

## イオ周辺でのイオンピックアップ過程についてのハイブリッドシミュレーション

# 加藤 雄人 [1]; 土屋 史紀 [1]; 鍵谷 将人 [2]; 三澤 浩昭 [2]; 森岡 昭 [3]; 岡野 章一 [4]; 杉山 徹 [5]

[1] 東北大・理・惑星プラズマ大気; [2] 東北大・理・惑星プラズマ大気; [3] 東北大・理・惑星プラズマ大気; [4] 東北大・理; [5] 地球シミュレータセンター

### Hybrid simulation of ion pickup process at Io

# Yuto Katoh[1]; Fuminori Tsuchiya[1]; Masato Kagitani[2]; Hiroaki Misawa[2]; Akira Morioka[3]; Shoichi Okano[4]; Tooru Sugiyama[5]

[1] Planet. Plasma Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.; [2] PPARC, Tohoku Univ.; [3] Planet. Plasma and Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.; [4] PPARC, Tohoku Univ.; [5] ESC/JAMSTEC

We perform hybrid simulations to study the ion pickup process at Io.

Recent observations measured by the Tohoku University Haleakala Observatory revealed the temporal and the spatial variation of Io plasma torus. One of the important results derived from observations of S II emissions is the quantitative determination of the delay of the torus plasma flow around Io's orbit from the corotation speed of Jovian magnetosphere. The possible explanation causing the delay of the flow speed is the mass-loading effect of Iogenic ions erupted from Io. The fundamental physics of the mass-loading effect of Iogenic ions is explained by the ion pickup process as follows. Each neutral particle erupted from Io initially has the relative velocity  $v_b$  given by  $v_b = v_c - v_I$ , where  $v_c$  and  $v_I$  are respectively the corotation speed of Jovian magnetosphere and the orbital speed of Io. After the ionization of neutral particles around Io, these newborn ions are subsequently picked-up by Jovian magnetic field, and the initial velocity distribution of picked-up ions forms a ring distribution which drives instability generating electromagnetic ion cyclotron waves. The excitation of the ion cyclotron waves should result in the significant thermalization of the velocity distribution of picked-up ions via the pitch angle scattering. The effect of the wave-particle interaction through the ion pickup process should enhance the merging of Iogenic ions into the torus plasma flow and affect the plasma temperature around Io. Therefore, the dynamics of torus plasma should be discussed with taking into account the kinetic effect of picked-up ions. However, although the existence of ion cyclotron waves around Io have been already clarified since Voyager era, its effect on the modification of the ion velocity distribution has not been discussed enough.

In the present study, we investigate the wave-particle interaction between picked-up ions erupted from Io and the torus plasma flow corotating with Jovian magnetosphere by using hybrid simulation. We assume that the background torus plasma consists of S III ions following with the observations of the Cassini Ultraviolet Imaging Spectrometer (UVIS) while we treat S II ions as Iogenic ions. We simulate the excitation of ion cyclotron waves through the ion pickup process and discuss the modification of the velocity distribution of picked-up ions due to the wave-particle interaction. The effect of the production rate of Iogenic ions on the time scale of the ion pickup process is also discussed.

ガリレオ衛星の一つイオは活発に活動する火山を有し、木星磁気圏中に存在する重イオンの主要な供給源となっている。木星磁気圏中に噴出したイオ起源の中性粒子は、電離によって重イオンとなり、木星磁気圏並びに木星磁場と共回転するイオトラスプラズマとの相互作用を経て、イオトラス中に同化すると考えられている。このトラスへの同化プロセスの素過程は、イオ起源のイオンの木星共回転磁場によるイオンピックアップ過程として理解される。木星磁場の共回転速度  $v_c$  とイオの公転速度  $v_I$  との相対速度  $v_b$  に比較して、電離前の熱速度が十分小さいと考えると、電離によって生成されたイオ起源のイオンは速度  $v_b$  のリング分布を初期速度分布として持つことになる。その結果、イオ周辺の空間ではリング分布に起因する不安定によってイオンサイクロトロン波が励起されると共に、励起された波動との相互作用によるイオ起源のイオンのピッチ角拡散による熱化が生じると考えられる。この熱化による速度分布の拡散の時定数は、イオ周辺で生じている相互作用領域の空間的な広がりや密接な繋がりを持つことが予想される。イオ周辺プラズマと木星磁気圏との相互作用領域の広がりを定量的に見積もる事は、木星表面の高緯度領域におけるイオフットプリント周辺でのオーロラ発光プロセスの理解に繋がると共に、東北大学ハレアカラ観測所を始めとして近年国内外において精力的な観測が進められている光学観測研究との比較を通じて、新たな知見を多く得る事が期待できる。しかしながら、イオ周辺の物理に関するシミュレーションはMHDコードを用いて行われた例がほとんどであり、イオ周辺の相互作用の物理を理解する上で本質的に重要となるイオンの粒子運動効果を取り入れたシミュレーション研究は、近年注目されつつある段階に過ぎない。

本研究では、1次元及び2次元のハイブリッドコードを用いて、イオ周辺において生じているイオ起源のイオンと木星磁気圏及びイオトラスプラズマとの相互作用に関する計算機実験を実施する。シミュレーション空間中を速度  $v_b$  で流れる  $S^{2+}$  プラズマ中に、一定の生成率をもってイオ起源のイオンを放出し、その速度差に起因する不安定によるプラズマ波動の励起と、ピックアップイオンの運動の変化に着目する。本発表では、シミュレーションの初期結果を紹介すると共に、イオン生成率と速度分布の時間変化との関連について議論する。