

R009-34

Zoom meeting D : 11/2 PM1 (13:45-15:30)

13:45~14:00

#風間 暁¹, 笠羽 康正², 中川 広務³, 青木 翔平⁴, 黒田 剛史², 小暮 李成⁵, 鈴木 湧平², 村田 功⁶, 吉田 奈央⁷
(¹ 東北大学, ² 東北大・理, ³ 東北大・理・地球物理, ⁴ BIRA-IASB, ⁵ 東北大, ⁶ 東北大院・環境, ⁷ 東北大・理・地物)

Remote sensing of surface pressure on Mars by CO₂ 2 μ m absorption band observed by Mars Express/OMEGA

#Akira Kazama¹, Yasumasa Kasaba², Hiromu Nakagawa³, Shohei Aoki⁴, Takeshi Kuroda², Risei Kogure⁵, Yuhei Suzuki², Isao Murata⁶, Nao Yoshida⁷

(¹Tohoku University, ²Tohoku Univ., ³Dep. Geophysics, Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ., ⁴BIRA-IASB, ⁵Tohoku Univ,

⁶Environmental Studies, Tohoku Univ., ⁷Geophysics, Tohoku Univ.)

In the global enhancement of Martian explorations, Japan is developing the Martian Moons eXploration (MMX) mission toward the launch in 2024. MMX will execute the sample return from Phobos, and also do the continuous and global observation of the Martian atmosphere in the low-mid latitudes from the equatorial field of views. Mars has a dilute surface pressure of about 6 hPa, and its solar radiation varies more than 30% per year by a large orbital eccentricity. The large variations of the Martian atmosphere are caused by the condensation and sublimation of CO₂ and H₂O and the absorption of sunlight by dust. One of the goals of MMX for the Martian atmosphere is understanding the global and mesoscale dynamics and the transfer processes of dust and water vapor. The surface pressure is one of the important key parameters.

In Earth, the distribution of surface pressure can be obtained by many observation points on the ground. In Mars, it is difficult because there are only a few numbers of landers at specific locations.

The estimation of the mesoscale surface pressure distribution was tried by Forget et al. (2007) and Spiga et al. (2007) from orbiter data. They derived the surface pressure using near-infrared CO₂ absorption at 2 μm in the initial observation data (2004-2005) of OMEGA onboard Mars Express. Since they showed the results only from the ideal data set (e.g. dust-free, etc.), 0.007% of the total data (29 of ~4000 nadir observations) were utilized. In those data sets, the pressure distribution over 95 x 150 km (2.5 deg in longitude, 4 deg in latitude) could be obtained and succeeded to show the pressure gradients deviating from the geostrophic balance in some regions.

We have tried to apply this method to the planned MMX observations. In this method, surface pressure is estimated using the column density of CO₂ derived from the spectral absorption in 2 μm. The CO₂ mixing ratio in the Martian atmosphere (well known as 0.9532 in early summer obtained by the Viking Lander mass spectrometer) can be regarded as uniform in the lower atmosphere in altitude and can be assumed that the surface pressure is in proportion to the CO₂ gas column density when the atmosphere is hydrostatic. As in the previous study, now we are developing the code to derive the surface pressure from the OMEGA SWIR (near-infrared) channel 1.8-2.2 μm (25 points, wavelength resolution ~20 nm). For the conversion from absorption spectra to surface pressure, we need to make about 450,000 spectra by our forward model with a group of physical parameters affecting the absorption spectra (e.g., atmospheric pressure, temperature, surface albedo, dust opacity, solar zenith angle, solar viewing angle, and phase azimuth angle). Using this table, the surface pressure is estimated by selecting the model spectrum closest to the observed one. In July 2021, we are in the process to establish the forward model and to make this spectral table.

In this presentation, we will show the status to apply the method to the entire period (2004-2010) of available OMEGA near-infrared observation data and report the trial of its application to the Martian mesoscale phenomena. We will also discuss the issues to be solved for the application to the MMX data which can cover more wide area and have the potential to investigate the global atmospheric phenomena.

火星探査活動が世界的に活発化するなか、日本では2024年の打ち上げを目指した火星衛星サンプルリターン計画 (MMX : Martian Moons eXploration) が開発途上にある。MMXでは、フォボスタッチダウンによるサンプルリターンと共に、フォボス近傍の周回軌道上から火星中低緯度大気の広域連続観測が計画されている。火星は表面気圧が6hPa程度と希薄で、軌道離心率が大きく太陽輻射量が年間で30%以上変動する。CO₂とH₂Oの凝結・昇華に伴う相変化や浮遊ダストによる太陽光の吸収により、火星大気は大きく変動する。MMXによる火星大気観測の目標の1つは、火星大気中のダスト・水蒸気のグローバル・メソスケールの輸送過程の把握であり、その重要なキーパラメータとしてその表面気圧分布がある。地球では、表面気圧分布は地上に網羅された多数の観測点で求められている。これに対し、火星の表面気圧は特定箇所に降りた限られた着陸機群しか観測点が無い。

メソスケールの地表面気圧分布を周回探査機による観測から取り組んだ事例として、Forget et al. (2007) および Spiga et al. (2007) がある。これらは、Mars Express 探査機搭載 OMEGA 初期観測 (2004-2005) 時の近赤外 CO₂ 吸収分光撮像データから、火星表面気圧を導出する手法をとっている。ダストフリー等の理想的な状態でのデータのみを対象としたため、気圧導出は全データの0.007%程度(約4000回のnadir観測中29回)に留まるが、これにより95×150km(経度幅2.5°、緯度幅4°)の表面圧力分布を求めることに成功し、この地域の平衡状態から逸脱した圧力勾配などが観測可能であることを示した。

我々は、この手法を MMX 観測に適用すべく検討を行なっている。Forget および Spiga の手法では、スペクトル吸収量から CO₂ 気柱量を導出し、そこから高度補正等を加えて地表面気圧を推定する。火星大気の CO₂ 混合比 (Viking Lander 質量分析計による 0.9532(初夏の値)がよく知られる) は、下層大気中では高度一様とみなせる。このため、大気が静水圧であるとみなせる際には、表面気圧は CO₂ 気柱量に比例すると仮定できる。この先行研究を再現すべく、OMEGA SWIR(近赤外) チャンネル 1.8-2.2 μm (25 点、波長分解能 $\sim 20\text{ nm}$) の 2 μm CO₂ 吸収帯を用いて表面気圧を導出するプログラムを開発中である。吸収スペクトルから表面気圧への変換のため、観測スペクトルに影響しうる物理パラメータ群 (気圧、温度、表面アルベド、ダストオパシティ、太陽天頂角、太陽視野角、位相方位角) をフリーパラメーターとして、フォワードモデルによる推定スペクトルを 45 万個程用意する。観測スペクトルに最も近いものをベストフィット法にて選択することで、表面気圧値を決定する。2021 年 7 月現在、このテーブル作成とその検証に向けた作業を進めているところである。

本講演では、OMEGA 近赤外線観測データがある全期間 (2004-2010) からの表面気圧導出の試行状況、および火星メソスケール気圧現象への適用可能性について現況を報告する。また、MMX で可能となるより広域のグローバル気圧現象への適用時に予想される課題についても述べる。