

QUESTにおけるX-mode高磁場入射による電子バーンシュタイン波励起実験 Excitation Experiment of Electron Bernstein Waves by X-mode High field side injection on QUEST

小島信一郎¹、村上貴洋¹、花田和明²、Hatem Elserafy³、出射浩²、井戸毅²、池添竜也²、永島芳彦²、長谷川真²、恩地拓己²、黒田賢剛²、中村一男²、福山雅治¹、木谷彰宏¹、工藤倫大¹、加藤凌哉¹、河野香¹、川崎昌二²、東島亜紀²、永田貴大²、稲垣滋²、江尻晶⁴、Yi Peng⁴、大澤佑規⁴、四竈泰一⁵、米田奈生⁵、井口拓己⁵、米田亮太⁶、小野雅之⁷、高瀬雄一⁴、村上定義⁵

KOJIMA Shinichiro¹, MURAKAMI Takahiro¹, HANADA Kazuaki², HATEM Elserafy³, IDEI Hiroshi², IDO Takeshi², IKEZOE Ryuya², NAGASHIMA Yoshihiko², HASEGAWA Makoto², ONCHI Takumi², KURODA Kengoh², NAKAMURA Kazuo², FUKUYAMA Masaharu¹, KIDANI Akihiro¹, KUDO Michihiro¹, KATO Ryoya¹, KONO Kaori¹, KAWASAKI Shoji², HIGASHIJIMA Aki², NAGATA Takahiro², INAGAKI Shigeru², EJIRI Akira⁴, YI Peng⁴, OSAWA Yuki⁴, SHIKAMA Taiichi⁵, YONEDA Nao⁵, IGUCHI Hiroki⁵, YONEDA Ryota⁶, ONO Masayuki⁷, TAKASE Yuichi⁴, MURAKAMI Sadayoshi⁵

¹九大総理工、²九大応力研、³日立製作所、⁴東大新領域、⁵京大院工、⁶UCLA、⁷PPPL
¹⁾ Kyushu univ. , ²⁾ Kyushu univ. RIAM, ³⁾ Hitachi, ⁴⁾ Univ. of Tokyo, ⁵⁾ Kyoto univ., ⁶⁾ UCLA, ⁷⁾ PPPL

1. 導入

高 β 値が得られやすい球状トカマク装置では、RFカットオフ密度に寄らず高密度プラズマ加熱が可能な非誘導電流駆動方式である電子バーンシュタイン波 (EBW) による電流立ち上げが有効である。EBWは静電波であるため、電磁波である電子サイクロトロン波 (ECW) の様に直接入射できず、一般的にX-mode ECWが高域混成共鳴層 (UHR層) でEBWにモード変換することを利用して励起させる。EBW励起時には伝搬方向の強い電場によりパラメトリック崩壊不安定性 (PDI) が発生する[1]。本研究ではPDI計測による明確なEBW励起を示す確証のもと、EBWによるプラズマ電流立ち上げを実証した。

2. 実験方法

導波管を高磁場側に設置し直接X-mode ECW高磁場入射を行い、モード変換が期待できないO-mode ECW低磁場垂直入射を比較対象とした。高磁場入射、低磁場入射ともに入射パワー、磁場配位は同じとした。PDI計測のため、静電波観測用可動プローブを設置し、プローブ挿入の影響が少ない開磁気面のプラズマに対して挿入しPDI発生の有無を計測した。PDIによる励起波 (PDW) 周波数を特定するため、トムソン散乱計測による電子温度、密度分布計測、干渉計による線積分密度計測を活用した。EBWによるプラズマ電流立ち上げを得るため、閉磁気面形成に最適な垂直磁場、Decay index ($n = -(R/B_z)(\partial B_z/\partial R)$)の調整[2]を行った。

3. 実験結果、考察

密度分布計測よりPDIが発生すると考えられるUHR層位置は高磁場入射において $R=575$ mm、低磁場入射において $R=600$ mm であり、PDW周波数は100MHz程度[3]である。UHR層付近を可動プローブで計測を行ったところ、図1に示す周波数スペクトルが得られた。高磁場入射時においてPDW周波数を含む80-120MHz帯で強く観測さ

れており、低磁場入射ではPDW周波数ではスペクトルは観測されなかった。高磁場入射において効率的にX-Bモード変換が発生しEBWが励起されていると考えられる。図2に示すように垂直磁場0.2T時に $n > 0.3$ でトロイダル電流 ~ 4 kAに達した。高速カメラ画像から、トロイダル電流が ~ 4 kAに達した場合には閉磁気面が形成されていることが示唆された。一方、低磁場入射ではトロイダル電流は低く、閉磁気面は形成されない。このことからEBW加熱による効果的なプラズマ電流立ち上げが確認された。

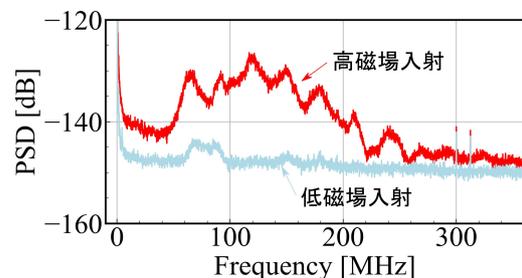


図1. 低磁場、高磁場入射時の静電プローブで計測した周波数スペクトル

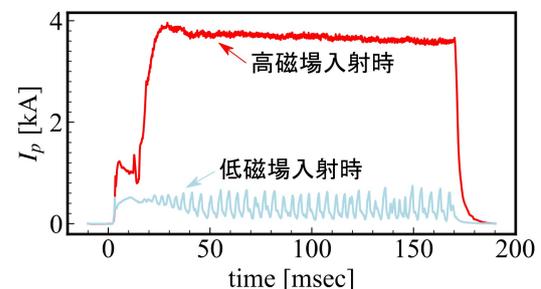


図2. 低磁場、高磁場入射時のトロイダル電流

参考文献:

- [1] M. Porkolab, R. P. H. Chang, Rev. Mod. Phys. **50**, 745-795 (1978).
- [2] M. Uchida *et al.* Nucl. Fusion **51**, (2011).
- [3] S. Kojima *et al.* Plasma Fusion Res. **15**, 2402063-2402063 (2020).