

## HISAKI衛星で観測された2015年イオ火山イベントにおけるイオトーラス中硫黄イオンのSystem IV周期の変動

# 荒川 峻 [1]; 三澤 浩昭 [2]; 土屋 史紀 [3]; 鍵谷 将人 [4]; 吉川 一朗 [5]; 吉岡 和夫 [6]; 鈴木 文晴 [7]; 木村 智樹 [8]; 村上 豪 [9]; 山崎 敦 [10]

[1] 東北大・理・地球物理; [2] 東北大・理・惑星プラズマ大気研究センター; [3] 東北大・理・惑星プラズマ大気; [4] 東北大・理・惑星プラズマ大気研究センター; [5] 東大・理・地惑; [6] 東大・理; [7] 東大・新・複雑; [8] RIKEN; [9] ISAS/JAXA; [10] JAXA・宇宙研

## Variations of System IV period of the sulfur ions in the Io torus for the volcanic event in 2015 observed by HISAKI satellite

# Ryo Arakawa[1]; Hiroaki Misawa[2]; Fuminori Tsuchiya[3]; Masato Kagitani[4]; Ichiro Yoshikawa[5]; Kazuo Yoshioka[6]; Fumiharu Suzuki[7]; Tomoki Kimura[8]; Go Murakami[9]; Atsushi Yamazaki[10]

[1] Geophysics, Tohoku Univ.; [2] PPARC, Tohoku Univ.; [3] Planet. Plasma Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.; [4] PPARC, Tohoku Univ.; [5] EPS, Univ. of Tokyo; [6] The Univ. of Tokyo; [7] Complexity Science, Univ. of Tokyo; [8] RIKEN; [9] ISAS/JAXA; [10] ISAS/JAXA

<http://www.sgepss.org/>

Io plasma torus (IPT) consists of dissociated and ionized volcanic gas originated from Jupiter's moon Io, which distribute along Io's rotation orbit. The plasma corotates by the corotation electric field in the Jovian rotation period (9.925 h) called System III. However previous ground-based and probe observations of Io plasma torus (IPT) in visible, near-infrared and extreme ultraviolet (EUV) wavelengths have detected a periodic time variation whose period is longer than System III Jupiter's rotation period (9.925 h). It has been called System IV period. The *dual hot electron model* in which hot electron populations has two azimuthal variations rotating at System III and System IV periods is proposed to account for the System IV period measured by the Cassini UVIS observation (Steffl et al., 2008). While it is interpreted that the System III period of hot electron populations corresponds to azimuthal modulation of the efficiency of the electron acceleration (Hess et al., 2011), little progress has been made in explaining an origin of the System IV period.

The Cassini UVIS observation of IPT was made after the end of Io's volcanic eruption in 2000. It is reported that the System IV period derived from the Cassini observation was 10.07 h, which was shorter than the typical period of 10.21h (Steffl et al., 2006). However, the causal relationship between plasma source enhancement due to the volcanic event and change in the System IV period is not clear from the Cassini observation. Here, we analyzed time variations in intensities of EUV emissions from IPT obtained by the HISAKI satellite to understand the mechanism responsible for the System IV period and the influence of Io volcanic activity on IPT.

The observation period used in this study is from December 2014 to the middle of May 2015. During this period, enhancement of Io volcanic activity from January to March 2015 (here after 'volcanic period') was reported from the observation of Iogenic sodium emission (Yoneda et al., 2015). To find variations of the System IV period in the EUV brightness, the System III longitude at peak EUV intensity was derived by the fitting the HISAKI Level-2 data (S II 76.5 nm + 126 nm, S III 68 nm, and S IV 65.7 nm + 140.5 nm) with a sinusoidal function which consists of sum of two sinusoidal curves whose periods are System III (9.925 h) and the Io orbital period (42.456 h). The time variation in the phase of the System III component indicates the System IV period, which was derived as a mean value for a certain period. From this analysis, the System IV periods of S II before and after the volcanic event (Dec. 1, - Dec. 23, 2014 and April. 21 - May 14, 2015, respectively) were 10.16±0.008 h and 10.03±0.006 h, respectively. On the other hands during the volcanic event, the System IV period of S II was 9.95±0.003 h for Mar. 11 - Apr. 20. This is the first observational evidence which shows that the System IV period has shortened after the enhancement of Io volcanic activity.

Origin of the System IV period has been discussed with sub-corotation of plasma in IPT. Since the sub-corotation occurs due to mass loading of newly picked-up ions into IPT, it is expected that the System IV period becomes long during the volcanic event. However, the result derived from the HISAKI observation shows the opposite feature and will give important information to constrain the origin of the System IV period.

The EUV intensity depends on not only ion density but electron density and temperature. To investigate the contribution of each plasma parameter to the appearance of System IV period, we will derive time variation in plasma parameters in IPT from the HISAKI data with plasma diagnosis analysis. This analysis enable us to confirm the dual hot electron model and constrain the origin of the System IV period.

衛星イオ起源の火山性ガスが解離・電離することにより、イオの軌道に沿ってトーラス状に分布したイオプラズマトーラス (IPT) が形成される。プラズマは木星の共回転電場により System III と呼ばれる木星自転周期 (9.925 時間) で共回転している。しかし、過去の可視・近赤外・極端紫外の波長域における発光強度の観測からは、木星の自転周期よりも長い周期変動が観測されてきた。この周期は「System IV 周期」と呼ばれている。Cassini 探査機の紫外分光器 UVIS に

よって観測された System IV 周期の存在を説明するために Steffl らは、System III 周期と System IV 周期で回転する高温電子の二つの経度方向分布が同時に存在するとした「Dual hot electron model」(Steffl et al., 2008) を提案した。System III 周期成分の起源は、木星磁場の不均一性により生じる電子の加速効率の経度変調により生じると解釈されている (Hess et al., 2011) 一方で、System IV 周期成分の起源については、様々な提案がされているが、未解明である。

Cassini による IPT の観測は、2000 年に発生したイオの火山噴火活動の終結時に開始された。この観測から求められた System IV 周期は 10.07 時間で、典型的な周期 (10.21 時間) よりも短いことが報告されている (Steffl et al., 2006) が、観測期間の制約のため、火山活動によるプラズマの増大と System IV 周期の変化の相互関係をこの観測から求めることは出来なかった。そこで、本研究ではイオの火山活動による IPT の変化と System IV 周期性との関係を明らかにし、さらにその周期が生じるメカニズムを理解するため、HISAKI 衛星で観測された IPT の極端紫外線 (EUV) 発光強度の時間変動を解析した。

本研究で用いたデータの観測期間は 2014 年 12 月から 2015 年 5 月半ばである。この期間中の 2015 年 1 月から 3 月にかけて、イオの火山活動の活発化がイオ起源のナトリウム発光の観測から報告されている (Yoneda et al., 2015)。この時期の System IV 周期とその変動を以下の手順で導出した。(1) HISAKI の Level-2 データから、S II 76.5 nm + 126 nm, S III 68 nm, S IV 65.7 nm + 140.5 nm における硫黄イオンの発光強度の時系列を抽出する。(2) データウィンドウ 5 日の時系列データに、第 1 項が System III 周期、第 2 項がイオの公転周期 (42.456 時間) の 2 つのサインカーブの線形結合の関数でフィッティングする。第 1 項の位相の時間変化が System IV 周期に対応し、任意期間のこの位相変化率の平均値から System IV 周期を求めた。この解析から火山活動増大の前後 (2014 年 12 月 1 日から 12 月 23 日、及び、2015 年 4 月 21 日から 5 月 14 日) における S II 76.5 nm + 126 nm の System IV 周期は、それぞれ  $10.16 \pm 0.008$  時間と  $10.03 \pm 0.006$  時間であった。一方で火山活動増大期 (2015 年 3 月 11 日から 4 月 20 日) の S II 76.5 nm + 126 nm の System IV 周期は  $9.95 \pm 0.003$  時間であった。これは、イオの火山活動の活発化により System IV 周期が短くなることを示す初めての観測的証拠である。

System IV 周期の起源は IPT 中のプラズマの準共回転と関連付けて議論されてきた。プラズマの準共回転は IPT 中に新たにピックアップされたイオンの質量供給により起こっているため、火山活動の増大中は共回転からの遅延が大きくなり、System IV 周期が長くなることが予想される。しかしながら、本研究で得られた HISAKI による観測結果はこの予想とは異なっており、System IV 周期の起源を考察する上で重要な情報となる。

EUV 発光強度は IPT 中のイオン密度に加え、イオンの励起率を決めている電子温度・電子密度に依存する。発光強度の System IV 周期の変動がどのプラズマパラメータにより生じているのかを調べるため、プラズマ診断手法 (Yoshioka et al. 2014) を用いてプラズマパラメータの時系列を求め、その周期変動特性の導出を進めている。この解析により、先行研究で提示された Dual hot electron model の確認を行うとともに、System IV 周期生成過程に制約を与えることが期待される。