

高解像度数値モデルを用いた局地風の数値計算

Numerical Simulations for Local winds using High Resolution Model

菅原広史

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、局地風を再現する数値実験が多数行われてきている。局地風を対象とした数値実験を行う場合、計算領域に複雑な地形を含む場合が多い。特に、空間スケールの非常に小さい地形が局地風の原因とも言われている。このようなモデル内の複雑な地形を適切に表現するため、時空間解像度の高い計算が必要となる。本プロジェクトでは、メニーコア CPU を搭載したマシンである Oakforest-PACS で、領域気象モデル Weather Research and Forecasting (WRF) を用いた高解像度の数値シミュレーションを試み、局地風の時空間的に詳細な構造を解明する。

2. 研究成果の内容

(1) 曲がった山脈の風下の強風域は小さな曲部の長さスケールの場合でも起こるのか？

Nishi and Kusaka (2019) は、山脈の稜線に風向に対して凸な部分（以後、曲部）が存在するとき、山脈の走行と直交な曲部の長さスケール（曲部の振幅）と平行な長さスケール（曲部の波長）の比が 0.5 よりも大きい場合に、山脈風下の平野部で局地的な強風が起りやすくなることを示した。ただ、この研究は、曲部の波長が小さい場合（30 km 未満）の結果を示していない。実際の地形は複雑で小さいスケールの凹凸を含む場合も多いため、曲部の波長が小さい場合で同様の結果になるかを調査する必要がある。そこで、本研究は、小さな曲部の波長を十分に解像できる高い水平解像度（1 km）の数値実験を実施し、曲部の波長が小さい場合（10, 15, 20 km）でも、風下平野部で局地的な強風が起りうるかを調査した。この時、曲部の振幅は 60 km、フルード数（プラント・ヴァイサラ振動数×山の高さ/風速）は 0.42 とした。これらの実験の結果より、曲部の波長が 10, 15, 20 km の場合であっても局地的な強風域が形成された。この結果は、曲部の長さスケールとその他の要素（風速、安定度、山の高さなど）を組み合わせることで、山脈風下の局地的な強風域の形成を司る無次元パラメータを作成できる可能性があることを示している。

(2) 数値モデルによる波状雲の再現とその発生原因の解明

波状雲は強い上昇流や下降流を伴うことがある。波状雲発生時の気象状況を詳細に知ることは、航空機の安全な運航などにつながる。そこで、2020 年 12 月 24 日の日中に防衛大学校上空に発生した波状雲（図 1a）を対象とした数値実験を実施し、その発生要因を調査した。空間解像度 1km、鉛直層数 78 層の WRF モデルは、観測された波状雲の特徴

(走行：南北方向，波長：約 15 km，雲底高度：約 4 km) をよく再現していた (図 1b)．さらに，波状雲発生時の上昇流と下降流を確認すると，高度 7 km 以下で，伊豆半島を起源とする山岳波が発生していたことが分かった．この山岳波の水平波長は雲列の波長と一致していた．これらの結果から，山岳波が波状雲の発生原因であったと考えられる．

波状雲発生時直近の潮岬ラジオゾンデの温位プロファイルに着目すると，高度 2.5～7 km に強い安定層，高度 7～10 km に弱い安定層が存在していた．このような，安定層の上に相対的に弱い安定層がある場合，山岳波が弱い安定層で反射し，強い安定層の中に捕捉され，山脈風下の遠方まで伝わることもある．そこで，2 種の温位プロファイルを初期値として与えた理想化数値実験 (①高度 7～10 km に弱安定層あり，②弱安定層なし) を実施した．その結果，①の場合，伊豆半島を起源とする山岳波が三浦半島まで到達したことが分かった．一方で，②の場合，山岳波は相模湾上空で減衰し，三浦半島まで到達しなかった．以上の結果から，高度 7～10 km の弱安定層で山岳波が反射し，山岳波が遠くまで伝播しやすい環境にあったため，三浦半島で波状雲が観測されたといえる．

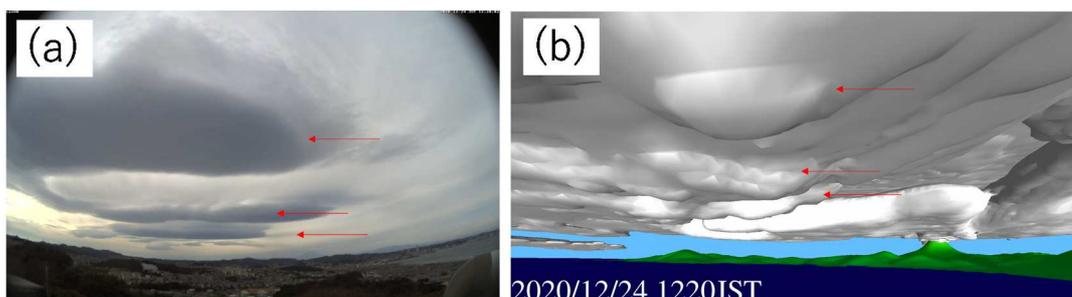


図 1 (a) ライブカメラで観測された波状雲. (b) WRF で再現された波状雲. いずれも 2020 年 12 月 24 日 1220JST の画像. 赤矢印は，波状雲を意味する．

3. 学際共同利用が果たした役割と意義

本研究で実施した局地風と波状雲の数値実験は，いずれも防衛大学校地球海洋学科で保有する計算機では計算することができないほど非常に大きな計算量であったため，学際共同利用で Oakforest-PACS を利用することで実現できた．

4. 今後の展望

成果 (1) に関して：稜線の曲部の風下平野部における局地的な強風域の形成を司る無次元パラメータを，風速，大気安定度，山の高さ，曲部の長さスケールを用いて表現するために，高解像度の WRF モデルを用いた実験を引き続き実施していく．

成果 (2) に関して：本研究で対象とした波状雲の発生要因を明らかにできた．ただ，本研究の WRF の数値実験では，実際の波状雲の複雑な形状までとはとらえることができなかった．その波状雲の詳細構造をとらえるためには，高時空間解像度の実験 (特に鉛直解像度) を実施する必要がある．

5. 成果発表

(1) 学術論文

なし

(2) 学会発表

西 暁史, 菅原広史 2021: 防衛大学校上空に発生した波状雲の事例解析, 日本気象学会 2021 年春季大会, オンライン開催, BL-02+

(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	○	50000	0
※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。			