

## 乱流輸送における分布緩和とエントロピーダイナミクス

京大エネ科 岸本泰明, 今寺賢志, 宮田翔, P. Hilsher, 李継全

Profile relaxation and entropy dynamics in turbulent transport

Kyoto Univ. Y. Kishimoto, K. Imadera, S. Miyata, P. Hilsher, J.Q. Li

トカマクを中心とした核融合プラズマでは、イオン温度勾配 (ITG) や電子温度勾配 (ETG) などを自由エネルギー源とした乱流に伴う緩和過程を通して様々な分布が形成される。それらの緩和過程は揺らぎの特性に強く左右されるが、中でも、乱流の径方向の特性長は重要である。大域的な温度分布を取り入れたトーラス配位の ITG 乱流シミュレーションおよび輸送方程式の多時間・空間スケール展開に基づく理論に基づいて、“自己相似緩和” および “自己形成臨界” の考え方が提案されている [1]。これは、任意の摂動を有する温度分布  $T_0(r) + \delta T(r)$  は、揺らぎの実効的な相関長  $\ell$  の領域 (半径) に渡って、速い時間スケール  $t_0$  で揺らぎの自由エネルギーを極小化する関数形状  $T_0(r)$  に緩和するとともに ( $\delta T(r) \rightarrow 0$ )、その関数形状を保持しながら、速い時間スケール  $t_1$  で、スケール長  $L_T(t_1) = \partial_r \ln T_0(r, t_1)$  を変化させながら臨界勾配に漸近するというものである。例えば、自由エネルギーが  $\varepsilon_T \equiv R/L_T$  で定義される密度分布一定の ITG 乱流では、指数関数的な温度分布  $T \sim \exp(-r/L_T)$ 、自由エネルギーが  $\eta_i \equiv L_n/L_T$  で定義される  $\eta_i$  乱流では、与えられた密度スケール  $L_n$  に対して  $\eta_i$  を空間的に一定にするように  $L_T$  とそれに対応する温度分布が臨界勾配の近傍で形成される。従って、密度分布がガウス関数の場合にはガウス関数の温度分布が形成される。また、このような強い制約を受けた分布の臨界勾配分布からの変位は外部入力によって決定される。

文献 [1] では帯状流が考慮されていないことから、帯状流レベルの低い ETG 乱流に対して成立することが予測される。一方、ITG 乱流では帯状流によって乱流の径方向の相関長が短くなることから、これらの理論・シミュレーションを帯状流の効果を取り入れる必要がある。本研究では、スラブ配位のジャイロ運動論モデルに基づく Vlasov シミュレーションを行い、Bolzemann エントロピーを指標関数として、グローバルなエントロピーバランス方程式を導き、帯状流の発生がエントロピー生成や特徴的な分布緩和過程に与える影響について議論する。

[1] Y. Kishimoto et al., Physics of Plasmas 3, 1289 (1996)