

分割型sin-cosプローブによる磁場反転配位プラズマのトロイダルモード解析

Analysis of toroidal modes of Field-reversed Configuration by Sectored sin-cos probe

廣橋光始, 長田昌之, 関口純一, 浅井朋彦, 高橋努

Koji Hirohashi, Masayuki Nagata, Junichi Sekiguchi, Tomohiko Asai, Tsutomu Takahashi

¹日本大学理工学部

¹Science and Technology Nihon University

【はじめに】

磁場反転配位 (Field-Reversed Configuration : FRC) プラズマの巨視的運動およびスクレープオフ層 (SOL) の運動を観測する方法として, プラズマ柱を囲む周方向に並べた磁気探針列で計測したトロイダル方向の揺動磁場をモード解析する方法がある^[1].

本発表では, 巨視的運動の最大モード数が明確でないプラズマに対しても高次のモードの影響を抑えることができ, 高精度なモード同定が可能な分割型sin-cosプローブ^[2]を用いて観測した, FRC衝突合体生成法の移送過程における巨視的運動の観測結果について報告する.

【分割型sin-cosプローブ】

分割型sin-cosプローブの特性^[2]を確認するため, 多極磁場を発生させ計測した結果を用いてモード解析を行った. 設置されたプローブの外側に配置した複数の電極に交互に電流を流し, 任意のモード n を含んだ周方向磁場を発生させる. これを分割型sin-cosプローブで計測し, モード解析を行った. モード解析実験の概略図を図1に示す. n モードについてのモード解析結果を V_θ とすると

$$V_\theta = mNaS \sum_{\ell'} \frac{B_{\ell'}}{\ell'} \frac{m}{2n\pi} \left(1 - \cos \frac{2n\pi}{m}\right) \quad (1)$$

となり, $\ell' = mj \pm n$ ($j = 0, 1, 2, \dots$)のモードの磁場が観測される. (1)式から $B_n = \sum B_{\ell'}/\ell'$ を求め, 多極磁場の理論値をフーリエ解析したものから求めた $\sum B_{\ell'}/\ell'$ と比較する. 多極磁場のモード解析の結果を図2に示す. プローブの分割数 $m=8$ の場合, $n=1$ モードの解析結果には $\ell'=1, 7, 9, \dots$ のモードの磁場が含まれる. この時のプローブの解析結果とフーリエ係数 $\ell'=1, 7, 9$ の足し合わせを比較すると, フーリエ係数の足し合わせの結果は

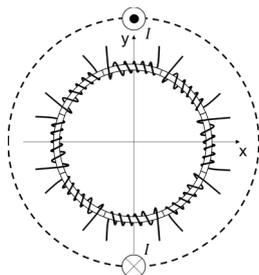


図1. モード解析実験概略図

$\sum B_{\ell'}/\ell' = 9.20\text{mT}$ に対してモード解析結果 $\sum B_{\ell'}/\ell' = 9.62\text{mT}$ で差は5%未満でミルノコイル (図2参照) より精度が高い.

FRC 衝突合体生成法の移送過程における揺動磁場のモード解析結果を図3に示す. 観測は, 閉じ込め領域 (衝突合体領域) の入り口 $z = -2.0\text{m}$ で観測した揺動磁場強度である. FRC 型のプラズマモードが通過する前後で $n=1$ モード, 通過中に $n=2$ モードの揺動磁場が主に発生していることが観測されている.

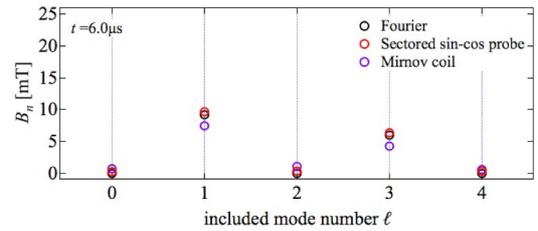


図2. 分割数 $m=8$ の場合のモード解析結果

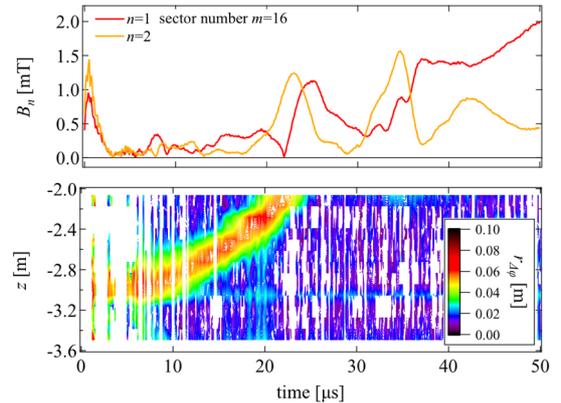


図3. 揺動磁場強度モード解析 (上) と FRC 型プラズマモードの排除磁束半径の時間推移 (下)

【参考文献】

- [1] S. Kumashiro, et al., JPSJ 62, 1539 (1993)
 [2] 廣橋光始 他, 平成 30 年電気学会全国大会, 九州大学, 平成 30 年 3 月 14 日