

磁気圏型プラズマの自己組織化における
低周波揺動が駆動する内向き拡散の実験解析

**Experimental analysis of inward diffusion driven by low frequency fluctuations
in self-organizing magnetospheric plasma**

鈿持尚輝¹、横田侑己²、西浦正樹^{1,2}、齋藤晴彦²、
佐藤直木²、森敬洋²、上田研二²、吉田善章²

**KENMOCHI Naoki¹, YOKOTA Yuuki², NISHIURA Masaki^{1,2}, SAITOH Haruhiko²,
SATO Naoki², MORI Takahiro², UEDA Kenji², YOSHIDA Zensho²**

核融合研¹、東大²
NIFS¹, Univ. of Tokyo²

磁気圏型プラズマ装置RT-1は磁気浮上した超伝導磁石が作るダイポール磁場により、安定した高 β プラズマ（局所電子ベータ ~ 1 ）の閉じ込めを実現している[1,2]。RT-1で観測される自己組織化プラズマを用いて輸送現象の本質に迫る実験的研究を行っており、これまでRT-1において内向き拡散により自発的にピークした電子密度分布が形成されることを観測している[3]。本発表では内向き拡散のメカニズムを解明するために開発された詳細な計測および解析手法を用いて得られた2つの新しい知見を報告する。

(i)新たに開発された深層学習を用いたトモグラフィ法[4]をライン比分光イメージング計測に適用し、内向き拡散により自発的に形成されるピークした密度分布を詳細に可視化した。

中性ヘリウムの発光ラインペア（波長388nm、447nm）を用い、高速カメラで計測した視線積分画像を、上記のトモグラフィ法により局所値に再構成した。それぞれの波長の発光量の局所値の比を取ることで、ライン比分光法により電子密度の局所値を求め、内向き拡散によりコイル付近の高磁場領域にピークした密度分布が形成されていることが明らかになった（図1）。

(ii)内向き拡散を駆動する低周波揺動の存在を発見するとともにその時空間特性を明らかにし、超高ベータプラズマが自己組織化する物理機構への理解を深めた。

放電中に中性ガスを入射することで、ピークした密度分布が再構成される際に低周波揺動が励起されることを発見し、揺動の時空間構造の詳細計測から以下の3点が明らかにした。

- ① プラズマ圧力の上昇に伴い、低周波揺動の強度と周波数が上昇する。
- ② 内向き拡散中には1kHzの電子反磁性方

向に伝搬する揺動が発生し、内向き拡散が終了しピークした密度が形成された後は1kHzの揺動は消え、イオン反磁性方向に伝搬する0.7kHzの揺動が支配的になる。

- ③ トロイダル方向の位相速度はトロイダルドリフト速度と同程度であり、プラズマ圧力の上昇に伴いその速度も上昇する。

揺動の伝搬方向が密度分布形状に依存することから、ドリフト波不安定性との関連が示唆される。

本研究で明らかにした密度分布の自己調整機構は、定常閉じ込め系に共通する長寿命構造の基礎物理における知見を与えることができる。

Reference

- [1] Z. Yoshida et al. Phys. Plasmas **17** (2010) 112507
- [2] M. Nishiura et al., Nucl. Fusion **55** (2015) 053019
- [3] M. Nishiura et al., Nucl. Fusion **57** (2017) 086038
- [4] N. Kenmochi et al., Plasma Fus. Res., **14** (2019) 1202117

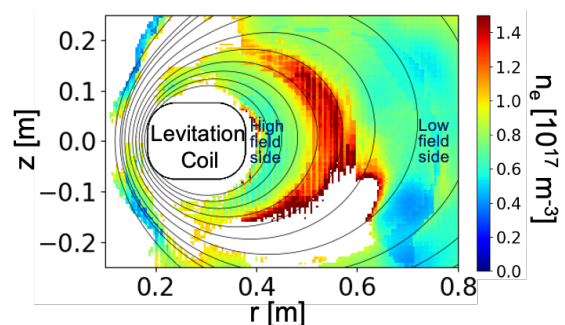


図1. 深層学習によるトモグラフィ法を用いて得られた局所電子密度分布。内向き拡散によりピークした電子密度分布が形成されている。