

数値気象予報とオンライン現地観測データを利用した最大瞬間風速予報 Gust forecasting by using numerical weather prediction and on-site measurement

山口 敦¹⁾ 石原 孟³⁾
Atsushi Yamaguchi¹⁾ Takeshi ISHIHARA³⁾

1. はじめに

山岳地帯に建設された社会インフラ施設の維持管理等の作業は強風時には実施できないが、作業の実施可否は平均風速ではなく、最大瞬間風速によって決定されるため、これらインフラ施設の効率的な維持管理のためには最大瞬間風速の予報が求められている。

島村・松沼¹⁾は、鉄道の運行規制に用いるためにカルマンフィルタを用いて、過去の観測データから15分先までの瞬間風速を予報する手法を構築した。しかし、24時間先までの予報を行うためには、数値気象予報データ等の気象現象の変化を考慮したデータを予報に用いる必要がある。一方、風力発電の分野では風力発電出力予報に関する研究が多く行われてきた。

本研究では風力発電出力予報の分野で使われているARXモデル²⁾を用いた最大瞬間風速の予報モデルを構築し、従来のモデルや観測値と比較することにより、各モデルの特性や予報精度や強風イベント予報への適用可能性を明らかにする。

2. 最大瞬間風速予報モデルの概要

本研究では、数値気象予報データと現地観測データから、24時間後までの最大瞬間風速を予報するシステムを構築した。本システムの概要を図1に示す。本システムは、平均風速予報モデル、ピークファクタ推定モデル、変動風速予報モデルからなり、それぞれのモデルが数値気象予報データと現地観測データから、平均風速、変動風速およびピークファクタを予報し、最後に、最大瞬間風速を予報する。続いて、モデルアンサンブルにより気象現象の違いを考慮した最大瞬間風速を予報するとともに、予報誤差を考慮し、最大瞬間風速の上限値を推定する。

平均風速予報モデル、ピークファクタ予報モデル、変動風速予報モデルはARXモデルにより構築し、モデルパラメータは忘却係数付きノンパラメトリック回帰

により推定した。また、本研究では入力として利用する数値気象予報データの違いが予報精度に与える影響を評価するため、気象庁GSMとMSMの2種類の数値気象予報データを利用した。

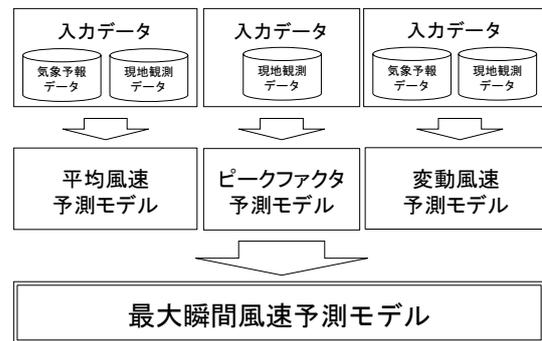


図1 最大瞬間風速予報モデルの概要

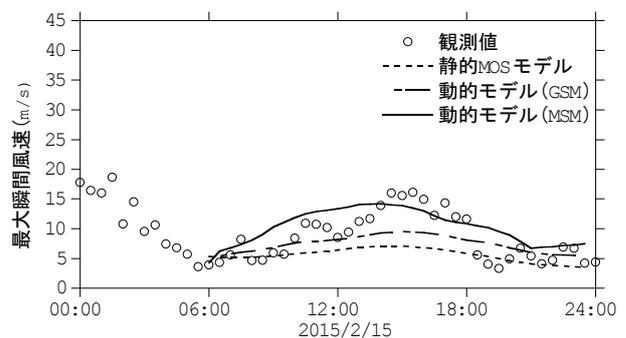
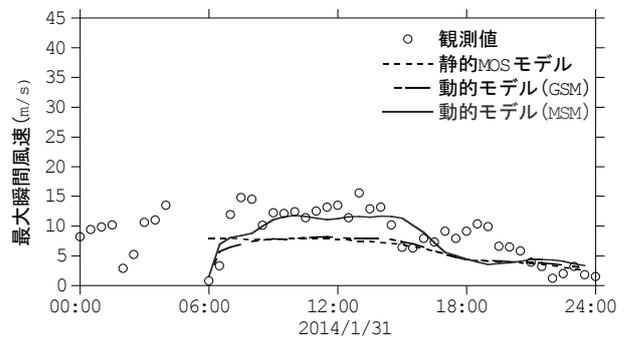


図2 朝6時における最大瞬間風速予報結果例

3. 予報結果と評価

図2に代表的な強風イベントが発生した日の朝6時における一日の最大瞬間風速の予報値と観測

1) 東京大学大学院工学系研究科 特任講師
Assistant Professor, The University of Tokyo

3) 東京大学大学院工学系研究科 教授
Professor, The University of Tokyo

値の比較を示す。本研究で提案した動的適合モデルを用いると、従来の静的な MOS モデルに比べて予報精度が改善することがわかる。また、入力値として気象庁 MSM を利用した場合の方が、GSM を利用した場合に比べ、予報精度が高くなっていることがわかる。

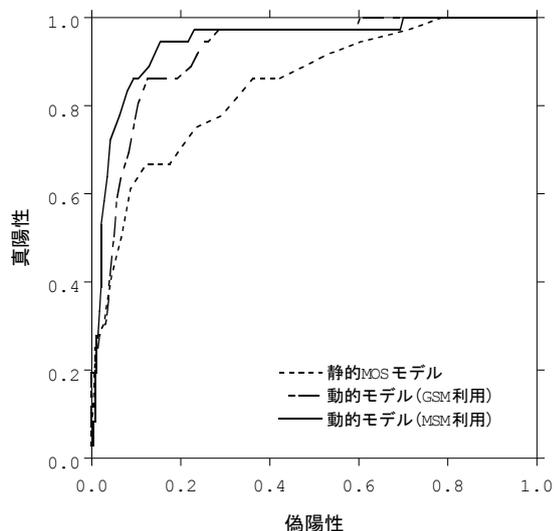


図 3 各モデルの ROC 曲線

表 1. 各モデルの AUC

モデル	AUC
静的 MOS モデル	0.842
動的モデル(GSM 利用)	0.919
動的モデル(MSM 利用)	0.941

また、実際に強風イベントの予報可能性については、最大瞬間風速上限値推定モデルのパラメータ γ が重要である。このようなモデルパラメータを含む予報を評価するために ROC 曲線がある。ROC 曲線は横軸に偽陽性、縦軸に真陽性をとり、モデルパラメータを変化させた際の偽陽性と真陽性の変化を見るものである。完全な予報モデルでは真陽性が 1 であり、偽陽性が 0 であることから、ROC 曲線の左上の点を通る。また、強風が発生するかどうかをランダムに予報するモデルでは偽陽性と真陽性が常に等しくなることから、ROC 曲線は左下の点と右上の点を結ぶ直線となる。実際の予報モデルの結果はこの中間にあり、よい予報モデルであれば、左上の点に近づく。ROC 曲線の下型の面積(Area under the curve - AUC)を用いると、ROC 曲線を定量的に評価することができ、AUC が大きいほど、良いモデルである

と言える。

図 3 には MOS モデルを利用した場合の ROC 曲線とともに、本研究で提案したモデルの ROC 曲線を、表 1 には AUC を示す。どのモデルを用いた場合でも、モデルパラメータを変化させることにより、真陽性を大きくすることができるが、偽陽性も同時に大きくなる。本研究で提案したモデルを使用した場合、ROC 曲線は最も左上の点に近くなり偽陽性を低く抑えつつ真陽性を高くすることができることがわかる。また、AUC は MOS モデルを利用した場合の 0.842 から 0.941 に向上した。

4. まとめ

本研究では、最大瞬間風速予報モデルを構築するとともに実観測データを用いて検証を行い、以下の結論を得た。

- (1) ARX モデルを用いて最大瞬間風速予報モデルを構築し、従来の静的 MOS モデルと比較して、最大瞬間風速の予報精度が向上した。
- (2) 数値気象予報データとして高解像度モデルの結果を用いた場合、最大瞬間風速予報の精度は向上することを示した。
- (3) 最大瞬間風速 15m/s 以上の強風イベントの発生 の予報可能性を、ROC 曲線を用いて評価した。提案した手法を用いた場合には偽陽性を低く抑えつつ真陽性を高くすることが可能であり、AUC は従来の MOS モデルの 0.842 から 0.941 に増大した。

謝辞

本研究は、東日本旅客鉄道株式会社との共同研究の一環として行われ、同社の三須弥生氏と南雲洋介氏にはオンライン現地観測データの取得について協力を頂いた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 島村誠, 松沼政明: 強風警報システムの開発と実用化, JR EAST Technical Review, No.13, pp. 36-43, 2005.
- 2) H. A. Nielsen, T. S. Nielsen, A.K. Joensen, H. Madsen and J. Holst, *International Journal of Adaptive Control and Signal Processing*, Vol. 14, No. 8, pp. 813-828, 2000.