

HIST球状トーラス装置におけるCHI 立ち上げ過程における プラズモイド磁気リコネクション

Plasmoid-driven magnetic reconnection during CHI start-up on HIST

○永田正義、松井貴昭、藤田晃弘、菊池祐介、福本直之、神吉隆司*
M. Nagata, T. Matsui, A. Fujita, Y. Kikuchi, N. Fukumoto and T. Takashi*

兵庫県立大院工、海上保安大学*
University of Hyogo, Japan Coast Guard Academy

1. はじめに

球状トーラス磁場配位 (ST) をもつ高ベータプラズマはその低アスペクト比の特徴から、炉心構造としても簡素化が期待できる一方で、将来的にはセンターソレノイドコイルを取り除く炉構想からプラズマ電流の無誘導立ち上げが必要である。そのためHIST装置では同軸ヘリシティ入射法(CHI)によるプラズマのスタートアップ実験を実施している。本講演では、CHIによるSTプラズマ生成実験において観測されたプラズモイドが介在する高速磁気リコネクション過程について報告する。

2. 実験結果

Figure 1 は二つのバイアス条件において内部磁場計測によって得られたトロイダル電流密度 J_t とポロイダル磁束 Ψ_p の等高線図の時間変化を示している。特徴的なのは薄い電流シートが長く伸び、その中に小さいプラズモイドが幾つかみられることである。低バイアス磁束の条件 (同図(a)) では、電流シートがより長く、その中にプラズモイドが最大3個存在することがわかる。また、同図(b)を見ると、CHI放電の減衰過程 ($t > 0.25$ ms) において、中心導体付近のオープン磁束コラムの表面付近に流れるトロイダル電流密度がコア内部へ拡散してくることによって、小さいプラズマモイドが成長し、閉じた磁束が形成されることがわかる。

この様な長く伸びた電流シートが形成されるのは、外部トロイダル磁場が強くなり、ランキスト数 S が大きくなるにつれて、リコネクションが起き難くなり、電流シートが破壊されないためである。しかし、ミクロ的にはティアリングによる細かいプラズモイドの合体放出の進展があり、リコネクションが加速することで、大きなプラズモイドへ発展すると解釈される。

本実験では、アルヴェン速度 $V_A = 1.85 \times 10^5$ m/s、磁場強度 $B = 0.08$ T (ガイド磁場を含む)、電子

密度 $n_e = 0.9\text{--}2.5 \times 10^{20}$ m⁻³、スピッツァー抵抗 $\eta_{\text{Spitzer}} \sim 1.7 \times 10^{-5}$ Ωm ($T_e = 10$ eV) の値であることから、 $S = 4900\text{--}7200$ と評価される。この値は、NSTX-CHI実験のために行われた最近のMHDシミュレーション (F. Ebrahimi, and R. Raman, PRL **114**, 205003 (2015)) で予測されたプラズモイド不安定性が発生する閾値 $S_c = 3000$ を越えている。また、Sweet-Parkerモデルで評価されるリコネクション時間は $\tau_{\text{rec}} = 380\text{--}500$ μs となることから、実験で観測されている値に比べてかなり遅いことがわかる。本実験では電流シート幅 $\delta = 5$ cm程度となっており、イオンのラーモア半径 $\rho_i = 0.58$ cmより十分大きい、イオンスキン長 $d_i = 2\text{--}3$ cmに比べほぼ同程度であることから、今後、2流体 (Hall) 効果を検討する必要がある。詳細は本講演時に発表する。

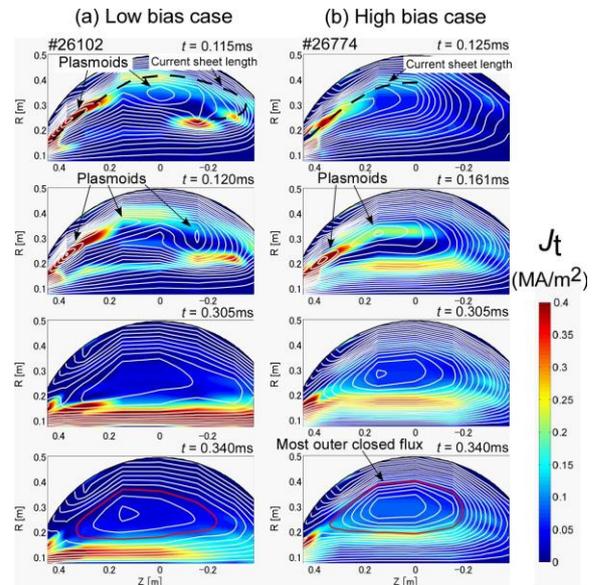


Fig. 1. Comparison of J_t and Ψ_p contours between low (a) and high (b) bias fluxes. At $t = 0.34$ ms, closed flux (~ 1.0 mWb) in the high bias flux case is larger than that (~ 0.6 mWb) in the low bias flux case.