

Heliotron Jにおける損失高速イオンプローブを用いた高速イオンと磁場揺動との相互作用の研究

Studies of interplay between magnetic perturbation and fast ions using lost ion probes in Heliotron J

山本 聡, 佐野 匠¹⁾, 中山祐介¹⁾, 小川国大^{2),3)}, 磯部光孝^{2),3)}, 多和田齊興¹⁾, Donald A. SPONG⁴⁾, 小林進二, 長崎百伸, 岡田浩之, 南 貴司, 門信一郎, 大島慎介, Gavin M. WEIR, 中村祐二, 木島 茂, 釦持尚輝¹⁾, 大谷芳明¹⁾, 水内 亨 S. Yamamoto, T. Sano, Y. Nakayama, K. Ogawa, M. Isobe, *et al.*,

京大エネ研, 京大エネ科¹⁾, 核融合研²⁾, 総研大³⁾, オークリッジ国立研⁴⁾
IAE Kyoto Univ., GSES Kyoto Univ.¹⁾, NIFS²⁾, Sokendai³⁾, ORNL⁴⁾

D-Tプラズマ核融合炉において良好な α 粒子閉じ込めは、自己点火プラズマ保持に必要な不可欠であるものの、MHD波動と高速粒子との共鳴的・非共鳴的相互作用に起因して、 α 粒子が異常輸送ならびに炉心外へ損失してしまう可能性がある。そのため、波動-粒子間相互作用の物理機構解明と相互作用に起因した α 粒子損失低減が求められている。

ヘリカル軸ヘリオトロン配位を有する装置である Heliotron Jにおいて、NBI加熱プラズマ中で高速イオン励起アルヴェン固有モードや高速粒子不安定性(EPM)が観測されるとともに、それら不安定性に起因した高速イオン輸送・損失が方向性プローブによって観測されている[1]。このMHD波動と高速イオン間相互作用の物理機構の詳細を調べる目的で、損失高速イオンのピッチ角やエネルギーなどの特性を高時間分解で直接計測可能な、ファラデーカップ型損失高速イオンプローブ (FLIP) を Heliotron J に導入した。

Heliotron J のNBI加熱プラズマにおいて、特定の磁場配位下の低電子密度($n_e < 1 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$)条件で間欠的に発生・消滅を繰り返すEPM(シアアルヴェン連続スペクトルが高速イオンによって強制的に不安定化したMHD不安定性)が観測される。その間欠的EPMと同期してFLIPの信号増加が観測された。NBI入射後すぐに周波数100 kHz 近傍にEPMが観測され、それらは間欠的に発生、消滅を繰り返す(図1(a), (b))。ビーム放射分光(BES)計測からプラズマ周辺部($r/a \sim 0.8$)に局在化するモードであることがわかった。また、急速な周波数の上方掃引を伴うことから、励起源である高速イオンが何らかの輸送を受けていることが推測される。この磁場揺動強度変化(図1(c))と同期した形でFLIPのch-Bにイオン電

流の増加、すなわち損失イオン束の増加(図1(d))が観測された。この実験条件下ではch-Bはエネルギー12~45 keV、ピッチ角48~58 deg. と比較的捕捉粒子領域側の高速イオンの検出に対応する。より非捕捉粒子側にはEPMと同期した信号変化は見られなかった。また、観測されたEPMの磁場揺動強度と損失イオン束との関係から高速イオンが拡散損失していることがわかった。

無衝突のイオン軌道計算と観測された損失高速イオンのエネルギー・ピッチ角との比較は、周辺部に局在化するEPMにより周辺部の高速イオンが影響を受け損失することを示唆している。現在、EPMを模擬した磁場揺動が高速イオン軌道に与える影響を調べるため、モンテカルロ計算により進めており、実験結果との比較についても本講演にて述べる。

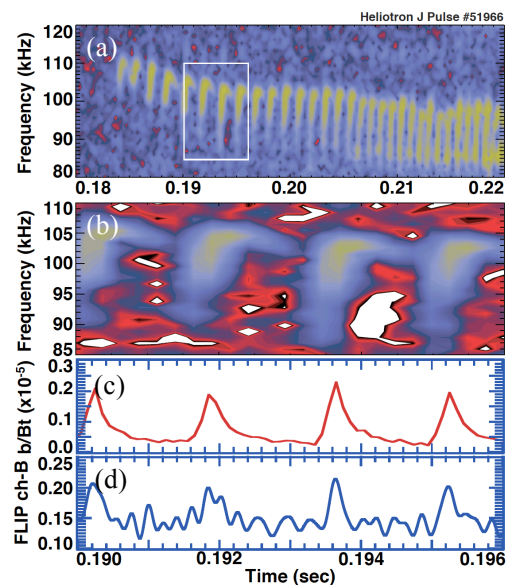


図1. EPMと同期したFLIP信号の時間変化

[1] K. Nagaoka, *et al.*, PFR 8, 1100 (2009)