

## 非共鳴波による核融合装置の高効率放電制御に関する研究 Study of efficient discharge control in fusion device using non-resonant wave

池山徹, 徳永賢悟, 野々村昌也, 山田淑宣, 福田武司  
T. Ikeyama, K. Tokunaga, M. Nonomura Y. Yamada, T. Fukuda  
阪大工

Graduated school of Engineering, Osaka Univ.

### 1. 背景・目的

超伝導核融合装置の放電制御の向上を目的とした高周波-プラズマ相互作用の解明は喫緊の研究課題である。我々は、非共鳴波を用いた電流駆動に注目した研究を進めている。非共鳴波電流駆動に関しては、ヘリコン波を用いた単純トーラスでの電流駆動現象が報告されており[1]、また、DIII-Dトカマク装置では非軸電流駆動による閉じ込め状態の向上を目的とした研究が進められている[2]。

本研究は、電流駆動に最適なヘリコン波の方位角モード $m$ を明らかにすることを目的とし、数値計算ならびに物理計測の容易な超小型トカマク装置(大半径/小半径=6cm/2cm)での実験(13.56MHz)による計算結果の検証を進めている。

### 2. ヘリコン波電流駆動解析モデル

方位角モード $m$ ごとのヘリコン波電流駆動の解析を行うため、electronmagnetohydrodynamic (EMHD)を対象とした数値計算コードを開発した[3]。トロイダルモード $l$ での物理量 $F(r,\theta)$ に対する摂動を $F(r,\theta) \cdot \exp[i(l\varphi - \omega t)]$ とし、式(1)~式(3)を基にトロイダル座標系における波動磁場 $B_\varphi$ 分布を有限差分法を用いて解いた。波動磁場 $B_r, B_\theta$ は得られた $B_\varphi$ 分布より評価した。なお、このモデル内では変位電流および散逸効果は無視し、プラズマ電流は $E \times B$ によって駆動されると仮定した。

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad \text{式(1)}$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{j} \quad \text{式(2)}$$

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{j} \times \mathbf{B}_0}{en_0} \quad \text{式(3)}$$

また、駆動電流の値は式(4)より求めた。

$$\mu_0 en_0 \mathbf{j}_\parallel = -\langle [\mathbf{j} \times \mathbf{B}]_\varphi \rangle \quad \text{式(4)}$$

### 3. $m = +1$ における数値解析

上記モデルを用いた方位角モード $m=+1$ での

数値解析の例を示す。図1は $B_\varphi$ 分布の計算結果である。 $B_\varphi$ はトーラスの曲率及びトロイダル磁場の変化を受け図1のようになる。分布には連続性があり、 $m=+1$ に対応する極値が見られる結果が得られた。なお、この例ではランダウ減衰は考慮していない。また、 $B_r, B_\theta$ の値を $B_\varphi$ より評価し、式(4)から得られた駆動電流分布を図2に示す。今回の例では $\rho = 0$ 付近でのピークを持つ結果になった。本公演では他方位角モードにおける数値解析結果ならびに、電流駆動に最適な方位角モードに関する報告を行う。

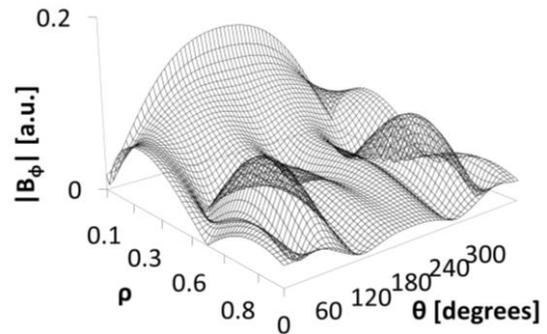


図1  $|B_\varphi|$  分布

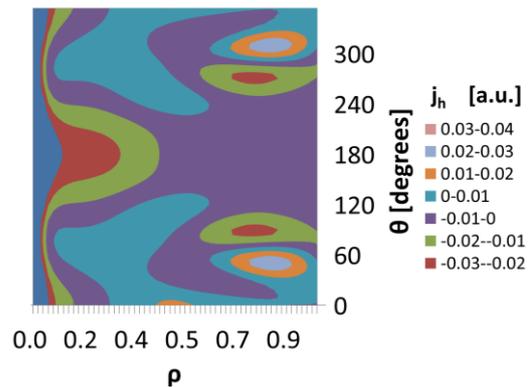


図2 駆動電流分布

### 参考文献

- [1] M. K. Paul and D. Bora, J. Appl. Phys. **105**, 013305 (2009)
- [2] R. Prater *et al*, Nucl. Fusion **54**, 083024 (2014)
- [3] S. K. P. Tripathi and D. Bora, Phys. Plasmas **8**, 697 (2001)