

MGS/TES の赤外輝度データによる火星大気の波数スペクトル

Atmospheric wavenumber spectra of Mars derived from MGS/TES radiances

川崎 泰宏[1]; 今村 剛[2]; 福原 哲哉[3]

Yasuhiro Kawasaki[1]; Takeshi Imamura[2]; Tetsuya Fukuhara[3]

[1] 東大・理; [2] JAXA 宇宙科学本部; [3] 総研大

[1] Tokyo Univ; [2] ISAS/JAXA; [3] The Graduate University for Advanced Studies

地球の大気力学の研究において風速や温度の波数スペクトルは大気の運動エネルギーおよびポテンシャルエネルギーの分布について貴重な情報をもたらしている。スペクトル密度は水平波長約 600 km を境に長波長側では波数の -3 乗、短波長側では -5/3 乗の依存性を持つことが報告されており、水平乱流のエネルギーカスケードや重力波の寄与が提案されているが、その解釈は定まっていない。今回我々はこの問題への新たなアプローチとして、米国の火星周回機 Mars Global Surveyor (MGS) に搭載された Thermal Emission Spectrometer (TES) の赤外輝度データから、世界で初めて火星大気温度のメソスケールでの波数スペクトル導出を試みた。

TES は MGS の太陽同期軌道上から直下視で波長 6 ~ 50 μm の地表面および大気からの熱放射を分光計測している。ほぼ南北方向の軌道上でおよそ緯度 0.1° おきにデータ取得し、軌道は周回ごとに (火星の自転により) 約 30° 経度がずれる。データは NASA の Planetary Data System で公開されている。CO₂ 15 μm 帯の解析からは鉛直気温分布がリトリバルされて公開されており、これを用いて惑星スケールの平均構造や波について研究がなされている。我々は微小な擾乱に注目するにあたって、誤差評価が難しいリトリバルの気温を使うことはせず、CO₂ 15 μm 帯の中心波数 668 cm^{-1} での輝度温度を直接フーリエ解析した。この波数での寄与関数はおおよそ高度 15-35 km に広がっている。用いたデータの期間は Mars Year (MY) 25 の Ls = 9 ~ 360° (Ls = 0° が春分) および MY26 の Ls = 0 ~ 270° の約 1.7 火星年であり、地方時は 14 時と 2 時のうち前者を主に解析した。解析手順は以下のとおりである。

(1) 輝度スペクトルの波数分解能が約 6.5 cm^{-1} のときと約 13 cm^{-1} のときがあるため、前者の場合はスペクトルを均して後者の分解能に統一する。

(2) 軌道に沿った輝度温度を緯度 0.5° おきに平均して等間隔のデータとする。データ欠損区間は 2° までは線形補完し、それ以上の場合は解析から外す。

(3) 北緯 60° 、 30° 、赤道、南緯 30° 、 60° を中心とするそれぞれ 32 度幅のデータ列 (64 点) を切り出し、2 次関数をフィッティングして差し引くことで背景の勾配を除去する。

(4) データ列から FFT によりパワースペクトルを求める。最小波数は FFT の窓関数の影響などがあるため解析から外し、結果的に水平波長 60 ~ 1000 km をカバーする波数スペクトルを得る。これらを緯度帯ごと、および Ls で 30° の季節区間ごとに平均する。

(5) 輝度温度のスペクトルを温度のスペクトルと見なし、擾乱のポテンシャルエネルギーのスペクトルに変換する。必要となる背景温度および静的安定度は公開されているリトリバル温度から計算する。

得られたスペクトルには、傾きが低波数で大きく高波数で小さいという傾向が見られる。地球で見られた波数依存性に近いものもあるが、特に高波数側ではノイズを考慮しても -5/3 乗より緩やかであることが多い。理想的な水平乱流とは相容れず、少なくとも火星では大規模な地形による大振幅の重力波など別の要因も寄与しているかもしれない。

緯度・季節依存性も顕著である。夏・冬期には、冬半球高緯度 (60°) でパワーが大きく、次いで冬半球中緯度 (30°) でパワーが大きい。この時期高緯度では南北温度傾度が大きく、傾圧波からのカスケードが考えられるが、中緯度では南北温度勾配がかなり小さい時期にあたるためこの傾向は謎である。春・秋期には両半球の高緯度でパワーが大きく、これは南北温度傾度が大きい場所に一致する。それぞれの緯度で特徴的な季節変化があるが、MY25 と MY26 の間で年による違いも見られた。