

粒子ソース変調を加えた直線プラズマの乱流シミュレーションによる
抵抗性ドリフト波乱流の動的応答

**Dynamical response of resistive drift wave turbulence in turbulent
simulation with particle source modulation in cylindrical plasmas**

佐々木真^{1,2}, 糟谷直宏^{1,2}, 伊藤公孝^{2,3}, 矢木雅敏^{2,4}, 伊藤早苗^{1,2}

SASAKI Makoto^{1,2}, KASUYA Naohiro^{1,2}, ITOH Kimitaka^{2,3}, YAGI Masatoshi^{2,4},
ITOH Sanae-I.^{1,2}

¹ 九大応力研, ² 九大伊藤極限プラズマ研究連携セ, ³ 核融合研, ⁴ 原子力機構

¹RIAM Kyushu Univ., ²Itoh Research Center for Plasma Turbulence, Kyushu Univ.,
³NIFS, ⁴JAEA

近年、プラズマの動的挙動に着目した研究が進展し、乱流研究が新しい段階へと進んでいる。改善閉じ込め状態への遷移研究では、乱流と流れのダイナミクスの観測がなされ、非線形力との因果関係の実測も進んでいる [1]。また、外部摂動に対する乱流の動的応答から、乱流と輸送の因果関係が明らかにされてきて [2]。直線型プラズマにおける実験では、乱流の詳細な非線形過程の観測が可能であるため [3]、乱流の動的挙動の理解への寄与が期待される。外部摂動に対する乱流応答の観測も始まっており、乱流シミュレーションによる現象の予測が重要である。そこで本研究では、直線型プラズマにおける乱流の動的応答を模擬するシミュレーションを行い、乱流と流れの持つ時定数や非線形力との因果関係を明らかにする。

Numerical Linear Device (NLD) を用い、直線型プラズマの抵抗性ドリフト波乱流シミュレーションを行った。このコードは Hasegawa-Wakatani 方程式に、電子の磁力線方向速度場の方程式を組み合わせた拡張モデルを基礎としており、イオン-中性粒子衝突による流れの減衰効果も導入されている [4]。粒子ソースを与え、3次元乱流の非線形飽和状態を自己無頓着に計算する。粒子ソース強度を変えると密度勾配が変化し、乱流状態の分岐が見られる。粒子ソース強度を大きくしていくと、ストリーマが支配的な状態からフルート構造が支配的な状態へと遷移する。さらに強度を増加させると帯状流が支配的となる。ストリーマ、フルート構造は輸送を増長させる乱流構造であり、これらが支配的な場合、粒子ソース強度を大きくしても密度勾配の変化が弱い。一方で帯状流が支配的な場合では、密度勾配は粒子ソース強度とともに大きくなる。このように乱流状態の分岐に伴い、プラズマの輸送特性の変化が観測された。この輸送特性変化が見られる粒子ソース強度近傍において、粒子ソース強度を時間的に変調させた時の乱流と帯状流の動的応答を調べた。乱流、帯状流はともに乱流自己相関時間程度で変化する様子が観測された。また、非線形力の応答を解析することで、帯状流エネルギーと磁場方向非線形性との間に強い相関が見られた。

[1] T. Kobayashi, et al., Phys. Rev. Lett. 111, 035002 (2013).

[2] S. Inagaki, et. al., submitted to Phys. Rev. Lett.

[3] T. Yamada, et. al., Nature Phys. 4, 721 (2008).

[4] N. Kasuya, et. al., Phys. Plasmas 15, 052302 (2008).