

27aB29P

FRC プラズマ形状の高精度測定

Separatrix Shape Measurement on Field-Reversed-Configuration Plasmas

郷田博司、高橋努、野木靖之

日大理工

Hiroshi GOTA, Tsutomu TAKAHASHI, Yasuyuki NOGI
College of Science and Technology, Nihon University

FRC プラズマの形状は、プラズマにより排除される磁束と磁場を計測することによって次式により簡便に求めることができる。

$$r_{\Delta\Phi} = r_{\ell} \sqrt{1 - \frac{\Phi_p B_{2\nu}}{\Phi_v B_{2p}}} \quad (1)$$

ここで、 $r_{\Delta\Phi}$, r_{ℓ} はそれぞれセパトリックス半径と磁束ループの半径を表し、 Φ , B_z の添え字 p, ν はプラズマの有無による放電管内の磁束と磁場を意味している。この測定法によって求められるプラズマ形状は端部において誤差が大きく現れることが知られている。そこで、我々は精度の良い形状測定法の開発を目的として研究を進めている。

本実験で使用した装置外略図を図1に示す。放電管壁での磁束量を数値計算と比較して高精度なプラズマ形状を導出するので、放電管壁に Flux loop と Magnetic probe を等間隔に多数設置してある。まず高精度測定法を確立するために、図2(a)の形状をした導体(灰色)をモデルとして数値計算を行った。このとき、(1)式によって求められたセパトリックス半径 $r_{\Delta\Phi}$ は破線のようになり、形状端部では大きな誤差がみられる。高精度測定法として、まずこの形状(破線)をセパトリックスとして Grad-Shafranov 方程式より磁束関数を数値的に計算し、放電管壁での磁束 ψ を求める。次にこの磁束 ψ を実験値 Φ と比べ、 $|\psi - \Phi|$ が 0.1% になるまでセパトリックスを繰り返し変化させて形状を決める手法である。この方法により最終的に求められた形状を実線(内側を斜線)で示す。これにより、破線の形状に比べてかなり実際の形状に近づいていることがわかる。このように、モデル計算によって高精度形状測定法の有効性が確認できたので、実際に同形状のアルミ導体を装置内部に設置してモデル実験を行った。導体形状を導出すると図2(b)のようになる。(a)と同様、導体形状を再現していることがわかる。次に、FRC プラズマを生成してセパトリックス形状を導出すると、図(c)となる。この図から、いまだ詳しく表されていなかった FRC プラズマの端部形状が明らかとなった。

本講演では、高精度形状測定の手法を解説する。また、数種類のアルミ導体を使用したモデル実験を、数値的なモデル計算と比較して形状の精度がどの程度向上したのかを報告する。さらに、FRC プラズマの実験結果等についても併せて詳しく報告する。

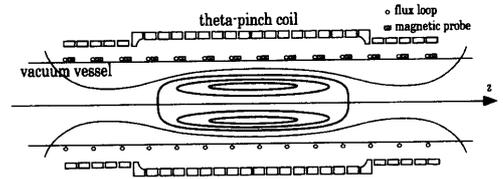


図1 実験装置図

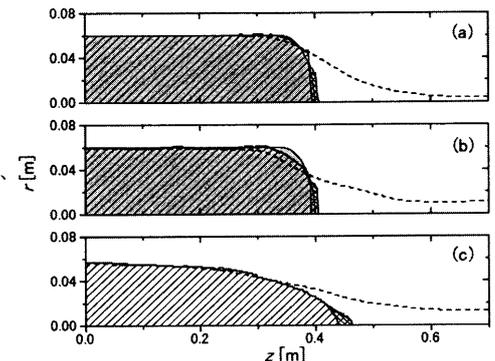


図2 高精度測定によるプラズマ形状

27aB30P

He-Ne ゼーマンレーザーを用いたヘテロダイン方式による磁場測定

Heterodyne Magnetic Field Measurement Utilizing a He-Ne Zeeman Lazer

小林 元也、早川 和弘、秋山 毅志、飯尾俊二、嶋田 隆一

東工大 原子炉研

KOBAYASHI Motoya, HAYAKAWA Kazuhiro, AKIYAMA Tsuyoshi, TSUJI-IIO Shunji and SHIMADA Ryuichi
Research Laboratory for Nuclear Reactors, Tokyo Tech

現在 21 世紀後半の核融合炉の実用化を目指した研究開発が行われているが、閉じ込めプラズマの制御と解析に電流及び磁場計測が不可欠である。しかし、従来の磁場計測方法では、精度を長時間に亘って保つことが困難である。また、遠隔操作で保守できる構造でなければならないなどの課題がある。これらの要請のこたえる磁場計測方式として、ファラデー効果に着目し、レーザーを光源とする偏光計測器の開発を行っている。ファラデー回転角の測定に光ヘテロダイン方式を採用して位相角として測定している。また図1に示すように、光源には He-Ne ゼーマンレーザーを用いることにより、ビート信号を得るために必要な周波数偏移部が不要となること、2つの成分が同一光軸上にほぼ無調整で得られることから、従来の光ヘテロダイン方式測定器に比べ光学系が簡素になり、また光周波数が安定化され、長時間位相安定度の高い磁場計測器を構築することが可能となった。

この測定器による位相安定度(位相の標準偏差)は 0.008 度であり、中型の核融合装置でも十分な精度で測定できることが分かった。

ファラデー素子に関して、ベルデ定数の温度依存性について測定を行った。その結果、鉛ガラスを用いれば温度依存性が微弱で、ベルデ定数も十分であることを確認した。しかし、一般的な光学ガラス BK7 のベルデ定数が鉛ガラスの約 20% であることから、レーザー光が光学ガラスを通過する光路で磁場が加わる場合、補正する必要があることが分かった。

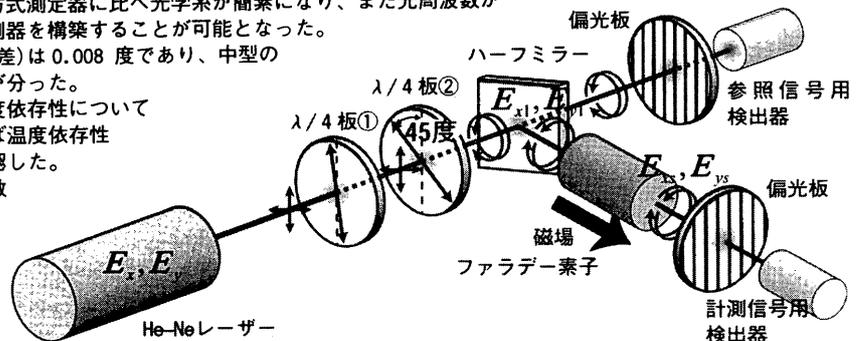


図1. ゼーマンレーザーを光源とするヘテロダイン磁場計測の模式図