

磁気ノズルヘリコンプラズマ中の高温電子発生・輸送特性

Generation and transport of high temperature electrons in a magnetic nozzle helicon plasma

赤星晃, 高橋和貴, 小室淳史, 安藤晃

Hikaru Akahoshi, Kazunori Takahashi, Atsushi Komuro, and Akira Ando

東北大院工

Dept. Electrical Eng., Tohoku Univ.

近年, 大規模な宇宙開発に伴い電気推進機の研究が盛んにおこなわれている. 従来用いられてきたイオンエンジン, ホールスラスタ, MPDスラスタ等は, プラズマの生成・加速に使用する電極の曝露による損耗が大きな問題となっていた. 本研究対象であるヘリコンスラスタは絶縁管に巻き付けられた高周波アンテナによって生成したプラズマを磁気ノズルによって輸送するため, 電極の損耗という問題を解決しており, 長寿命の推進機として期待されている.

磁気ノズルにより発生する推力 T_B は径方向磁場 B_r と周方向電流 j_θ (電子反磁性電流) によるローレンツ力の積で表されており, 以下の式(1)のように示されている[1].

$$T_B = \int_0^z \int_0^{r_p} r \frac{B_r}{B_z} \frac{\partial p_e}{\partial r} dr dz \quad (1)$$

ここで, r_p , B_z , B_r , p_e はそれぞれプラズマ半径, 軸方向と径方向の磁場強度, 電子圧力である. 電子圧力 p_e は密度と温度の積によって与えられるため, 式(1)から磁気ノズル中での電子の運動量変換特性は電子密度・温度に依存すること分かる. ヘリコンプラズマ中では磁気ノズル表面に高温電子が存在することが観測されており, アンテナにより励起される可能性[2]や, 磁気ノズル表面でのプラズマ不安定性による加熱の可能性[3]が報告されており, 最終的な物理機構の同定には至っていない.

そこで本研究では, ソース内部の条件を変化させて, 電子エネルギー確率関数(Electron Energy Probability Function: EEPF)の空間分布計測を行った. 図1は磁場配位を固定し, アンテナの位置を上流部(a) $z = -11$ cmと(b) $z = -15$ cmで変化させた場合のそれぞれの実効電子温度 T_{eff} の分布である. 図1に示した分布を見ると, 高温電子はそれぞれアンテナ近傍と, そこから延びる磁力線に沿って輸送されていることが確認できる.

この結果から電子はアンテナ近傍で加熱された後, 磁力線に沿って輸送されたと考えられ, その挙動はソース内部の条件によって決定されることが示唆された. 詳細は講演にて述べる.

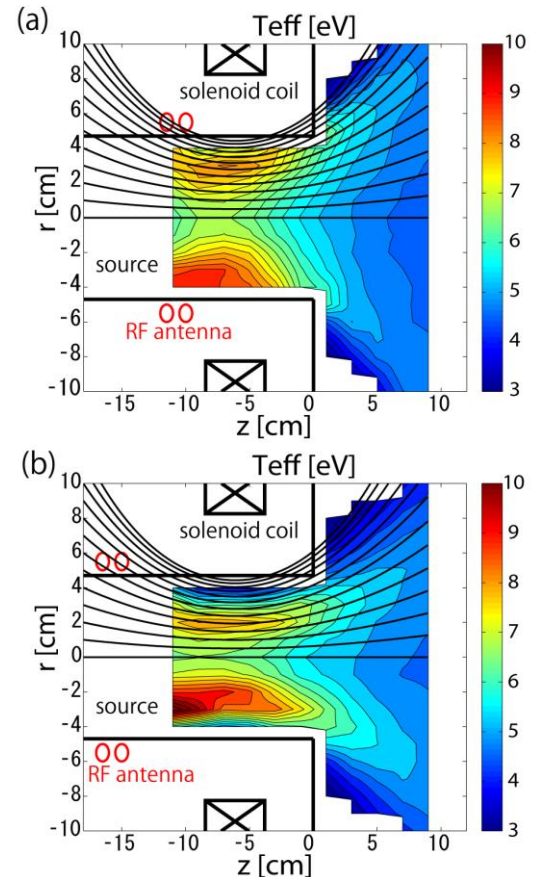


図1. 実効電子温度 T_{eff} の分布. (a)アンテナ位置 $z = -11$ cm, (b)アンテナ位置 $z = -15$ cm

- [1] K. Takahashi, *et al.*, Phys. Rev. Lett. **110**, 195003 (2013)
- [2] K. Takahashi, *et al.*, Appl. Phys. Lett. **94**, 191503 (2009)
- [3] S. Rao, *et al.*, Phys. Plasmas. **19**, 093507 (2012).