

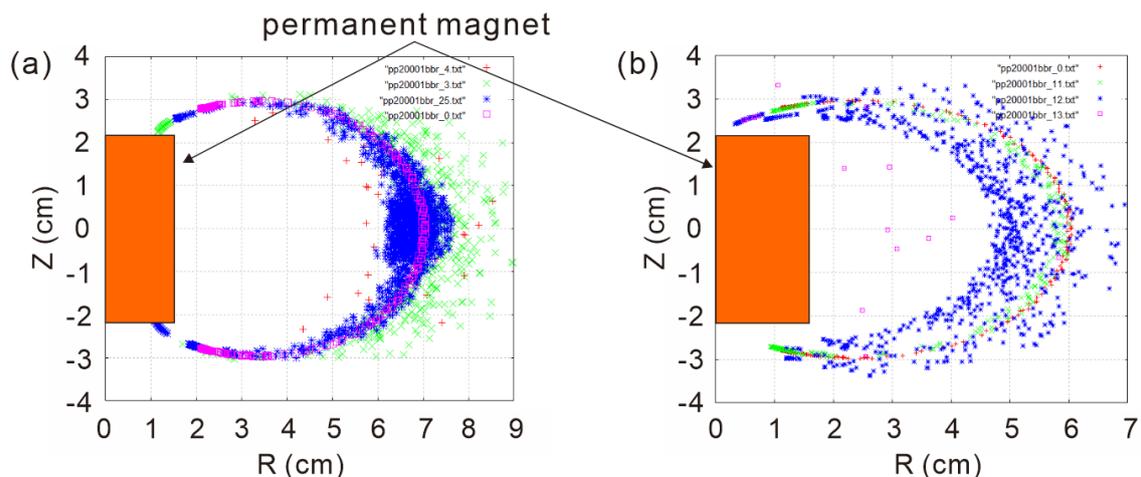
ダイポール磁場中の電子群と陽電子群のカオスの効果による混合の検討

東大新領域^A, 核融合研^B 齋藤晴彦^{A,B}, 三村洸生^A, 青柳信之介^A

On mixing of electrons and positrons in a dipole magnetic field by chaotic effects

GSFS U. Tokyo^A, NIFS^B H. Saitoh^{A,B}, H. Mimura^A, S. Aoyagi^A

大強度陽電子源と小型の超伝導磁気浮上ダイポール装置を用いて電子・陽電子プラズマを生成し、ペアプラズマとしての物性を解明することを目指している。現時点では永久磁石によるダイポール磁場装置を用いた入射及び閉じ込め実験を進めており、入射陽電子数の増大と電子との同時閉じ込めが次の目標である。電子と陽電子のプラズマ状態を達成するためには、それぞれ別のパルスとして入射される両者の空間的な分布を閉じ込め領域内で重ね合わせる必要がある。産総研低速陽電子ビームライン[1]で実施した実験において、消滅ガンマ線計測と粒子軌道計算によれば、ダイポール磁場中にパルスとして進入した陽電子及び電子ビームは、温度拡がりによりトロイダル方向には比較的短時間（10 回程度の周回時間に相当する 100us のオーダー）で一様化する[2]。一方で、ダイポール磁場中の荷電粒子群は初期磁気面に留まる傾向が強く、両者が完全に異なる磁気面上に分布して径方向に十分に混合しないケースがありうる。ビーム入射条件の制約から特に陽電子の径方向の初期位置設定の自由度は高くないため、電子と陽電子の効率的な混合状態を実現する手法が必要である。ダイポール磁場中の電子と陽電子の軌道のカオスの効果[3]を用いて両者を短時間で混合する可能性に注目し、軌道計算による評価を行っている。混合の指標として、流体混合などでよく使用される[4,5]混合度 $Q = 1 - \sqrt{I_s}$, $I_s = [\sum (r_{Ai} - \bar{r}_A)^2] / [N\bar{r}_A(1 - \bar{r}_A)]$ を適用する。ここで電子と陽電子の RZ 断面に投影した分布に対して、閉じ込め領域を N 個の領域に分割して各小領域での陽電子の割合を r_{Ai} , 全体の陽電子の割合を \bar{r}_A と書いている。図のように、ランダムな電場揺動や回転電場を印加することで粒子の第三断熱不変量は容易に非保存となり、軌道がカオス化する。このとき、初期磁気面から径方向に荷電粒子群の分布が平坦化し、電子と陽電子の重ね合わせが増大する。閉じ込め粒子数の減少や、プラズマ条件を満たすことが困難になる温度上昇などの悪影響を避けて高い混合度を実現する最適化等について報告する。



図：(a) ランダム電場 (0.1, 0.25, 1, 10kV/m) 及び (b) モード数 1 の回転電場 (1MHz, 0.1, 1, 10kV/m) を閉じ込め領域内に印加した場合の、初期から 100us 後の陽電子の RZ 断面に投影した空間分布。

[1] 2022 Higaki Michishio+, PFR **18**, 1406023. [2] A. Deller+, PRE, to be published. [3] 2016 Saitoh+, PRE **94**, 043203. [4] 1952 Danckwerts, Appl. Sci. Res. **A3**, 279. [5] 2023 船越満明, ながれ **42**, 35.