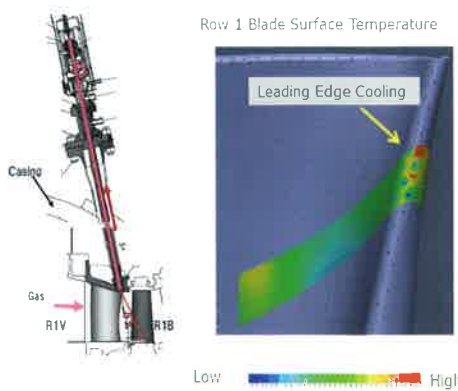
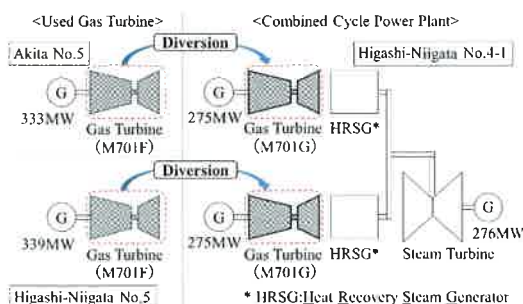
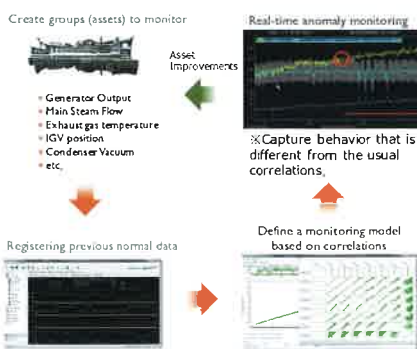


特集【電力エネルギーを支える各種発電技術の最新動向】



JOURNAL OF THE GAS TURBINE SOCIETY OF JAPAN

● 巻 頭 言

特集：電力エネルギーを支える各種発電技術の最新動向

電力エネルギーを支える各種発電技術の最新動向…………… 大地 昭生 …… 347

● 論 説 ・ 解 説

ガスタービン設備の保守管理について…………… 白川 伸 …… 348

大型ガスタービンの既存発電設備への有効活用……………

…………… 柳谷 伸, 金谷 政孝, 小山 一直, 高橋 正大 …… 352

最新鋭1650℃級JAC形ガスタービンの実機実証……………

…………… 若園 進, 森本 一毅, 松村 嘉和, 由里 雅則, 片岡 正人, 藤村 大輝 …… 357

デジタル技術を活用した発電プラントの運用効率化……………

…………… 山根 翔太郎, 大谷 圭子, 牧野 哲也, 村山 大, 進 博正, 吉田 琢史 …… 363

遠隔現場支援システムと技術動向…………… 柴崎 宏行 …… 369

GT吸気フィルタの寿命延伸や高性能化に向けた取り組みについて ……

…………… 杉本 明夫, 澄田 和夫 …… 375

ガスタービン油の性能と管理…………… 山田 賢司 …… 381

● 技 術 論 文

負荷調整用地上型圧縮空気エネルギー貯蔵(CAES)を備えたガスタービンシステムの基礎検討

…………… 野々村 弘樹, 中野 晋, 竹田 陽一 …… 387

● 報 告

IGTC2019Tokyo報告 …… IGTC2019実行委員会 …… 396

● 会 告 ・ そ の 他

2020年度見学会および若手技術者交流会 開催中止のお知らせ…408/

学生フォーラム開催のお知らせ…408/ 第49回ガスタービンセミナー開催のお知らせ…408/

本会協賛行事…409/ 入会者名簿…409/ 次号予告…409/ 2020年度役員名簿・2020年度委員名簿…410/

編集後記…411/ 事務局だより…411

Special Issue on Recent Various Generating Technologies to Support Electric Power Energy

Recent Various Generating Technologies to support Electric Power Energy OHJI Akio 347

●Technical Comments and Reports

Maintenance of Gas Turbines in Combined-Cycle Power Plant SHIRAKAWA Nobiru..... 348

Effective Use of Abolished Gas Turbine to Power Plant..... YANAGIYA Shin
KANAYA Masataka
OYAMA Kazunao
TAKAHASHI Masahiro 352Validation of Latest 1650°C Class JAC Gas Turbine Wakazono Susumu
Morimoto Kazuki
Matsumura Yoshikazu
Yuri Masanori
Kataoka Masahito
Fujimura Daiki 357Improving Operational Efficiency of Power Plants Using Digital Technology YAMANE Shotaro
OOTANI Keiko
Makino Tetsuya
MURAYAMA Dai
SHIN Hiromasa
YOSHIDA Takufumi 363

Technical Trend of Remote Site Work Support System SHIBAZAKI Hiroyuki 369

Our Effort to Extend the Service Life and Performance of GT Intake Filters..... SUGIMOTO Akio
SUMITA Kazuo 375

Performance and Maintenance Management of Gas Turbine Oil YAMADA Kenji 381

●Contributed Paper

A Fundamental Study on a Gas Turbine System with Overground Compressed Air Energy Storage (CAES) for Load Regulation
..... NONOMURA Hiroki
NAKANO Susumu
TAKEDA Yoichi 387

●GTSJ Activities 396

●Notice 408

特集：電力エネルギーを支える各種発電技術の最新動向

遠隔現場支援システムと技術動向

Technical Trend of Remote Site Work Support System



柴崎 宏行*1

SHIBAZAKI Hiroyuki

キーワード：スマートグラス、拡張現実、画像処理、ワイヤレスセンサ、巡視点検自動ロボット・ドローン、オンプレミス

Key Words : Smart Glass, Augmented Reality, Image Processing, Wireless Sensor, Automatic Inspection by Robot & Drone, On-premises

1. 緒言

近年、火力発電事業では競争力強化のひとつとして、デジタルイノベーションの積極的な取り組みが加速度的に広がっている。

新設の火力発電所や一部の火力発電所においては、既にIoT等のデジタル技術を活用してデータを継続的に取得し、このデータをAI技術によって事前に異常の予兆を把握し、対策を行うなどの取組が進められている。

従来、火力発電所では発電所員が設備の状態を巡視点検する設備パトロールを実施し、設備の異常兆候の早期発見により、設備トラブルの未然防止に努めるなど、きめ細かな運転管理・事業運営が行なわれてきた。

既存の火力発電所においても、近年のデジタル技術を導入し、保守管理の効率化・自動化、そして現場の発電所員の負担軽減につなげていくことにより、さらに高効率な事業運営が期待される。

本稿では、はじめに火力発電所における現場作業者と遠隔指示者との間で、迅速な状況把握および正確な指示理解を目的としたスマートグラスによる作業支援システムについて紹介する。次に従来、作業者がアクセスして点検しなければならない作業箇所を、画像処理やワイヤレスセンサ、さらに巡視点検自動ロボット・ドローン等に置き換える取り組みについて紹介する。

2. 火力発電事業における課題

2.1 人的課題¹⁾

現在、コンベンショナル発電所（ボイラー・タービン）や出力1万kW以上のガスタービン発電所では、「電気設備の技術基準の解釈 第四十七条」において「作業

員による現場での常時監視」が必要とされている。火力発電所では、発電所員が日々、設備の状態を巡視点検する設備パトロールを行い、設備の異常兆候の早期発見により、設備トラブルの未然防止に努め、火力発電所の安定運転に取り組んでいる。しかし、広大な発電所内に設置されている設備は多岐にわたるため、設備パトロールには多くの労力と時間を要している。そして、油・薬品等の漏洩、機器の異音等の異常兆候の発見のためには一定の経験（外観、音、振動などのヒトの五感・感覚）に依存するなどの課題がある。

今後、定年退職に伴うベテラン技術者の減少が予想されるなか、巡視点検の技術を継承していくことが課題となる。また、発電設備の保守点検業務も、現場の作業員の経験等に多く依存している。作業員の経験等に依らない品質の確保や、ベテラン作業員の技術継承が大きな課題である。

2.2 経年化設備の健全性の確保²⁾

これまでの保修については、高稼働、供給信頼性を維持するためにTime Based Maintenance（予防保全）という視点で実施してきたが、経年発電所では今後修繕費用等のコスト増加が懸念される。また、定期点検期間（2年⇒6年）の延長にも対応することとなると、コスト低減策として保修形態そのものを見直していく必要がある。具体的には設備故障の予兆的な状態を発見・推定し保修していくRisk Based Maintenance（予知保全）に移行するものと考えられる。

原稿受付 2020年9月10日

*1 マグナ通信工業(株) 生産本部
〒168-0063 杉並区泉1丁目22番1号
E-mail: shibazaki@magna.co.jp

3. スマートグラスによる現場支援システム

3.1 スマートグラスの概要

スマートグラスはウェアラブルコンピュータ、メガネ型ウェアラブルデバイス、作業支援アプリケーションによって構成されている。

従来は手順書や作業マニュアルなどを手に持ちながら行っていた作業が、ディスプレイに映し出された映像を見ながら行うハンズフリーの作業へと置き換えられるため、作業現場での業務効率を高めることができる。また、作業支援アプリケーションリユースはAIやAR（拡張現実）などの関連技術と連携することで、業務計画から現場作業、遠隔支援、証跡管理までの業務サイクル全体をサポートできるソリューションである。

3.2 スマートグラスの種類

大きく分けて、スマートグラスには片眼タイプと両眼タイプがあり、さらに社内LAN専用（On-premises）のLOCAL型とインターネット専用のWEB型のものがある。

現場支援システムとして活用することができる代表的なスマートグラスを紹介する。

1) 片眼タイプ⁽³⁾

片眼タイプのスマートグラスは、両眼タイプのものに比べ、小型で軽量なものが多く、扱いやすいという特徴がある。また、テキストなどの資料は小さな表示となるが、それだけに視野が広く周囲の状況や手元の様子が見やすいというメリットがある。

・Dynabook DE100/AR100 (Fig. 1)

Windows対応、WEB型、防塵防水規格IP57

2) 両眼タイプ⁽⁴⁾

両眼タイプのスマートグラスの特徴は、片眼タイプのものに比べ、表示範囲が広いことが挙げられる。片眼タイプが視野の隅に小さく表示されるのに対し、両眼タイプは映像や図面・マニュアルなどが目先の空間に大きく表れるので、それらが見やすい。図面やマニュアルなどを確認しながら作業を行う場合には両眼タイプが適している。

・EPSON MOVERIO BT-350 (Fig. 2)

nvEye's[®](アプリケーション)⁽⁵⁾によりLOCAL型に対応。

3.3 導入メリット

1) 遠隔支援

スマートグラスを装着した現場作業者は、常にハンズフリーで作業し、必要に応じて支援者と音声通話を行うことができる。一方、支援者は作業者の視界をPCで共有し、的確な指示を与えることができる。

2) 作業ナビゲーション

管理者はあらかじめPC上で作業ステップごとに内容を作成し、各作業者にデータを配布。現場では作業者がスマートグラスでその作業内容を順次確認しながら、正確に効率よく作業を進めることができる。

3) 技術継承

現場で課題となっている熟練者から新人への技術継承

について、遠隔地にいる熟練者が状況を映像で判断・支援することや、熟練者の作業手順を録画し、動画マニュアルとして共有するなどの活用で、スムーズに技能を継承できる。

4) 作業記録・証跡管理

作業者がスマートグラスを装着することで、定められた手順どおりに作業を行ったかなど、業務が適正であったことの証拠を記録し、管理することができる。



Fig. 1 Appearance of Dynabook DE100/AR100

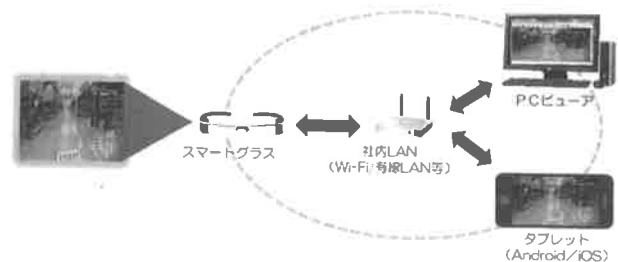


Fig. 2 System of MOVERIO BT-350/nvEye's[®]

4. 画像処理による異常検知

4.1 概要

現在、火力発電所における監視カメラシステム（ITV）は現場での目視確認の遠隔化として利用されている。この監視カメラシステムに、画像解析機能を付加させることにより設備管理・運転管理が設備トラブルを未然に防止し、省力化などの課題に応えることにより大きな効果が期待される。画像処理による異常検知の基本的な方法は、監視カメラから取り込んだ画像の差分処理を行い、その変化分を抽出して解析処理を行うことにより異常検知を実現している（Fig. 3）。

4.2 判定機能⁽⁶⁾

現在の画像処理技術を用いた自動判定システムは複数の判定機能を持つが、監視設定は1画面について数百個までの設定が可能で、複数の判定機能を組み合わせて対応する。ここでは使用頻度の高い4つの機能について紹介する。

1) 比較検査機能

この機能は、マスター画像とライブ画像を比較する方法で差異を検出する。マスター画像との比較は、正常な状態をマスターとし、ライブ画像がそれと異なった場合に差異を検出し異常判定を行う。この機能は主に向きや形状の変化を検出することに利用でき、例えば通

常無人でなければならない場所への侵入を検知したり、バルブ方向の違いを検出したりする場合に使用できる。

2) 色検出機能

指定した色を検出する方法である。指定色の検出では、画像上のある領域からどの程度指定の色が検出されたのかを判定する機能である。色の変化を検出することができるので、表示ランプの点灯状態や液体の色変化、炎色が正常であるかなどを検出する場合に使用できる。さらに、監視カメラを赤外線仕様のものにするにより、温度変化の検出も可能である。

3) メーター数値読み取り機能

アナログメーターの数値読み取り機能で、ロバスト性が高く、明暗差が激しい画像でも安定した読み取りが可能である。デジタルデータが取得できない古い設備のメーターも、この機能を使用すればデータの取得・記録・自動判定が可能となる。

4) 英数字読み取り機能

表示機等の英数字の読み取り機能で、一定の歪みがある文字も読み取り可能である。対象物は主に7セグメント表示機であるが、ディスプレイやタッチパネルなどに表示された英数字情報も読み取ることができ、アナログメーターの数値読み取り機能と同様に、データの取得・記録・自動判定が可能となる。

4.3 導入メリット

目視による監視、確認作業は日常的に数多く行われており、これらの作業は時間的にも労力的にも作業者の大きな負担となっている。また、監視対象に対する誤読、結果の誤記入、記入漏れといった人的ミスも潜在している。

それら人的ミスを排除できない要因は、色や形状の変化、粒子の密度などといった「見た目の変化」を確認しているものは計器類では検知が難しいことや、構造上デジタル化できない古いアナログメーターが現状では数多く存在していることである。これらの課題に対し、画像処理技術を活用することにより、監視対象物を監視カメラで撮影し画像処理することで状態の良否判定までを自動化し、時間や労力の大幅な削減が見込める。

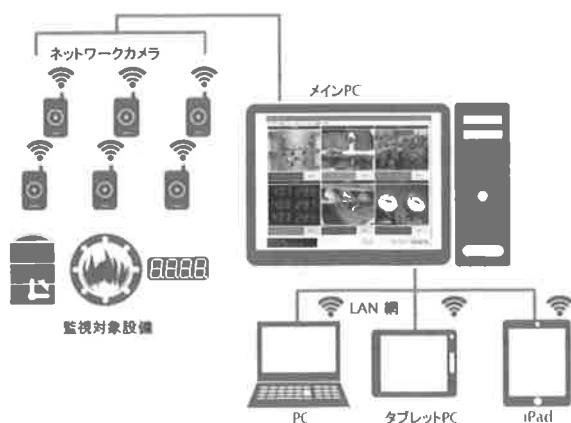


Fig. 3 Image of Image processing system

5. ワイヤレス振動センサ

5.1 概要⁷⁾

火力発電所では多くの回転機械が使用されており、工場を安定して操業するためには回転機械の振動を測定してその機械の状態を把握すること、即ち振動監視が重要である。主機や重要補機など運転上重要な回転機械は有線の振動センサを設置してリアルタイムで監視されているが、その他の転がり軸受で支持された中小規模の回転機械には巡視点検による監視が主となっている。

回転機械の状態を正確に把握するためには、振動測定の頻度が重要である。例えば有線による監視システムの場合は、連続で振動測定できるため回転機械の状態を正確に把握することが出来るが、有線の監視システムを導入するにあたり導入費用がネックとなるケースがある。

また、ポンプやモータなど転がり軸受で支持された回転機械は、何の前触れもなく急に故障するのではなく徐々に調子が悪くなり最終的に故障に至るといった傾向にあるため、巡回点検で状態監視を行っているケースが多くみられる。しかし、回転機械が数百台あるような大きな火力発電所では測定箇所は膨大となり、せっかくの巡回点検時に異常兆候を見落とししてしまう可能性がある。巡回頻度を高くしようとすると、技術員の確保やスケジュール調整、工数など検討しなければならない項目が多数あるため、回転機械の状態に合わせて柔軟に対応することは困難である。ワイヤレスシステムは一般的に1日毎や数時間毎に振動データを収集するため、巡回点検より頻度の高い測定が可能である。また測定間隔を変更できる機能を搭載している場合には、振動値に変化がみられる回転機械のみ測定頻度を高くすることで、回転機械の状態に合わせた柔軟な状態監視が容易に実現できる。

5.2 導入メリット

ワイヤレスが持つメリットの中で最も大きいものは、ワイヤレスの名前が表している通り「配線がいらぬ」という点である。近年、火力発電所において様々な種類のデータ、いわゆるビッグデータを活用するようになった。そこには、保守費用の削減や熟練技術者の減少など昨今の発電事業を取り巻く環境の変化に伴い、今まで監視システムを導入されていなかった補機等の回転機械においても、振動データを収集し予防保全を行うものが増えている。

発電設備が大きくなるにしたがってシステムは複雑になる傾向にあり、ケーブルの配線もそれに比例して増加、複雑化している。監視対象の回転機械が増える場合も同様なことが言える。システムを構築する際のケーブル敷設費用は決して無視できるものではなく、システム導入予算に対してネックになるケースも考えられる。データをワイヤレスで伝送することによりシステム構築におけるケーブルの敷設は最小限に抑えることが可能となり、ケーブルの敷設費用が大幅に削減される。その結果、システム導入予算も削減することができる。

infiSYS Lite 傾向監視・解析ソフトウェア

infiSYS Liteは振動データの傾向管理に最適なソフトウェアです。
オーバーオール振動値だけでなく周波数分析TOP3の10Lも表示し、監視の幅が広がります。

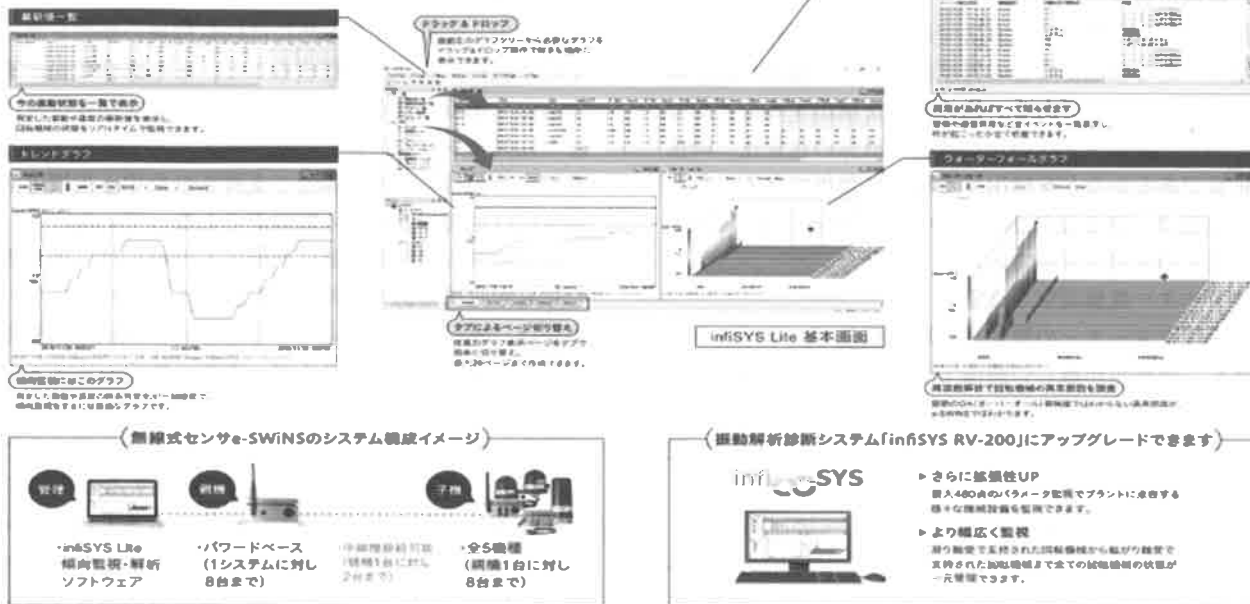


Fig. 4 System of wireless sensor

5.3 システム例

ワイヤレスシステムの例として「e-SWiNS」を紹介する (Fig. 4)。このシステムの大きな特徴は、振動監視だけでなく異常兆候の検知とその原因調査が出来るという点にある。たとえば振動値の大きさの変化によって回転機械に何か変化が起こっていることはわかるが、どんな変化・異常が起こっているのかを判断することはできない。振動値の他に振動周波数の情報があることで、振動の原因が何かという情報を読み取ることが出来るのが大きな特徴である。

6. ロボット・AIを活用した巡視点検自動化ロボット

6.1 概要⁸⁾

関西電力では関連企業とともに、ロボット・AIを活用した巡視点検自動化システムを開発した。同社の火力発電所では、発電所員が定期的に設備の巡視点検を行っているが、多くの労力と時間を要するとともに、今後、定年退職に伴うベテラン技術者の減少が予想される中、巡視点検の技術を継承していくことが課題になっている。

本システムは、発電所員が目視などで確認していた設備情報を自動走行型のロボットを用いて収集し、AIを活用して各設備の運転状況が正常であるかを判断するものであり、現在、発電所員が行っている巡視業務の約25%を代替できるとしている。2019年12月からは堺港発電所 (LNG, 計200万kW) のタービン建屋1階で実証実験を実施し、技術の有効性を確認した。今後、自社火力設備への配備や、発電所以外も含む製造業への展開を計画している (Fig. 5)。



Fig. 5 Automatic inspection by robot

6.2 システム構成

1) 自走走行型ロボット

あらかじめ設定した点検ルートを自動で走行し、ロボットに実装した各種センサにより、点検に必要なデータを収集する。人の五感に代替できる可視光カメラ、サーモグラフィカメラ、音響マイク、ガス検知器等を搭載。

自動充電機能を備えており、4時間の充電で7時間の連続走行ができ、一旦ルート設定を行うと人の手を介さずに点検を行うことが可能。

2) AIを用いた異常検知システム自動走行型ロボットが収集したデータと、あらかじめ登録している設備の正常時のデータをAIによって比較し、設備の異常を検知するシステム。

7. AIを活用した巡視点検自動化ドローン

7.1 概要⁹⁾

火力発電所では、作業員が一日で最大12時間かけて配管などの設備を点検している。生産性の向上が課題となっており、東北電力は18年度からドローンによる設備点検の検証作業を進めていた。東北電力では事前にルートを設定したカメラ付きのドローンを自動で火力発電所の建屋内で飛ばし、タービンや配管などの設備を点検する。外観や表面温度、臭いなどを検知するセンサも搭載し、AIを通してデータ分析をする。ドローンに点検作業を全て置き換えるのではなく、補完ツールとして導入する方針である。システム開発では、新潟火力発電所4号機や秋田火力発電所3号機でドローンの実証試験を進めている。既にある火力発電所や、2023年6月に営業運転を始める上越火力発電所1号機（新潟県上越市、57.2万kW）に導入する方針である。5年後をめどに、生産ラインなどの設備を持つメーカーなどへシステムを外販することも目指している（Fig. 6）。



Fig. 6 Automatic inspection by drone

7.2 システム概要

1) ロボットの完全自立移動

現場をパトロールするための移動手段を、操縦者を必要としない、ドローンをはじめとする完全自立型ロボット（移動、充電を一貫して自動化）で確保する。

2) 発電所員の感覚機能のデータ化

発電所員が持つ感覚機能（外、音、振動、表面温度、臭気など）を、ロボットに搭載する各種センサで再現する。

3) データの解析・判断

採取したデータの複合的な解析による判断をおこなう。

4) 異常発見

発電所員が培ってきた経験（パトロールによる異常発見の技術）をAI等で再現する。実用化に向けて、実証試験を繰り返し、各機能を充実化し、各技術を組み合わせた一つのシステムとして、設備パトロールの自動化を実現する。

8. ワイヤレスシステム

8.1 ワイヤレスの概要

電波を使って信号や情報の送受信を行うワイヤレス技術は日々進歩しており、今や様々な分野への応用が進ん

でいる。産業分野においても、現場のセンサや計測器で測定した情報をワイヤレスで伝送するセンサネットワークの導入が急速に進んでいる。これはワイヤレスの大きなメリットの一つである配線コストの削減という目的だけでなく、作業効率の向上や安全・安心の向上、監視強化、IoTとビッグデータを活用した取り組みの一環として、膨大な現場データを収集する目的で重要な要素となっている。

8.2 ワイヤレスの種類

ワイヤレスの導入が進んでいる状況の中、産業分野ではより安全で高い信頼性を確保したワイヤレス技術を活用するため、工業用途に耐え得る技術が開発されている。

また、広く複雑な工場・プラントにおいては、複数のワイヤレスシステムを導入することから、共存して活用できるような仕組み（マルチベンダ）を考える必要がある。このような背景から、センサネットワークの通信プロトコルに対する国際標準化の活動も行われている。

ワイヤレスには無線周波数帯域や通信距離、通信速度などの違いにより多くの種類があるが、本稿で紹介したシステムに使用されるWi-Fi、ISA100.11a、920MHz帯無線について述べる。

1) Wi-Fi

Wi-Fiは、国際標準規格であるIEEE 802.11規格を使用した無線LANに関する登録商標で、企業だけでなく一般家庭や公衆無線LANとしても広く使われている。無線周波数帯域は2.4GHz帯や5GHz帯が挙げられる。上記の通り幅広く使用されていることから、たくさんある種類の中では、導入のしやすさが大きな特徴である。

2) ISA100.11a

ISA100.11aは、ISA（International Society of Automation）のISA100委員会が策定した工業用無線で、IEEE 802.15.4規格に準拠した2.4GHz帯を使用している。ISA100も国際標準規格となっている。強固なセキュリティや経路二重化などにより、信頼性の高いネットワークが特徴の規格である。

3) 920MHz帯無線

920MHz帯無線は、日本国内で2012年から使用可能になった無線周波数帯域である。920MHz帯は2.4GHz帯と比較して、通信距離が長いことと回折性に優れているという利点があり、障害物が多い発電所内において、ワイヤレスのシステムを構築しやすいという特徴がある。尚、920MHz帯はスマートメーターに関連した国際標準規格に準拠したものもあるが、その他は日本国内の標準規格ARIB STD-T108で定められている。

8.3 現場支援システムとネットワーク

現在、IoT導入が進んでいるプラントで使われるIoTシステムは通常、センサデバイス層（各種センサが組み込まれた機器、設備）、デバイスネットワーク層（センサからのデータを取得する無線機器）、インターネット層、IoTシステムサーバ層（データを蓄積するサーバ）、

IoTシステムアプリケーション（データを分析・学習するシステム）から構成され、センサやデバイスからのデータを収集・蓄積・分析することで価値につなげる。

一方、IoTに近い概念とされるM2Mは、モノ同士の自律的なやり取りによって正確かつリアルタイムな制御につなげる概念で、発電所内など閉じた空間（On-premises）で使われる（Fig. 7）。

現状、発電所においては、不特定多数がアクセスできるネットワークを介して、電力制御システム等が外部から不正侵入されないようにするために、外部ネットワークとの分離が規定されている（「電力システムセキュリティガイドライン（JESZ0004）第5-1条」において、外部ネットワークとの分離）。

このため、IoTも所内サーバを用いるなど、M2Mに近いかたちで構成されるか、または「即時性が要求されるデータ連携等が必要な場合には、その間に他ネットワークや別のシステム等の緩衝エリアを設けて、間接的にデータ連携を行う仕組み等を構築する」という方法が考えられる。

また、同ガイドライン「第5-6条 アクセス制御」では、接続制御、認証、ネットワーク分割について推奨されており、これらを行わない場合、なりすましや不正な機器を接続されることにより、他の機器や電力制御システム等の稼働に影響を与える可能性があるとされている。このような、条件から発電所内のデバイスネットワーク層はOn-premisesのネットワークでの構成となる場合が多く、また、プラント構内をカバーするためワイヤレスメッシュネットワーク化が進んでいる（Fig. 8）。

使用される無線機は、AP（アクセスポイント）にマ

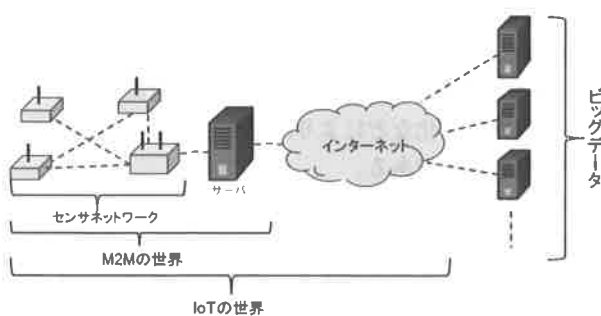


Fig. 7 Concept of IoT

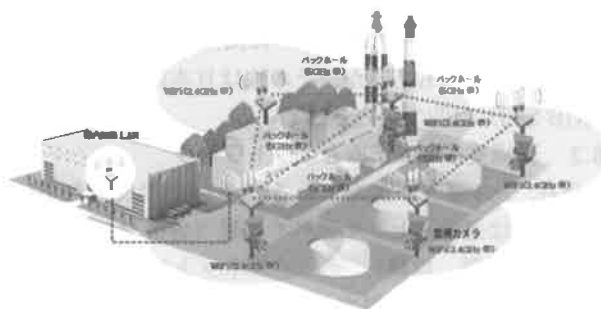


Fig. 8 Image of on premises networks

ルチラジオモデルを採用し、バックホール（中継回線）には高速通信が可能で干渉のない5GHz帯を、クライアントとの通信は相互接続性の高い2.4GHz帯（Wi-Fi）と分ける事により、高速かつ安定した通信環境を確保している。また、メッシュネットワークを構築する事で、APが自律分散的に経路制御をするとともに、リアルタイムで輻輳状況やリンク速度を監視し最適な経路を選択しながらコストパフォーマンス良く広域にWi-Fi環境を構築する事が可能になった¹⁰⁾（Fig. 8）。

9. おわりに

本稿では、映像・音声・AR技術を活用した熟練者と現場作業員との円滑なコミュニケーションを実現したスマートグラスをはじめ、画像処理やワイヤレスセンサによる異常検知システム、さらにドローンやロボットによる巡視点検の自動化など紹介した。今後予想される熟練者の不足を補い、コストの増加を抑えつつ火力発電設備の運用・保全の品質と安全を維持する一助として、これらのシステムの普及とワークフロー化が期待される。

参考文献

- (1) 経済産業省
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/pdf/022_04_00.pdf (参照日2020年6月7日)。
- (2) 経済産業省
<https://isa100wci.org/ja-jp/Documents-japan/2017-Kawasaki/1> (参照日2020年6月5日)。
- (3) Dynabook株式会社
<https://dynabook.com/business/mecd/product/ar100-mar-2019/index.html> (参照日2020年7月15日)。
- (4) セイコーエプソン株式会社
<https://www.epson.jp/products/moverio/bt350special/> (参照日2020年7月18日)。
- (5) JMACS株式会社
<http://www.jmacs-j.co.jp/products/nveyes/> (参照日2020年6月5日)。
- (6) スカイロジック
<https://www.skylogiq.co.jp/product/easymonitoring/index.html> (参照日2020年8月11日)。
- (7) 新川電機株式会社
<https://www.shinkawaelectric.com/products/sensor/e-swins.html> (参照日2020年5月25日)。
- (8) 関西電力株式会社 プレスリリース
https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2020/0825_1j.html (参照日2020年8月27日)。
- (9) 東北電力株式会社 プレスリリース
https://www.tohoku-epco.co.jp/pastnews/normal/1201327_1049.html (参照日2020年8月28日)。
- (10) マグナ通信工業株式会社
<https://www.magna.co.jp/seihin/tabid/172/Default.aspx> (参照日2020年5月19日)。