

LATE 装置におけるマイクロ波球状トカマクプラズマの軟 X 線 CT 計測

Soft X-ray CT diagnostics of microwave spherical tokamak plasmas in the LATE device

出田雄己、打田正樹、梶田竜助、郭星宇、
 吉岡慎太郎、大高航、尾崎祥平、浜口睦宏、田中仁
 Yuuki Ideta, Masaki Uchida, Ryusuke Kajita, et al.

京都大学大学院エネルギー科学研究科
 Graduate School of Energy Science, Kyoto University

1 背景と目的

LATE ではオーミック加熱を用いず、電子バースタイン波加熱・電流駆動 (ECH/ECCD) によって、球状トカマクプラズマを無誘導で立ち上げている。このマイクロ波球状トカマクプラズマでは、プラズマ電流が約 5 kA を越えると、最外殻磁気面から $\sim 100 \mu\text{s}$ の時間スケールでプラズマが噴出する現象が観測されている。噴出現象を伴う不安定性は間欠的に繰り返されており、プラズマの高電流化や高密度化を妨げていると考えられている。このプラズマ噴出を引き起こす不安定性の機構を解明するために、20ch AXUV 検出器列を用いたピンホールカメラ 4 台で構成された軟 X 線 CT システムを構築した。図 1 に 4 台のカメラ (TP, RT, RB, BT) の配置と各視線を示す。本講演ではシステムの詳細、LATE において得られた初期結果について報告する。

2 計測結果

2.45 GHz マイクロ波電力 44 kW を入射し、プラズマ電流を約 8 kA まで立ち上げたプラズマから得られた軟 X 線信号のうち、各カメラの中で信号強度が大きかった ch を代表して 4 つ図 2 に示す。Al-53.1 nm の X 線吸収フィルタを通して 120 mV ほどの軟 X 線信号を計測することができた。1 Ms/s でサンプルした信号は赤色で表しており、 $200 \mu\text{s}$ 幅の算術移動平均で得られた波形を青色で示す。CT 再生像の初期結果はこの青色の信号を用いた。また、本研究では、Phillips-Thikonov 正則化と一般交差検証 (GCV) を用いて画像再構成を行なっている。図 3 に時刻 $t = 227.5 \text{ ms}$ における軟 X 線 CT 再生像と磁気計測から得られた電流分布を示す。CT 再生像から、軟 X 線の発光の強い領域はプラズマ電流の中心付近で、主に最外殻磁気面内に存在していることがわかる。また、水平磁場制御

によりプラズマ電流の中心位置を上 10 cm 変えた放電において、CT 再生像中の軟 X 線の発光の強い領域が電流中心と共に同じように移動することが観測された。ただ、各 ch から得られる計測信号を周波数解析した結果、RB カメラの $\sim 35 \text{ kHz}$ とその高調波にあたる周波数帯、そして BT カメラの $\sim 48 \text{ kHz}$ とその高調波にあたる周波数帯に電気ノイズが含まれていることがわかった。 $\sim 100 \mu\text{s}$ 間の時間変化を調べる際にはこの電気ノイズを除去する必要がある。講演ではノイズ除去の手法及び、得られた結果についても報告する。

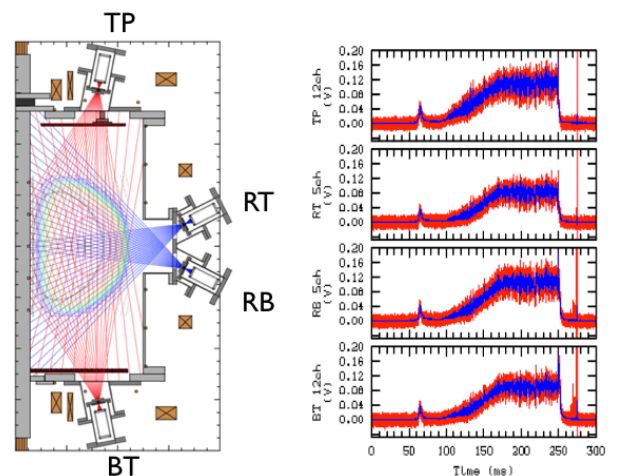


図1: 4台のピンホールカメラの配置と視線

図2: 計測信号

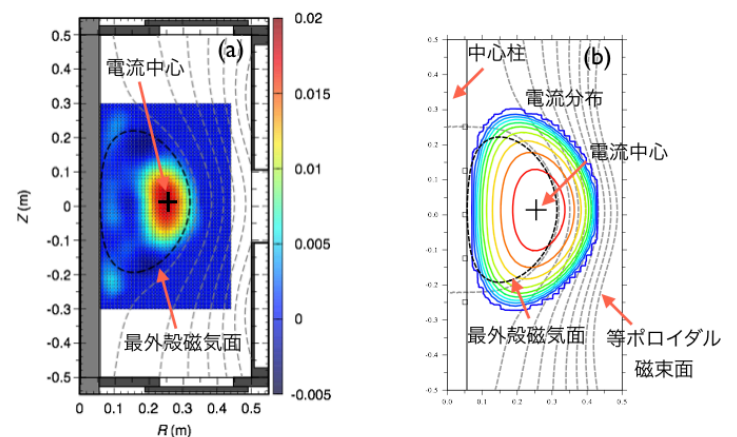


図3: 時刻 $t = 227.5 \text{ ms}$ における (a) CT 再生像 (b) 電流分布