

# 大気大循環モデルを用いた地球気候の太陽定数依存性に関する数値的研究

松田幸樹 (神戸大院理), \* 石渡正樹 (北大院理), 高橋芳幸, 林祥介 (神戸大院理)

## はじめに

惑星気候の多様性を考える上で、太陽定数は重要なパラメータの一つである。南北1次元エネルギーバランスモデルや大気大循環モデルを用いた先行研究(例えば, Ishiwatari et al., 2007) では、惑星気候の太陽定数依存性が調べられ、太陽定数に応じて全球凍結解、部分凍結解、氷なし解、暴走温室解が得られること、ある太陽定数に対しては多重解が得られることが示された。上記の先行研究では、海陸分布や大気組成の影響を考慮していない。本研究では、惑星大気大循環モデル DCPAM を用いて、地球の海陸分布や大気組成を与えた実験を行い、地球気候の太陽定数依存性を明らかにし、様々な物理量の太陽定数依存性について考察した。

## モデルと実験設定

本研究で用いたモデルは、我々が構築を進めている惑星大気大循環モデル DCPAM (<http://www.gfd-dennou.org/library/dcpam/>) である。このモデルは、プリミティブ方程式系に基づくスペクトルモデルであり、乱流混合過程 (Mellor and Yamada (1982) level 2.5)、氷相を含むように拡張された Relaxed Arakawa-Schubert 積雲対流パラメタリゼーション (Moorthi and Suarez, 1992) と Le Treut and Li (1991) による非対流性凝結パラメタリゼーション、そして地球大気用の放射過程 (Chou et al., 2001 等) を含む。また、陸面では、熱伝導方程式を解くことで温度を求め、バケツモデル (Manabe 1969) を用いて土壌水分を計算する。また、モデルには、外部から海表面温度を与えることもできるが、本研究では現在の地球とは異なる太陽定数を与えた計算を行うため、深さ 60 m の板海 (slab ocean) として計算した。

このモデルを用いて、 $1100 \text{ Wm}^{-2}$  から  $1500 \text{ Wm}^{-2}$  までの太陽定数を与え、また複数の初期条件を与えて 18 個の実験を行った。用いた解像度は T21L26 である。

## 結果

異なる太陽定数での年平均場の構造を調べたところ、太陽定数が大きくなると、年平均東西平均地表面温度の南北差は小さくなり、年平均東西平均降水量の赤道

域のピークは大きくなった。しかし、ハドレー循環の強さは太陽定数の増加に対して単調増加しなかった。このことは、Ishiwatari et al. (2002) とは異なる特徴である。

実験から得られた太陽定数と氷線緯度の関係を調べたところ、地球の海陸分布や大気組成を考慮した大気大循環モデルの実験においても Ishiwatari et al. (2002) と同様に、全球凍結解、部分凍結解、氷なし解が存在することが確認された (図 1)。しかし、氷線緯度と太陽定数の関係は北半球と南半球で異なっていた。例えば、太陽定数  $1500 \text{ Wm}^{-2}$  においては、北半球では氷なし解となるが、南半球では部分凍結解となる。これは南北の海陸分布の差が影響していると考えられる。

一方、同一の太陽定数において、異なる氷線を持つ複数の部分凍結解が確認された。異なる氷線を持つ部分凍結解発生の原因を調べるために、南北一次元エネルギーバランスモデルを用いて実験したところ、南北一次元エネルギーバランスモデルにおいても部分凍結解の初期値依存性が現れた。複数の部分凍結解の存在は、離散モデルでは氷線が移動したとき、隣接する格子点の温度が凝固点を下回る、もしくは上回らなければアルベドが変化しないことに起因していると考えられる。本研究では、サブグリッドスケールの氷の面積を考慮したアルベドの表現を用いると南北一次元エネルギーバランスモデルで部分凍結解を一意に求めることができることも示された。

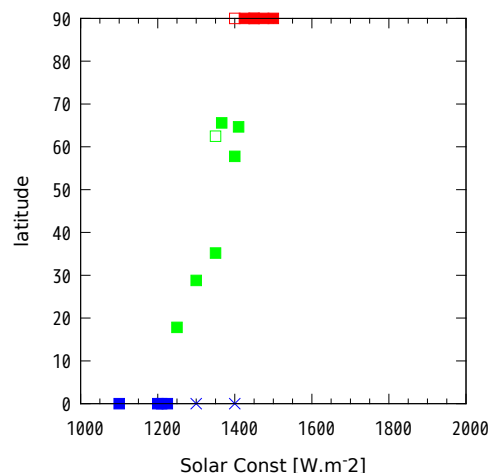


図 1: 実験から得られた北半球における太陽定数と氷線緯度の関係。