

## ハワイ IRTF/iSHELL 赤外分光データによる木星大赤斑上空を含む熱圏温度観測

# 神原 歩 [1]; 北 元 [2]; 坂野井 健 [3]; 笠羽 康正 [4]; 鍵谷 将人 [5]

[1] 東北大・理・惑星研; [2] 宇宙科学研究所; [3] 東北大・理; [4] 東北大・理; [5] 東北大・理・惑星プラズマ大気研究センター

## Observations of the Jovian thermospheric temperature including the GRS by IRTF/iSHELL

# Ayumu Kambara[1]; Hajime Kita[2]; Takeshi Sakanoi[3]; Yasumasa Kasaba[4]; Masato Kagitani[5]

[1] pparc, Tohoku Univ.; [2] ISAS/JAXA; [3] Grad. School of Science, Tohoku Univ.; [4] Tohoku Univ.; [5] PPARC, Tohoku Univ

It is known that the thermospheric temperature of all giant planets including Jupiter is several hundred kelvins higher than that expected from solar heating [Yelle and Miller, 2004]. At mid- to low-latitudes, although the direct atmospheric heating caused by precipitating particles and the energy transportation from the high-latitude auroral region have been considered, it is not enough to explain. Another candidate for the heating is energy transportation by atmospheric waves from the lower atmosphere. Perturbations of temperature due to such atmospheric waves have been confirmed by the observations of the Galileo probe [Young et al., 1997]. Then, we focused on the Great Red Spot. As the Great Red Spot is considering to be an anticyclonic storm in the troposphere, atmospheric waves such as atmospheric gravity waves and acoustic waves may be likely to occur in the GRS. By detection the enhancement of temperature in the upper atmosphere above the GRS, we can suggest the energy transport between the lower atmosphere and the upper atmosphere. Recently, O'Donoghue et al. [2016] revealed the heating in the thermosphere above the Great red spot from the intensity ratio of two emission lines (3.383 $\mu$ m/3.454 $\mu$ m) of the vibrational-rotational spectrum of thermospheric H<sub>3</sub><sup>+</sup> taken by IRTF /SpeX (R<sup>2</sup>2500) in December 2012. They estimated that the temperature above the GRS is 1644 $\pm$ 161K, and that on surrounding mid- to low-latitude region is 900 $\pm$ 42K. However, the infrared spectrum observed by SpeX might be contaminated by CH<sub>4</sub> line due to its low-resolution capability.

In this study, we carried out the thermosphere temperature observation in the Jovian mid-latitude region near the GRS by IRTF/iSHELL on January 9 and 11, 2017. On Jan. 11, This observation was performed with the iSHELL's Lp1-mode (3.265-3.657 $\mu$ m). We installed 15 arcsec slit in the east-west direction and observe the region above the GRS and the surrounding regions simultaneously. This observation acquired the Jovian data and the sky data alternately in 30 sec. Similar to the past study by O'Donoghue et al. [2016], we adopted the intensity ratio of two emission lines of H<sub>3</sub><sup>+</sup> (3.3839 $\mu$ m/3.4548 $\mu$ m), and estimated the temperature precisely distinguished from CH<sub>4</sub> lines by iSHELL's higher wavelength resolution (R<sup>2</sup>75000). As a result, we estimated the thermospheric temperature above the GRS to be 988 $\pm$ 115K, and that in the surrounding regions to be 889 $\pm$ 77K, showing about 100K increase above the GRS. On Jan. 9, This observation was performed with the iSHELL's Lp4-mode (3.83-4.14 $\mu$ m). We installed 25 arcsec slit in the north-south direction and moved in the east-west direction to observe the region including the GRS. This observation acquired the Jovian data and the sky data alternately in 60 sec. The data reduction was performed with NASA's data reduction tool Spextool ver. 5.0.3beta. In LTE, we estimated the thermospheric temperature by using the intensity ratio (3.9039 $\mu$ m/3.9530  $\mu$ m) of the H<sub>3</sub><sup>+</sup> ro-vibrational emission lines. As a result, we obtained the map of Jovian temperature from observation on Jan. 9. The observation on Jan. 11 confirmed the temperature above the GRS is higher than that in the surrounding regions. This may suggest the existence of energy transport from the lower to the upper atmosphere above the GRS. The observation on Jan. 9 was able to take spatial variation of Jovian temperature including the GRS. In this presentation, we report the result of careful reduction.

木星を含む巨大惑星の熱圏は、太陽極端紫外線による加熱による予測温度より数 100K 高温であることが知られている [Yelle and Miller, 2004]。中低緯度での比較的低エネルギー降下粒子による大気直接加熱や、高緯度でのオーロラ領域加熱の低緯度への輸送が高温となっている説明として考えられているがよくわかっていない [Waite et al., 1983]。その他の要因として、下層大気で励起した大気重力波・音波等によるエネルギー輸送がその原因として提唱されている。そのような大気波動による温度の擾乱がガリレオ探査機の観測によって確認されている [Young et al., 1997]。そこで本研究では木星の大赤斑に着目した。大赤斑は対流圏の高気圧性の嵐であると想定されていることから、この領域では大気重力波や音波等の大気波動が発生しやすい可能性がある。大赤斑上の上層大気温度上昇を捉えることで、下層大気-上層大気間のエネルギー輸送現象を明らかにすることが期待される。最近、O'Donoghue et al. [2016] が IRTF 赤外分光装置 SpeX(R<sup>2</sup>2500) による H<sub>3</sub><sup>+</sup> 発光の 2 つの輝線強度 (3.383 $\mu$ m/3.454 $\mu$ m) から熱圏大気温度を推定した結果、大赤斑上で 1644 $\pm$ 161K、その他中低緯度領域では 900 $\pm$ 42K と、大赤斑上での加熱を示唆する結果を報告した。

ただし先行研究では波長分解能が低いため、近傍波長 CH<sub>4</sub> の発光輝線が分離できず、温度推定に誤差が残っている可能性が指摘されている。そこで我々は 2017 年 1 月 9、11 日にハワイ・マウナケア山頂にある IRTF のエシェル赤外分光装置 iSHELL を用いて、大赤斑近傍での熱圏大気温度観測を実施した。11 日の観測は、Lp1-mode (3.265-3.657 $\mu$ m) を用い、空間方向に 15arcsec のスリットを、大赤斑を含む東西方向に配置し、一つの撮像フレーム内に大赤斑と大赤斑以外の中低緯度領域の情報を同時にとらえた。観測では 30 秒間で木星データ、スカイデータのデータ取得を交互に行った。

熱圏温度推定は、O'Donoghue et al. [2016] と同じ  $H_3^+$  発光輝線 (3.3839 $\mu$ m/3.4548 $\mu$ m) を用いた。ここで、3.4548 $\mu$ m の輝線近傍に  $CH_4$  輝線が存在するため、精密にその影響を差し引く必要がある。この波長差は最も近接しているものでおよそ  $3 \times 10^{-3} \mu$ m であり、iSHELL の高波長分解能 ( $R \sim 75000$ ) で分離することができる。この特長を生かして 3.4548 $\mu$ m の発光輝線と  $CH_4$  輝線の分離を実現し、より正確な温度推定を可能とした。我々のこれまでの解析結果から、大赤斑の熱圏温度は  $988 \pm 115$  K、その周囲の同緯度域で  $889 \pm 77$  K と見積もられ、大赤斑上の熱圏温度は周囲より高い傾向があることが明らかになった。また 9 日の観測は iSHELL の Lp4-mode (3.83-4.14 $\mu$ m) を用いて、空間方向に 25 arcsec のスリットを南北方向に設置し、東西方向に移動させ、大赤斑を含む領域で観測した。観測では木星データ、スカイデータを 60 秒間で交互に取得した。解析において、校正や物理量変換は NASA 提供のデータ補正・校正ツール Spextool ver. 5.0.3beta を用いた。熱圏温度推定には LTE を仮定し、 $H_3^+$  の回転振動励起発光輝線の強度比 (3.9039 $\mu$ m/3.9530 $\mu$ m) を用いて行った。その結果、大赤斑を含む領域での温度マップを作成し、木星熱圏温度の空間分布を得ることができた。11 日の観測の事実からは大赤斑で発生した大気重力波・音波の熱圏への伝搬の存在の可能性が示唆される。9 日の観測では大赤斑を含む木星温度の空間変動をとられることができた。本講演では、木星の熱圏温度場の観測・データ解析の詳細と、その評価について検討した結果を報告する。