

# QUESTにおける28GHz電子サイクロトロン高調波 電流立ち上げ時の磁場配位発展

Evolving magnetic-configurations during current ramp-up  
through 28 GHz harmonic electron cyclotron heating in the QUEST spherical tokamak

木谷彰宏<sup>1</sup>, 恩地拓己<sup>2</sup>, 花田和明<sup>2</sup>, 小島信一郎<sup>1</sup>, 工藤倫大<sup>1</sup>, 福山雅治<sup>1</sup>, 加藤凌哉<sup>1</sup>, 村上貴洋<sup>1</sup>, 張逸凡<sup>1</sup>,  
黒田賢剛<sup>2</sup>, 池添竜也<sup>2</sup>, 長谷川真<sup>2</sup>, 中村一男<sup>2</sup>, 井戸毅<sup>2</sup>, 出射浩<sup>2</sup>  
九大総理工<sup>1</sup>, 九大応力研<sup>2</sup>

Akihiro KIDANI<sup>1</sup>, Takumi ONCHI<sup>2</sup>, Kazuaki HANADA<sup>2</sup>, Shinichiro KOJIMA<sup>1</sup>, Michihiro KUDO<sup>1</sup>,  
Masaharu FUKUYAMA<sup>1</sup>, Ryoya KATO<sup>1</sup>, Takahiro MURAKAMI<sup>1</sup>, Yifan ZHANG<sup>1</sup>, Kengoh KURODA<sup>2</sup>,  
Ryuya IKEZOE<sup>2</sup>, Makoto HASEGAWA<sup>2</sup>, Kazuo NAKAMURA<sup>2</sup>, Takeshi IDO<sup>2</sup>, Hiroshi IDEI<sup>2</sup>  
IGSES, Kyushu Univ.<sup>1</sup>, RIAM, Kyushu Univ.<sup>2</sup>

球状トカマク装置QUESTでは28 GHz高周波の局所加熱による非誘導プラズマ立ち上げ、定常維持を目指し、ジャイロトロンを用いた電子サイクロトロン加熱電流駆動実験が行われている[1]。球状トカマクではトロイダル磁場の勾配が強いため、複数の高調波共鳴層が共存する。また、28 GHz高周波の入射角度によって加熱時のプラズマ応答が異なる。高調波共鳴加熱による電流駆動効果を高めるためには、プラズマの形状及び位置を特定し、垂直磁場コイル電流値などを調整しながら高周波ビームの入射角度を制御することが重要である。本研究の目的は、28 GHz電子サイクロトロン加熱電流駆動実験において、磁気計測データを基に最外殻磁気面を再構成し、電流立ち上げ過程における磁場配位発展の理解を進めることである。

磁気面再構成の手法として、フィラメント電流近似法[2,3]を採用した。この手法は、プラズマ電流を数本の未知円環電流要素、即ちフィラメント電流群として近似し、それらの作る磁束が磁気計測結果に適合するように最小二乗法で電流値を算出してポロイダル磁束の等高線を描く。本研究では、最大75本(真空容器内壁上67本、高温壁上8本)のフラックスループによってポロイダル磁束を計測した。また、フィラメントの数は6本としている。

開発した計算コードによって磁気面の時間発展を可視化し、プラズマ位置・形状の調査を進めている。28 GHz高周波斜め入射及び準垂直入射時の典型的な磁気面再構成結果をそれぞれ図1(a), (b)に示す。計算には真空容器内壁上にあるフラックスループ62本分のデータを利用した。斜め入射では第二-第四高調波共鳴層位置よりも外側の $R \approx 0.9$  mまで閉磁気面が広がるが、準垂直入射では第四高調波共鳴層位置( $R = 0.64$  m)よりも内側領域に閉磁気面が存在する。このように高周波ビーム入射角度によって閉磁気面の位置・形状が異なるが、プラズマの

性質にも違いが生まれる。斜め入射時にプラズマ電流は50 kA以上でもバルク電子温度は $T_e = 10$  eV程度にとどまる。一方、準垂直入射時ではプラズマ電流は30 kA以下だが、コア部で $T_e = 200-400$  eVまで加熱される。講演では複数のトカマク放電パターンで得た磁気計測データによる磁気面解析結果を示し、考察を述べる。

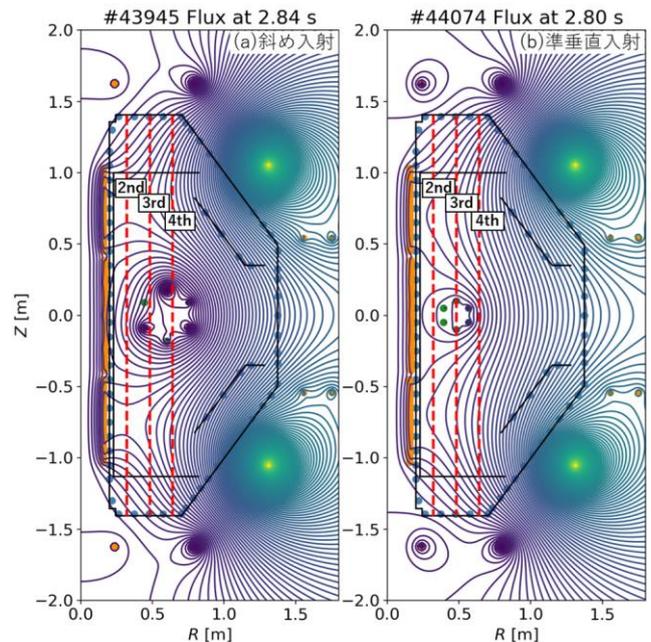


図1(a) 斜め入射ショット#43945( $t = 2.84$  s), (b) 準垂直入射ショット#44074( $t = 2.80$  s)の磁気面再構成結果。赤破線は高調波共鳴層の位置を示している。

## 参考文献

- [1] H. Idei *et al.*, J. Plasma Fusion Res. Vol.96, No.6 309-316 (2020).
- [2] D.W. Swain, G.H. Neilson., Nucl. Fusion **22**, 1015 (1982).
- [3] 辻俊二 他, JAERI-M86-006 (1986).