

JT-60U におけるアルフベン固有モードによる高エネルギー粒子の輸送

原研那珂 石川正男

トカマクの核融合燃焼プラズマでは、核融合反応(D-T反応)により生成した、高速粒子(3.5MeV)がさらにプラズマを加熱することにより、自己点火を維持することが期待されている。しかし、粒子の増加によってアルフベン固有モード(AE)が不安定となる可能性がある。このAEは粒子の損失を招き、核融合の性能を劣化させる恐れがある。また、損失した粒子が第一壁の損傷を招く恐れがある。それゆえに、このAEが発生した時に、粒子がどのように輸送されるかを知ることは重要である。

JT-60U では、高エネルギー(エネルギー>370keV、パワー>4MW)の負イオン源中性粒子ビーム入射(N-NBI)を用いたAE 励起実験を行っている。N-NBI による高エネルギーイオンのパラメータ領域はITERにおける粒子のパラメータ領域に近く、燃焼プラズマの運転条件を模擬した研究が可能となる。これまで、弱磁気シアプラズマにおいて、Fast Frequency Sweeping modeやAbrupt Large-amplitude Event (ALE)と呼ばれるバーストモード、不磁気シアプラズマにおいてはReversed Shear-induced AE (RSAE)と呼ばれるモードがTAEへの遷移が観測されている。モード発生時に全中性子発生量の低下が観測され、モードによる高エネルギーの輸送が示唆されているが、どのように輸送されるかは分っていなかった。そこでモード発生時に中性子発生分布測定(図1)を行ない、励起されるAEによる高速イオンの振る舞いを調べた。振幅の大きなALEが発生した時の中性子発生分布測定の結果は、高エネルギーイオンが再分配されたことを示唆している。一方で、RSAE発生時には、高エネルギーイオンはプラズマ全体で損失していることを示唆する結果が得られた。図2にALE、RSAE発生時の中性子発生分布測定の各チャンネルの信号の変化の割合を示している。

RSAE は不磁気シア配位における安全係数の最小値(q_{min})近傍に存在するグローバルなモードであり、モード発生時の安全係数分布を調べた結果、プラズマ周辺部に q_{min} を持っていることがわかった。すなわち、RSAE は周辺部のグローバルなモードであることが予想される。一方、ALEはプラズマ中心付近に存在する局所的なモードであると考えられる。これらは、AEの固有関数とAEIによる高エネルギーイオンの輸送の関係を示唆している。

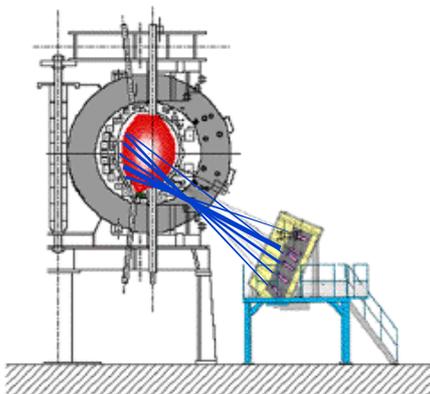


図1. 中性子発生分布測定装置

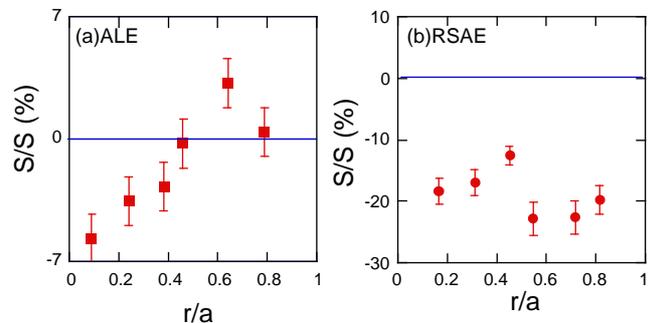


図2. (a)ALE、(b)RSAE 発生時の中性子発生分布測定各チャンネルの信号の変化の割合