

## 複雑地形における局所風況の数値予測 その2 実測による検証

東京大学大学院 学生員 堀籠 健  
 東京大学大学院 正会員 石原 孟  
 東京大学大学院 フェロー 藤野陽三

## 1. はじめに

構造物に作用する風荷重は風速の2~3乗, 風力発電量は風速の3乗に比例する。そのため複雑地形上に建設される土木構造物の風荷重を正確に評価するには平均風速と乱れを精度よく予測する必要がある。現在世界で広く使用されている風況予測モデルのほとんどは線形モデルに基づくものであり、複雑地形を有する我が国においてはこのような線形モデルを適用すると、予測結果に大きな誤差が生じることがある<sup>1)</sup>。非線形モデルに基づく新しい風況予測手法の開発が望まれる。

しかし、非線形モデルを用いて実地形における風況予測を行う場合に、その<sup>1)</sup>で述べたように境界処理が必要である。いまのところ、実測結果と比較し、非線形モデルの予測精度を検討した例が少ない。そこで、本研究ではその<sup>1)</sup>で提案された境界処理方法を用いて実地形を対象に非線形モデルによる風況予測を行うと共に、観測データと比較することにより複雑地形上での非線形モデルの予測精度を明らかにする。

## 2. 対象地点と解析条件

本研究では青森県の竜飛岬を解析の対象とした。そこには東北電力(株)の集合型風力発電基地「竜飛ウインドパーク」があり、現在、11台の風車が設置されている。図1には竜飛ウインドパークの全景を示す。風車1~11号機のナセルの上に風車型風向風速計が設置されており、風速・風向の10分平均値が観測されている。本研究では1997年の観測データを検証データとして用いた。なお、予測対象は1997年当時の10台の風車とした。

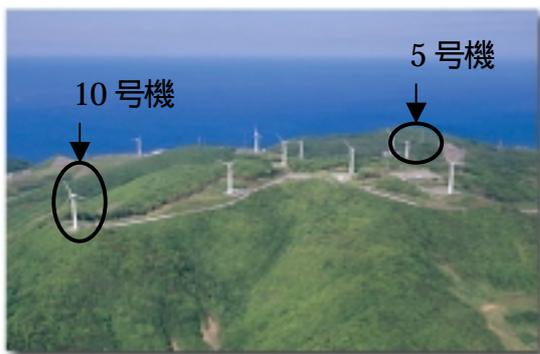


図1 竜飛ウインドパークの全景

第3章に示すように竜飛ウインドパーク内の10台の風車はその年平均風速が設置地点によって大きく異なる。年平均風速が最大の10号機と最小の5号機ではその差が1.8倍である。本研究

はまず非線形モデルにより年平均風速が大きく異なる理由を探ってみた。

風況予測に必要な地形と粗度のデータは国土地理院発行の50mメッシュ数値標高データと日本地図センター発行1/10細分区画土地利用データを使用した。ここでまず竜飛ウインドパークを中心とした10km四方の領域内の標高と粗度データを作成した。そして、青森県三厩村発行の1/2500図と竜飛ウインドパーク上空の航空写真を用いて、50mメッシュ数値標高データで表現されていない細部地形と粗度については手作業により修正を行った。解析では上空風速を6m/sと設定した。なお、本研究では竜飛岬灯台で観測された風向・風速データを用いてウインドパーク内の風向・風速を求めた。

## 3. 風況予測結果

まず複雑地形が平均風速場に与える影響を調べるために、5号機と10号機の位置におけるE-W断面内の平均風速ベクトルを図2に示す。カラーコンタは流れ方向の速度成分の大きさを表す。この図から分かるように、5号機は山頂の窪んだ地点に位置しているため、風車高さでの風速が大きく減少している。一方10号機は上り斜面の増速場所に位置しているため、風車高さにおける平均風速が大きくなっている。

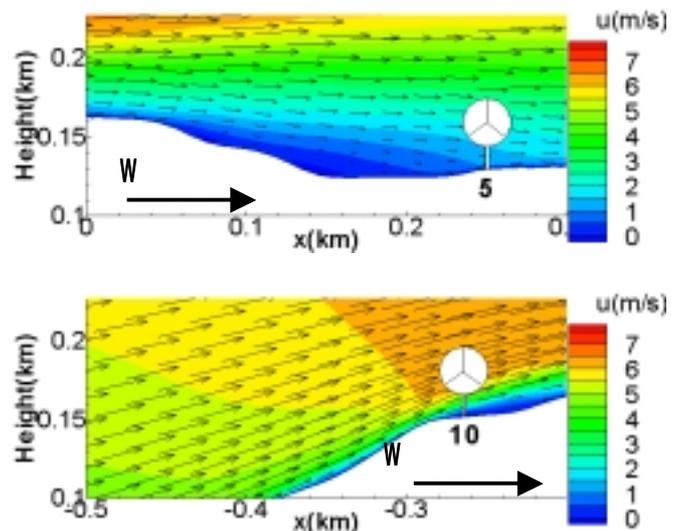


図2 E-W断面内の平均風速ベクトル(上:5号機 下:10号機)

図3は5号機と10号機におけるW風向の平均風速分布を示す。5号機では風車高さでの風速が上空風速の半分以下に減少している。一方、10号機では上空風速よりも大きくなっている。

キーワード: 局所風況, 数値予測, 複雑地形, 年平均風速, 風配

連絡先 : 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 TEL 03-5841-6099 FAX 03-5841-7454

表1 非線形と線形モデルによる年平均風速の予測誤差の比較

風車番号 モデル	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10機平均
線形モデル	5.3	23.1	34.7	14.5	35.2	2.2	8.9	1.2	8.6	4.9	<b>14.2</b>
非線形モデル	1.5	2.4	9.2	0.7	11.0	2.5	1.8	10.7	2.2	6.6	<b>4.9</b>

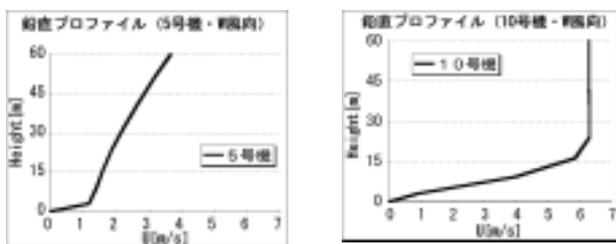


図3 平均風速の鉛直分布（左：5号機 右：10号機）

風車設置地点での年平均風速を求めるために、16 風向の解析を行った。図4には線形と非線形モデルにより求められた年平均風速を示す。この図から分かるように、1号機と6～10号機では線形と非線形モデルによる予測値が観測値とよく一致している。一方、2～5号機では線形モデルが年平均風速を過大に評価する。表1には各風車における年平均風速の予測誤差を示す。線形モデルでは最大予測誤差が35.2%であるのに対して、非線形モデルでは11.0%である。10機平均では線形モデルが14.2%であるのに対して、非線形モデルは4.9%となる。線形モデルと比べ、非線形モデルによる予測精度は格段に向上されていることが分かる。

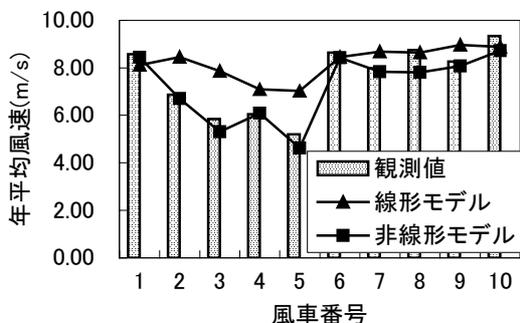


図4 年平均風速の予測結果と観測値との比較

次に複雑地形が風配に与える影響を調べた。灯台と7号機における風車高さ（地上30m）でのW風向の平均風速ベクトルを図5に示す。

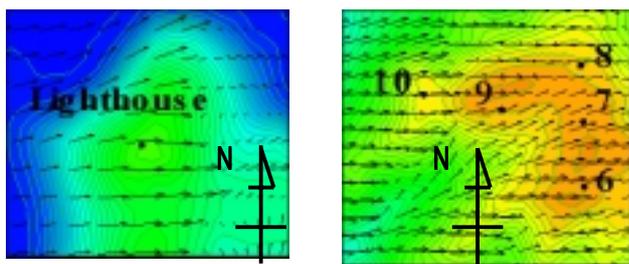


図5 地上30mでの平均風速ベクトル（左：灯台 右：7号機）

この図から分かるように、灯台付近では風向の変化が殆ど見られないのに対して、7号機では谷地形の影響を受けて風がWSW風向に曲げられている。図6には7号機設置地点における風配を示す。観測データから見られるような卓越風向（WSW風向）は線形モデルでは全く再現されておらず、一方非線形モデルではこの現象をほぼ再現されている。



図6 7号機における風配の比較

（左：観測 中：線形モデル 右：非線形モデル）

以上のように、非線形風況予測モデル（MASCOT）は複雑地形における局所風況を良く再現し、年平均風速の予測誤差は5%以下である。本研究で開発された非線形風況予測モデルの有効性が確かめられた。

#### 4. まとめ

本研究では竜飛ウインドパークを対象に複雑地形における局所風況予測を行い、現地観測結果と比較することにより、以下の結論を得た。

- 1) 線形モデルによる風況予測は複雑地形上の風向・風速の変化が再現できず、年平均風速の予測誤差は14.2%である。
- 2) 本研究で開発された非線形モデルは複雑地形上の風速・風向の変化がよく再現し、年平均風速の予測誤差は5%以下である。本研究で開発された非線形風況予測モデルは複雑地形における局所風況の予測に十分な予測精度を有することが分かった。

#### 謝辞

本研究では東北電力株式会社より竜飛ウインドパークにおける風向・風速の観測データを提供して頂いた。ここに記して謝意を表す。

#### 参考文献

- 1) T. Matsuzaka, K. Tsuchiya, N.T. anaka : Wind Resource Estimation of Tappi Wind Park, European Wind Energy Conference (1997)
- 2) 山口敦, 石原孟, 藤野陽三: 複雑地形における局所風況の数値予測 その1 境界処理, 土木学会第57回年次学術講演会 (2002)
- 3) 堀籠健: 複雑地形におけるウインドファーム年間発電量の数値予測と実測による検証, 東京大学卒業論文 (2002)