

光ファイバーの開口角を利用したプラズマ計測法

Plasma diagnostic system using optical fibers with high numerical aperture

野木 靖之 [1]; 金丸 雄紀 [2]; 藤野 俊之 [3]; 長谷川 慶典 [3]; 藤本 加代子 [4]; 郷田 博司 [5]; 大熊 康典 [6]; 浅井 朋彦 [7]; 高橋 努 [8]

Yasuyuki Nogi[1]; Yuki Kanamaru[2]; Toshiyuki Fujino[3]; Yoshinori Hasegawa[3]; Kayoko Fujimoto[4]; Hiroshi Gota[5]; Yasunori Ohkuma[6]; Tomohiko Asai[7]; Tsutomu Takahashi[8]

[1] 日大・理工; [2] 日大・理工; [3] 日大理工; [4] 原子力機構; [5] ワシントン大学; [6] 農工大・工; [7] 日大・理工・物理; [8] 日大・理工・物理

[1] CST,Nihon Univ.; [2] CST,Nihon Univ; [3] CST,Nihon Univ; [4] JAEA; [5] Univ. of Washington; [6] Tec., TUAT; [7] College of Sci. & Tech., Nihon Univ; [8] CST Nihon Univ.

光ファイバーはプラズマの光学的診断には欠かせない実験道具である。通常は光ファイバーの先端に凸レンズを取り付けて観測領域の限定と空間分解能の改善が図られる。この光ファイバーをプラズマの周囲に多数配列する観測法が種々考案され、便利な測定器として利用されている。例えば、磁場反転配位プラズマ実験では、可視光領域の3次元観測に使われ、プラズマの磁気流体的な運動や内部構造に関する貴重な情報が得られている。

もし先端の凸レンズを取り去ると光ファイバーにはその開口角（開口数：Numerical Aperture）に入る全てのプラズマからの放射光が入射する。したがって、光ファイバーからの光出力にはプラズマの位置や構造に関する情報が含まれている。この点に着目して検討したところ、プラズマの周囲に軸対称に光ファイバーを配列すれば、プラズマ断面の変形や内部構造が定量的に見積もられることが分かった。しかし、一般にプラズマと光ファイバーの距離は非常に近いため、大きな開口角が必要になる。幸いにも開口角が35 - 60度の光ファイバーが、最近博物館の展示品のライトアップや位置センサー開発のために製造されるようになり、利用可能となった。また、凸レンズを使わない方式は実験装置取り付け部の構造が単純で小型化ができる。そのため取り付けスペースが狭くてすみ、観測の自由度を大きく取ることができる利点がある。

この講演では広い開口角を利用した新しい光ファイバー測定器の原理と実験結果を要約する。内容は次の4項目から構成されている。

(1) 「光出力から求められるプラズマの構造に関する理論式の導出」。セパラトリックス形状や内部構造の摂動振幅が光出力のフーリエ級数表示により表わされる。

(2) 「ループ状蛍光灯（サークライン）を使った開口角の簡便測定」。光源としてサークラインを使い、光ファイバーを近づけると大きな開口角光源となることを利用した測定法である。この方法により、実際に使用する開口角60度の光ファイバーの光出力の入射角依存性が詳しく調べられた。

(3) 「直線状蛍光灯を光源とした模擬実験による理論式の信頼性確認および真空容器壁による反射光測定」。真空容器（透明石英製）の周囲に6本の光ファイバーを設置し、内部に直線状蛍光灯を挿入した。光出力の光源位置依存性を測定し、理論式の適合性を確かめた。実際には容器壁の反射光が解析誤差に含まれるので、容器の有無による光出力の変動量も併せて測定した。

(4) 「磁場反転配位プラズマ計測」。新しい光ファイバー配列の近傍に従来型方式による凸レンズ付光ファイバー配列を置きプラズマ光の同時測定を行った。両者のプラズマの磁気流体的な運動についての解析結果はよく一致し、開口角を利用した測定法の信頼性が確認された。特筆すべきは、同一結果を得るのに必要な光ファイバーの本数が、凸レンズ付光ファイバー方式の6分の1と非常に少ないことである。