

RMF型加速機構におけるプラズマパラメータと磁場浸透の関係

The relationship between the parameters plasma and penetration of magnetic fields due to the RMF acceleration

山之口 和輝^{1*}, 羽田 亨¹, 篠原 俊二郎²

Kazuki Yamanokuchi^{1*}, Tohru Hada¹, Shunjiro Shinohara²

¹ 九大総理工, ² 東京農工大

¹ ESST, Kyushu Univ., ² TUAT

惑星探査などの長期ミッションにおいて高比推力の電気推進機関が有効であり注目されている。これは推進剤にプラズマを用い、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、既存の電気推進機関の多くは内部に電極を有しており、この電極がプラズマと接触することで電極摩耗が生じ、寿命を制限していること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電極がプラズマに接触しない完全無電極型の新しい電気推進機関の開発研究を行っている (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 [4]。さらに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 $\mathbf{J} \times \mathbf{B}$ により軸方向の定常推進力が得られるはずである [5]。

本講演では、RMF型加速機構について、数値シミュレーションを行った結果を発表する。Particle-In-Cell法により2次元の粒子モデルを考え、プラズマに外部回転磁場がどのように浸透するかを考察する。ローレンツ力 $\mathbf{J} \times \mathbf{B}$ によって軸方向の推進力を得るため、誘起される周方向電流が高いほど得られるスラストは大きくなり、電気推進として有効である。そのため今回は様々なプラズマのパラメータと外部回転磁場のパラメータに依存してどのように磁場浸透の空間・時間スケールおよび誘起される周方向電流が決まるかを議論する。

[1] 文部科学省科学研究費基盤研究 (S)、ヘリコン源を用いた先進的無電極プラズマロケットエンジンの研究開発、代表 篠原俊二郎、平成 21-25 年度。

[2] cf. Shinohara, S. et al., Phys. Plasmas vol. 16, 057104, 2009.

[3] Jones, I. R., Phys. Plasmas vol. 6, 1950, 1999.

[4] A.L.Hoffman, Nuclear Fusion, vol. 40, No.8, 1523, 2000.

[5] Inomoto, M., I.E.E.J. Trans. vol. 128, 319, 2008.

キーワード: 電気推進機関, 無電極プラズマ加速, 回転磁場, 数値解析

Keywords: Electric thruster, Electrodeless plasma acceleration, Rotating Magnetic Field, Numerical simulation