

GAMMA 10/PDXにおけるマイクロ波反射計を用いた  
イオンサイクロトロン周波数帯の波動に起因する差周波波動の計測  
**Measurement of difference frequency waves in ion cyclotron range of frequency  
using microwave reflectometer in GAMMA 10 / PDX**

野口大地<sup>1</sup>, 平田真史<sup>1</sup>, 江角直道<sup>1</sup>, 山崎響<sup>2</sup>, ジャンソウオン, 関根諒, 栢野大樹<sup>1</sup>,  
菅田海里<sup>1</sup>, 相澤拓実<sup>1</sup>, KIM DOYEON<sup>1</sup>, 杉本勇大<sup>1</sup>, 松浦礼奈<sup>1</sup>, 吉川正志<sup>1</sup>,  
池添竜也<sup>3</sup>, 市村真<sup>1</sup>, 坂本瑞樹<sup>1</sup>

D. NOGUCHI<sup>1</sup>, M. Hirata<sup>1</sup>, N. Ezumi<sup>1</sup>, H. Yamazaki<sup>2</sup>, S. Jang<sup>1</sup>, *et al.*

<sup>1</sup>筑波大学プラズマ研究センター, <sup>2</sup>量子科学技術研究開発機構,  
<sup>3</sup>九州大学応用力学研究所附属高温プラズマ理工学研究センター  
<sup>1</sup>PRC Univ. of Tsukuba, <sup>2</sup>QST, <sup>3</sup>RIAM Kyushu Univ.

直線型ミラー閉じ込め装置 GAMMA 10/PDX ではイオンサイクロトロン周波数帯 (ICRF) のアルヴェン遅波によって磁力線に対し垂直方向にイオン加熱をすることで、 $T_{\perp}$ が数 keV の高温プラズマの生成を行っている。イオン温度非等方性が上昇することで、GAMMA 10/PDX セントラル部において複数の離散的ピークを持つ Alfvén-Ion-Cyclotron(AIC)波動が自発励起され、AIC 波動間の非線形結合によりその差周波数帯 (100kHz 付近) に AIC 差周波波動が励起される[1,2]。また外部励起の ICRF 波動間の非線形結合によっても、その差周波数を持つ ICRF 差周波波動が励起される。しかしこれら 2 つの差周波波動の励起機構に関して解明されていないことや AIC 差周波波動の波数が特定されていないことなど、プラズマ内部での波動の空間構造を計測することが重要な課題である。高温プラズマ中でこれらの差周波波動を計測するためには、波動に伴って密度揺動が発生することに着目し、プラズマ内部の密度揺動を非接触で計測できるマイクロ波反射計を用いた。これまでにセントラル部西側に設置されたマイクロ波反射計での計測から AIC 差周波波動の空間構造に関して、以下のことが明らかになっている。AIC 波動は  $m = -1$ 、AIC 差周波波動は  $m = 0$  であり、三波結合の条件を満たし、径方向強度分布計測からプラズマ中心部付近に局在していることである[3]。

図1に磁力線方向計 2 点同時測時の AIC 差周波波動の位相差を示す。位相差は  $-\pi$  から  $\pi$  rad までの値となるため、 $2\pi$  の整数倍を足した値をプロットしている。定在波を表す 0 または  $\pm\pi$  以外の値を持つことから AIC 差周波波動は進行波であることが示唆され、近似直線の傾きから波数は約 13 /m と推定された。

一方で、印加した ICRF 波動による差周波波動に関しては、セントラル部東側に設置されている 2 つの

ICRF アンテナに 2 つの周波数を印加し、その差周波数を西側に設置した反射計で計測し、その励起を確認した。アルヴェン遅波の励起と伝搬を計測できるようにセントラル部東側にマイクロ波ホーンアンテナペアを磁力線方向に 2 か所、方位角方向に  $91^\circ$  離れた位置の 1 か所に新たに設置した。これにより共鳴領域外側での波数及び方位角モード数の計測が可能となり、今後実験を行っていく予定である。

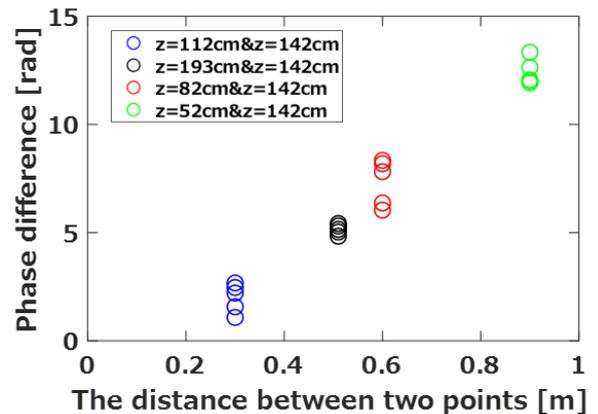


図1 AIC 差周波波動のアンテナ間距離に対する磁力線方向位相差 (磁力線方向 2 点同時計測、横軸アンテナ間距離、縦軸に位相差を表す。)

本研究は NIFS 双方向型共同研究(NIFS20KUGM148, NIFS20KUGM158, NIFS19KUGM141) のもと実施されている。

[1] R. Ikezoe *et al.*, Nucl. Fusion **53** 073040 (2013).

[2] R. Ikezoe *et al.*, Phys. Plasmas **22** 090701 (2015)

[3] R. Sekine *et al.*, Plasma Fusion Res. **14**, 2402011(2019)