

授賞者の研究業績の紹介

2014年度 第7回宇宙科学奨励賞授賞者

宇宙理学関係

宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 宇宙航空プロジェクト研究員

吉岡 和夫 (よしおか かずお; 1981年生)

業績の題目: 極端紫外光を用いた惑星圏の観測的研究

惑星の紫外線観測は、惑星上層大気・磁気圏プラズマの組成と運動、大気をもたない惑星や衛星の表面環境等を解明するうえで強力な手法である。しかしこれまで紫外線観測は惑星科学における未開の分野であった。吉岡氏は Cassini 探査機による木星イオトラス付近の極端紫外線 (EUV) 観測のデータ解析を手始めに、その後自ら極端紫外分光望遠鏡 (EXCEED) を開発し、それをイプシロンロケット1号機「ひさき」に搭載した観測によって大きい成果をあげた。特に EXCEED による観測から、木星の外部磁気圏からイオトラスに向かって高エネルギー電子が流入する現象を初めて確実に実証したことは特筆すべき成果である。顕著な業績を以下にまとめる。

1) Cassini が取得した木星磁気圏EUV分光データの解析

木星は太陽系惑星において最大の磁場を有し、そこでの粒子加速は宇宙における高エネルギー粒子生成の雛形の一つである。木星磁気圏の内部領域には超相対論的な電子が存在することが従来の研究から知られている。しかし加速に効果的な強磁場のある内部磁気圏への電子の定常輸送については、理論的研究はあるものの観測的実証は不十分であった。

本研究で吉岡氏は Cassini が取得した内部磁気圏にあるイオトラス領域のEUV分光データに着目し、その綿密なデータ解析を行った。イオトラスの主成分イオンは硫黄と酸素である。電子衝突で励起されたこれらのイオンは EUV 波長域に輝線を発する。イオトラス近傍のある領域 (木星中心から 5.9 R_J の距離、R_J は木星半径) で観測された上記イオンの輝線スペクトルの解析から、氏はそこでの電子密度と温度、イオンの組成比を導いた。その結果、背景電子と比べて 10 倍以上のエネルギーをもつ高温電子の存在を発見し、上記の輸送過程の実証的解明に向けた確実な一歩を印した。上記の結論を得る上で、氏が確立した緻密なスペクトル診断法が重要な基盤となったことを強調しておきたい (論文1)。

2) 「ひさき」搭載の EUV 分光望遠鏡 EXCEED の開発

紫外線分光望遠鏡開発の最大の障害は、紫外線域で高反射率をもつ反射鏡の開発と高い波長分解能をもつ回折格子の作成である。吉岡氏は化学蒸着法によって、面精度が 0.3 nm 以下の高純度炭化硅素鏡の作成を達成した。その結果、波長 52-148 nm のEUV域で反射率が 40% という高反射鏡を実現した。これは従来の鏡の反射率 10% と比べて大幅な向

上である。氏はこの技術を回折格子にも応用し、波長分解能 0.3-0.5 nm (FWHM) を達成した。さらに望遠鏡の指向安定性を高精度に保つため、「ひさき」が捉えた木星像の位置情報を「ひさき」の姿勢制御系にフィードバックさせるシステムを EXCEED に組み込んだ。加えて、この研究では将来の観測に向けて、EXCEED を用いた惑星観測のフェージビリティ評価を木星イオトラス、火星と金星の上層大気、および水星に対して行った。なお本論文を生むもととなった論文は COSPAR 若手論文賞を受賞している(Yoshioka et al. 2010, Adv. Space Res. 45, 314) (論文2)。

3) 木星内部磁気圏への高温電子輸送の観測的実証

以上の研究を基礎にして、「ひさき」に搭載の EXCEED による観測とそのデータ解析から、イオトラス付近の木星内部磁気圏における電子密度・温度および硫黄イオンの組成比 (S^+/S^{2+} , S^{3+}/S^{2+}) の動径分布を観測から初めて決定した。とくに高温電子の分布の決定は重要な成果である。これによって、外部磁気圏からイオ近傍内部磁気圏まで高温電子が定常的に侵入していることを初めて明確に実証した。その結果、木星磁気圏におけるプラズマ輸送に関する描像をこれまでになく具体的に示し、粒子加速の理論に強い制限をつけた (論文3)。

以上のように、吉岡氏は独創的な極端紫外望遠鏡の開発およびそれを搭載した「ひさき」による観測を通じて、惑星磁気圏研究において大きな貢献を行った。研究活動においては、着実かつ緻密に研究を積み重ねる目的を達成する姿勢が現れている。氏は現在進行中のベピ・コロombo (Bepi-Colombo) 水星探査計画にも、紫外線分光観測装置の開発において中核的に携わっているなど、高い研究活動性を示している。吉岡氏の業績はイプシロンロケットがもたらした大きい理学的成果でもあり、今後の宇宙科学研究におけるイプシロンの有効性を最初に実証した点においても大きな意義を有する。以上の理由により、吉岡和夫氏に第7回 (平成26年度) 宇宙科学奨励賞授賞を授与することとなった。

関連する論文リスト

1. “Hot electron components in the Io plasma torus confirmed through EUV spectral analysis”, Yoshioka, K., Yoshikawa, I., Tsuchiya, F., Kagitani, M. and Murakami, G., 2011, J. Geophysical Research, 116, A09204.
2. “The extreme ultraviolet spectroscopy for planetary science, EXCEED”, Yoshioka K., Murakami, G., Yamazaki, A., Tsuchiya, F., Kagitani, M., Sakanoi, T., Kimura, T., Uemizu, K., Uji, K. and Yoshikawa, I., 2013, Planetary and Space Science, 85, 250.
3. “Evidence for global electron transportation into the jovian magnetosphere”, Yoshioka, K., Murakami, G., Yamazaki, A., Tsuchiya, F., Kimura, T., Kagitani, M., Sakanoi, T., Uemizu, K., Kasaba, Y., Yoshikawa, I. and Fujimoto, M., 2014, Science, 345, 1581.