

回転外部磁場による円柱プラズマ加速のモデリング

山之口 和輝 [1]; 羽田 亨 [2]; 篠原 俊二郎 [3]
[1] 九大・総理工・大海; [2] 九大総理工; [3] 九大・総理工

Numerical modeling of plasma acceleration due to Rotating Magnetic Field

Kazuki Yamanokuchi[1]; Tohru Hada[2]; Shunjiro Shinohara[3]

[1] Earth System Science and Technology, Kyushu Univ.; [2] ESST, Kyushu Univ; [3] Interdis. Grad. Sch. Eng. Sci., Kyushu Univ.

Electric thrusters, characterized with high specific impulse, are considered to be useful for long-term space missions such as those to outer planets. On the other hand, the performance of many of the conventional electric thrusters (e.g., ion engines) is limited by electrode wastage. In order to overcome this difficulty, we have initiated the HEAT (Helicon Electrodeless Advanced Thruster) project [1], in order to pursue research and development of completely electrodeless thrusters.

Among several different types of electrodeless plasma acceleration schemes we propose, in this presentation we discuss the acceleration concept utilizing the Rotating Magnetic Field (RMF), which has been developed primarily for an application to the plasma confinement in the field-reversed configuration [3]. In this scheme, a rotating external magnetic field is applied to the cylindrical helicon plasma [2], in such a way that the external magnetic field drives the azimuthal electron current. If the background magnetic field has a finite radial components, axial Lorentz force is generated, which can be used as a thruster power [4].

We will show the results of numerical modeling of the interaction between the cylindrical plasma and the RMF. Three essential, non-dimensional (normalized) parameters in the system are the plasma dissipation, driving RMF magnitude, and the radial magnetic field strength. Fraction of the magnetic field penetration into the plasma as well as the penetration time scale will be discussed in detail.

惑星探査などの長期ミッションにおいては比推力の高い電気推進機関が有効であり注目されている。これは推進剤としてプラズマを用い、これを加速することにより推進力を得る方法である。一方、イオンエンジン等、既存の多くの電気推進機関は有電極型のため、プラズマとの接触による電極摩耗による寿命の制限が大きな問題となっている。この現状を踏まえ、我々はプラズマ生成、プラズマ加速の両段階ともに無電極である、完全無電極型の新しい電気推進機関の開発研究を始動した(HEATプロジェクト)[1]。

無電極プラズマ生成はヘリコン波を用いることにより、安定に高密度・低温度プラズマが得られることが実験的にほぼ確立している[2]。無電極プラズマ加速としてはいくつかの方法が考えられるが、本研究では回転磁場(RMF)型の加速機構について発表する[3]。この方法では、円柱プラズマに対して、その軸と垂直方向に回転外部磁場をかけることにより、プラズマ内部に周回方向の定常電子電流を誘起する。これは核融合分野で知られた、回転磁場による磁場逆転配位のプラズマ閉じ込め(FRC)の方法と同じものである。背景磁場に径方向成分があれば(発散磁場配位であれば)、励起された電子電流と背景磁場とのローレンツ力により軸方向の定常推進力が得られるはずである[4]。

本講演では、発散磁場のもとでのRMF機構について、数値シミュレーションを行った結果を発表する。円柱プラズマを流体として扱い、回転外部磁場を境界条件として与えて発展方程式系を解くことにより、プラズマ内への磁場浸透を定量的に評価することができる。径方向磁場の無い場合については既にいくつかの計算結果があるが[5]、推力のために必須の径方向磁場がある場合についてはほとんど研究がおこなわれていない。プラズマ散逸、外部磁場強度、そして径方向磁場の主要パラメータに依存してどのように磁場浸透が決まるかを議論する。