

24aYE-12 磁気圏型装置における陽電子閉じ込め実験の初期結果

東大新領域 齋藤晴彦, 吉田善章, 矢野善久, 森川惇二, 三上季範, 坂本渉, 笠岡紀和

Initial results on positron confinement experiment in a magnetospheric device

GSFS Univ. Tokyo, H. Saitoh, Z. Yoshida, Y. Yano, J. Morikawa, H. Mikami, W. Sakamoto, H. Kasaoka

磁気圏型プラズマ閉じ込め装置 RT-1 では、磁気浮上させた超伝導電磁石が作り出す dipole 磁場中でトロイダル純電子プラズマの安定生成(閉じ込め時間は 300 秒以上に達する)が実現されている[1]. こうした平衡構造の自己組織化を実現する輸送現象は、非中性プラズマに限らず先進核融合を目指す高 β プラズマの構造形成[2]や、磁気圏の粒子輸送や加速とも関連が深い重要な基礎過程と考えられる. 本研究では、磁気圏型配位における非断熱効果による粒子輸送現象の解明を目指して、RT-1 に 1MBq の小型 Na-22 線源を導入し、高エネルギーの陽電子を用いた実験を開始した. Dipole 磁場中で磁化した荷電粒子は、ラーマー回転、磁力線方向のバウンス、トロイダル方向の周回ドリフトの 3 つの周期運動を持つ事により、対応する作用として μ , J , Ψ が断熱不変量となる. プラズマが、粒子のトロイダルドリフト周波数と同程度の時間スケールの低周波揺動を持つ時、 Ψ は非保存となり、磁気面を横切る粒子の径方向輸送が可能となる. この時、 μ , J が保存されれば、磁束管当たりの粒子密度を一定とする方向の輸送が発生する. 強い非一様性を持つ dipole 磁場配位では、内向き輸送により急峻な密度勾配を持つプラズマが形成される事となり、これは RT-1 で観測されるプラズマ構造と一致している[3]. さらに、粒子の運動エネルギーが大きい場合には、断熱不変量は μ を含め非保存となる事があり、ラーマー運動とバウンス運動の共鳴等を介して軌道がカオス的となる事が知られている[4]. 粒子軌道計算によれば、100keV 程度の陽電子が持つトロイダルドリフト周波数と同帯域の RF 電場を印加する事により、陽電子を効果的に閉じ込め領域へ進入させ、長い飛行長を得る事が出来る. 閉じ込め領域内に挿入した可動式のターゲットプローブと NaI(Tl)シンチレータを用いた消滅 γ 線計測により、線源から入射された陽電子の 13%程度が閉じ込め軌道へと進入し、トロイダル方向に 180 度周回運動をしてターゲットまで到達する事が観測された.

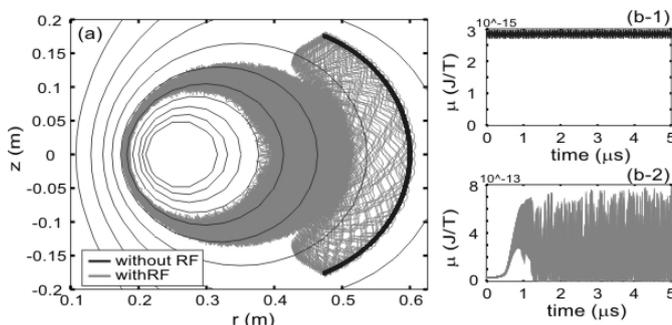


図 1: (a) 100kHz の RF を印加した時としない時の陽電子の粒子軌道と (b) 断熱不変量 μ の時間変化.

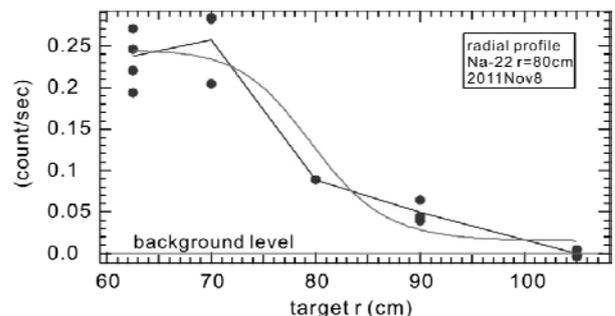


図 2: ターゲットで発生した陽電子消滅 γ 線のカウント数のターゲット位置依存性.

1. Z. Yoshida *et al.*, Phys. Rev. Lett. **104**, 235004 (2010).
2. H. Saitoh, Z. Yoshida *et al.*, Nucl. Fusion **51**, 063034 (2011).
3. H. Saitoh, Z. Yoshida *et al.*, Phys. Plasmas **18**, 056102 (2011).
4. S. Murakami, T. Sato, and A. Hasegawa, Phys. Fluids B **2**, 715 (1990).