

【基盤研究(S)】
大区分C



研究課題名 宇宙機用次世代ホールスラスト技術の検証と超高速プラズマジェット生成機構の解明

宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・教授
ふなき いっこう
船木 一幸

研究課題番号： 20H05656 研究者番号：50311171

キーワード： 航空宇宙工学、プラズマ・核融合、宇宙機推進、ホールスラスト、ホローカソード

【研究の背景・目的】

宇宙推進研究の核心は、高速なジェットを生成して宇宙機の軌道変換能力を向上させることにある。ここで着目するホールスラストは、円環状のチャンネルに磁場と電場を印加してプラズマを生成・加速する宇宙機用推進機であり、30km/s までの排気速度を達成可能である。これは地球周辺活動には有効だが、宇宙活動を太陽系内へと拡張するには不十分である。本研究では、火星圏への往復航行や外惑星到達に求められる 40~50km/s の高い排気速度を目指し、過去に実施されたことのない高い電圧 (1~3kV) と強磁場を印加可能なスラストシステムを実験的に評価して設計最適化を図る。高電圧化することでプラズマ各粒子のエネルギーが上昇し、条件によっては乱流化して排気速度が制約される可能性がある。こうした不安定性物理を解明し、これを乗り越えることでホールスラストの新しい動作領域を開拓し、太陽系を自由に航行可能な時代を実現することを目指す。

【研究の方法】

本研究では、実験的手法により高電圧ホールスラストの排気速度と特性を評価し、排気速度 40~50km/s が可能かどうかを直接的に検証する。目標とする動作領域を従来研究との比較して図1に示した。

本研究では、初の高電圧ホールスラスト実験を行う「初期試験フェーズ」、チャンネルとカソード設計の最適化を行う「設計最適化フェーズ」、最終評価と高排気速度ホールスラストで切り拓く宇宙探査を提示する「最終評価・システム提案フェーズ」の、3ステップにて着実な進展を図る。まず初期試験フェーズでは、高排気速度動作に特化したホールスラストの実験室モデルを製作し、40km/s 以上の高い排気速

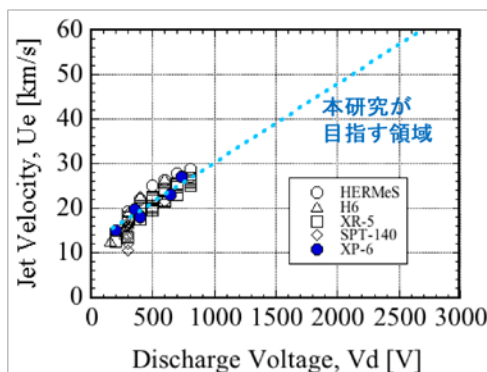


図1 本ホールスラスト研究の位置付け

度が可能であることを実験的に直接検証する。続く最適化フェーズでは、プラズマジェットの排気速度は、動作条件、チャンネル形状や、カソード形態へ依存すると予想されることから、複数の形態で比較検討しながら最適動作点と形状を探る試験を実施して設計最適化を行う。もし排気速度限界があればその物理的解釈をまとめ、推進機の損耗による寿命についても検証する。これらの結果を元に本格的なスラストの設計製作を行い、性能寿命とサブシステム全体の試作評価までを進める。

【期待される成果と意義】

化学エネルギーによらず電気エネルギーを推進剤に投入して高い排気速度を得る宇宙機推進は電気推進またはプラズマ推進と呼ばれ、小惑星探査機「はやぶさ」搭載イオンエンジンでの成功を皮切りに、世界的な広がりを見せている。その一方、イオンエンジンやその他の電気推進の限界も明らかになっており、宇宙推進の根本である「より高密度でより高速なジェットの生成と排気」に立ち返り、新しい領域を切り開く必要があると考えた。本研究は高電圧高排気ジェットの生成により、これまでに無い高い排気速度領域におけるホールスラスト動作に挑戦し、そこでのプラズマ生成と加速の物理を理解し最適化することを目指し、これら成果を基に新ホールスラストを用いた次世代太陽系探査のミッションシナリオを描く。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ I. Funaki, S. Cho, T. Sano, T. Fukatsu, Y. Tashiro, T. Shiiki, Y. Nakamura, H. Watanabe, K. Kubota, Y. Matsunaga and K. Fuchigami, Development of a 6-kW-class Hall Thruster for Geostationary and Interplanetary Missions, Acta Astronautica, 170 (2020) pp.163-171.
- ・ I. Funaki, S. Cho, T. Sano, T. Fukatsu, Y. Tashiro, T. Shiiki, Y. Nakamura, H. Watanabe, K. Kubota, Y. Matsunaga and K. Fuchigami, 1,000-hours Demonstration of a 6-kW Class Hall thruster for All-Electric Propulsion Satellite, Aerospace Technology Japan, 17 (2019) pp.589-595.

【研究期間と研究経費】

令和2年度-6年度 146,500千円

【ホームページ等】

[http:// stage.tksc.jaxa.jp/asplab/funaki@isas.jaxa.jp](http://stage.tksc.jaxa.jp/asplab/funaki@isas.jaxa.jp)