

高ベータ・高自律系プラズマの物理

Physics of highly autonomous high beta plasma

高瀬 雄一 [1]

Yuichi Takase[1]

[1] 東大・新領域・複雑理工

[1] Frontier Sciences, Univ. Tokyo

<http://fusion.k.u-tokyo.ac.jp/>

自然科学研究機構の分野間連携による国際的研究拠点形成事業による補助を受け、球状トカマク (ST) を用いた高ベータプラズマの物理研究を行う。日本における ST 研究は、全日本 ST 研究計画として再編成され、大学等の研究者より成る全日本 ST 研究グループが中心となり、日本国内の連携のほか、英国カラム研究所の MAST グループ、米国プリンストンプラズマ物理研究所の NSTX グループ、MRX グループと協力して研究を進める。MAST および NSTX は日本にはないプラズマ電流 1 MA 級の装置で、より高温で低衝突周波数領域の高ベータプラズマの生成が可能である。このようなプラズマでは自発電流が支配的となり、自律性の高い状態が実現されるため、複雑系の典型例となる。そのような状態を理解し、制御法を開発することは核融合炉実現のために重要であるばかりでなく、他分野への波及効果も高い。具体的には、MAST においてはプラズマ合体による高ベータ ST プラズマ生成、磁気リコネクション、ダイバーターおよび周辺プラズマの物理、NSTX では高自発電流の高ベータプラズマの自律性、構造形成に関する研究、そして MRX では基礎的なリコネクション実験をテーマに研究協力を行う。一方、日本ではより小型だが特徴ある装置で、超高ベータプラズマ、超長時間プラズマ、新電流駆動法開発等に焦点を絞り、将来の選択肢を広げる研究を行う。上述のような複雑系科学への波及の可能性のほか、この研究の中で予定されている磁気リコネクションの物理過程の解明を目指した研究は宇宙・天体物理と共通の課題であり、近年急進展している実験室天文学としても貴重な貢献ができるであろう。今まで実現されていない高磁気レイノルズ数、かつ高ベータのプラズマにおけるリコネクション実験を通じて、未知のエネルギー変換や異常抵抗、高速リコネクション機構、ショック形成といった物理課題の解明が可能となり、太陽、天体、地球磁気圏における宇宙プラズマの広い分野への重要な貢献が期待できる。また、このような知見を高ベータプラズマ核融合に取り込むことで、分野横断的な研究の広がりが大いに期待できる。

米国の NSTX や MRX とは、これまでも日米科学技術協力事業を活用した研究協力が活発に行われてきたが、今後は英国の MAST との研究協力を強化する予定である。特に東京大学およびカラム研究所双方で行われている ST プラズマの合体立ち上げについて研究協力を開始する合意が得られた。カラム研究所の MAST, START の合体立ち上げ中のリコネクションに着目すると電流シートに特徴的な密度分布や加熱の兆候がみられるものの、本格的なデータの再解析と追実験が必要である。また、今後の方向性としてダブルヌル配位によるダブル ST 生成が必要であるが、本来の目的である壁から隔絶された X 点部でのプラズマ生成やその最適化もまだ行われておらず、今後の課題であることがわかっている。また、ST プラズマで自発的に起こる、リコネクションを伴う不安定性のダイナミクスを解明するため、計測の研究協力も予定されている。