29aP16

RMF 加速法による 2 次元プラズマ特性
Two-Dimensional Plasma Characteristics by Rotating Magnetic Field Acceleration Method

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

農工大工
TUAT

電気推進機は化学推進機に比べて高い燃料効率を持つことから、積極的に開発が進められている。しかし従来型の電気推進法（イオンエンジン、ホールスラスタ、MPDスラスタ [1] 等）は、プラズマの生成・加速に用いられる電極の損耗により推進機寿命の制限が生じる。この問題の解決策として、本研究では無電極プラズマ加速法の一つとして、回転磁場（Rotating Magnetic Field: RMF）[2] を利用した加速法 [3] を提案しその原理実証を目的としている。

図1にRMF加速法の概念図を示す。本研究では2組の5回巻対向コイル（115×168 mm）を使用し、これに90°の位相差をつけて電流を印加する。コイル電流の周波数 f_{RMF} を、$f_{ci} << f_{RMF} << f_{ce}$（$f_{ci}$: イオンサイクロトロン周波数、$f_{ce}$: 電子サイクロトロン周波数）に設定することで、電子のみが追従し剛体回転を行い、周方向電流 j_θ が誘起される。さらに外部径方向磁場 B_r により軸方向ローレンツ力 f_z が誘起され、これによりプラズマは電磁加速される。

本研究では図2に示すLarge Mirror Device: LMD [4] を用いる。7 MHzの高周波（radio frequency: rf）電力 P_{rf}（≦3 kW）をrf アンテナに印加することで推進剤であるArガスをプラズマ化させ、その後石英管のテーパー部に取り付けられたRMFコイルによりプラズマを加速する。今回RMF印加時の加速効果並びに回転磁場の浸透の評価のため、新規開発した駆動型プローブ機構（Scanning Probe Device: SPD）を用いる。このSPDにマッハプローブを装着することによる軸方向イオン速度 v_i、電子密度 n_e の径・軸空間分布測定に加え、磁気プローブ装着による径方向成分のRMFの空間分布取得も行う。

2組のRMFコイル間の電流位相差 ϕ をRMFの加速側である $\phi = 90°$（加速側）に設定した際の、z 位置4点における軸方向イオン流速 v_i の径方向分布の測定結果（P_{rf} = 1 kW、f_{RMF} = 0.7 MHz、gas flow rate = 40 sccm、RMF印加電流 I_{RMF} = 60 A_{pp}）を図3に示す。下流側の z = -90 mm、r = 0 mm で最大~ 80 %の速度増加が見られた。詳細な実験結果・考察は本発表で示す。

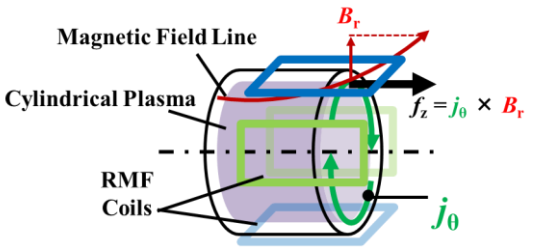

Fig. 1　Schematic view of RMF acceleration.

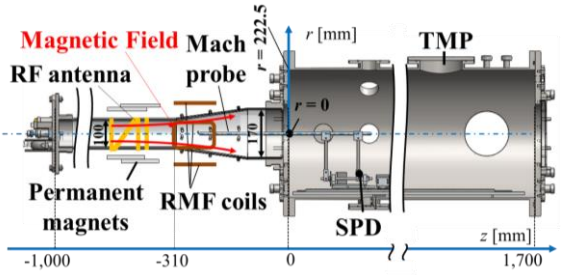

Fig. 2　Schematic view of LMD and SPD.

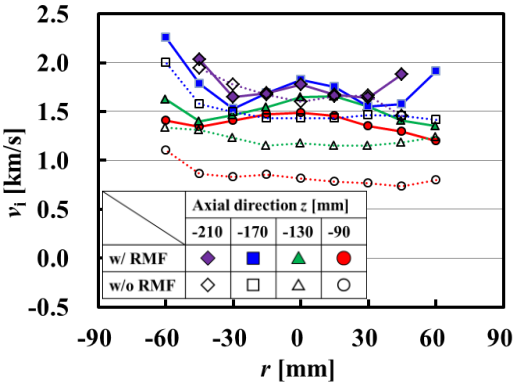

Fig. 3　Radial distribution of v_i.

[1] C. Charles, J. Appl. Phys. **42** (2009) 163001.
[2] I. R. Jones, Phys. Plasmas **6** (1999) 1950.
[3] S. Shinohara, H. Nishida, T. Tanikawa, T. Hada, I. Funaki, and K. P. Shamrai, IEEE Trans. on Plasma Sci. 42 (2014) 1245.
[4] S. Shinohara, S. Takechi, and Y. Kawai, Jpn. J. Appl. Phys. **35** (1996) 4503.