

## 磁気リコネクションの高エネルギー電子生成現象の2視点軟X線画像計測 Two-view soft x-ray imaging measurement of high-energy electron production in magnetic reconnection

竹田慎次郎, 向俊光, 蔡雲漢, 田辺博士, 小野靖  
Shinjiro Takeda, Junguang Xiang, Yunhan Cai, Hiroshi Tanabe, Yasushi Ono

東京大学  
The University of Tokyo

マイクロチャンネルプレート (MCP) を用いた軟X線発光計測は、プラズマ診断に広く用いられている。2次元画像計測を用いることで、トーラスプラズマのポロイダル断面全体を1つの視点から観測することができる[1]。本研究では、透過波長の異なる2枚のフィルターを備えた2枚のMCP、2分岐光ファイバー束、高速度カメラを用いて、1) マイクロ秒オーダーの高い時間分解能、2) 制動放射の2つのエネルギーバンド測定を実現するシステムを開発し、トカマク合体時の磁気リコネクションによる軟X線放射の時間変化を測定した。得られた画像にPhillips-Tikhonov正則化とGCV [2]を適用することで、局所的な軟X線発光の2次元分布を再構成し、高エネルギー電子の2次元分布を計測した。また、異なるエネルギーバンドの発光を測定することで、高エネルギー電子のエネルギー分布を推定することが可能となる。

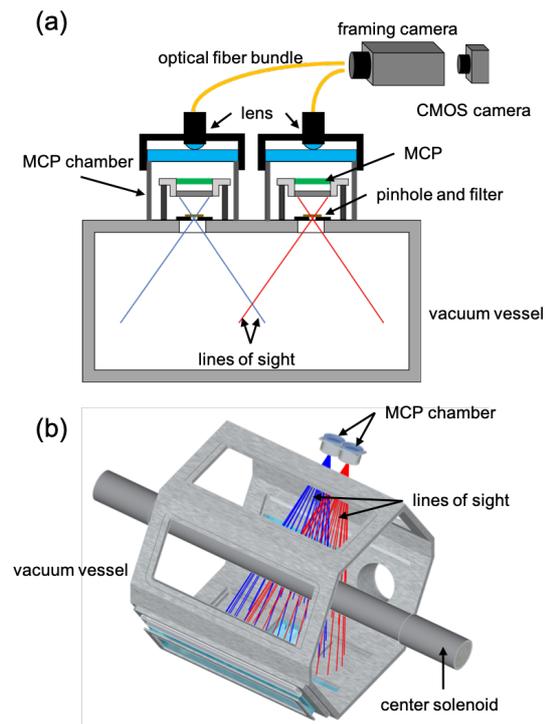
図(a)に示すように、MCPは異なるフィルターで覆われたピンホールを持つ2つの小さな真空容器 (MCPチャンバー) に封入されている。ピンホールを通過した軟X線は、MCPと蛍光体によって可視光に変換される。可視光はレンズを介してファイバー束に集光され、その断面がCMOSカメラ付きフレーミングカメラで撮影される。2本のファイバー束断面を同時に撮影することにより、1台のフレーミングカメラで2つの視点からの発光画像を $5\mu\text{s}$ ごとに、 $2\mu\text{s}$ の露光時間で同時計測することができる。図(b)に示すように、ピンホールを通過した視線は3次元的に広がっているが、トカマクプラズマのトロイダル対称性を仮定することで、単一のポロイダル面に投影される。撮影された画像の各要素の発光強度は、対応する視線に沿った線積分値となる。再構成する領域を格子状の領域に分割し、各格子における局所的な発光強度を $E$  (ベクトル)、各視線に沿った線積分の発光強度 (測

定値) を $I$ とすると、その間の関係は次式で与えられる。

$$I = GE + e$$

ここで、 $G$ は各グリッドに対する各視線の寄与を表す幾何学的な重み行列、 $e$ は残差ベクトルである。

今後は、1) エネルギー分布のより精密な推定、2) 空間分布の3次元再構築のために、視点数の拡大を予定している。



### 参考文献

- [1] T. Onchi *et al.*, *Revi. Sci. Instr.*, Vol.81, No.7 (2010): 073502  
[2] N. Iwama *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, Vol.54, No.6, pp.502-504 (1989)