

# 磁気リコネクション実験に最適化された 高精細トムソン散乱計測システムの開発

学生証番号 47136054 氏名 北住 孝太  
(指導教員 小野 靖 教授)

Key Words : Thomson scattering, electron temperature, electron density, magnetic reconnection,

## 1. 研究背景

ITER以降の磁場閉じ込め核融合の磁場配位として、ベータ値が高く超伝導コイルのコストが抑えられる球状トカマク(ST)の研究が行われている。球状トカマクはプラズマ立ち上げの際の誘導電流駆動に必要なセンターコイルのスペースが限られるため、これに代わる初期磁気面立ち上げ法として小野靖研究室では磁気リコネクション現象に注目している。

磁気リコネクションとは図1のように磁力線のつなぎ代わりを通して磁気エネルギーが粒子の運動エネルギー・熱エネルギーに変換される現象で、プラズマ中の電子はX点付近で、イオンはアウトフロー領域で加熱が起ることが分かっているがその詳細なメカニズムは解明されていない。

## 2. 本研究の目的

本研究の目標は磁気リコネクションによる電子加熱機構をトムソン散乱計測系による電子温度・電子密度の2次元分布計測を用いて検証することである。昨年度までの実績では、軸方向3点×径方向3点の9点からのトムソン散乱光を同時計測する2次元トムソン散乱計測システムを構築し、電子温度の算出に成功していた。しかし、2次元トムソン散乱計測システムの径方向空間分解能が100 mmであるのに対し、本研究で使用するプラズマ合体実験装置TS-4の径方向電流シート長は5 cm程度と予想されており、過熱の有無程度しか計測が行えなかった。

この問題を解決するため、凹面鏡による集光システムを採用した新しい1次元高精細トムソン散乱計測システムを構築し、既存システムと同時計測が可能な散乱計測系を構築することで、磁気リコネクション現象に最適化されたシステムの構築を目指した。

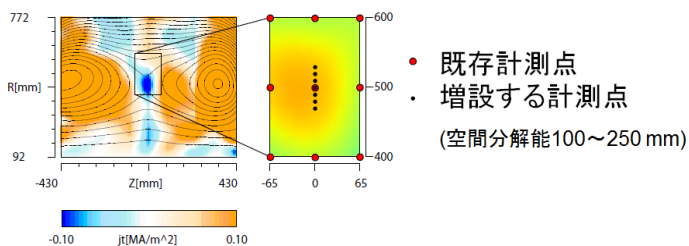


図1: 測定点の増築による計測系の最適化

## 3. 磁気リコネクションに伴う電子加熱の観測

計測点増築を行った新システムを用いて、磁気リコネクション現象の観測を行った。図7に、中心対称軸 $z=0$  mmにおける電子温度の径方向 $r$ 分布を時間発展させた図を載せる。径方向 $r=460$  mmの計測点において15 eV程度の電子加熱を計測することができた。

電流シートの径方向長さは約5 cm程度であり、非常に局所的な加熱であることが分かる。既存の散乱計測系の空間分解能(100 mm)では計測し得ない現象であり、本研究の最適化による功績の1つと言える。

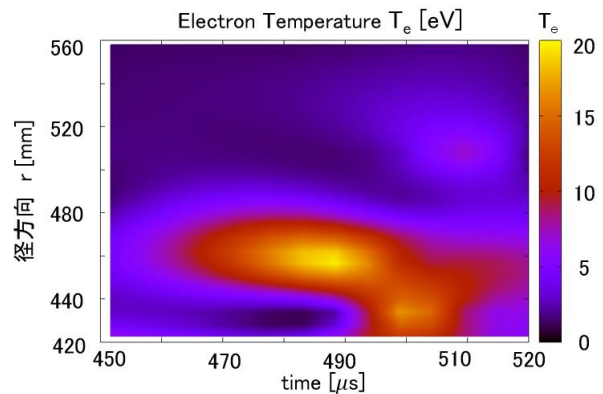


図2: 中心対称軸における電子温度の時間発展

新システムによって計測した電子加熱 $\Delta T_e \approx 14.7$  eV、電子密度 $n_e \approx 7.7 \times 10^{18} \text{ m}^{-3}$ から電子加熱エネルギーを計算したところ $18.1 \text{ J/m}^3$ となり、磁気リコネクションによって散逸される磁気エネルギー量 $\approx 400 \text{ J/m}^3$ に対して3~5%程度が電子加熱に寄与することが確認できた。

## 4. 結論

1.) 磁気リコネクション現象の加熱効果検証において特に重要とされる、電流シート付近に新たに7点の計測系を増設し、現象に最適化された計測系の開発を行った。  
2.) 開発したトムソン散乱計測システムを用いて磁気リコネクション現象を観測した結果、 $z=0$  mm,  $r=460$  mm付近に15eV程度の電子加熱を計測した。空間分解能を向上させたことにより、それまで計測できていなかった電流シートの径方向長さを計測することが出来た。また、散逸された磁気エネルギーの3~5%が電子加熱に寄与していると算出できた。