

直線プラズマ装置 PANTA におけるプラズマ揺動の相関長の観測 Observation of correlation length of plasma fluctuations in PANTA

垂水智哉^a, 稲垣滋^{b,c}, 永島芳彦^{b,c}, 藤澤彰英^{b,c}, 糟谷直宏^{b,c}, 小菅佑輔^{b,c}, 山田琢磨^{c,d},
佐々木真^{b,c}, 小林達哉^e, 山崎広太郎^b, 金史良^a, 神崎智継^a, 挾間田一誠^a, 湊良祐^a,
伊藤公孝^{c,e}, 伊藤早苗^{b,c}

T. Tarumi^a, S. Inagaki^{b,c}, Y. Nagashima^{b,c}, A. Fujisawa^{b,c}, N. Kasuya^{b,c}, Y. Kosuga^{b,c}, et al.

^a九大総理工, ^b九大応力研, ^c九大極限プラズマ研究連携セ, ^d九大基幹教育院, ^e核融合研
^aIGSES Kyushu Univ., ^bRIAM, Kyushu Univ., ^cRCPT, Kyushu Univ., ^dFAS, Kyushu Univ., ^eNIFS

磁化プラズマ中の乱流の特性を明らかにするためには揺動の磁力線に垂直方向の相関長が重要となる[1]。ドリフト波は周方向に伝搬するため、周方向に長い周長程度の相関長を持ち、径方向にはイオンジャイロ半径程度の相関長を持つと考えられる。近年プラズマ乱流中には様々な時空間スケールを持つ揺動が共存し、相互作用する事が明らかになってきた[2]。異なるスケールの揺動を介して新たな相関が生まれるため、ドリフト波乱流の相関長を観測する事は多スケール乱流物理の確立に必要である。本研究では、直線プラズマ装置 PANTA[3]を用いてプラズマ乱流の相関長を観測した。

実験に用いた PANTA はヘリコン波励起(3 kW, 7 MHz)により軸方向長 4 m の円柱状のアルゴンプラズマを生成する。実験条件は、アルゴンの中性粒子ガス圧 3 mTorr、磁場強度 1500 G、プラズマ半径は約 6 cm、中心電子密度 10^{19} m^{-3} 、電子温度 3 eV である。計測は 64 ch 周方向プローブアレイ(径方向位置 $r = 4 \text{ cm}$)と径方向可動型 5 ch プローブを用いて行なった。

図 1 (a)にイオン飽和電流のパワースペクトルを示す。20 kHz 以下の領域にてコヒーレントな揺動によるピークが存在する。しかし、それ以上の高い周波数領域では背景乱流成分及びノイズ成分が大きくなり、ピークは確認できない。これら 3 つの領域で特徴的な周波数に対して、クロスコヒーレンスの周方向依存性を求めた(図 1 (b))。選択した周波数は $(f_1, f_2, f_3) = (1.8 \text{ kHz}, 40 \text{ kHz}, 200 \text{ kHz})$ である。図 1 (b)のコヒーレンスは時間幅 300 ms のデータを用いて、アンサンブル数 100 で求めた。低周波数(f_1)のコヒーレントな揺動は相関が強く、コヒーレンスが距離に対して指数関数的に減衰するとして定義した相関長は、18 cm であった。

次に高周波数(f_2)のインコヒーレントな揺動では、コヒーレンスは距離の増加により急速に減衰し、相関長は 1.6 cm である。尚、ノイズ領域(f_3)においては隣接したチャンネル間において有益な相関は観測されない事が分かった。今後は、相関長とイオンジャイロ半径との関連に関して議論を進めていく。

本研究は科学研究費補助金(16H02442, 15H02155, 15K14283, 15H02335)ならびに九州大学応用力学研究所共同研究の支援を受けた。

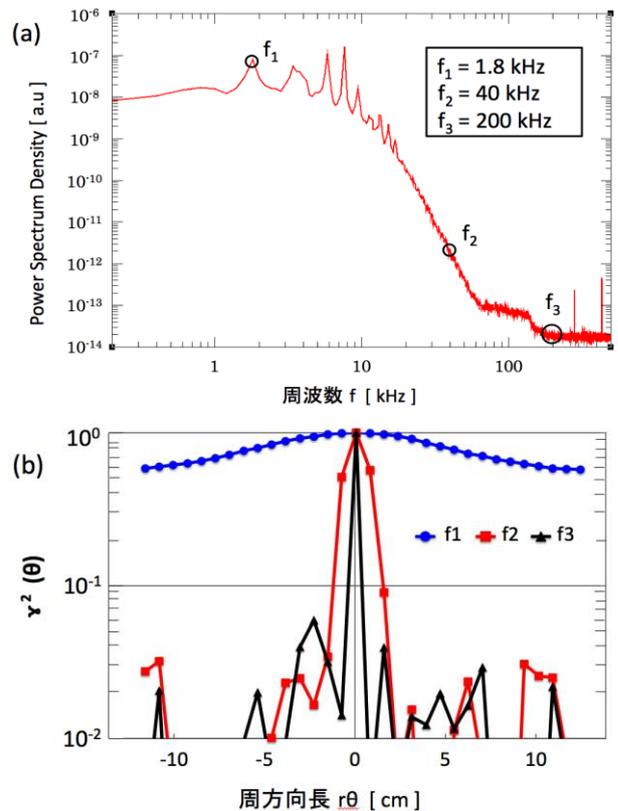


図 1 (a) 基準プローブにおけるパワースペクトル
(b) クロスコヒーレンスの周方向分布

- [1] W. Horton, Rev. Mod. Phys. 71 (1999) 735
[2] C. C. Petty, et al., Phys. Rev. Lett. 74 (1995) 1763
[3] S. Inagaki, et al., Sci. Rep., 6, 22189 (2016)