

R009-14

A 会場：11/24 PM2 (16:05-18:05)

17:20~17:35:00

ひさき衛星の極端紫外分光データを用いたイオ軌道からエウロパ軌道にわたるプラズマ特性の導出

#松下 奈津子¹⁾, 土屋 史紀¹⁾, 吉岡 和夫²⁾, 笠羽 康正¹⁾, 佐藤 晋之祐^{1,3)}, 堺 正太郎⁴⁾, 眞田 聖光^{5,6)}, 山崎 敦⁷⁾, 村上 豪⁷⁾, 木村 智樹⁸⁾, 北 元⁹⁾, 吉川 一朗²⁾

⁽¹⁾ 東北大学, ⁽²⁾ 東京大学, ⁽³⁾ Laboratoire d'Astrophysique de Marseille, ⁽⁴⁾ 慶應義塾大学, ⁽⁵⁾ University of Texas, San Antonio, ⁽⁶⁾ Southwest Research Institute, ⁽⁷⁾ 宇宙航空研究開発機構, ⁽⁸⁾ 東京理科大学, ⁽⁹⁾ 東北工業大学

Plasma properties from Io's to Europa's orbit estimated from the Hisaki observation

#Natsuko Matsushita¹⁾, Fuminori Tsuchiya¹⁾, Kazuo Yoshioka²⁾, Yasumasa Kasaba¹⁾, Shinnosuke Satoh^{1,3)}, Shotaro Sakai⁴⁾, Saniya Sanada^{5,6)}, Atsushi Yamazaki⁷⁾, Go Murakami⁷⁾, Tomoki Kimura⁸⁾, Hajime Kita⁹⁾, Ichiro Yoshikawa²⁾

⁽¹⁾ Tohoku University, ⁽²⁾ The University of Tokyo, ⁽³⁾ Laboratoire d'Astrophysique de Marseille, ⁽⁴⁾ Keio University, ⁽⁵⁾ University of Texas, San Antonio, ⁽⁶⁾ Southwest Research Institute, ⁽⁷⁾ JAXA / ISAS, ⁽⁸⁾ Tokyo University of Science, ⁽⁹⁾ Tohoku Institute of Technology

Jupiter's inner magnetosphere contains the Io plasma torus with dense sulfur and oxygen ions originating from SO₂ gases emitted through volcanic activities in Io (at 5.9R_J from Jupiter). Europa (at 9.4 R_J) has a tenuous molecular oxygen atmosphere produced by magnetospheric plasma sputtering on its surface. It can also be a source of oxygen and hydrogen ions in the Jovian magnetosphere. Understanding the production and loss of Europa's atmosphere requires knowledge of plasma parameters around the satellite. However, measurements of the plasma properties outside 8 R_J remain limited. This study aims to estimate the electron density, electron temperature, and ion composition from Io's to Europa's orbit using Hisaki satellite data.

The ions in the torus emit ultraviolet light through electron impact excitation. The extreme ultraviolet spectrograph EXCEED aboard Hisaki, orbiting the Earth, measured the sulfur and oxygen ion emission lines in the wavelength range of 55 nm to 145 nm. In Europa's orbit, as the brightness is much weaker than that of Io's orbit, contamination from the terrestrial radiation belt and foreground geocoronal emissions was carefully removed. The data were integrated from March 1st to May 14th, 2015, which includes Io's volcanically active period (Hikida et al., 2020). We successfully identified sulfur and oxygen ion emission lines in Europa's orbit for the first time.

The intensity of emission lines is proportional to the local density of the torus ions and is affected by the electron density and temperature. Plasma parameters were obtained using the plasma diagnosis based on the CHIANTI atomic database, assuming exponential radial distributions of plasma parameters and fitting the observed spectra.

The estimated electron densities and core temperatures are consistent with Bagenal et al. (2015) and Yoshioka et al. (2018), but the hot electron fraction is approximately 4 times larger in both Io's and Europa's orbits. Both the hot electron fraction and the S³⁺ fraction increase with the radial distance, while the S⁺ fraction decreases. This indicates that electron impact ionization of sulfur ions proceeds as the ions are transported outward. Compared with the Cassini observations (Steffl et al., 2004), the S³⁺ fraction in Europa's orbit is approximately twice as large, likely reflecting an enhanced volcanic activity in 2015. Using Hisaki data with continuous observations of the torus, we will investigate variations in plasma properties in Europa's orbit during Io's volcanically quiet and active duration.

木星磁気圏は、木星から 5.9R_J 離れた衛星イオが主要なプラズマ源となっている。イオの火山性 SO₂ ガスが電離することで生じる硫黄イオンや酸素イオンは、木星の周囲でドーナツ状のイオプラズマトーラスを形成している。9.4 R_J に位置する衛星エウロパは、木星磁気圏のプラズマが衛星表面の水にスパッタリングすることで生じる希薄な酸素大気に覆われていて、水素イオンや酸素イオンの供給源となり得る。エウロパ大気の生成・散逸についての理解を深めるためには、衛星周辺のプラズマ状態を知ることが不可欠である。しかし、8R_J からエウロパ軌道にかけてのプラズマ特性の空間分布・時間変動に関しては、観測が依然として限定的である。そこで本研究では、ひさき衛星によって得られた極端紫外分光データを用いて、イオ軌道からエウロパ軌道にかけての電子密度、電子温度、イオン組成の動径方向分布を導出することを目的としている。

イオプラズマトーラスのイオンは電子衝突励起によって紫外線で発光し、イオンの種類やエネルギー準位に応じて特定の波長に輝線が現れる。地球周回軌道のひさき衛星に搭載された分光器 EXCEED によって、55nm~145nm の波長帯で硫黄イオンや酸素イオンの輝線を観測することができる。エウロパ軌道では、イオ軌道に比べてトーラスの発光強度が小さいため、地球の放射線帯やジオコロナなどの前景光の影響を丁寧に取り除く必要があった。また、輝線の S/N を向上させるため、2015 年 3 月 1 日から 5 月 14 日までの約 2.5 ヶ月分のデータを積分した。この期間は、2015 年 1 月のイオの火山噴火後で、火山活動が活発な時期を含んでいる (Hikida et al., 2020)。ひさき衛星の観測データから、エウロパ軌道における硫黄イオンと酸素イオンの輝線が初めて検出された。

観測される輝線の発光強度は、トーラスのイオンの密度、衝突電子の密度・温度によって決まる。本研究では、これらのプラズマ特性が動径方向に指数関数的に分布しているという仮定のもと、CHIANTI 原子データベースから計算された

モデルスペクトルを使って観測スペクトルのフィッティング（プラズマ診断）を行い、電子密度・電子温度・イオンの組成比を導出した。

推定された電子密度と電子温度は、Bagenal et al. (2015) によるエウロパ軌道の結果と Yoshioka et al. (2018) によるイオ軌道の結果の範囲内にそれぞれ一致した。一方、電子全体に対する高温電子の割合は、イオ軌道でもエウロパ軌道でも先行研究の約 4 倍の大きさとなった。イオン組成に関しては、高温電子の割合が動径方向外側ほど増加するにつれて、 S^{3+} の割合は増加し S^{+} の割合は減少した。これは、トーラスのイオンが動径方向外側へ輸送されるながら、電子衝突電離によるイオン化が進行していることを示している。また、Cassini の観測 (Steffl et al., 2004) に対し、エウロパ軌道における S^{3+} の割合はほぼ 2 倍高く、ひさき衛星のデータでは 2015 年の火山活動の活発化を反映している可能性がある。今後は、トーラスを連続観測しているひさき衛星のデータを用いて、イオ軌道からエウロパ軌道までのプラズマ特性が、火山の静穏期と活発期でどのように変動するかを調べる。