

発散磁場下における回転磁場を用いた無電極プラズマ加速実験 Experiments on Electrodeless Plasma Acceleration by Rotating Magnetic Field in Divergent Magnetic Field

瀧澤耕平, 古川武留, 桑原大介, 篠原俊二郎
K. Takizawa, T. Furukawa, D. Kuwahara, S. Shinohara

農工大工
TUAT

電気推進ロケットエンジンは化学推進ロケットエンジンに比べ推力が大きく、深宇宙探査など長期宇宙ミッションのための推進機に適している。しかし多くの電気推進機はプラズマの生成・加速の過程において、電極が高密度プラズマと接触し損耗することで寿命が制限されるという問題を抱えている。

本研究室では高効率かつ長寿命な次世代の電気推進機の開発のために、高密度ヘリコンプラズマ[1]を用いた、非接触アンテナによるプラズマ生成・加速法の実証を目指している。

本研究ではプラズマ加速法として核融合分野で電流駆動に用いられる回転磁場 (Rotating Magnetic Field: RMF) を応用した加速法を提案している[1,2]。図1にRMF加速原理の概略図を示す。RMFコイル(2対の対向コイル)に位相差90°の交流電流を印加し、回転磁場 B_θ を発生させる。この回転磁場の角周波数 ω をイオン(電子)サイクロトロン角周波数 ω_{ci} (ω_{ce}) よりも大きく(小さく)設定することで電子のみが回転し、オームの法則により定常周方向電流 j_θ を誘起する。外部永久磁石による径方向発散磁場 B_r とこの誘起周方向電流 j_θ により、軸方向ローレンツ力 $f_z = j_\theta \times B_r$ が発生しプラズマを加速する。

プラズマ加速実験は本研究室の Large Mirror Device: LMD[3] (装置全長 1,700 mm, 真空容器内径 445 mm, 石英管長 1,000 mm, 石英管内径 100 mm, テーパ部より 170 mm) を用いる。図2に実験装置の概略を示す。

RMFによる加速効果を確認するために、種々の運転パラメーターでのイオン流速 v_i 、電子密度 n_e 、及び推力 F をマッハプローブ及び本研究室におけるレーザー誘起蛍光法[4]、スラストスタンド[5]を用いて測定した。印加する電流位相差 ϕ の変化に対する v_i の結果を図3に示す。加速位相差($\phi = 90$ deg)での加速効果は、減速位相差($\phi = -90$ deg)よりも大きい。またRMF周波数 f_{RMF} を従来の5 MHzから0.7 MHzに変化させ

たことにより、加速効果の増加を計測した。本発表では加速位相差におけるプラズマパラメータへの影響について、各測定法による結果を示す。

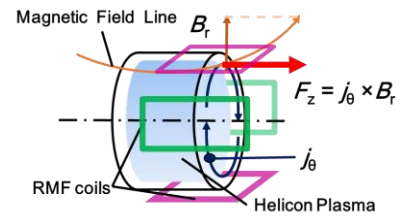


Fig. 1 Principle of RMF acceleration.

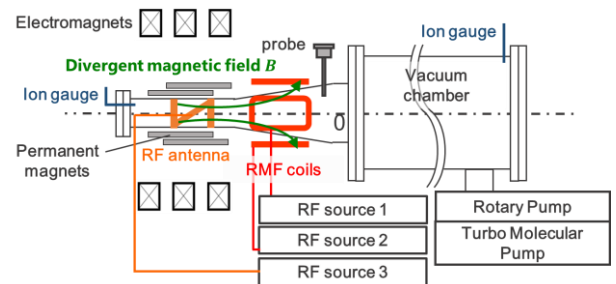


Fig. 2 LMD and RMF acceleration system.

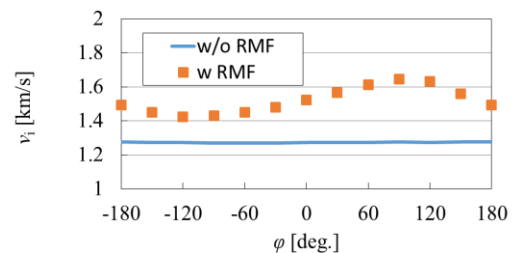


Fig. 3 v_i vs ϕ

[$P_{RF} = 3$ kW, radial (axial) position r (z) = 60 (-130) mm and Ar gas pressure = 0.098 Pa]

- [1] S. Shinohara *et al.*, IEEE Trans. Plasma Sci. **42** (2014) 1245.
- [2] S. Otsuka *et al.*, Plasma Fusion Res. **10** (2015) 3401026.
- [3] S. Shinohara, S. Takechi and Y. Kawai, Jpn. J. Appl. Phys. **35** (1996) 4503.
- [4] Y. Tanida *et al.*, JSASS Aerospace Tech. Japan **14** (2016) pp. Pb_77-Pb_12
- [5] D. Kuwahara *et al.*, Plasma Fusion Res. **9** (2014) 3406025.