

多視線分光を用いた QUEST 28 GHz ECH プラズマ中の 炭素イオン $J \times B$ トロイダル流れ計測

森暁¹, 四竈泰一¹, 花田和明², 米田奈生¹, 出射浩², 恩地拓己²,
江尻晶³, 村上定義², 大澤佑規³, 彭翊³, 松崎亨平³, 蓮尾昌裕¹, 中村一男²,
永島芳彦², 池添竜也², 長谷川真², 黒田賢剛², 東島亜紀², 永田貴大², 島袋瞬²

¹京大院工, ²九大応力研, ³東大新領域

<http://oel.me.kyoto-u.ac.jp/>

磁場閉じ込めトロイダルプラズマ装置において ECH を用いたトロイダル速度および速度シアの制御が報告されている[1]. 共鳴層で加熱された電子の一部は径方向に損失し, その結果生じる電場を打ち消すためにイオンによる径方向電流 J_r が流れる. この J_r とポロイダル磁場 B_p によってトロイダル方向の $J_r \times B_p$ トルクが発生する[2]. 本研究では, ECH だけで生成した QUEST プラズマにおいて $J \times B$ トルクによるトロイダル流れが起こっているかを調べた.

QUEST は大半径 0.68 m, 小半径 0.40 m, 中心磁場強度 0.25 T の球状トカマク型装置である. 本研究では 28 GHz, 120 kW ECH で生成したプラズマを用いて実験を行った. 中央平面に配置した 24 本の放射状視線で CIII 発光線 ($1s^2 2s 3s \ ^3S_1 - 1s^2 2s 3p \ ^3P_2$, 464.742 nm) を計測し, ドップラーシフトから C^{2+} イオンのトロイダル速度 V_ϕ の径方向分布を求めた (図 1). 図の左上に共鳴層内側と外側における J_r , B_p の方向を示した. 磁気軸位置が共鳴層位置とほぼ同じであったため $J_r \times B_p$ トルクの方向は共鳴層の内側, 外側ともに順プラズマ電流方向となる. 図 1 から, 共鳴層付近の速度は $J_r \times B_p$ トルクの方向に 6 km/s 程度であることがわかった.

ECH プラズマは比較的低密度であり, かつ共鳴層がセンタースタック近傍にあることから, 共鳴層付近の流れは原子摩擦の影響を受けている可能性がある. そこで, バルマー- δ 線 ($n = 2-6$, 410 nm) の発光強度を同様の視線で計測し, アーベル逆変換, 衝突輻射モデル計算[3]を用いて, 水素原子密度 n_H および水素原子と水素イオンの荷電交換摩擦トルク T_{CX} の径方向分布を求めた (図 2). この際, 水素イオンの密度とトロイダル速度を $n_{H^+} = n_e$, $V_{\phi:H^+} = V_{\phi:C^{2+}}$ と仮定した. 共鳴層付近において, $T_{CX} = 3 \times 10^{-5} \text{ N m}^{-3}$ となり, 原子摩擦の影響は小さいことが分かった.

今後, ECH 電力を変化させた条件での実験やシミュレーションとの比較を行うことで, $J_r \times B_p$ トルクが支配的であるか評価できる可能性がある.

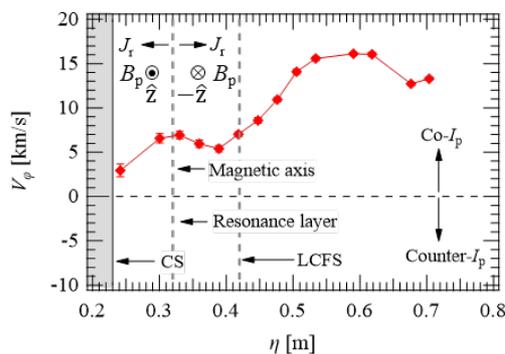


図 1 C^{2+} イオンのトロイダル速度 V_ϕ 径方向分布
(η : 真空容器中心と計測視線との距離)

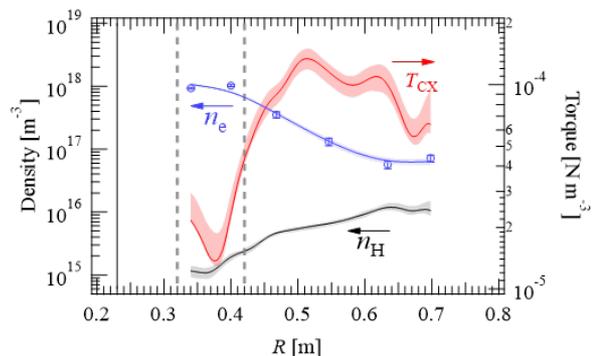


図 2 水素原子密度 n_H , 電子密度 n_e および
荷電交換摩擦トルク T_{CX} の径方向分布

- [1] M. Yoshinuma *et al.*, *Plasma Fusion Research*. **3**, S1014 (2008).
[2] S. Murakami *et al.*, *Phys. Plasma*. **23**, 012501 (2016).
[3] K. Sawada and T. Fujimoto, *J. Appl. Phys.* **78**, 2913 (1995).