

DCPAMを用いた惑星熱収支の自転角速度依存性に関する研究

* 石岡 翔 (岡山大自然), はしもと じょーじ (岡山大自然), 高橋芳幸 (神戸大理)

1. はじめに

惑星表層の温度を決める惑星の熱収支は惑星アルベドと温室効果によって決まっている。惑星アルベドと温室効果を規定する重要な要素である雲や水蒸気の分布は気候システム内で決まっているのだが、自転角速度が現在の地球と異なる場合のそれらがどのように変化するのはあまり明らかではない。そこで本研究では大気大循環モデルDCPAMを用いて、自転角速度によって惑星の熱収支がどのように変化するか調べた。

自転角速度を変えるとコリオリパラメタの大きさが変わると共に太陽日 (陽が昇ってまた次に陽が昇るまでの時間) が変わる。本研究では、これら2つの効果を切り分けるため、以下の3つのケースについて計算をおこなった。

- (A) 自転角速度を変える実験
- (C) コリオリパラメタの大きさのみ変える実験
- (D) 太陽日のみ変える実験

2. モデルと実験設定

実験には地球流体電脳倶楽部の大気大循環モデルDCPAM5を使用した。力学過程はプリミティブ方程式で記述されている。また、放射過程は、長波では H_2O , CO_2 , O_3 , 雲による吸収を含み、短波では H_2O , O_3 による吸収と雲による吸収・散乱と大気分子によるレイリー散乱を含んでいる。雲は水蒸気が凝結した時に生じ、時定数 1200 秒で雨となって落下する。また雲の輸送は鉛直拡散のみ考え、水平移流は考慮しない。積雲パラメタリゼーションは Relaxed Arakawa-Schubert を用いた。水平解像度は T42, 鉛直解像度は L22 である。

コリオリパラメタの大きさと太陽日を、地球の 0 倍, 1/16 倍, 1/8 倍, 1/4 倍, 1/2 倍, 1 倍, 2 倍, 4 倍にした実験をおこなった。自転角速度以外の基本的な設定は地球と同じにした。ただし、地表は全球を沼 (熱容量 0, 湿潤度 1) とし、地表温度は熱収支が釣り合うように決める。地表のアルベドは全球一様に 0.15 にした。また、自転軸の傾きは公転面に対して垂直とした。以上の設定で等温静止大気の状態から定常状態になるまで時間積分をおこない、最後の 1 年分を解析に使用した。

3. 結果

図 1a は自転角速度と全球平均した地表温度の関係を示した図である。自転角速度を地球よりも速くすると地表温度は上がる。自転角速度を 4 倍にすると、全球平均の地表温度は実験 (A) と実験 (D) でそれぞれ約

10 K 上昇した。実験 (C) でも温度は上昇したがその大きさは 3 K 程度であった。一方で、自転角速度を地球よりも遅くした場合、地表温度はあまり変化しなかった。ただし、実験 (C) で自転角速度を 1/8 倍にした場合だけは例外で、地表温度はおよそ 20 K も上昇した。

地表温度の変化は温室効果と惑星アルベドの変化によってもたらされる。自転角速度を変えた場合の地表温度の変化は惑星アルベドが変わったことと温室効果が変わったことのどちらかが影響していることがわかった (図 1b,c)。

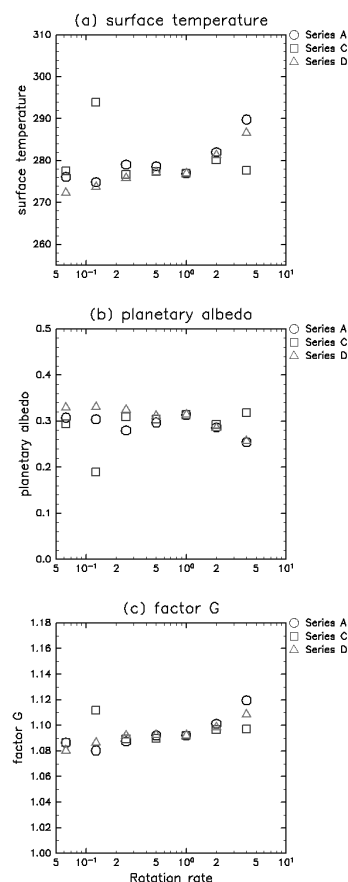


図 1: 地表温度 (a), 惑星アルベド (b), 温室効果の強さを表す値 $G = \text{地表温度} / \text{有効放射温度}$ (c) の自転角速度による変化。

4. 文献

- 1) 高橋 芳幸, 竹広 真一, 石渡 正樹, 納多 哲史, 小高 正嗣, 堀之内 武, 森川 靖大, 林 祥介, DCPAM 開発グループ, 2011: 惑星大気モデル DCPAM, <http://www.gfd-dennou.org/library/dcpam/>, 地球流体電脳倶楽部。