

PANTAにおけるストリーマに伴う輸送パターンの観測
Observation of flux patterns associate with streamer in PANTA

金史良¹、藤澤彰英^{2,3}、伊藤公孝^{3,4,5}、小菅佑輔^{2,3}、永島芳彦^{2,3}、稲垣滋^{2,3}、
 佐々木真^{2,3}、山田琢磨^{3,6}、糟谷直宏^{2,3}、山崎広太郎²、狭間田一誠¹、河内裕一¹、
 荒川弘之⁷、小林達哉⁵、伊藤早苗^{2,3,8}

Fumiyoshi Kin¹, Akihide Fujisawa^{2,3}, Kimitaka Itoh^{3,4,5}, Yusuke Kosuga^{2,3}, Yoshikio Nagashima^{2,3},
 Sigeru Inagaki^{2,3}, Makoto Sasaki^{2,3}, Takuma Yamada^{3,6}, Naohiro Kasuya^{2,3}, Kotaro Yamasaki²,
 Kazunobu Hasamada¹, Kawachi Yuichi¹, Hiroyuki Arakawa⁷, Tatsuya Kobayashi⁵, Sanae-I. Itoh^{2,3,8}

¹九州大学総合理工学府, ²九州大学応用力学研究所, ³九州大学極限プラズマ研究連携センター,
⁴中部大学総合工学研究所, ⁵核融合科学研究所, ⁶九州大学基幹教育院, ⁷島根大学, ⁸中部大学工学研究科
¹Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu University, ²Research Institute for Applied
 Mechanics, Kyushu University, ³Research Center for Plasma Turbulence, Kyushu University, ⁴Institute of Science and
 Technology Research, Chubu University, ⁵National Institute for Fusion Science, ⁷Institute for Advanced Study, Kyushu
 University, ⁷Shimane University, ⁸Graduate School of Engineering, Chubu University

磁化プラズマにおいて観測される、非拡散・非局所的な輸送は、しばしば巨大な輸送を引き起こすため、その発生機構の解明が求められている。そのような巨大な輸送を形成する原因の一つに、乱流が形成するストリーマ構造が挙げられる[1]。ストリーマは、乱流の非線形結合により形成される、径方向に伸び周方向に局在する対流胞である。径方向に乱流のスケールより大きな構造を持つことから、中心部と周辺部を連結させ巨大な輸送を発生させると考えられている。しかしこれまで数多くのシミュレーション予測はされてきたが、ストリーマの輸送に関し、実験的な観測がなかった。

本研究は、直線装置PANTAにおいて観測されているストリーマに伴う粒子輸送を実験的に初めて観測した。ストリーマはドリフト波と媒介波と呼ばれるフルート構造を持つ揺動との非線形結合により形成されており[2]、媒介波の周期で揺動振幅が変調されている。E×B揺動により駆動される粒子フラックスも同様に、媒介波周期で変調されていることが観測された。そこで、媒介波の周期に合わせてコンディショナル平均を施し、輸送の時空間パターン抽出をした。結果を図1(a)に、また、バンドパスフィルタを用いてドリフト波成分のみを抜き出したパターンを図1(b)に、それぞれ示す。ドリフト波が駆動する粒子パターンに比べ、ストリーマに伴う輸送は時間方向に局在し、径方向に伸びた構造が観測された。また粒子束の最大値は、時間平均した粒

子束に比べて2倍程度の値の上昇がみられた。また、輸送パターンから評価した粒子の輸送速度はおよそ0.4km/sであり、ドリフト波が駆動する輸送速度 $\sim \omega_* / k_{\perp} \sim 0.16\text{km/s}$ に対し、2.5倍程度大きいことが明らかとなった。このような輸送パターンの形成は振幅変調に加え、位相変調によることも明らかとなり、それについても議論する。

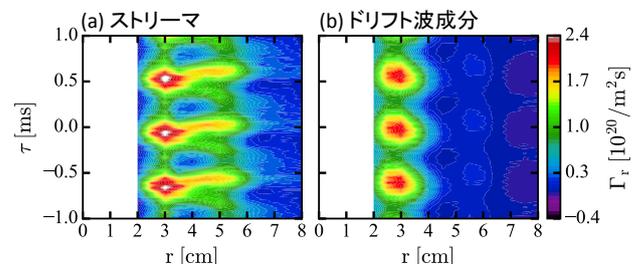


図1 コンディショナル平均により抽出した、(a)ストリーマと(b)ドリフト波が駆動する粒子束

謝辞

本研究は科学研究費補助金 (JP15H02335, JP15H02155, JP15K14283, JP15K14282, JP16H02442, JP17H06089)、核融合研共同研究 (NIFS15KLPH024, NIFS17KOCH002)、JSPS フェロー (JP16J00560) の援助を受けたことを感謝します。

参考

- [1] J. F. Drake, *et. al. Phys. Lev. Lett.* **61**, 2205 (1988)
 [2] T. Yamada. *et. al. Nature Phys.* **4**, 721 (2008)