

BBLセミナー プレゼンテーション資料

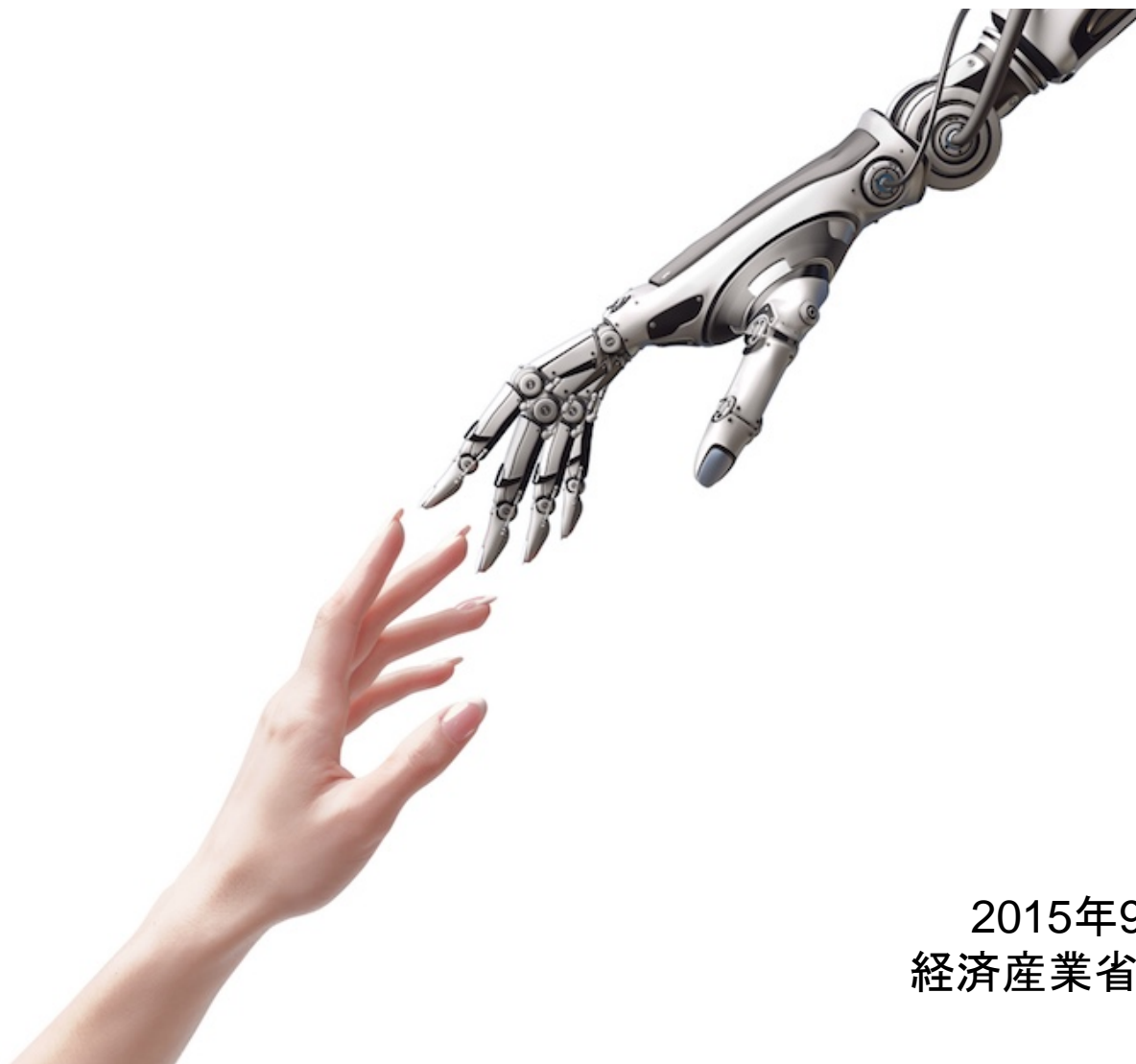
2015年9月18日

「インダストリー4.0について」

岩本 晃一

ドイツ第四次産業革命 **Industrie 4.0** が与えるインパクト

RIETI BBL



2015年9月18日
経済産業省 岩本晃一

内容；

- 1 インダストリー4.0導入による生産性の向上
- 2 生産性向上のメカニズム 効率化・合理化
- 3 生産性向上のメカニズム 新たなビジネスによる売上増
- 4 今後の課題 問題提起
- 5 さいごに

注釈

参考文献



色々な呼び方

製造業のネット化の波は、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。呼び方は違っていても、内容は同じ、

■ ドイツ； インダストリー4.0

* カッコいいキャッチコピーにより、新しく先進的な取り組みとのイメージ・アピールに成功

■ 米国GE； インダストリアル・インターネット

シスコシステムズ； 全てのインターネット (IoE ; Internet of Everything)

マイケル・ポーター； 第三次IT革命

■ 中国； 中国製造2025 …… 中国版インダストリー4.0

■ 日本； 国全体での呼び名はない

日立製作所； 共生自律分散制御システム

富士通； スマートなものづくり

三菱電機； e-F@ctory

日本電気； 次世代ものづくりソリューション NEC Industrial IoT

東芝； 次世代ものづくりソリューション Meister

法政大学西岡靖之教授； インダストリアル・バリューチェーン・イニシアチブ IVI

その他； 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) 等 ……

インダストリー4.0システムの基本設計思想

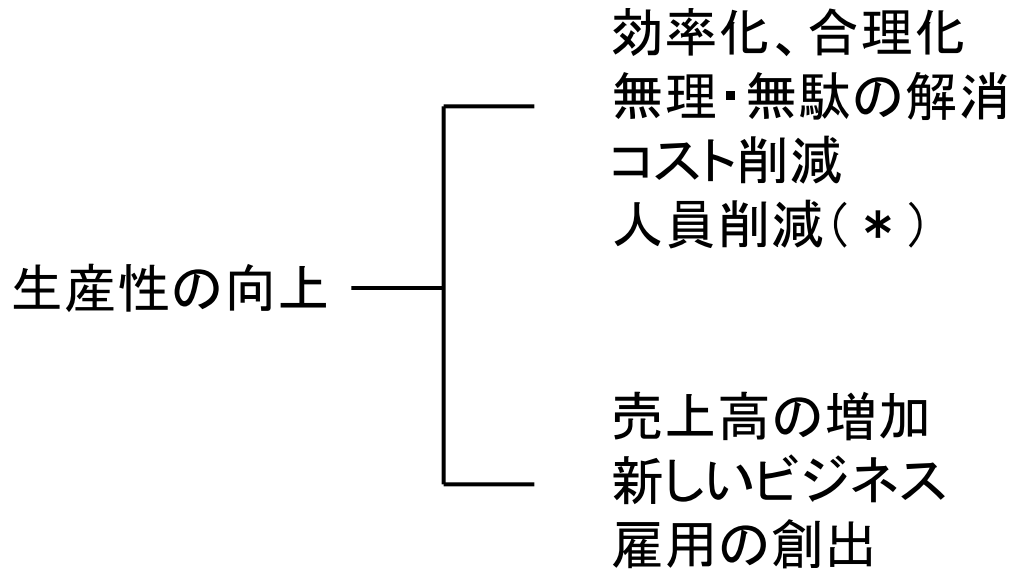
「柔軟性」「自律性」「最適化」「生産性」

- 1 如何なる指示にも応える「柔軟性」を有する。
- 2 機械が「自律的」に判断し、実行する。
- 3 機械は、コスト、時間、エネルギー等を「最適化」するよう行動する。
- 4 その結果、飛躍的な「生産性」の向上が可能になる。

1 インダストリー4.0導入による生産性の向上

インダストリー4.0が導入されると何が出来るようになるか

→ 生産性の向上



「生産性の向上」が持つ様々な面

- (*) 経営トップの考え方次第では、人員削減にまで至ることがある
→ ドイツで労働組合がインダストリー4.0に対して懸念を表明してきた背景

オフィスへのパソコン導入

電話、コピー、ファックス
を職人技で使いこなして
業務を実行



パソコン導入
スタンドアローン型



パソコンがインターネット
に接続
業務の効率化・合理化

インターネットを使った新
しいビジネス
ネット金融、ネット販売、
SNS、検索エンジン、動
画、音楽配信 ……

効率化・合理化による生産性向上

新規ビジネスによる売上増

対個人サービス

工場へのロボット導入

生産ラインに作業員が並
び、道具を職人技で使い
こなして加工組立



ロボット導入
スタンドアローン型



ロボットがインターネット
に接続
作業の効率化・合理化

インターネットを使った新
しいビジネス
単品生産、センサーによ
るデータ収集、ビッグ
データ解析 ……

アプリ次第で将来無
限のビジネス発展の
可能性



効率化・合理化による生産性向上

新規ビジネスによる売上増

対事業所サービス

オフィスへのパソコン導入と工場へのロボット導入の類似性の対比

ドイツの生産性の向上(1)

ハノーバーメッセ2015 第9回日独経済フォーラム(2015年4月15日)
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

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。(注2)

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った。

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2025年までに4250億ユーロを生み出す**。

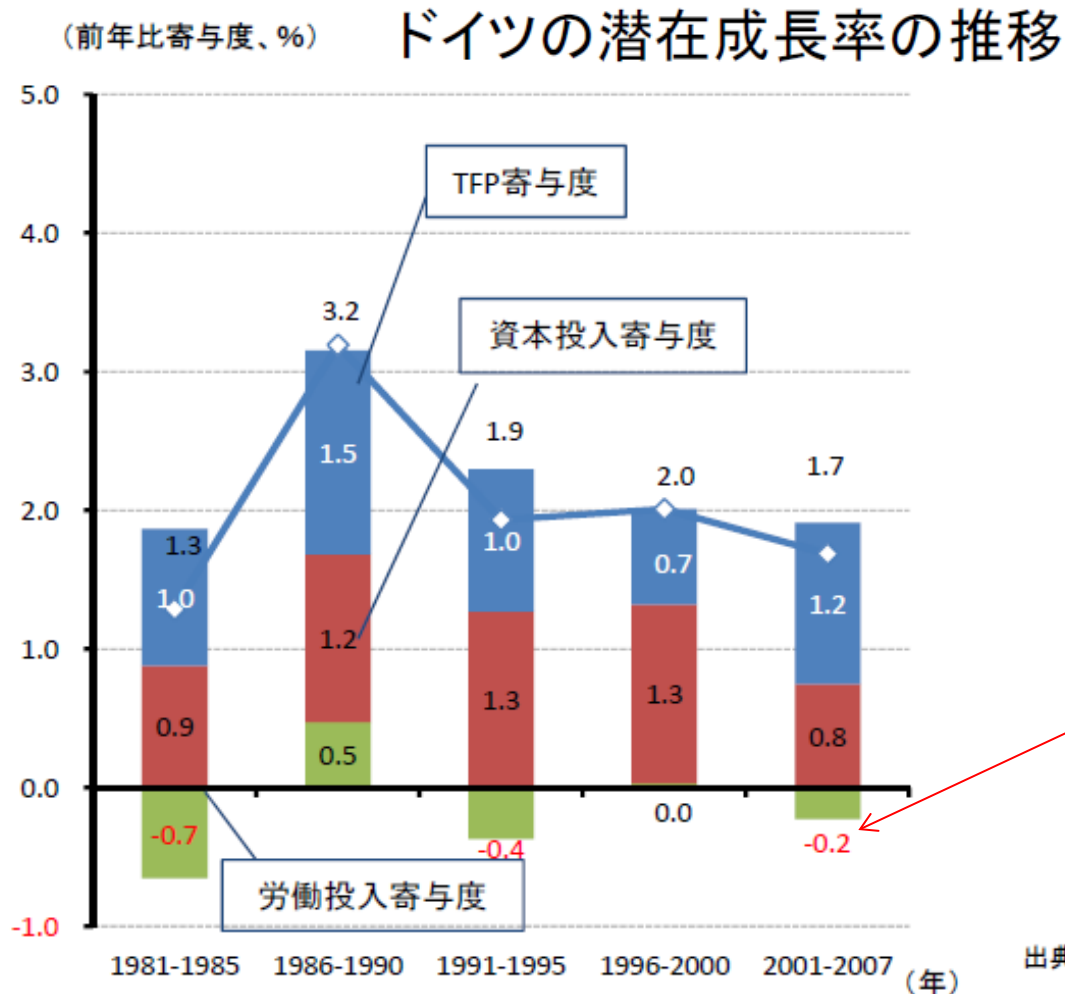
ドイツ企業は積極的な投資を行っており、**今後、5年間にドイツ企業の売上高の3.3%をこの領域に投資する**。これは現在決まっている設備投資予算の50%以上に上る。

* 上記発言の引用元の調査 Pwc(2015) は(注3)参照。

* ICT = Information and Communication Technology (情報通信技術)

ドイツの生産性の向上(2)

ドイツ政府は、インダストリー4.0が導入されれば、労働力が減少しても、**年率1.7%の成長が可能**であるとしている。（注2）



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

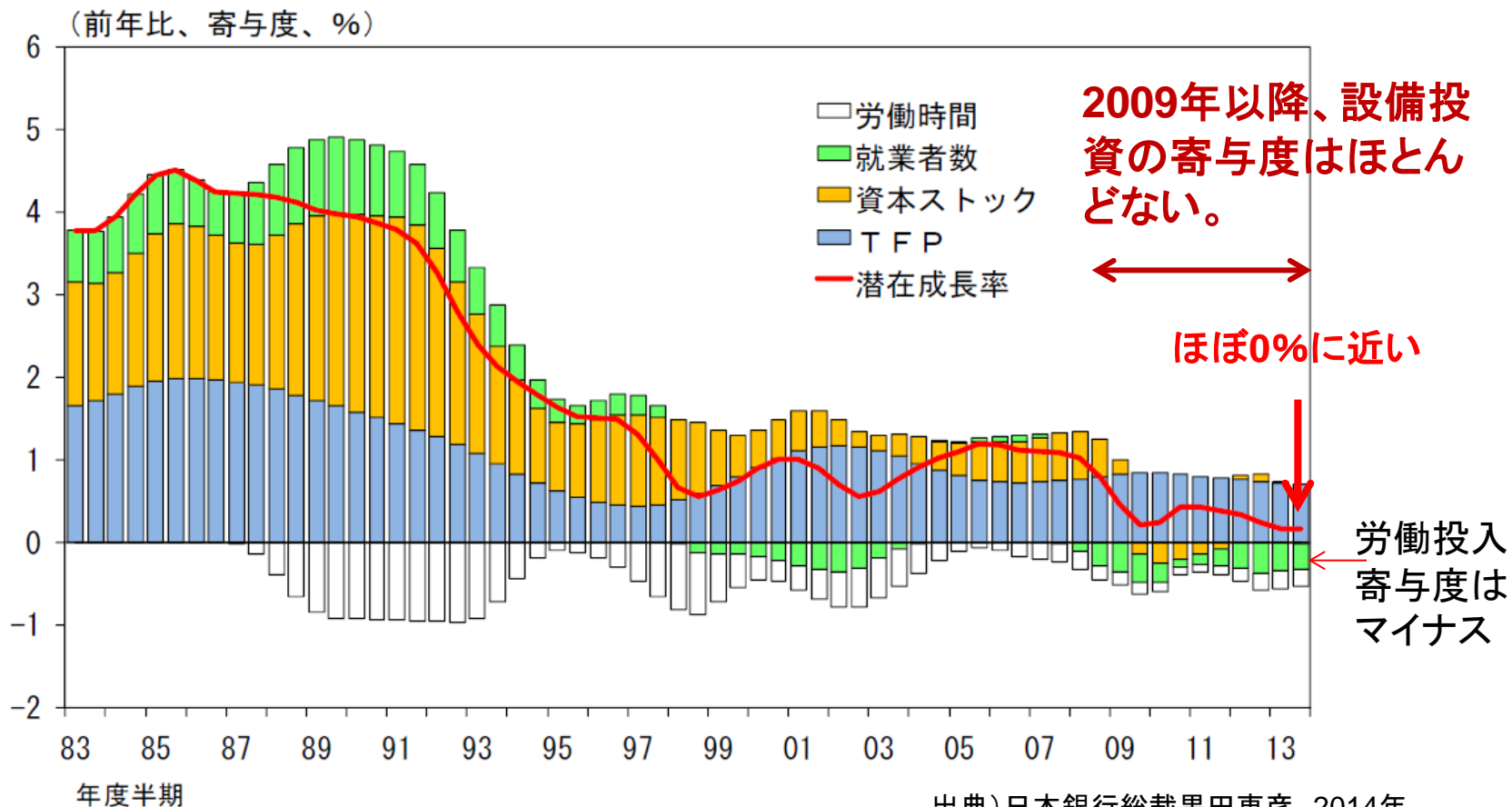
合計特殊出生率は2013年1.38であり、日本(2014年1.42)より低い

労働投入寄与度はマイナス

日銀の推計によれば、最近の日本の潜在成長率はほぼゼロに近い。今後とも、人口減少、少子高齢化が進むなかで、労働投入寄与度はマイナスが続くと予想される。

→ 設備投資とイノベーションをドイツ並、若しくはドイツを超える水準に！

日銀の推計による直近の日本の潜在成長率



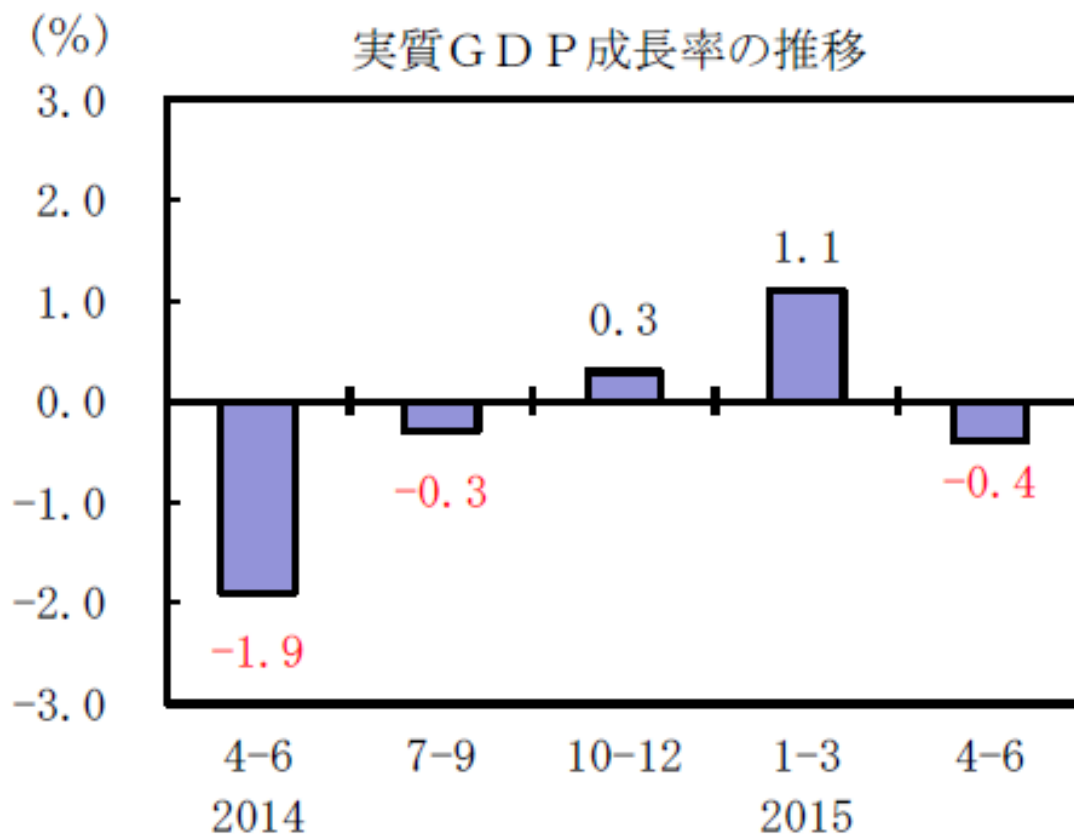
(注) 日本銀行調査統計局による推計値。2013年度下半期は、2013/4Qの値。
(資料) 内閣府、日本銀行、総務省、厚生労働省、経済産業省等

出典) 日本銀行総裁黒田東彦、2014年6月23日、経済同友会会員懇談会における講演

潜在成長率を高めなければ、金融財政的手段による総需要対策のみでは、GDP成長率は中長期的に鈍化する。

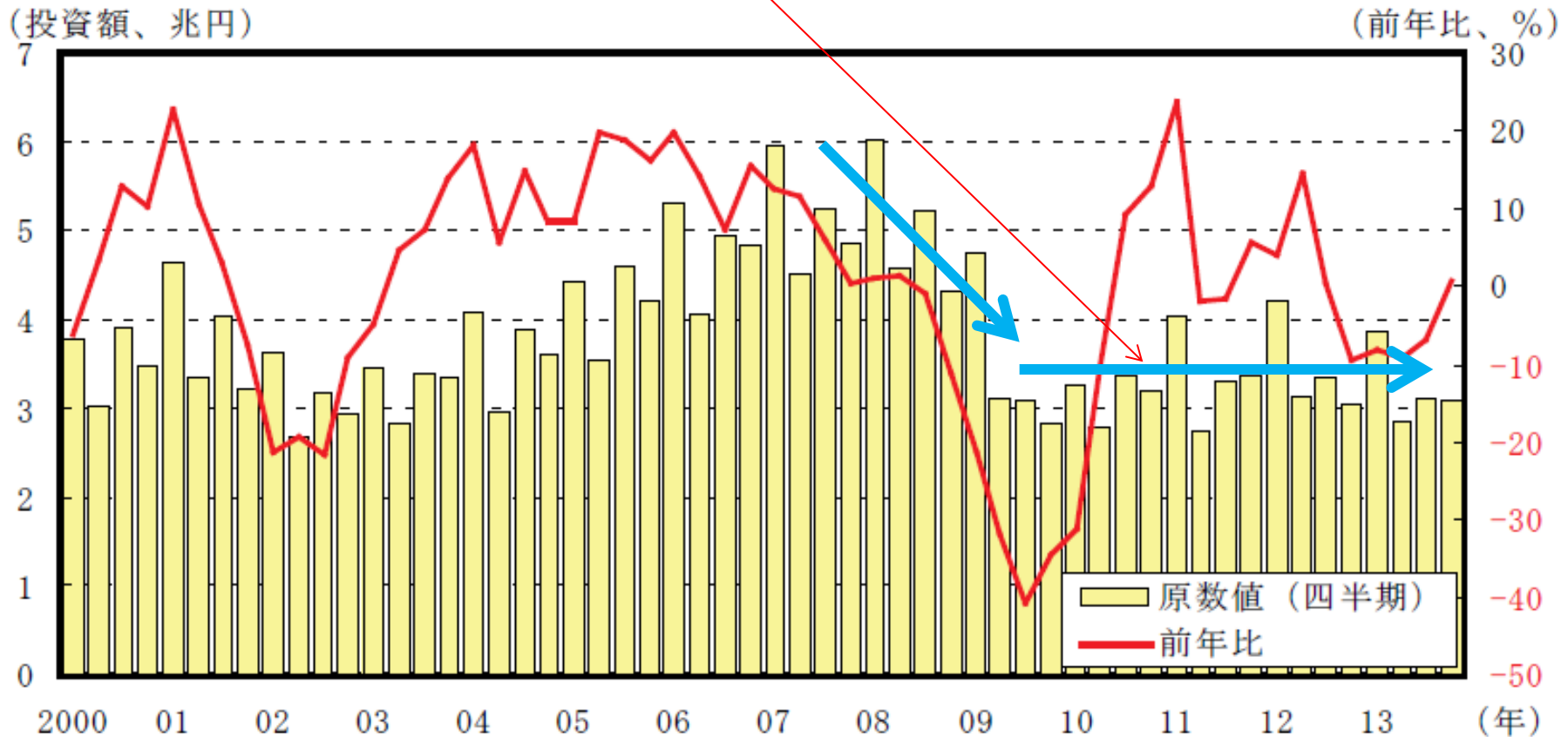
2015(平成27)年4~6月期四半期別GDP速報 (1次速報値)

平成27年8月17日
内閣府経済社会総合研究所
国民経済計算部



長期のデフレ下でのデフレマインド経営により、2009年以降、ほぼ一定額で推移。
製造業分野の**設備投資の「伸び」**はほとんど見られない。

日本の製造業の設備投資の動向

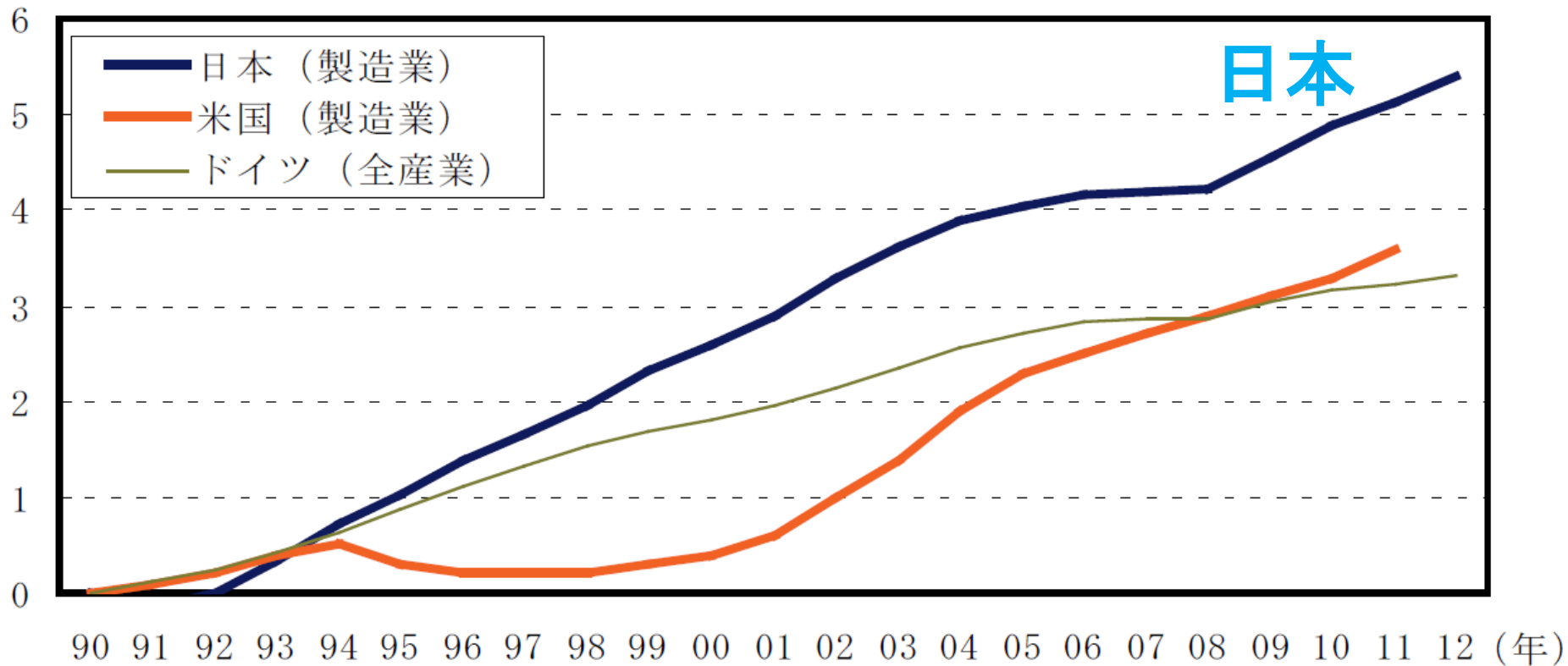


出所：財務省「法人企業統計」より作成

日本の製造設備が古いことは、製造業の国際競争力劣化の要因の1つ

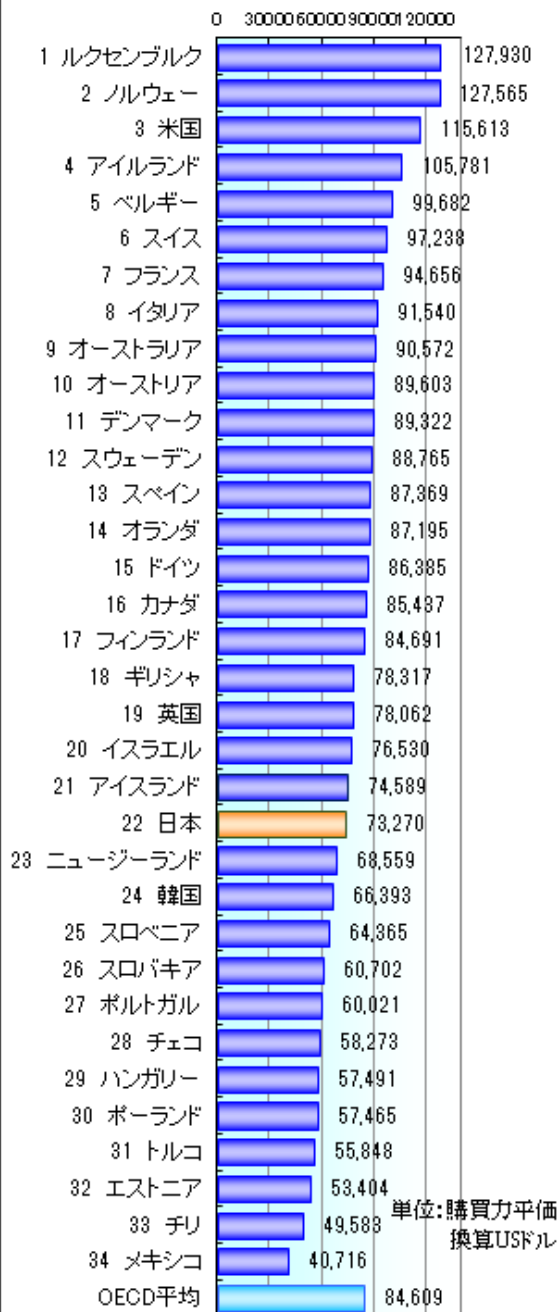
日本のビンテージ設備問題

(対90年増加年数)

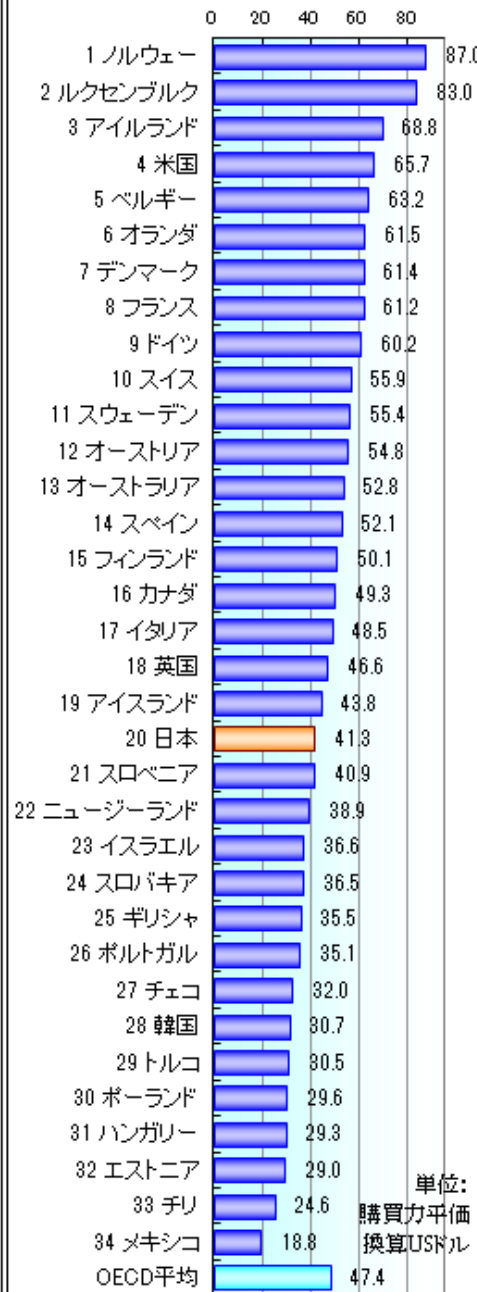


出所：内閣府「平成25年度 年次経済財政報告」より作成

OECD加盟諸国の労働生産性
(2013年/34カ国比較)



OECD加盟諸国の
時間当たり労働生産性
(2013年/34カ国比較)



低い日本の労働生産性;

2013年の日本の労働生産性(就業者1人当たり名目付加価値)は、73,270ドル(758万円／購買力平価(PPP)換算)。順位をみるとOECD加盟34カ国中第22位で前年と変わらず、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。

就業1時間当たりでみた日本の労働生産性は41.3ドル(4,272円)。英国(46.6ドル)やアイスランド(43.8ドル)とほぼ同水準であった。OECD加盟34カ国の中では第20位となっている。

出典)日本の生産性の動向2014年版から抜粋, 日本生産性本部

日本企業によるICT投資の主目的は、**通常業務の合理化・コスト削減**

→ 10年前の調査と同じ、時代とともに変わらず

これでは、従業員の前向きな協力が得られず、労働組合からも反発

→ **日本では、ICT投資が企業の業績に反映しない背景**

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

Improvements in Efficiency in Management Practices	85.3
Improvements in Utilization in Information and Communication within Firms	64.4
Faster Transformation in Decision Making of Top Managers	53.6
Restructuring in Employees	37.6
Improvements in Customer Satisfaction	37.4
Decrease in Inventories	32.3
Management Planning	31.3
Sales Increase in the Current Products	30.0
Developments in New Customers	28.5

Reform in Organizational Structure	25.2
New Product Developments	21.0
Cooperation with Other Firms	20.4
Improvements in Workers Satisfaction	18.9
Sales Increase in the New Products	14.6
Improvements in Abilities Creating New Business	14.1
Increase in ROE	11.4
Cooperations with Foreign Firms	8.6
Establishment in Foreign Affiliates	5.8

出典) The Role of Intangibles on Productivity Growth
-L'essentiel est invisible pour les yeux-
(Le Petit Prince by A. D. Saint-Exupéry)

Presented at JPC Conference on Economic Growth and Productivity
July 28, 2015
Ahmed Bounfour (University Paris-Sud, European Chair on Intellectual capital)
and
Tutomu Miyagawa (Gakushuin University and RIETI)

極めて少ないが、CIOを置くようなICT投資に理解のある企業では、ICT投資を、ROE拡大、海外進出、新規事業など**売上増**の手段として活用 → 従業員が積極的に協力

IFITは、日本企業でなかなかICT投資が進まない、又はICT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。

真の理由は、**経営トップの理解のなさ、日本企業のICT戦略の欠如**にあるとしている。

* CIO = Chief Information Officer 最高情報責任者

Increase in ROE	80.8
Establishment in Foreign Affiliates	75.0
Improvements in Abilities Creating New Business	69.7
New Product Developments	69.4
Cooperations with Foreign Firms	67.6
Developments in New Customers	67.6
Improvements in Customer Satisfaction	67.1
Reform in Organizational Structure	65.0
Faster Transformation in Decision Making of Top Managers	64.0

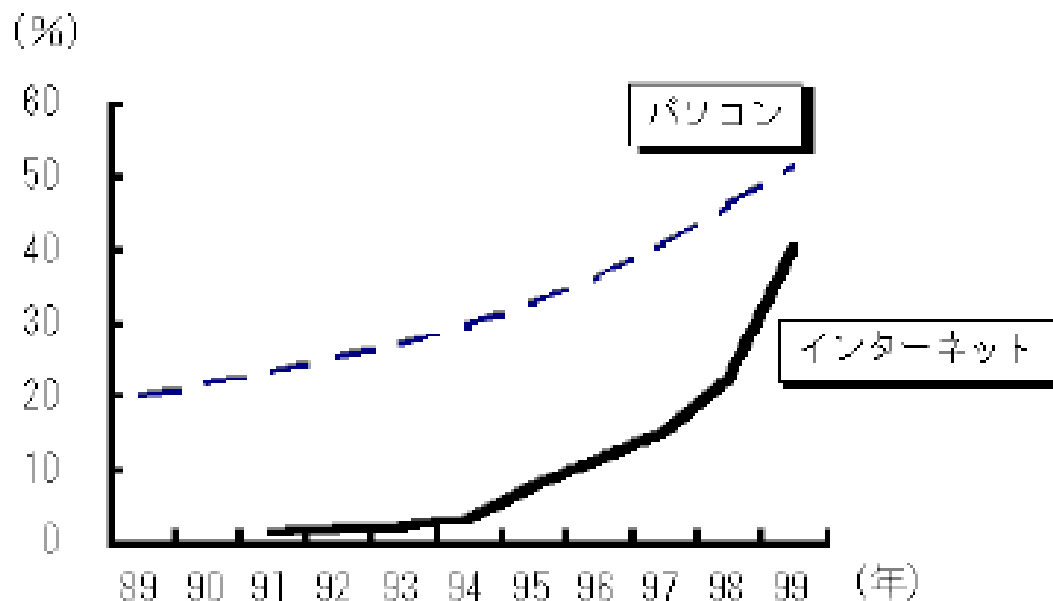
Decrease in Inventories	63.2
Sales Increase in the New Products	62.2
Sales Increase in the Current Products	61.4
Management Planning	61.3
Improvements in Utilization in Information and Communication within Firms	59.6
Improvements in Workers Satisfaction	59.2
Cooperation with Other Firms	58.1
Improvements in Efficiency in Management Practices	57.5
Restructuring in Employees	53.8

出典) The Role of Intangibles on Productivity Growth
-L'essentiel est invisible pour les yeux-
(Le Petit Prince by A. D. Saint-Exupéry)

Presented at JPC Conference on Economic Growth and Productivity
July 28, 2015
Ahmed Bounfour (University Paris-Sud, European Chair on Intellectual capital)
and
Tsutomu Miyagawa (Gakushuin University and RIETI)

かつての米国の 生産性の向上

パソコン、インターネットの普及率 アメリカ



米国に再び、
ニューエコノミー
の時代が到来する
のか？

	労働生産性 の伸び	I T関連以外の 資本装備率要因	I T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

(出所及び注) 付注↑-6-5参照。



2 生産性向上のメカニズム 効率化・合理化

現在、考えられている中でも代表的な事例

将来の様々な可能性については、現在の知見では予測困難

■ 富士通のケース

富士通では、生産性向上を目的に2003年からTPS (Toyota Production System:トヨタ生産方式)を導入し、製造現場起点での生産革新活動をスタートした。2006年には、本活動を開発部門、間接部門にも拡大した。

2010年からは、FJPS (Fujitsu Production System:富士通生産方式)として活動を推進している。

FJPSのコンセプトに基づき、ものづくりを支える基盤として共通テクノロジーや生産技術の開発に加え、生産プロセス、開発プロセスの革新に取り組み、直近3年間の平均で300億円/年のコストダウン効果を生み出している。これらの活動を支える共通事項が自らが持つICTの活用である。

出典)松枝準他(2015)

これらは、開発と並行して当社モデル工場で実践を進めている。トヨタ生産方式 (TPS) をベースとした「FJPS (Fujitsu Production System:富士通生産方式)」で、いわば濡れ雑巾^{ぞうきん}を相当絞ってきた状態にある。それでも生産性が20%上昇した実例が出ている。じゃぶじゃぶな工場であれば、もっと生産性は向上するだろう。

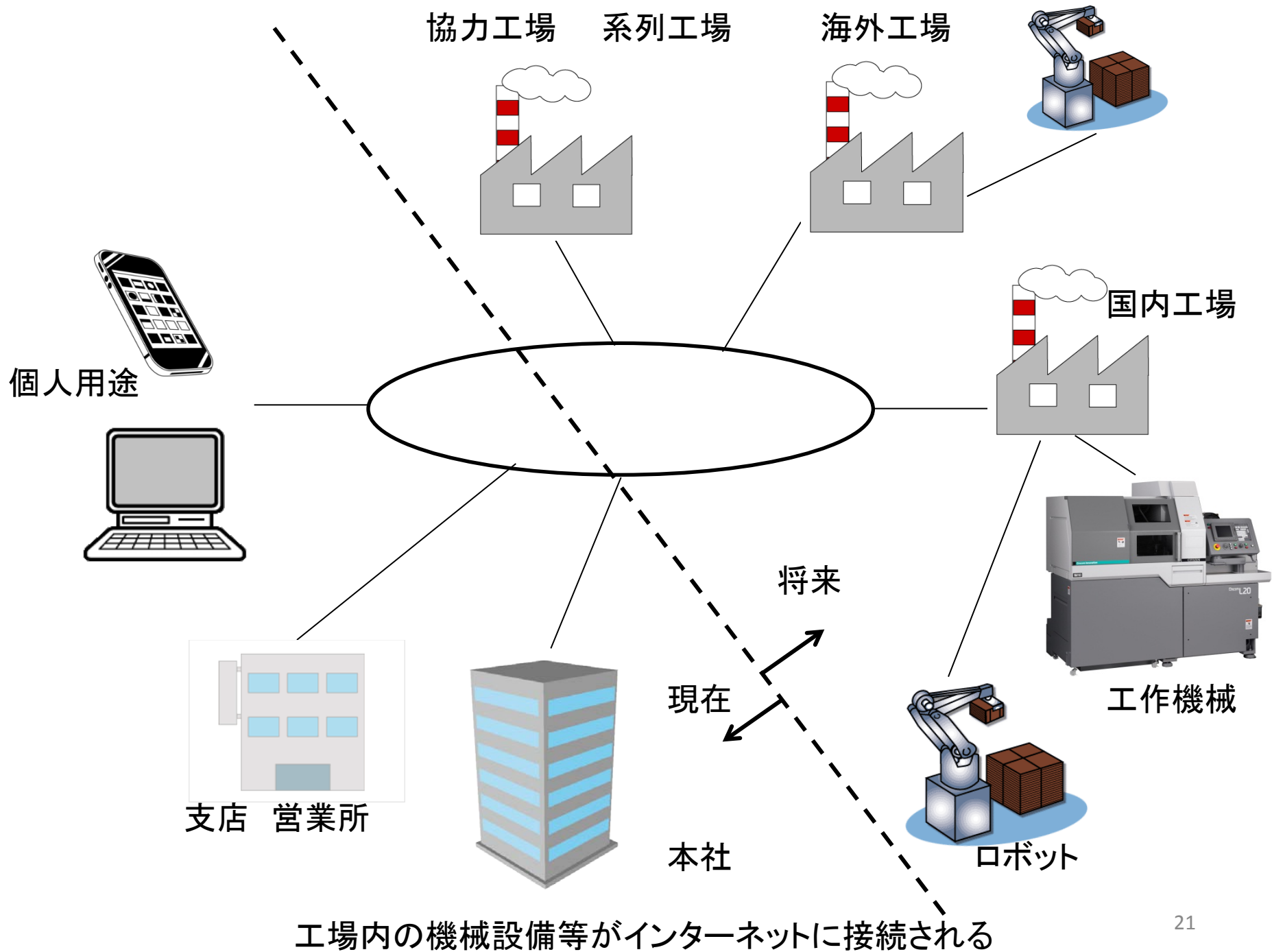
出典)岩本晃一(2015)

■ 三菱電機のケース

ロボットセル生産システムでは、部品供給を人が実施することで、全自動無人ラインで大型部品の供給に必要なだったパーツフィーダを不要とし、かつ段取り変更時の時間削減とともに、省スペース化が可能である。例えば、面積生産性を従来比で3倍近く高めることができる

出典)岩本晃一(2015)

2-1 リアルタイムの判断と指示による経営の スピードアップ





Person ↔ Person



Person ↔ Person



Machine ↔ Machine



コミュニケーションの変化

上 ; 現在 P2P

下 ; 将来 P2P, P2M, M2P, M2M

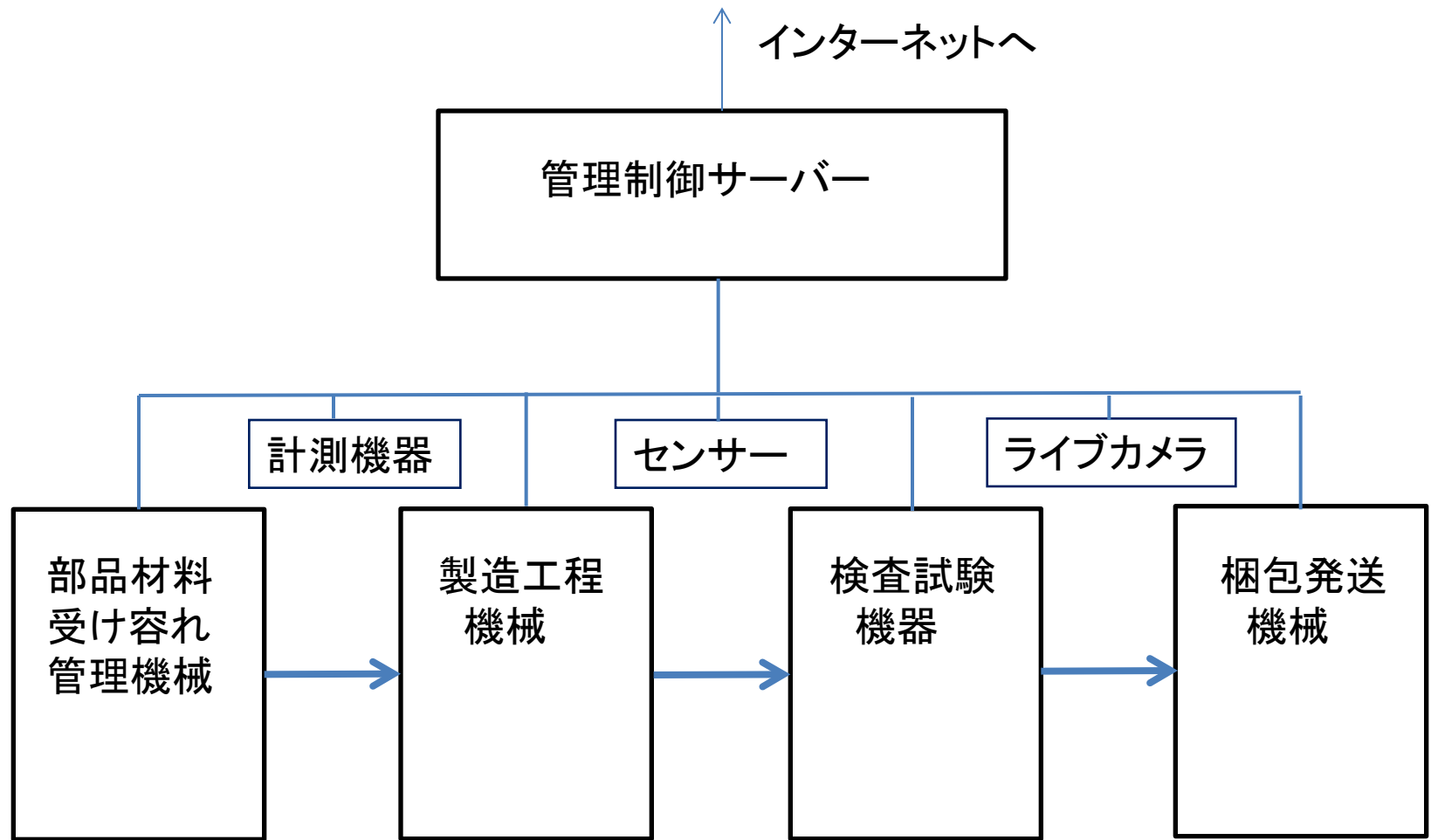
機械どおしがおしゃべりを始める。

外国にある機械ともおしゃべりを始める。

人間と機械がおしゃべりを始める。

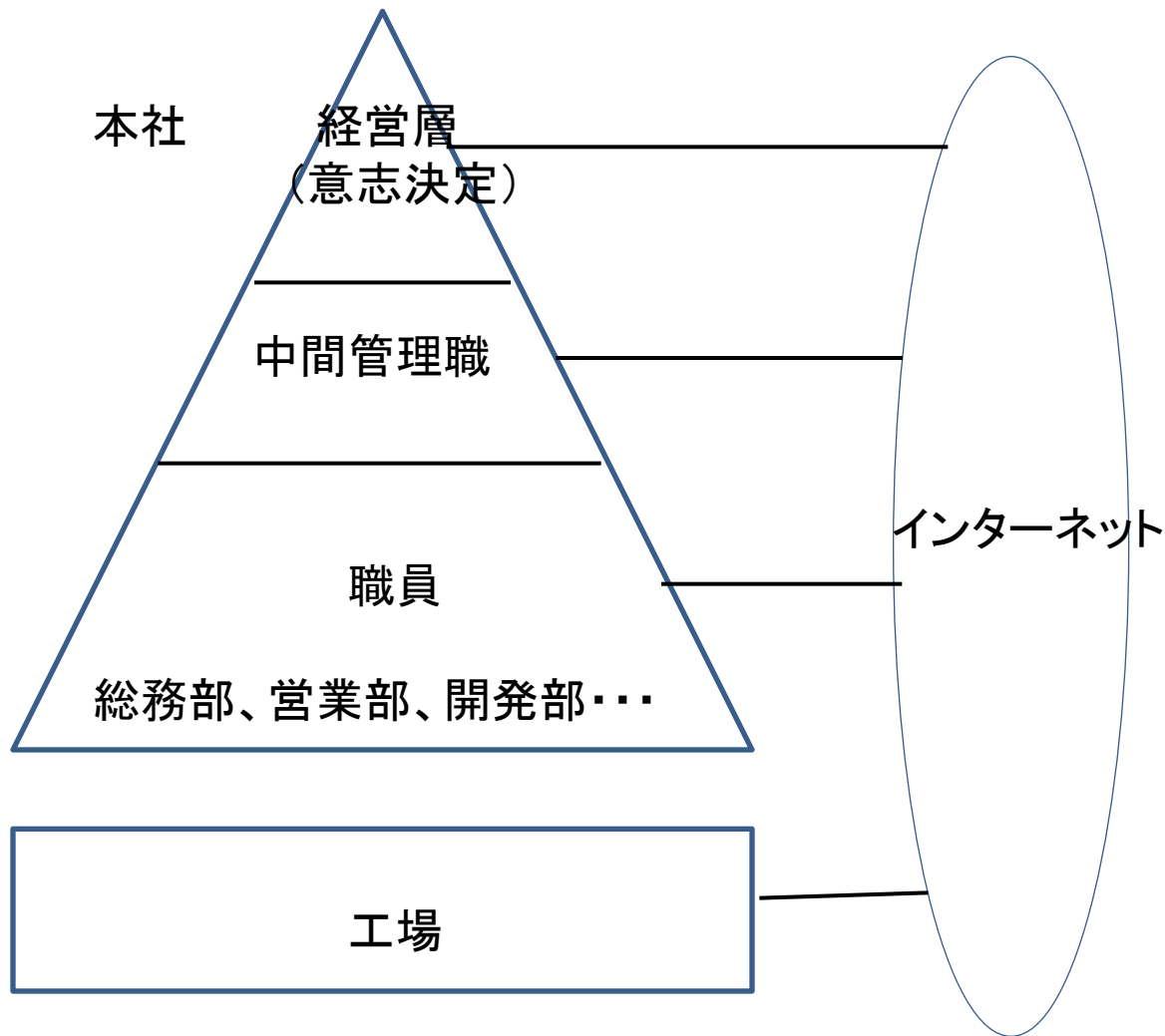
社長は、世界中どこにいても自分の情報通信端末から、まるで自分が工場の中にいるが如く、ライブカメラで状況を見ながら、工場内の各機械設備にアクセスし、あらゆるデータをリアルタイムで確認でき、その場で判断し、直ちに部下に指示を出すことができる。

これまで、1週間に1回、部下から紙の資料で説明を受けて指示を出していたが、今後は自ら直接現データを見ながら、リアルタイムで判断し、指示を出すことができる。



工場の生産ラインの各所に設置されたセンサー、計測機器、ライブカメラなどが、工場内に張り巡らされたネットワークに接続される。

工場内ネットワークが、サーバーを介して、インターネットに接続される。

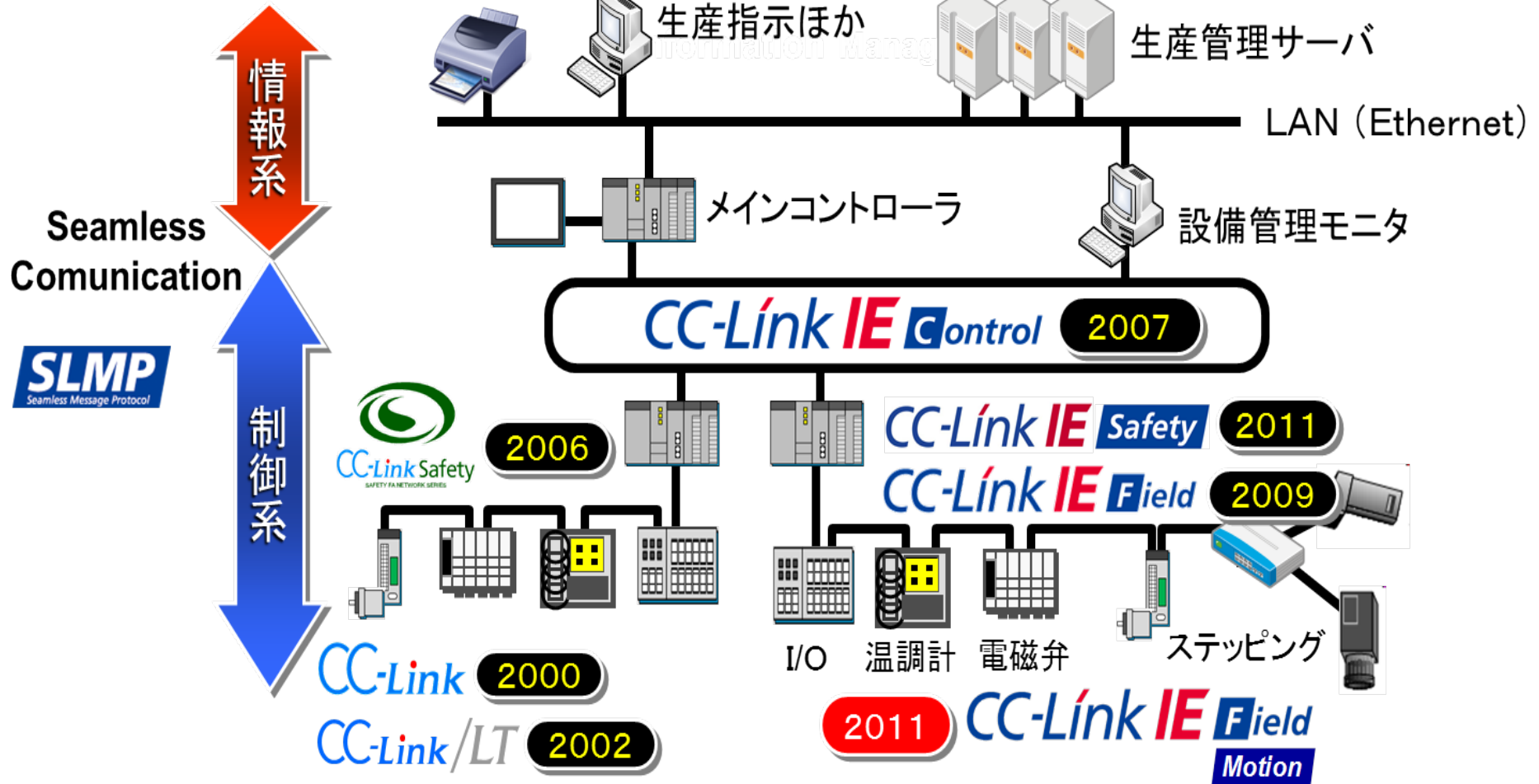


事務管理部門
から常に工場
内を見ることが
可能

→「工場の見
える化」

垂直統合

インターネットを介して社長のタブレット端末と、工場内のセンサー、計測器、ライブカメラが直結する。



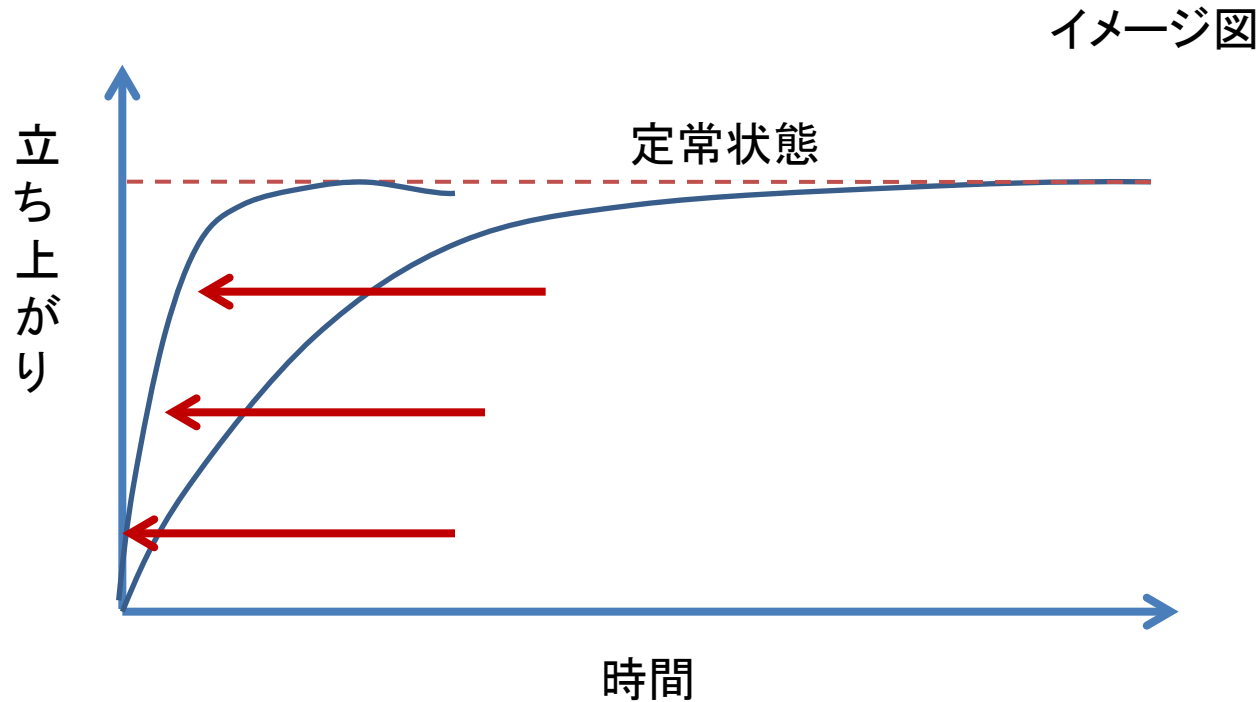
事例

CC-Link ファミリー

出典) 三菱電機

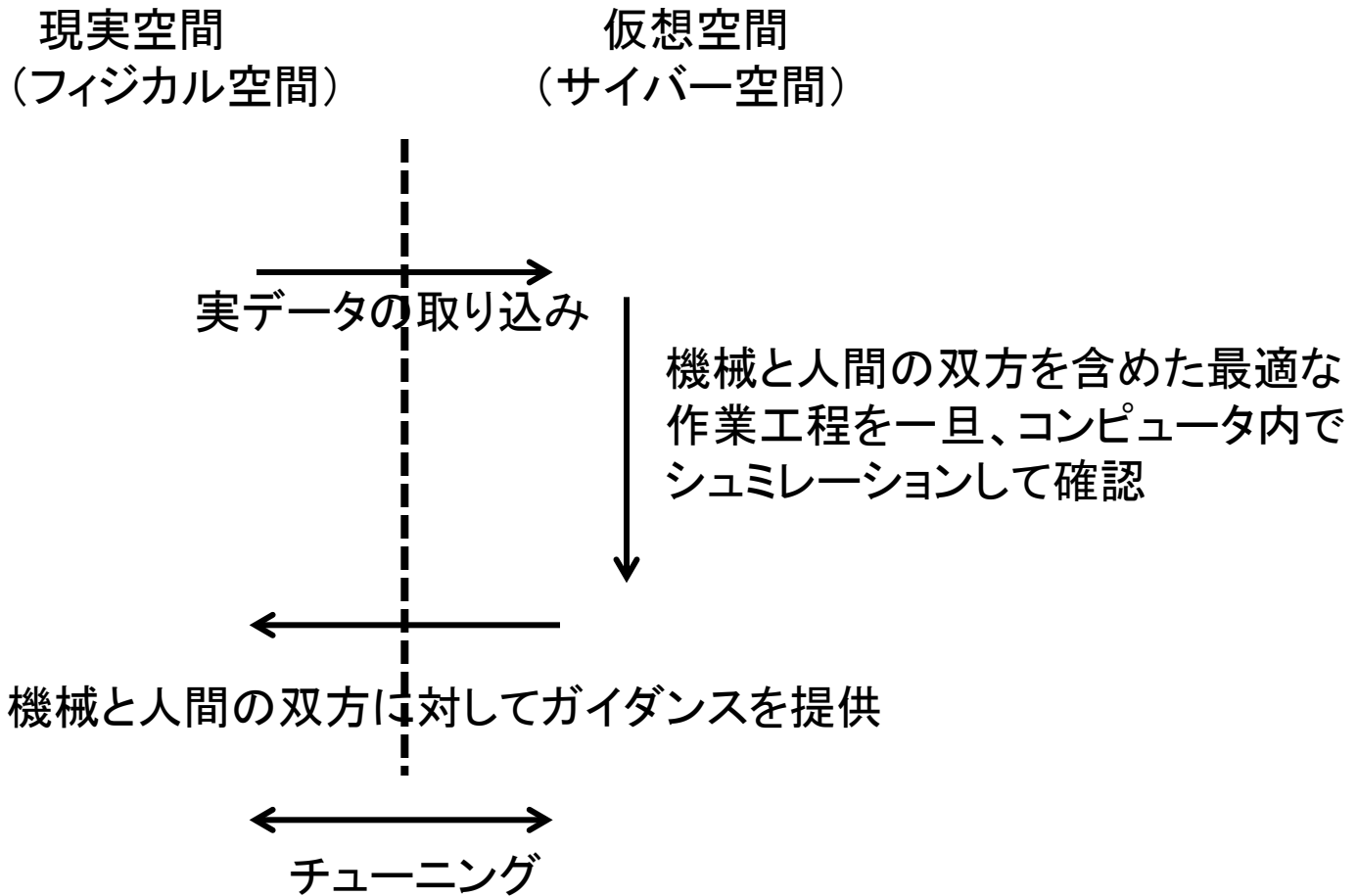
2-2 工場を可能な限りバーチャル化
サイバー・フィジカル・システムにお任せ
→ 長く無駄な時間の排除

機械・人間の稼働が定常状態に達するまでの試行錯誤の長い立ち上がりをコンピュータにお任せ → 一気に短縮。



機械の立ち上がり …… 長い試行錯誤をコンピュータ内で短時間でシミュレーション
人間の立ち上がり …… 長い試行錯誤をコンピュータによるサポートで一気に短縮

サイバー・フィジカル・システム (CPS; Cyber Physical System)



コンピュータ内で、開発、設計、製造の試行錯誤や最適化が行われるため、現実の世界で試行錯誤を何度も繰り返してようやく最適化にたどり着くというプロセスが無くなり、格段にスピードアップされる。



昔から、職人技は教えてもらうものではなく他人の技を盗め、と言われてきたが、現代はそのような悠長なことを言っていたら国際競争に負けてしまう。若い作業員は、画面から動作を指示されて短時間で熟練の技を習熟。

→ 三菱電機のケースでは、生産性が3倍に

年配の熟練作業員は移動の仕方、手作業、身体の動作などあらゆるものが無駄のない効率的。だが、若くて経験の少ない若い作業員の動きは無駄が多く非効率。

熟練作業員に工場内GPSを付けて位置情報を取り込み、工場内に設置したライブカメラから作業員の動きを取り込み(作業員の動きを解析するソフトウェアが既に市販)、作業員の身体に取り付けた超小型センサーから身体の各部の動き方を取り込む。

可能な限り多くの熟練作業員の動きを取り込むことで、回帰分析により一種の法則性のようなものを導き出し、最も無駄のない効率的な動きとしてコンピュータが記憶。個性の強い熟練作業員の動きは特異点として排除することも可能。

人間の動きと機械の動きを組み合わせた最も効率的な作業方法が、実際の現場に対して、コンピュータからガイダンスが与えられ、作業員の無理・無駄な動きを無くして負担を無くする。



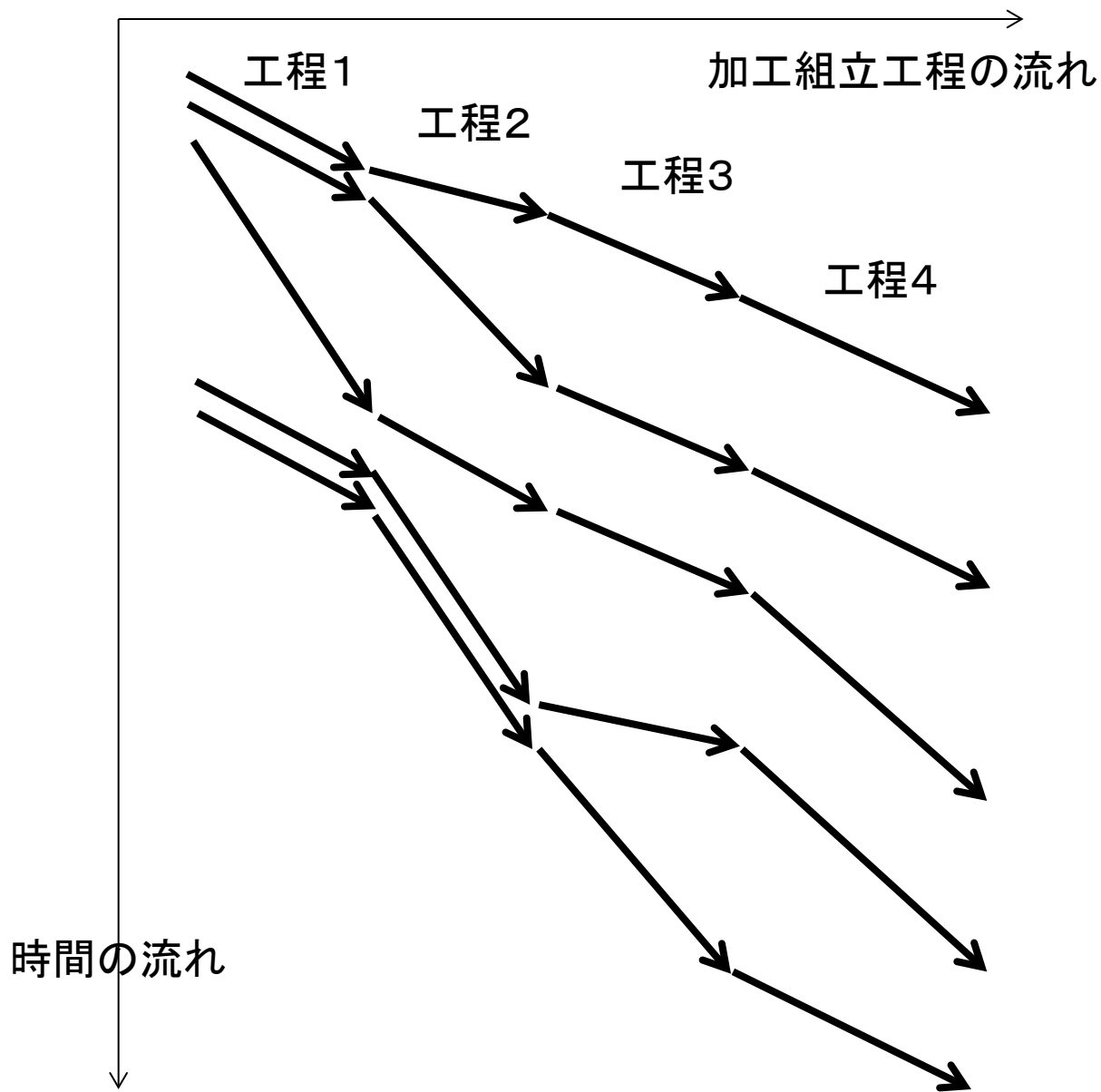
調理済の冷凍板を作業台(左側)に置く

新たな生産ラインを立ち上げる際の数ヶ月に渡る長い試行錯誤を、コンピュータの中で一気にシミュレーションする。

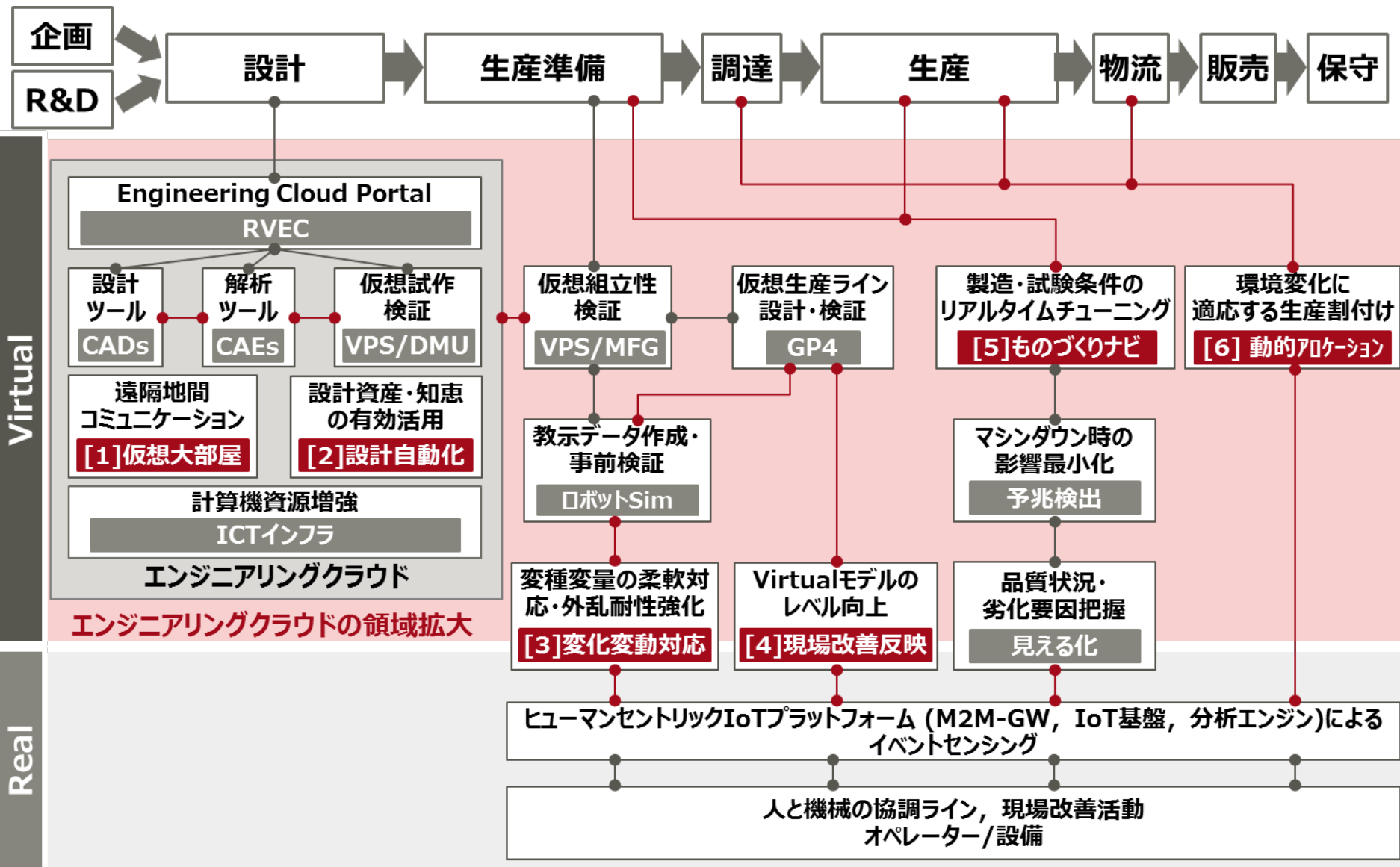
工場のバーチャル化が、工場全体に及ぶ



生産ラインには、よく見ると、機械が遊んでいる空き時間がある。そこに、別の製品を流すことで、同一の時間内に、より多くの生産が可能になる。



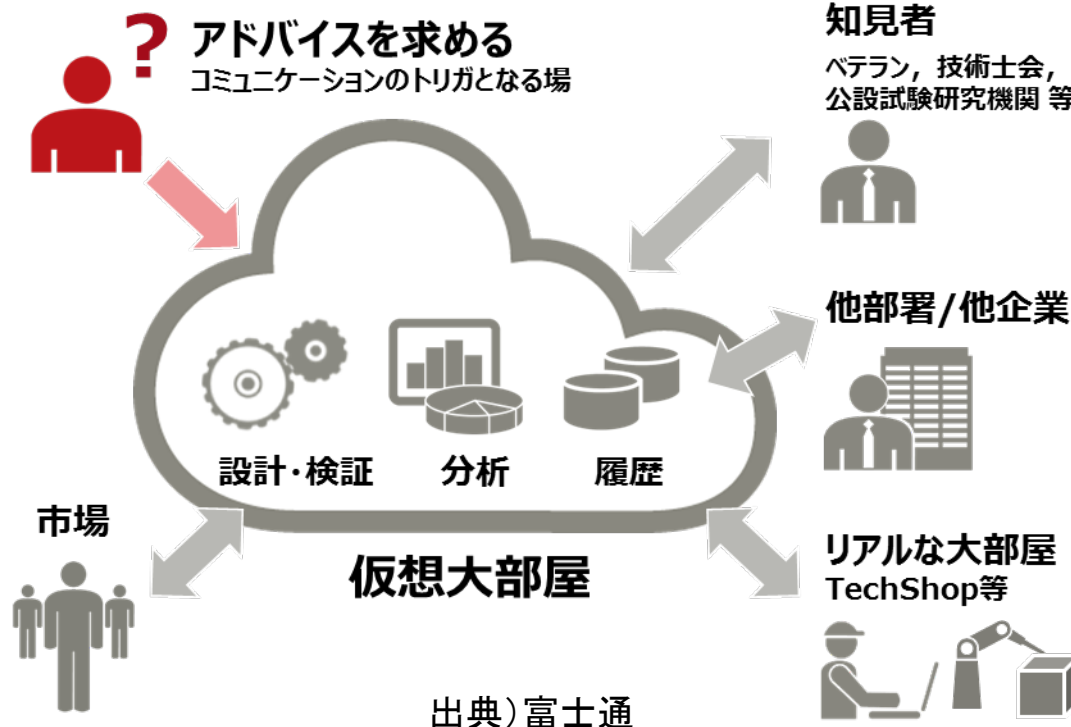
富士通のシステムでは、工場内の生産工程だけでなく、企画・R&Dから販売・保守に至る全工程に適用することで、生産性を大幅に向上。



自動車メーカーなどで採用されている日本のものづくりの強さの源泉と言われている「摺り合わせ型開発」が大幅に時間短縮し、スピードアップ。

[1] 仮想大部屋会議

仮想 / 現実のあらゆる情報を手元に集約、可視化
仮想と現実を融合し、離れた場の雰囲気を感じる
必要な時、必要な所に自らの分身をテレポーテーション
開発リードタイムを大幅に短縮

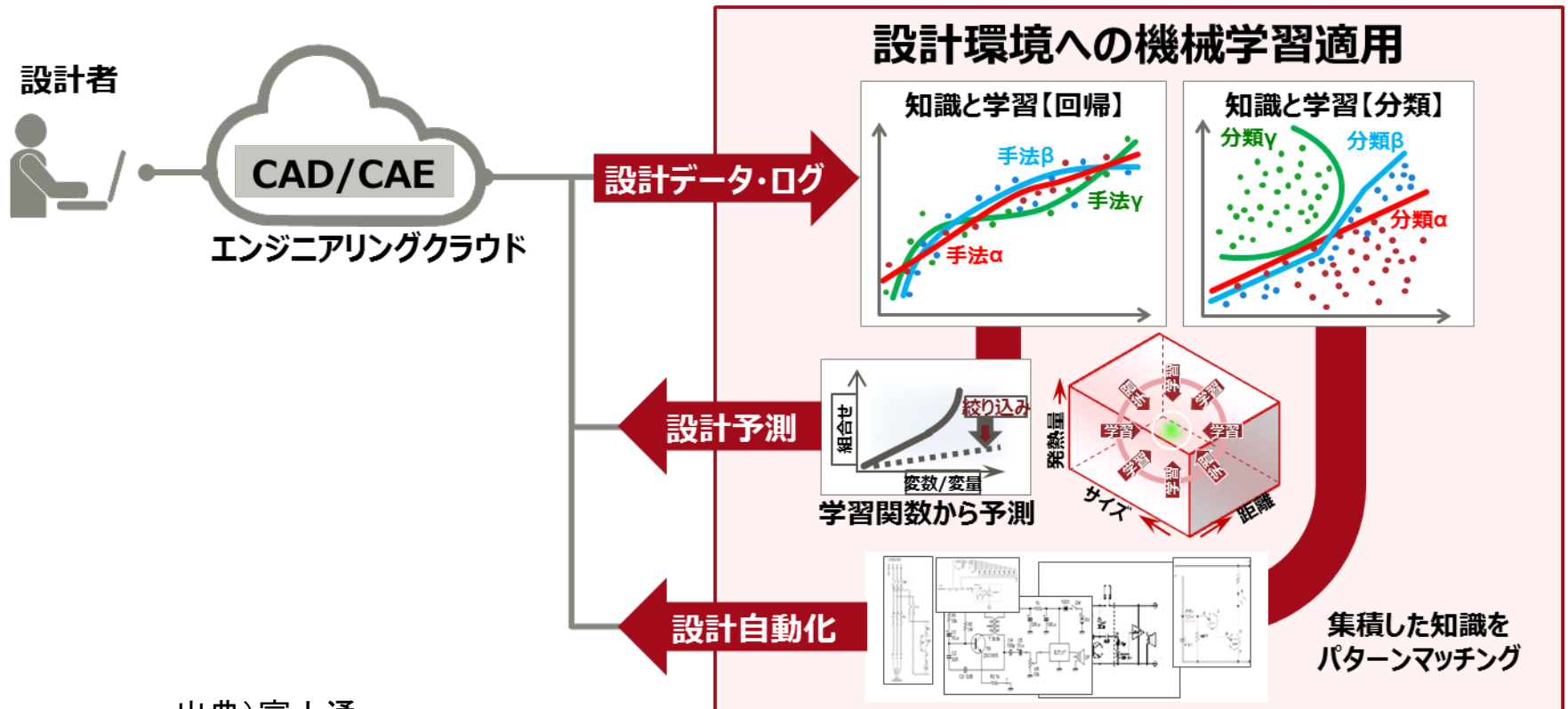


[2]設計／検証の自動化

過去の設計事例を知識化し、学習する

過去の設計の試行錯誤の蓄積から、設計ミスを徹底的に抑制

試作・修正の工数を大きく低減



出典) 富士通

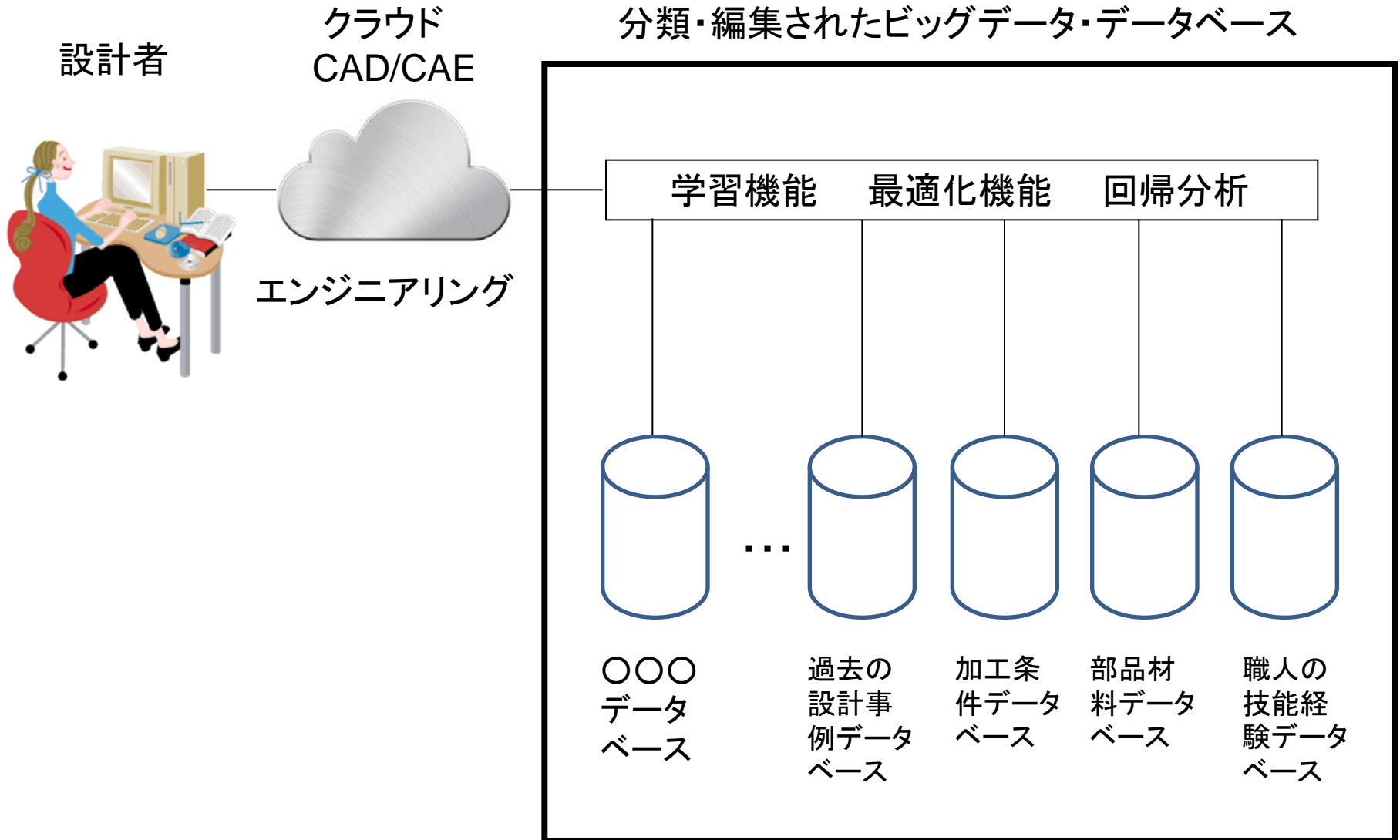
設計の段階では、設計者をサポートするために多くのデータベースが用意されている。

材料を加工した場合にどのようになるかという加工条件データベースであったり、「摺り合わせ」に用いる部品・材料に関するデータベース、熟練の職人が保有する技能を蓄積したデータベース(その技能を回帰分析することで、ある特定の職人の強い個性を特異点として排除することもできる)、過去の設計事例(設計ミスを含む)など様々なデータベースを準備しておくことが可能である。

設計者をサポートするシステムには、学習機能、最適化機能、回帰分析機能などが備わっているため、過去の前例のなかで最も優れたものを設計作業の出発点とすることが出来る。また、過去の設計の試行錯誤を蓄積することで、過去に誰かが犯した設計ミスと同じミスを犯しそうになるとアラームで知らせるなど、設計ミスを犯さずに、極めて短時間で設計が可能となる。

製品の設計作業はとどまることなく複雑化しており、エンジニアの負担は益々増え、やがて限界に達すると予想されている。そのため、可能な限り設計を自動化することでエンジニアの負担を軽減するものである。

設計ミスなどによる長い試行錯誤の設計工程を、ビッグデータ・データベースのサポートで一気に短縮 → 設計者の負担を大きく軽減

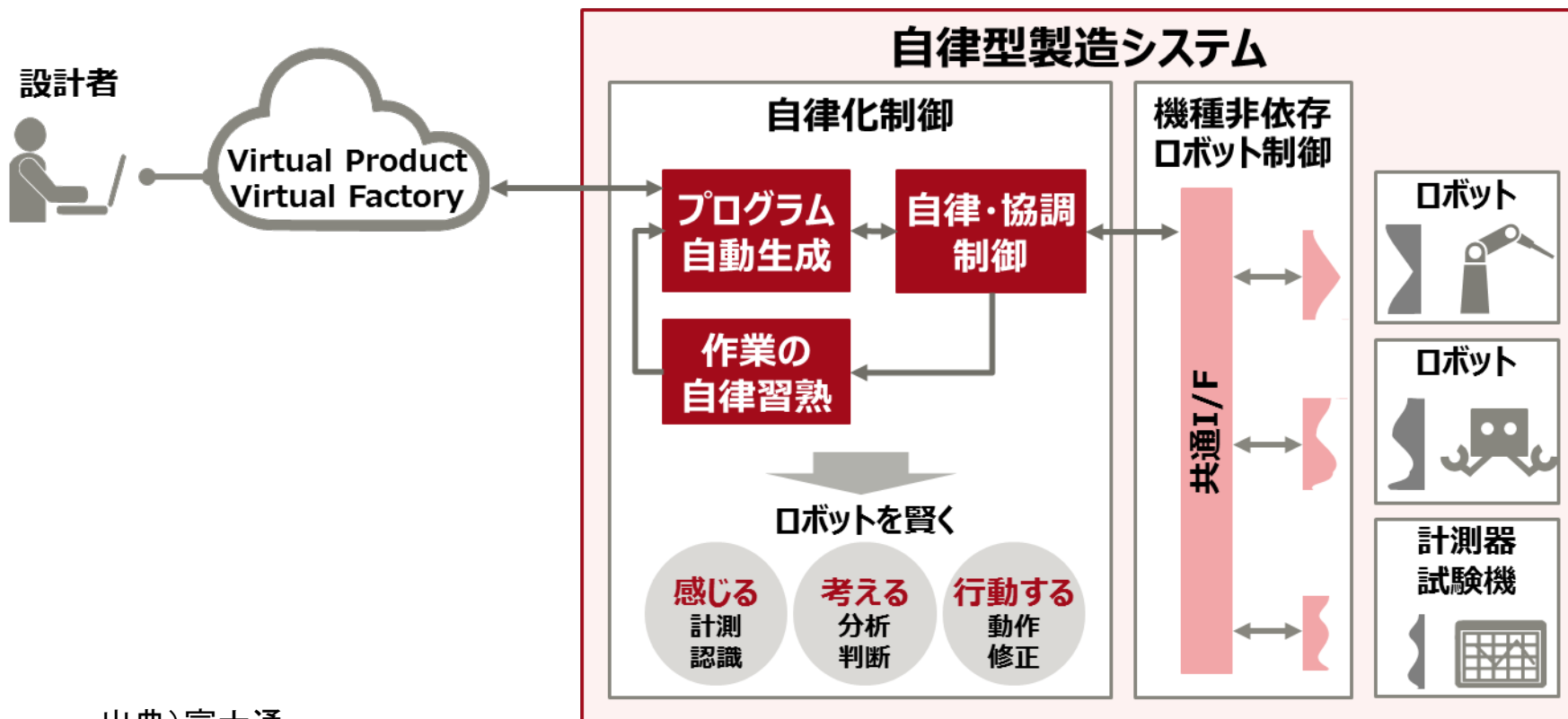


生産ラインの数ヶ月に及ぶ長く無駄な立上げ期間や段替時間が大幅に短縮

[3] 変化・変動への柔軟対応

ロボットの機種に依存しない動作プログラムを自動生成

ロボットが自律的に行動、部品のバラツキや設備の経年劣化に対応



出典) 富士通

設備停止や製造不良を大幅に低減

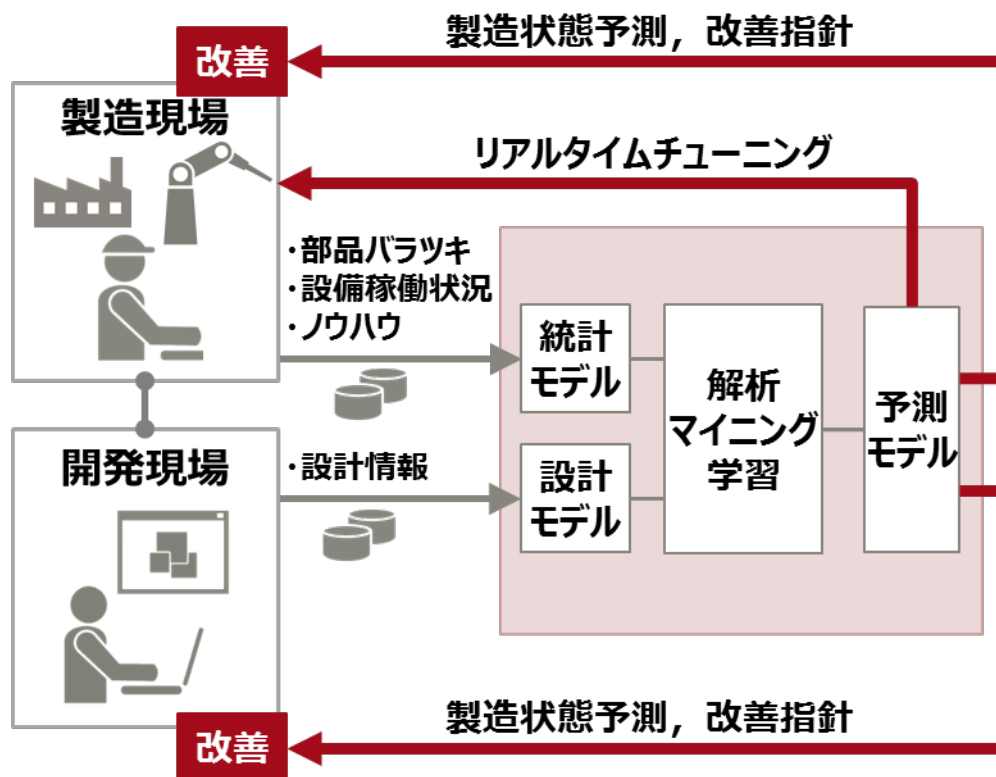
[4]ものづくりナビゲーション

開発 / 製造データから更新したモデルを元に製造状態を予測

品質、加工費、リードタイム

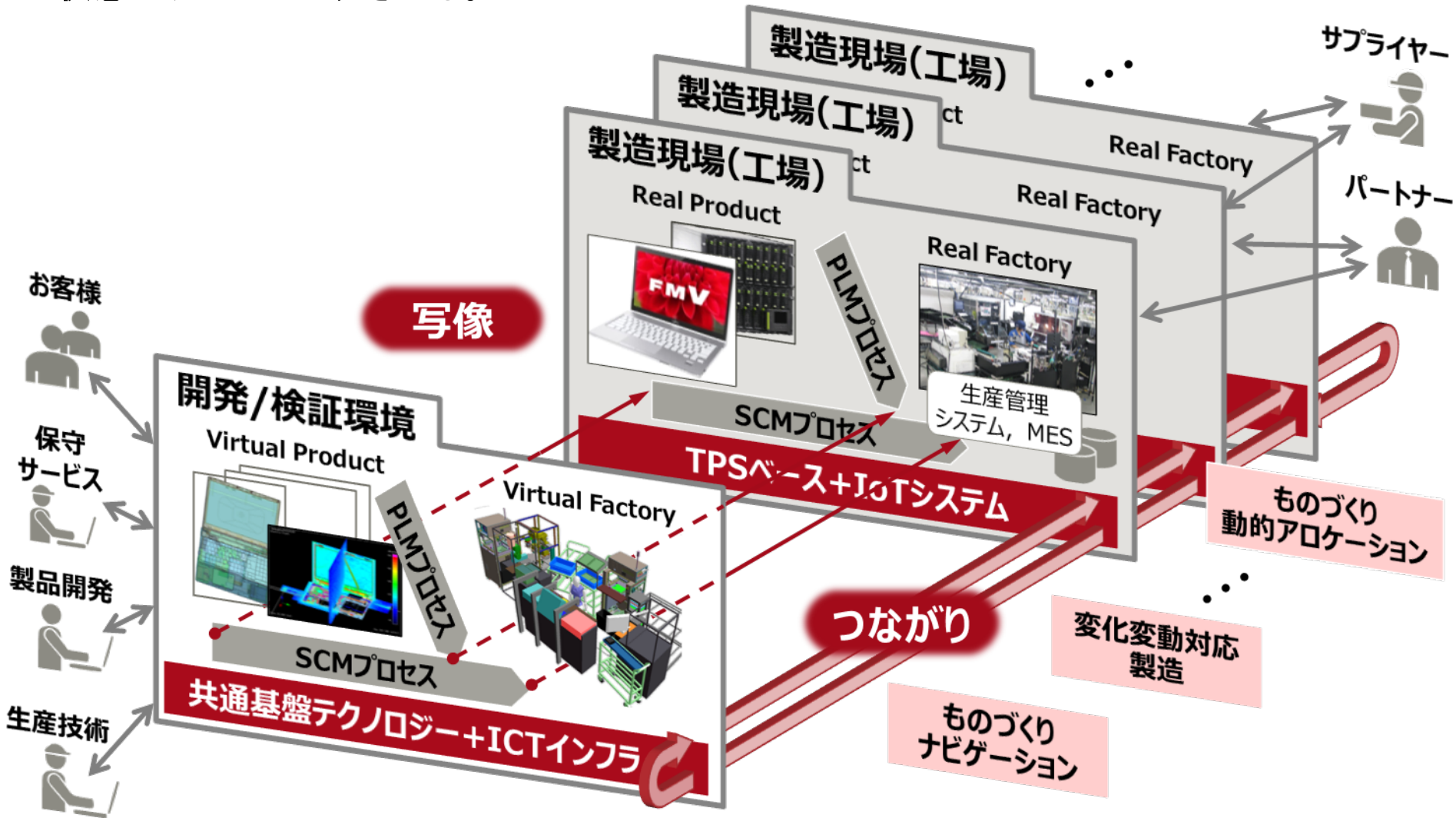
機能、性能マージン

設計値と実力値のギャップを開発・製造現場にフィードバック、双方の改善をナビゲート 改善の横展開を高速化



出典)富士通

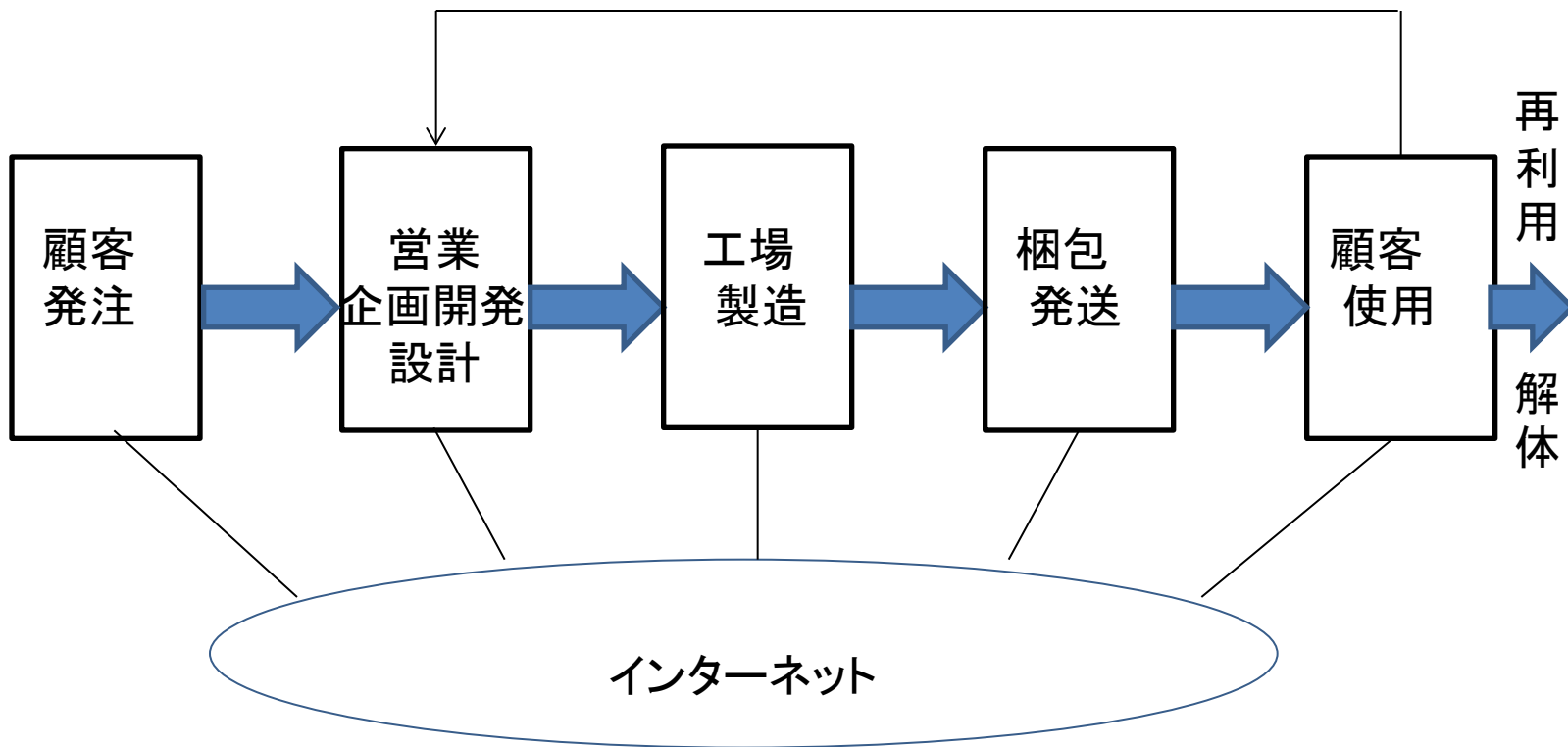
コンピュータ内のバーチャル工場でシュミレーションしてみても、実工場に反映。実工場で行ってみても、不都合な部分があれば、バーチャル工場にフィードバックし、最適な状態にチューニングされる。



出典) 富士通

← 製品のライフサイクル →

本社にビッグデータをフィードバック



エンジニアリング統合

DMG森精機のケース；

5000人と1000台の最適な組み合わせの表を従来は長い時間をかけて職人が作成し、工場の壁に貼り付け。

→今後は、コンピュータが一気に作成。

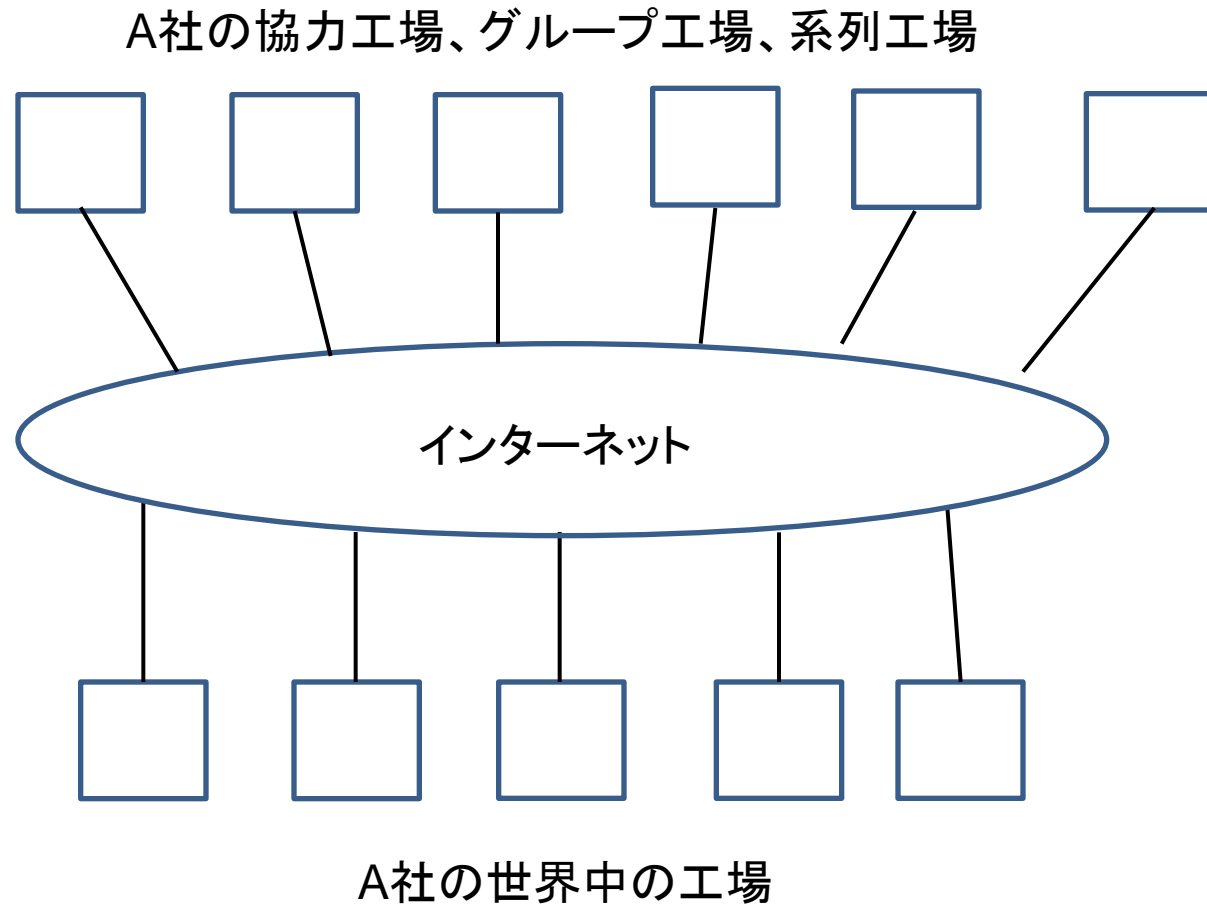
森雅彦社長へのインタビューから(抜粋)

有給休暇や病欠など人の出勤にあわせて組立工程を平準化する。基本精度を担当するエンジニア、複雑な周辺機器を組み合わせるのが得意なエンジニア、最後の検査工程で機械の動作チェックをするのが得意なエンジニア、精度測定が得意なエンジニアなどの出勤にあわせて、5000人の社員と1000台の機械で最適な組み合わせをつくる。

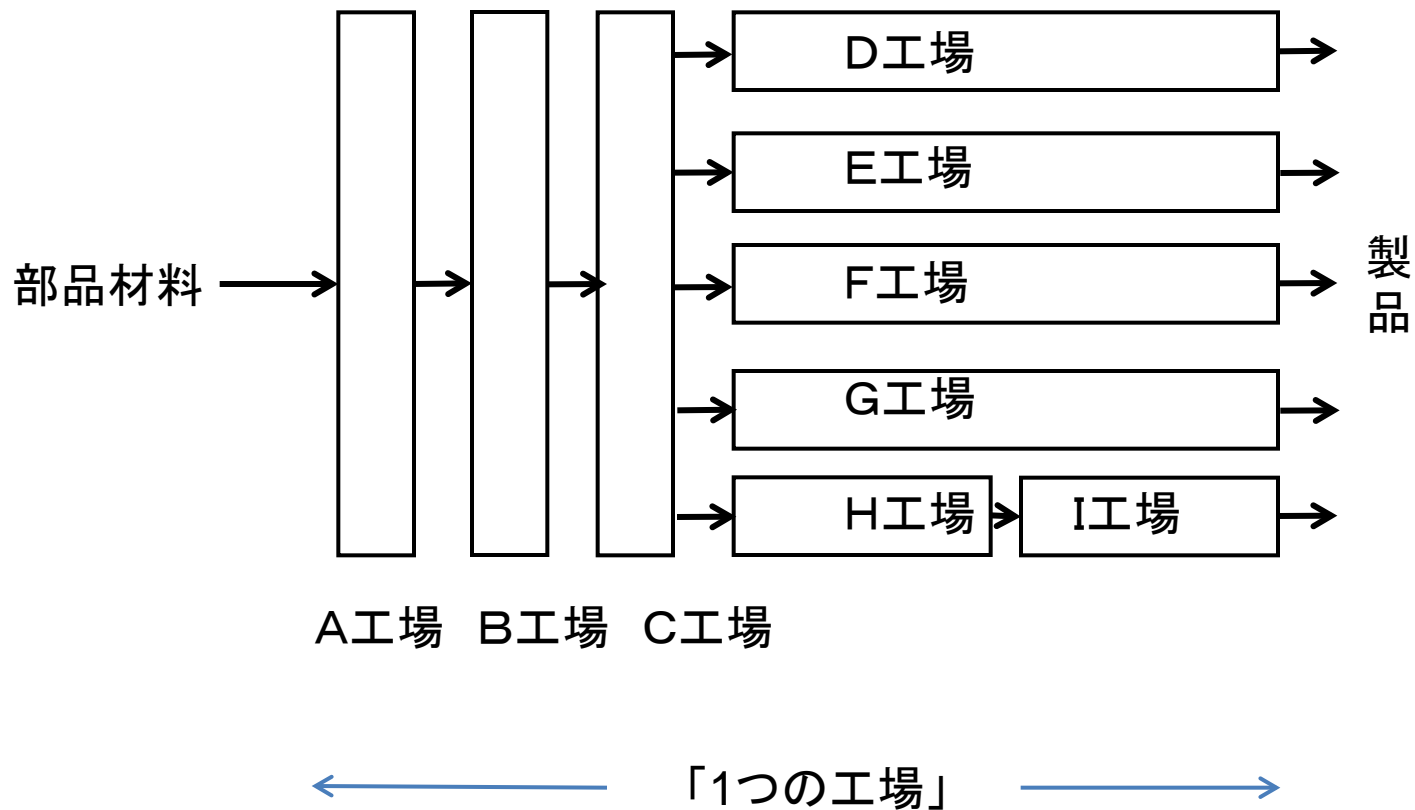
出典)岩本晃一(2015b)

2-3 システム・オブ・システムズにより世界中の
工場を同時に最適化
部分最適でなく全体最適

サプライチェーン、バリューチェーン上にある全ての工場がネットに接続



水平統合 (horizontal integration)



ネットに接続された全ての工場がバーチャル上あたかも「1つの工場」として、全体がシステムとして稼働する

A社が世界中に保有する工場、協力工場、取引企業の工場など、サプライチェーン、バリューチェーン上にある全ての工場がネットに接続される。

ネットに接続された全ての工場がバーチャル上あたかも「1つの工場」として、全体がシステムとして稼働するため、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。

また例えば、ある工場である取り組みをしたところ、良い結果が出たとする。それが瞬時に世界中の工場に伝達され、実践される。一部で実現された最適レベルに世界中の工場を瞬時に合わせることができる。

個々の工場の制御システム同士を接続し、全体として最適化を目指すシステムを、「システム・オブ・システムズ (System of Systems)」と呼ぶ。

→ 日立製作所が目指す「共生自律分散制御システム」

【岩本所感】

強い会社の社長は気が短い。

「今すぐやれ」に応えるシステムと言える。

そして、作業員の無理・無駄な負担の軽減

(参考)

DMG森精機森雅彦社長へのインタビューから(抜粋)

「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)岩本晃一(2015b)

3 生産性向上のメカニズム 新たなビジネスによる売上増

現在、考えられている中でも代表的な事例

将来の様々な可能性については、現在の知見では予測困難

例； 日立製作所が提供する新しい「サービス」

協創を通じてお客様の企業価値を最大化

大量生産の製品を売り切りにする時代の終わり

都築 ここまでの話から、お客様が要求仕様を決め、それを日立が請け負い、製造・納入するといった事業スタイルは過去のものであり、日立グループとお客様が情報を交換し、課題を共有する場をつくり、相互に価値形成を図る時代になっていることを改めて実感することができます。

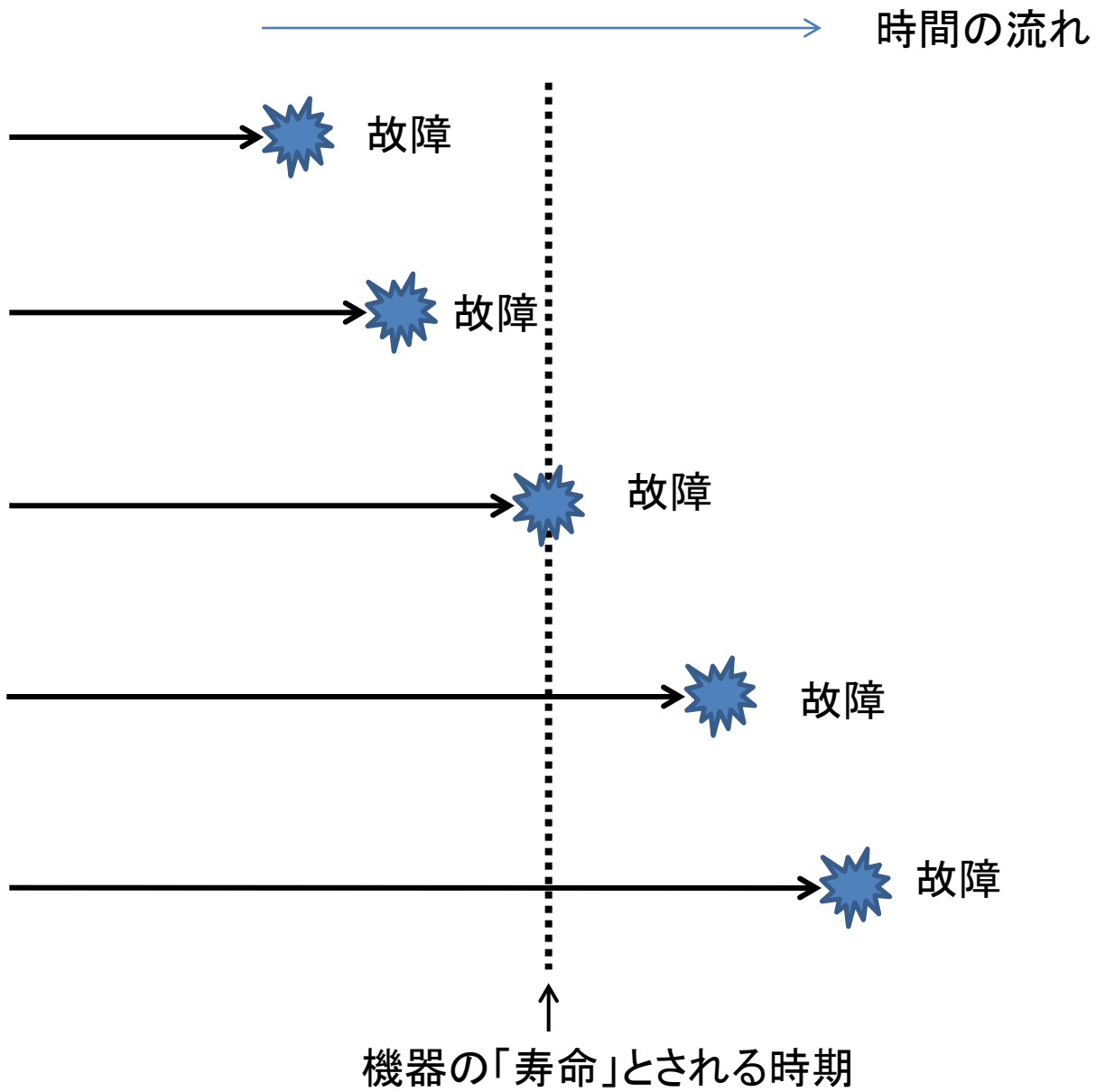
木下 ITシステムの構築においては、かつてはハードウェアも含めた設計が前提でしたが、今は自前のIT資産を活用しつつ、オープンクラウドも併用してシステムの連携を図るスタイルが増えています。私たちとしても、お客様に提供するのにはITシステムというよりも、そのITシステムの機能を通じて協創するお客様の企業価値そのものであると考えています。

黒川 鉄道インフラでは、以前から固定資産のメンテナンス費用の低減が大きなテーマになっています。現在、鉄道は一定の運用時間や運用距離に達すると部品の交換やメンテナンスを行っているのですが、よりコストを削減するために、状態監視と予兆診断の導入が検討されています。私は海外での鉄道事業に携わっていますが、英国では海外初となる車両工場を建設し、製造から保守作業まで担える環境を整えました。その環境を生かし、センサーなどを活用して車両の状態を地上から常に監視する、オンラインモニタリングの仕組みを構築しました。現在、データの蓄積と解析を進めており、予兆診断技術の確立をめざしています。その成果は、信頼性・安全性の維持とコスト低減の両立に貢献するものとして、鉄道会社からも期待されています。

出典) 日立評論 2014 Vol.96 No.12

3-1 「故障予知」サービスによる売上げ増

* 現在、世の中でIoTビジネスと呼ばれているものの大部分が、これ。



「障害予知」サービスは、ビッグデータ解析による新しいビジネスとして現在、実際に多くの企業で検討されている。

工業製品には、メーカーが「寿命」としている時期がある。だが、必ずしも全ての機器が「寿命」の時期に正確に故障する訳ではない。

「寿命」よりも早く故障する場合もあれば、「寿命」を遙か超えて使える場合もある。

前車の場合、予期せずに故障されると企業活動の一部が停止し損失をもたらすことがある。

後者の場合、まだまだ使えるのに新品と交換する必要は無く、最後まで使い切ればコスト削減になる。

また機器の使用時間がメーカーの想定よりも大幅に長く、ほぼ全ての機器が「寿命」まで保たない場合は、「もう1台どうですか」と営業することができる。

故障予知 (注4)

例1 建設機械メーカー

ショベルカーが工事現場で故障すれば、建設機械が稼働しない空白期間が生じ、企業にとって損失となるため、ショベルにセンサーを取り付け、送られてくるデータをモニターすることで、事前にショベルの故障を察知することができる。

故障前に現場に飛んでいって部品を交換することにより、空白期間を無くするショベルカーの使用頻度が極めて高い場合は、もう1台の購入を勧めることができる。

例2 地方自治体

上下水道、ガス管、橋梁などの社会インフラにセンサーを組み込み、センサーから収集されるデータを解析することで、破損時期を事前に知ることが出来る。

例3 検査機器メーカー

工場の検査工程で使用される検査機器にセンサーを組み込んでデータを収集することで、検査機器の故障の時期を事前に把握できる。もし検査機器が故障したまま放置されれば、正常な製品を不良品として判定するため、企業にとって損失となる。

だがセンサーから送られてくるデータから、検査機器が故障状態に向かっていることが事前に把握できれば、故障に至る前に検査機器を交換することができる。

また、機器の「寿命」を過ぎても十分に機能する機器が把握できれば、検査機器を最後まで使い切ることができる。

例4 工作機械メーカー

掘削部位に組み込んだセンサーから送られてくるデータにより摩耗状態を把握することが出来るため、「寿命」よりも早く摩耗する場合には、早期部品交換を勧める。

工作機械の稼働率が極めて高い場合には、もう1台の購入を勧める。

故障予兆診断サービス センサデータを活用して、機器の稼働率をアップ!保守コストを低減します。

①部品交換時期の適正化



保守作業計画の適正化により、点検・部品交換回数を最小に。部品の利用延長期間の故障リスクを予兆診断で担保。

②事後保守対応の削減



予兆検知により、事後保守対応を回避。機器の状態に応じた、タイムリーな部品交換でダウンタイムを削減し、機器稼働率向上。

③ベテランの経験・ノウハウの活用



グローバル共通の診断手法を導入することで、機器データの利用方法を標準化し、オペレータの判断をサポート。

導入効果

保守コストの低減

機器稼働率の向上

保守品質の向上

世界のデータをつかみとれ! マシンビッグデータという武器を手に新たなステージへ

いま製造業では、さまざまな機器のタイムリーな稼働情報の把握による保守コスト削減や、ビッグデータの利活用による新ビジネスの創出が求められています。

そこで日立は、グループ内で培った実績とノウハウをもとにした「Global e-Service on TWX-21^{*1} M2M^{*2}サービス」をご提供します。グローバルに稼働している機器情報の収集～蓄積～利活用までの仕組みを、導入しやすいクラウドサービスとして提供し、お客さまの事業イノベーションを強力にサポートします。



「M2Mサービス」の導入メリット

保守コストを削減

稼働情報を活用した部品需要予測やアラーム情報による的確な対応判断で、保守コストの削減をサポート。

製品力とセキュリティを強化

アラーム/稼働/位置情報などを活用し、お客さまのニーズを反映した製品改良や品質改善、セキュリティ強化をサポート。

売上を向上

稼働情報を活用することで、お客さまや現場/地域ごとに適切なタイミングで的確な保守サービスを提案。

サービス展開をトータルに支援

グローバルなM2Mサービスの企画・導入・運用を日立が全面的にサポート。クラウドで安心・迅速にサービスイン。

3-2 販売した自社製品の最適な使用方法を顧客に指南、そこから生まれた利益の一部を還元

米国ゼネラル・エレクトリック(GE) ; インダストリアル・インターネット

ジェフ・イメルト会長兼CEO

「産業機器メーカーが未来を切り拓く唯一の道は、ハードウェアだけでなく、ソフトウェアを活用し、膨大な情報を解析できる企業になることだ。」 (注5)

10億ドル以上を投じ、2011年11月、カリフォルニア州サンラモンにグローバル・ソフトウェア・センター設立、1000人以上のソフトウェア・エンジニアを一気に採用

顧客に最適運用ソリューションを提供するための共通プラットフォームとしての基本ソフトウェア「プレディックス (Predix)」及びビッグデータを収集保管するデータベース「データレイク (DataLake)」を開発

これまでGEが販売した産業機器；

航空機エンジン28,200台

風力タービン22,800基

貨物列車21,500両

ガスタービン3,900基 など

これらが1%効率化されれば、15年間で、航空機エンジン300億ドル、発電機660億ドル、鉄道270億ドルなどのコスト削減(GE試算)

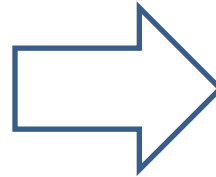
→ サービス提供代として一部をGEに還元

GEが、製造メーカーとして提供する新しい「サービス」

- 1 産業用機器の販売
- 2 機器が故障したとき、修理するというサービス提供

従 来

収益機会が1回から4回へ



- 1 産業用機器の販売
- 2 顧客が使用中のGE製品から送られてくるビッグデータを解析し、
 - (1)顧客が使用中の製品の使用を最適化するよう指南、顧客に利益をもたらす
→利益の一部をGEに還元
 - (2)「故障予知」で交換部品の売上増
 - (3)GEが次の新製品開発に活かす
→売上増

インダストリアル・インターネット

GEが目指す インダストリアル・インターネット

この取り組みは同社のビジネスモデルを変させようとしている。たとえばジェット・エンジンの場合、販売時の収益に加えて、休止時間を短縮して年間飛行距離を伸ばすという性能上の成果に応じて収益を上げられるようになった。デジタル技術が支える成果ベースのアプローチが功を奏し、GEは二〇一三年に一五億ドル以上の収益を上乗せした。同社によると二〇一四年にはこの額が二倍に増え、二〇一五年にはさらに二倍に増える見通しだ。

<航空機分野>

350人の専属アナリスト

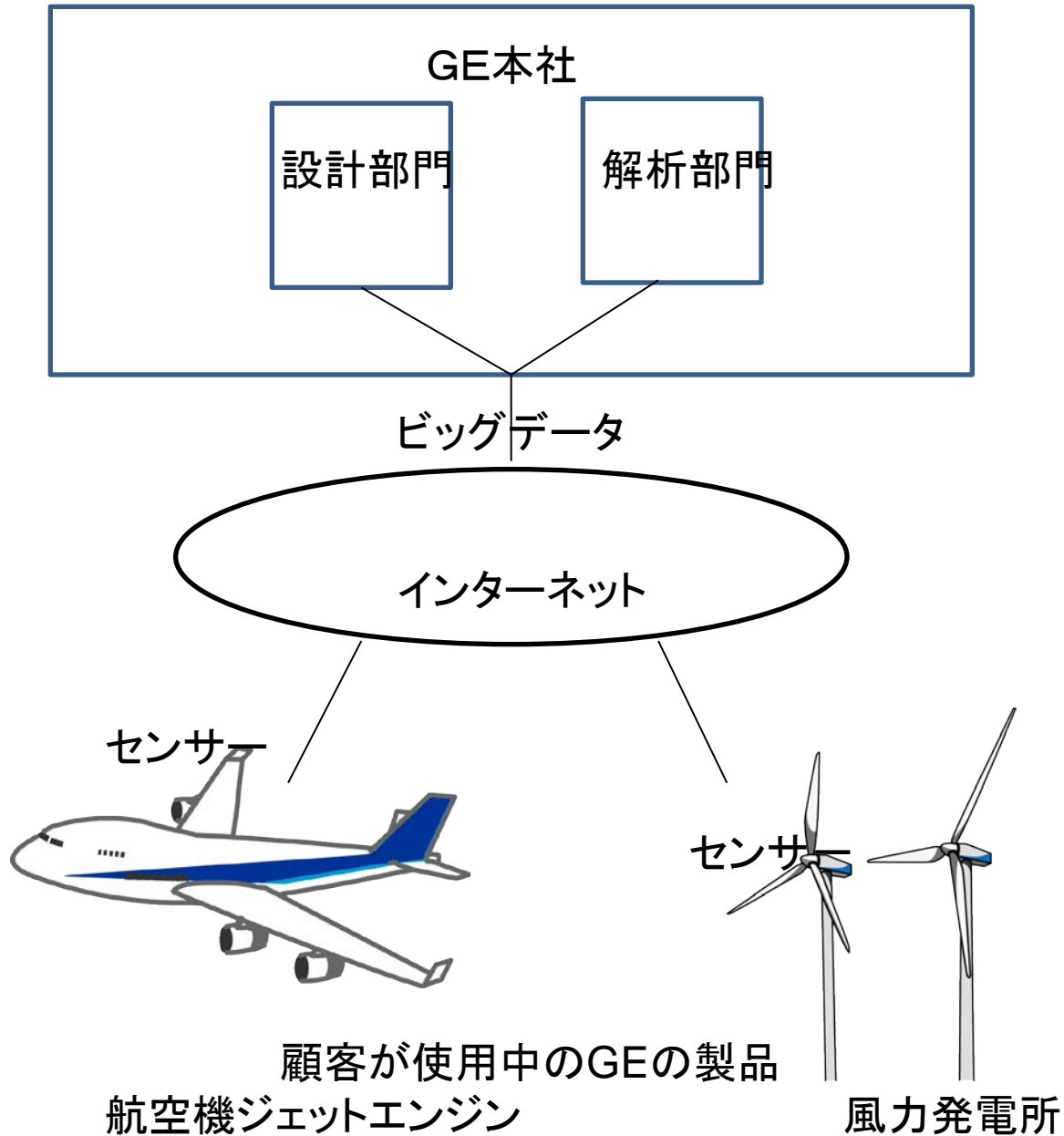
GE製エンジンに組み込んだセンサーから送られてくるビッグデータを解析、それを機体、運航、気候、整備等に関するデータと共に解析することで、エアアジア社に対して、空港への進入航路、スロットルの噴かし方などを助言

2014年は約1000万ドル以上のコスト削減

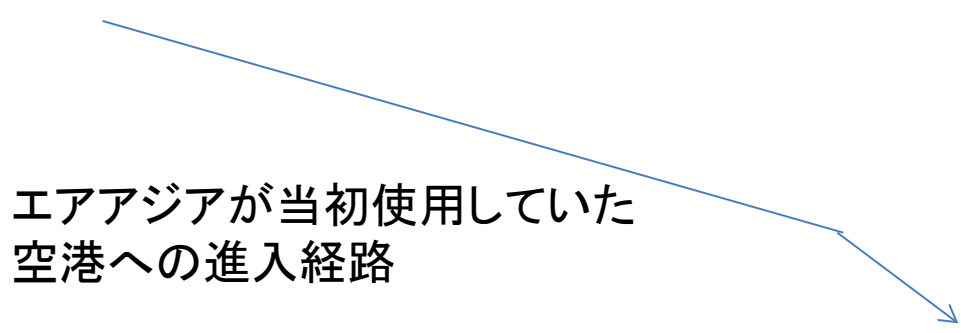
2014年には22社のエアラインが新規契約に応じ、データを提供

<風力発電分野>

エーオン(E.ON)の283基の風力タービンに組み込んだセンサーから送られてくる温度、湿度、風速、風向などのビッグデータを解析、羽根の角度を変えることで発電量が最大5%増え、タービン1基ごとの利益が最大20%向上

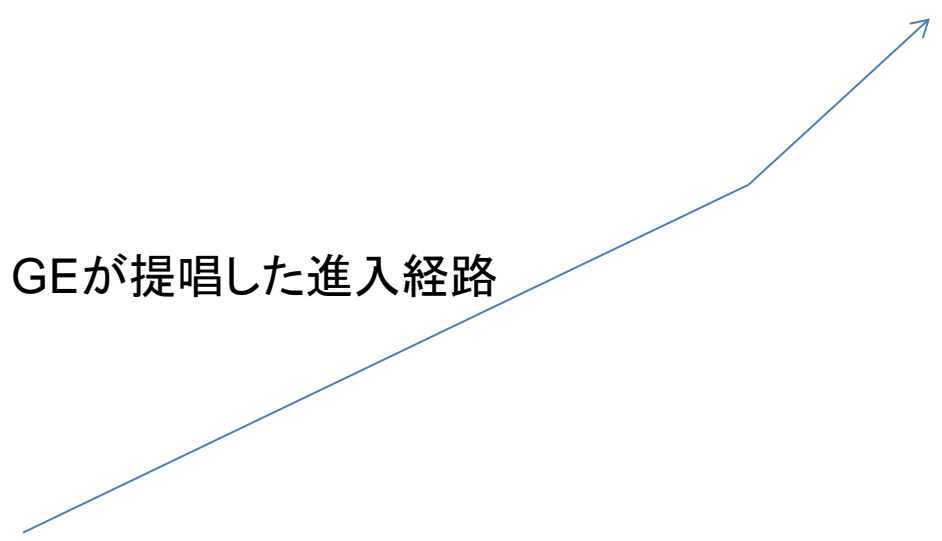


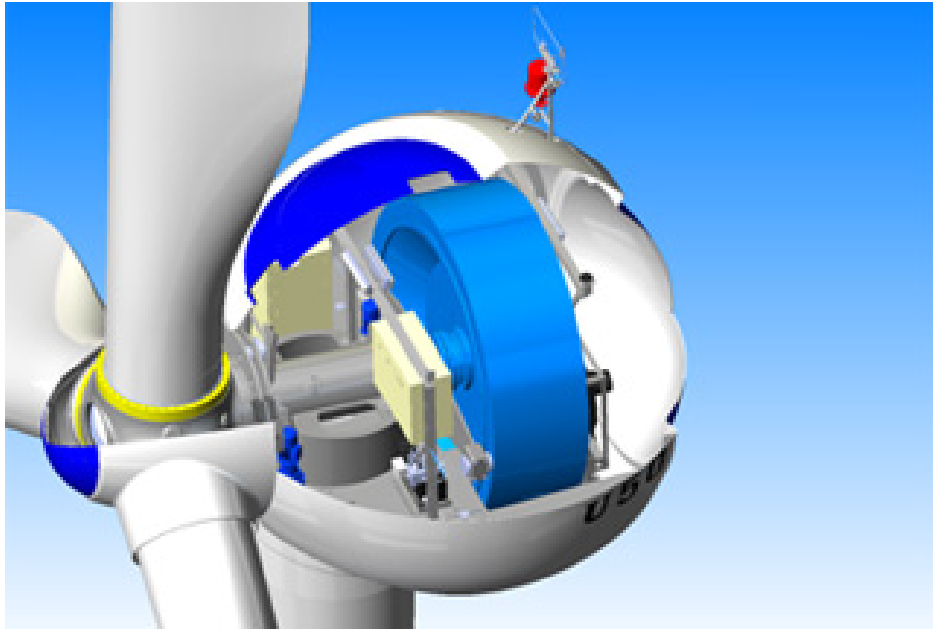
エアアジアが当初使用していた
空港への進入経路



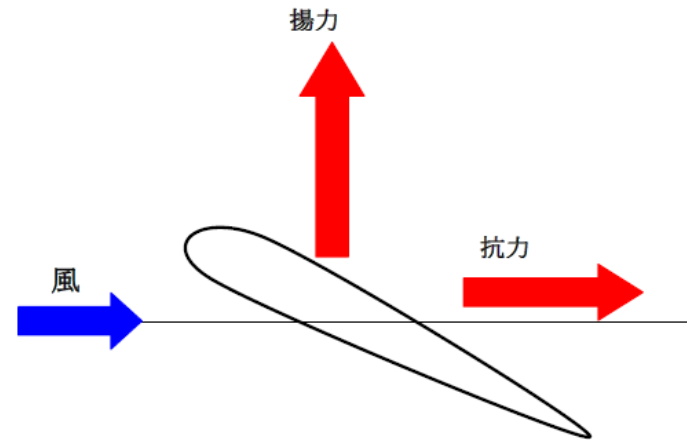
空港

GEが提唱した進入経路





GEが羽根の角度を提唱



出典)GE

3-3 「単品生産」により消費者のきめ細かい要求
に応えることで、新たな需要の掘り起こし

事例 ; 中国 華南理工大学 ベンチャーアイランド

衣服製作プロジェクト「プライベート・テイラー」 **衣服の「単品生産」**

「中国製造2025」プロジェクトの一環

顧客は自宅のパソコンを見ながら採寸、パターン、デザイン、色などを選択

仮想空間上で仮縫いが行われ、出来上がった衣服を画面のなかにいる自分が着用

それに満足し、指示すれば工場にデータが送られる

工場で衣服製作が開始

72時間以内に自宅に届けられる

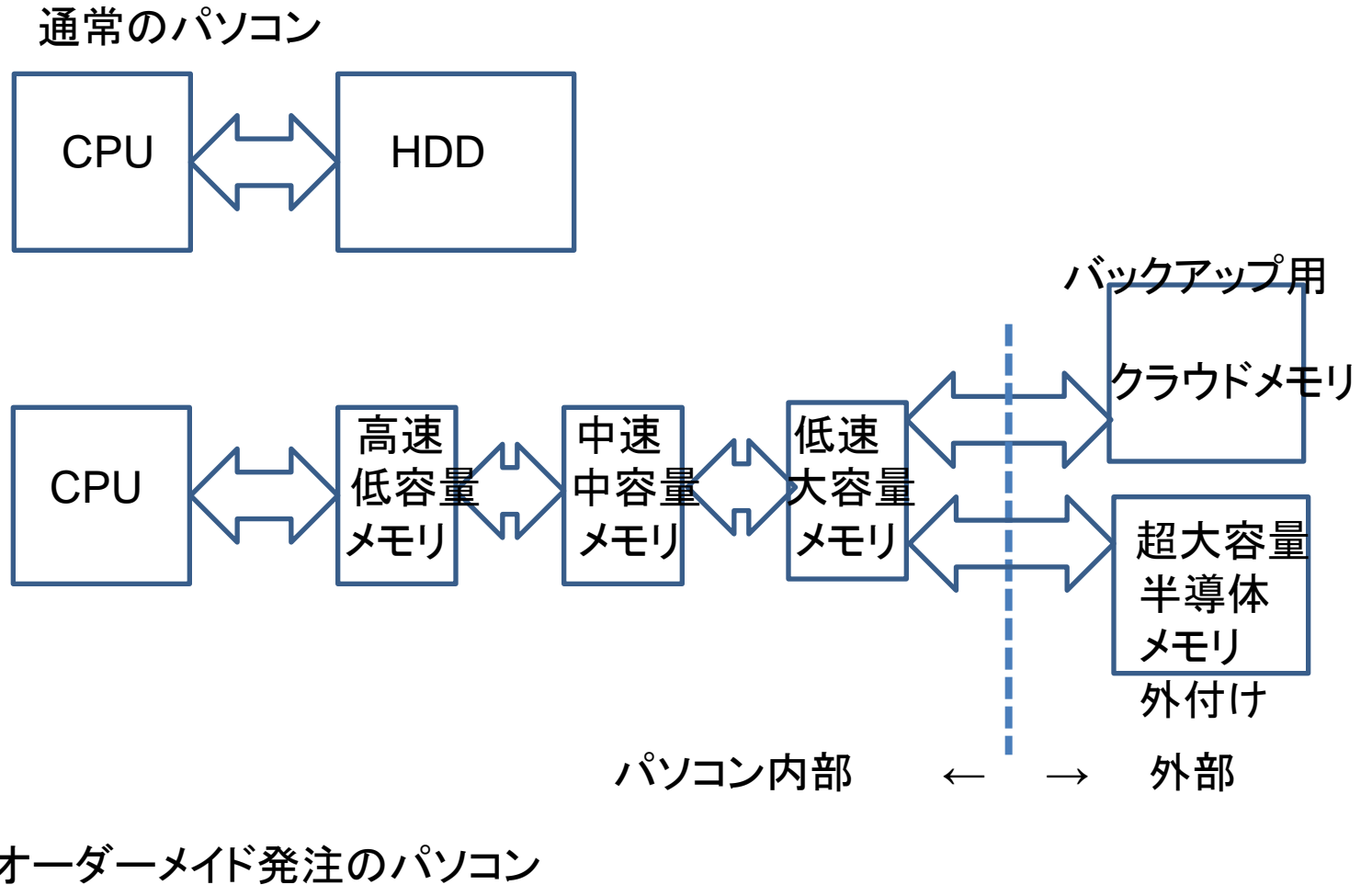
→ 既にサイバー・フィジカル・システムが実践



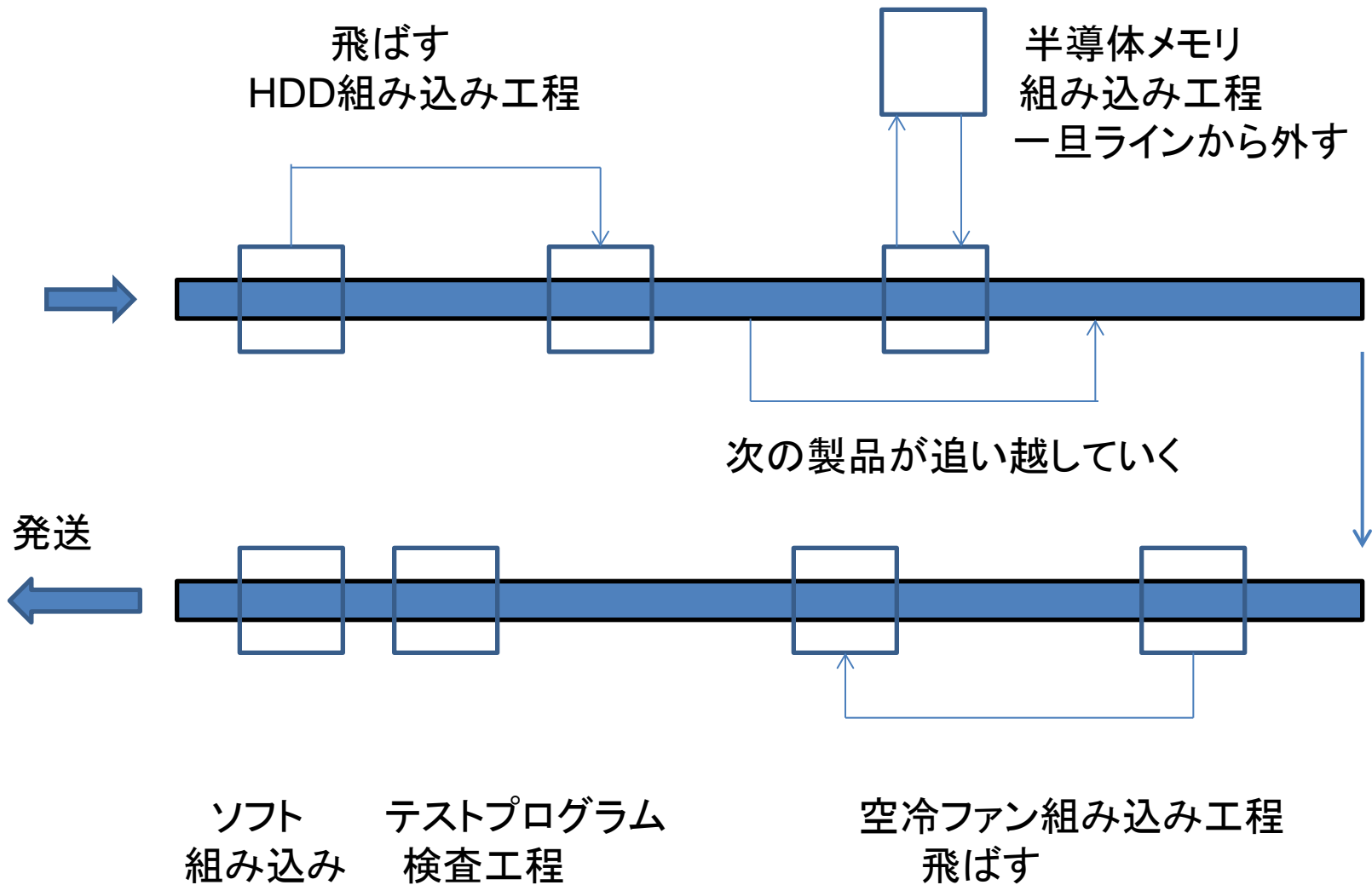
事例 ハノーバーメッセ2015 シーメンスのデモ工場 香水の「単品生産」



パソコンの「単品生産」の例



出典) 岩本晃一 (2015b)



オーダーメイドパソコンの生産ラインでの流れ

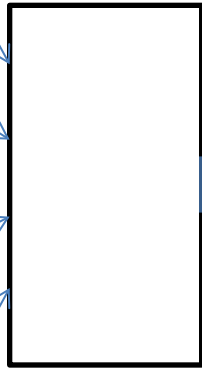
出典)岩本晃一(2015b)

3-4 ビッグデータ解析の外注 中小企業が新たに参入する絶好の分野

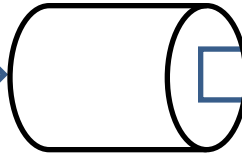
データ提供者



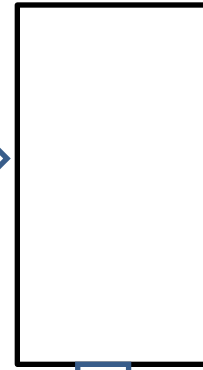
データ収集事業



通信事業

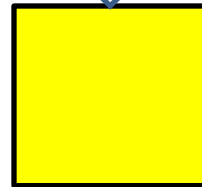


加工、編集、解析事業



最終データ

外注



中小企業群

4 今後の課題 問題提起

日本のものづくりに与えるインパクト

→ 個々の企業にとっての経営上の課題

【システムを工場に提供する立場の業界】

日本企業は、特定分野の技術力を見れば、ドイツを凌ぐと言っても過言ではない。

ドイツのコア企業は少ないが、政府、学会、産業界など国を挙げて1つにまとまっている。一方、日本は、他の産業分野と同様、高い技術力を持つ企業は多いが、バラバラに進められている。

日本もドイツ同様、全体でまとめてバーゲニングパワーを持つことが肝要。

そして、日本全体で戦略・戦術を持つことが重要。

【システムを工場に導入する立場の業界】

企業がシステムを導入しなければ意味がない。社内にエンジニア集団を抱えていない企業では、世界の潮流に乗り遅れる可能性がある。追い込まれないと動かない企業も多い。

システムを購入するだけなら、お金を払えば済むこと。だが、自社に最適なシステムを選んで導入し、十分に使いこなせるかどうか。

【全ての企業にとっての重要な課題】

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「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「サービス」とは何か、を考え出さないといけない。

* 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、フ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。」と答えている(2015年4月20日、日刊工業新聞)。

こうしたネット化の波に乗れた企業は、大きく飛躍することが可能。

→ 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

【中小企業にとってのビジネスチャンス； 主な分野】

- 1 自らIoTシステムを導入し、新しい「サービス」を顧客に提供することで、他社との差別化を図る。 事例(注4)
- 2 ビッグデータ解析事業、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
- 3 センサ、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

業界全体にとっての今後の課題； 問題提起

- 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
- 3 製造業とネットの双方に知見を持つ人材の育成
- 4 ビッグデータは誰のものか
- 5 高速大容量の通信環境の整備
- 6 通信プロトコールの標準化
- 7 働き方の変化の研究、労働組合による懸念への対応

中小企業向け低価格・簡易機能版の開発

ドイツで進む「プラグ・アンド・プレイ方式」の開発

スマートファクトリーKL デトレフ・ツュールケ教授

同教授は、中小企業向けインダストリー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。それは、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。

中小企業への導入を目指すインダストリー4.0は、全般的性能は大企業が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を使えるべき、と同教授は主張。

ドイツが、中小企業向け「プラグ・アンド・プレイ方式」を考え出したように、中小企業が産業基盤を支える日本においても、中小企業へのシステムの導入について、考えなければならない。そうでないと、極少数の大企業のみ導入され、日本企業全体への幅広い普及には至らない。



デトレフ・ツュールケ教授 REGOブロックによるモジュール化された工場を持っている

smartfactory

Industry 4.0

HANNOVER
MESSE

Smart Eng

CHINA

CHINA

REDBUDTEK

FESTO K CO., LTD.

Panasonic

PHENIX CONTACT

HARTING

Rexroth
Bosch Group

Rexroth
Bosch Group

0

isierung
industrie

Postmaster



smartFactory

LAPPKABEL

PHENIX CONTACT

HARTING

Rexroth
Bosch Group

FESTO

PLZ

smartFactory

KUKA
SIN



TE
connectivity
CISCO

Infrastructure IN

TE
connectivity

CISCO

HIRSCHMANN
A BELDEN BRAND

Weidmüller

Smart Engine

LAPP KABEL

Product

DMG森精機森雅彦社長「インダストリー4.0の実現にはインターネット環境の安全化、高速化が不可欠。いまの環境では危険過ぎるし多くのデータを扱えない。」(2015年7月21日、日刊工業新聞によるインタビュー)

セキュリティ対策の例 (日立製作所)

赤津 最近では、制御系システムでもネットワーク化や汎用オペレーティングシステムの導入が進んでいるため、情報系システムと同じような攻撃を想定して備えておかなければいけません。制御セキュリティでは、情報系よりも厳しい性能要件が求められます。そこで、軽量の暗号化技術や、許可されたソフトウェアだけを動作させたり、アクセスを許可したりする、ホワイトリスト方式の対策が基本になります。

また、常に新たな脅威が発生しているサイバー攻撃に対しては、万一、防御を破られても即応できるように、防衛分野のOODA (Observe, Orient, Decide, Act) というアプローチを取り入れています。短期間での状況の監視・分析・対処の決定・実行によって、被害の最小化や復旧の短期間化を図るという考え方です。

ビッグデータの利活用に不可欠なプライバシー保護への取り組みとしては、暗号化したままでデータ分析処理が行える秘匿分析技術の開発を進めています。日立は、実用的な処理時間で、完全一致検索、頻度集計、相関ルール分析などの秘匿化を実現しました。すべての過程で暗号化されているので、分析受託者による盗み見や持ち出しなどの情報漏えいリスクを低減することが可能となります。

データ解析は必ずしも生データである必要はないため、匿名化技術も有効です。単純に名前だけを匿名化しても、そのほかのデータから個人を特定される可能性があります。そこで、データを曖昧化したり削除したりすることによって、同一データレコードがk個以上存在するようにデータを変換するk-匿名化技術が活用されています。私たちは、匿名化処理で生じる情報損失量を減らすアルゴリズムを開発し、プライバシーに配慮したビッグデータ利活用を進めています。

ビッグデータは誰のものか；

W子さんは、自動車メーカーTHE社から電気自動車を購入した。その車に取り付けられているセンサーから送り出されたデータが、KDDIのインターネットを通じてグーグル社のデータセンターに蓄積され、そのデータをTHE社が複数の中小企業に外注して解析した結果は、新しいサービス提供としてTHE社の売上増につながるとともに、THE社の次の新製品の開発に活かされる。だが、このデータは一体、誰のものだろうか。

THE社は、データの収集・解析が同社の売上増に繋がるため、データ収集を強く望むだろう。THE社にデータを提供してもよいと考える人もいるだろう。運転手は、自分の車からデータが収集されていることに全く気づかないので、気にとめない人もいると思われる。

だが、**自動車の組み込まれた多くのセンサーは、W子さんのプライバシーをかなりの程度まで明らかにしてしまう可能性がある。**例えば、朝、子供を送る時間、ランチに出かける時間、帰宅する時間が把握される。車のなかの電池の消耗状況から、夕食や風呂の時間、消灯時間などもわかる。椅子の下の圧力センサーや車内の熱・CO2センサーなどからは、いつもは使わない助手席に男の人を乗せて、いつもと違う場所に出かけたこともわかってしまう。

「ビッグデータは誰のものか」というルールが出来て初めて、データを利用する企業がイノベーションを生み出すことが可能になり、ユーザも安心できる。

ドイツにおいても、「ビッグデータは誰のものか」という課題の重要性は認識されており、最近、国内で議論が開始されたと聞いている。

高速大容量の通信環境の整備；

インダストリー4.0、又はIoTは、必要な情報が必要な時に必要な場所に届けられることを前提としている。

だが、日本でこれらの構想を進めれば、通信回線を流れるデータ量は飛躍的に拡大し、少なくとも今の通信環境では対応することは極めて難しいと言わざるを得ない。

今のデータ通信は、データにフラッグを付けて回線に流し、ルーターが相手に届ける方式である。

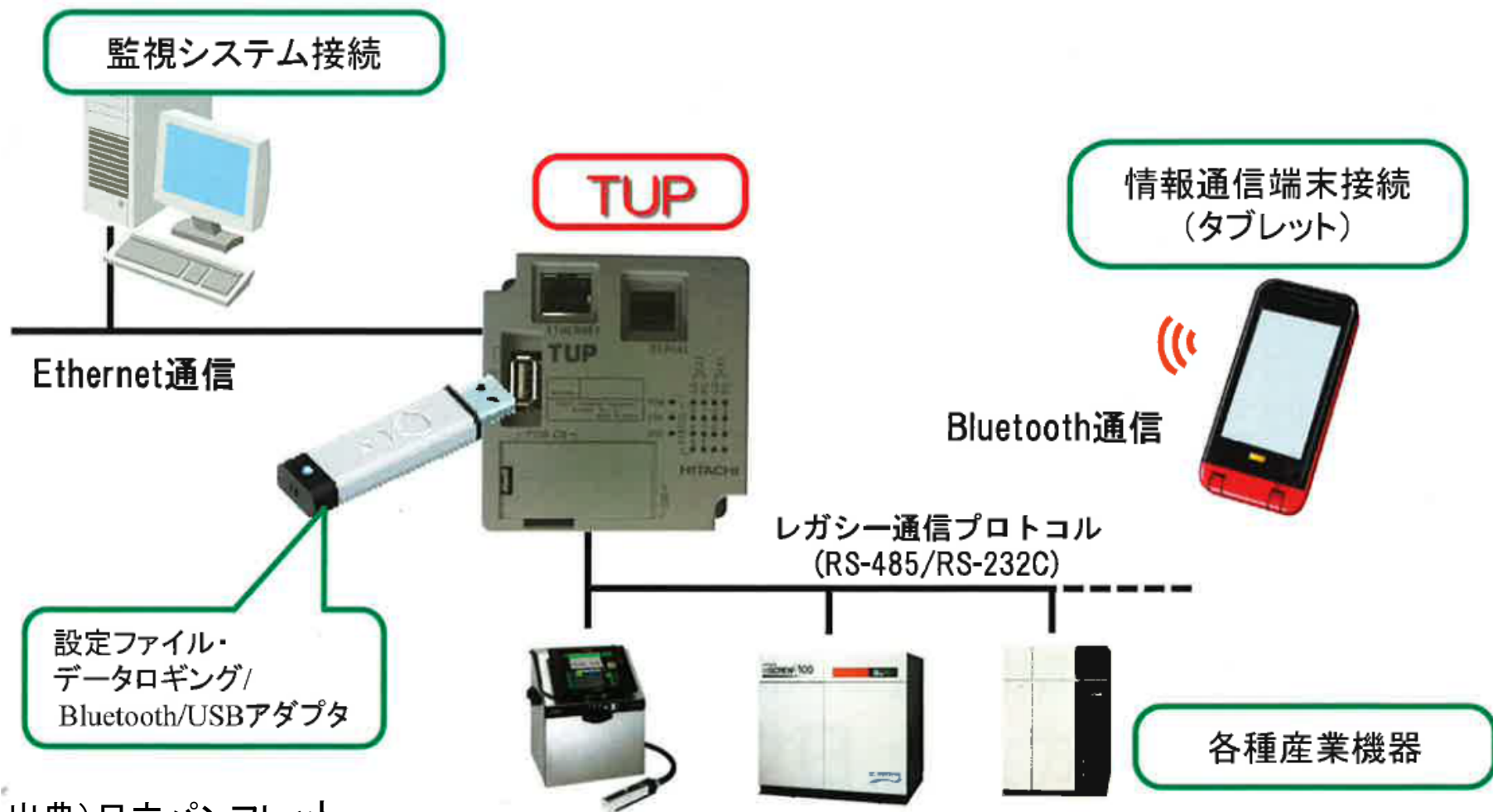
だが、こうした通信方式自体を変更しなければ対応出来ないとする議論が世界的に巻き起こっている。

通信方式自体を変更し、通信設備の再投資が必要になる可能性もある。

大衆が使用する回線をIoTで使用することにセキュリティ上の不安を抱える事業者は多い。もし従来とは異なる通信方式の回線を増設するのなら、いっそのこと、IoT専用回線を整備したらどうかとの声もある。 → 新たな通信事業会社が起業する可能性

通信プロトコルの標準化;

TUP: Transmission Unit for Protocol conversion



出典) 日立パンフレット

働き方の変化の研究、労働組合による懸念への対応；

富士通生産システムが開発部門、間接部門をも対象にしていることからわかるように、インダストリー4.0を導入すると、ホワイトカラー部門の働き方にも変化を及ぼす。

ドイツでは、インダストリー4.0プロジェクトの中の1つとして、働き方の変化に関する研究が「Work4.0プロジェクト(英)」「Arbeiten4.0プロジェクト(独)」として行われている。

ドイツでは、労働組合が、インダストリー4.0導入により、機械が人間の仕事を奪うのではないかという懸念の声をを出していた。

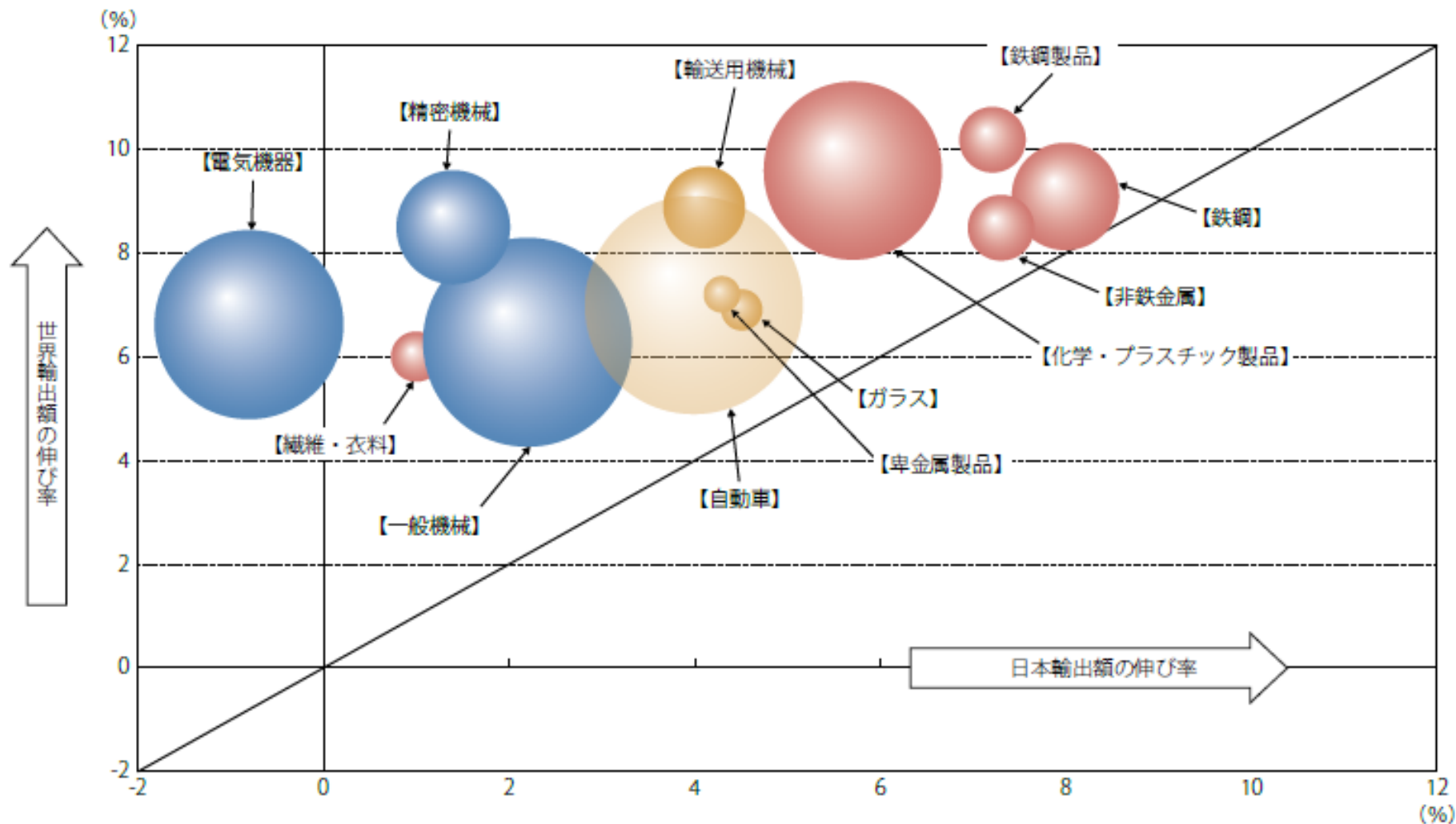
2015年5月、ハノーバーメッセ2015において、プラットフォーム事務局のなかに金属労働組合が参加することが発表された。インダストリー4.0導入の流れが不可避であるならば、当初から、枠組みのなかに参加し、ルール作成の議論に参加するとの意思表示と思われる。

今、日本でも人口知能が人間の仕事に取って代わるのではないかという人々の不安を煽るような議論が流布している。日本にインダストリー4.0が導入されることで、人々の働き方がどのように変わるかという緻密な研究が必要である。

5 さいごに



日本は「輸出力」で世界の競争に負けている。特に、日本が競争力が強いとされてきた品目でさえ負けている。**日本のものづくりが強かったのは、もはや昔物語。**



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。

対中輸出の日独比較

ドイツ； 主要8業種全てで「量」と「単価」の双方が上昇

日本； 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

→ **日本は高付加価値競争でドイツに負けている**

数量・単価動向(対中国輸出、主要8業種、数量増加カテゴリ)

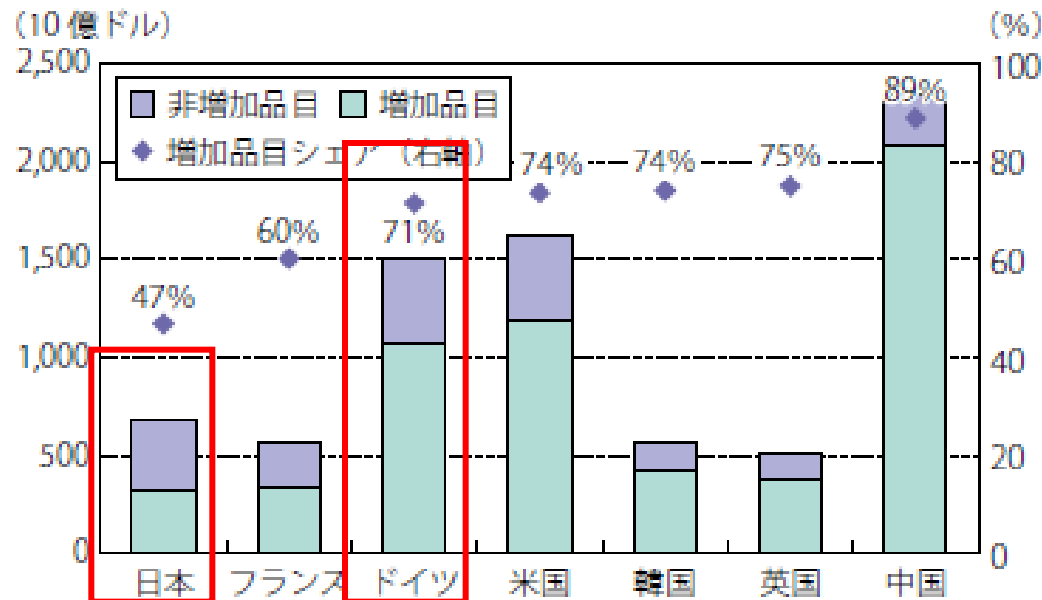
対中国輸出 (主要8業種)	数量増加品目のシェア (2014)	単価上昇品目のシェア (2014)	日本				ドイツ				数量増加カテゴリ									
			品目シェア(2014)				伸び率(最近4年/2005-8)				品目シェア(2014)				輸出額伸び率(最近4年/2005-8)					
			量+	量+	量+	量+	量+	量+	量+	量+	量+	量+	量+	量+	量+	量+	量+	量+		
単価++	単価+	単価±	単価▲	単価++	単価+	単価±	単価▲	単価++	単価+	単価±	単価▲	単価++	単価+	単価±	単価▲					
化学・プラスチック品	58.9%	<u>72.3%</u>	3.7%	<u>37.3%</u>	13.7%	4.2%	285%	<u>155%</u>	114%	46%	81.4%	60.2%	17.8%	<u>29.8%</u>	18.3%	15.5%	321%	<u>133%</u>	246%	216%
繊維・衣料	36.3%	47.8%	3.2%	12.2%	12.1%	8.8%	508%	110%	89%	109%	76.5%	55.7%	7.8%	<u>30.3%</u>	13.4%	<u>25.0%</u>	385%	<u>219%</u>	189%	<u>139%</u>
鉄鋼・鉄鋼製品	60.1%	34.7%	0.6%	15.2%	<u>29.9%</u>	14.5%	290%	84%	<u>86%</u>	32%	78.8%	36.4%	1.8%	<u>27.4%</u>	14.0%	<u>35.6%</u>	304%	<u>156%</u>	61%	<u>138%</u>
非鉄金属	23.6%	31.3%	0.0%	3.0%	10.7%	9.8%	317%	62%	106%	79%	44.7%	75.9%	2.1%	<u>28.1%</u>	6.6%	8.0%	450%	<u>70%</u>	75%	75%
一般機械	48.3%	<u>49.5%</u>	2.1%	12.4%	8.0%	<u>25.8%</u>	198%	191%	88%	<u>124%</u>	70.4%	40.9%	2.8%	<u>24.1%</u>	7.7%	<u>35.8%</u>	209%	<u>148%</u>	106%	<u>89%</u>
電気機器	50.3%	33.1%	4.3%	6.3%	14.0%	<u>25.6%</u>	202%	67%	228%	<u>61%</u>	77.9%	43.1%	4.3%	<u>28.0%</u>	11.2%	<u>34.5%</u>	343%	<u>137%</u>	260%	<u>136%</u>
精密機器	41.9%	35.1%	8.4%	8.4%	4.2%	<u>20.8%</u>	174%	114%	135%	<u>95%</u>	84.4%	37.8%	3.5%	<u>22.5%</u>	16.3%	<u>42.1%</u>	235%	<u>185%</u>	219%	<u>204%</u>
輸送用機械	56.2%	<u>83.8%</u>	1.1%	<u>48.5%</u>	0.8%	5.8%	667%	<u>199%</u>	76%	73%	80.0%	68.9%	0.5%	<u>52.5%</u>	14.1%	12.9%	1432%	<u>723%</u>	443%	285%

輸出額が増加傾向の品目が輸出額全体に占める割合(2014)の各国比較

ドイツ； 輸出1500億ドルのうち増加品目が71%

日本； 輸出700億ドルのうち増加品目が47%。

→ **日本は世界市場で伸びている新しい製品のニーズを捉えていない**



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桁品目）。ドルベース。

資料：GTAから作成。

輸出額増加品目の割合に関する各国比較（手法）

出典) 通商白書2015

1. 輸出額が増加している品目の特定

※リーマン・ショック以前と比較して近年の輸出額水準が高く、かつ、近年の輸出額が増加傾向にあれば、その品目が輸出額増加品目であるとする。

2005年から2014年の対世界輸出額データから、増加の判断基準(*)に基づいて、HS6桁ごとに、輸出額の増加/その他、の2カテゴリーに区分する。

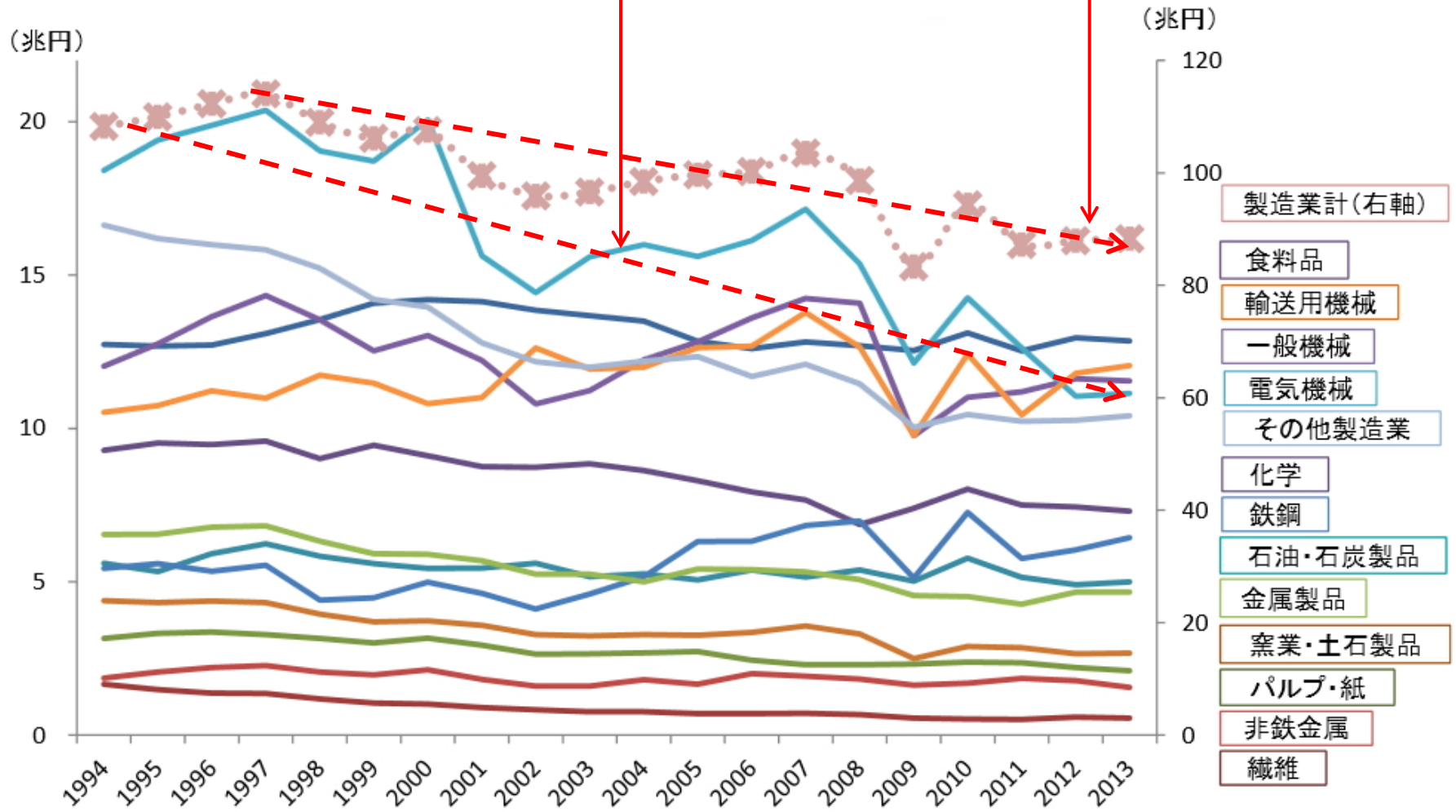
(*) 増加の判断基準

2013-2014年のいずれかが、2005-08年のうち2年間と比べて増加、かつ2010-14年の5年間に前年比増が3年以上ある場合、「増加している」とみなす（脚注参照）。

92

2. 1. で特定した「増加」している品目の合計がその国の対世界輸出額全体に占める割合を算出。

製造業のGDPは1997年の約114兆円をピークに減少続け、ここ数年は90兆円レベル。
2000年以降GDPが特に大きく落ちたのは「電気機械」。グローバル競争の中で日本の製造業の地位が低下。



業種別GDPの推移

資料:内閣府「国民経済計算確報」

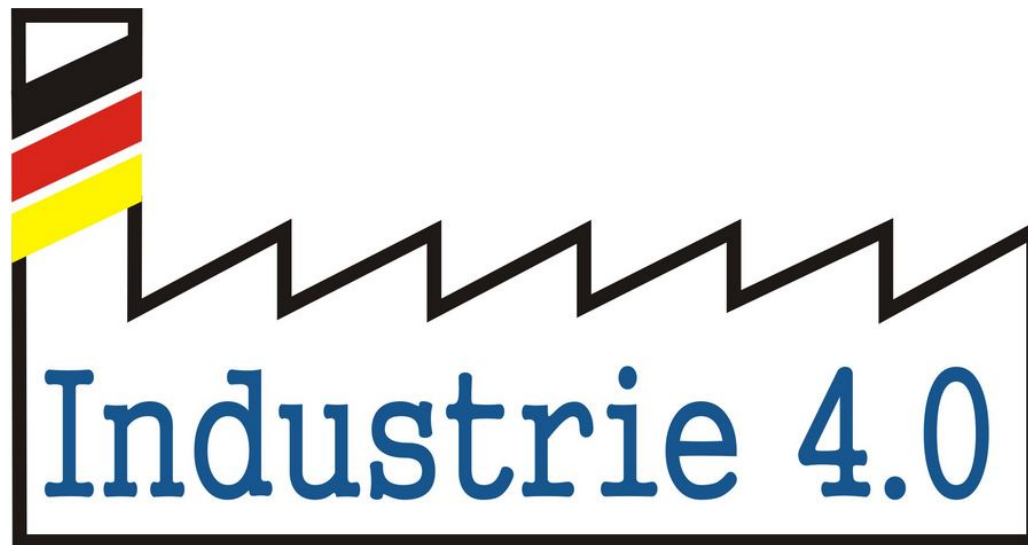
今後、IoTが導入されることで、最大の市場拡大が予想されている製造業分野で、果たして日本に富の配分はあるのか？

米調査会社ガートナーによると、世界中で2009年時点でインターネットにつながっていたモノの数はおおよそ25億個で、そのほとんどはパソコン、スマートフォン、タブレット端末。

今後、IoTの普及は急速に進み、2020年には、2020年には300億個以上の機器がつながり、コンピュータ以外のデバイスが過半数を占め、1兆9000億ドル(約194兆円)の経済価値を創出すると予測。

そのIoTの活用先として最大の分野が製造業で、30兆円規模のインパクトがあると予測。

結語； これまで右肩下がりを続けていた日本の製造業にとって、ネット化の波は、反転攻勢の絶好の機会。
日本の製造業は、ネット化の大きな波に乗り、世界に力強く羽ばたいて欲しい。



Industrie 4.0 Logo



ご清聴有り難うございました。

引用可。ただし、出典を明記してください。

本稿の誤りは全て筆者に記す。意見に相当する部分は私見である。

注釈；

注1 2015年5月、中国国務院は、「中国版インダストリー4.0」と呼ばれる「中国製造2025計画」(メイド・イン・チャイナ2025年計画)を発表

注2 ドイツのマクロ経済及び中小企業の動向

注3 Industrie4.0 – Opportunities and Challenges of the Industrial Internet, Pwc , April 2015 の概要(抜粋)

注4 米国ゼネラル・エレクトリック(GE) インダストリアル・インターネット・コンソーシアム

注5 具体的な対応方針

(注1) 2015年5月、中国国務院は、「中国版インダストリー4.0」と呼ばれる「中国製造2025計画」(メイド・イン・チャイナ2025年計画)を発表

同計画の内容は「一二三四五五十」という数字で表現可能。

「一」とは、中国が製造強国になるという1つの目標である。

「二」とは、この目標を達成するため、情報化と工業化を融合させることを基本方針としている。このため、同計画は、「中国版インダストリー4.0」と呼ばれている。中国政府で同計画を担当するのは、工業・情報化部であり、工業化と情報化が同一の役所で担当しているため、縦割りの弊害に悩まされることなく、実行できる。

「三」とは、「3段階発展戦略」によって目標を実現することである。第1段階は、2025年を目処に製造業強国の仲間入りをする。第2段階では、2035年を目処に中国の製造業が全体として世界の製造強国のなかで中くらいのレベルに達する。第3段階では、中華人民共和国建国100周年、すなわち2049年を目処に、中国の製造業大国としての総合力が世界の製造強国のトップクラスに入る。

「四」とは、4つの原則に従って実行することである。4つの原則とは、「市場による主導、政府による誘導」、「現在に軸足を置き、遠い未来を見据える」、「全面的な推進、重点部分の飛躍」、「自主発展、協力・ウィンウィン」である。

「五」のうちの1つめは、5つの方針である。5つの方針とは、「イノベーションによる駆動」、「質優先」、「グリーン発展」、「構造の最適化」、「人材が中心」である。

「五」のうちの2つめは、5つのプロジェクトを実行することである。5つのプロジェクトとは、「製造業イノベーションセンターの建設プロジェクト」、「製造業の基盤強化を目指した工業基盤強化プロジェクト」、「スマート製造プロジェクト」、「グリーン製造プロジェクト」、「高級設備イノベーション・プロジェクト」である。

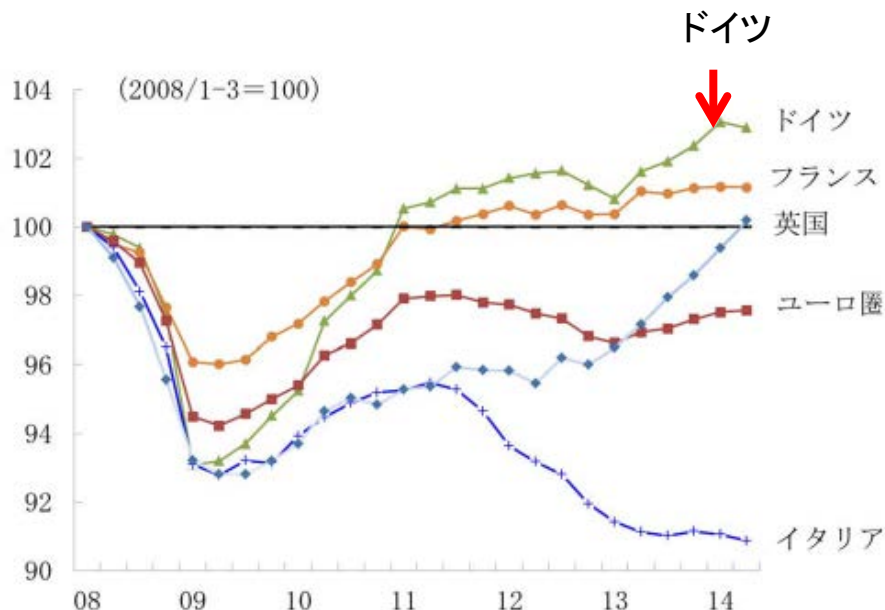
「十」とは、10の重点分野である。10の重点分野とは、「次世代情報技術」、「高級デジタル制御工作機械とロボット」、「宇宙航空設備」、「海洋プロジェクト設備とハイテク船舶」、「先進的地下鉄・都市鉄道設備」、「省エネと新エネルギー自動車」、「電力設備」、「新材料」、「バイオ医薬と高性能医療機器」、「農業機械設備」である。

(注2) ドイツのマクロ経済及び中小企業の動向

ドイツは日本と同様、製造業を主力産業とし、人口減少・少子高齢化が進行。1989年に東西統一、西独に比べて生産性が約1/3の東独2千万人を抱え込む。景気が大きく落ち込み、「欧州の病人(Sick man of Europe)」と呼ばれた。だが今やユーロ圏で最強の経済力、「欧州経済のエンジン」「独り勝ちのドイツ」と呼ばれるまでに経済再生に成功。

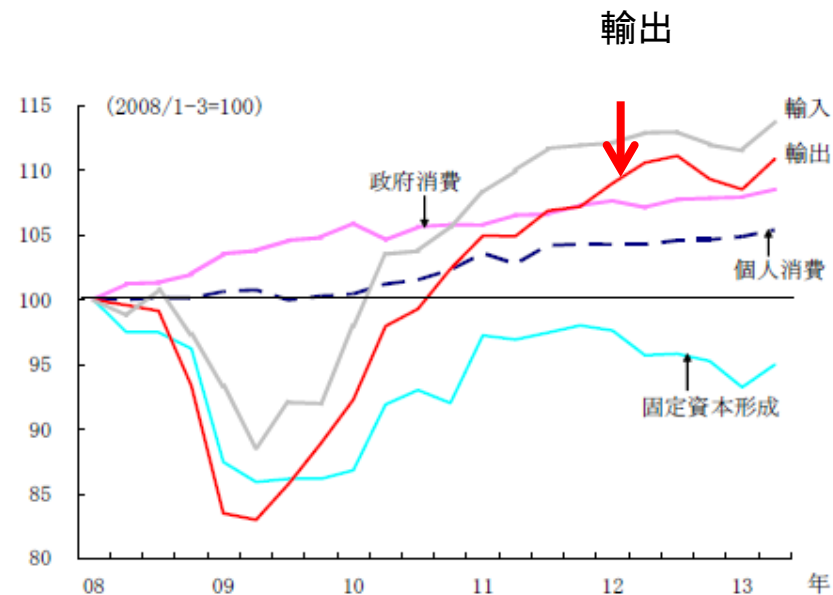
製造業、特に中小企業の輸出振興に取り組み、輸出主導による経済成長が定着。

* 内需は、人口減少・少子高齢化の影響で極めて弱い。



(資料) 欧州委員会統計局

欧州主要国の実質GDPの推移



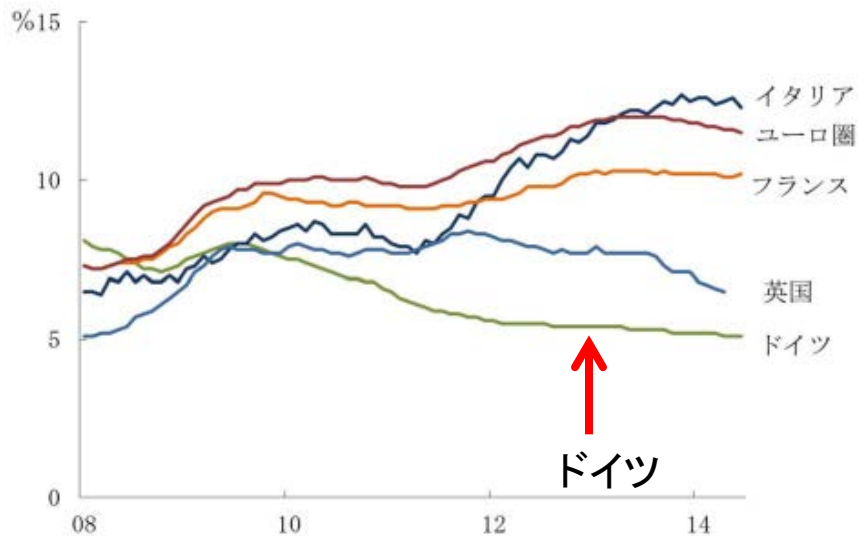
(資料) 欧州委員会統計局

ドイツの需要項目別のGDP

出典) ニッセイ基礎研究所

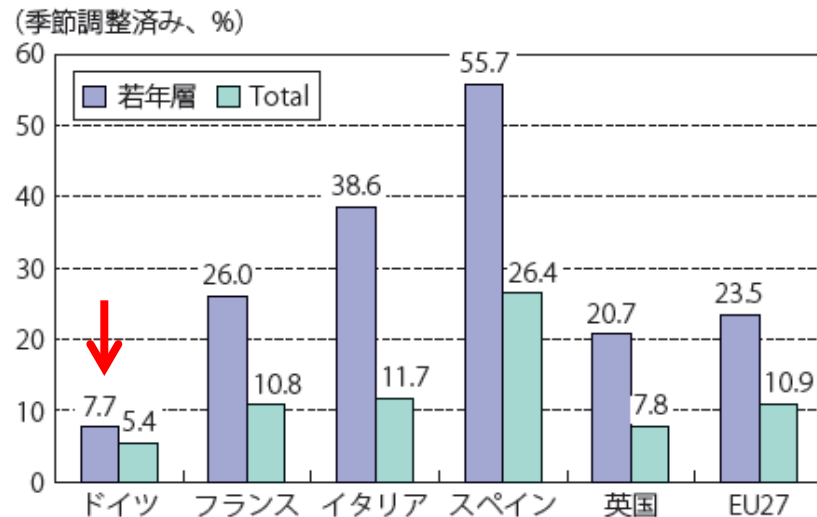
失業率は、欧州先進国のなかでも極めて低い。特に若年失業率の低さが際立っている。ほぼ完全雇用を実現(失業率、2012年5.3%)したことは「ドイツの奇跡」と呼ばれている。

欧州主要国の失業率の推移
出典)ニッセイ基礎研究所



(資料) 欧州委員会統計局

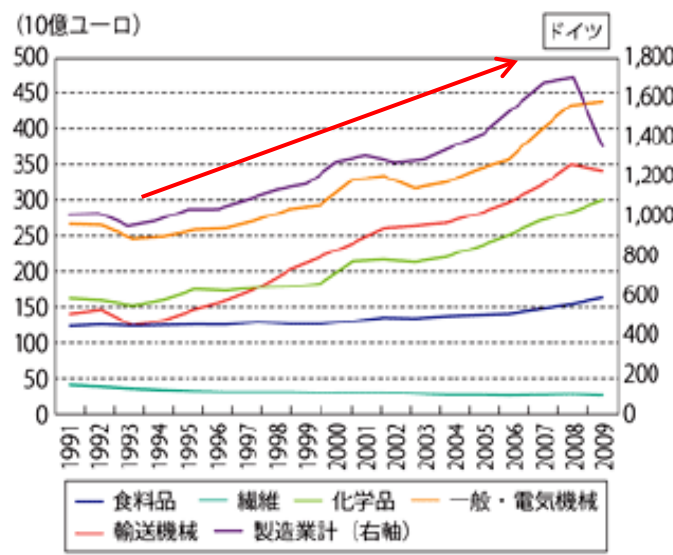
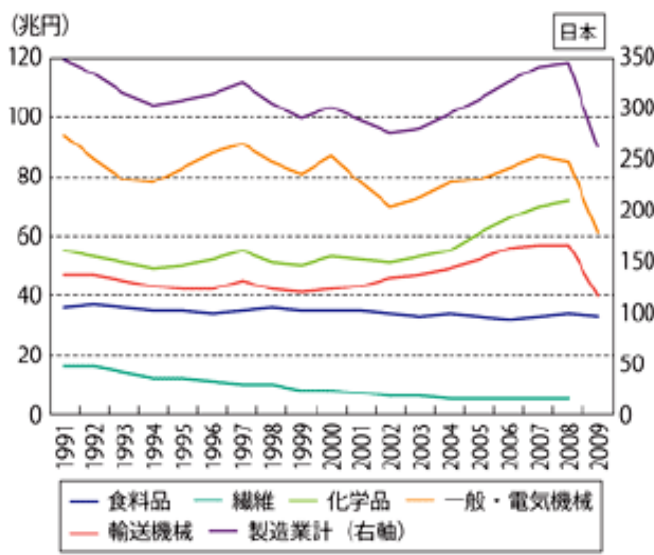
欧州主要国の若年層及び全体の失業率
出典)通商白書2013



備考：2013年3月数値。
資料：Eurostatから作成。

ドイツでは、国内生産が増加したが、製造業での国内雇用がほぼ維持され(生産性上昇分が輸出に回ったと推察)、かつ製造業以外での雇用が増えたため総雇用が増加。

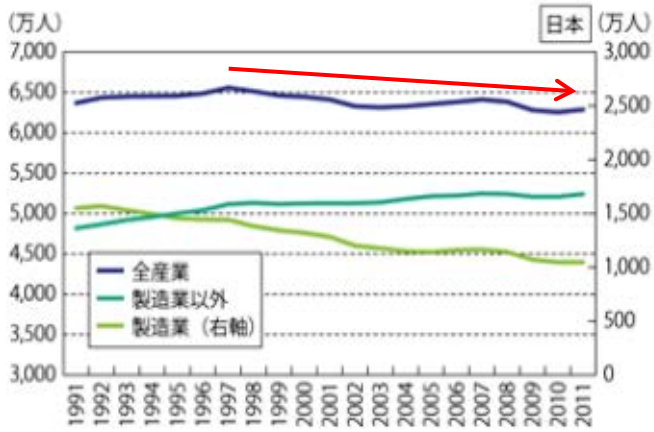
一方、日本は製造業での雇用減少分を製造業以外で吸収できていない。



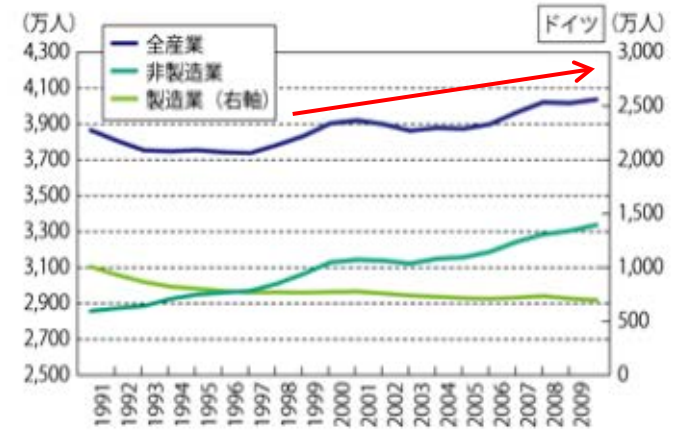
製造業の業種別生産額(名目)の推移
出典)通商白書2012

資料：OECD STAN から作成。

日本



ドイツ



業種別の就業者数の推移
出典)通商白書2012

備考：日本標準産業分類の改定により、2002年の前後でデータは非連続である。日本の2011年のデータは、岩手県、宮城県及び福島県の結果について補完的な推計を行い、それを基に参考値として算出したもの。

資料：総務省「労働力調査」から作成。

2013年のモノの貿易総額は世界第3位の貿易大国。

モノの貿易総額; 1位中国4.2兆ドル、2位米国3.9兆ドル、3位ドイツ2.6兆ドル、4位日本1.5兆ドル
サービスの貿易総額; 1位米国1.1兆ドル、2位ドイツ0.6兆ドル、3位中国0.5兆ドル、6位日本0.3兆ドル

輸出品目はドイツが強い国際競争力を有する工業製品。輸出先はBRICS。

2014年は貿易黒字2.17億€と過去最大(輸出11.3億€, 輸入9.16億€)。自動車は生産の3/4が輸出。

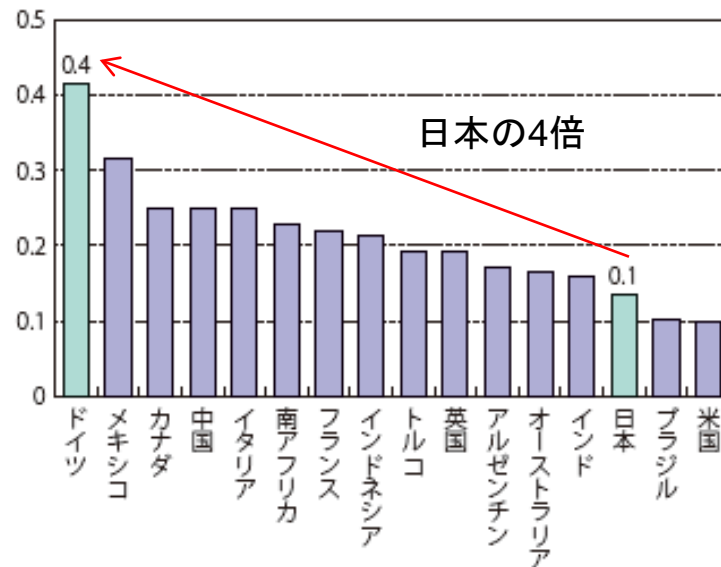
全輸出額に占める中小企業の割合は約20%(日本は約3%)

EU域内向け輸出は減少、中小企業はBRICSまで出かけていって果敢に市場開拓



(資料) ドイツ連邦統計局

ドイツの輸出入の対GDP比の推移
出典) ニッセイ基礎研究所



備考: G20の名目GDP当たり輸出額。但し、産油国であるサウジアラビアは、極端に大きな数値になってしまうため除外した。
資料: WTO統計、IMF統計から作成。

主要国におけるGDP当たりの輸出額
出典) 通商白書2013

ドイツ	
品目	シェア
機械類	17.6
自動車	16.7
化学品	15.9
電気機器	9.9
鉄鋼等卑金属製品	8.7
光学機器	4.5
木材、パルプ、紙製品	2.9
加工食品	2.8
その他分類不能品	2.8
繊維製品	2.5
航空機	2.5
鉱物性燃料	2.5
貴石類	1.5
ゴム製品	1.3
その他	7.9

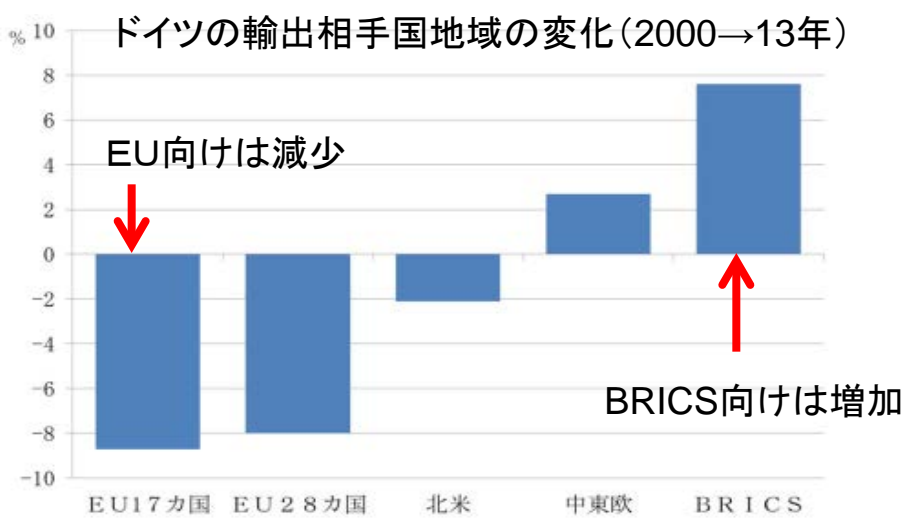
ドイツ	
相手国	シェア
EU27	58.6
米国	6.9
中国	6.1
スイス	4.4
ロシア	3.3
トルコ	1.9
日本	1.4
韓国	1.1
ブラジル	1.1
インド	1.0
南アフリカ	0.8
豪州	0.8
ノルウェー	0.7
メキシコ	0.7
UAE	0.7
その他	10.5

	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者数 300 以下。EU の中小企業は従業者数 250 人未満。

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

出典) 通商白書2012、ニッセイ基礎研究所



(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」

各国の中小企業の定義

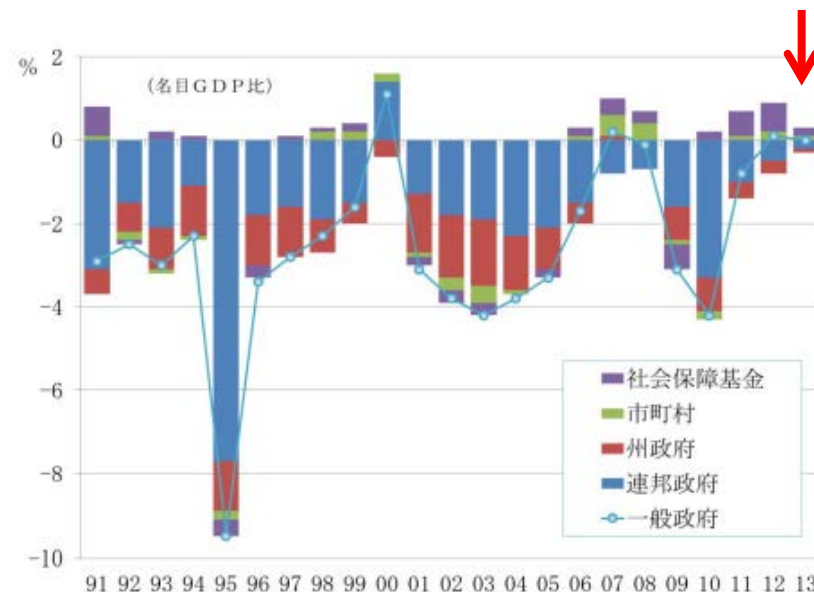
	ドイツ	日本	米国
企業数	99.6%	99.7%	99.7%
被雇用者数	61%	62.8%	49.1%
付加価値	52%	49.3%	43.9%

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、BonnlFM 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。

国家財政を見ると、「シュレーダー改革」で法人税を20%引き下げて企業を身軽にし、所得税を引き下げて消費を喚起。その後、一時期、財政赤字が膨らんだが、順調な経済発展の結果、税収が増え、2012年以降は財政黒字を継続。2015年に財政均衡を実現し、赤字国債発行を46年ぶりに停止。



(資料) 欧州委員会統計局



(資料) 欧州委員会統計局

ドイツの一般政府歳出入の推移

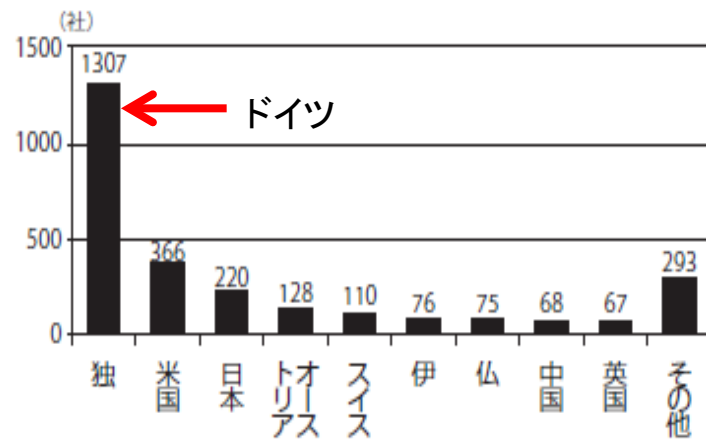
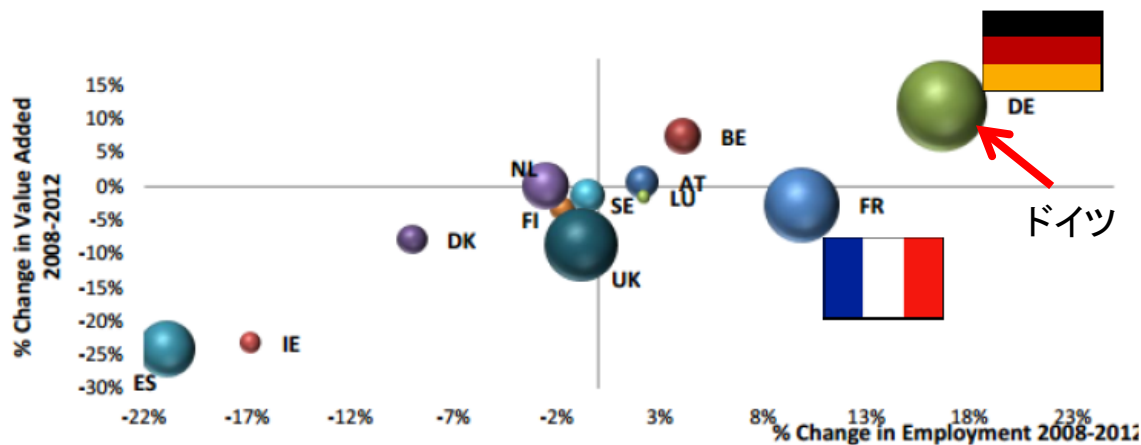
出典) ニッセイ基礎研究所

ドイツの一般政府財政収支の推移及び内訳

中小企業は、大企業を凌ぐペースで成長、付加価値及び雇用者数の双方で大きく成長。失業率低下に貢献したのも中小企業。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。

- 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が大きいこと、④Family owned company (家族経営、同族経営)が95%と多いこと。

隠れたチャンピオン=Hidden Champion



(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'

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



隠れたチャンピオンの数

ドイツ人は日本人より労働時間が20%短いが、生産性は日本人より17%高い。

1人当たり平均年間総実労働時間(就業者)は、ドイツ1,397時間、日本1,745時間、
1人当たりGPDはドイツ41,231ドル、日本35,203ドル(2012年OECD統計)。

ドイツは、先進国の中で、雇用者数と賃金の双方とも伸び続けている唯一の国。

2014年賃金は対前年比+3.2%と2010年以降最大の伸び。

	日本 	ドイツ 
面積	• 377,930 km ² (61位)	• 357,114 km ² (62位)
人口	• 127,156,000人(10位)	• 82,167,000人(16位)
企業数	• 約448万社(2009年) • うち、約4,000社が上場会社	• 約360万社 • うち、約1,000社が上場会社
GDP	• 名目GDP:5,869,000 百万ドル(3位)	• 名目GDP:3,577,000 百万ドル(4位)
年間労働時間	• 1,700時間(2009年)	• 1,400時間(2009年) • 主要国の中で最低水準
時間当たり賃金 (製造業)	• 2,269円(2009年)	• 3,342円(2009年、1ユーロ=129.99円) • 主要国の中で最高水準
博士号取得者数	• 17,291人	• 25,190人

インダストリー4.0を推進しているドイツの国内事情 ；

- 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、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。
- 2 景気が減速すれば、移民が職を奪っているとしてデモが頻繁に発生する
- 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。
このため、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減少。早く彼らの有する技能を機械に伝承しなければならない。
- 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
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
- 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。

→ **ドイツ経済を支える自動車、機械、電機産業及び中小企業の輸出競争力を今後とも維持向上させ続けなければならない。**



インダストリー4.0プラットフォームの組織形態

出典) 岩本晃一 (2015b)

現在実施中のIndustrie4.0の主要な研究開発プロジェクト

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

プロセンス(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ージメントの実現

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

(注3) **Industrie4.0 – Opportunities and Challenges of the Industrial Internet, Pwc , April 2015 の概要(抜粋)**

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

調査結果の分析; Siemens, VDMA, 雑誌Production

調査の実行; 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

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

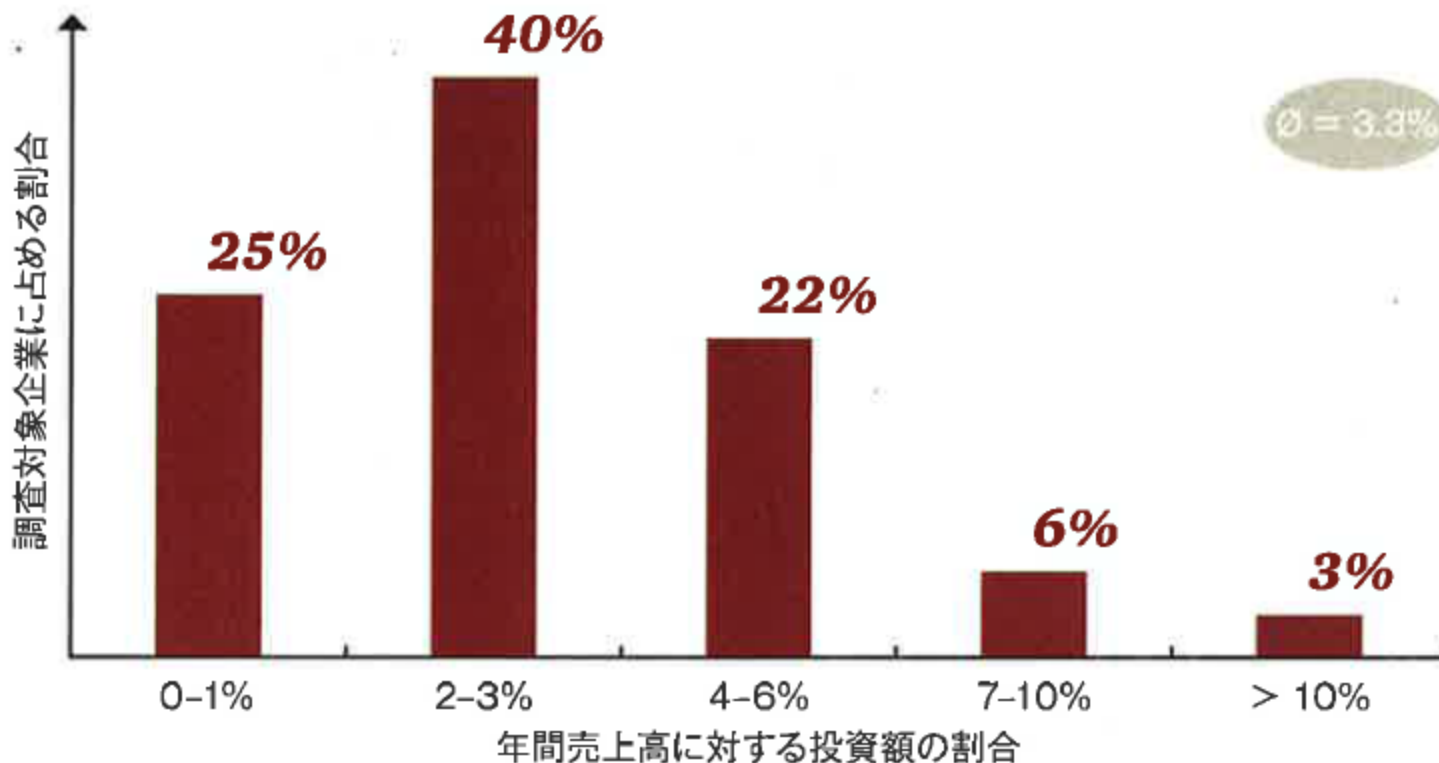
調査対象企業のうち、5年後にインダストリー4.0を重要な全ての事業部門に導入している企業は全体の85%に達する

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

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

インダストリー4.0への平均年間投資額



注記：調査対象企業のうち4%は、投資額についての情報を提供しなかった。

効果に関して;

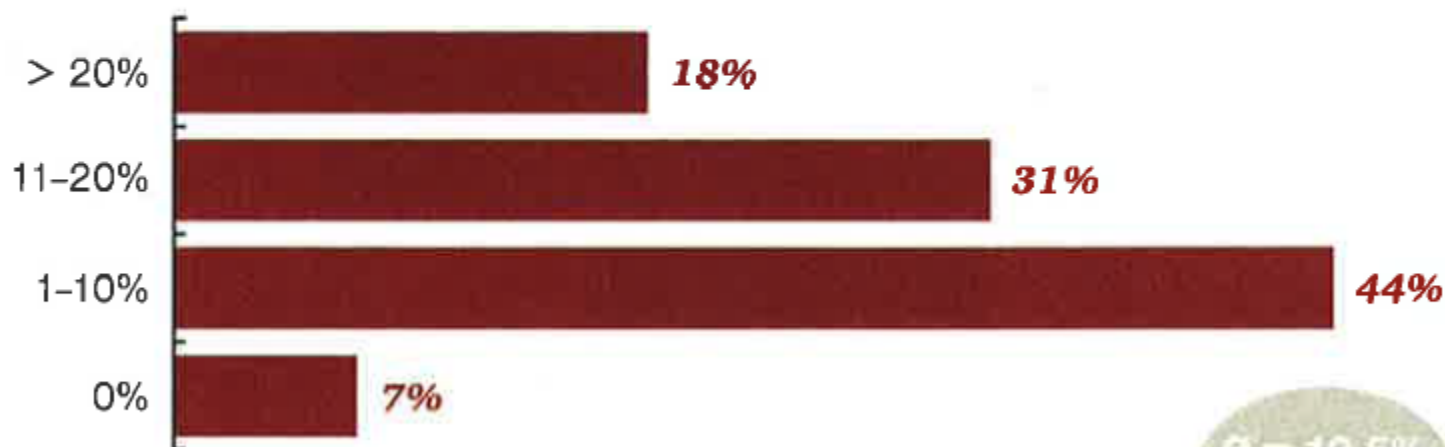
調査対象企業は、今後5年間に、18%を超える生産性の向上(年平均3.3%)が実現し、12.5%の売上げ増(年平均2.5%)が確保できると期待している

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、売上高が毎年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

：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

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



Ø = 12.5%
(年率2.5%)

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

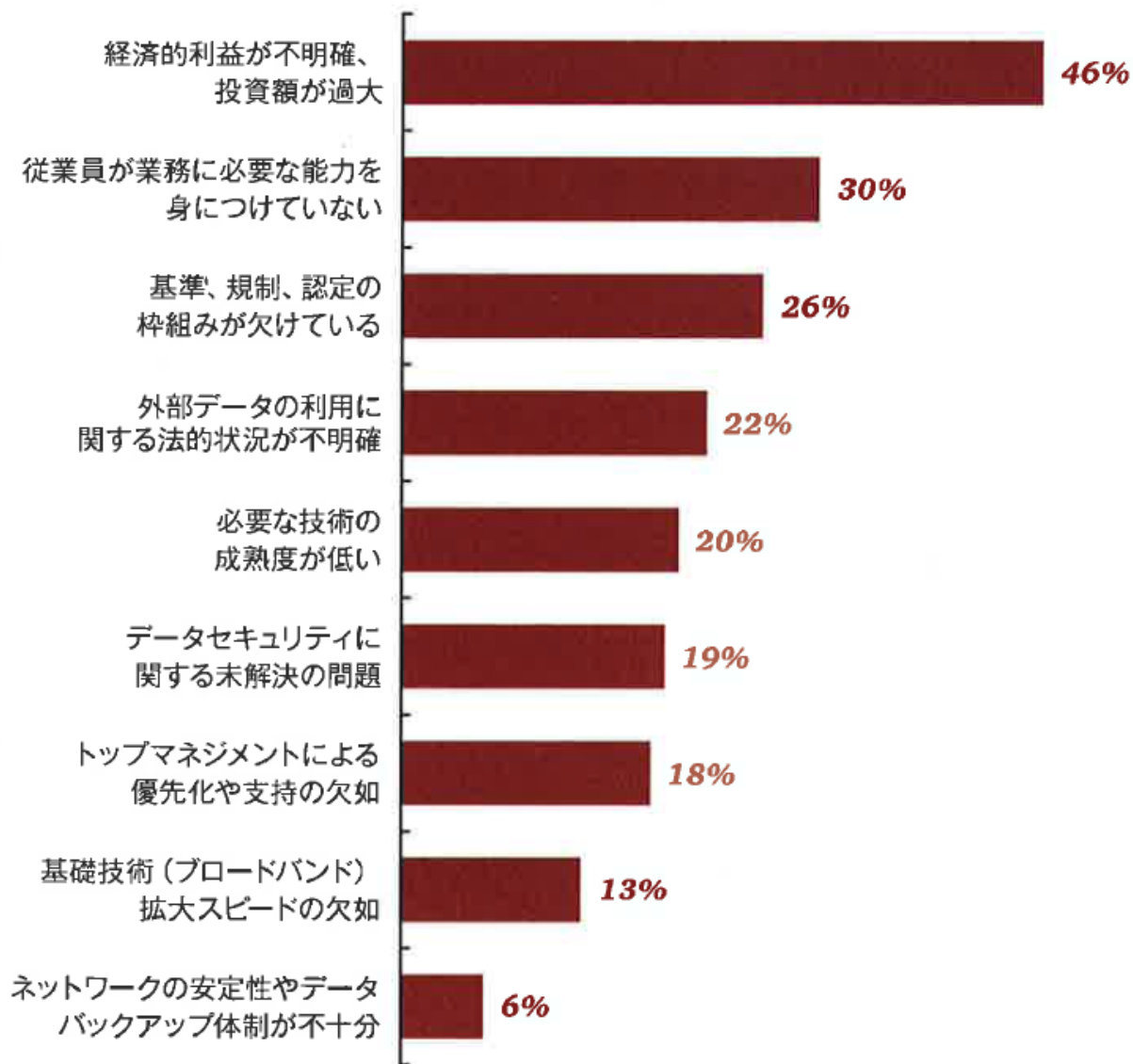
変化への急速な加速をもたらすいくつかの課題を克服しなければならない。最も注力すべきは、高い投資水準と、不明確なことの多い対投資効果である

調査対象企業のうち18%が、「トップマネー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。

：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

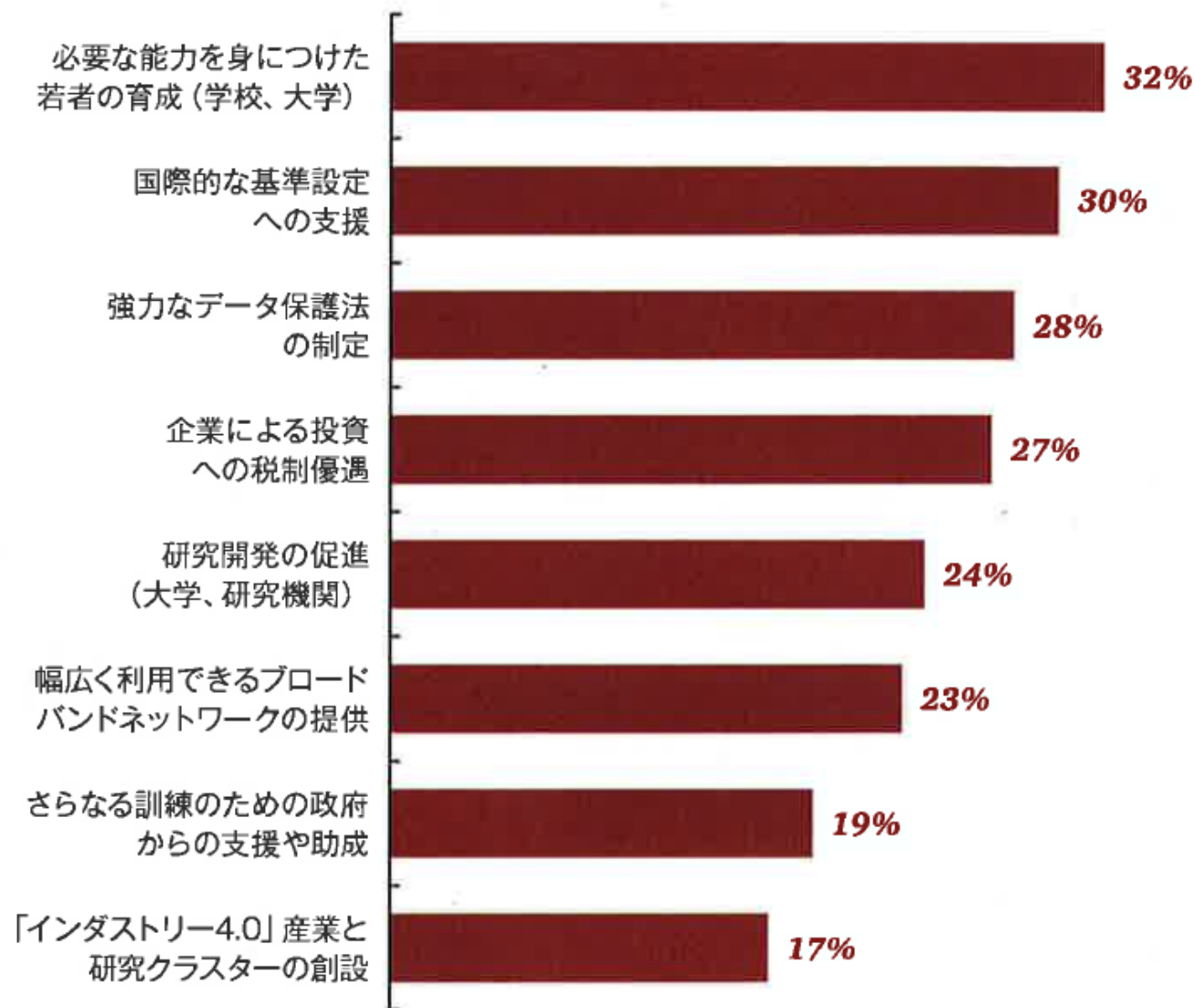
インダストリー4.0の定着を成功させるために克服すべき課題

最も重要な二つの理由を選択（調査対象企業の割合、%）



政策決定者による支援の必要性

最も重要な二つの理由を選択（調査対象企業の割合、%）



(注4) 中小中堅企業で「故障予知」サービスを行い、業績を伸ばしている例

三浦工業株式会社

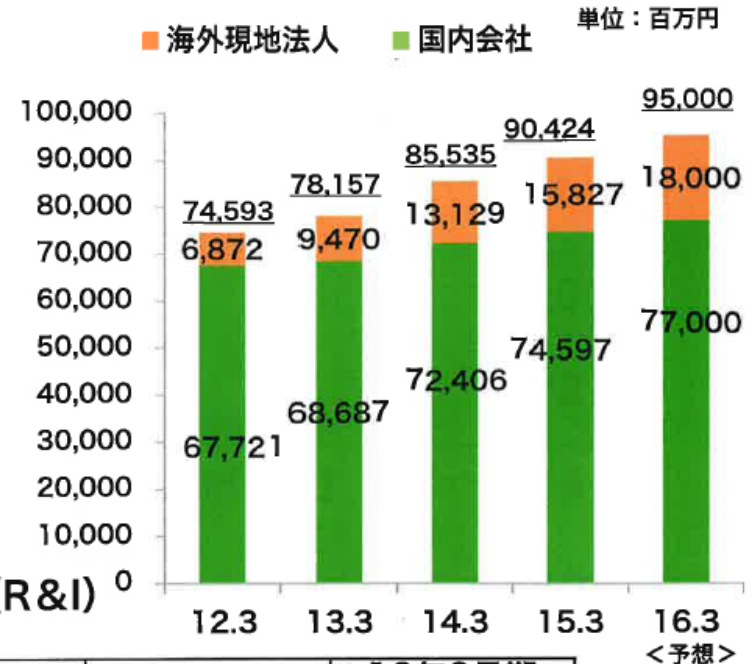
熱・水・環境のベストパートナー



会社概要

所在地 愛媛県松山市堀江町7番地
 設立 1959年5月
 グループ会社 国内 6社 (うち連結4社)
 海外 13社 (うち連結8社)
 ※ 2015年4月1日現在
 従業員 連結 4,409名
 グループ 4,500名
 (うち海外 1,106名)
 事業内容 機器販売事業
 メンテナンス事業
 格付情報 発行体格付 A
 株式会社格付投資情報センター (R&I)

【連結売上高】



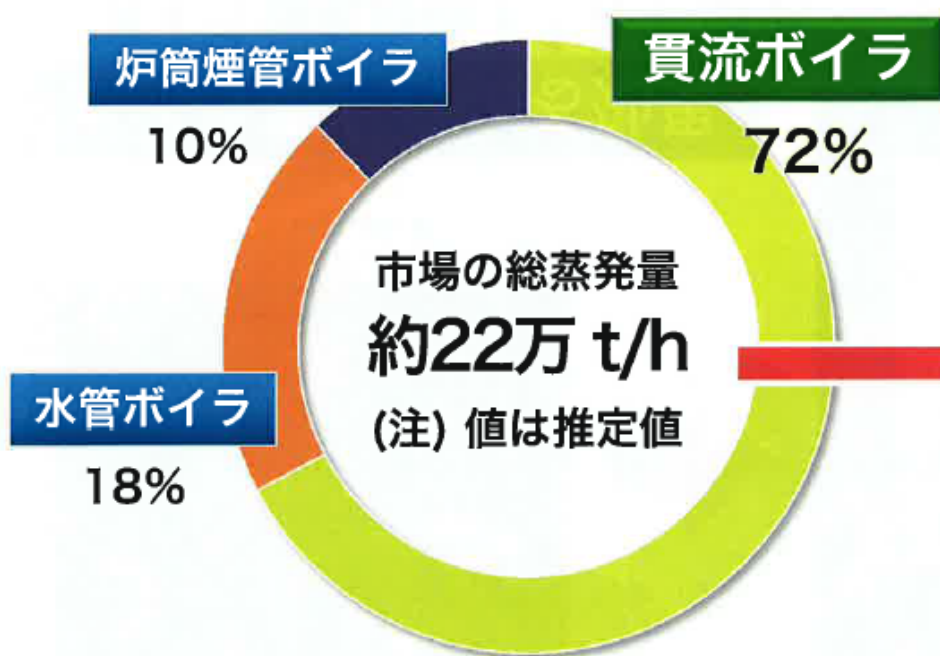
	単位	14年3月期	15年3月期	16年3月期 (予想)
売上高	百万円	85,535	90,424	95,000
経常利益	百万円	10,298	10,799	10,800
当期純利益	百万円	6,288	7,464	7,500
自己資本比率	%	78.3	79.5	—
1株当たり純資産	円	818.33	915.75	—

年平均7%の
伸び

$72\% \times 55\% = 40\%$ 日本一のシェア

業界シェア

国内のボイラ市場



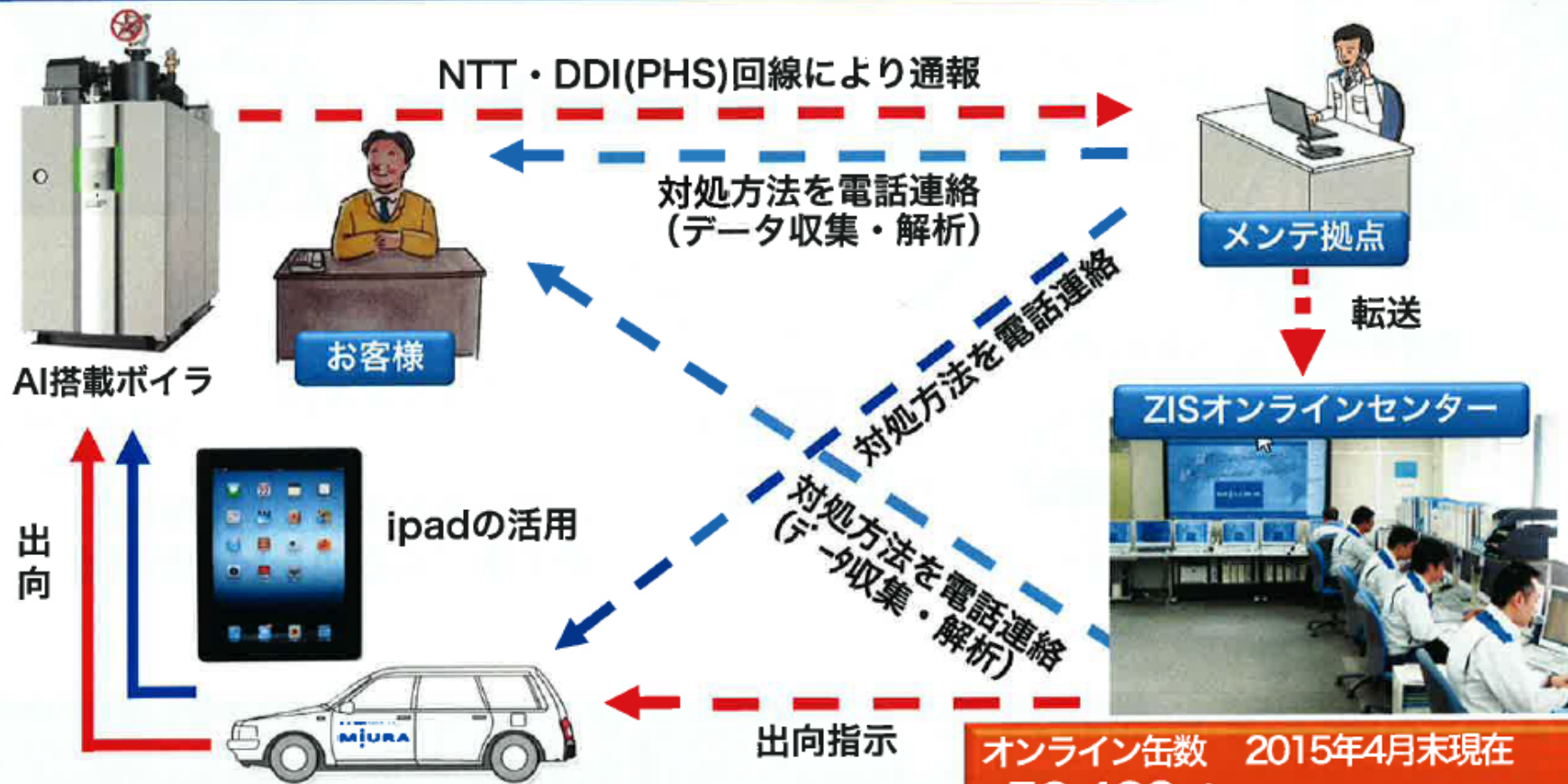
国内の貫流ボイラ市場



1989年 オンラインメンテナンス開始

IoTという言葉が発明される遙か以前から実施

ローテクからICT技術を活用したハイテクサービスへ



オンライン缶数 2015年4月末現在
52,429 台 ※ボイラ以外の機器も含む

- ① 1人あたりの管理缶数の増加、効率的なメンテナンス
- ② メンテナンス員を3K（危険・汚い・きつい）から解放

ミウラメンテナンスネットワーク

拠点数

約100ヶ所

サービスエンジニア

約1,000名



● : 本社・統括部

● : 支店・営業所

(注5) **米国ゼネラル・エレクトリック(GE) ;**

インダストリアル・インターネット・コンソーシアム 2014年春設置
(Industrial Internet Consortium ; IIC)

中核企業 GE, AT&T, Cisco systems, IBM

日本からの参加 日立製作所、東芝、三菱電機、富士通、富士フィルム、富士電機

一緒に組んでインダストリアル・インターネット事業を行う仲間の会

各参加企業の機械設備間でインターネット通信を行うための「通信プロトコール」が決まっていく可能性

→ これが世界の「事実上の標準(デファクト・スタンダード)」になっていく可能性

製造業回帰するGEの背景;

2015年4月10日、GEは、約265億ドル(約3兆1800億円)規模の不動産や関連金融資産を売却すると発表した。脱金融の経営改革を進め、安定して稼げるガスタービンや航空機エンジンなど製造業回帰を加速させる。

ジェフ・イメルトCEOは2018年までに金融事業を10%にまで縮小させる目標を明らかにした。

2015年3月末のバランスシートでは、製造部門2,152億ドルに対して金融部門は4,765億ドルである。そのため、金融部門からの撤退は会社の資産を約3分の1以下に圧縮することであり、2015年1～3月期決算は1兆6,000億円の赤字になった。

それでもジェフ・イメルトCEOは、決意を持って製造業に回帰している。

フランスのアルストムの買収に成功し、重電部門や航空機部門で大きな展開をするなど、製造業部門でGEは自信を深めている。

ジェフ・イメルトCEOが金融事業を縮小する方針を打ち出したのは、2008年のリーマンショックが背景とされる。それまで信用格付けでGEはAAAだったが、GEキャピタルが保有していた金融資産などの評価により、AAへと下がった。その信用収縮で、1千億ドル超の残高があったコマーシャルペーパー(CP)の借り換えが目詰まりし、70年ぶりの減配となった。それまでGEは高い信用力で調達した低コスト資金を、企業や個人に幅広く貸し付け、利ざやを稼いできたが、米当局が金融機関への監督を強化し、貸出先拡大が思うように進まなくなり、低コスト資金調達の優位性も薄れた。GEキャピタルはこの10年間で一度も赤字を出しておらず、リーマンショックの2008年でさえ80億ドルの利益を計上しているが、ジェフ・イメルトCEOは、収益性は高いものの業績変動リスクの大きい金融部門は縮小しようかと判断したとされる。

また、GEが「選択と集中」を加速させている背景には、製造業分野での競争が激化していることがある。GEは、電力、航空機エンジン、医療機器などの分野で世界シェア1位の製品を数多く持っているが、シーメンスは、米市場への攻勢を強め、電力や医療分野など広範な領域で競合している。三菱重工業と日立製作所は火力事業を統合してガスタービンでGEに対して攻勢をかけている。GEは、製造業分野の強化を図らなければならない状況になっている。中国も台頭し、価格競争力を武器に新興国市場で存在感を高める。

製造業に回帰するGEの姿は、製造業回帰を掲げる米産業界の象徴となっている。ジェフ・イメルトCEOは、GE本来の歴史と伝統のある製造業で安定した収益を産み出す方を選んだのである。そして「早く」「小さく」「容量が大きく」という技術進歩がそれを可能にした。

参照文献；

岩本晃一(2015a), Policy Discussion Paper 「『独り勝ち』のドイツから日本の『地方・中小企業』への示唆」, 経済産業研究所RIETI, 15-P-002, 2015年3月

岩本晃一(2015b), 「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(2015c), 「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「機械設計」, 2015年9月号から連載中

日立評論(2014), 「情報制御システム」, 2014 Vol.96 No.6

日立評論(2014), 「産業向けソリューション」, 2014 Vol.96 No.12

松枝準他(2015), 「社内実践による『スマートなものづくり』実現への取組み」, FUJITSU. 66. 4. p.81-88 (07. 2015)

Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0 (2015), Umsetzungsstrategie Industrie4.0, BITKOM/ VDMA/ ZVEI, April 2015

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

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