

# 第4次産業革命

## -インダストリ - 4.0 -

全貌

独米日比較

ドイツ

アメリカ

日本

I4.0の狙い

スマート工場

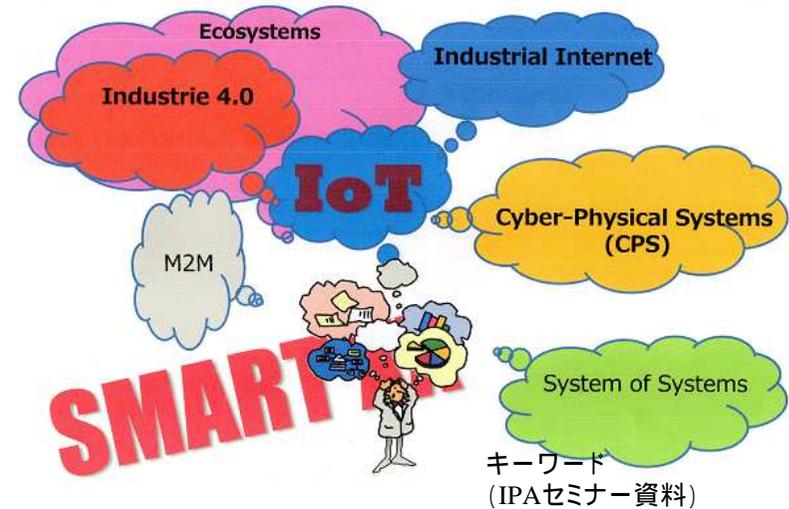
3Dプリンタ

企業の対応

標準化競争

次世代産業

課題、キーワード



スマート工場の生産ライン - 7社の設備を接続  
(日経ものづくり / 2015年5月)

# 全 貌

2015年世界は**第4次産業革命**に入ってきた。IoTの導入で、会社、業種、地域の壁を超えて工場同士、工場と消費者がインターネットを通じて結ばれるようになった。対応次第で国、企業の序列が逆転することになる

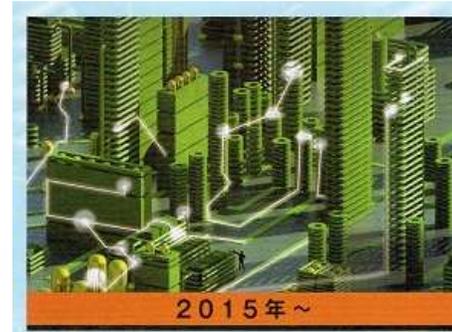
第4次産業革命で、世界各国は産業界と政府が協同で「**つながる工場**」の実現を目指す。あらゆる産業・社会の構造を変革する覇権争いが激化している。ドイツの**インダストリー4.0**(以下I4.0)とアメリカの**インダストリアル・インターネット**(以下Ind-net)が先行し、日本、中国、インド等が遅れてこの競争に参入。社会の利便性、効率、変革のスピードが劇的に向上する(日本でも第4次産業革命のことを「インダストリー4.0」と呼ぶことが多い)



図70-2 各国の政策と名称

**中国**: 国家戦略「**メイドインチャイナ(中国製造2025)**」/ 2015年5月 - 中国の5か年計画と同列の扱い。「製造大国から製造強国への転換」、「製造業のスマート化」、「情報化と工業化の高レベルでの融合」の実現を目指す

**インド**: インドにはソフトウェア開発の人材が集まっており、一気に第4次産業革命の主役の仲間入りする可能性を持っている。2014年10月に政府は「IoTポリシー」を公表、2020年までに国内で150億ドルのIoT関連産業を育てる。2011年通信情報技術省により、**サイバーフィジカルシステム(CPS)イノベーションハブプロジェクト**が官民参画で開始され、ドイツのBosch、Fraunhofer研究所なども参加



## 第4次 IoT

工場内外の生産設備、製品、人間の相互のつながりで「考える工場」を実現。米・独が先行し、日本等が追走



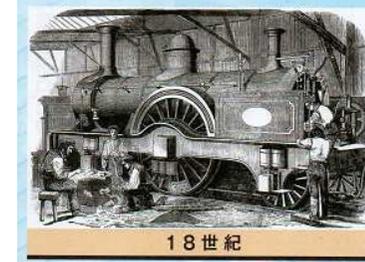
## 第3次 コンピュータによる自動化

コンピュータ導入による工場のオートメーション化。カイゼン活動で日本の製造業が競争力アップ



## 第2次 電力

工場に電力が普及し、大量生産が可能に。アメリカT型フォードが先鞭



## 第1次 蒸気機関

石炭と蒸気機関を活用した工場の機械化。イギリス繊維工業の発展

図70-1 世界の4次の産業革命

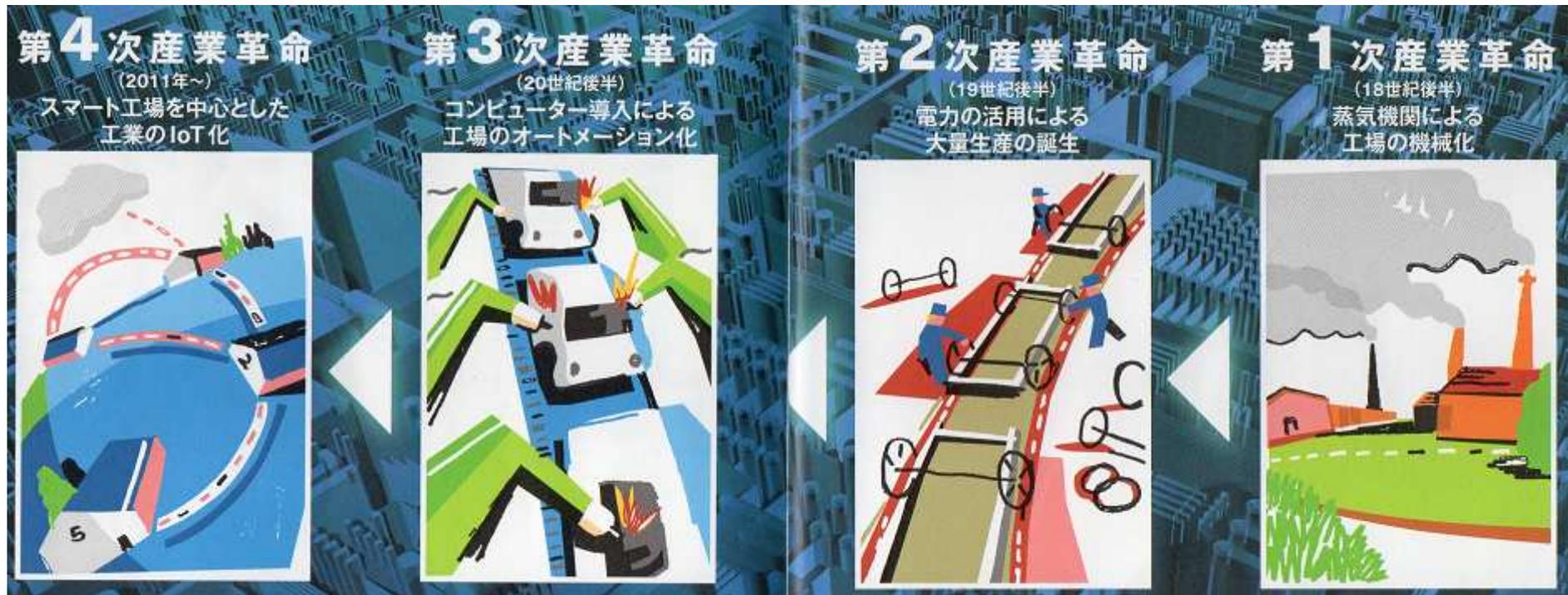


図70-3 第1次～第4次産業革命

モディ新政権は、製造業とIoTを融合できるIoTを積極的に推進

### デジタル化で先進国を猛追する インド政府が推進・計画するIoT関連施策

710億ルピーを投じて100都市をスマートシティ化	2016年までに250の村に高速の光ファイバー網を整備	2020年までに150億ドルIoT産業を育成する	
大学教育にIoT関連カリキュラムを導入するなど、スキルを持つ人材の教育	農業、医療、水質改善、防災、ゴミ処理などインド特有のニーズに対応したIoT製品の開発	官民が連携してIoT関連スタートアップの支援組織を各地で立ち上げ	IoT技術の標準化活動を国内外で推進

インド ナarendra・モディ首相

図70-4 インドのIoT関連施策

## 独米日比較

ドイツは「標準化」が国家の事業戦略となっており、I4.0標準化ロードマップを作成。アメリカはCPU、FPGA、OS、ソフトウェア、クラウドといったICTプラットフォームについてほぼ覇権を握っている。日本ではI4.0の中核技術となる制御機器、ロボット、装置などのメカノサプライヤが数多く存在する

(注:FPGA = Field Programmable Gate Array/製造後に購入者や設計者が構成を変更できる集積回路。例、薄型液晶・プラズマTV)

ドイツのI4.0はものづくりの弱体化、産業の空洞化に対する危機感から、工場を基点として製造業のサプライチェーン価値創出プロセス全体を対象とし、既存の枠組みを前提に新たな競争力を追求

米国のInd・netは人々の生活や企業の活動に大きな変化をもたらす新しいビジネスモデルのイノベーションの創出を目的とする。

その3つの要素は;

- 1.高度なセンサ、ソフトウェアを組み込み、あらゆる情報をリアルタイムで検知・取得する「インテリジェント機能」、
- 2.そのビッグデータを分析・整理して付加価値を創出する「AI・アルゴリズム」、
- 3.それらにつながり、活用する「人」がポイント

表70-1 各国の取り組み (日立ソリューションズより)

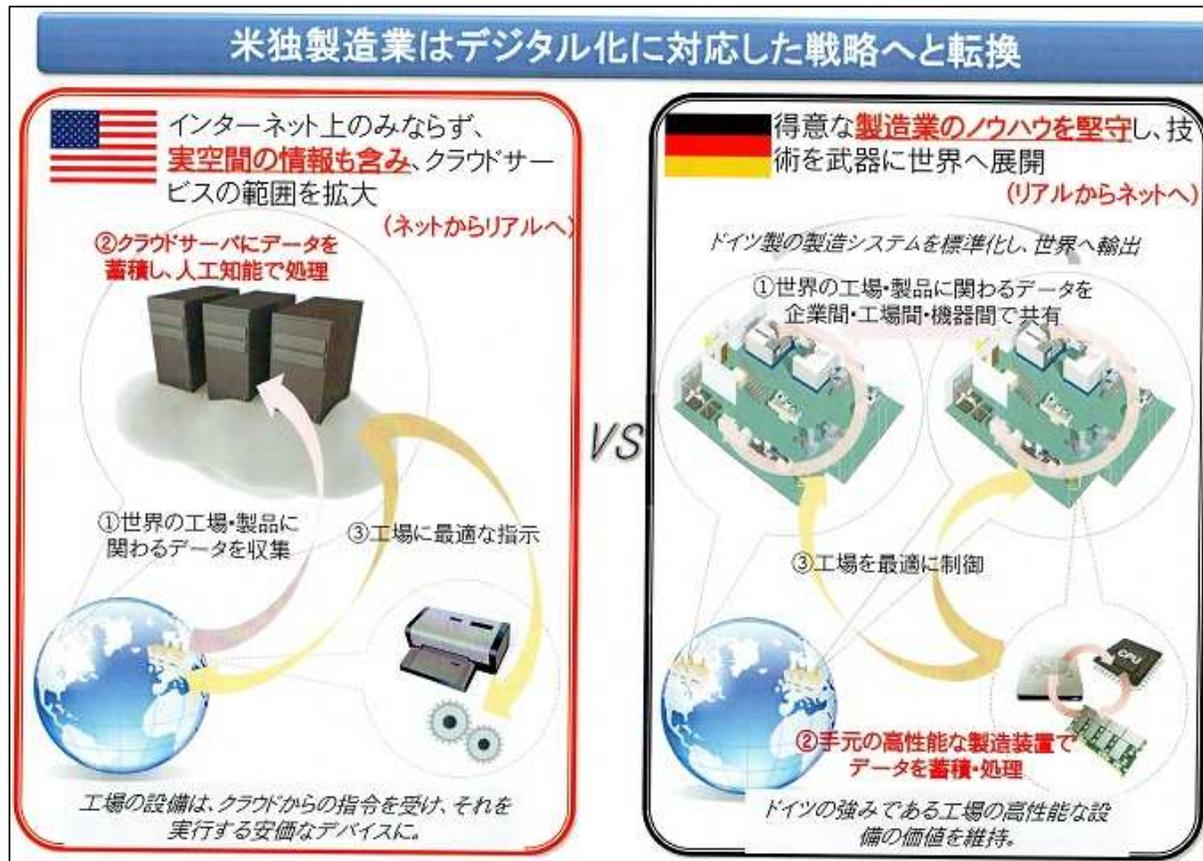
命題	I4.0 / ドイツ	Ind・net / アメリカ	日本版I4.0( ? )
組織	産官学共同 (政府主導) ドイツ工学アカデミー	企業連合 (企業主導) インダストリアル・インターネット・コンソーシアム	官民 (各個対応) 省庁、業界、企業ごとに異なる
企業	中小企業から大企業まで幅広く	主に大企業	先行する企業は主に大企業、これからは中堅中小企業も取り組み始める
システム	SAP社: ERPなど シーメンス社: MES/PLMなど	GE Software: Predix (OS) Pivotal: Data Lake Intel: Edison, Curie Cisco: Cisco Ix	コマツ: KOMTRAX, KomConnect (独自) 三菱電機: e-F@ctory (独自), Edison (米) ソフトバンク: Predix, Data Lake (米) DMG森精機: DMG社と統合 (独)
コンセプト	Factory Centric Smart Factory (考える工場、つながる工場) 工場中心の発想	Machine Centric Software Define Machine (ハードウェアとソフトウェアの融合、サーバーとフィジカルの連携) 機械 (モノ) 中心の発想	Data Centric 通信・IT: ビッグデータ 製造業: 技術と品質で先行「監視」「運用」「制御」の追求 データ中心の発想
狙いとビジネスモデル	ドイツ流ものづくりを世界標準にする 標準化によってグローバル・スタンダードを目指す (ISO22400など)	稼働している機械をリアルタイムに管理して最適化する 基本ソフト「Predix」を幅広く提供して、誰でもアプリケーションとサービスを開発、利用できるようにしてグローバル・スタンダードを目指す。(アップルのビジネスモデルを踏襲)	IoT競争で生き残る、日本の製品・サービスの競争力を強化する 選択肢は3つ 1) 独・米の傘下に入る 2) 日本版インダストリー4.0 3) 自前主義を貫く 現時点では企業ごとに異なる戦略、国・業界としての方針は未確定

### I4.0とInd・netの比較

**共通点:** IoTの産業界での実現 - 多数のセンサを搭載する産業機器・設備の膨大なデータを解析して生産性を向上

**違い:** I4.0は工場のスマート化 - 製造現場とデジタルデータを一致させて、柔軟性が高く効率的な製造システムを実現

Ind・netは産業機器のスマート化 - 産業機器に多数のセンサを付けて、集められた大量のデータを分析して稼働の効率性を高める



図表1-2 ●新産業革命の動き
<p>[ドイツ] インダストリー4.0 スタート 2013年4月</p> <p>参加企業: シーメンス、ボッシュ、フォルクスワーゲン (VW)、BMW、ダイムラー、ルフトハンザ、ドイツポストなど</p>
↓
<p>[アメリカ] インダストリアル・インターネット・コンソーシアム 発足 2014年3月</p> <p>参加企業: GE、IBM、インテル、シスコシステムズ、AT&amp;Tなど現在180社</p>
↓
<p>ドイツのインダストリー4.0メンバーのトップ企業がアメリカのインダストリアル・インターネット・コンソーシアムに参加を開始 2015年～</p> <p>参加企業: シーメンス、ボッシュ、SAP、ABB (スイス) など</p>

図70-5 米独のI4.0対応戦略  
(IoTによるものづくりの変革 経済産業省 / 平成27年4月)

# ドイツ

**I4.0**はドイツの産学官が共同で取り組んでいる新しい製造業のコンセプト。IoTを活用して地域ごとに活動してきたメーカ群 = 産業クラスターの国際競争力を強化し、国際標準化を推進してドイツ製品の輸出力強化を目指している

ドイツ政府はITを使って製造現場とデジタルのデータを一致させて、柔軟性が高く効率的な製造システムを実現するCPSに象徴される「**工場のスマート化**」のため2011年に「**ハイテク戦略2020**」を策定し、11の未来プロジェクトがスタート。そのうち「ITを活用した省エネ」と「**未来の労働形態の組織**」が統合され「**インターネット4.0**」の名称でアクションプランが策定された。これは、産業クラスターの間をデジタル化、ネットワーク化し、それにより、産業クラスター単位で国際競争力をつけて、ドイツ製品の輸出拡大とデジタル化・ネットワーク化自体を輸出しようとするもの

I4.0推進部隊 - 産官学の戦略委員会「**I4.0プラットフォーム**」が2013年4月スタート (事務局はドイツ機械工業連盟ほか2団体)

- 8つの優先開発分野**
- (1) 情報ネットワークの標準化と参照アーキテクチャ
  - (2) 複雑な製造システムの管理
  - (3) 産業向けの網羅的なブロードバンド通信インフラ
  - (4) ネットワークセキュリティ
  - (5) デジタル化に即した労働組織とその働き方
  - (6) 人材育成と継続的な専門教育
  - (7) 法律等規制の枠組み
  - (8) 資源の効率的な活用

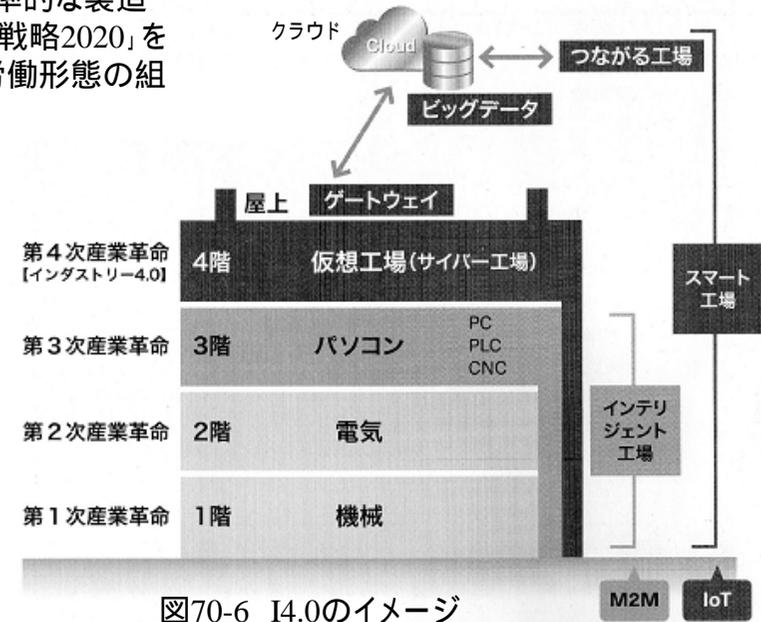


図70-6 I4.0のイメージ

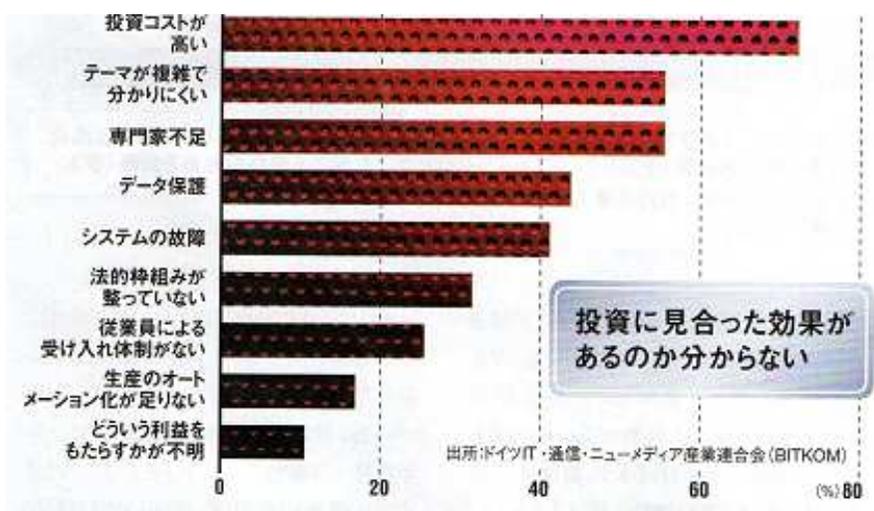


図70-7 I4.0に対する中小企業の懸念 (日経ビジネス / 2015.11.16)

### 中小企業懸念の例

- 社内の重要情報を外部に出すことにメリットを感じない。自社の強みが失われる可能性がある
- 独立メーカーとしての自由度が制限され、大手の下請けのような存在になる懸念がある
- ドイツ国内のブロードバンド整備が不十分。工場をネットワークでつながられない中小企業も多い

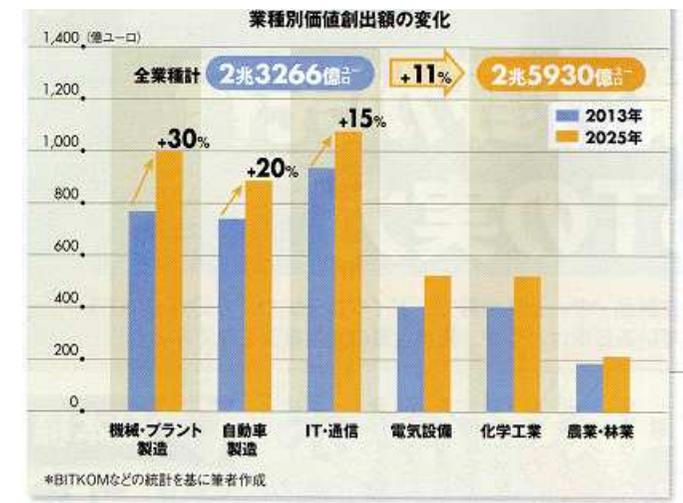
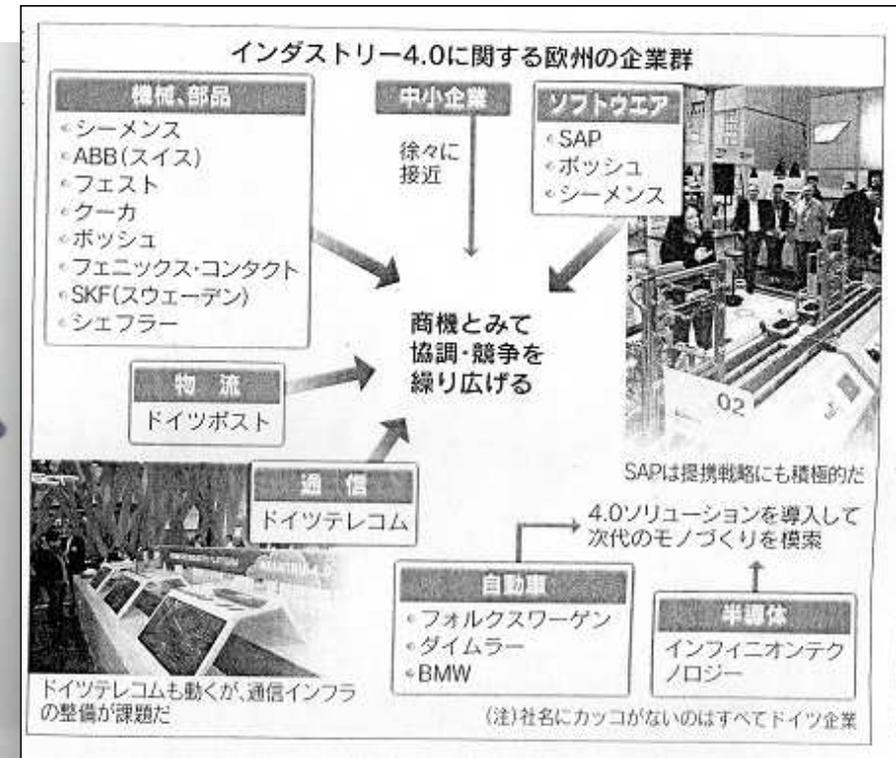


図70-8 ドイツにおけるI4.0の経済効果



日経産業新聞 2015.5.12

図70-9 I4.0のドイツの動き



➤ 経緯

一 少子高齢化による労働人口減少や、原発の停止等に起因する国内立地環境の悪化  
一 ドイツ国内でGDPの約25%・輸出額の約60%を占める製造業の存在感が低下  
(EU全域でアジアへの製造業流出の懸念も)



2011年11月、独政府は“High-Tech Strategy 2020 Action Plan” のプロジェクトの1つとして、**独製造業の競争力強化のための構想**であるIndustry4.0を提示

連邦教育研究省(BMBF)、連邦経済エネルギー省(BMWi)が所管

➤ 実施主体

ドイツ機械工業連盟(VDMA)、ドイツ情報技術・通信・ニューメディア産業連合会(BITKOM)、ドイツ電気電子工業連盟(ZVEI)を事務局とする、産学連携プラットフォーム



図70-10 I4.0のドイツにおける動き (IoTによるものづくりの変革 経済産業省 / 平成27年4月)

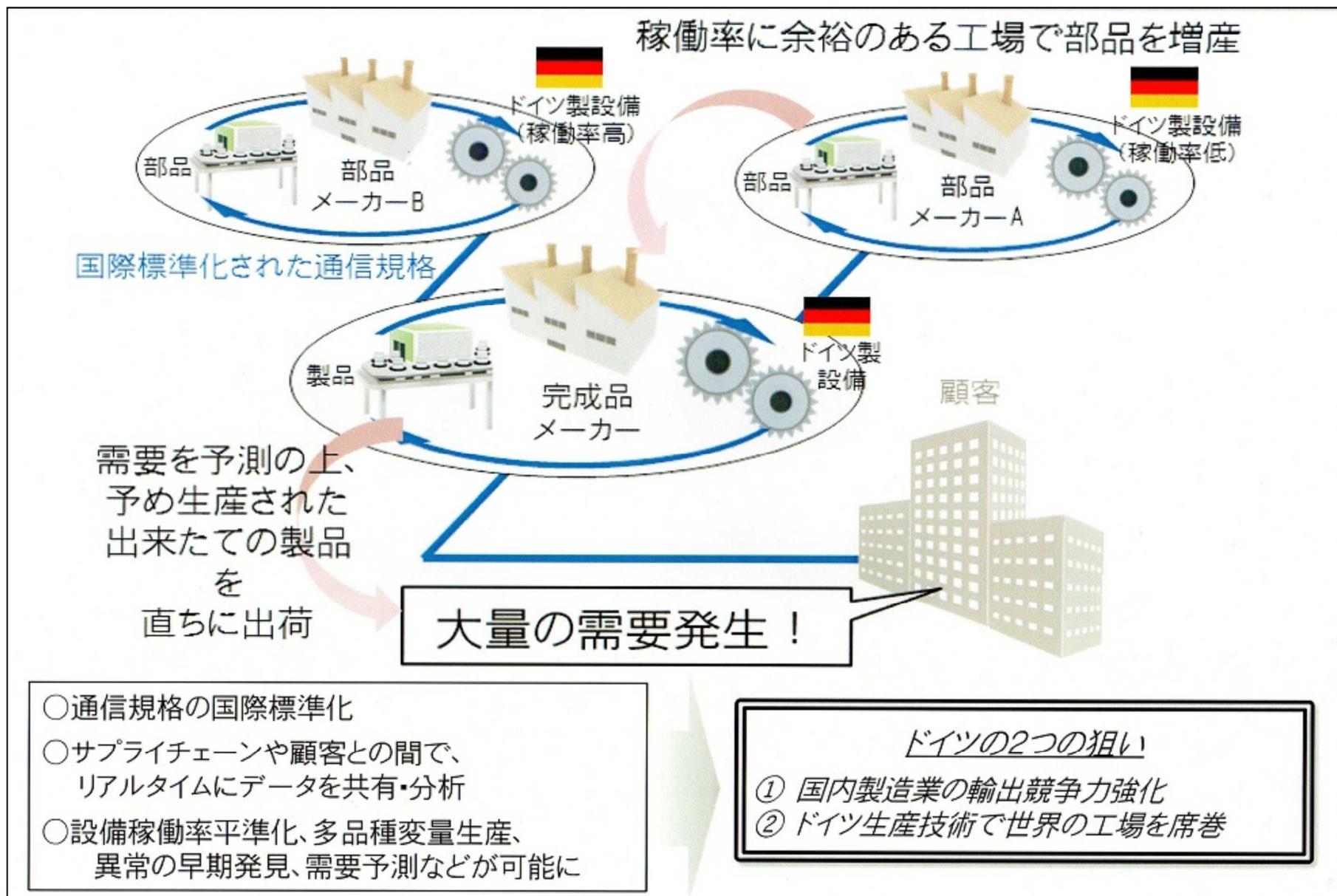
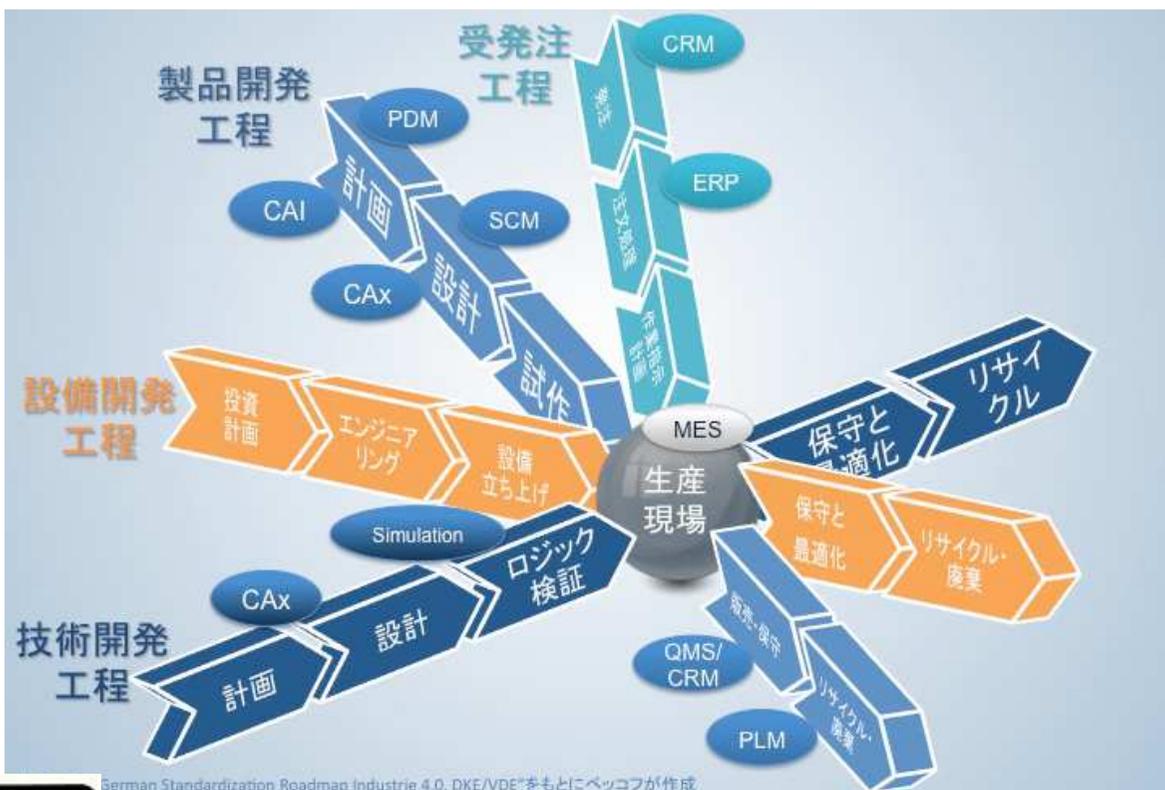


図70-11 I4.0の目指すドイツの姿 (IoTによるものづくりの変革 経済産業省 / 平成27年4月)

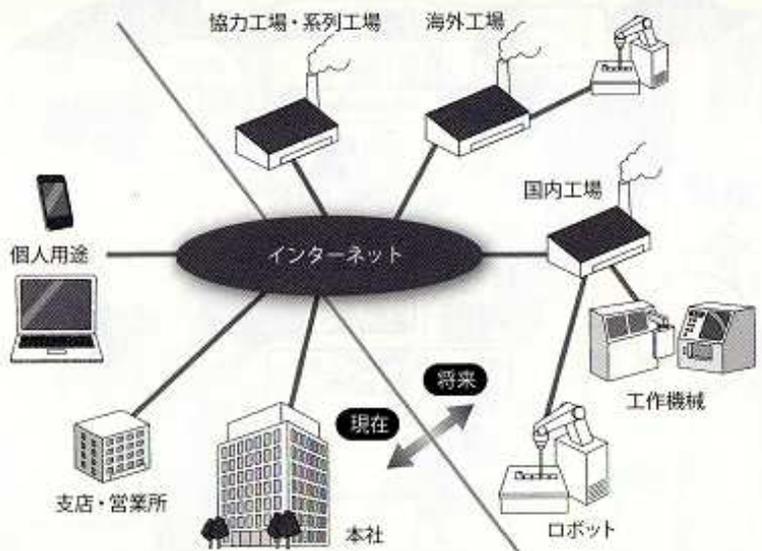
追加・更新資料

生産現場におけるスマートな問題解決

1. 製品ライフサイクル
2. 工場ライフサイクル
3. 技術ライフサイクル
4. ビジネスプロセスへのダイナミックなフィードバック



インダストリー 4.0が実現したシステム構成 — 工場の機械がインターネットに接続されている



図表3-2 インダストリー4.0が実現した将来のシステム構成

図70-12 四方から生産現場を最適化するI4.0

追加・更新資料



図1 Industry 4.0に対応した生産ラインのイメージ  
2014年4月にSiemens社が展示した「Industry 4.0」関連技術の自動車の生産ラインにおける利用イメージ。ロボットが工程ごとに生産ライン・コンベヤーと会話型のやりとりをしながら、車体にドアを取り付けていく。



図70-13 I4.0対応のシーメンスの工場 / 2015年12月

# アメリカ

**Ind.net**はアメリカ発の新産業革命で、ゼネラル・エレクトリック社(GE)が2012年に発表したコンセプト。モノから生み出されるデータを分析して、その結果を人間に結び付けるためのネットワークを構築するもの

GEはInd.netの主要要素として右の3つを挙げ、これを組み合わせることで新しい価値が生まれるという

- ・インテリジェント機器
- ・高度な分析
- ・つながった人々

例：ガスタービンロータにセンサを取り付けて、そこから取得したデータを分析して、故障寿命を予測し、故障直前に部品を交換することで、事故防止、運転停止時間の削減を図り、収益向上にも寄与(=IoS / Internet of Service)

**Predix** - 多様な産業機器を取りまとめる共通のプラットフォーム(GE開発のソフト)。各産業向けに様々なアプリケーションソフトを搭載できる。2014年10月にGEはこれをオープン化

**IIC**(Industrial Internet Consortium) - GE, IBM, Cisco Systems, AT&Tなどが参加して産業向けIoTのデファクトスタンダードを検討。2014年3月設立。設立から1年半で参加企業200社。日本からは日立製作所、NEC、富士通、三菱電機、富士電機、東芝、富士フィルム、トヨタなどが参加

IIC産業利用の有望な事例；

1. 航空エンジンの飛行中の異常の兆候を検知して迅速補修でサービスの価値を高める、
2. 3Dプリンタによる造形で製造プロセスを高速化、効率化、
3. 医療の効率化 - 呼吸計測器の遠隔監視など ( / 2015年11月)

IIC活動は4種類：

1. エコシステムづくり
2. オープンでセキュアなアーキテクチャの構築 → 業界を超えた相互運用性を確保
3. テストベッドの構築(法律、技術面の検証)
4. 実際のビジネスに結びつけるプロセスづくり ( / 2015.11)



図70-14 Ind.netの仕組み



図70-16 GEと日本企業のおもな提携関係

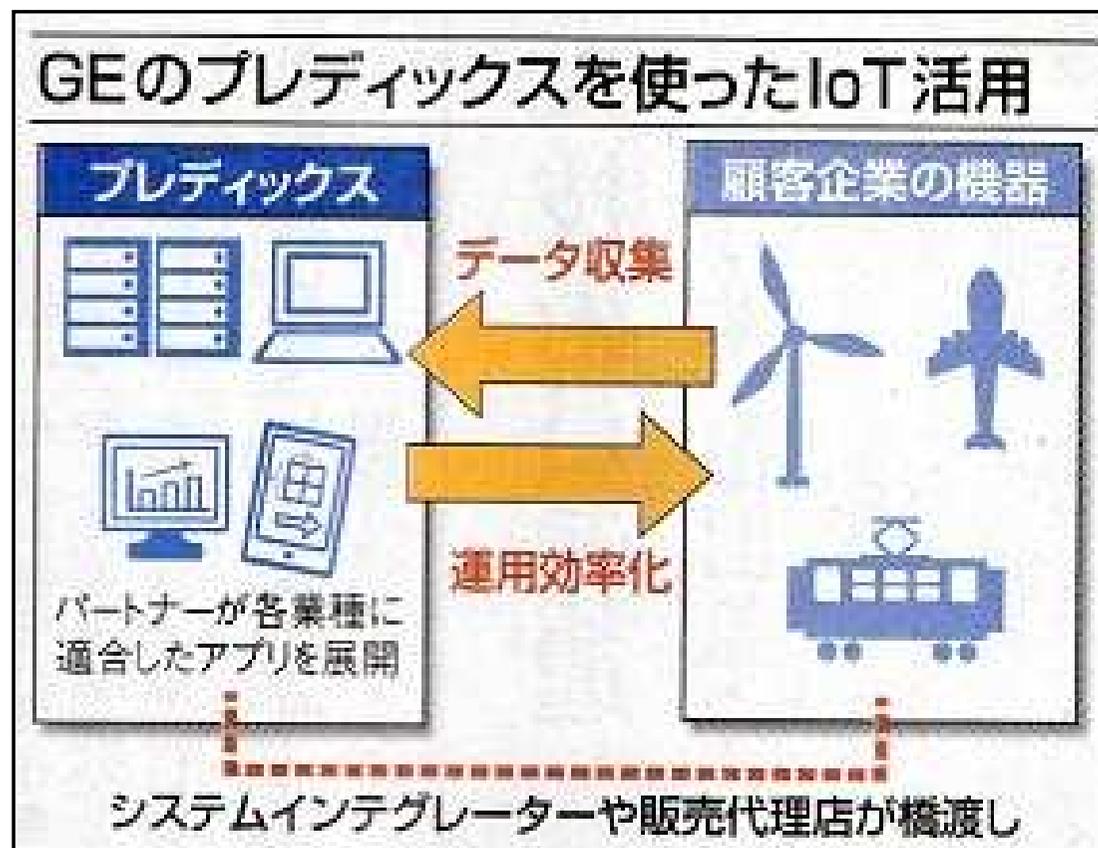


図70-15 IICの活用例(左 - 3Dプリンタ製造のガスタービン燃料ノズル、右 - 航空エンジンの飛行中のモニタ)

### Predixとは…

GEはIoT技術を使って世界中の産業機器をつないで効率化する「インダストリアル・インターネット」構想を打ち出している。Predixはその中核的な基盤。産業機器や生産設備の基本ソフト（OS）として利用し、産業機器同士や工場間をネット上でつなぐ。アプリを組み替え、データ分析など顧客が求めるシステムをスマートフォンのように容易に構築・更新できる。

日刊工業新聞 2016.4.20



日刊工業新聞 2016.4.20

図70-17 Predix/GE



図70-18 GEの各種経営手法

# 日本

ドイツ、アメリカの動きに比べ日本は乗り遅れの感。個々の製造業(企業)の現在の強みを活かしつつ、IoT、ビッグデータの活用を強化し、現場の生産性を高めることはこれからの日本の産業構造を考えると必須の取組み (日本型I4.0)

## 動き出した取組み:

**IVI/Industrial Value Chain Initiative:** 工場の生産設備やシステムを互いに連携させることで生産管理や品質管理に役立てる(日経コンピュータ/2016.1.21)。2015年6月発足 - 53社@2015年12月。民間主導型

IHI、MHI、KHI、NEC、オムロン、トヨタ、日産、パナソニック等

**ロボット革命イニシアチブ協議会:** 2015年5月発足。政府主導で「つながる」ことの方策を検討

三菱電機、日立製作所、富士通、NEC、トヨタ、MHI

**ORiN(オンライン/Open Resource interface for the Network):** 2001年に「日本ロボット工業会」が提唱し10年前から利用。工場内の各種デバイスに対し、メーカーや機種の違いを超え、統一的なアクセスを提供する工場システムのための通信インターフェース。デンソーの工場でも採用

**スマート工場実証試験 / 経済産業省:** IoT、AIを導入した実証試験を2016年内に始める。データを企業間で広く共有する「協調領域」を確立し、日本の技術や規格の国際化を進める (日刊工業新聞2016.2.1)

**経済産業省産業構造審議会情報経済小委員会:** CPSによるデータ駆動社会の実現に向けて「製造プロセス(テラーメイド)」、「モビリティ(交通)」、「スマートハウス(エネルギー)」、「行政(データ駆動型)」、「流通(カスタマイズ)」、「インフラ・産業安保(民間参入)」、「医療・健康(予防サービス)」の7分野の将来像(中間とりまとめ)を提示。2015.5.21、(総務省資料)

日本型I4.0はICTの導入で現場力をより高め、効率化と「顧客起点の付加価値向上」を目指して現場にある日本の強みを活用した追い込み

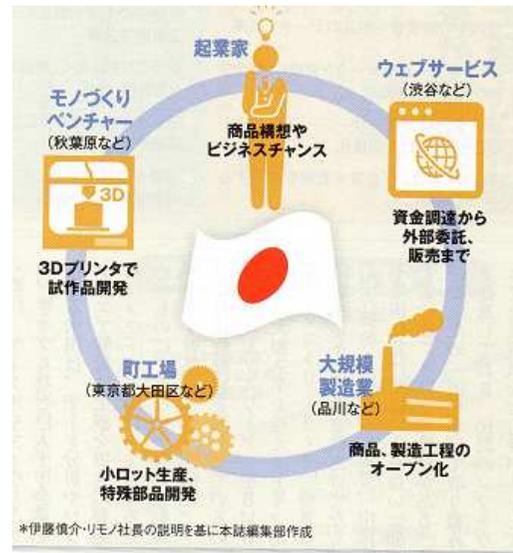


図70-20 日本が取り得る産業変革

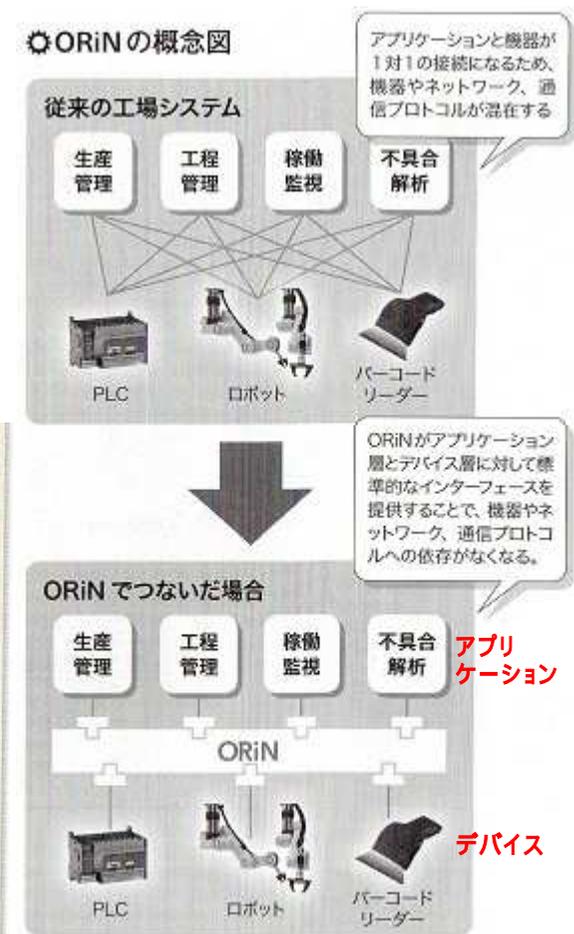


図70-19 ORiNの概念図

1. **5S** - 製造業、サービス業などの職場環境の維持・改善で用いられるスローガン。整理、整頓、清掃、清潔、躰
2. **JIT(Just in Time)** - 必要なものを、必要なだけ、必要なときに作る生産方式。製造期間短縮、在庫削減の有効な手段
3. **カイゼン** - 投入リソース、活動、成果の「見える化」を前提にPDCAをまわす活動を続けてきている
4. **かんぱん方式** - 生産性向上、在庫を最小化し、後工程が必要な部品を必要なときに用意
5. **慮る** - 顧客に寄り添い、各部署でつねに期待に応え続ける考え方

注)躰:決められたルール、手順を正しく守る習慣をつけること

# 成長戦略の進化のための今後の検討方針

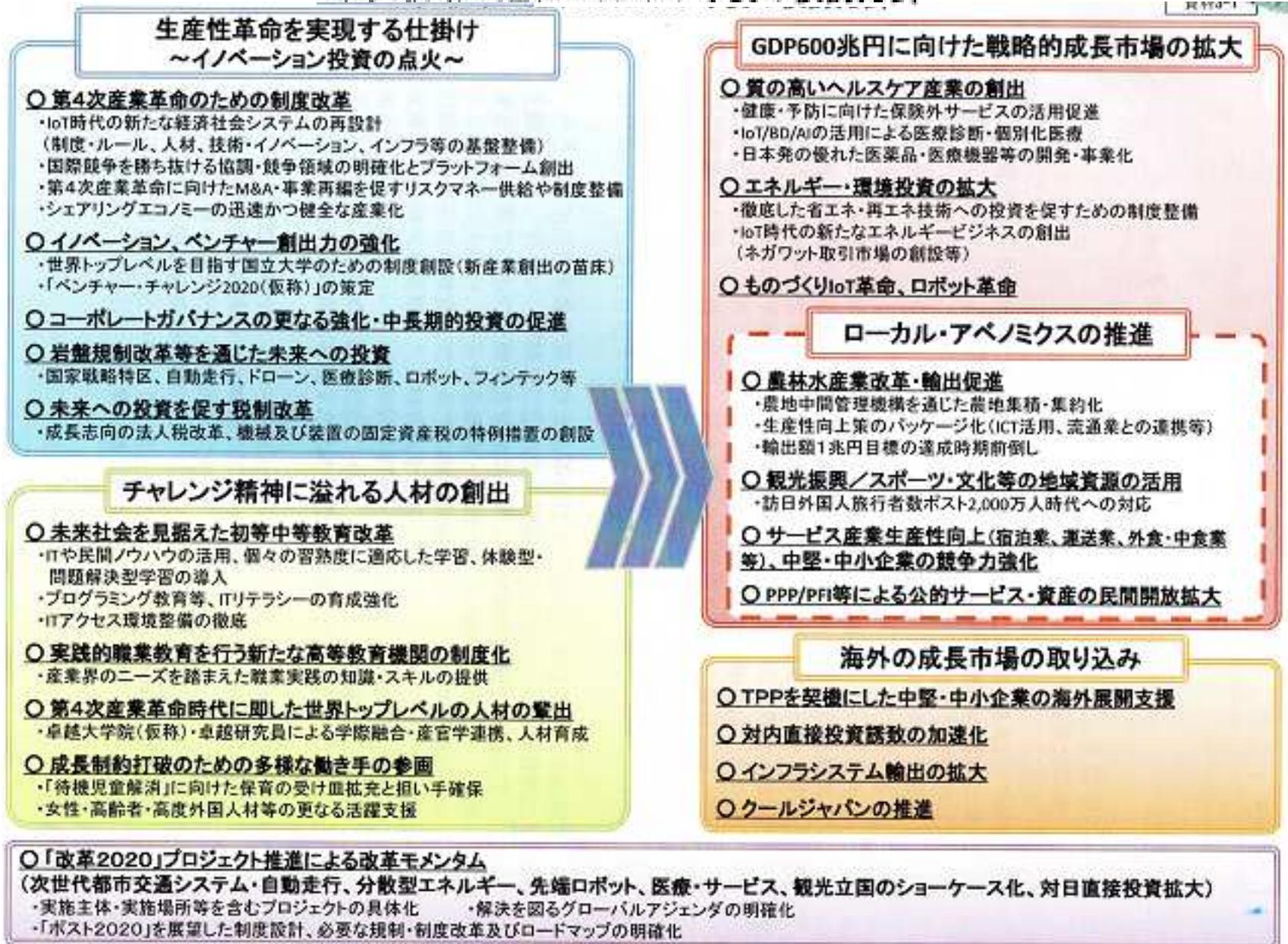


図70-21 成長戦略の検討方針第25回産業競争力会議配布資料(2016.1.25)

追加・更新資料

政府は一億総活躍社会に関する国民会議を開き「ニッポン一億総活躍プラン」をまとめた。IoTやロボットを活用して社会構造を変えるI4.0を促し、GDP600兆円実現を目指す(日刊工業新聞2016.5.19)。2016.5.19の産業競争力会議で、GDP600兆円に向けた「日本再興戦略2016」案を取りまとめ、IoT、AIなどの技術革新を推進する「第4次産業革命官民会議」の設置を盛り込んだ。I4.0を成長戦略の目玉に位置付け、予算も重点配分する見込み

官民戦略プロジェクト10の#1: 第4次産業革命の実現 - 政府全体の司令塔に「官民会議」を設置。スマート工場や自動走行、ドローンの利用の推進。中堅・中小向けのロボットやIT導入支援 (日刊工業新聞2016.5.20)

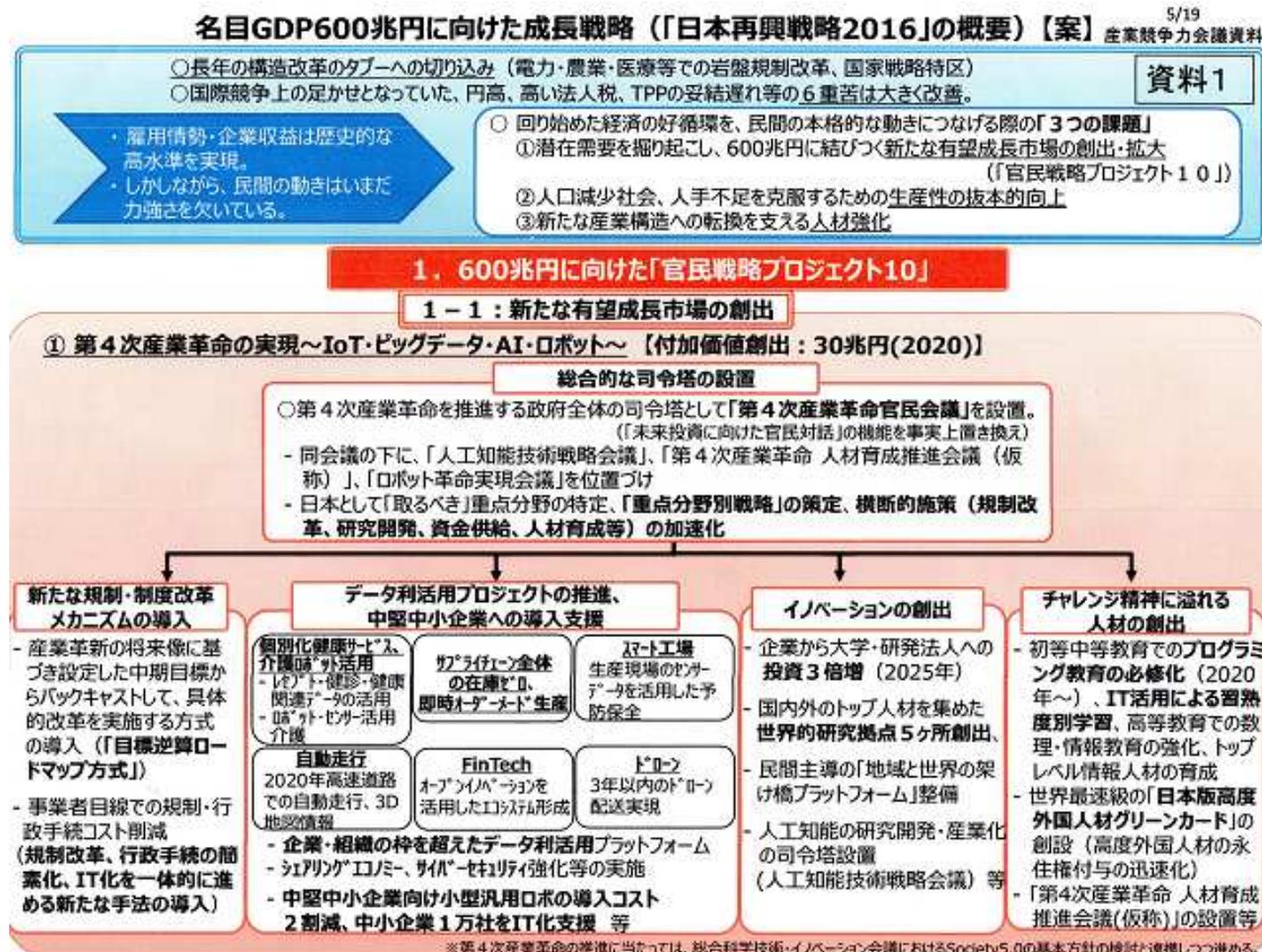


図70-22 GDP600兆円に向けた成長戦略(産業競争力会議)

# I4.0の狙い

I4.0は従来のSCM、JIT等と類似しているが、a.取組みのスケール、対象の範囲が格段に大きい、b.取組みの頻度アップ、大幅なコスト低減、見つかった課題の迅速な解決、で大きく進歩。 10 - 20年ロードマップの設定

I4.0はIoTを核に以下の「つながる」、「代替する」、「創造する」の3つのコンセプトでものづくりの効率化と生産性の向上を狙う

表70-2 I4.0のコンセプト

つながる	CPS(サイバ・フィジカル・システム)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・システムのつながりを構構造化、全体の<b>性能・品質を向上</b></li> <li>・システムのつながりを増やし、機能を担保しつつ、全体の簡素化による<b>コストダウン</b></li> </ul>	<p>様々な異なる機能を持つシステム同士のつながりを明確に定義して全体の性能や品質を向上させ、簡素化によるコストを削減。例えば、材料調達から生産、品質管理、物流、アフターサービスなどサプライチェーン全体をデジタル空間上につないで、手戻り・無駄の原因を取り除くことで生産を高める取組み &lt; パーチャル - ITデータ &gt;</p>
	新たな特性・接続性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リアルとバーチャルをつなげることで、モノづくりの<b>時間を大幅に削減</b></li> <li>・バーチャル開発の忠実なりアル再現による<b>性能・品質の向上</b></li> </ul>	
代替する	スマートロボット & 機械	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加工手法の革新により、<b>加工の自由度が向上し、消費材料を削減</b></li> <li>・自動化の進化により、<b>生産時間を短縮</b></li> </ul>	<p>知能を持つ多機能ロボット、3Dプリンタ、自動搬送車などを投入して、複雑な作業、煩雑な作業を代替させ、人は製品やサービスに付加価値を生み出す仕事に特化する。工場建設に当たり事前にバーチャルで工場全体を隅々までシミュレーションして工場の生産性や使い勝手を吟味することも可能</p>
	エネルギー効率 & 分散化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・燃料の高効率利用や再生可能エネルギーの導入による<b>環境性能向上</b></li> <li>・使用燃料の削減による<b>コストダウン</b></li> </ul>	
	バーチャル生産	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バーチャル建設の導入によって、<b>建設の追加費用の発生を抑制</b></li> <li>・バーチャル上での問題の早期発見による<b>改善費用削減</b></li> </ul>	
創造する	ビッグデータ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・制度の高い将来分析による<b>投資費用の削減</b></li> <li>・ニーズの迅速・正確な分析による<b>開発費用の削減</b></li> </ul>	<p>各種のセンサからのデータ(ビッグデータ)を集め、分析して、生産性の最大化を狙う。自動でラインを組み替えてボトルネック工程解消、メンテナンスタイミングを予知して工場停止時間とメンテナンスコストを下げる</p>



注：Industry 4.0 Platform Whitepaper 2014を参考に編集部が作成

図70-23 長期視野で取り組むドイツのロードマップ

名称	運営主体	概要
インダストリアル・バリューチェーン・イニシアティブ (IVI)	法政大学など	ものづくりとITが融合した新しい社会をデザインし、あるべき方向に向かわせるための活動を推進。「つながる工場」を実現するための標準仕様策定を目指す。モノづくりにおける情報インフラなどの研究を進めている法政大学デザイン工学部の西岡靖之教授らが発起人となって設立。主に大手、中小の製造業が参加
ロボット革命イニシアティブ協議会 IoTによる製造ビジネス変革WG	経済産業省	ロボット革命実現会議を受けて、具現化に向けた議論を進めるロボット革命イニシアティブ協議会内に設置。インダストリー4.0に関連する技術で日本が遅れている点、進んでいる点などの整理、モデルケースの作成などにあたる。制御機器・ネットワーク機器メーカー、ITベンダー、製造業などユーザー系企業、商社、シンクタンクなど75社、19団体の各種団体・工業会などが参加
戦略的イノベーション創造プログラム 革新的設計生産技術 (新しいものづくり2020計画)	内閣府	地域の企業や個人が持つアイデアや技術・ノウハウを生かした新たなものづくりスタイルを確立することにより、日本のものづくり産業の競争力強化を目指す。国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構交付金を活用し、公募により最適な研究開発実施者を随機応変に選定して、研究開発を進める
サイバーフィジカルシステム 社会実装検討タスクフォース	電子情報技術産業協会 (JEITA)	JEITA内に設置。ブレークスルーが求められる基盤技術のテストベッド(実証)やプラットフォーム作り、研究開発の提案、政府に対する規制や制度面の提言、標準化のほか、普及・啓発や国際協調などの取り組みを進める

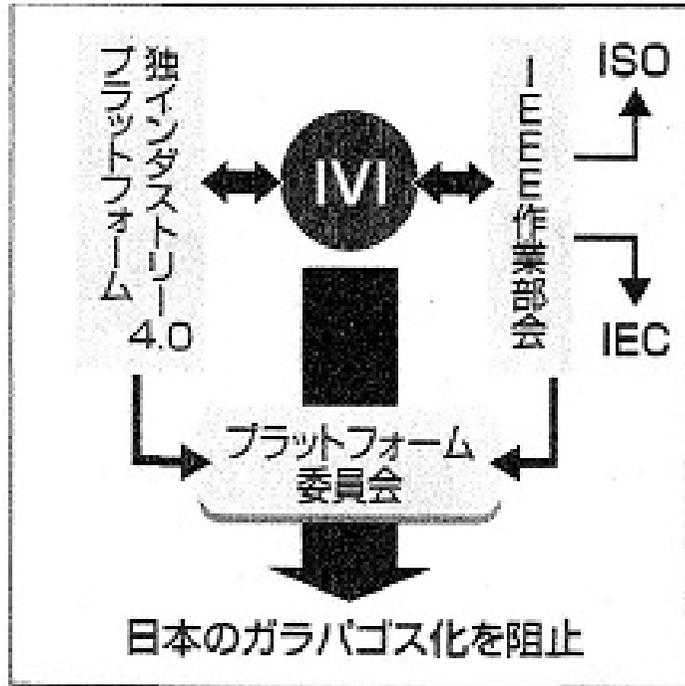
日経コミュニケーション 2015年9月号 pp.70-71を再掲しました。記事中の人物の所属や肩書き、製品・サービス・企業の名称は記事掲載当時のものです。

選択肢	具体策	採択事由	マイナス面
ドイツに対抗 (攻める)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 日本版 Industrie 4.0</li> <li>▶ 日本が主導権を取る？</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 産業機器やロボット</li> <li>→日本とドイツは競合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 多数の企業併存</li> <li>• 利害調整に難</li> </ul>
受け身(守る)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 海外進出時のみドイツ標準を受け入れ</li> <li>▶ 不都合点には異議を</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 国内の工場</li> <li>→日本独自規格は特別の対策不要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 国内仕様と海外仕様の両面対策→コスト増</li> </ul>
ドイツとタッグ(組む)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ ドイツに便乗</li> <li>▶ Industrie4.0 対応を売り物に</li> <li>▶ 日本の独自ミドルウェア活用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ドイツは先行</li> <li>▶欧州はドイツ標準</li> <li>▶中国、台湾等追隨の可能性高い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 国内関連メーカーの自社仕様変更負担と既存仕様との接続性確保負担に</li> </ul>

出所 機械振興協会 テクノフォーラム&ORiN ミーティング ジョイントセミナー ベッコフオートメーション代取社長 川野俊充氏講演 を基に NSRI 作成

平成26年度世界の製造業のパラダイムシフトの対応調査研究 / 日本機械工業連合会

図77-24 I4.0を意識した活動例と対ドイツへの対応選択肢



IVIは53社による任意団体として発足し、1年が経過。2016.6.17に定期総会とシンポジウムを開催し、より公的な団体として活動を活性化するため、一般社団法人化することとなった。2016年5月末現在会員は162社・団体、登録人数は400人超（日刊工業新聞2016.7.22）

図70-25 IoTの規格づくりで米独と連携

IVIは製造業にIoTを活用した「つながる工場」の実証と標準化に向け、米（電機電子学会 / IEEE）・独（I4.0プラットフォーム）と連携 / 連携協議を始めた（日刊工業新聞 2015.5.11）

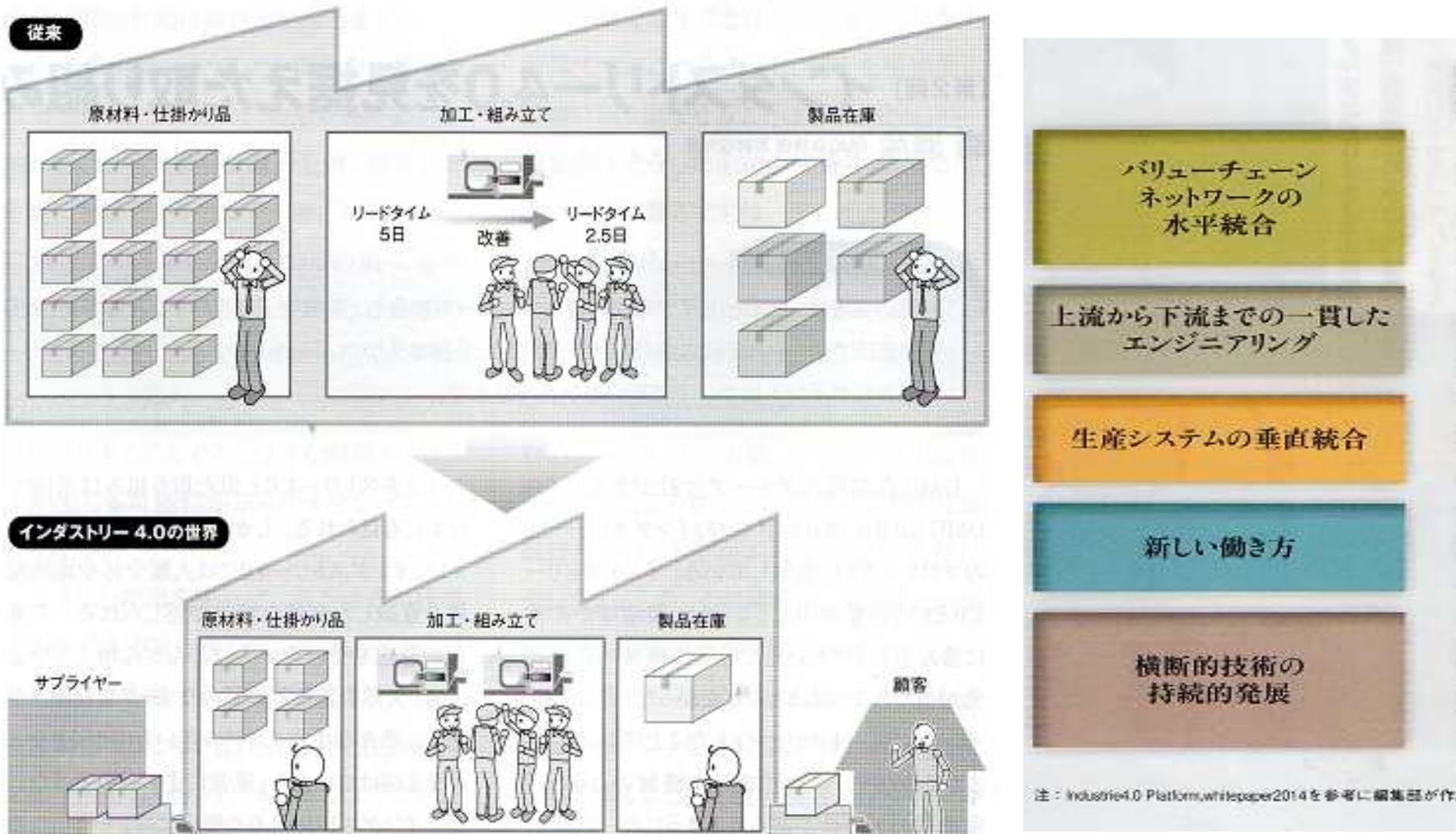


図1 最適化の対象を拡大  
従来は個別の工程や工場の最適化(部分最適)だったが、インダストリー4.0ではサプライチェーン全体の最適化を目指す。

# スマート工場

I4.0の主眼は**スマート工場**の実現。これはIoTの「モノ」を工場や工場設備に置き換えた考えで、工場の生産ラインや設備をネット接続し、生産状況の**見える化**、品質管理能力のレベルアップ、仕掛り在庫削減、リードタイム削減を目指す。これにより、従来より大幅な少人数で工場の操業が可能となる

スマート工場では、工場運営関連情報(工場内の機械や生産設備の動作情報、動作指示、製造指示、製造計画等)、工場経営関連情報(調達、出荷、在庫等)のをすべてつながってやりとりし、収集された膨大な信号やデータを変換し、自律的で最適な運転、生産効率の改善、品質の向上、省エネなど、事業環境などによってその都度最適化したい内容として活用。AI/機械学習の導入で、より高度な最適化を目指す

スマート工場の狙いは単にネットワーク化ではなく、「標準化」と「連携」の考え方にポイントがある。企業内の**水平統合**(サプライチェーンの情報連携)と、**垂直統合**(ERP、MES、FA)の交わる中心がスマート工場で、工場システムが自律的に生産調整などを行なう

I4.0の基幹となるコンセプトは「**つながる工場**」。I4.0は従来のFA(自動化)の枠を超えて工場活動の可視化を進め、その対象を工場の外、すなわち自社のオフィスや市場にまで広げようとする取組み

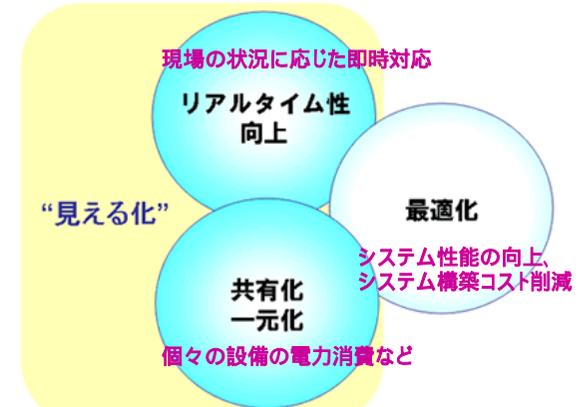


図70-27 スマート工場の狙い (AIMNEXT)

表70-3 スマート工場具体例  
(日刊工業新聞 2016.2.1)

スマート工場具体例	目標
製造設備に多数のセンサー搭載	不良品や故障の発生を未然に防ぐ 暗黙知をデジタル化して技能伝承を容易にする 機械側で自動で「カイゼン」を進める
人と協調するロボット	組み立てや配送作業を自動化、省力化して人手不足を解消する
サプライヤー全体で情報を共有	特注品の製造コストや納期を量産品並みの水準にする「マスカスタマイゼーション」を実現する

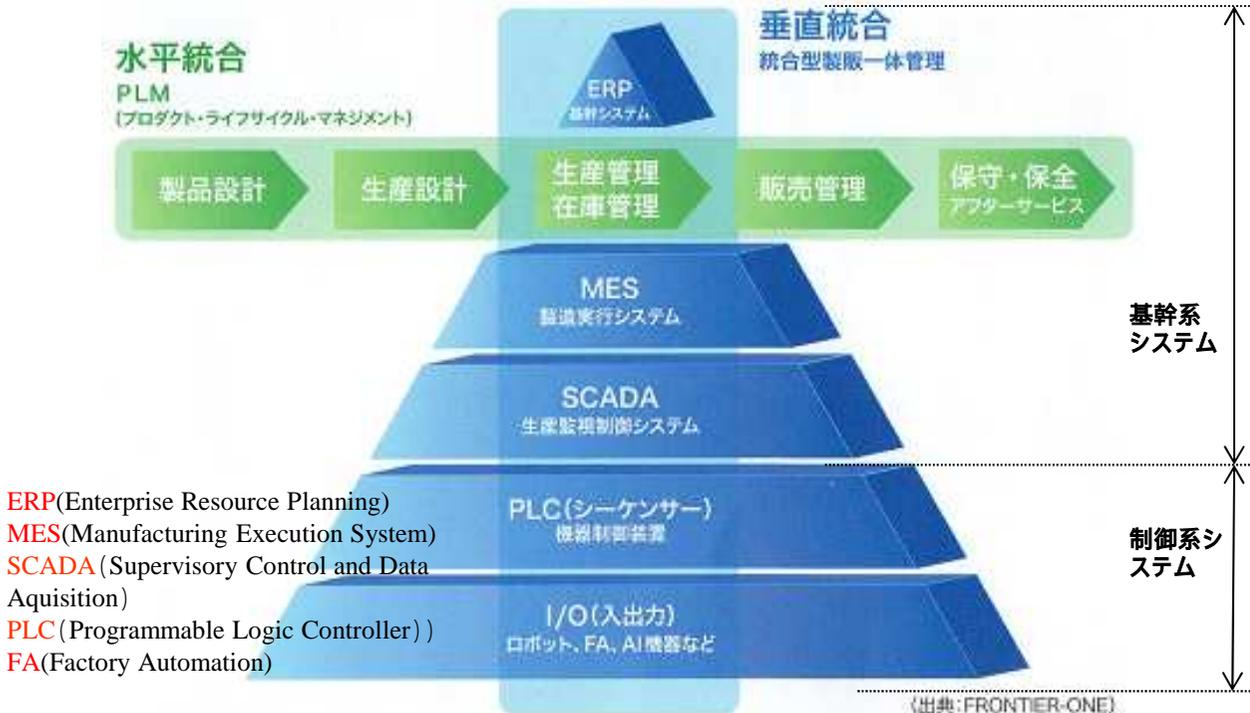


図70-28 スマート工場が目指す連携と通信要件

# 3Dプリンタ

I4.0、Ind.netは3Dプリンタが製造段階での有力な手段となる。素材の種類が増え、加工速度、精度が高まり、大容量のデータ処理が可能となったことで、第4次産業革命の推進に役立てる例が増えている

**切削加工**は高精度、幅広い材料に対応等の特長  
**3Dプリンタ**は複雑形状に対応、低コストで短時間に立ち上げが特長  
 - 両者の長所を活かした使い分けが重要 ( /2016.1)

第4次産業革命では工場と離れた地域でも製造が可能となる3Dプリンターは、一人ひとりに最適化した商品を提供する**マスカスタマイゼーション**の重要な中核技術として注目  
 グーグルやGEが3Dプリンター活用の態勢づくりを準備。マスカスタマイゼーションで開発、生産現場、物流、販売の広い範囲に革命を起こす

試作の例;フォードは新製品開発、パーツ改良の際に利用 - インテークマニフォールド  
 補修の例;シーメンス - ガスタービン用バーナの先端部に適用。補修期間の短縮(44週→4週)と30%のコスト削減  
 量産部品の例;ロールスロイスー複雑な構造の航空用エンジンのフロントベアリングハウジングに適用し、コスト、リードタイムの削減と軽量化を達成



図70-29 3Dプリンタによる部品生産(ダイハツCOPEN)

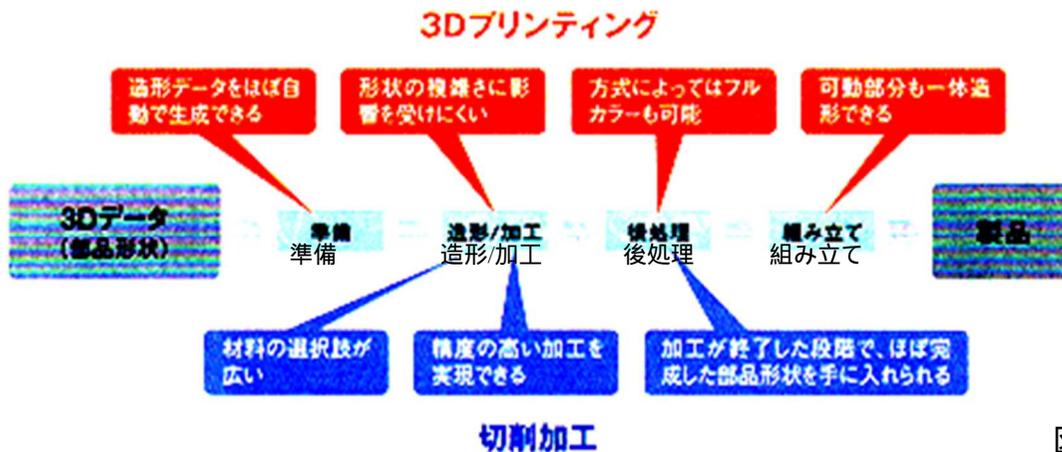


図70-30 データの準備から製品完成までのプロセス比較 ( /2016.1)



図70-31 需要地に近い3Dプリンタで生産 (レッドアイ(米))

## 企業の対応

ドイツは政府主導で、アメリカはGE中心の民間主導で世界中の企業を呼び込んで連携を図りデファクトスタンダードづくりを図っている。日本は製造業各社が部品表、カンバン、FA、ロボット、工作機械など個々のシステムでは世界トップクラスで、これを武器に世界の潮流に乗っていくことに期待

**日本** - ドイツでの国家戦略に対し、日本では部分的ではあるが「つながる化」が各産業で実現化

**コマツ**: 建設機械をGPSと通信ネットワークを使って監視するKOMTRAXでモニター。その膨大なデータを利用して新製品、新サービスの企画開発に活用

**三菱電機**(名古屋製作所): 世界最先端のFAの研究開発、製造機械のマザー工場。自社製機を自社工場に入れ、製造ラインの「見える化」を実現—e-F@ctory

**DMG森精機**: I4.0対応として新オペレーティングシステムCELOSと各種センサを市場投入。CELOSはスマホのようなデジタル的な支援機能で高度な工作機械を操作

**クボタ**: トラクタ等にセンサを搭載し、携帯電話網を通してクラウドにデータを集約。農家向け**KSAS**(クボタスマートアグリシステム)サービスを3500円/月で提供。農家は農機の稼働状況や収量、うまみ成分を分析し、農業経営に活用 (日経コンピュータ/2016.21.21)

**日立製作所インフラシステム社**: クラウド型機器保守、設備管理サービス(Doctor Cloud)を産業機械ユーザに提供。稼働データを常時遠隔取得し、監視、予防、保全、故障予知、省エネ診断、設備保全管理などのサービスを提供

**ドイツ** - ドイツ工業界が世界トップクラスを維持するために政府主導のI4.0を推進

**Siemens**: 機械製造、電子機器等の総合企業グループ。ソフトの自社製作の人材を保有。米IICにも加盟。バイエルン州の電子機器工場はI4.0のモデル工場

**SAP**: 欧州最大(世界No.4)の企業向けソフトウェアメーカ。企業の財務、会計、生産、購入、在庫管理、人事などのソフトウェアの製作、販売。米IICにも加盟

**BOSCH**: 機械部品製造。インターネットでつながった工場がスローガン。米IICにも加盟

**VW**: ドイツの自動車業界でもっともI4.0に注力する企業。11,000人のIT技術者を保有

**アメリカ** - 民間主導でGEを中心として、以下の5社でInd·netを設立

**GE**: ジェットエンジン、ガスタービン、列車、船舶、医療機器などのメーカ。Ind.netによるソフトを活用した機器の価値向上、生産技術の革新、開発の迅速化に注力。IICを主導

**IBM**: コンピュータ関連機器及びサービスを提供

**Intel**: マイクロプロセッサ、チップセット、フラッシュメモリ等の半導体素子の製造・販売

**Cisco Systems**: 世界最大のコンピュータネットワーク機器(ルータ、無線LAN機器等)開発

**AT&T**: アメリカ最大手の電話会社。インターネット接続、映像配信サービス等も提供

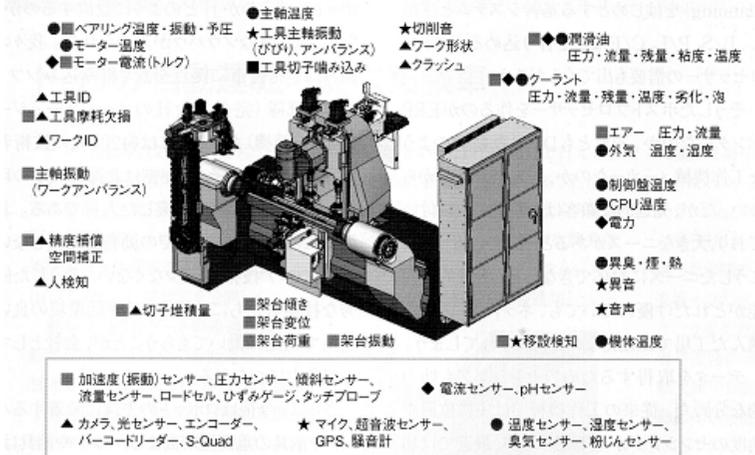


図2 MNNS (Mori Neural Network System) 工作機械にさまざまなセンサを取り付け、大量のデータを活用する。

図70-32 工作機械のセンサ / 森精機 (2015.11)

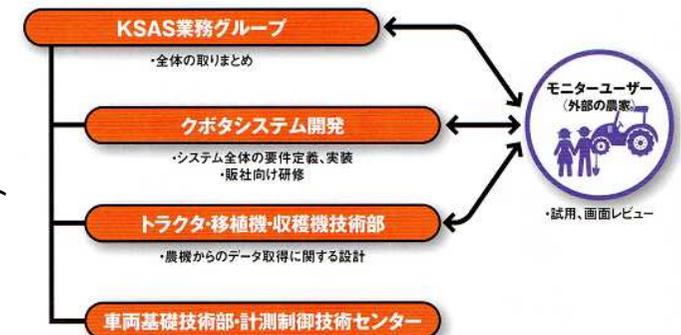


図70-33 KSAS開発の組織体制 (2016.1.13)

(Wikipedia)

**「完璧」「自前」「内向き」の殻を破る**  
 ●コマツの最近の取り組みとテーマ、課題先などの相関図

**米スカイキャッチ**  
ドローンで提携

**ZMP**  
自動運転技術で提携

**必要な技術は世界中で発掘**

**米GE**  
鉱山のビッグデータ活用などで提携

**大阪大学**  
基礎研究で提携

**取締役 CTO 高村 藤寿**

**80点でも世の中に出す**

**「従来」コマツが稼ぐプロセス**  
開発 → 生産

**「今後」顧客と共に稼ぐプロセス**  
受注 → 計画 → 施工 → 検査 → メンテナンス

販売・レンタル → 保守・補修部品 → 中古車販売

**執行役員 スマートコンストラクション推進本部長 四家 千佳史**  
建設会社  
人手が足りない

**取締役 ICT/ソリューション本部長 黒本 和憲**  
鉱山会社  
採掘コストを下げたい

研究段階の技術を実際の製品に採用

以外の試験をばっさりと省略した。「80

ビッグ会社をい早くにコム社を急長の野

壊する遅ってせてハ不具合ること得してで、「スいた」

コンス油圧シながる壊わりはくま人手でその日程表に

図70-34 コマツの戦略 (日経ビジネス 2016.2.1)

追加・更新資料

表70-4 I4.0の雇用に与える影響試算@2030年（経済産業省）

職業（例）	現状のまま	変革すると
上流工程（経営戦略、研究開発）	136万人↓	96万人↑
製造・調達 （製造工員、調達管理）	262万人↓	297万人↓
代替されにくい営業販売 （高額保険の営業）	62万人↓	114万人↑
代替されやすい営業販売 （定型保険販売、スーパーのレジ係）	62万人↓	68万人↓
代替されにくいサービス （高級店の接客、こまやかな介護）	6万人↓	179万人↑
代替されやすいサービス （コールセンター、銀行窓口）	23万人↑	51万人↓
I T（開発者、セキュリティー）	3万人↓	45万人↑
バックオフィス （経理、給与管理、データ入力）	145万人↓	143万人↓
その他（建設作業員）	82万人↓	37万人↓
合計	735万人↓	161万人↓

※経済産業省の試算（15年度比）、カッコ内は職種別の例

業種 （経済効果）	応用例
自動車 （2兆6000億円）	モデルベース開発、作業ミス防止システム、危険情報警報システム
工作機械 （2200億円）	部品の物流最適化、顧客に予知保全サービスの提供
鉄鋼 （9600億円）	品質異常の予測、作業員への危険警告
食品製造 （1兆8000億円）	ネット情報を生かした商品開発、商品の保存状態の自動識別、異物混入の発見

図69-35 IoTによる経済効果例（日刊工業新聞 2016.5.16）

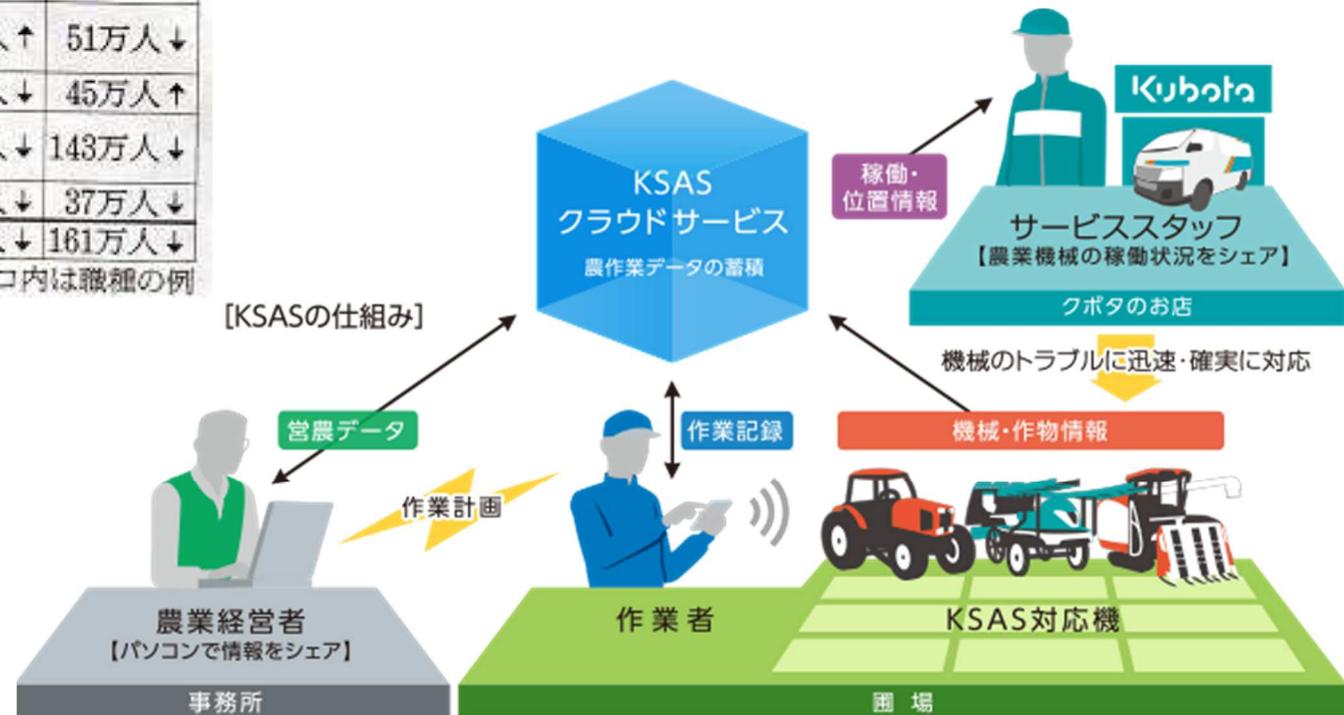


図70-36 KSASフロー

## 標準化競争

I4.0を実現する上でもっとも重要な要素・課題が工場および工場設備の標準化。スマート工場を実現するためには、工場の作業や工程の自動化のFAデータ仕様を共通化(=標準化)しなければならない

従来の企業ごとの個別システムは他の企業と連携するために標準化する必要があり、現在ヨーロッパの主導で工場システムなどにおけるプラットフォームや規格が世界標準として進められている

I4.0では多くの企業が協力してモノづくりに関わる様々な共通語(標準)を策定する作業が欠かせない。次いで実際に工場にある生産設備を「標準」に合わせて切り替えていく必要がある。自社の技術あるいは自社が使い易い仕組みが「標準」に採用されれば、その後の企業競争力アップに有利となる

ドイツはこの標準規格をドイツ企業にとって有利な形で作り上げようとしている

第1ステップ:ドイツ国内で企業の利害を調整して、国内の製造業に関わる新しい標準作りが進行中、

第2ステップ:ドイツで作られた規格を欧州規格に広げる

第3ステップ:それに基づき世界標準を進める (電子・電気機器における特定有害物質の使用を制限した「RoHS (Restriction on Hazardous Substances)」規制策定と同じステップ)

ドイツのI4.0とアメリカのIICの運営団体はそれぞれの技術標準の内容をすり合わせ、将来の相互運用性を確保することで合意し、国際標準化の流れが加速する。日本も標準化の取組みへの参画を急ぐ必要がある (日刊工業新聞2016.3.4)

**日本の対応:**ドイツのI4.0におけるドイツ主導の標準化動向については日本企業の競争力強化に資する標準化が望ましい。日本は民間の技術は先端にいるが、国際的な標準化競争には出遅れ気味。今後は電機・電子や情報処理などの他、産業機械、自動車などの関連諸団体が協調しつつ、連携を図っていくことが求められる (インターフュージョンコンサルティング&日本機械工業連合会)

### 国際標準化の種類

- 強制法規型 - 利用者の安全のために法律等で強制するための基準やルールを定める
- 認証評価型 - 利用者の視点から製品選択の基準を示し、望ましい製品開発の方向性を定める
- 接続規約型 - 相互接続性は相互運用性を高めるために開発者に対して接続手順を定める
- リファレンス型 - 利用者の相互運用性を高めるために開発者に対して前提とする用語やモデルを定める

**標準化で決めるルール**  
決めるためのルール  
変えるためのルール  
評価のためのルール

**デファクトスタンダード:**国際機関や標準化団体による公的な標準ではなく、市場の実勢によって事実上の標準とみなされるようになった規格・製品のこと。「de facto」とはラテン語で「事実上の」の意。例;家庭用ビデオにおけるVHS、パソコン向けOSにおけるWindowsなど (IT用語辞典)

**デジュールスタンダード:**ある技術や製品の仕様などについて、公的機関や標準化団体が関係する企業や団体、専門家により策定した標準規格。例;XMLやUnicodeなどが挙げられる (IT用語辞典)

表70-5 標準化のレベルアップ手順 (ドイツ工学アカデミー)

レベル	標準化の対象
4	経営管理に必要な原価管理や生産性などの指標
3	製造ラインや工場間をつなぐ情報
2	製造装置や制御するためのコントローラ(PLC)
1	製造装置や機器をつなげる指標

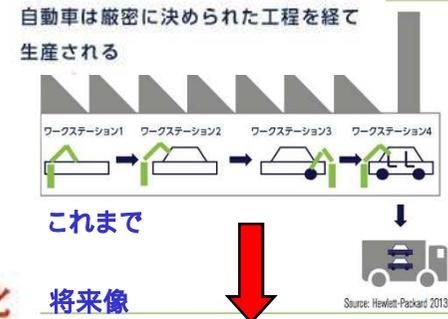
# 次世代産業

AIやビッグデータを活用し、現場を制御するFAと経営を支援するITの融合が進み、機械要素・組み込みシステム・半導体・PLM(製品ライフサイクル管理)・安全・セキュリティーなど幅広い分野の技術により工場を「スマート化(知能化)」する動きが加速している (日経テクノロジーonline)

## I4.0後の世界(ドイツ工学アカデミー2025年への提言)

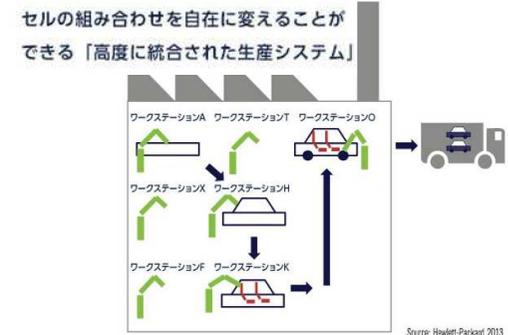
### 製造業からサービス業へ展開

- I4.0が普及した世界では顧客のニーズが全ての中心
- スマート工場では顧客のニーズに応じて素早く生産プロセスを変更
- 運輸、エネルギー、医療、農業等の分野への応用
- 在宅勤務、力仕事はロボットへ、製品使用のサービス重視など女性(とくにリケジョ)活躍の場が増加



## 日本版インダストリー4.0に向けて (一部分)

図70-38 協働ロボット - 完全自動化 /2016.1



## 日本企業の対応の指針

<b>A. 異次元の見える化</b>	A1. 需要連鎖 - サプライヤ、自社、顧客で材料、部品、半成品、最終製品の <u>流れの情報</u> を共有 (1日/時間単位) A2. 価値創出連鎖 - 企画・開発で社内外の連携を見える化し、 <u>空きリソースと不足している能力</u> を共有 (数ヶ月単位) A3. 将来ニーズ - 加速度的に拡大する技術進化に対応して <u>ビッグデータを解析して精度の高い開発のグランドデザイン</u> を作成 (数年単位)
+ <b>B. 圧倒的機動力</b>	上記課題を迅速かつきめ細かさで対応していく力 - 非効率の撲滅、連携の革新による付加価値の創出、モジュールによる将来ニーズの織り込み
<b>収益性確保</b>	『特に大きな効果が見込める産業分野』→(1)部品点数が多い、(2)サプライチェーンが複雑、(3)設計に長い時間が必要な分野 (具体的には航空機、自動車、鉄道車両など多機能な耐久消費財を扱う産業)

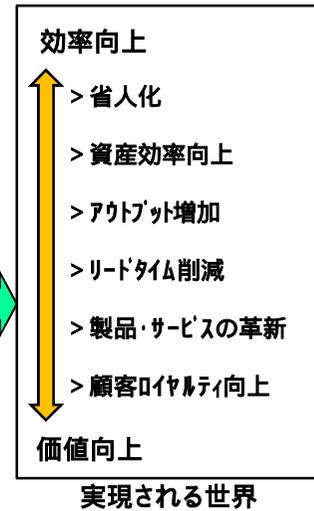


図70-37 I4.0が目指す将来像 (情報通信白書 / 平成27年版)

# 課題

<b>I4.0への日本の課題</b>	I4.0実現にはモデリング技術の開発、標準化の遅れ、コンピュータやネットワークの性能不足などが理由で多くの構想が現実にはできていない。周辺分野のデジタル化の遅れで適切なデータが入手できないことも大きな要因。IoT、CPS、データサイエンス、AIなどのICTの徹底的な活用を図ること（ / 2015年12月）
<b>中小企業へのIoT展開(デジタル化)</b>	日本ではドイツのように設計開発～生産現場までのデータプラットフォームを一括で供給できるプレーヤーが不足。一部の大企業の工場内生産プロセス効率化の事例があるが、業種内展開やSler(システム技術者)不足のため中小企業への広がりには課題。また、GEのように競合他社へのシステム提供を通じ、付加価値を獲得しようとする動きが求められる（IoTによるものづくりの変革 / 経済産業省2015.11.2）
<b>I4.0を実践する上での課題</b>	ドイツ278社からのアンケート結果として；a.標準化、b.業務の組織化、c.製品の発売、d.新しいビジネスモデル、e.セキュリティ・ノウハウの保護、f.専門家の欠如等が挙げられている（I4.0ワーキンググループのレポート）
<b>新しい品質管理(QC)への対応</b>	日本のものづくりではインターネット時代に合ったQC手法の見直しが求められる。単にモノの製造ラインだけではなく、サービス、インフラ、社会システム全体などあらゆる分野に渉るQCが必要。また、人間によるQCから機械(AI、ビッグデータ)によるQCへ拡張していくことが必要（りそな中小企業振興財団セミナー / 2015.11.2）
<b>電力消費の激増</b>	第4次産業革命は情報のデジタル化と通信の大容量化、高速化を伴うもので、その進展は電気エネルギーの急激な大量消費を招いている。太陽光発電など世界的な大規模な再生可能エネルギーの導入が必須の課題

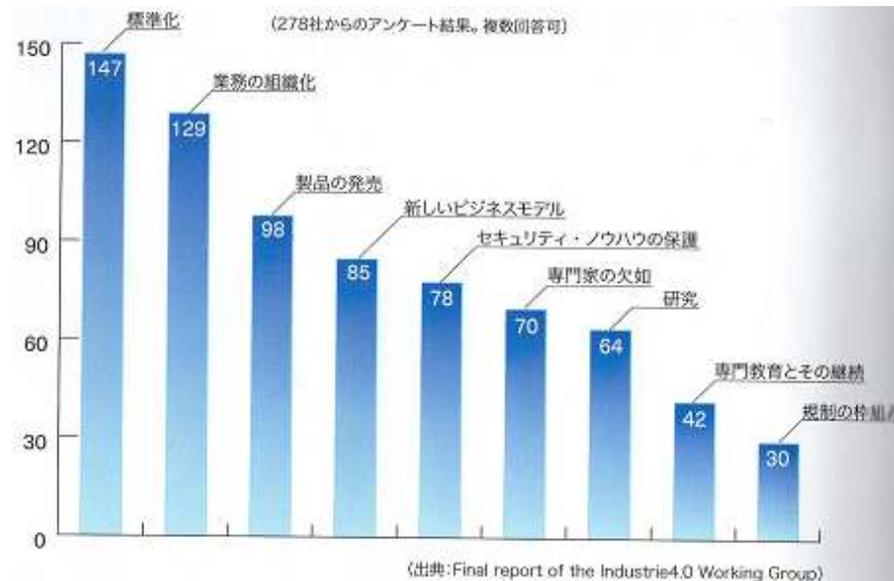


図70-39 I4.0を実践する上での課題

## キーワード

CPS(サイバーフィジカルシステム)	Cyber Physical System。米政府の呼称でIoTのこと。フィジカル(現実世界)の機械(モノ)にセンサを組み込みネットワーク化してデータを収集し、これを解析してコスト削減、効率化、最適化で利益を上げようというフィジカルからサイバー(コンピュータ空間)への連携を図る。注力産業領域は交通、エネルギー、製造業、医療産業。Smart America Challengeというプロジェクトが進行中 (Web/日立ソリューションズ)
マスカスタマイゼーション	2000年前後に登場した製造方法で、大量生産(マスマプロダクション)体制も確保しつつ、多様化する顧客ニーズにも対応するという考え方。少数の部材の組合せによる商品のバリエーションを実現する。共通化されたいくつかの組合せで顧客のニーズに近づけた多様な製品を提供するようにする。部品や製品ラインの高度な共通化が要求される。I4.0の目指す生産方式 (TELESCOPE Magazine)
データサイエンティスト	目的に応じた形でビッグデータを活用し、成果を出せるスキルを持つ人。IoTの世界で人材不足が深刻化。1. 統計(分析モデルを作るための統計解析)、2. IT/技術(どのようなデータが取得でき、蓄積し、アウトプットしていくかを考え、実装する)、3. ビジネスインサイト(得られた結果の意味を理解し、ビジネスでどのように活かせるかを考え、施策に落とし込む) (道具としてのビッグデータ/高橋範光)、4. 創造的な提案を行う能力(データサイエンティスト/大橋大也/ソフトバンク新書)
イーサネット(Ethernet)	コンピューターネットワークの規格の1つ。世界中のオフィスや家庭で多く使用されている LAN (Local Area Network) で最も使用されている技術規格。現代のLANでは、主に物理的な規格である「イーサネット」と、通信内容の取り決めを決めた「TCP/IPプロトコル」の組み合わせが一般的

## 参考資料

( は光和商事図書にあり)

まるわかりインダストリー4.0 - 第4次産業革命 日経ビジネス/日経ムック 日経BP社 2015.5.15  
 決定版 インダストリー4.0 尾木蔵人 東洋経済新報社 2015.10.1  
 IoTまるわかり 三菱総合研究所(編) 日経文庫 2015.9.15  
 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> 岩本晃一 日刊工業新聞社 2015.7.25  
 インダストリー4.0の衝撃 洋泉社MOOK 2015.8.24  
 Harvard Business Review 2016年別冊 ダイヤモンド社  
 特集「いまさら聞けないIoT全貌」 週刊ダイヤモンド ダイヤモンド社 2015.10.3  
 日本型インダストリー4.0 長島聡 日本経済新聞出版社 2015.10.15  
 すべてわかるIoT大全 日経ムック 日経BP社 2014.11.12 および 2016.1.13  
 特集「インダストリー4.0は怖くない」他 日経ものづくり 各号 日経BP社  
 「つながる工場」を実現する日本版インダストリー4.0 西岡靖之(日本機械学会、2014年生産システム見える化展(Web))  
 ドイツが取り組む「インダストリー4.0」 日立ソリューションズ(web)  
 インダストリー4.0が指し示す次世代工場の姿 MONOist(web)  
 スマート・ファクトリー 清威人 英治出版 2010.8.10  
 各HP、パンフレット、新聞・雑誌記事