

再生可能エネルギーの導入を支えるO&M技術

Technologies for O&M Services Supporting Introduction of Renewable Energy Generation Systems

水野 洋 MIZUNO Hiroshi 小磯 貴史 KOISO Takashi 見村 勇樹 MIMURA Yuki

国内の電力市場において、太陽光や風力などの再生可能エネルギーを利用した発電が、存在感を増してきている。これらの再生可能エネルギーを用いた発電所では、全国各地に分散して設置されるため、センサーや計測器などからの様々なデータを活用して発電設備の運用や維持管理を遠隔監視する、“スマートなメンテナンス”の重要性がますます高まっている。

東芝グループは、クラウドサービスを用いた遠隔監視システムにより、太陽光発電及び風力発電向けO&M (Operation and Maintenance) サービスの提供を推進している。太陽光発電では、遠隔監視データに基づいて性能低下を検出してその要因特定を自動で行うソリューションを開発し、風力発電では、O&Mサービスの効率化と稼働率の向上を目的とするトータルソリューションを開発した。

Renewable energy systems including solar photovoltaic (PV) power generation and wind turbine systems have established an enhanced presence in the Japanese electricity market. With the growing number of such power plants installed in locations throughout Japan, attention has been increasingly focused on remote monitoring solutions to support operation and maintenance (O&M) services for their equipment using various observation data collected by sensors and measuring instruments, or so-called smart maintenance.

In order to provide O&M services for PV power generation and wind turbine systems, the Toshiba Group is promoting the development of technologies to realize remote monitoring systems using cloud services. We have developed a solution for PV power generation systems that can detect a decrease in power generation performance and automatically identify the cause, as well as a total solution aimed at improving the efficiency and availability of wind turbine systems.

1. まえがき

太陽光発電や風力発電のO&M業務において、データの活用がますます重要になってきている。センサーを取り付けてデータを取得・蓄積するところまでは、多くの太陽光発電所や風力発電所で行われているが、そのデータを戦略的に予防保全に活用している発電所は少ない。

O&Mサービスとして重要なことは、太陽光発電設備では、発電出力低下を早期に発見して発電電力量（以下、発電量と略記）の損失を最小限に抑えることである。また、風力発電設備では、風車のダウンタイム（停止時間）を短縮して稼働率の向上を図ることで、発電量の損失を最小限に抑えることである。

ここでは、太陽光発電と風力発電において、東芝グループが推進している、取得・蓄積したデータを活用して遠隔監視する、スマートなメンテナンスの取り組み、及びそれを支えるO&M技術について述べる。

2. 太陽光発電におけるO&M技術

メガソーラー（大規模な太陽光発電所）では、遠隔監視システムを導入し、日射強度や気温などの気象条件、日々の発電量などの監視データを記録している。しかし、それらの監視データの活用は、売電量や売電額の確認、月々の発電量や計画段階のシミュレーション値との比較にとどまっており、日々のO&M業務に活用されているケースは少ない。

東芝グループは、クラウドサービスを用いた遠隔監視システムにより、発電出力低下を検出できる太陽光発電性能のモデリング技術を開発し、運用している⁽¹⁾。そして今回、発電出力低下の要因特定を自動で行うソリューションを開発した。また、そのほかにも、太陽光発電などと併せて使用する蓄電池の性能劣化を予測する技術も保有している⁽²⁾。

2.1 クラウドサービス型遠隔監視システム

メガソーラーの運用では、発電出力低下を早期に発見し、発電量の損失を最小限に抑えることが重要である。東芝グループは、機器の故障監視だけでは気付かないような発電

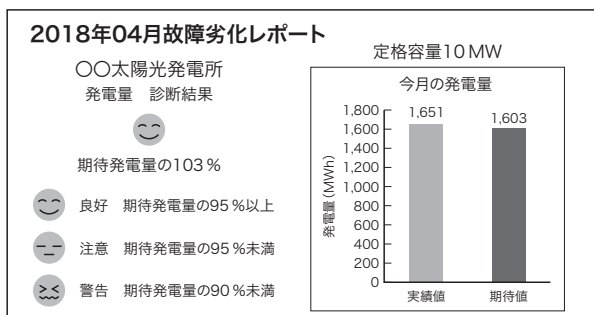


図1. 故障劣化レポートの例

発電量の期待値に対する実績値の比率を診断結果として算出し、良好、注意、及び警告の3段階で評価する。

Example of monthly report on power generation performance

出力低下も検出する機能を、既にクラウドサービス型遠隔監視システムの付加サービスとして太陽光発電事業者に提供している。

この機能は、実際の発電電力データを用いて発電性能を学習することで、気象条件に応じて正確に予測した発電量と発電実績との差を独自の手法で分析し、発電出力低下を高精度に検出するものである。また、この発電出力低下は、一般に発電した直流電力を最終的な交流電力に変換するPCS（パワーコンディショナー）単位で検出することが多いが、ストリング（太陽電池モジュールを直列に接続したブロック）単位で検出することもできる。

発電出力の診断は、自動で毎日実施し、出力低下を検出した場合にアラーム表示を行う。出力低下の判定基準は、注意レベルと警告レベルの2段階のしきい値を任意に設定できる。また、太陽電池モジュールの経年劣化も考慮できる。更に、図1に示すように、発電量の期待値と実績値を比較したグラフを、1か月単位で出力するレポート機能も備えている。

2.2 発電出力低下の要因特定技術

2.1節で述べた発電出力低下の検出機能では、出力低下を1日単位で検出できる。しかし、発電出力低下による売電収入の低下を最小限に抑えるため、より迅速かつ確かな対策を実施することが求められている。

この対策を行うため、今回、東芝グループは、クラウドサービス型遠隔監視システムのデータから、発電出力低下の要因特定を自動で行うソリューションを開発した。ここでは、発電出力低下の要因の一つである、太陽光パネルにできる影の影響について述べる。

影にも幾つかの種類がある。雑草などによる影のように、現地で除草などの対策を行うことで状況が改善できるものも

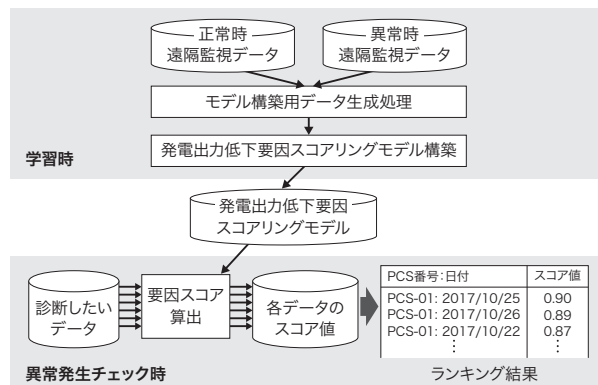


図2. 発電出力低下の要因のスコアリング手法

発電出力低下の要因の可能性を数値化するスコアリングモデルを構築し、スコア値を算出した。

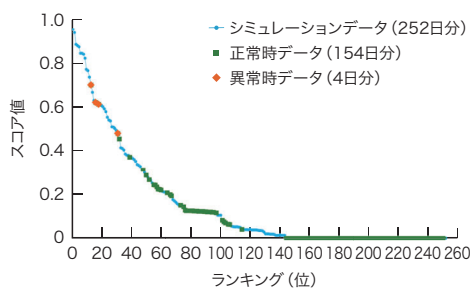
Technique to score factors in decreasing power generation

あれば、山や、林、電柱、建物などによる影のように、対策が困難なものもある。これらを遠隔監視データから特定できれば、現地に出向く必要があるかどうかを、あらかじめ判断することができる。

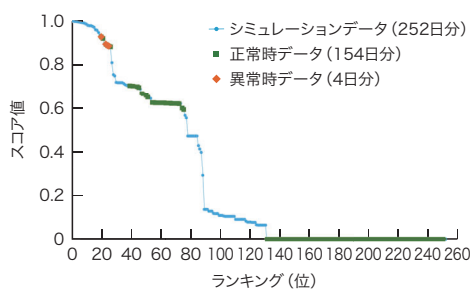
影ができることによる発電量への影響を把握するため、実際のメガソーラーを用いて実証実験を行い、データを取得した。得られたデータを、東芝グループが保有する太陽光発電のモデリング技術を活用して影がない場合のデータと比較した結果、一定量以上の影ができた場合には異なる特徴が現れることを確認した。これを利用し、統計的機械学習を用いた、発電出力低下の要因の可能性をスコアリングする手法を開発した（図2）。

開発した手法では、発電出力低下の要因を含んだ異常時データと、低下要因を含まない正常時データの両方に対し、遠隔監視データに基づくスコアリングモデルを作成する。また、スコアリングモデルは、0～1のスコア値を取り、1に近いほど“該当する出力低下の要因が発生している”とする。これらのデータをPCSごとに毎日スコアリングし、スコア値が大きいデータほど発電出力低下の要因が発生している可能性が高い、と判断した。

正常時と異常時のデータを含んだ実証実験データと、シミュレーションデータを用いたスコアリング結果を、図3に示す。オレンジ色が実際に低下要因を含んだ異常時データ、緑色が正常時データ、水色が異常時データの母集団を補完するためのシミュレーションデータを表し、これらを横方向にスコア値の降順に並べたものである。このうち、実証実験データであるオレンジ色と緑色に注目すると、草による影と



(a) 草による影の影響を含んだデータのスコア値



(b) 電柱による影の影響を含んだデータのスコア値

図3. 発電出力低下の要因のスコアリングモデルによる検証結果

影の影響を含んだ異常時データが、ランキングの上位に位置付けられており、要因が特定できることが分かった。

Results of verification tests on decrease in power generation performance using scoring model

電柱による影のどちらもオレンジ色と緑色の間隔が広く、ランキングの上位に異常時データが位置付けられており、要因が特定できることが分かった。

ここで、発電出力低下の要因に該当するデータは、異常時データとして蓄積することで、スコアリングモデルの精度が更に向上する。

開発した手法は、通常発電量が安定していて、かつデータの母集団が大きいほど有効性を発揮する。その場合は、正常時/異常時を問わず、計測データを多く収集することで、スコアリングモデルの精度を高めることができる。現在、開発した手法において、ほかの要因も含めた異常時データを蓄積することで精度向上や、発電量の低下度合い以外の視点に基づいた診断手法も取り入れるなど、更なる高精度・高機能化を進めている。

3. 風力発電におけるO&M技術

今後、風車建設の増加が予想される山間部や洋上では、風車部品の故障による停止が大幅なダウンタイムの増加につながることから、部品損傷の早期検出や寿命評価につながるCMS (Condition Monitoring Systems: 状態監視

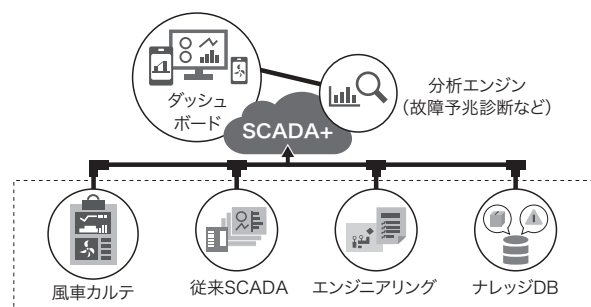


図4. 風力発電向けトータルソリューションのシステム構成

メンテナンス記録をはじめとする様々な情報をSCADA+に統合し、故障予兆の診断手法などを組み込んだ分析エンジンもリンクさせることで、トータルソリューションの提供を推進している。

Configuration of O&M system to provide total solution for wind power generation

システム)の高度化は、風力発電の拡大に向けた、業界全体で重要な技術の一つである。また、定期メンテナンス時や補修時など、点検員が現場で知り得た情報も非常に重要で、これらのDB (データベース)化、更に統計的機械学習やAIを活用した運用支援や最適化は、気象条件に大きく影響される再生可能エネルギーの普及促進に不可欠である。

東芝グループは、従来の集中監視制御 (SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition) システムにCMSやメンテナンス記録をはじめとする様々な情報を集約し、新たに“SCADA+”と呼ぶ統合DBを構築した。更に、火力システムなどで提供している、故障予兆の診断手法などを組み込んだ分析エンジンとリンクしたトータルソリューション (図4)を開発した。

3.1 風車カルテシステムの開発

風車は、商用運転を開始する前に、試運転や各種の法定点検など、仕様を満足しているかどうかの確認試験を実施する。これらは、定量的な基準となる数値を基に、適/不適の判断を行うものであるが、個々の風車における初期状態の診断情報でもある。

風車カルテは、このような初期情報から、日常点検や定期点検の情報を電子化し、履歴管理をしており、定型書式の内容だけでなく、点検時の画像情報や音声による点検員の気付きも登録し、データベースとして提供している (図5)。更に、これらの情報は、時系列の統計的機械学習などを用いた分析エンジンにより、経年変化を評価する情報源としても活用され、風車の製品ライフサイクルの状態を見守る一方で、保守員の習熟度によらず、高度なメンテナンスの提供を実現する。



図5. 風車カルテ用点検ツールの画面例

試運転や、日常点検、定期点検、法定点検などの各フェーズにおける情報を電子化して履歴管理する。定型書式の内容だけでなく、点検時の画像情報や音声による点検員の気付きも登録できる。

Example of wind power chart checklist display

3.2 分析エンジンによる風車寿命の評価

各種データを一元管理するSCADA+とリンクする分析エンジンは、既に、稼働率や設備利用率の向上を目的に様々な機能を持っているが、継続した開発により機能拡張を進めている。例えば、ほかの風車での故障事象や修復に関する知見を蓄積しているナレッジDBと、風車カルテから判断された状態値を比較評価し、予防保全を行うことができる。また、予備品の在庫状況を確認できる在庫DBをリンクさせて、運転計画を立案することもできる。

更に、東芝グループでO&M業務を行っている鹿児島県の新長島黒ノ瀬戸風力発電所では、風車挙動の大規模計測の結果から、独自の診断指標や基準を設定した。例えば、図6は、風車のブレード寿命消費率と、流入する風況

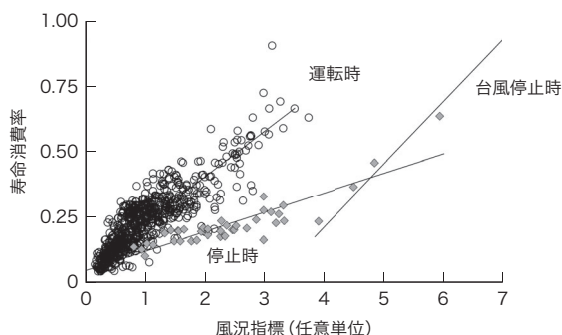


図6. 風車ブレードの寿命消費率と風況指標との相関

回転する風車のブレードにセンサーを設置しなくても、風況指標を用いることで、ブレードの劣化状態を評価できる分析エンジンを開発した。

Correlation between lifetime consumption rate of blades and wind condition index

指標との相関を示しており、回転するブレードにセンサーを設置しなくても、ブレードの劣化状態を評価できる分析エンジンを開発した。このほか、AE (Acoustic Emission) センサーを用いての早期の故障予兆把握など、新しいセンサーを活用した手法の検証も進めている。

これらのソリューションにおいて、風車個々のSCADAデータに加え、定期点検や、メンテナンス、試運転時の各種情報などの電子化を進めるとともに、故障データや在庫データなどの関連情報も統合した統合DBがSCADA+である。更に、これらの情報を可視化するダッシュボード機能も強化し、トータルソリューション事業の軸として展開することを目指している。

4. あとがき

太陽光発電及び風力発電で重要な発電量の損失を最小限に抑えるため、東芝グループは、取得・蓄積したデータを活用して運用する、スマートなメンテナンスの実現を推進している。

今回、太陽光発電では、既に運用中のモデリング技術を基に、発電出力低下を検出した際の要因特定を自動で行う機能を開発し、風力発電では、SCADA+においてO&M業務に必要な情報を統合し、複数のメンバー間で可視化・共有化する機能や、データから故障予兆を診断する機能を開発した。

今後、これら機能を活用し、質の高いソリューションをO&Mサービスとして提供する取り組みを続けていく。

文献

- (1) 長坂真理, ほか. 大規模太陽光発電所の発電性能モデリング技術. 東芝レビュー. 2014, 69, 7, p.11-14.
- (2) 山本幸洋, ほか. 電力系統用蓄電池システムの健全性評価手法. 東芝レビュー. 2018, 73, 6, p.46-50.



水野 洋 MIZUNO Hiroshi
東芝エネルギーシステムズ(株)
エネルギーアグリゲーション統括部
再生可能エネルギー技術部
Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.



小磯 貴史 KOISO Takashi, Ph.D.
研究開発本部 研究開発センター システム技術ラボラトリー
博士(工学) 電子情報通信学会・情報処理学会・
ヒューマンインタフェース学会会員
System Engineering Lab.



見村 勇樹 MIMURA Yuki
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 回転機器開発部
日本機械学会会員
Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.