

静電乱流におけるエントロピーカスケード検証のための
Ring Ion Velocity Distribution Function Probeの開発
 Development of Ring Ion Velocity Distribution Function Probe for Verification of
 Entropy Cascade in 2D Electrostatic Turbulence

河森 栄一郎、林家玄
 Eiichirou Kawamori, Chia Hsuan Lin

台湾國立成功大學
 Institute of Space and Plasma Sciences, National Cheng Kung University, Taiwan

Schekochihinらによって理論的に予言され¹、ジャイロ運動論的シミュレーション²と実験³によって検証が行われてきた、磁化プラズマ静電乱流におけるエントロピーカスケードを、イオン速度空間における分布関数の揺動計測から検証することが本研究の目的である。具体的には、Ring-averaged ion velocity distribution function (RIDF), $g(v_{\perp})$, の揺動の、実空間波数スペクトル及び、速度空間ハンケルスペクトルの導出が計測ターゲットである。このエントロピーカスケードは、イオンジャイロスケールの静電ポテンシャル揺動により分布関数の速度空間における相関が崩れる「非線形位相混合」により引き起こされる。Ref. 3の実験では、実空間波数スペクトル計測からエントロピーカスケードを検証した。今回、速度空間-実空間における分布関数の相関の崩壊を計測する。図1は開発したRIDF-probe (RIDFP)の概略図と写真である。RIDFPは静電型イオン運動量アナライザーで、ジャイロ半径による弁別でイオンの $g(v_{\perp})$ を計測し、そのハンケル変換から速度空間における揺動スケールを評価する。磁場垂直方向に2台のRIDFPを設置することにより実空間波数スペクトルも計測する。RIDFPとターゲットプラズマ間に電位差が生じないように、RIDFP筐体の電位はエミッシブプローブ(EP)で計測する空間電位(V_s)に高速追従する。

This research aims at experimental verification of a cascade of entropy^{1,2} in two-dimensional electrostatic turbulence of magnetized plasma by measurement of the velocity space structure of ions in a laboratory plasma experiment³. Specifically, evaluation of a scaling law $E_g(p) \propto p^{-4/3}$ deduced from a dimensional analysis with the gyrokinetic equations¹ is set as a goal, where E_g and p are the power spectrum of fluctuation of $g(v_{\perp})$ (ring

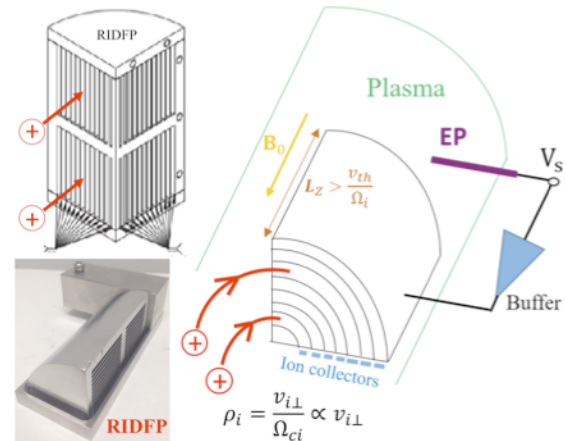


Fig. 1 Schematic of RIDFP. Velocities of ions collected are discriminated on the basis of their orbit. The potential of the RIDFP body is automatically adjusted to the space potential to prevent formation of sheaths.

averaged ion distribution function at a fixed guiding center) and the wavenumber in the velocity space, respectively. To this end, we have been developing a novel diagnostic system of $g(v_{\perp})$ named as ring-averaged ion distribution function probe (RIDFP), which achieves momentum selection of incoming ions by selection of the ion Larmor radii. Another key idea applied to RIDFP is nullification of a potential drop (sheath) between the body of RIDFP and a target plasma, which causes deviation of ion orbits from undisturbed gyro orbits. To that end, we employ an external control of potential of the chassis of RIDFP with a feedback system with an emissive probe (Fig. 1). The sensor head of RIDFP was designed through numerical ion orbit calculations. The calculations show that the final design of the sensor head has ability of reconstructing ion velocity distribution function with an error of $\sim 40\%$ at maximum.

1 A. A. Schekochihin, et al., Plasma Phys. Controlled Fusion **50**, 124024 (2008).

2 T. Tatsuno, et al., Phys. Rev. Lett., **103**, 015003 (2009).

3 E. Kawamori, Phys. Rev. Lett., **110**, 095001 (2013).