

再生可能エネルギー発電出力予測システム

花岡 伸*
利根川 繁*

Output Forecasting System for Power Generation through Renewable Energy

Shin Hanaoka, Shigeru Tonegawa

要 旨

固定価格買取制度(Feed In Tariff: FIT)の導入以降、太陽光や風力といった再生可能エネルギー(以下“再エネ”という。)を利用した発電所の導入が急速に拡大している。再エネ発電は天候によって発電出力が大きく変動するため、電力を安定して供給するためには、事前に再エネの発電出力を把握することが必要になる。

三菱電機は送配電事業者向け再エネ発電出力予測システムを開発した。このシステムは、気象予報情報を取り込み、再エネ発電所、又はエリアごとに発電出力を予測するものであり、次のような特長がある。

(1) 学習による精度向上

過去の予測値と実績値との関係を学習し、統計的に誤差を補正することで、自動的に精度を改善する。

(2) 複数の予測モデルの合成による精度向上

特性の異なる複数の予測モデルによる予測を合成することで、予測精度を向上させる。

(3) 信頼区間の表示

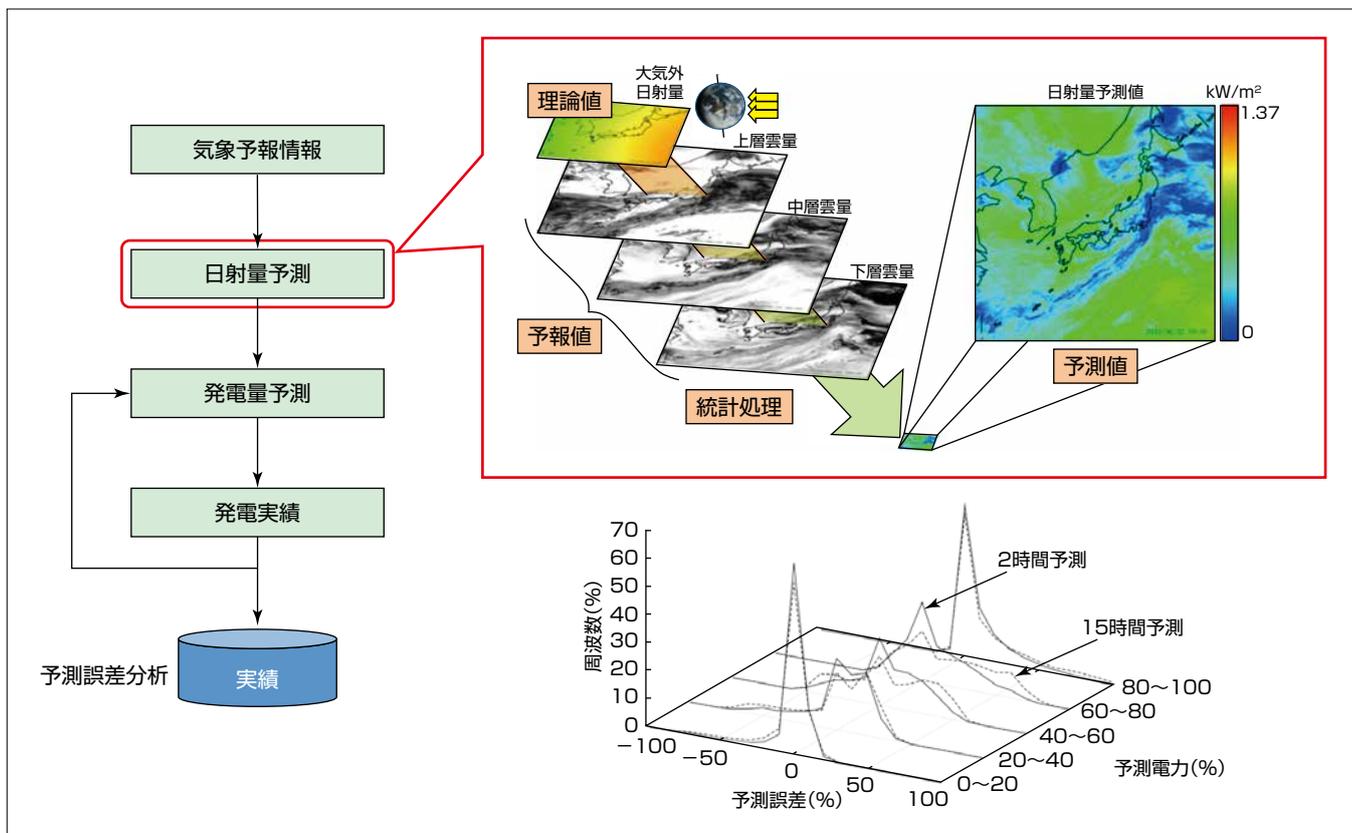
過去の予測誤差の実績から、統計的に誤差の分布を推定することで、予測の信頼度に応じた信頼区間を表示する。

(4) 設備量データの更新作業省力化

設備を管理するシステムとデータ連携することで、日々増加する再エネ発電設備量データの更新作業を自動化する。

(5) 積雪による影響の補正

積雪を予測して出力予測を補正することで、積雪時の予測誤差を抑制する。



再エネ発電出力予測の手法

再エネ発電出力予測システムでは、気象予報情報から日射量を予測し、さらに発電量を予測する。また、過去の予測値と実績値の関係を学習し、統計的に誤差を補正することで、自動的に精度を改善する。

1. ま え が き

FITの導入以降、太陽光を始めとした風力・地熱・バイオマスなどの再エネを用いた発電所の導入が急速に拡大し、電力系統全体に対する再エネによる発電量の割合が増加している。特に一部の送配電事業者管内では、電力需要が少ない大型連休の快晴日の昼間には、太陽光発電が全発電量の90%近くを占める状態も発生している。一方、太陽光、風力による発電出力は天候による変動が大きく、急激な出力変動に備えた予備電力の調達コストの増加や、電力系統の周波数変動などの電力の品質低下が問題となっている。そのため、最小限の予備電力で電力系統の品質を確保するには、天候によって変動する再エネ発電量の正確な予測が必要になる。

このような背景から、当社では、送配電事業者の需給運用業務を支援する目的で、再生可能エネルギー発電出力予測システム(以下“再エネ予測システム”という。)を開発し、複数の送配電事業者に納入してきた⁽¹⁾。

本稿では、再エネ発電のうち電力系統に大きな影響を与えている太陽光発電の予測について、システムの概要と今後の展開を述べる。

2. システム機能

2.1 機能

再エネ予測システムでは、送配電事業者の需給運用で必要になる週間、翌日、当日の発電出力予測を行っており、週間は264時間、翌日は39時間、当日は12時間先までの発電出力の30分平均値を予測している。

予測の単位は、特別高圧(20kV以上)は太陽光発電所単位としている。高圧・低圧(6kV以下)には多数の家庭用太陽光発電設備が設置されているため、個々の予測は困難であり、送配電事業者による発電設備容量の集約地点単位(全体で100か所程度)を予測の単位としている。また、これらの予測結果をならし効果を考慮して積算することによって、供給区域全域又は地域別(県など)の予測を行っている。

送配電事業者の需給運用業務では、再エネ発電出力の実績値の計測も必要となる。特別高圧の太陽光発電所では実績値を計測しているが、高圧・低圧の実績値は計測していないため、このシステムには高圧・低圧の実績値を推定する機能を実装している。

予測、推定機能では、気象会社などから受信した気象データを基に日射量を算出し、さらに日射量に対する発電出力特性から発電出力を算出している。また、システム内に蓄積した過去の予測誤差をAI(人工知能)で学習し、予測値を補正する機能も実装している(図1)。

2.2 日射量予測機能

再エネ予測システム開発時には週間、翌日の日射量予報

が存在しなかった。そのため、当日、翌日の日射量は、気象庁から配信されているGPV(Grid Point Value)気象予報の過去の雲量予報値、及び日射量実績値を統計処理して独自に日射量予測モデルを作成し、このモデルに雲量予報値を入力して予測している(図2)。

当日の日射量については、様々な予測モデルが考案されており、3.2節で述べるとおり、これらの予測モデルを使用して、精度の高い予測を実現している。

2.3 日射量推定機能

予測に使用できる日射量の計測点は、一般に各県に1~3地点程度であり、粗いデータしか得られない。そのため、各県に20~30地点で計測されているアメダスの日照時間を利用して、日照時間から日射量を推定する機能を開発した。

この推定機能では、日射量計測地点と推定対象地点との日照時間の類似度を算出し、類似度に応じて重み付けを行い、複数の日射量計測地点の日射量実績値を合成することで、推定対象地点の日射量推定値を算出している。

2.4 発電出力変換機能

発電出力変換機能では、過去の日射量実績値(又は推定値)と発電出力実績値を統計処理して独自に発電出力特性モデルを作成し(図3)、このモデルに日射量予測値、推定値を入力して発電出力の予測・推定を行っている。

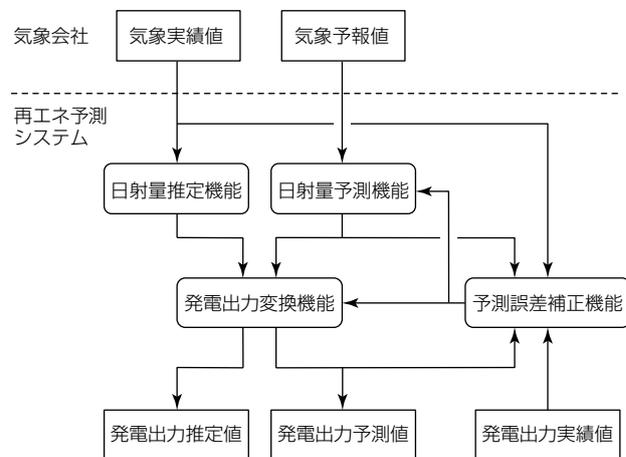


図1. 再エネ予測システムの機能構成

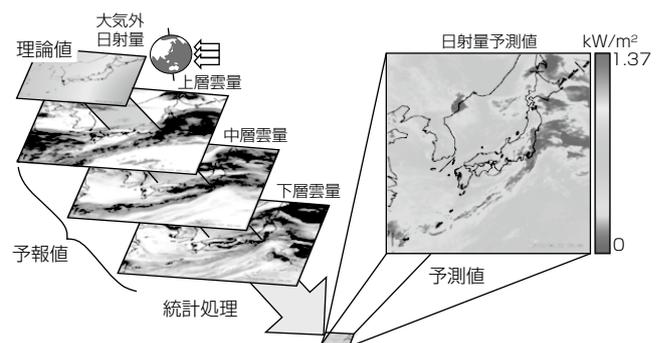


図2. 日射量の予測

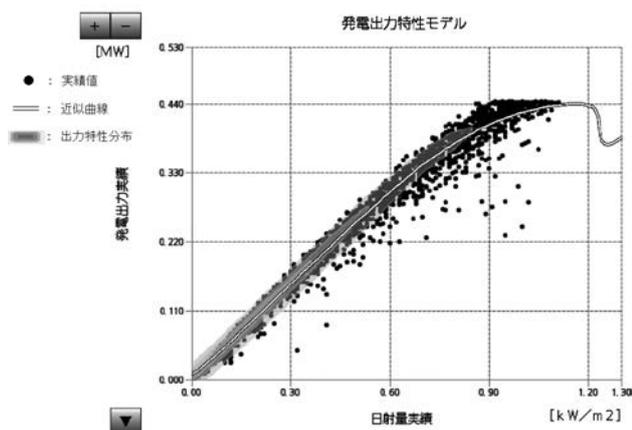


図3. 発電出力特性モデルの画面表示例

3. 予測精度向上への取組み

再エネ予測システムでは、予測精度を向上させるための各種機能を実装している。この章では、これらの機能について述べる。

3.1 学習による精度向上

日射量の予測値と実績値を分析した結果、季節によって偏りが発生する場合があることが分かっている。過去の発電出力の予測値と実績値の関係をAIによって統計的に学習し、誤差を補正することによって、精度を改善する機能を開発した(図4)。

この機能では、システム運用中に蓄積した誤差データを自動的に学習して、精度を改善可能である。

3.2 複数の予測モデルの合成による精度向上

当日の再エネ発電出力予測精度が悪いと、予備電力の調達コストの増加や電力品質の悪化への影響が大きい。当日の日射量予測には様々なモデルが考案されているが、モデルごとに予測精度の高い時間領域、低い時間領域がある。そこで、各予測モデルの予測精度を算出し、時間領域ごとに予測精度の高いモデルを適用するように自動的に重み付けして合成する(アンサンブル予測)ことによって、精度向上を実現した(図5)。

3.3 信頼区間の表示

予備電力の準備に当たっては、発電出力予測値がどの程度の誤差を含んでいるかを把握する必要がある。そこで、発電出力の予測誤差の実績値を基に予測誤差の分布を推定する機能を開発した。予測の信頼度に応じた信頼区間をグラフの濃淡で表現することが可能になっている(図6)。

3.4 設備量データの更新作業省力化

太陽光発電の設備量は日々増加するため、システム運用者による設備データ更新作業の負担が大きくなる。そこで、設備を管理するシステムとデータ連係して更新作業を自動化することによって、省力化を実現した。

3.5 積雪による影響の補正

積雪によって太陽光パネルが雪に覆われた場合には、発

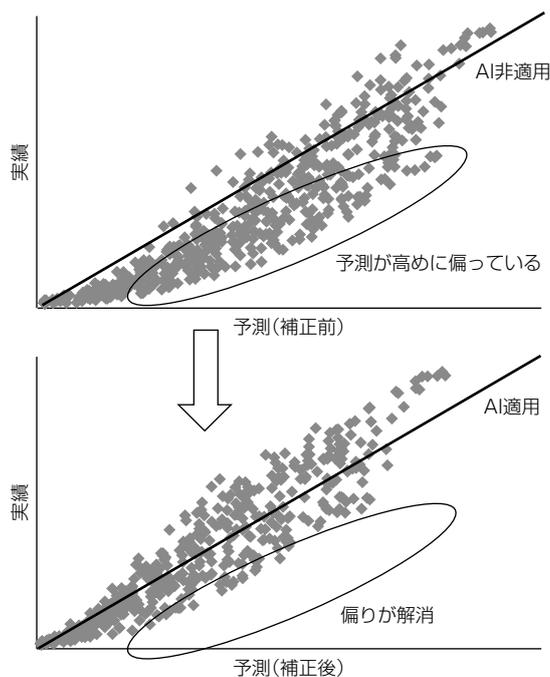


図4. AIを適用した誤差の補正

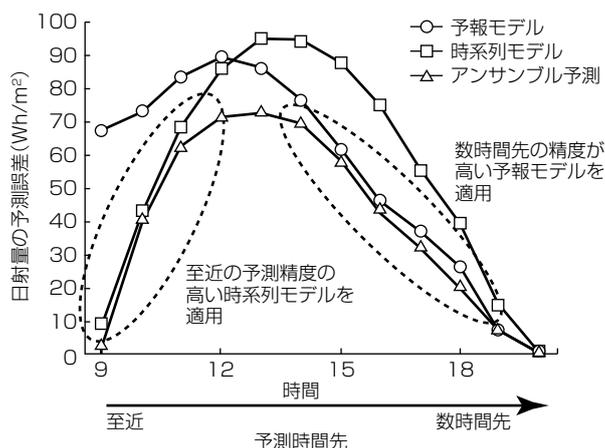


図5. 複数の予測モデルの合成

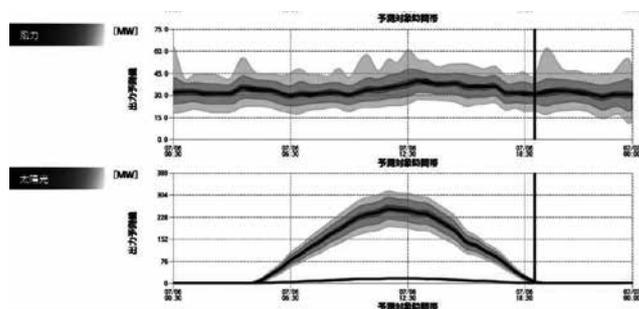


図6. 信頼区間の画面表示例

電出力が低下して過大な予測誤差が発生する。そのため、積雪を考慮して出力予測を補正する機能を開発した⁽²⁾。

この機能では、積雪による発電出力の減少を出力効率としてモデル化することで、降雪や融雪による太陽光パネル上の積雪の変化による出力変動を模擬している。図7に積雪補正による出力予測を示す。出力効率は日射量を発電

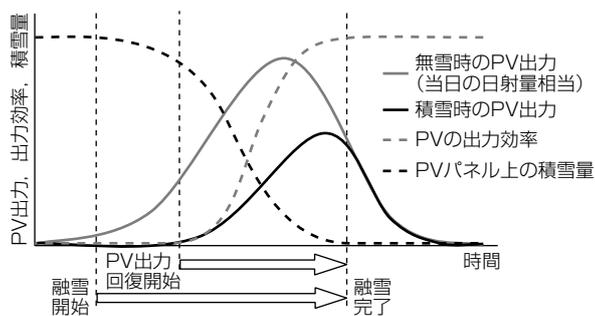


図7. 積雪時の太陽光発電出力推移のモデル

出力に変換する際の変換係数であり、太陽光パネル上に一定以上の積雪がある場合は0となり、積雪がない場合は100%になる。太陽光パネル上の積雪が一定量まで融雪すると徐々に出力が回復し、融雪完了とともに出力効率が100%になる。

この機能を実現するためには積雪量の予測値が必要となるが、積雪量の予報は存在しないため、GPV気象予報で得られる気温、降水量の予報値と、システム内で算出している日射量予測値を入力する積雪量予測モデルを合わせて開発した。

4. 今後の取組み

システムの開発から数年が経つが、再エネ発電の導入が更に進んでおり、より高い予測精度が求められている。

また、電力制度改革の観点でも精度向上が求められている。現行の制度では、再エネ発電出力の予測誤差によって発生した需給インバランスに対して、送配電事業者が公募によって確保した調整力を使用して需給バランスの調整を行っている。一方、2021年4月に需給調整市場が開設されると、再エネ発電出力の予測誤差に対応した調整力は、前日段階で市場から入札・調達する必要がある。また、実際に調整力を発動する際には、再エネ予測値などから算出されたインバランス想定量を基に、調整コストを最小化するように需給制御が行われる⁽³⁾。このように、電力制度改革によって、再エネ予測の精度が送配電事業者の託送コストに直接的に影響を与えるようになるため、再エネ予測システムには、更なる精度向上が求められている。次に精度向上に向けた取組みについて述べる。

4.1 発電出力予測地点の細分化

2.1節で述べたとおり、現在の高圧・低圧の出力予測は、100か所程度の集約地点単位で行っている。一方で、GPV気象予報では5kmメッシュで予報が提供されており、出力予測の地点数の約30倍の細かさになっている。このように、現在の予測方法では、予報のメッシュを十分に活用できていない。

そこで、高圧・低圧太陽光発電設備の工場、家庭1軒ごとの設置位置情報を基に、設備容量をGPV気象予報の

メッシュ単位に集約することによって、メッシュ単位の出力予測を可能にし、予測精度を向上させることを検討している。

4.2 スマートメータシステムとの関係

2.4節で述べた発電出力特性モデルは、実測値を計測している特別高圧の太陽光発電所では精度の高いモデルを作成している。一方、高圧・低圧では、設備の代表的な発電効率を基にしたモデルしか作成しておらず、実態のモデルと乖離(かいり)しており、予測精度に課題がある。

そこで、スマートメータの実績値を取り込み、出力地点単位に集約することによって、高圧・低圧についても精度の高い変換モデルの作成を検討している。

4.3 短時間先予測の精度向上

調整力を発動する際に使用されるインバランス想定量を算出する際には、数分から数10分先の高精度の予測が必要となる。そこで、短時間先予測に対応した気象予報値の取り込み、及び実績値をベースに予測するモデルを活用した短時間先予測手法について検討している。

4.4 信頼区間の精度向上

需給調整市場開設後、予備電力の調達コストを削減するためには、予測自体の精度に加えて予測誤差(信頼区間)の精度を向上させる必要がある。供給区域全域の予測に対する信頼区間の算出には、ならし効果の影響を正確に評価するなど、精度向上の余地があるため、信頼区間の推定精度向上について検討している。

5. むすび

FITの導入以降、太陽光を始めとした再エネを利用した発電所の急速な導入に対応して、当社が開発した送配電事業者向けの再エネ予測システムについて述べた。現状、再エネ予測システムは複数の送配電事業者で適用されており、更なる精度向上に向けて様々な改善を行っている。

今後、再エネ発電所は主電源としての位置付けが高くなり、制御が必要になってくると想定される。予測機能だけでなく、電力制御としての機能を適用し、再エネ発電の中核システムとして展開していく。

参考文献

- (1) 花岡 伸, ほか: 再生可能エネルギー予測システムの開発, 電気学会保護リレー研究会発表資料, PPR-16-027 (2016)
- (2) 花岡 伸, ほか: 積雪を考慮した太陽光発電出力予測手法の検証について, 平成30年電気学会電力・エネルギー部門大会, No.114, 1-2-25~1-2-26 (2018)
- (3) 松田 勲, ほか: 電力システム改革に対応した新需給計画・制御への取組み, 三菱電機技報, 93, No.11, 635~638 (2019)