

フロリダ半島における対流性の雲の再現実験

* 高橋 義仁, 岩崎 俊樹 (東北大学 院 理)

1 はじめに

アメリカ・フロリダ半島では、主に夏の日中、上空に対流性の雲が発生する。V.G.Plank(1969)は、この雲群の航空写真観測を行い、個々の積雲のサイズやその分布密度、それらの時間変化について統計的解析を行っている。これらの雲は水平スケール・鉛直スケールがともに1.5~2.0km程度の大きさであり、雲頂高度や雲間距離をそれぞれ、対流細胞の鉛直・水平スケールとみなせば、これらの積雲群は、ペナルセル型対流細胞の分布によく対応しているとした。つまり、この対流性雲の発生要因は、日射により加熱されたフロリダ半島の地表面により、その上空の空気がペナルセル型対流を起こしていることによるものであると考えられる。日中に対流性の雲が顕著に発生した期間(2001.8.9.00UTC~2001.8.14.00UTC)では、フロリダ半島は北大西洋の高気圧の張り出しの中に位置している。上空の風向は主に北東~南東であった。雲画像を見ると大きく目立った雲はなく、晴天が続いている。ここでは対流性の雲が顕著に現れていて(図1)、これは期間中続いているものである。この期間について、気象研究所・気象庁数値予報課統一非静力学メソモデルMRI/NPD-NHM(Saito et al.,2001)を用いて、この対流性の雲の再現実験を行った。フロリダ半島は非常に平坦な地形であり、海陸風も顕著に発生する。このようなシンプルな環境で数値実験を行うことで、対流性の雲、海陸風、そしてそれらの相互作用などを容易に再現できるものと考えられる。

2 数値実験の概要

気象庁全球客観解析データGANALに、水平分解能がそれぞれ40km、10km、2km、0.5kmのMRI/NPD-NHMを順次ネスティングし、水平、鉛直分解能を高めながら再現実験を行う。方程式系は3次元、非静力、完全圧縮系で、降水過程には氷晶までを含む過程を用いて、鉛直座標は地形に沿った座標系である。また、気象庁全球モデルの短波放射スキームを組み込み(Nagasawa et al., 2001)、NHMの放射スキームの改訂を行っている。分解能が40kmの数値実験(NHM40)では、2001年7月20日00UTC~8月20日00UTCの744時間にわたって長期積分を行い、NHMの再現性を確かめた。以下の分解能では、対流性の雲が顕著に発生した8月9日~13日について再現実験を行う。表1に、各数値実験で解像度、時間間隔を、図2に計算領域を示している。

3 結果と課題

3.1 NHM2で再現された対流性雲の特徴

図3は、NHM2により再現された雲水を鉛直積算したものである(8.11.14UTC~8.11.18UTC)。まず、日射で暖められた地表面により半島状の空気が加熱されることで、一様に広がっていた雲水が蒸発する。また、半

表1 数値実験の設定

	grid	$\Delta x, \Delta z$	Δt
NHM40	55*55*38	40km,40-1120m	20sec
NHM10	102*102*38	10km,40-1120m	10sec
NHM2	102*102*38	2km,40-1120m	5sec
NHM05	140*140*76	0.5km,20-560m	2sec

島状ではペナルセル型対流が発達し、その上昇流域では雲が生じる。ここで東海岸からの海風の進入が起こり、海風の先端では上昇流が強められ、さらに大きな積雲へと成長する。ここでは総観場の風が東よりの風であることにより、この積雲が西に向かって流されている様子もわかる。一方で巨大積雲の西側では、対流が発達しているので、雲頂高度が約1.5km~2.5km、雲間隔が約5~10km程度の積雲が、半島上に起こっている対流の上昇域に沿って、一様に数多く分布している。

3.2 NHM05で再現された対流性雲の特徴

水平解像度、鉛直解像度を細かくして、この対流性雲と海風の相互作用の再現実験を行った。図4はこの結果である。鉛直積算雲水量(風速のベクトルは高度100mのもの)、雲水の鉛直断面図、東西方向の風速の分布、相対湿度の分布を示している。東西方向の風速の分布を見ると海風前線とわかる風速のシアが再現されている。東からは相対的に冷たく湿度の高い海風が流入している。また海風前線にあたる場所では、対流の上昇流が強められて、雲頂高度の高い積雲が再現されていることもNHM2の結果と矛盾しない。

4 問題点と課題

NHMにより再現されたフロリダ半島上空の対流性の雲は、雲頂高度はV.G.Plankによる解析の結果とよく対応している。またこの実験では顕著な海風も再現されており、この海風循環により対流性の雲の位置、分布が日変化をし、海風との相互作用によりさらに発達することも再現された。一方で雲間隔はV.G.Plankの観測のものに比べると大きい。解像度が細くなることでより微細な構造を再現できているが、雲水量が解像度ごとに大きくなる。解像度を変化させてもモデルで再現される結果が違ったものになってはならない。今後は解像度をさらに細かくした実験や、各種物理過程のパラメータを変化させるなどの感度実験を行うことで、この対流性雲の成因やさらに細かい構造、発達維持の機構を検証していく。

参考文献

Kazuo Saito, et al., 2000, Numerical Simulation of the Diurnal Evolution of Tropical Island Convection over the Maritime Continent *Monthly Weather Review*, **129**, 378-400.



図 1 2002.8.11.16UTC (現地時間では同日 11 時) のフロリダ半島の衛星雲画像 (可視)。フロリダ半島上空に対流性の積雲が数多く分布している。

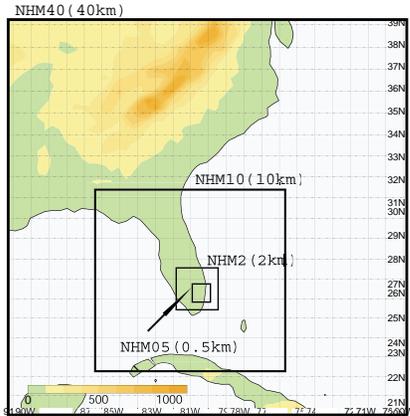


図 2 モデルの計算領域。外側の黒い四角から順に、解像度を 40km、10km、2km、0.5km としたときのモデルの領域である。グリッド数などは表 1 を参照。

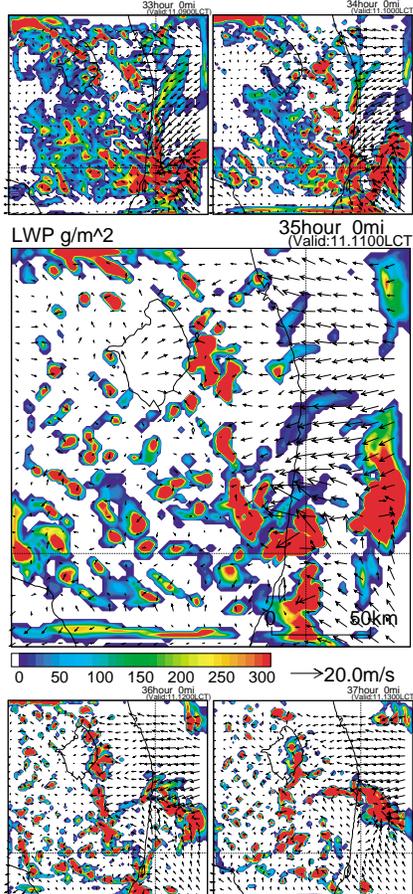


図 3 NHM2 により得られた、地表から 5km までの雲水の鉛直積算量。

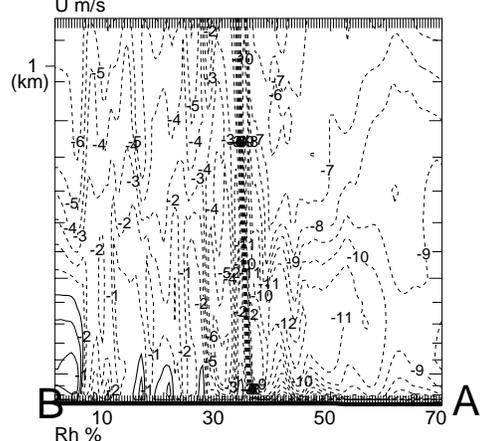
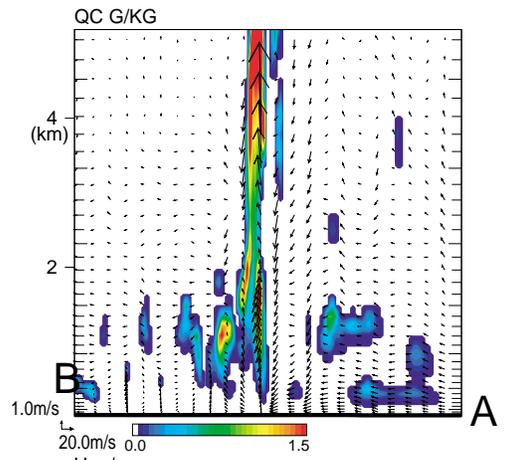
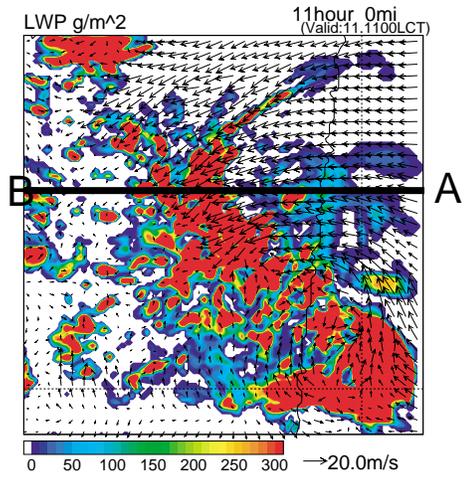


図 4 NHM05 で再現された対流性の雲の微細構造。矢印は風のベクトルをあらわしている。また図中の直線 AB は断面図の位置を表している。