

竜飛ウインドパークにおける風力発電機の 発電量シミュレーション

松坂知行*, 土屋敬一**, 山田佐佳**

Power generation simulation of TAPPI wind park

Tomoyuki MATSUZAKA*, Keiichi TSUCHIYA**, Sayoshi YAMADA**

Abstract

For the efficient capture of wind energy in the wind park, the exact wind resource assessment is necessary before installation of wind turbines. So far, a wind energy estimation method based on direct instrumentation using several anemometers has been used. However, such a measurement method necessitates a number of instruments and needs much time. This paper presents a numerical simulation method. WASP code was used as simulation code. The simulation results in TAPPI wind park were compared with measurements, and showed close agreement.

1. ま え が き

風力エネルギーは地球環境に対して汚染を与えないため米国、EC諸国で実用化が推進されており、すでにこれらの諸国ではWind Atlas (風況マップ) も作成されている⁽⁵⁾。わが国においても昭和61年NEDOに大型風力発電技術開発委員会が設置され、日本全体の風況観測が続けられている。風力エネルギーの賦存量を推定するには、気象庁のAMeDASや海上保安庁の燈台などのデータを用いて統計的に推定する方法、横型を製作し風洞実験から得られたデータで予測する方法⁽¹⁾、候補地点に風速計を設置して直接的に風速、風向きに関するデータを採取する方法、数値シミュレーションによる方法などがある⁽²⁾⁽³⁾。本稿では、デンマークのRiso国立研究所で開発され、欧州のWind Atlasの作成にすでに利用された実績のあるWASP⁽⁶⁾

を用いた。WASPは一つの実観測データを用いて、三次元的な地形因子を考慮しながら末観測地点の風況を推定できるという特長をもっている。しかし日本では実観測値と比較された実績がないため、今回建設された竜飛ウインドパークに適用し風速、発電量の実測値と計算値を比較してみた。以下その結果を報告する。

2. WASPの概要^{(4),(7),(8)}

本節ではWASPの概要を説明する。

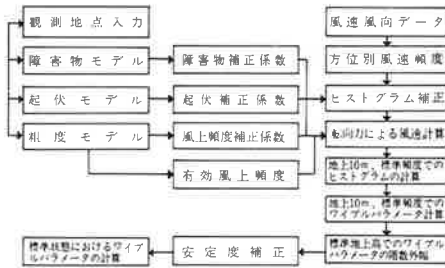
(a) 風況解析

測定点に風速計を設置し風速、風向の時系列データを採取する。また観測地点の地表粗度、障害物、3次元地形起伏データを入力する。つぎに地表粗度、障害物、3次元地形起伏の風況に与える影響は相互に独立的不是ないので、相互作用を考慮して計算を行い、12方位毎の風速、風向の分布を表すワイブルパラメータ(尺度定数、形状定数)を求める。

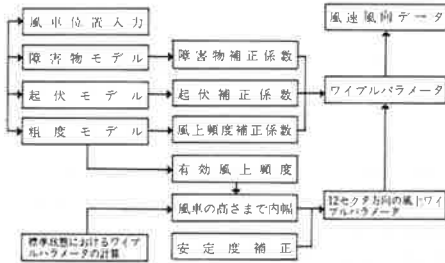
平成5年12月15日受理

* 八戸工業大学 情報システム工学研究所 教授

** 東北電力電力技術研究所主幹研究員



(a) 風況解析計算フロー



(b) 応用解析計算フロー

図1 WASP の計算フロー

また測定点の地表粗度，障害物，地形の起伏の影響を除いて，ある標準状態の風速，風向を計算する。これにより観測地点の固有な条件を除いた標準データが得られる。

(b) 応用解析

つぎに(a)で得られた標準データをもとにして，他の地点の風点の風況，発電出力量などを予測する。このためには，その地点の位置，地表粗度，障害物，風車出力曲線，ハブの高さのデータが必要である。この予測は，その地域のどの地点に，どんな風車を設置したらどれだけの出力が得られるかをシミュレーションするもので WASP では逆方向計算と呼んでいる。

図1に WASP の計算フローを示す。図2は地表粗度モデルの概念を示し，粗度 Z_{01} の地表を通過してきた風は粗度 Z_{02} の地表を通過するときに流れが変化する。粗度の値は WASP による経験的なデータによって与えられる。図3は障害物モデルで，森林，建造物などの障害物は，観測点近傍で風速の変化に大きな影響を与

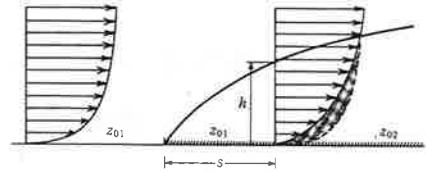


図2 地表粗度モデル

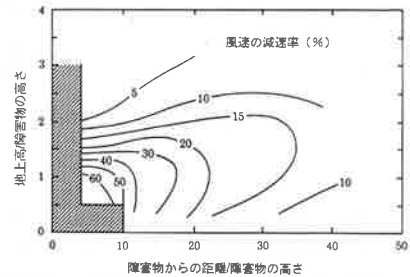


図3 障害物モデル

える。データとしては障害物の位置と風通過率を入力する。図4に地形起伏モデルを示す。丘陵，山，谷などの高度変化は風の流れに大きな影響を与える。実際のデータは地図の等高線をデジタイザで入力する。

3. WASP による風況計算

本節では竜飛岬で実際に観測された風速，風向，観測点周辺の地表粗度，障害物，地形起伏データを用いて WASP による計算を行い，実測値と計算値の比較を行ってみる。またこの風況解析をもとにして風車出力曲線，ハブの高さ，設置点の地表粗度などを入力し発電電力量を推定してみる。

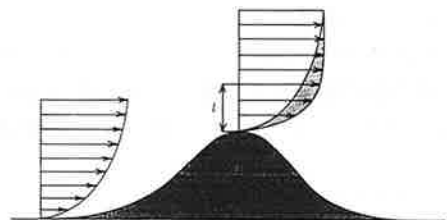


図4 地形起伏モデル

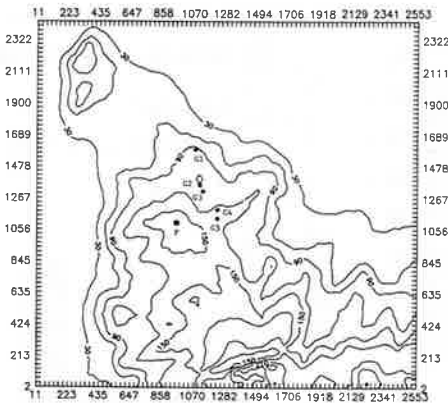


図5 竜飛岬の風時計と風車発電機的位置

図5は竜飛岬の、地上高10mに設置された観測風速計と5台の発電機的位置、図6は三次元地形図を示す。図から分かるように風車の設置地点は起伏が多い典型的な山岳地形である。つぎに地表粗度、障害物については現地調査の上植物の植生、建物の位置、大きさ、高さを確認してデータを入力した。また風車発電機の出力曲線を図7に示す。

図8、9は観測風速計のデータを用いて、5台の発電機のハブの高さの推定風速と測定値を比較したものである。季節を二つに分けたのは、1～3月は雪が地表を覆い滑らかであるのに対し、4～6月は草木が茂り粗度が増すためである。その他の季節は、観測風速計のデータと発電機のハブ位置のデータ観測期間が一致していないため、比較を行うことができなかった。二つの図を比較すると、図8では第一発電機の風速の実測値が推定値に比較して多めにでている

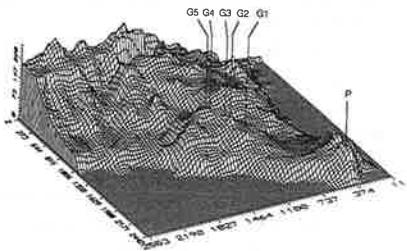


図6 3次元地形表示

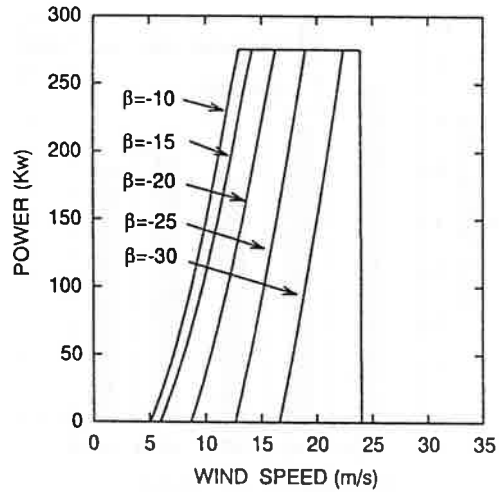


図7 風車発電機の出力曲線

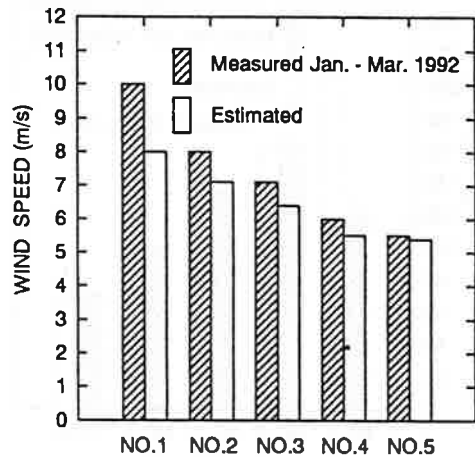


図8 風速の推定値と観測値の比較

が、ほぼ両者は合っていると云える。図9では、第三発電機の風速の推定値が多めにでているが、その他の発電機の風速はほぼ合っている。また図8で全般に実測値の推定値より多く、図9で推定値の方が実測値より多めになっているのは、地表粗度の評価の仕方と1～3月と4～6月の風向の卓越成分の相違に基づくものと思われる。すなわち1～3月はWS、4～5月はWであるため、山に遮蔽された第三発電所の風速が弱められるためと思われる。

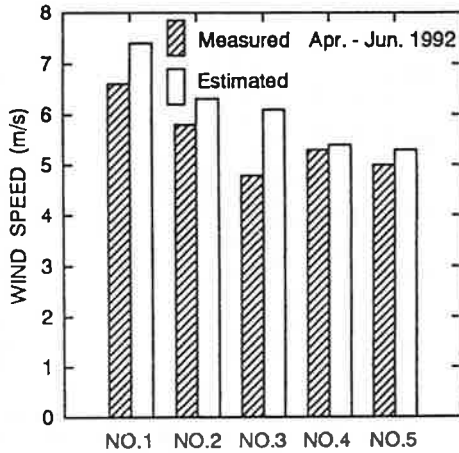


図9 風速の推定値と観測値の比較

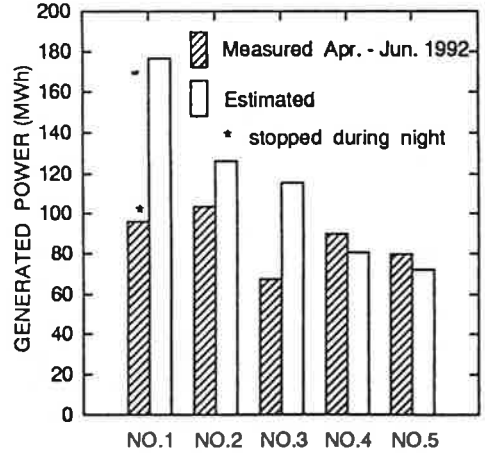


図11 発電量の推定値と観測値の比較

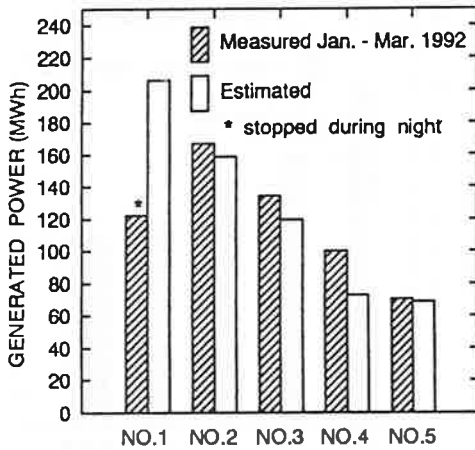


図10 発電量の推定値と観測値の比較

図10, 図11は発電量を比較したものである。発電量は風速の3乗に比例するので、風速の推定値と測定値の差の大きい発電機では、発電量の差は拡大される。つぎに第一発電機は、管理上の理由で夜間運転をしていないため、正確な比較ができない。風速の推定値と測定値が一致している発電機では、発電機はほぼ一致している。

4. ま と め

以上 Wind Atlas 解析プログラム WASP を竜飛風力発電所へ適用し風速、発電量の観測値と推定値を比較してみた。この結果実測値と予測値はほぼ一致することがわかった。しかし予測の精度を確認するには今後さらにデータの積み重ねが必要である。

5. 参 考 文 献

- (1) 土屋他：ウインドパークにおける個々の風車の取得エネルギーの予測法，日本機械学会流体工学部門講演会講演論文集，No. 910-50，1991年8月
- (2) Three-dimensional diagnostic wind field and transport model, Los Alamos National Laboratory
- (3) HOTMAC/RAPTAD, Yamada Science & Art Corporation
- (4) 長井：風況解析プログラム(WASP)について，第12回風力エネルギー利用シンポジウム，p. 45，1990年11月
- (5) European Wind Atlas, Riso National Laboratory, p. 55-65, 1989
- (6) I. Troen, Anne De Bass: A spectral diagnostic model for wind flow simulation in complex terrain, Proc. of EWEA conference, p. 243-249, 1986

- (7) 松坂：風力エネルギーの賦存量の計測，計測自動制御学会第129回東北支部研究集会資料，No.129-9, 1991年
- (8) 松坂：風況解析プログラムWASPによるWind Atlasについて，第13回風力エネルギー利用シンポジウム，p.45, 1991年11月
- (9) 松坂：風力エネルギーの賦存量推定シミュレーション，第11回シミュレーション・テクノロジーコンファレンス，p.149
- (10) 松井他：三次元地形データを考慮した風力エネルギーの賦存量推定シミュレーション，平成4年度電気学会全国大会，12-162