

# 球状トカマク装置 QUEST における電子バーンシュタイン波輻射計の開発 Development of EBE measurement system on QUEST Spherical Tokamak

福山雅治<sup>1</sup>, 出射浩<sup>2</sup>, Pavel Aleynikov<sup>3</sup>, 加藤凌哉<sup>1</sup>, 工藤倫大<sup>1</sup>, 武田康佑<sup>1</sup>, 池添竜也<sup>2</sup>  
M. Fukuyama<sup>1</sup>, H. Idei<sup>2</sup>, Pavel Aleynikov<sup>3</sup>, R. kato<sup>1</sup>, *et al.*

九大総理工<sup>1</sup>, 九大応力研<sup>2</sup>, IPP<sup>3</sup>  
IGSES, Kyushu University<sup>1</sup>, RIAM, Kyushu University<sup>2</sup>, IPP<sup>3</sup>

## 1 研究背景

九州大学では球状トカマク (QUEST) において、第二高調波 28 GHz、基本波 8.2 GHz 電子サイクロトロン加熱・電流駆動 (ECH/CD) によるプラズマ立ち上げにより、プラズマ電流 80 kA、プラズマ密度  $2 \times 10^{18} \text{ m}^{-3}$  のプラズマ生成に成功しており、8.56 GHz を用いた追加加熱が計画されている。電子バーンシュタイン波 (EBW) を用いれば、オーバードンスプラズマを加熱・電流駆動することが可能であることが知られているが、有効な加熱・電流駆動のためにプラズマ中で ECW を EBW にモード変換 (O-X-B 変換) する必要がある。高効率なモード変換のために、その逆過程 (B-X-O 変換) を経た EBW 輻射波 (EBE) を直接計測し、モード変換領域の同定しようと考えた。

本研究では 8.56 GHz EC 波の最適入射条件を与えるモード変換窓の探査を目的とする。

## 2 SDR を用いた位相計測

オーバードンスプラズマにおいて計測した輻射波が O モードであれば EB 由来の輻射波であると考えられるが、同定には非コヒーレント波である輻射波の位相計測が必要である。非コヒーレント波の位相計測が可能であることを示すために、プラズマからの輻射源を熱ノイズ源で模擬し、図 1(a) に示すソフトウェア無線機 (SDR) を用いて非コヒーレント波の位相計測実験が行われた [1]。SDR のサンプリングレート 1 MS/s で I・Q 信号を取得し、フーリエ分解して測定周波数を分離し平均化することにより、非コヒーレント波の位相計測が可能であるという報告がされている。

今回プラズマからの輻射波位相計測の原理実証のために、図 1(b) に示す Ortho Mode Transducer (OMT) を QUEST 本体に取り付け、位相計測を行った。

## 3 EBE 輻射計システム

上記の OMT アンテナは固定されているため OX モード変換の空間分布を計測することができない。よ

り詳細な議論のために観測視野を絞ることができ、空間分布計測が可能な集光ミラーアンテナを開発を行った。集光ミラーに必要なビーム半径を見積もるために、光線追跡コード (CUWA-WKB) を用いて OX モード変換効率の空間分布を計算した [2]。この計算結果を元に、キルヒホッフ積分を用いて集光ミラーの曲率を計算した。図 2 に計算で求めた OX モード変換効率の空間分布と集光ミラー曲率を示す。

本発表では、SDR を用いて輻射計測結果について議論を行い、位相計測を含めた計測結果の妥当性について評価を行う。また、計算した集光ミラーの曲率を電磁界シュミレーションコード (COMSOL) を用いて評価した結果について報告する。

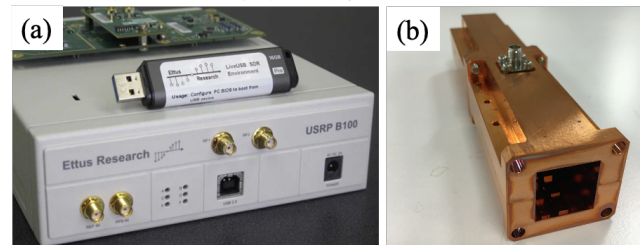


Fig. 1: (a) Ettus Research 社製ソフトウェア無線機 (USRPN210). (b) OrthoMode Transducer (OMT).

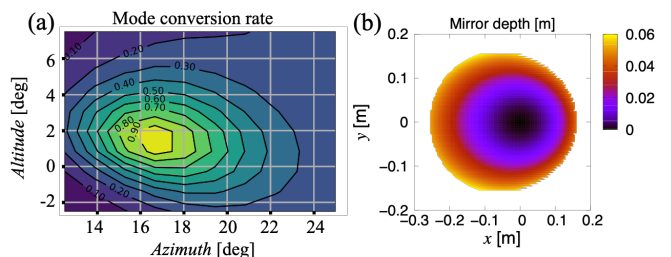


Fig. 2: (a) 10GHz OX モード変換分布. (b) EBE 計測用のミラーアンテナの曲率計算結果.

## References

- [1] H. Idei *et al.*, J. Instrum. **11**, C04010 (2016).
- [2] P. Aleynikov *et al.*, EPJ Web of Conferences. **203**, 01003 (2019).