

# 磁場閉じ込めトロイダルプラズマにおける輸送の非局所応答

## *Nonlocal Response of Transport in Magnetically-confined toroidal plasmas*

田村 直樹

自然科学研究機構 核融合科学研究所

*Naoki Tamura*

*NIFS, NINS*

*ntamura@LHD.nifs.ac.jp*

磁場によって閉じ込められた高温プラズマの密度や温度などの分布は必然的に不均一になるために不安定性が生じる。この不安定性によりミクロスケールな揺動が生み出され、その結果、乱流輸送が発生する。そのため乱流輸送の普遍的理解は、核融合プラズマ研究の最重要課題の一つとなっている。乱流輸送に対するこれまでのアプローチは、「局所輸送」の考え方が基本であった。すなわち、輸送(拡散)現象の基本法則であるフィックの法則(粒子拡散)やフーリエの法則(熱伝導)などで規定されているように、着目している空間点の流束と勾配の一意的関係を拠所とした輸送係数やその勾配で規定される乱流スペクトルを調べようとする考え方である。定常状態ではこの一意性が近似的によく成立したこともあって、プラズマ中の様々な物理量の輸送に関する研究がこの「局所輸送」の考え方を軸に進められてきた。しかし、過渡的な変化に対する輸送の応答を調べる研究が進展するにつれて、単純な局所輸送モデルでは説明できないような現象、すなわち非拡散的時間応答を示す現象が多々観測されるようになった。その好例としてよく挙げられるのが、水素ペレットや不純物ペレットなどをプラズマへ入射してプラズマ周辺部を瞬間的に冷やすとほぼ同時に遠く離れたプラズマ中心部の電子温度が上昇する現象、いわゆる非局所輸送現象である。同現象は、米国の TEXT トカマクにおいて初めて見出された後、大きなプラズマ電流があるトカマクプラズマにおいてのみ観測されていたが、近年核融合研の大型ヘリカル装置(LHD)、つまり無電流のヘリカルプラズマにおいてもその発現が見出された。このことから、非局所輸送現象が電流に依存しない磁場閉じ込めトロイダルプラズマにおける普遍的現象であることが明らかとなった。この他にも、LHD 実験により非局所輸送現象に関する新しい知見が数多く得られている。例えば、同現象が発現するプラズマの中心部の熱流束と周辺部の温度勾配の間に強い非局所相関関係、すなわち輸送のエッジ-コア結合が存在していることが明らかとなった。また、その時、電子温度揺動においてプラズマサイズと同程度の相関長を持つマクロスケールの揺らぎ構造が存在していることも明らかとなった。さらに、確率統計的手法を用いることで、非局所輸送現象発現時の電子熱輸送の変化の空間構造が明らかとなった。

本講演ではこれらを詳しく紹介するとともに、磁場閉じ込めトロイダルプラズマにおける輸送の非局所性の重要性についても述べる。