

電气的非中性度をパラメータとする2流体プラズマの
回転平衡および安定状態の実験的解明

**Experimental investigation of rotational equilibrium and stability of
two-fluid plasmas by changing non-neutral degree**

岡田敏和¹⁾、比村治彦¹⁾、中島雄太郎¹⁾、三瓶明希夫¹⁾

OKADA Toshikazu¹⁾, HIMURA Haruhiko¹⁾, NAKAJIMA Yutaro¹⁾, SANPEI Akio¹⁾

1) 京都工繊大

1) Kyoto Institute of Technology

近年、2流体プラズマモデルは、高温プラズマの周辺領域にあるプラズマの乱流や輸送、磁気リコネクションにおける弱く磁化されたイオンプラズマなどの物理を理解するためによく扱われている。一方で、2流体プラズマに関する明確な実験はこれまで報告されていない。そこでBX-U装置では、2流体プラズマを実験で意図的に生成するために、ネストトラップ内で、不純物イオンが発生しない条件下で、純Li⁺プラズマと純電子プラズマを重畳する実験を行っている[1]。このようなプラズマのミッドプレーンにおける二次元の平衡解は数値的に導出されており、プラズマが有限の温度を持つ場合、Li⁺および電子プラズマが反差動剛体回転平衡状態になる[2]。本計算によって、平衡解は電子プラズマとイオンプラズマの角速度が互いに逆向きの場合に存在することが示されている。一方で、冷たいプラズマの場合は角速度が電子密度 n_e に対するイオン密度 n_i の比である非中性度 f に依存することが知られている。しかしながら、このような平衡状態が実験的に観測された例はなく、その非中性度依存性についても検証されたことはない。本研究の目的は、重畳した純Li⁺プラズマと純電子プラズマの回転平衡状態とその安定性を実験で明らかにすることである。

本実験では、電气的に非中性なプラズマを生成する。図1より、 $f \approx 0.74$ のとき($n_i \approx 1.8 \times 10^{10} \text{ m}^{-3}$ 、 $n_e \approx 2.4 \times 10^{10} \text{ m}^{-3}$)は約1 ms間イオンも電子も変形を起こさず、準安定状態にあるように見える。その後、電子プラズマは中心からシフトし、10 ms後には二つの塊に分裂する。イオンは10 ms間変形しない。つまり、電子のみ不安定性が成長している。一方で、 $f \approx 0.15$ のとき($n_i \approx 1.8 \times 10^{10} \text{ m}^{-3}$ 、 $n_e \approx 1.2 \times 10^{11} \text{ m}^{-3}$)は、約0.1 ms後には電子が径方向に膨張し始め、10 ms後には大きく中心からシフトする。イオンは約2.5 ms後に中心から

シフトする。このとき、プラズマの準安定状態は $f \approx 0.75$ のときの約1/10程度の時間であり、電子とイオン両方の不安定性が成長する。この結果は、 f が1に近い方が準安定状態の継続時間が長いことを示唆している。

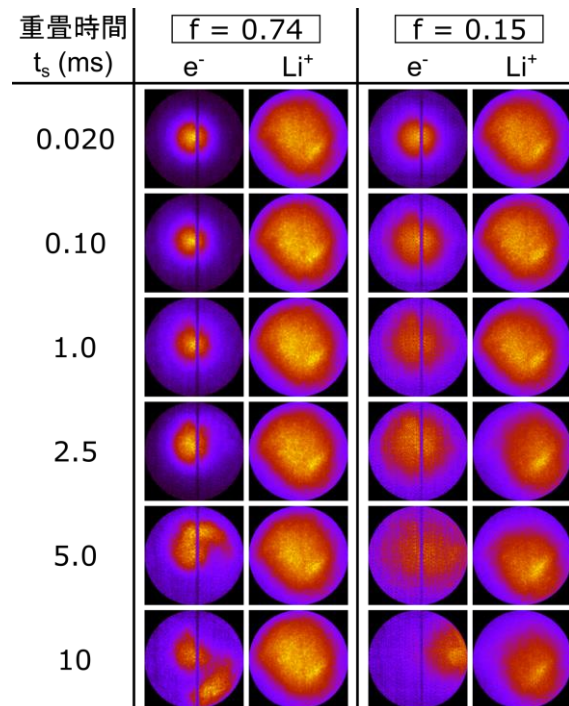


図1. エンドオンから撮影した電子、イオンそれぞれの2次元分布。

[1] T. Okada, et al., Physics Letters A, to be accepted.

[2] Y. Nakajima, et al., Journal of Plasma Physics 87, 4 (2021).