した調査では、日米の経営者の意識を比較している。

調査概要: 日米の民間企業に、IT に対する意識調査を実施
時期: 2013 年 6 月 ~ 7 月

企業規模: グローバルで従業員数が 300 人以上

産業分野: 医療、教育、政府 / 地方自治体、情報サービスを除く全業種

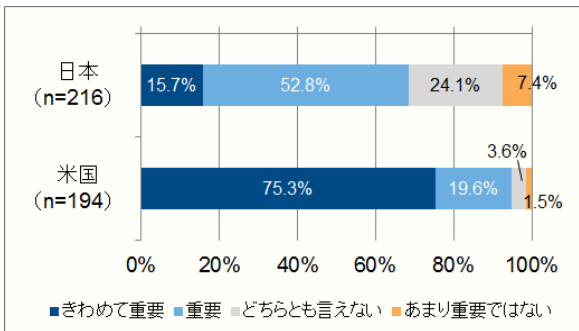
(1) アンケート調査 回答者: 経営者、および IT 部門以外 (事業部、営業、マーケティング、経営企画) のマネージャー職以上。

形式: Web アンケート 回答数: 日本 / 216 社、米国 / 194 社

(2) ヒヤリング調査 取材対象: アンケート調査に協力を頂いた

方を対象 形式:直接取材 取材数:日本/5 社、米国/2 社

その調査によれば、日本の経営者は、IT 投資をさほど重要とは考えていない。米国経営者は IT 投資を売り上げ増のための「攻めの IT 投資」と考えているが、日本の経営者はコスト削減の「守りの IT 投資」と考えているという大きな差が出た。また、日本の経営者の半数近くが、「クラウド」「ビッグデータ」という言葉を聞いたことすらないと回答している。(図表 60-62)

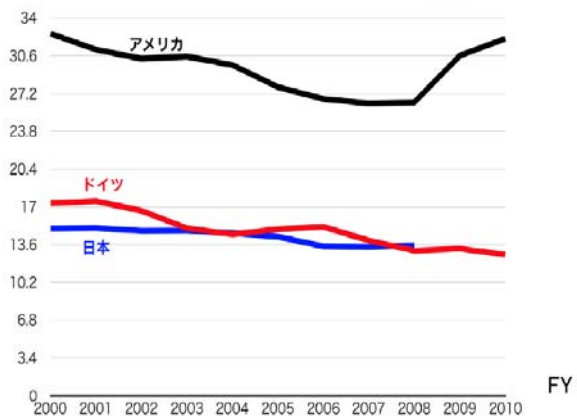


(図表 60) IT 投資の重要性

出典)一般社団法人電子情報技術産業協会

出典)一般社団法人電子情報技術産業協会

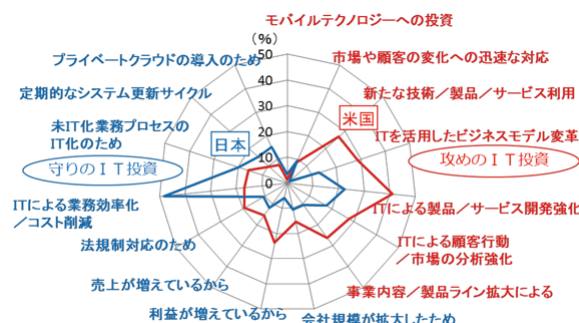
欧米との生産性格差は、IT 投資の遅れに起因する部分大きい。日米で IT 投資を比較すると、90 年代以降日米の IT 投資格差は一貫して拡大している。日本の地方に立地する中小企業は、海外で進展する IoT の動向についていけない。個々の技術力が高くても、既存の市場から受注を待っているだけでは、国際市場から脱落する恐れが大きい。(図表 63)



(図表 63) 日独米が世界に占める IT 投資割合の推移(単位:%) 出典; OECD

備考)日米独の IT 投資比較;日本のGDP・人口は、ドイツの約 1.5 倍なので、原単位当たりの IT 投資はドイツの約 2/3 と考えられる。米国には圧倒的に及ばない。

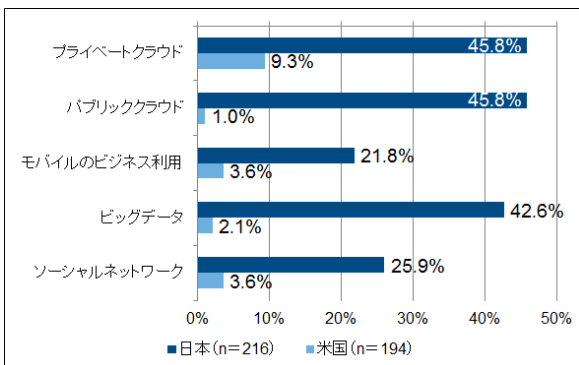
日本の労働生産性(就業者 1 人当たり名目付加価値)は、OECD 加盟 34 カ国中第 22 位で、主要先進 7 カ国では 1994 年から 20 年連続で最下位となっている。(図表 64)



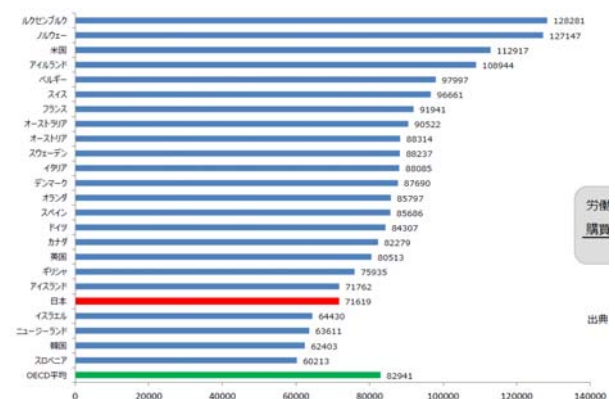
出所: JEITA「IT を活用した経営に対する日米企業の相違分析」(2013年10月)

(図表 61) IT 予算を増額する企業における増額予算の用途

出典)一般社団法人電子情報技術産業協会



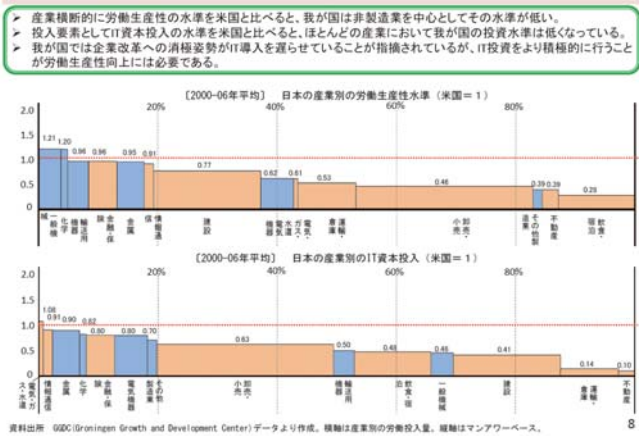
(図表 62) 新規ソリューションの導入状況(「聞いたことがない/あまりよく知らない」の割合)、「クラウド」「ビッグデータ」という言葉を聞いたことのない人が半数もいる



(図表 64) OECD 加盟諸国の労働生産性(2012年/上位 25ヶ国) 出典) 日本生産性本部

*労働生産性=(購買力平価で評価された GDP)/就業者数

先日発表された「労働白書 2015」においても、「IT 投資を積極的に行うことが労働生産性向上には不可欠である。」と結論付けている。(図表 65)



(図表 65) IT 投資を行うことが生産性向上には必要
 出典) 労働経済白書 2015

(図表 66) を見れば、最近の IoT ブームもあってか、2015 年の IT 投資は伸びている。



(図表 66) 我が国企業の IT 投資の動向 出典) 経団連

いくら日本の工作機械業界やファクトリーオートメーション業界が世界先端レベルの IoT/インダストリー4.0 システムを提供しようとも、日本企業が導入しなければ意味がない。日本企業は、古い機械設備をメンテナンスしながら、長期間使い続けるという指向が強く、かつ、これまで長いデフレ期間のなかでデフレマインドの経営が続き、設備投資に対する意欲が減退しているため、新しい機械設備へのリプレースが少ないようだ。日本の製造現場の生産性が向上しない。「ドイツがインダストリー4.0 をスタートさせ、アメリカがインダストリアル・インターネット・コンソーシアムを開始した、日本のものづくりは大丈夫か。」という質問に対する回答は、「なにはともあれ、IoT/

インダストリー4.0 システムを導入することから始めなければならない。」ということになる。(図表 67)

中小企業では、大企業の系列毎に異なる独自様式に対応させる得ない状況にある一方、資金力には限界があるためIoT環境を整え生産性向上に繋げることが困難。物流・生産のIT化率が5割弱であるばかりか(左)、受発注ですら、7-8割がIT化していない(右)



(図表 67) IT 化が進まない中小企業の現場
 出典) 産業構造審議会新産業構造部会第三回資料 11 月 27 日

しかも、導入の仕方が重要である。例を挙げると、昨日まで馬車に乗っていた人がいきなりフェラーリを購入しても乗りこなせない。馬車を整備していた作業員は、突然、フェラーリの整備をしなければならなくなるが、それに対応できない人は解雇されてしまう。同様に、古い機械設備を使っていた中小企業の工場に、いきなり最先端のシステムを導入しても使いこなせない。いずれにしても、経営者が IT 投資の重要性を理解し、企業がシステムを導入しなければ意味がない。

だが、システムを購入するだけなら、お金を払えば済むことであるが、自社に最適なシステムを選んで導入し、それを現場の作業員とともに歓迎して受け入れ、十分に使いこなし、生産性を上げられるかどうかにかかっているといえよう。かつて人差し指で 1 個ずつパソコンのキーボードを打つ光景が、あちこちの職場で見られたことがあったが、これと同じ現象が、日本国内いたるところの工場で発生する可能性がある。

そして、最も重要な点は、「あなたの会社が提供する、特徴ある、かつ競争力のある新しい『IoT サービス』とは何か、投資対リターンを大幅に高めるような『IoT サービス』とは何か、それは誰も教えてくれないので、あなた自身で考えなさい。」という点である。

インダストリー4.0 の指導的立場にあるフリッツ・クロケッツ氏(アーヘン工科大学工作機械研究所教授、ブラウンホーファー研究所 IPT 生産技術研究所長)もインタビューに対し、「産業界が必要とするのは生産性であり効率であり、経済的な価値である。それを実現出来なければ誰も我々の話を聞いてくれなくなる。」(2015 年 4 月 20 日、日刊工業新聞)と答えている。

すなわち、以上を総括するならば、IoT/インダストリー4.0 が日本の製造業に与えるインパクトとは、「ネット化の波に乗れた企業は、大きく飛躍する。そして波に乗れな

い企業との格差が一層拡大する。」というものである。

DMG 森精機森雅彦社長へのインタビューにおいても、「インダストリー4.0 は、強い者がより強くなり、それをいっそう助長する仕組みである。」(出典;インダストリー4.0,岩本晃一,日刊工業新聞社,2015年)と答えている。

1.6. 冷静で客観的な議論が必要な日本

筆者はインダストリー4.0に関して、日本は不幸な国だと思っている。国民がインダストリー4.0について最も知りたいという欲求があった頃、個々の分野では専門家はいたが、全体を俯瞰し、素人にわかりやすく説明できる人が日本にいなかったため、当初、その役割を担ったのが技術の非専門家だった。非専門家は、技術の全体像や本質がよくわからず、正確な情報伝達役とはなりえなかった。センセーショナルでミスリードの情報が日本中に流れ、それを多くの国民が信じ込んでしまった。一旦、信じ込んだ先入観を変えさせることは難しい。それによってインダストリー4.0の本質が誤解され、日本での普及に遅れが生じるのではないかという危機感さえ持っている。以下に例を挙げよう。

■ インダストリー4.0は単なる人員削減の手段ではないか。

ドイツでは、インダストリー4.0の導入により、労働者の仕事が奪われるのではないかと懸念から、労働組合が懸念の声を表明してきた。日本でも、人工知能やIoTが導入されれば、一部の人間の仕事が失われるのではないかという議論がなされており、人々の不安を煽っている。だが、例えば、パソコンが導入されたとき、タイピストという仕事は失われたが、彼女らは一般事務に配置転換されて仕事を習熟していった。更に、グーグル、ヤフー、マイクロソフト、楽天、NTTドコモなどが新しいビジネスを生み出して成長し、膨大な新規雇用を生み出してきた。このように、IoT導入により、失われる仕事はあるが、新しく生まれる仕事の方が格段に大きく、急成長する企業を創出する。それらをバランスをとって述べなければならぬ。インダストリー4.0は単なる人員削減の手段ではないか、という意見は、パソコンが導入されるとタイピストという仕事は失われることのみを強調しているに過ぎない。

■ ドイツはインダストリー4.0を始めた。米国は、インダストリアル・インターネットを始めた。日本のものづくりは大丈夫か？

これなどは、国民の不安を煽って、注目を集めようとする者の常套手段である。これまで縷々述べてきたように、日本の技術は決して劣ってはいない。むしろある面では世界のなかで優位的立場にさえいる。一步譲って、そうした意図がなかったとしても、ドイツのかつこいいキャ

ッチコピーのプロパガンダに踊らされ、冷静で客観的な思考がなされない者の声である。

■ その程度なら既にやっている。何が新しいのだ。トヨタ生産方式とどこが違うのか？

これは、先ほどとは真逆のことを述べている内容だが、ドイツに関する無知からだろうが、余りにドイツを軽んじている。かつて日本は、韓国が半導体ビジネスに参入したとき、韓国を見くびったことがあったが、その現象とよく似ている。かつて日本にパソコンが導入された頃、怖くてパソコンに触れることが出来ないにも関わらず、パソコン無しで十分仕事が出来ると自慢していた者がいたのと同様、新しい技術に対してアレルギーを感じ、冷静な思考ができない者である。

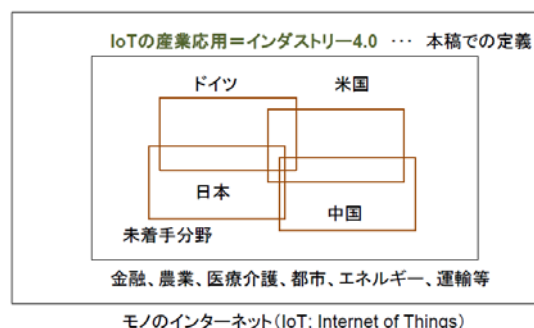
■ ドイツは一枚板でまとまり、すごいことをやっている。

2013年頃、ドイツ関係者が外国に向かって「夢で語っていたコンセプト」をそのまま、今も受け売りしている者である。

■ 系列を破壊するのではないかと？ 系列がある日本には導入出来ないのではないかと？

「夢のコンセプト」によれば、ドイツでもBMW、ベンツ、ポルシェ、アウディ等の工場どうしが接続されるのは20年後の予定でしかない。ドイツでも本当に実現するかどうか、わからないことを前提に、日本への導入を完全否定することは愚かなことである。日本は日本の風土に合った形で発展させればよいだけである。

(図表 68)に世界の鳥瞰図を載せた。各国の各企業・機関は、自らの過去の膨大な蓄積を基に、その延長線上で取り組んでいる。個々の分野では、各社とも世界トップクラスにある。だが、インダストリー4.0がカバーする範囲は、もっと広い。そしてネット化の波は、金融、農業、医療介護、エネルギー、運輸、都市などあらゆる分野に同時に押し寄せている。(注5)



(図表 68) 世界の鳥瞰図(イメージ)

それは世界各国におけるネット化の呼び名にも現れている。ネット化の波は、世界中に同時に押し寄せており、国、地域、企業、人により、呼び方が異なっている。

だが、呼び方は違っていても、内容は同じことを指している。

(1)ドイツでは、「インダストリー4.0」というカッコいいキャッチコピーを国が創造することで、ドイツ全体が新しく先進的な取り組みをしているというイメージのアピールに成功している。ドイツの取り組みは他国に比べて傑出していると思込んでいる者は、技術の中身がよくわからない者である。

(2)米国では経済活動は民間企業が行うもので、基本的に政府の産業政策が存在しない国である。GEは、「インダストリアル・インターネット」、シスコ・システムズは、「全てのインターネット(IoE ; Internet of Everything)」、経済学者のマイケル・ポーターは、「第三次 IT 革命」などという表現を用いている。

(3)中国では、政府が「中国製造 2025」と呼ばれる政策を実施しており、これは「中国版インダストリー4.0」とも言われている。

(4)真面目な日本では、ドイツの「インダストリー4.0」に相当するような国全体での呼び名は、これまで存在しなかったが、最近、「ソサエティーSociety5.0」を用い始めた。民間企業は、独自の呼び方で独自のビジネスを展開している。例えば、日立製作所は、「共生自律分散制御システム」、富士通は、「スマートなものづくり」、三菱電機は、「e-F@ctory」「CC-Link」、日本電気 NEC は、「次世代ものづくりソリューション NEC Industrial IoT」、東芝は、「次世代ものづくりソリューション Meister」、法政大学の西岡靖之教授は、「インダストリアル・バリューチェーン・イニシアチブ IVI」などという呼び名をつけている。

また、特定の国や個人の固有の呼び名ではないが「スマート工場 (Smart Factory)」、「スマート製造業 (Smart Manufacturing)」、「デジタル製造業 (Digital Production)」、「デジタル工場 (Digital Factory)」などとも呼ばれている。以上からわかるように、日本の技術力が遅れている訳でも何でもない。

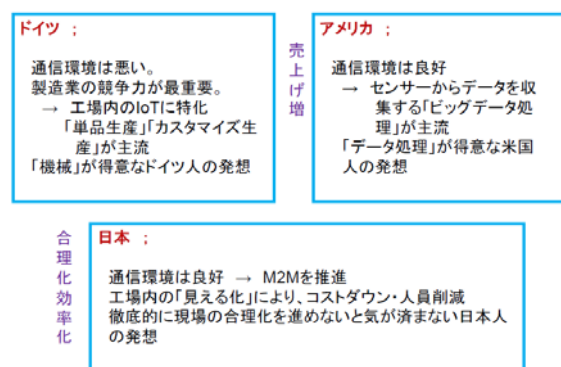
インダストリー4.0 という呼び方を評するならば、技術は連続的に発展し、3.0 と 4.0 の段差はなく、「.0」という小数点以下もほとんど意味が無い。ただ、工場のネット化という大きな動きを総称し、インダストリー4.0 というキャッチコピーを当てることで、新しい先進的な取り組みであるというイメージを世の中にアピールすることに成功している。こうした広報戦略は、新興国に向けたドイツ製機械の売上げを増やすという効果ももたらしているようだ。一方、真面目な日本人は、技術力ではドイツと肩を並べていながら、世界に向けたアピール力で劣後に位置していたといえる。

17. 日米独の特徴

いま、各国は、国内事情や自国民の感性に沿った形で、IoT/インダストリー4.0を進めている。

ドイツは、通信環境が悪く、かつ製造業の国なので、国民の関心は工場の中に向いている。最近まで、工場内の IoT に特化し、「単品生産」「カスタマイズ生産」が主流であった。すなわち「機械」が得意なシーメンス的発想である。米国は、通信環境は良好であるため、ビッグデータを収集し、処理することにより巨大な富を手にとろうとする試みである。日本は、米国同様に通信環境は良好であるため、M2M が展開されようとしているが、主流は工場内の「見える化」によるコストダウン・人員削減である。徹底的に現場の合理化を進めないと気が済まない日本人の発想である。

以上のとおり、ドイツと米国は、効率化はほどほどにして新ビジネスによる売上げ増を目指しているが、日本は、売上げ増よりも、徹底的なコスト削減を指向している。これから、世界中でIoT/インダストリー4.0関係の投資が活発に行われる兆しがあるが、世界に比べて日本での投資が少なく、しかも企業の売上げを増やす方向でなく、コスト削減や人員削減の合理化投資をするのであれば、日本の景気を上向かせる方向には働かない可能性がある。世界中でIoT/インダストリー4.0関係の投資が活発に行われ、好景気に沸いても、日本では好景気は出現しないかもしれない。(図表 69)



(図表 69) 各国は、自国の事情に合った形で、IoT/インダストリー4.0を進めている。

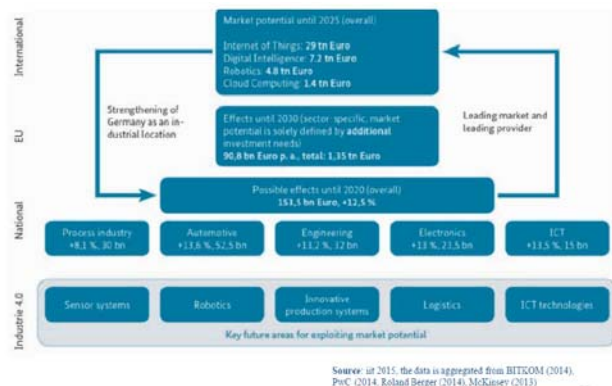
*ドイツとアメリカは、効率化はほどほどにし、新ビジネスによる売上げ増を目指す。日本は、売上げ増よりも、徹底的な合理化・コスト削減を指向

18. 新たに出現する巨大市場

IoT/インダストリー4.0 から新しく生まれる市場は巨大である。例えば、インターネットに接続される機械設備やデータを収集する製品(例えば自動車)に搭載される基本ソフトウェア(OS)が、仮にアンドロイドになったとしよう。

アンドロイドが世界中の機械設備や自動車に搭載されることになる。今スタンドアロン型で使われている機械設備が、インターネットに接続できる機械設備に新しく買い換えられる。工場にファクトリーオートメーションが導入される。またデータを収集するためのデータセンターが建設され、ビッグデータを分析する様々なビジネスも生まれる。世界中の全ての自動車に 200 個のセンサーが搭載されて常時無線で送信されればその市場も巨大である。このように現在の知見に基づき少し考えただけでも、巨大な市場がそこに存在していることがわかる。

上述した、今、米国で出現しつつある「プラットフォーム型」ビジネスモデルは、まさにグーグル、マイクロソフト、フェイスブック、ヤフーなどの再現であり、今は存在していなくとも 20 年後に巨大企業に成長している企業が何社か出現している可能性がある。(図表 70, 71)



(図表 70)ドイツが予想する将来の市場予測 出典)PwC(2015)

Mckinsey	2025年のIoTの経済価値(※) : 3.9~11.1兆ドル (内訳: 主たる主要分野) スマートホーム、オフィス、小売、医療、スマート工場、スマートシティ、都市部の外部環境、自動車 (メンテナンス・保険関連)
Cisco	2013→2022年の10年間でIoTにより創出される民間企業の経済価値(※) : 14.4兆ドル (公共サービスは4.6兆ドル) (内訳: 価値創出のドライバー) 資産の有効利用: 2.5兆ドル 従業員生産性向上: 2.9兆ドル サプライチェーン・プロセスの効率化: 2.7兆ドル 顧客エクスペリエンスの向上: 3.7兆ドル イノベーションの加速: 3兆ドル
Gartner	2020年のIoTによる経済価値(※) : 1.9兆ドル (内訳) 製造業: 15%、ヘルスケア: 15%、保険: 11%、銀行 & セキュリティ: 10%
Accenture	2030年までにIoTにより創出されるGDP : 14.2兆ドル (内訳: 主要国別) 米国: 6.1兆ドル、中国: 1.8兆ドル、日本: 1.1兆ドル、ドイツ: 0.7兆ドル、イギリス: 0.53兆ドル

(図表 71)各調査機関が予想する将来の市場予測 出所)

Mckinsey 『THE INTERNET OF THINGS: MAPPING THE VALUE BEYOND THE HYPE』 (2015)
Cisco 『Internet of Everything』 (2013)
Gartner 『The Internet of Things, Worldwide』(2013)
Accenture 『How the Internet of Things Can Drive Growth in China's Industries』 (2015)
出典)産業構造審議会新産業構造部会資料

ただ、これから生まれるであろう巨大な市場の恩恵を受けられる日本企業はそう多くないと予想される。試練を乗り越えられない日本企業は、淘汰されていくかもしれない。厳しいかもしれないが、今、我々が迎えつつある新しい時代の波は、それほど大きな波なのである。だ

からこそ、人々は改革 (Reform) ではなく革命 (Revolution)と呼んでいる。

企業の設備投資に関しては、会社の意思決定権限を持つ経営者が、「よし、それでいこう。」という判断をしなければ、何も投資が行われない。日本では、バブル崩壊以降、デフレの下で、デフレマインドの経営が続いていたため、投資せずにお金を持っている方が有利という判断がなされた傾向が指摘されている。高度経済成長の頃は、多少なりとも投資判断に誤りがあっても、市場の拡大が経営判断のミスを覆い隠したが、デフレ下の低成長では、投資判断の誤りは直ちに企業の業績に反映され、責任をとらされることになるため、多くの日本企業で「守りの保身」経営が続いてきた。もし投資すべきときに投資しなかったために会社が倒産したとしても、その頃、自分は退任していて、責任を問われないからである。

かつて1990年代後半、米国ではIT投資が盛んに行われ、生産性が向上し、「ニューエコノミー」と呼ばれる好景気の時期が出現した。(注6)

だが、日本では同様の好景気は出現しなかった。その背景にも、日本企業はなかなかIT投資を行わない、もし行ったとしても、企業の売上げを増やす方向でなく、コスト削減や人員削減の方向で投資をするため、景気を向上させる方向で働かないとされている。

これから、世界中でIoT/インダストリー4.0関係の投資が活発に行われる兆しがあるが、世界に比べて日本での投資が少なく、しかもかつてと同様、企業の売上げを増やす方向でなく、コスト削減や人員削減の方向で投資をするのであれば、日本の景気を向上させる方向には働かない可能性がある。世界中でIoT/インダストリー4.0関係の投資が活発に行われ、再び「ニューエコノミー」と同様の現象が現れ、好景気に沸いても、日本ではそうした現象は出現しないという歴史が再び繰り返すかもしれない。少なくともIT投資に関する日本企業の経営者意識が変わらない限り。

19さいごに

今後の課題としては、

- 1 中小企業向け低価格・簡易機能版の開発
- 2 セキュリティ対策
- 3 ユーザ側でシステムを設計管理できる人材の育成
- 4 データの保護と利用促進に関する問題
- 5 高速大容量の通信環境の整備
- 6 通信プロトコルの標準化
- 7 働き方の変化の研究、労働者による懸念への対応であろう。ただ、いずれの課題についても、1課題について Policy Discussion Paper を1本充てるくらいの膨大

な量があり、かつ本稿のタイトルである「インダストリー4.0を推進するドイツの国内事情及び国家目標」との趣旨にそぐわない。しかも上記1及び7は、筆者が現在実施中の研究プロジェクトのテーマ2及びテーマ4である。そのため、各課題について、ある程度まとまった段階で、それぞれ、Policy Discussion Paper で取り上げていきたい。(注7)

旧アベノミクス第1、第2の矢の効果により、大企業製造業に大きな内部留保が生まれている。日本は、「失われた20年」を経てやっとここまで来た。あとは、その資金で投資をするだけである。しかも、いまは第4次産業革命という絶好の投資分野が存在している。投資をすることで、潜在成長力が上昇し、日本経済の持続的成長が可能になる。しかも、これまで右肩下がり続けていた日本の製造業にとって、第4次産業革命は、反転攻勢の絶好の機会である。

日本の製造業は、この大きな時代の波に乗り、世界に力強く羽ばたいて欲しい。第2のグーグル、ヤフー、マイクロソフト、フェイスブックは日本から生まれて欲しい。

製造メーカーは、工業製品を売るだけでなく、製品に付随するサービスを提供することで利益を上げる新しい時代、製造業がサービス内容で勝敗を決する時代に突入しようとしている。日本でも早めにその変革に備えた準備をした企業は、ネット化の波に乗って大きく羽ばたかろう。IoTが日本経済に与えるインパクトとは、「ネット化の波に乗って羽ばたく企業と現状維持の企業との格差が一層拡大する。」というものである。

第4次産業革命は、日本にとって決してバラ色ではない。外国が、第4次産業革命の波に乗って大きく羽ばたくなかで、日本のみが現状維持を続けていけば、世界との格差は益々広がるばかりである。電機産業は、自動車産業に次ぐ、第2の雇用吸収力を持った裾野の広い産業だったが、世界的なIT競争に遅れ、競争力を落とし、雇用吸収力を失ってきた。第2のグーグル、ヤフー、アマゾン、フェイスブックを日本から生み出すくらいの覚悟と危機感を持って第4次産業革命に取り組まないと、日本は先進国間の競争から脱落するかもしれない。

注：

(注1)

詳しくは、以下を参照。

岩本晃一(2015),『『独り勝ち』のドイツから日本の『地方・中小企業』への示唆』, RIETI Policy Discussion

Paper Series, 15-P-002, 2015年3月

(注2)

2015年3月9日 来日したメルケル首相と安倍総理の間で、日本とドイツは、中小企業分野で協力を進めることで一致。安倍総理は、インダストリー4.0を通じて、日本は第4産業革命を起こしていく決意を表明した。

2016年4月28日、経済産業省は、ドイツ経済エネルギー省との間で、IoT/インダストリー4.0協力の共同声明に署名。2015年3月の日独首脳会談において、両国間で製造業におけるIoT/インダストリー4.0協力の推進を合意、その具体化のため。今後、両省間で、IoT/インダストリー4.0協力に関する局長級対話を毎年実施。また、ロボット革命イニシアティブ協議会とプラットフォームインダストリー4.0間で連携強化文書を同時に締結した。研究開発協力については、産業技術総合研究所とドイツ人工知能研究所との間で研究協力LoIを締結済み。

(注3)

ドイツは、リーマンショック後でも、潜在成長率、総需要ともにファンダメンタルズは健全であり、2014年の需給ギャップはわずか0.8%しかない。潜在成長率、総需要ともに健全であり、向こう2年間は堅調な成長が予測されている。

ドイツ減速の背景として、マスコミで報じられている以下の3つの理由は、中長期的な要因としてはほとんど根拠がない。

1 ロシア向け輸出の減少

ドイツからの輸出総額に占めるロシア向けはGDP比1.35%、うち制裁品目は0.03%でしかない。ドイツ経済を減速させるには微々たるもの。

2 ウクライナ向け輸出の減少

輸出総額に占めるウクライナ向けは無視できるほど。

3 中国向け輸出の「伸びの鈍化」(「減少」ではない)

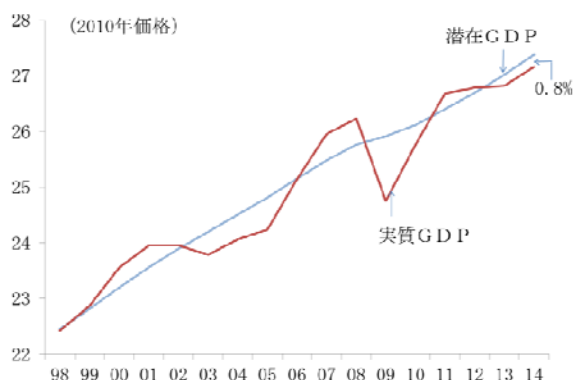
ドイツからの輸出総額に占める中国向けは6.1% 今後の直近のドイツ経済見通しについては、現在、ドイツ国内では以下のような意見がある。楽観的見通しに関しては、2016年第1四半期のGDP+0.7% (対前期比)は、対前年同期比は2倍以上であり、年換算では+2.7%になっている。その成長要因は、主に国内要因、特に投資によるものである。しかも、同年第1四半期の個人消費は+0.5% (対前期比)、労働市場も上向いており、移民流入による公共消費も増加しているため、今後とも順調な成長が見込めるとしている。一方、これに対して悲観的見通しも

存在しており、WSJ のエコノミストらの 2016 年の予想は GDP +0.6% となっている。その要因は、第 1 四半期の伸びは、去年の暖冬という偶発的要因による建設業の伸びによるものであり、第 1 四半期の貨物・サービスの輸出の伸びは +1.0% (対前期比)、輸入は +1.4% (同) となっているため、これ以上の成長要因は見込めない、というものである。(図表 72, 73)

	14	15	16	17	18
<u>WB</u>	1.6	1.5	1.7	1.6	1.5
<u>OECD</u>	1.58	1.45	1.64	1.71	
<u>IMF</u>	1.6	1.5	1.5	1.7	
<u>BB</u>	1.6	1.5	1.8	1.7	

(図表 72) 各機関によるドイツの GDP 見通し

* WB ; 世界銀行 BB ; ドイツブンデス銀行



(図表 73) グラフ内の数字は欧州委員会「秋季見通し」の 2014 年の GDP ギャップ予測値

出所) 欧州委員会経済財政総局 AMECOdatabase

(注 4)

Industrie4.0 – Opportunities and Challenges of the Industrial Internet, PwC, April 2015 の概要

<調査スキームの概要>

調査の実施主体 ; PwC's Strategy & Management Engineers

調査結果の分析 ; Siemens, VDMA, 雑誌 Production

調査の実施 ; TNS Emnid による電話インタビュー、オンライン調査、一部企業への直接面談

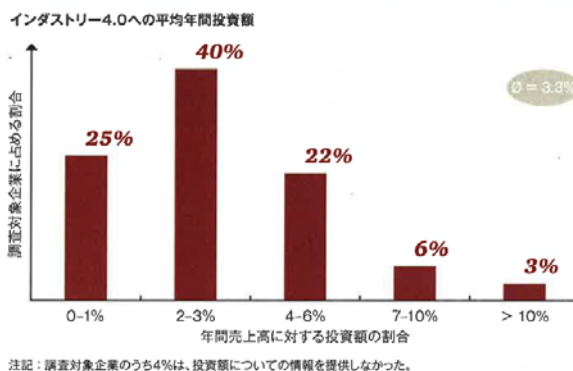
調査対象 ; 大手企業から中小企業までバランスをとった 5 業種 (製造・エンジニアリング、自動車関連、プロセス産業、電気電子システム、情報通信) から 235 社
調査実施時期 ; 2014 年第 3 四半期
調査結果の発行 ; 2015 年 4 月

<調査結果の概要>

ア) 投資に関して;

- ・ドイツの工業部門全体で推計すれば、2020 年までにインダストリー 4.0 分野に毎年 400 億ユーロを投資、欧州の工業部門全体では毎年 1,400 億ユーロを投資する
- ・調査対象企業のうち、5 年後にインダストリー 4.0 を重要な全ての事業部門に導入している企業は全体の 85% に達する
- ・調査対象企業は、今後、5 年間、年間売上高の平均 3.3% をインダストリー 4.0 分野に投資する意向である。これは、計画している新規設備投資額の 50% を超える比率に相当する。(図表 74)

図 2: 今後 5 年間、企業は平均して年間売上高の 3.3% をインダストリー 4.0 に投資する

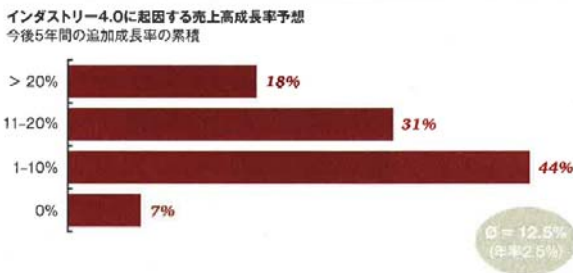


(図表 74) インダストリー 4.0 への平均年間投資額 出典) PwC(2015)

イ) 効果に関して;

- ・調査対象企業は、今後 5 年間に、18% を超える生産性の向上 (年平均 3.3%) が実現し、12.5% の売上げ増 (年平均 2.5%) が確保できると期待している。
- ・コスト面では年平均 2.6% の削減を予想している。
- ・これをドイツの工業部門全体で推計すれば、売上げが毎年 300 億ユーロずつ押し上げられ、欧州全体の工業部門では毎年 1,100 億ユーロが売上げに追加される。(図表 75)

図15: インダストリー4.0ソリューションとデジタル化製品のおかげで各社とも売上高の大幅成長を予想

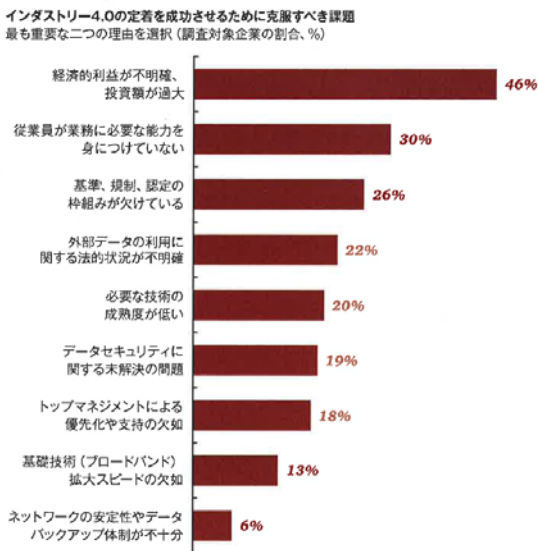


(図表 75) インダストリー4.0 に起因する売上高成長率予想(今後 5 年間の追加成長率の累積) 出典)PwC(2015)

ウ) 経営について;

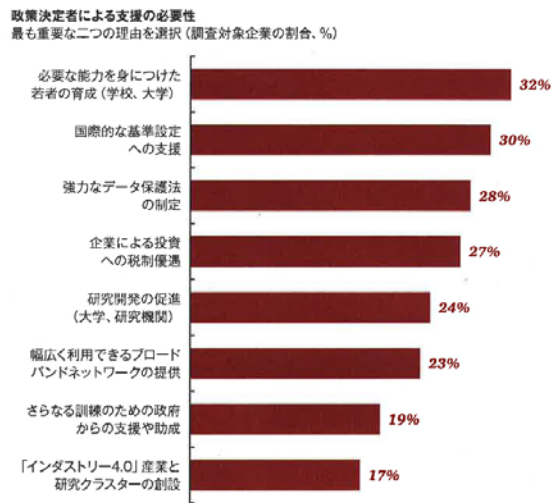
- ・インダストリー4.0 は、企業全体の変革であり、CEO 自らが率先して取り組むべき課題である
- ・インダストリー4.0 は、新しく、しばしば破壊的なビジネスモデルを生み出すだろう
- ・変化への急速な加速をもたらすいくつかの課題を克服しなければならない。最も注力すべきは、高い投資水準と、不明確なことの多い対投資効果である
- ・調査対象企業のうち 18%が、「トップマネジメントによる優先化や支持の欠如」を挙げている。これは多くの経営者にとって警告となる筈である。(図表 76, 77)

図21: インダストリー4.0の最大の課題は経済的利益が明確でないこと



(図表 76) インダストリー4.0 の定着を成功させるために克服すべき課題 出典)PwC(2015)

図22: インダストリー4.0の定着を成功させるには、政策決定者からの幅広い支援が必要



(図表 77) 政策決定者による支援の必要性 出典)PwC(2015)

(注 5) 新しい IoT ビジネスモデル

IoT 導入が最も効果大きいとされているのは、製造業である。金融業や医療健康分野も次いで大きい市場と考えられている(産業構造審議会新産業構造部会資料)。

(1) 製造業

日本で最も多く IoT が導入されているのが、「遠隔状態監視」(M2M とも呼ばれている)である。人の訪問が困難な遠隔の機械等にセンサーを埋め込み、機械等の状態を監視することで、効率的な保守点検を行い、故障を未然に防止するものである。例えば、コマツでは、遠隔地の同社製品から送られてくるデータを分析することで、故障原因を推定し修理を早めたり、建設機械が意図に反して移動すると遠隔操作でエンジンを停止して盗難を防止したり、稼働状況が高い作業場に「もう1台どうですか」と営業できる。日立製作所は2015年9月、総事業費1兆円の都市間高速鉄道計画で競り勝ったことを契機に海外で初の鉄道車両工場を英国に建設、27年間の保守サービスも同時に受注した。車両にセンサーを埋め込んで遠隔状態監視を行い、効率的な保守点検、故障の未然防止により列車の遅延や運休を減らせる。

次いで、工場内の「見える化」がある。工場の生産ラインに設置したセンサーで、稼働状態を「見える化」し、非効率箇所を発見するものである。オムロン草津工場に富士通の IoT システムを導入することで生産効率が約 30%アップした。富士通自身は、自社の島根工場で生産リードタイム 80%削減、プリント基板生産不良 90%削減を達成した。三菱電機の CC-Link はアジア地域でシェア NO1、約 130 社で稼

働している。

システム・オブ・システムズは、複数の工場の IoT システムどおしを接続することで、部分最適から全体最適に移行するものである。デンソーの有馬社長は、世界の 130 工場を接続して生産性 30%以上の向上を目指すメディアに向かって発言している。システム・オブ・システムズは、日立製作所が力を入れている商品である。

2015 年 10 月、日立製作所の中西 CEO は、IoT を活用して顧客の課題を解決する事業の売上高全体に占める比率を 2018 年度に 5 割まで引き上げるとの方針を発表した。また 2016 年 4 月、ハノーバーメッセ 2016 において、トヨタの大倉部長は、トヨタは工場内ネットワークとして EtherCAT を全面採用する旨を発表した。日本の 2 大企業の方針は日本の産業界に大きな影響を及ぼすであろう。

(2) 農業

スマートアグリなどと呼ばれている。旭酒造の獺祭（だっさい）は最高級 720m l が 3 万円、2014 年 4 月のオバマ大統領来日時に安倍総理がプレゼントした。同社の高橋社長は、古い酒蔵を廃止し、IoT 導入の最新鋭工場に改修、データ・サイエンスで製造し、獺祭ができあがった。生産が難しい原料「山田錦」に富士通の「akisai」を導入、水田をセンサーで「遠隔状態監視」することで、高品質で安定的な量産が可能になり、獺祭が量産可能となった。(図表 78)



日本酒消費量と旭酒造の出荷量の推移

(図表 78) 日本酒消費量と旭酒造の出荷量の推移

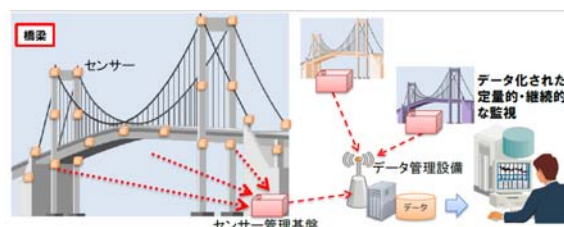
「akisai」は多くの場で用いられており、例えば、ある畜産農家では、ノウハウを駆使しても種付けの成功率が 2-3 割だったが、牛に取り付けたセンサーからデータを得て発情期を検知し種付け成功率 100% となり、農家の損失が激減した。また和歌山県のミカン農家では 5000 本の樹木に付けたセンサーから

得られるデータを解析、コスト・データも把握することでブランドミカンの合格率 50% (地域平均 4%)、収穫量 7%アップとなった。大規模農業では「職人による経験と勘」よりも IoT による「理論とデータによるサイエンス」で農業を行った方がはるかに効果的であり、IoT でコスト管理を徹底し、売値を決めることができる

(1) 建設業

スマート・コンストラクションと呼ばれる。建設業は他業種に比べて生産性が低く、技能労働者は、高齢化が進み、低賃金のため若者の参入が少ない(現在、29 歳以下は 1 割以下) ため、国交省は、建設現場に IoT を導入する「i-Construction」プロジェクトを推進している。ドローンを用いて短時間で高密度の 3 次元測量を実施、その現況データと設計図との差分から施工量を自動に算出、そのデータを建機に入力して自動で作業を行う。またドローンを用いて 3 次元測量による検査を実施する。

また、日本では戦後作った大量のインフラが寿命を迎えつつあり、老朽インフラによる事故(例; 2012 年笹子トンネル事故) も起きている。全てのインフラを熟練作業員が定期的に点検することは不可能なため、例えば橋梁であれば、振動センサーを設置し、データを得て橋梁を「遠隔状態監視」する。(図表 79)



(図表 79) センサーによるデータを用いた橋梁の遠隔状態監視
出典) 国交省

(2) 健康医療

インターネット・オブ・ヒューマン・ヘルスケア (Internet of Human Healthcare; IOHH) と呼ばれる。人間が身につけたウェアラブル端末や下着に埋め込まれたセンサーなどから取得された歩数、消費カロリー、体温・心拍数、歩数、運動量、睡眠時間、睡眠の質などが、クラウドを介してパソコンやスマートフォンに記録され、個人の健康状態を常に把握することができる。体調の変化を事前に察知し、対処することで、入院に至る事態を防止する。「未病革命」とも呼ばれている。例えば、高齢化が進む茨城県日立市の青葉台団地では、地域サポーターが利用者の

活動量データを定期的に把握し、散歩や無理のない運動を勧めたり、健康相談にのったりと、健康増進を支援している。

(3) 営業

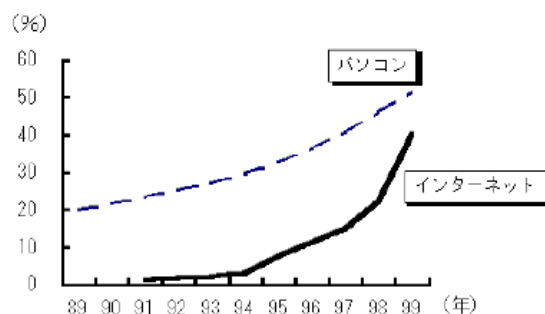
AI デジタル・マーケティングと呼ばれる。店舗が保有する顧客の過去の行動データを解析することで、最適なマーケティングを個別に行うものである。顧客は、店舗で買い物をするだけでなく、その店の Web サイトを見たり、問い合わせをしたりする。それらの履歴データと顧客の属性（男女、年齢、居住地、出身地、音声、画像など）や気候、市況などを組み合わせて、各顧客に最適な商品を最適な時間、最適な場所で提案する。また、どのような提案がうまくいったかという経験を機械学習することで、提案力を高める。顧客データが多ければ多いほど精度が上がるため、将来は複数の店舗が協力してデータを提供しあうことが想定される。

(4) 金融

フィンテック Fintech と呼ばれ、現在、いろいろな機能が開発されている。最も有望なビジネスモデルは「中小企業向けオンライン融資」であろう。融資に至る審査が圧倒的に短いため、既存の銀行よりも利便性が高い。米国で急成長しているフィンテック・ベンチャー企業の大部分はオンライン融資企業である。例えば、ストライプ社（2011年設立、時価総額 5696 億円）、ソフィ社（2011年設立同 4101 億円）、レンディングクラブ社（2006年設立同 3722 億円）などがある（出典；週刊ダイヤモンド 2016/03/12）。これ以外に、「人口知能 AI による投資アドバイザー（ロボット・アドバイザーと呼ばれる）」、「クラウド・ファンディング」「スマホによるモバイル決済」「どこからでもアクセスできるクラウド会計」「仮想通貨・ブロックチェーン」などがある。

(注 6)

アメリカでは、1991年3月から2001年3月までの10年間、景気拡大の時期が続き、「ニューエコノミー」と呼ばれた。その景気拡大の要因は、1980年代後半から続いた IT 化投資により、生産性が高まったためである。特に、1995～99 年は約 2.5% の生産性の伸びが計測され、2.5% のうち 2.3% が IT 化要因であった。（図表、）



(図表 80)アメリカにおけるパソコン及びインターネットの普及率
出所) ITU Yearbook of Statics 2000, Chronological Line Series 1989-1999, OECD Database
出典) 平成 12 年度世界経済白書, 経済企画庁

	労働生産性の伸び	IT 関連以外の資本装備率要因	IT 化要因	その他の要因
80～94年	1.6	0.4	1.5	-0.3
95～99年	2.5	-0.1	2.3	0.3

(図表 81)アメリカの労働生産性の要因分解
出典) 平成 12 年度世界経済白書, 経済企画庁

(注 7) 今後の課題

今後の課題で最も重要なのは、雇用への影響であろう。オックスフォード大学のフレイ & オズボーンによるガウス過程という回帰関数による試算の結果、すなわち 10 余年内に労働人口の約 49% が機械に代替可能という試算は、日本のメディアでもよく取り上げられている。だが、私が知る限り世界には雇用問題を扱ったレポートが 5 本あり、うち 3 本が試算結果を出している。ドイツ・ポストンコンサルティングが行った試算では、2025 年までにドイツ国内で 35 万人の雇用増が見込まれ、2030 年までには 580 万から 770 万の従業員不足数が見込まれている。このように試算方法によって結果が大きく異なっている。日本のメディアは最も過激な数字を取り上げて社会の不安を煽っている。だが、全てのレポートに共通している点は、製造業の労働市場では、一度は短期的な落ち込みがあるが、その後緩やかな回復が見られ、高い能力を有する人材の獲得により生産性向上が見込まれるとしている点である。そのため、企業や国が主体となって、教育訓練を通じ必要な技能を身につけさせるようにと主張している。

2016年3月、筆者はドイツ各地の専門家を訪問し、雇用に与える影響に関するドイツの研究の最新状況についてインタビューして回った。この分野では、ドイツは日本より 3～4 年研究が先行している。なぜなら、IG メタル（金属労働組合）や、それを支持基

盤とする社会民主党が、雇用問題に真剣に取り組むよう主張してきたこともあり、Arbeiten4.0 プロジェクトが実施されてきたからだ。雇用問題は、ドイツにおいて関心が高い政治 이슈 となっている。その結果を総括すると次のとおりである。

“世界で試算結果が発表されているが、それらは人間の仕事は何でも自動化できると妄想している者の根拠のない数字である。我々は、そうしたいいかげんな根拠のない数字は一切コミットしない。グーグル・ドイツ社長に「20年後の貴社の雇用形態はどうなっているか」とインタビューしたところ、「20年前、この世に存在していなかったグーグルが、どうして20年後を予想できるのか。」と返された。この言葉が雇用に関する将来推計の本質を現している。我々は、数字を出すことよりも、IoT 導入による将来の新しい業務内容を想定し、今の雇用者が新しい業務の下でも働けるよう、職業訓練所の内容を充実させることに最も注力している。IG メタルは、インダストリー4.0 を推進しなければドイツの競争力が失われ、雇用にとって悪影響が出るため、積極的にインダストリー4.0 に関する様々な検討会に参加し、組合員にとって好ましい制度設計にしようと努めている。”

もう1つの重要な課題は、中小企業へのIoT 導入である。日本もドイツも、中小企業は全企業数の99.6～99.7%を占めており、中小企業が国家経済を支えている。中小企業へのIoT 普及の程度が、その国でIoT が成功したか、失敗したか、という評価になると言っても過言ではない。中小企業へのIoT 導入は難しいが、その壁を乗り越えて進まない、IoT が大企業だけを潤して終わり、となってしまう。IoT による恩恵は、全国津々浦々にまで広がらなければならない。いずれも現在筆者が取り組んでいる研究テーマである。

参考文献：

岩本晃一(2015),『『独り勝ち』のドイツから日本の『地方・中小企業』への示唆』, RIETI Policy Discussion Paper Series, 15-P-002, 2015年3月

岩本晃一(2015-16), 連載「インダストリー4.0 はモノづくりをどう変えるか」, 日刊工業新聞社月刊誌「機械設計」, 2015年9月号～現在まで

岩本晃一(2015),「インダストリー4.0, ドイツ第4次産業革命が与えるインパクト」, 日刊工業新聞社, 2015年7月

岩本晃一(2015),「インダストリー4.0 について」, 経済産業研究所 RIETI/BBL セミナー, 2015年9月18日

Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0 (2015),

IBM Institute for Business Value(2015), Redefining Boundaries, IBM Institute for Business Value, November 2015

Umsetzungsstrategie Industrie4.0, BITKOM/ VDMA/ ZVEI, April 2015

PwC(2015), Industrie4.0 – Opportunities and Challenges of the Industrial Internet, PwC, April 2015

Working Group(2013), Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE4.0, Final report of the Industrie4.0 Working Group, April 2013