

新しい風況精査手法の提案と実測による検証

石原孟* isihara@bridge.t.u-tokyo.ac.jp
 鶴野伊津志** iuno@riam.kyushu-u.ac.jp

山口敦* atsushi@bridge.t.u-tokyo.ac.jp
 藤野陽三* fujino@bridge.t.u-tokyo.ac.jp

*東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻
 **九州大学応用力学研究所海洋大気力学部門

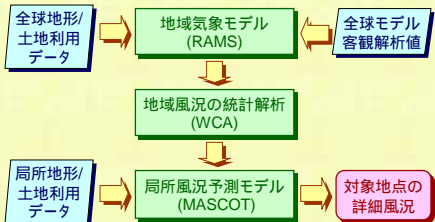
現在、風力発電所の建設に際しては最低1年間の風観測による風況精査を行う必要がある。風況精査は開発時間の半分以上を占めるため、迅速な風況精査手法の確立が急務と言える。本研究では従来の手法の問題点を解決するために、力学統計的局所化を用いた新しい風況精査手法を提案し、予測精度を検証した。力学統計的局所化では地域風況を予測した後、標準実風況変換によって局所風況を予測する。本研究の結果、以下の結論を得た。

- 地域気象モデルRAMSによって予測された地域風況は成層や大地形の効果を的確に再現でき、1km平方程度の解像度を有する地域風況を求めることができる。ただし、地形の起伏が激しい場合には地域風況を直接局所風況として用いると大きな誤差が生じる可能性がある。
- 非線形風況予測モデルMASCOTに基づく標準実風況変換手法を用いて、地域風況から求めた局所風況は観測結果とよく一致する。
- 本研究で提案した新しい風況精査手法は局地循環の効果を考慮に入れることができると同時に複雑地形の局所風況を精度よく求めることができる。

力学統計的局所化

手順

- 全球モデルの客観解析値を初期条件、境界条件とし、全球の土地利用/地形データに基づき、地域気象モデルにより対象地域における1年間の時々刻々に変化する風向、風速を力学的に予測する。
- 時系列の風向、風速データを統計処理することにより、地域風況を求める。
- 非線形風況予測モデルを用いて、標準実風況変換により地域風況を局所風況に変換する。



力学・統計的局所化の流れ

特徴

- ネスティング手法に比べ、計算時間を大幅に短縮することができる。
- 統計力学的局所化(SDD)法では再現できない海陸風や山谷風のような局地循環を考慮に入れることができる。
- 気象モデルでは再現していない微細な地形の影響を考慮に入れることができる。

気象モデルを用いた風況精査手法の比較

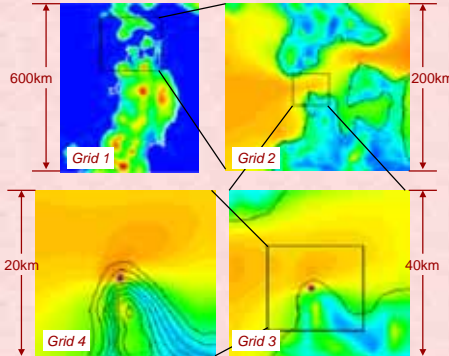
手法	特徴
ネスティング Nesting	• 統計処理をしない • 計算時間が膨大
統計力学的局所化 Statistical Dynamical Downscaling (SDD)	• 総観スケール(数百km)の現象を統計化 • 局地循環を再現しない、計算時間の短縮
力学統計的局所化 (本手法) Dynamical Statistical Downscaling (DSD)	• メソスケール(数km)の現象を統計化 • 局地循環を再現、計算時間の短縮

地域風況の予測

地域気象モデルRAMS

本研究では、地域気象モデルRAMS (Regional Atmospheric Modeling System) により地域風況を計算した。RAMSは、非静水圧、レイノルズ平均ブリンギング方程式系を採用し、雲、放射、陸面過程を厳密にモデル化することにより、メソスケールの大気現象を精度よく予測でき、またMPIによる並列計算が可能となっている。

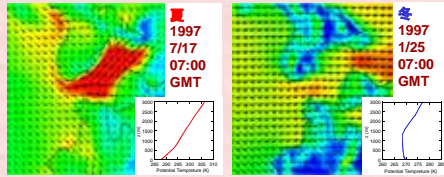
計算領域と境界条件



ネスティングされた各計算領域における標高または年平均風速

- 全球モデルの客観解析値を境界条件、初期条件とした。
- 水平解像度8km, 4km, 2km, 1kmの4段にネスティングしたグリッドにより総観スケールからメソスケールの現象を再現した。
- 竜飛岬周辺における1年間(1997年)の毎正時の風向、風速データを求めた。

計算結果



津軽海峡付近で予測された風の場と温度の鉛直分布

- 気象モデルによる計算結果は大気安定度の季節変化とそれに伴う流れパターンの変化を再現できた。
- しかし、小地形の解像度が十分でないため、年平均風速の予測誤差は25.4%に達した。

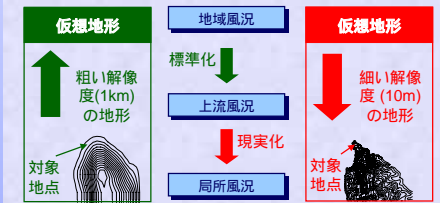
局所風況の予測

局所風況予測モデルMASCOT

筆者らが開発したMASCOT (Microclimate Analysis System for COmplex Terrain) を用いて局所地形の効果を考慮に入れた。MASCOTは非線形ナビエ-ストークス方程式に基づいており、また新しい境界処理手法を採用することにより、境界の影響を最小限に抑え、上流地形の影響を考慮した。

標準実風況変換

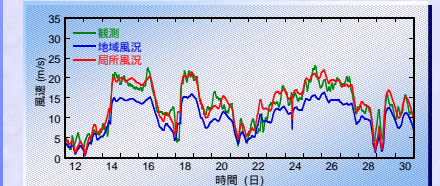
小地形の影響を考慮に入れるため、標準実風況変換手法を提案した。



標準実風況変換の流れ

- MASCOTにより、RAMSで用いた粗い解像度の地形上の流れを解析し、対象地点と仮想的な上流との間の風速比、風向偏角を求める。
- この風速比、風向偏角を用いて対象地点の地域風況を仮想的な上流での風況に変換する。
- MASCOTにより細かい地形上の流れ場から求めた風速比と風向偏角を用い、上流風況を局所風況に変換する。

竜飛灯台での局所風況



風速の時系列

- 標準実風況変換によって予測した局所風況は観測とよく一致する。年平均風速の予測誤差は25.4%から3.5%に減少した。

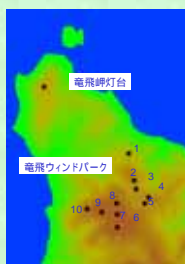
竜飛ウィンドパークへの適用

サイトの概要

- 竜飛ウィンドパークでは複雑地形上に10基の風車が建設されている。
- 各風車位置での風速や風向は急峻で複雑な地形の影響を大きく受けている。



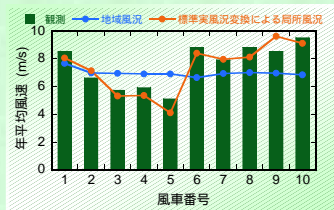
竜飛ウィンドパーク



風車の配置

年平均風速の予測

本研究で提案した手法を用い、各風車設置位置での年平均風速を予測し、ナセルに設置した風速計で観測された風速と比較した。



各風車位置における年平均風速



竜飛岬の複雑な地形上で予測された流れ場

- 提案した手法を用いて予測した局所風況は観測結果を良好に再現した。
- 地域気象モデル単体の結果に比べ、局所風況予測モデルを使うことにより、複雑地形の影響を考慮することが可能になった。