

火星大気大循環のモデリング - モデルの概要とこれまでの成果

Modeling of the General Circulation of the Martian Atmosphere: Current Status of the Mars GCM

高橋 芳幸[1], 藤原 均[2], 福西 浩[3], 林 祥介[4], 小高 正嗣[4]

Yoshiyuki Takahashi[1], Hitoshi Fujiwara[2], Hiroshi Fukunishi[3], Yoshi-Yuki Hayashi[4], Masatsugu Odaka[4]

[1] 東北大学 理, [2] 東北大学大学院理学研究科, [3] 東北大学・理・地物, [4] 北大・理・地球惑星

[1] Science, Tohoku Univ., [2] Graduate School of Science, Tohoku University, [3] Department of Geophysics, Tohoku Univ., [4] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ.

本講演では、我々が開発を進めてきた火星大気大循環モデル (general circulation model; GCM) の概要を、2003年1月にスペインで開かれた火星数値モデル相互比較ワークショップにおける比較実験結果を参照しつつ報告する。また、我々のモデルによって切り出された火星大気大循環の特徴を、特にそのハドレー循環の構造に焦点をあてて概説する。近年の火星探査衛星を中心とした観測の進展により、気温、ダスト、氷雲、水蒸気などの分布を従来と比較して高い時空間分解能で得ることが可能となってきた。火星大気の大循環を観測面から定量的に議論する条件が揃いつつあることにより、火星大気の数値モデル開発とそれをういた研究が活発に行われるようになってきている。観測結果と数値モデルによる計算結果との対比は、モデルの検証という形でその開発と改善を促進すると同時に、大気構造の力学的解釈を与えるという手順を経て火星大気に関する新たな知見を提供してくれる。このような背景のもと、我々も新たに火星大気大循環モデルを開発し、火星大気中の大規模な循環構造を明らかにし、その特徴の形成に關する物理過程について調べてきた。

我々の GCM はプリミティブ方程式に従う力学過程に、火星大気中の現象を記述する上で重要となる様々な物理過程を組み込んだものである。大気加熱冷却を左右する短波・長波の放射過程には CO₂ とダストによる吸収散乱を考慮している。地形、地面のアルベドの分布はこれまでの観測に基づくものを与えている。極冠の形成とそれに伴う大気量の変化を再現するため、CO₂ の凝結・昇華を考慮した。このモデルはこれまでに観測されてきた極冠低緯度境界の後退の様子や、火星大気東西平均場や太陽同期一日潮汐波の基本的な構造を良く再現している。

火星数値モデル相互比較ワークショップにおいては、5つの火星 GCM の比較実験結果の検討が行われた。現時点ではどのモデルも似たような水準にあり、我々のモデルは他のモデルの結果と比べてそれほど異なる平均循環場を示していた。東西平均温度場の比較によれば、我々のモデル計算結果はダストがない条件では他のモデルと近いが、大気中にダストが存在する条件では他のモデルの結果よりも気温を高め評価している程度である。これらモデル間の計算結果の違いを理解するためには、設定をより詳細に定めた比較実験を行っていく必要があることが確認された。このため我々のモデルに対しては、より高い分解能を与えても計算可能となるようモデルを改善していくことが求められた。

本モデルを用いた数値計算から、これまでに我々は火星地形の南北半球間の高低差が子午面循環に及ぼす効果、火星大気中の太陽同期一日潮汐波の特徴、そして太陽同期一日潮汐波が子午面循環とダスト輸送過程に及ぼす効果について調べてきた。ここでは、火星地形の南北半球間の高低差による効果を調べた結果について概説する。我々の GCM を用いてダストのない場合の平均子午面循環を調べたところ、春分・秋分においても高度約 20 km 以下の平均子午面循環は地形の南北高低差によって赤道非対称となることがわかった。高度 20 km 以下の平均子午面循環の駆動源である対流加熱の強度は表層混合層の温位に強く依存しており、表層混合層の温位は地形高度の高い南半球の方が北半球のそれよりも高くなりやすい。したがって地表面温度分布が赤道対象となる春分・秋分時においても対流加熱強度は南半球側で大きくなり、その結果、赤道非対称な平均子午面循環が実現すると考えられる。以上の結果は火星においては子午面循環にともなう大規模収束は南半球で生じやすいことを示唆する。このことはダストの大気への巻き上げが南半球夏において顕著であることと整合的である。