

02Aa08

中性粒子を含むドリフト波乱流における最小エンストロフィー流 Minimum enstrophy flows in drift wave turbulence with neutral particles

小菅佑輔^{1,2}、青木大輔³
Y. Kosuga^{1,2}, D. Aoki³

1. 九州大学応用力学研究所 2. 九州大学極限プラズマ研究連携センター 3.九州大学総理工学府
1. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, 2. Research Center for Plasma Turbulence, Kyushu University, 3. Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu University

プラズマと中性ガスが共存するような系は様々な問題に現れる。星が形成される原始惑星円盤ではガスの降着が重要となり、プラズマとの相互作用から磁場の影響がガスの降着へと足跡を残す[1]。核融合プラズマにおいてもプラズマと中性ガスの相互作用は特に周辺領域において見られる[2]。プラズマと中性ガスが周辺状態を決め、それにより閉じ込め領域の炉心プラズマに影響を及ぼす。プラズマと中性ガスの結合系の物理過程に対する理解を深めることは様々な問題への応用が考えられる重要問題である。

プラズマと中性ガスが共存するような状態は、基礎実験では容易に実現される[3]。これらの実験の中から、中性ガスの分布や流れが、プラズマ中の構造形成に影響を与えることが報告されている。特に中性ガス圧を変えることにより、プラズマ中に渦構造が形成される。渦巻型の構造や三つ子渦などの様々な構造が形成され、これらの実験から中性粒子がプラズマ中の構造を決める重要なパラメータとなることが期待される。これらの知見を取り入れることで、プラズマ中に形成される様々な流れ構造、特に核融合プラズマへの応用が期待される帯状流などの構造の励起を制御できる可能性が考えられる。その実現性について検討を進めるためにも、磁化プラズマにおいて、プラズマとガスが共存するような場合における流れ構造の形成機構を明らかにすることが重要となる。

先行研究[4]では、プラズマとガスが共存する場合の基本方程式系が導出され、それらの方程式の定常解として渦度構造が再構成されている。その一方で、方程式系から示唆されること

として、磁化プラズマで報告されている揺動の準2次元の性質が保たれていることがある。この性質に着目すれば、定常状態でプラズマが取り得る構造について物理的性質に基づき絞り込むことが可能となる。

本講演では、プラズマとガスが共存する系において、準2次元の性質を反映した流れ構造の形成について報告する[5]。これらの系では、エネルギーとエンストロフィーが保存される。さらに、エンストロフィーが順カスケードを起こし、より強く散逸されることから、最終状態をエンストロフィーが最小化される状態として構成する。最小エンストロフィー状態では、実効的な渦度とポテンシャルが比例するという性質について説明し、これらの制限を満たす会から流れ構造を求める。流線が閉じた渦度として単極渦や双極渦、三つ子渦が形成され得ることを示す。周方向に対称性を持つ流れ場について解析を進めた結果について報告する。典型的な空間スケールとして、惑星乱流のRhines scale に対応するスケールが出現する。中性粒子圧力を変化させることにより、この空間スケールが変化する。中性粒子制御により、流れ分布やシアについて制御できる可能性について議論する。

- [1] P.J. Armitage *Annu. Rev. Astron. Astrophys.* **49** 195 (2011)
[2] S. Krasheninnikov et al., *Phys. Plasmas* **23** 055602 (2016)
[3] A. Okamoto, et al., *Phys. Plasmas* **10** 2211 (2003)
[4] J. Vranjes, et al., *Phys. Rev. Lett.* **89** 265002 (2002)
[5] Y. Kosuga, et al., *Plasma Phys. Control. Fusion* **62** (2020) 105002