

# 三菱電機技報

2-3

2023

Vol.97 No.2-3

No.2 : デジタルトランスフォーメーション

No.3 : 高周波・光デバイス

---

#### 【お知らせ】

2023年2-3月号をもって三菱電機技報の冊子発行を終了します。

引き続き三菱電機オフィシャルWEBサイトで三菱電機技報をご覧ください。

URL : <https://www.MitsubishiElectric.co.jp/corporate/giho/index.html>

なお、2023年4月号から三菱電機技報の発行をお知らせするメールマガジンを開始予定です。

ご登録をお願いします。

URL : <https://www.MitsubishiElectric.co.jp/corporate/giho/ssl/php/members/registuser/kiyaku.php>



三菱電機技報  
メールマガジン  
会員登録ページ

---

三菱電機では、サステナビリティ経営を実現する4つのビジネスエリアとして、「インフラ」「インダストリー・モビリティ」「ライフ」「ビジネスプラットフォーム」を設定しています。

三菱電機技報ではこの4つのビジネスエリアに分類し特集を紹介しています。

今回の特集では全エリア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)、ビジネスプラットフォーム領域の“高周波・光デバイス”(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

- 三菱電機のDX：循環型デジタル・エンジニアリング企業へ  
進化するための起爆剤 ..... 4  
榊原 洋

- Digital Transformation at Mitsubishi Electric  
— A Powerful Catalyst for the "Circular Digital—Engineering Company" —  
Hiroshi Sakakibara

- 建設業の業務効率化に貢献するAI配筋検査システム ..... 5  
宮本高明・宮本 健・井原宏幸・青木 透・久柴拓也

- AI Rebar Inspection System Contributes to Business Efficiency in Construction Industry  
Takaaki Miyamoto, Ken Miyamoto, Hiroyuki Ihara, Toru Aoki, Takuya Hisashiba

- 事業DXを支えるローカル5G技術 ..... 9  
友江直仁・三宅裕士・山本寛人・大賀正夫・青山哲也・松永 亮

- Local 5G Technology Supporting Digital Transformation for Business  
Naohito Tomoe, Yuji Miyake, Hiroto Yamamoto, Masao Oga, Tetsuya Aoyama, Ryo Matsunaga

- M-X推進上の業務改革の柱とその解決策・投資効果 ..... 13  
小川真克・高柳岳宗

- Goals of Business Process Reengineering through M-X, Solutions to Achieve and Return On Investment  
Masayoshi Ogawa, Takenori Takayanagi

- 三菱電機の業務DXを支える広域ネットワーク ..... 17  
佐藤 仁・岡村宗一郎・近藤拓朗

- Wide-area Networks Supporting Digital Transformation for Operation in Mitsubishi Electric Group  
Hiroshi Sato, Soichiro Okamura, Takuro Kondo

- DXを支えるプロセスと開発環境 ..... 21  
吉岡克浩・細谷泰夫・古川裕史・古賀陽一郎

- Process and Development Environment Supporting DX  
Katsuhiro Yoshioka, Yasuo Hosotani, Hirofumi Furukawa, Yoichiro Koga

- 家電製品などの補修用性能部品の需要予測AI開発・適用 ..... 25  
前田千徳・小部敬純・永松大居・寺本一季・金子貴幸

- Mitsubishi Electric's New AI Forecasts Demand for Appliance Repair Parts  
Kazunari Maeda, Takasumi Kobe, Daigo Nagamatsu, Kazusue Teramoto, Takayuki Kaneko

## No.3

## 特集 高周波・光デバイス

## High Frequency and Optical Devices

## 巻頭言

- 高周波・光デバイスへの期待と人材育成 ..... 29  
西山伸彦

- Expectations toward High-frequency/Photonic Devices and Importance of Human Resource Development for their Technologies  
Nobuhiko Nishiyama

## 巻頭論文

- 高周波・光デバイスの最新動向と将来展望 ..... 30  
増田健之

- The Latest Status and Future Outlook of High Frequency and Optical Devices  
Kenji Masuda

- 5G基地局用広帯域10W級GaN増幅器モジュール ..... 35  
坂田修一・田口巴里絵・寺西絵里・嘉藤勝也・小松崎優治

- 10W Class, Wideband GaN Power Amplifier Module for 5G Base-Stations  
Shuichi Sakata, Marie Taguchi, Eri Teranishi, Katsuya Kato, Yuji Komatsuzaki

- データセンター向け  
広動作温度範囲CWDM 100Gbps EML ..... 39  
東 祐介・丹羽顕嗣・尾上和之・恵良淳史・森田佳道

- Wider-temperature-range CWDM 100Gbps EML Chip for Data Centers  
Yusuke Azuma, Akitsugu Niwa, Kazuyuki Onoe, Atsushi Era, Yoshimichi Morita

- 第5世代移動通信システム基地局用  
50Gbps DFBレーザ ..... 43  
境野 剛・島田征明・白尾瑞基

- 50Gbps DFB Laser Diode for 5G Base Stations  
Go Sakaino, Masaaki Shimada, Mizuki Shirao

- 400Gデジタルコヒーレント通信用  
1.55μm帯チューナブルDFBレーザ ..... 47  
永尾龍介・松本啓資・上野貴寛・奥畑 亮・岡 俊英

- 1.55μm Tunable DFB-LD for 400G Digital Coherent Optical Transmission System  
Ryosuke Nagao, Keisuke Matsumoto, Takahiro Ueno, Ryo Okuhata, Toshihide Oka

- サーマルダイオード赤外線センサ“MeDIR”と  
ユーザーサポートツール ..... 51  
相原育貴・奥田聡志・服部公春・立岡靖晃・高橋貴紀

- Thermal Diode Infrared Sensor "MeDIR" and User Support Tools  
Yasuki Aihara, Satoshi Okuda, Masaharu Hattori, Yasuaki Tatsuoka, Takanori Takahashi

# 巻頭言

## 三菱電機のDX：循環型デジタル・エンジニアリング企業へ進化するための起爆剤

Digital Transformation at Mitsubishi Electric  
— A Powerful Catalyst for the "Circular Digital - Engineering Company" —



榊原 洋 Hiroshi Sakakibara

常務執行役 チーフ・デジタル・オフィサー(CDO) ビジネスイノベーション本部長  
Executive Officer, Chief Digital Officer, Vice President, Business Innovation

産業界では、DX(Digital Transformation)が急速に進展している。2018年の経済産業省によるDXレポートでは、“レガシーシステムから脱却し、経営を変革”という消極的な表現であったが、2022年のDXレポート2.2では、“デジタル産業への変革に向けた具体的な方向性やアクションを提示”と、一層積極的な表現になっている。海外でのDXも熾烈(しれつ)に進んでおり、勝ち組・負け組が明確になりつつある。

このような潮流の中、三菱電機では、サステナビリティ経営を加速し、循環型デジタル・エンジニアリング企業へと変貌するため、“事業DX”と“業務DX”の両輪で企業変革を加速させている。そしてDXは、当社が持つ素晴らしい資産(製品、技術、ブランド、品質、そして才能あふれる社員)の潜在能力を劇的に引き出して、更なる顧客・社会価値を提供するための起爆剤になるという自信と手応えを感じている。

CDO(Chief Digital Officer)組織・ビジネスイノベーション本部としては、“デジタル”及び“イノベーション”という軸で全社一丸での循環型デジタル・エンジニアリング企業への変貌を仕掛けている。一つの例が、循環型デジタル・エンジニアリングを支える“デジタルプラットフォーム”である。これまでの当社では、事業ごとに最適化したシステムを通じて顧客の課題に対応する傾向があった。しかし今後は、社内のサイロを超えて、組織横断的に顧客価値を提供しなければ、コングロマリットとしての存在価値はない。新たに展開するデジタルプラットフォーム上には、社内に散在しているデータやドメイン知識を有機的に集約させるのはもちろん、顧客やパートナーのデータや知見ともつなげて、物理空間及びデジタル空間から得られた洞察を、製品や事業モデルの進化のためにダイナミックに活用していくところに我々の未来がある。

一方で、DXには脅威もある。DXが進んでクラウド領域が拡大するにつれて、我々の得意領域(例えばエッジ領域)が侵食されるリスクがある。また、DXの推進に当

たっては、当社が長年誇ってきた強みや文化も、時には障害・抵抗になり得るし、社内業務インフラの進化も必要である。

当然、当社としては、手を打ち始めている。例えば、最新の通信技術(例えばローカル5G(第5世代移動通信システム))を戦略的に投入することによって、クラウド側からの潜在的脅威に対して受け身で対抗するのではなく、エッジ上に眠っていたデータを能動的にクラウドに集約していくことを仕掛けている。今回の特集論文では、当社ローカル5Gの構成・特長、運用事例を紹介しつつ、DXとの関連、及び新しい通信技術が産む新たな顧客価値について述べる。

また、DX推進のために、新しい開発手法や、デジタルやオープンイノベーションを柔軟に取り入れていく風土／文化、デジタル人材を獲得・育成する制度・組織などが必要になり、それらを牽引(けんいん)する組織も発足しようとしている。また、開発プロセスについては、不確実性と向き合って、高速に仮説検証していくアジャイル型開発も組織知化していく必要がある。今回の特集論文では、アジャイル開発のガイドライン、そして開発プロジェクトを一元管理できるソフトウェア開発環境について述べる。

最後になるが、当社のDXには、ここまで述べたような“事業のDX”だけでなく、“業務のDX”も必須である。事業DXを牽引するCDOと業務DXを牽引するCIO(Chief Information Officer)との連携も、これまでになく密になってきている。今回の特集論文では、業務DX(当社内の呼称はM-X(エムクロス)プロジェクト)の推進によって目指す業務改革について述べる。

このほかの特集論文では、AIを駆使した建設業の配筋検査サービス、M-X推進に合わせた広域ネットワークの信頼性・性能向上、家庭用電化製品・住宅設備での補修用部品の生産計画業務へのAI適用についても述べる。

当社としてのDXを、確実にそして高速に推進することで、循環型デジタル・エンジニアリング企業へと変革を遂げ、多様化する社会課題の解決に貢献していく。

# 建設業の業務効率化に貢献する AI配筋検査システム

*AI Rebar Inspection System Contributes to Business Efficiency in Construction Industry*

宮本高明\*  
Takaaki Miyamoto

宮本 健\*  
Ken Miyamoto

井原宏幸\*  
Hiroyuki Ihara

青木 透†  
Toru Aoki

久柴拓也‡  
Takuya Hisashiba

## 要 旨

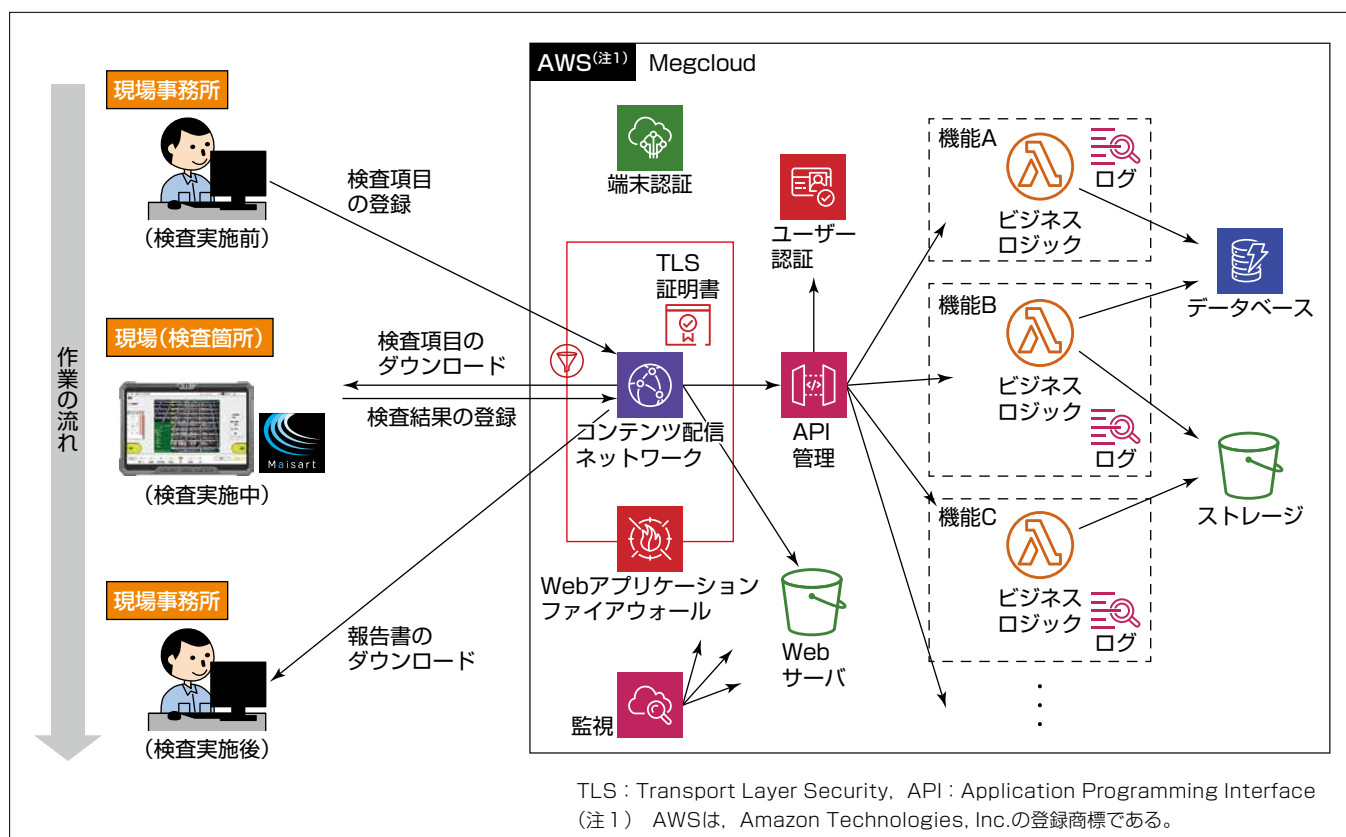
国内建設投資(年間63兆円)は堅調に推移するも、少子高齢化や労働時間の規制強化等で労働者不足が発生し、今後社会インフラの建設・補修、維持が困難になるとの危惧から、国土交通省ではICT(Information and Communication Technology)技術の導入による業務効率化(i-Construction)を推進している。

三菱電機では、これまで様々な産業分野で培ってきた画像解析技術とAI技術を核に、建設施工現場の生産性向上に貢献するAI配筋検査システムを開発した。

このシステムは、多数の現場実証を繰り返した結果、鉄

筋検出率96.4%、鉄筋径判別率は94.2%という結果を得て、国土交通省が作成した“デジタルデータを活用した鉄筋出来形計測の試行要領(案)”記載の機能要件を満たすことも確認できた。

このシステムによって、従来複数人で実施していた配筋検査の準備・計測・検査に1人で対応可能になることが確認できた。また、今までは計測値を手入力で検査帳票に転記する必要があったが、このシステムでは計測結果をデータとして記録し、検査報告書に自動的に反映するため、検査報告書作成時間も1/4に短縮できることが分かった。



## AI配筋検査システムの利用フローとクラウドシステム構成図

配筋検査は、主に検査前の準備、検査の実施、報告書の作成と三つのステップで実施する。従来は計測した数値を画面で記録するなど、非効率的な作業になっていたが、三菱電機が構築したAI配筋検査システムは、これらのステップでクラウドを活用し、検査前の準備作業から検査報告書の作成までの処理を電子上で完結させることができる。

## 1. ま え が き

コンクリート構造物の品質を確保するために、施工状況が設計図書や施工計画と合致しているか、各工程で確認検査が行われる。しかしながら、検査には準備から報告書作成まで多くの労力を必要とすることから、ITを適用した検査の効率化が求められていた。その中でも鉄筋工での配筋検査に多くの手間がかかっており、省力化が強く望まれていた。

これに対して三菱電機は、ステレオカメラとAIによる画像処理技術を活用して、カメラで撮影した画像から、鉄筋径、本数、間隔などを計測する配筋検査システムの開発を進めてきた。

本稿では、開発したAI配筋検査システムの概要と機能、実証試験の結果について述べる。

## 2. AI配筋検査システムの概要

鉄筋工で、所定の鉄筋が図面どおりの数量と間隔で組み立てられているかの確認、いわゆる配筋検査が行われる。鉄筋径を区別するマーキングを行い、鉄筋の間隔を示すスケールスタッフを設置して、実際の寸法とともに記録を残す検査作業に非常に多くの手間がかかっており、省力化が望まれている。ITによってこれを解決するため開発したのがAI配筋検査システムである。

AI配筋検査システムは、ステレオカメラとタブレットパソコンから構成されるAI配筋検査端末と、事前準備や帳票作成を行うためのクラウド環境で構成する。ユーザーがシステムを利用する流れを図1に示す。

ステレオカメラを搭載したAI配筋検査端末で、対象の鉄筋を撮影し、視差情報を用いて三次元復元処理をすることで、鉄筋を抽出し、検査対象面を特定する。特定した対

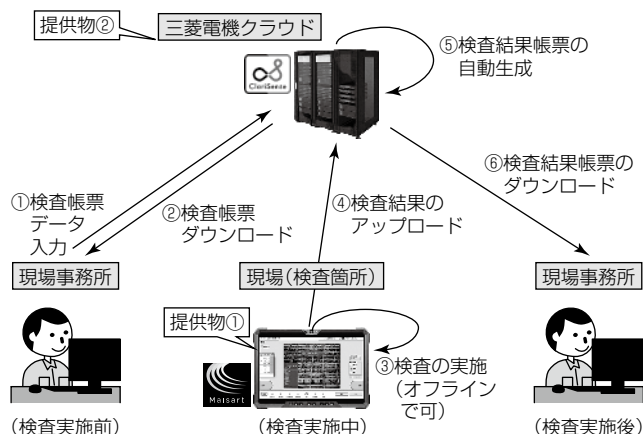


図1. AI配筋検査システム利用の流れ

象面にある鉄筋を計測対象として、鉄筋径、本数、間隔などを自動計測し、計測した結果をクラウド上へアップロード、又は施工管理ソフトウェアへ連携させることで検査帳票を自動生成する。これによって、検査前の事前準備作業で必要であった鉄筋のマーキングやスケールスタッフの設置などが不要になり、検査準備作業や出来形管理図作成作業についても省力化が可能になる。

## 3. AI配筋検査端末

AI配筋検査端末は、タブレット端末と小型で高感度・高精細な2台のカメラを一体化し、環境変化が生じてでもカメラ間の歪（ひず）みが発生しないよう設計した。外観寸法は幅320×高さ210×奥行き95(mm)、質量2.1kgと小型軽量化を実現し、利用者の運搬や計測作業の省力化を図った。

屋外の過酷な環境で使用されることを想定し、周囲温度-10～+40℃まで対応する設計にした。また、雨天時や塵埃（じんあい）の影響を受けない耐塵・防水設計や、1.2mからの落下にも対応する耐衝撃性能を重視した(図2)。操作面では、屋外の日差しが強い場所でも見やすいディスプレイを採用し、日射の影響を受けにくい高い視認性を保持し、手袋を着けたままでのタッチパネル操作にも対応した。

システム画面設計では、様々な日射条件でも視認性の高い画面デザインや、誤操作が起りにくいようなボタンの配置など、多くのユーザーに価値を提供できるようにしている(図3)。

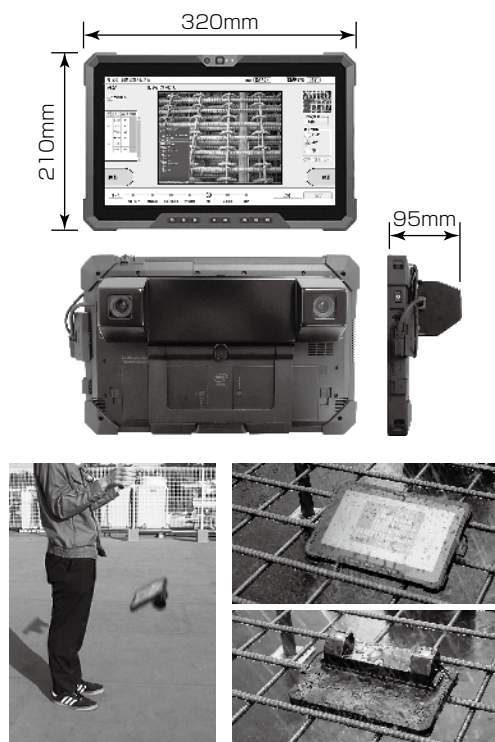


図2. AI配筋検査端末



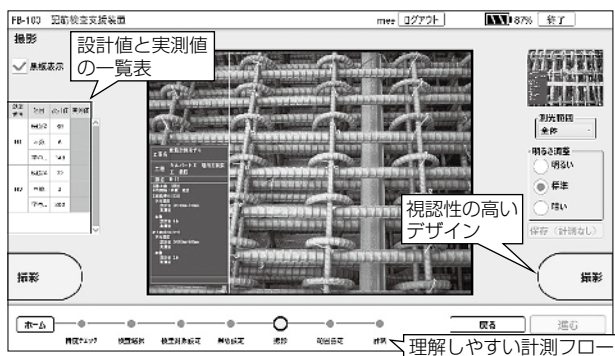


図3. ユーザーインターフェース

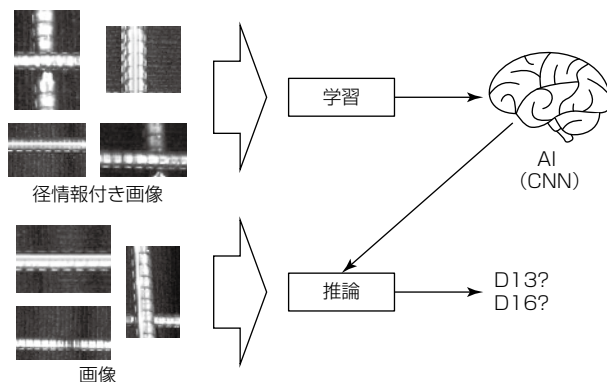


図5. AI配筋検査端末に搭載しているAI

#### 4. 画像処理と自動計測を実現するAI技術

このシステムは、タブレット端末と連動させたステレオカメラで検査対象を撮影するだけで、鉄筋の径、間隔、本数を自動で判別し、タブレット端末に自動計測の結果データを記録する。具体的な処理手順は次のとおりである。

- (1) ステレオカメラで検査対象を撮影
- (2) タブレット画面上で検査範囲を指定
- (3) 三次元点群をタブレット内部で自動生成(図4)
- (4) 生成された三次元点群から配筋された鉄筋だけを検出
- (5) 独自のAI技術“Maisart”<sup>(1)</sup>を用いて、自動計測された鉄筋径、間隔、本数を画面上に表示
- (6) 計測結果をデータとして自動記録

Maisartには、ResNet(Residual Network)<sup>(2)</sup>を改良したCNN(Convolutional Neural Network)を用いた。図5に、CNNを学習・推論するプロセスを示す。径の情報を付与した数千枚の配筋の画像を学習することで、配筋径を推定するCNNを作成する。運用時には、作成したAIを使って径を推論する。AI配筋検査端末で撮影したカラー画像を直接的に使ってCNNの学習をすると、背後にある物体の色や明るさ、コントラストの影響によって推定精度が芳しくない場合がある。グレースケール化や正規化などの前処理を入れて学習・推論することで精度を改善した。

AIとFFT(Fast Fourier Transform)の結果を統合して

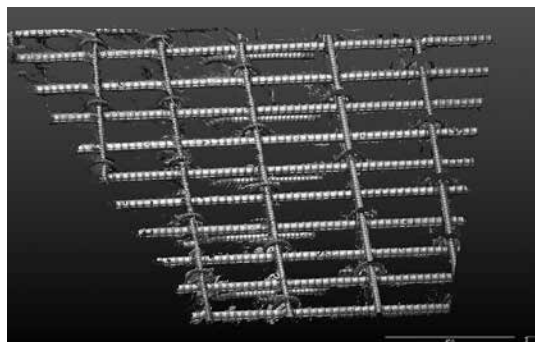


図4. AI配筋検査システムの三次元点群データ

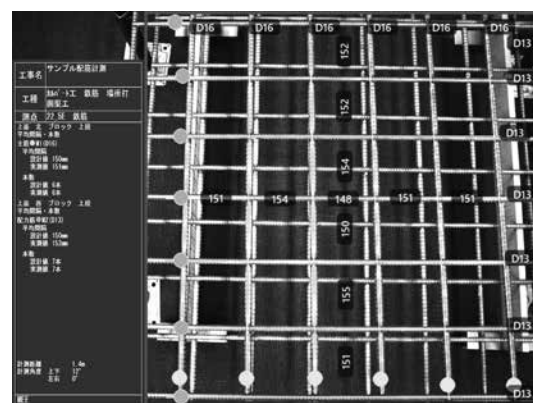


図6. 径の表示結果例

求めた径の表示結果例を図6に示す。画面上に縦配筋、画面右に横配筋の径が表示される。

#### 5. クラウドシステムの構成

クラウドシステムの構成を図7に示す。AWS(Amazon Web Services)をベースに三菱電機がグループクラウドとして提供する“Megcloud”上に構築した。

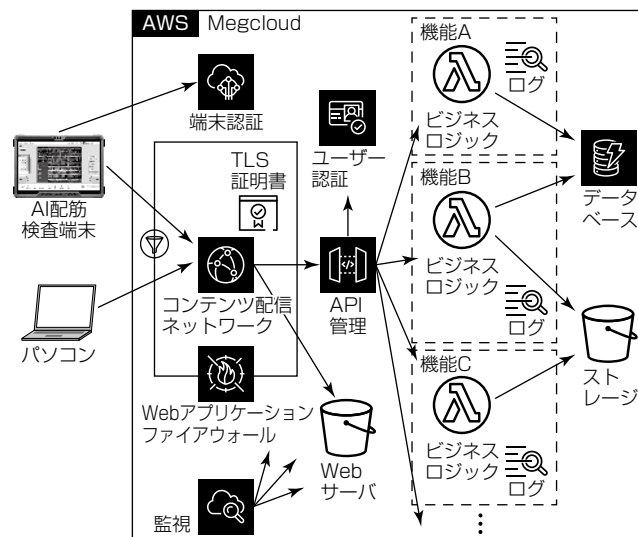


図7. クラウドシステムの構成

このシステムは、三菱電機統合IoT(Internet of Things)“ClariSense”の“IoTシステム統一設計ガイドライン”<sup>(3)</sup>に基づいたサーバレスアーキテクチャを採用している。これによって、①OS/ミドルウェアなどのサーバ運用・保守の省力化、②アイドル時のサーバ稼働コストの削減、③システムの高可用性をそれぞれ実現した。また、提供する各機能は、業界で広く利用されているREST(REpresentational State Transfer)形式のAPIとして構築することで、社内外的他システム(例：顧客管理システム、施工管理システムなど)との連携が容易に実現可能になっている。

エッジ側になるAI配筋検査端末との連携に関する特長として、利用者へ提供中の端末に対する機能追加・機能改善を現地へ赴くことなく迅速に対応できるよう、遠隔アップデート(Over The Air：OTA)の仕組みを整備している。また、利用者が選択した契約プランと連動した提供機能の制御(オプション機能の有効化/無効化)をクラウドシステム側で端末ごとに実施できるようにした。これら二つの連携機能によって、より柔軟なサービス提供を実現可能にしている。

## 6. システム実証結果

基礎検証から現場実験を通じて、システムの改善を繰り返した。それに加えて天候や障害物などの現場環境の違いや、橋梁(きょうりょう)やボックスカルバートなどの異なる工種で取得した鉄筋画像を深層学習することで、高い計測精度と、機能性の向上を図ることができた。

このシステムの導入前後の配筋検査の状況を図8に示す。マーキング・スケールスタッフの設置や黒板記載、写真撮影を要するため、立会い検査に3人以上必要であったが、このシステムによって、準備・計測・検査を1人で対応できることが確認できた。また、今までは計測値を手入力で検査帳票に転記する必要があったが、このシステムでは計測結果をデータとして記録し、検査報告書に自動的に反映

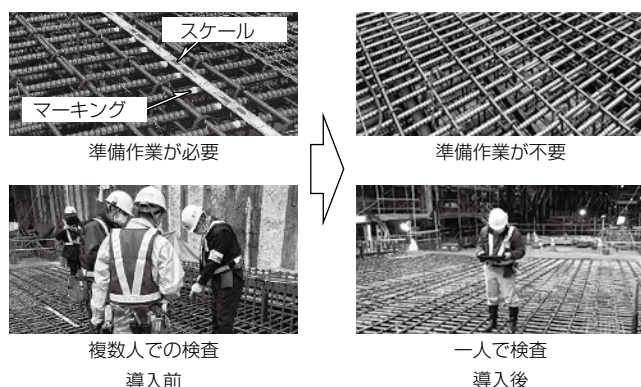


図8. AI配筋検査システム導入前後の配筋検査の状況

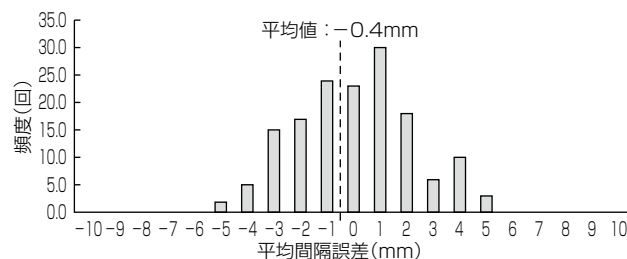


図9. 平均間隔誤差(mm)別の発生頻度

表1. システムの計測精度

計測項目	計測精度
鉄筋検出率	96.4%
鉄筋径判別率	94.2%
平均鉄筋間隔誤差	± 5 mm 範囲(間隔100~330mm)

するため、検査報告書作成時間も1/4に短縮できることが分かった。

このシステムは国土交通省が実施する“建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト(PRISM)”に採択され、“東京外環中央JCT北側ランプ(その2)工事”で、鉄筋間隔ごとにスケールによる実測値とAI配筋検査システムで計測した計測結果データの比較検証を行った。検証の結果、全ての計測結果で天候の変化による明るさの影響にかかわらず平均鉄筋間隔誤差が± 5 mm以内に収まっていることを確認した(図9)。また、鉄筋検出率96.4%、鉄筋径判別率は94.2%という結果も得られて、国土交通省が作成した“デジタルデータを活用した鉄筋出来形計測の試行要領(案)”記載の機能要件を満たすことも確認できた<sup>(4)</sup>(表1)。

## 7. む す び

今回、建設施工現場の生産性向上に貢献するAI配筋検査システムについて述べた。

今後、Transformer<sup>(5)</sup>など最新技術の適用や、今回経験したOTAを活用したサービスの運用方法などの知見を生かして、他の業界が抱える社会課題を解決し、多様な業界の生産性向上に活用するソリューションの検討を進めていく。

## 参 考 文 献

- (1) 三嶋英後：三菱電機でのAI技術の現状と今後の展望、三菱電機技報、94, No.6, 318~323 (2020)
- (2) He, K., et al. : Deep Residual Learning for Image Recognition, Proc. 2016 IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit., 770~778 (2016)
- (3) 御宿哲也, ほか：三菱電機の事業DXを支える統合IoT“ClariSense”, 三菱電機技報, 96, No.2, 114~117 (2022)
- (4) 森本直樹, ほか：AI技術を活用した自動配筋検査システムの開発と社会実装, 第75回土木学会全国大会年次学術講演会 (2020)
- (5) Liu, Z., et al. : Swin Transformer: Hierarchical Vision Transformer Using Shifted Windows, Proc. IEEE/CVF Int. Conf. Comput. Vis., 10012~10022 (2021)



# 事業DXを支えるローカル5G技術

Local 5G Technology Supporting Digital Transformation for Business

友江直仁\*  
Naohito Tomoe  
三宅裕士†  
Yuji Miyake  
山本寛人\*  
Hiroyo Yamamoto

大賀正夫‡  
Masao Oga  
青山哲也‡  
Tetsuya Aoyama  
松永 亮‡  
Ryo Matsunaga

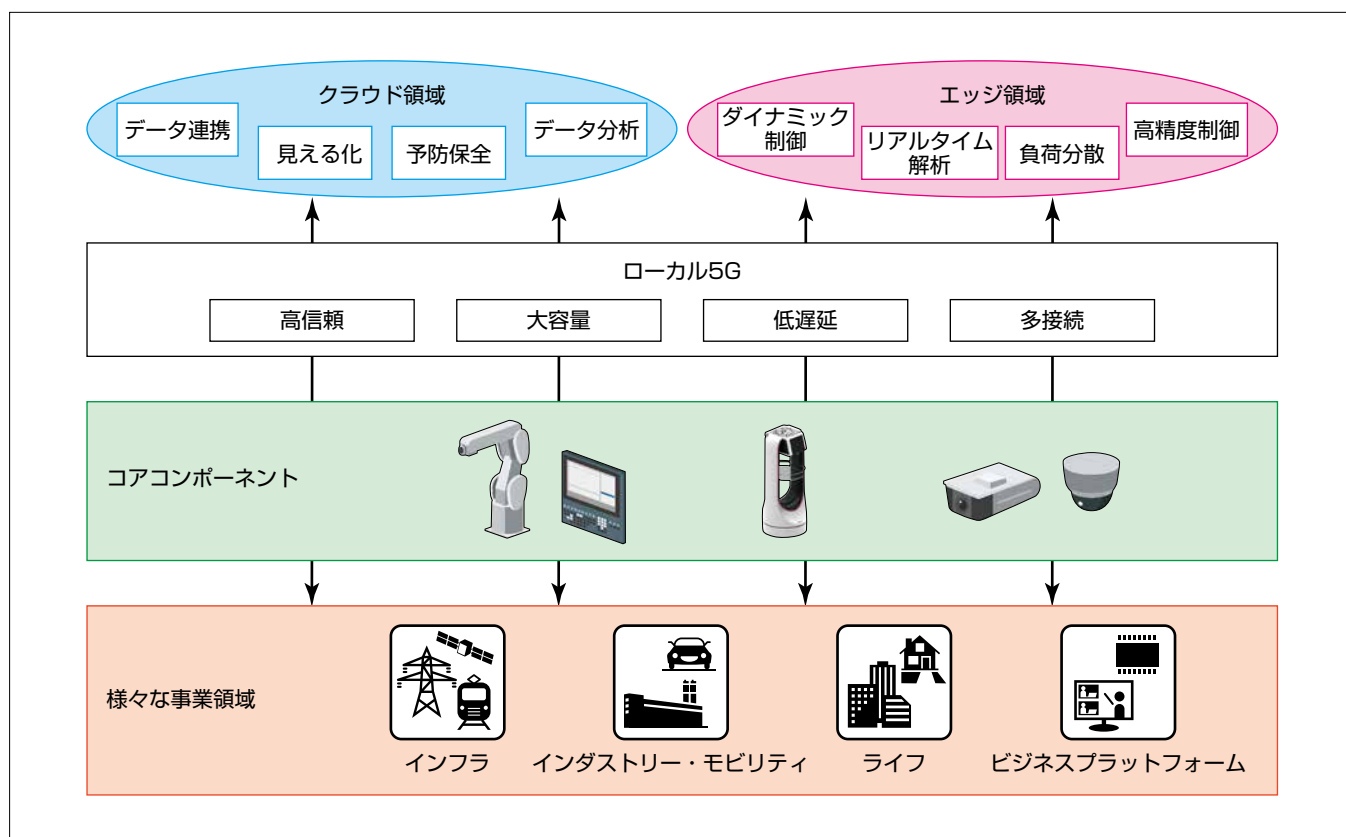
## 要 旨

2019年12月の電波法関連法令の制度改正で利用可能になったローカル5G(第5世代移動通信システム)は、企業や自治体などの様々な主体が、自らの建物や敷地内でスポット的かつ柔軟にネットワークを構築し、土地に紐(ひも)づいたライセンスド・バンドを用いて携帯電話で培われた高度な無線通信技術を活用できる自営無線システムである。

ローカル5Gは、無線LANなどのアンライセンスド・バンドを用いた無線システムと異なり、電波干渉の影響を受けることなく、安定した通信が期待できる。また、携帯電話事業者による公衆網サービスと異なり、複数ユーザー・

事業者間で通信容量をシェアすることなく、通信容量を占有できるというメリットを持つ。

三菱電機では、ローカル5Gを自社が展開する様々な事業領域で、コアコンポーネントとクラウド領域・エッジ領域との連携を支える通信プラットフォームとして研究・開発し、実証実験を推進している。ローカル5Gは、5Gの特長である高信頼・大容量・低遅延・多接続を生かして、当社のコアコンポーネントを活用するソリューション、サービスで新たな価値を創出し、事業DX(Digital Transformation)に貢献する。



## 事業DXを支えるローカル5G

ローカル5Gは、様々な事業領域での企業の事業DX推進に当たって、コアコンポーネントとクラウド領域・エッジ領域の間のデータ伝送に、高速大容量・低遅延などの特長をもって寄与し、高セキュアな自営通信プラットフォームとして活用できる。

1. ま え が き

企業での高精細な映像データや低遅延なロボット制御などの利用が増えて、高い信頼性や高いセキュリティが求められる中、ローカル5Gはこれらの需要を満たす高速大容量・低遅延などの特長を持つとともに、企業の事業DX推進に当たっての自営通信プラットフォームとして活用できる。

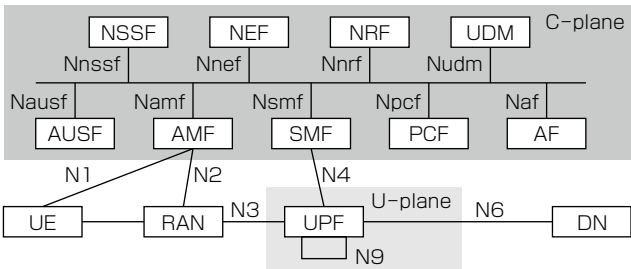
このような背景の中、当社はこれまで、2020年5月にローカル5Gシステムと自社製品のワンストップ提供など、新たなビジネスやサービスを創出するため、当社の名古屋製作所（愛知県名古屋市）でローカル5G基地局とFA製品との無線通信伝送性能の技術検証を行ったのを皮切りに、2021年6月には当社の情報技術総合研究所（神奈川県鎌倉市）で顧客やパートナー企業と共同研究や実証実験を行う5G OPEN INNOVATION Labを開設するなど、ローカル5Gの事業DXでの活用に向けて取り組んできた。

本稿では、当社ローカル5Gの構成と特長を述べるとともに、事業DXに向けた取組みとして、実証環境の構築及び多用途移動ロボットを活用した実証実験について述べる。

2. 当社ローカル5Gの構成と特長

2.1 5Gのアーキテクチャ

図1に、3GPP(3rd Generation Partnership Project)での5Gのアーキテクチャ<sup>(1)</sup>を示す。5Gシステムは、端末のUE、基地局のRANのほかコアネットワークで構成されている。5Gでのコアネットワークには、Service-based Architectureが採用されており、U(User)-plane機能とC(Control)-plane機能が分離されていることが特徴である。このような機能分離が行われていることによって、柔軟な機能配置が可能になり、それぞれ独立に特徴を持った開発を展開することが可能である。



AF : Application Function, AMF : Access and Mobility Management Function, AUSF : Authentication Server Function, DN : Data Network, NEF : Network Exposure Function, NRF : Network Repository Function, NSSF : Network Slice Selection Function, PCF : Policy Control Function, RAN : Radio Access Network, SMF : Session Management Function, UDM : Unified Data Management, UE : User Equipment, UPF : User Plane Function

図1. 3GPPでの5Gアーキテクチャ<sup>(1)</sup>

2.2 様々なサービスに対応する5Gコアネットワーク

表1に、ローカル5Gの活用が期待されている産業アプリケーションのE2E(End-to-End)の伝送遅延要求値<sup>(2)</sup>を示す。ユースケースによって、求められる伝送遅延要求値は大きく異なることが分かる。5Gシステムでは、このような異なるサービス要件に対応するため、5Gコアネットワークが重要な役割を果たしている。5Gコアネットワークでの伝送遅延についてはUPFの性能だけを考慮すればよい。そこで、この節では5Gコアネットワークでの低遅延化に関する取組みとして汎用アクセラレータカードを用いたUPFの試作・評価について述べる。

図2に5Gコアネットワークの構成例を示す。5Gでは基地局やコアネットワークのソフトウェア化が進んでおり、汎用サーバの活用が見込まれている。そのため、5Gコアネットワークのユーザーデータ転送に関わるUPFの実現方式としては、求められるサービス要件やアプリケーションや構築するシステム規模に応じて、適切なUPF構成方法を選択することが可能である。例えば、低遅延性が求められないベストエフォート型のアプリケーションでは、CPU上で動作するソフトウェアとして構成することも可能である。一方で、高い伝送遅延要求値が求められるアプリケーションに対しては、アクセラレータカードを採

表1. 産業利用での代表的なE2E伝送遅延要求値

ユースケース		伝送遅延要求値(ms)
遠隔操作用パネル	緊急停止	8
	安全データストリーム	10
	制御の視覚化	10～100
	モーションコントロール	1
	触覚フィードバック	2
TSN		1
AGV		2.5
産業向けセンサネットワーク		100
PA		10

TSN : Time Sensitive Network, AGV : Automatic Guided Vehicle, PA : Process Automation

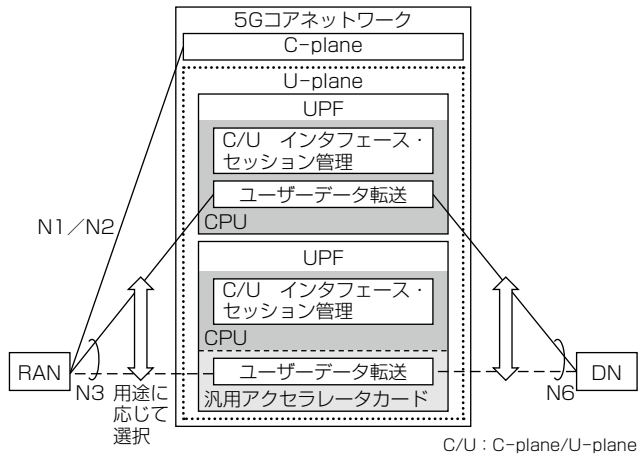


図2. 5Gコアネットワークの構成例

用することでユーザーデータ転送処理に関わる負荷を分散し、独立に制御させることによってユーザーデータ転送の安定化、低遅延化が実現可能である。

今回は、FPGA(Field Programmable Gate Array)を搭載した汎用アクセラレータカードを活用し、図2のようにUPFの中でも伝送遅延に直接影響を与えるユーザーデータ転送機能だけを汎用アクセラレータカード上に実装した。C-planeとのインタフェースやユーザーデータ転送に関わる管理機能についてはCPU上で動作するソフトウェアで実装した。試作したUPFの性能検証として、UPF全体をソフトウェアで実装したケースとUPFの内部転送遅延時間を比較する評価を行った。この評価では、下り方向に100Mbpsのトラフィックの packets 転送を行い、パケットがUPFを通過した前後の時刻を比較し、内部転送遅延時間を算出した。UPFをソフトウェアで実装した場合の内部転送遅延時間の最頻値、最大値はそれぞれ158 $\mu$ s、1,858 $\mu$ sであったところ、汎用アクセラレータカードを活用した場合は、33 $\mu$ s、57 $\mu$ sと内部転送遅延をそれぞれ79%、97%短縮した。このように、汎用アクセラレータカードの活用によって、UPFの内部転送遅延の短縮及び低減に効果があることを確認した。

### 2.3 ローカル5Gのエリア設計

ローカル5Gは、“自己の建物内”又は“自己の土地内”で利用可能なシステムである。特に、多くの人が作業を行う屋内利用では、様々な業務の効率化やサービスの提供にローカル5Gを活用できる可能性がある。適切なエリア設計を行うためには、屋内の電波伝搬を正確に把握する必要がある。しかし、屋内利用では、GPS(Global Positioning System)等の位置を特定するアプリケーションが使用できないことから、測定結果と測定位置を連携するための仕組みが必要であり、測定者の作業が必要になる場合が多い。そこで、短時間で屋内通信エリアを測定し、現地移動も効率化するツールを開発した。

図3に試作した電波伝搬測定ツールを示す。この測定ツールは、アンテナ、ローカル5Gの周波数帯成分を取り出すフィルタなどから構成する電波検出・解析部を持つ

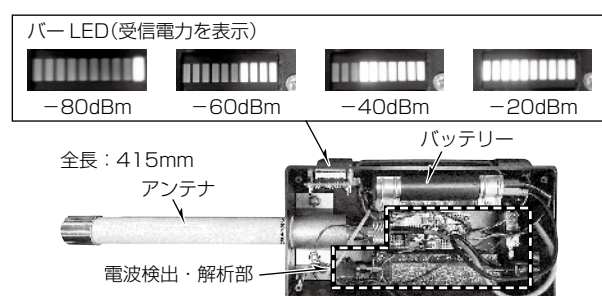


図3. 電波伝搬測定ツール



図4. 位置測定機能付きキャスターバッグ

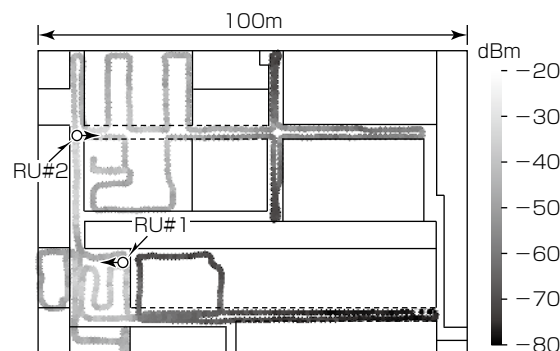


図5. ローカル5Gエリア測定結果の一例

ており、電波検出・解析部から出力される受信電力情報をUSBケーブルで接続するパソコンに記録することが可能である。また、測定ツール本体側面にバーLEDを取り付けて、受信電力をリアルタイムに可視化する。図4に電波伝搬測定ツールと併用する位置測定機能付きキャスターバッグを示す。市販のキャスターバッグの車輪に複数の磁石及び磁気センサを取り付けている。磁気センサによって、左右の車輪の回転数を検出することで移動距離及び方向を算出する。磁気センサの出力結果を、電波伝搬測定ツールの測定結果を記録するパソコンで併せて記録することで、位置測定結果と受信電力測定結果を関連付けることができる。キャスターバッグをベースに作ることで、収納した測定機器のハンドキャリーだけで現地への移動を効率化することが可能である。

図5に試作した電波伝搬測定ツールと位置測定機能付きキャスターバッグを組み合わせ測定した電波伝搬測定結果の一例を示す。総測定距離約1kmに対して、測定に要した時間は約15分間であり、短時間で電波伝搬特性を評価できることを確認した。

## 3. 運用事例

### 3.1 ローカル5G実証システムの構築

当社は2022年3月、三菱地所㈱に、大手町、丸の内の全8拠点のローカル5Gエリア化を実現するローカル5G実証システムを提供した(図6)。このローカル5Gシステム

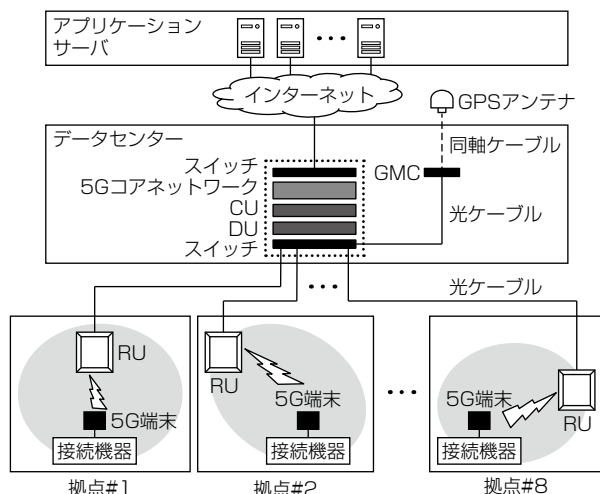


図6. ローカル5G実証システム構成

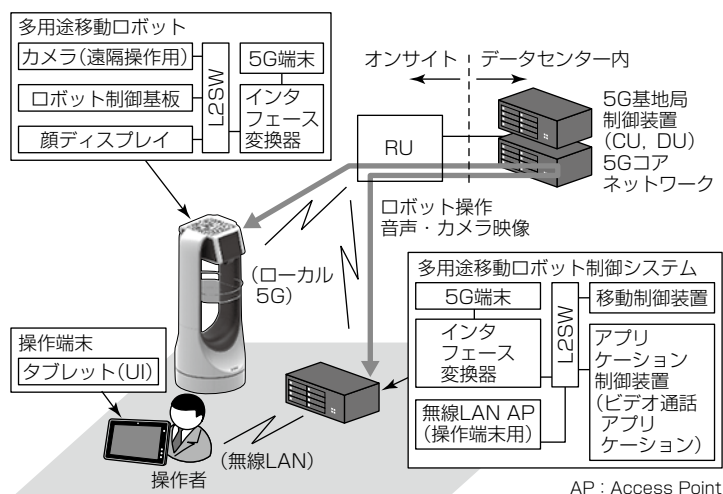


図7. ローカル5Gを用いた多用途移動ロボット実証システム

は、データセンターに、スイッチ、5Gコアネットワーク、CU(Centralized Unit)、DU(Distributed Unit)を設置する。各拠点のRU(Radio Unit)は、データセンターから光ケーブルで延伸して設置される。ここでRUの無線フレーム送信開始タイミングとGPS基準信号との許容時間差を1.5 $\mu$ s以下とするために、GPSアンテナを設置するとともに、IEEE1588として標準化されているPTP(Precision Time Protocol)をサポートしたGMC(Grand Master Clock)を設置することで、光ケーブル及びスイッチを介してRU、DUの時刻同期を可能にしている。また、このローカル5Gネットワークは、スイッチを介してインターネットと接続し、各拠点在圏する5G端末とその接続機器が収集するデータを、アプリケーションサーバなどのデジタル空間上へ転送することやアプリケーションサーバなどのデジタル空間から5G端末と接続した機器に転送することを可能にしている。

### 3.2 ローカル5Gを活用した実証実験事例

3.1節に述べたローカル5G実証システムは、三菱地所㈱で、eスポーツ大会、美術館の遠隔鑑賞実証など、様々な用途に活用されているが、ここでは、実証実験事例として当社が開発した多用途移動ロボットとの接続検証について述べる。実証実験は東京ビルTOKIA<sup>(注1)</sup>西側ギャラリーで実施した。実証実験に用いたシステム構成を図7に示す。使用した多用途移動ロボットは、当社が開発したテレプレゼンス機能を持つロボット<sup>(3)</sup>であり、この実証実験では、多用途移動ロボットの内部に5G端末を搭載し、ギャラリー内に設置したRUと無線通信を行う。多用途移動ロボットには、ロボットの駆動を制御するロボット制御基板のほか、遠隔操作及び操作者とのビデオ通話を行うための、カメラ及びUI(User Interface)となるロボット顔領域タブレットを搭載している。各搭載装置は、5G端末と通信機能を

終端するインタフェース変換器で接続し、ローカル5Gシステムと通信を行う。一方、多用途移動ロボットの制御システムは、多用途移動ロボットと通信を行う移動制御装置及びビデオ通話用のアプリケーション制御装置で構成する。この実証実験では、移動制御装置、アプリケーション制御装置を含む多用途移動ロボット制御システムも、多用途移動ロボットと同様に5G端末とインタフェース変換器を用いて、ローカル5Gシステムと通信した。

実証実験では、操作者は、操作端末であるタブレットを用いて、多用途移動ロボット制御システムに接続した無線LAN APと通信を行い、多用途移動ロボットの操作を行った。ロボット操作に必要な移動制御及びロボット操作用の映像、ビデオ通話のトラヒックをローカル5Gシステムで同時に收容し、安定的かつ低遅延な通信によって、操作者は円滑にロボットを操作できることを確認した。

(注1) 東京ビルTOKIAは、三菱地所㈱の登録商標である。

## 4. む す び

当社のローカル5Gの特長及び実証環境構築・実証実験事例について述べた。

当社が展開する様々な事業領域で、コアコンポーネントとクラウド領域・エッジ領域の連携を支える通信プラットフォームとしてこのローカル5Gシステムを更に発展させ、事業DXのイノベーション創出に貢献していく。

### 参 考 文 献

- (1) 3GPP : Technical Specification Group Services and System Aspects ; System architecture for the 5G System (5GS), TS 23.501 V16.10.0 (2021)
- (2) 3GPP : Technical Specification Group Services and System Aspects ; Service requirements for the 5G system, TS 22.261 V16.15.0 (2021)
- (3) 赤穂賢吾, はか : 省人化・非対面ソリューションを実現する多用途移動ロボットシステム, 三菱電機技報, 96, No.9, 328~331 (2022)



# M-X推進上の業務改革の柱とその解決策・投資効果

小川真克\*  
Masayoshi Ogawa  
高柳岳宗\*  
Takenori Takayanagi

Goals of Business Process Reengineering through M-X,  
Solutions to Achieve and Return On Investment

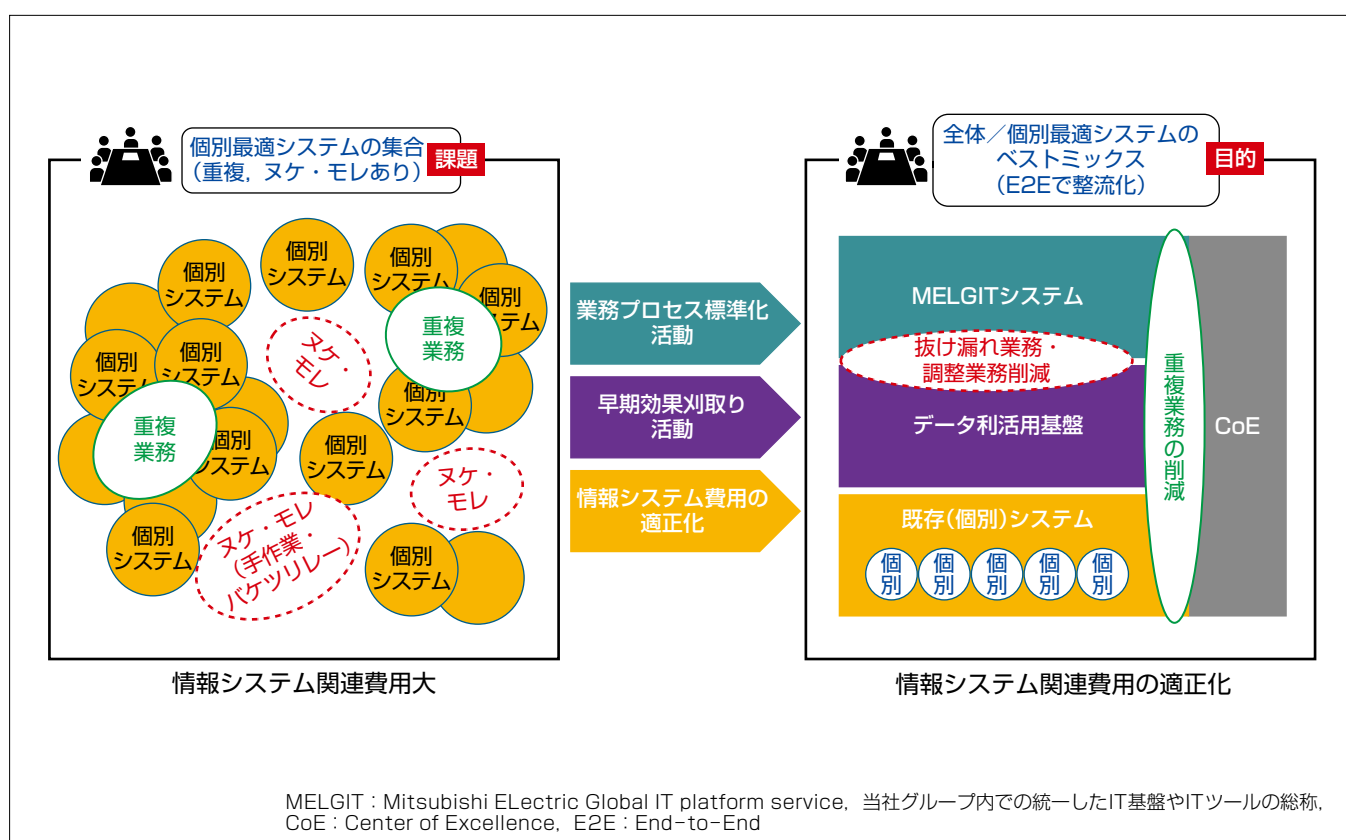
## 要 旨

三菱電機グループは、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。このうち、業務DXについては、“M-X(エムクロス)”の愛称でプロジェクトを進めている。

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、その結果、当社グループ横通しでの情報の共有・把握が難しく、迅速な意思決定に対する障害、情報収集や組織間の情報バケツリレーによる従業員の業務負担増加等が顕在化している。また、当社グループの情報システムでも、個別化・分断化に起因する技術課題や要員・予算不足等によってタイムリー性を欠いて

おり、費用の増加や将来的な老朽化リスクを内包している。それに加えて、当社の昨今の品質不適切事案に対する客観性・実効性を備えた再発防止策の速やかな導入が不可欠になっている。

当社が社会からの信頼を回復し、持続的な成長を実現するため、グローバル連結視点を重視した経営管理メッシュの統一やデーター一元化、組織間で類似・重複している業務と点在する情報システムの集約化、当社の多様な事業を推進するための部門を越えたデータ活用、そして人的介在の最小化・恣意的なデータ変更を不可能にする内部統制の体制・システム構築を進めていく。



## M-Xの目的

当社グループでは、各事業がそれぞれの事業特性に応じた個別最適化を進めて競争優位性を確立してきた結果、グループ全体で多くの業務プロセス、管理データ、情報システムが点在する。全体最適の実現には、従来施策の利点は保ちつつ共通業務システム及びデータ利活用基盤の整備、グループ共通サービス(CoE)の確立によるE2Eでの業務プロセス・データの整流化や業務の削減に加えて、それらに連動した情報システム統合による情報システム関連費用の適正化等、全体と個別最適のベストミックスで当社グループ全体での“業務の変革”を推進する。

## 1. ま え が き

当社を取り巻く事業環境は大きく変化している。当社のビジネスは経済のグローバル化を前提としており、国際紛争や世界的な感染症拡大等で更に不確実性が高まっている。例えば、当社製品に必要な部材調達については、サプライヤーとの中長期での関係構築・ネットワーク化、生産・販売計画と調達状況の乖離(かいり)のタイムリーな把握とコンプライアンスを順守した迅速な対応、適正在庫の継続による収益の最大化等、より高度なグローバルオペレーションが必要になっている。また、従来の当社の強みであるハードウェアのモノ作りからソフトウェアやサービスソリューション等へ、新たな顧客ニーズに対応する組織的な能力強化と必要なオペレーションモデルの整備を急ぐ必要がある。

さらに、昨今の品質不適切事案について、社会からの信頼回復に向けて必要な情報を適時に開示できる情報整備と実効性の高い内部統制を実現するオペレーション導入が当社独自の喫緊の課題になっている。

本稿では、M-Xを通じた業務改革で目指す姿と、それを実現した際の効果を述べる。

## 2. M-Xを通じた業務改革で目指す姿

当社では、これまでモノ作りを経営の中心に捉えて、個別事業・拠点視点での体制整備や経営管理を行い、そのための業務プロセスや管理データ、情報システムを導入・展開してきた。その結果、ハードウェア中心の事業で、各拠点、事業に応じた最適化を図り、顧客ニーズに合わせた製品開発・営業を通じて、当社の強みを確立してきた。しかし、社内外共にビジネスのグローバル化が進んで、さらに今後、ソフトウェアやサービスソリューション等新たな顧客ニーズを開拓し、ビジネス化・競争優位性を発揮していく必要がある。そのためには、事業の競争優位に直接的につながらないオペレーションは多くのグローバル企業が採用している標準的な業務プロセスに徹底的に合わせて、次に述べる“全体最適に基づくシンプル経営”の姿に向けた変革を推進し、経営の高度化と飛躍的な生産性の向上を実現する。

### (1) 事業単位でのグローバル連結経営の強化

従来の個別事業・拠点視点ではなく、グローバル連結視点での意思決定を可能にするため、グローバルの事業軸での経営管理メッシュに統一し、業務プロセス・データ構造や組織間での重複業務を見直す。また、ERP(Enterprise Resource Planning)の特徴である、業務プロセスの上流から下流までのデータの整流化、事業単位での情報の詳細

化を実現・活用することによって、データドリブン経営を実現する。それに併せて、従来のマニュアル作業による情報収集や組織間の情報バケツリレー等を大幅に削減し、従業員の業務負荷軽減につなげる。

### (2) グローバルでの迅速な事業領域拡大を可能にする標準プロセスの構築

新事業の早期立ち上げ、M&A(Mergers and Acquisitions)時のPMI(Post Merger Integration)等の迅速化、オープンイノベーション拡大等に備えた当社独自の業務プロセス・システムから標準化への変革を行い、グローバル視点による標準プロセスを展開する。

### (3) 調達機能の集約化・強化

サプライヤーとの関係性強化・スケールメリットを活用した集中購買の拡大による調達コストの低減や部品欠品時の迅速なリカバリーを可能にするため、事業・製作拠点ごとに異なる購買システムの全社共通化と全社コードの統一化を推進する。

### (4) 組織間に点在する類似・重複業務の集約とシェアード化

事業部門が事業拡大・顧客満足向上に資するコア業務集中に向けて、事業の競争優位に直接的につながらない部門ごとに点在する請求書受領・発行業務、部門を跨(またが)る同一取引先への請求業務、コード採番・管理業務等の類似・重複業務を事業部門から集約・シェアード化し、全体最適視点の業務の効率化・高度化を推進する。

### (5) 事業の多様性“コングロマリット”の活用・全社シナジーの創出

当社の事業の多様性を生かした事業間でのアカウント営業活動や製品・ソリューション企画力強化の実現に向けて、事業の枠を越えた人材・技術・特許・顧客等、部門・拠点ごとに点在する情報・データの一元化・活用を推進する。

### (6) 社会から求められる情報の適時開示

事業・製作拠点等に点在するサステナビリティ情報や人権、品質等での全社横通しで管理するデータを特定し、データ一元化を推進することによって社会から求められる情報の迅速な収集・開示を可能にする。

### (7) 人的介在業務、拠点個別ルールを最小化する内部統制の導入

人的マニュアル牽制(けんせい)やルール多重化による内部統制からの脱却に向けて、情報のデジタル化を推進し、AIによる全件モニタリング・リスクアラート機能、恣意的に変更できない電子承認プロセスを実現する情報システムを構築する。

### (8) 情報システム管理の集約化(情報システムの乱立抑制)

全社・各部門での業務DXに必要なDX人材の育成加速、情報システム費用の適正化(事業本部・製作所独自システム統廃合、それに伴う情報システム費用の削減等)、最新

技術に追従するための迅速なシステムバージョンアップの実行に向けて、全社レベルで統制可能な情報システムのリソース・体制へ見直す。

### 3. 業務改革の効果

重厚な独自経営から全体最適に基づくシンプル経営への変革を通じて、経営の高度化に伴う定性効果を明確化し、飛躍的な生産性向上に伴う定量効果を他社でのベンチマーク等を利用して試算した。

#### 3.1 経営の高度化による定性効果

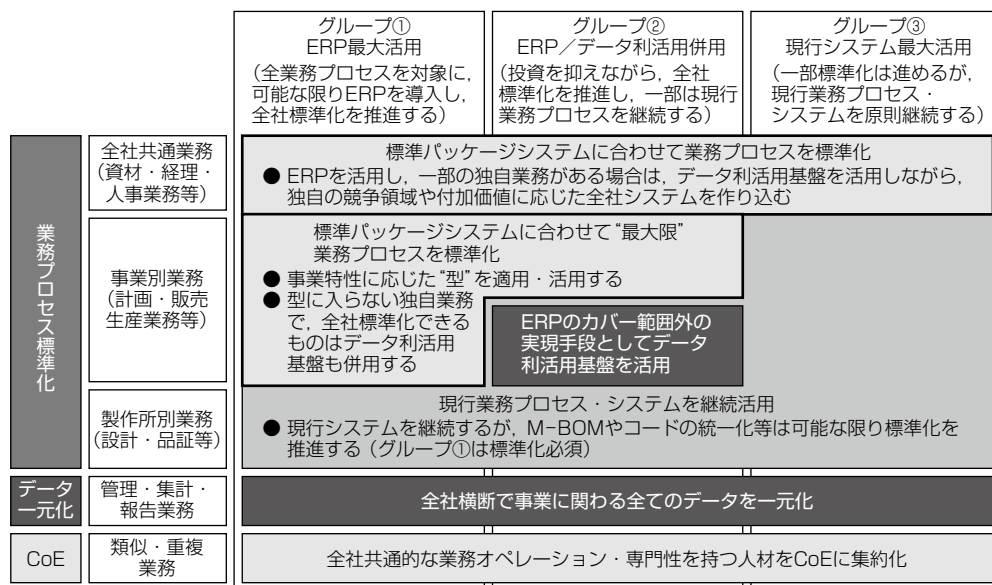
持続的成長に必要な不可欠な“事業ポートフォリオ戦略の強化”“品質・コンプライアンスの向上(社会的信頼の回復)”“人材の有効活用”に向けて、M-Xを通じて業務プロセスの標準化及びシステム・データの統合・一元化を推進し、定性効果を創出する(表1)。

#### 3.2 飛躍的な生産性向上による定量効果

業務プロセスの見直しと類似・重複業務の集約化による

表1. 経営の高度化による主な定性効果

効果項目	定性効果
事業ポートフォリオ戦略の強化	・グローバル連結視点での迅速な意思決定の実現 ・コングロマリットを生かしたアカウント営業活動や製品・ソリューション企画力の強化 ・新事業の早期立ち上げ、M&A時のPMI等の迅速化、オープンイノベーション拡大への備え
品質・コンプライアンスの向上 (社会的信頼の回復)	・社会から求められる情報(サステナビリティ情報や人権、品質等)の迅速な収集・開示 ・人的マニュアル牽制やルール多重化による内部統制からの脱却
人材の有効活用	・事業部門の事業拡大・顧客満足向上に資するコア業務への集中 ・全社・各部門での業務DXに必要なDX人材の育成加速 ・当社でしか通用しない独自業務の廃止(社外でも通用するスキル習得へのシフト)による実務担当者のモチベーションアップ・リテンション強化、及び外部人材獲得の促進・パフォーマンス発揮までの期間短縮



M-BOM: Manufacturing-Bill Of Material

図1. M-Xの展開オプション

効率化や集中購買の拡大、情報システムの集約・統廃合等によって創出される定量効果を算出し、2030年度までの累積投資効果として350億円超を見込んでいる。

### 4. 業務改革実現に向けたM-Xの活動指針

業務改革の実現に向けて、M-Xとしての活動を通して当社がこれまで培った業務プロセスや管理データ、情報システムを大胆に見直す必要がある。それらを進める上で、業務プロセス標準化、データー一元化、CoEを取組みの軸として、各実行責任部門とともに3章で述べた“M-Xの業務改革の柱”をベースに全体最適化を推進する。

#### 4.1 業務プロセス標準化に向けた展開

M-Xとしての業務改革・業務プロセス標準化の実現に向けて、当社国内外関係会社を含む全社を三つのグループに峻別(しゅんべつ)して展開する(図1)。調達・経理・人事等の全社共通業務領域はグローバルで標準に使われているERPパッケージシステムに合わせて業務プロセスの標準化を行い、全社に展開・活用することを基本とする。

計画・販売・生産等の事業別差別化業務領域や設計・品質保証等の製作所別業務領域は、事業特性を踏まえた業務改革への期待効果やERP導入負荷・影響度等を考慮の上、ERP活用やデータ利活用基盤、現行システムの併用・活用等、次の三つのグループに照らし合わせて展開案を作成する。

グループ①：全社共通業務領域、事業別業務領域はERPを最大活用し、一部の独自・差別化業務対応はデータ利活用基盤を併用する。

グループ②：全社共通業務領域はERPを活用し、それ以外の事業別業務領域や製作所業務領域、独自・差別化業務対応は現行システムからデータ利活用基盤に集約しながら併用する。



グループ③：全社共通業務領域以外は現行の業務プロセス・システムを維持・継続活用する。

また、管理・集計・報告業務はデータ利活用基盤を活用し、全社横断で事業に関わる全てのデータを一元化・活用することで業務効率化を図る。それに併せて、社内に点在する類似・重複業務は全社共通的な業務オペレーション・専門性を持つ組織へCoEとして集約・シェアード化し、全体最適化を実現する。

#### 4.2 データー一元化指針(データ利活用基盤の活用指針)

データー一元化はデータ利活用基盤を構築し、情報を組織の壁なく一元化・可視化を推進することで、“プロアクティブかつ迅速な経営判断”と“情報を活用した戦略検討や実践中心の業務へのシフト”を狙う。次の三つのデータ利活用基盤を活用し、社内システムと連携した分散データの収集・活用を促進することで“全社業務効率化”“データガバナンスの強化”を実現する。

- (1) 現行データを利活用した効率化・自動化：各拠点等に点在する情報の全社一元化、データの横串による全社での戦略的活用や情報のパケツリレー削減等による業務効率化を実現する。
- (2) 独自・差別化業務対応：業務プロセス標準化でのERPのカバー範囲外である“型”に入らない業務プロセスを全社標準化とする実現手段としてデータ利活用基盤を活用する。
- (3) マスタデータ管理(ガバナンス・コード管理)：データ利活用基盤でのコード統一ルール決定、コード変換システム等を使った名寄せやコード統一、コード管理パッケージを活用した継続的なコードの品質維持・運用等のマスタデータ管理システムの構築・運用設計を行う。

#### 4.3 CoEの基本構想・導入方針

CoEは組織に散らばる人材・ノウハウ等のリソースを一つの横断組織に集約し、業務の集約による質の向上、ナレッジの蓄積／共有を図る。これによって、目的・目標を達成するために効率化・スピードアップを実現する企業競争力の源泉となる組織・役割を目指し、各部門への専門的サービス提供、制度・プロセス・システム等のプラットフォーム構築・ナレッジ集約を行い、全社の業務DXを支援する全社サービスを展開する。

CoEの機能については、類似・重複業務の集約による効率化やAIやRPA(Robotic Process Automation)を活用した集約業務の高度化、ガバナンス強化を目的とする業務オペレーションのシェアードと、専門性を持つメンバーを集約、事業競争力の底上げを支援する専門機能やリソースをシェアする二つのシェアード要素で構成する。それらに付

随する次の主要機能・サービスを通して全体最適視点での業務の集約・効率化・高度化による事業部門の業務負荷軽減を図って、業務プロセス標準化(システム・データ含む)・ガバナンス強化等を推進する。

- (1) 業務集約・標準・効率化：複数部門に点在する類似・重複業務を巻き取って、事業部門のコア業務集中と全体最適視点の業務効率化を実現する。
- (2) 情報システム統合管理・サポート：情報システムや保守運用・マスタ／コード管理業務を共通化・統合化し、運用効率化とシステムガバナンスを強化、サポート窓口を一元化し、ユーザビリティを向上する。
- (3) 業務高度化サービス：業務の集約・標準・効率化を経て蓄積したナレッジを基に専門部隊化し、ITソリューションやツールの活用、AI・データ分析を駆使し、各部門の高付加価値創出を支援する。
- (4) サービス企画・人材育成：CoE構想、シェアードサービスの企画、集約化の推進に加えて、創出されたリソースの育成・強化、リソースシフトの企画等を行う。

また、全社の取組みとしてCoE化を進めていくために、全社戦略の内容や個々の部門・従業員にとっての効果・メリットについて十分な理解を得ながら対応することが必須になる。全社共通のメッセージを発信するなど、全社で連携したコミュニケーションを図りながら取組みを推進していく。

## 5. む す び

従来、競争優位性を高めるためには当社独自の業務プロセスを確立し、他社とは異なる戦略を実行していくことの意義も大きかった。しかし、当社の国内外グループ会社との連携強化や新たな社外パートナー等との既存事業を越えた連携等を推進していくためには、業務プロセスや情報システムを当社自ら“作る”から、標準的な方法を導入し、道具として“使い切る”という考え方を当社グループ全体に浸透・展開していくことが重要になる。また、M-Xは当社が社会からの信頼を回復し、持続的な成長を実現するために必須の取組みである。変革には大きな投資や労力も必要になるため、事業環境が目覚ましく変化し、当社が社会から厳しい目を向けられているこのタイミングを好機と捉えて業務改革を遂行することが肝要である。業務改革の実行に当たっては、本稿で述べている目指す姿や目標に当社グループ全体でこだわりながら現場の声に耳を傾けて、既存の業務プロセスや情報システムから“安心・安全”に移行させることが、業務改革の成功の最重要の鍵になる。引き続き当社グループ一丸になって、改革を推進していく。



# 三菱電機の業務DXを支える 広域ネットワーク

佐藤 仁\*  
Hiroshi Sato  
岡村宗一郎\*  
Soichiro Okamura  
近藤拓朗\*  
Takuro Kondo

Wide-area Networks Supporting Digital Transformation for Operation  
in Mitsubishi Electric Group

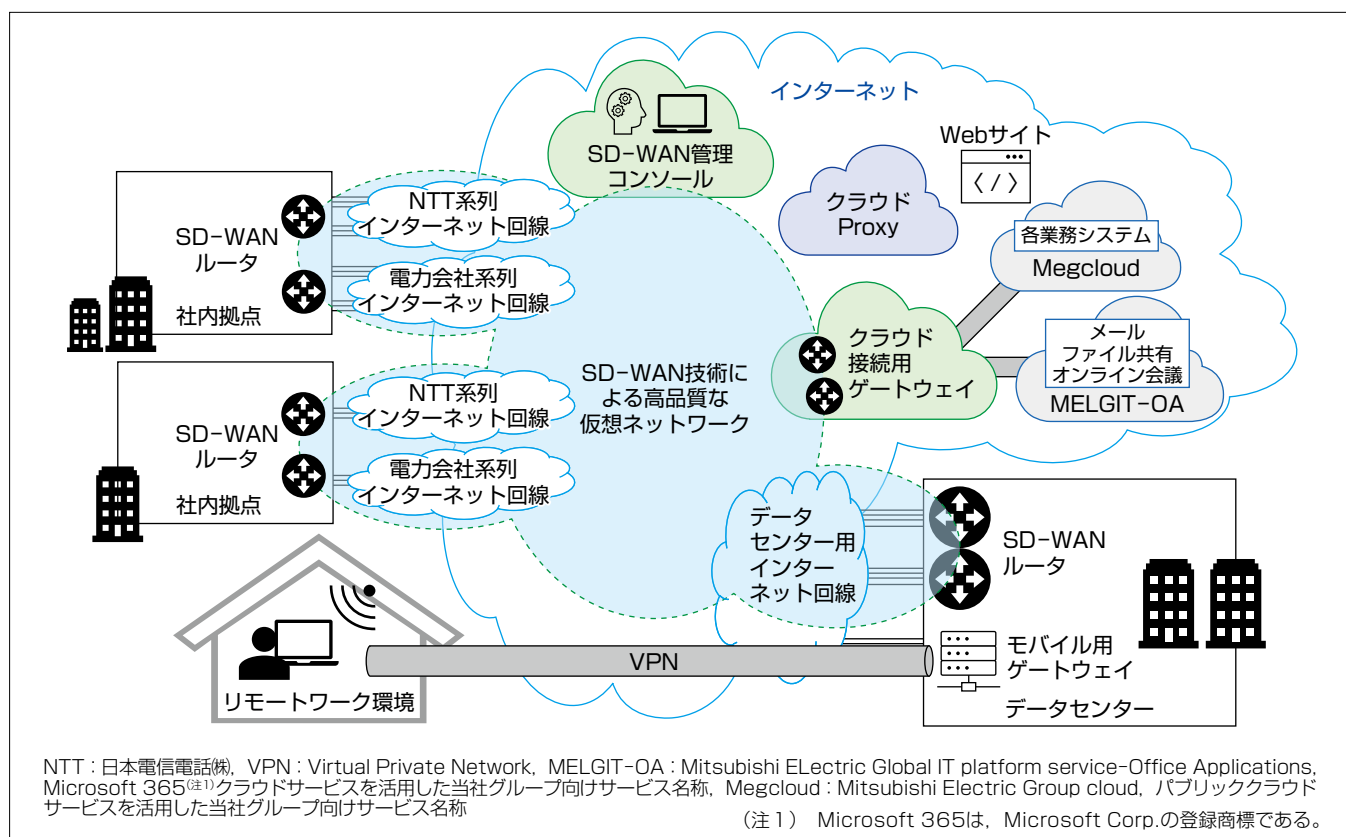
## 要 旨

三菱電機グループでは、事業及び業務の両輪で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<sup>(1)</sup>。このうち、業務側のDX(以下“業務DX”という。)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として、業務プロセス刷新、情報システム統合、データ基盤整備の三つを中心に活動を進めている。そして、これらの実現のために、事業横断で業務を共通化する“共通業務システム”と再利用可能な形で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”の構築に取り組んでいる。

従来、当社の広域ネットワークは社内拠点間やデータ

センターを接続する帯域保証型の専用回線を中心として、大・中規模の拠点にはインターネットWeb通信用のベストエフォート型回線を敷設してきた。また、インターネットとはデータセンター経由で接続してきた。当社の業務DXを進める上で、各拠点やデータセンター、インターネット上のクラウド環境を結ぶ広域ネットワークの信頼性や性能が重要になってくる。

そこで、SD-WAN(Software Defined-Wide Area Network)技術やクラウドProxyのサービスを活用することで、信頼性と性能を向上させ、業務DXの推進に柔軟に対応できる広域ネットワークに刷新した。



## 当社広域ネットワークの構成

各拠点の規模に応じて帯域の保証がない汎用インターネット回線を複数敷設し、SD-WAN技術を持つ製品を用いて一元的に管理する構成にした。また、インターネット接続にはクラウドProxyのサービスを活用し、当社での設備増強なしで将来の通信量増加に対応できる構成にした。

## 1. ま え が き

当社グループでは、事業と業務の両輪でDXを推進している。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として、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いる。そして、これらの実現のために、事業横断で業務を共通化する“共通業務システム”と再利用可能な形で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”の構築に取り組んでいる。

本稿では、これらの業務DXの取組みを下支えする当社の広域ネットワークの刷新について、採用した新技術やサービスの特長とそれらの当社への適用について述べる。

## 2. 背景と課題

当社の広域ネットワークは、社内拠点間やデータセンターを接続する帯域保証型の専用回線を中心としつつ、大・中規模拠点にはインターネットWeb通信のベストエフォート型回線を敷設してきた。さらに、MELGIT-OA用として一部の大規模拠点にインターネット回線を追加敷設し、インターネットにオフロードするローカルブレイクアウトで性能強化に対応してきた。また、インターネットとはデータセンター経由で接続してきた(図1)。

しかし、通信内容に応じて回線を使い分けているため、回線輻輳(ふくそう)時や障害時の迂回(うかい)経路がなく、信頼性に課題があった。また、機能追加や通信量増加に対応するために通信機器類を自社で増強、維持管理しており、運用・保守の効率化と費用抑制にも課題があった。

そのような中、2020年には新型コロナウイルス感染症(COVID-19)拡大による在宅勤務者の急増やオンライン会議の急展開、端末へのセキュリティツール導入に起因した通信量の急増によって、従来のような性能強化では限界に近づいていた。それに加えて、当社の業務DXを進める上で、各拠点やデータセンター、インターネット上のクラウド環境を結ぶ広域ネットワークの信頼性や性能の向上に対する必要性がますます高まってきている。

## 3. 課題に対する施策

2章の課題を解決するため、SD-WAN技術を持つ製品やクラウドProxyのサービスを有効活用し、当社広域ネットワークを刷新した。

SD-WANの適用とクラウドProxyへの移行のそれぞれについて、特長と当社への適用について述べる。

### 3.1 SD-WANの適用

#### 3.1.1 SD-WANの特長

SD-WANは、従来の物理的なネットワーク上に、ソフトウェアによって仮想的なネットワークを構築する技術である<sup>(2)</sup>。SD-WAN製品は多くのメーカーから提供されているが、メーカーごとに独自の特徴や機能があるため、ここでは当社が採用した製品を基にSD-WANの特長を述べる(図2)。

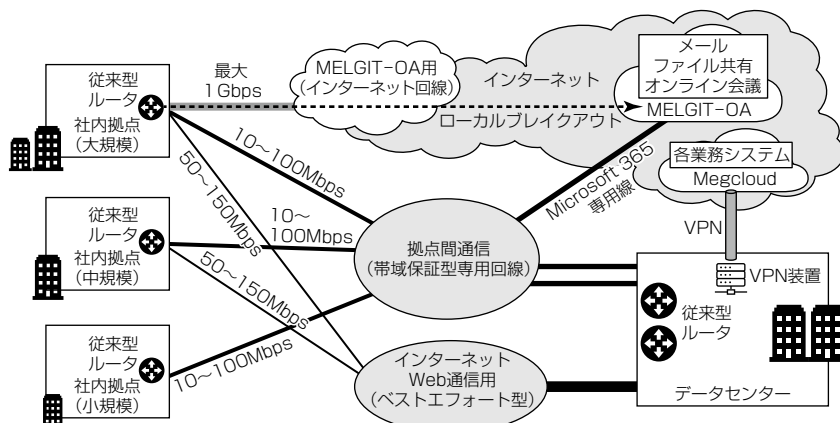


図1. 当社広域ネットワーク(刷新前)

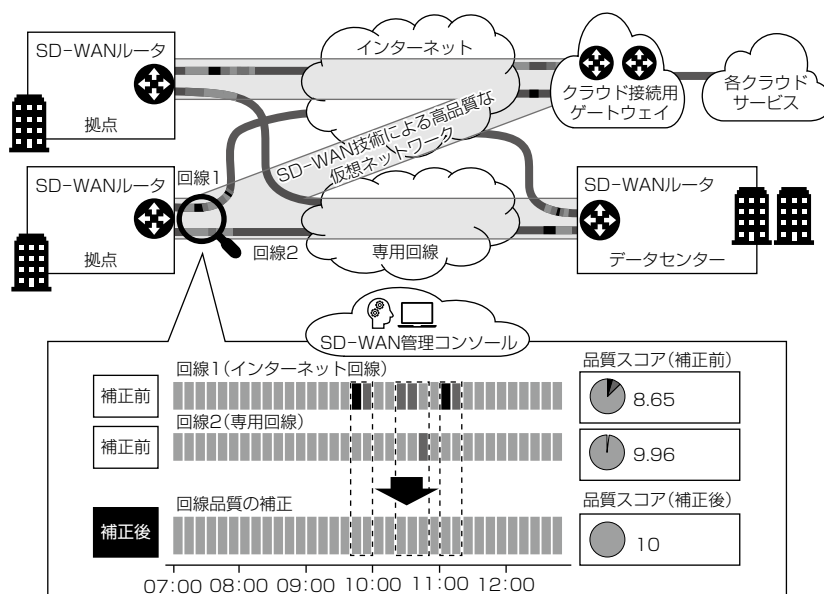


図2. SD-WANの特長

## (1) 管理コンソールによる一元管理

従来は、各ルータを個々に管理していたが、全てのSD-WANルータをクラウド上管理コンソールで一元的に管理できる。

## (2) 通信内容の可視化

通信内容から識別したアプリケーションや回線ごとの利用状況を管理コンソールで可視化でき、この情報を基に運用管理者は通信種別ごとに経路設定、QoS(Quality of Service)設定、優先度設定ができる。

## (3) 通信制御と回線品質の補正

接続した各回線の遅延・ジッター・パケットロス率を常時監視し、管理コンソールで設定した通信種別ごとの品質を満たすようにパケット単位で通信を振り分ける。通信品質の低下を検知すると、他の回線にパケットを複製・迂回する動作を行う。これによって、複数の回線を仮想的な1本の高品質かつ大容量な回線として扱うことができる。

## (4) 複数回線の使い分け

広域ネットワークの構築には、高価な帯域保証型専用回線だけではなく、経済性を考慮し、ベストエフォート型の汎用インターネット回線を併用する事例が散見される。従来は、運用管理者がIP(Internet Protocol)アドレスベースで静的な経路設定を行い、各回線の利用率のバランスを保っていたが、アプリケーションを自動識別し、SD-WANルータが動的に最適な経路を選択できる。

## (5) クラウド接続用ゲートウェイ

各クラウドサービスへの高品質な接続のために、クラウド接続用ゲートウェイが提供されている。SD-WANルータとこのゲートウェイを接続することで、各クラウドサービスの直前まで先に述べたSD-WAN機能を延長できる。

クラウド向け通信は、拠点に専用回線とは別にインターネット回線を敷設し、データセンターを経由させず、インターネットにオフロードするローカルブレイクアウトという手法が一般的である。SD-WANルータとクラウド接続用ゲートウェイを活用することで、ローカルブレイクアウトを実現するとともに、高速かつ高品質に各クラウドサービスと通信できる。

## 3.1.2 当社への適用

回線輻輳時や障害時の迂回経路確保による信頼性の向上、回線増速時の柔軟な対応、将来の費用抑制のために、SD-WANを適用し、当社広域ネットワークを刷新した(図3)。

## (1) ルータの可用性向上

SD-WANルータの障害を想定し、全拠点にSD-WANルータをActive-Standbyの2台構成で構築し、障害時には別系に自動的に切り替えることで冗長性を確保した。

## (2) インターネット回線の積極活用

3.1.1項のとおり、SD-WANの適用時には、専用回線とベストエフォート型の汎用インターネット回線を併用する事例が多い。当社ではSD-WAN機能を活用することで、ベストエフォート型の汎用インターネット回線を使用し、専用回線と同等のネットワーク品質を担保した。

また、インターネットバックボーンの障害を想定し、NTT系列のインターネット回線と電力会社系列でNTTダークファイバを使用していないインターネット回線を各拠点に最低1本ずつの計2本以上になるように敷設した。これによって、回線やバックボーン障害時には、別系で通信を継続できるように冗長性を確保した。

## (3) 回線増速時の柔軟性の考慮

SD-WANルータには最大で8本までインターネット回線を接続できる設計にした。回線増速時には、インターネット回線の追加敷設だけですぐに対応できるようにした。

## (4) MELGIT-OA通信のローカルブレイクアウト

MELGIT-OA通信はクラウド接続用ゲートウェイを経由させることで、回線を有効活用し全拠点でローカルブレイクアウトを使用できるようにした。

## 3.2 クラウドProxyへの移行

## 3.2.1 クラウドProxyの特長

クラウドProxyは、一般的なProxy機能のほか、各種セキュリティ機能がクラウド上で提供されるサービスである。ここでは、クラウドProxyの特長を述べる。

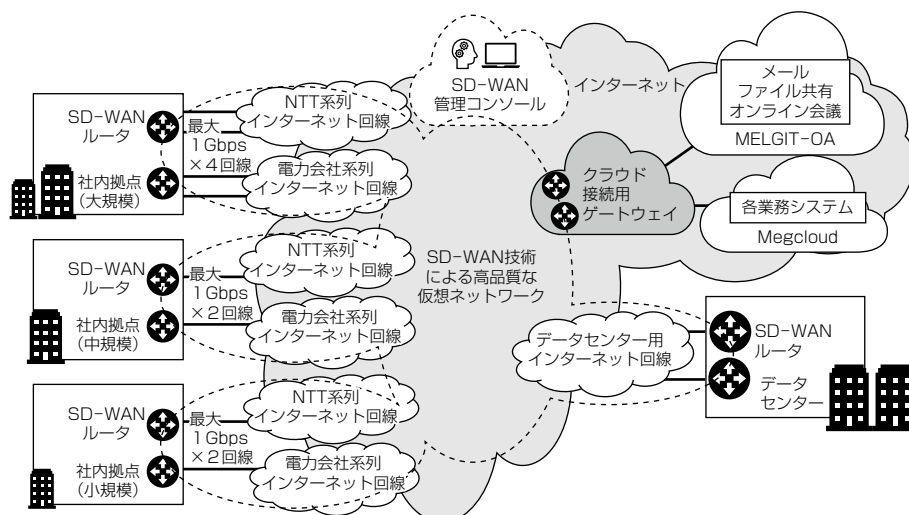


図3. 当社広域ネットワーク(刷新後)

### (1) 機器及び接続点の管理

クラウドProxyはクラウド上に構築されている特性上、通信量に応じた機器のスケールが可能であり、国内外に冗長化された複数の接続点を持つため可用性が高い。また、機器及び接続点はサービス事業者によって管理されるため、ハードウェアやソフトウェアの運用・保守、ハードウェア増強、ハウジング等の業務を自社で行う必要がなくなる(図4)。

### (2) セキュリティ機能

URLフィルタリング、SSL(Secure Socket Layer)インスペクション、アンチウイルス、サンドボックスといった各種セキュリティ機能が搭載されている。これらの機能の強化に加えて、新規機能の追加もサービス事業者が行うため、新たな脅威に対して従来に比べて迅速に対応できる。

## 3.2.2 当社への適用

Proxyサーバの運用・保守の効率化や性能及び信頼性の向上、セキュリティ強化のため、クラウドProxyへ移行し、当社広域ネットワークを刷新した。

### (1) 通信経路の効率化

当社では、一部のWebサイトを除いて、インターネット接続は原則としてクラウドProxyを経由する構成にした。在宅勤務など社外からインターネット接続する際は、自宅からクラウドProxyを直接経由する構成にして、従来のデータセンター経由と比べて効率的な経路にした。

### (2) ユーザー認証に基づくセキュリティポリシー適用

クラウドProxy利用時は、認証基盤と連携したユーザー認証を必須にした。ユーザー認証時の所属情報を基に、URLフィルタ等を用いて、オフィスや自宅等のロケーション、端末種別にかかわらず、各ユーザーへ適切なセキュリティポリシーを適用した。当社は複数の事業領域を持ち、業務上必要なWebサイトが組織によって異なるため、“全社共通フィルタ”と“拠点独自フィルタ”の2階層でURLフィルタを実装した。まず、全ユーザーに対して、CSIRT(Computer Security Incident Response Team)が定めたリスクの高いWebサイトを規制するために“全社共通フィルタ”を設けた。次に、当該拠点ユーザーに対して、各拠点独自のセキュリティポリシーを適用するために“拠点独自フィルタ”を設けた。これらによって、必要なWebサイトの許可やより厳格な規制を柔軟に行えるようになった(図5)。

## 4. 効果

今回、SD-WANの適用やクラウドProxyへの移行を中心に当社広域ネットワークを刷新した。その結果、回線障害や機器故障時には従来では復旧までに最大数時間の通信

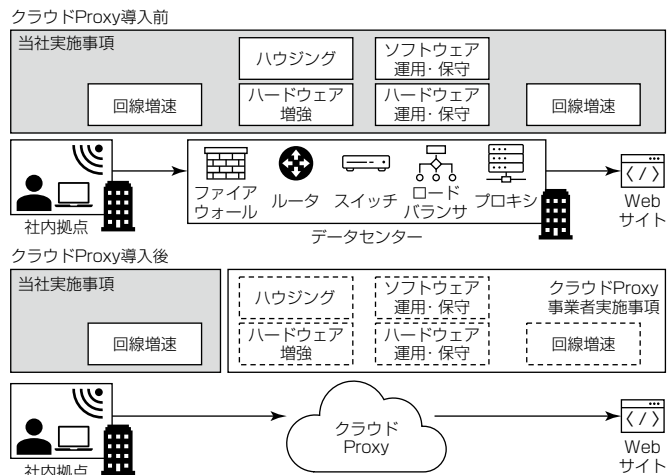


図4. クラウドProxy導入による設備増強からの解放

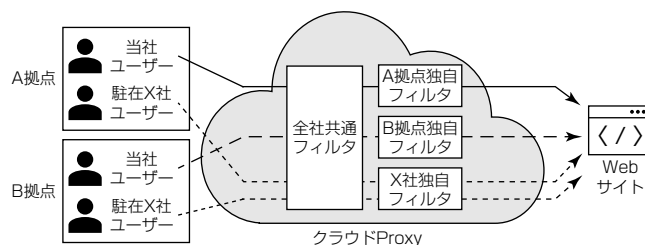


図5. 2階層でのURLフィルタ実装

遮断が発生していたが、刷新後は1分以内になり、性能も従来比で数倍～数十倍に向上した。また、一元管理によって運用効率も改善した。将来の通信量増加に際しても、汎用インターネット回線の増設で対応できる構成になり、タイムリーな増速と費用抑制も達成した。

クラウドProxyへの移行によって、自社での設備増強と維持管理が不要になり、通信量の急増にも耐える性能と信頼性の向上を達成した。また、各種セキュリティ機能を当社の特性に合わせて適用することで、セキュリティを強化した。

## 5. むすび

SD-WAN技術とクラウドProxyを活用した当社広域ネットワークの刷新について述べた。

当社の業務DXが加速するにつれて広域ネットワークの重要性は更に高まる。そのため、SD-WAN機能の活用に加えて、各拠点から様々な業務システムへの応答性能をリアルタイムに監視する仕組みを構築し、問題箇所の見える化とタイムリーな増強を継続することで、当社の業務DXを支えていく。

### 参考文献

- (1) 小川真克, ほか: 三菱電機グループの業務DX, 三菱電機技報, 96, No.2, 122~125 (2022)
- (2) 金子 純: クラウド活用を加速するMIND SD-WANサービス, 三菱電機技報, 96, No.5, 198~201 (2022)



# DXを支えるプロセスと開発環境

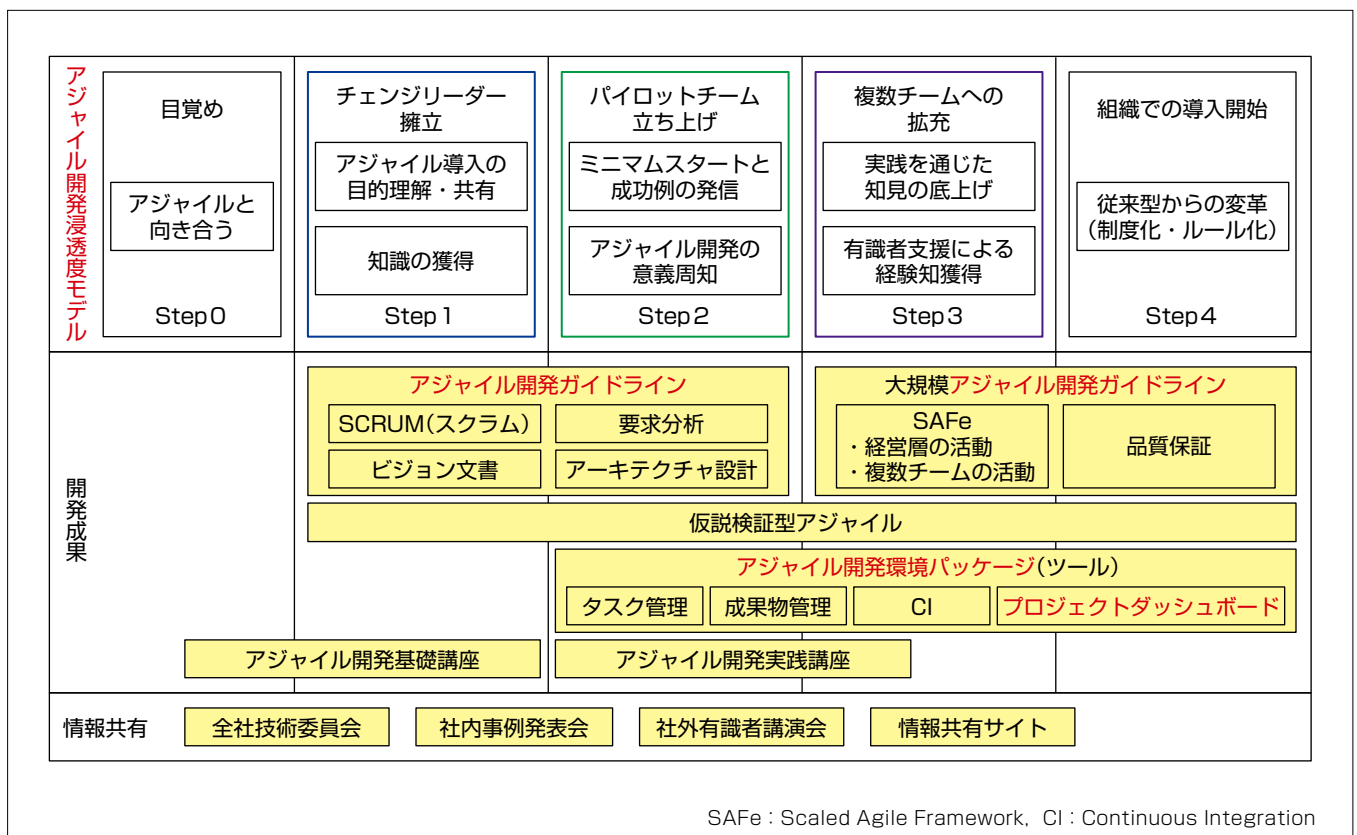
Process and Development Environment Supporting DX

## 要 旨

DX(Digital Transformation)を成功させるためには、従来の確実性を上げる開発アプローチから、不確実性を受け止めて対応していくアプローチへの変革が必要である。DX推進で欧米では、製品やサービスを短期間で開発し、顧客からのフィードバックを受けながら短期間で修正を繰り返すアジャイル開発手法が一般的に活用されている。一方、日本でのアジャイル開発手法の活用は一部にとどまっております<sup>(1)</sup>、三菱電機でも2017年度には小規模な実践・

試行が数件ある程度であった。

現在、当社ではアジャイル開発手法の推進・浸透をDX推進の重要な因子と捉えて、ソフトウェア開発現場への導入、開発環境の整備、全社展開に取り組んでいる。また、グループ会社を含めた全社的な取組みとして、気付きや動機付けを行うための事例発表会・講演会の開催、部門横断での情報横通しや標準化議論のための全社技術委員会活動で、技術力底上げのための教育講座を開催してきた。



## アジャイル開発浸透度モデルと対応するプロセス・プロダクトの取組み全体像

アジャイル開発浸透度モデルの段階(Step0～4)で、その段階の実践に適したガイドライン・ツールなどを開発・提供している。

## 1. ま え が き

当社は、2025年度の財務目標として売上高5兆円・営業利益率10%を掲げて、事業ポートフォリオ戦略の強化の考え方で、安定的な需要を持つレジリエント事業、成長市場でイノベーションを実現する重点成長事業を選定し、事業特性に応じた経営資源を投入している。これらの事業に向けた製品開発では、顧客要求や市場変化に対応した仕様変更が増加している。特に競争の激しい成長分野では、最初に要求仕様を固めることは困難であり、市場調査や市場評価のための試作投入を繰り返して要求の妥当性や顧客価値を確認し、開発途中でも柔軟に仕様の追加や変更が可能な開発形態が望まれる。そこで当社は、2017年度からアジャイル開発の取組みを推進してきた。

本稿ではまず、組織に手法を段階的に導入するために定義したアジャイル開発浸透度モデルについて述べる。次に、浸透度の段階に合わせて必要なプラクティスを記載したアジャイル開発ガイドラインについて述べる。最後に、プラクティスの実践を容易化して手軽に開始するために開発したアジャイル開発環境パッケージ、開発状況をタイムリーに把握するためのプロジェクトダッシュボードの導入について述べる。

## 2. アジャイル開発浸透度モデル

### 2.1 当社の現状の課題

当社では、ウォーターフォール型の開発プロセスを標準プロセスとして採用しており、プロセスやプロダクト改善のための技術開発や標準化を推進してきた。しかし、アジャイル開発の推進では、単に技術を展開しただけでは失敗することが分かってきた。2020年度の全社技術委員会で現状の課題を調査した結果、①そもそもアジャイル開発を実践する技術が不足している、②アジャイル開発に適したプロジェクトの選定や環境整備可否などの親和性が判断されないまま取り組んでいる、③ウォーターフォール型の品質保証がルール化されている中でアジャイル開発との両立による作業負荷の増加、といった課題が判明した。

### 2.2 アジャイル開発浸透度モデルの定義

ウォーターフォール型開発プロセスは、長い年月で実践とフィードバックを重ねた成果である。アジャイル開発という新たなプロセスの導入に当たっても、適切な導入ステップが必要であった。そこで、当社や社外の導入成功事例を参考にして、目標設定と実践によってアジャイル開発

を実践する組織へ変革していく“アジャイル開発浸透度モデル”の各ステップを定義した。

#### (1) Step 0：目覚め

初めに組織内の誰かがアジャイルに可能性を感じて、興味を示した段階である。気付きのパターンでは、①社内・社外の事例紹介や競合他社の先行情報を得た、②トップダウンでアジャイル導入の指示が出た、③顧客から要求されたなど様々である。

#### (2) Step 1：チェンジリーダー擁立

目覚めを経て、組織は初めてのアジャイル実践を推進するチェンジリーダーを任命する。そのチェンジリーダーが目的を設定し、マネジメント層から担当者まで認識を共有していかなければならない。なぜアジャイルが必要か、何を改善したいかを問い直す。例えば、①タスクの属人化、②顧客の要求変更による手戻り、③環境の変化が激しいビジネス領域のビジネスリスク、④製品・サービスの品質、⑤製品・サービス投入までのリードタイム、といった自分たちの真の問題を改善する目的を設定し、組織で合意する。

#### (3) Step 2：パイロットチーム立ち上げ

Step 1で設定した目的の実現性を検証するために、組織内の有識者でアジャイルを実践するパイロットチームをチェンジリーダーが立ち上げる。実践を通じて、メリットやデメリットを把握し、効果のある取組みの知見を獲得する。このとき、目的に対して本質的な取組みに絞って導入することを心がける。既に社外には数多くの手法やツールの情報があり、最初から完成形を目指して仕組みを作り込むと、本来手軽に回したい実践が重くなり、本質的な評価の妨げになる。また、ミニマムスタートを成功させ組織にアジャイルの効果をアピールすることがパイロットチームのもう一つのミッションである。そのため、①属人化解消による“待ち”の減少、②プロダクトへのフィードバック獲得数・対応数向上、③開発の振り返りでチームの課題を改善することによる生産性向上、などといった明確な成功基準を設定する必要がある。

#### (4) Step 3：複数チームへの拡充

パイロットチームのメンバー以外のトップ層や、アジャイルをネガティブに捉えている人たちも興味を示す段階になる。組織への導入範囲を拡大する活動へ移行する。まずは、興味を示した人たちをパイロットチームに招き入れて、効果を実感してもらうことが非常に有効である。新しいチームを作る場合、パイロットチームで経験を積んだメンバーが次のチェンジリーダーになり、チームをリードするとよい。複数チームが同期を取って開発していくためには、同期の手順を示すガイドラインや、チーム間での成果物の受渡しや統合を効率化し、成果物のベースラインを管理するツールの整備が必要になる。

#### (5) Step4：組織での導入開始

これまでの段階を経て、ようやくアジャイル組織へと移行するためルールや基準の検討に着手できる。当社の課題でもある“アジャイル開発との親和性の判定”や“ウォーターフォール型品質保証からの切替え”も具体的なアクションが検討できる。組織の約半数のメンバーがアジャイルに対して好意的になると、ルールの策定に前向きに取り組んで、ルールを積極的に順守する。ここで重要なことは、組織でこれまで培ってきた風土や文化を無視しないことである。アジャイルという新たなアプローチを、従来の風土を無視してルール化すると、組織の様々な人から拒否反応が起きやすい。また、新しいルールが受け入れられたとしても、不慣れな中で実践すると初動で大きな手戻りが起こる。この手戻りにトップ層の目が向いてしまうと、各ステップで積み上げてきたアジャイルの信頼や効果の説得力が失われて、取組み中止という経営判断になりかねない。個人からチーム、組織へと広げてきたように、ルール作りも確実に達成できる部分から少しずつ広げていく取組みが重要である。

3章、4章では、各ステップを支える活動について述べる。

### 3. アジャイル開発ガイドラインの整備

#### 3.1 小規模開発向けガイドライン

アジャイル開発の具体的な実践方法として、広く普及しているフレームワークがスクラムであり、当社のガイドラインもスクラムをベースに、計画からソフトウェアリリースまでの作業手順を定めた(図1)。スクラムでは少人数のチームを前提として、開発の全期間を一定の期間(1～4週間)に分割し、分割した1期間をスプリントと呼ぶ。1期間スプリントでは図1の“反復開発”を一通り作業する。スプリント計画で作業を計画し、期間終了時のスプリントレビューで出来栄を評価しフィードバックを獲得する。振り返りでチーム運営の課題を抽出し、次スプリントでの改善を計画する。変更依頼管理で次のスプリントに

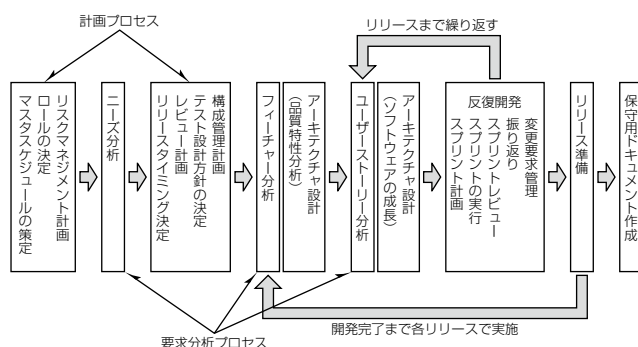


図1. 小規模開発向けアジャイル開発ガイドラインの全体像

向けて外部からの変更を受け付ける。実行中のスプリントの計画は基本的に変更しないのがスクラムのルールである。スクラムでは“反復開発”を開始する前の“計画”“要求分析”“アーキテクチャ設計”について具体的な手順を定義していない。その理由として、適用分野の特性によって、方法やどこまで実施すべきかが大きく異なるためである。そこで、当社のウォーターフォール型の開発プロセスを参考にして、計画、要求分析、アーキテクチャ設計の手順を明確化した。

##### (1) 計画

計画を立てる目的は、これから開発するプロダクトのビジョン、そのビジョンをプロダクトとして実現するためのスケジュールや体制、プロジェクトの方針を共有することである。方針には、リリース計画、レビュー、テスト、構成管理の方法を含んで、QCD(Quality Cost Delivery)目標や要件の中で動かせない必達のを制約事項として明文化する。これらは、スプリント共通又は複数スプリントを通じて実現すべき作業基準やゴールを示して、品質悪化や無秩序な変更の受入れによるプロジェクトの破綻を防止する。

##### (2) 要求分析

要求分析は、客先への提案書やシステム仕様書から、開発対象の要求を抽出する。抽出結果から利用者のニーズ、システムで解決すべき内容とユーザーストーリーの検討を行う。この作業は、ニーズ分析、フィーチャー分析、ユーザーストーリー分析から成り、要求分析の成果物として要求仕様書を作成する。

##### (3) アーキテクチャ設計

要求分析で得られたフィーチャー群を基に、システムの基本アーキテクチャを決定する。アーキテクチャ設計は、各フィーチャーで実現する要求のトレーサビリティと、ソフトウェア構造図、リリース単位ごとに各コンポーネントで何を実装するかを検討する。この作業はアーキテクチャ設計(全体)、アーキテクチャ設計(各リリース)から成る。

#### 3.2 大規模開発向けガイドライン

当社の製品開発では、小規模開発だけでなく、個産型・量産型どちらでも、複数の装置・サブシステムを別々のチームで開発し、システムとして統合する大規模開発がある。そこで、大規模アジャイル開発向けに実践された実証事例を体系的に整理したSAFe<sup>(2)</sup>を参考にして図2に示す全体像を定義した。SAFeは組織規模のアジャイル開発適用のために実践された実証事例を集めて体系的に整理したものであり、“計画”“チーム”“次のPI(Program Increment), スプリントに向けて”に、小規模開発向けガイドラインの作業を割り当てた。



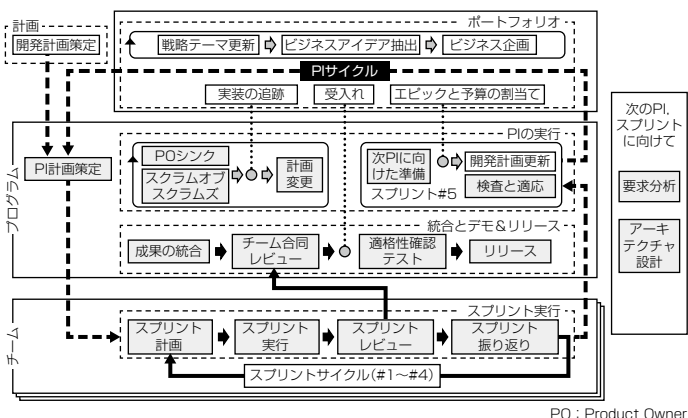


図2. 大規模開発向けアジャイル開発ガイドラインの全体像

次に、“チーム”の上位の活動として、SAFeの“ポートフォリオ(マネジメント・経営層の活動)”“プログラム(複数のチームを束ねる活動)”の活動と作業手順を定めた。

## 4. アジャイル開発環境の整備

### 4.1 アジャイル開発環境パッケージ

アジャイル開発を小規模チームで実施している場合、チーム内でのコミュニケーションが容易であるため、開発成果物の管理は比較的容易である。しかし、複数チームや複数拠点で分散して開発をする場合、成果物の版管理での取り違えや、統合ミスが発生しやすくなる。また、スプリントごとにプロダクトに対してフィードバックを得るためには、ソフトウェアの集積・ビルド・テストを実施してリリースをしなければならず、その準備に時間がかかる。

そこで、図3に示す、ソフトウェア開発環境をクラウド(Azure<sup>(注1)</sup>、AWS<sup>(注2)</sup>)に構築して成果物を一元管理して成果物管理のミスを防止するとともに、継続的インテグレーション(CI)を導入してリリースにかかる手作業を自動化した。リモートワーク下でも効率的にチームで開発できるように、プロジェクト管理、成果物管理、CI、コミュニケーションツール、の各種OSS(Open Source Software)を連携させて、一つの作業で関連するツールの機能も使用

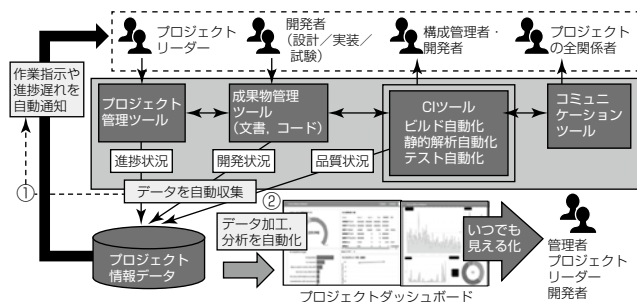


図3. アジャイル開発環境パッケージの全体像(プロジェクトダッシュボードを含む)

できるようなソフトウェア開発環境を構築した。

(注1) Azureは、Microsoft Corp.の登録商標である。

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

### 4.2 プロジェクトダッシュボード

アジャイル開発では、反復開発単位でのレビュー(スプリントレビュー)で出来栄を評価するため、ウォーターフォール開発と比較してデータ収集の頻度が増加し、管理負荷の増加が懸念される。そこで、4.1節に述べたアジャイル開発環境パッケージの導入によって、タスク管理や成果物管理の一元化された実績データに着目し、管理データの収集を自動化した。次に、BI(Business Intelligence)ツールによる進捗状況や品質状況を見える化するプロジェクトダッシュボードを構築し、進捗遅れのアラートを自動通知するなどで、タイムリーな進捗・品質把握を可能にした。通知は、例えば次のようなものを実装している。

- (1) プロジェクト管理：チケット作成・更新・期限の通知(バックログ・タスクの作成など)
- (2) 成果物管理：リポジトリ更新の通知(文書・ソースコードのpushなど)
- (3) CI：ビルド結果やテスト実行の通知(成功、失敗)

## 5. む す び

DX推進のための重要な技術であるアジャイル開発手法の展開のために、アジャイル開発浸透度モデルによる、アジャイル開発を実践する組織への変革ステップを定義し、それを実現するためのプロセス、プロダクトの取組みについて述べた。当社ではグループ会社を含めた全社技術委員会のアジャイル開発ワーキンググループや、アジャイル開発教育講座など、全社的にアジャイル開発を推進している。その結果として、アジャイル開発浸透度モデルでの、Step 2(パイロットチーム立ち上げ)を達成してアジャイル開発を実践する組織が順調に増加している。一方、Step 3(複数チームへの拡充)や、Step 4(組織での導入開始)まで進んでいる組織はごく少数である。

今後、地道にステップを上げるために全社の底上げをするとともに、正しいものを正しく作るための価値探索の開発手法として提唱されている“仮説検証型アジャイル<sup>(3)</sup>”などの新しい取組みを実践し、全社のDX推進に寄与していく。

### 参考文献

- (1) 独立行政法人情報処理推進機構社会基盤センター：DX白書2021 日米比較調査にみるDXの戦略、人材、技術(2021)
- (2) Scaled Agile, Inc.: Scaled Agile Framework(SAFe) <https://www.scaledagileframework.com/>
- (3) 市谷聡啓：組織を芯からアジャイルにする、ビー・エヌ・エヌ新社(2022)



# 家電製品などの補修用性能部品の需要予測AI開発・適用

前田千徳\*  
Kazunari Maeda  
小部敬純†  
Takasumi Kobe  
永松大居\*  
Daigo Nagamatsu

寺本一季\*  
Kazusue Teramoto  
金子貴幸\*  
Takayuki Kaneko

Mitsubishi Electric's New AI Forecasts Demand for Appliance Repair Parts

## 要 旨

製造業で、市場競争力を高めて経営基盤を強化し、さらに顧客満足を獲得するためには、生産力・販売力だけでなく、保守・アフターサービスを含めたトータルでの価値提供力の向上が求められている。

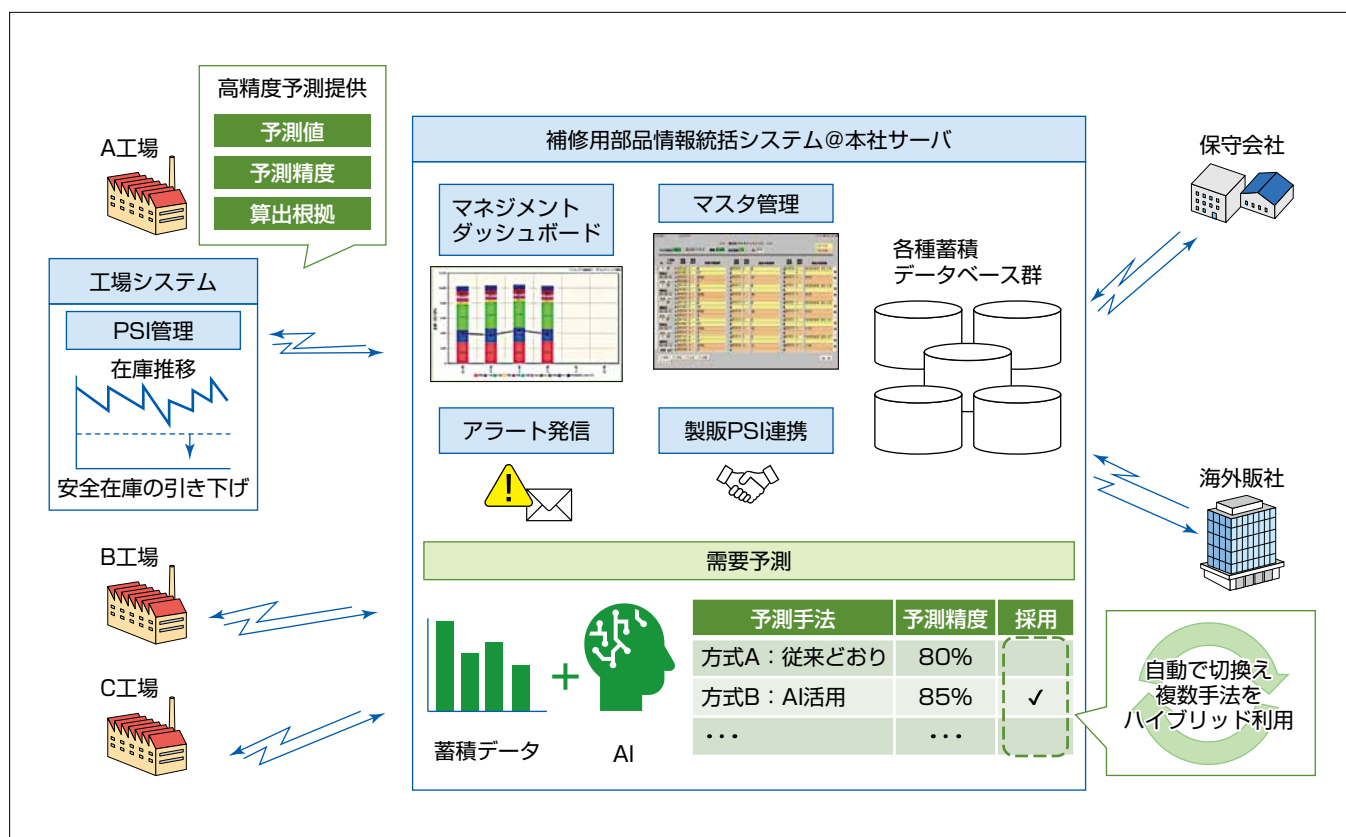
保守・アフターサービス領域で必須とされる補修用性能部品(以下“補修用部品”という。)の即出荷体制、すなわち常時在庫化について、三菱電機では定期的に部品ごとに将来の需要を予測し、持つべき在庫量を定めて、必要な生産(手配)数を算出し、欠品を起こさないように運用している。しかし、需要予測が出荷数量の変動からずれることを考慮した在庫量にしているため、製品本体の在庫量(在庫月数)

と比較して2～3倍多い状態になっている。

一方、近年様々な分野で利活用が広がっているAI(人工知能)について、当社は対外的なソリューションサービスに組み込んだり、製造現場への適用を進めたりしている。

今般、家庭用電化製品などの補修用部品の社内業務であるPSI管理(注1)にAIを活用することで、部品ごとに行っている需要予測の精度を従来比25.6%改善し、先に述べた必須要件を満たしつつ、課題であった在庫の適正化を実現した。

(注1) PSIとは、生産(Production)、販売(Sales)、在庫(Inventory)の頭文字を取った略称で、それぞれの数量を一体的に計画策定する業務のことである。



## 補修用部品情報統括システム

家電・空調・住宅整備の補修用部品にまつわるマスタ・PSI情報を、工場や保守サービス会社・海外販社など各拠点から収集・集約、加工し、様々なサービスを提供するシステムを示す。今回、そのサービスの一つである需要予測機能にAIを適用し、予測精度を向上させた。

## 1. ま え が き

家電製品や住宅設備などの量産製品は、消耗や修理による交換など、その製品機能の維持のために補修用部品を在庫として製造打ち切り後一定期間(5～10年など)保有し、市場供給することが製造業表示規約で定められており、当社もそれに準じている。

その一方で、顧客ニーズの多様化や移り変わり・技術進歩の加速に応じた製品開発・市場投入によって、管理すべき補修用部品は現在数十万点に及んでおり、それらを一点ずつ行っている供給管理業務の効率化と、安定的に市場供給するための高精度な需要予測が求められていた。

本稿では、当社で開発したAIによる高精度で需要を予測する手法と、AIを業務へ適用した事例について述べる。

## 2. 従来システムの問題

補修用部品は同一部品を製品生産時にも使用するため、当社では製品を製造した各製造拠点で生産／調達している。部品手配は、部品の市場への供給状況を参考に手配数を決定するが、部品は各保守会社や販売会社を通じて市場へ供給されるため、各保守会社／販売会社の販売実績を集計し、先行きを予測する必要がある<sup>(1)</sup>。そこで、各製造拠点がデータの集計や需要予測を効率化するため、各保守会社／販売会社の販売実績の集計と今後の需要を予測するシステムを導入した(図1)。

補修用部品にはヒーターや扇風機のように使用する期間に季節性があり、月別の需要変動が大きいものが存在する。そのためこのシステムの需要予測では、予測対象部品の直近12か月の販売数量平均と季節変動要因を基に、各月の需要増減を指数化したパラメータを組み合わせることで予測している。

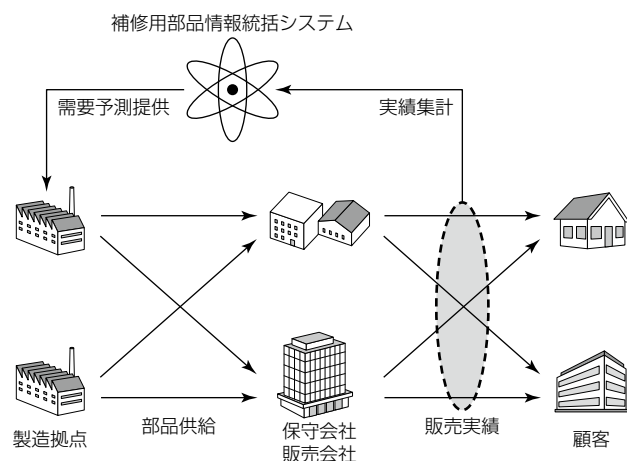


図1. 部品供給の流れとデータ収集と活用のイメージ

一方、この手法では過去の出荷数量実績に左右されるため、過去実績に傾向性が強く出ている場合(出荷が右肩上がり、又はその反対)については予測精度が落ちて、予測誤差から在庫の過剰や不足といった問題を抱えていた。また各製造拠点はこの需要予測値をベースに部品を手配するが、予測値の精度は誤差率±20%以内の部品が全体の25%と低いにもかかわらず精度を提示する機能がなく、その値を採用するか補正するかは管理担当部門の判断に委ねられていた。

## 3. 需要予測AIの開発と業務適用

この章では、まず、開発した需要予測AIの概要を述べて、その後、従来手法との特性を踏まえた併用方法といった実用化の際の工夫点や実際の分析手順について述べる。

### 3.1 需要予測技術の概要

この研究では、予測根拠の明示による意思決定の迅速化や暗黙知の定量情報化を目指して、予測対象と同品種の類似データ(以下“教師データ”という。)を使用した機械学習の時系列分析に基づく予測方式を開発した。

従来、一般的な時系列分析の手法では説明性が弱いという課題があった。例えば、ARIMA(AutoRegressive Integrated Moving Average)モデルなどの従来の時系列データ解析手法を適用した場合には、自己回帰をベースにした算出結果であるため、将来の変動要因の説明が不十分である。また、複数のパラメータを使用して予測する場合でも、機械学習の出力過程はブラックボックス化されており、モデルの解釈が困難な場合が多い。

一方、この研究では、説明性の弱さに対応するため、教師データとして既存部品の出荷数量実績を使用した分析を実施した。具体的には、既存部品の出荷数量実績の類似度を分析し、類似パターンごとに分類することで予測対象部品の将来の傾向を推定する方式を開発した。この方式によって、説明性の高い予測が可能である。また、予測に使用した既存部品の出荷量実績との関連度や傾向を併せて提示することで、現場担当部門の意思決定支援の高度化を可能にした。類似パターンごとの分類には、クラスタ分析を活用している。妥当なパターン分けによる分類やパラメータの設定等の初期設定の省力化を目指して、自動的に適切なクラスタ数を決定可能なX-means法を活用した。

図2は、予測対象と教師データを直接比較した概念図で、横軸は時系列で縦軸は規格化された数量である。ここから無数の教師データを一まとめに比較した場合、有効な教師データの抽出が難しいことが分かる。

図3は、X-meansによって無数の教師データを10パ

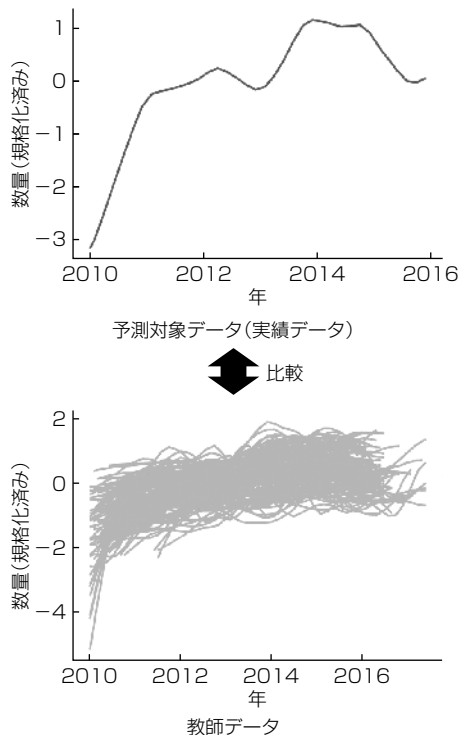


図2. 類似パターンへの分類例(予測対象との直接比較)

ターンの傾向に分類した結果の事例で、点線は各分類内での教師データを集約した代表パターンを示している。X-meansによる分類でおおむね傾向ごとの分類が可能なが分かる。

図4は、図3に予測対象部品の実績を重ね合わせたもので、予測対象がどの分類と類似しているかを測っている。さらに図5では、その結果として予測に使用する類似パターンを抽出した例である。

### 3.2 従来手法との併用

補修用部品の需要は、製品使用時間の経過に伴って変化することが多い。一般的に製品の故障率は、使用開始直後に比較的多く(初期故障期)、その後、一定期間まで安定した値になる(偶発故障期)。

AI需要予測方式は類似部品の販売実績から販売経過期間を考慮して需要予測ができることから、需要が変動する期間の予測を得意とする一方、故障が少なく稼働が安定している期間では、当該部品の販売実績だけで予測する従来の予測方式の方が予測誤差が小さいこともあった。製品ライフサイクルに応じた需要予測を実現するため、従来型の予測方式の長所も生かして、販売動向によって最適な需要予測方式を使い分けるハイブリッド型の需要予測方式を構築した。

予測方式の選択は、部品ごとに従来の需要予測方式とAI需要予測方式のそれぞれで予測させ、過去一定期間の予測誤差を自動的に比較し、担当部門が誤差の状況を確認

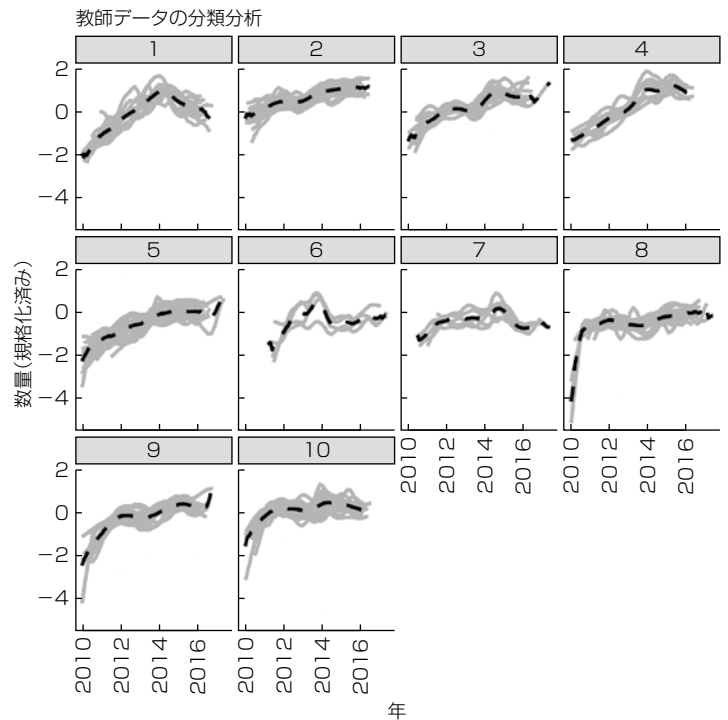


図3. 類似パターンの分類例(教師データの分類)

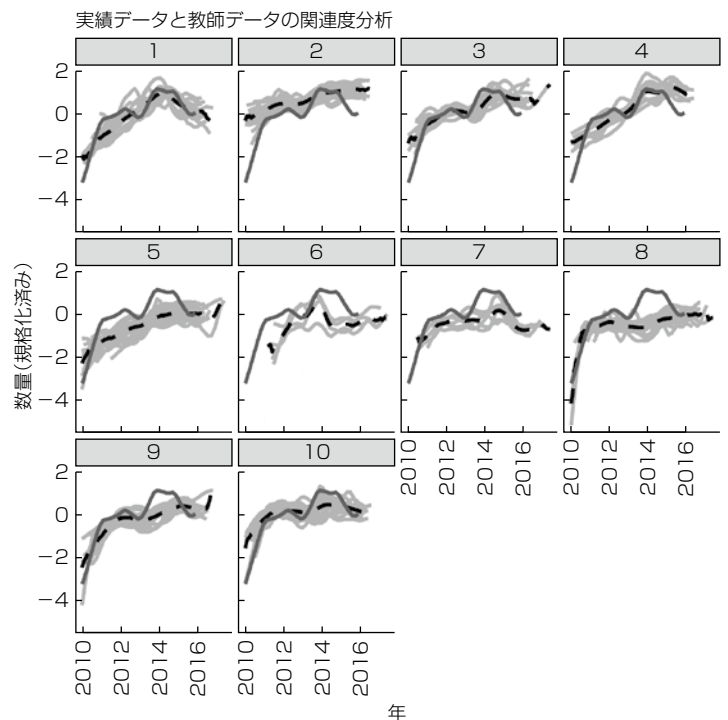


図4. 分類結果と予測対象の比較

した上で選択できる運用にした。次に業務手順を示す(図6)。

- ①予測方式の実績評価期間で誤差が小さい予測方式を計画担当部門へ自動で提案する。
- ②計画担当部門が予測誤差別に部品を仕分する。
- ③予測誤差が小さく、精度が期待できる部品には提案された予測値を適用する。

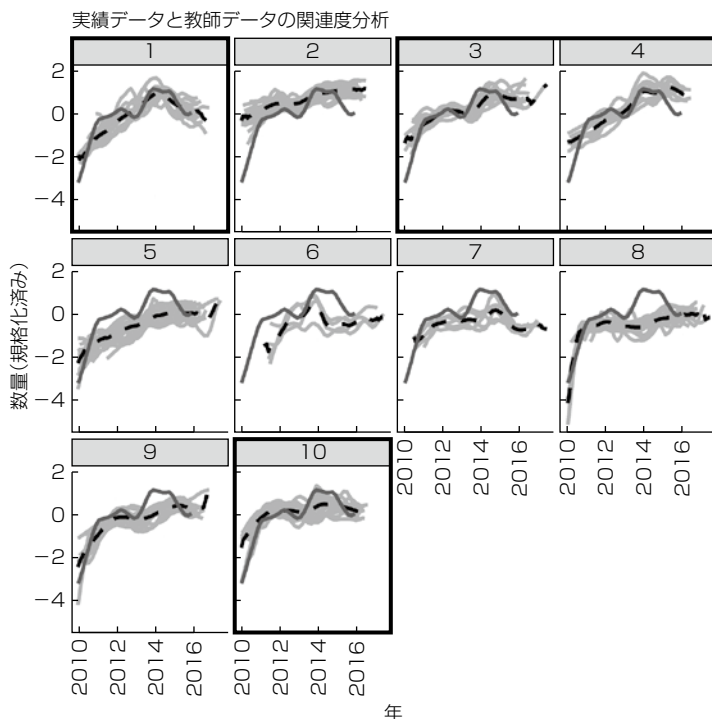


図5. 類似パターンの抽出例

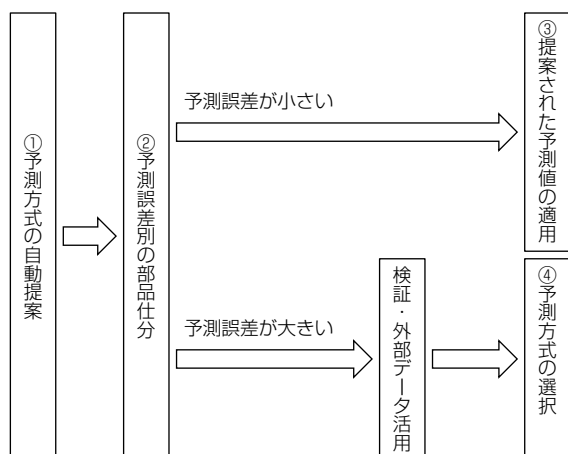


図6. 予測方式選択の業務手順

④どちらの予測方式も予測誤差が大きい部品の場合は、気象情報など販売数量以外の情報を考慮して担当部門がどちらかを選択する。

この業務手順を運用することによって、担当部門は予測誤差が大きい部品に注力して対応でき、補修用部品の欠品問題を改善しつつ、余剰在庫の抑制を行えるようになった。なお、この予測方式の見直しは定期的に行うことにしている。

### 3.3 実用化に向けたチューニング

この研究では、従来予測に対して精度の高い予測値を算出できる一方、過去区間では予測誤差が低かったにもかかわらず突発的に実態に合わない予測値が算出される部品

もあった。調査を進めたところ、販売傾向が緩やかな上昇又は下降傾向にある部品は、参考にする教師データが過剰になり、過学習が発生していることが判明した。そのため、教師データの採用数を抑制する改修を行った。

## 4. 更なる精度向上に向けた改善

今回開発した需要予測AIを家電製品の補修用部品に適用した結果、需要予測精度を従来比25.6%改善するとともに、供給遅延を防ぐために持っている安全在庫を13%低減できた。更なる精度向上に向けた今後の改善方針を次に述べる。

### 4.1 クラスタリング参照手法の追加

この研究では、予測する部品と、AIが事前に作成した教師データとの相関係数を算出し、予測への活用有無を判断している。しかし相関係数だけでは、予測する部品での出荷傾向の類似度を正確に測れない。そのため、今後は波形分析などの手法を併用していくことで、部品と教師データの相関を正確に測定し、傾向の似ている教師データを抽出することで更なる精度向上を図る。

### 4.2 気象データの活用

家電製品・住宅設備での補修用部品では、一部の部品で季節・温度によって出荷傾向が異なることが現場知見からよく知られている。そのため、気象データをAIに学習させることで天候による出荷数の影響を認識させ、更なる予測精度向上を図っていく。

## 5. む す び

今般、補修用部品などの需要を高精度に予測する技術を開発し、家電製品・住宅設備での補修用部品の生産計画業務に適用することで、在庫管理の最適化や部品供給の円滑化を実現し、保守サービスの品質向上に貢献した。この技術は、需要予測に際して、工場データとしては出荷数だけを利用することから導入に向けた障害は低いことが考えられる。そのため、今後は他事業の補修用部品又は量産製品の生産計画業務への適用も検討していく予定である。

### 参考文献

- (1) 澤井善久, はか: 保守・アフターサービス事業強化に向けた業務プロセス改善, 三菱電機技報, 82, No.10, 635~637 (2008)