

Google Earthを活用した風力発電適地探査法の試み*1

Proposal of the New Numerical Method for Selecting Suitable Site for Wind Power Generation by Google Earth

○内田 孝紀*2, 荒屋 亮*3, 大屋 裕二*2, 川島 泰史*4

Takanori UCHIDA, Ryo ARAYA, Yuji OHYA and Yasushi KAWASHIMA

1. 緒言

現在、地球温暖化を防ぐため、CO₂の大幅な削減が緊急課題となっている。これに伴い、クリーンで環境に優しい風力エネルギー(自然エネルギー)の有効利用に注目が集まっている。我が国においても、数基の風力タービンから、大型のウインドファームに至るまで、風力発電施設は急速に増加している。風力タービンの出力は風速の三乗に比例するため、風の強い場所、つまり、風力発電に適した風環境を有する地域を的確に、かつピンポイントに選定することが重要である。特に日本の地勢は欧米とは著しく異なり、平坦な地形は少なく、多様性に富む複雑地形がほとんどである。こうした状況下では、流れの衝突、剥離、再付着、逆流などの風に対する地形効果を考慮した風況予測が求められる。

上記の社会的・工学的要請を受け、我々は数(十)km以下の狭域空間に的を絞り、RIAM-COMPACT(Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, Computational Prediction of Airflow over Complex Terrain:リアムコンパクト)と称する非定常・非線形風況シミュレータを開発している¹⁾。乱流モデルにはLES(Large-Eddy Simulation)を採用している。LESとは、比較的大きな渦構造を直接計算し、それより小さい渦構造のみをモデル化する手法である。現在、国内で開発されている風況予測ソフトは、計算時間の問題からRANS(Reynolds Averaged Navier-Stokes equation)と呼ばれるレイノルズ平均型乱流モデルを採用している^{2, 3)}。RANSでは、時間的に変化しない定常的な流れ場を解く。しかし、近年のコンピュータ性能の向上は著しく、計算時間の問題も劇的に解消されつつある。空間平均型の乱流モデルであるLESは、時々刻々と変化する非定常な風況場をシミュレーションすることが可能である。ここが時間平均型の乱流モデルであるRANSと大きく異なる点である。また、モデルパラメータのチューニングにおいても、LESはRANSに比べて極めて少なく、汎用性に優れた手法である。非定常な風況特性を簡単に数値予測し、その結果をアニメーションなどで視覚的に捉えることが出来れば、多額の費用を要す

る風洞実験の代替ツールになるとともに、実用的な設計の一助になることが大いに期待される。本報では、リアムコンパクトの特長を簡単に説明するとともに、最近話題になっているGoogle Earthとの連携技術について紹介する。

2. リアムコンパクトの特長

リアムコンパクトの動作環境およびソフトの構成は以下に示す通りである。

詳細は(株)リアムコンパクトのWEBを参照していただきたい(<http://www.riam-compact.com/>)。

| | |
|---------|---|
| パソコン | 日本語Windows/2000/XPが動作可能なDOS/Vマシン 1台 |
| OS | 日本語Windows/2000/XP (注:ソルバーはLinuxにも対応) |
| CPUとメモリ | インテルCore 2 Duoプロセッサ, 2GB程度を推奨 (備考:マルチコアに対応) |

表1 リアムコンパクトの動作環境

2.1 計算格子生成ソフトRC-Elevgen

RC-Elevgenは、計算領域、メッシュ数などを設定するものである。主な特長は以下に示す通りである。

- ◆ 国土地理院の50m標高データ、北海道地図(株)の10m標高データが標準的に利用可能
- ◆ 紙地図やDXF形式のCADデータから作成した2~5mの高解像度標高データが利用可能
- ◆ 格子節点上の公共座標(緯度・経度情報)を出力可能
- ◆ 水平方向および鉛直方向のメッシュ幅の編集が可能
- ◆ 任意地形の削除が可能(地形干渉などの調査に利用)

*1 平成19年11月29日「第29回 30周年記念風力エネルギー利用シンポジウム」にて講演、原稿受付10月10日

*2 会員、九州大学応用力学研究所(〒816-8580春日市春日公園6-1, 連絡先: takanori@riam.kyushu-u.ac.jp)

*3 非会員、(有)環境GIS研究所

*4 会員、西日本技術開発(株)

- ◆ 等値線, 等値面
- ◆ カラーシェーディング
- ◆ 流線, 流跡線, 流脈線, 粒子追跡
- ◆ サーフェスバスタレンダリング
- ◆ ボリュームレンダリング
- ◆ グラフ表示

などの種々の可視化技術が標準実装されている。

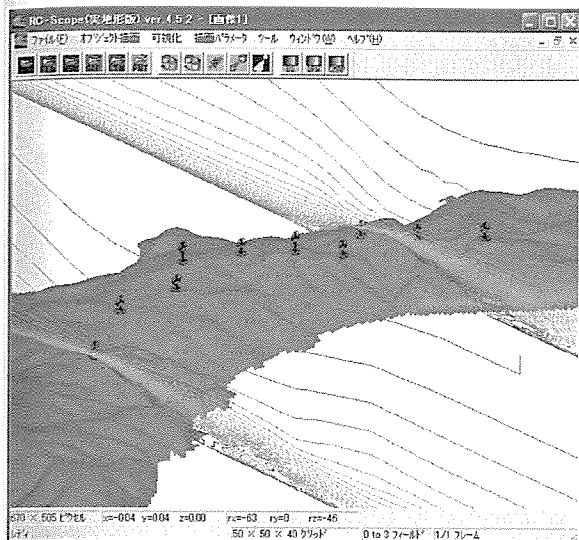


図5 RC-Scope

2.6 発電量評価ソフトRC-Explorer

RC-Explorerは、前処理ソフトRC-Elevgenで作成した公共座標と、RC-Solverで出力された時間平均風況場から風力発電に特有な年間発電量などを評価・分析する。主な特長は以下に示す通りである。

- ◆ 野外観測データとの相関を考慮した年間発電電力量(kWh)、設備利用率(%)が算出可能
- ◆ それらを地図の上に重ねて表示可能
- ◆ 上記のレポート機能(XML形式)を装備
- ◆ 任意の風力タービン立地点における風配図、風速の鉛直プロファイルが出力可能
- ◆ 任意高さにおける風況図が出力可能
- ◆ 観測データの出現頻度を考慮した16風向合成風況図(風況マップ)を出力可能

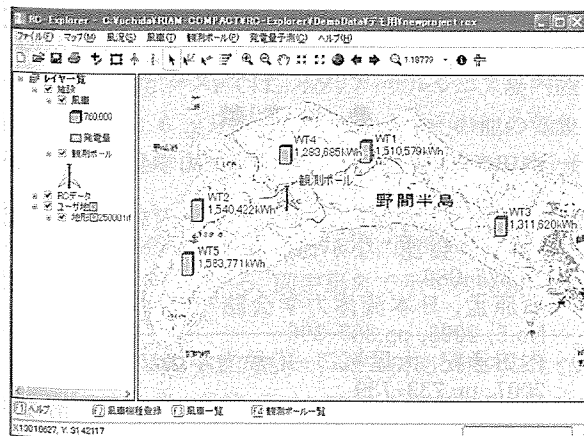


図6 RC-Explorer

3. リアムコンパクトの予測精度

鹿児島県野間ウインドパークを対象に得られたリアムコンパクトの予測精度を紹介する。ここでは、九州電力(株)の風力発電機が10基設置され、実証試験が行われている。我々は1号基を検証サイト、4号基を参照サイトとした。1号基と4号基は水平距離で約570m、高さ方向距離で約37m離れている。実際の手順は以下の通りである(図7を参照)⁴⁾。まず、リアムコンパクトで16風向別の風況シミュレーションを実施する。流入風向毎に、参照サイト(4号基)のハブ高さ風速と、検証サイト(1号基)のハブ高さ風速との比(風速比)を求めておく。この際、参照サイト(4号基)のハブ高さ風速を1として正規化しておく。次に、参照サイト(4号基)において、そこでの2002年6月～2003年5月(1年分)の1分間隔実測値に対して、各時刻の風向に応じた風速比を乗じる。こうして、参照サイト(4号基)の1分間隔実測値(1年分)が検証サイト(1号基)の実風速に変換される。得られた実風速に統計処理を施せば検証サイト(1号基)の月別平均風速や年間平均風速が取得できる。

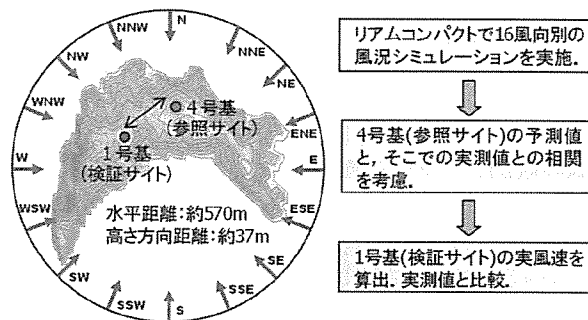


図7 予測精度の検証の手順

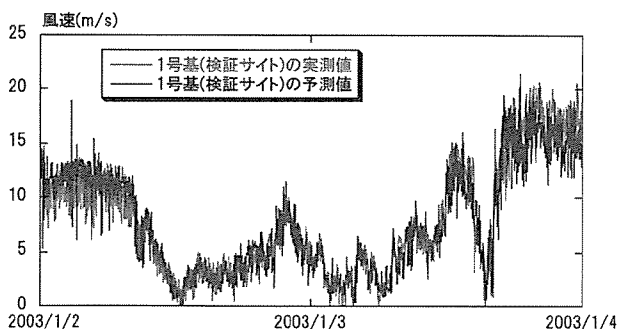


図8 2日間の時系列データの比較, No.1

図8には、2003年1月2日～3日(2日分)の時系列データの比較を示す。リアムコンパクトによる予測値は、実測値に見られる日変化などを良好に再現している。月別平均風速に関しては、実測値に対する予測値の相対誤差は概ね10%以内に収まる結果が得られた。年平均風速は、実測値が6.81(m/s)、予測値は6.84(m/s)となり、その相対誤差は1%以内の結果を得た。

- ◆ 公共座標を十進経緯度で指定することで、観測ポイントや風力タービン位置のシンボル表示が可能

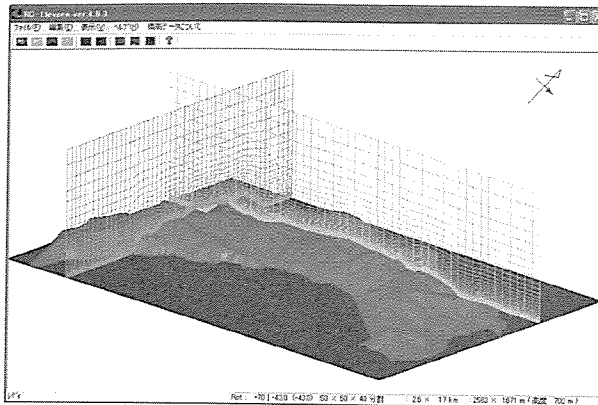


図1 RC-Elevgen

2.2 風力タービン線図作成ソフトRC-WindmillMaker

RC-WindmillMakerは、計算結果に挿入する風力タービン線図を作成するものである。主な特長は以下に示す通りである。

- ◆ 最大60基まで設定可能
- ◆ 十進経緯度による立地点の指定
- ◆ 風向、ブレード直径(ローター直径)、タワー(支柱)高さ、表示色を設定可能

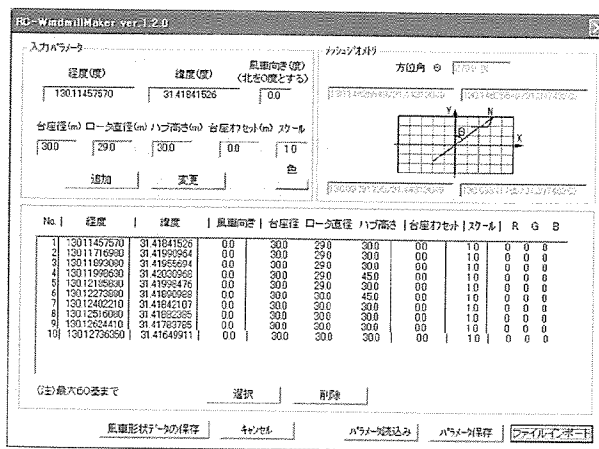


図2 RC-WindmillMaker

2.3 地表面粗度付加サービスRC-RoughnessMaker

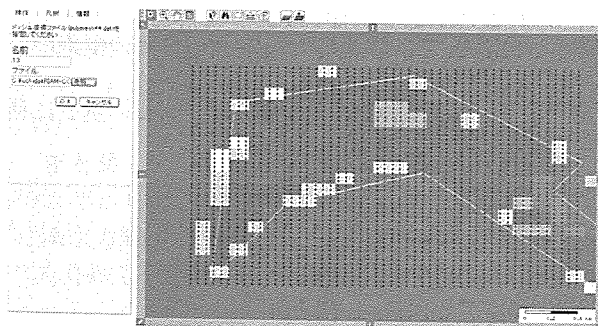


図3 RC-RoughnessMaker

RC-RoughnessMakerは、前処理ソフトRC-Elevgenで出力される公共座標に基づいて、格子節点上の土地利用データをオンラインで取得するものである。このデータをソルバーのキャンパーモデルに入力する。

2.4 ソルバーRC-Solver

数個の計算パラメータ、入力ファイル、出力先フォルダを対話的に指定するだけで計算が自動的に開始する。

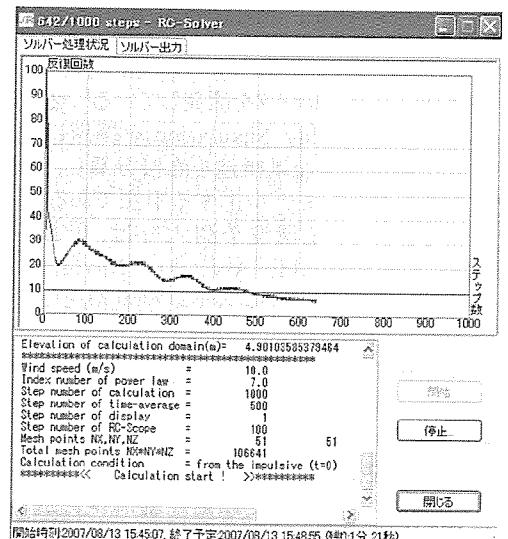
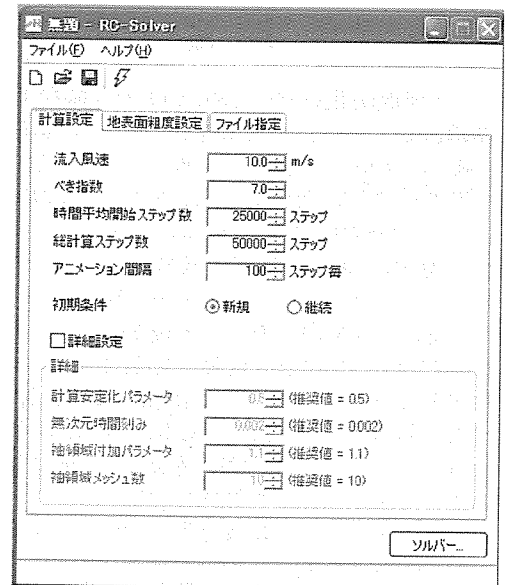


図4 RC-Solver

2.5 計算結果可視化ソフトRC-Scope

RC-Scopeは、前処理ソフトRC-Elevgenで作成した計算格子と、RC-Solverで出力された数値データに基づいて計算結果を視覚的に表示し、評価・分析を行なうものである。主な特長は以下に示す通りである。

- ◆ 計算格子(計算メッシュ)
- ◆ 速度ベクトル

4. Google Earthとの連携

Google Earthとは、Google社が無料で配布しているバーチャル地球儀ソフト「デジタル地球儀」である。2005年6月28日から頒布が開始された。世界中の衛星写真を、まるで地球儀を回しているかのように閲覧することができる。我々は、このGoogle Earthを世界共通の可視化プラットフォームにし、無償で公開されている再解析気象データやリアムコンパクトのシミュレーション結果を重ね合わせて表示する技術開発を行っている。さらに、景観シミュレーションとしての利用も計画している。ここでは、それらの結果の一部を紹介する。Google Earthの主な特長は以下の通りである。

- ◆ 世界中の山岳地形がポリゴンになっており、画面を傾けると立体的な表示となる。
- ◆ カーソル地点の標高がすぐに表示される。
- ◆ Google Earth 4ベータ版になり、世界の主要都市に加えて日本国内の主要都市も3Dビルディングにより再現できる。
- ◆ 星座などが表示できるSky機能を搭載
- ◆ ゲームパッドで操作できるフライトシミュレーターモードを内蔵

図9はNCEP/NCARの再解析気象データの表示例(コンター図)である。再解析気象データとは、蓄積された過去の観測データを数値モデルに取り込み、長期間にわたって計算されたデータであり、以下のような特長を有する。

- ◆ 格子状に全球整備(2.5度間隔)
- ◆ モデルの違いによるデータ不均質の解消
- ◆ 長期間にわたって均質なデータ

従来、これらのデータは主に長期気候変動の研究等に広く活用されていたが⁵⁾、海外の風力発電導入におけるマクロサイティングのデータとして利用できると考えている。



図9 NCEP/NCARの再解析気象データの表示例

図10はリアムコンパクトの風況シミュレーション結果をGoogle Earthに投影した結果である。リアムコンパクトでは国内外すべての計算において世界測地系に基づいた公共座標データを保持させている。よって、Google Earthに投影させる際にも位置がずれることなく一義的に重ね合わせることができる。風力発電導入地点の事前評価や事業説明に極めて有効な手法になると期待される。

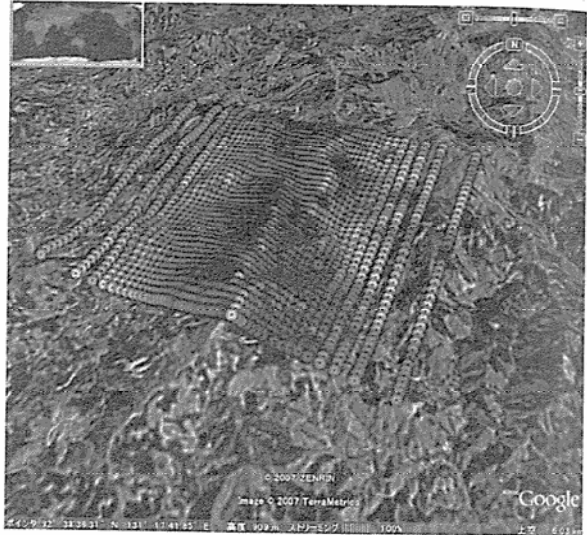


図10 RIAM-COMPACTの計算結果の表示例

5. 結言

非定常・非線形風況シミュレータであるリアムコンパクトの特長を簡単に説明するとともに、最近話題になっているGoogle Earthとの連携技術について紹介を行った。

謝辞

本研究の一部は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の平成17年度産業技術研究助成事業(2006年1月-2008年12月)、「空間解像度10m以下の詳細地形構築技術の開発とそれを用いた風力タービンハブ高さ周辺の風の乱れの視覚的評価」プロジェクト(研究代表者:内田孝紀)の援助を受けました。また、九州電力(株)には野間ウインドパークの観測データを提供していただきました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 内田孝紀, 大屋裕二, 日本流体力学会誌“ながれ”, Vol.22, No.5, 2003, pp.417-428
- 2) 村上周三, 持田灯, 加藤信介, 木村敦子, 日本流体力学会誌“ながれ”, Vol.22, No.5, 2003, pp.375-386
- 3) 石原孟, 日本流体力学会誌“ながれ”, Vol.22, No.5, 2003, pp.387-396
- 4) 内田孝紀, 大屋裕二, 応用力学論文集, Vol.10, 2007, pp.733-739
- 5) 結城陽介 他4名, 第28回風力エネルギー利用シンポジウム講演論文集, 2006, pp.373-376