

富士電機の DX (デジタルトランスフォーメーション) の現状と展望

Fuji Electric's Digital Transformation (DX): Current Status and Future Outlook

瀬谷 彰利 SEYA, Akitoshi

安川 和行 YASUKAWA, Kazuyuki

引地 正則 HIKICHI, Masanori

① まえがき

近年、社会のデジタル化が進んでおり、社会全体がDX（デジタルトランスフォーメーション：Digital Transformation）化という不可逆的な変化に直面している。DXの定義は種々提案されているが、経済産業省は“デジタルトランスフォーメーションを推進するためのガイドライン（DXガイドライン⁽¹⁾）”の中で、“企業がビジネス環境の激しい変化に対応し、データとデジタル技術を活用して、顧客や社会のニーズを基に、製品やサービス、ビジネスモデルを変革するとともに、業務そのものや、組織、プロセス、企業文化・風土を変革し、競争上の優位性を確立すること”と定義しており、現状からの改善や変化ではなく、根本からの変革であることを強調している。

富士電機は、電力・交通などの社会基盤、製鉄や化学、自動車製造、電気・電子などの産業用設備やシステム、そしてビルや店舗、自動販売機（自販機）、車載機器などの民生分野において事業を展開している。富士電機の注力領域の一つが製造業におけるOT（Operational Technology）領域であり、近年のIoT（Internet of Things）の広がりとともにデータとデジタル技術の活用が進んでおり、IT（Information Technology）との融合による新たな価値の創出が期待されている。

本特集においては、富士電機のDXに対応したIoTシステムを利用したソリューションと、その関連技術を紹介する。

本稿においては、製造業を中心に、DX化に対する各国および日本の状況と課題、ならびに富士電機の取組みについて述べる。

② 製造業における各国のDX化の状況

製造業におけるデジタル化の流れは、2011年にドイツで開催されたハノーバーメッセにおいて、ドイツからIndustrie4.0（I4.0）の構想が第4次産業革命として発表されたことを契機に、各国に広がり拡大して

きた。その流れは、“DX化”というより大きな社会全体の潮流として世界を動かす状況になっている。

2.1 ドイツ⁽²⁾

I4.0の発表から、2021年で10年目の節目を迎えた。当初は要素技術やリファレンスアーキテクチャモデル、各種プラットフォーム構想などのコンセプトの紹介から始まったが、この間着実に進展してきた。

現実世界の生産現場をアセット（フィールド機器、設備、ソフトウェア、ドキュメントなど）の集合と捉え、それを仮想世界でオブジェクト指向的に構成して管理するアセット管理シェル（AAS：Asset Administration Shell）は、オープンソースとして提供されている⁽³⁾。

データ共有化のプラットフォームとしてのIDS（International Data Spaces）構想⁽⁴⁾に関しては、2020年に欧州統合データ基盤プロジェクト（GAIA-X⁽⁵⁾）を立ち上げ、実証試験が開始されており、エコシステムの構築環境の整備が進んでいる。

データ交換や通信に関する国際標準規格OPC UAによる、各設備の情報モデル（データ構造と意味）の標準化作業は、対象を拡大しながら継続的に実施されている。

2020年には、AASの整備やI4.0としての主にデジタルツイン（Digital Twin：3.1節参照）への対応を議論する業界団体としてIDTA（Industrial Digital Twin Association）が設立された。産業のデジタル化を目指して全方位で取組みが進んでいる。

2.2 米国

オバマ政権下で、高度な技術を要する製造産業で米国のリーダーシップを確保するために、Advanced Manufacturing政策⁽⁶⁾が開始され、そのための全国的なネットワークとしてManufacturing USAが開始された。先端研究から応用への橋渡しとして、現在は16の製造技術の革新研究所が設立され、活動している。要素技術をシステムとして使い、製造現場を設計運用していくシステムズエンジニアリングへの投資も

行っており、NIST（米国国立標準技術研究所）では年間1,000万ドル規模の研究・開発が継続的に行われている。

また、2014年に民間企業が主体となって設立されたIIC（Industry IoT Consortium⁷⁾は、テストベッドを通じて、IIoT（Industrial Internet of Things）を実現するための共通技術基盤の特定とその実用性検証を推進してきた。リファレンスアーキテクチャやセキュリティフレームワークなども代表的な成果物となっている。2019年以降は、IIoTの実現を加速するために、幅広い業界分野でのIIoTソリューション導入の成功事例に示す活動を推進している。

2.3 中国

2015年に、自国の製造業を発展させるため“中国製造2025（Made in China 2025）⁸⁾”を提唱した。目標としては、2025年までの製造強国入り、2049年までの製造強国のリーダーの地位を確立することを掲げている。

2020年には、“新型基礎施設建設（新基建）⁹⁾”を打ち出し、産業のデジタル化を支える新型インフラ建設を宣言し、対象として3分野を指定している。第一が、5G（第5世代移動通信システム）を代表とする通信ネットワーク、AI（Artificial Intelligence）などの新技術、ならびにコンピュータインフラを包括する“情報インフラ”、第二が、既存のインフラにデジタルを融合させた“融合インフラ”、第三が、研究開発や科学教育などを支えるための“イノベーションインフラ”である。

現在、中国は5G、AI、量子技術などで世界のリーダー的存在になりつつあるが、巨額の国費投入による産業育成策は米中対立の一因にもなっており、今後の動向には不透明感も漂っている。

2.4 日本

ドイツの動きに触発される形で、2015年には、ロボット革命イニシアティブ協議会（現ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会：RRI）、一般社団法人インダストリアル・バリューチェーン・イニシアティブ（IVI）、スマートIoT推進フォーラムなど各種団体を設立し、取り組んできた。その後、2017年には経済産業省が、目指すべき産業の在り方として“Connected Industries”を提唱し、日本は現場のリアルデータの活用を強みとしてデジタル変革を進める方向性を示した。2018年のDXレポート¹⁰⁾、2020年のDXレポート2では、日本のITシステムの現状を分析し、その将来に警鐘を鳴らし、取り組み強化を訴えてきた。

しかし、現時点でも、欧米、中国などと比較して、

日本のDX化の遅れが指摘されており、今後の加速化が必要となっている。

2.5 DX推進に関する日本の課題

“2020年版ものづくり白書”¹²⁾では、DX推進のための企業変革力（ダイナミック・ケイパビリティ）の強化とそのため設計力の強化が課題として挙げられた。また、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）によるパンデミックの発生は、グローバルのサプライチェーンの脆弱（ぜいじゃく）性を顕在化させた。そのため、“2021年版ものづくり白書”¹³⁾では、レジリエンス〔サプライチェーンの強靱（きょうじん）化〕と日本が積極的対応を宣言したグリーン（カーボンニュートラルへの対応）が課題として示されている。

日本の製造現場では、デジタル化の前提条件となる現場データの一元管理にも課題が多い。I4.0では、設備（機械）同士のコミュニケーションの実現を目指し、データの意味も含めたデータ交換の実現にも取り組んでいる。日本では、これらへの対応の加速が課題である。

3 富士電機のDXに対する取り組み

3.1 富士電機のDXへの取り組み

富士電機は以前から、計測機器、駆動デバイス、PLC（Programmable Logic Controller）などのフィールドデバイスをキーコンポーネントとして、OT領域で顧客に各種ソリューションを提供してきた。富士電機の取り組みの特徴は、フィールドデバイスからクラウドシステム、サービスまでの垂直統合システムの提供にある。

富士電機では、自社向けと顧客向けの両DXを推進している。社内では、セキュリティ強化や製品開発、設備や生産ライン設計などへの適用を進めている。顧客向けには、OT領域で、“Small, Quick Start & Spiral-up”をコンセプトとしたIoTシステムを中核として位置付け、取り組んできた¹⁴⁾。そして、セキュリティを担保しながらエッジデバイスとクラウドを連携させ、IoTシステムに最適制御やエンジニアリングを組み合わせたシステムソリューション群を「Promizer」として展開してきた。DX化の進展に合わせ、Promizerもアナリティクス・AIの活用へと大きく進化してきている。

また、デジタルツインへの取り組みも進めている。デジタルツインとは、“現実世界（フィジカル空間）上のものや動作環境の状態を収集し、仮想世界（サイバー空間）上の動作モデルに入力し、現実世界を再現する技術概念”のことをいい、“デジタル空間上の双子”を意味する。これは、現実世界のある環境の将来

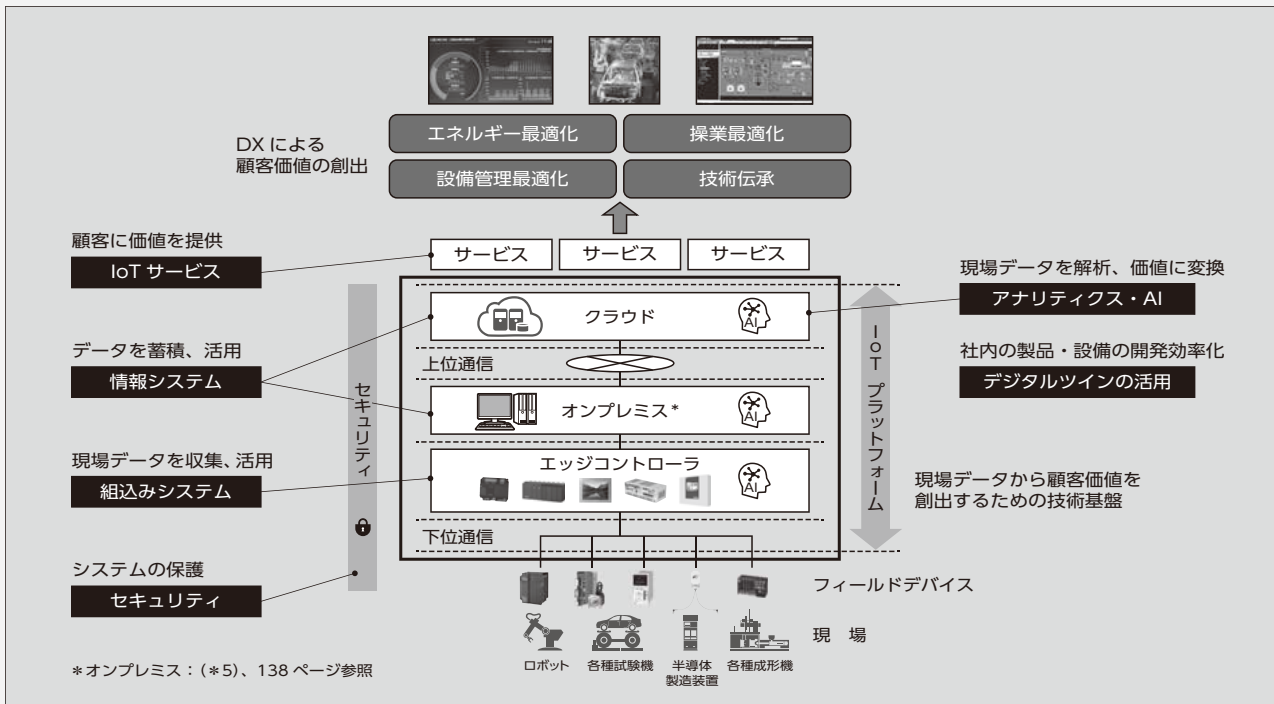


図1 富士電機の DX への取組みの全体像

の挙動を、仮想世界の中の双子のモデルを使って予測するシミュレーション技術でもある。現在は、社内の製品・設備開発の効率化とリードタイムの短縮を目指して取り組んでいる。

図1に富士電機の DX への取組みの全体像を示す。

3.2 DXソリューション

(1) 運用ソリューション

これまでのモーションシステムでは、生産性の向上のため高速化に主眼が置かれていたが、近年ではエンドユーザーからの製造物の品質を高めたいという要望

が高まり、加工機械における不良品検出率の向上が求められている。

この要望に応えるため、不良品検出精度の高い診断を可能とする診断ソリューションを開発した。これは、サーボシステム、PLC およびプログラマブル表示器などから構成されたモーションシステムに、AI を適用したコントローラの機能モジュールである“診断モジュール”を追加するだけで実現することができる。診断モジュール機能構成を図2に示す。

診断機能には、多変量統計的プロセス管理 (MSPC: Multivariate Statistical Process Control) 技術を

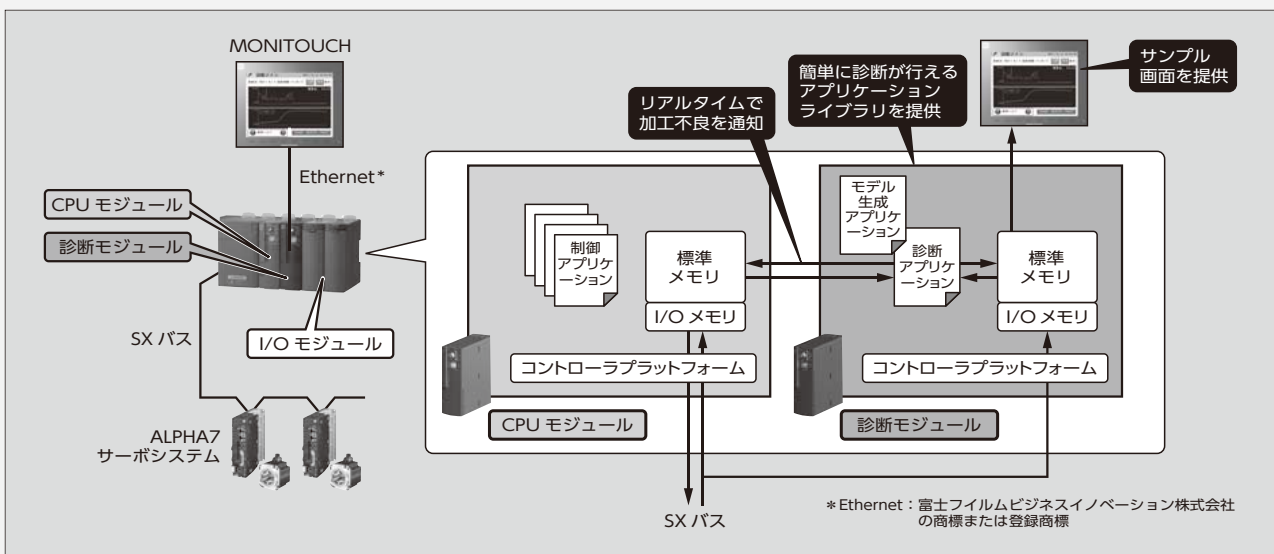


図2 診断モジュール機能構成

採用しており、関連機能を含む 10 種類のシステムファンクションブロック (SFB : System Function Block) として実装している。ユーザーはこれらの SFB を組み合わせて、診断アプリケーションを構築することができる。これにより、センサなどの外部機器極小化や、人を介したチェック工程削減を実現しながら、今まで検出困難であった異常の予兆検知や、不良品の検出精度向上が可能となる (“リアルタイムで不良品検出を実現する AI を適用した機械向け診断ソリューション”、141 ページ参照)。

産業分野の CO₂ 排出量削減のためには、主な発生源である化石燃料消費を抑えることが必要不可欠である。化石燃料の中でも、都市ガスや A 重油は、その大

部分が生産設備で使用する蒸気を生成するために消費されている。

蒸気利用設備の省エネルギー (省エネ) へのアプローチとして、排熱量を低減させるには、蒸気利用量と排熱量の関係である熱収支の定量的把握が必要となる。そのためには、対象設備に関する深い知識と熱エネルギーの分析スキルが必要であった。その解決のため、蒸気利用設備の熱収支を自動計算し、定量化できる熱収支分析システムを開発した。システム構成を図 3 に示す。

本システムは、富士電機が保有する AI 技術によって、熱収支の変動や差異が発生した場合に、“いつもと違う熱収支状態”の検知と、その要因候補の推定ができる。これにより、従来は困難であった要因分析が容易に行え、運用改善による省エネや異常予知による故障回避、異常発生時の原因調査が実現できる。 (“AI 技術適用により蒸気利用設備の CO₂ 排出量削減に貢献する熱 EMS ソリューション”、146 ページ参照)。

スーパーマーケット、コンビニエンスストアなど販売チャネルの拡大により、自販機の 1 台当たりの売上拡大が困難になりつつある。そのため、顧客のオペレーション業務を効率化する、IoT・AI を活用した自販機運用サービスを開発した。自販機運用サービスのシステム構成を図 4 に示す。サービス内容は、次に示す 3 項目であり、クラウド利用によるオンラインでのデータ活用が特徴である。

- 自販機の状態をリアルタイムに参照できるサービス
- オペレーション業務の効率化を支援するサービス
- 外部データや AI の活用により、分析・効率化の効

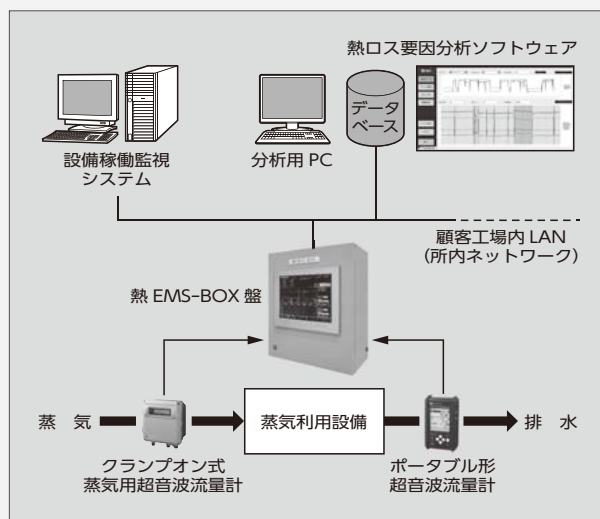


図 3 熱収支分析システムのシステム構成

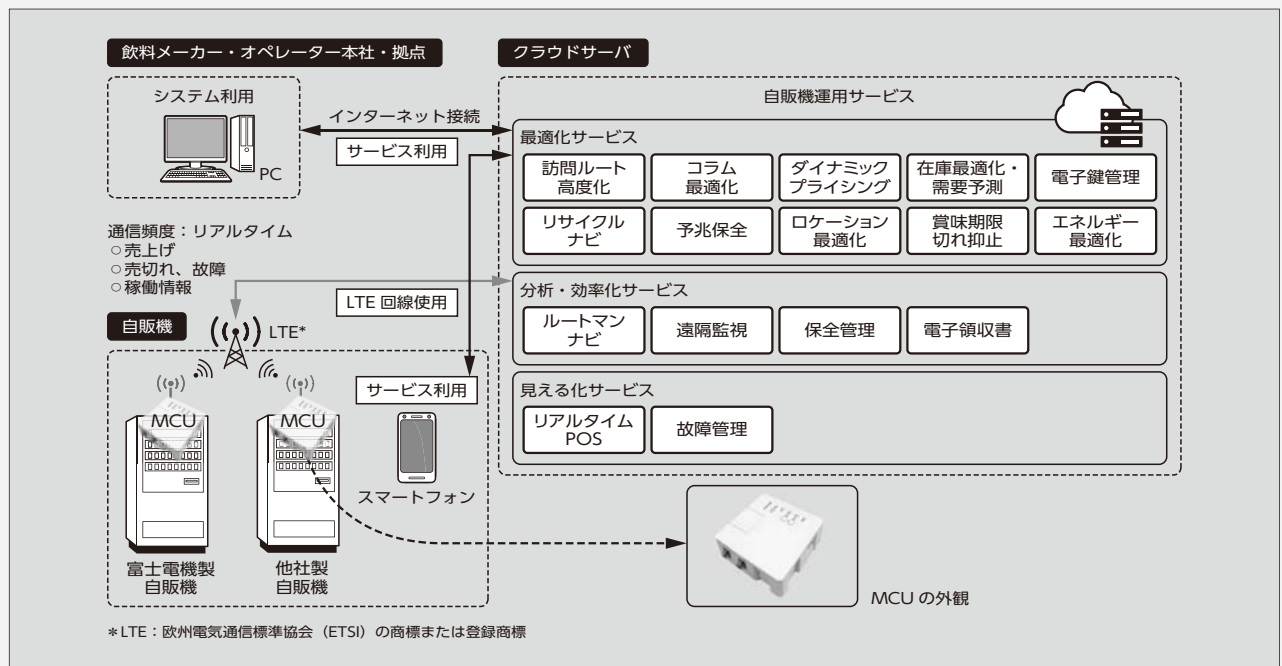


図 4 自販機運用サービスのシステム構成

果を最大化するサービス

これらにより、オペレーション業務の時間削減を実現でき、実証実験では34%削減が確認できた（“オペレーション業務の効率化に貢献するIoT・AIを活用した自動販売機運用サービス”、151ページ参照）。

(2) 保守ソリューション

生産設備の設備保全は、安定操作を目指す上で重要であり、従来の事後保全・予防保全だけでなく予知保全への対応が求められている。遠隔監視診断システムは、これに応えるために、プロセス制御の中核システムである分散型制御システム「MICREX-VieW XX（ダブルエックス）」を対象として、診断機能による劣化の早期発見、点検の最適化、余寿命予測機能（開発中）による延命化・部分更新というライフサイクルフルサポートを提供するものである。本ソリューションにより、突発障害発生の未然防止や障害発生時の復旧時間短縮、保守コスト削減が実現できる（“制御システムのライフサイクルフルサポートに貢献するIoTを活用した遠隔監視診断システム”、157ページ参照）。

製造業においては生産効率を上げるため、運転管理システムや保全管理システムなどが導入されているが、そのシステム内に蓄積されたデータは、システム用途以外に活用されていないことが多い。システムの中に埋もれたデータを有効活用し、現場の業務改善を進めていくことが必要である。

この課題に対し富士電機は、ISO 18435（O&M統合モデル）に基づいた運転と保全情報の相互利用モデルを実現する“O&Mプラットフォーム”を開発した。O&Mプラットフォームは、運転と保全情報の相互利

用モデルを適用したO&M統合モデルに準拠している。図5にO&M統合モデルの全体像を示す。

プラントや工場の現場における課題（安定稼働、業務効率化、ノウハウ継承）に対して、分析管理においてデータを分析・評価した結果を運転計画や保全計画にフィードバックし、改善を継続的に行うことで解決を図る。設備の運転情報と保全情報とを合わせた設備保全の最適化により安定稼働や保全コスト削減を実現する（“IoTを活用した現場業務の全体最適を支援するO&Mソリューション”、162ページ参照）。

3.3 DXを支える技術

(1) アナリティクス・AI技術

富士電機のアナリティクス・AIとは、認識・診断・予測・最適化を行うための、統計解析・機械学習技術の総称である。富士電機のアナリティクス・AIの全体像を図6に示す。

認識では、ディープラーニング（DL）技術の産業分野への適用において、学習データの不足に対応する前処理技術、少量の正常データのみでの学習による異常検知技術、AI判断の可視化技術などの要素技術を開発してきた。

診断では、診断性能の向上と診断時間の短縮化のための取り組みを行っている。製造工程では異常データの発生が少ないため、正常データだけで診断モデルが構築できる教師なし学習を対象に、各種アルゴリズムを評価した。この結果を、診断対象に合わせた適切な手法の選択に生かしていく。

予測では、予測モデルへの入力変数の選択が精度に

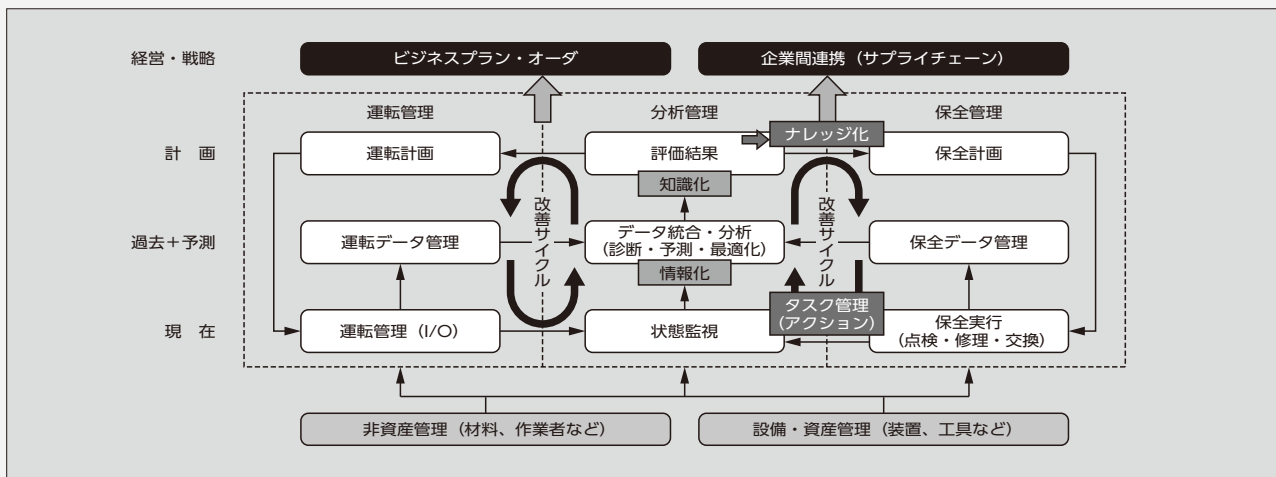


図5 O&M統合モデルの全体像

(*1) 最適化

例えばコストやCO₂排出量を数式で表して、ある制約条件を満たした上で、その中から最適な解を効率的に導き出す計算技術である。

(*2) ディープラーニング（DL）

DLは、Deep Learningの略である。ディープラーニングとは、人の脳神経を模倣したニューラルネットワークを多層化して計算機で学習する方法である。主

に、画像認識、言語認識、予測などに応用されるAIのアルゴリズムの一つである。

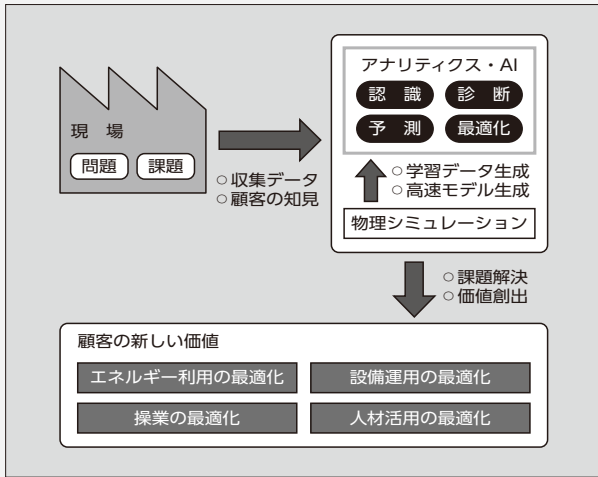


図6 富士電機のアナリティクス・AIの全体像

影響し重要であるが、その選択の効率化のために汎用的な変数選択法であるフィルタ法、およびラッパー法に着目して取り組んでいる。この変数選択技術をプラントの予測支援などの実製品への適用を目指すとともに、異常診断の学習ツールにも適用していく。

最適化では、最適化計算の入力データに不整合があると、計算が異常終了する。このエラー原因究明の効率化のために、異常終了時に自動で不整合発生箇所を特定してデータ修正箇所を特定できるようにした。本データ不整合検出技術の適用により専門知識が不要となり、エンジニアリング時のデータ解析作業の短縮を実現できる（「富士電機のアナリティクス・AI」、168ページ参照）。

熟練作業者の高齢化に伴い、ノウハウの技術伝承・情報共有が困難という課題がある。その解決のために、設備保全情報を対象に、熟練作業者が作成したテキストデータを基にAIによる認識技術を適用し、文書の分類、要約、集約に取り組んでいる。

テキストデータを対象とする場合は、曖昧性、自然言語であるための扱いにくさなどが認識精度向上の妨げとなっている。しかも、蓄積しているテキストデータが少ないということも課題である。その対応として文書分類では、テキスト認識と分野は異なるが、画像認識において効果があるデータ拡張技術を適用することで精度向上を実現した。文書要約では、質問応答形式にカテゴリ情報を付加して性能向上を実現した。今後は、これらの成果を設備保全管理システムやコールセンターなどの業務効率化への適用を進める（「設備保全の技術伝承・情報共有を推進するためのテキスト認識技術」、174ページ参照）。

(2) セキュリティ技術

デジタル技術の急速な利用拡大は、サイバー攻撃の脅威の増大も引き起こしており、富士電機では、対象範囲を従来の社内の情報（IT）システムから拡大し、

工場などの製造（OT）システムや製品・サービスとその開発プロセスのセキュリティを強化する取組みを進めている（図7）。

そのために、侵入されることを前提とし、新たな攻撃方法への防御を強化しつつ、侵入後の早期検知、対応の即応化、事業復旧の強化を図る方針とした。

工場の製造装置は、IoT化、製造のデジタル化に伴う、製造系ネットワークと情報系ネットワーク間の通信の必要性が増したことで、情報システムと同様のサイバー攻撃を受ける可能性が高まり、その対策が必要になってきた。

製造現場に対しては、セキュリティの必要性と行うべき対策の理解を図るとともに、IT部門が製造系の対策に関与する体制にした。

製品・サービスのセキュリティ確保のためには、製品ライフサイクル（企画段階から開発、製造、試験、運用、破棄）の各段階で適切な対策を行うことが必要である。そこで、製品・サービスのDR（デザインレビュー）の各ステップで実施すべきセキュリティ対策のガイドラインや、確認のためのチェックリストを社内基準として策定した。

製品・サービスのセキュリティ向上のためには、防御に加えて、侵入などを前提とした検知、対応、復旧のための技術開発を進め、開発の各段階で必要なセキュリティ対策の技術的な手段の整備を進めている（「富士電機のサイバーセキュリティの取組み」、179ページ参照）。

(3) AR技術

アフターサービスの分野では、保守・メンテナンス業務の効率化と技能伝承が重要課題となっている。富士電機では、拡張現実（AR：Augmented Reality）に注目し、これを応用した保守支援技術を開発した。

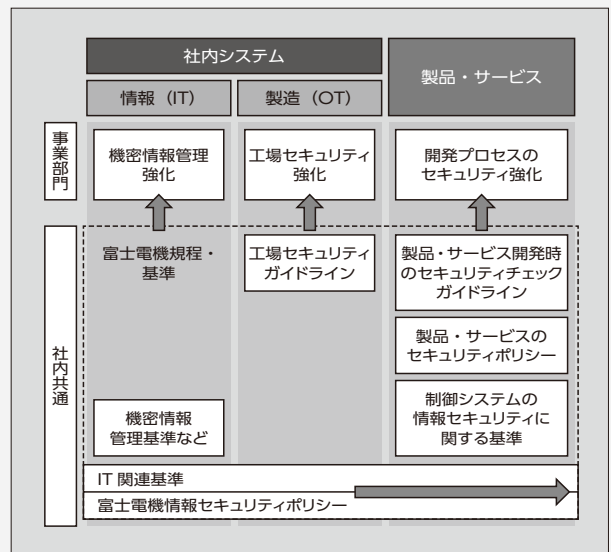


図7 富士電機のセキュリティ強化の取組み

特徴としては、自己位置推定・環境地図作成技術（SLAM：Simultaneous Localization and Mapping）による現場の空間や設備の三次元座標の認識、現場の空間や設備に対して作業の進捗状況や現場の気付きなどの情報の保存と復元、システムとの非接触操作機能、スタンドアローンでの実行機能などがある。これら機能により、遠隔地の支援者と現場作業者との円滑な意思疎通を基にした作業指示を受けながら、両手を使っての現場作業が可能となる。また、保守支援技術を適用することで、現場にいる作業者が、外部の支援を受けることなく作業を完結できるようにした（“拡張現実を用いた保守支援技術”、184 ページ参照）。

(4) デジタルツイン技術

多様化する顧客要求により設計開発は複雑化し、開発期間は短縮化している。この要求に応えるため、モデルベース開発およびモデルベースシステムズエンジニアリングの導入・適用が始まっている。今回実施したモデルベースシステムズエンジニアリングによる開発工程を図8に示す。

富士電機においても、鉄道車両用ドアシステムにモデルベース開発を適用し、制御ソフトウェアやモータ、電気回路、機構部品をモデル化してシステムを構築し、システムシミュレーションを行って設計の妥当性検証に活用できることを確認した。このようなモデルベース開発により、設計条件の最適化がシミュレーションで可能となり、制御も含めた効率的な協調設計や、さまざまな条件での評価が実機なしで可能であり、評価試験の短縮を図ることができる（“パワーエレクトロニクス機器のモデルベースシステムズエンジニアリング”、189 ページ参照）。

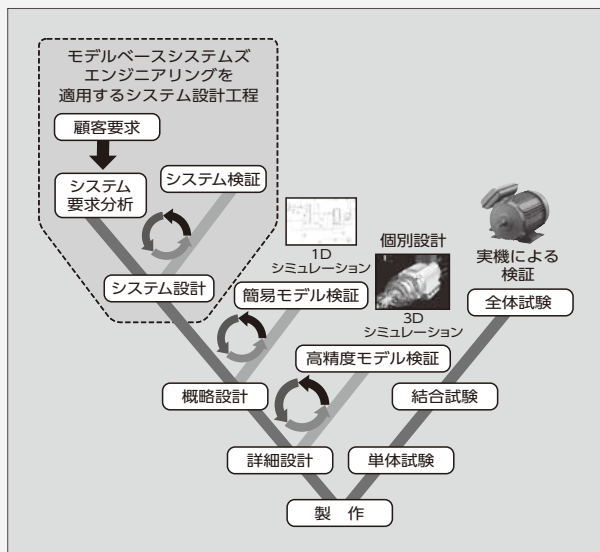


図8 モデルベースシステムズエンジニアリングによる開発工程

富士電機の生産システムは、顧客ニーズの多様化やグローバル化の進展などに対応するため、必要なものを、必要な時に、必要なだけ供給するJIT（Just-In-Time）の思想に基づき、“自律同期化生産”を目指している。そのための先進的な技術基盤を適用した生産システムを富士電機生産方式（FePS：Fuji Electric Production System）として体系化し構築に取り組んでいる。富士電機の生産革新のあゆみと目指す姿を図9に示す。

富士電機はFePSを基に、SCM（Supply Chain Management）とPLM（Product Lifecycle Management）の2方面からの改革活動を軸にIoT化も加え、デジタル改革活動に取り組んでいる。活動の軸となるSCMとPLMにおいて重要なのは、情報をデジタル化し、つなげることである。

SCMについては、生産ラインや設備にセンシング技術やAIなどを活用した診断解析、予知、フィードバック制御などの高度な自動化やデジタル化を推進し、つながる化による自律した流れ作りに取り組んでいる。

PLMは、未デジタル化部分が残りに、つなげるまでに至っていない工程も多い。そこで、生産準備において、デジタルツールを活用してプロセスの変革を進め、生産ライン構築のリードタイム短縮と信頼性を高めてきた。

ものづくりでは、製品の開発に合わせて、製造の工程設計や生産ライン設計などの生産準備が必要である。ここでは、誰でも短期間で高効率の生産ラインを構築できるプロセスへと変革するために、CPS（Cyber Physical System）を活用して、製品開発から生産までの高効率なライン構築の検討や生産準備期間の短縮に取り組んでいる（“デジタルツールの活用による生産ライン構築プロセスの変革”、194 ページ参照）。

(5) シミュレーション技術

近年は、HPC（High Performance Computing）

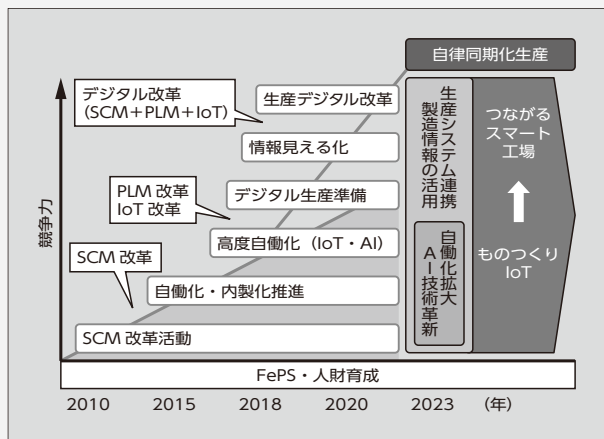


図9 富士電機の生産革新のあゆみと目指す姿

と呼ばれる複数の CPU を利用した並列計算により計算時間の短縮が図られてきており、製品の開発設計プロセスに変革をもたらしている。

昨今、環境負荷に考慮した製品が求められ、低騒音化製品の市場要求も高まっているが、騒音のメカニズムは複雑で膨大な計算が必要なため、フロントローディング^(※3)が十分には行われてこなかった。富士電機では、HPC も活用し、シミュレーションによるフロントローディングを実現するための技術開発として、製品の低騒音化のための騒音推定に取り組んでいる。

シミュレーションによる流体騒音および熱の基本特性、ならびに推定精度を検証するため、模擬モータ構造を使って実機評価した。シミュレーションは、非定常圧縮流れを考慮し、乱流の再現には LES (Large Eddy Simulation) を用いた。その結果、設計段階での検討に十分な精度が得られていることが分かった。

今後も、製品の開発期間短縮を目的に、HPC とシミュレーションを活用した開発・設計プロセスの変革を目指していく(“シミュレーションによる騒音推定技術”、199 ページ参照)。

材料分野でも、分子レベル計算(分子シミュレーション)技術や機械学習を活用したマテリアルズインフォマティクスといった計算機を活用したデジタル技術がますます重要になってきている。分子レベル計算の技術開発の方向性と適用製品例を図 10 に示す。

富士電機では、パワー半導体のさらなる低損失化を実現する SiC (炭化けい素) パワー半導体の開発に注力している。その性能や信頼性に大きな影響を与える電荷トラップの発生原因を明らかにし、それに基づいた改善がポイントとなる。

このメカニズム解明のために、MOS 界面の原子レベルでの分析・解析に取り組んでおり、動的化学反応計算に基づく分子レベルシミュレーションを行っている。

このシミュレーションにより、直接見ることができない現象をモデル化でき、改善案検討に貢献できている(“分子レベル計算を活用した SiC-MOSFET の界面解析シミュレーション”、204 ページ参照)。

COVID-19 をはじめとした感染症の対策が急がれており、省エネのために換気量を増加させない高性能な空気清浄機の迅速な開発が求められている。

富士電機は、電気集じんにより空間から瞬時にウイルスを除去し、除去されずに通過したウイルスに対して波長 100 ~ 280 nm の紫外線 (UV-C: Ultraviolet C) を照射することによりウイルスを不活

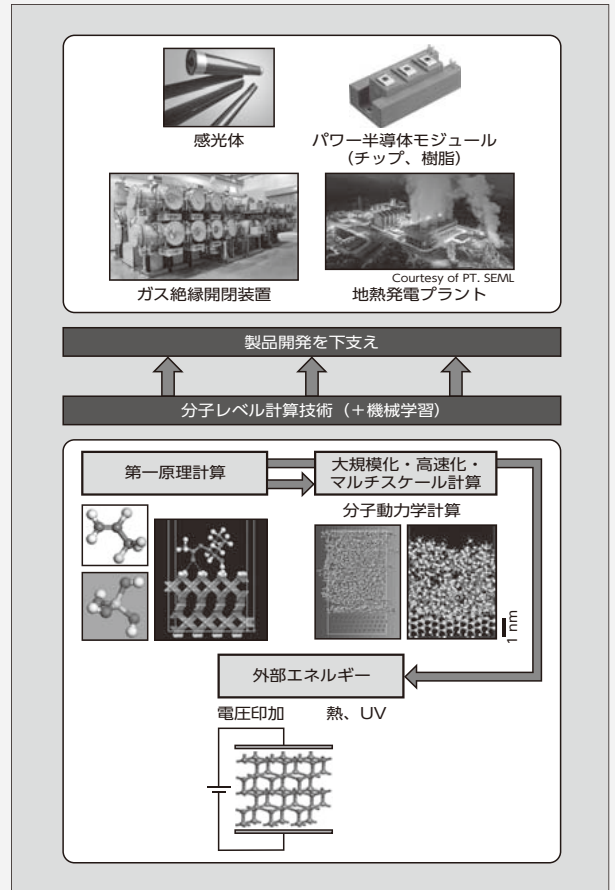


図 10 分子レベル計算の技術開発方向性と適用製品例

化するハイブリッドな手法を開発している。

ウイルスの不活化は、ウイルスの UV-C 積算受光量が設計のポイントとなる。そのためには、光学解析を用いたあらゆる位置における空間照射光量データの算出と、流体解析上での粒子の軌跡に沿った照度の積算が必要となる。その効果確認のために、UV の空間照射光量と気流の連成解析によるシミュレーション技術を開発した。この技術により、電気集じんによるウイルスの捕捉効果と UV-C の照射によるウイルスの不活化効果を考慮した検討や設計が可能となり、同時に通過空気の清浄化率がシミュレーションできるようになる。また、必要な換気量も算出でき、換気量削減に貢献できる(“ウイルス不活化技術のための UV 空間照射光量と気流の連成解析—シミュレーションを活用した開発プロセスの変革—”、209 ページ参照)。

(※3) フロントローディング

製品開発プロセスの初期工程である仕様検討や機能設

計において、シミュレーションの活用などの負荷をかけることで、後工程の試作や試験での問題を減らし、手戻りを少なくする方法である。

4 今後の展望

4.1 製造業における DX 化の展望

工場内では、情報モデルの適用拡大、生産現場での設備のモジュール化によるダイナミックで自律的なライン変更を目指した取組みや、超高速、大容量、低遅延、多接続の特徴を持つローカル 5G の検証などが始まっており、今後さらに IoT システムの広がりとともにデジタルツイン環境の高度化と活用が進むことが想定される。

デジタルツインと一般的なシミュレーションとの本質的な違いは、仮想世界で、現実世界のオンラインデータを扱えることにある。デジタルツインは、製品開発・設計、生産ライン設計、運用など製品ライフサイクル全体に適用され、オフラインデータの活用からオンラインデータの活用へと進展していく。そして、シミュレーションでの予測結果をオンラインで現実世界にフィードバックすることによる新たな価値の創出が期待されている。

企業間では、取引きの柔軟性向上と自動化範囲の拡大のために、グローバルでデータ連携基盤の整備とエコシステムの構築が進む可能性が高い。そして、生

産と調達柔軟性が増し、サプライチェーンのレジリエント化が実現され、突発事象発生時にも製品供給の安定性が確保できるようになる。さらにその先では、サーキュラーエコノミー^(*4)の実現基盤へと成長していくことが想定される。

4.2 富士電機の DX への取組みの将来像

富士電機は、DX による顧客価値向上を目指し、製造現場で高速に変化する事象に対する AI の適用拡大、顧客データ保護の強化、既存システムの DX 容易化、製造データの利活用拡大や他社との連携促進、そして製品やシステムのライフサイクル全体でのサポート機能の強化に取り組んでいく。

その実現のために、富士電機は、図 11 に示すような DX への取組みを行う。

エッジ環境では、クラウド処理ではデータ遅延により実現が難しかった高速事象に対する AI の適用拡大のために、エッジでの AI の推論処理によりリアルタイム応答性を高め、さらには学習機能の取込みも目指す。

クラウド環境では、顧客データ保護と既存システムとの連携容易性の面から要望の多いオンプレミス^(*5)と利便性の高いパブリッククラウドとのハイブリッドクラウド環境を充実させる。

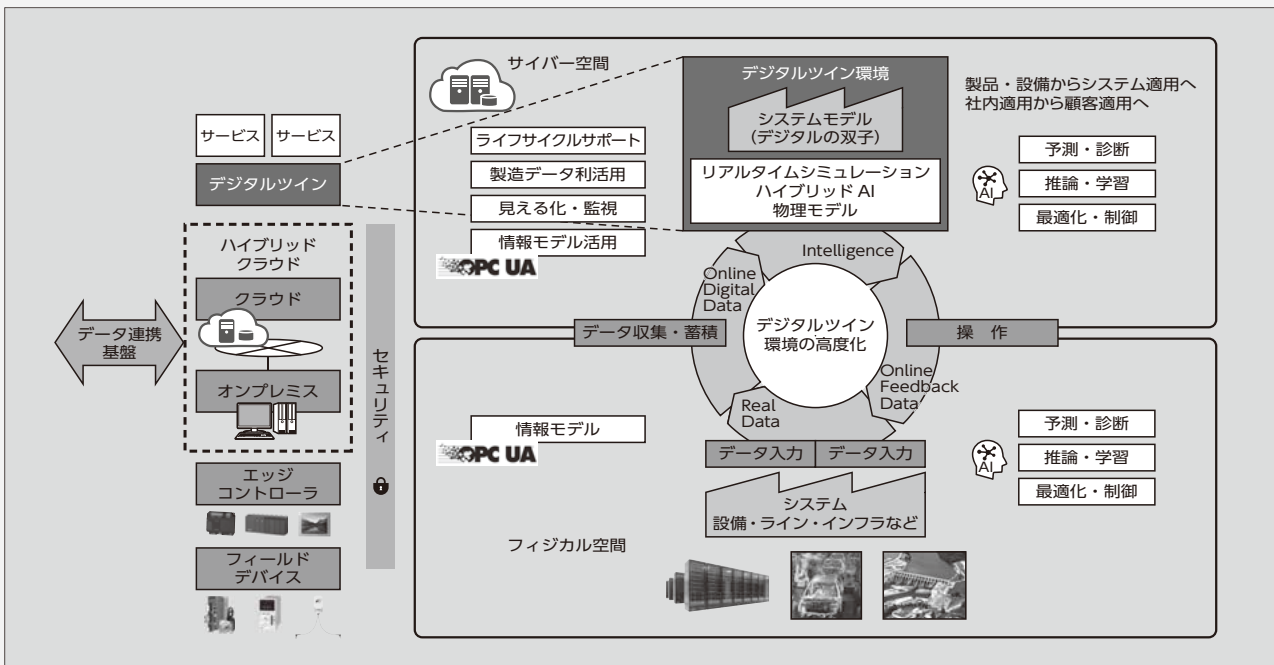


図 11 富士電機の DX への取組みの将来像

(*4) サーキュラーエコノミー

資源や原材料の効率的な利用を促進し、廃棄物の発生を最小限にする循環型経済システムである。

(*5) オンプレミス

サーバやソフトウェアなどの情報システムを使用者(通常は企業)が管理する設備内に設置・導入し、運

用することをいう。

製造データ利活用への対応として、今後日本でも利用の増加が見込まれる OPC UA の情報モデルのサポートを強化し、企業間でのエコシステム構築に必須となるデータ連携基盤への対応も進めていく。

デジタルツイン環境の活用により、故障診断や異常予測の精度向上、使用環境の変化への迅速な対応、人と機械（ロボット）群の高度な協調制御の実現など従来困難だった課題の解決を目指す。その適用範囲は、社内の製品や設備の開発・設計から顧客システムへと拡大させて、納入製品やシステムのライフサイクル全体で、新たな顧客価値の創出を目指す。

このようなソリューションや取組みを支える技術も強化する。シミュレーションに関しては、低次元化モデルによるリアルタイムでの複雑現象の再現・予測と最適化設計技術の高度化を目指し、AI 技術に関しては、物理学と機械学習を組み合わせたハイブリッド AI に取り組み、トレーニングデータの合成やリアルタイムストリーミングデータへの適用を目指す。

5 あとがき

富士電機のDX (デジタルトランスフォーメーション) の現状と展望について述べた。

富士電機は、“エネルギー・環境技術の革新により、安全・安心で持続可能な社会の実現”を目指して事業展開を進めてきた。今後も、DX化を進め、デジタル技術の活用で既存産業からデジタル産業へのビジネス変革に挑戦し、さらなる顧客価値の向上を目指していく所存である。

参考文献

- (1) デジタルトランスフォーメーションを推進するためのガイドライン (DX推進ガイドライン) Ver.1.0. 経済産業省. 2018-12. <https://www.meti.go.jp/press/2018/12/20181212004/20181212004-1.pdf>, (参照 2021-09-08).
- (2) ハノーバメッセ 2021を読み解く～転換期を迎える産業エコシステム～. ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会. 2021-07. <https://www.jmfri.gr.jp/document/library/2108.html>, (参照 2021-09-08).
- (3) Digital Twin and Asset Administration Shell Concepts and Application in the Industrial Internet and Industrie 4.0. An Industrial Internet Consortium and Plattform Industrie 4.0 Joint Whitepaper. 8th September 2020.
- (4) IDS Reference-Architecture-Model Version 3.0 April 2019. INTERNATIONAL DATA SPACES ASSOCIATION.
- (5) Project GAIA-X : A Federated Data Infrastructure

as the Cradle of a Vibrant European Ecosystem. October 2019 Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi).

- (6) 米国のAdvanced Manufacturing の取り組みに関する調査報告. ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会. 2020-05. <https://www.jmfri.gr.jp/document/library/1437.html>, (参照 2021-09-08).
- (7) インダストリアル・インターネット・コンソーシアム (IIC) の活動状況. JETRO調査レポート. 2021-03. <https://www.jetro.go.jp/world/reports/2021/02/ed2b5f3d1764dc9d.html>, (参照 2021-09-08).
- (8) 第23回 産業構造審議会総会 参考資料：中国における第四次産業革命の動向について. 経済産業省. 2018-08. https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sokai/pdf/023_s01_01.pdf, (参照 2021-09-08).
- (9) 「新基建」とは何か? アフターコロナに向けた中国の動きを解説. ビジネス+IT. <https://www.sbbit.jp/article/cont1/52948>, (参照 2021-09-08).
- (10) DXレポート～ITシステム「2025年の崖」の克服とDXの本格的な展開～. 経済産業省. 2018-09.
- (11) DXレポート2 中間取りまとめ (概要). 経済産業省. 2020-12. <https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201228004/20201228004-3.pdf>, (参照 2021-09-08).
- (12) 2020年版ものづくり白書. 経済産業省, 厚生労働省, 文部科学省. 2020-05. https://www.meti.go.jp/report/whitepaper/mono/2020/honbun_pdf/index.html, (参照 2021-09-08).
- (13) 2021年版ものづくり白書. 経済産業省, 厚生労働省, 文部科学省. 2021-05. <https://www.meti.go.jp/report/whitepaper/mono/2021/index.html>, (参照 2021-09-08).
- (14) 保川幸雄ほか. IoTから始まる新しい価値創出ソリューションの現状と展望. 富士電機技報. 2018, vol.91, no.3, p.124-129.



瀬谷 彰利

燃料電池や材料技術の研究開発、全社の研究開発マネジメントに従事。富士電機株式会社技術開発本部先端技術研究所長を経て、現在、技術開発本部デジタルイノベーション研究所長。



安川 和行

IoT プラットフォーム構築、IoT 活用ビジネス開拓に従事。現在、富士電機株式会社技術開発本部デジタルイノベーション研究所 IoT ソリューションセンター長。



引地 正則

計測・情報制御システムの企画・開発に従事。現在、富士電機株式会社技術開発本部デジタルイノベーション研究所主幹。計測自動制御学会会員。





*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。