

RT-1 における純電子プラズマ実験

東大新領域 齋藤晴彦, 吉田善章, 小川雄一, 森川惇二, 渡邊将, 矢野善久, 鈴木順子, 林裕之

非中性プラズマの研究対象は多様化しており, 波動伝播特性や輸送現象, 構造形成等のプラズマの基礎過程にとどまらず, 反粒子プラズマや反物質原子の合成等, 非中性プラズマを使用した新しい学際的な研究が開始されている. 非中性プラズマ研究の分野で標準的に使用される直線型閉じ込め装置 (Penning-Malmberg trap) では, 一様磁場と静電場井戸を使用して極めて良好な閉じ込めが実現され, 単一粒子から構成される非中性プラズマの精密な実験研究が行われている. これに対して, 電子と陽電子の混合プラズマや反水素プラズマ等の新奇なプラズマの実験研究を行う為には, 複数種類の粒子の同時捕獲に適した新たな閉じ込め配位が必要となる. こうした観点から, 一般的な直線型に代わり, 純磁場による閉じ込めを目指してトラス系の配位を使用した非中性プラズマ研究が提案されている. 磁力線方向に静電場を使用しないトラス配位では, 高エネルギーの反粒子の捕獲や, 異なる電荷を持つ任意の非中性度を持つプラズマの閉じ込めが原理的に可能であり, 多様な領域の非中性プラズマの実験研究が実現される事が期待される[1]. 本研究では, 高温超電導コイルを備えた惑星磁気圏型装置 Ring Trap-1 (RT-1)[2]において, dipole 磁場配位中で純電子を使用したトロイダル非中性プラズマの基礎実験を行った[3]. 10^{-7} Pa 台の高真空環境とコイル磁気浮上による擾乱抑制の効果により, 電子プラズマの 500s 以上の閉じ込めが得られている. この値は, 従来の常電導コイルを備えた内部導体装置における実験(閉じ込め時間は 1s 程度であり, 残存中性粒子との衝突による拡散時間により規定される)[4]と比較して大きく改善している. 図 1 に示した通り, 電子入射加速電圧 V_{acc} の最適化により電子入射中と閉じ込め期間中の周波数が近接し, その際にプラズマの長時間閉じ込めが観測された. 電子供給停止後にプラズマの静電的な揺動は安定化し(図 2), 揺動振幅の急成長を伴う急激な電荷減衰に至るまで, トロイダル方向の $\mathbf{E} \times \mathbf{B}$ 回転周波数に近い周波数成分を基本周波数に持つ揺動が持続して観測される. プラズマの閉じ込め時間や静電揺動特性, また複数種類の荷電粒子閉じ込めの見通しについて報告する.

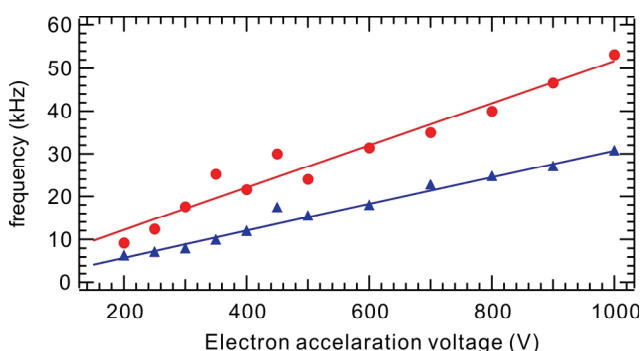


図 1 電子入射中(●)と停止後(▲)の揺動周波数.

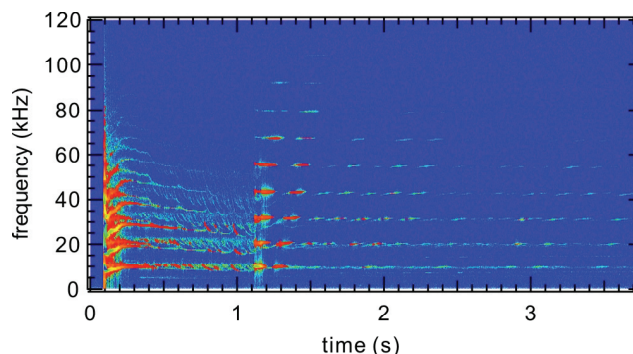


図 2 揺動の power spectrum. 電子入射は $t=0-0.1$ s

References:

- [1] Z. Yoshida, Y. Ogawa *et al.*, in *Non-Neutral Plasma Physics III* (1999).
- [2] Z. Yoshida, Y. Ogawa, J. Morikawa *et al.*, *Plasma Fusion Res.* **1**, 008 (2006).
- [3] H. Saitoh, Z. Yoshida, J. Morikawa *et al.*, *Plasma Fusion Res.* **2**, 0451 (2007);
- [4] H. Saitoh, Z. Yoshida *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **92**, 255005 (2004).