

LHD プラズマの崩壊現象における非共鳴モードの非線形 MHD 解析
**Nonlinear MHD analysis of non-resonant modes in LHD plasma
 collapses**

市口勝治^{1,2}、鈴木康浩^{1,2}、藤堂泰¹、榊原悟^{1,2}、武村勇輝^{1,2}、B. A. Carreras³、L. Sugiyama⁴
 ICHIGUCHI Katsuji^{1,2}、SUZUKI Yasuhiro^{1,2}、TODO Yasushi¹、SAKAKIBARA Satoru^{1,2}、
 TAKEMURA Yuki¹、B.A. Carreras³、L. Sugiyama^{4,2}

核融合研¹、総研大²、BACV Sol. Inc.³ MIT⁴
 NIFS¹、SOKENDAI²、BACV Sol. Inc.³ MIT⁴

将来の核融合炉を想定した場合、電磁流体力学的 (MHD) 不安定性による巨視的崩壊現象は、必ず避けなければならない。そのためには、どのような状況の場合に、どのような不安定性が支配的となって崩壊現象が生じるのか、そのメカニズムを理解しておくことが重要である。大型ヘリカル装置 (LHD) プラズマ実験では、正味トロイダル電流を駆動して回轉變換を上昇させた場合に、 $(m, n) = (1, 1)$ モードによるコア領域の部分的崩壊現象が観測されている [1]。そこで、本研究では、この崩壊メカニズムを解明するために、三次元非線形 MHD 数値シミュレーションを行った。三次元平衡計算には HINT コード [2] を、三次元ダイナミクス計算には MIPS コード [3] を用いた。特に、正味トロイダル電流によってコア領域での回轉變換が 1 に近づき、磁気シアがゼロになる領域が現れるような平衡に達した場合に注目した。このような回轉變換分布は、多くの崩壊現象において、その崩壊が生じる直前に観測されている。この平衡での摂動の時間発展において、線形領域から初期の非線形領域では、回轉變換が 1 である磁気面で共鳴する高モード数の交換型モードが支配的である。しかし、その後の非線形発展において、 $(1,1)$ のモードに遷移することが得られた。この遷移したモードは、回轉變換が 1 の有理面ではなく、磁気シアがゼロとなる領域に局在する非共鳴モードとなっている。そして、この非共鳴モードが引き起こす対流によって、圧力分布はポロイダル方向の一つの方向から崩壊していく様子が確認できた。この崩壊の様子は、実験的観測によく対応している。このことから、この非共鳴モードへの遷移が実験的観測を説明する一つの有力な候補であると考えられる。一方、正味電流がない平衡、あるいは電流量が十分小さい場合には、回轉變換分布が単調増加であり平坦領域が存在しない。この場合、遷移は生じず、高波数の交換型不安定性が支配的である。このようなモードでは、多方向からの崩壊現象となるため、実験状況とは対応しない。したがって、このような回轉變換分布の形成が非共鳴モードへの遷移に必要な条件であると言える。

[1] S. Sakakibara, et al., Nuclear Fusion, 55, 2015, 083020

[2] Y. Suzuki, et al, Nuclear Fusion, 46, 2006, L19.

[3] Y. Todo, et al, Plasma and Fusion Res. 5, 2010 S2062.