

気象パターンを考慮した風力発電出力予測に関する研究

東京大学 学生会員 ○ 海老塚裕明
 東京大学 正会員 石原孟
 東京大学 正会員 山口敦

1. はじめに

風力発電出力予測では、気象予測に基づく風速の予測値と過去の発電出力の観測値から、ARX モデル等の発電出力予測モデルを用いて発電出力の当日および翌日の予測値およびその信頼区間の推定を行う。しかし、台風や強力な低気圧が通過する際など、急激な気象変化がある場合には予測誤差が大きくなるということが指摘されているにもかかわらず、従来の予測手法¹⁾では年間を通じて同じモデルパラメータを利用して予測を実施していたために、気象パターンに応じた予測ができないとともに、気象パターンに応じた信頼区間を推定できていなかった。そこで、本研究では、東京電力(株)の八丈島風力発電所を対象とし、クラスター分析により、気象パターンを自動的に分類する手法を提案することにより、気象パターン別のモデルパラメータの推定を行う風力発電出力およびその信頼区間の予測手法を提案する。

2. 気象パターンの分類

Lange et al.²⁾は観測地点における風速の東西成分 u 、南北成分 v および気圧 p からクラスター分析により気象パターン进行分类した。しかし、この手法では低気圧接近時のように急激に気圧が低下する場合と、常に気圧が低い場合とを区別できないという問題点がある。そこで本研究では u 、 v 、 p に加え気圧の一日の平均値からのずれ Δp を用いることによりクラスター分析により気象パターンを自動的に分類する手法を提案した。なお、クラスター分析においては u 、 v 、 p 、 Δp を平均が0、標準偏差が1となるように規格化した上でユークリッド距離によりクラスター間の距離を計算した。

このようにして実施したクラスター分析の結果を、天気図から求めた手動で分類した結果と比較したものを図1(b)に示す。なお、参考のため Δp を用いない従来の手法により実施したクラスター分析の結果も合わせて図1(a)に示す。従来の手法では低気圧が接近する場合と、気圧が低い状態を区別できなかったのに対し、提案した手法では区別できていることがわかる。

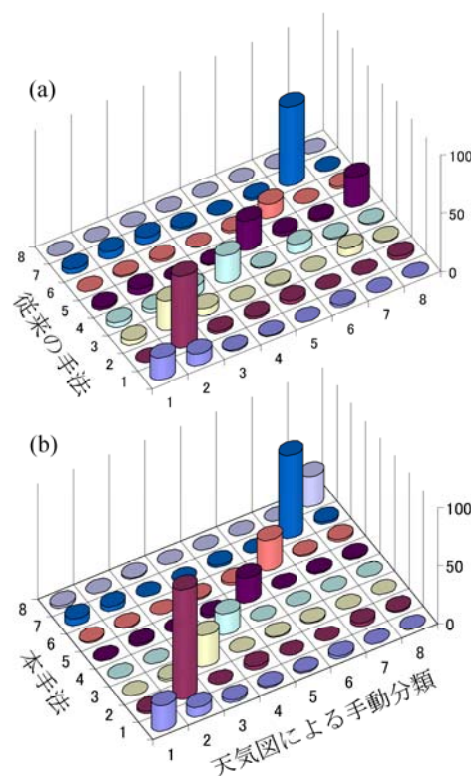


図1 クラスター分析の結果

3. 気象パターンを考慮した風力発電出力予測手法

ARX モデルによる時刻 t における k 時間先の風速の予測では、気象モデルによる予測値 $u_{t+k|t}^{\text{model}}$ と最新のオンライン観測値 u_t^{meas} とを重みを付けて足し合わせることで最終的な予測値 $u_{t+k|t}^{\text{pred}}$ を得る(式1)。

$$u_{t+k|t}^{\text{pred}} = a(k)u_t^{\text{meas}} + b(k)u_{t+k|t}^{\text{model}} \quad (1)$$

ここで、 $a(k)$ 、 $b(k)$ はモデルパラメータであり、 k の関数として逐次最小二乗法によって推定する。通常、 $a(k)$ の値は予測時間 k とともに減少し、 $b(k)$ の値は増大する。従来の研究ではこれらのモデルパラメータは全てのデータを基に計算されていたが、本研究ではこれらのパラメータを気象パターン別に求め、気象条件の違いがモデルパラメータに与える影響を明らかにした。図2は変動の大きな気象パターン時と変動の小さな気象パターン時における違いを示したものである。

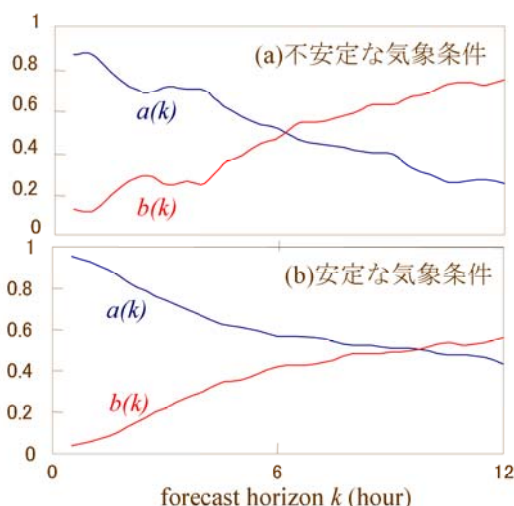


図2 予測時間ごとのモデルパラメータの変化

この図から、気象パターンによってパラメータが大きく異なり、不安定な気象パターンの際には観測値の重みが急激に減少し、安定な気象パターンの際には観測値の重みの減少速度は遅いことがわかる。このことから、不安定な気象パターン出現時には気象予測モデルの予測精度が大きな影響を与えることが明らかになった。

4. 気象パターンを考慮した信頼区間付き風力発電出力予測手法

信頼区間付き予測とは、予測の不確かさを定量的に推定する手法の一つであり、ある信頼水準の確率で真値が信頼区間の上限値と下限値の間に含まれることを表わす。従来の信頼区間付き予測では気象パターンに関わらず同じ信頼区間の幅を推定していたが、本研究では、気象パターン別の予測誤差の標準偏差を用いて信頼区間付き予測を行った。

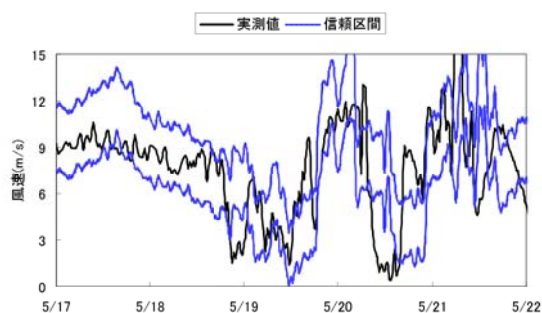


図3 従来の予測時間別信頼区間

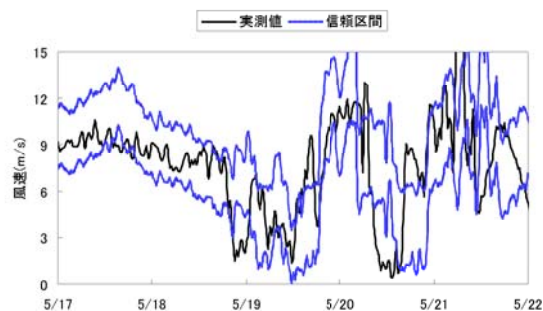


図4 予測時間・予測風速・気象パターン別信頼区間

図3は、2004年の当日6時間予測の従来の手法による信頼区間を示す。気象条件に関わらず同じ信頼区間の幅を持っていることがわかる。5月19日から5月21日までは八丈島を低気圧が通過し、風速の変動が大きくなっているが、信頼区間の幅は特に大きくない。一方、本研究で提案した気象パターン別に信頼区間を求める手法により求めた信頼区間を図4に示す。低気圧通過時には信頼区間の幅が大きくなり、それ以外の時には信頼区間の幅が狭くなっていることがわかる。これにより信頼区間の幅の標準偏差で定義される分解能³⁾は0.14m/sから0.54m/sに増大した。

5. まとめ

本研究ではクラスター分析によって気象パターンを自動的に分類する手法を提案し、風速予測手法に適用し、以下の結論を得た。

- 1) 提案したクラスター分析手法により、従来の手法に比べ、的確な分類が可能となった。
- 2) 気象パターンごとの予測パラメータを決定することで、変動の大きな気象パターンにおける予測誤差を低減するためには、数値気象予報の精度を向上させることが必要であることを明らかにした。
- 3) 予測時間別、気象パターン別に信頼区間を算定することで、より状況に応じた信頼区間の算定を可能にした。

参考文献

- 1) 石原孟, 山口敦, 小川豪, 酒井和也, 藤野陽三: 電力系統制御エリアを対象とした信頼区間付き風力発電出力予測に関する研究, 第29回風力エネルギー利用シンポジウム
- 2) Lange and Focken, Physical approach to short-term wind power prediction, Springer, 2006.
- 3) Pinson et al., Properties of Quantile and Interval Forecasts of Wind Generation and their Evaluation, European Wind Energy Conference, 2006.