

水力発電所の保守支援技術

Maintenance Support Solutions for Hydro Power Plants

山上 俊輔 YAMAGAMI Shunsuke 浦吉 大輝 URAYOSHI Daiki 上田 紘司 UEDA Koji

エネルギー関連の電気設備が直面する経年劣化や高齢化による人材不足などの問題を踏まえ、経済産業省は、「電気保安分野 スマート保安アクションプラン」を策定した。その中では、へき地に設置された水力発電所の保守管理に対する時間的・人的負担が大きいことが問題提起されている。

一方、東芝エネルギーシステムズ(株)は、エネルギー関連に特化したデジタルサービスとして提供しているTOSHIBA SPINEX for Energyを活用して、水力発電所の保守を支援するサービスの開発に取り組んでいる。今回、遠隔監視システムを構築するとともに、発電所内外の情報を収集するエッジデバイス、デジタル端末を利用した巡視点検システム、巡視点検を自動化する巡視点検ドローンなどを開発した。水力発電所巡視点検自動化の検証試験では、ドローンを用いて狭い通路や階段を含む設定経路を飛行し、点検対象のメーター類や油・水漏れリスクのある箇所を広範囲にわたって撮影できることを確認した。

In April 2021, the Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) of Japan formulated the "Smart Safety Action Plan for Electrical Safety" to deal with critical issues in operation and maintenance (O&M) of energy-related electrical equipment, such as deteriorating facilities and labor shortages due to an aging population. This action plan proposes to make effective use of smart technologies as measures against long working hours and heavy workloads that hydroelectric power plant O&M located in remote areas entail.

To help resolve this, Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation is working on developing O&M support services for hydroelectric power plants driven by TOSHIBA SPINEX for Energy services, which is specialized in energy-related fields. We have established a remote monitoring system and developed edge devices to collect data inside and outside power plants, a patrol inspection system using digital terminals, and autonomous patrol inspection drones capable of imaging inspection targets across a wide area, including meters and water or oil leakage locations, while traveling along a predetermined patrol route through narrow passages and stairs.

1. まえがき

各種電気設備の経年劣化や電気保安人材の高齢化・人材不足、災害の甚大化などの背景を受けて、経済産業省は、2021年4月に「電気保安分野 スマート保安アクションプラン」を策定した⁽¹⁾。その中で、特に水力発電所は、山間部のへき地に設置される場合が多く、その保守管理は、台風や大雨などの自然条件に左右されるなど、時間的・人的負担が大きいことが問題提起されている。また、導入が期待されている技術として、①巡視点検・監視・制御のデジタル化・遠隔化、②AI活用による保安活動の判断支援、③デジタル端末の活用による現場作業の高度化、④点検におけるドローンの活用が挙げられている。

一方、東芝エネルギーシステムズ(株)は、エネルギー関連に特化したデジタルサービスとしてTOSHIBA SPINEX for Energyを提供している。

ここでは、このTOSHIBA SPINEX for Energyを活用し、

アクションプランを踏まえて水力発電所の保守支援向けに開発したサービスの適用事例について述べる。

2. TOSHIBA SPINEX for Energyを活用した水力発電所の保守支援サービス

TOSHIBA SPINEX for Energyとは、東芝グループがこれまでに蓄積してきた知見を活用した、エネルギー関連の課題を共創により解決するデジタルサービスである。発電所や変電所、工場における設備や運用データ、環境データを収集し、リアルタイムに監視することで、業務を効率化するとともに、エネルギー関連の課題解決に貢献している。

2.1 TOSHIBA SPINEX for Energyの特長

当社は、SaaS (Software as a Service) 版のTOSHIBA SPINEX for Energyを開発し、2024年2月からサービス提供を開始した。

SaaS版TOSHIBA SPINEX for Energyは、エネルギー業界で求められるユースケースを想定して複数のサービスを

パッケージ化した“標準サービス”と、サービス構築に活用できる単体のサービス・ツール群である“ソフトウェア部品”の2要素から構成される。標準サービスには、リモート監視サービスや点検画像AI分析サービスなどがあり、ソフトウェア部品には、気象予測・異常予兆検知などの予測・診断サービスや、作業管理やイベント管理（インシデント管理）といった巡視点検支援サービスなどを用意している。これら多数の標準サービスとソフトウェア部品を単体又は複数組み合わせることで選択可能であり、顧客の課題や業務ニーズに合わせた最適な構成のサービスを、顧客との共創によって構築し提供することが可能である（図1）。

2.2 水力発電所の保守支援へのTOSHIBA SPINEX for Energyの適用

2.2.1 遠隔監視システムの構築

我が国の水力発電所は基本的に無人で、遠方監視制御装置（テレコン）を介して必要最低限の情報を伝送し、遠隔地から監視している。そのため、設備の保守・点検は、作業員が定期的に現場を巡回し、計器類の指示値や五感を使って確認しており、移動時間、報告書の作成時間を含めて多くの作業工数を費やしている。

TOSHIBA SPINEX for Energyは、以下に示すデータ収集に活用可能な複数のエッジデバイスを用意しており、これらを活用して既存システムや現場からデータを収集・一元管理することで、例えば、複数の拠点・機器を遠隔から集中監視するといった課題を解決できる（図2）。

Multi-GW Agentは、OPC (OLE (Object Linking and Embedding) for Process Control) -DA (Data Access) やOPC-UA (OPC Unified Architecture) などの産業オー

トメーションなどの業界でも使用される主要プロトコルをサポートしており、当社の制御装置はもとより、他社システムを含めた様々なシステムとのデータ連携を可能とする。

CPS-TOSMAPは、温度・湿度・気圧などの測定機能やカメラ機能を備えたエッジデバイスであり、現場環境のデータを容易に収集し、監視することを可能とする。

LPIS (Low Power IoT (Internet of Things) Solution) は、LPWA (Low Power Wide Area) の省電力無線マルチホップ技術を用いた省電力無線IoTソリューションである。

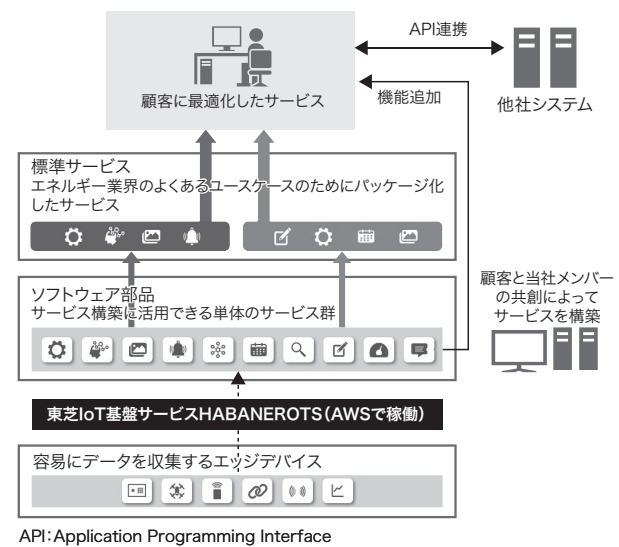


図1. TOSHIBA SPINEX for Energy サービスの提供イメージ
複数の標準サービス及びソフトウェア部品を組み合わせ、顧客のニーズに合わせて最適化されたサービスを提供している。
Overview of TOSHIBA SPINEX for Energy service

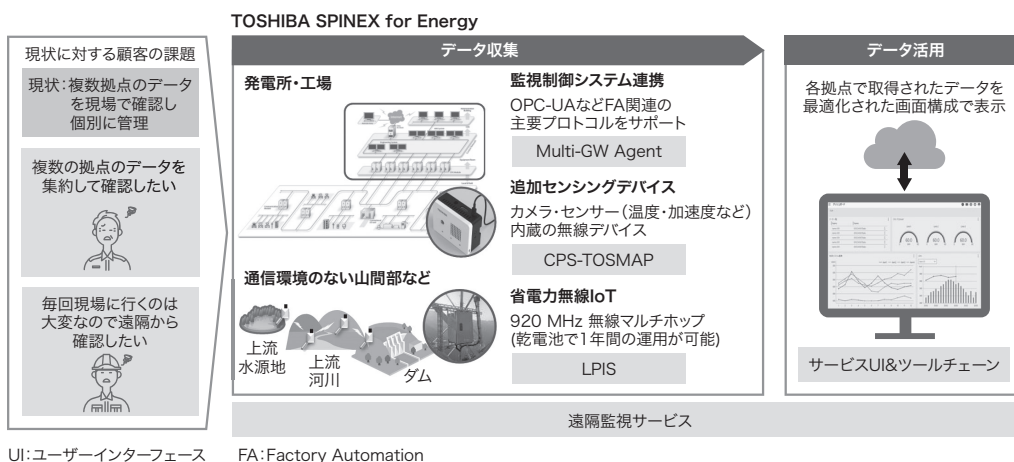


図2. TOSHIBA SPINEX for Energy を活用して複数拠点・機器の集中監視を行う遠隔監視サービスの構成例

エッジデバイスを用いて複数拠点からデータを収集し、顧客の環境に適した画面構成で集中監視するサービスを提供できる。

Application process of TOSHIBA SPINEX for Energy service to central monitoring of multiple bases and instruments

920 MHzの無線帯域を使用し、リレー方式でデータの中継していくことで、山岳地などの発電所外で携帯電波の届かない地域における積雪量や河川水位などのデータを送信可能である。また、省電力での動作が可能であり、乾電池やソーラーパネルで動作させることによって電源供給が困難な場所でも使用可能である。

これらのエッジデバイスを活用してデータをTOSHIBA SPINEX for Energyに収集することで、当社システムだけでなく他社システムも含めたデータ連携、及び積雪量や気温などの現場環境のデータなども集中監視が可能になる。

図3は、TOSHIBA SPINEX for Energyの各サービスを顧客とともに実証した中で構築した水力発電所の遠隔監視システムの監視画面である。この監視画面は、水力発電所の監視制御装置から収集したデータを基にしたメーター・グラフ・系統図と、CPS-TOSMAPにて収集した現場画像を一つの画面で表示しており、作業員が現場に赴くことなく、必要なデータの常時一括監視を可能にする。

2.2.2 巡視点検サービスによる点検簿の電子化

水力発電所では、運転記録や現場機器の点検業務を紙の点検簿によって行う場合、事前準備、データ入力、報告書の作成などに多くの工数を要すると考えられる。

TOSHIBA SPINEX for EnergyのO&M支援向けサービスの一つである巡視点検サービスは、紙の点検簿を電子化し、エッジデバイスから収集したデータの一括自動入力や、過去の点検結果のトレンド確認・参照などの機能を備えている。点検業務を効率化でき、点検結果をTOSHIBA SPINEX for Energyのデータベースに保管することで、監視や分析にデータを活用できる。更に、インシデントサービスとの連携により、異常検出箇所を、次の点検項目に容易に追加できる。

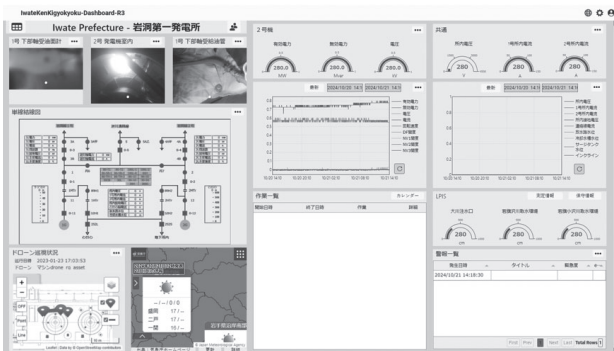


図3. 遠隔監視システムの監視画面例

自由な画面構成で、現場データ及び画像情報を常時一括監視できる。

Example of central monitoring display

3. ドローンによる水力発電所巡視点検自動化の検証

作業員を派遣して実施している水力発電所の月例点検や異常発生時の点検を、所内に配備したドローンの自動巡視により代替し、省力化する取り組みを進めている^[2]。点検対象の機器類に対してドローンが収集した画像などのセンサーデータをTOSHIBA SPINEX for Energyで管理・分析し、設備の状態把握や予防保全などに活用することで、現場確認の無人化・遠隔化を図る。

3.1 巡視点検ドローンの特長

開発したドローンの外観と諸元を図4及び表1にそれぞれ示す。屋内の飛行ではGNSS (Global Navigation Satellite System) による位置情報を利用できないため、ドローンに搭載した全方位カメラで位置を推定しながら、あらかじめ設定した地点を経由するように自動飛行し、点検対象を撮影する。また、水力発電所内には狭い階段や通路があるが、距離センサーを用いて周囲を検知し、壁面に接触しないように経路を修正しながら通過することで、建屋内の広い範囲を巡視できる。更に、TOSHIBA SPINEX for Energy上のブラウザー画面(図5)を用いて、複数登録した飛行経路の選択・実行や、飛行後のドローン飛行経路及び撮影画像の確認ができる。

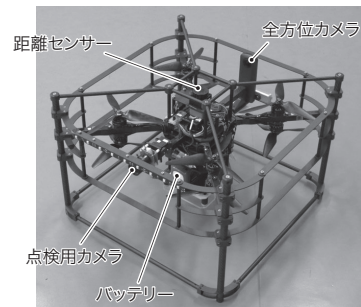


図4. 巡視点検ドローンの外観

全方位カメラで位置を推定し、距離センサーで周囲を検知しながら設定経路を飛行することで、狭い場所も含めて建屋内を広範囲に巡視できる。

Autonomous patrol inspection drone

表1. 巡視点検ドローンの諸元

Main drone specifications

項目	仕様
大きさ	510(幅)×510(奥行き)×350(高さ) mm
質量	4.5 kg (バッテリーを含む)
飛行制御方式	360°カメラによる自己位置推定、距離センサーによる障害物検知
点検用カメラ	RGBカメラ(画素サイズ: 1,920(水平方向)×1,080(垂直方向))

RGB: 赤, 緑, 青



図5. ドローンによる巡視点検の実行計画及び結果の画面表示例
ドローンへの巡視計画の実行指示、及び建屋図面上での飛行経路と撮影画像の確認ができる。
Example of display showing drone patrol plan, flight route, and captured image

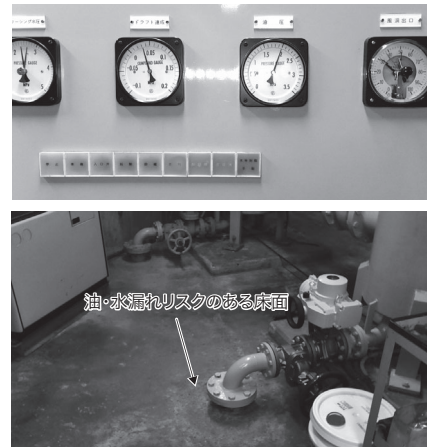


図7. 巡視点検ドローンの撮影画像の例
点検対象であるメーター類や油・水漏れリスクのある箇所を鮮明に撮影できることを確認した。
Examples of target images captured by drone



図6. 平山発電所において巡視点検ドローンが飛行する様子
点検経路に設定した階段(上)や狭い通路(下)を通過できることを確認した。
On-site drone demonstration tests

3.2 水力発電所における自動巡視の検証試験

四国電力(株)平山発電所において、ドローンによる自動巡視の検証試験を実施した。発電機フロアや水車フロアなど複数階にわたる経路を設定し、狭い階段や通路を通過して広範囲に巡視点検ができることを確認した(図6)。また、点検対象であるメーター類や油・水漏れリスクのある箇所を鮮明に撮影できることを確認した(図7)。

4. あとがき

当社のエネルギー関連向けIoT技術であるTOSHIBA SPINEX for Energyを水力発電所に活用した事例について述べた。

デジタル技術の活用は、電気保安分野 スマート保安アクションプランにおいても、その必要性が示されており、水力発電所では、今後更に進んでいくことが予想される。

当社は、今後も顧客との共創によりニーズを的確に捉え、TOSHIBA SPINEX for Energyのコンテンツやサービスを充実させることにより、保守支援に貢献していく。

文献

- 経済産業省. 電気保安分野 スマート保安アクションプラン. スマート保安官民協議会 電力安全部会, 2021, 38p. <https://www.meti.go.jp/shingikai/safety_security/smart_hoan/denryoku_anzen/pdf/20210430_2.pdf>, (参照 2024-11-05).
- 上田 紘司, ほか. “電力インフラ施設の点検省力化に貢献するドローンを用いた自動巡回技術”. 第41回日本ロボット学会学術講演会, 仙台, 2023-09, 日本ロボット学会, 2023, 1G1-04.



山上 俊輔 YAMAGAMI Shunsuke
東芝エネルギーシステムズ(株)
パワーシステム事業部 水力サービス技術部
Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.



浦吉 大輝 URAYOSHI Daiki
東芝エネルギーシステムズ(株)
府中工場 インフラサービス開発・設計部
Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.



上田 紘司 UEDA Koji, D.Eng.
東芝エネルギーシステムズ(株)
エネルギーシステム技術開発センター 機械技術開発部
博士(工学) 日本ロボット学会会員
Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.