

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

A Resolution Dependency of Equatorial Precipitation Activities Represented in a General Circulation Model

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 済 (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)

Yukiko YAMADA*, Takeaki SAMPE**, Yoshiyuki O. TAKAHASHI*,
Mayumi K. YOSHIOKA***, Wataru Ohfuchi***,
Masaki ISHIWATARI†, Kensuke NAKAJIMA‡, Yoshi-Yuki HAYASHI*

* Division of Earth and Planetary Sci., Hokkaido University, Sapporo 060-0810, Japan

** Department of Earth and Planetary Sci., University of Tokyo 113-0033, Japan

*** The Earth Simulator Center, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Yokohama 236-0001, Japan

† Graduate School of Environmental Earth Sci., Hokkaido University, Sapporo 060-0810, Japan

‡ Department of Earth and Planetary Sci., Kyushu University, Hakozaki, Fukuoka 812-8581, Japan

Aqua planet experiments are performed in order to investigate horizontal and vertical resolution dependencies of equatorial precipitation activities. The numerical model utilized is AGCM for Earth Simulator (AFES). With the increased vertical resolution from 24 to 96 levels, weak precipitation intensity tends to be widely distributed, and the westward propagating grid-scale disturbances become obscured. With the increased horizontal resolution from T39 to T319, the eastward propagating envelope structures of the westward propagating individual grid-scale disturbances become evident.

1. はじめに

赤道域には, Madden-Julian 振動, スーパークラスター, クラウドクラスターと呼ばれる組織化した階層的な降水構造が存在すると言われている. 大気大循環モデルを用いた赤道域降水活動に関する研究は, 水惑星実験によってスーパークラスターの存在を示唆した Hayashi and Sumi (1986)¹⁾ をはじめとして数多く存在する.

これまでの研究から, 大気大循環モデルで得られる降水分布パターンは, モデルの解像度や数値スキーム, 物理過程の実装に強く依存することが知られている²⁾. 降水分布パターンが物理過程, 特に積雲パラメタリゼーションの定式化に依存するのはもちろんのことであるが, 同一の積雲パラメタリゼーションを用いた場合でも解像度によって得られる解が異なることが予想される. その理由としては, 第 1 に大気大循環モデルの最小格子に対して湿潤対流のスケールが十分小さく雲活動が常に最小格子スケール付近で生じるため, 雲活動のスケールがモデルの解像度に依存しやすいということがある. このため, 格子間隔を小さくすることに対する数値解の収束性が保証されていない. 第 2 には, 格子に対して小さなスケールの雲活動を適当に表現する積雲パラメタリゼーションがある程度粗い解像度を前提として定式化されていることが挙げられる. 高解像度シミュレーションでは, この前提が破綻し雲活動を適切に表現することができなくなってしまう可能性がある. しかしその解像度の限界について詳細に調べることは, 大規模な計算資源が必要となる問題でもあり, これまであまり行われてきていない.

そこで本研究では, 鉛直および水平分解能を様々に変えた大気大循環モデルによる数値実験を行う. 鉛直, あるいは水平解像度を上げていったときに, 現実大気で知られている赤道域

の積雲対流活動の階層的構造, 組織化の発生と維持の様相がどのように表現されるのかに注目する. 実験は東西一様な海面水温分布を持つ水惑星という理想化された設定で行い, モデル大気に内在するメカニズムによって形成される降水構造を切り出すことを試みる. このことにより, 大気大循環モデルで表現される赤道域での湿潤対流活動の相違について調べていくことにする.

2. モデルと実験設定

使用した数値モデルは地球シミュレータの大気大循環モデル (AFES)³⁾ である. 積雲パラメタリゼーションには Emanuel スキーム⁴⁾ を用いた. 地表面は全て海洋であるとし, 海面温度は時間的に一定とする. 海面温度分布は, 水惑星国際比較実験⁵⁾ で提唱されている東西一様, 南北対称の分布とした. 実験は, 水平 T39, 鉛直 48 層 (T39L48) を標準実験として, 水平分解能を T39 から T319, 鉛直分解能を 24 層から 96 層の範囲で解像度を変えて行った (Table.1).

Table.1 The list of the experiments.

resolution	T39	T79	T159	T319
24 Level	T39L24			
48 Level	T39L48	T79L48	T159L48	T319L48
96 Level	T39L96			

3. 実験結果

Fig 1 (a), (b), (c) は, 鉛直解像度を変えた実験における降水の赤道上経度時間断面図を示している. 鉛直 24 層, 48 層の実験では, 格子点スケールの降水域の西進が顕著に見られ, 西進速度は 7.5 m/s 前後である. この西進速度は背景風の平均東西風速とほぼ等しく, 降水活動は偏東風によって移流される形をとる. また, 24 層では西進する格子点スケールの降水域の包絡構造が顕著である. この包絡構造は東進す

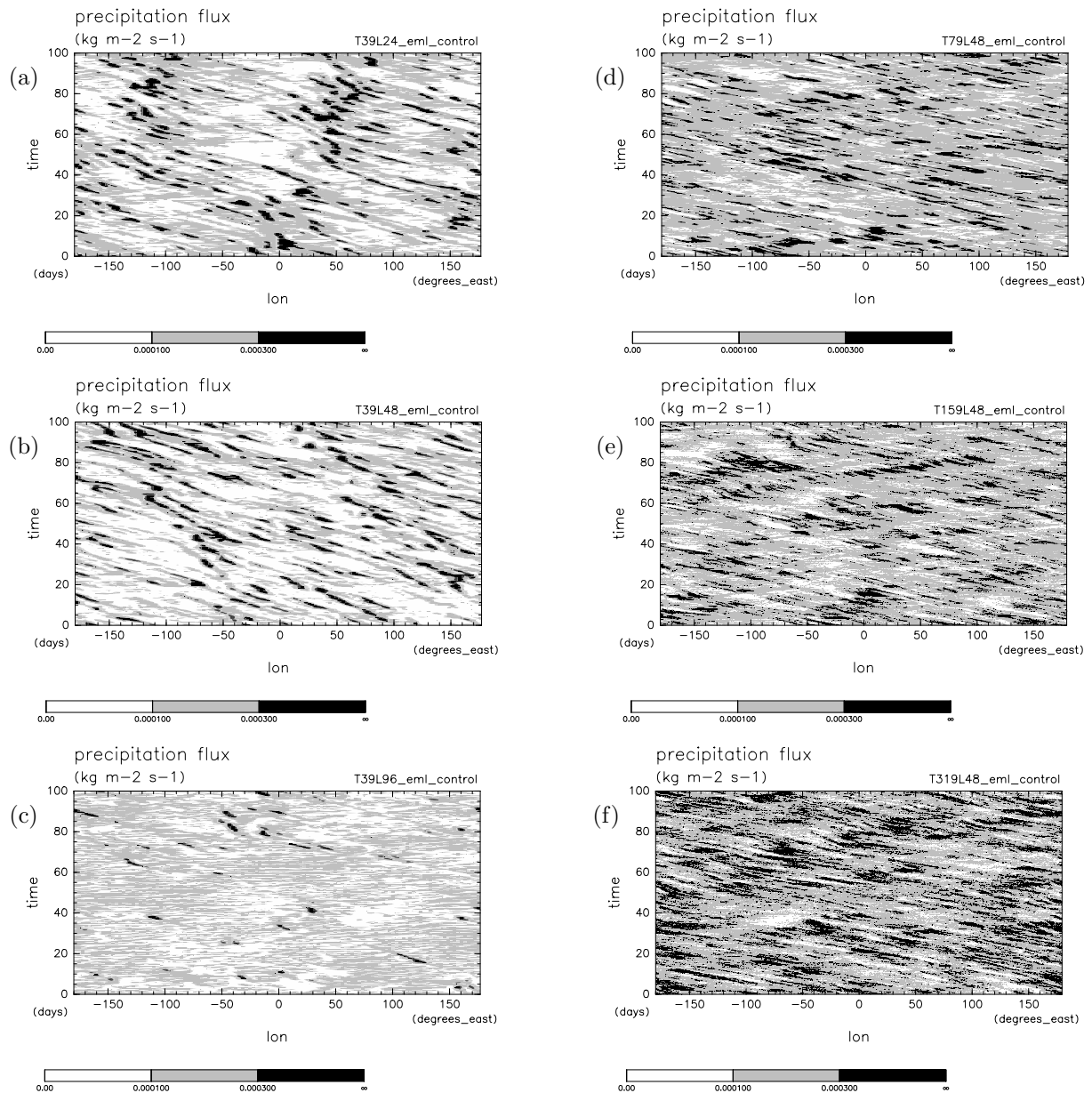


Fig.1: Time-longitude cross sections of precipitation ($\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$) at the equator for the last 100 days of the experiments: (a) T39L24, (b) T39L48, (c) T39L96, (d) T79L48, (e) T159L48, (f) T319L48.

るが、その速度は遅く、約 1 m/s である。鉛直層数を 96 層に増加させると、降水強度の比較的弱い領域が顕著に見られ、浅い積雲対流によって生じた不安定をすぐに解消する傾向を示す。一方で西進する降水強度の強い領域の出現頻度は低くなり、深い積雲対流が発生しにくくなる傾向を示す。

Fig 1 (d), (e), (f) は、水平解像度を変えた実験における降水の赤道経度時間断面図を示している。水平分解能 T39 で見られた西進する格子点スケールの降水域は、T79, T159, T319 においても見られる。西進速度は、3 実験とも 11 m/s 前後と T39 における西進速度に比べて速いものの、背景風の平均東西風風速とほぼ等しい点では一致する。またこの 3 つの実験は、T39L24 でも見られた降水域の包絡構造の東進が顕著である。その移動速度は T39L24 より速く、約 15 m/s である。水平解像度を T39 から T79 に上げると、西進する

格子点スケールの降水域の移動速度は速くなり、東進する包絡構造が顕著に見られるようになるが、水平解像度をさらに T159, T319 に上げて降水分布パターンに大幅な違いは現れなかった。

引用文献

- 1) Hayashi, Y.-Y. and Sumi, A.: *J. Met. Soc. Japan*, **64** (1986) 451–467.
- 2) Kuma, K.: *J. Meteorol. Soc. Japan*, **72** (1994) 147–172.
- 3) Ohfuchi, W., Nakamura, H., Yoshioka, M. K., Enomoto, T., Takaya, K., Peng, X., Yamane, S., Nishimura, T., Kurihara, Y., and Ninomiya, K., 2004: *J. Earth Simulator*, **1**, 8–34.
- 4) Emanuel, K. A.: *J. Atmos. Sci.*, **48** (1991) 2313–2335.
- 5) Aqua-Planet Experiment:
http://www-pcmdi.llnl.gov/amip/ape/ape_home.html