

LHD の H モードプラズマにおける抵抗性インターチェンジモードの急速成長と周辺局在化モード(ELM)発生

Rapid growth of resistive interchange modes and excitation of Edge-localized mode (ELM) in H-mode plasmas of LHD

東井和夫¹、大館 暁¹、小川国大¹、上田亮介²、T. Nicolas³、渡辺清政¹、鈴木康浩¹、田中謙治¹

LHD実験グループ¹

K. Toi¹, S. Ohdachi¹, K. Ogawa¹, R. Ueda², T. Nicolas³, K.Y. Watanabe¹, Y. Suzuki¹, K. Tanaka¹,

LHD Experiment Group¹

¹核融合研、²筑波大、³ローザンヌプラズマ物理研

¹ NIFS, ² Tsukuba Univ., ³ EPFL

トカマクと異なり、LHD では H モードの周辺輸送障壁 (ETB) が形成されると同時に周辺部に共鳴面を有する抵抗性インターチェンジ(RIC)と考えられる MHD モードが強く不安定化される。この不安定性の非線形発展が周辺局在化モード(ELM)を誘起すると考えられる。特に、最外殻磁気面のすぐ外側に $m=1/n=1$ (m, n : ポロイダル及びトロイダルモード数)が存在する配位の H モードでは、平均トロイダルベータ値がほぼ一定に保たれている状況で突然 $m=1/n=1$ 及びその高調波の磁場揺動が急速に成長し、同時に大振幅 ELM が誘起される[1,2]。RIC の線形モード解析の結果は、周辺輸送障壁の僅かな拡張による共鳴面での圧力勾配の急増がRICの急速成長を引き起こすことを示唆している。図 1 は、 $m=1/n=1$ RIC の規格化成長率の ETB の位置($x_0=r_0/\langle a \rangle$)に対する依存性

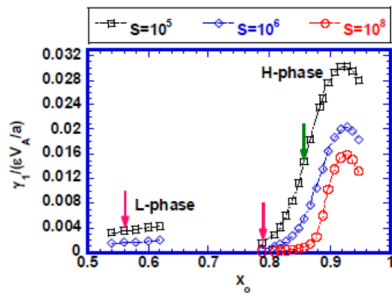


図 1 H フェイズと L フェイズにおける $m=1/n=1$ RIC の線形成長率の ETB 位置 x_0 に対する依存性。 $\iota=1$ 共鳴面は $x=0.945$ にある。LHD で得られた H モードプラズマの磁気レーノズル数は $S=10^5$ である。

を示している。L フェイズでは ETB が無く、単調な圧力分布のため成長率は x_0 の変化にほとんど依存しない。一方、H フェイズでは EBT 位置が $\iota=1$ 共鳴面($x=0.945$)に近づくとともに成長率は急激に増大する。ここで、 $\iota=1$ 共鳴面が $x=r/\langle a \rangle=1$ より内側になるよう $\langle a \rangle$ を実際の値より大きく設定し、RIC 解析コード[3]の適用を可能にした。H フェイズの $x_0=0.78$ の場合 (下向き矢印) が ELM 抑制時

に対応し、 $x_0=0.83$ (下向き矢印) が ELM 発生時点の分布に相当している。 $x_0=0.78$ から 0.83 に ETB 位置が拡大すると成長率が約 10 倍に急増している。このことが、RIC の急激な成長と ELM 発生を示唆している。図 2 は、H フェイズの ELM 抑制時と発生時に相当する時刻での、スカラーポテンシャルと圧力の摂動(ϕ_1 及び p_1)の径方向構造を示している。固有関数 ϕ_1 が、交換型モードの支配的な構造からテリングモード型と混在した構造へ変わっている。なお、ELM 抑制フェイズで $x \sim 0.8$ に存在する p_1 のピークは、ETB に対応した急峻な圧力勾配の影響を示している。

ELM 直前、ELM 中で観測された磁場揺動データ等から RIC の非線形発展と ELM 発生の機構解明を試みる。

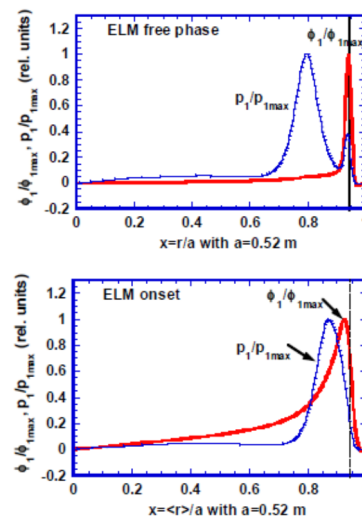


図 2 H フェイズの ELM 抑制時(上図)と ELM 発生時(下図)におけるスカラーポテンシャルと圧力の摂動(ϕ_1 及び p_1)の径方向分布。太い実線が ϕ_1 を、細線が p_1 を示している。

[1] K. Toi et al., Nucl. Fusion **54** (2014) 033001.

[2] K. Toi et al., Plasma Phys. Control. Fusion **58** (2016) 094002.

[3] R. Ueda et al., Phys. Plasmas **21**(2014) 052502.