

Hisaki/EXCEED および X 線望遠鏡群との協同観測における木星赤外オーロラ: K-band および L-band オーロラの比較

藤澤 翔太 [1]; 笠羽 康正 [2]; 埜 千尋 [3]; 北 元 [4]; 坂野井 健 [5]

[1] 東北大・理・地物; [2] 東北大・理; [3] LPP, Ecole Polytechnique; [4] 東北大・理・惑星プラズマ大気; [5] 東北大・理

Jovian IR aurora in the coordinated observation with Hisaki/EXCEED and X-ray telescopes: Comparison between K- and L-band auroras

Shota Fujisawa[1]; Yasumasa Kasaba[2]; Chihiro Tao[3]; Hajime Kita[4]; Takeshi Sakanoi[5]

[1] Tohoku Univ; [2] Tohoku Univ.; [3] LPP, Ecole Polytechnique; [4] Planet. Plasma Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.; [5] Grad. School of Science, Tohoku Univ.

We have observed Jovian infrared aurora in order to evaluate the temperature and velocity fields of polar upper atmosphere and the energy of precipitating electrons. In Jan-Apr 2014, we performed the observation using SUBARU and IRTF as the coordinated observation campaign with Hisaki/EXCEED, which observed the total flux of UV aurora continuously. In April, three X-ray space telescopes were joined for spatial and temporal variations of energetic particles. IRTF L-band (3-4 μ m) spectroscopy provided the temperature map of northern polar region using a near-IR spectrometer, CSHELL, for intermittent nights for each 2 weeks in January and April. SUBARU L-band and K-band (2-2.5 μ m) spectroscopy obtained upper atmospheric temperature with higher accuracy using a near-IR spectrometer, IRCS. This paper focused the latter result.

In the Jovian polar region, precipitating electrons collide with upper atmosphere and heat this region. UV aurora (H and H_2) is directly excited by the collision of high-energy electrons to atmospheric H and H_2 , whereas IR aurora (H_3^+ and H_2) is thermally excited by the heated upper atmosphere. The emissivity of H_3^+ aurora is related to the density of H_3^+ and the excitation rate, and includes the information of not only thermal and velocity field but also the energy of precipitating electrons: The production rate of H_3^+ at high latitude is correlated to the collision rate of precipitating electron. Therefore, the density of H_3^+ at specific altitude reflects the amount of penetrating electrons. Since higher energy electrons can penetrate to deeper region, the emission altitude of H_3^+ aurora can be correlated to the energy of precipitating electrons. L-band H_3^+ lines are emitted from lower energy state so that they are from the lower temperature area in lower altitude. For this reason, the comparison of K and L-band lines from different emission altitude can be used to estimate the energy of precipitation electrons. If it is possible, the estimation from IR aurora is valuable because (1) it can be observed from ground (2) with the information of temperature and velocity fields. This observation aimed to do the feasibility study by the quasi-simultaneous observation of K and L-band auroras.

We had 3 nights (in Feb 13,14 and Apr 19), and observed northern and aurora in Feb 13 and northern aurora in Apr 19 in a limited short period due to bad weather. The former, we could partially apply the adaptive optics. The slit was set parallel to the rotational axis and switched alternately K and L-band in every ~ 10 min. At the moment we concentrated to the data in April that was simultaneous observation with X-ray telescopes, for the evaluation of the relative flux ratio of K and L-band aurora. Although the absolute flux is hard to be derived by the disturbance of bad weather, we found the clear difference between K- and L-band auroras: L-band aurora flux was increased at main oval and decreases at polar region, whereas similar feature was not clear in K-band aurora. We also derived the temperature of K- and L-band auroras at their emission altitude via the intensity ratio of emission lines in K-band and L-band respectively.

In this paper, we will present these results with the correlation of X-ray observation results. And we will also report the result of the observation with AO in February. Moreover, we will prepare the evaluation of the temperature map derived by IRTF observation (Jan 1,13, Apr 11,13,16,18,20,23) with the comparison of total UV emission intensity by Hisaki/EXCEED.

我々は、木星赤外線オーロラを継続観測し、高層大気温度場・速度場と降下電子エネルギーの評価を行ってきた。2014年1-4月には、Hisaki/EXCEEDとの協同キャンペーンの一環としてSUBARU・IRTF望遠鏡で観測を行った。この期間、Hisaki/EXCEEDは継続的に木星を観測し、紫外オーロラ全発光強度(振込電子量の指標)が得られた。4月には3つのX線望遠鏡観測による高エネルギー粒子の空間分布・時間変動観測も行われた。我々はIRTFで1-4月に各2週間の断続観測を行い、近赤外エシェル分光器CSHELLでL-band(3-4 μ m帯)赤外オーロラの極域温度マップを得た。また2-4月の一晩ずつSUBARUの近赤外線分光器IRCSでL-bandとK-band(2-2.5 μ m帯)で、広波長帯準同時観測による高精度の高層大気温度場計測を行った。本講演では、SUBARU観測結果の速報に焦点を当てる。

木星の強力な磁気圏は、電離圏・熱圏へ電流系を通して力学的・電磁氣的に結合している(MIT結合)。この結合系では、高層での中性大気・電離大気間の衝突を介して惑星自転の角運動量が磁気圏へ供給される。この角運動量輸送を担う電流を運ぶオーロラ降下電子は、高層大気へ衝突しこれを加熱する。降下電子は衝突励起によって H ・ H_2 紫外線オーロラを発光させ、また加熱された高層大気は熱励起によって H_3^+ ・ H_2 赤外線オーロラを発光させる。後者は、 H_3^+ 分子 H_2 分子の振動回転励起で、 H_3^+ はK-bandとL-band、後者はK-bandに輝線を持つ。この発光は、MIT結合に伴う大気加熱量の指標となり、地上観測も可能なため、木星MIT結合研究において重要な観測手段である。

赤外オーロラ発光は、高層温度場・風速場だけでなく振込電子エネルギーの情報も含む。高緯度での H_3^+ 生成の主因は降下電子の H_2 分子への衝突で、その密度は発光高度での降下電子量と相関する。より高エネルギーの電子がより低高

度に到達するため、 H_3^+ オーロラの発光高度は降込電子のエネルギーに相関する。より低エネルギー準位からの遷移である L-band 発光は、より低温・低高度域で発光するため、高エネルギー電子の多い領域でより発光することが予想される。このため、L・K-band 間の発光強度比は、振込電子エネルギーに用いる。振込電子エネルギーの推定は紫外オーロラで行われてきたが、赤外オーロラでは (1) よりアクセスの容易な地上観測において (2) 大気温度・風速情報も同時に得られうることになる。本観測は、L・K-band 準同時観測 (10 min 程度の時間差) によるこの導出の初試行を目的とした。

また K-band で観測される $H_3^+ \cdot H_2$ 発光は、発光強度の水平分布が一致しないことが知られ、この解明も目的とした。この相違は、 H_3^+ 発光域は電子降込の影響が大きい高温・高高度、 H_2 発光域は Joule 加熱の影響が大きい低温・低高度、と発光高度が異なることが主因と解釈されてきたが、Subaru の補償光学 (AO) を適用した我々の K-band オーロラ高度分解観測結果 (Kasaba 他, 本学会講演) では、メインオーバルから外れた領域では両者の高度域に大きな違いがなかった。MIT 結合系の角運動量・エネルギー輸送を考える上で、この高度域はエネルギー注入領域と大気応答領域という性格を有し重要であり、初の L-band 発光との準同時観測を含めた追跡を実施した。

SUBARU 観測は 2014 年 2 月 13-14 日と 4 月 19 日の 3 晩を予定し、荒天の中で短時間ながら 2/13 に南北両極、4 月に北極のデータを取得できた。前者の南極域では補償光学適用も実現した。両者とも、自転軸平行にスリットを空間固定し L・K-band 分光を約 10min で交互に行った。ここまで X 線との同時観測でもある 4 月のデータ解析に注力しており、L・K-band オーロラ強度比の空間分布を評価した。悪天候のため絶対強度の導出は困難ながら、L-band ではメインオーバル位置でより強度が大きく極域で小さくなるのに対し、より高高度で発光する K-band ではコントラストが不明瞭で、この両者の強度比の相違を初めて観測的に見いだした。ついで、同時観測である K-band 内・L-band 内の輝線強度比から、それぞれの発光高度での温度導出を進めている。本講演では、この結果を X 線による発光空間分布との比較と併せて報告する。また補償光学適用による高度分解観測を行った 2 月観測の結果も報告予定である。さらに IRTF 観測 (1/3,13, 4/11,13,16,18,20,23) による極域温度場マップの紫外オーロラ発光量との相関についても準備を進める。