

再エネ事業の最適な運用保守を支援する AI 技術

AI Technology that Supports Optimal Operation and Maintenance:
How Contribute to Renewable Energy Projects Toward Decarbonization



酒見 光太郎*1
Kotaro Sakemi

滝口 裕子*2
Yuko Takiguchi

大橋 良平*2
Ryohei Ohashi

土坂 祐太郎*2
Yutaro Tsuchisaka

岩崎 薫*3
Kaoru Iwasaki

脱炭素化を目的とした再エネ事業の重要性が高まり、適切な運用保守に対する事業者ニーズが拡大している。本取り組みでは、陸上・洋上含む設備容量の増加が進む風力発電に着目し、風力発電所全体の事業収益を最大化することを目的として、三菱重工業株式会社(以下、当社)のデータ分析・AI 技術を活用した ENERGY CLOUD®を適用し、実フィールドにて運用保守への有効性検証を実施した。本報では数%~10%程度の事業収益を改善する見通しを得た設備状態の見える化、電力市場価格の予測、定期点検計画の最適化、及び運用保守や売電の支援プロセスについて説明する。

1. はじめに

昨今、世界的に脱炭素化と電力の安定供給が求められており、世界各地で再エネの発電事業開発が進んでいる。再エネの中でも洋上風力発電については日本政府が2030年までに10GW、2040年までに30~45GWという導入目標を掲げ、国内では初めて2021年12月に洋上風力発電の事業者を選定する競争入札を実施した。今後は風力発電設備の新設に合わせ長期的な運用保守(O&M: Operation and Maintenance)に関する技術の高度化、効率化が要求される。一方、風力発電設備の運用保守には専門の技術知見が必要となり、国内では運用保守に関わる人材は欧米に比べて多くはない状況である。

そこで、本報では風力発電事業において安定した運用保守が効率的に行えるよう、当社のデータ分析・AI(Artificial Intelligence)技術を活用したENERGY CLOUDを適用し、日本国内及び米国における既存の陸上風力発電所のデータを用いたAI技術の有効性検証を実施した。

2. ENERGY CLOUD とは

ENERGY CLOUD は、[図1](#)に示すとおり、AI/IoT(Internet of Things)を活用して、お客様に合わせたデータ分析で見える化や将来予測を行い、ニーズに即した最適化などソリューションを提供する技術である。本技術を用いることにより、社会インフラ関連から一般消費者向け製品まで手掛けてきた当社のノウハウをもとに、総合的なソリューションの提供が可能である。

提供に当たっては、蓄積・収集したデータを分析・予測して、改善のヒントを迅速に発見し、経営の効率化と事業の最適化をサポートする。なお、データ分析による現状把握から最適化までの手順は標準化されているため、様々な設備やフィールドで短期間に導入できることが特徴である。

また、ENERGY CLOUD は、これまで工場など需要家における電力デマンド予測⁽¹⁾を対象に

*1 成長推進室 事業開発部 主席技師

*2 デジタルイノベーション本部 EPI 部

*3 エナジードメイン エナジートランジション&パワー事業本部エナジートランジション総括部 風力エナジー部 グループ長

様々なデータを蓄積し、現在は適用範囲を広げ、発電所やプラントにおける発電・生産プロセスなどを最適化し、省人化やコスト削減の業務支援を行っている。

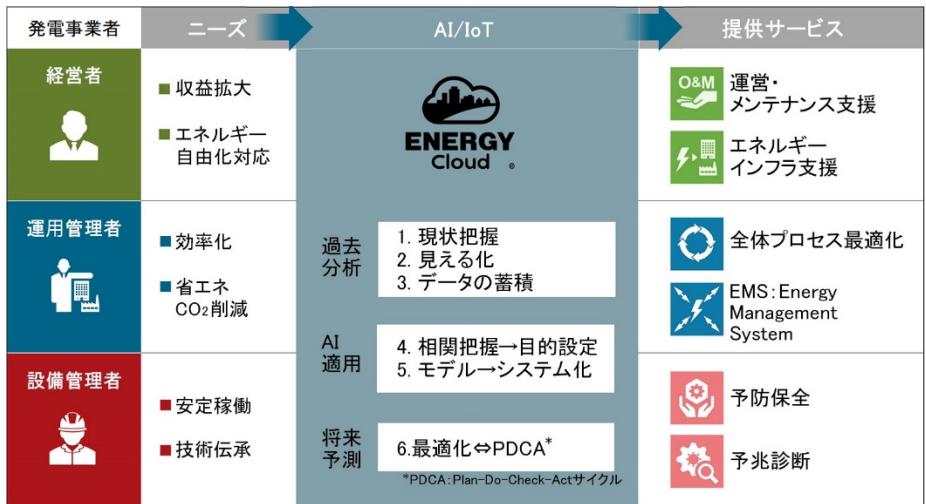


図1 ENERGY CLOUD のソリューション提案

3. 風力発電所の運用保守における課題と打ち手

風力発電所にて安定稼働を行い、事業収益を最大化するためには、日々変化する風況や環境条件などの外的要因や、発電設備自体の性能や経年劣化などの内的要因をそれぞれ号機ごとに考慮した上で、効率良くかつ最適な運用保守を行わなければならない。また、国内でも再エネはFIT(Feed in Tariff: 固定価格買取制度)により普及が進んでいるが、FITの運用期間も終了する発電所が増え、今後はFIP(Feed in Premium: 補助交付制度)や自由電力市場への拡大に伴い、電力市場価格の影響を受けて電力価値が大きく変動することが想定される。従来は長年にわたる勘や経験にて属人的に運用保守を実施していたが、今後の課題として、事業収益に影響する設備状態や電力市場など複数の因子や、蓄積されたデータを総合して判断する必要がある。

そこで、打ち手としてこれまでの当社の風車設計・製造ノウハウや運用保守の実績を用いるとともに、図2に示すとおり、ENERGY CLOUDによるAI技術にて設備や電力市場に関する要因を見える化・予測・最適化することで事業収益の最大化を狙った。風力発電設備に関する稼働データのほか、風況、電力市場価格データを入力し、各項目を統合的に分析することで、運用保守に関するガイダンスを出力した。ガイダンスでは、どの号機をいつ点検するべきか、どのくらいの発電量をどの市場へ売電するべきかを示した。以降の章にて、各項目の分析内容と運用保守への効果を説明する。

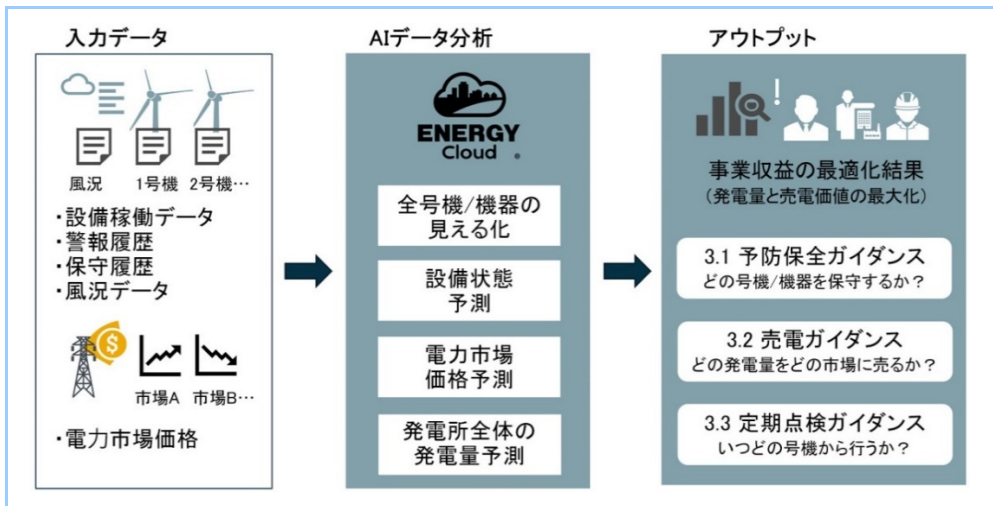


図2 風力発電設備における事業収益の最大化

3.1 予防保全ガイドンス

欧米では1つの発電所に 100 台近くの風力発電設備が設置されていることも多く、国内でも同規模の洋上風力発電所が計画されている。そのため、効率よく複数台の設備状態を一度に把握できるよう見える化すること、発電事業を運営するレイヤー間の情報共有を迅速に行うことが課題となる。また、データ分析にて予測・最適化する上でも、運用保守のコストを低減させる上でも見える化は非常に重要である。そこで下記を考慮して設備状態の見える化プログラムを開発し、予防保全への活用可能性を検証した。

- ・ 各種データを統合し、各レイヤー（経営者、運用管理者、設備管理者）に共通の評価指標を見える化
- ・ 系統や風況による設備停止などの外的要因を分離し、発電設備に起因する稼働率（内的要因稼働率と定義）を見える化
- ・ 発電所全体の俯瞰から、各号機、各機器への落とし込み、保守の注力点を提案
- ・ 劣化状況など発電設備状態のほか、保守効果を見える化

図3に見える化した図表の一例と予防保全への活用フローを示す。米国の実証フィールドでは、設備管理者のデータ解析時間の短縮の効果を得るとともに、現場では見逃していた号機での稼働状況の把握、稼働率の向上が期待でき、各レイヤーで発電所全体のパフォーマンスを追跡できた。また、内的要因稼働率と保守履歴のデータ統合により、設備状態と現場の保守対応を同時にグラフで表現されることが可能になり、保守作業が稼働率にどのように影響するか、を見える化することができた。さらに、各号機・機器の傾向把握を行うことで、保守対象の優先度を選定し、効果的な予防保全の提案を行うことができた。

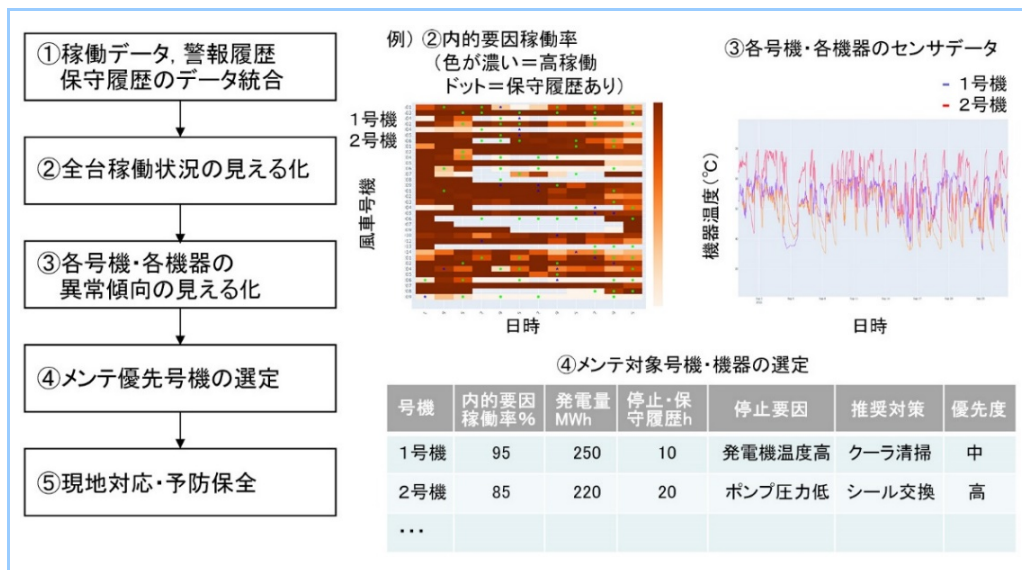


図3 予防保全を目的とした設備状態の見える化

3.2 売電ガイドンス

AI・データ分析にて電力市場価格を予測し、売電量をガイドンスするためには市場価格の変動（ボラティリティ）によるリスクを考慮する必要があるが、一般的な機械学習の期待値予測を元に入札する方法には、不確定環境下のリスクが評価できないという課題がある。そこで、予測したい対象がどの範囲にどの確率で入るかを予測区間(PI: Prediction Interval)付きで示して、不確実性下での電力市場入札の最適な意思決定手法を開発し、いづれくらいの発電量を売電すると事業収益を改善できるか検証した。図4に予測区間推定技術と最適化計算のフローを示す。

本報では、電力自由化が進んでいる米国の電力市場と風力発電所において、実際に前日市場(DA: Day Ahead market)及び当日市場(RT: Real Time market)への入札を実施している発電所で検証を行った。最適な入札条件は、リスクをとって収益が最大となりうる条件にするか、リス

クを抑え損失を最小化する条件にするか発電事業者によって異なる。そのため、発電事業者の運用方針に応じた入札結果を得るために、収益の期待値最大化や損失最小化など複数の評価指標を用いた算出が可能となるようにした。実証フィールドでは当日市場価格の高騰リスクを加味して、入札条件を算出するなど、ユーザが希望する変動リスクを最小化する入札条件を設定し、**図5**に示すとおり前日市場及び当日市場の入札において、従来手法に対して収益改善が可能であることを示すことができた。

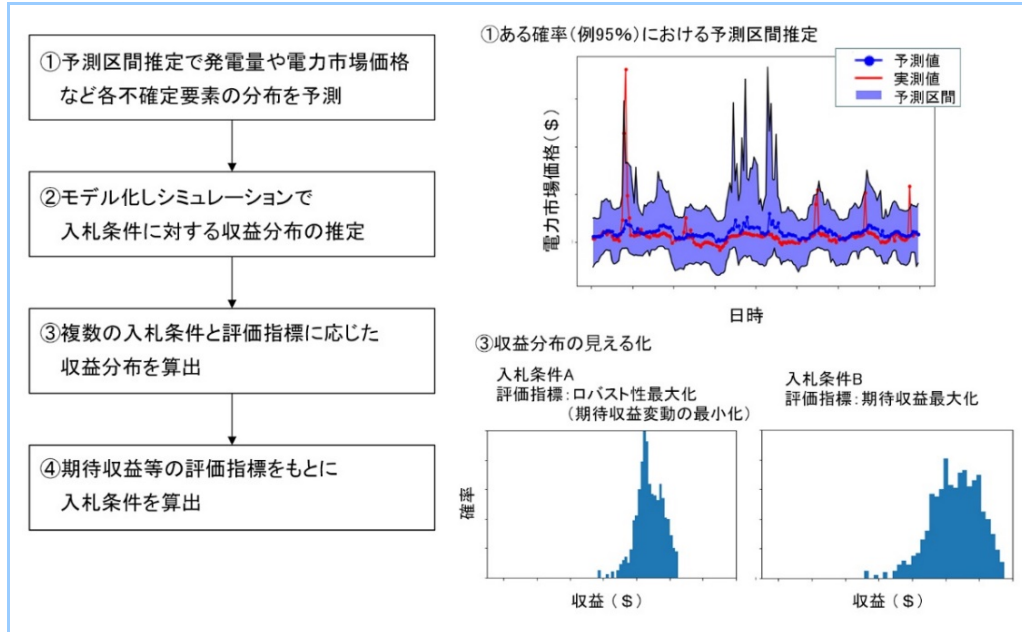


図4 予測区間推定技術と前提条件に応じた最適化計算

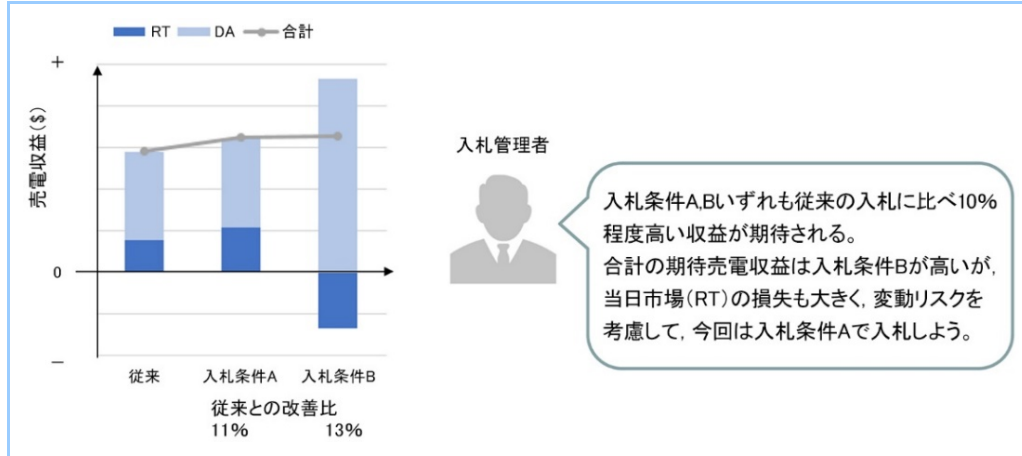


図5 入札条件による売電収益の算出結果例

3.3 定期点検ガイダンス

風力発電設備は約20年の運用期間中に、メーカーが指定する内容の点検をもとに、法令に基づく点検を実施することが義務付けられている。一般に半年及び年次の定期点検は、経験に基づき、風速の低い時期に実施される。ただし、実際の風況は年々変化するため、最適な点検時期を都度見直すとともに、事業収益を改善させるためには、風況以外にも期待発電量など複数の因子を同時に考慮しなければならないという課題がある。本報では上記の設備状態の見える化を行った上で、**図6**のフローに示すとおり、期待発電量を予測し、事業収益が最大となる最適な定期点検の時期を算出するモデルを開発し、国内のフィールドデータを用いて検証を行った。

はじめに、風力発電設備の過去の年次点検実績と半年先の将来の年次点検計画を対象としてモデルを作成し、次に実績との比較により定期点検時期の最適化前後での事業収益の確認を行った。検証結果より事業収益の改善が見られるとともに、従来考慮していた風速の傾向のみで

なく、設備状態によって発電量が異なることも確認でき、その有効性が確認された。一方、信頼性のあるガイダンス結果をフィールドに展開するためには、事業収益に大きく寄与する風速の予測精度の向上や分析結果の説明性が今後の課題となる。

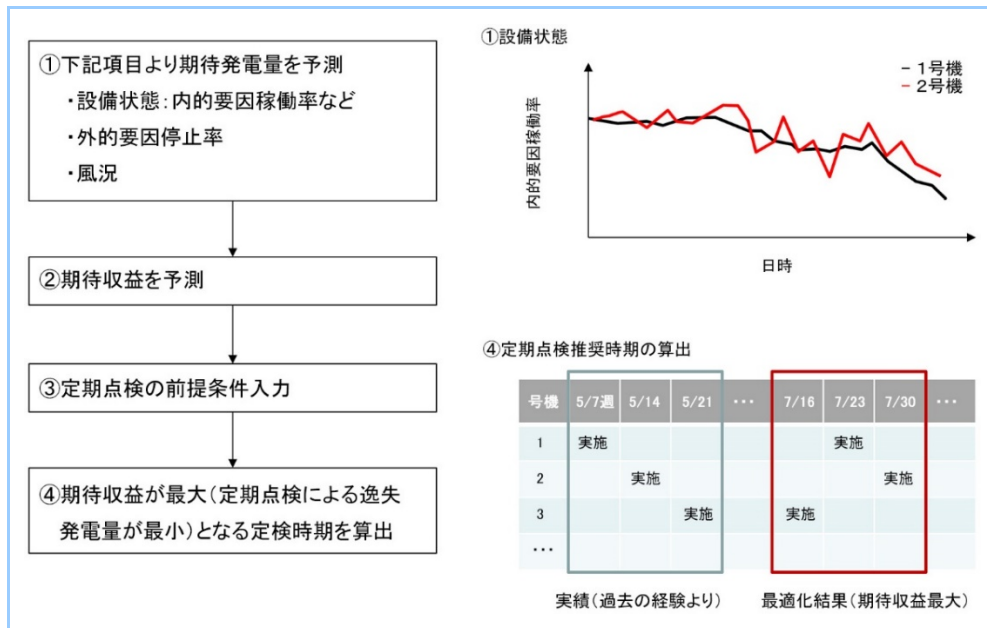


図6 発電量と期待収益予測による定期点検時期の最適化

4. まとめ

今回のフィールド実証にて、当社の風車設計・製造・運用保守のノウハウと、ENERGY CLOUD による AI 技術にて、蓄積されたデータに基づき効率的に設備状態や電力市場価格、定期点検時期を見える化・予測・最適化し、数%~10%程度の事業収益を改善する見通しを得た。本報では日本国内及び米国における既設の陸上風力発電所の過去データを用いて事業収益改善の検証結果を示したが、既設の収益改善のみならず、新規事業開発のフェーズで本技術を適用することで適切な事業投資を検討したり、FIT 切れの発電所がその他の電力市場へ移行したり、FIP を適用したりする場合も本技術による支援が有効となる可能性がある。

今後は、最適な運用保守を支援する AI 技術の予測精度や分析結果の説明性技術を向上させるとともに、風力発電及び再エネを活用した EMS (Energy Management System) のサービス化に向けた開発を進め、脱炭素化に向けてお客様の再エネ事業支援に貢献していく。

ENERGY CLOUD[®]及び関連するマーク・ロゴは、日本及びその他の国における三菱重工業株式会社の登録商標です。

参考文献

- (1) 手島哲平ほか, エネルギー利用の多様化するニーズに応えるデマンド予測を用いた電力需給の最適化, 三菱重工技報, Vol.55 No.4 (2018)