

簡易金星版 AFES 高解像度計算のエネルギースペクトル

* 櫻村 博基 (宇宙研)・杉本 憲彦 (慶應大)・高木 征弘 (京産大)

大淵 済 (JAMSTEC)・榎本 剛 (京大防災研)・高橋 芳幸・林 祥介 (CPS/神戸大)

1 はじめに

惑星規模の高速東西風「スーパーローテーション」をはじめ、金星大気の力学はほとんど解明されていない。有効な観測データが不足している一方、大循環モデルによるシミュレーション研究が盛んになりつつある。しかし、自転の遅さのために統計的平衡状態に達するまでに長期間の時間積分が必要になり、低解像度 (T21) の計算に止まっている。

我々は、AFES (Atmospheric GCM for the Earth Simulator) の簡易金星版を開発し¹ これまででない高解像度計算 (T159) を実施した。本発表では、高解像度計算で得られた運動エネルギースペクトルの特徴について報告する。

2 計算設定

水平解像度	T159 (約 $0.75^\circ \times 0.75^\circ$ 格子)
鉛直解像度	L120 ($\Delta z =$ 約 1 km)
太陽加熱	南北差・日変化あり
放射冷却	水平一様なニュートン冷却 (現実的な低安定度層を導入)
湿潤過程	なし
水平超粘性	∇^4 (切断波数の緩和時間 0.01 日)
鉛直渦粘性	$0.15 \text{ m}^2\text{s}^{-1}$
スポンジ層	80 km 以上に設置
対流調節	乾燥対流調節
初期値	剛体回転の高速東西風と 傾度風平衡の温度場

上記の設定で時間積分を統計的平衡状態に達するまで行った。平衡状態は観測が示唆するスーパーローテーション構造と類似していた。

3 運動エネルギースペクトル

次式で表される単位質量単位波数当たりの水平運動エネルギー² を高度 $\sigma = 10^{-4}, 10^{-3}, 10^{-2}, 10^{-1}$ について示す (図 1)。

$$E_n = \frac{1}{4} \frac{a^2}{n(n+1)} \sum_{m=-n}^n (|\tilde{\zeta}_m^n|^2 + |\tilde{D}_m^n|^2) \quad (1)$$

(a は惑星半径, $\tilde{\zeta}_m^n$ と \tilde{D}_m^n はそれぞれ鉛直渦度と水平発散のスペクトル係数)

$\sigma = 10^{-4}$ の高度では、中波数帯 ($n = 4$ から 45 の間) で傾きが $-5/3$ 乗になっている。 $\sigma = 10^{-3}, 10^{-2}$ では、傾きがわずかに大きいものの同様の特徴を示している。

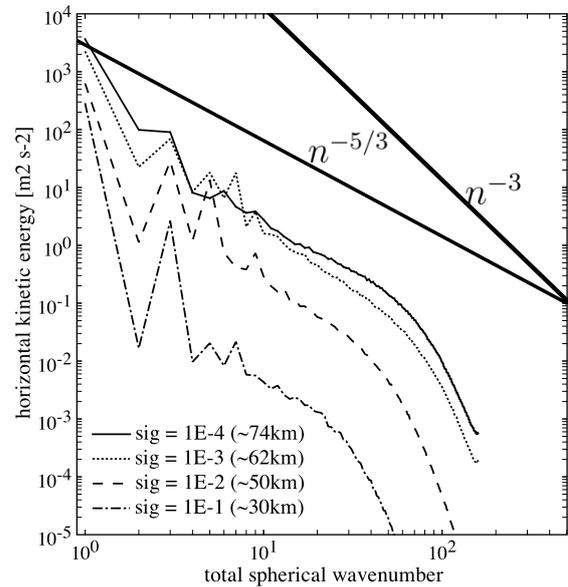


図 1 単位質量単位波数当たりの水平運動エネルギー。太実線は $-5/3$ 乗, -3 乗の傾きを表す。

4 議論

地球大気の航空機観測や GCM 計算のエネルギースペクトル解析^{3,4} で見られる特徴は「低波数領域 ($n < 80$) で -3 乗則, 高波数領域で $-5/3$ 乗則」である。Terasaki et al.⁵ は、前者は総観規模でロスビー波が卓越するためであり、後者はメソスケールで重力波が卓越するためだとしている。図 1 は $-5/3$ 乗則の領域が地球大気の場合よりも低波数側にあり、金星では重力波が 1 万 ~ 数千 km スケールでも卓越していることを示唆している。このスケールでロスビー波が卓越しないのは、地球の場合よりも自転角速度が小さく、コリオリ項が卓越しないからであろう。また、切断波数に近くで傾きが大きくなっているのは、水平超粘性が影響が表れているものと考えられる。

謝辞 本研究は地球シミュレータ利用課題『AFESを用いた地球型惑星の大気大循環シミュレーション』のもとで実施しました。

参考文献

- ¹ Sugimoto et al., 2012: *CCIS*, 70-78.
- ² Koshyk & Hamilton, 2001: *JAS*, **58**, 329-348.
- ³ Nastrom & Gage, 1985: *JAS*, **42**, 950-960.
- ⁴ Takahashi et al., 2006: *GRL*, **33**, L12812.
- ⁵ Terasaki et al., 2011: *SOLA*, **7**, 45-48.