

R006-34

Zoom meeting B : 11/2 PM1 (13:45-15:30)

13:45-14:00

オーロラ電子加速過程に関わる電磁圏プラズマの沿磁力線分布についての研究

#齋藤 幸碩¹⁾, 加藤 雄人¹⁾, 熊本 篤志¹⁾, 木村 智樹¹⁾, 川面 洋平¹⁾

¹⁾東北大・理・地球物理

Study of the field-aligned distribution of ionospheric/magnetospheric plasma related to the auroral electron acceleration process

#Koseki Saito¹⁾, Yuto Katoh¹⁾, Atsushi Kumamoto¹⁾, Tomoki Kimura¹⁾, Yohei Kawazura¹⁾

¹⁾Dept. Geophys., Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ.

Observation NASA's spacecraft Juno revealed the downward electrons in the energy range from a few tens keV to hundreds keV in the Jupiter's auroral regions. The observed energy and pitch angle distributions suggested that Alfvénic acceleration process plays significant roles in the formation of Jupiter's aurora [Mauk et al., 2017; Saur et al., 2018]. Alfvénic acceleration is expected to occur at the Earth [Chaston et al., 2002]. Despite the increasing attention to the Alfvénic acceleration process in considering the aurora formation of magnetized planets, physical processes controlling the characteristic energy and pitch angle distributions have been still unclear.

For the discussion of Alfvénic acceleration, the spatial distribution of multispecies ions and electrons along a field line is necessary to understand property of Alfvén waves. In the present study, based on the model used in Ergun et al. (2000) and Matsuda et al. (2010), we developed a Plasma Distribution Solver for the plasma distribution along a magnetic field line between the ionosphere and magnetic equator. The developed Plasma Distribution Solver iteratively computes both the spatial distribution of multispecies plasma and the electrostatic potential so as to satisfy Poisson's equation, as shown in Fig.(a) and (b). We obtain the number density of each species by integrating the distribution function in the velocity space. We assume bi-Maxwellian distributions for the initial velocity distributions of both ions and electrons at the ionospheric end and at the magnetic equator. By referring to both energy conservation law and adiabatic invariant, we determine the interval of integration in the velocity space for a certain location, and then integrate the distribution function at the boundary in the determined interval of the velocity space in order to obtain the number density there.

Using the developed Plasma Distribution Solver, we study the effects of the assumed boundary condition and the initial condition of the electrostatic potential. We found that the plasma distribution changes according to the assumed boundary condition. Higher plasma temperature at the boundary results in broader distribution of plasmas along a field line. This confirms that the convergence cannot be obtained in this case. It is also confirmed that there can be multiple solutions under the same boundary condition and different initial gap position of the electrostatic potential.

In this presentation, we show results of the Plasma Distribution Solver and discuss the variations of the solution under different initial settings. We also compare the results of the Plasma Distribution Solver with those obtained by the conventional plasma distribution model considering the diffusive equilibrium of plasmas along a field line.

木星探査機 Juno の観測により、数十 keV から数百 keV に至る幅広いエネルギー帯におけるオーロラ電子降下が確認された。観測された電子のエネルギー分布ならびにピッチ角分布から、「Alfvénic acceleration」が木星におけるオーロラ電子加速過程において重要な役割を果たしていることが示唆された [Mauk et al., 2017; Saur et al., 2018]。Alfvénic acceleration は地球極域で観測されるオーロラ電子の生成過程としても議論されている [Chaston et al., 2002]。磁化惑星におけるオーロラ電子加速過程での Alfvénic acceleration の重要性が高まる一方で、被加速電子の特徴的なエネルギー分布やピッチ角分布を決定づける要因については未解明の問題が残されている。

Alfvénic acceleration が効率的に生じる領域を考察するためには、磁気圏内での Alfvén 波の伝播と波動特性の変化を調べる必要がある。Alfvén 波の伝播媒質であるプラズマの分布を明らかにすることにより、Alfvén 速度の空間分布の考察が可能となる。そこで本研究では、Ergun et al.(2000)や Matsuda et al.(2010)で用いられた手法に基づいて、磁化惑星の磁力線に沿ったプラズマ分布を求める「Plasma Distribution Solver」を開発した。Plasma Distribution Solver は、Poisson 方程式を満たすことを収束条件に用いて、複数の粒子種の電荷密度分布と静電ポテンシャルの空間分布を反復法により求める手法である。磁気赤道及び電離圏側の境界におけるイオンと電子の初期速度分布を bi-Maxwellian 分布として与えて、任意の地点における速度分布についてはエネルギー保存則及び断熱不変量から境界での速度空間にトレースすることにより求める。得られた分布関数を速度空間で積分することにより、磁力線上の各位置における各粒子種の数密度を計算する。

本研究では開発したコードを用いて、電離圏・磁気圏側での境界条件がプラズマ分布に及ぼす影響、ならびに、初期条件として与える静電ポテンシャルの空間構造の影響についてそれぞれ調べた。その結果、Plasma Distribution Solver の特性として、境界条件がプラズマ分布に大きな影響を及ぼすことが示された。境界における電離圏・磁気圏プラズマの温度が高いほど、各粒子数の数密度の空間勾配が緩やかとなる様相が再現された。また、初期条件として与える静電ポテンシャルが不連続となる位置を変化させた場合には、境界条件を同一とした場合でも異なる解に収束し得ることが示された。本発表では Plasma Distribution Solver により得られた結果の詳細を報告するとともに、

境界条件の影響に関する考察ならびに拡散平衡モデルなど沿磁力線方向のプラズマ密度分布に関する既存のモデルとの比較した結果について議論する。

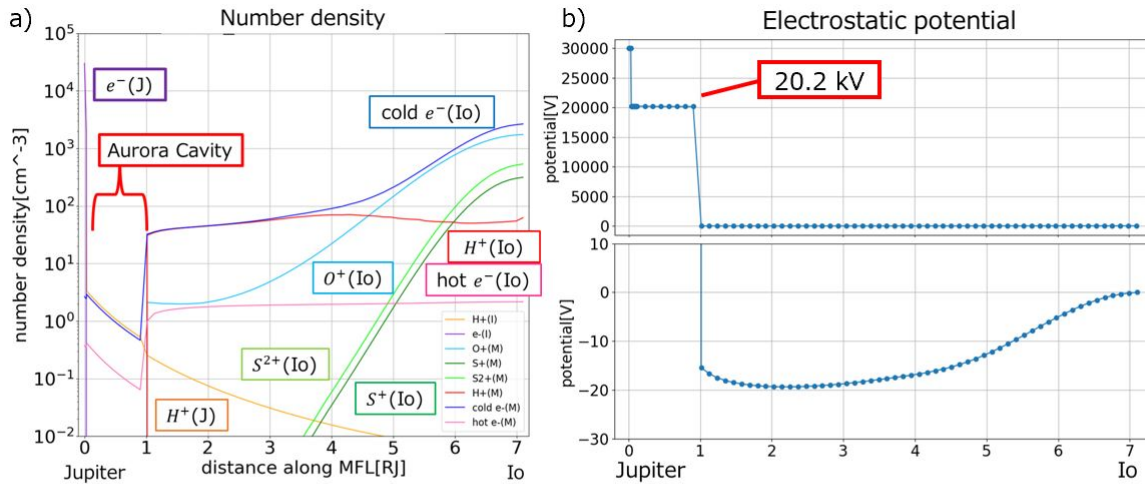


Fig. a) Number density of Jupiter-Io case. (J) is the mark of particles from Jovian ionospheric end. (Io) is the mark of particles from Io. From $0.0352R_J$ to $0.902R_J$, number densities sharply decrease, and Aurora Cavity where only $H^+(J)$ & $e^-(Io)$ exist is generated.

b) Electrostatic potential profile consistent with a). The profile is formed stepwise.