

スマートマニュファクチャリング特別委員会

製造業2030

Manufacturing 2030

2016年(平成28年) 5月23日 発行



一般社団法人日本電機工業会
スマートマニュファクチャリング特別委員会

来 歴

Ver.	日付	改訂箇所	改定内容
1.0	2016年5月23日	全頁	第1版の発行

目 次

	ページ
序文	1
1 活動の背景	3
1.1 背景・目的	3
1.2 将来像の要件設定	6
1.3 活動の進め方と活動概要	7
2 2030年の製造業に影響するトレンド	11
2.1 製造業に影響するトレンドの整理	11
2.2 顧客価値の最適化，最大化	15
2.3 製品設計の効率化	17
2.4 製造設備構築の最適化	20
2.5 生産運用の最適化	23
2.6 プロダクトライフサイクルマネジメントの最適化	27
2.7 共通技術要素	33
3 2030年の将来像とその対応策	39
3.1 Flexible Business and Manufacturing (FBM)時代の到来	39
3.2 FBMプラットフォーム上で現れる企業型(企業ネットワーク型とメガ企業型)	43
3.3 製造業の将来検討の課題	47
4 まとめ	49
4.1 トrendについて	49
4.2 将来像について	49
4.3 本委員会の提言	51
4.4 2016年度の活動	54
5 スマートマニュファクチャリング特別委員会の委員名簿	56
最後に	57
附録 表1及び表2の補足説明資料	58

まえがき

この資料は、スマートマニュファクチャリング特別委員会の審議を経て作成した委員会資料である。この資料は、著作権法で保護対象となっている著作物である。

この資料の一部が、技術的性質をもつ特許権、出願公開後の特許出願、実用新案権、又は出願公開後の実用新案登録出願に抵触する可能性があることに注意を喚起する。一般社団法人 日本電機工業会は、このような技術的性質をもつ特許権、出願公開後の特許出願、実用新案権、又は出願公開後の実用新案登録出願にかかわる確認について、責任をもたない。

製造業2030

Manufacturing 2030

序文

この文書は、一般社団法人 日本電機工業会 スマートマニュファクチャリング特別委員会の2015年度の活動により作成した提言書である。各章の概要を次にまとめる。

- ・「第1章 活動の背景」では、本委員会の活動の背景と目的、将来像の要件設定、本委員会の活動の進め方、2015年度の活動の概要について記載した。
- ・「第2章 2030年の製造業に影響するトレンド」では、2030年の製造業を描くために、本委員会の活動の中で分析した2030年の製造業に影響するトレンドについて記載した。トレンドを1枚のトレンド図として整理し、製造業の将来像にかかわるトレンドを5つのカテゴリに分類して解説した。また、共通の技術要素と考えられるトレンドについても解説した。
- ・「第3章 2030年の将来像とその対応策」で、本委員会は2030年の製造業を支えるFlexible Business and Manufacturing (FBM)と名付けたプラットフォームを提案し、製造業の将来像の典型例として企業ネットワーク型とメガ企業型について記載した。FBMを詳しく説明するために、FBMが対象とする範囲(スコープ)を解説した。
- ・「第4章 まとめ」では、第2章で記載したトレンドと第3章で記載した製造業の将来像について、その関連を説明し、全体を俯瞰した。また、本委員会の2016年度の活動計画をまとめた。
- ・「第5章 スマートマニュファクチャリング特別委員会委員名簿」では、本委員会に参加した委員とその所属を掲載した。

なお、本委員会で検討した製造業の範囲は、本委員会に参加した委員の専門分野からその範囲に限定があり、製造業全般について検討したものではなく、電機業界を中心とした製造業の分野としてまとめた。

1 活動の背景

1.1 背景・目的

a) 第4次産業革命の全体動向

日本では日経ビジネス2015年1月5日号で「第4次産業革命」が取り上げられ、各工業会の賀詞交換会で話題になり、一躍世の中の注目を集めるようになった。こうして始まった2015年は、海外の様々な情報が色々な場を通じて共有された。9月には、経産省の審議会の1つの産業構造審議会の中に新産業構造部会が発足し、その初回の事務局説明資料に、「第4次産業革命」のインパクトとして、IoT(Internet of Things)・ビッグデータ・人工知能などの産業界、社会への脅威が示され、この言葉が日本で公的に認知された。

日本電機工業会では、産業オートメーションの展示会システムコントロールフェア2015において潮流テーマを「第4次産業革命一つながる化」とし、2014年10月に「第4次産業革命」の言葉を用いて発表した。それにより、2015年12月に開催した展示会はメッセージ性を持ち、過去最大規模となり大成功となった。

しかし、IoT及び第4次産業革命が何なのか疑問に思っている人が多い。

これらの動きの発端の1つであるドイツでは、元々科学技術政策として2010年に「ハイテク戦略2020」ができ、イノベーションが推進力になる分野であるデジタル化への対応の1つのテーマとして

「Industrie4.0」が取り上げられ、実行していく未来プロジェクトとして2011年にスタートした。

米国では、オバマ大統領により2011年から先進製造パートナーシップが立ち上げられ、政策投資が始まった。そうした中でGEは2011年に「Industrial Internet」を発表し、IBM, ATT, Cisco, Intelと共にIndustrial Internet Consortiumを発足させた。

ドイツは、ハノーバーメッセ2015及びITサミットの活動を見ても、現在の製造業の姿とあまり変化がなく、次世代の製造業の姿とを感じる日本人、特に製造業側の人は少ないかもしれない。米国のIoT化は新たなビジネスモデルによるイノベーションを感じる、一方で製造業との距離を感じる。ただし、ドイツが国を挙げて「Industrie4.0」を取り上げている点と、2015年に発表した「Umsetzungsstrategie Industrie 4.0(インダストリー4.0 実現戦略)」の中で2030年には全てのものがインターネットに繋がるという前提でその準備を進めることを記載している点は注目すべきである。

b) 第4次産業革命に関する日本の動向

日本社会のスマート化は、2010年にスマートコミュニティ実証を始めるが、2011年東日本大震災に見舞われ中断された。その後、2012年安倍政権が発足し、翌2013年アベノミクスとして成長戦略が打ち出された。2014年9月安倍首相のもと、ロボットを少子高齢化の中での人手不足やサービス部門の生産性の向上という日本が抱える課題の解決の切り札にすると共に、世界市場を切り開いていく成長産業に育成していくための戦略を策定する、ロボット革命実現会議が発足した。

その後、産業構造審議会、科学技術総合イノベーション会議など様々な場を通じて、IoT及びIndustrie4.0の動向が捉えられ、これらを踏まえて、2015年1月にロボット新戦略を発表、その推進母体として、ロボット革命イニシアティブ協議会が位置付けられ、5月に発足した。7月にはIoTによる製造ビジネス変革WGがスタートした。

2015年9月には、先に触れた産業構造審議会の中に新産業構造部会が発足し、IoT、ビッグデータ、人工知能等による変革に的確に対応するため、官民が共有できるビジョンを策定するとともに官民に求められる対応について検討することになった。

2015年6月、デフレ脱却に向けた動きを確実なものにし、将来に向けた発展の礎を再構築する「『日本再興戦略』改訂2015」を閣議決定した。アベノミクスは、デフレ脱却を目指して需要不足の解消に重きを置いてきた「第一ステージ」から、人口減少下における供給制約を乗り越えるための対策を講じる新たな「第二ステージ」に入った。アベノミクスの「第二ステージ」は、設備及び技術、人材等に対する「未来投資による生産性革命の実現」と、活力ある日本経済を取り戻す「ローカル・アベノミクスの推進」の二つを両輪として推し進めることによって、日本を成長軌道に乗せ、世界をリードしていくステージである。

従来の産業・社会構造が大きく変革する可能性がある中、データを活用した新たなサービスが生まれる一方、既存のビジネスが急速に陳腐化する懸念がある。こうした中、我が国においても、「『日本再興戦略』改訂2015」に基づき、IoT・ビッグデータ・人工知能時代に対応し、企業・業種の枠を超えて産官学で利活用を促進するべく「IoT推進コンソーシアム」を設立した。IoT推進コンソーシアムでは、産官学が参画・連携し、IoT推進に関する技術の開発・実証及び新たなビジネスモデルの創出を推進するための体制を構築することを目的として、1) IoTに関する技術の開発・実証及び標準化等、2) IoTに関する各種プロジェクトの創出及び当該プロジェクトの実施に必要な規制改革等の提言等を推進する。具体的には、IoT推進コンソーシアムの下に下記のワーキンググループ(WG)を設けて活動する。

- ・ 技術開発WG(スマートIoT推進フォーラム)：IoTに関する技術の開発・実証及び標準化等の推進

(事務局：国立研究開発法人 情報通信研究機構(NICT))

- ・ 先進的モデル事業推進WG(IoT推進ラボ)：IoTに関する各種プロジェクトの創出及び当該プロジェクトの実施に必要なとなる規制改革等の提言

(事務局：一般財団法人 日本情報経済社会推進協会(JIPDEC))

- ・ 専門WG：課題に応じて設定(IoTセキュリティWG, データ流通促進WGなど)

一方で、科学技術政策としては、2013年に科学技術イノベーション総合戦略の検討が始まり、2015年2月には第5期科学技術基本計画に向けた方針が出され、2016年1月に決定された。その中に世界に先駆けた「超スマート社会」の実現(Society 5.0)が謳われた。

c) 産業革命の宿命と将来像の必要性

世界及び日本の色々な動向の中で、今起きている変化がどのように産業及び社会を変えていくかはわからない。これは産業革命の宿命である。

過去を見ると、手工業が機械工業化し、都市化が起こり、交通網が発達し、物品が遠くに届くようになり、大量生産で安価に生産できるようになると、人々は物質的に豊かになり、その後、ニーズが多様化し更なる経済発展をしてきた。資本主義が生まれたのも産業革命なら、民主主義も産業革命の進展と関係がある。しかし、過去は振り返って整理できても、未来の予測は困難である。

今回の4度目の変革は、新産業構造部会にはIoT、ビッグデータ、人工知能などの技術による変革とある。ではどのように変化するのだろうか。情報通信技術(ICT)の過去を見ると、1950年代に電子計算機(コンピュータ)を生み出し、性能の飛躍的進化により、パーソナル化、インターネット化し、個人がタブレットやスマートフォンを複数台持ち、世界中の情報を検索可能となっている。自動車も数百台のコンピュータを搭載しており、自動運転の技術競争に入った。人工知能もディープラーニング(深層学習)が2012年に画像認識で成果を上げて以降、急速な進化に入り、これまで困難であった囲碁の対戦においても世界のトッププロに勝利できるまでになった。2045年に人の知能をも超えるシンギュラリティが到来すると騒がれ、この1年で見て人間能力への到達が10年単位で早まっていると言われている。

ディープラーニングを始め、これらイノベーションの背景にはムーアの法則による性能の指数関数的進化と利用台数の指数関数的増加と、それら環境を統合する仮想化技術などがある。しかし、人は線形の変化は想像できても、レイ・カーツワイル氏がいう複数の指数関数的事象が相互作用する変化は想像不可能である。

唯一の救いは、機械にしろ、電気にしろ、設備機械における基本原理に進化がある訳ではない点である。しかし、第4次産業革命では、この設備機械にインテリジェンスを与え、機械同士、機械と人とが会話する時代になった。

このような中で、日本電機工業会では、2013年よりスマートグリッドなどのシステムアプローチに注目し、機能安全などの分野横断的な規格の意義及び動向を、システム標準化情報交換会として本特別委員会の前身の場で分析し始めていた。2014年6月、国際電気標準会議(IEC)/標準管理評議会(SMB)傘下にSG8(インダストリー4.0 – スマートマニュファクチャリング)設立議案を知って、この「第4次産業革命」の動きに注目を始めた(機関誌「電機」2015年12月号参照)。その過程で、様々な場に対応策の議論が始まり、中でも新産業構造部会から出てくる、産業の将来像の道標となる新産業ビジョンへの期待があった。

未来を自分達で創るために、企業の枠を超えて、製造業の将来像、2030年像を議論することの重要性が認識され、JEMAに留まらず、広く工業会以外の方の知見も取り入れ、議論する場としてこの特別委員会を設置した。

1.2 将来像の要件設定

従来、日本の産業は、欧米の産業を手本としてきた。しかし、近年、欧米に追いついたとの認識から、日本は手本を失い、失われた20年に突入したと言える。今日、私達は自ら将来を描かなければならない。

第4次産業革命やIoT化を議論する上で、第4次産業革命は変革のプロセスを示し、IoTは手段を示しているが、どのような未来になるかは何も語ってはいない。企業が実際に何をしていけばいいのかを考えるには、何らかの将来像が必要となる。未来は誰も予測できないことは過去が証明している。重要なのは、将来はこうなるであろうと想定し、その根拠や仮説を考え、未来を創造していくことである。

では、将来像として何を描くべきだろうか。5W1Hでその要件を次に整理した。

a) Why 何のために

製造業の将来像を検討する目的は、企業が第4次産業革命に対応していくために、仮の将来の姿を提示して、国内、業界内、企業内で議論してもらうためである。よって、将来の予測精度を求めるのではなく、国内外の社会、技術の動向、及び極端でもいいので具体的な将来像を示すことにある。

b) Who 誰が

将来像は、考える主体で制約が生じる。特別委員会委員、電機製造業者が考えるものが今回の将来像である。委員は、主にB2Bで産業(製造業)に生産財を供給する製造業、その中で電機システムに関わる企業を中心である。ただし、限られた委員である偏りを少しでも減らすために、参加委員はJEMAにこだわらず募り、第4次産業革命に関わるトピックスを多方面の専門家にも講演頂きながら検討することにした。

c) When いつ

将来で想定される時期は、2020年、2030年、2050年などが考えられる。業界企業、つまり、競合企業でできるだけ有意義に議論するには、想定する時期を競争領域からできるだけ離さなければならない。2020年は、企業の事業計画に近い領域であり、技術開発も競合するので、除外した。一方、技術トレンドとしてある程度予測可能な時間は10年程度とすると、2050年は余りにも予測が困難である。よって、2030年を将来像として検討する時期とした。

d) Where どこ

グローバル化と言われるが、市場として、欧米、アジア、南米、アフリカなどどこを意識すべきか。B2Bの電機システムという生産財はこれまで国内が中心だったので、国内は対象の1つとなる。一方で今後、海外へもっと出て行く必要がある。しかし、先進国欧米を市場とするには欧米の先進企業が競合となるため難しい。産業としての経済発展が期待できるのは新興国である。よって先進国としての国内と新興国とを対象とした。

e) What なにを

第4次産業革命を考えると、電機の生産財だけを見ては不十分で、IoT化はもちろん、ビッグデータや人工知能などの技術までを捉えると、これらが融合した電機システムが対象となる。クラウドコンピューティング、エッジコンピューティング、組込みとこれらの仮想化したコンピュータパワーを活用したCyber Physical System(CPS)までもが対象となる。

この情報通信技術の部分は、電機すなわち、機械と電気の技術とはかなり違いがある。例えば、自動車

は、機械中心の製品ではあるが、電機品も重要になり、ハイブリッド車や電気自動車に進化して電子化が進み、さらに、インターネット化、スマホ化、その先に自動運転がある。自動運転車は、地図、天候、地域イベントなどの外部情報と、他の自動車や人、障害物を判断するセンサや、信号などの交通システム、運転者の特性などの様々な情報と連携して動く。産業用生産財であってもこれと同様と考えると今の生産財とはかなり違うシステム化が求められる。

f) How どのように

社会と技術の関係は、過去の産業革命と同様に、社会のニーズに技術が応え、技術が社会を変えるという双方向である。戦後の日本が、技術革新及び人口ボーナス他で高度成長、都市化、核家族化、一億総中流化した。物質的に豊かになれば、少子化に向かい、内需が低迷し、これまでと異なった技術が求められる。

社会及び技術の動向を整理して、その動向を意識して製造業の将来像をシナリオプランニングで複数案を描き、さらに現状と将来像のギャップを分析し、課題を抽出、直近の対策を検討したことを計画した。ワークショップ形式、ワールドカフェ形式で個人の気づきを活性化して、集合知を得ることに重点をおいた。

以上の想定で、時間及び検討委員のスキルの制約の中で議論した。検討委員自身、将来像を描く経験は乏しく、将来像を描くために社会及び技術の動向をどう捉えればよいかも未知であった。そこで、今回は、下記ステップを計画した。

- 1) 動向を抽出、将来像の要件を整理するための2次元の枠組みの検討
- 2) 1)の枠組みを使った動向及び将来像の要件の抽出
- 3) 動向及び将来像の要件から将来像の描き方の枠組みを検討
- 4) 3)の枠組みで将来像を整理

検討過程で新たな気づきを得て進め方を見直すこともあった。

1.3 活動の進め方と活動概要

a) 組織と委員

本活動では幅広い視野での検討・関連団体との連携が必要となることから、日本電機工業会の会員企業に加えて学識経験者・連携組織の委員を交えた特別委員会として、「スマートマニュファクチャリング特別委員会」を設置した。本委員会は17社1大学3団体の29名で構成した。この他、都度の委員会では経済産業省を始めとして多くの団体・企業の方からご助言・ご支援を頂いた。

また、詳細な検討を行うために本委員会内に次のWGを設けた。

- ・トレンド検討WG
- ・将来像検討WG

b) 進め方の基本方針

2015年度は、概論として将来像に関する提言書をまとめることを目標として活動をスタートした。都度の委員会は、1) 技術動向把握・委員間での認識共有化のための講演及び討議、2) 将来の検討のための討議の2部構成で行った。将来像の検討では、ワールドカフェ形式のワークショップを実施した。

ワールドカフェ形式は次のような手順で行った。

- 1) 4~5名のグループに分かれて着席する。
- 2) テーマに沿って20分間の会話をを行う(1ラウンド)。

製造業2030：2016

- 3) 多くの会話を行うため、1回の発言時間を制限。またメンバーは最低1回発言するルールを設ける。
- 4) 発言内容は付箋紙に記載し、模造紙に貼付け・整理する。
- 5) 1ラウンド経過後、1～2名を残してメンバーを入れ替える。
- 6) 残留メンバーが前ラウンドの内容を説明し、新規メンバーを含めて同一テーマに関して会話する。
- 7) メンバー入れ替えと会話を数ラウンド繰り返す。
- 8) 全ラウンド終了後、模造紙を使って検討内容を発表し、質疑応答で全体で討議する。

本活動では検討内容が多岐にわたり不確定要素が多いことから、アイディア抽出の段階で一人の意見が支配的にならず、より多くの意見が集まり、情報整理段階で多面的な視点が入ることを期待してワールドカフェ形式を採用した。

c) 検討プロセス

本委員会のワークショップでは、次の順でテーマを設定して検討した。

1) トレンド分析

次のトレンドの内容及びその表現方法を検討した

- ・ 政治・経済・社会・個人など、将来像の背景となる変化のトレンド
- ・ 将来像実現に必要又はシーズとなる技術のトレンド

2) 将来像検討

製造業の形は色々と考えられるが、抽出する課題が鮮明になるように、次の2つの極端なモデルを想定した。

- ・ 寡占化され、同種の製品を作るのは世界で数か所に集約されている「メガ企業型」
- ・ 一つ一つの工場の規模が小さく、製造機能(企画・設計を含む)が分散され、協力して製品を作る「企業ネットワーク型」

3) 課題抽出

上記2つの製造業モデルの実現に向けた背景・技術トレンドの割当てと、現状とのギャップから課題を抽出し、将来像に繋がるシナリオを検討する。

d) 2015年度の活動記録

2015年度は次に示す7回の特別委員会を開催した。また、中間報告として、システムコントロールフェア(SFC)2015でセミナーを開催した。

1) 第1回特別委員会

日時	2015年8月4日 13：30～17：00
場所	電機工業会館 62会議室
講演	・ スマートグリッドの国際規格化の経緯について ＜講師＞アズビル株式会社 石隈 徹 委員
討議	・ ワークショップのトライアル テーマ1：これまでの業務経験 テーマ2：本委員会に期待するもの

2) 第2回特別委員会

日時	2015年9月11日 10：30～17：20
場所	アクセア半蔵門貸会議室 第1会議室

講演	・3D CADの技術動向 <講師>株式会社エリジオン 相馬 淳人 氏 ・先進事例に学ぶIoT戦略の基本と極意(GEと日本企業の比較など) <講師>株式会社日立コンサルティング 荒井 岳 委員
討議	・2030年の製造業に影響するトレンドを分析するための枠組み作り ◆製造業に影響を与えるトレンドにはどんなものがあるか？ ◆トレンドを整理する2次元の枠組みの縦軸と横軸を見いだす

3) 第3回特別委員会

日時	2015年10月19日 10：30～17：00
場所	電機工業会館 62会議室
講演	・生産ソフトウェアの開発のための国際標準化(ソフトのISO規格) <講師>国立大学法人大阪大学 荒井 栄司 教授 ・インダストリー4.0実現戦略(ドイツの実現戦略の分析) <講師>国立研究開発法人産業技術総合研究所 原 功 委員
討議	・第2回の委員会の結果できた枠組み内に、トレンドを当てはめる ◆枠組み内にトレンドをあてはめた結果、何に気付いたか？ ◆枠組みから新たにトレンドを抽出するためには、どのような工夫が必要か？

4) 第4回特別委員会

日時	2015年11月13日 13：00～17：00
場所	麴町区民館 洋室B
講演	・つながる制御システムを支える技術ORiN <講師>株式会社デンソーウェーブ 犬飼 利宏 氏
討議	・社会、技術トレンドが製造業をどのように変えるか？ ◆社会、技術トレンドが及ぼす、プラスの影響、マイナスの影響 →技術トレンドを詳細に拾い出すために、傘下にワーキンググループを作り検討することとした

5) 中間報告

日時	2015年12月4日 10：30～12：30
場所	東京国際展示場 西ホール 101会議室
セミナー	「製造業の将来像検討の中間報告」 (1) JEMA スマートマニュファクチャリング特別委員会の紹介 (2) NECA 第4次産業革命検討ワーキンググループの紹介 (3) スマートマニュファクチャリング特別委員会のワークショップの紹介 ・2030年の将来における製造業に影響するトレンドの分析を実施 ・会場でワークショップを再現 参加者：100名

6) 第5回特別委員会

日時	2016年1月7日 13：00～17：00
場所	電機工業会館 62会議室

講演	・ オープンソースソフトウェア(OSS)に関する世の中の動向と富士通の取り組み ＜講師＞富士通株式会社 吉田 正敏 氏
討議	・ 製造業の将来像として、メガ企業型と企業ネットワーク型の2種類の課題を検討する ◆メガ企業型：中国・インドなど新興国にて大企業が量産製品を従来以上の規模にて製造 ◆企業ネットワーク型：中小企業がネットワーク化してできる工場，特定ユーザ向カスタム化

7) 第6回特別委員会

日時	2016年2月5日 13：00～17：00
場所	電機工業会館 63会議室
講演	・ 人工知能の未来(ディープラーニングを中心とした人工知能技術動向とその応用) ＜講師＞国立大学法人東京大学 松尾 豊 准教授
討議	・ スマートマニュファクチャリング特別委員会提言書の作成 背景と活動内容，トレンド，将来像の各章の執筆を担当するチームからの中間報告と意見交換

8) 第7回特別委員会

日時	2016年3月24日 13：00～17：00
場所	電機工業会館 62会議室
討議	・ スマートマニュファクチャリング特別委員会提言書の作成， 提言書原稿(最終版)の確認

e) 各段階で得たこと

1) トrend分析

第2回，第3回のワークショップでは，2030年の将来像の背景となる政治・経済・社会・個人などの変化及び技術のトレンドを挙げ，重要性について検討した。ここでは次のような項目が重要要素として挙げられた。

- ・ 生産者・消費者としての人口動向
- ・ 価値観の多様化，格差拡大・2極化
- ・ 「匠の技」「ノウハウ」等の属人・暗黙知の活用
- ・ 移動(人・物・情報)コストの低下
- ・ 技術と社会の相互関係性(社会要請からの技術開発，技術による社会の変化)
技術が及ぼす影響ではプラス・マイナスの二面性に対する考慮が必要
- ・ シェアリング，オープンイノベーション等の意識・契約・技術戦略の変化

技術トレンドは，多岐にわたり，活用には詳細情報も必要なことから，ワーキンググループ(トレンド検討WG)を設けて，別途整理する事とした。この結果を第2章に示す。

2) 将来像検討

第4回のワークショップでは，これらのトレンドから推測される2030年の将来像を検討した。ここでは次のような項目が挙げられた

- ・ 製品：オープンイノベーション，サービス化，ソフトウェアデザイン，循環型社会向け製品
- ・ 労働：働き手の2極化，高齢化，教育の必要性，ワークシェアリング，リモートワーク
- ・ 製造：グローバル化(情報流通の仕組み)，試作・量産の方法変化，ロボット共生
- ・ 企業：同業種集約淘汰，多業種参入，分業・ネットワーク化

- ・ トrendを起点とした将来像の想定では、対象が多岐にわたり、2015年度内の検討完了が難しいとの懸念から、次の極端な二つの将来像を考えることにした。

i) メガ企業型

大企業が、製品・製造技術開発に巨大な資本を投じ、最先端の製造・省エネ・環境技術を駆使して、素材・高機能部品等の製造業の基盤を支える製品及び最終製品を製造する。スケールメリットを追求し、世界で数か所、新興国に立地する。

ii) 企業ネットワーク型

消費者と直接向き合う企業が、多様な顧客ニーズに応じて、固有技術を持つ中小企業・汎用部品をフレキシブルに組合せた最適ネットワークで消費者向け製品を製造する。消費地近傍を含めてグローバルに分散した立地で構成する。

実際には両者の要素を混合した製造体制が採られることになると考えられるが、i)は現在の製造技術をIoT、人工知能、ロボット活用等で進化・発展させる方向性を探るための、ii)は製品ライフサイクル管理・コーディネーション・物流などで製品・産業構造を変革する方向性を探るための、極端なモデルとした。

3) 課題抽出

第5回のワークショップでは、上述2つの将来像モデルに関して、現状とのギャップから課題を抽出した。

i) メガ企業型

- ・ 技術：自律分散，ネットワーク，ノウハウのシステム化，省エネ，遠隔監視・保守，エンジニアリング統括，フレキシブル生産，モジュール化
- ・ 制度：国際協力の枠組み(資金・技術)，相手国制度

ii) 企業ネットワーク型

- ・ 技術：企業間での製品ライフサイクル管理プラットフォーム(企画・設計・製造・サービス・品質トレーサビリティ)，モジュール化・共通化・標準化
- ・ 制度：企業評価(信用・技術)，コミュニティ支援プラットフォーム(資金調達，物流，設備共用，グローバル化，品質保証，これらのコーディネート)

将来像と課題抽出に関しては、別途ワーキンググループ(将来像検討WG)を設け、詳細検討を続けた。その結果を第3章に示す。

2 2030年の製造業に影響するトレンド

2.1 製造業に影響するトレンドの整理

2.1.1 トrend図

第1章に記載した委員会の検討により、2030年の製造業に関わるトレンドを図1のとおり整理、分類した。

図1の技術要素では、文部科学省 科学技術・学術政策研究所のデルファイ調査の結果なども参考として用いた(出典URL：<http://www.nistep.go.jp/research/scisip/delphisearch>)。

赤の太字になっている要素は、当委員会で重要なトレンドと考えており、2.2以降では、それぞれの要素を解説した。図1での各部分は、次を意味している。

- ・ 外側の円 : 政治，経済，社会のトレンド
- ・ 外側より2番目の同心円 : 技術のトレンド
- ・ 四角囲みカテゴリ : 2030年の製造業の将来像に関わる5つのカテゴリ

・ 中心の円

：2030年の製造業の将来像。第3章で記載する。

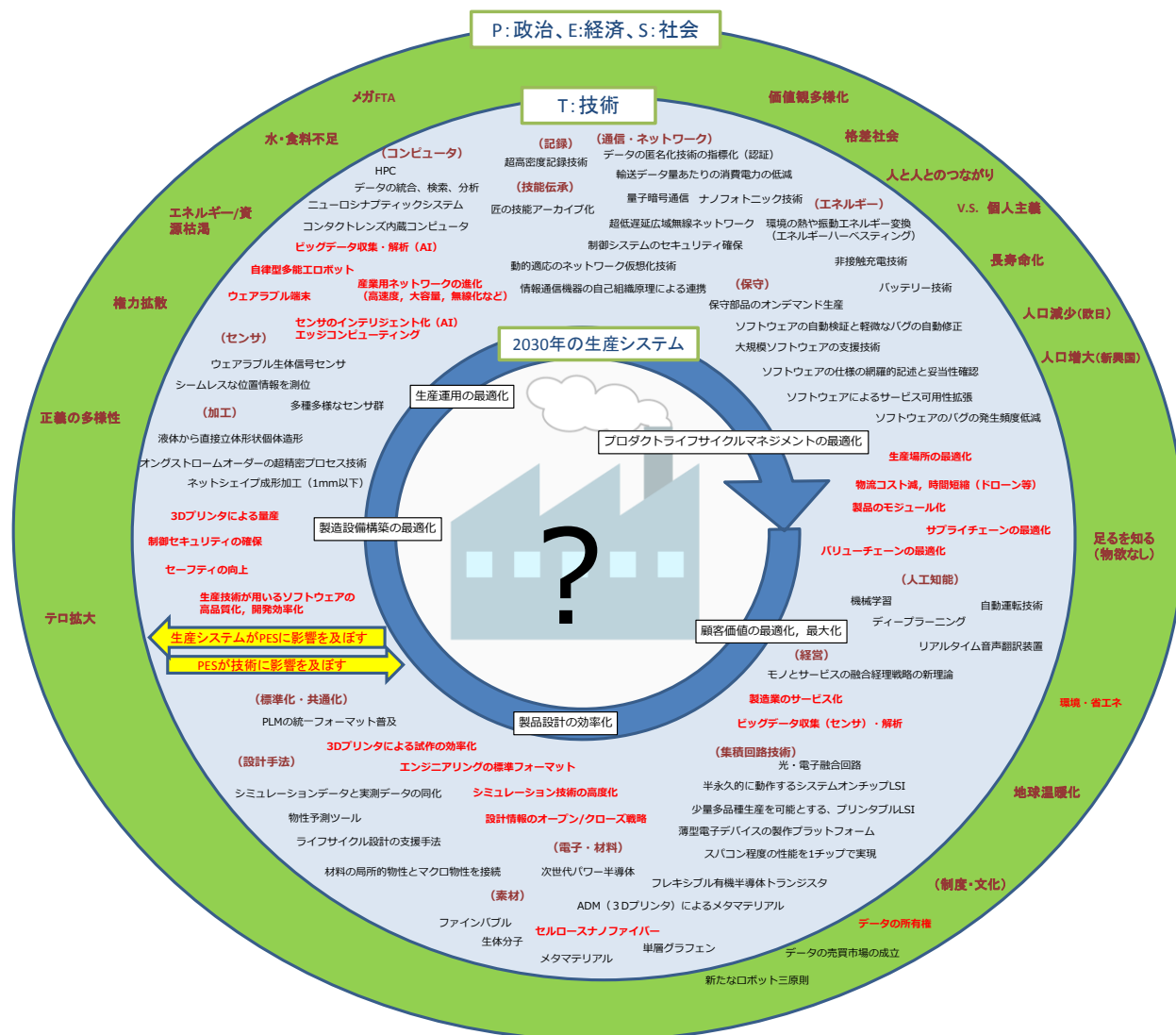


図1-トレンド図

2.1.2 政治、経済、社会に関するトレンド

人類が直面するさまざまな危機を克服し、サステナブルな社会を構築するために、図1の外側の円に記載されている諸課題に対して電機産業も取り組んでいく必要がある。

a) エネルギー・資源枯渇

アジア特に中国、インドなどの発展途上国での今後の経済成長に伴い、2030年には世界のエネルギー消費量は現在の1.3倍に達する見込みである。燃料別のエネルギー需要見通しでは、再生可能エネルギーの比率が2割弱に増加するものの、石油、石炭、天然ガスの伸びがますます大きくなると予想され、2030年にはこの3燃料で全需要の約8割を占めると見込まれている。一方、石油、石炭などのエネルギー資源には限りがあり、世界規模でエネルギーの需給がひっ迫すると予想される(出典：アジア/世界エネルギーアウトック 2013)。

エネルギー需要の増加は、地球温暖化にも大きく影響を与え、化石燃料の低減に向けた政策面での再生可能エネルギーの技術的支援とその活用に向けたインフラ整備などを推進するとともに、IoT技術の活用

などによるトータルなエネルギー効率改善による省エネ促進が期待される。

b) 地球温暖化

現在の地球の温度は、18世紀なかばの産業革命の開始以降、化石燃料の使用や森林資源の減少などにもなう二酸化炭素、メタンなどの温室効果ガスの濃度の増加により、過去1400年で最も暖かくなっている。このような温室効果ガスの排出量が継続された場合、21世紀末の地球は20世紀末に比べ、平均気温が約2.6～約4.8℃、海面水位が45～82cm、それぞれ上昇するとともに、21世紀中ごろまでには北極海の氷が夏季には完全に解けてしまう可能性が高いと予測されている(出典：政府間パネル：IPCC第5次評価報告書)。その結果、地球規模での異常高温、干ばつ、大雨、洪水、水没などにより、生態系、食糧、沿岸域、健康などに深刻な影響が生じると予測されている。

このような課題を解決するために、新たな国際ルールとなる「パリ協定」が2015年12月にCOP21で採択され、温室効果ガスの排出と吸収を今世紀後半に均衡させ、人間の活動による排出量を実質ゼロにするよう、各国に求めている。その結果、新しい枠組みでの温室効果ガス削減目標が各国政府より提示されており、欧州連合(EU)で2030年に1990年比で少なくとも40%減、日本でも2030年に2013年比で26%減とすることが公表されている。

c) 人口増大・減少、長寿命化

経済の成長に大きな影響を与える世界の各地域・国の人口については、国連が2年おきに推計値を公表している。2015年10月に公表された最新版では、世界の2015年の総人口は73億4947万人だが、2030年には15.8%増加して85億77万人になると予測している。このうち、日本は、少子高齢化を背景として2010年より人口が減少しており、2015年の1億2657万人から2030年には1億2012万人と5%以上減少が進むと見られ、経済成長にマイナス影響となる。世界で最も人口が多い中国は、2015年の13億7605万人が2030年には14億1555万人と微増となるものの、少子化政策の影響により2029年から人口減少に転じると推定されている。これに対して、現在、人口が世界第2位のインドは、出生率の高さにより2015年の13億1105万人から2030年に15億2766万人と増加し、2022年には中国を抜き、世界最大となる見込みである。同様にアフリカの人口も2015年の11億8618万人から2030年に16億7930万人と増加すると見られており、食糧、資源、医療等が喫緊の課題となる。(出典：国連"World Population Prospects, the 2015 revision" URL: <http://esa.un.org/unpd/wpp/>)

各地域・国の食糧、医療・衛生状態や生活習慣などを反映する平均寿命についても国連が2年おきに推計値を公表している。2015年10月の最新版では、世界の2010年～2015年の平均寿命73.49才に対して、香港に続き、世界第2位の長寿命国の日本は83.30才となっており、2025年～2030年も85.51才と順調に平均寿命を延ばすことが予想されている。平均寿命の延伸により、医療費、社会福祉費の増大、年金制度の危機、介護者の不足などが課題となる。

d) 格差社会

格差社会とは、収入や財産の所有について、社会の構成員の間で階層化が進み、固定的になる社会のことをいう。国際通貨基金(IMF)は、過去20年間の傾向として、ほとんどの国や地域で所得の国内格差が拡大しているとしている。また、経済学者のトマ・ピケティは「2010年代の世界的な富の格差は、1900-1910年のヨーロッパの富の格差に匹敵する規模」(出典：ピケティ「21世紀の資本」(2013年))と指摘している。

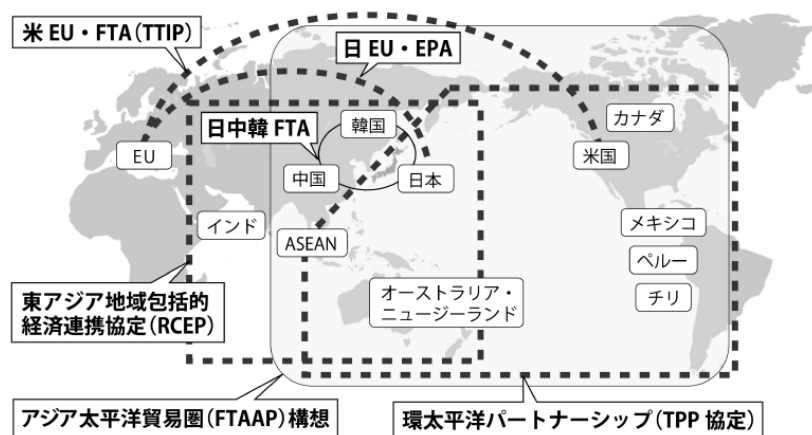
格差は就職した企業規模(大企業、中小企業)、年齢(若年層)、学歴・教育、雇用形態(正規、非正規)、地域(都市、地方)、税制度により生じやすく、資本や競争のグローバル化により生じているとの指摘もある。

格差社会の固定化は社会に閉塞感をもたらし、経済成長にマイナスの影響を与える。

e) メガFTA

アジア太平洋地域ではここ数年、自由貿易協定(FTA)が大きな広がりを見せている。最も注目すべきは、環太平洋パートナーシップ協定(TPP)、東アジア地域包括的経済連携(RCEP)といったメガFTAの台頭である。TPPとRCEPは、それぞれ世界のGDP(国内総生産)の29%、38%を占める自由貿易圏を形成するもので、実現すれば、貿易環境は大きく変わることになる。これと並行してAPEC(アジア太平洋経済協力)では、アジア太平洋自由貿易圏(FTAAP)構想を進めているが、これも将来的にはメガFTAという形で具体化されることになる。APECの調査報告書(APEC 2015)によると、FTAAPが2025年までに実現した場合、アジア太平洋地域のGDPは2015年比4～5%程度拡大し、世界全体では2%の押し上げ効果があると見込まれる。

メガFTAの台頭により、製品やサービスは国際標準への適合がより厳格に求められるようになり、世界共通の市場環境で競争に晒されることになる。



出典：JETRO「Ⅱ 世界の貿易ルール形成の動向」

URL：https://www.jetro.go.jp/ext_images/world/gtir/2014/pdf/2014-2_rev.pdf

図2ー主なメガFTAとその加盟予定国

f) 価値観多様化

個人の価値観やライフスタイルの多様化により、個人のニーズにフィットしたものやサービスの需要は今後ますます高まる。ネットメディアやネット販売の分野では、膨大な情報の中から個人にとって必要な情報を人工知能により整理、提供するキュレーションサービス、商品リコメンダアプリ、オンライン教育サービスなどが実現している。製造業においては、顧客の嗜好に基づく仕様、外形、色などに対応した製品を3Dプリンタなどにより大量生産品と同程度のコストと価格で製造し、価値を生み出す戦略としてのマスカスタマイゼーションが求められつつある。

g) 人と人とのつながりvs個人主義

社会における人間のあり方に注目すると、「人と人とのつながり」への指向と個人の好みを優先させる「個人主義」の双方が、最近のICT技術の進歩により、新たな展開を示している。

人と人とのつながりを促進・サポートするコミュニティ型ウェブサイトであるSNS(ソーシャル・ネットワーキング・サービス)は、趣味や嗜好(しこう)、居住地域、出身校、あるいは「友人の友人」といったつながりを通じて新たな人間関係を築くことを可能にするサービスである。2014年にはスマートフォン利用者の92%が何らかのSNSを利用している。一方、個人の日記、覚え書きや所感などを加え記録するウェブサイトの一つであるブログは個人的な趣味、嗜好、主義などを表現する場として活用されている。これ

らは、社会のトレンドを形成する一定の力を保有しており、製造業のマーケティングや市場調査においても重要なツールとなっている。

個々人の趣味を表現する場が増え、同じ趣味・価値観を持った人同士が繋がった結果として、同じ価値観を持った者同士が集う一方で、他の価値観に気づきにくくなったり、意見の先鋭化が生じたりする問題も生じている。

2.1.3 2030年の製造業の将来像にかかわる5つのカテゴリ

2030年の製造業の将来像にかかわるカテゴリとして、次の5つに整理した。2.2以降では、各カテゴリ及び共通的な技術要素について解説した。

- 1) 顧客価値の最適化，最大化
- 2) 製品設計の効率化
- 3) 製造設備構築の最適化
- 4) 生産運用の最適化
- 5) プロダクトライフサイクルマネジメントの最適化

注記 1)は製造業の目的のトレンド，2)，3)，4)は，生産システムの要素をよりよくしていくトレンド，5)は全体最適のためのトレンドに当たる。1)～5)とカテゴリに分けたが，5)の結果が1)に結びつくとして，図1では円環として示している。

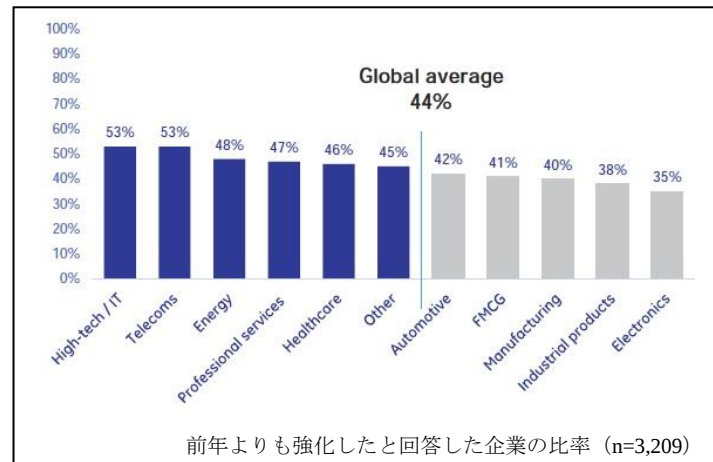
2.2 顧客価値の最適化，最大化

2.2.1 ビッグデータの利活用

2010年頃を境に、データから得られる収益がデータ収集・分析にかかるコストを上回るようになり、「ビッグデータ」というキーワードを耳にする機会が増えてきた。但し、何をもってビッグデータと呼ぶのか、明確な定義は無いようである。文字どおり大量のデータを示すことに間違いはないが、量(Volume)のみならず、種類(Variety)及び更新頻度(Velocity)を加味した3Vの特性で説明される場合が多い。本書においては、その目的から「事業(経営)に役立つデータ」と定義する。

アメリカの調査会社(IDC Research, Inc.)によると、2010年から2020年までの間に全世界のデジタルデータ量は約50倍に膨れ上がり、40ゼタバイト(ZB=10の21乗)に達するといわれている。その要因はスマートフォンや動画配信の普及であろう。

一方で、GEが実施した経営者層への意識調査(図3)を見ると、製造業におけるビッグデータ利活用は、第3次産業に比べると遅れていることがわかる。ドイツにおいてはIndustrie4.0という国策の下、製造業のICT活用が推進されているが、我が国においては「三現主義」が浸透しており、机上のデータよりも現場・現物を重視する企業風土が根強く残っている。しかしながら、作業者の多様化に伴い、必要に応じてデータを活用することが更なる生産効率化には欠かせない。



出典：GE Global Innovation Barometer 2014

図3—データ解析を強化した企業の比率(業界別)

また、我が国では、熟練者の退職や後継者不足といった社会問題が深刻化しており、ソーシャルニーズとして“ノウハウ”や“プロセス”のデジタル化が望まれている。しかし、製造ノウハウや生産プロセスは企業にとって重要な資産であり、それらがデジタルデータに移行されることで技術流出の可能性が懸念される。この点については、どのデータを社内でクローズし、どのデータをオープン(上位系との連携など)にするかといった選別を行うことが企業にとって重要な課題となる。

次にビッグデータ利活用の身近な成功事例を紹介する。

複合複写機製造業のA社は、世界中に散在する数万台分のデータを収集し、顧客毎に稼働情報(印刷枚数、両面かカラーかなどの設定情報等)の報告や従量課金サービスなどを行っている。それと同時にA社側でも、それらのデータを自社の営業活動や保守サービスに有効活用している。例えば、印刷枚数が増えてきた顧客には機器の増設や上位機種へのリプレースを提案し、故障した際には故障前の使用状況から、短時間で原因を究明し、問題点を次期商品の品質向上に反映させている。

このように、顧客や現場作業者の行動履歴を収集・分析し、その結果をマーケティングや新商品開発へ活用することは、もはや経営戦略上不可欠となっており、そのためのセンサや解析技術(人工知能など)の需要はデータ量と相まって益々高まっていく。

2.2.2 製造業のサービス化

従来の1) 物理的要素(もの)としての単体製品に、2) センサなどの「スマート」な要素や3) 通信モジュールなどの接続のための要素が追加された「スマート製品」が通信ネットワークを介してクラウド上のビッグデータとつながり、解析ツールによる分析ができるようになると、これまでの製品単体(ハードウェア)の売り切り事業から、さまざまなサービスの販売へと大幅な事業転換が可能となる。この場合、製品の設計段階で、これまでは考慮する必要がなかった計測機能、データ収集・通信機能、さらに故障や部品交換時期などの診断ソフトウェアの開発を行う必要が出てくる。また、単体製品を販売するのではなく、スマート製品に関するサービスを提供しようとする場合、単体製品の開発、製造コストに加え、製品の稼働管理、保守支援、予防保全などのデータの収集、解析、診断、提供などに関する製品メンテナンス上のコストを考慮する必要が出てくる。また、上記のようなコストの回収方法としてのサービスに関する課金方法も考慮する必要がある。

しかしながら、このようなプロセスを経ることにより、スマート製品の供給者は、これまでの単体製品の売り切り業者から、長期的に顧客の成功を支援し、新たな利益を享受するサービス事業者への転換を果

たすことができる。この場合、産業機械などの耐用期間が長いサービスでは、売上及び利益を長期間にわたり安定的に獲得できる可能性があるとともに、納入した顧客の設備、システムなどが遠隔にあっても、通信ネットワークによって上位クラウドとつながっている「スマート製品」の特質を活かして、遠隔サービスやワンストップサービスなど効率的な業務を展開できる可能性がある。

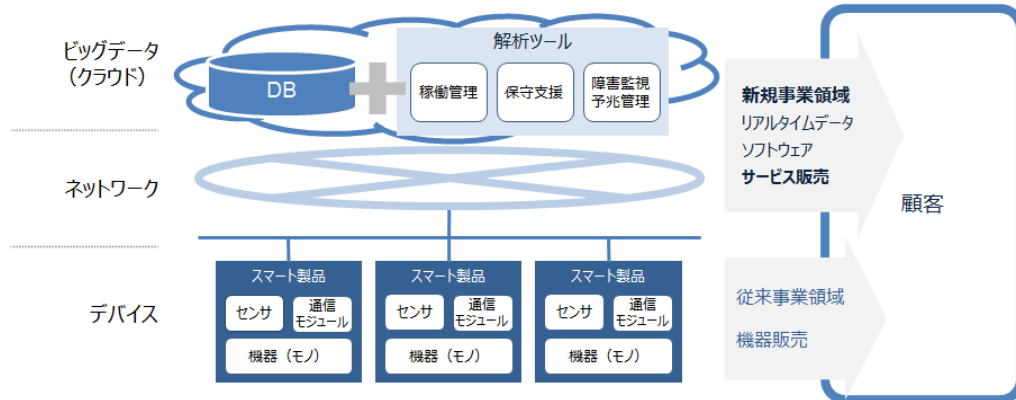


図4-「スマート製品」による事業のサービス化

また、製造業において、従来の自動化技術に加え、クラウド、エッジコンピューティング、プロダクトライフサイクルマネジメント応用技術(モデリング、シミュレーション)、画像分析技術などを活用し、製造工程の見える化を図ることにより、稼働率向上(ダウンタイム極小化)、品質レベル向上、納期短縮、消費エネルギー低減、迅速な海外生産拠点立上げ、トレーサビリティ確保などを実現する生産性が高い製造プラットフォームをトータルソリューションとして顧客に提供するビジネス機会が発生する可能性がある。

2.3 製品設計の効率化

2.3.1 3Dプリンタによる試作の効率化

3Dプリンタは、素材となる熱可塑性樹脂や金属粉などを溶かして積層するなどし、樹脂から金属まで様々な材質から成る立体的な造形を作ることができる装置である。当初は、主に試作にのみ使われていたが、近年では製品に必要な寸法精度や強度を持つものなど、3Dプリンタでの製作可能範囲も拡がりを見せている。

通常の製品開発においては、設計した後に試作品を製造し、その試作品を評価した後に製品化するという手順をとる。

これまでの試作品の製造については、設計図面や設計データなどの設計指示書により、専門の製造業者へ発注し、専用の製造治具などを使って時間をかけて試作製造されたものを、物流を介して納品してもらうという形態であり、設計者が試作品を入手するまで、ある一定期間を要していた。そして、この試作品の評価においては、開発する製品に求める製品イメージや大きさ、性能・機能などの設計の出来栄、量産段階を想定した最終製品までの作りやすさなどを評価する。そしてその結果を必要に応じて設計へフィードバックする。

3Dプリンタが設計者の手元にあれば、設計者が3次元CADなどで設計したものを、設計現場で同等品質で試作することができる。この場合、上記「設計→試作→評価→設計見直し」の一連のプロセスを短い期間で行うことができ、この一連プロセスを費用抑制できれば、複数回繰返して完成度を高めることが容易となる。さらには、製品完成する前のこの試作段階で、早期に顧客が試用することより、当初の開発仕様段階・設計段階では想定しきれていない顧客目線での機能要望取込みや、場合によっては潜在的な機能の掘り起しも実現できる。つまり「要求仕様→設計→試作→評価→顧客試用→要求仕様見直し」の大きな開

発サイクルを短く回して、要求仕様に反映する。

このように、3Dプリンタを試作製造で活用することで、短い開発期間で、高い完成度の製品開発が可能となり、また、早期の顧客試用・見直しの繰返しで、一段高い商品力を目指した製品開発も実現できる。

2.3.2 エンジニアリングの標準フォーマット

製品ライフサイクルは時代とともに短くなり、多くの製造業にとって製品開発リードタイムの短縮が重要な課題となっている。また、大量生産によるコストダウン効果と個別要求仕様への高い適応力の両方を兼ね備えた「マスカスタマイゼーション」というキーワードが生まれ、ECM(Engineering Chain Management)におけるイノベーションが必要となってきた。

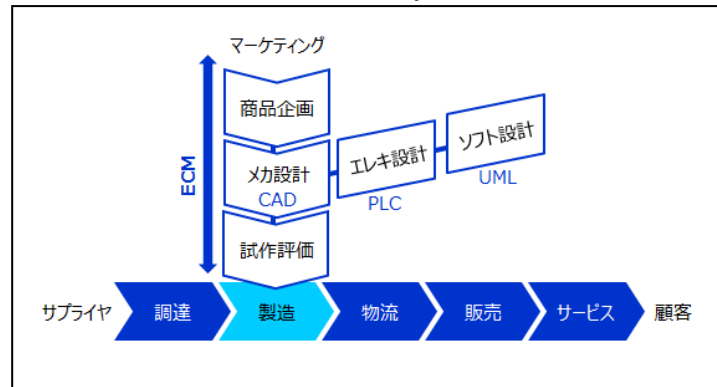


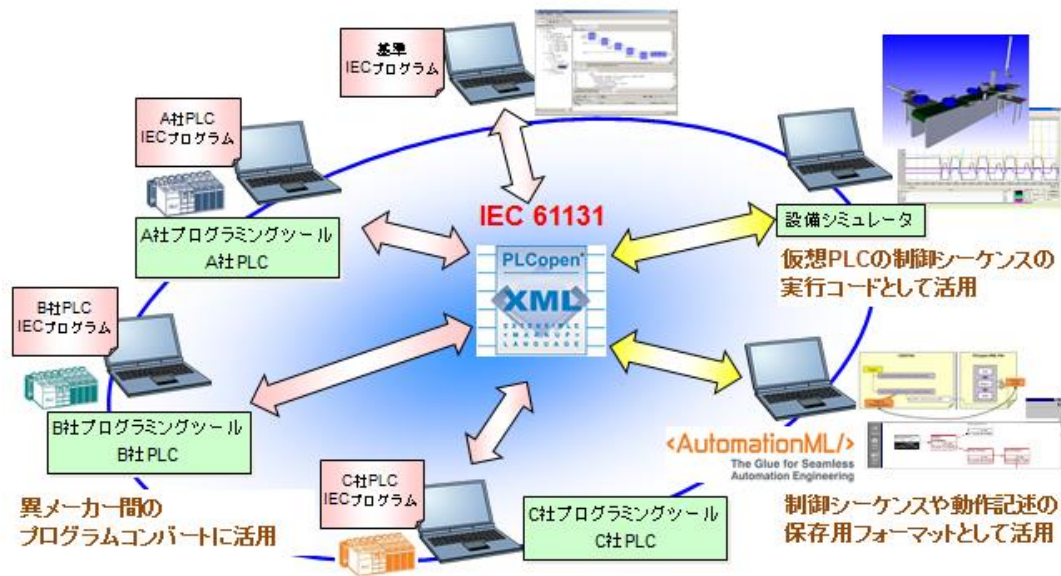
図5—Engineering Chain Management

図5のように、ECMには企画→設計→評価というプロセスがあり、それぞれが製品情報を共有出来るPDM(Product Data Management)と呼ばれるシステムが利用されている。近年のPDMツールでは、三次元のCAD図面、CAEによる構造計算、CAMによる加工・組立設計などを組み合わせて活用することで、設計途中であっても加工・組立の製造工程を仮想的(シミュレーション)に検証することが出来る。こうしたデジタルマニュファクチャリングにおいて、CAD・CAE・CAM、PLCの制御プログラムが高度な相互関連性を持っており、これらのエンジニアリング情報(ファイル)の交換作業効率が製品開発リードタイムに影響を与えている。このような理由により、資金のある大企業では開発委託先を含む全てのツールを統一すべき(ターンキー)と考えるようになった。

ところが、グローバルレベルでのアライアンスやM&A、あるいは顧客が急速に拡がっていくような環境では、ツールを統一することはコストと時間の無駄ではないだろうか、バラバラであっても最適なツールをいかに連携し、情報としてつないでいった方がスピード感を持って変化に対応出来るのではないかとの考えが多数派となっており、各ツール間のデータ交換方法及びフォーマットの国際標準化を行うコンソーシアムの活動が活発になっている。それらの例を次に示す。

- STEP(Standard for the Exchange of Product model data：ISO 10303)
- AutomationML(Automation Markup Language：IEC 62714)
- PLCopen XML(PLCプログラムの標準フォーマット： IEC 61131-10作成中)

このように、ECMで使われる各種エンジニアツールのデータ交換方法及びフォーマットが標準化(図6参照)されることで、製品開発リードタイムは一段と短縮され、「マスカスタマイゼーション」、国や企業を越えた「つながる工場」が世界中に展開されていく。



出典：PLCopen Japan

図6—つながるエンジニアリングツール

2.3.3 シミュレーション技術の高度化

シミュレーション技術は、試作する前の事前評価や、試作困難な大規模製品の評価、評価設備が高価な試験の代替え、試作では評価困難な微細化信号の確認など、いろいろな場面・用途で幅広く活用され、製品開発の完成度の向上には無くてはならないものとなっている。

シミュレーション対象は、半導体、電子部品、電子・電気回路、プリント基板、材料・素材、パッケージ構造、機械装置、発電、送配電、受電、通信ネットワーク、制御システムなど、様々な製品分野がある。扱う物理量も、電圧・電流などの電気信号から、電磁界、熱、流体、力、振動、衝撃、騒音、圧力などがあり、高速化、高精度化、高信頼化、微細化、巨大化など大幅に進化している。

最も重要なのは、シミュレーション対象をいかに正確にモデル化するかであり、ばらつき要素のあるものは統計モデルを用い、熱と流体、流体と構造などの組合せでのモデル、より現実モデルに近づけるには、さらなるマルチフィジックスのモデルを扱う必要がある。

このような正確なモデル化とそのモデルにおける精度の高いシミュレーションには、それを支える計算機の計算能力、効率的で高速に計算するためのアルゴリズム、様々なデータベースとの連携できるプラットフォームなども必要になる。

2.3.4 設計情報のオープン・クローズ戦略

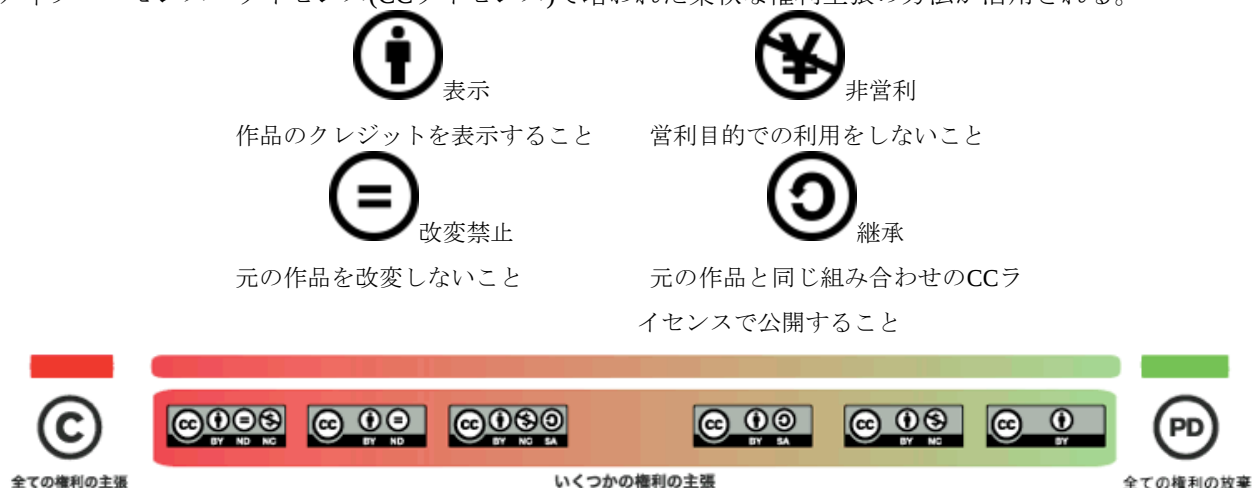
製品及びサービスにおけるソフトウェアの重要性が高まり、ソフトウェアの開発に掛かるコスト及び品質向上に対する要求が増大している。情報系システムにおけるオープンソースウェアと同様に、組み込み系のソフトウェア及び3DCADのような設計図においてもオープンになり、競争領域、差別化のための部分以外については、共同で設計、改善していく仕組みとなる。

設計情報のオープンソース化は、大企業を中心とし、目的が明確なプロジェクトから発生する流れ(例：TOPPERS)と、FabLabを用いた個人でのものづくりで草の根的に成長する流れの2つに分かれながら発展する。前者では、各社が顧客に対して製造するアプリケーションはクローズ、そのベースとなるOSはオープン、と明確なオープン・クローズ戦略に基づいて開発される。後者は、2016年時点では3Dデータ

共有が普及しつつあるが、徐々に3Dプリンタ以外の工作機械等の使用も含めた設計過程全体の記述まで共有されることになる。2030年頃には、大企業を中心としたオープンソース化と草の根的なオープンソース化との2つの流れが融合し、顧客向けアプリケーションにおいてもオープンなソフトウェアモジュールを用いた設計が多く用いられるようになる。

オープン・クローズ戦略においては、クローズにした技術情報をいかにして守るか、オープンにした情報をいかに普及させるかが課題となる。ハードウェアを主体としたビジネスでは、製造技術及び中核部分を模倣が困難なロジック半導体(ASIC)としてクローズにすることで囲い込みを行うことができたが、ソフトウェア及び周辺の技術コミュニティを含めたビジネスモデルが差別化要因になる中で、クローズ戦略が困難になっていく。オープンソースの活用では、自社外の技術者がよりよい技術提供を行った結果、当初、戦略的にクローズにしようとした領域が意味を成さなくなることも想定される。

そのような状況では、特許権や著作権を用いた知的財産保護によって、クローズとするよりは、柔軟な権利提供により、オープンな技術開発を促進し、その技術コミュニティ自身の模倣困難性を重視する戦略が有利となる可能性がある。設計情報のオープン戦略においても、GNU General Public Licenseやクリエイティブ・コモンズ・ライセンス(CCライセンス)で培われた柔軟な権利主張の方法が活用される。



出典：クリエイティブ・コモンズ・ライセンスのWEBページを基に筆者作成

URL <http://creativecommons.jp/licenses/#licenses>

図7ークリエイティブ・コモンズ・ライセンスでの表記例

2.4 製造設備構築の最適化

2.4.1 現場作業者をアシストするICTデバイス

現場作業者の技能や能力拡大をアシストするICTデバイスのニーズが年々増大している。我が国の製造現場は労働者人口の減少や高齢化といった構造的課題に直面している。将来にわたり製造設備の自動化だけでは対応できない人手作業に対し、ウェアラブルデバイスやパワーアシストスーツといった人間工学的機能を取り入れたアシストツールを積極的に取り入れていくことは必要不可欠である。またグローバル化に対応した多言語対応や障がい者支援対応も必要になってくる。

製造業におけるウェアラブル端末の活用の目的は、大きく2点ある。1つはIoTの浸透に伴う多品種少量化やカスタマイゼーションが進む中で、多様な作業に対応しつつ、生産効率を上げる目的である。ヘッドマウントディスプレイ(HMD)やワイヤレスイヤホンなどのウェアラブルデバイスを作業者の体に装着し、複雑な作業内容をリアルタイムで指示したり、音声認識デバイスや生体センサによって、ハンズフリ

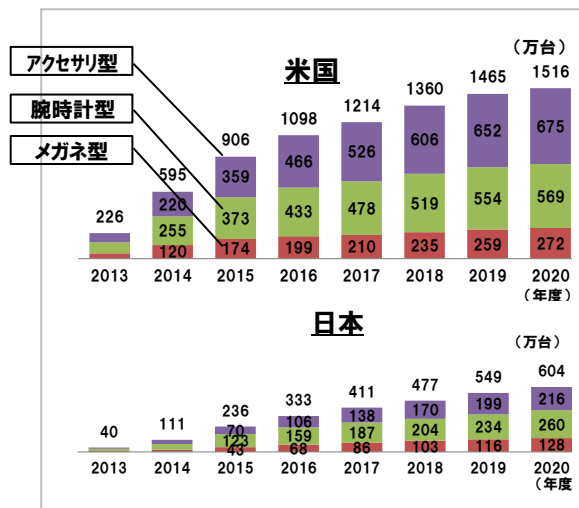
一での製造設備操作が可能になる。現在においても両手を使用し、作業に正確さが求められる用途においてHMDの端末が人手作業のアシスト用途で活用される事例が出てきた。HMDの主な適用範囲は、組立作業指示、設備の定期的な保守・メンテナンス作業、工場内での物流作業、新人作業員向けの作業訓練用途等、広範囲での活用が期待できる。

2点目は、労働力人口の高齢化と減少が進む中で、ウェアラブルデバイスを活用し、日本の製造力が得意とする熟練技能を非熟練者へ伝承する目的においてである。熟練作業員と新人作業員との技能差を、デバイスを通じて記録したデジタルデータにより比較したり、仮想現実技術(VR技術)との組み合わせにより、遠隔地から、あたかも作業現場にいるかのように熟練作業員が作業指導したりすることが日常的に行われる。各作業の実績情報は、データベースサーバに蓄積され、管理監督者は、データをリアルタイムでモニタリングし、稼働率やラインバランス、作業のバラツキ、段取りロスなどを分析することで素早く課題を抽出し、すばやく改善につなげることができる。このように日本のものづくりの得意分野を生かし、日本ブランドの維持・強化、グローバル展開を図る上でも、人の能力を拡張するウェアラブルデバイスの進化は日本型のものづくりとの親和性の高いテクノロジーである。



図8ーウェアラブルデバイスの活用事例

一方で、民生用では腕時計型やアクセサリ型の伸びが大きく、比較的メガネ型の成長幅は低いと予想されている。図9は2020年までのウェアラブル端末の市場予測であり、米国、日本とも現状の1.5～2.0倍の市場規模に成長する見込みである。民生用はプライバシー上の問題やバッテリーの持続時間の課題、常時使用時の身体的影響に対する懸念がある。将来のトレンドとしては、気軽に利用できるアクセサリ型ウェアラブルデバイスから普及が進み、メガネ型デバイスが普及するにはまだ時間が必要と思われる。生産現場におけるウェアラブルデバイス活用は、対象が限定されていることから、上述した課題が克服できる用途が多いため、先行して普及が進む。



出典：株式会社MM総研のWEBページ「日米におけるウェアラブル端末の市場展望」を基に一部改編

URL：http://www.m2ri.jp/newsreleases/main.php?id=010120131225500

図9ーウェアラブルデバイスの市場予測

2.4.2 3Dプリンタによる量産

3Dプリンタは、2.3.1の冒頭で説明したとおり、素材となる材料を溶かして積層するなどして、立体的な造形を作ることができる装置である。

量産製品としての性能、精度、強度、品質、信頼性が確保でき、製造リードタイム、量産コストが見合う製品の場合には、3Dプリンタを開発試作段階だけでなく、量産製造段階でも活用することが可能であり、この場合、標準品の大量生産だけでなく、マスカスタマイゼーションへの対応、多品種少量生産対応も容易となる。また、当該製品に特化した治工具や金型などの製造設備製作に3Dプリンタ活用することで、これまで製造設備立上げに要していた準備作業・時間が大幅に削減になり、量産設備の早期立上げが可能になる。また、量産化後の設備維持・保守のやり方も、従来の方法とは異なるものとなる。

3Dプリンタによる製造は、従来の切削、プレス、鋳造などとは異なる作り方である(図10参照)。このため、今までの製品では実現できなかったことや、また、従来加工法と3Dプリンタによる製造とを組み合わせることでの新たな価値ある製品を生み出す可能性も持っている。

加工方法	除去加工	付加加工	変形加工
方法例	切削, 放電加工	溶接, 積層造形	プレス, 鋳造
機器例	マシニングセンター 放電加工機 旋盤	溶接機 3Dプリンタ	プレス成型機, 射出成型機, 砂型, 金型

出典：みずほ銀行産業調査部作成資料より一部改変

URL: http://www.mizuhobank.co.jp/corporate/bizinfo/industry/sangyou/pdf/mif_137.pdf

図10ー造形方法から見た3D プリンタの位置付け

顧客自身が3Dプリンタを保有し、その3Dプリンタで量産製品が製造できる製品や製品キットでの部分供給を行う場合は、商品は「製造されたもの」から「製造するためのデータ」に代わるることとなる。また、製品を丸ごとでなくても、量産製品の一部の寿命部品や修理交換部品など、保守部品を顧客自身での3Dプリンタ活用というケースも考えられる。その場合、製造者と消費者との間の関係が変わり、品質保証や

製造物責任などの新たなルール整備も必要となる。

2.4.3 環境・省エネ

環境問題は地球規模で深刻化しており、その解決は喫緊の課題であり、温室効果ガス及び有害物質の排出規制はより厳しくなると考えられる。工場の新設・更新においては、機能性、経済性だけでなく、環境負荷を評価しなければならない。

既に始まっている家庭のエアコンや冷蔵庫等の省エネ家電への買い替えがさらに進み、それらを製造する生産設備で使われるモータや変圧器等の産業用機器は、さらに高効率の機器へ置き換えられる。機器の設計、製造、物流、輸送に関しても言えば、プロダクトライフサイクルの最適化(2.6)、材料・素材の高度化、軽量化(2.7.1)の貢献も大きい。

一方で、ビッグデータ、IoT、人工知能を活用した省エネ技術が発展していくであろう。既に、航空機のジェットエンジンでは、航空機のリアルタイム情報や気象情報などの様々なデータを解析し、最も燃料消費が少ない飛行ルートを設定する技術が実用化されている。また、鉱山機械では、稼働状況や燃料消費データを収集し、省エネ運転の支援が行われている。このようなビッグデータの活用が産業用機器の分野においても進み、機器単体ではなく、工場のシステム全体、物流、運転・運用に合わせたスマートな省エネの適用が広がっていく。

2.5 生産運用の最適化

2.5.1 自律型多能工ロボット

産業分野、特に生産ラインへ高度に進化した人工知能を搭載したロボットの本格的な適用が進む。ロボットの適用により、最適な生産体制を構築して、費用縮減、製造期間短縮、品質均一化が実現される。

主な特徴を次に示す。

- a) 人工知能にて作成された生産計画及び製造手順にもとづいて、ロボットが稼働する。また、生産及び製造の各種エキスパートシステムの支援と組み合わせることにより、効率的にロボットが稼働し、飛躍的に生産性向上が実現する。
- b) 人工知能の学習機能により習得した知識をもとに、ロボット自らが生産状況の変化に応じて生産ラインの調整を図り、自律型ロボットとして稼働する。これにより、作業員とロボット間、および、ロボットとロボットとの間でも、互いに協調を図りながら共同作業することが可能となる。
- c) 学習機能を搭載した自律型ロボットが、学習する内容を選択することにより、実行できる作業内容の変更が可能となり、多能工ロボットが実現する。
- d) 熟練工、匠の技能のデジタル化、アーカイブ化を図り、学習機能により、ロボットが技能を習得し、製品製造に反映する。

以上のような特徴を有した自律型ロボットが、製造業では生産現場で中核をなす設備として稼働し生産活動が展開される。大規模工場では、工場全自動化、つまり無人化工場が出現する。また、中小規模の工場では、必要な生産機能に特化した多能工ロボットが普及する。

このように、高度に進化した人工知能をもとにした学習機能により知識を得たロボットは、人と共生しながら、更なる高度化に向けて発展していく。

2.5.2 製造ビッグデータ収集・解析

第3次産業と比べて遅れている製造業でのビッグデータ活用は、ドイツのIndustrie4.0の取組みに代表されるような第4次産業革命の広がりによってグローバル規模で急速に拡大していく。製造現場においてIoTが浸透していくと、これまでは扱われなかったような性質のデータが生産設備及び作業者を通じて収集さ

れるようになり、必然的に扱われるデータ量は加速度的に増加する。データの性質変化及び量の増加と共にデータ分析に必要なクレンジングツール、NoSQLデータベース技術、クラウド及びエッジコンピューティング技術も飛躍的に進化し、ビッグデータのエコシステムは現在より更に自然な形で利用され、製造プロセスに溶け込んでいく。



出典：経済産業省 データ社会における製造業の方向性に関する調査：平成26年度製造基盤技術実態等調査

URL: http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2015fy/000906.pdf

図11ー製造ビッグデータ活用を進める上での課題

先進的な工場においては、現在でもビッグデータを活用した設備故障の予兆管理や部品までを含む包含的なトレーサビリティシステム、ミリ秒単位の限りなくリアルタイムに近い製造データ収集と見える化、分析に取り組んでいる。これらの動きは将来に向けて中小企業にも拡大していく。例えば、工場の生産活動で発生する大量のデータを活用し、設備異常を早期に発見する故障の未然防止や収集データから品質トラブルの発生傾向を読み取り、ロスを削減する取組みなどは、費用対効果を明確にしやすいため、先行してビッグデータの活用が進む領域となる。

他方で製造業でのビッグデータ活用に向けた将来の課題もある。前述したように我が国の製造業では熟練者の退職や後継者不足といった問題が深刻化しており、製造ノウハウをデジタルアーカイブ化して、強みに変える取り組みや、製造ビッグデータを扱うデータアナリストの育成が不足していると指摘されている。



図12ー製造ビッグデータの活用プロセス

図12は製造ビッグデータの一般的な活用手順である。製造現場に行けば自ずと必要なデータが集まってくるわけではなく、まずは製造現場の情報を発掘する必要がある。次に有効と思われるデータを収集統合する。そしてデータを見える化し、分析・改善を実行する。図12のプロセス2)～3)において、広範囲データの自動収集、超高速処理、人工知能(AI)を活用した分析が将来的に可能になると予想されるが、プロセ

スの1)と4)は依然として、人間のノウハウに左右される部分が残る。

日本の製造業が生き残る一つの方向性として、より高度な製造ビッグデータ技術を駆使した、他国には追従の難しいハイレベルの品質革新の実現が考えられるが、そのための方策の一つとして製造ビッグデータアナリストの育成が課題となってくる。

2.5.3 センサのインテリジェント化

生産設備を最適に運用するためには、生産設備の詳細な情報を必要とする。そのためには、多種多様なセンサ群が重要なキーデバイスとなる。

従来のセンサは、物理量または化学量(温度、湿度、音、光、位置、振動、速度、磁気、圧力など)を測定する単機能品が主であった。生産設備のより詳細な情報を得るため、単機能品に、分析や解析など多様な付加機能を有したインテリジェント化したセンサ群が普及する。

次に特徴的なセンサの事例を示す。

- a) 高精細カメラを応用したビジョンセンサが普及する。従来のカメラは、人が画像を見るために、撮影するものであった。ここに分析や解析の付加機能を組み込むことにより、対象物の形状認識、寸法や表面温度の計測、傷や亀裂などの損傷状況を検出する。これらの機能は、生産設備の監視や倉庫のピッキングなどに応用され、更には、製品の製作過程を含めた良否判定などに適用される。また、動画解析を付加することにより、作業員の作業動線、コンベアなどの可動部を持った生産設備の稼働状況を把握する。これらの機能は、最適な作業動線の構築、適切な稼働管理に適用される。
- b) 音響センサの高度化が進行する。計測された音データを音響解析により、設備の異音などを自動で検出する。今まで人間が聞いて判断していた設備の障害診断作業などに適用される。
- c) 位置検出の高度化が進行する。GPSセンサでは、屋内や地下などではGPS信号が受信できず位置検出ができなかったが、このような場所では、無線通信を適用した屋内位置検出が普及する。GPSと組み合わせることにより、屋内外を問わずシームレスな位置情報を得ることができる。この位置情報をもとに、搬送設備などの自律運転に活用する。
- d) 人の五感のうち、触覚、味覚および臭覚センサが実用化される。触覚センサは圧力分布、質感(ツルツル、ザラザラなど)、摩擦感、温感をセンシングすることにより、材質の硬軟や多様な形状が混在する製品のハンドリング、金属表面加工などに適用される。味覚センサは食品、飲料の評価などに適用される。臭覚センサは生産現場においては、オイル漏れや加熱による異常臭の検出など生産設備の稼働状況監視に適用される。このような五感センサの実用化がロボットに適用されて、ヒト型ロボットに進化していく。

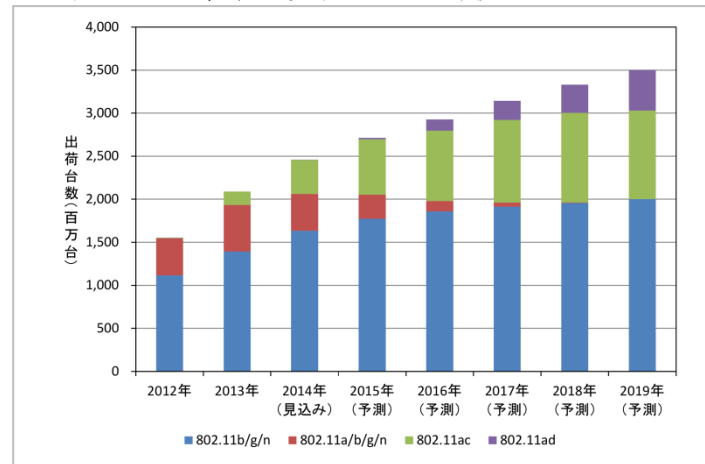
以上のようにセンサ群のインテリジェント化が進むと、端末側であるセンサ群のデータ量が飛躍的に増大する。そのため、上位側であるサーバの処理負荷および通信トラフィックの増大を招く。対策として、端末側にて処理を行うエッジコンピューティングが普及する。これにより、最適なサーバの処理運用、通信トラフィックの低減が実現され、端末側～上位サーバ間の応答性向上を図る。

また、エッジコンピューティングは、工場の限定された範囲をカバーすることにより、その範囲で発生した障害はエッジコンピューティングの範囲内で対処が可能となり、エリア外のクラウドに影響を及ぼすことを防ぎ、可用性が高まる。

2.5.4 産業用ネットワークの進化

産業用ネットワークには、現時点で多種多様な通信規格が存在し、異なるネットワークシステム上にある機器や機械が互いにデータ通信できないという課題がある。2016年時点で最も広く使われているのはフ

フィールドバスであり、市場の約6割を占めている。フィールドバスには、簡便であることや、長く使われてきた実績と信頼性があり、PROFIBUS、Modbus、DeviceNet、CC-Link、SXバス、HART、Foundation Fieldbus等が存在する。一方で産業用Ethernetネットワークは、その高い性能や企業内ネットワークとの統合性能により近年急速に拡大している。産業用Ethernetの中ではFL-net、TC-net、MECHATROLINK、PROFINET、EtherNet/IP、EtherCAT、Modbus-TCP、POWERLINK、CC-Link IE、ADS-net等があり、2030年に向けて生産性の向上において重要な位置付けを担っている。ネットワークが多様であることによる問題を克服するために、ネットワーク間をシームレスにつなぐOPC-UAやORiNといったオープン通信インタフェースのニーズが高まりを見せており、製造現場において今後活用が拡大していく。



出典：特許出願技術動向調査報告書(概要)次世代無線 LAN 伝送技術

2014 Wireless Connectivity Market Analysis

URL: https://www.jpo.go.jp/shiryou/pdf/gidou-houkoku/26_17.pdf

図13－規格別無線 LAN 市場規模推移

他方で無線化のトレンドにも注目する必要がある。これまで産業用のネットワークは物理層として、有線を使用したものであったが、民生機器向けインターネットで無線化が急速に普及したように、工場内の産業用途においても無線化が進む。産業用通信では、民生用と比較して、信頼性とロバスト性が求められるため、周波数帯の干渉・混信や通信時間の遅延、セキュリティの確保等、克服が必要な課題があるが、無線化により製造現場が享受するメリットは計り知れない。

例えば、産業用ネットワークの無線化により配線ケーブルのコストが削減できる上、配線工事期間も短縮可能となる。また、機器を取り付けにくかった場所にも機器を取り付けることができる。配線レスにより設備レイアウト変更の自由度、変化対応力拡大につながる等、第4次産業革命の潮流の中で、マスカスタマイゼーションの実現に必要な不可欠な技術となっていく。

上記のような将来性を見越して、急増する無線データ通信量に対応すべく、IEEE802.11acやIEEE802.11adなどの次世代無線LANの通信規格の策定が進んでいる。また高速認証の通信規格であるIEEE802.11aiや最大伝送速度をIEEE802.11acの4倍以上にしたIEEE802.11ax等の策定を目指す標準化活動が活発になっている。図13は規格別無線 LAN 市場規模の将来予測であり、IEEE 802.11acの市場は2019年頃にかけて拡大、IEEE 802.11adは2016年頃から市場を拡大すると予測されており、将来にわたって高速な無線通信が産業用途にまで普及していく。

2.5.5 保守管理の最適化

大規模化、分散化した生産設備をより安定して運用していくためには、きめ細かな保守管理が必要不可欠

欠となる。図14に保全方式を示す。

従来であれば、生産設備の障害が発生してから復旧にあたる事後保全(BM)による対応、または、保守要員が定期的に巡回点検などを行い、一定期間で予め部品交換を実施する時間基準予防保全(TBM)による対応が主であった。生産運用の最適化を図るためには、このような保守対応をより合理的に実行していく必要がある。

これからは、機械や設備の状態を監視して、故障或不具合の予兆を把握し交換や修理を実施していく状態基準予防保全(CBM)が更に高度化すると予測する。次にその手法を記述する。

各所に点在する工場設備、生産設備の各機器の稼働実績を遠隔監視により詳細に把握することが必要となる。これには、多種多様なセンサ群を適用して保守用データを収集する。次に、バックオフィスでは、収集された膨大なデータを、人工知能をもとにしたビッグデータ解析、保守エキスパートを活用して、データの分析・解析を実行し、生産設備の診断を行う。診断結果より、生産設備の故障につながる予兆を導き出し、障害発生前に保守対応を実行し、設備停止を防止する。

この生産設備の保守作業にあたっては、保守要員はウェアラブル端末を装着し、保守エキスパートからの遠隔支援を受けて、対処手順や作業場の危険箇所など注意事項のサポートを受ける。また、人工知能を搭載した自律型ロボットも、保守エキスパートからの遠隔支援を受け、作業要員と共同して保守作業を行い、更なる効率的な保守作業を実現する。

以上により、生産設備の故障予兆を早期に発見して、要因を的確に把握し、故障の発生を事前に回避することを実現する。よって、生産設備の稼働率向上、設備寿命の延長、保守費用の削減が実現する。

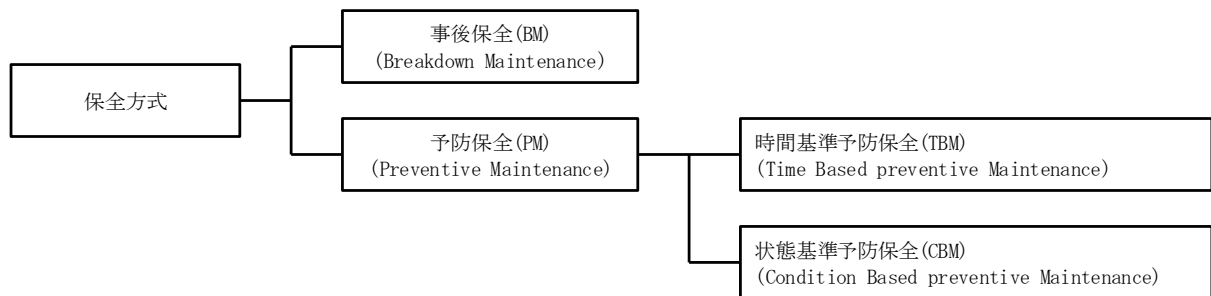


図14ー保全方式の分類

2.6 プロダクトライフサイクルマネジメントの最適化

2.6.1 生産場所の最適化

大規模工場生産事業者は、デジタル化、自動化、CPSにより製造コストを極小化するとともに生産設備のモジュール化により生産拠点の流動性(フレキシビリティ)を高めるものづくりを志向する。また、小規模工場事業者(ベンチャーEMS企業、メーカーズ)は、3Dプリンタやネットサービスの発達により、顧客から少量ではあるが多様な要求(ロングテール製品)に対して、生産拠点を選ばず、迅速に対応できる新たなものづくり(マスカスタマイゼーション)の潮流が発生する(図15参照)。

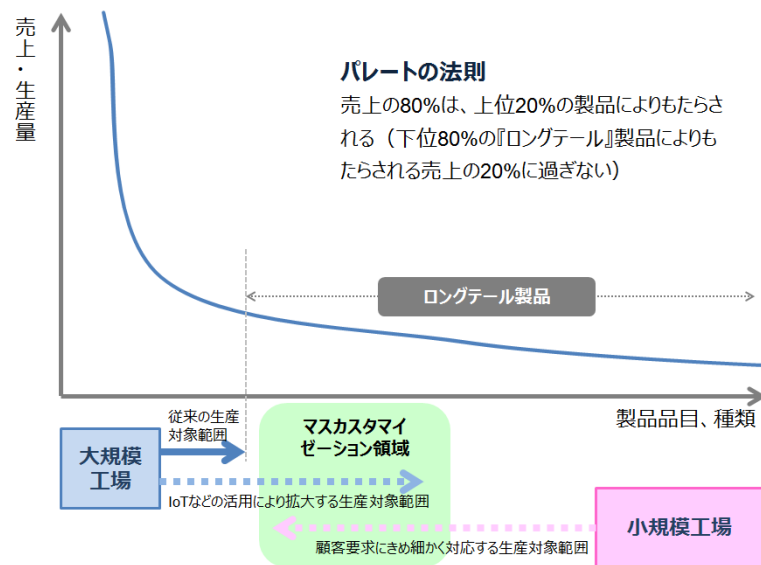


図15—マスカスタマイゼーション

一方、市場としては、長期的な人口減少などにより需要の停滞が予想される日本やドイツなどの先進国よりも、人口が増加し、需要が拡大する中国などの新興国が注目されている。新興国では、ネットワーク化したハードウェアメーカ、ソフトウェアメーカ、デザインハウスが臨機応変に役割を変えて品質・性能・コスト・納期(QFCD)を高める独自のエコシステム(生態系)が拡大していくと予測され、これら新興国のエコシステムを活用したほうが優位になる可能性がある。

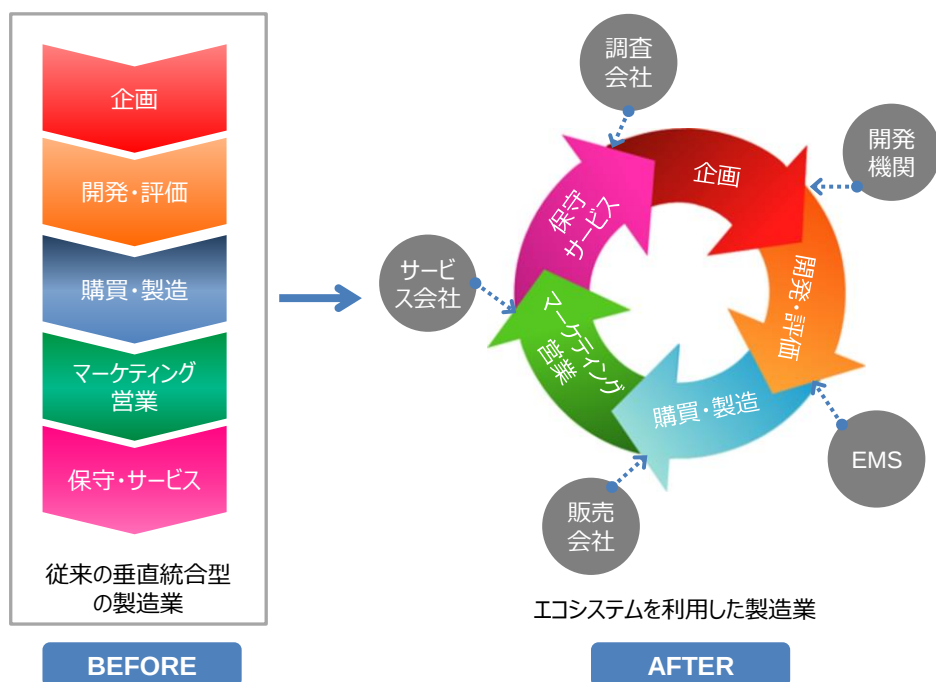


図16—従来の製造業とエコシステムを活用した新たな製造業

したがって、製造事業者が生産場所を選定する際には、図16に示すようにものづくりの技術革新、および地域ごとの需要動向やエコシステムの活用を考慮しながら、政治体制、社会・治安状況、医療・福祉レベル、為替、関税、労働力・輸送コストなどに関する変動要因としてのカントリーリスクも踏まえて生産

場所の最適化を図る必要が出てくる。

2.6.2 物流コスト減、時間短縮(ドローン等)

物流分野では、1970年代より、立体物流倉庫、搬送装置、仕分け機器などで自動化、システム化が進んできた。一方、近年のICTやロボット、人工知能などに関する技術の急速な発展にともない、さらなる合理化が進む。例えば、図17に示すようにICタグなどのRFIDが製品やパレットに付加されて、生産・物流システムにおいてオンライン化されることによりクラウドサービスと連携して貨物位置、状況のリアルタイム把握が可能となり、高度な在庫管理、貨物のリアルタイム追跡サービス、的確な物流量予測による効率的な車両・配達員の手配など、物流業務におけるオペレーション効率が向上して、物流コストを削減できる。

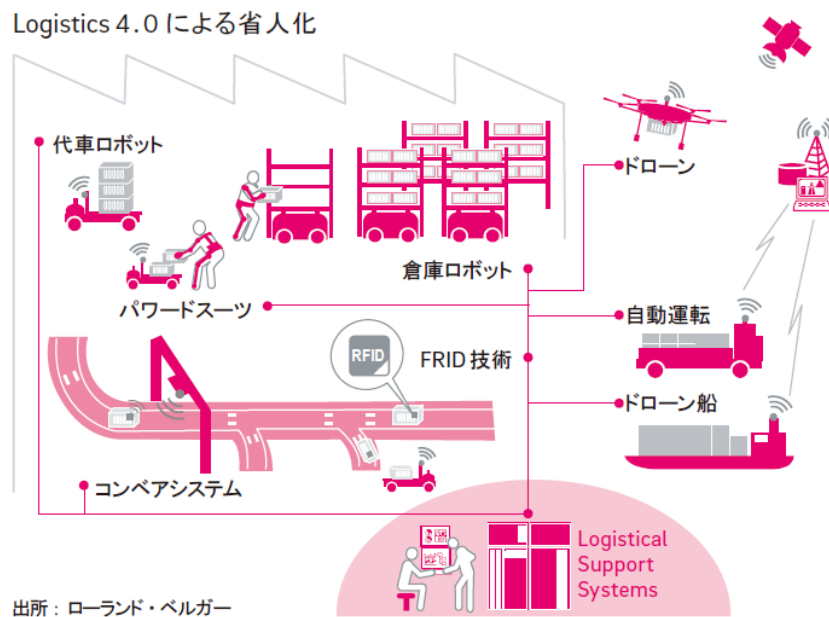


図17－RFID技術を活用した物流システムの進化

センサ技術が高度化し、周辺の情報がインターネット上に集約されることで、自律的な制御が可能な、自動運転車やドローンの実用化が進められている。目的地まで自動で移動することが可能になると、物流企业においては、自動運転車及びドローンを共用し、小容量かつスピードが求められるもの、あるいは離島など自動車や航空機などによる輸送が困難なものについてはドローンで運び、大容量かつ移動距離が長いものについては自動運転車で運ぶ等、物流システムとしての活用が期待できる。

また、ドローンは、大型のプラント施設や物流倉庫のような広大な敷地に置かれた膨大な量の資材、製品などの在庫管理への貢献も期待されている。各資材に取り付けたICタグをドローンでチェックするようにすれば、大幅に在庫管理要員の数を圧縮、合理化することが可能となる。

2.6.3 製品のモジュール化

製品設計のモジュール化により、製品の多様化と部品点数最小化の両立が可能となり、設計の効率性を高める。一方、生産のモジュール化は、工程種類数を削減し、工程数も削減することで、生産性が向上する。

製品設計のモジュール化は、機能や仕様に応じて部品構成を共通化・集約するとともに、部品間のインターフェース(配管設計や、設置場所に適用するための設計など)を標準化することである。モジュール化された部品と部品の相互依存性を下げることで、摺合せの設計コストを低減、及び設計拡張時の効率性

も向上させることができる。また、部品の統合化が進むことで、集中購買による部材コスト削減や、部品管理点数削減による管理経費の低減及び搬送効率化による物流コストの削減などの実現も期待できる。

生産のモジュール化は、製品(例えば成形品)の変動部分に対して生産設備(例えば金型、治具、組立設備、試験装置)の変動部分を特定できるようにし、製品タイプに応じてモジュール化を進めておけば、共通化による再利用できる部分を増やすことができる。また、金型や治具を共通化して、その種類や数を削減することにより固定資産投資を抑制することも期待できる。

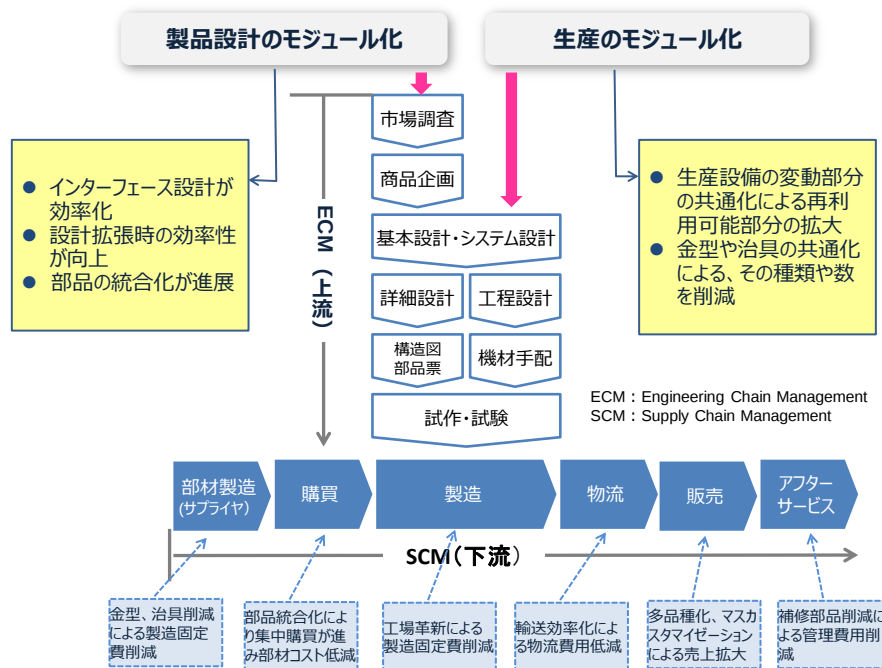


図18ー製品と生産のモジュール化による業務フロー

このような、製品設計モジュール化と生産モジュール化の際には、製品設計と生産技術におけるプロセスで生成される技術情報を、互いに関連付けて管理することがポイントとなる(図18参照)。各部品とその製造工程、各工程における品質管理のあり方を、オープンアーキテクチャによる標準化を通じて技術ナレッジとしてグローバルレベルで共有する。これにより、部門の壁、国内と海外生産拠点、あるいは自社リソースと他社リソースという垣根を越えたシナジーの創出が期待できる。

2.6.4 サプライチェーンの最適化

サプライチェーン上には、原材料を提供するサプライヤから、原材料から製品を生み出す製造業者、製品を入荷して小売りに提供する卸売り、そして消費者に手渡す小売業などのプレーヤーがあり、それら全てのプレーヤーを経て、ものの価値が提供されている。この価値の最適化を図る活動管理手法が、SCM(Supply Chain Management: サプライチェーンマネジメント)である。

自社の世界中の生産、販売、サービスなどの拠点、自社の協力工場、グループ工場などのシステムを相互間で接続し、バーチャル上で「1つの工場」又は「1つの事業所」のように、全体が1つのシステムとして稼働することで全体最適を行い、生産性、事業効率性が大幅に向上する。また、ある工場での改善を瞬時に他の世界中の工場へ伝播されて全体の改善を実現することができる。

一方、サプライチェーンにおける情報は、(1)精度、(2)伝達範囲、(3)鮮度(伝達スピード)が重要である。従来はバトンリレーのようにプレーヤー間を引き継がれて情報が動いていたが、情報が持つ精度を維持し

ながら、伝達範囲を広げ、かつ伝達スピードを上げるために、システム上の全てのプレイヤーが1つのデータをクラウド上に共有し、更新し合うというワンデータ・トランザクションという方法が注目されている。これに基づいて生産、調達、販売、サービスなどについて将来予測やその補正を統合的に運用することでも、サプライチェーンの最適化を図ることができる。

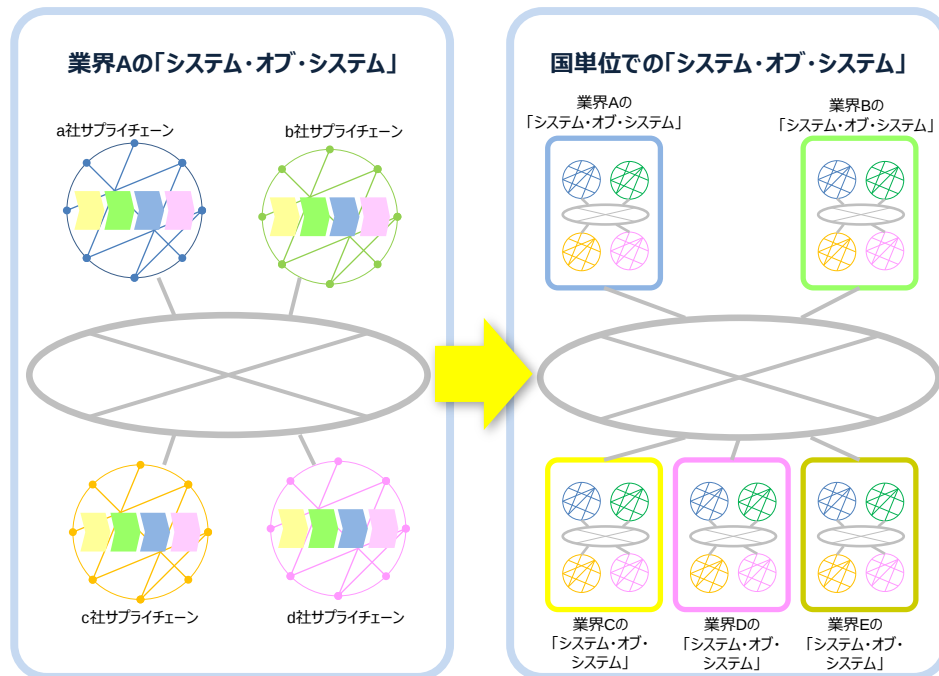
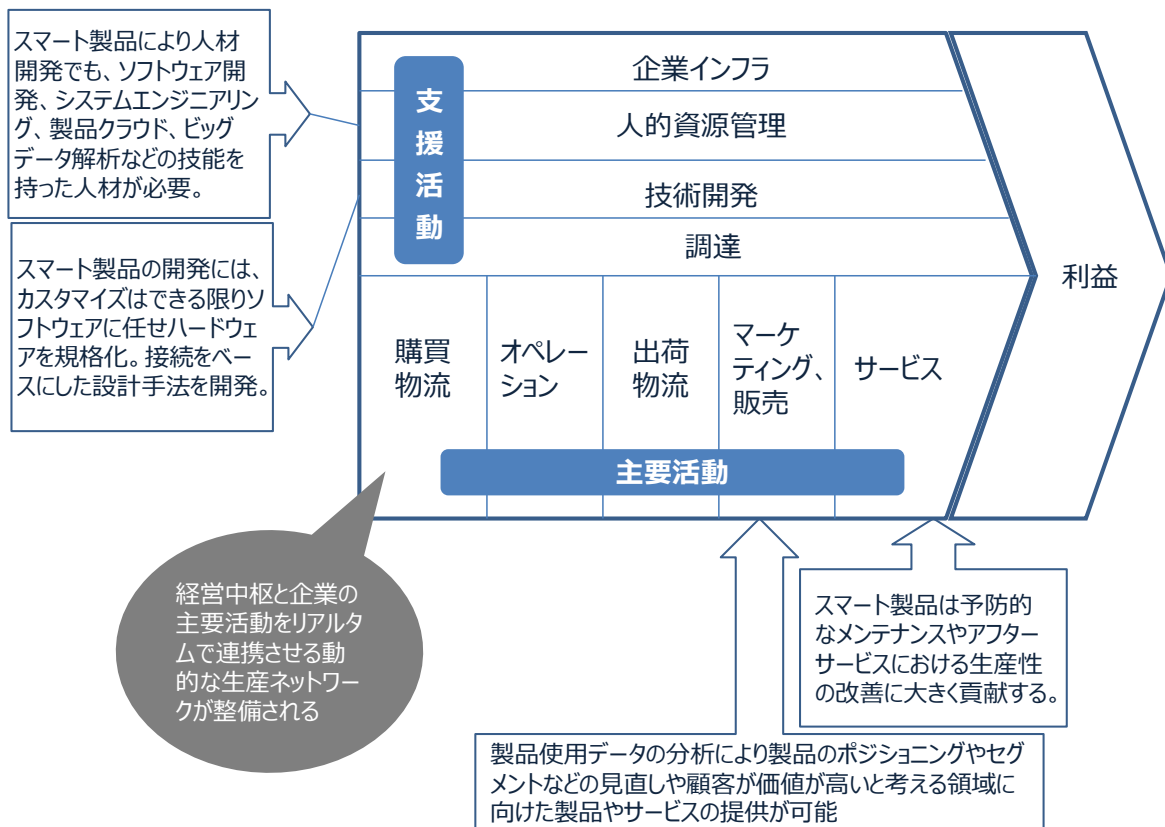


図19 「システム・オブ・システム」によるサプライチェーンの最適化

2.6.5 バリューチェーンの最適化

企業内組織、企業、国境を超えた緊密なグローバル分業体制を実現するネットワークが発達する。また、製品企画・開発、生産準備(生産工程設計、ライン設計・評価)、量産運用、マーケティング・営業、アフターサービス(品質保証、製品廃棄)までのエンジニアリングチェーンが、プロダクトサイクルマネジメントに基づく開発・生産・保守に関する統合支援システムにより、効率化することが予想される。経営(事業計画、生産計画)における膨大なデータから生産現場(生産スケジューリング、機械自動化制御)での高速のデータまでを同時に処理し、シームレスにつなげる標準化ネットワーク、通信技術が発達することにより、経営中枢と生産現場をリアルタイムに連携させるグローバルで動的な生産ネットワークと知識データベースが整備され、いわゆる企業活動の垂直統合が実現する可能性がある。これらの統合・連携化の動きにより、バリューチェーンの最適化が実現されることが予想される。



出典：M.Porter：『競争戦略論Ⅰ』及び『IoT時代の競争戦略』から編集

図20-バリューチェーンの最適化

また、顧客の購買動機が、実店舗、営業担当者、実際の商品とともに各種の電子媒体によるサービスの双方から形成されるオムニチャネルという状況においては、商品やサービスの購入者や利用者が感じるであろうこれまでになかった楽しい体験や感覚である、顧客や使用者の「エクスペリエンス」の創出や向上が、ビジネスの成長を図るうえで重要となってくる。



図21—ユーザエクスペリエンスの創出

2.7 共通技術要素

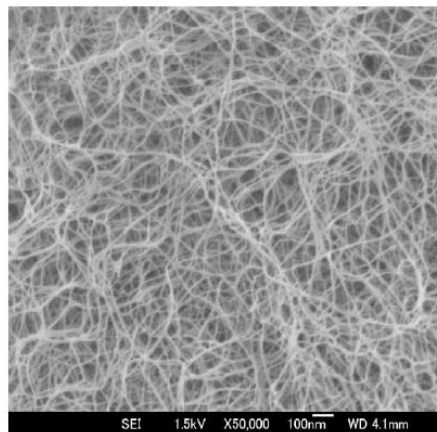
2.7.1 材料・素材の高度化，軽量化

材料・素材は、製品及びそれをつくる生産システムを大きく変える可能性があるもので、技術トレンドとして重要である。その中の1つとして、素材の軽量化について例示する。

炭素繊維複合材料(CFRP)は、強度が鉄の約10倍で重量が鉄の約1/4と、アルミニウムを遥かに凌ぐ高い強度と軽量化効果が得られ、航空機の主翼や胴体に採用されたのに続き、高級車のボディ骨格に採用され、燃費や航続距離を重視する次世代自動車にとって無くてはならない素材になっている。そんな中、次なる“夢の素材”といわれるセルロースナノファイバー(CNF)に注目が集まっている。

植物から作られるCNFは、環境負荷が少ないうえ、鉄よりも軽くて強いといった、さまざまな特長を備え、幅広い分野での利用が見込まれている。森林資源の豊富な日本にとって原料調達が容易というメリットもあり、政府の日本再興戦略でも後押ししている。現在は製紙会社を中心に研究開発や用途開拓が進められており、高強度材料(自動車部品、家電製品筐体)、高機能材料(住宅建材、内装材)、増粘材(食品、医薬品)、特殊材料(特殊紙、フィルター等)への応用が期待される。CNFの特徴は次のとおり。

- ・ 幅4～10nm程度、平均長さは0.5～数 μ m程度
- ・ 鉄の5倍以上の強さで、1/5の重さ
- ・ 熱による変形が少ない(ガラスの1/50程度)
- ・ 植物由来であるため環境負荷が少ない
- ・ 豊富な森林資源が原料であるため膨大な資源量

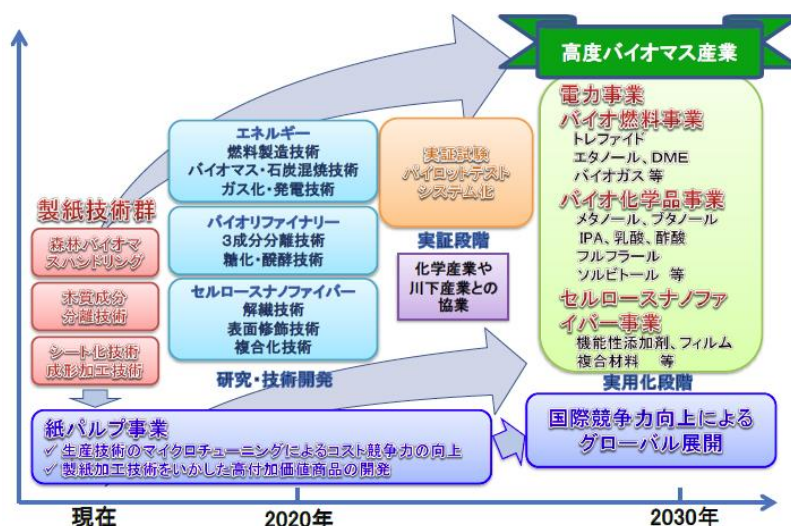


セルロースナノファイバー（木材）

SEM写真：京都大学 栗野博士提供

図22－セルロースナノファイバー(木材)

CNFの開発は日本が先行していたが、近年は世界中で研究開発が活発化しており、特に北欧、アメリカ、カナダ等の海外勢の追い上げが著しい(関連特許の出願が2005年からの5年間で6倍以上。うち日本からの出願は53%)。2030年までには世界中で実用化が進み、その関連市場規模は1兆円に達すると予測されている。

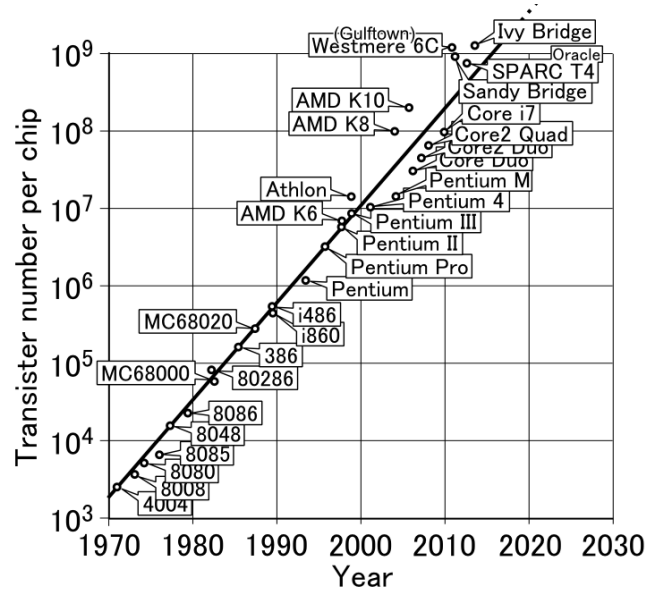


出典：三菱化学テクノロジーサーチ 2014.03.21

図23－製紙産業の将来ビジョンとロードマップ

2.7.2 ムーアの法則

ムーアの法則は、米インテル社創業者のゴードン・ムーアが1965年に示した経験上の法則であり、「1年半で半導体の集積密度が約2倍になる」という指数関数的な進化の傾向を示す。1965年以来2016年の現在までにおいて、「1年半」が34回サイクル分経過しており、単純に計算すると、半導体の集積密度が2の34乗分上がったことになる。具体的な例で示すと、図24のように1971年に開発されたマイクロプロセッサ Intel 4004はトランジスタが2300個を集積されてできていたが、2010年のマイクロプロセッサ Intel Core i7 は 10^8 個のトランジスタからなる。



出典：Wikipedia

図24ー主要なCPUにおけるトランジスタ数の推移

これらの半導体技術の進化を支えるために、これまで半導体の製造技術においてブレークスルー的な進展が何度も起こり、それらの技術開発の結果この法則が継続してきた。2016年現在、この法則は未だに継続するものと予想されている。

半導体の集積密度の向上に伴って、CPUの計算能力とメモリの集積度が向上し、ITの指数関数的な能力の向上が継続して来た。この提言書で述べるIoTの進化、スマートマニュファクチャリングの進化を検討する上では、ムーアの法則が今後も継続しITが進化し続けることを前提としている。

2.7.3 セキュリティ技術

クラウドサービスの増加は企業の機密情報漏洩の可能性を増やすが、仮想化技術を用いてデータの所在を隠蔽する技術や暗号化技術、認証技術などにより対策も進化する。しかしながらIoTやウェアラブル端末など新しいデバイスのネットワーク接続が急増し、それらに対する攻撃は接続数に比例して増えていく。

従来からのOSやアプリケーション、ミドルウェアのセキュリティ対策は進んでいくが、下位層(ファームウェアやハードウェア)の脆弱性をついた攻撃が増え、デバイスのコントロールを奪う事例が増えていくと予想される。今後これらの攻撃を検知する手法としては通常動作をモニタし、異なる動作を検出して事前対策する技術が進み、さらに人間工学、行動アナリティクスも取り込んだセキュリティ技術が求められるていく。

2.7.4 セーフティ

コンピュータ技術の発展とともに国内外の産業設備の自動・合理化技術がより進化し、労働人口減少対策も進んでいくと考えられるが、人と機械の共存はなくなることはない。人の生命はかけがえのないものであり、労働災害により人の生命が脅かされることはあってはならず、安全は何よりも優先する。将来的には、法の整備も進み、安全は水、空気のように世の中に当たり前のように機械及び生産設備に付加されるものとなっていく。

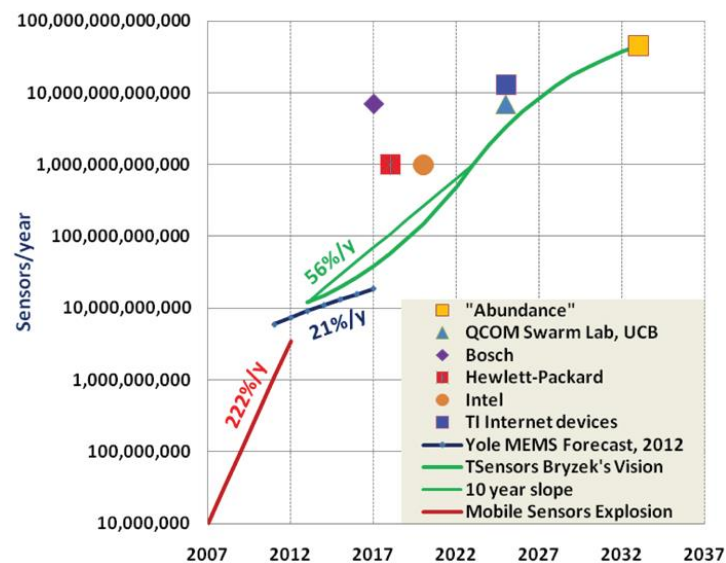
安全技術は、ライトカーテン等の安全機器が何らかの危険事象を検出し、「機械を停止させる安全」から、画像分析、シミュレーション及びCPS(Cyber Physical System)を活用した安全技術により、リスクが極小になるシステムが導入され、「生産設備を止めることのない安全」に変化する。これにより、機械と人

とを隔離した防護フェンスが不要となり、また安全機器を多重化しなくても、よりリスク低減可能なものとなり、安全によるコストも低減される。また、人工知能の発達により、受け身型安全技術(パッシブセーフティ)から、機械自らが判断し、危険を回避していく自律型安全技術(アクティブセーフティ)に発展していく。

2.7.5 センサ

何らかのエネルギーや事象を検知し、電気信号に変換する機器であるセンサは、主に産業界のさまざまな分野で自動化や効率化のために使用されてきた。現在のセンサの世界市場は、約1.8兆円(2011年)あり、そのうち日系メーカーの数量ベースのシェアは5割超えるとされ、日本が強い市場となっている(一般社団法人電子情報技術産業協会)。

技術革新によって、物理的に設置不可能であった場所やものに設置するための超小型センサや耐環境性の高いセンサ、今まで直接把握することが原理的に困難であった特性を取得できる新しい方式のセンサなどの多様なセンサがでてきており、さらにデータ取得におけるコストの低下と、膨大なデータの処理が可能となってきている。また、ディープラーニングをとともうAI技術の利用のため、画像認識用のセンサのニーズが高まってきている。センサの適用範囲拡大においては、米国では、既設のセンサの100倍に相当する1兆個のセンサを使用しようというトリリオン・センサ・ユニバースというイニシアティブが提唱されている。



出典： <http://www.tsensorssummit.org/Resources/TSensors%20Roadmap%20v1.pdf>

図25ーセンサの出荷台数見込み

これらの膨大な容量のデータの処理のため、リアルタイム性と各センサ相互間の同期性が重要となるとともに、センサと上位機器間は、通信のリアルタイム性や広帯域での通信が求められるようになり、その際の通信接続方式に関する標準化が必要になってくる。また、自動認識機能、簡易設定機能、メンテナンス対応機能などを備えた機器のインテリジェント化も求められる。

得られた膨大な容量のデータにより、これまでも行なわれているシステムの制御や工程異常の検知などが、より高精度化、高度化される。さらに、IoT社会の進展の中で、産業界や社会のあらゆる機器、インフラ(建物、道路、鉄道など)、人(スマートフォン、ウェアラブル端末、医薬など)などにそれぞれ搭載されたセンサをネットワークで接続し、そこから膨大なデータを収集、分析の上、さまざまなソリューション

ンを提供するセンサネットワーク事業への転換の必要性が高まってくることが想定される。

2.7.6 人工知能

人工知能(AI)は、第1次ブーム(1956年ごろ)、第2次ブーム(1980年代)を経て、現在、第3次ブーム(2013年～)に至った。第3次ブームでは、ディープラーニングと呼ばれるブレイクスルーが起こり、AIによる将棋や囲碁が人間の能力を超えつつあるニュースがマスコミを賑わし、社会にAIの能力が知れ渡るようになった。AIの進化は速度を増しており、2014年の後半以降、半年単位でその技術進化の予想をより加速する方向に修正する必要がある。

従来のAIでは、機械が知能を修得するために、どこに注目して学習すべきか、人間が現実世界の対象物を観察し、モデルを構築してAIの知識を蓄えた。それに対して現在のディープラーニングでは、コンピュータの計算能力が向上したことから、入力層と出力層に同じデータを用いて学習させるオート・エンコーダと呼ばれるニューラルネットワーク構築の技法が可能になった。これにより、特長を人間が抽出するのではなく、コンピュータが自動で抽出する手法が可能になった。この結果、AIによる画像認識の精度が人間の認識精度を超えるようになった。

さらに、2013年以降、「ディープラーニング+強化学習」の手法が登場して、AIが行動した結果「報酬」が得られた場合には、事前の行動を強化して取り込む方法が取られた。これまでAIの分野では、モラベックのパラドックスと呼ばれる「子供のできることほど難しい」という弱点があったが、現在は、AI自身が試行錯誤することによって学習し、画像認識や運動の習熟のような子供のできることがAIにより解決できるようになった。

今後はディープラーニングの発展により、認識から、運動、さらに言語へと発展し、言語の意味を理解した翻訳作業がAIにより可能になると予想される。また、AIの発展により、倫理や社会制度についてAIの発展を前提にして議論することが必要になる。さらにAIと知能、生命を持つ人間との違いなど人文社会学的な検討が必要になる。日本では、AIにより社会課題を人工知能で解決する道が開け、少子高齢化、農業や介護の分野でAIの適用が期待される。

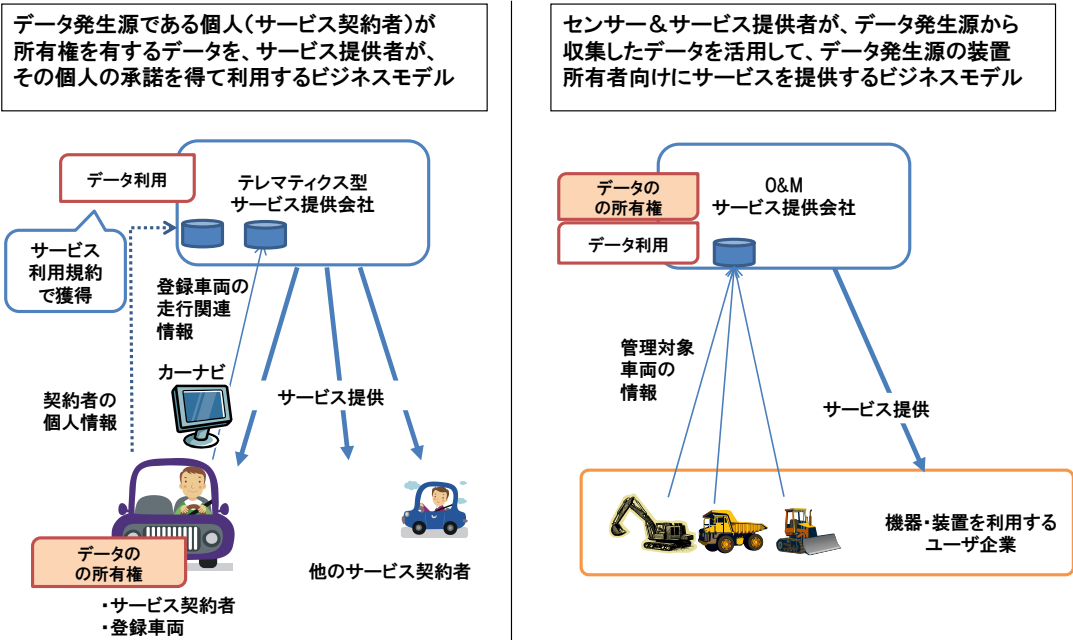
さらに、子供の人口知能はものづくりと相性が良く、AIによるものづくりの復権が予想され、日本の得意な産業機械の運動の分野で、ロボットを活用して、ものを動かし、加工し、操作する技術で日本の競争力を強化する戦略が提唱されている。

2.7.7 データの所有権

製品や製造機器への電子部品の組み込みにより、稼働情報を測定し、ネットワーク経由で、外部に通知できるようになり、そのデータを蓄積・分析することで、製品や製造機器を制御するという考えが生まれてきている。また、収集した製品や製造機器のデータを分析加工し、他の企業へ提供する「つながる工場」の考え方や、データそのものを他業界へ提供し、「データ流通ビジネス」を行う動きもでてきている。

このような状況において、「データはだれのものか」という「データの所有権問題」が生じてきている。**図26**に、現在の製品や製造装置の稼働データの所有権の考え方を示す。

現在のデータの所有権に関する考え方は、**図26**のように定まっていない状況である。公的なデータの二次利用可能化は推進されると想定されるが、民間で測定されたデータは有料データとして販売する可能性があり、業界としての所有権に関する方針を今後決める必要がある。



1. テレマティクス型サービス	・ 所有権はデータ提供者(会員)にあると見なされている。 ・ サービス提供者が収集したデータの利用に関して、会員氏名等の個人情報と登録車両の走行関連情報等を分析してサービスに用いること、サービス運営他で第三者へ提供することがあることが利用規約に明記されている。
2. O&M(オペレーション&メンテナンス)	・ 所有権は、サービス提供者にあると考えられる。 ・ サービス提供者は、機器に設置したセンサから得られる情報や分析結果をサービスの一環としてサービス利用者に提供する旨の記述がサービス概要に見られる。
3. 総務省発行の「社会資本分野におけるデータガバナンスガイド」	・ 社会資本で発生するデータは社会資本所有者が所有権を持つという見解 ・ 社会資本に関するデータ(構造物データ、施設状態データ、施設運営データなど)は、社会資本所有者が所有する、とされている。また、設備管理を民間委託する場合には、契約時にデータに関する権利を明確にすることを勧めている。
4. オープンデータ	・ 日本の政府では、公共データのオープン化を推進している。公的に測定又は作成したデータは、民間利用も可能なライセンスモデル(CC by、図 7 参照)で提供する方法が出されている。

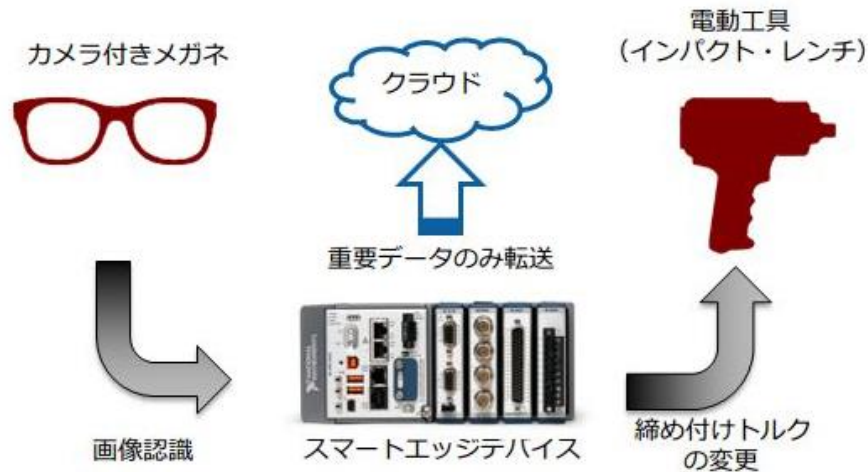
図26ー製品及び製造装置の稼働データの所有権の考え方

2.7.8 エッジコンピューティング

製造業におけるIoTの目的は、装置の信頼性及び効率、安全性を高め、製造コストを削減することである。設備及び機械に多数のセンサを付け、取得したデータをクラウドに送信して分析し、その結果に基づいて機械をフィードバック制御したい。しかしながら、センサ及びカメラの膨大なデータをそのままクラウドに送る従来のシステムには無理があり、高速なネットワークが整備されたとしても、そのキャパシティには限界があり、リアルタイムな処理は難しい。例えば、生産設備をカメラで認識し、流れてきた製品に応じて動作を変えるような産業用ロボットのラインがあるとする。この場合、映像という大量のデータをクラウドへ転送してはタイムラグが発生し、スムーズな起動を得ることが出来ない。そこで考えられたのが「エッジコンピューティング」という発想である。

エッジコンピューティングとは、センサに近い場所(エッジ)で予め分析に適したデータに変換するという技術である。膨大なデータを有用な情報に加工した上で、必要な情報のみをクラウドに送る。つまり、人間の骨髄反射の仕組みと同じように、脳(クラウド)に送る手前の処理によってリアルタイム性の高いフィードバック制御を可能とする。

A社では、品質管理コストを下げるため、カメラを搭載したスマートグラスを利用し、ネジを自動認識するシステムを開発中である(図27参照)。画像処理の結果から必要なトルクを算出し、電動工具をフィードバック制御することで締め付けミスをなくし、同時に作業結果をデータベースに記録する品質管理プロセスと結び付ける。この時、画像処理やトルク演算を実行しているのはクラウドではなく、作業者が持ち運びする小型の装置(スマートエッジデバイス)である。



出典：MONOist 2015.09.03

図27－A社が開発中のスマートツール

3 2030年の将来像とその対応策

3.1 Flexible Business and Manufacturing (FBM)時代の到来

3.1.1 FBMとは

製造業で生み出される価値のついた産物(商品)はその時代、その社会における人の生活や産業の活動を支えるために技術の進展とともに変化してきた。今日の商品はもはやハードウェアやその内部で稼働するソフトウェアのみならず、ユーザ向けのカスタマイゼーションや運用や保守のサービスまでを含み問題を解決する「ソリューション」という言葉で呼ばれている。2030年には第2章でふれた更なる技術の進歩をベースに、ソリューション商品の付加価値とそれらを提供する製造業の各機能・プロセスの効率と精度が飛躍的に向上していると予見される。

ここでいう製造業を構成する各機能とは、商品とビジネスモデルの企画、商品開発・設計、生産、販売、品質保証、アプリケーション・エンジニアリング、保守サービス、といった製造者が商品を世に送り出すために必要な機能を指す。各々の機能間で情報が取り交わされ双方が次のアクションをとることから、これらの機能を経て流れていくもの(サービスを含む)や情報には必要なアクションが起こせるに十分な価値が既に含まれている。

この視点で商品企画⇒開発・設計⇒生産⇒保守といったものを対象とした一連の流れをプロダクトライフサイクルチェーンと呼び、調達⇒製造⇒物流⇒販売⇒サービスなどの流れをサプライチェーンと呼ぶ。視点を変えれば様々なバリューチェーンが描けるが、各機能の効率と精度が飛躍的に向上している2030年の製造業での重要なポイントは、これらのチェーン上で求められる価値、提供されるべき価値が組織やシステム間の壁を越え、リアルタイムに授受されていることである。

生み出すべきソリューションは何か(ユーザへの価値), 何を改善したものか(設計による価値), どのようにそれを実現するか(生産技術による価値), 納入後のサポートはどうするか(運用・保守面での価値)は極めて短時間で判断・検証され, 効率よく実行に移される。生産を含むこれら製造者のビジネス機能群がリアルタイムに, かつフレキシブルに生体の細胞のように働き, ときにはビジネスモデルや機能の組合せをも変化させる, 2030年はこのようなFlexible Business and Manufacturing(FBM)が社会を支えている時代と想定される。

第2章でみたように多くのトレンドは, FBMのようなプラットフォームを産出しうるほどのインパクトを社会に対して与えると思われる(図28参照)。

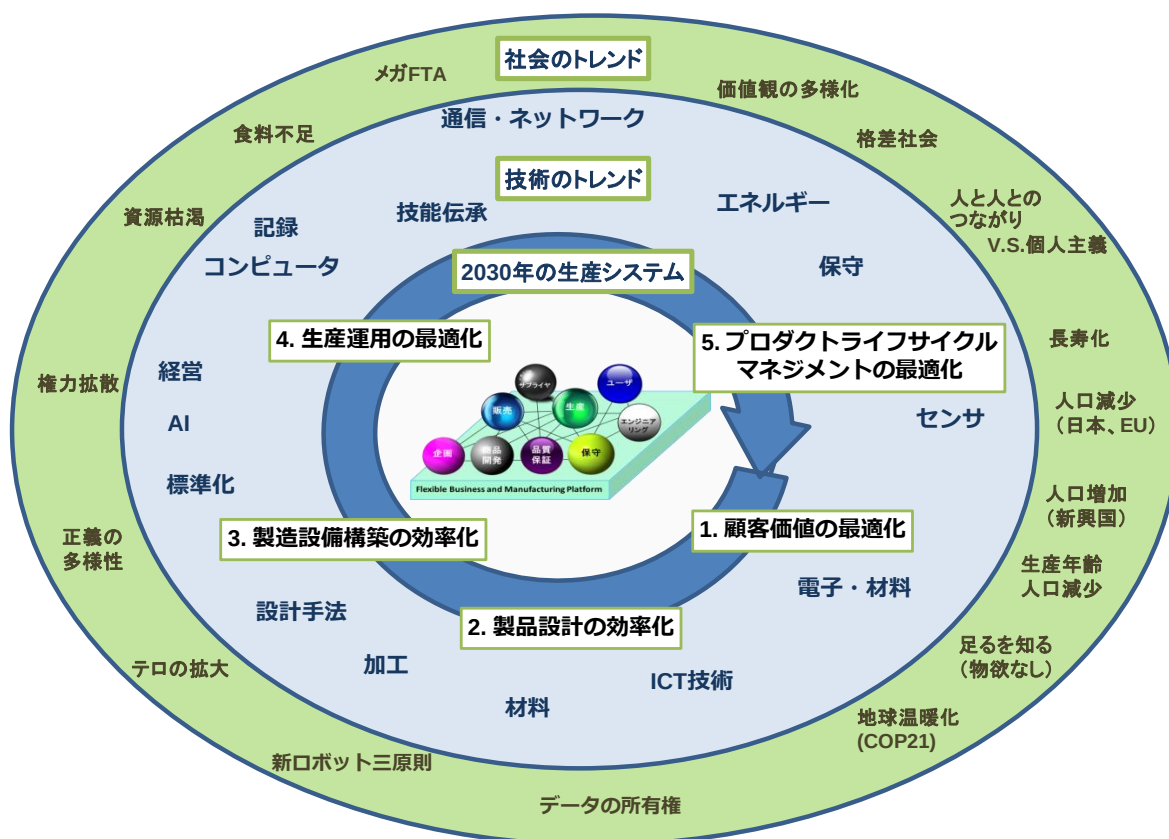


図28-2030年の将来像とトレンド図

3.1.2 FBMによるバリューチェーンの連携

FBMでのオペレーション例を次に挙げる。

- ・ ユーザに納入された商品(例えば特定のカスタム・アプリケーションを含むハードウェアとソフトウェアの混合商品)のライフタイム・サービスを担当しているサービスエンジニアは, 商品の設計時, 生産時, アプリケーション実装時, 過去の保守時の履歴情報とユーザの現況や新たなニーズと環境条件を勘案し, ユーザの継続使用の中で発生する問題解決や商品を現場で改善・成長させる更なる提案を短時間で準備することができる。
- ・ 開発機能に属する設計者は, 自身の設計した商品がユーザにどのように使われているか, 不具合や機能低下が起こっていないか, その予兆はあるか, といった視点で出荷後の商品の状況をリアルタイムに把握し, 同商品ラインの改善に役立てられる。

- 品質管理機能に属する担当者は、商品の品質指標の変化を生産時から出荷後ユーザで廃棄されるまでリアルタイムにフォローでき、異常が検知された場合は生産時の運転履歴や設備群の稼働履歴との相関を分析、設備のスペックも参照した上で生産技術担当や設備保全担当、商品設計担当とともに改善策を短時間に定められる。
- ある商品ラインの事業責任者は、商品ポートフォリオの拡大のために現在の自社又は協業会社の生産機能に加え、新商品に適した生産技術をすでに有している新たな会社との協業を決定し、新商品ビジネスを数か月で立ち上げられる。

このような組織や企業を越えての情報の共有と仕事の連携を実現するには、複数組織や企業のシステム間で(図29参照)、また生産においては製造現場の設備間で、そして人と設備とシステム間(図30参照)で理解しあえる情報の伝達機能と点在する情報の集約・提示機能が求められる。

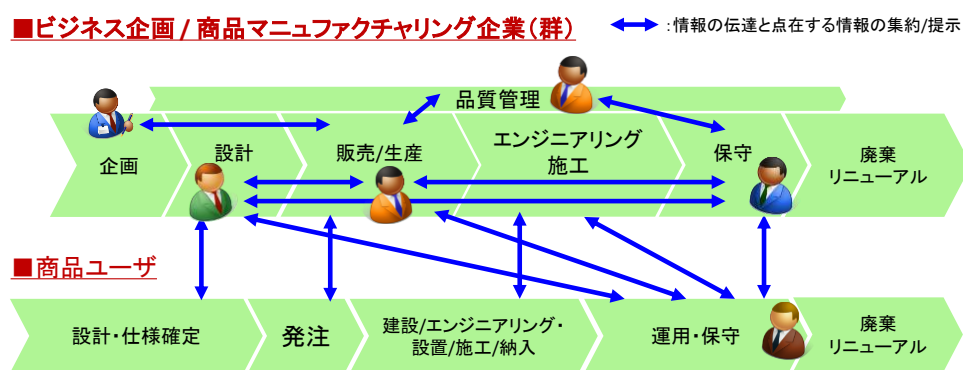
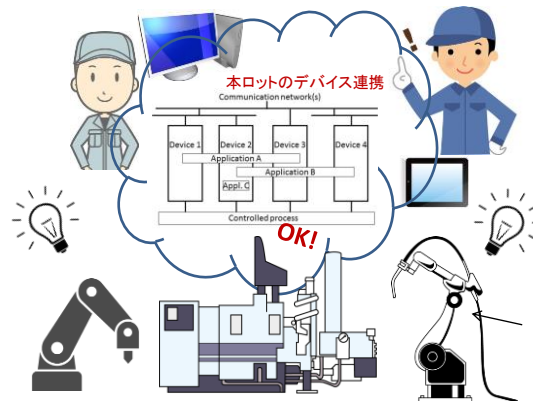


図29—組織や企業を越えての情報共有と仕事の連携



出典：IEC 61499を基に作成

図30—人と設備とシステム間での情報共有と仕事の連携

この伝達と集約・提示を助ける機能はFBMの重要なプラットフォーム(基盤)と言え、IoT技術や現場機器・マシンと運転システムでの分散制御技術、通信・ネットワーク技術、辞書・翻訳技術などの「つなげる技術」で構築される。特に企業を越え、グローバルレベルでの情報の共有と仕事の連携を達成するためには国際標準やコンソーシアム標準となっている多くの技術がこのプラットフォームで応用される。第2章で述べた高度な処理が可能なアプリケーション(データベース管理、ビッグデータ解析と見える化、シミュレーション、エンジニアリングツール、生産状況に応じたライン調整、設備診断、など)はプラットフォームで定められた標準的な手順に従うことで必要とする情報が得られ、企画、開発、生産、保守など

のバリューチェーン各機能間の連携が最適なタイミングでとれる構造となっている(図31参照)。

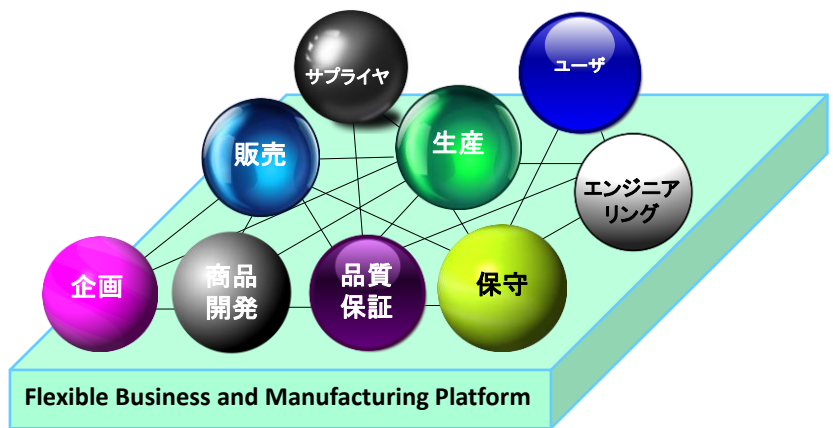


図31ーバリューチェーンにおける各機能とそれらをつなぐFBMプラットフォーム

3.1.3 FBMの構成要素

製造業の機能を、サプライチェーンマネジメント(SCM)，エンジニアリングチェーンマネジメント(ECM)，工場のライフサイクルマネジメント(ファクトリーチェーン)として整理したものが、表1である。

表1ーバリューチェーンにおけるFBMの機能

No.	バリューチェーン	機能
1	SCM (サプライ・チェーン・マネジメント)	サプライヤ
2		調達
3		製造
4		物流
5		販売
6		サービス
7		ユーザ
8	ECM (エンジニアリング・チェーン・マネジメント)	商品企画
9		設計(メカ・電気・ソフト)
10		試作評価
11	工場 (工場のライフサイクル)	(投資)計画
12		エンジニアリング
13		コミッショニング
14		製造
15		保守&最適化

FBMのプラットフォームは、最適なタイミングで、表1のバリューチェーンの各機能間の連携を実現するものである。そのプラットフォームが持つべき機能、要素、要件として、表2の中に示すようにコーディネート、オープンイノベーション、ビッグデータ活用、機能をつなげる技術、金融・保険、品質・セキュリティなどの項目が考えられる（附録の附表1及び附図1参照）。

表2-FBMのプラットフォームが持つべき機能、要素、要件

No.	プラットフォーム	機能、要素、要件
16	FBMのプラットフォームの機能、要素、要件	コーディネーター
17		オープンイノベーション
18		ビッグデータ活用
19		機能をつなげる技術
20		標準化
21		金融・保険
22		品質・セキュリティ

3.2 FBMプラットフォーム上で現れる企業型(企業ネットワーク型とメガ企業型)

3.1で記載したFBMプラットフォーム上で現れる典型的な2つの企業形態として、「企業ネットワーク型」と「メガ企業型」が考えられる。模式を図32に、概略的な特徴の比較を表3に記載している。

企業ネットワーク型においてもメガ企業型においても、製品のバリューチェーン、サプライチェーンの各機能(企画、開発、生産、保守、調達、製造、物流、販売、サービス等)間の関係(つながり)ではFBMプラットフォームが採用されることになり、ほぼ同一となる。つまり、各機能がネットワーク化されている。ただし、そのつながり方が異なる。

3.2.1及び3.2.2では、この2つの企業型についてそれぞれ、さらに詳細に特徴を記載する。

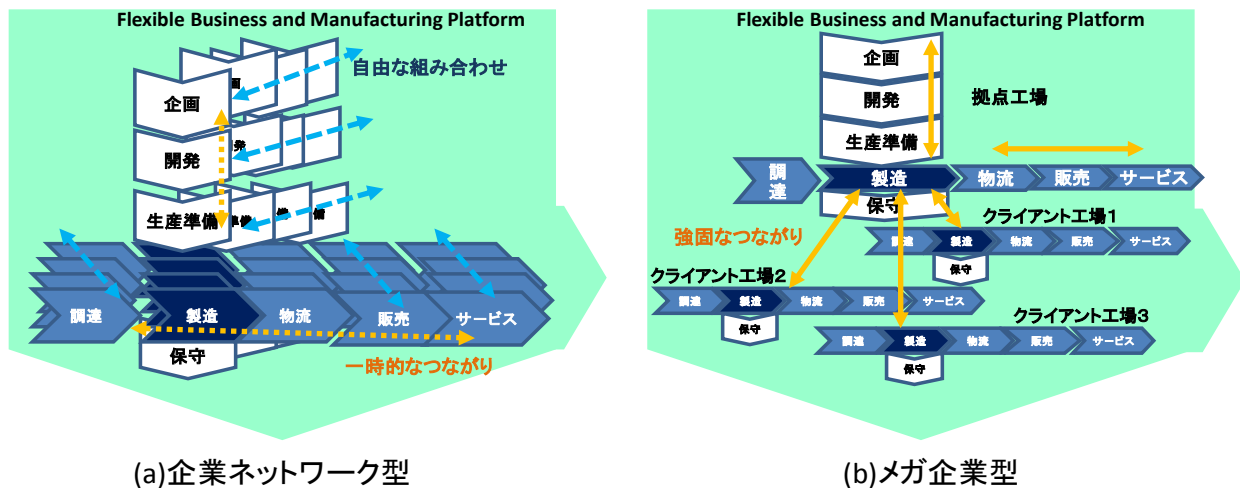


図32-FBMプラットフォーム上の典型的な企業形態

表3－FBMの典型例の特徴比較

項目	企業ネットワーク型	メガ企業型
定義	- 得意分野に特化した独立した企業がネットワーク化 - 生産品ごとに企業の組み合わせが容易に変更可能	- 拠点工場とそれに密につながるクライアント工場の組合せ（拠点工場） - 経営の戦略、企画、研究開発から量産まで - 門外不出のコア技術が開発伝承 - フレキシブルな生産ライン （クライアント工場） - 拠点工場で確立された生産技術利用（ノウハウのない現地従業員雇用） - VR技術でマスター工場と直接つながり、保守サービス品質保証
背景	PES： - 貧富の差（中間層、富豪層の存在） - 拘りのものづくり 技術： - ICT発展 - 情報・物の流通コスト減、AI（最適化手法）、トレーサビリティ 3Dプリンタ	PES： - 貧富の差（低所得層の増大） - グローバル化（工場展開も含め） - 地産地消の伸展 技術： - ものづくりの差別化難 - 汎用技術：簡単に入手 vs. 一流の技術：囲い込みの先鋭化
経営主体	経営が独立した中小企業	巨大な資本をもつグローバル企業
ビジネスモデル	- 構成要素ごとの組み合わせに応じ多様なビジネスモデル - 例1）製品企画と製造の分離（ファブレス） - 例2）企画も顧客とともに（協創）	- 機器設備売り⇒サービス売りへ - 工場そのものをサービス提供 - O&M事業の展開
生産と他構成要素とのネットワーク	- 情報・物のネットワークが発達 - 生産過程の情報を他構成要素企業と共有・協業容易 - 部品・材料レベルのネットワーク発展	- 生産情報が工場間で共有、経営と現場がリアルタイムに可視化 - 匿名化された製品利用情報が異業種間で共有、新たな付加価値を生む
生産方式	生産ライン	- 拠点工場：フレキシブルな生産ライン （クライアント工場：ターンキー工場的（固定）
	ソフトウェア	- 生産の段階ごとの機能が当初より設計 - ソフトウェア階層化・モジュール化による工場間情報の容易な共有
	所有形態	- 拠点工場：自社所有 - クライアント工場：Factory as a serviceの利用、生産への柔軟な対応助長
	環境対応	環境対策へコストをかけることが、企業がバランスの重要な要素
	人の関わり	- 極力ロボットで自動化されている（人が少ない） - 拠点工場：頭脳集団による生産の効率化・改善 - クライアント工場：製造員の流動化に対応しマニュアル化進展
	技術蓄積	- 拠点工場：頭脳集団による生産の効率化・改善 - マニュアル化・汎用化が進む一方、コア技術の秘匿

3.2.1 企業ネットワーク型

「企業ネットワーク型」は、FBMプラットフォーム上で、得意分野に特化した独立した中小企業が各機能となり、それらが共同して1つの商品(製品、サービス)を作り上げ、販売、価値提供する。企業の組み合わせは、ある一定の生産量(例えばロット)毎、商品毎、生産時期毎に変更できる。また、各単位の事業計画(投資・売上)が市場経済的原理に任され、事業的な判断が早いこと、機能横断的であることが特徴である。そのために、新たな機能組み合わせが容易であり、新たなビジネスモデルが生まれる可能性が高い。例えば、次の組合せが考えられる。

例1：製品企画と製造の分離(ファブレス：製造部門を選べる)

例2：メンテナンスと企画が同一会社(客の接点：ニーズ吸い上げ)(O&M＋P(企画))

このような企業形態が現れる背景には、基本的な生活必需品は世界中で十分供給される一方、中間層～裕福層では、拘りのある製品やサービスが要望されることがある。すでに、2016年時点で、比較的小さい製品ではファブ社会が到来することも予想されており、いわゆる、創造的生活者が現れる。(総務省「ファブ社会の基盤設計に関する検討会」報告書 URL：http://www.soumu.go.jp/meu_news/s-news/01iicp01_02000030.html)

また、技術的には、第2章で述べたICTの発展、情報流通コスト減、AI(最適化手法)、トレーサビリティの容易さ、輸送の効率化、3Dプリンタの発展等により、企業活動の各要素の組みせのコストが低減される。

特に、生産と他機能とのネットワークが発達する。そこでは、生産過程の情報(生産過程の情報を外部に伝える)と物(物流、特に、部品レベルの物流(ファブ社会では材料ネットワーク))のネットワークが発達して、他企業との協業が容易になっている。

以上のようなネットワークの発達のためには、生産方式も大きく変化している。一言で言えば、2016年における生産方式と比べて、製造部門に関わる組合せのフレキシビリティが発展する。つまり、製品ごとに、必要な製造技術を持つ企業を組み合わせることができ、最適な生産が可能となる。逆に得意分野の生産技術を持つ企業だけが生産企業としては生き残っている。また、1つの商品が組み合わせ製品である場合は、複数の生産企業が共同して、あたかも、1つの生産ラインのように生産する場合もある。

そのような生産において、生産設備は、自社所有設備が主で、自社にあった使いこなし・ブラシアップで生産効率化を図る。また、比較的頻繁に変わる生産品に合わせて、改良・仕様変更が容易になるように、ソフト・ハードがモジュール化されて、簡便に組み合わせ可能となっている。

また、このようなフレキシビリティの高い生産現場では、ある程度、融通可能な生産設備が必要で、専用機械は少なく、人がサポートしながら、(ロボットの)自動機械が使われる。そのような人との共存・共創した生産現場でも、手順の見える化に始まり、匠みの技のアーカイブ化を経て、ノウハウの人工知能化へと進む。そのことにより、新しい製品の生産に直面してもすぐに対応可能となる(生産のフレキシビリティが高い)。

このような、企業ネットワーク型の実現のためには、次のような課題があると考ええる。

a) 各機能間の情報のスムーズな情報のやりとり

特に、設計と生産の情報のやり取りがスムーズにいく仕組みが必要となる。そのためには、設計や生産のそれぞれの切り口のオープン化が必要となる。例えば、生産技術の仕様化(外から生産技術が見える化)される必要がある。

b) ネットワークのセキュリティ

FBMの基盤として整備が必須だが、特に、企業ネットワーク型では個別の独立した企業の流動的な組み合わせによって生産されるので、特に重要となる。

c) 各機能間の摺り合わせの仕組み構築

1企業内ではスムーズだった各機能間を誰がどう摺り合わせるのか。例えば、開発・試作企業との製造企業との摺り合わせはどうするか。最適製造ができる製品の企画、及び、企画中から製造準備する等が可能なように、摺り合わせができるか。

d) ネットワークに参加する中小企業の資本の安定性

FBMの一員として参加できなかったら生き残れるのか。いつFBM内で受注できるか明確ではないと、企業経営が不安的になる可能性がある。各機能のセーフティネットが必要である。

e) 各企業の情報のオープン化

選ばれるには、各企業の情報のオープン化が必要となる。例えば、地球レベルの環境対策の必要性がより高まるのを受け、環境負荷レベルを指標化して提示し、ネットワーク化される企業群の中での選択の容易さに寄与する。

f) 利益配分に仕組み

各機能(企画、開発、生産、保守、調達、製造、物流、販売、サービス等)のどの部門へ誰がどうやって利益配分をするか、金融的な仕組みの構築が必要となる。

3.2.2 メガ企業型

グローバル規模で、人・もの・資金・情報をコントロールする経営が行われている巨大企業を、「メガ企業型」と定義する。メガ企業型においては、単体もしくは複数の拠点工場と、クライアント工場が有機的につながり、製品・サービスが提供されている。すでに2016年段階で「ターンキー工場」として似た形態の萌芽がみえている。多様な国籍・多様な人種によって構成されるボードメンバーによって、戦略・事業計画が中央集権的に計画・管理され、人的・資金的な豊かさを生かした機動的な投資が可能となる。したがって、生産量も巨大化するビジネスモデルが取られやすい。FBMを構成する各機能(企画、開発、生産、保守、調達、製造、物流、販売、サービス等)は、拠点工場にある戦略部門によってM&A等により戦略的に入れ替えられる。

拠点工場においては、世界最先端の他社の追従を許さない門外不出のコア技術が研究開発・伝承され、戦略部門も併設、世界トップの頭脳集団が存在し全体を統括している。全世界に多数あるクライアント工場のデータがすべて拠点工場で閲覧分析され、全世界の工場を直接コントロールできる。

クライアント型の工場においては、拠点工場で確立された生産技術が、マニュアル化されて展開され、習熟度の低い従業員であっても、安定した製品・サービスの提供ができるように設計されている。VR技術やウェアラブル端末が積極的に導入され、拠点工場と直接つながり、グローバルでの品質が保たれるようになっている。一方で、マニュアルに正確に従うことが求められるので、従業員に特定のノウハウが蓄積されることなく、メガ企業のコア技術の情報は秘匿され、保護されるようになっている。

このようなメガ企業型は、巨大資本を持つ企業のグローバル化、及び、第2章で述べたICT等の発展により、各機能が有機的につながり、かつ、成長し、企業の差別化・市場の寡占化が進むことで生まれる。その結果、メガ企業による利益の寡占という現象が目立つようになり、貧困問題(低所得層の増大)と関連づけられて社会問題となる。逆に、そのような低所得者向け製品は大量生産となり、競争力維持のための一流技術の囲い込みに成功した企業が、メガ企業型になりうる。

このようなメガ企業型は、バリューチェーン全体で収益を上げればいいので、製品のハード売りから、サービスを提供するビジネスモデルに付加価値構造が変化する。製品を生産・販売した後も、開発⇒製造⇒出荷⇒設定⇒稼働監視⇒保守⇒リプレイスという円を描くバリューチェーンが創生される。O&Mサービスが一般化していて、自社製品をハブにして他の生産設備についても保守サービスをするようなビジネスが展開される。

そのようなビジネス展開のために、生産情報が工場間で共有され、経営と現場がリアルタイムで可視化されている。異業種間においても受給調整・流通の効率化、エネルギー管理などの視点から、匿名化され

た情報がセキュアに共有され、新たな付加価値を生む市場が生成されている。

以上のような企業形態が成り立つための生産方式の特長は、拠点工場での生産開始とクライアント工場への展開である。つまり、新製品の試作開発・最初の生産などは拠点工場の比較的可変なように設計された生産ラインで実施される。生産ノウハウや品質などが安定してマニュアル化が可能になった時点で、世界のクライアント工場に展開され生産が開始される(ターンキー工場的)。これが可能になるために、生産の段階ごとの機能が当初より設計され、工場間の情報が共有されるようにソフトウェアの階層化・モジュール化が進展している。

また、設備の所有形態も特徴がある。特に、クライアント工場においては、ユーティリティや生産ラインなどの設備がサービスとして提供されるFactory as a Service(FaaS)が一般的に提供されている。これにより初期投資が少なく抑えられ、生産への柔軟な対応をさらに助長する。

拠点工場においては、自動化されたラインにおいて、頭脳集団による生産の効率化・改善が日々行われている。そこで開発された生産管理・品質管理手法を蓄積しマニュアル化することで、人員が流動的に移動しやすいクライアント工場でも安定して生産できる。生産にあたってはロボットが導入されて、極力自動化されている。コア技術については、ブラックボックス化が進み、拠点工場での秘匿の徹底が図られる。

このような、メガ企業型の実現のためには、次のような課題があると考ええる。

a) メガ企業の良心の担保

少数のメガ企業により利益が独占されると、資本の流動化が阻害される。成長市場における大規模な投資ができる特定の企業が国家の枠を超えて力を持つようになる。メガ企業の良心をどう担保していくかガバナンス及び国際的な法制度が課題となる。

b) 優れた技術のシェア低下

製品の保守・監視が一般化しサービス提供化が進捗することにより、10年20年安定して稼働する優れた製品よりも、安いが数年程度のある一定期間稼働する安価な製品が市場を席卷し、他の製品サービスで起きたように、優れた技術が結果として市場からシェアを落とす可能性がある。技術の進歩を阻害しないか。

c) セキュリティ

競争が激化して人材の流動化が進む中、情報の流出・競合会社への提供をいかに防いでいくのか、セキュリティ技術の適用、教育が大きな課題となる。

d) 環境対応

メガ企業型で大量生産をすることにより、一企業が影響を及ぼす環境負荷が大きくなる。地球レベルの環境対策の必要性がより高まり、CO₂及び有害物質の排出基準がより厳しくなり、環境対策へコストをどうかけるか、企業ガバナンスの重要な要素となる。

3.3 製造業の将来検討の課題

これまで2030年における将来像としてFBMプラットフォーム、さらに同プラットフォームの上に立脚する企業ネットワーク型、メガ企業型の特徴についてみてきた。次に「FBM社会」を実現する上での技術的・政策的課題(3.3.1)、FBM社会が実現したとして、その先の課題(3.3.2)について触れる。

3.3.1 FBM社会を実現するための技術的・政策的課題

この将来予測、更にはこのFBM社会を実現するためには、多くの技術的・政策的課題が存在し、いくつかについては既に触れてきた。ここでは、次の2つの観点について検討したい。

a) セキュリティ

安心と信頼なしには生産システムは成立しないし、社会も成り立たない。その一方でセキュリティ面のリスクを恐れてICTを一切活用せずにFBM社会の実現は、不可能であろう。コストと耐リスクのバランスの取れたセキュリティ技術の出現、最低限のセキュリティを守らせるための法規制、各ステークホルダーの正しいセキュリティ感覚等は必須である。また、セキュリティを議論するに当たっては、その単なる静的な堅固さ(Robustness)のみならず、適応性(Adaptiveness：変化していく攻撃手法へ適応していく)、応答性(Responsiveness：サイバー攻撃等の突発的な事態にすばやく対応すること)や協調性(Collaboration：他のシステム等の攻撃情報等を横断的に共有していくこと)を考えていくことも大切である。

b) 価値・利益の分配機能と権利

FBM社会においては、多数のステークホルダーが関係しており、これらの関係者が納得して、さらに好ましい方向へ社会の進歩に進んで貢献していこうという意欲のわく価値・利益の分配機能が必要である。これは、企業ネットワーク型システムにおいて自明であるが、メガ企業型システムにおいても、社内の部門間の評価をどうするかという点で大切である。

基本的には、正しい競争原理に基づく市場経済機能に委ねられるべきではあるが、理想と現状が大きく違い自然的な変革に時間がかかるケース、資源再生上の問題(Sustainability)を正しく反映する必要があるケース、等々においては、多数が納得した上で制度的なものを検討していく形で導入する必要もある。

データは誰のものであるか、所有権を初めとする各種の権利も新たに見直しが必要である。ソフトウェアにおいては、著作権と利用権が分けて議論されている。これに近い形が必要ではないか。

いずれにしても、これまでの歴史的な経緯にとらわれることなく、データや資産を社会的・経済的に合理的に活用するという観点からの検討が必要である。

3.3.2 FBM社会の先の課題

FBM社会が実現したとしたら、その先にどのような課題があるか検討してみたい

a) サービス化経済

これは、既に現在においても議論が始まっており適用例も出てきており、FBM社会化と並行あるいはもしかしてこちらの方が先行して普及している可能性がある。

これには二つの側面があり、第2章でも触れているが、ジェットエンジンの例のように製品のライフサイクルのより広い範囲にわたって製造業者がサポートを拡張するものと、カーシェアリングのように個人が自動車の所有から離れ共有するというものがある。

製品によっては、個人所有を前提とした製品と製品を共有しサービスを個人に提供することを前提とした製品が大きく違わない可能性もあるが、製品の生産数が大きく違い、仕様が大きく違ってくる可能性が出てくる製品も多いと思われる。

b) FBM社会における競争力

FBMプラットフォームは、生産自体の高度自動化や物流の合理化により人件費や地理的な条件の制約から外れてくる。FBM社会における生産の競争力の源は、何になるのか。より多角的な価値を求めて一元的な尺度でなくなってくるとしても、ある一定の競争は存在する。

さらにJEMA企業として心配なのは、日本企業がその中で生き延びていけるだろうかということであろう。このためには、FBMプラットフォームの設計に係っていき、自分たちの強みを早く認識し、制度的に組み込んでいくべきであろう。

4 まとめ

4.1 トрендについて

第4次産業革命下での技術革新やそれによる社会インパクトを予測することは大変難しい。その中で、現在を起点に過去を振り返り、継続する動向はある程度想像可能であり、今回はそうしたものを捉えた。

なお、第2章ではあまり触れていないが、変化点に来ていて予測が難しい動向について主な事項も挙げておく。

a) 主な社会動向（「」は本報告で取り上げた動向）

- 1) 政治：今回はあえて触れていないが、海外は、政治面で考えると、米、英、独、EU、中、露、アラブなどの国の力・政策・立ち位置が将来像へ大きな影響を与える。
- 2) 経済：「メガFTA」を取り上げた。国内景気は2020年以降よく見えていない。中国などの経済の先行き不透明感や欧州の国々発端の経済危機などの影響は世界経済を揺るがし国内をも飲み込む。経済成長率の低下なども今後の課題である。
- 3) 社会：「人口問題」，「格差社会」及び「人と人とのつながり，個人主義」を取り上げた。日本にとって一番の課題は少子高齢化であり生産人口や匠の伝承などこの部分への製造業の対応が重要である。国際的に見ると格差であろう。この根源に資本主義の課題があるといわれている。資本主義の課題は民主主義にも大きな影響があると言われる。その他，宗教問題など大きな影響がある。
- 4) 環境：「エネルギー・資源枯渇」及び「地球温暖化」を取り上げた。化石燃料など状況がいろいろ変化し予測が困難になっている。世界的には再生可能エネルギーや水素エネルギーなど，特に新興国は，新たなインフラが主体になる可能性もあり，これらが産業に与える影響は大きい。製造業は多くのエネルギーを使用するので，スマートグリッドなどインフラと統合された構造になろう。
- 5) 法制度：一番の課題は先進国のようにすでに法規制(習慣・文化も含む)が確立している地域は，新しい仕組みが既存の制度で導入困難もしくは導入が遅れるという点にある。日本，製造業，電機業界，工業会は高度成長時代の制度の革新が問われており，様々な対応が求められる。

これらから，本来は将来について幾つかの像を描き(シナリオ化)，それに対して製造業のあるべき姿を検討することもあるが，これは，今後の課題であろう。

b) 主な技術動向

今回取り上げたのは以下の5項目である。

- 1) 顧客価値の最適化，最大化
- 2) 製品設計の効率化
- 3) 製造設備構築の最適化
- 4) 生産運用の最適化
- 5) プロダクトライフサイクルマネジメントの最適化

4.2 将来像について

今回，これらの動向から将来を描こうと試みたが，我々が方法論を持ち合わせなかったので残念ながらうまく描けなかった。デザインシンキングなどの方法論を我々ももっとよく理解しなければならない。さらに，国として，電機業界として，これらの動向を元にしたSWOT分析まではできなかった。本来は将来について幾つかの像を描き，シナリオ分析も必要であろう。

動向からの将来像を想像することを諦め，現在起きている象徴的なことを元に将来像を検討した。

a) メガ企業型：アジア新興国に建設されている巨大工場

b) 企業ネットワーク型：メーカームーブメントから想像させられるネットワーク型小規模工場

議論の中で、実はこの2つが似ている面が注目された。そうした結果を受けてFBMという概念が生まれた。

ここでは、「ロングテール」「フリー」「メーカーズ」などを著したクリス・アンダーソン氏や「オープンイノベーション」のヘンリー・チェスブロウ氏などの考え方を加味してFBMを捉えてみる。

FBMは、製造業を構成する機能組織の要素がモジュール化し、顧客と新たな価値を共創して、ビジネスや市場や技術の変化を起こし、その変化に応じる、自由に連携するエコシステムを示している。このエコシステムを支える仕組みとしてプラットフォームがある。

プラットフォームによりSCMやECM、ファクトリー(生産設備のライフサイクル)チェーンが連携したモジュール組織で効率的に行える。又、IoT、ビッグデータ、人工知能などのCPSやデジタルツインと言った新たな仕組みもプラットフォームが持ち、製品自体も運用時の外部環境を始め、運用状況を蓄積し、運用状況に合わせて変化できるサービス機能を実装していると思われる。更にモジュール化した機能・組織とのマッチング機能など適宜の変化に応じたビジネスを継続するための機能として、人的な機能であるコミュニティ管理やガバナンス機能を持つことがOSSなどの最近の活動からわかってきている。

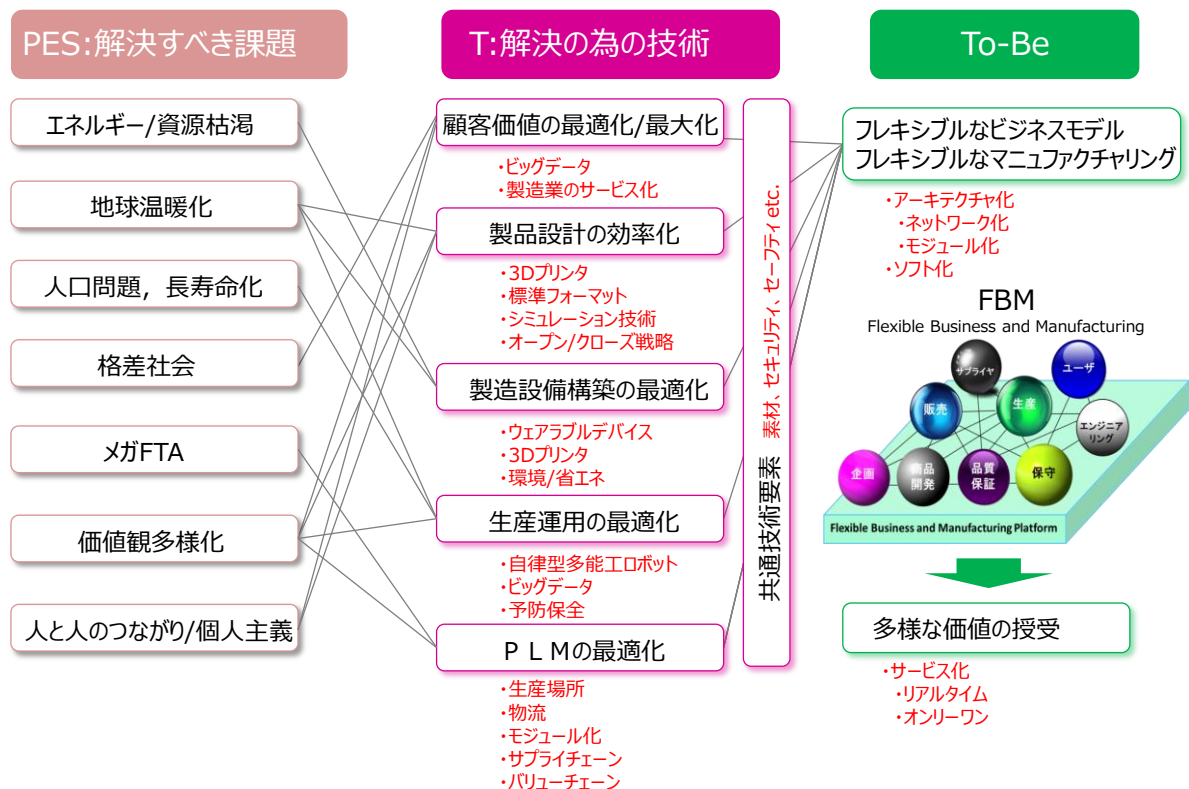


図33-トレンドと将来像

図33は、本稿を纏めたものである。エネルギー・資源枯渇など社会経済的トレンドとビッグデータなど技術トレンドにより、フレキシブルなビジネスモデル・マニファクチャリングが、アーキテクチャ化やソフト化で可能になり、FBMが構築され、FBMがサービス化など多様な価値の授受を実現する。2030年の製造業では、エンタープライズの概念、考え方が多様化し変化する。ここでは組織の形態や企業統治などはあえて触れていない。

国際標準化の場合では、現在、スマートマニファクチャリングーIndustrie4.0を実現する標準化を議論するための参照アーキテクチャモデルIndustrie4.0(RAMI4.0)などを議論している。サービス化含め様々なものが情報をやり取りするには、図34にあるような仕組みの上で、ICT技術の1つのアダプタ技術で実現できる。FBMはこうした仕組みで動く。大事なはこの図にあるようにセマンティックモデルである。1980年代から米国でオブジェクト指向が検討され、継続して図34のような概念が整理されてきている。大事なのは日本が重要と見ている現場・現物・現実で4Mによる改善主義をシステム全体に広げるために、このモデルにどう実装するかどうか。



出典：日本貿易振興機構(ジェトロ) インダストリー4.0 実現戦略 プラットフォーム・インダストリー4.0調査報告からの抜粋

URL：https://www.jetro.go.jp/ext_images/_Reports/01/c982b4b54247ac1b/20150076.pdf

図34—FBMを実現する仕組み(国際標準化で議論されてきた仕組み)

産業構造審議会 第1回新産業構造部会で示された、IoT、ビッグデータ、人工知能などの技術によるインパクトは、リアルな現実社会のものコトをIoTで情報化し、ビッグデータとして分析、人工知能で洞察、シミュレーションにより将来予測することで、サイバーを用いシステム全体を持続的に改善(PDCA)していくものである。例えば、要素の1つのロボットの強化学習では、1台で8時間かかった学習が並列学習により8台使うと1時間で行え、さらにサイバー上の巨大なコンピュータパワーを使えば瞬時に学習が可能となる。これにより要素単位での最適化は実現するが、全体最適化に繋がるわけではない。製造システムは一般に多様とされ、工場レベルでの運用は世界で1つであり、絶えず変化する。こうした唯一の変化するシステムにサイバーの特徴をどう活用するかが今後の大事な課題になろう。

最後に、今回、ワークショップ形式で、かつ、各社の競争領域ではなく、2030年像と置くことで協調領域での議論が可能になった。その中で、自社、顧客以外の人との議論を通して、企業間交流の1つの形を確認できた。

4.3 本委員会の提言

IoTやスマートマニファクチャリングの分野におけるグローバルの競争は激しく、各社、各団体、各国とも開発及び市場参入などのスピードをいかに上げるかに全力を尽くしている。このような競争の中で

本委員会は、電機業界を始めとして、どのような戦略を持って対応するかを提言することを目標として、初年度は将来像の構想を検討した。

本委員会は、日本の電機産業、引いては、製造業の戦略を検討する方々にFBMという共通のモデルを議論に使用して頂くことにより、今後、共同作業でこのFBMの実現を進めて行くことを提言する。

FBMの実現においては、FBMがモジュール化を前提にしている以上、SCM、ECM、工場LCMの枠を超えて各要素がつながり、効率化できるようなアーキテクチャ及び連携方法に関することが一番重要な課題である。また、オープンイノベーションに関しても、ソフトウェア開発だけでなくハードウェア開発、生産技術での適用、コミュニティ運営などの事例研究が必要となる。

各要素をつなげ、効率化していくためには、連携方法やデータ方式について標準化をすすめていく必要がある。将来的にはアーキテクチャの検討にも繋げていく必要があるが、まずは現時点で進めていく検討テーマの具体案となる課題を表4および表5に示した。これらの表の内容は2016年以降も継続して改訂していく前提であり、この案について関係各位の今後の議論と批判をお願いするものである。

表4—バリューチェーンの各機能における課題(案)

No.	バリューチェーン	機能	協調領域		競争領域
			業界活動	業界以外の産・学・官の活動	各企業
1	SCM (サプライ・チェーン・マネジメント)	サプライヤ	—	—	—
2		調達	・製品向け電子辞書の構築	・IVI評価実証 ・スマート工場実証	各社ビジネス領域
3		製造	・製造の機能間の インタフェースの検討	・IVI評価実証 ・スマート工場実証	各社ビジネス領域
4		物流	—	・IVI評価実証 ・スマート工場実証	各社ビジネス領域
5		販売	—	—	各社ビジネス領域
6		サービス	・サービスデータ標準化の 検討	・IVI評価実証	・製品分野に適した サービスビジネス
7		ユーザ	—	—	—
8	ECM (エンジニアリング・チェーン・マネジメント)	商品企画	・顧客側工業会(自動車等) と弊工業会の協調 ★	—	・ユーザーニーズの迅速な 取込み
9		設計(メカ・電気・ソフト)	・つながる電機製品の拡大★ ・産業用ネットワークインフラ 構築の協調領域検討 ★ ・先進セキュリティ技術の 情報収集 ★	—	・開発期間の短縮 ・オープンイノベーション の適用(OSSなど) ・グローバル開発 ・地域適合した開発
10		試作評価	—	—	・システムのシミュレー ション(単品からシス テムへ)
11	工場 (工場の ライフサイクル)	(投資)計画	—	—	・グローバルな生産
12		エンジニアリング	・顧客側工業会(自動車等) と弊工業会の協調 ★	・IVI評価実証 ・スマート工場実証	・IoT技術の適用による 効率向上
13		コミッショニング	・第3者の役割、要件の検討	—	・グローバルな生産
14		製造	(SCMの製造と同じ)	(SCMの製造と同じ)	(SCMの製造と同じ)
15		保守&最適化	・サービスデータ標準化の 検討	・IVI評価実証 ・スマート工場実証	・予兆把握

注記1 本図の内容は、2016年度も継続して改訂する。

注記2 ★が付いた項目は、今後特に日本電機工業会での検討が望まれる項目である。

注記3 “—”とある項目は、本委員会では未検討の項目である。

表5－FBMのプラットフォームにおける課題(案)

No.	バリューチェーン	機能	協調領域		競争領域
			工業会等の領域	(IVIを含む)学・官	各企業
16	FBMの基盤 ◆顧客とメーカーのマッチング ◆メーカー同士のマッチング ◆ビジネスの継続	コーディネーター	・スマートマニュファクチャリングに必要なコーディネーターの実現検討 ★ ・各社得意の製造分野の情報収集、利用方法の検討 ★	・IoT推進ラボのマッチング ・公共系ビッグデータの活用 ・インターネットインフラへの投資	—
17		オープンイノベーション	・OSSの活用のための事例・活動の収集 ・各種コンソーシアムとの協調作業 ★ ・海外団体との連携 ★	・OSS研究開発 ・研究機関の研究テーマにOSS取込み	・他社との協業による技術開発 ・自社技術と外部導入技術の戦略的設計 ・AI技術の製品化
18		ビッグデータ活用	・電機製品(モーター・電力など)の共通データの検討 ★ ・設備の知能化、自動学習 ★	・政府によるビッグデータ活用システムの調達	・自社のコア製品のビッグデータ収集方法の開発
19		機能をつなげる技術	・IVIのプラットフォーム委員会への参画 ・モジュール化戦略の協調領域の検討 ★	・プラットフォーム検討 ・スマート工場の実証など	・複数社によるフレキシブルなSCM導入 ・ICTによる電機製品の付加価値アップ
20		標準化	・IEC(Industrie 4.0-Smart manufacturing)標準化活動への参画 ★ ・国際標準化推進力向上のための人材育成 ★	・標準化機関の取りまとめ者の育成(コンビナなど) ・標準化注力分野の厳選と戦略立案	・標準化による自社製品のグローバルマーケティング
21		金融・保険	—	・新規技術分野の保険料率査定の実証	—
22		品質・セキュリティ	・制御システムセキュリティ先進事例情報の収集 ★ ・品質確保方式の検討	—	・セキュリティ技術の製品化 ・第三者品質評価の検討

注記1 本図の内容は、2016年度も継続して改訂する。

注記2 ★が付いた項目は、今後特に日本電機工業会での検討が望まれる項目である。

注記3 “—”とある項目は、本委員会では未検討の項目である。

日本のスマートマニュファクチャリングに関連する団体を本委員会と関連のある団体を中心にして図35にまとめた。図35に示す関係団体と日本電機工業会とが連携を深め、互いの活動方針を理解し、連携してFBMの実現を進めていきたい。

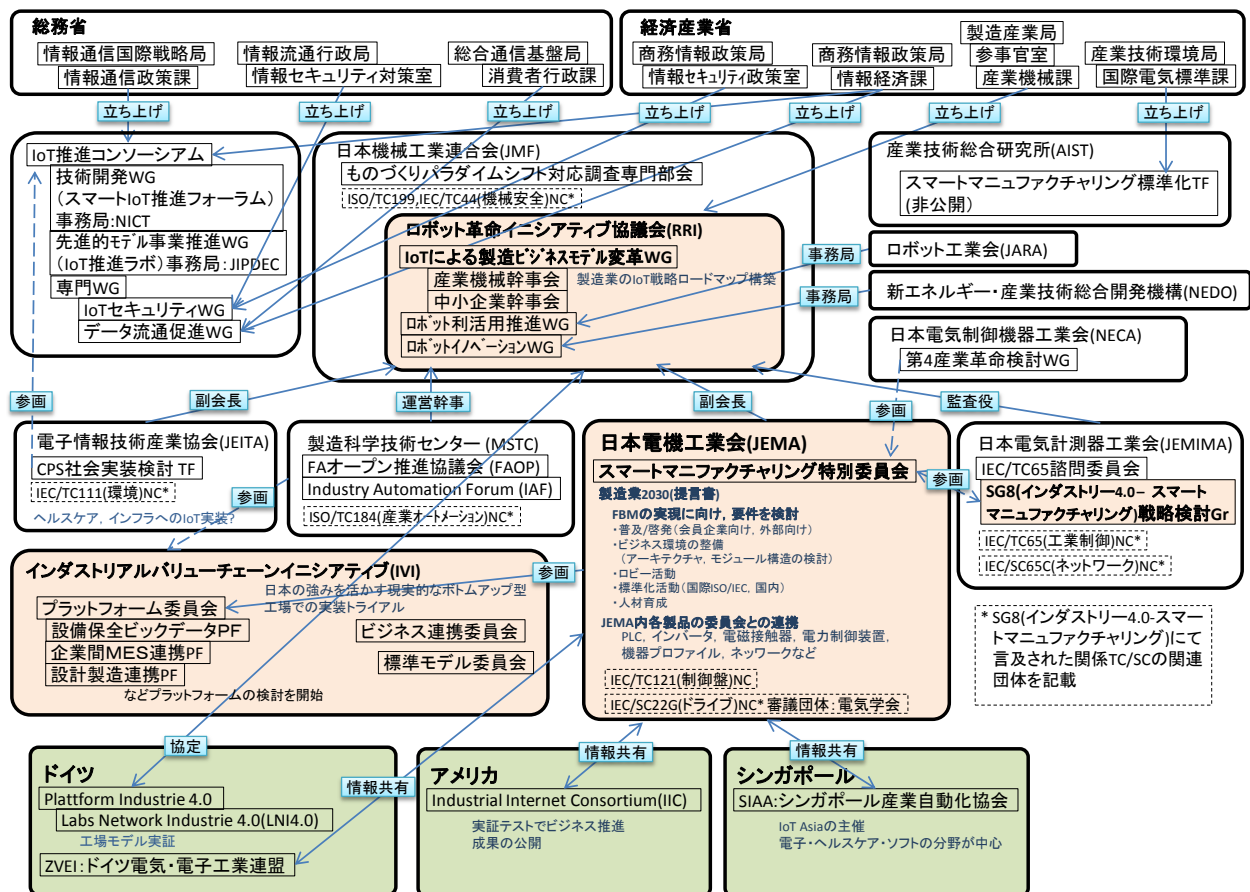


図35ースマートマニファクチャリングに関連する団体
(本委員会と関連のある団体を中心に記載)

4.4 2016年度の活動

2016年度の当委員会の活動として、次を計画している。

a) 深掘り，課題抽出

FBMプラットフォームの実現方法及び提言書に記載した諸課題について、次の手順で検討し、ロードマップ及び中期的アクションプランを作成する。次の課題を検討する中で、それぞれの活動の協調領域、競争領域を区分し、JEMAも含めた各工業会、団体、企業と連携して活動していけるよう方針を決める。

- 1) ビジネスに結び付ける項目(例 IoT対応製品の普及促進など)を抽出する。
- 2) B2B, B2C含め分野の成熟度に合わせた促進が必要な項目を抽出する。
- 3) 各社との意見交換
- 4) 各工業会などとの意見交換
- 5) 各工業会などの活動が積み上げることが可能となる全体設計

また、2015年度の未整理課題について検討する。

- ・ オープンイノベーション化、探索と深掘りの2stepを意識
- ・ デザイン指向化(デザインシンキングなど)
- ・ 中小企業対応
- ・ 製造業周辺領域連携、例えば金融・保険(例えば、GEによる格安航空会社(LCC)におけるコスト低減

事例), 投資の活性化

- ・ レガシーシステム(既存設備・機械)のIoT化
- ・ グローバルの視点での分析

b) 当特別委員会の活動PR, 及びPRを通しての深掘り

1) 工業会及びSCF関連イベントなどを通じた発信

- ・ Webでの提言書の公開, セミナー(IoT Asia, SCF2017プレセミナー等)

2) 各委員→各社→各分野

3) 各社との対話

- ・ JEMA会員企業向けのセミナー実施
- ・ 各社個別の意見交換

4) 各工業会, 団体などとの対話

- ・ ロボット革命イニシアティブ協議会(RRI), Industrial Valuechain Initiative(IVI)等
- ・ 工業会(日本電気制御機器工業会(NECA), 制御システムセキュリティセンター(CSSC), 日本ロボット工業会(JARA), 電子情報技術産業協会(JEITA)等)

5) 海外との対話, 外資系企業及びコンソーシアムなど

- ・ 外資系企業, ZVEI, IIC
- ・ IoT Asia 2017での共同展示

6) アンケート, SCF来場者など含め

- ・ 本書に関するヒアリングを実施(Web等)

7) 事例(実証工場)見学及び意見交換

c) 全体俯瞰力の強化

活動を通しての得た知見の専門家を外部講師招き, 委員会での講演及び意見交換を実施する。

5 スマートマニファクチャリング特別委員会の委員名簿

この提言書を作成したスマートマニファクチャリング特別委員会の委員名簿を、次に示す。

スマートマニファクチャリング特別委員会

	氏名	組織名
(委員長)	水上 潔	株式会社日立製作所
(副委員長)	松隈 隆志	オムロン株式会社
(委員)	石隈 徹	アズビル株式会社
	原 功	国立研究開発法人産業技術総合研究所
	佐久間 隆寿	山洋電気株式会社
	二上 範之	シャープ株式会社
	日下部 宏之	株式会社東芝
	杉森 久容	東芝三菱電機産業システム株式会社
	久積 崇志	東芝三菱電機産業システム株式会社
	堀川 徳二郎	東芝三菱電機産業システム株式会社
	横原 正	パナソニック株式会社
	荒井 岳	株式会社日立コンサルティング
	小池 博	株式会社日立コンサルティング
	小倉 信之	株式会社日立製作所
	苗村 万紀子	株式会社日立産機システム
	松倉 禎生	ファナック株式会社
	務台 明良	ファナック株式会社
	小島 伸浩	富士電機株式会社
	山田 隆雄	富士電機株式会社
	葉山 陽一	富士電機機器制御株式会社
		(一般社団法人日本電気制御機器工業会)
	西岡 靖之	学校法人法政大学
	茅野 眞一郎	三菱電機株式会社
	吉川 勉	三菱電機株式会社
	綿部 良介	三菱電機株式会社
	山岡 宏司	株式会社明電舎
	富田 浩治	株式会社安川電機
	横山 和彦	株式会社安川電機
	小田 信二	横河電機株式会社
	徳山 幹夫	ロボット革命イニシアティブ協議会 事務局
(事務局)	阿部 倫也	一般社団法人日本電機工業会
	高橋 一郎	一般社団法人日本電機工業会
	本松 修	一般社団法人日本電機工業会

上記の委員名簿は、組織名の五十音順、氏名の五十音順にて記載した。

最後に

2015年度、産業構造審議会に新産業構造部会、民間活動として、ロボット革命イニシアティブ協議会(RRI)、IoT推進コンソーシアム、Industrial Valuechain Initiative(IVI)、各工業会内にも多くの活動が動き出した。JEMAでは、SCF2015にてJEMIMA計測展東京2015と共同で第4次産業革命を発信した。2015年度末までには様々な活動成果が発表された。RRI/WG1／中間取りまとめ、IVI／20のモデルでの緩やかな標準、IoT推進ラボでのマッチング…。海外では、IEC/MSB/フューチャーオブファクトリー、ドイツ/リファレンスモデルIndustrie4.0など。又、人工知能／囲碁のトップ棋士に勝利他様々なトピックスが話題になった。

IoT、ビッグデータ、人工知能などの技術によるインパクトは間違いなくイノベーションであり、クリステンセンの言うdisruptive innovation(破壊的イノベーション)のように思われる。一方、レイ・カーツワイルは、これら当たるロボット工学、そして遺伝工学とナノテクノロジーを取り上げて「ポスト・ヒューマン誕生」を記し、シンギュラリティを問うたのは何と2005年である。

私達は将来俯瞰力をつけていかないとならない。本稿では特別委員会のみならず、JEMAの他の活動や他の工業会などとの連携した活動を示唆しているが、1委員会で検討できる内容ではない大きな話であり、ご容赦いただきたい。

全体俯瞰力を考えたとき、「不易流行」という言葉を思い浮かべる。芭蕉の言葉と聞くと、製造業として、電機産業として、何を不易流行とみて対処すべきかが問われている。司馬遼太郎の「この国のかたち」などに、栄枯盛衰の日本の歴史を振り返ることで、ヒントの1つがある。

平安時代、貴族文化の中、既得権益が仕組みを腐敗させて、武士が反乱し、鎌倉時代を作る。京都から、鎌倉へ政情が移る。中国から伝来した仏教も鎌倉で多様化し、その根本思想として禅が産まれた。同様に、元寇などがきっかけで今度は鎌倉の仕組みが陳腐化、腐敗し室町時代へ。そして鎌倉から京都に中心地が戻り、そこで、武家文化と公家文化が反応し、茶道、能など、禅を底辺とした日本の豊かな文化が形成される。江戸も、既得権益、陳腐化、腐敗が維新を生み、この時は西洋文明と反応し、近代化が進む。ただのモノマネではなく、日本に合わせた実装。そこでの独創、創意工夫。戦後も米国から品質管理技術を輸入して進化させ、トヨタ方式やメカトロニクスなどがこれに値する。

そして今、高度成長期の仕組みが、言い過ぎかもしれないが、既得権益の腐敗と構造の陳腐化の局面にある。第4次産業革命とはそんな時代の象徴と思う。個の成熟と好奇心、囚われないという禅的思想が日本の不易であり、この委員会での議論の原点にあったと思う。

そうした「文化」が日本を救う。そう信じる。

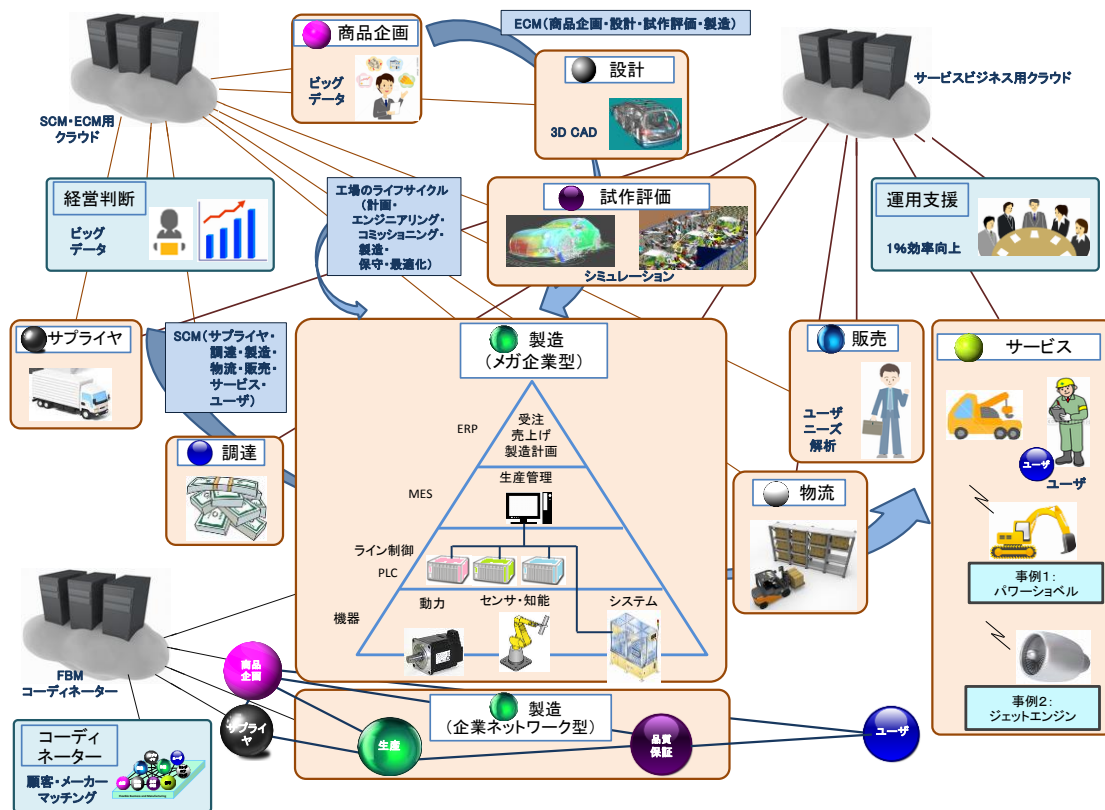
スマートマニュファクチャリング特別委員会
委員長 水上 潔

附録

表1及び表2の補足説明資料を次に示す。

附表1ーFBMプラットフォームの要件例

No.	項目	説明図	説明
1	オープンイノベーション		・オープンイノベーションでは、ベンチャーなどの新しい技術や顧客ニーズを持つ組織が企業と共同で製品開発を進める。 ・オープンイノベーションをFBMで示すと、新規技術やニーズが外部からFBMのネットワークに組み込まれる図となる。
2	M&Aによる技術導入		・M&Aでは、システム構築のために必要な要素を持つ会社が買収により、別の会社に取り込まれる。 ・FBMで示すと、M&Aにより、会社外の機能が必要に応じて、製造のネットワークに入ることを示す図となる。この図と逆に、社内の要素が売却により社外に出る場合もある。
3	FBMの基盤構築に必要な技術		・FBMのプラットフォーム構築に必要な技術にはネットワーク技術、モジュール化技術、それらを開発するためにOSSなどの利用が想定される。 ・ネットワーク技術は、ハード、ソフト、ネットワークインフラであり、モジュール化技術は要素間のインタフェース構築技術である。
4	コーディネーター		・コーディネーターは、ユーザー、メーカー、エンジニアリング担当者を結びつけ、製品の製造をコーディネートする。他に、共同作業が目的に沿うように支援する機能をいうケースもある。 ・FBMの図を使って、コーディネーターの機能の全容を示し、個々のコーディネートに必要な要件を検討する。
5	標準化		・スマートマニュファクチャリングやIndustrie 4.0に関する標準化作業では、その要素と機能を定義し、インタフェースを定める。国際標準では、安全とエネルギーの効率化という基本テーマを持ち、グローバルに製品仕様を共通化する。 ・FBMを元にして、スマートマニュファクチャリングを構築するための要件の全容を検討し、標準化の仕組みを提案する。
6	品質・セキュリティ		・ユーザのニーズに応じてフレキシブルに製造の機能を組み合わせて製品を製造するFBMでは、その品質を確保する仕組みとネットワークのセキュリティが重要である。 ・第3者による品質の認証や、製品の品質を評価する仕組み等が必要となる。さらに、セキュリティを組み込むための仕組みを検討する。



附図1ースマートマニュファクチャリングの構成要素

本提言書の最新版の入手は・・・

本資料の最新版は、電子データダウンロードにて入手が可能です。JEMAのウェブサイトのオンラインストアにおいて無償公開出版物としてダウンロードが可能です。

JEMAウェブサイトURL：<http://www.jema-net.or.jp/>

本資料の内容に関するお問合せは・・・

一般社団法人 日本電機工業会 技術部 技術課

TEL：03-3556-5884/FAX：03-3556-5892

© 2016 The Japan Electrical Manufacturers' Association. All Rights Reserved.

著作権法により、無断での複製、転載等は禁止されております。