

SGEPSS2024 アブスト

タイトル：望遠鏡観測を用いた天王星大気の輸送速度の推定

天王星は公転面に対し地軸が 98° 傾いた状態で公転する惑星である。2023 年 6 月現在、過去の接近観測は 1986 年のボイジャー2 号によるフライバイ観測のみであり、この他は望遠鏡により観測が続けられている。2007 年に春分点を通り、2014 年からは北極域にメタン沈降に起因する極冠が観察されている [Toledo et al., 2018]。また、H-band($1.6 \mu\text{m}$)における観測では他の部分よりも明るい局所雲領域が確認されている [Sromovsky et al., 2015]。

ハッブル望遠鏡(HST)による雲頂模様のトラッキングから帯状風の最高速度は南北 60° 付近でそれぞれ約 250 m/s と推定されている [Soyuer et al., 2021]。この帯状風速度は、深部において天王星磁場および惑星間磁場(IMF)との相互作用が示唆されているが、観測装置のマシントime制約により大気における数日スケールでの大気輸送について、理解が停滞している状況である [Soyuer et al., 2022]。天王星大気の輸送形態をより詳細に理解するため、地球における数日-1 ヶ月程度の継続観測が必要である。

本研究では、北海道大学が所有する 1.6 m ピリカ望遠鏡のカセグレン焦点に搭載された撮像装置 MSI[Watanabe et al., 2012]及び分光装置 UVS を用いて天王星の継続観測を行い、天王星大気成分であるメタンとアンモニアによる吸収量の時間変動を用いて各高度における大気輸送速度の推定を行う。

2022 年 9 月から 2023 年 2 月の観測では、MSI で波長域 $530 - 760 \text{ nm}$ の波長域での分光撮像を行い、アンモニア吸収波長 552 nm とメタン吸収波長 619 nm における吸収量の時間変動と天王星の周期より輸送速度を推定した。この結果、メタン吸収波長では[Soyuer et al., 2021]と同程度の速度が推定されたが、アンモニア吸収波長においては速い速度が算出された。

2023 年 7 月以降の観測では、天王星に見られる局所雲の移動速度から大気成分の鉛直・経度方向における移動速度を推定することを目的とした。このため、MSI に加えて UVS を用い、従来よりも空間分解能・波長分解能を上げた観測を行った。解析過程では、MSI の高速撮像観測について、天王星極域の極冠・局所雲の移動に伴う各波長の輝度変化を Matlab を使用しシミュレートした。

本発表では、MSI および UVS の観測結果と Matlab によるシミュレーションを比較することにより、2023 年 7 月から 2024 年 11 月の観測結果における局所雲位置の推定の結果を提示する。また、2022 年 9 月から 2023 年 3 月の観測結果

より導出された帯状風速度との比較を行った上で、今後の観測展望について議論を行う。

Uranus is a planet that orbits with its axis tilted 98° relative to its orbital plane. As of June 2023, the only close-up observation was the flyby by Voyager 2 in 1986, and since then, observations have continued through telescopes. After passing through the vernal equinox in 2007, a polar cap caused by methane deposition has been observed in the northern polar region since 2014 [Toledo et al., 2018]. Additionally, observations in the H-band ($1.6 \mu\text{m}$) have confirmed the presence of local cloud regions that are brighter than other areas [Sromovsky et al., 2015]. Tracking of cloud top patterns by the Hubble Space Telescope (HST) has estimated that the maximum speed of zonal winds is about 250 m/s around 60° north and south [Soyuer et al., 2021]. While this zonal wind speed suggests interactions with the Uranian magnetic field and the interplanetary magnetic field (IMF) in the deep atmosphere, the understanding of atmospheric transport over several days has stalled due to the machine time constraints of the observational equipment [Soyuer et al., 2022]. To better understand the transport patterns in the Uranian atmosphere, continuous observations on Earth for about several days to one month are needed.

In this study, we conducted continuous observations of Uranus using the MSI imaging system [Watanabe et al., 2012] and the UVS spectrograph mounted at the Cassegrain focus of the 1.6 m Pirka telescope owned by Hokkaido University. We estimated the atmospheric transport speed at various altitudes by analyzing the temporal variation in the absorption due to methane and ammonia, which are components of Uranus's atmosphere.

From September 2022 to February 2023, spectroscopic imaging was performed in the wavelength range of 530-760 nm using the MSI. The transport speed was estimated from the temporal variation in absorption at the ammonia absorption wavelength of 552 nm and the methane absorption wavelength of 619 nm, compared to Uranus's rotation period. The results suggested transport speeds similar to those reported by [Soyuer et al., 2021] for the methane absorption wavelength, but faster speeds were calculated for the ammonia absorption wavelength.

After July 2023, observations aimed to estimate the vertical and longitudinal movement speed of atmospheric components based on the movement speed of

local clouds observed on Uranus. To achieve this, observations were conducted using both the MSI and UVS, with improved spatial and wavelength resolution compared to previous observations. During the analysis process, we simulated the brightness changes at each wavelength associated with the movement of the polar cap and local clouds in the polar region of Uranus using Matlab for the high-speed imaging observations by the MSI.

In this presentation, we will compare the results of observations with the MSI and UVS to simulations conducted with Matlab and present the estimated positions of local clouds from the observations between July 2023 and November 2024. Additionally, we will discuss the future view for observations by comparing the results with the zonal wind speeds derived from observations between September 2022 and March 2023.