

設備の安定稼働を支援するサービスソリューション

Service Solutions to Support the Stable Operation of Equipment

北谷 保治 KITATANI, Yasuharu

藤田 史彦 FUJITA, Fumihiko

大頭 威 DAITO, Takeshi

生産計画を達成するためには、設備故障を減らして安定稼働を実現する保全活動が必要である。保全活動は、設備のライフサイクルを通して、時間とコストを考慮した保全計画を策定し、設備状態を常に把握して問題を解決する保全 PDCA サイクルを回す活動が基本となる。富士電機は、IoT を活用したクラウド型設備保全サービスを提供し、設備保全による設備の安定稼働を支援している。設備カルテ、稼働監視機能、設備診断機能を連携させて、保全 PDCA サイクルに必要な情報を総合的に管理している。

In order to achieve production plans, it is necessary to carry out maintenance activities that reduce equipment failure and ensure stable operation. The maintenance activities are basically involved in implementing the maintenance PDCA cycle that consists of activities to formulate maintenance plans with consideration of time and cost, continually monitor equipment conditions and solve problems as they arise, throughout the life cycle of equipment. Fuji Electric is providing cloud based equipment maintenance services that utilize IoT. These services support stable operation through equipment maintenance. The information required for the maintenance PDCA cycle is managed in an integrated manner by linking equipment maintenance records, operation monitoring functions and equipment diagnostic functions.

1 まえがき

導入する設備によって時間当たりの生産量だけでなく、品質やコストも大きく異なる。そのため、生産計画は設備能力に依存し、設備能力を十分に発揮させることが重要である。

富士電機では、EMS (Energy Management System) サービス、保全サービスおよび稼働監視サービスをクラウド上に融合したクラウド型総合設備管理サービスを提供している。その中で本稿では、設備の安定稼働を支援するサービスソリューションであるクラウド型設備保全サービスについて述べる。

2 設備保全による設備の安定稼働

設備故障を減らして長く運用し、効率よく安定した生産を実現する保全活動においては、まず設備導入時に保全計画を立案することが重要である。しかし、運用が長期にわたると、あらかじめ立案した保全計画を予定どおりに実行することは難しい。そのため、設備の導入から更新（廃棄）までのライフサイクルを通して、時間とコストを考慮した保全計画を策定し、それに従った設備の健全性確認と劣化診断を行う活動ならびに設備の劣化を防止する活動や設備の劣化を回復する活動を行う必要がある。

このような活動は、図 1 に示すような保全 PDCA サイクルと呼ばれている。

(1) 保全計画の策定

設備別の管理基準に基づいた普通・精密点検の周期、有寿命部品の交換時期、オーバーホールを含む予防保全の時期および設備全体の更新時期を保全計画書にまとめる。また、年度ごとの保全費用算出に当たり、年度間の平準化を考慮

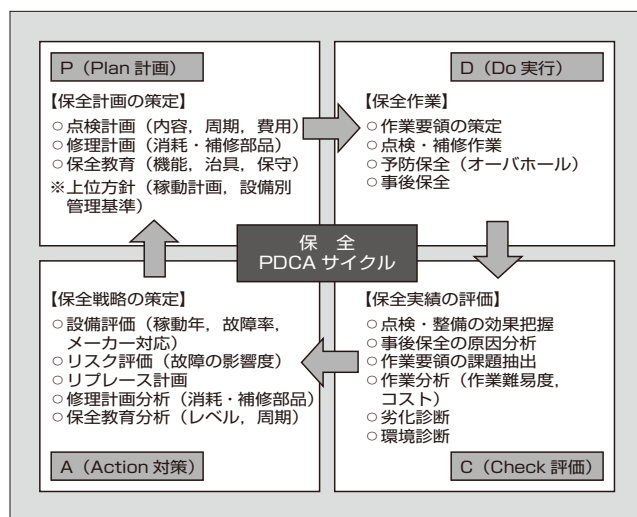


図 1 保全 PDCA サイクルの概要

した保全計画を策定する。

(2) 保全作業

保全作業は、予防保全だけでなく、突発故障に対する事後保全も含む。故障時の原因究明を短時間でを行うためには、保全作業員の教育やツールの準備、メーカーとの連携などの事前の段取りが必要である。また、機械設備では、累積動作時間による劣化や繰り返し応力による劣化を原因とする故障が多く、故障履歴（故障内容、原因、対応履歴など）の管理と情報の共有が必要である。

(3) 保全実績の評価

保全実績を評価する際には、保全計画に基づく作業の効果を把握する。さらに、設置環境および運転（負荷）状態によって劣化進行の度合いが異なってくるので、環境診断と劣化診断の結果も必要である。

(4) 保全戦略の策定

保全戦略を策定する際には、設備の安定運用に対するリスク評価を実施する。故障が生産活動などに大きな影響を及ぼす設備は、保全内容の見直しだけでなくとどまらず、保全評価（稼働年、故障率、メーカー対応）を基に設備更新も検討する。

③ IoTを活用したクラウド型設備保全サービス

富士電機では、保全活動を支援するためにクラウド型設備保全サービスを提供している。設備カルテ、稼働監視機能、設備診断機能を連携させて保全PDCAサイクルに必要な情報を総合的に管理し、設備保全による設備の安定稼働を支援している。本章では、IoT（Internet of Things）を活用した設備保全のサービス機能をはじめエッジ端末、作業支援、セキュリティ対策について述べる。

3.1 階層化による分かりやすい設備カルテ

設備カルテは、設備台帳（納入年、メーカー情報、保守連絡先、消耗部品リストなど）を基に、設置場所、運転履歴、点検計画、故障報告、交換部品の在庫情報、劣化診断結果などを管理するシステムである。これらの情報を蓄積して利用することにより、保全PDCAサイクルを回している。

設備カルテに求められる基本機能として、情報が容易に更新できることが挙げられる。経年による設備の部分更新の都度、設備カルテの情報も更新する必要がある。また、管理担当者の世代交代もあるため、直感的に操作できるデータ構造および容易に理解できる管理体系が必要となる。そのため、富士電機が提供する設備カルテの設備台帳は“敷地→建屋→ライン→設備→機器”のような実際の位置と連動した階層（ツリー）管理構造になっている。図2に、マップ形式の設備台帳の概要を示す。位置情報から設備を選択後、設備基本情報、点検情報、故障情報などの保

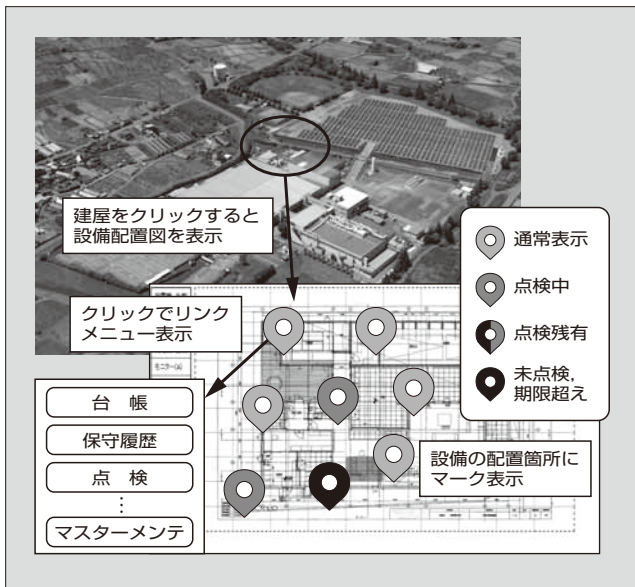


図2 マップ形式の設備台帳の概要

全に関する情報を閲覧・更新できる。

3.2 稼働監視機能と設備診断機能

富士電機のクラウド型設備保全サービスでは、前述のとおり稼働監視機能と設備診断機能が連携しているため、プラントの運転に支障をきたす兆候がある設備を的確に把握できる。また、任意の設備の稼働監視画面と設備診断画面を一つのディスプレイでオーバビューすることができるため、複数の重点監視設備を同時に監視することが容易である。

(1) マルチオーバビューによる稼働監視機能

プラント監視において重点を置くべき項目は、季節、生産内容、故障履歴などにより入れ替わる。そのため、全体監視および部分的な詳細監視を自由に組み合わせることができるマルチオーバビュー機能は、プラント監視において必要不可欠である。図3に、エネルギー監視、プラント監視、設備診断および設備の部品管理をマルチ表示にした画面例を示す。特徴を次に示す。

- (a) 監視目的に応じて画面を階層的に管理できる。
- (b) 管理体系が異なる画面を見比べたい場合に、ソフトウェアを開発することなく、任意の画面を選択し、マルチ表示できる。

(2) 制御システム監視機能

産業プラントにおける設備の安定稼働のためには、設備の状態を監視するだけでなく、制御システムの構成情報や性能情報、稼働情報などを複合的に照らし合わせて監視する必要がある。例えば、原因の特定が困難な間欠故障であっても、それらを予測するため、サーバのCPU負荷変動、メモリ資源とディスク容量のリソース状況、コンローラの稼働状況などを日々監視している。富士電機では、この予測を基にリソースを適切に増強して間欠故障を防止するためのさまざまな提案を行っている。表1に監視項目の例を示す。

(3) 回転機設備の診断機能⁽¹⁾

富士電機が提供する設備診断の一種である振動診断は、重要な回転機設備に設置した振動センサからの情報を基に設備の健全性を常時診断するものである。異常を検出すると、監視画面にアラーム表示するとともに指定連絡先へ電



図3 マルチオーバビュー監視画面例

表1 監視項目の例

対象		監視項目
システム情報	サーバ	システムの累積運転時間/停電時間
		システムログ、サーバログ
		使用率 (CPU, メモリ, ディスク), プロセス状況
		実行ジョブ数, エラージョブ数など
	コントローラ	構成情報 (構成, 数量, 版数, シリアル番号)
		システムの累積運転時間/停電時間
		重故障・軽故障情報
	ネットワーク	システムカウンタ, ネットワークカウンタ
		登録されたメモリ領域データ
	周辺機器	稼働時間, リレーオン・オフ回数
動作遅延時間, 通信エラー回数		
環境データ		温度, 湿度

子メールを送信する。導入効果として、保全作業員が現場を巡回して回転機設備の振動を計測する作業を省力化できる。また、異常振動を早期に発見して操業ロスの低減と製造品質の確保に貢献できる。

なお、振動センサは特定小電力無線で測定データを送信するため、信号ケーブルの引き回しを最小とすることができ、既存設備への設置が容易である。

図4に、プラント監視と連携した振動診断の例を示す。

(4) 制御弁式鉛蓄電池の診断機能

富士電機の蓄電池診断は、年に1~2回の点検では発見できない無停電電源装置 (UPS) の制御弁式鉛蓄電池の急激な特性劣化の兆候を診断するものである。制御弁式鉛蓄電池に取り付けたセンサにより、電圧、内部抵抗と温度をセル単位で継続して測定し、特性変化を可視化する。特徴を次に示す。

- (a) センサとエッジ端末 BRM (Battery Remote Checker) との間は、2.4GHz 無線にて通信を行う。これにより、最大 192 セルの制御弁式鉛蓄電池に対して容易にセンサを取り付けることができる。
- (b) クラウドでの運用のため、情報共有が容易である。

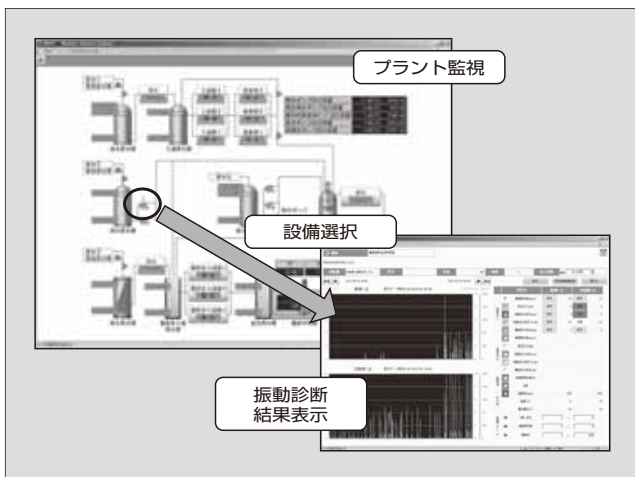


図4 プラント監視と連携した振動診断

(c) 制御弁式鉛蓄電池の劣化をリアルタイムで検出したとき、即座に代替品を用意し、交換する保守契約が可能である。

3.3 産業プラント向けエッジ端末

生産現場にて使用するエッジ端末は、PIO 信号からデータを集める端末や伝送ラインに接続する端末など目的に応じて種々ある。ここでは、制御システムの制御 LAN に接続し、制御システムを構成する機器の稼働データなどを収集する産業プラント向けエッジ端末について述べる。エッジ端末は、制御システムを構成するコントローラである DCS (Distributed Control System) や PLC (Programmable Logic Controller), 制御 LAN に接続した PC から稼働データを自動で収集し、NAS (Network Attached Storage) やクラウドに蓄積する。図5に、産業プラント向けエッジ端末の接続構成を示す。

(1) 種々のネットワークに対応した通信とデータ収集

産業プラント向けエッジ端末は FL-net 準拠 LAN, Ethernet, DPCS-F, PE リンクなどの通信モジュールを複数選択することができる。また、接続するネットワークに対応した通信プロトコルを持っており、レガシー機器を含めた対象機器からのデータを収集できる。さらに、経年劣化による故障予測に必要不可欠である温度、湿度などの環境データも収集できる。

(2) データ蓄積と解析

収集したデータは NAS に蓄積し、データの消失を防止している。また、長期間にわたるデータは、クラウドに蓄積し、リソース不足などの解析に利用する。

(3) PC 支援ツール

収集データの種別や収集周期などの定義は、PC 支援ツールを接続することにより容易に設定できる。また、保全作業員は、この PC 支援ツールを用いて故障発生前後のデータを参照し、故障の原因を特定できる。

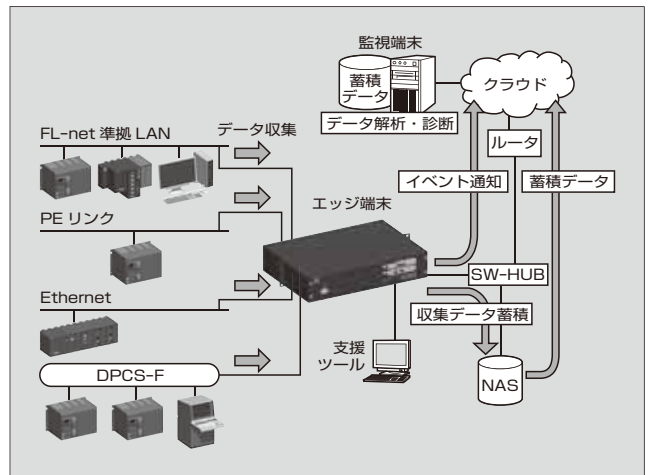


図5 産業プラント向けエッジ端末の接続構成

<注> Ethernet : 富士ゼロックス株式会社の商標または登録商標
DPCS-F, PE リンク : 富士電機の制御ネットワーク

3.4 作業支援

IoTの対象は機器だけではなく、保全作業員も対象となる。富士電機が提供するウェアラブルデバイスは、図6に示すようにカメラと小型モニタを備えたメガネ型ウェアラブルデバイスであり、保全作業員は意識することなく、自分が見ている内容を本部側へ動画にて配信することができる。また、ハンズフリーにて必要とする図面の閲覧、ならびに双方向の音声のやりとりを行いながら本部側からの遠隔支援を受けることができる。使用例を次に示す。

(1) 作業履歴の保存

作業報告は、作業結果を主体に報告する。そのため、提出する作業チェックリストだけでは、作業を手順どおりに実施しているのか、報告に間違いがないかなどを管理者として全て把握することは困難である。保全作業員がウェアラブルデバイスを装着し、録画機能を常時作動させることで、意識することなく作業履歴を保存できる。

(2) 点検支援

予防保全作業においては、あらかじめ点検要領書などを準備した後、点検チェックシートに基づき設備の健全性を確認していく。ウェアラブルデバイスを導入すると、チェックシートの点検項目が手順どおりに小型モニタに指示される。これに基づき、音声で点検結果を入力するため、点検項目の確認と点検結果の入力を完全なハンズフリーで行うことができる。さらに、点検要領が不明のとき、作業手順などの動画をヘルプ機能にて再生することができるので、点検作業を円滑に進めていくことができる。

(3) 学習支援

前述の点検支援機能は、保全作業員教育における設備点検方法の自己学習にも活用できる。点検要領を何度でも動



図6 メガネ型ウェアラブルデバイス装着例

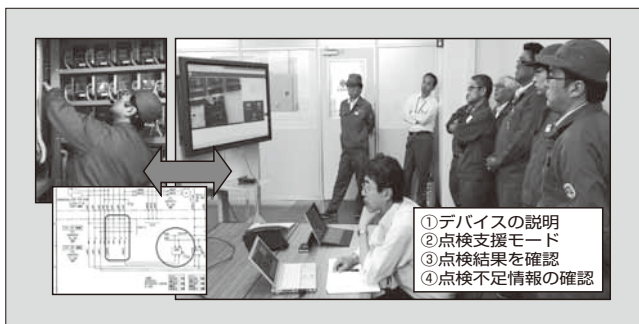


図7 点検実習行動を遠隔モニタリングした実習教育

画で確認しながら実際に点検することができ、確実に技術を取得できる。また、その点検を行っている様子を本部側に設置されているモニタで講師が確認できるため、きめ細かい助言ができる。図7に、点検行動の遠隔モニタリング実習教育の様子を示す。

3.5 セキュリティ対策⁽²⁾⁽³⁾

富士電機が提供するクラウド型設備保全サービスでは、顧客が安心してサービスを利用できるように、Webアプリケーションに対するセキュリティを確保している。

(1) 設置環境の安全性の確保

クラウドサービスに関するリスクとして、意図的な攻撃および電源喪失によるサービス停止が想定される。意図的な攻撃への対策として、サーバ設置場所のゾーンニングおよび認証システムを導入し、また、災害時の電源喪失対策としては、UPSを導入して設置環境の安全性を確保している。

(2) クラウドシステムの安全性の確保

ネットワークおよびサービス基盤における安全対策を次に示す。

(a) ネットワーク

通信の傍受によるデータの流出に対して、通信の暗号化を行っている。

(b) ID管理

個人情報特定されないID体系を採用している。また、クラウドサービスにアクセスする際のパスワードは、暗号化して保持することで別のユーザから確認できない仕組みとしている。

(c) SQL文（データベース言語）とOSコマンド

データベースと連携したクラウドシステムの多くは、利用者からの入力情報を基にSQL文を作成してデータベースを操作している。このSQL文の組立方法に不備があるとデータベースの不正利用を招く可能性がある。このような脆弱（ぜいじゃく）性に対して、SQL文の中で実際の値を直接入力せず、仮の記号に置き換えることで実際の値を間接的に割り当てて対策している。さらに、外部からの攻撃によってWebサーバのOSコマンドを不正に実行されてしまう脆弱性に対しても、同様な直接的な操作ができる言語機能の利用を避けるなどの対策を行っている。

4 あとがき

設備の安定稼働を支援するサービスソリューションについて述べた。IoTの活用は、プラント・設備のさらなる安定運用と運用費の低減を実現するものであり、大きなポテンシャルを持っている。IoTを活用してクラウド型設備保全サービスの機能をさらに拡充することにより、お客さまの設備の安定稼働に貢献していく所存である。

参考文献

- (1) 福島宗次ほか. プラントの安定操業・効率化を支援するサービスソリューション. 富士電機技報. 2014, vol.87, no.1, p.25-32.
- (2) 経済産業省. クラウドコンピューティング及びクラウド情報セキュリティマネジメントガイドラインの概要について.
- (3) 独立行政法人 情報処理推進機構. 安全なウェブサイトの作り方 改訂第7版.

**北谷 保治**

アフターサービス業務、サービス業務支援システム、クラウド型設備保全サービスなどのソリューション開発・運用業務に従事。現在、富士電機株式会社産業インフラ事業本部サービス統括部推進部課長。電気学会会員。

**藤田 史彦**

監視制御システム「MICREX-VieW XX」の開発業務に従事。現在、富士電機株式会社技術開発本部コア技術研究所制御技術開発センター制御システム開発部主任。計測自動制御学会会員。

**大頭 威**

クラウド型設備保全サービスの研究開発に従事。現在、富士電機株式会社技術開発本部コア技術研究所制御技術開発センターエネルギーソリューション開発部主任。





*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。