

高解像度数値モデルを用いた地形を原因とする局地的強風

および晴天乱気流の数値実験

Numerical Simulations for Local strong winds and Clear Air Turbulence due to topography using High Resolution Model

西暁史

防衛大学校

1. 研究目的

近年の領域気象モデルの発展により、局地風や山岳波、晴天乱気流を再現する数値実験が行われてきている。これらの現象の形成には空間スケールの小さい地形の影響が重要であるためことがあるので、数値計算を行う際に高い時空間解像度が必要となる。本プロジェクトは、メニーコア型大規模スーパーコンピュータシステムである Oakforest PACS で、領域気象モデル Weather Research and Forecasting (WRF)を用いた高時空間解像度の数値シミュレーションを実施し、おろし風、だし風などの局地的な強風、および、山岳波に伴う晴天乱気流に対する空間スケールの小さい地形の影響を明らかにする。

2. 研究成果の内容

(1) 蛇行した尾根をもつ山脈の風下における強風域

Nishi and Kusaka (2019)は、山脈の稜線に風下に対して凹な箇所（以後、曲部）が存在する山脈の風下で強風が発生し、曲部ではない直線的な山脈の風下ではハイドロリックジャンプに伴う弱風域が形成されることを示した。ただ、現実の地形は、Nishi and Kusaka (2019) が示すような単純なものではなく尾根と谷が交互に見られるような複雑な形状をしている。そこで、本研究は尾根線が蛇行する山脈を考え（図 1a）、その風下に行ける強風域とその特徴を調査した。数値計算には解像度 1km、鉛直層数 50 層の WRF

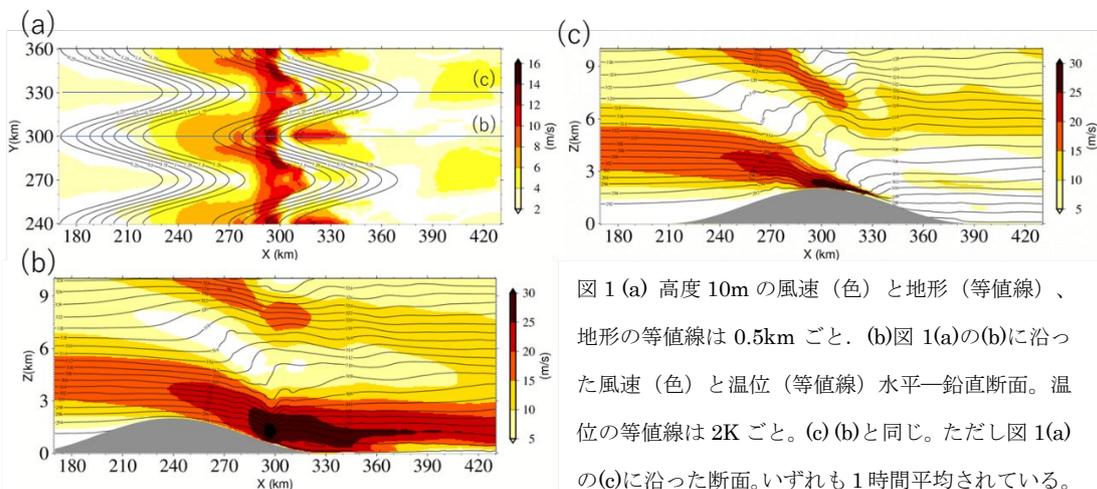


図 1 (a) 高度 10m の風速 (色) と地形 (等値線)、地形の等値線は 0.5km ごと. (b)図 1(a)の(b)に沿った風速 (色) と温位 (等値線) 水平—鉛直断面。温位の等値線は 2K ごと. (c) (b)と同じ。ただし図 1(a)の(c)に沿った断面。いずれも 1 時間平均されている。

の理想化実験版を用いた。初期風速は全層 10m s^{-1} とし、その他の計算設定は Nishi and Kusaka (2019) に準じた。その結果、Nishi and Kusaka (2019) と同様に風下が谷（凹となっている）の領域で強風域、山脈が尾根（凸になっている）の領域で弱風域が形成された（図 1a、1b）。しかしながら、尾根の風下においてハイドロリックジャンプは見られなかった（図 1c）。Nishi and Kusaka (2019) で示した強風域の南北にハイドロリックジャンプに伴う弱風域がなくとも、局地的な強風域が形成されることが分かった。したがって、曲部を持つ山脈の風下の強風域の形成する本質的な原因は凹部にあると言える。

(2) 数値モデルによる波状雲の要因解明と乱気流との関連性

MCRP2021 xg20i028 プロジェクトに引き続き波状雲の数値モデルによる再現をおこなった。MCRP2021 xg20i028 プロジェクトの計算では、空間解像度 1km 、78 層の計算を行った。一方で、本プロジェクトではさらに細かい空間解像度（水平解像度 200m ）の計算を行った。その結果、以前の計算と同様に、上空の安定層に挟まれた弱安定層の存在とそれに伴う内部重力波の反射・共鳴を再現できた。それに加えて、水平解像度 1km では捉えることができなかった小さいスケールの地形から発生する内部重力波が下層で伝播をとらえることができた。

さらに、波状雲が発生しやすい環境場と山岳波および晴天乱気流との関連性を調査した。2001~2021 年の潮岬 (0900JST) のラジオゾンデデータより波状雲発生時と同様の温位成層状態は 976 日存在したことが分かった。また、976 日中 66 日において相模湾上空で乱気流が発生していたことが分かった。したがって、この波状雲事例と同様の温位成層（上空の安定層に挟まれた弱安定層の存在）が相模湾上空での乱気流の発生を予測するための重要な指標になりうることが示唆された。

3. 学際共同利用が果たした役割と意義

本研究で実施した数値実験のいずれも非常に大きな計算量を有するため、防衛大学校地球海洋学科が保有する計算環境では実現できないものであり、学際共同利用で Oakforest-PACS を利用することで実現が可能になったと言える。

4. 今後の展望

成果 (1) に関して：高解像度の数値モデルを用いた多数の数値実験を引き続き実施することで、蛇行した尾根を持つ山脈の風下における局所的な強風域と、曲部を持つ山脈の風下における強風域が同様のメカニズムで起こっているのか、そして、それらの強風域が形成される条件（地形、風、大気の成層状態）を明らかにできるだろう。

成果 (2) に関して：さらに高解像度の数値実験を実施することで、山岳波に伴う晴天乱気流と波状雲のさらなる詳細な構造を明らかできるだろう。

参考文献：Nishi, A., and H. Kusaka, 2019. *J. Meteor. Soc. Japan*, 97(4), 787-803.

5. 成果発表

(1) 学術論文

なし

(2) 学会発表

西暁史、菅原広史, 2022: 波状雲と山岳波のダクト効果に関する事例解析、第 16 回航空気象研究会, 2022 年 2 月 4 日, オンライン.

(3) その他

なし

使用計算機	使用計算機 に○	配分リソース※	
		当初配分	追加配分
Cygnus			
Oakforest-PACS	○	18,000	なし
※配分リソースについてはノード時間積をご記入ください。			