

可変周波数マイクロ波イメージング反射計の開発 Development of Variable Frequency Microwave Imaging Reflectometry

桑原 大介¹, 長山 好夫², 土屋 隼人², 飯尾 俊二³, 吉永 智一⁴,
山口 聡一郎⁵, 近木 祐一郎⁶, 間瀬 淳⁷
D. Kuwahara¹, Y. Nagayama², H. Tsuchiya², S. Tsuji-Iio³, T. Yoshinaga⁴,
S. Yamaguchi⁵, Y. Kogi⁶, A. Mase⁷.

東京農工大¹, 核融合研², 東工大³, 防大⁴, 関西大⁵, 福工大⁶, 九大⁷
TUAT¹, NIFS², Tokyo Tech³, NDA⁴, Kansai Univ.⁵, FIT⁶, Kyushu Univ.⁷

核融合科学研究所の大型ヘリカル装置において電子密度揺動を3次元計測可能なマイクロ波イメージング反射計 (MIR: Microwave Imaging Reflectometry) を用いた揺動計測が行われている[1, 2, 3]。これまでの研究で磁気プローブでも観測される高調波を伴った数kHz程度の揺動をMIRで観測し、この揺動のトロイダル、ポロイダル径方向波数が既存計測法では同定が困難なほどに高い波数を持つことを確認している。典型的なLHDプラズマ (プラズマ中心磁場 $B_{ax}=2.7$ T) におけるMIR計測領域を図1に示す。図1はプラズマ断面を表しており、照射波の60.41, 61.81, 63.04, 64.64 GHzの4周波数それぞれカットオフ平面と光学系で決定される視線領域の交差する領域が計測範囲となる。現在の照射周波数領域では計測領域は規格化小半径 $\rho=0.95-1.0$ 程度の周辺部のみに限られており、観測された揺動の径方向分布が確認できない。径方向計測領域をより広範囲にするべく、照射周波数の広帯域化・可変周波数化が可能な高周波系を開発している。

MIRでは基本周波数9.3 GHz、反射波強度・位相検出用の第1IFに18.33 MHz、4周波数同時照射用の第2IFとして750, 893, 1183, 1450 MHzの4周波数の信号をそれぞれミキサでアップコンバートし6通倍する 6通倍ダブルスーパーヘテロダイン方式を用いて照射波を生成している。ここで、基本周波数を8.2–10.5 GHzまで可変すれば現在の4周波数分離器 (バンドパスフィルタ)、検出器等から変更なく照射周波数帯域を55.6–71.8 GHzまで可変できるようになる。図2に上述の周波数可変を行った場合の観測領域を示す。Freq1は基本波8.2 GHz、Freq2は基本波9.5 GHz、Freq3は基本波10.5 GHzとした場合の観測領域である。図2から観測領域は $\rho=0.83$

– 1.03程度であり、現状の観測領域から比較して3倍程度径方向観測領域が広がることになる。この周波数可変化のために開発した基本波VCO周波数制御回路、可変周波数シングルサイドバンドフィルタ等の設計について報告を行う。

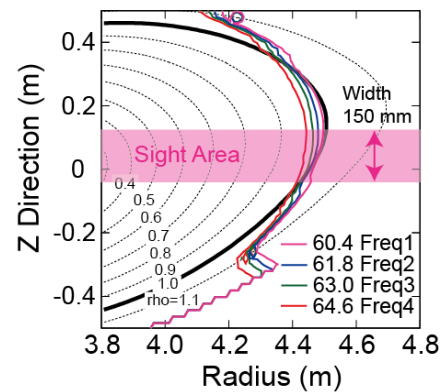


図1 MIR 計測領域

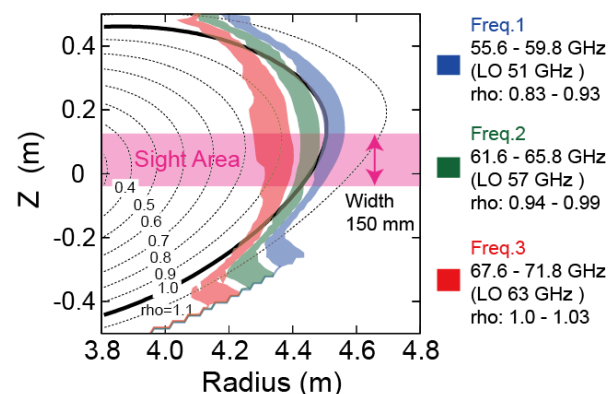


図2 周波数可変 MIR 計測領域

- [1] Y. Nagayama, et al., Rev. Sci. Instrum. **83**, 10E305 (2012).
- [2] T. Yoshinaga, et al., J. Plasma Fusion Res. **5**, 030 (2010).
- [3] D. Kuwahara, et al., Rev. Sci. Instrum. **81**, 10D919 (2010).