

設備高度保全IT融合ソリューションを活用した電力・エネルギーシステムのサービス事業展開

中島 慎悦
Nakajima Shinetsu

小谷 宗千和
Kotani Munechika

鈴木 忠志
Suzuki Tadashi

須藤 直也
Sudo Naoya

西 正樹
Nishi Masaki

上田 純
Ueda Jun

市場では「Industry 4.0」や「Industrial Internet」¹⁾が話題となっている中、企業の生産設備やエネルギー設備の保全にもITを活用し、オンライン監視や取得したデータから故障を予知し、予防策を行うといった高度設備保全のニーズが高まっている。これらの要求からIoTを活用した

高度保全システム基盤を開発し、故障予知を含む実際の高度保全サービスを実現した。この基盤をiFAMMSと呼ぶ。本稿では、iFAMMSの概要とそれを用いた実際の保全サービスとしてガスエンジン発電装置、高圧電動機、太陽光発電設備に対する適用例を紹介する。

1. はじめに

電力・エネルギー分野において情報技術の1つであるIoT (Internet of Things) と保全業務の連携を試行する取り組みが進められている。この分野の設備も多くのセンサーを取り付けることで状態監視を遠隔で実施するとともに故障予知が求められている。また、ベテラン保全員の不足から経験の浅い保全員でも高度な保全業務を可能とする保全支援システムのニーズも高まっている。

さらに、保全に対する考え方も変化しつつあり、故障したところや壊れた設備を事象が発生してから直す事後保全、定期的に点検して古くなった部品や異常の見つかった部品の交換修理をするTBM (Time Based Maintenance)、故障や異常など状態変化を事前に検知し緊急停止前に保全を実施するCBM (Condition Based Maintenance) を設備の特性や保全コストを加味して使い分ける傾向にある。

日立製作所電力システム社と株式会社日立パワーソリューションズ(以下、「日立パワー」と記す。)は長年電力・エネルギー分野の保全業務を行ってきた。両社は上記背景の下、約3年をかけてIoTを活用した高度保全システム基盤を開発し、それを適用して設備の高度保全サービスを実現してきた。今回、その概要を説明するとともに適用事例についてもいくつか紹介する。

2. iFAMMS全体構想

iFAMMS (IT Facility Advanced Management &

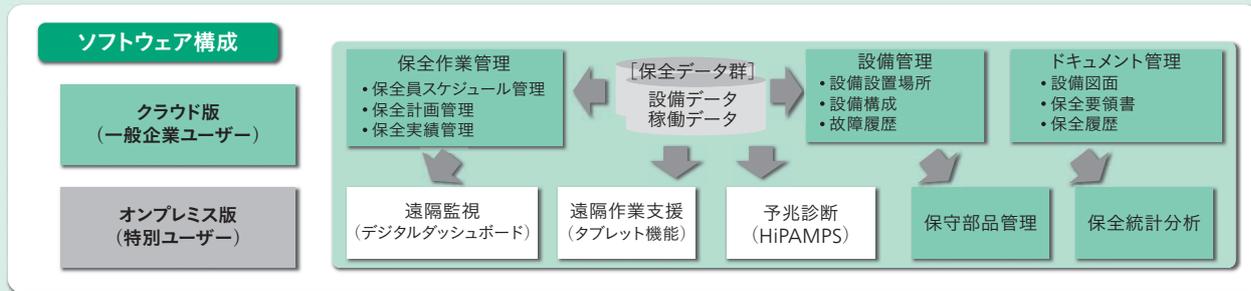
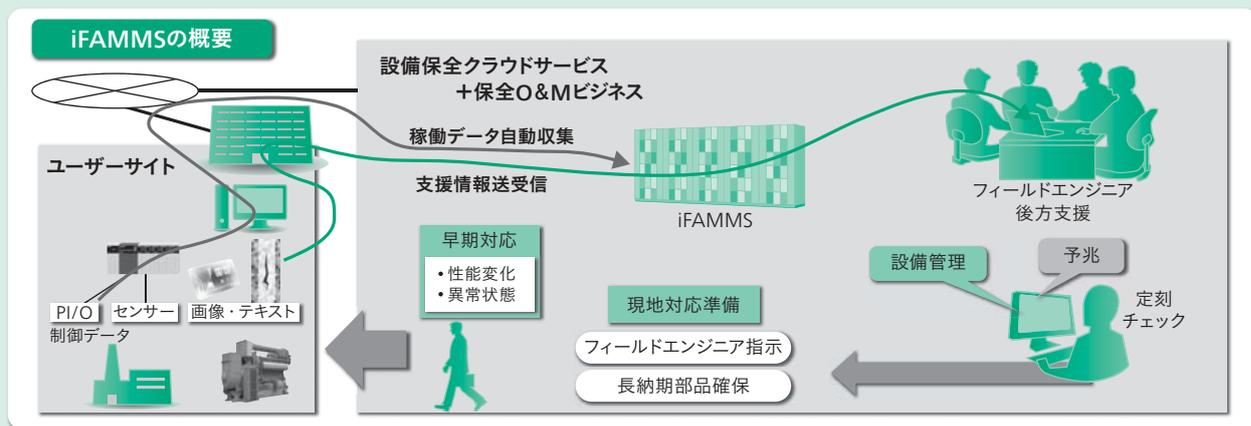
Maintenance System) は、設備の高度保全を可能にするためのIT (Information Technology) 基盤であり、その概要を図1に示す。iFAMMSでは設備の状態変化をいち早く検知し、CBMの実現に貢献する。また、判断の難しい状態変化には複数の保全サイトをベテランが後方から支援することで保全作業の高い品質を実現することができる。

2.1 iFAMMSのソフトウェア構成と特長

iFAMMSソフトウェア群は8つの機能により保全業務全体を支援するIT基盤である。この8つの機能とは、(1) 設備の設置場所や構成、故障履歴などを管理する設備管理、(2) 設備図面や保全要領書などを管理するドキュメント管理、(3) 保全計画や保全員のスケジューリングなどをサポートする保全作業管理、(4) 交換部品の在庫や保管場所を管理する保守部品管理、(5) デジタルダッシュボード技術を応用した遠隔監視、(6) タブレットや携帯端末を活用した遠隔作業支援、(7) 設備の状態変化を知らせる予兆診断、(8) 収集したデータを統計的に解析する保全統計分析である。

またiFAMMSの提供形態は、ユーザーのニーズ(データ持ち出し不可など)や設備の特性(地理的な分散性)を考慮し、一般企業ユーザー向けのクラウド版としてのサービス提供と特別ユーザー向けのオンプレミス版のシステム提供を準備している。

iFAMMSの8つの機能の中でも特徴的な、予兆診断、遠



注：略語説明 iFAMMS (IT Facility Advanced Management & Maintenance System), O&M (Operation & Maintenance), PI/O (Programmed Input/Output), HiPAMPS (Hitachi Power Anomaly Measure Pick up System)

図1 iFAMMS全体構想

遠隔監視、遠隔作業支援、予兆診断、設備管理、ドキュメント管理などを提供し、高度保全業務の支援を行う基盤の構想を示す。

隔監視、遠隔作業支援の機能について詳しく紹介する。

2.2 予兆診断システム(HiPAMPS)

予兆診断システム (HiPAMPS: Hitachi Power Anomaly Measure Pick up System) は、長年培ってきた保全サービス事業のノウハウと ICT (Information and Communication Technology) およびデータマイニング技術を組み合わせることで設備のいつもと異なる状態を早期に検出するシステムである (図2 参照)。

いつもと異なる状態とは、一見正常に動作しているように見えるが、実は故障の前兆であったり、人為的なパラメータの設定ミスであったり、投入材料・材質の差異であったりさまざまである。このいつもと異なった状態を早期に検出し、改善することで、突然の停止や品質低下を未然に防止することが可能となる。

異常の検出は、データマイニング技術を採用した「ベクトル量子化法 (VQC: Vector Quantization Clustering)」または「局所部分空間法 (LSC: Local Sub-space Classifier)」

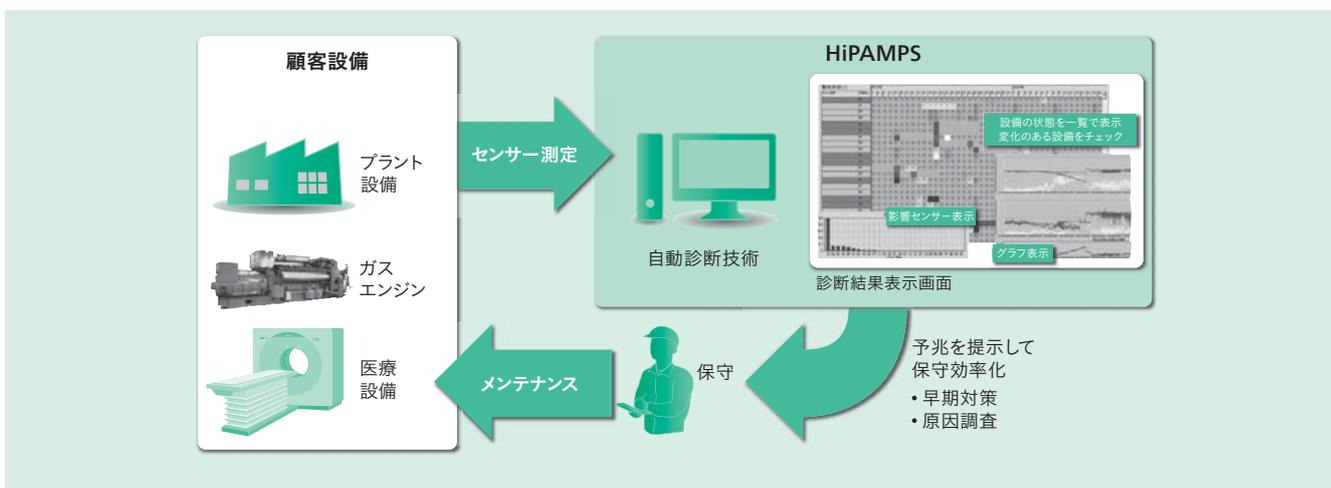
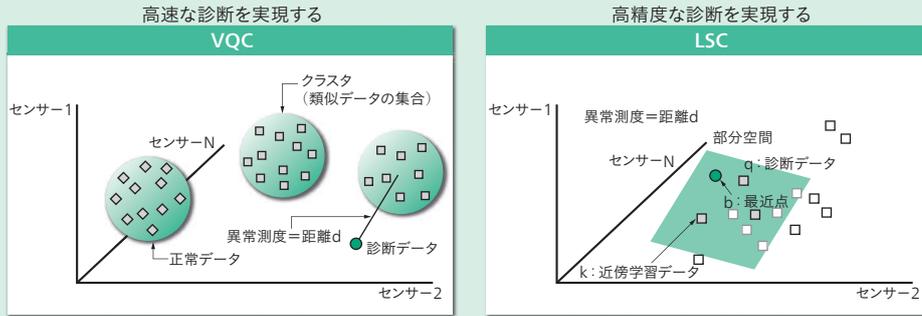


図2 予兆診断システム (HiPAMPS)

データ収集・格納、診断処理、結果表示を提供し、状態変化の早期発見を行い原因推定の支援を行う。

データマイニング技術を用いた診断エンジン



注：略語説明 VQC (Vector Quantization Clustering), LSC (Local Sub-space Classifier)

図3 | 診断エンジン

設備の稼働状態、センサー信号の動きから最適な診断アルゴリズムを選択しシステムへの組み込みを行う。

で行う。どちらもノンパラメトリックアルゴリズムのため、統計的な影響が少なく、また、モデル構築を必要としないので短期間でシステム構築が可能である(図3参照)。これらの特長に加え、結果を出すまでの処理を短時間で行うことができ、過渡状態の異常検出が得意である。

予兆診断システムでは、設備に取り付けられたセンサーでデータを収集し、正常(いつもと同じ)データを機械学習し、日々収集したデータと学習したデータとの乖離(かい)度により判定する。万が一異常が検出された場合には、乖離に大きく影響しているセンサーの種類と実際の乖離度により原因の推定、緊急度合いの判断をすることができる。

このように「予兆診断」は、「いつもと異なる」という情報を早期に保全員に提供することで、故障の未然防止や交換部品のリードタイム確保を可能とする。

今後は、予兆検出にとどまらず、過去の故障解析結果と

予兆解析結果との照合による故障原因推定機能を追加することでさらなる高度化をめざす。

2.3 遠隔監視(デジタルダッシュボード)

遠隔監視は、デジタルダッシュボード技術により設備の警報を24時間集中監視するとともに、ユーザーへの設備稼働状況の配信を可能とする。これにより保全員へのタイムリーな対応指示や、設計部門の技術支援と連携した保全作業を提供する。

このデジタルダッシュボードは各種設備や機器などの遠隔監視を支援するため、複数の設備稼働状況を一元管理して最適表示することができる。

特長の1つは、データ収集・配信の仕組みである。各種設備や機器に取り付けたセンサーからの出力値は、識別のための固有IDを付与してサーバに送信する。一方、各ユー

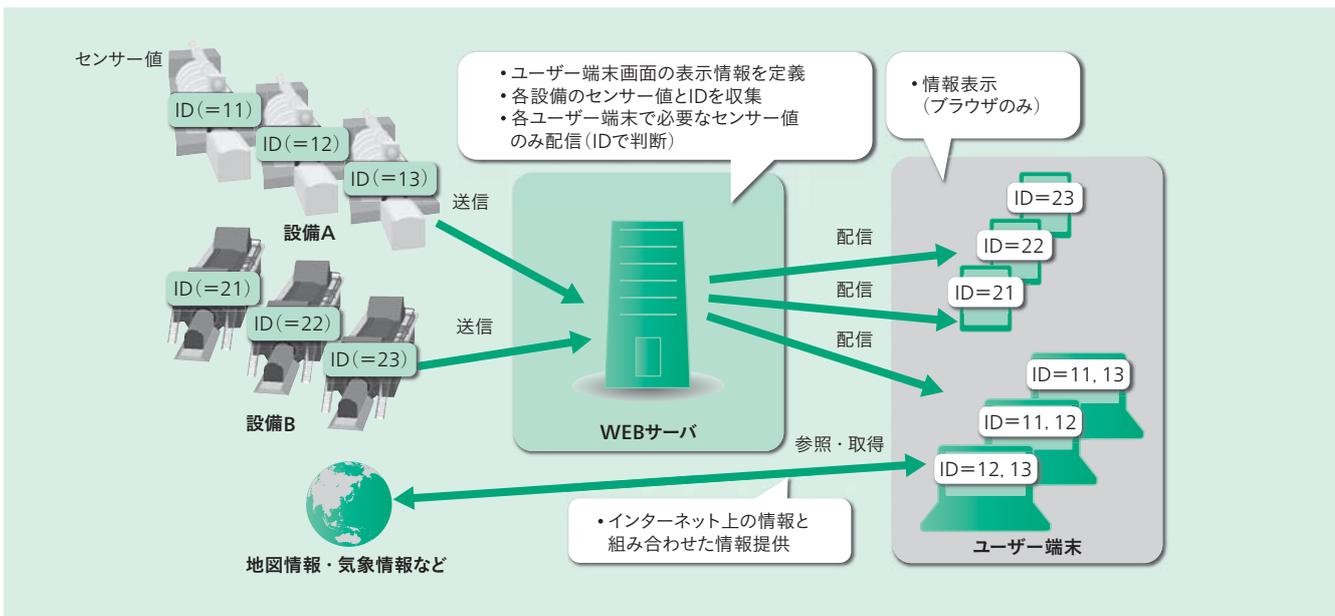


図4 | デジタルダッシュボードの構成例

複数の設備稼働状況を一元管理することで、最適表示が可能となる。



図5 | 出力画面例

画像情報、トレンドグラフ、棒グラフなどのセンサー情報を多彩に表示できる。

ユーザー端末では、表示対象とするセンサー値のIDを指定する。サーバではこのIDをキーとして、表示に必要なセンサー値のみを各ユーザー端末に配信する仕組みとしている。このため、データベースへの情報格納周期と、ユーザー端末からデータベースへの参照周期のずれによる遅延が発生せず、情報配信のリアルタイム性を実現できる(図4参照)。

また、設備の更新や増設などに伴いセンサーが追加・変更となった場合でも、収集・配信処理やデータベース構造を改修することなく、ユーザー端末の画面設計の見直しのみで、柔軟な対応ができる。

表示画面の構築方法の特長的な機能として、トレンドグラフ、棒グラフ、一覧表、画像情報などの各種情報をそれ

ぞれモジュールとすることで、画面配置の見直し、表示／非表示の変更などが容易にできることが挙げられる。また、地図情報²⁾や気象情報³⁾など、インターネット上の情報と組み合わせた情報を提供する。これにより、利用者に応じた画面設計・情報提供が可能である(図5参照)。

2.4 遠隔作業支援

遠隔作業支援は、現場保全員のタブレット端末とセンター側の後方支援環境をシームレスにつなぎ、映像、画像、音声およびドキュメントなどによる的確な作業指示を実現することで、現場作業に対する安全性や正確性を支援するものである(図6参照)。

今後は、長年保全業務に携わってきたノウハウを生かしながら、さらなる保全の高度化を支援するIT基盤として進化させ、発電設備をはじめ重要インフラ設備の遠隔監視システムの導入、保全業務も含めた高度保全ビジネス創生と拡大を図る。

3. iFAMMSを適用した事例

3.1 ガスエンジン発電装置への適用

日立パワー大沼工場(茨城県日立市)では、全国に設置されたガスエンジン小型発電設備の保全業務を行っている。この小型発電設備の予兆診断を目的として2008年からHiPAMPSの開発を開始し、2011年度からの実機適用・

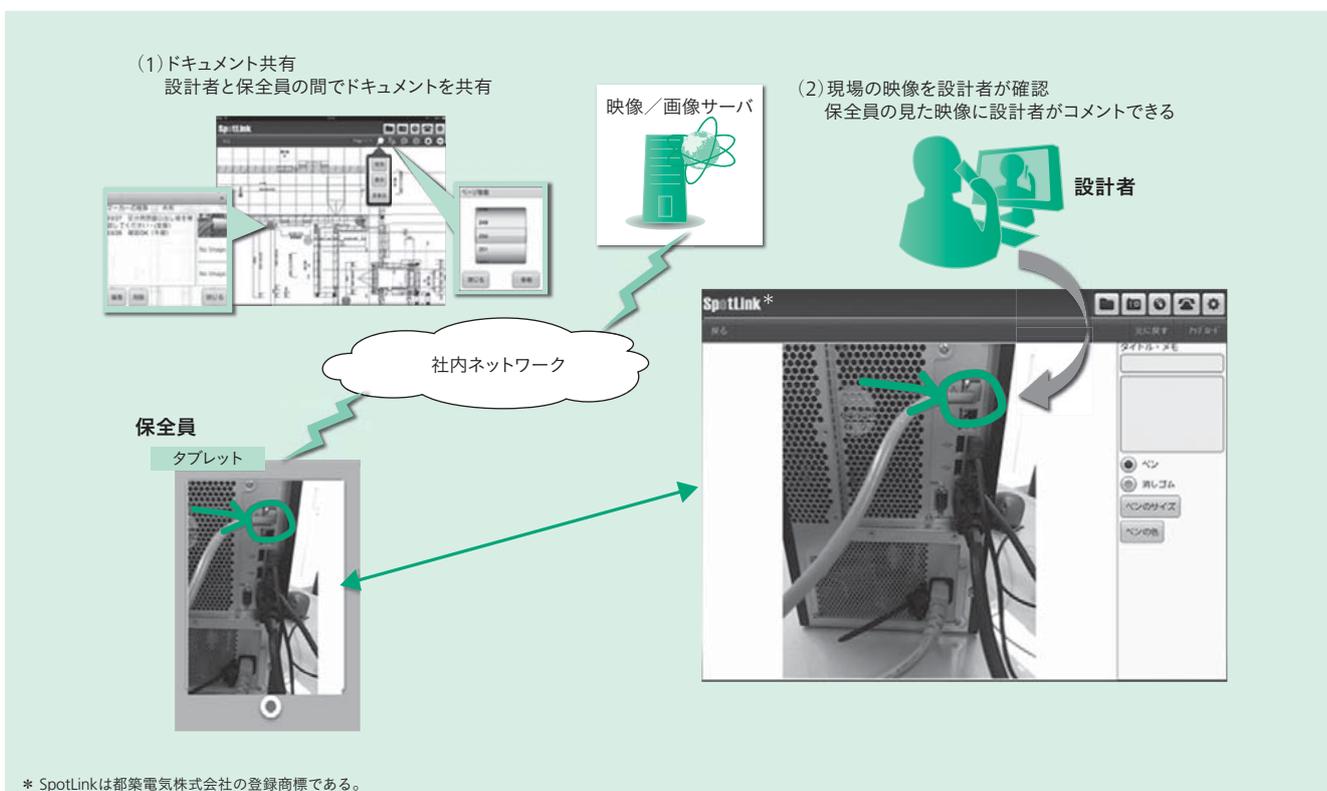


図6 | 遠隔作業支援

現場端末と後方支援環境をシームレスにつなぎ、的確な指示により現場作業の安全性や正確性を支援する。

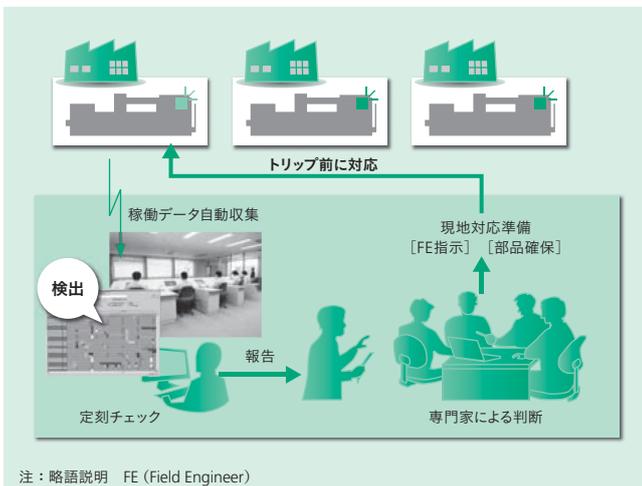


図7 | 予兆診断システムの運用

予兆診断システムの結果を日々チェックすることで、事前対応が可能となる。

運用テスト評価を経て、現在160台に適用している。

具体的には、30秒周期で計測した約30種類のセンサー信号を日々診断しており、最大で故障要因の約7割を検出できるなど良好な導入効果を得ている（図7参照）。

従来は、しきい値にて異常を判断していたが、固体特性や設置環境の季節変化の影響により十分な検出精度ではなかった。現在は、予兆診断システムを活用することで先述した検出率を確保でき効果を上げている。

3.2 電動機保全サービス

これまでの電動機保全の考え方は日常点検に加え異常の兆候が発生してから対策する事後保全が主流となっていた。そのため、兆候が発生してから振動などを計測し絶対数値の管理をしたり、異常音を聞いたり、技術者による五感の判断によるものであった。また、日常点検の管理も日々の点検項目を記録することや口頭で済ませることが多く、時系列を軸としたトレンド管理をするには不都合な方法で運用していた。これを改善するため予兆診断技術を取り入れトレンド管理を実施した。

電動機の予兆診断は図8に示すように社内の実証試験を繰り返しながらiFAMMSによりデータ採取から分析、劣化傾向および故障予兆の診断まで一貫した統合ツールとして適用している。

電動機予兆診断システムの特長として以下の項目が挙げられる。

- (1) 24時間自動データ採取、分析
- (2) 日立による24時間監視サービス
- (3) しきい値管理（従来実施）
- (4) トレンド管理（HiPAMPS）
- (5) 電動機を含む設備全体への拡張性

特長的なものとして従来から実施採用されているしきい

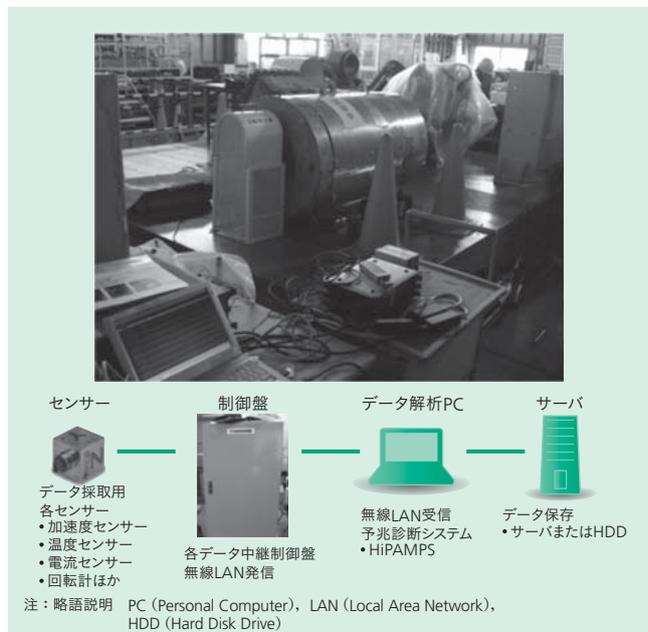


図8 | 社内実証試験状況と試験構成

経年電動機に対して電動機軸受が焼損するまでの連続運転実験を行い、分析・予兆の正確性を実証した。

値管理だけでなく、日立技術であるHiPAMPSによる経過推移比較による異常兆候検出がある。これにより周囲環境や負荷などが変化する、同一条件でのデータ管理が難しい設備に対して大きな力を発揮できる。また、保全管理情報を自動で採取・保存するため、設備維持に関わる人は、他の設備や生産への必要業務に専念できる利点もある。さらに日立では遠隔監視センターを有しており、要望により設備の状態監視を24時間体制で実施することも可能となっている。

3.3 太陽光発電設備O&Mサービス

日本の太陽光発電市場は、2012年7月の全量買取制度導入以降、大きく伸張している。建設された太陽光発電所は、故障の早期発見や迅速な修理により、利用率低下を最小限にとどめていくことが重要であり、高品質なO&M (Operation & Maintenance) サービスへのニーズが高まっている。

ここでは、日立が独自に開発した太陽光パネル故障診断サービスについて紹介する。

太陽光パネルの故障診断は、ストリング（太陽電池モジュールを複数枚直列につないだユニット）モニタによって行われるのが一般的であるが、この方式は隣接するストリングや平均値との相対比較で判定するため、誤診を防ぐには、感度を低く設定する必要がある。この課題を克服すべく日立では、半導体デバイス物理に基づいた故障診断モデルを開発し、理論値と比較することで高精度での診断を可能にした⁴⁾。

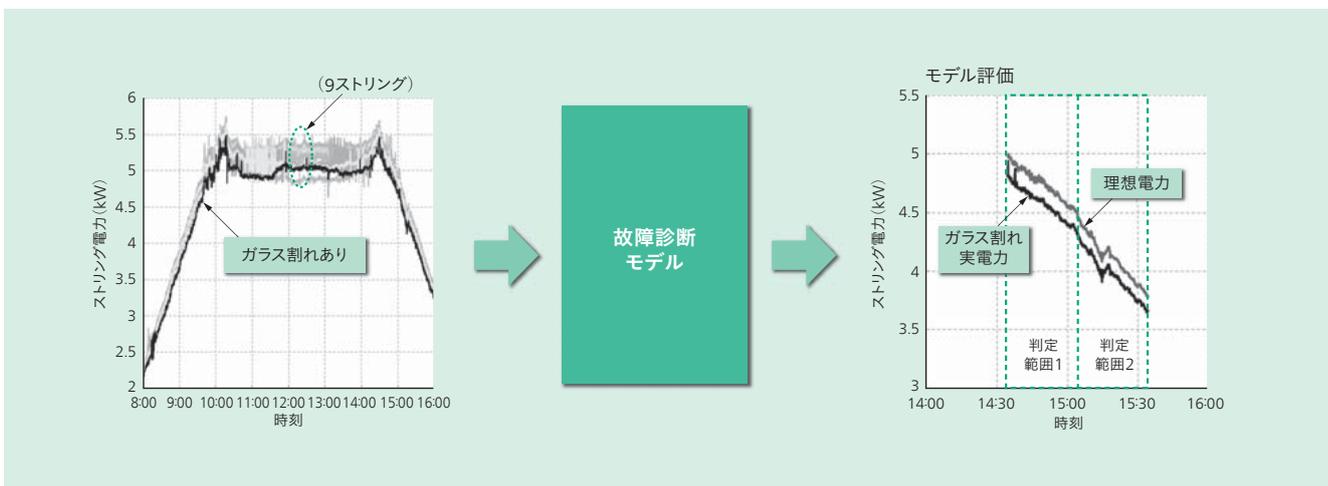


図9 | 故障検出事例

ストリングモニタでは検知できない太陽光パネル1枚の割れも故障診断モデルを適用することで検知可能となる。

一般的なストリングモニタにこの診断モデルを適用した場合の事例を図9に示す。これは、1枚の太陽光パネルにガラス割れがあった場合の例であるが、ストリングモニタでは検知困難なものが、故障診断モデルを通すことで明確に検知可能となる。

この診断モデルは、ストリング単位だけでなく、接続箱単位、PCS (Power Conditioning System) 単位など、顧客の要望に合わせて適用可能である。

診断能力は、センシングの単位や故障モードによって異なるが、おおむね2.5%以上の発電量低下であれば確実に検知することが可能である。また、オンラインによる監視をクラウド環境で提供することにより、故障の早期発見、設備投資の縮小化を実現する。

4. おわりに

設備高度保全IT融合ソリューション「iFAMMS」をガスエンジン発電装置、大型電動機、太陽光発電設備、他の電力・エネルギー製品に適用することにより、設備保全・遠隔監視サービスの付加価値を向上できた。

また、今後は、設備保全の基盤としてiFAMMSの機能を進化させることで他分野の製品にも拡大し顧客ニーズを取り込んだサービス事業に貢献していく予定である。

参考文献など

- 1) GE社：Industrial Internet, <http://www.ge.com/digital/industrial-internet>
- 2) 国土地理院ホームページ (<http://maps.gsi.go.jp/>) から該当地域の電子地形図を取得
- 3) 気象庁地域時系列予報 (<http://www.jma.go.jp/jp/jikei/>) から該当地域の気象情報を取得
- 4) 河野, 外：メガソーラー向けO&Mサービスと高精度PVモジュール監視技術, 日立評論, 96, 5, 332~335 (2014.5)
- 5) 鈴木, 外：産業安全を支える異常検知技術：データマイニングの活用による設備保守, 電子情報通信学会誌, Vol.94, pp.305-309 (2011.4)
- 6) 野田, 外：高度予兆診断システムの開発, 動力・エネルギー技術の最前線講演文集：シンポジウム, 一般社団法人日本機械学会, 16, pp.39-42 (2011.6)
- 7) 鈴木：高度保守サービスに貢献する予兆診断システム：ビッグデータ活用による状態監視保守の実現, 検査技術, Vol.19, No.8, pp.33-38 (2014)

執筆者紹介



中島 慎悦

株式会社日立パワーソリューションズ 社会産業・情報制御事業統括本部 情報・制御システム本部 情報システム部 所属
現在、情報サービスの拡販に従事



小谷 宗和

株式会社日立パワーソリューションズ 社会産業・情報制御事業統括本部 情報・制御システム本部 情報システム部 所属
現在、情報システムの開発に従事



鈴木 忠志

株式会社日立パワーソリューションズ 社会産業・情報制御事業統括本部 情報・制御システム本部 情報設備エンジニアリング部 所属
現在、予兆診断システムの開発に従事



須藤 直也

株式会社日立パワーソリューションズ 社会産業・情報制御事業統括本部 情報・制御システム本部 デジタルエンジニアリング部 所属
現在、O&MのICT化システム開発業務に従事



西 正樹

株式会社日立パワーソリューションズ 電力電機事業統括本部 電機本部 電動機サービス部 所属
現在、回転電機品の保守サービスに従事



上田 純

日立製作所 エネルギーソリューション社 新エネルギーソリューション事業部 自然エネルギー発電運営部 所属
現在、太陽光・風力発電のO&M拡販に従事
電気学会会員