

第 I 部門 風力発電設置のための気流数値解析

神戸大学工学部建設学科
神戸大学大学院工学研究科

学生員 ○松酒 大基
正会員 中山 昭彦

1. 緒言

風力エネルギーを利用した風力発電は温室効果ガスの排出量が少なく、運転用燃料が不要で持続的に利用でき、経済面での効果も大きい。しかし、周辺環境への悪影響や電源供給が不安定であるなどの問題が少なからず存在している。その問題解決のためには適切な場所への風力発電所の設置、つまり実地形上の気流特性の適切な予測が必要不可欠となる。そのため、数百 m から数 km 程度のスケールの地形において、気流特性を高精度に数値予測するプログラムの開発が期待されている。本研究では複雑な地形上気流の予測に有効とされる LES 乱流計算法を用い、時々変化する実地形の流れ場を再現、気流特性を予測する。

2. 計算対象と計算法

風力発電所の導入を検討している種子島宇宙センター付近(図-1 の四角で囲った領域)を対象とする。高解像度でかつ効率的計算の可能なネスティング手法を用いる。広域は北西から南東方向に 8km、北東から南西方向に 5km、局所域は北西から南東方向に 1.6km、北東から南西方向に 1km である。また北西からの流入風とし、主流方向(北西—南東)を x 軸、鉛直方向を y 軸、主流横断方向(北東—南西)を z 軸とする。

計算格子は国土地理院発行の数値地図を基に作成しており、広域の計算格子の水平方向の解像度は 50m 間隔、鉛直方向は 10cm である。計算セル数は $(x,y,z)=(160,60,110)$ で格子間隔は水平方向共に 50m、鉛直方向は不等間隔とし、地表面付近が密となるようにしている。主流横断方向の境界面近傍では急激な変化を避けるために、計算領域幅の 5% ずつ地形を平衡にした緩和領域を設けている。実際の地形のまま計算を行った場合に、境界面近傍で計算が破綻することを避けるためである。鉛直方向の上端面は海拔 2km としている。

局所域の計算格子の水平方向の解像度は 50cm 間隔、鉛直方向は 10cm である。計算セル数は $(x,y,z)=(180,50,100)$ で格子間隔は水平方向共に 10m、鉛直方向は広域と同様に地表面付近が密となる不等間隔である。主流方向に 100m ずつ地形を平衡にした緩和領域を設けている。鉛直方向の上端面は海拔 500m である。

乱流モデルには標準 Smagorinsky モデルを用い、変数の計算格子にはコロケート格子、座標系は境界適合座標であるシグマ座標系、時間進行法には半陰解法な方法を用いる。境界条件は、地表面はすべり無し、側面と上端面はすべり条件を課す。



図-1 計算領域

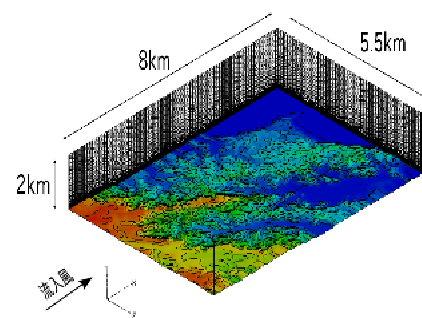


図-2 広域(grid)

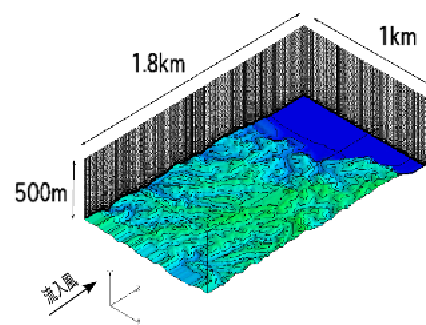


図-3 局所域(grid)

Daiki MATSUSAKE, Akihiko NAKAYAMA

0684130t@stu.kobe-u.ac.jp

またネスティングのため広域での流入条件は指数 1/5 のべき乗則を用いるのに対し、局所域では広域での計算により得られた値を用いる。流出条件はどちらも流れ方向に変化無し自由流出とする。

3. 結果と考察

風力発電機は規模によって大きさが異なり、風力発電の適地選定に必要な風況場はそれぞれ異なる。そのため本研究では中規模の発電機に必要とされる地上約 30m 付近の局所域の結果を示す。

図4 は局所域の地形の概要を示すためのものであり、黒線は 20m 間隔の標高コンターである。図-5 は平均風速コンター、図-6 は水平方向の平均速度合成ベクトルと鉛直方向の平均速度ベクトルの $\tan \theta$ の値、図-7 は乱れ強度である。

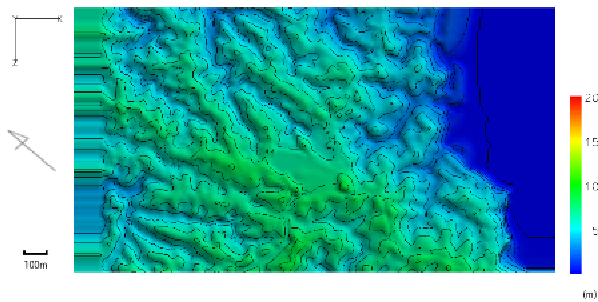


図-4 標高

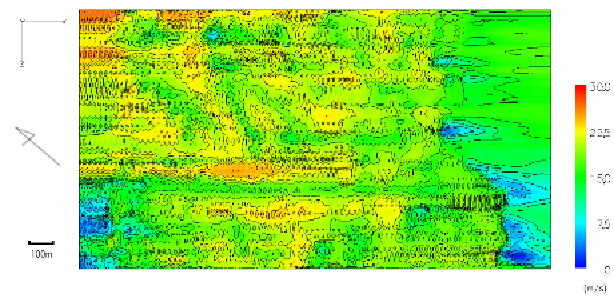


図-5 平均風速コンター(60s)

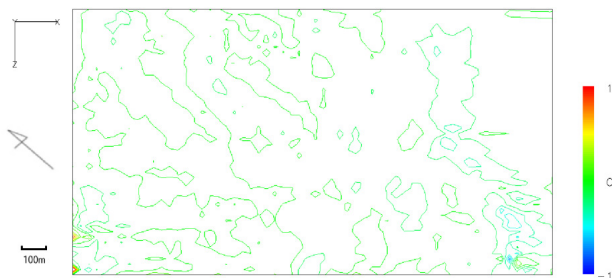


図-6 迎角(60s)

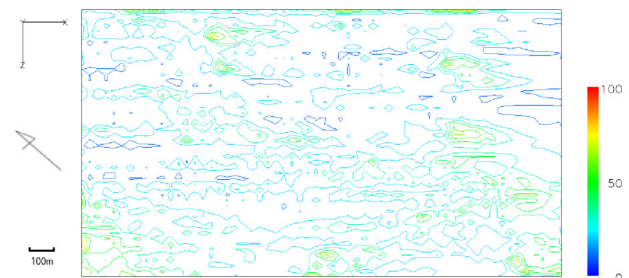


図-7 乱れ強度(60s)

本研究では、ネスティングの手法を用いたことで局所域の詳細な予測が可能となり、風力発電の適地選定に必要な情報を得ることができた。平均風速コンターから風力発電に必要な風が定常的に吹いている場所が分かる。また発電機の特徴として鉛直方向の風では発電することができないため、水平方向の平均速度合成ベクトルと鉛直方向の平均速度ベクトルから $\tan \theta$ を求めることにより、風速コンターでは分からない風力発電に適さない鉛直成分の大きい風のある場所を知ることができる。乱れ強度は風速が平均風速の周りでどの程度変動するかの尺度であり、こちらからも風力発電に適さない場所を知ることができる。ただし今回は風向を北西に設定したが、風力発電の適地選定にはあらゆる方向からの風を検討する必要があると思われる。

4. 結論

実地形上の気流特性を正確に予測するためには現地観測から得られた値を検証に使うなど、数値解析で得られた結果を細かく分析していく必要がある。それにより精度のさらなる向上が期待でき、信頼性は高まっていく。今後、気流特性の予測において数値解析はより大きな役割を占めていくだろう。