

非静力学正 20 面体大気モデル NICAM の開発の現状

佐藤正樹 (sato@cscr.u-tokyo.ac.jp), NICAM 開発チーム*
(東大気候システム研究センター/地球環境フロンティア研究センター JAMSTEC)

1. はじめに

非静力学正20面体大気モデルNICAMの開発の現状について報告する。NICAMの開発は2000年頃から進めてきたものであるが、現実的な海陸分布・地形を導入した実験(Miura et al, 2007, GRL)をもって、NICAMの第1バージョンが完成し、初期の開発の段階を終了したと考えている(Sato et al, 2007)。現在は引き続いて、モデルの結果の検証を行い、それに基づいて改良を進めるという段階に移った。現実との対応の観点から信頼性を高め、さらに物理的な理解を深めていくことで、気象・気候予測に対する不確定性の低減に貢献したいと考えている。

2. 全球雲解像実験

現在の全球雲解像実験のリストは、次の通りである。「全球雲解像」と我々が称するものは、メッシュサイズが約14, 7, 3.5km(格子分割レベル9, 10, 11)の全球モデルで、積雲パラメタリゼーションを用いずに、陽に雲物理過程を計算している。

① 短期積分：現実的な初期値を与えて1週間程度の短い時間の実験を行う、決定論的な実験である。積分時間は、3.5kmメッシュでは1週間から10日、7kmメッシュでは1ヶ月、14kmメッシュでは1ヶ月以上の計算が可能である。

A: 2004年4月実験：台風の発生・発達、境界層過程の対流の組織化に対する影響 (Miura et al, 2007, GRL)。

B: 2006年12月実験：MJ0の再現 (Miura et al, 2007; 三浦氏の講演)。

C: 2005年9月実験：台風の発生過程 (T0514Nabi, Katrina) (柳瀬氏の講演)。

② 長期積分：100日以上の積分により、ある程度、統計的な平衡状態を得て、気候的な特性を調べる。14kmメッシュで200日程度の積分を行い、十分スピニングアップした状態から7kmメッシュ実験を行う。さらに、3.5kmメッシュ実験を1週間程度行い、バイアスの補正について情報を得る。

D: 水惑星実験。水惑星という理想化された条件での実験であるが、MJ0の基礎的理解や、気候感度の理解のために重要なステップである (Miura et al, 2005; Nasuno et al, 2007)。今後パラメータを変えて再実験を行うことを検討している。

E: 7月条件実験、およびCess型気候感度実験。7月固定条件のもとでの気候場を得たのち、SSTを+2K昇温させた境界条件のもとで気候感度を調べる (Iga et al, 2007; Tsushima et al, 2007)。全球雲解像モデルで季節変化を含む長期積分は困難なので、7月固定実験は気候感度を見るための手軽な実験セットである。現実と比べる気候場と、従来の大気大循環モデル(AGCM)と異なる気候感度を得た。雲解像モデルによる気候感度は、従来のAGCMとかなり異なる様相を示すようである。図1は7月条件実験によるOLRの緯度分布である (Iga et al, 2007)。雲物理過程や境界層過程によりOLRが変化するように示している。また、一般的に解像度を高くすると、細かい雲が多くなりOLRが低くなる。

F: 季節変化実験：夏季6-8月をシミュレートし、モンスーンの季節変化を追う。本来は、AMIP約20年の積分を行うところであるが、それは無理なので、いくつかの年を選んで季節進行を追う。

今のところ2004年の実験を開始した段階で、初期の応答で物理過程の感度を調べている (野田氏の講演)。境界層雲のふるまい、雲物理の依存性などに着目し、さらに台風の発生、モンスーン、MJ0等、熱帯の雲降水系の再現性を調べる。今後、夏季だけでなく、冬季やEl Nino, La Ninaを想定した実験を行い、アンサンブル数を稼ぐことで、より信頼性のある情報を得ることをめざす。

③ エアロゾル効果実験：NICAMに九州大学竹村氏が開発したエアロゾルモデルSPRINTARSを組み込み、エアロゾルの雲に及ぼす効果を調べる (NICAM-SPRINTARS, 三井氏の講演)。主として、短期積分 (2006年6月, 2001年5月) を行っている。衛星CloudSat/Calipsoのデータとの比較も実施。

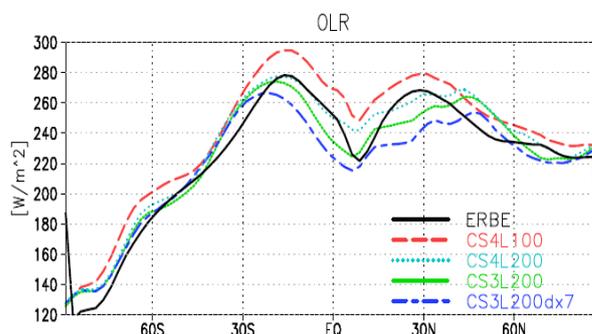


図1：7月条件実験によるOLRのパラメータ依存性。CSは雪の落下速度の係数で、CS4が標準、CS3が遅い落下速度。Lは混合距離の上限値。L100が標準、L200は混合を大きくした実験。Dx7は7kmメッシュ、他は3.5kmメッシュ、ERBEは観測値。Iga et al (2007) による。

3. 衛星データとの連携、特にアンピルのサイズと放射収支

全球雲解像実験データは数kmでデータが得られるため、同程度の空間分解能を持つ静止気象衛星や、TRMM、CloudSat/Calipso等の高分解能衛星データと直接的な比較が可能である。以下、図2にその例を示す。今後、衛星シミュレータや軌道シミュレータを導入し、より直接的な比較を行う予定である。

図1はOLRの緯度分布であるが、パラメータの調整によってOLRの平均値は変化しうる。例えば、雪の落下速度を小さくするとアンピルのサイズが広がり、OLRが小さくなる。しかし、個々の雲あるいは積雲クラスターのサイズが大きくなり、観測事実と乖離する可能性が出てくる。そこで、OLRを観測事実と合わせるためには、東西平均といった平均量だけではなく、積雲クラスターのサイズといった要素も考える必要がある。

図2にMTSAT-1RのTbbとNICAM 3.5kmメッシュ実験の雲サイズの比較を示す (Mapes and House (1993)の手法)。2006年12月実験について、TbbとOLRの頻度分布を作成し、Tbb=235Kに対応するOLRの値を求めたところ135W/m²であった。そこで、この対応する閾値を用いて、雲のサイズの分布を作成したものが図3の下図である。雲サイズが小さいほどMTSATの方が多く、雲サイズが大きいとNICAMの方が多くなることを示す。現実にはピクセルサイズの小さい雲があるものの、NICAMではそれらは解像できていないことを示している。実際にはそれらの上層の巻雲である可能性があるため、今後split windowの手法を用いて雲種の比較を行いたい。陸上では差異が少ないように見えるが、陸上の強い雲がNICAMで表現できていることを示すものだろう。

* NICAM 開発チーム: 富田浩文、那須野智江、伊賀晋一、三浦裕亮、野田暁、對馬洋子、大内和良、柳瀬亘、鈴木健太郎、三井達也、丹羽洋介、松田優也、井上豊志郎 (CCSR/FRCGC/CSU)

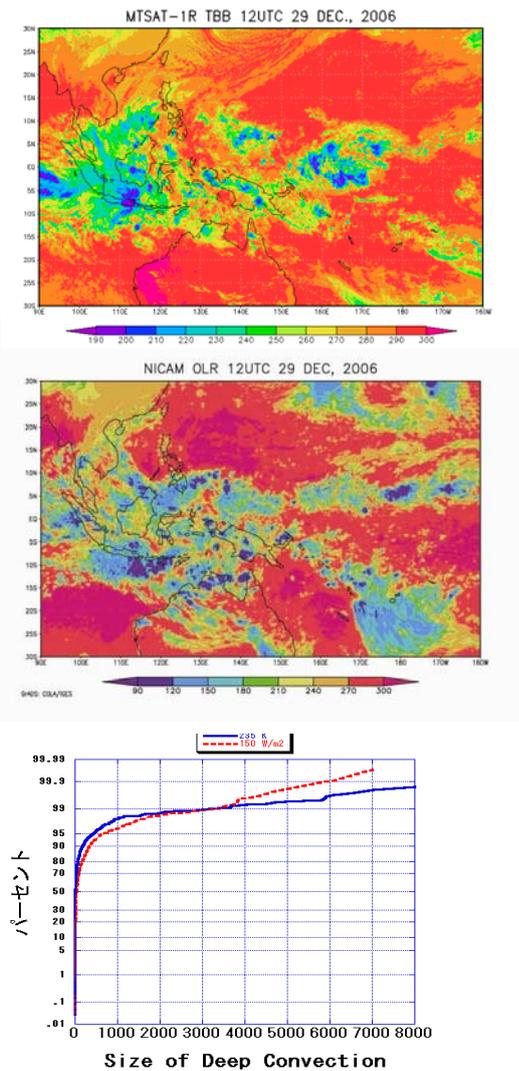


図2. 上: MTSAT-1R のTbb分布. 中: NICAM-3.5km メッシュ実験のOLR分布. ともに2006年12月29日12UTC. 下: Tbb=235K, OLR=135W/m²を閾値とした雲サイズの頻度分布 (積算値).

4. 雲物理スキームの改良

図2のような雲の性質は雲物理過程に依存することが予想される. 詳細は富田氏の講演でも述べるが, ここではより単純な実験設定のもとで, 雲物理スキームとアンビルサイズとの関係を調べた結果を紹介する.

図3は, 単一の雲の生成のシミュレーションにおける雲物理スキームの依存性を示す. 今までは Grabowski (1998)によるスキームを用いていたが, 雪が多いという特徴があることがわかる. 雲氷が少なく, スキーム上「雪」に分類されるものがアンビルとしての役割を果たしている. 従って, 雪の落下速度を大きくすると, アンビルは拡がらずに速やかに落下することになる.

富田は, Lin et al. (1983)をもとに, 霰を含むスキーム NSW6 (NICAM Single Moment Water 6class scheme)を開発した(Tomita 2007, in preparation; 富田氏の講演). 同じ実験の結果を図2の下段に示す. 上層に雲氷が拡がっており, アンビルを形成している. Lin et al. (1983)のスキームによる結果では (図は省略), 雲氷に比べて雪が多いという逆の結果が得られた. 雲氷や雪, 霰へのカテゴリ分けは雲物理スキームの便宜上のものであるが, 霰や雪が多いスキームでは, 落下速度が速くなり, アンビルのサイズが小さくなる. その結果, Lin et al スキームでは OLR が大

きくなるという問題がある. エアロゾルの間接効果の評価のためにも, 粒径を予測する2モーメントスキームへの移行が将来的な課題になる. また, 現状では, 放射フラックスの計算で, 氷相, 液相とも適当な粒径を仮定しているが, 今後, 粒径を雲物理スキームと放射スキームとで整合的なものにしていく必要がある.

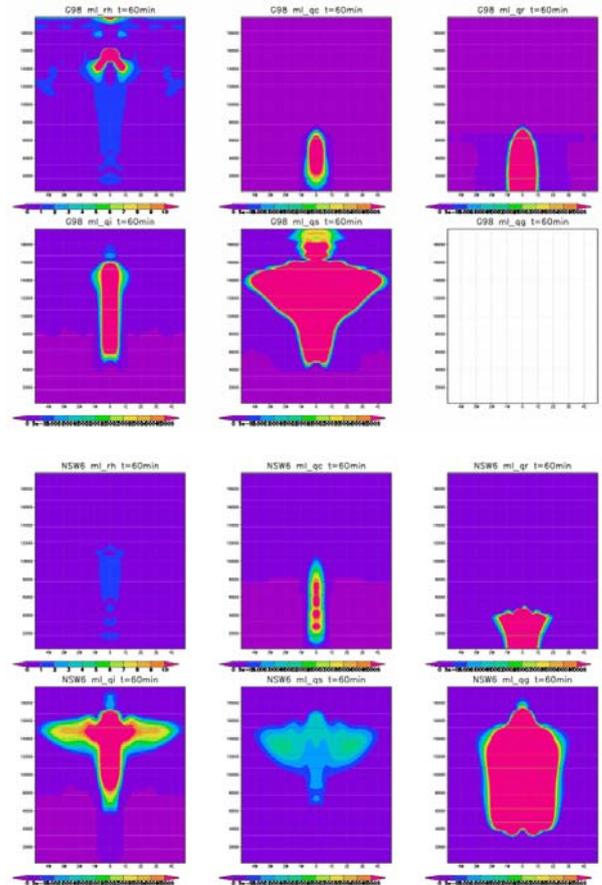


図3. Warm bubble 実験による水物質の空間分布(t=60min). 上段6パネルはGrabowski(1998)の雲物理スキームを用いた場合, 下段6パネルはスキーム NSW6 を用いた場合. 左上: 相対湿度, 上中: 雲水, 上右: 雨, 下左: 雲氷, 下中: 雪, 下右: 霰.

参考文献:

Iga, S. et al, 2007: Climatology of a nonhydrostatic global model with explicit cloud microphysics and parameter sensitivity. Submitted.

Miura, H. et al, 2007: A short-duration global cloud-resolving simulation with a realistic land and sea distribution. *Geophys. Res. Lett.*, **34**, L02804, doi:10.1029/2006GL027448.

Miura, H. et al, 2007: An Madden-Julian Oscillation Event Realistically Simulated by a Global Cloud-Resolving Model. Submitted.

Nasuno, T. et al, 2007: Multi-scale organization of convection simulated with explicit cloud processes on an aquaplanet. *J. Atmos. Sci.*, **64**, 1902-1921.

Satoh, M. et al, 2007: Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model (NICAM) for global cloud resolving simulations. *J. Comp. Phys.* doi:10.1016/j.jcp.2007.02.006.

Tsushima, Y. et al, 2007: Does global warming cover ice blanket over the tropics and the subtropics? Submitted.