

# 太陽光発電 (PV) 出力予測の信頼度技術の開発

天気により変動するPV出力の予測値の信頼性向上を目指して

## Development of reliability technology for forecasting photovoltaics (PV) output

Aiming to improve the forecast reliability of fluctuating PV output due to weather condition

(電力技術研究所 流通G 系統T)

(Power System Team, Power System Group, Electric Power Research and Development Center)

急増する太陽光発電 (PV) 出力が発電量全体に占める割合は年々増加している。このPV出力は気象条件に大きく左右されるため、これを確実に反映した需給計画を策定することは困難になってきている。そこで、PV出力の変動に適切に対応するため、予測値に対して実績値が収まる範囲 (信頼区間幅) を計算し、PV出力予測の付加情報として需給計画に活用する。

The proportion of the rapidly increasing photovoltaics (PV) output to the total power generation is increasing year by year. Since this PV output is largely dependent on weather condition, it is becoming difficult to formulate a supply and demand plan by reflecting the PV output fluctuation accurately. So, in order to respond appropriately to this fluctuating PV output, the range (confidence interval width) of the PV output forecast is calculated and used as the additional information for the supply and demand plan.

### 1 背景と目的

電気は大量に貯めることができず、発電と消費のバランスが崩れると発電機の回転数が変化して、一定の周波数で供給することができなくなってしまう。そこで中央給電指令所では、消費量 (需要) に合わせて逐次発電量 (供給) を調整し、周波数を安定に保っているが、近年大量に導入された太陽光発電 (PV : Photovoltaics) 出力は、天気によって変動してしまうために、この同時同量のバランスを保つことが困難になってきている。

PV出力は、気象予報の技術をベースに予測した日射量から計算しているため、天気予報が外れるとPV出力予測も外れることになる。実際のPV出力 (実績値) が大きく下振れすると、発電量が不足することになるので、需給バランスを維持するためには、火力等の発電機を事前に用意し、PV出力の変動に備えておく必要がある。

PV出力の予測値に対して実績値が収まる確率 (信頼度) とその範囲 (信頼区間) を算出し、これらをPV出力予測の付加情報として活用することで、予測誤差を織り込んだ適切な需給計画の策定、信頼度・信頼区間に応じた予備力の確保が可能となる。

以下では、PV出力予測の付加情報として活用するための信頼度・信頼区間を算出する技術について開発した内容を紹介する。

### 2 PV出力予測の信頼度・信頼区間

#### (1) 晴天指数による信頼度・信頼区間

まず、天気の状態により信頼度・信頼区間を設定する手法について説明する。

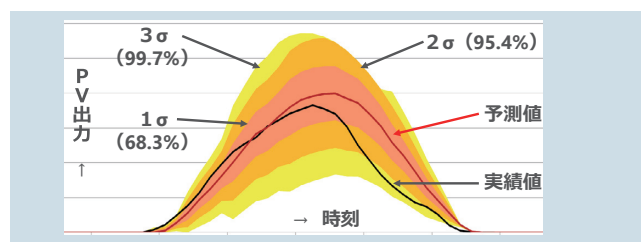
予測された日射量データを晴天指数 (大気外日射量に対する到達日射量の割合) に変換し、天気の状態を数値化した後に5つの階級に区分した (第1表)。

第1表 晴天指数による階級区分

晴天指数階級	0.17未満	0.17以上 かつ 0.40未満	0.40以上 かつ 0.55未満	0.55以上 かつ 0.70未満	0.70以上
想定される天気	雨天など	曇りなど	晴れ(小)など	晴れ(大)など	快晴など

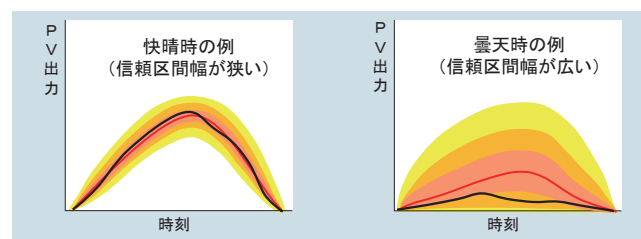
この階級別に、過去の日射量データの予測誤差を統計処理し、その誤差が正規分布に従うと仮定して、信頼区間幅を $1\sigma \sim 3\sigma$ として示した (第1図)。

( $1\sigma$ :68.3%,  $2\sigma$ :95.4%,  $3\sigma$ :99.7%で実績値が収まる範囲)



第1図 PV出力予測の信頼区間幅

特徴として、快晴時や雨天時には予測誤差のばらつきは小さく信頼区間幅も狭くなるが、曇天など晴れたり曇ったりする場合には、予測誤差のばらつきが大きくなる傾向があり信頼区間幅も広くなる (第2図)。



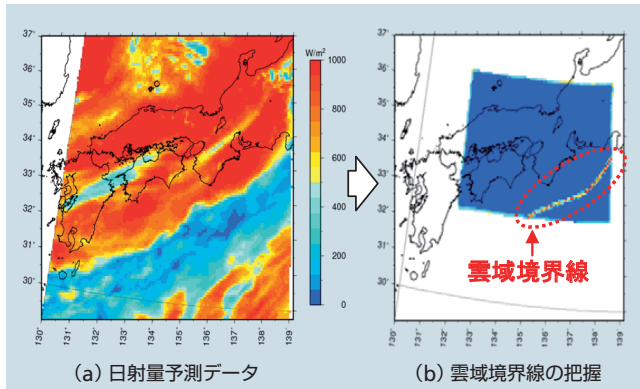
第2図 天候による信頼区間幅

この手法を用いることで、時刻ごとに予測値の信頼区間幅を定量的に示すことができ、発電機運転計画の策定に役立てることが可能となった。

ただし、この信頼区間幅は広すぎると余分な発電機を準備することになり、調整力費用の増加につながるため、更に信頼区間幅を縮小するための層別化を試みた。

## (2) 雲域境界線による信頼度・信頼区間

日射量予測値の誤差要因を分析した結果、管内周辺域に前線等の雲域境界線がある場合に、予測誤差が大きくなる傾向が見られた。そこで、日射量の面的な予測データから雲域境界線を把握し(第3図)、境界線がある場合は予測の信頼度が低いと評価した。

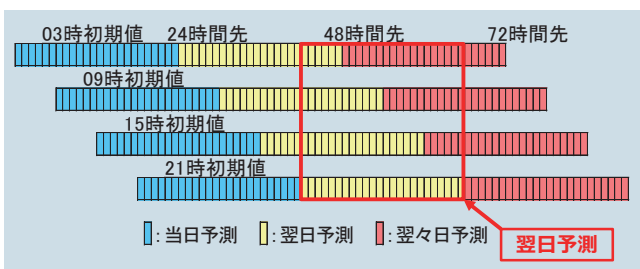


第3図 日射量予測データによる雲域境界線の把握

## (3) スプレッドによる信頼度・信頼区間

晴天指数による手法以外の信頼区間評価手法として、LAF法(Lagged Averaged Forecast Method: 時間ずらし平均法)を用いた検討を行った。LAF法は、エルニーニョ予測など他の気象予測にも用いられる方法で、最新の初期時刻における予測結果に過去の予測結果を組み合わせ、アンサンブルメンバーを確保する手法である。ここでは、初期時刻をずらした複数のPV出力予測結果のばらつきを用いて信頼度評価を行う。

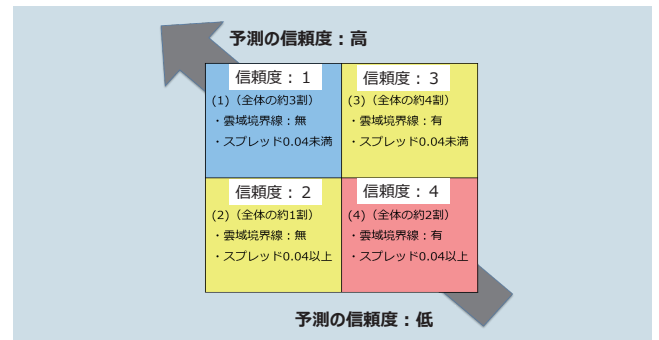
アンサンブルメンバーには、第4図に示すような、日本気象協会から提供される日射量予測データ(1日に4回更新される72時間予測値)を用い、4つの翌日予測値のばらつき(スプレッド)を計算して、スプレッドが小さい場合には予測の信頼度が高いと評価する。



第4図 アンサンブル予測メンバーの取り方

このスプレッドの大小と、先述(2)の雲域境界線の有無を統合して4つの信頼度区分(第5図)を設定し、信頼区間幅を算出することで、各信頼度に応じたメリハリのある表示が可能となった。

今後、この統合手法の採用にあたっては、細分化できた信頼区間幅に対する実運用の課題を解決していく必要がある。



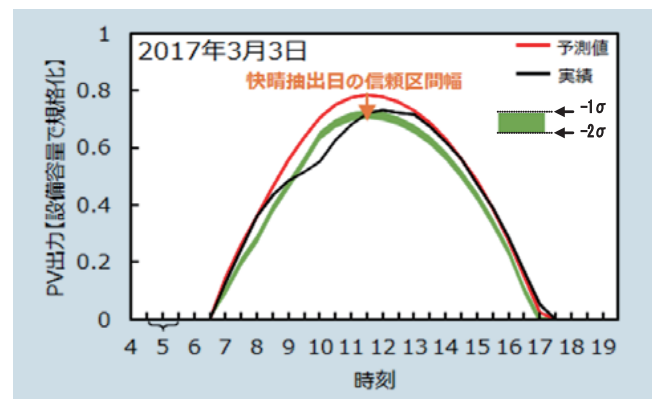
第5図 統合手法による信頼度区分

## 3 快晴予測日の抽出

終日天気が良く、管内の日射量予測値のばらつきが小さい場合は、さらに狭い信頼区間幅を設定することができる。

そこで、時刻ごとに日射量の閾値を設定し、一日を通して快晴と予測される日(快晴予測日)の抽出条件を明らかにすることで、快晴予測日を判別することが可能となった。

これにより、年間40日程度の日は $1\sigma$ 相当の信頼区間幅を設定すれば、当該日は95%の滞在率を得られ、これから逸脱した場合であってもその逸脱幅は小さく、安定した運用を行えることが分かった(第6図)。



第6図 快晴予測日の信頼区間幅

## 4 成果と今後の展開

PV出力予測の信頼度・信頼区間について検討・評価を行い、その算出・評価技術を確立した。

晴天指数の区分による信頼区間幅の表示と快晴予測日の抽出手法は、中央給電指令所における需給計画策定時に活用しており、PV出力の予測値の誤差を適切に織り込んだ運用に貢献することが可能となった。

しかし、まだPV出力の予測値が大きく外れ、発電機の運転計画見直しの対応等に苦慮する場合がある。

現在この課題を解決するために、PV出力の数時間先予測の精度向上に向けた検討を進め、発電機の最適な台数による効率的な運転計画を目指している。



執筆者/上田勝久