

ユニットテーマ提案書

1. ユニットテーマ

トロイダルプラズマの輸送研究による閉じ込め概念の一般化

2. 提案者（氏名・所属）

田中謙治・核融合科学研究所

3. テーマと研究内容の概要

トカマク、ヘリカルなど閉じ込めシステム固有の理解を超えた輸送の包括的理解を目指すために核融合研究で重要な二つのテーマを掲げる。一つは核融合炉と同等条件下における輸送物理の研究である。二つ目は閉じ込め磁場配位の最適化に関する研究である。第一のテーマは、核融合炉と同等の条件を達成できる JT-60SA を主な研究プラットフォームとする。核融合炉の特徴は高速イオンによる電子加熱である。電子加熱下で近年見出されているイオン温度上昇の制限、および高速イオンとバルクプラズマの相互作用の研究に取り組む。この研究テーマにおいては、必要に応じて他のトカマク装置、LHD 0.5T での実験を相補的に行い、将来的には ITER における物理実験参加も目指す。

閉じ込め磁場配位の最適化に関する研究は LHD と W7X の輸送に関する比較研究を第一に行う。次の段階として他のヘリカル/ステラレーターおよびトカマクとの比較研究を行う。両研究テーマともに実験、理論シミュレーション双方において取り組む。また、乱流駆動輸送だけでなく、新古典輸送および乱流駆動輸送と新古典輸送の相互作用についても取り組む。

4. 位置づけ

今までの LHD の研究はヘリカル/ステラレーターの範囲内に囚われており、LHD の研究は個別に優れた成果があるものの、トロイダルプラズマ輸送研究における存在感が小さい。これは多くの研究がヘリカル系特有の現象についての研究であること、および、研究内容がトカマクで行われている研究のトレンドとずれていることが理由である。このような背景において、本ユニットでは、トカマク、ヘリカルの垣根を取り払い、一研究者が双方の研究に参加することにより、トロイダルプラズマにおける輸送の総理解に取り組む。しかしながら、本ユニットの研究は必ずしも現在のトカマクのトレンドに従うのではなく、高速イオンによる電子加熱下の輸送という新たな研究のトレンドを作り出すことを目指す。

次世代ヘリカル/ステラレーターにおける最適磁場の追求は現在のところ主に理論主導で行われている。LHD、W7X という核融合運転条件に比較的近い運転パラメータを実現できる 2 大ヘリカル装置における比較研究を行うことにより、多くの最適化候補においてどの方針が重要であるかについての実験的知見を得ることができる。

5. 研究の方法

2ページ以内で記述し、10.5pt・行間1行を使用してください。青字の注意書きは削除してください。

研究のプラットフォームとなる JT-60SA では電子サイクロトロン共鳴加熱や負イオン源中性粒子ビーム加熱が整備される。よって、核融合炉の特徴である電子加熱下におけるイオン熱輸送研究、および高速イオンと乱流揺動の相互作用について研究を行うのに最適である。また、現在、JT-60SA において、申請者は LHD で実績を積んだ二次元位相コントラストイメージングを用いた乱流揺動の開発を EuroFusion と進めており、国際的な共同研究を始める環境をととのえている。W7X との比較研究もすでに開始しており、本ユニットにおける研究でさらに発展させることができる。0.5T LHD ではアルフベン速度が下がるため、高速イオンにより励起される MHD 不安定性がより強く励起され、これらの MHD 不安定性を介した乱流揺動への影響および高速イオンと乱流の直接的な相関を研究するのに適している。

また、乱流輸送と、新古典輸送の相互作用は、最近理論シミュレーションで報告されているが、実験結果の検証はまだ行われていない。これらの知見は新古典輸送の寄与が大きいヘリカルだけでなく改善モードで乱流駆動輸送の寄与が小さくなったトカマクにおける輸送の理解にも貢献する。

LHD 実験実施期間中は積極的に W7X との比較実験を行い、LHD 実験終了後は LHD における取得済みのデータと同等なパラメーターでの実験を W7X で行う。

さらには、他分野との連携により物理的知見を一般化することを目指すとともに、高温プラズマの計測、解析手法の適用範囲を拡大し、研究手法を軸とした学際的な取り組みを試みる。一般化を目指した他分野との連携は他分野の学会、研究会に参加するなど情報収集することから始める。

6. 自己評価

1) 未来志向であること

今後重要となる核融合同等条件下での研究に取り組む。次世代のヘリカル/ステラレーター研究に取り組むなど未来志向である。

2) 目標を具体的に示していること

電子加熱下での輸送の物理機構を解明したうえでイオン温度の向上を目指すことが目標であり、イオン温度を達成度として明確な目標にすることができる。乱流計測を研究の主軸にしているため、高速イオンと乱流の相互作用についても直接的なデータを取得できる。

LHD、W7X という大型装置で同等条件下での比較を進め、この比較で抽出できる知見を獲得することを目指す。この知見を磁場配位最適化の理論研究に反映させ、説得力のある最適化方針を示す。

3) 10年後に学術界に輝くテーマに育つこと

核融合研究でトカマク、ヘリカル等の閉じ込め配位の枠を超えたトロイダルプラズマの研究における包括的な理解を目指す研究である。さらには、物理量の閉じ込めについて、それを阻害する要因の因果関係を明らかにすることにより一般的な概念に昇華させることを究極の目標とする。また、計測、解析手法の一般化により他分野との学際的な連携を推進する。

4) 多様な「個人のテーマ」を包摂できること

実験と理論の双方を含む。乱流駆動輸送と新古典輸送の双方を含む。輸送だけでなく、高速イオン励起モードなど MHD 研究も含み、幅広い核融合学術研究の広がりを持つ。