

## LHD実験における低次MHDモードの内部構造の特徴 Characteristics of internal structure of low-n MHD mode in LHD experiment

武村勇輝, 渡邊清政, 大舘暁, 鈴木康浩, 田中謙治, 榊原悟, 成嶋吉朗, 山田一博  
TAKEMURA Yuki, WATANABE Kiyomasa, OHDACHI Satoshi, SUZUKI Yasuhiro,  
TANAKA Kenji, SAKAKIBARA Satoru, NARUSHIMA Yoshiro, YAMADA Ichihiro

核融合研  
NIFS

低次MHD不安定性がプラズマ閉じ込め性能に与える影響を調べるには、MHD揺動の空間構造を明らかにする必要がある。大型ヘリカル装置(LHD)プラズマを対象に、径方向へのチャンネル間隔と視線広がり30 mmの多チャンネル軟X線検出アレイ(SXアレイ)を用いてモード構造を調べた研究によれば、閉じ込め性能の低下レベルは径方向変位の最大値と正の相関があることがわかったが、径方向変位の広がり幅との相関は見いだせなかった。これはSXアレイの広がり幅に対する精度が不十分であった可能性がある。本研究ではLHDで励起するMHD揺動の空間構造を観測するのに必要な空間解像度がどの程度であるかを検証した。

SXアレイのような線積分計測でモード構造を観測するには局所値への再構成が必要となる。LHDで課題となる交換型不安定性は、MHDモデルによれば、その径方向変位の径方向分布が偶関数型になることが予測されているので、モード構造を偶関数型であると仮定して、再構成を行う。ここで、偶関数型とは共鳴面で径方向変位が最大となり、共鳴面を挟んで位相が変化しない分布を指す。モード構造の径方向分布を  $\xi = A \times \exp[-\{(\rho - \rho_0)/w\}^2] \times \cos(m\theta + n\phi - \omega t)$  とモデル化する。ここで、 $m$ はポロイダルモード数、 $n$ はトロイダルモード数、 $\omega$ はモード回転の角周波数で、モデル変数の $A$ 、 $w$ 、 $\rho_0$ は各々モード振幅、モード幅、共鳴面位置に対応する。また、磁気面関数となる圧力において平衡成分を $P_0$ 、摂動成分を $\delta P$ とすると、 $\xi = -\delta P / (dP_0/dr)$ の関係式を用いて、局所的揺動は $\delta P = -(dP_0/dr) \times \xi$ と書ける。SXアレイ信号の再構成をする場合は圧力を軟X線強度に置き換える。また、プラズマ周辺部で励起する揺動に着目する場合は、周辺部における圧力勾配は大きく変化しないため、 $dP_0/dr$ は定数 $C$ で置き換える。 $\delta P = -C \times \xi$ を視線に沿って積分して得られる疑似信号と計測信

号を比較することでモデル変数を決定する。

これまでに紹介したモデルを使って $A_0$ 、 $w_0$ 、 $\rho_0$ を伴う任意のモード構造を与える試験用信号を生成して、再構成を行った。その際、SXアレイと異なる空間分解能を持つCO<sub>2</sub>レーザー干渉計と精度の比較を行った。CO<sub>2</sub>レーザー干渉計のチャンネル間隔と視線広がり7.5 mmと6 mmである。両計測器で視線が異なるため、同じモード構造を計測して比較するために $\rho_0$ でモードの位置を調整する必要があり、 $\rho_0$ の値は制限される。図1にモード幅 $w_0$ を変化させた試験信号に対して再構成で得られる値 $w_{fit}$ と真値 $w_0$ との差分を評価した。SXアレイの場合、 $w_0$ が7%以上で誤差がなくなり、一方、CO<sub>2</sub>レーザー干渉計であれば、 $w_0$ が3.5%以上であれば正確に再構成可能である。

SXアレイと比較して、幅の狭いモード幅の計測が可能になったため、交換型モードの典型的な放電に対して系統的に空間構造を調べることで、閉じ込め性能の低下レベルと径方向変位の広がり幅との相関が見いだせなかった理由が計測精度の問題なのか、あるいは、実際には両者には相関が存在しないのかが明らかになると予想される。

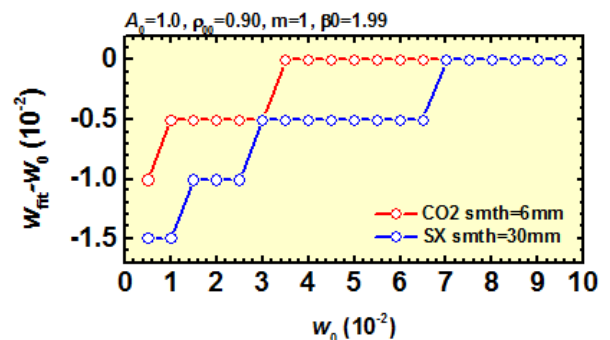


図1: モード幅 $w_0$ を変化させた試験信号に対する再構成で得られる値と真値との差分。