

大気大循環モデルを用いた陸と海のある惑星の大気大循環計算

* 高橋芳幸, 林祥介 (神戸大院理), 石渡正樹 (北大院理),
森川靖大 (情報通信研究機構), 中島健介 (九大院理)

はじめに

太陽系内の地球型惑星, 地球, 火星, 金星, の表層環境と循環構造は大きく異なる. 例えば, 地球の対流圏の東西平均東西風は, 南北半球の中緯度に西風, 低緯度に東風もしくは弱い西風となっている. 火星は, 夏や冬には冬半球では西風, 夏半球では東風といった, 非常に大きな南北非対称性を示す. さらに, 金星においては, スーパーローテーションとして知られる自転方向の高速風が, すべての緯度で卓越している. 我々は, 様々な惑星の大気循環と表層環境の相違を統一的に理解することを目指して, 大気大循環モデルの構築とそれを用いた数値計算を行っている. 今回は, 火星と地球の大気循環を特徴付けている過程の手掛かりを得ることを目指して, 海と陸のある惑星と海のない惑星の大気循環の計算を実施した.

モデル

本研究で用いたモデルは, 我々が構築を進めている大気大循環モデル 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, 乱流過程 (Mellor and Yamada (1974, 1985) level 2), 湿潤対流調節 (Manabe 1969), そして簡単な放射過程を含む. また, 海と陸のある惑星を計算するために, 簡単な地面モデルとバケツモデル (Manabe 1969) を導入した.

このモデルを用いて, 次の 3 つの条件で計算を行った: (I) 地球の半径を持った海と陸のある惑星, (II) 地球の半径を持った乾燥した陸しかない惑星, (III) 火星の半径を持った乾燥した陸しかない惑星. 海と陸のある惑星の計算では, 地球の海陸分布を与え, SST は気候値を与える. これらすべての計算において, 地球の自転角速度, 赤道傾斜角, 重力加速度, 大気組成の値を用いた. 計算に用いた解像度は T31L16 であり, 等温静止の初期条件から 20 地球年間計算した. 結果の解析は, 後半の 10 年間のデータを用いて行った.

計算結果

(I) 海と陸のある惑星の計算では, 地球と同様の特徴をもった東西平均循環が得られた. 春や秋には 2 セルの循環が形成され, 全体として赤道に対してほぼ対称な構造となる. 夏や冬には赤道非対称な循環が形成され, 赤道を横切る形で形成される冬側の循環は夏半球

側のそれよりも強い. (II) 乾燥した陸しかない惑星の計算から得られた子午面循環は, 海がある場合よりも大きな南北非対称性を示す. 夏や冬の赤道を横切る循環は, セルの中心がほぼ赤道上にあり, 夏半球にできる直接循環は赤道を横切る循環に対して非常に弱い (図 1). 一方で, 循環が達する高さは海がある場合に比べて低く, 300-400 hPa 面程度までである. (III) 火星の半径を持った乾燥した陸しかない惑星の計算では, 夏や冬の子午面循環は, 地球半径の場合よりもさらに赤道非対称性が大きい. 夏や冬には, 赤道を横切る循環の緯度幅は地球半径の場合よりも大きくなり, 定性的には火星の循環構造にさらに近付いている. このような緯度幅の広い子午面循環が形成されることは, 定性的には惑星半径が小さくなったために相対的に変形半径が大きくなったことと整合的であろう.

しかし, (II), (III) の計算で得られた温度構造は, 火星とは異なる特徴を示している. 例えば, 夏や冬の高緯度では, 地表面付近で低温になる一方で, 対流圏中部の温度はあまり下がらず, 結果として逆転層を形成している. 実際の火星の温度分布は, 冬半球の中緯度に逆転層が見られるものの, 本研究の計算で見られたほど高緯度までは逆転層が形成されない. この温度構造の差は, 主成分が二酸化炭素で構成された希薄な火星大気と本研究のモデル大気の放射時定数の違いに起因している可能性がある. 今後, さらなる放射過程の理解, 解析や追加計算を行うことで, 循環構造の生成・維持過程の理解を深めるとともに, 湿潤過程の役割や大気質量・組成の影響を調べる予定である.

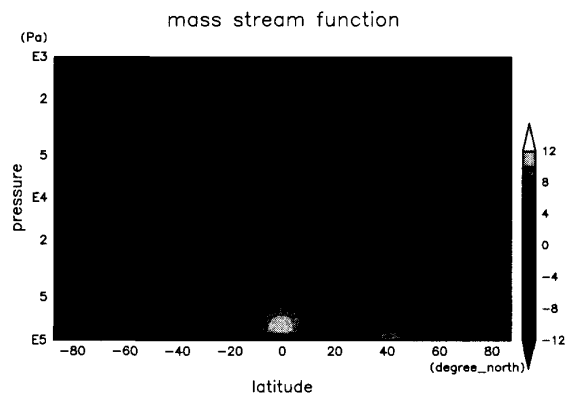


図 1: (II) 乾燥した陸しかない惑星の計算から得られた 2 月における質量流線関数. 性の値は時計回りの循環を表し, 単位は 10^{10} kg/s.