

レイトレースコード LHDGauss の拡張とその実験的検証

Extension of the ray-trace code "LHDGauss" and its experimental validation

久保 伸^{1,2}, 伊神 弘恵¹, 下妻 隆¹, 高橋 裕己¹, 吉村 泰夫¹, 西浦 正樹³, 牧野 良平², 關 良輔¹, 横山 雅之¹, 鈴木 千尋¹, 鈴木 康浩¹, 居田 克己¹, 小笠原 慎弥², 武藤 敬¹
 Shin KUBO^{1,2}, Hiroe IGAMI¹, Takashi SHIMOZUMA¹, Hiromi TAKAHASHI¹,
 Yasuo YOSHIMURA¹, Masaki NISHIURA³, Ryohei MAKINO², Ryosuke SEKI¹,
 Masayuki YOKOYAMA¹, Chihiro SUZUKI¹, Yasuhiro SUZUKI¹, Katsumi IDA¹,
 Shinya OGASAWARA², Takashi MUTOH¹

核融合研¹, 名大工.², 東大新領域³

NIFS¹, Nagoya U., Energy Eng. & Sci.², U. Tokyo, Frontier Sci.³

LHDGauss は、LHD の電磁波伝搬軌道を解析し、電磁波の加熱吸収分布を求めるために作成された光線追跡コードである。入射ガウスビームを多くの光線で模擬し各光線の吸収分布をガウス分布の電力重みを考慮して重ね合わせることでビームのプラズマ中での吸収分布としている。この計算にあたっては平衡計算コード VMEC で求めた平均規格化半径に加えて真空磁場の各成分をを 3 次元実空間上に設定したメッシュ点上のデータをメモリに展開し、レイトレースの各ステップにおいて、このメッシュ点データを補間し、仮定した規格化平均半径に対する密度、温度分布から局所的な値として計算の高速化を計っている。加熱波動のアイコンナル方程式を順次解くことで軌道を、また局所的な吸収係数から各光線の吸収分布としている。近年、LHD においては、YAG-Thomson 散乱計測の高分解能電子温度、電子密度計測を用いて各ショットの計測各時間スライスごとに VMEC で計算された数多くの分布データベースから最も近い分布を選び [1]、さらに、レイトレースに必要なメッシュ点上の平均半径と電子温度、密度が LHD データベースに登録されるようになった。今回、このデータベースを読み込み、さらには、ECH の入射パラメータも自動で読み込むようにして、ショットごと、タイムスライスごとにレイトレースが実行されるように改良した。

これに伴い、ハードウェアで与えた入射角、入射偏波から各モード比率を計算する必要が生じたため、光線に沿った系で密度、磁場各成分の変化を考慮したモード比率計算を行うこととした。吸収領域に到達するモード比率を入射偏波状態 α と β を初期条件に一次元波動方程式を解き、モード比率を確定するようにした。図に示したのは、伝搬方向に沿って電子密度プロファイルと磁場プロファイルを変化させた場合にモードが確定してゆく様子である。入射ビームの中心光線が直線と仮定し、その光軸に沿って変化する密度分布と磁場分布を用いて計算したモード比率を用いて、O モードと X モードによる吸収分布を足し合わせて最終的な吸収分布とした。比較的高密度で行われた LHD 実験での加熱効果の偏波依存性に関する実験結果との比較検討も含めて報告する。

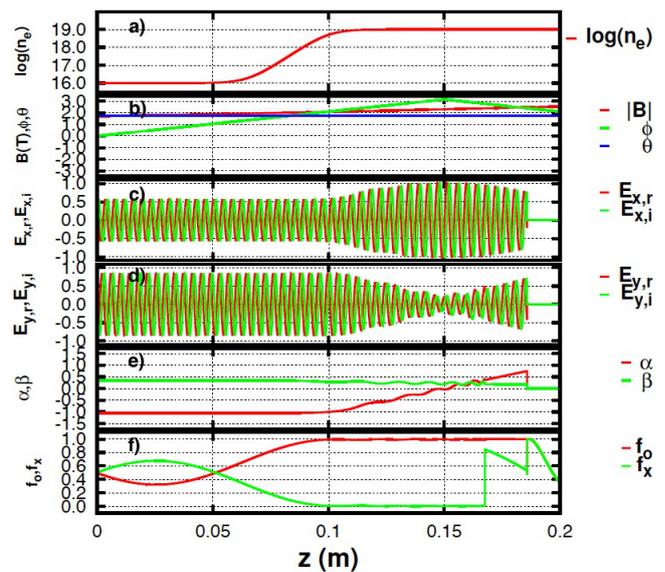


図 1: Assumed (a) density profile, (b) Mod B, propagation angle θ and shear ϕ . Calculated (c) Real and imaginary parts of E_x and (d) E_y . (e) Local α, β , and (f)

O and X mode fraction.