

## デジタル化技術による 工場・インフラ設備のO&Mの高度化

Sophistication of O&M of Factories and Infrastructure Facilities through Digital Transformation

池田 和史 IKEDA Kazushi 新谷 文隆 SHINTANI Fumitaka 加茂 隆康 KAMO Takayasu

工場やインフラ施設では、設備の長期利用に伴う老朽化が進むとともに、それらの運用・メンテナンス(O&M: Operation and Maintenance)の現場において、作業者の高齢化や、後継者不足、熟練者スキルへの依存などといった問題が顕在化している。

そこで、東芝デジタルソリューションズ(株)は、IoT (Internet of Things)やAIなどのデジタル化技術を適用し、業務の効率化や設備の長期間運転、新たなサービスビジネスの創出といったO&Mの高度化に取り組んでいる。これを基に、設備状態の見える化・遠隔監視化ソリューションや、AIによる設備の異常検知・故障予知・寿命予測手法、情報端末や眼鏡型のウェアラブル端末の活用による作業者の業務・安全支援サービスなど、O&Mソリューション・サービスを提供している。

Factories and infrastructure facilities in Japan have recently been facing various issues including the aging of workers, a shortage of successors, and dependence on skilled engineers in the field of operation and maintenance (O&M), in addition to the ongoing aging of equipment.

Toshiba Digital Solutions Corporation has been engaged in activities aimed at the sophistication of O&M in order to improve business efficiency, realize stable long-term operations, and create new service businesses applying technologies for digital transformation including the Internet of Things (IoT) and artificial intelligence (AI). As an outcome of these efforts, we are offering the following O&M solutions and services: (1) visualization and remote monitoring solutions; (2) abnormality detection, failure prediction, and lifetime estimation methods using AI; and (3) services to support the actions and safety of workers using mobile information terminals and glasses-type wearable devices.

### 1. まえがき

製造業やインフラ事業の分野では、装置や設備に関するO&M業務の変革が強く求められている。道路や、電力、上下水道といった社会インフラは、一たび設備に故障が発生して停止すれば、人々の暮らしや生命に大きな影響を及ぼしてしまうミッションクリティカルな存在であり、工場の生産設備も同様である。

生産設備、インフラ設備のどちらにおいても、そのO&Mの現場では、最適化された機器や代替がきかない装置を対象とする場合が多く、現場で経験を積み重ねた熟練者の知識や技術を基にした判断が、設備の維持管理、故障回避、更にはグローバル拠点での稼働率の向上を支えている。

このため、高齢化や人材不足が進む中、属人化しているO&M業務のサービスレベルを維持しつつ、新たな価値を創出できるデジタル化技術による新たな仕組み作りが求められている。そこで、社会インフラとエネルギー領域での事業基盤に最新のデジタル化技術を適用し、東芝グループとして、これらの社会課題の解決に貢献している。

ここでは、デジタル化の視点から、東芝デジタルソリューションズ(株)が持つ関連技術や、商品、サービスについ

て、適用事例を交えながら述べる。

### 2. デジタル化技術がO&Mにもたらすもの

装置や設備のO&M領域では、作業員や監視員が、巡回点検やO&Mを行っている現場が依然として多いのが実情である。こうした現場でデジタル化技術を活用することは、インフラを運営して設備を使用する利用者側にとって、日々の作業の効率化・自動化・遠隔化による人材不足の解消だけでなく、人件費削減によるコスト競争力の強化や、常時監視化による作業品質の向上、更には最適運転による省エネや、環境負荷の低減、作業安全といった経営・管理視点での効果も大きい。

一方、当社を含む装置や設備メーカーのような提供者側にとっても、デジタル化技術の活用による長寿命化や運転の最適化で、高品質なサービスの提供が可能となる。更に、サービスのビジネス化により継続的な収益モデルを創出することで、結果的にはO&M業界全体が高度化し、成長していく(図1)。

### 3. 設備状態の見える化・遠隔監視化ソリューション

デジタル化技術によるO&Mの高度化に向けた取り組みの

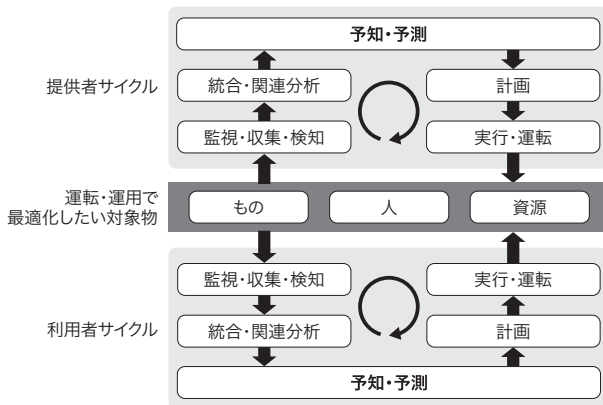


図1. O&Mのデジタルトランスフォーメーション

メーカーなど装置や設備の提供者側と、工場やインフラを運営して実際に設備を使う利用者側の双方が、デジタル化技術を活用して高度化することで、相乗効果が得られる。

Digital transformation of O&M processes

第一歩は、装置・設備の見える化・遠隔監視化の実現である。装置・設備のセンサーデータを収集・蓄積し、いつでも、どこでも、誰にでも、稼働状態をリアルタイムに把握できるようにすることである。ここでは、見える化・遠隔監視化で提供する操作画面と、見える化・遠隔監視化の拡張に向けて考慮すべき点を説明する。

### 3.1 操作画面

見える化・遠隔監視化では、まず、装置・設備の全体的状態を確認できる画面を提供し、その後、問題が発生していると思われる装置・設備を絞り込み、それらの稼働状態を確認する画面を提供することが一般的である。見える化・遠隔監視化として提供する画面を、以下に述べる。

- (1) 装置・設備選択 見える化対象の装置・設備を選択するエリア。リスト表示又は地図表示から選択することが可能で、地図表示の場合、装置や設備の状態を鳥瞰(ちょうかん)的に表示
- (2) プロセスフロー センサー値や状態をグラフィカルなシンボルで表示し、工場やビルなどの付帯設備、あるいはプラントといった一連のプロセスでつながる監視対象をフロー図で表示
- (3) 装置稼働状態(デバイス状態) 装置の計測値や動作状況などの詳細情報を表示
- (4) アラート一覧(イベント一覧) 装置のアラームとその重要度を表示
- (5) トレンドグラフ 対象装置の計測値のトレンドグラフや、アラーム、重要な状態変化を時系列に表示

これらの見える化・遠隔監視化の画面提供により、問題点やパフォーマンス状態を管理者やオペレーターと共有でき



図2. 見える化・遠隔監視化の操作画面例

直感的で使いやすい画面を提供することで、問題点やパフォーマンス状態を、管理者とユーザーで共有できる。

Example of operation screen of visualization and remote monitoring solution

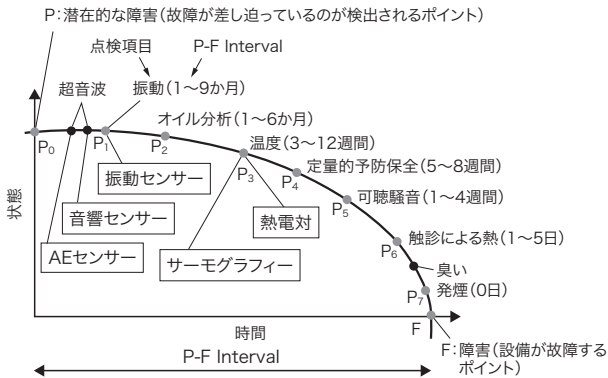
る。また、管理者とオペレーターが一体となった運営の実現にも活用可能である。当社では、UXD (User Experience Design) 手法を取り入れ、直感的で使いやすい画面を提供している(図2)。

### 3.2 拡張に向けて考慮すべき点

- (1) 規模拡張の容易性 装置・設備の見える化・遠隔監視化の導入においては、スモールスタート後、装置・設備数、若しくは個々の装置から収集・蓄積するデータ量に応じ、規模を拡張するケースが多い。このステップを容易にするのがクラウドサービスである。クラウドサービスでは、コンピューターリソースの拡張や縮小を容易に行うことができ、利用規模に応じたリソースを確保することで、導入・運用コストの最適化を図れる。
- (2) アドオン開発の容易性や様々なアプリケーション連携の実現 収集・蓄積した装置・設備のセンサーデータは、様々な目的に利用される可能性があり、UI (User Interface) を個別に整備したい、頻繁に更新したい、センサーデータを利用してBI (ビジネスインテリジェンス) ツール・レポート機能やAIエンジンと連携したい、といった例が挙げられる。これらを実現するには、装置・設備から収集・蓄積したデータや装置・設備の管理データなどを活用するためのAPI (Application Programming Interface) を整備することが重要である。APIを公開することで、ユーザーはニーズに応じたアプリケーションを容易に開発することが可能となる。

## 4. 設備の異常検知・故障予知・寿命予測

工場における製造装置はもちろんのこと、ファシリティ系の動力設備や搬送設備などの周辺設備についても、故障・停止すると復旧までに長い時間を要する場合が多い。



P-F Interval: Potential-to-Functional Failure Interval (設備障害を修正できる期間)  
 AE: アコースティックエミッション  
 \*Moubray, J. 「Reliability-centered Maintenance」<sup>1)</sup>を基に作成

図3. 回転機の設備障害時の修正期間

設備障害を修正できる期間 (P-F Interval) を十分に確保するには、早いタイミングで兆候を捉えることが必要である。ベアリングなどの回転機では、高周波領域の振動や音などに、早期の兆候が現れる。

Potential-to-functional failure interval (P-F interval) curve of rotating machine

したがって、故障に至る兆候を、事前に察知して予防的対応をすることが、安定的な生産活動を続けるための重要なポイントになる。従来の作業員による巡回点検では、点検開始まで装置・設備の状態変化を確認できなかったが、3章で述べた監視のシステム化により常時監視化され、より早期に状態変化を検知することが可能となってきた。しかし、設備が停止する前に、障害を修正するための十分な期間を確保するには、できる限り早いタイミングで兆候を捉えることが必要となる。例えば、ベアリングなどの回転機の場合は、高周波領域の振動や音などに、早期の兆候が現れることが分かっている(図3)<sup>1)</sup>。

近年は、設備自体にあらかじめ多くのセンサーが装着されており、設備の状況データを簡単に取得できるようになっている。また、センサーが装着されていない古い設備などは、機器の外側にセンサーを追加することで状況データを取得できるようになる。これらの状況データを異常時のパターンと照合することで、早期の異常検知や故障予知が可能となる。

設備の構造が複雑であったり、故障モードが多岐にわたったりする場合は、AI技術を活用することで、異常検知モデル生成コストを下げる事が期待できる。また、ファンリティー系設備などは、数年、安定的に稼働していて異常データがないものも多いため、その場合は、正常稼働時のデータをAIに学習させ、“正常でない状態を検知”させる手法が有効である。

ある工場のユーティリティー設備では、設備状態を示す20次元以上のデータをAIアルゴリズムの一種であるオート

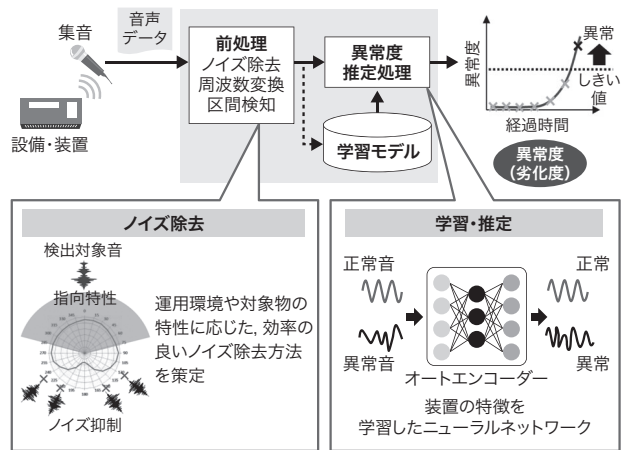


図4. 音響センサーによる設備劣化診断

AI技術を活用して動作音から設備の劣化度を推定するシステムであり、非接触で設置可能なため、設備を加工せず導入できる。

Method for diagnosis of equipment deterioration using acoustic sensor

エンコーダーに学習させ、故障に至る異常を検知する仕組みを冷凍機やコンプレッサーなどの重要設備に展開中である。また、音響データの高周波域(非可聴域)に経年劣化の兆候が現れる特徴を利用し、劣化度を用いて最適な設備メンテナンス計画の立案につなげる活動にも取り組んでいる(図4)。

## 5. 作業員支援

O&M領域の現場作業員を取り巻く労働環境の変化として、労働人口の減少に伴う一人当たりの業務負荷の増加、新旧の装置や設備が混在することによる業務の複雑化、熟練作業員のノウハウや技能の消失、などが挙げられる。これらの変化に対応するため、業務プロセスの見直しや、デジタル化の推進、人材育成などの対策が進められている。

### 5.1 作業員の業務を支援する仕組み

装置や設備を安定稼働させるために、定期的な点検や整備を行う必要があるが、これまで述べたデジタル化技術の浸透で、装置や設備の異常を早期に検知し、最新の状態を精緻に把握できるようになってきた。また、それに伴い、時間基準保全(TBM)から状態基準保全(CBM)へ変化していく傾向にある。

デジタルデータの増加に伴い、より短時間で様々な情報を把握し、適切に判断することが、現場作業員に委ねられるケースも増加している。そのような問題に対し、作業現場でモバイル端末や眼鏡型のウェアラブル端末を利用する、デジタルフィールドワークソリューションの活用が進んでいる(図5)。

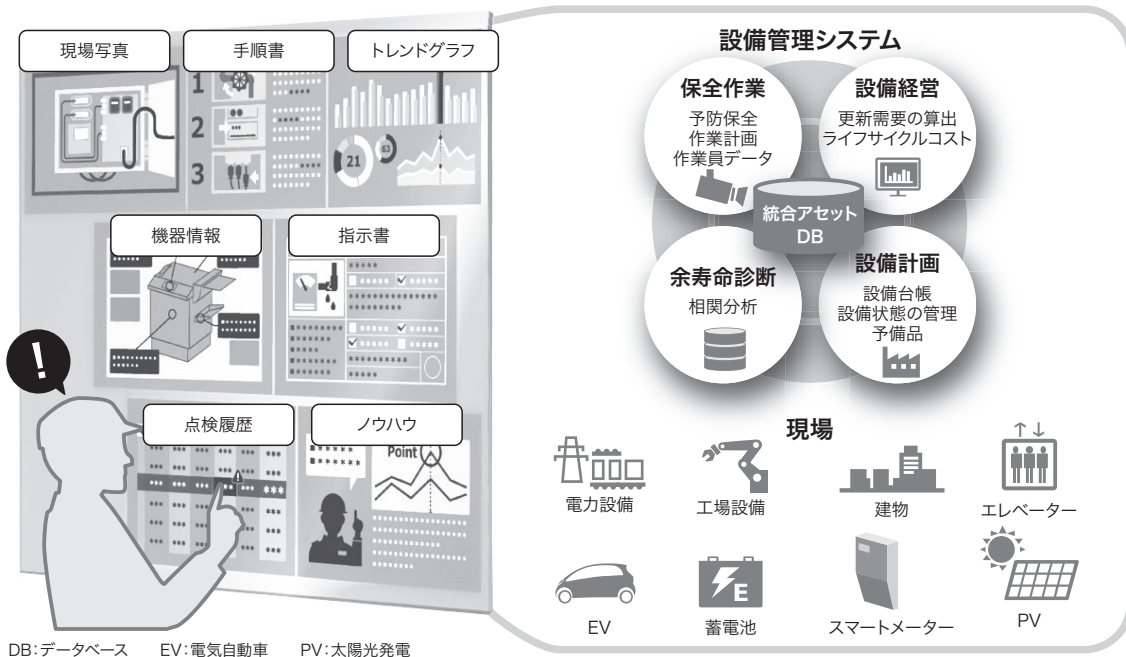


図5. 情報端末を用いたデジタルフィールドワークソリューション

フィールド業務に必要な情報やノウハウを現場で活用する情報端末に集約することで、現場作業員による短時間での様々な情報把握や適切な判断を支援する。

Digital fieldwork solution using information terminals

例えば、装置や設備の状態確認、作業手順や過去の対応履歴などのノウハウ取得、AIによる予知・予測情報といった、現場作業に必要なデータへのアクセスや作業手順のナビゲーションなどの機能が提供されるものである。

また、映像や音声などをリアルタイムに共有し、遠隔地にいる支援者とコミュニケーションを取りながら現場を支援する遠隔支援型のソリューションも必要となるケースもある。

### 5.2 作業員の安全を支援する仕組み

装置や設備のO&M業務では、時には、危険作業や心身にストレスを与える環境での作業となるケースがあるので、企業にとっては、作業員の安全面に配慮することも重要なテーマである。近年、リストバンド型やクリップ式など幾つかの形態の活動量計が普及しつつあり、取得できるデータの精度も向上してきている。これにより、心身的な負荷状態や、位置、動線などの把握も可能となり、遠隔支援のソリューションと組み合わせ、作業員の見守りや労働環境の改善に活用する事例が増えつつある。

## 6. あとがき

デジタル化技術によるO&M業務の高度化に向け、リアルタイムでの装置・設備の状態把握やAIの活用、システム導入のステップや拡張性のポイント、作業員の業務を支援するソリューションなどについて述べた。

ここで述べた適用事例は、個別業務の効率化への貢献が中心であったが、今後は、更にAI技術やシミュレーション技術の活用を拡大するとともに、エネルギー管理システムや、顧客との接点となるコールセンターシステム、保守部品の調達やサプライチェーンとの連携など、O&M領域での価値向上に向けたソリューションやサービスも提供していく。

## 文献

- (1) Moubray, J. Reliability-centered Maintenance. 2nd ed. New York, Industrial Press, 1997, 448p.



池田 和史 IKEDA Kazushi  
東芝デジタルソリューションズ(株)  
ICT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推進部  
Toshiba Digital Solutions Corp.



新谷 文隆 SHINTANI Fumitaka  
東芝デジタルソリューションズ(株)  
ICT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推進部  
Toshiba Digital Solutions Corp.



加茂 隆康 KAMO Takayasu  
東芝デジタルソリューションズ(株)  
ICT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推進部  
Toshiba Digital Solutions Corp.