

三菱電機技報

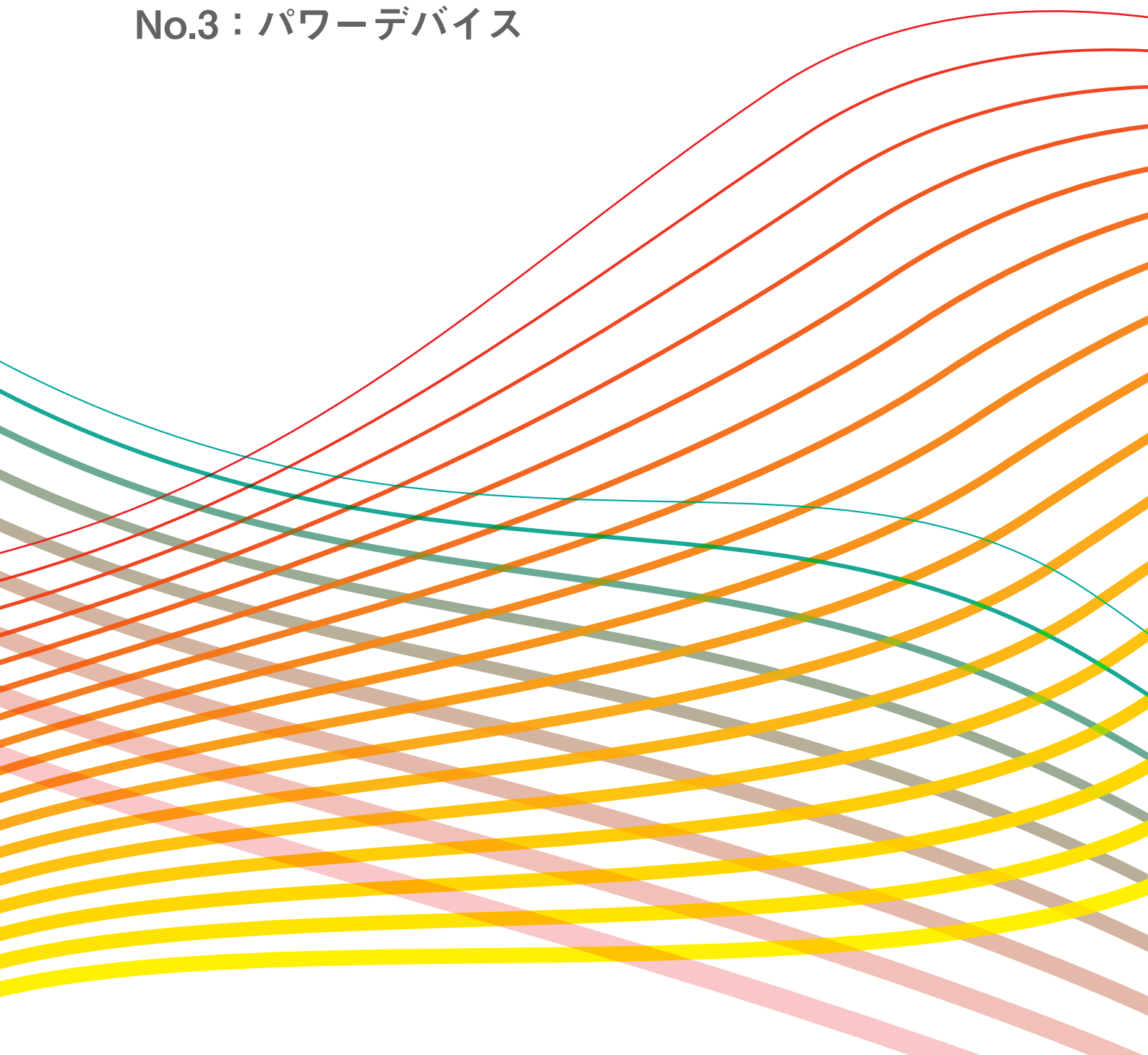
2-3

2022

Vol.96 No.2-3

No.2 : デジタルトランスフォーメーション

No.3 : パワーデバイス



三菱電機では、暮らしを表す“ライフ”，生活に必要なものを生み出す“インダストリー”，社会を支える“インフラ”，これらをつなぐ“モビリティ”という4つの領域において，社会課題の解決に向けた価値創出へ取り組んでいます。

2022年からの三菱電機技報では，これら4つの領域とそれらを支える基盤技術をテーマとして取り上げていきます。

今回の特集では全領域を支える基盤となる“デジタルトランスフォーメーション(2月号)”，“パワーデバイス(3月号)”をご紹介します。

No.2

特 集	デジタルトランスフォーメーション	Digital Transformation
巻 頭 言		
三菱電機グループのDXの取組みについて 4	松下 聡・三谷英一郎	About Mitsubishi Electric Group's Digital Transformation Initiatives Satoshi Matsushita, Eiichiro Mitani
三菱電機の事業DX 6	水落隆司	Digital Transformation for Business in Mitsubishi Electric Takashi Mizuochi
DX拡大による顧客価値創出とAI技術“Maisart”の適用 ... 10	澤田友哉・渡邊圭輔	Expanding Digital Transformation Creates Customer Value Utilizing AI Technology "Maisart" Tomoya Sawada, Keisuke Watanabe
三菱電機の事業DXを支える統合IoT“ClariSense” 14	御宿哲也・久野信幸	Internet of Things Suite "ClariSense" Supporting Mitsubishi Electric's Digital Transformation for Business Tetsuya Mishuku, Nobuyuki Hisano
ヘルステック事業“MelCare”の高齢者見守りサービス ... 18	鈴木浪平	Elderly Watching Service in Healthtech Business "MelCare" Namihei Suzuki
三菱電機グループの業務DX 22	小川真克・山中秀昭・前田茂人・白附晶英	Digital Transformation for Operation in Mitsubishi Electric Group Masayoshi Ogawa, Hideaki Yamanaka, Shigeto Maeda, Akihide Shiratsuki
業務のペーパーレス化を推進する電子契約サービス “MELGIT-sign”の構築と展開 26	田中康夫・伊澤秀知・森原一朗・柚 信吾	Construction and Deployment of Electronic Contract Service "MELGIT-sign" for Promoting Paperless Operations Yasuo Tanaka, Hidenori Izawa, Ichiro Morihara, Shingo Soma
モデルを活用した設計・検証技術の高度化 30	古茂田典夫・大江見嗣・浅川忠隆・北川惣康・谷口貴也	Advancement of Design and Verification Technologies with Models Norio Komoda, Koji Oe, Tadataka Asakawa, Nobuyasu Kitagawa, Takaya Taniguchi
生産現場や生産技術業務でのDX 34	中居雄太郎・大藤友也・中山高宏・乗富善幸	Digital Transformation for Workshop and Manufacturing Engineering Jobs Yutaro Nakai, Tomoya Daito, Takahiro Nakayama, Yoshiyuki Noritomi

No.3

特 集	パワーデバイス	Power Devices
巻 頭 言		
カーボンニュートラル社会をつかさどる パワーデバイスへの期待 38	西澤伸一	Expectations for Power Devices that Support a Carbon-neutral Society Shinichi Nishizawa
巻頭論文		
パワーモジュールの最新動向と展望 39	安田幸央・松岡 徹	Latest Trend and Prospect of Power Module Technology Yukio Yasuda, Toru Matsuoka
自動車用SiCパワーモジュール 44	河面英夫・折田昭一・波多江慎治	Automotive SiC Power Module Hideo Komo, Shoichi Orita, Shinji Hatae
産業用第7世代IGBTモジュール 高速スイッチング仕様“THシリーズ” 48	川畑 聡・村岡宏記	"TH Series": 7th Generation IGBT Modules for High-frequency Switching in Industrial Applications Satoshi Kawabata, Hiroki Muraoka
HVIGBTモジュールのシリコンゲルの 吸湿挙動と結露リスクの調査 52	羽島憲司・登 羽香奈・中村圭一	Investigation of Humidity Absorption Behavior and Condensation Risk of Silicone Gel in HVIGBT Modules Kenji Hatori, Wakana Noboru, Keiichi Nakamura
BSD機能内蔵600V耐圧ハーフブリッジドライバHVIC “M81777FP” 56	羽生 洋・佐野昇平	Built-in BootStrap Diode Function Half-bridge Driver High Voltage (600V) Integrated Circuit "M81777FP" Yo Habu, Shohei Sano
低損失化を実現する新構造SiCトレンチMOSFET 60	菅原勝俊・福井 裕・香川泰宏	SiC Trench Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor with Novel Structure Enabling Lower Losses Katsutoshi Sugawara, Yutaka Fukui, Yasuhiro Kagawa

巻頭言

三菱電機グループのDXの取組みについて

About Mitsubishi Electric Group's Digital Transformation Initiatives

三菱電機グループは、創立100周年を迎えて、次の100年の礎を築くため、社外向け事業及び社内向け業務の両輪でのDX(Digital Transformation)を推進しています。今後の当社グループ全体のDXの目標や取組み方針を、事業側のDXを推進するビジネスイノベーション本部(BI本)及び業務側のDXを推進するプロセス・オペレーション改革本部(プロ改本)の両本部長の対談で紹介します。

三谷 初めに、経済産業省が公表するDXレポート、DX推進ガイドラインでは、DXとは“企業がデータとデジタル技術を活用してビジネスモデルを変革するとともに、企業文化を変革し、競争上の優位性を確保すること”と定義されています。今、DXが注目されているのには様々な理由があると思います。

松下 背景には、少子高齢化もあり、2025年には“IT人材の不足”“情報システムの老朽化”によって年間で最大12兆円の経済損失が生じると言われています。一方、私たちの生活に目を向けると、あらゆる行動がインターネット上で行われるようになり、そして新型コロナ禍の影響もあって、テレワークなど働き方も大きく変わってきました。このような中、デジタル技術の活用度が今後の企業競争力に多大な影響を与えるからだと考えています。

三谷 当社グループでは、100年培った経営基盤の強化に加えて事業モデルの変革によって、ライフ、インダストリー、インフラ、モビリティの四つの領域で、グループ内外の力を結集した統合ソリューションの提供を通じた社会課題の解決を目指しています。そのためには、当社グループでもDXの取組みは必要不可欠です。事業側のDXを推進するBI本に加えて、2021年4月1日には業務側のDXを推進するプロ改本を新設しました。当社グループのDXはBI本とプロ改本が両輪で推進する体制になったと言えます。

松下 今後の当社のDXの方向性は、私は、三方よしという考えはこれまで当社グループが重要視してきた経営の考え方だと思っています。BI本は、社会・お客様に対して、当社グループが持つ革新的技術を活用したソリューションを効果的・効率的にお届けするための事業DXを担います。従業員に対しては、ここが肝心ですが、プロ改本と連携しながら、自らの業務変革を通じて新しい価値をみんなで知

恵を絞って見つける、この三方よしの経営を実現していきたいと思います。

三谷 業務側のDXについては、従来、当社グループでは、それぞれの事業特性に応じて業務プロセスや管理データ、社内情報システムを個別に最適化することによって、強みを確立してきました。しかし品質、情報セキュリティ、輸出入管理等の、当社グループ内で均質なガバナンスを貫かなければいけない領域については、従来の個別の最適化を進めるだけでなく、共通化を拡大していく必要があると考えています。また当社グループが更に発展を遂げるためには業務プロセス刷新による飛躍的な業務効率化、管理データや情報システムの抜本的な見直しによる経営管理の高度化、高収益体質への転換が必要です。そのために、我々が当社グループ全体に業務側のDXのプラットフォームを提供し、変革を下支えしていきます。

目まぐるしいIT技術の進歩、コロナ禍でのワークスタイルの変化など、業務側のDXを加速させるための方法や環境も整ってきています。従来のやり方の良い部分は生かしつつも、既成概念にとらわれることなく、当社グループの次の100年間の礎になる業務改革に取り組んでいきます。

松下 当社はコングロマリット企業として、多様なソリューションを社会・お客様に提供できましたが、一方、それぞれの事業の優位性に集中したことによって、全体最適の視点がやや弱かったと感じています。逆に言えば、当社グループ全体でのシナジーを活用した貢献という観点では、まだ多くの改善余地があって、その活用による大きなチャンスが我々にはあることが理解できました。

三谷 既にいろいろなところでも唱えられていますが、事業側、業務側共にDXで重要なことは、デジタル化のDの側ではなく、いかに変革を起こすかというXの側だと思え



(左) **松下 聡** Satoshi Matsushita

専務執行役 ビジネスイノベーション担当, ビジネスイノベーション本部長

Senior Vice President, Chief Business DX Officer, Vice President, Corporate Business Innovation

(右) **三谷英一郎** Eiichiro Mitani

常務執行役 プロセス・オペレーション改革, IT担当, CIO, プロセス・オペレーション改革本部長

Executive Officer, Chief Operation DX Officer, Chief Information Officer Process & Operation Re-engineering Group

ています。当社グループ全体の変革(Transformation)のためには、社会・お客様・従業員の考え方や価値観、働き方等の行動変容とも歩調を合わせながら、変革の全体像を描いて、新たな価値の創出に向けて全員が一丸となって進めていく必要があります。

業務側のDXを進めるに当たって、今般、活動の愛称をプロ改本の若手メンバーが検討し“M-X(エムクロス)”と命名しました。三菱電機グループ(Mitsubishi)横断(Cross:X)という意味合いや、トランスフォーメーションで“変えるんだ”という決意、各部門の強みを“掛け算:X”してシナジーを発揮していきたいという思いを込めています。



松下 事業側のDXではその価値観を更に進化させて“意味的価値”の提供を標榜(ひょうぼう)していきたいと思えます。例えば、複数の世界遺産が周辺にありその結節点に位置するものの過疎傾向にある地域の振興のために一大テーマパークを建設しようというお客様がいたとします。多くの観光客が訪れる世界遺産の帰路にここに立ち寄ってもらえる新しい価値を一緒になって考える。仮にそれが巡礼的な美意識であればデジタルでどうやって表現／実現するかといったことです。

“M-X(エムクロス)”の話が出ましたが、事業側のDXでも“X Center(クロスセンター)”というお客様との共創の場を2021年12月に東京ビル26階に作りました。個々の

部門の強みを“掛け算:X”するとともにお客様に新しい価値を“足し算:+”したいと願っています。



さらにはXには×Nというか、スケーリングする意味も込めており、具体的なソリューションやアプリケーションを数多くのスマートシティ等の現場で役に立てるようにしたいとの願いも込めています。現在構想中の多用途サービスロボットにも“ME X ROS(メクロス)”という名前で登場させる予定です。



これらのことを実現していくためには、事業(BI本)と業務(プロ改本)のDXが深く連携を取りながら、デジタルトランスフォーメーションを実行していくことが重要になります。よく“紺屋の白袴(こうやのしろばかま)”と言いますが、業務側のDXとして当社の中で実証を十分に重ねたものを事業側のDXとしてお客様に使ってもらうことが大事だと思います。更にお客様の要望を積み重ねた良いものを今度は当社の中で更にブラッシュアップするといったミラーリングのような一対の活動が当社ならではのDX実現の仕方だと思います。

三谷 事業と業務のDXの両輪をうまく回して、当社グループの未来につなげたいと思います。

松下・三谷 当社グループのトランスフォーメーションにご期待ください。

三菱電機の事業DX

Digital Transformation for Business in Mitsubishi Electric

要 旨

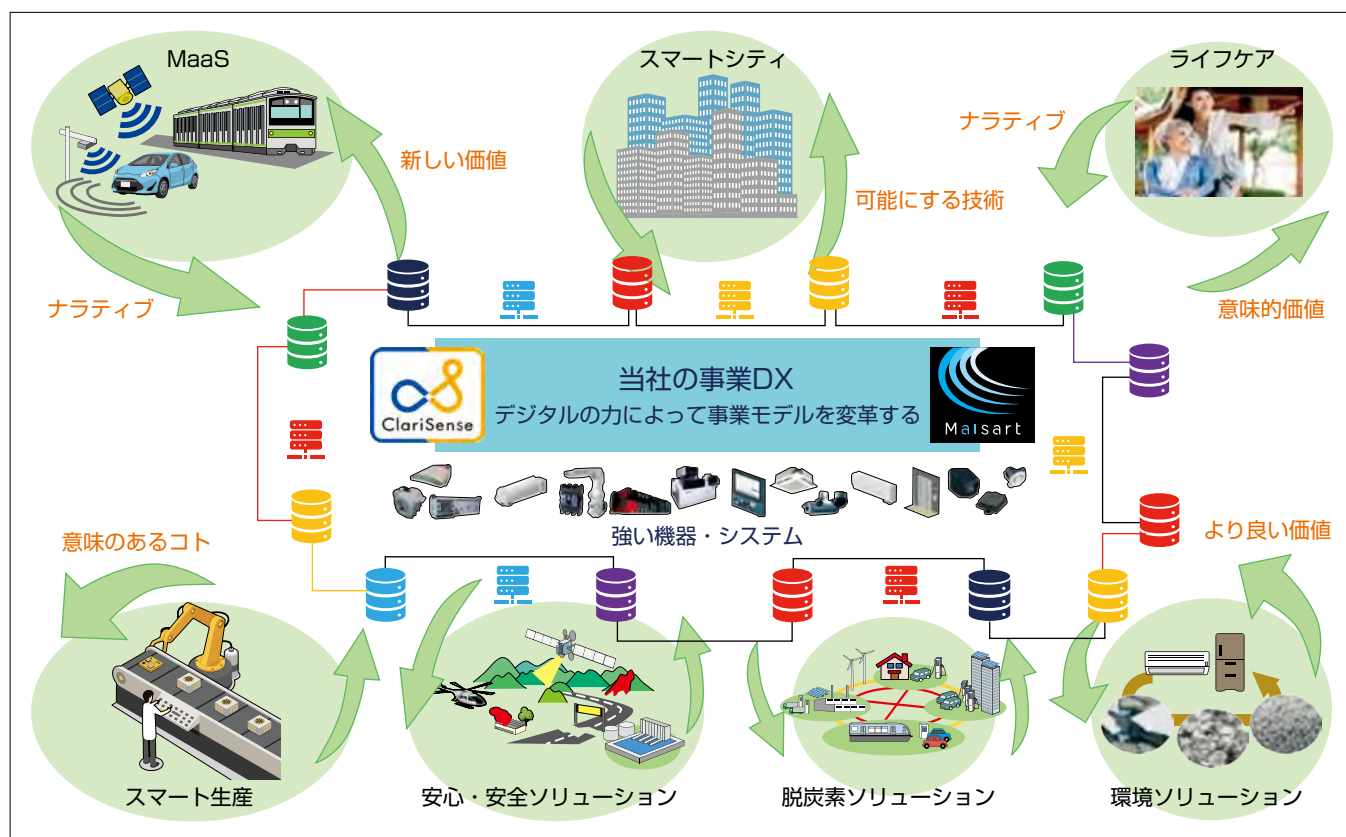
事業DX(Digital Transformation)は単なるデジタル技術の活用ではなく、モノ売りにとどまりがちであった従来の事業モデルを、デジタルの力によって、モノ+コト、すなわち顧客に最適なソリューションとして提供し、事業モデルそのものを変革することである。三菱電機では、事業DXを単なる機能的価値にとどめず、顧客や社会を魅了してナラティブとして共感を得る“意味的価値”を生み出すところに求めている。技術的にこれを可能にするのが、当社の統合IoT(Internet of Things)“ClariSense(クラリセンス)”の設計思想であり、最新のAI技術“Maisart(マイサート)”による分析・最適化である。

事業DXは業務DXと一対で推進する。デジタル技術で組織間の連携を促進し、プロセスの全体最適を図る。従来

のモノリス型ではなく、マイクロサービス型のアーキテクチャで絶え間なく進化し続けて、顧客価値の永続的向上を可能にする。

当社は、事業DXを三つのミッションで推進する。“DXプロジェクト”で、データ／サービス連携の優れた実践を先導する。“DX OAM”は、社内の複数の事業部と社外のシステムを横断したソフトウェアのOAM(運用・管理・保守)を持続的に回す仕組みである。“DXエンジン”は、ClariSenseのアーキテクチャ定義や設計ガイドライン、ソリューションライブラリの整備・登録を行う。

事業DXの具体例としては、ヘルステック、AI配筋検査システム、エネルギーマネジメントシステム、パーソナルモビリティシステムなどが挙げられる。



当社が目指す事業DX

当社は、デジタルの力によって事業モデルを変革することを目指している。強みの機器・システムを基に、それらが生み出す豊富なデータと顧客や社会のデータを連携させることで、これまでなかった機能的価値・意味的価値を創出するものである。アプリケーションとして、MaaS(Mobility as a Service)、スマートシティ、ライフケア、スマート生産、安心・安全ソリューション、脱炭素ソリューション、環境ソリューションなどを提供する。

1. ま え が き

DXの概念を初めて示したスウェーデンのストルターマン教授は、“DXとは、デジタル技術によって現実社会の対象物がシステムやネットワークに部品となって組み込まれて、相互作用を引き起こし、人々の生活があらゆる面でより良い方向に変化する審美的体験である”とした⁽¹⁾。当社グループの事業DXを牽引(けんいん)するビジネスイノベーション本部は、“事業DXとは、モノ売りにとどまりがちであった従来の事業モデルを、デジタルの力によって、モノ+コト、すなわち顧客に最適なソリューションとして提供し、収益力が持続・向上するよう、事業モデルそのものを変革することである”と定義した。

事業DXでは、機能的価値の提供はもちろん、顧客の主観をも魅了してナラティブとして共感を得ることを目指している。そのために、様々な機器・システム・顧客・社会のデータが当社の統合IoT“ClariSense”の設計思想に沿って連携し、最新のAI技術Maisartがそれを分析・最適化することで、顧客や社会に対して新しい機能的価値と、意味的価値⁽²⁾の両方を提供する。

本稿では、当社の事業DXを、モノリス型とマイクロサービス型のアーキテクチャの対比に基づいて述べる。次に、事業DXを推進するために定めた三つのミッションについて述べ、最後に具体的な事業DXのプロジェクトから今後の方向性を述べる。

2. 事業DXのアーキテクチャ

2.1 事業DXと業務DXの一对の推進

当社では、DXを“事業DX”と“業務DX”の二つの概念で捉えて、それらを一对で推進している。事業DXは、事業モデルを変革し、統合ソリューションの提供を目指すものであり、業務DXは、デジタル技術によって業務プロセスを刷新し、データを活用することで業務の効率化と生産性の向上を目指すものである。事業DXと業務DXは、別々に進化するものではなく、事業DXと業務DXが相互にプラスに作用しあう関係でなければならない。

そのことを、サプライチェーンマネジメント(SCM)とエンジニアリングチェーンマネジメント(ECM)の関係を使って図1に示す。従来の人手に頼る時代には、SCMとECMが有機的に相互作用することは少なく、組織的な細分化や工程の部分最適化に陥りがちであった。デジタル技術によって、物理空間がサイバー空間に再現されるようになると、SCMの各工程のデータとECMのプロセスが有機

的に結合することになり、属人化することなく組織間の連携が促進され、プロセスの全体最適が図られる。これによって、単なる効率化にとどまらない、不確実性を増す事業環境下の変化への対応力が増す。

統合基幹業務システム“MELGIT-ERP”と、顧客管理システム“MELGIT-CRM”が、データ活用の基盤になり、SCMとECMを回転させることで、単にチェーンの上流から下流に業務が流れるのではなく、下流から上流へのフィードバックを可能にする。データ連携を可能にするのが、ClariSenseの設計思想であり、Maisartによる分析・最適化が新たな価値を生む。

2.2 モノリスとマイクロサービスアーキテクチャ

図2は当社の様々な事業を、システムの構築形態と更新周期で俯瞰(ふかん)したものである。●は社会基盤を支える事業、○は消費財やサービス要素が多い事業である。

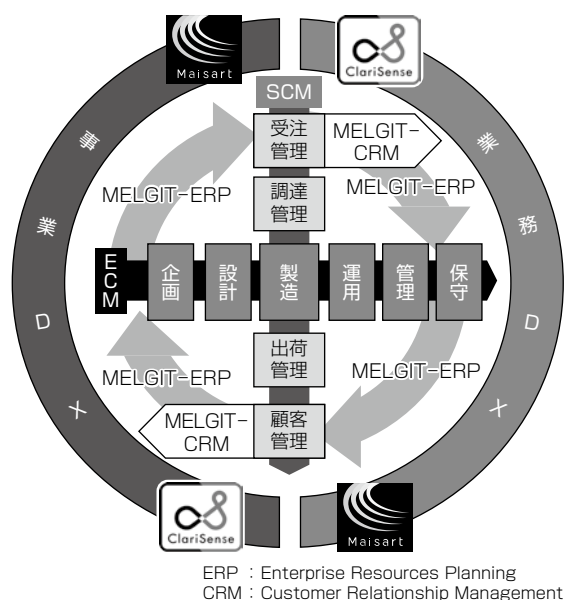


図1. 事業DXと業務DXの一对の推進

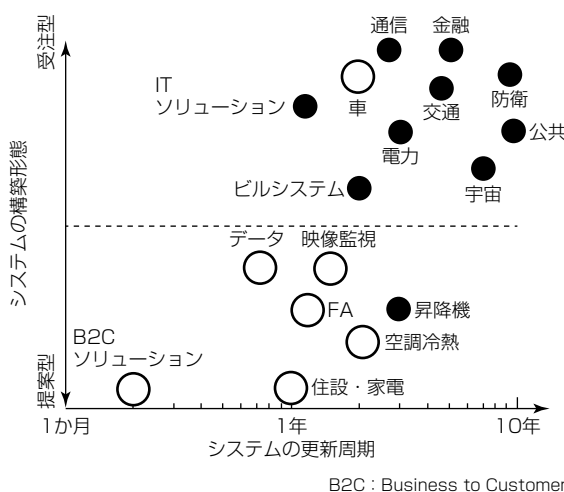


図2. 各事業の形態とシステムの更新周期

プロットした各事業が必ずしも示す位置に限られるものではないが、総じて社会基盤を支える事業は受注型が多く、システムの更新周期も比較的長い。入念な要件定義に基づいて数百～千人をかけてウォーターフォール型でソフトウェア開発する、いわゆるモノリスアーキテクチャで作られる。大きな単一の機能によってトランザクション処理などを高い信頼性で効率的に行うのに向いている。

一方、消費財やサービス要素が多い事業は提案型が多く、システムの更新周期が短い。従来、当社はこれらシステムもモノリスアーキテクチャで構築することが多かった。

近年、複数の小さな機能を組み合わせることで、一つの処理を実現するマイクロサービスアーキテクチャが広がっている。先に述べた消費財やサービス要素が多い事業は、頻繁に機能追加を行うため、モジュール単位でアジャイルに追加や修正するマイクロサービス型が向いている。

図3に示すとおり、当社の受注型事業は引き続きモノリス型のアーキテクチャの利点を生かしながら、機能拡充を容易にするマイクロサービスアーキテクチャを組み合わせるハイブリッド型に向かっていく。一方、提案型事業で生み出す統合ソリューションでは、“永遠のβ版”と呼ばれる頻繁な機能追加と修正を繰り返すマイクロサービスアーキテクチャで顧客価値の向上に資するよう進化していく。パブリッククラウドを最大限活用するが、先に述べたハイブリッド型では、既存のオンプレミス型システムとプライベートクラウドのそれぞれの利点を組み合わせる。

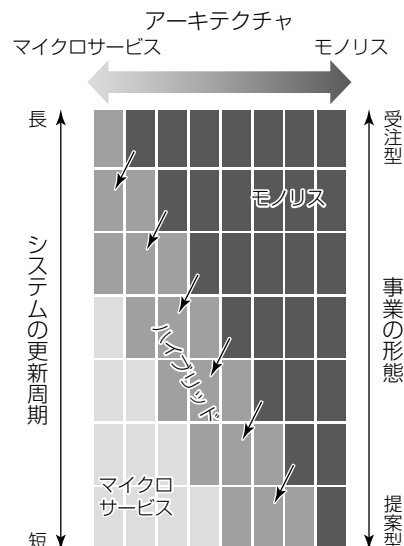


図3. モノリスとマイクロサービスアーキテクチャ

3.2 DX OAM

事業DXには、社内の複数の事業部を横断したソフトウェアの運用・管理・保守体制、費用回収の仕組みの構築が重要である。事業部には、それぞれの規程に基づいて独自に開発したシステムが多く、それらを横断的に扱うことは容易ではない。これをトップダウンで行うため、運用・管理・保守(OAM: Operation Administration and Maintenance)に特化したミッションをDX OAMと名付けた(図4)。

DX OAMでは、事業間のAPI連携を一元的に運用・管理し、是正・予防・適用保守を行う体制を構築する。事業主体又はOAMを利用する事業部から費用を回収し、持続的にOAMが回る仕組みも構築する。

3. 事業DXを推進する三つのミッション

3.1 DXプロジェクト

マイクロサービスアーキテクチャをベースに事業モデルを変革するためには、入り口で議論を重ねるのではなく、これこそがDXという事業を失敗をおそれずファーストペンギンとしてやってみせることが肝要である。このミッションをDXプロジェクトと名付けた。事業本部それぞれが持つ既存のIoT基盤の相互連携を中心とするシステムや、社外の最先端のITシステムとの連携を中心とする自由度と新規性の高いテーマを対象にする。どちらも、IoT基盤やITシステムとはアプリケーション層のWeb API (Application Programming Interface)で連携することにして、実績を積んだ後には、データコネクタでデータベースをつないで、業界標準に準拠する形で社内外とデータ連携するシステムの数を増やしていく。

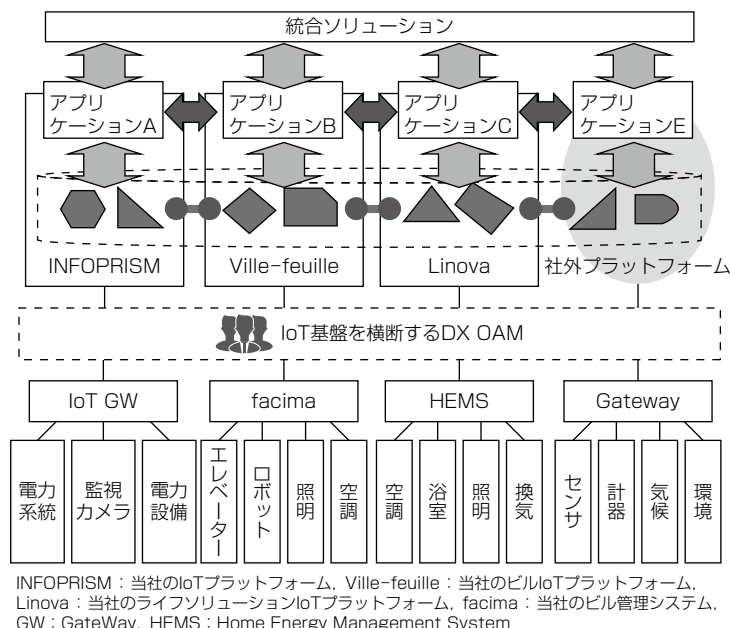


図4. IoT基盤を横断するDX OAM

構築に当たっては、既存のIoT基盤の変更費用をどちらの事業部が負担するのか、万が一不具合が発生したとき、原因元の切り分けをどう分担するのか、又は異なるクラウドを使用している場合は変更点管理が複雑になるなど、乗り越えるべき課題は多い。

しかしながら、DX OAMのメリットはデメリットをはるかに上回る。例えばIoT基盤が異なる場合でも予防保守・完全化保守を類似のスキルで対応でき、人材を効率的に活用できる。セキュリティなど共通基盤を異なるシステム間で共有もできる。また、連携するIoT基盤が同じクラウドを使用している場合、リソースを効率化できる。

3.3 DXエンジン

事業DXを推進するための技術環境を整備するミッションをDXエンジンと名付けた。ClariSenseのアーキテクチャ定義、設計ガイドラインの作成、ソリューションライブラリの登録を行う。その際、各種IaaS(Infrastructure as a Service)やPaaS(Platform as a Service)、オンプレミス・エッジ環境での動作検証を厳格に行うことが重要である。ただし、ソフトウェアの生成・検証、ソフトウェア品質保証、アジャイル開発の共通的な考え方を統一するものであって、必ずしもプラットフォームの一本化を志向するものではない。

4. 事業DXのプロジェクト

当社の四つの事業領域であるライフ、インダストリー、インフラ、モビリティで展開する事業DXの具体例について述べる。

4.1 ライフ

一人ひとりに寄り添う高齢者の見守りサービスをヘルステック事業と名付けて、サービス付き高齢者住宅などに向けた事業を開始している。赤外線センサ“MelDIR”やZ-Works社のベッドセンサなどを組み合わせて、センサフュージョン技術とAI技術Maisartで、高齢者のプライバシーを守りつつ転倒や行動を見守る。サービス内容を常に改善することで、顧客やユーザーのエクスペリエンス向上に努めて、継続的な利用と顧客開拓を進める。今後は、蓄積されたデータとバイタル情報の分析結果をケアプラン策定に提供したり、地域医療と連携させたりなど、健康寿命延伸に資するサービスの拡充を進めていく。

4.2 インダストリー

建築や土木でコンクリート打設を行う際、構造的強度を得るための内部に鉄筋を配置することを配筋という。配筋

が正しくなされているか検査する“AI配筋検査システム”を建設事業者向けに開発した。ステレオカメラを搭載した端末で撮影した画像から、配置された鉄筋の本数・径・間隔を瞬時に計測し、クラウド連携で検査結果を自動で電子化することで、検査にかかる時間や報告書作成の時間を60%程度軽減する。端末を検査専用にとどめず、建設現場のあらゆる情報が集まるデジタルプラットフォームとしての進化も目指している。

4.3 インフラ

カーボンニュートラルの機運の高まりを受けて、エネルギーインフラとしての配電系統の制御高度化や、再生可能エネルギーの効率的な運用など、地域全体で電気や熱の統合的なエネルギー管理を支援するシステムを開発している。AI技術Maisartによる再生可能エネルギーの発電予測、消費者側の需要予測を基に、電力市場や自己託送、電力販売契約、又は非化石証書などの様々な手段の中からグリーン度や調達コストなどの目的に応じた最適化を図る高度なITシステムの構築に取り組んでいる。

4.4 モビリティ

スマートシティでのオンデマンドバスや小型モビリティの運行を最適化・自動化することで、運行业務省力化と利便性向上に努めている。自動走行するパーソナルモビリティによる交通弱者の安全な移動や、商業施設を自動で巡回するゴミ搬送台車の実証試験を行っている。

クラウド管理による情報配信で、空きスペースへの誘導やETC(Electronic Toll Collection)やスマートフォン決済によるチケット・キャッシュレス化などスムーズに入出場できるスマートパーキングの開発にも取り組んでいる。

規制緩和で市場拡大が期待されるドローンやエアモビリティに対して、小型の風計測ライダーを用いた風況データを提供するサービスの実証試験にも取り組んでいる。

5. むすび

当社の事業DXについて述べた。デジタル技術を駆使して、モノ売りや単なる機能的価値にとどまりがちであった従来の事業モデルを、モノ+コト、すなわち顧客に最適なソリューションとして意味的価値まで付加して提供し、収益力を持続・向上させることを目指している。

参考文献

- (1) Stolterman, E., et al.: Information Technology and the Good Life, Information Systems Research, 687~692, Kluwer Academic Publishers (2004)
- (2) 延岡健太郎: 意味的価値の創造: コモディティ化を回避するものづくり, 国民経済雑誌, 194, No.6, 1~14 (2006)

DX拡大による顧客価値創出とAI技術“Maisart”の適用

澤田友哉*
Tomoya Sawada
渡邊圭輔†
Keisuke Watanabe

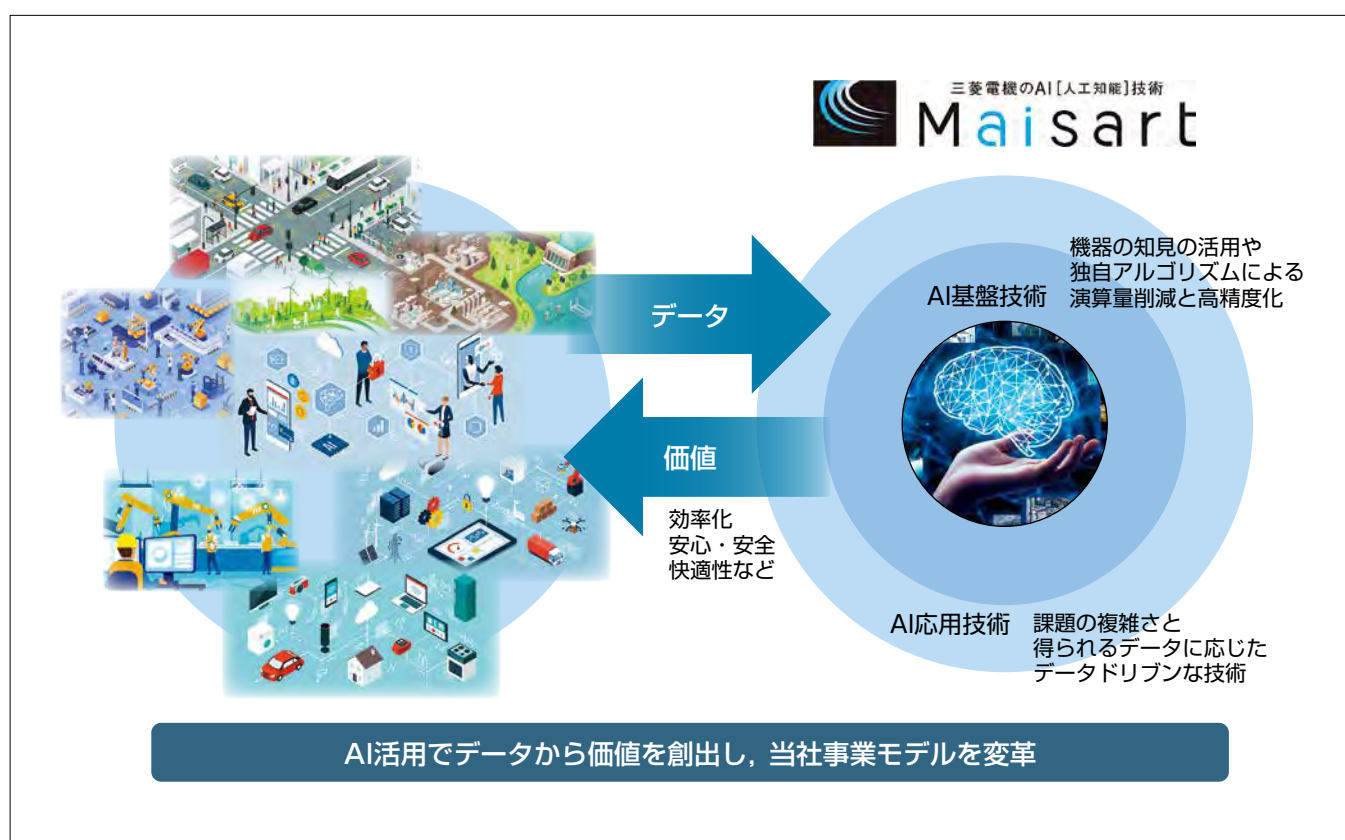
Expanding Digital Transformation Creates Customer Value Utilizing AI Technology "Maisart"

要 旨

DX(Digital Transformation)は、AIを含むセンシング、情報・IoT(Internet of Things)システム、セキュリティなどの各種のデジタル技術によって支えられている。これらはDXの実現手段であり、変革の各段階で目的に応じた手段を選択すること、また、技術の活用自体が目的にならないことが重要である。これらを踏まえてAIを活用することで、組織やデータ利活用が最適化され、効率化や、安心・安全、快適性などの顧客価値に変換できる。AIが持つ認識・予測・最適制御などの機能から得られる価値は、現状を把握して今を変えるものにとどまらず、今後を予測して将来を変え得るものであり、変革の大きな推進力になる。

三菱電機は、AI技術“Maisart(マイサート)”を手段の一つ

として、事業DXを進めている。機器の知見の活用や独自アルゴリズムによって、演算量削減と高精度化を実現する最新のAI基盤技術と、それを実際の業務現場へ適用し、課題の複雑さと得られるデータに応じて適切にAIを設計するデータドリブン型のAI応用技術によって、顧客の真の課題を解決して新たな価値を創出する。これによって、モノ売りにとどまりがちであった当社の事業モデルそのものを変革し、モノ+コト、すなわち顧客に最適なソリューションとして提供し、顧客の収益力が持続・向上するようにDXを加速させる。当社が社会や顧客に選ばれるように常に顧客の価値を追い求め、変革を続けていく。



実世界のデータから顧客価値を創出する当社のAI技術“Maisart”

当社のライフ、インダストリー、インフラ、モビリティの事業領域で、DXを支える各種技術によってデジタル化されたデータから、効率化、安心・安全、快適性などの顧客価値を当社AI技術Maisartで創出する。これによって、社会課題や顧客課題を解決するとともに、従来のモノ売りにとどまりがちであった当社の事業モデルをモノ+コトへと変革する。

1. ま え が き

当社の事業DXは、“モノ売りにとどまりがちであった従来の事業モデルを、デジタルの力によって、モノ+コト、すなわち顧客に最適なソリューションとして提供し、収益力が持続・向上するように事業モデルそのものを変革すること”である。機器に対する知見や技術資産を一元的に整備する当社統合IoT“ClariSense(クラリセンス)”の設計思想で、様々な機器・システム・顧客のデータを連携させて、当社AI技術“Maisart”で分析・最適化することで、顧客や社会への新しい価値とより良い価値の継続的な提供を目指している。

DXは、AIを含むセンシング、情報・IoTシステム、セキュリティなどの各種のデジタル技術によって支えられている。これらはDXの実現手段であり、各変革の各段階で目的に応じた手段を選択すること、また、技術の活用自体が目的にならないことが重要である。特にAIは、その期待の高さから“AIなら何とかできるのでは”“AIで何かできないか”という考えに陥りがちであるが、きちんと目的や課題を見定めてAIの必要性を考えることが重要である。

そして、DXの実現には、戦略の策定、体制の構築、関係者への周知・浸透、人材の育成など、デジタル技術の活用以外にも重要な事項が数多くある。DXの推進と成功にとってデジタル技術はあくまで一手段であり、単なるデジタル技術適用にとどまらないようにしなければならない。

これらを踏まえて顧客視点に立ってAIを活用することで組織やデータ利活用が最適化され、効率化や、安心・安全、快適性などの顧客価値に変換できる。AIの認識・識別・理解、予測・分析、最適制御・自動化などの機能から得られる価値は、現状を把握して今を変えるものにとどまらず、今後を予測して将来を変え得るものであり、DXすなわち変革の大きな推進力になる。

本稿では、当社AI技術Maisartでの基盤技術の深化から応用技術への展開、得られる顧客価値について述べる。

2. 当社AI技術Maisart

2.1 Maisartの特長

当社は、AI搭載機器の事業展開を加速するため、2017年5月にAI技術ブランドMaisartを制定した。Maisartは、独自のAI技術で全てのものを賢くする思いを込めた、Mitsubishi Electric's AI creates the State-of-the-ART in technologyの略である。機器・エッジのスマート化を目指すMaisartの特長は、独自アルゴリズムによるAIの演算量

機器・エッジをスマート化するAI技術を開発
～独自アルゴリズムによる演算量削減・高精度化や機器の知見の活用～

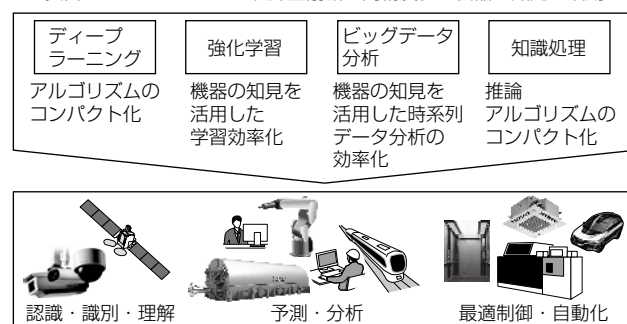


図1. Maisartの特長

削減・高精度化や機器の知見の活用である。ディープラーニング、強化学習、ビッグデータ分析、知識処理という4領域に対してAI基盤技術によるアルゴリズムのコンパクト化や学習の効率化を実現し、それを認識・識別・理解などのAI応用技術に適用してきた⁽¹⁾(図1)。そこで培った技術はITシステム領域のスマート化にも適用し、データ連携によって単独データでは得られない効率化、安心・安全、快適性などの顧客価値を創出する。様々な事業領域を束ねるデータを、高度に解析することによってだけ得られる価値が、普遍的な顧客満足につながる。

2.2 AI基盤技術の深化

当社の幅広い事業を支えるAI基盤技術領域で、Maisartは日々深化している。一般的に、ディープラーニングを始めとした機械学習では、学習に使用したデータの特性に合わせてニューラルネットワークを最適化したり、ハイパーパラメータを調整したりする工程が精度向上のために必要になる。また、Maisartの適用先の現場の環境や取得できるデータの特性に対しても、学習だけでなく推論時に前処理や後処理による補正が必要になる。AI基盤技術は、これらの知見を生かして実際の適用現場でも精度が担保されるよう応用技術開発によって高精度化される。

AIを製品に適用するためには、基礎技術に対して正しく最新のAI技術を理解し、自ら先端技術を生み出す必要がある。この節では、Maisart最新技術の一端を述べる。

2.2.1 AIの演算量削減

AIの演算量削減には、ディープラーニングでは何を学習したのかを把握することが重要になる。学習過程で学習を妨げる要因と学習を促進する要因とを損失率を基に可視化する技術を開発した⁽²⁾。これによって、学習対象のニューラルネットワークに適していないデータをエンジニアが学習完了を待たずに直感的に除外でき、精度を保ったまま効率的に低演算量なニューラルネットワークを構築できる。また、AIの説明性の獲得の観点からも可視化技術は重要で

あり、学習対象になるデータの特性を知る上でも重要である。

ロボット制御に応用される強化学習でも、近年ディープラーニングによる特徴量の高次元化が取り組まれている。一方、あらゆる状況を想定すると学習量が膨大になるため、強化学習のデータ少量化が求められている。深層強化学習での適用環境下の学習サンプル数の大幅な削減に成功し、人間のようにわずかな試行回数でロボットに意味のある方策を授けることを産学連携研究によって可能にした⁽³⁾。一般的に用いられる物理演算によるシミュレーションと深層強化学習の推論をハイブリッドにしたことでリアルタイムに複雑なタスクが解けるようになり、迷路を解くタスクで人間よりも高精度なロボット制御を実現した。

2.2.2 AIの高精度化

ディープラーニングの適用先として最も研究数が多いコンピュータビジョンの領域に“何がどこにあるのか”を画像1枚からAIがリアルタイムで推論する物体認識がある。例えば、自動運転や広域監視、ロボットビジョンなどの幅広い技術領域に適用可能である。物体認識で対象の学習を人間がコントロールできるようにしてAIが自分自身で賢くなる技術を開発し、対象が非常に小さくても従来より高精度に認識できるAIを実現した⁽⁴⁾。AIが何を学習するかはデータに任せられるだけで人間がコントロールできないという課題を解決できる。特に、利用に際して高精度で精密な制御が求められる産業用途への応用が期待できる。

2.2.3 機器の知見を活用した技術

ディープラーニングではニューラルネットワークの構造に適したデータの学習が精度向上のために重要である。監視カメラでの人物同定で、カメラ設置場所で個々に取得されるデータセットごとの学習への貢献度を定量化することで、ターゲット環境のデータ特性と学習価値をより詳しく知る手法を開発した⁽⁵⁾。これによって、異なる利用環境のデータを学習に加えた場合の改善効果を定量的に予測でき、現場適用時の認識精度を担保することが期待できる。

3. Maisartによる顧客価値創出

最新のAI基盤技術を実際の業務現場へ適用し、顧客の真の課題解決につなげて新たな価値を創出するには、解きたい課題の複雑さと得られるデータに応じて適切にAIを設計する、データドリブン型のAI応用技術が重要である。AI応用技術でのMaisartの具体的な開発事例を述べる。

3.1 認識・識別・理解

労働者の高齢化や作業員人口の減少によって、生産性の

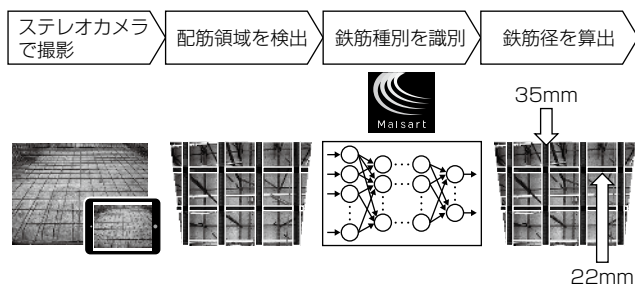


図2. AI配筋検査システムでの処理の流れ

向上が喫緊の課題になっている建設業の課題を解決するため、当社は2021年2月にAI配筋検査システムのサービス提供を開始した。ステレオカメラ搭載の端末に、天候や鉄筋の状態など条件が異なる配筋画像を学習させた認識AIを実装したものである。端末で撮影した配筋工事現場の画像データから配筋領域を認識し、AIによって鉄筋種別を識別して本数、径(太さ)、間隔の計測値を得る(図2)。鉄筋間隔を±5mmという高精度で計測することが可能である。従来、複数名で行っていた計測・検査を1名で実施でき、AI配筋検査端末と当社クラウドを連携することで、後工程である検査報告書作成まで含めた一連の作業が手作業による転記なく自動で行える。これによって配筋検査時間を1/3に削減した。

高齢者施設などでの介護従事者の不足に対する業務負担軽減が深刻な社会課題になる中、高齢者の快適な住居空間や安全な暮らしの実現のため、ヘルステック事業に取り組んでいる。高齢者施設に設置した当社サーマルダイオード赤外線センサ“MeIDIR”の画像や、ベッドセンサから得られる人物近接情報など複数のセンサ情報を統合し、AIで高齢者の状態・行動や、住環境の変化・異常を認識・識別する。これによって、プライバシーに配慮した高齢者の見守りを実現し、社会課題の解決に貢献する。

このほかにも、カメラ映像から人の骨格情報を識別し、特定の動作を自動検出する作業分析技術の“骨紋”や、コールセンターなどでの対話文脈を理解し、過去の報告書から最も意味が類似する短文を抽出して要約文を自動生成する“知識処理に基づく対話要約技術”などがある。

3.2 予測・分析

様々な機器データに関する知見を持つ当社にとって、データの利活用は新たな価値創出に必須である。様々な時系列データの中から異常信号が検知できると、設備の保守運用が容易になる。発電プラントの運営では、運転機会の減少やベテラン運転員の減少などによる保安スキル低下への懸念がある。保安業務の効率化と安心・安全なプラント稼働のため、プラント機器の異常兆候を早期に発見する異常兆候検知システム“INFOPRISM APR”を提供している。

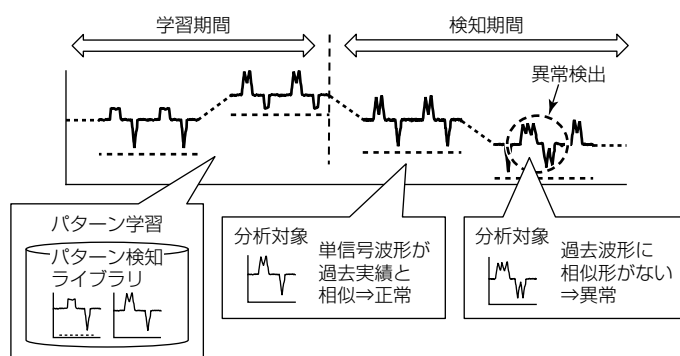


図3. AIによる“いつもと違う振る舞い”の検知

流量や温度などプラント計測値の正常運転時の振る舞いを学習しておき、運転時の計測値に対して、事前に学習した運転データパターンと異なる“いつもと違う振る舞い”を検知して異常を予測する(図3)。警報制限値を超える前にトラブルの兆候を捉えることができ、計画外停止の抑制や設備停止期間の短縮による効率化が図れる。また、過去に経験がないトラブルの予兆検知が可能で、未曾有の災害時代の安心・安全にもつながる。

生産現場では、生産性向上のための改善活動の効率化も課題である。“生産ライン改善支援技術”は、生産ラインのレイアウトと製品の流れの統合設計による設計工数の削減と、AIを用いた生産量算出の高精度化によって、生産現場の改善検討工数を従来の1/2に削減した。生産ラインの各工程で計測した作業時間から、AIが作業時間のばらつきや時間帯による作業効率の変化を分析し、生産量算出用のデータを生成する。改善検討者が、生成された確度の高いデータを改善案のシミュレーションに用いることで、これまでベテランの検討者が勘や経験に基づいて行っていた改善検討作業を効率化できる。

そのほかにも、海表面の流速と陸地での浸水深の関係事前に学習し、レーダで検出した海表面の流速値から津波浸水深を高精度に予測する“レーダによる津波の浸水深予測AI”、当社が持つ機器損傷の知見を活用し、電力機器の使用開始時と点検時の金属表面の微小変形から内部の亀裂の位置と大きさを推定する“検査AI”などがある。

3.3 最適制御・自動化

脱炭素社会の実現は世界の大きな課題であり、日本政府も2050年までの実現を掲げている。DXに必要な現場の様々なデータを格納するデータセンターは、非常に多くの電力を消費する。排熱量も膨大で空調機による室内の温度管理が必須であり、その省エネルギー化が望まれている。従来、温度管理はオペレータの経験や技術に頼らざるを得なかった。そこで、当社グループが保有・運用するデータセンターの空調制御のノウハウを生かし、各空調機の設定

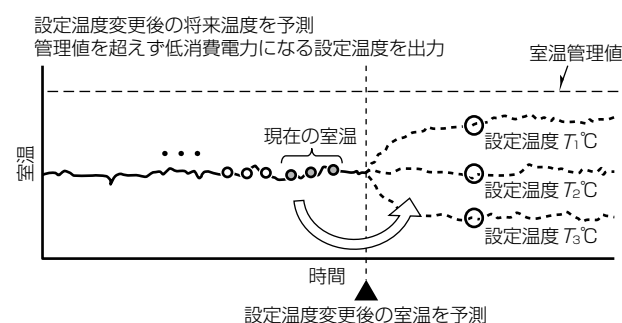


図4. AIによる室温予測

温度を変更した際の1時間後の室温変化を予測するAIと、それに基づく空調機運転方式を構築した⁽⁶⁾(図4)。実証実験の結果、約32%の省エネルギー効果を確認している。

ほかにも、AIが学習した過去の運転データから複数台のビル用マルチエアコンの最適な起動時刻を個別に自動設定する“AIスマート起動”や、ファイバ二次元レーザ加工機の加工中の音と光から加工状態を判断し、加工条件を自動調整する“AIアシスト”などがある。

4. む す び

社会課題が多様化し、急速にIT化・スマート化が進む中、当社の事業モデルを時代の変革に合わせて変える必要がある。コーポレートステートメントである“Changes for the Better”を体現するためにも、事業DXで変革し、進化し続けなければならない。国際的に認められたAI基盤技術と、データドリブン型のAI応用技術に強みを持つMaisartを手段の一つとして、当社の掲げるDXをもって今まさに事業モデルの変革を進めている。様々なデータをClariSenseで束ねて、Maisartの高度な解析で得られる価値を、効率化、安心・安全、快適性などの顧客価値へと結び付けて、顧客の価値を常に追い求めていくことで、社会や顧客に選ばれる当社を目指していく。

参 考 文 献

- (1) 特集：超スマート社会を創造する“Maisart”，三菱電機技報，94，No.6 (2020)
- (2) Lee, T-Y.: Loss-contribution-based in situ Visualization for Neural Network Training, Eurographics Conference on Visualization, 1~5 (2021)
- (3) Ota, K., et al.: Data-Efficient Learning for Complex and Real-Time Physical Problem Solving Using Augmented Simulation, IEEE Robotics and Automation Letters, 6, No.2, 4241~4248 (2021)
- (4) Sawada, T., et al.: Bottom-up Saliency Meets Top-down Semantics for Object Detection, IEEE International Conference on Image Processing, 729~733 (2021)
- (5) Semitsu, T., et al.: Estimating Contribution of Training Datasets using Shapley Values in Data-scale for Visual Recognition, International Conference on Machine Vision Application, 1~5 (2021)
- (6) 長谷川 治, ほか: MINDデータセンターのカーボンニュートラルへの挑戦, 三菱電機技報, 95, No.8, 522~525 (2021)

三菱電機の事業DXを支える統合IoT “ClariSense”

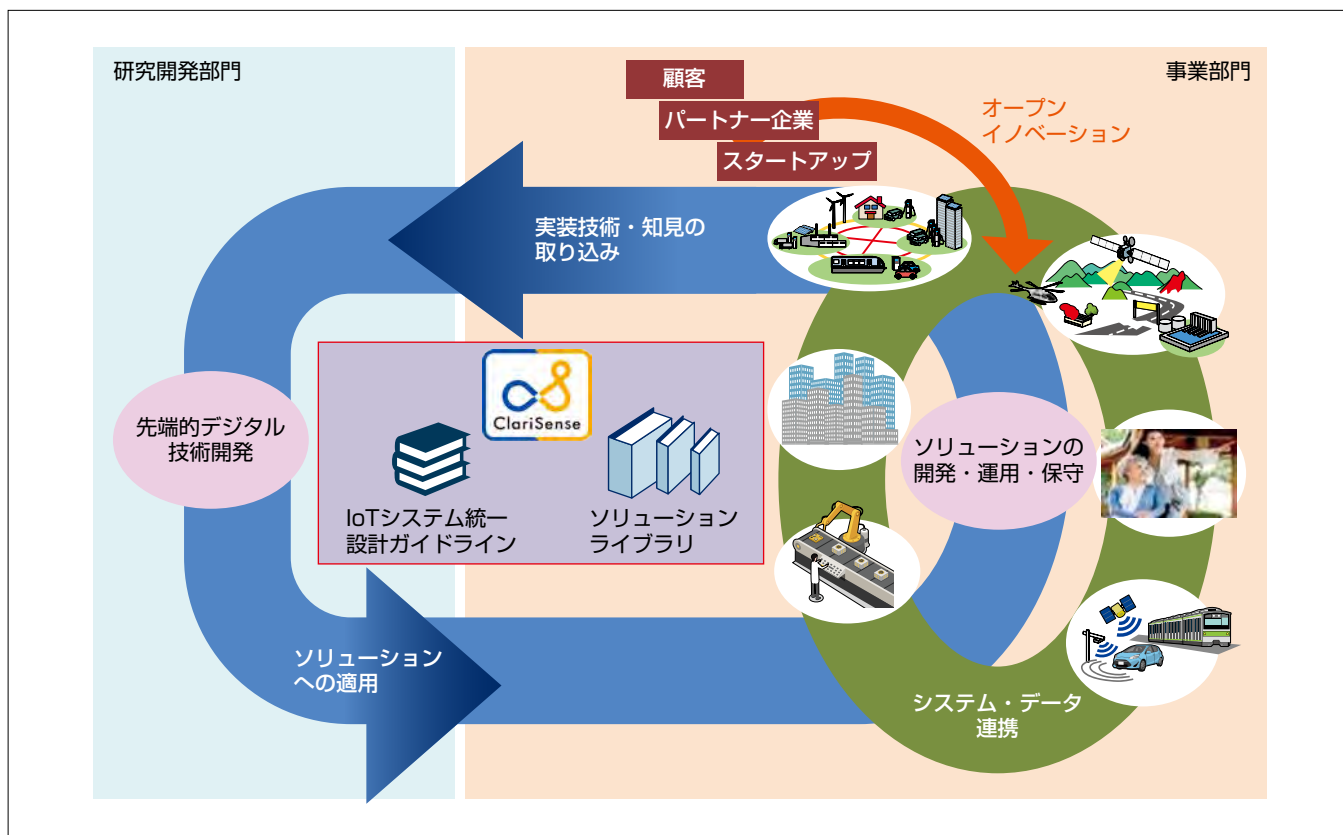
御宿哲也*
Tetsuya Mishuku
久野信幸*
Nobuyuki Hisano

Internet of Things Suite "ClariSense" Supporting Mitsubishi Electric's
Digital Transformation for Business

要 旨

三菱電機は多様化する社会課題の解決に向けて、経営基盤の強化に加えて事業モデルの変革によって、ライフ、インダストリー、インフラ、モビリティの四つの事業領域で、グループ内外の力を結集した統合ソリューションを提供していく。統合ソリューションとは、当社の強いコアコンポーネントに、豊富なフィールドナレッジと先進的デジタル技術を掛け合わせた当社ならではのソリューションである。統合ソリューションを支えるキー技術の一つが、様々な機器の知見や、AI・セキュリティなどの技術資産を結集した統合IoT(Internet of Things)“ClariSense(クラリセンス)”である。従来のモノリスアーキテクチャの良さを生かしつつ、先進的デジタル技術を柔軟に組み合わせることができるマイクロサービスアーキテクチャを志向し

たClariSenseを活用することによって、顧客との連携や事業分野をまたがる統合ソリューションを効率的に実現することを可能にする。当社ビジネスイノベーション本部では、ClariSenseを活用した事業DX(Digital Transformation)の推進を通じて様々な機器やシステムのデータを連携・分析し、顧客に最適なソリューションを提供するとともに、顧客との共創によってソリューション領域を拡大していく。それに加えて、ClariSenseの設計思想の根幹であるマイクロサービスを事業化できる人材育成に取り組むとともに、複数の事業領域での社内外のシステム・データ連携に必須な国際標準を取り込むことで、ClariSenseの強化を図っていく。



統合IoT“ClariSense”を核にした事業間連携

当社及びオープンイノベーションで開発した先端デジタル技術を、事業部門でソリューション事業に組み込んだ実装技術・知見込みの技術資産を“IoTシステム統一設計ガイドライン”及び“ソリューションライブラリ”に一元管理することで、事業の垣根を越えて他事業でも活用するとともに、複数の事業分野をまたがるシステム・データ連携を効率的に実現することで、顧客に統合ソリューションを迅速に提供することを志向している。

1. ま え が き

当社は多様化する社会課題の解決に向けて、経営基盤の強化に加えて事業モデルの変革によって、ライフ、インダストリー、インフラ、モビリティの四つの事業領域で、グループ内外の力を結集した統合ソリューションを提供していく。統合ソリューションとは、当社の強いコアコンポーネントに、豊富なフィールドナレッジと先進的デジタル技術を掛け合わせた当社ならではのソリューションである。当社ビジネスイノベーション本部では、事業DXの推進を通じて様々な機器やシステムのデータを連携・分析し、顧客に最適なソリューションを提供するとともに、顧客との共創や、M&Aなどの積極的活用によってソリューション領域を拡大していく。

統合ソリューションを支えるキー技術の一つが、様々な機器の知見や、AI・セキュリティなどの技術資産を結集した統合IoT“ClariSense”である⁽¹⁾。ClariSenseを活用することによって、顧客との連携や事業分野をまたがる統合ソリューションを効率的に実現することを可能にする。

本稿では、ClariSenseの三つの特長である“技術資産の一元管理”“自由度の高い実装形態”“様々なシステムとの連携”と今後の整備方針について述べる。

2. 統合IoT“ClariSense”

2.1 ClariSenseの目的

ClariSenseには、統合ソリューション事業の競争力強化という観点で、事業拡大と開発効率化の二つの側面がある。

2.1.1 事業拡大

様々な分野でIoTシステムの活用が加速する中、分野によって求められる特性やシステムの個性が異なり、一つのプラットフォームで全てに対応するのは困難である。

当社では、それぞれの事業に最適化したプラットフォーム⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾を整備し、その上に様々なIT/IoTシステムを構築している(表1)。

統合ソリューション事業の拡大に向けて、本当に必要なのは、様々な社内外のシステムと柔軟につながり、必要な

表1. 当社IT/IoTプラットフォーム

適用事業	プラットフォーム
社会・電力インフラ	INFOPRISM, BLEnDer DEP
FA	e-F@ctroy
ビル管理	Ville-feuille
家電	Linova
IT	DIAPLANET

機能・データを自由に活用することで新たな価値を顧客に提供できるオープンなプラットフォームである(図1)。その実現のためにIT/IoTシステムの設計思想をClariSenseに定めた。

2.1.2 開発効率化

“モノ売り”から“モノ+コト売り”という事業モデルの変革に加えて、有線・無線ネットワークの飛躍的な広帯域化・低遅延化やクラウドコンピューティングの進展によって、顧客や社会に対して新しい価値・より良い価値を提供するエンジンに当たる先進的デジタル技術を機器組み込みソフトウェアからエンタープライズ系ソフトウェアに実装する流れが生じている。そのため、エンタープライズ系ソフトウェアに実装した先進的デジタル技術の可搬性がソリューション提供の効率化のキーになっている。その実現のために、あるシステム開発で実装した先進的デジタル技術を部品化し、当社の技術資産として登録し、他のシステム開発で組み込むことで開発効率化を図る(図2)。

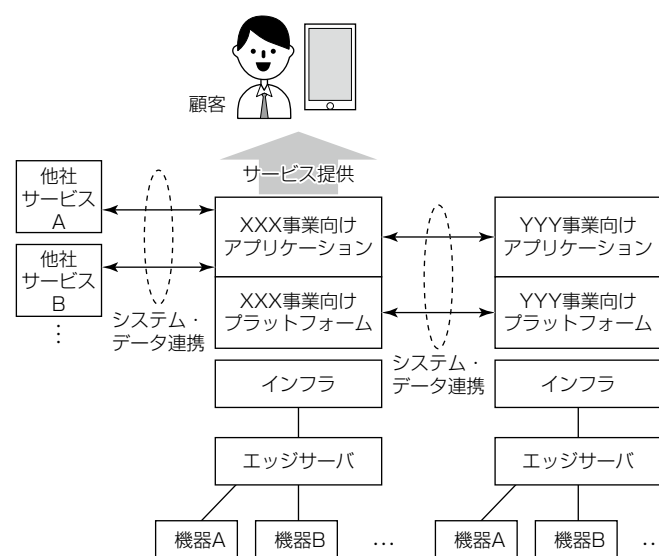


図1. オープンなプラットフォーム

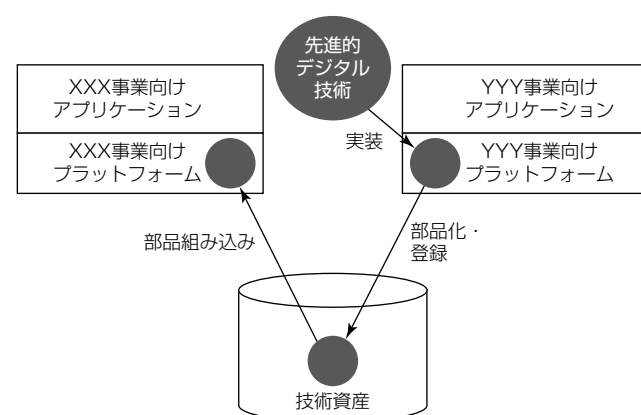


図2. 技術資産の共有

2.2 ClariSenseの特長

ClariSenseには、①幅広い分野で培ってきた技術・知見を一元管理して新たな価値を創造、②自由度の高い実装形態で機器・システムに応じたソリューションを提供、③標準API(Application Programming Interface)の採用によって様々なシステムとの連携を効率的に実現という三つの特長がある。

2.2.1 技術資産の一元管理

当社が強みとする機器の知見やAI・セキュリティなどの技術資産を、“IoTシステム統一設計ガイドライン”“ソリューションライブラリ”に統合し、一元的に整備・拡充している。当社及びオープンイノベーションで開発した先端のデジタル技術を、事業部門でソリューション事業に組み込んだ実装技術・知見込みの技術資産を一元管理することで、事業の垣根を越えて他事業でも活用することを志向している(図3)。

“IoTシステム統一設計ガイドライン”は、IoTシステムを設計する上での指針になる設計ガイドとして編纂(へんさん)しており、“アーキテクチャ定義書”“IoTシステム設計ガイド”、“API設計ガイド”“マイクロサービス設計ガイド”から構成されて、このうち、“IoTシステム設計ガイド”は“データ管理”“データ連携”“性能・可用性”“セキュリティ”“サービス運用”編に分けられ、非機能要件を含んでいる。また、各種ガイドには、①基礎知識、②開発事例から得られたグッドプラクティス、③設計の勘所をまとめたチェックリストが記載されており、エンタープライズ系ソフトウェア開発の人材育成ツールとして活用していく。

“ソリューションライブラリ”は、当社内での流通を前提にしており、“当社が強みとする機器の知見を生かしたAI・セキュリティなどの技術資産を製品適用したソフトウェア群、IoTの基盤になるOSS(Open Source Software)・パ

ブリッククラウドが提供するマネージドサービス、及びその実行に必要な周辺ソフトウェアや開発環境”と定義している。これらのライブラリは、当社の研究開発部門で開発した成果だけでなく各事業分野で製品に適用されている機能サービスを包含する形で整備を進めている。また、“ソリューションライブラリ”の流通には、SoS(System of Systems)の形態で他事業のシステムとシステム・データ連携するパターン(図1)と、他事業のシステムの機能を一部部品化して提供するパターンがある(図2)。前者のシステム・データ連携は既存のモノリスアーキテクチャの技術資産を活用することを指向しており、後者の部品化はマイクロサービスアーキテクチャによる技術資産の再利用を指向している。このようにモノリス型とマイクロサービス型の技術資産をハイブリッドに活用していく。

“IoTシステム統一設計ガイドライン”と“ソリューションライブラリ”は全ての社内ソフトウェア開発者がアクセス可能なように、社内ポータルサイトに登録されている。この取り組みは、当社でのコングロマリッドプレミアムを具現化したものであり、エンタープライズ系ソフトウェアの開発・保守の効率化を支える当社内のエコシステムである。

2.2.2 自由度の高い実装形態

機器やシステムの特性・用途に応じた最適なIoTシステムを開発するために、IoTシステム統一設計ガイドラインに定義されたIoTシステムの構成とインタフェースにのつとすることで、リアルタイム性重視、信頼性・安全性(セキュリティ面)重視、接続柔軟性重視といった自由度のある実装形態に対応し、表1に示した各事業に最適化したプラットフォームの機能拡充に寄与する(図4)。

2.2.3 様々なシステムとの連携

業界標準に準拠したAPIや通信プロトコルを採用することで、ClariSenseに基づいて開発したIoTシステムとグループ内外のシステムとの連携が容易になる。このような

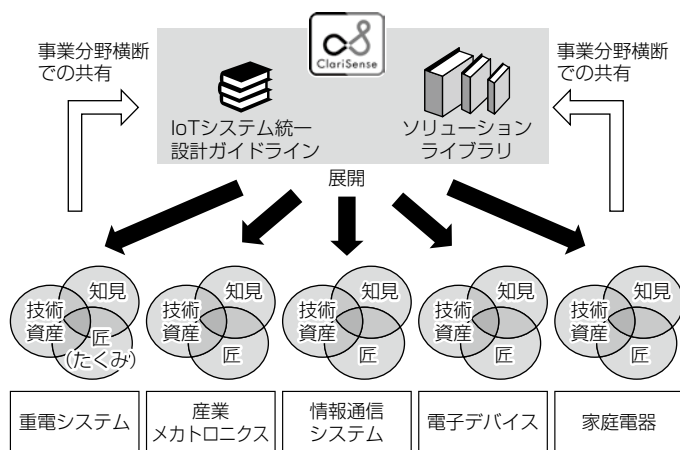


図3. 技術資産の一元管理

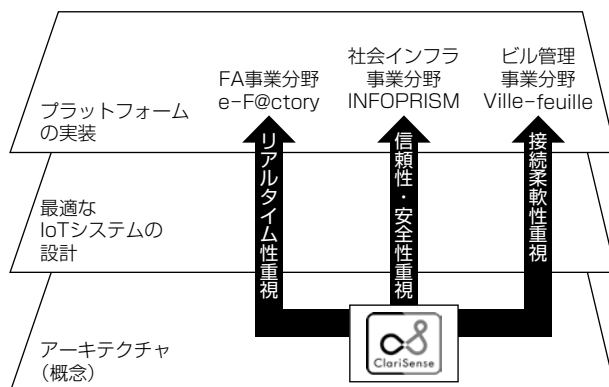


図4. 自由度の高い実装形態

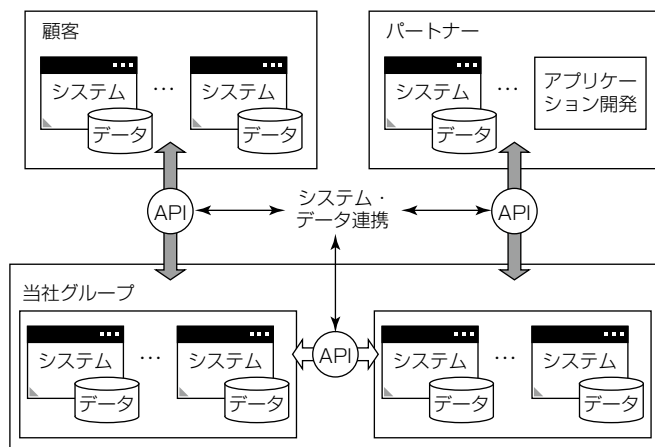


図5. 様々なシステムとの連携

システム連携によって、顧客との連携や事業分野をまたがる統合ソリューションを効率的に実現する(図5)。

例えば、スマートビル事業では、既存のエレベーターシステムとビル内を移動するロボット管制システムのシステム連携によって、ビル内の搬送業務・清掃業務・巡回警備業務を省人化する統合ソリューションを実現している⁽⁵⁾。

3. 今後の整備方針

ClariSenseに関する今後の整備方針のトピックスとして、“マイクロサービス化”と“国際標準化”の2点について述べる。

3.1 マイクロサービス化

様々な顧客の要件に応じるため、エンタープライズ系ソフトウェアが動作するインフラをクラウド一本に統一することはできず、オンプレミスとクラウドが混在することになる。そこで、ソリューションライブラリの実装でマイクロサービスアーキテクチャを採用するとともに、コンテナ化による仮想化技術を活用した、インフラに依存しない可搬性を実現する。それに加えて、ソリューションライブラリをアプリケーション開発・実行環境に展開する際、IaC (Infrastructure as Code)を活用し、手作業を減らすことで、エンタープライズ系ソフトウェアの更なる開発効率化を図る(図6)。具体的には、この実装技術の知見を“マイクロサービス設計ガイド”に蓄積し、ソリューションライブラリを整備していく。

また、顧客のニーズや社会環境の変化に俊敏に対応していくことが事業企画の観点で重要である。一つのプロダクトを多くのエンジニアで開発するモノリス型から小規模チームで素早く開発するマイクロサービス型への事業モデルの変革に向けて、マイクロサービス型の事業企画を立案するためのデザイン思考ができる人材を育成していく。

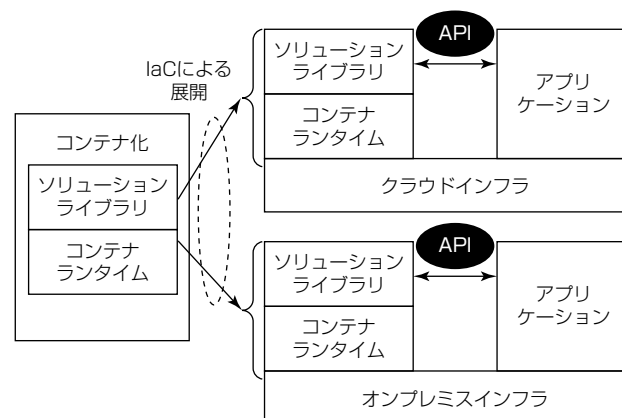


図6. コンテナ化による可搬性の実現イメージ

3.2 国際標準化

統合ソリューション事業で、様々なデータやシステムをつないで“データ”を“資産”として有効活用するデータ連携の仕組みが重要である。現状、事業分野ごとのデータ交換環境整備は進んでいるが、今後は、“分野横断”“文書情報とIoT情報の融合”“グローバルに連携”を実現することが必須である⁽⁸⁾。現在、標準的なデータの整備と同時にデータ交換や活用のための仕組みの整備が国内外で進んでおり、このような国際標準仕様の策定に貢献するとともにClariSenseに迅速に取り込むことで、スマートシティなどの複数の事業領域での社内外のシステム・データ連携が必要になる統合ソリューション事業に適用していく。

4. む す び

統合ソリューションでのClariSenseが果たす役割を述べた。事業DX推進の一つの手段であるClariSenseの活用を通じて様々な機器やシステムのデータを連携・分析し、顧客に最適なソリューションを提供するとともに、顧客との共創によってソリューション領域を拡大していく。

参 考 文 献

- (1) 鶴 薫：IoTソリューションを迅速に創出する統合IoT“ClariSense”，三菱電機技報，95，No.4，276～279（2021）
- (2) 廣岡俊彦：社会・電力インフラIoTプラットフォーム“INFO-PRISM”，三菱電機技報，93，No.7，397～400（2019）
- (3) 石崎 啓，ほか：脱炭素社会の実現を支える分散電源向けIoTプラットフォーム“BLEnDer DEP”，三菱電機技報，95，No.11，669～672（2021）
- (4) 水落隆司：FA-IT統合ソリューション“e-F@ctory”を支える最新のFA技術，三菱電機技報，93，No.4，216～222（2019）
- (5) 根岸啓吾，ほか：“Ville-feuille”スマートシティ・ビルIoTプラットフォーム，三菱電機技報，95，No.10，638～641（2021）
- (6) 朝日宜雄：データによる価値提案を可能にするライフソリューション，三菱電機技報，94，No.10，500～565（2020）
- (7) 若菜健司：DXを推進するITプラットフォーム“DIAPLANET”，三菱電機技報，95，No.8，476～481（2021）
- (8) 内閣府：Society 5.0実現に向けたデータ連携基盤 現状と課題，データ連携基盤サブワーキンググループ（2018）
<https://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/datarenkei/1kai/siryo3.pdf>

ヘルステック事業“MelCare” の高齢者見守りサービス

鈴木浪平*
Namihei Suzuki

Elderly Watching Service in Healthtech Business "MelCare"

要 旨

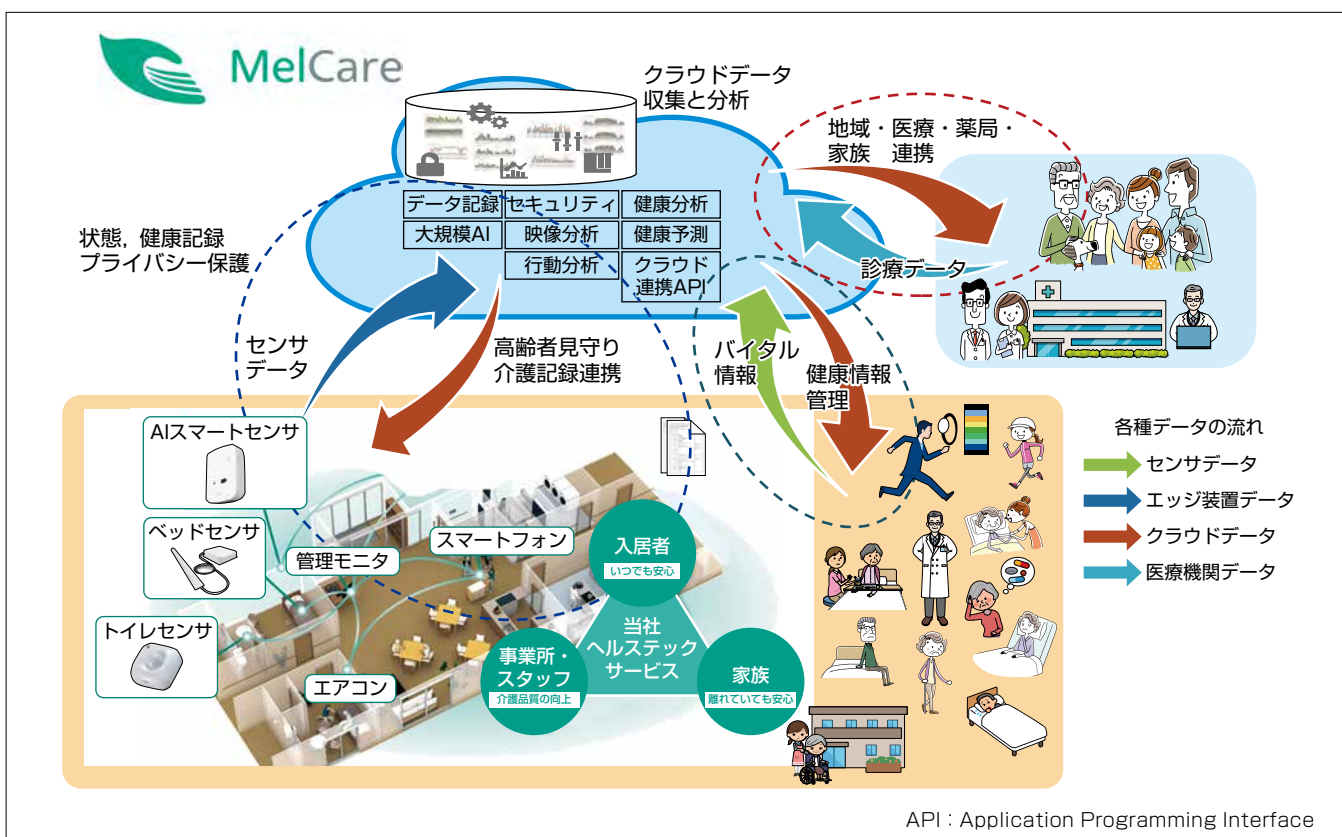
日本は世界でも類を見ない形で高齢化が進んでいる。2030年には高齢者比率は3割を超えて2040年台にはピークを迎える。日本の総人口が減少していく中で、高齢者比率の増加によって労働人口減少は更に加速していく。労働人口の減少はいろいろな業種に影響を与えていくが人手に頼らざるを得ない業種に関しては特に顕著である。また、社会保障費用の担い手が不足していく一方で、働けない高齢者数も増加して必要になる社会保障費用は増加する。

三菱電機ではこのような社会的課題に対応し、持続可能な社会を目指すためにヘルステック事業“MelCare(メルケア)”を開始している。MelCareでは、高齢者見守りのサービス提供から着手して高齢者の健康情報管理や地域医

療連携へとサービス領域を広げて、最終的には得られた情報を活用して病気の予兆検出や健康に関するリコメンデーションといった健康年齢増進に資するサービス提供を目指している。

生活する場として、元々住んでいた居宅で生活している在宅高齢者や、身体的な不安や高齢者の見守りを行う際に重要になってくるのが身体に制約を与えることなく遠隔から見守れることである。

今回、AI技術やクラウド構築技術を利用したIoT(Internet of Things)システムを構築し、高齢者見守りサービスを実現した。



当社が目指すヘルステック事業“MelCare”

当社は、IoT技術やAI技術、クラウド構成技術を活用してヘルステック事業MelCareを開始している。MelCareでは、高齢者見守りサービス提供から着手して、高齢者の健康情報管理や地域医療連携へとサービス領域を広げていく。

1. ま え が き

総務省の資料⁽¹⁾によれば2021年9月現在の日本の高齢者は対前年比で22万人増加して3,640万人と、過去最多になっている。総人口に占める割合も29.1%を占め、これも対前年比0.3ポイントの増加になっている。一方で、総人口は対前年比で51万人減少している。“2040年問題”として認識されている2040年は、1971～1974年生まれの、いわゆる“第2次ベビーブーム世代”が65歳以上になる年で高齢者人口比率は35.3%になると予想されている。

今後、労働人口が減少することによって、人手に頼って、かつ労働力が必要な介護人材の確保が難しい状況が、今以上に進むことが想定されている。2025年で必要な介護人員に対する需給ギャップは、37.7万人不足すると予測されている。

このような状況下では、施設に入居している高齢者に寄り添ってQoL(Quality of Life)を向上させつつ現場の負荷も軽減できるサービスが要望されている。最終的には得られた情報を活用して病気の予兆検出や健康に関するリコメンデーションといった健康年齢増進につながる取組みも必要とされている。

当社ではこのような課題に対応し、持続可能な社会を目指すためにヘルステック事業MelCareを開始している。MelCareでは、高齢者見守りのサービスの提供から着手して高齢者の健康情報管理や地域医療連携へとサービス領域を広げて、最終的には得られた情報を活用して病気の予兆検出や健康に関するリコメンデーションといった健康年齢増進に資するサービス提供を目指している。

本稿では、高齢者見守りサービスの内容とサービスを実現するためのIoTシステムの構成と内容について述べる。

2. 高齢者見守りサービス事業

2.1 施設での見守りのニーズ

高齢者見守りサービスのサービス内容を検討するために

有識者へのヒアリングを実施した。有識者ヒアリングの結果(表1)に示すように“ヒヤリハット通知サービス”“健康管理支援サービス”にニーズがあることが分かった。

さらに、この内容を基にして施設運営者や施設スタッフへのヒアリングを進めて、具体的なサービスを詰めていった。

一方で、対象施設の特徴分析や入居者のペルソナ分析も並行して進めて、サービス内容を“施設スタッフの視点”“入居者の視点”“施設の特徴からの視点”といった多角的な検討も行った。

このような検討を行うことによって、多様な入居者と施設側双方にとってより良いサービスの提案が可能になる。入居者個々人の多様な要求に対応していく施設スタッフに対して入居者の状況や危険を刻々と情報伝達できる仕組みとサービスを提供することによって、施設スタッフの負荷を軽減し、負荷が軽減された分を入居者のQoL向上につなげることが可能になる。

2.2 提供サービスの内容

“ヘルステック事業”の事業モデルは“サービス提供”モデルであることから、サービス内容は提供後も進化を続けて、顧客の満足度を向上させていくものでなければならないと考えている。

事業起(た)ち上げのタイミングを早めるためには、全てのサービスが整ってから提供するのではなく、まずはサービス提供を開始してUX(User Experience)/CX(Customer Experience)といった導入者側の意見を確認しつつサービス内容の変更や新たなサービス提案を行っていくことが重要である。図1に高齢者見守りサービスのサービス内容を示す。サービスの内容は実証や実事業を通じて改善していく。

2.3 マネタイズ

高齢者見守りサービスを提供する上では、月々の課金をどのように回収していくかが重要である。また、サービスの提供内容が当社だけで提供できない場合は、協業パートナーのサービスを連携させて提供していく必要がある。協業パートナーにとっては当社が表に立つことによって少ない投資額で収益性の改善が見込めるメリットが生まれる(図2)。

表1. 有識者ヒアリングの結果

興味の強さ			+	マネタイズ可能性			=	ニーズの強さ ※平均15.6点		
順位	項目	評点		順位	項目	評点		順位	項目	評点
1	健康管理支援サービス	9		1	ヒヤリハット通知サービス	18		1	ヒヤリハット通知サービス	25
1	快適・便利な住生活支援サービス	9		2	健康管理支援サービス	16		1	健康管理支援サービス	25
3	ヒヤリハット通知サービス	7		3	機能訓練サービス	14		3	趣味・学習支援サービス	19
3	趣味・学習支援サービス	7		4	趣味・学習支援サービス	12		4	機能訓練サービス	17
5	コミュニケーション支援サービス	5		5	コミュニケーション支援サービス	10		4	快適・便利な住生活支援サービス	17
6	仕事・社会貢献支援サービス	4		6	快適・便利な住生活支援サービス	8		6	コミュニケーション支援サービス	15
7	機能訓練サービス	3		7	食事管理支援サービス	6		7	仕事・社会貢献支援サービス	10
7	食事管理支援サービス	3		7	仕事・社会貢献支援サービス	6		8	食事管理支援サービス	9
9	お出掛け支援サービス	1		9	お出掛け支援サービス	2		9	お出掛け支援サービス	3

ニーズあり
ニーズ少ない

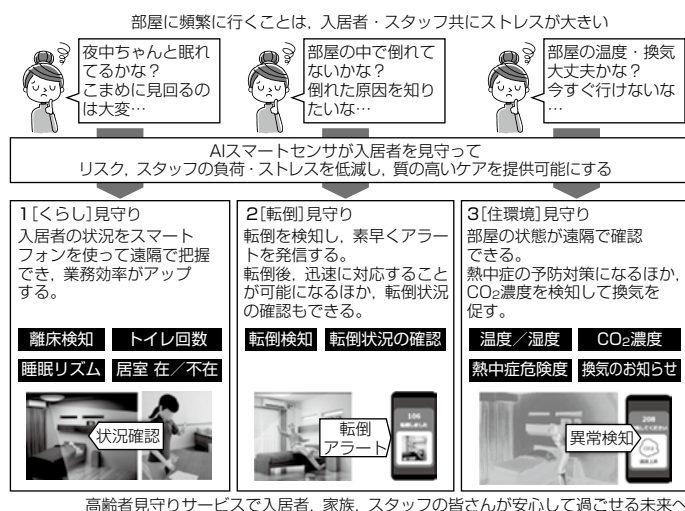


図1. 高齢者見守りサービスのサービス内容

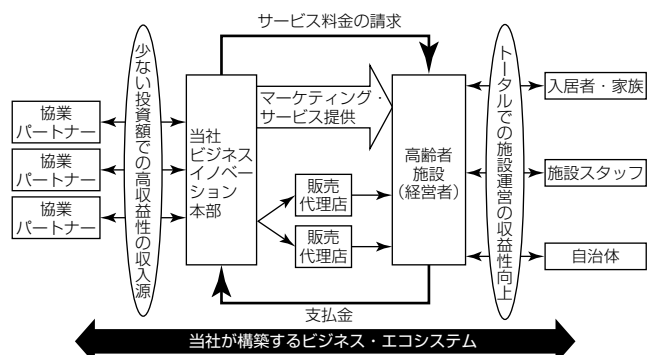


図2. マネタイズのイメージ

高齢者見守りサービスの提供によってそれぞれ次の価値が提供可能になる。

- (1) 高齢者施設：施設価値向上，スタッフの離職率低減，トラブル時の証明能力向上
- (2) 入居者／家族：健康寿命延伸，QoL向上
- (3) 施設スタッフ：業務負荷軽減，意欲向上，ケアの質向上
- (4) 自治体：社会保障費用削減，自治体魅力度向上

3. 高齢者見守りサービスのシステム

3.1 システム構成

図3のシステム構成に示すように高齢者見守りサービスのシステムでは、クラウド上に事業者運営拠点を構築して施設からの情報収集と通知を一元的に管理する。また、クラウド上には開発環境と実サービスを提供する本番環境を持って、開発が終了したサービスを適宜本番環境に実装していくことで新たなサービスの追加が可能になる。

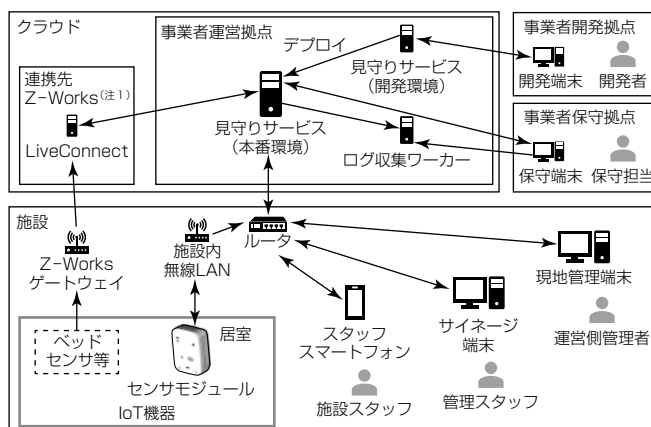
施設内では、アラートや入居者の確認が行えるスマートフォンや居室の一覧が俯瞰(ふかん)できるサイネージ端末を備えており、適宜情報が更新される。施設スタッフは情報を素早く確認するとともに、入居者と会話や画像を確認することで入居者の状況が把握でき、緊急性の有無が判断できる。

緊急時の対応がしっかりと取れることで入居者の状態が悪化してしまうことを防止できるようになる。

3.2 クラウドの構成

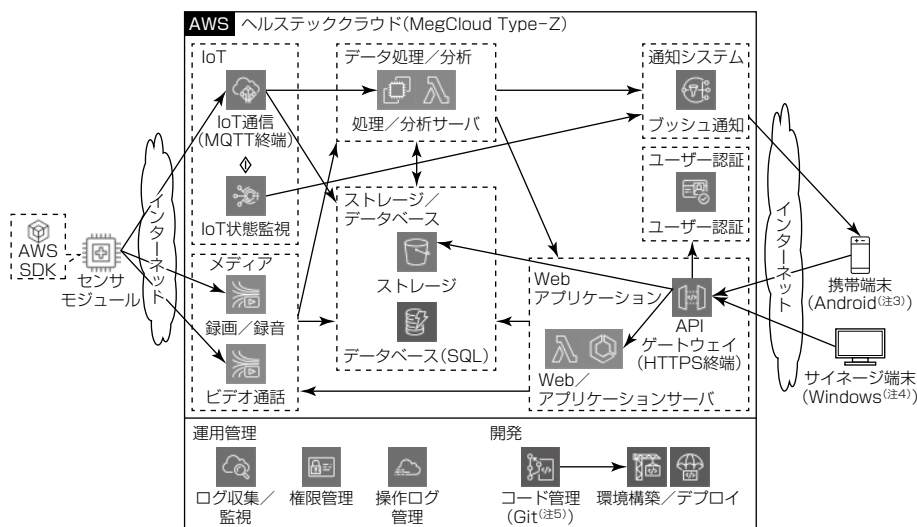
クラウドの構成図を図4に示す。AWS(Amazon Web Services)^(注2)のマネージドサービスを当社のクラウドサービス“MegCloud”上で利用することで開発期間の短縮とセキュリティの担保及び可用性を高めている。

クラウドとエッジであるセンサモジュールはMQTT(Message Queueing Telemetry Transport)プロトコルでデータ伝送を行う。AWSのIoT接続機能を用いて接続し、



(注1) 2020年11月に当社が出資したスタートアップ企業。ベッドセンサを用いた高齢者見守り事業を展開する。

図3. システム構成



(注3) Androidは、Google LLCの登録商標である。

(注4) Windowsは、Microsoft Corp. の登録商標である。

SDK: Software Development Kit, SQL: Structured Query Language, HTTPS: Hyper Text Transfer Protocol Secure

(注5) Gitは、Software Freedom Conservancy, Inc.の登録商標である。

図4. クラウドの構成(略図)

SSL(Secure Socket Layer)／TLS(Transport Layer Security)を用いたMQTTS(MQTT Security)によって暗号化された通信が可能になる。証明書はAWSサービスであるプロビジョニングを利用してセンサモジュールへのダウンロードを行う。

サービス提供型の事業では、サービス内容の改善や機能向上を従来のサービスを継続しつつ行う必要がある。これを実現するために、開発環境から本番環境への移行を自動で行えるデプロイ機能や、遠隔更新(Over The Air:OTA)によるエッジ側のアプリケーション／OSのアップデート機能を具備する必要がある。このような機能をクラウド上で構成することによって現地に赴くことなく管理や各種のアップデートが可能になってサービス提供型ビジネスが実現しやすくなる。

(注2) AWSは、Amazon Technologies, Inc.の登録商標である。

3.3 センサモジュール

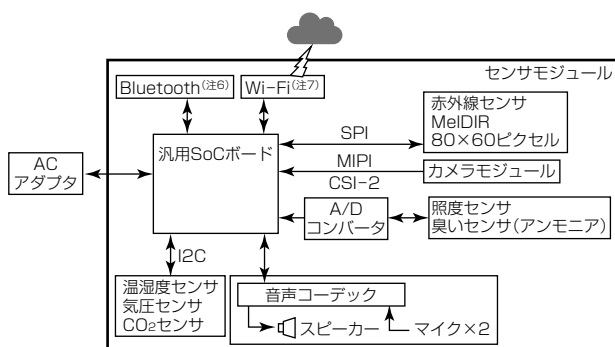
入居者の状況を把握するために居室を中心にセンサを配置することを考えている。複数のセンサを一つの筐体(きょうたい)に収納したモジュールとして構成している。センサモジュールの外観を図5に、構成を図6に示す。



図5. センサモジュール

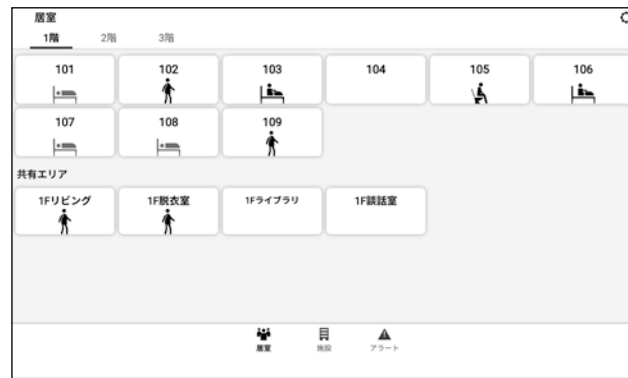
特徴として、開発期間の短縮を優先して汎用のSoC(System On a Chip)ボードを採用している。

搭載されているセンサは温湿度センサなどの環境センサを中心にカメラや熱画像を取得可能な赤外線センサ“MeIDIR”，マイク，スピーカー，照度センサを搭載している。

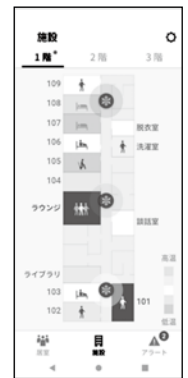


(注6) Bluetoothは、Bluetooth SIG, Inc.の登録商標である。
(注7) Wi-Fiは、Wi-Fi Allianceの登録商標である。
SPI: Serial Peripheral Interface, MIPI: Mobile Industry Processor Interface,
CSI-2: Camera Serial Interface-2, I2C: Inter-Integrated Circuit

図6. センサモジュールの構成



(a) パソコンを利用したサイネージ画面



(b) スマートフォン画面

図7. サイネージ端末とスマートフォンでの表示例

入居者画像をAI処理によって骨格情報を抽出し、骨格情報の変化をさらにAI処理で転倒の判断を行う。

本体へは電源アダプタからの電源供給だけで動作が可能で、設置に関してはVESA (Video Electronics Standards Association) 規格のブラケット等が利用できるように75×75(mm)で固定が可能になっている。

3.4 ユーザーインタフェース

ユーザーインタフェースはパソコンを利用した固定型のサイネージ端末とスタッフが持ち歩くスマートフォンの両方で利用できるように構成している(図7)。

サイネージを利用した一覧表示は大きな画面を生かして全室を俯瞰的に見られるような配置構成を行った。スマートフォン画面は一覧表示をコンパクトに表現し、アラートの表示を中心に構成することで携帯性に優れたデバイスをフルに活用できるようにしている。

4. む す び

当社が進めているヘルステック事業MelCareの高齢者見守りサービスについて述べた。厚生労働省が進めている“科学的介護”でも基本はデータである。IoTの技術を生かして高齢者の状態を見守って、データとして蓄積することで従来見えなかったことが見えてくる。見えてきた事実に基づいて個々の高齢者を大事にする介護や寄り添った対応をすることで高齢者の尊厳を守ったケアが可能になる。今後ますます社会の高齢化が進むことを考えると、今からしっかりと高齢者の見守りと、さらには健康年齢増進に資するサービスを考えることは大変重要なことである。今後も役に立つサービスを提供し続けていく。

参考文献

- (1) 総務省統計局：統計トピックスNo.129 統計からみた我が国の高齢者―「敬老の日」にちなんで― (2021)
<https://www.stat.go.jp/data/topics/topi1290.html>

三菱電機グループの業務DX

Digital Transformation for Operation in Mitsubishi Electric Group

小川真克*
Masayoshi Ogawa
山中秀昭†
Hideaki Yamanaka
前田茂人*
Shigeto Maeda

白附晶英‡
Akihide Shiratsuki

要 旨

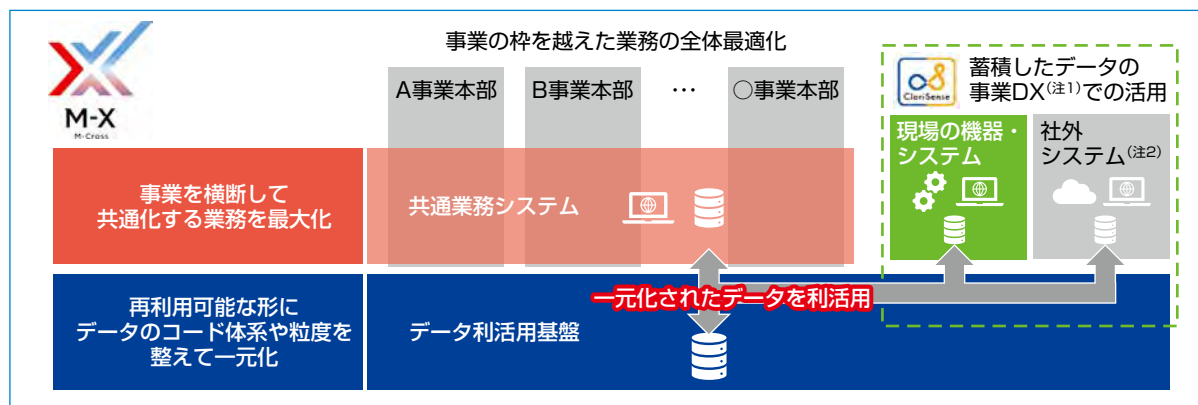
三菱電機グループは創立100周年を迎えて、次の100年の礎を築くため、事業及び業務の両輪でのデジタルトランスフォーメーション(DX: Digital Transformation)を推進している。

従来、当社グループでは、事業特性に応じて業務プロセス、管理データ、情報システムを個別に最適化することで強みを確立してきた。しかし、データのコード体系や粒度、情報システムが異なることなどを理由に、営業情報や調達情報といった情報の当社グループ横通しでの共有・把握が難しいという課題を抱えている。また、品質、情報セキュリティ、輸出管理等の当社グループ内で均質なガバナンスを担保すべき領域では、業務プロセス、管理データ等の共

通化も拡大する必要がある。

これらの課題を解決し、2025年度に向けた中期経営計画を実現するためには、業務側のDX(以下“業務DX”という。)を推進する必要がある。当社グループでは、通常のIT投資に加えて1,000億円を超える投資を予定している。業務DXでは、従来の個別最適化の良い部分は生かしつつ、事業の枠を越えた業務の全体最適化を推進する。具体的には、業務プロセス刷新、情報システム統廃合、データ基盤整備を進めることで、経営管理の高度化と飛躍的な生産性向上を実現する。

全体最適化の実現によって、当社グループ一丸になって、次の100年の礎になる業務改革実現を目指していく。



(注1) 事業側のDX

(注2) 顧客や協業先、調達先のクラウドサービス、システム等

業務DXの推進

事業を横断して共通化する業務の最大化と、再利用可能な形で整えたデータの一元化によって、事業の枠を超えた業務の全体最適化を推進する。データとデジタル技術を活用した業務DXによって、経営管理の高度化・飛躍的な生産性向上による体質の転換を図る。

1. ま え が き

当社は、2021年2月1日に創立100周年を迎えた。設立以来、家庭から宇宙に至る広範な事業領域で、高い技術力と創造力によって多様な製品・サービスを提供し続けて、活力とゆとりある社会の実現に貢献してきた。

当社グループは、多様化する社会課題の解決に向けて、グループ内外の力を結集した統合ソリューションを提供し、グループ全体での持続的な成長を目指す経営戦略を掲げている。技術・事業のシナジー、事業間連携の更なる推進によって“事業DX”を進める一方で、仕事の本質を見極めた“業務DX”を推進する。

本稿では、業務DXで解決すべき課題と当社グループプラットフォーム構築による変革の推進方法を述べる。

2. 当社グループでの経営戦略と課題

2.1 当社グループでの経営戦略

当社グループは、従来の“成長性”“収益性・効率性”“健全性”のバランス経営に加えて、サステナビリティ視点で活動を強化し、経済的価値だけでなく従来以上に社会的価値の向上に取り組むことで、更なる企業価値の向上を目指している。多様化する社会課題の解決に向けて、経営基盤の強化と事業モデルの変革によって、ライフ、インダストリー、インフラ、モビリティの4領域で、グループ内外の力を結集した統合ソリューションを提供する。

その結果として、2025年度に売上高5兆円、営業利益率10%を目指している。

2.2 当社グループでの課題

2018年9月に経済産業省から“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～”が発表された⁽¹⁾。そこでは、企業はDXを推進しようと試みてはいるものの、多くはビジネス変革につながっていないと指摘されている。その大きな要因の一つが、老朽化、複雑化、ブラックボックス化している既存の基幹システムの存在である。

システムがブラックボックス化していることによって、ビジネス変革を起こそうとしてもシステム面の変革に期間と費用を要する上、失敗のリスクもある中で根本的なシステム刷新を行う判断は難しい。経済産業省は、2025年までに既存のITシステムを廃棄や塩漬けにするなどの仕分をして、刷新を進めるシナリオにも言及している。

従来、当社グループでは、事業特性に応じて業務プロセス、管理データ、情報システムを個別に最適化することで

強みを確立してきた。しかし、個別事業の中でも、販売・購買・製造・経理等の一連の業務プロセスで、管理データと情報システムが業務ごとに分断されている。このため、業務プロセス間で人手を介したデータ加工・再入力等が必要になって、データ集計や情報把握に多くの時間を要して、タイムリーな意思決定を阻害している等、非効率な状況になっている。

また、データのコードや粒度、情報システムが異なることなどを理由に、営業情報や調達情報といった情報の当社グループ横通しでの共有・把握が難しいという課題を抱えている。さらに、品質、情報セキュリティ、輸出管理等の当社グループ内で均質なガバナンスを担保すべき領域では、業務プロセス、管理データの共通化も拡大する必要がある。

当社グループが経営戦略に基づいて更なる発展を遂げるためには、業務改革による飛躍的な生産性向上・高度化、業務共通化による均質なガバナンスの確立、それらを成し遂げるための管理データと情報システムの抜本的な見直しが必要である。さらに、将来的な事業環境の変化、市場のグローバル化、顧客から求められるサービスニーズの変化等へ速やかに追随するためにも、個別に多数存在するカスタムメイドの情報システムの刷新が課題になる。

3. 業務DXを支える当社グループプラットフォームの整備

3.1 業務DXの推進

先に述べた課題を解決し、2025年度に向けた中期経営計画を実現するためには、業務DXを推進する必要がある。当社グループでは、通常のIT投資に加えて1,000億円を超える投資を予定している。

業務DXは、従来の事業の特性に応じて最適化してきた個別最適化の良さは残しつつ、事業の枠を越えた業務の全体最適化領域の大幅な拡大を行うことによって実現する。

業務プロセス刷新、情報システム統廃合、データ基盤整備の三つを中心に活動を進めて、事業横断で業務を共通化する“共通業務システム”と再利用可能な形にデータのコード体系や粒度を整えて一元化する“データ利活用基盤”を構築して全体最適化を推進する。

共通業務システムは、飛躍的な生産性向上に向けて非競争領域の業務プロセス共通化を進めるために、グローバルで標準的に使われているERP(Enterprise Resource Planning)・CRM(Customer Relationship Management)等のパッケージシステムを採用し、極力当該製品の機能のまま使用の方針にする。

データ利活用基盤は、当社グループ内に分散していた各種データを一元管理することによってデータドリブン経営

の実現につなげていくとともに、これまで蓄積してきた個別最適化の良さを継承する手段として用いる。

3.2 当社グループプラットフォームの構築

当社グループが抱える課題を解決し、3.1節で述べた業務DXを推進するためには、業務改革の土台としての共通業務システム、データ利活用基盤等の新システム整備だけでなく、既存のシステムも含むシステム全般をスコープとして定めるとともに、それらを支える人財の確保、当社グループ全体への運営サービス提供等も重要なポイントになる。

そこで、それらを包括した“当社グループプラットフォーム”を業務DX推進の基盤として整備し、必要になる重要事項を一括推進することにした。

当社グループプラットフォームは①当社グループ情報システム群②当社グループ共通サービスCoE(Center of Excellence)の二つで構成するが、後者はコーポレートによる業務改革の支援サービスを提供するものである。図1に当社グループプラットフォームの概要を示す。

3.2.1 当社グループ情報システム群の整備

当社グループ情報システム群は、“既存システム”“MELGIT(Mitsubishi ELeetric Global IT Platform Service)システム”“データ利活用基盤”から構成される。

既存システムは、個別最適の実現を目的に事業や製品単位できめ細かく構築・機能追加が行われており、古いものは30年以上稼働している。メインフレームに代わってUNIX^(注3)やWindows^(注4)サーバで開発した比較的小規模のシステムが数多く導入されたことによって、それぞれの拠点単位に最適化された独自の情報システムが多数存在する⁽²⁾。結果として生産ラインの制御を行うようなシステム

を除く業務系システムは、当社グループ全体で約3,000システムが稼働している。きめ細かな個別最適システムが当社グループの強みを生んでいるものの、同じような機能のシステムが拠点ごとに存在しているため、個々の情報システム構築・運営は非効率であり、またシステム間のデータ連携が困難になるなどの弊害も生じている。

改善策として、当社グループ内での統一したIT基盤やITツールをMELGITシステムと命名し、2016年から導入・拡大している⁽³⁾。既にコミュニケーションツールやワークフローなどの利用が定着してきた。今後、業務DXの推進に伴って構築する新規システムはMELGITシステムにして、共通業務システムとしてグループ全体に展開する。構築に当たっては、事業タイプ別に共通化する業務領域に対して、事業ごとの競争優位性・商習慣・法規制対応等を維持しながら共通化を進める。

業務プロセス刷新では、汎用的なパッケージシステムを利用することによって、現場での入力業務負荷の増加や、きめ細かく作り込まれた既存システムと比較するとシステム操作性が悪化するようなケースも想定される。その際も、改革目標達成に向けて、必要に応じて業務負荷が増加する部門での組織体制見直しや他部門からのリソース移管等を実施する。

MELGITシステムは、3.1節で述べたとおりパッケージシステムを極力当該製品機能のまま導入するため、当社独自機能は、各種データの集約・蓄積・活用を行うためのデータ利活用基盤を用いて実現する。また、既存システムを大きく作り変えることなくデータドリブン経営を実現するために、既存システムのデータも含めた一元的管理を行って、データ利活用基盤上にアプリケーションを載せる形態を今後の当社グループのシステム共通のデータモデルとして確立してい

く。経営・事業管理に必要なデータ、事業横断での人財情報、営業情報を一元化し、当社グループで利活用可能にする。これによって、従来では対応が難しかったシステムを跨(またが)るデータの紐(ひも)付けなど、より効果的なデータの利活用を目指す。

既存システムは、MELGITシステムへ

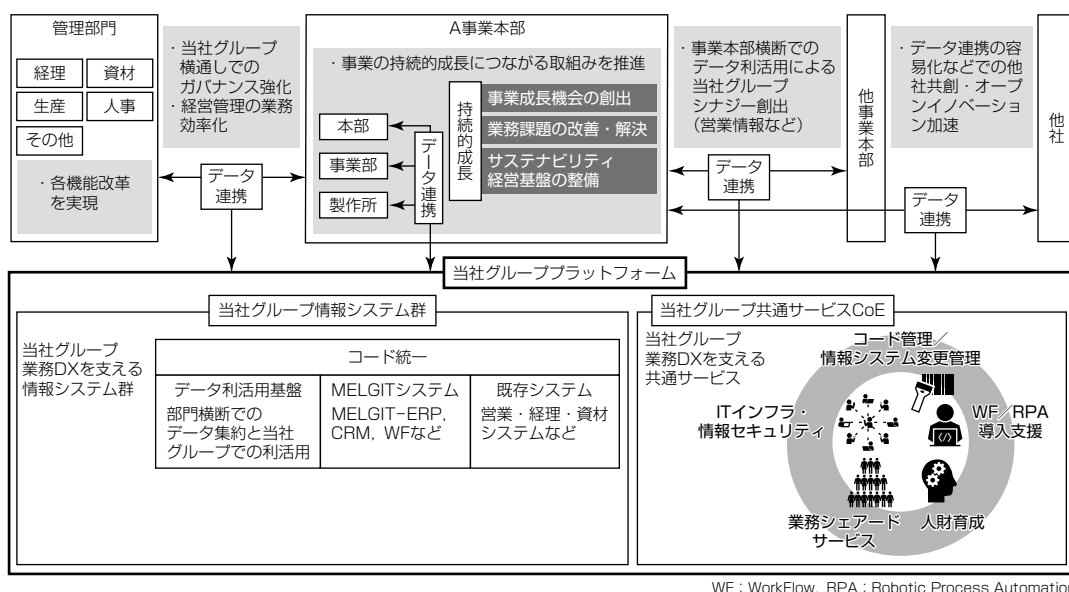


図1. 当社グループプラットフォーム

の統合を図るとともに、統合範囲外のシステムとのインタフェース確保のための暫定システムの構築なども並行して進める。なお、既存システムはMELGITシステムやデータ利活用基盤の整備と同期し、段階的に統廃合を進める。これらの統廃合を大胆に進めることも業務DX活動の目的の一つにする。

これらの施策を推進するに当たって、第一に必要なのが“コード統一”である。得意先コード、仕入先コード、勘定科目コード、組織コード、品目コードなどの統一を当社グループで推進し、データ利活用の基礎を築く。

(注3) UNIXは、The Open Groupの登録商標である。

(注4) Windowsは、Microsoft Corp.の登録商標である。

3.2.2 当社グループ共通サービスCoEの確立

当社グループ情報システム群を構築し、管理データと情報システムを整備するとともに、業務DXをスムーズに推進・運営するための業務改革支援サービスをCoEとして提供する。

CoEは、一般に“組織横断的専門組織”などと呼ばれている。CoEに各部門の業務を集約一元化することで、部門での人的リソースの非競争領域から事業成長につながる領域へのシフトや、グループ全体での統制・コントロール力の強化等を図る。現時点でのCoEの対象業務・機能を図2に示すとともに、次に詳細を述べる。

(1) 業務シェアードサービス(定型処理業務の集約)

伝票処理業務など、部門ごとに分散している業務を標準化・集約し、当社グループ全体での現場業務量の削減を図る。業務の集約後はRPAやAIなどの最新IT技術も駆使しながら業務効率を高める。

(2) WF/RPA導入支援

WF/RPA導入支援に関する専門チームを配置し、部門業務の迅速かつ的確な効率化を支援する。

(3) コード管理/情報システム変更管理

当社グループ全体での一元化されたデータ利活用実現に向けて、コード管理や情報システムの変更管理を一元的に行う“管理センター”等を設置する。

(4) ITインフラ・

情報セキュリティ

当社グループでガバナンスが必要なIT環境、情報セキュリティを各拠点に対して均質に提供する。

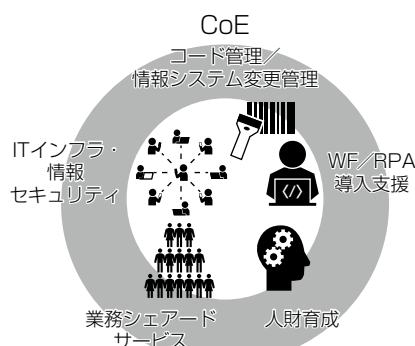


図2. CoEの対象業務・機能

(5) 人財育成

当社グループ情報システム群の構築やCoEの提供を通じたIT人財の育成・適切な要員管理を当社グループレベルで遂行する。

4. 業務DXの愛称

業務改革を推進する上では、業務改革の目的・必要性の周知、各人が自分事として改革に取り組むチェンジマネジメントも重要になる。

当社グループ一体になって改革を推進していくに当たって、業務DXプロジェクトの愛称を“M-X(エムクロス)”と名付けた(図3)。“M(エム)”は三菱電機グループを指し、“X(クロス)”は、部門横断“X(Cross)”で、当社グループが持つ個々の組織・関係会社の潜在力を足し算ではなく“掛け算・積(X)”で引き出し、DXのX(Transformation)を実行するという意味を込めている。



図3. 業務DXプロジェクトのロゴ

5. む す び

当社グループの事業の枠を越えた業務の全体最適の実現に向けて、データとデジタル技術を活用して業務を変革する業務DXを推進する。

当社グループでの全体最適化とは、単純に業務プロセス、管理データ、情報システムをグループ全体で共通化・統一することではなく、個別の事業特性や競争優位性を高めつつ、当社グループ横断しでの連携をより充実化すること、及び事業横断での共通化・均質化を拡大することを指す。

全体最適化の実現によって、様々な事業が存在するコングロマリット企業体である当社グループで、事業間のシナジーを最大化した“攻め”と、経営リスク低減等の“守り”の両面を更に充実化させる。当社グループ一丸になって、次の100年の礎になる改革を推進していく。

参考文献

- (1) 経済産業省 デジタルトランスフォーメーションに向けた研究会：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～(2018)
<https://www.meti.go.jp/press/2018/09/20180907010/20180907010.html>
- (2) 熊手剛彦：三菱電機での情報システムが果たしてきた役割と今後、三菱電機技報、95, No.5, 316～317 (2021)
- (3) 山田敬喜、ほか：業務の変革と働き方改革に資する情報システム、三菱電機技報、95, No.5, 318～323 (2021)

業務のペーパーレス化を推進する電子契約サービス“MELGIT-sign”の構築と展開

Construction and Deployment of Electronic Contract Service
"MELGIT-sign" for Promoting Paperless Operations

田中康夫*
Yasuo Tanaka
伊澤秀知*
Hidenori Izawa
森原一朗†
Ichiro Morihara

杣 信吾†
Shingo Soma

要 旨

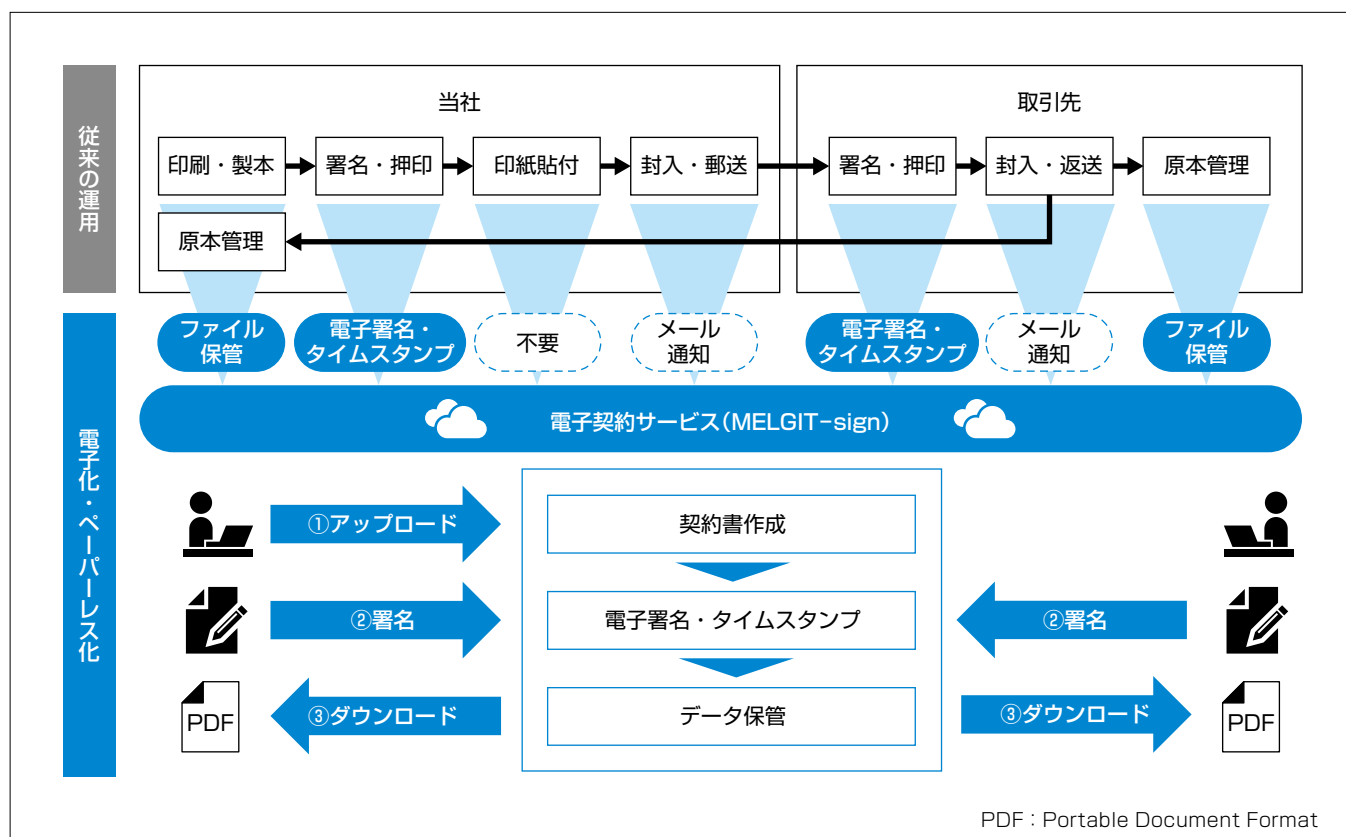
新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の拡大に伴って日本政府からの出社抑制の要請を受けて、三菱電機では業務のペーパーレス化の加速が急務になった。特に、以前から紙面で行われてきた社外の顧客・取引先との契約業務で、署名・押印のために出社せざるを得ない状況が社内調査から明らかになり、テレワークを阻害する要因の一つとして喫緊の課題になっていた。

社外の顧客・取引先との契約業務は、単に紙面を電子化して効率化するだけでなく、紙面による従来運用と同等の法的な信頼性を維持するため、本人性・非改ざん性を証明する仕組みが必要になる。これを充足しつつ、早期に課題を解決する手段として、電子署名・タイムスタンプの機能を提供する社外のクラウドサービスを有効活用し、既存

のワークフロー基盤“MELGIT-WF(Mitsubishi Electric Global IT platform service-WorkFlow)”と連携させることで、社内向けの電子契約サービス“MELGIT-sign”を構築した。

また、スムーズなサービス利用と早期定着化を図るためのガイドライン、各種支援環境(ポータルサイト、ヘルプデスク等)、ツール(簡易マニュアル、確認リスト等)を整備した。

MELGIT-signの構築で、ハンコを使わずに契約業務を進められるようになった。また業務時間の短縮や早期契約の実現等、多くのメリットも見えたことで、より良い新しい働き方への展望が開けてきた。



“MELGIT-sign”による契約業務の改革

以前から紙面で行われてきた契約業務を、電子署名・タイムスタンプの機能を提供する社外のクラウドサービスにアップロードした契約書(文書ファイル)に対して電子署名とタイムスタンプを付与する手順にすることで、電子化・ペーパーレス化を実現し、テレワーク時も契約業務が可能になった。併せて、電子帳簿保存法の要件を満たす国税関係書類のデータ保管にも対応した。

1. ま え が き

当社では在宅勤務を始めとした新しい働き方の実現を目指すため、業務を見直して電子化・ペーパーレス化の環境を構築する全社規模のプロジェクトを2020年11月に立ち上げた。その中で、社外の顧客・取引先との契約業務の電子化では、契約の事実を証明する仕組みの整備と、電子化された契約書類の電子帳簿保存法(以下“電帳法”という。)への対応が必要になっている。そこで、電子署名・タイムスタンプの機能と電帳法の要件を満たす国税関係書類の保管機能を持った社内向けの電子契約サービス“MELGIT-sign”を構築した。

本稿では、MELGIT-sign構築の背景・目的、課題とその施策、定着化取組みについて述べる。

2. 背景・目的

一般的に契約書類を紙面で管理する業務では図1のような問題を抱えている。当社でも社外の顧客・取引先との間で取り交わす契約のほとんどは紙面で行っている。そのため、新型コロナウイルス感染症緊急事態宣言の発出に伴って出社抑制が求められる中、署名・押印のための出社が在宅勤務を阻害する主たる要因の一つになっている。

契約業務の電子化・ペーパーレス化では、単に紙面を電子化して効率化するだけではなく、紙面による従来運用と同等の法的有効性を維持しなければならない。そのためには、自社・取引先の双方での署名者の本人性・契約内容の非改ざん性を証明できる仕組みが必要である。

当社では、契約の電子化・ペーパーレス化を実現するこれらの仕組みを速やかに構築して契約関連業務を効率化することに加えて、新型コロナウイルス感染症緊急事態宣言下でも契約業務のための出社が強いられる状況を早期に解消することを最重要とした。

3. 社内向け電子契約サービス構築・展開の課題

3.1 多様な契約案件への対応

当社には複数の事業部があり、様々な顧客・取引先との契約を行っている。電子契約には立会人型と当事者型の二つの契約タイプがある。表1のメリットに記載のとおり、その導入の容易さから一般的には立会人型の普及が進んでいるが、より高い本人性・非改ざん性の担保を要する契約案件に備えて、当事者型への対応も必要であった。

また、当社はグローバルに事業を展開していることから、

国内外の契約で利用できるように、日本語以外の言語対応のほか、ISO27001(情報セキュリティ)やGDPR(General Data Protection Regulation)対応など、グローバル基準のセキュリティ要件やプライバシー基準を満たすことが求められた。

3.2 電子契約特有の留意点と法令上の制限

電子契約は、秘密保持契約やライセンス契約など、ビジネス上のほとんどの契約類型で利用できるが、各国の法令等で利用できない類型も一部あるため、適切な利用判断が欠かせない。

国内では、以前から所得税法や法人税法等で、取引で相手から受け取った情報又は相手に交付した注文書や領収書などの保管が義務付けられている。また、同様の情報を電子取引によって授受した場合には、その取引書類は電子データとして保管することが電帳法で定められている。これらの法的要件に準拠した仕組みにしなければならなかった。

3.3 利用者の支援環境

これまでに電子契約を導入した社内実績がなく初めての試みであったため、契約業務の電子化に対する利用者の不安を払拭し、円滑なサービス利用開始を支援するための環境づくりが不可欠であった。

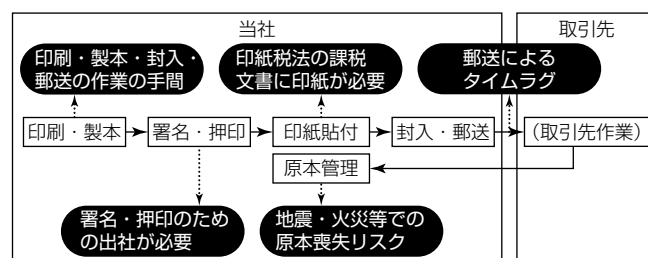


図1. 紙面による契約業務の問題点

表1. 電子契約の立会人型と当事者型の比較

	立会人型	当事者型
概要	<p>・ 第三者(電子契約サービス提供ベンダー)の電子署名を用いて本人性と非改ざん性を一定程度確保する方式。</p> <p>当社 ①文書アップロード ②メール認証 ログ保管(操作記録、メールアドレス等)</p> <p>取引先 ②メール認証</p>	<p>・ 契約締結時に電子認証局の認証を受けた当事者の電子署名を用いて本人性と非改ざん性を担保する方式。</p> <p>当社 ①文書アップロード ②電子署名 本人確認・電子署名発行</p> <p>取引先 ②電子署名 本人確認・電子署名発行</p>
メリット	<p>・ 当事者間の合意で簡易に電子化可能。</p> <p>・ 導入企業が多く、取引先提案のハードルが低い(説明の負担が少なく済む)。</p>	<p>・ 電子署名法に基づく当事者の電子署名による合意のため証拠力が担保されている。</p>
デメリット	<p>・ 本人が該当文書を作成した本人性確認は事業者提供サービスの信頼性に依存し、証拠力担保と言い切れない。</p>	<p>・ 電子署名発行にコストや時間を要する。</p> <p>・ 導入企業が限られて取引先提案のハードルが高い(説明の負担が大きくなる)。</p>

4. 課題に対する施策

4.1 MELGIT-signの構築

実態調査や関係各部門へのヒアリングを通じて、当社の事業特性に応じた業務要件を洗い出した結果、長期保管を要する文書の存在や、社内の既存システムとの連携など、社内向け電子契約サービスを構築する上で考慮すべき観点は広範囲になることが分かった(図2)。

これだけの考慮すべき観点をカバーし、かつ課題を早期に解決するために、既に国内外の様々なベンダーから提供されている電子署名・タイムスタンプのクラウドサービス(立会人型・当事者型)の特長をそれぞれ有効活用し、これらと社内既存のワークフロー基盤をシステム連携させるハイブリッドな仕組みにすることで、当社の広範囲の業務要件を満たす社内向け電子契約サービスであるMELGIT-signを短期間で構築した。

4.2 電子契約特有の留意点と法令上の制限への対応

4.2.1 ガイドラインの整備

電子契約は様々な契約類型で利用できる一方、法令上の制限によって紙での契約が必須とされ、電子契約が認められないケースがあるため、電子契約ができる契約、できない契約の例を整理した。また、電子契約は契約締結権限を持った者によって署名されていることが重要になる。そのため、電子契約の締結前に相手先署名者の本人性を確認しておくこと、そして締結時には当社も会社規則に従った署名者を選択すること等の運用での注意点も提示した。また、法令上の注意点として、締結後には電帳法の要件を満たす保管をすることなども求められ、従来の紙での運用と異なる点やその対応方法をガイドラインとして示すことで利用者の疑問点を解消し、電子契約の利用を促進するための準備を行った。そして整備したガイドラインを全社に展開した。

4.2.2 電帳法対応保存申請ワークフローの整備

電子契約サービスで締結した国税関係書類は、電帳法の要件を満たす保管が必要になる。それは相手先から受領し

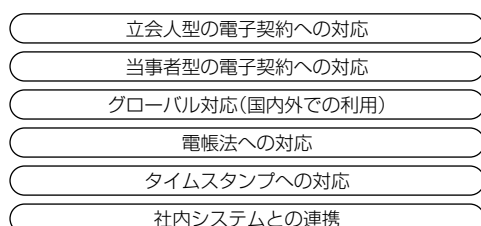


図2. 社内向け電子契約サービスとして考慮すべき観点

た契約書や取引文書であっても同様であるため、受領した文書等にも適用可能な電帳法対応保存申請ワークフローを構築した(図3)。このワークフローは、当社のワークフロー基盤であるMELGIT-WF⁽¹⁾と連携させて構築した。MELGIT-signが持つAPI(Application Programming Interface)をMELGIT-WFの承認完了と連携させて呼び出すことで、会社規則で定められた締結権限を持つ役職者の決裁を確実に実施した上で、電帳法対応データ保存機能へ登録する連携機能を実現した。このワークフローで登録する文書は、電子契約サービスで締結した文書に加えて、取引で利用された関連文書の登録など多岐にわたる。そこで、このワークフローでは、電帳法の検索要件になる項目以外は柔軟に利用者で選択可能なインタフェースにして、様々な文書登録に対応可能にした。

4.3 利用者の支援環境への対応

4.3.1 情報発信ポータルサイトの整備

利用者への周知及びMELGIT-signサービス浸透のため、情報発信用のポータルサイトを整備した(図4)。ポータルサイトでは、運用ルール(ガイドライン)、システム操作手順書、問合せ窓口、利用申込みワークフロー等のコンテンツを掲載し、利用者に対してタイムリーに情報を発信している。

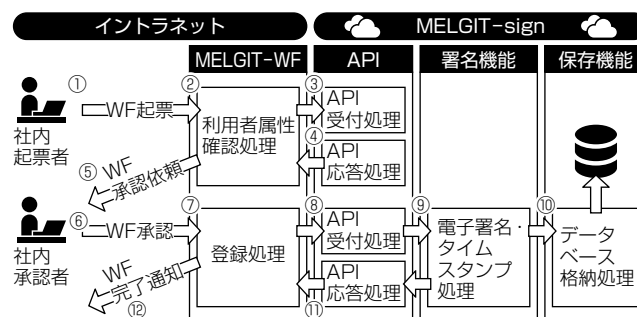
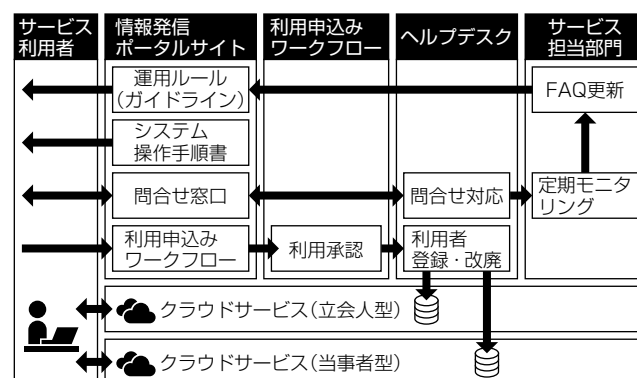


図3. 電帳法対応保存申請ワークフロー



FAQ: Frequently Asked Questions

図4. 利用者支援環境

4.3.2 利用申込みワークフローの整備

利用者がMELGIT-signを迅速に利用開始できるように、利用申込みの手続をワークフロー化した(図4)。このワークフローは、電子契約の適切な承認者の選定に対する統制としても機能する。なお、このワークフローは、全社統一のワークフロー共通基盤であるMELGIT-WFで構築することで、早期利用及び業務効率化・ペーパーレス化を実現した。

4.3.3 ヘルプデスクの整備

利用者の円滑なサービス利用支援を目的にして、ヘルプデスクを整備した(図4)。ヘルプデスクでは、利用者からのサービス申込みを受けて利用者登録処理を行って、システム操作方法等の各種問合せに対してメール・電話等による回答を行う。

4.3.4 定期的な改善活動

ヘルプデスクの対応実績について定期的にモニタリング(報告会)を実施し、改善点を抽出することによって、サービスレベルの維持・向上を図っている(図4)。

5. MELGIT-signのシステム構成

MELGIT-signのシステム構成を図5に示す。MELGIT-signはクラウドサービスとして提供しており、社内及び取引先の利用者はインターネットを介してサービスを利用する。電子契約文書は、当事者型電子契約サービスが具備する電帳法対応データ保存機能に集約させる方針にして、この機能とのデータ連携を可能にするAPIを用いて電帳法対応保存申請ワークフローを構築している。

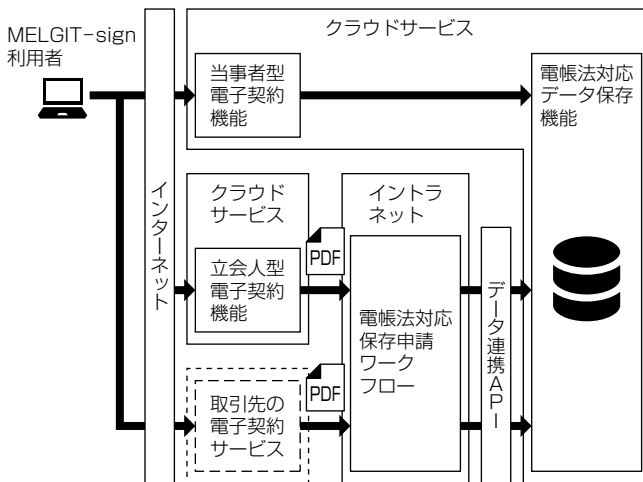


図5. MELGIT-signのシステム構成

6. 社内展開

MELGIT-signは特定部門に限らず契約業務を持つ社内全部門で利用可能なサービスとして展開している。特定部門での利用にとどまらず、全部門への普及を促進するため、各部門への利用支援活動や支援ツール整備といった活動をしている。

6.1 脱ハンコ支援活動

利用部門での実業務への適用検討に入り込んで、法的観点も含めて電子契約化の総合的な問合せ対応や導入支援を手厚く実施している。そして紙やハンコが必要になっている契約業務の見直しを行うとともに、全社員に電子契約を浸透させることで、当社全体の契約業務での“脱ハンコ”の実現を目指している。

6.2 支援ツールの整備

電子契約サービスは様々な契約及び取引のケースに対応するため、その保有機能も多種にわたっている。しかし実際の利用者が最初から全ての機能を理解する必要はないため、まずは基本的な二社間の契約締結を前提とした簡易マニュアルを作成・展開することで利用の促進を図った。合わせて取引先向けの簡易マニュアルや、電子契約をする際に取引先に対して確認する内容をまとめた確認リストも整備することで、電子契約が行いやすい環境にした。

7. む す び

MELGIT-signの構築と展開によって、全社の契約業務を電子化・ペーパーレス化し、そしてハンコ不要な形に変える環境を整えることができた。MELGIT-signは新しい働き方である在宅勤務の促進を目指して整備されたペーパーレス化サービスの一つであるが、このサービスの活用によって、印紙税の削減、契約業務の簡略化と早期契約の実現、契約データ管理負荷の軽減等、多くのメリットがあることが見えてきた。新しい働き方への転換が求められる現在、業務のペーパーレス化は喫緊の課題であり、社内各部門と連携して推進している。電子化による多くのメリットを享受できるMELGIT-signの契約業務での活用を全社で極力早期に広げて、それが当社の標準業務として定着するよう、業務改革支援活動と合わせて普及に努めていく。

参考文献

- (1) 岡 稔久, ほか: 業務のペーパーレス化を推進するワークフロー基盤の構築と展開, 三菱電機技報, 95, No.5, 332~335 (2021)

モデルを活用した設計・検証技術の高度化

Advancement of Design and Verification Technologies with Models

古茂田典夫*
Norio Komoda
大江晃嗣*
Koji Oe
浅川忠隆*
Tadataka Asakawa

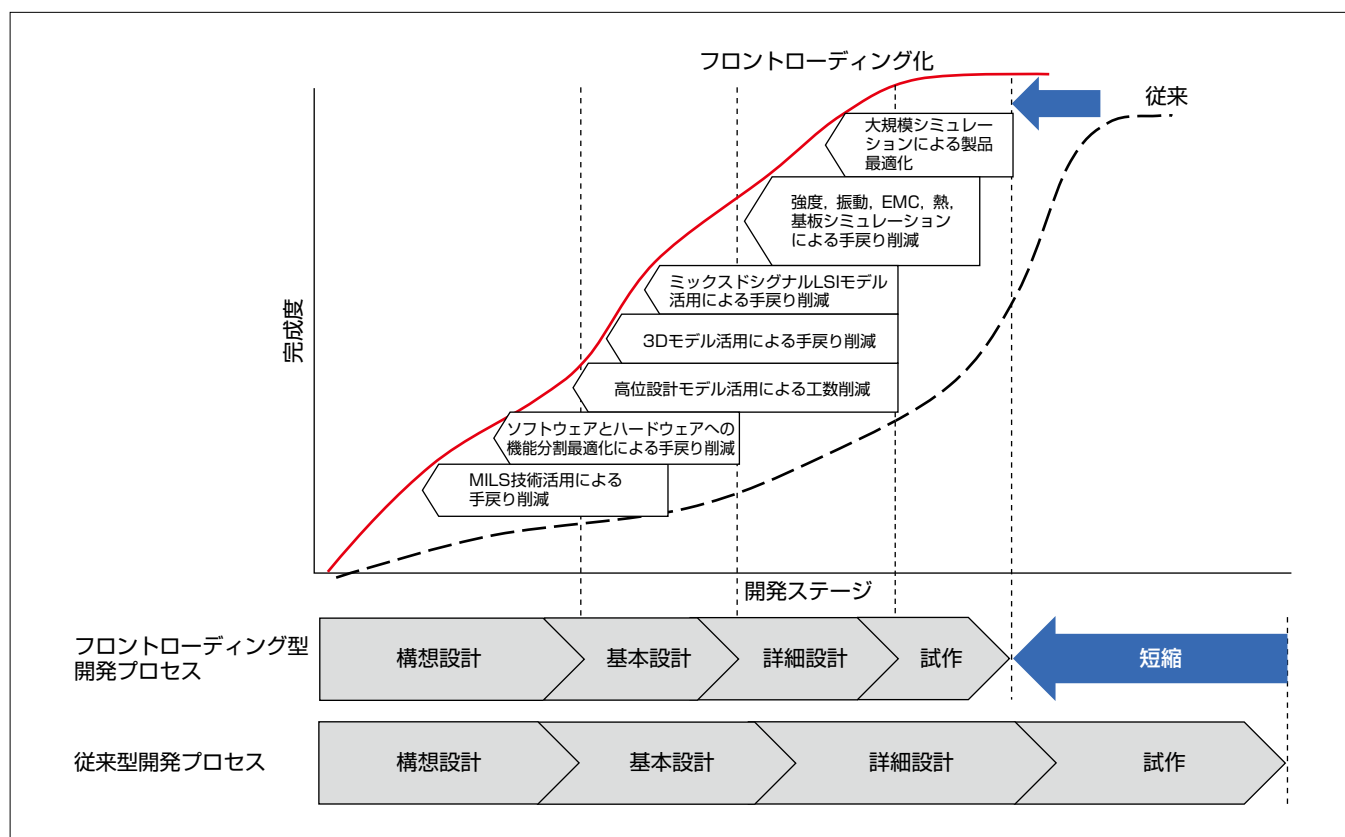
北川惣康*
Nobuyasu Kitagawa
谷口貴也*
Takaya Taniguchi

要 旨

近年、5G(第5世代移動通信システム)エリアの拡大やクラウドサービスの普及など、本格的なIoT(Internet of Things)時代を迎えている中、三菱電機の製品では、ネットワーク高速化やセキュリティ確保への対応に加えて、リモート操作、AI制御、クラウド活用など、製品の高機能化・複雑化が進んでいる。さらに、短納期・低コスト・高品質といった市場要求に対応するため、これまで以上の開発の加速が課題になっている。

当社ではこのような開発課題に対応するため、構想設計、基本設計、詳細設計の各段階で、デジタル技術を駆使した設計・検証技術によって、高度なフロントローディングを実現する設計のデジタルトランスフォーメーション(DX)を推し進めている⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾。

高機能化・複雑化する製品開発に対して、モデルを活用して設計・検証技術を高度化した次のような事例がある。まず構想設計段階では制御仕様モデルでその妥当性を早期に評価するMILS(Model In the Loop Simulation)環境を活用した事例がある。次に基本設計段階ではシステムモデル化によってコストと性能を最適化してソフトウェアとハードウェアに機能分割した事例がある。そして詳細設計段階では、部品レベルでモデル化したアルゴリズムからHDL(Hardware Description Language)記述を生成した事例、機能ブロックレベルでの解析でEMC(ElectroMagnetic Compatibility)性能を確保した事例、及び製品全体をモデル化してシミュレーションし構造を最適化した事例の三つがある。



モデルを活用した設計・検証技術の高度化への取組み

高機能化・複雑化する製品開発で、短納期・低コスト・高品質といった市場要求に対応するため、構想設計、基本設計、詳細設計の各開発段階で、LSI、ソフトウェア、電気・電子回路、機械・構造の各分野でのデジタル技術を駆使した設計技術の高度化に取り組んでいる。

1. ま え が き

近年、5Gエリアの拡大やクラウドサービスの普及など、本格的なIoT時代を迎えている中、当社製品ではネットワーク高速化やセキュリティ確保への対応に加えて、リモート操作、AI制御、クラウド活用など、製品の高機能化・複雑化が進んでいる。さらに短納期・低コスト・高品質といった市場要求に対応するため、これまで以上の開発の加速が課題になっている。

当社ではこのような開発課題に対応するため、構想設計、基本設計、詳細設計の各段階で、デジタル技術を駆使して設計・検証技術を高度化している。

2. 設計・検証技術の高度化

多様で複雑な製品要求を満たしつつ、市場要求である短納期・低コスト・高品質に対応するために、開発の上流に位置する設計の果たす役割は大きい。これまで当社では、高機能化・複雑化するシステムを限られた時間で性能仕様・品質基準を満たしつつ低コストで具現化するため、構想設計、基本設計、詳細設計の各段階でフロントローディング手法を導入してきた。現在、これらの手法の適用を更に推し進めるとともに、最新のシミュレーション技術を用いて、製品の設計・検証技術を高度化している。本稿では、製品開発の各段階でのこれらの適用事例について述べる。

まず構想設計段階として制御仕様モデルによってその妥当性を早期に評価するMILS技術の活用事例を述べて、次に基本設計段階としてシステムモデル化によってコストと性能を最適化してソフトウェアとハードウェアに機能分割した事例について述べる。最後に詳細設計段階として、部品レベルでモデル化したアルゴリズムからHDL記述を生成した事例、機能ブロックレベルでの解析でEMC性能を確保した事例、及び製品全体をモデル化してシミュレーションし構造を最適化した事例の三つを述べる。

2.1 構想設計段階の設計・検証技術

大規模システムを含む製品の構想設計段階では、高機能化・複雑化する制御仕様の妥当性評価が課題になる。この制御仕様をモデル化することで、評価の前倒しを可能にするMILS技術

について述べる。

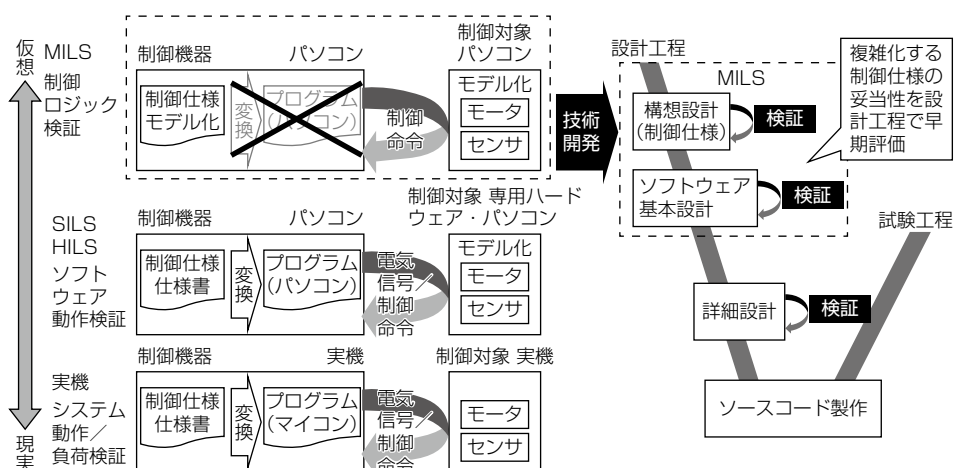
制御仕様は、構想設計段階の成果物であり、以降の開発プロセスに大きな影響を与える。つまり、制御仕様に誤りがある場合、その検出が遅れるほど、修正のための手戻りは大きくなる。これを防ぐためには早期の制御仕様の評価が重要であり、当社では実機レスで制御ソフトウェアを動作可能なシミュレーション環境を構築することで、これを前倒ししている。

MILSとは、モデルベース開発での開発プロセスの一つであり、制御仕様とその制御対象の振る舞いを、処理の組合せモデルとしてブロック線図で視覚的に記述し、制御仕様に応じた制御対象の動作をシミュレーションすることで制御仕様の妥当性を評価するプロセスである(図1)。

従来型の開発プロセスでは、ソフトウェアの試作が完了するまで、制御仕様を評価できなかった。このため、制御仕様に誤りがあった場合、その検出が試作ソフトウェアの評価段階になり、誤りの修正と、関連する詳細仕様の修正、それに伴う試作ソフトウェアの変更待ちが発生してしまう。

一方で、MILS技術を用いたフロントローディング型の開発プロセスでは、構想設計段階から実機を模したモータやセンサなどの制御対象モデルを用意して、制御仕様モデルと接続して動作をシミュレーションすることによって、ソフトウェアを試作することなく制御仕様を評価できる。このような早期の評価によって制御仕様の精度を向上させて、後に続く開発プロセスで発生する手戻りを防止する。

従来は制御仕様の評価をソフトウェアの試作の完了後に開始せざるを得なかったが、MILS技術を導入することによって、構想設計段階まで前倒しでき、手戻りを削減することが可能になった。また、仕様変更時にモデルの変更だけで再評価できるため、従来発生していた試作ソフトウェアの変更待ち時間を大幅に短縮することで開発全体を加速している。



SILS : Software In the Loop Simulation, HILS : Hardware In the Loop Simulation

図1. 構想設計段階でのMILS技術の活用

2.2 基本設計段階の設計・検証技術

基本設計段階では、制御仕様を基にしたソフトウェアとハードウェアへの機能分割でコストと性能の最適化が課題になる。これに対してシステムモデルを用いた事例について述べる。

従来の設計は、システム設計者が制御仕様書を基に、机上検討でソフトウェア(マイコン)とハードウェア(FPGA(Field Programmable Gate Array)・ASIC(Application Specific Integrated Circuit)・個別ディスクリート部品)に機能を分割し、これらの機能を個別に詳細設計、実装、検証したのち、開発の最終プロセスであるシステム検証でソフトウェアとハードウェアを統合することで、システム全体が要求を満足しているか確認していた。

しかし、近年のシステムの高機能化・複雑化に伴い、机上検討でシステム設計の完成度を上げることが困難になっており、機能分割した後に仕様の齟齬(そご)が顕在化して基本設計へ手戻りしてしまうことが課題になっていた。

そこで当社では、ソフトウェアとハードウェアへの機能分割の検討でも、制御仕様を基にシステムモデルを構築し、MILS技術を活用してシステム全体の振る舞いを確認している。

具体的には、各機能を要求どおりに実現するために必要なマイコン性能やROM/RAM(Random Access Memory)容量などのコストに影響する仕様を考慮した上で、機能をソフトウェアとハードウェアに分割し、システムモデルの動作をMILSで確認する。このとき意図しない動作になった場合は、細部の信号を確認して不具合部位を特定し、改修及び分割範囲を見直して再度確認する。これらの作業を繰り返すことで、機能分割を最適化していく。このように、MILS技術を活用することで、実機環境を用いず、効率的にソフトウェアとハードウェアの機能分割を検討できる(図2)。

これらの取組みによって、基本設計段階でソフトウェアとハードウェアの機能分割の完成度を向上させて、システム評価の手戻りを削減する。

2.3 詳細設計段階の設計・検証技術

2.3.1 部品レベル

詳細設計段階での部品レベルのモデル活用について、LSIの事例で述べる。LSIの設計では基本設計段階で分割したソフトウェアとハードウェアの仕様を正確に実現することが課題になる。これに対して、ハードウェア仕様と等価な回路を構築する手法として、モデルからHDL記述を自動生成し、工数削減と品質向上を実現する技術について述べる。

図3はLSIに実装するアルゴリズムをハードウェア回路

化するフローである。まず、基本設計段階で機能分割したハードウェアのアルゴリズム開発用モデルをハードウェア化用モデルに変換する。この処理では、自動コード生成に対応しているモデルへの置き換えに加えて、回路規模や消費電力を小さくするために浮動小数点演算から固定小数点演算へ置き換える。その際、処理速度と回路規模がトレードオフの関係になるため、演算を並列処理して高速化するパイプライン化や、リソースを共有して回路規模を削減することで、要求仕様に合わせた最適なモデルを作成する。

次に、HDL記述を自動生成し、対象モデルと生成したHDL記述の等価性を検証する。ここではモデルベース開発ツールとHDLシミュレータを連携させることで、シミュレーション結果が一致することを確認する。さらに、HDL記述単体だけでなく、接続する周辺モデルとの協調動作を検証する。このようなHDL記述とモデルを混在させたシミュレーションはデバッグが容易な反面、処理時間が長くなる。そこで高速化や実回路での性能確認が必要な場合、対象のHDL記述をFPGAに実装し、モデルベース開発ツールと連携してシミュレーション(FILS: FPGA In the Loop Simulation)する。このように、シミュレーションと実機評価の特徴を活用することで検証工数を削減するとともに品質を向上させている。

このように、分割したモデルから要求仕様に合ったハードウェア回路を実現するには、単にHDL記述を自動生成するだけでなく、回路の最適化や検証手法の改善が必要である。これらの手順でモデルを用いたハードウェア回路の開発フローを構築した。

2.3.2 機能ブロックレベル

詳細設計段階での機能ブロックレベルのモデル活用について、モジュールなど部品を基板に搭載した電子回路の事

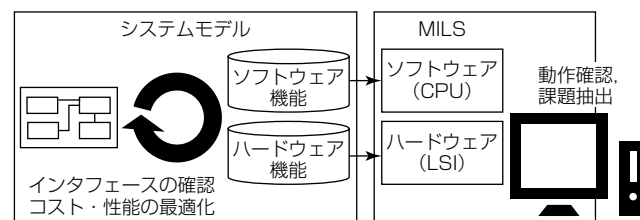


図2. ソフトウェアとハードウェアへの機能分割検討作業イメージ

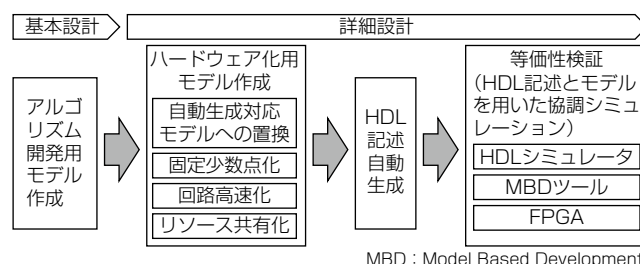


図3. アルゴリズムをハードウェア化する開発フロー

例で述べる。電子回路の設計では機能の正常動作はもちろんのこと、発熱で誤動作しないことやEMC性能の確保などが課題になる。この事例では、部品と基板をモデル化して基板全体でEMC性能を見極める手法について述べる。

基板全体のEMC性能を確認するには、電磁界解析ツールの活用が効果的である。従来、三次元解析ツールを使用し、基板と周辺の筐体(きょうたい)を全てモデル化して解析してきたが、計算に膨大な時間を要するという欠点があった。単純に基板単体に特化した解析に変更すれば、計算時間を数日から半日へと大幅に短縮できるが、このような解析では筐体など他の部材との相互作用を評価できず予測精度が悪くなる欠点があった。

そこで、通常の基板データに加えて、筐体を模したFG(Frame Ground)を基板から一定の距離に仮想的に配置することによって、筐体への接続条件を加味して基板の電磁界解析をできるようにした。図4は、この手法による静電気放電試験の対策前後の解析結果を比較した事例である。

この事例では、解析によってFG用コンデンサがノイズ流入源になっていることを特定し、これを削除するように対策した。その結果、基板の右辺に静電気を印加した際に、実線枠部分と点線枠部分のノイズ低減を確認でき、この解析手法の有効性を示した。

このように、静電気放電試験のような基板上のFGに外来ノイズを印加する場合の基板への影響に関して、短時間で解析する手法を構築し、詳細設計段階でのEMC性能の見極めを実現した。

2.3.3 製品レベル

詳細設計段階で、製品レベルでは全体の最適化が課題になる。これに対して、製品全体を見える化する大規模シミュレーション技術について述べる。

従来、機械設計での製品シミュレーションは、計算機のメモリや処理性能の制約から細部を簡略化したモデルを使用していたため、実物の現象と差異が生じることがあった。またシミュレーション対象を製品全体に拡大すると、モデル化する部品点数の増大によって1回の計算に膨大な時間を要するため、短期開発の中でシミュレーションを繰り返すことが困難であった。そこで、製品の形状を簡略化しつつ詳細形状と等価な特性を持つ物理モデルを用いて、さら

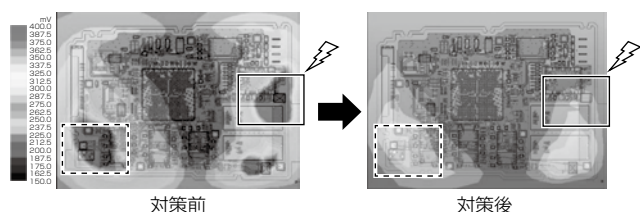


図4. 解析結果の比較(対策前後)

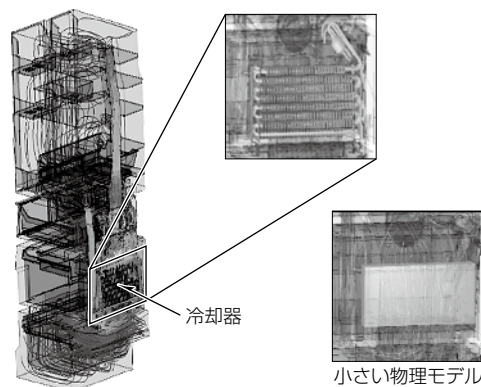


図5. 冷蔵庫内の冷却器モデルの簡略化

に計算条件の設定作業を自動化することで計算時間を短縮し、製品全体を最適化した。

図5は冷蔵庫の開発で、内部に設置された冷却器の詳細形状を、等価な特性を持つ物理モデルに置き換えた事例である。具体的には冷媒配管に数十～数百枚のフィンを組み合わせた詳細形状の冷却器モデルを数値解析し、結果から得られた圧力損失などの特性を定式化して単純形状のモデルに与えた。これによって、詳細モデルと同等の特性を持った計算負荷の小さい物理モデルを冷蔵庫全体のモデルに組み込むことが可能になり、計算規模を約半分に抑制できた。また、製品全体のモデルは各部品に材料物性や境界条件など1回の計算に合計500～1,000の条件を設定する必要があったが、CADモデルから材料情報を抽出して材料データベースと照合し、必要な条件をシミュレーションに自動設定することで設定時間を大幅に削減した。

これによって、精度を落とさず短期に効率良く製品全体の大規模シミュレーションをすることが可能になり、内部の緻密な気流解析を繰り返すことで、形状変更によるわずかな圧力損失の変化を分析して最適な風路を設計した。

3. む す び

設計・検証技術の高度化に向けて、当社で取り組んでいるフロントローディング事例の概要を各設計段階について述べた。今後、ますます高機能化・複雑化が進む製品開発プロセスや、デジタル技術の進化に対応した設計プロセスの革新を継続し、あらゆる事業を通じて社会課題の解決に貢献していく。

参考文献

- (1) 竹垣盛一，ほか：フロントローディング型開発設計への取り組み，三菱電機技報，80，No.10，636～638（2006）
- (2) 山下昭裕，ほか：設計プロセス革新による開発効率化，三菱電機技報，84，No.12，660～663（2010）
- (3) 中岡邦夫：製品の設計初期段階で品質を作りこむ設計検証技術，三菱電機技報，87，No.4，204～209（2013）
- (4) 竹野祥瑞，ほか：成長戦略を支える設計・検証技術，三菱電機技報，90，No.12，658～662（2016）

生産現場や生産技術業務でのDX

Digital Transformation for Workshop and Manufacturing Engineering Jobs

要 旨

三菱電機のモータ製造工場は、市場変動に対応するために多品種少量生産でかつコスト競争力が求められている。その中で生産性向上のために当社のFA-IT統合ソリューション“e-F@ctoryコンセプト”^(注1)に基づいてITを活用した生産現場の管理・改善を推進してきた。まずはフィード工程を対象に、①設備からの生産実績取得、②作業者の登録による生産実績取得、③製品や工具を用いた生産実績取得の仕組みを構築し、進捗管理や現場改善を加速した。しかし、次に展開した組立て工程では、作業者間の熟練具合の差や作業自体のばらつきによる生産性低下に対して、現状のITを活用した実績収集だけでは要因分析に必要な情報が不足することが分かった。そこで、生産現場や生産技術業務でのDX(Digital Transformation)として、次の二つの技術を構築した。

(1) 実績をデジタルに把握する技術

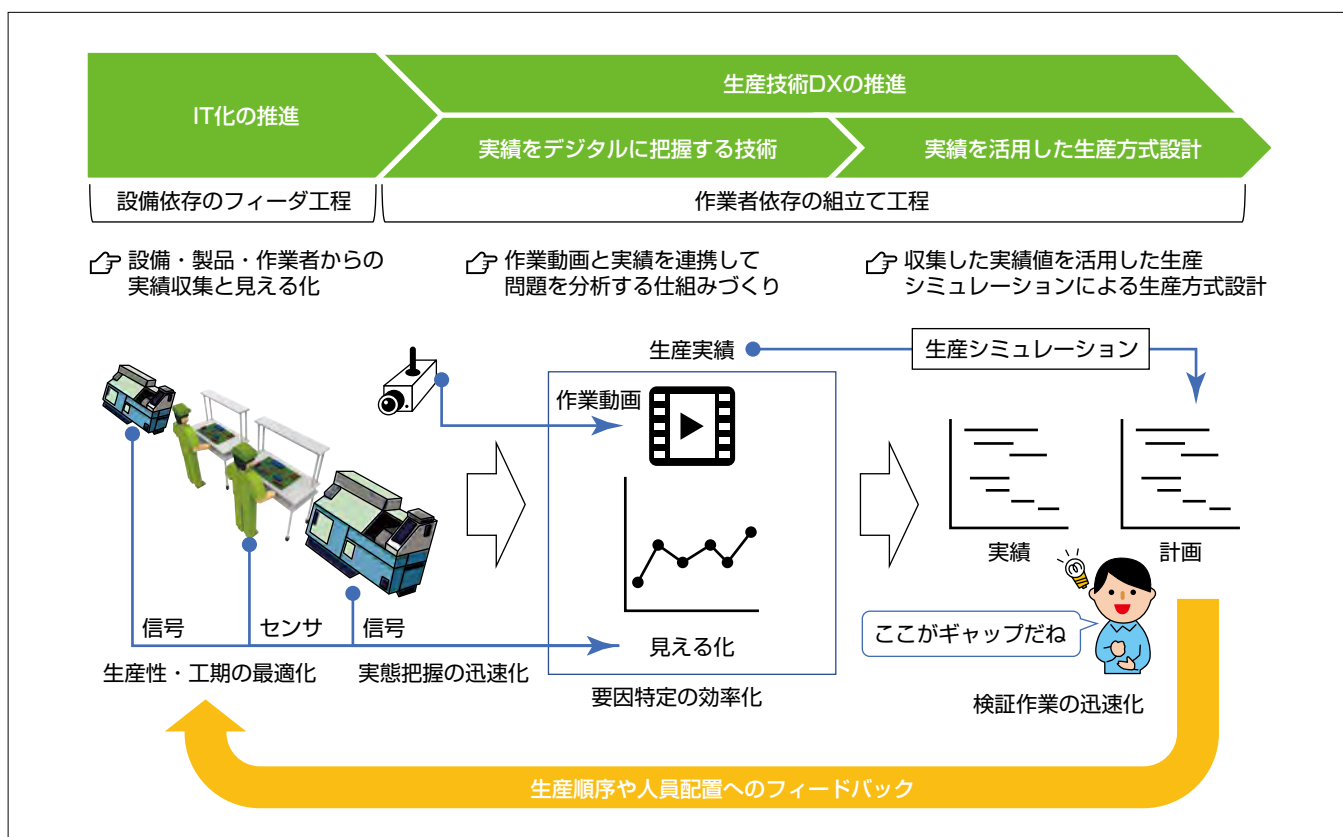
- ①要因分析で使用する作業動画と実績を連携させることで、問題を把握する箇所を抽出し、分析時間を短縮する。
- ②問題を把握する箇所のトリガーにも動画を活用する。

(2) 実績を活用した生産方式設計

ITで収集した実績値を活用して、生産計画に合わせた生産順序や人員配置をシミュレーションし、生産性や工期を最適化する理論的な生産方式を設計する。

今後、この技術を社内工場に展開し、生産現場と生産技術業務のDX(以下“生産技術DX”という。)を推進し、更なる生産性向上を図る。

(注1) PDCA(Plan Do Check Action)サイクルを高速化できるITなどの技術活用によって、改善効果を最大化し、トータルコストを削減する考え方。



生産技術DX推進のコンセプト

e-F@ctoryコンセプトに基づいた設備、作業者、製品や工具から生産実績を取得し、進捗や生産性を見える化する仕組みの構築とフィードバック工程の生産性向上を図った。組立て工程では、作業者に依存する問題が多く、生産技術DXとして画像を用いた実績をデジタルに把握する技術や生産シミュレーションによる理論的な生産方式を設計する技術を構築して、改善サイクルを高速化し、生産性向上を図る。

1. ま え が き

当社のモータ製造工場は、市場変動に対応するために、コスト競争力を含めて、工期短縮・生産性向上が求められていた。モータ製造にはフィード工程と組立て工程があり、e-F@ctoryコンセプトに基づいて、各工程の特徴に合わせたIT化を推進し、生産性を向上させてきた。しかし、組立て工程では作業者に依存する問題に対して、IT化だけでは改善が難しいという課題が挙がった。そこで、生産技術DXとして実績をデジタルに把握する技術と実績を活用した生産設計技術を構築し、作業者が多い組立て工程の生産性向上を図っている。

本稿では、モータ製造工場でのこれまでのIT化推進と課題、生産技術DXとしての技術確立を述べる。

2. IT化推進と課題

2.1 IT化推進

当社はe-F@ctoryコンセプトに基づいて、工程の特徴に応じたIT化を推進してきた。モータ製造工場の生産性向上に対して設備の影響が大きいフィード工程と作業者の影響が大きい組立て工程を対象に、共にITを活用して作業実績を取得し、状況を可視化することで生産現場の管理・改善を推進してきた。

2.1.1 生産現場での実績収集のIT化

モータ製造工場のステータ組立てラインは、設備中心のフィード工程であり、設備のチョコ停によって生産性が低下していた。このような生産性低下を克服するため、ITを活用した実績収集から要因分析に至る改善サイクルを構築した。

IT化に当たっては、次の三つの機能を導入した(図1)。

(1) 設備からの生産実績取得機能

設備に実装されているシーケンサから稼働信号を取得し、生産実績データとした。取得に当たっては複数の設備から実績を取得するため、各設備間の信号漏れを確認するために設備ごとの起動順序をチェック機能として織り込んだ。また、この順序から標準作業か標準外作業かを判定する機能や、各設備からの実績収集のタイムラグをなくすため、設備のシーケンサ自体のカウンタを実績時間とした。

(2) 作業者の入力作業による実績収集機能

生産性が低下する要因として、設備による加工後の作業者による作業遅れも想定された。そこで、作業者がタブレットで実績を入力する機能を導入し、設備の実績と比較

できる仕組みを導入した。入力に当たっては、作業要領書の表示や試験記録登録といった作業を支援する機能を付与し、抜け漏れを防止した。

(3) 工具や製品の動きを用いた実績収集機能

作業者が入力する以上、抜け漏れを100%防止することが難しく、また登録作業自体も作業者には負担になる。そこで工具や製品の動きを用いた実績収集機能を導入した。工具の置場にリミットスイッチを設置し、工具の取り置きを実績としてカウントする機能や、製品を運搬する作業機にエリアセンサを設置し、製品通過を実績としてカウントする機能を導入した。センサは後付けできる簡易的なものであるため、測定箇所を増設したり、作業手順とセンサの信号順序を確認したりすることで、定常作業か非定常作業かを判定する等、設備に導入した仕組みを流用した。

図2に示すように、取得した実績をライン内の端末にリアルタイムに表示し、生産遅れを見える化することで遅れに迅速に対応できるようにした。また、機種ごとのラインバランスや新人作業者と熟練作業者の作業時間の差を分析し、作業指導するポイントを明確化した。これらの改善によって、新人作業者の作業時間を5%削減した。

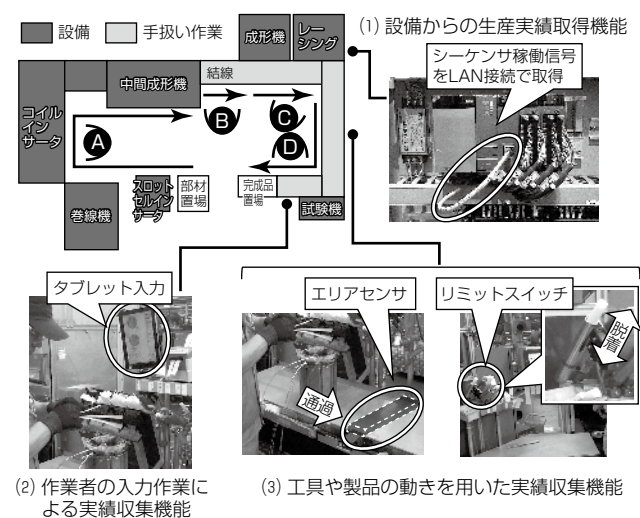


図1. 設備や作業に応じたIT化機能

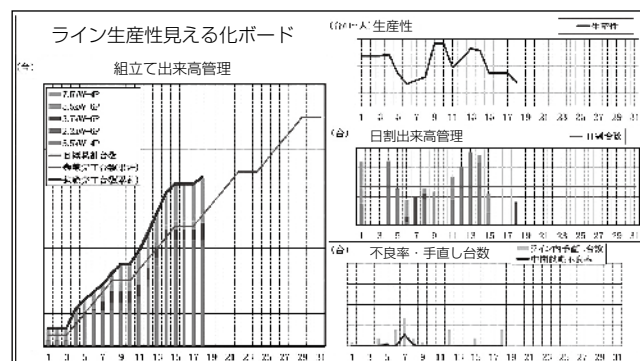


図2. 進捗や生産性見える化

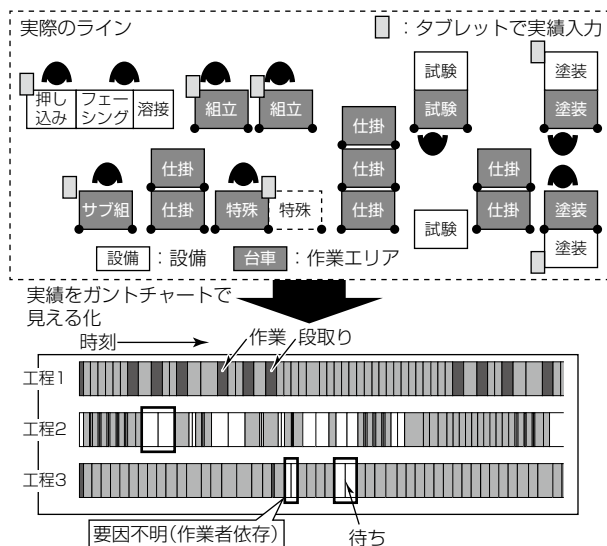


図3. 組立てラインの実績管理と要因分析

2.2 IT化の課題

設備に依存するフィード工程に対して、ITを活用した生産実績の取得で、生産状況のタイムリーな把握や作業時間の細分化が可能になったことによって、生産遅れに対する迅速な対応や、新人作業者の作業時間の改善が可能になった。

次に、多品種少量生産のモータ組立て工程にもタブレットや工具による実績を取得する仕組みを導入したが、フィード工程に比べて生産性が向上しなかった。ここでIT化を進める上での課題が浮き彫りになった。

フィード工程は設備依存であるため、IT化推進による生産実績を取得しやすく、問題発生時の要因分析もしやすい。しかし、組立て工程は作業員依存のため、作業員間の習熟度や作業自体のばらつきによって生じる生産性低下の影響が大きく、取得した実績だけでは、図3に示すように要因不明の待ち時間が残って、要因分析や改善施策につなげるまで時間を要した。

そこで、このIT化推進の課題を解決するための技術を生産技術DXとして検討した。

3. 生産技術DX

3.1 生産技術DXに必要な機能

作業時間のばらつきが大きく、多品種を混流生産する職場では、IT化で作業実績だけを収集しても問題点の把握が困難である。要因は、①作業時間の差を発生させる現象が多く、実績だけでは分からない②多品種少量生産のため混流生産による問題と作業ばらつきによる問題が混在し、主要因が絞りづらいという二つの点である。

そこで、①実績をデジタルに把握すること②混流生産と作業ばらつきの問題点を分けるための理論的な生産方式の設計を課題として、解決技術を構築した(図4)。

3.2 実績をデジタルに把握する技術

以前から問題把握のために作業を動画で記録していたが、問題がいつ発生するか分からないために、観測者が現場に張り付く必要があった。また、定点カメラによる連続的な動画撮影をする場合は、観測作業は軽減されるが、問題発生時の動画を探す手間が発生していた。

そこで、図5に示すような実績と動画を連携して保存する仕組みを構築し、問題が発生した前後一定期間を短時間に抽出することで、改善サイクルを高速化した。

この仕組みの特徴は、次のとおりである。

(1) 問題発生を特定するトリガーを複数準備

設備信号やタブレットの入力タイミング、画像等のトリガーを複数準備し、トリガーから動画記録する。

(2) トリガーから一定期間遡った期間の動画を記録

トリガー発生後の動画では、原因を特定できない場合を想定し、発生から一定期間遡った動画を記録する。

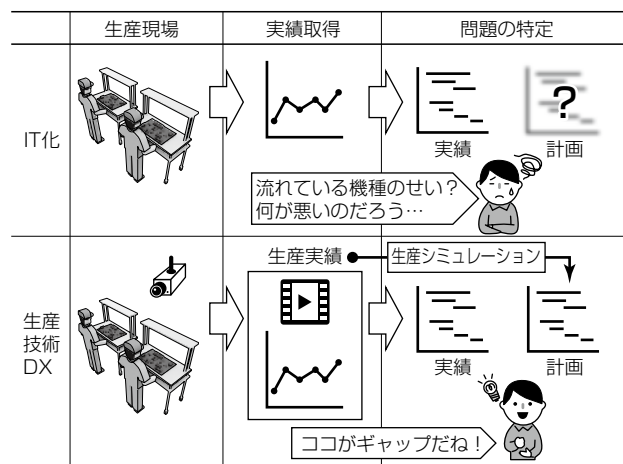


図4. 生産技術DXの仕組みと必要な機能

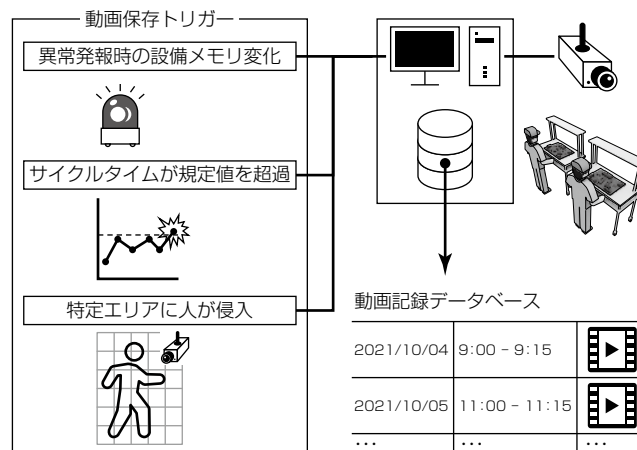


図5. 実績と動画を連携して記録する仕組み

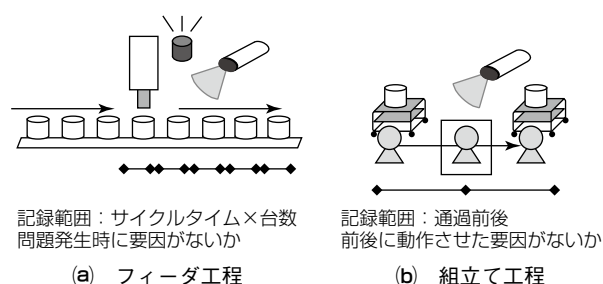


図6. トリガーに応じた記録期間

図6に示すように設備が多いフィーダ工程であれば設備信号と設備内の稼働状況の動画を確認し、作業者が多い組立て工程であれば、タブレットや作業者の動きを画像判定したトリガーで動画を記録する。また、画像設定期間も、設備であればサイクルタイムと台数で記録する時間を設定し、作業者を対象にした場合は作業の流れを確認するために、トリガー前後の一定期間や再度トリガーが発生するまでの時間を設定する。

この仕組みを活用することで、問題特定までの調査負荷や時間を低減し、従来に比べて迅速に改善を検討・実行できるようになった。

3.3 実績を活用した生産方式設計

多品種少量生産の組立てラインでは、機種間の作業時間差が大きく、作業時間もばらつくため、適正な投入順序や各工程での着手完了時間を設計することは難しい。そこで、混流生産の理論的な生産方式を設計するため、組立てラインをモデル化し、生産順によるラインバランスや作業待ち時間の変化をシミュレーションする技術を構築した。

シミュレーションの手順は、次のとおりである(図7)。

(1) ラインのモデル化

連続した工程を1工程にまとめることや工程間仕掛かりポイントを簡素化するという結果を分析しやすい形に整理した。

(2) 機種ごとの作業時間の設定

ITを活用して収集した実績と基準時間の2種類のデータを使用することで理論と現実の比較も可能にした。

(3) 生産順パターン化とシミュレーション評価

実際の生産順でのシミュレーションのほかに、後半工程がネックになる機種や特殊工程がある機種といった生産性への影響が大きい機種の生産順を先頭や最後にするパターンごとに行い、評価する。

(4) 理論的な生産方式設計と現実の比較・問題点抽出

評価指標は出来高のほかに、手待ち時間や段取り時間、工程別の稼働率や仕掛かり台数を用いることで、理論的な生産方式設計を判断する。評価指標は数値だけでなく、ガントチャート形式で見える化し、手待ちの発生時間や頻度

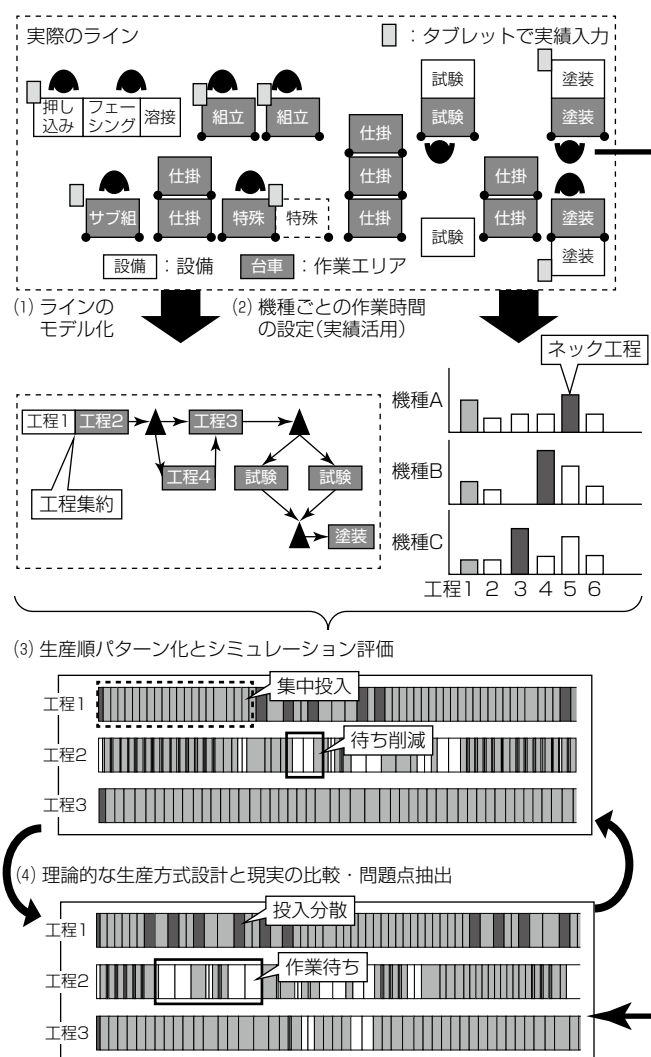


図7. 理論的な生産方式設計手順

を可視化し、生産順の見直しと再シミュレーションの要否を判断した。

組立て工程で、理論的な生産方式設計と実際の実績を比較することで、混流生産による問題点と作業者に依存する問題点を層別し、作業者に依存する問題点は画像を用いた分析、混流生産による問題点には生産順の見直しによって、生産性向上を図る。

4. む す び

モータ製造工場の事例を基にこれまでのIT化推進と課題及びその課題を解決するための生産技術DXの技術について述べた。

ITを活用した実績収集だけでなく、この生産技術DXの技術に基づいて、動画を用いた作業分析やシミュレーションを用いた理論的な生産方式設計と実績の比較によって、改善活動がより加速していくと考えている。

今後、更に進化していくIT技術を活用し、DXを推進して、生産現場と生産技術業務の効率化を図っていく。