《第2節 DXに関する各国の取組状況と我が国における課題》

1 DXの重要性の高まり

製造業を取り巻く環境に大きな変化が生じている中で、DX（デジタルトランスフォーメーション）は、事業活動の効率化や、ビジネスモデルの変革を実現し、企業の競争力を高めるために必要な取組である。特に、製造業に与えるインパクトが大きい、脱炭素とサプライチェーン強靱化の取組におけるDXの必要性を以下で述べたい。

世界的な脱炭素の気運の高まりの中で、製造業では、DXによる生産プロセスや設備稼働の効率化により、自社内でのエネルギー消費量の削減と温室効果ガスの排出量削減に取り組んでいる。さらに、生産、物流、消費等のサプライチェーン上のそれぞれの主体の温室効果ガス排出量を把握し、そのデータを連携することによって、サプライチェーン全体の温室効果ガス排出量の把握やトレーサビリティを確保する際にも、DXは有効な手段である。2021年に経済産業省が公表した「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」においても、DXと脱炭素の実現は「車の両輪」であるとして、DXによるエネルギー需要の効率化（「グリーンbyデジタル」）を掲げている（図521-1）。

図521-1　脱炭素に向けた取組とDXの関係

	現状と課題	今後の取組
デジタル化によるエネルギー需要の効率化・省CO_2化 **（グリーンbyデジタル）**	**DXにより、データセンター向けエネルギー需要が急増。** **デジタル化の中核となるデータセンターの立地やグリーン化、5Gなど次世代情報通信インフラの構築が必要。** ・デジタル化・DXの省エネ効果は大（クラウド化で8割省エネ達成）。 ・データセンターが国内にあることで、データ通信の低遅延化が実現することなどにより、自動運転や遠隔医療、スマート工場など、データを利用した新たなサービス展開も広がっていく。 ・データが国内に集約・蓄積されることは、経済安全保障にも寄与。 ・今後、世界的にグリーンなデータセンターの市場が拡大。 ※国内データーセンター市場：1.5兆円(19年)⇒3.3兆円(30年) ※プラットフォーム企業は、全データセンターで消費する電力相当の再エネを購入 ※中国では、2030年にデータセンター投資が10兆円規模に ・日本は、①電力コストが高い、②脱炭素電力の購入が困難、③大規模需要では電力インフラへの接続に年単位の時間を要するといった課題があり、国内立地が進んでいない。	**DX推進に伴う、グリーンなデータセンターの国内立地推進、次世代情報通信インフラの整備** ・社会、経済システム、企業のDXを推進 ⇒ DX関連市場24兆円実現 ・国内データセンターによるサービス市場（3兆円超）を拡大。 ・全国で数カ所程度、日本最大級のデータセンター拠点整備をするため、立地計画策定などの**政策パッケージを検討し、早期に実行。** ・グリーン電力調達を行うデータセンターの立地を補助、**国内での再エネ導入を支援。** ⇒脱炭素電力の購入円滑化に向け、**非化石価値取引市場の制度整備を検討** ・次世代情報通信インフラの実用化に向けた研究開発・**標準化**支援。
デジタル機器・産業の省エネ・グリーン化 **（グリーンofデジタル）**	**あらゆる機器に使用されている半導体の省エネ化が急務、データセンターでの再エネ活用は極少数** ・データセンターは、大量のメモリ・半導体を使い、膨大な電力を消費。 ※大規模データセンターは大型火力1基(100万kw)の電力を消費 ・半導体は国際競争が激化。省エネ半導体実用化が競争力に直結。 ※パワー半導体は、東芝、三菱電機、富士電機等で世界シェア29%	**パワー半導体や情報処理に不可欠な半導体、データセンター、情報通信インフラの省エネ化・高性能化・再エネ化を支援** ・次世代パワー半導体等の研究開発、実証、設備投資を支援。 ・2030年までに実用化・普及拡大、1.7兆円の市場を獲得。 ・デバイスや光電技術、ソフトウェア技術の研究開発、実証支援。 ・2030年までに全ての新設データセンターを30%省エネ化、**データセンター使用電力の一部再エネ化を目指す。** ・エッジコンピューティングによりネットワークやデータセンターの負荷を低減させ、情報通信インフラの30%以上の省エネ化を目指す。 ・2040年に、半導体・情報通信産業のカーボンニュートラルを目指す。

資料：経済産業省「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」（2021年6月）

また、自然災害の激甚化に加え、2019年末以降は、新型コロナウイルス感染症の感染拡大や、ロシアによるウクライナ侵攻の開始など、サプライチェーンに影響を与える予測不可能な事象が発生している。グローバルサプライチェーンの寸断リスクが高まる中では、例えば、原材料や部素材が調達できないために生産ラインが停止することにより、代替生産などの生産調整が必要となることが想定される。

こうした状況の中では、脅威や危機を早期に感知し、機会を捉えて既存の資産や技術を再構成し、競争力を持続的なものにするために組織全体を変容する企業変革力（ダイナミック・ケイパビリティ）が重要となる（図521-2）。製造業では、データの収集・連携やAIによる予測によりサプライチェーン上で発生した危機を察知し、デジタル技術を活用して柔軟に生産・調達計画を変更し、生産拠点間における資源の再配分を行う等、組織の在り方を柔軟に変容できる能力によって安定した企業活動を継続することが必要である。DXは、①生産設備の可視化、コントロール、②複数の拠点間におけるデータ活用等を可能にするため、ダイナミック・ケイパビリティを発揮するために重要なツールである。

図521-2　ダイナミック・ケイパビリティの概要

資料：経済産業省

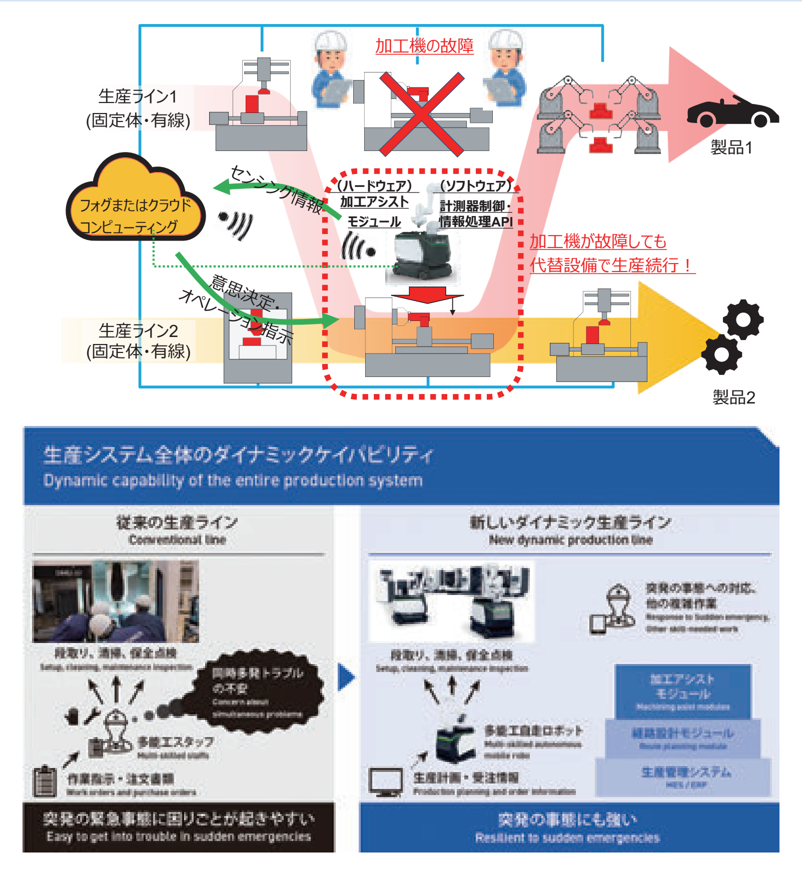
経済産業省としては、製造業におけるダイナミック・ケイパビリティの実現に向けた取組として、「5G等の活用による製造業のダイナミック・ケイパビリティ強化に向けた研究開発事業」（（国研）新エネルギー・産業技術総合開発機構により実施）において、迅速、かつ、柔軟な組換えや制御が可能な生産ラインの構築等に向けた研究開発の支援を行っている。以下では、研究開発事例の一部を紹介する。

コラム　5G等の活用による製造業のダイナミック・ケイパビリティ強化に向けた研究開発事業における研究開発事例・・・①DMG森精機（株）、ファナック（株）、②ラティス・テクノロジー（株）、③アルム（株）ほか

DMG森精機（株）とファナック（株）は、多能工自走ロボットと、工場内の生産設備を一括制御するIoT基盤（フォグもしくはクラウドコンピューティング）の開発により、トラブルで生産設備に不具合が生じた場合にも、即時にラインの変更を行うことで、生産能力を維持できる生産システムの構築を目指す。具体的には、多能工自走ロボットが工場内の設備の状態を臨機応変にセンシングし、IoT基盤がそのデータを基に、故障や停電など様々な事象に対応するため、自社内で代替できる設備やラインを迅速に判断することで、柔軟な生産ラインを構築することができる。

また、トラブルの内容や代替設備の性能に応じた柔軟な対応を可能とするため、多能工自走ロボットには、代替設備の機能を補完する様々なアプリケーション（高速度カメラでの振動点検による異常検知、切りくずの自動検知・除去等）が搭載されている。さらに、多能工自走ロボット、IoT基盤ともに、既存の工場にも後から導入可能であるため、業種、工場の規模等を問わず普及が期待される。

図1　本事業で目指すダイナミック生産ラインのイメージ



出所：DMG森精機（株）

ラティス・テクノロジー（株）は、設計や製造といった製造工程間で、シームレスな3Dデータ連携を実現することで、生産プロセス内の全ての工程において、3Dデジタルツインによる事業者間のすり合わせを可能とするツールの技術開発を実施する。サプライチェーン内の企業間の受発注の場面においては、図面様式の違いやコミュニケーションミス等を原因として、時間や資源のロスが生じうる。こうした状況を解決するため、サプライチェーン内の各企業が一気通貫で使用でき、かつ、軽量で円滑なデータのやり取りができる3Dフォーマットを開発し、企業間のすり合わせの効率性、正確性の向上の実現を目指す。

また、同社は、3Dフォーマットを介したすり合わせをより効率的にし得るVR・AR技術の開発も行っている。さらに、熟練技術者がVR・ARを使用する際の視点や動作をデータとして集積することで、ノウハウの形式知化を助ける機能も併せ持つ。製造現場のデジタル化による効率化、熟練の技術の継承など、我が国製造業が抱える様々な課題の解決策となることが期待される。

図2　3DフォーマットやVR・AR技術を活用したすり合わせの効率化

出所：ラティス・テクノロジー（株）

アルム（株）は、半導体製造装置や自動車の基幹部品といった、我が国経済にとって特に重要となる物資の安定的な生産、調達を実現するため、「自律型生産管理システム」を開発する。ネットワークで全国の切削加工工場をつなぎ、設備の稼働状況や部品の特性等を、AIにより総合的に判断することで、最適な生産設備を保有する工場に生産の振り分けを行うことが可能となる。

さらに、生産工程にトラブルが発生した場合や、急な需要の変動が生じた場合には、AIが変動を察知し、自動で、かつ、迅速に各工場の生産計画を変更し生産を継続することができる。これにより、有事の際にも生産能力を維持することに加え、生産計画の変更にかかるリードタイムを、従来と比較して75%削減することを目指している。

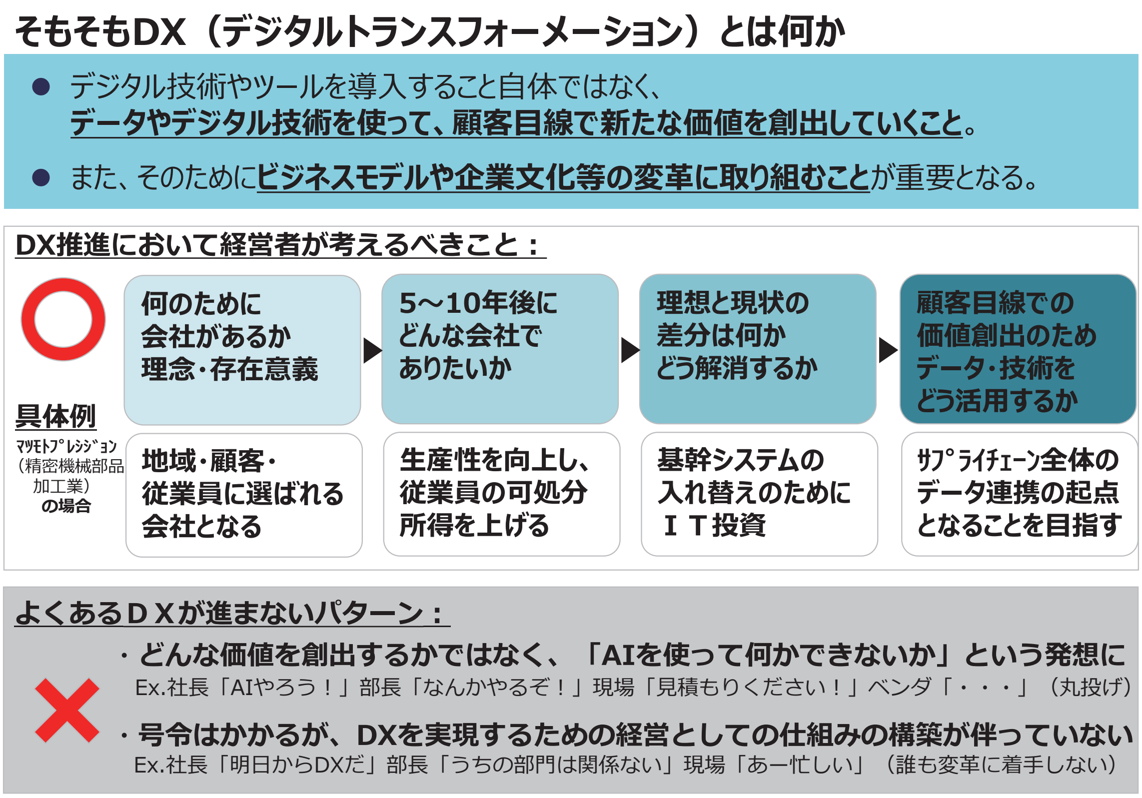
図3　生産工程の変更や変更後のプロセス立ち上げを支援するITツール

出所：アルム（株）

2 製造業におけるDXの目的

DXの目的は、データやデジタル技術を使って、顧客目線で新たな価値を創出していくことであり、そのためにビジネスモデルや企業文化等の変革に取り組むことが重要である（図522-1）。製造業では、生産工程にロボットやAI、IoTといったデジタル技術や、それを導入することによって入手できるデータを活用することにより、顧客満足度が高い商品の設計・開発や販売を顧客目線で行い、新たな価値を創出することができる。また、そのためにサービス型のビジネスモデルへの事業拡大を行うことや、経営資源の適切な配分を行うこと等に取り組むことが重要である。

図522-1　経済産業省「デジタルガバナンスコード　実践の手引き」



出所：経済産業省

DXの取組には、大きく分けて２つの方向性がある。１つ目は、事業の効率化である。つまり、自社の普段の生産プロセスにおけるあらゆるデータを収集し、見える化・数値化することで、非効率な部分や課題を特定することや、デジタル技術の導入による自動化、省人化、遠隔管理などの必要な対策を講じることにより、事業の効率化を目指すことである。１つの生産ラインだけでなく、工場内のあらゆる設備のデータを把握し、複数工場間、企業間といった、サプライチェーン上の複数の主体の間でデータを連携することで、需要予測による最適生産や最適在庫等を図り、サプライチェーン全体の最適化を実現することができる。

２つ目は、事業の創造である。顧客が製品を使用する際のデータを収集・分析し、ニーズを把握して自社製品の改善や新商品の開発に反映させるとともに、メンテナンスや利用サポートサービスを充実させることによって、顧客に新たな価値を提供し、それにより利益を獲得することである。

DXに取り組むには、上記の方向性について、経営層等を中心に、商品のサプライチェーンの全体工程（マーケティング、市場調査、製品企画、研究開発、製造等）を俯瞰し、自社の経営力向上に向けて、何を改善すべきか、課題やビジョンを定め、組織横断で取り組んでいくことが重要である。

3 製造業におけるビジネス環境の変化

これまで製造業は、グループ関係を軸とした企画、設計、製造一体の垂直統合型の運営により、最終製品を製造するメーカーが企画、設計、製造までの能力を保有し、サプライチェーン全体を統制してきた。

産業のDXの進展に伴い、製造業では、最終製品や

部品を製造するメーカーから、製造や設計などの一部の機能が切り出され、企業や業種を越えて提供されることで、規模の経済を活かしたコストの優位性や、技術的専門性を活かした設計の高度化を実現する事業者が現れる等、垂直統合型から水平分業型の運営へとビジネス環境が変化してきている。

具体的には、標準化、デジタル化を進めることで、製品設計のみならず、生産ライン設計や現場のオペレーションを形式知化し、これらをサービスとして製造事業者に販売する事業者（以下「サービス事業者」という。）が登場する等、デジタル技術の発展により、水平分業への流れが加速している。

サービス事業者は、設計、製造、経営計画管理といった各プロセスを支援するサービスを保有し、それらを相互に連携させることで、他の製造事業者の生産性向上や温室効果ガス排出量の削減に資するサービスを提供している。

また、サービス事業者は、自身のサービスを効率よく幅広い製造事業者に展開するための仕組みの整備も行っている。具体的には、コンサルティング会社等にサービスの販売業務を委託することで、顧客のニーズに合った生産ラインの立ち上げを実現し、サービスの購入者を含め、互恵関係に基づく長期のエコシステムを形成している。加えて、顧客の声や使用状況等のデータを収集し、更なるサービスの機能改善を図ることで、長期にわたる収益確保につなげることができる。

コラム　海外事例　～ものづくり企業からものづくりサービス事業者へ～・・・Siemens AG（ドイツ）、Rockwell Automation, Inc.（米国）

デジタル技術の活用により、ものづくり企業からサービス事業者への転換に成功した例として挙げられるのが、ドイツのシーメンスである。

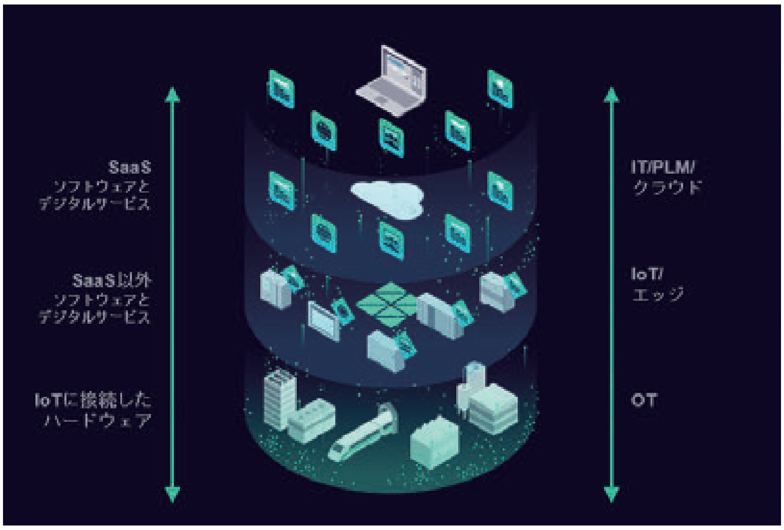
同社が提供するサービスの1つとして、2017年より運用を開始した産業用IoT「MindSphere（マインドスフィア）」がある。マインドスフィアは、ユーザー企業の製造現場における各種設備の稼働状況や、生産効率等に関するデータを収集・解析して、より良い生産プロセスを提案する、製造業のサポートプラットフォームで、世界中の製造事業者のものづくり技術の高度化を支援しつつ、その中で収集したデータを基に、提供するサービスの更なる高度化を実現する好循環を作り出している。

また、その開放性と機能の拡張性も特徴である。つまり、マインドスフィアには元々、ユーザーが利用できるアプリケーションが備わっているが、ユーザー、もしくは第三者（パートナー企業）がマインドスフィア上で利用できるアプリの開発を行い、アップロード・販売できるように開放されている。スマートフォンにおけるアプリストアのように、自社・他社・競合相手を問わず参画することができ、ユーザーやパートナーが増えるほど、機能の高度化が見込める拡張性を有し、それにより更なるユーザーを獲得できる。

このような取組に加え、シーメンスは2022年6月、よりスケールの大きい新たなプラットフォームとして、「Siemens　Xcelerator」を立ち上げた（図1）。ここには、マインドスフィアを含むシーメンスが有するソフトウェアやサービスはもちろん、パートナー企業が開発したソリューションも組み込まれている。ユーザーは、これらの機能をサブスクリプション形式で自由に必要なものを利用でき、かつ、自社の課題の解決に当たって最適な組み合わせを行うことができる。製造業に関わる課題が複雑化する中で、ソリューションも1つの機能に頼るのではなく、複数の機能を適切に組み合わせるべき、というシーメンスの問題意識を基に生まれた、次世代の製造プラットフォームと言える。

シーメンスがサービス事業者への転身を実現できた要因として、意思決定の早い組織構造により、長期視点で絶え間なく企業変革を進めてきたことが挙げられる。同社は2000年代半ばより、ソフトウェア会社の大規模な買収を行い（合計約1兆3,000億円）、企画から製造、販売、輸送、メンテナンスなど同社が製造現場で有するノウハウを形式知化し、それを標準化・デジタル化し、製造業サポートソリューションとして、開かれたプラットフォームで提供する取組を着実に進めてきた。同社はDXを通して、高品質な製品を製造するだけでなく、高品質なものを製造できる仕組みを販売するビジネスモデルへの転換を目指し、実際に成功した事例といえる。

図１　Siemens Xceleratorのイメージ

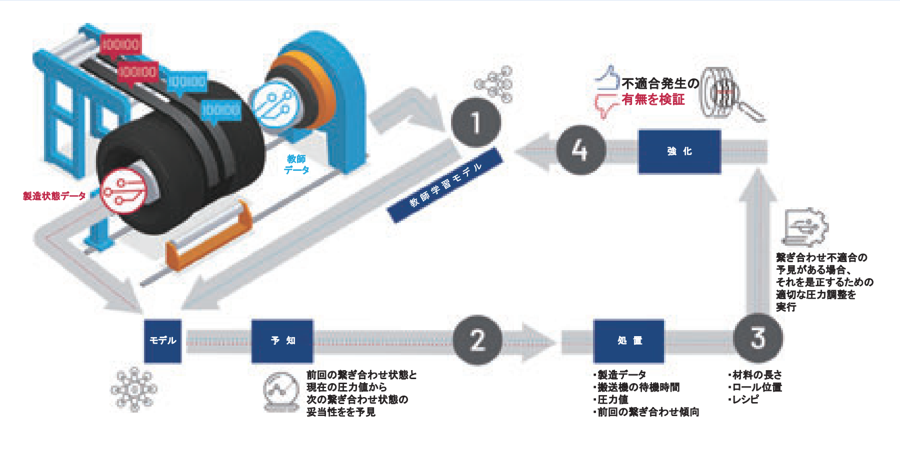


出所：Siemens AG

ロックウェル・オートメーションは、PLC（Programmable Logic Controller：自動化用制御コントローラ）や各種設備の開発と製造、提供を行う米国企業である。近年では、MES（Manufacturing Execution System：製造実行システム）、MOM（Manufacturing Operations Management：製造オペレーション管理）、IIoT（Industrial Internet of Things：産業用IoT）といった、製造業で活用されるソフトウェア領域へとビジネスの幅を広げている。

図２は、同社の顧客企業におけるタイヤ製造工程において、人の手で対処していた課題をAIなどの先進技術を用いて解決した事例である。従来、この設備では不具合が頻繁に発生しており、その度に１分程度（同設備でのタイヤ１本分の処理時間に相当）の保守作業が必要であった。この保守作業の影響により、設備１台当たりで１日150本以上の生産ロスが生じており、工場全体の１日当たりの生産ロスは約2,000本以上となっていた。これを解決するため、同社は設備の稼働状態や品質検査に関する情報等をAIが学習し、品質不良の予兆検知と、その対応を自動で行う自律制御を提案した。このシステムの導入により、顧客企業では短時間の設備停止が45％削減され、機会損失を考慮して当初設定していた設備１台当たりの１日の生産計画を100本以上も上回る生産が可能となり、年間60万本以上の追加生産を実現した。

図２　人工知能によるタイヤ製造工程（スプライス設備）での想定外設備停止の防止



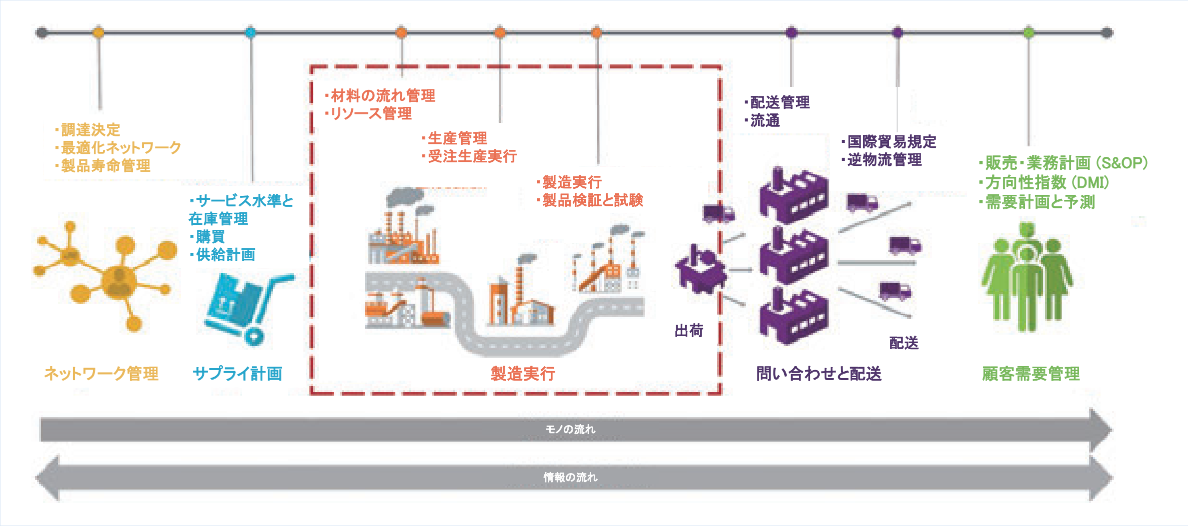
出所：Rockwell Automation, Inc.

製造業における自動化システムや機器を提供していた同社が、ものづくり全般をサポートする企業への転換を実現できた背景には、以下の3点が挙げられる。

1つ目は、ユーザーのニーズや産業ごとの動向に合わせた製品やサービスの拡充である。例えば、前述の事例も含め、一般的に大掛かりな仕組みを実装する際には、それなりの導入期間が必要となるが、同社はこの期間を短縮し、ユーザーが迅速に投資対効果を獲得できるよう、各産業に即しテンプレート化・モジュール化した提案や、自社内にデータ基盤を必要としないクラウドサービスによる運用といった多様な提案を行っている。

2つ目は、パートナー企業との連携である。特に近年は、製造業における課題は多岐にわたっており、単独企業による製品やサービスでは完全な解決ができないケースが増えている。これに対して、同社の提案する製造領域以外の領域については、適切なパートナー企業と連携し共同提案を行っている。例えば、設計領域と製造領域の連携による業務標準化や形式知化、QCD（品質・費用・納期）のリアルタイム把握や最適化、顧客企業が納入した製品の稼働データを活用したコンサルティングや継続的な保守契約などのアフターサービス型ビジネスモデルの創出支援等により、ユーザーの課題に対して最適な解決策を提供している（図3）。

図3　製造業の課題領域とRockwell Automation自身の提案領域（赤点線枠）



出所：Rockwell Automation, Inc.

3つ目は、ソフトウェアだけでなくサービスも一体となった提案を行うための組織づくりである。同社は、従来の製品ごとの専門部門の他に、産業別のものづくりの知見を有した人材によるコンサルティング部門や、各種システムの導入・実装を行う部門を組織内に配置し、ユーザーの課題解決に向けたサービスを提案できる体制を構築している。

このように同社は、産業のDXニーズの高まりを捉え、自社の組織構造とサービス内容をユーザーの展望や市場動向に即しながら迅速かつ柔軟に変容させ、パートナー企業と連携をしながら、ものづくり全般をサポートするサービス事業者への転換を実現した事例といえる。

また、サービス事業者が持つ高度な生産技術が、幅広い地域・企業で活用されるようになっている点も重要といえる。例えば、ものづくり基盤が充実していない新興国の企業においても、サービス事業者を介して、形式知化された製造プロセスと、それを実現するための設備をあわせて導入することによって、高品質な製品を効率的に生産できる能力を、容易に獲得することが可能となってきている。実際に、2017年に設立されたベトナムの自動車メーカーであるVinFastは、元々自動車に関わる基盤技術や設備を保有していなかったが、シーメンスのサービスを導入し、大手自動車メーカーの工場設計、運営や生産ノウハウを購入することによって、短期間での事業立ち上げと自動車市場への参入を実現している。

コラム　海外事例　～形式知化されたノウハウの導入による製造業への新規参入～・・・VinFast（ベトナム）

VinFastは、不動産を中心に幅広く事業を手がけるベトナムのVingroupが2017年に設立した自動車メーカーである。元々、Vingroupは自動車産業に関する技術やノウハウを有していなかったが、通常必要とされる半分の期間（約21か月）で自動車工場を建設し、自動車を生産することに成功した。この異例の急成長を実現できたカギは、形式知化・デジタル化されたノウハウの導入という戦略にある。

当初よりベトナムはもちろん世界で競争力を持ちたいと考えていた同社は、生産ライン構築に当たり、最新のテクノロジーを求めてシーメンスと提携した。シーメンスが提供するPLM（Product　Lifecycle Management：製品ライフサイクル管理）やMOM（Manufacturing Operations Management：製造オペレーション管理）等を組み合わせた包括的なシステムと自動化機器を導入した。これにより、高いグローバル基準が確保された最適な製造プロセスを構築できたことに加え、デジタルツインを用いた製品データの収集・分析、現場へのフィードバックによる効率的な開発サイクルを実現した。

さらに、製造業における変化として、サプライチェーンの見える化・ダイナミック化が挙げられる。これまで、取引関係はグループ内の企業間や、既存の取引関係の中で固定的であり、平時においては高い生産性を発揮してきた。しかし、顧客のニーズが多様化する中で、顧客のニーズにスピーディに応えていく、あるいは災害などの有事において調達先を動的に変えていくためには、個社やグループを超えたデータ共有を通じた最適化を図っていくことが必要である。また、SDGsの観点からも、サプライチェーン全体で温室効果ガス排出量や人権保護等の情報を把握していくことも必要である。

このようなサプライチェーンの全体最適化に向けては、企業を超えたデータ連携の枠組みが重要である。欧州では、自動車産業に関わる企業間のデータ連携プラットフォームである「Catena-X」が発足し、2023年4月に運用を開始した。

コラム　ドイツ発、自動車業界におけるデータ連携プラットフォーム「Catena-X」

フラウンホーファー研究機構を中心に設立されたインターナショナル・データ・スペース・アソシエーション（IDSA）や、ドイツやフランス、EUを中心に設立されたGAIA-Xなど、欧州におけるデータ連携の動きはますます加速している。その中でも、参加企業を増やすとともに、欧州発データスペースの代表格として巨大なエコシステムを構築しつつあるのがCatena-Xである。

Catena-Xは、2020年にBMWとSAPが中心となり設立されたAutmotive　Allianceを前身として2021年に設立された、自動車産業のバリューチェーン全体でのデータ連携を目指す仕組みである。BMWやメルセデス・ベンツなどの自動車メーカー、ボッシュやZFなどの部品メーカー、BASFやヘンケルなどの素材メーカー、SAPやドイツテレコムなどのソフトウェアベンダー、シーメンスなどの産業機械メーカーといった、自動車産業の上流から下流までを網羅する企業が100社以上参加している。

加えて、ドイツ航空宇宙センターやフラウンホーファー研究機構などの独立した研究機関も参加し、最新の研究や科学的成果をCatena-Xのオープンソース仕様に活かしている。また、BMW、シェフラー、SAPなどのCatena-Xの27社のコンソーシアムメンバーは、ドイツの経済・気候保護省を通じて、ドイツ製造業のCovid Recovery Fund（新型コロナウイルス感染症の感染拡大により落ち込んだ経済を回復させるためにEUが設けた基金で、資金提供先として複数の研究開発やプロジェクトが選定されている）の支援を受けており、ネットワークの基本サービスを構築するために、オープンソース仕様及びその構成要素の開発を開始している。

Catena-Xはオープンかつ協調的でありながら、データ主権が各社に担保（データの権利はCatena-Xが蓄積し独占するのではなく、データ発信元の各企業に帰属）された自律分散型のデータ連携であり、どの企業も自社のデータを誰とどのように共有するかをコントロールできることが特徴である。まずは、温

室効果ガス排出量の把握や原材料のトレーサビリティなど、説得力のある10の初期ユースケースを定め、企業間データ連携を活用した新しい価値の創造、ビジネスモデルの創出による産業競争力の強化を目指す。

この動きは欧州に閉じた話ではなく、Catena-Xは世界中のサプライヤーやメーカーに参加を呼びかけ、グローバルな展開を進めており、2023年4月に運用を開始した。今後、Catena-Xに参加する企業と取引する際には、Catena-Xを介したデータ連携を要請される可能性があり、各国・各社においてはこれにどのように対応していくか検討する必要がある。

上記の製造業における変化に関連して、2021年にドイツ政府が発表した「循環型経済ロードマップ」は、以下の内容に言及している。

国際的に知られた製造拠点としてドイツは、競争力や原材料の生産性、地域的付加価値を高め、質の高い雇用を創出しつつ、デジタル製品のみならず、循環型製品を備えた産業の拠点としての将来を確保する上で、他のどの国よりも有利な立場にある。(中略)この意味において、ドイツを循環型経済へ変換させることの利点を次に挙げる。

- *「Made in Germany」から、ドイツ企業との信頼できる協調的活動による資源生産性の高い、高品質の循環型製品ソリューションのシンボルとしての「Made with Germany」へと移行することで、ドイツを政治的および経済的パートナーとして前進させる新しいバリュープロポジション*
- *収益性の高い循環型経済ソリューションの世界有数の輸出国としてのドイツ産業の国際的な再位置付け*
- *XaaSを介した循環型ビジネスモデルと再利用/再製造/リサイクルなどの構造に焦点を絞ったドイツ産業のリブランディング*

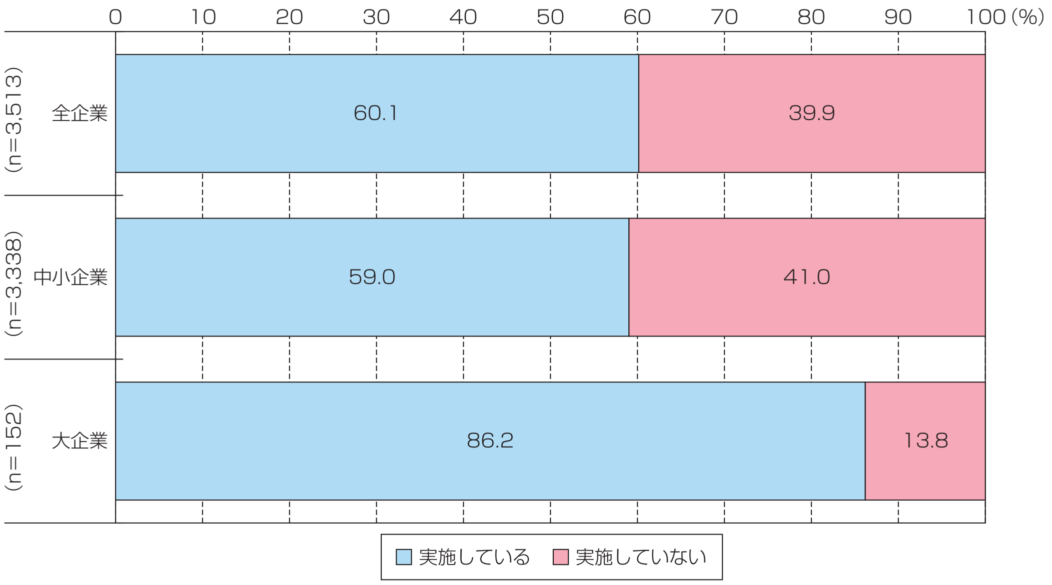
ドイツは、今後製造業の競争力を強化するに当たって、自国内で製品の製造・輸出を行うだけではなく、高品質な製造ソリューションの世界有数の輸出国として、ドイツ産業の国際的な地位向上を目指している。

4 我が国のDXに向けた取組状況と課題

スイスの国際経営開発研究所（IMD）が発表している「世界デジタル競争力ランキング」の2022年の結果では、我が国の全体ランキングは、昨年から順位を1つ下げて29位となった（トップ3は順にデンマーク、米国、スウェーデン）。項目別の順位では、DXを行う上で特に重要な要素の1つである「ビッグデータの活用と分析（Use of big data and analytics）」や、「企業の敏捷性（Agility of companies）」が最下位、「デジタル/科学技術的なスキル（Digital/Technological skills）」が下から2番目の順位という評価だった。

我が国製造事業者における、データ収集・利活用に関する調査の結果をみると、事業に関わるデータ収集・利活用を行っている企業の割合は、大企業で約9割、中小企業で約6割という結果であった（図524-1）。

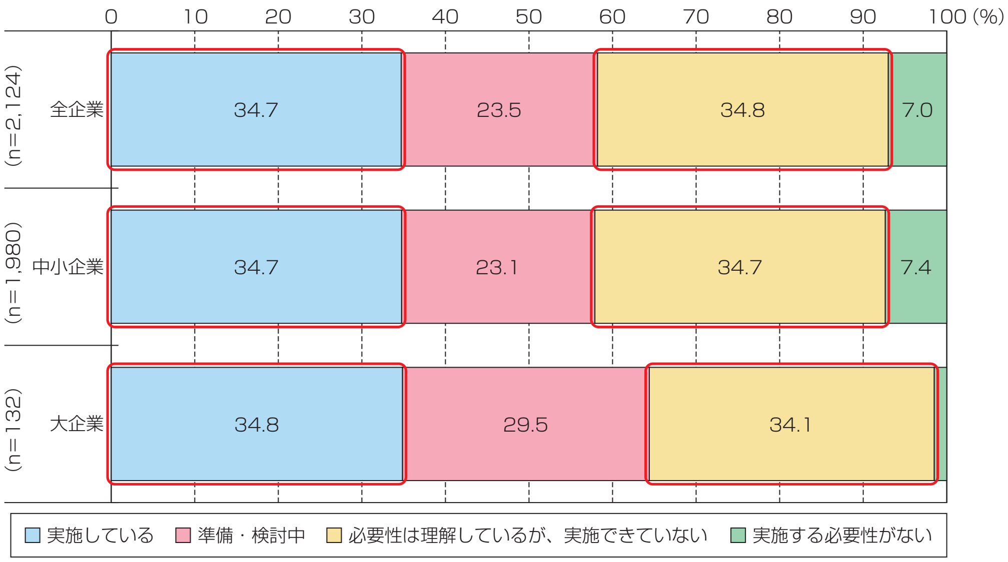
図524-1　事業に関わるデータ収集・利活用の実施状況



資料：三菱UFJリサーチ＆コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2023年3月）

続いて、社内の部門や事業所をまたぐデータの管理・利活用状況については、大企業、中小企業ともに3割強が実施している。また、大企業、中小企業ともに、3割強が必要性を理解しつつも、実施できていないと回答した（図524-2）。

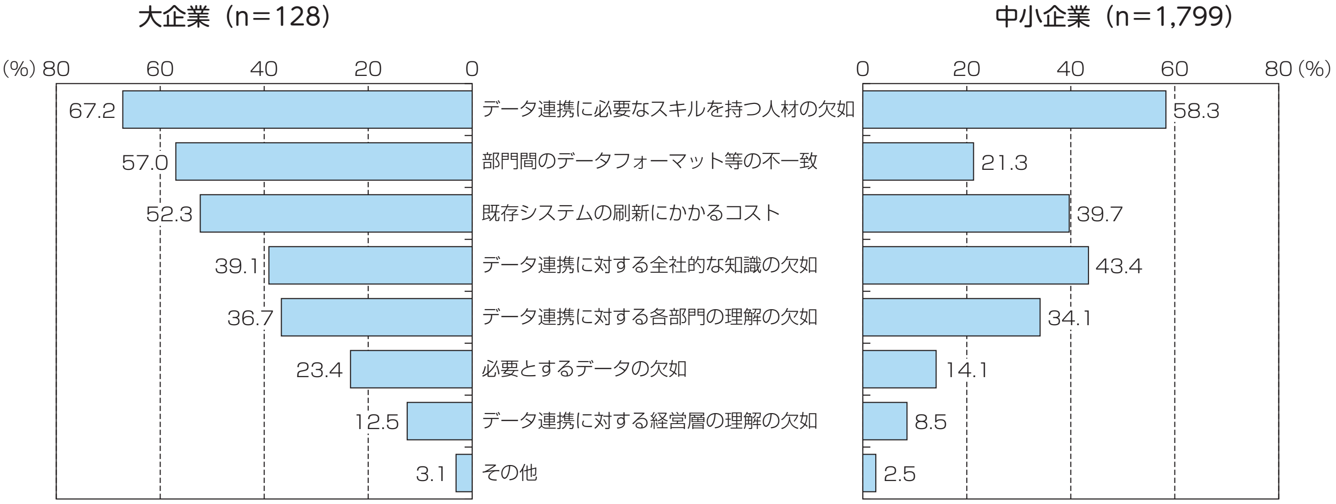
図524-2　部門や事業所をまたぐデータ管理・利活用の実施状況



備考：図524-1において、「実施している」と回答した製造事業者を対象としている。
資料：三菱UFJリサーチ＆コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2023年3月）

部門や事業所をまたぐデータの利活用を行う上での課題については、人材の不足や知識、各部門の理解の欠如といった回答が大企業、中小企業ともに多かったが、特に大企業にみられる課題として、「データフォーマット等の不一致」が挙げられている（図524-3）。

図524-3　部門や事業所をまたぐデータ連携・利活用を行う上での課題



資料：三菱UFJリサーチ＆コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2023年3月）

多くの製造事業者が、専門知識や人材の不足を課題とする中で、製造事業者がDXに取り組むに当たっての支援を行う企業の取組を紹介する。

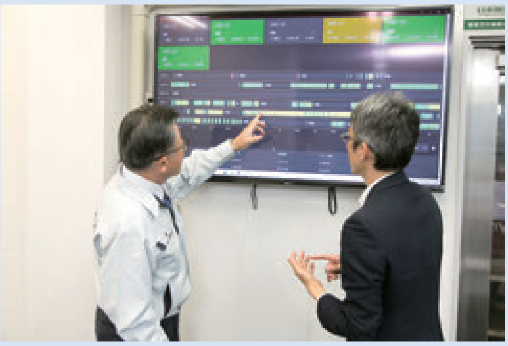
コラム　ものづくり企業のデジタル活用ソリューションを提供する企業・・・デジタルソリューション（株）、（株）クロスコンパス、（株）アダコテック

広島県にあるソフトウェア開発企業のデジタルソリューション（株）は、資金面や人材面で余裕がない中小企業のデジタル化の課題を解決するために、県内の中小企業と連携し、コンソーシアムを組んで広島県の実証実験事業「ひろしまサンドボックス」にて「つながる中小製造業でスマートものづくり」のプロジェクトに取り組んだ。そこでまず手掛けたのが、機械の稼働状況の見える化だった。

メーカーや年式を問わず、工作機械等に稼働表示灯が搭載されてさえいれば、それにセンサを取り付けてデータを収集することで、生産工程のラインの稼働状況を見える化できる。同社では、稼働状況の見える化に機能を絞ることで、費用を抑えるとともに、専用のWebページで稼働状況を見せることで、メンバー企業内にデータ分析専門の担当者を置かなくて済むようになった。属人化され、感覚的に捉えられていた設備の稼働状況がデータ化され、見える化されることによって、生産プロセスの改善の効果が定量的に確認できるようになったことで、改善に向けた意識を向上させる効果ももたらしている。

同コンソーシアムのプロジェクトの効果が十分に示されたことで、プロジェクト参加企業が3から13社に増えており、デジタル化の推進だけでなく企業連携につながっている。例えば、高価な工具や検査具の使用状況をクラウドで管理して共同利用を可能とする等、今後は各社のデータを共有して協力し合える体制をつくることを視野に入れている。

図1　IoTによる生産工程の見える化



出所：デジタルソリューション（株）

デジタル活用で近年注目されているのがAI技術である。従来AI技術の活用にはデータ解析ができるデジタル人材を要するなど、中小企業が導入するにはハードルが高かったが、ものづくりの現場で導入・活用できるソリューションが提供されるようになっている。

製造業向けのAI開発サービスを手掛ける（株）クロスコンパスは、簡単に扱える定額制AI生成ツール「MANUFACIA」を展開している。

本ツールでは、同社が実証済みのAIアルゴリズムにより、製造現場のスタッフが数分から数時間でAIを生成できる。生成したAIは、エッジ側機器で推論判定ができるほか、精度を向上させる再学習にも対応している。

具体的な導入例としては、ある医療機器メーカーにおける品質管理工程がある。従来の外観検査機で不良品判定されたものを目視検査すると、真の不良品は10%程度しかないにもかかわらず、大量の良品が不良品として誤判定（過検知）されていた。そこで、同社のMANUFACIAで生成したAIを導入すると、良品を誤判定する割合を、従来の外観検査機を使用した場合と比較して10%に抑えることができた。これにより、目視検査数量を90%削減でき、検査効率が10倍になった。

また、検査員はAIが不良品と判断した箇所を画像で確認し、正常もしくは不良品のラベルを付けて保管されたデータを元に、検査員自身で再学習を行うことで、さらに識別精度を向上させることができる。利用者からは「ゲーム感覚で精度が上げられる」、「今後はAIありきで評価方法を考えたい」とその効果

が実感されており、人手不足の課題を抱えた中小企業におけるAI技術の活用を後押ししている。同社では、さらに小さな投資でAI活用の効果を測り、本格導入がしやすくなるように、PCでAI生成が可能な製品も提供している。

図2　MANUFACIAの機能と、生成したAIを操作している様子

出所：（株）クロスコンパス

（株）アダコテックは、（国研）産業技術総合研究所の「高次局所自己相関（HLAC）特徴抽出法」を用いた画像解析技術を軸に、従来よりも効率的な異常検知を可能とする外観検査ソフトウェアを提供している。

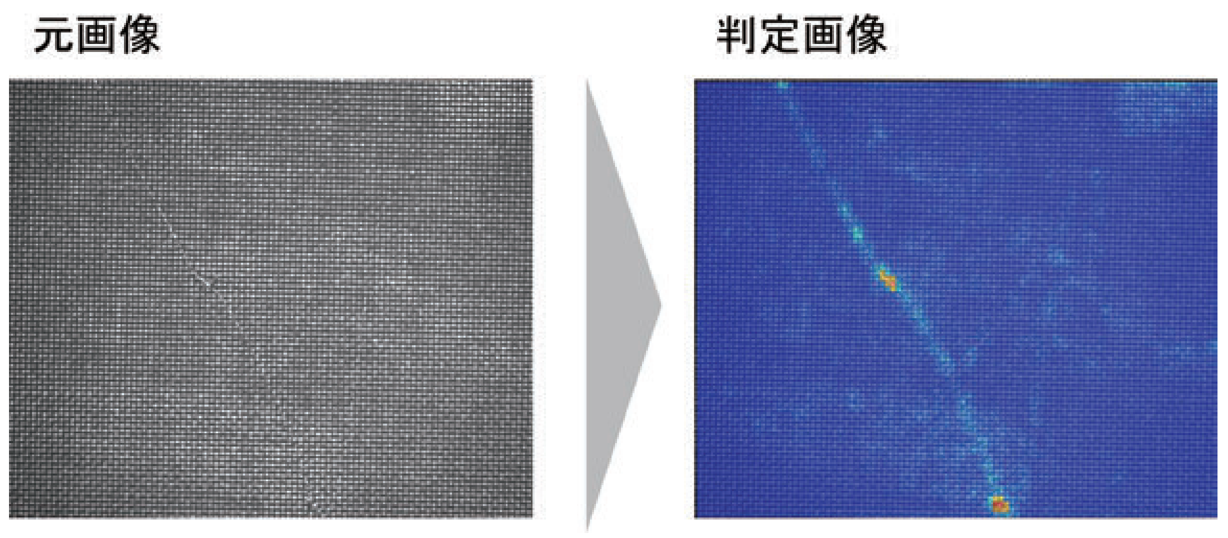
HLAC特徴抽出法とは、画像の形状認識精度に優れた汎用かつ高速な特徴抽出法である。従来のディープラーニング方式では、正常学習・異常学習どちらにおいても多数の画像を学習させる必要があり、特に生産現場においては不良発生率が低いため不良画像の収集が困難であった。この点、HLAC特徴抽出法を活用したアダコテックのソフトウェアでは、画像の形状特徴を特徴量として取り扱うため、100枚程度の正常画像から検査モデルの作成が可能であり、また、推論も市販のPCで高速に実行でき、学習した正常以外の未知欠陥を検出できるという長所がある。

その上で同社が力を入れているのが、完成した製品を外観からチェックする検品工程における活用である。多くの企業では検品作業が人の目で行われており、人手を要する労働集約的な作業として自動化の波から取り残されていた。この検品工程においてAIを活用することで、人件費といったコスト削減だけでなく、近年の人手不足や働き方改革などの課題の解決にもつながる。同社のソリューションは、大手自動車会社との共同実証において、高い欠陥検出性能を発揮しており、自動車・電子部品などの外観検査で導入されている。

図3　外観検査ソフトウェア「AdaInspector Cloud」

AdaInspector Cloud操作画面
（モデル作成・テスト実行）

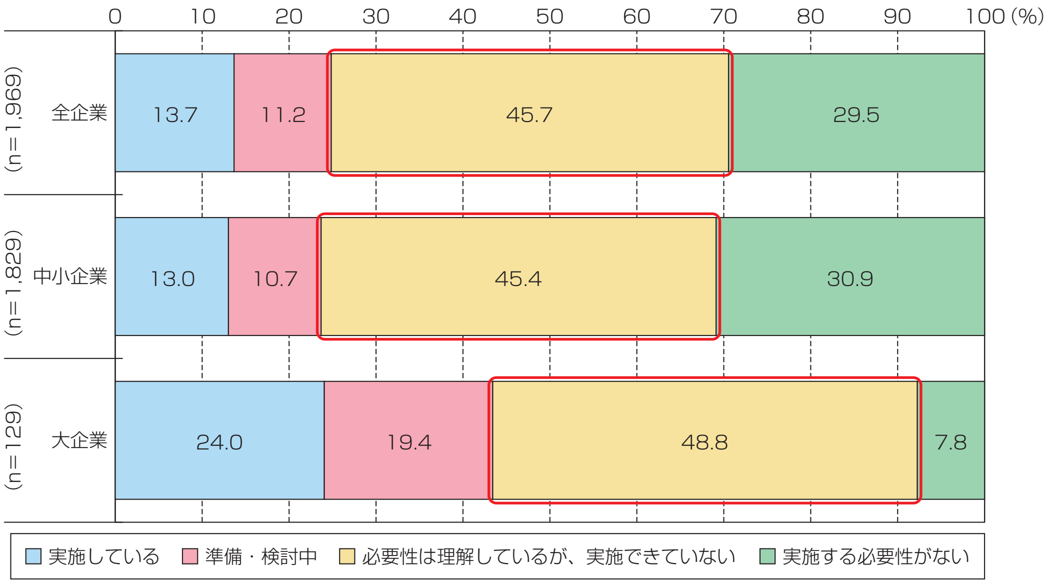
AdaInspector Cloudの検査実行後の出力イメージ
（学習画像からの差異の大きさをヒートマップ表示）



出所：（株）アダコテック

他社や他業種とのデータ連携・利活用については、半数近くの企業が必要性を理解しつつも、実施できていない（図524-4）。

図524-4　他社や業種をまたぐデータ連携・利活用の状況



資料：三菱UFJリサーチ＆コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2023年３月）

このように我が国製造業では、企業の枠を越えたデータ連携・利活用を課題としている。一方で、生産現場の高度なオペレーションや、熟練技能者の存在によって、製造現場の最適化による高い生産性を実現している。以下では、このような生産現場の高度化を図る際に、DXに取り組む事業者を紹介する。

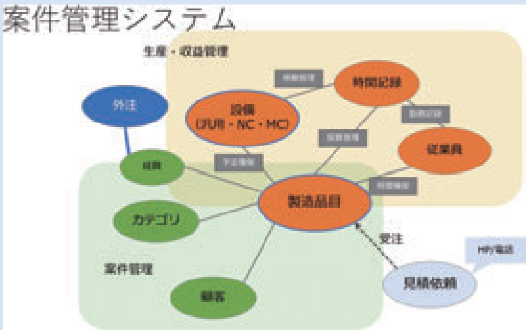
コラム　自主開発で現場に即した課題解決を図った企業・・・（株）サーフ・エンジニアリング、花王（株）

長尺旋盤加工をはじめとする金属加工を手掛ける（株）サーフ・エンジニアリングは、神奈川県にある従業員８人の会社である。発注会社名、受注番号、図面番号、加工材料の寸法や材質等を一元化するシステムを自社開発することで、顧客からの見積もり依頼に対する迅速な対応、見積もり精度の向上、全件対応等を実現し、顧客満足度向上を図った。

同社のWebサイトを構築した（株）ジェイネクストと一緒に取り組んだのが、必要な機能をもったシステムを適価、かつ、早期に立ち上げることができるラピッド開発という手法である。この手法の特徴は、システム仕様を固めるところに手間をかけず、「創る」、「試す」、「改善する」という工程を素早いサイクルで回しながら、アジャイル的にシステム開発を行う点にある。まず、プログラマが現場に赴き、課題やニーズをヒアリングし、メモ書き程度の仕様を基にプログラムの構想を決めて、「実際に動く画面」を提供する。このモックアップアプリ作成までに要する期間は最短で１週間。そのあとは、システムを利用しながら、現場の担当者と画面を見つつ、実際の使い心地も含めて改善を進めていく。従来のやり方では、半年から１年かかる新規のシステム開発が２か月足らずで完了した。

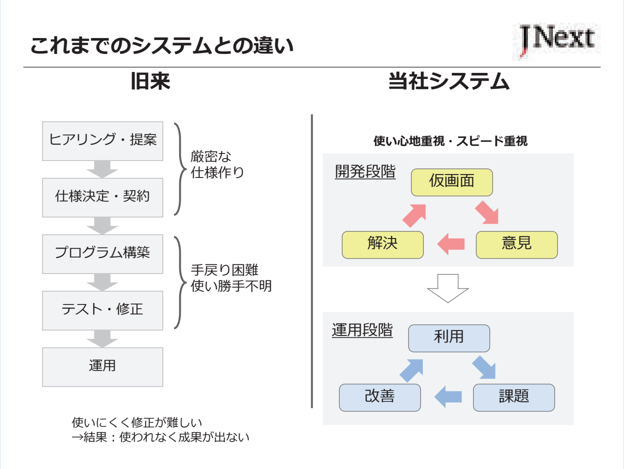
見積作成、顧客管理、図面管理、納期管理などの業務をシステム化することによって、従来は見積もりの回答に平均5.5営業日かかっていたところ、3.3営業日に短縮された。さらに、月30〜40件ほど来る見積依頼のうち、12件ほどは手を付けられず対応できなかったが、システム化以降は全てに対応できるようになった。迅速に、かつ、精度の高い見積もりを回答できるようになったことが顧客からの信頼獲得につながり、新規の受注を得るきっかけになるといった効果もあった。

図1　案件管理システムの概要図（写真は左から、（株）ジェイネクスト牧野社長、（株）サーフ・エンジニアリング開発担当者の優馬氏、根本社長）



出所：（株）サーフ・エンジニアリング

図2　従来の開発手法とラピッド開発との比較



出所：（株）ジェイネクスト

現場主導でのDX推進を図るに当たって注目されているのが、ノーコード・ローコード開発である。ソースコードを書く必要がない、あるいはソースコードの記述を最小限に抑え、直感的にアプリケーションやシステムを開発できるノーコード・ローコードといった開発手法であれば、専門知識に乏しい現場技術者等でもシステム開発を手掛けることができる。

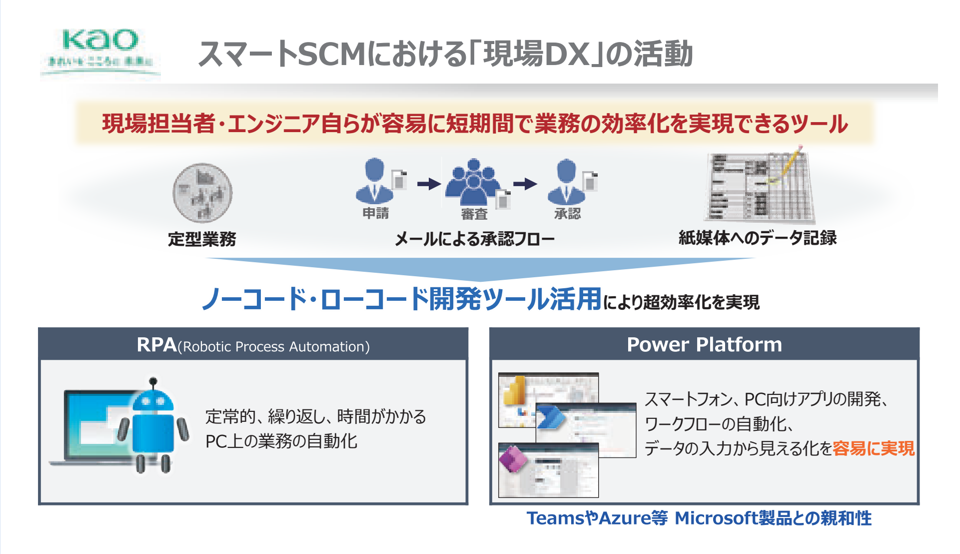
花王（株）の　SCM（サプライチェーンマネジメント）部門では、国内の10工場で製造現場の担当者がローコード開発ツールを用いて、2021年の導入以降501件（2023年4月時点）のアプリケーションを開発した。点検記録の電子化や原材料管理といった生産現場における業務のほか、残業申請といった労務管理など幅広い分野に活用が広がっている。

一例として、原材料の在庫管理アプリがある。一部の化学製品製造現場は、1日に最大147品目を扱う多品種少量生産体制のため、原材料の種類、数量、場所等が記載された300種類以上もの紙のカードで在庫管理を行っていた。従来は手書きのため、カードの内容が分かりにくかったり、カードの紛失や破損のために生産に支障をきたす可能性があったりしたが、開発された在庫管理アプリによって在庫管理プロセスを改善することができ、結果として年間で作業時間を約480時間削減できた。現在では、危険物の種類及び数量管理もアプリに機能追加され、正確な管理ができるようになっている。

このような現場でのローコード開発の推進に当たっては、同社のDX推進組織が現場の取組をバックアップしたこと、キーとなる開発者を育成して推進役が周囲の社員を巻き込むようにしたこと、年2回の開発事例発表会を行い、成果を共有したことなどの取組が行われた。2022年10月には、社内の市民開発者（非IT部門に所属しながらシステム開発を行う者）向けの情報提供サイト「シチズンデベロッパー

サポートサイト」を立ち上げ、開発手順やルールに関する教材、Q&A集を提供するほか、アプリストアで社内開発のアプリを別の部門で活用したり、追加開発したりできるようにする等、ノウハウ共有とともに、アプリ普及に取り組んでいる。

図3　スマートSCMにおける「現場DXの活動」



出所：花王（株）

図4　花王の国内10工場を中心としたローコード開発事例

Power Platform 活用事例全体

事業場	検討・開発・運用中の主なアプリ	件数
和歌山	点検記録電子化、法令届け出チェック、運転データ閲覧、勤務表、パソコン貸出、各種パトロール報告、原材料管理、間違い防止	134
東京	計量器点検	1
酒田	333チェック、時間外勤務申請	6
川崎	現場指摘入力・閲覧、消火器点検	13
栃木	品質点検チェック、在宅勤務報告、有給休暇申請	52
鹿島	工具点検表、工事許可証発行、体調チェック、備品貸出管理	47
豊橋	毒劇物日常点検、排水処理日常点検、コンプレッサー日常点検、工事日報、ボイラー日常点検表、分析計月例点検	65
愛媛	作業前体調チェック、休日弁当予約	3
小田原	入室管理、危険物倉庫在庫管理、資産管理、来客・訪問・工事申請、行先掲示板	64
富士	危険物管理、固定資産配置図管理	6
工場以外	工事指摘管理、機器管理台帳、パイロット設備の見える化、交通費申請、勤務予定表、起案申請、SCMアプリストア	110

※ **開発中アプリ含む**

合計：501

出所：花王（株）

以上のように、我が国の生産現場は、高度なオペレーション・熟練技能者の存在によって、現場の最適化・高い生産性に強みを持つ。一方で、企業間のデータ連携・可視化の取組ができている製造事業者は２割程度というデータもある。今後の我が国の製造業は、現場の強みを活かしつつ、サプライチェーンの最適化に取り組み、競争力強化を図ることが必要である。

また、サービス事業者や、サービスを外販するビジネスモデルも日本で登場している。このような、サービス事業者やビジネスモデルが発展していくことは、製造事業者の稼ぐ力が増すだけでなく、製造業全体の生産性向上につながる可能性がある。

GXの実現にも不可欠となる、DXに向けた投資の拡大・イノベーションの推進により、生産性向上・利益の増加につなげ、所得への還元を実現する好循環を創出することが重要である。

コラム　製造業全体のDXを後押しするオンライン部品調達サービス「meviy（メビー）」・・・（株）ミスミグループ本社

（株）ミスミグループ本社は、製造現場で必要とされる機械部品や工具・消耗品等を製造し、グローバル33万社以上に販売するメーカーとしての顔と、他社ブランド品を販売する商社としての顔を併せ持つ企業である。

同社は、日本の製造業のDXが遅れていることを課題に感じてきた。その中で、特に改善が必須と考えていたのは、機械部品の「調達」である。製造業において、設計や製造、販売といったプロセスでは、デジタル技術を活用した効率化が図られている一方で、設計したものを発注し製造する調達の場面では、現在も紙の図面をFAXでやり取りするというアナログな手段が主流であった。従来は、装置や設備を設計した後に、部品ごとの設計図面を紙で作成するのに1枚につき30分から1時間、紙図面をFAXで複数社に送って相見積もりを依頼して回答を得るまでに1週間、製造から納品まで2週間から1か月を要するのが一般的であり、仮に1,500の部品からなる設備を製造すると仮定した場合、部品の調達だけで約1,000時間かかる試算となる。同社は、この調達の改革を進めることが、我が国製造業の競争力強化につながると考えていた。

図1　製造業DXにおける構造的課題

出所：（株）ミスミグループ本社

このような課題を解決するために生まれたのが、デジタル機械部品調達サービス「meviy」である。meviyの革新性は、2つに大別される。1つは、AI自動見積もりである。顧客が3D設計データをアップロードすると、AIが自動で形状を認識し、価格と納期を瞬時に算出するため、紙図面の作成、FAXによる送付、見積もり結果が出るまでの時間といった間接コストをまとめて短縮することができる。もう1つは、デジタルものづくりの推進である。従来では、紙の図面を見ながら、エンジニアが工作機械を動かすプログラムを入力する必要があったが、meviyはアップロードされた3D設計データをもとに、プログラムを自動生成して工場へ送り、即時に加工を開始する。これにより、最短1日出荷という超短納期生産を実現した。さらに、meviyでは、アップロードされた設計データでは製造できない場合、修正指示が分かりやすくフィードバックされるため、若手設計者の教育ツールとしての側面も兼ね備えている。

図2 「meviy」の特徴

出所：（株）ミスミグループ本社

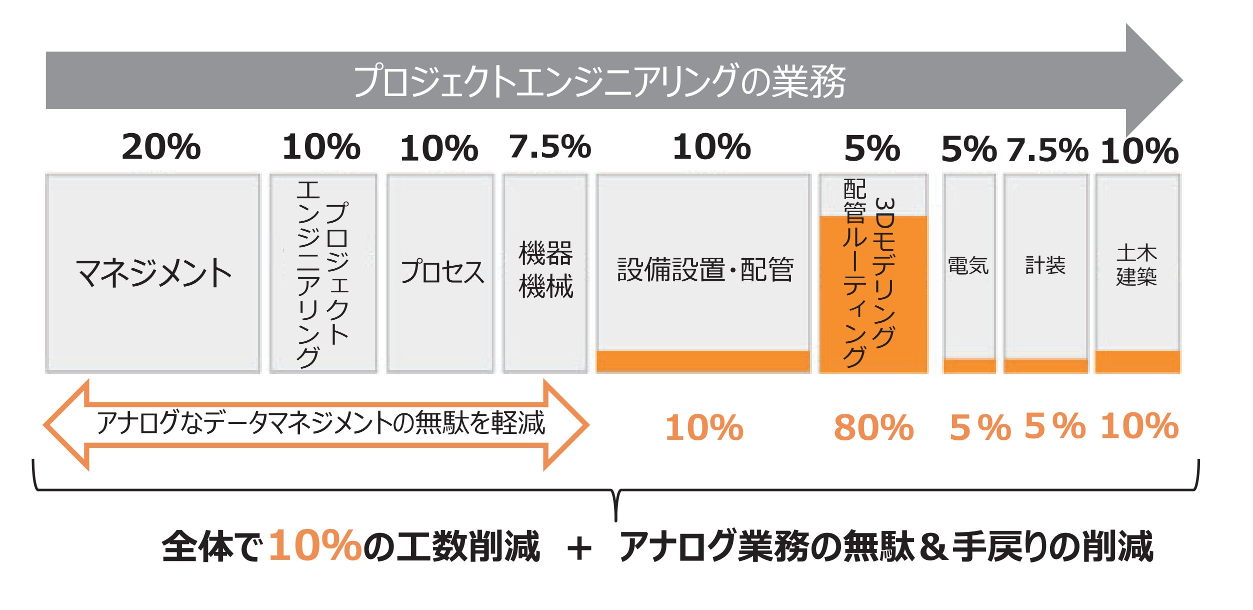
2023年2月時点で、meviyのユーザーは10万人を超え、これまでに1,100万点の図面がやり取りされてきた。入手した膨大な数の図面から得られるデータや顧客の声を基に、サービスは日々進化している。今後はこれらのデータも活用し、新機能の拡充や他企業と連携したサービス開発の強化に加え、既に始まっているグローバル展開の一層の加速も見込んでいる。

コラム 熟練ノウハウの「形式知化」×「外販」で進めるグローバル展開・・・（株）Arent

建設業界のDXを進める（株）Arentが、プラントエンジニアリング業界大手の千代田化工建設（株）と共同出資して設立したのが、（株）PlantStreamである。同社は、従来のプラント業界におけるCAD設計作業の大部分が手作業に依存しており、設計業務の効率化が課題となっていたことに着目し、千代田化工建設の持つコア要素であるプラント設計の熟練ノウハウを、Arentが持つ3DCAD開発の高い技術力を活かしてアルゴリズム化することにより形式知化し、高精度の自動設計機能を備えた次世代型CADシステム「PlantStream®」を開発した。これにより、従来は配管1本の設計に4時間かかっていたところ、1分間で1,000本の設計が可能となり、空間設計の工数を約80%削減するとともに、設計、調達、建設の工数全体では約10%の削減につながった。2021年4月の販売開始以降、国内の大手エンジニアリング会社やプラントオーナー、欧米の世界有数のエンジニアリング会社でも活用されており、デジタルによる熟練ノウハウ（暗黙知）の形式知化と、それをシステムとして顧客に提供する外販でグローバル展開を成功させている。今後5年以内に、顧客の海外比率を70%に高める予定となっている。

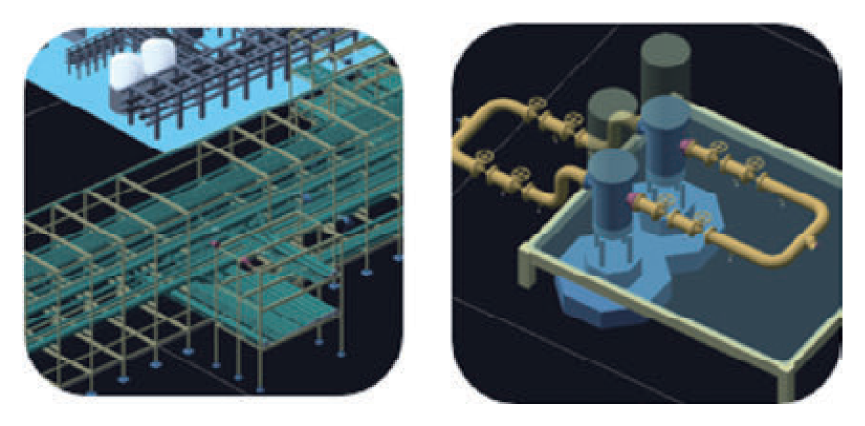
Arentは、千代田化工建設との共創を通じて得た知見を活かして、建設業向けに、配筋設計プロセスの構造解析、構造図作成、納まり検討、施工図・加工帳作成など、全てのフェーズにおいて時間と手間がかかる配筋業務を効率化するための自社ソフトウェア「Lightning BIM自動配筋®」を開発、販売している。さらに、同社が得意とする、非効率な部分が多く残る建設業界のニッチな領域において、企業と継続的に関係を構築しながら、業界知識を得て進めるアジャイル開発により、現在、建設業界の企業と複数のSaaS開発を進めており、これから続々と新たなデジタル技術を基にした新規事業を創出していく予定だ。

図1　プラントエンジニアリングにおける工程の効率化



出所：（株）Arent

図2　バーチャル空間における自動配管



出所：（株）Arent