

④受発注情報や顧客情報の解析による業務効率化

生産ラインや製造物から得られるデータのみならず、受発注情報や在庫・仕掛品の情報、顧客・ユーザーの声も収集・解析することで重要なデータとなり得る。これらのデータは、販売

後のメンテナンスやアフターサービスに活用するのみならず、営業や新製品の開発設計にもフィードバックすることでさらなる付加価値を生むケースがあるほか、顧客の発注パターンの分析によって在庫を削減する等の効果が得られる。

コラム

顧客の声を開発にも活用 富士ゼロックス（株）

富士ゼロックス（株）は、製品やサービスに対する年間15万件にもおよぶ顧客の声（ボイス・オブ・カスタマー、VOC）を全社で共有し活用する仕組みを構築し、新製品の開発に活かしている。事業部門の最前線でデータを直接分析する仕組みが、競争力のある製品の早期投入につながっている。

富士ゼロックスが現在のVOCのシステムを導入したのは2012年であった。電話や電子メール、ファクシミリ、Webサイト、顧客満足度調査、担当者が顧客を訪問した際や顧客が来社した際のコメントなど、あらゆるデータを集約する。

データは他部門と共有すると一層効果を発揮する。VOCの情報は営業やサポート部門が活用するのが一般的だが、同社では開発部門が積極的に活用している。例えば、開発者がVOCを参照することで、稼働時の騒音を抑える機能を製品に付加する、人感センサー（スリープモードに入っている、人が近づいてきたことを察知していち早く復帰する機能を持つセンサー）を製品に装備するといったことの必要性に気づき、早い段階から企画に盛り込むといった取組が行われている。

VOCは顧客の苦情の声を集めて改善活動に使うのが一般的であるが、同社のシステムでは顧客の「お褒めの言葉」も登録している。約15万件のVOCのうちおよそ1割がお褒めの言葉だという。VOCを開発者が見ているので、実際に企画した製品が受け入れられているのかどうかを確認できる。いわば仮説と検証を可能にするための仕組みである。

VOCのデータ分析機能は、社員であれば登録するだけで使えるが、データを有効に活用してもらうために様々な工夫を凝らしている。例えば、VOCは「省エネ」と「節電」のように同じ意味合いの項目を別の言葉で表現していることが多くある。このため常に類義語辞書を見直したり、機械学習によって不要なキーワードを除外したりするなどの最適化を図っている。

図 VOC 検索システムの画面

NO DBNAME 発生日 VOC/補足説明 商品名 お客様名 層別列

#	NO	DBNAME	発生日	タイトル	VOC	補足説明	反応	解除	電力	速度	静音	不要
		All					1	All	All	All	1	All
57	300000258673	VOC	13/08/27	複合機代替後の感想	旧機と比べて音が静か・節電モードからの立ち上がりが早い。DADF読取がスムーズ・トレイの開閉音が楽との事、代替して良かったと喜んで頂けた。 [DC-IV_C5575/C4475/C3375/C2275]	<お客様の声補足> <収集時の対処> お礼をし継続フォローする約束をしました。	1	1	1	1		
107	300000180482	VOC	13/05/13	入替後の機械に対する感想	入替後の機械に対する感想音が静かで良い・節電からの立ち上がりが早い・タッチパネルが使い易い・節電等にも積極的に取り組まれているお客様から、機械の省エネ機能に関する感想を頂きました大変喜んで頂いております [DC-IV_C5575/C4475/C3375/C2275]	<お客様の声補足> <収集時の対処>	1	1	1	1		

資料：富士ゼロックス

コラム

顧客からの発注の予測による発送作業の効率化 サンコーインダストリー(株)

メーカーからねじを仕入れ、二次卸などに販売する専門問屋のサンコーインダストリー(株)では、ここ5年で扱うねじの種類が26万種増え、合計71万種に達した。そのため、顧客の注文に対応して梱包、発送する作業の負荷が高まり従業員の残業時間が大きく増加していた。

この状況を脱するため取り組んだのが、顧客の発注パターンの分析である。同社の顧客は必要に応じて1日に何度も発注してくることが多いという。商品を注文翌日に顧客の手元に届けるために、以前は午後5時で注文を締め切り、箱詰めと発送の作業にとりかかっていた。しかし、個別の発注データを見てみると、早い段階で1日の発注を済ませている顧客がいたことに加え、顧客ごとに同じようなパターンで発注が行われていることが少なくないことに気がついた。

そこで同社は顧客ごとの発注の“癖”の分析を行った。月別・曜日別に最終の発注時間帯の分布を作成し、顧客ごとに最終の発注のタイミングを判定できるようにしたのである。このモデルを約4500社ある同社の顧客に適用したところ、以前よりも2時間早い午後3時に発送を始められるようになった。その結果、午後5時以降に扱う荷物の量が減り、社員の合計残業時間は半減。大幅な残業代の削減に繋がっている。

また、同社は他にも各種のKPI(重要業績評価指標)を定め、業務の効率化に取り組んでいる。例えば、一緒に注文される傾向の強い商品どうしを配送センター内の近くの場所にストックすることにより、倉庫内でのピッキング時間の短縮を図っている。2014年9月に運用を始めたところ、作業効率が約14%向上した一方、時間帯によってはストックヤードの近接が逆に作業員や台車の渋滞を引き起こすという課題も出ており、このような課題の解決に随時取り組んでいるという。

今後どのねじ種がどの程度売れるのかという需要予測も2015年2月に始めた。71万種のうち上位1000種について、月1回の予測を行っている。需要量だけでなく、どの程度の振れ幅がありそうかを含めて予測する。はじき出した需要予測は市場の変化を知るだけでなく、販売キャンペーンの効果測定などにも利用している。

図 データ活用による効果

改善状況(比較時期)	
全社の残業時間	月4200時間が2100時間に(2014年9月の導入後と1年前)
担当者当たりの取り扱い商品数	28%増(2014年度の2011年度比)
日次の売上高	31%増(同上)
欠品点数	44%減(同上)
在庫日数	6%減(同上)

資料：サンコーインダストリー

コラム

マーケティングの自動化による優良顧客の獲得 (株) ツルガ

サンコーインダストリーからねじを仕入れている(株) ツルガは、2008年に開始した通販サイト「ネジクル」を利用する顧客のデータを自動的に収集・解析するマーケティングシステムを2012年に導入した。中堅企業である同社は、今後労働人口の減少に伴って大企業と同様の優秀な社員を定着させることは難しいと考え、マーケティングの自動化にいち早く取り組んだのである。

新たに導入した自動マーケティングシステムでは、例えば顧客を「初回利用の顧客」「使い始めの顧客」、「少しずつだが着実に使う顧客」「高感度の顧客(クーポンなどへの反応が高い)」「優良顧客」という独自のランクに分類し、カテゴリーごとに異なるアプローチで、顧客に対するマーケティングを行うことにした。

システムには、例えば「Aランクの顧客」に「Bというアクション」をすれば、「Cという結果につながる」という“ノウハウ”を組み込んだ。ランクごとに2~3個のルールを設定しており、アクションの実行後に顧客がどの程度反応するのかも把握している。最終的には「優良顧客」のランクに移行させることで、売り上げの安定化を目指す。

このような一連の仕組みの構築とサイトの刷新も含めたIT投資によって、2014年には成約に至るコンバージョン率が従来比で2倍になったという。

図 自動マーケティングシステムによる顧客の分類



資料：ツルガの資料を基に日経 BP 作成

コラム

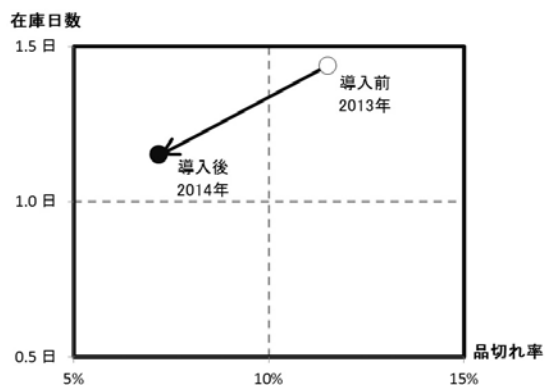
在庫管理にサイエンスを導入 実用 ARIMA

自己相関を持つデータ系列の統計モデルとして一般的に用いられる ARIMA モデルを実際のビジネスに適用することにより、在庫の大幅な縮小や利益率の向上を実現する事例が広がっている。ARIMA モデルは、季節変動等の規則を持つ部分 (Auto Regression、自己回帰) と不規則に変動する部分 (Moving Average、移動平均) の合成として変動量をモデル化するもので、統計分析において時系列データのモデル化の手法として一般的に利用されているものである。このようなモデリングをビジネスに活用する実用 ARIMA の考え方は、一定の販売実績データをもとに販売量をモデル化し、将来の販売量を予測することによって在庫を最小化することを目指す。我が国の企業は諸外国の企業と比較して「在庫切れ」を極端に嫌うあまり、過度に多い在庫を抱えていることが収益性を押し下げていると考えられるが、科学的な手法を用いて在庫を適切に管理し、コストを最小化する取組である。

例えば、広島県を中心に展開するスーパーマーケットチェーンの(株)万惣は、2014年から日々の在庫管理に実用 ARIMA を導入した。売上高上位100アイテムでは、導入前と比較して品切れ率が37%、在庫日数が20%減少したという。これによって、売れ残りのために廃棄される生鮮食品等のロス率が減少し、その結果粗利益高が18%程度改善した。

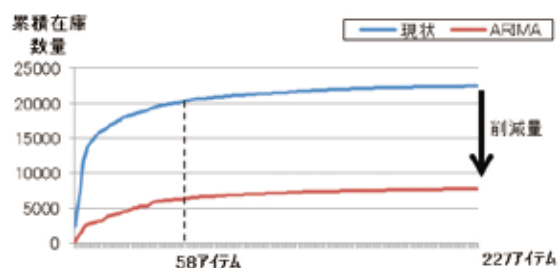
(株) LIXIL においても同様の取組により、平均在庫を約40%削減するとシミュレーション結果が得られた。同社における分析では、在庫のほとんどは販売量が特に多い上位数十の品目で構成されていることが判明。品目を絞った簡易な解析で、大きな効果を得ることができるという。

図 (株) 万惣における導入効果



資料：ビュー・コミュニケーションズ

図 (株) LIXIL における実績



⑤変種変量生産への対応

RFID タグの活用により、個々のワーク（製造物）がどのような作業をされるのかを自ら認識し、同時に生産ライン上の機械がライン上を流れる各ワークに施すべき作業を識別し、場合

によっては生産ラインを組み替える、あるいは工場をまたいで最適な生産ラインを選択する等により、機動的な変種変量生産を実現することが可能となる。

コラム

FA 用部品、金型部品のミクロン単位の寸法指定による受注製作品を1個からでも、确实短納期で供給 (株) ミスミグループ本社

FA（ファクトリーオートメーション）用部品、金型用部品の製造・販売を行う（株）ミスミグループ本社は、顧客のニーズに応じた受注製作品をたとえ部品一個からでも确实短納期で供給。また、受注製作品以外に同社が取り扱う工場消耗品等の一般流通品についても同様に确实短納期での出荷を実現している。

顧客からどのような商品をいつ、どれだけの数量で受注するのか解らない状況でも确实短納期による安定供給を目指し、ものづくりのコンセプト・方法論・人材育成・マネジメントシステムの検討を重ねることでミスミプロダクションシステム（MPS）を確立。MPS の改善効果により、受注製作品の標準納期を従来の3日から2日へと1日短縮。25年ぶりのモデル革新を実現した。

受注製作品のバリエーションは800垓（1兆の800億倍）を誇る。一般流通品も含めて、取扱い点数は1000万点以上、取扱いブランド数は2000社。在庫品は早いものでは当日中に顧客のもとへ発送することができる。同社の製造会社である（株）駿河生産プラットフォームを中心に、日本、中国、ベトナムの3極体制により、グローバル短納期供給体制を構築している。

ユーザーのニーズが多様化する時代において、顧客のニーズをきめ細かく把握し、かつ低価格・タイムリーに商品を提供することはそれ自体が新たな付加価値である。ドイツのインダストリー4.0はこのようなマスカスタマイゼーションの能力を製造業の付加価値として大きくアピールするものであり、同社の取組はそれに先駆けるものと位置づけられる。

コラム

世界で一着のパーソナルオーダーに対応するデジタルプロダクションシステム セーレン (株)

総合繊維業のセーレン（株）は、パソコンで作ったデザインデータを「ビスコデザインCAD」に取り込み、タイムラグなしに「ビスコテックスCAM」で布地に染めて最終製品にするという、企画・製造・販売まで一貫した独自のデジタルプロダクションシステム「ビスコテックス」を開発した。同社が創業から125年の歴史の中で培ってきた「染め」の技法と先進のITテクノロジーにより、パーソナルオーダーから大量生産まで、あらゆるニーズに対応する柔軟な生産システムを構築している。

このシステムを活用すれば、顧客は、店頭で様々な選択肢の中から自分好みの生地やデザインの組み合わせを選ぶことができる。顧客データは即座に工場に送られ、自動的に生産を開始。顧客の好みに合わせた世界で一着のパーソナルオーダーを短納期で生産することができることに加え、在庫減少・省資源・省エネルギーにも寄与する。消費者の嗜好の多様化というアパレル産業のトレンドにも合致しており、今後ニーズが拡大する可能性がある。

また、同社はこのシステムをアパレル分野のみならず、カーシート等の車輛資材や住宅の外壁材等の生活資材、さらには広告資材等様々な分野に展開している。



資料：セーレン

コラム

オーダーメイド・システムキッチン パナソニック（株）

パナソニック（株）は、ウェブ上で簡単にオーダーメイド・システムキッチンのオーダーが可能な「WEBハウス」サービスを、10万社を超える工務店に対して提供。標準品のキャビネットだけで約6万、部材は約90万もの品番があり、これらの組み合わせプランを自由に選択できる仕組み。すべての部材が3次元設計されており、これらを組み上げていくことでシステムキッチンの商品コスト、消費電力等の使用時のランニングコスト、メンテナンスコストなど様々な情報を設計段階で明確に知ることができるようになっており、見積りも表示される。このような手法はBIM（Building Information Modeling）と呼ばれ、建築の3次元化とともに世界で大きく注目され、活用されている手法である。

さらにこの設計システムをオープン化することによって、工務店の担当者がタブレットやパソコンで、色・形状・サイズなどの商品情報を入力し、3Dイメージで顧客に提案することが可能になった。また、その情報を生産データに活用して、材料展開から生産まで行うことで、最短で1週間後にはオリジナルのシステムキッチンが届く。顧客の多様なニーズ対応と短納期でのデリバリーが必要なリフォーム需要に対して効果を発揮している。

図 オーダーメイド・システムキッチンのイメージ

	リビングステーション NEW Lクラス 扉柄:LT30 レッド(TD) 取っ手:HFS カウンター:ペブルホワイト				
	件名 ご参考プラン	1階 キッチン	アクセスCD GIUA1	提案No. VA525H	
 <p>扉柄バリエーション</p> <p>LT30シリーズ(単色柄・鏡面)</p> <p>ブラック [10] レッド [10] ブルー [10] コーヒー [10] イエロー [10] オレンジ [10] ホワイト [10]</p> <p>LV30シリーズ(木目柄・鏡面)</p> <p>オーク [10] ナール [10] ナール [10] ナール [10]</p> <p>LS30シリーズ(木目柄・鏡面) LJ30シリーズ(単色柄)</p> <p>ダーク [10] ナール [10] ナール [10] ナール [10] ナール [10] ナール [10]</p>	<p>ご提案プラン</p> <p>扉柄 LT30シリーズ 鏡面 レッド(TD)</p> <p>カウンター柄 人造大理石 ペブルホワイト</p> <p>取っ手 ロングバー取っ手 シルバー(HFS)</p>	<p>ユニット・レール</p> <p>Type-B 最大75mmオープンファンダ FULLキャビネット 内装色は スーパードロフトです。</p> <p>引出し取柄の色柄はステンレ ス貼り仕様。清潔で美しくおそう じがラクです。写真1はType-A)</p>	<p>シンク</p> <p>ステンレスシンク スタンレスMタイプ</p> <p>排水部毛絲が目がないのでお 手入れが簡単です。</p>	<p>水栓金具</p> <p>混合水栓(カチット水栓) 操作しやすいレグレバー。ホ ホキを揃える急速止水。</p>	<p>加熱機器</p> <p>JGSTS75XSK 黒・ステンレス対応 3口IH 両面焼グリル</p> <p>エコナビ 光力カセナー 食料量・鍋の大きさ・材質に 応じて加熱をコントロールし、 こく省エネ</p>
	<p>フード</p> <p>スマートフードII シルバー色・上扉銀シルバー 常時換気・LED照明付。</p> <p>仕切窓のない、すっきりとしたス クエアなフォルム・LEDで省エネ 性を、標準フラット設計でおそう じ性を追求しました。</p>	<p>特長</p> <p>フルオープン食器洗い乾燥機 ハイパワー乾燥で菌も消 先れもすばやく消かします。</p> <p>多目的ボックス 調理道具を立てて収納。さ 取り出せるのが魅力です。</p> <p>ボルトトレイ 油や調味料を便利に収納。取り 出して洗えます。</p>			

資料：パナソニック

コラム

ITで複数工場間の生産最適化を実現（株）ダイセル

「ダイセル式生産革新」で知られる化学メーカーの（株）ダイセルは、複数の工場のエネルギー関連データを一元管理して、電力コストが最小になるように生産を移管する取組を2016年から本格化させる。自家発電設備を持つ複数の工場をあたかも1つの仮想工場のように制御することで実現する。商用電力の購入を最小限に抑え、年間数億円以上のコスト削減効果を見込む。

網干工場（兵庫県姫路市）と大竹工場（広島県大竹市）の2工場で、主力の生産品目である液晶フィルムなどに使う酢酸セルロース、タバコのフィルターについて生産量を調整できるようにする。ダイセル式では設備の設計や運用を標準化しており、2008年までに両品目をどちらの拠点でも生産できるようにした。2015年にはタバコフィルター向けの酢酸セルロースについても相互移管を可能にする計画である。

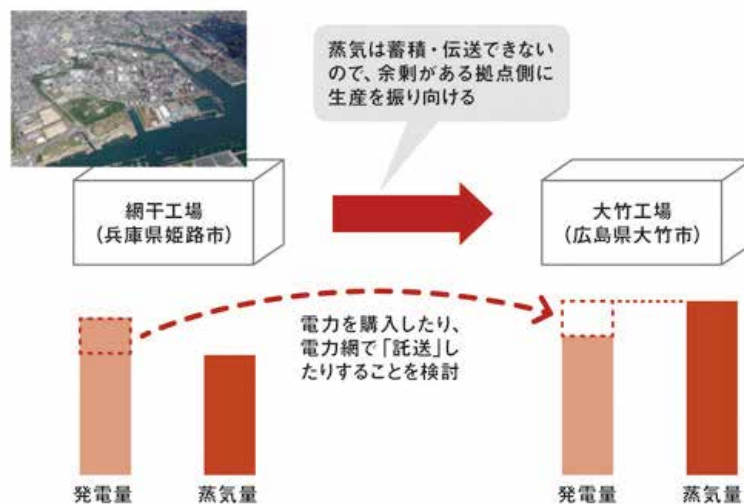
発電設備では電気だけでなく工程で利用する蒸気も発生させているが、蒸気は蓄積したり外部に販売したりできない。蒸気が相対的に多い工場側に生産品目を移管することで、商用電力の購入を最適化する。電気は「託送」と呼ぶ制度を使うことで、他の拠点に送ることも可能であり、今後活用を検討する。

両工場の発電設備の燃料は、網干はガスと石炭、大竹は主として石炭で予備に重油を使っている。その調達コストなどの要因で蒸気量が変わってくる。在庫が多少増えても、安価なエネルギーで生産した方がいいという考え方である。

現在は手計算で調整しているが、2015年にはプロトタイプシステムでの運用を始める。当初は月単位で生産を調整するが、週次などそれより短い単位での調整にメリットがあるかどうかを見極めていく。

ダイセルは2000年以降、プロセス管理の標準化に取り組んできており、実に800万もの意思決定ポイントを顕在化させて、紙のファイルに落とし込んでいる。移管時に必要となる生産品目の切り替え自体も、通常は2～3日かかるものが1日で済むなど、大幅な効率化を実現している。今回の仮想工場化も一連の取組の成果の1つといえる。

図 複数工場間での生産最適化のイメージ



資料：ダイセルの資料をもとに日経 BP 作成

⑥設計のリードタイム削減

3次元 CAD が導入されても、従来は設計現場と生産現場との間でデジタルデータのやり取りが進まず、実機試作による検証を繰り返してきた。昨今、製品の高機能化や多様化に伴って設計段階におけるデータ量が肥大化する中、実機試作の繰

り返しによる開発リードタイム増大を防ぐため、デジタル上で試作・性能試験までを行うことで、試作段階での手戻りを最小化することが可能となってきている。これは、市場の求める多種多様な製品を迅速に市場に提供する上で不可欠な機能となる。

コラム

デジタルデータを活用した設計リードタイムの短縮や工場間の連携による生産性向上を実現 アルプス電気（株）

アルプス電気（株）は、3次元 CAD をベースとしたバーチャル開発環境の導入により、設計開発のリードタイムを50%短縮した。

例えば、一般に生産設備の設計はメカ（機械）、制御、エレクトロニクス（電気）といった複数の部門に分かれており、それぞれの担当者が個別のシステムを使った上で、紙などでの確認により仕様のすりあわせを行ってきた。これに対して、開発環境をバーチャル上に構築すれば、共通の3次元データを参照することで同時並行的に複数の開発担当者が作業を行い、設計期間を短縮できるほか、担当者ごとの認識のズレ等による不具合の発生も事前に防ぐことが可能になった。

技術の複雑化・多様化、さらには IT 技術の進展による新たな需要の高まりを背景に、電子部品業界は著しい市場環境の変化に直面している。新たな開発環境の導入は、製品開発のリードタイム短縮や生産設備の早期立ち上げを実現することで、こうした環境変化への柔軟な対応を可能としている。

また、同社は日本と世界各地の工場をネットワークで繋ぎ、製造データをリアルタイムで収集し、装置のパラメーターを遠隔で設定する取組を進めている。日本、中国、メキシコの3工場で実現しており、国内の他の工場、さらには全世界の工場への展開も検討している。工場を超えてデータを共有・活用することは、さらなる品質の改善や効率性の向上に貢献している。

⑦ サプライチェーンの最適管理（生産のさらなる効率化）

市場やサプライチェーンの情報を常に把握すれば、部品・部材の発注・調達のジャストインタイム化を高度化することが可

能となる。これは、生産のリードタイムや在庫の削減を通じて、生産工程のさらなる効率化に資する。

コラム

カスタムバイクの生産リードタイムを大幅に圧縮 ハーレー・ダビッドソン（米）

ハーレー・ダビッドソンでは、ユーザーが車輪やシート、マフラー等のあらゆるパーツを自ら選んで組み合わせるカスタムバイクのオーダーシステムを構築している。そうしたカスタムバイクの生産プロセスを合理化するため、同社は生産システムを刷新。顧客からの発注が即座に生産計画に反映され、必要となる部品の発注やその在庫管理、さらには生産ラインの稼働管理までを一連のシステム上で最適化する。さらに必要な部品をジャストインタイムで調達し、生産ライン上の必要な工程に配送する。生産ライン上の機器はセンサーによって繋がっており、稼働状態がモニターできるようになっている。ワーカーには目の前のワークに対する作業指示が適切に送られ、熟練技術者でなくても効率よく作業できる環境を実現。こうして、生産のリードタイムをそれまでの21日から6時間へと大幅に短縮した。

⑧ 予知保全

機械等の稼働状況監視によるアフターサービスの高度化は、故障の際のダウンタイムの短縮を超えて保守保全の最適化、す

なわちダウンタイムゼロを可能にする。つまり、故障の予兆を事前に感知することで、常に機械が壊れる前に必要なタイミングで修理点検を実施することが可能となる。

コラム

センサーデータの活用による故障予知 ダイキン工業（株）

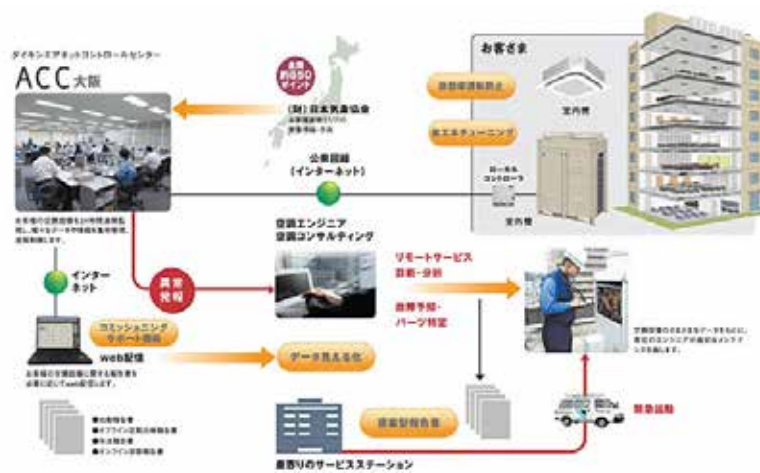
ダイキン工業（株）は、業務用空調機の状態監視を行うことによって機器の故障予知等を行う「エアネットサービス」を提供している。

世界中で稼働する同社の空調機に取り付けられたセンサーが、室内機では熱交換器やエアフィルターの汚れ、室外機では送風機や圧縮機の異常、冷媒漏れなどの様々なデータを1分ごとにオンラインで取得。取得したデータは同社のエアネットコントロールセンターに集約され、独自の診断ロジックを活用し故障予知を行う。こうしたシステムを活用すれば、空調機の故障のうち約70%は予知が可能であるという。また、累積稼働時間の把握によって部品の交換時期を予測することも行っている。これらの取組によって機器の異常停止を事前に防ぐとともに、最適なタイミングで補修・保全を行うことでランニングコストを低減することができる。

機器の汚れなどを事前に発見すれば、機器にかかる過大な負荷を抑制し、ムダな電力消費を抑えることも可能になる。このように、エアネットサービスは、機器の故障予知によるランニングコスト低減とともに、電力使用量も含めて機器の稼働状況を見える化することによる省エネ運転の提案をパッケージ化したサービスとなっている。

エアネットは中核となる故障予知システムが顧客に受け入れられ、2012年度の契約数は約4200件、売上高は約40億円となった。2013年度には契約数が約4600件、売上高が42億円と堅調に推移している。

図 エアネットサービスのイメージ



資料：ダイキン工業

⑨製品の売り手から、ソリューションサービスの提供者へ

製造した製品の出荷後のユーザーによる使用状況について、稼働データを解析することにより、メーカーがユーザーに対して最適な運用方法をアドバイスすることも可能となる。こうし

て、従来の製品の単体売りから、当該製品データ取得とその解析によるソリューション提供へと製造業のビジネスモデルの変化が促進される。

コラム

ビッグデータで農家を支援 (株) クボタ

(株)クボタはコンバインやトラクター、田植機に新型センサーと通信機能を搭載し、肥料の投下量やコメの収量などの作業記録を管理することで、農業経営を支援するサービス「KSAS」の運用を2014年6月に開始した。農家の高齢化が進む中、データとしてノウハウを蓄積して次世代に伝承していく狙いもある。

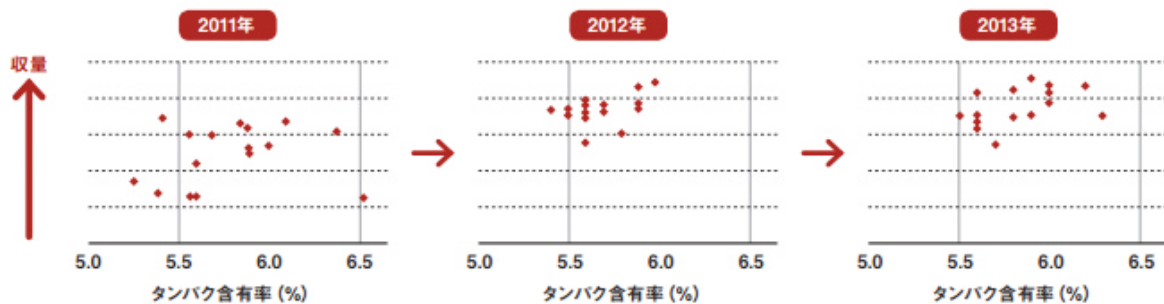
コメの作付けにおいて、一般に土壤に含まれる窒素成分が多いほどコメの収量は増えると言われるが、一方で収穫したコメのタンパク質含有量が増えすぎると固く粘りのない、食味の劣るコメになってしまう恐れがある。KSASでは、まず作付け時に田植機やトラクターで投下した肥料の量をデータとして取得。収穫時にはコメのタンパク質含有量や水分含有量を計測する新型センサーを搭載したコンバインを用い、作付け時と収穫時の両者のデータを用いて傾向を分析することで、次の作付けにおいて施肥量を最適に改善するPDCAサイクルを回せるようにした。

ある農家において2011年から13年まで3年間のフィージビリティスタディを行ったところ、すべての圃場でタンパク質含有量を目標値以内におさめることができた。同時に収量についても改善が見られ、単位面積あたりの収量は約15%増えたという。

図 「KSAS」のイメージ



農家で試行したコメの食味と収量の改善



資料：クボタ

コラム

みかん栽培に IT を活用。高品質の果実栽培、ジュース・ゼリーなどの開発に取り組む (株) 早和果樹園

和歌山県有田市の(株)早和果樹園は、約6万平方メートルの広大な園地を有し、みかんの生産・共同撰果・農産加工・出荷販売などを行っている従業員約50名の企業である。同社では、富士通(株)・(株)富士通研究所と共同して、ITを活用したみかん栽培の実証実験を2011年7月より実施し、甘くて美味しい高品質のみかんの栽培を進めている。

実証実験の中では、センサーで収集した気温・降水量・土壌温度などのデータや、従業員の日々の作業記録、従業員が園地で撮影した写真などをクラウド・スマートフォン・パソコン等で管理し、共有・分析して、適切な時期に適切な作業を実施するための指導をフィードバックできるシステムの構築を目指している。また、同社では、ベテラン従業員のノウハウ継承、農業経験のない新入社員の人材教育などの課題を抱えているところ、ITを活用することで、作業標準化や各作業にかかるコスト数値化を図るなど、その解決にも期待している。

また、みかんの生産・加工の段階において、新しい生産方式・製法技術を積極的に取り入れ、高付加価値みかんジュース「味しぼり」等を開発し、全国の高級百貨店等で販売することで、みかん産地の活性化に貢献していることが評価され、2014年度6次産業化優良事例表彰「農林水産大臣賞」を受賞した。

図 ARIDA MIKAN 有田みかん



ARIDA MIKAN 有田みかん

果肉が柔らかく、とろけるような食感が特徴です。12月が旬の完熟みかんを召し上げられ。



資料：早和果樹園

⑩製品の売り手から、当該製品の運用受託者へ

さらには、そもそも製品の運用自体を受託して、製品を使って生み出した効果に応じて課金するというビジネスへの転換ま

で見られるようになってきた。これによって、例えば製品を買うほどではない小口ユーザーの新たな掘り起こし等へとつながっている。

コラム

空気圧縮機販売から圧縮空気販売へのビジネスモデル転換 ケーザー・コンプレッサー(独)

ケーザー・コンプレッサーは、安価で使いやすい動力源としてあらゆる製造現場で利用される圧縮空気を作るコンプレッサーのメーカーである。コンプレッサーは汎用品であるため競争が激しく、各社は圧縮空気の品質やコンプレッサーの省エネ性能、稼働率を競っていた。ケーザー社は従来からリモートセンシングを利用して稼働状況をモニタリングし、予知保全を実施することによって稼働率の工場やサービスコストの削減を実施していた。

そのような中、同社は、コンプレッサーの運用を顧客に代わって実施し、供給した空気の容量に応じて課金する新たなビ

ビジネスを開始した。つまり、コンプレッサーのサプライヤーから圧縮空気のサプライヤーへと自らのビジネスモデルを変化させたのである。これにより、圧縮空気は固定費から変動費になり、初期費用が不要となったため、これまでコンプレッサーを購入していた大口の圧縮空気ユーザーだけでなく、小口のユーザーの開拓に成功した。ユーザーにとっては、効率の良い新製品が出た場合に装置の入れ替えをしやすく、さらなるコストダウンが図れる点等でメリットがあった。

図 ケーザー・コンプレッサーのコンプレッサー



資料：ケーザー・コンプレッサーHP より

このように、IoT 時代における製造業の変革は、我が国の得意分野であった生産効率化のみならず、製造業のビジネスモデルや付加価値のあり方を変える動きとなっている。また、このような動きは、ものづくりの現場の技術力が決め手となっているのではなく、むしろ、製造物からのデータ取得と蓄積、当該データの解析といった、もっぱら IT 人材の手にゆだねられた分野が主導権を握っている。

このような動きを背景として、インダストリー4.0のメインプレーヤーとされるシーメンスがいち早くソフトウェア企業を買収する動きや、GE が IT 系企業からソフトウェア人材を集める動きなど、製造業におけるソフト重視の姿勢が顕在化してきている。このように考えると、IoT 時代の製造業の競争力は、我が国の強みである技術力やすり合わせよりも、IT 人材の能力が大きく影響してくることが想定される。このため、IT 産業が強い米国でさえも、IT 人材の大量育成の必要性が認識され、IoT 時代に向けた教育システムなどが提唱されはじめている。また、ドイツのインダストリー4.0でも、高度にデジタル化した社会に必要な人材の育成と、高齢化し不足が予想される熟練労働者を補完する技術が重要とされ、労働者の研修や専門家の育成を重要課題としてあげている。

このような点において、我が国の製造業は遅れが目立っていることが実情であろう。我が国製造業は、従来型の効率化のための IT 利活用すら進みにくい上、上記のような製造業の変革に対して、ソフト重視の姿勢を示すような企業行動が見られるようになってはきていない。特に、我が国の製造業は、従来、性能や機能といった製品の技術力という観点から競争力を向上させ、それを担う匠の技やすり合わせを重視してきた。製造業の付加価値が、データから生み出されるバリューチェーンの全体最適化を通して決められるようになるというパラダイムシフトが occurring 中で、我が国製造業はこのような状況に対応できていないのである。

我が国において製造業のデジタル化・IoT の進展のもたらすインパクトは、我が国の得意分野であった製造業のルールが欧米のルールに書き換えられようとするものとして、あるいは IT サービスがものづくりの付加価値を奪うものとしてネガティブに捉えられる傾向がある。しかしながら、IoT のもたらすメリットは大きな広がりをもっており、我が国製造業も積極的にこれを楽しみ、さらなる発展を遂げる可能性につなげていくことが必要である。

コラム

欧米における製造業のサービス業化の動き

欧米では、伝統的なものづくり企業の収益構造もソフトウェア中心へと移り変わりつつある。「製造業のサービス業化」が指摘されて久しいが、我が国においては、例えば保守やメンテナンスといったアフターサービスは無料と捉えられてきたことも影響してか、企業は、世界屈指の高い技術力を背景に質の高いものづくりを実践してきた一方で、そうした技術力をハードウェア売り以上の収益に変える仕組み作りが不得手であり、「技術で勝ってビジネスで負ける」状態に陥っているケースが少なくない。IT・データ活用の遅れはその大きな要因の1つであり、今後、我が国企業も積極的に IT 投資を行い、高い技術力をより大きな収益に変える仕組みを構築することが求められる。

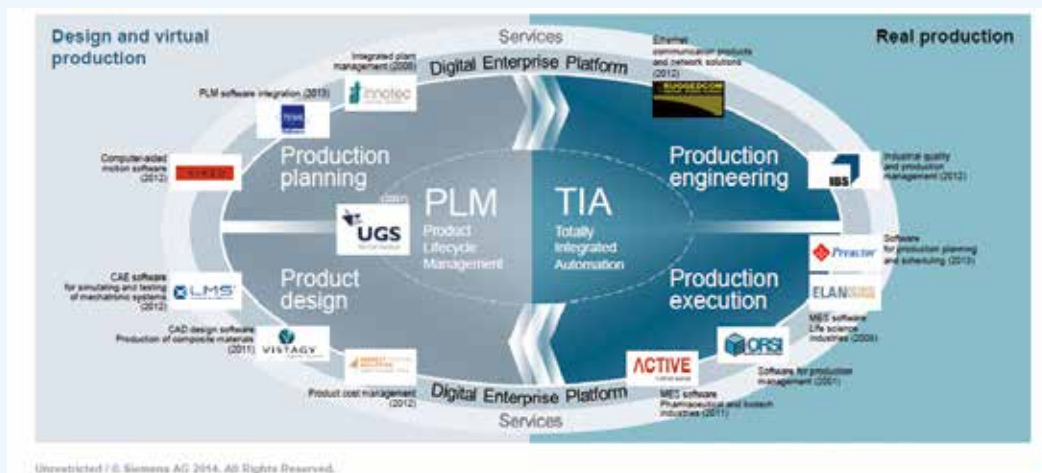
ゼネラル・エレクトリック（GE）の事業構成は大きくインダストリアル（製造）部門とキャピタル（金融）部門から成る。

同社は売上高の40%以上を占めてきた金融部門を縮小し、2016年には25%とする戦略を掲げてきたが、2015年4月、金融部門の資産の大半の売却により、その比率をさらに縮小させることを発表。具体的には、2018年までに収益の90%以上は製造部門に由来するものとする事とした。

絶え間ない事業再編の中で、同社は競争優位性の高い製造部門に経営資源を集中することを進めているが、このような製造業への回帰は必ずしも「ものづくり」への偏重を意味しない。同社のアニュアルレポートによれば、GEのサービス受注高は2014年に対前年比10%増の約500億ドル、2014年末の受注残高は約1890億ドルと同社の受注残高全体の7割を超える結果となった。同社の売上高は2014年に約1485億ドルであったことを考慮しても、同社の売上げに占めるサービスの割合が非常に大きくなっていることが分かる。また、好調なサービス分野は収益率も高く、18.8%という非常に高い製造部門の売上高営業利益率を支えている。

また、ドイツのシーメンスにおいては、同社の4つの戦略部門の1つであるインダストリー部門の中で、特にデジタル・ファクトリーへの取組を重視しており、PLM ツールのトップサプライヤーの1つであった UGS (米) をはじめ、必要な技術やツールを有する企業の買収を戦略的に進めてきた。その結果、シーメンスはもはやソフトウェア企業であると称する声も存在するほど、重電・インフラや情報通信機器等の分野で競争力を有するハードウェア企業というこれまでの一般的な企業イメージから大きく姿を変えている。

図 シーメンスによるソフトウェア企業買収



資料：シーメンスホームページ

欧米企業は製造業のデジタル化を念頭において、IoT を活用した積極的な活動を始めている。これについて以下で詳述する。

2. 欧米における動向

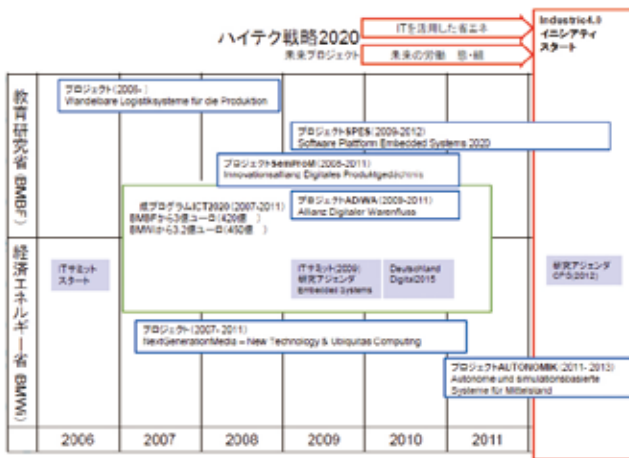
(1) ドイツ

①インダストリー4.0

IoT の活用による生産プロセスの革新の代表的な事例が、ドイツの国家イニシアティブである「インダストリー4.0」である。ドイツは我が国同様、少子高齢化による労働人口の減少や原発の停止等に起因する国内立地環境の悪化に伴い、GDP の約25%、輸出額の約60%を占める製造業の存在感が低下しつ

つあること、さらにはアジア地域への製造拠点流出の懸念が高まったことなどを背景として、2010年に公表した” High-Tech Strategy 2020 Action Plan (ハイテック戦略2020)”における11プロジェクトの1つを具体化させ、2011年11月にドイツ製造業の競争力強化・空洞化防止のための構想であるインダストリー4.0を提示した(図132-1)。これは「第四次産業革命」とも称されるが(図132-2)、その特徴は「サイバーフィジカルシステム」(後述)をベースとした製造業の高度化であり、ものづくりの拠点としてのドイツの未来を確実なものにするために、産業界と学界が一緒になってその構想を練ったところに始まる。そして、産官学共同で共通の重要領域を定め、アクションプランを提示したのである。

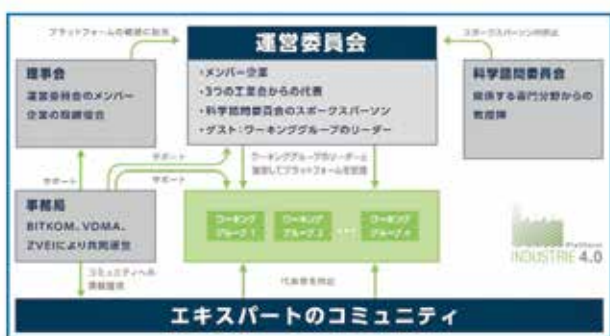
図132-1 インダストリー4.0策定までのドイツ政府の取組



資料：科学技術振興機構作成

また、インダストリー4.0構想の推進のため、ドイツ国内において、機械工業連盟 (VDMA)、情報技術・通信・ニューメディア産業連合会 (BITCOM)、電気電子工業連盟 (ZVEI) の3団体が事務局となり、さらにはドイツ工学アカデミー (ACATECH) とも一体となって産学連携プラットフォームを構築した。プラットフォームにはいくつかのワーキンググループが設けられており、その1つである研究・イノベーション作業部会が「研究開発白書」の策定・改訂を行っているほか、ドイツ国内の標準化機関が標準化ロードマップを策定するなど、

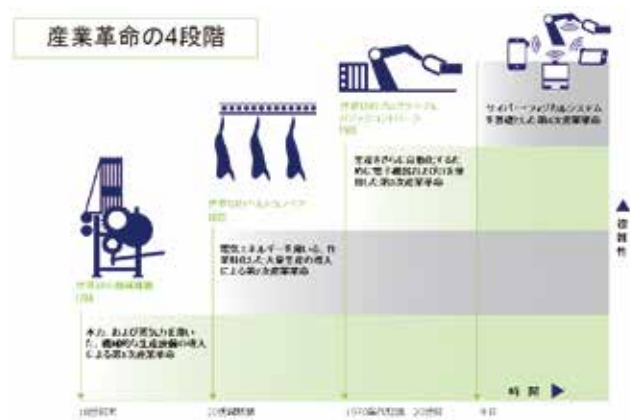
図132-3 インダストリー4.0のこれまでの推進体制



資料：Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0よりベッコフオートメーション作成

“Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0(2013)” によれば、インダストリー4.0構想の推進によってドイツが目指すのは、IoTの活用によって生産の効率性を追求し製造現場をスマート工場とすること、さらにそのスマート工場どうしをネットワークでつなぎ、国全体をあたかも1つのスマート工場にすることである。製造プロ

図132-2 第四次産業革命のイメージ



資料：Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0をもとに科学技術振興機構作成

様々な関連団体が一体となって構想を推進していることが分かる。

そして、2015年のハノーバーメッセでは、構想の具体化に向けた新たなプラットフォームが発表された。これは、従来のプラットフォームを発展解消し、政府や労組を含む裾野の広い組織へと転換したものであり、ドイツ政府のリーダーシップによって強力に構想の具現化を推し進めていこうとする意思もうかがえる (図132-3、132-4)。

図132-4 インダストリー4.0の新たな推進体制



資料：インダストリー4.0プラットフォームのホームページをもとに経済産業省作成 (http://www.plattform-i40.de/plattform/)

セスの効率化・オートメーション化は我が国製造業の得意分野であり、一見すれば我が国でもこれまで熱心に進められてきた取組と同様のもののようにも見えるが、その実は将来のものづくりのあり方をIoTによって根本的に変え、そのプラットフォームをドイツ勢が押さえることで、そのユーザーたるドイツ国内の中小企業にも広く国際競争力強化をもたらそうとする

壮大な構想といえる。では、この構想を実現するために何が求められるのか、その詳細について説明する。

(ア) サイバーフィジカルシステムの推進

インダストリー4.0の中核をなすのは、サイバーフィジカルシステムという概念である。サイバーフィジカルシステムとは、物理的な現実の世界のデータを収集、コンピュータ上の仮想空間に大量に蓄積・解析し、その結果を、今度は物理的な現実の世界にフィードバックするというサイクルをリアルタイムで回すことで、システム全体の最適化を図る仕組みである。製造現場におけるサイバーフィジカルシステムは、スマートな生産設備等から構成され、それぞれが自律的に情報を交換し合い、作業指図を行いながら制御できる機能を有する。このようなスマート工場において製造されるスマート製品は、それぞれが個々に識別可能で、いつでもどこにいても、自身の作られてきた履歴、現在の状況、完成までのルート、出荷されるタイミングや出荷先を知っている。また、このようなプロセス全体を管理する製造システムは、市場や受注の動向も踏まえ、今何を作っているか、今後何を作るべきかについて、本社と工場を繋ぐネットワークを通じ、本社や他の工場の状況とも連絡し合いつつリアルタイムに分析し、常に最適な状態を維持する。

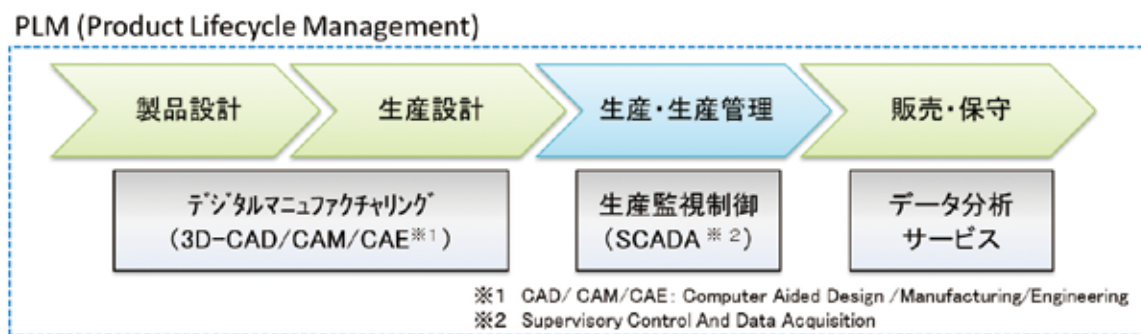
このように、サイバーフィジカルシステムのもとで製品や製造工程にかかるあらゆる情報をデジタル上に再現するとともに、実際の製品や製造工程がどういった状況にあるかリアルタイムで把握し、それらの情報を統合したうえで、最適な生産を実行する。このようなサイバーフィジカルシステムを構築することによってドイツが目指すのは、市場の求める多種多様な商品をロットサイズ1から柔軟・迅速に生産・出荷する「マスカスタマイゼーション」への対応である。では、具体的にこのようなサイバーフィジカルシステムを構築するために、どのような取組が必要となるのか、次に見てみることにする。

(イ) 製品の設計から生産、保守までのプロダクト・エンジニア

アリング（ライフサイクル・マネジメント）のデジタル化デジタル上に再現される最も重要な情報の1つは、工場で作られる製品に関する設計から生産・販売とその保守、つまりライフサイクル情報である。ライフサイクル情報のデジタル上での管理のためのツールをPLM (Product Lifecycle Management) と呼ぶが、これは実際には、CAD (Computer Aided Design)、CAM (Computer Aided Manufacturing)、CAE (Computer Aided Engineering)、PDM(Product Data Management)、デジタル・ファクトリー、ビューワ/DMU (Digital Mock-Up) 等のシステムツールを統合管理するためのソフトウェアである (図132-5)。ものづくりの現場でPLM ツールの活用が進めば、デジタル上で製品のライフサイクルが再現できる。デジタル上のデータが実際に製造された製品にかかるデータと同期されることで、例えば設計から試作の工程を大幅に削減できる。CAD ツールで設計した製品データとデジタル上の生産ラインのデータを用いてシミュレーションを徹底、不具合をデジタル上で修正すれば、これまで実機試作を行う場合に生じていた手戻りを防ぐことが可能となるのである。また、不良品が出た場合の原因究明や対策の迅速化、販売後の製品のトレーサビリティ確保によるアフターサービス向上、さらにはそれらの情報を製品開発の上流との共有することによる製品の高度化などの効果が想定される。

我が国においては、コンピュータを活用した製品設計・生産設計ツールの利用はある程度進んでいるものの、デジタル設計データを生産現場にそのまま活用するといった事例はまだ少なく、むしろ設計開発担当が3D 図面で製作したデータを、工場で2D 図面に引き直すといった事例も存在しており、設計開発の現場と生産の現場がデータを介して連携する体制が整っていないケースが多く見られる。生産現場と販売・アフターサービスについても同様である。つまり、設計、生産、販売・アフターサービスといった製品のライフサイクルのステージごとに個別に最適化が図られているが、それらを統合し全体最適を目指す動きは乏しい状況である。

図132-5 PLMのイメージ



資料：経済産業省作成

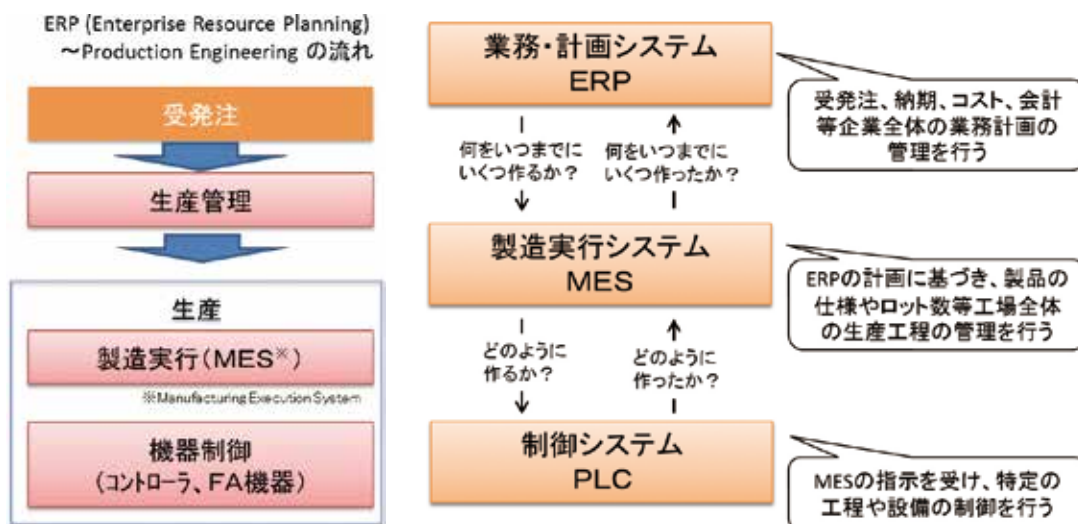
(ウ) 受発注からプロダクション・エンジニアリングのデジタル化

製品のライフサイクルに関する情報とあわせて、素材や部品の受発注や生産計画遂行のための生産ラインの選択・機器制御といったプロダクション・エンジニアリング、さらには製造後のロジスティクスの情報も重要なファクターの1つである。

これらをデジタル上で管理するため、受発注の管理等を行うERP (Enterprise Resource Planning) ツール、工場での生産実行管理を行うMES (Manufacturing Execution System) ツール、さらには生産現場のフィールド機器の制御

を司るPLC (Programmable Logic Controller) に至るまで、経営レベルの情報から現場の制御レベルの情報までを垂直的に統合する(図132-6)。これによって、市場の多種多様なニーズに応じて生産計画を見直し、機器を適切に制御して柔軟な生産・出荷を行うことが可能となるのである。特にインダストリー4.0は、多様な顧客ニーズを反映した製品を、ロットサイズ1から市場に迅速に提供する「マスカスタマイゼーション」を目指すイニシアティブであるため、市場と製造現場を結び付け同期させることは非常に重要なのである。

図132-6 受発注からプロダクション・エンジニアリングのイメージ



資料：経済産業省作成

インダストリー4.0においては、ロットサイズ1からの商品の柔軟な生産を実行するため、生産現場に「プラグ・アンド・プレイ」という方式が検討されている。これは、それぞれの生産機械を機能別にモジュール化するとともに、モジュールどうしの接続インターフェースを共通化することによって異なるモジュールどうしの接続を容易にした上で、そのモジュールを柔軟に、自動的に組み替えることで生産ラインの段替えを自動化するというものである(具体例は図132-7参照)。我が国においては、異なるメーカーの機械は通信規格が異なるのが通常であるため、それらの機械を接続(インテグレート)することに多大なコストがかかる。したがって、頻繁に段替えを要するような多品種少量生産に対応するラインは通常の大量生産ラインとは別々に構成するケースが多く、「多品種少量生産はコストが高い」ことが常識となっている。

一方ドイツはそのインテグレーションコストを極小化し、生産ラインの段取り替えまでも自動化することで「1品モノ」の製品を大量生産と同様の納期・価格で提供することを目指しているのである。このように、あらかじめ決められた生産計画にしたがってできる限り効率よく質の高いものを作る、あるいは生産現場の絶え間ない改善によって競争力を強化するという我が国が得意としているボトムアップの発想を追求するのではなく、マーケットニーズを出発点として、デジタル上のシミュレーションによって最適と判断された生産ラインに実際の生産ラインを常に同期させるというトップダウン的発想に基づく「インダストリー4.0」の生産方式は、我が国が追及してきた従来の生産方式を根底から変えようとするものなのである。

図132-7 プラグ・アンド・プレイ方式のイメージ (2014年ハノーバーメッセ)



資料：科学技術振興機構提供

備考：オーダーメイドの名刺入れホルダーを作る工程のデモ。6つのドイツ企業の生産モジュールを組み合わせたもの。奥から PILZ (台車で名刺入れホルダーの台座となる部材を運搬)、FESTO (台座部材に彫り込み加工を実施)、Rexroth (別の台座部材との貼合せ)、HARTING (蓋部材との結合と彩色)、PHOENIX CONTACT (蓋にレーザー刻印で名入れ)、LAPPKABEL (品質検査) の生産モジュール。

(エ) 工場内の制御ネットワークと IT 系ネットワークの接続

経営レベルの情報から現場の制御レベルの情報までを垂直的に統合するにあたっては、工場内の機器制御を行うための制御系ネットワークを、企業単位の業務システムを構築するための基幹系ネットワークとつなぐ必要がある。従来、制御系ネットワークは工場内の各種生産設備の制御をリアルタイムで最適に行うことを目的としているため、基幹系ネットワークとつながることを前提として構築されていない上、工場内でさえ工程ごと・機器ごとに局所最適が図られ、別々の通信規格が混在しているのが現状である。

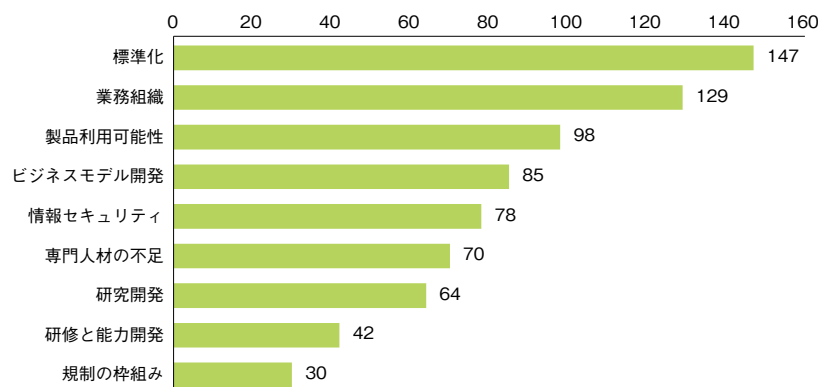
ドイツでは、ものづくりの現場がマーケットと直接つながることを念頭において、制御系ネットワークと基幹系ネットワークの接続に「OPC-UA」という国際規格が推奨されている(2015年のハノーバーメッセにおいて、OPC-UAを推奨通信規格とするインダストリー4.0コンポーネントが定められた)。もっとも、ドイツにおいても工場内の制御系ネットワークにつ

いては、シーメンスの「PROFINET」やベッコフオートメーションの「EtherCAT」などが並立して存在している状況が続いている。

我が国でも同様に、「CC-Link」、「MECHATROLINK」等の制御系ネットワークが並立して存在しているが、これらの制御系ネットワークと基幹系ネットワークの接続が課題として十分に認識されていないため、上記 OPC-UA のような通信規格の統一が進んでいない点がドイツとの大きな相違点である。同時に、メーカーが異なれば機械の通信規格もばらばらであるという先述の課題は、それらの機械を制御系ネットワークにつなぐコストが高いことを示す。

通信規格の標準化への取組や、異なるメーカーの機器同士も相互につながるための規格のオープン化という課題は、ドイツでもインダストリー4.0の実施にあたって最も重要な課題として認識されているが(図132-8)、我が国ではさらにその状況は深刻である。

図132-8 インダストリー4.0の実現に向けた課題

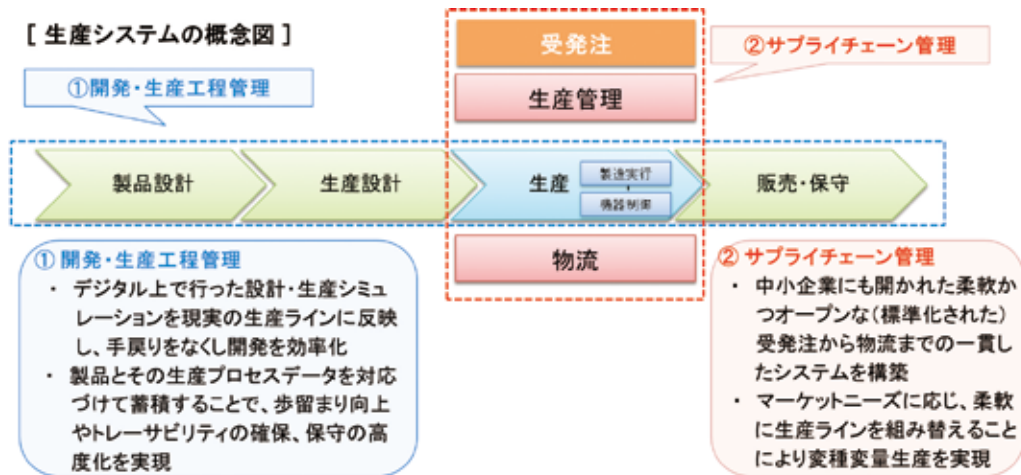


出所：Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0から経済産業省作成
備考：ドイツ企業の278社(主に機械、プラント)に対する調査、複数回答可

(オ) サプライチェーンマネジメント全体のデジタル化
 こうして実現されることとなる水平方向のプロダクトライフサイクル及び垂直方向のプロダクション・エンジニアリングを統合・相互連携させ、生産にかかるサプライチェーンマネジ

メント全体をデジタル化することが、インダストリー4.0が目指すスマート工場の究極的な目的である。これによって、市場の求めるどんな独創的な製品も短いリードタイムかつ安価に提供することを可能としようとしている（図132-9）。

図132-9 インダストリー4.0の生産システムのイメージ



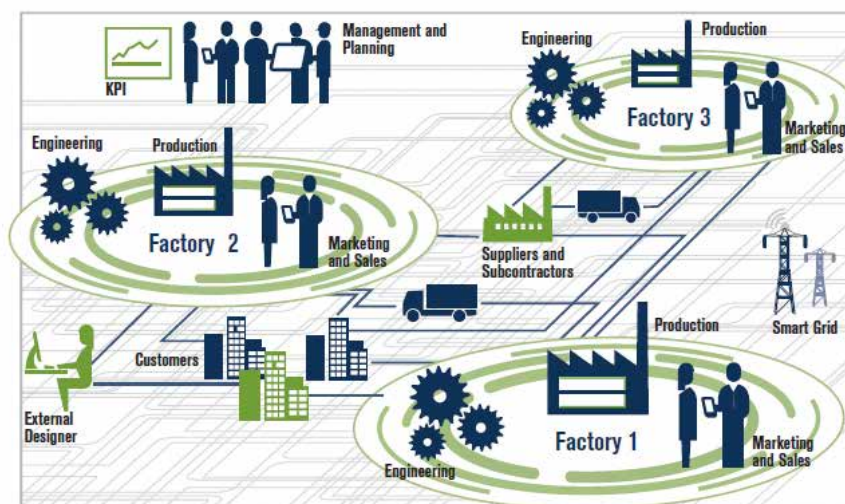
資料：経済産業省作成

加えて、インダストリー4.0はこのようなスマート工場どうしをつなぎ、ドイツの製造業全体が1つの大きなスマート工場として機能する姿を描く（図132-10）。この点においては、異なる企業どうしが必要に応じて手を取り合い、連携すること

で社会としての全体最適を生み出すことが求められる。

このような取組が進められた結果として、「マスカスタマイゼーション」への対応が可能となっていくのである。

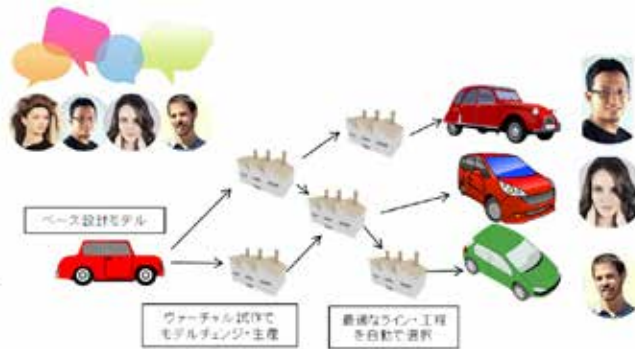
図132-10 インダストリー4.0におけるスマート工場どうしの連携



資料：Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0

図132-11 マスカスタマイゼーションのイメージ

- 設計開発のデータ化により、試作や性能試験もデジタル上で可能
- 生産者は、サプライチェーンの中で最も効率的なラインや工程を自動で選択し、迅速に消費者に提供
- 製品自体がデータ取得端末として稼働し、利用状況や消費者ニーズを設計・製造現場に集約



資料：経済産業省作成

(カ) プラットフォーマーとしての大企業の戦略

このような生産システムの土台となるツールを提供するのが、シーメンスやSAPといったドイツを代表する大企業である。SAPは世界市場におけるERPツールのトップベンダーの1つであり、インダストリー4.0構想において異なる工場間又は企業間の受発注等の情報のやりとりをベースとして、生産計画を指示するMESツールにもビジネスを拡大している。一方でシーメンスは、もともと工場内の制御機器やそれを動かすためのPROFINETという制御系ネットワークを有するが、上位系のPLMツールやMESツール等へと進出し、当該ツールも含めた生産ラインのサプライヤーとして、1つ1つの工場内の情報を統合・デジタル化する部分に強みを有している。この

ように、上位系から生産現場に関心を示してきたSAPと、生産現場から上位系へと拡大してきたシーメンスとがプラットフォームとしても競争することによって、ドイツ全体のインダストリー4.0に向けた取組がより活性化しているとみることもできる。

なお、ドイツにおいては、特にフラウンホーファー研究所が中心となり、サイバーフィジカルシステムを実現するための技術開発（例えば、生産ラインの柔軟な変更を可能にするプラグ・アンド・プレイ方式の実証や、中小企業にも使いやすいPLMツールの開発等）を精力的に実施しており、インダストリー4.0の実現に向けて国を挙げて着実に前進していることがうかがえる。

コラム

SAPのビジネスモデル

ドイツ・ヴァルドルフに本拠を置くソフトウェア企業であるSAPは、ERP (Enterprise Resource Planning) 等ビジネスアプリケーションのベンダーとして世界最大手の1つであるが、同社はIoTを活用した製造業への新たなビジネスモデルの提案と導入をリードしている。コラムでも紹介してきた、サプライチェーンマネジメントによってカスタムバイクの生産リードタイムを大幅に短縮したハーレー・ダビッドソン、コンプレッサー販売に加えて圧縮空気の販売によって新たなユーザーの開拓に成功したケーザー・コンプレッサーの事例は、SAPの生産システムやビジネスモデル提案によって単なるコスト競争から脱却し、顧客への新たな付加価値の提供によって差別化を実現したものであり、我が国製造業にとって参考となる事例は少なくない。

このような革新をリードするSAPの強みは、案件を超えて、業種を超えて、国境を越えて広く適用可能なアーキテクチャモデルに基づいたシステムを構築している点である。システムに共通のアーキテクチャーを持つことは、各種案件で得たノウハウやプラクティスのフィードバックによりアーキテクチャー自身を絶え間なく改善することを可能にするとともに、幅広い業種への適用によって思いもかけないイノベーションを生み出す可能性も有している。各社ごとのカスタマイズでシステム構築を行う傾向の強い我が国IT産業にとっても示唆を与えうる。

(キ) インダストリー4.0のインパクト

インダストリー4.0型の生産システムが仮に確立された場合、市場ニーズに応じたマスカスタマイゼーションへの対応という点において、現状の日本型生産システムの延長で考えている限り、我が国製造業は大きな遅れを取ることが懸念される。

また、それだけでなく、仮にマスカスタマイゼーションの必要性が到来しないとしても、当面、以下のような脅威が顕在化してくることが予想される。

第1に、ものづくりの競争力低下が挙げられる。ドイツの目指す生産システムが実現した場合、例えば自動車 OEM をはじめとする各種メーカーの工場内が圧倒的に効率化されるのみならず、サプライチェーンまで含めた全体最適が図られることにより、ドイツメーカーの価格競争力が相対的に向上することが想定される。そもそも、カタログからの選択に縛られないオーダーメイド品を低価格・短納期で納入することが可能となれば、ドイツメーカーの市場訴求力が向上することも想定され、我が国 OEM メーカーに対して競争上優位に立つおそれがある。

第二に、工場内で使用される生産機械のサプライヤーの競争力低下が考えられる。異なる工場や企業がデジタル上で互いに繋がら合うインダストリー4.0仕様の工場内においては、機械と機械も互いに繋がら合い、相互に情報を伝え合うことが必須となる。現在我が国では生産機械メーカーごとに機械の通信プロトコルは異なっており、したがって機械どうしを連結させ自動化ラインを構成する際には、機械のユーザー側がインテグレーションコストを支払う構図となっている。一方ドイツにおいては、接続インターフェースの共通化・標準化によって機械同士が違いに繋がら合うことを目指している。ドイツの目指す生産システムが実現し、かつその導入が世界中に広がった場合、ドイツ仕様の工場につながる通信プロトコルを持たない機械は市場に参入することすらままならず、我が国メーカーは競争力を低下させるおそれがある。

第三に、各種データを活用した新たな付加価値提供によるビジネスモデルが展開されていく中で、データの集積先として特定のデータプラットフォームが優位性を増すと、当該システムが国際的なデファクト標準として機能しはじめ、各製造業は市場への参入のために否応なく当該システムに組み込まれざるをえないといった事態も生じることが懸念される。

(ク) ものづくりの付加価値の消失へ

コスト競争力の低下以上に、製造業のビジネスモデルが変容することで、デジタル化された生産プロセスデータも含めて、生産にかかるノウハウがすべてソフトウェアに移行することへの懸念もある。工場の生産プロセスデータは、製造業にとっては重要なノウハウの固まりである。それゆえに、我が国では、製造にかかるデータの IT システムとの連携が進んでこなかったところでもあるが、上記で見てきたように、生産方式を全体最適の観点から見直すとすれば、従来のようにプロセスデータ

の保護に固執し続けることは、かえって競争力を失うことになりかねない。この点において、どのデータを自社内でブラックボックス化し、どのデータを上位系のソフトウェア開発につなげるかといった峻別を行うことは企業にとって重要な課題となりうる。

ソフトウェアベンダー側との間で提供するデータの所有権等は契約による条件付けも重要となってくる。各ユーザーからデータの集まるソフトウェアがデータプラットフォーム化すれば、当該データを分析し、個別各社にはできないデータの分析結果を活用することで、製造業側にとっても強みを見いだすことができる。また、そもそも、そうしたソフトウェアに競争の源泉がうつるとすれば、そうしたソフトウェア開発に乗り出す新ベンチャーを創出するプラットフォームをしっかりと握るといった戦略もあり得る。このような観点も踏まえると、製造業のビジネスモデルが変わろうとしているなかで、データを自社内で囲いこみつづけること、あるいは、できる限り機器やネットワークを囲いこみ、つながる工場を推進しないとといった状況のままでは、製造業の持つ付加価値を失う方向に進むことになりかねない。

製造物の価格決定権は製造業ではなくソフトウェア提供側に移ることも想定される中、我が国製造業の競争力を高めていくためには、ソフトウェアでも付加価値を生み出していくこと、そのできる人材を育成していくことが不可欠である。それを怠れば、我が国が得意とし、また今後も強みとしていくことが期待されるものづくりから、付加価値が奪われていくことにつながりかねないのである。

(ケ) 総括

これまで述べてきたように、ドイツにおけるインダストリー4.0の取組は大きな可能性を秘めた壮大な取組であるが、一方でその実現に向けてまだ第一歩を踏み出したばかりである。また実現に向けたハードルが非常に高いことも確かである。我が国製造業はこれを過度に恐れる必要はないが、一方で製造業大国のドイツがIoTの進展やデジタル社会の到来といった世界のメガトレンドを捉え、そのような世界の中で今後のものづくりのあり方を模索していこうとしている点は大いに注目に値する。我が国においては、得意としてきた「すりあわせ」の技術や、サプライチェーン間の「阿吽の呼吸」のように熟練労働者のノウハウや信頼関係に基づいたサプライチェーンの最適化によって、生産の効率化、ものづくりの高度化が図られてきたが、ドイツの目指すインダストリー4.0はそのような日本的なものづくりの思想の延長線上にあるものではないことをしっかりと認識したい。

なお、現実の生産プロセスが変わっていくことに先立って、デジタル社会における未来の工場のあり方に関する国際的なルール形成の議論はすでに始まっている。このような議論に乗り遅れることなくしっかりと対処していくためにも、我が国としての今後の製造業のあり方を十分に国内で議論していくことは、非常に重要なことである。

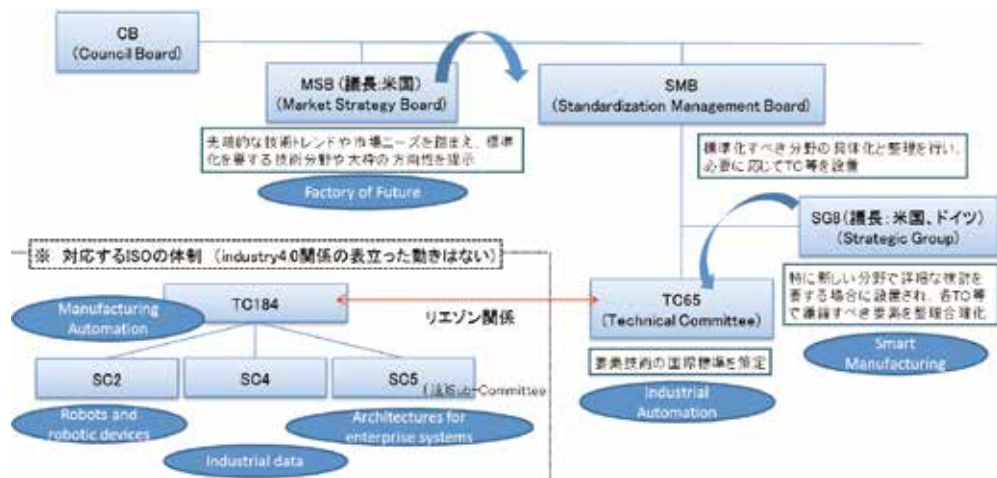
コラム

進むルール形成～スマートファクトリーの国際標準化

IEC (International Electrotechnical Commission, 国際電気標準会議) では、インダストリー4.0を念頭に置いた国際標準化の動きが既に始まっている。具体的には、新たな技術トレンドを踏まえ、標準化活動が必要となり得る今後の大きな市場の方向性を議論するMSB (Market Strategy Board) において「ファクトリー・オブ・フューチャー」をテーマとする白書の検討が進み、2015年10月をめどに発行される見込みである。また、このような動きも踏まえつつ、今後標準化を行っていくべき具体的な分野とその手順について整理を行うSMB (Standardization Management Board) において「スマートマニュファクチュアリング」をテーマに検討が進んでおり、2016年中をめどに結論を得る見込みである(図)。

近年、国際標準化活動においては「システムアプローチ」と呼ばれる手法が一般的になりつつある。つまり、細分化された個別具体的な技術をベースに1つ1つの規格を独立に作っていく従来の手法とは異なり、ある技術や考え方の体系をシステムとして捉え、その体系に沿って必要な一群の規格を策定していく手法である。このようなアプローチにおいては、検討の上流段階から規格作りの議論に参加し、我が国が有利となるような設計を初期段階から作り込んでいくことが重要である。ドイツは、初期段階からフラウンホーファー研究所、シーメンス、SAP等の中核企業等が国際標準化の検討に参加することで、インダストリー4.0のデジュール化を有利に進める狙いがある。我が国もその議論に乗り遅れることなく、未来の工場のあり方をめぐる国際標準の規格の中に、我が国に優位性のある技術やノウハウが反映されるよう、検討の初期段階から議論に積極的に参加することが必要となっている。

図 IEC の組織体制とインダストリー4.0をめぐる国際標準化活動



資料：経済産業省作成

コラム

インダストリー4.0に関する独中連携

ドイツのメルケル首相は、2014年7月に中国を訪問。共同声明としてとりまとめた独中協力のアクションプラン”Shaping innovation together” において、インダストリー4.0に関する協力が盛り込まれた。

具体的には、産業のデジタル化はドイツと中国双方の経済にとって新たな成長の源泉となるものであることを認め、両国の企業がその促進を推し進めていくことに合意した。また、両国政府がインダストリー4.0に関する情報共有の場を持ち、国際標準化においても協力を行っていくとされている。国際標準化の推進にあたっては、国際会議の場での仲間作りが非常に重要であることも踏まえれば、独中連携の動きにも今後注目していく必要があるといえる。

コラム

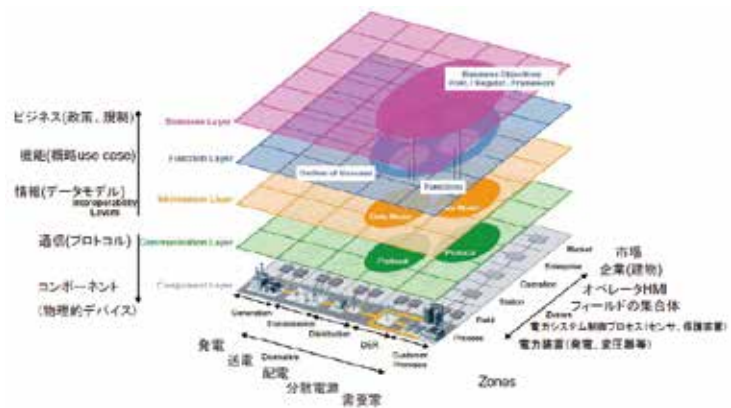
国際標準化におけるシステムアプローチの事例 スマートグリッド

スマートマニュファクチュアリングに先立って、システムアプローチによる国際標準化の動きが始まっているのがスマートグリッドの分野である。スマートグリッドでは、SMB (Standardization Management Board) における検討が2009年に始まっている。このような複雑なシステムの標準化を進めるためには、関係する多くの企業や事業者が利用する様々な技術の相互運用性が必要となるため、そうしたシステム全体を俯瞰し、抽象化・視覚化した「SGAM (スマートグリッド・アーキテクチャモデル)」を策定。先行して実現している事例 (ユースケース) で運用された技術要素とその相互運用性の有無をモデル上にマッピングしていくことで、新たに規格化することが必要な部分を明らかにするという手法を採った。

このようなアプローチにおいては、策定されるモデルが我が国で用いられている技術やルールに不整合とならないよう、適切に議論を動かしていく必要がある。実際、スマートグリッドでは必要な対応を検討するため、NEDO を事務局とし、327の民間企業群からなる「スマートコミュニティアライアンス」を2010年に組織した。企業経営者層も巻き込み、それぞれの企業戦略や産業全体としての戦略に標準化対応を位置づけ、検討を実施。抽出された20の重要項目に関して国際標準化の取組をフォローアップすることとし、現在、工業標準調査会に設置された戦略分科会において、個別の項目をつなぐシステムの標準のあり方の検討も含めた対応を行っている。

今後始まるスマートマニュファクチュアリングの議論においても、このような体制の構築を進め、関連産業が一丸となって、企業戦略・産業戦略の一環として対応策を検討・実施していくことが非常に重要である。

図 スマートグリッドのアーキテクチャー



資料：“CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group Smart Grid Reference Architecture, Nov.2012” をもとに経済産業省作成

コラム

ハノーバーメッセ

ドイツ北東部のハノーバーにて年に1回開催されるハノーバー国際見本市 (以下「ハノーバーメッセ」) は、世界最大の国際産業技術見本市である。2015年のメインテーマは”Integrated Industry - Join the Network!”であり、ドイツ国内を中心に世界の様々な企業や研究開発機関が、インダストリー4.0に関連する様々な技術やアプリケーションを展示した。2011年にインダストリー4.0の考え方が示されて以降、ハノーバーメッセはこのような各企業・研究開発機関の取組を披露し競争する場としての様相を強めてきており、IT 活用が製造現場に裨益する具体的なイメージを示し、インダストリー4.0によって製造業が変わっていく姿とその目標をドイツ企業が認識することに大きな役割を果たしている。

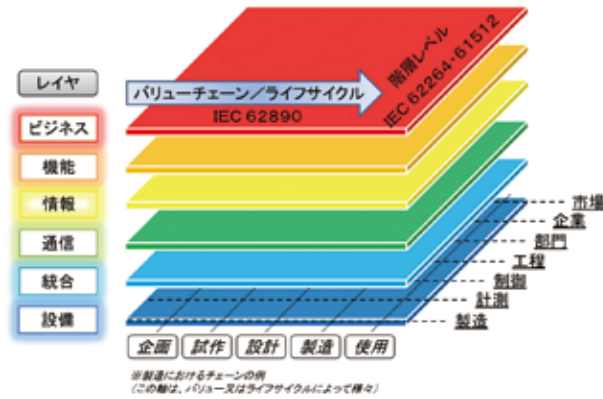
実際に、ハノーバーメッセの時期を利用してインダストリー4.0に関する様々な新しい発表がされている。例えば今年新しく発表された「Umsetzungsstrategie Industrie4.0 (実践戦略)」の中で、インダストリー4.0プラットフォームの新しい姿 (図132-4) やインダストリー4.0のためのリファレンスアーキテクチャモデル (RAMI4.0、図) が発表された。2011年に示されたインダストリー4.0の考え方を具体的な実装モデルとして公開した点において、一歩進んできたことが見て取れる。RAMI4.0では使える標準規格はそのまま活用することをベースとしており、基幹系ネットワークと制御系ネットワークの間の通信においては、OPC-UA(IEC62541) が推奨されているほか、情報層においては、IECの共通データデクシ

ナリー(IEC 61360シリーズ)などが参照規格としてあげられている。また、インダストリー4.0のコンポーネントを新たに定義して、工場内の構成要素をすべて、対等につなげる方向が示唆されている。

メッセにはメルケル首相も訪れ、産業界のネットワーク化、標準化への取組への決意など、首相自らがインダストリー4.0を推進する姿を明確化している。

近年のインダストリー4.0の国際的な関心度を反映して、今年のハノーバーメッセ(4月13日から17日まで開催)には、22万人の入場者のうち、約7万人が国外からの参加者であったという(主催者発表)。

図 インダストリー4.0リファレンスアーキテクチャーモデル (RAMI4.0)



資料：「Referenzarchitekturmodell Industrie4.0 (RAMI4.0)」(ZVEI, SG2) をもとに経済産業省作成

コラム

インダストリー4.0実現に向けた産学官連携

ハノーバーメッセのコラムで示したように、ドイツではメルケル首相の強力なリーダーシップの下、民間企業がインダストリー4.0という共通のゴールの実現を目指して技術開発やアプリケーション開発を行っている。加えて、大学や各種研究機関においても同様の研究開発が進んでいる。

例えば、前述のプラグ・アンド・プレイ方式の生産ライン開発は、民間の非営利研究法人である人工知能研究センター(DFKI)を中心に行われている。また、複数の工場にまたがった生産調整を行うための実証実験をミュンヘン工科大学が中心となって行っている。具体的には、市場ニーズの変化に対応し、生産する商品(ヨーグルト)のロットや種類の最適化をリアルタイムに行うという実証を、複数工場間のデータ共有とそれに基づく生産ライン制御によって行うものであるという。

第2節で述べたようなドイツの産学官連携による研究開発エコシステムはこのような場面でも生きており、官がリードし、産学が連携・役割分担をすることにより着実に、効率的にインダストリー4.0を実現していこうという体制が構築されている。インダストリー4.0に関しては、その技術的側面よりもむしろ、このようなプロセス的側面に学ぶところが多い。

図 「マイヨーグルト」製造実証のイメージ



資料：ミュンヘン工科大学ホームページ

コラム

我が国の得意分野とは：人とロボットの協調 三菱電機可児工場

未来の工場の姿を検討するに当たり、我が国が優位性を持つ技術やノウハウとは何かということについて考える必要がある。後述するように、ロボットは我が国が優位性を有する技術であり、世界に先駆けてその生産・活用を行ってきた。

ドイツのインダストリー4.0においては、生産ラインが自律的に組み変わったり、生産機械がM2Mで情報をやり取りして自律的に必要な作業を判断したりといったように、労働者を極力介在させない姿を目指す向きがある。しかしながら、これまで我が国企業はロボットを活用した徹底的な生産性向上を目指す中で、人間を排除しすべてを自動化するよりもむしろ、人とロボットがそれぞれの得意な作業を分担し、互いに協調して生産活動を行うことが最善の姿であることを学んできた。

例えば、三菱電機（株）可児工場では、モーターの始動停止の制御等に利用される電磁開閉器の生産を行っているが、変種変量生産に対応するため、従来活用していた無人の全自動ラインに加え、ロボットセル生産システムを導入した。ロボットセル生産システムにおいては、大物部品の供給や段取り変更が必要な（製品ごとに種類が異なる）部品の供給等を多能工の労働者が担い、知能化ロボットによる高度な生産ラインと協調して作業を行うことにより、従来の全自動無人化ラインと比較して圧倒的な効率性の向上を達成した。

また、同社は生産現場のデータ収集・分析・制御を実現するためのFA（Factory Automation）統合ソリューションである「e-F@ctory」を推進している。データの一元管理のための共通ネットワークやFA機器等を提供するとともに、国内外のIT関連技術（通信、センシング、制御、機械、生産）を有する企業とのアライアンスを構成し、ユーザーの拡大を図っている。同社はe-F@ctoryを活用した新たなコンセプトとして「challenge2020」の中で、「みえる化³（キューブ）（見える＝可視化、観える＝分析、診える＝改善）＋使える化」を打ち出し、e-F@ctoryを活用した生産現場の課題解決のトータルソリューション提供を目指す。

図 可児工場のロボットセル生産システム



資料：三菱電機

図 e-F@ctory



コラム

IMS プログラム

1989年、通商産業省（当時）の報告書において提唱されたIMS構想に基づき、1990年以降、IMSプログラムと呼ばれる国際共同研究プログラムが実施された。IMSとは、知的生産システム（Intelligent Manufacturing System）の略であり、知能化された機械と人間との融合を図りながら、受注から設計、販売までの企業活動全体をフレキシブルに統合・運用し、生産性の向上を図るシステムと定義された。具体的には、企業活動のグローバル化に伴って各国に点在するようになった企業の生産拠点間、あるいは異なる企業の間でも共通の方式で情報やデータを交換すること、複数の製造装置が繋がって有機的に連携すること、知的な製造プロセスの実現によって不足する熟練技能者のノウハウを補うこと、ニーズの多様化や商品のライフサイクル短縮化、生産のリードタイム短縮化等の需要構造の変化への対応等を目指し、次世代製造プロセスモデルの先行的な開発を行うプログラムであった。

我が国からも数多くの新規プロジェクト提案がなされ、数多くの企業、大学、研究機関等が参加したが、2010年をもってIMSプログラムは当初の目的を十分に達成したとされ、我が国としての参加は終了した。

このような取組は、IoTを活用して製造プロセスを高度化しようとするインダストリー4.0に大いに通じるところがある。我が国の得意分野を活かした製造プロセスの検討にあたっては、このような過去の経験や知見にそのコンセプトや成果を学ぶことも一案と考えられる。

(2) 米国

①インダストリアル・インターネット

米国におけるIoT活用の動きとしては、インダストリアル・インターネットが挙げられる。GEが提唱するこの概念は、航空機エンジンや鉄道、医療機器や発電機器などの産業機器の稼働や部品の状態などをセンサーから取得し、ビッグデータ解析を行うことによって運用のコスト削減、効率化、最適化などにつなげようとするものである（図132-12）。例えば航空機エンジン分野では、エンジンに組み込まれたセンサーが稼働時のデータを収集・分析し、交換が必要になりそうな部品とその時期を保守要員に知らせる「予知保全」を可能とする。これによって、航空会社のオペレーターは、サイクル数に基づく現在の保守スケジュールか

ら、実際のニーズに基づく保守スケジュールに切り替えることが可能となるだけでなく、部品の在庫を減らして航空機の使用率を上げ、コストを削減することができる。また、GEは飛行データの解析によって、効率的な航空機のフライト方法を導き出し、航空会社に提案することも可能となる。アリタリア航空（イタリア）では、年間1,500万ドルの燃料コスト削減を実現したという。

また、GEなど米国企業5社（AT&T、GE、IBM、インテル、シスコシステムズ）が発起人となり、インダストリアル・インターネットを推進するため、インダストリアル・インターネット・コンソーシアムを設立した。米国を中心に日本、ドイツを含む100以上の企業・団体が参画し、IoT関連技術の標準化に向けたアーキテクチャー作りやユースケースの作成を行っている。

図132-12 GEの取組事例



資料：「日経ビジネス」2014年12月22日号より経済産業省作成

コラム

航空機エンジンに活用される IoT

自動車とは異なり、航空機業界ではエンジンメーカー（GE、プラット&ホイットニー、ロールスロイス等）が完成機メーカー（ボーイング、エアバス等）とは独立して存在しており、エアラインや航空機リース会社は購入する機体を決定した後、別途選択可能なエンジンから購入するエンジンを選定することが一般的である。このような状況の中、エンジンメーカーは競合他社との差別化や技術の向上に IoT を役立てている。

GE のインダストリアル・インターネットにおいて、航空機エンジンの状態監視による予知保全は代表的なアプリケーションの1つである。航空機エンジンは、ジェット燃料を高温・高圧の厳しい環境下で燃焼させることによってタービンを回転させ、推進力を得る仕組みで動作する。その結果、長い製品寿命の中で、かなりの頻度で多くの部品を交換することが必要となっているという航空機エンジンの特性が、このようなサービスの背景となっている。同様の取組は、ロールスロイスも実施している。

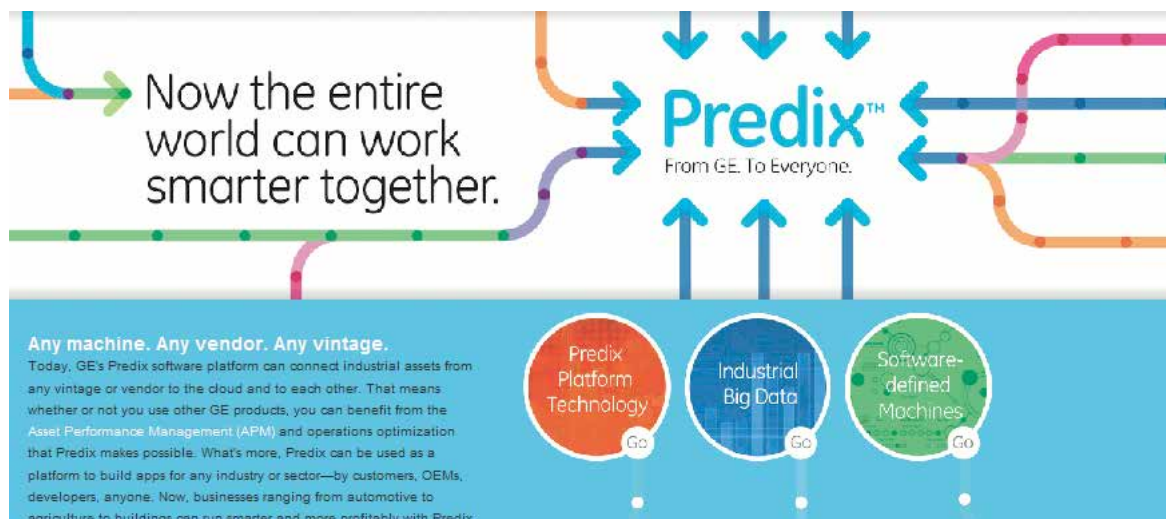
IoT を活用したエンジンの状態監視によって、エンジンメーカーは、MRO（Maintenance, Repair and Overhaul）の競争力を強化すると同時に、将来に向けて技術をさらに進化させ、市場での競争力を高めているといえる。

GE は、インダストリアル・インターネットを推進するに当たり、2011年に米国シリコンバレーに開発・推進拠点として「GE ソフトウェアセンター」を設置し、3年間で10億ドルの投資、1000人規模のソフトウェア技術者の雇用計画を発表するなど、ソフトウェア開発のための体制を大幅に拡充した。さらにはインダストリアル・インターネットで扱うビッグデータのマネジメントのため、クラウドやセキュリティ等企業向け情報管理サービスを販売する EMC（米）等との共同出資によりピポタルソフトウェアを設立。また遠隔地にもサービス提供を行うため、複数のセキュリティベンダーを買収している。

2014年秋、GE はインダストリアル・インターネットの中核をなすデータ分析ソフトウェアである「Predix」を他社にも提供していくことを発表した（図132-13）。Predix は石油・

ガス、電力、水、輸送、航空、ヘルスケア等、GE が強みを持つ分野におけるアプリケーション群であるが、GE がこれらを他社にも提供し、GE 以外の産業機器メーカーが GE 製ソフトウェアへの対応を行うことによって、産業機器におけるデータ収集・解析・処理の分野において GE がデファクトスタンダードを握り、世界中の産業機器のデータが GE に集まる可能性も存在する。GE の産業機器ビジネスがより一層、効率的な運用や保守、インフラのオペレーションといったサービスで稼ぐモデルへと変貌する可能性も秘めている。ビッグデータ解析による付加価値創出の効率性は一般に収穫逓増的に増大すると考えられることから、GE のこのような動きは関連する業界にとつて大きな脅威となりうる。

図132-13 Predix



資料：GE ホームページ

②インテリジェント・メンテナンス・システム

米国には、もう1つ注目すべき動きがある。オハイオ州シンシナティ大学に設置されているIMS (Intelligent Maintenance System) センターの取組である。第2節でも触れたように、米国は国内製造業の競争力強化を図るための施策を継続的に実施してきているが、同国は2011年のAMP (Advanced Manufacturing Partnership; 先進製造パートナーシップ) において既に、サイバーフィジカルシステムの概念を打ち出している。これはドイツのインダストリー4.0に

も共通する概念であるが、IMS センターは、NSF (National Science Foundation) を通じて政府からの支援を受けつつ、このような概念の製造業への導入をドイツに先駆けて提唱し、先行的な取組を行ってきた。

その代表的なアプリケーションが予知保全であるが、IMS センターは、予知保全を行うための基盤となるアルゴリズムとして” Watchdog Agent” を開発し、世界で80社以上にも及ぶパートナー企業に提供している。前述のインダストリアル・インターネットもここにルーツがあると言することができる。

コラム

世界中で乱立するスマートマニュファクチュアリングイニシアティブ

ドイツのインダストリー4.0や米国のインダストリアル・インターネットのみならず、今や世界各国でスマートマニュファクチュアリングを推進するナショナル・イニシアティブが打ち出されている。

例えば中国では、第2節でも触れたように、2015年3月の全人代における政府活動報告の場で、各種の産業振興策を通じて経済の成長エンジンを創出していく考えを提示。製造業に関しては、「中国製造 (メイド・イン・チャイナ) 2025」として、情報ネットワーク、半導体、新エネルギー、バイオ、航空機エンジン、ガスタービン等を含む重点分野を指定し、これらの分野において「情報化と工業化の深いレベルの融合」を促進しつつ技術水準や製品品質を引き上げていくことを掲げた。さらに、「インターネット+ (プラス)」と呼ばれるIT 振興策とも連携しつつ、「量より質」への転換を目指していく。

イギリスは、「カタパルト」と呼ばれる国家イノベーションプログラムの1分野として、「ハイ・バリュー・マニュファクチュアリング」と呼ばれる製造業強化策を打ち出している。これは、イギリスが競争力を有する複合材料、プラスチック電子材料、バイオテクノロジー等の要素技術を実用化するためのいわゆる「死の谷」を埋めるための産学の研究開発や製造技術開発支援策である。イギリスの GDP に占める製造業の比率は10% 程度であるが、同国の輸出の半分以上を占め、250万人以上の雇用を産む製造業は重要であるとして、その振興を目指している。

また、フランスは国内での製造業振興のための34の分野を特定し、その発展を政府・公的機関を挙げて支援していくことで、新たな雇用や付加価値を生み出す方針を打ち出している。34の分野としては、例えば「未来の工場」「コネクテッド・デバイス」「サイバーセキュリティ」「仮想現実」等のようにIoTの進展を念頭に置いたものや、「次世代航空機」「未来の高速鉄道」「自動運転車」のように、フランス企業が強みを有する分野のさらなる強化を目指すものなどが挙げられている。

(3) IT 企業のものづくりへの進出

近年、米国を中心に、IT 企業のものづくりへの進出が見られている。例えばグーグルが携帯電話や自動車を開発する動きや、アマゾンがドローンを活用して物流に参入する動きはその典型であるが、このような動きはこれまで述べてきたような、製造業がIoTを活用してものづくりの高度化を図っていることと関係が深い。つまり、IT 企業はIoTを活用して世の中に存在するあらゆる「モノ」の情報を取得し、それらを互いに繋ぎ、解析することで「システムの最適制御」というサービスの提供に乗り出そうとしている。そのようなIT 企業のビジネスモデルにおいては、ハードウェアはシステムの要求どおりに動く単なる手足に過ぎないといえるため、ハードウェア自

身の価値は限りなく小さくなる可能性が高い。その結果、ハードウェアサプライヤーは新興国を中心とする製造業との際限のないコスト競争を強いられることとなる。一方、先進国の製造業は引き続き自らのビジネスに付加価値を残すため、様々な取組を始めている。例えばドイツのインダストリー4.0は、工場の制御をIT側に支配されることを防ぐため、工場内の機器を繋いで柔軟な生産を可能にし、マスカスタマイゼーションという新たな付加価値を製造業が提供する構図を作ろうとするものであり(図132-14)、インダストリアル・インターネットは、製造者が製造物の稼働データをいち早く取得し、自らサービスの提供に乗り出すことで付加価値の移行を防ぐ動きであるとも捉えられる。