

## 系外惑星気候の多様性の探索：

### 雲の存在を考慮した同期回転惑星大気の数値実験

石渡 正樹 (北大院理)・阿部 豊 (東大院理)・  
倉本 圭 (北大院理)・高橋芳幸 (神戸大院理)

#### 1. はじめに

太陽以外の恒星の周囲に存在する系外惑星の中には、同期回転している、すなわち昼半球と夜半球が固定されていると考えられるものもある (Bloh et al., 2007). 我々は、これまでに、大気中に水蒸気を含む地球的な大気をもつ同期回転惑星の気候に関する数値実験をおこなってきた (納多他, 2011 など). しかし、ここでは灰色放射スキーム、雲無しの仮定など非常に単純化された系を用いており、現実の系外惑星における状況とはかなり異なるものとなっていた。そこで、より現実的な温度分布と水蒸気分布を得ることをめざして、我々は地球大気用の放射スキームと簡単な雲スキームを導入した数値実験を開始することにした。ここでは、その現状、特に灰色放射・雲無しの場合と比較した結果について報告する。

#### 2. モデルおよび実験設定

用いたモデルは、惑星大気大循環モデル dcpam (高橋他, 2013) である。dcpam の力学過程は 3 次元球面プリミティブ方程式系から成る。水平方向には球面調和函数変換によるスペクトル法、鉛直方向には座標系での差分法を用いている。放射過程に関しては、Chou and Lee (1996), Chou et al. (2001) のスキームを用いて、水蒸気、CO<sub>2</sub>、雲による短波および長波の吸収を考慮した積雲対流については、Relaxed Arakawa-Schbert スキーム (Moorthi and Suarez, 1992) を用

いた。雲水に関しては、積雲対流スキームの結果から計算される生成項、モデルに与える消滅時間に基づく消滅項、移流を考慮した時間発展方程式を解くことによりその時間発展を計算した。全球の地表面に対して沼条件 (swamp condition) を仮定した。入射放射分布として、赤道上の経度 90 度の点を恒星直下点とする固定した分布を与える。太陽定数は地球の値を用いる。自転角速度の値としては、 $\omega = 0, 0.05, 0.5, 1.0$  (  $\omega = 1$  は地球の値で規格化した自転角速度である) の 4 通りを与えた。惑星半径、表面気圧などは地球の値を用いた。モデルの解像度は T42L22 とした。3 年間の時間積分を行い、最後の 1 年分のデータを解析に用いた。

#### 3. 結果

図 1 の左列に計算で得られた大気上端上向き放射 (OLR) の時間平均平面分布を示す。比較のため、納多他 (2011) の計算で得られていた OLR の分布も示す (図 1 の右列)。非灰色放射・雲ありの場合 (a, c, e, g) では、灰色放射スキーム・雲無しの場合 (b, d, f, h) に比べて、OLR の値は概して小さくなっている。これは、CO<sub>2</sub> による長波吸収が一因であると考えられる。

OLR の水平分布のパターンは、全ての自転角速度において、大まかには灰色放射スキーム・雲無しの場合と同様のものになっている。ただし、恒星直下点付近ではその周囲に比べて OLR の値が減少している。これは、恒星直下点付近で雲が

発生し、雲による吸収が起こっているためである。OLR のパターンにおいては、雲の有無による差異は、恒星直下点付近のみにしか現れなかった。

今後は、昼半球で出現する OLR の最

大値と 1 次元平衡モデルで得られる射出限界との対応関係や雲の有無による熱収支の相違などについて調査する予定である。

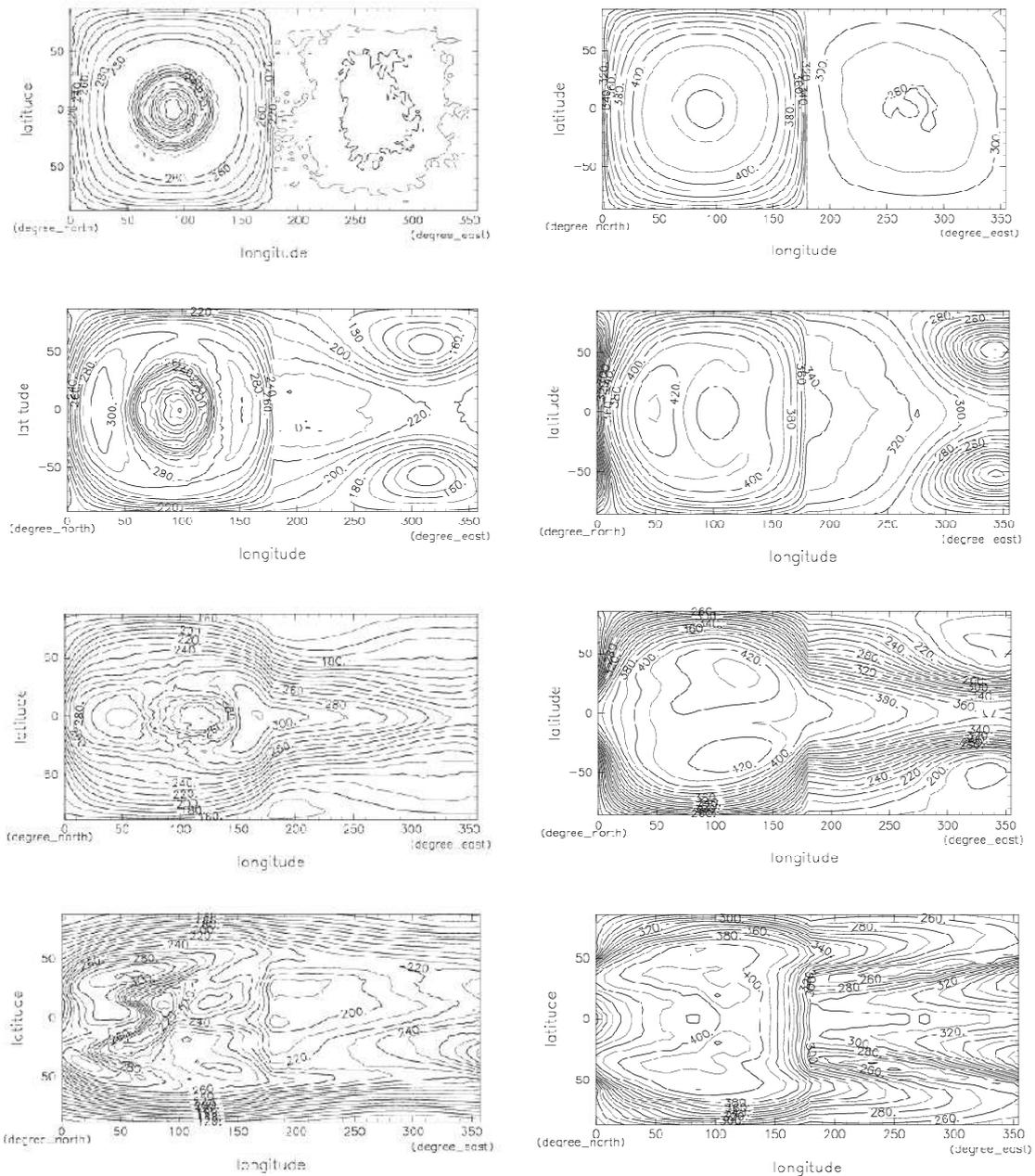


図 1 : OLR の平面分布. いずれも最後の 1 年平均を示す. 左列が非灰色放射および雲スキームを用いた場合, 右列が灰色放射および雲無しの場合の結果である. 上段から順番に,  $\tau = 0, 0.05, 0.5, 1.0$  の結果を示す. 等値線間隔は  $10 \text{ W/m}^2$ .