

## 磁気圏プラズマの沿磁力線分布モデルの開発と分散性 Alfvén 波の波動特性の研究

#齋藤 幸碩<sup>1)</sup>, 加藤 雄人<sup>1)</sup>, 木村 智樹<sup>2)</sup>, 川面 洋平<sup>1,3)</sup>, 北原 理弘<sup>1)</sup>, 熊本 篤志<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 東北大・理・地球物理, <sup>2)</sup> 東京理科大・理・物理, <sup>3)</sup> 東北大・学際科学フロンティア研究所

## Development of the magnetospheric plasma distribution model for the study of the characteristics of dispersive Alfvén waves

#Koseki Saito<sup>1)</sup>, Yuto Katoh<sup>1)</sup>, Tomoki Kimura<sup>2)</sup>, Yohei Kawazura<sup>1,3)</sup>, Masahiro Kitahara<sup>1)</sup>, Atsushi Kumamoto<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Dept. Geophys., Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ., <sup>2)</sup>Dept. Phys., Grad. Sch. Sci., Tokyo Univ. Sci., <sup>3)</sup>FRIS, Tohoku Univ.

We develop the "Plasma Distribution Solver (PDS)," a theoretical model that determines magnetospheric plasma profiles along a magnetic field line, and investigate the characteristics of dispersive Alfvén waves (DAWs) by using PDS. Results observed by NASA's spacecraft Juno have attracted attention to the role of DAWs in the electron acceleration process in planetary magnetospheres. The characteristics of DAWs are determined by the Alfvén speed, and the ratio of plasma pressure to magnetic pressure, i.e., the plasma beta. We need a model that precisely obtains the field-aligned number density and pressure profiles to understand the electron acceleration process by DAWs.

Previous studies proposed theoretical/empirical models to calculate magnetospheric plasma profiles along a field line [e.g., Angerami and Thomas, 1964]. However, the number density distribution is determined under the assumed plasma temperature profile. There is no theoretical model to obtain the number density and pressure profiles that are mutually consistent with each other, which is realized by the developed PDS.

We develop PDS based on the Static Vlasov Code (SVC) [Ergun et al., 2000; Su et al., 2003; Matsuda et al., 2010]. SVC is a theoretical model to calculate the plasma number density profiles by integrating the velocity distribution function over the velocity space. In this calculation, SVC considers the accessibility over the velocity space and the spatial variation of the volume element in the velocity space [e.g., Persson, 1966], while the value of the velocity distribution function is assumed to be conserved along the particle's path [Chiu and Schultz, 1978]. We revised SVC and reconstructed it to PDS by considering the appropriate spatial variation of the velocity distribution function and that of the volume element in real space along a field line. We obtain the plasma profiles in the Jupiter-Io system using PDS and compare those calculated by SVC. The results show that the characteristics are different between the PDS and SVC results. In particular, the minimum number density is located at lower latitudes in the PDS result than in the SVC result, which can influence the consideration of the dominant regions of kinetic/inertial Alfvén waves regarding the characteristics of DAWs. The difference obtained indicates a typical example caused by the different treatment of the velocity distribution function in PDS and SVC. Besides, we introduce the details of the method and results of PDS and discuss the comparison with SVC and discuss the spatial change of characteristics of DAWs clarified from the PDS results.

本研究では、磁気圏プラズマの沿磁力線分布を求める理論モデル「Plasma Distribution Solver (PDS)」を開発して、その結果を用いて分散性 Alfvén 波 (Dispersive Alfvén wave: DAW) の波動特性について考察する。木星探査機 Juno による観測結果を契機として、惑星磁気圏における DAW の電子加速過程に及ぼす役割が注目されている。DAW の特性は Alfvén 速度や、プラズマの圧力と磁気圧の比、すなわちプラズマベータ値により決定される。DAW による電子加速過程を理解する上で、背景プラズマの数密度と圧力の沿磁力線分布を与えるモデルが必要不可欠である。

過去の研究により、惑星磁気圏におけるプラズマ分布に関する様々な理論・経験モデルが提案されてきた [e.g., Angerami and Thomas, 1964]。しかしながら、従来のモデルでは、仮定されたプラズマの温度分布の下で数密度が決定されており、数密度と圧力の双方を変数として相互に矛盾のない解を求める理論モデルは、これまで提案されてこなかった。DAW による電子加速過程を理解するためには、惑星磁気圏におけるプラズマの数密度と圧力を互いに consistent に求める理論モデルが必要であり、本研究で開発する PDS はそれを実現するものである。

PDS は沿磁力線数密度分布を求める理論モデルである Static Vlasov Code (SVC)[Ergun et al., 2000; Su et al., 2003; Matsuda et al., 2010] を基に開発した。磁力線上の各位置における数密度は、速度分布関数を速度空間で積分することにより求める。SVC ではこの速度空間での積分において、プラズマの速度空間上の accessibility と、速度空間における体積要素の沿磁力線方向の空間変化を考慮する [e.g., Persson, 1966] 一方で、速度分布関数の値は粒子の経路に沿って保存されるとした [Chiu and Schultz, 1978]。この点について、我々は実空間の体積要素と速度分布関数の空間変化の取り扱いについて再検討し、より現実的なプラズマ数密度を得られるように改良を施した。さらに、磁力線上の各位置における速度分布関数に基づいてプラズマ圧が計算できるようにモデルを拡張した。本講演では、本研究により開発された PDS を木星-イオ系に適用し、SVC で得られるプラズマ分布との違いを調べた結果について報告する。モデル計算の結果から、PDS の解と SVC の解では数密度の分布の傾向が異なることが示された。特に、数密度が最小となる地点は PDS の方が SVC よりも低緯度に位置する解が得られ、DAW の特性に関して、kinetic Alfvén 波と inertial Alfvén 波がそれぞれ卓越する領域の考察に影響し得ることが示された。この違いは、PDS と SVC における速度分布関数の取り扱いの違いによる影響を顕著に示すものである。本講演ではさらに、PDS と SVC の理論の差異と得られた結果の詳細を報告するとともに、プラズマ分布から得られる DAW の特性の空間変化について議論する。