

大気大循環モデルで表現される赤道域降水活動の解像度依存性

山田 由貴子 (北大・理), 三瓶 岳昭 (東大・理), 高橋 芳幸 (北大・理),
吉岡 真由美, 大淵 濟 (地球シミュレータセンター),
石渡 正樹 (北大・地球環境), 中島 健介 (九大・理), 林 祥介 (北大・理)

1. はじめに

赤道域には、組織化された降水構造 (クラウドクラスター, スーパークラスター, Madden-Julian 振動) が階層的に存在すると言われている¹⁾. Hayashi と Sumi²⁾ (以降 HS86 とする) は、大気大循環モデルを用いた水惑星 (陸がなく海洋におおわれた惑星) 実験により、スーパークラスターと Madden-Julian 振動的な波数 1 の降水強度変動とが自動的に発生することを示し、これらを赤道域の力学に内在する自然な降水構造であると主張した。今日では、大気大循環モデル中の降水分布パターンは解像度、数値スキーム、物理過程の実装に強く依存することが分かっているが³⁾、そのような依存性に関する組織だった調査はあまり行われておらず、降水分布パターンの相違をもたらす力学についての理解も不十分である。そこで我々は、HS86 の時代には困難であった密なパラメタ研究を、HS86 と同様の比較的単純な設定のもとで実施し、大気大循環モデルにおける降水活動の振舞、特にその組織化の発生と維持の様相をパラメタ空間内で行えるだけ面的に再検討していくことにした。

ここでは、大気大循環モデルの鉛直および水平解像度を様々に変えて実験を行った結果について紹介する。雲活動本来のスケールは大気大循環モデルの格子間隔に比べてずっと小さく、大循環モデル内の個々の湿潤対流は最小格子スケールでいわば無理矢理生じさせられている。積雲パラメタリゼーションが不完全である以上、降水分布パターンは解像度に応じて大きく変わる可能性がある。本研究では、組織化構造や階層性が解像度に対してどのように表現されていくかに注目する。

2. モデルと実験設定

使用したモデルは、AFES (地球シミュレータ用に CCSRNIES AGCM ver 5.4.02 の並列化効率を高めたモデル) である⁴⁾。積雲パラメタリゼーションには Emanuel スキーム⁵⁾ を使い、境界条件として Neale と Hoskins⁶⁾ の提唱する東西一様、南北対称の海水面温度分布を持つ水惑星条件を与えた。実験は、水平 T39、鉛直 48 層 (T39L48) を標準実験として、水平解像度を T39 から T319、鉛直解像度を 24 層から 96 層の範囲で解像度を変えて行った (表 1)。以下では、T39L48, T39L24, T39L96, T319L48 の実験結果について示す。

表 1: 実験リスト

解像度	T39	T79	T159	T319
24 層	T39L24			
48 層	T39L48	T79L48	T159L48	T319L48
96 層	T39L96			

3. 実験結果

標準実験 (T39L48) では、格子点スケールの降水域の西進が顕著に見られる (図 1 a, e)。西進速度は 7.5 m/s 前後であり、背景風の平均東西風風速とほぼ等しい。対応するスペクトル分布は西進赤道波の分散曲線には乗らず、降水活動の西進は偏東風移流によると見られる。鉛直解像度を下げた場合には (T39L24)、標準実験と同様に格子点スケールの降水域の西進が顕著に見られる (図 1 b, f) のに対し、鉛直解像度を上げると (T39L96)、降水強度の比較的弱い領域が広く分布し、西進する降水強度の強い領域の出現頻度は低くなる (図 1 c, g)。水平解像度を上げた場合には (T319L48)、標準実験と同様に格子点スケールの降水域の西進が見られる (図 1 d, h)。T319L48 での西進降水領域は赤道の全周に均等に分布するのではなく、それぞれの時刻で 10,000 km 程度の東西幅の領域に集中している。しかもこの 10,000 km 規模の降水集中域は全体として 25 m/s 程度の速度で東進する。

4. 議論

上記の結果では、水平解像度の向上とともに、格子点スケールの西進する降水域とそれを包絡する東進する降水域、という階層的構造が次第に明瞭になる傾向を認めることが出来る。しかしながらここでの実験設定では、物理過程、特に積雲パラメタリゼーションの内部パラメタの設定の解像度依存性の問題と、水蒸気移流と赤道域の力学とによって現れるであろう降水構造表現の解像度依存性の問題とが共存しており、計算結果の解釈が困難になっている。今後は、積雲パラメタリゼーションを用いずに解像度依存性実験を行い、簡素化した系から積雲パラメタリゼーションを取り込んだ系へと、段階的に検証を行っていく予定である。

参考文献

- 1) T. Nakazawa: Tropical super clusters within intraseasonal variations over the western Pacific. *J. Met. Soc. Japan*, **66**, 823–839, 1988.
- 2) Y.-Y. Hayashi, A. Sumi: The 30–40 day oscillations simulated in an "aqua planet" model. *J. Met. Soc. Japan*, **64**, 451–467, 1986.
- 3) M.-I. Lee *et al.*: The influence of cloud-radiation interaction on simulating tropical intraseasonal oscillation with the Atmospheric General Circulation Model. *J. Geophys. Res.*, **106**, 14219–14233, 2001.
- 4) W. Ohfuchi *et al.*: 10-km mesh meso-scale resolving simulations of the global atmosphere on the Earth Simulator: Preliminary outcomes of AFES (AGCM for the Earth Simulator). *J. Earth Simulator*, **1**, 8–34, 2004.
- 5) K.A. Emanuel: A scheme for representing cumulus convection in large-scale models. *J. Atmos. Sci.*, **48**, 2313–2335, 1991.
- 6) R.B. Neale, B.J. Hoskins: A standard test for AGCMs including their physical parameterizations: I: The proposal. *Atmos. Sci. Lett.*, **1**, 101–107, 2000.

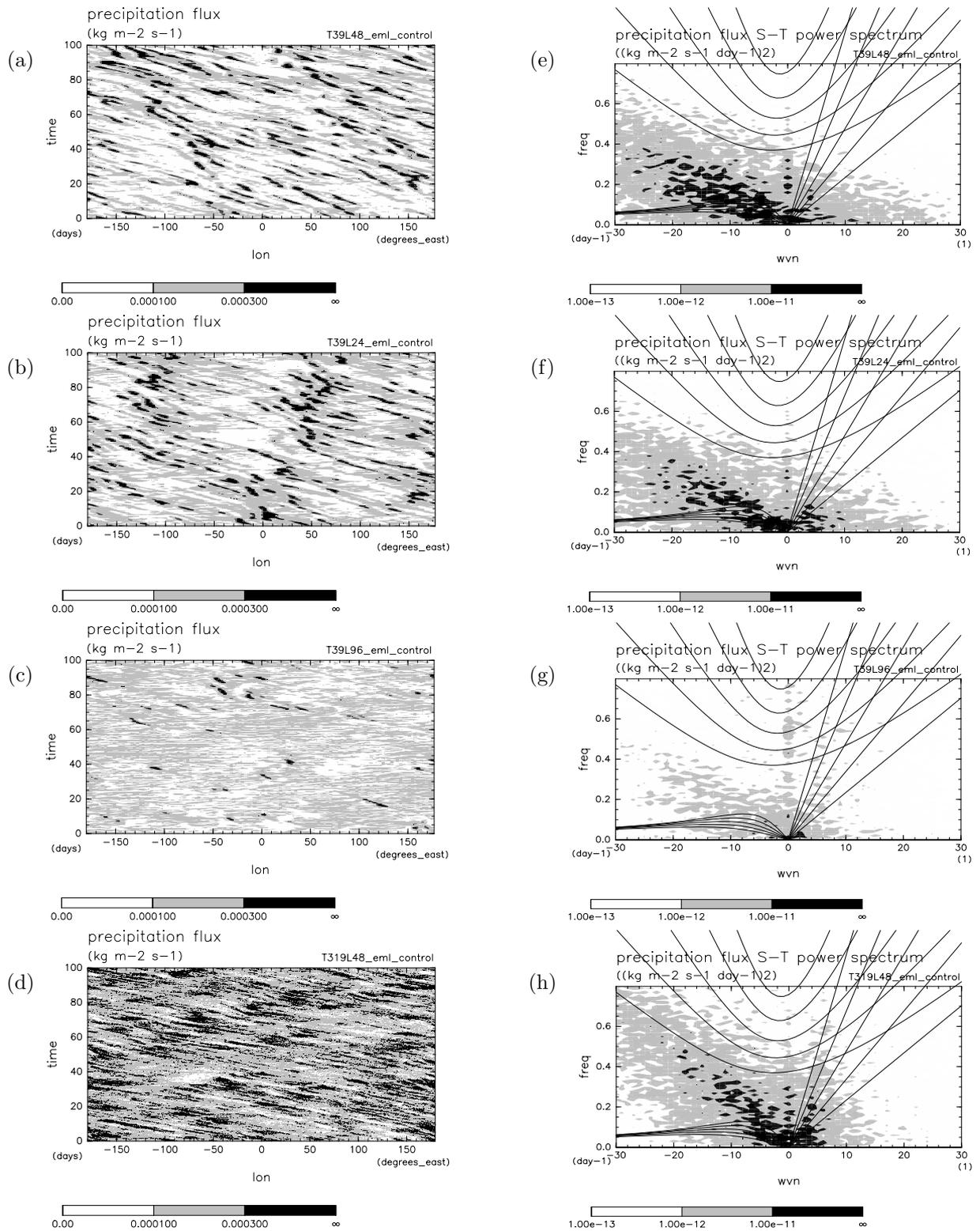


図 1: 赤道上における降水量の経度時間断面図 (単位は $[\text{kg m}^{-2}\text{s}^{-1}]$): (a) T39L48, (b) T39L24, (c) T39L96, (d) T319L48, およびそれらの時空間スペクトル図: (e) T39L48, (f) T39L24, (g) T39L96, (h) T319L48. スペクトル図には、等価深度 $h = 12, 25, 50, 100, 200 \text{ m}$ におけるケルビン波と最低次のロスビー波、慣性重力波の分散曲線を重ねている。