

## 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

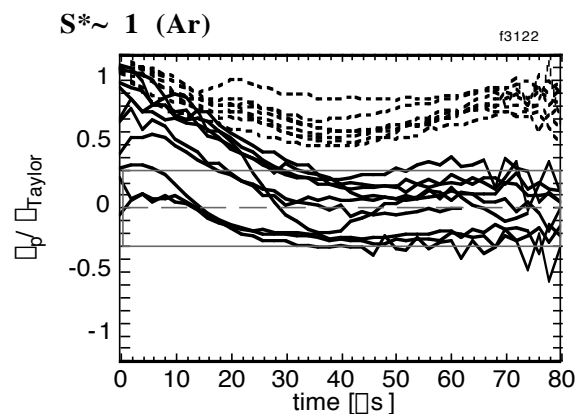
河森 栄一郎、小野 靖

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  $\nu = I / \Gamma$  ( $I$ : ポロイダル電流、 $\Gamma$ : 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ウーエン速度もしくは超アルウーエン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).