

R M F 型加速機構におけるプラズマ密度分布と磁場浸透の関係

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

山之口 和輝^{1*}, 羽田 亨², 篠原 俊二郎³

YAMANOKUCHI, Kazuki^{1*}, HADA, Tohru², Shunjiro Shinohara³

¹九州大学大学院総合理工学府大海専攻, ²九州大学大学院総合理工学研究院流体環境理工学部門, ³東京農工大学工学研究院

¹ESST,Kyushu Univ, ²ESST,Kyushu Univ, ³Inst. Eng, TUAT

惑星探査などの長期ミッションにおいて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、既存の電気推進機関の多くは電極を有しており、この電極がプラズマと接触することにより生じる電極摩耗が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てい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。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、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。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多くの計算があるが [5]、これらの計算では円柱内のプラズマ密度は一樣と仮定するものが多い。しかし、実際の円柱プラズマ内のプラズマ密度は非一樣であり、壁近傍ほどプラズマ密度は低い。外部から印加した回転磁場の円柱プラズマ内への浸透率はプラズマ密度分布に依存する。プラズマ密度が低いほど磁場の浸透率は高いが、得られるスラストは密度に比例して低くなる。非一樣密度の円柱プラズマをモデル化し、プラズマ散逸、外部磁場強度、そして径方向磁場による主要パラメータとプラズマ密度分布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スラスト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] Inomoto, M., I.E.E.J. Trans. vol. 128, 319, 2008.

[5] Milroy, R. D., Phys. Plasmas vol. 6, 2771, 1999.

キーワード: 電気推進, 無電極推進, 回転磁場

Keywords: Electric thruster, Electrodeless thruster, Rotating Magnetic Field