

28aC37P

低アスペクト比 RFP プラズマの MHD 特性

MHD characteristics of the low aspect ratio RFP plasma

池添竜也, 三瓶明希夫, 恩地拓己, 村田健一, 大木健輔, 野呂紘司, 森田康平, 山本佳明, 比村治彦, 政宗貞勇, 石島梯¹, 平松初珠¹

京都工繊大工学部, ¹大阪府立産技研

R. IKEZOE, A. SANPEI, T. ONCHI, K. MURATA, K. OHKI et al.

Kyoto Institute of Technology, ¹Technology Research Institute of Osaka Prefecture

我々は先進的な RFP 領域の開拓をめざして低アスペクト比 RFP 実験を開始した。RFP 配位における典型的な q 分布は、軸上の値が $q_0=2R/a$, r とともに減少してトロイダル磁場が 0 となる磁場反転面で $q=0$ となり、周辺部では $q<0$ である。このため通常の RFP では、磁場揺動は中心付近に共鳴面をもつ内部テリングモードを主要モードとする幅広いスペクトルを示し、またモード有理由間隔が狭いため共鳴モードの非線形現象が RFP 配位維持および輸送現象を支配している。平衡解析によると RFP のアスペクト比を下げると q 分布は中心部で平坦化、周辺部で急峻化する。従って低アスペクト比 RFP 配位では中心領域における隣接モード有理由間隔が広くなり、MHD ダイナミクスがより簡単になることが期待されている。

低アスペクト比 ($R/a=0.5m/0.25m$) RFP 装置 "RELAX" の Top view を図 1 に示す。トロイダル方向に上下 14 ヶ所ポートが設けられている。これらポートからトロイダル・ポロイダル磁場を同時計測可能な磁気プローブを挿入し、エッジでの磁場揺動を計測する。また同様のプローブをあるポロイダル断面内に 6 本配置した。これらから計測した磁場揺動をフーリエ分解して、低アスペクト比 RFP におけるモードスペクトルの特徴をポロイダルモード数 $m=0\sim 3$, トロイダルモード数 $n=1\sim 7$ の範囲で調べる。また真空容器は厚さ 4mm の SUS 製で抵抗性壁であり、壁の磁場浸透時間程度で成長する抵抗性壁不安定性などのゆっくりとした MHD 現象は真空容器外側の壁にトロイダル方向 16 ヶ所設置した $m=1$ sine コイルにより計測する。

RELAX の RFP プラズマの初期実験において、あるトロイダル角の上下で同時に観測されたプラズマ端でのトロイダル磁場の揺動成分 $\tilde{B}_t(\alpha)$ を図 2 に示す。上下の磁場

揺動の和・差をとったものを同時にプロットしたが、和をとった信号の振幅は小さくなる一方で差をとった信号は 15kHz 程度で周期振動しているのがわかる。これより $m=1$ の振動が励起されていることがわかる。和をとった信号 ($m=0$ 成分) も振動しているが振幅は小さい。

講演では磁場揺動計測システム、磁場揺動データ解析の手法を示し、次にアスペクト比 2 の RFP プラズマの初期実験において観測される磁場揺動の詳細な解析結果を報告する。

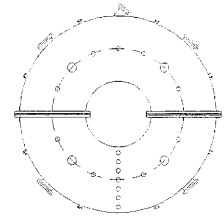


図 1: 真空容器 Top view

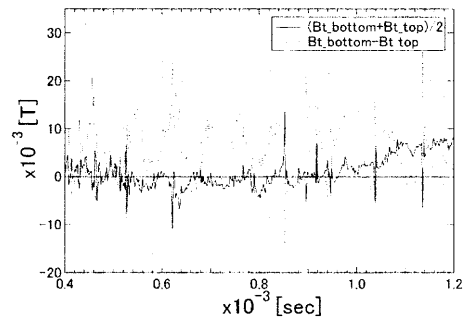


図 2: トロイダル磁場の $m=1$ 振動

28aC38P

磁気閉じ込めプラズマの磁気面内部補間解析における圧力情報の効果の検討

Effect of measured pressure value in magnetic surface interpolation analysis of magnetic confinement plasma

岩崎 正浩, 前山 光明

埼玉大・工

Masahiro Iwasaki, Mitsuki Maeyama

Saitama University

はじめに

我々は、トカマクや逆転磁界ピンチ (RFP) などの軸対称磁気閉じ込めプラズマを解析対象として、実験で得られる磁束密度、 F 値、 Θ 値と軸対称平衡解析コードを利用し、最小二乗法により実験プラズマの 2 次元平衡磁場配位を求める計算コードを開発してきた。これまで収束のために求める残差には境界に関する情報のみを用いており、圧力に関する情報を用いていなかった。今回、残差に圧力に関する情報を加えることによって収束性にどのような効果があるか検討した。

磁気面内部補間コード

我々の開発した磁気面内部補間コードは、任意の磁気面関数に対し Grad-Shafranov 方程式の解を得る平衡磁場解析コードとマルカート法を使用した非線形最小二乗法により、実験測定値と解析値の残差を最小にすることで解を得るものである。ただし現段階では、装置の形状などから考えられる解析値を測定値として用いている。先に述べた磁束密度、 F 値、 Θ 値は残差に用いている。

図 1 にアルゴリズムを示す。まず、使用する磁気面関数に含まれる未知数の初期値を決定して平衡解析を行い、実験値と解析値の残差を求める。次に、マルカート法によりヤコビアン行列を計算して未知数を更新する。その後、更新された新未知数で平衡解析を行って残差を算出する。旧未知数から得た残差と新未知数から得た残差の比較を行い、新未知数から得た残差の方が小さくなるまで未知数の更新を行う。さらに収束判定を行い、更新時の未知数の変化が十分に小さくなった時点で収束とし、終了する。

収束性の検討

次に示すように、使用する磁気面関数は 3 個の未知数 (λ , α , β_0) を含んでいる。

$$I(\Psi)=1+\lambda(\Psi-1)(1-\Psi)^{-(\alpha+1)}, \quad F(\Psi)=1.5\beta_0\Psi(1-\Psi^{2/3})$$

1 個の未知数を固定し、残りの 2 個の未知数について行う解析では、収束し解を得ることに成功しているが、3 個全ての未知数を变化させた場合の解析では十分な結果が得られていない。2 個の未知数での解析では、固定した 1 個の未知数は測定値を作るのに使用した値を用いている。しかし、固定した 1 個の未知数が測定値を作るのに使用した値ではない場合には収束性が悪くなり、そのため 3 個の未知数で解析を行った場合には収束しないと考えられる。

残差に圧力情報を加えて解析した結果を図 2 に示す。縦軸の SSQ はログスケールで測定値と解析値の残差を表している。詳細は公演にて発表する。

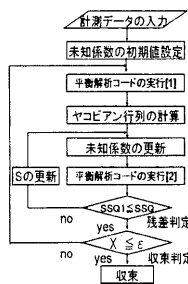


図 1. アルゴリズム

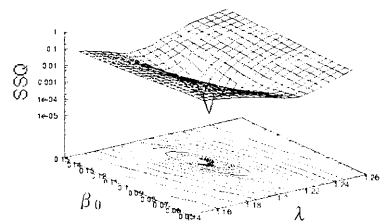


図 2. 残差に圧力情報を加えて解析した場合の収束性