

ひさき衛星によって観測された火星超高層大気の太陽紫外放射およびダストストームに対する応答

益永圭 (コロラド大学)、吉岡和夫 (東京大学)、M. Chaffin (コロラド大学)、J. Deighan (コロラド大学)、S. Jain (コロラド大学)、N. Schneider (コロラド大学)、木村智樹 (東北大学)、土屋史紀 (東北大学)、村上豪 (ISAS/JAXA)、山崎敦 (ISAS/JAXA)、寺田直樹 (東北大学)、吉川一朗 (東京大学)

火星は現在寒冷・乾燥した気候で、表面に液体の水は存在していない。しかし、近年の火星探査機の観測により得られた地理的特徴から、過去の火星は温暖で、表面に液体の水が存在したと考えられている。過去に存在した水の行方の一つとして、火星超高層大気から宇宙空間への流出が挙げられる。下層大気から超高層へ輸送された水（水蒸気）は、水分子が太陽紫外線によって解離されて生まれた水素原子や酸素原子という形で存在している。そのため、超高層大気中の水素原子や酸素原子の量は、下層から輸送された水蒸気量の情報を持っていると考えられる。本研究は JAXA の惑星分光観測衛星「ひさき」によって観測された火星大気分光データを解析し、火星超高層大気の水素原子および酸素原子の総量の変動と太陽紫外放射やダストストームの関係を示したものである。

我々は JAXA の惑星分光観測衛星「ひさき」によって観測された大気分光データを用い、火星超高層大気で発光する酸素原子 (OI 130.4 nm) および水素原子 (HI Ly- β) の大気光変動を解析した。これらの大気光は主に太陽放射の共鳴散乱により発光しており、発光強度は原子のコラム密度に関連している。この性質を用い、火星超高層大気中の酸素原子と水素原子の総量の変動を調査した。ひさき衛星は 2014 年から 2019 年にかけて 12 期間の断続的な火星観測を行ってきた。これら観測期間は火星の異なる季節をカバーする他、ダストストームのような特徴的なイベントを含んでおり、火星超高層大気中の酸素原子や水素原子のコラム量が季節やイベントに応じてどのように変動するかを調べることができる。

データ解析結果、以下の特徴が明らかになった。

1. 酸素大気光の発光強度は太陽紫外 130.4nm 線の変動と正の相関がある。(図 a)
2. 水素大気光の発光強度は、火星下層大気中のダスト含有量の指標となる Column Dust Optical Depth (CDOD 値、Montabone et al. (2015)を参照) の観測データと良い相関を示す。(図 b)
3. 水素大気光の明るさはダストシーズン ($L_s > 180^\circ$) とそうでないシーズン ($L_s < 180^\circ$) で約 2-5 倍の明るさの違いがある。(図 c)

特徴 1 より、酸素大気光の変動は共鳴散乱の発光効率の変動によるもので、超高層大気中の酸素原子のコラム量は観測期間を通じてほぼ一定であったと考えられる。酸素原子の総量が変動しない理由としては、火星超高層には二酸化炭素の解離によって生成された酸素原子がすでに大量に存在していることが挙げられる。一方で、特徴 2 より、水素大気光は主に火星地上で発生するダストストームに影響を受けていると考えられる。近年の研究により、火星でダストストームが発生すると、大気中に巻き上げられたダストが大気を加熱することで水蒸気の凝結高度が上昇し、水蒸気が超高層まで輸送されることが明らかになってきた。ひさきが観測してい

る水素原子は水蒸気の解離から生まれるため、我々は間接的に水蒸気の輸送量の変化を捉えていると考えられる。特徴3のように、ダストシーズンの水素大気光発光強度がそうでない時期に比べて2-5倍大きくなっているが、これは下層大気からの水蒸気輸送量が少なくとも2-5倍異なることを示唆している。この値は数値計算等の先行研究から予想されている値とも一致しており、ひさき衛星はその変化を観測的に捉えたと考えられる。

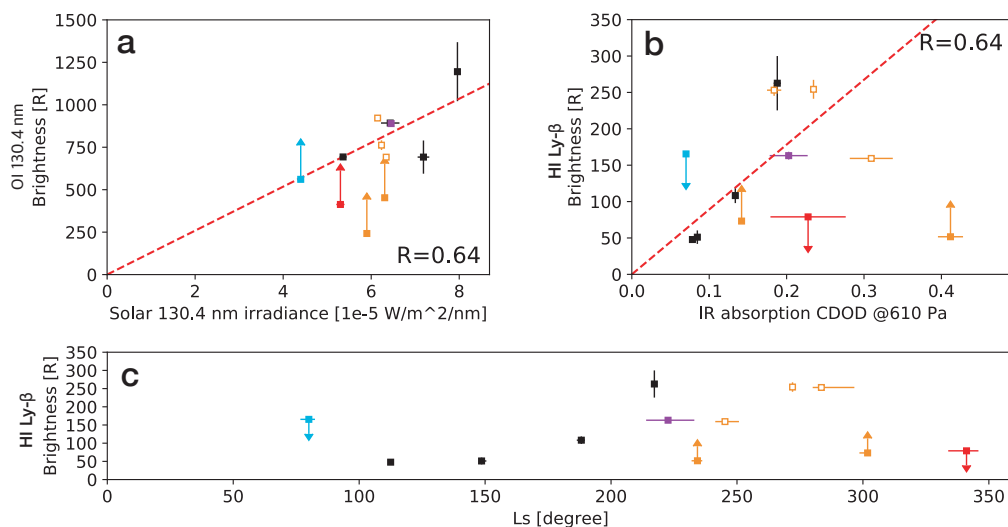


図. (a)火星の酸素大気光と太陽紫外 130.4nm 強度の関係、(b)水素大気光と火星大気ダストコラム量の関係および(c)水素大気光の季節変動。(注:色は異なる西暦を示す。また、上限値と下限値は相関係数の計算に含めていない。)
(from Masunaga et al., 2020)

参考文献

- Masunaga, K., et al. (2020), Martian oxygen and hydrogen upper atmospheres responding to solar and dust storm drivers: Hisaki space telescope observations, *J. Geophys. Res. Planets*, 125, e2020JE006500, <https://doi.org/10.1029/2020JE006500>
- Montabone, L., et al., (2015), Eight-year climatology of dust optical depth on Mars, *Icarus*, 251, 65-95, <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2014.12.034>