

保全DX(デジタルトランス・フォーメーション)の取り組み紹介

Introduction of Maintenance DX (Digital Transformation) Initiatives



上田 啓史
Hiroshi Ueda
電計事業本部
システムソリューション事業部

デジタル・トランスフォーメーション（DX：Digital transformation）はIT技術の著しい進展に伴い注目を集め、革新的なイノベーションが期待されている。様々な分野においてデジタル化と見える化が進み、多数のAIの活用事例などが紹介されるようになった。とりわけ製造現場では、一層の生産性向上など競争力強化が追求される一方で、熟練者の技能や経験による現場ノウハウの継承、さらには働き方改革など難易度の高い現場課題が多く、それらを同時に解決する手段として大きく期待されている。

これまで鉄鋼業は先駆的にコンピュータを導入し、製造プロセス解明や制御アルゴリズム開発に取り組んでおり、当社はこの鉄鋼システムに関わるエンジニアリング業務や技術開発業務を通して、製造現場のデジタル化とシステム開発の実績を築いてきた。本稿では当社DXの取り組みの中で、先進IT技術の活用と当社独自の技術開発を組み合わせた保全DXについて紹介する。

Digital transformation (DX) has been attracting attention in line with the remarkable progress of IT technology, and groundbreaking innovations have been expected. Digitalization and visualization are making progress in a variety of fields, and numerous examples of AI applications have been introduced. In particular, while manufacturing sites are seeking to enhance their competitiveness by further improving productivity, they are also faced with many difficult issues, such as passing on on-site know-how based on the skills and experience of skilled workers and reforming work styles. DX is expected to be a means of simultaneously solving these issues.

Until now, computers have been introduced pioneeringly in the steel industry to elucidate manufacturing processes and develop control algorithms. Through engineering and technology development work related to this steel system, we have built a solid foundation of experience in the digitization of manufacturing sites and system development. In this paper, we introduce our efforts in Maintenance DX, which combines the use of advanced IT technology with our technological development.

1. はじめに

DX (デジタル・トランスフォーメーション) は、製造業においても今後想定される既存システム刷新の機会に、競争力強化に向けた、先端デジタル技術活用のソリューション提案を、強く求められている。このお客ニーズに応えるために、電計事業本部では関連分野の専門技術者を一元的に集約した組織として2020年4月にDX推進部を設置し、ハード・ソフト両面から保全分野をはじめ具体的なベストソリューション提案に取り組んでいる。

2. 当社DX推進の特徴

DX推進部は4グループで構成され、それぞれのグループが持つキーテクノロジーを活かして、技術開発とソリューション提供を行っている。

- 1) データサイエンスグループ
→AI (人工知能)
- 2) オペレーションズリサーチグループ
→最適化テクノロジー (当社独自技術)
- 3) インテリジェントコミュニケーショングループ
→5G (先端通信技術)
- 4) ITプラットフォームグループ
→クラウド (先端システム技術)

これら要素技術を生かした当社DX推進の特徴は以下3点であり、お客に寄り添い、現場の課題解決を図っている。

- ①汎用技術と自社開発技術を組み合わせ、自社生産設備での新技術検証によって技術を確立
- ②鉄鋼業の設備エンジニアリング・保全業務を通して培ったスキルを活用
- ③電気・計測・システムを複合する総合エンジニアリングでソリューション提供

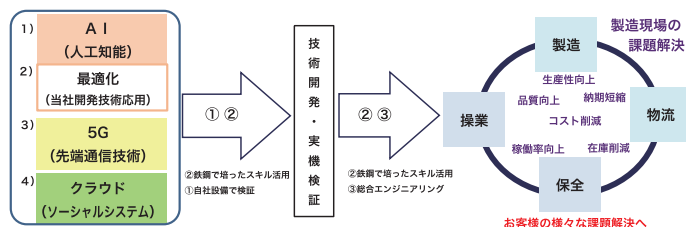


図1: 当社DX活用による製造現場の課題解決

3. 保全DXの取り組み

▶3.1 TEX-MAISTER® の概要

TEX-MAISTER® (TEXENG Maintenance And Inspection System by TEXENG technology with Responsibility) とは、設備保全に関する当社内技術の結集と先端IT技術を活用した総合的なIoT保全システムである (図2)。

当社では、設備保全対応力強化のニーズへの回答として、都度お客様の多様な要求に応えられる商品を開発することで保全業務改善、保全高度化に取り組んできた。それをTEX-MASITERの概念として体系化し、これまで提供できなかった機能の実現を図っている。

具体的には、様々な現場情報のデジタル化により収集・蓄積したデータを活用し、見える化機能、当社独自技術を組み合わせ、診断機能や計画機能として高度化を実現する。実現手段としては各商品群とこれらを連携したシステム化があり、既存の設備診断システム (エレスマート®)、設備管理システム (UNIVEAM®) に加え、新たに無線センサシステムをリリースした。今後も継続して各システムの連携を進め、高度な保全機能の開発と提供に取り組んでいく。

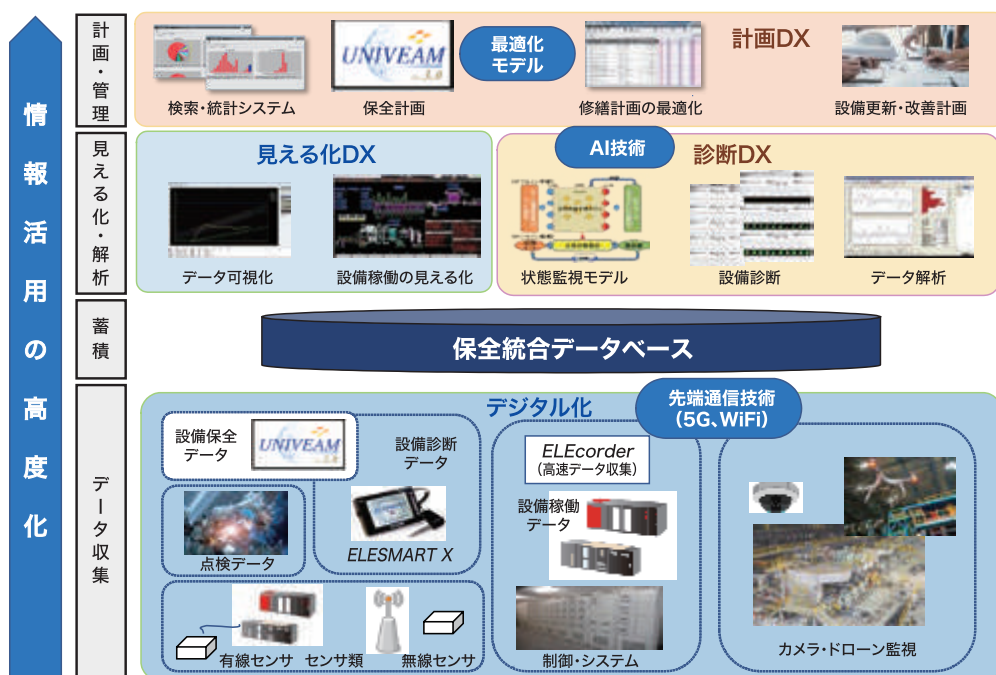


図2: TEX-MAISTER® の概要

▶3.2 モバイル点検支援(点検支援)

工場内で管理される日常点検、定期点検作業をシステム化し、チェックシートの電子化、実績管理、現場写真の同期等、点検整備作業をiPad、スマートフォンを用いて支援するシステムを提供する(図3)。本システムに点検ワークフローを登録すれば、点検した記録から日報を簡単に作成でき、故障発生時は、故障履歴の検索・参照、状況や処置内容を記録に残すことができる。

さらに、iBeacon等を活用して点検対象の機器を認識すれば各整備作業や警報などの機器情報を自動で取得することが可能で、現場におけるデータ入力省力化や、点検機器に応じた点検項目を自動表示など、点検業務の効率化と高度化を支援できる。

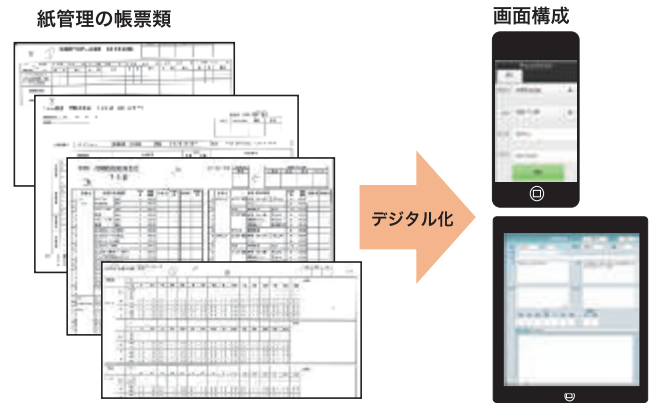


図3: iPad活用による点検イメージ

▶3.3 無線センサシステム(点検支援)

無線センサ(温度・振動など)は定周期で測定データを受信し蓄積できるため、点検情報のデジタル化が可能であり、人が立ち入れない設備、特に注意して監視したい設備の巡回点検代替として活用が期待されている。無線センサの収集データは時系列表示により、設備状態の傾向把握ができ、また適切なしきい値設定により、異常予兆を警告するなど様々な監視用途に用いることが可能である。本システムは2020年に商品化し、日本製鉄株式会社殿をはじめ引き合いを受けており、設備知識に基づくセンサ設置提案や収集データの解析など多様なサポートを強化していく。

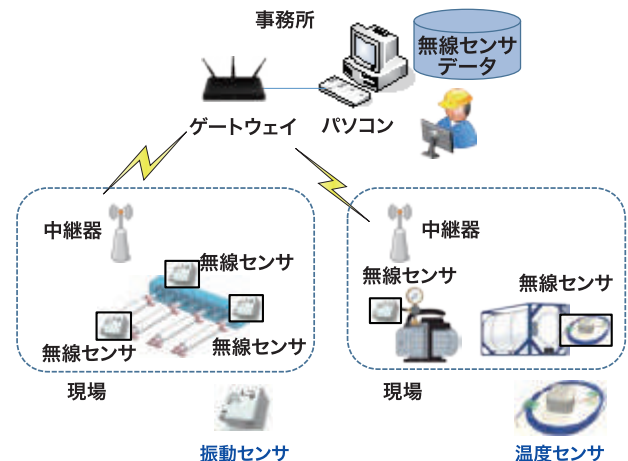


図4: 無線センサシステムの構成

▶3.4 設備異常検知(点検・診断支援)

ISO13372で規定されている設備異常検知と診断の基本フロー(図5)では、簡易診断(異常検知)、精密診断が定義されている。簡易診断(異常検知)には故障に至る前に異常や欠陥を早期に検出する目的で無線センサを活用し、精密診断の場合は簡易診断後に異常の詳細な評価を行う目的で、当社開発済の技術であるエレスマート®やオンライン診断装置を活用することができる。

異常検知はこれまで収集データをもとに人が判断するものであったが、無線センサデータを活用した2種類のモデル(外れ値検知用モデル、状態変化検知用)を開発しており、自動的に設備状態変化の有無を識別することができる。

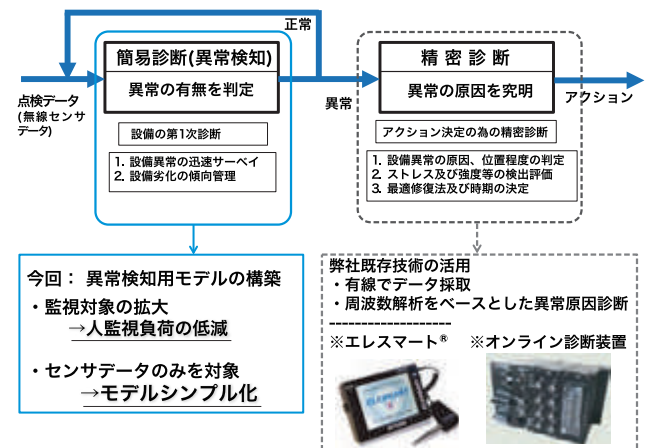


図5: 異常検知と診断の基本フロー

(1) 外れ値検知用モデル(モデルA)

隣接した場所に複数設置された無線センサデータ(N: センサ数, $x(t)$: 無線センサデータ)は、正常状態であれば類似した挙動を示すことが期待されることに着目し、同質のデータ群に対し外れ値 α を評価できるモデル式(1)を考案した。“仲間外れ”の無線センサデータが存在すると(例: ある一部の場所のみの温度データが高くなると)評価指標は大きくなり、何らかの原因で内在する状態変化を認識できる。

$$\alpha = \frac{1}{2N^2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N ([x(t)]_i - [x(t)]_j)^2 \quad (1)$$

$$\hat{x}_{AE}(t) = f_{AE}(x(t), x(t-1), \dots, x(t-M+1)) \quad (2)$$

$$\beta_i = \frac{1}{L} \sum_{k=t-L+1}^t |[\hat{x}_{AE}(k)]_i - [x(k)]_i| \quad (3)$$

(2) 状態変化検知用モデル (モデルB)

センサデータ間には相互の関係性 (パターン) を持つことに着目し、傾向変化 (つまり正常状態からの乖離) を検知できるモデルを開発した (図6)。データ挙動の高精度な再現が期待できる手法 (Auto Encoder) で、複数設置された無線センサデータを扱えるよう拡張することにより、正常状態の無線センサデータの推移を精度良く推定できるモデル (式 (2), 式 (3)) を考案した。ここで $\hat{x}_{AE}$: モデルによる再構成信号、 M : スライドウィンドウの幅、 L : 平滑処理の個数。モデルBで再現できない無線センサデータが存在すると、評価指標 β が大きくなり、その無線センサデータが正常状態から乖離している状態 (≒異常状態にあること) を識別できる。

(1) 外れ値検知用モデルA、(2) 状態変化検知用モデルBを併用することにより多様な設備状態に対して変化検知精度の向上が図れる。

▶ 3.5 保全計画の最適化 (計画支援)

当社では、これまで独自の最適化技術を開発しており、人の意思決定を全体最適化の視点から強力に支援するソリューションを提供しているが、この最適化技術を保全計画最適化にも応用していく計画である。当社の最適化技術は、要件定義から最適化モデル構築と評価までを行える最適化一貫システム (図7) を構築し、最適化エンジンは、日本製鉄株式会社殿と共同開発した数理最適化技術を独自にパッケージ化し、数理最適化アルゴリズムを簡単な定義で自動プログラミングする事が特徴である (図8)。さらに、先進ICT技術を持つ大学など外部機関との連携を図り、最適化の求解に長時間を要する複雑かつ大規模な問題に対して、最適性向上と計算時間の短縮に資する技術を開発中である。

保全計画では、修繕タイミングがポイントとなるが、上述の設備状態変化検知技術と連携することで、現場状況を反映した計画精度の向上を目指す。そのうえで、生産計画、保全員の配置など様々な制約条件において、生産・品質の安定化とコストなどの評価値を最適とする保全計画を支援していく構想である。

▶ 3.6 総合保全システム (点検・診断・計画支援)

総合保全システムはTEX-MAISTER® 構想を具現化するシステムであり、クラウド環境で構築を行っている (図9)。現場で収集した各種データをクラウド上に蓄積し、BIツール等で解析できる環境を提供し、リモートでデータ解析を行える。既に無線センサデータを入力とするシステムを構築済みである。

さらにエレスマート®、操業データ等の実績データを入力として拡張し、設備管理システム (UNIVEAM®) とのデータ連携をすることで、保全統合データベースを構築する。これらのデータと共に設備状態変化検知技術、最適化技術を活用することで、点検から保全計画までの保全業務を総合的にサポートする計画であり、各業務フェーズにおける保全業務の効率化、高度化を支援していく。

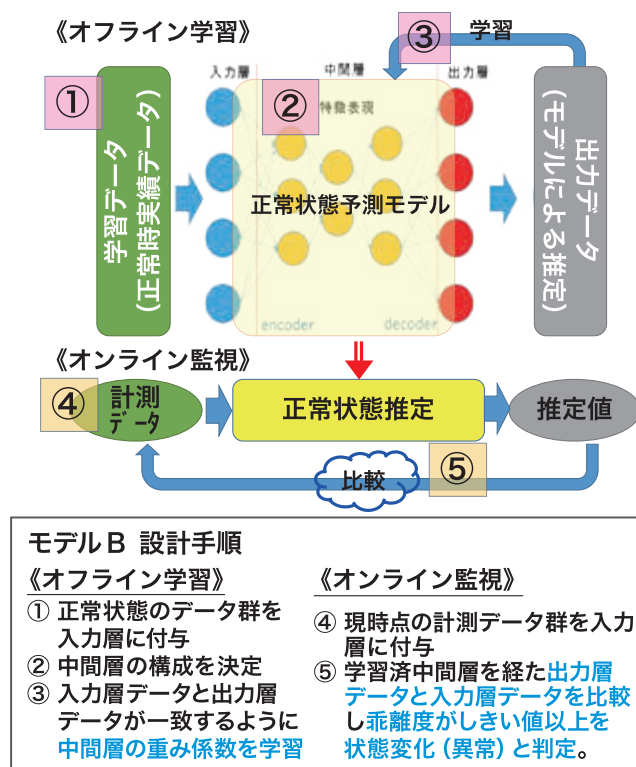


図6: 状態変化検知用モデルの概要

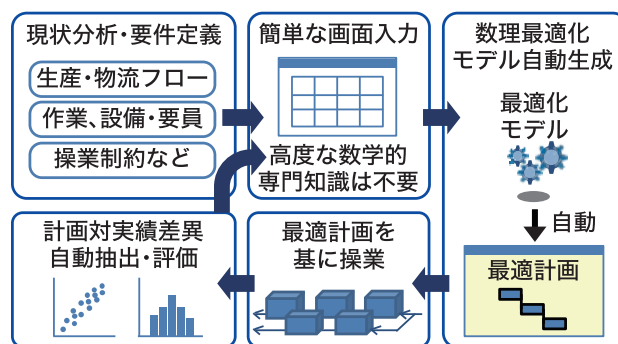


図7: 最適化一貫システム

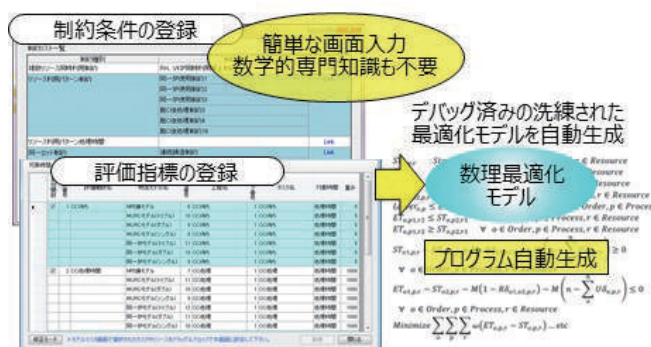


図8: 数理最適化モデルのプログラム自動生成機構

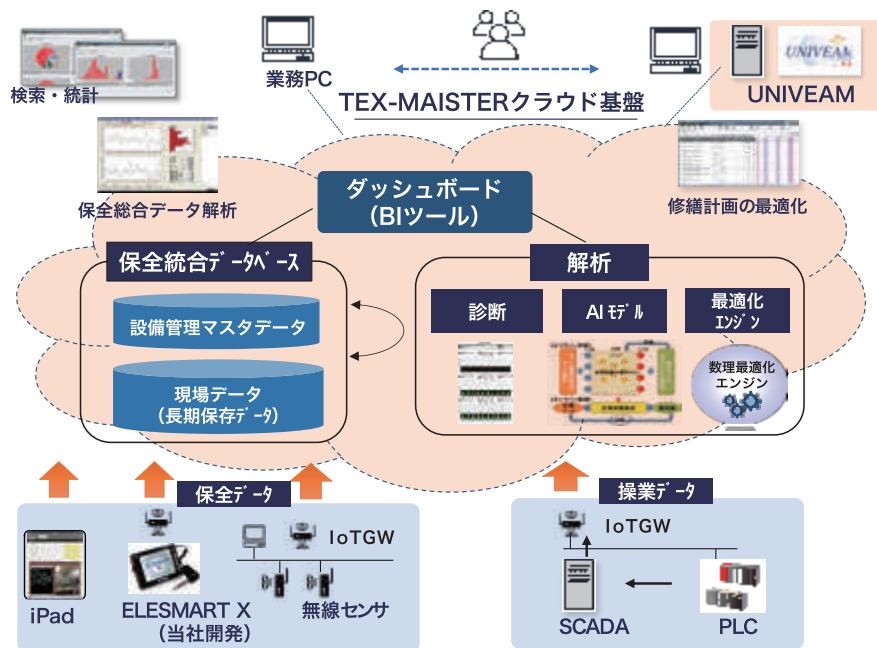


図9: TEX-MAISTERシステム クラウド版の概要

4. おわりに

これら保全ソリューションに加え、当社では鉄鋼業における設備エンジニアリング業務の経験を活かし、導入検討においては、現状理解による要件定義～ニーズに応じたソリューション提案を、システム構築は各要素技術を組み合わせたエンジニアリングを、システム導入後は、保守・解析サービスに至り、工事・整備作業とも連携し、アフターフォローまで一貫した総合ソリューションサービスを提供します(図10)。

当社はお客様が抱える現場課題に対して、ベストパートナーとして、成長・進化を支えるDXソリューションの提供を推進して参ります。

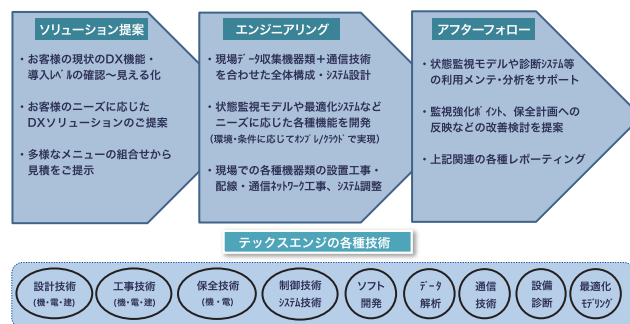


図10: DXソリューション提供のマクロフロー

参考文献

- 日鉄テックスエンジニア株式会社: TEX-MAISTER 総合保全システムの開発, 「TEXENG Report 2020 No.003 (2020)」
- 一般社団法人日本鉄鋼協会: 無線センサを用いた設備状態監視システム, 「材料とプロセス vol35 (2022) No2」
- 日鉄テックスエンジニア株式会社: 多機能ポータブル診断器「エレスマートX」の開発によるオフライン診断の進化, 「TEXENG Report 2019 No.002 (2019)」
- 日鉄テックスエンジニア株式会社: 生産・物流最適化技術の開発と今後の展開, 「TEXENG Report 2021 No.004 (2021)」

※TEX-MAISTER®, ELESMA X/エレスマート®, UNIVEAM®は日鉄テックスエンジニア株式会社の登録商標です。

お問い合わせ先

電計事業本部 営業部

TEL 03-6860-6625