

01aB25P

## ヘリカルプラズマの新古典輸送と異常輸送解析

## Neoclassical and Anomalous Transport Analysis in Helical Plasma

大西 工 山崎耕造 庄司多津男 有本英樹  
名大院工

Takumi OHNISHI, Kozo YAMAZAKI, Tatsuo SHOJI, Hideki ARIMOTO

Department of Energy Engineering and Science, Nagoya University

核融合研究においてプラズマ閉じ込めの解明と改善は重要な課題である。そのプラズマ閉じ込めの性能を著しく下げているのが磁場リップルによる新古典輸送やドリフト乱流による異常輸送などの輸送現象である。この輸送現象を解析するにはヘリカルプラズマの場合、3次元的なヘリカル磁場リップル効果について考慮した粒子、熱輸送現象を考えなければならない。そのため3次元磁場構造を考慮に入れて新古典輸送係数を計算することができる輸送解析コード(TOTAL code)を用いて解析を行っている。

今回、LHD 磁場配位をベースに輸送現象における新古典輸送の効果(ヘリカルリップルの効果)の有無について、ドリフト波乱流(DWT)を異常輸送モデルとして用いて比較、検討を行った。低密度で10keV 近くの高い電子温度が得られるEHC 放電の例を解析した。ここで、密度は図1のような実験値の分布を用いて解析を行った。図2を見ると、入力加熱パワー $P_{\text{in}}$  が小さいときには新古典輸送効果がない場合のほうがある場合の中心電子温度を上回った。しかし、入力加熱パワー $P_{\text{in}}$  を上げていくと新古典輸送の効果がある場合もない場合も中心電子温度がほぼ同じ値になった。これは  $P_{\text{in}}$  が小さいときには熱輸送現象に新古典輸送効果が効いているので、その効果がある場合とない場合に差が現れたと考えられる。反対に今回のモデルでは、 $P_{\text{in}}$  が大きいときには熱輸送の新古典輸送効果よりも異常輸送効果のほうが熱輸送現象に効いているため新古典輸送効果の有無による変化がほとんど見られないという結果であった。ここで、電子とイオン温度変化は次のエネルギー流体輸送方程式

$$\frac{\partial(n_e T_e)}{\partial t} = -\frac{1}{V'} \frac{\partial}{\partial r} \{V' Q'\} + \frac{n_e}{m_i} \frac{n_e}{\tau_c} (T_e - T_i) - P_{\text{rad}} + P_{\text{ohm}}$$

$$\frac{\partial(n_e T_i)}{\partial t} = -\frac{1}{V'} \frac{\partial}{\partial r} \{V' Q'\} + \frac{n_e}{m_i} \frac{n_e}{\tau_c} (T_e - T_i)$$

をもとに計算している。この上式は電子の、下式はイオンのエネルギー流体輸送方程式を表している。ここで、上式の右辺の  $P_{\text{rad}}$  は放射損失パワー、 $P_{\text{ohm}}$  は入力加熱パワーである。ECH 入力加熱パワーは全て電子の加熱に使われるので、イオン温度は電子との衝突による熱交換で加熱される。このとき電子温度の上昇に伴って衝突周波数  $\nu_{ei}$  が  $T_e^{-3/2}$  に比例して小さくなるため、入力加熱パワーが上がるにつれてイオン温度は下がっていると予測される。

今後の計画としては新古典輸送については結果の考察をし、 $\chi$  の分布について比較、検討していく。また異常輸送についても解析し、その結果をポスターで報告する予定である。

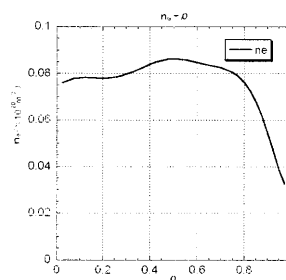
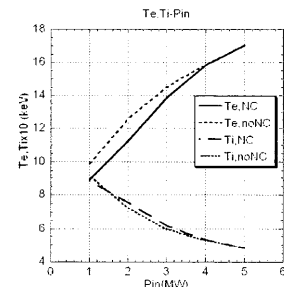
図1  $n_e$  の空間分布

図2 電子温度、イオン温度と入力パワーの関係

01aB26P

## LHD における粒子、エネルギー輸送の考察

## Examination on particle and energy transport in LHD

山岸統, 横山雅之, 田中謙治, マイケルクレイブ, 村上定義

NIFS, 京大工<sup>2)</sup>O.Yamagishi, M.Yokoyama, K.Tanaka, C.Michael, S.Murakami<sup>2)</sup>

NIFS, Kyoto Univ.

LHD における新古典、異常輸送による粒子、エネルギー輸送を調べる。新古典輸送は、低衝突  $1/\nu$  を仮定したバウンスアベレージコード、GSRake を用いて評価し、異常輸送はジャイロ運動論コード GOBLIN による準線形フラックスにより評価する。

定常状態での粒子、エネルギー輸送方程式と、上記のフラックスを考慮することにより、定常状態の密度、温度分布との対応を考えることができる。粒子輸送方程式、 $\partial n / \partial t + \nabla \cdot \Gamma = S$  において、定常状態 ( $\partial / \partial t = 0$ )、かつガスバンププラズマを考えると粒子源がプラズマ周辺部に局在している場合、コア領域では径方向フラックス  $\Gamma_r = 0$  となる。これは新古典、異常輸送フラックスの両方を含んでいる。 $1/\nu$  領域では新古典フラックスは温度勾配に比例する部分が密度勾配に比例する部分に対して十分支配的な正の(外向きの)寄与をすることを解析的に示すことができる。従って、もし十分大きな新古典フラックスが存在するならば、異常輸送は定常粒子バランスを満たすために負でなければならない。

図では固定した幾つかの温度勾配長における、準線形異常輸送フラックスの密度勾配長 ( $1/L_n = -dn/ds/n$ ,  $s$  は規格化トロイダルフラックス) 依存性である。これは静電 ITG モードによって駆動されたものである。これから分かるように、異常輸送粒子フラックスは強い密度勾配依存性をもち、大きな正の密度勾配において正のフラックスとなり、小さな正または負の密度勾配長に対して負のフラックスを与える。従って定常状態を得るためには、もし新古典フラックスが十分大きな正ならば、絶対値の十分大きな負のフラックス、すなわち負の密度勾配長が必要になる。負の密度勾配長は密度分布としてはホローなものに対応する。これは LHD における低密度実験において観測される密度分布とコンシステントであり、このようなダイナミクスが定常分布を決めるのに大きな役割を果たしていることを示唆している。

同様にエネルギー輸送方程式についても考察が可能と考えられる。しかし粒子の場合と異なり、エネルギーソースは通常プラズマコア領域にデポジットされ、また準線形エネルギーフラックスはイオン、電子に関して異なることが予想されるため、考察はより困難になる。ポスターではこれについても考察を試みる予定である。

