

2022 年度  
創発的研究支援事業 年次報告書

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 3 月 31 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、初年度は、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स्प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。今後のプラズマ制御に必要とされる高周波システムに関しても開発を進め、周波数制御型のインピーダンス制御機構や電力変調が可能な 500W 級の高周波システム構築に着手した。これらの高周波システムやプラズマ発生技術に関しては、地上産業への応用展開に関しても検討を進めた。