

中間赤外ヘテロダイナミクス分光観測から得られた火星中間圏での2018年グローバルダストストームによる東西風加速

宮本 明歩 [1]; 中川 広務 [1]; 高見 康介 [1]; 黒田 剛史 [2]; 村田 功 [3]; 寺田 直樹 [4]; 吉田 奈央 [5]; 鳥海 克成 [6]; 笠羽 康正 [2]; 青木 翔平 [7]

[1] 東北大・理・地球物理; [2] 東北大・理; [3] 東北大院・環境; [4] 東北大・理・地物; [5] 東北大・理・地物; [6] 東北大・理・惑星大気; [7] BIRA-IASB

Zonal wind acceleration in the Martian mesosphere during the 2018 global dust storm derived from mid-IR heterodyne spectroscopy

Akiho Miyamoto[1]; Hiromu Nakagawa[1]; Kosuke Takami[1]; Takeshi Kuroda[2]; Isao Murata[3]; Naoki Terada[4]; Nao Yoshida[5]; Katsushige Toriumi[6]; Yasumasa Kasaba[2]; Shohei Aoki[7]

[1] Geophysics, Tohoku Univ.; [2] Tohoku Univ.; [3] Environmental Studies, Tohoku Univ.; [4] Dept. Geophys., Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ.; [5] Geophysics, Tohoku Univ.; [6] Geophysics, Tohoku Univ.; [7] BIRA-IASB

About the mesospheric winds on Mars, a few of remote sensing observations from ground-based telescopes have been available. Sonnabend et al. [2012] and Moreno et al. [2009] observed at the same altitude as this study and about 50 km respectively showed the retrograde wind at the equator, but the latter suggested a large discrepancy between observed winds and those predicted by a Mars general circulation model (MGCM). We have no explanation about the discrepancy so far. Just below it, recent observations have revealed unexpectedly high abundance of water in the middle atmosphere (1.0~0.1 Pa), which could affect the atmospheric escape of water to space [Maltagliati et al., 2013]. Heavens et al. [2018] also found that the water vapor abundances in the middle atmosphere are further enhanced during the global dust storm. However, the middle atmosphere during global dust storm is not yet addressed, even though it is proposed that an intensified meridional circulation may transport water vapor effectively [Kuroda et al., 2009; Shaposhnikov et al., 2019]

On June 2018, a global dust storm occurred on Mars. It lasted for more than two months till August. In order to understand the mesospheric response during the dust storm, we have performed the direct measurement of mesospheric zonal winds and temperature on June and September 2018 by our mid-infrared heterodyne spectrometer with an ultra-high spectral resolution, $\sim 10^7$. We used CO₂ non local thermodynamic equilibrium (non-LTE) emission lines at 10 micron from the mesosphere, peaking at ~ 80 km (~ 0.15 Pa) altitude [Lopez et al., 2011]. It allows us to derive the zonal wind velocity and kinetic temperature at altitudes around 80 km. The former was directly derived from line-of-sight Doppler shift of emission core, and the latter was derived from Doppler width of emission lines. Observations were executed in June (during the dust storm) and in September (decaying phase of dust storm).

We identified that kinetic temperature was changed from 150 K in June (solar longitude, Ls = 197) to 125 K in September (Ls = 242), i.e., decrease with ~ 25 K in the middle atmosphere during the descending phase of the storm. We also found that zonal wind velocity was the retrograde wind and changed from ~ 223 m/s in June to ~ 235 m/s in September, respectively. Those results suggest strong retrograde zonal wind during the global dust storm. The uncertainties of them were $\sim 34\%$ for kinetic temperature and $\sim 44\%$ for zonal wind, due to the fitting & pointing errors and wavelength calibration uncertainty.

The decrease of kinetic temperature after the storm time was not reproduced by MGCMs, possibly due to the assumed vertical distributions of dust in the models (cut-off altitude: below ~ 80 km and probably not high enough). On the other hand, retrograde wind found in this study shows a reasonable agreement with the previous observations [Moreno et al., 2009; Sonnabend et al. 2012]. Although Moreno et al. [2009] did not detect retrograde wind during global dust storm, it showed the increase of wind velocity between normal dust ($\tau=0.3$) and regional dust storm ($\tau=0.5$). However, our result indicates a larger value comparing with previous studies with values ranging from 160 to 200 m/s. This result implies that the global dust storm may intensify the easterly zonal wind in the mesosphere. Meanwhile, Sonnabend et al. [2012] suggests latitudinal variation of wind velocity is about 270 m/s.

In order to clarify the mechanism to accelerate the zonal wind during the global dust storm, we are now comparing the observed features with simulations by a MGCM [Kuroda et al., 2005, 2013, 2015]. We will show the contributions of the meridional advection, vertical advection and eddies on the acceleration of zonal wind due to the global dust storm in the middle atmosphere.

近年の衛星観測によって、モデルでは再現することが出来ない水蒸気遊離層が火星中間圏(1.0~0.1 Pa)に発見され、宇宙への水の高速度消失を駆動していることが明らかになった [Maltagliati et al., 2013]。また Heavens et al. [2018] は、中間圏の水蒸気量がグローバルダストストーム期間中にさらに増加することを観測している。Kuroda et al. [2009]; Shaposhnikov et al. [2019] では強められた子午面循環が水蒸気をより効率的に高高度に輸送している可能性が示唆されているものの、グローバルダストストーム期間中の中間圏大気循環の理解は不足しており仮説を立証出来ない。数少ない観測として、Moreno et al. [2009] では静穏時の高度 50km 付近の中間圏赤道域において 60-70 m/s 程度の東風を示しており、火星大気大循環モデル (MGCM) が予測する東風風速に比べて 10-50 m/s 程度強い。また Sonnabend et al. [2012] では本研究と同高度で 270 m/s 程度の東風緯度変化を観測しているが、これについては未だ説明出来ていない。

そこで本研究では、ダストストーム期間中における中間圏の循環を理解するため、2018年6月から8月まで続いた全球ダストストーム期間中に $10\ \mu\text{m}$ 帯の non-LTE CO_2 輝線を高分解能分光観測 [Nakagawa et al., 2016] することで、6月と9月における高度 $\sim 80\text{ km}$ ($\sim 0.15\text{ Pa}$) [Lopez et al., 2011] の温度と風速を導出することに成功した。温度は発光輝線のドップラー幅から導出し、風速は輝線コアのドップラーシフトから直接的に導出している。

解析の結果、中間圏温度は6月 ($L_s=197$) で 150 K 、9月 ($L_s=242$) で 125 K と、ダストストームが落ち着くにつれて約 25 K 温度が減少したことが分かった。風速については6月に 223 m/s 、9月に 235 m/s とダストストーム期間中で強い東風を検出している。ここで温度と風速導出におけるフィッティング誤差、観測時の指向誤差、 CO_2 レーザー波長の不確定性による誤差は、それぞれ温度で約 34% 、風速で約 44% と見積もられている。

一方 MGCM では、6月で 129 K (光学的厚さ 1.2)、9月で 135 K (光学的厚さ 0.3) と予測され、本研究で得られた全球ダストストームが落ち着くにつれ観測された温度減少は再現することが出来ない。高度 $\sim 80\text{ km}$ におけるダストが MGCMs 中では再現されていないために、ダストが太陽光を吸収することによる背景場の加熱が考慮されていない可能性が考えられる。本研究で得られた風速場は、風向き (東風) は先行研究 [Moreno et al., 2009, Sonnabend et al., 2012] と比較しておおよそ整合的である一方で、その風速強度は先行研究と比べて $160\text{--}200\text{ m/s}$ 程度強い結果を示唆している。本講演では、中間圏において全球ダストストームが東風を加速させた可能性を調べるため、観測結果と MGCM [Kuroda et al., 2005, 2013, 2015] による予測を比較し、全球ダストストームによる子午面循環項・鉛直移流項・渦乱流拡散項の中間圏東西風加速への寄与について評価する。