

擬火花放電を応用した電磁加速型プラズマジェット的设计および基礎実験

Design and basic experiments of an electromagnetic thruster applying a pseudo-spark discharge

井野 陽介¹, 中嶋 杏奈¹, 加藤 雅之¹, 清水 尚輝¹, 中村 輝¹, 渡部 政行²
Yosuke Ino¹, Anna Nakajima¹, Masayuki Kato¹, Naoki Shimizu¹, Hikaru Nakamura¹, Masayuki Watanabe²

(1) 日大院量子, (2) 日大量科研
(1) QST-Nihon Univ, (2) IQS-Nihon Univ

1. 研究背景と目的

プラズマジェットとは、電極ノズル部から高速にプラズマを撃ち出す技術の総称である。これまで物質の加工や核融合プラズマへの燃料補給、宇宙空間における電気推進機など様々な分野にプラズマジェットが応用されてきた。プラズマは電離気体であることから、クーロン力やローレンツ力などの電磁力が作用する。電磁加速型プラズマジェットはローレンツ力を用いてプラズマを高速に撃ち出す装置である。電気推進機分野では電磁プラズマ加速(Magneto-Plasma-Dynamic: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比較的、燃費の指標である比推力が高く、推力密度も高い推進機であり、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。しかしながら、大電流放電を原因とした電極の損傷などが原因で未だ実用化には至っていない。

本研究においては電気推進機の電極損傷の低減を目的として、擬火花放電を応用した電磁加速型プラズマジェットの開発を進めている。また、電極部の最適化・大型化を念頭に現行機の性能計測や大型化に向けた再設計を行っている。

2. 擬火花放電を用いた電磁加速型プラズマジェット

擬火花放電とはホローカソードを用いた大電流多点アーク放電と考えられる放電形式である。本研究で開発している現行機の擬火花放電を応用した電磁加速型電気推進機の電極部概略図を図1に示す。全体形状は円筒形であり、左側から順に推進剤流入口があり、中空型の陰極(Hollow cathode)、絶縁体(Insulator)を挟んで、ノズルまで形成する陽極(Anode)で構成されている。中空陰極が推進ガスを流入するガス管に接続された設計となっている。実験では陽極を接地し、コンデンサを介して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ガス管を用いて推進剤である水素を流入する。流入された水素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によりプラズマが加速、噴射される。陰極側に-2kVを印加した場合、放電電流は最大11.6kA、半周期74 μ sの減衰振動を示した。

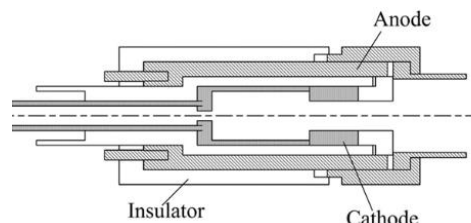


Figure 1. Schematic drawing of electrode parts.

3. 性能計測

現行機の推進効率 η_t と比推力 I_{sp} を評価するため、電気推進機で発生する推力 F とプラズマジェットの排気速度 u_e の計測を試みた。本研究においてはプラズマジェットのノズル正面に垂直に設置された推力測定装置にプラズマジェットを噴射し、推力測定装置にかかる歪を基に推力の測定を行っている。また分光を用いたドップラーシフトの計測によるプラズマジェットの排気速度 u_e の測定を行った。加えて、図2に示すようなプラズマ流の上流、下流に設置したトリプルプローブによるプラズマ密度計測による飛行時間(TOF)法を用いた計測も行う予定である。

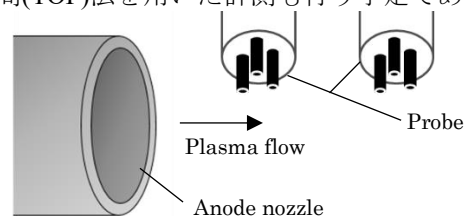


Figure 2. Conceptual diagram of TOF method

本講演においては現行の電磁加速型プラズマジェットの放電特性および推力、排気速度等の推進性能を報告する。また、推力測定方法の改善、電極部の最適化、大型化を念頭にした再設計についても報告する予定である。

4. 参考文献

- [1] 栗田恭一・荒川義博:「電気推進ロケット入門」, 2003
- [2] 杵淵紀世志・船木一幸・都木恭一郎・清水幸夫:「2次元MPDアークジェットの速度場と電力収支計測」, 日本航空宇宙学会論文集, Vol.53, No.616, pp.215-223, 2005.
- [3] 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.