

## 26aA11P

## GAMMA10 における高エネルギーイオンの径方向損失

## Radial loss of high energy ions in GAMMA10

井出 幸兵、柿本 真吾、市村 真、桧垣 浩之、山口 裕資、  
井上 大輔、永井 博久、中込 賢一郎、根本 健樹、斉藤 輝雄、長 照二  
筑波大学プラズマ研究センター (筑波大プラズマ)

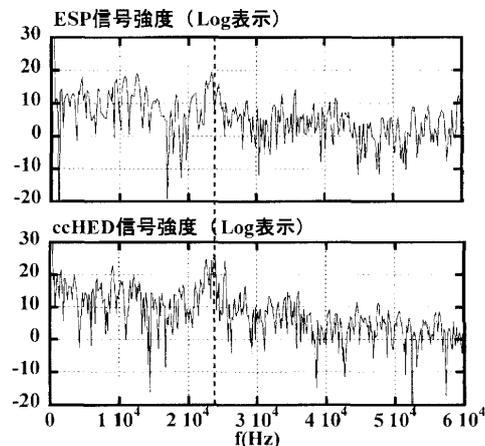
IDE Kohei, KAKIMOTO Shingo, ICHIMURA Makoto, HIGAKI Hiroyuki, YAMAGUCHI Yuusuke, et al.

Plasma Research Center, University of Tsukuba

GAMMA10 では、ICRF(Ion Cyclotron Range of Frequency)を用いてプラズマを生成・加熱、維持している。このとき、半導体を用いた高エネルギーイオン検出器(ccHED)で高エネルギーイオンの生成が観測されている。ccHED は磁力線に対する設置角度を変化させることで、粒子のピッチ角分布を測定できるという特長を持つ。GAMMA10 における高エネルギーイオンは、高周波によるイオン加熱や波動によるピッチ角散乱等の結果、特徴的な振舞いを示す。

GAMMA10 では、不安定性による強い密度揺動の発生とともにプラズマの温度の低下が観測されることがある。この時、ccHED 信号の強度は温度低下に反し増加する。温度低下の前後にわたる高エネルギーのイオンの振舞いを調べるために、磁力線に対し垂直方向(径方向)の ccHED に加え、軸方向に設置された半導体検出器を用いて測定を行った。また、プラズマの不安定性については光検出器・静電プローブ(ESP)を用いてその挙動を測定した。その結果、反磁性量の変化が少ない安定なプラズマに比べて、強い揺動の発生とともに反磁性量が低下する時は、軸方向への損失が減り径方向への損失が増えることが明らかとなった。揺動の発生と共に温度の低下が見られるため、揺動の発生と径方向への高エネルギーイオンの損失に関係があることが示唆された。

今回 ccHED 信号に特徴的な振動が観測されたので、プラズマ揺動と高エネルギーイオンの振舞いの関係をより明らかにするために周波数解析を行った。ESP で測定したプラズマ密度揺動の周波数解析の結果との比較を行った。右図に ESP・ccHED 信号の周波数スペクトルを示す。どちらの信号も破線で示した 22kHz 付近にピークを持つことがわかる。このことから ccHED で観測される高エネルギーイオンの径方向損失が、プラズマのドリフト揺動に起因するものであることが確認された。



図：ESP、ccHED 信号の周波数スペクトル  
横軸に周波数、縦軸に周波数に対応する ESP・ccHED 信号の強度をとった。2 つの信号とも破線で示した 22kHz にピークを持つことがわかる。

## 26aA12P

## GAMMA10 サーマルバリア部の非一様電位に起因した粒子の径方向損失

## The ion radial loss due to a non-uniform electrostatic potential in the thermal barrier cell of GAMMA10

西丸 浩、片沼伊佐夫

筑波大プラズマ研究センター

SAIMARU Hiroshi, KATANUMA Isao

Plasma Research Center, University of Tsukuba

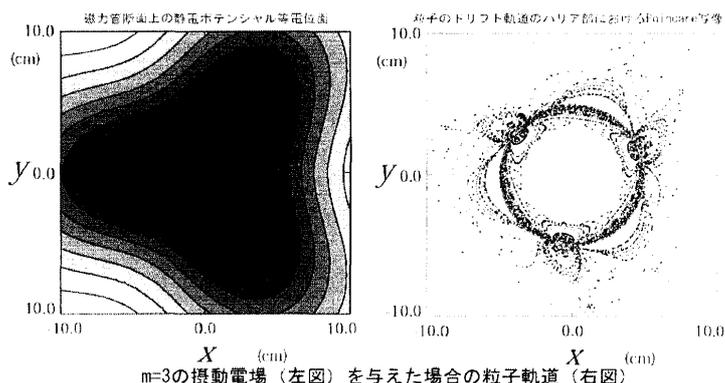
GAMMA10 では、プラグ部でのマイクロ波入射による電子加熱により、高いプラグ電位を形成することで、開放端磁場の欠点である磁力線に沿った粒子の損失を防いでいる。また、実効的軸対称磁場配位を設けることで∇B ドリフトによって発生する新古典拡散を抑制でき、径方向の損失が小さくなると考えられている。

しかし、実際の実験結果によると、粒子の径方向損失は少なくないことが示唆されており、その機構に関しては未だ解明されていない。しかし、高いプラグ電位に非軸対称性が存在すると、サーマルバリア部に捕足されたイオンの径方向損失を引き起こすことが予想される。

粒子の軸方向損失を防ぐ為に形成されたプラグ電位の磁力管断面上での二次元分布にはサーマルバリア部での電位計測によると細かい非軸対称性が見られる。このような非軸対称電位分布を仮定し、実際の GAMMA10 磁場配位の下で粒子軌道を追跡すると、ある条件下で粒子軌道はカオス的になることが見出された。

そのカオス的軌道は、粒子の軸方向の運動と電位の非軸対称性の共鳴の重なりによって生じると考えられるが、実際の実験条件に当てはめる為には多くの軌道計算により性質を明らかにしなければならない。そこで、本研究ではまず小さなモード数の軸対称電位内での非軸対称な摂動を考え、粒子エネルギーや初期位置、ピッチ角がどのように粒子軌道に関係するかを調べた。その結果、摂動振幅が増大するとともにそれまで規則的であった粒子軌道が、カオス的なものへと変化することが分かった。

理論的な軌道解析方法としては、写像を用いた不動点周りでの安定性解析が挙げられる。この目的で、実際の GAMMA10 磁場とプラグ電位をモデル化して写像方程式にすることができる。そこで本研究では、一般的に研究がなされ、その性質もよく理解されている標準写像に一致するような電位分布(井戸型分布)をプラグ/サーマルバリア一部において仮定し、そこから実際の電位分布に近づけた場合の粒子軌道はどう変化するか、写像による解析を数値解析と同時に試みた。



m=3の摂動電場(左図)を与えた場合の粒子軌道(右図)