

磁気ステアリングによるヘリコンスラスタの推力ベクトル制御の検証
Verification of thrust vector control by magnetic steering in a helicon thruster

今井涼二, 高橋和貴, 安藤晃
 Ryoji IMAI, Kazunori TAKAHASHI, Akira ANDO

東北大院工
 Dept. Electrical Eng., Tohoku Univ.

無電極構造であるヘリコンスラスタは他の電気推進機と比べて長寿命化が可能であると期待されており, その性能向上に向け研究が進められている. 本研究では, ヘリコンスラスタで発生する推力の主成分がプラズマ周方向電流と外部印加磁場によって発生するローレンツ力に起因するものであることに着目し[1], ヘリコンスラスタにおける磁気ノズル形状の変化により, 推力ベクトルを制御すること(磁気ステアリング)が可能になるのではないかと考えた. そこで, 推力の二方向分解計測を通して推力ベクトルの評価を行い, 磁気ステアリングによるヘリコンスラスタの推力ベクトル制御の検証を行った.

本研究にて用いた実験装置の概略図を図1に示す. RF アンテナ, 絶縁管, 外部磁場印加用コイルから構成されるプラズマ源は, 図1(a)に示すように二重振子型のスラストバランスに搭載されており, 推力発生によって生じる振子の変位を, レーザー変位計を用いて計測することにより推力の直接計測を行うことができる[1]. スラストバランスの向きを90°回転させることで, 軸方向・径方向の二方向の推力分解計測を実現し, それらの結果を合成することで推力ベクトルの評価を行った. プラズマ源では, 図1(b)に示すように軸方向磁場印加用ソレノイドに加えて半径方向磁場を発生可能な2つのソレノイドを追加することにより, 磁気ノズル形状の変化を可能にした. 一例として, コイル1に流す電流 I_{B1} を10 A, コイル2, 3に流す電流 I_{B2} を10 Aとした際の磁場配位の計算結果を図1(c)に示す.

上記装置にて, RF 投入電力を 500 W, 推進剤の Ar 流入量を 25 sccm, I_{B1} を 10 A とし, I_{B2} を-10 A から 10 A まで変化させ, 磁気ノズルを径方向正負の向きに曲げた際の二方向推力分解計測を行った. 図2に推力

計測結果を示す. 図2(a)は軸方向推力 T_z の計測結果, 図2(b)は径方向推力 T_r の計測結果を示している. 結果から, 軸方向推力は磁気ノズルの変化によって大きく変化せず, 一方で, 径方向推力は磁気ノズルの曲がった向きと反対向きに発生し, 曲がり具合が大きくなる程大きくなる傾向が見られた. 二方向推力計測結果を合成することで, 本実験で用いたスラスタに対して, 磁気ステアリングにより $\pm 6\sim 7^\circ$ 程度の推力ベクトルの偏向が可能であることが示された.

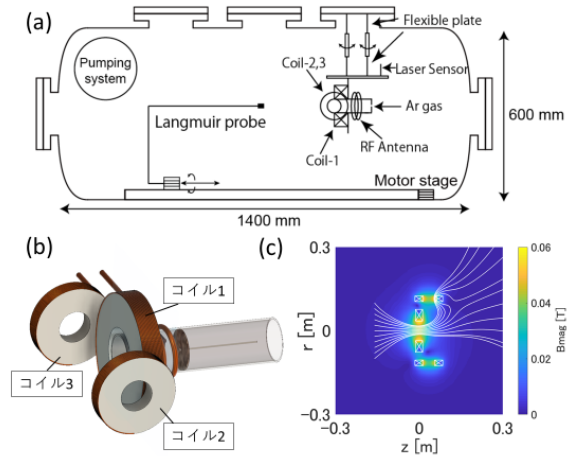


図1. 実験装置(a), 及びプラズマ源(b)の概略図. (c)磁場配位の計算結果($I_{B1} = I_{B2} = 10$ A).

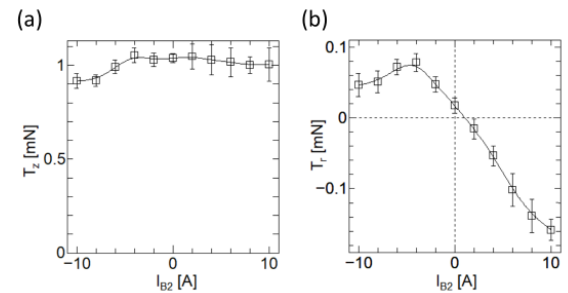


図2. 軸方向推力 T_z (a), 及び径方向推力 T_r (b)の計測結果.

References

[1] K. Takahashi, Rev. Mod. Plasma Phys. 3, 3 (2019).