

ハワイ・ハレアカラ東北大 T60 望遠鏡による水星カリウム外圏大気の観測

#鍵谷 将人¹⁾, 高島 尚子¹⁾, 笠羽 康正¹⁾

⁽¹⁾ 東北大 惑星プラズマ・大気研究センター

Observation of Mercury's Potassium Exosphere using the Tohoku 60-cm Telescope at Haleakala Observatory in Hawaii

#Masato Kagitani¹⁾, Naoko TAKATORI¹⁾, Yasumasa KASABA¹⁾

⁽¹⁾ Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Tohoku University

We report on observation of Mercury's potassium exosphere using the Tohoku 60-cm telescope (T60) at the Haleakala Observatory in Hawaii, equipped with a visible adaptive optics (AO) system and a high-dispersion two-dimensional spectrograph. Our current goal is to provide ground-based support observations for the ESA-JAXA joint Mercury mission, BepiColombo, which will be in orbit around Mercury in 2026.

Mercury is known to have an exosphere consisting of alkali metals. The resonance scattering emissions of neutral sodium (Na D2 589.0 nm, D1 589.6 nm) and potassium (K D1 769.9 nm) are bright enough to be observable from the ground with high-dispersion spectroscopy, enabling studies of their spatial distribution and velocity fields. Sodium and potassium, both alkali elements, are expected to share common release and transport processes from Mercury's surface. However, previous studies have shown that the Na/K abundance ratio exhibits very large spatiotemporal variability, ranging from 30 to 400, and their emission distributions differ as well. Particularly, Na often shows enhancements at cusp regions, whereas K has been reported to increase at low latitudes and small solar zenith angles (Lierle et al., 2022), drawing attention to the differences in their source and transport processes. Nevertheless, because the potassium exosphere is about two orders of magnitude fainter than that of sodium, observations are still very limited, and its variabilities remain unclear. Our study aims to monitor the potassium exosphere continuously during daytime ground-based observations with AO, achieving unprecedented spatial resolution.

The observations employed the T60 telescope at Haleakala, combining with the visible AO system and a high-dispersion spectrograph ($R = 60,000$) equipped with a fiber integral-field unit (IFU, $\text{fov} = 15 \times 18''$). These instruments are operated remotely and in automated mode from Japan, contributing to long-term monitoring of solar system bodies.

Observations of Mercury's potassium exosphere were conducted on May 1 and August 19, 2025. In May, the best AO performance achieved a spatial resolution of $\text{FWHM} = 1.2''$, while in August the resolution was degraded to $\sim 2''$ due to poor weather conditions, preventing the entire Mercury disk from fitting within the IFU field of view. Mercury was observed in sets of 24 consecutive exposures (datasets) with 1-minute integration each. A total of six datasets were obtained in May, and four in August. Background sky spectra and flat-field calibration source were also acquired for each dataset.

Preliminary analysis showed that the disk-averaged intensity of the K D1 line emission was derived to be 80 ± 50 kR in May. In contrast, no statistically significant emission was detected in August with an upper limit of 40 kR at $S/N = 1$. Additionally, sodium exosphere observations conducted on May 3 show a disk-averaged Na D2 emission intensity of 5.0 MR. The disk-averaged abundance ratio $\text{Na/K} = 90$ was obtained from the observation in May. Those emission intensities and the Na/K ratio fall within the variability ranges reported in previous studies. In this presentation, we will discuss the spatial distributions of both potassium and sodium emissions in detail.

東北大ハワイ・ハレアカラ観測所 60cm 望遠鏡 (T60) に搭載した可視補償光学と高分散 2 次元分光器による水星カリウム外圏大気観測の試みについて報告する。本開発は、日欧合同 BepiColombo 水星探査機の周回観測 (2026-2029) に対する地上観測支援を直近の目標としている。

水星は、アルカリ金属による外圏大気が存在が知られ、特に中性ナトリウム (Na D2 589.0nm, D1 589.6nm) とカリウム (K, D1 769.9nm) の共鳴散乱発光は地上からの高分散分光により、その分布と速度場の観測が可能である。共にアルカリ金属元素であるナトリウムとカリウムは、水星表面からの放出や輸送過程に共通点が多いと考えられている。しかし先行研究では両者の存在量比 (Na/K) の時空間変動幅は 30~400 と非常に大きく、発光分布にも違いが見られる。特に両極カスプ域で強い発光を示すナトリウムに対して、カリウムでは低緯度・低太陽天頂角での増大が報告されており (Lierle et al. 2022)、両者の生成・輸送プロセスの違いに注目が集まっている。しかしナトリウム大気より 2 桁程度暗いカリウム大気の観測例は非常に限られており、時空間変動の特徴は未だ明らかではない。本研究では補償光学を用いた日中の地上観測により、カリウム大気をこれまでにない空間分解能で連続してモニター観測することを目指している。

観測にはハワイ・ハレアカラ観測所の T60 望遠鏡と可視補償光学 (AO)、およびファイバー視野集積装置 (IFU, 視野 15×18 秒角) を備えた高分散分光器 ($R=60,000$) を用いた。これらの観測装置は日本からの遠隔操作・自動運転によって主に太陽系天体の継続的観測に寄与している。

水星カリウム大気の観測は 2025 年 5 月 1 日と 8 月 19 日に実施した。5 月の観測では AO による最良時の空間分解能 (FWHM) は $1.2''$ を達成したが、8 月の観測では天候不良により空間分解能は $2''$ 程度となり、IFU の視野に水星全体を捉えることができなかった。水星観測は 1 分の積分を連続して 24 枚取得したものを 1 データセットとし、5 月の観測では

6 データセット、8 月の観測では 4 データセットを取得した。1 データセット取得の前後で背景光（スカイ）や波長校正のためのフラット光源データも取得した。

解析の結果、5 月の観測では、水星ディスク平均の K D1 線発光強度が $80 \pm 50 \text{ kR}$ と導出された。一方、8 月の観測では、 40 kR で $S/N=1$ に相当する検出限界を超える発光は検出できなかった。また、5 月 3 日に観測した Na D2 線発光強度の水星ディスク平均は 5.0 MR であった。5 月の観測から、水星ディスク平均の存在量比 $\text{Na/K} = 90$ が求められた。これらの発光強度と Na/K は、先行研究で示された変動の範囲に含まれている。本公演ではカリウムおよびナトリウム発光の分布の詳細について報告する。