

「風力発電機位置決定方法及び風力発電量予測方法」に基づく風況評価

谷川亮一* 早崎宣之** 高木哲郎** 福田寿**
志垣大介*** 露木和彦***

1. はじめに

近年、地球環境問題への意識が高揚するなか、CO₂を排出しないクリーンエネルギーとして、また有限な地下資源に依存しない新しい純国産エネルギーとして、風力発電が注目されており、風力発電施設が数多く検討、建設されている。

このような状況の中、風力発電を建設する前の事業性評価として、風況評価、発電量評価が必須となる。風力発電の賦存量を評価する手法としてはデンマークで開発された Wind Atlas Analysis and Application Program(WASP)⁽¹⁾が欧州で広く用いられている。しかしながら、日本国内の複雑な地形が対象となる場合はWASPによる評価では対応しきれない場合がある。

一方、複雑地形上でも対応することのできる評価手法として、日本国内において数値流体力学に基づくシミュレーションモデルの開発が進んでいる⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾。この手法は従来の統計的な推定方法とは異なり、気象庁等が配信する GPV データ等を数値モデルの初期値等にご利用し、時系列的に大気の状態の再現計算を行うことで、年間の風況及び発電量を推定する手法である。本論文では、(株)CRCソリューションズが取得した特許「風力発電機位置決定方法及び風力発電量予測方法」****に基づいた手法で推定された風況推定値と、電源開発株式会社によって風力発電施設の建設が予定されている福島県郡山市湖南町布引地区の風況実測データと比較した結果を報告する。

*会員,株式会社 CRCソリューションズ応用気象解析部(〒136-8581 東京都江東区南砂 2-7-5)
**非会員,同上
***非会員,電源開発株式会社(〒104-8165 東京都中央区銀座 6-15-1)
****特許第 3226031号,2001年 8月 31日取得

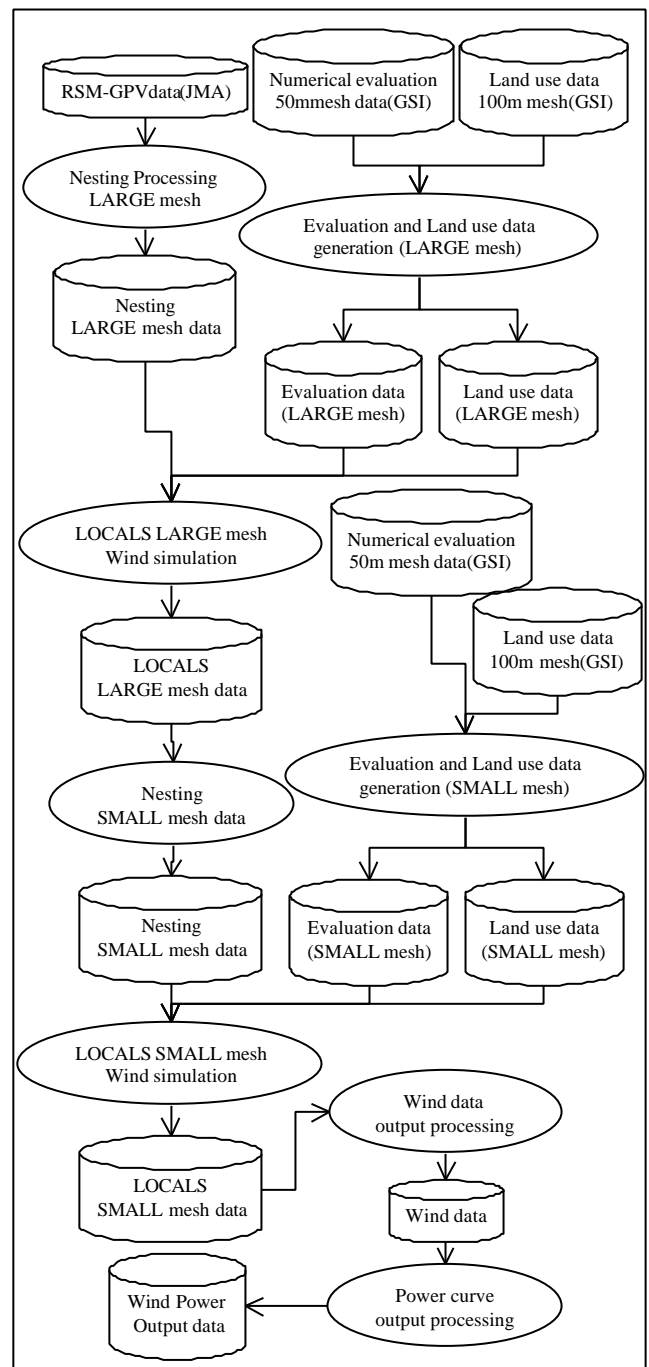


図 1 手法の概念図

2. 手法の説明

2・1 手法の概要 風況評価を行う上で、「風力発電機位置決定方法及び風力発電量予測方法」に基づいた方法で評価を実施した。この手法の概念図を図 1 に示す。

図 1 に示すように、風力発電施設を含む水平数 100km 四方、鉛直 10km、メッシュ間隔数 km の広領域を設定し、過去の RSM-GPV データを入力値とし、対象領域における風況を、一定期間(数ヶ月から数年)計算する。出力データはすべてのメッシュにおける気温、湿度、気圧、風向・風速、大気密度等の気象要素であり、単位時間(10 分間隔～1 時間間隔)毎に保存される。

次に、広領域モデルの出力結果を入力値として、水平数 10km、鉛直 10km、メッシュ間隔数 10m～数 100m の狭領域を設定し、広領域モデルと同じ期間の狭領域風況シミュレーションを行う。出力データは広領域風況シミュレーションと同じものを単位時間毎すべてのメッシュについて保存する。

保存された出力データから対象地点(風況観測地点、風力発電機地点)の風況データを抽出し、対象地点の風況データとする。また、発電量評価を行う場合は、風力発電機の発電特性曲線を用い、単位時間毎の風速データから発電出力を算出し、一定期間の積算を行うことで、発電量の推定を行う。

2・2 風況シミュレーションの説明 広領域、狭領域風況シミュレーションは(株)CRCソリューションズが開発した局地気象評価予測システム(Local Circulation Assessment and Prediction System; LOCALS™)⁽³⁾⁽⁴⁾を使用した。

LOCALS™ は気象庁が数値予報に用いている Regional Spectral Model(RSM)の予報値を初期値及び境界値として用い、局地的な地形や土地利用状況を加味し、時間積分を行うことで、過去・未来の局地気象シミュレーションを行うものである。

RSM は、日本列島全域を含む極東アジアの領域(北緯 20 度から 50 度、東経 120 度から 150 度)の数値予報を実施しているため、LOCALS™ では、日本国内の任意の場所において評価を実施することができる。また、日本以外の場所では、気象庁が提供する Global Spectral Model(GSM)モデルの予測結果、もしくは、米国、欧州等が予測を行っている全球モデルの予測結果を利用することができ、全世界の任意の地点でも評価が可能である。

表 1 LOCALS™ の概要

Basic set of Equations	Hydrostatic full equations
Horizontal coordinate	Polar stereo coordinate
Vertical coordinate	Terrain following coordinate
Turbulence model	Mellor-yamada level 2.0
Surface Temperature	Land surface model (land)/ Force restore method (sea)
Surface boundary layer	Monin-Obukhov similarity rule
Short wave radiation	Scattering and absorption by Cloud (STEPHENS method) Absorption by Ozon (Lacis & Hansen ,GREEN function) Transmissivity (Kondratyev) Absorption by water vapor (MaCumber)
Long wave radiation	Emissivity of water vapor (Atwater) Emissivity of CO2 (Kondratyev)
Boundary layer	Sponge Layer (Computational diffusion , Rayleigh Damping)
Space finite difference scheme	Energy conservation scheme (Kikuchi and Arakawa)
Time finite difference schemes	Euler-Backward and Implicit method
Rain fall	Cold rain model (Lin)

表 1 に示すように、基本方程式系は静力学完全圧縮方程式系を採用した。この方程式系は、鉛直方向の運動が水平方向の運動に比べ充分小さいとした仮定のみを取り扱い、大気中の空気密度を予測変数として取り扱っている。

降水過程は Lin の Cold rain モデルを採用し、水蒸気、雲水、雨の他、雲氷、雪、霰を予測変数として取り扱っている。

放射過程は二酸化炭素、オゾン等の他、大気中の雲水量等の吸収、射出、散乱、反射を考慮している。

地表面過程は、国土地理院の土地利用データ(100m メッシュ基準)を基本とし、1 格子内に存在する 15 種類の土地利用の比率に基づき、地表面粗度、含水率、熱伝導率、熱容量をパラメータ化し、地中 1.8m までを 7 層に分割して熱伝導方程式を解いている。

鉛直方向は約 10km を 25 層に不等間隔に分割し、地形に沿った地形準拠座標系を採用した。

側面・上部境界条件は、側面から 5 格子までを緩和領域とし、親モデルからの流入、流出を考慮に入れ、モデルの外部の大気状態を取り入れることにより、高低気圧の移動等による大気の擾乱を考慮している。

本論文の標高データは数値地図 50m メッシュデー

タ、土地利用データは土地利用データ(100m 基準)(いずれも国土地理院発行)を使用し、初期値・境界値データは気象庁の数値予報 RSM-GPV データを使用した。

LOCALS™ による風況予測は、必ずしも風況の実測値を必要としないが、オプションとして、風況実測値を取り入れることも可能である。

3 . 評価サイト及び評価方法

3・1 評価サイト 今回の風況評価サイトは、現在電源開発株式会社によって風力発電施設の建設が予定されている福島県郡山市湖南町布引地区を対象とした(図 2)。当該地区は福島県猪苗代湖の南方約 15km に位置し、標高は約 1000m で北西～南東方向が約 4km、南西～北東方向が約 2km の台地上になっており、台地周辺との標高差は約 400m の典型的な山岳域に位置している。

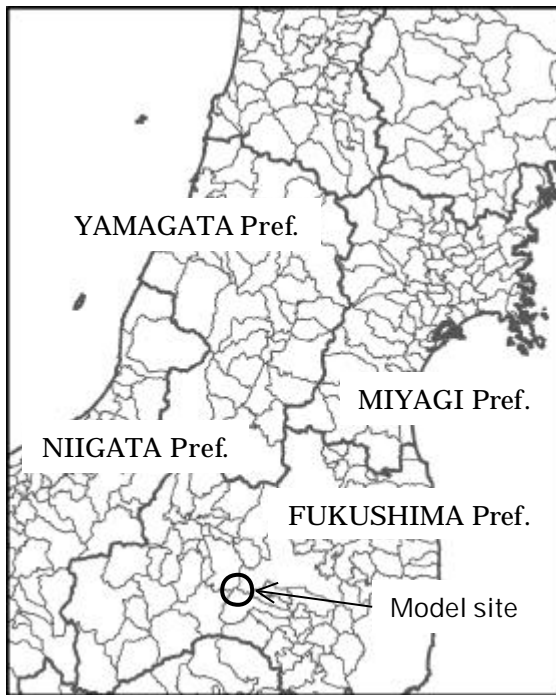


図 2 対象サイト位置図

3 . 2 評価方法 今回の風況シミュレーションは当該地点において風況観測が実施された期間の 2000 年 5 月 10 日から 2000 年 9 月 30 日の約 5 ヶ月間を対象とした。初期値、境界値データとして RSM-GPV データの 2000 年 5 月 10 日 9 時を開始日とした。以降、毎日 9 時、21 時を初期値とする 12 時間分の風況シミュレーションを 2000 年 9 月 30 日 21 時まで全 288 回実施し、当該地点の風況観測データ地点における風況推定値を 1 時間毎に出力した。

広領域モデルのメッシュ間隔は 3km、狭領域モデルのメッシュ間隔を 500m とし、それぞれ水平方向 150km 四方、15km 四方、鉛直方向は 10km までをシミュレーション領域とした。

図 3 に広領域(3kmメッシュ)シミュレーション領域、図 4 に狭領域(500mメッシュ)シミュレーション領域を示す。

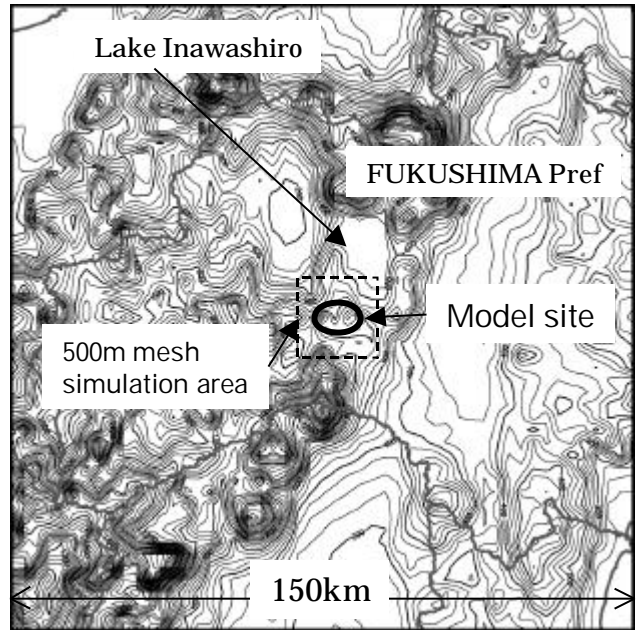


図 3 広領域(3kmメッシュ)シミュレーション領域

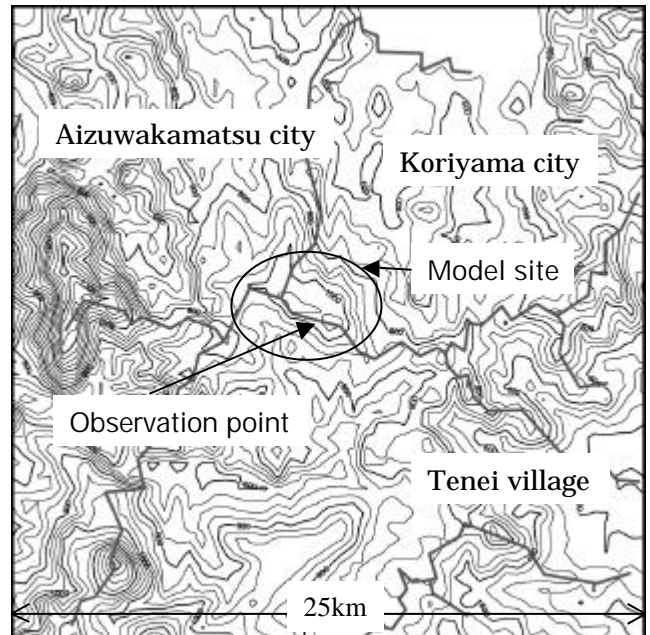


図 4 狭領域(500mメッシュ)シミュレーション領域

図 4 に示された位置に、高さ 40m の風況観測塔が設置されており 2000 年 5 月 10 日 15 時から 2000 年 9 月 30 日 23 時まで 1 時間間隔毎に風向・風速が地上高

20m、30m、40mにおいて観測されている。したがって、この観測期間における月平均、期間平均値での風況の評価を行った。

4. 評価結果

表2に地上高20m及び地上高30mの月平均実測値、推定値を、図5、図6に地上高20m、30mにおける月平均風速の実測値、推定値の時系列図を示す。

表2 地上高20m及び30mにおける実測値、推定値の月平均風速値 単位:m/s

Month Unit [m/s]	z=20m		z=30m	
	Obsevation	Simulation	Obsevation	Simulation
May-00	5.32	5.58	5.78	5.93
Jun-00	4.04	4.29	4.50	4.55
Jul-00	4.37	4.23	4.88	4.49
Aug-00	3.23	3.02	3.64	3.19
Sep-00	5.33	5.53	5.89	5.87
Average	4.39	4.46	4.88	4.73

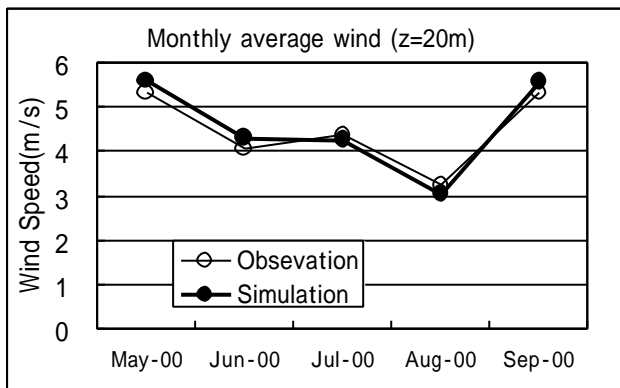


図5 地上高20mにおける実測値、推定値の月平均風速時系列図

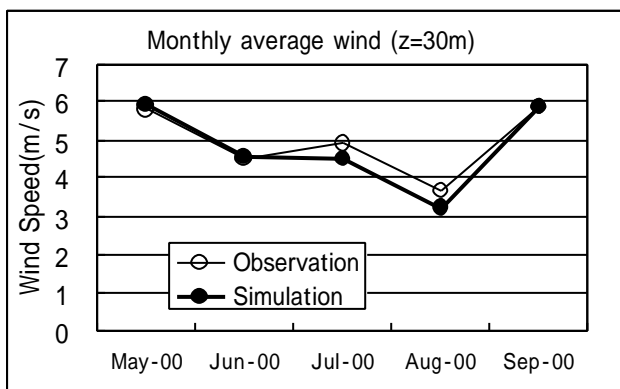


図6 地上高30mにおける実測値、推定値の月平均風速時系列図

表2から高度20mでの期間を通しての平均風速は実測値が4.39m/s、推定値が4.46m/sと0.07m/sの差となっており、高度30mでの期間を通しての平均風速は実測値が4.88m/s、推定値が4.73m/sとその差が0.15m/sであった。

月平均風速においても最大で、0.6m/sであり、良好な精度で推定されている。

5. まとめ

今回、特許第3226031号「風力発電機位置決定方法及び風力発電量予測方法」に基づいた風況シミュレーション手法により、福島県郡山市湖南町布引地区での風況観測塔における風況評価を行った。その結果、2000年5月～9月までの約5ヶ月間の平均風速の誤差は高度20mで、0.07m/s、高度30mで0.15m/sであり、極めて良好な精度で推定できることが明らかとなった。

この結果は、風況観測データがない場合において日本国内における複雑な地形においても、本手法を用いることにより、風力発電施設の適地を選定できることを示唆している。さらに、観測データを本手法に取り入れることによる発電量推定も精度よく推定される可能性を秘めているものと思われる。

参考文献

- (1) Riso National Laboratory, European Wind Atlas, 1989.
- (2) S.Enomoto et al., Prediction of power output form wind farm using locals meteorological analysis, 2001 European Wind Energy Conference,2001,749-752.
- (3)榎本他,局地気象解析を用いた風力発電量の予測,太陽/風力エネルギー講演論文集,2000,211-214.
- (4) 鈴木,局所風況予測システム全体の概要,「シンポジウム:風力発電タービンの最適立地探査法」,2002,9-11.
- (5) Y.Kikuchi et al., Numerical Study on the Effects of Mountains on the Land and Sea breeze Circulation in the Kanto District, Journal of Meteorological Society of Japan,1981,723-738.
- (6) F.Kimura et al., A Numerical Experiment of the Nocturnal Low Level Jet over Kanto Plain, Journal of Meteorological Society of Japn,1983,848-861.