

磁気圏型配位 RT-1 において揺動が粒子輸送に与える影響の初期実験結果

東大新領域^A, 核融合研^B

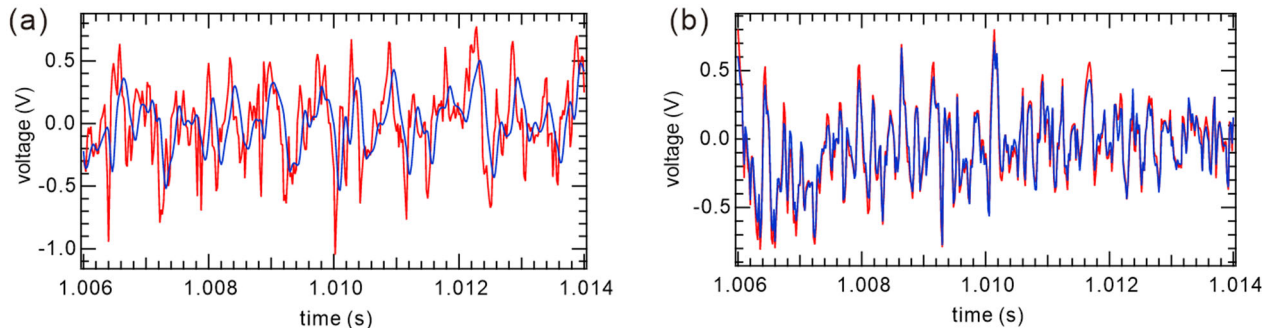
齋藤晴彦^{A,B}, 三村洸生^A, 青柳進之介^A, 城越望^A, 上田研二^B, 西浦正樹^{B,A}

Initial experimental results on the effects of fluctuations on particle transport in the RT-1 levitated dipole

GSFS U. Tokyo^A, NIFS^B H. Saitoh^{A,B}, H. Mimura^A, S. Aoyagi^A, N. Shirokoshi^A, K. Ueda^A, M. Nishiura^{B,A}

磁気浮上させた超伝導リングコイルを持つ RT-1[1]では、ダイポール磁場中で安定的な高性能閉じ込め[2]が可能であり、先進核融合に適した超高 β プラズマの研究が進められてきた。プラズマの圧力や電子温度非等方性等のパラメータに応じて RT-1 では各種揺動が観測され、これらは安定構造の自己組織化や粒子損失を駆動すると考えられている。しかし、これまで干渉計や分光、電場及び磁場揺動の計測等を通して揺動自体の性質が解明されてきた一方で、揺動が構造形成や閉じ込め性能に与える効果の直接的な評価には至っていない。こうした背景から、RT-1 で観測される主要な揺動である低周波揺動[3]及びホイッスラーモード・コーラス放射[4]に対して、その粒子輸送に与える影響と物理機構の研究が開始された。

RT-1 で観測される低周波揺動は、明確な周波数ピークを持たない乱流的な成分と、1kHz 付近に複数のピークを持つコヒーレントな成分から構成され、後者は静電的あるいは電磁的なモードとして出現する[3]。典型周波数がイオン及び電子のトロイダル方向の周回周波数と同程度以上であるため、荷電粒子の第三断熱不変量は非保存となり、構造形成と関わる径方向輸送が駆動される。実際、強磁場側でピークした安定構造が自己組織化する際にコヒーレントな揺動の出現が観測されている。揺動の磁場成分が比較的小さく静電揺動が支配的となる条件下では、純ポロイダル磁場 B を持つダイポールにおいて、磁力線を横切る径方向の粒子束 Γ を駆動するのはトロイダル方向の電場揺動 $\widetilde{E}_\theta$ であり、 $\Gamma = \langle \widetilde{n}_e \widetilde{E}_\theta \rangle / B$ で与えられる。低周波揺動に対するトリプルプローブ計測によれば、時間的な変動を担うのは主に電子密度揺らぎ $\widetilde{n}_e$ であり、電子温度の変動 $\widetilde{T}_e$ は比較的小さい。RT-1 のエッジ部に多芯の静電プローブアレイを導入し、電子温度変動が小さいことを用いて、トロイダル方向に短い間隔で配置した電極で計測した浮遊電位 (図) から電場揺らぎの評価を行った。トロイダル方向のプラズマ流速が増大する高 β 時に、2 点で計測した浮遊電位の位相差は小さくなり、トロイダル方向の揺動電場強度は低下する。また、電場と密度の同時計測により、時間平均した正味の流束の評価を進めており、こうした初期実験結果について報告する。



図： 2.45GHz マイクロ波電力が (a) 1kW 及び (b) 2kW 時、トロイダル方向に 4 mm 離れた静電プローブで計測した浮遊電位。プラズマの反磁性信号の増大に伴い位相差が小さくなる傾向を示す。

[1] Z. Yoshida, Y. Ogawa, J. Morikawa *et al.*, Plasma Fusion Res. **1**, 008 (2006). [2] A. Hasegawa, Comm. Plasma Phys. Controlled Fusion **11**, 147 (1987). [3] H. Saitoh, R. Nakagawa, K. Ueda *et al.*, Nucl. Fusion **64**, 126011 (2024). [4] H. Saitoh, M. Nishiura, N. Kenmochi, Z. Yoshida, Nat. Commun. **15**, 861 (2024).