

火星における大気潮汐波の数値シミュレーション

Numerical Simulation of Atmospheric Tides in the Martian Atmosphere

高橋 芳幸[1], 藤原 均[2], 福西 浩[3]

Yoshiyuki Takahashi[1], Hitoshi Fujiwara[2], Hiroshi Fukunishi[3]

[1] 東北大理, [2] 東北大学大学院理学研究科, [3] 東北大・理・地物

[1] Science, Tohoku Univ., [2] Graduate School of Science, Tohoku University, [3] Department of Geophysics, Tohoku Univ.

火星大気大循環モデルを用いて、北半球の冬の典型的なダスト環境における計算を行った。1日周期の熱潮汐波の緯度・高度構造を調べた結果、以下のことがわかった。この波は25°S - 50°N、高度約65 km以下の領域で鉛直伝搬していた。鉛直伝搬には平均風によるドップラーシフトが重要な役割を果たしている。それ以上の高度では、太陽近赤外加熱が波の励起源となっていることが示唆された。鉛直伝搬成分の励起源を特定するために、地面温度を日変化させない条件で計算を行った。その結果、鉛直伝搬成分の約半分はダスト加熱によって励起されるが、約半分は地面が励起源になっていることが示された。

火星大気中の熱潮汐波が、地球のそれに比べて大振幅であることはよく知られている。この大振幅の熱潮汐波の振る舞いとそれが火星大気大循環に果たす役割については、以前から多くの関心を集めてきた。しかしながら、これまでに行われたそれらに関する研究は、平均風なしの平均場に対する線形計算のみであった。しかも火星大気中の熱潮汐波は、地球のそれよりも平均風によるドップラーシフトを受けやすいことが指摘されており、現実の熱潮汐波の振る舞いは線型理論から得られるものとは大きく異なる可能性がある。本研究の目的は、火星大気大循環モデルを用いて火星大気中の熱潮汐波の振る舞いを調べることである。

本研究で用いたモデルは、我々がこれまでに開発してきた火星大気大循環モデルである。このモデルは有限差分プリミティブ方程式モデルである。水平分解能は11.25°(経度) ~ 10°(緯度)、鉛直方向には地面から高度約70-90 kmの範囲に20-25層を含む。地下には8層とり、地下への熱伝導を計算することで地表面における熱バランスから地表面温度を計算している。大気中に浮遊するダストとCO₂に関する放射過程を考慮している。地表面温度の計算とダストとCO₂の放射過程を扱うことで、モデル内で自然に熱潮汐波が励起される。ただし、ダストの分布は水平一様で、時間的にも一定としている。このモデルから得られた東西平均温度場と地表面気圧の1日・半日周期成分は、それぞれ Mars Global Surveyor と Viking Lander の観測結果とおおよそ整合的である。

このモデルを用いて北半球の冬の典型的なダスト環境の場合(可視光領域における光学的厚さ、 ~ 0.3)の計算を行った。初期条件は等温(200 K)・静止とし、100火星日間分の計算を行った。西向きに伝搬する1日周期、東西波数1の波の緯度・鉛直構造を調べた結果、以下のことが明らかとなった。位相の高度変化から、およそ30°-20°Sから40°-60°N、高度60-70 km以下の領域で鉛直伝搬している様子が見られた。この鉛直伝搬領域では高度とともに等位相面が北半球側に傾いており、大きな南北非対称性を示している。これは、過去の研究でも指摘されているように、平均風によるドップラーシフトの結果であると考えられる。高度60-70 km以上では位相の高度変化は見られない。この高度領域以上では、太陽近赤外加熱が波の励起源になっているためと考えられる。

20°Nの地面付近における位相の高度変化を詳しく見てみると、高度10 km付近以下ではそれ以上の高度に比べて位相の高度変化が小さい。これは、より低高度からの鉛直伝搬成分に加えて、この高度領域で波が励起されていることを示唆している。この高度領域での励起源としてはダストの放射加熱が考えられ、より低高度の励起源としては地面が考えられる。これら二つの励起源の寄与を調べるために、地面温度は日変化しないという条件を課した計算を行った。この計算では、地面温度以外の計算条件はこれまでと全く同じである。この計算から得られた東西風振幅は、鉛直伝搬領域において、地面温度の日変化を許した計算のその約1/2であった。このことから、火星の典型的なダスト環境では、励起される熱潮汐波の約半分は大気中のダスト加熱起源であるが、約半分は地面起源であることが示唆される。今後、上記の計算結果についてさらに詳しく解析するとともに、様々なダスト環境における計算を行うことで、ダスト加熱や様々な平均場に対する熱潮汐波の応答を調べ、火星大気中の熱潮汐波の振る舞いに考察していく予定である。