

29aB07P

大電力電子サイクロトロン波と低周波プラズマ波動の非線形結合特性

Nonlinear Coupling Characteristics between High-Power Electron Cyclotron Wave and Low-Frequency Instability

高橋和貴, 金子俊郎, 畠山力三, 齊藤輝雄¹, 立松芳典², 野崎潔², 町田紀人², 貝塚徹也², 中村真理亜², 板倉昭慶², 吉川正志², 長照二²
東北大院工, 福井大遠赤セ¹, 筑波大プラズマ²

TAKAHASHI Kazunori, KANEKO Toshiro, HATAKEYAMA Rikizo, SAITO Teruo¹, TATEMATSU Yoshinori², *et al.*

Department of Electronic Engineering, Tohoku University, FIR Center, Univeristy of Fukui¹, Plasma Research Center, University of Tsukuba²

我々はこれまで、筑波大学ガンマ10装置において、電子サイクロトロン共鳴加熱(ECH)用ジャイロトロンの電力増強に伴い、入射電磁波からイオンサイクロトロン周波数程度の周波数がシフトした非線形電磁波がブラグ/バリア ECH 領域で放射されていることを報告してきた^{1,2)}。今回、この放射電磁波がプラズマ中の静電揺動との非線形結合に起因しているかどうかを検証するために、ブラグ/バリア ECH 領域において静電揺動の計測を行った。

GAMMA10装置では、高周波(RF)加熱により高温プラズマが安定に生成された後、ブラグ ECH 用、バリア ECH 用ジャイロトロンからマイクロ波を入射する。今回は、西側バリア領域に静電ラングミュアプローブを設置し、スペクトラムアナライザにより浮遊電位の周波数分析を行った。

図1に、ブラグ/バリア ECH 用マイクロ波を入射しない場合の浮遊電位 ϕ_f の周波数スペクトルを示す。図1を見ると、10 MHz 近傍の周波数を持つコヒーレントな静電揺動が第三高調波まで励起されていることが分かる。バリア領域 ($B = 0.5$ T) におけるイオンサイクロトロン周波数は約 7.5 MHz であり、イオンサイクロトロン周波数帯の静電揺動が存在していることが明らかになり、この揺動はブラグ/バリア ECH を行った場合にも同様に観測されている。このことから、大電力ブラグ/バリア ECH を行った際に観測される周波数がシフトした放射電磁波は、今回観測されたイオンサイクロトロン周波数帯静電揺動との非線形結合に起因していることが明らかになった。

また、この大電力電磁波とプラズマ中に存在する静電揺動の非線形結合を詳細に調べるために、小型装置である東北大学 Q_T-Upgrade Machine を用いて同様の実験を行ったところ、プラズマ周辺領域に存在する静電ドリフト波と電磁波の非線形結合に起因して、周波数がシフトした電磁波が放射されていることが明らかになった。講演では、これらの二つの装置における放射電磁波、静電揺動の周波数特性、マイクロ波入射電力依存性等について報告する。

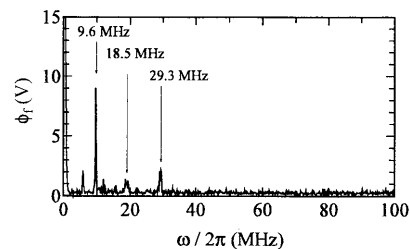


図1: ガンマ10装置西側バリア部で計測した浮遊電位 ϕ_f の周波数スペクトル。

1) 金子俊郎, 他: プラズマ核融合学会第22回年会 予稿集 p. 179 (2005).

2) R. Hatakeyama, *et al.*: Abstract of 6th International Conference of Open Magnetic Systems for Plasma Confinement, p. 56 (2006).

29aB08P

カusp型直接エネルギー変換における粒子分離模擬実験 IV

Experimental Simulation on Particle Discrimination in a Cusp-Type Direct Energy Converter IV

八坂 保能, 車谷 宜亮, 辻本 剛志, 山本 隆喜, 竹野 裕正

神戸大工

YASAKA Y., KURUMATANI Y., TSUJIMOTO T., YAMAMOTO T., TAKENO H.

Department of Electrical and Electronics Engineering, Kobe University

D-³He 核融合炉から流出する荷電粒子に直接エネルギー変換を適用することを想定した場合、電子、熱イオン、プロトンに対して別々の変換システムを適用する必要がある、そのためにはこれらの粒子を異なる軌道に分離させることが課題となる。我々は、先ず電子と熱イオンに着目し、小型実験装置を用いて、低気圧マイクロ波放電プラズマより流出する荷電粒子群をカusp磁場により分離する模擬実験を行っている。カusp磁場にプラズマを流入させると、質量の小さな電子は磁力線に沿って運動するが、質量の大きいイオンは磁力線に沿って曲がることなく、カusp点を通過してそのまま直進することで分離が可能となる。

この考えを検証するため、プラズマビームを模擬実験装置内に入射させて電子、イオン透過率の測定を行っている。ここで透過率とは、カusp点を通過して直進した荷電粒子数の入射粒子数に対する割合であり、電子とイオンの分離性能の目安として定義している。これまでに、透過率は、粒子の質量、また装置内への入射速度及び磁場強度に依存することが確認されている[1]。本講演ではこれまでの実験条件を考慮し、透過率のスケールリング則としてまとめたものについて報告する。

カusp磁場内の荷電粒子の運動を Störmer potential で考えると、運動可能領域を定める式に、 $|qA_0/mv_0|$ なる係数が現れる。ここで q は荷電粒子の電荷、 m は質量であり、 v_0 、 A_0 は入射位置における粒子の速度およびベクトルポテンシャルである。これを透過率のスケールリングのパラメータとする。これまでの実験結果を、この量に対して整理すると、図1の様になる。図1に示すように、電子、イオンともに $|qA_0/mv_0|$ が増加するにつれて透過率が単調に減少しており、Störmer potential で考える運動と矛盾ない。別講演で報告される様に、装置を GAMMA 10 の端損失プラズマに適用したところ、

図1の依存性と合致し、汎用性のあるスケールリングとして確認された。

さらに、イオン捕集電極を1段型直接エネルギー変換器とみなし、分離後のイオンの直接エネルギー変換実験も行う。即ち、イオン捕集電極の印加電圧 V と流入イオン電流 I との積を変換電力とみなす。前回の講演[2]で、エネルギー変換効率が入射イオンの相対エネルギー分布 $\Delta E/E_0$ に依存して減少することを示した。より高エネルギーのイオンを用いて同じ実験を行ったところ、結果は前回の依存性と同じ曲線上に現れ、同程度の $\Delta E/E_0$ では、変換効率は平均エネルギー E_0 には依存しないことが確認された。

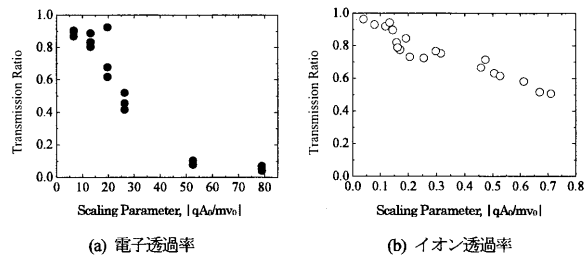


図1 透過率のスケールリング則

[1] T. Yamamoto, *et al.*, The 5th APFA, TP23 (2005).

[2] 八坂, 他, プラズマ・核融合学会第22回年会, 29aC40P (2005).