

23Aa03

球状トカマク装置QUESTにおける斜めECEの二次元計測

Two-dimensional oblique ECE measurement in the QUEST spherical tokamak

坂井聖也¹⁾、出射浩²⁾、恩地拓己²⁾、山口貴大¹⁾、宮田陸矢¹⁾、張逸凡¹⁾、ZENNIFA Fadilla²⁾、池添竜也²⁾、花田和明²⁾、長谷川真²⁾、黒田賢剛²⁾、井戸毅²⁾、河野香²⁾

Seiya SAKAI¹⁾, Hiroshi IDEI²⁾, Takumi ONCHI²⁾, Takahiro YAMAGUCHI¹⁾, Rikuya MIYATA¹⁾, Yifan ZHANG¹⁾, Fadilla ZENNIFA²⁾, Ryuya IKEZOE²⁾ et al.

¹⁾九大総理工、²⁾九大応力研
¹⁾IGSES, Kyushu Univ., ²⁾RIAM, Kyushu Univ.

球状トカマク装置QUESTでは、28 GHz 電子サイクロトロン波 (ECW)によるプラズマの非誘導立ち上げを行なっている。ECWの準垂直入射 (磁場平行方向の屈折率 $M_{\parallel} = 0.10$)により高電子温度プラズマを立ち上げ、準接線入射 ($N_{\parallel} = 0.75$)により高電流プラズマの立ち上げを達成した。高速電子の発展過程を明らかにすることがプラズマ立ち上げの最適化に求められている。本研究では、位相配列アンテナで、プラズマ電流順・逆方向視野及び、垂直視野の電子サイクロトロン放射 (ECE)を同時観測し、プラズマ電流に寄与する高速電子、バルク電子の発展を捉えることを目的とする。3×3 位相配列アンテナシステムを用いて、ECW を用いたプラズマ電流立ち上げ実験時のECE 観測を行なった。

3×3 位相配列アンテナシステムの測定周波数範囲は 7~14 GHzであり、相対論的ドップラーシフト効果を考慮すると基本波 ECE の観測位置は、主半径 $R=0.32\sim 0.65$ m ($R=0.32$ m はセンターポスト位置)となる。位相配列受信のアダプティブアレイ解析により、プラズマ電流順・逆方向、垂直方向といった観測視野に分解する。アダプティブアレイ解析には受信波の位相情報が不可欠であり、I/Q 信号をストリーミング受信できるソフトウェア受信機 (SDR)を用いた計測システムを構築した。ECE 計測システムを図1に示す。プラズマ加熱に用いる28 GHzジャイロトロンと8.2 GHzクライストロンの周波数帯を除くために、得られた信号をローパスフィルターとバンドリジエクトフィルターを通した。フィルターを透過した信号を、シングルサイドバンドミキサーを用いてヘテロダイン検波を行い、70 MHz の中間周波数帯波をサンプリングレート 1 MS/sで5秒間取得した。ECE の偏波は基本波Oモードを測定対象とした。

図2に28 GHz 準垂直入射のプラズマ立ち上げ実験で観測された、1024 点平均のECE強度、 $R = 0.34$ m 位置での電子温度 T_e 、プラズマ電流 I_p 、線積分電子密度 $n_e L$ 、 $R = 0.34$ m 位置での電子密

度 n_e 、水素の発光スペクトル $H\alpha$ の時間発展を示す。この放電は I_p が立ち上がっている間、2.4 s から0.1 s 間隔でガス供給し、高速電子を抑制した放電である。 I_p とECE の波形はともに2.5 s 以降一定の値を示している。ECE 測定周波数は13.5 GHzであり、その基本波Oモードのカットオフ密度は $2.26 \times 10^{18} \text{ m}^{-3}$ である。図2の放電では、最大の電子密度が $1.2 \times 10^{18} \text{ m}^{-3}$ であるため、カットオフの影響は受けていない。このような放電におけるECE 放射波の3×3チャンネルのデータを用いて、アダプティブアレイ解析を行った。高速電子が抑制された際の放射波の到来角の変化などについて報告する。

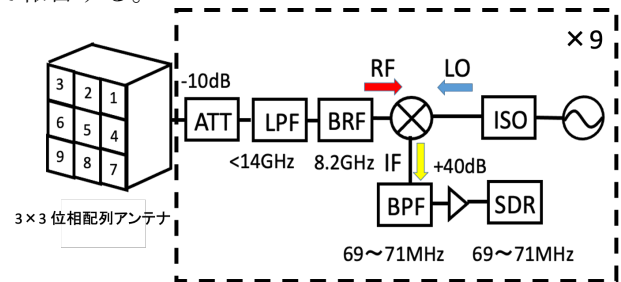


図1 ECE 計測システムの概要図

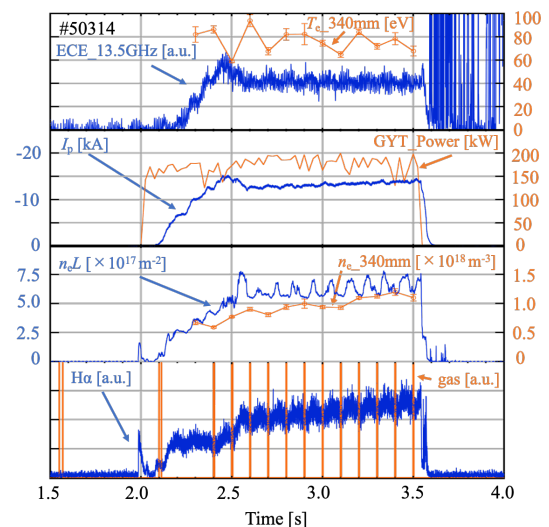


図2 QUEST放電時のプラズマパラメータ

科学研究補助金：基盤研究 (B) 21H01067.
 核融合科学研究所双方向型共同研究 NIFS22KUTR169.