

設備保全・運用の高度化を支援する OT・ITデータ統合ソリューション

Solution Integrating OT/IT Data to Enhance Sophistication of Equipment Maintenance and Operation

船江 公希 FUNAE Kouki 合屋 琢 GOYA Taku 遠藤 清和 ENDO Kiyokazu

設備集約型事業では、設備の高経年化や人材不足から、限られたリソースで設備の保全・更新を行う必要があり、その意思決定を高度に支援するソリューションが求められている。一方で、設備状態を示すOT(制御・運用技術)データと、保全履歴や計画、コストなどのIT(情報技術)データは、現状では組織の中で分断されているため、全体最適な判断には十分活用できていない。

このような背景から、東芝は、OTデータとITデータを統合しデジタルツイン上で活用することで、データに基づく設備保全・運用の意思決定を支援する設備保全・運用統合ソリューションを考案した。OT・ITデータ統合により、従来の時間基準保全(TBM)や状態基準保全(CBM)に比べて、より高度なリスク基準保全(RBM)に基づく、全体最適な保全計画、設備投資計画の策定を支援できる。

Equipment-intensive industries have recently been facing critical issues, including aging equipment and labor shortages. As a result, there is growing demand for advanced decision-support solutions to implement equipment maintenance and renewal with limited resources. However, as operational technology (OT) data on equipment condition and information technology (IT) data on maintenance histories, plans, and costs are managed by individual departments, totally optimized decision-making based on OT/IT data has not been achieved to date.

Toshiba Corporation has responded to this situation by devising a solution integrating OT/IT data in a digital twin, making it possible to support decision-making in equipment maintenance and operation. This solution will assist in achieving total optimization of equipment maintenance and capital investment plans based on risk-based maintenance (RBM) with higher accuracy than conventional time-based maintenance (TBM) and condition-based maintenance (CBM).

1. まえがき

社会インフラ事業や製造業などの設備集約型事業では、設備の老朽化と人材不足が同時に顕在化しており、設備保全・更新に関する意思決定の高度化が喫緊の課題となっている。従来、設備管理は熟練者の経験や過去実績に依存する部分が大きく、突発故障への事後対応が中心となりやすかった。この結果、計画的な保全の実行、及び限られた予算・施工力を踏まえた合理的な設備投資判断が困難になっている。また、近年、IoT(Internet of Things)技術の進展により、センサーや制御機器から得られるOTデータが大量に蓄積されるようになった。OTデータは設備状態や劣化兆候を直接反映する点で大きな価値を持っているが、設備諸元や、構成情報、保全履歴、検査記録、図書情報などの情報(これらを総称して文脈情報と呼ぶ)と結び付かない限り、局所的な監視用途にとどまることになってしまい、計画策定や、投資判断への活用には限界がある。一方、ITシステムで管理されてきた保全履歴や、工事計画、コスト情報もまた、設備の現在状態や将来リスクを十分に反映できていない。こ

のような背景から、OTデータとITデータを、設備を中心に統合し、意思決定に必要な意味解釈を付与することで、設備保全・運用の在り方を根本から見直すことが求められている。

そこで、東芝は、OTデータの価値創造に向けた考え方を整理した上で、OT・ITデータを統合した設備保全・運用統合ソリューションを考案した。ここでは、この設備保全・運用統合ソリューションの概要と、当社が開発したEAM(設備資産管理)テンプレート及び設備投資最適化ソリューションWAOTと組み合わせることで構成される設備保全・運用統合のソリューションの有効性について述べる。

2. 設備保全・運用統合ソリューション

2.1 設備集約型事業者が直面する課題

設備集約型事業では、多数の設備を限られた人員で維持・運用する必要がある一方、設備データは現場(OT)側、保全履歴や工事計画、コストは業務(IT)側に分散して管理されてきた。その結果、設備全体を俯瞰(ふかん)した最適な意思決定が困難となり、突発故障に対する事後対応が中心となるなど、計画的な予防保全の実行が阻害されてきた。更

に、現場での判断が熟練者の経験に依存しやすく、保全計画立案の属人化が進むことで、改善の継続性や再現性が確保しにくい。このように、リソース不足、予防保全の限界、及び保全計画の属人化といった問題への対応が、設備集約型事業者の直面する課題として挙げられる。

2.2 OTデータの価値と従来型の活用方法の限界

OTデータは、センサーや制御機器(PLC(Programmable Logic Controller)など)から得られる設備状態の時系列データであり、設備の運転状態や劣化兆候を直接反映する点に本質的価値がある。OTデータを設備状態監視に加えて異常検知や予兆診断へ展開できれば、今までのTBMやCBMを高度化し、設備の安定稼働と保全効率化の両立が期待できる。しかし、OTデータは設備固有の構成や運用条件に強く依存し、数値情報だけでは意味解釈が難しいという特性を持つ。そのため文脈情報と結び付かない限り、OTデータは局所的な監視にとどまり、保全計画策定や設備投資判断に活用できない。その結果、異常兆候を把握できても、関連情報の探索や対応方針の判断が人手に依存し、運用は属人的かつ断片的となる。OTデータが大量にあっても、その価値が十分に引き出されていないのは、このような状況が主要因である。

2.3 OTデータの価値創造に向けたアプローチとITデータの価値拡張

OTデータの価値創造には、設備を中心に多様な情報を関連付け、誰でも参照・活用できる状態にする“文脈化”が不可欠である。具体的には、設備諸元、時系列データ、図面などを統合し、OT・ITデータ統合デジタルツイン(図1)として

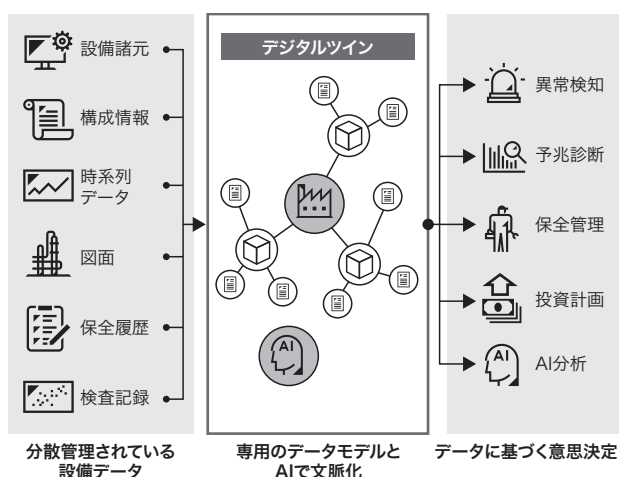


図1. OT・ITデータ統合デジタルツイン

設備諸元や時系列データ、図面などのOTデータと保全履歴や検査記録などのITデータを統合したデジタルツインにより、設備情報へのアクセス性を向上させる。

Digital twin integrating OT/IT data

展開することで、設備情報へのアクセス性を向上させる。更に、専用のデータモデルとAIを用いてデータを自動で関連付けることで、探索コストを低減し、OTデータを意思決定への利用に耐える情報に変換する。そうすることで、DataOps(データの収集、蓄積、分析、改善のサイクル)の実践によりデータの品質・精度向上を図り、更に推論・自律エージェントの活用により突発事象に対応した保全計画の再編成や、保全周期の見直しなどを自動化できる。このように、現場の即応的な保全活動から中長期的な戦略立案までをカバーする、包括的な保全業務の効率化が可能である。

従来の設備保全におけるITデータは、保全履歴、工事計画、コストなどを中心とした設備管理情報であり、設備の現在状態や将来の劣化傾向を直接反映するものではなかった。そのため、ITデータを用いた保全計画や設備投資判断は、過去実績や経験に基づく推定に依存し、判断の精度や即応性に限界があった。OTデータがITデータと統合されることで、保全履歴は、設備状態を踏まえた設備評価情報へと変換され、工事計画や設備投資計画も、故障リスクや影響度と結び付いた意思決定の根拠として活用可能となる(図2)。このようにOTデータを取り込むことで、ITデータは、従来の記録管理の用途から、CBMの実行可否判断、限られた資源を考慮した保全優先度付け、更には投資計画や規模の検討といった上位レベルの意思決定にまで活用範囲が広がる。その結果、ITシステムは業務効率化にとどまらず、設備運用全体の最適化を支える中核的な役割を担う。

2.4 設備保全・運用統合ソリューションの要件と特長

前述したように、ITデータを記録管理のための情報から意思決定を支援するための情報へ進化させるには、OTデー

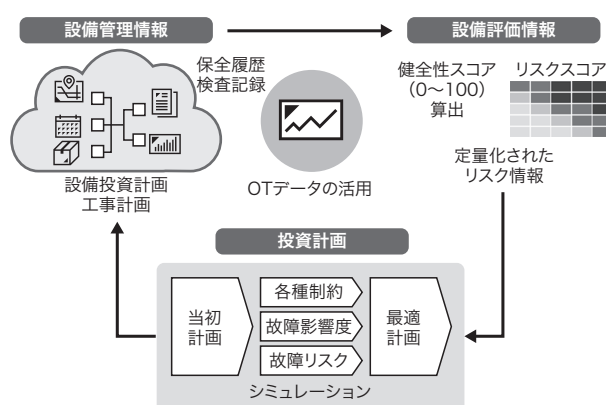


図2. OTデータの活用によるITデータの価値拡張

OTデータを取り込むことで、ITデータは設備管理情報から設備評価情報に変換され、投資計画の検討といった上位レベルの意思決定にまで活用範囲が広がる。

Value enhancement of IT data using OT data

タを単に参照するのではなく、設備を中心にデータを統合し、保全計画及び設備投資判断に必要な文脈情報を付与する仕組みが必要である。したがって設備保全・運用統合ソリューションには、以下の要件が求められる。

- (1) OT・IT・図書などの異種データを取り込み、統合できること
- (2) 専用のデータモデルとAIを用いてデータを自動で関連付け(文脈化)し、設備情報へのアクセス性を向上させること
- (3) 異常検知・予兆診断などの分析結果を計画系(EAMなど)に接続し、活用可能にすること
- (4) 故障リスク・影響度と制約条件を踏まえ、保全計画から投資計画までを最適化できること

上記要件を実装するものとして、当社はOT・ITデータ統合による設備保全・運用統合ソリューションを考案した(図3)。

このソリューションは、装置・センサーやPLCなどから得られるOTデータと、基幹業務システムのEAMなどが扱うITデータを統合し、デジタルツイン上で一元的に扱う。統合された設備文脈情報の下で、設備状態監視、異常検知、予兆診断を実施することにより、CBMを高度化し、更に分析結果を保全・投資計画へ連携することで、RBMによる計画策定を可能とする。具体的には、設備故障時の影響度と故障確率からリスクを算出・可視化し、算出されたリスク量と予算・施工力などの制約条件に基づき、交換時期や工事計画を最適化し、提示する。更にこのソリューションでは、実行・評

価・改善のサイクルを組み込み、保全方針を継続的に更新する運用を支援する。これにより、属人化しがちな計画運用を、データに基づく改善サイクルとして定着させ、IT側の意思決定支援を強化できる。

3章以降では、前述した設備保全・運用統合ソリューションに求められる要件の(3)と(4)を満たす、当社が開発した製品2種を示し、データに基づく意思決定支援による設備管理高度化の有効性を明らかにする。

3. EAMテンプレート

当社は、多くの設備集約型事業者が導入している企業資源計画(ERP: Enterprise Resource Planning)のパッケージ“SAP S/4HANA”、“SAP BW/4HANA”を活用したEAMソリューションとして、EAMテンプレートを開発し、複数の顧客に導入している。ERPを基軸に多様なデータを統合することにより、従来、組織内で情報が分断され、システムと紙で運用されていた設備管理業務のDX(デジタルトランスフォーメーション)を進展させ、設備管理業務の品質を向上させることで、社会インフラ設備の安全、安心な運用を支援している。

3.1 ERPが管理するデータ

ERPが管理するデータは、会計・財務をはじめ、人事・給与、販売管理、生産管理、購買・調達、在庫・物流、設備保全など多岐にわたる(表1)。

保全管理業務においては、これらの一元管理された情報を計画段階から有効活用することで、全体最適化による効率的なリソース配分の実現が可能となる。RBMやCBMを実施する際には、生産計画や生産実績を反映させることで、より効率的な保全計画の立案が可能になる。

3.2 保全業務の品質向上

EAMテンプレートでは、各設備の点検作業プロセスの名称や、数量、工数、必要なスキル、有資格者、資機材などを作業標準としてあらかじめ定義することが可能である。保全計画の作成時には、設備の点検パターンや障害の種別に応じて、作業標準から作業プロセスを選択することで、作業の

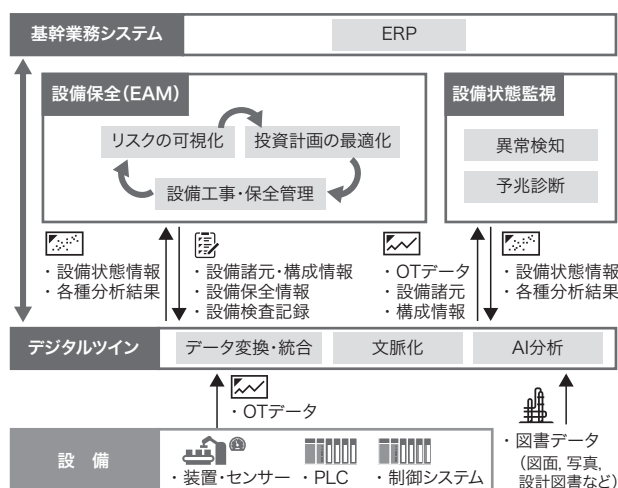


図3. 設備保全・運用統合ソリューション

OTとITのデータを統合したデジタルツインの活用により、状態監視・予兆診断から保全計画、設備投資計画までを一貫して支援する。

Overview of solution integrating OT/IT data for equipment maintenance and operation

表1. ERPが管理するデータ

Data managed by enterprise resource planning (ERP)

業務分野	業務データ
会計・財務	予算・決算、売り掛け・買い掛け、支払い・入金、固定資産など
人事・給与	組織、従業員、勤怠、給与、職位、スキル・評価など
販売管理	見積もり、受注、出荷、請求・売り上げなど
生産管理	生産計画・実績、製造指図、部品構成表、工程・設備、部品表など
購買・調達	調達計画、購買依頼、発注、入荷、検収など
在庫・物流	在庫数量・金額、出入庫計画、出入庫履歴、棚卸し情報など
設備保全	設備台帳、保全計画、保全指図、作業実績、不具合情報など



図4. EAMテンプレートにおけるクラス、特性による設備諸元の管理

目的ごとに複数の特性を持つクラスを設備に割り当てて管理している。

Assignment of classes and characteristics managed by enterprise asset management (EAM) to each piece of equipment as specifications

属人化や抜け漏れを防止し、保全作業の高品質化を実現している。保全作業完了時には、資機材の発注実績や実績作業工数、委託先の評価情報などを集約・分析し、品質向上を目指して作業標準の改善を実施している。

3.3 EAMデータの活用

EAMテンプレートでは、OTデータの分析で重要となる様々な設備の基本情報や諸元を、クラス及び特性として管理している。特性には、型式、定格出力、容量、材質などの設備諸元を設定する。クラスは、複数の特性の組み合わせで、全ての設備で標準的に管理する特性、機器種別ごとに標準的に管理する特性、目的別に管理する特性などを定義でき、設備には複数のクラスを割り当てて管理している(図4)。

分析モデルを作成する際や作成したモデルをほかの設備に転用する際に、設備に登録された特性値を有効活用している。

4. 設備投資最適化ソリューション WAOT

設備集約型事業者には、設備の高経年化や人材不足を背景に、設備保全・更新に関する意思決定の高度化が強く求められている。従来、設備更新の判断は耐用年数や過去実績に基づいて行われることが多く、設備ごとの状態差や故障時の社会的影響を十分に反映できていないという問題があった。また、更新計画の策定においても、予算や施工力、設備停止条件など複数の制約を考慮した合理的な計画立案は容易ではなく、計画の属人化や説明性の不足が問題となっていた。

これらの解決策として、当社は設備投資最適化ソリューション WAOTを開発した。WAOTは、RBMと、リスクに基づ

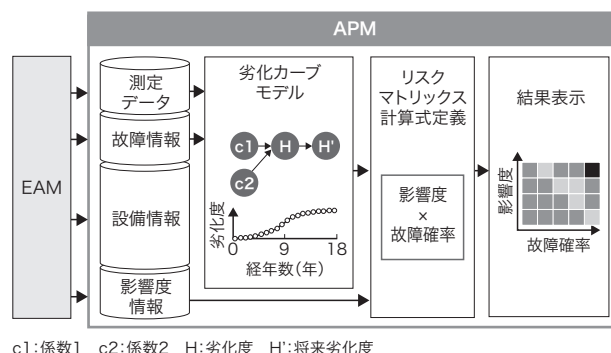


図5. APMにおける設備パフォーマンス管理

設備データとOTデータに基づいて算出した設備の故障確率及び故障時の影響度から、設備ごとのリスクを判定する。

Equipment conditions monitored by asset performance management (APM) using EAM data

く資産投資計画・管理(AIPM: Asset Investment Planning and Management)を一体的に実現するテンプレートであり、設備データに基づくリスク評価から、設備更新・工事計画の最適化までを一貫して支援することで、設備保全・更新に関する意思決定を高度化する。

4.1 WAOTが管理・活用するデータ

WAOTの設備パフォーマンス管理(APM: Asset Performance Management)は、EAMで整備された設備基本情報、点検情報といった設備データとOTデータを入力として活用する。これらのデータを基に、設備の故障確率及び故障時の影響度を定義・算出することで、設備ごとの状態を定量的に把握する。故障確率は、設備の種類や使用環境、劣化特性などを考慮したモデルにより推定される。また、影響度については、供給支障や安全性、社会的影響といった観点を含めて定義する。故障確率と影響度を組み合わせることで、設備ごとのリスク量を算出し、マトリックスとして可視化できる(図5)。

4.2 設備更新意思決定の高度化

WAOTのAIPMは、APMが算出したリスク量を用いて、設備更新によって低減されるリスク効果を評価して設備ごとの更新優先度を客観的に決定し、設備更新年や工事計画を最適化する。最適化にあたっては、年間予算や、施工力、設備停止条件などの制約条件を考慮し、組み合わせ最適化手法を用いて、実行可能かつ合理的な計画を導出する。これにより、従来の耐用年数や過去実績に依存した判断から脱却し、設備状態や社会的影響を踏まえた合理的な意思決定が可能になる。また、リスクを抑制しながら投資や工事量の平準化を図り、長期的な設備管理の持続性を向上させることができる(図6)。

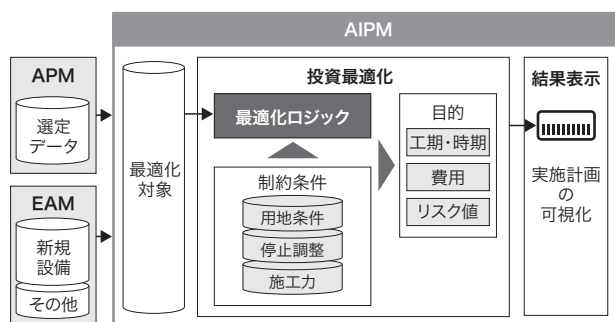


図6. AIPMにおける設備投資最適化の流れ

OTデータを文脈化したEAMデータとAPMのデータを用いて最適な設備投資計画を支援することで、経営の意思決定判断に寄与する。

Capital investment optimized by asset investment planning and management (AIPM) using APM/EAM data

4.3 OT・ITデータ統合と最適化結果の活用

WAOTでは、OTデータをITデータに統合して定量的なリスク指標へと変換し、更に経営的制約条件の下で最適化することで、設備保全・更新に関する意思決定を高度化する。また、最適化結果とその算出根拠を可視化するユーザーインターフェースを備えており、設備更新の優先度や計画内容について、経営層や関係部門に対して高い説明性を確保している。これにより、投資判断の透明性を高め、組織全体で合意形成を図ることが可能となる。EAMとの組み合わせにより、設備データを経営判断に利用可能な形にすることで、データに新たな価値を付加し、設備集約型事業者が直面する課題の解決に貢献する。

5. あとがき

設備集約型事業者が直面する課題を背景に、OTデータとITデータの統合による新たな価値の創出に取り組み、設備保全・更新に関する意思決定を高度化するアプローチを示した。OTデータを文脈化し活用することにより、状態監視や異常検知にとどまらず、保全計画や設備投資計画といった上位レベルの判断へと展開できることを示した点に意義がある。

また、EAMテンプレートによる保全業務の標準化・高品質化と、設備投資最適化ソリューション WAOTによるリスク基準の意思決定支援を組み合わせることで、計画策定から実行、評価、改善までを一貫したデータ活用の枠組みとして実現できることを示した。これにより、属人化しがちな設備管理業務を、データに基づく継続的な改善サイクルとして運用することが可能となる。

今後は、分析モデルの高度化や適用設備の拡大、更には経営指標との連携を通じて、設備管理と経営判断をより密接に結び付けることが期待される。この論文で示したOT・ITデータ統合の考え方が、設備集約型事業における持続的な設備管理高度化の一助となれば幸いである。



船江 公希 FUNAE Kouki
スマートマニュファクチャリング事業部
電力&次世代EAMソリューション技術部
Electric Power Energy and advanced-EAM Solutions Engineering Dept.



合屋 琢 GOYA Taku
デジタルエンジニアリングセンター
SAP EAM&AMOサービス部
SAP EAM & AMO Services Dept.



遠藤 清和 ENDO Kiyokazu
スマートマニュファクチャリング事業部
産業ソリューション技術部
Industrial Solutions Engineering Dept.