

擬火花放電を応用した小型電磁加速型電気推進機の推力計測 Thrust measurement of a small an electromagnetic thruster using pseudospark discharge

渡部政行, 中嶋杏奈, 井野陽介, 川崎竜司, 高原優, 藤田朗人, 山縣宥介, 加藤雅之, 中村耀
M. Watanabe, A. Nakajima, Y. Ino, R. Kawasaki, Y. Takahara, A. Fujita, Y. Yamagata, M. Kato, H. Nakamura

日大院量子

Quantum Science and Technology, Nihon University

1. 研究背景と目的

電磁加速型プラズマジェットとは、主にローレンツ力を用いてプラズマを打ち出す装置の総称である。様々な分野への応用が可能であるが、電気推進機へ応用した場合、電磁プラズマ加速(Magneto Plasma Dynamic : 以下 MPD)スラスタと呼ばれる[1]。MPD スラスタは、電気推進機の中では比較的、高比推力、高推力密度であるため大規模宇宙輸送等への実用が期待されている。しかしながら、大電流放電を起因とした電極部の損傷等により未だ実用化には至っていない。そこで本研究室では、擬火花放電を応用した耐久性の高い MPD スラスタの開発を進めている。特に本研究では MPD スラスタの推力の計測を目的とした計測系の開発を行った。

2. 擬火花放電を応用した MPD スラスタ

本研究で用いた電磁加速型電気推進機の電極部概略図を図1に示す。左側から推進剤である気体を中空陰極内部に流入させ、右端の陽極ノズル部からプラズマを噴出する構造となっている。本実験では推進剤に水素を使用した。全体は円筒形となっており、内部から順に推進剤流入口があり、中空型の陰極、絶縁体を挟んで、ノズルまで形成する陽極で構成されている。実験では陽極を接地した状態で、中空陰極部に高電圧を印加する。この状態で陰極中空内部に推進剤を挿入する。放電の開始はパッシェンの法則に支配される。挿入されたガスは電極間で電離され、プラズマ状態となり、その放電で生じた放電電流と自己誘起磁場によるローレンツ力でプラズマが加速・噴射される。この噴射されたプラズマの反作用が推力となる。擬火花放電用の電極を利用することにより、パッシェン曲線の左側の低気圧領域での放電が行われる。そのため、比較的大電流放電を容易に形成することが可能となる。

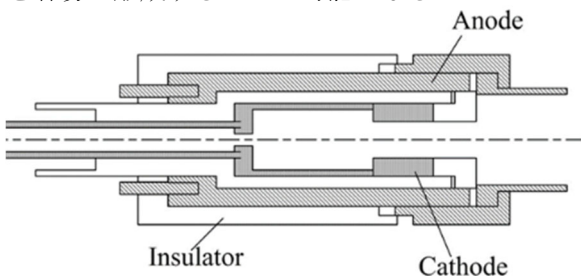


Figure 1. Schematic drawing of MPD thruster

3. 実験結果

コンデンサへの充電電圧を-0.5kV~-2.0kV まで変化させてプラズマの撃ち出し実験を行った。放電の半周期は約 $80 \mu s$ 、充電電圧が-2.0kV における放電電流のピーク値は約 16kA であった。本研究では金属部材のひずみを検出するひずみゲージを用いて推力を計測した。金属部材を設置したセラミック板で電気推進機が打ち出すプラズマを受け、その際に生じる金属部のひずみ量をひずみゲージを用いて測定することで電気推進機の微小推力を見積もった。実際の実験では、陰極から約 35mm 離れた位置に推力測定装置のセラミックス板を設置し、プラズマの打ち出しにともなうパルス的な推力を計測した。充電電圧が-1.5kV から-2.0kV での見積もられた推力の放電電流依存性について図 2 に示す。推力は放電電流の 2 乗に比例してほぼ増加していることがわかる。

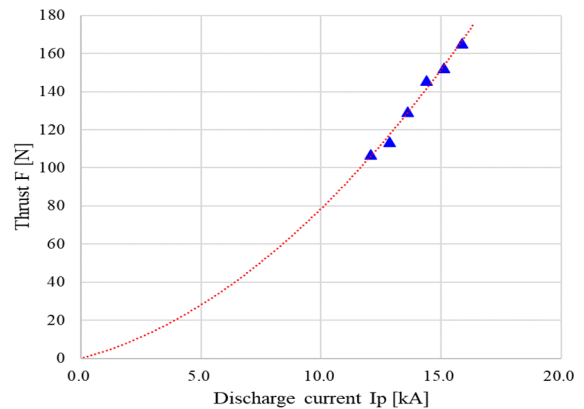


Figure 2. Conceptual diagram of TOF method

4. まとめ

MPD スラスタの推力の計測を目的とした計測系の開発を行った。ひずみセンサーを応用した推力計測系で見積もられた推力は、放電電流が 16kA の場合、約 160N 程度であった。

5. 参考文献

[1] Jahn, R.G., Clark, K.E., Oberth, R.C., Turchi, P.J. : Acceleration Patterns in Quasi-Steady MPD Arcs, AIAA J, Vol.9, No.1, pp.167-172, 1971.