

電力流通設備と火力発電所の 保全合理化のためのIoTプラットフォーム

電力中央研究所 地球工学研究所 朱牟田 善治
材料科学研究所 西ノ入 聡、福富 広幸

近年、最先端のIoT (Internet of Things : モノのインターネット) を活用し、供給信頼性を維持しながらメンテナンスコストの低減を実現しようとする保全方式が注目されている。設備を遠隔から常時・多点で長期にわたり監視するセンサネットワークを構築し、収集したモニタリング情報から設備故障の予兆的な状態を発見・推定して、過剰な設備投資を抑制しようという考え方である。今回、電力インフラの保全方式の高度化と合理化の実現に向け、当所が取り組んでいるIoTの技術開発事例を紹介する。

はじめに

電力設備を含むインフラ施設を対象とした保全方式は、大きく3世代に大別できる^[1]。第1世代とは、「壊れたら直す」という視点の事後保全方式である。事後保全は、供給信頼度が問題となるような電力インフラでは、設備故障による供給損失が大きな問題となる。そこで故障による設備稼働率の低下を回避し、高い供給信頼性を維持するために、故障の有無に関係なく定期検査・修繕を行う時間計画保全の考え方が広く受け入れられるようになってきた。これが第2世代に位置付けられる予防保全の基本的考え方である。予防保全は、「壊れる前に取り換える」という視点であり、経営状態が安定して余裕があった高度成長時代には、大変有用な保全方式であった。

ところが、電力施設を含む社会インフラ施設の老朽化が進行し、社会環境が激変した東日本大震災以降、電気事業も厳しい経営環境にさらされるようになってきた。結果として、

保全方式のさらなる合理化が電気事業にとって、現在、重要な経営課題となっている。

これに対して、近年、最先端のIoTを活用し、供給信頼性を維持しながらメンテナンスコストの低減を実現しようとする保全方式が注目されている。これが第3世代と呼ばれる予知保全という考え方である。すなわち、設備を遠隔から常時・多点で長期にわたり監視するセンサネットワークを構築し、それらセンサ群から収集したモニタリング情報から設備故障の予兆的な状態を発見・推定して、過剰な設備投資を抑制しようという考え方である。これにより、高精度の余寿命推定などができる可能性が高くなってきており、「時間がきたら取り換える」から「壊れる予兆がでたら取り換える」という保全政策の転換を可能とする研究開発が活発になっている。

そこで、今回、当所で取り組んでいる予知保全を前提としたIoTの技術開発について、電力流通設備およ

び火力発電所を対象とした事例の一端を紹介する。

電力流通設備を対象としたIoTプラットフォームに関する研究開発

電力流通設備は、送電設備、変電設備、および配電設備からなる膨大な施設数が面的にネットワーク構成している設備である。これら面的に広がった設備について遠隔でモニタリングすることを目的としたIoTプラットフォームの基本的考え方を図1に示す。

図1のIoTプラットフォームは、センサネットワークとクラウドネットワークから構成される。センサネットワークとは、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 型のセンサと920MHz帯の無線規格を用いたマイコンチップを搭載したセンサノード群を意味する。MEMSセンサの利点は、コンパクト化によるその設置の容易性や、消費電力・価格の低さにある。MEMSに無線マ

イコンチップや環境発電技術（エネルギーハーベスティング、以下、EH）を組み合わせることにより、屋外の過酷な環境に設置されている電力流通設備に求められる、多点で長期に計測するセンサシステムを構築することが可能となっている。

また、無線規格に920MHz帯を用いることにより、比較的情報量の多い振動情報なども伝送することが可能となるとともに、設置環境を工夫することにより、1～数km程度の伝送距離を無線マイコンチップ間で確保できる。さらに、マルチホップ機能を組み込むことにより、複数センサノード間でセンシング情報を伝達しながら、障害物があっても安定してゲートウェイまでセンシング情報を伝達することが可能である。

図2は、センサノードの例として当所で試作した無線加速度センサを示す^[2]。3軸のMEMS加速度センサとしてLIS3DSH（STMicroelectronics社製）を4台と、フラッシュRAM（FM24V10）4枚を基盤に埋め込み、最大4つの加速度データを同時に計測し、最大1600Hzのサンプリング周波数で、フラッシュメモリに直接蓄積できる。

また、無線マイコンチップにマルチホップ機能を備えたCRESSON-MD920^[3]を採用し、常時は、定期

図1 IoTプラットフォームの基本的考え方

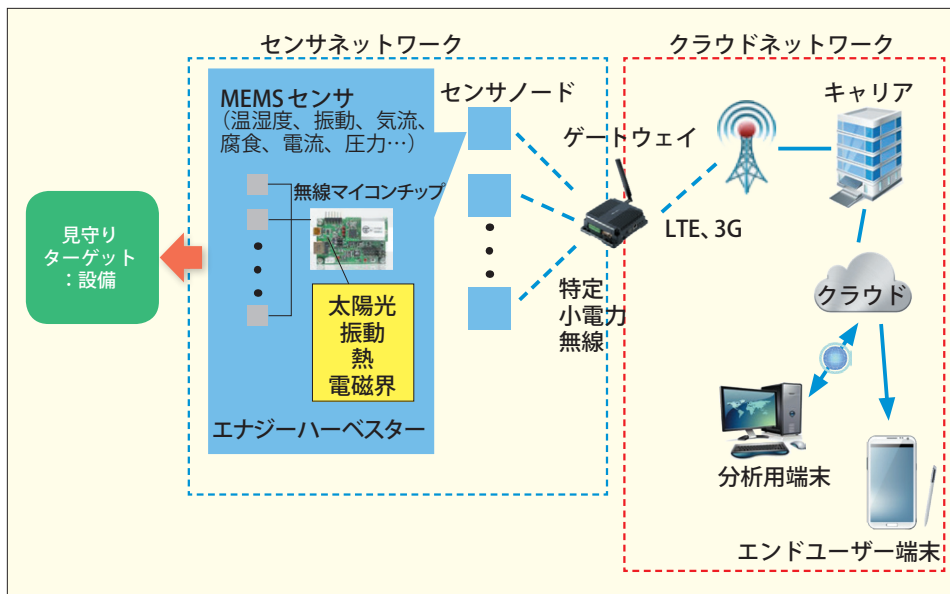
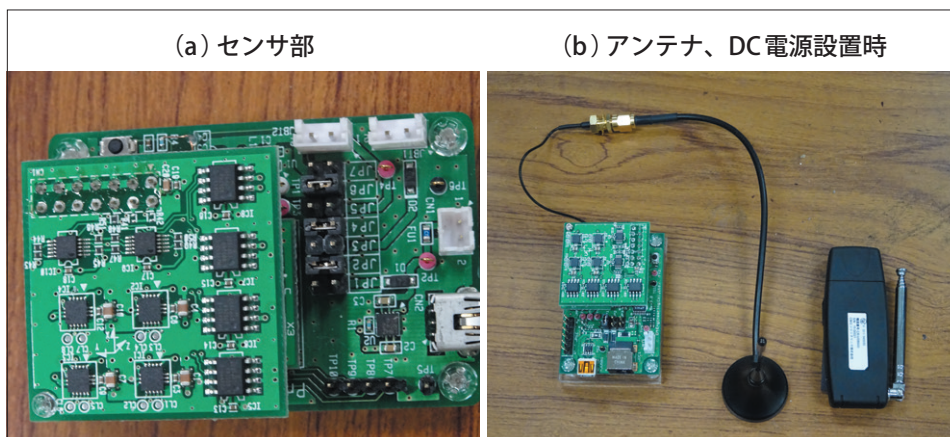


図2 920MHz帯の無線マイコンチップを搭載したMEMS型加速度センサ

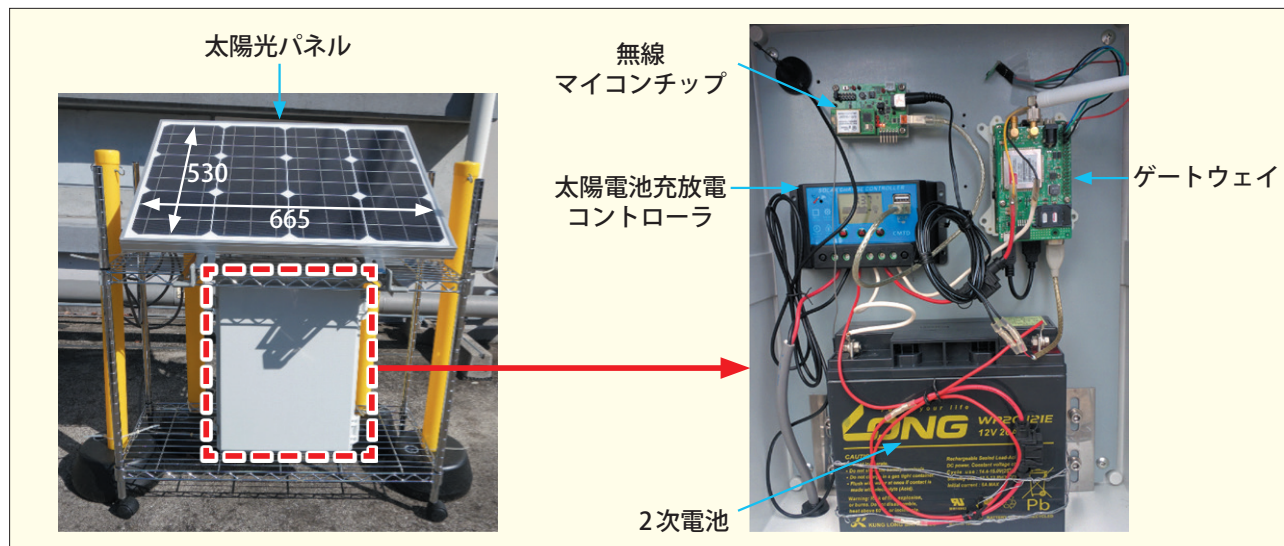


的な振動計測を行えるとともに、地震などの突発的な振動発生時には、トリガー起動により、地震波形も計測することが可能である。さらに、複数センサノードを同時に起動させる時刻同期機能や電力消費を抑えるための間欠動作が可能となる機能も有している。

これに対し、クラウドネットワークとは、ゲートウェイとクラウドシステムを3GやLTEで結び、インターネットを介して、分析エンジンと複

数のエンドユーザー端末をつなぐ情報ネットワークを意味する。クラウドネットワークはできるだけコストを抑えながら安定して、双方向通信を実現できることを目標に、現状で汎用的に使われている商用製品を使った安価な構成としている。例えば、我々の研究グループでは、小型で安価なLinuxマシンとして広く普及しているRaspberry Piをゲートウェイとして使い、データの受信とクラウドへの転送を行うことを可能

図3 太陽光のみで連続動作可能な屋外設置用自律型ゲートウェイ



としたクラウドネットワークを構築している。

クラウド環境として、外部VPSサーバを用い、オープンソースのオンラインストレージソフト (own cloud) を稼働させている。このクラウドをインターネットを介して、分析エンジンやエンドユーザーのクライアント端末と結び、センシング情報をほぼリアルタイムでモニタリングできる環境を実現した。

また、分析用端末により蓄積したデータを傾向管理することにより、電力設備を対象とした故障や劣化の兆候を把握できる分析モデルの開発を進めている。最終的には、実際の電力設備を対象として故障予兆などの傾向を分析エンジンで把握できるようにし、エンドユーザーに警報を出したり、センサノードのパラメータをチューニングし直したりする自律型センサネットワークを実用化することを目指している。現在、複数の実サイドで本システムを使った実証実験を行い、有効性の検証などを続けている。

火力発電所を対象としたIoTプラットフォームに関する研究開発

産業保安法令見直しにより「高度な保安力」を有する火力発電所に対する定期検査間隔 (最大6年間隔) ならびにボイラー・タービンの連続運転期間 (最大6年間) の延長が開始されたこととともない^[4]、IoT技術による発電設備保守の省力化・高度化が火力発電分野における重要課題となっている。

発電用タービンなどの主要機器には多数のセンサが設置され従来から故障の予兆監視が行われているが、屋外構造物や補機類などセンサが設置されていない機器については運転員の巡視点検によって監視が行われており、IoT技術による省力化が望まれている。

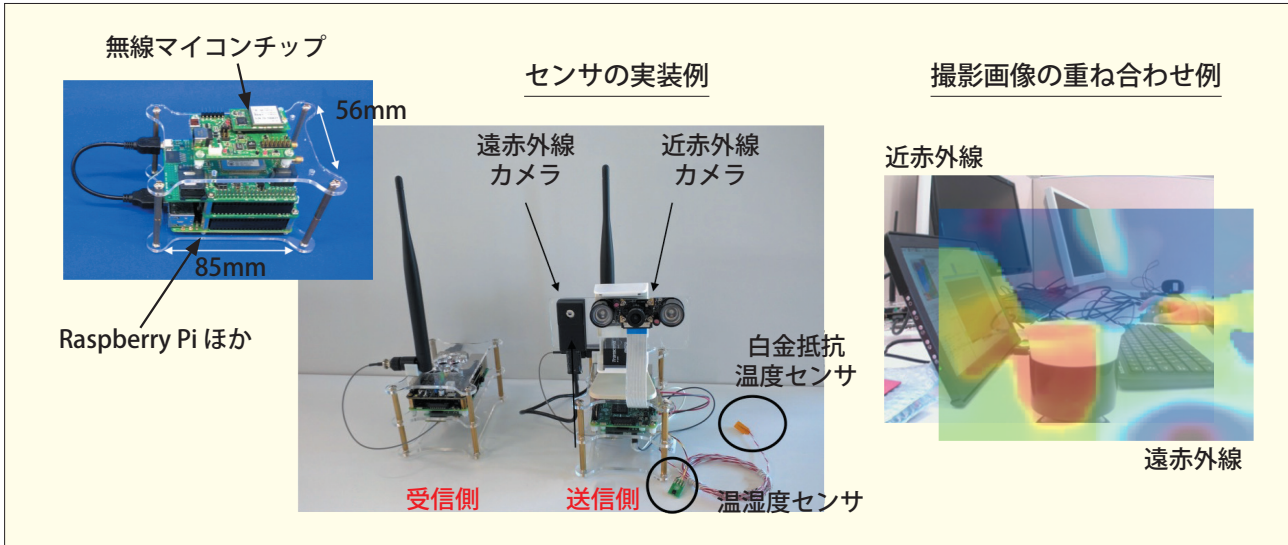
また、構内の機器で発生するトラブルは異常振動、異常発熱、腐食など多岐にわたるため、原因特定と恒久対策までの応急処置を行う上で、事象に応じて様々なセンサを実装でき、簡便に設置可能なセンサノード

へのニーズは高い。

火力発電所では発電設備、燃焼設備、補機類などが広い敷地内で複数の建屋にまたがって設置されており、各建屋内では機器類や足場、扉などの遮蔽物が多く存在する複数のフロア間でデータを中継する必要があることから、伝送距離が長く回折性が高い無線センサネットワークが求められる。そこで前述の電力流通設備を対象としたシステムと同様に、920MHz帯でのマルチホップ通信が可能なCRESSON-MD920を無線マイコンチップに採用したシステムを構築した^[5]。

図3は火力発電所向けに構築した、太陽光のみで連続動作可能な屋外設置用自律型ゲートウェイを示す。間欠動作による省電力運転が可能であり、センサノードから無線で集めたデータを3G回線によりクラウドなどにアップロードできる。セキュリティ確保のため、センサノードとゲートウェイ間の通信は暗号化している。屋外での通信可能距離確認試

図4 センサノードへのセンサ実装例



験の結果、中継なしでも見通して1km程度の無線通信が可能であることが確認できており、火力発電所において実施した通信安定性確認試験の結果、センサノードとゲートウェイに太陽光のみで電源供給を行った場合でも安定動作することを確認している。

図4はセンサノードへのセンサ実装例を示す。無線マイコンチップやRaspberry Piなどから構成されるセンサノードに有線センサやカメラを実装することで、温湿度を多面的に監視可能である。

設置環境の未利用のエネルギーから自ら電力を生み出すEHとIoT技術を組み合わせることにより、低コストで様々な機器に適用可能なセンサが実現できる。火力発電所構内における未利用のエネルギーとしては、ボイラ配管などの高温機器と外気の温度差、ポンプなどの補機類の振動などがあり、これらをセンサノードの電源として利用可能とするために当所では有害元素を使用せずに高い変換効率を実現可能

な熱電材料（高温用熱電発電デバイス用）や圧電材料・磁歪材料（高効率振動発電デバイス用）の開発を進めている。

また、圧電材料・磁歪材料に基づくEHでは利用が難しいものの電力インフラに多く存在する100Hz以下の振動で発電する、新たな概念に基づくコインサイズのEHの開発に成功している^[6]。これらのEHと無線センサネットワークを組み合わせることで、引き続きメンテナンスフリーの状態監視技術の実現を目指していく。

おわりに

連載の第3回となる今回は、当所で取り組んでいる予知保全を前提としたIoTの技術開発事例について、電力流通設備および火力発電所を対象とした取り組みの一端を紹介した。第1回で紹介したように、ビッグデータを活用した設備保全には劣化状態と対応付けられたデータ（ディープデータ）が必要であり、そのためのキーテクノロジーである

無線センサネットワークの高度化に今後も取り組んでいく。

参考文献

- [1] 次世代メンテナンスの在り方，視点106, Roland Berger, https://www.rolandberger.com/ja/Publications/pub_recommended_routed_for_next_generation_maintenance.html, 2015年
- [2] 朱牟田善治, 「見守り支援技術の基礎検討—920MHz帯無線加速度センサの試作とその応用可能性—」, 平成27年電気学会電子・情報・システム部門大会講演論文集, O55-5, pp.708-713, 2015年
- [3] CRESSON—MD920開発キットデータシート, CMエンジニアリング株式会社, 2014年
- [4] 産業保安のスマート化の進捗状況について, 経済産業省商務流通保安グループ, 産業構造審議会保安分科会(第7回)資料2-1, http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/hoan/pdf/007_02_01.pdf, 2017年
- [5] 福富広幸, 朱牟田善治 「火力発電設備の状態監視のための無線センサネットワークの構築—第一報 920MHz帯マルチホップ無線センサネットワークの試作—」 電力中央研究所報告 Q16003, 2016年
- [6] 小野新平, 「イオン液体を利用した電子デバイスの開発—トランジスタから振動発電素子まで—」, Electro chemistry, 85 巻 2 号, pp. 105-109, 2017年