

局所的風況予測モデル(LAWEPS)と小型ドップラーソーダによる 年間風況予測と検証

長井 浩(日大生産工) 佐々木律子(日本気象協会)
飯坂 崇(英弘精機) 長倉のり子(エコパワー)

1. はじめに

近年数値シミュレーション技術の向上により、複雑地形においても詳細な年間風況分布が得られるようになってきた。H14年度にNEDOで開発した局所的風況予測モデル(LAWEPS)は2000年の全国の年間気象データをベースに、複雑地形でも年平均風速を10mメッシュで精度よく推定することが可能である。本研究ではLAWEPSの応用的な使い方として、小型ドップラーソーダの観測結果を用いた年間風況の推定を行い、地上からの観測結果との比較を行っている。

2. 研究の目的

LAWEPSは2000年の気象を対象とし、他年度やあるいは標準的な気象条件以外の場合の風況についてはユーザ側に計算手順を提供している。そこで2000年のLAWEPS計算結果をベースに、2003年の6月に実施した小型ドップラーソーダ観測結果と同期間のLAWEPS4次領域計算結果を用いて、2003年の年平均風速を推定し、その精度を検証することを目的とする(1), 2), 3)。

3. 対象地域と推定期間

対象地域は青森県六ヶ所村むつ小川原ウィンドファーム(Fig.1)で、エコパワー(株)が風況観測ポールにて地上高50mの風況観測を行っている。2003年通年での観測を行っていることから、このデータを検証データとする。また、風況観測ポール付近では5月30日~7月11日まで長井・エコパワー(株)・英弘精機(株)が小型ドップラーソーダSFASにて地上高20~100mまで5mピッチで風況観測を行っている(Fig2, 3参照)。⁴⁾この詳細データを用いてLAWEPS4次領域計算結果を補正した。なお、LAWEPS工学モデルの4次

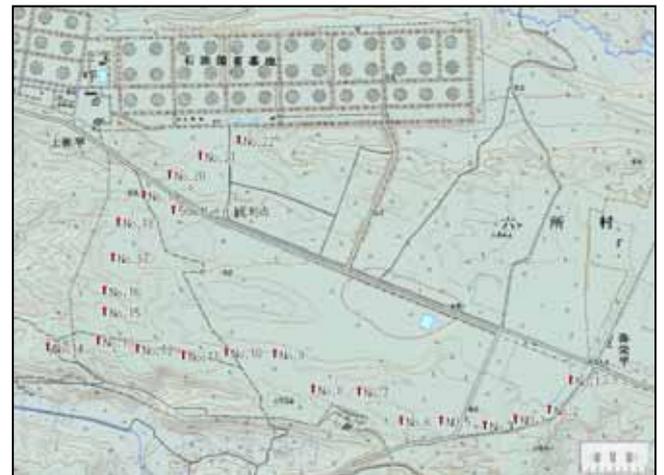


Fig.1 Target area and layout of wind turbines

領域モデルは100mメッシュ、5次領域モデルは10mメッシュで計算することが可能であり、各解像度に適した入力データを用意することで精度のよい計算結果を得ることができる。

本研究では、入力データが容易に入手できること、計算結果を補正するための詳細な観測値が入手できること、また計算時間を考慮して、解像度は100mメッシュとやや粗いLAWEPS4次領域モデルによる計算を行った。

Estimation and Verification of Annual Mean Wind Speed by LAWEPS and Mini Doppler Sodar

Hiroshi NAGAI(Nihon University)
Takashi IIZAKA(Eiko Instruments Co.)

Ritsuko SASAKI(Japan Weather Association)
Noriko NAGAKURA(Eco Power Co.)



Fig.2 Outside Appearance of measurement system Fig.3 Flat Array Sodar and Enclosure

4. LAWEPS による風況計算

LAWEPS による 2000 年年間計算を行った。入力データとなる気象データ(局地気象モデル ANEMOS の計算結果)は既に LAWEPS のデータベースとして整備されているものを利用した。その他の境界条件としては、国土数値情報 50m メッシュ平均標高データ, 100m メッシュ土地利用データを利用し、計算メッシュの影響要因を作成した。初期値となる気象データは局地気象モデルの 2000 年 6 日毎計算出力結果のうち、1 日 4 時刻(12, 18, 24, 3 時)について提供されており、それぞれの時刻について非定常計算を行った。Tbl.1 に LAWEPS4 次領域モデルの概要を示す。

次にドップラーソーダ観測期間のうち、2003 年 6 月について計算を行った。この期間は気象データベースが存在しないので、局地気象モデル(ANEMOS)で新たに毎日の気象場を計算し、その結果のうち一日 4 時刻について同様に LAWEPS4 次計算を行った。Tbl.2 に局地気象モデル ANEMOS の概要を示す。

Tbl. 1 Outline of LAWEPS-4th domain model

Model	modified standard k- model or k- with High-Rynols S- version
Resolution	Horizontal: 100m, Vertical:2m ~ 500m
Input	<ul style="list-style-type: none"> • 50m mesh height data • 100m mesh land use data • Output of ANEMOS

Tbl.2 Outline of ANEMOS

Basic equations	Dynamic equation
	The equation of heat transport
	The equation of water
	Hydrostatic balance
Physical processes	The equation of continuity
	Energy equation between surface and atmosphere
	Forecast of surface temperature
	Second-moment turbulence-closure model

	Transport of turbulence in PBL Radiation process Sub-grid-Scale condensation Precipitation
Numerical procedures	Centered different scheme ADI method Radiative boundary conditions at top and lateral boundaries
Initial value	GPV(grid point value) Topography Land use parameter SST(sea surface temperature) Depth of snow
Resolution	Horizontal: 1km, Vertical: 10m ~ 400m

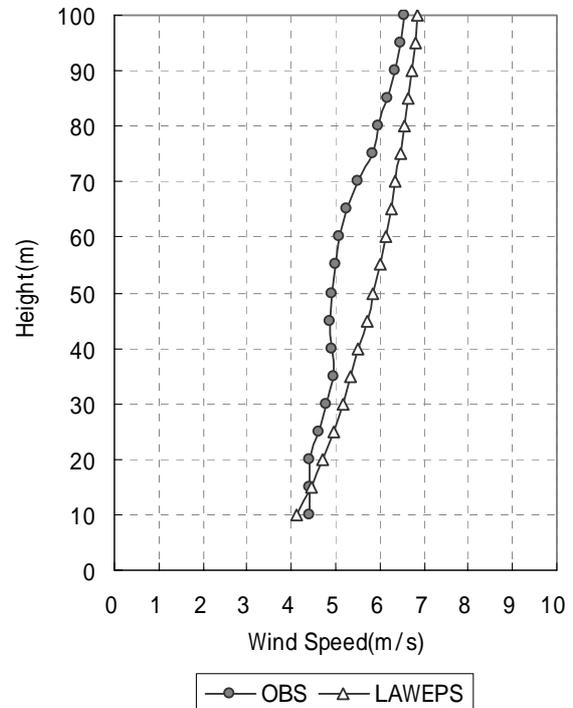


Fig.4 Vertical wind profile (Jun. 2003 monthly mean)

5. ドップラーソーダによる鉛直風補正

ドップラーソーダの観測結果のうち、2003 年 6 月 1 日 ~ 30 日の取得データについて、観測高度別に平均風速を算出し、LAWEPS の 6 月平均値と比較した。Fig.4 に月平均風速の鉛直分布を示す。2003 年の 6 月平均で比較すると、地上 ~ 35m, 85 ~ 100m では両者は良く一致した結果となっているが、40 ~ 75m 付近、特に地上高 60m 付近で観測値は風速の極小域となっており、一般的な風速の鉛直プロファイルとは異なる分布になっていた。そこで、LAWEPS の風の鉛直プロファイルを

Tbl.3 Vertical accuracy at reference point

Layer Height(m)	Wind Ave (Jul. 2003)		LAWEPS Error	OBS/LAWEPS
	OBS	LAWEPS		
10	4.41	4.11	-6.8%	1
15	4.40	4.45	1.1%	0.99
20	4.43	4.72	6.5%	0.94
25	4.61	4.94	7.2%	0.93
30	4.79	5.15	7.5%	0.93
35	4.94	5.34	8.1%	0.93
40	4.91	5.52	12.4%	0.89
45	4.89	5.70	16.6%	0.86
50	4.91	5.84	18.9%	0.84
55	4.98	5.99	20.3%	0.83
60	5.07	6.13	20.9%	0.83
65	5.26	6.27	19.2%	0.84
70	5.50	6.36	15.6%	0.86
75	5.83	6.46	10.8%	0.90
80	5.98	6.55	9.5%	0.91
85	6.16	6.65	8.0%	0.93
90	6.35	6.74	6.1%	0.94
95	6.49	6.80	4.8%	0.95
100	6.56	6.86	4.6%	0.96

*OBS/LAWEPS=Coefficient for vertical adjustment

補正するために、各計算高度において、観測値とLAWEPS計算値の比を取り、その値を鉛直方向の風速補正值とした。Tbl.3 にドップラーソーダの観測高度別に統計した月平均風速の比較とLAWEPS4次領域計算誤差(観測値に対する相対誤差)、高度別風速補正比を示す。

LAWEPSの時間別計算結果に高度別風速補正係数を一律に乗じることにより、3次元的別な風況計算結果が得られた。Fig.5 に推定された地上高50mにおける計算領域内の6月平均風速分布マップを示す。Fig.6 に3杯・矢羽根とFig.7 にドップラーソーダで観測されたウィンドローズを示す。両者では主風向が1セクタ異なり、観測手法の相違も影響があると考えている。

ウィンドファーム内の風車ナセルの風速値(高さ65.7m,ロータの下流側設置)と、該当するメッシュの推定月平均風速値を比較し、Tbl.4の結果が得られた。風車No.20は位置的にドップラーソーダ観測点に非常に近いことから、ナセル上で計測した風速の誤差は約5%程度と考えられる。またエリアにおいては東西方向の風向頻度が非常に多いことから(風況ポール50m観測結果風配図Fig.6参照)、東西方向に並ぶ風車間(表4のNo.4,5,8,10,12,13号機)のウェイクの影響は大きいと考えられる。以上を考慮すると、LAWEPSの水平方向の表現性は非常によいと言える。なお、Tbl.4に

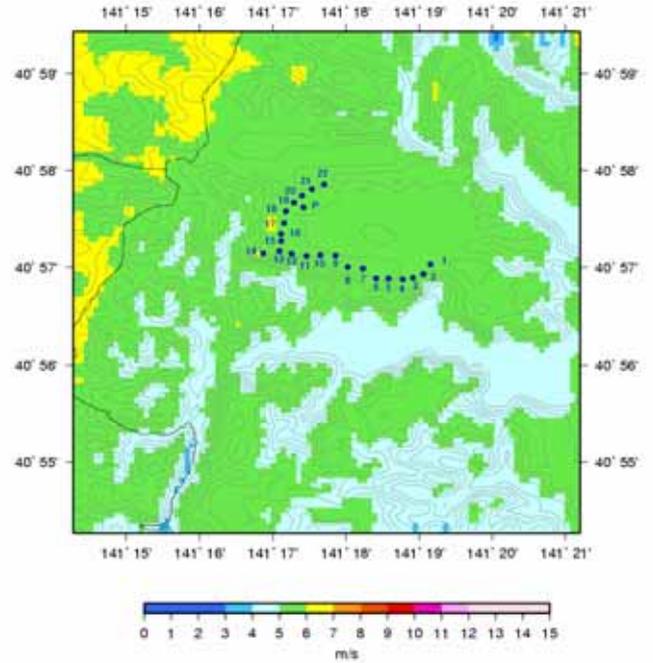


Fig.5 Distribution of wind speed (Jun. 2003 monthly mean at 50m from surface)

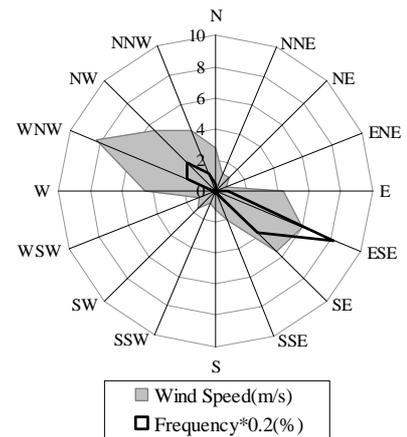


Fig.6 Wind-rose of NRG observation data (Jun. 2003, Height=50m from surface)

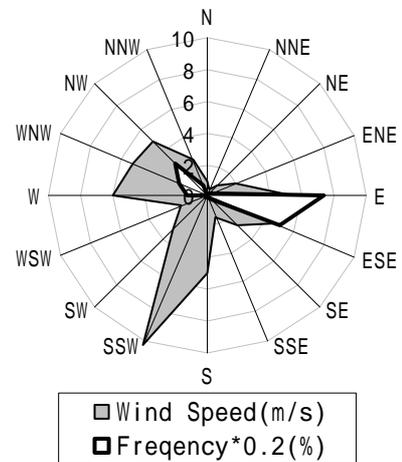


Fig.7 Wind-rose of Sodar observation data (Jun. 2003, Layer height=50m from surface)



Fig.8 Wind-measured position on nacel in the Turbine

Tbl.4 Horizontal accuracy of LAWEPS (Jun. 2003)

Turbine	OBS	LAWEPS	Error
No1	4.61	4.85	5.1%
No2	4.59	4.90	6.8%
No4	4.57	4.98	8.9%
No5	4.38	5.08	15.9%
No8	4.28	4.96	16.0%
No10	4.39	5.14	17.1%
No12	4.48	5.17	15.3%
No13	4.63	5.23	12.9%
No14	5.17	5.35	3.4%
No16	5.13	5.34	4.1%
No17	5.21	5.28	1.4%
No18	5.44	5.33	-2.0%
No20	4.95	5.27	6.5%
No21	5.33	5.22	-2.0%
AVE	4.80	5.15	7.8%

*OBS: No-calibration wind data on each nacel

において、航空障害灯設置号 (No.3, 6, 7, 9, 11, 15, 19, 22) は統計から除外した。

次に、求めた鉛直方向の補正値を用いて、2003年の年平均風速を推定した。はじめに2000年と2003年の月平均風速の年度間補正比を最寄りの気象庁観測地点であるアメダス六ヶ所の毎時風速データ(風速高度は8.5m)から算出した。Tbl.5の年度間風速補正値は2003年の月別平均風速を2000年で割ったものである。年平均風速を比較するとその比は0.92で2003年は標準年である2000年よりやや風速が弱かったが、月別に比較すると、1, 2, 6, 7月には2003年の方がやや強かった。

Tbl.5の年度間補正値と、Tbl.3の鉛直方向の風速補正値を、2000年のLAWEPS時刻別計算結果に乗じることにより、簡易的に2003年の風況データを作成した。なお、鉛直方向の風速補正値は6月の観測結果を他の月も一律に適用させた。その結果はTbl.6に示すように、50m観測値との推定値の相対誤差は3.66%と非常に高い精度の結果が得られた。

Tbl.5 Coefficient for year adjustment at each month

Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.
Cf_y	1.28	1.11	0.96	0.71	0.78	1.07
Month	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Cf_y	1.30	0.85	0.79	0.86	0.74	0.82

*Cf_y: Coefficient for year adjustment,(Year03/Year00)

Tbl.6 Accuracy of Annual mean wind (2003)

	OBS (50m)	Estimation (50m)	Error
AVE	5.46m/s	5.66m/s	3.66%

5. 結果とまとめ

観測値を用いて、LAWEPSの4次領域2000年年間計算結果から2003年の年平均風速を推定した結果、相対誤差は約3.7%で非常によい推定結果が得られた。この結果から、1ヶ月程度の短期間であっても小型ドップラーソーダによる鉛直方向の詳細な観測データをLAWEPSの年間計算値と組み合わせれば精度の高い推定が行えることが分かった。今回の場合、6月のみの鉛直方向の風速補正値を他の月にも一律に適用させたが、推定結果の妥当性を考慮すると、年間を通じて鉛直方向の風の鉛直プロファイルが様でないことが考えられる。したがって、年間を通じての風況観測に基づくドップラーソーダによる検証が必要である。

風力発電機の出力規模が大型化する中で、風車ハブ高度は60~80mに達し、風況ボールの風向風速測定は困難になりつつある。ドップラーソーダの風況観測はハブ高度付近の測定を可能にする測定法で、水平風速の鉛直プロファイルも従来と少し異なる結果が明らかにされている。今後、観測条件として周囲の環境、季節による気候特性を考慮した上でのドップラーソーダの特性精査が必要と考えている。風車設置地点の選定に不可欠な風況シミュレーションにおいて風の鉛直プロファイルをチューニングすることで、風況予測精度が向上させることが可能となった。引き続き他地点や他期間における調査を行う必要があると考えている。

6. 参考文献

- 1) 野口善弘, 「NEDO 局所風況マップと局所的風況予測モデル(LAWEPS)について」, pp70-73, 風力エネルギー, Vol.28, No.2, 2004
- 2) 林宏典, 「局所的風況予測モデル(LAWEPS)の技術的特長」, pp74-76, 風力エネルギー, Vol.28, No.2, 2004
- 3) URL://www.jwa.or.jp
- 4) 長井浩, 飯坂崇, 長倉のり子, 「風力発電のためのドップラーソーダの有効性」, pp309-310, 太陽・風力エネルギー講演論文集, Nov. 2003