

擬火花放電を応用した電磁加速型プラズマジェットの推進性能評価
 Evaluation of propulsive performance of electromagnetic acceleration plasma jet
 applying pseudo-spark discharge

渡部政行, 井野陽介, 松寄大吾, 渡邊響, 高原優, 藤田朗人, 山縣宥介
 M.Watanabe, Y.Ino, D.Matsuzaki, H.Watanabe, Y.Takahara, A.Fujita, Y.Yamagat

日大院量子

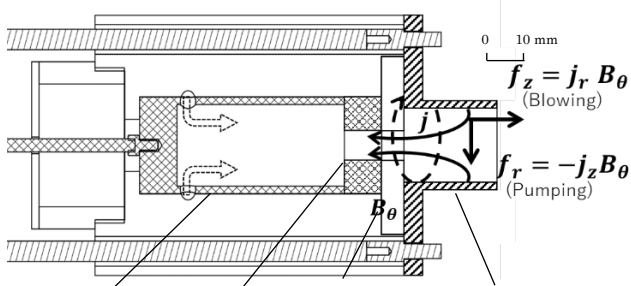
Dept. of Quantum science and technology, Graduate school of science and technology, Nihon University

電磁加速型プラズマジェットは電磁力を用いてプラズマを高速に打ち出す装置であり、電気推進機分野ではMPDスラスタと呼ばれる。MPDスラスタは、電気推進機の中でも推力密度が $\sim 10^4 \text{ N/m}^2$ と高く、燃費の指標である比推力が数千秒と比較的高い。そのため、火星等への有人探査や大規模ミッションへの実用が期待されているが、大電流放電に伴う電極の損傷などが原因で未だ実用化には至っていない。

本研究室では大電流放電に伴う電極損傷の低減を目的として、中心ロッド電極を持たない擬火花放電(PSD)を電極部に応用したMPDスラスタの開発を行っている。本研究では電極部の大型化、また電極形状の最適化を念頭にしたMPDスラスタの再設計を行った。また直接推力測定装置を電気推進機本体に取り付ける等の再設計も行った。再設計された電気推進機の放電特性、推進性能等を報告する。

MHPスラスタ電極部の概略図を図1に示す。対向する電極面の中心軸上に孔を設け、加えて陰極側背面に中空陰極を備えた形状の電極を用い、パッシェン曲線の最下点より低圧側で放電を形成した場合、電極孔を通る多点のアーク状放電が形成される。放電が一点に集中しないため電極損傷を抑制しつつ、高推力等の特性を維持できると期待している。

実験では陽極を接地し、陰極に負の高電圧を印加した状態で、水素ガスを電極間に導入することにより放電を形成した。使用したコンデンサの静電容量は1.2mFである。陰極孔の直径d、陽極の直径Dの変更を可能とした。本研究では陽極ノズル径Dを20mmに固定し、陰極孔径dを8,12,16mmでプラズマの打ち出し実験を行った。放電波形は半周期が約150 μs 程度の減衰振動を示し、印加電圧-2kV時にお



Hollow cathode Cathode hole Insulator Anode nozzle

Figure 1. Schematic drawing of electrode parts.

いて最大放電電流値は約8.2kAであった。プラズマジェット本体に接続した板バネに歪ゲージを取り付け、板バネの変位を計測することで推力を見積もった。図2に推力計測の結果を示す。各電極形状において、放電電流の増加に対して推力が急激に増加していることがわかる。この結果から本電気推進機の推進機構は、放電電流の2乗に比例するローレンツ力が支配的であることが実験的に確認できた。

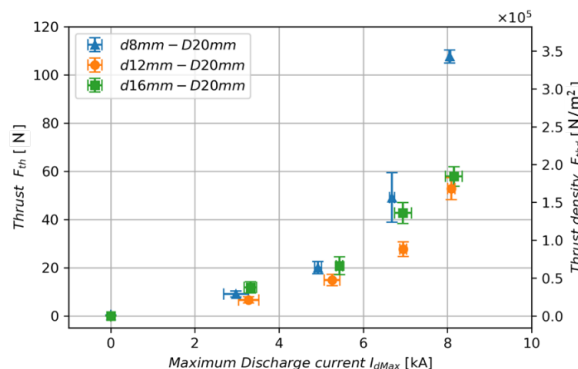


Figure 2. Relationship between discharge current and thrust

またプラズマ流の上流および下流に非対称ダブルプローブを設置し、それぞれの信号のズレからプラズマの流速を計測した結果、プラズマ流の速度は約60~100km/sであった。この流速を基に概算した比推力はおよそ6000~10000秒である。放電特性および推力、比推力の測定から求めた推進効率を図3に示す。本実験における推力電力比3~12mN/kWの範囲でMPDスラスタが稼働していることが確認できた。推進効率 η は概ね10~20%程度であった。

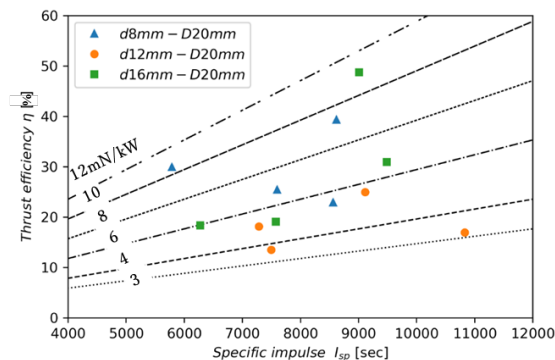


Figure 3. Relationship between specific impulse and thrust efficiency.