

PANTAにおけるマイクロ波コムドップラー後方散乱計測による 周方向プラズマ流速の計測

Measurement of Azimuthal Velocity with a Microwave Frequency Comb Doppler Backscattering in PANTA

湊良祐¹, 稲垣滋², 溝上高明¹, 金史良¹, 徳沢季彦³, 永島芳彦², 山田琢磨⁴,
藤澤彰英², 糟谷直宏², 伊藤早苗², 伊藤公孝³

Ryosuke Minato¹, Shigeru Inagaki², Takaki Mizokami¹, Fumiyoshi Kin¹, Tokihiko Tokuzawa³, Yoshihiko Nagashima², Takuma Yamada⁴, Akihide Fujisawa², Naohiro Kasuya², Sanae-I. Itoh², Kimitaka Itoh³

九州大学大学院総合理工学府¹, 九州大学応用力学研究所²,
自然科学研究機構 核融合科学研究所³, 九州大学基幹教育院⁴,
Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu University¹,
Research Institute for Applied Mechanics Kyushu University²,
National Institute for Fusion Science, Toki³, Faculty of Arts and Science, Kyushu University⁴

プラズマ乱流の低減の為にプラズマ流とマイクロ揺動との相互作用の理解が必要であり、その同時多点計測が必要である。ラングミュアプローブやドップラー散乱計は密度揺動とプラズマ流を同時計測可能な観測ツールである。ドップラー散乱計は伝統的な手法であるが、これまで多チャンネルによる同時計測の例は少ない。近年、マイクロ波技術の進展により周波数コムが安価に利用可能となった。マイクロ波周波数コムを用いた反射計が開発され各種装置に適用されるようになった[1]。本研究では周波数コムをマイクロ波ドップラー後方散乱計測に適用し、直線磁場装置 PANTA における周方向流速を測定し、精度を確認した。

我々のマイクロ波コムドップラー後方散乱計では、周波数コム発生器から 0.5 GHz 間隔の櫛状周波数スペクトルを持つマイクロ波を発生させ、増幅後ホーンアンテナ(帯域 $f_M=12\text{--}26$ GHz)から出力させる。これにより同時多点(29 点)が可能となる。本装置の検証実験は直線プラズマ乱流実験装置 PANTA で行った。PANTA は全長 4 m で、磁場を 0.09 T、RF 電力によるヘリコン波でアルゴンプラズマを生成する。中心でのプラズマ密度は $0.7 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$ 、電子温度は 3 eV である。真空容器断面は八角形であり、8 カ

所のポートに BK7 の窓が設置されている。図 1.に散乱計の配置を示す。プラズマの半径は 6 cm であり、アンテナ位置はプラズマ中心から 22.5 cm である。アンテナの角度 Ψ 度を傾けて、プラズマの入射方向を変える。マイクロ波はカットオフ層近傍における揺動の伝搬及び周方向の流れの影響によりブラグ散乱を受け、その周波数はドップラーシフトする。コム周波数のドップラーシフトの連続観測からプラズマ流速の時間発展を空間同時多点観測できる[2]。

図2.に 14.5 GHz(3.61 cm)における時間幅 50 μs のドップラーシフトの時間発展を示す。本研究では、50 μs の時間幅で各帯域におけるドップラーシフトの時間発展を確認できた。図3.に図2.をスペクトル解析した波形を示す。ここから約 5 kHz でピークが出ていることを確認した。マイクロ波コムドップラー後方散乱計の計測限界について今後検討する。講演では径方向全域における流れの時間発展について講論する。

本研究は科学研究費補助金 (16H02442, 15H02155, 15K14283, 15H02335) 及び応用力学研究所共同研究の支援を受けた。

[1]. T. Tokuzawa et.al., Plasma Fusion Res.9(2014)

[2]. G.D.Conway et al., Nucl. Fusion46(2006)
S799–S808

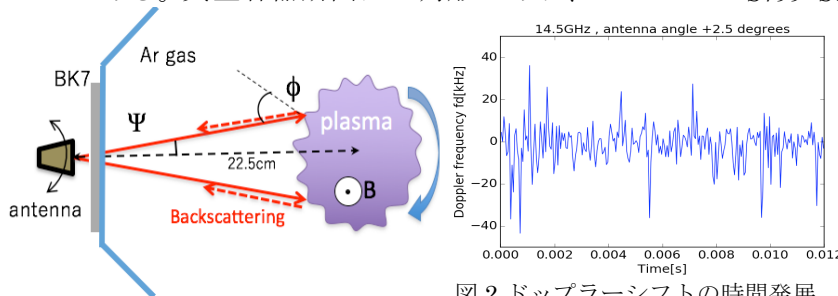


図 1. 散乱計の配置

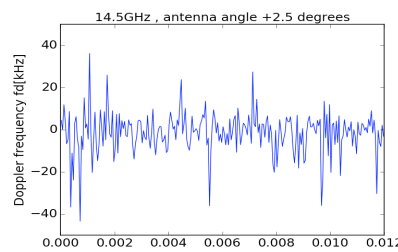


図 2. ドップラーシフトの時間発展
(プラズマ半径 3.61cm, 時間幅 50 μs)

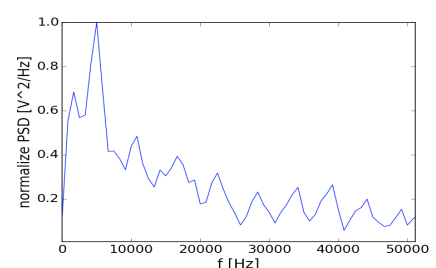


図 3. 図 2 におけるスペクトル解析
(プラズマ半径 3.61cm, 時間幅 50 μs)