

全球非静力学モデルによって再現された深い湿潤対流の解像度依存性

*宮本 佳明, 梶川 義幸, 吉田 龍二, 山浦 剛, 八代 尚, 富田 浩文
理化学研究所 計算科学研究機構

1. 研究背景・目的

地球大気中には常に深い湿潤対流（以下、対流）が存在している。対流の寿命は数十分～数時間であり、発達・成熟・減衰期に分けられる。成熟期にある対流は通常、凝結した水物質の存在によって可視化され、鉛直方向に大気境界層上端付近から対流圏界面付近まで貫いた構造を持つ。水平方向には数kmのスケールを持つため、鉛直スケール（～10km）と同等かそれよりも小さい。対流のコアには水物質の相変化に伴う非断熱加熱による鉛直流速の極大が存在する一方、その周囲には雨などの落下する水物質に伴う下降流場存在する。このような定性的な構造は半世紀以上前から明らかにされており（Byers and Braham 1949）、その後多くの観測・理論・モデル研究によって環境場大気の安定度や風のシアなどの依存性が広く議論され、理解が進んで来た（例えばLilly 1962; Asai 1964）。しかし既往研究は熱帯の一部などの領域に限られており、当然ながら、地球全体で考えた時の対流の性質には未解明な点が多い。

一方、地球上に存在する雲擾乱（例えばMadden Julian Oscillation, Tropical cyclonesなど）を雲に着目して見ると、その構成要素は対流である。この重要性に対して、雲擾乱と個々の対流の間には大きなスケールギャップがあるため、対流は大気モデルにおいてパラメタリゼーション化されて取り扱われてきた（例えばArakawa and Schubert, 1974）。しかし、正20面体モデルNon-hydrostatic ICosahedral Atmospheric Model（NICAM, Tomita and Satoh 2004; Satoh et al. 2008）の開発により、設定できる格子幅が格段に減少し、対流パラメタリゼーションを使わない全球計算が可能となって来ている。そこで本研究では、地球全体を最高で1 km未満の格子幅で解像した計算を行い、水平解像度依存性の議論を基に地球全体における対流の平均的描像を明らかにすることを目的とする。

2. 実験設定

本研究では全球非静力学モデルであるNICAMを用いて、「京」コンピュータによる大規模計算を行う。NICAMは、密度・運動量三成分・内部エネルギー・水物質混合比などのトレーサの方程式を解く。実験は、水平解像度を30, 14, 7, 3.5, 1.7, 0.8 kmと変更しつつ、その他の実験設定は変えずに時間積分を行った。鉛直解像度は下層程細かく（最下層35 m）、38 kmまでを94層で解像した。解像度30, 14, 7, 3.5 kmの実験は2012082200UTCを初期時刻として、大気データにJMA GPVを、海面水温にNCEP fnlを用いた。積分期間中水温はReynolds weekly SSTにnudgingしている。雲物理過程（NSW6, Tomita 2008）、境界層の乱流混合（MYNN,

Nakanishi and Niino 2004; Noda et al. 2008）、海面フラックス（Louis 1979）、短波・長波放射過程（MSTRNX, Sekiguchi and Nakajima 2008）を解くため物理パラメタリゼーションを含めた。一方で、積雲パラメタリゼーションは用いていない。この条件で、120時間の時間積分を行った。さらに解像度3.5 kmの72時間後の実験結果を用いて、解像度1.7, 0.8 kmの初期値を作成し、それぞれ6時間の時間積分を行った。

3. 対流の抽出条件

本研究では、二段階に分けて対流（のコア）を抽出した。（a）まず、ISCCPの手法（Rossow and Schiffer 1999）を用いて、各実験結果で対流が存在する格子を抽出した。ISCCPの手法は、雲の光学的厚さと雲頂気圧をパラメータとして、各格子に存在する雲を九種類に分類するものであり、光学的に厚く、雲頂の高い雲を深い対流性の雲（Deep convection）として定義している。（b）次に対流のコアを探し出すため、ISCCPの手法で“対流”が存在すると判定された各格子点で、対流圏内で平均した鉛直速度の、隣接する格子点間での水平勾配を計算し、隣り合う全ての格子よりも大きな値を持つ格子点を、対流中心点と定義した。

4. 結果

図1に解像度3.5 km実験の78時間積分後のOLR及び、抽出した対流中心点、さらに1°ビンに分けた時の対流中心点数の緯度分布を示す。図から、熱帯域から中・高緯度の広範囲で低いOLRを表す格子点群が見られる。また、対流圏で鉛直平均した鉛直速度を重ねた詳細な分布図（図略）も併せると、主にOLRの低い領域でISCCPの手法による“対流”格子点が存在し、平均鉛直速度の極大域に対流中心点が位置しており、定性的な対流コアを抽出できていることが確認された。発表では、各実験結果で抽出された対流の平均的描像及び統計的性質について、解像度依存性を基に議論する。

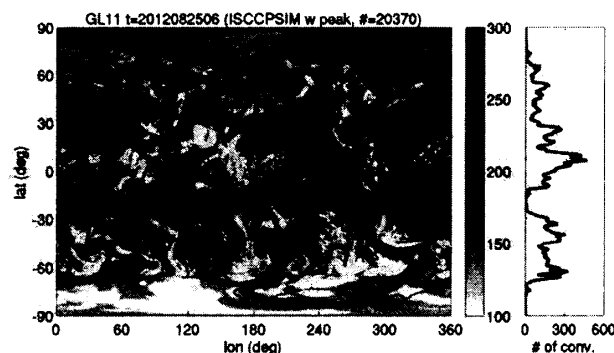


Fig. 1. (左) 解像度3.5 kmの実験でのOLR（陰影）と抽出した対流中心点（黄色）。（右）対流中心点数の緯度分布。個数は1°ビンに分けて表示している。時間は解析時刻である積分開始78時間後（2012082506UTC）。