

GAMMA10高温プラズマ中のアルベン波動の2点相関 Two-point correlation of Alfvén waves in the GAMMA 10 hot plasma

池添竜也, 市村真, 岡田拓也, 板垣惇平, 平田真史, 坂本瑞樹, 岩本嘉章, 隅田脩平, ジャンソウォン, 小野寺悠斗, 吉川正志, 小波蔵純子, 嶋頼子, 王小龍, 中嶋洋輔
R. Ikezoe, M. Ichimura, T. Okada, J. Itagaki, M. Hirata et al.

筑波大プラ研
PRC, Univ. Tsukuba

GAMMA 10において、プラズマの生成・加熱に用いられるICRF波動とプラズマの諸パラメータの振る舞いとの関係を議論する際、外部回路上でのネット電力の算出や、磁気プローブを用いたプラズマ周辺部の波動磁場成分の計測だけでは情報が不十分な場合が多く、高温プラズマ内部におけるより直接的な波動の情報が望まれる。そこで、非接触でかつ波動構造を識別できる局所計測が可能であり、比較的小型で応用性の高い計測器として、我々はマイクロ波反射計を導入し、波動計測に向けた取り組みを行っている。^[1,2]

本研究では、反射計の信号同士の間で相関解析を行い、通常の相関反射計などで評価される統計的な乱流相関長だけでなく、高周波波動の二点間の位相差を精度よく測定し、波数などの重要なパラメータをプラズマ内部領域で評価することを目標とする。特に、加熱に用いるICRF波動のみでなく、自発励起され、プラズマパラメータに応じて時間変化する微視的不安定性（AIC波動）の詳細な構造を調べることを目的としている。

波動のような空間を伝播する現象を捉えるには、標準的な解析法である二点相関法が非常に有用であり、計測点を適切に選ぶことで、モード数や波動の空間構造を調べることができる。ただし、構造を調べるためには、二点の信号間のコヒーレンスが高いことが必要となり、SN比が高い信号を得ることは言うまでもなく、さらに相関性を崩すような広範な事象をなるだけ受けたくないような計測をする必要がある。

AIC波動に起因する密度揺動スペクトルの時間発展、および磁力線方向に60cm離れた二点の密度揺動間のコヒーレンスを図1(a),(b)に示す。コヒーレンスは時間的に変動しており、位相差の時間変化（プラズマパラメータの変動にตอบสนองする変化）を評価するのが難しいことがわかる。しかし、ヘテロダイン検波により、うまく振幅、

位相変調成分を分離できた場合、分離後の信号間でコヒーレンスを求めると図1(c),(d)のようになった。生信号から振幅変調成分を除去した位相変調成分で求めたコヒーレンス（図1(d)）は時間的に高い値を維持し、信頼性が高く、また時間変化を評価することができる。逆に、振幅変調成分で求めたコヒーレンス（図1(c)）は非常に低く、理解がまだ十分でない振幅変調を主に起こしている機構は、磁力線方向に離れると共にその位相等の相関を保持しないことが示唆される。本解析において必要な高いコヒーレンスの信号を得るために、振幅成分の除去が非常に有効であることが示された。プラズマ内部領域における二点間での高周波密度揺動の位相差の時間発展を追える計測が可能になり、これを用いて様々な位置で、波動構造を調べた結果について報告する。

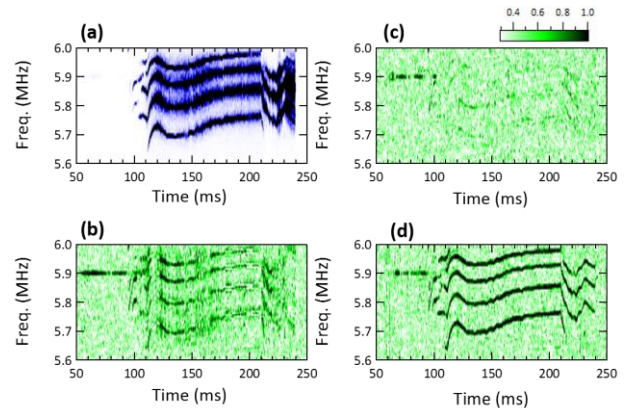


図1 反射計で計測したAIC波動に起因する密度揺動の(a)スペクトルと(b)二点間のコヒーレンス。(c)、(d)は反射計信号の振幅成分、位相成分を分離して求めたコヒーレンス。

本研究は、科学研究費補助金 (No. 25400531, 15K17797) およびNIFS 双方向型共同研究 (NIFS15KUGM101) の支援により実施された。

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

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