

## 同期回転水惑星大気構造の惑星半径依存性に関する数値実験 A numerical experiment on dependence of the atmospheric structure of a synchronously rotating planet on planetary radius

石渡 正樹<sup>1\*</sup>; 増田 和孝<sup>1</sup>  
ISHIWATARI, Masaki<sup>1\*</sup>; MASUDA, Kazutaka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学 大学院 理学院/理学研究院  
<sup>1</sup> Hokkaido Univ. Graduate school of Science

本研究では、同期回転水惑星気候の惑星半径に対する依存性を調べるために大気大循環モデル (GCM) を用いたパラメータ実験を行なった。これまでに行われた、地球程度の質量を持つ系外惑星の気候に関する数値実験では、特定の惑星を想定した設定を用いたものが多く、惑星半径を大きく変更した計算はあまり行われていない。たとえば、Heng and Vogt (2011) は、Gliese581g を想定し、惑星半径と重力加速度の値を地球の 1.46 倍から 1.71 倍まで変えた計算を行っている。彼らは、いずれのパラメータにおいても表面温度分布は恒星直下点で最大値、対蹠点で最小値を持つ同様のものになるという結果を示している。しかし、より大きな惑星半径では結果が変わってくる可能性がある。自転角速度を固定して惑星半径を増加させた場合には、惑星半径に対する変形半径の比が減少するので、それに応じて循環構造が変化し、表面温度分布も変化すると考えられるからである。ここでは、惑星半径をより広く変更した実験を行うことにより大気構造の惑星半径依存性を調べることにした。

用いたモデルは、惑星大気大循環モデル DCPAM5 (高橋他, 2013) である。その力学過程は 3 次元球面プリミティブ方程式系から成り、水平方向には球面調和関数変換によるスペクトル法、鉛直方向には  $\sigma$  座標系での差分法を用いる。全球の地表面に対して沼条件 (swamp condition) を仮定した。重力加速度、表面気圧、太陽定数などは地球の値を用いた。自転角速度に関しては、Gliese 581g の予測値を用いた。惑星半径の値として、 $R_*=0.5$  から  $R_*=8$  までの 8 通りの値を与えた ( $R_*$  は地球の値で規格化した惑星半径)。

計算の結果、惑星半径  $R_*$  の増加に従い、表面温度の夜半球平均値は単調減少することがわかった。 $R_*=1.0$  の場合に比べて、 $R_*=8.0$  の場合では夜半球平均温度は 15 K 低くなる。表面温度の水平分布においては、夜半球の高緯度域における値が  $R_*$  の増加とともに減少していた。これに対して、恒星直下点の表面温度は  $R_*$  の増加とともに増加した。 $R_*=1.0$  の場合に比べて、 $R_*=8.0$  の場合では恒星直下点温度は 20 K 高くなる。昼夜間熱輸送量も  $R_*$  の増加に応じて単調減少しており、昼夜間の温度差が増加することと整合的になっている。惑星半径が大きい同期回転惑星では、表面温度において空間的变化が大きい気候状態があらわれる傾向にあると言えるかもしれない。

キーワード: 系外惑星, 同期回転惑星, 惑星半径, 大気大循環モデル

Keywords: exoplanets, synchronously rotating planets, planetary radius, general circulation model