

研究題目：火星中層大気の変動と上層大気組成に及ぼす影響

地球物理学専攻 博士課程後期3年 吉田奈央

現在の火星は寒冷・乾燥な環境であるが、4億年前には液体の水が存在可能な大気を保持した温暖・湿潤な環境であったと推定されており、現在の環境に至るまでに劇的な環境変化を経験したと考えられている。過去に存在した大気は宇宙空間に流出したと想定されており、現在も宇宙空間への大気の流出は発生している。そのため従来の研究では宇宙空間へ流出する大気と太陽風等の外的要因との関連性が考察されてきた。しかし、最近の研究によって宇宙空間へ流出する大気の本元となる上層大気は、外的要因だけでなく下層大気の変動にも影響される可能性が示唆されている。私の博士研究では、下層・中層大気の変動が宇宙空間へ流出する上層大気の組成に与える影響を解明するため、下層大気から上層大気における大気組成の変動を複数の火星周回衛星・観測装置を用いて解析した。また大気組成の変動要因の解明も併せて目的とした。

下層・中層大気の変動は、欧州の火星周回衛星Trace Gas Orbiter搭載の分光器NOMADで解析した。太陽掩蔽観測された赤外透過スペクトルの吸収から一酸化炭素(CO)混合比を導出している。まずCO混合比の季節・緯度変化から、中層大気における循環や擾乱による拡散の度合いを示す指標である渦拡散係数が季節・半球で2倍程度変動することを示唆した。これは、下層大気の循環・擾乱が活発になることで上層大気の変動を引き起こしうることを示唆している。さらに、観測結果と火星全球大気大循環モデルで再現されたCO分布を比較し、背景大気の循環の季節変化や熱潮汐波による上昇流・下降流の地方時変化によってCO分布の変動が引き起こされていると明らかにした。

上層大気の変動は、米国の火星周回衛星Mars Atmosphere and Volatile Evolution搭載の質量分析器NGIMSで観測された熱圏・電離圏における中性・イオン(CO₂, O, N₂, CO₂⁺, O₂⁺, O⁺)密度から調べた。上層大気の観測結果から、下層・中層大気の変動にしたがって、上層大気のN₂/CO₂比が南半球の夏に減少し冬に上昇する様子が得られた。また、中性大気と電離大気は光化学反応を通じて相互に関係する様子も得られた。つまり、上層大気の組成比は下層・中層大気の変動と太陽極端紫外線フラックスの量に応じて変化していることを明らかにした。また、地表面で生じた気象現象のダストストーム中にO原子とO₂⁺, O⁺イオンの密度が40%程度減少することを発見した。CO₂⁺/O⁺とO₂⁺/O⁺の季節変化を調べると、それぞれ約1.3倍、3.0倍の季節変動が外圏底に相当する気圧で得られた。

得られた電離大気組成の変化は、従来の観測で得られた流出した電離大気の変動に相当する値であった。したがって、我々の結果は、流出した電離大気と外的要因の影響を調べた従来の研究に対して、下層・中層大気の変動が上層大気の変動を引き起こし、それが流出する大気組成に影響を与えることを新しく示唆している。

参考文献：(1) Yoshida et al. (2020), *JGR: Planets*, <https://doi.org/10.1029/2020JE006378>, (2) Yoshida et

al. (2021), *JGR: Planets*, <https://doi.org/10.1029/2021JE006926>, (3) Yoshida et al. (2022), *GRL*, doi: 10.1029/2022GL098485, (4) Yoshida et al. (in prep.)