

# ヘリオトロンJにおける高速イオン励起不安定性の挙動とそれに伴う構造形成

京都大学エネルギー理工学研究所  
大島慎介

ヘリオトロンJ装置では、現在異なるトロイダルセクションに複数のプローブを有しており、周辺揺動の特性・構造に関する研究を進めている。本講演では、線平均密度  $n_e \sim 1 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$  の比較的低密度の中性粒子ビーム加熱プラズマをターゲットとして、静電プローブを用いて最外殻磁気面周辺の揺動計測を行った結果について報告する。この時、60-80kHz に高調波を伴う高速イオン励起不安定性 MHD バーストが観測された。このモードは、ヘリオトロンJにおける NBI 加熱プラズマにおいて観測される高周波を伴う高速イオン励起によるアルヴェン固有モードの一種である。

MHDバースト現象と同期して、プローブ計測によって周辺プラズマの電位構造が変化する現象を見出された。電位変動の大きさは、バーストの磁場揺動強度に明らかに比例し、プローブを用いた相関計測によってToroidal/Poloidal方向に対称な構造を持っていることがわかっている。径方向アレイプローブによって、周辺部のポテンシャル構造としては、LCFS内側で電位は下降し、外側で上昇していることが示された。つまり、バースト時に電場構造が変化している。尚、径方向にこのレスポンスのディレイは明確には観測していない。浮遊電位の計測ではあるが、トリプルプローブでの電子温度計測から、この変動は空間電位の応答にほぼ相当している。一方、ECE、およびBES信号にはバースト時の大きな応答は見えていないことから、密度/温度分布のレスポンスは小さく電場の変化を説明できない。更には、バースト時にはプローブ計測でのイオン飽和電流のレスポンスが径方向に伝搬していることが確認された。同様のイオン飽和電流の挙動はCHSでも確認できており、これは高速イオンの径方向輸送であると考えられ、バースト時には高速イオンの内部の分布が変動していることを示唆している。

また、プラズマ内部のBES計測でバースト時の揺動構造の変化を観測した。揺動の径方向の位相構造を明らかにするため、Hilbert変換を用いた瞬時位相の評価法を考案し、実験結果に適用した。50-100kHzのバーストに相当する周波数領域の揺動をバンドパスフィルタで取り出し、Hilbert変換によって瞬時位相と瞬時強度を評価した。MHD現象のような背景乱流に対して強度が強い支配的な揺動である場合、支配的揺動の強度と位相をこの手法を用いて評価が可能である。さらに何周期かのバースト時の振る舞いについてConditional average法を使うことで平均的な揺動強度と位相の振る舞いを抽出した。その結果バースト一周期の間で揺動の空間構造が変化していることが確認された。この不安定性がバースト的ではなく連続的に発生している場合には空間構造の時間的变化は見られなかった。高速イオン励起不安定性の空間構造が変動していることは、その不安定性を駆動している高速イオンの実空間あるいは速度空間分布が変化していると解釈できる。つまり、高速イオン励起MHDバーストによってプラズマ内部の高速イオンが輸送され、それに伴って周辺電場が変化していると考えられる。