

西都一浩*
田中将太*
澤村亮太*

発電プラント向けIoTソリューション

IoT Solution for Power Plant

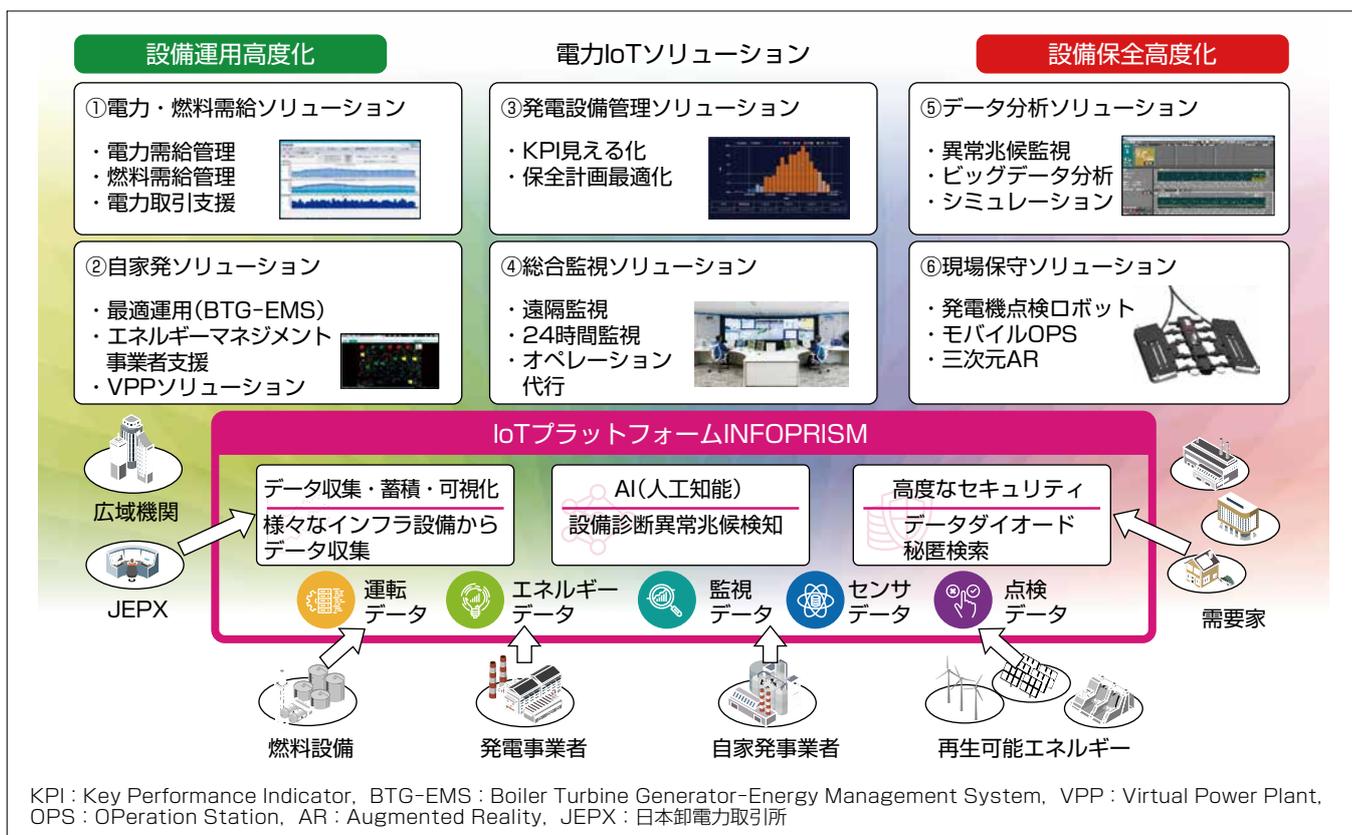
Kazuhiro Saito, Shota Tanaka, Ryota Sawamura

要旨

近年、低炭素化社会の実現に向け、太陽光発電、風力発電などの再生可能エネルギー発電の導入が進んでいる。また、電力システム改革によって、発電部門は競争部門となることが想定され、電力安定供給とともに、運用の合理化、保守・保全にかかるコストの最小化が求められる。このような電力業界を取り巻く制度変化と環境変化に対応し、三菱電機ではIoT(Internet of Things)技術を駆使した各種ソリューションを提供している。

当社が提供する発電プラント向け電力IoTソリューションは、燃料の調達から発電、電力販売を担う燃料基地、発電所の設備運用業務、資産運用を最適化する設備運用高

度化と、日常点検、定期保守、及びトラブル対応に代表される保全業務の省力化・省人化を実現する設備保全高度化を支える。電力IoTソリューションを構成する各ソリューションは共通のIoTプラットフォーム“INFOPRISM”⁽¹⁾上に構築しており、これらソリューションを柔軟に組み合わせ、顧客ニーズにマッチしたシステム提供を可能にしている。代表的なソリューションとして、①電力・燃料需給ソリューション、②自家発ソリューション、③発電設備管理ソリューション、④総合監視ソリューション、⑤データ分析ソリューション、⑥現場保守ソリューションがある。



電力IoTソリューションの全体像

当社IoTプラットフォームINFOPRISM上に①データ収集・蓄積・可視化機能、②AI機能、③高度なセキュリティ機能を構築し、各種ソリューション間で共通化することで、アプリケーション間のデータ連携を容易にしている。また、OPC-UA(Object Linking and Embedding for Process Control-Unified Architecture)、PI System連携機能を標準でサポートしており、自社プラットフォームに限らず、他社システムとの情報連携を容易にしている。

1. ま え が き

低炭素化社会の実現に向け、太陽光発電、風力発電などの再生可能エネルギー発電の導入が進んでいる。また、電力システム改革によって、2020年4月から旧一般電気事業者は、一般送配電事業者と発電及び小売事業者に法的に分離される(発送電分離)予定である。このような状況の中、発電部門は電源供給事業者として競争部門となることが想定され、電力安定供給とともに、運用の合理化、保守・保全にかかるコストの最小化が求められる。図1に示すように、当社では電気を作る(発電)から送る(送変電)、配る(配電)、使う(需要)まで電力システムを上流から下流まで一貫して製品を提供している。

当社では先に述べた電力業界を取り巻く制度変化と環境変化に対応し、IoT技術を駆使した各種ソリューションの提供を行っているが、本稿では、その中でも発電プラントに求められる高度化要求である、設備運用の高度化と設備保全の高度化を支える電力IoTソリューションについて述べる。

2. 電力IoTソリューションの全体像

当社が提供する発電プラント向け電力IoTソリューションは、燃料の調達から発電、電力販売を担う燃料基地、発電所の設備運用業務、資産運用を最適化する設備運用高度化と、日常点検、定期保守、及びトラブル対応に代表される保全業務の省力化・省人化を実現する設備保全高度化を支える。電力IoTソリューションでは、対象、目的、及

び手段に応じて、次の六つのソリューションを展開している。各ソリューションは共通のIoTプラットフォームであるINFOPRISM上に構築しており、これらソリューションを柔軟に組み合わせ、顧客のニーズにマッチしたシステムを容易かつ短時間に提供可能である。

(1) 電力・燃料需給ソリューション

燃料の受入、在庫管理や配船計画と燃料消費(発電)計画を電力市場価格や需給バランスを考慮した、最適な燃料需給と発電計画を実現している。

(2) 自家発ソリューション

当社の提供する“BTG-EMS”では、自社工場単体での電力・蒸気需給を最適制御し、エネルギー総コストの低減、又は、同じ投入エネルギーでの発電出力を最大化するシステムに加え、蓄電池制御や自己託送機能、市場取引機能を組み合わせることによって、全国に点在する複数エリアの工場間で電力の需給最適化を行う、広域連携最適化機能を提供している。

(3) 発電設備管理ソリューション

30分コマ単位での発電コストの把握、市場価格予測に基づく期間収益のリスク(Earning at Risk : EaR)評価機能を提供する。また、発電所を構成する各種設備の現在の状態、故障リスクを数値化し、最適な予防保全計画を作成するシステム等、保全計画の立案から設備投資の経営意思決定までをトータルサポートしている。

(4) 総合監視ソリューション

複数の発電所の運転データを一元管理し、遠隔地から発電プラントの稼働状態を監視可能であり、発電プラントの

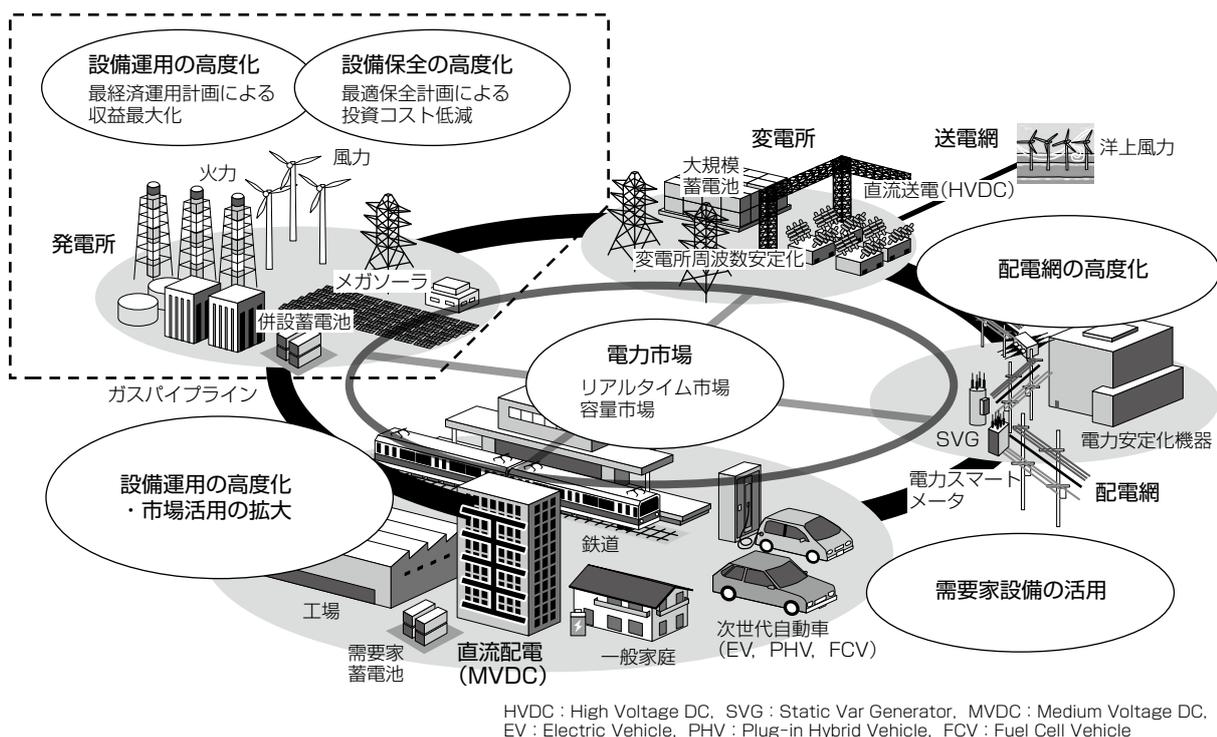


図1. 電力システム改革の進展と要求される高度化

運転状態を当社で24時間遠隔監視を代行するサービスを提供している。

(5) データ分析ソリューション

発電プラント運転シミュレータに加え、AIを活用したデータ分析技術を活用したプラント異常兆候監視システムを始め、ビッグデータ分析によって新たな価値を創出するシステムを提供している。

(6) 現場保守ソリューション

中央制御室のOPSと同等の監視画面、操作機能を備えたモバイルOPSや拡張現実(AR)技術を活用した巡視点検などの保全業務高度化システム、発電機ロータを引き抜くことなく点検が可能な発電機点検ロボット等、保守・保全業務の高度化・省力化を実現するシステムを提供している。

3. 電力IoTソリューションのシステム

図2に当社の電力IoTソリューションでのシステム連携を示す。それぞれのシステムは各々連携し、設備運用と設備保全の高度化を支援する。次に、電力IoTソリューションの代表的なシステムについて述べる。

3.1 アセットマネジメントシステム

発電設備管理ソリューションでの代表的なシステムであり、発電所を構成する設備の状態を定量化し、設備投資に関する経営意思決定をサポートする。このシステムは、設備状態管理(Asset Performance Management : APM)と設備投資最適化(Asset Investment Planning Management : AIPM)の二つの機能によって構成される。APM機能では、運転実績データや点検記録、事故記録などの情報を基に各設備の状態を数値化し、設備故障の発生確率及び故障時での影響度の推定・管理を行う。AIPM機能では、APM機能によって数値化した設備状態や故障リスクのほか、設備保全にかかる費用、設備のランニングコストなどの経済性

観点、予算、作業員制約、部品制約など様々な種類の情報を共通の尺度によって評価し、最適な投資計画を算出する。図3にアセットマネジメントシステムの構成を示す。

3.2 電力・燃料需給管理システム

電力・燃料需給ソリューションでの代表的なシステムであり、燃料調達から供給、取引販売を担う燃料基地、及び発電から電力供給、取引販売を担う発電所で、トータル収益最大となる運用計画を立案する。このシステムは、燃料基地運用をサポートする燃料需給計画機能と発電所運用をサポートする電力需給計画機能に分割でき、それぞれを個別提供することも可能である。図4に、燃料需給管理システムを示す。燃料需給計画機能では、燃料の自社消費計画や販売計画から算出できる燃料需要に対し、各タンクからの燃料払出配分、ライン運用、燃料調達のための配船計画などを立案する。また、燃料基地の実績データや取引情報をリアルタイムに取得し、立案した計画と実績の差分を監視可能である。

3.3 異常兆候監視システム⁽²⁾

データ分析ソリューションでの代表的なシステムとして、発電プラント異常兆候監視システムがあるが、このシステムはこの特集号の他の論文で詳細を述べているため、本稿ではコンベヤローラの異常兆候を音響解析によって早期検知するシステムについて述べる。このシステムはコンベヤのローラ動作音をマイクによって集音し、収集した音源を音響解析することによって、ローラの故障予兆を早期検知するシステムである。図5に、システム構成を示す。

ローラ周辺に集音マイクを設置し、ローラの動作音を収集する。安価な市販マイクをディジーチェーンで接続し、高価な専用マイクは不要である。集音マイクはWi-Fi^(注1)等、ワイヤレスで接続されて異常兆候を検知した際にはシステムから自動でオペレータに通知がされる。このため、

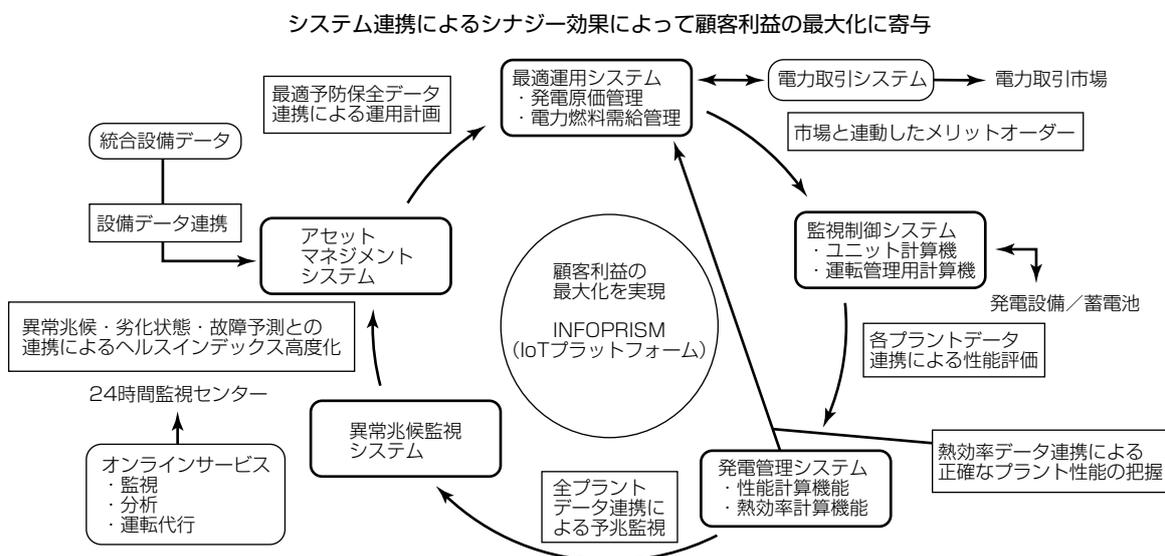


図2. 電力IoTソリューションでのシステム連携

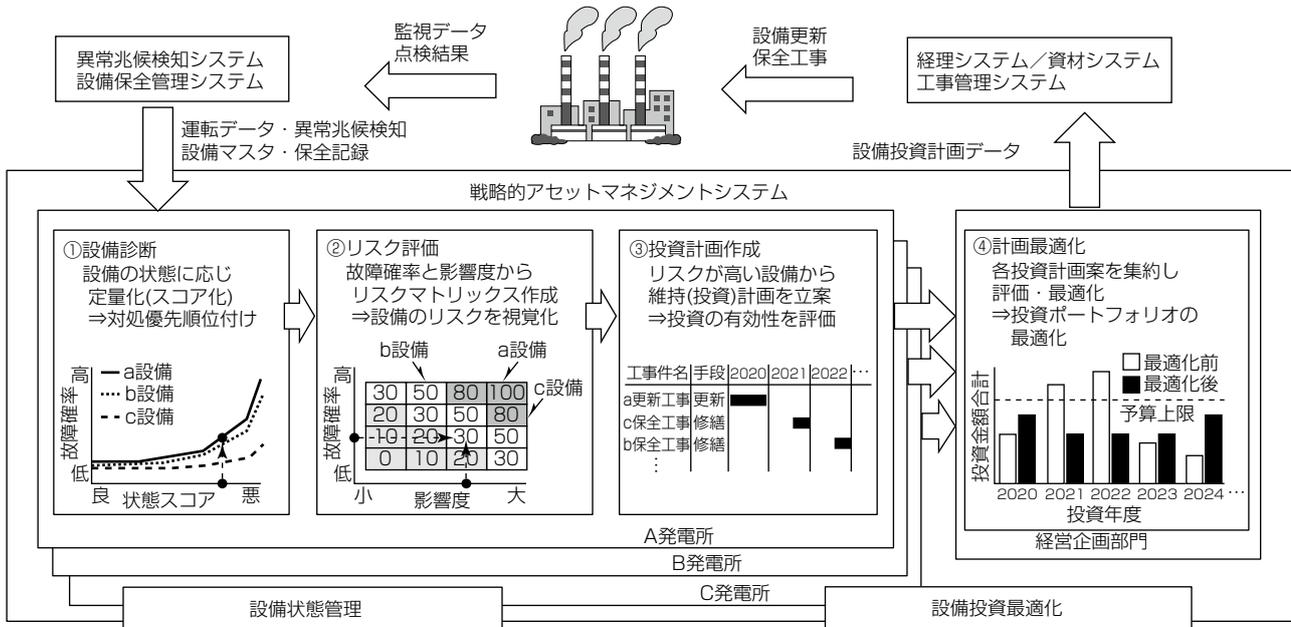


図3. アセットマネジメントシステムの構成

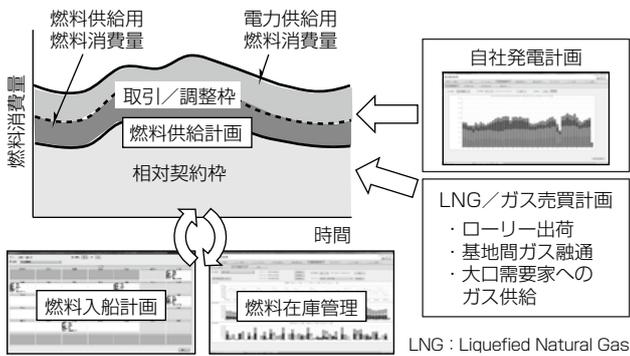


図4. 燃料需給管理システム

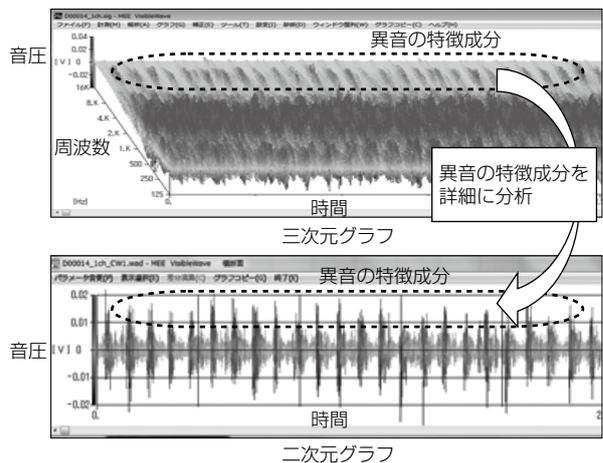


図6. コンベヤ動作音異常波形

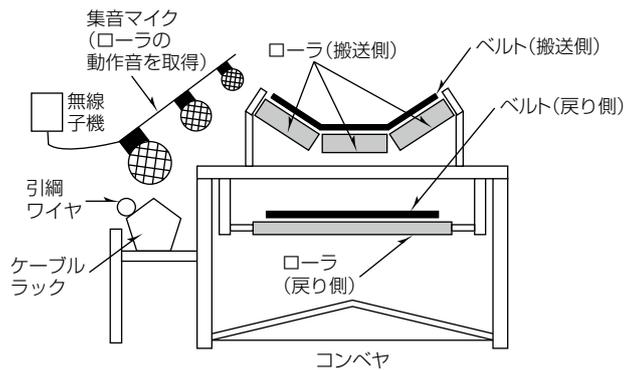


図5. コンベヤ異常兆候監視システム

3.4 現場保守ソリューションのシステム

3.4.1 発電機点検ロボット

発電機点検ロボットによって発電機の回転子を引き抜くことなく、同等程度の点検を実現することが可能である。このため、従来の回転子を引き抜いた場合はおよそ1か月必要であった点検期間が、このロボットを適用することによっておよそ1週間程度に短縮することが可能になる。図7に発電機薄型点検ロボットの外観を示す。

発電機点検ロボットによって、搭載されたカメラによる目視点検、自動タッピング機能による発電機固定子ウェッジの緩み評価、固定子コアの層間短絡診断(EL-CID)試験が可能である。

3.4.2 特殊センサ

機器の異常を早期発見するために、機器に特化した特殊センサを提供している。例えば、発電機向けには、部分放

定期的な巡視点検が不要になり、省人化やオペレータの負担を軽減することが可能になる。

収集した音源は三次元グラフでの可視化が可能で、検知状況をビジュアルに確認できる。このシステムでの検知例を図6に示す。

(注1) Wi-Fiは、Wi-Fi Allianceの登録商標である。

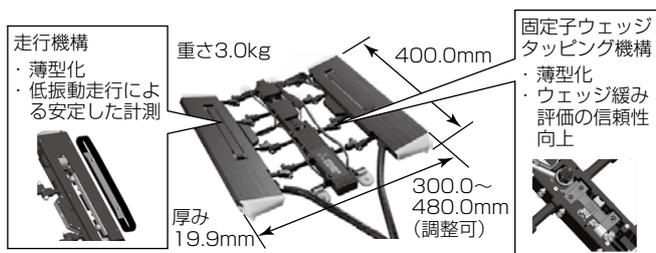


図7. 発電機薄型点検ロボット

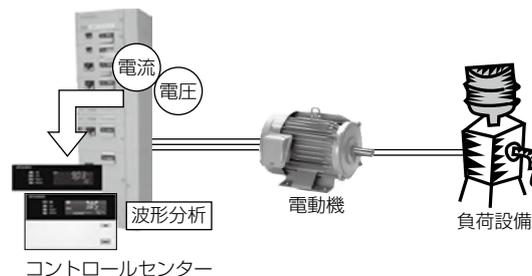


図8. コントロールセンターでの電動機劣化監視システム

電モニタ，層間短絡チェッカー，固定子コイルエンド振動モニタ等のセンサを組み合わせた発電機の遠隔監視・異常兆候監視システムを，GIS(Gas Insulated Switchgear)向けには，導体の異常加熱によって発生した分解ガスを検知し，GISの通電異常を検知するセンサを提供している。また，変圧器向けには，変圧器内の絶縁油の油中融解ガスを分析し，機器内部で発生している局部加熱や放電を早期発見するセンサを提供している。

3.4.3 電動機劣化監視システム

電動機や負荷設備の異常や劣化状態を検知するには，一般的には現場の機器に新たなセンサを追設し，状態監視することが多いが，多数のセンサが必要であり，また，現場工事の手間やその後の保守が負担となる。そこで，当社では新たにセンサを追加することなく，電動機・負荷設備の劣化をオンライン監視できるコントロールセンターを開発した。このコントロールセンターを適用することによって，現場機器の改造や新たな配線工事などを実施せずに劣化状態を監視することが可能になる。図8にシステムイメージを示す。

そのほかに，稼働中の高圧電動機の部分放電を計測し，絶縁寿命を診断するサービスを提供している。

3.4.4 モバイルOPS

このシステムはタブレット型端末によって，系統図やトレンドグラフ等OPSの主要な監視画面を現場や執務室など中央制御室以外で表示することが可能で，現場点検の効率化を支援するシステムである。異常発生時は現場から中央制御室への映像・音声配信が可能であり，迅速な状況把握を支援する。モバイル端末上で図面・マニュアル類の表示も可能であり，現場での迅速な確認によって省力化を支援する。図9にモバイルOPS端末の外観を示す。

3.4.5 現場保守作業高度化システム

最後に現場保守作業の高度化に向けたシステムについて述べる。

(1) 設備特性劣化監視システム

プラント構成設備単位の熱特性モデルを元に運転実績データの特性遷移をリアルタイムに監視する。

(2) 運転業務引き継管理システム

巡視点検やトラブル対応等の報告，起票作業等をワーク



図9. モバイルOPS端末

フロー化して情報共有を促進する。

(3) 巡回点検作業支援システム

モバイル端末を活用して巡回点検作業，計画作成，報告作成などを支援する。

(4) 系統構成・電源管理システム

現場作業時の各機器，弁等の入切状態を系統図形式で表示し，電源隔離，設備構成を適切に管理する。

(5) AR活用保守点検作業支援システム

三次元点群データ，音声認識，画像認識等を組み合わせて保守点検手順のAR表示，点検結果の自動記録などによって，保守点検作業の効率化を支援する。

4. む す び

発電プラント向けに当社が提供している代表的な電力IoTソリューションについて述べた。当社IoTプラットフォームであるINFOPRISMを活用し，今後も設備運用・保全高度化を支えるソリューションを拡充する計画である。これらソリューション群を活用し，設備運用・保全の両面から顧客の業務効率化，収益機会の拡大に貢献していく。

参考文献

- (1) 廣岡俊彦：社会・電力インフラIoTプラットフォーム“INFOPRISM”，三菱電機技報，93，No.7，397～400 (2019)
- (2) 高橋浩一，ほか：IoT・ICT技術を応用した電気事業向けソリューション，三菱電機技報，90，No.11，609～612 (2016)