

R009-16

B会場：11/7 AM1 (9:00-10:30)

09:30~09:45

Mars Express/OMEGA と MMX/MIRS への応用を目指した CO₂ 2 μ m 吸収帯による火星表面圧力導出のための放射伝達ツール開発

#風間 暁¹⁾, 笠羽 康正²⁾, 青木 翔平³⁾, 中川 広務⁴⁾, 佐藤 隆雄⁵⁾, 佐藤 晋之祐⁶⁾, 吉田 奈央⁷⁾

¹⁾ 東北大学, ²⁾ 東北大・理, ³⁾ 東京大学, ⁴⁾ 東北大・理・地球物理, ⁵⁾ 情報大, ⁶⁾ 東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター, ⁷⁾ 東北大・理・地物

Development of a radiative transfer tool for surface pressure retrievals on Mars for Mars Express/OMEGA and MMX/MIRS

#Akira Kazama¹⁾, Yasumasa Kasaba²⁾, Shohei Aoki³⁾, Hiromu Nakagawa⁴⁾, Takao M Sato⁵⁾, Shinnosuke Satoh⁶⁾, Nao Yoshida⁷⁾

¹⁾Tohoku University, ²⁾Tohoku Univ., ³⁾University of Tokyo, ⁴⁾Dep. Geophysics, Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ., ⁵⁾HIU, ⁶⁾Tohoku University, ⁷⁾Geophysics, Tohoku Univ.

To understand atmospheric variability on Mars, the distribution of surface pressure is important. Since Mars has a large orbital eccentricity, solar radiation fluctuates by more than 30% per year. As a result, large global and mesoscale variations are caused by the condensation and sublimation of CO₂ and H₂O and the local and seasonal variations of dust. On Earth, the distribution of surface pressure can be obtained by many observation points on the ground. However Mars only has a few numbers of landers at specific locations, so the horizontal distribution of the surface pressure has been poorly understood. global surface pressure distribution of Mars can only be delivered from the orbiter data.

Forget et al. (2007) and Spiga et al. (2007) are the only examples of the successful derivation of mesoscale surface pressure distribution. In this trial, the surface pressure was retrieved from the near-infrared CO₂ absorptions at 2 μm taken by OMEGA onboard Mars Express (MEx) during its initial observation (2004-2005). The CO₂ mixing ratio in the lower Martian atmosphere (well known as 0.9532 in early summer obtained by the Viking Lander mass spectrometer) can be assumed as uniform in altitude, and we can assume that the surface pressure is in proportion to the CO₂ column density when the atmosphere is hydrostatic.

In this previous case, only ideal data (e.g., no aerosol scattering, etc.) were used, and only about 0.7% of the total data (29 out of about 4,000 nadir observations) were utilized. From those limited data sets, the pressure distribution over 95 x 150 km (2.5 deg in longitude, 4 deg in latitude) could be derived and succeeded to show the pressure gradients and atmospheric waves.

The near-infrared spectrometer MIRS onboard the Martian Moons eXploration (MMX) mission, which is scheduled for launch in 2024, will be able to observe a wide area in the mid-to low-latitudes in one-hour intervals by using the scanner mirror of the instrument and the maneuver operation of the spacecraft. Continuous observations of the mid-and low-latitude Martian atmosphere are planned from its orbit around Phobos. We have tried to make use of this capability to retrieve a wide-area surface pressure distribution.

We first retrieve the mesoscale surface pressure from the entire period of MEx/OMEGA observations (2004-2010) in its SWIR (near-infrared) channel 1.8-2.2 μm (25 points, wavelength resolution ~20 nm). Following the method adopted in Forget et al. (2007) and Spiga et al. (2007), the CO₂ column density is used for the estimation of the surface pressure with surface altitude correction. Eight physical parameters (atmospheric pressure, temperature, surface albedo, dust opacity, water ice, solar zenith angle, solar viewing angle, and phase azimuth angle) can affect the observed spectra. Therefore, at first, we prepared ~3,640,000 cases of calculated spectra based on the HITRAN2020 database, calculated with the radiative transfer code ARS (Ignatiev et al, 2005). Using this spectral table, surface pressure could be quickly retrieved by matching the calculated spectra and the observed one, by the maximum likelihood estimation method. In this presentation, we will report the status of and results from our surface pressure derivation system adopted for MEx/OMEGA. In addition, we will also discuss the potential issues requested for the global pressure derivation system to be adopted by MMX/MIRS. We will work to fully make the most of the wide-field spectroscopic imaging capability of MMX (19.8x40 deg field of view, about 80 times larger than OMEGA/MEx). For this application, the treatment of real atmospheric conditions with aerosol scattering is a challenging point.

火星の大気変動の把握には、表面気圧の分布を知ることが重要である。火星は軌道離心率が大きく、太陽輻射量は年間で30%以上変動する。これに伴うCO₂とH₂Oの凝結・昇華や浮遊ダスト量の地域・季節変動により、大気はグローバル・メソスケールで大きく変動する。地球での表面気圧分布は、地表にある多数の観測点から直接求めることができるが、火星では特定箇所の着陸機群しか観測点が無い。このため、周回観測機のデータを用いた表面気圧分布の導出が必要である。

Forget et al. (2007) および Spiga et al. (2007) は、探査機データからメソスケール地表面気圧分布の導出に成功した唯一の例である。この例では、Mars Express (MEx) 探査機搭載 OMEGA の初期観測 (2004-2005) で得られた近赤外域のCO₂吸収量から表面気圧を導出した。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)は下層で、ほぼ高度方向に一様であり、静水圧平衡仮定の元では表面気圧はCO₂気柱量に比例するとみなせる。この先行事例では、エアロゾルの散乱がない等の理想的なデータのみを対象とし、気圧の導出は全データの0.7%程度(約4000回のnadir観測中29回)に留まる。しかし、95×150km(経度幅2.5°、緯度幅4°)の表面気圧分布を求めることに成功し、平衡状態から逸脱した圧力勾配や大気波動などが観測可能であることを示した。

2024年の打ち上げを目指す火星衛星サンプルリターン計画(MMX: Martian Moons eXploration)搭載近赤外分光器MIRSでは、装置のスキャナーミラーと探査機のマヌーバー運用により1時間単位で中低緯度の広域が観測可能であり、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。我々はこれを活かした広域気圧分布導出を目指している。この目標に向け、まずはMEx/OMEGA近赤外線観測データが存在する全期間(2004-2010)を用いてメソスケール表面気圧の導出を試みる。Forget・Spigaの手法に則り、CO₂の吸収量からColumn densityを導出し、高度補正等を考慮して地表面気圧を推定する。この手法をOMEGA SWIR(近赤外)チャンネルで取得される1.8-2.2μm(25点、波長分解能~20nm)の2μm CO₂吸収帯データに適用し、表面気圧を導出する。まず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、ダスト光学的厚さ、水氷気柱量、太陽天頂角、太陽視野角、位相方位角)において、HITRAN2020データベースに基づき、Ignatiev et al. (2005)で開発された放射伝達コードを用いて計算を行い、擬似スペクトルを約364万ケース用意した。現在、擬似スペクトルから吸収量を算出し、観測スペクトルに最も近いものを最尤推定法より選択することで、表面気圧値の決定を検討中である。

本講演ではMEx/OMEGAからの表面気圧導出状況を報告する。さらに、MMXで実現を目指すグローバル気圧導出の実現に要する課題についても述べる。エアロゾル散乱がある大気条件でこのリトリーバルツールをどのように適用していくかが今後の課題である。MMXの広視野分光撮像の能力(視野19.8°×40°、OMEGA/MExの約80倍)を十全に発揮することを目指して取り組んでいく。