

## 高 $\beta$ トカマクプラズマにおけるMHDモードの振舞い Dynamics of MHD modes in high-beta tokamak plasmas

G. Matsunaga<sup>1</sup>, M. Okabayashi<sup>2</sup>, N. Aiba<sup>1</sup>, J. A. Boedo<sup>3</sup>, J. R. Ferron<sup>4</sup>, J. M. Hanson<sup>5</sup>, G. Z. Hao<sup>6</sup>,  
W. W. Heidbrink<sup>7</sup>, C. T. Holcomb<sup>8</sup>, Y. In<sup>9</sup>, G. L. Jackson<sup>4</sup>, Y. Q. Liu<sup>10</sup>, T. C. Luce<sup>4</sup>, G. R. McKee<sup>11</sup>,  
T. H. Osborne<sup>4</sup>, D. C. Pace<sup>4</sup>, K. Shinohara<sup>1</sup>, P. B. Snyder<sup>4</sup>, W. M. Solomon<sup>2</sup>, E. J. Strait<sup>4</sup>, A. D. Turnbull<sup>4</sup>,  
M. A. Van Zeeland<sup>4</sup>, J. G. Watkins<sup>12</sup>, L. Zeng<sup>13</sup>, the DIII-D Team and the JT-60 Team

<sup>1</sup>JAEA, <sup>2</sup>PPPL, <sup>3</sup>UCSD, <sup>4</sup>GA, <sup>5</sup>Columbia Univ., <sup>6</sup>SWIP, <sup>7</sup>UCI,  
<sup>8</sup>LLNL, <sup>9</sup>FAR-TECH, <sup>10</sup>CCFE, <sup>11</sup>Univ. Wisconsin, <sup>12</sup>SNL and <sup>13</sup>UCLA

トカマク型核融合炉における高 $\beta$ 領域での運転は高い核融合出力密度を得ることが原理的に可能であり、コンパクトな原型炉を実現するうえでその研究は重要である。このような核燃焼・高 $\beta$ 領域では、MHD安定性が臨界安定に近く、かつ高エネルギー粒子が多数存在するためこれらの相互作用が予想される。これまで、JT-60UおよびDIII-Dの壁なし $\beta$ 限界を超える高 $\beta$ プラズマにおいて、高エネルギー粒子駆動不安定性が数kHz帯に発生し、抵抗性壁モード(RWM)を誘発する現象を観測した[1, 2]。この誘発現象は、高エネルギー粒子によって安定化されていたRWMが、高エネルギー粒子駆動不安定性による高エネルギー粒子輸送の増加により、その安定化効果が失われたためと考えられている。JT-60Uではさらに、高エネルギー粒子駆動不安定性によって、周辺局在化モード(ELM)が誘発される現象を観測している[3]。今回、DIII-Dにおいても、高エネルギー粒子駆動不安定性によるELM誘発現象を観測した。図1にJT-60U及びDIII-Dで観測したELM誘発現象を示す。このRWMおよびELM誘発現象を引き起こす高エネルギー粒子駆動不安定性は、捕捉された高エネルギー粒子の歳差運動によって駆動され、壁なし $\beta$ 限界を超えた領域で観測されている。DIII-Dでは最近、周辺電流駆動のために中性ビーム加熱(NB)装置の入射ラインを傾斜させた運転を行っており、これまで以上に捕捉高速粒子が増加したことで、JT-60Uと同様のELM誘発現象が発生したと考えられる。今回、この高エネルギー粒子駆動不安定性が高エネルギー粒子の周辺への輸送を増加させていることが分かった。特に、高エネルギー粒子駆動不安定

性の波形は、振幅が大きくなるとともに歪んでくる。この歪は、トロイダルモード数 $n=1$ の構造の成長により非線形的発生した高調波成分に起因すると考えられ、この歪によって高エネルギー粒子が周辺へ大きく輸送され、ELMの安定性に影響しELMを誘発したと考えられる。これらのELM誘発現象は、ITERおよびDEMOに向けた核燃焼かつ高 $\beta$ プラズマにおけるELM安定性およびその制御において重要となると考えられる。本講演にてこれらの詳細について紹介する。

[参考文献]

- [1] G. Matsunaga et al., Phys. Rev. Lett. 103, 045001 (2009).
- [2] M. Okabayashi et al., Phys. Plasmas 18, 056112 (2011).
- [3] G. Matsunaga et al., Nuclear Fusion 50, 084003 (2010).

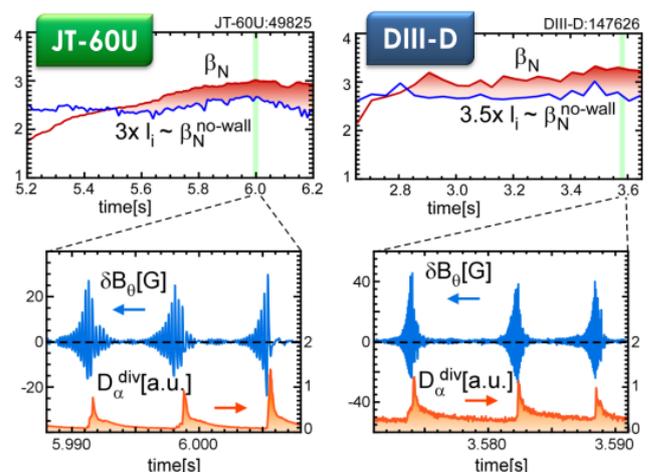


図1: JT-60UおよびDIII-Dで観測された高エネルギー粒子駆動不安定性によるELMの誘発。上: 規格化 $\beta$ 値と壁なし $\beta$ 限界値、下: 磁場揺動と $D_\alpha$ 発光強度。