

木星熱圏イオン・中性風観測の速報および近赤外エシェル分光器開発の現状

宇野 健（東北大理）、坂野井 健（東北大理）、笠羽 康正（東北大理）、小鮪 格久（東北大理）

木星は太陽系最大の惑星であり、巨大な磁気圏を有している。磁気圏が磁気圏-電離圏-熱圏 (MIT) 結合過程を介して惑星本体の自転エネルギーにより駆動される一方で、MIT 結合は極域オーロラ現象を引き起こし、熱圏のエネルギーバランス、ダイナミクスも支配している (図 1)。太陽風が駆動する地球の磁気圏とは大きく異なる木星 MIT 結合系の研究は、惑星間空間と惑星本体との相互作用の普遍的理解のために重要である。

木星 MIT 結合系においては、熱圏中性大気の運動が重要な役割を担っている。しかし、中性大気の運動や電離圏プラズマとの相互作用、結合電流に関連したオーロラ発光現象に関して、経度依存性と時間変動に対する理解は進んでいない。そもそも中性大気運動の観測が、ほとんどないことが問題である。これに対し、 H_2 、 H_3^+ の近赤外オーロラの観測は

1. 結合に寄与する高度の情報を多く反映している。
2. 紫外線等の波長域に比べ、背景大気の影響を多く反映する。
3. 地上から観測可能であり、変動を捉えやすい。

の 3 点から、有用な情報を提供しうる。

これまで 1 例ある H_2 と H_3^+ 近赤外オーロラの同時観測では、両者の発光強度分布のピークが、経度方向にずれていることが報告された。これは降り込みが活発な領域と Joule 加熱が効果的に働

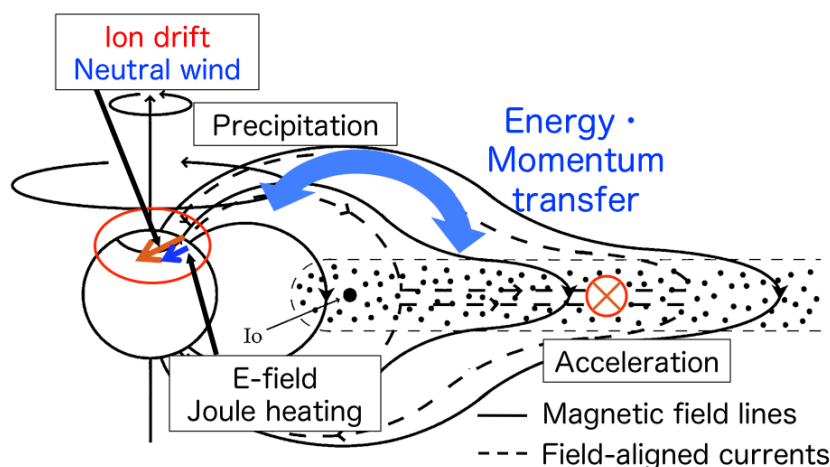


図 1 Jovian MIT coupling system. The electric field originates from the Jovian rapid rotation and dynamics of magnetospheric plasma cause Joule heating and ion drift in the thermosphere. The penetrating electrons cause auroras. (from Cowley and Bunce, 2001)

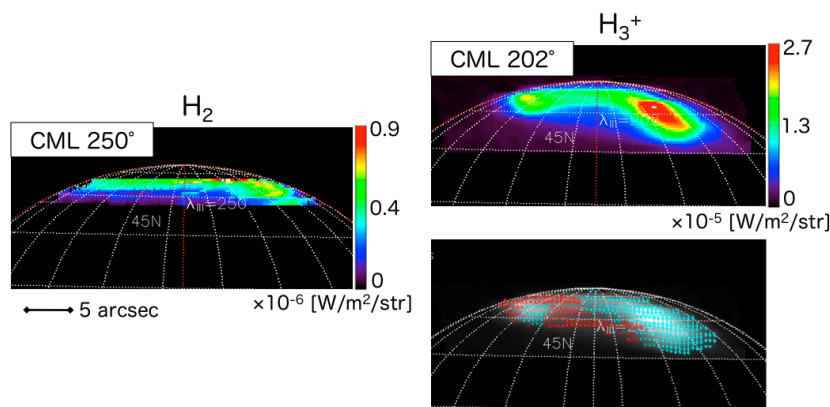


図 2 Distributions of H_2 aurora (left), H_3^+ aurora (right-top), and H_3^+ Doppler velocities (right-bottom) observed with IRTF/CSHELL in 2009. (Sakanoi et. al., 2010, in preparation)

く領域とが、経度方向にずれていることを示唆するものであり、MIT 結合の経度依存性を考える上で重要な問題である。 H_2 と H_3^+ の発光分布に加え、速度分布を得ることで、この検証が可能である。そこで本研究では、既存の分光装置 NASA IRTF/CSHELL を用いて H_2 、 H_3^+ 赤外オーロラの高分散分光観測を行った。スリットを木星東西にあててスリットスキャンを行ない、8 月 31 日 UT には南極域の、9 月 6 日 UT には両極の発光分布をそれぞれ 1 セットずつ得た。その結果、世界で 2 例目となる木星南極域の $H_2S_1(1)$ 発光分布 (図 2) を得るとともに、 H_3^+ 発光分布との比較から、

- 初めて南極における H_2 と H_3^+ の発光分布ピーク位置のずれを示した (H_2 の方が経度方向西側に約 60 deg シフト)。
- 初めてピーク位置のずれの南北非対称性を見いだした (北極では H_2 が経度方向西側に約 30 deg シフト)。
- 先行研究 (Raynaud et al., 2004) と比べ、南極の H_2 、 H_3^+ 赤外オーロラが発光分布に明らかな変化を見いだした。

中性大気速度とイオン速度の分布は H_2 と H_3^+ の発光分布の違いを説明しうるが、本観測では H_3^+ 視線方向速度分布は導出したものの、誤差が大きく中性大気速度の導出に至らなかった。今後の展望として、速度導出には不向きだが、 H_2 および H_3^+ の複数輝線観測から両者の温度分布導出が可能な Subaru/IRCS を用いた観測による、粒子降り込み領域と Joule 加熱領域の解明が考えられる。

このように、近赤外の高分散分光観測は木星 MIT 結合系における熱圏側の応答を探る重要なツールである。しかし数日から数ヶ月程度のダイナミックな変動を示す惑星観測にとっては、汎用の装置を間借りして行う観測では明らかに観測時間が不足している。また、「木星 disk を一度におさめる長スリット、複数の要求輝線を同時に捉える広波長範囲、速度導出可能な高波長分散」を同

時に実現する装置が存在しない。これは本来、同時には成立しえない要求である。本研究では「観測波長範囲の汎用性を捨て、木星観測に必要な波長帯を選択的に選ぶことで」上記を同時に実現する近赤外エシェル分光器の開発を開始し、光学系設計を行なった。本分光器は、北海道名寄市に建設中の「名寄望遠鏡 (口径 1.6 m)」に設置し、将来的には現在東北大学がハワイ・ハレアカラに建設計画中の「惑星・系外惑星望遠鏡 (口径 1.9 m)」用の常設装置となる予定である。本研究では「観測輝線に対するガウス関数のフィッティングによる風速場導出」に最適となる装置パラメーターを、装置関数を模擬した観測シミュレーションにより導出した。主なパラメーターは、プレートスケール 0.5 arcsec/pixel、スリット長 50 arcsec、スリット幅 1.0 arcsec、エシェル溝間隔 24 μm 、ブレース角 76 deg、コリメータービーム径 43 mm、波長分解能 $R = 45,000$ と決定された。また速度決定の誤差を減らすため、スリットモニターと波長校正手法にも工夫をする予定である。このように木星熱圏大気の風速決定に最適化した装置を製作することは、世界で初の試みである。

本研究で設計に着手した分光器は、完成後、次のような惑星大気の観測的研究に貢献しうる。

木星 熱圏ダイナミクスとそれに関連した MIT 結合系の理解を深めるため、本分光器完成後、木星が衝前後で観測好期となる 2011 年後半に H_2 、 H_3^+ の同時観測を実施。また、本分光器を用いて数晩から数ヶ月にわたる継続的な観測を行い、赤外オーロラの発光強度、イオン風速度変動の時間スケールと変動量の描像を明らかにし、変動の要因に迫る。

金星 金星においては 1.27 μm 付近の大気光や 2.3 μm 付近の下部雲層の観測が求められている。2011 年初頭は金星の太陽離隔が大きい観測好期であり、宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部 (JAXA/ISAS) の金星探査機 Planet-C(あかつき) との同時観測が想定される。

火星 近年、メタンや過酸化水素をはじめとする火星の大気微量成分が注目されており、高波長分解能での観測が重要である。2012 年初頭に火星は観測好期を迎え、それに合わせた観測が想定される。

参考文献

- Cowley, S. W. H. and E. J. Bunce (2001), Origin of the main auroral oval in Jupiter's coupled magnetosphere-ionosphere system, *Planet. Space Sci.*, **49** pp.1067–1088.
- Raynaud, E., E. Lellouch, J.-P. Maillard, G. R. Gladstone, J. H. Waite, B. Bézard, P. Drossart, and T. Fouchet (2004), Spectro-imaging observations of Jupiter's 2- μm auroral emission. I. H_3^+ distribution and temperature, *Icarus*, **171** pp.133–152.