

回転ヘリカル磁場とトカマク磁場とのアルフヴェン共鳴

小島寛樹 真鍋俊治 有沢誠司 (名古屋大学) 小林政弘 (Institut für Plasmaphysik, Jülich) 高村秀一 (名古屋大学)

1. はじめに

将来の核融合炉としてトカマク装置は最も研究が進んでいる。トカマク型装置における先進ダイバータ方式の一つとして動的エルゴディックダイバータ(Dynamic Ergodic Divertor : DED)が提案されており、本研究室においても様々な角度から研究が行われている。DEDは外部から摂動磁場を加えて、トカマク磁場と磁場のひねりが一致する磁場の共鳴層に誘起される電流の $\mathbf{J} \times \mathbf{B}$ 力によりプラズマの回転を誘起し、そのプラズマ回転によってプラズマの閉じ込めや壁の熱負荷を制御しようとする考え方である⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾。本研究室で過去に行われたCSTN-III, IVにおけるDEDの実験では壁への熱負荷の均一化が観測されているが、まだ粒子制御と閉じ込めの改善については未解明の部分が多く、また、そもそも回転ヘリカル磁場がトカマク磁場構造にどのような影響を与えるかが、まだ十分理解されていない。そのためDEDにおけるプラズマへの磁場の浸透を実験的に調べることは、今後のDEDの研究にとって非常に重要である。

本研究ではDEDでの磁場構造の解明のために問題となる

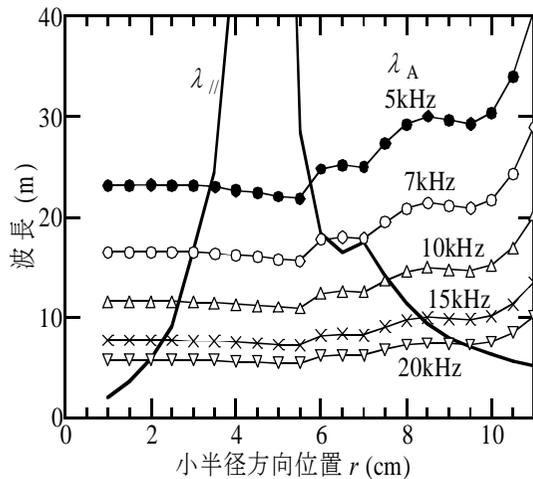


図1. シアーアルフヴェン波長 λ_A とヘリカル摂動磁場のトロイダル方向の波長 $\lambda_{||}$ ($B_T=860\text{G}$, $m/n=6/1$)

2つの共鳴現象、ティアリングモードでの磁気島の発生とアルフヴェン共鳴のうち、後者を対象とした磁場の解析を目的とする。

2. アルフヴェン共鳴

ヘリカル摂動磁場とトカマク磁場との相互作用におけるアルフヴェン共鳴とは、ヘリカル磁場の磁力線方向の波長と、シアーアルフヴェン波の波長が一致したときに起こる共鳴である。トカマク磁場の0次磁力線方向の、ヘリカル摂動磁場の波長 $\lambda_{||}$ は、大半径を R_0 、安全係数を q 、摂動磁場のポロイダルモード数を m 、トロイダルモード数を n とすると、

$$\lambda_{||} = \frac{2\pi R_0 q}{m - nq}$$

と表される。一方、シアーアルフヴェン波の波長 λ_A は、トロイダル磁場を B_T 、イオン密度を n_i 、イオン質量を m_i 、摂動磁場の周波数を f とすると、 $\lambda_A = \frac{B_T}{f \sqrt{\mu_0 n_i m_i}}$ と書くことができる。

CSTN-IVにおけるアルゴンプラズマでの $\lambda_{||}$ 及び λ_A を図1に示す。ここでは Ar^+ のみを考えている。図1で $\lambda_{||}$ と λ_A が一致する点で、アルフヴェン共鳴が起こると考えられる。

3. 実験方法

図2に示す、大半径40cm、小半径10.3cm、トロイダル磁場860Gaussの小型トカマク装置CSTN-IVでアルゴンプラズマを生成し、5kHz~25kHzの回転ヘリカル磁場を印加して、そのときのプラズマ内部の磁場を小半径方向に駆動可能な磁気プローブで直接計測した。また同時に、トリプルプローブにより電子密度、温度を計測した。回転ヘリカル磁場は、真空容器の8ヶ所に $m/n=6/1$ となるように対称性良く設置された、2組の局所ヘリカルコイルに流れる90°位相差の交流電流によって生成されている。

4. 実験結果

局所ヘリカルコイルがないセクションで計測した小半径方向の摂動磁場の、印加した摂動磁場と同じ周波数成分の分布は図3のようになった。このときの摂動磁場の大きさは、磁

気島成長によるプラズマ電流の再配分⁽³⁾を避けるため、可能な限り小さくしており、図3の場合では局所ヘリカルコイルがあるセクションの $r=9\text{cm}$ の位置で、およそ1Gaussである。摂動磁場の周波数が7kHzの場合は、図1から予想される位置で共鳴により摂動磁場が増幅されていることが観測されたが、10kHz、15kHzの場合は検知することができなかった。これはポロイダル方向の摂動磁場を観測した場合にも同様であった。講演では、10kHz以上でアルフヴェン共鳴が検出されなかった点の検討も含めて詳細を発表する予定である。

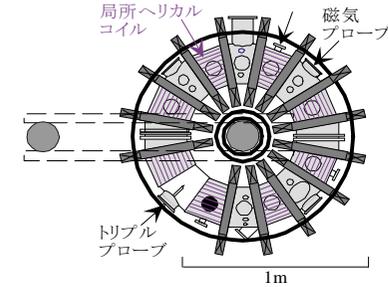


図2. 小型トカマク装置CSTN-IV

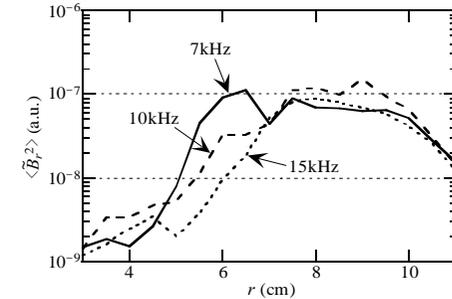


図3. 摂動磁場の小半径方向分布

5. 参考文献

- (1) S. Takamura et al., Nucl. Fusion **28** (1988) 183.
- (2) K. H. Finken, Nucl. Fusion **39** (1999) 707.
- (3) M. Kobayashi et al., Nucl. Fusion **40** (2000) 181.
- (4) D. W. Faulconer et al., Fusion Eng. Des. **37** (1997) 399.