

スマートマニュファクチャリング特別委員会

2016年度版 製造業2030

Manufacturing 2030 Ver.FY2016

2017年(平成29年) 5月15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

日付	内容
2016年5月23日	2015年度版 製造業2030の発行
2017年5月15日	2016年度版 製造業2030の発行

目 次

ページ

序文	1
1 2016年度の活動内容	2
1.1 2015年度版 製造業2030の概要	2
1.2 特別委員会の活動概要	2
1.3 国内外のスマートマニュファクチャリングの動向	5
1.4 2016年度の進め方	9
2 WG1(FBMアーキテクチャ)の活動	11
2.1 はじめに	11
2.2 FBMモデル	11
2.3 ユースケース	14
2.4 WG1まとめ	20
3 WG2(制御盤2030)の活動	22
3.1 はじめに	22
3.2 制御盤のモジュール化	22
3.3 海外制御盤技術動向	25
3.4 制御盤将来像の提示(制御盤2030)	30
3.5 モジュール実現への課題	31
3.6 制御盤へのニーズ(顧客価値)と課題解決に向けた方向性	32
3.7 制御盤モジュール化ガイドライン	35
3.8 制御盤FBMに対する考察	37
3.9 WG2まとめ	39
4 WG3(製造業のサービス化)の活動	43
4.1 はじめに	43
4.2 2016年度の調査活動	43
4.3 サービス化の具体例及びその課題	45
4.4 WG3まとめ	56
5 まとめ	60
5.1 WG活動の総括	60
5.2 提言 ～システムズエンジニアリング～	62
5.3 2017年度の特別委員会活動方針	63
6 特別委員会の委員名簿	64
7 最後に(編集後記)	66
附属書A(参考) RAMI 4.0とFBMとの関連	67
附属書B(参考) FBMモデルを活用したビジネス評価	70
附属書C(参考) FBMモデルのユースケース	75

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。

2016年度版 製造業2030

Manufacturing 2030 Ver.FY2016

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「製造業2030」(以下、2015年度版 製造業2030という。)の続編である。2016年度は下記のとおり、3つの目的をもって活動した。

a) 2015年度版 製造業2030の普及促進

他工業会との意見交換会(講演)や各種セミナーを通じて、そこから得られた反響・意見を反映し、提言書のブラッシュアップを行った。



日本機械工業連合会での意見交換会
(2016年9月21日)



CEATEC展でのパネルディスカッション
(2016年10月7日)



JEMA特別セミナーでの講演
(2016年10月21日)



制御システムセキュリティカンファレンス
(2017年2月21日)

b) 新たなテーマの抽出

2015 年度版 製造業 2030 では取上げなかった項目や課題(例 データの所有権)について抽出した。

c) Flexible Business and Manufacturing(FBM)の具現化

2015 年度版 製造業 2030 で提唱した FBM というコンセプトの定義と検証を行うため、3つのワーキンググループを立上げ、それぞれに議論を行った。

1 2016年度の活動内容

1.1 2015年度版 製造業2030の概要

IoT(Internet of Things)により製造業が革新する第4次産業革命の世界では、世界の企業や団体が連携し、互いの持つ技術を活用して、これまでになかったIoT製品やビジネスを生み出そうとしている。第4次産業革命への対応方法を示したいという日本電機工業会の会員のニーズに応える形で、工業会の会員だけでなく、大学や国内の関連の団体にも参加を呼びかけて、2015年8月に「スマートマニュファクチャリング特別委員会」(以下、特別委員会)を発足した。2015年度版 製造業2030は、特別委員会の2015年度の活動成果をまとめたものである。

2015年度版 製造業2030では、2030年の製造業の姿を示すとともに、ユーザのニーズに応じてフレキシブルにビジネスを構築し、製造の組み合わせを替える「FBM(Flexible Business & Manufacturing)」を提案した。FBMは、ドイツの「Industrie 4.0」などでは、これまで大きく取り上げられてこなかったビジネスをそのモデル内に取り込もうとする試みである。さらに、特別委員会では、将来の製造業を描くために、グループディスカッションの手法を使って議論の範囲を広げ、将来の製造業に影響するトレンドを分析する試みも実施してきた。

1.2 特別委員会の活動概要

将来の製造業のあり方に向かってFBMを実現して行くために、具体的な検討を目的として3つのWGを設置した。これらのWGは2016年10月に発足し、2016年10月から2017年3月の間、月に1回開催するペースで活動した。

2016年度の特別委員会の活動を報告するため、2015年度版 製造業2030の続編として、これらのWGの活動内容を中心にして2016年度版 製造業2030をまとめた。

特別委員会の各回の活動概要を次に示す。

a) 第8回特別委員会

日時	2016年4月27日 13時30分～17時
場所	JEMA電機工業会館 6階 62会議室
討議	雑誌WIREDの元編集長 クリス・アンダーソン氏の講演動画を視聴し、メーカーズムーブメントやドローンの影響、エコシステムの重要性について意見交換を行った。 2015年度版 製造業2030作成に向け、FBM(Flexible Business and Manufacturing)に関する意見交換、日本国内や海外の動向について情報共有を行った。

b) 第9回特別委員会

日時	2016年5月23日(月) 13時30分～17時
場所	JEMA電機工業会館 6階 62会議室
討議	今回の会議を持って2015年度版 製造業2030の完成とし、5月27日にJEMAのWEBサイトに掲載、プレスリリースを実施した。 今後は、FBMというモデルに対して具体的な事例を集めて、特別委員会内で共通認識を作り、FBMについてのユースケースを考えて検討を進める方針とした。

c) 第10回特別委員会

日時	2016年6月13日(月) 13時30分～17時
場所	JEMA電機工業会館 6階 61会議室
討議	FBMの事例を集め、ユーザメリットとフレキシビリティについて検討を行った。事例には、①ソニーと富士通の画像センサ製造分担、②営業のアボ取りの外部委託などがあつた。マニュファクチャリング寄りの議論が多いため、ビジネスについても触れたいという意見があり、それらの事例に関してワールドカフェ形式で次のテーマの議論を行った。 1) フレキシビリティとは何か。(事例で何がフレキシブルか。ユーザメリットは何か。) 2) 関連技術は何か(2015年度版 製造業2030で取り上げた技術を参考に検討する。) 3) 何をOpenにして、何をCloseにするか。

d) 第11回特別委員会

日時	2016年7月4日(月) 13時30分～17時
場所	JEMA電機工業会館 6階 61会議室
討議	第10回に引き続き、FBMの事例を収集・分析して、ユーザメリットとフレキシビリティの意味について検討した。

e) 第12回特別委員会

日時	2016年8月4日(木) 10時～17時
場所	麹町区民館 洋室C
講演	「製造業のパラダイムシフトICTの徹底活用と新しい現場力“TAKUMI 4.0”を目指して」 平成27年度日本機械工業連合会 “ものづくりパラダイムシフト対応調査専門部会” 報告 「世界の製造業のパラダイムシフトへの対応調査研究」 ＜講師＞日鉄住金総研株式会社 山藤 康夫 氏
討議	山藤氏から講演をいただき、活発な質疑応答となった。引き続き、FBMの事例検討として、「IoTデータの共有販売についてルールが確立し、新たな付加価値を生む市場が確立している将来像」、「FBM繋ぎ替えに関するユースケース」、「製品の位置づけの違いによるFBM適用とその影響」などについて意見交換を行った。

f) 第13回特別委員会

日時	2016年9月12日(月) 10時～17時
場所	JEMA電機工業会館 6階62会議室
講演	次世代日本のものづくりへの挑戦 ＜講師＞日本アイ・ビー・エム株式会社 山本 宏 氏
討議	山本氏から、Industrial Internet Consortium(IIC)のテストベッド、IBMのワトソンのAI技術などについて講演をいただき、日本のIoTの強み、弱みについて意見交換した。 引き続き、今後の活動方針を検討し、FBMについて具体的な検討を進めるため3つのWGを作ることになった。WGでは、FBMの構造・基盤の整理検討、制御盤FBMの検討、ビジネス面からの検討を行うことにした。

g) 第14回特別委員会

日時	2016年10月26日(水) 13時30分～17時
場所	四番町集会室 洋室
講演	ファナックのIoTへの取り組み ＜講師＞ファナック株式会社 務台 明良 氏
討議	務台委員から、FANUCのFIELD System(FANUC Intelligent Edge Link and Drive system)に関して、講演があり、意見交換を行った。FIELD Systemは、他社との協業を図りつつ、IoTを活用して新しいユースケースを作ろうという試みである。引き続き、FBMについて具体的に検討するために10月に立ち上げたWGの活動報告及び審議を実施した。

h) 第15回特別委員会

日時	2016年11月29日(火) 13時30分～17時
場所	麹町区民館 洋室C
討議	特別委員会では、WG及び関連委員会の進捗状況を報告した。 WG1(FBMアーキテクチャ)：これまで基盤に取り上げていなかった①事業主②保守③各社の製品に共通する戦略の3要素をモデルに入れる点について報告があった。 WG2(制御盤2030)：モジュール化のメリット、デメリットから今後の検討テーマを選定することの報告があった。 WG3(製造業のサービス化)：ロボットビジネスを一例とした検討内容の報告があった。 デバイスプロファイル技術専門委員会：モータープロファイルを利用してエネルギー管理のアプリケーションを提供する例について報告があった。

i) 第16回特別委員会

日時	2017年1月11日(水) 13時30分～17時
場所	電設工業健康保険組合 第一会議室
講演	サービス工学と製品サービスシステム ＜講師＞首都大学東京 教授 下村 芳樹 氏
討議	下村教授から、「製造業のサービス化を工学の知見で実現する」に関して講演をいただき、意見交換を行った。製造業の高度化、サービス化のためにサービス工学に基づくコンテキスト中心設計(利用状況の文脈を重視)が重要であるとの解説があった。 引き続き、各WGの活動報告及び審議を実施した。これまで検討して来たFBMのモデルを進化させ、制御盤のモジュール化、サービスビジネスについて議論した内容を整理し、提言書の続編として纏める予定とした。

j) 第17回特別委員会

日時	2017年2月13日(月) 13時30分～17時
場所	JEMA電機工業会館 6階 61会議室
講演	IoTによる製造ビジネス変革インダストリー4.0の動向 ＜講師＞ロボット革命イニシアティブ協議会 水上 潔 氏 NECAが目指すものづくりの将来像～5ZERO マニュファクチャリング～ ＜講師＞一般社団法人日本電気制御機器工業会 葉山 陽一 氏

討議	水上委員から講演があり，意見交換を行った。ドイツのIndustrie 4.0の進展状況について，自動車の分野でソフトウェアの標準化が進んでいるように，製造業の分野でも，早くもドイツ国内規格に従ったソフトウェアが製品化されたとの紹介があった。 葉山委員から，一般社団法人日本電気制御機器工業会(NECA)が1月20日に発表した提言について講演があり，意見交換を行った。2030年の製造業の姿として生産ロス，欠陥，納期遅延，事故，ライン停止の5つの指標がゼロとなる将来像を描いている。 また，小田委員から，IEC/SEG7(スマートマニュファクチャリング)関連動向，小倉委員からIEC/TC65/ahG3(スマートマニュファクチャリングのフレームワーク及びアーキテクチャ)の動向について講演があった。 引き続き，各WGの活動報告及び審議を実施した。
----	--

1.3 国内外のスマートマニュファクチャリングの動向

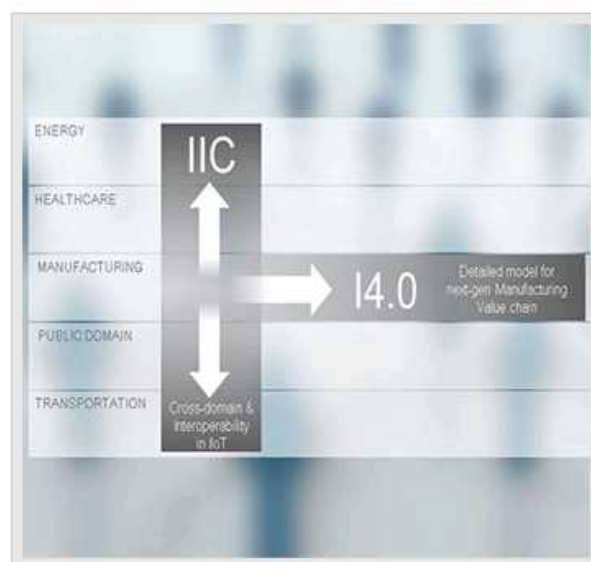
2016年度における，ドイツ，アメリカ，他の先進諸国の海外動向，及びロボット革命イニシアティブ協議会(RRI)，インダストリアル・バリューチェーン・イニシアティブ(IVI)，他関連工業会などの国内動向，国際標準化動向を次に紹介する。

概観すると，独米，独仏，日独など国際連携が強化された年であった。

1.3.1 ドイツ

a) 独米

ドイツは，4月のハノーバーメッセと11月のITサミットとを重要なマイルストーンとして推進している。2016年4月のハノーバーメッセでは，パートナー国がアメリカで，この分野で注目されるインダストリアル・インターネット・コンソーシアム(IIC)とドイツの活動主体プラットフォーム・インダストリー4.0(PFI4.0)の連携を発表した。



(出典：IIC <http://www.iiconsortium.org/iic-and-i40.htm>)

図1 IICとPFI4.0との連携

システムの将来の相互運用性を保証するために，ドイツのアーキテクチャモデルRAMI 4.0(インダストリー4.0の参照アーキテクチャモデル)とIIRA(インダストリアルインターネット参照アーキテクチャ)との相互作用について検討し，今後，IIC及びPFI4.0は標準化に協力し，互いのテスト環

境を活用していくなど共通のロードマップを作成した。

b) 独仏

ドイツは、デジタル化の分野で重要なプレーヤとして、フランスと製造業における地位を維持し改善するためのイニシアティブを開始した。ドイツのPFI4.0とフランスの産業の未来アライアンスとは、欧州委員会の活動と密接に関連している次の重点分野で連携する。

- ・ シナリオと使用例
- ・ テクノロジー&テストインフラ
- ・ 標準化
- ・ スキル要件と作業組織のトレーニングと変更

c) 日独

ドイツ及び日本は、ドイツ経済エネルギー省及び経済産業省で共同声明を発表すると共に、PFI4.0(独)及びRRI(日)でも、それぞれ次の6項目で連携していくことになった。

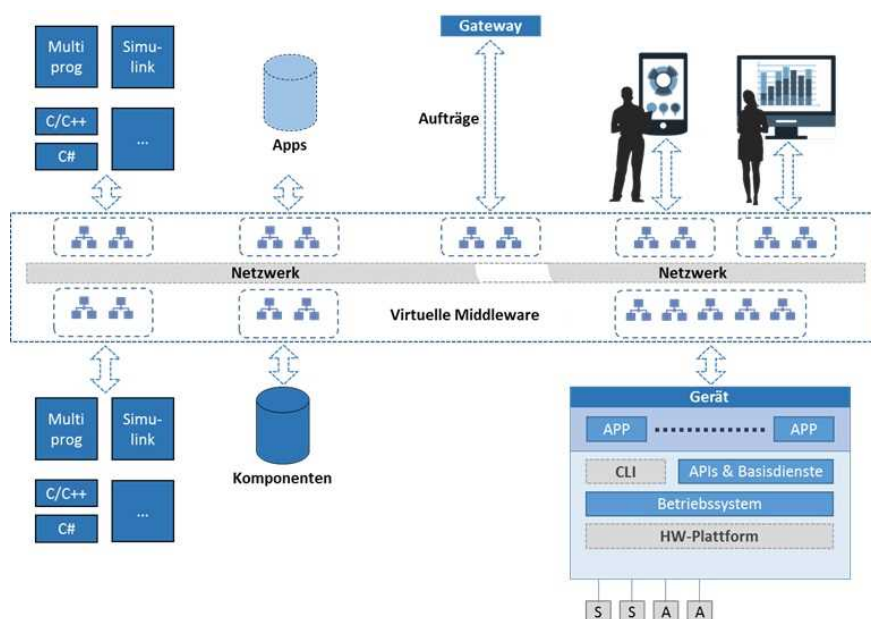
- 1) 産業サイバーセキュリティ
- 2) 国際標準化
- 3) 規制改革
- 4) 中小企業
- 5) 人材育成
- 6) 研究開発

ドイツとしては、これらの活動を通して、RAMI 4.0と機器設備やシステムを繋ぐための概念である管理シェルとを日本に積極的にPRしてきている。

2017年3月のG20デジタルマニュファクチャリング会合及びCeBIT(国際情報通信技術見本市)が開催され、日本はパートナー国として、安倍首相及び世耕大臣らが参加され、第4次産業革命に関する日独協力の枠組みを強化する"ハノーバー宣言"に署名した。また、世耕大臣からは日本としてのスローガン、“Connected Industries”が発表され、人間本位の産業社会の構築を目指すことを示した。

d) その他のドイツの動向

仮想ミドルウェアBaSys 4.0が発表された。これは、生産プロセスの効率的な変更可能性を実現するものである。自動車業界で言うAUTOSARに相当するもので、電動制御ソフトのモジュール化などが想定される。



(出典：http://www.basys40.de/)

図2 BaSys 4.0の概念図

ドイツは、これらIndustrie4.0を主導するPFI4.0が公開するレポートを見ても、100人以上の博士号(Ph.D)取得者が組織的に参加して推進している。デジタル化社会への対応として2008年頃から準備が始まり、2011年に発表したIndustrie4.0は、ドイツの産業政策であるハイテク戦略の10もある活動のうちの1つでしかない点を再度強調しておく。

1.3.2 米国

スマートマニュファクチャリングの活動は、RockwellやEatonなどが推進しているが、IoT化として広く見ると、IICの活動がある。新たな仕組みを如何に早く共有し、加速していくかを重要視している中、概念実証を進めると同時に、モジュール化されたICT環境を活用するアーキテクチャとしてIIRAが提示されている。2016年度は、テストベッドの加速とIIRAによるノウハウの共有化が行われた。

アメリカ国立標準技術研究所(NIST)もデジタル化社会への対応を広く捉えた活動を行っている。Cyber Physical System(CPS)などのプロジェクトは、米国の科学技術振興機構(ERC：Engineering Research Center)の社会実装を目的にした研究開発プロジェクトの1つとして2006年に出てきたと言われる。米国は、情報技術で先行しているだけでなく、CPSの社会実装に向けて着実に研究開発が進んでいる。

1.3.3 日本

日本では、国のプロジェクトとしてスマート工場実証として14のプロジェクトが行われた。この中にはドイツの管理シエルの概念を工作機械として実装し、機器間の相違を吸収するソフトなどが開発されている。同じく国のプロジェクトとして産業技術総合研究所などによる機器やシステム間でのインタフェースのためのプロファイル化の検討がされている。2015年7月に発足したRRIのWG1「IoTによる製造ビジネス変革」では、積極的にドイツと交流を開始するとともに、次のような様々な活動が行われている。

- ・ 中堅・中小製造業向けに入手可能な約100のIoTツールを公開している。

- ・ IoT化の国内事例をドイツ同様、200以上ユースケースマップとして公開している。
- ・ 中堅・中小企業が多い成型加工分野、食品分野でのIoT化ニーズを検討している。
- ・ IT化を含めたロボット設備の導入のための標準的システム開発プロセスを検討している。
- ・ IT/FAシステム連携のための要件整理を行っている。
- ・ 日本のものづくりの強み弱みを検討している。
- ・ 産業機械を中心として例えば設備運用管理や予防保全のプロセス分析を行っている。
- ・ 中小企業のIoT化のために、スマートものづくり応援隊などの事例から地域コミュニティ形成の検討を行っている。

IVIでは、2015年に検討された20の業務シナリオをさらに増やし、ゆるやかな標準化を推進するとともに、この仕組みを活かすプラットフォームの要件の整理が行われた。地方での事例研究も盛んに行われている。

その他、日本経済団体連合会では、第4次産業革命を広く捉え科学技術政策としてのSociety5.0の検討を進め、Society5.0実現による日本再生という提言が出された。日本機械工業連合会では、世界の製造業のパラダイムシフトへの対応調査研究という日本のものづくりを第4次産業革命の技術でどう支えるかの調査研究を行っている。日本電気制御機器工業会(NECA)では、「NECAが目指すものづくりの将来像～5ZERO マニュファクチャリング」として製造ロス、不良、納期遅延、アクシデント、生産ライン停止のZERO化を提言した。計測自動制御学会がまとめる30以上の学会で構成する横幹連合では、「第4次産業革命とシステム化研究会」が発足し、システム化における日本の課題を分析している。

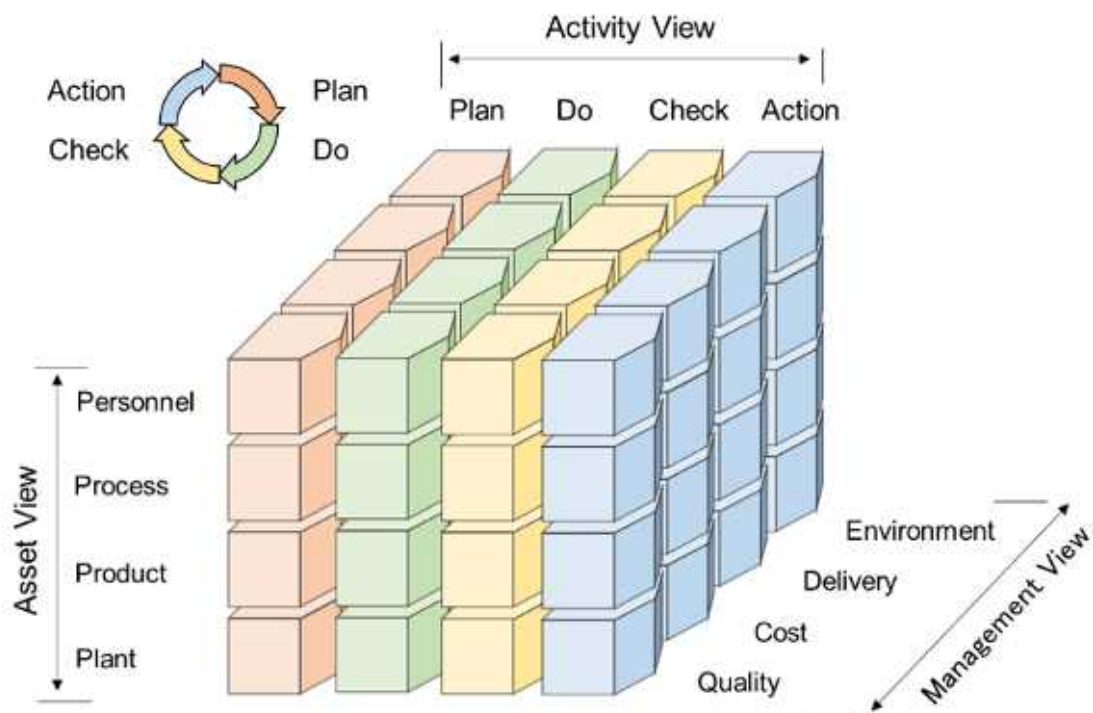
一方で、日本の活動を概観すると、まだ現状のIoT化の検討が主体で、企業間で国をまたいで機器やシステムがつながるような新たな世界観の議論はこれからである。また、同様な議論が複数の機関で行われているが、その間の連携が不十分であり、今後、工業会、協会、学会の連携が重要になる。こうした点から考えると特別委員会のFBMの検討は、複数の工業会も参加し、将来像を検討している点が重要かつユニークと言える。

1.3.4 国際標準化の動向

国際標準化では、IEC/SMB(標準化管理評議会)の下で戦略グループSG8(スマートマニュファクチャリング/インダストリー4.0)にて、この分野の検討の重要性が示され、次の段階のシステム評価グループSEG7に進んだ。

同様にISO/TMB(技術管理評議会)の下で戦略的アドバイザリーグループSAGが実施され、現在世界で複数提示されているアーキテクチャモデルを分析している。

また、IEC/TC65(工業用プロセス計測制御)の分野でもAhg3(スマートマニュファクチャリング・システムアーキテクチャ)、SC65E/Ahg1(スマートマニュファクチャリング・情報モデル)が立ち上がり、議論を行っている。前者には、IVIのリファレンスアーキテクチャモデル(IVRA)なども提案された(図3参照)。また、ISO/TC184(オートメーションシステムとインテグレーション)とのジョイントWGの検討が行われている。



(出典：IVI https://iv-i.org/docs/doc_161228_Industrial_Value_Chain_Reference_Architecture_JP.pdf)

図3 IVRAにおける3次元モデル

1.4 2016年度の進め方

冒頭(序文c))で述べたように、FBMの具現化とFBMに関する共通理解を深めるために、特別委員会のメンバは次のような3つのワーキンググループに分かれて、それぞれのテーマについて議論を行った。

WG1：FBMのアーキテクチャの定義

WG2：制御盤の将来的な製造をテーマにFBMのあり方を検討

WG3：Flexible Businessのユースケースを収集及び整理、製造業のサービス化の検討
それぞれのWGの対象をB to Bのバリューチェーン上に表現すると図4のようになる。

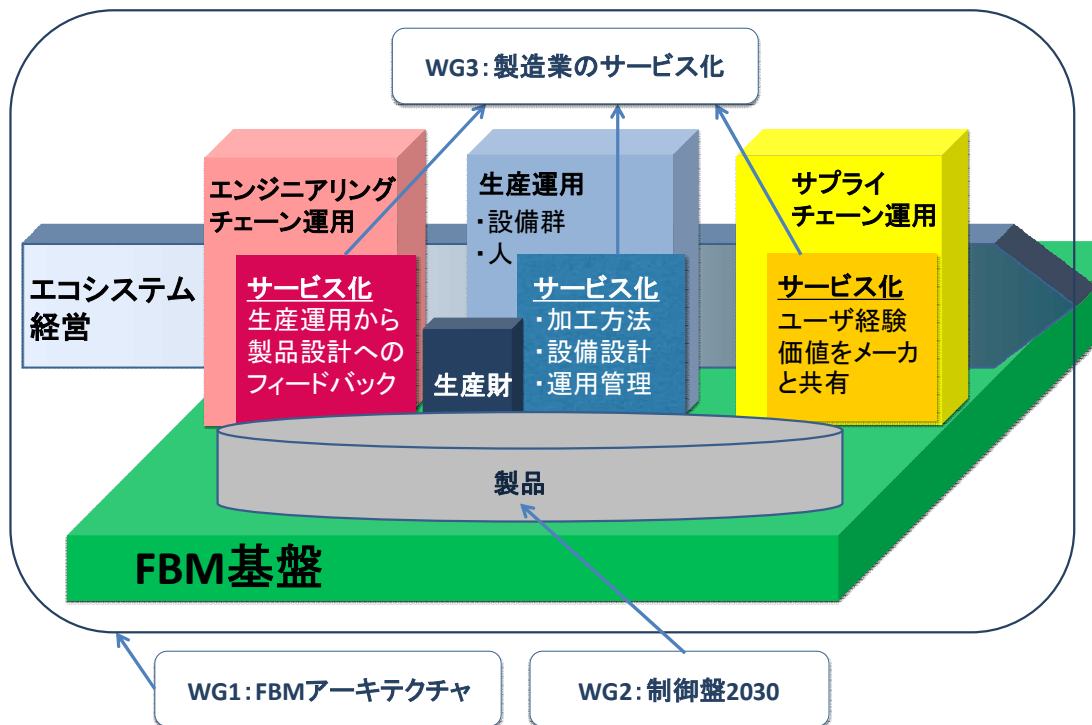


図4 BtoBにおけるFBM

なお、本年度から新たに一般社団法人 日本配電制御システム工業会(JSIA)からも特別委員会のメンバに加わっていただき、主にWG2において意見をいただくことができた。したがって、2016年度版 製造業2030はJEMA, NECA(日本電気制御機器工業会), JEMIMA(日本電気計測器工業会), JSIAの4工業会の会員の知見を結集した提言書となっている。

箇条2～箇条4に各WGの活動内容及び成果について記載する。

2 WG1(FBMアーキテクチャ)の活動

2.1 はじめに

WG1は、2016年度の特別委員会の活動の中で、特別委員会傘下のWGとして設置された。FBMとは何かというテーマを持ち、FBMのアーキテクチャ(構造)を検討した。FBMの概念として、2015年度版 製造業2030に記載した図を図5に引用する。

2016年度は、その概念を具体化して詳細について記述するため、図5に示す内容をスタート地点として、ここからFBMのアーキテクチャを検討することにした。

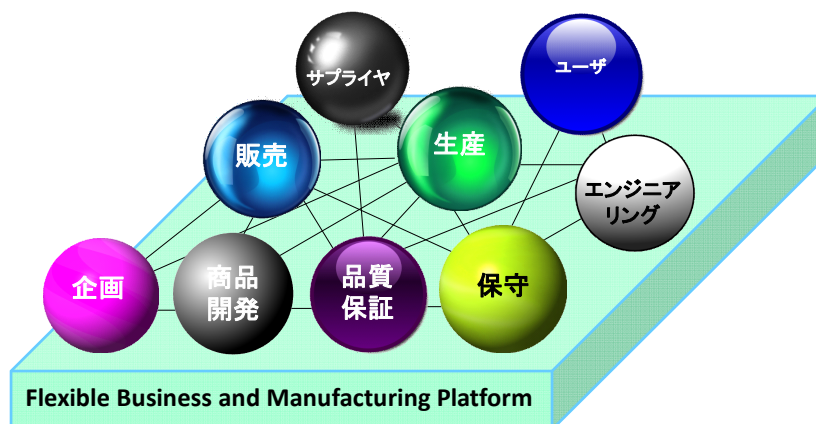


図5 FBMの基本構成概要図

2.2 FBMモデル

FBMは概念であり、実際に内容を考えるには、モデル(FBMモデル)を構築する必要があります。ここでは、モデルを構築するための要素や構築方法について説明する。

2.2.1 FBMモデルの概要

FBMモデルの構成例を図6に示す。FBMモデルでは、ビジネスを表す「基盤」は図5に記載の「Flexible Business and Manufacturing Platform」から変更はないが、サービスに関連する要素は、「サービス要素」の他に、「サービス付帯要素」、「サービス結合要素」を定義した。また、バリューチェーンに関連する要素としては、「バリューチェーン要素」の他に、「バリュー要求要素」、「バリュー提供要素」を定義している。FBMでは、これらの要素を組み合わせることにより、対象のビジネスを表現する。

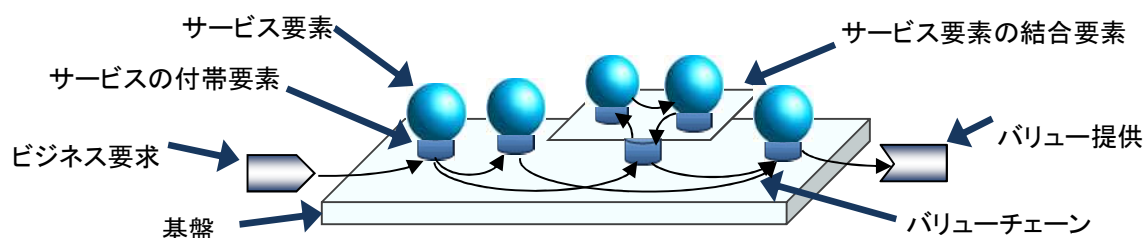
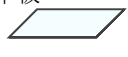


図6 FBMモデルの構成例

2.2.2 構成要素

FBMモデルの構成要素を表1に示す。

表1 FBMの構成要素(ビジネスモデル要素)

No	分類	要素名	表示形状	説明
1	—	基盤	肉厚平板 	ビジネスに関する領域を表すモデル要素。この基盤上に、ビジネスにおけるバリューを変更する要素やそのチェーンが置かれ、ビジネスのモデル化を行う。さらに、ビジネスの評価もこの領域で行われる。
2	サービス関連要素	サービス要素	球 	サービス(バリューを変化させる作業)を示すモデル要素。例えば、製造を対象とすると、加工などの製品の価値を変更(向上)させる作業(サービス)を示す。
3		サービス付帯要素	台座 	サービスを実施するに当たり発生する付帯作業のモデル要素。例えば、事務処理コストなどをここにマップする。
4		サービス結合要素	肉薄平板 	サービスの構造化をモデリングするための要素。この上に載っている複数の要素が一つのサービス要素として機能する。例えば、サービスの細分化やクラスタ化などで利用する。
5	バリュー関連要素	バリューチェーン要素	矢印「  」	バリューチェーンを示すモデル要素。一方向又は双方向矢印で示す。
6		バリュー要求要素	矢印図形「  」	ビジネス(バリュー)に対する要求。基盤外にビジネス要求の発行者が位置している場合に、バリューチェーンの発起点を表すためにこの要素は使用される。
7		バリュー提供要素	矢印図形「  」	ビジネス要求に対応した価値の提供。ビジネス要求と同様、構成要素の図では基盤外にいる「ユーザ」に返す。基盤外にバリューの提供先が設定されている場合に、バリューチェーンの終着点を表すためにこの要素は使用される。

a) 基盤

基盤は、モデル上で主に次の4つの機能を持つ。一般には、1つのビジネスを1つの基盤で示すことを想定しており、それによりビジネスの様々な評価が可能となる。

- 1) ビジネスとしてのモデル要素の一体管理(サービス要素を繋げる技術を含む)
- 2) サービス要素間のコーディネート処理、金融・保険、品質・セキュリティ機能
- 3) 評価方法の提供(評価式などによる演算)
- 4) 複数のビジネス間の連携方法の提供

なお、「3)」のビジネスの評価に関しては、各要素の属性値を基盤に備わる評価方法により評価することによって実現される。基盤は評価方法を内包しており、それを呼び出されると、FBMの様々な要素に納められている属性値を、評価方法で指定された手順で問合せ、演算し、その結果を呼び出し側に返す。例えば、ビジネスの規模(売上と連動)や事業領域の広さ(事業ドメイン数)、ビジネスの効率(営業利益)などを属性値から抽出、又は複数の属性値から算出するなどが実現可能となる。評価方法のサポートされている機能は実装に依存すると考えているが、その機能の登録、削除、確認、実行が可能となっていることが望ましい。

b) サービス要素、サービス付帯要素、サービス結合要素

サービス要素とは、基盤内を流れるバリューの変化を起こす要素を意味し、通常は各種サービス機能がこれにあたる。例えば、「企画」、「製品開発」、「生産」、「販売」などがそれに類するものである。FBMでは、これらが連携して1つのビジネスを構成する。

サービス付帯要素は、サービス要素と基盤とを接続するための機能を有する。さらに、サービスを実施するために必要な付帯コストを表すモデル要素でもある。例えば、企業の管理費や構内物流、パッファ、ロス時間などがこれにあたる。

また、「サービス要素」の粒度はビジネスにより様々であるため、構成によっては更に粒度の

小さいモデル要素を扱えるようにするために「サービス結合要素」を定義している。「サービス結合要素」上には複数の「サービス要素」が「サービス付帯要素」と共に載り、その間もバリューチェーンが繋がっている。また、「サービス結合要素」自身もその「サービス付帯要素」によって下の階層に接続されている。このように、「サービス結合要素」を適用すれば、サービスのモデルを階層的に記述することができるため、粒度的にフレキシブルなモデル記述やクラスタ化の記述が可能となる。

これらの関連を、図7に示す。図中の(1)は基本的な構成であり、「サービス要素A及びB」が基盤上に存在する状態を示す。(2)では「サービス要素A」と「サービス要素B」とをクラスタ化した記載例である。例えば、2つのサービスを1つの企業体が引き受けた場合などと考えることができる。また、(3)では「サービス要素B」のみ「サービス要素B1」及び「サービス要素B2」に分解した例である。例えば、製造工程が2つある場合に、そのことをモデルにも記載したい場合などがこれにあたる。

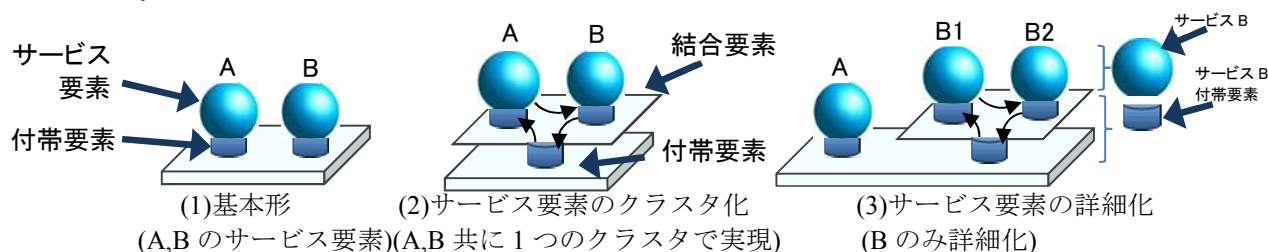


図7 サービス要素と付帯要素及び結合要素の関係

c) バリューチェーン要素

FBMモデルにおいて、「バリューチェーン要素」は接続線で描かれる。バリューの流れる方向性により、有向線分として描かれる場合と、双方向の線分として描かれる場合がある。また、流れるもののバリューは変化させないようなサービスも「バリューチェーン要素」に含める。

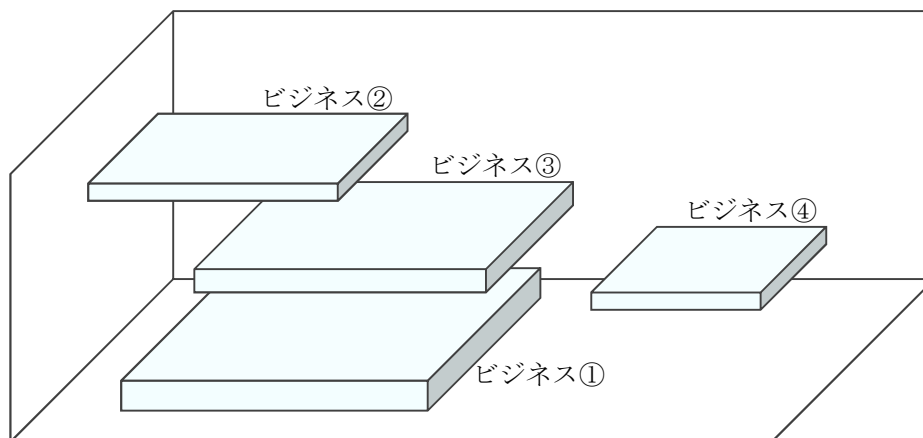
なお、ここでも、様々なコストが発生するため、コスト要素を司るモデル記述部分が存在する。

2.2.3 属性

属性とは、各構成要素に付与された項目及びその「値」である。FBMで使用する各要素には、属性が存在する。対象とするビジネスを評価したり、構築する際には、各要素の属性値を用いる。属性には、全体に共通なものと、要素ごとに共通なもの、各要素に独自のものが存在する。その内容(属性値)は、サービスや基盤の提供者がプロフィールとして提供することを前提としており、登録されたプロフィールから必要な切り口の属性値を取り出して利用する。

2.2.4 複数のビジネスの連携モデル

複数のビジネスが複雑に絡み合っている場合のモデルの記述について、概念図を図8に示す。この図は、複数のビジネス間で、比較評価可能な項目軸を選択した事例を記載した図である。3次元の座標系の中にビジネスが描かれている。これは一種のビューであり、実際に座標にとることができる項目は評価項目の数だけ存在するため、軸も3次元とは限らない。座標軸としては、市場規模や市場提供時期などのビジネス的な観点の項目が多く含まれる。

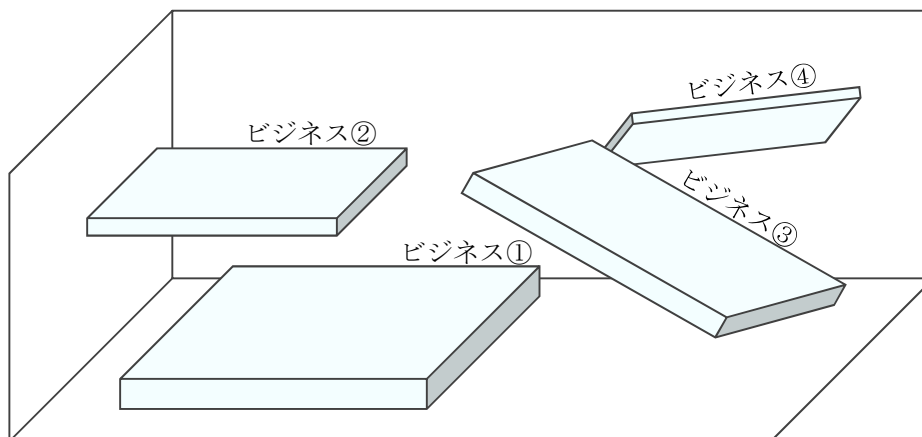


複数のビジネス間で共有する評価項目でのビューを表す図
(各ビジネスが平行に位置する。場合によっては同方向を向いて傾くこともある。)

図8 複数のビジネスを対象としたFBMのビュー

図9は、同じビジネスを別の軸で見たビューの例である。ここで、ビジネス①とビジネス②は同種のビジネスであり、面が並行で互いに評価できる。しかし、異種のビジネスであるビジネス③及び④の間には面の平行性はないため、相互の比較評価には向いていない。例えば、分野の異なるビジネスや、異なる技術を利用したビジネスなどの間で、相互の関連性の低い項目を軸にとるとこのような状況となる。

2017年度にそのユースケース分析とともに、さらに利用方法の確立を目指すことにする。



(ビジネス①と②は同種ビジネス，③と④は異なるビジネス)

図9 異種の複数のビジネスを対象としたFBMのビュー

ビジネス間の比較を行う際の、比較対象の連携を表す際に利用することができるビジネス間連携要素を追加することを予定している。この要素は、モデル図上では串のように図示されると想定している。

2.3 ユースケース

2.3.1 現在のユースケース

2.3.1.1 ブローチ製作

FBMモデルの詳細検討のために、ブローチ製作の例について述べる。

対象とするブローチの例を図10に挙げる。これらは、オーダー元からの要望により、デザインさ

れ，さらに製作のための設計，構成部材の製造や調達，その組立，外観や品質の検査を経てオーダー元に引き渡される。図11に，ブローチ製作の例の製作フローを示す。



図10 本節で取り上げるブローチの例

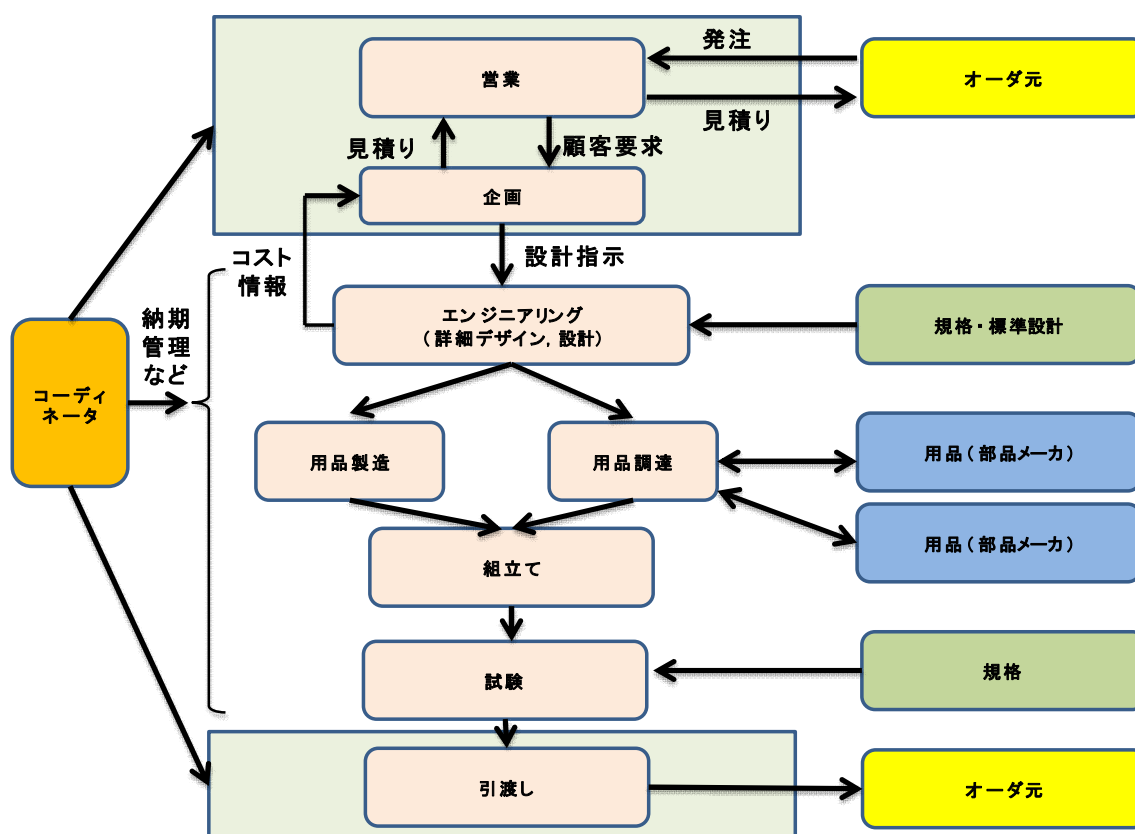


図11 ブローチ製作フロー

図12にブローチ製作についてのFBMモデルを示す。ここでは，まず営業がユーザ(オーダー元)からブローチ製作を受注する。次に，コーディネータはその要望を受けて，ブローチ製造の詳細手順を組み，必要なサービスに対応したサービス実行者(設計者や製造者)を選択し，さらにその納

期や品質を管理する。サービス実行者の選択の際に、データベースに置かれたサービス実行者候補の諸情報を調べ、そのビジネスに最適なサービス実行者の配置を実現する。各サービス実行者(設計者、製造者)は、細分化された要求を実行し、製品にバリューを吹き込む。ユーザへの納品は営業経由になることもあるが、その場合はモデル上でバリューチェーン要素を営業経由となるように接続しなおすことになる。

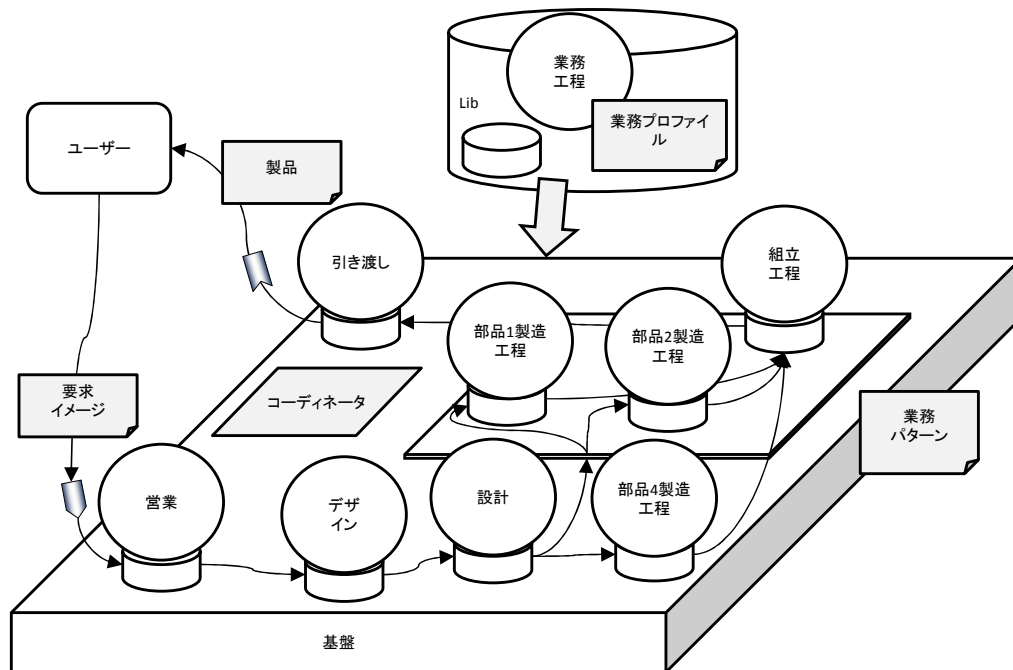


図12 ブローチ製作のFBMモデル

2.3.1.2 ビジネス創生

FBMのユースケースとして、ビジネス創生のモデルについて検討した。FBMでは、ユーザのニーズに応じて、製造者の各種の機能がリアルタイムに、かつフレキシブルに生体の細胞のように働き、時にはビジネスモデルや機能の組合せをも変化させるようなフレキシブルなビジネスとマニュファクチャリングが実現されることを目指す。ビジネス創生に関してもFBMのモデルが適用できるか検討した。

まず、ビジネス創生の具体例を表2に示す。ビジネス創生の登場者としては、事業主、コーディネータ、プレーヤを挙げることができる。ここで事業主とは、ビジネスの可否を判断し、ビジネス創生のために資金調達を模索する。そこには、コーディネータの機能を評価することも含まれる。例えば、表2にある映画製作を例にとると、事業主は製作委員会に当たり、映画製作を決定し、ファイナンスの手立てなどを行う役割を持つ。事業主はデシジョンメーカとも呼ばれる。また、コーディネータはプロデューサに当たり、監督、脚本、俳優を選ぶ。

さらに表2には、DMM.make AKIBA(附属書C参照)や、共同受注体についてもビジネス創生を示す例として記載した。

表2 ビジネス創生の具体例

ビジネス創生の機能 (別名)		事業主 (デジジョンメーカー)	コーディネータ (プロデューサ)	プレーヤ
ビジネス 創生の 具体 例	映画製作	製作委員会	プロデューサ	監督, 俳優, 声優, アニメーター
	DMM.make AKIBA	会員(スタートアップ 企業者), スポンサー	会員	会員, DMM.makeの人(設備提 供者, 技術サポート者)
	共同受注体	参加の個別企業	コーディネータ企業	参加の個別企業, Web運営 者, 地方公共団体
FBMモデルへのマッピング 例		FBMモデルの外	基盤の機能の一つ	サービス要素

図13は、ビジネス創生に関してFBMで定義された要素を使って描いたものである。新しいビジネスを創生する場合には、新しいビジネスに対応して製品の基盤を作り、ユーザのニーズに合った製品を提供する必要がある。この例では、新たなビジネスを表す基盤の上に、新たなビジネスに適するプレーヤが基盤の機能であるコーディネータにより選ばれてビジネスが開始され、製品が提供される。新しいビジネスを創生する場合、従来の基盤やサービス要素を受け継ぐだけではなく、要素の入れ替わりが発生する。事業主が、各々のビジネスに共通するサービス要素を用いてビジネス間連携要素に沿ってビジネスの創生を繰り返すことにより、ビジネスの継続が可能となる。

各々のビジネス間にまたがる共通な戦略をモデル化するには、各々のビジネス間の関係をFBMで表す必要がある。図13においては、仮に各ビジネスの基盤間を貫く串を用いてそれを表しているが、多数の基盤間の関係を表す方法に関しては2017年度に検討を実施する予定である。

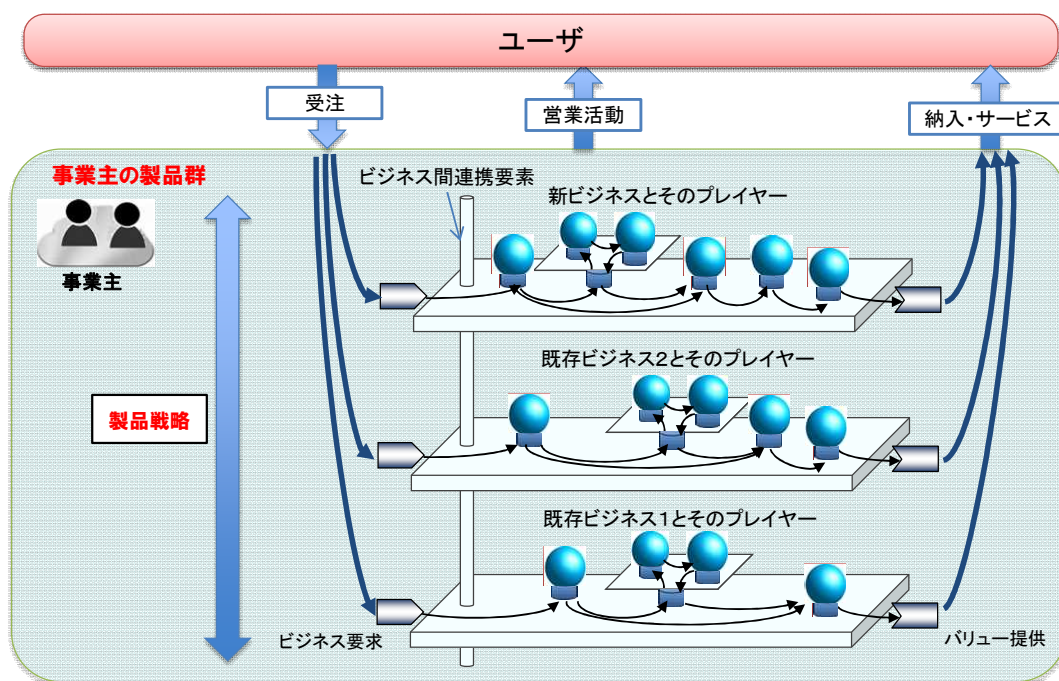


図13 ビジネス創生のユースケース例

2.3.2 2030年のユースケース

FBMの概念を適用した2030年のユースケースとして、ネットワーク型企業の一つの形態である、「ゆるやかな企業共同体」を記載する。現在の共同受注体や企業組合などの形態が、2030年では、

更なる発展した形態として「ゆるやかな企業共同体」を構成する。

「ゆるやかな企業共同体」では、参加する企業・法人は、対等・独立・互恵の関係のもと企業共同体の運営を行う。運営形態として、運営委員会を構成して、運営方針及び事業計画策定、技術・販売戦略立案、資金計画、コーディネータなどの機能を担っており、仕事(内容、物量)及び受注金額の配分、責任分担を決定する。運営委員会のメンバは参加企業・法人の代表で構成し、メンバによる合議制により運営される。FBMモデルで展開した「ゆるやかな企業共同体」の例を図14に示す。

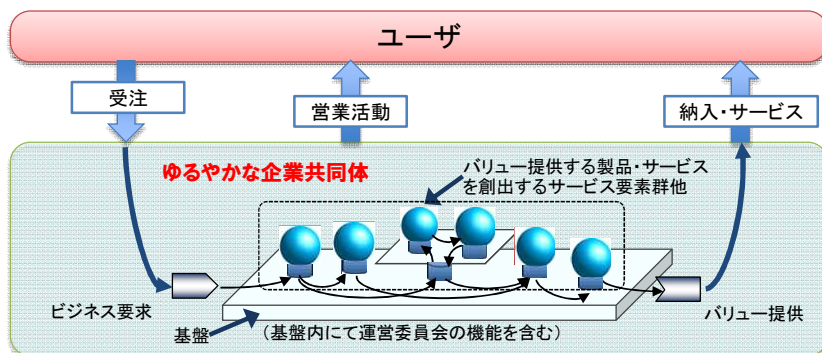


図14 「ゆるやかな企業共同体」の基本構成例

FBMの概念及びFBMモデルを適用することにより、環境の変化に対応して、ビジネスモデル、組織を迅速に、かつフレキシブルに変化させることができる。その結果、「ゆるやかな企業共同体」においては、フレキシブル(Flexible)な動態として「量的変化」「質的变化」が生じる。

a) 量的変化

第1に、ビジネス領域の拡張として、「基盤の階層化」が起こる。「ゆるやかな企業共同体」のコア事業となる製品・サービスのシリーズを積み上げ、参加する同じ業種の企業・法人を新たに増やして、規模の拡大が実現される。図15にビジネス領域の拡張の例を示す。

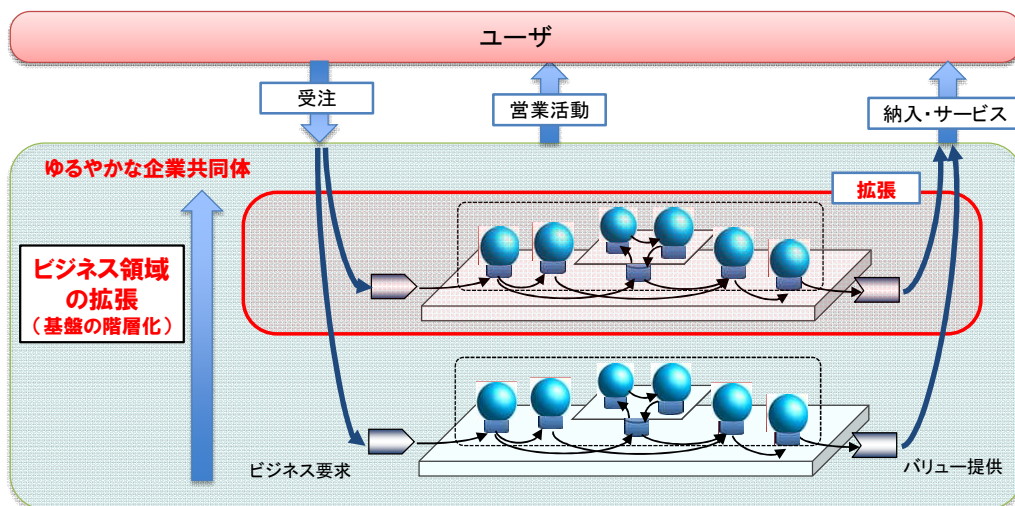


図15 ビジネス領域の拡張の例

第2に、事業領域の拡張として、「基盤の伸張」が起こる。「ゆるやかな企業共同体」のコア事業となる製品・サービスに新機能を付加して、製品・サービスの強化を図る。この事象は、基盤

の延長線上で構成されることにより、「基盤の伸張」として現れる。新たな業種の企業・法人の参加により、事業領域の拡大が実現される。図16に事業領域の伸張の例を示す。

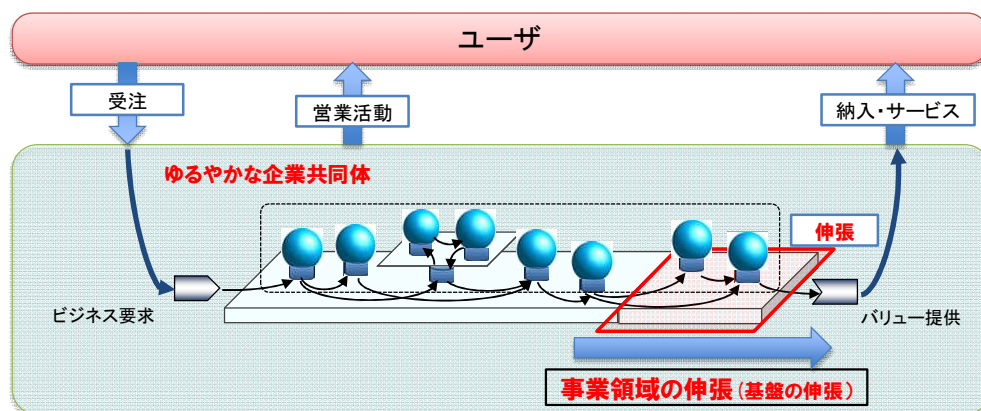


図16 事業領域の伸張の例

第3に、事業領域の派生として、「基盤の分裂」が起こる。新たな業種の企業・法人の参加、又は、参加企業・法人の再構成(入れ替え)により、企業共同体の従来の事業領域からはみ出した新たな製品・サービスが創出される。この事象は、新たな製品・サービスを生産するための基盤が出現することにより、「基盤の分裂」として生じる。図17に事業領域の派生の例を示す。

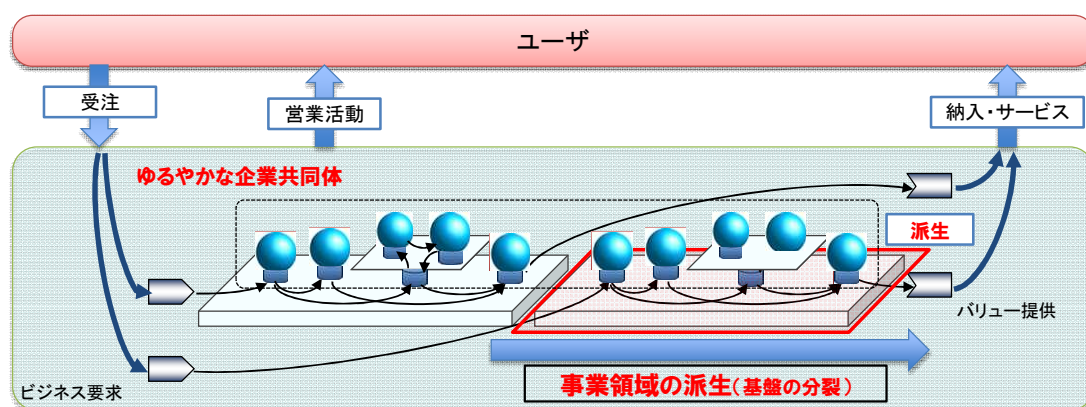


図17 事業領域の派生の例

b) 質的变化

社会的課題解決に向けた要求事項と科学技術の進歩により、従来の物理的なモノとしての単体製品に、「スマートな」機能や通信などが追加された「スマート製品」が創出されてきた。外部環境の変化に合わせて、「ゆるやかな企業共同体」は、新たなビジネスの創出に向けて、ダイナミックに「質的变化」を起こす。製品・サービスの供給者は、モノの生産からコトの生産、いわゆる、製造業のサービス化へ移行していく。また、ユーザは商品の利用価値を「モノから受領」から「コトから受領」へ変化する。

この事象の展開に当たって、「ゆるやかな企業共同体」では、FBMの基盤内にて実行される運営委員会の果たす役割が、極めて重要となる。主な役割を次に記載する。

1) 経営方針決定

サービス事業者への転換を果たすべく方策、意思決定する。

2) ビジネスモデル及びプラン、事業計画策定

サービス事業を展開する「ゆるやかな企業共同体」としてのビジネスモデルを策定する。
短期、中期(場合によっては長期)の事業計画を策定し、目標を明確にする。

3) 技術及び販売戦略立案

従来の単体製品の開発・製造技術に加えて、サービス事業にかかわる技術の開発計画、従来とは異なるユーザ(サービス利用者)の開拓と販売計画の立案

4) 資金計画

ものづくり中心の設備投資中心の資金計画を縮小又は現状維持し、サービス中心のソフトウェアへの投資計画へ転換を図る。「ゆるやかな企業共同体」の売上構成比において、ハードウェア中心から、ソフトウェア中心へ移行する。

5) コーディネータ

策定した経営方針、ビジネスモデルに従って、FBMの基盤上の各機能を配置、調整、再構築を行う。

また、ユーザ窓口業務、案件管理の質的变化に対応する。

この中では、特にコーディネータが重要である。コーディネータが十二分に発揮され、フレキシブルな変化を起こした「ゆるやかな企業共同体」の構成は一新される。

c) メガ企業型への展開

「ゆるやかな企業共同体」で起こる事象は、単一企業であるメガ企業型においても、同様の変化が起こると想定する。

「ゆるやかな企業共同体」では、フレキシブルなビジネスの変化の際には、参加する企業・法人の組合せで再構築されるが、メガ企業型では、単一企業につき、企業内部での再構築が中心となる。ビジネス領域の拡張、事業領域の伸張・派生のときに、M&Aなどにより、ビジネス及び組織・機能が、再構築される。

そのため、単一企業としてのビジネスモデルの変化に合わせて、メガ企業内の組織・機能構成自体を柔軟に再構成できる運営をいかに実現していくかが、求められることになる。

メガ企業型への展開の詳細については、今後、更なる検討が必要である。

2.4 WG1まとめ

今年度のWG1の活動では、2015年度の委員会活動にて提案されたFBMに関して、さらに詳細を追求し、アーキテクチャを定義した。「ビジネス」を表す基盤の上に製造を含むサービス要素を示す「球」をつなぐというものは、モデルとして分かり易く、多くの活発で興味深い議論を引き出すことができた。

FBMが描かれる座標系上で、ビジネスの定量的な事業性や収益性を表現することや、複数の基盤の並べ方の方向性からビジネスの場における関係性などにも議論は広がった。議論途上ではあるが興味深い内容については、**附属書A(RAMI 4.0とFBMとの関連)**及び**附属書B(FBMモデルを活用したビジネス評価)**に記載した。

また、FBMのモデルの議論と並行して、新たなビジネスの動きの調査も実施した。それにより、FBMで議論していることが芽吹きだしていることも実感できた。その一環として行ったDMM .make AKIBAの訪問調査結果を、**附属書C**に記載した。

これまでの議論を通じて次の3点の重要性について認識できた。

- 1) ビジネスエコシステムにおいて、FBMのようなモデルベースのアプローチが必要である。
- 2) Flexible Businessを検討するに当たっては、サービス関連要素及びバリュー関連要素の連携に基づくシステム設計が重要になる。
- 3) 基盤や各要素の関係は、常に変化しており、FBMのアーキテクチャに変化対応力が必要である。

2017年度は、これらの知見も踏まえ、FBMモデルに関して引き続き検討を実施する。

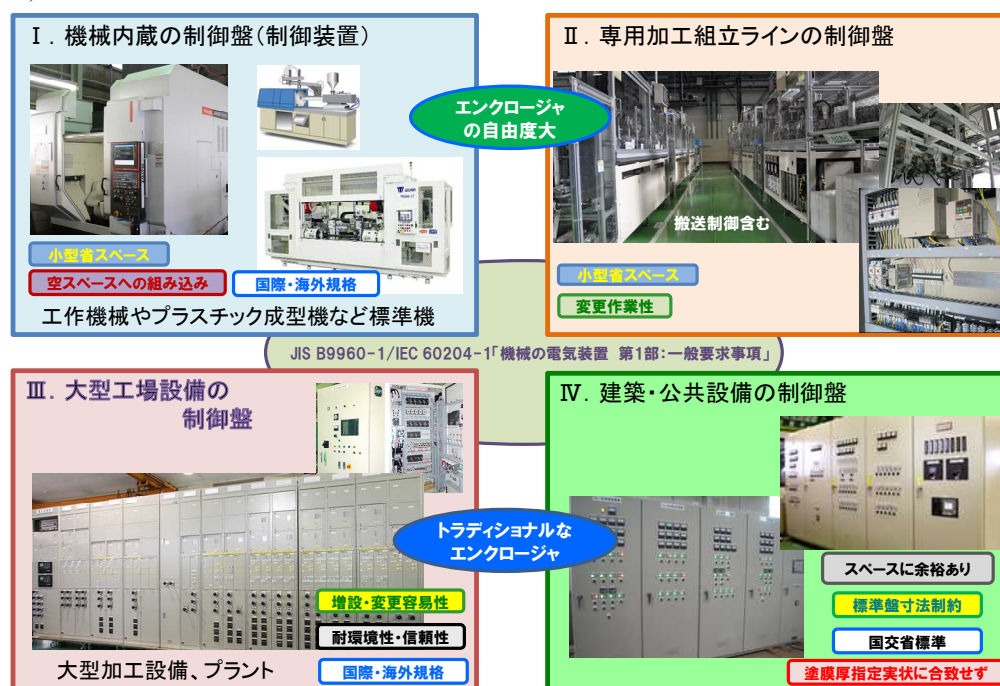
3 WG2(制御盤2030)の活動

3.1 はじめに

WG2では、制御盤をテーマとしてFBMに関するモデルの具現化を検討することにした。制御盤FBMについては、制御盤のモジュール化を検討の起点とすることにし、モジュール化によるメリット／デメリット、モジュール化実現に向けた課題などを整理し、課題解決に向けた方向性やモジュール化適用に対する評価を検討した。

なお、制御盤の最新技術動向の評価とモジュール化を通じた各種検討に基づき、制御盤の将来像の提言、モジュール化をベースとした制御盤FBMの可能性を検討した。

この箇条で検討した制御盤は、ファクトリーオートメーション(FA:Factory Automation)、プロセスオートメーション(PA:Process Automation)やビルディングオートメーション(BA:Building Automation)に使用され、使用形態により図18に示す4つに大別している。



(出典：日本配電制御システム工業会『制御盤ハードウェア合理化に関する調査研究報告資料』)

図18 制御盤の使用形態と分類

3.2 制御盤のモジュール化

3.2.1 目的

特別委員会傘下のWG2では、フレキシブル・マニュファクチャリングを検証するため、制御盤の設計及び生産工程におけるモジュール化の実現可能性とその効果及び課題について議論を行った。

なお、WG2では議論を深めるために「一般社団法人 日本配電制御システム工業会」から2名に参加いただいた。

3.2.2 モジュール化とは

一般的に「交換可能な構成要素」のことをモジュール(Module)という。この構成要素をコスト面、ものづくりの発展性の面から適切な標準形態を検討することがモジュール化である。製品を

単に分解可能な部品にできることがモジュール化ではなく、部品と部品との相互依存性を低くし、調整コストを下げるのがモジュール化の目的である。

2015年度版 製造業2030 2.6.3で記載したように、製品設計のモジュール化は製品の多様化及び部品点数最小化の両立を可能とし、設計の効率性を高める。一方、生産のモジュール化は組立工程数を削減することで生産性を向上する(図19)。

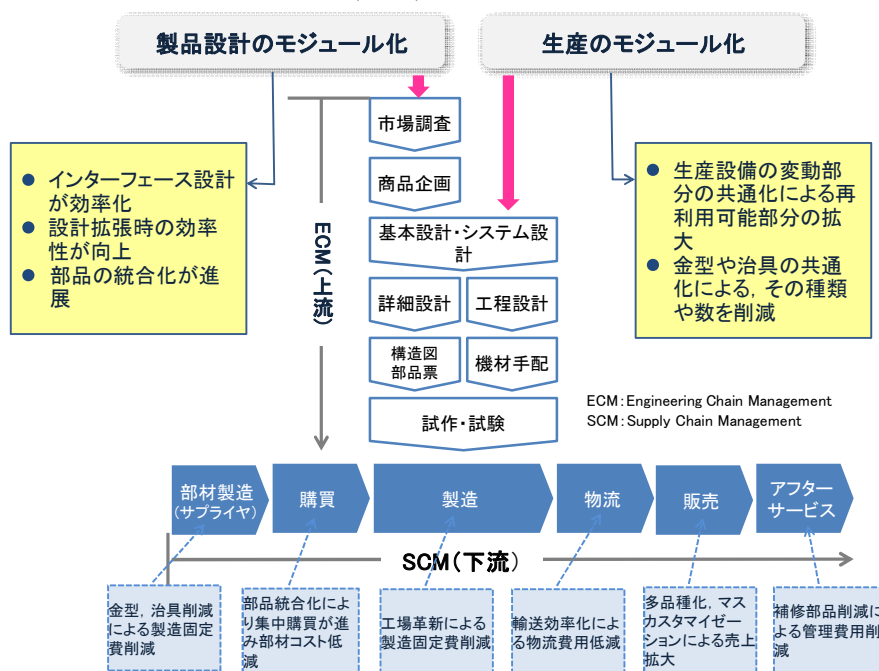


図19 製品と生産のモジュール化による業務フロー

3.2.3 モジュール化のメリットとデメリット

モジュール化のメリットとデメリットについて図20にまとめた。モジュール化は、インタフェースの標準化であり、機能ブロックの標準化である。内部はどのような構成でもいいが、外部との関係は一定の求められる条件を満足する必要がある。モジュール化は、標準化が果たす大きな役割の範囲である。

メリット	デメリット
① モジュールの量産	❶ 革新的設計の妨げ
② 新製品設計の容易化	❷ サイズ、質量最適化の妨げ
③ 製品多様性の向上	❸ ライバルによる模倣の容易化
④ リードタイム(受注～納品)の短縮	❹ 1モジュール当たり変動費の上昇
⑤ 作業の分離・同時進行	❺ 差異化失敗のリスクの上昇
⑥ 作業の専門特化	
⑦ モジュール単位での機能検査など	
⑧ 消耗部分のみ別途供給	
⑨ 製造などの促進	
⑩ 修理、廃棄の容易化	

(出典：Uirich, K. and Tung, K. 1991)

図20 モジュール化のメリットとデメリット

モジュール化の主なメリットは、並行作業が可能になる、複雑な機能を分解することにより複雑性を緩和できる、モジュール単位で共通化を図ることができる、商品の開発スピードがトータルでアップし大幅なコスト低減が可能になる、あらかじめ各部分の機能がモジュールとして用意されているためにカスタム品の都度設計が容易になる、などが挙げられ、この他にも「アウトソーシングのしやすさ」などのメリットがある。

一方で、「イノベーションが起こり難い」「差異化しづらい」「不具合が発生した場合の影響度が大きい」などといったデメリットも挙げられる。

モジュール化は、どの産業においても重要な検討テーマであるが、如何に取り組むかは、業種や取り扱う商品によって異なる。したがって、モジュール化によるコスト効果や効率化のメリットを活かしながら、ものづくりを革新する方向性を見出すことが必要である。

モジュール化は細分化の方向に進みがちだが、細分化が過ぎるとモジュール化の効果は小さくなってしまう。細分化を避けるために、企業ごとに適切なモジュール化の方針や定義を行うことが重要である。モジュール化や標準化は、技術基盤を構築するための経営戦略である。

3.2.4 モジュール化実現に向けた検討項目

制御盤のモジュール化を実現するためには、部品間の相互依存性の低減や調整コストの削減といったモジュール化のメリットを引き出せるような機能分割、インタフェースの標準化が重要になる。

この細目箇条では、機能分割、インタフェースの標準化による制御盤のモジュール化を実現するための検討項目を整理する。①機能の分割に関わるものと、②インタフェースの標準化に関わるものとに分類すると、①については、モジュールの機能をどのような単位で分割するかのシステムの構成や対象に関する検討課題が考えられる。また、②については、インタフェースの標準化を進めるに当たっての対外的な検討課題が考えられる。それぞれの検討課題について次に説明する。

3.2.4.1 機能分割に関わる課題

機能分割に関わる課題としては、モジュールの機能を分割する対象、分割する単位、更にはモジュール間を接続するネットワークについての課題が考えられる。それらについて次に説明する。

a) モジュール化の対象

制御盤を構成する要素としては、ハードウェアだけではなく、ソフトウェアも含まれる。例えば、制御盤のモジュール化の対象として、筐体、PLC、端子台、ケーブルや電源装置、モータ、インバータ、コントローラなどのハードウェアだけではなく、PLCや表示器などの機器で実行される制御プログラムやCADデータ、受注・調達データなどのソフトウェアも考えられる。

モジュール化では、それらの制御盤の構成要素を体系的に整理した上で、モジュール化する対象を規定する必要がある。

b) モジュール化の単位

モジュールを組み合わせることで、制御盤を構成することで、効率的に製品のバリエーションを増やせることがモジュール化の狙いの1つである。モジュールを細かくして種類を増やせば、それらを組み合わせる構成する制御盤の種類数を大きく増やすことができる。一方、モジュールの作成や管理のためのコストも増加してしまう。逆に、モジュールを大きくして種類を減らせば、それらの作成・管理のコストは小さくなるが、対応できる制御盤の種類の数も少なくなる。

上記のようにモジュールの単位によって生じるメリット・デメリットを考慮して、各モジュールの単位を適切なサイズで規定する必要がある。

c) ネットワーク対応

現状の制御盤ではハードワイヤリングによるモジュール間接続が一般的であるが、モジュール間の接続をネットワーク化してデータ通信によって情報のやり取りを行う取り組みが既に進められており、将来的には共通のネットワークで機器からセンサまで接続される可能性もある。また、それらが無線化されることも想定される。

モジュール間のインタフェースは、そうした将来的な接続形態を踏まえた上で、それらへの移行のステップも想定しておく必要がある。また、IoT化の流れは今後も続き、ネットワークに繋がる対象の種類や数が大幅に増加することが想定される。そうした繋がるものの種類や数に対するスケーラビリティも考慮しておく必要がある。

3.2.4.2 インタフェース標準化に関わる課題

インタフェース標準化に関わる課題としては、海外の標準規格への対応や将来的な拡張性についての課題が考えられる。次にそれらを説明する。

a) 海外規格対応

国や地域の違いによって製品に対するユーザニーズも異なる。ユーザニーズに応じて効率的に対応できることもモジュール化の狙いの1つである。

モジュール化においては、インタフェースを標準化してどこでも誰とでも共通的にモジュールを組み合わせることで製品に組み上げられるようにすることでユーザごとの異なるニーズに対応することができる。そのためにも、モジュール間のインタフェースの標準は、グローバルに使えるものでなければならないし、多くの企業間で共有できるものでなければならない。しかしながら、国によっては電圧などの規格が異なるケースがある。

モジュールが国によって使えなかったりするとそのモジュールで製品を作れなくなる。したがって、モジュールのインタフェースとなる部分は、異なる規格に簡単に切り替えられる仕組みが必要になる。また、将来的に新たな標準が規格化される可能性も想定し、それらの規格との相違を吸収できる仕組みも必要になる。

b) インタフェースの拡張性

インタフェースの標準化を行っても、将来に亘って常に同じインタフェースだけで対応可能とは限らない。インタフェースに拡張性がなく、古いインタフェースのままであれば、そのうちにそのモジュールは使われなくなってしまう。したがって、将来的な機能拡張に伴うインタフェースの追加などを簡単に行えるように、インタフェースを拡張できる仕組みを用意する必要がある。

3.3 海外制御盤技術動向

制御盤モジュール化、FBMの検討に当たり、参加委員の協力を得て、海外の制御盤関係の製品・技術動向の調査を行った。

3.3.1 技術動向調査概要

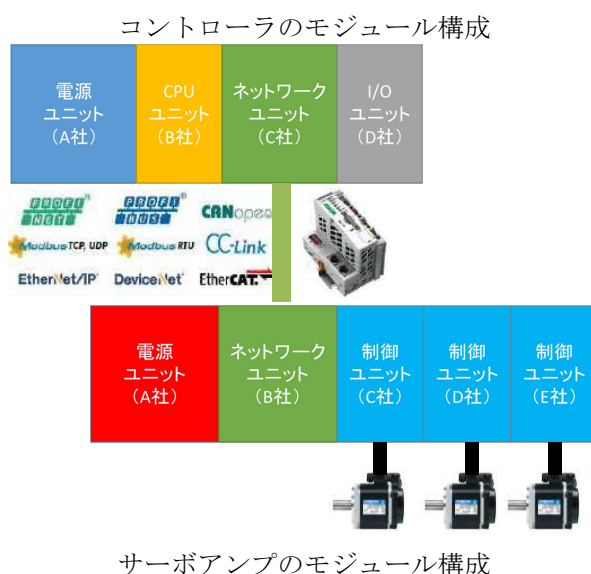
まず、WAGO社の製品及び課題解決の事例を紹介する。

製造メーカの枠を超えてコントローラ、サーボアンプの置換えを行う場合、サーボアンプは、機械毎に選定するモータ容量に応じて駆動するアンプ容量が変化するため、外形寸法の標準化や電源、I/O用コネクタ及びピン配列の標準化が現状の課題となる。

産業用ネットワークについては、2015年度版 製造業2030 2.5.4で先述したように、現時点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。

解決手段として、コントローラのモジュール化(電源ユニット、CPUユニット、ネットワークユニット、I/Oユニットなど)、サーボアンプのモジュール化(電源ユニット、ネットワークユニット、制御ユニット)が進めば、パソコンの様に様々なメーカーからユニットを揃えて製品を組み立てる事が可能となる(図21)。

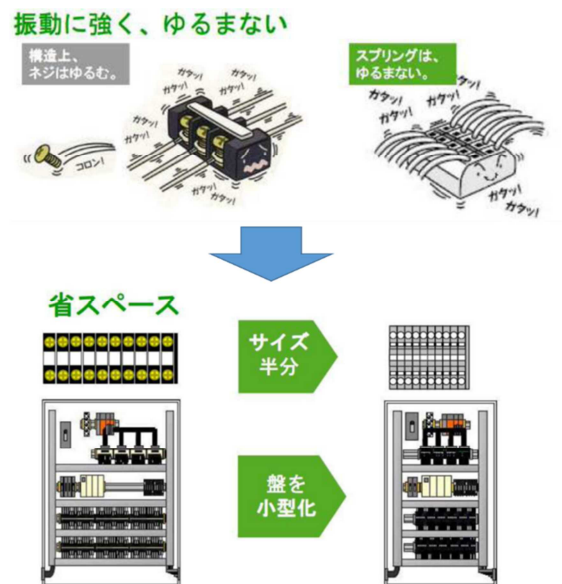
省スペース化については、Push-in CAGE CLAMP方式などの端子台を採用することによりネジ式端子台に比べ端子幅約1/2の省スペース設計で、制御盤の大幅なコストダウン及び設置面積の省スペース化が実現可能である。



(出典：一部WAGO-I/O-SYSTEMカタログを流用 <http://www.wago.co.jp/io/>)

図21 WAGO社オープンフィールドバス製品

また、図22に示すWAGO社の製品事例では、ネジなし端子台のため、振動・衝撃に強く電線がゆるむことがない。そのため、増し締めが不要でメンテナンス費用の大幅な削減も期待できる。



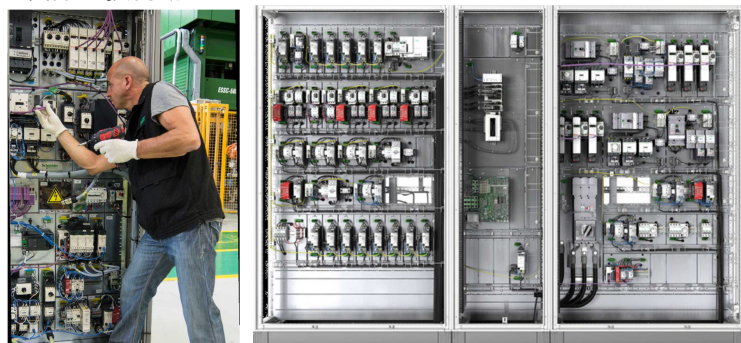
(出典：WAGO-I/O-SYSTEM)

図22 配線・Push-in CAGE CLAMP方式

以上は、WAGO社のWAGO-I/O-SYSTEMやPush-in CAGE CLAMP方式の事例である。

さらに、WG2では、Schneider社やEaton-Moeller社、EPLAN社の制御盤技術動向を公開されているカタログ、PRビデオなどを基に確認を行った。

a) Schneider社の製品・技術動向



(出典：Schneider社カタログ)

図23 Schneider社制御盤例

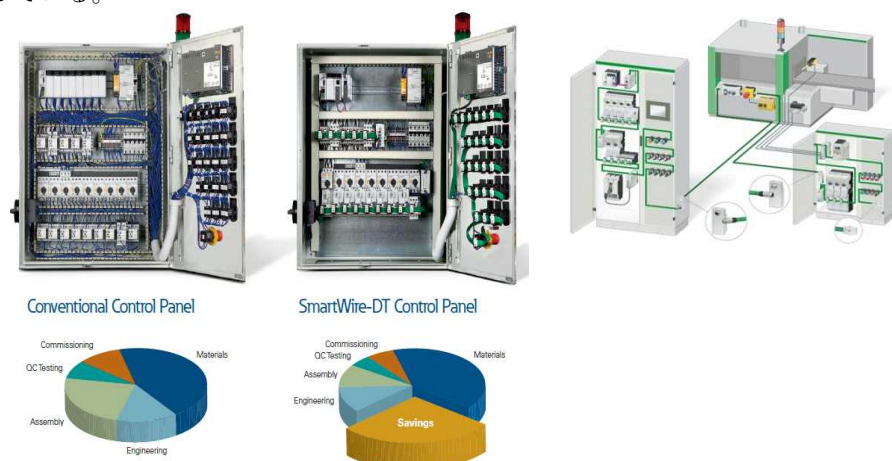
Schneider社のClean Modular Control Panelでは、次を特徴として紹介している。

- ・ 制御盤内のフレーム上の部品取り付けパネルに、部品を取り付け、その部品配置もCADとリンクすることにより、複雑さの低減(Reduced Complexity)が可能となり、設計、組立の効率化が可能。
- ・ Hot ZoneとCold Zoneとを独立させることにより、エネルギー消費量及びコストを50%以上改善。
- ・ 取り付ける部品についてもパネル形式のモジュール化を行うことで更に30%以上のコスト改善。

b) Eaton-Moeller社の製品・技術動向

Eaton-Moeller社では図24に示すSmatrWire-DTを紹介しており、配線作業が従来に比べて85%削

減可能としている。



(出典：Eaton-Moeller社SmartWire-DT Control Panelカタログ)

図24 Eaton-Moeller社制御盤例

このSmartWire-DTでは、図25に示すようにフラットタイプのケーブルで各部品を接続しており、ケーブルと部品とはクリップ状のコネクタで接続している。

このコネクタはクリップ状で任意の位置でケーブルと固定するため、配線作業時に部品の位置に合わせて配線と部品との接合が容易に行える構造となっている。



(出典：Eaton-Moeller社SmartWire-DT Control Panelカタログ)

図25 Eaton-Moeller社制御盤配線

SmartWire-DTのPRビデオによれば、壁付け型制御盤の配線を従来タイプの個別配線方式とSmartWire-DT方式とで同時に実施した場合、従来方式に比べて約1/7の時間で完了するとアピールしている。

また、このビデオでは、作業時間削減により手に入れた時間を、退勤後の余暇に振り分けて個人の生活を充実させる光景も織り込まれていることも特徴的であった。

c) EPLAN社の製品・技術動向

EPLAN社の統合電気CADは、モジュールデータ構造を採用した統合データベースにより設計情報を管理し、デバイスや配線、各機器の情報が格納され、そのデータを基に回路図、配線図、2D及び3D部品図表などの38種類の帳票データの全てが、リアルタイムに連携して変更、修正することを可能としたものである。これにより、盤設計の業務効率の向上とヒューマンエラーの削減を実現できるとされている。このソフトウェアの主な特長として紹介されている点は、次のとおりである。

- ・ データベースナビゲータによる端子台使用状況、PLC入出力ピン番号、リレー接点使用状況、ダクト/レール/配線接続情報などを一貫的に管理可能

- ・ ドラッグ&ドロップ方式による回路図と2D/3D配置図とのシームレスな連携
- ・ PLCソフトウェアにおけるユニット選定、パラメータ設定、I/O情報との連携
- ・ 3D自動配線、配線ルート変更機能
- ・ 世界17か国語に対応したグローバル環境の提供

このような特長を持つ同社の統合設計ソフトウェアは、マルチユーザ管理機能により、大規模制御盤を分担して設計するような場合には、統合データベースからのプロジェクト、ページのプロパティ情報のエクスポート、インポートを実行する機能があるために、制御盤の設計、製造、販売、サービスのエンジニアリングチェーンにおける業務をグローバルで水平分業する場合に効果を発揮するものであると想定される。



(出典：EPLAN社の会社案内)

図26 EPLAN社 設計ソフトウェアの概要

3.3.2 海外制御盤技術動向に対するWG2内の議論概要

WAGO社、Schneider社、Eaton-Moeller社、EPLAN社の製品・技術について、WG2委員により意見交換・議論を行った。主要な意見は、次のとおりである。

- ・ MoellerやSchneiderの製品事例について、海外と国内とでは制御盤に対する基本的な指向が異なっているようにも思える。例えば、ドイツでは盤メーカーが少ないが、日本では多くの盤メーカーが存在してきめ細かい仕事を行っている。モジュール化に対する背景が異なっていると思われる。
- ・ 単に生産性の改善というのではなく、アフターファイブなど生活や社会がよくなるということが重要である。モジュール化でワークシェアリングや個人生活の充実など他の価値が生まれるというのが必要である。社会のスマート化という印象を受ける。
- ・ Schneider社のビジネス領域では、大型工場・建築・公共の領域で強いが、用途に応じて制御盤自体の形態も変化している。機械への組込みや直方体の制御盤構造に拘らない傾向がある。電力分野でも海外メーカーが参入しつつあり、日本のユーザ意識も変化していくと考えられる。従来品だけでなく、新しい形のものにも対応できるよう検討していて損はない。
- ・ Y端子、丸端子の話についても、徐々にグローバルに合わせて変わっていく流れにある。グローバルの流れに逆らってもいつかは対応せざるを得なくなる。

一方で、課題についても指摘があった。

- ・ 同様のプロセスを以前評価したことがあるが、インテリジェント(高機能化)が低い制御盤は、工賃や部品コストを含めるとコスト的に割高となる。
モータスタータ方式では組配改善につながると思う。
- ・ 同一メーカーであればアプローチ可能かも知れないが、メーカーがまたがった場合には、適用可能か。モジュール単位、パネル単位の棲み分けの検討が必要ではないか。

3.4 制御盤将来像の提示(制御盤2030)

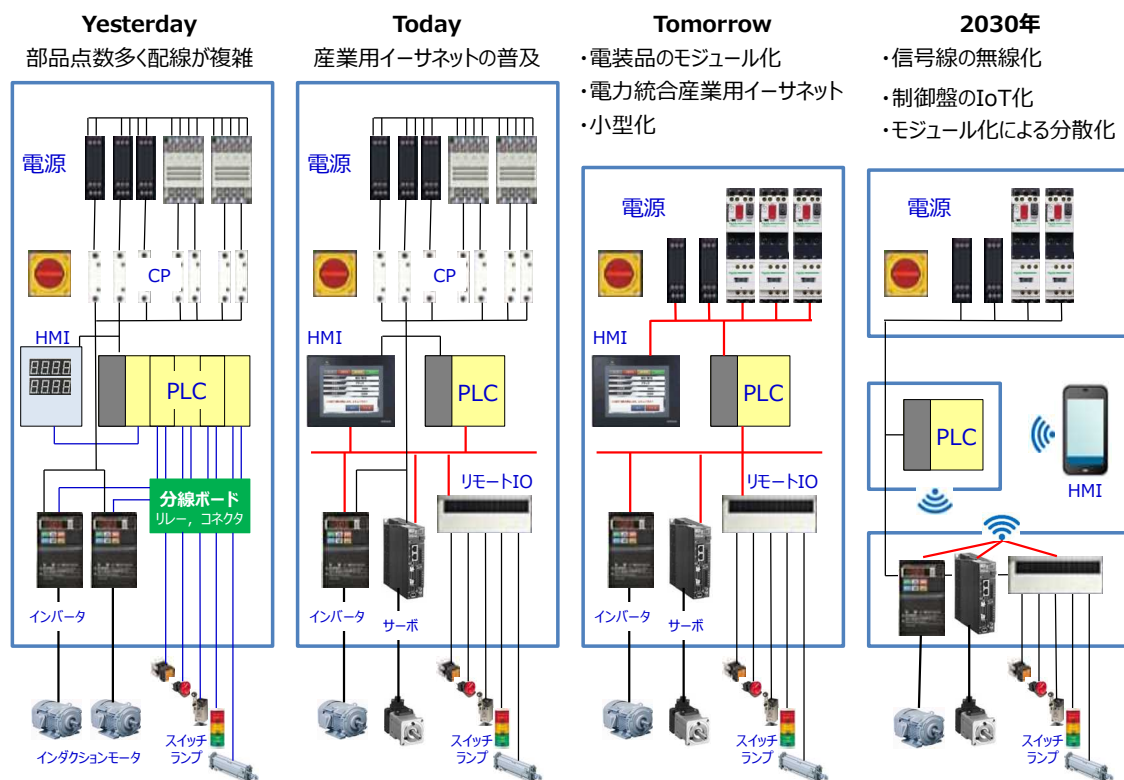


図27 制御盤進化論

a) Yesterday 過去

センサ、アクチュエータは全てPLCの入出力に個別にワイヤリング接続されている。

結果：配線に多くのコスト及び工数が必要で、制御盤が大きくて高価なものになり、配線チェックも煩雑。

b) Today 現在

センサとアクチュエータはリモートI/Oに接続され、リモートI/OからPLCまではフィールドバスで集約されている。モータ電源の入切りは、PLCのDO出力によるモータスタータのコイルON/OFFにて行われる。

結果：リモートI/Oとフィールドバス技術で配線工数が削減。中央の大きな制御盤が機械サイトに機側盤として分散できたが、コンフィグレーション(システム構築)には高い能力が必要であり、コストが増大。

c) Tomorrow 数年後

モータスタータとPLCとがフィールドバスで直接接続する。また、センサ、アクチュエータの

一部は、それ自体にデジタル通信インタフェースを持たせ、制御システムとの間で各種データ交換を双方向で行うフィールドネットワークへの接続や、通信と電力機能とを統合したEthernetと互換性のあるオープンな高速フィールドネットワークに接続する。

結果：モータスタータとPLCとの間の配線工数が各段に削減され、制御盤が小型化。また、リモートI/Oモジュールの数も激減、付随する端子台やコネクタも不要。配線ミスは発生せず、I/Oレベル信号は通信にてPLCに直結。

d) Future 2030年

PLCと開閉機器との間は無線化による接続に置き換わる。

結果：盤内配線の制限からの解放によって、レイアウトフリー化及び小スペース化、配線工数削減や小型化が実現可能となる。

3.5 モジュール実現への課題

ファクトリーオートメーション(FA)向け制御盤(図18のⅠ)は、工作機械などの標準機に対する制御盤なので量産的であり、モジュール化の対象に適している。一方、プロセスオートメーション(PA)やビルディングオートメーション(BA)向け制御盤(図18のⅡ～Ⅳ)は、制御対象の用途やエンドユーザ要求により仕様が個々に異なるオーダーメイド品であるため、モジュール化には馴染まない。この仕向け先に対する制御盤内モジュール化の議論は、これまで様々な検討がなされ、その行き着いた先の一例が図28である。制御盤メーカーは電源部、駆動部、制御部を1つのパネル上に配置し盤筐体サイズの最小化・最適化を図っている。



図28 制御盤内部の例

次のような仮想シチュエーションを設定し、現在とのギャップを抽出することで、制御盤のモジュール化が進まない課題について整理する。

仮想シチュエーション：

『ある制御盤を受注したコーディネータ企業のD社は、制御盤内の構成部品を電源部、駆動部、制御部の各機能別モジュールパネルとしてシステム設計を行い、パネル製作企業をクラウド上のプラットフォームに求める。これに応札したA社が電源部、B社が駆動部、C社が制御部のモジュールパネルを製作してD社に供給する。D社は各パネルを制御盤内に組み込み、製品検査の後にエンドユーザに納品する。』

表3 制御盤モジュール化実現への課題

項目	制御盤モジュール化実現への課題
環境, 企画, 構想設計	・ コーディネータ企業とパネル提供企業を繋ぐものづくりのプラットフォームが無い。また、プラットフォームの形成及び普及に時間を要する。 ・ コーディネータ企業の階層が増えた分が盤コストアップになる。 ・ モジュールパネル製品を提供する企業間でコスト競争が苛烈化する。 ・ モジュール製品の標準化により新たな開発要素が少なくなり自由な発想や新たな挑戦が抑制される。また、差別化範囲が狭くなり付加価値が低下する。 ・ モジュール製品の汎用化により不使用機能が増大し、コストアップやサイズアップになる。
詳細設計	・ 異なる大きさのモジュールパネルを制御盤内へ配置するときに生じるロスにより制御盤がサイズアップする(ユーザの小型化要求に逆行する)。 ・ モジュール間信号連絡用の電線接続に伴う端子台スペース及び配線工数が増える。 ・ 電源部、駆動部、制御部などモジュール仕様について体系化されていない。 ・ 次の規格化対応(用途・分野)が必要である。 海外仕様(IEC, UL, NAFTA, CCC, EMC) 機械安全・機能安全 PLCのプログラミング言語及びネットワーク 端子(圧着端子ネジ止め, ネジレス), 電線(種類, 色) 接地, ボンディング ・ 盤全体最適化に対する技術低下や技術伝承が課題となる。
盤検査	・ モジュール単体検査及び盤総合検査に伴って検査工数が増大する。
サービス, メンテナンス	・ アフターサービス体制が複雑になる。 ・ 不具合が発生したときに原因の特定に時間を要する。 ・ モジュール製品にリコールが発生した際、コーディネータ企業の経営リスクが増大する。 ・ エンドユーザによるカスタマイズの自由度が低下する。
信用・実績	・ モジュール提供のワンオフに伴う信頼及び信用の実績の維持確保が必要となる。

3.6 制御盤へのニーズ(顧客価値)と課題解決に向けた方向性

3.6.1 制御盤に対するユーザニーズ

制御盤の今後、将来像を3.4に提示したが、具体的なユーザニーズについて議論を行った。

a) 制御盤設計・製作プロセスの効率化・変革に関わるニーズ

- ・ 設計、製造コスト(配線の容易性など)、納期を最小・最短としたい。
- ・ 搬送費を抑えたい(ダウンサイジング、軽量化)。
- ・ 制御対象によって制御軸数(アンプ数)が異なるが、容易な対応としたい。
- ・ 差別化を図りたい(競争力を高めたい)。
- ・ 設計・製作の分業によるフレキシブルな制御盤製造としたい。
- ・ 社会環境に対応したワークシェアリングを向上したい。

b) 制御盤付加価値向上に関わるニーズ

- ・ 設備リプレースや既設設備保守効率化などメンテナンス性を向上したい。
- ・ 仕向け先(特に海外)に応じた規格に適合したい(電圧など)。
- ・ インタフェースの拡張性を確保したい。
- ・ 制御対象によって操作盤(HMI)のサイズを変えたい。
- ・ 機電一体構造を実現したい。
- ・ 将来はIoT(遠隔監視など)対応としたい。

3.6.2 ユーザニーズに対する課題と解決の方向性

図18では制御盤を次の4タイプに大別した。

タイプⅠ：機械内蔵の制御盤(制御装置)→FAタイプ

タイプⅡ：専用加工組立ラインの制御盤→FAタイプ、PAタイプ

タイプⅢ：大型工場設備の制御盤→PAタイプ

タイプⅣ：建築・公共設備の制御盤→BAタイプ

FAタイプの制御盤は、量産的でモジュール化に適していると評価され、タイプⅠについては、制御装置の小型化の効果と併せて工作機械などへの組込み型へのシフトが予想され、独立した制御盤筐体の形態が変化していく。

タイプⅡの制御盤は、サーボ機器など装置側にモジュール化範囲が拡大しており、小型省スペースの要求が高く、FAの進展と共にモジュール化が進む。

一方、タイプⅢ、ⅣのPA、BA向けについては、耐震性や監視制御部分の独立配置などのユーザや規格・基準からの要求もあり、制御盤筐体を利用した盤構造を維持する必要がある。そのため、制御盤の機能や量産性を考慮した損益分岐点によりモジュール化に適用可否や適用方針を検討する必要がある。

制御盤の将来像は、上述の通り制御盤タイプ別の使用環境やエンドユーザの要望差異や製品トレンドなどを配慮する必要があるが、具体的なユーザニーズに対する解決方向を次に記載する。

a) 制御盤設計・製作プロセスの効率化・変革(イノベーション)

1) 設計・製作プロセスの効率化

PAやBA向け制御盤は、制御対象に応じた機能選択や配置・ケーブル取合いや他の装置との取合いなどにより、制御盤毎の設計・製作を行うケースが非常に多い。

従来の設計・製作プロセスでは、回路設計(シーケンス設計)に基づき、用品選定・手配、盤構造設計を行い、組立・試験の流れとなり、工数・納期が必要となる。

最終的な制御盤形態が概ね標準的なものとなっても、設計プロセスは「一品每手作り」的なものとなり、付加価値が低い作業の占める割合が大きく、短納期への対応も困難となる。

モジュール化のメリットを活用して一品設計的な工程を簡略化又は省略して、付加価値の低い作業の低減を行い、短納期の実現及びコスト低減を図ることが検討のベースになるもの。

また、海外製品事例や国内製品トレンドからも制御盤用品はダウンサイジング・軽量化の方向にあり、用品(コンポーネント)側の技術進展を柔軟に取り込むことが効率化に寄与する。

2) 設計・製作プロセスの変革(イノベーション)

日本メーカーが得意とする擦り合せ技術をコア技術とし、簡単に真似できない独自性を打ち

出すことが大切である。

例えば、次のような独自性がある。

- ・ 品質維持技術：将来的には機械化も有り得るが、その過程を作るのは人間が多く工程に参与する。
- ・ 技能工技術：昔は職人、しかし現在も日本企業はその意思を大部分で受け継いでいる。
- ・ サービス技術：諸外国では契約書以上の提供は非常識だが、日本ではおもてなしと称される常識が存在している。
- ・ アプリケーション技術：できるだけシンプル化する。それ以上は敢えてオプションとして対価を得ることができるとよい。
- ・ アフターケア技術：仕組みを考えればよい。

この日本メーカのコア技術を生かしつつ、モジュール化の推進とFBMを志向したフレキシブルな製造業への転換を行うことで、競争力の強化とワークシェアリングの両立、企業間の分業と連携による機能向上が可能となるものと推察される。

b) 制御盤にとっての価値向上（ユーザへの付加価値の提供）

モジュール化適用による短納期化・低コスト化は、エンドユーザへの基本的な価値向上につながるが、この項目では、本来の価値に加えてエンドユーザに新たな価値を提供出来ないか、という観点で考察を行う。

1) 機能拡張

収納する装置側の進展に依存する(PLCやネットワークデバイスなどの適用が前提となる)が、個々の制御盤が有しているプロセス信号をネットワークで複数の制御盤が融合することにより、監視機能やプロセス診断や設備稼働率の評価などの新たな機能付加が容易となる。ただし、プラントなどの用途に依存する。

2) メンテナンス性の向上

制御盤筐体や外部ケーブルは、長期間に使用が可能であるが、収納する制御装置や計測装置の寿命は比較的短期となる。

筐体や外部ケーブルは既設流用として、内部制御装置のみ更新するケースでは、制御対象の設備稼働への影響を最低限として短期間での制御装置更新を行うことが、ユーザニーズにも合致する。

モジュール化手法を適用した設備更新は、既に実例も多数あり、有効な手法である。

3) スペース性の向上

設置スペースの削減や狭隘部への設置要求などの対応するため、制御盤の機能とハードウェアをモジュール化して分散配置を可能とする。

4) 海外規格への対応

国際規格との親和性を計りつつも、日本独自の標準化可能性について戦略面から検討が必要である。

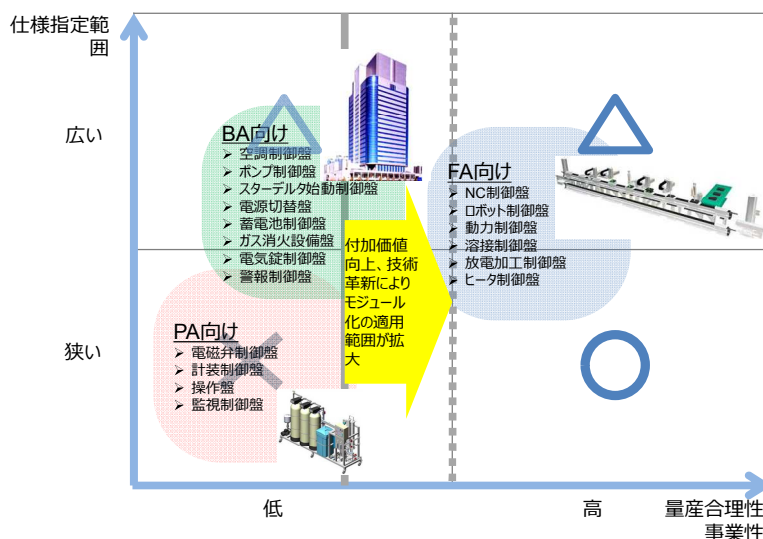
例えば、標準化が想定される項目として、寸法(部品板、エンクロージャ、他)、通信(USBのように電源と制御線が一体化させたものは使い易い)、アプリケーション(ユーザカスタマイズがし易いもの)、保守管理(IoTなどを活用したサービスセンターから、各メーカへ依頼させる仕組み)、リニュアル(寿命、予兆からの促進)などが挙げられる。

これらの項目について海外規格の適合性をモジュール化単位で評価し、適合させていくことで、段階的に全面的な海外規格適合が可能となる。モジュール単位で海外規格の認証を取得し、国内メーカーが用途に応じて選択していくことが望ましい。

3.7 制御盤モジュール化ガイドライン

制御盤モジュール化の対象としては、モジュールの共用化が可能で、ある程度の量産効果が見込める範囲であることが想定される。したがって、構成単位としてのユニット群における単体部品やインタフェースに対して共用性が適用できない個別仕様設計の盤においては、制御盤モジュール化の効果が見込めないために、その対象範囲の適用範囲から除外される。

具体的には、制御盤の機種をファクトリーオートメーション(FA)、プロセスオートメーション(PA)、ビルオートメーション(BA)の仕向け先別に分類した場合、単体部品やインタフェースの共用化による量産効果が見込まれるFA向けが、モジュール化が適合する可能性が最も高い。一方、個々の案件、設備システムについて仕様の個性の度合いが高いPA向けは、将来的にもモジュール化が難しいと想定される(図29)。



注 仕向け先別の制御盤の種類は、主要な適用機種としての目安を示す。したがって、個別の制御盤の機種で、記載された仕向け先以外にも、適用される可能性はある。

図29 制御盤のモジュール化の適合範囲

一方、制御盤モジュール化において、現時点での製品・技術を前提とした場合には、先述(図20)のようなデメリットが想定されるとともに、制御盤製作における、分業化やオープン化が進み、従来制御盤メーカーが享受してきた制御盤全体の付加価値が分散化されて逸失することにより、売上や利益が減少するリスクが存在する。

したがって、モジュール化によるFBMを推進させるためには、このようなデメリットや懸念材料を払拭するために、コストの低減及び売上の拡大により量産合理性(事業性)が担保される必要がある。その場合、既存の商材や技術だけを対象とすると量産合理性の限界があるため、①コンポーネントのIoT化による付加価値及び製品競争力の拡大 ②新しい技術革新の適用 を前提条件とする必要がある(図30、図31)。

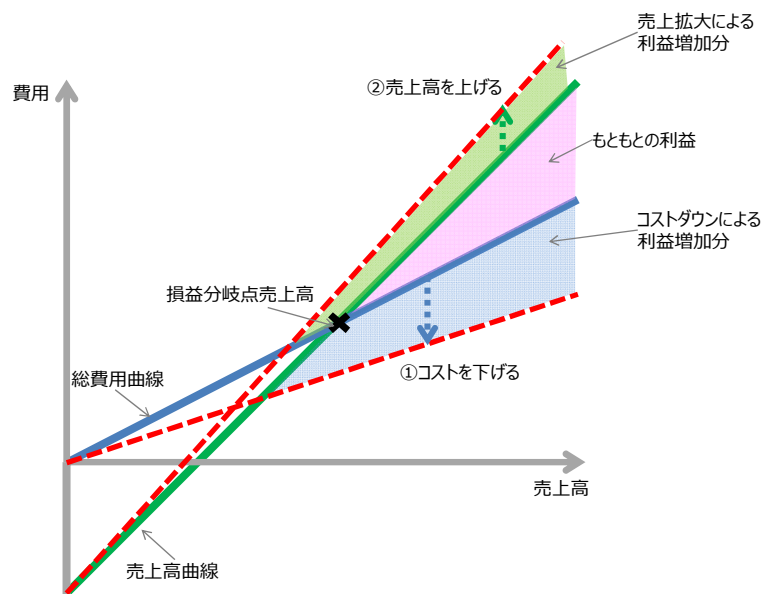


図30 制御盤事業の量産合理性(事業性・利益)の拡大方法

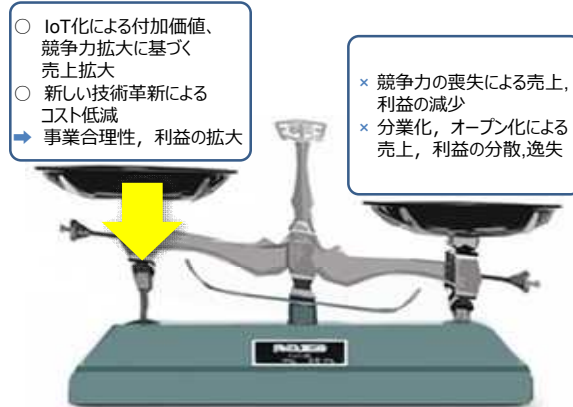


図31 制御盤のモジュール化にともなう懸念事項の払拭

この場合、コンポーネントのIoT化とは、既存の単体製品の機能に加えて、通信機能、予兆センシング機能、データ変換機能を付加したスマート製品とすることを指す。また、新しい技術革新の内容は、①配線作業性を向上させる統合標準化された通信ネットワーク及び無線、端子接続技術 ②製品及び生産設備の設計合理化を実現する標準化された設計コンフィグレーション・ツールや統合BOMデータ ③グローバルレベルでの仕様の標準化などを想定している。

このようなIoT化と技術革新の導入を前提として、制御盤の直接及び間接のコスト低減と売上拡大を図ることにより事業合理性を向上させることが可能となる(図32)。

利益拡大の方法	項目		利益拡大の具体的な方法	
			ハードウェア(H/W)	ソフトウェア(S/W)
① コストの低減	直接費用	材料(部品、部材)費用	☒ 配線部材・ゲートウェイ類のコスト低減(統合ネットワーク/省配線製品の採用) ☒ 製品コスト低減(モジュール化した単体製品/機能《制御・電源・駆動ユニット》の採用)	
		筐体費用	☒ 筐体コスト低減(標準キャビネットの採用、省配線化による盤スペース低減)	
		組立費用	☒ 配線接続作業費、点検作業費、現地調整費用の低減(省工数配線/省配線/無線/自動アドレッシング製品の採用)	
	間接費用	設計開発費用	☒ H/W設計開発費用の低減(設計コンフィグレーション・ツール) ☒ BOM統合、生産設備シミュレーションツール採用による生産設備設計の省力化	☒ S/W設計開発費用の低減(モジュール化したPLCプログラミングツール・標準化PLCプログラミング言語の採用)
		投資償却費用	☒ 金型投資費用低減(標準配線部材・標準キャビネットの採用)	
		海外仕様、ローカライズ対応	☒ 部材、S/Wのモジュール化、標準化とともにローカライズ(海外仕様)対応性の担保 > 規格(IEC, UL, NFPA, CCC, EMC), 機械安全/機能安全 > 電源仕様(遮断器短絡容量) > 端子、電線(仕様、色) > 接地、ボンディング	
② 売上の拡大			☒ IoT対応による付加価値向上にともなう製品競争力のUP(稼働状況監視、故障予知、部品更新予測などのデータ提供と解析) ☒ 製品の(サービス専門企業による)迅速なサービスの提供と課金収入	

図32 制御盤のモジュール化を進めるための事業合理性(利益)の向上

3.8 制御盤FBMに対する考察

3.8.1 制御盤FBMの導入可能性

制御盤のモジュール化を実現する際の課題を克服するためのIoT対応や技術革新の導入により、事業合理性が成立することが担保されれば、制御盤のモジュール化を進展させる環境が整備される。このような環境下において、制御盤のモジュール化が進んだ場合、制御盤の設計、生産、販売・サービスのプロセスにおいて、エコシステムによる水平分業が可能となり、コーディネータ企業の構想・システム設計により、制御盤を電源部、駆動部、制御部の機能別にモジュール化し、それを案件ごとにモジュール別の専門製作企業に発注していくFBMが導入される可能性が出てくと想定される(図33)。

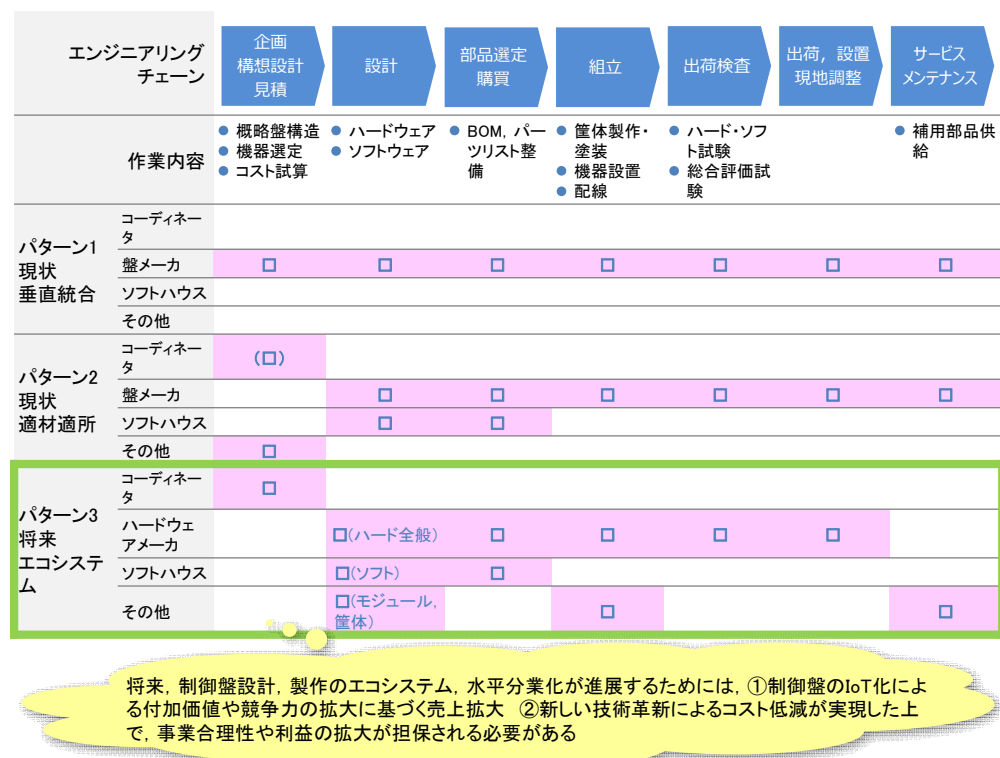


図33 制御盤のモジュール化にともなうFBMの導入可能性

3.8.2 フレキシブルな制御盤ビジネス

モジュール化の推進とFBMを導入した水平分業の進展が行われた場合の制御盤ビジネスについて考察を行う。

次の通り, ビジネス環境やプロセスが変化していくと考えられる。

- 複数の企業がある中で, 取引相手がフレキシブルに変わる。
これまで取引が無かった相手ともモジュール化したものを商材として取引する。
- その取引関係もフレキシブルで, 図34のとおり, 上位—中位—下位(図34では, 上位:α社—中位:X社及びY社—下位:A社)の場合もあれば, 上位—下位での場合もある。
- 時代とともに, モジュールの形・中身がフレキシブルに進化し, モジュール化の機能範囲も変わる。モジュール化が変わると, ビジネスも変わり, 上位—下位 が入れ替わるようなフレキシブルなこともある。
なお, 現状は, 上位ほど商品価値が高く, 利益を大きくとりやすいが, 例えば, モジュール化が進まない場合, システムが構築できなければ, 主—従の関係が変わりうる。
- 異業種参入もフレキシブルで, 様々なビジネス・チャンスがある。

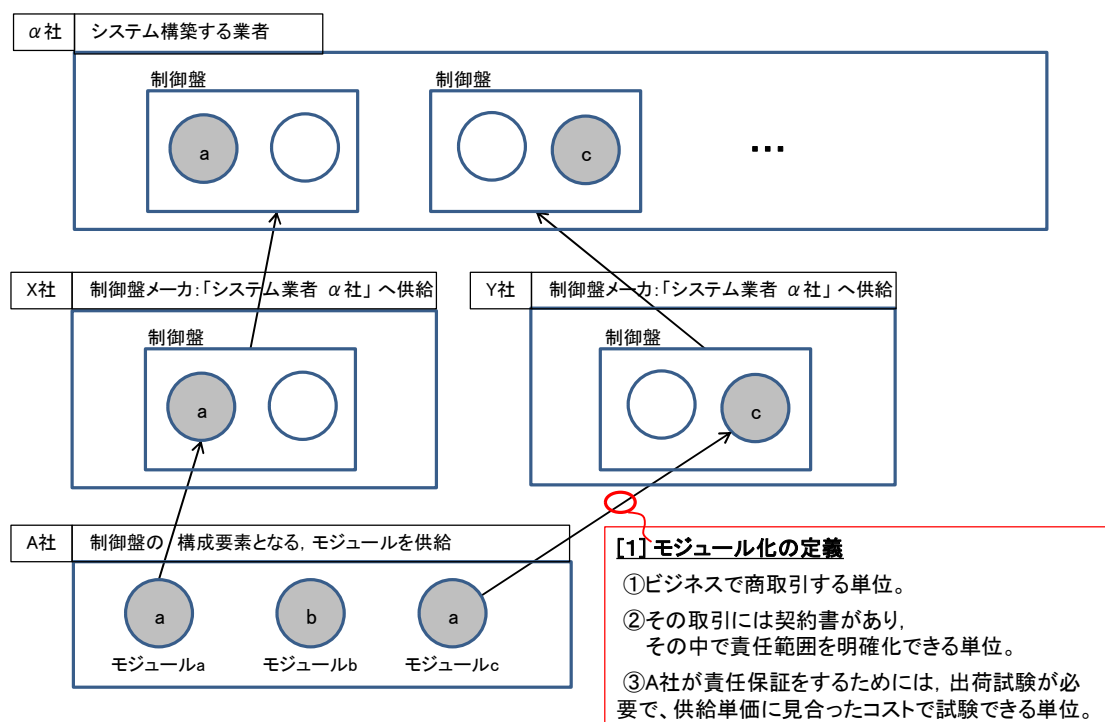


図34 フレキシブルな制御盤ビジネス

制御盤の設計及び生産工程における生産性向上(設計効率、生産効率)の視点でのモジュール化には、3.2.3に記載のメリット／デメリットがあるが、これを商材と考えた場合のメリット／デメリットは、次が挙げられる。

<メリット>

- ・ 業者の選別拡大や、業者競合の価格交渉で、さらにコストが削減できる。
- ・ 市場で実績のあるモジュールを採用することで、品質が安定する。
- ・ モジュール供給業者の販路が拡大する。

<デメリット>

- ・ モジュールを盤に組み込み後の組合せ又は適用先の設置環境によっては、対策の自由度が制約される場合や責任範囲の切り分けが困難な場合がある。例えば、次のような状況である。
 - (1) 耐環境性試験などで性能未達事項や改善事項がある。
 - (2) 稀な条件などでの組合せ相互での仕様不一致など不適合がある。
 これにより、トラブル対策期間／対策コスト増のリスクに繋がる。
- ・ 差別化部分の範囲が狭く、その価値が低いと制御盤供給メーカーが提供できる価値が低下する。
- ・ 差別化を強化したくても、標準化部分により制約を受ける。開発要素が少なく、自由な発想や新たな挑戦が抑制される。
- ・ モジュール供給業者は、薄利多売の商売を強いられる。競合により、淘汰される可能性がある。

3.9 WG2まとめ

現状の制御盤設計・製造プロセスは、垂直統合を基本形としており、図35に示すプロセスとな

っている。

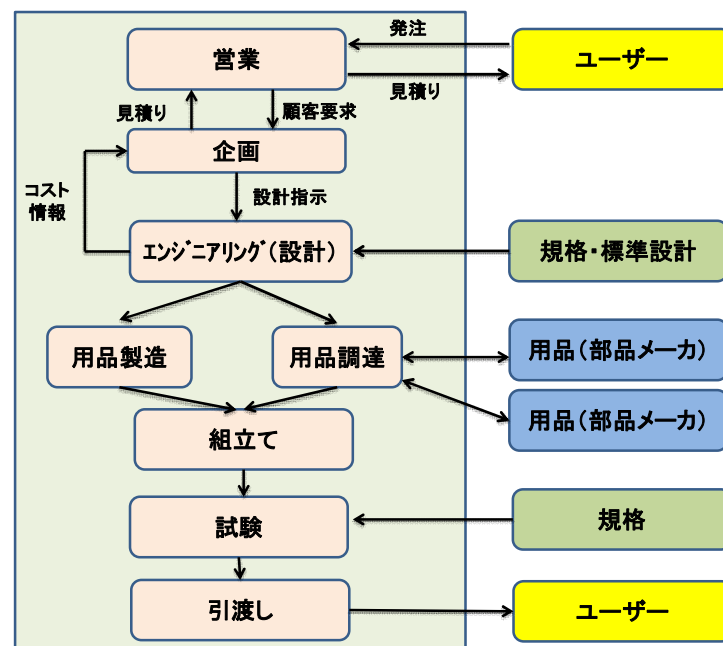


図35 制御盤設計・製造プロセス(現状)

エンジニアリングや制御盤構造設計・用品などの標準化・モジュール化を進めていくことにより、設計や用品調達、ソフトウェア生成などの各プロセスはアウトソーシングの範囲が拡大し、より効率的なプロセスに移行すると考えられる。

さらに、クラウド技術及びIoT技術の活用で、エンジニアリングや用品選定をクラウド市場より調達していくことも可能となる(図36)。

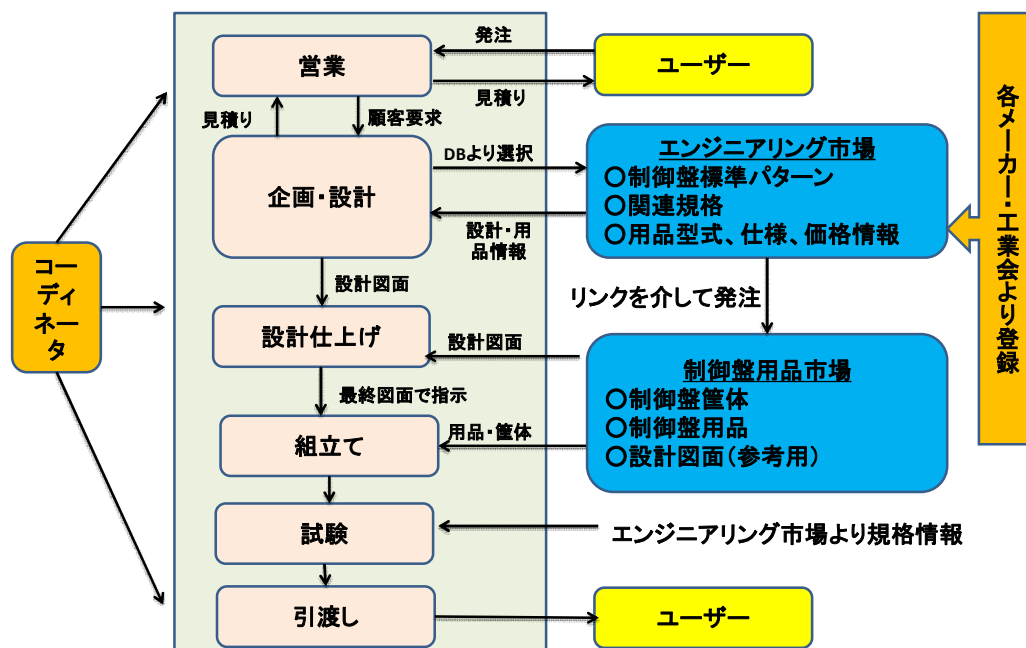


図36 制御盤設計・製造プロセス(将来)

図36に示すプロセスにより、垂直統合から水平分業への移行・進展が可能となり、フレキシブルな制御盤ビジネスへの転換が図れる。

コーディネータ企業がユーザとのインタフェースを保ち、ユーザニーズや制御盤用途・設置環境に応じて企画・基本設計を行う。

さらに、コーディネータ企業は、最も企画・基本設計に適した盤筐体・用品、PLCやネットワーク、ソフトウェアなどを各部品メーカーより調達して、据付・最終検査を行い、ユーザへの引渡を行う。

各部品メーカーは、それぞれに分野で海外規格への適応、ダウンサイジング・軽量化、IoT対応などの付加価値の向上など、製品や技術の改善に取り組むことに力点を移すことが可能となる。

工業会は、モジュール化推進、制御盤関連の標準設計、海外規格との適合性拡大などに向けた規格・基準類の整備、充実を図る。

さらに関連するメーカーと連携して、標準設計やモジュール型制御盤用品の調達情報などを提供するクラウド市場の構築も行っていくことも視野に含める。

図37に制御盤2030の全体像を示す。

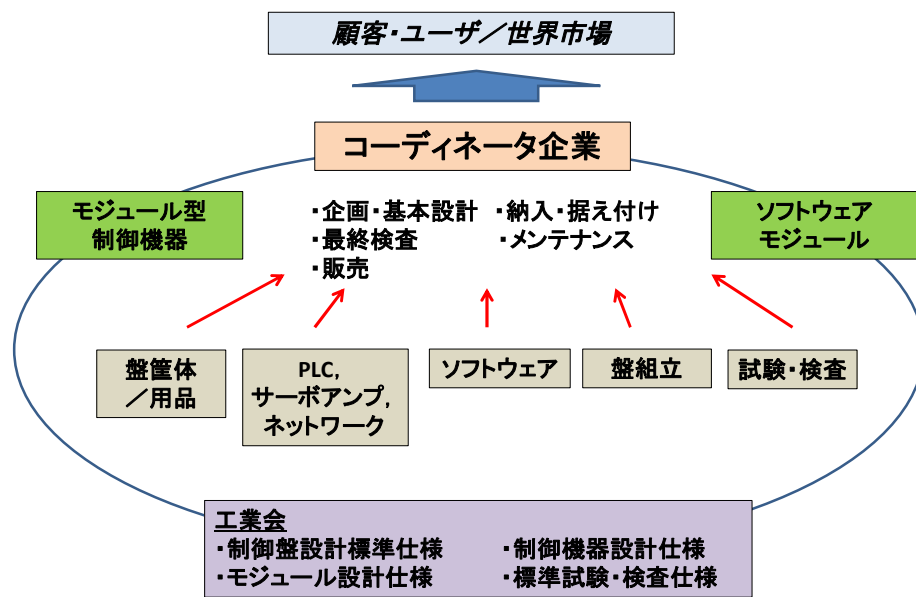


図37 制御盤2030の全体像

4 WG3(製造業のサービス化)の活動

4.1 はじめに

2015年度版 製造業2030の中では、製造業は、2030年には大きな変化を遂げると予想している。特に、IoTによりユーザが使っている製品の状態のデータ収集及び解析が容易にかつ大量にできるようになる。それを設計やサービスへ反映するデータ駆動型社会になる。そこでは、製造業が単に自分で考えた仕様で作って出荷するだけではなく、その後の使用までも含めた価値を与えるサービス業になる(2015年度版 製造業2030 2.2.2 製造業のサービス化に記述)。

2030年の製造業は、ものづくり業からサービス業へのビジネスモデルの変化が重要になる。WG3(製造業のサービス化)では、これを深堀し必要な要件を抽出することで、電機業界はそれに対してどうすべきかについて調査・議論した。

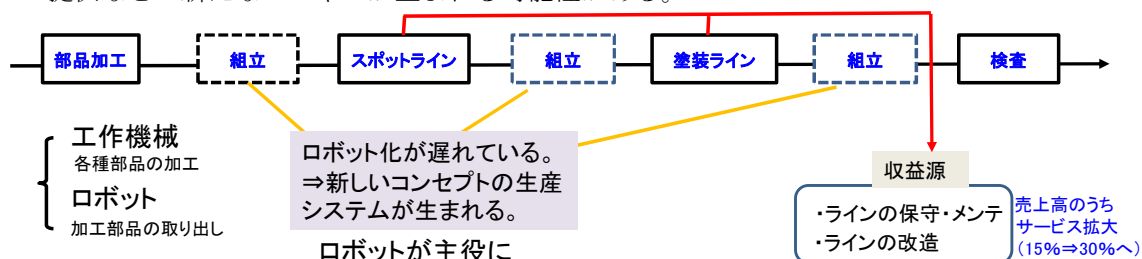
4.2 2016年度の調査活動

製造業のビジネス形態の現状における変化を議論するために、ロボット産業(4.2.1及び4.2.2)、航空機産業(4.2.3)、CNC装置産業(4.2.4)に関して調査した。

4.2.1 ロボット産業(自動車産業用ロボット)

これまで産業用ロボットは自動車産業への溶接、塗装が主流であった(図38)。そのビジネスは図39に溶接の例を示すように、ロボット単体の提供から溶接や塗装の機器や作業ノウハウをパッケージ化してどこまで提供するかによって価値が変遷してきていた。

今後は、今まで自動化が遅れていた組立ラインでのロボット化が広がり、人とロボットとが共存する人協働型のフレキシブルなロボットが求められる。それを実現するためには、新たな技術(IoT, AIなど)が必要であり、それらの技術を使ったロボットを使用した生産システム及びサービスの提供などの新たなビジネスが生まれる可能性がある。



(実線はロボット化が進んでいる工程を示す。)

図38 自動車生産ラインでのロボット化の状況

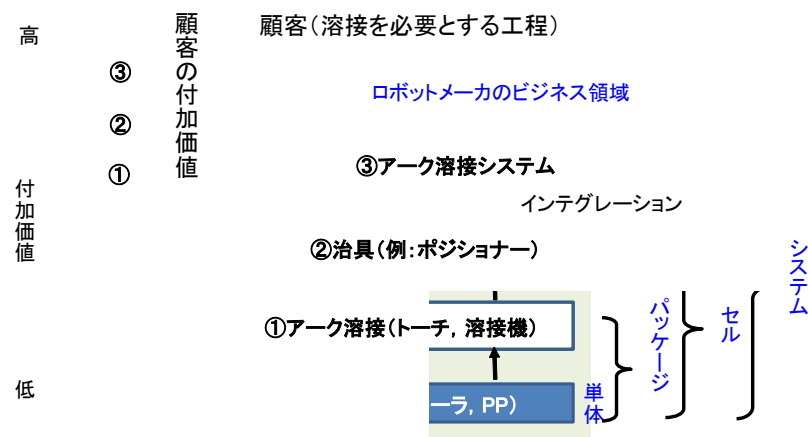


図39 溶接ロボットの付加価値

4.2.2 ロボット産業(レンタル)

ロボット産業では、オリックス・レンテックが、RoboRenとして人協働型の産業用ロボットのレンタルを2016年から開始している(図40)。柵がいらない、操作が簡単、周辺機器が標準化された、導入しやすいロボットが現れてきたことにより、ロボット製造業から利用フェーズだけを独立した新たなビジネスが生まれた。ユーザは、生産システム設備としてロボットを持たないことで設備投資及び固定費を抑えることが可能となる。

ただし、ロボットの作業データは誰のものかという議論も起こりえる。現在は、オリックス・レンテックのサービスでは、データはユーザのものという契約とし、レンタル終了後はデータを削除する対応を行っているが、レンタル事業者がデータを集め、価値化することにより新たなビジネスが生まれる可能性も示唆される。

川崎重工業も東京センチュリーと連携して人協働ロボット「duAro」のレンタルを開始するなど、ロボットレンタル産業は広がりを見せている。



(出典：http://www.orixrentec.jp/roboren/about/)

図40 オリックス・レンテックのTokyo Robot Lab.

4.2.3 航空機産業(リース)

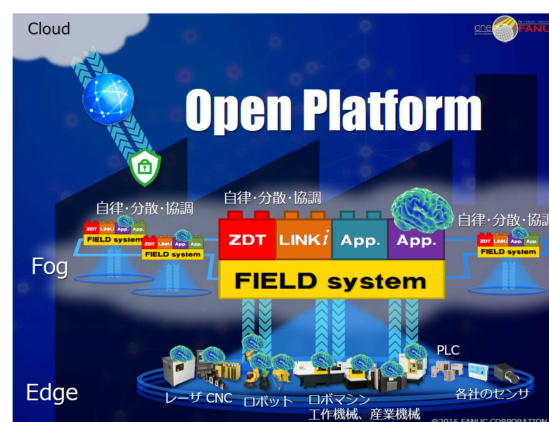
従来は、手元資金がなくても機材調達ができる、残価リスクを負わないなどの金融的なメリットのためにリースしていたが、近年では、機材が早期に取得できる、ネットワークプランなど運用ノウハウも期待できるなどのフレキシブルな航空機材戦略が実現できることから、新興エアラインばかりではなく、大手エアラインもリースの活用を増やしている。

このように資金面だけではなく、航空機の運用ノウハウのサービス化がリース事業者のビジネスの中核になりつつある。製造業でもこの傾向がでてくる可能性が示唆される。

4.2.4 CNC装置産業(工作機械)

図41は、2016年8月に発表された、ファナックのFIELD system (FANUC Intelligent Edge Link and Drive system)の全体像を表す。IoTにより、製造現場にあるあらゆるものがネットにつながるオープンプラットフォームであり、インタフェースを公開しているため、競合他社の機器ともつながることができる。その結果、機器単独ではなく、工場全体の情報を吸い上げることができる。また、多くのアプリケーションの利用が可能となる。

このようなことから、製造業が機器単独の製造ではなく、その周辺を取り込み、全体としての価値を提供するチャンスが広がってきた。また、そこでは単独の企業によるものではなく、協力する企業との連携によりその価値を提供する。このようなプラットフォームの提供者の必要性和その参加者とをうまくつなぎながら価値を生み出す仕組みができており、他の製造業へも広がることが予想される。



(出典：FANUC <http://www.fanuc.co.jp/ja/JIMTOF2016/field.html>)

図41 ファナックのFIELD system

以上の調査・議論を踏まえ、2030年には製造業のサービス化への移行が起こると想定した。製造業のサービス化について、4.3では、さらに具体的な例で議論し、その中で要件を導き出すこととした。

4.3 サービス化の具体例及びその課題

4.3.1 対象製品の選定

JEMAで扱う製品の中で製品出荷額が多く、関係者も多い、モータに関係する製品を取り上げることにした。ただし、モータ単体でのサービス化は、最終ユーザとモータ単体との繋がりが分かりづらいため、利用場面でモータそのものがユーザに見え易く、かつ製品性能にモータ性能が大きく関わるモータシステム製品であるポンプ、工作機械、産業用ロボットを具体例の検討対象に選定した。

なお、議論の中で、モータは自動車に多く使われ、そのサービス化も含めたトレンドも重要であるとの意見が出たが、自動車部品工業会が中心に取扱うものであり、JEMAで取扱うのは難しいことから、今回の議論の対象から除外した。

4.3.2 ポンプ製造業のサービス化

4.3.2.1 ポンプ製造業の現状

ポンプはモータの外部動力により圧力作用で水、油などの液体及び気体を低い場所から高い場所に移送したり、圧力を高めたりする機械であり、ライフラインとしての生活用水の給水をはじ

め、電力、鉄鋼、化学、食品、医療など国内外の重電・産業分野においても幅広く利用されている。日本産業機械工業会によると2017年度の日本のポンプ内外需受注総額は3,685億円を見込んでいる。内需は、老朽化したインフラの修繕・更新などが底固く推移するとともに、オリンピック関連設備の整備などに伴う需要が増加するものとみて、対前年度比103%の2,785億円と見込んでいる。外需は、原油価格の持ち直しによりオイル&ガス関連の需要が増加に転じ、また、発電・化学プラント及び水インフラ関連の需要増により、アジア、中東、北アメリカ、南アメリカなどが増加し、対前年度比110%の900億円と見込んでいる。

ポンプは、インフラの一部となっているため、ポンプ単体のものづくりだけでなく、ポンプ用モータシステムとしてのサービス化が既に始まっている。しかし、そのサービスモデルの内容は、2030年には大きく変化する可能性がある。ここでは、その新たなサービスモデルの姿とそれを実現するための課題を考えてみる。

4.3.2.2 現状のサービスモデルと課題

現在、ポンプ用モータシステムで最も一般化しているサービスは、納入した製品に対する保守サービスであり、その現状を述べる。

a) 定期点検・メンテナンスサービス

突発事故を未然に防いで設備の経年劣化をカバーし、設備を長く、安全に使用するために、定期的な保守点検及びオーバーホールが実施されている。給水ポンプシステムの例では、ポンプ、圧力タンク、モータ、制御盤などを定期的に動作チェック及び調整を実施し、メーカー推奨の交換周期に応じて部品交換が行われる。

具体的には、メーカーによる違いはあるが、モータであれば、絶縁抵抗の測定、軸受の発熱、異音などを目視で6か月毎、羽根車の異物のつまり、摩耗などの分解点検を1年毎の目安で実施する。部品取替周期は、リレー、開閉器などは3年、圧力センサは5年、インバータ更新は7～8年、ユニット全体更新は10～15年程度となる。しかし、この周期は使用状況及び使用環境などに応じて設定されたものではないため、対象機器個体に関しては、必ずしも最適とは限らない。

b) 遠隔監視サービス

ポンプ設備の遠隔監視サービスは、設備機器に各種センサ及び監視端末を取付け、サポートセンタとネットワークで接続し、設備機器を24時間フルタイムで遠隔監視するサービスである。

サービスの特徴として、設備機器の異常検知通報、異常の前兆検知による不稼働時間低減、生産ロスの未然防止、省エネ・設備改善サポート、データ管理・分析の容易化が挙げられる。具体的には、ポンプ交互運転時間の監視による配管漏れの発見及び動力・照明回路の絶縁監視をすることによる漏電事故の未然防止など、予防保全及び省エネサービスが実現される。図42に示す。



(出典： <http://www.hitachi-ies.co.jp/service/remotemast/jirei.htm#jirei03>)

図42 ポンプのサービス(遠隔監視)の例

c) メンテナンス支援サービス

設置先が海外の場合で、異常発生により技術者派遣が要請された際に、ウェアラブル端末及びICT技術を活用して、現地技術者の作業を国内の熟練技術者が支援するケースがある。ただし、現在、専用システムが販売されているものの、サービスは限定的である。

これら定期保守・メンテナンス及び遠隔監視サービスなどの保守サービスは、設備納入後、定期メンテナンス契約を締結し、設備改善、設備更新、設備廃棄までの設備ライフサイクル全体に亘るサービスを実現したいところであるが、実際の保守契約率はマンションなどの給水ポンプシステムの例では、10%程度である。重要インフラ及び生活用水は、断水などが許容されないにも関わらず、現実には保守契約されず、多くが事後の障害対応となっていることは、保守契約の必要性に関して、メーカー側とユーザとの間に認識の乖離があると考えられる。

4.3.2.3 将来サービスモデル

現在の保守サービスの課題を踏まえ、将来のサービスモデルa)～d)とその実現のための要件について検討した。

a) コスト的に無駄のない保守サービス

保守サービスにおける部品交換は、基本的にメーカー推奨交換周期に応じて部品交換が行われる。しかし、この周期は使用状況が限定されない状態で設定されている。実際には、運転時間、機械振動、温度、腐食性ガスなどの環境によって左右される。

将来は、現在より精度の高い部品交換時期を算出し、コスト的に無駄のない保守サービスが実現する。例えば、部品毎の故障モデルは、最も単純には稼働時間(TBM)であり、使用温度、応力など寿命に影響のある信号を加味して精密化し、IoTにより収集したデータを蓄積・傾向監視して余寿命を予測する。それに基づき、適切な時期に補修することで過剰保守、保守不足を回避する。

さらに、設備に使用されているポンプ以外の機器についても、補修実績、機器異常時の影響度、及び余寿命から推測される故障確率を用いて、補修項目の優先度を推定し、設備資産管理サービスとして提供する。

これらを実現させるための技術的要件としては、次が考えられる。

1) ポンプシステムを構成するインバータ、モータ、ポンプ、制御盤などのIoT化

サービス内容により、必要とされるネットワーク速度は、次のように一様ではないため、クラウド／エッジでの担当分担と共に、必要に応じてネットワークの種類を選択・提供出来ることが必要となる。

- ・ 傾向監視データ：数分～数か月に一度の通信
- ・ 定期的／異常時の遠隔診断：診断の期間だけ毎秒の通信
- ・ 予兆診断でインパルス的に表れる信号：常時msの通信
- ・ 円滑な遠隔支援：遠隔支援の期間だけ4Gレベル(μ s)の通信

2) IoT機器のビックデータ収集

機械学習などのAIを使って異常・故障を診断するためには、元データ(教師データ)が必要であるが、それをメーカーの機器開発時及びユーザ1サイトだけでは必要なデータを収集することは難しく、広くデータを収集することが必要となる。異なる条件で収集されたデータを単純比較することはできないため、測定箇所・信号種別・スケーラビリティを吸収する無次元

化手法、受渡しのためのデータプロファイルなどの標準化が必要となる。

3) 機器自己診断機能強化(寿命予測技術)

データ蓄積及びAIによる機器の自己診断機能が期待される。将来的には、設備全体を含めたシミュレーション(CPS(Cyber physical System)の構築)により、収集データから交換時期を算出できるようになる。

b) 自動発注システム

交換時期を正確に予測した後、部品・機器が自動的に発注される自動発注システムが考案される。実現に向けては、次が必要となる。

- 1) 企業間コンソーシアムによる製造技術
- 2) ネットワーク標準化、部品の標準化
- 3) セキュリティの強化

a), b)により今までの「定期点検メンテナンスサービス」から最適な時期に必要なだけ保守する「リアルタイム保守サービス」が実現可能となり、サービスコストや緊急時の対応リスクが低減される。また、通常の予防保全ではできなかった、異物混入などの非計測要因による異常も検出可能になると期待できる。

さらに、このようなIoT化やビックデータ収集が進むと、その蓄積されたデータが機器部品、構造設計及びシステム開発設計にもフィードバックされ、機器更新時には環境条件、負荷条件が反映された、より付加価値の高い製品及びシステムとして提供され、技術的な飛躍が更に期待される。図43に示す。

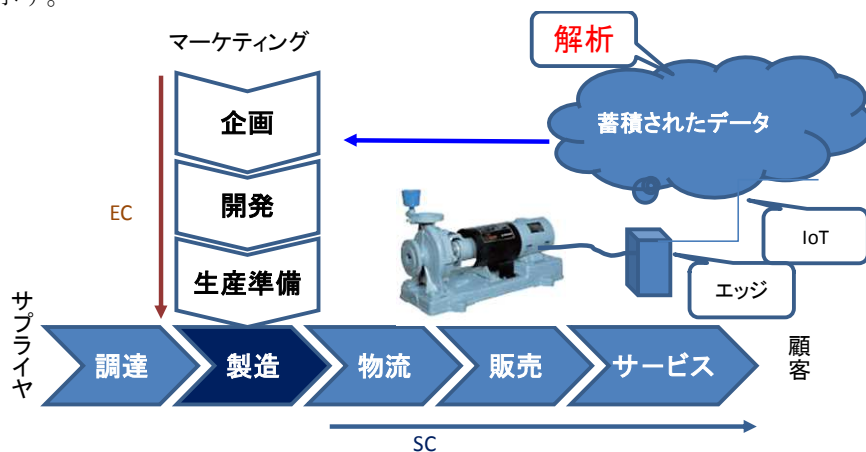


図43 蓄積データの次回企画・開発への反映(SCからECへの展開)

c) ワンストップサービス(コトづくり)

現在のサービス運用は、電機メーカー、設備メーカーと別々の運用となっており、ユーザから見ればワンストップサービスとなっていない。

例えば、断水となった場合、電気要因なのか設備要因なのか、その場で特定できず、問題解決に時間がかかる場合がある。ユーザから見れば、電気、設備側関係なく、水を安定的に得たいと考えており、マンションなどの給水ポンプシステムでは、1時間以内の復旧を要求されることもある。

また、給水ポンプシステムの場合、水道メータはついているものの、水道局と連携がとれてい

ないため、設備寿命にも影響する負荷流量などの測定はできていない。

しかし、2030年には、ワンストップサービスが実現されるだろう。

そのためには、次のようになる。

- 1) 水道局、設備メーカ、電機メーカにてコンソーシアムの構築
コンソーシアムが(設備運用～保守を一括で受託する)サービス事業を委託又は運営する。
- 2) コンソーシアム内でのスムーズなデータのやり取り
コンソーシアムを上手く運用するには、その関係者間でのスムーズなデータのやり取りが必須となる。

ワンストップサービスが可能になると、設備全体をレンタル化することが可能となり、初期投資を抑えて、従量課金制を用いたライフサイクルサービスも実現できるだろう。ユーザにとっては運用リスクの低減、TCO(Total Cost of Ownership)の最適化が実現するため、このような新サービスモデルが普及すると思われる。

ただし、リース／レンタル方式が増加すれば、契約終了時の機器がサービス提供者の重荷となる。返却品を再製造して販売することが考えられるが、資源節約及び廃棄物削減の面から保守サービスで得られた当該個体の故障モデル情報に基づき、必要部品・部位の交換・オーバーホールが過不足なく行われることが望まれる。つまり、リマニュファクチャリングをどうするかが課題となる。

d) 省エネサービス

日本全体の電力量の約57%をモータが消費しており、その消費を抑えることはコスト削減だけでなく環境保全にも繋がる。現在でも遠隔監視及び保守サービスの一環として省エネサービスが提供されている。省エネは、その設備をどの階層(地域、工場レベル、設備レベル、コンポーネントレベル)まで考慮するかで、その効果や必要な技術が違ってくる。

例えば、コンポーネントレベルでは、モータには最高レベルの製品性能を指標とするトップランナー制度が適用され、各メーカから適合品が提供されている。モータを組み込んだポンプとしては欧州で効率規制が行われており、今後、機器としての適合が進むと考えられる。

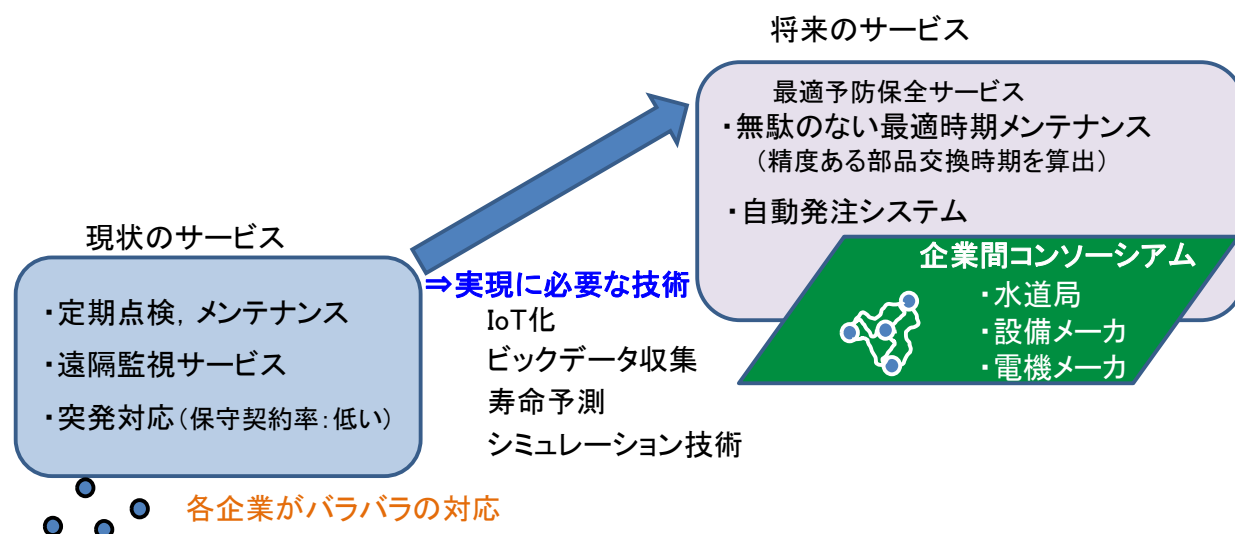
また、機器単体レベルでは、インバータによる回転数制御、複数ポンプの並列運転時は、高効率領域で運転を行うための台数制御などが適用され、最適運転を行なうことがある。

これらの省エネのソリューションは、現在では、各階層での最適化に止まっているが、2030年には、全体最適が達成できるようになるだろう。そのためには、各階層での情報共有に加えて各階層間での情報の共有が必須となる。

4.3.2.4 サービス化を実現するときの要件と課題

図44に現在のサービス及び2030年のサービスの姿を示した。4.3.2.3で述べたサービスを実現するための要件をまとめる。(4.3.2.3の記載内容を集約)

- 1) IoT化・ビッグデータ収集(それに伴う、標準化及びセキュリティ)
- 2) コンソーシアム構築(各階層での情報共有に加えて各階層間の情報の共有を含む)
- 3) 従量課金制
- 4) リマニュファクチャリング



現在でも、稼働実績やアラーム情報などを収集して可視化することは行われているが、これら

の生産プロセス情報を全社的に運用している例は少ない。

将来は、これらを加工現場だけでなく全社的に運用することが求められる。これにより設計部門及び加工部門との間の連携による品質向上や、購買部門・加工部門・出荷部門間の連携による製造トレーサビリティの確保などが可能となる。

4.3.3.3 サービス化を実現するための要件及び課題

4.3.3.2で述べた工作機械のサービス化を実現するためには、次のような課題がある。

a) 工作機械内情報の入出力方法の統一化と情報のモデル化

多くのユーザの工場では、複数の製造業者から納入した工作機械が稼動している。このため、ユーザは、製造業者毎に別々の方法で工作機械内情報を入出力する必要がある。さらに取得した情報も製造業者により考え方やフォーマットが異なるため、ユーザはこれらを統一する作業が必要になる。

この課題を解決するためには、Industrie 4.0における管理シェルのような仕組みにより、入出力方法の統一化と情報のモデル化を推進する必要がある。

b) 工作機械内情報の所有権及びセキュリティの管理

工作機械のサービス化を実施すると、工作機械情報が従来の範囲を超えて移動することになる。このため、工作機械内情報の所有権及びセキュリティの管理が必要になる。

c) 分散制御に伴う加工情報の管理方法の変化

2030年の工場では、加工する製品に応じて機械が自律的に製造工程を最適化することが求められる。従来のFAシステムでは、中央集権的に機械が統制・制御されたのに対して、各機械同士がコミュニケーションして自ら考える分散制御方式が要求される。

このためには、加工される製品自体が自分の加工方法や加工納期などの情報を持ち、加工する機械が製品から加工方法を取得する仕組みが必要になる。

d) デジタルツイン

エンジニアリングチェーン(EC)運用／生産運用／サプライチェーン(SC)運用の連携では、工場及び製品についてのサイバー空間上のデジタルツインが必要となる。

EC運用／生産運用の連携では、工場のデジタルツインが重要になる。これによりEC運用側では生産運用をシミュレーションして、より効率的な工程計画やフロアレイアウトを工場に提案できる。また、生産運用側においても、生産を始める前に加工素材の搬入と搬出及び加工に必要な工具や治具の段取りなどの工程を、シミュレーションで検証できる。c)で記載したように、実際に生産運用を始めれば、各機械が自律的に製造工程を最適化できる。

このような工場のモデル作成は、現場のスキルが高い日本が、トップダウンで製造が進む欧米よりも適していると考えられる。ものづくりを熟知した現場がサイバー空間上の工場をカイゼンすることで、EC側も生産運用側も精度の高いシミュレーションを実現できる。

EC運用／SC運用の連携では、製品のデジタルツインが重要になる。各種のセンサにより使用状態をモニタできるように設計された製品からは、エンドユーザでの様々な利用情報がインターネットを介して製造メーカに蓄積される。製造メーカ側にある製品のデジタルツインにこれら利用情報を入力することで、製造メーカはエンドユーザの使用状態を再現し、「設備を止めない」た

めの保守に役立てることができる。

また、エンドユーザでの様々な利用情報は、次期製品の機能追加及び改良の優先順位の決定に役立つと共に、それらを追加した場合のデジタルツイン上でのシミュレーションによる検証にも使用できる。

4.3.4 ロボット製造業のサービス化

4.3.4.1 現在のロボット製造業

産業用ロボットは、今まで、自動車産業を中心に高い生産性及び品質を実現するために、溶接・塗装・シーリング・プレス間搬送などに主に活用されてきた。2015年の出荷額は約6,800億円で、その中で日本企業は世界でも高い競争力を持っている。産業用ロボットの世界ランキングトップ10のうち6社は日系企業である。

政府が2015年1月に公表した「ロボット新戦略」では、2020年に製造分野で使用されるロボットの市場規模を2倍の1.2兆円という目標が掲げられた(非産業用は20倍の1.2兆円)。そこでは、今までの自動車産業だけでなく、電機産業、三品(食品・化粧品・医薬品)産業などにも様々な産業用ロボットが使用されることを目指している。

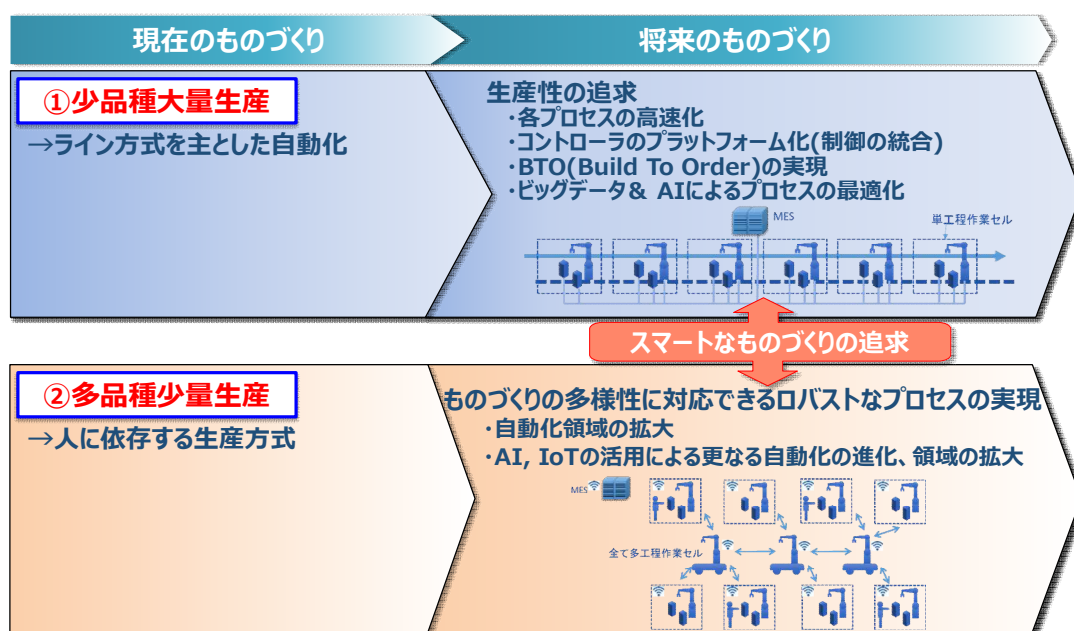
4.3.4.2 将来のロボットの使い方

少子高齢化が進む国内での労働力不足の中で、常に生産性向上が求められる製造業では、ロボットは今後ますます多くの仕事をするようになる。

2015年度版 製造業2030(2.5 生産運用の最適化, 2.5.1 自律型多能工ロボット)においても次の記述がある。「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。」また、人工知能のロボットへの応用に関しては、「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。」とされている。結果として、「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。」と予想している。

そのような状況を表したのが図45である。

ものづくりはスマートになるが、それが大きく2つに分かれる。一つは少品種大量生産が進化して生産性を追求する工場、もう一つは、多品種少量生産が進化してフレキシビリティが高くロバストな自動化を実現する工場である。それぞれ、2015年度版 製造業2030の言葉でいうと大規模無人化工場と多能工ロボットが活躍する中小規模工場のイメージである。さらに、多品種少量生産が発展すると、大量生産と同じコストで多品種生産が可能な「マスカスタイゼーション」となる。



(出典：安川電機提供の図を改変)

図45 (ロボットを利用した)現在のものづくりと将来のものづくり

4.3.4.3 ロボット製造業のサービス化

4.3.4.2で記載した将来像の中で、ロボット製造業のサービス化として、次が考えられる。

a) エンジニアリングチェーン(EC)のサービス化

多くのロボットが使われるようになると、多種多様なロボットが求められる。そのため、それを効率よく企画、設計、試験、製造することが必要となり、エンジニアリングチェーン(EC)のマネジメントが必要となってくる(図46)。その設計手法、解析、生産設備の運用、シミュレーションなど、企画から生産設備の運用までをサービス化することが価値となる。

例えば、ユーザの要求(非言語的な場合を含む)をどう解釈するか、モータの選定はどうするのか、この設計したものはユーザの要求に満足するものになるのかなど、事前にシミュレーションが必要になる。また、ロボットを作る生産ラインは実現可能なのかも含めて、EC全体を運営するノウハウも必要になる。また、多種多様なロボットを生産するためには、そこで作る製品(ロボット)により、最適な(利用ノウハウを含んだ)生産設備を都度選択・組み合わせることが必要となる。

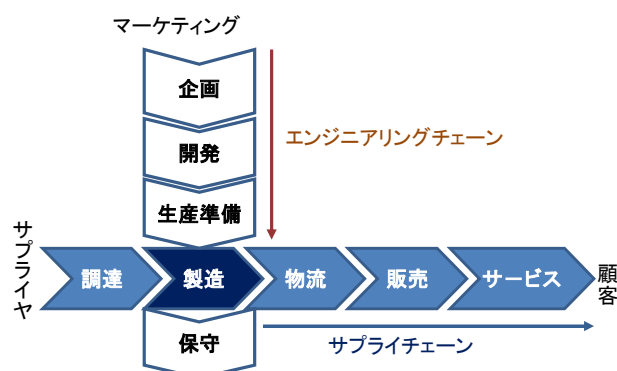


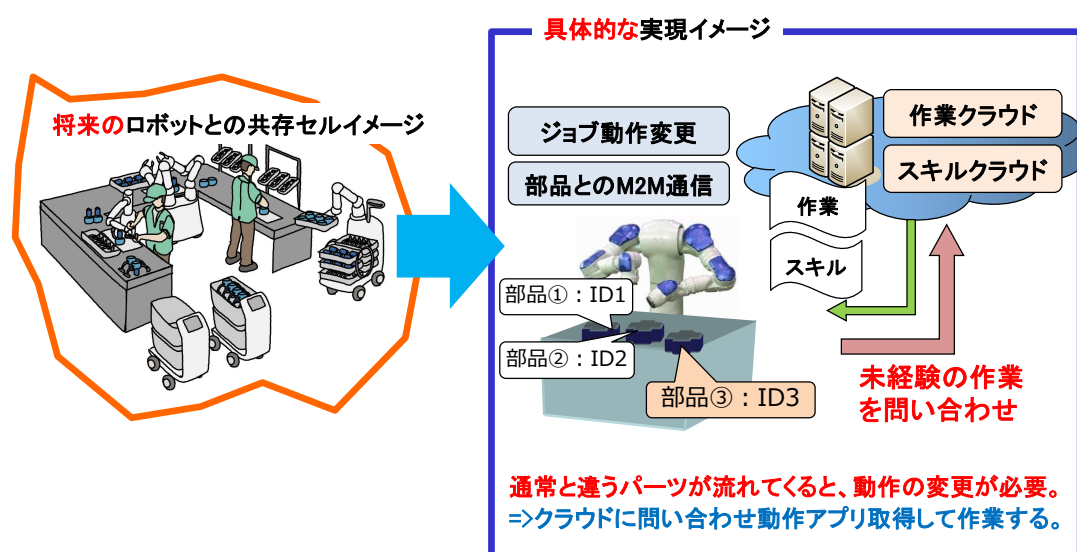
図46 EC(エンジニアリングチェーン)とSC(サプライチェーン)

b) ロボットを生産システムとして使う場合のサービス化

ロボット製造業ではロボット本体の提供そのものよりも、教示、保守・メンテ、使い方のコンサルティングなどの運用サービスが大きな価値になっていく。特に、ロボットの運用サービス化により、多品種少量生産が効率よくできると考え、図45の②多品種少量生産のロボットにおける運用サービスを取り上げる。

なお、図45の①少品種大量生産は止まらないことが最重要であるなど、4.3.3.2 工作機械のサービスとほぼ一致するため、ここでは述べない。

図47で示した将来の生産ラインでは、ロボットが作業に応じた動作プログラムをクラウドから取り入れることで、人と共存した作業が可能となる。流れてきたパーツがこれまでと違うパーツであると、クラウドから動作可能な動作プログラムが選定・最適化されてロボット本体に流れてくる。

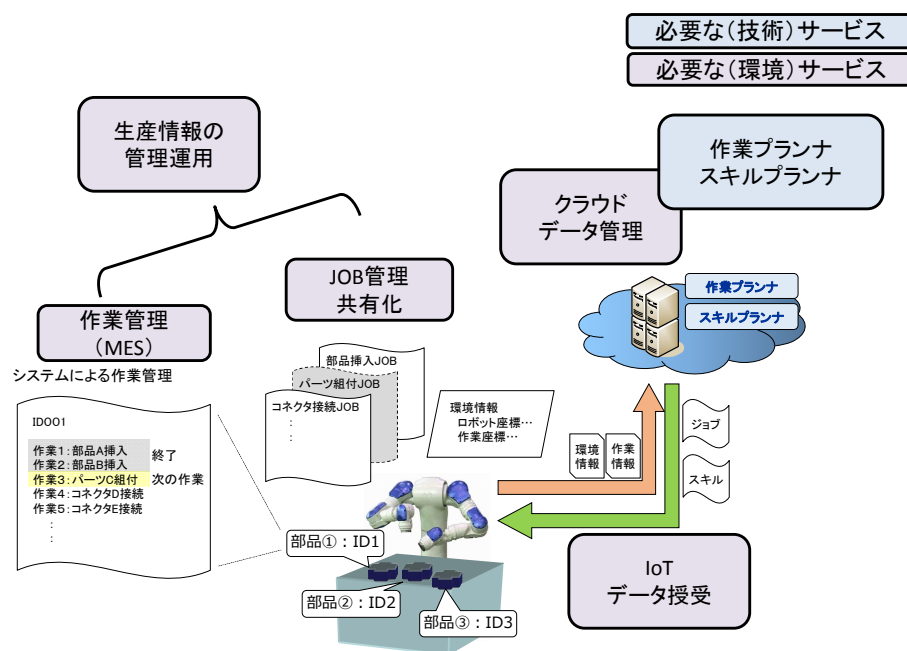


(出典：安川電機提供の図を改変)

図47 将来のロボットと人の共存

このとき、必要なサービスを図48に示す。技術提供のサービスとして、作業プランナ及びスキルプランナがある。また、運用環境のサービスとして、クラウドデータ管理、IoTデータ授受、生産情報の管理運用(作業管理、JOB管理共有化)がある。

これら全てをロボット製造業者が一括して取り込み、自身が提供するサービスの価値を高める場合もあり、個々の得意な分野のみに特化した価値を提供する場合も考えられる。



(出典：安川電機提供の図を一部利用)

図48 将来のロボットに必要なサービス

c) ユーザ経験価値の提供・ユーザとの共創

ユーザがロボットを使う理由は製品を作りたいからであり、ロボットを所有する必要はない。

その実現形態のひとつがロボットレンタルである。また、多品種生産では、個々の製品毎に製造ノウハウが違うので、ロボットがどういう使われ方をしているかのデータに価値がある。将来は、IoTで情報を吸い上げることにより、ロボットの運用経験・ノウハウを蓄積、解析することにより、使い方のカイゼンによる生産性向上や作業に対するフレキシブル対応などのユーザへの提案力が備わり、ロボット提供企業の価値が向上する。

課題は、あるユーザから他のユーザへどのようにUX(ユーザ体験)を展開するかである。拡張現実(AR(Augmented Reality))やIoTを使って体験の共有ができるようにし、将来的にはCyber Physical System (CPS)を用いたUXが実現される。

4.3.4.4 ロボットのサービス化の基盤

ロボット製造業におけるサービス化をEC、製造現場の運用管理で例示してきたが、それを実現するには、従来のように個社だけで対応するには限界がある。例えば、様々なロボットを短納期で生産する場合には、ロボットを構成するモータなどの部品も様々な種類が必要となるが、個社対応では時間及びコストがかかりすぎる。

そのため、個社を超えてグローバルなパートナーシップを作ることによって対応していくことになる。製造するものは、多品種であり固定されていないので、そのパートナーシップも固定したものではなく、EC、SCを含んで必要な構成メンバが必要な期間だけパートナーとなる。また、マーケティングも必要となるため、製造業だけでパートナーシップを作るのではなく、異業種も含めて幅広く可能性を追求することになる。そうしたパートナーシップは、プラットフォームを用いて「グローバル製造連盟」が構成される。

「グローバル製造連盟」の中で個社がどのような役割分担で自社のビジネスとしていくかは、そ

それぞれの会社の強みによって違ってくる。「グローバル製造連盟」への参入形態は、各社が長年のビジネスで培ったノウハウにより様々であるが、例えば、次が考えられる。

- 1) AIを導入し、プラットフォーム参加企業のグローバルネットワークを活用したマーケティング調査・企画
- 2) モータの設計によるライセンス収入
- 3) システム全体の設計によるコンサルティング収入
- 4) 様々な分野で使われるロボットのモータの製造、保守運用による収入
- 5) ロボットを実際に現場で使う際のアドバイザー収入
- 6) プラットフォーム全体の運営

グローバル製造連盟がグローバルなビジネス展開を実現するには、通常の製造現場の運用だけでなく、共通基盤には、次の機能が必要となる。

- 1) マーケティング(市場調査、商品企画、競合分析、ユーザ分析など)による調査・分析
- 2) 販売戦略(販売戦略、販売体制、広告など)の企画・立案
- 3) ファイナンス(資金調達計画、資金繰り分析、各種リスク対策など)の策定
- 4) 国際的な税務や法務などへの対応
- 5) 最新の科学技術動向を追いかける長期的なR&D

このような機能を実現するために必要なモデル化は、WG1での議論に繋がる。今後、WG1でのモデルの議論との整合性を高めていく。

誰がどのように価値を提供して収益を得るかといったビジネスモデルは、固定的なものではなく、そのプレーヤ及び状況により、フレキシブルに変化していく。2030年にはそれができるような仕組みができていく。

4.4 WG3まとめ

モータを使った製品(ポンプ、工作機械、ロボット)の製造業で、どんなサービスが生まれるか、また、その時どんな要件が必要になるか議論してきた。図49は、EC運用、SC運用、生産運用の観点でそのサービスを分類したものである。製造業の全体プロセスでサービス化が重要になってくるのが解る。

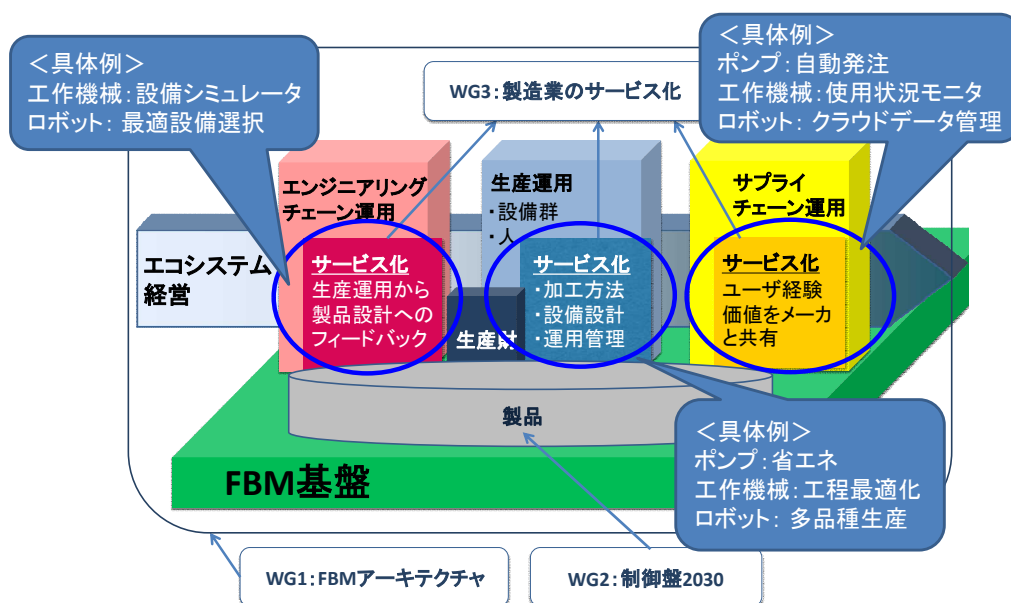


図49 モータシステム(ポンプ, 工作機械, ロボット)製造業のサービス化

図50で、モータシステム(ポンプ, 工作機械, ロボット)製造業のサービス化から共通要件を抽出した。その共通な要件を次にまとめる。

a) データ収集, 解析

製品を使っている状態を知ることが最大の要件となる。既にIoT, AIなど、技術的には確実に発展している。しかし、それを使う仕組みとして、データの所有権やセキュリティなどの課題の克服が必要となる。

b) CPS(Cyber Physical System)の実現

コンピュータとa)で述べたデータ収集力, 各種のシミュレーション技術の発達を捉えて, デジタルツインと呼ばれるCPSの実現が必要になる。

c) 場(プラットフォーム)の創設

4.3では, それぞれのモータシステムの製造業で次が必要であることを述べた。

- ・ ポンプ：コンソーシアム
- ・ 工作機械：標準化のためのモデル化とI/Fの共通化
- ・ ロボット：グローバル製造連盟

それらは, プラットフォームと言えるものであり, その上で最適な組み合わせができ, ビジネスモデルも変換し易いビジネス基盤となる必要がある。特に, そこに参加する構成員である個社が自由に繋ぎ換えできる仕組みを持つことが必要である。ここでいうプラットフォームは, 2015年度版 製造業2030で提案したFBMの基盤の中に含まれるべきものである。

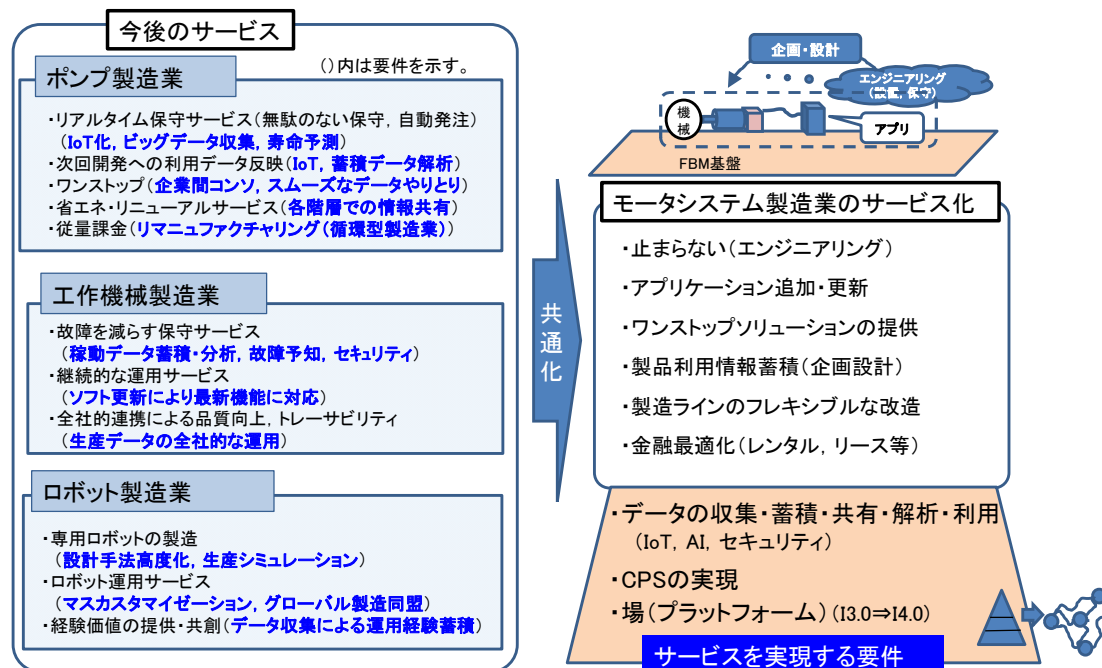


図50 モータシステム(ポンプ, 工作機械, ロボット)製造業のサービス化の共通要件

これらができると技術的、制度的な要件と、そのような製造業のサービス化が進展したときに、電機業界は何をすべきかの提言を表4にまとめた。

表4 モータシステム製造業のサービスとそれを実現する要件及び電機業界への提言

サービスの種類	技術的、制度的な要件	JEM A会員は何をすべきか。
①モータシステムの使い方(アプリ)提供	・各アプリ技術 ・自動設計	・得意分野アプリの強化 ・コア技術(得意分野)のクローズド化
②故障予知・診断等(エンジニアリング)	・IoT, 分析(AI等)	・得意分野のデータ収集 ・解析技術は他社と連携
③ニーズの吸い上げ(共創)	・IoT, セキュリティ, 標準化 ・データの所有権, 知財	・製品のIoT化 ・標準化主導
④最適支払い(課金)	・課金技術 (フィンテック利用等)	・金融機関又は他のパートナーとの連携
⑤場(プラットフォーム)の提供	・標準インタフェース	・プラットフォームの提供 ・他社標準化インタフェースの自社適用
⑥最適なプレーヤの選定	・企業間連携の容易化の仕組み ・連携可能な企業のカatalog化	・自社得意分野の明確化 ・連携し易い体制整備
⑦基本制御モジュールの提供	・機能のモジュール化 ・共通評価基準	・アプリ開発ソフト提供 ・コア部分ハード・ソフト提供

表4の中では、次の4点が特に重要と考える。

- 1) 得意分野の見極め
- 2) 場(プラットフォーム)の提供者になるか、そこに参画するかの判断
- 3) 標準化を主導するかの判断
- 4) 他業種との迅速且つフレキシブルな連携体制の整備

これまで見てきたように、2030年に向け製造業において、サービス化への大きな変化が起ころ

うとしている。その中で各社が進むべき路を判断し、確実に実行のフェーズに移すことが重要となろう。

5 まとめ

5.1 WG活動の総括

図4(BtoBにおけるFBM)を基にスタートした3つのワーキンググループの活動実績(検討内容)のマップを図51に示す。

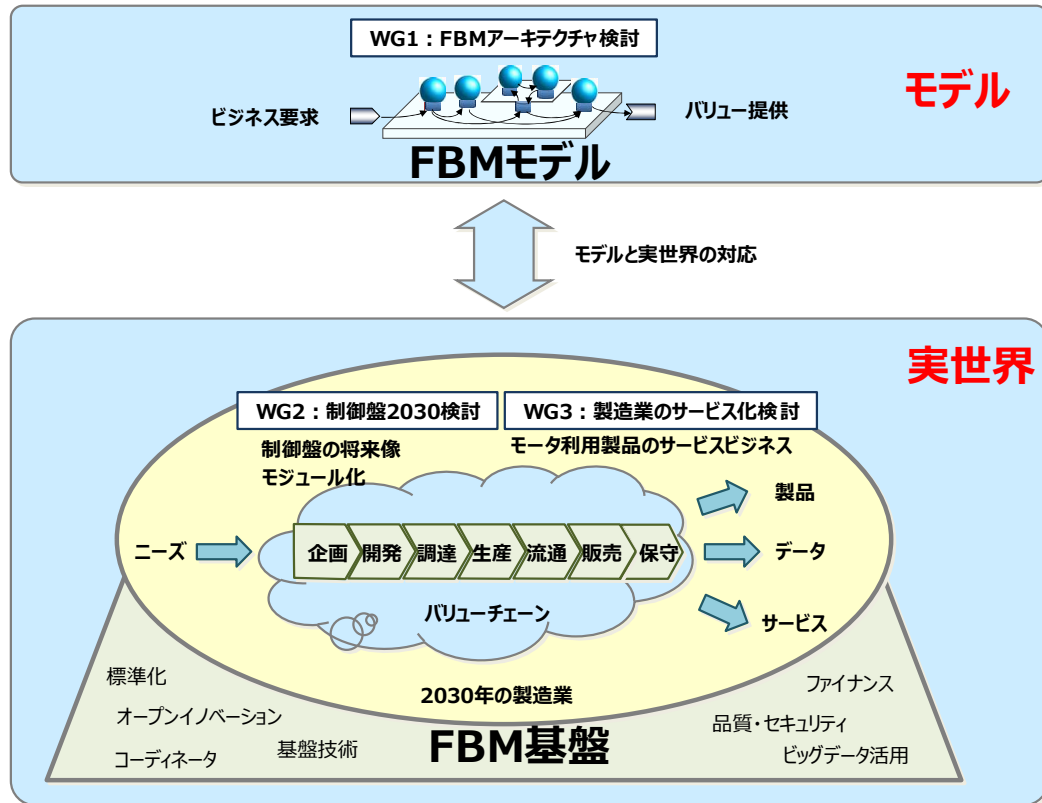


図51 FBMの具現化とFBMに関する共通理解を深めるためのWG活動

FBMは、ドイツの「Industrie 4.0」や日本機械工業連合会の「TAKUMI 4.0」などで大きく取り上げられてこなかった「ビジネス」についても、そのモデル内に取り込むことを試みた。FBMによるビジネスモデルは図52に示すように、主に4つの要素から構成される。

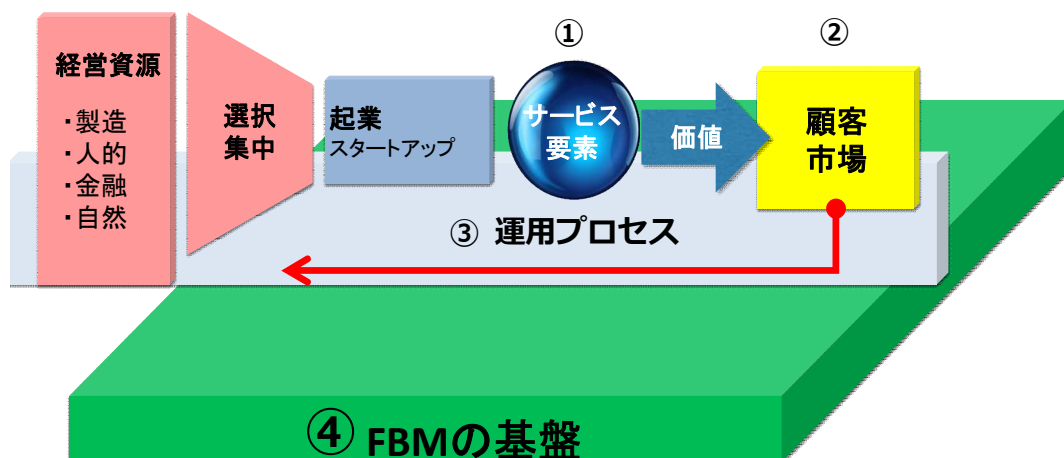


図52 FBMによるビジネスモデル構成要素

1つめは差別化の要素である「球」。2つめはターゲットとなる「市場」。3つめはライフサイクルにわたる「運用プロセス」である。これらの3つの構成要素を支えるものが4つめのFBMの「基盤」である。

有効なビジネスモデルを組み立てるために、これらの構成要素に求められる要件がある。まず、「球」は差別化され、磨き抜かれた魅力のあるサービス要素であることが求められる。「市場」はユーザの特性を踏まえて層別化した上で、戦略的に絞り込まなければならない。特にグローバル競争の視点で、国や地域で異なる特性、共通な特性を見極めることが必要である。「運用プロセス」は、付加価値の追求によってバリューチェーンを構成していることが必要であり、可能な限り簡素化されるべきである。さらに、市場変化へのフレキシブルな対応力を強化することが必要になっている。4つめの「基盤」は、他の3構成要素とは異なり、それ自体を設計するような自由度はなく、基盤の特性と他の3構成要素との整合性を確保することが重要となる。特にグローバル競争を勝ち抜く上で、各国の労働市場の特性や流動性などを踏まえて、3構成要素を設計することの重要性が高まっている。

以上の4つの構成要素を組み上げて新たなビジネスを創生するためには、次の要件を満たす必要がある。

1) 収益性とコスト競争力

「何で儲けるか、どう儲けるか」が明確に表現されていること。ハードウェアとソフトウェアのモジュール化により、再利用性によるリードタイム短縮及び組合せによる差別化を図る。参加者がWin-Winになるような、新しい利益再分配が必要になる。

2) 変化対応力

環境の変化に対応して迅速にターゲット(ユーザ)を組み替えたり、他社との連携を実現したりできるよう、運用プロセスがフレキシビリティを持つことが必要である。

3) 戦略性

社会や技術のトレンドをとらえ、ビジョンを打ち出し、事業や経営資源の選択と集中を促し、企業の方向性を示すこと。

4) コアコンピテンシ

競争力の源泉となる固有の製品特性や製造特性が何かを見極め、そのための知的財産が保持されていること。球・市場・プロセスの設計において、コアコンピテンシが最大限に生かされていること。ビジネスエコシステムを統治するためのオープン&クローズ戦略及びコミュニティ運営の実践ができていること。

日本の製造業のコアコンピテンシは、「製造現場で品質などの問題を積極的に見出し、根本原因を追究して、問題を改善していく」人の行動様式にあり、この行動の背景にある考え方はサービスの品質向上にも間違いなく応用できるはずである。つまり、製造現場におけるノウハウを分析・分解し、汎用的な要素を抽出し、サービスの品質管理やコスト管理に適用させるのである。

今日では、アセット(資産)化された技術やノウハウに加えて、機械や設備に取り付けたセンサからのデータなど、無形の知的財産がコアコンピテンシとなっており、「モノづくり」から「コトづくり」へのシフトが加速している。このことから、IoT時代のビジネス創生においては、ハードウェア及びソフトウェア開発プロセスを一体として理解することと、めまぐるしく変わる社会

や市場のトレンドに対する即応力が必要となっている。

5.2 提言 ～システムズエンジニアリング～

IoT化に向けた一般的な傾向により、複数の独立したシステムが互いに関係し合っ価値を提供しているような複雑なシステムが増えており、システムズエンジニアリングの考え方の重要性はますます高まっている。Industrie 4.0、ビッグデータ、自動運転、AI(人工知能)では、ソフトウェアがイノベーションを牽引している。そのことから、ハードウェア及びソフトウェア開発プロセスを一体として理解することが効率的なシステムズエンジニアリングの前提となってきた。では、今後の製品トレンドやユーザニーズに対応するために、なぜシステムズエンジニアリングが重要なのかを説明する。

IoT化が進むにつれて、従来は殆ど閉ざされた環境にあった製品やシステムが、高度に統合されたSoS(System of Systems)に移行するようになる。これによりシステムの複雑性は一層高まり、FBMのようなモデルベースのエンジニアリング・アプローチの適用、適切なシステム要求のエンジニアリング、変化対応力の高いスケーラブルなアーキテクチャが必要になる。アーキテクチャを基軸にした製品開発を行うためには、はじめに製品の構造とインタフェースを規定し、それに基づいて開発を進めるというアーキテクチャ設計への移行が必要になる(図53)。

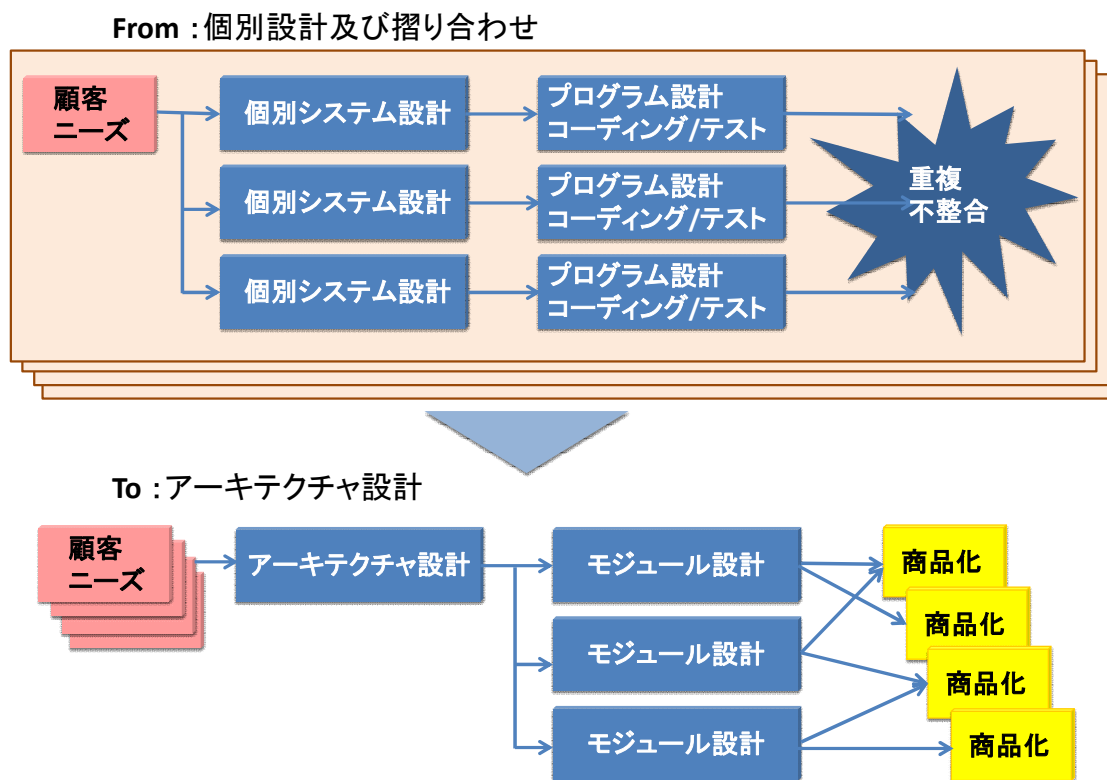


図53 アーキテクチャ設計への移行

組込みソフト系の開発現場においては、「アーキテクチャ」は比較的新しい概念であり、相変わらずボトムアップで既存のプログラムの改造と新機能の追加を繰り返している。エンタープライズ系ではアーキテクチャという考え方は定着しているが、ビジネス視点やサービス視点からのアプローチは最近始まったばかりである。

日本の製造業には「現場」「現実」「現物」の三現主義が定着しているために、「アーキテク

チャ」や「フレームワーク」，「モデル」などといった(現場から距離感のある)概念に対する抵抗が強い。実際に動かないものは信用しない人が多い。しかしながら，複雑化，大規模化したシステムを市場の求めるスピードで提供し続けるためには，現物だけではなく「モデル」ベースで設計し，検証する仕組みを取り入れなければ対応しきれない。そのために企業が心がけるべき点は，第4次産業革命へ対応していくための人材育成や，システムズエンジニアリング適用能力の強化など，組織変更の必要性である。

5.3 2017年度の特別委員会活動方針

2015年8月に発足した特別委員会は，2015年度は製造業の2030年の姿としてFBMを提言，2016年度はFBMを深掘りして実現への課題を示した。その結果を踏まえ，2017年度はFBM実現に向けた深掘りを継続する。具体的には次の活動を計画している。

a) FBM実現に向けたアクション

- ・ WG1で検討したFBMモデルの範囲を拡張する。
例えば，注文や生産種類の急な変化などの外乱へのフレキシブル性や時間的にビジネスが変化する様子のモデル化
- ・ WG2(制御盤2030)及びWG3(製造業のサービス化)，他団体(国内(RRI,IVI),独,米など)で集めているユースケースを用いて，FBMの特徴を備えているか否か，何を追加すればFBMになるかの視点で整理し，FBMモデルで表現する。
- ・ 制御盤2030の実現に向け，今後の制御盤製造業のあり方，変革を検討し，スマートマニュファクチャリングの実現に向けた具体的検討を行う。
- ・ 2016年度までに取り上げられない又は十分な議論していないテーマ(例えば，セキュリティ，データの所有権)について深掘りする。それらのテーマは他機関との役割分担を含めて議論する。

b) 他団体との連携

次の他団体と連携し，議論を深め，a)に反映させる。

- ・ 国内：RRI, IVI, JEMIMA, JSIA, NECA
- ・ 海外：IIC, ZVEI(ドイツ電気・電子工業連盟)

c) 普及活動及びそれによるフィードバック

次のような機会を作り，FBMの考え方を普及・意見交換し，結果をa)に反映させる。

- ・ 会員企業，関係委員会への講演及び意見交換
- ・ SCF/計測展 2017 での PR 及び意見交換
- ・ FBM の萌芽と思える現場の見学及び意見交換

6 特別委員会の委員名簿

この提言書を作成した特別委員会の委員名簿を、次に示す。

スマートマニュファクチャリング特別委員会

	氏名	組織名	所属WG
(委員長)	松隈 隆志	オムロン株式会社	WG2
(副委員長)	富田 浩治	株式会社安川電機	WG3
(委員)	石隈 徹	アズビル株式会社	WG1
	原 功	国立研究開発法人産業技術総合研究所	WG3
	佐久間 隆寿	山洋電気株式会社	WG2
	中村 至雄	山洋電気株式会社	WG2
	柏崎 維寿	株式会社田原電機製作所	WG2
		(一般社団法人日本配電制御システム工業会)	
	日下部 宏之	株式会社東芝	WG2
	杉森 久容	東芝三菱電機産業システム株式会社	WG3
	久積 崇志	東芝三菱電機産業システム株式会社	WG2
	堀川 徳二郎	東芝三菱電機産業システム株式会社	WG1
	梅田 浩之	日本アイ・ビー・エム株式会社	WG3
	青木 崇	株式会社日本政策投資銀行	WG3
	石村 尚也	株式会社日本政策投資銀行	WG3
	大沼 久美	株式会社日本政策投資銀行	WG3
	榎原 正	パナソニック株式会社	WG1
	小池 博	株式会社日立コンサルティング	WG3
	伊東 厚	株式会社日立産機システム	
	苗村 万紀子	株式会社日立産機システム	WG1
	小倉 信之	株式会社日立製作所	WG1
	折居 仁	広沢電機工業株式会社	WG2
		(一般社団法人日本配電制御システム工業会)	
	松倉 禎生	ファナック株式会社	WG3
	務台 明良	ファナック株式会社	WG3
	小島 伸浩	富士電機株式会社	WG3
	戸枝 毅	富士電機株式会社	
		(SCF/計測展実行委員会)	
	山田 隆雄	富士電機株式会社	WG1
	葉山 陽一	富士電機機器制御株式会社	WG2
		(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	WG1
	中村 稔	三菱電機株式会社	WG2
	古澤 康一	三菱電機株式会社	WG2

	氏名	組織名	所属WG
	山岡 宏司	株式会社明電舎	WG1
	包原 孝英	株式会社安川電機	WG2
	小田 信二	横河電機株式会社	WG1
	徳山 幹夫	ロボット革命イニシアティブ協議会	WG1
	水上 潔	ロボット革命イニシアティブ協議会	
(オブザーバ)	若林 究	経済産業省	
(事務局)	阿部 倫也	一般社団法人日本電機工業会	WG2
	佐野 正浩	一般社団法人日本電機工業会	WG1
	高橋 一郎	一般社団法人日本電機工業会	WG1
	竹村 正央	一般社団法人日本電機工業会	WG3
	田中 一彦	一般社団法人日本電機工業会	WG2
	本松 修	一般社団法人日本電機工業会	WG3

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。

7 最後に(編集後記)

2015年度版 製造業2030発行から早いもので1年が経過した。たった1年の間にも、イギリスのEU離脱やトランプ大統領の誕生、朴大統領の弾劾など、政治・経済は目まぐるしく変化した。文中でも紹介したように、日本は第4次産業革命に向けてドイツと連携することを「ハノーバー宣言」にて表明した。このように、日本の電機業界を取り巻く環境は時々刻々と変化しており、それに対応するための「柔軟な変化対応力」が求められている。それを具現化するものがまさにFBM(Flexible Business and Manufacturing)であり、提言書「製造業2030」と共に毎年ブラッシュアップを重ねていく。

話は変わるが、私の自宅がある神奈川県小田原市に北村透谷(きたむらとうこく：1868-1894)という詩人・評論家がいた。透谷は、評論「漫罵(まんま)」の中で、近代化=西洋化とする明治時代の風潮とそれを変えることの出来ない自身をののしり、「革命にあらず、移動なり」という名言を残している。「国としての誇り、国民としての名誉、それらはどこにいったのか。声を大にして問うても、誰も耳を傾けない。国としてひとつになり、国民として同じ理想を持ち、人種として同じ意志を持とうとしない。」と続けている。現在の日本はどうだろうか？

昨年度の委員長である水上氏(RRI)が編集後記の中で引用された松尾芭蕉の「不易流行」という言葉は、「本質的なものを忘れない中にも、新しく変化しているものを取り入れていく」という理念である。日本の製造業として“守るべきこと”と“そうでないもの”を明確にし、共有し、日本流のオープン&クローズ戦略を実践することが急務ではないか。本書がそのための一助となれば幸いである。

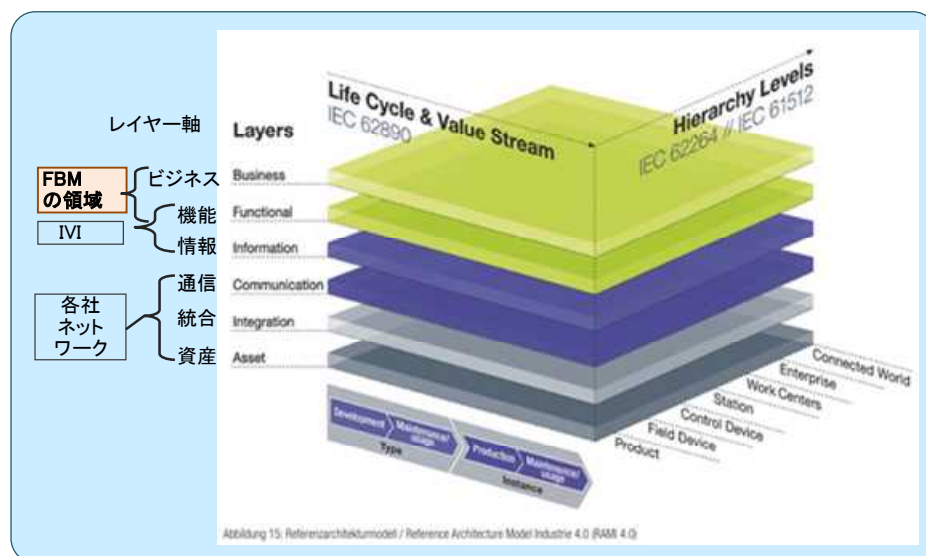
スマートマニュファクチャリング特別委員会
委員長 松隈 隆志

附属書A (参考) RAMI 4.0とFBMとの関連

RAMI 4.0(Reference Architecture Model Industrie 4.0)は、ドイツのPlattform Industrie 4.0が提唱するモデルである。IoTを活用する製造業でのシステムを3次元に階層化して示そうとするモデルである。3軸のとらえ方で分類し、製造業の多くの機能を下層から上層まで階層化して、機能間での必要な連携がとれるシステムの設計を構造的にガイドすることを狙っている。

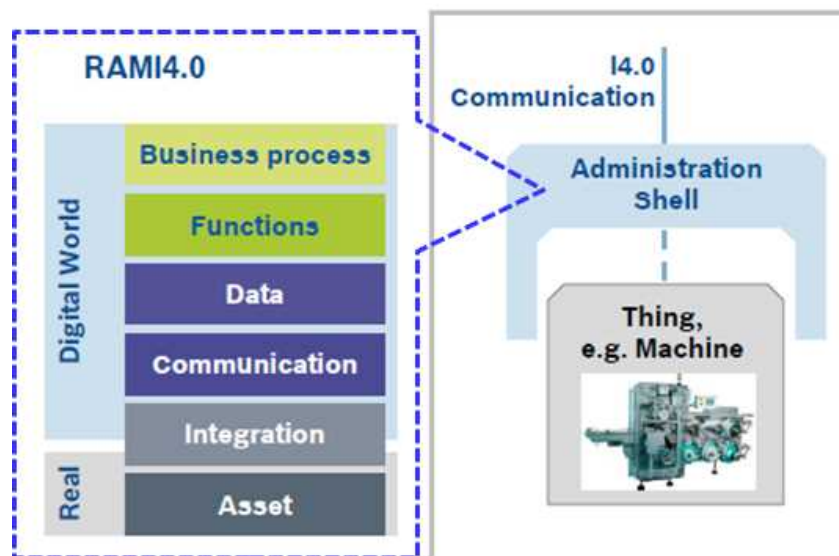
RAMI 4.0の中の縦軸にある機能(Function)、情報(Information)、通信(Communication)、統合(Integration)、資産(Asset)はビジネスを支えるために考慮すべき(標準を含む)技術の分野を示している。この技術軸では、様々なIoT活用プロジェクトの注力ポイントをマッピングすることができる。例えば、FBMはビジネスと製造業に焦点をあてており、RAMI 4.0の技術軸の中で捉えると、上層のビジネスと機能の部分に論点を絞っているといえる。

IVI(インダストリアル・バリューチェーン・イニシアティブ)が実施している業務シナリオを中核に置いた実証プロジェクトは、この軸の機能と情報の部分に焦点を当てていると考えると分かり易い。また、日本の各社が提供しているネットワークシステムの多くは最下層の設備や機器の通信に焦点をあてているので、通信、統合、資産の部分に注力しているともいえる。これらの関係を図A.1に示す。



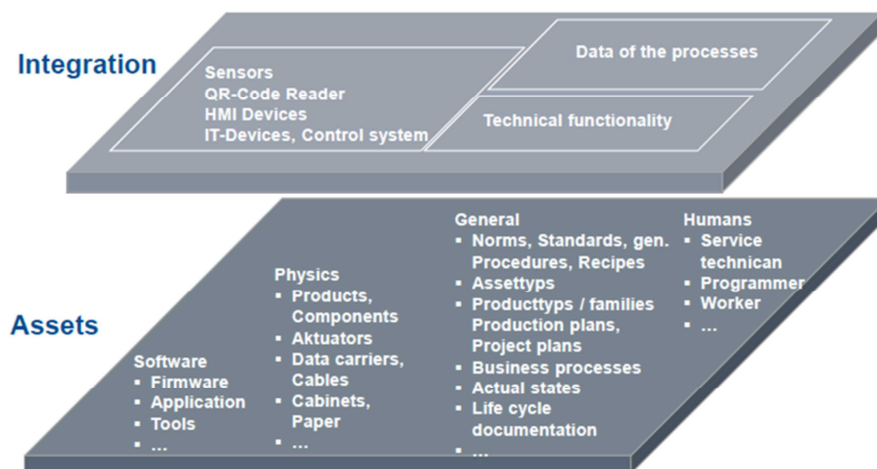
図A.1 RAMI 4.0とFBMとの関係

RAMI 4.0をもう少し詳しく見ると、これらの技術を用いてビジネスを構成するプロセス(FBMというサービス)を連動させるための基幹プラットフォームが管理シェル(Administration Shell)という概念で記されている(図A.2)。



図A.2 管理シェル(Administration Shell)

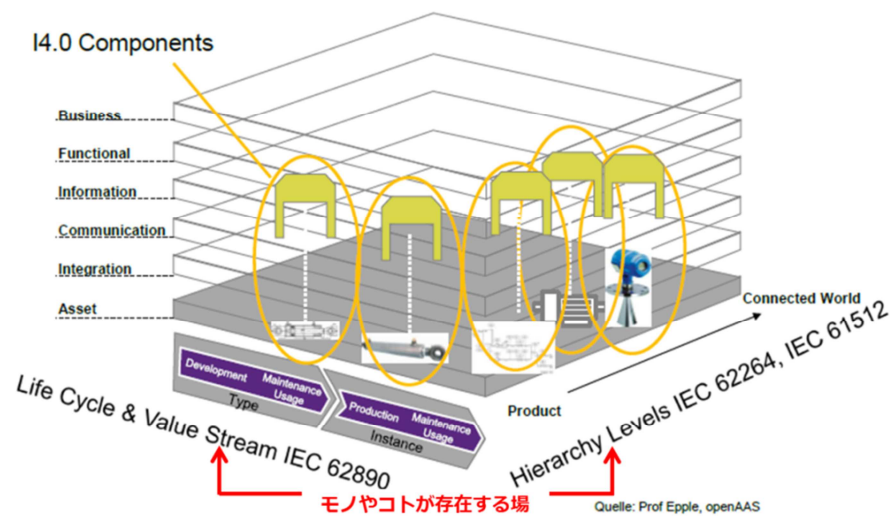
RAMI 4.0では、連動させたい資産(Asset)をこの管理シェルで繋ぎ、バリューチェーンを完成させるようガイドしている。ここでのAssetはFBMというモノやコトに相当し、図A.2で例示しているマシンにとどまらず、最適化や予測、シミュレーションに用いられるソフトウェアやヒューマンインタフェースを介して協働する「人(Humans)」も含まれる(図A.3)。



図A.3 RAMI 4.0の資産レイヤーと統合レイヤー

縦軸の分野毎に互いのモノやコトが分かりあって連動できる技術を用いれば新たなビジネスプロセスも統合できるという点がRAMI 4.0の最大のガイドポイントである。RAMI 4.0の縦軸、すなわち管理シェルは「FBMモデルの肉厚平板である基盤」と同様の役割を示していると言える。

管理シェルで統合されたAsset(モノやコト)はI4.0 Componentと呼ばれ、それらがものづくりのライフサイクルのどのプロセスに存在するものか、また製造機能階層上のどこに存在するものか、が他の2つの軸で表せるようになっており企業/工場/組織/工程をまたぐシステム設計を助けている(図A.4)。



図A.4 RAMI 4.0のライフサイクルと製造機能階層の軸

同図の左手前の軸であるLife Cycle & Value Streamは、FBMビジネス評価の可能性(附属書B)で取り上げている製品開発、工法開発、生産準備運用、SCM/CRMなどの各機能のチェーンにも一致している。

このように製造業の中核をなすモノとコトに注目してそれらの連動を考察・設計するに当たっては、RAMI 4.0やFBMが共通して示しているアプローチがある。末端のサービス技術に依存しないつながるシステムを描く際には当たり前のことかもしれない。

しかし、FBMで提案しているフレキシブルなビジネスの構造を経営視点や評価の視点で検討するモデルは、2016年時点でのRAMI 4.0には表現されていない。独Plattform Industrie 4.0は既存システムでの改善だけでなく新ビジネス創生も勘案してモデルを進化させることも検討を進めているとのことなので、今後、FBMとの共通点がまた増える可能性もある。

附属書B (参考) FBMモデルを活用したビジネス評価

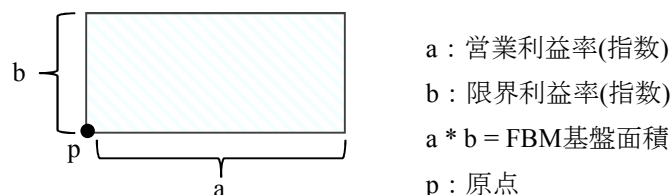
この附属書では、FBMのモデルを定量的に扱う例としてFBMのアーキテクチャ，基本構成要素を踏まえてバリューチェーンをモデル化した際に，実際のビジネス現場においてFBMの概念がどのように活用できるかという可能性について述べる。

ビジネスの基本的な評価軸を製造者の視点からFBMに適応することを検討する。

B.1 FBMの基盤へのビジネス属性の付与

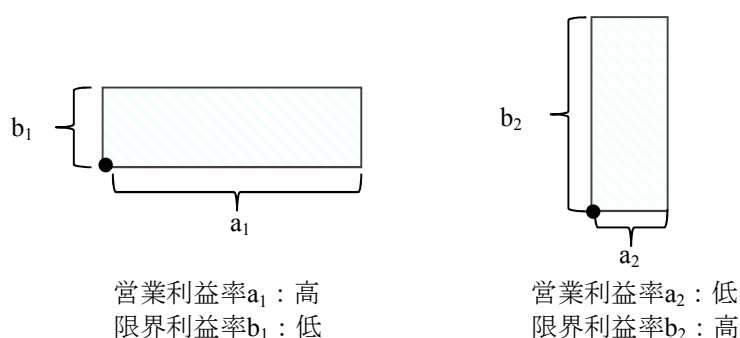
FBMの基盤とは，2.2で定義したように，単一のビジネスを表すモデル要素であり，この基盤上に，ビジネスにおけるバリューを変更する要素やそのチェーンが置かれ，ビジネスのモデル化と評価が行われる。まず，このFBMの基盤にビジネスの評価値を属性として付与することを検討する。

図B.1は，FBMの基盤の俯瞰図であり，ここで基盤の2辺の長さをそれぞれa，bとする。aの値としてビジネスの基本的な評価軸である営業利益率を，bの値として限界利益率を当てはめる。それぞれの値は評価に適するようスケーリングを考慮し，指数化する必要がある。aの値とbの値を掛け合わせることでFBM基盤の面積を算出し，ビジネス基盤の磐石性を模擬的に表現することができる。



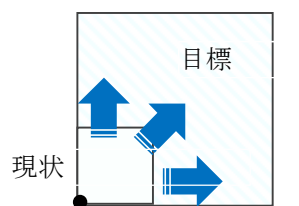
図B.1 FBM基盤の俯瞰図

上記の定義を基に，FBMの基盤を評価した際の典型例を図B.2に示す。aが高く，bが低いケースはビジネスの継続性という視点において変動費の抑制が課題となることが多く，ビジネス機能群の再構築としては共同受注・設計，共同購買といった組織体を取ることによりコストダウン設計を実現したり，材料購入費をスケールメリットにより抑制するといった施策がトリガーとなり得る。



図B.2 FBM基盤評価の典型例

一方で a が低く、 b が高いケースは固定費の削減が課題となり、組織や企業を超えての情報共有や仕事の連携によるアセットシェアリングやロス削減のための「つなげる技術」がより一層求められる可能性が高くなるだろう。以上のような考えは、現状のビジネス指標を基にモデリングを行うアプローチであるが、一方でビジネスの継続視点からの評価方法として、図B.3に示すように将来におけるビジネス成長の姿を目標値として先に置き、FBM基盤の値や面積を設定するアプローチが考えられる。



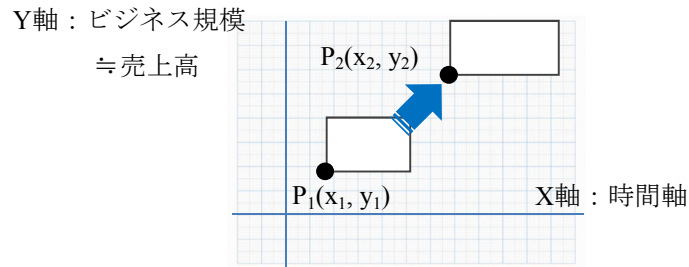
図B.3 ビジネス成長の姿

B.2 FBM構成要素へのビジネス属性付与

FBM基盤上に配置されている基本構成要素の視点から考えると、各要素を構成する要求項目値には、仕様は勿論のこと、材料費、人件費、設備償却費などのコスト換算が可能な属性値が含まれているため、サービス要素の組み替えが固定費や変動費に対してどういった影響を与えるかという経営インパクトをシミュレーションすることが出来る。FBMではこのようなマニファクチャリング側からのアプローチも可能であり、将来的には事業環境の変化に応じて、FBMの最適化計算が高度なシミュレーション技術やAIなどを活用して自動で行われることを想定している。そのために必要な演算式の設計は今後の検討課題である。

B.3 複数のFBM基盤の関連性記述

第3章で述べたように複数のビジネスが関連する場合のモデルを記述するためには、該当する複数のFBM基盤に座標情報を属性として追加し、その関連性を明確にすることが必要である。図B.4はFBM基盤の原点 P に対して二次元座標情報 (x, y) を付与したものである。

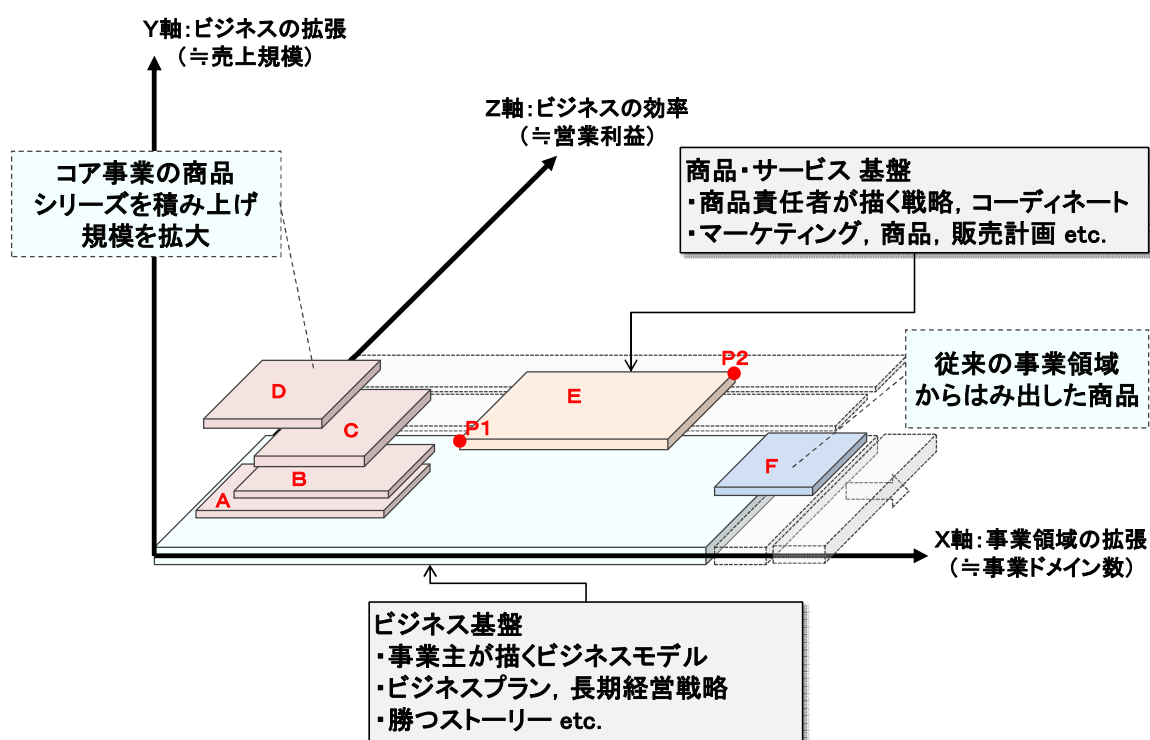


図B.4 複数のFBM基盤の関連性(二次元の例)

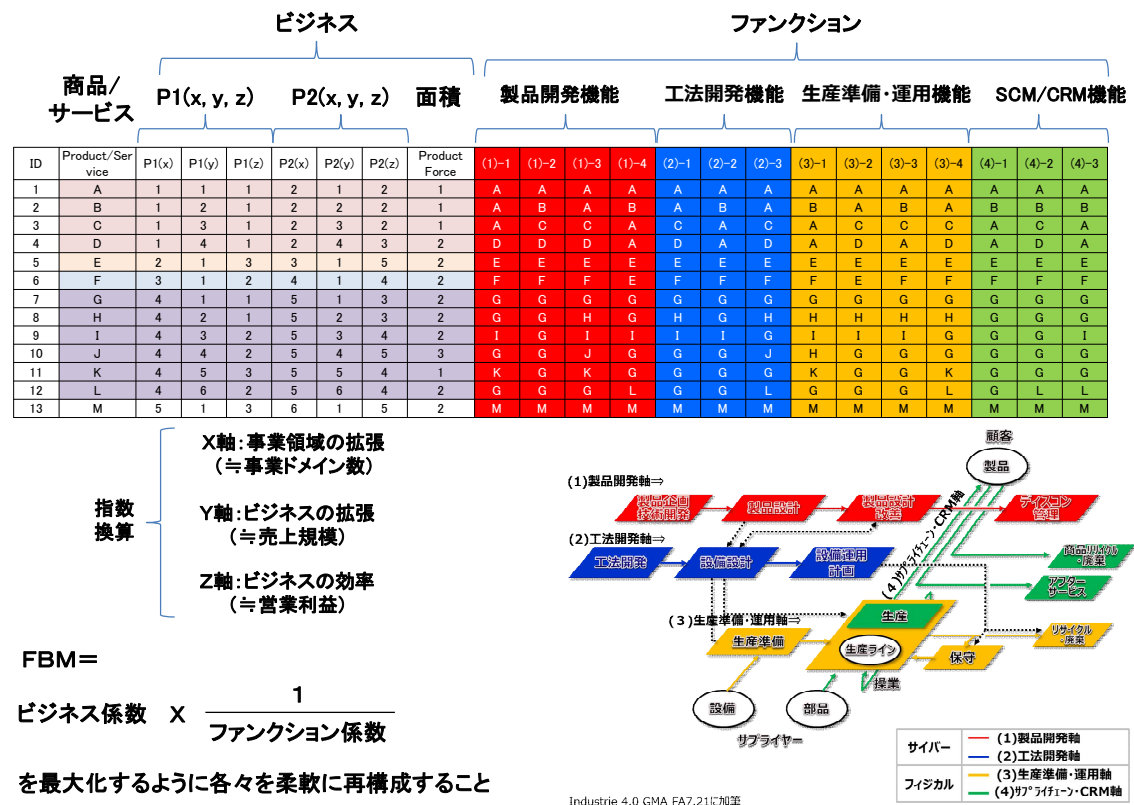
ここでX軸を時間軸，Y軸をビジネス規模≡売上高と置くと，現状の P_1 に対して，将来の目指す姿として P_2 を描くことができ，これまで述べた，FBM基盤を単体ビジネスに定義する，面積での評価手法と合わせて，将来の目指す姿を経営視点で記述することが可能である。

また3次元での応用例としては，緯度，経度の位置情報に加えて，ビジネス規模である売上高を与えれば，複数のビジネス間の地理的関係性とビジネス規模を明示することができる。更に各FBM基盤上に球で表されるサービス要素間の関係性を加えれば，より現実に近い複雑なモデルを記述することが可能となる。

図B.5は，ビジネスの評価軸をX軸(事業領域の拡張)，Y軸(ビジネスの拡張)，Z軸(ビジネスの効率)とし，各種のビジネスを3次元の中に描いた場合の例を示す。3次元の中に描かれたビジネス(各々の基盤)がどのような特長を持ち，ビジネスとして有力なのか，そうでないのかを直感的につかむことが可能である。例えば，X軸方向に伸びているビジネスは，ビジネスの領域が拡張されており(例：製品シリーズ数が多い)，Y軸方向に高い位置を占めるビジネスは売上げ規模が大きく，Z軸が大きいビジネスは営業利益が大きい。売上げ規模が大きく，利益の大きなビジネスは有力なビジネスと評価できる。



図B.6は、ビジネスの評価に数字を使い定量的に評価を実施した例を示す。この図はブローチ製作の例を元にして、ブローチ製作が個別のビジネスから成り立っているとし、そのビジネスの種類と数(商品、サービス)、商品サービスを提供するビジネスの面積、製品開発機能、工法開発機能、生産準備運用、SCMCRM機能を仮において、数表化した例である。このように、部品ひとつ、ひとつを製作するビジネスを評価して表にまとめ、ブローチ全体のビジネスをひとつの数値まで集約することができ、数値化してビジネスを評価する方式を作っていくことの可能性が見える。



図B.6 ビジネスの評価点を試算した例(ブローチ製作の事例の場合)

附属書C (参考) FBMモデルのユースケース

C.1 現時点のネットワーク型企業のユースケース

C.1.1 DMM.make AKIBAでのビジネス創生

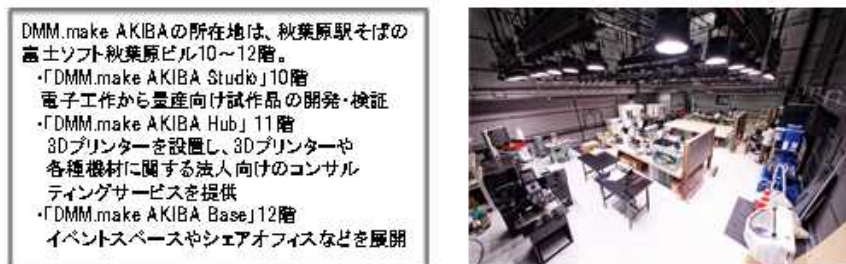
現時点でFBMのユースケースとして扱える事例が実在するかどうかをWG1(FBMアーキテクチャ)の委員が調べ、FBMの萌芽とも言えるようなビジネス創生の取組みを取材することができたので、次にその概要を紹介する。見学及び取材にご協力をいただいたDMM.make AKIBAの関係者に謝意を表したい。

a) DMM.make AKIBAの訪問の概要

訪問日：2017年2月14日

訪問先：DMM.make AKIBA (運営主体はDMM.com)

所在地：東京都千代田区神田練名町3 富士ソフト秋葉原ビル



(出典：http://make.dmm.com/)

図C.1 DMM.make AKIBAの概要

b) DMM.make AKIBA設立の目的と経緯

「DMM.make AKIBA」は、シェアオフィスやイベントスペースなどビジネスの拠点として利用できる「DMM.make AKIBA Base」と様々な製造に必要な設備・機材でのプロトタイピングを可能にする「DMM.maki AKIBA Studio」で構成されたハードウェア開発をトータルでサポートする総合型のものづくりを備えた施設である。

設立は2014年11月で、DMM.comが数億円の費用を投じてハードウェア・スタートアップの拠点「DMM.make AKIBA」を東京都・秋葉原に開設した。秋葉原という地域が、このような取り組みにふさわしい先進的な取り組みを受容し、また最先端の人材と試みを支えている。

「ものづくり」がキーコンセプトになっており、ものづくりのために必要な機材設備及びソフトウェアを提供している。さらに、スタートアップのための技術サポートの他、人材探しや、ファイナンスのための機会提供、弁理士や弁護士など専門家のスーパーバイズの機会提供などのサポートも実施しており、スタートアップに必要となる有形・無形のプラットフォームを提供している。

c) 試作、及び、初期の量産のための設備

CNCなどを始めとする各種工作機械や3D CADソフトウェア、計測機器、試験機材など、ものづ

くりに必要な設備と機材が設置され、設計から小ロット生産までに必要な設備を1拠点に集約し、ハードウェア・スタートアップを総合的に支援している。実際に訪問して、小規模な打合せスペースがフロア内に点在し、会員が打ち合わせをしている姿を見かけ、この場に形成されているコミュニティこそがこの活動の源泉と感じた。スタートアップを志向する関係者が連携して、高いレベルの技術情報が交換され、ビジネスモデルを共有し、良い意味での競争を展開している。参加者は学生や電機メーカーからのスピンアウト、日中は大手企業に勤務し定時後に参加する現役技術者、退職後のスタートアップ希望者まで幅広い層に及ぶ。

d) 取材でのヒアリング内容の概要(DMM.make AKIBAを訪問してスタッフから伺った内容)

設立から3年がたち、「DMM.make AKIBA」は、IoT指向のハードウェア関連事業で起業を目指すスタートアップの活動の場として機能している。米国の大手の半導体メーカーなどの企業・法人がスポンサーになり様々な形の連携が起きている。国内メーカーの研究所がビジネスの早期事業化を志向して、立上げの場として利用するケースもある。実際にハードウェアのスタートアップとして成功した事例があり、通常ではスタートアップ段階ではハードルが高い製品出荷を始めるケースも増えている。

総務省や経済産業省との意見交換も実施しており、スタートアップ支援のためのプログラムや、既存の中小企業の生産性向上を目的としたプログラム作りについて取り組んでいる。様々なものがインターネットにつながるようになり、ものづくりのすそ野が広がって、資金が十分でない個人でもアイデアと技術があればものづくりに参入することが可能になった。技術のモジュール化が進んでいることが、モジュールを利用して個人による製品作りを立ち上げるためのベースになっている。IoTビジネスのコアは、技術というよりサービスである。新しいサービスを創り、新しい価値観を生み出していきたいと考える。売り切りではなく、利用に対する課金を組み合わせたビジネスが今後の主軸になって行く。

DMM.make AKIBAの会員は約1500名いるが、その内の300名前後がアクティブに活動をしている。正確な調査は実施していないが、300名の内の8割程度の会員がスタートアップを指向したベンチャー、1割程度の中小事業者が日々の拠点として利用し、残る1割が趣味のものづくりの場としてこの場を利用していると思われる。35才程度の会員が中心である。事業会社や投資家を招くDemo Dayを通じて協業や投資のきっかけの場を作る活動も実施している。Demo Dayにサポーターとして参加する企業の割合は、国内4割・海外6割である。今後力をいれていきたい領域は、IoTを軸にして、ハードウェアを通じてより高い付加価値を提供すると思われるAIやフィンテックなどが挙げられる。



(出典： <https://akiba.dmm-make.com/about/machine>)

図C.2 DMM.make AKIBAの試作用設備