

GAMMA 10/PDX セントラル部における ECH アンテナ系の改良設計 Design improvement of the ECH antenna system in the central cell of GAMMA 10/PDX

八房拓也、南龍太郎、假家強、沼倉友晴、岡田麻希、北條俊孝、本吉郁哉、
今井剛、中嶋洋輔

YABUSA Takuya, MINAMI Ryutaro, KARIYA Tsuyoshi, NUMAKURA Tomoharu, OKADA Maki, HOJO Toshitaka, MOTOYOSHI Fumiya, IMAI Tsuyoshi, NAKASHIMA Yousuke

筑波大学プラズマ研究センター
Plasma Research Center, University of Tsukuba

近年筑波大学プラズマ研究センターのタンデムミラー装置 GAMMA 10/PDX では、直線装置の特性を生かして核融合炉の実現に向けた研究を行っている。また、核融合炉のダイバータプラズマを模擬するために、セントラル部のプラズマの高性能化が求められている。電子サイクロトロン共鳴加熱 (ECH) はそのための有力な手段である。GAMMA 10/PDX のセントラル部プラズマでは高温イオンから低温電子への熱輸送 (電子ドラッグ) の効果を低減させ、プラズマの温度上昇のために、28GHz の基本波による ECH を行っている [1]。適切な放射電力分布で高伝送効率の入射を行うことは、上記の目的を果たすために極めて重要である。本研究では、ECH による効率的な加熱を目指し、ECH アンテナ系の改良のために従来使用していた反射鏡の電磁場解析コードの修正・改良を行った。

2015年から2016年にかけて、局所加熱と広域加熱の中間の放射分布と高伝送効率の両立を目指して、新たに反射鏡を設計、製作し、低電力試験を行った。図1に、その反射鏡の設置配位を示す。その結果、低電力試験で得られた放射電力分布と電磁場解析コードで得られた放射電力分布の間に相違点が見られ、特に、計算では現れなかったサイドローブが低電力試験で見られた。そこで、サイドローブを含む放射電力分布の実験データを再現できるように、従来の電磁場解析コードの修正、改良を行った。

主な修正、改良点は二つある。まず反射鏡からの位置 \mathbf{r} における放射電磁場 $\mathbf{E}_M, \mathbf{H}_M$ の基本式に (1), (2) を用いた [2]。次に放射電力分布の電磁場を計算する際、導波管開口面からの放射も考慮して、反射鏡からの放射との重ね合わせを行った [3]。

発表では、具体的な計算法や最新の計算結果、低電力試験との適合性、過去に作成した反射鏡での適用例などについて報告する。

$$\mathbf{E}_M(\mathbf{r}) = \frac{1}{4\pi} \int_{S'} \{-j\omega\mu\mathbf{J}_0(\mathbf{r}')\phi(\mathbf{r}-\mathbf{r}')\} dS' \quad (1)$$

$$\mathbf{H}_M(\mathbf{r}) = \frac{1}{4\pi} \int_{S'} \mathbf{J}_0(\mathbf{r}') \times \nabla' \phi(\mathbf{r}-\mathbf{r}') dS' \quad (2)$$

$$\phi(\mathbf{r}-\mathbf{r}') = \frac{\exp(-jk|\mathbf{r}-\mathbf{r}'|)}{|\mathbf{r}-\mathbf{r}'|} \quad ; \text{グリーン関数}$$

\mathbf{r}' : 電流波源位置 \mathbf{J}_0 : 誘起電流

S' : 反射鏡曲面 k : 波数

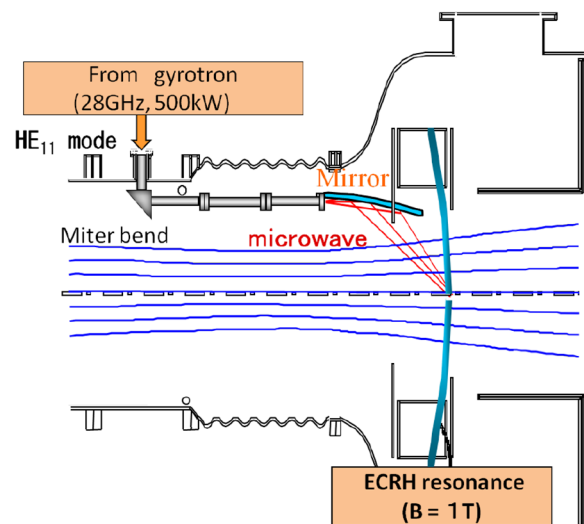


図1: 反射鏡設置配位

[1] K. Nakazawa, Trans. Fusion Tech. Vol.63 (2013) 274.

[2] Y. Tatematsu, Japanese Journal of Applied Physics Vol.44 (2005) 6791.

[3] 山下榮吉: "電磁場解析問題の実際", 社団法人 電子情報通信学会 (1993)