

3P61

ヘリオトロンJにおける電子バーンシュタイン波加熱・計測のための
有限要素法を用いたO-Xモード変換解析

Analysis of O-X Mode Conversion for Electron Bernstein Wave Heating and Diagnostics by Finite Element Method in Heliotron J

*岡佑旗¹, 長崎百伸², 小林進二², 大島慎介², 笠原寛史³, 伊神弘恵³, 門信一郎²,
南貴司², 中村祐司¹, 石澤明宏¹, 木島滋², 水内亨², 岡田浩之², 加藤悠¹
*Y. Oka¹, K. Nagasaki², S. Kobayashi², S. Ohshima², *et al.*

¹京大エネ科, ²京大エネ理工研, ³核融合科学研究所
¹GSES, Kyoto Univ., ²IAE, Kyoto Univ., ³NIFS

電子サイクロトロン波(ECW)はプラズマの加熱・計測手法の一つとして用いられている。ECWの伝搬モードであるO-mode(正常波)、X-mode(異常波)はプラズマ密度がカットオフ密度に達すると反射され、加熱・計測が困難になる。その解決法として、ECWを磁場に対し斜めに入射し、電子バーンシュタイン波(B-mode)にモード変換する方法が提案されている。静電波であるB-modeは、伝搬に密度上限がないこと、また、数10eVの低温でも高い吸収率を有するという長所がある。

ECWのモード変換について、これまで、WKB近似を用いたray-tracing計算によってO-modeからX-modeにモード変換(O-X変換)する際の最適角の検討が行われた[1]が、カットオフ密度付近ではWKB近似が保証されないこと、また、有限幅ECビームの取り扱えないことに課題があるため、Full wave 解析が必要である[2]。本研究では、COMSOL Multiphysicsを用いた波動方程式に基づく有限要素法解析によって、ECWのO-X

変換の入射最適条件とその際の変換効率を解析し、ray-tracing計算との比較を行った。ここでは、2次元モデルで解析を行った結果についての詳細を述べる。

解析では、一様な磁場において密度勾配がある2次元モデルを用いた。ビームサイズ、入射ポートの集光径、入射角の3つの条件に対し、O-X変換効率を最大にする入射条件を調べた。入射ポートからECWを入射させた状態で最適入射角を求め、ビームサイズと集光径を変化させて最適な条件を探索した結果、80%以上の変換効率を得ることができた。入射角を変化させた際の電場ノルムの軌跡を図1に示す。図1(b)のような最適入射角近傍においてO-modeからX-modeへの変換を見ることが出来る。また、図2に示すように、得られた軌跡をray-tracingと比較すると両者の軌跡が一致した。今後、ヘリオトロンJの3次元磁場配位で同解析を行う予定である。

[1] K. Nagasaki and N. Yanagi, Plasma Phys. Control. Fusion 44 (2002) 409

[2] H. Igami, et al, Plasma and Fusion Research, vol.11 240398(2016)

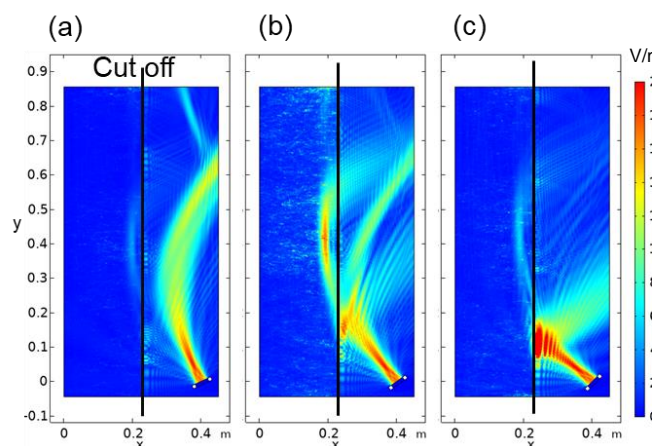


図1 2次元モデルにおけるO-mode入射(42 GHz)の電場ノルムの推移。磁場(1.8 T)に対し(a)25°(b)35.7°(c)45°の角度で入射している。

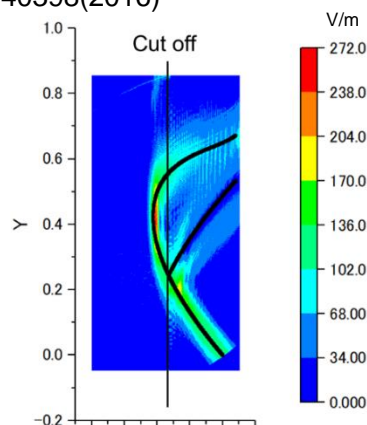


図2 最適入射条件におけるECWの軌跡。COMSOL(カラー分布)、ray-tracing(黒線)