

# 電力系統制御エリアを対象とした風力発電出力予測システムの開発

## Wind power forecasting system for the control area of power grid in Japan

○早崎宣之, 青木功, 谷川亮一, 福田寿 (伊藤忠テクノソリューションズ株式会社)

Nobuyuki HAYASAKI, Isao AOKI, Ryoichi TANIKAWA, and Hisashi FUKUDA  
, ITOCHU Techno-Solutions Corporation  
, Kasumigaseki Bldg., 3-2-5, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo

NEDO (New Energy Industrial Technology Development Organization) has developed the systems which forecast wind power for the purpose of increasing the quantity of wind power which can be installed in Japan. ITOCHU Techno-Solutions Corporation carried out the development of the wind power forecasting system for the control area of power grid. The forecasting system is made up by numerical weather prediction (NWP) model and statistical model.

This paper describes the overview of wind power forecasting system for the control area of power grid and the results of accuracy evaluation.

*Key Words:* Wind power, Forecasting system, Power grid control

### 1. はじめに

わが国では、エネルギー源の多様化によるエネルギー安定供給の確保や地球温暖化対策に資するため、風力発電をはじめとする新エネルギーの導入が積極的に促進されている。また、平成13年6月に取りまとめられた総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会報告書(平成13年6月)によると平成22年度における風力発電導入目標量は300万kWとされている。

風力発電の導入促進上の阻害要因の一つとして風の変動に伴う出力変動に起因する電力系統の周波数変動問題がある。この問題を解消するための電力系統安定化対策に係る基盤技術の一つに、気象予測に基づく風力発電出力予測システムの導入があり、風力発電先進地域のデンマークおよびドイツでは、風力発電出力予測がすでに実用レベルで利用され、導入量の拡大並びに系統運用コストの削減に大きく貢献している。

一方、風力発電出力予測システムが実用化されていない現在の日本では、出力変動の大きい風力発電による電力は、電力系統を安定に保つ際の阻害要因となっており、日本における風力発電の導入促進に向けた課題の一つとなっている。

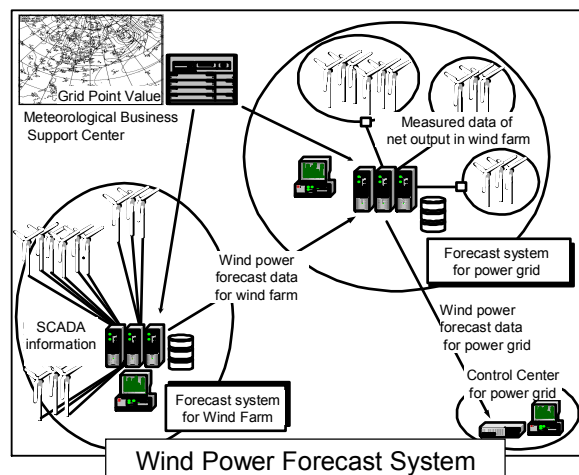


図1 風力発電予測システム

現在、このような課題を解決するために、NEDO技術開発機構(独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)では、「気象予測に基づく風力発電出力予測システムの開発」委託事業をおこなっている。本事業では、ウィンドファーム単体の予測を対象とした「ウィンドファーム対象システム」と電力系統制御エリア全体の予測を対象とした「電力系統制御エリア対象システム」の大きく2つのシステム開発をおこなっている(図1参照)。

本報告では、本プロジェクトで提案した電力系統制御エリアを対象とした風力発電出力予測システムの予測手法の全体像、および精度検証結果について報告をおこなう。

### 2. 電力系統制御エリアにおける風力発電出力予測

#### 2.1 予測手法概要

風力発電出力の電力系統制御エリア予測をおこなうにあたって、気象モデルの予測結果に統計手法に基づく誤差補正手法(統計手法ベースのアプローチ)を適用することで電力系統制御エリア予測をおこなった。本手法で使用した手法の概要を表1に示す。

本手法では、まず気象場の大まかな変化傾向の予測に局地気象予測モデルを用い、次に統計手法(系統誤差補正手法、位相/バイアス誤差補正手法、短時間誤差補正手法)を順次適用し、予測精度の向上に活用している。本予測手法で適用する統計手法は、過去の予測結果の誤差傾向を誤差の時間スケール別に統計的に学習し、未来の予測の誤差低減に利用している。

また、統計手法は平均的な精度(平均絶対誤差MAEなど)を向上することには有効な手法であるが、予測の大外しを低減することは、あまり得意ではない。時折現れる予測の大外しは、周波数維持をおこなう系統運用者にとって予測を利用する上で大きなリスクとなる。そこで、予測の大外しを低減するための手法(大外し低減予測手法)もあわせて検討をおこなっている。本手法は平均誤差を低減する手法ではなく、時折現れる予測の大外しを低減する手法であるため、平均絶対誤差などの精度検証値を算出する際にはこの手法は適用していない。

表 1 電力系統制御エリアの風力発電出力予測手法概要

手法名	内容
1. 気象モデルによる予測 (気象場の変化傾向を予測)	局地気象予測モデル (LOCALS) による, 気象場の物理的予測
2. 系統誤差補正手法 (長期的な誤差傾向の補正)	統計モデル (ベイズ法) による, 発電出力予測の系統誤差補正と信頼区間推定
3. 位相/バイアス誤差補正手法 (短期的な誤差傾向の補正)	予測発表直前まで得られる実測値をもとに, 予測値の位相のズレとバイアス誤差を検出・補正
4. 短時間誤差補正手法 (短期的な誤差傾向の補正)	時系列モデル (ARIMA モデル) により, 短期的な実測値の変動傾向を予測・補正
5. 大外し低減予測手法 (予測の大外し低減)	大まかな実測の変化傾向を捉えている予測の平滑化成分を活用し, 予測の大外しを低減

## 2.2 予測手法毎の精度改善効果

各手法による精度向上効果を示すために, 各手法の予測時間別精度検証値を図 2 に示す. ここで従来手法である持続予測との対比を示すために, 持続予測による精度検証値もあわせて示している. 気象モデルや統計手法を適用することで, 以下の精度改善効果が得られることがわかった.

- 気象モデルを利用することで, 翌日予測の範囲 (18 - 42 時間予測) において, 持続予測に対し, 最大約 10% 程度, 精度を改善できることがわかった.
- ベイズ法に基づく系統誤差補正手法を適用することで, 気象モデル予測に対し, 更に約 5% 程度, 精度を改善できることがわかった.
- 位相/バイアス誤差補正手法や短時間誤差補正手法を用いることで, 短期的な誤差 (予測発表から約 9 時間までの範囲) を低減できることがわかった.

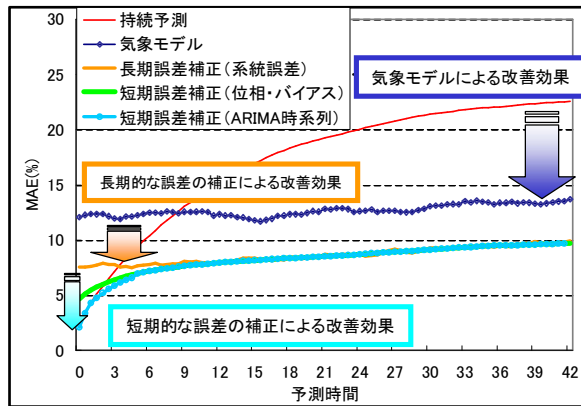


図 2 予測手法毎の電力系統制御エリア予測精度改善効果 (2006 年, 東北エリア)

## 2.2 精度検証結果

2006 年の一年間を対象に, 東北エリアにおける本予測モデルの精度検証をおこなった.

発電出力予測結果の評価は 30 分毎の予測値と観測値をもとに, 精度評価指標である平均絶対誤差 (MAE) を予測対象とする電力制御対象エリアのウィンドファームの定格出力の合計値でそれぞれ除した値, および持続モデルからの改善率 (Sp) を用いて評価を行った. ここでの改善率とは持続モデルの予測誤差に対する評価対象モデルの予測誤差の変化率のことで, この数値が正の場合は評価対象モデルの予測精度が持続モデルに対して向上しており, 負の場

合は評価対象モデルの予測精度が持続モデルより劣っていることを意味する. また持続モデルは, 当日・翌日ともに予測発表時刻の 30 分前の発電出力観測データが予測時間中持続するものとして算出した. 各誤差の算出式および改善率の算出式および評価結果を以下に示す.

検証計算の結果, 本プロジェクトで目標としている精度 (平均絶対誤差率 MAE は当日予測 15%, 翌日予測 20% 以下, 改善率 Sp は当日予測 20%, 翌日予測 30% 以上) をクリアしており, 電力系統制御エリアにおける風力発電出力予測は精度良く予測できていることがわかった.

$$MAE(t) = \frac{\sum_{i=1}^n |P_i^{pred}(t) - P_i^{meas}(t)|}{n}, \quad Sp = \left( \frac{MAE_p - MAE_m}{MAE_p} \right) \times 100$$

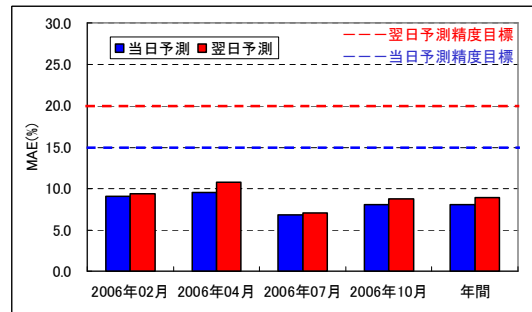


図 3 当日・翌日予測の平均絶対誤差率 MAE (%) (2006 年, 東北エリア)

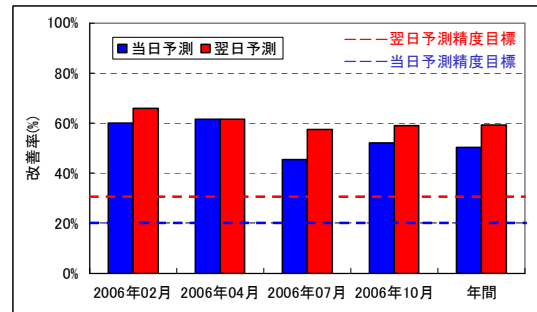


図 4 当日・翌日予測の改善率 Sp (%) (2006 年, 東北エリア)

## 3. まとめ

本プロジェクトで利用した電力系統制御エリア予測モデルは, 当日・翌日予測ともいずれの季節においても本プロジェクトの開発目標値を達成していることがわかった.

また, 気象モデルの予測結果に, 統計手法に基づく誤差補正手法を適用する手法は電力系統制御エリアにおける風力発電出力予測に有効であることがわかった.

### 参考文献

- 1) I.Aoki et al. : The Result of Benchmark Test for Regional Wind Power Forecasting in Japan, Proceedings of the 5th World wind Energy Conference cum Exhibition 2006, pp43, 2006
- 2) 谷川 : LOCALSTM による風況シミュレーションモデルの開発と風況評価, ながれ, 22, pp 405-415, 2003
- 3) Y.Kikuchi et al. : Numerical Study on the Effects of Mountains on Kanto District, Journal of the Meteorological Society of Japan, 59, pp.723-738, 1981