

純電子プラズマの平衡分布形成と その状態に固有な軸対称波動特性

京大人環

河井洋輔, 青木順, 際本泰士

Equilibrium state of electron plasma and
dispersion relation for eigenmodes with azimuthal symmetry

HES Kyoto Univ.

Y. Kawai J. Aoki Y. Kiwamoto

放物線型ポテンシャルと磁場をつかって閉じ込めた非中性プラズマは孤立して熱平衡状態に入り、その形状は平坦な密度分布かつ温度がゼロの極限において回転楕円体となることが理論的に知られている。

このような単純化された回転楕円体分布の動特性については、反陽子など稀少な単一荷電粒子プラズマの3次元分布を非破壊的に計測する目的から、軸対称固有振動について研究が行われており、理論的に求められた波動の分散特性が利用されている。しかしながら緩和の状態によっては密度分布は矩形からずれ、それについての検討はこれまで十分になされたとは言えない。

本研究では超伝導磁石による強磁場と放物線型ポテンシャルで閉じ込められた、熱平衡状態に近い純電子プラズマをもちい、形成された密度分布に固有な軸対称振動の特性について実験的に研究した。

具体的には外部から高周波電場をかけ周波数を掃引しつつ、プラズマが固有振動として応答する振動数の揺動の位相分布を計測したデータと、磁場方向の線積分密度の2次元画像データを組み合わせて解析した。

その結果、計測値は単純なモデルの理論から求められている値よりも高い値をとった。そしてその原因としては従来説明されてきたような有限温度の効果だけでは説明できず、むしろ壁に誘起される image charge の効果のほうが強く影響していることが実験的に確かめられた。さらに実験的に観測される密度の非一様性の寄与について、従来の理論モデルを拡張して、周辺部の密度分布が波の分散特性に与える影響を理論的に解析し、実験と矛盾しない結果を得た。

密度の3次元平衡分布は、それが Boltzmann 分布であることを仮定すれば Poisson-Boltzmann 方程式を解くことによってもとめられる。密度および電位分布を直交関数系で展開することで計測データと矛盾しない self-consistent な解を導出した。

現在はその解をもちいて密度の空間依存性をそのまま反映したかたちの分散関係を導出することを試みている。