

# ヘリカルプラズマにおける電子サイクロトロン加熱のトロイダル流への影響 Effects of Electron Cyclotron Heating on the Toroidal Flow in Helical Plasmas

山本泰弘, 村上定義, S.T.A. Kumar<sup>1</sup>, J. N. Talmadge<sup>1</sup>, K.M. Likin<sup>1</sup>, D.T. Anderson<sup>1</sup>  
Y. Yamamoto, S. Murakami, S.T.A. Kumar<sup>1</sup>, J.N. Talmadge<sup>1</sup>, K.M. Likin<sup>1</sup>, D.T. Anderson<sup>1</sup>

京大工, Wisconsin 大 Madison 校<sup>1</sup>  
Kyoto Univ., Univ. of Wisconsin-Madison<sup>1</sup>

トロイダル流とその速度シアは乱流を抑制し、閉じ込め改善において重要であることが実験的に示されている。近年、JT-60U や HSX, LHD など様々なトカマク装置やヘリカル装置において、直接トロイダル方向への運動量を与えない電子サイクロトロン加熱 (ECH) によって駆動される自発的トロイダル流が観測されており、実験的にも理論的にも多くの研究が行われている [1,2]。準対称ヘリカル装置 (HSX) においては、準ヘリカル対称な QHS 配位や対称性を崩した Mirror 配位など異なる磁場配位をとることができ、ECH に関連するトロイダル流は磁場配位によって異なる。QHS 配位ではヘリカル対称性により粘性が小さいことからトロイダル流が大きくなると予想されていたが、実験結果では QHS 配位よりも Mirror 配位の方が大きなトロイダル流が観測されている。しかしながら、この原因は未だ明らかになっていない。

これまでの研究により、LHD においては ECH によって衝突トルクよりも大きな  $j \times B$  トルクが生じ、正味のトルクが発生することが分かってきた。HSX のトロイダル流においても ECH によるトルクが重要であると考えられる。本研究では、HSX に対しても ECH によるトルクを評価し、実験結果の検証を行うことを目的とする。ここでは ECH によって発生するトルクとして、高エネルギー電子の径方向拡散がもたらすイオン電流の  $j \times B$  トルクと、高エネルギー電子の衝突による衝突トルクを考慮する。これらのトルクを評価するために、5次元位相空間ドリフト運動論方程式を解く GNET コード [3] を用いて ECH による高エネルギー電子について解析を行う。実験においてプラズマは粘性によってヘリカル対称な方向へ流れており、ヘリカル方向のトルクが重要であると考えられるため、本研究では主にヘリカル対称な方向の成分を評価する。

QHS 配位と Mirror 配位、さらに完全にヘリカル対称な磁場配位において ECH によるトルクを計算した (図 1)。完全にヘリカル対称な磁場配位においては正味のトルクは十分小さくなり、Mirror 配位では QHS 配位の場合よりも大きなトルクが生じることが分かる。この結果は Mirror 配位でより大きなトロイダル流が発生した実験結果と定性的によい一致を示しており、HSX プラズマにおいても ECH トルクが重要であることを示唆している。

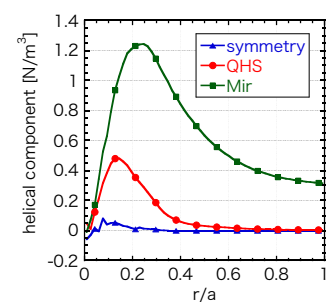


図 1: ECH によって生じるトルクのヘリカル成分。

- [1] M. Yoshida, et al., Nucl. Fusion **49** (2009) 115028.  
[2] P. H. Diamond, et al., Nucl. Fusion **53** (2013) 104019.  
[3] S. Murakami, et al., Nucl. Fusion **40** (2000) 693.