

第3節 価値創出に向けたConnected Industriesの推進

1 我が国が目指す将来の産業の姿 “Connected Industries”

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“製造 2025”など、世界の主要各国はそれぞれの明確な旗を立て、産業における第四次産業革命への対応を進めてきている。一方、日本では、目指す“社会の姿”としての“Society 5.0”を打ち出しているものの、目指す“産業の姿”に関しての明確な旗印を決めないまま政策を進めてきた。そうした中、関係者が一体となった取組を一層加速すべく、2017年3月にドイツで開催された国際情報通信技術の見本市であるCeBITへの参加のため安倍内閣総理大臣と世耕経済産業大臣が訪独する機会に合わせ、我が国の産業が目指す姿として“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世界に向けて発信した(図131-1)。

“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あり方である。モノとモノがつながるIoTによる付加価値だけではなく、人と機械・シ

ステムの協働・共創による付加価値、技術が人とつながることでの知恵・創意がさらに引き出される付加価値、さらには、国境を越えて企業と企業がつながることによる付加価値、世代を超えて人と人がつながることで技能や知恵を継承する付加価値など、様々なつながりによる価値創出が実現する産業の姿を目指すことをコンセプトとしている。その際、我が国の強みである高い「技術力」や高度な「現場力」を活かした「ソリューション志向」で新たな産業社会を目指すこと、さらには、現場を熟知する知見に裏付けられた臨機応変な課題解決力や継続的なカイゼン活動などを活かせる“人間本位”の産業社会を創り上げていくことが重要となる。

よく耳にする“第四次産業革命”や“Society 5.0”との関係に関しては、大きな「技術の変化」である“第四次産業革命”を、最も大きな概念である「社会の変化」、すなわち“Society 5.0”につなげることが最終的に重要となるが、その間に産業は存在し、その「産業の在り方の変化」としては“Connected Industries”のコンセプトである“様々なつながりにより新たな付加価値創出と社会課題の解決”が鍵を握ると考えるものである(図131-2)。

図131-1 Connected Industries とは

“Connected Industries”

～我が国産業が目指す姿（コンセプト）～

<基本的考え方>

“Connected Industries”は、様々なつながりにより新たな付加価値が創出される産業社会。

例えば、

- ・モノとモノがつながる (IoT)
- ・人と機械・システムが協働・共創する
- ・人と技術がつながり、人の知恵・創意を更に引き出す
- ・国境を越えて企業と企業がつながる
- ・世代を超えて人と人がつながり、技能や知恵を継承する
- ・生産者と消費者がつながり、ものづくりだけでなく社会課題の解決を図る


ことにより付加価値が生まれる。

デジタル化が進展する中、我が国の強みである高い「技術力」や高度な「現場力」を活かした、ソリューション志向の新たな産業社会の構築を目指す。

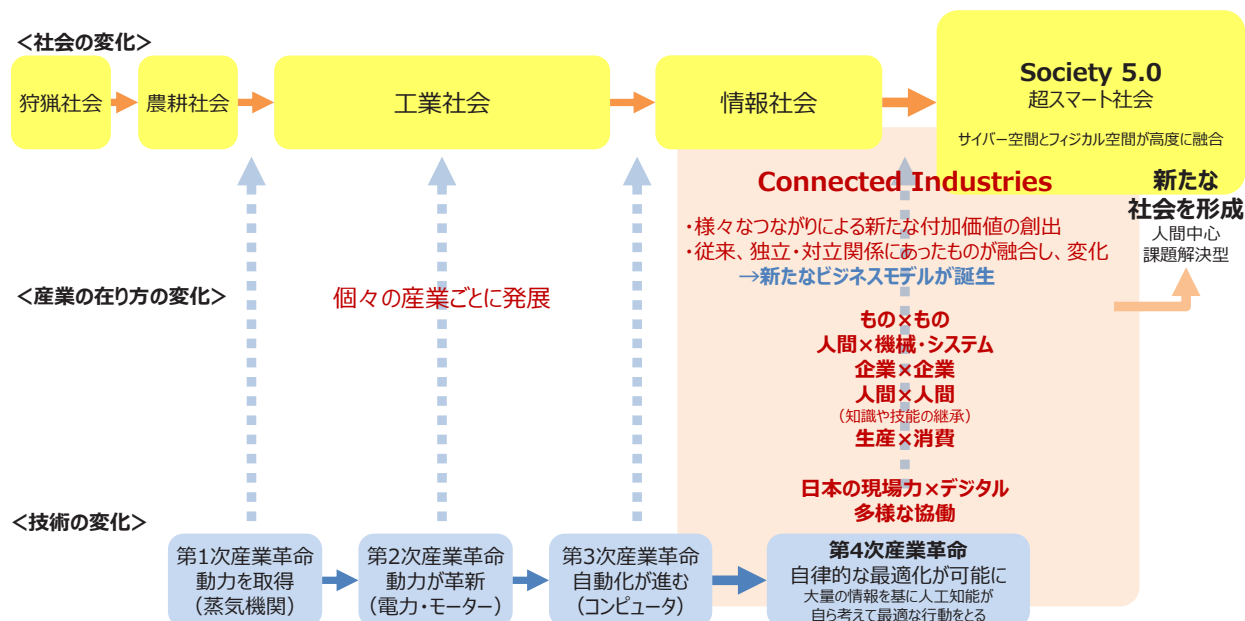
現場を熟知する知見に裏付けられた臨機応変な課題解決力、継続的なカイゼン活動などが活かせる、人間本位の産業社会を創り上げる。

<3つの柱>

- 1 人と機械・システムが対立するのではなく、協調する新しいデジタル社会の実現**
 - ・AIもロボットも課題解決のためのツール。恐れたり、敵視するのではなく、人を助け、人の力を引き出すため積極活用を図る。
- 2 協力和協働を通じた課題解決**
 - ・地域や世界、地球の未来に現れるチャレンジは、いつも複雑で、企業間、産業間、国と国が繋がってこそ解ける。そのために協力和協働が必要。
- 3 人間中心の考えを貫き、デジタル技術の進展に即した人材育成の積極推進**



備考：経済産業省プレスリリース <http://www.meti.go.jp/press/2016/03/20170320001/20170320001.html>
資料：経済産業省作成



資料：経済産業省作成

2 高まるConnected Industries推進の必要性

第1節で紹介した経済産業省が2017年12月に実施したアンケート調査結果のとおり、①データ利活用が経営上重要な課題であるとの認識が高まる一方で、実際の利活用状況に本格的な変化は起きておらず経営層主導のアクションが必要であること、さらには、②危機感を持って新たなつながりを積極的に求める企業の方が業績なども良好な傾向であること、が示唆されている。そうした中、データなどを活用し、様々なつながりにより新たな価値創出を目指す Connected Industries の考えに基づく取組は、上記の①及び②を踏まえた我が国ものづくり企業が取り組むべき方向性として、まさに強化が期待されるところである。

このため、ものづくり企業の Connected Industries のコンセプトに基づく一層の取組強化に向けて、本節では

3 第四次産業革命、Connected Industries 時代の顧客ニーズ及びその対応の拡大

第四次産業革命（デジタル革新）により、Connected Industries 時代の顧客のニーズ（顧客価値）対応は、①より難しいニーズにも対応可能となる「深さ」の観点、②より多様なニーズにも対応可能となる「範囲」の観点、さらに、③より迅速に対応可能となる「速さ」の観点のいずれでも大幅な拡充が可能となり、潜在的な顧客ニーズを引き出し、顧客価値を一層高めることが期待される。さらに、その際、IoT やビッグデータ、AI などのツールを用いて、④見える化や分析などを通じ

Connected Industries の考えに基づく先進事例といえる国内外の様々な取組について分かりやすく整理し、紹介するとともに、Connected Industries を推進するにあたって共通の課題となるサイバーセキュリティ対策やシステム思考などについて現状や課題などの整理を行う。

先進事例の紹介にあたっては、エンドユーザーである生活者の視点で大分類するべく、また、第四次産業革命に対応するための官民の羅針盤とすべく2017年5月にとりまとめられた産業構造審議会・新産業構造部会の報告書「新産業構造ビジョン」における分類を活用して、「生み出す、手に入れる」、「移動する」、「健康を維持する、生涯活動する」、「暮らす」に大きく分類し、さらに、どのような課題解決（ソリューション）を図ることを目的とした取組が、また、それをどのようなつながりを通じて（〇〇×〇〇で表現）実現しているかを記載し、分かりやすい整理を試みることにする。

た予見性が向上するなどの「精度」などの向上も一段と高まることが期待される（図133-1）。

①ニーズ（顧客価値）対応の「深掘り」

多数の顧客の最大公約数的な製品・サービス提供ではなく、個別顧客対応の製品・サービス提供（マス・カスタマイゼーション）が可能になるなど。

②ニーズ（顧客価値）対応の「範囲拡大」

これまでは想定しなかったモノやコト、さらには人、組織がつながることも可能となり、これまでは顧客が考えなかったよ

うなニーズ対応、製品・サービス提供が可能になるなど。

③ニーズ（顧客価値）対応の「迅速性向上」

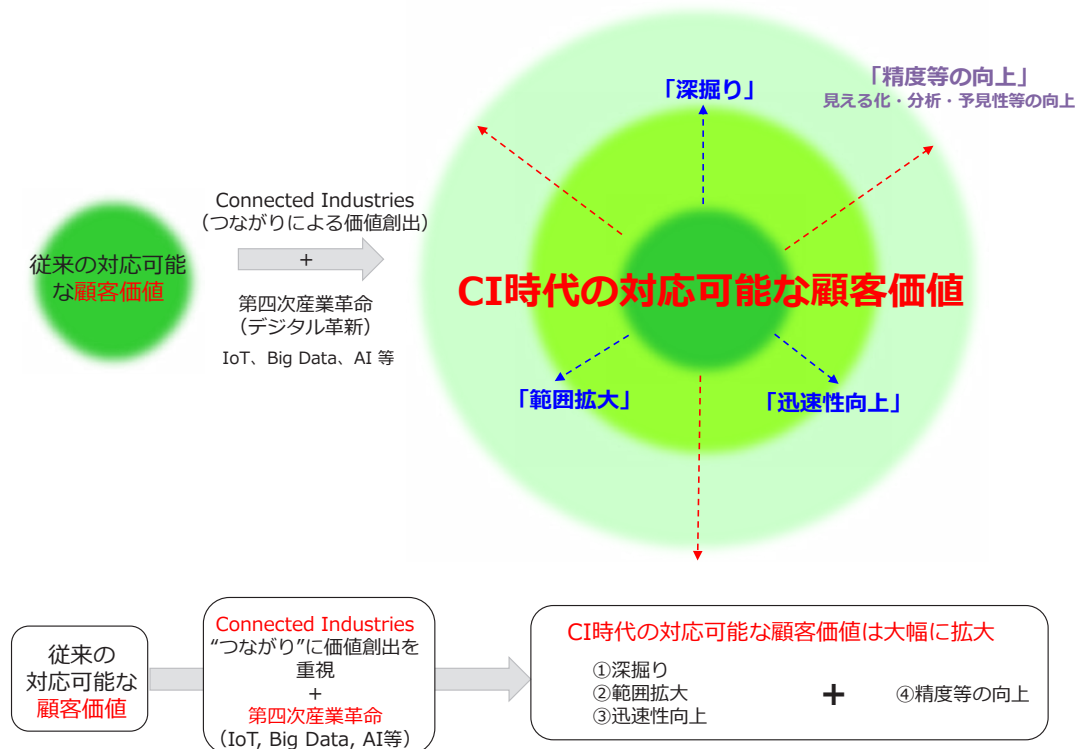
データのやりとりなどのデジタル空間での処理が中心となり、いつでも、どこでも同じレベルの製品・サービスの提供が可能になるなど。

さらに、デジタル技術の利活用により、その取組方法にも変革がもたらされる。

④見える化・分析・予見性などによる「精度などの向上」

IoT やビッグデータ、AI などを用いて見える化や分析を進め、予見性を高めるなど、実施の精度を上げることが可能になるなど。

図 133-1 第四次産業革命、Connected Industries 時代における対応可能な顧客価値の拡大



資料：経済産業省作成

4 分野ごとの事例

(1) 生み出す、手に入れる

①スマートに生み出す、スマートに手に入れる（スマート製造など）

ものづくりの現場では、人手不足が顕在化する一方、多品種少量生産を始め、顧客の高度かつ多様化したニーズに対して迅速に対応する必要性などに迫られている。

しかし、現状のものづくり企業の現場においては、機器間の連携が十分取られておらず、限られたパターンによる製造のみ対応が可能で柔軟なものがづくりが困難である場合や、企業内の部門間の連携も十分できておらず、ましてや他企業との連携は一層困難である場合も多い。また、少子高齢化の進展による若手の減少を受け、これまで熟練技能者が培ってきたノウハウがうまく継承されていないなどの課題も抱えている。

そうした中、第四次産業革命により飛躍的に活用範囲が広がったデジタル技術を活用し、「機械×機械」(IoT) によるつながりに限らず、「人×機械」(IoT カイゼンで人手不足、

人材育成など)、「人×人」(技能伝承など)、「部門×部門」(一貫したデジタルものづくりの実現など)、「工場×工場」(同業種間などによる町工場連携など)、「企業×企業」(他業種間での連携など) など様々なつながりにより、課題解決に向けた取組を推進することが考えられる。

このように、Connected Industries のコンセプトの下、デジタル技術などを活用しつつ、様々なつながりを推進することを通じ、各工程間のデータ連携や、社内及び社外の組織間の連携を推し進め、高度化かつ多様化する顧客ニーズに対して迅速に対応できる仕組みづくりを行うことが期待される。併せて、技能人材を中心として人手不足が顕著となる中、デジタル技術などを活用して熟練技能者の知を形式知化し、組織の知として活用できる仕組みの構築など、人手不足対策を推進することも期待される。

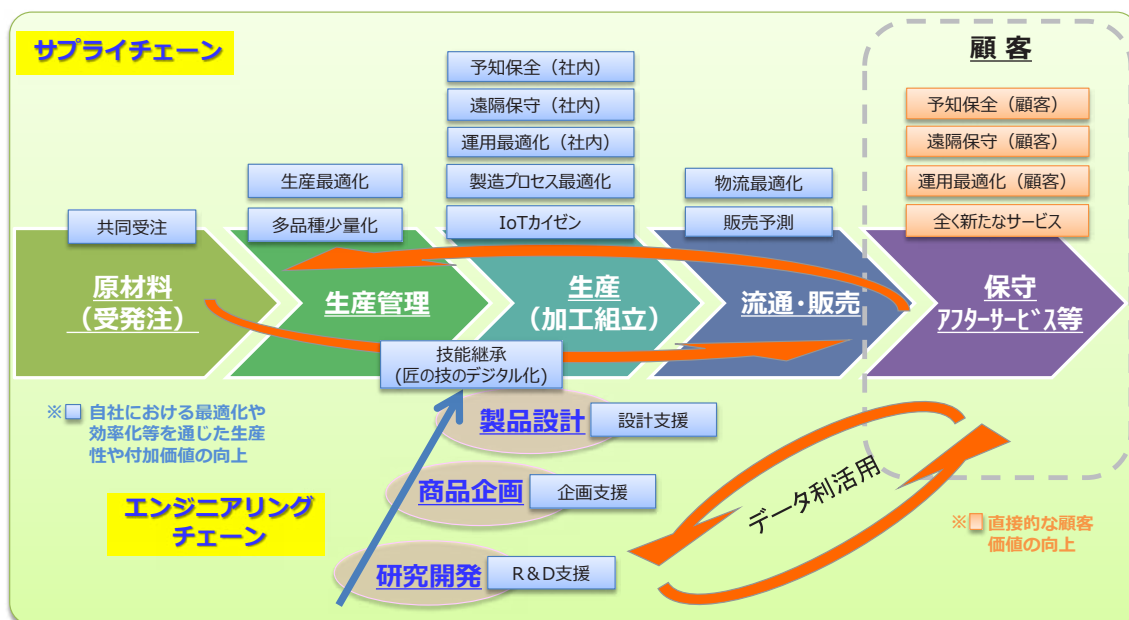
図 133-1 に示すとおり、IoT や AI など を活用し、Connected Industries の考えの下で取組を進めることにより、対応可能な顧客価値は大幅に拡大し得る。この顧客価値を、スマート製造分野のバリューチェーンで、具体的な価値を生む

「ソリューション」として考えたものが図 134-1 である。

このような具体的なソリューションに加え、これらソリューションを複数組み合わせる取り組み解決すべき課題として、「生産性の向上」や「新たな付加価値創出」、さらには「人手不足

対策」や「バリューチェーンの最適化」などが考えられる。以下では、スマート製造分野における、Connected Industries の先進的な取組事例を、これら「解決すべき課題」や「ソリューション」を整理の軸として紹介する。

図 134-1 スマート製造分野で想定しうるソリューション例



資料：経済産業省作成

＜モノ売りからソリューション提供に向けたエッジ重視の製造プラットフォームの構築、産業機械メーカー各社＞

「付加価値獲得」「生産性向上」など

【産業機械×通信×AI×ソフトウェアなど】

- ・現場で発生するデータを活用したソリューションなどの提供に向けて、製造業の分野でもプラットフォーム構築の動きが活性化している。取組方法は各社の持つリソースやポジションなどにより様々であるが、AI スタートアップ

や通信企業などとの連携や、ライバル関係の社も含めたコンソーシアム形成など、これまでにない“つながり”方により実現を目指している。また、他社製機器もつながる、さらには、API（Application Program Interface）を公開しソフトウェアベンダーの参加を募るなど、オープンなプラットフォーム化を目指している点に特徴がある。

・詳細はコラム参照

コラム

現場に近い製造プラットフォーム（PF）構築の動きと PF 間連携の取組

あらゆるモノがインターネットにつながる IoT（Internet of things）の普及により、サイバー世界がリアル世界と融合して「第四次産業革命」として社会全体を変革し、データに基づく自動制御や、個別ニーズに応じてカスタマイズされたサービスの低コストでの提供など、様々な分野で新たなイノベーションが生まれることが期待されている。

ものづくりの分野でもこのような動きが見られ、実世界のデータをサイバー空間のコンピューティング能力と結び付け、より効率的で高度な社会を実現するためには、センサーなどで取得するデータを蓄積して分析し、その知見を現場のプロセスに反映するデータ活用サイクルを構築しなければならない。データの分析や解析などを本格的に行うには、拡張が容易なクラウド環境で行うのが一般的に最適であると考えられるが、ものづくり分野の特性として（１）リアルタイム性の高い処理（ロボット・工作機械はミリ秒）、（２）高信頼性とセキュリティの確保（工場外にデータを出すことへの強い抵抗感）、（３）通信コストの削減（膨大なデータ量が日々発生）などの課題が存在する。

これらの課題を解決するべく、モノとクラウドの間のよりモノに近い位置にある処理基盤で得られたデータを選別・簡易処理を行ってからクラウドに送り、さらに、リアルタイム性が要求されるようなものに対しては、その場でフィードバックを返すような役割を担う「エッジコンピューティング」に注目が集まっており、例えば以下のような取組が始まっている。

○ Edgecross

アドバンテック、オムロン、日本電気、日本アイ・ピー・エム、日本オラクル、三菱電機の6社が発起幹事会社となり2017年11月Edgecrossコンソーシアムを設立。2018年2月には、一般社団法人化するとともに日立製作所が幹事会社として加入。

Edgecrossは、生産現場（FAシステム）とバリューチェーン（ITシステム）の協調を実現する日本発のオープンなエッジコンピューティング領域のソフトウェアプラットフォームである。生産現場のあらゆるデータ収集を可能にし、生産現場でのリアルタイム診断とフィードバック、生産現場のモデル化、ITシステムとのシームレスな連携を実現、用途に応じた多種多様なエッジアプリケーションの品揃えや様々なメーカーの産業用PC上で動作できる、などの特長を持つ。

○ FIELD system

ファナック、シスコシステムズ、ロックウェル・オートメーション、Preferred Networks、NTTグループ（日本電信電話、NTTコミュニケーションズ、NTTデータ）の7社が共同でFIELD systemを開発。

同システムは、製造業での更なる生産性向上と効率化を目指した、製造業向けオープンプラットフォームであり、製造現場の様々な機器を、世代やメーカーの壁を越えて接続可能とすることで、製造設備やデータの一元管理やデータ共有を促進する。また、人工知能とエッジコンピューティング技術を組み合わせることで分散型機械学習なども可能にする。機械から収集されたデータを、現場とクラウドの間のより現場に近い部分で処理し高度に活用することで、ラインや工場全体の最適化を図る、機械がお互いに柔軟かつ協調する、熟練者のスキルをデジタル化して自動化するなど、機器のドライブまで含めた高度な製造現場の実現を目指す。

○ ADAMOS

DMG森精機、独カールツァイス、独デュル、香港ASMパシフィックテクノロジー、独ソフトウェアAGの5社によりドイツに合弁会社ADAMOSを設立し、IoTを使って機械の稼働データを一元管理できるシステム「ADAMOS」を開発。

同システムは、工作機器や計測器、自動装置などメーカーを問わず複数の機器のデータをまとめて管理できるシステムであり、使用状況を分析して部品交換時期を事前予測、ソフトを用いた生産計画策定などの用途で活用できる。パートナー企業はマシン・プロセスのネットワーク化のためのソリューションをADAMOSのデジタルマーケットプレイス上で提供する。ユーザーは、従来複数のメーカーの工作機械や搬送装置などで構成される生産ラインのデータをまとめて管理・分析し、自社工場を見える化できる。

＜ PF 間連携の取組 ＞

このような工場などで発生するデータを利活用したPF構築の動きが各社・各グループで顕在化し、モノ単体ではなくサービス・ソリューション展開をも目指す方向に各社が舵を切る中、我が国現場の良質なリアルデータの強みを最大化する観点からは、PF間を横串でつなげるなどの仕組みの構築の検討が期待され、上記の3社も入れた検討が開始されている。

具体的には、経済産業省で2017年春以降3度にわたり開催された“Connected Industries”大臣懇談会での議論を踏まえ、2017年秋に重点分野の一つとして設置された“Connected Industries”[ものづくり・ロボティクス分科会]の下に、「製造プラットフォーム・オープン連携ワーキンググループ」（座長：西岡 IVI 理事長）が置かれ、2017年度後半にユースケースなどを作成しつつ議論を重ねてきた。今後、作成したユースケースなどを用いて実証を行うなど、さらなる展開を図る予定である。

< (株) ワールド山内 >

「多品種少量生産」「予知保全」「工場全体の効率化」「省人化」
(生産性向上)

【生産設備（+従業員）×IoT・AI】

・コラム参照

IoT を活用した工場稼働状況の「見える化」により生産性向上を実現 ・・・(株) ワールド山内

(株) ワールド山内（北海道北広島市）は、自動車、農業機械など様々な業界から発注を受けて部品を作る下請けの板金・プレス業者。日本や世界各地のユーザーニーズに応えるための仕組みを検討し、顧客に合わせた金属加工を行っている。同社のこだわりは、「高品質」「低価格」「短納期」であり、月 20 万点ほどの製品を日本各地、世界に供給している。

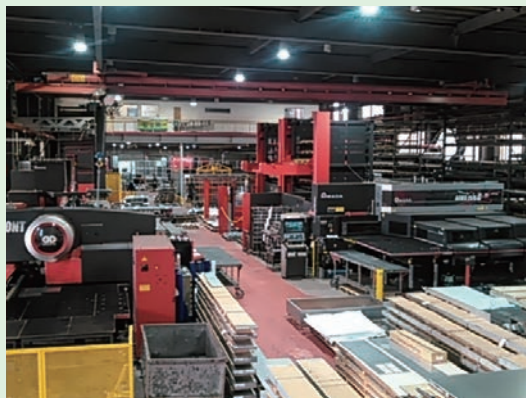
ステンレス製品の高度加工を始め、金属加工、レーザー加工、切削、溶接・組立、表面処理、塗装など、各種機器の国内トップクラスの設備を備え、多品種少量生産を効率的に行う独自の生産管理システムを構築。設計から検査まで 3 次元データの管理により生産の効率化を図った 24 時間自動運転を行い、高品質、低価格、短納期を徹底的に追及した信頼性の高い複合加工品を社内一貫生産して顧客ニーズに応えている。

同社では、生産工程の見える化が、将来必ず役に立つと考え、2003 年から先進技術を取り入れ、すべての設備をネットワークで管理する生産管理システムを独自で開発し、「未来を見据えた、ものづくり」を行ってきた。独自開発したソフトウェアを工場内の機械に搭載し、作業の進捗や機械の不具合などをシステムが分析し、そのデータをタブレット端末やスマートフォンで社員全員が確認・共有できる体制を構築。これにより、機械のトラブルを早めに察知して適切なタイミングで対応し、稼働率を落とさず効率的に生産するとともに、作業進捗に合わせて最適な人員を当てることを可能とした。大規模な工場だと 20 人は必要な生産管理部門の人員をゼロにし、管理コストを大幅に削減した。

現在、同社が開発しているのは「従業員の動き」を分析するシステムである。工場内に 18 台のウェブカメラを設置して 24 時間体制で従業員の動きを観察し、さらに、従業員のスマートフォンから出る信号をセンサーで感知することにより、個人を識別し、動き方に無駄がないかを管理することで全体の作業効率の改善につなげる。

同社のシステムは、他社への販売は行っていないが、協力会社には無償で提供しており、協力会社の工場の状況も把握できている。北海道企業を元気にしたいという気持ちがあるため、今後道内企業に対してはシステムの販売を検討している。

図 1 同社工場内の様子



出所：(株) ワールド山内より提供

図 2 IoT システムの加工機械の稼働状況確認画面



<旭鉄工 (株)>

「カイゼン」「ビジネスモデル変革」「事業拡大」

【現場の課題×自社システム開発×ソリューション展開】

・自動車部品製造を行う同社は、下請け製造への閉塞感から、大きくビジネスモデルを転換。カイゼン活動を加速する IoT モニタリングシステムをトップダウンで自社開発し、i Smart Technologies (株) を設立し 1 年強で全国 100 社以上に展開。同システムは、生産設備に安価なセンサーを後付けし、製造ラインの問題点をスマートフォンなどで

見える化 (2017 年版白書に詳細紹介)。現在は顧客データの分析による改善アドバイスレポート作成や各地で改善活動も実施する。さらに、東南アジアでの展開も開始。

<日進工業 (株)>

「カイゼン」「ビジネスモデル変革」「事業拡大」

【現場の課題×自社システム開発×ソリューション展開】

・コラム参照

コラム

自社工場のIoT化に伴う、中小製造業向け設備稼働状況監視システムの
外販によるビジネスモデル変革・・・日進工業（株）

自動車部品の樹脂成型加工などを主力事業とする自動車サプライヤーである同社（本社：愛知県碧南市）は、2013年頃に日本で第四次産業革命が騒がれ始めるかなり前から、製造業のIT・IoT化に着目し、自社工場のIoT化の取組とともに、（株）SunAdvanceというITソリューション展開を行う子会社を設立し、ITシステムの外販ビジネスにも取り組み始めた。

もともと自社工場のIoT化に取り組み始めたきっかけは、同社の中にある多品種少量のセル生産ラインにおいて発生していた大量の手書き伝票だった。手間とコストが掛かる手書き伝票をなくすために、スマートフォンで読み取った機械の稼働データなどをハンディプリンターで自動印刷をして伝票を作るシステムを開発することで製品管理の自動化を推し進めた。また、より生産性を高めていくためには、機械の稼働率などを見える化し、現場カイゼンを一層進めることが重要だと考え、センシング装置をメーカーを問わず機械設備に取り付けてデータを収集し、作業員が担当する個別工程ごとに設置されたモニター画面に稼働率や不具合の発生の有無などが表示されるシステムを作り上げた。また、複数工程が入っているフロア全体から見えるような大型モニターも設置され、機械が停止（チョコ停）すると、画面と音声で指示が出るシステムも構築した。不具合が発生した場合、指示に従って従業員が原因となっている設備のもとまで駆け寄り不具合を解決するとともに、不具合の原因をスマートフォン上で選択肢から選んで入力する。そのようなデータを累積することで、チョコ停が生じる原因の分析ができるとともに、チョコ停解消のためにどのくらい時間を要しているのかなども明らかとなり、生産性を向上させる上での貴重な情報にもなっている。

このような各ラインや従業員の作業状況のデータ・生産性の水準が明確に出るシステム導入当初は、監視の意味合いが強いように受け取られ、従業員からは不満の声があがった。しかし、時間の経過とともに従業員も環境に慣れ、従業員間でのスキルの比較が容易になるなどいい意味での競争が生まれたという。同社は、これらのIoT化によって、機械の稼働率が導入前と比較して約7%程度向上したという。

さらに、同社は、既存のものづくりだけのビジネスモデル一辺倒ではこのデジタル時代に生き残っていけないという強い危機感から、自社内でのIoT化にとどまらず、上述の設備稼働状況の監視システムの外販を子会社である（株）SunAdvanceにおいて開始した。地元の愛知県のユーザー企業を中心に、中小製造業でも手軽に導入できることを意識して、1セット10万円という低価格で外販をしている。既に日本国内で1,000セット程度の実績を積んでいるという。まさに、自社でのIoT化の取組を新たなビジネスにつなげ始めている好事例と言える。

一連のIoT化の取組は同社の長田社長が主導している。長田社長自身は、製造業企業のトップでもありながらIT・ソフトウェアに造詣が深く、若いころに自社の生産システムを作り上げた経験もあるという。既存のビジネスの枠にとらわれずに、ソフトウェア販売まで事業領域を広げることができているのは、このような経営者の先導力の大きさと、それに応えようとする社員の思いが結実したものとと言える。

図1 現場写真



出所：日進工業（株）より提供

図2 生産管理画面

<（株）島精機製作所>

「プロセス効率化」「生産管理」「トレーサビリティ確保」「設計支援」「企画支援」

【バリューチェーン全体のデジタル化×統合的なシステム開発】

・コラム参照

ファストファッションやeコマース（電子商取引）といった新しい小売形態の広がりにより、ファッション・アパレル業界は市場のグローバル化、多様化が進み、生産側はさらなる高速化、短サイクル化が求められている。

全自動手袋編機の開発を原点に、コンピュータ横編機、デザインシステムの世界トップメーカーとしてファッション・アパレル業界で高い存在感を発揮している（株）島精機製作所（和歌山県和歌山市）は、このような環境で持続的成長を実現するためには、多様なコンシューマニーズを川上から川下までトータルで捉えることにより、マーケティングから製品企画、生産から販売までのプロセスを無駄なく高速に行うシステムの提案が不可欠と考えている。

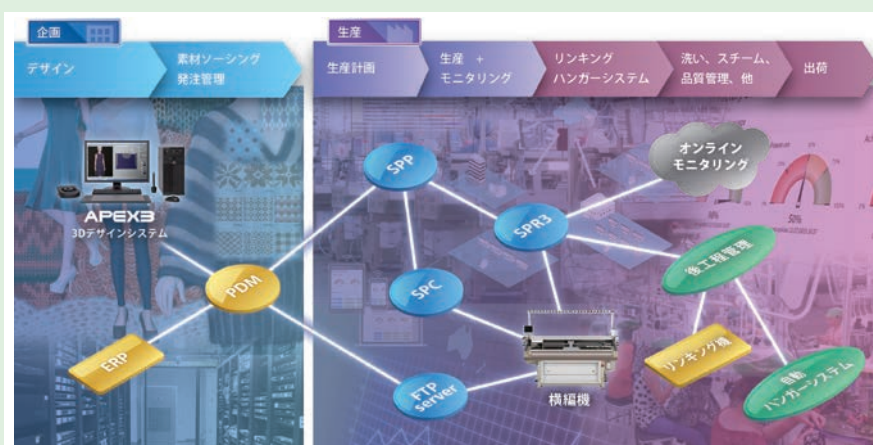
同社は2017年4月、このような考え方を具現化したシステムとして、横編ニットウェアの企画から生産に至る一連のプロセスを可視化することで生産効率を改善し、工場の自動化とIoT化を推進するための強力なツールとして、世界初の横編ニット専用PLM（製品ライフサイクル管理）システム Shima KnitPLM を開発した。

同システムの強みは次の3点。1つ目は、生産計画システム Shima Production Planning (SPP) である。顧客のERP（統合基幹システム）の生産オーダー情報から、生産に割り当てる機械のスケジュールを管理するソフトウェアであり、SPPで作成された計画は生産管理システムに自動で読み込まれ、スケジュールに応じた進捗管理に利用できる。2つ目は、SPPで作成した生産スケジュールを元に、生産に必要なデータを個別の横編機に自動転送するデータ配信システム Shima Production Control (SPC) である。管理者の業務削減や使用するデータ転送の間違いなどをなくすることができる。3つ目は、生産管理システム Shima Production Report 3 (SPR3) である。横編機側のソフトウェアを改良し、データベースの基本設計も大幅に見直すことで、ERPとの連携や機械オペレータの管理、そして万が一生産が停止した際の停止時間や原因の管理など、高次元のソリューション提供が可能となる。さらに、クラウドサービスを用いて、いつでもどこにいても工場の稼働状況やオーダーごとの生産進捗状況を確認できる。これら3つのシステムをつなげることで、社内でのデータの共有にとどまらず、顧客とのデータの共有も可能とすることで、全工程のトータルトレーサビリティを実現している。

Shima KnitPLM が有効にはたらく心臓部というべき機能が、デザインシステム「SDS-ONE APEX3」である。現物サンプルを作らなくても具体的なデザインイメージを企画側、生産側の双方で共有することができ、企画からサンプル作成までの時間とコストを削減するとともに、製品をビジュアル化することでより精度の高いサンプルが作成できる。また、同社が独自に開発したWebサービス「staf」を連携させることで、トレンド情報を反映したバーチャルシミュレーションを試せるようになり、現物サンプルの制作を最小限に抑えたクリエイティブで無駄のない企画のサポートを可能にした。

同社は、このような新技術の開発・提案をととして、5年先、10年先の市場トレンドを先取りしたシステムを展開し続けることにより、ファッション・アパレル業界全体の発展に貢献していく方針である。

図 製品ライフサイクル管理システム：Shima KnitPLM



出所：（株）島精機製作所より提供

<(一社)西日本プラスチック製品工業協会、ムラテック情報システム(株)、池木プラスチック(株)>

「品質確保」

【業界団体をあげたデータフォーマット共通化×システムオープン化】

・多くのプラスチック成形加工メーカーでは複数のメーカーの成形機を用いて製造している。精密部品の製造には、成形条件情報などの把握、収集、活用が重要となるが、成形機からのデータフォーマットはメーカーごとに異なるため、情報を統一して一括管理できない状況にあった。この状況を打開するため、2016年度「IoT推進のための社会システム推進事業」(経済産業省)を活用し、(一社)西日本プラスチック製品工業協会とムラテック情報システム(株)は、関連機関の横断的な参加のもと、グローバル基準の規格に合わせたデータフォーマットの共通化とそのデータ統合システム(MiddleWare)を開発。2017年夏からは、全日本プラスチック製品工業連合会傘下団体の会員企業へのミドルウェア提供が始まり、遠隔工場の生産状況のリアルタイムでの把握など、活用の幅がより広がっている。

同システムを、工芸部品、電気部品、半導体関連部品、自動車関連部品などの幅広いプラスチック製品を製造する池木プラスチック(株)が導入。これにより、メーカーの垣根を越えて自動的にすべての成形データを収集することが可能となり、不良品が発見された時に実績値を確認することによって、不良品の製造された時間帯や発生原因を突き止める手掛かりとすることができ、対処や再検査に要する時間も大幅に削減できるようになった。その他にも同社では、かつて生産計画の工程表や進捗状況を手書きで各部署に配信していたが、IoT化によりソフトウェア上で管理できるようになり大幅な労力の削減と正確な情報の共有を実現した。

<飯山精器(株)>

「工程進捗把握」「稼働状況把握」「ソリューション展開」「品質確保」(生産性向上)

【現場の課題×自社システム開発】

・コラム参照

コラム

独自のIoTシステムによる工程進捗状況と工作機器稼働状況の可視化

・・・飯山精器(株)

飯山精器(株)(長野県中野市)は、創業から70年余りの油圧機器部品や情報通信機器部品の金属切削加工を行う製造業。旋削や研磨を強みとし、NC旋盤、センタレス研磨機などを用いて、丸物部品の加工を専業で行う。近年は建設用機械部品製造や難削材加工に注力している。

加工業界では多品種少量、工程数増、短納期、高精度への対応が求められており、社内の生産管理の煩雑化や管理負担が高まっていた。同社では、大手IT企業の生産管理システムを導入していたが、自社の生産工程に即したのではなく十分に使いこなせていなかったこともあり、自社でシステム開発を開始した。

2011年頃には、生産管理の負荷の解消を目指した独自生産管理システム「is-PRO」を開発した。従来、現場作業員に作業進捗を確認したうえで事務作業員が作業状況を入力していたものを、同システムでは、現場作業員がタブレット端末を使って作業の着手・完了状況を入力する。現場作業員が作業状況を入力することで事務負担を大幅に減らすことができるとともに、工程進捗状況が可視化され、事務作業員が管理用PCから工程進捗を簡単に確認できる環境を構築した。同システムにより、在庫数、標準工程の情報をもとにした作業指示書が発行できるようになったことで納期に対する進捗管理をスムーズに行い、作業の遅れを防止することはもちろん、早めの対策が取れるようになった。

さらに、工程進捗状況に加えて、工作機械などの稼働状況を可視化したいという現場ニーズを踏まえ、2016年にIoTシステム「is-Look」を開発した。同システムは、三色灯の光をセンサーで読み取り、工作機械の稼働状況を取得し、管理PC上に稼働中の工作機械は緑色、電源が入っているが停止中の機械は黄色、アラームが出ている機械は赤色で可視化する仕組みである。同システムにより、工作機械の稼働状況をリアルタイムで監視して停止時間を減少させ、稼働率を向上させることにより、得意先への納期順守率を向上させた。また、設備稼働状況を映し出した大型モニターを工場内に配置し、休憩所に稼働率のグラフを作成するなど、作業員の現場担当者としての自覚や責任の醸成も行っている。

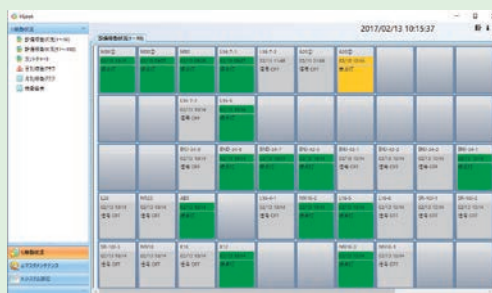
同社では、工場見学や、システム説明、セミナー講演など作業効率向上のための普及活動も行っており、上記2システムについては外販も開始している。今後、IoTを活用して検査データの収集、アラーム理由の収集をするなど新たなIoTの仕組みを開発し、品質と生産性のさらなる向上を目指す。

図1 生産管理システム「is-Look」



出所：飯山精器（株）より提供

図2 稼働状況データ



< HILLTOP（株） >

「事業拡大」「価値最大化」

【業務プロセス変革×海外進出】

・かつて油まみれの典型的な下請けの町工場だった同社では、積極的なIT化により職人の技のデータ・デジタル化を進め、24時間無人稼働での多品種・単品・短納期加工を実現し、若者が集まるこれまでとは一味違った工場に変貌を遂げている。同社では、日中に図面を見ながらデザインやプログラミングを行い、夜には機械がデータどおりの加工を行い、朝には加工品が仕上がる仕組みを構築。「新規5日リピート3日の短納期」「小ロット（1個から）対

応」をアピールポイントにしながら、積極的にビジネスを展開。IT化により脱下請けを遂げるとともにビジネスモデルを大きく変革し、今やカリフォルニアにも進出。現地企業には超短納期かつ高品質の試作品開発が認められ、3年で400社の顧客を獲得。

<（株）ミラック光学>

「ビジネスモデル変革」「事業拡大」

【蓄積技術×AI】

・コラム参照

コラム

光学に関する経験や知見とAIによって生まれた 画像検査システム「AIハヤブサ」・・・（株）ミラック光学

1963年創業の製造中小企業である（株）ミラック光学（東京都八王子市）には、自動車や半導体、食品、エネルギーなどの多種多様な業種から、同社が手掛ける画像検査システム「AIハヤブサ」を導入できないかという多くの相談が寄せられている。

「AIハヤブサ」は、これまでの同社の光学に関する経験や知見（光の当て方や波長、シャッタースピード、レンズ光学系など）とAIを組み合わせた画像検査システムである。これまでの検査では、特に人の目で確認することが困難な微細で複雑な製品において判断のばらつきが生じたり、微妙な色の違いや光沢物の細かなキズなどの識別に時間がかかるといった課題があったが、「AIハヤブサ」では、最先端の画像処理技術及び人工知能・機械学習を活用し、検査の高度化と高速化を実現する。また、これまでの検査工程では熟練した検査員が大勢必要であったが、AIハヤブサ導入によって、必要な人員を少人数の監督者に省人化することもできる。

このような検査工程の高度化・高速化を実現した背景には同社の村松社長の思いが強く関わっている。村松社長が先代から事業承継した当時、同社の強みでもあった顕微鏡の微調整部分の「アリ溝摺り合わせ技術」に着目し、事業を拡大・成長させてきたが、創業50周年を迎えた際「このままでいいのか、業績が良い時こそ新たな挑戦が必要ではないか」と考えるようになり、第二創業に取り組む決断をした。村松社長は「このデジタル化という波が押し寄せる新たな時代の中で、現状に安住することなく、常に新しいことに挑戦することこそ企業の未来がある」と考えていた。そんな中、同社の画像認識用レンズを組み込んだ装置メーカーの外観検査装置を使う企業から、「汎用画像処理ソフトでは誤判定が多く、使いものにならない」、「システムチェック後に人間が目視検査している」という実態があることを耳にした。以前からAIに対する漠然とした関心があったこともあり、これまで培ってきた光学に関する経験や知見をAIと組み合わせることで、人手不足で困っている工場現場の助けになれないかと考えた。米国シリコンバレーにおけるAIの動向に関する現地調査などを経て、ニッチ領域でトップの地位を確立する戦略を立て、2016年に同社の光学に関する強みを生かしつつ、新たにAIを組み込んで品質管理や検品作業を自動化する画像検査システム「AIハヤブサ」をリリースした。

冒頭の通り「AI ハヤブサ」に対する世の中の関心は高く、非常に多岐に渡るニーズが多数寄せられている。例えば、ドリル用材料の「キズ」「クラック」「カケ」を同時に検知したい、ゴーグルグラスの表面キズは乱反射するため検知しにくい、自動検知したい、人の目でも判断できない自動車部品のネジ穴の深さと方向を自動検査したいなどである。また、素人目には不良品と思われるものでも、その後の製造工程でカバーできるため良品であるケースなどもあり、同じ業種・製品でも良否判別の線引きが異なってくる。このため、一件ずつ個別にヒアリングを行い、これまで培ってきた経験や知見を活かした良質画像を顧客のニーズに合わせて取得し、AI によって自動化するソリューションの提案・コンサルティングを行っている。その際、同社の画像認識用レンズを販売するケースもあるというが、既に顧客が製品を持っている場合には他社製品でもできる限り生かすことでコストを抑えており、より多くの中小企業の課題解決に役立ちたいと考えている。

このように、光学に関する経験や知見を活用したコンサルティングを行っている同社だが、相談や引き合いが非常に多いこともあり、これまでは協業していた AI・ソフトウェアを内製化する目的で、AI の学術的権威であるはこだて未来大学の松原仁教授と共同で北海道函館市に（株）AI ハヤブサを 2017 年に設立した。村松社長は、（株）AI ハヤブサが、AI・ソフトウェア技術に長けたはこだて未来大学と、ロボット・ハードウェア技術に長けた函館高専の橋渡しとなり、函館をハード・ソフト技術のハイブリッド人材の輩出拠点にする構想を描いており、「ハイブリッド人材を函館から日本各地のものづくり現場に派遣し、函館から日本全体を盛り上げていきたい」と意欲をみせる。（株）AI ハヤブサには、松原教授の教え子も入社しており、今後 AI 技術開発の加速も見込まれる。

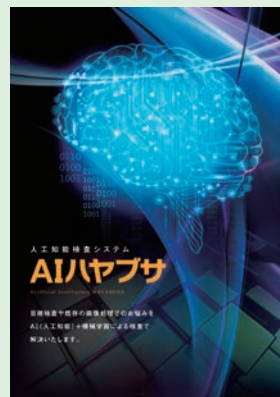
同社の取組は、経済・社会のデジタル化やサービス化などビジネス環境が変化する中で、新たなビジネス領域へと踏み込み、変化に対してうまく事業展開している事例と言える。社長のリーダーシップのもと、同社は野心的な挑戦を今後も続けていく予定である。

図1 AI化する外観検査ロボット



出所：（株）ミラック光学より提供

図2 AIハヤブサによる画像検査



<ダイキン工業（株）、（株）日立製作所>

「技能継承」

【匠の技×デジタル化技術】

・ダイキン工業（株）と（株）日立製作所は、2017 年 10 月より IoT を活用し、熟練技術者の技能伝承を支援する次世代生産モデルの確立に向けた協創を開始。ダイキン工業（株）では、国内外の各拠点における品質の向上・平準化のため、空調機の製造に欠かせないろう付けや旋盤・板金加工などを基幹技能として、技術者の育成や熟練技能の伝承に長期にわたり取り組んできた。一方、（株）日立製作所では、自ら製造業として培ってきた経験・ノウハウを基に、OT（制御・運用技術）と IT（情報技術）を融合した IoT プラットフォーム「Lumada」や先進の研究開発を活用した製造現場のデジタル化により、日本の製造業の

強みであるものづくり力を高めるソリューションの創出に取り組んできた。このような中、（株）日立製作所は、現場作業員の逸脱動作や設備不具合の予兆を検出する画像解析技術を応用し、熟練技術者と訓練者の技能を定量的にデジタル化し、比較・評価することで、熟練者の技能をより多くの技術者に効率的に伝承するための支援ができると考え、ダイキン工業（株）の協力の下、空調機の製造におけるろう付けのプロセスにおいて、作業者の動作や工具の使い方などをデジタル化、モデル化する検証を行った。

<オリンパス（株）>

「技能継承（暗黙知の可視化）」

【匠の技×デジタル化】

・同社は、内視鏡や顕微鏡などの生産技術を IoT ツールなど

を活用してデジタル化する「デジタルものづくり」の活動に着手。高度技能者の持つ「匠の技」を数値化して、機械化・自動化を推進する。これにより、生産効率の向上や若手技能者の育成に活かす。国内拠点を始め、アジアなど海外拠点にも展開予定。デジタルものづくりとは、人の五感に当たるセンシング技術や人の頭脳に当たるデータ処理・解析技術、人の手に当たるアクチュエーション（運動系）技術について、デジタル技術を取り入れ、技能者の暗黙知を機械化・自動化するもの。先行例として、顕微鏡の対物レンズを高精度に自動組み立て・調整する機械を開発。従来、高度技能者を育成するには、10～20年近くかかった。その高度技能者が手作業で行ってきた対物レンズの組み立て、調整・評価作業を数値化し、サブミクロン（1万分の1ミリメートル）単位で微細駆動する調整装置との組み合わせで、手作業でなければ不可能だった高度な組み立てを自動化した。

<（株）エクセディ>

「技能継承（暗黙知の形式知化）」「品質確保」「予知保全」「遠隔監視」

【匠の技×デジタル化（AIなど）】

・同社は、マニュアルトランスミッションに搭載されるクラッチ、オートマチックトランスミッション（AT）及び無段変速機（CVT）に搭載されるトルクコンバータの開発から生産までを手掛けるサプライヤー。同社では、これまで熟練技術・技能者が勘と経験に依存していた設備や金型の不具合への対応を情報システムで支援する仕組み（暗黙知の形式知化）を構築。プレス機において、荷重センサー、電流センサー、振動センサーなどのセンサーを配置し、わずかな変化を捉えることにより、ベテラン技術者が判断していた品質に影響する変化、あるいは設備故障につながる変化をシステムにより分析することにまで導く。さらに、蓄積されたビッグデータから様々な事象を時系列的に分析するなどして不良品検知や設備などの故障予兆をリアルタイムに検出し、不良品発生を未然に防ぐことや、設備の故障を未然に防ぐことを可能とした。

<富士通（株）>

「技能継承（熟練技術者などの暗黙知の可視化・自動化）」

【熟練技能×AI】

・過去の熟練技術者の製品設計データに含まれる知識やルールを活用できるように整理を行い、再利用する際の最適解の抽出にAIを活用。通常、スキルの高い設計者が製品の要求仕様や回路構成などを考慮し、要素の優先度を総合的に判断しながら数百時間かけて作成。回路設計から基板設計へ移行する際、基板の層数（製造コストに影響）を何層にするかの判断があり、部品の配置や配線経路、目標とする装置サイズなどから制約される基板許容サイズなど様々な要因を考慮する必要がある。熟練技術者が過去の経験に基づいて行っていたプリント基板の層数判断を含む基板設計を、AIを活用することにより製造期間を20%短縮する。

<（株）川田製麺>

「人材不足対策」「品質確保」

【検査工程×デジタル技術（AI、IoT）】

・乾麺、半生麺、生麺の製麺業である同社は、検査工程に人工知能（AI）機能を搭載した検知器やIoT技術を製麺業界で初導入。食品製造業者を対象に、食品衛生管理の手続きを定めた国際基準のHACCPが段階的に導入されるなど検査基準が厳しくなる中、人手不足により熟練検査要員の確保が難しくなり、これまで目視で行っていた点検に限界を感じていた。AI機能で、包装のシール部分に一部の麺が入り込み、密封を妨げる「麺がみ」と呼ばれる不良品を検知する。さらに、IoTによって、従来手書きで行っていた検査記録の収集を自動化するのに加え、金属探知器や重量チェッカー、X線麺がみ検知装置をネットワーク化し、全データを管理端末で監視・分析する仕組みを構築。AIやIoTを活用することによって、包装不良の出荷は減少し、不良品発生の原因特定や改善措置の迅速化が可能となった。

<月井精密（株）>

「技能継承」「省人化」「ソリューション展開」

【暗黙知×デジタル化】

・コラム参照

コラム

切削加工業がクラウド見積サービスで新会社を設立・・・月井精密（株）

月井精密（株）（東京都八王子市）は、小惑星探査機「はやぶさ」に使用されるコンピュータボックスを製造するなど、技術力に強みを持つ精密機械部品メーカー。CAD/CAMソフトやNC工作機械などの情報技術を活用した製品加工を行う。

適切な見積作成には、相場感や時期ごとの価格変動、見積り依頼した顧客層など、社内外の状況を経験的に熟知している必要があるため、長年の現場経験と経営的な知見のある経営者などが対応する必要があるが、1日に複数の見積依頼が舞い込むと、他の業務ができないという課題があった。また、同社では、先代から事業承継した2年間は、工作機械の操作と同様、見積についても暗黙知の承継が困難であり、値頃感がわからず、どんぶり勘定になりがちであった。

このような課題を解決するため、同社では、見積作成のノウハウをデジタル化（見積に必要なすべての要素を係数として設定）することで、見積作成を誰もが容易に行えるシステム「Terminal Q」を開発した。同システムは、見積作成者が図面記載データを入力するだけで、自動的に見積額を計算する仕組みである。また同システムは、顧客からの見積依頼、担当者による見積作成、経営者などによる見積承認、データの保存など、すべての作業をシステム内で完結する仕組みとして構築した。

同システムを導入している企業に（株）栗原精機（埼玉県川口市）がある。精密機械加工として、削り出し加工を行う切削加工事業者であるが、切削加工は、特に相応の業務経験がないと見積作業を行えない分野であるため、同システムの導入により、通常の事務職員でも見積作業が可能になることに大きな期待を寄せている。また、見積依頼は依頼件数の変動が激しく、数日で数百件の見積依頼がたまることもある。見積作業はこれまで負荷の掛かる作業であったため、同システムによって、図面の情報などを項目別に入力するという単純作業で見積額が算定できれば、見積作業の大幅な省力化につながる。さらに、同システムの活用を進め、自動見積結果にフィードバックをかけることにより、より精度の高い見積が可能になるなど、見積実績データを蓄積することが同社のさらなる作業効率化につながると期待している。

図1 TerminalQについて



出所：月井精密（株）より提供

図2 TerminalQ の活用例



<長島鋳物（株）>

「品質確保」「省人化」「遠隔監視」「技能継承」

【匠の技×IoT】

・コラム参照

コラム

設備更新に併せて、自らの創意工夫で鋳物工場をIoT化・・・長島鋳物（株）

長島鋳物（株）は、1945年に鋳物のまちとして知られる埼玉県川口市で創業して以来、日本の上下水道の歴史とともに歩んできた国内有数のマンホール蓋枠のメーカー。長年培ってきた高度な鋳造技術と最新鋭の鋳造機器を融合させ、高品質な製品を供給している。また、業界のトップランナーとして、簡便で短時間にマンホール蓋の交換ができる工法の普及や、下水道を利用した災害用トイレの普及、液状化しないマンホール補強工法の普及など、時代に対応した事業を展開している。

マンホール蓋の仕様は多種多様であることもあり、同社の生産方式は多品種少量生産となっている。納期を守りつつ、製品品質を担保するには、熟練作業員の勘やスピードなどの経験知やノウハウが不可欠であり、その経験知やノウハウをいかに継承・改善していくかについて課題を感じていた。また、マンホール蓋の製造の際に使用する多種類の金型は、人の手で管理されていたことから、費用と労力がかかっており課題となっていた。そこで、同業他社との差別化を図るという点で、さらなる製品品質の向上を目指すために、ITなどを活用した製品の製造工程にかかるトレーサビリティが実現できないかと考え、同社に在籍していた電気関係の資格を持つ社員や、過去にIT関連企業に在籍していた社員などIT/IoTに精通する人材とともに、自社でIoTの仕組みを開発。

制御機器であるPLCなどから取得できる各生産設備の動作データなどを取得し、生産管理上の注文情報などと紐づけることで、情報を一元管理する仕組みを開発した。これにより、モバイル端末や大型ディスプレイなどで稼働状況、生産履歴、

注文状況などをリアルタイムで把握可能となるとともに、これまで人が行っていたシステム入力を自動化した。また、電気炉や注湯機にセンサーを設置し、温度や重量などのデータを取得・管理可能としつつ、自動的に最適に注湯される仕組みを構築した。

このように機械情報と生産管理がつながることによって、現場で生産数などの情報を紙に記録し、作業終了後 PC に入力する作業など様々な工程でのタイムロスや作業負担を減らすことができた。また、これまで人手に頼っていた電気炉の温度計測は、遠隔でのリアルタイムな温度管理が実現したことにより、各工程を踏まえた細かな温度設定が可能になり、過度な高温状態による電気炉の損傷軽減や電気代削減を可能にした。さらに、PLC で蓄積した砂の温度や水分量などの記録をデータ分析することで、今まで熟練作業者が指先で判断し限られた社員のみしか行えなかった技術の継承を可能とし、これまでの品質を保持したまま自動化を実現した。

図1 鑄造ラインに設置したディスプレイ



出所：長島鑄物（株）より提供

図2 モバイル端末による進捗確認



< (株) フクル >

「マスカスタマイゼーション」

【複数企業とのネットワーク×顧客ニーズ】

- ・縫製業を営む同社では、複数の企業の生地や副資材などの在庫データ、デザインパターン、縫製工場などをデータベース化し、世界で1着だけの服をオンデマンドで製造・購入できるシステムを開発した。同システムでは、縫製の手前までの工程をIT技術で自動連携させることでマスカスタマイゼーションを可能にしている。同社のシステムで顧客と生産者をつなぐことにより、海外製品との価格競争や人材不足などの問題を抱える繊維業界の活性化を目指す。

< 山中漆器産地 >

「生産最適化」

【地域内連携×管理システム】

- ・伝統工芸品である山中漆器（石川県）の産地で、産地全体で情報を共有する共通基盤を設けることで、産地内事業者間の連携をより密接し、全体で最適化を図る取組を推進している。生産の各工程は分業制であることから、発注する問屋にとって各職人の進捗状況は把握しにくく、また、受発注の業務も手作業で行っており時間と手間がかかっていた。生産工程や事務処理にICT(情報通信技術)を活用し、受発注業務や請求支払などの情報をクラウドで共有し、産地全体の効率化につなげる。

< LANDLOG、(コマツ (株) NTT ドコモ、SAP ジャパン (株)、(株) オプティム) >

「人手不足 (生産性の向上)」 「安全性の向上」

【全体最適化に向けた協業：建機メーカー×通信×PF支援×AI・IoT企業】

- ・建設業界の深刻な人手不足の課題解決に向けては、建設生産プロセス全体の最適化により生産性向上や安全性向上を

図る必要があるとの認識の下、コマツ、(株) NTT ドコモ、SAP ジャパン (株)、(株) オプティムは建設業務における生産プロセスに関与する土・機械・材料などあらゆる「モノ」のデータをつなぐ新プラットフォーム「LANDLOG」の企画・運用を開始した。これまで、コマツが建設現場向けに展開するソリューション事業「スマートコンストラクション」で運用しているプラットフォーム「KomConnect」は建設機械による施工プロセスを中心に構築されたものであったのに対し、「LANDLOG」は建設生産プロセス全体を包含する新プラットフォーム。情報の収集・蓄積・解析の機能について、施工会社などの要望に応じて様々なアプリケーションプロバイダーにデータを提供していく。これにより、建設生産プロセス全体のあらゆる「モノ」のデータを集め、そのデータを適切な権限管理の下に多くのプロバイダーがソリューション・アプリケーションを提供し、建設現場のユーザーがそれを活用することで、安全で生産性の高い現場の実現を図ることを目指す。

< (株) クボタ >

「農作業の無人化」

【農機×自動運転】

- ・同社では業界に先駆けて、有人監視下で無人自動運転作業を可能にするトラクタ「アグリロボトラクタ」を開発した。同トラクタには、高精度 GPS やオートステアリング（自動操舵）、自動旋回機能、安全装置を搭載しており高精度な作業を可能にする。付属リモコンによる作業開始・停止などの遠隔指示ができ、無人での耕うん、代かき作業を実現する。

< カゴメ（株）、日本電気（株） >

「農作物生産の最適化」

【環境データ×地形データ×シミュレーション】

・圃場に設置した気象・土壌などの各種センサーや人工衛星・ドローンなどから得られるデータと、農場から得られる実際の生育データをもとに PC 上に仮想の農園を作る。仮想農園での育成シミュレーションから、当該圃場に合った最適な営農アドバイスや将来の収穫量、最適な収穫時期などの予測を行い、農薬や肥料などの使用量の最適化、収穫量の最大化を目指す。

「しずく」を始め、各種人工衛星から海色、海面水温、海面高度データを収集し、分析することで、漁労長の勘や経験でしか判断できなかった漁場の把握を一般的なものにした。また、現場の漁船から水温データを収集・解析し、高精度の水温図や潮流図を漁船や漁業関係者、試験研究機関に提供している。同システムを活用することにより、従来と比較して漁場探索時間は 15 ～ 33% の幅で短縮（平均 29% 短縮）、給油量は 4 ～ 23% の幅で削減（平均 13% 削減）、漁獲量は 10 ～ 25% の幅で増加（平均 21% 増加）した。

< JAFIC（漁業情報サービスセンター） >

「熟練者の勘や経験の見える化」「生産性向上」「エネルギー消費削減」

【衛星データ・現場データ×データ分析】

・同法人が提供する漁場探索システム「エビスくん」は、JAXA（宇宙航空研究開発機構）の人工衛星 GCOM-W

《海外事例》

< Bossard >

「スマート在庫管理」「ソリューション展開」

【顧客起点×デジタル技術×プラットフォーム】

・コラム参照

コラム

自社の強みを活かしたスマートロジスティクスの展開・・・Bossard（スイス）

1831 年にスイスで設立された同社は、ねじ・ナットなどの締結部品の設計・開発と調達・販売を行ってきた。顧客の様々な要望に応えるため、約 5 万点の標準的な製品については世界中のサプライヤーから調達し、約 20 万点の特注品については社内で設計・開発を行っている。欧州、アジア、北米地域を中心に世界 26 カ国で事業を展開している。

他企業が Industry4.0 に取り組み出すよりも早く、同社は 1990 年代後半から「スマートロジスティクス」の構想に取り組んでいた。「顧客のために」という考えを大事にしており、どのようにすれば顧客企業がより生産性を高められるか、そのために自社ができることは何かということを常に会社全体で考えている。

2018 年 1 月から同社の CTO に就任した Urs Güttinger 氏は、同社の「スマートロジスティクスプロジェクト」に立ち上げ期から参画し、18 年間プロジェクトを率いてきた。このプロジェクトは、顧客企業における在庫管理・発注業務の効率化、在庫水準の最適化によるコスト削減を目的とした新ソリューションを開発することにある。本格的にスマートロジスティクスをソリューションとして顧客に提供し始めたのは、無線技術の進化や安価なデバイスが入手可能になった約 5 年前からである。同社のスマートロジスティクスの主力サービスである「SmartBin（スマートビン）」は、在庫製品の重量を計測し在庫管理を行い、あらかじめ設定した最低在庫量に達すれば、事前に設定した数量で自動的に製品の発注をするシステムである。このサービスを活用すれば、ヒトの手による在庫の確認や、必要な部品数の把握・発注、さらに、棚卸作業が不要となる。センサーなどデバイスの小型化に伴い、工場の様々な場所に柔軟に設置可能であり、どの場所にどのように設置すれば、作業員がより効率的に作業を行えるかといった点を考慮し、同社の担当者が SmartBin の導入時の設計を行う。

本事業の開発・販売から運用まで長年リードしてきた Urs 氏は、SmartBin の顧客への提供価値は 3 つあると話す。1 つ目は、業務オペレーションコストの削減である。SmartBin の導入に当たり、顧客企業の在庫管理における業務オペレーションを一から見直すことで、ロジスティクス周りの業務を改善することができる。人件費などの業務オペレーションコストを、平均して 50 ～ 70% 削減することができる点は、多くの企業にとって魅力的であろう。2 つ目は、在庫水準の最適化である。SmartBin ソリューションは、日本が誇る「カンバン」システムの考え方に近く、必要なものを、必要なタイミングで、必要な分量だけ届けることをコンセプトとしている。その結果、余分な在庫を抱える必要がなくなり、約 10 ～ 50% の在庫コスト削減を実現している。3 つ目は、顧客企業の信頼性を向上させることにある。顧客企業にとって、在庫の欠品は大きな機会損失であるとともに、顧客の信頼を失うことにもつながる。顧客の信頼に応え、常に必要な在庫を保有し、納期遅れなどを防ぐことは、ビジネスを行う上で非常に大切なポイントである。Urs 氏は、自社のスマートロジスティクス事業について「我々のビジネスは、顧客の事業が成長することを支援することである。そのために自社ができることに取り組んでいる」と語る。

同社がスマートロジスティクスソリューションを自社主導で開発し、世界中の顧客に届けられるまでに成功した秘訣は、人材にあると考える。スマートロジスティクスソリューションには、センサーを活用したハードウェアの開発から、収集したデータを管理し自動発注を行うソフトウェアの開発、顧客企業への導入時の設計など、多岐にわたる知見と技術が必要であった。当時の Urs 氏はまだまだ若手であったが、電子工学と情報処理に知見があったためプロジェクトリーダーとして抜擢された。ただし、同社はすべてに関し十分な知見やリソースは保有していなかったため、外部の事業者にも協力を依頼した。しかし、そこですべての開発を丸投げすることではなく、自社内に知見を貯め、ハードウェア・ソフトウェアとも社内で管理できる体制を整えることが重要であると考えた。Urs 氏は、社内に3名のソフトウェアエンジニアを確保し、そのメンバーが社内で知見を蓄積し、自社として何が必要か何をすべきかといった判断ができる状態を用意した。自社の経営方針に基づいた判断は、社内の人間にしかできないからである。

すでに SmartBin ソリューションは、他のサプライヤーが使用できるようプラットフォームとして各国で展開を始めている。顧客企業は、同社の製品だけでなく、様々なサプライヤーから仕入れているすべての部品の在庫管理を SmartBin 一つで管理することができる。場合によっては他サプライヤーの製品の輸送・補充も同社で担当することもあるという。SmartBin は同社と顧客企業をつなげるにとどまらず、複数のサプライヤー間での情報連携も実現している。同社の「顧客のために」という精神はここでも見られる。SmartBin ソリューションは、製造業を生業とする顧客にとどまらず、病院やオフィス用品を多数取り扱う企業にも導入している。病院では看護師が発注時に、ナースステーションと倉庫を何度も行き来し、どの医薬品をどれだけ注文するかを決めている。SmartBin を活用することで、ナースステーションにしながら在庫状況を確認、自動発注可能な点が最大の強みである。

このように、同社はビジネスモデルを「モノの販売」から、在庫管理・調達の「ソリューション販売」へ、さらに、自社の強みを「締結部品の販売」から「重さのある製品の在庫管理」へとシフトさせることで、製造業にとどまらず新しい分野においても順調に成果を上げている。「顧客のために」という本質を失わず、顧客ニーズに応じ柔軟に対応してきたことが、同社の事業成功の要因であろう。これからのものづくり企業が、進むべき道の一例を示しているのではないだろうか。

図1 SmartBin (センサーを活用した自動在庫管理・発注システム)



出所：Bossard より提供

図2 スマートフォンによる在庫の確認



< MADER >

「エネルギー利用効率化」「省人化」「ソリューション展開」

【コア分野知見×顧客起点×デジタル化×プラットフォーム展開】

・コラム参照

コラム

足下のデジタル化から事業のグローバル展開へ・・・MADER（ドイツ）

IoT 化や企業のデジタル化への必要性は理解していても、なかなかビジネスモデルを一気に転換させるような取組に着手するのは難しい。何も事業全体を今すぐ方向転換するという話ではない。大きなビジネス環境の潮流を踏まえながら、まずは自分達にできることから取り組むことが先決である。ドイツに拠点を置く同社のアプローチは参考となるだろう。

同社は 80 年以上、空気圧関連事業を手掛けてきた従業員数約 90 名の中小企業である。同社は、主要事業である空気圧機器や関連部品の製造・販売に加え、顧客企業の業務効率化を支援するアプリケーションである「MADER Leakage App」の提供を開始した。Leakage App は、コンプレッサー周りのエアール点検をより効率的に実施できるよう開発したアプリである。数年前から、ドイツ政府は産業界におけるエネルギー利用の効率化を優先課題として取り組んできた。その影響を受け、ドイツ国内の大手企業から中小企業まで工場内のエアール改善に本腰を入れている。産業用電力の 20 ～ 30% が圧縮空気を作るために使用されていると言われており、エアール漏れが改善されることで、コンプレッサーの負荷率を下げ電力削減ができる。コンプレッサーから送られるエアールを届けるためのパイプラインは、工場内の至るところに設置されており、エアール漏れも多いという。

同社のエネルギー部門のリーダーである Marina Griesinger 氏は、Leakage App を開発した背景をこう語る。「我々のチームは、どうすれば顧客の従業員が簡単に素早くエアール点検を終え、適切な次のステップを認識できるかについて何度も検討を重ねてきた。常に“顧客ファースト”の視点を忘れないようにしている。」エアール点検は時間の掛かる作業であるが、その多くは点検後のデータ入力とレポートの作成に費やされている。これまでは、エアール漏れ探知機で点検した内容を現場で用紙に記載し、その後、オフィスに戻り用紙に記録した内容を PC に入力しており、二度手間となっていた。エアール点検のレポートを作成するために 1 日以上費やす場合もある。Leakage App は、エアール漏れ探知機で点検した内容をタブレット上のアプリに簡単に入力することが可能。さらに、工場内のどの位置の、どのパイプラインにエアール漏れがあるかという情報は、パイプラインに取り付けた QR コードを読み取ることで入力できる仕組みである。アプリを使うことで、点検後すぐにレポートを作成することも可能である。修理が必要な箇所を可視化し、従業員に修理指示を出したり、アプリ上から同社の専門家に修理を依頼したりすることもできる。

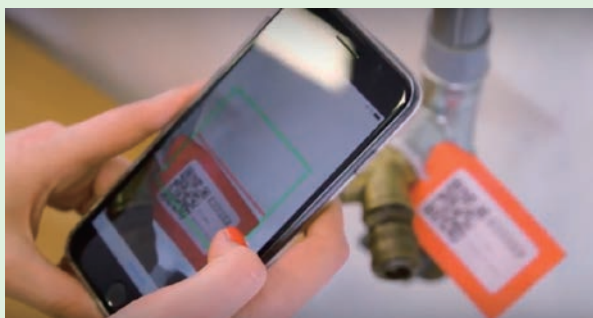
Leakage App は、同社の空気圧関連機器を使用している顧客だけでなく、コンプレッサーを使用しエアール漏れ検知を行う企業や工場であれば、どこでも使用可能である。Leakage App は、物理的な制限がないため、世界中の企業に対し提供可能である。同社の顧客は一気にグローバルに広がったという。特にドイツ国内に本社を置く大手製造業を狙い目としている。そのような企業は、まずドイツ国内の工場で Leakage App を導入し、その後、世界各国の工場でも同様に導入する。顧客企業は、同一のプラットフォーム上で、世界中の工場のデータをつなぎ、一元管理することができる。タブレットやアプリを活用した業務のデジタル化は、すでに様々な業界で導入が進んでいるが、このようにまずは自分たちが取り組める領域から確実に取り組むことで、同社は顧客への提供価値を高めている。

同社の取組はアプリのみにとどまらない。Leakage App で収集したデータを活用し、「AirXpert」というサービスを同時に展開させている。アプリで多くの顧客をつかみ顧客データを取集し、より高度なサービスを有償で提供するという戦略である。Leakage App を通じて収集された各企業のコンプレッサーに関するデータは、アプリ上で可視化され、一元管理が可能となる。このデータを用いて、顧客企業は同社に「Leakage Detection as a service（専門家による高度なエアール漏れ検知・分析サービス）」を依頼することができる。このサービスの特徴について Marina 氏は、「圧縮空気に関する知識や所管部門の予算、企業規模によって顧客企業が我々に求めるニーズは多岐にわたる。顧客のニーズに応じたサービスを提供できるよう AirXpert はカスタマイズして利用できる仕組みを採用している。」と話す。

同社が、顧客業務のデジタル化を支援し、そこで得たデータを元に新しいソリューションを展開することができた成功のポイントは、ひとえにこれまで空気圧機器や関連部品の製造で培ってきた知見や経験にある。空気圧のことであれば何でも知っているという強い自負を持っている。ただし、これからの社会の中で生き残っていくためには、モノの製造だけに特化しては難しい。モノの製造の強みを活かし、顧客の課題を解決できるソリューションを生み出していくことが求められる。

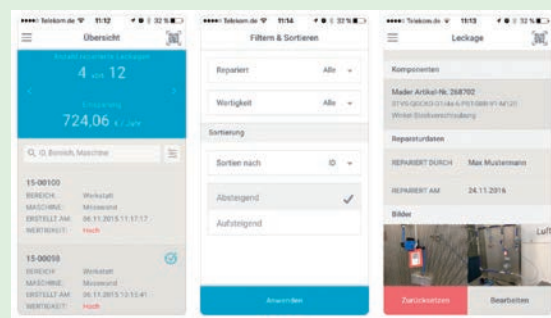
最後に Marina 氏はこう締めくくる。「我々は常に“顧客ファースト”のポリシーに沿って行動するだけ。」同社のようにまずは自分たちが実現できる取組から IoT 化やデジタル化に取り組み、新しいソリューションを生み出してみることも大切であるだろう。

図1 「Leakage App」の使用イメージ



出所：MADER より提供

図2 「Leakage App」の表示画面



< SEW-EURODRIVE >

「工場自動化」「ソリューション展開」（生産性向上）

【コア技術×積極開発投資×オープンイノベーション】

・コラム参照

コラム

スマートファクトリーにおける人とロボットの協働、その先に目指す世界とは ・・・SEW-EURODRIVE（ドイツ）

ドイツにも日本企業と同じようにヒトとロボットの協働を目指している企業がある。1931年に創業した家族経営の企業 SEW-EURODRIVE である。同社は、ドイツで2011年から開催されているTV局“n-tv”が主催するHidden Champions（知名度が低く規模も比較的小さいものの、世界市場または各地域市場においてシェア上位に位置し世界をリードする企業）に選出されており、持続的な事業を手掛けることを目指しビジネスモデルを構築している。

同社のコアビジネスは、85年間続けてきたギヤモーターの製造・販売である。同社は製品をドイツ国内外に展開しており、現在に至るまで国際的に高いシェアを誇っている。1990年代に他国企業との競争に打ち勝ち事業を拡大させるため、当時のオーナーが国際社会で生き残っていくために下した英断が、後のIndustry 4.0につながる「最新テクノロジーを活用した開発への投資」であった。ギヤモーターとは別に、コントローラーに使われる周波数インバータや、変速機、モバイルコントローラーなどの新たなエレクトロニック製品のデバイス製造に着手した。これらの製品は、自社内の組立作業を効率化させるために製造されたものであるが、社内での有効性が認められると即座に外販も始めている。

「私たちは、“Doing by ourselves”をフィロソフィーとして掲げており、自分たちで製品やソリューションを手掛けることを重要視している。短期的に見ると、アウトソーシングで作ってしまったほうが安くて早いかもしれないが、長期的に見ると自社にナレッジが残らない。作業を効率化するような分散型の機器製造に将来的な可能性があると考えていたので、今後の自社の強みとすることを想定し、自社で開発することを選んだ。」と東南・東アジアを担当するマネージャーのAndreas Appel氏は話す。自社開発とはいえ、もちろん近隣の大学やサプライヤーと共同開発も進めていた。近年はIndustry 4.0について「全バリューチェーンをデジタル化し統合すること」だと自社なりの定義を明確化させたうえで、何に取り組むかを綿密に検討してきた。まず、全バリューチェーンのうちの生産部分であるスマートファクトリーに着手し実用化させた。同社のドイツ工場では、物流・組立・ハンドリングを支援する3つのロボットが活躍している。1つ目は工場内の運搬を担うAGV（無人搬送機）である。倉庫と組立ユニット間や各組立ユニット間の原料・製品の移動は、このAGVが行っている。AGVは周辺をスキャニングする仕組みと自ら情報を処理し判断する機能を持っているため、機器同士が互いにつながり、コミュニケーションをとっている。ヒトを認識すると自動で減速する、移動方向を変えるなどの判断も可能だという。2つ目は、組立アシスタントロボットである。組立工程ではヒトを中心に作業を行うが、各ステップにおける機器移動や作業に合わせた作業台の高さ調節などはマシンが自動で行う。3つ目は、ハンドリングを担うロボットで簡単なピッキングと配置作業を担う。さらに、VR（Virtual Reality、仮想現実）などの先進技術も実用化している。作業員はVRを使用し組み立て作業の順序を確認、完成品のシミュレーションができる。スマートファクトリーは様々な企業が実用化させているが、一つのソリューションに限らず、AGV、組立ロボット、AR（Augmented Reality、拡張現実）・VR

など、複数の先端技術を組み合わせ、最適なスマートファクトリーを実現している点が同社の特徴である。これらのソリューションは自社内にとどまらず、培ってきたノウハウを活かし、AGV や組立アシスタントロボットの外販を含め、顧客企業のスマートファクトリーの構想やレイアウト設計を請け負う事業も新たに展開している。今後、ソリューション販売にも注力していく予定。

同社がスマートファクトリーを促進する背景には、カスタマイズ製造への需要の高まりがある。今後の社会では大量生産ではなく、それぞれの顧客の要望に応じたきめ細かなカスタマイズをいかに素早く実現できるかが成功のポイントとなる。カスタマイズ製造を実現させるうえで重要なのが「One piece flow production（個別製品の生産）」だ。数秒ごとに製品に関する情報を収集し組み立てる必要がある。例えば、ある製品を組み立てるときにどの組立ユニットでどのカラー、サイズ、ランクの部品を取り付けるのか、そのあとどのような処理をすべきか、という情報が基幹システム上の注文情報と工場内のリアルタイムな製造情報に紐づいている必要がある。各ロボットや製造機器、システム同士がリアルタイムにコミュニケーションできる環境が必要不可欠であり、さらに、カスタマイズに関する意思決定部分については、ヒトの判断を要するため、ロボットとヒトのシームレスなコミュニケーションも求められる。同社のスマートファクトリー内では、AGV などの機器・マシン同士、あるいは製造機器と ERP などのシステム間、さらに、ヒトと組立ロボットがお互いに連携し合い、カスタマイズ製造を実現させているのだ。

同社のドイツ工場は、一部をスマートファクトリー化することにより生産性が約 30% も向上した。一方で、ロボットはあくまでも原料や製品の移動を担い、カスタマイズに関する意思決定はヒトが担うという考えが根本にあるため、人件費削減を目標にしているわけではないという。将来的には、製造だけでなく物流までを対象としたスマートロジスティクスを自社で手掛けたいと検討している。2016 年のドイツ・ハノーファーの展示会で「Mobile logistics capsule（カプセル型自動走行車両）」をコンセプト製品として発表した。これは、トラックの荷台に格納可能なカプセル型自動走行車両で、最終製品を工場でピックアップし、このカプセル型車両自体がトラックに格納される。トラックが都市間の移動を担当し、都市部に到着した後、カプセル型車両がトラックから出て顧客の家まで一般道を通りながら走行するという構想である。Andreas 氏は、「私たちはこのような構想を踏まえ、将来のロジスティクスがどうあるべきか、我々がどう世界を変えていくことができるのかを考えている」と壮大な夢を語る。さらに、Andreas 氏はこう続ける。「日本は市場規模がある程度大きく、地理的・文化的に各地域から距離があるため、国内市場は比較的守られてきた。また、30 年以上にわたり独自の方法で工場の高度化に取り組んできたため、グローバル市場と距離ができてしまっている。これから先の将来は、国際社会と実際に戦っていかなければならないので、日本の中小企業も手遅れになる前に動き出す必要がある。」同社のような、夢のある構想を掲げ、国際社会をリードしていく企業の登場が期待される。

図1 無人搬送機 AGV



出所：SEW-EURODRIVE より提供

図2 工場内の状況をリアルタイムにモニタリング



< Optimal Plus >

「(サプライチェーン上のデータ連携による) 品質担保」「テスト工程の最適化」

【産業(デバイス)の知見×データ分析力】

・コラム参照

サプライチェーンにおける企業間データ連携の実現に向けたサードパーティの取組 ・・・Optimal Plus (イスラエル)

イスラエルにサプライチェーン上における複数企業間でのデータ連携の実現を目指す企業がある。電子機器・半導体産業に特化しビッグデータの解析を行うソフトウェア会社、Optimal Plus である。同社は、Fortune500 に選出されるような優良企業を多く顧客に抱えており、直近では、Forbes による「15 Technology Companies To Watch In 2018」や、Gartner が発表している「Cool Vendor in IoT Analytics in 2017」に選出されている新進気鋭の企業である。

同社は、産業界において既存のビジネスモデルの限界を感じたメンバーが、新しいビジョンを掲げ集結した組織である。既存のサイロ型モデル（生産プロセスが縦割りで進行するため、企業間の情報共有や連携を欠いており、各企業が独自に業務を遂行し孤立している状態）から脱却し、次世代のサプライチェーンの在り方として各企業が緊密に連携するエコシステムを構想している。

同社の強みは何といっても、ビッグデータのアナリティクス技術と半導体・電子機器産業における深い知見である。この二つの掛け合わせにより、市場の中でも独自の地位を築いている。事業を率いるディレクターの Yaacov De Russo 氏は「アナリティクスができる人材は多数いるが、産業界に知見を持ち本当に意味のあるインサイトを生み出せる人材は数少ない。アナリティクスにおいて非常に重要な点は、データを収集し、分析し、現場にフィードバックすること。収集されたデータは、現場の製造ラインにフィードバックされ実行されることで初めて価値を生む。我々のソリューションは、その実行までを含め自動化したオペレーションを運用している」と話す。その信念に沿う形で、同社のソフトウェアは 24 時間 365 日、世界中の工場からデータを吸い上げ、分析し、現場に実行指示を自動で出しているという。

このオペレーションを実現するに当たり、同社は従来の「The voice of the machine（製造におけるプロセスデータ）」を収集・分析するモデルに加え、業界では新しい「The voice of the product（製品自体のデータ）」の分析に注力している。各チップや CPU ボード、製品がどの工場のどのマシンをいつ通過して、どのような加工がされているのか、機能テストの結果はどうだったかというデータを、異なる工程から収集し、それぞれの製品個体に紐づけ、「プロダクト DNA」として管理している。プロダクト DNA の価値を高めるためには、1 社だけのデータでは不十分であり、サプライチェーン上の複数の企業間でのデータ連携が不可欠となる。Yaacov 氏は「我々の顧客は、サプライヤーや Tier 1（メーカーに直接納入する一次サプライヤー）の OEM であり、彼らが販売しているのは、高い効率性を実現する製造機器ではなく、高品質な製品自体である。だからこそプロダクト自体のデータから価値のあるインサイトを生み出すことが重要である。企業はたった 5% の欠陥品のために 95% の優良品を危険にさらしてしまう。我々は、プロダクト DNA の分析によりその 95% の利益を保護している」という。

同社のソリューションである、QPaaS（Quality Protection as a Service/ 品質保護サービス）は、これまで有効性が認められつつもデータ連携が進んでこなかった半導体サプライヤーなどと OEM 間でのデータ連携を支援するソリューションであり、各市場のアーリーアダプター企業と共同で構築する。部品メーカーや組立企業などのサプライチェーン上の複数企業から品質に関するデータを収集、分析し、各企業に実行可能なインサイトをフィードバックすることで最終製品の品質を向上させるソリューションだ。QPaaS は、サプライチェーン上の企業を仲介する信頼性におけるサードパーティとしてデータハブを担っている。すでに欧州の自動車業界の Tier1 企業とその上流のサプライヤー企業と PoC（the Proof of concept、コンセプト検証）を行い、高品質かつ歩留まりの改善を達成している。各企業から収集されるデータを統合して分析を行う際には、データハーモナイゼーション（データ同士の調和）が重要となる。データのフォーマットを統一するだけでは不十分であり、産業上の文脈や前後のプロセス、データ内容への深い理解を持ち合わせた上での分析が必要不可欠となる。そのため、同社のビッグデータ技術とエキスパートの経験・知見が最大限に活かされる。今後、遅からずサプライチェーン全体にわたるデータ連携が実現されていくが、多くの企業同士が個別に連携し 1 対 1 の関係を構築するのは非効率であり、現実性が低い。そこで多対多のネットワークを構築し全体のエコシステムを形成していく役割を担うサードパーティが重要になってくる。

QPaaS は品質保証の観点からみると、RMA（Return Merchandise Authorization/ 返品保証）に掛かるコストを約 50%削減することができ、さらに、RCA（Root Cause Analytics/ 欠陥原因の特定分析）に掛かる日数を平均 1 週間以下に短縮、不要な部品テストの 80%を削減することでテスト工程の最適化ができるという。

自社のコア領域のデータを他社と連携することに対して、流出・悪用といった観点から抵抗感がある企業も少なくないだろう。同社は、QPaaS の導入時に、どのデータをデータハブに送信するか、どのようなアルゴリズムによってインサイトを生成するか、誰にそのインサイトを提供するかという内容について各社と事前に合意する。各工場の製造機器から生成された生データは、他社に公開されることはない。このように細部にわたり顧客のコア領域を保護する手法を講じている。

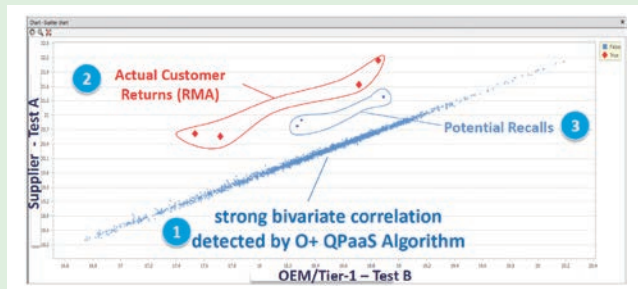
Yaacov氏は日本への展開も積極的に見据えている。「日本において、サプライチェーン上のデータ連携にはポテンシャルがあると考えている。自動車産業を始め、先進的な技術を活用している企業が多く、QPaaSを展開していく素地がある。ただ、自らが積極的に動くような日本企業は少なく、社会が動き出すのを待っているように感じる。これからはいかに早く動くことができるかが重要である。」とYaacov氏は日本の市場に対する見解を述べる。Connected Industriesによるデータ駆動型社会は、もうすぐそこまで来ている。ものづくり企業がいかに早く動くことができるかが、勝負どころとなるものと思われる。

図1 Optimal Plus が提供する QPaaS の連携イメージ



出所：Optimal Plus より提供

図2 QPaaSを使用した分析のイメージ



< Uhlmann Pac-Systeme >

「保守効率化」「ソリューション展開」

【顧客起点×デジタル化×社内教育】

・コラム参照

コラム

AR (Augmented reality/ 拡張現実) を活用したスマートグラスによる機器メンテナンスで新しいビジネスモデルへ挑戦・・・Uhlmann Pac-systeme (ドイツ)

同社は、1948年に設立されたドイツに拠点を置く医薬品の包装機器製造におけるリーディングカンパニーである。同社は、長年この包装機器の製造と販売を主軸事業としてきたが、近年では、「モノの販売」に加え新技術を活用した「ソリューションの提供」にも力を入れている。全社的に、デジタルライゼーションを志向しており、社内に新規デジタルソリューションの企画・開発部門を設置し、先端技術の活用を視野に入れた検討を常日頃から積極的に行っている点が同社の大きな特徴である。定期的にワークショップを行い、展示会などの外部イベントに参加するなど、情報収集やネットワーキング活動にも余念がない。

ドイツ・デュッセルドルフで開催された展示会 "Interpack 2017" において、同社は新しいソリューションである、「スマートグラスを活用した遠隔メンテナンスアプリケーション」を発表した。もちろんこのソリューションも、社内スタッフによるディスカッションから生まれたサービスである。スマートグラスを活用することで、製造機器のメンテナンス作業を誰でも簡単に行えるよう標準化し、作業工程自体も効率化することができる。作業員が、AR技術を用いたスマートグラスをかけて包装機器を見ることで、瞬時に機器の温度や湿度といったメンテナンスに必要な情報を閲覧することができ、メンテナンス方法や機器の詳細情報のドキュメントにもボタン一つでアクセスすることができる。つまり、AR技術を活用し既存世界にデジタル情報を付加することで、製造機器とヒトの間におけるコミュニケーションを実現しているのだ。

デジタルライゼーション部門の主任である Kathrin Günther氏は、大きく2つの観点からデジタルライゼーションに取り組んできたと話す。1つ目は、経営的視点である。会社としてビジネスを、デジタル環境に適合させていく必要があると認識していた。リーディングカンパニーといえども、急速に変化するグローバル社会の中で勝ち残っていくためには、会社のあり方を変革しなければならないのである。2つ目の視点としては、顧客志向的視点である。顧客企業の業務プロセスのどこに課題や問題があるのかを特定し、作業の効率化や顧客満足度の向上ができないかを検討していた。この2つの視点から、将来の「Human machine interface (人間と機械の間の伝達を行う機器やコンピュータプログラムのインターフェース)」のあるべき姿を具体的にイメージし、マシンが人間にどのように作業を指示することができれば、現場の作業を効率よく、

安全に行うことができるかということに日々考えを巡らせていたという。

本プロジェクトには顧客企業のメンバーも参加し、幾度となくディスカッションを繰り返しプロトタイプの改善を図ってきた。「一部の作業員は、新しいテクノロジーを恐れ、スマートグラスをかけながら作業することに違和感を抱いていた。顧客の現場スタッフに受け入れてもらい、安全に使用してもらうため、工場でユースケースを用いてプロセスを説明し、シミュレーションを繰り返した」と Kathrin 氏は振り返る。新技術に対し内向的な企業には、根気よくサービスのメリットを説明し、実際に使用してもらうことで価値を理解してもらったそう。顧客とのディスカッションでは、セキュリティ面についても検討がなされていた。通常、医薬品関連の機器は外部ネットワークと接続されていないため、ネットワークに接続するには、サイバーセキュリティ上のリスクを考慮する必要があった。顧客企業と詳細に接続要件を話し合い、責任の所在を明確化することでネットワーク上のリスク管理を実現している。

同社は従来の固定価格で製品を販売するビジネスモデルに加え、スマートグラスを活用したメンテナンスサービスを継続的に販売するビジネスモデルを新たに立ち上げた。ソフトウェアの更新料やライセンス契約での課金体系となり、安定的な収入を確保することができる。ビジネスモデルの転換において最も難しいのは、既存スタッフの教育である。現場で求められるスキルや能力が変わっていくなかで、従来の業務から脱却し新しい思考やスキルを短期間で身に着けることは非常に困難なため、チェンジマネジメント（業務や組織に関する様々な変革を推進・加速し、成功に導くためのマネジメント手法）を導入し、現場のスタッフだけでなく経営陣にも教育を提供することで、会社の在り方自体を変革させる必要がある。Kathrin 氏は、「ドイツ政府は積極的に Industry4.0 に対して取組を行っている。しかし、Industry4.0 の取組は本来、政府が行うものではなく、最終的な実行責任は各企業にある。私たち、企業が動かなければ Industry4.0 は意味をなさない」と話す。将来の社会を見据え、自社に何ができるのか、何をしなければならぬのかを考え、実際に行動に移してきた事業リーダーとしての、責任感と力強さを感じさせる意見である。

図 AR 技術を活用したスマートグラスによる機器メンテナンスのイメージ



出所：Uhlmann Pac-systeme より提供

< YOU MAWO >

「マスカスタマイゼーション」

【3D プリンター×地域の販売店】

・コラム参照

コラム

世界に一つだけのメガネフレームを届ける (3D プリンターによる地元メガネ販売店の活性化)・・・YOU MAWO (ドイツ)

ドイツに拠点を置く同社は、1人ひとりの顔の形に応じたメガネフレームのカスタマイゼーションを行うスタートアップである。2015年に設立され、2016年から本格的に事業を展開している。既製品ではなく、それぞれの顧客の顔に合わせカスタマイズされたメガネフレームを3Dプリンターで製造し提供する。カスタマイズされたメガネフレームは、欧州地域の地元のメガネ販売店を通じて顧客に提供されるため、最終顧客と地元のメガネ販売店のつながりを生んでいる。このビジョンが評価され2017年に the SME Award Hidden Champions（知名度が低く規模も比較的小さいものの、世界市場または各地域市場においてシェア上位に位置し世界をリードする企業に対し贈られる賞）の Innovation and Vision 部門を受賞した。

メガネ販売店と最終顧客をつなげる仕組みに特徴がある。同社はまず、タブレットで使用可能な3Dフェイススキャン用のアプリケーションをメガネ販売店に提供する。このアプリはWeb上で入手可能となっている。メガネ販売店のスタッフはこのアプリを使い、店頭で来店した顧客の顔をスキャンする。赤外線を使用した3Dスキャナーにより、顔全体の立体データを作成。作成された顔データは、顧客の選んだ色やフレームの形などの情報とともに同社に送信される。その後、顔の3Dデータを元にそれぞれの顔の形・サイズ・ゆがみに応じたメガネフレームを設計し、3Dプリンターで製造する。出来上がった製品は、検品を経てメガネ販売店に配送され、最終顧客の手にわたる。

欧州、北米、アジア地域に展開する大手メガネメーカーは、社内でメガネフレームをデザインし、イタリアや中国を中心としたサプライヤーに生産を委託するため、製品の注文から納品まで約3～6か月を要する。在庫切れの場合、再納品に3～6か月掛かるため、欠品を起こさないよう大量の在庫を抱える傾向にある。また、大量生産方式であるためカスタマイズはほぼ行われていない。一方、同社のビジネスモデルでは、最終顧客のニーズに応じたカスタマイズ製造を実現しているほか、オーダーが入ってから製造するため、在庫量を少なくすることが可能。同社のソリューションは、地元のメガネ販売店にとって、オンラインショップや大型チェーン店などの競合企業との差別化を可能にしている。同社の事業ターゲットは、大型チェーン店やオンラインショップではなく、欧州市場の約2割を占める独立系の高級志向のメガネ販売店である。メガネ1点あたり400～800ユーロ（1ユーロ＝130円換算で約5～10万円）の層を狙っているという。これらの層は、安価な商品に比べ、カスタマイズに対する顧客ニーズも高い。

同社の共同創立者たちは、2004年頃から既に3Dプリンターでカスタマイズされたメガネフレームを製造する事業構想を考え始めていた。共同創立者の1人である Daniel Szabo 氏は、「メガネフレームは比較的小さく、カスタマイズに向いている製品であるため、3Dプリンターでの製造には適していた。しかし2004年当時の3Dプリンターはコストも高く品質も良くなかった。そのため、ビジネスモデルをじっくり検討し、適切なパートナー企業を探すことに時間をかけてきた。」と当時を振り返る。近年、ようやく3Dプリンターも安価になり、品質も向上してきたため満を持して事業に乗り出した。同社は2年間で売り上げを実に10倍に伸ばしている。

同社の急激な成長を支えているのは、創立前から一緒にビジネスを作り上げてきた3Dプリンターやカスタマイゼーションに知見を持つパートナー企業たちである。同社の社員数は35名であるが、協業関係にあるスタートアップのメンバーを合わせると、60～70名程度になるという。

「我々のビジネスの本質は、様々なテクノロジーのピースを組み合わせ、顧客が抱えている課題を解決するソリューションを生み出すこと。世界には、AI・ビッグデータ・3Dプリンター・IoTなどの先端テクノロジーとそれらを使いこなす人材が多数存在する。ビジネス領域では、それらの技術や人材を組み合わせ、ソリューション化し、顧客に価値を提供できる役割が必要だ。我々は、実現しようとするソリューションを構築する上で、足りないピースを埋めてくれるような企業がないかどうか、常にアンテナを張って探している。」と Daniel 氏は述べる。

急激にビジネス環境が変化する時代において、一社のみで事業を展開しようとする技術的な困難に直面し、多くの顧客の個別の希望に最適なソリューションを提供するには時間がかかり過ぎる事態を招く。事業展開にこれまで以上にスピードが求められる今日、自らのビジネスに必要なパートナー企業を見つけ、関係性を構築することがいかに重要かということが同社の成功からもいえるのではないだろうか。

図1 3Dプリンターにより製造されたメガネフレーム



出所：YOU MAWO より提供

図2 タブレットを使用し顔の3Dデータを撮影している様子



< Adidas、Carbon >

「マスカスタマイゼーション」「短納期」

【3Dプリンター×革新技術】

・Adidas はシリコンバレーに拠点を置く3Dプリント企業 Carbon と協力し、従来の3Dプリンター技術を上回る技術を用い、3Dプリントスニーカーを製造。これまでの

3Dプリンターのように上から素材のレイヤーを重ねていく積層造形法でなく、印刷面から上に向かって連続的にプリントしていく Digital Light Synthesis（デジタルライト合成）と呼ばれる手法により、既存のものに比べて10倍以上の速さでの製造を可能にしている。短納期化以外にも、3Dプリンターで作成するので、格子構造の配列を決

定しているデータを少し変えるだけで、最適なミッドソー
ルが作成できる。2018 年中に 10 万足以上の生産を予定
している。

< LAP Laser Applikationen >

「新たなソリューション展開」

【コア技術×他用途展開】

・ドイツで主に製造・建築・医療関連の業種へレーザー出力
機器の製造・販売を行う同社は、レーザーを「測定」以外
にも応用し、レーザーによる組立アシスタントシステム
「Assembly Assistance System ASSEMBLY PRO」
を提供している。同システムは、製品の組み立てに必要な
作業情報データと顧客からの注文データをリアルタイムに
紐づけることで、より効率的な組立指示をレーザーで投影
し、組立作業をサポートする仕組みである。クライアント
の様々な製品からデータを収集し指示するため、カスタ
マイズ製造に向いている。組み立て作業をする企業であれば
規模の小さな工場でも比較的安価で導入可能であり、中小
企業を含む新たな業種の顧客獲得に成功している。

②スマート物流

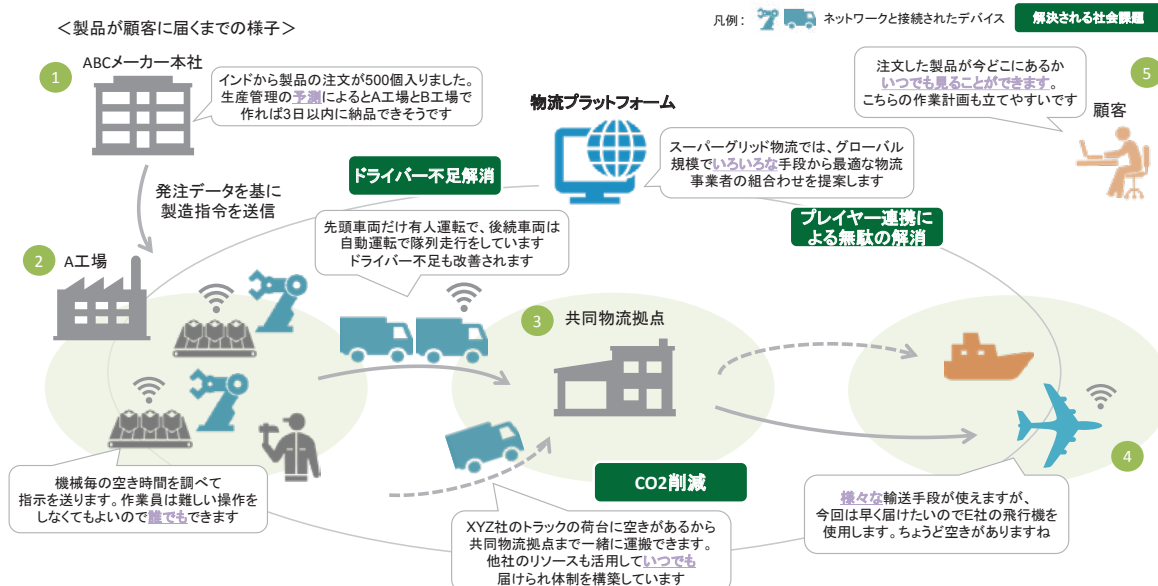
物流のスマート化に関しては、配送業者同士の連携・情報共
有が少なく、また、人手の掛かる業務も依然多いなど、低い生

産性を始め様々な課題が存在する。具体的には、倉庫業務・運
搬業務の多くが人の手によって行われており、荷量の増加や労
働人口の減少に対応しきれず、人手不足による倉庫業務
の生産性低下やドライバー不足による輸送業務への支障などを
引き起こしている。また、配送業者同士の連携・情報共有が少
なく、それぞれの配送に使用可能な手段の選択肢が限定的であ
り、不必要な CO2 を排出するとともに、E コマース市場拡大
による荷物の小ロット化・多頻度化などに対応できなくなっ
ている。

このような状況の中、Connected Industries のコンセプ
トの下でデータの利活用を積極的に進め、多くの事業者が互い
に連携し、取組の可視化を図るとともに配送業務を極力自動化
することなどにより、顧客の個別ニーズに対して最大限の対応
を図ることが可能となることが期待される。

例えば、全体最適化を図るべく配送の全体的な流れを可視化
して統合的な管理を実施することや、倉庫業務のあらゆる過程
を自動化することで省人倉庫・無人倉庫を実現することなどが
考えられる。さらには、より早く・安く・あらゆる場所に届け
るためには、多くの事業者・手段を巻き込んだ配送の実現が重
要となる。複数の事業者間でデータ連携を図り、サプライチェー
ンのデータをリアルタイムで分析することで、最適な配送手段
やルートを選択、正確な配送予測などがリアルタイムで行える
スマート物流の実現が期待される（図 134-2）。

図 134-2 「スマート物流」のイメージ



以下ではこのような社会に向けた先進的な事例を紹介する。

< アスクル（株）、（株）MUJIN >

「省人化」

【物流システム×ロボット】

・インターネット通信販売会社であるアスクル（株）は、知
能ロボットコントローラを開発する（株）MUJIN と協力
し、物流センターのピッキング工程に導入するシステムを
共同で開発。商品の置かれている状況や大きさ、形状を高
速かつ正確に3次元で認識するシステムと、得られた情報

を踏まえ、状況に応じて最適なロボットアーム軌道や動作を瞬時に生成するモーションプランニング AI 技術により、多品種多様な商品の種類を認識し、その形状や大きさに合わせた商品のピッキングを可能にしている。同システムの導入により、最も多くの人員を必要とする商品のピッキング工程の省人化を進めている。

< Amazon >

「最新ロボットシステムと人との共存」

【可動式商品棚×自動搬送ロボット】

・ 同社では、ポッドとよばれる可動式の商品棚と、それを運ぶドライブとよばれる自動搬送ロボットからなる「Amazon Robotics」を一部物流拠点に導入している。ドライブが商品棚を作業員の前まで運ぶことで、作業者が移動する必要がなくなり、入荷した商品の棚入れ時間と、顧客の注文商品を取り出す時間の削減につながっている。また、作業者が入荷商品を適切な棚の空きスペースに入れられるようモニター上でガイドし、出荷時も注文商品が棚のどの場所にあるのか商品画像とともにガイドされるため、品揃えスピード向上と在庫保管効率の向上、さらに出荷スピードの向上にも寄与している。最新のテクノロジーと人々が業務を分担することで、間違いがなく正確で、迅速な出荷ができるシステムが構築されている。

< (株) ウェザーニューズ >

「物流経路や運航の最適化」「安全性向上」

【物流航路×船舶性能情報×気象・海上データ】

・ 同社は、船舶の安全性に加え経済性、環境性、定時制など多様化するニーズに応えるためのサービス「Optimum Ship Routeing (OSR)」を提供している。海運会社のニーズが多様化する中、同サービスでは、船舶ごとの燃料とスピードのパフォーマンス特性を解析し、航海で要求される到着時間、燃料節減目標を実現するための最適航路、最適エンジン回転数、予測される気象海上状況の情報と他の選択肢の検討とリスク情報を船長、陸上の運航担当者、そして同社が共有することで、航海の最適化を行う。現在、同サービスは、コンテナ船、自動車船、ばら積み船、タンカー船などあらゆる船種に対応し、約 4,000 隻にサービスを提供しているが、将来的には約 10,000 隻にサービスを展開する予定。

< 豊田通商 (株) >

「省人化」「安全性向上」「燃費向上」

【トラック×自動運転】

・ 同社では、通信及びセンサーなどにより、物理的に牽引することなく、後続車両が先行車両に追従することを可能にする電子連結システムの開発に取り組んでいる。同システムにより、2 台目以降の後続車両は無人で隊列走行が可能

となる。物流業界のドライバー不足は深刻化しており、同システムの活用により省人化、安全性向上が期待される。また、隊列走行時の空気抵抗は単独走行時より減少し、燃費改善による省エネルギー効果も期待されている。2018 年 1 月、高速道路における後続有人隊列走行の実証実験を実施。

< 楽天 (株)、(株) ローソン >

「無人配達」

【配送×ドローン】

・ 2017 年 10 月より半年間、福島県南相馬市で小型無人機「ドローン」を使った商品配送の試験運用を実施。同市内のローソン南相馬小高店が移動販売を行う際、楽天のドローン配送と連携し、移動販売車両に積み込めない温度帯の商品である、店内調理の唐揚げなどを店舗から 2.7km 先の移動販売先まで運ぶ。同店舗は東京電力福島第 1 原発事故による避難指示区域の指定が 2016 年 7 月に解除された同市小高区内において最初に営業を再開したコンビニエンスストア。専用車両のスタッフがドローン配送を対象とした商品の注文を受けると、連絡を受けた店舗スタッフが商品を専用の箱に詰め込む。楽天ドローンのスタッフは箱を受け取ってドローンに搭載し、移動販売先に向けてドローンを飛ばす。

< KDDI (株)、(株) プロドローン、テラドローン (株)、(株) ゼンリン、(株) ウェザーニューズ >

「モバイル通信を用いた自律飛行ドローン」

【モバイル通信×ドローン×運航管理×空の 3 次元地図×空の気象情報】

・ KDDI (株)、(株) プロドローン、テラドローン (株)、(株) ゼンリン、(株) ウェザーニューズの 5 社はモバイル通信ネットワークを活用したドローン専用基盤「スマートドローンプラットフォーム」の商品化に向け、業務提携を実施。ドローン機体、運航管理システム、モバイル通信、空の 3 次元地図、空の気象情報を活用し、ドローンの長距離自律飛行を実現する。このプラットフォームにより、遠隔でのドローンの飛行指示、飛行状況監視、衝突回避に加え、ドローンが取得したビッグデータの蓄積、分析が可能となる。今後、インフラ検査や農業支援、配送、警備、災害救助などのソリューションの提供が見込まれている。

< ヤマト運輸 (株)、(株) ディー・エヌ・イー >

「希望の場所・時間帯での荷物の受取」

【自動運転×保管ボックス】

・ 2017 年ラストワンマイル配送の実用実験を実施。自動運転社会を見据えた次世代物流サービスの実現を目指した実験であり、神奈川県藤沢市の一部地区で実験的にサービスを開始。将来の自動運転車（無人）によるオペレーションを見据えている（現在の実験では自動運転車ではなく、ド

ライバーが運転)。サービス内容としては以下の2つ。①ロボネコデリバリー：対象地区のユーザーに宅急便を届けるサービスで、クロネコメンバーズの会員限定。最寄り駅や会社など、対象エリア内であれば、自宅以外の場所でも受け取りが指定可能で受取時間を10分単位で指定でき、指定可能な時間帯は他の顧客の配達予約状況によってリアルタイムに変化。Webから空いている時間帯を選択し、配送車が到着する3分前には、ユーザーの携帯電話に連絡が入る。車が到着すると、ユーザーは配送車に搭載された保管ボックスに、あらかじめメールで受信した2次元コードをかざすと扉が自動開錠し、ユーザーが自ら荷物を受領する。②ロボネコストア：対象地区の商店の商品を買い物代行するサービスで、ネットの専用ページから注文し、最短40分後に受取が可能。対象地区内で受取ることができれば、地区外から訪れたユーザーでも利用が可能。

< (株) ZMP、日本郵便 (株) >

「自動走行宅配ロボット」

【自動走行×配送】

・自動運転の実用化で、安全で楽しく便利なライフスタイルの創造を目指す(株)ZMPは日本郵便(株)と連携し、自動走行宅配ロボット「CarriRo® Delivery」を用いた実証実験を福島県南相馬市で実施。CarriRo Deliveryは宅配ボックスを搭載し、カメラやレーザーセンサーで周囲環境を360度認識しながら最大時速6kmで自動走行する。郵便局やコンビニエンスストア、住宅などの拠点に荷物を配達し、遠隔監視・遠隔操作も可能。

《海外事例》

< Pirelli、Schrader Electronics >

「フリートマネジメント (業務用車両監視・管理)」

【タイヤ×センサー×ソリューション展開】

・イタリアのタイヤメーカーであるPirelliと英国の部品メーカーのSchrader Electronicsは、内部に空気圧や温度を検知するセンサーを設置したタイヤを開発。センサーから得られたデータを活用し、タイヤの保守サービスに加え、フリートマネジメント (業務用車両監視・管理) サービスを提供している。フリートマネジメントサービスにおいては、車両管理者・ドライバーにモバイルアプリを通じた走行データなどをリアルタイムで提供するとともに、Pirelli内にて技術者やマーケティング担当者がリアルタイムで異常情報や予測情報を監視する。リアルタイム監視による安全性の向上、車両の稼働率向上 (ダウンタイムの削減)、TCO (総保有コスト) の最適化、タイヤメンテナンスコストの削減、燃料コスト・CO2排出量の低下など幅広い価値を実現している。

< Google X、Virginia Tech >

「無人配達」

【ドローン×配送】

・2017年6月ドローンを使った無人配達のプロジェクト「Project Wing」が、無人航空機システム (Unmanned Aircraft Systems, UAS) の航行管理に関するFAAとNASAが制定した一連のテスト (人間の操縦者のいない機が、荷物やその他の品物を大規模に自動化されているネットワークの一部として配達できるために欠かせない要件) を完了した。Project Wingとは、Google Xやその他の企業が、数千機から成るドローンの編隊を運用し、荷物の配達などを実施するドローン宅配便計画。バージニア工科大学のテストサイトにて、1人の地上操縦士が3台のWingドローンを同時にコントロールし、それぞれのドローンが、別々の集荷と配達を行った。

< DHL、Polygon >

「無人自動配達」

【配送×ドローン】

・ドイツの輸送物流大手のDHLはドイツの設計エンジニアリング企業のPolygonの協力を得て、2016年5月、山岳地帯での3か月にわたる配達ドローンの実地試験を完了。自動配送ステーションを開設し、車では30分掛かる場所へ8分以内に荷物を届けた。標高1,200mの高山地帯にあるライト・イム・ヴィンクル地域とアルムという2か所に「スカイポート」を設置。スカイポートとは、同社が開発した「ドローン用の自動宅配ステーション」で、荷物を挿入すると、配送システムが起動し、ドローンが離陸。8km離れた他のスカイポートへと向かう仕組み。これらの地域に住む個人顧客は、ここで荷物を受け取ったり、ここから荷物を送ったりすることが可能となる。同様の実験をスイスポストやフランスのGEOポストも実施。

(2) 移動する

「移動する」ことを担う中心的な産業である自動車産業においては、今日、CASEといわれる「Connectivity (つながる)」「Autonomous (自動化)」「Shared & Service (利活用)」「Electric (電動化)」が大きな潮流となっており、これらへの対応に向けて業種の垣根を越えて、様々な“つながり”による取組が見られる。

このうち、自動走行実現に向けては、政府目標として、①移動サービス：2020年に限定地域で無人自動走行 (レベル4相当) の事業化、②自家用車：2020年に高速道路レベル3の商品化、③隊列走行：早ければ2022年に高速道路での後続無人隊列走行、を掲げており、①～③の実現に向け、全国20か所で公道実証事業を推進している。

また、電動化に向けては、中国が2019年からNEV（New Energy Vehicle）規制の下で全生産量のうち一定比率の新エネルギー車（EV・PHV・FCV）生産を求めるほか、英国が2040年までにガソリン・ディーゼル車販売禁止を、フランスが2040年までに温室効果ガスを排出する自動車の販売終了を公表している。さらに、インドも2030年までにすべての販売車両の電動化を打ち出すなど、電動化に向けた動きが加速している。

さらに、モビリティサービス化の潮流も一層顕在化しており、ICTの進化・社会実装化を背景に、個々人のライフスタイルや地域の課題に根ざしたサービスへの期待が高まっている。これまでの車ありきの車起点のアプローチから、生活者／社会課題起点のアプローチに重点を変えていく必要性が増している。その際、生活者／社会課題起点でニーズに対応した多様なサービスを提供するには、これまでと違った業種の専門家とうまく“つながり”、協力関係を構築することが鍵を握る。さらに、将来的には航空機とドローンの間に“空飛ぶクルマ”が登場し、空・陸・海の移動がシームレスにつながり、顧客ニーズに応じた多様なサービスが生まれることも期待される。

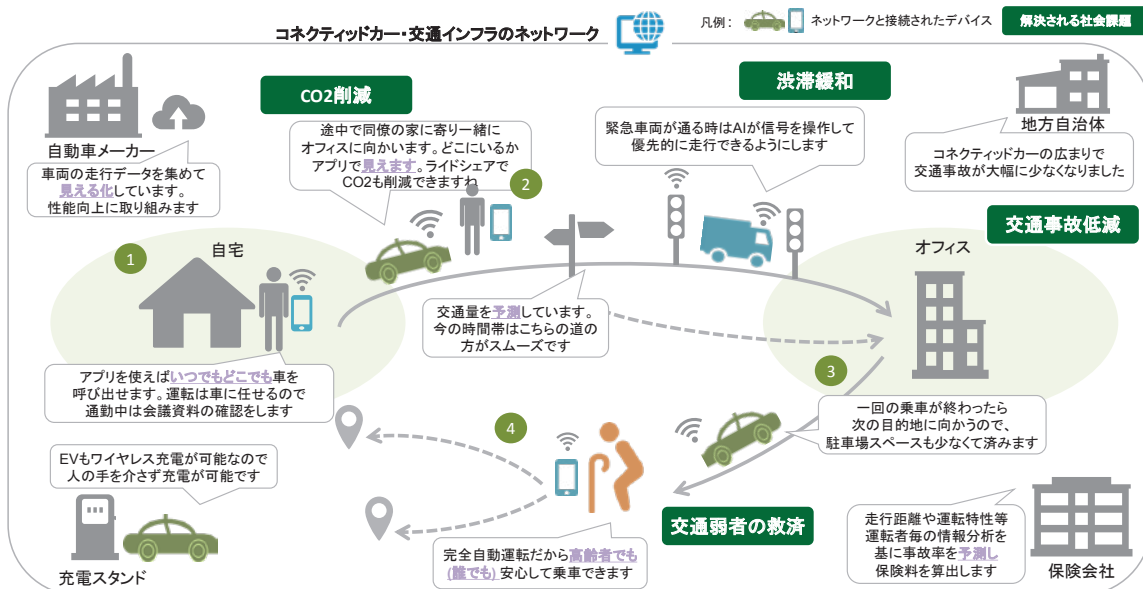
そうした中、Connected Industries の概念による取組が進むことによりあらゆるデータが連携されることで、人に対する乗り物の位置付けは大きく変容することが予想される。

現在の主な課題としては、例えば、個人で所有する車に関し

て言えば、人が運転するため事故が多い、メンテナンス費用や運転に要する時間が掛かるなど、個人（人）に対する負担が大きいことが挙げられる。また、公共交通手段に関して言えば、事業者同士の情報が分断していることから連携が限定的で、利用者にとって異なる交通手段やサービスを活用する際の手間や費用が掛かるなどが考えられる。このような状況に対して、Connected Industries を推進することにより事業者間でのデータ連携を活発に行うことを通じ、将来、シームレスな利用者体験を提供するサービスが実現し、利用者の移動における負担が最小化する社会が期待される。具体的には、車の操作に関して言えば、完全自動運転の実現によりドライバーが操作から解放されることによって「自ら運転する」という体験から、「車内環境を楽しむ」という体験に求める価値が移行することが予想される。また、車の所有に関して言えば、「車は所有するもの」という考え方が薄まり、「必要なときに呼び出すとやってきて、目的地まで自動的に運んでくれ、目的地に着いたら別の利用者のところに自動的に向かうもの」という考え方に移行していき、業者が保有する車のカーシェアリングやライドシェアリング、オンデマンド配車サービスなどが増加することも予想される。

このような完全自動運転カーシェア社会の実現に向けては、様々な技術が必要であり、例えば、図134-3のような世界が想定される。

図134-3 「完全自動運転カーシェア社会」のイメージ



資料：経済産業省作成

以下ではこのような社会に向けた先進的な事例を紹介する。

<三菱電機（株）>

「自動走行」

【準天頂衛星×高精度測位端末×高精度 3 次元地図】

・同社では、ビルの多い都市部や山間部でも安定的に測位信号を受信できる準天頂衛星システムを活用するとともに、高精度な測位端末及び高精度 3 次元地図を用いることで、センチメートル単位での位置情報の取得を目指す。これにより、安全運転支援・自動走行分野を始め、無人・自走による効率的な農作業、土木機器の作業や走行を制御するなど、社会の様々なシーンに新たな価値をもたらすことを目指している。

< NTT グループ、SAP、東レ（株） >

「交通事故未然防止」

【繊維センサー×生体情報×運行情報】

・NTT グループと SAP はお互いの技術を活用し、安全運転を支援する IoT ソリューションの開発に取り組んでいる。NTT が東レ（株）と共同開発した「hitoe（ヒトエ）」によってドライバーの心拍数などの生体情報を取得し、それをもとに NTT グループが疲労度や緊張度を分析する。ドライバーから得られたデータと、スマートフォンや運行データを記録する装置などから収集した車両位置や加速度などのデータを、SAP が持つ分析アプリケーションで総合的に分析することで事故を未然に防ぐことを狙ったもの。

< CARTIVATOR >

「空飛ぶクルマ」

【新たなモビリティ×人の移動】

・日本の自動車や航空機の業界などの若手メンバーを中心に、空飛ぶクルマ「SkyDrive」の技術開発と事業開発に取り組む有志団体。2012 年に発足し、現在は 2020 年のデモンストレーションを目標にプロトタイプの開発を行う。将来的には「2050 年までに誰もがいつでも空を飛べる時代を創る」ことを目指す。

<<海外事例>>

< MaaS Global、HSL/HRT、Sixt >

「カーシェアリング」「ライドシェアリング」「MaaS (Mobility-as-a-Service)」

【IT サービス×公共機関×レンタカー】

・2016 年よりフィンランド・ヘルシンキにて、電車・バス・タクシーなど複数の交通手段をワンストップで提供する MaaS 型サービス「Whim」を提供。月額 89 ユーロ（約 11,000 円）からの固定料金で、ヘルシンキ地域交通局（HSL/HRT）が運営するトラム、地下鉄、バス、フェリー

や市内タクシー、Sixt が提供するレンタカーを無制限で利用可能としている。「Whim」スマートフォンアプリで目的地を指定すると、複数の交通手段を組み合わせた最適な移動ルートを手動で検索でき、電子チケットが発券される仕組み。利用者にとって、そのときのニーズやシチュエーションに合わせて、最も効率的な移動手段を選択可能。

< EHang >

「空飛ぶクルマ」

【ドローン×人の移動】

・中国広東省に本拠地を構える同社は、有人ドローン「EHang184」を開発。100kg の積載物を 25 分間、巡航速度時速 100km で輸送する能力を有するとしている。既にドバイで実証実験を進めており、新たな空の交通インフラとして期待されている。今後、災害時の人命救助や物資支援などへの活用、離島や山間部への移動手段としての活用、渋滞緩和に向けた都市部での活用などが期待される。

（３）健康を維持する、生涯活躍する

団塊の世代がすべて 75 歳以上となる「2025 年問題」に間に合うよう、技術革新を最大限活用し、個人・患者本位で、最適な健康管理と診療、自立支援に軸足を置いた介護など、新しい健康・医療・介護システムを構築することが必要である。また、個人の状態に合った効果の高いサービス提供による、健康寿命の延伸と高齢者の自立した生活の実現を目指すことも重要となっている。

従来、医師が患者の状況を把握する手段は、対面時の問診や病室などでの検査情報など、病院内での情報が中心であった。しかし、近年、IoT・ビッグデータ分野を中心とした技術革新を背景に、発症前・治療後を含む普段の生活時のデータの収集や大量のデータ解析など、新たなデータが活用可能となりつつある。現に、諸外国においては、患者を中心にケア全体で治療成果向上を目指す方向にシフトする動きが見えつつあり、製薬メーカー・医療機器メーカーなどは、単体の医薬品・医療機器だけでなく、予防・モニタリングを含めたヘルスケアソリューションを提供するビジネスモデルへと転換が進み始めており、AI による診断補助やアプリの治療への活用など、新たな技術が医療分野でも導入され始めている。我が国においても、関係法令などの遵守を前提に、健康・医療情報を安全かつ効率的に活用しながら、これらの技術革新の成果を最大限に取り入れ、イノベーションを促進するような民間投資を促進することが期待される。

以下では実際に IoT、AI などの技術革新を医療などの分野に取り入れている事例を紹介する。

<（株）オプティム、佐賀大学医学部付属病院>

「診断支援」

【眼底検査× AI】

・(株) オプティムと佐賀大学医学部附属病院は、IoT・AI (人工知能) といった最新のテクノロジーを活用した研究を行う「メディカルイノベーション研究所」を運営しており、高度医療、地域医療との連携、医療業界の問題の解決を図ることを掲げている。同研究所で注力しているのは、AI を用いた眼底検査の画像診断支援である。AI が眼底写真の中の情報をもとに解析を行い、担当医にその情報を提供することで診断の支援を行う。眼底画像の分析により、眼の病気だけでなく、糖尿病や高血圧症などの生活習慣病をはじめ他の様々な全身疾患の予兆も把握できる場合もある。従来の医師のスキルに加え、AI による診断支援を付加することでより正確な早期診断を目指している。

< (株) 日立システムズ、PST (株) >

「メンタルヘルス対策 (心の状態の見える化)」

【クラウドサービス×音声データ分析】

・(株) 日立システムズは PST (株) と協業し、声から心の健康状態の傾向を捉える「音声こころ分析サービス」を提供している。スマートフォンや固定電話、携帯電話などから録音した音声データを分析することで、本人も自覚できていない心の健康状態を見える化し、利用者に自分自身の状態の把握や気づきを促す。また、管理者向けの充実した機能によって、心の健康状態に不調が見られる利用者の早期発見を支援し、社会課題となっているメンタルヘルス対策に寄与することが期待される。

<<海外事例>>

< 大塚製薬 (株)、Proteus Digital Health >

「服薬状況の把握」

【錠剤×センサー】

・大塚製薬 (株) は米国製薬・医療機器スタートアップ Proteus Digital Health と、医薬品と医療機器を一体化した製品「エビリファイ マイサイト」を世界で初めて開発。抗精神病薬エビリファイの錠剤に極小センサーを組み込んだ錠剤を、パッチ型のシグナル検出器及び専用アプリを組み合わせることで、患者の服薬情報を記録し、スマートフォンなどのモバイル端末を通じて医療従事者や介護者と情報共有を可能にする。2017 年 11 月に米食品医薬品局 (FDA) から製造販売承認を取得し、2018 年に米国で発売予定。

< Pfizer、IBM >

「創薬支援」

【創薬×AI】

・2016 年 12 月、米国大手製薬会社 Pfizer は、米国のコンピュータ関連製品及びサービスを提供する IBM と、人工知能 Watson を利用したがん免疫創薬の共同開発に関し提携。一般公開されているがん免疫創薬関連データに、

Pfizer が保有する独自のデータを加え、IBM Watson の機械学習、自然言語処理などの認知推論能力を活用し、研究者の新薬開発を支援。研究者が年間に読める論文は 200 から 300 であるのに対して、新たに立ち上げられたクラウドベースの IBM Watson for Drug Discovery は、2,500 万の論文要旨、医学学術論文全文 100 万本、特許 400 万件を処理し、更新を定期的に繰り返す。これらの情報から、パターンを見つけ出し、新薬の候補を提示することを目指している。

< Matternet、Swiss Post >

「薬・医療物資の自動配送」

【ドローン×配送】

・スイスの国営郵便会社 Swiss Post は、米国の荷物運搬用ドローンの開発を手掛ける Matternet のドローンを用いて、病院間での医療用サンプルの輸送を 2018 年より開始予定。これまでの陸路での輸送に比べ輸送時間は短縮される。ドローンでは、最大 2kg の荷物を約 20km 運ぶことができ、空中で異常が発生した場合はパラシュートが自動で開くことで地上への墜落のリスクを軽減する。

< Medtronic、American Well >

「健康管理」

【生体情報×管理サービス×ビッグデータ】

・アイルランドに本社を置き、医療技術やサービス、ソリューションを提供する Medtronic は、米国のビデオ遠隔医療プラットフォームを提供するスタートアップの American Well と協業し、複雑かつ慢性的な疾患を持つ患者のニーズに応える遠隔医療サービス「Medtronic Care Management Services (MCMS)」を開発。複数の疾患を持つ患者が医師の診療を受けようとする際は、それぞれの専門分野の医師との調整が必要であり、時間と手間を要する。同サービスを利用することで、患者のデータは遠隔で診療を行うそれぞれの専門分野の医師へ共有され、画面上で患者と医師をつなぐことで、複数の医療機関に足を運ぶことなく専門医の意見を聞くことが可能になる。

(4) 暮らす

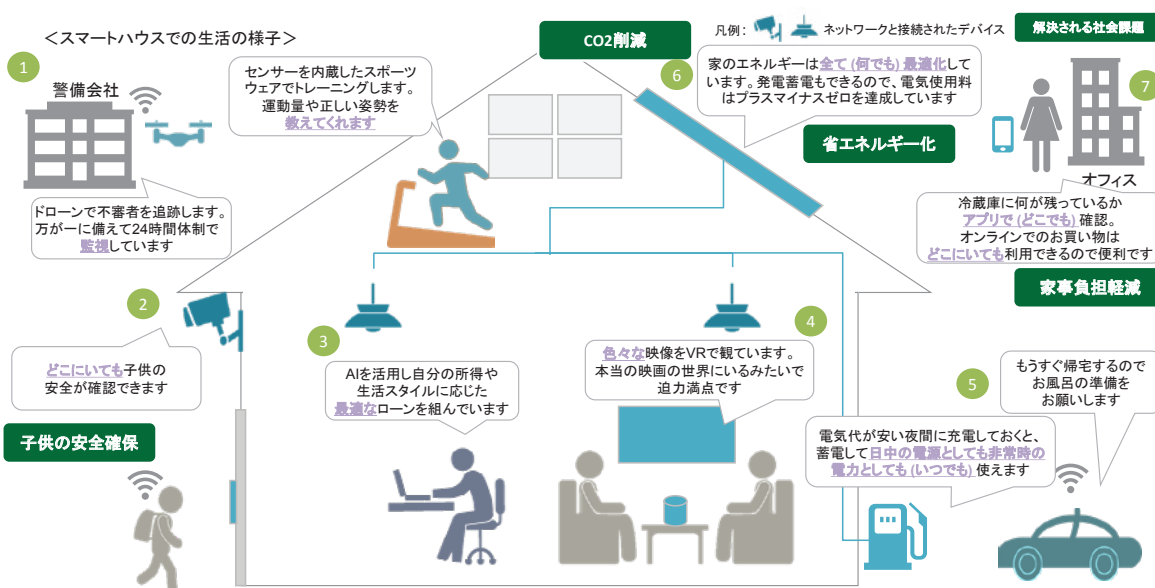
数多くの社会課題に対してデータの利活用は有効だと考えられるが、生活や生活環境に関するデータの利活用や連携は進んでいない状況にある。具体的な社会課題としては、例えば、経済社会のグローバル化・ボーダレス化や、デジタル化などが進み、変化の速度がますます速くなる中でストレスのたまりやすい生活環境となっていることや、共働き世帯の増加によって、家事や宅配便の受け取りなどが可能な在宅時間が減少していること、さらには、核家族や単身世帯の増加によって人とのつながりが減り、孤立や孤独死が増加していることなどが挙げられる。また、暮らしを通じた地球温暖化の原因である CO2 排出

量削減やエネルギー資源の効率的な利用などの課題もある。

このような状況の中、Connected Industries の推進によりデータの利活用を積極的に行うことにより、よりストレスの少ない生活、家事負担軽減、高齢化社会を踏まえた人々の結びつき強化などの生活の質の向上が期待される。例えば、VR（仮想現実）/AR（拡張現実）などのエンタテインメント空間の創出により住宅内外の状況が可視化されることで一層のくつろぎの実現が可能となったり、家電の遠隔制御・家事の自動化など

による効率化や在宅状況の把握による再配達削減などが可能となる。また、遠隔地に住む家族・友人とのつながりや高齢者や子供・ペットの見守りが可能となる社会や、エネルギー消費の可視化や制御によりエネルギー消費の最適化が期待される。究極的には、顧客の日々の活動データが様々なデバイスから収集され、そのデータに基づく新しいサービスが顧客起点で提供され、暮らしにおける様々な課題を解決するスマート社会が実現することが想定される（図 134-4）。

図 134-4 「スマートライフ」のイメージ



資料：経済産業省作成

以下ではこのような社会に向けた先進的な事例を紹介する。

< (株) NTT ドコモ、横浜市、and factory (株) >

「スマートホーム」「遠隔見守り」

【家電×IoT】

・2017年6月、横浜市の「I・TOP 横浜」内のプロジェクトとして、人工知能(AI)及びIoTを活用し、居住者のリラックス度や活動量などの生活状態を可視化することで気づきを与えることや、快適な室内環境づくりを行うことを検討・推進する「未来の家プロジェクト」を開始。(株)NTTドコモ、横浜市、and factory(株)は、横浜市と「相鉄いずみ野線沿線 環境未来都市」の取組を進める相鉄グループ及び健康アドバイスデバイスの提供を行う富士通コネクテッドテクノロジーズ(株)などと協力し、IoT家

電やセンサーなどをデバイス WebAPI(国際標準)を用いて実装した「IoT スマートホーム」を用いた実証実験を実施。将来的には、家に設置されたセンサーなどにより居住者の生活状態を把握し、AIを通じて居住者の状態に合わせた快適な室内環境へ自動調節する未来の家の実現を目指す。横浜市内の中小企業などと協力し、約2年間にわたり、IoT スマートホームを用いた実証実験を行う予定であり、実際の生活ログを蓄積・解析することで、居住者の生活状態や快適さについて評価・検討を行う予定。

< (株) hapi-robo st、GMO クラウド(株)、ハウステンボス(株) >

「ゴミ収集効率化」

【ゴミ箱×IoT】

・コラム参照

コラム

“ロボットのゼネコン”が複数の企業・地方自治体をつなげ、「スマートゴミ箱」を導入(業務効率化・社会課題×ロボット)・・・(株) hapi-robo st

2016年に日本で創業した(株) hapi-robo stは、クライアント企業から寄せられるロボットに関する依頼に対し、最適なパートナー企業とともにソリューションを提供するゼネラル・ロボティクス・プロバイダー、いわば“ロボットのゼネコン”である。理念として「人の能力を引き出し成長させるロボットで、自分の幸せが他人にもつながる、『人々の生活を

幸せで豊かにする』こと」を掲げている。

同社は、様々な企業・自治体を組み合わせて顧客の課題を解決するソリューションをプロデュースする企業であり、IoT 普及に向けたエコシステム構築をする上で要となる企業を目指している。体制としては、同社がソリューションの提案・設計を行い、パートナー事業者が開発・製造・サービス提供を行う仕組みであり、パートナーシップを結んでいる企業は、ロボットメーカーからコンポーネントメーカー、メディアまで約 120 社にわたる。ヒトとロボットの協業を掲げていることから分かるように、顧客が抱える課題に対し、ロボットや先端テクノロジーを活用しソリューションを提供している。単なる仲介者ではなく、ロボットの設計段階にも携わり実現までしっかりと見届ける。

同社はもともとエイチ・アイ・エス グループのロボット事業部門として設立され、現在はハウステンボス（株）の子会社に位置する。グループ各社の資産を活用し、ハウステンボスや H.I.S の店舗などで実証実験を行い、長崎ハウステンボスの「変なホテル」「変なバー」「変なレストラン」の接客ロボットや、インテル製のドローンを用いた「ドローン・ライトショー」のプロデュースも手掛けてきた。

現在、同社は、誰にとっても身近なものである「ゴミ箱」に着目し、パートナー企業を巻きこみ、国内で先進的に IoT に取り組んでいる。具体的には、GMO クラウド（株）、ハウステンボス（株）と共同で、IoT 技術の活用によりリモートでゴミの量を把握できる「スマートゴミ箱（仮称）」について、ハウステンボス内で 2017 年 12 月に実証実験を行った。ハウステンボス内のアムステルダムシティ全域に「スマートゴミ箱」を設置し、内蔵されているセンサーにより一つ一つのゴミ箱とスマートフォンやタブレットのアプリケーションがつながる。アプリケーションではリアルタイムにゴミの量を確認することができ、一定量のゴミが溜まったらハウステンボス内のスタッフにメールや音声で通知し、スタッフがゴミ収集を行う。これにより、ハウステンボス内で働くスタッフのゴミ収集業務の効率化を図る。

技術面について、同社の担当者は「発電やバッテリーについて改善の余地がある」と語る。実証実験では太陽光発電により稼動していたが、内蔵センサーはわずかな電力でデータ送信することができるため、ゴミ箱のふたを開ける時の運動エネルギーやゴミ箱の前に発電床（人が歩行したり、車が走行したりする際に発生する振動のエネルギーを電気エネルギーに変換する発電機）を設置して発電するなど、改善の余地は十分存在する。また、「スマートゴミ箱」を含め IoT 化の普及についてもバッテリーの小型化や改良が不可欠である。

今後は、大型リゾート施設やショッピングモールへの導入を検討しているほか、地方自治体との協業も視野に入れており、ハウステンボス内で導入を進めているスマートゴミ箱を道路や公園に設置されている公共のゴミ箱にも応用することを検討している。また、近年、高齢者を中心にゴミ出しが億劫になり自宅がゴミ屋敷化し、地域から孤立してしまう事例が増えており、ソーシャルワーカーが、住民に代わってゴミ出しをしている地域もある。そうした中、「スマートゴミ箱」に使用しているセンサーを地域のゴミ収集場所に応用することで、継続的にゴミ出ししていない住民の存在を検知し、住民の異常を周囲の住民やソーシャルワーカーが気づけるような仕組み化も考えられている。「スマートゴミ箱」が「地域の見守り役」を担うというアイデアである。地域におけるゴミ収集は広域にわたる日常的な運用を伴うため、地方自治体への展開は一朝一夕にはいかないことが想定されるが、長い時間軸で考えると社会課題解決にも貢献し得るソリューションといえる。

このように、日本企業が IoT 化するためのヒントとして、同社の担当者は「IoT とは小さなことの積み重ねである。『IoT でこんなことが実現できる』という気づきを与えることで、企業が見逃していた IoT の活用点を見出すことが可能となる」と語る。第四次産業革命や IoT と

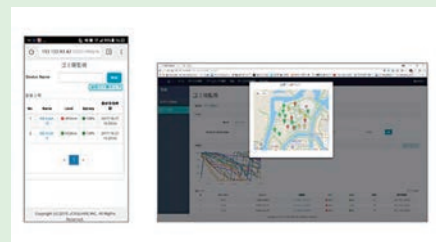
聞くと、壮大なことを連想してしまいがちであるが、まずは、自分自身や自社の身近なことについて、「どのようなことを IoT 化できそうか」「その結果、誰に、どのような利便性を提供できるか」を考え、小さなことから始めてみるのが重要であると考えられる。

図1 「スマートゴミ箱」の外観



資料：（株）hapi-robot より提供

図2 「スマートゴミ箱」管理画面イメージ



< グンゼ（株）、日本電気（株） >

「健康関連のサービス提供」

【繊維センサー×生体情報】

・グンゼ（株）は日本電気（株）（以下 NEC）と共同で、ウェアラブルシステム「姿勢チェック」を開発。導電性繊維を編み込んだインナーにより姿勢・心拍・消費カロリー

リーのデータを計測し、クラウドサービスを利用して姿勢改善や肩こり予防のためのサービスプログラムを顧客に提供。NEC はウェアラブル端末・クラウドサービスを開発。さらに、グンゼ（株）はウェアラブルシステム「筋電 WEAR」を開発。

< 倉敷紡績（株）、大阪大学、信州大学、日本気象協会、KDDI（株）、（株）セック、ユニオンツール（株） >

「作業危険度の見える化」

【繊維センサー×生体情報】

・倉敷紡績（株）は、大阪大学、信州大学、日本気象協会と複数の企業から構成される産学共創のプロジェクトを通じて、心拍センサーなどを備え付けた同社のスマート衣料「Smartfit」を使用し、建設現場などでの暑熱環境下での作業リスクに特化した管理システムの開発に取り組んでいる。同システムは、Smartfit により得られた作業員の生体情報と気象情報などを解析することで得られた独自のアルゴリズムをもとに、暑熱作業リスクをリアルタイムで評価できる仕組み。現場管理者は、パソコンやタブレット画面上で全作業員の暑熱作業リスクを同時かつリアルタイムに遠隔からでも把握・管理ができるため、より早い段階での暑熱環境下での作業リスクへの適切な対策を講じることができる。

（各機関の役割）

倉敷紡績（株）：本プロジェクトの統括、Smartfit 及びその素材開発、システム及び Smartfit の販売

大阪大学：医学的分析・考察を踏まえたデータ解析評価、アルゴリズム構築

信州大学：Smartfit の着用性向上と高機能化

日本気象協会：気象データの提供・予測モデルの指標作成

KDDI（株）：クラウド・通信環境の構築

（株）セック：IoT プラットフォームの実装技術を活かしたシステム構築関連

ユニオンツール（株）：心拍センサーの開発

<（株）オカベメンテ>

「無人測量点検」「省人化」

【測量機×ドローン・3D レーザースキャン】

・同社ではドローンや 3D レーザースキャンを活用した測量技術を活用し、主にコンクリート構造物（橋梁主体）の点検・調査などを実施。大規模な漁港などの測量には、従来 3 名× 10 日程度を要していた作業にドローンを活用することで、測量に 1 日程度、図面化するのに 3 日間で可能となり、測量効率は向上した。また、高所での確認作業などは足場設置の期間や経費負担、作業員の危険を伴うものでもあったが、同社が活用しているドローン 3D 測量技術を用いることにより、足場無しでの測量が可能となった。

<（株）英田エンジニアリング>

「稼働状況把握」「運用最適化」

【コインパーキング×IT システム】

・同社では、無人駐車場管理システム（コインパーキング）、無人駐輪場管理システムを開発・製造・販売する。IT システムの強化により、利用時間帯、曜日での利用頻度、車室ごとの利用率を確認することにより、利用率、売上向上を目的とした柔軟な料金変更を可能にするとともに、売上対策前後の状況の可視化などにより、付加価値を向上させている。また、IT による遠隔操作機能の追加、収集すべきデータをきめ細かいものに見直すことにより、精算機からの自動通知機能による迅速なトラブル対応、従業員の現地での情報収集作業ゼロなどの業務効率化を実現。

《海外事例》

< Winterhalter Gastronom >

「プロセス最適化」「予知保全」

【食器洗い機×稼働データ収集】

・同社は、ドイツに本社を置く業務用食器・グラス・器具洗浄機器製造業者であり、業務用食器洗い機のソリューション「CONNECTED WASH」を開発。業務用食器洗い機を有線または無線 LAN で接続し、リアルタイムでマシンデータをサーバーに送信。各デバイスから得られたデータを分析し評価することで、ダウンタイムの抑制、運用コストの削減など、洗浄プロセス全体を最適化できる。また、スマートフォンなどからリアルタイムに稼働状況を確認することができるとともに、得られたデータから故障原因を特定することで、余分な修理費や買い替えを防ぐことが可能。

< AT&T、Intel >

「移動電波塔」

【ドローン×アンテナ】

・米国通信大手の AT&T は、米国半導体素子メーカーの Intel と提携して LTE 機能を装備したドローンを開発。上空に飛ばすことで、LTE による無線通信範囲を一時的に強化し、その場にいる大勢の人々が同時に利用できる通信環境を提供する。このドローンは災害対策のためにも用いられており、2017 年に激しい台風被害のあったプエルトリコでもサービスを提供。

< Okinlab >

「マスカスタマイゼーション」

【顧客×クラフトメーカー】

・ドイツの家具デザイン会社である同社は、顧客と地元のクラフトメーカーをつなげるシステム「form.bar」を開発。同システムは、顧客は好みの形状やサイズの家具をオンライン上でデザインし、注文する仕組み。注文された家具は、

巨大な工場で大量生産されるのではなく、地元のクラフトメーカーが顧客からのデザインデータをもとに生産する。

< Walmart、Bossa Nova Robotics >

「生産性向上」

【商品配置×ロボット】

・米国スーパー大手の Walmart は、小売業向けのロボット技術の開発を専門とする Bossa Nova Robotics が開発

した陳列棚管理ロボットを全米 50 以上の店舗に導入。同ロボットは、本体に付属したスキャナー部分で商品棚の在庫状況を読み取り、ビッグデータ化したものを在庫分析や POS 分析に用いる。これまで店員が在庫管理していたものを同ロボットで代替することにより業務の効率化が図れるとともに、売れ筋商品の在庫を強化して販売機会を最大化する。

5 Connected Industries 実現に向けた横断的課題への対応

第四次産業革命によるデジタル技術の進展に伴って、あらゆるものがデータという媒体の下でつながることによって付加価値創出を目指す Connected Industries。しかし、つながると一口に言っても、自前主義偏重の風土の中で、データ連携などを通じて他企業とのつながりを持った経験が乏しい日本企業においては、競争領域と協調領域との区分けがうまくできないことに起因する心理的なハードルに加えて、つながる際のセキュリティ確保やデータなどの権利関係の問題など、多くの解消していくべき横断的課題が存在する。技術革新やビジネスを取り巻く環境が大きく変化する時代においては、自社外のリソースを迅速かつ有効に活用していく姿勢が不可欠であるが、自前主義の呪縛から脱却できていない向きがある。また、実際につながることで結果的に付加価値創出などを実現した取組の萌芽が徐々に出てきてはいるものの、つながることで得られたデータなども活用して企業全体や企業間のつながり全体での最適化を図り、得られた利益が企業を超えて再分配されるようなバリューチェーン全体を俯瞰して取り組んでいくことが求められている。

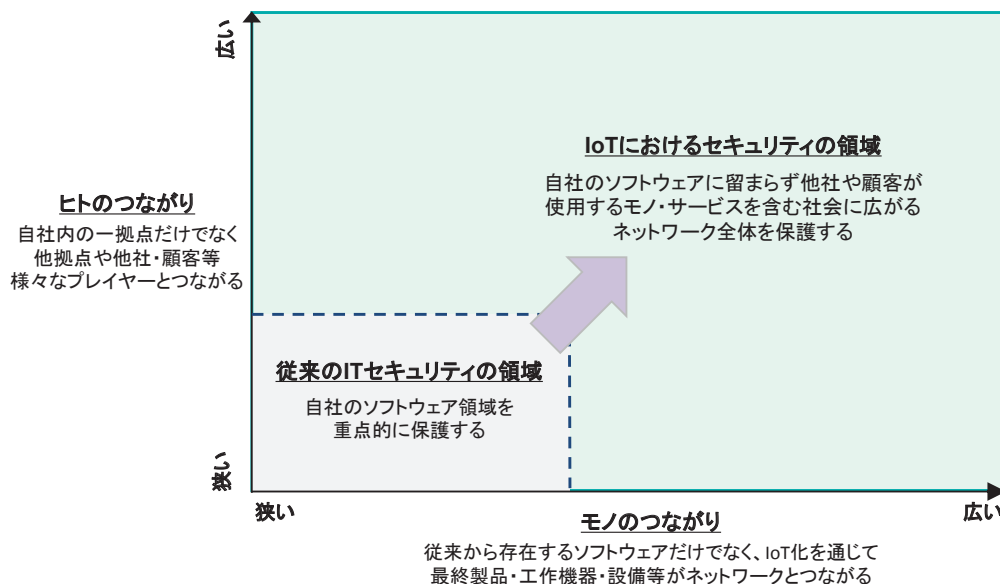
以上のように、つながる上での横断的課題は数多く存在する

が、ここでは主に、つながる際に必要となるサイバーセキュリティ対策、様々なつながりを組み合わせて価値創出を図るにあたって鍵となるシステム思考・全体最適化、そして取組の面的広がりを可能とするエコシステム的な発展の必要性、そしてそのうち特にアジリティが高く、新たな分野に果敢に取り組むなど価値創出の観点から重要性の高いスタートアップに関して取り上げることとする。

(1) サイバーセキュリティ対策の必要性

Connected Industries の 実現に向けては“つながる”ことが核であり、つながる際の安全性確保は必要不可欠である。IoT などのデジタル技術ですべてのヒトとモノがつながる産業社会では、サイバー攻撃の起点が増大し、セキュリティを担保する必要がある領域が拡大している（図 135-1）。また、サイバー空間とフィジカル空間が高度に融合するサイバーフィジカルシステム（CPS）時代においては、サイバー攻撃がフィジカル空間まで到達する可能性が高まってきている。さらに、IoT から得られる大量のデータをサプライチェーン間など流通・連携する場合にはサイバーリスクの範囲が一層拡大するため、つながる企業が相互に十分なサイバーセキュリティ対策を取っていくことが求められている。

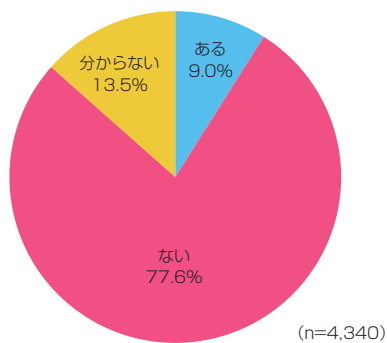
図 135-1 IoT におけるサイバーセキュリティの対象領域イメージ



(ア) 我が国製造業におけるサイバー攻撃の被害状況

上述のとおり、サイバー攻撃の起点が増大したことにより、年々攻撃は増加している。例えば、実際に、2017年5月、世界の少なくとも約150か国において、Windowsの脆弱性を悪用したランサムウェア「WannaCry」に感染し、感染した欧州企業からサプライチェーン経由で日本の国内企業も感染したという事案が発生した。このように、サプライチェーンが複雑になるにつれて、脅威・被害が増大する事案も増えてきてい

図 135-2 サイバー攻撃による被害経験の有無

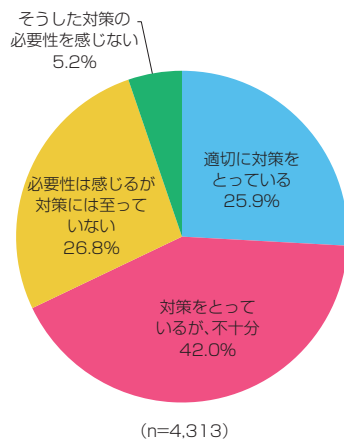


資料：経済産業省調べ（2017年12月）

(イ) 機密管理などのセキュリティ対策

このようなサイバー攻撃などに備えて平常時からセキュリティ対策をとっていくことが一層求められているが、サイバーセキュリティ対策以前に、社内の秘匿性の高い情報の管理などの通常のセキュリティ対策への対応がまず必要となってくる。前述のアンケート調査において機密管理などのセキュリティ対策の実施の有無を尋ねたところ、十分な対策をとれていない企業が全体の約7割存在した。また、「そうした対策の必要性を感じない」企業が5.2%も存在し、一般的なセキュリティ対策

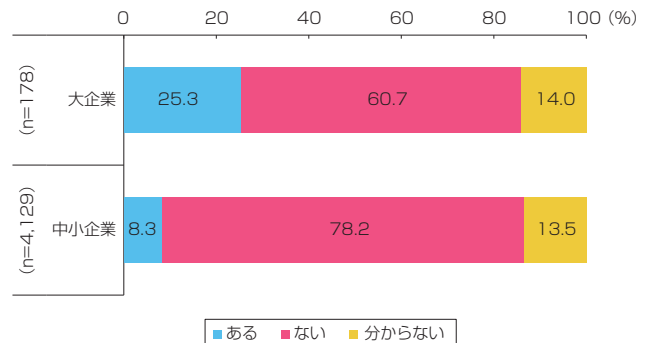
図 135-4 セキュリティ対策の状況



資料：経済産業省調べ（2017年12月）

る。経済産業省が2017年12月に行ったアンケート調査において、サイバー攻撃の被害の有無を確認したところ、全体の約1割程度の企業が被害ありと回答した（図135-2）。なお、規模別では、大企業ほど被害を受けた割合が高い（図135-3）。このように、まだ割合は少ないものの、国内企業においても、一定の割合でサイバー攻撃による被害が発生していることが分かる。

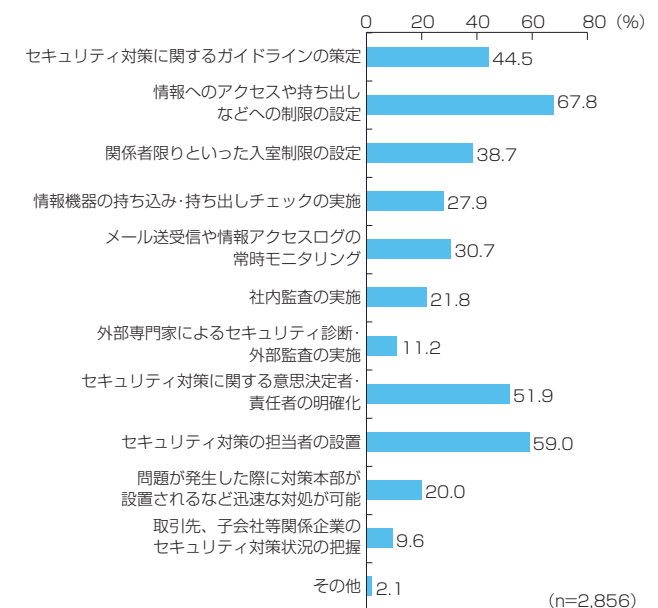
図 135-3 サイバー攻撃による被害経験の有無（規模別）



資料：経済産業省調べ（2017年12月）

への感度の向上及び対策の推進が必要であることがうかがえる（図135-4）。加えて、何らかのセキュリティ対策をとっている企業に対しその内容を探ねたところ、「情報へのアクセスや持ち出しなどへの制限の設定」、「セキュリティ対策の担当者の設置」、「セキュリティ対策に関する意思決定者・責任者の明確化」、「セキュリティ対策に関するガイドラインの策定」の順で割合が高くなっており、データの取扱ルールの設定やセキュリティ対策のための体制構築が対策の中心となっていることが分かる（図135-5）。

図 135-5 セキュリティや情報管理の対策内容



資料：経済産業省調べ（2017年12月）

次に、以下では、ものづくり産業におけるサイバーセキュリティに関する現状認識とその対策について概観する。

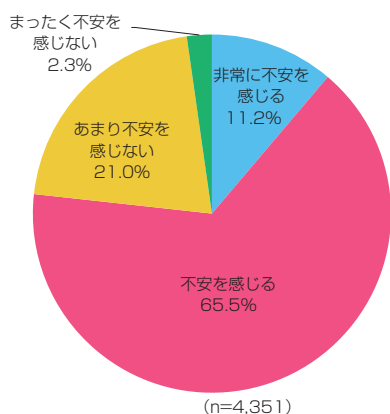
(ウ) サイバーセキュリティ対策

2017年12月に行ったアンケート調査において、サイバーセキュリティ上の問題に対して不安を感じると答えた企業（非常に不安を感じる、不安を感じると回答した企業の合計）は、全体の4分の3に及んだ（図135-6）。サイバーセキュリティ上の問題で最も不安を感じる事態としては、「システム障害や工場の稼働停止など、生産や業務への支障」が最も多かった（図135-7）。一方、あまり不安を感じない、もしくはまったく不安を感じない企業について、その理由を尋ねたところ、大企業では「十分な対策をとっているため」という回答が多かった一方で、中小企業は「自社はターゲットにならないと思えないため」と回答した企業が多く、中小企業におけるサイバーセキュリティへの危機意識が低い可能性がある（図135-8・9）。サイバーセキュリティ上の問題に対して不安を抱える企業が多い一方で、サイバー攻撃の脅威やそれに向けた対応策の必要性

などの気付きを中小企業に与え、危機意識を喚起させることができるかが今後対応策の鍵を握る。

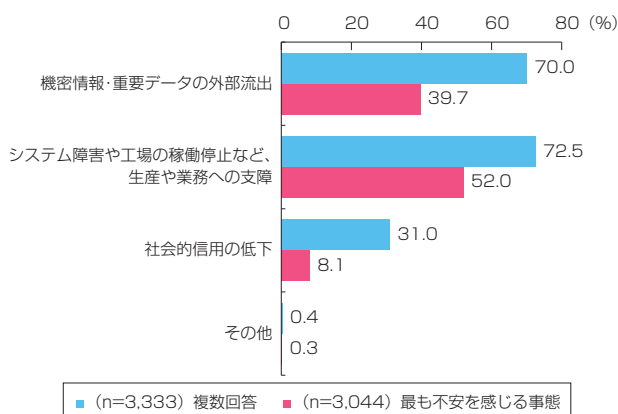
また、今後サプライチェーン間や同業種・異業種間でデータを流通・連携させる場面が増えてくると予想される中で、つながる先である他企業側におけるサイバーセキュリティ上の不安感について尋ねたところ、自社におけるサイバーセキュリティ上の問題への不安感と比べると低い割合であるが、不安を感じている企業は全体の半数強を占める（図135-10）。さらに、製造業に限った調査ではないものの、つながる先となりうる業務委託先や物品調達先のサイバーセキュリティ対策の状況をどの程度把握しているかについて、独立行政法人情報処理推進機構（IPA）が日本、米国、欧州の企業向けにアンケート調査を実施したところ、我が国で「十分に確認できている」と回答した企業は、米国の半分程度、欧州の3分の2以下であり、つながる先の企業のサイバーセキュリティ対策について不安を感じる一方で、詳細まで把握することができていない実態が見られる（図135-11・12）。

図135-6 サイバーセキュリティ上の問題に対する不安



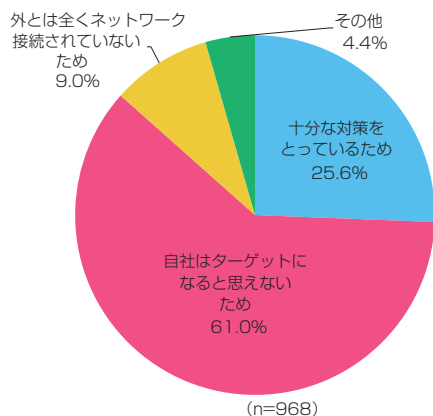
資料：経済産業省調べ（2017年12月）

図135-7 サイバーセキュリティ上の問題で不安を感じる事態



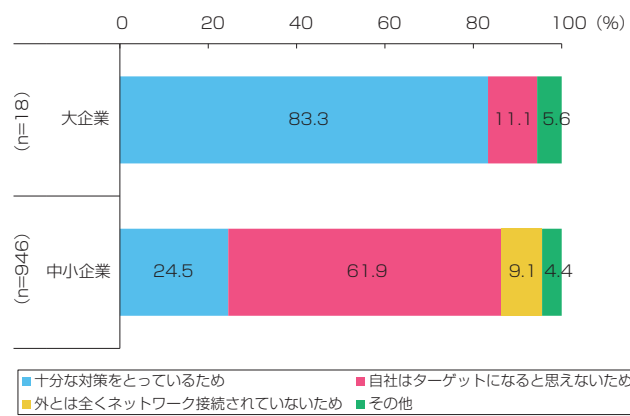
資料：経済産業省調べ（2017年12月）

図135-8 サイバーセキュリティ上の問題で不安を感じない理由



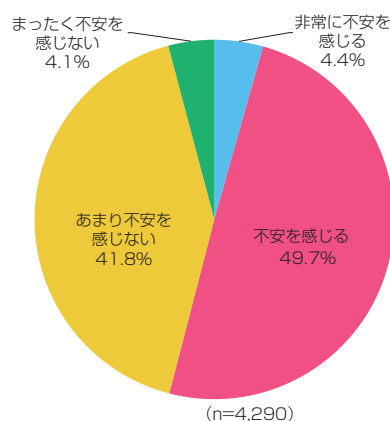
資料：経済産業省調べ（2017年12月）

図135-9 サイバーセキュリティ上の問題で不安を感じない理由（規模別）



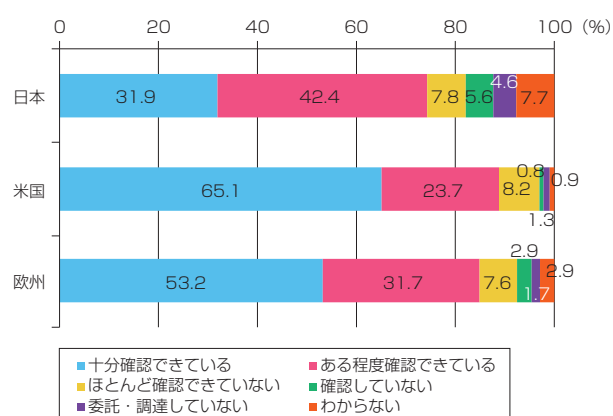
資料：経済産業省調べ（2017年12月）

図 135-10 他企業側におけるサイバーセキュリティ上の不安



資料：経済産業省調べ（2017年12月）

図 135-11 業務委託先のセキュリティ対策の状況

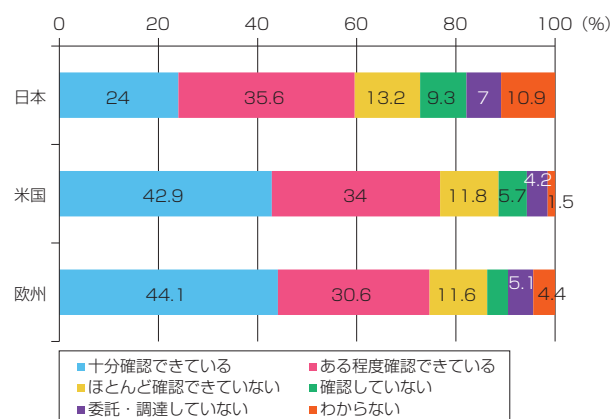


資料：独立行政法人情報処理推進機構「企業のCISOやCSIRTに関する実態調査 2017-調査報告書」(2017年4月13日)
 * 日本・米国・欧州（英・独・仏）の従業員数300人以上の企業のCISO、情報システム／情報セキュリティ責任者／担当者などにアンケートを実施（2016年10～11月）
 * 回収は日本755件、米国527件、欧州526件

上述のようなサイバーセキュリティ上の問題に対する認識のもとで、実際に我が国ものづくり産業が現状取り組んでいるサイバーセキュリティ対策としては、「データ等のバックアップ」が最も多く、「最新情報の収集、ソフトウェア・設備の常時アップデート」、「ソフトウェアや設備の導入」が次ぎ、現状は、サイバーセキュリティ対策のための体制を構築することよりもデータのバックアップやソフトウェア導入で対応することが重視されている。一方で、現在の対策から今後の対策への変化に着目すると、「社員の訓練・研修や人材確保」、「適切な管理体制の構築」、「ガイドラインの整備」、「別のシステムへの代替・切替を行う体制構築」といった体制面で充実させていく方向性が顕著である（図 135-13）。

また、実際のサイバーセキュリティ対策の実施状況・方法について尋ねたところ、「専門的なノウハウがないが、自社内で可能な対策を実施」が最も多く、44.7%。「専門ノウハウをもとに、必要な対策を実施」と合わせると、50%強が自社内で実施している一方、外部との連携を含め専門ノウハウを活用して対応している企業が約4割強という構図であった（図 135-14）。規模別にみると、大企業は「専門ノウハウをもとに、必要な対策を実施」「専門事業者等と連携し、自社主導で対策」

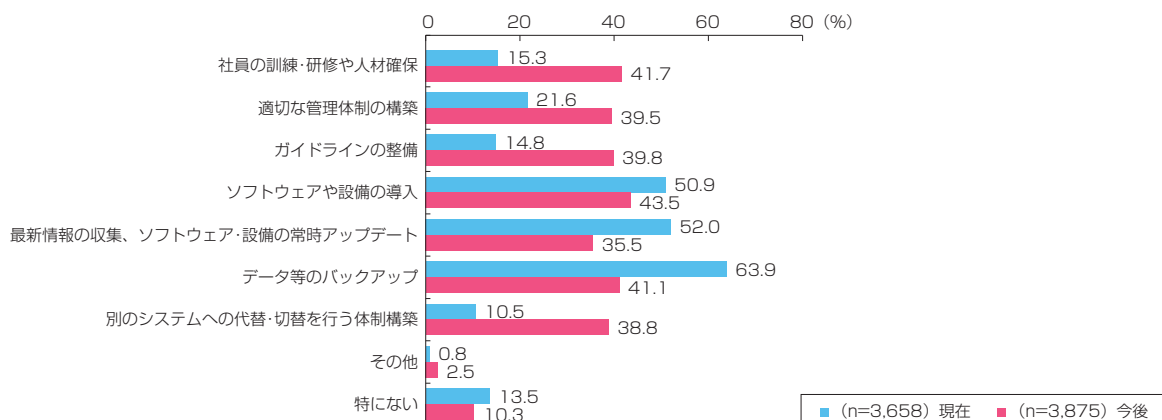
図 135-12 物品調達先のサイバーセキュリティ対策の状況



資料：独立行政法人情報処理推進機構「企業のCISOやCSIRTに関する実態調査 2017-調査報告書」(2017年4月13日)
 * 日本・米国・欧州（英・独・仏）の従業員数300人以上の企業のCISO、情報システム／情報セキュリティ責任者／担当者などにアンケートを実施（2016年10～11月）
 * 回収は日本755件、米国527件、欧州526件

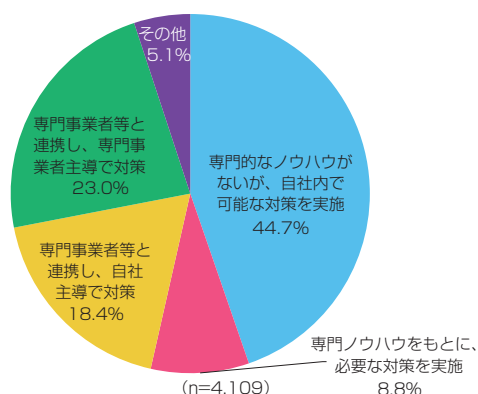
の割合が高く、専門的な対策を自社主導で推進している一方で、中小企業は、「専門的なノウハウがないが、自社内で可能な対策を実施」が最も多く（45.5%）、他方で、専門家任せ（23.6%）も多い（図 135-15）。

図 135-13 現在と今後のサイバーセキュリティ対策の内容



資料：経済産業省調べ（2017年12月）

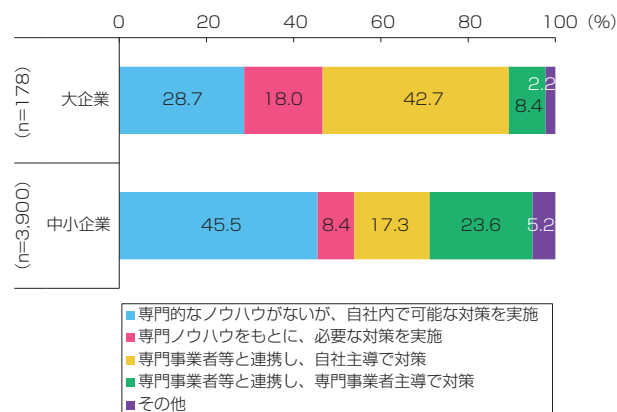
図 135-14 サイバーセキュリティ対策の実施状況



資料：経済産業省調べ（2017年12月）

一方で、実際にサイバーセキュリティ対策を実施していくにあたっては、様々な障害が存在する。サイバーセキュリティ対策を実施する際の障害について尋ねたところ、「社内にサイバーセキュリティ対策を行える人材がいない」、「大きなコストがかかり投資が困難」の順で割合が大きく、何をするかや誰に相談するかという課題よりは、経営資源面（人材・投資）が課題として大きく認識されている傾向にある。一方、4分の1の企業

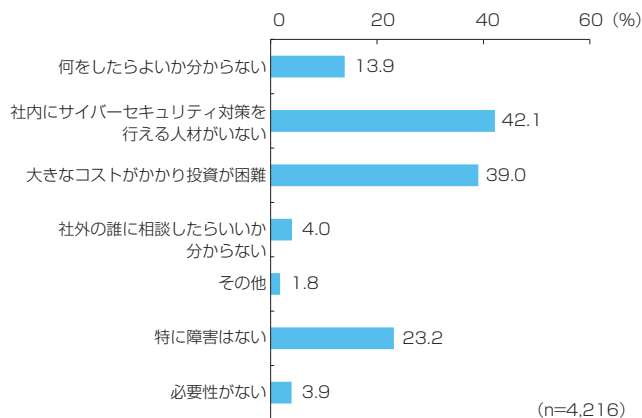
図 135-15 サイバーセキュリティ対策の実施状況（規模別）



資料：経済産業省調べ（2017年12月）

は「特に障害はない」と回答している（図 135-16）。なお、規模別では、中小企業では人材不足、大企業では対策を講じるための投資がネックとなる傾向にあることがうかがえる（図 135-17）。いずれにしても、企業規模を問わず、サイバーセキュリティ対策を理解し実現できる人材の確保に向けた取組や対策導入に向けて費用対効果を勘案した投資判断が今後は鍵を握る。

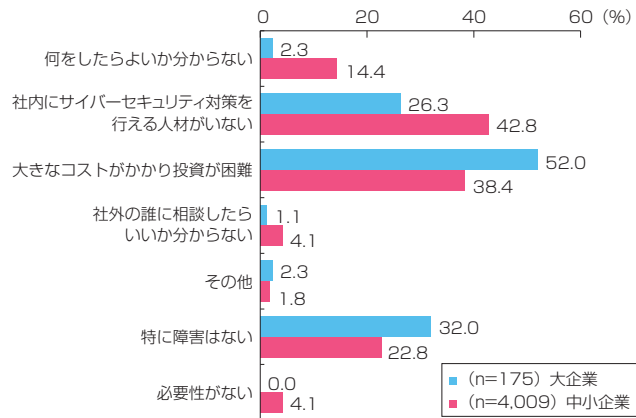
図 135-16 サイバーセキュリティ対策を実施する際の障害



資料：経済産業省調べ（2017年12月）

これまで概観してきたとおり、各企業がIoTなどのデジタル技術を活用して生産性向上やビジネスモデルの転換を図っていくためには、セキュリティ問題への危機感を認識した上で対策を実施していくことが重要である。ただし、むやみに対策を実施することは得策ではなく、当然のことながら、実際に対策を実施する前に、組織としてのセキュリティ対策方針を定め、経営層以下が共通認識のもとで対策を実施していくことが重要である。特に、サプライチェーン全体への影響を及ぼすサイバー攻撃が増えており、サプライチェーンにおける企業間でのデータ流通や連携が一層行われていく中では、従来の各社に閉じたセキュリティ対策の枠を超えて、サプライチェーン全体でのセキュリティ担保を図っていく方針を策定していくことが求めら

図 135-17 サイバーセキュリティ対策を実施する際の障害（規模別）



資料：経済産業省調べ（2017年12月）

れる。

また、実際に対策を行っていくにあたっては、企業側の自助努力もさることながら、それらについて政策的な後押しをすべく、経済産業省としても様々な取組を実施・検討しているところである。

そこで、以下では、各企業がセキュリティ対策方針を策定する際に留意すべきことを分析するとともに、サイバーセキュリティ対策を後押しする政府の取組を概観する。

(エ) サプライチェーン全体の可用性を考慮したセキュリティ対策方針の策定

各企業が社内においてセキュリティ対策方針を策定していく

にあたっては、上述のとおり、サプライチェーン全体の可用性を考慮した方針の策定が一層求められている。

この点、まず始めに、セキュリティ対策を講じるべきデータの範囲がどこまでなのか、つまりは、どこまで他社とデータを共有すべきかという論点が存在する。自社の競争力を阻害しないように、他社とデータを共有する前に自社の事業の競争力の源泉がどこにあるのか、また、どのデータを共有することで価値を生み出すことができるのかという視点を持って、セキュアに共有すべきデータと、共有を避けるべきデータを峻別することが企業には求められる。また、実際の峻別に際しては、リアルタイム性・制御が求められる一次データの処理は社内のエッジデバイスで処理し、外部共有用に加工した二次データをクラウド上で他社に共有するというやり方や、データの仲介を行う第三者企業を活用するやり方などが考えられる。

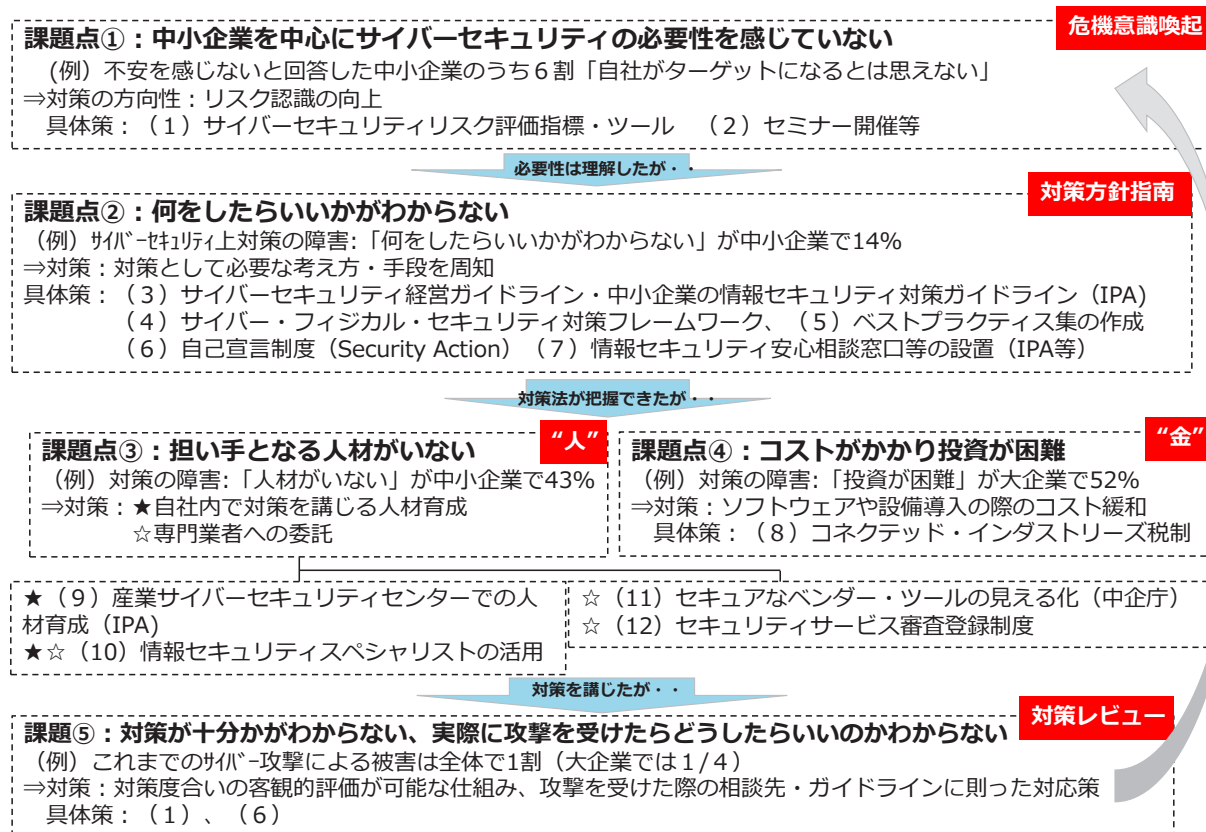
次に、他者と共有するデータを峻別した上で、実際に他社とネットワーク接続する際には、そのリスクをどのように担保・

管理するかが論点となる。自社内のネットワーク・機器を把握しリスク管理をすることは可能であるが、他社を含む広域なネットワーク上のリスクを自社ですべて管理することは困難である。そのため、ネットワーク上の利害関係者（パートナー企業や外部ベンダーなど）との間で役割・責任を明確にすることが重要となり、個別の契約における役割・責任の明確化や第三者機関による認証済製品・サービスの利用などが対応策としては考えられる。なお、第三者機関による認証済製品・サービスの利用については、米国・EU・日本において制度設計の議論が開始されているところである。

（オ）ものづくり企業のサイバーセキュリティ対策を後押しする政府の取組

次に、ものづくり企業におけるサイバーセキュリティ対策の方向性に関して、以下のとおり、概観する（図 135-18）。

図 135-18 ものづくり企業におけるサイバーセキュリティ対策の方向性



資料：経済産業省作成

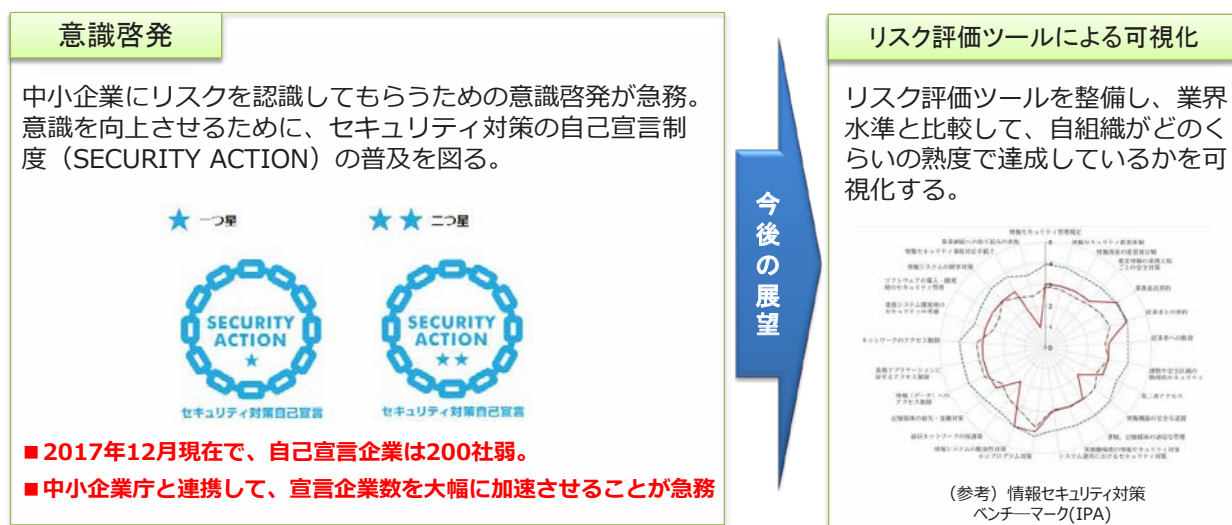
今までアンケート調査結果をもとに分析してきたとおり、まず始めに、そもそもサイバーセキュリティ上の問題への危機感が乏しい中小製造業などに対して、最初の気づきや対策の必要性の理解をどのように与えていくべきかが論点となる。その点、危機意識を喚起するためには、セミナーなどの継続的な草の根活動の実施など、本話題に触れる機会をより多く提供することが重要となってくる。また、中小企業を中心にサイバーセ

キュリティという観点におけるリスクを認識してもらうことが必要であり、経済産業省では、各社がセキュリティ対策の目標を宣言し実際の対策を促すための自己宣言制度（SECURITY ACTION）を創設するとともに、さらに、今後は業界水準と比較した自組織の立ち位置を把握するためのリスク評価ツールを策定することを通して、更なる意識啓発を図っていく予定である（図 135-19）。

次の段階として、危機意識を持ち、かつ対策の必要性を理解したとしても、着実に対応に移していくためには、実際にどのような対策を講じるべきかを把握していくことが必要となってくる。そのためには、一連のサイバーセキュリティ対策の流れを網羅的に把握する必要がある。経営層や現場層などそれぞれの視点から見た、セキュリティ対策に関するガイドラインの整備が有効であると考えられる。さらに、個社に閉じた対策にとどまらず、Society5.0におけるサプライチェーン全体にわた

る対応策が一層求められてくる中で、サプライチェーン全体のセキュリティリスク・ポイントを明らかにし、リスク評価手法や認証・確認方法を定め、企業の指針と位置付けることも有効である。この点、経済産業省では、2017年12月に立ち上げた「産業サイバーセキュリティ研究会」のWG1において、「サイバー・フィジカル・セキュリティ対策フレームワーク」策定の検討を開始している（図135-20）。

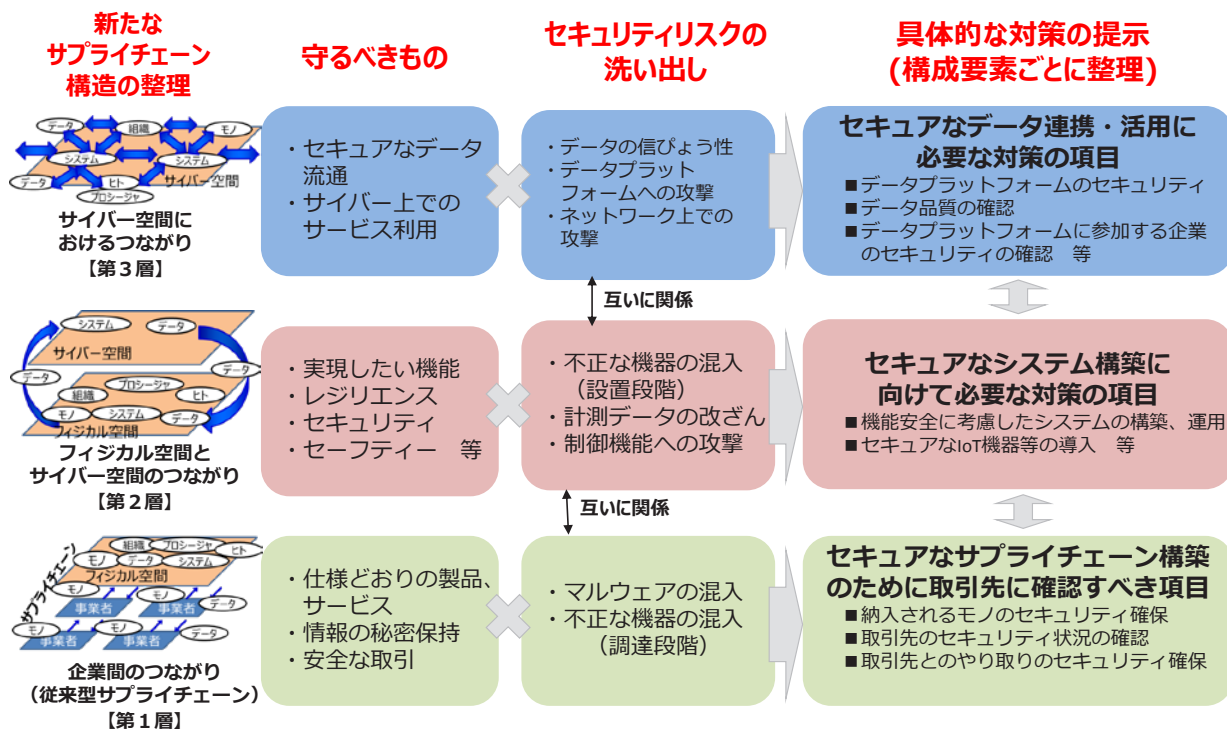
図135-19 自己宣言制度（SECURITY ACTION）について



資料：経済産業省作成

図135-20 サイバー・フィジカル・セキュリティ対策フレームワークについて

サイバー・フィジカル・セキュリティ対策フレームワークの全体像

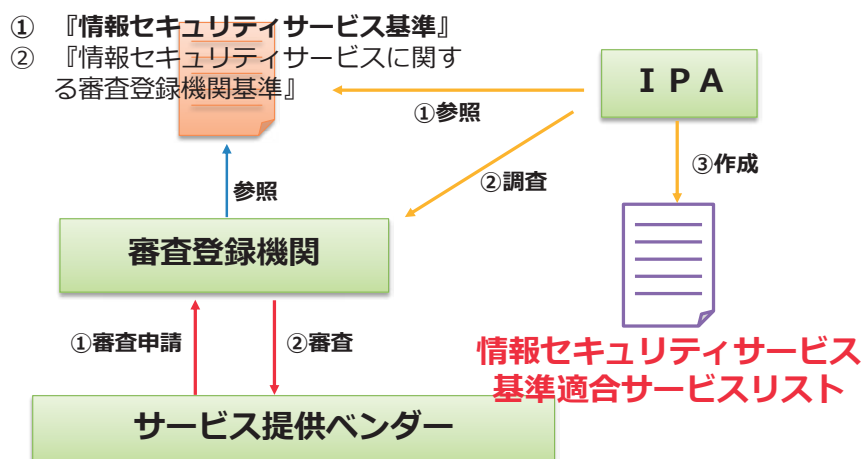


資料：経済産業省作成

続いて、対応策を網羅的に把握した上で実際に対策に移していく際には、担い手となる“人材”と、人材配置やソフトウェアの導入などに係る“投資”の双方が求められる。まず、人材確保に関しては、「社内で確保すべき人材確保」と「社外で調達可能な人材確保・社外リソースの活用」とに大別される。社内では確保すべき人材としては、ビジネスや技術を理解した上でサイバーセキュリティのリスクを把握し経営トップともコミュニケーションが取れる中核人材や実際にサイバーセキュリティ対策を講じることができる人材などである。社内の人材育成については、リカレント教育やOJTなどの実施が有効であるが、この点、独立行政法人情報処理推進機構（IPA）において、2017年4月1日に産業サイバーセキュリティセンターを発足させ、既存従業員などに対する中核人材育成プログラムを開始した。一方で、社外での調達可能な人材確保や社外リソースの活用については、現時点において日本の中でのサイバーセキュ

リティの専門家は数が限られており、リソースを他社と共同で活用するなどの対応策を検討する必要があると考えられる。また、外部ベンダーや専門家を活用していくに際しても、利用するサービスが一定の品質を備えたものか否かが明確にならないと、中小企業を中心に活用に対して二の足を踏んでしまう可能性がある。そのため、経済産業省においては、情報セキュリティサービスが、最低限の品質を維持するために満たすべき基準として「情報セキュリティサービス基準」を2018年2月28日に公開し、同時に、独立行政法人情報処理推進機構（IPA）に対し、「情報セキュリティサービス基準」に適合するセキュリティサービスのリストを公開することを依頼した。リストを参照することで、中小企業は一定の品質維持向上が図られているセキュリティサービスを利用することが可能になる。（図135-21）。

図 135-21 情報セキュリティサービス基準の審査登録手順のイメージ



資料：経済産業省作成

ソフトウェアの導入などに係る“投資”を後押しするという観点では、導入に対して、税制などの支援策とともに、今後は費用対効果を経営者にわかりやすく伝えられるような取組も必要となってくる。また、実態では多額の資金を伴わない対策（複雑なパスワードの設定や社員のIT教育など）によって多くの脅威は取り除けるという側面も存在するため、そのような観点を持つことも必要となる。

以上のように、サイバーセキュリティ対策はビジネスリスクを伴うものであるがゆえに、段階に応じてきめ細かい対応策を実施していく必要がある。

（2）システム思考、全体最適化の必要性

冒頭の「総論」において我が国製造業を取り巻く危機感の1つとして記載したとおり、製造業を取り巻く大きな変革期の中で、新たなビジネスモデルへの転換を含め、抜本的な変化を実現する上では、全体を俯瞰して全体最適化を図る観点が特に重要となっている。これまでも我が国の課題であったシステム思

考やビジネスの全体設計力の強化が果たされないと、我が国製造業が海外の後塵を拝してしまうおそれが高く、データを介したつながりによる付加価値を追求するConnected Industries実現に向けても同様の課題に直面すると考えられる。大きく外部環境が変化し、ビジネスモデルが急速な勢いで変化していくこの時代においては、従来のようにすべて自前主義で技術や製品・サービス、人材などをまかなっていくには限界が来ている。そのため、自前主義からの脱却を図り、自らの強みを最大価値に仕上げるために、他者との戦略的な連携などを通じて全体最適な仕組み（システム）として創り上げることが鍵を握るが、担い手となる人材は我が国においては圧倒的に不足しているというのが現状である。

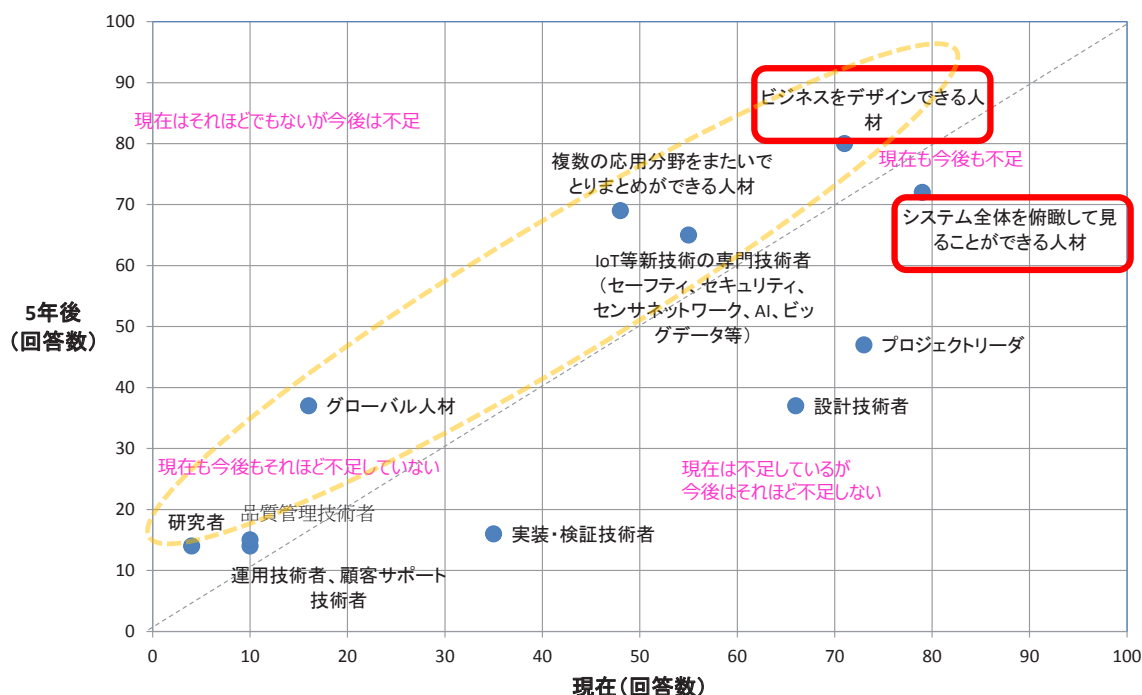
例えば、独立行政法人情報処理推進機構（IPA）の「2016年度組込みソフトウェア産業の動向把握などに関する調査」によると、現在どのような人材が不足しているか、また、5年後の事業環境変化を見据えてどのような人材が不足すると想定されるかについて、現在も今後も「ビジネスをデザインできる人

材」及び「システム全体を俯瞰して見ることができる人材」が不足するとの回答が顕著となっている（図 135-22）。組み込みソフトウェアは、様々な製品に組み込まれ、製品の制御や他の機器などをつなげることを確保する際に核となるものであるが、全体を俯瞰してビジネスをデザインできる人材やシステムの的に全体を捉えてまとめ上げることができる人材の重要性が高まる一方で、なかなかそうした人材を確保できていないこと

がうかがえる。

単体のモノとしてではなく、様々なモノ・コトをつなげて新たな機能をつくり出すなど、全体を俯瞰して組み合わせ、いかに付加価値をつくりだす仕組みとして作り上げることができるかなどが重要となる中、このような「ビジネスをデザインできる人材」や「システム全体を俯瞰して見ることができる人材」の育成・確保は我が国の急務ともいえる。

図 135-22 組み込みソフト分野において、現在不足している人材、5年後に不足が予想される人材



資料：「2016年度組み込みソフトウェア産業の動向把握に関する調査」、独立行政法人情報処理推進機構（IPA）

このような人材の輩出に向けては、一つにはシステム思考、及び学問としてのシステムズエンジニアリング（システム工学）習得の強化が求められる。

システムズエンジニアリングとは、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のことを指し、航空・宇宙などの領域で長年にわたって培われてきた企画・開発のアプローチを汎用的に体系化したものである。ここで言う「システム」は、コンピュータシステムや情報システムなどにとどまらず、機械、人間系（操作者）、環境など広い意味を持っており、ソフトウェアやハードウェアだけでなく、新規事業の開発、社会システムの設計など、概念の幅が広く、様々な領域に適用可能である。

時代背景をたどると、欧米、特に米国では、軍事産業や航空機・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ことが産業界にとって必要不可欠であったことから、産業界自らがアクションを起こす形でシステム工学を大学教育や社会人教育の中に根付かせてきたと言われている。一方、日本で

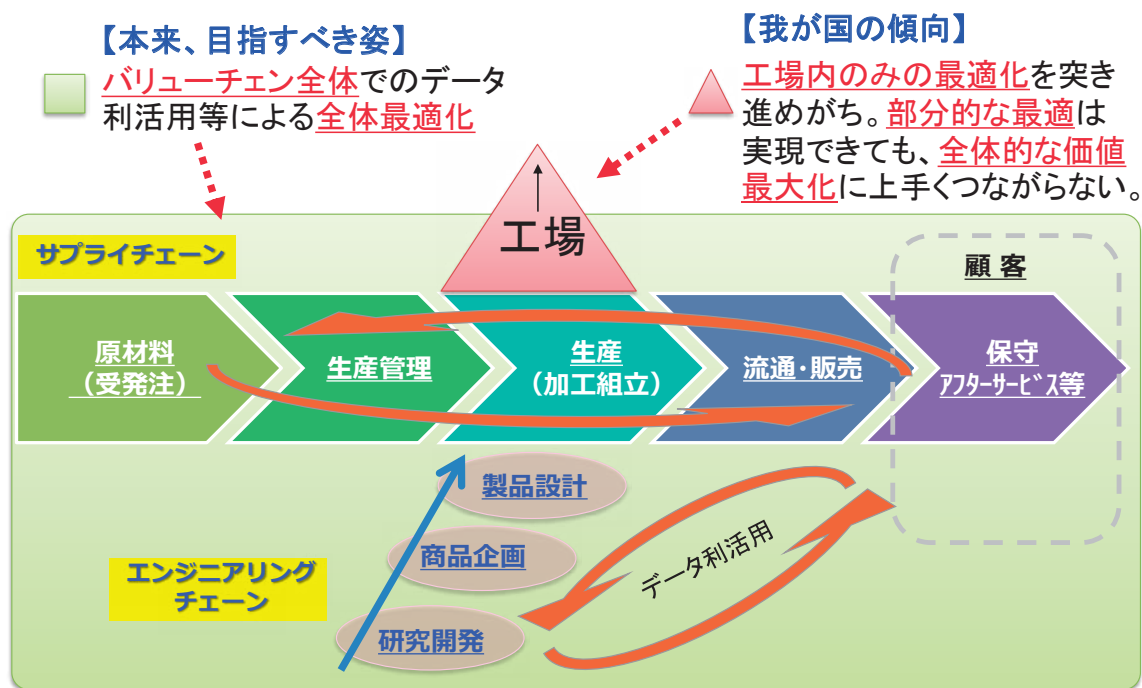
は、日本産業の競争力の源泉である各要素技術分野の深掘に注力してきており、各要素技術を束ねて全体をシステムとして捉えるシステム工学教育には比較的に力を入れる場面が少なかったといえる。そのため、米国の大学に比べて、システム工学やシステム思考を実践的に教育している教育機関も、2017年版ものづくり白書において紹介した、慶應大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科などを含めて数校くらいしか存在せず、今後カリキュラムや講座の横展開などを通じた面的な広がりを持った人材育成が急務となっている。また、システムズエンジニアリング（システム工学）を習得し活用していく人材を育成していくためには、座学だけでは不十分であり、実際に得たスキルや知識を適用するプロジェクトを幾度かまわしていく中で、実践で使える知識体系・スキルを学ぶことができるという。また、日本においては数少ないが、既にシステムズエンジニアリングを活用して成功を収めているといえる事例を参考に取組を進めることも重要である。この点、実際のシステムズエンジニアリングを活用した成功事例については、独立行政法人情報処理推進機構（IPA）が公開した「成功事例に学ぶシス

テムズエンジニアリング」において、全体最適の観点から機能目標を定義して設計を進めた自動車エンジンの開発の例や運用までも視野に入れた要件設定や設計開発を実施した首都圏の高密度鉄道輸送を支えるデジタル ATC（Automatic Train Control）の開発の例などを取り上げ、周知を図っている。

このような全体を俯瞰的に捉えて最適化を図っていく経験や能力の無さが日本企業・日本人の共通課題となりつつあることは、例えば、スマート製造分野における取組についても（図

135-23）、顕著に表れつつある。製造業におけるスマート化、デジタル化といった時に、日本の製造業企業の間では、製造工場の中でのライン生産の最適化など狭い最適化の話として捉える向きがある。しかし、デジタルツールを活用して工場現場の生産性を向上していくだけではなく、バリューチェーンプロセス全体に及ぶ最適化をシステムとして実現する話と捉えるべきであり、そのような取組へと転換していく必要がある。

図 135-23 スマート製造の取組の捉え方



資料：経済産業省作成

この点、当然ながら、企業は最初から部分的な最適化を目指しているわけではなく、結果として部分最適となってしまうと考えられるが、我が国製造業が陥りがちである部分最適の例としては以下などがある。

【部分最適の事例 1：資金不足による部分最適】

少子高齢化が進み、国内需要の増加が見込めない中、国内の設備投資は既存設備を少しずつ最新のものに入れ替える形になりがちである。多くの場合、継続的に操業も行う中での入れ替えとなり、既存設備との連結も必要な中、抜本的な大幅変更を行うことが難しい状況となる。このため、本来目指したい最新技術を存分に活用した全体最適なシステムをつくるのが困難で、結果として、既存の設備から部分部分を新しくした設備をつなげた部分最適なものとなりがちとなる。

一方で、大幅な需要増が見込める新興国などの方が、大規模投資により最先端の設備を入れることが可能であり、最新技術を活用した本来目指したい全体最適なシステムの構築が行いやすい状況にある。

【部分最適の事例 2：逐次対応による部分最適】

工場内の特定の機器への負荷が高く、故障などのボトルネックとなりがちな中、当該箇所の機器を最新の高性能なものに入れ替えを実施し、当該機器の性能をフル活用すれば、処理速度が相当高まるが、後続の工程はその速度へは対応できず、フル稼働させると後工程の前で仕掛品が増えてしまう状況。このため、せっかく導入した最新設備の性能を十分に活かすことができず、部分最適の結果となり、本来目指したい工程全体の生産性向上にはつながらない。

また、このような部分最適の課題が顕在化してきた背景を、「サプライチェーン管理」を例に考えると以下が考えられる。

【過去：経営環境の変化が小さい時代 ⇒ 部分最適の積み上げが全体最適に】

経営環境変化が小さく、規格大量生産・大量消費が可能な時代であれば、目標は明確であり変わらないため、全体を部分に分けた上で、部分最適を積み上げれば、全体最適につなげる

ことが可能であった。例えば、良いものを安く大量に提供するため、製造部門は製造原価最小（稼働率最大）、物流部門は物流原価最小（大口輸送）、営業部門は売上最大（販売在庫は増大）などの目標設定が部門ごとに考えられる。これらはサプライチェーン上の在庫拡大の方向となるが、環境変化が緩やかで、在庫価値が急減することなく大きな問題とならないため、部門ごとの最適を目指すことが全体最適につながった。

【今日：経営環境の変化が激しい時代 ⇒ 部分最適を積み上げても全体最適とならない】

しかし、今日のように経営環境の変化が激しく、在庫がすぐに不良在庫化する時代、仮に上記の部門ごとの目標が達成されても、サプライチェーン上で在庫が積み上がっていると全体で利益が出ない。本来であれば、部門を超えたオペレーションマネジメントを考える機能の発揮が必要だが、我が国はこのような機能が脆弱であり、基本的に現場（部門）が引き続き強い状

況にある。このため、引き続き部門ごとの最適化の目標の下で組織が動き、結果として部分最適を脱しきれず。横串でのマネジメント力の発揮が期待される。

なお、先述のとおり、工場内の最適化のみならず、バリューチェーン全体の最適化の必要性を論じたところであるが、それ以前に工場内の最適化さえもなかなかできていないという声も多い。この点、産学の有志が集まって、日本の製造業における最適な工場設計の在り方を議論する場なども立ち上がってきており、設計段階での工場全体の最適化の必要性やそれを実現する上で課題や論点提示などを行っている。日本においては、現場レベルでの頑張りで工場の部分的な最適化を図ってきたが、海外拠点も含めて工場での最適生産が一層求められるこの時代においては、今までのやり方の見直しも含めた対応策を模索する動きが期待されるところである。

コラム

「次世代スマート工場の設計論」研究会の取組 ～最適な工場設計の実現～

昨今のIoT技術の進展は、多くの工場でスマート化の試みを生み出した。この技術潮流は、工場の運用や操業面に限らず、工場自体の設計においても、大きな変化をもたらす可能性が高いと考えられる。日本の製造業企業における工場の設計は、工程ごとの部分最適のままであり、工場内物流も含めた工場全体が最適化されているとはいえない。一方で、欧米企業では、ニーズが多様化する顧客に対してより製品のリードタイムや製造コストなどを抑えた形で製品を供給するために、構想段階から運用段階に至るまで工場設計の最適化を目指す動きに入っている。このような工場設計分野における日本の取組の遅れに対する危機意識から、民間企業ベースで、「次世代スマート工場の設計論」研究会という勉強会が立ち上がり、2017年度より活動が開始された。

研究会のねらいは、次世代のスマート工場のあるべき姿を明らかにし、そのインテグラル（統合的）な設計論を構築することにある。さらに、我が国の工場における実現課題を明確化し、課題解決に向けて産官学の協力体制を構築していくことを目指している。参加メンバーは、日揮（株）・（株）野村総合研究所・平田機工（株）・慶應義塾大学を中心に、大手製造業及びIT企業など、約20社から構成される。

工場全体を最適化していくには、実際に工場内の工程を形作っていく現場レベル段階ではなく、より上流の構想設計段階で最適化を図ることが不可欠である。しかし、我が国では、従来単なる工程の集合体でしか工場設計ができておらず、変種変量生産の複雑性をコントロールし、工場内のムダや滞留を抑制する仕組みを兼ね備えた「密結合システム」としての工場を設計することが重要となる。

その際には、プロセス産業における工場（プラント）の知恵がヒントになる可能性がある。プロセス産業における工場（プラント）では、従来より装置が配管でつながった密結合のシステムであり、多数のセンサーが組み込まれ、中央制御室から工場全体を監視している。

そこで同研究会では、このような発想を、自動車・電機など組立加工（ディスクリート）系工場にも活かすことができないかの検討を開始した。その第一歩として、製造ラインを構成する機械やロボットと、IT・制御系を統合的に設計し、柔軟で効率の高い生産システムを作り上げ、それによりムダな滞留がなくなれば、工場のレイアウトも大きく変わりうる。さらに、将来的には、空調・エネルギー系や建築空間までも統合し、「中央管制システム」による全体最適化を目指すことも可能であると見込む。

ただし、このような取組を実現するには、課題も少なくない。まず、多品種少量生産の時代における組み立て系の工場に密結合なシステムが合うかどうか。また、実際に適用を検討していくに際しても、我が国の製造業においては、工場設計を担う生産技術部門の弱体化が懸念されている。さらには、工場設計に基づいて実際に製造ラインを構成する機械群を接続し統合する、システムインテグレーターも慢性的に不足しており、社内で技術者を養成しようにも、ハンズオンで最新技術

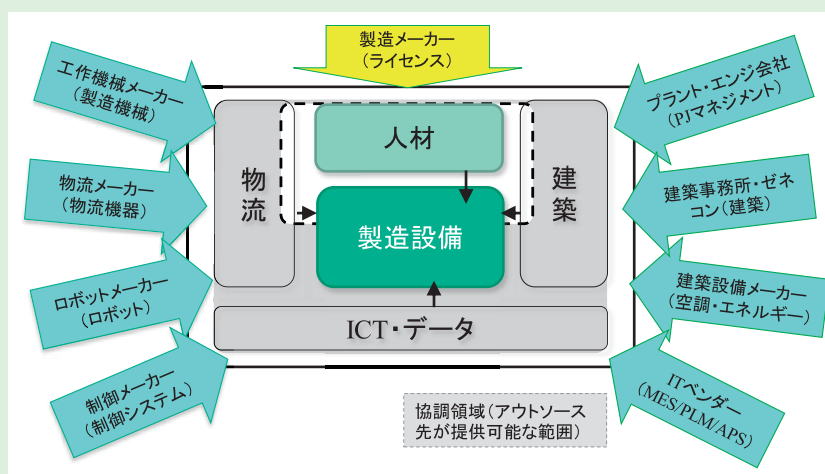
やツールを研修・テストできる場所が、国内にほとんど存在せず、容易ではない。

そこで研究会では、以下のような提案活動を実施している。まず、ものづくり企業を支援する「ラインビルダー」業界の確立・育成の必要性を打ち出している。（なお、ラインビルダーとは、生産システムのエンジニアリングを受託する専門企業のことを指す）。

ラインビルダー業界へのニーズは、世界中のものづくり企業で重要性が増してくる。日本にはすでにこの分野で世界をリードする企業が、平田機工（株）を始め存在している。したがって、いずれは有力産業として世界にプレゼンスを示すことが期待される。

このようなユニークな視点の下、研究会は今後も活動を継続する予定という。

図 生産システムズ・エンジニアリング（ラインビルダー）関係業界と提供範囲



資料：「次世代スマート工場の設計論」研究会作成

（３）取組の面的広がり、エコシステムの的な発展の必要性

冒頭の「総論」において我が国製造業を取り巻く危機感の１つとして記載したとおり、技術革新のスピード、課題の複雑化などが進む中、いわゆる「自前主義」の限界が露呈しており、すべてを「競争」領域として捉えることなく、「協調」領域の拡大により、真の「競争」分野への投入リソースの集中を行うことが求められてきている。Connected Industriesの実現に向けても、必要となるリソース（技術、人材、資金など）すべてを自前で獲得していくのは非効率的であり、企業同士がお互いのリソースを活用し合い win-win の関係となるエコシステムをいかに構築できるか、エコシステムを活用しながら自らの強みの価値をいかに最大化できるかが鍵を握る。他者のリソースの活用という観点では多種多様な連携の在り方が存在するが、特に誰にも負けない技術や尖った人材を有し、かつ俊敏・柔軟な経営が可能であるスタートアップは、協業先としてのニーズは高く、Connected Industries 実現の鍵を握る存在ともいえる。

この点において、俊敏・柔軟な経営に強みを持つスタートアップなどによる、自社の強みをうまく活かした異業種などとの連携事例も、近年では国内外で見られ始めているが、なかでも、製造業におけるこのようなイノベーションの担い手として近年

注目を集めているのが、「ものづくりスタートアップ」である。ものづくりスタートアップとは、他者のリソースなども積極的に活用しながら自らの強みを核に短期間でもものづくりを実現する存在であり、ものづくりにおいて比較的新しいビジネスで急成長し、市場開拓フェーズにある企業群である。

「ものづくりスタートアップ」は、通常既存の製造業と何らかの関わりを持つ（受発注・連携・競合関係）ことが多いが、Connected Industries 実現の担い手として重要なのは、製造業の企業向けに製品やサービスを開発し提供する存在である点が挙げられる。つまり「製造業向け BtoB スタートアップ」であると考えられる。

そこで、以下では、スマート製造分野を例にとって、ものづくりスタートアップによる Connected Industries 実現の道筋について整理する。

①スマート製造分野における「ものづくりスタートアップ」の役割

「スマート製造」とは、すなわち、情報技術などの活用によって製造プロセスに継続的にイノベーションが起こり、製造業全体の生産性が劇的に高まった姿、そして、企業をまたいだデータの利活用やその他経営資源の融通によって、製造業のバリューチェーン全体が最適化された姿だと理解できる。

このようなイノベーションや全体最適化の推進主体として通常考えられるのは、大手や中小の製造業企業、あるいはITベンダーなどの既存のIT企業である。しかし、例えば大手メーカーの技術開発の結果として生まれた製造プロセスのイノベーションは、当該企業の競争力の源泉となるため、営業秘密として厳重に管理され、その成果が製造業全体に伝播することはほとんどの場合ないと考えられる。また、ITベンダーの場合も、受託開発という形態を取る限り、その成果を活用できるのが顧客企業に限られるという点で同じ問題が起こる。

一方で、ものづくりスタートアップの場合、ベンチャーキャ

ピタルなどから調達した資金をもとに「スマート製造」の実現に資するソリューションやプラットフォームを短期間で開発し、それを自社の商品として世界中の製造業企業向けに提供していくことで急成長を果たしていくことも可能である。

このように、ものづくりスタートアップは、大手メーカーやITベンダーと異なり、「製造プロセスのイノベーションそのもの」を「自社の商品」として、「短期間で事業化」していく存在にもなり得る。そうした意味では Connected Industries の担い手として他の主体には無い重要な役割を持っていると考えられる。

コラム

ものづくりスタートアップ、製造業企業、それを支援する行政が三位一体となって生み出したソリューション・・・(株)ロビット×(株)協豊製作所・小島プレス工業(株)×豊田市

(株)ロビット(東京都板橋区)は、「ハードとソフトで、新しい価値を生み出す」ことを掲げ、IoT機器やロボットなどの開発を行う、2014年創業のものづくりスタートアップである。同社は、2016年に初めての自社製品として、スマートフォンでカーテンの開閉を制御できる後付け型の機器「めざましカーテン mornin」の販売を開始した。この製品は、年間数万台の販売台数を数えるヒット商品となり、同社が注目されるきっかけとなった。

同社が、次の事業として開発を進めているのが、製造プロセスのイノベーション、具体的には「製造業における外観検査工程の自動化」である。同社は「めざましカーテン mornin」の開発と量産に当たり、部品の発注や組立などで多くの工場との接点を持ち、そこで外観検査工程が製造業全体の大きな課題となっていることに気付いた。製造業における外観検査工程は製品の品質を左右する重要な工程だが、形状や色彩の多様さから自動化が難しく、熟練検査員による目視検査が中心となっている。しかし、近年では熟練検査員の高齢化が進み、かつ、人手不足で新規雇用も困難になっているなど、課題が深刻化している。外観検査工程にかかっているコストは国内だけで数千億円以上と言われ、この課題を解決することができれば、製造業の生産性を飛躍的に高めることができるとともに、同社にとっても大きなビジネスチャンスとなる。

法人向けの製品・サービスを開発していくうえで重要なのは、ユーザー企業の抱える課題を正確に把握して、その課題にフィットした解決方法を実現していくことである。そして、そのためには潜在的なユーザー企業と深く連携しながら開発していくことが効果的である。そこで同社では、豊田市政府が実施しているスタートアップと製造業企業のマッチング事業に参加。そこで出会った豊田市内の大手自動車部品メーカー2社、(株)協豊製作所と小島プレス工業(株)と連携しながら開発を進め、2018年2月には、専用のロボットとAI技術を組み合わせた外観検査の自動化ソリューション「AIVIS(アイビス)」を発表した。このソリューションは、既存の外観検査ソリューションと比べても少ないサンプルで高い精度を出すことができ、検査員と同程度の不良品検出率を達成している。

この事例は、ものづくりスタートアップが潜在的なユーザー企業である大手自動車部品メーカーと連携しながらソリューションを開発しているという点、そして、豊田市政府という行政が間に入ることで両者のマッチングがスムーズになり、受発注関係とは異なる対等な連携が実現しているという点が特徴的である。大企業側は、有望なスタートアップの持つ技術をいち早く自社の製造プロセスに取り入れたいというニーズがあり、行政側も産業政策として地域企業の生産性向上を支援する動機がある。このように、ものづくりスタートアップ、製造業企業、行政の3者は全員がメリットのある関係を築くことができ、この連携が製造プロセスのイノベーションを起していくうえで重要だと考えられる。

図 AI技術を活用した外観検査の自動化ソリューション「AIVIS」(デモ版)



出所：(株)ロビットより提供

大手化学メーカーとの提携によって技術プラットフォームを高めることで化学産業を底上げするスタートアップ・・・マイクロ波化学（株）×大手化学メーカー

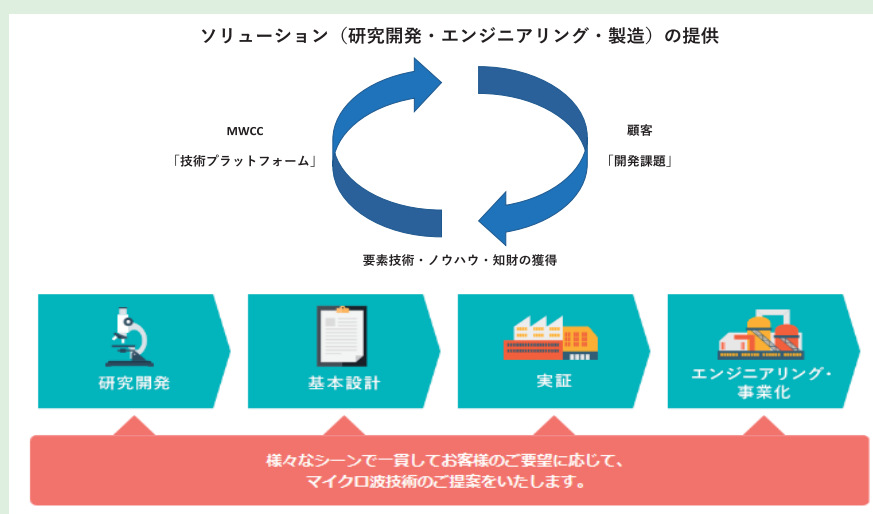
マイクロ波化学（株）（大阪府吹田市）は、マイクロ波を活用した製品製造プロセスの独自開発や、従来技術では製造困難な新素材開発に取り組む研究開発型スタートアップである。医薬、化学材料、食品など様々な分野への応用展開が可能であることから、国内外の様々なメーカーとの提携を進め、マイクロ波技術のトータルソリューションを提供している。社員数約 40 名という規模であるが、大手化学メーカーとの提携によるプロジェクト案件を 20 件近く推進している。

同社のビジネスの源泉となっているのが、「技術プラットフォーム」である。技術プラットフォームは、マイクロ波技術をプロセスイノベーションにつなげるために必要な様々な要素で構成される。具体的には、化学反応・触媒化学・プラントエンジニアリング・製造システムといった基盤技術、基盤技術を支える物理・化学・エンジニアリングの専門性を有する研究開発人材、さらには、マイクロ波に特化した実証プラントや分野横断的シミュレーション技術といった開発インフラなどである。これらを、顧客の技術課題に合わせて、同社のノウハウを駆使して技術ソリューションとして提供し、マイクロ波だからこそ実現できる新素材の製造プロセスにイノベーションを起こしている。

技術ソリューションを提供するにあたっては、三井化学（株）や太陽化学（株）などの大手化学メーカーと提携していることも特徴の 1 つである。新素材の実用化を目指す化学メーカーと対等な提携を締結し、基礎研究から応用開発、実証開発までのスケールアップに、一貫して伴走している。ものづくりの実用化には長い年月を要するのが一般的だが、研究開発段階では共同開発費用を受け取り、実用化後はライセンスフィーを受け取るビジネスモデルを構築している。その際、最もポイントになるのは「対等な関係性」であり、基本的には受託契約は結ばない。これは知財契約においても同様であり、将来的に同社の技術プラットフォームの基盤となる技術や知財、ノウハウが蓄積されるよう仕組みを構築している。この考え方の根底にあるのは「ものづくりの競争力の源泉はノウハウである」という思想であり、吉野社長は「当社にノウハウが蓄積されることで技術プラットフォームが高まれば、多くの困難な課題を解決することが可能となり、ひいてはこれを利用する顧客にもメリットを提供することができ、最終的に化学産業全体と一緒に高まっていく好循環につながる」と語っており、多くの大手化学メーカーからも理解を得られている。

化学分野は、少量で高付加価値な医薬品から大量生産の化石燃料までを含む、非常に幅広い産業である。スタートアップはニッチトップの市場を確立することがセオリーと言われているが、同社では様々な業種の顧客との提携を増やすことで、技術プラットフォームを高めてソリューションとしての魅力度を、より高めることができると考えている。同社の将来のビジョンについて、吉野社長は「まだまだマイクロ波は特殊な技術だと捉えられているが、製造技術の選択肢として当然のように選択される、一般的な技術になることを目指したい」と語っている。

図 マイクロ波化学の技術トータルソリューション



資料：マイクロ波化学（株）より提供

②ものづくりスタートアップと製造業企業との連携

ものづくりスタートアップによる Connected Industries の推進にあたっては、優れたものづくりスタートアップをいかに増やし成長させていくか、そして、ものづくりスタートアップが生み出すイノベーションをいかに製造業全体で活用していくかが特に重要となる。

スタートアップは単独で成長していくものではなく、ユーザーや既存企業、大学、金融機関、公的機関などの多くの主体との関係性の中で育まれていくものである。スタートアップを中心として多様な主体が有機的につながっている様を、生態系になぞらえて「スタートアップ・エコシステム」と呼ぶこともある。スタートアップが生まれやすく成長しやすいエコシステ

ムを構築することは、その国・地域の経済・産業の発展に直結するため、世界中の国・地域がエコシステムの構築・強化に取り組んでおり、今や世界規模での「スタートアップ・エコシステムの構築競争」が起こっている。

日本のスタートアップ・エコシステムは、シリコンバレーや中国深圳と比べて脆弱であると言われることも多い。特に、ハードウェアイノベーションのゆりかごとしての深圳の成長ぶりは目覚ましく、「中国全土から集まる若手エンジニア」「オープン・モジュール化（モノ、知財）」「成熟したサプライチェーン」「顧客ニーズを反映する大市場」「溢れるマネー」などをキーワードに、深圳の地で多くのハードウェア・スタートアップが生まれ、世界に向けて製品・技術が発信されている。

コラム

深圳の製造業エコシステムを活用した小ロット製造、スタートアップ支援 ・・・(株)ジェネシスホールディングス

(株)ジェネシスホールディングス（以下、ジェネシスと表記）は広東省深圳市のサプライチェーンを活用した EMS（電子機器受託製造）工場を子会社に持つ企業である。創業経営者の藤岡淳氏は 2000 年代前半から深圳の EMS 企業を活用した電子機器製造に従事し、格安のデジカメ、DVD レコーダーなどのヒット商品を生み出してきた。2011 年に香港・深圳ジェネシスを創設、発注側から EMS 経営者へと転進した。イオンのスマートフォンなどの数万台規模の大型案件からスタートアップ向けの小ロット案件まで、多様な電子機器製造を手がける企業として評価を高めている。

「深圳の優位性はサプライチェーンの集中にある」と藤岡氏は言う。深圳には基板、金型、部品、梱包、物流、税関、検査・認証などの各種企業、機関が集中的に立地しており、地域全体として見た場合の製造の効率性が高い。個々の企業単体の強さではなく、総体として生み出される強さはエコシステム（生態系）との表現がぴったりだと藤岡氏は強調する。

その一方で中国独特の商慣習、品質のばらつきなどの問題もあり、単に深圳企業に委託するだけでは日本市場が要求する品質基準を満たすことは難しい。ジェネシスは主要部品の全数検品、自社工場での組立と品質管理、日本国内のアフターサービス拠点という三重のセーフティネットを用意することで、日本の顧客基準を満たすクオリティを実現している。その力が認められ、主力製品であるタブレット型端末の生産台数では日本国内シェア 10 位と企業規模を上回る存在感を発揮している。

さらに、近年、IoT（モノのインターネット）機器のニーズが高まるにつれ、深圳は新たな役割を担うようになっている。新たな事業ジャンルを切り開くスタートアップはこれまでウェブサービスの分野に偏重していたが、スマートセンサー、監視カメラ、電子看板など物理的デバイスを伴うハードウェア・スタートアップへとトレンドは移行しつつある。また、AI（人工知能）によるビッグデータ処理が現実的になった今、素材となるデータの確保が急務であり、各種 IoT 機器のニーズが高まっている。ニッチな製品も多く、いかに低価格かつ小ロットで製造するかが鍵となる。

深圳では「公板公模」と呼ばれる共用基板、共用金型成型部品を使うことにより、企画から製造までの期間を大幅に短縮できる上に、MOQ（最少発注数量）1,000 個という小ロットでの製造が可能となる。「スタートアップは資金がない。また、フィードバックを得てこまめに改良する必要がある。そのため、小ロット製造が可能な深圳は世界中のスタートアップが活用する“聖地”になっている」と藤岡氏は指摘する。深圳のエコシステムを活かした小ロット製造、日本市場向けの品質を担保する仕組みによって、ジェネシスはコミュニケーションロボット「ユニボ」、VR 接客端末「CREWL」など日本スタートアップの量産を支援している。

このような状況下において、こと「ものづくりスタートアップのエコシステム」という視点に立てば、本来、日本は世界トップレベルの潜在力を有しているとも考えられる。その大きな理

由として挙げられるのが、ものづくりスタートアップにとっての連携先・ユーザーとなる既存の製造業の層の厚さである。

IoT デバイスのデザインと少量製造を強みに、世界やスタートアップと日本の技能をつなぐエコシステムを構築・・・(株) テクノラボ

(株) テクノラボ（神奈川県横浜市）は「カタチを提案する」「少量で提供する」ことを強みに、プラスチック新製品の試作設計から製造、量産まで一貫してサポートする企業である。

ものづくりで新市場開拓を目指す、スタートアップや中小企業、サービス系大手企業が主な顧客であり、「IoT が人間社会に溶け込むサポートをしたい」という想いで、製品の upstream 設計段階から製品仕様・デザインの提案を積極的に行っている。特に最近では、プラスチック・樹脂製外装を使用する IoT デバイスに注力しており、新製品開発のデザインと試作・少量（200～300 個）製造を、顧客と一緒に「手探りな中での市場・顧客との対話」によって試行錯誤する、ものづくりの伴走者としてのポジションを高めている。

例えば、中小工務店の相談を受けて、施工住宅の断熱性能評価のための室温センサーを開発したケースでは、床面で室温を測定する必要があったが、室温センサーを試作して設置したところ、顧客から「何だか分からない気味の悪さがある」というフィードバックを得て、温度を表示するディスプレイを追加した。さらに、壁からの輻射熱を考慮する必要があることが分かり、壁掛け輻射熱センサーを追加で開発し、所望のデータを得られるようになった。このように、新たな製品開発・ものづくりにおいては、この「一度カタチにして市場・顧客のリアクションを得る」ことが欠かせないが、同社は試行錯誤を通じてこれまでにない製品に仕上げていく経験を多数蓄積している。

同社のデザインと少量製造の支援に対する関心は、国内のみならず海外からも高まってきている。既に台湾大手メーカーの新製品開発を手掛けた実績がある他、米国シリコンバレー発スタートアップからの引き合いも増えてきている。昨今では、シリコンバレー発スタートアップが中国で製品試作・製造を行うケースが多いが、製品デザイン自体は米国内で行っているため、コストが非常に高い。また、試作段階では必ず出戻りが発生するため、想定以上の工数を要するという。一方同社は、デザインと少量試作を一体的に行えるため、価格とスピードの両面から非常に高く評価されており、シリコンバレー拠点の設立に向けた準備を急ピッチで進めている。

そんな中、製造拠点を日本に置いている理由は、射出成形を行う職人の圧倒的な技能があるためである。少量で生産する場合、金型に時間と費用をかけることができず、完成度の高い金型を作成することは難しい。そこを成形技能や周辺知識で補う必要があるが、問題は常に特定できないところから発生するため、シミュレーションなどの計算科学だけでは解決できない。一方、日本の職人は、現場での長い経験から培われた勘によって、この問題を瞬時に解決できる。このような技能は、日々の単純作業の繰り返しの中で芽生えるものであり、「以前から技能が適正に評価されていないと感じていた」と林社長は語る。海外進出を検討する中で、日本の高い技能に対する潜在的なニーズが非常に高いことを実感しており、「高い技能を評価できる当社が顧客との間に入ることで、これまで日の当たらなかった技能が、顧客からより評価されるようになれば良い」と、市場と職人の技能に精通した林社長ならではのグローバル・エコシステムの構築を急ピッチで進めている。

図1 開発支援を行った室温センサー



出所：(株) テクノラボより提供

図2 設計を支援した水耕栽培機 hoop



特に、製造プロセスや製造業のバリューチェーンにおける課題を発見し、それを解決するための製品・サービスを開発して事業化していく存在として、ものづくりスタートアップは大きな潜在力を有しており、また、その活躍が期待される。その潜在力の発揮のためには、ユーザーとなる製造業企業から詳細なニーズを把握し、試作品を用いた実証実験への協力などを得て、さらにそれを実際に販売し製造現場に実装していく必要があり、製造業企業との連携や協力が重要となっている。また、製造業側にとっても、「脱・自前主義」、「オープンイノベーショ

ン」の観点から、スタートアップへの期待が高まっており、スタートアップとの連携やスタートアップの技術・製品の導入に対して意欲的な企業が増えてきている。

長期的には、我が国の製造業がものづくりスタートアップの「ゆりかご」となり、世界で戦えるものづくりスタートアップを多数輩出し、それによって Connected Industries が実現していくという青写真が絵空事ではなく、その実現可能性を少しでも高めるような取組が官民には求められている。

コラム

めっきメーカーなどとの連携の中で作り上げ、多くの製造業企業に利用される、革新的手法によるフレキシブル基板の製造サービス・・・エレファントック（株）×製造業企業

エレファントック（株）（東京都中央区）は、「新たな製造技術を作り、グローバルスタンダードとし、世界を前進させる」というミッションを掲げる、2014年創業のスタートアップである。現在は独自製法によるフレキシブル基板（柔らかく曲げられるプリント基板）の製造サービスを、主に業務用途に展開しており、既存のフレキシブル基板に比べて「型が不要で初期コストがかからない」、「工程数が少なく生産スピードが速い」、「環境負荷が低い」などを訴求して、小ロット品や試作用途を皮切りに、マスカスタマイゼーションで恩恵を受ける分野での活用が進んでいる。

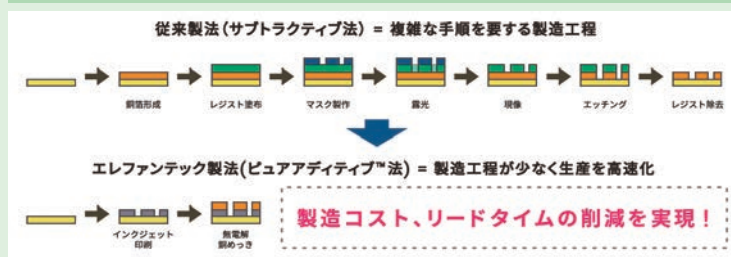
従来の電子回路は「基板の全面に金属を貼った上で、不要な部分を溶かす」という手法で作られているのに対し、エレファントックの独自製法「ピュアアディティブ™法」は、「必要な部分にのみインクジェットで金属を印刷し、さらにめっき技術で金属を成長させる」という手法であり、これによって上述の特徴を生み出している。

なお、同社の技術のベースとなっている「金属を含むインクで電子回路を描く」というアイデア自体は同社の登場前から存在しており、海外のスタートアップを始め、似た事業に取り組む企業もいくつか見られるが、いずれも決め手に欠け、本格的な普及には至っていない。その意味で、同社はこのアイデアの本格的な事業化に初めて成功したスタートアップだといえる。それを可能にしたのは、同社の内部的な要因に加えて、ユーザーや連携先となる製造業側の要因も強く影響しているという。

例えば、「ピュアアディティブ™法」において重要なめっき技術は、金属を成長させる条件の設定や制御に職人的なノウハウが必要なものであり、それをもともと有していなかった同社は、自社でのラピッドプロトタイピング的な試行錯誤に加え、めっきメーカーなどとの連携のなかでこの技術を確認していった。また、多くの製造業企業が同社の技術に関心を寄せて、早い段階から積極的に活用を進めていったことも、この技術を事業化するうえで大きなプラスとなった。現在では、海外の企業からの引き合いも増え、ミッションとして掲げた「グローバルスタンダード化」に向けて歩みを進めている。

日本で生まれたものづくりスタートアップが、多様な製造業との関係性の中で成長し、その技術がグローバルスタンダードとなって大きな付加価値を生み出していく。このような流れは、日本の製造業が目指すべき方向性の一つだと言える。

図 エレファントックの電子回路製造技術「ピュアアディティブ™法」



出所：エレファントック（株）より提供

コラム

中小製造現場の課題とともに IT/IoT による課題解決力を高め続けるスタートアップ・・・フリックケア（株）×日進精機（株）

フリックケア（株）（東京都台東区）は、中小製造業のものづくり支援と通信事業での経験をもつ工藤社長が、2015年2月に創業したスタートアップである。当初はIoTセンサーによる介護系見守りサービス(月額定額制)を提供していたが、現在は中小製造業の現場の課題をベースとしたIT/IoTソリューションの開発・提供を行っている。

製造業に参入したのは、以前から付き合いのあった日進精機（株）から、「熟練職人はプレス機の音の変化で異常を予見できるが、貴社の音センサーを使って異常の予知ができないか」という相談を受けたことがきっかけである。日進精機と他1社を加えた3社で連携し、1年かけて音センサーによってデータを収集。音の信号パターンと現場の業務日誌を突き合わせて、異常時の音信号パターンを地道に蓄積していった。

音センサーは既製品を組み合わせた簡易なものであることもあり、初期費用無料、月額10,000円（当初は5,000円）という手軽さがサービスの特徴であり、中小製造業を中心に社長や生産技術のトップから多くの引き合いが舞い込んだ。しかし、現場に入り込んでいくと、実装が難しい現実に直面した。多くの現場は、業務日誌の一部または全部が電子化されていないため、実証試験でデータは得られても、現実には何が起きているかが特定できない課題があった。さらに、実証試験のために手書きした業務日誌情報をデータ化するには、現場の社員に追加業務を強いる必要があるため、なかなか理解や協力を得ることが難しかった。

そこで工藤社長は「中小製造現場の課題ありきで IT/IoT サービスを提供する」方針に転換した。例えば、同社が提供している代表的な IT ソリューションに業務日誌の音声入力システムがある。従来の業務日誌電子システムではカバーしきれない部分があり、紙と併用している実態を目の当たりにしたのがきっかけで開発したサービスで、微細な内容も含めたすべての情報を音声で手軽に電子入力できる。また、ネットワークにつなぐことができず、追加アプリケーションをインストールできない検査機械においては、外部ディスプレイを接続して、その画面の 픽セルデータから必要な情報を自動で読み取る RPA ソリューションも開発している。その他にも、工作機械見守りセンサー、金型生産ショットカウンターのネットワーク化、パトライトのネットワーク監視といった、様々なソリューションを現場の課題に応じて開発している。ただ、いずれのソリューションも決して高度な技術は使わず、ありもののセンサーや製品を顧客の課題に合わせて組み合わせることで、ソリューションとしての手軽さを特徴にしている。工藤社長は「顧客の課題を発掘して解決するほど、同社のソリューション力が高まる好循環が生まれている」と語る。さらに今後の展開として、中小製造業の多くに IT 部門がなく、業務上必要な IT 以外のことは全く分からないという現状がある一方、IT も製造現場も分かる人材が不足していることを中小製造業全体の課題と感じており、「他社と連携しながら中小製造業に外部 CIO サービスを提供したい」と新たなソリューションを計画している。

図 1 プレス機見守りサービス



出所：フリックケア（株）より提供

図 2 業務日誌の音声入力アプリ



（４）Connected Industriesの地域・中小製造業への普及、担い手の専門人材不足

地域企業や中小製造業は、Connected Industries 実現に向けた担い手として重要な存在であり、これらの企業がリアルデータやデジタル技術を活用することを通して生産性向上やビジネスモデル転換を図っていく取組が地域でも多く生まれてくることが期待される。また、Connected Industries 推進による効果を最大化するには、サプライチェーン全体でのデータのやりとりを行うなど全体が“つながる”ことが鍵を握っており、中小企業における的確な対応などが特に重要となる。

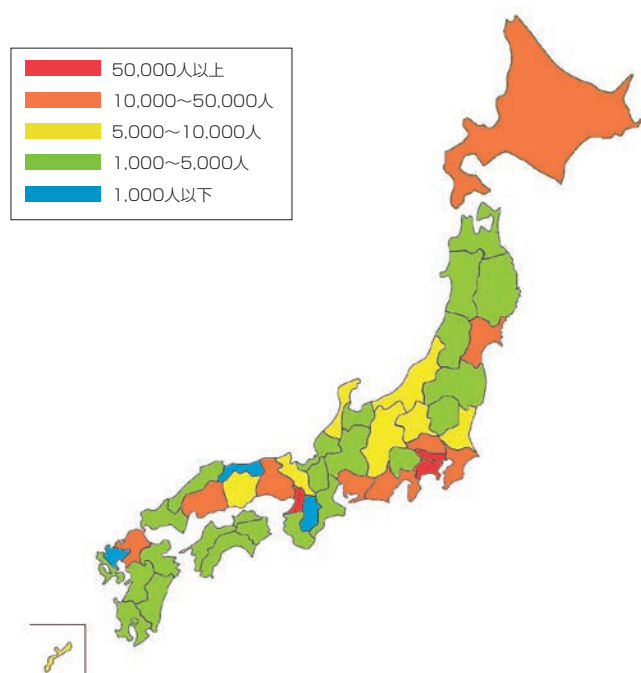
地域企業や中小製造業においても Connected Industries を推進するメリットとして、例えば、IoT・ロボットなどの導入によって単純作業や重労働を省力化し、労務費を削減することによる人手不足解消の実現、人工知能などによって「匠の技」を見える化し、若い社員のスキル習得を支援することによる技能継承の実現、さらには、職人の技能や創造性をデータ化し、それを生産設備につなぐことで多品種・単品・短納期加工を実現し、新規顧客の獲得及び利益拡大の実現につなげるなどが想定される。

しかし、地域企業や中小製造業がデジタル技術を活用してい

くには、企業内で担い手となる人材が確保できるかという点やハード・ソフトウェアへの投資が可能かという点などにおいてハードルが存在する。特に、デジタル技術を実際に活用していく上で必要となるスキルを有する人材は日本各地、さらに言えば世界中で取り合いの状態であり、地域企業や中小製造業において質・量ともに十分に確保することは困難な状況にあるといえる。

そのような状況下においては、地域の中小製造業などに対して IT、ロボットや IoT などのデジタル技術導入を教える専門人材の育成及びその活用などが鍵を握る。まず、この点、IT システムやソフトウェアなどの導入支援などを生業とする IT 企業などが中心となって中小製造業への IT システム導入を支援することが考えられるが、IT 企業における IT 人材についても、第 1 節の図 114-12 のとおり、質的にも量的にも不足しているというのが現状である。また、IT 企業における IT 人材の数の地域での偏在性を経済産業省「平成 27 年特定サービス産業実態調査（確報）」を活用して算出すると、東京都を含めた関東圏や大阪府・愛知県などの大都市圏には IT 企業において IT 業務に従事する人材の数が多いのに対して、地方においては少ないことが見て取れる（図 135-24・25）。

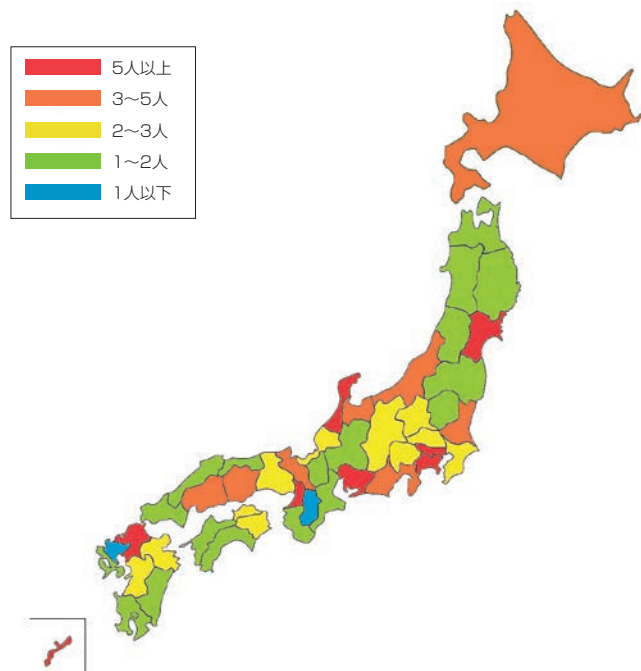
図 135-24 IT 企業における IT 人材の地域偏在性 (IT 人材の総数)



備考：同調査の対象業種（全 28 業種）のうち、「01 ソフトウェア業」「02 情報処理・提供サービス業」「03 インターネット附随サービス業」の 3 つの業務の事業従事者数を都道府県ごとに足しあげた数を記載。

資料：経済産業省「平成 27 年特定サービス産業実態調査（確報）」より作成

図 135-25 IT 企業における IT 人材の地域偏在性 (人口 1,000 人当たりの IT 人材の数)



備考：同調査の対象業種（全 28 業種）のうち、「01 ソフトウェア業」「02 情報処理・提供サービス業」「03 インターネット附随サービス業」の 3 つの業務の事業従事者数を都道府県ごとに足しあげた数を、各都道府県の人口数で割って算出。

資料：経済産業省「平成 27 年特定サービス産業実態調査（確報）」、総務省統計局「国勢調査結果」より作成

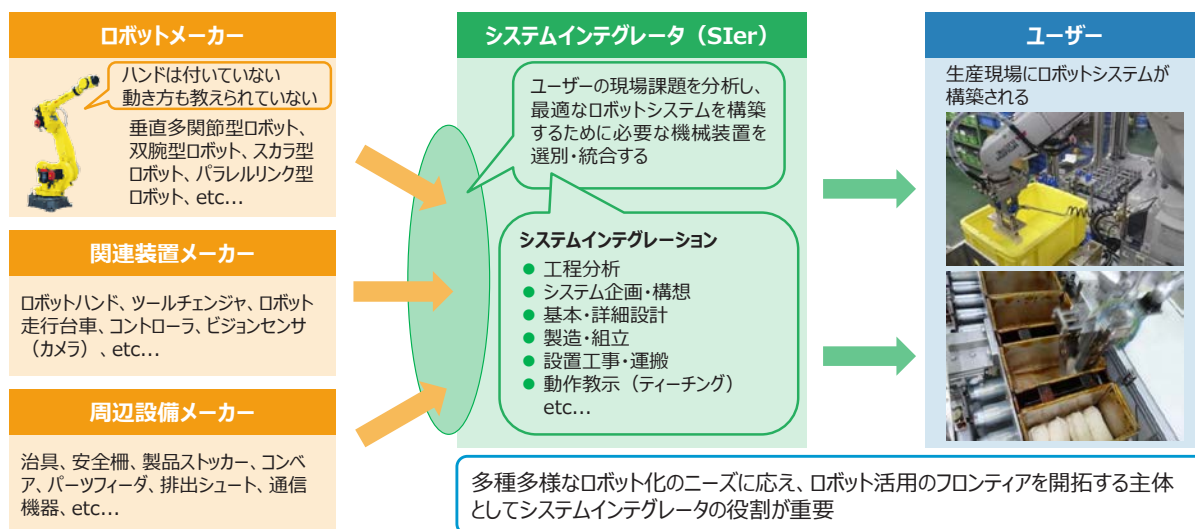
また、第 1 節の図 114- 2 や図 114- 8・9 でも述べているとおり、我が国製造業においては人材確保の課題が顕在化しており、特に中小製造業においては自動機やロボットなどによる自動化・省力化が今後の対応策としてはニーズが高い。しかし、ロボットメーカーが販売する「産業用ロボット」は、ロ

ボット単体だけでは作業の自動化という目的を果たすことはできず、ロボットの先端にハンドを取り付け、動き方をプログラムし、センサーや周辺設備と組み合わせた自動化システムとして構築することで初めて機能するため、中小製造業が単独で自社の生産ラインに適合するようにロボットシステムを構築する

ことは難しい場合が多い。そこで、ロボットの導入を検討する企業の現場課題を分析し、最適なロボットシステムを構築するために様々な機械装置や部品などから必要なものを選別してシステムとして統合する業務を担う「ロボットシステムインテグ

レータ」(以下、ロボット Sler と呼称) と呼ばれる企業の存在が、地域企業や中小製造業が円滑にロボットなどを導入していくうえで重要となってくる(図 135-26)。

図 135-26 「ロボットシステムインテグレータ」(ロボット Sler) の役割

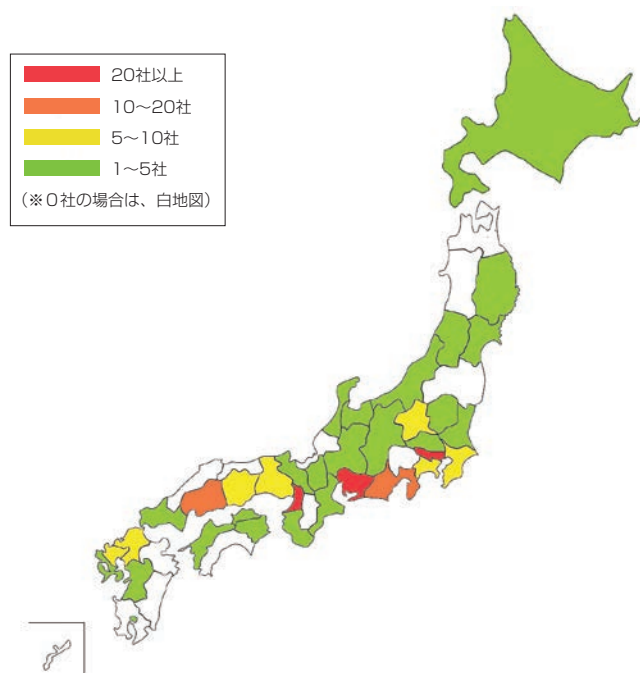


資料：経済産業省作成

ただし、我が国においては、地域・地方の中小製造業まで万遍なくロボットの導入支援ができるほどの規模感でロボット Sler が存在しておらず、東京都・愛知県・大阪府・静岡県・広島県の5都府県などを中心とした太平洋ベルト地域に偏し

ている傾向がある(図 135-27)。より全国大でロボットの導入を促進していくためには、地域・地方も含めて一層ロボット Sler の創出・育成が急務となっている。

図 135-27 ロボット Sler の地域偏在性

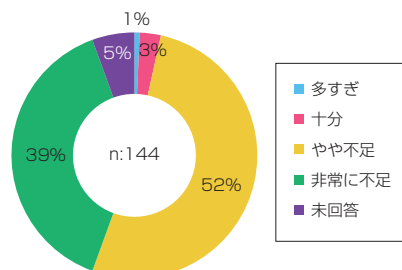


資料・備考：一般社団法人 日本ロボット工業会が運営する「ロボット活用ナビ」において2018年4月時点で登録されているロボット Sler の所在地の累積数を都道府県別に集計。

このようにロボット Sler が全国的に少なく特に地方で不足している原因としては、そもそもロボット Sler という存在の認知度が圧倒的に不足しており、そのことに起因してロボット Sler 内でエンジニア人材が不足しているという点が挙げられる。関東経済産業局が実施した調査（図 135-28・29）では、ロボット Sler におけるロボットシステムエンジニアの過不足感について、90%以上の企業が不足と感じているとともに、

採用状況には6割程度の企業が不満を感じており、募集をしてもらっても応募者が集まらないという点が最もボトルネックになっている。この原因として、ロボット Sler の認知度不足が大きな要因ではないかと考える声も多く、これは、ロボット Sler 業界の活性化・魅力向上のために必要だと思われるものとして、「業界の認知向上」が最優先事項として挙げられている点からも見て取れる（図 135-30）。

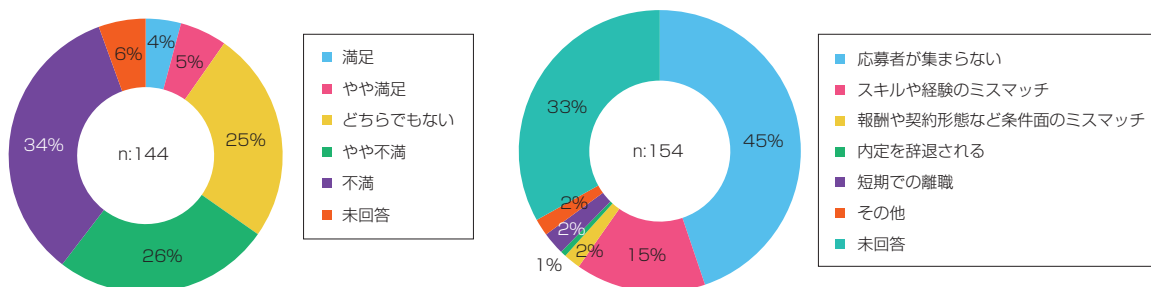
図 135-28 ロボットシステムエンジニアの過不足感



備考：ロボットシステムインテグレーション（ロボット SI）業務を行う企業 374 社に、アンケート調査を実施し、回答があった 144 社の結果を集計。

資料：「ロボットシステムインテグレータ（ロボット Sler）業界の人材確保に関する調査報告書」（平成 29 年度「関東経済産業局における地域企業・小規模事業者の人材確保支援等事業」）より抜粋

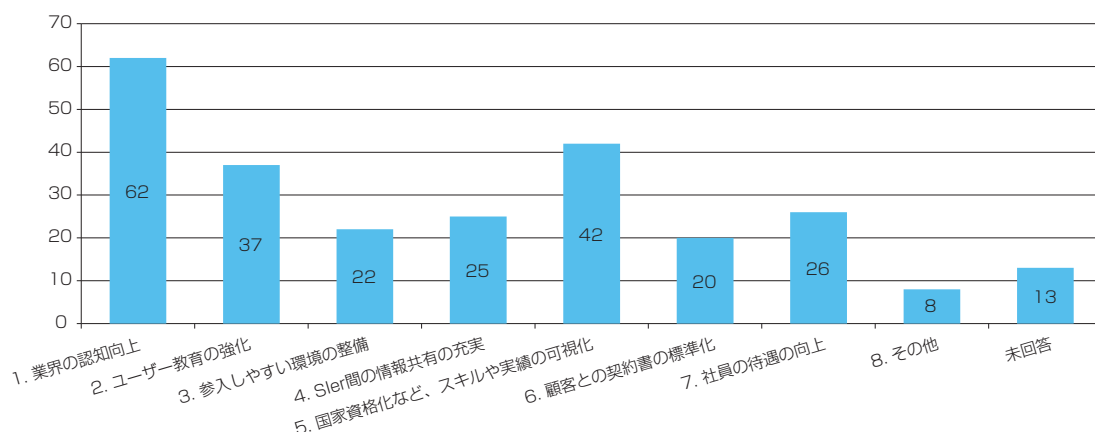
図 135-29 ロボットシステムエンジニアの採用状況の満足度と不満である理由



備考：ロボットシステムインテグレーション（ロボット SI）業務を行う企業 374 社に、アンケート調査を実施し、回答があった 144 社の結果を集計。

資料：「ロボットシステムインテグレータ（ロボット Sler）業界の人材確保に関する調査報告書」（平成 29 年度「関東経済産業局における地域企業・小規模事業者の人材確保支援等事業」）より抜粋

図 135-30 業界活性化・魅力向上のために、必要だと思われるもの（複数選択可）



備考：ロボットシステムインテグレーション（ロボット SI）業務を行う企業 374 社に、アンケート調査を実施し、回答があった 144 社の結果を集計。

資料：「ロボットシステムインテグレータ（ロボット Sler）業界の人材確保に関する調査報告書」（平成 29 年度「関東経済産業局における地域企業・小規模事業者の人材確保支援等事業」）より抜粋

上記のような状況を受けて、経済産業省と日本ロボット工業会では、認知度向上に向けた取組として、ロボット活用に関するポータルサイト「ロボット活用ナビ」上にロボット Sler の特設ページを開設するとともに、ロボット Sler の業務内容や

仕事の様子を紹介した動画の作成や、ロボット Sler へのインタビューをまとめたパンフレットを通じた広報などを行うなど、ロボット Sler が就職先として認識されるべく普及・啓発に取り組んでいる（図 135-31・32・33）。

図 135-31 ロボット Sler に関する特設ページ



備考：（一社）日本ロボット工業会 ウェブサイト <http://www. robo-navi.com/sier/index.html>
出所：（一社）日本ロボット工業会 ウェブサイト

図 135-32 ロボット Sler 業務紹介ビデオ



出所：（一社）日本ロボット工業会 ウェブサイト



図 135-33 ロボット Sler インタビュー紹介パンフレット



出所：（一社）日本ロボット工業会 ウェブサイト



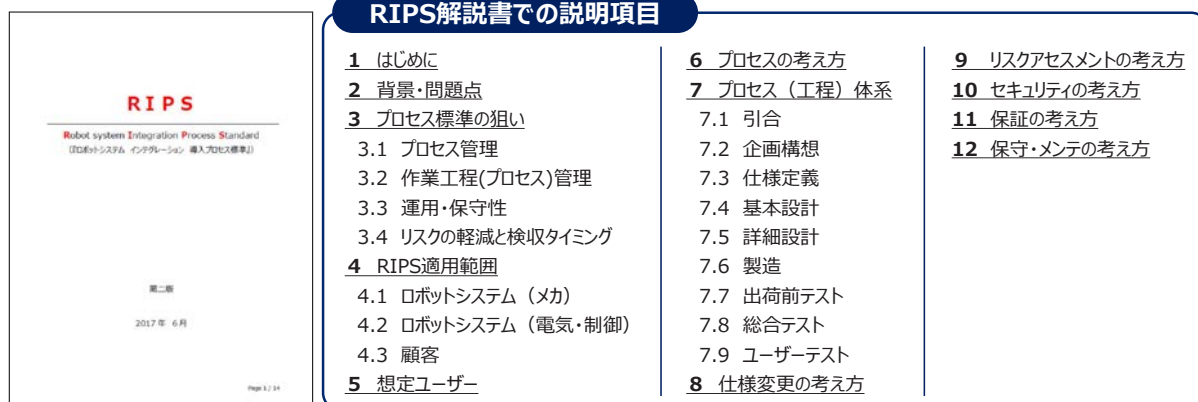
また、経済産業省ではこの他にも、ロボット Sler に共通して求められるスキル項目を抽出し、それぞれの項目について能力の高さに応じたレベルを設定して一覧形式にまとめた、「ロボットシステムインテグレータ（ロボット Sler）スキル標準（第一版）」を、ロボット革命イニシアティブ協議会・ロボット利活用推進 WG での検討・承認を経て制定した。これは複数のロボット Sler が実務的な見地から議論を重ね、機械・電気・制御といったロボットエンジニアリング系の能力だけでなく、生産技術や営業技術、組織体制など多面的な観点からロ

ボット Sler として備えるべき能力を規定したもので、これによりロボット Sler の能力の見える化を図っている。さらに、ロボットシステムを構築していくプロセスに関しては、これまで管理する標準的な手法が存在していなかったため、顧客との合意形成が曖昧なまま契約を結んでしまい、工程後半で認識の食い違い、変更・追加改修などの手戻り、工数増による追加の費用発生や納期遅れといった問題がたびたび発生するという課題があった。それを克服するため、ロボットシステムの構築プロセスを最適化する工程管理手法を「ロボットシステムインテ

グレーション導入プロセス標準（RIPS）」という形で定め、これを活用していくことにより、作業の見える化や顧客との確実

な合意形成の実現及びロボットシステム構築プロセスの最適化を支援することとしている（図 135-34）。

図 135-34 ロボットシステムインテグレーション導入プロセス標準（RIPS）

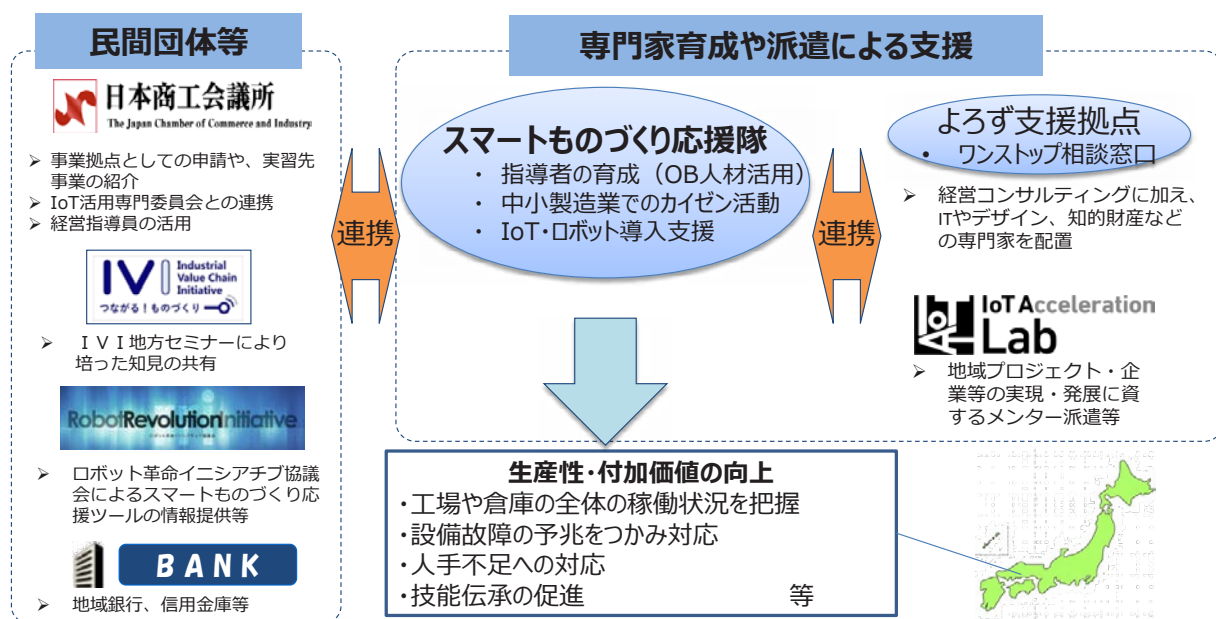


資料：経済産業省作成

ロボット導入と同様に、IoT や AI などのデジタル技術を現場カイゼンノウハウとともに中小製造業に指導できる専門人材も必要となってくるが、IT と OT（生産技術）双方のスキルを習得し実際の企業課題を解決できる指導者は我が国には多くはない。これは、IT・ソフトウェア側の知識・スキルと OT・現場側の知識・スキルとでは、そもそもの考え方や体系自体が大きく異なることから、両方を十分に習得することのハードルが高いことによる。経済産業省では、第2節でも記載しており、このような専門人材を指導者として育成し、実際に中小製造業の経営課題を解決するために伴走型でコンサル支援する

事業を実施している（スマートものづくり応援隊）。2016 年度から開始して以降、2017 年度には指導者を育成及び派遣する 25 拠点を全国に設けており、2018 年度は 40 拠点への拡大を目指している。さらに、日本商工会議所、IVI、ロボット革命イニシアティブ協議会といった各民間団体や、よろず支援拠点、地方版 IoT 推進ラボ、さらには金融機関などとも連携をして、地域や中小製造業におけるデジタル技術活用の普及を幅広く横断的に実施していくことが必要となってくる（図 135-35）。

図 135-35 地域・中小企業へのさらなる展開



資料：経済産業省作成