

水惑星における大気大循環: 自転角速度依存性に関する研究

41424501 石岡 翔

1. はじめに

太陽系内にある惑星の自転角速度には地球のそれよりも速いものと遅いものがある。近年は太陽系外でも惑星が発見され、それら系外惑星にも自転角速度の速いものと遅いものがあると考えられる。

自転角速度は大気の大循環を決める重要なパラメタのひとつであり、自転角速度と大気大循環の関係については多く調べられてきた。例えば、Held and Hou (1980) は軸対称モデルを用いて自転角速度が大気の大循環に与える影響について考察し、自転角速度を速くするとハドレー循環の緯度幅は狭くなるとした。

一方で、自転角速度と惑星の熱収支の関係についてはほとんど調べられていない。太陽放射が惑星を加熱する大きさは惑星アルベドによって決まるが、自転角速度によって大気の大循環が変われば惑星アルベドに影響を与える雲や水蒸気の分布が変わり、惑星アルベドは変化すると考えられる。

また、自転角速度の変更はコリオリパラメタを変えるだけでなく、太陽日 (陽が昇ってまた次に陽が昇るまでの時間) も変える。しかしながら太陽日の変化が大気にどのような影響を及ぼすのかについてはほとんど調べられていない。太陽日が変わって太陽による加熱の時間分布が変わると、雲や水蒸気の分布が変わり惑星の熱収支は変化する可能性があると考えられる。

本研究では大気の大循環と惑星の熱収支が自転角速度によってどのように変化するかを調べた。コリオリパラメタの大きさが変わることと太陽日が変わることの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 (コリオリパラメタと太陽日が変わる)
- (C) コリオリパラメタを変える実験 (太陽日は固定)
- (D) 太陽日を変える実験 (コリオリパラメタは固定)

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。自転角速度を、地球の1/16倍、1/8倍、1/4倍、1/2倍、1倍、2倍、4倍として実験をおこなった。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で0.15とした。また、自転軸は公転面に対して直交している。以上の設定で等温静止大気の状態から5年間の時間積分をおこない、定常状態となった最後の1年分を解析に使用した。

3. 結果

図1aは自転角速度とハドレー循環の緯度幅の関係を示した図である。実験(A)と実験(C)では自転角速度が速いほどハドレー循環の緯度幅は狭くなった。一方、実験(D)は自転角速度を変えてもハドレー循環の緯度幅はほとんど変わらなかった。この結果から、ハドレー循環の緯度幅はコリオリパラメタによって変化し、太陽日を変えても緯度幅は変化しないことがわかる。

図1bは自転角速度と全球平均の地表面温度の関係を示した図である。実験(A)と実験(D)では自転角速度が速いほど地表面温度は高くなった。一方、実験(C)は自転角速度を地球の1/8倍にした場合を除いて自転角速度を変えても地表面温度はあまり変化しなかった。

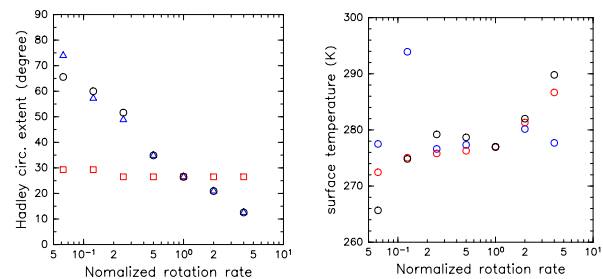


図1: ハドレー循環の緯度幅 (a) と全球平均の地表面温度 (b) の自転角速度による変化。黒は自転角速度を変えた実験 (A)、青はコリオリパラメタのみを変えた実験 (C)、赤は太陽日のみを変えた実験 (D) である。

4. 文献

- 1) Held, I.M. and A.Y.Hou, 1980 : J. Atmos. Sci., 37, 515-533.
- 2) 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.