

MGS/TES による火星大気の惑星スケール波のスペクトル解析

小林 紘子 [1]; 今村 剛 [2]
[1] 東理大・理・物理; [2] JAXA 宇宙科学本部

Spectral analysis of planetary-scale disturbances in the Mars atmosphere using MGS/TES data

Hiroko Kobayashi[1]; Takeshi Imamura[2]
[1] Physics, Tokyo Univ. of Sci.; [2] ISAS/JAXA

Atmospheric wavenumber spectra of planetary scale disturbances in the Mars atmosphere have been obtained as a function of latitude and season from MGS/TES atmospheric temperature data. In the Mars atmosphere, structures of wave with zonal wavenumber 1 and 2 have been studied, but wavenumber spectra have never been obtained. Wavenumber spectra reflect the excitation processes of atmospheric disturbances and the energy cascade in turbulent motions. For example, in the Earth's atmospheric wavenumber spectrum, the low wavenumber regime is dominated by the stationary component of the flow and the high wavenumber regime is dominated by transient component. There is a peak at the zonal wavenumber of 5-6 due to the forcing by baroclinic instability at this scale.

We analyzed the temperature disturbances at 0.5 hPa (about 25 km altitude) in the longitudinal direction to obtain power spectra of stationary and transient component covering zonal wavenumbers 1 - 6. Before the analysis all temperature data were binned in latitude increments of 5 degrees. The stationary wave spectra in each season were obtained from temperatures that have been binned in longitude increments of 30 degrees and averaged in each 30-degree Ls (about 60 days) period. The transient wave spectra were obtained from temperatures on successive 12 orbits from which the stationary wave have been subtracted. Finally the spectra were averaged in the latitude bands of 30 degrees width centered at 60S, 30S, equator, 30N and 60N.

The results show that the high latitude of the winter hemisphere has the highest power and a spectral peak occurs at the wavenumber of 1 in this region. In other seasons or latitudes, spectral peaks sometimes occur at the wavenumber of 2. In the low wavenumber regime, the spectral power is dominated by stationary waves in the high latitude of the southern winter, while it is dominated by transient waves in the high latitude of the northern winter. In the high wavenumber regime, on the other hands, transient waves dominate through the year. Interannual variability was also found to be large. We will further investigate the energy distribution of the Mars atmospheric disturbances at different altitudes and in other years, and compare it with the Earth's one.

米国の火星周回衛星 Mars Global Surveyor (MGS) に搭載された赤外干渉分光計 Thermal Emission Spectrometer (TES) のデータを用いて、火星における惑星スケールでの擾乱エネルギーのスペクトルを緯度や季節ごとに調べた。火星の大気力学に関してはこれまで、気温や風の平均子午面分布、東西波数 1、2 の波動の存在などが知られているが、波数スペクトルによるアプローチはまだない。地球の大気力学の研究においては、水平波数についてのエネルギースペクトルから擾乱の起源やエネルギーカスケードについて研究されている。それによれば、惑星スケール波のスペクトルに関して、低波数側では定常成分が、高波数側では非定常成分が卓越している。また、波数 5 付近にスペクトル密度の極大があるが、これは傾圧不安定によるエネルギー供給を反映すると考えられている。

火星には、二酸化炭素を主成分とする希薄な大気、大量のダストが浮遊する、大規模な地形が存在するなどの特徴があり、特有の大気力学が生じると考えられている。自転軸の傾きが比較的大きいので顕著な季節変化があり、また公転軌道の離心率が大きいと季節変化は南北で非対称である。放射時定数が約 1 日と短いため、昼夜の温度変化が大きい。また、全球を覆うようなダストストームが発生することがある。地形は南北非対称が著しく、北半球低緯度には標高の高い山がいくつか存在し、これらが大気の運動に影響することも考えられる。

MGS は 1996 年に打ち上げられ、現在に至るまで火星周回軌道上から観測を続けている。MGS は太陽同期準回帰軌道を回っており、2 時間で火星を 1 周するので、火星の自転に伴い 1 周ごとに約 30 度離れた経度を観測することになる。直下点での地方時は昼側は 14 : 00、夜側は 02 : 00 である。MGS に搭載された TES は、火星を真下に見下ろして波数範囲 $200 \sim 1600 \text{cm}^{-1}$ の赤外放射を計測するフーリエ変換型分光計である。火星の地表鉱物、大気などの調査を主な目的としている。CO₂ 15 μm 帯付近では大気放射を分光し、気温の高度分布を導出することができる。

本研究では、昼側 (14 時) あるいは夜側 (2 時) において 1 日ごとに約 30 度間隔の 12 の経度で気温データが得られることに注目し、経度方向の温度分布から波数 1-6 の擾乱の定常、非定常成分のパワーを求めた。今回の解析では 0.5hPa (高度約 25km) での温度を解析する。まず、5 度の緯度幅ごとに、Solar longitude(Ls) について 30 度 (約 60 火星日) の期間で、経度 30 度ごとに平均温度を求めて定常成分とし、それらのスペクトルを求めた。非定常成分については、12 軌道の連続したデータから、Ls について 30 度の範囲で平均して得た定常成分を差し引き、これより日々のスペクトルを求め、Ls について 30 度の範囲で平均した。こうして得られたスペクトルを、定常、非定常成分共にそれぞれ緯度 60°S、30°S、0°、30°N、60°N を中心に 30 度の緯度幅で平均した。

これらのスペクトルには、顕著な緯度依存性と季節変化が見られる。まず、全成分において冬半球の高緯度で最もパワーが大きく、またこの緯度では波数 1 でパワーが最大で高波数ほど小さくなるという特徴が得られた。春や秋には両

半球の高緯度でパワーが大きい。また、冬の高緯度を除くスペクトルでは波数 2 においてピークが見られることがある。また、定常・非定常成分の配分については、波数 3~6 では一年を通して非定常成分が卓越している。一方、波数 1~2 では、南半球高緯度の秋から冬には定常成分が卓越していて、北半球高緯度の秋から冬には非定常成分が卓越しているという南北非対称が見られる。上記のような毎年共通の特徴も見られるが、年によって異なる振る舞いも見られる。