

IoTがもたらす我が国製造業の変容と今後の対応に関する  
調査研究報告書

平成28年3月

一般財団法人 企業活力研究所



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです  
<http://ringring-keirin.jp>





## < は じ め に >

IoT (Internet of Things) の進展により、製造業のあり方（価値創造の方法、競争の要素）が大きく変容する可能性がある。例えば、ソフトウェア分野で圧倒的優位にある米国は、その優位性をリアルなものづくりに拡大しつつある。一方、ドイツでは「Industrie 4.0 (第4次産業革命)」と称して、IoTを活用して「工場のスマート化」及びスマート化された工場どうしをつなぐ形での新たなものづくりが官民挙げて推進されつつある。こうした対応に遅れをとれば、我が国製造業の競争優位は大きく減殺されかねない。

そこで、研究会を設置し、IoTがもたらす「ものづくり上流へのインパクト」、「製造プロセスの変化」、「ものづくり下流への変化」などについて調査分析を行いつつ、諸外国の状況を把握すると同時に我が国の現状と課題についても整理し、我が国製造業の競争優位の確保に向けた「今後の対応」のあり方についての検討を行った。

本調査をとりまとめるにあたっては、東京大学 政策ビジョン研究センター シニア・リサーチャーの小川紘一氏を座長とする有識者からなる「ものづくり競争力研究会」を設置し、検討を行った。研究会は2015年8月～2016年3月にかけて合計8回開催し、うち、第2回～第6回研究会では講師を招聘して講演をいただいた。また、経済産業省からは「IoT社会における製造業」などをテーマに、国内外の直近の動向について講演をいただいた。

ここに、研究会に参加いただいた学識者や有識者の皆様、オブザーバーとして参加いただいた経済産業省や関係者の皆様のご協力に心からの謝意を表明します。





## Executive Summary

### ◎IoT がもたらす製造業の変容と競争ルールの変化 ⇒ 日本が直面している課題

デジタルイノベーションの時代における「製造業の変容と競争ルールの変化」、これに関し「日本が直面している課題」は、下記のとおりである。

#### (1) データに新しい価値を見出す

コンピューターの処理能力が飛躍的に高まり、ディープラーニング等も普及し始める中、「データを制するものがすべてを制する」と言われるように、一次情報としてのデータを持たなければ新しい価値を生み出すことができない状況になってきている。

課題：データの重要性に対する意識が希薄で、アルゴリズム重視の傾向（例：日本の研究者や技術者は昔から「データベース」を重視しない傾向にある）

#### (2) ソフトウェアがドライバとなる

価値の源である「データ」と価値をつくり出す「サービス」との橋渡しをするのが「ソフトウェア」である。とりわけ、ビッグデータの解析にはソフトウェアの力が必須であり、いわゆる“ソフトウェアリッチ”化が進む。

課題：ソフトウェアの重要性は重ねて強調されているが未だにハードウェア重視。人材にも乏しい。

#### (3) サービスが付加価値をつくり出す

IoTによるネットワーク化は、顧客との接点、個人との接点をより深めていき、モノよりもサービスの価値が上位にくるといふ、「サービスドミナント」のビジネスモデルへと変化していく。

課題：技術起点の価値づくり（この場合の付加価値は“点”になりやすい）には長けているが、サービス起点に価値をつくり込み、付加価値を“面”で押える手腕に乏しい。

#### (4) プラットフォームがエコシステム形成を先導する

モノのサービス化、サービスのモノ化という双方の流れが進むことで業界の壁が崩れ、これからは異なる産業セクターも含めたプラットフォーム間での競争、産業エコシステム間での競争が展開される。

課題：産業生態系（エコシステム）をつくるという観点からの戦略的な選択と集中ができない。（“守るもの”と“捨てるもの”の切り分けができないので、エコシステムの中で棲み分けることができない）

#### (5) ルールづくりがエコシステムを支配する

規制のルールの枠内でビジネスを考えるのではなく、イノベーションとルール形成を一体的に取り扱っていくことが重要である。参加者がメリットを感じるようなルールづくりを先導したコンソーシアムは、エコシステムを形成するようなプラットフォームの構築が可能である。

課題：ゲームチェンジャーとしてルール形成に挑む企業は少なく（むしろ苦手）、エコシステムとして価値を生み出すための新しい競争ルールを主導できない。

#### (6) オープン&クローズ戦略がすべてを制御する

エコシステムを形成するルールづくりで重要なことは、競争領域と協調領域の切り分けであり、標準化戦略、すなわちオープン&クローズ戦略そのものに取り組むことに等しい。

課題：垂直統合の志向が強く、“競争”と“協調”の切り分けができない。（オープン&クローズ戦略で標準化をしていかないと、エコシステムは形成できない）

### ◎日本のポテンシャル

日本の製造業のポテンシャルとして、たとえば以下のものが挙げられる。

#### (1) 現場力に裏付けられたプロセス・イノベーション

現場でのカイゼン力は、世界が真似できない日本のものづくりの特長である。また現場力に裏付けられ、生産プロセスの創意工夫（プロセス・イノベーション）にも強みを持つ。ただし、カイゼンが売上拡大・利益創出につながり、現場のモチベーション向上に直結するような IoT によるビジネスモデル改革が必要である。

#### (2) 人と機械の協調

日本の産業では、匠の技を含む伝統技術・技能、最先端のハイテク技術が共存・融和している。これまで労働者の職域の曖昧さや良好な労使関係は、工場の自動化などを推し進めることを可能としてきており、今後も、新しいものを生産現場に受け入れるうえでプラスに働く可能性がある。

### ◎我が国ものづくり競争力強化に必要な対応の方向性

上記を踏まえると、我が国ものづくり競争力強化に必要な対応の方向性としては、たとえば以下のものが考えられる。

#### (1) IoT を活用した価値の創出と共有

#### (2) 日本の強みの生かし方

- ①日本モデルの見極め
- ②中堅・中小企業の生かし方
- ③良質な社会インフラを生かしたテストベッド

#### (3) マインドセットの重要性

## 目 次

序章 本調査研究の背景と調査スキーム	1
1. 調査研究の背景	1
2. 平成 27 年度調査の主なポイント	5
3. 調査の進め方	6
第 1 章 IoT 社会における製造業の変容と諸外国・日本の対応	7
1. 第 4 次産業革命のインパクト	7
2. ゲームチェンジャーをめぐる対応と戦略	8
(1) 海外メインプレーヤーの動向	8
(2) 付加価値の源泉の変化	9
(3) ビジネスモデルとプラットフォーム	10
3. 産業構造転換の姿と日本の動向	13
(1) 2030 年の産業構造の姿	13
(2) ロボット革命イニシアティブ	14
(3) IoT 推進ラボ	17
(4) インダストリアル・バリューチェーン・イニシアチブ (IVI)	19
第 2 章 講師からの問題提起	20
1. 欧米コンソーシアムの動向	20
2. 欧米企業からのプレゼンテーション	28
3. 日本企業からのプレゼンテーション	38
4. 産業技術総合研究所の取組み	46
5. ビジネスモデルの重要性	51
第 3 章 IoT がもたらす製造業の変容と課題の整理	61
1. デジタルイノベーション時代の到来	61
(1) デジタルイノベーションがもたらす産業革命	61
(2) 海外のメインプレーヤーの動向	62
(3) 日本における取組み	64
2. IoT がもたらす製造業の変容と競争ルールの変化	68
(1) データに新しい価値を見出す	70
(2) ソフトウェアがドライバとなる	71
(3) サービスが付加価値をつくり出す	72
(4) プラットフォームがエコシステム形成を先導する	73
(5) ルールづくりがエコシステムを支配する	74
(6) オープン&クローズ戦略がすべてを制御する	75
3. 日本が直面している課題	77
(1) ソフトウェア人材の不足	78
(2) 工場の IoT 対応の遅れ	79
(3) 埋没する日本	80
(4) 時代遅れの経営マネジメント	81

4. 日本のポテンシャル .....	82
(1) 現場力に裏付けられたプロセス・イノベーション .....	82
(2) 人と機械の協調 .....	83
第4章 我が国のものづくり競争力強化に必要な対応の方向性 .....	84
1. IoTを活用した価値の創出と共有 .....	84
2. 日本の強みの生かし方 .....	85
(1) 日本モデルの見極め .....	85
(2) 中堅・中小企業の生かし方 .....	85
(3) 良質な社会インフラを生かしたテストベッド .....	86
3. マインドセットの重要性 .....	87

---

## 序章 本調査研究の背景と調査スキーム

---

### 1. 調査研究の背景

－先進国型ものづくりの姿を検討（平成 25 年度）－

ものづくり競争力研究会では、平成 25 年度に「先進国型ものづくりのあり方」についての調査研究を実施した。これまで立地コストの高い先進諸国は、企画・設計機能を自国に残し、人件費の安いアジア諸国に製造機能を委託する国際分業システムを構築し、グローバルでの競争力を強化させてきた。しかし、米国では 3～4 年前より中国の生産拠点を引き払って米国本土でものづくりを再スタートする企業も出てくるなど“製造業ルネサンス”というべき現象が生じ、二期目を迎えたオバマ政権は先端製造パートナーシップ（Advanced Manufacturing Partnership =AMP）を立ち上げ、イノベーションによる先端製造の重要性を指摘するとともに、3D プリンタ革命に代表されるように、IT を活用した新たな生産技術革新によって生産コストが高い先進国でも成立する新しいものづくりのスタイルの確立を目指した。

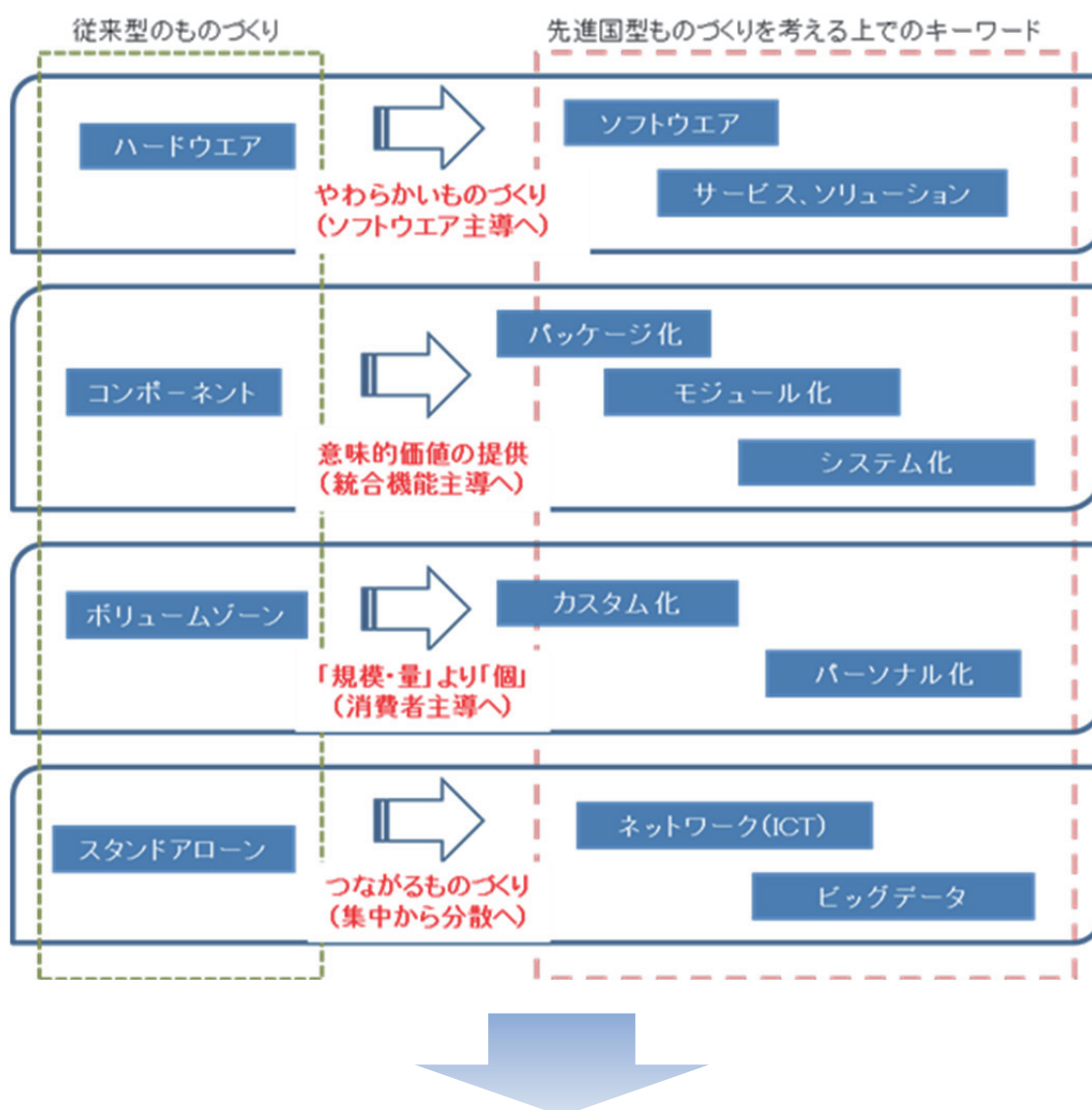
一方、当時のドイツでは「ハイテク戦略 2020」の一環として「Industrie4.0」という国家プロジェクトを始動させ、ドイツが第 4 次産業革命に向けて主導的に取り組んでいくことを高らかにうたいあげた。「Industrie4.0」はモノやデータ、サービスを有機的につなげるインターネットの進展をにらみ、集中型生産から分散型生産への転換を促すインテリジェントなネットワークを構築し、ドイツが未来のものづくりに必要とされる技術の根幹をリードすることを目指す国家戦略として位置づけられている。

このように欧米で先進国への製造業回帰や製造業復権に向けた動きが認められる中、フィナンシャル・タイムズ紙の元編集者で製造業のイノベーションに関する論客であるピーター・マーシュは、今日の製造業に起こりつつある変革を「新産業革命」であると論じ、2050 年に向けた製造業の展望を示し、消費地に近い場所での開発・製造（ローカリズム）は先進工業国でこそ拡大し、製造拠点の先進国回帰のポテンシャルは大きいとの見通しを示した。

このような先進国への製造業回帰の動きを踏まえ、平成 25 年度のものづくり競争力研究会では「ものづくりの新たな潮流」を踏まえて、先進国型ものづくりに向けた我が国ものづくり産業のあり方についての提言を行った。そのうち、市場開拓については、①競争優位に立てるマーケットの深掘りと、②新たなマーケットの創造という 2 本の柱を提示した。

次項に調査結果の概要を提示する。

## ものづくりの新潮流



### 先進国型ものづくりに向けた我が国ものづくり産業のあり方(分析と提言)

#### <1> 競争優位に立てるマーケットの深掘り

- 提言1: ハードウェアとコンポーネントの強みを捨てず、相性のよい領域を攻める
- 提言2: パートナーとの連携により参入障壁の高いバリューチェーンを構築する
- 提言3: オープン&クローズの知財マネジメントを重視する

#### <2> 新たなマーケットの創造

- 提言4: 課題先進国ならではの潜在市場を掘り起こす

#### <3> 新しいものづくりの潮流を担う人材の育成・確保

- 提言5: 企業への提言～ダイバーシティ・マネジメントによる人材育成・確保
- 提言6: 大学への提言～産業界が求める人材の輩出

#### <4> 地域イノベーションの推進

- 提言7: 出口の見える産学連携の促進
- 提言8: クラスターを生かした中小企業の構造転換



－IoT がもたらす製造業の変容について検討（平成 26 年度）－

平成 26 年 4 月の世界最大級の産業見本市「ハノーバー・メッセ」において、ドイツの国家戦略である「Industrie4.0」は一躍世界の注目を集めることとなった。ハノーバー・メッセのメインテーマは「Industrie4.0」で、会場内では派手なスマートファクトリーのデモンストレーションが展開されるなどして来訪者やマスコミの注目を集め、メルケル首相の視察風景も取り上げられた。このハノーバー・メッセがきっかけとなり、以降、我が国でも急速にドイツの国家戦略である「Industrie4.0」への関心が高まった。

平成 25 年度のものづくり競争力研究会においても、ものづくりの新潮流として「規模・量」から「個」というトレンドを象徴する“マス・パーソナライゼーション”と、「つながるものづくり」というトレンドの根底にある IoT が、今後のものづくりの姿や産業競争力に大きな影響を及ぼすとの見方がなされていた。特に「つながるものづくり」では、ドイツの「Industrie4.0」だけではなく、米国のグーグル、アップル、IBM といった大手 IT 企業の動向を取り上げたり、GE がデータ分析やソフトウェアへの傾注を強め、現場からデータを集めて解析してソリューション提供へと結びつけていくところにビジネスチャンスを見出そうとするなど、ビジネスモデルが変化しつつあることも取り上げていた。

そこで、平成 26 年度のものづくり競争力懇話会では、IoT がもたらす我が国製造業の変容と今後の対応について調査研究を行った。

以下に調査テーマを、次項に調査結果の概要を提示する。

### 平成 26 年度調査の調査研究テーマ

#### ① IoT の世界的潮流

- ・ドイツが主導する第4次産業革命「Industrie4.0」の動向
- ・米国シリコンバレーにおける新しいものづくりの潮流やビジネスモデル
- ・IoT がものづくりの価値創造に与える影響 等

#### ② IoT が我が国ものづくり産業へ及ぼす影響や課題

- ・我が国が強みとしてきたロボットや自動車、部素材産業へ及ぼす影響
- ・新たな市場が期待できるサービスロボットへの影響
- ・IoT 時代に必要となる新たなインフラや規制などの産業基盤 等

#### ③ 日本の強みを生かしたものづくり新潮流への対応

- ・日本のものづくりが競争優位を維持し、付加価値を獲得するために求められる対応方策
- ・ものづくりの新潮流に対応した事業環境整備とは

## IoT がもたらすものづくりの変革と、日本が取り組むべき課題と強みを生かす戦略

バリューチェーンの変化	CPS (Cyber Physical System)	人の果たす役割の変化
<ul style="list-style-type: none"> <li>・バリューチェーンの最適化</li> <li>・ハードからソフトへの付加価値シフト</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バーチャルとリアリティの融合</li> <li>・シミュレーションによる生産性の向上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・データをどうつなげるかが付加価値の源泉となると同時に、そこに人が介在する必然性の高まり</li> </ul>



### 日本が克服すべき課題

- ・エンジニアリングの世界で閉じた第1種システムではなく、マネジメントを含めた第2種システムのソフトウェアが日本は弱い
- ・顧客とつながるサービス（ソフトウェア）をより重視したバリューチェーンの構築が弱い
- ・ソフトウェアで仕様づくりができるようなノウハウの蓄積が必要
- ・リファレンスモデルづくりが必要

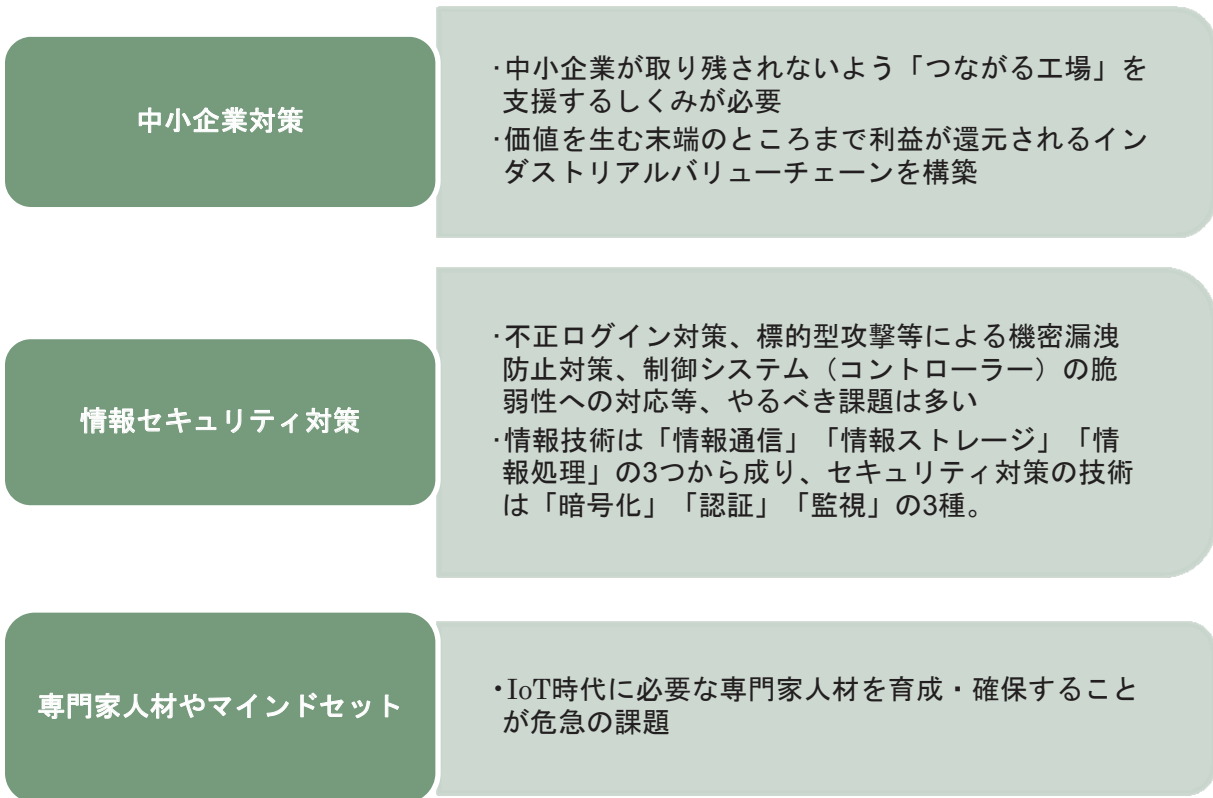
### 付加価値創出へのヒント

- ・問題の本質はテクノロジーではなく、ものづくりの構造自体の転換にある
- ・「（消費者と生産者の）ボーダレス化」「曖昧なVOCによるニーズ検索」「マルチEMS」「スーパーサプライヤー」「ユーザーが意識しない製品メンテナンス/付加価値サービス」の5点がヒント
- ・IoEの中で最大の覇権争いはルーターにある
- ・部品メーカーも機能だけではなく、感性やフィーリングなども含めたバリュー創出へのセンスを持つ必要あり
- ・上位層のICTを制するものが強い
- ・標準化が進み差別化は難しくなってくるので、それらを統合したプラットフォームで稼ぐ
- ・日本のものづくりをソフトウェアとして標準化して、ITに乗せる形にすることが必要

### 日本のものづくりが目指すべき方向

- ・自動車：顧客のニーズと意思決定サイクルに即した価値提供の仕組みを構築
- ・ロボット：ネットワークセントリックであることが必須
- ・ソフトウェア：日本のものづくりをソフトウェアとして標準化し、プロセスとデータによる品質保証の仕組みをASEAN中心に国際展開する

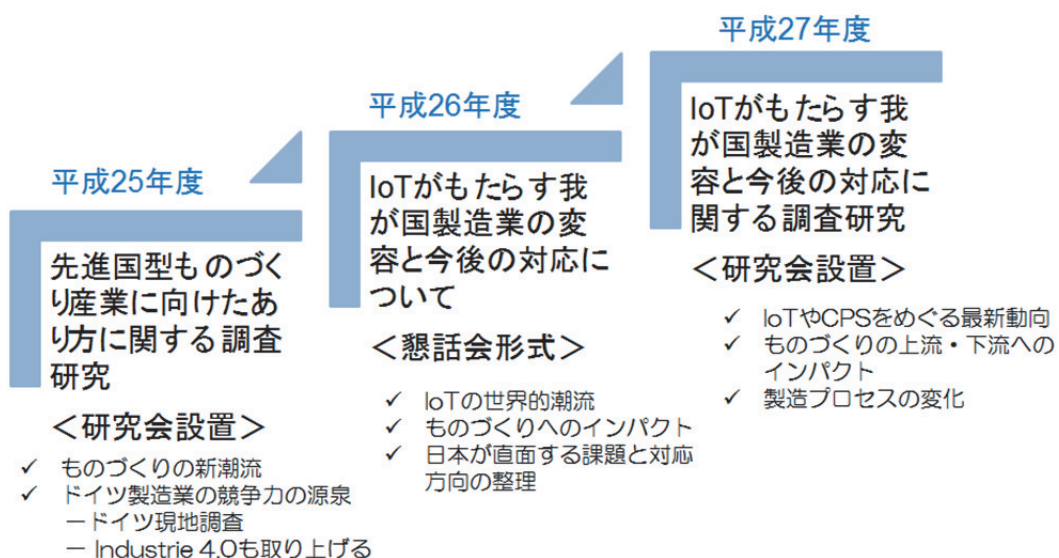




## 2. 平成27年度調査の主なポイント

以上の2ヵ年にわたる調査研究を踏まえ、平成27年度のものづくり競争力研究会では、主に昨年度の検討結果を踏まえて、我が国が対応すべきより具体的な方向性についての検討を行った。また、方向性の検討を行うために、講師を招聘し、直近の国内外の動向や日米欧の民間企業における取組みについての情報を収集した。

### これまでの調査研究の主な論点



### 3. 調査の進め方

本調査では、以下スケジュールに基づき情報の収集・整理、分析を行い、我が国ものづくり産業が「先進国型ものづくり」に脱皮し、今後とも活力を維持し、発展していくためのあり方についての提言をとりまとめた。

開催時期等		主な議題
第1回	8月	・調査の趣旨、調査方針の説明 ・IoT社会における製造業 －経済産業省 製造産業局 川森課長補佐 ・研究会で招聘する講師候補やヒアリングの目的 ・今後の調査の進め方についての意見交換
第2回	9月	・講師(委員)によるプレゼンテーション及び意見交換 －ベッコフオートメーション株式会社 川野講師 －三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 尾木講師
第3回	10月	・講師によるプレゼンテーション及び意見交換 －シーメンス株式会社 島田講師 －経済産業省 製造産業局 吉田係長
第4回	11月	・講師によるプレゼンテーション及び意見交換 －三菱電機株式会社 安井講師 －パナソニック株式会社 梶本講師
第5回	12月	・講師によるプレゼンテーション及び意見交換 －日本アイ・ビー・エム株式会社 山本講師 －特定非営利活動法人産学連携推進機構 妹尾講師
第6回	1月	・講師によるプレゼンテーション及び意見交換 －産業技術総合研究所 関口講師 ・報告書スケルトンの提示
第7回	2月	・IoT社会における製造業と国の施策の方向性 －経済産業省 製造産業局 川森課長補佐 ・報告書のとりまとめ、審議
第8回	3月	・報告書のとりまとめ、審議

## 第1章 IoT社会における製造業の変容と諸外国・日本の対応

最初に、経済産業省の新産業構造部会における検討状況などを踏まえ、IoTの進展が製造業にどのようなインパクトを与えるか、それらに対して政策的にどのような対応が取られているかについての概況を整理する<sup>1</sup>。

### 1. 第4次産業革命のインパクト

新産業構造部会では大きく6つのミッションを取り上げている。その第一のミッションは「第4次産業革命」のインパクトで、IoTのインパクトが指数関数的に伸びていき、生産性の革命のみならず、産業構造、就業構造といった社会システム全体に変革が及んでいくと考えられるとしている。データ量の増加、処理性能の向上、人工知能（AI）の非連続的変化が急速に進展し、コアの技術を持って戦略的な技術開発や効果的な利用拡大が図れるかどうか勝敗を分ける可能性が高まっている。とりわけ、最近では人工知能技術の発展による経済・社会への影響が注視されている。

図表1 新産業構造部会のミッション

#### Mission 1. 「第4次産業革命」のインパクト

- Q1. IoT、ビッグデータ、人工知能といった新たな技術は、経済・社会にどのような変革をもたらすのか。
- Q2. 我が国経済が抱える構造的・社会的課題をどのように克服していくのか。
- Q3. 個々人の暮らしの変革の姿はどのようなものか（光と影）。

#### Mission 2. ゲームの変革を踏まえた我が国の戦略

- Q1. 海外のメインプレイヤーは、どのようなグローバル戦略を描いているのか。
- Q2. 「第4次産業革命」による変革の中で、何が（誰が）付加価値を獲得するのか。競争優位の鍵を握るのは誰か。
- Q3. 日本の強み・弱みを分析した上で、それを活かして、政府・企業はどのような戦略を描くか。
- Q4. その中で、中堅・中小企業、ベンチャー、担い手としての個人は、各々どういう役割を担うのか。

#### Mission 3. 2030年代に向けた主要分野の将来像・産業構造の姿

- Q1. 主な分野における将来像はどのようなものか。
- Q2. 「第4次産業革命」による変革の結果として、どのような産業構造の転換が生じるか。

#### Mission 4. 2030年代の就業構造の姿（どのような分野にどのような人材が求められるか）

#### Mission 5. 2030年代に向けた技術のあり方（ロードマップ）

#### Mission 6. 官民の取組みのあり方（短期・中長期、その実行のスピードアップのあり方）

資料：経済産業省経済産業政策局「新産業構造部会の検討の背景とミッション」平成27年9月

<sup>1</sup> 第1回、第3回のものづくり競争力研究会における経済産業省のプレゼンからも引用している

「第4次産業革命」を通じた産業・就業構造、経済社会システムの変革は、個々人の暮らしへの影響として、ワーク・ライフやヒト・モノ・カネを一変させる可能性が高い。

## 2. ゲームチェンジャーをめぐる対応と戦略

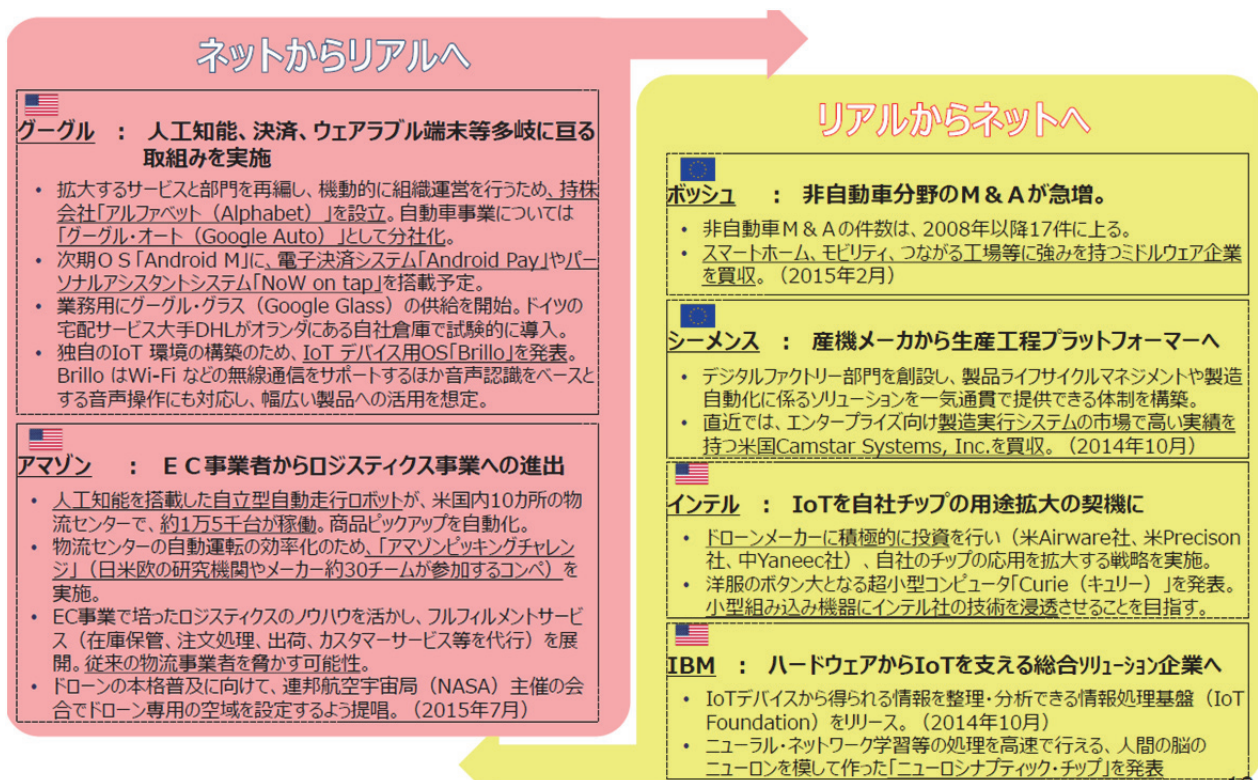
### (1) 海外メインプレイヤーの動向

第4次産業革命が進展する中、海外プレイヤーの戦略は「ネットからリアルへ」動くアメリカ勢の動きと、「リアルからネットへ」動くドイツ勢を中心とする企業の動きが存在する。

「ネットからリアル」とは、ネット上の強み（様々なサービス（検索・広告、商取引等）のプラットフォーム）をテコにリアルな事業分野（ロボット、自動車等）へ拡大する動きで、米国のグーグルやアマゾンなどがその代表格である。反対に「リアルからネット」とは、リアルの強み（現場の生産設備・ロボット等）をテコに、現場データのネットワーク化を通じた新たなプラットフォームを目指す動きで、ドイツのボッシュ、シーメンス、米国のインテルやIBMがその代表格である。

なお、IECやISOでは「スマート製造」「第4次産業革命」の国際標準をめぐる議論が本格化しており、これは日本としてフォローアップをしていかななくてはならない重要事項といえる。

図表 2 直近の海外プレイヤーの動き



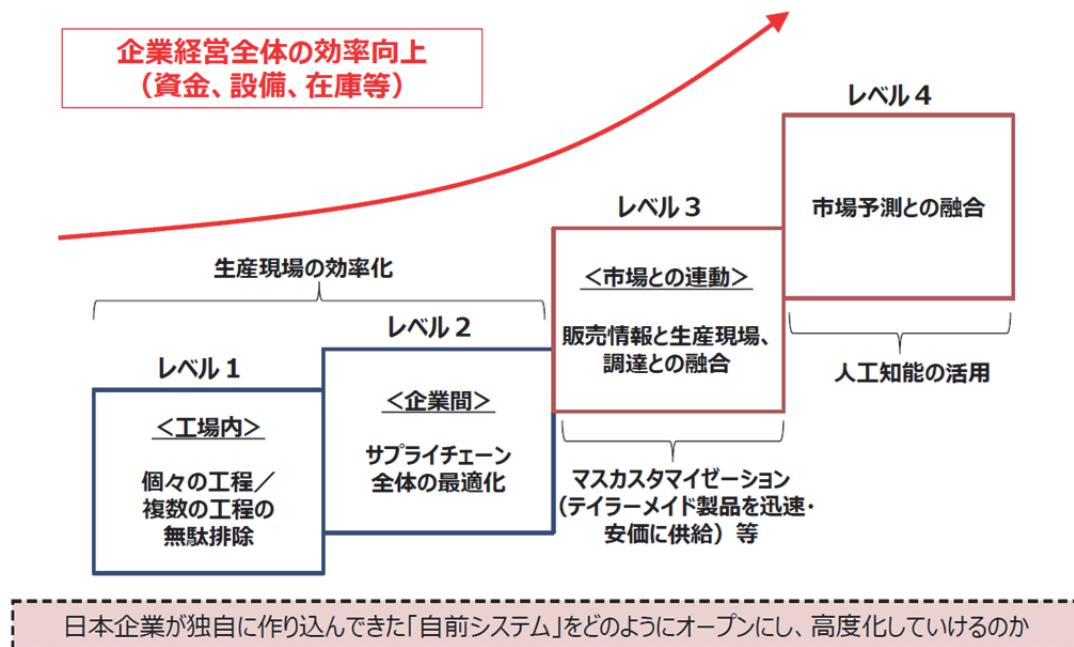
資料：経済産業省経済産業政策局「新産業構造部会の検討の背景とミッション」平成27年9月



## (2) 付加価値の源泉の変化

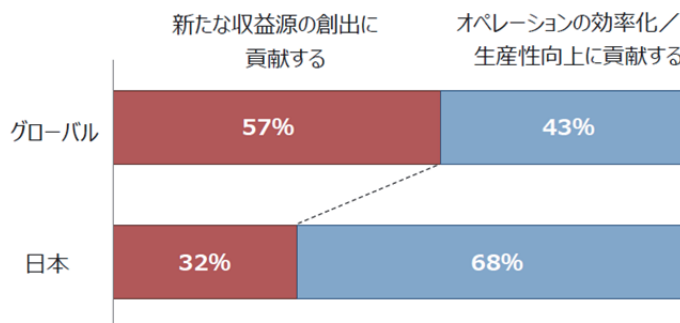
第4次産業革命においてはデータの収集・蓄積とその利用手法・戦略が新たな付加価値の源泉となる。結果として生み出される付加価値は、「生産性あるいは効率性の飛躍的な向上」と、「革新的な新たなサービス・製品の創出」の2つある。ただし、日本企業の多くはオペレーションや生産性向上のツールとして捉え、新たなサービスや製品を生み出して収益源にしようという意識が弱い。たとえばドイツはIoT(Industrie4.0)で現場を変えることは顧客に新しい価値を提案していくための手段であると認識しているのに対して、日本企業はIoTで現場を変えることが目的とはき違えていないか懸念される。また、日本企業の場合は自前システムをオープン化していけるかどうかも課題となっている。

図表3 「第4次産業革命」による付加価値の源泉に対する考え方



資料：経済産業省経済産業政策局「新産業構造部会の検討の背景とミッション」平成27年9月

図表4 「第4次産業革命」のインパクトに対する経営者の意識調査



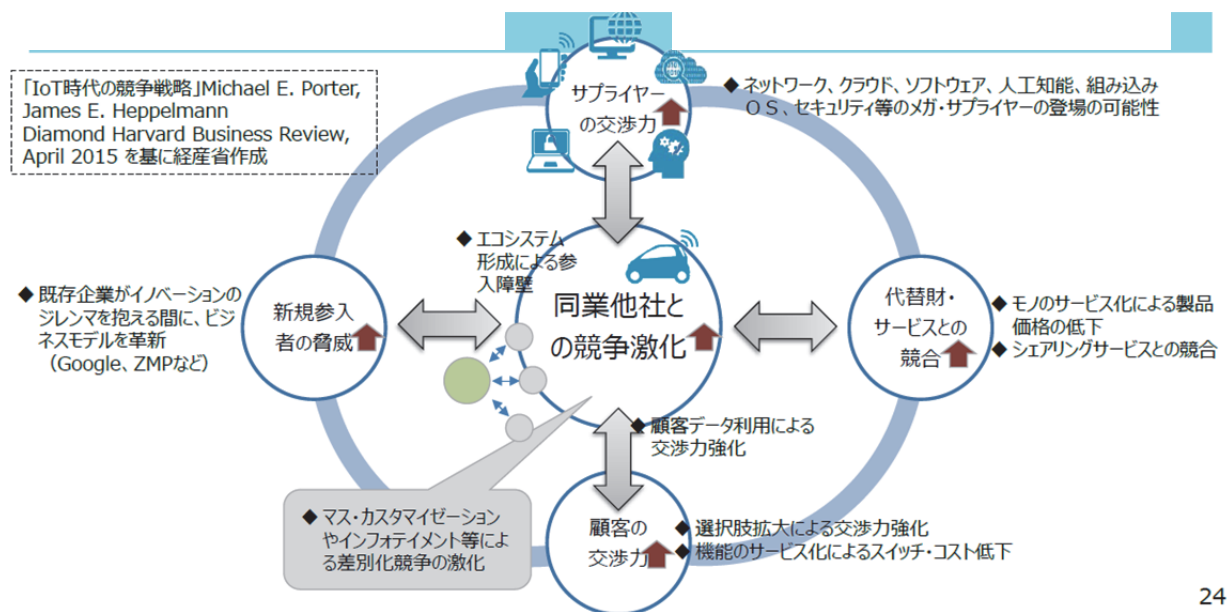
原出所：アクセンチュア「グローバルCEO調査2015」

資料：経済産業省経済産業政策局「新産業構造部会の検討の背景とミッション」平成27年9月

### (3) ビジネスモデルとプラットフォーム

第4次産業革命では「戦略」「スピード」「オープン（自前主義脱却）」が一層重要となり、競争環境も大きく変わり、同業他社との競争だけではなく、異業種の存在も脅威となる。また、事業再編等による競争力強化にとどまらず、第4次産業革命の中で戦略的なビジネスモデルを構築して付加価値をつけていけるかが問われている。

図表 5 「第4次産業革命」による競争環境の変化



24

資料：経済産業省経済産業政策局「新産業構造部会の検討の背景とミッション」平成27年9月

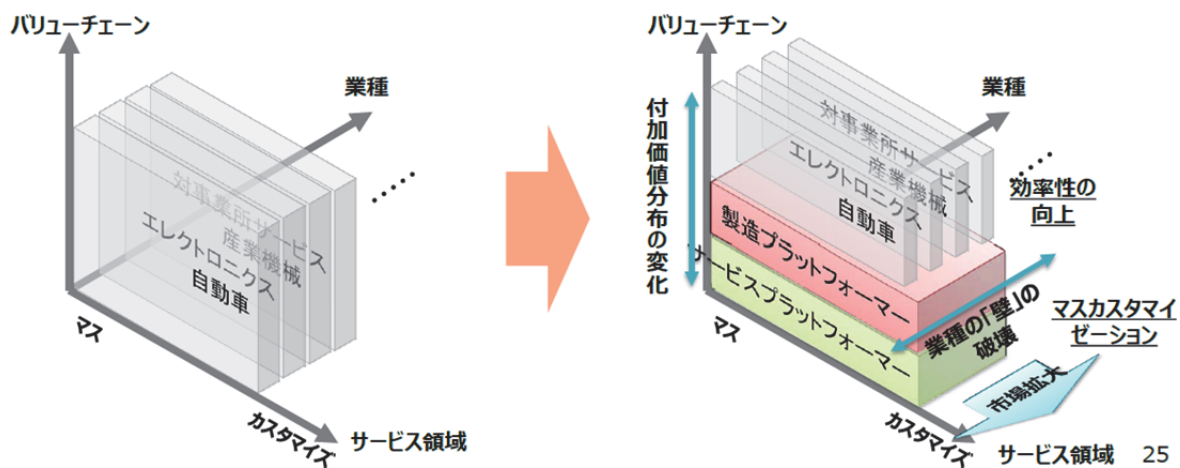
第4次産業革命における競争環境の変化で、これまでの製品・サービスの壁を越えて革新的サービス・製品を創出することで、多様なプレーヤーを巻き込んで圧倒的な競争力を持ったプラットフォーマーが出てくる可能性も高い。つまり、付加価値がこれまでの「最終財提供者」から「プラットフォーマー」にシフトする可能性が高まり、新たな付加価値やプラットフォーマーを巡るグローバルな競争へ突入している。

このように、競争環境の変化により様々なプレーヤー間で付加価値のせめぎ合いが発生している。バリューチェーンの上流から下流へ、ハードウェアからソフトウェアへと付加価値がシフトする中、日本は下流からの攻めが弱く、ハードウェアへのこだわりが捨てきれず、ITやソフトウェアで対抗する戦略や人材も不足している。

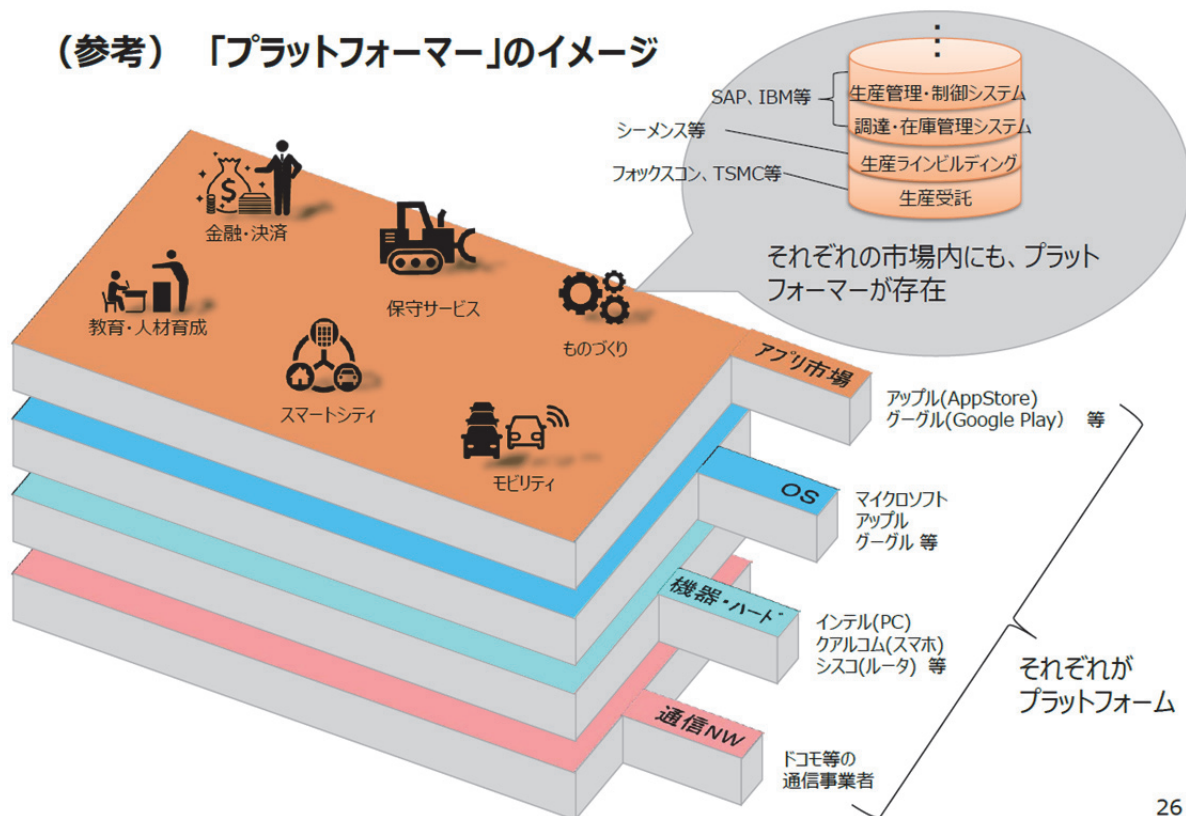
ドイツは Industrie4.0 を生産プロセスまると商品化して売り込もうとしている。たとえば GE は運用のソリューションまでをサービスとして売り込んでいる。それをゴールに、大上段のビジネスモデルから切り込むほか、プラットフォームや産業生態系

(エコシステム)づくりに長け、国際標準化も概念的なところからも押さえにかかる。日本は技術や製品など狭い範囲の取り組みどまりで、個々の企業には危機感はあるものの、プレイヤーが多く、リーダー企業が生まれにくい。

図表 6 プラットフォームの重要性



(参考) 「プラットフォーム」のイメージ



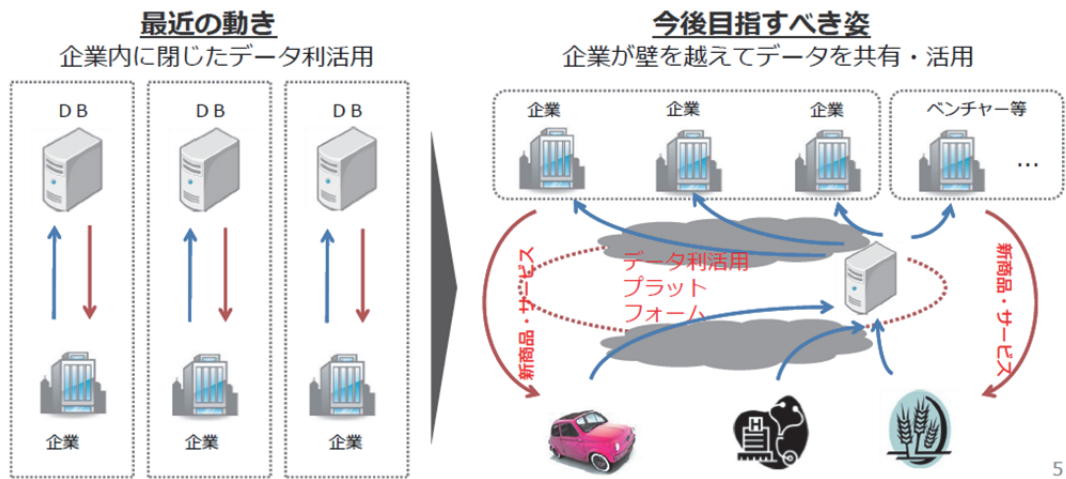
資料：経済産業省経済産業政策局「新産業構造部会の検討の背景とミッション」平成 27 年 9 月

(参考) プラットフォーム、プラットフォームの定義

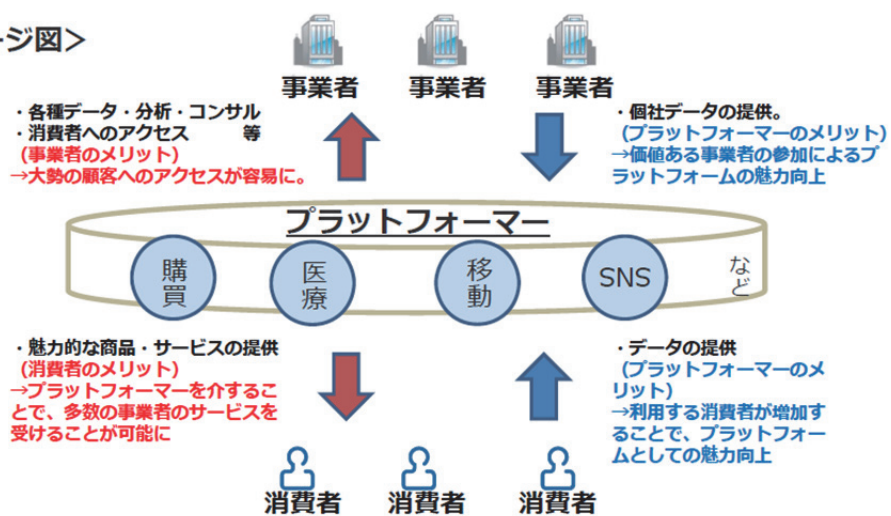
経済産業省（商務情報政策局情報経済課）は「新産業創出に向けた経済産業省における取組み（平成 26 年 2 月 25 日）」の中で、「今後は企業が壁を越えてデータを共有・活用し、新たな付加価値を生むデータ駆動型のイノベーションをいかに生み出していくかが重要となる。そのためには、データ基盤を提供し、連携の媒介となるプレーヤー(=データプラットフォーム)が新たな産業群として生まれることが必要である」と述べている。

本報告書における“プラットフォーム”や“プラットフォーム”の用語についてはこの考え方に準拠し、データ基盤を提供し、連携の媒体となることで参加者に Win-Win 関係をもたらすもの、と捉えている。

図表 7 企業の壁を超えたデータ基盤の必要性とデータプラットフォームのイメージ



<イメージ図>



参加者全員がwin-winの関係

資料：経済産業省商務情報政策局「新産業創出に向けた経済産業省における取組み」平成 26 年 2 月



### 3. 産業構造転換の姿と日本の動向

#### (1) 2030年の産業構造の姿

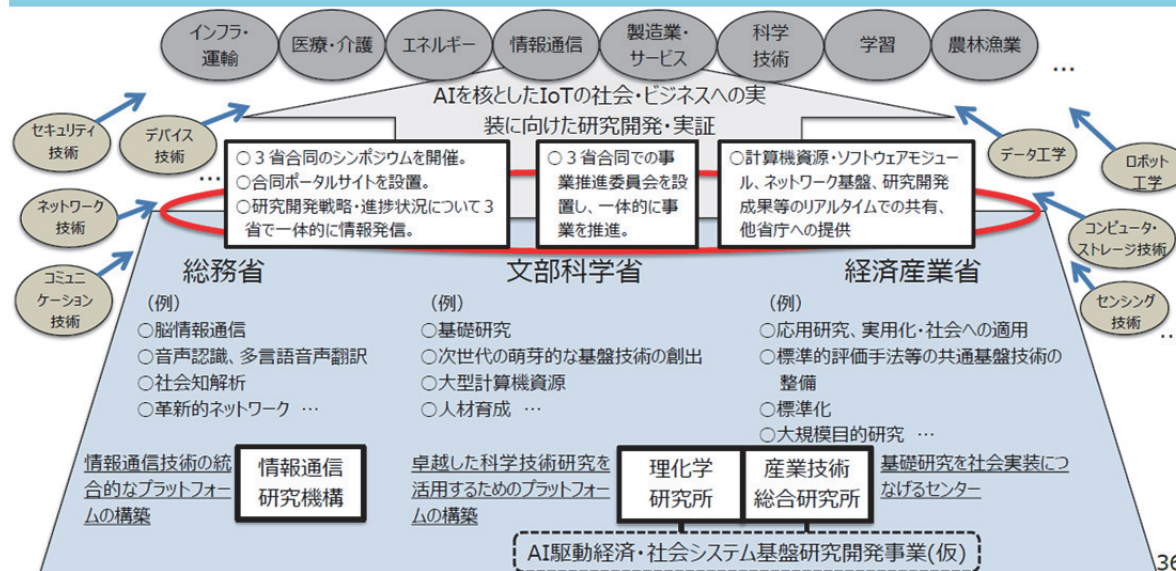
2030年代における具体的な産業構造転換の姿の中には、「ものづくり革新」と「自動走行」という2つの絵姿が含まれている。

ものづくり革新では、2030年代には規格品ではなく、一つ一つがオーダーメイドされたテーラーメイド品が実現され、それによって設計リードタイムや在庫をゼロにして、より効率的かつカスタマーのニーズを汲み取れる商品の提供が可能になるとみている。自動走行に関しても、2030年代に完全自動走行が実現するとみている。

2030年代に向け、「IoT」「ビッグデータ」「人工知能」を核に、その周辺にあるナノテク・材料分野、革新的エネルギー・環境技術のほか、医療分野、産業インフラ関連分野ともあわせて研究開発を推進していく必要がある。多様な分野の研究開発を進めていくに当たり、各省の連携体制も強化されつつある。

図表 8 次世代の人工知能技術の研究開発における3省連携体制

- 各分野でのビッグデータの集積、センサーの量的・質的拡大（IoT: Internet of Things）。
- 人工知能の50年来の大きな技術的ブレークスルー（自ら特徴を捉え進化する人工知能を視野）。
- 3省連携による研究開発成果を関係省庁にも提供し、政府全体として更なる新産業・イノベーション創出や国際競争力強化を牽引。



資料：経済産業省経済産業政策局「新産業構造部会の検討の背景とミッション」平成27年9月

## (2) ロボット革命イニシアティブ

以上みてきたように、IoT によって製造業の競争ルールは大きく変化しつつある。2015 年 1 月に公表された「ロボット新戦略」(ロボット革命実現会議とりまとめ)では、IoT 時代のロボットで世界をリードし、ロボット革命を実現させると提言し、その推進母体として 2015 年 4 月に官民連携による「ロボット革命イニシアティブ協議会」が創設された。

ロボット戦略では、日本が強みとするロボットを使って欧米の下請けとならない位置取り確保が鍵であるとし、そのための戦略として「日本が優位なものづくり現場でロボット共通基盤(基本ソフト等)の国際標準の取得」「世界に先駆けたロボットの利活用とデータの蓄積(ビッグデータへ)」「データから富を創出する人工知能技術の強化」を打ち出している。

また、ロボット革命イニシアティブ協議会では、3つのワーキンググループを立ち上げ、うち、「IoT による製造業ビジネスモデル変革 WG」では、IoT、M2M、ビッグデータなどの活用による製造業ビジネス改革についての検討を行い、とりわけ実証事業を通じたユースケース(IoT の使われ方)創出を重視している。また、民間主導で立ち上がっている IVI(Industrial Value Chain Initiative)が目指す方向と合致しているとして、製造プロセスの共通化や企業内外の連携モデルについて先行的に検討が進んでいる IVI とは成果の共有などを含めて連携を図っていくとしている。

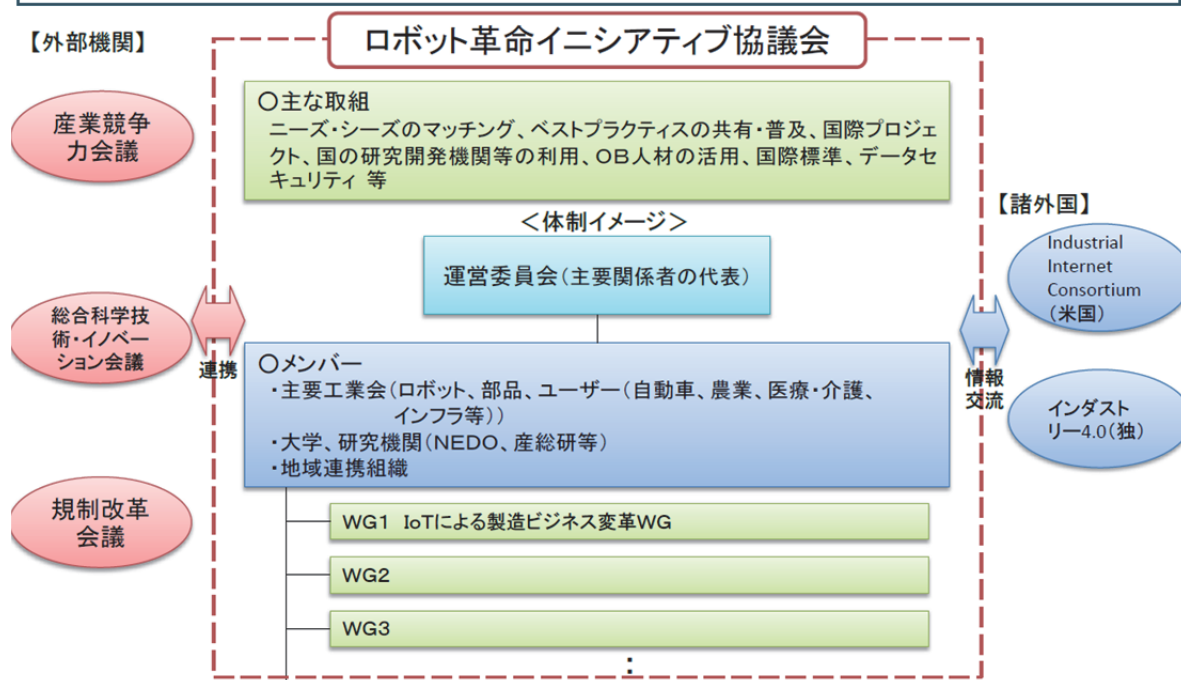
図表 9 日本の強み(ロボット)を生かす対応方針



資料：経済産業省製造産業局「IoT 社会における製造業」2015 年 8 月

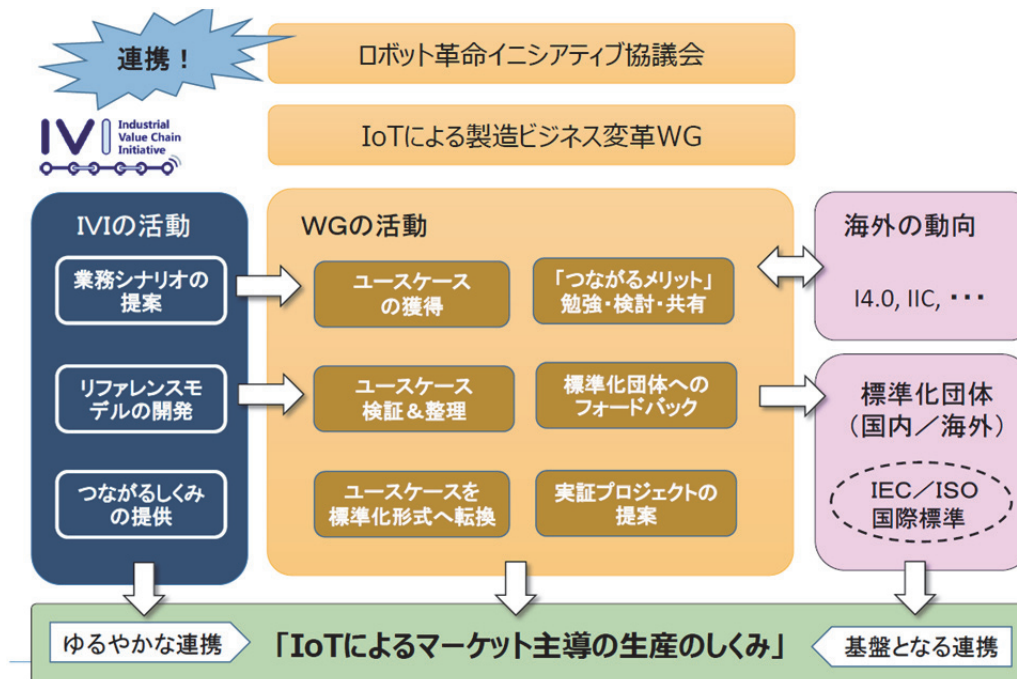
図表 10 ロボット革命イニシアティブ協議会

◆ ロボット革命実現会議の成果を踏まえ、現場における革命実現のための産学官を分厚く巻き込んだ推進母体を設置。産業競争力会議や総合科学技術・イノベーション会議等におけるAI、IoTの議論とも連携。



資料：経済産業省製造産業局「IoT社会における製造業」2015年8月

図表 11 ロボット革命イニシアティブ協議会とIVIとの連携



資料：「ロボット革命イニシアティブ協議会のビジョンとIVIへの期待」ロボット革命イニシアティブ協議会 事務局 久保智彰氏プレゼンテーション資料



「IoTによる製造業ビジネスモデル変革WG」は2015年12月に中間とりまとめを行っており、その中で「2030年の製造業のあるべき姿」を示すとともに、今後検討すべき課題として「製造プロセスの標準化と企業内外の連携」「標準化・セキュリティ」「中小企業がIoTを活用するための基礎インフラの整備」「実証とモデルケースの共有」を打ち出している。また、中小企業向けには、今後「中堅・中小企業サブ幹事会」等を設置し、検討を進めていくとしている。

### 【2030年の製造業のあるべき姿】

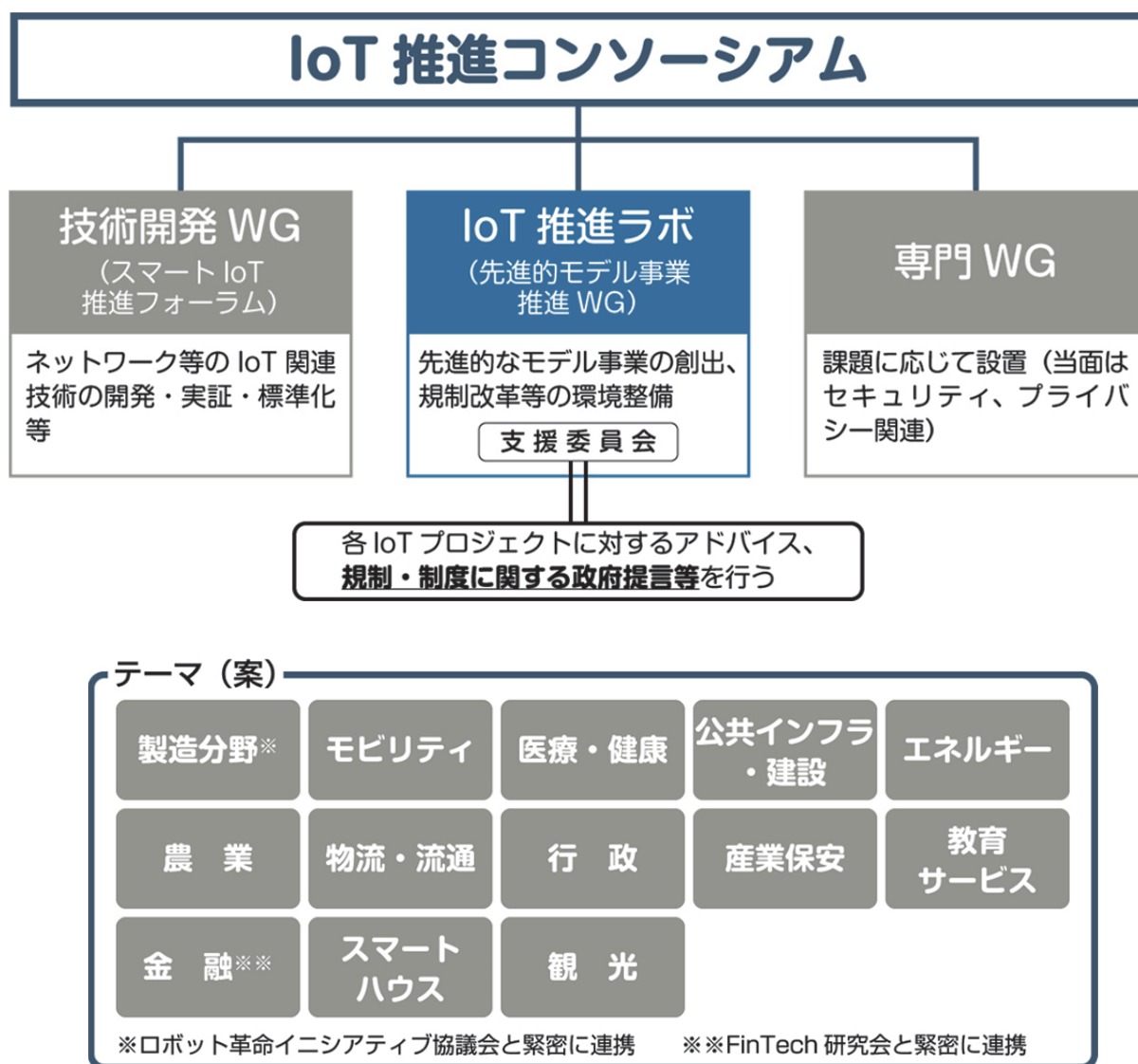
- ① IoTと日本の“強み”の融合／中堅・中小企業へのIT・IoTの浸透
  - ✓ 日本の製造業は、2030年の将来においても、その“強み”である「人」「技術力」「現場力」「カイゼン力（スピードときめ細かさ）」「規律」を、IoTの活用と融合させつつ、世界でも類をみない水準において、引き続き、維持・強化していく。（中略）我が国製造業は、2030年においても、引き続き、大企業と中小企業の密な連携の中で競争力を発揮する。即ち、IoTによるスピード経営・生産体制の下で、世界でも最高品質の製品製造とそのブラックボックス化により、日本ブランドの維持・強化を継続する。
  - ✓ 他方、大企業と中堅・中小企業の間を越えた取引が増加することにより、中堅・中小企業の取引の幅が広がり、自主的な且つ迅速な経営判断の下に売上げ・利益を増大させる可能性が生じる。また、中堅・中小企業が、IoTを通じてマーケットに直接つながることで、新たな市場を獲得することも想定される。一方、知的財産やセキュリティ等、新たに生じるリスクへの対応も必要となる。（中略）
  - ✓ IoTの活用が進んだ場合にも、「人」の役割は、より高度な判断を要する業務へ移行・特化するなど、引き続き、重要であり（必ずしも完全無人化といったことが目指されるわけではなく）、人と機械・設備・ロボットの新たな協調・共生の姿が模索・実現される。
- ② 革新的な生産効率の向上と高品質化プロセスの維持（プロセス変革）
  - ✓ （前略）他社の機械やシステムと繋がること自体が企業の競争力向上への手段となりうる時代が目前に迫っている。企業間連携をはかり、共通プロトコルの開発や共通インタフェースへのAPI開発の活性化等を行っていくことが求められる。
- ③ よりマーケットに根ざした製造（ビジネス変革）
  - ✓ 製造業が提供すべき商品は単に「技術力の高いもの」、「信頼性の高いもの」から「マーケットが求める価値を提供するもの」「売れるもの」へと変化しつつある。IoTを活用し、商品の運用情報や消費者の嗜好や行動を把握し、そこから導かれるニーズに的確・迅速に responding していくことができるようになる。（後略）
- ④ 製造業のサービス化（ビジネス変革）
  - ✓ IoTは製造業のサービス化を加速化し、ものづくりの意味は「ものを作る」ことから「付加価値を作る」ことへと変化する。（中略）こうした事業領域の拡大には、オープンイノベーション（自前主義の打破、経営資源の集中）の推進が必要となる。つまり、マーケットが変化するスピードを加速させていく中、自社の強みをどこに集中し、他のコストを下げるかを検討していく必要がある。
- ⑤ 産業間の垣根を越えた新たなビジネスの創出と競争の激化（ビジネス変革）
  - ✓ オープンイノベーションの進展によって、異業種のテクノロジーを利用した連携や異業種からの新たなコンペティターの参入が進む。こうしたトレンドは、我が国製造業が産業の垣根を越え、新たな事業領域へと参入する大きなチャンスとなる。（後略）

資料：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中間とりまとめ」平成27年12月25日

### (3) IoT 推進ラボ

2015 年秋に創設された「IoT 推進ラボ」は、分野ごとに先進的なモデル事業の創出を図る母体として発足し、日本企業のみならず、積極的に海外企業も取り込み、海外からの投資呼び込みや、成果のグローバルな展開を目指している。IoT プロジェクト発掘・実現イニシアティブでは、「製造分野」「モビリティ」「医療・健康」といったテーマごとに、ベンチャーを中心とした短期的な個別プロジェクトや、社会実装に向けた中期的な大規模プロジェクトの創出を目指している。そのために、大企業・ベンチャー・外資企業・大学の研究室・自治体等が連携するためのマッチング、新たなビジネスモデルの創出に必要な規制改革やルール整備を後押しする規制改革も進めている。

図表 12 IoT 推進ラボ



資料：IoT 推進コンソーシアム ウェブサイト

図表 13 IoT 推進ラボの活動実績や社会実装に向けた実証プロジェクト

【IoT 推進ラボでは、2016 年 1 月～2 月にかけて以下の 3 の取組みを実施】

<p><b>1-1. IoT Lab Selection</b> (先進的IoTプロジェクト選考会議)</p> <p>資金支援・メンター支援、規制改革支援を実施する先進的IoTプロジェクトの発掘・選定 2016年2月7日(日)</p> 	<p><b>1-2. IoT Lab Connection</b> (ソリューション・マッチング)</p>  <p>①観光、②製造(つながる工場)をテーマとした企業・団体・自治体のマッチング 2016年1月28日(木)</p>
<p><b>1-3. ビッグデータ分析コンテスト</b></p>  <p>企業等から提供された観光ビッグデータを活用したオンライン・アルゴリズムの開発競争 2016年2月7日(日) ※表彰式</p>	

【IoT・ビッグデータ・人工知能の活用による新たな社会の実現に向けた実証事業の概要】

～IoT 推進のための 10 の社会システム推進事業とスマートモビリティシステム研究開発・実証事業～

①日本型スマート工場モデルケース実証事業(委託・補助) ⑩スマートモビリティシステム研究開発・実証事業(委託)

<p><b>1. 事業目的・概要</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●ドイツのインダストリー4.0やアメリカのインダストリアル・インターネット等、製造業の付加価値を大きく変化させる動きが始まる中、我が国製造業においても生産現場の生産性向上やコスト削減のみならず、製品やサービスの付加価値を増加させるような新たな仕組みを構築することが重要。</li> <li>●本事業では、ユースケースの分析に基づく標準化等の国際的なルール作りの議論に乗り遅れることのないよう、我が国においても必要なユースケースの作成と整理を行う。</li> </ul> <p><b>2. 事業イメージ</b></p> <p>【現状】 製造業のためのシステムは、特定の機械、工場や企業ごとの独自仕様に応じて非常に高度に作り込まれている一方、機械どうし、工場どうし、企業どうし情報が連携させて全体最適を目指す仕組みとはなっていない。</p> <p><b>課題</b>・特定の機器、工場、企業ごとに作り込まれ外部と接続できない ・中小企業にも使える汎用・安価なものがない ・ユースケースが生産性向上に繋がっており、新たなビジネスモデルが創出されない</p> <p>IoT活用により製造業のスマート化を図る ～外部との連携による新たなユースケース創出～</p> 	<p><b>1. 事業目的・概要</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●高度な自動走行の社会実装に向けては、産学官の協調が不可欠な技術や事業環境等の課題が存在する。</li> <li>●本事業では、安全性・社会受容性・経済性の観点や国際動向等を踏まえつつ、革新的なセンサー等の研究開発を進めるとともに、高度な自動走行システムの社会実装に向けて技術やシステムの実証を推進する。</li> </ul> <p><b>2. 事業イメージ</b></p> <p>【研究開発(例)】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①革新的車載センサーの開発 悪天候等様々な条件下で、遠方の歩行者と構造物の識別が可能な革新的車載センサーを開発する。</li> <li>②運転行動データベースの構築技術の開発 運転行動データを効率良く大量に蓄積する標準的な仕組みを開発するとともに、これを用いて構築した試行的なデータベースの妥当性を評価する。</li> </ol> <p>【実証事業(例)】 ラストワンマイル自動走行、自動パーキング、隊列走行等</p> 
--	--

資料：経済産業省商務情報政策局「IoT 推進ラボ (IoT 推進ラボの活動実績と今後の活動方針)」2016 年 2 月

#### (4) インダストリアル・バリューチェーン・イニシアチブ (IVI)

2015年6月に法政大学デザイン工学部の西岡靖之教授が発起人となり、インダストリアル・バリューチェーン・イニシアチブ (IVI) というコンソーシアムが設立された。2014年9月に日本機械学会において設立された「生産技術と生産管理のイノベーション研究分科会」が母体となっており、学会での活動を引き継ぎ、我が国の製造業が持つ世界最先端の製造技術と、現場を起点としたボトムアップなカイゼンを、ICTを用いてさらに進化させることを目的としている。そのために、日本的なリファレンスモデルを作成し、それを手掛かりにデジタル化を進め、工場をより細かな単位でその外部とつなぎ、働く人々が地域や時間を超えてつながる世界を目指している。

IVIでは、大手製造業の現場力をさらに高めるための生産技術の水平展開や、工場内・工場間の連携、そして海外へ向けた製品やインフラ輸出におけるアフターサービスのためのプラットフォーム化などを支援し、日本的なものづくりのリファレンスモデルの国際規格の提案なども視野に入れて活動していくとしている。

さらに、「つながる工場」を実現することで、中小製造業が国内にいながら海外からの受注を受けられる体制を可能にし、それと同時に、全国各地の地域に根差したものづくりネットワークを支援していくことを重視している。中小企業を積極的に巻き込みながら、中小企業が使えるプラットフォーム形成を目指しているところも特筆すべき点といえる。

2016年3月現在、正会員が86社（うち、中小企業が29社）、サポート会員が34社（うち、中小企業が16社）、賛助会員が11団体、学会会員が15名となっている。複数名が会員登録している会社も少なくなく、コンソーシアム設立以来、活発な活動が展開されている。

IVIには「ビジネス連携委員会」「標準モデル委員会」「インフラ支援委員会」「パブリシティ委員会」という4つの委員会の他に、最長1年という活動期限を設けてリファレンスモデルづくりに取り組むワーキング・グループを設置している。2016年3月現在で20のワーキング・グループが活動して成果を出しており、3月10日にはその活動成果報告も兼ねた大規模な公開シンポジウムが開催され、会場は定員の450名を超える大勢の参加者で埋め尽くされた。IVIは、まさに日本のつながる工場の“イニシアチブ”をとりつつ、今後、プラットフォームの形成に向けて動き出すことが期待されている。

なお、IVIではリファレンスモデルを評価し、その優位性や実現可能性を実証することをゴールとするプロジェクトも運営している。ワーキング・グループと違って、プロジェクトはNDA等を締結してクローズで実施されるが、リファレンスモデルの検証結果や新たに得られたリファレンスモデルはIVIに報告する義務を負っている。また、ワーキング・グループの成果物がIVIの共通財産となるのに対して、プロジェクトの成果で得られた知的財産は実施主体者の方針で帰属を決定することができるなど、知財マネジメントのスキームも明確になっている。



---

## 第2章 講師からの問題提起

---

ここでは、ものづくり競争力研究会における各講師のプレゼンテーションのエッセンスをまとめている。

### 1. 欧米コンソーシアムの動向

**Industrie4.0 の取組みについて**  
ベッコフオートメーション株式会社 代表取締役社長 川野俊充講師

#### ④ ドイツの主要工業会を横断的に巻き込んだプラットフォーム

Industrie4.0（以下、I4.0）はドイツの国策の一つで、もともと I4.0 プラットフォームがドイツの製造業の競争力を高めていくためにより、という提言書が提出されたのが発端になっている。2013年4月に産官学の共同体の運営委員会が形成され、そのもとでワーキンググループが幾つか設置され、標準化の議論や要素技術開発の議論が進められている。参加企業の中でも非常に存在感を示しているのが Siemens、SAP、Bosch といったドイツを代表する企業だが、その一方で、IBM など米国の企業も顔を並べていたり、ABB のようなヨーロッパ企業も参加したりと、ドイツの国家戦略として広く欧米に対しても影響力を及ぼしていきたいという意図が感じられる。

I4.0 の事務局は機械、電気・電子、IT・通信・メディアという3つのドイツの主要な工業会が担当しており、これはメルケル首相の業界を横断して取り組むべき課題であるとの認識の下、半ば強制的に集められてプラットフォームを形成した。この3つの工業会に属している企業を合わせると 5,000 社を超えるので、本当にドイツの主要な企業全てを巻き込んだプロジェクトである。

#### ④ 地域の特徴や強みを生かした実証実験や要素技術開発がクラスタ単位で展開

標準化のための実際の実証実験や要素技術開発は産官学の共同体のクラスタという単位で行われており、ベッコフは It's OWL という最も大きなクラスタの活動に所属し、「考える工場」のモデル運用というテーマで助成金をもらっている。ドイツは全国にフラウンホーファー研究所が 67 カ所あり、地方ごとにフラウンホーファーの研究所の強み、あるいは得意分野が分かれています、その得意分野を共有するような形で大学や企業が集まり、地方ごとに特徴的な研究が行われている。「考える工場」の拠点はフラ



ウンホーファーの ITT の生産技術の研究所の近くで展開されており、生産技術に携わる製品機器メーカーなどが集まっている。

#### ④ 標準化によりバリューチェーンを合理化し、新たな付加価値や新市場を創出

I4.0 がどのように製造業の競争力を高めていこうとしているのか。その1つはスマート工場の「協調領域」で、通信の規格やデータフォーマットなどの主にソフトウェアサイドを業界やサプライチェーンを超えて標準化し、国内外に展開することで新しい市場を創出しようとしている。1つの例としては「マスカスタマイゼーション」で、カスタマイズ品を量産品の価格と納期で提供しようとするもの。既に一部の大企業やトップ企業では自社システムで実現できているところを、あえて国家プロジェクトとしているのは、同じような新しい付加価値を創出する、あるいは高い生産性を実現することを、大企業ではなく中堅・中小企業もできるようにしていこう、それが国力を高めることにつながるだろうとの考えからである。さらに、業界やサプライチェーンを超えて、企業が入り乱れて同じようなバリューチェーンを合理化して新しい付加価値を出していこうというのが I4.0 の新市場を創出するという1つのやり方である。この際に、最も重要となるのが「標準化」で、イノベーションと標準化は相対する概念かのように思えるが、ドイツは標準化にこそイノベーションの源泉があり、それを産官学で醸成していこうというところがドイツの非常にユニークなところ。そして、標準化の対象となっているのが、サイバーフィジカルシステムという概念である。

#### ④ 四方から生産現場を最適化する I4.0

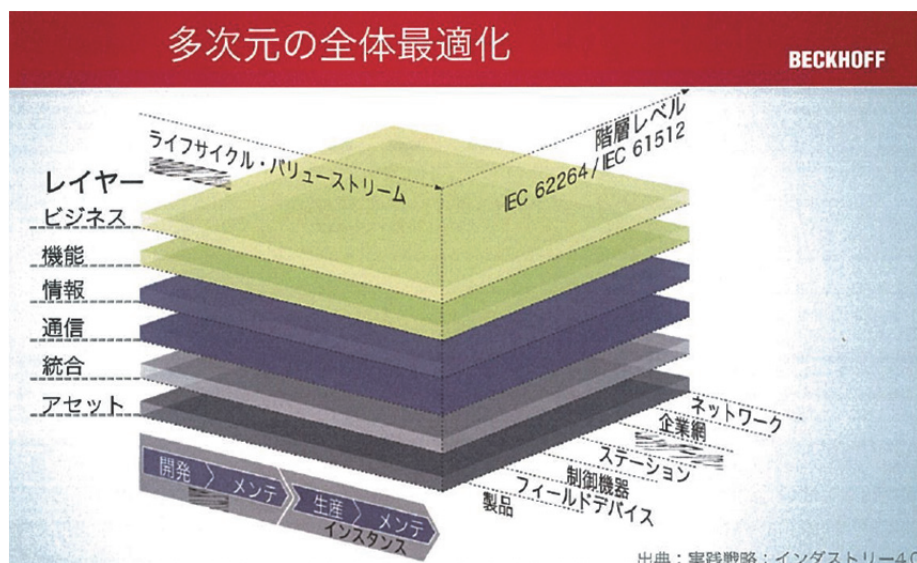
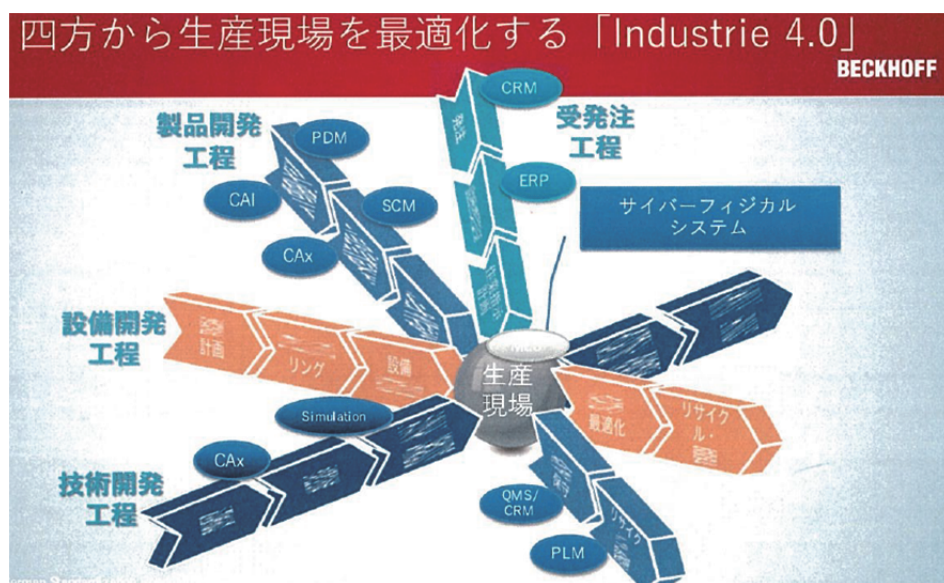
受発注の工程、製品開発の工程、設備開発の工程など、いろいろなものがあって、それぞれシミュレーションしたり合理化したりするためのソフトウェアやツールがたくさんあるが、局所最適の算術和にしかなっていない。I4.0 はこういった工程とかソフトウェアのシミュレーションは、言ってみればバーチャルの世界であり、そのバーチャルの世界がリアルの世界と交点を持つ“生産現場”で動くスマートマシンやサイバーフィジカルシステムが標準的なインターフェースを各工程に対してオープンに提供できるようになると、全ての工程からの最適化パラメータを一極集中的に受けて、今までばらばらに最適化していたものを全体最適できるような生産システムのユニバーサルモデルがつかれるのではないだろうかという、非常に壮大な計画になっている。

#### ④ ドイツのデジュール戦略（I4.0）に対する米国のデファクト戦略（IIC）

こうした動きを受けて米国でも同様の取り組みが始まっており、2014年3月に IIC が設立された。ただし、米国は標準化、いわゆるデジュールスタンダードをつくっていこうという感じではなく、産官学、あるいは業界が入り乱れて、新しいビジネスモデルをつくってしまう。それを実証できるようなテストベッドの環境をつくって、とにかく早く使えるモデルをつくっていく。そういうものをデファクトスタンダードと

して世の中に広めていくという、完全に違うアプローチをとっている。よって、I4.0とIIC、米国とドイツの象徴的な違いは、デジュールスタンダード戦略で世の中を制覇していこうという勢力と、デファクトスタンダードとのせめぎ合いになっていると捉えると、わかりやすい。

もともとドイツのI4.0は米国に対する危機感が原動力、発端になっている。アメリカのクラウド企業のBig4と呼ばれるApple、Google、Facebook、Amazonのような企業が最近では自動運転を始め、ロボット企業を買収し、ドローンによる物流配送に取り組むなど、どんどんリアルな製造業の世界においてきている。ただし、最近の動きとして、この両者に加盟する企業が少しずつ増えており、互換性や相互接続性を担保していくことがお互いにとって必要だろうと思いはじめてきている。



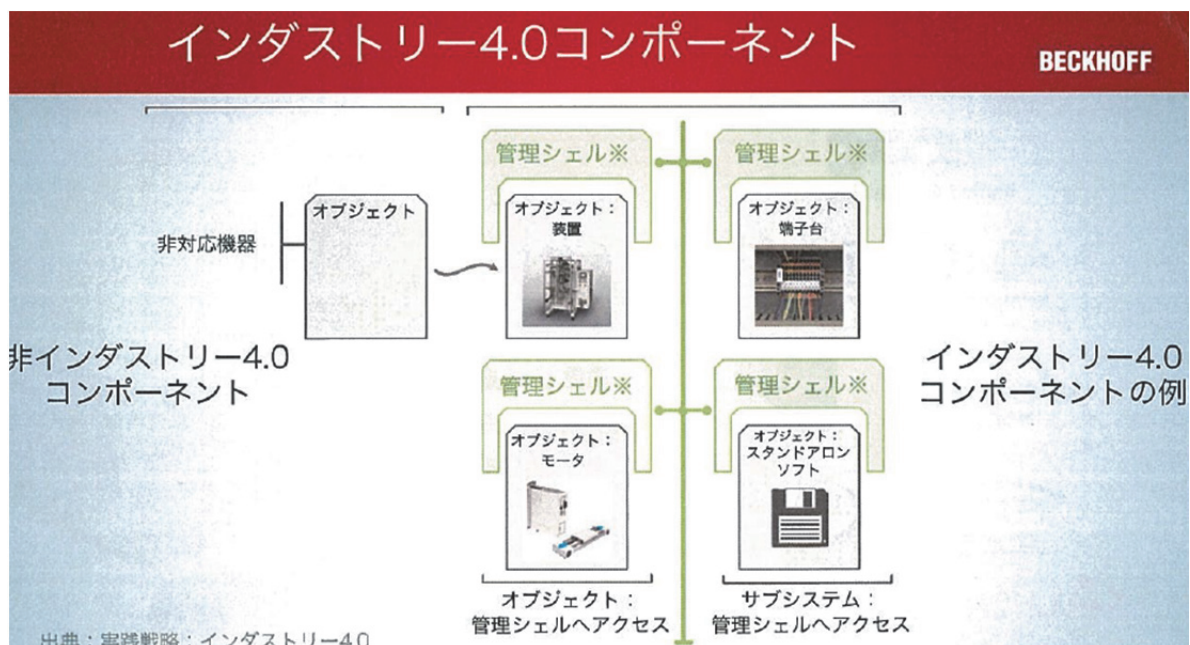
出所：川野講師プレゼン資料

## ④ 14.0 の実践戦略にみる取組み

14.0 の実践戦略では、各レイヤーの各軸に対して全て新しい規格をつくって採用を働きかけるのではなく、今ある規格で使えるものは全部使い、足りないところだけ新たに規格を拡張したり、新たにつくっていかうという現実的なドイツ人らしいアプローチとなっている。

14.0 コンポーネントは全てをソフトウェアとして、管理シェルをかぶせることで相互接続を可能にしようとしている。管理シェルがかぶっていれば、それは 14.0 コンポーネントとして、全く同じオブジェクトとして、ソフトウェアとして上位から認識ができるようになるので、種類が変わっても、メーカーが変わってもお互いに透過的に組み合わせてシステムをつくることができるようになる。このように、重要なところは管理シェルであり、管理シェルの規格化が今まさに議論されている。

そのほか、工場のネットワークはリアルタイム性が必要なので、フィールドバスと呼ばれる規格が世界中にたくさんあり、リアルタイム通信というところは本当にカオスの状況である。メーカーごとに仕様が違い、相互互換性がないという状況で、もし 14.0 に対応するために特定のフィールドバス規格が決められると影響が大きい。ここについても、かなり現実的なプランが提示されている。



出典：実践戦略：インダストリー4.0

出所：川野講師プレゼン資料

## ④ 14.0 が描く世界—競争領域は差別化の源泉、協調領域は標準規格を活用、クラウドで需給マッチング

これからはクラウドで需給マッチングする市場ができる。つまり、IT の周辺機器としてあらゆる産業機器や生産財がネットワークでつながるようになると、この部品をつくりたいが、自分は工場を持っていないといったときに、CAD の図面をクラウドに



上げると、そのクラウドサービスが加工してくれる機械を世界中から探してくれて、どこでやると、どれくらいの品質で、どれくらいの納期で送料も含めてどれくらいのコストでできるというのを全体最適してくれると、場合によっては全くラインを新しく引かずに、カスタムメイドの部品をつくるために垂直立ち上げができる世界が来るかもしれない。それを狙おうとしているのが I4.0 の一つの観点である。

ラクスルという日本のベンチャー企業が印刷業界から注目されている。2万社にある印刷機は常に稼働しているわけではなく、大体遊んでしまっているという構造的な課題があるので、印刷物をラクスルのフォーマットに合わせてアップロードすると、それを印刷してくれる印刷機を見つけてきてくれて、ある一定以上印刷する場合には、自社でインソースでプリンターを買って印刷するよりも安くできるというサービスを展開している。これは必ずしも生産能力のクラウドソーシングではないが、印刷も広義の生産能力の一つだと見れば、こういった形でいろいろな生産能力がクラウドソーシングできる世の中のイメージが湧く。

結論として、つながる IoT、インダストリアル IoT 戦略で、スマートファクトリーをグローバル展開して、マスカスタマイゼーションをやろうというのが I4.0 である。競争領域は差別化の源泉にしていくしかないが、協調領域は標準規格を活用して、クラウドで需給マッチングする、新しいビジネスモデルや新市場をつくっていくレボリューションにつなげていく考え方が重要。クラウドソースのようなものが当たり前な世の中がやってくるので、それに備えて我々はどうすべきかを考えなければならない。

## ドイツ発「インダストリー4.0」、アメリカ発「インダストリアル・インターネット」～世界で進むIoT・新産業革命への取組み

三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社

コンサルティング・国際事業本部 国際営業部 副部長 尾木蔵人講師

### ④ 欧米から新しいビジネスモデルを仕掛けられている

ビジネスモデルの変化というと簡単だが、要は欧米から新しいビジネスモデルを仕掛けられている状態にある。それに対して日本が手を打っていない。

ビジネスモデルを簡単に言うと、サービスである。これをソフトウェアと呼ぶ方もいる。たとえば、iPhoneを携帯電話と見るべきか。答えはノーだ。携帯電話はiPhoneの1つの機能に過ぎず、iPhoneはインターネットにつながるデバイスである。さらに一歩進めると、iPhoneはサービスを提供するための箱でしかない。つまり、ユーザーはiPhoneをモノとして見るのではなく、サービスとして見ている。そのサービスに対する評価がこれからのビジネスを決するのだという考え方、これを今、主にアメリカから仕掛けられている。

ソフトウェアが実権を握って、ものづくりの企業（日本）はそのパーツとしてつくってあげればよいというのがアメリカの感覚に近い。また、次世代の技術といえる人工知能やクラウドコンピューティングなど急激な変化が起こっている。この変化に伴った新しいビジネスモデルが急速にグローバルベースで展開しようとしている中で、日本の動きは余りにも遅いのではないか。ここに気がついていないのではないかという危機意識を持っている。

### ④ 日本の存在感が埋没している

アメリカのIIC（Industrial Internet Consortium）はGE、IBM、基本的にはシリコンバレーのIT企業などが世界的に仕掛けられているコンソーシアムであり、コンソーシアムという名の下で、ビジネスモデルのデファクトを取りに行くことが目的である。IICには世界中から180～190ぐらいの参加者がいる。IICはコンソーシアムの中のテストベッド、もしくはワーキンググループを使いながら、今、物すごいスピードで動いており、IICを本当に動かしているのはアメリカのIT企業だと思う。その中にSiemensやBoschといった、Industrie4.0を引っ張っているはずのドイツの中心企業が中心メンバーとして入ってきている。

ドイツの代表的な企業とアメリカの代表的な企業が完全に今、シンクロナイズしている。そして、彼らが今まさしくデファクトを取りに行くためのテストベッドやワークショップを始めていて、その中に日本企業がほとんど存在しない。IIC自体に日本

企業も参加しているが、一部の例外を除いて存在感があまりないというのが現状である。

さらに、ドイツと中国は完全に政府レベルでつながっている。標準化もそうだし、ビジネスモデルとしても、中国のストライクゾーンに完全に 4.0 の技術が入っている。中国では過去 10 年以上、三菱電機が e-ファクトリーを展開してきている。その対抗軸として Siemens があると思うが、Indsutrie4.0 の工場を売ってくれというのが中国のニーズになってきており、Siemens の旗色がよくなっている。これはドイツの Industrie4.0 というビジネス戦略に負けているということになる。

いずれにせよ、中国とドイツが結びついて、企業レベルでドイツとアメリカが結びついたということは一気通貫で外堀が埋まりつつある。

### ④ 日本もグローバルプラットフォームを目指せ

日本はグローバルマーケットを目指すべきである。日本国内で日本仕様のものやっけていい時代はもう終わったと考えるべきだ。いわゆる 1980 年代から 90 年代にかけては、団塊の世代が一気に消費できるような時代になって、国内市場が非常においしかった時代である。日本の企業の経営者は、そのときの成功体験にのっとりトップマネジメントをしている。国内市場は今から縮小する。つまり、日本企業にとっても国内市場だけを考えていて、その中の勝ち残りを目指したら、最終的には合併と縮小均衡しかない。日本の国民が、もしくは若い方々がこれから製造業を含めて産業の世界で発展するためにはグローバル市場に日本が出て行くしかないし、その中で今の日本のものづくりの強みを生かしてどういう手を打っていいのかにかかっている。

日本が生き残れるかどうかは、グローバルマーケットにおいて、日本が IoT もしくは 4.0 でもいいが、こういった大きな変化の中で勝ち残ることができるか、ポジショニングができるにかかっている。よって、日本としてはここにリソースを投入して戦略を立てるべきである。

### ④ 日本も戦略的に仕掛けていく必要性

2020 年前後に、いわゆるトリリオンセンサと呼ばれている 1 兆個センサの時代が来る。それは社会に劇的な変化をもたらすだろうというのが今の IoT ビジネスモデルの前提条件である。ただし、これはアメリカやドイツのセンサ企業の期待値なのである。未来は誰にもわからないが、彼らはこれだけの伸び率があるというようにマーケットとして期待している。それを裏返すと、さらなる増加を実現しようという彼らのコミットメントだと理解している。

つまり、これはやはりビジネスを仕掛けられている。IoT によって、皆がセンサをいれなければいけなくなると、彼らにとってのマーケットが広がる。そして、ただセンサを売ればいいわけではなくて、それをいかにシステム化して、いかにハイバリューにして売っていくかということをお当然考えるようになる。

ドイツの Industrie4.0 はどちらかといえばアメリカに対する防御である。ドイツの自動車メーカーは Google の自動運転をやられてはまずいと思っているので、その防御をするために攻めている。ドイツもアメリカに負けないために同じベクトルに向かって走っている。

ただし、Siemens、Bosch、SAP は実際に Industrie4.0 を動かしている中枢メンバーであるが、彼らは IIC にも参加しており、デファクトを取りに行くことを狙っている。ドイツの動きだけを見ても Industrie4.0 は正しく理解できない。ドイツとアメリカのシンクロナイズしているレベル感を見るのが今の正しい分析であり、それを踏まえた日本の動き方を考えるべきである。

### ④ 世界のものづくりの変化とドイツが目指すポジション

多品種、少品種ということ言えば、アメリカの T 型フォードで大量生産が始まって、最終的には少品種で一気に大量生産の時代が始まり、今は緩やかに多品種の時代に移り変わっている。その中には 3D プリンターもあり、多様化もあり、グローバル化もある。この中でドイツは自分たちのポジショニングを研究し、その中のパーツとしてものづくりがある。

多品種少量生産は、恐らくドイツの概念では「多品種生産」が正しい感覚と思われるが、いずれにしても、大量生産の時代は終わりを告げた。自分たちが高付加価値で世界で勝負していくためには、ドイツとしては、大量生産では勝てない、自分たちのコストではビジネスモデルが成り立たないという理解のもとで、CPS を使って 4.0 を推進している。

### ④ データを活用したサービスが鍵を握り、ドライバーとなるのはソフトウェア

世界ソフトウェア企業売り上げランキングをみると、世界のトップ 10 の中に日系企業はない。そして、ドイツ企業からもトップ 10 入りしているのは SAP だけである。

これからの IoT にしろ、Industrie4.0 にしろ、最も必要なテクノロジーである人工知能やビッグデータ分析といった部分で最も重要になってくるドライバーであるソフトウェアの部分で、日本は国内路線（国産技術の採用）にこだわると負けてしまう。世界で最も進んでいるテクノロジーを利用して、日本のビジネスモデルを確立すべきである。

そして、データを活用したサービスが IoT 社会の鍵になる。GE は Predix というプラットフォームをつくったが、彼らは Predix をつくるのが最終目的ではなくて、産業用のクラウドコンピューティングを始めた。ここが最終的な狙いなのだと思う。Siemens のようなメーカーでも、ソフトウェアビジネス、IT ビジネスに乗り出しており、その中の一つのソリューションはクラウドコンピューティングであり、こういったビッグデータ分析によってサービスを提供していくところが主戦場になってくる可能性が極めて高い。

## 2. 欧米企業からのプレゼンテーション

### デジタルエンタープライズの動向

シーメンス株式会社 専務執行役員 島田太郎講師  
(デジタルファクトリー事業本部、プロセス&ドライブ事業本部)

#### ④ Industrie 4.0 とはこだわりを捨てて標準化していく活動

日独の生産性を比較すると、ドイツは日本に対して 1.5 倍ぐらいの生産性を見せている。日本人はこだわりの塊で、これは素晴らしい特色であると思うが、こだわらなくてもいいところまでこだわってしまっているのではないかということ懸念している。なぜこのことに言及するかといえば、Industrie 4.0 とは“こだわりを削っていく作業”だからである。ちょっと使いづらけれども我慢して、もっと標準化してこだわりを捨てて、本当にこだわらないといけないところにだけお金をかけて、今まで以上に 1 人当たりの効率性を高めるための活動なのである。

#### ④ デジタルエンタープライズプラットフォームが要

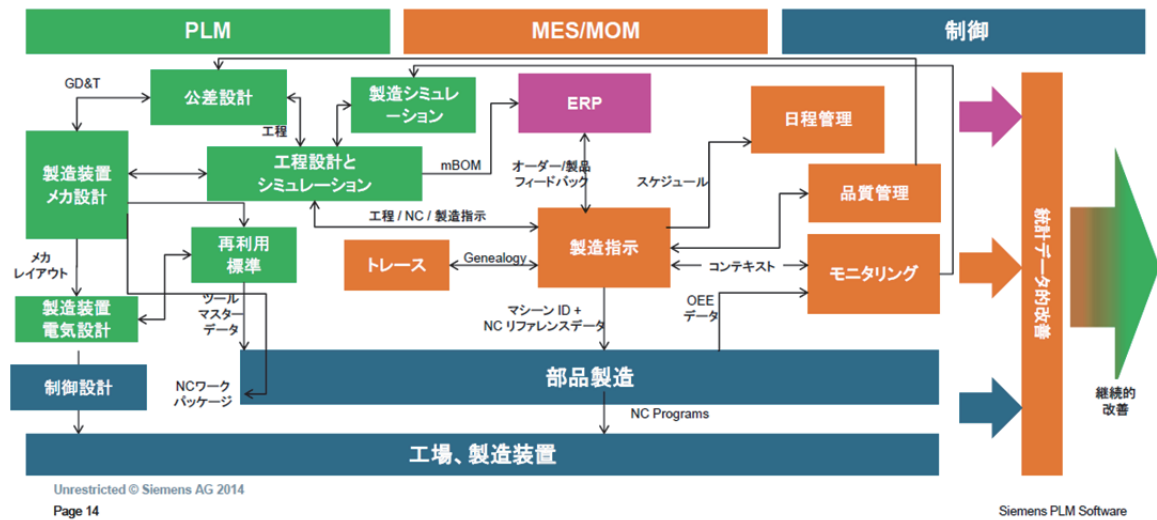
Industrie 4.0 はマスカスタマイゼーションを実現するための手段で、要はおもてなしの気持ちで相手に対して響くものをつくる。それには、工場内もしくは製品設計からサービスに至るまで一貫したデータを取り出したり、それをフレキシブルに動かすようなデジタルプラットフォームがなければ Industrie 4.0 が目指すところの先進技術は役に立たない。シーメンスでは、これをデジタルエンタープライズと呼び、これに一番注力している。

デジタルエンタープライズプラットフォームとは、具体的には①PLMと言われるような製品を設計したり、3D でつくったりシミュレーションしたりするソフトウェア、②MES とか MOM とと言われるような生産計画をしたり品質管理をしたりモニタリングするようなソフトウェア、③実際に工場内のオートメーションをやっている自動化ツールで、インバーターやシーケンサー、モーター制御等、これら①～③が一体となった形でデータが自由に取り扱える世界と定義している。

工場では標準化が重要なので、クリエイティビティーを出すよりも、モジュラー化し、標準化を行い、それらを組み合わせることが重要である。日本人は個々の改善が得意なので、どんどん違うものになっていき、一つ一つの効率性は高くても、全体のスループットは面倒なことになっているとか、何か新しいことをしようと思うと毎回大変な苦勞をして乗り越えるということになっている。欧米は割り切りである。必ずしも欧米がすぐれているとは思わないが、このバランスが非常に重要である。



## デジタルエンタープライズ マップ



出所：島田講師プレゼン資料

### ④ Industrie 4.0 の実証工場であるアンバーク工場

シーメンスにはアンバーク工場があり、Industrie 4.0 的なものの実験場だと言われている。1,000 種類のシーメンスの主力製品を製造しており、SIMATIC というコントローラーは毎月 100 万個製造している。

この工場では、毎日 5,000 万個の製造工程データを収集し、その情報からどこを改善しないといけないかということを常にやっている。不具合の情報がほぼリアルタイムで画面で確認でき、その画面をクリックしていだけで具体的にどの部分のどういう理由で不具合になったかがわかるようになっている。この品質管理に必要なソフトウェアはシーメンスが開発した自社商品で、自分たちでソフトウェアを開発し、それを自社工場で確認し、問題点や改善点をたゆまず盛り込んで、それをお客様にも販売する。基本的には、自分たちでつくって自分たちで試したものでないと出さないポリシーになっている。

品質をきちんと計画し、それを取り上げて、その情報から傾向などを見て不具合を調整していくという極めて地道な PDCA によって品質は担保される。

### ④ 品質管理を行うためのソフトウェアプラットフォーム

シーメンスでは、集めた情報の傾向を分析し、様々な工場を止めないために活用する取組みも行っており、そのためのソフトウェアプラットフォームを用意しようとしている。つまり、データベース上にいろいろな情報を集めて、ビッグデータ解析をして、振動が起きてきたときに早くメンテナンスしないといけないのではないかとといった情報を集めるプラットフォームを用意している。このプラットフォームは製造のた

めだけのものではない。例えば医療とか、エネルギーとか、シーメンスがタッチしている全ての事業に対して提供できるようなものを用意している。

工場で言うと、工場内のさまざまな情報を集めて、クラウド上に上げていろいろなエキスパートがその情報を見られる。工場内の設備を全て自社でつくっている会社はほとんど存在せず、大半は外のメーカーにお願いしている。そうすると、保全などをしたときにわからないことがいろいろある。たとえばロボットの「ちょこ停」の原因を突き止めるには、ロボットに原因があるかもしれないし、別の要因があるかもしれないので、ロボットエキスパートも含めていろいろな人が情報を見られるしくみにしておかなければ、その問題をつなげていくことができない。

このノウハウは徐々に日本の企業では落ちつつあるのが懸念点である。極端な言い方をすると、そもそもそういったものをほぼ捨ててしまっているようなアメリカがこのようなソフトウェアを生かしたアプローチをしてきた場合に、果たして日本の現在の非常にすぐれた保全やメンテナンスをする人たちの力だけで対抗できるのか、やっていけるのかという問題がある。

### ④ イーサーネット化してつながる工場になることが先決

日本とドイツの工場を比較した際、日本の一番の課題はネットワークにある。工場内はいろいろなものがつながっているのだが、さまざまな会社の規格のものがばらばらに入っていて、それをつなげることが非常に難しい。このネットワークはイーサーネット化しないと、例えばオフィスから工場内の情報を見ようと思っても見られない。

シーメンスではオープンなコミュニティであるPROFINETに対して、さまざまな提言をしている。これはイーサーネットベースだが、リアルタイム性が確保できる。これはインフラであり、いわゆる黒電話の時代からLINEの時代への移行である。

The diagram illustrates the PROFINET ecosystem. At the center is 'PROFINET', surrounded by various features: Safety (安全), Process (プロセス), Real-time communication (リアルタイム通信), Distributed field devices (分散型フィールド機器), Motion control (モーションコントロール), Distributed intelligence (分散型インテリジェンス), Network architecture (ネットワーク構築), IT standards and security (IT規格とセキュリティ), and Industrial Ethernet (Industrial Ethernet). The SIEMENS logo is present in the top right.

柔軟性	効率性	パフォーマンス
製造現場に新発想	資源の有効活用	生産性の向上
<ul style="list-style-type: none"> <li>産業用無線 LAN</li> <li>セーフティ</li> <li>柔軟なトポロジ</li> <li>オープン規格</li> <li>Web ツール</li> <li>拡張性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1本のケーブルであらゆる用途に対応</li> <li>デバイス / ネットワーク診断</li> <li>エネルギー効率</li> <li>配線が簡単</li> <li>デバイス交換が簡単</li> <li>堅牢性 / 安定性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>速度</li> <li>高精度</li> <li>大規模システム構成</li> <li>高速データ通信</li> <li>リダンダンシー</li> <li>ファストスタートアップ</li> </ul>

3. 特徴 / 機能

PROFINETは、あらゆる用途に適した選択

ドイツでは 10 年ぐらい前に、自動車会社が結託して PROFINET でいこうということで、現在までにほぼこのインフラができあがっている。したがって、IoT で工場からデータをとろうと思えば、つながっているので対応できる。一方、日本はつながっていない。中国も昨年、この PROFINET を標準採択した。PROFINET である必要はないが、イーサネットベースの統合的な情報がとれるプロトコルを採用すべきだ。

IoT を推進するにあたり、日本はまずは（工場がつながっていないので）宿題をこなす必要がある。過去 20 年間、特に日本の工場は投資が非常に細っている。最新の設備は海外の工場になり、日本の設備は最低限の保全しかされていない状況にあるので、非常に危険な状態だ。製造現場にデジタルプラットフォームがなければ先進技術は役に立たない。日本のやるべきことは、まずは、本来の日本の強みである工場内の宿題をこなすことである。しかしながら、日本の動きは遅く、はっきり言って日本の工場は遅れている。すでに iPhone など IoT 化されているのに、工場の中は IoT 化されていない。この壁を乗り越えなくてはならないが、おそらく数年はかかるだろう。

#### ④ 日本の経営に求められること

欧米は工場のインターネット化をトップダウンでやっている。日本はトータルコストではなく、イニシャルコストしかみていないので、決裁が通らないというのは非常に危険である。一番重要なことはソフトウェアを起点に、失敗してもいいからやること。アメリカは失敗を許容する文化があってどんどんチャレンジする。ドイツもアメリカのこの文化を一番恐れている。

日本はオープン化することと、捨てることの両方をやらないといけない。シーメンスは 10% 以下の利益の事業は売却する。将来的にシーメンスの方向性と合わないものは売却することで、過去 10 年間に 6 割の事業ポートフォリオを入れかえた。デジタル化の流れの中でアメリカの会社を買収して、それをインテグレートしている。

グローバル IoT トрендと Industrie4.0 について  
 日本アイ・ビー・エム株式会社  
 グローバル・エレクトロニクス・インダストリー CTO 山本宏講師

④ IoT 関連のイニシアティブ

IoT 関連のイニシアティブをグローバルレベルでみると、ドイツが推進している Industrie4.0 や米国で設立されたインダストリアル・インターネット・コンソーシアム（以下 IIC）といった B to B 陣営、AllSeen Alliance や Open Interconnect Consortium に代表される B to C 陣営及び日本のロボット革命推進会議などに代表される政府が推進しているイニシアティブなどに分類することができる。

一方 Google に代表される一部ネットカンパニーは、自社がサイバー空間上に所有するデータ、サービス、アプリケーションだけでなく、車、ロボット或いは衛星などフィジカルな分野にもビジネススコープを拡げることにより、サイバーとフィジカルが融合した世界を単独で実現しようとしている。



“IoT 関連イニシアティブ “出所：山本講師プレゼン資料

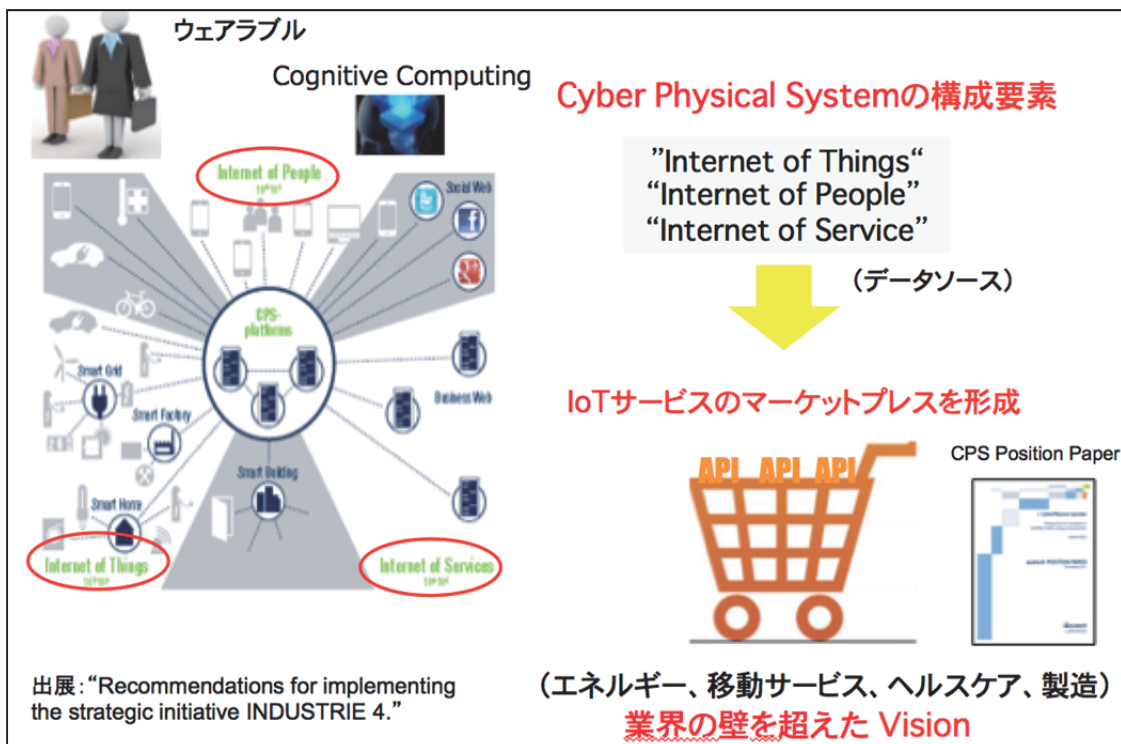
④ データの所有権や利用権にかかわるレギュレーションが重要なポイント

2013年にドイツ工学アカデミー(acatech)から出版された Industrie4.0 ホワイトペーパー “Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4”にはフォーカス分野として、「国際標準」「エンジニアリング・設計」「組織形成」「レギュレーシ

ョン」など8つの項目が挙げられている。この中で注目すべきはレギュレーション即ち法整備と言ってよいだろう。全てのIoTシステムは“データ”利用が前提であるにもかかわらず、現在このデータの扱い、つまり所有権や使用权は非常に曖昧なものとなっている。例えばスマートメーターケースでは、メーターデータがメーターの会社のものなのか、家庭のものなのか、電力会社のものなのか判然としていない。データ利用が前提となるIoTの世界においては、所有権はさておきデータ利用を保証・促進する法整備は今後急を要する課題と考えられる。

### ④ IoTのサービスのマーケットプレイスを目指すドイツ

前章で触れたドイツアカデミーからはIndustrie4.0ホワイトペーパー以外にCyber Physical System（以下CPS）に関するポジションペーパーもリリースされている。これによるとCPSはInternet of Things、Internet of Service、Internet of Peopleという3つのドメインから形成される。Internet of Thingsはモノのインターネット、Internet of Serviceはアプリケーションサービス（含む従来のITサービス）、Internet of Peopleは情報を発信する人が主役と言えるだろう。つまりCPSは人、モノ、ITがデータソースになり、このデータを媒体としてCyberとPhysicalな世界をループするシステムを実現する。ドイツはこのCPSというビジョンをもとに、将来的にエネルギー、モビリティ、ヘルスケア、製造などのセクター或いはビジネスドメインにフォーカスしたAPIによるIoTサービスのマーケットプレイスをつくろうとしている。実現目標は2025年～2030年とまだ先であるが、これによりおそらく従来の業界の括りが緩やかに変化・統合していくことが予想される。



“Cyber Physical System” 出所：山本講師プレゼン資料



## ④ ビジネスバリューを出す上でドライバとなるのは“サービス”

Industrie4.0 では「究極の変更を可能にするビジネスの柔軟性」「お客様の個別ニーズに対応した多品種少量生産」「サービスによる新しい価値の創出」をビジネスバリューと位置づけている。付加価値及び差別化の視点からすると今後重要視されるのは「サービス」になるだろう。現にドイツの自動車産業では車の性能・機能の改善・向上に加え、新しい顧客体験という観点でモビリティサービスを重視している。

## ④ IICではテストベッド重視

IoTを推進する団体としてIICが設立されことは冒頭でも述べたが、IICと歩調を揃えているのがオブジェクト・マネージメント・グループ（以下OMG）というITの標準化団体である。OMGはかつて異機種ベンダー間でのアプリケーション相互接続を可能にするCommon Object Request Broker Architecture（以下CORBA）という技術を推進していた団体である。CORBAは現在でも異機種相互接続を可能にするアプリケーションプラットフォームとして多くの業界で利用されている。OMGはCORBAで実現した異機種ベンダー共通プラットフォームというビジョンを、ITだけでなくIoTの世界にまで拡げようとしているのではないだろうか。

IICでは、実際にモノとアプリケーションを連携させることにより、本当に価値があるかという実証実験をテストベッドワーキンググループ内で取り組んでいる。2016年3月の時点で9つのテストベッドが公開されているが、実証実験はIICのメンバーであれば誰でも提案でき、承認されればそのテストベッドが公開され検証がスタートする。このテストベッドにおける実証実験は非常に重要である。なぜならば特定のシナリオに基づいたテストベッドでビジネスバリューが証明されたとすると、そのテストベッドの構成が想定しているユースケースのデファクトになる可能性があるからだ。スペックで決められた標準以上に実機検証で証明された効果が重要視されるのは過去の例から明らかである。

## ④ IoTの本質

2010年前後から注目されはじめたビックデータにおいてモノはデータソースであった。しかしIoTにおけるモノは単にデータソースだけではなくアプリケーションインターフェース（以下API）を持つことにより、アプリケーションと直接双方向に通信することを想定している。例えば車やエレベーター、衛星、ロボットがサイバー空間上のERP、ワークフローシステムやアセットマネージメントなどのアプリケーションと相互に接続することによりフィジカルとサイバーがインテグレーションされた世界を実現する。このインテグレーションによりこれまでになかった新しい価値を創出する可能性をIoTは秘めている。

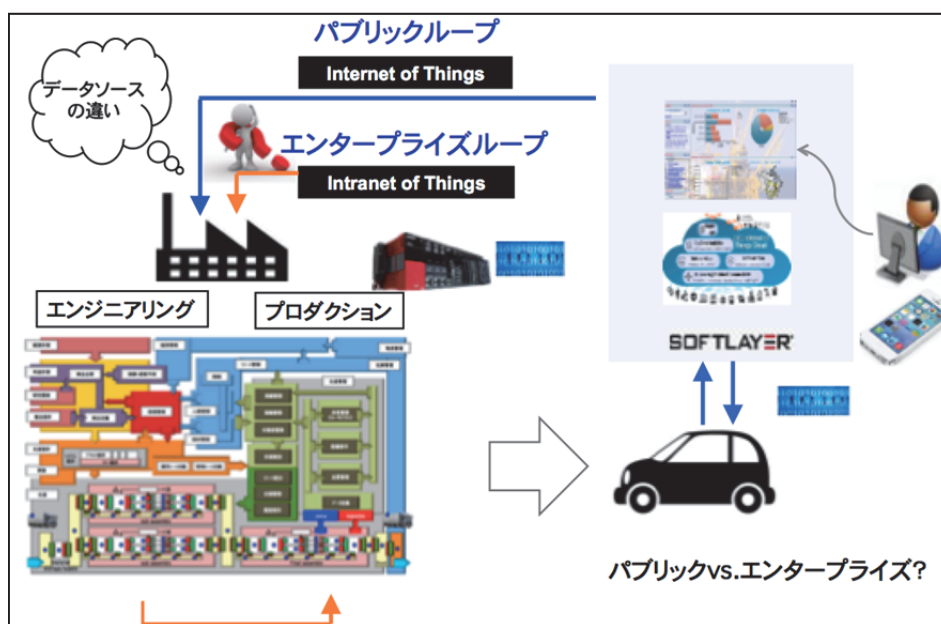
アプリケーションとアプリケーション、もしくはアプリケーションとモノを相互接続する際に最低限、ネットワークのトランスポートとデータモデルは決めなければな

らない。ネットワークトランスポートに関しては様々な仕様がある一方、データモデルに関してはIECのCommon Data Dictionary (CDD IEC61360)が注目されており、現状IICもIndustrie4.0陣営もこの規約をリファレンスとする方向に向かうであろう。

モノがAPIをサポートすることの意味は非常に大きい。所謂「モノからコトへのシフト」に代表される製造業のサービスへのシフトを、必ずしもメーカーがやらなくても結果として実現できる。何故ならばモノがAPIをサポートすることによってソリューションプロバイダーのようなインテグレータがサイバー空間とモノを繋ぐ新たなサービスを開発できるからだ。APIを公開することで新しいサービスやビジネスモデルがエコシステムによって実現することはIoTのバリューの一つと言ってよいだろう。

### ④ Intranet of Things と Internet of Things の違い

IoTのユースケースを着目した時に、エンタープライズ内でのIoT(Intranet of Things)とインターネット環境におけるIoT(Internet of Things)の2つに分類されることに気づく。現在日本でIoTに取り組もうとしている多くのユースケースはIntranet of Thingsと言われているが、これには理由がある。Internet of ThingsのユースケースではモノがIPアドレスを持ちインターネット環境に接続できることが前提となるが、実はこれが実現できるモノは車など一部製品に限られる。一方でエンタープライズ内でのIoT(Intranet of Things)はロボットやベルトコンベアーといった製造機器が企業内のネットワークに参加することによって容易に実現できるため、製造業の業種や生産されるモノに拘らない。前章でIoTはCPSのループを実現するための一つの手段であることを述べたが、Intranet of Thingsは企業内のループ即ちエンタープライズループ、Internet of Thingsはインターネット環境下でのループつまりパブリックループを実現するモデルとみなすことができる。それぞれでデータソースや求められる機能・非機能要件は大きく異なる為、IoTに取り組む際はこの違いを正しく認識する必要がある。



“Internet of Things and Intranet of Things” 出所：山本講師プレゼン資料

ドイツのコンチネンタルは、インターネット環境下で eHorizonと呼ばれる革新的なサービスを始めようとしている

([http://www.continental-automotive.jp/www/automotive\\_jp\\_jp/themes/passenger\\_cars/interior/multimedia/ehorizon\\_jp.html](http://www.continental-automotive.jp/www/automotive_jp_jp/themes/passenger_cars/interior/multimedia/ehorizon_jp.html))。このサービスはクラウドアプリケーションから運転中のドライバーに対して、カーナビ経由で車の進行方向にある様々な道路の事象（工事や事故など）や気象情報を考慮したアドバイスを提供することにより安全で快適且つ効率的なドライブの実現を目指している。eHorizonはパブリックループを実現している典型的なInternet of Thingsのユースケースとみなすことができる。

企業内には様々な組織やビジネスプロセスが存在する。製造業にフォーカスした場合、少なくとも3つの組織、即ち製造、研究開発及び経営が存在する。Intranet of Thingsにおける主なデータソースが製造機器という視点から考慮すると、エンタープライズ内のIoT適用ドメインは製造現場であることは間違いない。また研究開発においてもVモデルに代表されるエンジニアリングプロセスでコンティニュアス・エンジニアリングというアプローチによりループを実現している例もみられる。

Intranet of Things すなわちエンタープライズループの例としてある欧州の自動車メーカーの事例が知られている。車の製造に使用されるボディーはそれまで全件を品質保証の為にX線検査にかけていた。このメーカーではボディーが制作される過程で製造機器が生成するデータに着目し、このデータをクラスター分析することでボディー品質をサイバー空間で予測する処理を実現した。これによってボディーを「鋳造からのやり直し」「X線検査なしに合格」「X線検査にかけて分析・検査」というグループに分類し、X線検査対象を大幅に減らすことによって大幅な費用削減を実現している。さらにこの予測をボディー製造処理にフィードバックすることによって根本的な品質改善にも取り組もうとしている。

## ④ 日本企業に求められる取り組み

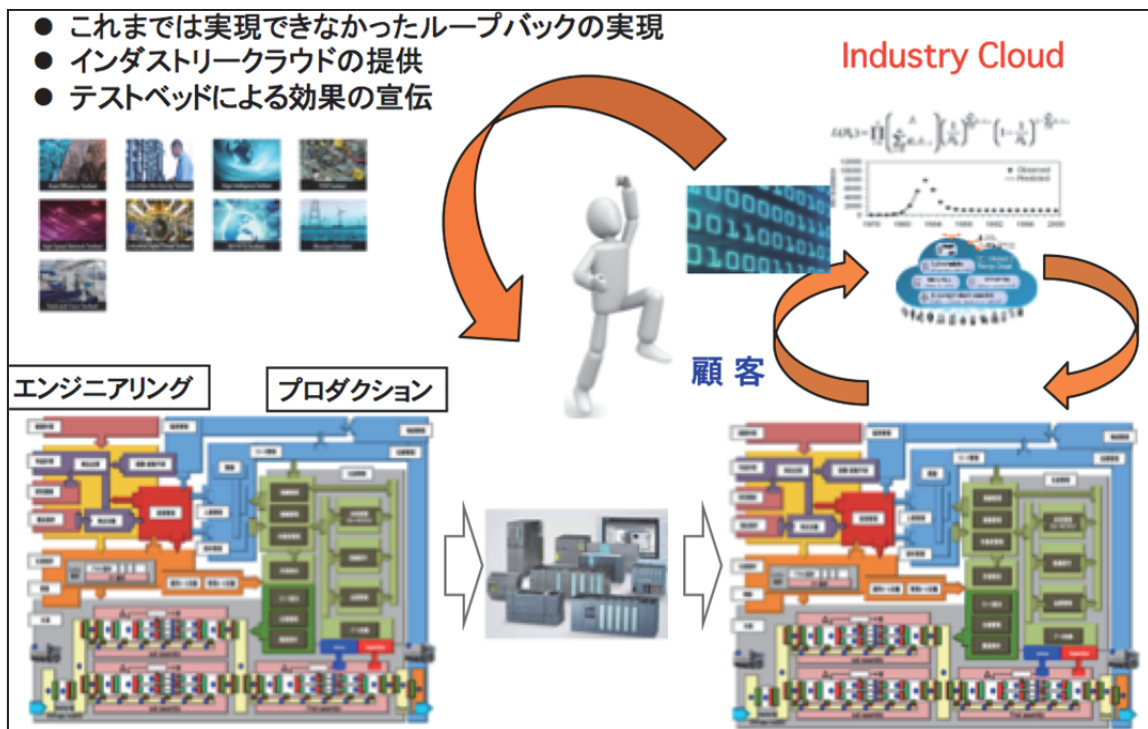
B2B の分野ではあるメーカーA社のプロダクトが、そのメーカーのお客様B社のエンタープライズ環境で使用されることはごく一般的である。例えばA社製のファクトリーソリューション製品は、A社の顧客であるB社の工場内に設置され使用されることを想定され生産されている。従来機器メーカーは顧客に機器納入後保守を除いて機器から生成されるデータにアクセスする手段を持つことはなかった。

前章で述べたIICのテストベッドワーキンググループではIoTのビジネス価値を複数の参加メンバーでの実機検証することを前提、つまりオープンイノベーションによる検証が前提である。仮にテストベッドで検証済みのIoTソリューションをクラウド上で稼働させたとすると、エンタープライズのお客様の中にはこのソリューションを利用する企業も出現してくるであろう。この場合利用企業はデータをクラウドに転送もしくはクラウドへのアクセスが前提となるため、機器メーカーにとってもこのクラウド経由で自社の機器が生成するデータにアクセスできる可能性がある。これによっ



て機器メーカーは新しいサービスビジネスを生み出すチャンスを得る。この実現に向けてはセキュリティや知財が課題になることは予想される。しかし、オープンイノベーションが欧米で主流になりつつあることを考慮すると、インダストリー全体の IoT の方向性は B2B/B2C に拘らずインダストリークラウドを利用する方向に向かうことは容易に想定される。

一方日本においては情報漏洩の懸念や知財保護の観点からまだこのアプローチに慎重なお客様が多いのではないだろうか。今後日本企業のより一層の発展のために、競争分野と協調分野を明快にした上でインダストリークラウドの利用やオープンイノベーションに取り組むことは考慮に値すると考えられる。



“Industry Cloud” 出所：山本講師プレゼン資料

### 3. 日本企業からのプレゼンテーション

#### 機械・電機産業から見た IoT がもたらす我が国製造業の変容と 今後の対応について

三菱電機株式会社 FA システム事業本部  
産業メカトロニクス事業部 技師長 安井公治講師

#### ④ IoT に最も加勢している勢力は半導体・IT 業界

IoT がホット 이슈 となっているが、なぜこんなに期待されているのか。時系列的には、まずオバマ大統領が教書演説で製造業の復権を述べたところから始まり、それを受けた半導体業界や IT 業界の動きがあり、そして GE をはじめとする大手企業の取組みがあり、今、IoT を最も大きく動かし、そして活用しようとしているのは半導体・IT 業界であり、もう 1 つは GE の IIC である。

#### ④ Industrie4.0 は産業革命か？

Industrie4.0 をドイツ政府は産業革命とうたったが、ドイツや米国の製造関係者は、①製造現場に必要な要素技術はすでに揃っている、②工場の IoT では日本が先進国である、③標準は 1 つではなく 5 つほどある、④Indutrie4.0 は革命ではなく改善活動である、とコメントしている。日本の自動車関係者から言わせるとインダストリー4.0 はトヨタ生産方式と共通要素も多く、トヨタのサプライチェーンを含めて、トヨタ国の中で言えばそのものとも言える。

ならば、なぜこれほどに話題や期待を集めているのかといえば、「産業革命」とうたったことが日本を含めて世界に大きなインパクトをもたらした。リーマンショックで産業革命がもし起動しているとすると、開発力が不足する。そうするとオープンイノベーションが叫ばれる。

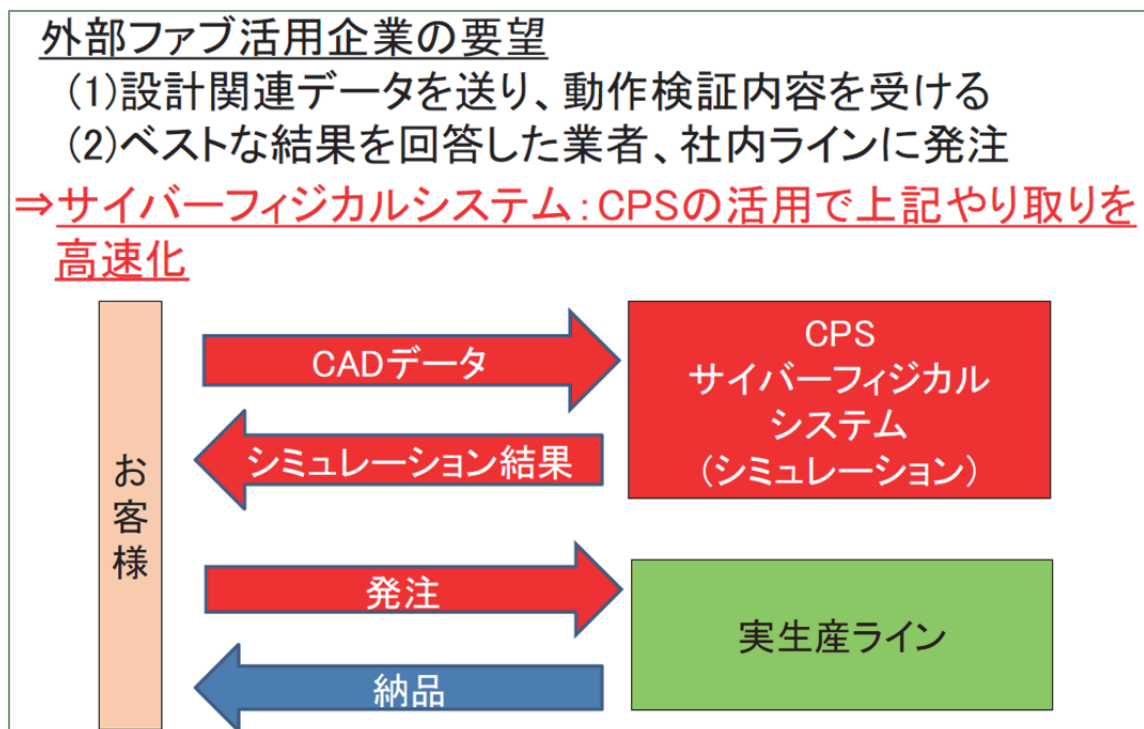
#### ④ イノベーションを先導する可能性のある勢力～オープンコミュニティ企業

イノベーションを先導する可能性のある勢力は、まずは、1 つ目は単独で 1 兆円規模の設備投資を行うような電子・半導体や自動車の影響力のある投資企業が挙げられる。

2 つ目が既存のグローバル企業で、GE を含めて囲い込み型に動いている。ウォールガーデン企業と英語では言うが、まさに壁を建てて、遠隔監視やビッグデータ解析などを手がけ、最近の IoT の話題を集めている企業群である。GE は「Future of Work」の背景として、インダストリアル・インターネット（フィジカルとデジタルの融合）、

アドバンスド・マニファクチュアリング（新たな設計製造技術と新素材の登場）、グローバル・ブレイン（ものづくりにおける人の役割の変化）という3つのトレンドを挙げているが、これは非常によくできている。GE に囲い込まれるお客様の側からいくと、囲い込まれたということはその機械が絶えず最新ソフトを随時、点検や監視もしてくれて、その機械が永遠に最先端であることを保証してほしい。最先端の製造ライン、最先端の製造技術を持って、最先端の開発が続くということになるため、世界最高の開発陣を用意している。あるいはオープンイノベーションを推奨する。例えば GE だと 3D プリンタの設計を学生のものも使っている。

3つ目は、あまり日本で触れられていないが、オープンコミュニティ企業という外部ファブ関連企業で、多分、日本が最も研究しなければいけない企業だろう。資本家と設計請負会社、製造請負会社が分かれている。最近、中国のスマホが急にできてきているが、今やお金さえあれば設計が買えて製造もできてしまう。お金さえあればほぼ iPhone に近いスマホが明日にもできてしまう環境にある。外部ファブ企業の要望は、仕様をつくり、それを世界中に投げて一番いいものを手に入れたい。そういうことを既にやっているが、これが IoT 化して、例えば CPS になると、設計自体を含め CAD データをウェブで流して、自動的に各サプライヤーからそれをウェブでシミュレーションして返してもらい、一瞬にして最適なところに発注できる。これに近いことが工作機械で既に起きており、CAD データを投げられて日本の中小企業がそれを受けて注文をとる。これは中小企業や地方の人にとっては多分非常にいいシステムで、注文が世界中からとれる。そのために CPS を備えなくてははいけなくなる。



出所：安井講師プレゼン資料

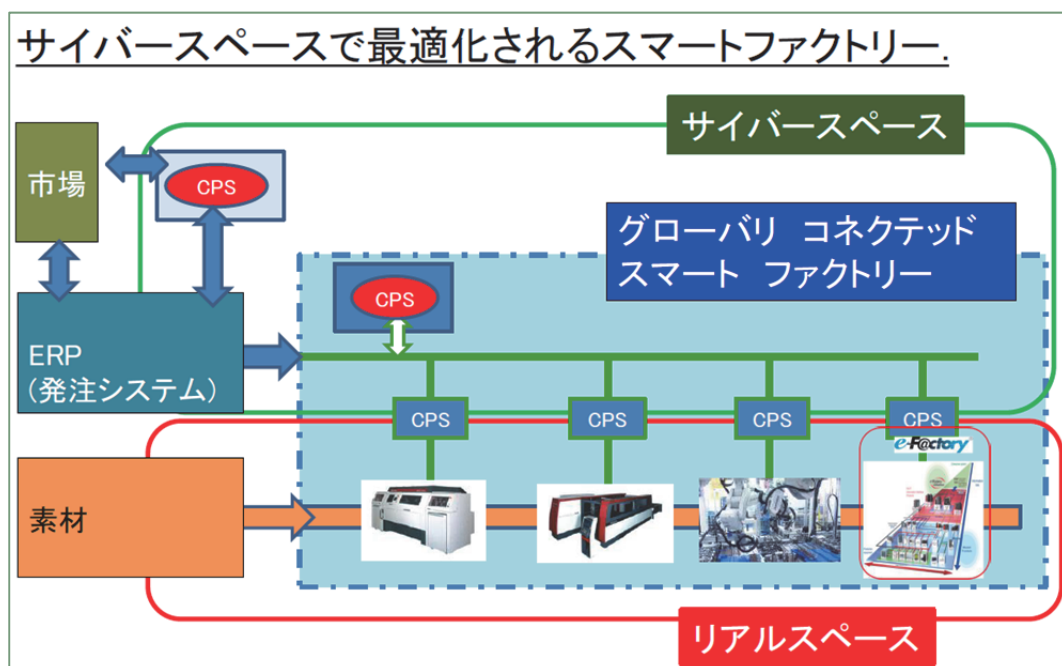
## ④ IoT でつながることでベストな機械、プラクティスが需要を総取り

今後グローバルネットワークで人も機械も IoT でつながると、お客様（投資家、設計者等）が非常に効率的に市場で最高の人、最高の機械や工場を探すことができるので、逆に機械や工場を提供する側からいくと、ベストな機械とプラクティスが需要を「総取り」してしまう可能性がある。これは機械メーカーにとっては大きなチャンスである。世界中で今、一番日本の機械が強いわけだから、これで世界中に日本の工作機械がないと注文がとれないというコンセンサスができれば、総取りができる可能性がある。

中小企業や地方の人にとっても非常にいいシステムで、注文が世界中からとれる。そのために CPS を備えなくてはならない。地方の小さな会社が材料開発をして、それが CPS を経由してグローバルと直接やりとりができるようになるはずだ。だからこそグローバルニッチトップのような企業は CPS を使えるようなものにしていかなくてはならない。それを横展開していけば、ほかの企業もいけるだろうと思うようになる。

実際にレーザー加工機でそういった例が始まっている。加工機の中にお客様のノウハウが入るわけだが、設計条件が入った CAD 図面がいろいろなところに飛んでいって、「これぐらいの時間でやれます」と返す。すると、本当にウェブでしか知らなかった世界のお客様から注文が来るようになったという話もある。

ただし、それを実現するためには、真っ当にセキュリティなどを含めると 100 万～500 万円くらいのシステムをお買い求めくださいということになる。それでは使えないので、10 年くらいかけてパソコンレベル、あるいは機械の中に組み込まれている形に持っていけるようにする。そこまで行くと、大手を経由せずに地方の企業が非常にいい仕事ができると考えている。



出所：安井講師プレゼン資料

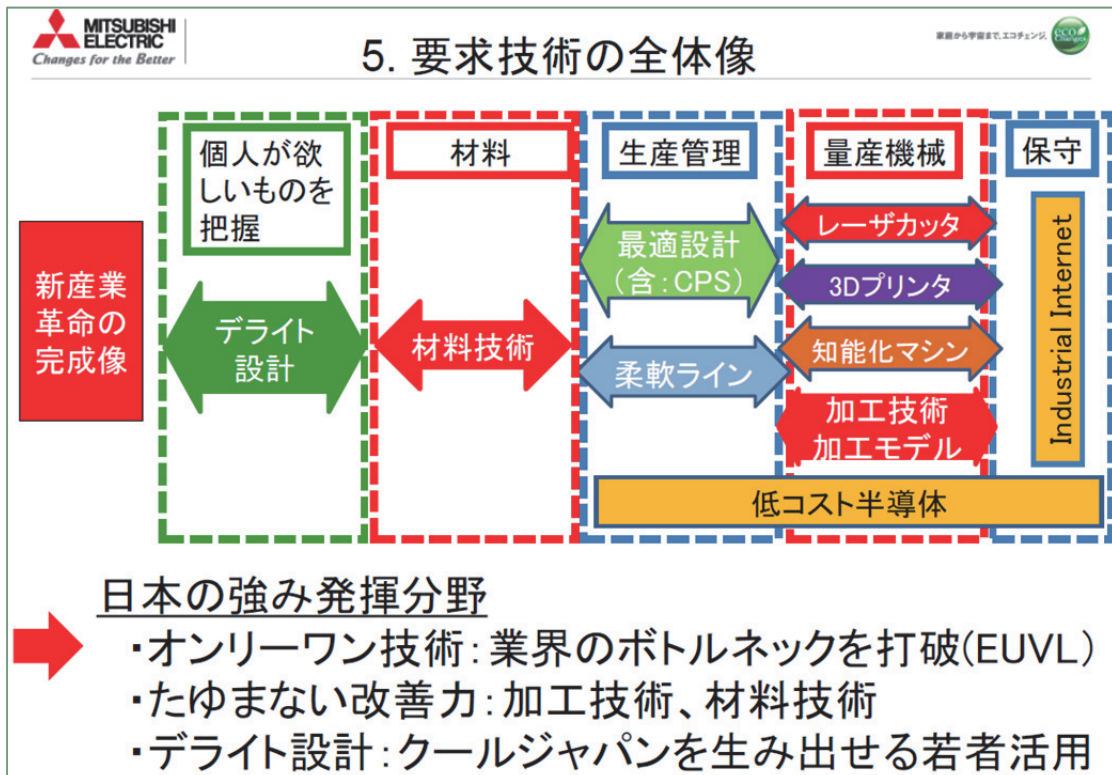
④ 日本の強みを活かす戦略～IoT でつながることでベストな機械、プラクティスが需要を総取り

日本の強みの発揮分野として、蓄積された技術がたくさんある。全く新しい分野ばかりやってもしょうがないのではないかと考えている。この蓄積された技術を生かしながら、業界のボトルネックを打破する。半導体などのすぐに市場が待っているようなところ、EUVLの打破のようなところをやりたいと思っている。

また、日本が得意な「たゆまない改善」というのは海外の方にはあまりなじまず、一回頑張ったら後は豊かに暮らしたいという声も聞かれる。従って、この「たゆまない改善力」を生かした材料技術や加工技術を機械に埋め込むあたりが強みになる。デザイン設計を活用できる分野が日本の生き残りの道である。

今後5年から10年でIoTのThings、つながるところはできてしまう。Things、人、物が全部つながる。そうなったときに初めて気づくのが、サービスも一番いいものが選択されてしまうということ。IoTのつながるほうに目が行ってしまっているが、機械自身の高度化や競争力向上がおろそかにならないよう、物理的な「地力」の持続的な向上が必要だ。

スマートファクトリーは分散革命。スマート化すれば生産拠点は基本的に戻ってくるが、需要のあるところで生産するという基本に立ち戻るの、日本の最大の課題は少子化問題ではなからうか。



出所: 安井講師プレゼン資料



## IoTの本質とビジネスインパクト

パナソニック株式会社 全社 CTO 室 理事 梶本一夫講師

### ④ GEはオープン&クローズ戦略にメリハリ、日本企業は依然としてクローズド

ドイツの第4次産業革命の狙いの1つが「マスカスタマイゼーション」で、エンドユーザーの嗜好に基づきカスタマイズに対応し、ユーザーとの共創、お客様のエクスペリエンスでの、個々に最適化された商品づくりに工場のスマート化を持っていく。例えば CPS の仕組みで工場の稼働状況をサイバー空間でも同期させると、急な仕様変更があっても、サイバー空間で仕様変更に対応する最適な部品の組みかえなどをシミュレーションして、納期やコストの交渉をお客さんで行い、了解が出た瞬間にリアルな工場に移して生産に入ることができる。そういうところまで狙っている。

ただし、マスカスタマイゼーションとはあくまでも商品としてのすり合わせで、作り込みのカスタマイズではない。マスカスタマイゼーションと矛盾しているようだが、ある程度仕込まれたモジュールの組み合わせでできるような設計を施行することになる。このあたりは標準品の組み合わせでお客様の商品をつくっていくという話まで含んでいる。

「トレーサビリティ」は、どのパーツがどのアセンブリーに使用されて、それがどの完成品に入って、どの流通チャネルを通過して、誰に販売されてどこで運用をされているのかという全てのところまでトレースしていくことで、市場で不具合が起きるときに、不具合の発生している源流に遡ることができ、どのロットのどの部品が悪かったのかが分かったり、逆に、その部品を使った商品は誰が今、使っているかが分かるので、リコールのコストが劇的に安く済む。

「IoTのIoT」(Internet of ThingsのInteroperability Testing)で、それをやろうと思うと、各製造機器のメーカーがどういう手順でデータを吸い上げて、逆にどういう手順で制御をするかというプロトコルなどを統一していく必要がある。Industrie4.0ではシーメンスが、IICではGEが自らのやり方をオープンにした。一方、日本のメーカーの場合は、製造機器がどういうやりとりをしているかは基本的にメーカーごとの秘密になっており、ここは世界と日本の大きな差だと思う。ただし、GEは自分の世界をがちり持っていて、それはオープンにしない。すべて囲い込むと汎用性がなくなり高コストになるので、一部をオープンにしてコストダウンする戦略だ。

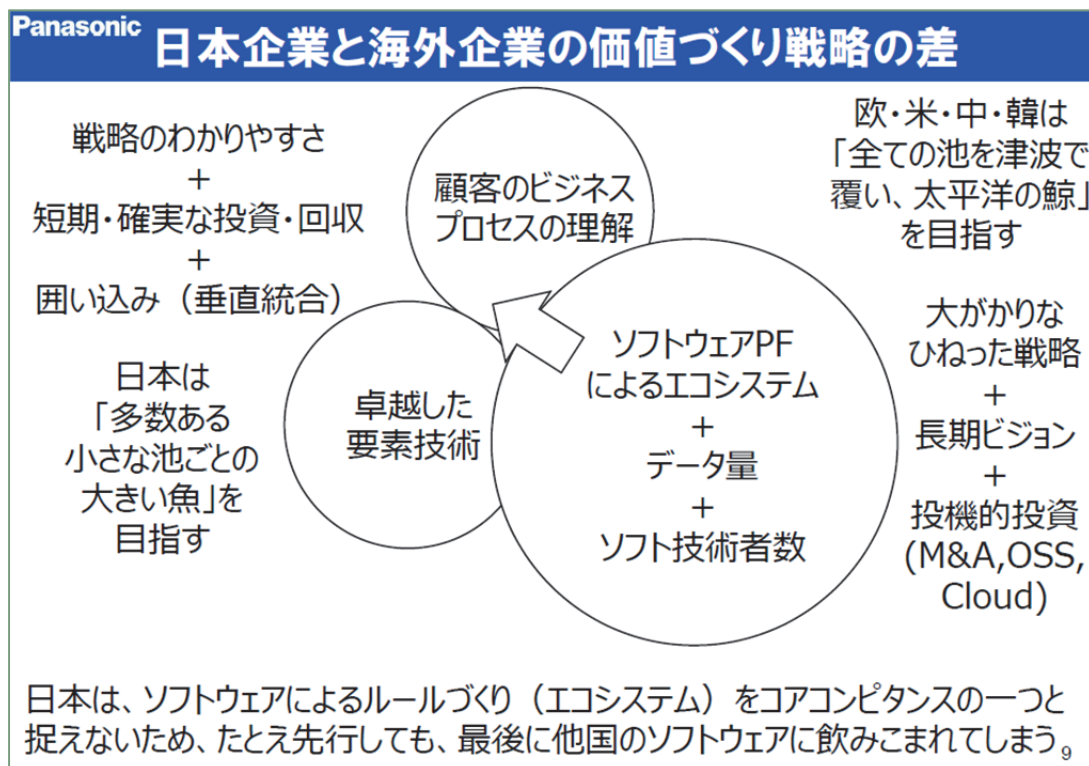
### ④ 日本企業と海外企業の価値づくり戦略の差

最終的にそのようにオープンになっていくと、分析者はサードパーティーになる。iPhoneはアップルがつくっているが、アプリケーションではアップル製のアプリ



はほとんどない。製造現場においても、分析や CPS の全体の統合で、サードパーティーのアプリがどんどん流通してきたり、数学パッケージにすごく強いところが出てきたりする。そうになると、逆にそういうアプリを動かしたいから、同じ性能であればこちらの会社のすぐつながる製造機器を買おうというような形でのビジネスモデル、エコシステムがつくられていくと思っている。そういった商品群やエコシステムという考え方で『モノ』を超えた価値を提供しないと、お客様はふり向かず、対価もいただけない。

事業におけるコアコンピタンスには「ニーズ」「シーズ」「ソフトウェアエンジニアリング」があり、このどこに重点を置くかという点で、「日本企業と海外企業の価値づくり戦略の差」をすごく感じている。日本企業は「ニーズ」側を出口戦略として一生懸命頑張り、その出口に合わせた卓越した要素技術も頑張る。出口戦略はどのお客様にどういう価値で買ってもらうのかがはっきりするので戦略としてわかりやすい。短期で安全で確実な投資の回収が見込める。ある小さな市場を1社で囲い込んでいこうという垂直統合型のビジネスで、専用システムとして頑張っていく。専用システムはいろいろなビジネス市場、流通であったり、店舗であったり、いろいろな市場ごとに多数ある。それぞれは小さな池かもしれないが、その中で会社としては大きな魚を目指す。これは日本の事業にすごく合う戦略で、卓越した要素技術というところを政府も支援する。



出所：梶本講師プレゼン資料

一方、欧州、アメリカ、中国、韓国は、ソフトウェアのエンジニアリングにビジョンを持ち、ソフトウェアのプラットフォームでエコシステムをつくるということを強く志向する。ここは、結局はデータ量に当たった者が勝手でアルゴリズムではない。日本はアルゴリズム重視で、データに当たる部分を疎かにしがちである。

このソフトウェアプラットフォームによるエコシステムは、投下資金をいかに回収するかも重要だ。例えばグーグルの場合、ものすごく開発費をかけているアンドロイドを無料で配っているが、広告の出すインストールベースが年間2億台しか販売されないパソコンよりも、年間10億台販売される携帯電話のほうがいいではないかという、シンプルな割り切りがある。投資するところと回収するところは結構離れているというのが欧米系の考え方になる。しかし、日本は垂直統合で事業部ができていたため「損して得とれ」という戦略がとれない。

クラウドというのも、実はものすごく投機的な投資になる。クラウドは時間貸しなので、初期投資を回収するには、長期にわたってお客様からランニングでもらう回収モデルが必要となるが、日本はこの長期の投資とかビジョンに対して極めて弱い。日本の場合、まず垂直統合型でやって先行する。一旦そこで成功事例はできるのだが、後から汎用のソフトウェアのプラットフォームが出てきて、その大津波にのまれて消えていくというのを繰り返している。

日本の問題は長期ビジョンがないこと、長期的な投資ができないこと、「損して得とれ」という全体戦略がとれないこと。経営トップはソフトウェアに疎く、しかも打率10割を求める。エビデンスがなければ「やってみる」ことすらできない。IoT時代の『攻めのIT戦略』を実行する処方箋は、まずビジョンをつくる。その次にソフトウェアを大切にすること。ソフトウェアの開発も1品作り込みの消耗戦から資産となるストック型に変えるべきである。

**Panasonic IoT時代の「攻めのIT戦略」を実行するには**

- 1) ビジョンファースト、ソフトウェアセカンド、ハードウェアラスト:(戦略)**  
ソフトウェアによる「ビジョンづくり」とエコシステム作り起点の戦略を取れるか
- 2) オープンイノベーション:(プロセス)**  
エコシステムづくりのために、損して得取れの社内プロセスを実行できるか
- 3) ストック型ソフトウェア開発:(戦術)**  
エコシステムを強化するため、ソフトにノウハウ資産蓄積を継続できるか
- 4) コーディング重視・運用重視:(人事・技術)**  
コーディング、テストを工数単価で評価していないか  
PF戦略、課題対応で優秀なコーディング経験者を重用しているか  
クラウドでは、運用し顧客対峙しながら新規機能開発が重要(DevOps)
- 5) 現場へのエンパワーメント:(意思決定)**  
旧来の価値観のトップマネジメントが居座っていないか

出所：梶本講師プレゼン資料

## ④ 日本の製造業が持つマネジメント課題

日本企業はなぜ「わかるもの」へしか投資しないのかということ、結局は経営トップのマネジメントに問題がある。欧米系を見ると、まず、トップはソフトウェアに精通しており、怖さも知っている。ギブ・アンド・テークの精神や、オープンイノベーションの話もよくわかっている。そうすると、現場にエンパワーメントして、やってみなさいという形でやる。このあたりをどう改善するか。

政府の支援も、要素技術支援ではなく、エコシステム形成支援へ切り替えるべきだ。

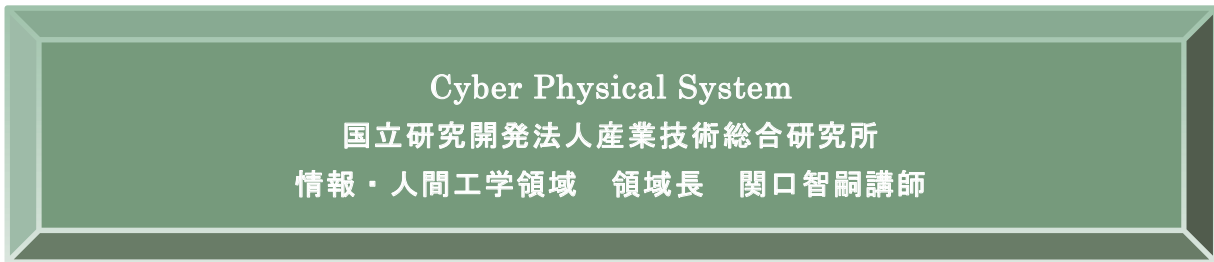
Panasonic		
日本製造業が持つマネジメント課題		
	20世紀型日本製造業	新興企業・欧米企業
戦略案検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>目に見えるモノ（ハード）起点</li> <li>事前に市場での確実性を徹底調査</li> <li>論理でわかる価値を追求</li> </ul> <p>ボトムアップ的な積み上げ式検討</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ソフト起点、ビジョン起点</li> <li>市場の有効性/市場創造は検討</li> <li>感性面でウケるかにも十分に価値を置く</li> </ul> <p>トップダウン的な仮説作成的検討</p>
評価視点	<ul style="list-style-type: none"> <li>過去からの改善点・比較数値</li> <li>短期的/直接的な投資と回収</li> <li>まるごと囲い込みビジネスモデル</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>革新性、提案性</li> <li>長期的/間接的な投資と回収</li> <li>オープンエコシステムビジネスモデル</li> </ul>
意志決定	<p>トップに権限集中(打率10割)</p> <p>「俺にわかる案を持って来んかい！」型 トップダウン的な意志決定</p>	<p>現場にエンパワーメント(トライに価値)</p> <p>『おもしろそうやな、やってみなはれ！』型 ボトムアップ的な意志決定</p>

時代変化に現場は敏感。課題は現場から遠いトップの価値観をいかに変えるか

Panasonic		
ソフトウェア技術・技術者の評価（1）		
国別のソフトウェア業界の見え方（梶本の経験からの主観）		
国	特徴	
アメリカ	ソフト技術が国家のエンジン。自らプログラムを書き、世にサービスを仕掛ける人材が評価され、給与も高い。アーキテクチャ構築でPh.Dも取得可能。	
中国・インド	オフショア開発でソフト開発会社に外資流入。他産業より給与が高く大学でも情報系は人気が高い。マネージメント系の評価が高く、プロセス重視。若手も実開発よりマネージャ指向が強い。	
日本	プログラムを書くことへのリスペクトが少なく新3K（きつい、帰れない、給料が安い）と称され、情報系の大学の人気は低迷。大学でも実装ではPh.Dの取得は難しく、一段低く見られる。	
自然科学と情報学、受容における日米の差（仮説）		
	自然科学	情報学（特にソフトウェア）
研究行為	物質の物理特性に基づく事象・現象の発見 事象・現象を説明する理論の構築と検証	人工物としてのシステム構築による課題解決
評価視点	客観的に他人が追加検証できること 従来のもとの比較が可能であること	課題解決の有効性 数学としての真理追求のジャンルもある
米国での評価	原理や物質の探索、説明理論構築、実用化研究など、R&Dのフェーズは幅広いジャンルにおいて、日米での評価には大差なし	技術体系の構築、アーキテクチャ・プロトコル・UXの設計・実装を大きく評価
日本での評価	基本は他との比較・検証が可能である点で評価	過去事例との比較可能なもの（認識率の向上等）、経緯が数値で出せるもの（統計学的なアプローチが有効なジャンル）など結果が数値化・グラフ化されるものを評価の傾向（自然科学同様の評価観）

出所：梶本講師プレゼン資料

#### 4. 産業技術総合研究所の取組み



#### ◎ サイバー空間の膨大な情報を精製・処理して実世界に戻すサイクルがCPS

この30年間でコンピューターの計算能力は1.5億倍速くなっている。30年前に時速100mで歩いていたカメラが、今では光速をはるかに超えるスピードで走っているような驚異的な革新である。かくして計算能力のみならず情報技術の世界観は現在大きく変貌している。

サイバーフィジカルシステム、インダストリー4.0、インダストリーインターネットなどが話題を集めているが、いずれにおいても実世界の状況を非常に大容量なデータとしてサイバー空間で精製・処理し、再び実世界にフィードバックしていくものである。以前はインターネットにつながっていたのはコンピューターのみだったが、スマートフォンやウェアラブル端末などのデバイスから文字や画像・音声など多様なデータがインターネット上に送り込まれることで、世界中のコトがサイバー空間の中に複製ができた。そして、局所的な存在だったデータはインターネット上で繋がることで膨大となり、データの所在地やサイズがわからなくなり、データは処理の方法で価値が大きく変動するようになってきた。

**AIST**

### Cyber Physical System – yet another IT jargon

- **Industrie4.0**は第四次産業革命との期待も高く、製造産業の革新を通じて社会システムの高度化に貢献するというビジョンである。**Industry Internet**もほぼ同様。
- **IoT**で製造設備の運転・管理情報を含むモノの状況がサイバー空間に送出することにより
  - ▶ 先行するe-commerceなどの **Internet of Services**
  - ▶ および**SNS** (Twitter、Facebook等) として**Mobile**機器から提供される人の状況
  - ▶ などとサイバー空間上で統一的に扱える可能性が整ってきた。
- この膨大な情報 (**Big Data**) から所期の情報を精製・抽出しロボットや**Additive Manufacturing** (3Dプリンター) 等を通じて現実 (物理) 世界に作用するサイクルを**Cyber Physical System (CPS)**と言う。
  - ▶ **Industrie 4.0**はCPSのひとつのシナリオと捉える。
  - ▶ **Smarter Planet**もCPSのシナリオである。
- CPSは**Intelligent Solutions**を創出するため、**Artificial Intelligence** (人工知能) を支える技術である**cognitive/machine learning**を**Cloud**の上でリアルタイムに実行する**3rd Platform**と呼ばれるコアな**Datacenter**がある。
- **Trillion Sensors**や**Mobile**などの**エッジデバイス**による**超分散**と**Super Cloud**による**超集中**の時代を迎える

出所：関口講師プレゼン資料



## ④ 人工知能研究センター

産業技術総合研究所には7つの領域が設定され、「情報・人間工学領域」はその一つとして約250名の研究員を抱えている。人間や社会のフィジカルな空間で計測したものを情報のサイバー空間で取得・解析し、判断・計画を通じて再びフィジカル空間に作用するという、フィジカル空間とサイバー空間の相互の知的情報の融和を目指している。その中でも、人間の生体・生理機能と心理・行動を計測し、それをサイバーフィジカルシステム上に多種多様なデータを安全に集め、人工知能をガンガンと回してビッグデータ解析を行い、最後はロボットを通じて実世界へのアクションを働きかけるという大きな流れでの研究を行っている。

IoTであれ、CPSであれ、アルゴリズムだけではなくてデータをどう処理するかという点がポイントとなる。そのため広義の人工知能の技術が重要となる。かつての人工知能の研究では、人の頭脳の人工的模倣を目標としたが、現在はむしろ、データがどのように産業に役立つかという視点での研究が主流となってきた。人工知能の要素技術を組み合わせて新たなビジネスモデルを創出するような、非常に速効的で応用性の高い研究が求められている。

海外ではGoogleやFacebookのように大量のデータを保有する機関が人工知能の開発や応用研究を行い事業に結びつけて先行している。それに対し、日本では人工知能の研究者と産業界との間に距離があり、アイデアを統合する場がなかった。また、ディープラーニングのように従来とは異なる方法論での研究も進んでいることから、産総研では産業界と最先端な知見を持つ研究者の両者を束ねるハブとして、人工知能研究センターを設置した。

人工知能研究センターでは「脳型人工知能」を始めとする基礎研究から「データ・知識融合型人工知能」と呼ぶ応用研究まで手がけている。後者はビッグデータ解析やデータマイニングといった数学的な手法に時間と経験を経ることで蓄積される知識を融合して、人間がより受容できる“答え”を出すことを目指している。このような研究の一環として、自然言語処理、テキストマイニング、最適化など適用先を問わずに共通化できる技術をパッケージングし、実用化アプリケーションを構成するための道具を揃える予定である。その道具を用いてユーザー企業などと共同で役に立つソリューションを構成していく。そのようなことが簡単にできるようなプラットフォームの構築を目指している。

もはや人工知能に関するアルゴリズムそのもので価値を競う時代では無い。データに対してそのアルゴリズムをどう使っていくか、そのノウハウを情報学的な知として蓄積していくことが重要であると考えている。



## 人工知能研究センター設置の目的

- 国内外の多様な人工知能研究のトップ・新進気鋭の研究者や優れた技術を集結し、先進的な人工知能の開発・実用化と基礎研究の進展の好循環を生むプラットフォームを形成。日本の技術・人材の拡大再生産と産業競争力の維持・強化に貢献。
  - ▶ 様々な技術を統合し、ユーザ企業と連携して実用化し、実世界の課題解決やビジネスにつなげる。その結果をフィードバックしてさらに技術を進化
  - ▶ 様々な一線の研究者により、実世界の課題を解決する大規模な基礎研究を実施。研究成果の実証により、基礎研究を加速
  - ▶ 評価手法やベンチマークデータセットの整備など、公的研究機関として人工知能研究のベースアップに貢献
  - ▶ 企業との共同研究だけでなく、開発された知財のスピンアウトも実施。アカデミアと産業界のハブとなる。



出所：関口講師プレゼン資料

### ③ 第三層のプラットフォームにおける共創と競争

AIセンターではプラットフォームを3層で捉えている。一番下のファースト・プラットフォームは、従来のメインフレームといったハードウェアの世界である。それらをネットワークでつないでクライアントサーバーという形でモデルを改変したのがセカンド・プラットフォームである。この2つのレイヤーはコモディティ化しており、プラットフォームの独自性を競う戦いはその上の第三層に達している。この第三層をどのようにデザインしていくのか、今はそのせめぎ合いになっていると理解している。ちなみに GE 社の「Predix」もこのレイヤーにあると考えられる。

この第三層のプラットフォームでは誰と競争し、誰と共創するかを考えなければならない。ここでは誰もが使えるツールとしてのデータ解析技術を提供し、サービスの最適化を図れるようにしたい。そして、いくつかのモデル的なサービスから共通化技術をくくり出し、集積し、再利用出来るようにデザインしていく。

プラットフォームは汎用なものをつくっても駄目で、プラットフォームを利用することで高い事業価値を創出できる業種業態一つを設定し、コンソーシアム型ではなく、本気で取り組む1社～2社を丸抱えし、そこでのユースケースに対して本格的につくりこむことが肝要である。そして、そこで生まれた技術の一部を共通化し、水平展開していくべきと考えている。

また、プラットフォームでは、昔ながらに大規模ソフトウェアを何年もかけてつくるやり方をするのではなく、今ある使える技術でプロトタイプをつくり、ユーザーを抱え込みながらスパイラルを回して作りこみを行い、プラットフォームの信頼性を高めていくというやり方をしなければならない。

プラットフォームの参加メンバーで価値観を共有し、知財のクローズド/オープン戦略についてある種のルールを作り、知財のある部分はオープンにし、オープンな知財に貢献するほどメリットがあるというしくみにならないとプラットフォームとしての設計は失敗だと考えている。

### ④ 産学連携で実践的なソフトウェア人材の育成に取り組むことが急務

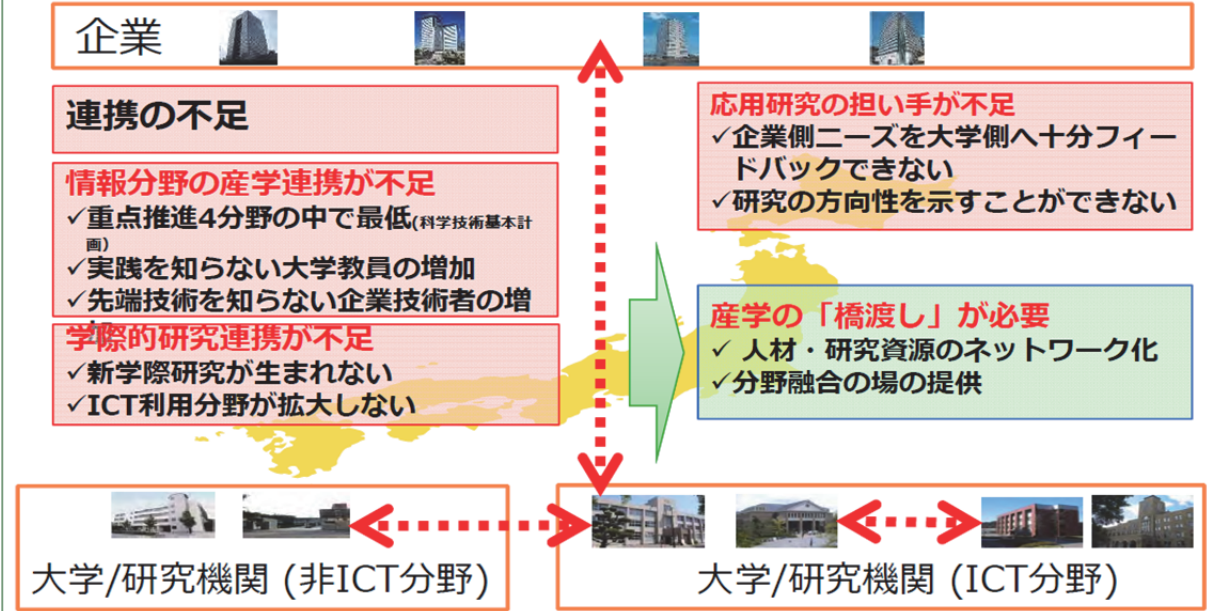
では、このプラットフォームでどの業種業態を設定すべきか？製造業こそソフトウェア産業が狙う業種ではないか。これまで工作機は動力系と作業系だけの組み合わせであった。しかし工作機はロボットであり、より柔軟な制御が可能となっている。その制御に用いられるノウハウはクラウド内からコントロールされており、さらにセンサーをつけて制御のフィードバックをかけることで自律的にロボットが制御されるシステムを開発しなければいけない。そのため、製造業ではソフトウェア技術の導入が必要急務である。しかしながら、例えば情報系の学科を卒業した人たちがこのようなソフトウェアがつかれるかという、実は全然できない。必要な人材をどう育てるかは大きな課題である。

ソフトウェア工学というのは、サイバーフィジカルだけではなく、システムを利用する様々な分野の原動力になっている。すなわち、非常に大きなマーケットがあると言えるが、日本のソフトウェア工学の現状は、ソフトウェアを体系的につくっていく研究や、新しい技術を見ながらものづくりなど産業に応用していくところの研究発表が非常に少ない。これは必ずしも研究がなされないということだけではなく、実用化が研究として非常に軽んじられて、ひいてはソフトウェア工学研究が軽視されていることの現れである。さらに言えば、大学の先生や学生がユーザーの現場を知らない。現場を知らない先生が現場を知らない学生に現場のことを教えているので、現場で応用できる知識の積み重ねができていない。実利用に耐えうるソフトウェア作りというのは時間がかかるものなので、それらを理解した上で教育を行うことが今、日本の課題となっている。

実践を知らない大学の先生と、最先端の技術というものを知らずに物をつくっている企業。両者の間には大きなギャップが生じることもある。これは両者のコミュニティが互いに見えていないことに起因するとみられる。その解消策の1つとして、実践的ソフトウェア工学研究センターのようなものを産学連携で立ち上げ人材育成を行えば、世界的な製造業の変革の波に間に合う部分があるのではないかと考えている。産業界と大学・研究機関、また、大学・研究機関内の非IT分野とIT分野が十分に連携していくことが重要である。

## 産学連携・分野間連携の課題

### ICT利用分野拡大につながる推進力が不十分



出所：関口講師プレゼン資料

## 5. ビジネスモデルの重要性

### IoT時代のビジネスモデルについて

特定非営利活動法人産学連携推進機構 理事長 妹尾堅一郎講師

#### ④ 産業世界観・産業歴史観を起点としたイノベーションが重要

科学技術・イノベーション会議の最大の問題は産業世界観・産業歴史観がないことだ。産業生体系の継続と変化をどう見るか、その思想的・哲学的な俯瞰図がないと、技術の意味づけ、意義づけ・位置づけができない。これに長けているのは IBM や GE といった米国の大企業と欧州の国々である。

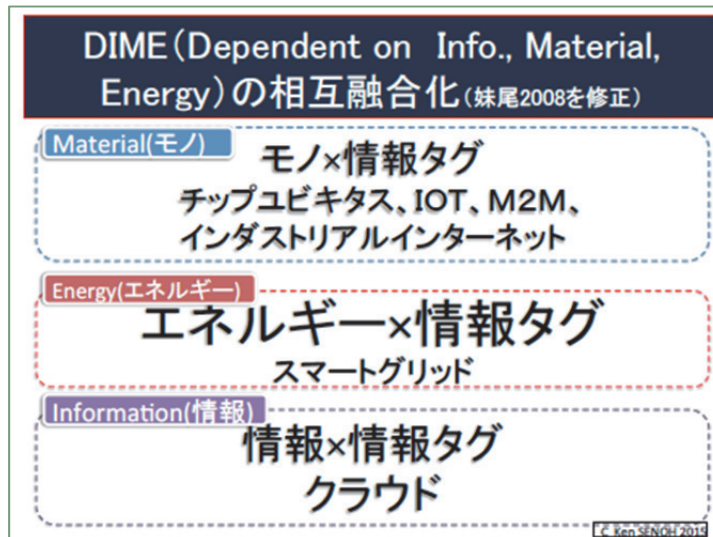
日本での議論はどうしてもドイツに引っ張られて、M to M の話ばかりやっているが、Internet of Things はもっと広い概念だ。IoT をものづくりの世界だけで捉えていたらとんでもないことになる。ドイツが製造業を中心に語っているのは間違いないが、GE の世界観は産業全般を想定してのものであり、製造業はその中の 1 つに過ぎない。GE の世界観にモノづくりの工業系も当然含まれているが、農林水産業や、さらには教育、医療といったサービスも含まれている。IoT はもちろんサービス業にも大きな影響を与えることになる。日本でこういう産業世界観や産業歴史観をもって“インダストリー”の世界を語っている人は数人しかいない。

#### ④ DIME (Dependent on Information Material and Energy) 論

妹尾が提唱している「DIME (Dependent on Information Material and Energy)」とは、科学技術で生まれたコンセプトは、次の 100 年を支配するという経験則である。18 世紀に出てきた最大の科学技術のコンセプトは「物質」で、「物質」が 19 世紀を支配した。よって、19 世紀の戦争は物質を求めての領土争いだった。19 世紀の最大の科学技術の概念は「エネルギー」で、「エネルギー」が 20 世紀を支配し、20 世紀の戦争はエネルギーの争奪戦であった。そして 20 世紀に生まれた世界観は「情報」で、「情報」が 21 世紀を支配する。現在は、情報争奪戦と情報革命の時代に突入している。

このようなパラダイムシフトの観点からいうと、移行構造ではなく積層構造／重層構造化していると見る方が相応しい。これを「DIME」と呼んで、2008 年に産総研の方と一緒に本を出している。ちなみに、当時から既に IoT は出ていたし、M to M も出ていた。ただ、インダストリーインターネットという言葉はなかった。DIME においては、「モノ×情報タグ」が IoT や M2M やインダストリアル・インターネットである。「エネルギー×情報タグ」がスマートハウス、スマートシティーなどであり、「情報×情報タグ」がクラウドである。ただし、本を出版した当時はグリッドコンピューティングと呼んでいた。





出所：妹尾講師プレゼン資料

④ すべての機械とあらゆる設備装置はロボット化する

19世紀はアクチュエーター（手足）が外在化された時代、20世紀はコンピューター（頭脳）が外在化し、21世紀はセンサーが外在化する時代である。アクチュエーターとコンピューターとセンサーの三者が一体になると、それが「ロボット」だ。つまり、あらゆる機械と全ての設備装置はロボット化する。

産業論的には「アクチュエーター」「コンピューター」「センサー」のどこを押さえれば強くなるのかという議論にならざるをえないが、これに関して日本と欧米の勝ち組の議論が全く違うことが懸念される。日本はものづくりが得意だから、どうしても作業系で対応しようとする。スペックは上げ、コストを下げ、安定性を増し、それで勝負しようとする。欧米の人たちは、日本が重視する作業系はそこそこの品質、そこそこの安定でも構わないので、新興国で安く大量にいっぺんにつくろうと考え、ビジネスモデルを先行させる。

「ロボット化」から「ロボットネットワーク化」へ  
 ～「機械世代論」から見る生産の変遷～ 妹尾(2009)を修正

世代	特徴
前機械世代	作業系(人の手先)の外在化
第1世代	道具から機械へ、駆動系の機械化
第2世代	動力系の機械化(第1次産業革命)
第3世代	動力系×作業系=駆動系の飛躍(第2次産業革命)
第4世代	記憶・計算系の外在化(コンピュータの発達)
第5世代	感覚系の外在化(センサーの発達) →「ロボット化」:駆動系、記憶・計算系、感覚系の統合 ロボット全体の制御系に価値が加速的に移行 (力学的制御から電子的制御へ)
第6世代	神経系の外在化(IOT等の発達:サイバーフィジカルシステムへ:リアルとバーチャルの融合) 「ロボットのネットワーク化」へ(生産のスマート化) (インダストリー4.0、インダストリアル・インターネット等)

出所：妹尾講師プレゼン資料



## ④ 付加価値は、ハード→ソフト→データ→サービスへ

テスラの電気自動車は、数千本の電池のうち何十本がへたっても別に構わない。なぜなら、ハードウェアのばらつきをソフトウェアが吸収するからだ。これは、ハードウェアに対してソフトウェアのほうが優位に立つことを意味している。IBMがハードウェアからソフトウェアに徹底的に移行したのも全く同じ状況だと理解している。

その次は制御系からアプリケーションを通せば、当然ログデータが蓄積される。これをビッグデータと呼ぶようになった。すると、ハードウェアリッチ、ソフトウェアリッチから、データリッチ、そしてアナリティックリッチの世界に入っていく。アナリティックリッチの世界になったら、一体誰がどこでそれを利用して勝つのか。それは明らかにサービス系だ。この循環が回ったときに、この産業生態系の価値の蓄積はどこへ一番たまるか。明らかにサービス系である。産業における付加価値総額の大半がサービス業に入る。現在の日本のGDPの7割をサービスが占め、製造業が2割しか占めていないというところにも、そのことがあらわれている。

そこにIoTのもたらす意味は何かというと、ロボットがスタンドアロンを脱して、バーチャルにつながるということの意味している。つまり、あらゆる機械と設備装置はロボット化して、価値形成をハードウェアリッチから移行してサービスリッチへ移り、そしてコモディティ化する作業系を押さえて、制御系が勝つということだ。制御系、情報系、データ系、分析系、そしてサービス系を制したものが勝つ。さらに、ロボットのネットワークが進展すると、イントラネットだったものがインターイントラネットになり、神経系が外在化することになる。それは何を意味するのか、その世界観・歴史観が問われているのである。

例えば、米国海軍の新型ヘリコプター開発の元請はIBMである。ヘリコプターは単なる端末（センサー）にすぎないからだ。一番重要なのは、そこで培われたデータとそれを解析する能力のアナリティクスと、その結果生まれる作戦である。軍事行動のことをミリタリーサービスということは象徴的ではないか。

## ④ モノとサービスの関係～7つのモデル

この産業生態系の変容をビジネスモデル的に見れば、同一レイヤー内のインフラメント競争から、レイヤー間のイノベーション競争にシフトしている、といえる。全体の産業生態系の主導権を誰が握るのか、それはビジネスモデルとそれを支える知財マネジメントの話になるのだ。同一レイヤー内の競争関係にのみ注力することは時代遅れといえよう。また、ビジネスエコシステムではなく、インダストリーエコシステム（産業生態系）で捉える必要もあるだろう。顧客が気づいたら競合になっていた、ということもあり得るのが現在なのである。

参入障壁でクローズ化した領域と、参入誘因でオープン化した領域をどう切り分けて、組み合わせ、そして関係づけるか。このプリデザインが非常に重要となる。

モノよりサービスのほうが上位に立つというサービスドミナントロジックに変わりつつある。価値共創モデルで、使用価値、経験価値のほうを所有価値より上位におく見方だ。使用価値を重視したら、ベンダー側とユーザー側が一緒になって価値を共創する。

サービスのモノ移行（機械化）はIoTで一気に加速する。「機械化」は従来の発想だろうと思ったら大間違いで、相当な機械化が行われる。また、モノのサービス移行が進む。そして、アップル対グーグルの戦いのように、モノのサービス武装対サービスのモノ武装の戦いになる。何が言いたいかといえば、ものづくりを強化するためには、モノだけでは勝てないというパラドックスが生まれた、ということに注視すべきだということだ。

ロールスロイスのジェットエンジンは、エンジンを売らずに稼働課金で稼ぐ。つまり飛んだ距離に比例して使用料をとっているのでタクシーと同じ、完全にサービスのビジネスモデルだ。重工系は全部そのモデルが可能なのではないか。ブリジストンも海外の一部の国では、走行距離に比例して課金するモデルに移行している。モノは重要だよねと言いながら、しかしそのモノの重要さをマネタイズするとき、使用してもらってその分料金をとるというサービスビジネスモデルが入っていることも製造業のサービス化の一つのあり方である。

さらに、GEはサービスモデル化の一方で、コンサルというサービスビジネスを組み合わせ、あるいはすり合わせ的運用ということをやり始めている。

なお、ロールスロイスのエンジンのように、ものが確実に絶対必要なものについてのサービス化の意味と、例えば、デジタルライズしたらDVDといった円盤ではなくてネットワークだろうというものとは、明らかに産業生態系の動き方が違う点に注意したい。

懸念すべきは、サービスモデルで動くことが進展すれば、明らかにモノ中心のメトリックスであるGDPは縮小するということだ。この問題はまだ十分議論されていない。悲観的に騒ぐべきなのか、それとも次のイノベーションが起こす切っ掛けと見るべきなのか。

## (参考1) 共通理解フレームワークとしてのサイバー・フィジカル・システムズ

中島 震 委員

### —はじめに—

Industrie4.0 は、IoT/AI/CPS といったソフトウェア技術をベースとしていると云われている。従来の ICT と比較して、これらは未だ確立された技術ではなく、実証実験が始められた段階にある。本格的な実用化、社会実装をみるまでに、学術研究から応用研究までを必要とする。特に、ソフトウェア・ディペンダビリティあるいは Trustworthiness の技術確立が不可欠である。以下、CPS の観点から関連動向を整理する。

### —IoT と CPS の特徴—

CPS と IoT は似ていると理解されることもあるが、異なるものとするほうが CPS の要点であるフィードバックの重要性を見落とさなくてすむ。単純化すると、IoT は装置機器の状態やセンサーで収集した外部情報をクラウド・コンピューティングに取り込むという一方向の情報の流れに注目する。CPS は対象装置（プラントと呼ぶ）の制御が目的であり、双方向のフィードバック・ループが基本機構をなす。Porter らが論じているスマート・プロダクトとしての IoT は、監視・制御・最適化・自律の全体を含めると、フィードバック・ループを持ち CPS とも云える。

### —CPS の誕生—

欧州では 1984 年のルクセンブルク宣言からイノベーション政策のひとつとして、フレームワーク・プログラム (FP) を主導してきた。1998 年に始まった FP5 では組込みシステム開発 (ESD) の研究開発分野で ARTIST プロジェクトが実施された。2007 年からの FP7 では、Joint Technology Initiative (JTI) という枠組みで、ARTEMIS を発足させ、ARTIST 研究者と北米研究者の協調・共同研究を推進させた。

この欧州の動きを背景に、U.S. で登場したキーワードが CPS であり、CPS は 2006 年頃、NSF の Gill が考案した造語である。2009 年に公表されたホワイトペーパーでは、ARTEMIS を意識して産学連携の仕組みについて論じた。より強固な産学連携の必要性をうたい、基礎研究と製品化研究を同時並行・両輪で進めることの重要性を説く。興味深いことに、このレポートには「Japan」という単語が一度も出現しない。1980 年代の知識情報処理・ICOT ならびに 1990 年代の半導体・スパコン摩擦の時代に、U.S. の論調が対日を意識していたことと比べると、CPS の分野で日本の影が薄いことがわかる。

このように、CPS の背後に U.S. と欧州のピンポン・ゲームを見ることが出来る。換言すれば、The Internet 対抗としての ESD があり、その後、ESD と ARTEMIS への対抗として CPS が登場した。CPS はドイツによって欧州のキーワードになり、Industrie4.0 に至

る。IIC は、逆に、U.S. が支配する The Internet との関係を強調して、Industrie4.0 に対抗しようとしているように思える。欧米のラリーの陰に日本は隠れたまま姿が見えない。

#### ー 公的資金と官の役割ー

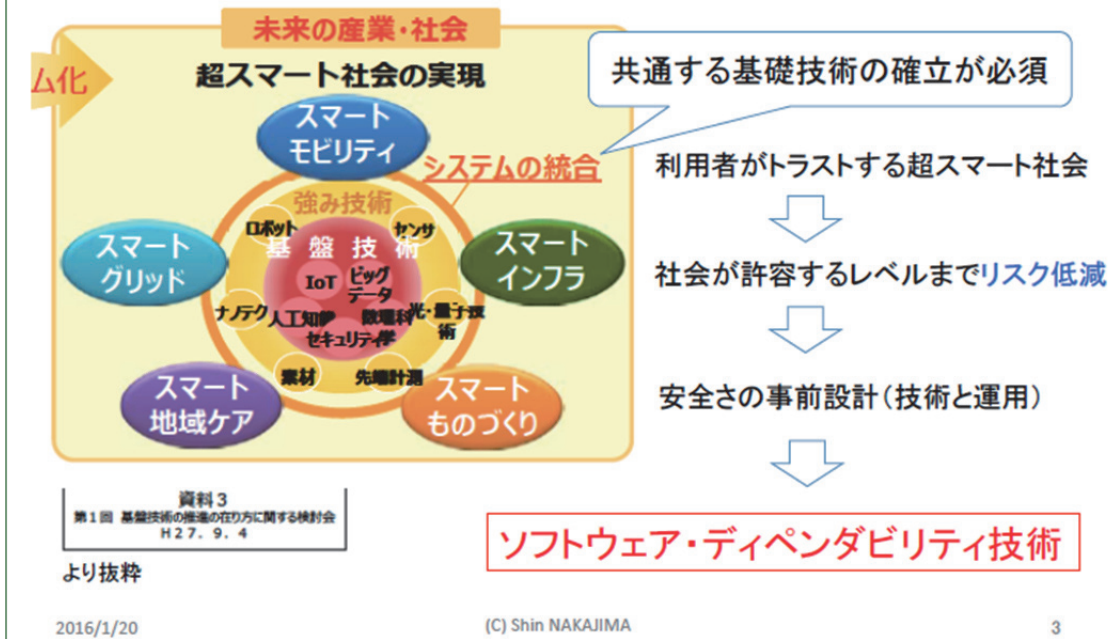
AT&T が 1993 年に作った「You Will」という TV コマーシャルが注目を集めた。豊かなネットワークを利用した未来を語るイメージ・フィルムである。現在の我々が iPhone や iPad を使用するシナリオ、まさにそのもの。初代の iPhone が登場する 2007 年から 10 年以上もさかのぼることに注意して欲しい。そして、iPhone が用いている技術要素、リチウム電池・液晶ディスプレイ・移動体無線・インターネット・音声認識など、その多くは DARPA 等の公的研究資金による研究成果である。つまり、シリコンバレーの成功モデルとされるアップル社は、DARPA モデルによる知識創造の結果を利用し、SBIR プログラムというリスクの高い新規事業への公的な資金の枠組みを得て市場創出を行った。 iPhone に見られるイノベーションを、話を単純化して、振り返ると、AT&T というメガ・エンタープライズが創造したビジョンを傍目に、国家は公共政策として要素技術の基礎から応用までの研究開発を先導し、その成果がアップルによる市場創造につながった。

ところが、CPS が誕生する 2006 年頃、状況は大きく変わっていた。AT&T は分解し、名だたるメガ・エンタープライズの中央研究所時代が終わっていた。新しいビジョンを創造する力を民間が失いつつあった。だから、「企業家としての国家 (マツカート)」が表に出て、新しいビジョンとして CPS を提示し、知識創造を先導する必要があったと云えるのではないか。CPS 研究公募にあった「提案者が CPS を定義する」ことは、ビジョン創造も公共的な資金で支援するという他にない、国家が丸抱えせざるを得ない状況であることを示すように感じる。

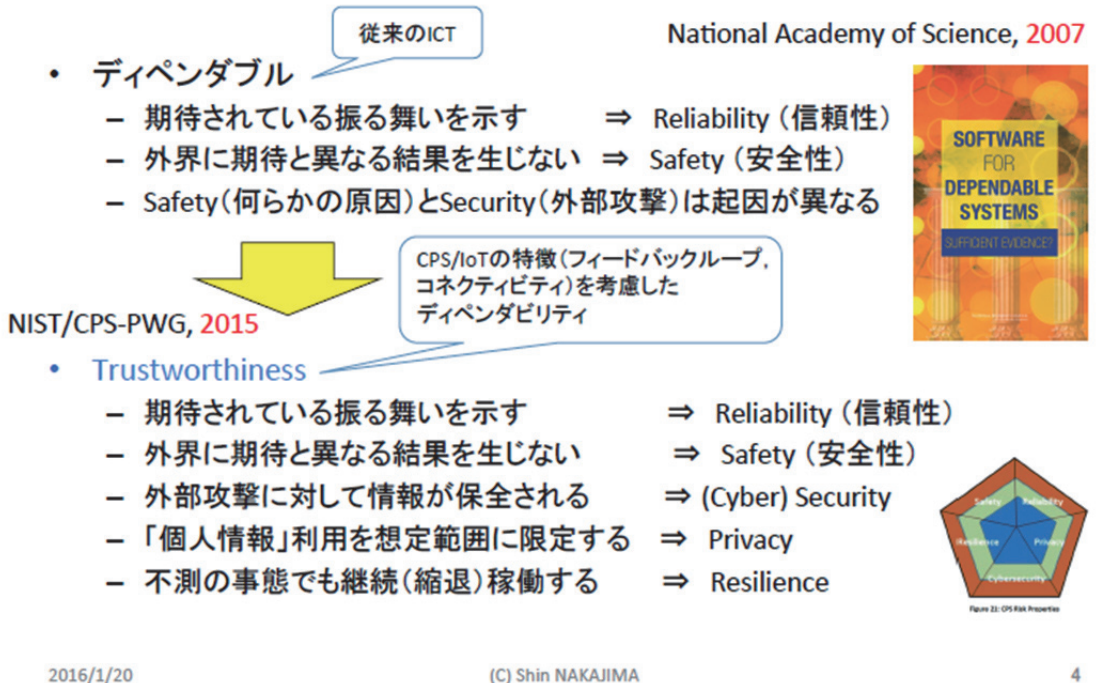
#### ー ソフトウェア・ディペンダビリティー

ソフトウェアの観点からは、CPS はスマートな組込みシステムの技術を超えた一般性のある考え方であり、フィードバックを中心とする新しいパラダイムと見なせる。ソフトウェア・ディペンダビリティに対するソフトウェア工学とシステムの科学(人工物の科学)とがバランスした技術分野といえる。実際、U.S.の NIST が取りまとめ中の「CPS フレームワーク」というレポートでは、今までの ICT になかった新しいタイプのリスクが生じると指摘する。CPS はフィードバック・ループならびにコネクティビティという特徴を持つ。これらを考慮したディペンダビリティとして Trustworthiness と呼ぶ見方を導入し、その研究開発の必要性を論じている。

# 超スマート社会でのソフトウェア



# 観点の変化・拡大



資料：中島委員



－終わりに－

Cyber-Physical Systems (CPS) については、さまざま理解が語られてきた。その理由としては、CPS の「システム」がエンジニアリングの対象ではなく概念的な人工物の系・体系をも含むからだろう。CPS という用語は公的研究資金の配分機関 (NSF) から誕生したもの。技術の言葉でないことからわかるように、イノベーションを含む公共政策まで広がりを持つことも、さまざまに理解されることの理由である。

CPS を考えることは、技術だけではなく、その前のビジョンも同時に考えること。何を目指すビジョンであろうか。CPS が社会を支えるイノベーションの基礎であるからには、社会的共通資本のサービスの効率的配分への、ソフトウェア技術からの貢献という見方が考えられる。

IIC や Industrie4.0 は CPS の工場生産への応用であり、期待されていたビジョンのひとつと見なせるかもしれない。そう考えると、NSF が主導した CPS によるビジョン創造の試みが成功したとも云える。官の役割が、今までよりも、はるかに大きな時代といえる。民がイノベーションを起こせるように、ビジョン創造・知識創造・市場創造を支援する枠組みを公共政策として整えることである。実際、CPS は、そのような文脈で生まれたのだった。

CPS では、ビジョン創造・知識創造・市場創造が総合的に関わることから、その戦略立案を含むファンディング機関の仕事は産官学の連携が不可欠であり、多岐にわたる。多忙な有識者を時おり集める委員会による方法では到底対応することが難しい。研究分野に熟知した専任者からなる司令塔機能を公的機関に設けることが望まれる。

<出所：中島震「共通理解フレームワークとしてのサイバー・フィジカル・システムズ」>

## コラム1：ソフトウェアの本質

### 「自然科学とソフトウェア」

従来の自然科学は、問題定式化の後の工夫が労力の大半

← 自然法則の支配下での解決手段の考案

一方・・・

ソフトウェアの研究＝論理に基づく人工物の研究

→ 問題設定（解ける形での問題定式化）が重要で、これが研究の大部分を占める

→ モデリングとかアーキテクチャが重要と云われる理由

### 「ハードウェアとCPS」

Physical：自然法則や機械特性を活用した「実世界」の人工物

Cyber：論理に基づく人工物

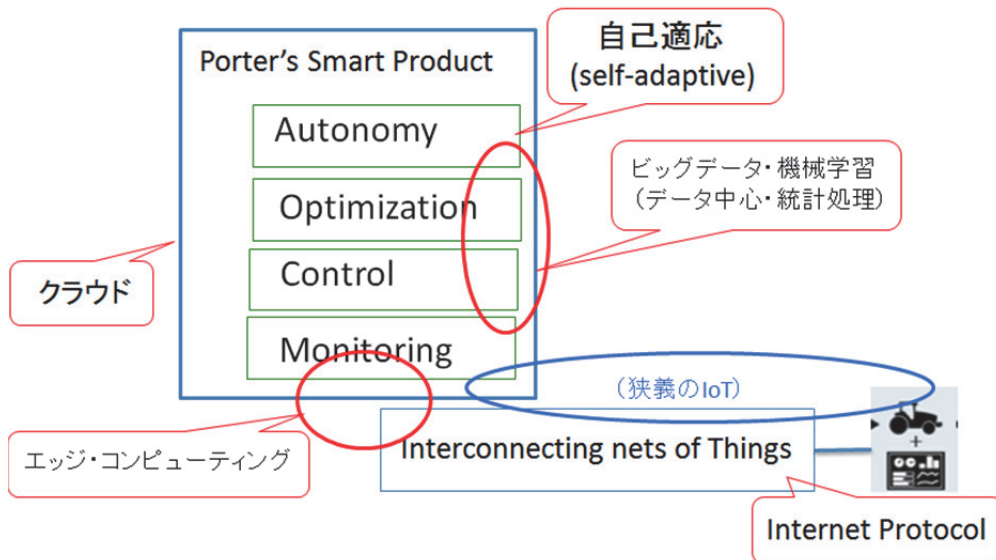
Cyber-Physical Systems

### 「産業革命へのインパクト」

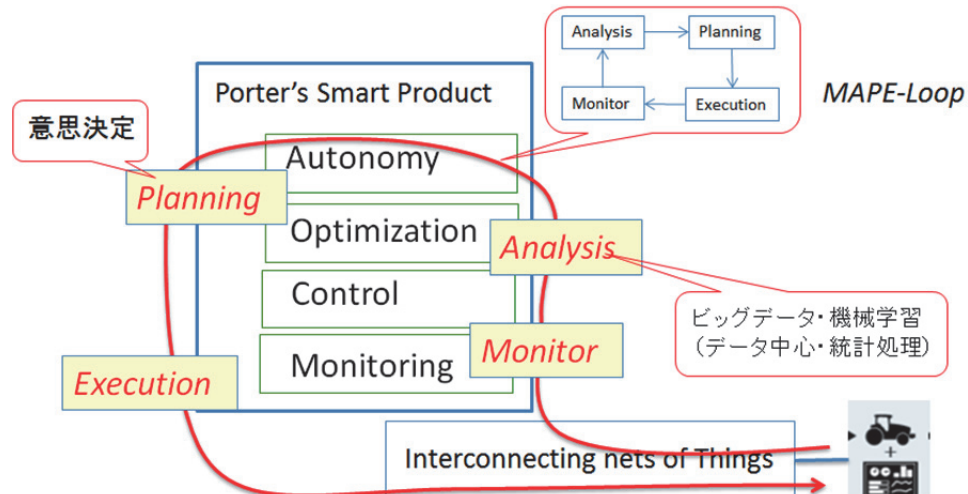


資料：中島震委員

## 広義の「IoT」



## フィードバック・ループ in Porter's



---

## 第3章 IoTがもたらす製造業の変容と課題の整理

---

1章で提示した各講師のプレゼンの内容を受け、①ものづくりをとりまく潮流変化と各国の取組み（デジタルイノベーション時代の到来）、②新たな潮流によるものづくりの変容（バリューチェーンの変化、エコシステムの変化、競争ルールの変化等）、③日本が直面している課題、④日本のポテンシャルをとりまとめた。

### 1. デジタルイノベーション時代の到来

#### （1）デジタルイノベーションがもたらす産業革命

この30年間でコンピューターの計算能力は1.5億倍速くなり、大量のデータ処理が可能となった。これに伴い、ディープラーニングといった人工知能によるビッグデータ解析により、様々な付加価値やビジネスチャンスを生み出している。こうしたデータ処理能力の高まりに加えて、ネットワーク技術の進展やセンサーの精度向上等によりIoTのインパクトは指数関数的に伸びている。そして、サイバー空間で情報を取得・処理し、精緻なシミュレーションを行うことが可能となり、サイバー空間とフィジカル空間の相互の知的情報が融和しつつある。このようなITやソフトウェアがもたらす一連のデジタルイノベーションは、従来のバリューチェーンやビジネスモデルを大きく変えつつあることから、新たな産業革命を引き起こすものとして世界がこの潮流を注視している。

この新たな産業革命の核心は「いかにデータ（情報）から価値を生み出すか」という点にある。データはエンドユーザー（顧客）に近い下流にあるため、これまでものづくりとは無縁であったサービス業が、データを活用することでハードウェアを含む上流までを支配するビジネスモデルを構築しようとするなど、上流と下流とで付加価値のせめぎ合いが発生している。もはや、同じセクター間でしのぎを削る時代ではなくなった。

デジタルイノベーションは付加価値をビジネスの上流から下流へ、ハードウェアからソフトウェアへシフトさせるとみられており、ハードウェアに強みをもつ上流のものづくり企業にとって脅威と受け止められている。

なお研究会講師より、IoTは、エンタープライズ内でのIoT(Intranet of Things)とインターネット環境におけるIoT(Internet of Things)の2つに分類され、日本国内において

IoTに取り組もうとしている多くのユースケースは Intranet of Things であるとの指摘がなされた。Internet of Things のユースケースでは、モノが IP アドレスを持ちインターネット環境に接続できることが前提となるため、対象物が車などに限られている一方で、エンタープライズ内での IoT(Intranet of Things)は、ロボットやベルトコンベアーといった製造機器が企業内のネットワークに参加することにより容易に実現できるため、製造業の業種や生産されるモノに拘らないためである。

さらに Intranet of Things は、企業内のループ（エンタープライズループ）、Internet of Things はインターネット環境下でのループ（パブリックループ）に分類することができる。それぞれでデータソースや求められる機能・非機能要件は大きく異なるケースが多く、IoTに取り組む際はこれらの違いを正しく認識する必要がある。

## （２）海外のメインプレイヤーの動向

国や地域としての切り口でみると、産業分野ではドイツ政府やシーメンスが主導する Industrie4.0 と、米国の GE が主導する IIC という２つの大きなコンソーシアムが先行しており、両陣営とも国際的なプラットフォーム形成を狙っている。

ドイツの Industrie4.0 はクラウドインダストリーを標榜している。大量生産でコモディティ化するような領域には勝算がないと見限り、自国のものづくりの強みを標準化し、市場の多様化や来るべき人口減少時代（労働力不足）に備えて究極の多品種少量生産であるマスカスタマイゼーションに対応できる極めて生産性の高いものづくりを実現するとともに、そうした生産プロセスをまるごとパッケージ化して、ドイツのスマートファクトリーを海外へ売り込もうとしている。やや乱暴な言い方をすれば、ドイツ式ものづくりを世界標準に仕立て、ものづくりというパッケージ輸出で稼ぐという国家戦略としてのビジネスモデルである。

パッケージ化してターンキービジネスにすることは、自国の中小企業の IoT 対策としても重要な意味を持つ。ドイツのエンタープライズの 98%は中小企業（注：日本の中小企業よりは規模が大きい点に留意）で、“隠れたチャンピオン企業”<sup>2</sup>で一躍注目を集めたように、ドイツのものづくりの主役は中小企業といっても過言ではない。そのため、クラウドソースが当たり前となる時代に中小企業がその潮流から取り残されるのはドイツにとって致命的であり、マスカスタマイゼーションのものづくりをパッケージ化して中小企業の生産性も引き上げられるように、今からその布石を打っている。同時に、ドイツはこのパッケージは新興国でもビジネスになると考え、中国との連携を密にしつつある。

---

<sup>2</sup> ハーマン・サイモン「グローバルビジネスの隠れたチャンピオン企業」



なお、研究会の講師からは、「Industrie4.0 の実践戦略では、各レイヤーの各軸に対して全て新しい規格をつくって採用を働きかけるのではなく、今ある規格で使えるものは全部使い、足りないところだけ新たに規格を拡張したり、新たに作っていかうという現実的なアプローチをとっている」との説明があった。差別化する競争領域と、標準規格を採用する協調領域の切り分けがポイントなるが、ここは標準化の作り込みに長けているドイツには一日の長があるといえよう。垂直統合にこだわる日本では「標準化」にアレルギーを示す企業が少なくないが、ドイツは標準化こそイノベーションの源泉と捉えている。

一方、米国では GE や IBM が中心となった IIC というコンソーシアムが立ち上がり、業界やサプライチェーンの枠を超え、また産学官を巻き込んで新しいデジタルプラットフォームを作ろうという動きが進んでいる。IIC は IT に強い米国らしく、Cyber-Physical Systems (CPS) を使ったものづくりの生産革新を図り、GE は自社のエンジンを搭載した航空機の燃費に関するデータ等を取得・解析し、運用にかかるソリューションまでをサービスとして売り込む戦略をとっている。そのため膨大な投資を行いシリコンバレーにソフトウェア開発拠点をつくるなどして、ソフトウェア重視の戦略を一層鮮明にしている。

また、IIC では産学が連携してテストベッド<sup>3</sup>をつくり、実際にモノとアプリケーションをつないで上手く機能すればどんどん実社会に適用してデファクトにしていこうという動きがあり、実証実験重視で進んでいる。

このように、デジュールスタンダード（公的標準）戦略をとるドイツの Industrie4.0 に対抗し、米国は IT 企業を巻き込んでデファクトスタンダードとなるプラットフォームをつくる戦略とみられていたが、最近になって Industrie4.0 と IIC は距離を縮め、ドイツと米国の代表的な企業は両方のコンソーシアムに所属してシンクロナイズしつつある。

なお、こうした国・地域別の動向とは別に、IoT にかかわるコンソーシアムは BtoB、BtoC という切り口でみると、また異なる立ち位置が見えてくる。

ドイツの Industrie4.0 と米国の IIC は、いずれも BtoB 陣営のプラットフォームづくりであるのに対し、AllSeen Alliance や OIC (Open Interconnect Consortium) といった BtoC のプラットフォームづくりも進められており、また、いずれの陣営にも与しない Google や Apple も独自のプラットフォームを有している。こうした下流に近い BtoC の陣営がものづくりの領域を巻き込んだプラットフォーマーとなる可能性も十分にあり得るため、留意が必要である。

---

<sup>3</sup> 大規模なシステム開発で用いられる、実際の運用環境に近づけた試験用プラットフォームの総称

### (3) 日本における取組み

第1章で整理したように、我が国においても産業構造転換の大きな潮流へ対応するために省庁横断的な対応が進んでいる。とりわけ、2030年代に向けては「IoT」「ビッグデータ」「人工知能」を核として、様々な事業領域において横断的な研究開発が必要であるとの認識の下、経済産業省、文部科学省、総務省の3省連携体制がとられつつある。

具体的な取組みとしては、2015年1月にロボット革命イニシアティブ協議会が立ち上がり、産学官連携によるビジネスモデル、要素技術開発、ロボットの普及を目的とする3つのワーキンググループが設置された。この協議会は、IoT時代においても日本がロボットで世界をリードすることを目標とする「ロボット新戦略」を実現するための受け皿であると同時に、2015年秋に立ち上がったIoT推進ラボの「製造分野」とも連携し、さらにインダストリー4.0の普及を目指して技術やノウハウを共有しようという民間主導の試みで2015年6月に発足したIVIとも連携を図っていくこととしている。

デジタルイノベーションにおいてはビジネスモデルが重要な鍵を握るため、ロボット革命イニシアティブ協議会の「IoTによる製造ビジネス変革WG」では、ユースケースの研究や標準化団体へのフィードバック、実証プロジェクトの提案を行うなどして、革新的なビジネスモデルの検討を行っている。一方、ものづくり（製造分野）に限らず、モビリティ、物流、医療、金融、農業、インフラ、エネルギーなどの産業全般をカバーして、分野ごとに先進的なビジネスモデルの検討・創出を図ることを目的として2015年秋に発足したのがIoT推進ラボである。このIoT推進ラボでは大企業、ベンチャー企業、大学などの研究機関がマッチングを行いながら、斬新な事業モデルの検討を行っている。また、IoT推進ラボとは別に、セキュリティやプライバシー、標準化などを検討する専門WGも設置され、IoT推進ラボも含めた「IoT推進コンソーシアム」としての活動が展開されている。

このように、我が国においてもドイツのIndustrie4.0、米国のIICのカウンターパートになるような組織が立ち上がり、IoT推進ラボでの会議体には外資系企業も多数参加するなどグローバルな体制を敷こうとしている。海外での認知は低く、もっとこうした取組みを海外に向けて情報発信していく必要があるとの指摘もなされているが、現在、ロボット革命イニシアティブ協議会やIoT推進ラボの活動実績は英文でも情報発信されており、また、セミナーや定例会議にドイツなどからゲストも招聘するなどして、日本の活動実態を海外へもPRしようとする取組みが始まっている。また、民間企業が多数参加してゆるやかな標準としてのリファレンスモデルづくりに向けて取り組んでいるIVIの活動は、最近、ドイツからも着目されるようになってきている。

コンソーシアムはビジネスモデルや標準化を議論する母体であると同時に、エコシステムの競争が激しさを増している中で“仲間づくり”を行うための受け皿としての

役割も担っている。日本がプラットフォームの一翼を担えるかどうかは、日本語というバリアを跳ね返し、日本が目指す方向性を世界に向けて強いメッセージとして打ちだし、海外の企業をも巻き込んで活動を展開できるかどうかにかかっている。

なお、ドイツの **Industrie4.0** が中小企業の意識改革を促す目的でアドバルーンを上げたように、ロボット革命イニシアティブ協議会や IoT 推進ラボが、新たなビジネスモデルを切り拓くような先進的なベンチャー企業のみならず、既存の中小企業をどれだけ巻き込めるかも課題といえる。

IoT による製造ビジネス変革 WG では、今後「中堅・中小企業サブ幹事会」等を設置し、中小企業が IoT を活用しやすい環境づくりに向けた取組みを展開することになっており、また、今後の具体的な支援策として中小企業への IoT 導入に向けたコンサルティングプログラムのパッケージ化などを検討している。



## わが国によるものづくりとICTのイニシアチブ

講師：西岡 靖之 法政大学 デザイン工学部 システムデザイン学科 教授



### 【IoTにおける人の役割】

Industrie4.0の話を含めて、世界中がものづくりとICTの未来について盛り上がっている。今後、日本的なものづくりはどうか。ノウハウ（暗黙知）をICTでつなぐ際、ICTと人のよさをどう折り合いをつけるかが大きな課題である。IoTでは何もかもインターネットにつなぐという風潮があるが、全てのモノがデータになるわけではなく、蓄積すべきデータ、その場で捨てるデータの判断、蓄積したデータの意味あるデータへの加工などが必要である。また、それぞれのデータがどうつながるかが価値の源泉である。どこどこをつなげ、どのデータが誰にとって意味があるかという関係性をつけるのは、やはり人である。したがって、IoTが進めば進むほど、人が関与する仕事、人の付加価値が増え、トータルの生産性は上がる。

### 【2種類のシステムと人を含めた情報連携】

人工物のシステムを「第1種システム」、経営システムや工場の仕組みなどの業務システムは「第2種システム」として区別すべきである。例えば、制御のITとエンタープライズ系のものづくりの現場の生産管理のITは、同じITと言えないほどに拠って立つディシプリンが違う。

日本的なつながる工場の特徴は、人を含めた情報連携にある。コントローラー同士のM2Mの世界は、人工物が設計どおりに動く世界である。それに対して、工場現場、生産現場、あるいはサプライチェーン、バリューチェーンは、人を含むシステムであり、エンジニアリングの世界で閉じた第1種システムではなく、マネジメントを含めた第2種システムが対象である。

### 【工場まるごと連携デモ】

「生産システム見える化展」というイベントに「NPO法人ものづくりAPS推進機構」として参加している。工場のソフトウェアは第2種システムである。日本の工場はITがうまく導入できないと言われるなか、企業の方々と、如何に工場の仕組みをIT化しようかと10年ほど取り組んできている。そこで出た1つの結論は、「つなぐ」ということである。今の中堅・中小企業の実現場では、Excelを用い、個々の現場がそれぞれデータを管理している。工場全体で効率的にやりとりするには、それらが連携しなければいけない。会社間、業務間の連携には、そこを司るソフトウェアも連携しなければいけない。そこで、非常用発電機を製造するアブソム電機（仮想の企業）の生産革新活動の場を想定して、それぞれの段階のソフトウェアを連携させた。以前はインターフェースが標準化されていなかったため連携が難しかったが、ここ1、2年、大手のソフ

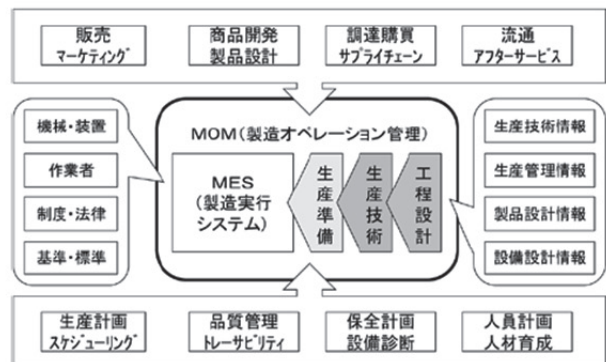
トウェア会社も自前主義の意識を変え、得意分野を持ち寄ることで連携への対応が進みつつある。

### 【つながる町工場（プレス加工企業間の連携）】

「つながる町工場」プロジェクトは2014年暮れ頃から、複数の10-20人規模の町工場により取り組まれている。同業社同士が、お互いの強みをもちあって協力しあい、相互につながること得意先を拡大しようとしている。取引先とつながらないと、個別受注や見積り提出などに工数が多くなってしまふ。定型の見積もりだけではなく、不定型の見積もりや個別の図面、材料の値段表などへも対応していく。会社の内部もある程度IT化されている必要がある。タブレットやバーコードリーダーなどを含めて道具がそろってきたので、ある程度普及し始めている。

### 【日本的な製造現場の参照モデル】

日本的な強さは生産現場にあるとよく言われ、異論はないと思うが、ある程度IT化されてきた繰り返し生産は利益が出ないことがわかってきた。1回だけの生産、小ロットといった注文が多くある。生産それ自体より、生産のためのしきみを作るプロセスや、ものをつくる段取りの方が大変であり、そこをいかに効率的にするかが競争力の源泉になっている。



(出所) 西岡講師 プレゼン資料

製造を実行するための、生産準備、生産技術、工程設計という、要はからくりの世界をどうつくっていくのかが、実は一番のターゲットである。ITとはほど遠い、まさに人間が創意工夫するところであるが、CAEのように、人が操作する道具としてのITが生産技術を支援することが重要である。

### 【リファレンスモデル】

Industrie4.0に絡み、「リファレンスモデル」という言葉を目にするようになった。「最低これを守ってください」という言い方をすることによって、接続仕様そのものが緩やかに統合されていくという仕掛けが海外で進められている。リファレンスモデルをつくり、それに合わせて



ものづくりやソフトウェアづくりを促す方法である。日本でもそういうリファレンスモデルをつくる必要があり、先ほどのNPO法人が中心となりつつあり、これはIEC62264の中にも組み込まれている。国際標準に載せることは、実はそれほど難しいことではない。企業のエゴのぶつかり合いとなると、囲い込みなどの話が出てくるが、標準として緩やかにつくる分には歓迎される。

モノを動かすIT、いわゆる組み込み系のITは、ハードウェア+ソフトという製品の位置づけで、人工物であり、ここは日本は比較的強い。一方、人を動かすITである工場の仕組みとか業務システムとか、エンタープライズ系は弱い。

Industrie4.0やものづくりの今後は、「つながる」という話とITの話が入ったとたんに、ルールチェンジがあるのではないかと。Siemensも業務システムを利益のコアに据えていこうとサービスにシフトしていき、そのラインアップとして製品になる。ものづくりをネタにサービスでいかに稼ぐのかがポイントとなる。

### 【20年後のものづくり & ICT】

日本のソフトウェア産業にとって、ものづくりをネタに海外でソフトウェアビジネスを展開する大きなチャンスである。ものづくり絡みの生産管理や、トヨタ方式の仕組みがこのパッケージを入れるとできるといえば売れる。そこにサービスやコンサルを投入し、機器も売っていくことが商機につながる。

Industrie4.0はプロセス+データで保証するという視点である。このプロセスとデータによる品質保証の仕組みを日本がASEANでつくることができれば、日本の技術を国際的に展開し、そこから利益を戻すことを考えられる。そのためには、日本のものづくりをソフトウェアとして標準化して、ITに乗る形にすることが必要である。ものづくりを実際にやっている、ノウハウを持っているところがそれをどう使うのかをリバインドして、それに合わせてソフトウェアベンダーはソフトを売り、製造業は管理レベルを上げることができる。

### 【インダストリアルバリューチェーン】

価値を生む末端のところまで利益が還元されるインダストリアルバリューチェーンを構築することを提案したい。儲かっていて能力のある大手メーカーのみにバリューが蓄積されるのではなく、バリューを生み出すために貢献した中小企業、地方の工場など、設備の改修、製造装置の部品の交換などに関する中小・零細企業など、すべてのステークホルダーに利益が行きわたるという姿が実現されることが期待される。

一見するとサイバー・フィジカル・システムだが、大手製造業や、海外拠点や、中小製造業や、地方のいろいろな工場が、緩やかな標準によってつながり、製品（ワーク）、装置、情報、技術（知財）のトレーサビリティも可能となる。およそ8割をICTでつなぎ、残る2割を人がつなげておけば、新しいバリューチェーンに切りかわったときに対応するためのスイッチングコストが吸収できる。

< 出所：一般財団法人企業活力研究所「2015 夏季号 No.96」 >

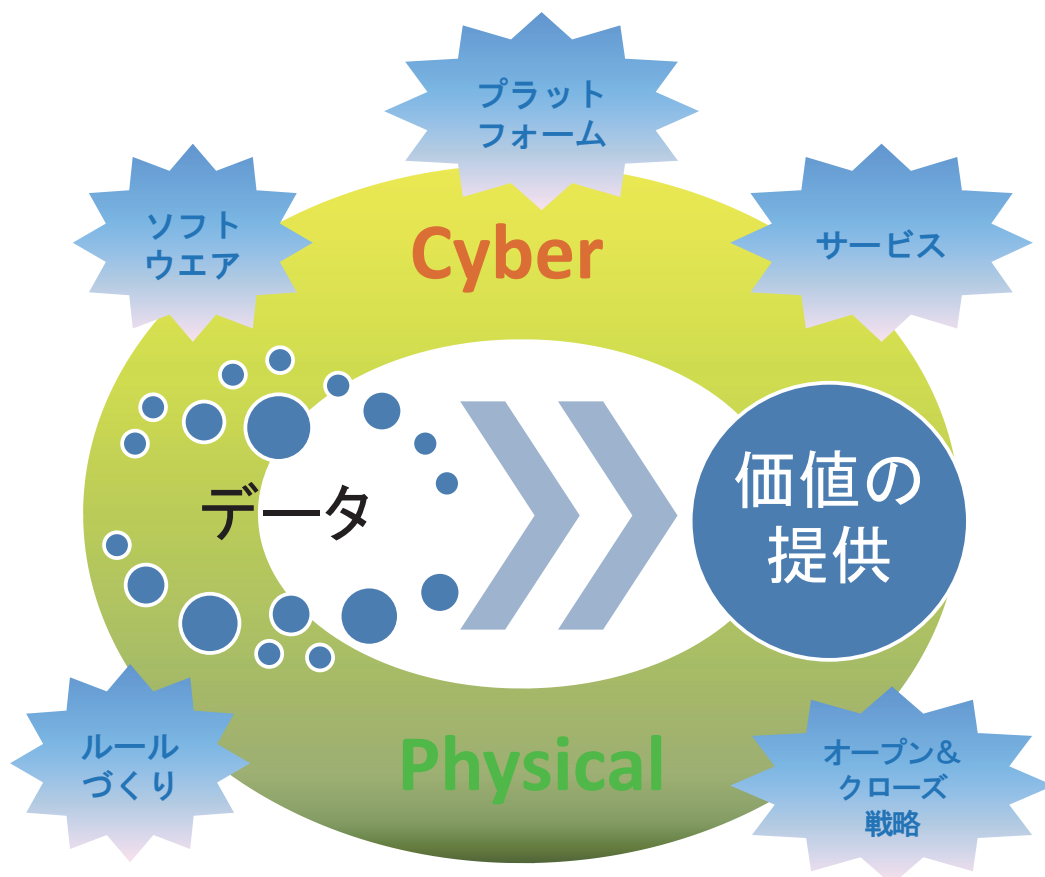
【なお、2015年にIVI（Industrial Value Chain Initiative）が設立、活動がスタートしており、直近の活動については第1章を参照されたい】



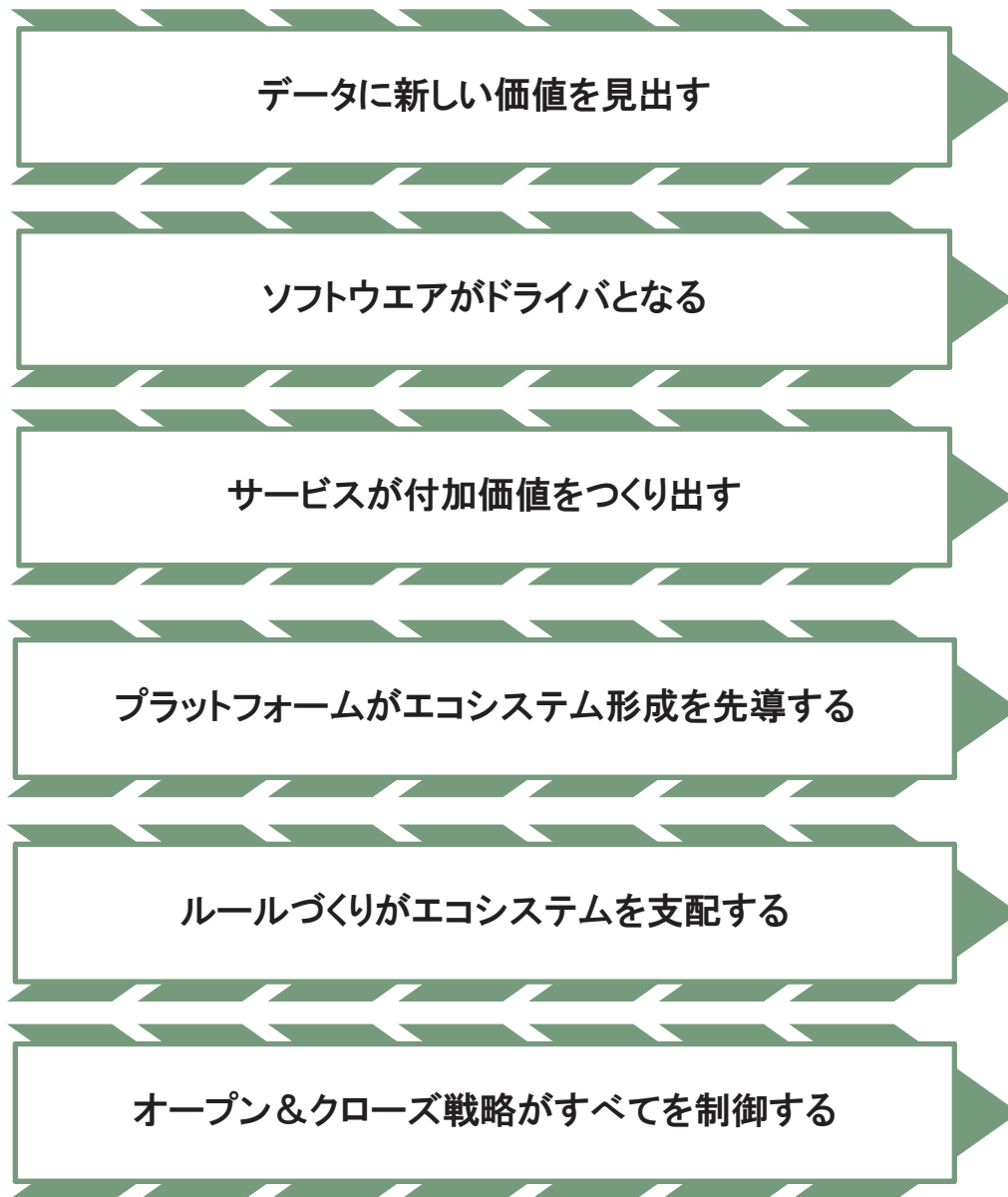
## 2. IoT がもたらす製造業の変容と競争ルールの変化

序章で、平成 25 年度の調査では「ものづくりの新潮流」について分析し、「やわらかいものづくり(ソフトウェア主導へ)」「つながるものづくり(集中から分散へ)」といったトレンドについて取りあげ、「オープン&クローズ戦略」がますます重要になることなどを、また平成 26 年度の調査では、IoT がもたらす製造業へのインパクトに焦点を当て、ハードウェアからソフトウェアへ付加価値がシフトするなどしてバリューチェーンが変化していること、そしてバーチャルとリアリティが融合する Cyber Physical System (CPS) が進展しつつあることなどを検討した旨を述べた。

今年度調査でより鮮明になったのは、前節で述べたようにデジタルイノベーションがもたらす産業革命の核心は「いかにデータから価値を生み出すか」という点にあること、すなわち、データ起点に顧客にいかなる価値を与えることができるかがイノベーションの要になっているということである。さらには、IoT は CPS を実現するための手段に過ぎず、Physical と Cyber との間でデータをループさせることによりいかなる価値を生み出すかという点こそが従来との決定的な大きな違いであり、CPS というビジョンの中で製造業へのインパクトを読み解く必要があるということも明らかになった。



以上を念頭におき、研究会での講演や議論などを踏まえて、デジタルイノベーションの時代におけるものづくりをとりまく「変化」を下記のとおり抽出、整理した。



## (1) データに新しい価値を見出す

「データを制するものがすべてを制する」と言われるが、それは価値を生み出す源がデータにあるからで、一次情報としてのデータを持たなければ価値を生み出すことすらできないという現状を端的に表現している。当研究会では、それにもかかわらず、日本は未だ「データ」よりも「アルゴリズム」に投資しているとの指摘がなされた。

データが重視されるようになった背景には、指数関数的にコンピューター処理能力が高まり、ディープラーニングといった新たな人工知能のステージに突入したことがある。ビッグデータを活用することで、新たな価値を提供することが可能となっている。

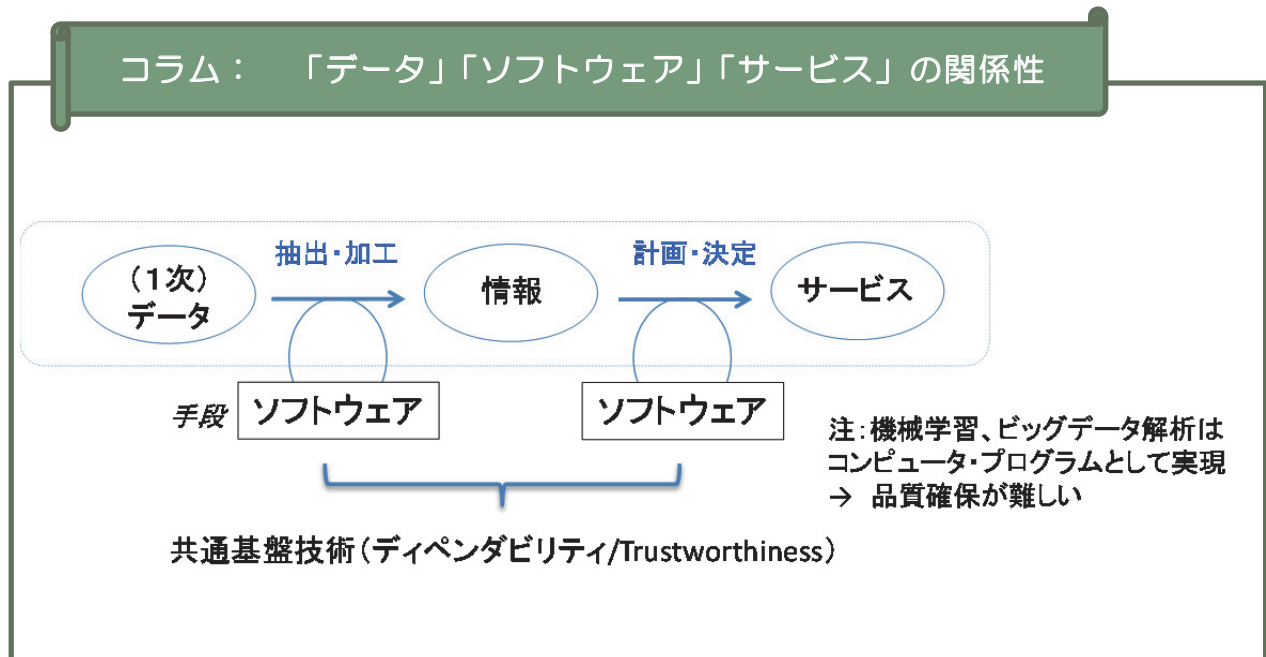
なお、BtoB 陣営が重視する「データ」とは顧客が持つノウハウも含む主に技術・経営情報などであり、一方、BtoC 陣営の Apple や Google が重視する「データ」とはユーザーなどから網羅的に吸い上げる膨大な情報を意味している。BtoC 陣営にとっての「データ」は「ビッグデータ」を指す場合が大半といえる。

### 【研究会での意見】

- ✓ データを活用したサービスが IoT 社会の鍵になる。
- ✓ データ量に当たった者が勝者でアルゴリズムではない。日本はアルゴリズム重視で、データに当たる部分を疎かにしがちである。
- ✓ IoT であれ、CPS であれ、アルゴリズムだけではなくてデータをどう処理するかという点がポイントとなる。そのため広義の人工知能の技術が重要となる。かつての人工知能の研究では、人の頭脳の人工的模倣を目標としたが、現在はむしろ、データがどのように産業に役立つかという視点での研究が主流となってきた。人工知能の要素技術を組み合わせて新たなビジネスモデルを創出するような、非常に速効的で応用性の高い研究が求められている。
- ✓ 全ての IoT システムは “データ” 利用が前提であるにもかかわらず、現在このデータの扱いつまり所有権や使用権は非常に曖昧なものとなっている。

## (2) ソフトウェアがドライバとなる

データが価値を見出す源とはいえ、収集したデータを生かすも殺すもソフトウェア次第となる。つまり、価値の源である「データ」と価値をつくり出す「サービス」との橋渡しをするのが「ソフトウェア」なのである。とりわけ、ビッグデータの解析にはソフトウェアの力が必須であり、いわゆる“ソフトウェアリッチ”化が進む。



### 【研究会での意見】

- ✓ テスラの電気自動車は、数千本の電池のうち何十本がへたっても別に構わない。なぜなら、ハードウェアのばらつきをソフトウェアが吸収するからだ。これは、ハードウェアに対してソフトウェアのほうが優位に立つことを意味している。IBM がハードウェアからソフトウェアに徹底的に移行したのも全く同じ状況だと理解している。
- ✓ ソフトウェアが実権を握って、ものづくりの企業（日本）はそのパーツとしてつくっていればいいというのがアメリカの感覚に近い。これからのIoTにしる、Industrie4.0 にしる、最も必要なテクノロジーである人工知能やビッグデータ分析といった部分で最も重要になってくるドライバはソフトウェアの部分なので、世界で最も進んでいるテクノロジーを利用して、日本のビジネスモデルを確立すべきである。
- ✓ 欧州、アメリカ、中国、韓国は、ソフトウェアのエンジニアリングにビジョンを持ち、ソフトウェアのプラットフォームでエコシステムをつくるということを強く志向する。

- ✓ ソフトウェア工学というのは、サイバーフィジカルだけではなく、システムを利用する様々な分野の原動力になっている。
- ✓ 方式・アルゴリズム（論文）は、コンピュータ・プログラムにして、はじめて使える技術となる。実社会で使おうとすると、そのプログラムが正しいことを保証しなければならない（品質保証の問題）。一方で、「ビッグデータ分析」や「機械学習」のプログラムは、**non-testable programs**（テスト不可能プログラム）とか **Known Unknown** のプログラムと云われており、その品質を保証する科学的な手法は未完成である。このような事情があることから、アメリカの **NIST** レポート（**CPS-PWG**）では、**trustworthiness** という用語を使って、リスク軽減の重要性に目を向けている。

### （3）サービスが付加価値をつくり出す

IoT によるネットワーク化は顧客との接点、個人との接点をより深めていき、モノよりもサービスの価値が上位にくるといふ、「サービスドミナント」のビジネスモデルへと変化していく。

その背景には、「所有」から「利用」「活用」への価値の変化があり、顧客へいかに驚きや感動といった価値を提供するかというところがバリューチェーンの起点となるからである。これは **BtoC** のビジネスに限らず、航空機エンジンのような重工業のバリューチェーンにも当てはまる変化である。

#### 【研究会での意見】

- ✓ ビジネスモデルを簡単に言うと、サービスである。ユーザーは **iPhone** をモノとして見るのではなく、サービスとして見ている。そのサービスに対する評価がこれからのビジネスを決するのだという考え方、これを今、主にアメリカから仕掛けられている。
- ✓ **Industrie4.0** では「究極の変更を可能にするビジネスの柔軟性」「お客様の個別ニーズに対応した多品種少量生産」「サービスによる新しい価値の創出」をビジネスバリューと位置づけている。付加価値及び差別化の視点からすると今後重要視されるのは「サービス」になるだろう。現にドイツの自動車産業では車の性能・機能の改善・向上に加え、新しい顧客体験という観点でモビリティサービスを重視している。
- ✓ アプリケーションインターフェース（**API**）を公開することで新しいサービスやビジネスモデルがエコシステムによって実現することは、**IoT** のバリューの一つと言ってよいだろう。



- ✓ あらゆる機械と設備装置はロボット化して、価値形成をハードウェアリッチから移行してサービスリッチへ移り、そしてコモディティ化する作業系を押さえ、制御系が勝つということだ。制御系、情報系、データ系、分析系、そしてサービス系を制したものが勝つ。米国海軍の新型ヘリコプター開発の元請は IBM である。ヘリコプターは単なる端末（センサー）にすぎないからだ。一番重要なのは、そこで培われたデータとそれを解析する能力のアナリティクスと、その結果生まれる作戦である。軍事行動のことをミリタリーサービスということは象徴的ではないか。
- ✓ モノよりサービスのほうが上位に立つというサービスドミナントロジックに変わりつつある。価値共創モデルで、使用価値、経験価値のほうを所有価値より上位におく見方だ。
- ✓ ネットワーク技術からみると、自社内に閉じた **Intranet of Things** はサイバーセキュリティへの配慮を軽くすることができる。一方、社外のビジネスパートナー・顧客などとも繋げようとする、世界中どこからでも利用可能な **The Internet** に接続することになり、その結果、サイバーセキュリティやプライバシーの問題が大きくなる。

#### (4) プラットフォームがエコシステム形成を先導する

ドイツの **Industrie4.0** は米国の IT 企業が ICT を活用してものづくりへ参入してくることへの脅威からスタートしたと言われているように、もはや同業間での競争や、同じ産業セクター間での競争ではなく、異なる産業セクターも含めた異業種間での競争となっている。モノのサービス化、サービスのモノ化という双方の流れが進むことで、業界の壁が崩れ、これからはプラットフォーム間での競争、産業エコシステム間での競争が展開される。

##### 【研究会での意見】

- ✓ デジタル化が進むということは、エコシステムへの移行を強烈に促すことに他ならない。自らのところに垂直統合で価値を集中させようとする 19 世紀型の事業モデルの終焉で、エコシステムの中で得意領域ごとに棲み分ける時代。
- ✓ もともとドイツの **I4.0** は米国に対する危機感が原動力、発端になっている。アメリカのクラウド企業の **Big 4** と呼ばれる **Apple**、**GOOGLE**、**Facebook**、**Amazon** のような企業が最近では自動運転を始め、ロボット企業を買収し、ドローンによる物流配送に取り組むなど、どんどんリアル世界の製造業の世界におりてきている。
- ✓ ドイツはこの **CPS** というビジョンをもとに、将来的にエネルギー、モビリティ、ヘルスケア、製造などのセクター或いはビジネスドメインにフォーカスした **API**

による IoT サービスのマーケットプレイスをつくろうとしている。実現目標は 2025 年～2030 年とまだ先であるが、これによりおそらく従来の業界の括りが緩やかに変化・統合していくことが予想される。

- ✓ 同一レイヤー内のインクルージメント競争から、レイヤー間のイノベーション競争にシフトしている、といえる。全体の産業生態系の主導権を誰が握るのか、それはビジネスモデルとそれを支える知財マネジメントの話になる。同一レイヤー内の競争関係にのみ注力することは時代遅れといえよう。また、ビジネスエコシステムではなく、インダストリーエコシステム（産業生態系）で捉える必要もあるだろう。顧客が気づいたら競合になっていた、ということもあり得るのが現在なのである。
- ✓ AI センターではプラットフォームを 3 層で捉えている。一番下のファースト・プラットフォームは、従来のメインフレームといったハードウェアの世界である。それらをネットワークでつないでクライアントサーバーという形でモデルを改変したのがセカンド・プラットフォームである。この 2 つのレイヤーはコモディティ化しており、プラットフォームの独自性を競う戦いはその上の第三層に達している。この第三層をどのようにデザインしていくのか、今はそのせめぎ合いになっていると理解している。ちなみに GE 社の「Predix」もこのレイヤーにあると考えられる。

## （5）ルールづくりがエコシステムを支配する

コンソーシアム活動は、エコシステムとして存続するためのルールづくりを検討する場といえる。つまり、参加者が Win-Win になれ、メリットを感じるようなルールづくりを先導したコンソーシアムは仲間を増やし、エコシステムを形成するようなプラットフォームの構築が可能となる。

また、今後産業の垣根が崩れていくと従来の規制やルールに当てはまらないグレーゾーンが出てくることになる。また、バーチャルの世界で人、モノ、情報、金などの流通が主流になることで、これまでリアルな取引において想定してこなかったルールづくりが必要になってくる。たとえば、3D プリンタの普及時に著作権や意匠権が問題になったように、ビッグデータを扱う今日ではデータの所有権や使用权をめぐる扱いが問題となっている。また、運転手のいない自動運転が実用化するには、ジュネーブ条約（道路交通に関する条約）の改正や、交通事故をめぐる責任所在の問題などを取り決める必要がある。

むしろ、ルールのないところにビジネスチャンスが存在するため、規制のルールの枠内でビジネスを考えるのではなく、イノベーションとルール形成を一体的に取り扱っていくことが求められる。日本はルールづくりにおいてフォロワーになりがちであるが、これからは自社（自国）に有利なルールメイキングを主導すること、ゲームチ

エンジャーとなることが非常に重要である。このルール形成においては、官の果たす役割も大きくなる。

また、ルールづくりには、国際標準化と同様に、攻めと守りの両面がある。たとえば、欧州は Apple や Amazon が仕掛けるプラットフォームから欧州市場を守るため、独禁法の適用を強化させている。

### 【研究会での意見】

- ✓ エコシステムとはお互いにつながり価値を生み出すこと。つながるためにはルールを変えたり、ルールをつくる必要がある。
- ✓ ドイツが推進している Industrie4.0 の中で注目すべきはレギュレーション即ち法整備と言ってよいだろう。全ての IoT システムは“データ”利用が前提であるにもかかわらず、現在このデータの扱い、つまり所有権や使用権は非常に曖昧なものとなっている。データ利用が前提となる IoT の世界においては、所有権はさておきデータ利用を保証・促進する法整備は今後急を要する課題と考えられる。
- ✓ IoT の世界では、特に IIC がプラットフォームづくりに熱心に取り組んでいる。IIC の要点は、応用セクターごとの使い方を説明するユースケースの整理と、このユースケースを実現する基盤ソフトウェアとしてのプラットフォームのパイロット的な開発。プラットフォームが、ソフトウェア構成（API、インタフェース）を決定しておけば良い。たとえば、新しい機械学習のコンピュータ・プログラムが出てくれば、それを、プラットフォームに組み込むようになる。つまり、プラットフォームづくりとは、基盤ソフトウェアの開発であると同時に、他のプログラムを組み込む「ルールづくり」のこと。

### （6）オープン&クローズ戦略がすべてを制御する

エコシステムを形成するルールづくりで重要なことは、競争領域と協調領域の切り分けであり、標準化戦略、すなわちオープン&クローズ戦略そのものに取り組むことに等しい。

Industrie4.0 のワーキンググループでも標準化は最重要課題として検討が進められており、標準化のための実証実験や要素技術開発は産官学の共同体のクラスタという単位で行われている。標準化によってバリューチェーンを合理化し、新たな付加価値や新市場創出を目指している。

Industrie4.0 や IIC のみならず、Apple や Google が取り組むプラットフォーム戦略も、オープンにして市場拡大につなげる領域と、クローズにして利益に直結させる領域をどう設計するかが最も重要な部分であって、オープン&クローズ戦略はますます

す重要になってくる。オープン&クローズ戦略の判断を間違えると、競争領域のつもりがコモディティ化してしまったり、ネットワーク効果の高いプラットフォームづくりに失敗したりするなど、バリューチェーンの構築に支障を来すことになる。

### 【研究会での意見】

- ✓ GE やシーメンスは「守るべき事業」を問われれば即答できる。これは棲み分けができているから。日本企業は即答できない。棲み分けができるということが、オープン&クローズ戦略の大前提にある。
- ✓ 業界やサプライチェーンを超えて、企業が入り乱れて同じようなバリューチェーンを合理化して新しい付加価値を出していこうというのが I4.0 の新市場を創出するという1つのやり方である。
- ✓ 参入障壁でクローズ化した領域と、参入誘因でオープン化した領域をどう切り分けて、組み合わせ、そして関係づけるか。このプリデザインが非常に重要となる。
- ✓ Industrie4.0 ではシーメンスが、IIC では GE が自らのやり方をオープンにした。一方、日本のメーカーの場合は、製造機器がどういうやりとりをしているかは基本的にメーカーごとの秘密になっており、ここは世界と日本の大きな差だと思う。ただし、GE は自分の世界をがっちり持っていて、それはオープンにしない。すべて囲い込むと汎用性がなくなり高コストになるので、一部をオープンにしてコストダウンする戦略だ。

### 3. 日本が直面している課題

前節で取り挙げたデジタルイノベーションのトレンドや、IoT がもたらす製造業の変容と競争ルールの変化に対して、我が国の現状と課題はどうなっているかを整理した。

まず総論として、「IoT がもたらす製造業の変容と競争ルールの変化」として前節で取りあげた6つの変化に対応しきれていないという現状が見受けられる。

#### データに新しい価値を見出す

⇒データの重要性に対する認識が希薄で、アルゴリズム重視の傾向（例：日本の研究者や技術者は昔から「データベース」を重視しない傾向にある）

#### ソフトウェアがドライバとなる

⇒ソフトウェアの重要性は重ねて強調されているが未だにハードウェア重視、人材にも乏しい

#### サービスが付加価値をつくり出す

⇒技術起点の価値づくり（この場合の付加価値は“点”になりやすい）には長けているが、サービス起点に価値をつくり込み、付加価値を“面”で押さえる手腕に乏しい

#### プラットフォームがエコシステム形成を先導する

⇒産業生態系（エコシステム）をつくるという観点からの戦略的な選択と集中ができない（“守るもの”と“捨てるもの”の切り分けができないので、エコシステムの中で棲み分けることができない）

#### ルールづくりがエコシステムを支配する

⇒ゲームチェンジャーとしてルール形成に挑む企業は少なく（むしろ苦手）、エコシステムとして価値を生み出すための新しい競争ルールを主導できない

#### オープン&クローズ戦略がすべてを制御する

⇒垂直統合の志向が強く、“競争”と“協調”の切り分けができない（オープン&クローズ戦略で標準化をしていかないと、エコシステムは形成できない）



以下では、6つの要素の中で特に根深い問題として指摘されている「ソフトウェア」を取りあげるほか、日本が強みと認識している「生産現場の実態」や、世界の中での「日本のプレゼンス」、全ての課題にかかわる「経営マネジメントの問題」について取りあげる。

### (1) ソフトウェア人材の不足

人工知能を含むソフトウェアの重要性がますます高まっているにもかかわらず、人材が不足しているとの指摘が多い。その背景には、未だハードウェア重視のマネジメントの中で、ソフトウェア技術者が尊敬されない風土や処遇の悪さなどがある。また、そもそもソフトウェアに精通した経営トップが少なく、ソフトの重要性や怖さに対する認知が進んでいないとの指摘もなされている。

また、ソフトウェアの産業に果たす重要性が増しているにもかかわらず、ソフトウェアや人工知能の研究者と産業界との距離が離れており、両者のコミュニティを引き合わせる必要があるとの指摘もある。

なお、研究会では「ソフトウェア人材」といっても多種多様であり、どのような場面にどのような人材が必要とされ、それぞれのレイヤーでの人材をどう確保していくかというレベルで検討することの必要性が指摘された。日本においてソフトウェア人材が不足していることは間違いないが、その対応策を検討する際には、大手企業と中小企業で求める人材が異なるように、ソフトウェア人材についてもカテゴリやレイヤーに落として現状と課題を丁寧に分析しておく必要がある。

ソフトウェア人材の不足は一朝一夕に解消できる問題ではなく、国内での人材育成に加えて、海外からの人材の受け入れも積極的に進めていく必要があるが、すでにソフトウェア人材は世界で争奪戦が繰り広げられており、海外人材の確保も難しくなりつつある。こうした中、ソフトウェアの重要性に対する経営トップのリテラシー向上に努め、処遇改善はもちろんのこと、ソフトウェアの研究者や技術者にとって魅力的な研究環境や技術開発の場を提供することが必要だ。

#### 【研究会での意見】

- ✓ 一口に「ソフトウェア人材」といっても企業によっては捉え方がまちまちで、プラットフォーム開発ができる人、ビッグデータや機械学習のアルゴリズムを考案できる人、特定の応用を想定したビッグデータ解析ができる人、ソフトウェアを知ってビジネスの方向性を決める人など、多種多様である。どのような人材かによって必要とされる人数も違えば、外国人に期待できるカテゴリもあれば国内で育成・確保したいカテゴリもあるだろう。
- ✓ ソフトウェア工学というのは、サイバーフィジカルだけではなく、システムを利用する様々な分野の原動力になっている。すなわち、非常に大きなマーケッ

トがあると言えるが、日本のソフトウェア工学の現状は、ソフトウェアを体系的につくっていく研究や、新しい技術を見ながらものづくりなど産業に応用していくところの研究発表が非常に少ない。これは必ずしも研究がなされないということだけではなく、実用化が研究として非常に軽んじられて、ひいてはソフトウェア工学研究が軽視されていることの現れである。さらに言えば、大学の先生や学生がユーザー現場を知らない。現場を知らない先生が現場を知らない学生に現場のことを教えているので、現場で応用できる知識の積み重ねができていない。実利用に耐えうるソフトウェア作りというのは時間がかかるものなので、それらを理解した上で教育を行うことが今、日本の課題となっている。

- ✓ 海外では Google や Facebook のように大量のデータを保有する機関が人工知能の開発や応用研究を行い事業に結びつけて先行している。それに対し、日本では人工知能の研究者と産業界との間に距離があり、アイデアを統合する場がなかった。
- ✓ 経営トップはソフトウェアに疎く、しかも打率 10 割を求める。エビデンスがなければ「やってみる」ことすらできない。IoT 時代の『攻めの IT 戦略』を実行する処方箋は、まずビジョンをつくる。その次にソフトウェアを大切にすること。ソフトウェアの開発も 1 品作り込みの消耗戦から資産となるストック型に変えるべき。
- ✓ ソフトウェア開発一つとっても、一品づくりの消耗戦で、ストック型になっていない。
- ✓ ドイツは最大の課題を教育と認識している。

## (2) 工場の IoT 対応の遅れ

日本の工場は設備投資が細り、IoT にも全く対応できていないという意見もあれば、日本の工場は IoT 化が進んでいるとの意見もある。前者は日本の工場はイーサネット(Ethernet)<sup>4</sup>でつながっていないという指摘、後者はドイツの Industrie4.0 は日本においては既にトヨタ生産方式で実現されている（いわゆる Intranet of Things）という見方に該当する。

いずれもそれぞれの観点からは正しい意見といえる。日本の自動車メーカーでは多品種少量の混流生産が長年当たり前のように実践されており、自動車塗装ラインですら赤、白、青といった具合に塗り分けていく。これを ICT による完全自動化した一気通貫モデルに頼らず可能にするのが、日本のものづくりの底力といえる。量産を手がける欧米メーカーの多くは、日本のような現場力が期待できないが故に、IT の力を借りずに究極の多品種少量生産を実現するのは困難と言えよう。Industrie4.0 のような発想は、こうした事情も反映しているのではないか。

---

<sup>4</sup> コンピューターネットワークの規格の 1 つで、世界中のオフィスや家庭で一般的に使用されている LAN (Local Area Network) で最も使用されている技術規格

一方、日本の工場の IoT 化は企業内または企業グループで閉じていて、標準化されたネットワークでつながるものではない。こうした状況では、Industrie4.0 が実現した場合、ネットワーク効果の高いドイツ式スマート工場に飲み込まれる恐れもある。また、少子化が進む日本では製造現場の人材不足が中小企業などにおいて深刻化しており、人材力の低下から現場力が衰えていると懸念する指摘も多い。

#### 【研究会での意見】

- ✓ 日本とドイツの工場を比較した際、日本の一番の課題はネットワークにある。ドイツでは 10 年ぐらい前に、自動車会社が結託して PROFINET でいこうということで、現在までにほぼこのインフラができあがっている。日本の工場はつながっていない上、設備投資が細って最低限の保全しかなされていない状況。製造現場にデジタルプラットフォームがなければ先進技術は役に立たない。イーサーネットベースの統合的な情報がとれるプロトコルを採用すべきだ。
- ✓ 欧米の工場のインターネット化はトップダウンでやっている。日本はイニシャルコストしかみていないので決裁が通らないという状況。失敗を許容し、ソフトウェア起点で取り組むべき。
- ✓ Industrie4.0 をドイツ政府は産業革命とうたったが、ドイツや米国の製造関係者は、①製造現場に必要な要素技術はすでに揃っている、②工場の IoT では日本が先進国である、③標準は 1 つではなく 5 つほどある、④Indutrie4.0 は革命ではなく改善活動である、とコメントしている。日本の自動車関係者から言わせるとインダストリー4.0 はトヨタ生産方式と共通要素も多く、トヨタのサプライチェーンを含めて、トヨタ国の中で言えばそのものとも言える。

### (3) 埋没する日本

プラットフォーム獲得競争とは、すなわちビジネスエコシステムをつくる仲間づくりを意味するが、日本企業が主導している国際的なプラットフォームは存在せず、IIC などに加盟していても、存在感が薄いとの指摘がある。ドイツ政府が公表している Industrie4.0 構想の中にも、米国や中国を意識した競合分析はあっても、日本への言及はない。

最近、我が国においても新たに様々な IoT に関するコンソーシアムが立ち上がっているが、これらの活動については、海外に向けた情報発信を一層強化する必要があるとの指摘もある。

#### 【研究会での意見】

- ✓ ドイツ・アメリカ・中国が結びつきを深める中、日本の存在自体が埋没している。
- ✓ 世界に向けた情報発信もとても弱く、日本の IoT の動きが全く伝わっていない。

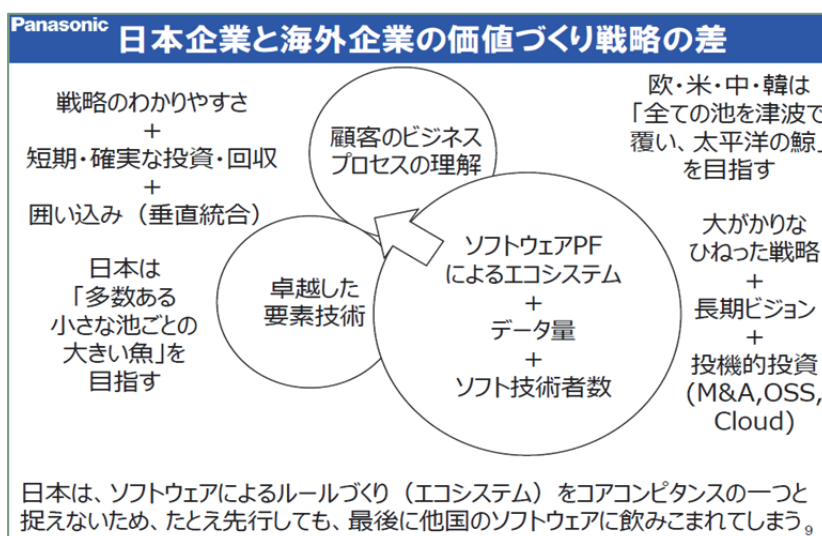
#### (4) 時代遅れの経営マネジメント

日本は量産工業化に適した企業文化で、ホモジニアスに安住しており、異なる価値観や異文化を排除しがちで、オープンイノベーションにそもそも向かない企業体質で、利他的になれないコンソーシアムが乱立しているとの指摘がある。これを日本病（先見の明はあるのにプラットフォームづくりができないので気づいたら周回遅れ）と指摘する声もある。

基本的に技術や品質や作り込みに対する信頼は世界一で、足りないのは「産業世界観の欠落」「長期ビジョンの欠落」「損して得とれができない事業部制・垂直統合型ビジネス」「ソフトウェア軽視」「設備投資の先細り、脆弱さ」「IoT 以前の宿題の問題（工場がつながるには 10 年かかる）」「エビデンスのない挑戦ができない（勝率 10 割を求めるリスクをとれない経営）」等々。経営力に尽きるという意見が大勢を占めている。

#### 【研究会での意見】

- ✓ 日本企業は「ニーズ」側を出口戦略として一生懸命頑張り、短期で安全で確実な投資の回収が見込める小さな市場を 1 社で囲い込んでいこうという垂直統合型のビジネス。一方、欧州、アメリカ、中国、韓国は、ソフトウェアのエンジニアリングにビジョンを持ち、ソフトウェアのプラットフォームでエコシステムをつくることを強く志向する。ここは、アルゴリズムではなく、データ量に当たった者が勝者。ソフトウェアプラットフォームによるエコシステムやクラウドは、投下資金をいかに回収するかも重要で、「損して得とれ」という長期戦略が必要。日本の問題は長期ビジョンがないため長期的な投資ができず、「損して得とれ」という全体戦略がとれないこと。日本は、まず垂直統合型でやって先行するも、後から汎用のソフトウェアのプラットフォームが出現し、その大津波にのまれて消えていくというのを繰り返している。



出所：梶本講師プレゼン資料

## 4. 日本のポテンシャル

### (1) 現場力に裏付けられたプロセス・イノベーション

#### ー現場力ー

経済産業省が主導している「IoTによる製造業ビジネスモデル変革WG」では、日本の製造業の2030年の姿として「“強み”である「人」「技術力」「現場力」「カイゼン力（スピードときめ細かさ）」「規律」を、IoTの活用と融合させつつ、世界でも類をみない水準において、引き続き、維持・強化していく」と謳っている。本調査の研究会講師からも「たゆまぬカイゼン」は日本人にしかできないとの指摘がなされたように、現場カイゼンは否定されるものではなく、むしろ世界が真似できない日本のものづくりの特長である。そして、今日においても日本のカイゼンを学びに世界中の人が日本の工場を視察しにやってくる。

ただし、市場のパイが拡大していく中での「カイゼン」は、売上拡大や利益創出に直結したが、市場が縮小均衡していく中で「カイゼン」に力を入れても売上拡大や雇用創出につながらず、現場のモチベーションが下がるとの指摘もある。「たゆまぬカイゼン」が、売上拡大や利益創出、現場のモチベーション向上に直結するようなIoTによるビジネスモデル改革でなければ意味がない、という点を十分留意しなければならない。

さらに、海外投資を優先するあまり、国内工場の設備は細り、基礎体力ともいえる現場力が低下しているとの指摘にも耳を傾けなければならない。

#### ープロセス・イノベーションー

さらに、日本の強みは生産プロセスの創意工夫（プロセス・イノベーション）にある。日本はプロダクト・イノベーションが弱いと言われ続けてきたが、プロセス・イノベーションの強みは強みとして生かすべきであろう。

研究会では、「Industrie4.0はこだわりを捨てて標準化していく世界」「工場では標準化が重要なので、クリエイティビティーを出すよりも、モジュラー化し、標準化を行い、それらを組み合わせることが重要であるのに対し、日本人は個々のカイゼンが得意で全体最適が不得意である」との指摘がなされた。これに従えば、日本とドイツは、同じものづくり大国でありながら、ものづくり文化はまるで異なると言えよう。ドイツは「製品価値」で差異化し、「プロセス」はこだわりを捨てて標準化しようとする。日本の強みは「生産プロセス」にあり、生産プロセスで差異化できているからこそ、「製品価値」にも競争力を見出せるところがある。同じ「リアルからネットへ」の世界を目指すにしても、ポジションが違う。

また、裏を返せば、「日本のものづくりはこだわりがあるところに競争力の源泉があるのであって、現場でクリエイティビティーを出すことが強み」なのだから、それを捨てるのではなく、むしろ生かす方向で「標準化」と「全体最適」という課題をいか



に克服するかを考えるべきであろう。日本からプロセスへのこだわりを捨てることと強みが失われかねないので、日本の強みが生きるオープン&クローズの設計が必要となる。

### 【研究会での意見】

- ✓ IoT でつながることで、ベストな機械やプラクティスが需要を総取りできる。日本の工作機械メーカーは世界中で競争力があるので、日本の工作機械がないと注文がとれないというコンセンサスがあれば、総取りができる可能性がある。また、中小企業や地方企業にとっても非常にいいシステムで、注文が世界中からとれる。だからこそ、グローバルニッチトップのような企業はそのために CPS を備えなくてはならない。
- ✓ 日本の強みの発揮分野として、蓄積された技術がたくさんある。また、日本が得意とする「たゆまない改善力」を生かした材料技術や加工技術を機械に埋め込むあたりが強みになる。デライト設計を活用できる分野が日本の生き残りの道である。
- ✓ 昔の日本はカイゼンが成長の原動力になっていたが、今は縮小均衡の中でのカイゼンで、クビ切りとか、設備更新ができないとか、マイナスイメージで現場がうんざりしている。今のカイゼンは、従業員のモチベーションを上げようという前向きなカイゼンではなく、むしろ従業員のモチベーションを下げる方向に向かっていることを念頭に入れた方がよい。カイゼンが価値形成につながっているのか、何のためのカイゼンなのか、という点が重要である。

### (2) 人と機械の協調

日本の社会は伝統とハイテクが融合していると評されるが、産業においても、匠の技を含む伝統技術・技能と最先端のハイテク技術が見事に共存・融和しているところがある。人とロボットが協調して働く環境も、日本でいち早く提案された。それ以前、工作機械の NC 化が進んだ際も、日本が一躍 NC 機器での世界シェアトップに踊り出た。労働者の職域の曖昧さや良好な労使関係も、工場の自動化を推し進めることを可能とした。

今、人工知能の急速な進展と同時に、欧米では雇用問題への懸念が広がっている。特に、労働者の職域が固定的で、産業や職種ごとに労働組合が組織されている米国では、スマート工場や人工知能の本格的導入にあたり、社会から高いハードルが課せられる可能性もある。日本の曖昧な職域や労使関係は、グローバル展開する際はマイナス要因として指摘されることもあったが、これは新しいものを生産現場に受け入れる上ではプラス要因であって、本来、日本はスマートファクトリーや人工知能と最もうまく共存できる社会といえるのではないか。課題は、ユーザー側に徹するのではなく、そうしたプラットフォームを主導する側になれるかどうか、といえるだろう。

---

## 第4章 我が国のものづくり競争力強化に必要な対応の方向性

---

第3章で整理した「変化」と「課題&ポテンシャル」を踏まえ、第4章では日本のものづくり競争力強化に向けた対応の方向性について提示したい。

### 1. IoT を活用した価値の創出と共有

米国 NSF が CPS の研究応募を行った際、「提案者自らが CPS を定義すること」、すなわち、どういうビジョンを具体化したいのかを示すことを求めたという。CPS を考えるということは、技術だけではなく、同時に、それによって何をどのように目指すのかといったビジョンも同時に考えることが求められるからである。<sup>5</sup>

同様に、我が国もどのような CPS 社会を目指すかを明らかにしていく必要がある。CPS 社会像を明らかにするということは、IoT を活用していかなる価値を生み出すかを明らかにすることでもある。IoT はあくまでも価値を生み出すためのツールであり、何のために IoT を活用するのかという意識づけが重要となる。価値の創出を IoT 活用のゴールに据えなければ、IoT そのものが目的化してしまい、気づいた時には強みと認識していたものが失われ、他人が決めたルールの中でしか動けないということに成りかねない。また、提供価値が明らかになってこそ、日本の強みである現場力やカイゼンを価値転換させることも可能となる。

さらに、プラットフォームを主導するには仲間づくりが必要となる。しかし、目指すべき価値が共有できなければ仲間を増やすことは難しい。必ずしもかっちりとした目標を定める必要はなく、「緩やかな価値の共有」から仲間を少しずつ増やしていければよいが、ドイツや米国で強烈なインパクトで立ち上がっているプラットフォームと伍して、日本らしい価値の共有を広げていけるかはとても重要なポイントとなる。

日本人や日本の社会は、暗黙の価値感が共有されているところがある。しかし、グローバルに仲間をふやしていく時代においては、自らの言葉で価値を明確にして、価値共有を働きかけていかねばならない。日本にとっての今後の試練は、技術力よりも、こうした価値共有のあり方といえよう。

---

<sup>5</sup> 中島震「共通理解フレームワークとしてのサイバー・フィジカル・システムズ」

## 2. 日本の強みの生かし方

日本のポテンシャルは第3章で触れたように「現場力やカイゼンに裏付けられたプロセス・イノベーション」であり、「人と機械の協調」が古くから根付いている点にあると思われる。こうした強みを生かす上で、ここでは、検討しなければならない点についてリストアップする。今後、各方面の知恵を集めつつ、ビジョン実現のためのツールとしての検討が望まれる。

### (1) 日本モデルの見極め

日本は「欧米のトレンドを是として、キャッチアップを目指すのか」、それとも「欧米と同じ戦い方をするよりも、日本が得意な土俵で戦う方向を模索するのか」という、大きな2つの方向がある。少なくとも、ドイツと米国の戦い方は同じではなく、生産現場のこだわりを捨てるドイツの標準化も日本と相容れるものとはいえない。さらに、そのドイツにおいてもシーメンスのような企業と中小企業の目指す姿は同一ではない。また、IT企業とレガシー企業のせめぎ合いという構図も透けてみえる。必ずしも国レベルではなく、様々なディメンションから方向性を見極める必要がある。

<さらなる問題意識>

- ✚ Google や Apple が仕掛けるサービスを起点としたビジネスモデルは、ものづくりのレガシー産業にどう脅威となるか。
- ✚ 同じ BtoC 陣営でも、Apple の“モノのサービス武装”に対して Google は“サービスのモノ武装”という違いがあると思われるが、結局、両者の本質的な差異はどこにあるのか。
- ✚ モノづくりをアウトソースしてサービスを付加価値の源泉とする Apple のビジネスモデルに対し、日本の製造業はイノベティブなサービス業やベンチャー企業とタッグを組むことで、得意とするモノづくりを付加価値の源泉とするビジネスモデルの構築が可能ではないか。

### (2) 中堅・中小企業の生かし方

ドイツのものづくりの実態を中小製造業が支えているように、日本のものづくりも中堅・中小製造業が下支えしていることに間違いない。ドイツの Industrie4.0 が中小企業対策を大きな目標のひとつとしているように、日本もバリューチェーンに貢献している中堅・中小企業にメリットが還元できる仕組みでなければ、日本にメリットのあるエコシステムにはならない。

<さらなる問題意識>

- ✚ ネットワークにつながり「総取り」できるプレイヤーは限られる中、米国では Apple、Amazon、Google といったグローバル企業の一人勝ちの様相を示しているが、日本においてはこれまでの取引関係をむしろポジティブに生かし、取引ネットワークの末端まで利益還元できる仕組みを構築することは可能か。そもそも日本の強みである現場力、カイゼンを生かすプラットフォーム戦略とはどうあるべきか。
- ✚ オープンコミュニティ企業（外部ファブ関連企業）はイノベーションを先導できる勢力なのか。バリューチェーンの頂点に立てるのか。
- ✚ 現時点でも、世界の需要を総取りしている GNT は存在する。これら GNT の競争力は、品質や納期も含む総合技術力と考えられるが、今後こうした GNT もつながる工場化しなければ、やがて淘汰されるのか。
- ✚ また、GNT をはじめとする日本の総取りは可能か。すべての財やサービスが高い技術を必要とするわけではなく、「ほどほどのものづくりで結構」というボリュームゾーンの仕事はどうなるか。

### （3）良質な社会インフラを生かしたテストベッド

日本の良質なインフラを活用した日本ならではのテストベッドを企画し、たとえば「環境（エコ）」といった日本のものづくりビジョンを東京オリンピックなどの機会を利用し、世界にアピールできないか。その場合、仮に日本が国際標準化を主導するプレイヤーになれなくとも、世界に先駆けてドローンの改正航空法を定め、日本の市場がドローンメーカーから注視されているように、レギュレーションをコントロールすることで事業環境は用意できると考えられる。

<さらなる問題意識>

- ✚ 日本が IoT に取り組んでいることを世界的に発信するためにも、魅力的なテーマを設定したテストベッドをつくり、世界中から強いプレイヤーを呼び寄せるべきではないか。
- ✚ 基本的に日本ほどインフラも消費者も企業（技術集積）も洗練された国はないので、こうした特徴を生かし日本ならではのテーマ設定ができるのではないか。
- ✚ 製造業だけで固まらず、日本の革新的なサービス業も引き込む戦略で「日本ならではの」の色をさらに強めることが可能ではないか。

### 3. マインドセットの重要性

これまで見てきたように、IoT がものづくりに及ぼすインパクトはとてつもなく大きい。しかし、それを脅威と捉えるか、大きなビジネスチャンスと捉えるかで、スタートラインは違ってくる。

規制やルールも同様である。IoT を活用したビジネスは、既存の規制やルールの枠内では収まらないことが多い。しかし、既存の制度や規制の枠内でビジネスモデルを考える“ルール追随”で終わるのではなく、ビジネスモデルを実現するための“ルール形成”を主導する側に回るといふ意欲があれば、新しい市場を生み出すことができるかもしれない。欧米企業は規制にとらわれず、ソフトローとして巧妙に働きかけ、閉ざされた市場を開いている。

今、新たな産業革命といえるほどの変化に直面しているのはドイツも米国も日本も、いずれの国・地域も全く同じである。その中で、米国のシリコンバレーでは IoT や CPS によってもたらされる大きなインパクトをかつてないビジネスチャンスと捉えて、IT ベンチャーのみならず、多様なハードウェアベンチャーが立ち上がっている。シリコンバレーの IT 資源を目当てに、世界中の企業がソフトウェアやビッグデータの開発拠点を構えつつある。ドイツは米国の勢いを脅威と捉えつつも、国を挙げて「Industrie4.0」に取り組むことで、ドイツのスマート工場を世界に売り込むチャンスをつくろうとしている。

日本も IoT を活用した新たな市場創出を先導していく必要がある。そのためには、生産現場を知り尽くしている日本が率先して、工場から吸い上げるデータのオープン&クローズ戦略を打ち出し、IoT を活用して現場力やカイゼンを価値に転換するトップダウン型の知財戦略を主導していく必要がある。「つながる工場」のコンセプトをいち早く提唱し、企業内／系列内にとどまるとはいえジャストインタイムの発想をもってサプライチェーンに取り組んできたのは日本なのである。日本には世界に負けないものづくりの現場があり、日々の生産活動に関する膨大なデータも蓄積され、カイゼンのノウハウも蓄積されている。IoT を活用することで、これらのものづくりの現場に蓄積されたデータを価値へ変える仕組みづくりが可能となれば、日本企業の競争力が強化されることは間違いない。自信をもって挑戦していけば、様々な可能性が開けてくる。

このように、今直面している変化をプラスに変えられるかどうかは、「マインドセット」にかかっている。ものづくり競争力研究会では、日本のものづくり競争力強化に必要なことは、まずはマインドセットである、というメッセージを出して、本年度調査を締めくくりたい。



## 平成27年度ものづくり競争力研究会委員名簿

(委員 五十音順、敬称略)

### (座 長)

小川 紘一 東京大学 政策ビジョン研究センター シニア・リサーチャー

### (委 員)

尾木 蔵人 三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株) 国際営業部 副部長  
 コンサルティング・国際事業本部  
 中島 震 国立情報学研究所 アーキテクチャ科学研究系 教授  
 長島 聡 (株)ローランド・ベルガー 代表取締役社長  
 西岡 靖之 法政大学 デザイン工学部 システムデザイン学科 教授  
 眞木 和俊 (株)ジェネックスパートナーズ 代表取締役会長  
 松田 一敬 合同会社 SARR 代表

### (オブザーバー)

田中 従雄 ヤマトホールディングス(株) IT戦略担当シニアマネージャー  
 正田 聡 経済産業省 製造産業局 ものづくり政策審 室長  
 議室  
 川森 敬太 同上 課長補佐  
 榊原 風慧 同上 係長  
 吉田 哲士 同上 係長  
 岡野 宏美 同上 調査員  
 鈴木 俊吾 NEDOイノベーション推進部 標準化・知財戦略グループ主幹  
 高梨 千賀子 立命館大学大学院 准教授  
 廣澤 孝夫 (一財)企業活力研究所 前理事長

### <事務局>

岩田 満泰 (一財)企業活力研究所 理事長  
 宮本 武史 同上 専務理事  
 吉澤 宏隆 同上 企画研究部長  
 吉井 清 同上 調査役  
 土井 皓介 同上 主任研究員  
 吉本 陽子 三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株) 主席研究員  
 経済・社会政策部  
 国松 麻季 同上 主任研究員

## ものづくり競争力研究会日程

### 第1回 2015年8月26日

- (1) 「平成27年度ものづくり競争力研究会の開催について」
- (2) 「IoT社会における製造業」  
経済産業省 製造産業局  
ものづくり政策審議室 課長補佐 川森敬太 氏
- (3) 「平成27年度の研究会の論点と調査スケジュールについて」

### 第2回 2015年9月25日

- (1) 「Industrie4.0の取組みについて」  
ベッコフオートメーション株式会社 代表取締役社長 川野俊充 氏
- (2) 「ドイツ発「インダストリー4.0」、アメリカ発「インダストリアル・インターネット」  
～世界で進むIoT・新産業革命への取組み  
三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社  
コンサルティング・国際事業本部  
国際営業部 副部長 尾木蔵人 氏

### 第3回 2015年10月30日

- (1) 「IoTに係る施策等の動向」  
経済産業省 製造産業局  
ものづくり政策審議室 係長 吉田哲士 氏
- (2) 「デジタルエンタープライズの動向」  
シーメンス株式会社 専務執行役員 事業本部長 島田太郎 氏  
(デジタルファクトリー事業本部、プロセス&ドライブ事業本部)

### 第4回 2015年11月27日

- (1) 「機械・電機産業から見たIoTがもたらす我が国製造業の変容と今後の対応について」  
三菱電機株式会社 FAシステム事業本部 産業メカトロニクス事業部  
技師長 安井公治 氏
- (2) 「IoTの本質とビジネスインパクト」  
パナソニック株式会社 全社CTO室  
理事 梶本一夫 氏

**第5回 2015年12月18日**

- (1) 「グローバル IoT トrendとインダストリー4.0 について」  
日本アイ・ビー・エム株式会社  
グローバル・エレクトロニクス・インダストリー CTO山本宏 氏
- (2) 「IoT時代のビジネスモデルについて」  
特定非営利活動法人産学連携推進機構 理事長 妹尾堅一郎 氏

**第6回 2016年1月12日**

- (1) 「Cyber Physical System」  
国立研究開発法人産業技術総合研究所 情報・人間工学領域  
領域長 関口智嗣 氏
- (2) 「報告書骨子案について」

**第7回 2016年2月23日**

- (1) 「IoT 社会における製造業と国の施策の方向性」  
経済産業省 製造産業局  
ものづくり政策審議室 課長補佐 川森敬太 氏
- (2) 「報告書案について」

**第8回 2016年3月17日**

- (1) 「報告書案について」

平成 27 年度調査研究事業

IoT がもたらす我が国製造業の変容と  
今後の対応に関する調査研究報告書

平成 28 年 3 月

一般財団法人 企業活力研究所

〒105-0001 東京都港区虎ノ門 1-5-16  
Tel (03) 3503-7671 Fax (03) 3502-3740  
<http://www.bpfj.jp/>