

基礎プラズマ実験装置による磁化プラズマ揺動非線形結合解析

金子 俊郎, 文 贊鎬, 畠山 力三
 東北大学 大学院工学研究科 電子工学専攻

近年、極めて大きな電子異常輸送が核融合プラズマ閉じ込め性能を劣化させる新たな要因として浮上し、それを説明するモデルとして電子温度勾配 (ETG) 不安定性 (ETG モード) 駆動乱流が提案されている。筆者らは、基礎プラズマ実験装置を用いて電子温度勾配 (ETG) を精密に制御することによって ETG モードを励起し、同時に励起される低周波揺動との非線形結合解析を行うことによって、ETG モードの励起および抑制機構を詳細に調べたので、その結果を報告する。

実験は東北大学 Q_r-Upgrade Machine を用いて行った。ECR 放電による高電子温度プラズマ (~3.5 eV) と低温熱電子 (~0.2 eV) を実験領域において重畳することで局所的な ETG を容易に形成できる。さらに、電子源印加電圧を変化させ、実験領域の垂直方向電場 ($E \times B$ シア) を制御することも可能である [1]。

図 1 に ETG によって励起された高周波 (ETG モード) および低周波 (ドリフト波モード) 密度揺動の (a) 規格化振幅強度 ($\tilde{I}_{es}/\bar{I}_{es}$) と (b) バイコヒーレンスの電子温度勾配 (∇T_e) 依存性を示す。 ∇T_e が増加することで ETG モードの強度が大きくなるが、 ∇T_e が 0.7 eV/cm を超えると次第に飽和していくことが分かった。一方、ドリフト波モードの場合には、 $\nabla T_e > 0.7$ eV/cm において揺動強度が増大する傾向を示した。さらに、図 1(b) より、 $\nabla T_e \sim 0.7$ eV/cm 以上で ETG モードとドリフト波モードのバイコヒーレンスが急激に大きくなることが明らかになった。これらの結果から、ETG モードの揺動強度が閾値を超えることでドリフト波モードとの非線形結合が助長され、エネルギーが移送されることでドリフト波モードが増幅されたと考えられる。

図 2 は高・低周波密度揺動における (a) 規格化振幅強度 ($\tilde{I}_{es}/\bar{I}_{es}$) と (b) バイコヒーレンスの垂直方向電場 (E_r) に対する依存性を示している。 E_r によって形成される $E \times B$ シアの強度が十分強くなると ETG モードとドリフト波モードが抑制されることを観測した。ETG モードの揺動強度は、イオン反磁性ドリフト回転と $E \times B$ 回転の方向が一致する弱い正電場 (0.3 V/cm) の領域で最大となっており、このときドリフト波モードとのバイコヒーレンスも最大となっていることから、ここでは非線形結合によってドリフト波モードから ETG モードへのエネルギー移送が生じ、ETG モードが増幅されたと考えている。詳細は講演にて報告する。

[1] C. Moon, T. Kaneko, S. Tamura, and R. Hatakeyama, Rev. Sci. Instrum. **81** (2010) 053506.

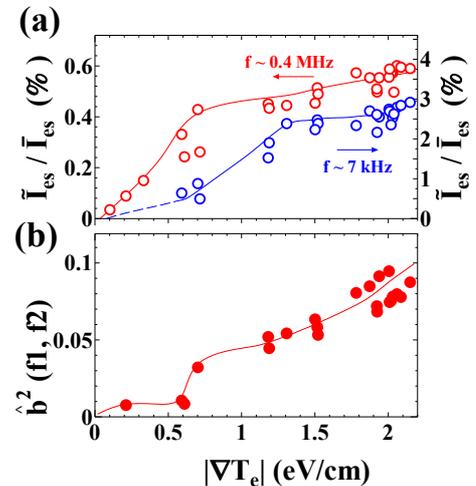


図 1: 高・低周波密度揺動における (a) 規格化振幅強度と (b) バイコヒーレンスの電子温度勾配 (∇T_e) 依存性.

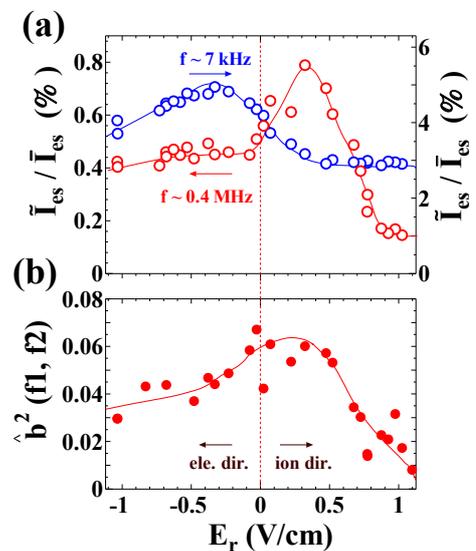


図 2: 高・低周波密度揺動における (a) 規格化振幅強度と (b) バイコヒーレンスの垂直方向電場 (E_r) 依存性.