

## 境界のある電子ビーム・プラズマ系における不安定性の観測

## Observation of instability in an electron beam plasma system between boundaries

# 林 信哉 [1]

# Nobuya Hayashi[1]

[1] 佐賀大理工

[1] Fac. of Sci. and Eng., Saga Univ.

<http://www.ee.saga-u.ac.jp/>

境界の存在するプラズマ中に電子ビーム・プラズマ系を形成すると、ピアス電子ビーム・プラズマ不安定性が生じることが知られている。ピアス型電子ビーム・プラズマ系において、プラズマを有限温度とすることにより系がカオティックになることがシミュレーションによって明らかにされた(H. Matsumoto et al., 1996)。また、境界内のポテンシャル構造を変化させた場合のカオス現象が数値的に調べられた(H. J. Lee et al., 1998)。本研究では、ピアス型電子ビーム・プラズマ系において、不安定波動の非線形性に起因する系のカオティックな振る舞いを実験的に明らかにすることを目的とする。

真空容器内に Ar ガスを導入し、加熱したトリエテッドタングステン線(長さ 100mm, 直径 0.23mm)からの熱電子と Ar 中性粒子との衝突により無磁場のプラズマを生成する。ステンレス製の 2 枚の円形メッシュ電極(50line/mesh, 直径 80mm)を、真空容器の軸上に 5 cm の間隔で平行に固定した。一方のメッシュ電極を負にバイアスし( $V_m = 40 \sim 60V$ )、他方は接地した。バイアスメッシュ電極近傍の電子はメッシュ電極が作る電場によって加速され電子ビームが生じる。電子ビームのエネルギーはメッシュ電極のバイアス電圧  $V_m$  によって制御される。

観測された基本波の周波数は電子プラズマ周波数  $f_{pe}$  と良く一致し、周波数の電子密度に対する依存性は電子プラズマ波と同様であることが分かった。また、基本波の分散関係は電子ビーム・プラズマ系におけるラングミュアモードの分散関係に良く一致する。メッシュバイアス電圧  $V_m$  が 40V の場合、基本波と高調波が現れる。周波数スペクトル上のピークが離散的で半値幅が狭いことから系は周期的な状態にあることが分かる。このとき、ピアス不安定性の共鳴条件  $f_{pe} = nv_0/2L$  ( $v_0$ : 電子の速度,  $L$ : メッシュ間距離) より、 $n$  は 2 となり整数であることから、系は境界条件を満足するピアス不安定性の共鳴状態にあると考えられる。 $V_m$  が 50V の場合、周波数スペクトルはブロードとなり系が乱流的またはカオティックであることを示唆している。この場合、共鳴条件における  $n$  の値は 1.8 と見積もられる。従って系はわずかに共鳴条件から外れた状態にあると考えられる。 $V_m$  が 60V では基本波のピークのみが観測される。この場合共鳴条件における  $n$  の値は 1.6 となり不安定性の共鳴条件を全く満たさなくなるため、系の振る舞いが境界条件に無関係となったと考えられる。系がカオスに至るか否かを明らかにするために相空間の軌道を調べた。ラングミュアプローブのフローティングポテンシャルの揺動成分の時系列データから埋め込み法を用いて相空間のアトラクタを再構成した結果、 $V_m$  が 40V の場合に 3 次元の位相空間上にトーラス状のアトラクタが再構成された。アトラクタの相関次元は 2.0 で整数であることから系は周期または準周期状態であることが分かった。 $V_m$  が 50V の場合、系はピアス不安定性の共鳴条件からわずかに外れ非周期状態となる。3 次元の位相空間に再構成されたアトラクタは折り畳み構造を持ち、アトラクタの相関次元は 2.3 と見積もられた。従って、ピアス型電子ビーム・プラズマ系は共鳴条件からわずかに外れた場合にカオティックな状態に至ることが明らかとなった。