

【基盤研究(S)】

理工系 (数物系科学)



研究課題名 2次元画像比較を駆使した
超高磁場リコネクションの巨大加熱・加速
の解明と応用開拓

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授 おの やすし
小野 靖

研究課題番号: 15H05750 研究者番号: 30214191

研究分野: プラズマ科学

キーワード: 磁気リコネクション、高磁場プラズマ合体、イオン加速・加熱、電子加速・加熱、2次元画像比較

【研究の背景・目的】

短時間に巨大な加熱・加速を生む磁気リコネクション現象。その謎の多いエネルギー変換機構を、1) ダウンサイズと電源強化によって再結合磁場を高磁場化したトカマク合体実験、即ちリコネクション加速・加熱が十分大きく、損失を無視できるクリアな実験によって解明する。2) イオン温度、電子温度・密度、磁場、電場の2次元高精細画像計測を開発し、3) 初めて粒子シミュレーション、太陽・磁気圏観測と実験を直接2次元画像で比較する。独自成果に基づく高磁場化と独自の2次元計測に加え、実験・観測・計算の緊密連携で世界をリードする。エネルギー変換の有力候補: アウトフロー加速、ショック加熱、負電位井戸への静電加速等のイオン加速・加熱、オーム加熱、波乗り加速等の電子加速・加熱を解明し、実験・観測のスケール差を超えた統一理解を得ると共にリコネクション加熱の応用を開拓する。

【研究の方法】

移設・新設で容量アップした電源を小サイズの高磁場コイルに適用し、小サイズだが高磁場のトカマク合体を実現し、加熱に対し損失が無視できるクリアカットなリコネクション加熱実験を実現する。リコネクション加熱の再結合磁場依存性について3桁程度の比例則へ延長し、2次元ドップラー型イオン温度・流速画像、2次元トムソン散乱の電子温度・密度画像、プローブによる2次元磁場・電場の画像計測を完成する。多数の視線に沿ったライン光の積分値を各波長で特殊な逆変換を行い、局所のスペクトルに直して2次元イオン温度・流速を算出し、2

次元トムソン散乱は、2次元平面内でレーザを往復反射させて、時間遅れのある各点の信号を1次元分の分光器で計測する独自のなものである。10を超える加速・加熱機構を検証し、A) MHD的解釈、B) 運動論的解釈、C) 非熱的粒子加速の相互関係と全体像を明らかにする。実験室で得た2次元画像を、粒子シミュレーション、太陽コロナ・彩層の観測画像と直接比較し、共通する謎: A) 磁気エネルギーの2割に匹敵する巨大加熱、B) 局部的にイオンや電子に偏った加熱、C) 熱平衡を外れた高エネルギー粒子発生を解明し、分野間のスケールギャップをできるだけ埋めた一貫性ある学理を求め、最後に巨大で急速な加熱・加速の応用を図る。

【期待される成果と意義】

更なるテストが行われる再結合磁場の2乗に比例するリコネクション加熱比例則によって、1) 装置を高磁場化すれば高温・低損失を実現でき、損失項が影響しないクリアカットなリコネクション加熱実験がはじめて実現できる。2) 加熱物理パラメータを初めて全て2次元画像計測し、提案された多くの加熱・加速機構を検証できる。3) 室内実験の2次元計測画像を直接、太陽衛星観測や粒子シミュレーションとはじめて2次元画像比較することで、共通する謎: 巨大イオン加熱、局所電子加熱、高エネルギー粒子生成を解明できよう。4) 異分野間の画像比較は、スケール差があっても広範囲で一貫性のあるリコネクション加熱物理を導き、世界をリードする独自の実験研究を打立てる意義がある。5) スケール融合された一貫性のあるリコネクション加熱・加速物理を目指す点も独創的であり、6) 応用開拓も、まず核融合プラズマの急速加熱等が期待できる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Y. Ono et al., Plasma Phys. Controlled Fusion 54, 124039 (2012)
- Y. Ono et al., Physical Review Letters 107, 185001 (2011),
- 小野靖: パリティ 28, pp.14-15, (2013).

【研究期間と研究経費】

平成27年度-31年度 153,900千円

【ホームページ等】

<http://tanuki.t.u-tokyo.ac.jp/kibanS/ono@k.u-tokyo.ac.jp>

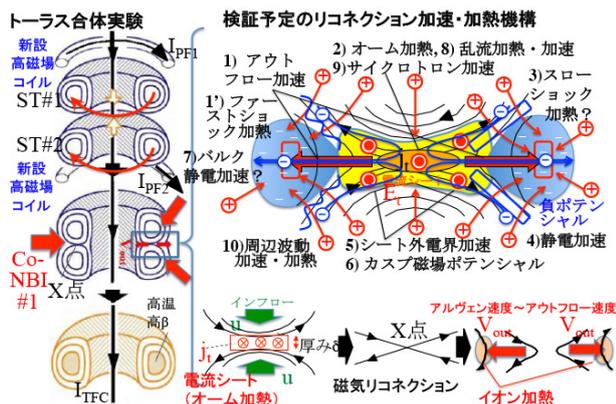


図1 トラスプラズマ合体実験(左)とそれを用いて検証予定の磁気リコネクションの粒子加速・加熱機構(右)