

プラズマ推進機を利用した宇宙プラズマシミュレータの検討  
Preliminary Study of Space Plasma Simulator Using a Plasma Thruster

名古屋大学工学研究科 杵淵紀世志

1. 研究目的

地球環境, 天文学等における仮説やモデル検証, 基礎物理過程の模擬・観察などへの貢献を目指し, 宇宙用プラズマ推進機を利用した宇宙プラズマシミュレータ構築の可能性を探る. 本研究では, 推進機下流におけるプラズマデータを取得し, その特性を議論する.

2. 研究方法

本研究では図1に示すプラズマ推進機を用いる. 陽極・陰極間の放電に対し, 周囲に設置したコイルにより磁場を印加可能な推進機である. コイルは水冷が一般的なところ, 極低温の液体窒素での冷却により, 磁束密度0.5T程度までの強磁場を印加可能であり, 広範囲の印加磁場にてプラズマのデータが取得可能という特徴を有す. 図2に実験のセットアップを示す. 実験は真空チャンバ内で行った. プラズマ計測はラングミュアプローブを用い, 推進機中心軸上下流200~400mmの範囲において電子温度 $T_e$ , プラズマ密度 $N_e$ を計測した. 実験条件を表1に示す. 推進機の作動ガスとしてはアルゴンを用いた.

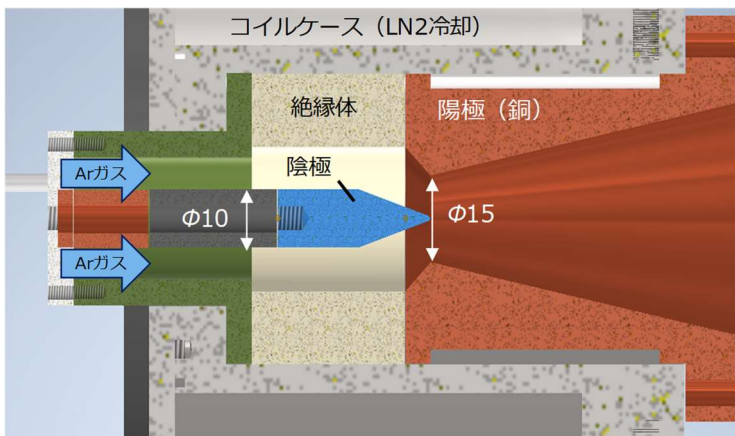


図1 使用したプラズマ推進機の構成

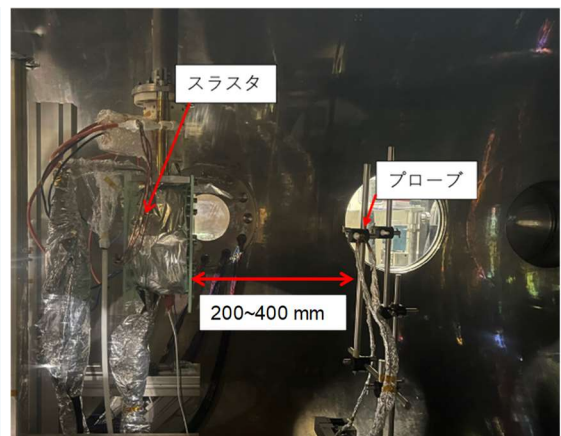


図2 実験のセットアップ

表1 実験条件

推進機内磁場 $B$	59, 118, 235, 353, 470 mT
放電電流	20, 30, 40 A
アルゴン流量	500, 700, 900 sccm
推進機からの距離	200, 300, 400 mm

3. 研究結果

図3に作動中の推進機を示す. 磁力線に沿ったアルゴンプラズマの発光が確認できる. 図4に推進機内部の磁束密度 $B$ に対するプローブ計測部における電子温度, プラズマ密度の変化を示す. プローブ設置位置は推進機下流300mmである. 磁場を59から470mTまで広範囲に変化させることにより,  $T_e=0.5\sim 2.5\text{eV}$ ,  $N_e=10^{18}\sim 10^{20}\text{m}^{-3}$ の範囲のアルゴンプラズマを生成できることを確認した. 強磁場下では電子が磁力線に拘束されることにより電子・中性粒子間の電離衝突が促進され, 効率的にプラズマが生成されたものと考えられる. 磁束密度が上昇するとプラズマ生成の促進に伴い電子温度は低下している. 一方, アルゴン流量, 放電電流に対する電子温度, プラズマ密度の変化は磁束密度の変化に比べ小さかった.

図5に推進機からの距離に対する電子温度, プラズマ密度の変化を示す. 推進機の作動条件は印加磁場118mT, アルゴン流量900sccm, 放電電流30Aである. プラズマ密度の変化は大きくはないが, 電子温度は推進機からの距離200mmにおいて6eVと300, 400mmに対し大幅に高い値を示した.



図3 作動中の推進機

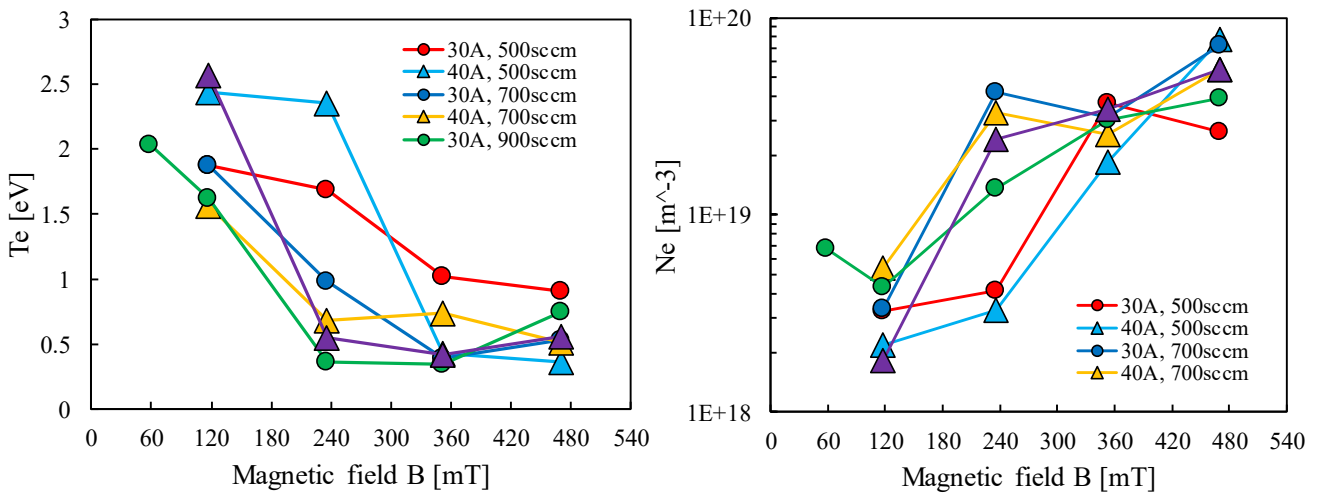


図4 推進機磁束密度に対する電子温度，プラズマ密度（推進機下流300mm）

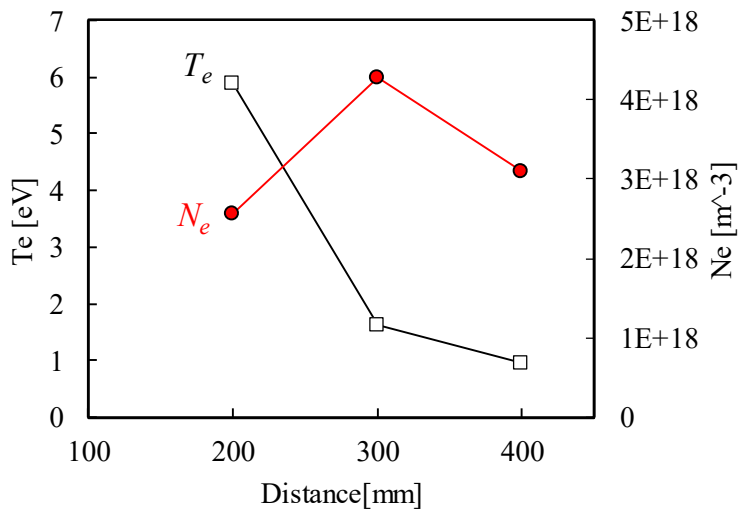


図5 推進機からの距離に対する電子温度，プラズマ密度の変化（118mT, 900sccm, 30A）

#### 4. まとめ

プラズマ推進機の宇宙プラズマシミュレータとしての利用可能性調査のため、ラングミュアプローブによる推進機外部のプラズマ計測を実施した。今回使用した推進機特有の広い印加磁場範囲によって、 $T_e=0.5\sim 6\text{eV}$ 、 $N_e=10^{18}\sim 10^{20}\text{m}^{-3}$ 程度のアルゴンプラズマが得られることを確認した。アルゴンプラズマの流速は数km/s程度と推定される。推進機からの距離によりプラズマの状態が大きく変化する可能性が示唆された。今後、推進機周囲のプラズマ分布の追加計測や、作動ガス種の変更の影響調査が望まれる。