

火星 GCM によるレゴリス-大気間の水交換が水蒸気カラム量に与える影響

#古林 未来¹⁾, 黒田 剛史¹⁾, 鎌田 有紘¹⁾, 黒川 宏之²⁾, 青木 翔平³⁾, 中川 広務¹⁾, 寺田 直樹¹⁾

¹⁾ 東北大学, ²⁾ 東京工業大学, ³⁾ 東京大学大学院新領域創成科学研究科

Effect of the regolith-atmosphere water exchange on water vapor column simulated by a Mars GCM

#Mirai Kobayashi¹⁾, Takeshi Kuroda¹⁾, Arihiro Kamada¹⁾, Hiroyuki Kurokawa²⁾, Shohei Aoki³⁾, Hiromu Nakagawa¹⁾, Naoki Terada¹⁾

¹⁾Tohoku University, ²⁾Tokyo Institute of Technology, ³⁾Department of Complexity Science and Engineering, The University of Tokyo

The global distribution of atmospheric water on Mars is controlled by transportation of water vapor and ice clouds, gravitational sedimentation and surface accumulation of water ice clouds, and sublimation of water ice on a surface with the primary source from the northern polar cap. In addition to them, the absorption and desorption by surface regolith are also thought to regulate the diurnal water cycle (e.g., Jakosky et al., 1997). For example, a recent mesoscale simulation (Steele et al., 2017) with an active regolith reproduced the diurnal variations in relative humidity consistently with the measurements by the Rover Environmental Monitoring Station (REMS) onboard Curiosity under the assumptions of several adsorption isotherms. As for the study of global regolith-atmosphere water exchange using a Mars General Circulation Model (GCM), Böttger et al. (2005) implied that regolith exchange only about 10% of the atmospheric water vapor column and cannot contribute to reproducing the diurnal variations of water vapor column, which was a different claim from the studies using mesoscale models about the importance of an active regolith. However, the sensitivity of adsorption isotherms has not been discussed well. We started to study the regolith-atmosphere interaction using a GCM to clarify that. We have newly implemented a regolith scheme based on Zent et al. (1993) and Böttger et al. (2005) into our Mars GCM with the water cycle (Kuroda, 2017). We performed two kinds of simulations using two different adsorption isotherms, which are defined by Fanale and Cannon (1971) and Jakosky et al. (1997) to check the sensitivity to them. The former has been used in previous GCM studies, and the latter has been said to be the most appropriate in mesoscale models. We ran the GCM for a Mars year and showed that the adsorption likely occurred in the areas with high water vapor and lower temperatures. Regolith adsorbed water vapor efficiently in the northern summer (Ls ~90 degrees), which is consistent with the previous study (Böttger et al., 2005). Also, the amount of water in the subsurface can vary reasonably depending on the defined adsorption isotherms. When the adsorption isotherm with a large temperature dependence of adsorption at low temperatures (Fanale and Cannon, 1971) was defined, the water vapor flux on the surface became large, which indicated that previous GCM studies with an active regolith presumably overestimated the amount of adsorbed water at night and early morning. Our results also suggested that the regolith less contributed to the diurnal variation of water vapor column. In the presentation, we will discuss why the implications of the active regolith contribution were not consistent between the GCM and mesoscale models.

火星における大気中の水の分布は、水蒸気や水氷雲の輸送、重力沈降と地表蓄積、北極冠を主要な供給源とする地表での水氷の昇華によって制御されている。それらに加えて、地表レゴリスによる吸着・脱着も水循環の日内変動を制御していると考えられている (e.g. Jakosky et al., 1997)。例えば、レゴリス-大気間の交換を考慮したメソスケールシミュレーション (Steele et al., 2017) では、いくつかの吸着等温線を用いて、キュリオシティ搭載のローバー環境モニタリングステーション (REMS) による測定値と一致する相対湿度の日周変動が再現された。火星大循環モデル (GCM) を用いたレゴリス-大気間の水交換の研究では、Böttger et al. (2005) が、レゴリスは大気水蒸気柱の 10 %程度しか交換せず、水蒸気カラム量の日内変動の再現には寄与しないことを示唆しており、レゴリスの重要性について、メソスケールモデルによる研究とは異なる主張をしている。しかし、吸着等温線の感度については、これまであまり議論されてこなかった。それを明らかにするために、GCM を用いたレゴリス-大気相互作用の研究を開始した。我々は Zent et al. (1993) と Böttger et al. (2005) に基づくレゴリススキームを、水循環を考慮した火星 GCM に新たに実装した (Kuroda, 2017)。Fanale and Cannon (1971) と Jakosky et al. (1997) で定義された 2 種類の吸着等温線を用いてシミュレーションを行い、その感度を確認した。前者はこれまでの GCM 研究で用いられてきたものであり、後者はメソスケールモデルにおいて最も適切であると言われてきたものである。モデルを 1 火星年分走らせたところ、水蒸気が多く、温度が低い領域で吸着が起こった可能性が高いことが示された。レゴリスは北半球の夏 (Ls ~90 °) に効率よく水蒸気を吸着し、これは以前の研究 (Böttger et al., 2005) と整合的であった。また、地下の水量は定義された吸着等温線によって有意に変化することがわかった。低温での吸着の温度依存性が大きい吸着等温線 (Fanale and Cannon, 1971) を定義すると、表層の水蒸気フラックスが大きくなり、レゴリスが活発なこれまでの GCM 研究では夜間から早朝の吸着水量が過大評価されていた可能性がある。また、レゴリスが水蒸気カラム量の日内変動にあまり寄与していないことも示唆された。発表では、なぜレゴリスの寄与が GCM とメソスケールモデルの間で整合しなかったのかについて議論する。