

## 三菱電機グループの持続的なものづくり を支えるAIソリューション群

AI Solutions Supporting Sustainable Manufacturing of Mitsubishi Electric Group Companies

\*生産技術センター

### 要 旨

三菱電機グループでは、急激に変化する事業環境の中で持続的成長を確保するために、実務で利用可能なAIソリューション群の構築と社内展開を進めている。また、効率的に活用を推進するための標準プラットフォームや、それらを使いこなすためのAIとドメインの両方の知識を兼ね備えた生産技術者の育成を進めている。これによって、製造現場とDCM(Demand Chain Management), ECM(Engineering Chain Management), SCM(Supply Chain Management)領域のミドルオフィス業務での、熟練作業の代替、業務PDCA(Plan Do Check Action)サイクルの高速化、新たな設計解やプロセス改善点の抽出などの付加価値創出を目指している。将来的には、デジタルツインと生成AIとの組合せによる高度な判断の自働化(Autonomation)も構想している。

### 1. まえがき

昨今、国内外で労働人口の減少や流動化、新型コロナウイルスなどの感染症、地震などの自然災害、そして政治・経済状況の急激な変化が起きており、これらに即応できる仕組みの構築が事業継続の上での重要な経営課題になっている。一方で、2010年代中ごろに産業応用が始まったディープラーニング技術や、2022年のChatGPTのリリースをきっかけに応用範囲が広がった生成AI技術など高度なAI技術がOSS(Open Source Software)やAPI(Application Programming Interface)を通じて容易に利用できるようになっている。

当社では、これらの状況を踏まえて、2017年以降、実用レベルでAIをものづくりに利用するための活用技術開発を進めてきた。また、これらの技術をグループ内に提供するためのプラットフォームの構築や運用ガイドラインの整備、業務の中で使いこなすことのできる人材の育成も進めている。今後、それらを標準ソリューション群として当社グループ内に順次展開していく計画である。本稿では、それらの取組みの最新状況と将来展望について述べる。

### 2. ものづくりAIソリューション群

製造業での業務は広範にわたることから、AIの活用を考える上で“ものづくり業務”とは何か、その範囲を定義しておくことが重要である。当社では、ものづくり業務を次のように定義している。工場などの製造現場で製造ラインなどを稼働させ、製品を製造するために行う業務(図1の①)、市場調査や販売保守などのDCM領域、開発・設計などのECM領域、調達や生産管理、物流などのSCM領域といったミドルオフィス業務(図1の②)である。

また、それら“ものづくり業務”で活用効果の大きいAIやその関連技術は次の三つに分類される。マシンラーニング、ディープラーニングなどの“データ駆動型AI”，数理最適化や統計モデルベース最適化などの“数理探索型AI”，生成AIを始めとする自然言語処理やデータ関連付けを行うオントロジーなどの“論理知識型AI”である(図2)。これらに対して、精度・速度・コストの面から現場で実用的に利用可能なレベルを目指して、AIのコア技術の性能向上、前後処理や学習データのクレンジングによる精度向上などの活用技術の進化、現場での実践と改善の取組みを進めている。以降、各応用領域で実用化又は検証中のソリューションについて概要を述べる。

#### 2.1 製造現場向けソリューション

製造現場では、工場内に多数配置される設備の点検保守、プロセス品質向上のための不良要因分析や製造パラメーター調整、熟練者に限定されたスキルの代替、外観・音などの官能検査の代替、作業効率化のための作業手順分析や異常作業検知といった用途が見込まれる(図3)。

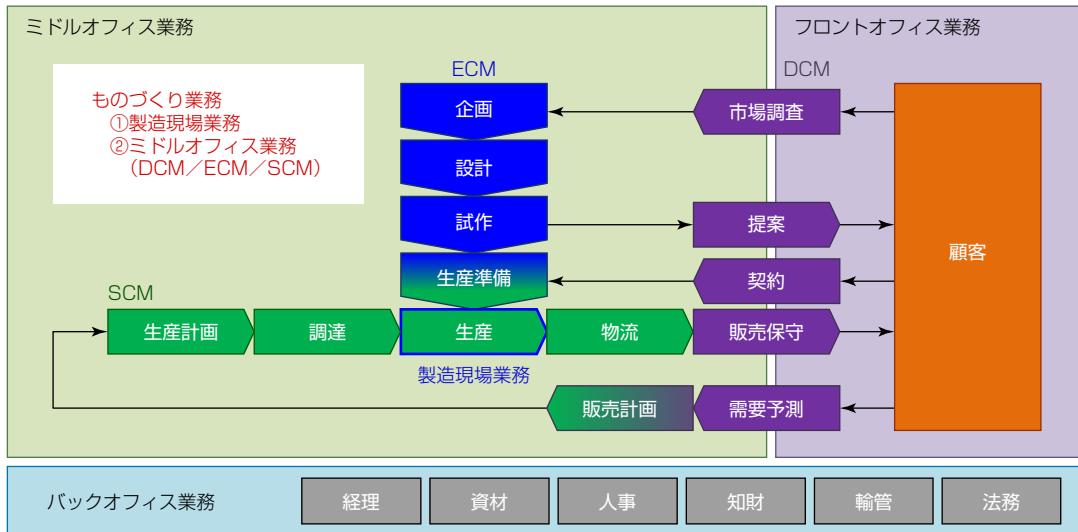


図1-ものづくり業務の範囲

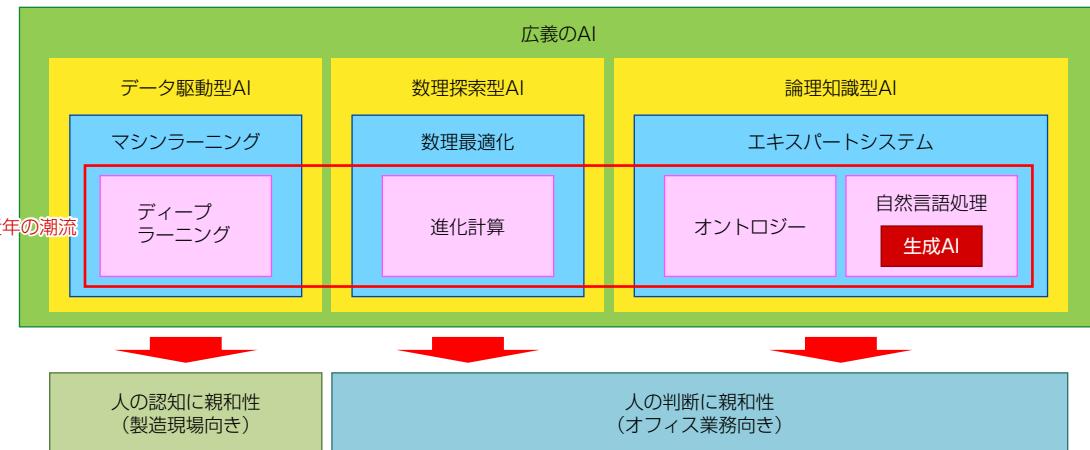


図2-ものづくりに活用可能なAI技術

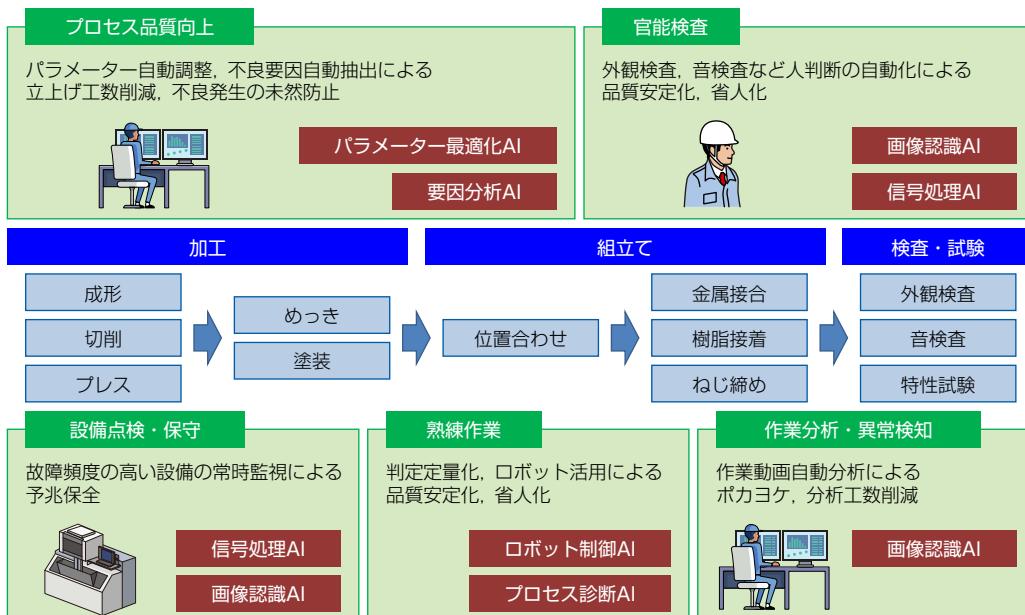


図3-製造現場向けソリューション

### (1) 設備異常検知AI

複数台の装置に対してセンサー出力や画像を定期的に巡回モニタリングしてデータを収集する。傾向をマシンラーニングやディープラーニングによって判定して異常時に保全担当者へ通知する。

### (2) 不良要因分析AI

複数工程から収集したプロセスデータについて、データ結合、欠損処理、特微量抽出など前処理を実施する。マシンラーニング、ディープラーニングによって性能予測や性能の変動要因を抽出する。

### (3) 製造条件最適化AI

確率モデルベースの逐次最適化によって、過去の試行結果を考慮して最適試行条件を提示する。それによって熟練者と同等試行回数での製造条件を最適化する。

### (4) 外観検査AI

ディープラーニングを用いた画像分類、画像異常検知、位置認識とロジックでの画像処理を同一アプリケーション上で実行する。それによって見逃しや過検出が少なく画像判定できる<sup>(1)</sup>。

### (5) 音・信号検査AI

マイクや振動センサーなどの出力をサンプリングする。周囲ノイズ音の除去、時間変化を考慮した周波数分析、教師なし学習を用いたマシンラーニング、ディープラーニングによって異常を検知する。

### (6) 作業分析AI

当社独自技術である行動分析AIによって、カメラで取得した作業動画から、学習データ不要で製造現場での作業を分析する。作業ごとの時間ばらつきや工程抜けなどの異常を抽出する<sup>(2)</sup>。

## 2.2 DCM業務向けソリューション

ものづくりに関わるDCM領域では、製品企画や、需要予測、コンタクトセンターなど顧客情報や市場の分析に関連する用途が見込まれる。

### (1) アンケート分類AI

自然言語処理AIによって、コンタクトセンターに集められた顧客要望の分類ラベルの設定を支援する。全てのデータを設定したラベルに自動分類する。

### (2) 保守センターサポートAI

自然言語処理AIとディープラーニングによって、コンタクトセンターの過去の応答・対応履歴データベースから、顧客からヒアリングした状況に応じた過去の類似対応案件及び必要になる保守部品の候補を自動提案する。

### (3) 製品需要予測AI

データ分析AIによって、経済統計値データベースから先行指標を自動探索する。それらを基に製品需要を予測する。

### (4) 保守部品需要予測AI

データ分析AIによって、過去の保守部品の需要実績データベースから、新規の保守部品で類似需要傾向を示す指標を自動探索する。それらを基に需要を予測する。

## 2.3 ECM業務向けソリューション

設計や生産準備などのECM領域では、一連の設計プロセスで、文書の読み解きや照合、過去知見の活用、設計パラメーターの推定や最適化、図面類や文書類の自動生成や自動チェックなどの一連の業務をサポートする用途が見込まれる。

### (1) 技術文書分解・照合AI

自然言語処理AIによって、PDF(Portable Document Format)や紙で提供される技術文書をレイアウト分析して項目ごとに分解する。文書間での項目ごとの照合や差異分析を行う。

### (2) 技術文書検索・知識抽出AI

自然言語処理AIによって、社内に蓄積された技術文書やデータベースから関連情報を精度良く抽出する。

### (3) リスク抽出AI

自然言語処理AIによって、FMEA(Failure Mode and Effect Analysis)やDRBFM(Design Review Based on Failure Mode)などの過去のリスク抽出データベースを基に、新規の工程や設計変更点に対するリスクを自動抽出する。

#### (4) 解析サロゲートモデルAI

ディープラーニングを用いたサロゲート(代理)モデルにCAEでの解析結果を学習させる。それによって長い解析時間を必要とする熱ひずみ解析、樹脂流動解析、流体解析などで高速に解の範囲を限定する。

#### (5) 設計条件最適化AI

CAEソフトウェアとの連携と確率モデルベースを逐次最適化する。それによって例えば樹脂成形部品でウェルドラインや反り量を最小にするゲート配置など最適設計条件を導出する。

### 2.4 SCM業務向けソリューション

SCM領域では、様々な計画の最適化をサポートする用途が見込まれる。近年では、高性能な数理最適化のエンジンが商用利用可能なOSSとして提供されており、これまで費用対効果の面で困難であった小規模な課題に対しても活用が可能になっている。

#### (1) PSI計画最適化AI

階層分析と数理最適化技術の組合せによって、オーダーごとの緊急度や重要度を考慮したPSI(Production Sales Inventory)計画を立案する。

#### (2) 生産計画最適化AI

生産スケジューラーと数理最適化技術の連携によって、段取り回数、日ごとの生産数量変動などを抑制しつつ納期遅延を最小にする生産計画を立案する。

#### (3) 生産レイアウト最適化AI

生産シミュレーターと数理最適化技術の連携によって、人や製品の移動距離や面積効率を最良にするレイアウトを立案する。

#### (4) 出荷・輸送計画最適化AI

数理最適化技術によって、配船や荷姿などの制約を考慮した出荷計画を立案する。

## 3. 社内展開のためのプラットフォーム構築と人材育成

当社では、商用サービスと内製ツールを使い分けながらソリューションごとのプラットフォームを構築し展開を図っている。高速動作が求められる製造現場向けソリューションについては、デスクトップアプリケーションとして内製ツールを提供し、処理スクリプトをアプリケーションと別に設定可能な構成にすることでアプリケーションの標準化を図っている。その他の業務アプリケーションは、マルチクラウドに対応したSaaS(Software as a Service)として提供することで、保守性の向上と高頻度のアップデートによる性能改善が可能な構成としている。

また、AI活用人材を、AI導入プロジェクトを牽引(けんいん)できる“牽引層”，OSSや商用サービスなどを活用してコードの実装や技術検証ができる“専門層”，AIに対してのリテラシーをもって取組みを支えることができる“裾野層”に区分し、ものづくりに関するドメインの知識を持つ生産技術者の中からダブルメジャー人材としての育成を進めている。また、先行して技術を習得したメンバーを中心に、各応用分野での部門横断のワーキンググループや勉強会を立ち上げて運営することで、組織の枠組みを超えた学び合いの文化と集合知の形成を図り、自律的に育成が進む体制を構築している。

## 4. 将来展望

2023年に生成AIのエンタープライズサービスの提供が開始されたことから、企業内の業務に生成AIを活用することが可能になってきた。当社でも2023年8月から生成AIサービスを全従業員向けに提供している。ものづくり領域でも、これまでに蓄積された技術資産からの知識抽出、ソフトウェア開発業務全般への応用、コンタクトセンターへの応用など、様々な分野でPoC(Proof of Concept)を進めている。

将来的には、インダストリアルIoT(Internet of Things)によって収集され、データ基盤上に一元管理された現実空間のデータ群と、製品・生産・設備シミュレーターなどで仮想空間上に生成されたデジタルツインのデータとを、生成AIを活用したAIエージェントが高度に分析・判断して設計条件、生産計画、製造条件などを最適化するプロセスを想定している(図4、図5)。

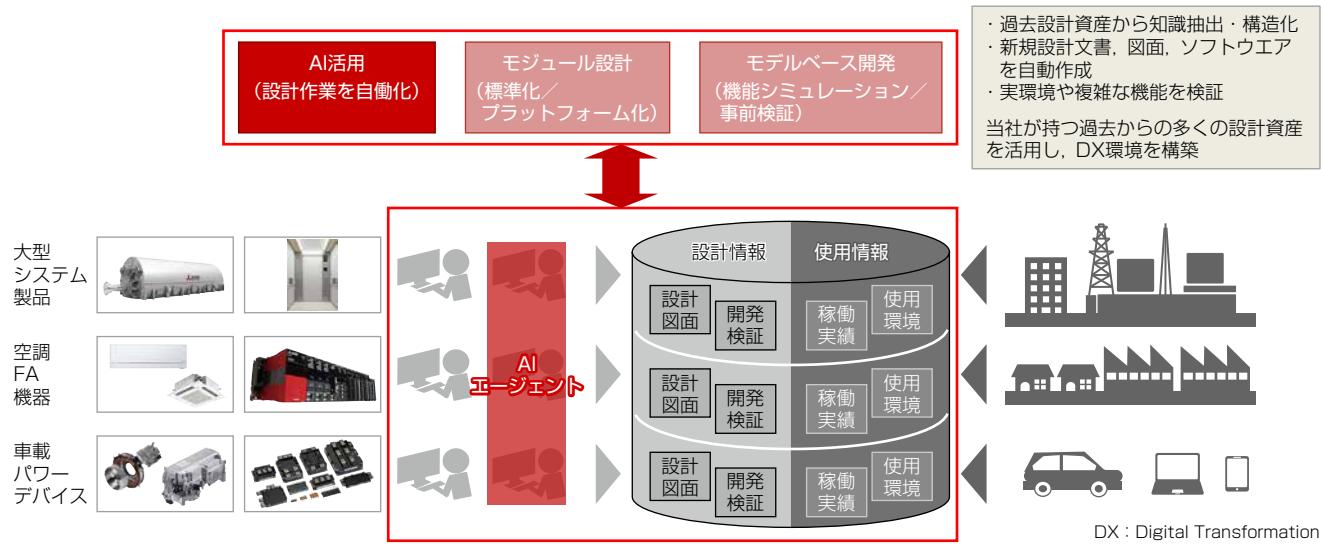


図4-ECM領域でのものづくりの将来像

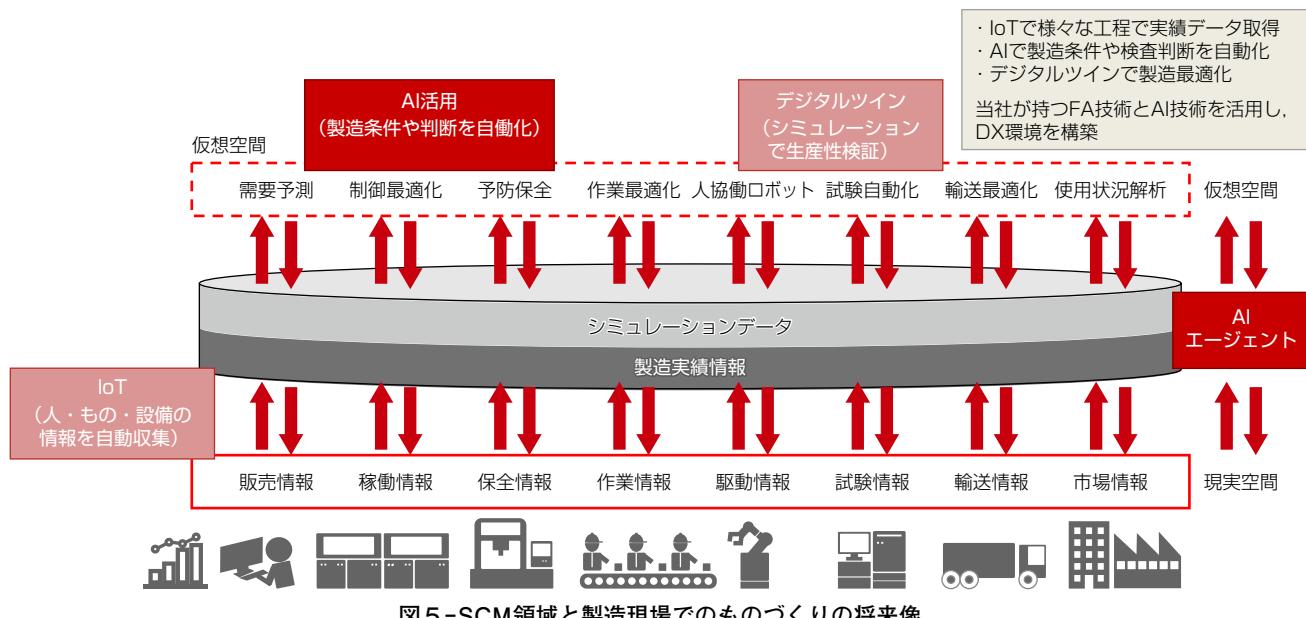


図5-SCM領域と製造現場でのものづくりの将来像

## 5. むすび

ものづくり領域で活用を目指して構築しているAIソリューション群とそれらを活用したものづくりの将来像について述べた。AIは発展途上の技術であり、現在でも非常に速い速度で技術が進展し続けている。これからも最新の技術を取り入れた実用性のあるソリューションを追求することで、時代に即したものづくり基盤の構築に寄与していく。

### 参考文献

- 松本浩輝, ほか: AI技術“Maisart”を活用した外観検査自動化への取組み, 三菱電機技報, 94, No.4, 256~259 (2020)
- 岡 徹: 持続可能な社会を支える最新のFA技術, 三菱電機技報, 97, No.4, 2-01~2-07 (2023)