

地域気象モデルを利用した局地風のリアルタイム予測

○ 東京大学 学生員 山口 敦
 東京大学 学生員 Jackson Koh
 東京大学 正会員 石原 孟
 東京大学 フェロー 藤野陽三

1. はじめに

風力発電は、出力が風に応じて変動するため、電気系統に与える負荷が大きく、わが国の風力開発を遅らせる原因にもなっている。1時間から数日先の風力発電量を時系列的に精度よく予測することができれば、風力発電の電源としての価値が高まると同時に、電気系統に与える負荷を制御することも可能となる。

本研究では地域気象モデルを利用したリアルタイムの局地風予測手法を提案し、実測データを用いた検証を行う。

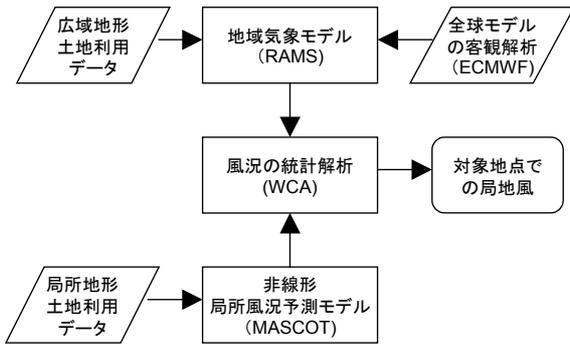


図1 力学統計的局所化手法の流れ

2. 力学・統計的局所化手法

工学的に必要な精度で急峻な地形上の局地風を予測するためには10m程度の水平分解能が必要である。従来、気象学分野では気象モデルをネスティングさせることにより局地風を予測してきた。しかし、従来のリアルタイム予測では計算時間の制約から、水平格子間隔1~2km程度の計算が限界である。

本研究ではこの問題を解決するため、力学・統計的局所化手法(DSD: Dynamical Statistical Downscaling)[1]を提案する。本手法の概要を図1に示す。まず、全球モデルの計算結果を初期条件ならびに境界条件とし、地域気象モデルをその内側に1~2kmの格子まで順次ネスティングさせ、時系列の計算を行う。そして、小地形の影響を考慮するために著者らが開発した非線形局所風況予測モデルMASCOT[2]の結果から、後述する標準・実風況変換手法を用いて、地域気象モデルによ

り計算された風を局所風に変換する際の係数(以下風速変換係数と呼ぶ)を求める。

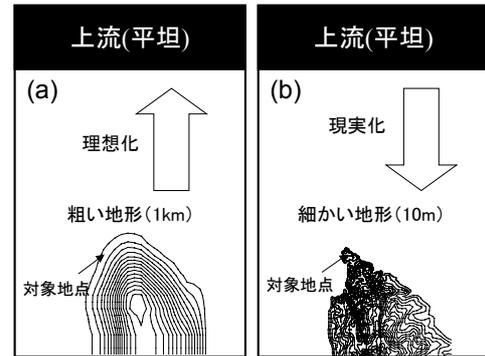


図2 標準・実風況変換の概念図

図2に風速変換係数を求める手法の概念図を示す。まず、気象モデルで用いた1~2km程度の解像度を持つ粗い地形と粗度を用い、局所風況予測モデルMASCOTによる風況シミュレーションを行い、気象モデルにより計算された風から仮想領域の風への変換を行う(図2(a))。次に、10m~50m程度の解像度を持つ細かい地形と地表粗度を用いた風況シミュレーションを行い、仮想領域の風から対象地点での局地風へと変換する(図2(b))。本研究では、小地形の効果は大気不安定度には依存しないと仮定した。この手法を標準・実風況変換(IRA: Idealizing and Realizing Approach)と呼ぶ。この方法により計算された局地風は局地循環や大地形の効果に加え、局所地形の効果を含んだものとなっている。

3. 計算結果

本研究で用いた地域気象モデルRAMSはナビエ-ストークス方程式を基本とし、雲・放射過程、陸面過程がモデル化されている。初期条件、境界条件にはヨーロッパ中期気象予報センター(ECMWF)による客観解析値(6時間ごと)を内挿して用いた。実際のリアルタイム予測の際には予報値を初期条件、境界条件として用いる。

本研究では青森県竜飛岬を対象領域とし、図3に示すような4段にネスティングされた格子を用いた。東北と北海道を含む領域を8kmメッシュ、津軽海峡を含

む領域を 4km メッシュ、竜飛岬周辺を 2km メッシュ、竜飛岬を 1km メッシュで 1997 年の 1 年間の計算を行った。

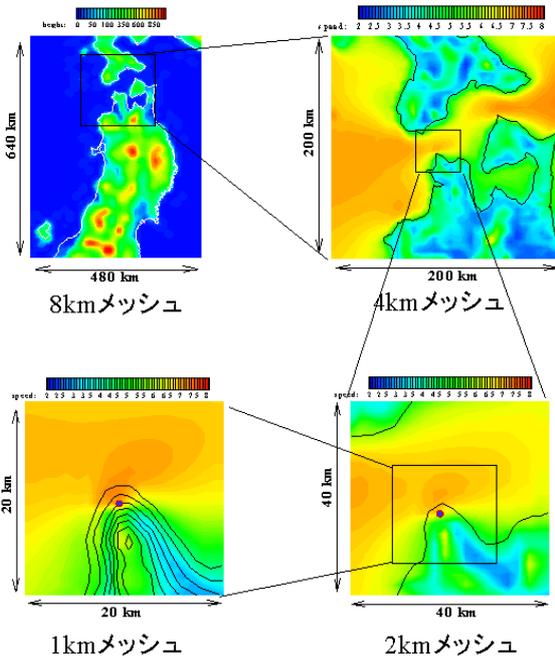


図 3 地域気象モデルの計算領域

地域気象モデルによる解析の初期値や境界条件は ECMWF による全球モデルの客観解析値であり、水平スケール 50km 以下の現象は再現されていない。このため、特徴的な風速を 15m/s 程度とすると、地域気象モデルで再現できる現象の時間スケールは 1 時間程度となる。そこで検証データとして、竜飛岬灯台における 1 時間ごとの 10 分平均風速の観測値に 3 点の移動平均操作を行い、1 時間平均風速に相当するものを作成し、用いた。

竜飛岬灯台における時系列の風速の観測値と予測値との比較を図 4 に示す。実線が観測値、一点鎖線が地域気象モデルのみの予測結果、鎖線が力学・統計的局所化により局所地形の効果を取り入れた予測結果を示す。地域気象モデルのみの予測結果は全体的な傾向を捕らえているものの、風速を過小評価しており、年間の平均風速の予測誤差は 25.4% に達した。これは水平スケール 1km 以下の小スケールの地形が考慮されていないためであり、格子間隔 1km の地域気象モデルのみでは実際の風況精査を行うことはできないことを示している。一方、標準・実風況変換を行った場合、この過小評価は大きく改善され、年平均風速の予測誤差は 3.5% に減少している。

図 5 は 1 月の風速の観測値と予測値の比較を示す。図 5(a) は地域気象モデルのみによる予測、図 5(b) は力学・統計的局所化による予測を示す。また、それぞれの手法による年平均風速の予測誤差、平均誤差、平均 2

乗誤差を表 1 に示す。従来の地域気象モデルのみによる予測に対し、本手法により、平均誤差は大幅に改善されている。一方、平均 2 乗誤差の改善の程度は平均誤差に比べ、小さい。

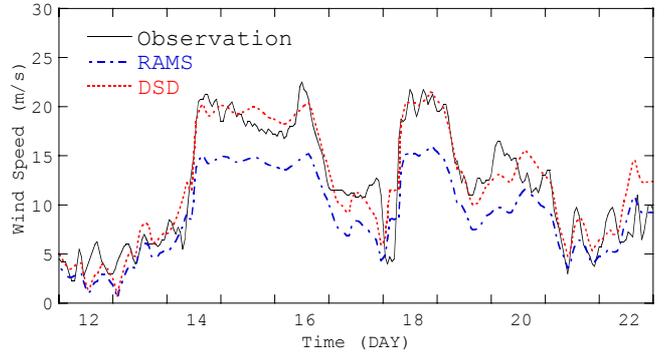


図 4 竜飛岬灯台での時系列の風速の観測値と予測値との比較

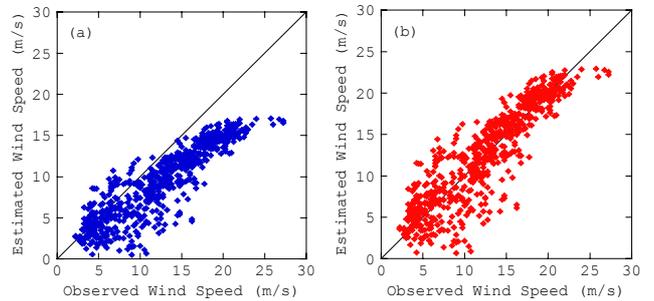


図 5 1 月の風速の観測値と予測値の比較: (a) 地域気象モデルのみによる予測; (b) 力学・統計的局所化による予測

表 1 年平均風速の予測誤差, 平均誤差, 平均 2 乗誤差

	年平均風速 予測誤差(%)	平均誤差 (m/s)	平均 2 乗誤差 (m/s)
RAMS	25.4	-2.5	4.0
DSD	3.5	-0.3	2.9

4. まとめ

本研究では局地風のリアルタイム予測を行うために力学・統計的局所化手法を提案し、竜飛岬での実測結果との比較検証を行った。その結果、以下の結論を得た。

- 1) 本手法により、観測データを用いずにリアルタイムの局地風を予測することが可能になった。
- 2) 本研究で提案した力学・統計的局所化手法を用い、年平均風速が予測誤差数パーセント以内で予測可能となり、従来の手法に比べ大きく改善された。

参考文献

[1] 石原孟, 山口敦, 藤野陽三, 新しい風況精査手法の提案と実測による検証, 平成 15 年度日本風工学会年次研究発表会, 2003. [2] 石原孟, 山口敦, 藤野陽三, 複雑地形における局所風況の数値予測と大型風洞実験による検証, 土木学会論文集, 2003(掲載予定).