

ダイポール磁場配位に捕獲された陽電子軌道の径方向操作

東大新領域, IPP^A, ミュンヘン工科大^B, ローレンス大^C 齋藤晴彦, J. Horn-Stanja^A, M. Singer^{A,B}, S. Nissl^B, E.V. Stenson^{A,B}, M. Stoneking^C, T. Sunn Pedersen^A, and C. Hugenschmidt^B

Radial manipulation of positron orbit trapped in a dipole magnetic field configuration

GSFS U. Tokyo, IPP, TUM, and Lawrence U H. Saitoh *et al.*,

等質量粒子から構成されるペアプラズマの物性解明を目標に, APEX ではトロイダル系のダイポール磁場配位 (図 1) を活用した電子・陽電子プラズマの生成を目指している [1]. これまでに, 陽電子ビームのダイポール磁場中への高効率入射 [2] と長時間閉じ込め [3] が実現された. 電子と比較して線源強度が限定される陽電子群をプラズマ状態で捕獲するためには, 入射, 閉じ込めに続いて高密度化が重要となる. 非中性プラズマに標準的に使用される直線型の Penning-Malmberg トラップでは, 回転電場と呼ばれる変動電場の印加により, 各種の非中性プラズマの径方向圧縮と高密度化が実現されている [4]. プラズマ圧縮の機構として, 個々の粒子運動あるいは非中性プラズマの持つ揺動モードと印加電場との結合, また特定のモードに依存しない strong drive と呼ばれる圧縮手法が知られている. これらの過程では, 残存あるいは封入中性ガスとの非弾性衝突の効果が重要な役割を果たす. 一方, 直線型とは異なるトロイダル系においては, 確立された非中性プラズマの径方向圧縮手法は存在しない.

本研究では, ダイポール磁場配位において中性粒子との衝突の効果を含む陽電子の軌道解析と, 陽電子ビームを用いた実験を通して, ダイポール磁場中の陽電子軌道への電場印加の効果を単一粒子レベルで調べた [5]. 軌道計算によれば, 印加可能な幾つかの電場配位において, 非弾性衝突によるエネルギー損失が効果的に働く場合, プラズマ状態の実現に要求される低エネルギー状態を維持しながら, 粒子軌道を強磁場側へと径方向に圧縮可能である (図 2). また, 捕獲粒子数は減少するものの, 回転電場状の電場印加による軌道のランダム化により粒子分布を初期の飛行位置から変化させ, 一部粒子を強磁場側へと輸送することも可能である. ミュンヘン工科大学の NEPOMUC において, 永久磁石装置によるダイポール磁場装置中で陽電子ビームに回転電場を印加する実験では, 消滅ガンマ線及び電流計測による径方向分布の測定を通して, 軌道計算と一致する傾向を示す圧縮の効果が得られている.

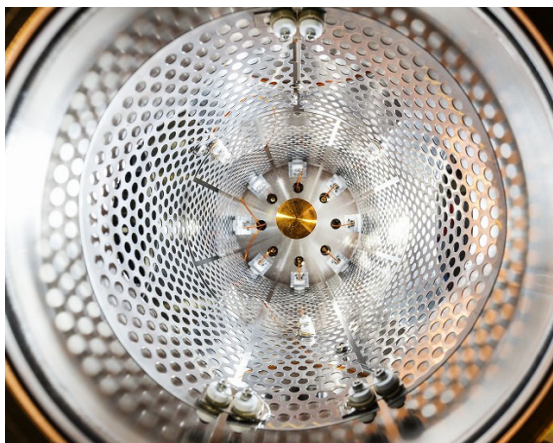


図 1 永久磁石と分割電極を備えたダイポール磁場装置 (図 2 と同様の位置からの top view).

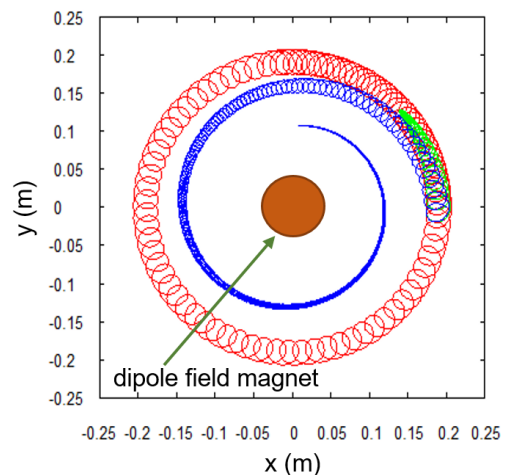


図 2 陽電子軌道の計算例. 非弾性衝突の効果は緑, 青, 赤 (なし) の順に強く与えている.

[1] 2012 Pedersen+, *New J. Phys.* **14**, 035010; 2015 Saitoh+, *New J. Phys.* **17**, 103038; 2020 Stoneking+, *J. Plasma Phys.* **86**, 155860601. [2] 2018 Stenson+, *Phys. Rev. Lett.* **121**, 235005. [3] 2018 Horn-Stanja+, *Phys. Rev. Lett.* **121**, 235003. [4] 2015 Danielson+, *Rev. Mod. Phys.* **87**, 247. [5] 2018 Saitoh+, *AIP Conf. Procs.* **1928**, 020013.