

## 第3節 製造業の企業変革力を強化するデジタルトランスフォーメーション(DX)の推進

### 1 日本の製造業のデジタルトランスフォーメーションにおける課題

#### (1) 製造業におけるデジタル技術のインパクト

ドイツの“インダストリー 4.0”、フランスの“未来の産業 (Industrie du Futur)”、中国の“中国製造 2025”など、世界の主要各国が、第四次産業革命への対応を進めている中、日本もまた、目指すべき社会の姿として“Society 5.0”を掲げ、さらに2017年3月、我が国の産業が目指すべき姿として“Connected Industries (コネクテッドインダストリーズ)”というコンセプトを提唱し、世界に向けて発信した。

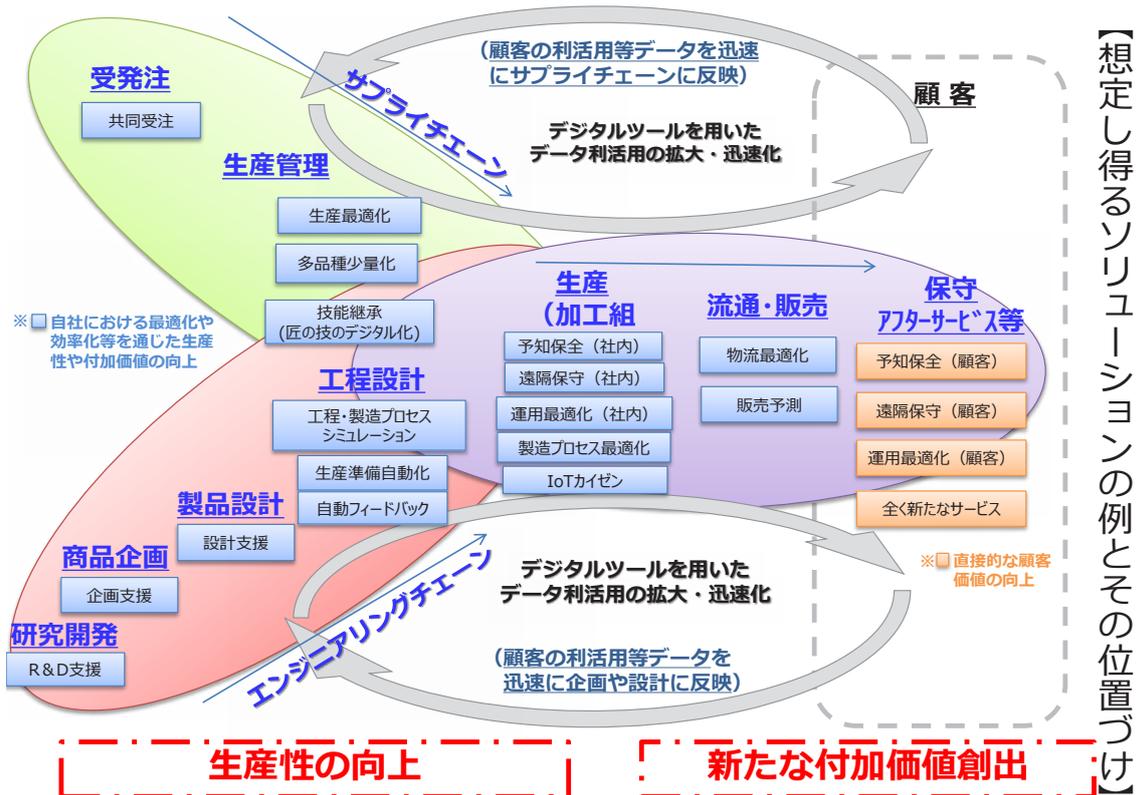
“Connected Industries”とは、データを介して、機械、技術、人など様々なものがつながることで、新

たな付加価値創出と社会課題の解決を目指す産業の在り方である。このコンセプトを具体化する上でカギとなるのは、IoTやAIを始めとする最新のデジタル技術である。

このようなデジタル技術は、より具体的には、次のようにして製造業に大きな変革(デジタルトランスフォーメーション)をもたらす。

そもそも製造工程には、大まかに言って、研究開発-製品設計-工程設計-生産などの連鎖である「エンジニアリングチェーン」と、受発注-生産管理-生産-流通-販売-アフターサービスなどの連鎖である「サプライチェーン」がある。製品や生産技術に関するデータは、この2つのチェーンを通して流れ、結びつき、そして付加価値を生み出す。

図 131-1 想定し得るソリューションの例とその位置づけ



資料：経済産業省作成

IoTを始めとする最新のデジタル技術は、双方のチェーンの各所において、データの利活用を進める優れたソリューションを提供し、製造業に画期的な革新をもたらす。

例えば、エンジニアリングチェーンにおいては、強

化された計算能力やAIなどを研究開発等に活用する「R&D支援」、顧客の仕様データなどを分析することによる「企画支援」、モデルベース開発を始めとする「設計支援」などがある。

サプライチェーンにおいては、工場ごとの繁忙期の

平準化などを可能とする「共同受注」、デジタル化により匠の技の継承を容易にする「技能継承」、サプライチェーン連携などによる「物流最適化」、顧客の使用データなどを分析することによる「販売予測」、設備・機器の「予知保全」「遠隔保守」などがある。

そして最も重要なことは、エンジニアリングチェーンとサプライチェーンをシームレスにつなぐことである。これにより、「生産最適化」さらには「マスカスタマイゼーション」が可能になるだけでなく、「サービタイゼーション」あるいは「ことづくり」といった新たなビジネスの設計もより容易になる。

このデジタル技術によるエンジニアリングチェーンとサプライチェーンの連携については、2. において

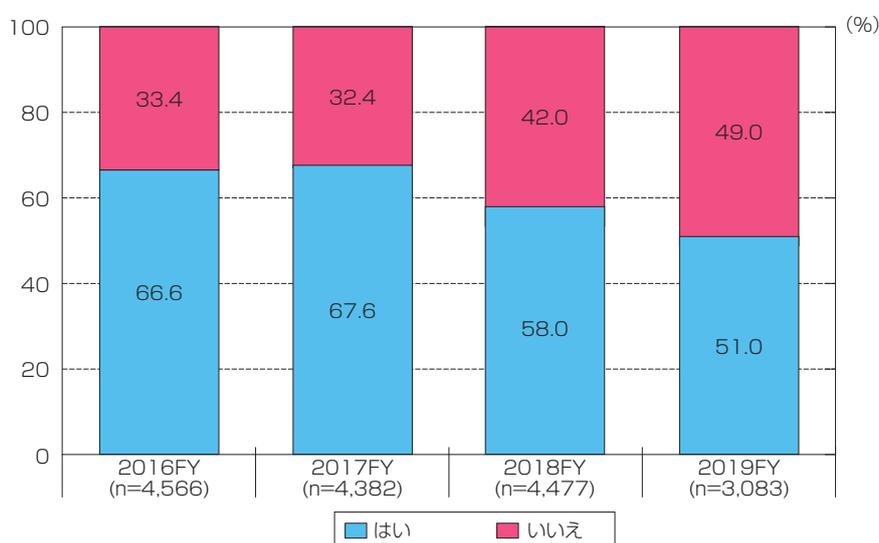
更に検討する。

## (2) 国内製造業企業のデータ活用の遅れ

以上で述べたエンジニアリングチェーンとサプライチェーンの強化及び両者の連携にはデジタル技術が不可欠である。このような製造業における2つのチェーンにソリューションを提供するデジタル技術について、日本企業の導入状況を確認したい。

国内製造業に対して、生産プロセスに関する設備の稼働状況等のデータ収集を行っているかを尋ねたところ、データ収集を行っている企業の割合は、2018年12月調査時の58.0%よりも7%減少し、51.0%となった(2019年12月)(図131-2)。

図131-2 生産プロセスに関する設備の稼働状況等のデータ収集を行っているか

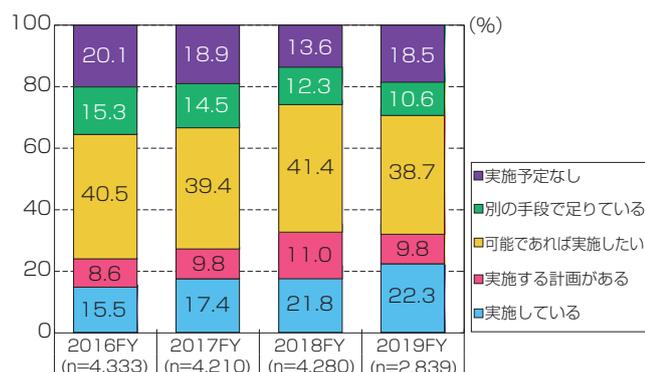


資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2019年12月)

さらに、センサーやITを活用して個別工程、製造工程全般、人員のそれぞれの稼働状況の「見える化」によるプロセス改善等に取り組んでいるか(図131-3・4・5・6)、海外工場において国内工場と同じ

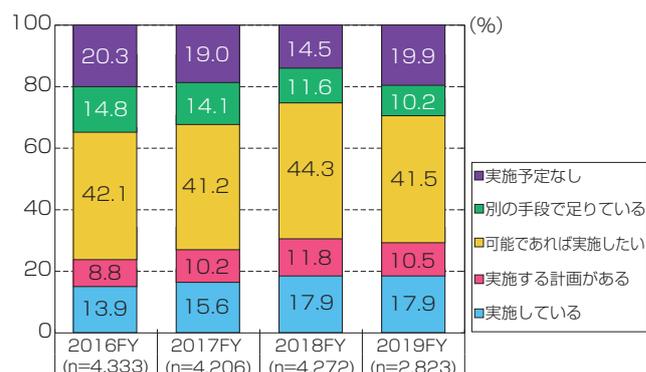
かそれ以上の生産プロセスにかかるデータ等の収集・活用を実施しているか(図131-7)について尋ねたところ、いずれについても、大きな進展は見られなかった。

図131-3 個別工程の機械の稼働状態について「見える化」を行っているか



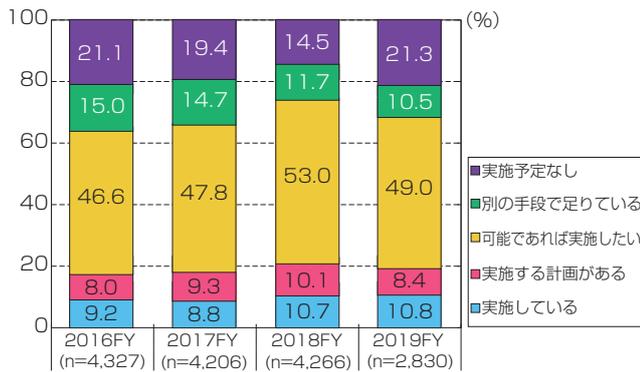
資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2019年12月)

図131-4 ライン・製造工程全般の機械の稼働状態について「見える化」を行っているか



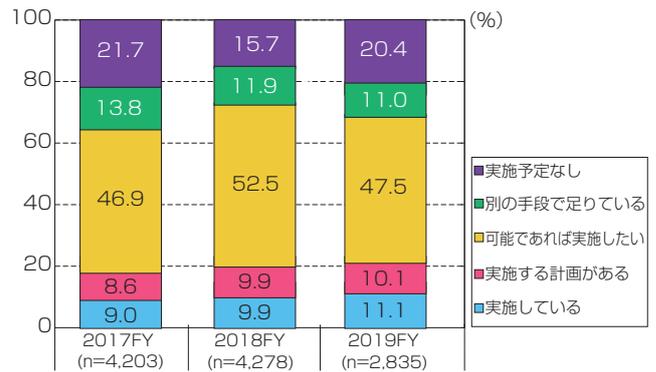
資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2019年12月)

図 131-5 人員の稼働状態の「見える化」を行っているか



資料：三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2019年12月）

図 131-6 データ化・見える化や検査工程の自動化・IT化に取り組んでいるか



資料：三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2019年12月）

図 131-7 海外工場も生産プロセスにかかるデータ等の収集・活用といった取組を行っているか（「海外生産拠点あり」に限定）

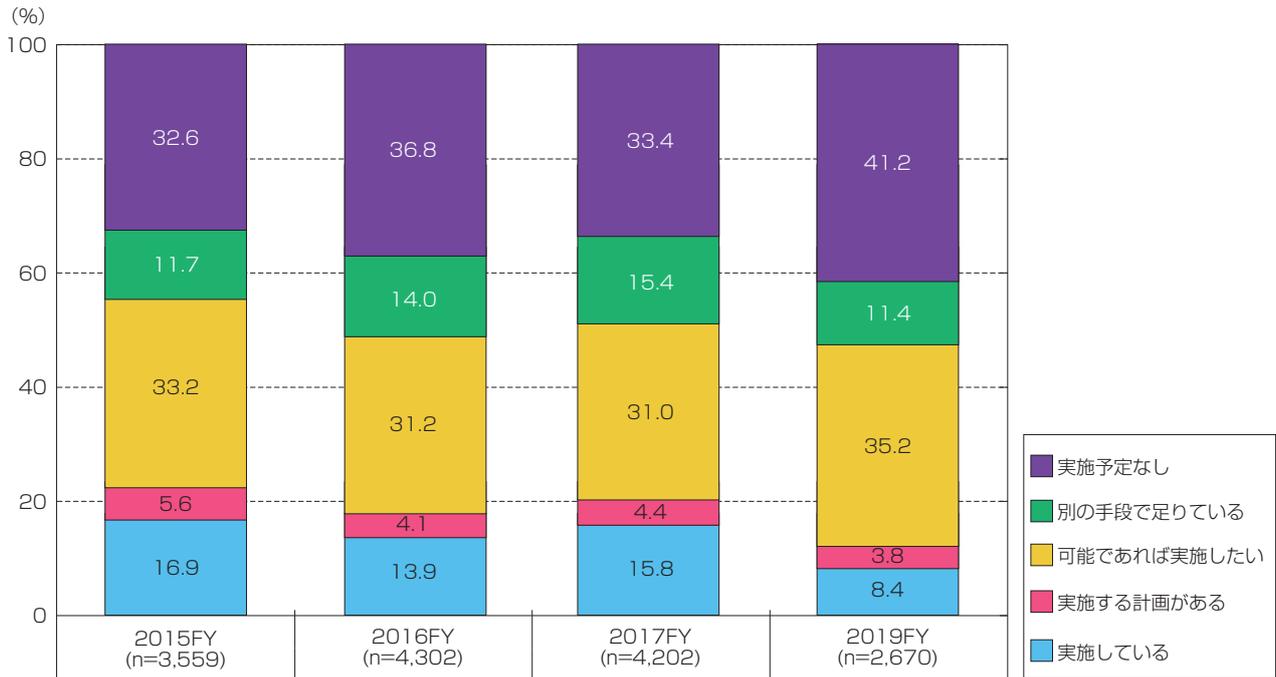


資料：三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2019年12月）

特に、2019年版ものづくり白書においても課題として挙げた顧客目線でのビジネス展開に関しても、データ連携が進んでいないことが明らかとなった。複数部門間での情報・データ共有について、販売後の製品の

動向や顧客の声を設計開発や生産改善に活用しているかどうかを確認したところ、「実施している」と回答した企業は前回調査時（2017年度）と比べて15.8%から8.4%へと大きく減少した（図131-8）。

図 131-8 設計開発・生産・販売など、複数部門間での情報・データ共有について販売後の製品の動向や顧客の声を設計開発や生産改善に活用しているか



資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2019年12月）

このようなことから、我が国製造業におけるデータ収集・活用の取組はこここのところ足踏み感が見られ、新型コロナウイルス感染症の感染拡大を始めとする不確実性の高まりも相まって、今後の投資についても停滞することが懸念される。

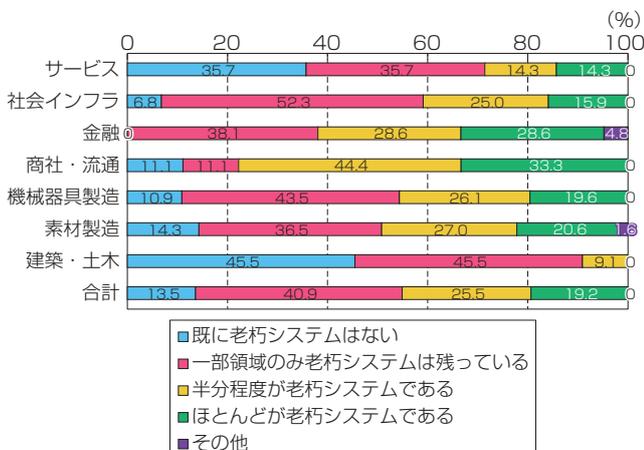
### (3) 「2025年の崖」

製造業のデジタルトランスフォーメーションを阻害し、ダイナミック・ケイパビリティを低下させるリス

クとして見落としてはならないものの一つに、基幹系システムの問題がある。

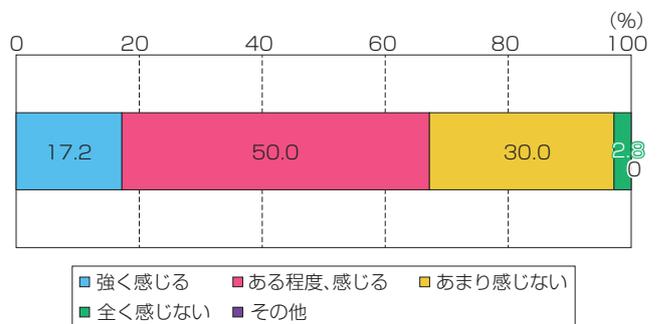
経済産業省「デジタルトランスフォーメーションに向けた研究会」の報告書「DXレポート～ITシステム「2025年の崖」の克服とDXの本格的な展開～」(平成30年9月7日) (図131-9・10) は、日本企業の約8割が、いわゆる「レガシーシステム」(複雑化・老朽化・ブラックボックス化した基幹系システム)を抱えていると警鐘を鳴らしている。

図 131-9 業種によるレガシーシステムの残存状況



資料：一般社団法人日本情報システム・ユーザー協会「デジタル化の進展に対する意識調査」(平成29年)より経済産業省作成

図 131-10 レガシーシステムの存在がDXへの足かせになっていると感じるか



資料：一般社団法人日本情報システム・ユーザー協会「デジタル化の進展に対する意識調査」(平成29年)より経済産業省作成

世界規模でデジタルトランスフォーメーションが進む中、「レガシーシステム」が残存している企業では、爆発的に増加するデータを活用しきれず、デジタル競争の敗者となる恐れがある。また、ITシステムの運用・保守の担い手が不在になり、多くの「技術的負債」<sup>注1</sup>を抱えるとともに、業務基盤そのものの維持・継承が困難になる。サイバーセキュリティや事故・災害によるシステムトラブルやデータ滅失・流出等のリスクが高まることも予想される。すでに、我が国企業のIT関連予算の80%は現行ビジネスの維持・運営(ラン・ザ・ビジネス)に割り当てられており、さらにラン・ザ・ビジネス予算が90%以上を占める企業も40%を超えている。それは、裏を返せば、バリュー・アップのためのIT投資がIT予算の2割以下に過ぎないということを意味する。

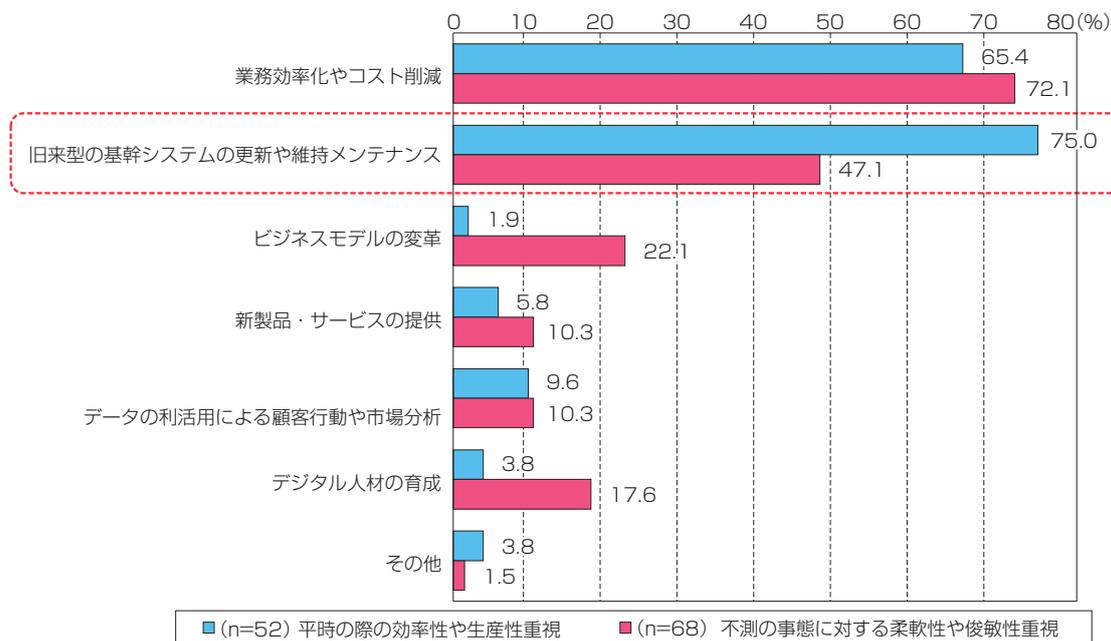
DXレポートは、「レガシーシステム」が残存した場合、2025年までに予想されるIT人材の引退やサポート終了等によるリスクの高まり等に伴う経済損失は、2025年以降、最大12兆円/年(現在の約3倍)

に上る可能性がある」と指摘し、これを「2025年の崖」と呼んでいる。この「2025年の崖」の問題は、我が国の製造業においても存在しており、その解決は喫緊の課題である。

レガシーシステムは、製造業のダイナミック・ケイパビリティとも関係している。というのも、レガシーシステムは、大量のデータの利活用を困難にする、あるいはシステムの維持・運営費が技術的負債として重くのしかかるといった理由により、ダイナミック・ケイパビリティを制約するからである。

IT投資の目的に関する調査結果によれば、オーディナリー・ケイパビリティ重視の企業は、「旧来型の基幹システムの更新や維持メンテナンス」が75.0%を占めており、ダイナミック・ケイパビリティ重視の企業の47.1%に比べて、圧倒的に高い(図131-11<sup>注2</sup>)。ダイナミック・ケイパビリティを重視する企業ほど、技術的負債を圧縮し、バリュー・アップにより多くのIT予算を振り向けているものと考えられる。

図131-11 IT投資の目的(平時の際の効率性や生産性を重視する企業(青)と不測の事態に対する柔軟性や俊敏性を重視する企業(ピンク)との比較)



資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2019年12月)

注1 レガシーシステムの中には、短期的な観点でシステムを開発し、結果として、長期的に運用費や保守費が高騰している状態のものも多い。これは、本来不必要だった運用・保守費を支払い続けることを意味し、一種の負債ととらえることができる。このような負債は「技術的負債」(Technical Debt)と呼ばれている。

注2 この調査結果における「平時の際の効率性や生産性を重視」とは「平時の際の効率性や生産性を重視」で「重視する」「やや重視する」と回答し、「不測の事態に対する柔軟性や俊敏性を重視」は「あまり重視しない」「重視しない」と回答した企業である。一方、「不測の事態に対する柔軟性や俊敏性を重視」とは「平時の際の効率性や生産性を重視」で「あまり重視しない」「重視しない」と回答し、「不測の事態に対する柔軟性や俊敏性を重視」で「重視する」「やや重視する」と回答した企業である。

## 「バーチャル・ワンファクトリー」構想により 工場間の融合・連携強化を実現・・・沖電気工業（株）

1881年に日本最初の通信機器メーカーとして創業した沖電気工業（株）（OKI）は、現在東京都港区に本社を置き、①情報通信、②メカトロシステム、③プリンター、④EMS（電子機器製造受託サービス）の分野を主軸にグローバルに事業を展開している。特にOKIグループの大黒柱である情報通信事業では、同社の強みを活かしてIoTを通じた付加価値の高い新規事業の創出を推進するとともに「IoTのOKI」を目指している。

2019年12月、同社の全生産部門を対象とする「生産・品質改革発表会」において、同社の本庄工場（埼玉県）と沼津工場（静岡県）が推進する「バーチャル・ワンファクトリー」の活動が、「改革大賞」を受賞した。「バーチャル・ワンファクトリー」とは、業務の共有を通して工場間の連携を強化し、2つの工場を仮想的に1つの工場に融合していく取組である。①部門間融合、②生産融合、③試作プロセス融合、④IT融合の4つの柱で融合・デジタル化を推進し、2工場の生産高合計規模を維持しつつ効率化を図った結果、コスト削減だけでなく工場間の人材や技術の交流が活発化するという効果が得られたという。多品種少量生産のニーズや人手不足に対する負荷分散など、外部環境変化に対する柔軟な対応が可能になったことも、同取組の成果である。

以上のような成果が見られる一方で、デジタル化による投資対効果の算出の難しさや、デジタル技術の動向を把握し取組をリードする人材の採用や育成が進んでいないなどの課題も残る。生産部門を中心に、ロボットやAIなどをテーマに各拠点から人材を集め、研究開発部門とも連携して全社的なスキルの底上げを図るなどの工夫もしているが、調達を始めとしたサプライチェーンのつながりは今も人による情報収集・共有に頼っている。

同社のこの取組の背景には、市場ニーズの変化や得意先からの要求などを受け、従来のモノづくりに限界を感じたことがある。同社の工場はこれまで個々の事業に特化した生産活動を行っており、各事業の設計部門が出す仕様は工場ごとに最適化されていたため、工場によって部品や仕様、製造の考えなどが異なり、別事業の製品を作ることが難しいなどの課題があった。

「バーチャル・ワンファクトリー」は、事業に関係なく、その製品の特色に合致した最適な工場でモノづくりを行うことを目指す。現在同社はこの活動を本庄・沼津の2工場だけでなく、上流工程の設計プロセスを巻き込んだ全社活動に広げようとしている。これまで個別最適で運用されていた仕組みを全体最適に移行することによってマスカスタマイゼーションへ対応し、生産プロセス・設計プロセス、そしてその先の調達プロセスの標準化・ツール統合を進め、目指す「バーチャル・ワンファクトリー」を実現しようとしている。

コラム

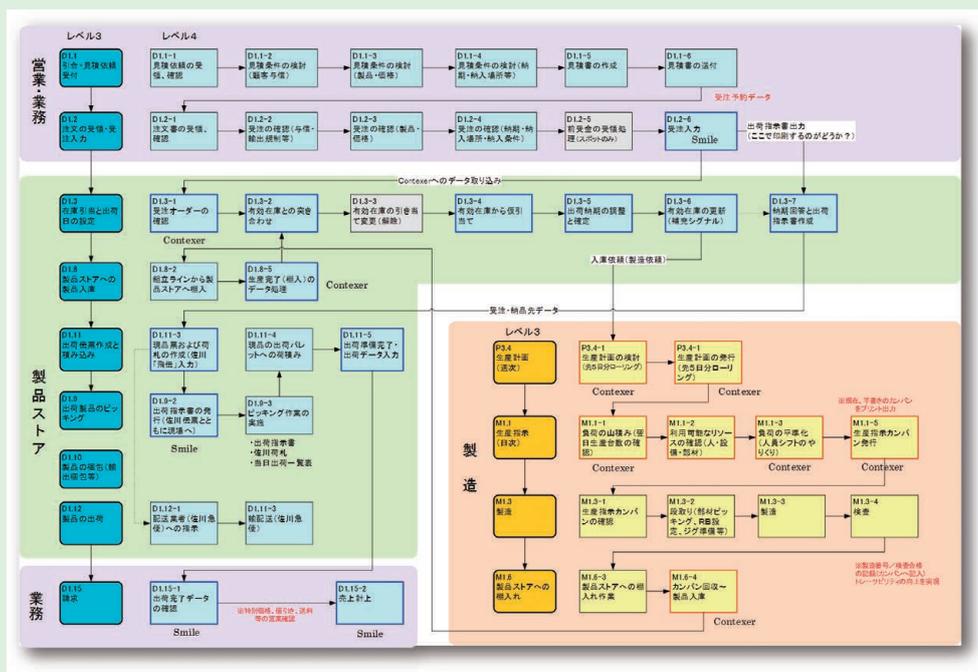
業務プロセスの可視化・分析を通じて  
最適なデジタル化ツールを自社構築・・・(株)今野製作所

東京の足立区に本社を構える(株)今野製作所(創業1961年)は、油圧機器事業、板金加工事業、エンジニアリングサービス事業、福祉機器事業を展開する従業員37人の中小企業である。重量機械設置用油圧ジャッキでは業界シェア約70%を誇り、多角的に事業を展開している。

2010年頃同社は、リーマンショックなどの煽りを受けた不景気への対策として、ビジネスモデルのオーダーメイド型・高付加価値化への移行を検討していた。その中で、社内の各組織において個別受注への対応力不足、負荷集中、納期遅れなどの問題が発生し、会社の危機への対応としてデジタル化への取組を開始した。デジタル化以前の同社は、特に設計面において現場頼みの運営であり、図面は全て紙媒体でやりとりをしていた他、多様な生産形態が混在し、業務プロセスが複雑化しているという課題があった。そこで同社は、製造業の業務分析に関する専門家に相談しながら、「プロセス参照モデル」<sup>注3</sup>を通じて現状の業務プロセス・社内連携体制を可視化したうえで、業務プロセスの最適化を行った。その一環として、現場頼みであった設計部分の改革に注力し、3DCADを始めとする設計ツールの積極的な導入、設計と調達・設計と製造現場をつなぐシステムの導入などを実施した。デジタル化に当たっては、個社で取り組むのではなく、中小企業の支援制度などを活用したり、他社と積極的な交流を行うことで自社に不足するリソースを補った。また、デジタル化に必要な人材の採用・育成を行い、自社の業務プロセスに最適なツールを構築した。デジタル化に際しこれらの工夫を行ったことが、根本的な改革を実現できた要因ではないかと同社の今野社長は語る。

デジタル化を進める事で、既存事業の位置づけを変えたり、従来着手できていなかったビジネスに取り組むなど、コスト削減だけではなく事業の高付加価値化へとつなげ売上増加を実現させた一方で、今後取り組むべき課題も明らかになった。例えば、顧客や下請け業者とのデータ連携や、デジタル化により蓄積した3DCADデータの個別受注生産の効率化への活用などである。このような課題に対して同社は、「チーム経営」を軸にプロセスを俯瞰してやるべきことを共有し、3DCADを中心に設計資産の再利用・流用設計などを進めたいと語る。また、工数見積力の強化や、BOM・BOPシステムの導入、生産技術者を中心とした人材への投資も、今後注力していきたい課題だという。

図 プロセス参照モデル



出所：(株)今野製作所より提供

注3 自社の業務プロセスや、エンジニアリングプロセスにおける社内連携体制について可視化したもの。(株)今野製作所は複雑化した業務プロセス全体をフロー図化することで、不足する人材や即座に改善すべき箇所を明確化し、具体的な取組につなげた。

(株) 英田エンジニアリング(岡山県美作市)は1974年にフォーミングロールを生産する会社として創業し、冷間ロール成形機や造管機プラントなども主力事業とする研究開発型の産業機械メーカーである。自社ブランドにこだわり、「国際社会に通用するちょっと進んだモノづくり」を創業精神として事業を発展させてきた。また、もう1つ、同社が大切にしている創業者の精神に「急激な社会と経済の変化に対応できる個人と会社をつくり地域社会に貢献する」というものがある。個人(社員)が強くなることで会社も強くなり、ひいては災害時などの不測の事態も含めて地域社会に貢献できるとの考えから、同社は全社員への教育を極めて重視している。ものづくりに直接かかわることのみならず、“食と体と心の健康がすなわちよいものづくりができる社員の育成”と考え、福利厚生にも力を入れているほか、全社員125名を20グループほどに分けて、月1回は英田エンジニアリングフィロソフィーについて社長と学ぶ場があり、顧客とのコミュニケーション力を高める学びの場としている。

同社は経営目標を成形機の販売・納品実績ではなく、顧客が利益を稼げているか、顧客の作業現場が安全か、顧客が簡単に機械操作できているか、と顧客側に目標を定めている。そこで力を入れているのがIoTを活用した顧客の設備の故障箇所やシステム不具合を早期に発見・対応する「リモートメンテナンスシステム」である。故障・不具合への対応のみならず、納品後に装置に付随しているタッチパネル・ソフトへの変更要請にオンラインでタイムリーに対応することができる、工場長に瞬時にアラートを知らせることができる、消耗品の状態を把握して顧客へタイムリーに部品手配ができるインサイド・セールスなど、リモートメンテナンスシステムを様々な形で活用し、顧客利益の向上に役立っている。

このような産業機械のほか、同社はコインパーキングに使用されている車止め板(フラップ)などの駐車場設備を製造販売しており、今では生産台数は全国シェアの約4割を占めている。1994年からは無人駐車場管理システムの製造販売を開始しているが、当時、パーツをつくるだけでは顧客のニーズが分からないと考え、自ら1つの駐車場の運営に乗り出したことが本ビジネスのきっかけとなっている。実際に駐車場を運営してみると今まで見えてこなかった多くの気づきがあり、その1つが段差のない車止め板「ゼロフラップ」の開発である。従来のフラップは段差が大きく入出庫の妨げや事故の原因となっている上、駐車スペースを狭くしてしまうという問題があり、段差をなくすフラップを開発したのである。ゼロフラップの導入により段差のない安全でシンプルなレイアウトの駐車場設計が可能となり、コインパーキング設計システムである「P-ETA」システムは2018年にグッドデザイン賞を受賞し、また、「ゼロフラップ」は2019年に第8回ものづくり日本大賞中国経済産業局長賞を受賞している。

コインパーキングの運営方法においても同社は多くの気づきを得た。従来のコインパーキングはレシート切れ、釣り銭切れ、機器の故障、さらに精算機荒らしの犯罪対応など、トラブル時に現場へ駆けつける必要があった。また、現地で集金しなければ売上データや利用データが取得できず、料金変更といった対応にも時間が掛かっていた。そこでコインパーキングにIoTを導入するWebソフト「iPark'n コンシェル」を開発し、駐車場運営会社にとって「管理しやすい」、駐車場利用者も「使いやすい」という価値を提供している。

さらに、「iPark'n コンシェル」で蓄積したビッグデータとAIを活用することで、精度の高い売上シミュレーションができるシステムを岡山大学と共同で開発した。これまで営業マンの勘と経験に頼ってきた駐車場の立地選定は失敗することもあったが、データに基づく立地選定へと転換することで、駐車場を運営する顧客が確実に収益を得られるようになる。

営業マンから上がってくる情報は一部でしかなく、しかも悪い情報は届きにくい。したがって、自ら情報を取りに行かなければ顧客の収益につながるようなビジネスは実現できないとの思いから同社はリモートメンテナンス事業やパーキング事業に参入した。そして、そこから価値を引き出すためのツールとしてIoTやビッグデータといったデジタル技術への対応はもはや必要不可欠なものになっている。

図1 リモートメンテナンスシステム



出所：(株)英田エンジニアリングより提供

図2 無人駐車場管理システム向け遠隔管理システム「iPark'n コンシェル」



出所：(株)英田エンジニアリングより提供

## 2 設計力強化戦略

### (1) 品質・コストの8割は設計で決まる

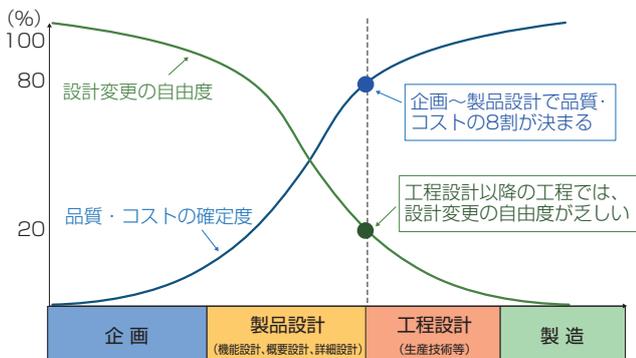
次に、デジタル技術によるエンジニアリングチェーンとサプライチェーンの連携の意義について議論するが、その前提として、エンジニアリングチェーンの重要性について、改めて確認する必要がある。

製造業では、製品の品質とコストの8割は、設計段階

階で決まると言われてきた。

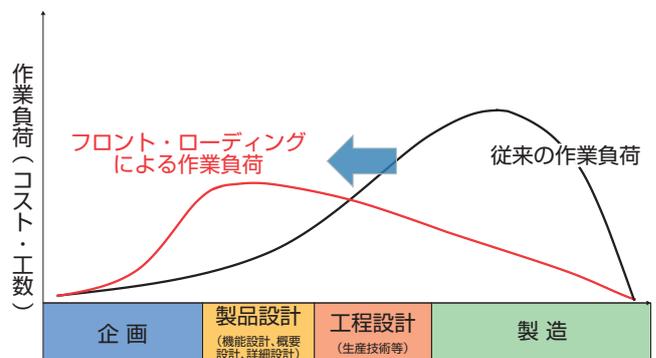
図132-1は、仕様変更の自由度と品質・コストの確定度を示したものである。開発が進むに従って製造設備などが確定していくため、仕様変更の自由度は低下し、設計が完了した後の仕様変更の余地は極めて限定的なものとなる。その結果、仕様変更の自由度が高い設計段階で、製品の品質とコストの8割程度が決まることになるのである<sup>注4</sup>。

図132-1 仕様変更の自由度と品質・コストの確定度



資料：日野三十四『実践 エンジニアリング・チェーン・マネジメント：IoTで設計開発革新』P.14 図0-4を参考に、経済産業省作成

図132-2 フロントローディングによる作業負荷の軽減



資料：日野三十四『実践 エンジニアリング・チェーン・マネジメント：IoTで設計開発革新』P.14 図0-4を参考に、経済産業省作成

このため、できるだけ開発の初期段階であるエンジニアリングチェーンに資源を集中的に投入すること(「フロントローディング」<sup>注5</sup>)により、問題点の早期発見、品質向上、後工程での手戻りによるムダを少なくすることが決定的に重要になる(図132-2)。

その上、近年、グローバル化、顧客の製品機能要求の高度化・多様化、環境制約・資源制約の先鋭化といった傾向が高まっている。特に、2015年9月の国連サ

ミットにおいて「持続可能な開発目標(SDGs)」が採択されたことで、企業が果たすべき社会的役割に注目が集まり、我が国製造業企業にも対応が求められている。製品に対する機能要求が高まる一方で、制約条件が厳しくなるのであれば、製品は一層複雑化することにならざるを得ない。

また、製品に占める制御ソフトウェアの比率が高まっていることも、製品の複雑化を招いている。こ

注4 日野三十四『実践 エンジニアリング・チェーン・マネジメント：IoTで設計開発革新』(2017年、日刊工業新聞社)

注5 設計初期の段階に負荷を掛け、作業を前倒しで進めること。

の傾向は自動車において特に顕著である。自動車ソフトウェアのコード数は、2000年時点では100万行程度であったが、現在では1億行を超えている。F-35戦闘機が2000万行、Microsoft Office 2013が4,400万行と言われているので、自動車ソフトウェアの複雑さは突出している<sup>注6</sup>。

このように製品が複雑化していけばいくほど、エンジニアリングチェーンに掛かる負荷はより大きなものとなる。すなわち、製品の複雑化が進めば進むほどに、それに対応できるエンジニアリング能力の高さこそが、製造業の競争力を左右するといえる<sup>注7</sup>。

さらに、第2節で論じたように、近年、世界的に不確実性が高まっており、我が国の製造業は、この不確実性にも対応しなければならなくなっている。より具体的にいえば、想定外の突発的な環境や状況の変化が発生した場合、製品の仕様を早急に変更しなければならないというリスクにさらされているのである。例えば、このような事態に対しては、仕様変更の自由度が高い設計段階において対応せざるを得ず、しかも可能な限り迅速に対応することが重要である。さらに仕様変更に対応する「製品設計」のみならず、仕様を変更した製品を効率的に製造できるよう、製造工程を迅速かつ自在に変更するための「工程設計」の能力も必要となる。

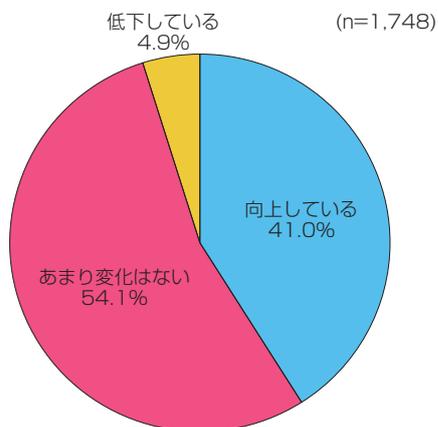
このように、不確実性に対応するには、製品設計と工程設計の双方を含むエンジニアリングに高い能力があることが求められる。エンジニアリングの能力は、製造業が不確実性に対応するダイナミック・ケイパビリティの中核を占めるものといえる。

## (2) 我が国の製造業のエンジニアリングチェーンの現状と課題

それでは、我が国製造業のエンジニアリングチェーンは現在どのような状態にあるのだろうか。

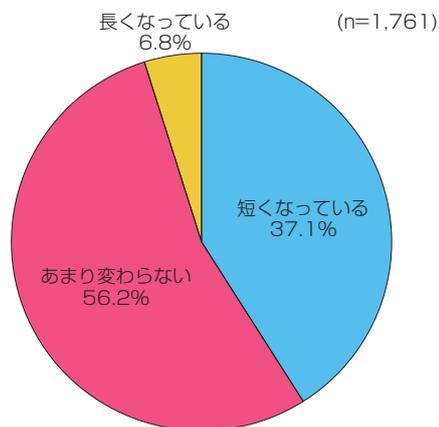
2019年12月に国内製造業に対して実施されたアンケートによれば、エンジニアリングチェーンの上流に当たる製品設計力のここ5年間での変化の状況について、約4割が向上していると答えたものの、半数以上が「あまり変化は無い」と回答している(図132-3)。製品設計のリードタイムについても同様で、約4割が短くなっていると回答した一方で、半数以上が「あまり変わらない」としている(図132-4)。製品設計のリードタイム短縮を図るための取組として重視しているものを確認すると、半数以上が「生産技術、製造、調達といった他部門との連携促進」と回答しており、設計力の強化に向けては他部門との連携が重視されている(図132-5)。

図 132-3 製品設計力の5年前に比べての変化



資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2019年12月)

図 132-4 製品設計のリードタイムの5年前に比べての変化

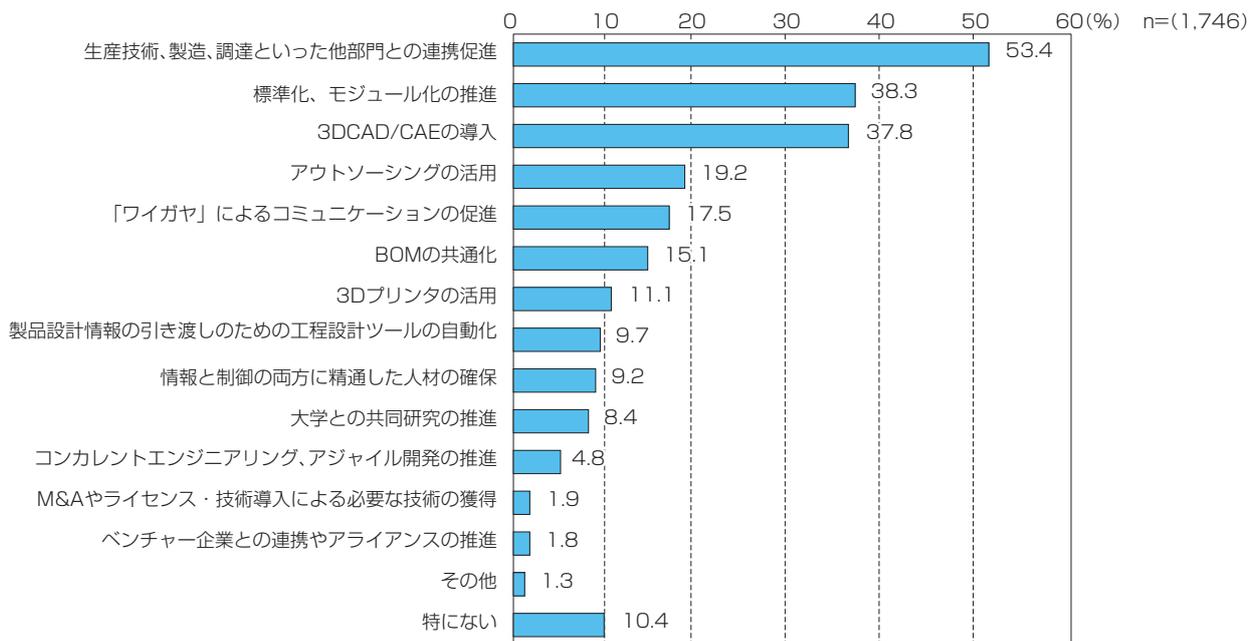


資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2019年12月)

注6 経済産業省「自動車新時代戦略会議(第1回)資料」内参考資料P11(平成30年4月18日)

注7 藤本隆宏編『「人工物」複雑化の時代：設計立国日本の産業競争力』(2013年、有斐閣)

図 132-5 製品設計のリードタイム短縮を図るための取組として重視しているもの



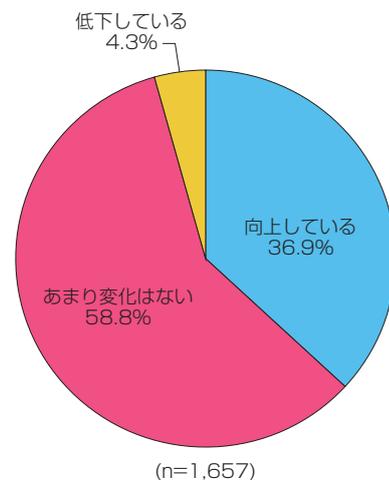
資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2019年12月)

また、国内製造業に対して工程設計(生産技術)力のここ5年間での変化について尋ねたところ、36.9%が「向上している」、58.8%が「あまり変化はない」、4.3%が「低下している」と回答した(図132-6)。

工程設計力が「向上している」と回答した企業に対してその要因を確認したところ、「生産技術、製造、調達といった他部門との連携強化」と回答した企業が最も多く79.2%を占め、「営業、アフターサービスなどから顧客ニーズのフィードバックを強化(26.5%)」「デジタル人材の育成、確保(22.5%)」が続いている(図132-7)。

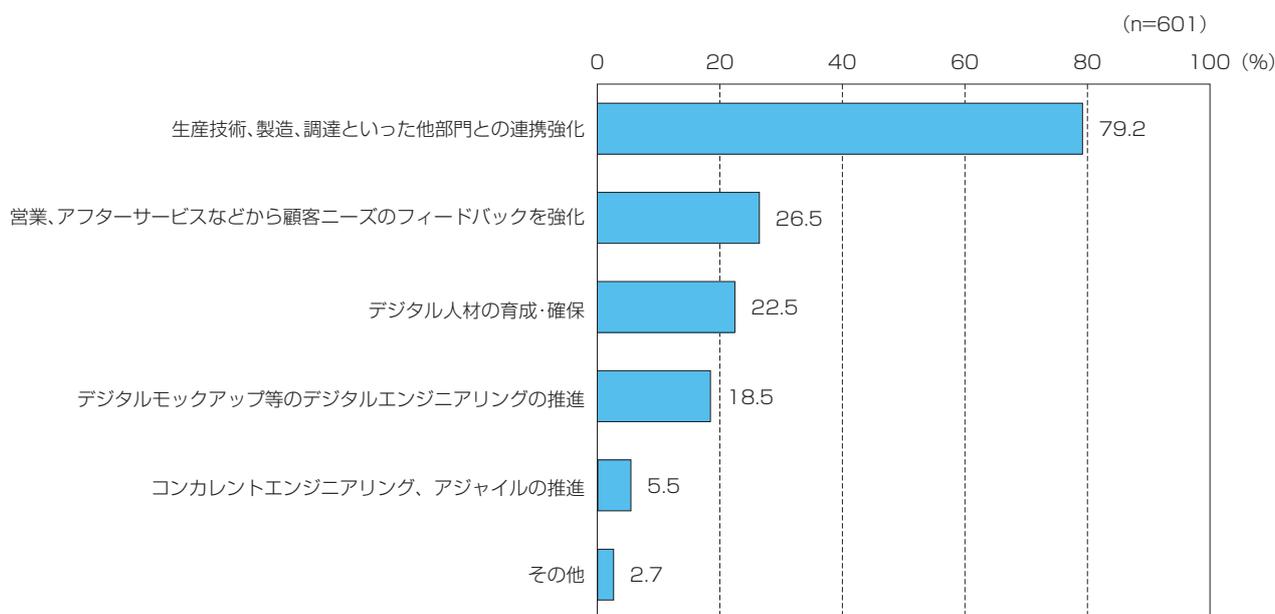
一方、工程設計力が「低下している」と回答した企業についても同様にその要因を確認すると、「ベテラン技術者の減少(79.4%)」、「製造現場との連携不足(30.9%)」、「属人的な設計プロセス(25.0%)」、「間接部門の人員削減(19.1%)」が上位に挙げられている(図132-8)。この結果から、工程設計力の維持が熟練者の技に頼りがちで、その技術を後継に引き継ぐことが課題となっている様子がうかがえる。また、他部門との連携は、向上・低下双方の要因として上位に挙げられており、他部門との協調が工程設計力強化の鍵であることが分かる。

図 132-6 工程設計力の5年前に比べての変化



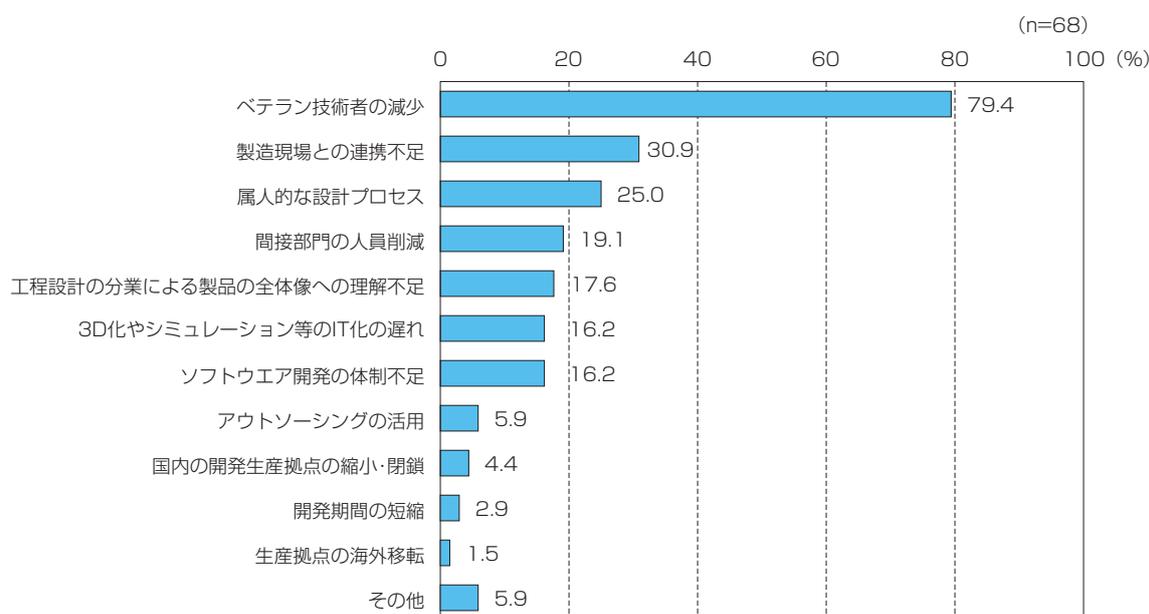
資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2019年12月)

図 132-7 工程設計力が向上した理由



資料：三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2019年12月）

図 132-8 工程設計力が低下した理由



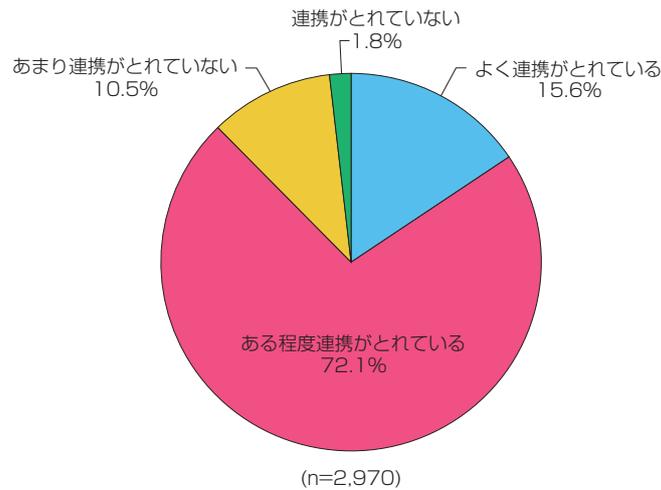
資料：三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2019年12月）

そこで、国内製造業における製品設計、工程設計、製造等の部門間の連携状況を見ると、「ある程度連携がとれている」と回答した者が72.1%を占め、自社の部門間連携に対して課題と感じていない者が多数を占めている（図 132-9）。

一方で、「あまり連携がとれていない」もしくは「連

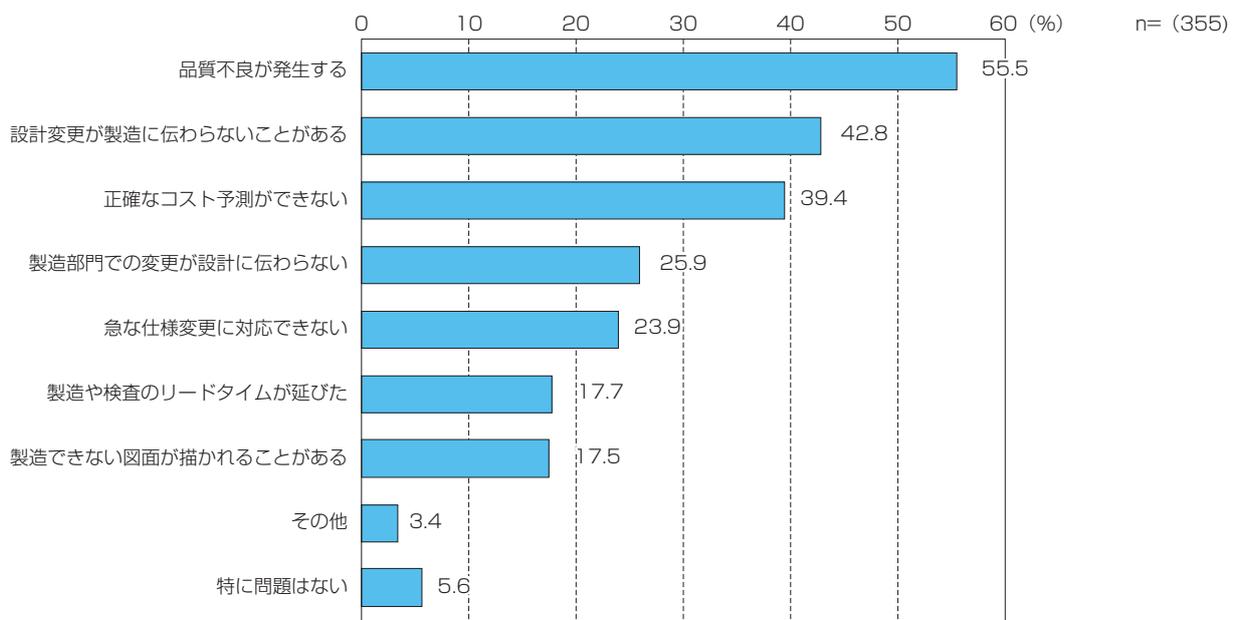
携がとれていない」と回答し、部門間連携に課題を感じている企業に対して、それにより生じる課題や問題を聞くと、「品質不良が発生する（55.5%）」「設計変更が製造に伝わらないことがある（42.8%）」「正確なコスト予測ができない（39.4%）」といった回答が上位に挙がった（図 132-10）。

図 132-9 製品設計、工程設計、製造等の部門間の連携状況



資料：三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2019年12月）

図 132-10 連携不足による課題や問題



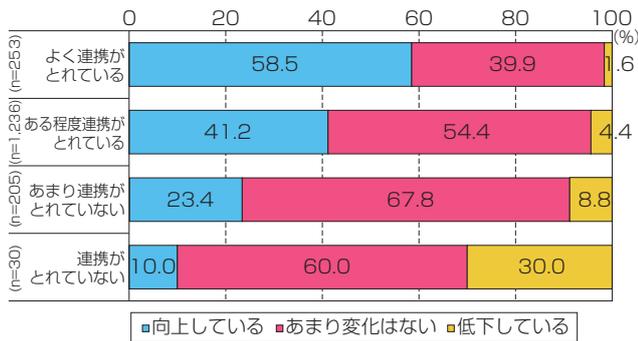
資料：三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2019年12月）

我が国製造業における品質不正の問題については、2017年10月以降、製品検査データの書き換えなどの不正事案が複数発覚した。品質保証体制の在り方は企業の競争力に直結する経営問題であり、また、サプライチェーン等を考慮すれば、我が国製造業全体の競争力にも影響を及ぼしかねない。部門間における連携

が不足していることが品質不良につながっており、早急な解決が必要である。

また、製品設計力や工程設計力の伸びと部門間の連携状況との関係を見ても、部門間の連携がとれている企業ほど、製品設計力、工程設計力が向上する傾向にある（図 132-11・12）。

図 132-11 製品設計力の5年前と比べての変化と設計、生産技術、製造等の部門間連携の関係



資料：三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2019年12月）

### (3) 部門間・企業間のデータ連携

すでに述べたとおり、エンジニアリングチェーンを強化する上では、設計、製造、調達といった各部門との連携を強化することが有効である。しかし、実際には、企業内部において、設計部門と製造部門の間のコミュニケーションが十分に行われていない場合がある。また、設計部門と製造部門が、それぞれ異なるITベンダーから異なるITシステムを導入しているため、両部門のシステムの連携が必ずしもうまくいっていないという場合もある。

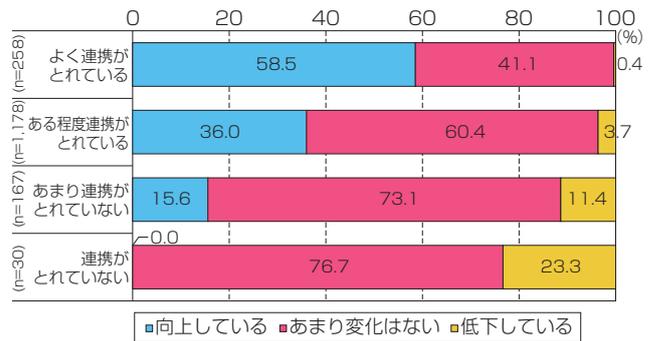
設計部門と製造部門の連携が不十分な場合には、先ほどのアンケート結果からも推察されるとおり、

- ・ 設計部門のデータと製造部門のデータの変換処理に膨大な工数や処理時間が掛かる
- ・ 作業工程・設備・治具などの製造現場の情報が設計仕様に反映できないために製造現場に過度な負担が掛かる
- ・ 当初見込まれなかった製造や調達のコストや作業などの情報が設計側に反映されない
- ・ 設計部門と製造部門の伝達のミスが発生しやすく、両部門間の打ち合わせを頻繁に行わなければならない

などの問題が生じる。これらの問題は、製品の複雑化や不確実性の高まりによっていっそう深刻化し、製造業の競争力にとって致命的なものとなりかねない。

エンジニアリングチェーンとサプライチェーンを連携させるために必要な第一歩は、設計部門が設計を行う上で使用する設計部品表（E-BOM<sup>注8</sup>）、製造部門が製造を行う上で使用する製造部品表（M-BOM<sup>注9</sup>）、そして工程設計情報をまとめたものである工程表（BOP<sup>注10</sup>）を結びつけて、各部門がこ

図 132-12 工程設計力の5年前と比べての変化と設計、生産技術、製造等の部門間連携の関係



資料：三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2019年12月）

れらを共有することである。

これにより、設計部門から製造部門、あるいは製造部門から設計部門への双方向の円滑なデータ連携が可能となる。例えば、設計変更による製造現場への影響範囲を確認しながら設計を行ったり、あるいは生産管理を変更したりすることが容易になる。さらに、製造部門から、原価実績情報も含めた製造情報を設計部門にフィードバックすることで、設計段階で精度の高い原価企画やシミュレーションを行うことも可能になる<sup>注11</sup>。加えて、部門を超えたデータ連携により部門間の連携が強化されることで、品質不良の削減につながり、ひいては我が国製造業における品質保証体制強化と生産性向上の両立を実現することが期待される。

なお、第2節2.（4）で論じた「柔軟な組織」は、権限や部門を横断した連携やコミュニケーションをより円滑に行うことができ、高いダイナミック・ケイパビリティを発揮できる組織である。部品表や工程表の整備は、そうした部門を超えたデータ連携を容易にすることで、組織を柔軟にし、ダイナミック・ケイパビリティを高めるものである。

さらに、このようなデータの連携と双方向のコミュニケーションは、設計部門と製造部門のみならず、企業全体、さらには企業組織の枠をも超えてサプライヤーや顧客などの間でも実現することで、いっそう大きな威力を発揮するであろう。

このことは、第2節2.（5）で論じたサプライチェーンの柔軟性等を高める上でも、極めて重要である。というも、仮に不測の事態が勃発して、ある国の生産拠点が停止せざるを得なくなった場合、生産を別の工場において迅速に代替できれば、供給途絶は回避できる。しかし、設計部品表、製造部品表、工程表が統一

注8 Engineering Bill of Materials

注9 Manufacturing Bill of Materials

注10 Bill of Process

注11 羽田雅一「IT活用で製造業に革命を起こすものづくりデジタルライゼーション」（2018年、幻冬舎メディアコンサルティング）

的に整備され、共有されていない場合は、代替生産を開始する際に部品表から調整しなければならないため、膨大な人員と作業を要することになる。これでは、柔軟かつ迅速な代替生産を行うことは不可能である。このように、サプライチェーンの柔軟性等を高め、ダイナミック・ケイパビリティを強化するためには、実は、部品表や工程表を整備し、エンジニアリングチェー

ンとサプライチェーンを連携させておかなければならないのである。

新型コロナウイルス感染症の感染拡大を契機に、グローバル・サプライチェーンの強化の必要性が改めて認識されているが、強靱なサプライチェーンを構築するためにも、部品表や工程表を整備し、エンジニアリングチェーンを強化することが不可欠なのである。

## コラム

## アジャイルの考え方と活用のポイント

・・・(株)野村総合研究所 DX生産革新推進部 塩川祐介氏、コンサルティング事業本部 木下貴史氏

アジャイルは2001年に著名な17名のソフトウェアエンジニアが集まり提唱した考え方である。近年では、ソフトウェア開発だけにとどまらず、人事や経営といった分野にまで応用されている。アジャイルは源流に日本の製造業があるとも言われており、日本に逆輸入されてきたともいえる。

アジャイルの定義は「アジャイルソフトウェア開発宣言」と「アジャイル宣言の背後にある原則」の2種類の主張のみであり、具体的な開発手法はあえて定めていない。この定義を突き詰めると、アジャイルの本質は「より良い方法を探し続けるマインド」であることが分かる。アジャイル開発でよく聞く「スクラム」は、この定義を実現するためのプラクティス(手法)の一種である。本稿では、アジャイル開発の具体的な進め方を、このスクラムを例として紹介する。

スクラムは顧客の要求事項の中から最も優先順位の高い要求を実現するプロダクトを漸進的に開発し、提供し続ける事でビジネス価値を高めていくプロセスである。

要求事項の優先順位を決める役割を「プロダクトオーナー」、プロダクトの開発を行う役割を「開発チーム」、スクラムプロセスがうまく回るように支援する役割を「スクラムマスター」と呼ぶ。3つの役割をまとめたスクラムチームは「スプリント」と呼ばれる1週間から4週間単位の作業を行い、その都度、価値を確認しながら開発や改善をし続けていく。スクラムが適しているのは複雑で不確実性の高い問題の解決であり、その活用はシステム開発だけでなく、製造業その他の産業の事業開発、学校、政府、組織運営マネジメントにまで広がっている。

スクラムを製造業に応用した例は数多く報告されている。開発(エンジニアリング)にスクラムを適用した例の1つに、SAAB社における戦闘機開発がある。同社では、戦闘機を、エンジン、コックピット、機体、兵器といった、疎結合なパーツに分けた上で、パーツごとにスクラムチームを組成し、3週間ごとに全体を統合しながら成果を確認し、開発を進めていった。これはかなり大規模な取組であるが、大規模スクラムに適した方式(Scrum@Scale)を駆使して行った。F35は総開発費が1.5兆ドルだったのに対して、スクラムを導入した結果、SAABの戦闘機開発費は140億ドルに抑えられた。

SAABの事例以外にも様々な分野での応用例が報告されており、製造業でも利用可能なプラクティスが多く存在する。しかし、プラクティスを鵜呑みにして実施するのではなく、自社の状況を踏まえて小さな実験を繰り返しながら少しずつ取り入れて改善を続けていく行為がアジャイルの本質である「より良い方法を探し続けるマインド」を体現しているといえる。

**ディープデータを介した製造業のデジタルトランスフォーメーション**  
 ……西岡靖之 インダストリアル・バリューチェーン・イニシアティブ (IVI) 理事長/法政大学教授

インターネットを介して膨大なデータを集め、ビッグデータとすることで価値を生み出し続けるビジネスモデルが目立っている。一方で、製造業の現場にも膨大なデータがあるが、それらは、個別の状況に依存し、複雑な因果関係に基づいているため、共有するよりは、むしろ個々の事情を深く分析し、モデルを常に精査していくことで価値を生み出す“ディープデータ”である。製造業のデジタルトランスフォーメーションの成否は、このディープデータの扱いに懸かっている。

図1に示すように、ビッグデータは、消費者の行動に関するものである場合が多いのに対して、ディープデータは、生産者側の情報であり、そこにはノウハウなどの知的財産を多く含む。生産者にとって、ひとたび外部に流出したら、元の状態には戻せない。したがって、その扱いには、十分な配慮が必要となる。

図1 ビッグデータとディープデータ

データの区分	ビッグデータ	ディープデータ
データの構造	多種多様な関係	複雑な因果関係
得られる事実	確率的事象の推測	確実な事象の導出
適用できる範囲	広く共有が可能	個別の状況に依存
管理のポイント	データ蓄積が重要	モデル管理が重要
表現する内容	主に消費者の行動	主に生産者の行動
扱い上の課題	個人情報を含む	ノウハウを含む

IVIでは、経済産業省の施策であるコネクテッドインダストリーズの製造業への展開を具体化するために、データ流通基盤及びそのユースケース開発事業を受託し取り組んでいる。製造業オープン連携フレームワーク（CIOF）は、生産現場の複雑で奥深い知的活動をデータを介してつなぐことで、バリューチェーンをより強く柔軟なものとする。生産現場に存在するディープデータの特徴を踏まえ、それぞれの現場の知財を守りつつ、自律的で個性的なつながる現場を支援するフレームワークとなっている。2019年度は、以下の4つのカテゴリーに分かれ、実証実験を実施した。

<カテゴリー1：製造ノウハウを含むデータの知財管理>

加工に関するノウハウやNCプログラムなど、営業秘密として価値が高い情報をデータとして外部の取引先と共有する場合に、技術漏洩のリスクがある。知財としてのデータの送信先において、データの保存、修正、削除を、CIOFが取引契約に基づき監視し、かつ利用の実績を必要に応じて照会することで、取引先との高い信頼関係に裏付けられた生産プロセスの共有を可能とする。(DMG 森精機 (株))

<カテゴリー2：品質データ管理による高付加価値経営>

高度な品質管理では、工程内の様々な箇所で適切な検査が要求される。このような検査結果をデータ化し、CIOFにより関連する複数拠点で共有し、問題発見に活用することで、適正な品質管理を現場サイドと経営サイドが一体となって管理できる仕組みとする。また、ブロックチェーン技術を利用して、品質データの正当性を保証し、高品質を強みとして製造業を高付加価値化する。(株) ジェイテクト)

<カテゴリー3：つながる中小製造業の競争力強化問題>

生産プロセスの一部を担う中小製造業は、比較的規模が小さく、現場のオペレーションと経営とが一体である場合が多い。注文内容や在庫、出荷品の検収などのデータを、取引先と共有する場合に、中小企業が不利な立場とならないようにCIOFによって管理することで、中小企業の管理レベルの向上と経営力向上につなげ、同時に発注側であるメーカーの生産性向上にもつなげる。(三菱電機 (株)、ビジネスエン

ジニアリング (株))

#### <カテゴリー4：AIによるエッジデータ収集と価値の共有>

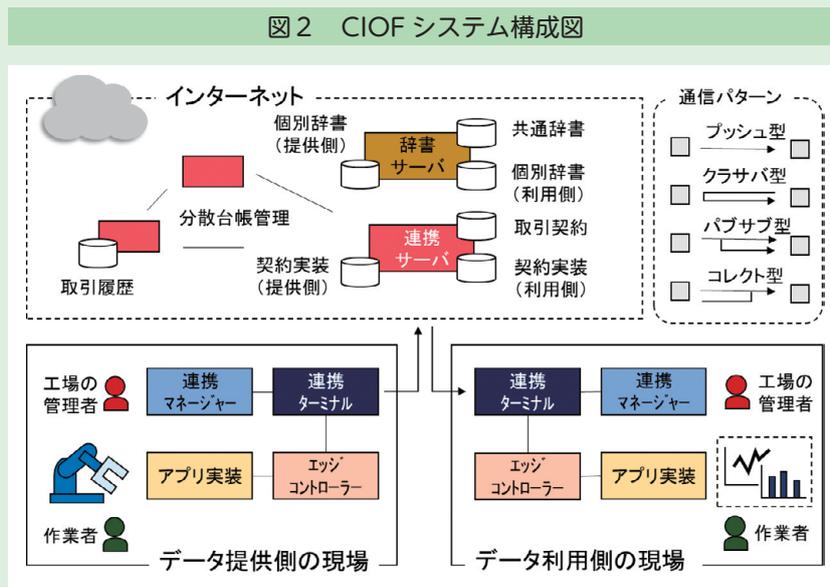
設備から得られる膨大なデータを、AIを用いて価値あるデータとするには、生産管理や品質管理などのデータと関連づけて学習させる必要がある。現場のデータをクラウド上に置くことには抵抗があるなかで、CIOFにより、エッジサイドで分散管理された一次データを、AIによる学習モデルに応じて収集し、それによって得られた成果を契約に基づき共有する。((株)安川電機、SCSK(株))

現場と現場をつなぐための仕組みであるCIOFは、図2に示すように、インターネット上に連携サーバーと辞書サーバーをもち、各現場に配置された連携ターミナルと通信する。以下の3つの機能を有することを特徴とする。((株)アプストウェブ)

- ① 辞書機能・・・複数の異なる現場の独自性の高い情報を相互につなげるための個別辞書を、共通辞書と関係づけて定義する。
- ② 契約機能・・・データに関する権利関係を契約として合意した後にデータの受け渡しを行い、データの利用や削除などを監視する。
- ③ 認証機能・・・取引履歴の改ざんや、なりすましによるデータ送受信を検知するために、分散台帳技術を用いた履歴管理を行う。

本システムは2020年度より運用を開始し、2022年度から商用サービスとして本格的な展開を図る予定である。

図2 CIOFシステム構成図



**PLM (製品ライフサイクルマネジメント) と原価管理の連携を通して、製造業の先進的な経営管理手法を支援・・・ビジネスエンジニアリング (株)**

東洋エンジニアリング (株) を前身とするビジネスエンジニアリング (株) は、製造業を中心とした幅広い業種の顧客に対して基幹業務システム (ERP) 等の IT ソリューションを提供するベンダーである。

日本の製造業において DX への取組がなかなか進まない背景として、同社は、日本企業の役員層に設計・生産双方での知見や経験を兼ね備えた人材が少ないこと、また、デジタル化によるコスト削減効果が見えづらいことなどが、経営者のデジタル化へ向けた投資判断や意思決定を妨げているためと分析する。そこで同社は、IoT の現場データや PLM (製品ライフサイクルマネジメント) の製品データと基幹システムの原価データなどを相互に連携させ、経営指標を生成してトップダウンの意思決定を強化するとともに、活動指標を現場に浸透させて全体最適につながる改善や改革を促すことで、デジタル技術を活用したビジネスモデル変革を支援している。

また、拠点や部門ごとに部分最適化が進み、設計と生産の間で情報が分断されデータが分散しているという課題を解決するため、拠点 (部門) や会計期間を越えて製品ごとの原価管理を行う手法を推奨している。同社が提供する ERP パッケージである mcframe (エムシーフレーム) は、生産・販売・原価管理といった基幹業務を、PLM を中心とするエンジニアリングチェーン、そして製造現場と相互連携させることで、製品の企画・設計・生産・販売・保守に至るまでのプロセスを IT で一元的に管理し、データ駆動経営を具現化させている。このシステムによって製造企業は、原価構成のシミュレーション機能を活用して、開発初期段階や製品のラインナップ変更時に、精度の高い原価企画を実現できる。さらに、想定販売量や利益、設備稼働率、設備の投資回収状況などを割り出し、製品ごとの投資回収進捗や見通しを管理する経営判断ツールとしての活用も可能になるといふ。

今後、製造業がデジタル改革を推進していくためには、経営陣を巻き込んだ全社的な取組と、エンジニアリングチェーンとサプライチェーンの連携が重要であると同社は説く。具体的には、上記のような PLM と原価に注目した経営管理の手法などを活用して、コスト削減効果や利益創出の観点で経営陣が意思決定し易い仕組みを整えるなど、様々な取組が考えられる。また、今後デジタル化が進むうえで、AI に任せる部分と人が得意な部分 (感性に訴えるところ) の棲み分けをしっかりと行うことも、DX を進めていくうえで重要なポイントの 1 つであると、同社では考えている。

図 現場データの経営指標化



出所：ビジネスエンジニアリング (株) より提供

## コラム

## 社内の技術的知見を集結させ、工程の最適化やオペレーションの安定化を実現した知的生産システム・・・(株)ダイセル

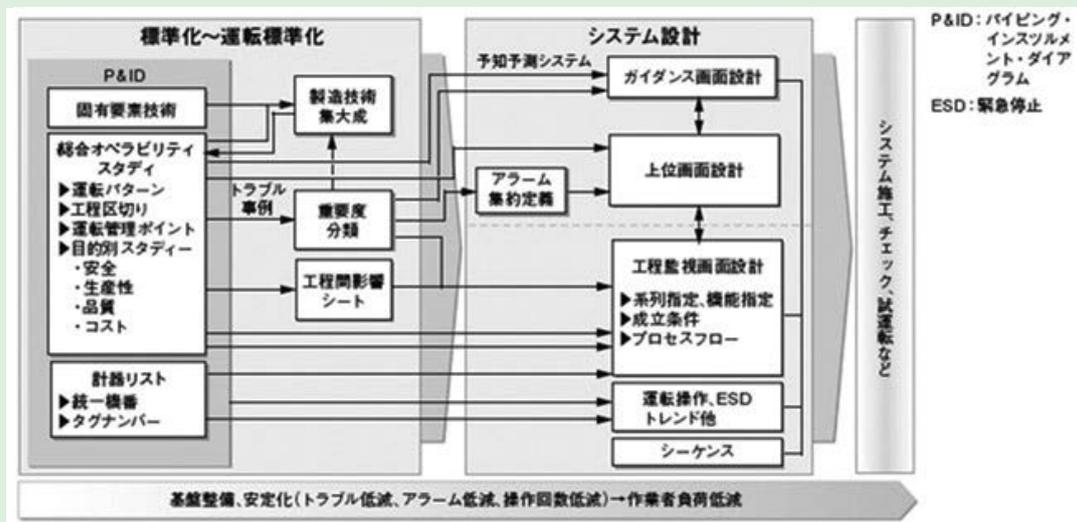
2019年で創立100年を迎えた(株)ダイセルは、同社の出発点でもあるセルロイドを基盤としたセルロース事業、有機合成事業、合成樹脂事業、火工品事業、そして水処理製品などを含むその他の事業を展開している。1996年に網干工場(兵庫)で開始した生産改革の取組を皮切りに、同社が「ダイセル式生産革新」として展開してきた知的生産支援ソリューションは、今や幅広い業界で模範とされる取組である。

ダイセルが知的生産システムを導入するきっかけとなったのは、1990年代のベテラン人材の大量退職に伴う技能伝承の問題や、各工場の歴史的な出自の異なりを受けて個別最適化されていた部門・工場ごとの多様な生産性向上の取組を、全体最適化・標準化した生産方法へ移行する必要性が高まったためであった。例えば、不具合により一部の設備が停止した場合に、その影響を受けて前後工程も停止を余儀なくされるために、工程上の無駄が生じていた。そのような課題を受け、機械化・自動化が進んでいるプロセス型産業であるにもかかわらず、人が介在する業務が多数存在することに疑問を呈した小河課長(現社長)が、当時「人」に焦点を当てて問題の深堀を進めたことで誕生した同システムは、トップの意思とミドル層、そして各現場社員の改善に対する思いが成功要因となって実現したものである。

このダイセル式生産革新は、以下の4つの段階で構成されている。①共通の切り口で現行業務の在り方を点検の上、全体像を把握してマスタープランを策定する。②①で明らかになった無駄やロスを排除し、製造担当者の負荷軽減・安定化を図るとともに、言語の定義や図面の統一を行う。③現場のオペレーションの知見を科学的な法則と照らし合わせてデータベース化し、運転を標準化(総合オペラビリティスタディ手法)する。④③を継続的に運用するための仕組みとして、ITを活用した「知的統合生産システム」を構築する。これらの取組により、工程間の連携性を高め、全体最適化された運転を実現した結果、品質や生産効率の向上、作業負担の減少、安全面強化など様々な成果が得られた。さらに、ダイセル式生産革新として他の製造企業へライセンス供与を行うことで、自社のビジネスモデルを通じて他社の課題解決に資することが可能となった。その他にも、要求品質の高い新規顧客の開拓につながったり、標準化が進んだことで人材の多能工化が機能するようになったりと、同社に多くの成果をもたらした。

今後の取組について同社は、新設したイノベーション・パーク<sup>注12</sup>を活用して、研究開発部門や技術部門、エンジニアリング部門を連携させ、社内の知見を集約することで、製品開発力を強化し、新規事業による利益創出を目指していきたいという。今後、社外を含めた自社製品のサプライチェーン全体にダイセル式生産革新を展開していくことで、品質・コストに良い影響を与え、全体最適化を通して日本のものづくりの競争力強化に貢献していけるのではと、同社は意欲を示す。

図 知的生産システム構築の流れ



出所：日経ものづくり 2012年1月号「知的生産システム構築の流れ」

注12 新しい素材の企画・開発から量産化技術の確立に至るまで、オープンイノベーションにより新事業創出を加速していく、ダイセルグループのモノづくり技術の協創拠点。

ローレルバンクマシン（株）は通貨処理機の専門メーカーである。保有特許は 3,000 件以上の研究開発型企業で、全国に拠点を設けて地域密着の保守メンテナンスを展開しているとともに、紙幣自動仕分け機は日本の他中国、メキシコ、欧州などにも出荷している。硬貨包装機は高度な技術を必要とするが市場に対してはコストを抑える必要があり同社とグローリーしか製造していない。同じ大きさの包装紙で様々な大きさの硬貨を包装するところに同社のノウハウがある。

同社は長年、企画段階で計画していた原価と、設計終了時点で計算した原価との乖離に悩まされてきた。新製品を開発する際には DR 1～DR 5 という 5 段階のデザインレビューを行っているが、序盤の DR 1・DR 2（企画・構想）の段階では設計当事者にも原価が把握できず、DR 3 の詳細設計段階になってようやく CAD 上で形になり原価が把握できるようになる。しかし、詳細設計の段階になると、すでにコスト（原価）の 85% は決まってしまうといわれ、この時点から後戻りすることは事実上、不可能である。企画と詳細設計との原価の乖離は部品の調達にも影響するため、同社としてはコストをもっと早い段階から見える化するための取組に着手し、企画段階から正確な原価を把握するためのコストシミュレーション構築プロジェクトを立ち上げた。

プロジェクトで検討した結果、2015 年 9 月に、品質の向上、コスト見直し、部品共有化を目的に Visual-BOM の導入を決定し、コストシミュレーションシステムに向けた要件定義の作業に入った。この要件定義に 1 年掛かり、システム構築にはさらに 1 年半を要したが、2018 年 5 月には使い勝手のよい念願のシステムが稼働することとなった。

コストシミュレーションシステムが稼働したことで、企画と詳細設計の原価乖離の解消はもとより、生産性が大幅にアップした。例えば、開発担当者によっては担当ユニットの部品点数が 1,000 点を超える場合もあり、その原価を一つひとつ計算していくと大変な時間と労力が掛かる。そこを CAD ファイルの保存と PDM 連携で自動的に原価が計算できるようになり、開発担当者 1 名が従来の原価計算に掛かっていた時間のうち、最大で 1 か月分に相当する作業工数の削減につながった。

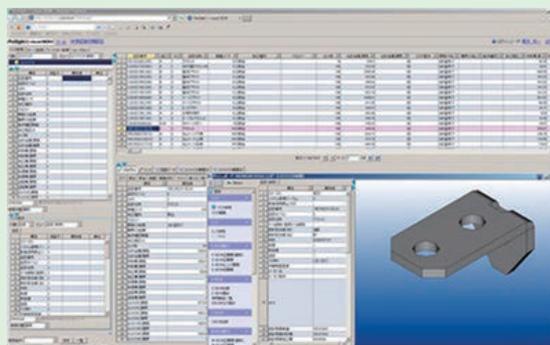
なお、コストシミュレーションについては 4 つの段階（1. 企画段階でのコスト、2. 設計段階でのコスト、3. 試作段階でのコスト、4. 量産組立段階でのコスト）を想定し、現在は 2（設計段階）と 3（試作段階）に注力しているが、今後は 1（企画段階）と 4（量産組立段階）にも注力していく。特に 4（量産組立段階）についてはこれまでも内部では参照する数値はあったが、輸送費などのコストが含まれておらず、実際に掛かるコストについて見直す必要があるとしている。例えば、これまでは大阪で設計されたものであれば生産も大阪で行っていたが、今後は 1～4 を総合的に踏まえた上で最適な生産工程を検討することが可能となる。

図 1 オープン出納システム [SmartAXis]



出所：ローレルバンクマシン（株）より提供

図 2 Visual BOM でのコストシミュレーション例



出所：ローレルバンクマシン（株）より提供

## コラム

## 独自開発のデジタルツール「IWS」により 人に依存した業務の標準化・進捗管理を実現・・・(株) アイデン

石川県金沢市に本社を置く(株)アイデン(従業員130名)は、制御盤の設計から板金、塗装、組立までの全工程を社内で一貫生産する制御盤の専門メーカーである。同社が謳う高品質・短納期・低コストは、独自開発した工法である制御盤の配線・組立支援システム「IWS (i-DEN Wiring Solution)」を軸としたデジタル化によって実現されている。

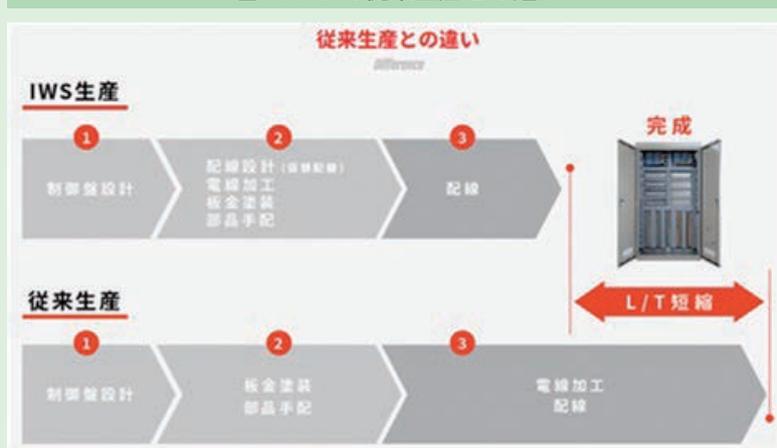
アイデンの主力製品である制御盤は従来、配線作業が一点一様である背景から、作業者の経験やスキルに依存したものづくりを行っており、人材育成に時間を要したり、作業進捗・工程管理が作業者任せになってしまうなどの課題があった。そこで作業を標準化する必要性を感じた同社は、CADメーカーと連携し、工程ごとに必要な図面と作業を可視化できるデジタルツール「IWS」を開発・導入した。IWSの導入によって進捗・材料の正確な管理が可能になるとともに、一部作業を機械化することで制御盤の生産性が向上した。

一方で、機械化に対する製造担当者からの懸念も発生したため、同社はベテランの製造担当者をより付加価値の高い業務専従とする棲み分けを実施することにより、現場の理解を得たうえでIWSの展開を進めた。また、IWSによる作業の標準化は、当時日本の制御盤メーカーがほとんど進出しておらず現地技術者も少なかったベトナムへの事業展開を可能にし、同社の海外進出の契機にもなった。

また、IWSが組立の進捗管理に特化したツールである一方で、設計→板金→塗装→組立という全く異なる生産工程をつなげ、作業進捗を見ることを目的として、同社はシーメンスが展開する産業用IoTプラットフォームである「MindSphere」を日本第1号として導入した。MindSphereは比較的安価且つ簡単な方法で導入できるため、中小企業にとっても導入のハードル自体は低く、これによって生産データの蓄積や生産状況の見える化を実現した。しかし、蓄積したデータを分析・活用できる人材が社内におらず、機能を十分に使いこなすことができているのが現状であり、社外とのデータ連携面なども含め、完全な導入・活用にはまだハードルが高いと認識している。

将来的にデジタルツイン<sup>注13</sup>の構築を検討する同社は、MindSphereで蓄積されたデータの活用を見据えた人材獲得・育成の必要性を感じており、IWSの更なる機能拡充により、エンジニアリングチェーンの強化・生産性向上を目指していきたいと語る。

図 IWSの従来生産との違い



出所：(株)アイデンホームページ「IWSの従来生産との違い」

注13 フィジカル空間の情報を、IoTなどを活用してほぼリアルタイムでサイバー空間に送り、サイバー空間内にフィジカル空間の環境を再現することで、フィジカル空間のモニタリングや高度なシミュレーションなどを行う概念のこと(出典：MONOist)。

## PLM（製品ライフサイクル管理）に関する全社サービスプラットフォームを提供し、製品開発プロセスの効率化を実現・・・川崎重工業（株）

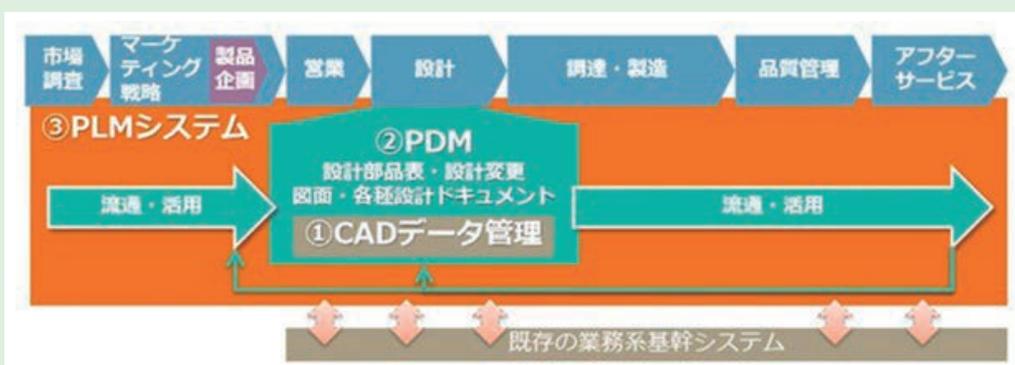
川崎重工業（株）は、航空・宇宙・エネルギー・産業機器・電力・輸送・船舶業界向けの機器製造事業を展開するグローバル企業である。カンパニー制を導入する同社では、設計・開発・製造・ITなどの各部門がカンパニーごとに存在しているため、従来は各カンパニーごとに最適なパッケージソフトを使用し、デジタル化の環境構築を行っていた。しかし、全体最適化を目指すコーポレートIT部門にとっては、アドオン<sup>注14</sup> 開発機能など情報資産の横展開やソフトウェアライセンスの調達コストの観点から課題を抱えていた。また、種々のシステムが乱立しているため、外部ベンダーへの依存が高まっており、新市場開拓・新製品開発の際に必要なIT開発などに際して、各ベンダーへの支払い費用がかさむとともに意思決定が遅くなっていることも課題であった。

これらの課題を解決するため、同社は各カンパニー共通の全社PLMプラットフォームを導入した。システム選定に当たっては、複合企業特有の多様な業務に対応できること、同社製品のライフサイクルの長さに対応した使用寿命であること、自社内でシステムの追加修正ができること、といった点に配慮した。展開方法として、システムの運用をコーポレートが請け負い、利用料をユーザー単位で配賦して徴収する「社内PaaS（Platform as a Service）<sup>注15</sup>」の形式をとった。これにより、各カンパニーIT部門の負荷や費用負担の低減を実現した一方、導入判断やカスタマイズは各カンパニーに一任して自由度を持たせたことで、各カンパニーの課題に合った運用が可能となった。

このプラットフォームの提供により3DCADデータをPLM上で管理する際に、カンパニーがPLMシステムを一から構築した場合との比較において、80%近いコスト削減を実現した。また、データの集約が可能になったことにより、設計部門の部品手配等の付帯作業が減少したことに加え、カンパニーIT部門のベンダー管理等の業務が減少したことで、各部門が付加価値向上業務により注力できるという効果が見られた。一方で、同社の製品ライフサイクルが長いこと、既存システムを一括移行するのが難しいことや、3DCADを使いこなせる人材の不足、マーケティングやアフターサービスなど市場との接点を持つ部署と設計との情報連携不足などの課題は残っており、今後のデジタル化に向けて段階的に対応していく必要があるという。

今後同社は、経営方針として、競争力強化のために付加価値の高い業務（マーケティング・企画・アフターサービスなど）にシフトすることを掲げている。全社PLMの導入を契機に既存業務プロセスの見直し・整流化を実施し、スマイルカーブ<sup>注16</sup>の両端へ経営資源を移行するとともに、モジュラー化設計の推進などにより、市場要求とマッチしたものを効率良く作る仕組みを整えたいと語る。さらに、AI開発が得意なパートナーとの連携やベンチャー投資等も視野に入れることで、オープンイノベーションを進めていきたいという。

図 PLM運用基盤とビジネスプロセスとの関係



出所：川崎重工業（株）より提供

注14 アドオン（Add-on）は、「付属品」「追加機器」の意味。パッケージソフトウェアを導入する企業が、不足している機能を追加する拡張機能のこと。

注15 アプリケーションを実行するためのプラットフォームをインターネットを介して提供するサービスのこと。川崎重工業（株）では、同社組織のIT部門が使いやすい情報基盤をPaaSの形で事業部門に提供し、現場のIoT/AI活用を支援している。

注16 収益構造を表すモデルの名称で、バリューチェーンの上流工程（商品企画や部品製造）と下流工程（流通・サービス・保守）の付加価値が高く、中間工程（組立・製造工程）の付加価値は低いという考え方を示す。

## コラム

協力企業ともつながり、生産の見える化で飛躍的に生産性向上  
・・・(株)小松製作所

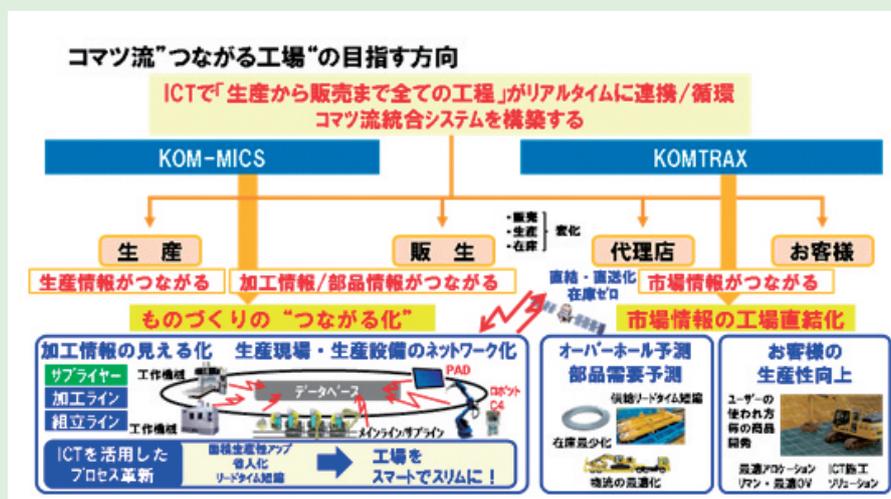
(株)小松製作所(以下、コマツ)はKOMTRAXで建設機械のつながる化・見える化を進め、取得したデータを建機の保守メンテナンスにも活用している。しかし、製造現場のつながる化・見える化は進んでいなかった。そこで、生産性2倍、サプライチェーンの最適化、トレーサビリティの確保を狙いとして、IoTの技術を駆使してつながる工場を実現することで製造現場の見える化を図り、生産性改善に役立つアプリケーションとしてのKOM-MICSを開発し、プロセス改善を進めている。生産性を飛躍的に向上させるKOM-MICSは生産年齢人口の低減対策としても評価され、第8回ものづくり日本大賞の製造・生産プロセス部門で内閣総理大臣賞を受賞した。

対象のプロセスは機械加工、溶接、熱処理及び出荷検査をカバーしており、KOM-MICSで得られた加工実績データに基づき、生産計画との差を見て、リスケジューリングするMES(生産実行システム)とつなげて活用している。このように製造現場の見える化することによって、機械加工では切粉を出している時間が、溶接ではアークを出している時間が50%しかなく、予想以上に動いていなかったことが分かり、非加工時間の短縮にもっと注力する必要があることが判明した。

生産状況の見える化は、タブレット端末からサーバーにデータを送信し、そのデータを専用のビューワをインストールしたPCで閲覧する形になっている。リアルタイム稼働状況、日毎稼働率、タイムチャート、出来高、切削抵抗の見える化などの様々なアプリケーションを備えている。また、単なる見える化に終わらず、これらのデータを元に改善につながるアプリケーションも作成している。

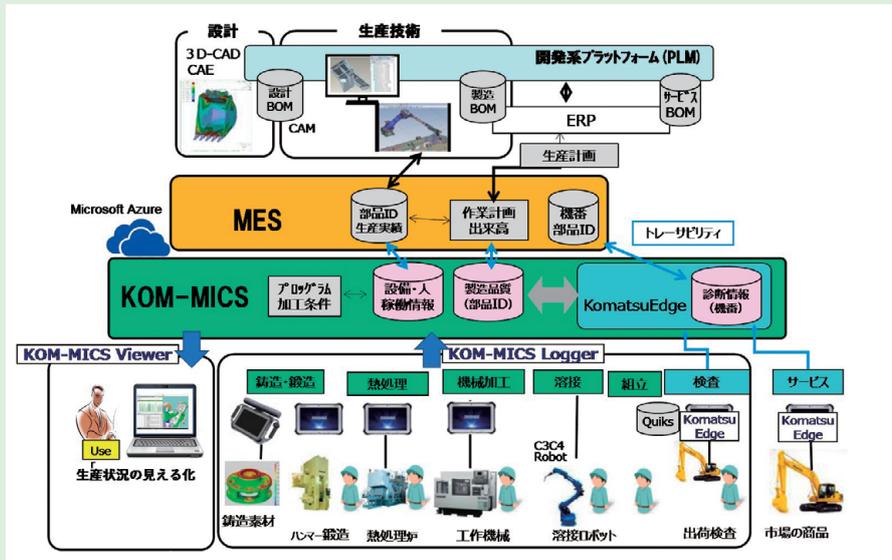
KOM-MICSの大きな特徴は国内外のコマツの工場のみならず、協力企業も巻き込んだ取組になっているところにある。コマツ製品の部品の8~9割は協力企業で生産しているため、協力企業の実産性を改善しなければ大きな効果が見込めない。協力企業もKOM-MICSで見える化することで、コマツグループ内全体の生産の見える化し、ムリ・ムダ・ムラの削減を図り生産性を高めることが可能となる。しかし、製造情報を見る化することは製造原価も見えてしまうため、当初は協力企業の実産性を得ることが難しかった。しかし、協力企業の負担を軽くするためKOM-MICSを無償提供し、改善効果を折半し、協力企業の他社製品の加工情報をコマツが見られないようにする機能の追加などにより、協力企業にもKOM-MICSの導入が進んでいる。コマツと協力企業が長年にわたりWin-Winの取引関係、信頼関係を維持してきたことも後押しした。機械加工分野、溶接分野とも年々協力企業への導入が増えている。機械加工のサイクルタイム低減率は2016年度を基準として2017年度までに14%、2018年度までに19%を実現しており、溶接分野のサイクルタイム低減率は2017年度までに17%、2018年度までに40%を実現している。

図1 つながる工場の全体像



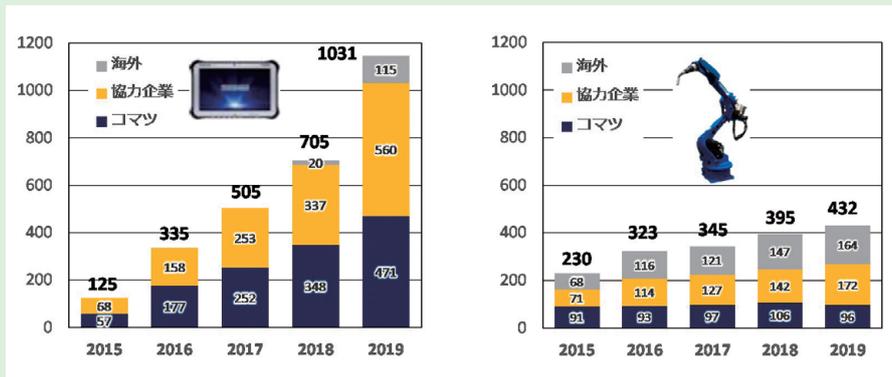
出所：コマツより提供

図2 KOM-MICS の全体像



出所：コマツより提供

図3 機械（左）と溶接（右）のKOM-MICS 接続状況



出所：コマツより提供

## コラム

## グローバルな産業データ流通管理基盤整備に向けた日本発のアクション～ロボット革命イニシアティブ協議会(RRI)の取組～

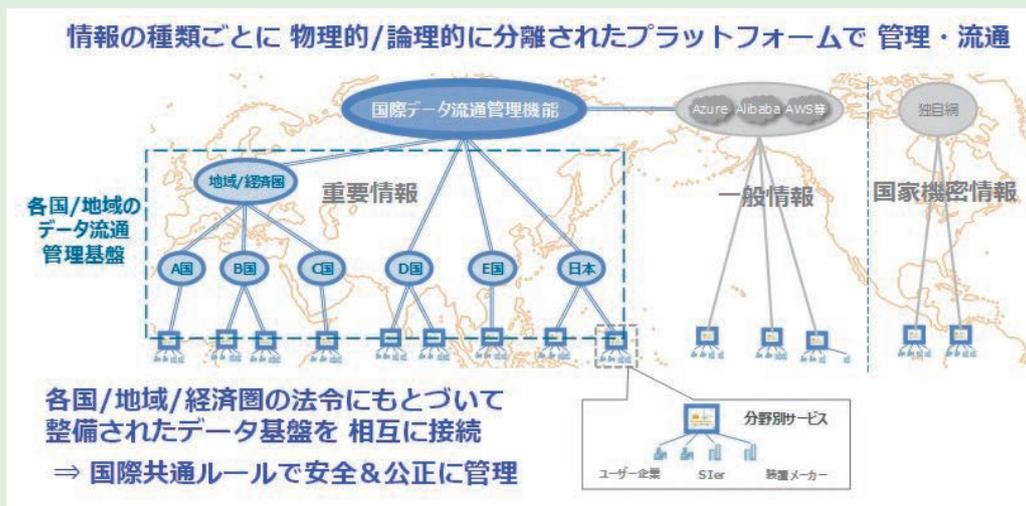
<産業データの安全・公正な管理の枠組みを提言するWGの発足>

近年の製造業では、モノのサービス化、シェアリングエコノミー等の新しいビジネスモデルの出現や、AI活用による生産性向上のニーズの高まりなどから、サプライチェーンを構成する企業間で、国境を越えてデータを確実・安全に流通させる仕組みが必須となってきている。例えば、MaaS (Mobility as a Service) のようなビジネスをグローバルに展開する場合、サービス提供に必要な一連の業務(サービス企画、システムデザイン、資金調達、ソフトウェア設計製造、ハードウェア設計、製造設備設計、原材料調達、部品調達、車両調達、エネルギー供給、サービス販売、契約/解約、物流・配車、コンテンツ配信、利用履歴管理・課金決済、金融/リース、故障/事故/クレーム対応、点検・修理、セキュリティ管理、ソフトウェア更新、部品/製品交換、廃品回収、リユース/リサイクル等)に携わる全ての企業が、業務に役立つデータを企業間で互いにシェアしていつでも利用できるようにすれば、各国・地域の利用者や行政当局の様々な要求に迅速に応えることができ、SDGs (Sustainable Development Goals: 持続可能な開発目標) 等にも配慮しながら生活者の安心・安全を守る付加価値の高いサービスを提供することが可能となる。

企業・国境を越えたデータ流通は、産業の発展や新しいビジネスの創出などが期待される一方、もし、産業データの秘匿性が損なわれれば、各企業の製造ノウハウや設備の稼働実態を示す情報の流出や、企業間の機密保持義務を果たせなくなるなど、企業経営や存続に大きな損害を及ぼす可能性がある。また昨今では、米国の巨大IT企業のデータ独占、国家によるデータの検閲や国外流出規制、各国・地域バラバラのデータ保護ルールなど、国際的なデータ流通を制限する動きが見られ、今後、国・地域別に独自のデータ管理基盤が乱立する恐れもある。例えば、海外工場や輸出製品のデータが自由に利活用できなくなれば、社会全体のデジタルトランスフォーメーション(DX)が阻害され、影響は一企業内にとどまらずバリューチェーン全体や国家全体の経済活動を停滞させてしまうなどの大きなリスクとなり得る。

国際的なデータ流通を円滑に行うには、各国・地域の基盤を相互接続する仕組みを構築し、国際共通ルールで安全かつ公正に管理することが重要であり、その運営に当たっては情報セキュリティに加えデータ提供者の権利(データ主権)の保護が鍵となる(図1)。

図1 将来的な国際データ流通管理基盤の構成イメージ



データ流通を巡るこのような潮流の中、国内では、各企業・団体・行政等で行われている取組の方向性を一本化し、世界の動きに取り残されないための産官学一体の戦略実行の加速が急務となっている。

このような背景から、ロボット革命イニシアティブ協議会(以下、RRI)では2019年10月に「IoTによる製造ビジネス変革WG」の配下に「グローバルデータ流通管理基盤検討サブWG」を設置し、検討を進めている(参加企業:アズビル、NTTコミュニケーションズ、クニエ、シーメンス、日本電信電話、日

本マイクロソフト、日立製作所、三菱電機、ユニアデックス)。

#### <活動成果 ～現状分析・課題設定・要件整理から PoC へ>

上記サブ WG は、未来の社会に役立つ産業データの流通や共有を適切に管理できる社会基盤(インフラ)をつくり、日本の産業力を向上させることを目的とし、具体的には(1)産業データ活用のユースケースの整理、(2)ユースケースをベースとしたデータ流通管理基盤の要件整理及び提言、(3)要件を満たすプロトタイプ(デモシステム)の制作、(4)国際展示イベント等でのデモシステムの評価検証を目標としている。

サブ WG ではまず現状の問題点の洗い出しと分析を行った。

特に日本国内においては、①デジタルデータを収集・体系化できていない、②企業内外のデータ流通を阻害する規定等がある、③データ流通の意義や価値に関する経営層の理解不足、④リスクを取って DX を進める姿勢の欠如、⑤産業構造転換への対応準備の後れ、⑥国際標準/各国法規制に対する理解不足といった、そもそもデータ流通以前に各企業がクリアすべき問題もあることが改めて認識された。

データを企業間で流通させ共有する際の問題としては、⑦全社(エコシステム全体)でデータを利活用できるシステム基盤がない、⑧取引先とデータを共有するシステムの基盤がない、⑨通信手順やデータ形式が統一されず、互換性・相互接続性がない、⑩ OT と IT がつながっていない(現場データを会社の経営判断に活かせない)、⑪ヒトの属性・知識などをデジタルデータ化する手法が確立していない、⑫ IoT に不可欠なセキュリティやデータの信頼性を保証する仕組みが不十分、⑬国境を越えるデータ流通の管理や権利保護に関するシステム対応が不十分、といった問題が挙げられ、国際的なデータ流通の基盤とそこでのセキュリティ、データ主権に対する懸念が確認された。

続いて、これら問題の解消に向け、業界横断でまたは政府等と取り組むべき課題を整理した。

取組課題は①データ利用目的別 KGI・KPI の設計、②データ流通にかかわる標準の制定、③セキュアなデータ流通管理基盤の構築、④データ保証ルールの確立(品質・セキュリティ・開示可否制御等)、⑤データ流通の運営体制構築、⑥データの所有権や知財等に関する法体系整備、⑦データ流通管理基盤の構築運用コスト負担の最適化の7点に整理された。

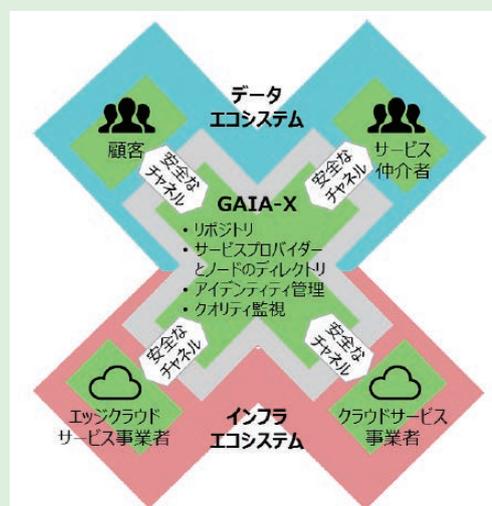
今後、取組課題に対するさらに具体的な要件の整理やデモシステムでの検証等を通じ、公正、安全かつデータ主権が保証された国際的データ流通管理基盤実現への道を探っていくことが予定されている。

#### <今後の取組 ～関連団体と協力し産官学連携で基盤整備を推進～>

海外におけるデータ流通基盤の検討例としては、2019年10月にドイツ政府とフランス政府が発表した「GAIA-X プロジェクト」があり、本サブ WG ではこれを検討の参考の1つとしている(図2)。GAIA-X は、認証や契約手続きに基づいてデータへのアクセスを制御し、データ主権を保護しつつ様々なクラウドサービスとの相互運用性を確保する技術的な仕組みで、2020年中に運用開始予定とされている。GAIA-X は、EU 域内での接続性を保証しているが、域外との接続方法については不明確な点もあり、米・中など大国と利害が対立する可能性もある。EU・米・中のいずれにも属さない日本や ASEAN なども先行する動きに取り残されないための取組の加速に加え、公正な国際データ流通ルールの確立に向けて主張していく必要があるだろう。

本サブ WG では、先行する GAIA-X の調査・検証・評価をドイツ(IDSA 等)と連携しながら進めつつ、前述の

図2 GAIA-X プロジェクトにおける取組の全体像



出所：経済産業省「『第3層：サイバー空間におけるつながり』の信頼性確保に向けたセキュリティ対策検討タスクフォースの検討の方向性」

問題点や取組課題を基に、円滑で公正な国際データ流通の実現に向けて日本が取るべき対応を議論し、日本の企業・行政・市民・研究機関等のためのデータ流通管理基盤の在り方を提言していく。その要件をまとめ、2020年度後半には、参加企業等と協力してプロトタイプ構築検証を行う予定である。DTA（一般社団法人データ流通推進協議会）、JEITA（一般社団法人電子情報技術産業協会）等の他団体と協力するとともに、製造事業者のみならずクラウド事業者、データプラットフォーム事業者等様々な企業に参加を呼びかけ、産官学連携によるグローバルデータ流通管理基盤の整備を推進して行くことが予定されている。

#### (4) バーチャル・エンジニアリング

1990年代半ば以降、製造業の設計現場に3DCAD（Computer Aided Design）の導入が始まった。2000年以降になると、CAM（Computer Aided Manufacturing）にCAE（Computer Aided Engineering）が加わるようになり、さらにPDM（Product Data Management）によって、設計・製造・解析の各データを同期させて一体に検討する「バーチャル・エンジニアリング」の環境が整備されていった。最近では、これにIoTやAIが加わり、バーチャル・エンジニアリングは更なる進化を遂げつつある。

このバーチャル・エンジニアリングにより、企画、設計、製造、営業、品質、認証等の各分野の専門家、さらにはサプライヤーや一部顧客までも含めて、3D図面を用いて同期的・一体的に製品開発に参加することができる協業の場が実現する。また、バーチャル・エンジニアリングを用いることで、構想設計の段階で、検証も含めた詳細設計までが可能になり、リアルな試作の前に全ての仕様を決めることができるので、製品開発のリードタイムは、大幅に短縮することとなる。このようなエンジニアリングの手法は、「コンカレント・エンジニアリング」「サイマルテニアス・エンジニアリング」とも呼ばれる。

ダイナミック・ケイパビリティ論に即していえば、バーチャル・エンジニアリングは、機会を捉え、既存の組織内外の資産・知識・技術を再構成して競争力を獲得する「捕捉」の能力を著しく高め、開発リードタイムを極限まで短縮化する。こうして、バーチャル・エンジニアリングは、不測の事態に迅速に対応する能力であるダイナミック・ケイパビリティを著しく高めるのである。

従来、日本の製造業は、製造現場の技術力（いわゆる「匠の技」）が非常に高く、それが競争力の源泉となっていた。このため、設計部門から送られてきた設計図面が多少不備であっても、製造部門の技術者が、設計

図面を細かく修正したり、詳細部分を設計したりすることができた。日本の製造業では、生産設備を考慮に入れた量産品質の高い最適仕様の設定は、設計部門ではなく、製造部門において行われる傾向にあったのである<sup>注17</sup>。

しかし、近年、製品の複雑化が進み、さらには不確実性が高まる中で不測の事態への俊敏な対応も必要になる中では、これまでのように、詳細設計まで製造現場の技術力に過度に依存することは、極めて難しくなっている。加えて、近年、生産年齢人口の減少等により、熟練技術者が減り、生産現場の技術力の維持・向上にも支障を来しつつある。このようなことから、製造業が競争力を維持し強化する上では、バーチャル・エンジニアリングは大きな役割を果たすものと考えられる。

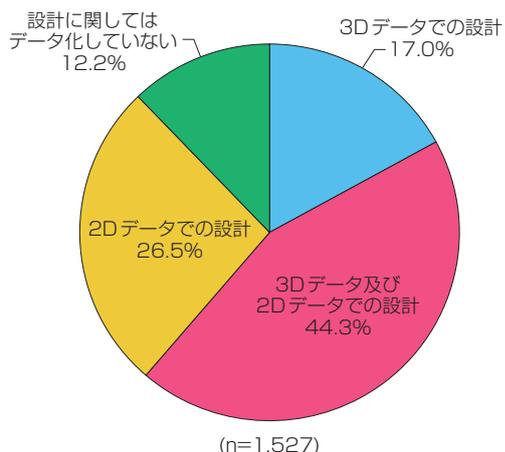
ところが、我が国の製造業では、バーチャル・エンジニアリングが進んでいないことが、今回の調査で浮き彫りとなった。

バーチャル・エンジニアリングでは、3DCADを用いて設計図面を描くだけにとどまるものではなく、設計情報の受け渡しも3Dデータで行うことが基本となる。ところが、3Dデータのみで設計を行っているのはわずか17.0%にとどまっている（図132-13）ことに加え、協力企業への設計指示の半数以上が未だに図面で行われ、3Dデータによる指示は15.7%に過ぎない（図132-14）。また、3Dデータによる指示を行わない理由の約半数が、「主な設計手法が3Dではないため」と答えている（図132-15）。

関連して、一般社団法人日本自動車工業会が同工業会に加盟する自動車会社に対して行った調査（図132-16）によれば、全体的に、2D図主体から3D図主体への移行は停滞しており、直近では、3D図から2D図への回帰の傾向すら現れている。また、3D図面化を進めようとしている企業と、2D図主体を維持しようとする企業との二極化が拡大している。

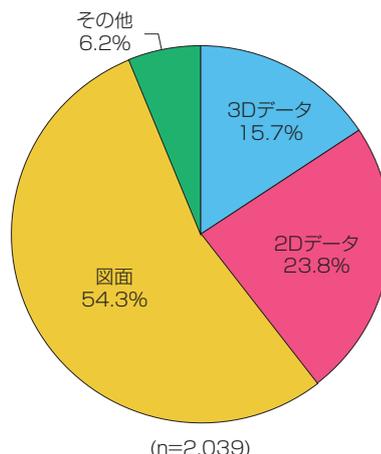
注17 内田孝尚『バーチャル・エンジニアリング—周回遅れする日本のものづくり』（2017年、日刊工業新聞社）

図 132-13 3DCAD の普及率 (設計方法)



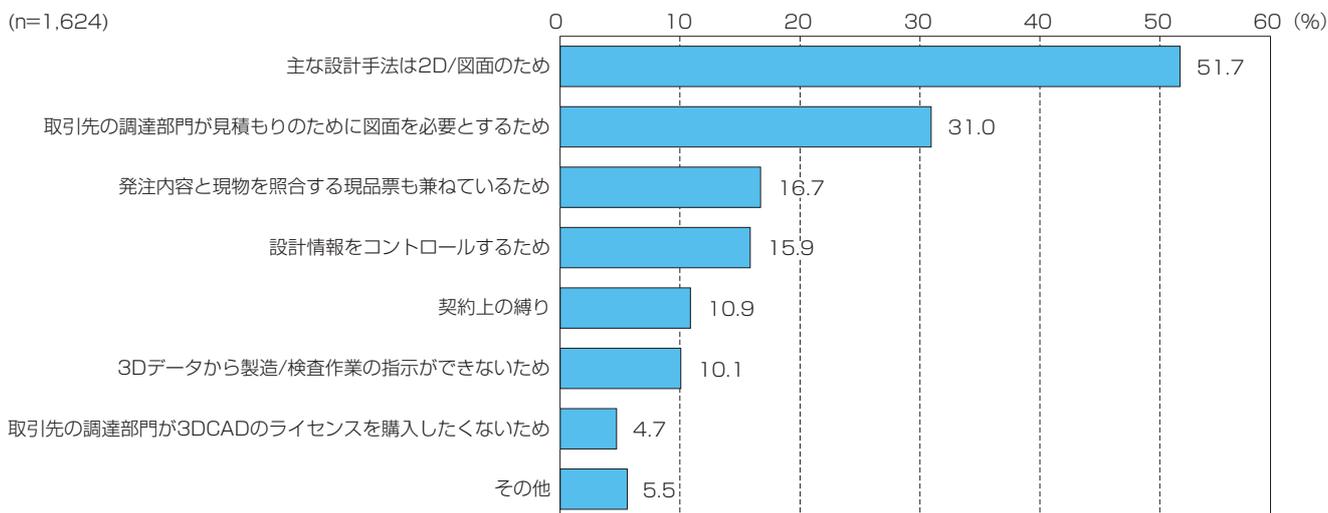
資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2019年12月)

図 132-14 協力企業への設計指示の方法



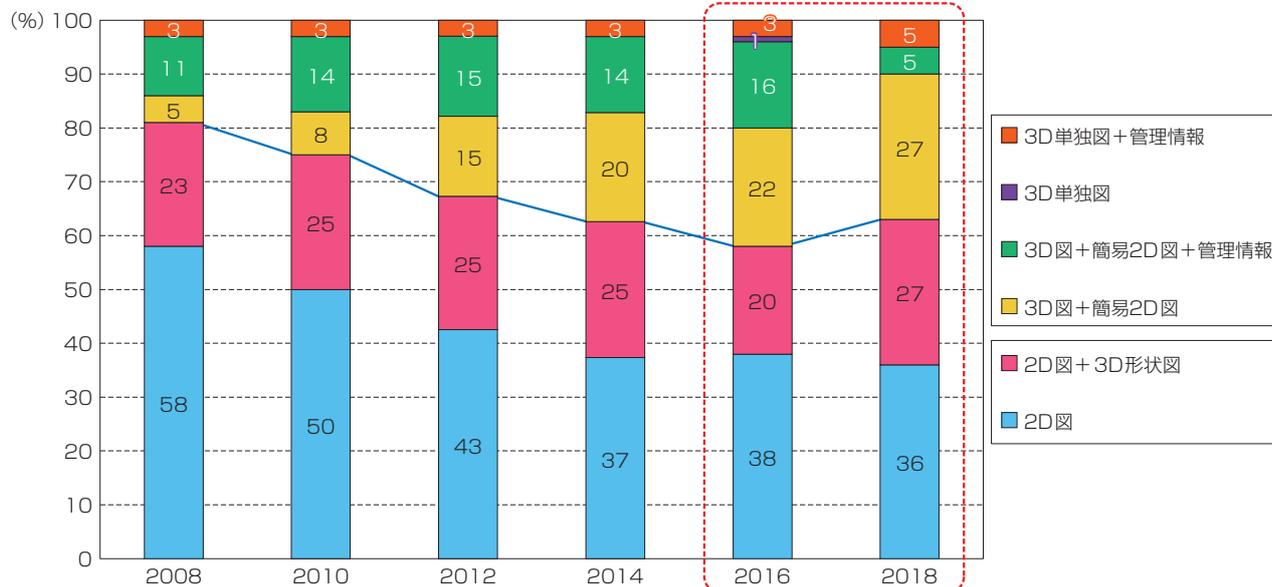
資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2019年12月)

図 132-15 2Dデータや図面で設計指示している理由



資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2019年12月)

図 132-16 2018年度3D図面普及調査レポート (JAMA各社の状況)

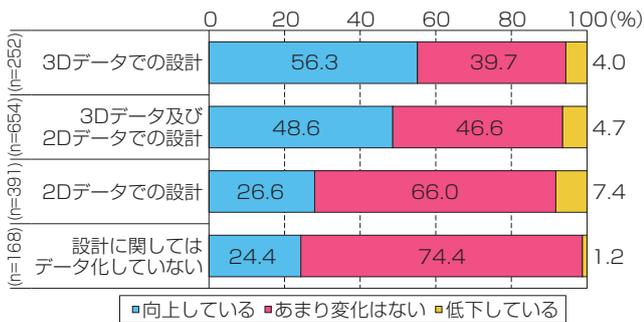


資料：一般社団法人日本自動車工業会 (JAMA)「2018年度3D図面普及調査レポート (JAMA各社の状況)」(2019年3月)より経済産業省作成

しかし、3DCADを利用しバーチャル・エンジニアリングを進めることはエンジニアリングチェーンの強化に不可欠である。アンケートを見ても、3DCADを利用した設計が進んでいる企業ほど、製品設計力が向上し、製品設計のリードタイムが短縮して

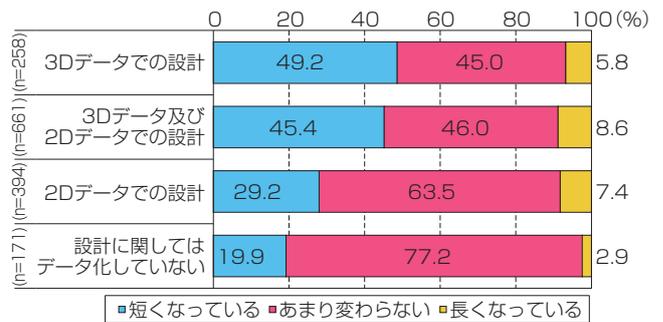
いる(図132-17・18)。さらに、工程設計力も向上している(図132-19)。アンケートの結果からも、3DCADの利用がエンジニアリングチェーンの強化に大きく貢献することが分かる。

図132-17 製品設計力の5年前に比べての変化と設計方法の関係



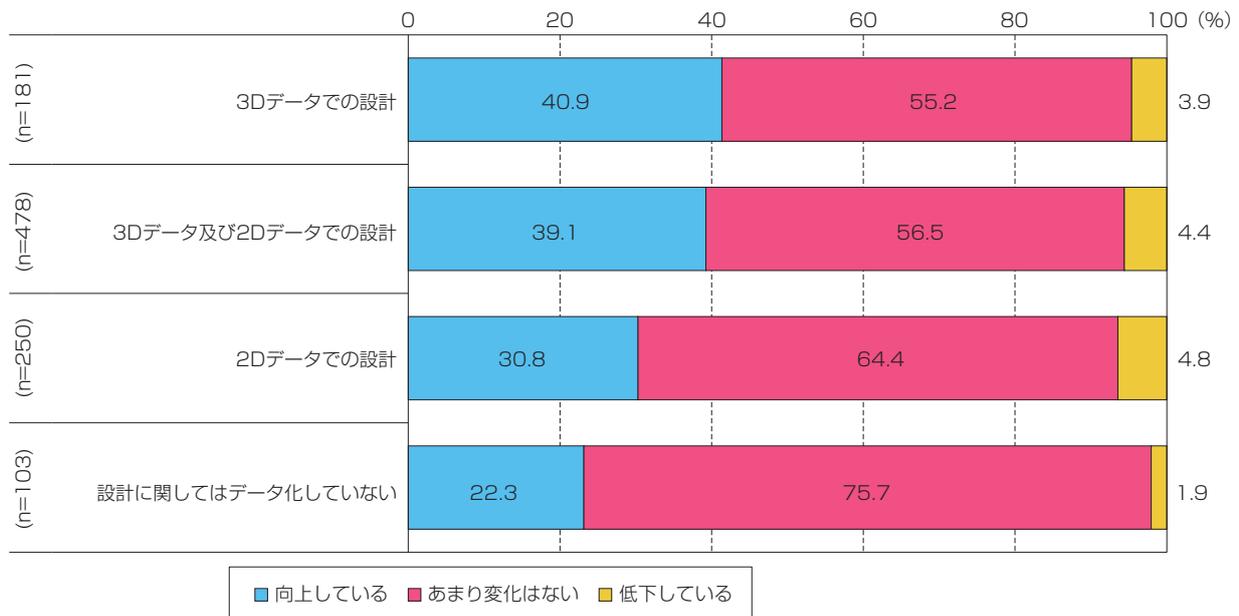
資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2019年12月)

図132-18 製品設計のリードタイムの5年前に比べての変化と設計方法の関係



資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2019年12月)

図132-19 工程設計力の5年前に比べての変化と設計方法の関係



資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」(2019年12月)

以上で見てきたように、我が国の製造業では3Dによる設計が未だに普及しておらず、バーチャル・エンジニアリングの体制が整っていない。不確実性が高まり、製造業のダイナミック・ケイパビリティの重要

性が増している中で、このバーチャル・エンジニアリング環境の遅れは、我が国製造業のアキレス腱と云ってかねないと言っても過言ではない。

自動車産業は、電動化、自動化などの CASE と呼ばれる百年に一度の大きな変革に直面している。高機能化（電子制御システム及び安全運転システムの導入、ネットワーク化）・複雑化が進む自動車開発の徹底的な効率化が不可欠となっており、開発・性能評価のプロセスをバーチャルシミュレーションで行う MBD（モデルベース開発）の取組の重要性が拡大している。

#### 【事例1】 MBD により短期間での商品開発を実現（ダイキョーニシカワ（株））

広島県東広島市のダイキョーニシカワ（株）は、自動車の内外装及びエンジン関係樹脂部品の開発から生産までを一貫して手がけている Tier1 総合プラスチックメーカーである。

同社では 2016 年から MBD 推進部門を発足し、金型・製品を製作した後に発生する機能 / 品質不具合の対策経費や時間ロスなどの手戻りの無い高効率な開発の実現を目指して活動を進めている。導入に当たっては地域の産学間連携の推進を行っている「ひろしま自動車産学連携推進会議」の技術面のバックアップや「ひろしまデジタルイノベーションセンター」の CAE ソフト・スーパーコンピュータ等の計算機環境を活用した。

MBD を活用した具体的な開発事例としては、インストルメントパネルの衝突性能の開発がある。従来はインストルメントパネルとその周辺部品のみで CAE 解析をしていたが、車体も含めた大規模モデルを作成、さらには衝突時の速度を想定した材料物性を織り込んで CAE 解析することで解析精度が上がり、設計変更のロスを大幅に削減させた。

今後、同社内で確実に MBD の成果を積み重ねていき、手戻り防止により開発費の削減を実現するとともに、MBD を Tier2 に対しても展開していきたいと考えている。

#### 【事例2】 MBD を通じて得た解析技術により取引先との関係を強化（（株）ヒロテック）

広島県広島市にある（株）ヒロテックは自動車の排気系部品、ドア部品の開発・生産を行うメーカーである。同社では机上の段階での製品設計から試作・評価テストや工程設計等の生産までの製品開発の工程を同時に行う取組を全社的に進めている。また経営ビジョンの1つとしても、「世界に通用する技術と製品開発でお客様に満足頂く」を掲げており、その実現に向けた1つの取組として MBD を導入し、世界での競争に向け開発型部品メーカーへの転換をした。

具体的には排気系の騒音性能や熱マネジメント性能の開発の領域において、CAE 解析を活用して実機を用いない開発の効率化が行われている。これまでの MBD 導入による効果は社内での開発プロセスの効率化のみならず、新規取引先の獲得にもつながってきた。

今後は MBD の適用領域を拡大するとともに、開発の初期段階に従来自動車メーカーのみで行われてきた「機能設計」にパートナーとして参画する技術力を身に付け、例えば、排気系部品のモデルを車両モデルに組み込んで車全体の燃費性能を予測し改善案を考えるなど、MBD によってシステム全体を俯瞰した高度な技術提案を行える企業に成長し、国内外の自動車メーカーから更なる受注拡大を目指す。

## コラム

見える化するIoTからつなぐIoTへ、  
データ連携による企業体形成への挑戦・・・(株)ツバメックス

(株)ツバメックス(新潟県新潟市)が立地する燕三条は、江戸時代の初期に和釘産地として栄え、その後はヤスリで栄え、近年は洋食器の産地として栄えており、アップル社の iPod の製品筐体を磨いていた磨き屋シンジケートという職人集団が活躍していることでも知られるものづくりの産地である。(株)ツバメックスも明治時代にヤスリづくりで創業し、現在はプレス金型やプラスチック金型、そして金属プレス加工やプラスチック成形品加工を手掛ける総勢 200 名ほどの企業である。

地方に本社を構えて事業展開する企業であるが、1982年にフランス製の3次元設計の基本ソフト CATIA を導入し、金型業界で初めて3次元 CAD/CAM システムの開発に取り組んだ会社である。当時 CATIA を使いこなしていたのはボーイングの航空機やダッソーの戦闘機と本田技術研究所くらいであり、日本へ導入した当初は大手企業を始め同社への見学者が絶えなかったという。CATIA 導入と同時にホストコンピュータも1台導入し、半端な投資額ではなかったうえに、CATIA を使いこなすために試行錯誤し苦戦した。

悪戦苦闘しつつも CATIA を使い続けることに迷いがなかったのは、当時は曲面設計ができるソフトウェアが CATIA だけであったという理由に加えて、1995年には①3D(Solid)設計は将来主要な設計手段になる、②1台500万円もするワークステーションなどのハードウェアは年々必ず安くなっていく、③ソフトウェアは常に改良されるのでいずれ使用に耐え得るものとなっていく、④ネットワークによる情報交換はますます盛んになっていく、⑤CADとCAMはより一体化される、⑥CAD情報は広範に活用されていく、⑦省力化(なるべく自動化)が必須で、人間が一度入力した情報を二度入力すべきではない(営業が入力した情報を設計者がエクセルに入力したりするのは無駄な作業)、⑧他システムへの拡張連携(生産管理)へと発展させる必要がある、との明確なビジョンを経営陣が持っていたことによる。

1998年にはCATIAの大規模なカスタマイズ化に成功し、「TADD～TSUBAMEX Auto Die Design system～」と呼ばれる、非常に高度なオール3次元設計システムを完成させた。同社のものづくりは、顧客→営業→構想設計→金型設計→生産準備→金型製作→調整→現地調整といった具合に仕事の流れしている。3次元設計することで、営業情報や購買連携や図面・ビューワなど、全て連携してつなぐことができる(図1)。3次元設計と営業の情報をつなげばより効率的な設計ができる。ビューワで見せることができれば図面のスキルがなくても理解できる。加工実績が入手できれば原価が分かる。特に中小企業はこの原価把握力が弱い。IoTを使って故障予知をするよりも、実績を拾って経営にフィードバックする方がよほどIoTとしての価値がある。

システム化する上で同社が重視したポイントは「設計データを核として戦略をシステムに上げること」である(図2)。例えば、本来は設計の段階で部品情報は全て入っているので、自動で購買情報に出力できるはずなのに、設計と部品情報を分けているので連携ができない。そのような無駄を無くすためにも、製品形状、工程設計データ、量産プレス仕様などの全ての情報を入力してソリッド設計を行い、そこからビューワデータ、加工属性データ、鋳物データ、三面図(単品図・組図)、部品表・購買情報を全て自動で出力させる仕組みを構築した。三面図も出力できるようにしたのは、3次元設計は必要だが図面は当面なくならないと考えたからであり、3次元設計ができあがったら、自動的に三面図そのものをアウトプットするプログラムもつくった。

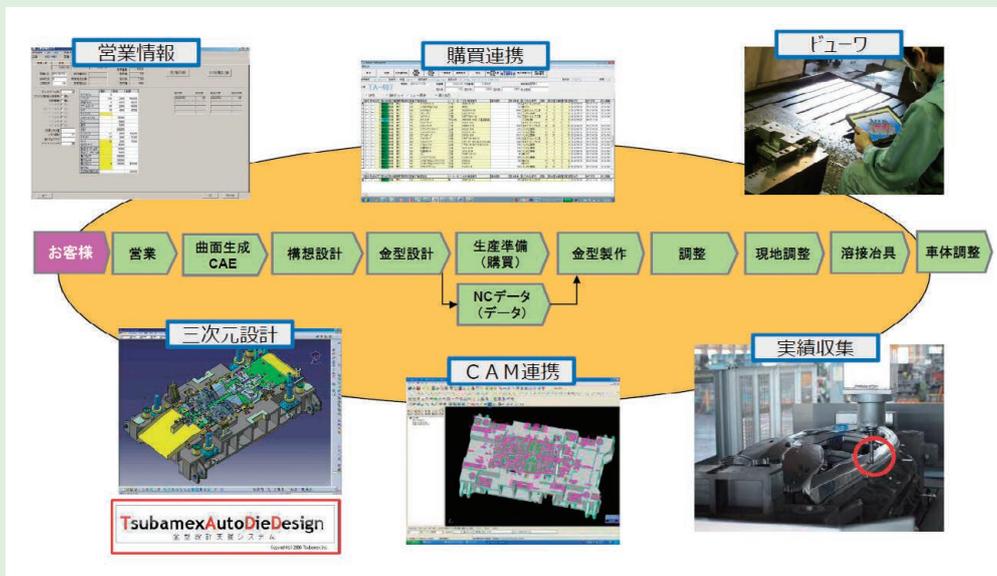
3次元CADは顧客ごとの仕様の違いにも対応しており、顧客仕様に合わせてソフトで一括変換できるようにしている。また、3次元データの活用により、購買の自動処理(自動発注)も可能となっている(図3)。そのために、鋼材には加工する前(削る前)の直方体の情報も持たせており、取引先ごとの厚みや決まりもインプットされている。例えば、協力企業として4～5社の鋳物屋と取引しているが、鋳物の削り代も鋳物屋ごとに決まっており、鋳物屋ごとの仕様というものがある。削り代とデータを別々に引き渡すといった決まりがある。このように、顧客や協力企業ごとに細やかな標準化を実施していることが3D設計システム・生産管理システムの成立に大きく役立っている。

2001年にはラティス・テクノロジーのXVL(軽量3Dフォーマット)を導入し、2007年頃にCATIAの情報がXVLに乗るようになったため、現場への展開を一気に進めた。今では社員番号を入力すると日報が出てくる仕組みになっており、金型にユニークな工番情報を入力すると必要な情報が表示さ

れ、例えばビュー上で部品をクリックすれば部品が入荷されているかどうか、部品の加工が終わっているかどうか、全てが見える化された。営業が受注の段階で入力した詳細な情報も全て設計に引き継がれ、一度営業が入力した情報は改めて設計で入力する必要はない仕組みになっている。検査は図面で行うこともできるし、ビュー上で確認することもできる。XVLを導入した当時は年間で約4,600回も現場の人が設計室に問い合わせに行っていたが、ビューが動き始めてからは生産管理情報との連携も始まり、現場が設計室に出向く頻度は約1,000回へと激減した。

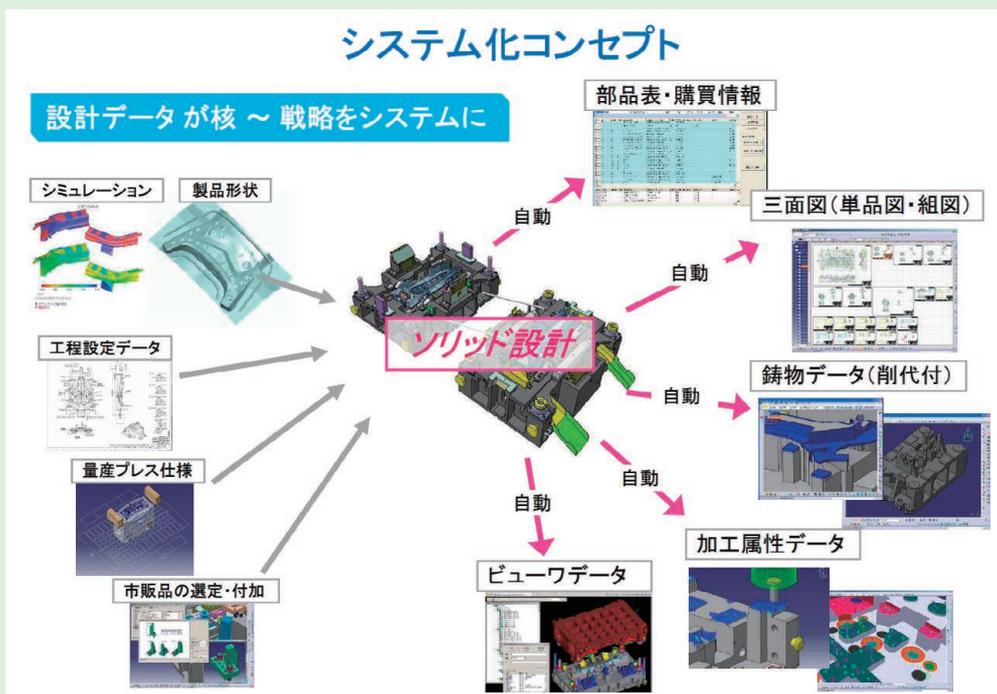
今後は産地の外注先の金型屋ともTADDの仕組みを共有しようと考えている。具体的には2社と検討を進めており、3社一体となって受注から生産まで行うことができる仮想工場をつくり、この地域で世界を相手に戦える手段としたい(図4)。

図1 ツバメックスものづくりシステムの全体像



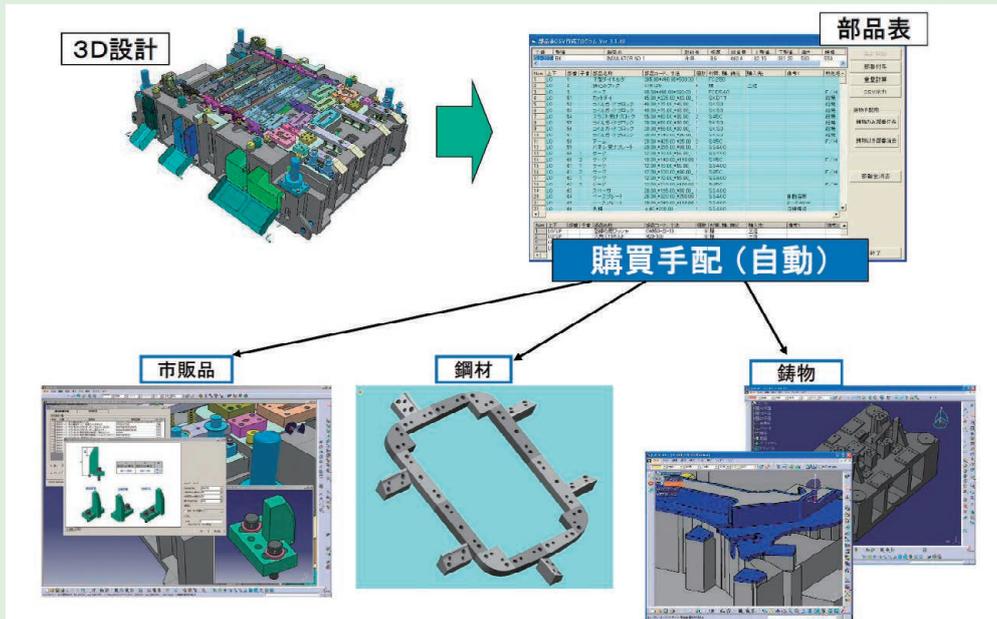
出所：(株) ツバメックスより提供

図2 設計データを核とするシステム化



出所：(株) ツバメックスより提供

図3 3次元データの活用による購買自動処理

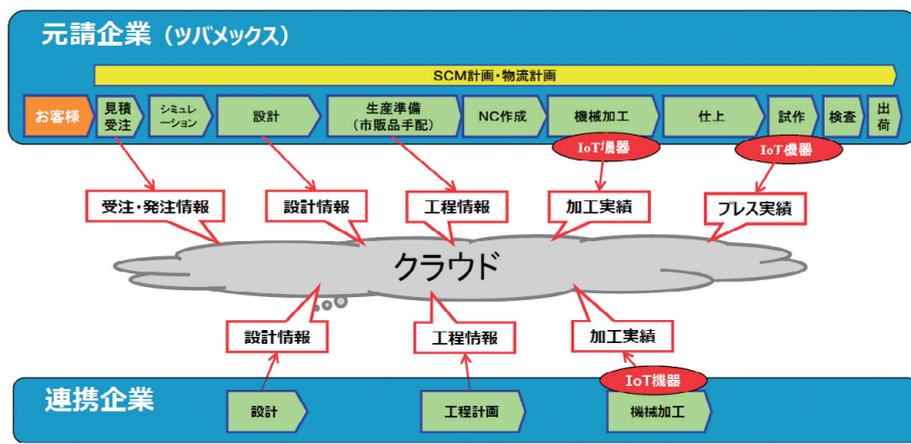


出所：(株) ツバメックスより提供

図4 地元企業との緩やかな連携構築

### 燕三条 金型 NetWork

ヴァーチャルファクトリーを目指す活動



出所：(株) ツバメックスより提供

## 設計分野への革新的技術によるソリューションを提供するスタートアップ企業・・・Nature Architects (株)

Nature Architects (株) (東京都港区) は、2017年5月に設立された東京大学発のスタートアップ企業である。研究開発を手がけるコアメンバーは、(独)情報処理推進機構 (IPA) の未踏IT人材発掘・育成事業の採択者等となっている。また、大嶋代表は、具体的な技術シーズを活用した事業構想を有する起業家候補支援プログラム (NEDO Entrepreneurs Program (NEP)) に採択されるなど、独創的な技術力が評価されている。

現在、ユーザーが求める製品等の機能要件をダイレクトに実現する独自の設計技術として、「Direct Functional Modeling (以下、DFM)」の技術開発を手がけている。DFMでは、部材の構造と機能について膨大な計算結果が蓄積されたデータベースのライブラリから、その固さや密度、弾力、動きをコンピュータシミュレーションに生成し、最適化を図る独自のアルゴリズムにより、一切の組立なく、可動部がある人工物を一体成形したり、部材の強度を保ちながら軽量化を図る設計を可能とする。これまでハードウェアとして設計が難しかったものを、ソフトウェア技術で設計することで、どこにも存在していないものを瞬時に作り、誰も設計できないものを生み出せることが大きな強みである。

また、同社はコア技術の開発を加速させるとともに、国内外の素材から加工組立メーカーまで多種多様なユーザー企業と設計・開発段階からの協業を推進しており、建築、家具インテリア (ベンチ、オフィスチェア)、自動車、ロボット、航空宇宙等の幅広い分野へのソリューションを提供している。DFMによる設計の自由度を活かし、最終製品だけでなく、レバー、スイッチ、ファン、バネ等の多様な部材へと適用範囲を広げている。

なお、同社は3Dプリンティングに象徴される「Additive Manufacturing (AM)」の技術・ビジネス展開の可能性やポテンシャルをまだ十分に活かしきれていないと考えている。海外では、数年前のメーカーズムーブメントとは異なり、3Dプリンティングによる大量生産が始まり、DFMのような新たな設計の考え方やソリューションが適用されようとしている。今後、3Dプリンティングによる量産が浸透すれば、同社としてライセンス等でフィーを得る新たなビジネスモデルを構築するとしている。さらに、海外では自己修復部材等の4Dプリンティング、カーボン3Dプリンティングで、クッション性など衝撃を吸収する素材の研究が始まっているため、最先端の技術開発を加速させることで、次世代のイノベーション創出を目指している。

図 DFM で設計された多様な曲面形状のベンチ



出所：Nature Architects (株) より提供

## コラム CAEとAIを活用した設計フローを支援・・・(株)科学計算総合研究所

(株)科学計算総合研究所(東京都千代田区)は2015年から、CAE(Computer Aided Engineering)とAIを創発的に組み合わせることで製品仕様を満たす最適設計を瞬時に提案できるAutodesignの実現に向けた研究開発をスタートさせた。

CAEは設計の評価において重要な技術である。物理現象をコンピュータ上でシミュレーションすることにより、試作や実験の回数を削減しながら製品の評価を行うことができ、ものづくりプロセスのコストダウンを実現するための技術として注目されている。例えば、シミュレーション上で力を加えて変形の度合いをみることで材質の選定に役立ったり、新幹線のレールと車輪の間の摩擦といった実際に観測することが難しい現象に関する知見を得るためにも活用されている。

一方で、CAEを行うのは人手が掛かり高コストであるため、現状は資本力のある大手企業を中心とした導入にとどまっている。CAEの一般的なプロセスは、CAD(Computer Aided Design)と呼ばれる製品設計をコンピュータ上で行う技術を用いて作成された製品形状をメッシュと呼ばれる単純形状の集まりに変換するステップ、行いたい解析や材料などシミュレーションの条件を付与するステップ、実際に解析を行うステップ、解析結果を解釈して設計にフィードバックするステップなどからなるが、それぞれのステップで膨大なコストが掛かっているのが現状である。メッシュを作成するステップでは、このメッシュの品質によってCAEの精度が大きく異なってしまうため、メッシュを手で直す際にも膨大なコストが発生している。また、ハイエンドなCAEソフトウェアを使用して複雑なシミュレーションを行う場合、1回のシミュレーションを行うためにも数日・数百万円のコストが掛かる場合がある。

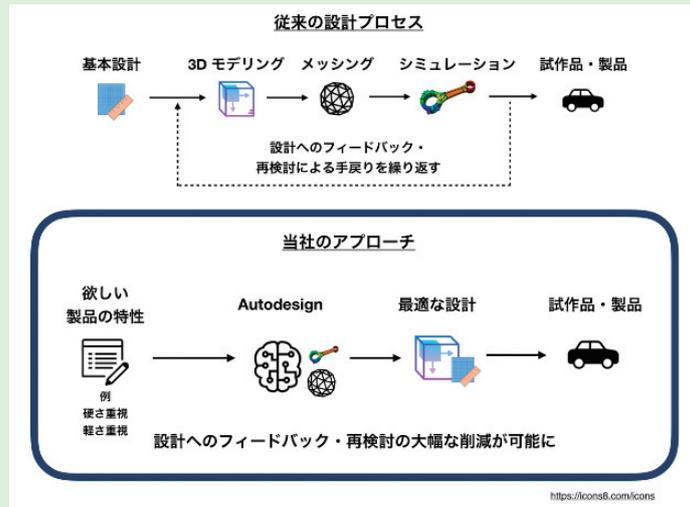
これらCAEに掛かるコストが最適な設定を行うための障害となっている。設計を修正しながらCAEで性能を評価するといった設計最適化のためには数百回程度シミュレーションを行うことになるが、1回のシミュレーションに膨大な時間・人手・コストが掛かっているのはCAEを用いて設計最適化を行うことは非常に困難なものとなる。

そこで、同社はCAEを活用した設計フローの効率化を支援している。高品質なメッシュを生成する技術やシミュレーション技術などの強みを活かしてCAEプロセス全体の自動化を実現する。さらに、高コストなシミュレーションをAIに置き換えるほか、目標とする性能や完成品形状からそれらを実現するための条件をAIで推論することにより設計プロセスの高速化・高効率化を実現する。これらの技術を適用することによって数日掛かっていたシミュレーションが数秒で完了することになり、ここまでの高速化を行うことで初めてCAEが設計最適化のためのツールとして有用なものになるのである。

同社ではAutodesignを用いたコンサルティングも実施している。多数の部品からなるような複雑な製品については、個々の部品のシミュレーションモデルを簡略化して全体の挙動を調査した後、それを元の複雑な製品にどう復元するかを考えることによって高効率な最適設計を実現する。

自動運転技術などが重要度を増したことによってこの3～4年で自動車業界がソフトウェアリッチになっているため、設計の部門に負荷が掛かっている。この設計負荷をなんとか軽減してリードタイムを短縮したいという要望は極めて強い。米CADメーカーのオートデスクはそういった自動車メーカーの要望に対応するべく、ジェネレーティブデザインと呼ばれる、製品の性能を高くするための設計案を生成する仕組みを提供している。オートデスクに比した同社の強みは汎用性の高い機械学習の技術を使用している点である。同社は機械学習を用いることによって高速な最適設計を実現できるため、「硬さ重視」「軽さ重視」といった条件を入力すれば瞬時に最適な設計を得ることができる。また、汎用性が高い機械学習の技術を使用しているため、硬さや軽さだけでなく、例えばエンジンの近くに配置するような部品に関しては「排熱効率重視」といった要件を追加することも可能となる。したがって、計算よりもプロダクトデザインに設計者のリソースを割くことができる点も強みとなっている。

図 CAE のワークフローが完全自動化された「Autodesign」



出所：(株) 科学計算総合研究所より提供

## コラム

AIを活用したシステムデザイン  
(AASD : AI-Augmented System Design)

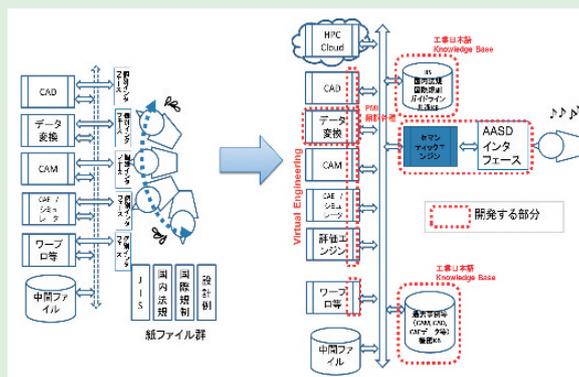
AASDとは、設計開発に携わるエンジニアの能力をAIによって拡張するためのソフトウェアである。これまで熟練したエンジニアの経験などに依存していた設計作業のうち間接的な作業をAIによって補助することで、エンジニアが「モノの形を作る」という本質的な作業に集中できるようになり、設計工程の生産性を大きく向上させることが期待される。

そもそも設計作業とは、単にモノの形をつくるだけでなく、言葉による非常に抽象度の高い情報（仕様）を徐々に具体化して設計図に落とし込んだ後、応力変形や構造強度、組立プロセスや加工時の変形の評価、過去のトラブル事例との照合、規格や規則への適合性確認など、様々な検証プロセスを行う必要がある。しかし、これらの中には法令や文献検索などあまり本質的でない作業も多く含まれる。また、設計工程に依拠して、CAD、CAE、CAMといった、様々なデジタルツールを使用するが、これらを連携して使いこなすためには、単にファイルをそのまま転送するだけではうまくいかずツールに合わせたデータ表現などの変換作業が必要となり、設計工程の特性を理解した、熟練エンジニアの介在が欠かせない。さらに、熟練エンジニアが蓄積した経験や知識が、デジタル情報として残っていない、記載ルールや言葉などが統一化されておらず同様な事例を探す他の分野のエンジニアには読み取れないといった問題もあり、エンジニアの高齢化等によってこれらが失われてしまう懸念もある。

AASDでは近年飛躍的な進歩を遂げたAIを、高度な意味理解に基づく工程や分野を横断した検索や推論エンジンに適用し、設計データの検証作業（デザインレビュー）といったエンジニアの支援システムの構築を目指す。その実現に当たっては、AIの要素技術開発だけでなく、知識ベースの構築も必要となる。基盤となるデータの構造化手法や言語整備、またサプライチェーン全体で使うためにデータ流通・保護機構の開発も重要となる。

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）を中心に研究開発を進めることによって、製造業サプライチェーンの構成企業が全体で使えるようなサービスとなり、ひいては日本の製造業の競争力強化につながることを期待される。

図 従来システム（左）とAASDを適用したシステム（右）の違い



出所：NEDO 技術戦略研究センター（TSC）「AIを活用したシステムデザイン（AASD）技術分野の技術戦略策定に向けて」（2019年7月）、TSC Foresight vol.34.

## 第3節

製造業の企業変革力を強化するデジタルトランスフォーメーション（DX）の推進

## (5) マテリアルズ・インフォマティクスの波

2. (4) のバーチャル・エンジニアリングは、主として、自動車産業や電機産業などのディスクリート系（加工組立系）の製造業における製品設計を念頭に置いた議論である。しかし、デジタル技術の威力は、化学産業などのプロセス系の製造業における製品設計にも及んでいる。

特に注目すべきは、情報科学を活用した研究開発である。このような手法は創薬研究の効率化が求められる製薬業界における「バイオインフォマティクス」に見られるように、研究開発を大きく前に進める可能性がある。例えば、創薬研究の臨床開発フェーズでは、ビッグデータ解析を通じて病気の発症や進行に密接に関係する遺伝子変異や生体分子「バイオマーカー」によるターゲットの絞り込みを行うことが有効になる。そして、近年、同様の研究開発手法を素材分野へ適用する動きが活発化してきており、AI やビッグデータを素材分野に適用する、いわゆる「マテリアルズ・インフォマティクス」が注目を集めてきている。マテリアルズ・インフォマティクスは、もともとアメリカで始まり、2011年のオバマ政権下で始まったマテリアルズ・ゲノム・イニシアチブ (MGI) が端緒とされている。2012年には、MGI に取り組む研究者らが、日本が発表した電池材料に関する論文情報をもとにインフォマティクスの手法を活用して電池材料開発を行い、日本企業が実験的に見出した結果と同等の結果を論文発表した。これは、実験をせずにデータ分析のみで材料を導き出した点で非常に注目を集めた。その他、欧州、中国、韓国等においても様々な取組が行われている。

日本においても、2013年に内閣府主導の戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) において始まり、産学官連携による分野横断的な基礎研究から実用化・

事業化までを見据えて一気に通貫で研究開発を行っている。また、2015年には文部科学省の情報統合型物質材料開発イニシアチブ (MI2I) において、各種材料の具体的なテーマに取り組むとともに、データ駆動型の研究手法の開発に取り組み、産官学の研究者や技術者が研究開発の現場で活用できる情報統合型物質探索・材料開発システムの構築を行っている。

また、経済産業省においては、2016年からの予算事業において、有機系の機能性材料の実験やシミュレーションによって創出したデータをマテリアルズ・インフォマティクスと融合し、革新的な機能性材料の創成・開発を加速させることを目指しており、2019年4月にはシミュレーターの公開も実施した。

一般に、マテリアルズ・インフォマティクスの活用には、質の良い多くの技術データが必要と言われている。このような技術データとしては、民間企業が日々の研究開発活動の一環として独自に蓄積・保有しているものも多いが、学術論文や特許文献等の公知情報も技術データの宝庫であり、協調領域としてデータを整理することは有効であると考えられる。特に特許情報の整理は民間企業の関心も高く、文献を技術分野ごとに整理することも可能であることから、2019年12月より、民間企業や公的研究機関とともに特許情報を活用するためのデータベースの構築及び持続的な活用のための仕組み作りの検討を開始した。化学系企業など20者近い参画者が集まり、検討を進めている点において、これまでにないマテリアルズ・インフォマティクスに関する取組として高い注目を集めている。

このような施策の連携等を通して、世界において高いシェアを確保してきた機能性材料を始めとする素材分野において、研究開発現場でマテリアルズ・インフォマティクスを活用し、日本がその研究開発力を維持・強化できるように、必要な基盤構築を支援していく。

## コラム マテリアルズ・インフォマティクスによるイノベーションの進展

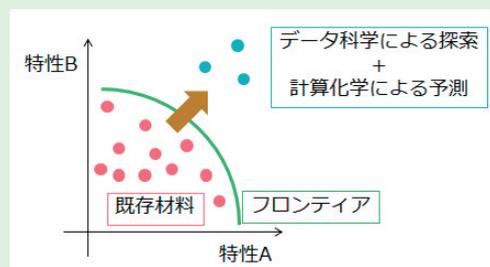
近年、材料分野等のプロセス型の製造業においてデジタルトランスフォーメーションやデータサイエンスが進展する中、素材メーカーである三菱ケミカル（株）は、マテリアルズ・インフォマティクス（以下、MI）の研究開発を推進している。

MIの研究では、高度なシミュレーション等を用いた新規物質探索に向け、複合領域における横断的な研究開発が必要となるため、多種多様な企業や研究機関との協業やオープンイノベーションを加速させている。

例えば、2019年10月には、大学共同利用機関法人情報・システム研究機構 統計数理研究所と共同研究部門として、「ISM-MCC フロンティア材料設計研究拠点」を設置し、新たなMI分野における基盤技術の構築を目指している。同研究部門には、親会社である（株）三菱ケミカルホールディングスのデジタルトランスフォーメーションを推進する先端技術・事業開発室のデータサイエンティストも参加しており、グループ一体となり研究開発を推進する体制となっている。

従来のデータ科学に基づく物質探索では、既存の入力データの範囲で探索をするのに対し、計算化学では、これまでにない革新的な新物質の予測等が可能となるため、両者を高度に融合することで新たなMIの基盤技術を構築することが可能となる。今後、これらの研究で構築・蓄積したアルゴリズムを用いることで、これまでにない材料研究のフロンティアの開拓を図ろうとしている。

図1 データ科学と計算化学の融合による物質探索（イメージ）



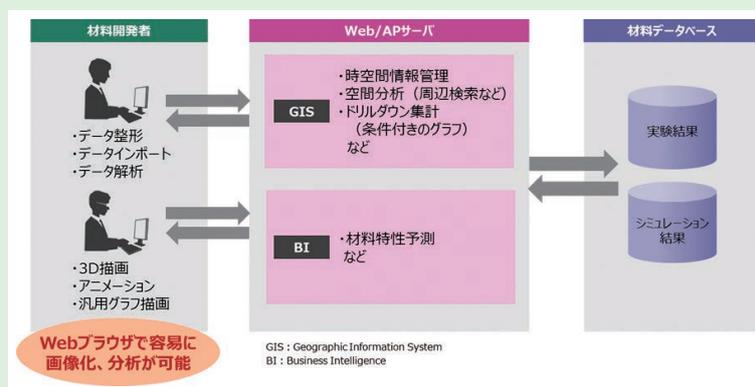
出所：大学共同利用機関法人情報・システム研究機構 統計数理研究所、三菱ケミカル（株）より提供

このような中、MIを用いた素材メーカーの材料開発を支援するサービスも現れており、大企業に加え、スタートアップ企業も参入している。

例えば、（株）日立製作所は、2017年からAIを活用したマテリアルズ・インフォマティクスに基づき、素材メーカーにおける新材料開発の期間やコスト削減を支援する「材料開発ソリューション」を提供している。

同社が蓄積した実験・シミュレーション結果等の膨大な材料データを分析し、材料特性の変化を予測することで、実験回数の低減につなげることが可能となる。また、材料開発者のクラウド上での画像化や分析、素材メーカーから預かった材料データの分析代行、研究者間での分析結果の共有等により、材料開発の効率化を図っている。2019年10月には、アルミニウム総合メーカーである（株）UACJとMIを活用した高機能アルミニウムの効率的な研究開発に向けた協創を開始するなど、材料開発の効率化や新材料開発に資するオープンイノベーション環境を整備している。

図2 MIを用いた「材料開発ソリューション」



出所：(株) 日立製作所より提供

また、MI分野のスタートアップとして、MI-6(株)(東京都港区)が2017年に設立されている。同社は、ITを活用した材料開発の研究・開発、コンサルティング、ソフトウェアの開発・提供等を手がけている。特に、ハンズオンでのデータ解析サービスでは、専業で培った技術やノウハウだけでなく、大学の教員からなる同社の技術顧問の専門知識も組み合わせた、顧客の研究開発テーマに個別カスタマイズした解析を提供している。

近年、大学・研究機関との連携も強化しており、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の「次世代ロボット中核技術開発/次世代人工知能技術分野」のプロジェクトに採択され、「MIによる材料探索に関する調査研究」の成果により、優れたAIベンチャー企業として高く評価されている。

### 3 製造現場における5G等の無線技術の活用

#### (1) 5Gとローカル5Gの動向

5Gとは、ITU(国際電気通信連合:International Telecommunication Union)<sup>注18</sup>が国際標準化を、3GPP(3rd Generation Partnership Project)<sup>注19</sup>が標準仕様策定をそれぞれ進める「第5世代移動通信システム」であり、「超高速通信」、「超低遅延通信」、「多数同時接続」を実現することがその特徴である。具体的には、最高伝送速度10Gbps(LTEの100倍、4Gの10倍)、接続機器数100万台/km<sup>2</sup>(LTEの100倍、4Gの10倍)、超低遅延1

ms(LTE、4Gの10分の1)が5Gの主な要求条件として挙げられている<sup>注20</sup>。3GPPにおいて5Gの仕様は「Release15」にて基本機能が策定され、「Release16」以降順次機能が拡充される予定である(図133-1)。

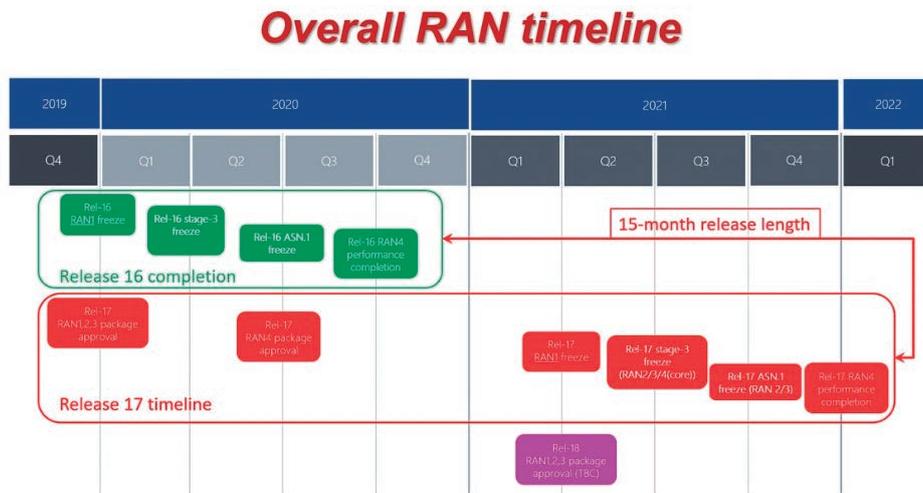
既に消費者向け市場については、米国や中国、韓国を始めとした諸外国においてスマートフォン向けの5Gサービスが開始されており、日本においても2020年3月に、NTT、KDDI、ソフトバンクの3社がサービスを開始した。楽天においても、2020年以降にサービスが開始される予定である。

注18 ITU-R(ITU Radiocommunication Sector)ではIMT-Advancedの検討以降、「第\*世代携帯電話」という名称の利用を避けているが、2015年10月にITUにおけるIMT-Advancedの後継・発展システムの名称が「IMT-2020」となることが決定された。現実には、IMT-2020無線インターフェースの標準化は、5Gの国際標準化を念頭に置いた作業となっている。総務省 情報通信審議会 情報通信技術分科会(第135回)資料より引用。

注19 3G、4G等の移動通信システムの仕様を検討し、標準化することを目的とした日米欧中韓の標準化団体によるプロジェクト。総務省 情報通信審議会 情報通信技術分科会(第135回)資料より引用。

注20 総務省 情報通信審議会 情報通信技術分科会(第135回)資料より引用。

図 133-1 3 GPP による 5 G の標準化スケジュール



出所：3 GPP [Release 17 package for RAN Outcome from RAN#86]

ローカル 5G は、地域のニーズや多様な産業分野の個別ニーズに応じて、様々な主体が柔軟に構築・利用可能な第 5 世代移動通信システム<sup>注21</sup>である。従来の移動通信システムはキャリア事業者を中心に公衆網として構築されてきたが、5G では公衆網としてのサービスに加え、ユーザーが電波免許を取得したエリアでの独自の運用が可能となる。ローカル 5G のユースケースとして、医療機関や製造現場、スタジアム等、多様な場面での活用が想定されている。

日本においては、免許帯である 4.6-4.8GHz 及び 28.2-29.1GHz の周波数帯がローカル 5G の候補帯域として想定されており、先行して制度整備が行われた 28.2-28.3GHz の 100MHz 幅については、2019 年 12 月より総務省への免許申請が開始された。28.2-28.3GHz 以外の帯域についても、引き続き制度整備が進められる予定である。

## (2) 製造現場における 5G の活用の期待

製造現場における 5G の活用を考える上では、通信システムの高度化の観点と、ローカル 5G 等による無線技術の活用の 2 つの観点から、その可能性を捉える必要がある。前者については、5G の実装は工場内等の閉域網やインターネットへとつながる通信システムを高度化することから、例えば、新たなアプリケーションの開発を通じたエッジコンピューティングやクラウドコンピューティングの活用拡大による生産性向上が期待される。

ローカル 5G 等による無線技術の活用の観点からは、現場の作業支援が期待されており、例えば、産業機械のリアルタイムでの遠隔操作や遠隔からの保守点

検、多くの無人搬送車の活用は、人手不足に直面する製造現場を支援するものとして期待がされている。また、工場における無線化が進むことで産業機械のワイヤレス化が実現すれば、レイアウト変更に伴う配線コストが軽減されるため、より柔軟な製造ラインの構築が可能となると考えられる。

以上のように 5G によって製造現場における新たな可能性が期待される一方で、ユーザーである製造現場としては、4G や無線 LAN 等の無線技術の活用も視野に入れつつ、ユースケースとコストに応じて、どのような無線技術を活用するか検討する必要がある。

## (3) 製造現場におけるローカル 5G 等の無線技術の活用に向けた課題

工場においてローカル 5G 等の無線技術を最大限活用するためには、製造システム特有の通信要件への対応や、通信障害の克服等が大きな課題となる。例えば、無線 LAN 等が使う免許不要帯においては、既に製造現場において複数の IoT 機器が導入されつつあり、このような機器が発する電波が同じ周波数を利用する場合、互いに干渉し合うことで通信障害が生じ、その可能性を最大限引き出すことができなくなる可能性がある。

このようなことから、国立研究開発法人情報通信研究機構 (NICT: National Institute of Information and Communications Technology) では、「Flexible Factory Project」を通じて、多種多様な無線機器や設備をつなぎ、安定して動作させるためのシステム構成である SRF (Smart Resource Flow) 無線プラットフォームの研究開発を実施しており、非営利の

注 21 総務省 情報通信審議会 情報通信技術分科会 (第 143 回) 資料より引用。

任意団体であるフレキシブルファクトリパートナーアライアンス（FFPA：Flexible Factory Partner Alliance）の活動を通じて、標準化活動が推進されている。

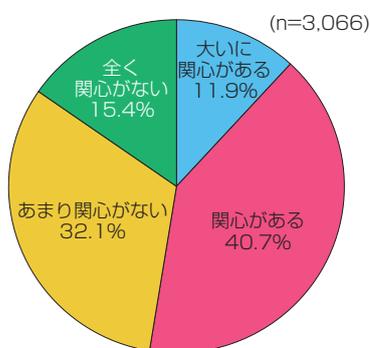
この他、通信干渉を回避し、無線技術を最大限活用するためには、「どの周波数帯域」を「どのような経路・回線」で、「いつ・どのように活用するか」という無線通信ネットワークの設計・運用や、「無線通信がどのように使われているか」を現場の管理者が把握することが重要となる。このため、ローカル5Gに限らず、多種多様な無線技術が今後益々製造現場に導入される場合、このようなノウハウの有無が企業の競争力に影響を及ぼすことが想定される。

響を及ぼすことが想定される。

#### （4）5G等の無線技術に対する国内製造業の認識

以上で確認したように、企業の競争領域として開発が進められている新たな無線技術に対して、国内製造業がどのように認識しているかを確認したところ、過半数は5G等の次世代通信技術に「関心がある」と回答したものの（図133-2）、「関心が無い」層にその理由を尋ねると「自社には関係が無い」「ビジネスへのインパクトがわからない」と考えていることが分かった（図133-3）。

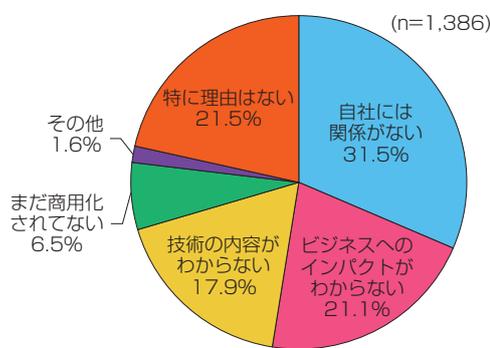
図 133-2 次世代通信技術への関心



資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2019年12月）

一方で、工場の無線化に対しては、「すでに一部導入している」割合が27.7%に上り、さらに、全体の約4分の3が何らかの関心があると回答した（図133-4）。従業員規模別に分析すると、規模が大きくなればなるほど工場の無線化に積極的で、従業員数1,000人以上の大企業では過半数がすでに一部導入

図 133-3 次世代通信技術に関心がない理由

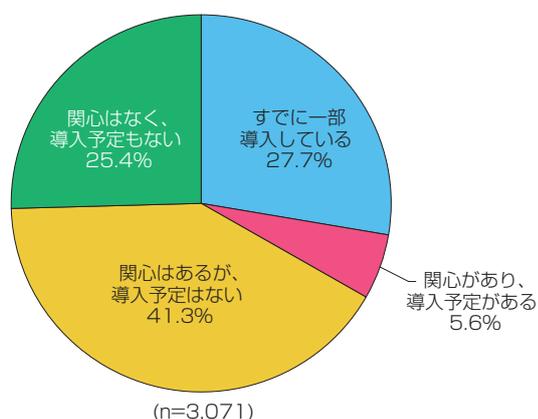


資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2019年12月）

している（図133-5）。

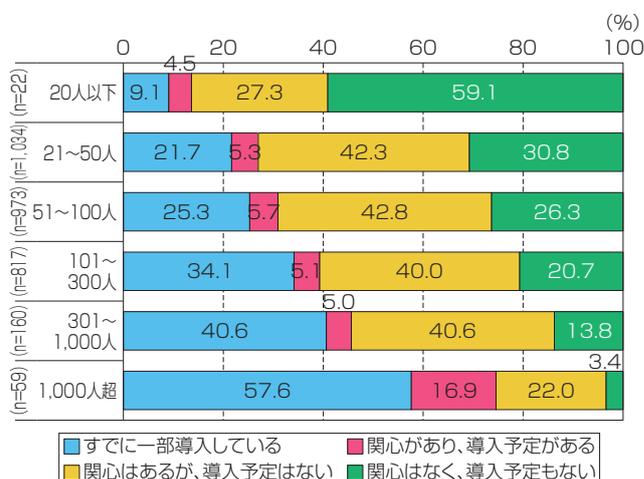
工場の無線化を始めとする無線技術の活用に伴う課題や不安としては、「セキュリティの確保」や「初期コストの不透明感」が上位に挙がる結果となった（図133-6）。

図 133-4 工場内の無線化への関心・導入の状況



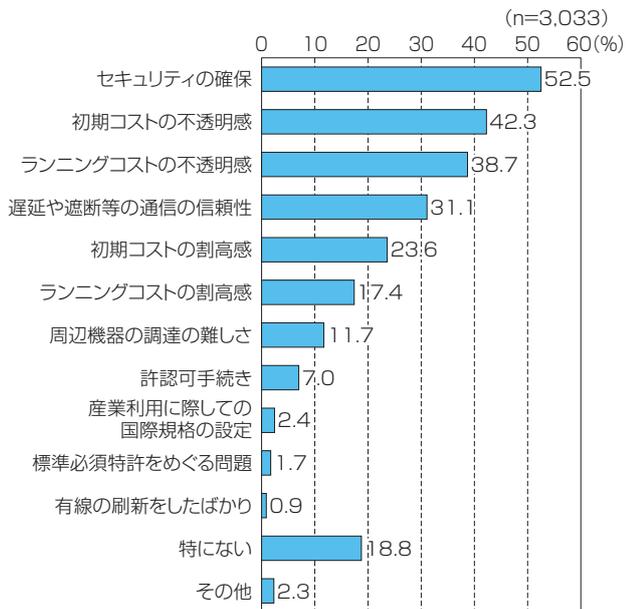
資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2019年12月）

図 133-5 従業員規模別に見た工場内の無線化への関心・導入の状況



資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2019年12月）

図 133-6 工場の無線化を始めとする次世代通信技術の活用に伴う課題や不安



資料：三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2019年12月）

## 次世代移動通信方式の普及に向けて共同実証事業、関係者との連携を促進・・・オムロン（株）

オムロン（株）は、（株）NTTドコモ、ノキアソリューションズ&ネットワークス（同）と工場等の製造現場における第5世代移動通信方式（以下、5G）を活用した共同実証実験を行っている。

同社の主力工場である草津事業所において、高速・大容量、低遅延、同時多接続等の5Gの有用性やポテンシャルを評価し、製造業が抱える課題の解決に加え、将来の製造現場で求められる通信技術の発展を目指している。

具体的には、工場内で想定する①レイアウトフリー生産ライン、②AI、IoTを使ったリアルタイムコーチングの2つのアプリケーションを視野に5Gの有効性や可能性を検証している。

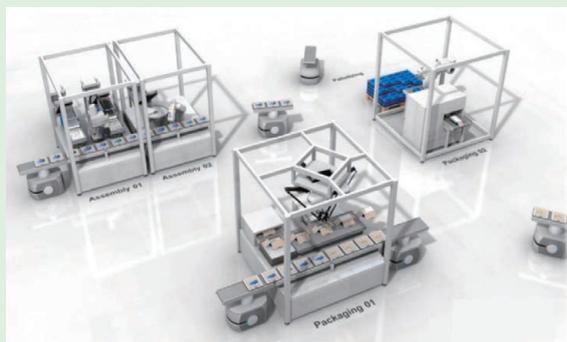
まず、レイアウトフリーの生産ラインについては、工程を実現するブロックを自由に組み替えたり、自動搬送ロボットをつないで必要に応じて複雑な製品、簡易な製品ごとにフレキシブルな生産ラインを構築している。生産のブロック間をロボットがつないでいくものであり、ロボットの遠隔制御に5Gを活用する場合、高速応答が必要となる。

AI、IoTを用いたリアルタイムコーチングについては、多品種少量生産で人の作業も多い工場の中で、熟練の技能者と新人では手順や工程によって細かな指示が異なるため、センサーを用いて適切な動きをしているか感知し、必要があれば修正指示をするナビゲーションのシステムを開発している。動画等のリッチコンテンツの大容量、広帯域の通信により、工場の人材コーチングのサポートをするイメージである。

5G、Wi-Fi、Bluetooth等の複数の無線技術やシステムが混在する中、同社では一連の実証実験を通じて適切な用途ごとに使い分けることが重要と判断している。例えば、周辺に家や建物等があつて干渉がある場合は5Gを使うことが有用であるが、地方でスペースがあればWi-Fi等で安価にシステムを組むことが可能となる。このように、5Gという新たな選択肢を踏まえ、ものづくりの現場において各社が実現したいことの質・量を分析し、そのバランスを見極めようとしている。

また、総務省、情報通信研究機構（NICT）は工場のIoT化を推進するフレキシブル・ファクトリー・プロジェクト（FFPJ）を立ち上げている。複数の無線システムが共存する工場内での無線の利活用には、無線システム間の干渉による通信の不安定化や設備稼働への影響という大きな課題があるため、2017年にはFFPJの中にフレキシブルファクトリーパートナーアライアンス（FFPA）という非営利任意団体が設立され、同社も参加する形で、複数の無線システムが混在する環境下での安定した通信を実現する協調制御技術の規格策定と標準化、普及促進を通じ、製造現場のIoT化を推進するための活動が展開されている。

図1 レイアウトフリー生産ラインのイメージ



出所：オムロン（株）より提供

図2 工場内における作業者の動作解析イメージ



出所：オムロン（株）より提供

### (5) SEP(標準必須特許)を巡るリスクの増大

近年、IoTにより、様々なインフラや機器がインターネットを通じてつながり合う「第四次産業革命」と称される変化が国内外において急速に進展しているか、これらを提唱している。その一方で、機器間の無線通信に係る標準規格の実施に必要な「標準必須特許」(Standard Essential Patent. 以下「SEP」という。)を巡るライセンス交渉が問題となっている。

従来、情報通信技術のSEPを巡るライセンス交渉は、通信事業者間を中心に行われてきたことから、同じ業種の事業者同士では、互いに相手が保有する特許の権利範囲、必須性、価値を評価しやすいため、当事者間でロイヤルティについての合意は比較的容易であった。しかし、IoTの浸透により、今後は、標準必須特許権者と通信事業以外の業種の事業者との間でSEPのライセンス交渉が増加すると考えられる。特にパソコン、ゲーム機、自動車、建設機械、インテリジェントビル等、多数かつ複数の部品を含むマルチコンポーネント製品に関しては、通常、各部品から最終製品に至るまで階層別にそれぞれの製造企業が存在し、階層的なサプライチェーンを構成している。

このようなマルチコンポーネント製品に係る業種の事業者と、情報通信技術に係る標準必須特許権者との間では、ライセンス交渉の慣行やロイヤルティについての相場観が大きく異なるため、SEPのライセンス

交渉や紛争に関するリスクが著しく高まっている。特に中小企業においては、SEPのライセンス交渉や紛争に関するリスクは、非常に大きなものとなるおそれがある。

しかも、SEPは、標準規格に組み込まれているがゆえに、ライセンスを受けないという選択肢がないため、実施者の交渉上の地位はSEPでない場合に比べて圧倒的に弱くなるため、SEPには標準化団体による方針(IPRポリシー)により、公平・合理的・非差別的(Fair, Reasonable and Non-Discriminatory. 以下「FRAND」という。)という条件が定められている。しかし、SEPのロイヤルティに関する適切な算定の考え方については、依然として論争中である。

IoTが様々な産業分野に浸透し、国民生活に恩恵をもたらそうとしている中、SEPのライセンス交渉を巡るリスクが高まることは、IoTに関する投資を困難にし、標準必須特許権者と実施者の双方に不利益をもたらすだけでなく、経済社会の発展を阻害しかねない。

近年、標準必須特許を巡る紛争は深刻さを増しており、すでに、各国で裁判がいくつも起こされている(図133-7・8)。しかし、標準必須特許を巡る係争について、我が国製造業企業を対象にアンケート調査を行ったところ、9割近い企業が「全く知らない」「あまり知らない」と答えしており、この問題に関する認識が著しく低いことが明らかとなった(図133-9)。

図 133-7 標準必須特許を巡る最近の主な判例（海外）2020年3月25日時点

案件名	国名	裁判所名等	判決日	案件番号
Philips v. Archos S.A.	オランダ	ハーグ地裁	2017/02/10	ECLI:NL:RBDHA:2017:1025
IP Bridge v. TCL et al	米国	デラウェア地区連邦地裁	2018/02/12	1:15-634-JFB-SRF
Motorola v. St. Lawrence	米国	テキサス東部地区連邦地裁	2018/02/15	2:15-CV-351-JRG
富士フィルム v. ソニー	米国	アメリカ国際貿易委員会 (ITC)	2018/03/08	ITC 337-TA-1012
ソニー v. 西電捷通 (Iwncomm)	中国	北京市高級人民法院 (控訴審)	2018/03/28	(2017)京民終454号
Huawei v. Samsung	米国	カリフォルニア北部地区連邦地裁	2018/04/13	3:16-cv-02787-WHO
Philips v. Rajesh Bansal and Ors.	インド	デリー高裁	2018/07/12	CS (COMM) 24/2016 & CS (COMM) 436/2017
HTC and ZTE v. Cellular Communications Equipment	米国	テキサス東部地区連邦地裁	2018/08/10	6:16-cv-00363-KNM
Apple v. Core Wireless Licensing	米国	CAFC	2018/08/16	2017-2102, 899 F.3d 1356
Huawei v. Optis Wireless Technology	米国	テキサス東部地区連邦地裁	2018/08/27	2:17-cv-00123-JRG-RSP
Huawei v. Unwired Planet	英国	王立裁判所 (控訴院)	2018/10/23	[2018]EWCA Civ 2344
Huawei and ZTE v. Conversant Wireless Licensing	英国	英国控訴裁判所	2019/01/30	[2019] EWCA Civ 38
Huawei v. Unwired Planet	ドイツ	デュッセルドルフ高裁	2019/03/22	I-2 U 31/16
Philips v. Asus	オランダ	ハーグ高裁	2019/05/07	200.221.250/01
Apple v. Conversant	米国	カリフォルニア州北部地区連邦地裁	2019/05/10	15-cv-05008-NC
FTC v. Qualcomm	米国	カリフォルニア州北部地区連邦地裁	2019/05/21	5:17-cv-00220-LHK
Ericsson v. HTC	米国	米国テキサス州東部地区連邦地裁	2019/05/23	6:18-cv-00243-JRG
Sisvel v. Wiko	ドイツ	マンハイム地方裁判所	2019/09/04	7 O 115/16
Huawei v. Conversant	中国	南京中級人民法院	2019/09/16	(2018)苏01民初232号案、(2018)苏01民初233号案、(2018)苏01民初234号案
韓国公正取引委員会 v. Qualcomm	韓国	ソウル高等法院	2019/12/04	2017ㄴ48
Nokia v. Daimler and Continental	ドイツ	ミュンヘン高裁	2019/12/12	6 U 5042/19
カリフォルニア工科大学 v. Apple and Broadcom	米国	ロサンゼルス連邦裁判所	2020/01/29	16-3714, U.S. District Court for the Central District of California (Los Angeles)
Nokia v. Daimler 事件	ドイツ	ミュンヘン第1地裁、マンハイム地裁、デュッセルドルフ地裁	係争中	係争中
Continental v. Avanci, Nokia et al. 事件	米国	カリフォルニア北部地区連邦地裁	係争中	係争中

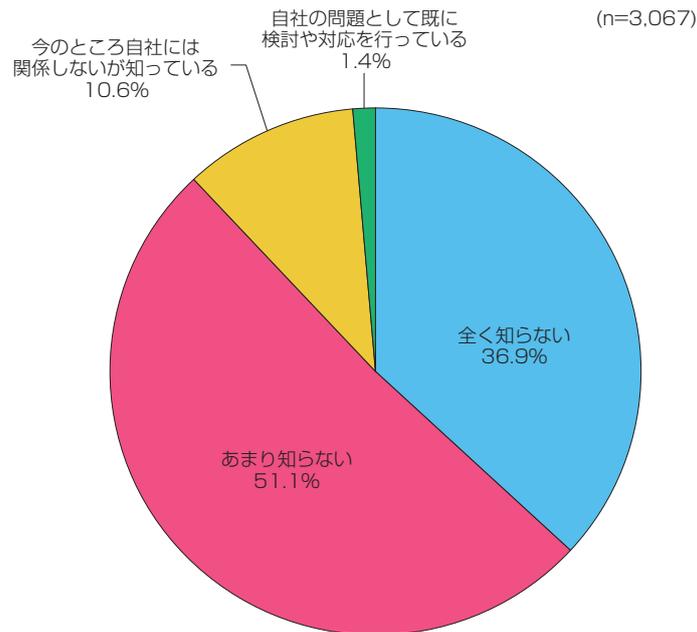
資料：経済産業省作成

図 133-8 標準必須特許を巡る最近の主な判例（国内）2020年3月25日時点

案件名	国名	裁判所名等	判決日	案件番号
イー・モバイル (イーアクセス) v. IPCom	日本	東京地裁	2014/01/24	平成23年(ワ)第27102号
Apple v. Samsung	日本	知的財産高等裁判所	2014/05/16	平成25年(ネ)第10043号
イメージジョン v. One-Blue	日本	東京地裁	2015/02/18	平成25年(ワ)第21383号
NTTドコモ v. IPCom	日本	知的財産高等裁判所	2016/03/28	平成27年(ネ)第10029号
Apple v. Qualcomm	日本	知的財産高等裁判所	2018/10/01	平成30年(ネ)第10027号
Apple v. Qualcomm	日本	知的財産高等裁判所	2019/01/15	平成30年(ネ)第10048号
Apple v. Qualcomm	日本	知的財産高等裁判所	2019/01/23	平成30年(ネ)第10065号

資料：経済産業省作成

図 133-9 標準必須特許の取り扱いをめぐる係争について



資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2019年12月）

このようなことから、経済産業省特許庁では、2018年6月、標準必須特許を巡る紛争の未然防止及び早期解決を目的とする「標準必須特許のライセンス交渉に関する手引き」を公表した。また、経済産業省

は、「マルチコンポーネント製品に係る標準必須特許のフェアバリューの算定に関する考え方」<sup>注22</sup>を公表したところである（コラム参照）。

注 22 本「考え方」は、経済産業省製造産業局総務課の委託により実施された「マルチコンポーネント製品に係る標準必須特許のフェアバリューの算定に関する研究会」の報告書（2020年3月31日）に基づいて作成されたものである。

## 1. 目的

(略)

このため、SEPのライセンス交渉の円滑化に資するため、マルチコンポーネント製品に係るSEPのロイヤルティの算定に関する考え方を示す。なお、SEPの中にはFRAND宣言がされていないものもあるが、本「考え方」は、FRAND宣言されていないSEPに関しても適用されるべきものである。

## 2. マルチコンポーネント製品に係る標準必須特許のフェアバリューの算定に関する三原則

## 原則① ライセンス契約の主体の決定は「License to All」の考え方による

マルチコンポーネント製品に関しては、最終製品メーカーを頂点として、最終製品メーカーに部品を供給するサプライヤーが一次下請け、二次下請け等と存在し階層構造を成している。このため、マルチコンポーネント製品のサプライチェーンにおいて、誰がライセンス契約の主体となるべきかが論点となる。

これについては、標準必須特許権者は、サプライチェーンにおける取引段階にかかわらず、ライセンスの取得を希望する全ての者に対してライセンスしなければならないとする考え方(License to All)が適切である。

なぜなら、第1に、SEPにはFRAND条件として「非差別性」が要求されていることから、潜在的な実施者の取引段階により差別的に取り扱うべきではないと考えられるからである。

第2に、マルチコンポーネント製品の場合、SEPの技術を実施する主たる製品について詳細な知識を有する主体が、サプライチェーンにおける各段階のいずれかに存在するため、適切なロイヤルティを算定する上では、交渉主体を最終製品メーカーに限定すべきではないからである。

なお、License to Allの考え方による場合、標準必須特許権者が、マルチコンポーネント製品に係る同一のSEPの技術に関して、例えば、サプライヤーと最終製品メーカーの双方に対してロイヤルティを請求することもあり得る。この場合、標準必須特許権者は、サプライチェーンにおける複数の主体からのロイヤルティの二重の利得を回避する必要がある。

## 原則② ロイヤルティは、「トップダウン」アプローチにより算定する

多数の標準必須特許権者が別個にロイヤルティを要求する場合、それらが累積し、標準を実施するためのコストが過度に高くなってしまふこと(「ロイヤルティ・スタッキング」)があり得る。

標準に係る全てのSEPの貢献が算定の基礎に占める割合を算定して適切な料率を決定する「トップダウン」アプローチは、この「ロイヤルティ・スタッキング」の問題を回避することができ、また全ての標準必須特許権者が公平な分け前を取得できることから適切である。

## 原則③ ロイヤルティは、SEPの技術を実施する主たる製品の価値のうち、当該SEPの技術が貢献している部分(寄与率)に基づいて算定する

ロイヤルティの算定については、最小販売可能特許実施単位(Smallest Salable Patent Practicing Unit. 以下「SSPPU」という。)と市場全体価値(Entire Market Value. 以下「EMV」という)のいずれを採用すべきかという論争がある。

これについては、各国の判例や学説等の帰趨を見極める必要もあるが、本質的な問題は、ロイヤルティ算定の基礎をSSPPUかEMVかにするのではなく、SEPの技術を実施する主たる製品の価値のうち、当該SEPの技術が貢献している部分(寄与率)に基づいてロイヤルティを算定するのが基本だということである。ちなみに、多数かつ複数の部品を含むマルチコンポーネント製品の典型とも言うべき自動車※の場合は、寄与率に基づいて算定された価値は、当該特許を本質的に実施する部品を基に算定されてきたところである。

いずれにせよ、算定基礎がSSPPUであれEMVであれ、寄与率に基づいて算定された価値から大きく逸脱したロイヤルティは、SEPのフェアバリューとはいえない。

もっとも、厳密な寄与率に基づく算定は実際的ではないと当事者が考える場合には、製品一個当たりのロイヤルティを定額とする方法等、より簡易な算定方法を採用することもあり得るが、その場合であっても、基本的には、寄与率に基づいて算定した場合の額から大きく逸脱したものではないことが望ましい。※例えば、自動車は、およそ3万点（モジュール）に及ぶ複雑な部品を組み合わせて製造される。自動車産業では、サプライヤーそれぞれが自社製品を設計・開発し、品質保証に責任を負う分業体制となっており、この体制が自動車の品質保証の担保に寄与している。

### 3. 中小企業に対する注意喚起

IoTが経済社会に浸透するに従い、中小企業がIoTを活用する事例も増加していくことから、今後は標準必須特許権者と中小企業との間でSEPのライセンス交渉や紛争が増加することが予想される。

しかし、中小企業は、標準特許権者や大企業に比べて専門人材や交渉に関する情報等、対応に必要なリソースが不足しているため、不合理な条件でライセンスを締結するリスクがより高い。このため、中小企業に対して、特許侵害訴訟や差止請求権の威迫を背景に、不当に高額なライセンス料や和解金を得ようとする者が現れる恐れもある。

そこで、中小企業が標準必須特許権者から警告書等によりライセンスの要求を受けた場合には、まずは、知的財産権の専門家に相談し、適切な対応を検討することが望ましい。その際、独立行政法人工業所有権情報・研修館（INPIT）の知財総合支援窓口等、公的な機関の相談窓口を利用するという方法もある。

なお、特許庁「標準必須特許のライセンス交渉に関する手引き（以下「手引き」と言う。）」（平成30年6月5日）は、標準必須特許権者による以下のような行為は、不誠実な交渉と評価される方向に働く可能性がある」と指摘している。

- (1) 実施者に警告書を送付する前、送付してすぐに又は交渉を開始してすぐに、差止請求訴訟を提起する
- (2) 実施者にライセンス交渉を申し込む際に、SEPを特定する資料、クレームチャート等の請求項と標準規格や製品との対応関係を示す資料について、実施者が標準必須特許権者の主張を理解できる程度に開示しない
- (3) 機密情報が含まれていないにもかかわらず、実施者が秘密保持契約を締結しない限りクレームチャート等の請求項と標準規格や製品との対応関係を示す資料を実施者に提供できないと主張する
- (4) 検討のための合理的な期間を考慮しない期限を設定した申込みをする
- (5) 実施者に対し、ポートフォリオの内容（ポートフォリオがカバーする技術、特許件数、地域など）を開示しない

中小企業は、SEPのライセンスの要求を受けても、慌てて要求に応じるのではなく、標準必須特許権者が以上のような行為を行っているか否かを十分確認した上で、適切に対応することが望ましい。また、その後、必要となる標準必須特許権者との交渉の進め方についても、「手引き」を参照して進めることが適切である。

## 4 製造業のデジタルトランスフォーメーションに求められる人材

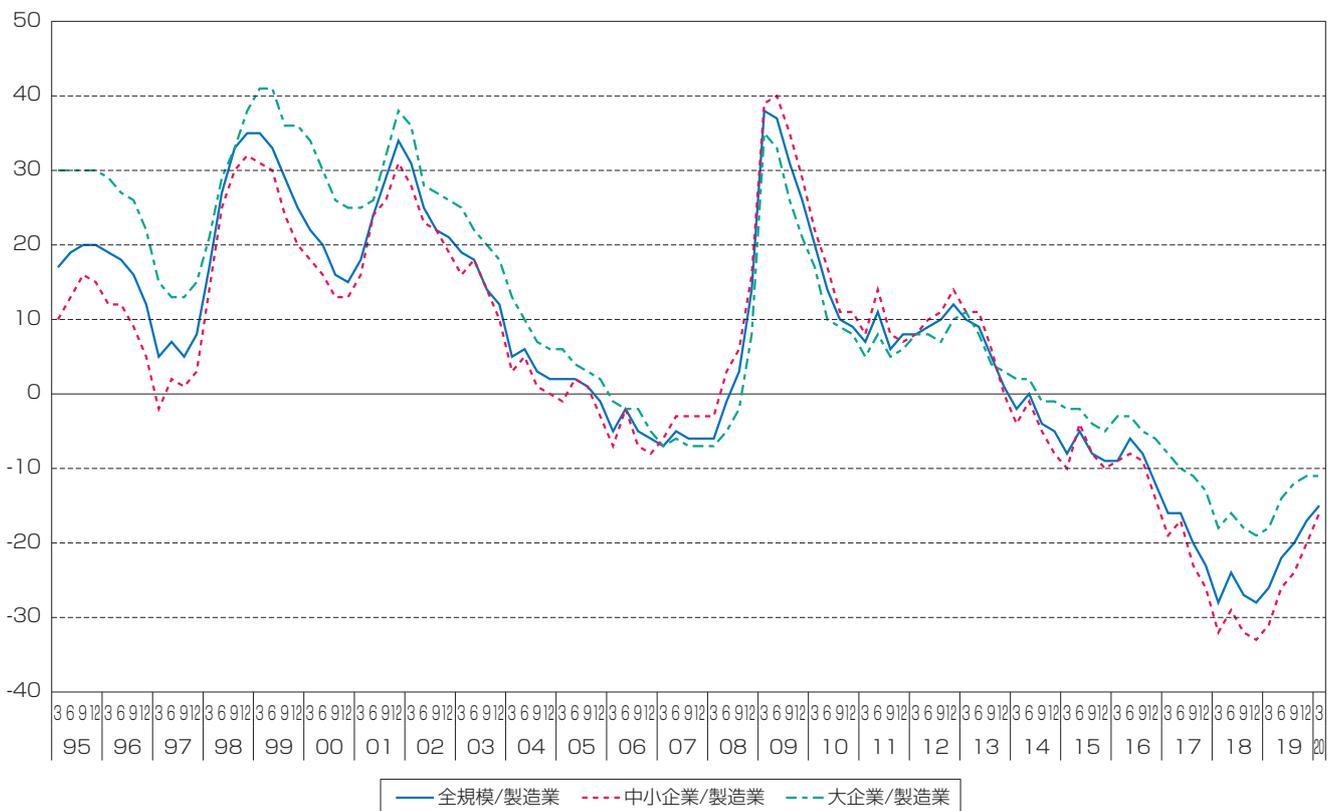
我が国製造業における人手不足状況は年々深刻化しており、ますます大きな課題となっている。過去のものづくり白書においても、度々同問題に触れ、デジタル化を通じた解決を模索してきた。ここでは、本節で論じてきたデジタルトランスフォーメーションを実現するために必要となる人材について、更に分析を深める。

### (1) 製造業のデジタル化に必要な人材とその確保状況

#### ① 我が国製造業における人材確保の状況

はじめに、我が国製造業における人材確保状況を概観する。本章第1節で確認したとおり、2020年3月時点での完全失業率は引き続き3%を下回る低水準で推移しており、低下傾向が続いている。一方、有効求人倍率は2018年4月から2019年6月までの間1.6倍を超える高水準が続いてきたが、その後は低下傾向となっており、2009年以降回復が続いていた有効求人倍率に変調が見られる結果となった（前掲：図111-19）。製造業の従業員不足感は、2014年以降「過剰」と答える割合を「不足」と答える割合が上回り、マイナスが続いているものの、2019年第1四半期から2020年第1四半期にかけては、大企業、中小企業共にマイナス幅が縮小傾向である。（図134-1）。

図134-1 製造業における従業員の不足感（規模別DI）



資料：日本銀行「短観」

#### ② デジタル化に必要な人材

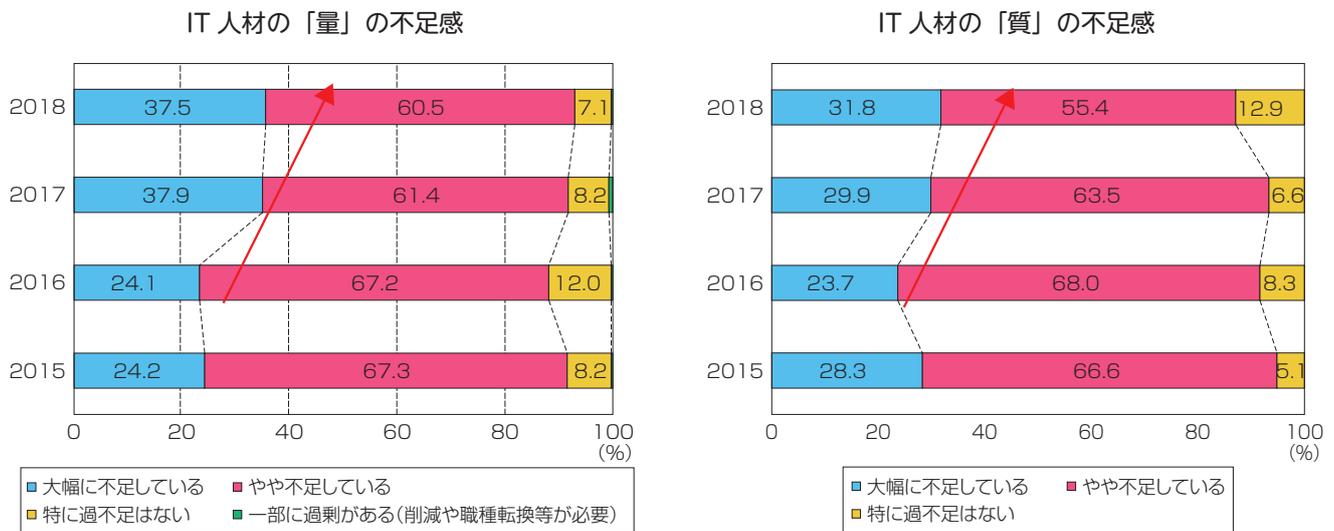
アンケートにおいて工程設計力が低下した理由を尋ねると、79.4%が「ベテラン技術者の減少」、19.1%が「間接部門の人員削減」と回答しており、ベテラン技能者の退職や人材不足は、エンジニアリングチェーンにも深刻な影響を与えていることが分かる（前掲：図132-8）。一方、工程設計力が向上した理由を確認すると、「生産技術、製造、調達といった他部門との連携強化（79.2%）」「営業、アフターサービスなどから顧客ニーズのフィードバックを強化

（26.5%）」「デジタル人材の育成、確保（22.5%）」が上位に挙がっており、デジタル人材の活躍による部門間連携がエンジニアリングチェーンの強化に有効であることが示唆される（前掲：図132-7）。

一方で、デジタル人材の供給は十分に進んでいない。「IT人材白書2019（独立行政法人情報処理推進機構）」の中でIT企業やユーザー企業に対して行われたアンケートによれば、特にIT人材の「量」の不足感が強まっている状況が確認できる（図134-2）。デジタル技術を理解しているIT人材の質・量両面で

の供給不足は、デジタル化によるエンジニアリングチェーンの強化に向けた課題の一つである。

図 134-2 IT人材の「量」と「質」に対する過不足感



資料：独立行政法人情報処理推進機構「IT人材白書 2019」より経済産業省作成  
備考：無回答を除く

### ③システム思考の強化

エンジニアリングチェーンを強化するためには、各部門の個別最適ではなく全体最適を考慮してビジネス全体を俯瞰する能力も重要となるが、この能力は「システム思考」と呼ばれている。システム思考は「システムズエンジニアリング(システム工学)」として体系化されており、複数の専門分野にまたがる事象を統合し、統合された事象全体としてのシステムを成功させるために必要となるアプローチと手段を構築する力を指す。米国において汎用化されたもので、軍事産業、航空・宇宙産業などの隆盛に伴って大規模システムを設計し、運用するために必要不可欠な教育として同国で発展してきたとされる。

我が国における製造業のデジタル化は個別最適に陥ることが多く、システム思考を強化することが重要であると過去のものづくり白書においても繰り返し述べられてきた<sup>注23</sup>。このようなシステム思考は、米国において体系化されたものであるが、その一方で、システム思考は、「チームでの協働(協創)<sup>注24</sup>」という点において、日本の手法とされる「ワイガヤ」や「スリアワセ」と共通するという指摘もある<sup>注25</sup>。

しかし、2.(2)において指摘したように、我が国製造業における部門間の連携は必ずしも十分とはいえない状況にあり、システム思考に必要な「チームで

の協働(協創)」の妨げとなっている。したがって、部門間を越えたデータ連携を進め、バーチャル・エンジニアリング環境を整備することは、「ワイガヤ」や「スリアワセ」といった「チームでの協働(協創)」を復活・発展させ、我が国製造業におけるシステム思考の導入を容易にするものと考えられる。

なお、システム思考は、現在、国内では慶応大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科などを中心に講座提供されており、多くの卒業生が輩出されている。部門間のデータ連携やバーチャル・エンジニアリング環境の整備と平行して、このようなシステム思考のできる人材を育成することで、エンジニアリングチェーンを強化していくことが重要であろう。

### (2) 数学—製造業のデジタル化に必須の知識

今後、製造業においてデジタルトランスフォーメーションが進み、IoT、AI等のデジタル技術が活用されるようになっていくに従って、これまで以上に必要性和重要性が増してくるとされる人材は、数学<sup>注26</sup>の知識や能力を有する人材である。

例えば、数学の能力は、デジタル化した製造業に不可欠なデータ分析、モデリング、シミュレーションにおいて大いに発揮される。特にAIと人間との協調・協働においては、数学がAIの制御を始め、学習デー

注 23 2017年版、2018年版

注 24 慶応SDMのイノベーション教育 白坂氏提出資料(1)(文部科学省人材委員会(第62回 2013年9月4日)配付資料) [https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/gijyutu/gijyutu10/siryu/attach/1340846.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu10/siryu/attach/1340846.htm)

注 25 内田孝尚「イノベーションと思考共通」(一般社団法人日本機械学会 2017年度年次大会講演論文集[2017.9.3-6、(さいたま)])

注 26 ここでいう「数学」は、純粋数学、応用数学、統計学、確率論、さらには数学的な表現を必要とする量子論、素粒子物理学、宇宙物理学なども含む広範な概念であり、文部科学省・経済産業省「理数系人材の産業界での活躍に向けた意見交換会」報告書「数理資本主義の時代-数学パワーが世界を変える」(2019年3月26日)における「数学」の定義や、文部科学省科学技術政策研究所科学技術動向研究センター報告書「忘れられた科学-数学」(2006年5月)における「数学研究」の定義をほぼ踏襲している。

タや推定結果の信頼性を高めるために必ず必要となる。さらに、AI 自体に画期的な技術革新を起こすともなれば、高度な現代数学の能力が決定的に重要になるであろう。AI 以外にも、VR、AR、マテリアルズ・インフォマティクス、量子暗号や量子コンピュータ等、製造業に大きなインパクトをもたらすと予想されるデジタル技術革新の多くが、高度な数学の能力を要するものである。

また、数学は「モノや構造を支配する原理」を見出すための普遍的かつ強力なツールであり、数学の力によって、将来の変化が起こる前の予兆の検出、予測の精緻化、ビッグデータを重要な部分にのみ着目して活用することなどが可能となる<sup>注27</sup>。この数学の能力は、ダイナミック・ケイパビリティの要素の一つである「感知」を格段に強化するものである。

加えて、(1)において述べたように、今後は、全体最適を考慮してビジネス全体を俯瞰するシステム思考が重要性を増してくる。言い換えれば、具体的な課題を抽象化・一般化することによって俯瞰し、統合的に解決する能力が以前にも増して求められることになるが、その抽象化・一般化において、数学的な思考は大きな力を発揮する。

さらに、数学は、ライフサイエンス、ナノテクノロジー、環境科学、材料科学、物理学、化学、金融工学、経済学、社会学など様々な分野の科学技術の基盤となるため、数学の進歩は各分野の発展をもたらすほか、数学を軸とすることで異なる分野の課題を共通化し、分野融合的な技術開発が可能となる<sup>注28</sup>。ダイナミック・ケイパビリティ論に従っていうならば、数学は、異なる分野の知識を融合させて新たな価値を生み出す「共特化」を可能にするものである。

このように、製造業のデジタル化を進め、そのダイナミック・ケイパビリティを強化する上で、数学の知識や能力を有する人材が非常に重要になると考えられる。

そこで、我が国における数学の水準について見てみると、数学研究についていえば、若い数学者の優れた業績を顕彰するフィールズ賞の受賞者数(3名)では、我が国は、世界第5位である。また、2006年に伊藤清(京都大学名誉教授)が、ガウス賞(社会の技術的発展と日常生活に対して優れた数学的貢献をした研究者に贈られる賞)の第1回受賞者となっており、さらに、2018年には柏原正樹(京都大学名誉教授)が、チャーン賞(生涯にわたる群を抜く業績を上げた数学者に贈られる賞)の第3回受賞者となっている。そし

て、これらの賞を授与する国際数学連合(IMU)の総裁を2018年まで4年間務めたのが、フィールズ賞受賞者でもある森重文(京都大学高等研究院長)である。このようなことから、我が国における数学の研究能力の水準は、他国に引けをとるものではないといえる。また、義務教育終了段階(15歳児)の生徒が知識・技能をどの程度活用できるかを評価した「経済協力開発機構(OECD)」の調査(PISA)によると、我が国の科学的リテラシーや数学的リテラシーは、国際的に見ても上位にあり、高いポテンシャルを持つことが分かる。さらに、高校生等が参加する「国際数学オリンピック」や「国際情報オリンピック」では、例年メダリストを輩出し、国際順位も上位にある<sup>注29</sup>。

なお、経済産業省が実施した「産業振興に寄与する理工系人材の需給実態等調査」では、2017年度採用予定人数と2019年度の採用希望人数を比較すると、全体的にはマイナス7.7%と採用希望人数が減少している中で、人工知能(プラス125.0%)やwebコンピューティング(84.7%)に加えて、統計・オペレーションズ・リサーチ(プラス90.9%)や数学(プラス69.2%)の割合が増加しており、我が国の企業が理数系人材の獲得に動いていることが明らかとなっている<sup>注30</sup>。

しかし、製造業において数学の知識や能力を有する人材を活用する上では、課題もある。その一つは、我が国の若手数学者のうち、民間企業に進む者が比較的少ないということである。

図134-3・4・5のとおり、我が国において、数学の博士後期課程を修了した者の進路状況については、修了後に高等教育機関に進むものが多く、民間企業等に進む者は2013年から2016年にかけて増加しているが、全体の12%程度となっている。

一方で、「American Mathematical Society」の調べによると、アメリカのPhD(数理科学)修了者数は、ここ数年増加傾向にあり、なかでも産業界へ進む者が年々増え、2016年には全体の約30%となっている(図134-6)。アメリカの動向で注目すべきは、PhD修了者の数が日本の10倍以上である上に、産業界へ進むPhD修了者が増えている一方で、学術界に進むPhD修了者は必ずしも減っているわけではないという点である。

今後、我が国においても、若手数学者が、学術界のみならず製造業においても活躍できる機会が拡大することが望ましい。

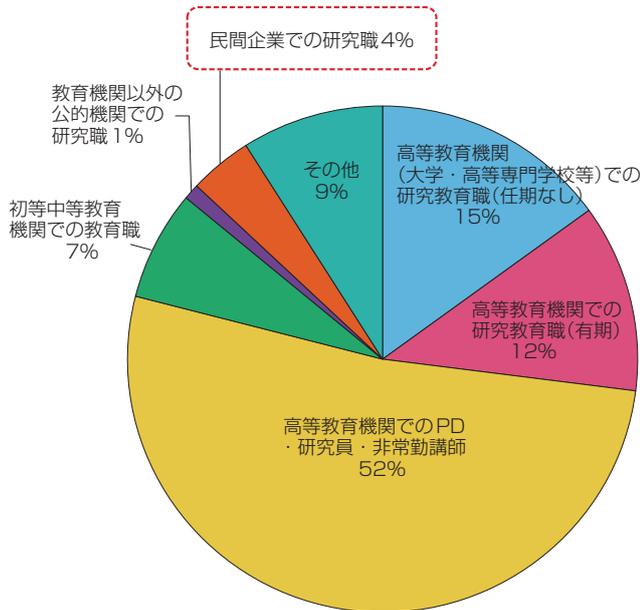
注27 「忘れられた科学-数学」 p.107

注28 「忘れられた科学-数学」 p.106-7

注29 「数理資本主義の時代-数学パワーが世界を変える」、p16-7

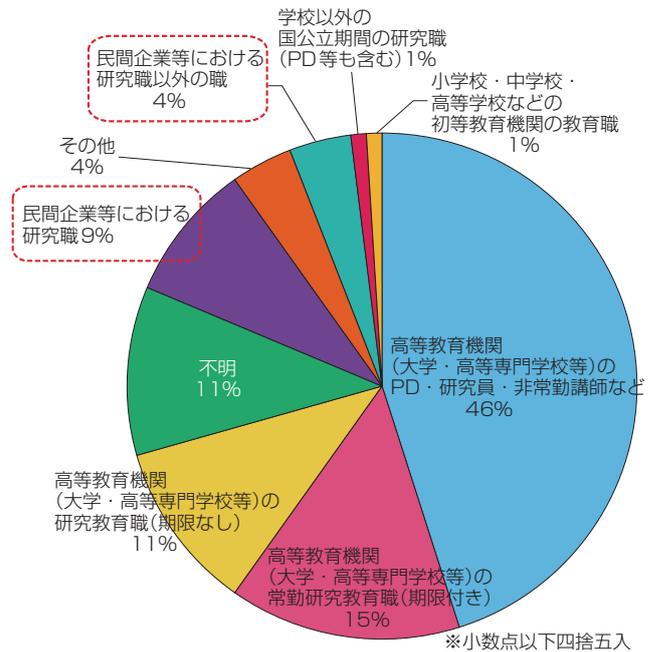
注30 平成29年度産業技術調査事業(産業振興に寄与する理工系人材の需給実態等調査)

図 134-3 数学・数理科学分野の博士後期課程  
修了者の進路 (2013年)



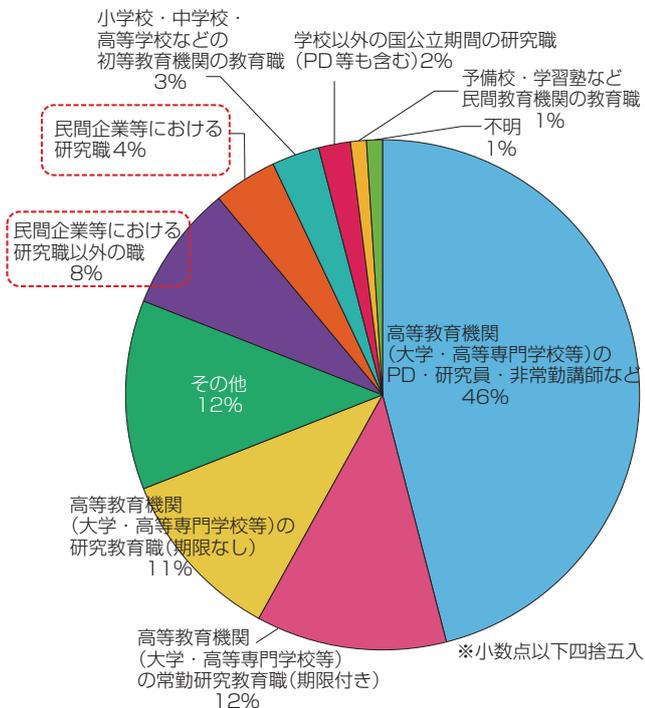
資料：日本数学会社会連携協議会調査より経済産業省作成

図 134-4 数学・数理科学分野の博士後期課程  
修了者の進路 (2015年)



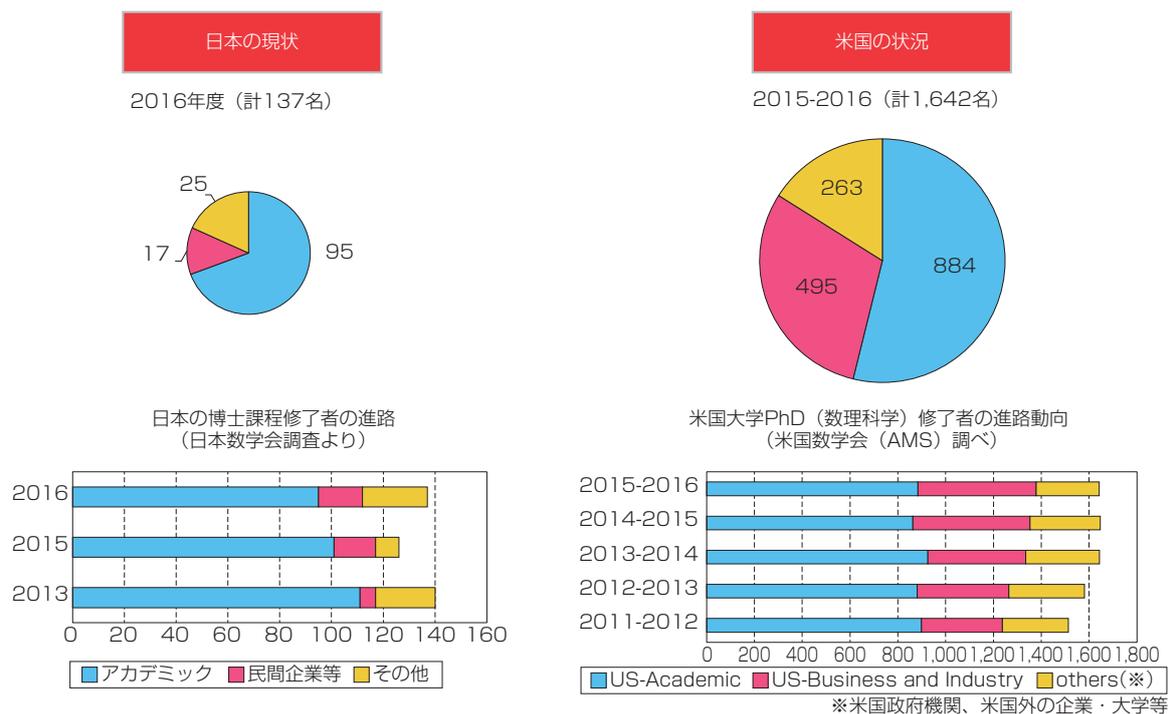
資料：日本数学会社会連携協議会調査より経済産業省作成

図 134-5 数学・数理科学分野の博士後期課程  
修了者の進路 (2016年)



資料：日本数学会社会連携協議会調査より経済産業省作成

図 134-6 博士課程、PhD 修了者の進路 (日米)



資料：第2回「理数系人材の産業界での活躍に向けた意見交換会」資料9「文部科学省提出資料」p.4、p.5「博士後期課程修了者の進路等」より経済産業省作成

## コラム

## 「非凡を集めて非凡をなす」というスローガンを掲げて技術者の理想郷を追求・・・(株) エリジオン

(株) エリジオン（静岡県浜松市）は3次元形状処理とデータ変換の技術をベースに様々なパッケージソフトウェアを企画・開発している会社である。自動車、航空・宇宙、家電、プラントメンテナンス、土木、建築などあらゆる分野で3Dデータ活用の重要性が増している中、同社は100種類以上のCADフォーマットに対応し、データ効果の領域では世界シェア35%を占めるなど「インターオペラビリティ・ソリューション・プロバイダ」としての存在感を高めている。

同社の創業は1999年であり、「ソフトウェアで世界一番の会社になる」「技術者の理想郷をつくる」を目標に掲げ、高い利益率を維持して、創業当初から年俸制を採用している。日本は年功序列賃金で、能力のある若い技術者がいつまでも低い処遇に甘んじて働かされている現状がある。今でこそ、ITやAIに明るい人材は引っ張りだこであるが、日本は長らくハードウェアよりもソフトウェアの技術者が軽視され続けてきたところがある。そのような現状を打破しようと、現会長の小寺敏正氏は技術仲間とスピンアウトしてつくったソフトウェアメーカーのCADデータ変換部門をエリジオンとして独立させた。高いパフォーマンスの人に正当に報いる報酬制度をつくり、エンジニアの給与水準が低いという日本の現状に逆行し、日本一給与の高い会社を目指して設立された。実際、現在の同社の社員の平均年収は1,860万円（役員は除く）であり、物理オリンピックで金メダルを取った実績のある理工学専攻のドクターの学生を新卒採用する際には約1,400万円の年収を用意した。

同社は非凡な人材を集めて非凡な会社をつくり、労働集約型製造業から知的集約型産業へと転換し、IT企業としても世界一になることを目標としている。また、数学は全ての産業の基盤であると考え、理数系人材の採用を重視している。それゆえ、同社の入社試験は少しユニークで、学歴ではなく、あくまでも実力本位の採用、特に数学の力（考える力）を重視している。採用活動の時期になると学生にはがきを送り、はがきには数学の問題を3問載せており、全問正解者には30万円相当のパソコンを贈る。相当なレベルの難問なので、正解者は極めて少ないが、このような問題を解きたくなるような習性の人材を求めている。

日本人の数学の平均値は総じて高いにもかかわらず、なぜ日本からは優れたIT技術者が誕生しないのか。日本ではあまりに勉強ができすぎると異質な目でみられて押さえつけられてしまい、米国のような飛び級もない。あまりに数学が突き抜けている人材はコミュニケーション力に乏しい場合もあり社会性がないと指摘されるが、このような非凡さを米国では個性として受け入れる素地がある。日本全体が未だにホモジニアスを好む傾向が続いており、誰かが抜きん出ることを極端に嫌がる。同社はスポーツで称賛されるオリンピック選手のように理数分野で才能を発揮する社員をサイエンスアスリートと称し、「非凡を集めて非凡となす」「出る杭を伸ばす」というスローガンを掲げ、若い理数系人材が思う存分に能力を発揮できる場を用意している。

図1 エンジニアの理想郷を追求したオフィス環境



出所：(株) エリジオンより提供



## コラム

民間が主導してデジタル人材の育成に取り組む動きも活発化・・・公益財団法人福岡県産業・科学技術振興財団、特定非営利活動法人ITコーディネータ協会、慶應義塾大学SFC研究所 ソーシャル・ファブ리케이션・ラボ、一般社団法人データサイエンティスト協会

福岡県は2000年代に入ってからアジアにおける半導体設計開発拠点化を目指して、地域の産学官が連携して長年にわたり半導体・エレクトロニクス関連産業の振興に取り組んできた。特に地域に不足する企業のシステムLSIの技術者の育成には早くから重点的に取り組んでおり、(公財)福岡県産業・科学技術振興財団が2001年に「福岡システムLSIカレッジ」を設立。2007年には北部九州地域に相次いで自動車産業が進出したこともあり、自動車用半導体の組込みソフトウェア設計技術者養成講座も追加し、2012年には日本の半導体の強みが電子デバイスにシフトしてきたことを受けて電子デバイスの開発や生産のための技術者を育成する「実装技術者養成講座」を更に追加した。近年はAIやIoT、自動車のEV化にも対応するため、2016年に「システム開発技術カレッジ」へと改称し、講座体系も「基盤技術」「システム要素技術」「システム構築技術」の3体系へ刷新した。

このように、同財団が運営している「システム開発技術カレッジ」は半導体の基本から応用までを教育する国内最大規模のリカレント教育機関で、設立以来19年間で約19,500名(延べ)の技術者を育成し、業界の競争力強化に大きく貢献している。また、変化する社会のニーズを的確に捉えて、データサイエンス分野の講座の追加やカリキュラムの見直しを行うなど、受講企業からの様々な要望にも柔軟に対応している。約60もの高水準な講座は、その分野で専門の一流講師陣により提供され、毎年継続的に企業内での新人研修や中堅技術者育成として実施されている。実施に当たっては、PCほか実習機材等も全て持ち込みによる柔軟な出張対応を行うことにより、福岡県のみならず広く県外企業の技術者の育成にも貢献している。

長期にわたる持続的かつ広域的な半導体関連分野におけるリカレント教育の実績が高く評価され、同財団の取組は第8回ものづくり日本大賞の「人材育成支援部門」において経済産業大臣賞を受賞している。

図1 講座実施の様子



出所：(公財)福岡県産業・科学技術振興財団より提供

NPO法人ITコーディネータ協会は、中立公平な立場で、経営戦略のなかでITをどのように利活用するかを経営者とともに考えるITコーディネータを育成し、中小企業への紹介を行っている。具体的には、ITコーディネータ資格者の育成・認定、スキルアップ研修や経営者向け研修の実施、及びITコーディネータと経営者等とのマッチング、ならびにITの利活用に関する普及・啓発活動を通じ、中小企業がITを経営の力として活用できるよう支援を行っている。

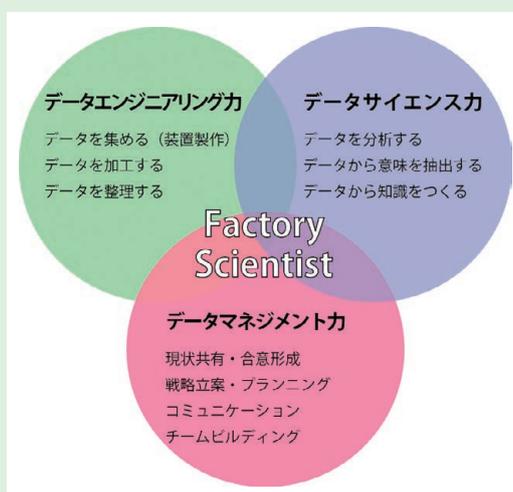
慶應義塾大学SFC研究所ソーシャル・ファブ리케이션・ラボは「ファクトリー・サイエンティスト」という、ものづくりの現場におけるデジタル化を推進し、工場の統括責任者の「右腕」になる人材を育成するカリキュラムを開発してきた。「ファクトリー・サイエンティスト」はデジタル技術に興味を持って取り組める年齢20代～30代で、入社3～9年目の社員を想定しており、IoTデバイスによるエンジニ

アリング、センシング、データ解析、データ視覚化、データ活用等の知識を身に付けて、提案と実践と報告とネクストステップができる人材である。

「ファクトリー・サイエンティスト」は次の3つの能力を備えた人材を想定している。1つ目の能力は「データエンジニアリング力」で、IoT デバイスや計測機器、装置などを使って現場から適切な方法でデータを取得する能力である。2つ目の能力は「データサイエンス力」で、収集されたデータや、他のデータと照らし合わせて有用な情報を紡ぎ出す能力である。そして3つ目の能力は得られた情報を元に戦略を練り上げ、データを説得材料にビジネスに活用する「データマネジメント力」である。「ファクトリー・サイエンティスト養成講座」は2018年に経済産業省が実施した「産学連携デジタルものづくり中核人材育成事業」のプログラムの1つに採択されている。

今後、より広くファクトリー・サイエンティストを普及していくため「ファクトリーサイエンティスト協会」を発足し、同協会が主体となって全国各地で育成プログラムを展開していく。

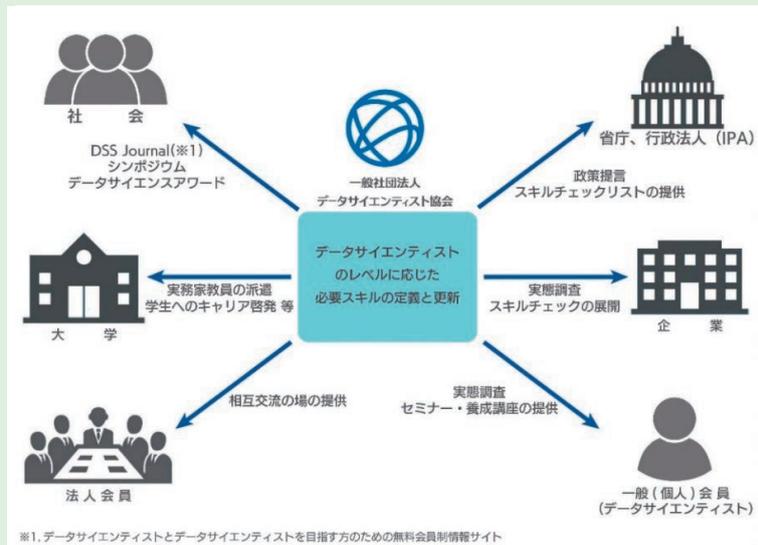
図2 ファクトリー・サイエンティストが習得すべき3大スキル



出所：ファクトリーサイエンティスト協会より提供

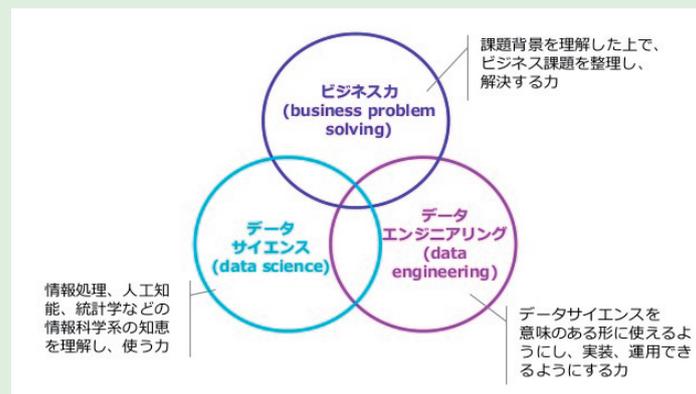
一方、2013年に設立された（一社）データサイエンティスト協会は、「データサイエンティスト」には明確な定義がなく対応領域も広いことから、人材の期待役割とスキルセットのミスマッチにより、データ分析から想定した成果が得られない、あるいは経験や能力を職場で十分に活かすことができないといった状況が頻発し、このままでは、いわゆるビッグデータ関連市場の健全な発展にも影を落とすことになるという問題意識から設立された団体である。新しい職種であるデータサイエンティストに必要なスキル・知識を定義し、育成支援など、高度IT人材の育成と業界の健全な発展への貢献、啓蒙活動を行っている。

図3 データサイエンティスト協会の活動



出所：(一社) データサイエンティスト協会より提供

図4 データサイエンティストに必要な3つのスキルセット



出所：(一社) データサイエンティスト協会より提供

デジタルトランスフォーメーションに欠かせない人材の育成に向けて、各地方においても取組が進められている。以下では、和歌山県、加賀市、札幌市の取組を紹介する。

#### <和歌山県>

和歌山県では「きのくに ICT 教育」として、県を挙げてプログラミング教育に力を入れている。全国的には、小学校は 2020 年度から、中学校は 2021 年度から、高等学校は 2022 年度からプログラミング教育の必修化が始まるが、同県では 2019 年度から、全ての小・中・高等学校において、全国に先駆けて体系的なプログラミング教育を実施している。

小学校は「体験期」と位置づけ、各教科の授業の中でコンピュータに計算させたり、図形を描かせたり、ロボットキットを作動させたりするなどのプログラミングの体験を通じて、各教科の学習のねらいを達成する。このようなプログラミングの体験によって、身の回りにあるプログラムで制御されているものの仕組みを学び、身近なコンピュータなどについて意識を高めている。

中学校は「基礎期」と位置づけ、小学校での体験を踏まえ、ビジュアル言語（絵や図で表された命令を組み立てて、プログラムを作成する言語）を用いて、プログラミングの基礎について学び始める。地域や社会の課題について考え、プログラミングを用いて課題を解決しようとする力を育成するとともに、プログラミングの基礎を身に付けていく。

高等学校は「応用期」と位置づけ、小・中学校で学んだことを活用し、社会で一般的に利用されているテキスト言語（文字や記号を用いてプログラムを作成する言語）によるプログラミングを学ぶ。試行錯誤をしながらアプリを制作する活動を通して、情報活用能力や論理的思考力等を育成する。

また、同県ではこのような教育に加え、部活動等の支援も実施している。2018 年度から、中・高等学校の ICT に取り組む部活動（パソコンクラブ等）に、県内外の ICT 関連企業などの技術者や専門家を指導者として派遣している。これまで県内 16 の学校に指導者を派遣し、センサーを駆使した駆動系のプログラミングや、多人数参加型の RPG ゲームの作成、Python や C 言語を活用したプログラムの作成等、各校様々な内容に実践的に取り組んでいる。さらに、2019 年度から、県・県教育委員会主催のきのくに ICT プログラミングコンテスト「Switch Up WAKAYAMA」を開催している。和歌山らしい作品として、みかんを剥く精度の高いロボット制御のプログラムや、和歌山の魅力を伝えるゲームなどの応募があった。全国のプログラミングコンテストの運営に関わる専門家や大企業の実務家から、全国水準に匹敵するユニークな作品が多かったとの評価を得ている。

民間においても県内で盛んに取組が進められており、県内在住のプログラマー等が中心となり、宇宙データを活用したアプリケーション開発に 3 日間で取り組むハッカソン「NASA Space Apps Challenge kushimoto2019」が実施された。

図 1 和歌山県：プログラミングコンテスト Switch Up WAKAYAMA の様子



出所：和歌山県より提供

図 2 和歌山県：小学校プログラミング教育の様子



出所：和歌山県より提供

### <加賀市>

加賀市の人口は1985年の80,877人<sup>注31</sup>をピークに減少し始め、2014年に日本創生会議が発表した「消滅可能性都市」に該当した。加賀市はこのような危機的状況から脱却するため、プログラミング教育に力を入れはじめた。「地方版IoT推進ラボ<sup>注32</sup>」の第1弾として選定されたことを契機に、地域内産業界へのIoT導入を促進するとともに、将来の市内産業を担うIT人材を若年層から育成することに注力することとし、「RoboRAVE」、「数理女子ワークショップ」、「コンピュータクラブハウス加賀」といった取組を進めている。

まず、「RoboRAVE」とは、コンピュータを使ったロボット動作のプログラミング学習や操作体験を通して、子どもの科学とものづくりへの興味・関心を高め、創造力や柔軟な思考力を育む教育プログラムである。小学4年生から高校生までを対象とした国際大会を毎年開催している。

次に、「数理女子ワークショップ」とは、数学者や数学を使って社会で活躍する数理女子のメンバーが指導者となり、参加者が数学（算数）の面白さを自ら発見し議論を行い理解して、自分の作品を作成することで、数学的能力を高め、学校で学ぶ数学とは異なる側面や心躍る数学の世界の魅力を参加者に感じてもらう取組である。

そして、「コンピュータクラブハウス加賀」とは、子どもたちが自宅や学校以外の場所で、いつでも安全にテクノロジーに触れられる場として無償で公開される米国発祥の「コンピュータクラブハウス」を加賀市でも開始したものである。国内第1号のコンピュータクラブハウスとしてクラウドファンディング型のふるさと納税制度により1,000万円を超える支援を得て、2019年5月に開設した。約半年で加賀市内外から延べ1,000人以上の子どもたちが訪ね、自分の興味の赴くままに、楽しんで最新のテクノロジーに触れ、探求している。

図3 加賀市：RoboRAVEの様子



出所：加賀市より提供

図4 加賀市：コンピュータクラブハウス加賀の様子



出所：加賀市より提供

### <札幌市>

札幌市では、地方版IoT推進ラボの認定を受けて「Sapporo AI Lab」を実施している。経営者を対象とした「AIプランナー育成講座」ではAIの活用事例を学ぶ「入門編」と自社課題をAI活用により解決する方法をワークショップ形式で学ぶ「実践編」を開講している他、エンジニア向けにも開発スキル向上のためのレベル別の様々な講座を実施している<sup>注33</sup>。これらの講座は2017年に開始し、2020年度までにのべ1,000人以上が受講した。

さらに、地域社会の課題をデータの力で解決し、みらいの社会を想像できる人材を育成するため、2019年7月に、北海道大学及び（株）ニトリホールディングスとの3者で、「みらいIT人財育成のための連携協定」を締結し、小・中学生、高校生、大学生までの各段階に応じた、IT人財育成を実施して

注31 国勢調査

注32 平成28年7月開始。経済産業省とIoT推進ラボが地域におけるIoTプロジェクト創出のための取組を支援するもの。

注33 さらに高度な技術習得を望むエンジニアには、（株）北海道ソフトウェア技術開発機構と連携し、経済産業省の「第四次産業革命スキル習得講座」の認定を受けた「AIエンジニア育成講座（上級）」を用意し、AIの活用に必要なスキルを体系的に学ぶことができる体制を産学官連携により構築。

いる。例えば、小・中学生向けには、地域の IT 企業が展開する「ジュニア・プログラミング・ワールド 2019」を開催してデジタル技術に触れ、学ぶことができる 23 の企画を実施し、約 6,000 人の来場があった。

また、高校生向けに、デジタル技術を学ぶ意欲が高い個人や高校 IT 部（パソコン部・ロボット部等）のスキルアップを支援するため、プログラミングを学ぶセミナーを実施するとともに、チームで課題を設定し、これを解決するアプリケーションの開発・プレゼンテーションを行う IT 人材育成プログラムを実施している。道内 7 校から 26 名が参加したこのプログラムでは、市内 IT 企業や情報専門学校と連携し、高校生のスキル習得やアプリ開発のメンタリング、コンテスト等で優秀な成績を収めた道外の高校パソコン部等との交流会などを実施し、プログラミング経験がほとんどない全ての参加者が課題解決に資するアプリ開発ができるようになるなど、非常に高い人材育成効果があった。

さらに、大学生向けには、2019 年 8 月に北海道大学、(株) ニトリホールディングスにより、北海道数理・データサイエンス教育研究センターに「ニトリみらい社会デザイン講座」を設置し、産官が保有するビッグデータを最新のデータサイエンスで解析し、新たな価値を創出するとともに、これを担う人材を育成するプロジェクトを実施している。

図 5 札幌市：成果発表の様子



出所：札幌市より提供

デジタル人材教育については、コンピュータの利用に親しむことでリテラシーを高めることだけでなく、自らアプリケーションを開発・運用する能力そのものを向上させていくということが鍵となる。上記のような自治体から、世界をリードする人材が輩出されることが期待される。