

風力発電量予測のための高精度ピンポイント風況予測技術の開発

岐阜大学 非会員 ○田中章
岐阜大学 正会員 小林智尚

岐阜大学 正会員 吉野純
岐阜大学 フェロー 安田孝志

1. はじめに

2005年の全世界の風力発電規模(設備容量)は、前年比20%以上となる6000万kW弱にまで達した。再生可能エネルギーへの優遇税制や石油価格の高騰などの追い風の下で、今後、風力発電の事業規模は急速に拡大していくものと見られている。しかし、風力発電の出力は、風況の変化に大きく左右されるため、連携する他の電力系統への影響が懸念される。ウィンドファーム規模での出力変動を吸収し平滑化させるためにも、蓄電システム、発電量予測、電力制御などの技術開発が火急の課題となっている。

本研究は、これらの問題の中でも特に、1~2日先の短期間の風力発電の出力変動を精度良く予測するための最適な手法について提案することに主眼を置くものである。著者らはこれまでに、雲微物理過程や大気放射過程などを考慮したメソ気象モデル PSU/NCAR MM5 による、岐阜県・愛知県を対象としたリアルタイム局地気象予測システムを開発し、大学初となる気象予報業務許可を取得した。そして、風向・風速、気温、日射量、降水量などの36時間先までの1時間毎の短期予報を広く一般に公開している(深尾ら, 2006)¹⁾。将来的には、風力発電を含む自然エネルギー量予測システムへと機能拡張される予定となっている。しかし、それに先立ち精度の高い風力発電量予測を効率的に行うためにも、計算精度・計算コストの両面から最適なシステム設定を検討する必要がある。

2. 研究内容と数値計算手法

そこで本研究では、高精度な短期風況予測を行うために、以下の2種類の予測手法について検討を行った。

はじめに1つの予測手法として、メソ気象モデル MM5 の水平解像度を18km(D1)→6km(D2)→2km(D3)と高解像度化させる方法が挙げられる。メソ気象モデルの高解像度化により、総観規模スケールからローカルスケールまで微細な地形の効果を考慮した精度の高い風況計算が国内の任意の地点で可能となる(竹内ら, 2006)²⁾。しかしながら、この手法は、莫大な計算機資源を要するという欠点もある。

一方、異なる手法としては、より低分解能なメソ気象モデルの出力予測データに対して、観測データに基づく統計補正処理(カルマンフィルタやニューラルネットワークなど)を施す時系列予測手法が考えられる。これによ

り、前述の手法に匹敵するか、それ以上の高い精度で風況予測が可能になると期待される(深尾ら, 2006)¹⁾。このようにして得られる修正後の予測データのことは、「風ガイドダンス」とも呼ばれ、気象モデルに内在する系統的な誤差(例えば、モデル定式化の不備など)を低コストで修正できるという点において優れている。しかし、観測データを入手できる箇所だけでしか適用できないという問題点もある。

本研究では、以上の2つの手法の長所と短所を考慮して、風力発電施設を想定した最適なピンポイント風況予測システムについて検討を行った。具体的には、メソ気象モデルの高解像度化による風況予測精度と、メソ気象モデルと統計補正処理(気象庁方式カルマンフィルタ)の併用による予測精度について検証を行った。その際、観測データは計3地点の気象官署データ(津、高山、岐阜)を使用した。

3. 結果と考察

3.1 メソ気象モデルの高解像度化の検討

はじめに、メソ気象モデルの高解像度化による風況予測の高精度化について検討する。図1は、津における水平格子間隔、18km(以降、MM5D1)、6km(以降、MM5D2)、2km(以降、MM5D3)、および、観測データの風速の時系列を示している(2006年3月16日~18日)。この期間、沿岸部に位置する津では、5m/sを超える比較的強い風が観測されていた。

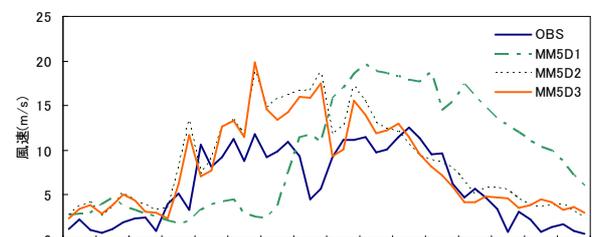


図1: 高解像度化した風速の観測データと予測データの時系列(2006年3月16日09時~18日08時)

MM5による予測結果を見ると、低解像度なMM5D1では、この期間後半、10~20m/sの非常に高い風速値を予測しており、正のバイアス誤差を伴っていることが分かる。これは、水平格子間隔18kmの低分解能なMM5D1では、津に最寄りの格子点が海上に位置してしまう為(粗度長が小)に、結果として、過大な風速を予測したものと推測さ

れる。しかし、メソ気象モデルの高解像度化により、その誤差は解消され、より観測データに近い値をとっている。水平解像度 2km の高分解能な格子点網によって、正確に地形や土地利用を表現できるようになり、その結果、風速予測の精度向上に繋がったものと考察できる。

図 2(a) 及び図 2(b) は、観測データと予測データ (MM5D1 及び MM5D3) との散布図を示している。MM5D1 による予測結果は、高風速から低風速まで比較的ばらつきが大きく、比較的大きな予測誤差を伴っている。しかし、より高解像度な MM5D3 では、MM5D1 に見られる顕著な正のバイアス誤差が解消されており、精度の向上が確認できた。

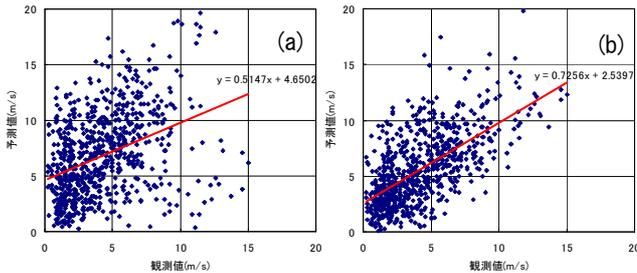


図 2 : 津における風速の観測データと予測データ (a)MM5D1, (b)MM5D3

3. 2 カルマンフィルタによる補正処理の検討

次に、気象庁方式のカルマンフィルタ (以降、KF) とメソ気象モデル MM5 との併用による風況予測の高精度化について検討する。図 3 は、同じく、津における水平格子間隔、18km (以降、MM5D1_KF)、6km (以降、MM5D2_KF)、2km (以降、MM5D3_KF)、および、観測データの風速の時系列を示している (2006 年 3 月 16 日~18 日)。

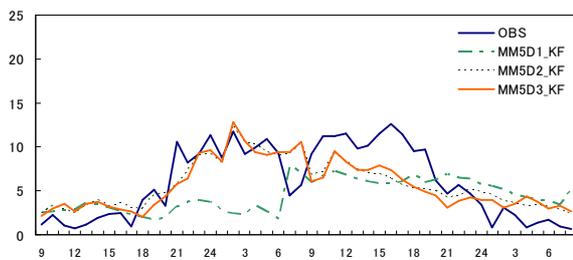


図 3 : KF による統計補正処理を施した風速の観測データと予測データの時系列 (2006 年 3 月 16 日 09 時~18 日 08 時)

MM5D1_KF の時系列を見ると、KF によって低解像度な MM5D1 に含まれる誤差 (図 2(a)) が解消され、その結果 MM5D1_KF の時系列が、観測データに近づいていることが分かる。また、観測データと MM5D1_KF との散布図が示すように (図 4(a)), KF による予測誤差の改善量は、メソ気象モデルの空間解像度が増すことによる改善量に匹敵している。更に、併用するメソ気象モデルの水平解像度を上げて、尚かつ KF を施すことによって、MM5D1_KF 以上にばらつきが小さくなり、高い計算精度を有していることが確認できた (図 4(b))。つまり、KF による誤差修正の効果は、入力するメソ気象モデルのデータの質(水平解像度)にある程度依存しているものと考えられる。

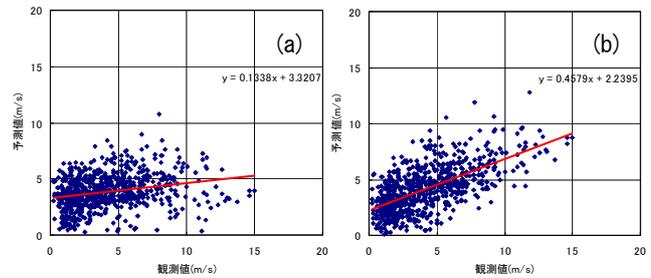


図 4 : 津における風速の観測データと予測データ (a)MM5D1_KF, (b)MM5D3_KF

3. 3 精度検証

表 1 には、津・岐阜・高山における、2006 年 3 月 1 ヶ月間の各風況予測手法による計算精度 (平均二乗誤差) と、その誤差改善率 (MM5D1 の平均二乗誤差を基準として何割改善したか) を示している。

表 1 : 津, 岐阜, 高山における各風速予測データの平均二乗誤差と誤差改善率 (2006 年 3 月 1 ヶ月間)

(a)			(b)		
	KF無し(m/s)	KF有り(m/s)		KF無し(m/s)	KF有り(m/s)
D1	4.56 (0%)	2.89 (37%)	D1	2.97 (0%)	2.14 (27%)
D2	3.11 (32%)	2.28 (50%)	D2	2.15 (27%)	2.00 (33%)
D3	2.94 (36%)	2.20 (52%)	D3	1.91 (35%)	1.87 (38%)

(c)		
	KF無し(m/s)	KF有り(m/s)
D1	2.81 (0%)	1.64 (41%)
D2	1.60 (43%)	1.49 (47%)
D3	1.64 (41%)	1.49 (47%)

(a) : 津市 (b) : 岐阜市
(c) : 高山市

いずれの地点でも、メソ気象モデルの水平解像度を上げることで着実な計算精度の向上を示した。特に山間部に位置する高山市においては、40%近い誤差改善率を示し、モデル内の地形起伏をより詳細に表現することの重要性が理解された。また、第 3.2 節で示したように、メソ気象モデルの水平解像度を上げることに加え、統計補正処理手法による高精度化はより効果的であると言える。しかし、平均風速が小さい岐阜の改善率は、高山や津市に比べて小さいことが表 1 (b) より分かる。つまり、併用するメソ気象モデルの高解像度化により、ある程度精度は改善されるものの、各地域の風況特性によって、その改善率に差があることを理解しておかなければならない。

4. 結論

一般に、メソ気象モデルの水平解像度が増せば増すほど、計算コストは飛躍的に増大する。そのため、計算コストや計算精度から総合的に判断すると、計算精度・計算コストの両面から MM5D1_KF が妥当な設定であると考えられる。今後は、更に、カルマンフィルタの細分化や目的変数の検討などを行うことで、更なる高精度化を目指す必要がある。

参考文献

- 1) 深尾一仁他, 2006: リアルタイム局地気象予測システムによる風力エネルギー量の予測, 風力エネルギー, Vol. 30, pp. 92-98.
- 2) 竹内紘基ら, 2006: 高解像度風況シミュレーションの効率化に関する検討, 太陽/風力エネルギー講演論文集, pp. 359-362.