

## FRC 緩和におけるイオン運動論効果の実験的検証

## Experimental Study of Ion Kinetic Relaxation of Merging Spheromaks to an FRC

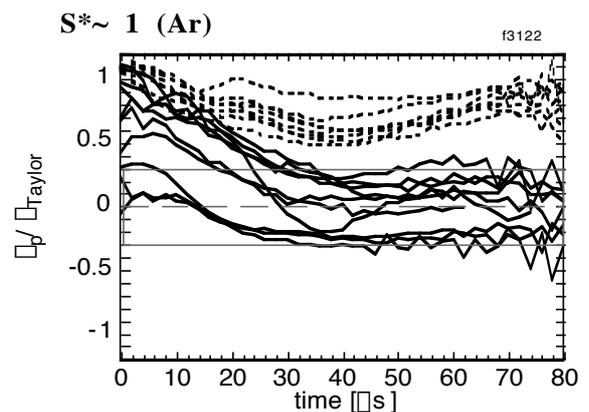
河森 栄一郎、小野 靖

東京大学高温プラズマ研究センター

KAWAMORI Eiichirou and ONO Yasushi

High Temperature Plasma Center, The University of Tokyo

数種のイオン種を用いたスフェロマック合体実験により、イオンスキン長を大きくするほど高ベータ状態の FRC 平衡への緩和が発生しやすいことを初めて見いだした。これまでの東京大学 TS-3 装置における実験によって、互いに逆向きで大きさの異なるトロイダル磁束を持つ 2 つのスフェロマックを合体(異極性合体)させると、有限の磁気ヘリシティを持つコンパクトトーラス(CT)が磁気エネルギー極小配位であるスフェロマックに緩和する場合と高ベータ平衡状態である逆転磁場配位(FRC)に緩和する場合とがあるということを報告してきた[1]。ゼロベータのテラー理論に従うならば、有限の磁気ヘリシティを持つCTは、ゼロベータのスフェロマックに緩和するはずだが、この高ベータ緩和では、サイズパラメータ  $S^*$  値(磁気軸とセパトリクス間距離とイオンスキン長の比)によってイオン運動論効果や 2 流体効果が表れてくる[2]。プラズマは  $S^*$  が大きい程 MHD 的に振舞い、小さい場合にはイオン運動論効果が顕著になる。TS-3 装置を 3 倍に大型化した TS-4 装置では、高  $S^*$  実験が行なえるようになり、 $S^*$  値を 1~10 の範囲でスキャンすることが可能となった。磁気計測からポロイダル固有値  $\nu = I / \psi$  ( $I$ : ポロイダル電流、 $\psi$ : ポロイダル磁束)を、CO<sub>2</sub> レーザー干渉計による密度計測から  $S^*$  値を各々求めた。ヘリシティと磁気エネルギーの比の指標となる  $\nu$  が緩和前にある臨界値  $\nu_b$  を上回る場合は、スフェロマックに緩和し、 $\nu \sim \nu_{\text{Taylor}}$  ( $\nu_{\text{Taylor}}$ : テラー状態の固有値) になり、一方初期の臨界値  $\nu_b$  を下回る場合は FRC に緩和し、 $\nu \sim 0$  になる。スフェロマック及び FRC への緩和分岐は、アルゴン放電により低  $S^*$  ( $\sim 1$ ) とした場合  $\nu_b \sim 0.9\nu_{\text{Taylor}}$  として明瞭に観測された (FIG. 1: FRC(実線), スフェロマック(破線)への緩和)。重要な点は FRC へ緩和するための初期  $\nu$  (スフェロマック合体完了直後に計測)のしきい値は  $S^*$  値が小さくなる程大きくなること、すなわち FRC へ緩和し易いことである。高  $S^*$  ( $> 3$ ) 下では緩和過程において低次トロイダルモード ( $n=1\sim 4$ ) の MHD 的な成長が観測され、その間のモードの顕著な回転はみられなかった。それに対して  $S^* \sim 1$  の場合には、低次トロイダルモードは少なくともアルファ速度もしくは超アルファ速度で回転しており、緩和中のトロイダルモードの成長の抑制が観測された。この回転の方向は、スフェロマック合体時の磁気リコネクションによる  $\mathbf{j} \times \mathbf{B}$  力(sling shot 効果[1])の方向と一致しており、低  $S^*$  の緩和では、MHD モード成長速度よりも速いシアー回転が低次トロイダルモードの成長を抑制していることが示唆される。

FIG. 1. 規格化固有値  $\nu / \nu_{\text{Taylor}}$  の時間変化[1] Y. Ono, M. Inomoto, Y. Ueda, T. Matsuyama and T. Okazaki: Nucl. Fusion **39** 11Y, 2001 (1999).[2] L. C. Steinhauer and A. Ishida, Phys. Plasmas **5**, 2609 (1998).