

非一様磁化プラズマ中におけるモード混合波動ビームのための
レイトレーシングの拡張

**Extension of a ray tracing for mode mixed wave beams
in inhomogeneous magnetized plasmas**

柳原 洸太¹, Ilya Y. DODIN², 久保伸^{1,3}, 辻村亨³, 中村浩章^{1,3}
Kota YANAGIHARA¹, Ilya Y. DODIN², Shin KUBO^{1,3}
, Toru I. Tsujimura³, Hiroaki NAKAMURA^{1,3}

名大院工¹, PPPL², 核融合研³
Nagoya Univ.¹, PPPL², NIFS³

非一様媒質中における波動場の発展を幾何光学近似的に計算する手法にレイトレースがある。媒質の非一様性のスケールに比べて励起される波の波長が十分に小さいとき、その波動の伝搬は光線の軌道に近似される。核融合プラズマにおける電子サイクロトロン波においても一般にこの近似は適用可能であり、電子サイクロトロン共鳴加熱/放射等を省計算資源、高速かつ妥当に評価する手法として広く用いられてきた。しかし従来の幾何光学理論のもとでは波動の回折、偏波を扱うことは出来ず、したがって従来のレイトレースでは波動ビームの有限幅、及びモードが混在した波動の記述は困難であった。そこで拡張幾何光学理論に基づき、モード混在波の伝搬を光軸近傍の強度分布の発展まで含めて記述する拡張レイトレーシングコードの開発を新たに行った。拡張幾何光学は幾何光学パラメータ(媒質の非一様性のスケールと波長の比)による波動方程式の2次近似理論であり、屈折、回折、偏波、減衰を同時に記述する。また最低次のみを抜き出すと屈折のみを捉える従来の幾何光学と一致することから、拡張幾何光学は幾何光学の一般化理論であると理解出来る。本コードを用いた様々なベンチマークの結果については会議で報告する。

さて、本コードは大型ヘリカル装置(LHD)に適用され、電子サイクロトロン共鳴加熱シミュレーションの高精度化の準備が整いつつある。高効率な電子サイクロトロン共鳴加熱には目的モードのピュアな励起が要求されるが、そのためには伝搬軌道に沿って変化する周辺プラズマの有限密度、磁場ベクトル、偏波形状の全てを考慮した最適入射偏波状態の評価が必要である。閉じ込め磁場構造の複雑なLHDにおい

てこの問題は特に重要であり、曲がりゆく伝搬軌道に沿ったモード混合比、及び偏波状態の評価が可能なる本コードのLHDへの適用によってより最適な入射偏波状態の評価が期待される。加えて本コードは波動ビームの有限幅を評価することが出来るため、従来のレイトレーシングではピーキーに評価される傾向にあった加熱吸収分布にも大きな改善が期待出来る。以下にLHDに設置された5.5U-outアンテナから入射される、Oモードの電子サイクロトロン波の伝搬の様子を示す。回折の導入によって有限幅を保持したビームが共鳴層に到達していることが分かる。その他の計算結果、及び考察等についても会議で報告する。

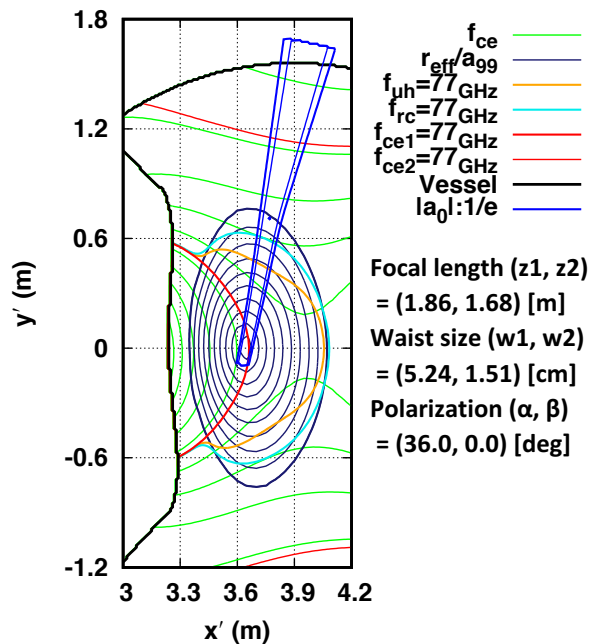


Fig. 0 mode ECW from 5.5U-out antenna of LHD