

# 創発的研究支援事業

## 終了報告書

研究担当者	高橋和貴
研究機関名	東北大学
所属部署名	大学院工学研究科
役職名	准教授
研究課題名	大電力磁気ノズルプラズマ推進機による宇宙輸送革新
研究実施期間	2022年4月1日～2023年10月12日

### 研究成果の概要

大電力磁気ノズルプラズマ推進機の開発・高性能化へ向けて、5-10kW級の大電力プラズマ生成実験を実施し、直線型ヘリコン波プラズマ装置において $10^{19}\text{m}^{-3}$ を超える高密度プラズマの発生に成功した。またこれまでの研究で、大口径化によって推進性能向上の可能性が見出されているため、13.56MHzおよび2MHz帯の駆動周波数帯で高密度プラズマ生成が可能な直径14cm級の高周波プラズマ源を開発し、自発的なイオン加速現象が起きていることを確認した。磁気ノズル中では電子エネルギーが推進エネルギーへと変換されるため、その熱力学特性が重要な物理課題である。電子が磁気ノズルのみと相互作用する実験系を構築し、電子エネルギー確率関数を高精度で計測し、わずかに存在する高エネルギー電子が反磁性電流に大きく寄与し、その結果推進エネルギーを増強していることを見出した。また磁気ノズル中の径方向周辺領域において、40kHz帯の大振幅静電波動が励起されていることが観測された。電場揺動と密度揺動を計測しクロススペクトル解析を実施したところ、これらの非線形効果によって、磁力線を横切る定常的な電子流束が駆動されていることを見出し、磁気ノズルプラズマ推進機において大きな物理的課題とされる電子の離脱現象が発現しうる可能性を見出した。

推進性能向上においては、プラズマ発生部にカスプ磁場と呼ばれる磁場構造を形成し、プラズマの壁面損失を抑制することで推進性能向上が可能であることを明らかにした。その結果、推進効率30%程度を得ることに成功している。一連の研究を通して得られる高周波システムやプラズマ発生・制御技術の地上産業応用に関しても研究を展開し、上記のカスプ磁場を応用した大口径・均一・高密度プラズマ源の開発と応用に関して、デモンストレーション用の装置を開発し産学連携を展開した。