

加熱分布による閉じ込め改善効果の定量評価と直接分布外挿法への導入 Introducing a Quantitative Model of Confinement Enhancement due to the Heating Profile Effect to the Direct Profile Extrapolation Method

宮澤順一、後藤拓也、増崎貴、吉村泰夫、久保伸、鈴木千尋、鈴木康浩、
横山雅之、坂本隆一、山田弘司、相良明男、FFHR 設計グループ

Junichi MIYAZAWA, Takuya GOTO, Suguru MASUZAKI, Yasuo YOSHIMURA, Shin KUBO,
Chihiro SUZUKI, Yasuhiro SUZUKI, Masayuki YOKOYAMA, Ryuichi SAKAMOTO,
Hiroshi YAMADA, Akio SAGARA, and the FFHR Design Group

核融合研 NIFS

核融合炉心プラズマの性能を実験プラズマのパラメータから外挿して予測する直接分布外挿法[1]で用いる閉じ込め改善度を、加熱分布のピーキングファクターを用いて定量的にモデル化した[2]。これは、加熱分布がより中心にピークした方がより良いエネルギー閉じ込めが得られるというLHDにおける実験観測に基づいている。閉じ込め改善度を定量化するに当たっては、基本的にアタッチ条件の中性粒子ビーム入射 (NBI) 加熱プラズマで得られたデータを用いた[2]。本発表では、極端な中心加熱となる電子サイクロトロン波加熱 (ECH) プラズマ、及び極端な周辺加熱となる完全デタッチメントのサーパンスモードプラズマ[3]の場合について解析した結果も併せて報告する。

閉じ込めの指標として、ジャイロボーム規格化電子圧力分布 (Gyro-Bohm Normalized Electron Pressure Profile、以下GBNEPP) の中心値 α_0 を用いた。LHDにおける巨視的エネルギー閉じ込めは国際ステラレータスケール (ISS95、ISS04) と同様の、ジャイロボーム型パラメータ依存性を有することが知られている。そこで、電子圧力分布を電子密度分布の0.6乗や加熱パワーの0.4乗等のジャイロボーム型パラメータ依存性で規格化すると、ゼロ次のベッセル関数で近似できるパラボリック分布が得られる[4]。これがGBNEPPである。図1に示したように、GBNEPPは加熱分布がピークした方がより大きくなる。

加熱分布のピーキングファクターとしては、加熱分布の体積積分分布 $P_{\text{dep}}(\rho)$ を、その表面値 P_{dep1} (= 全加熱パワー) で規格化した分布の線平均値 $(P_{\text{dep}}/P_{\text{dep1}})_{\text{avg}}$ を用いた。図2にGBNEPPの中心値と $(P_{\text{dep}}/P_{\text{dep1}})_{\text{avg}}$ の関係を示す。図で α_{0^*} (or, α_0) とあるのは、規格化小半径が0.5 (or, 0) から1の間のGBNEPPをゼロ次のベッセル関数にフィットして求めたGBNEPPの中心値である。図2の結果より、ECHプラズマやサーパンスモード等の極端な場合を含めても、GBNEPPの中心値は加熱分布ピーキ

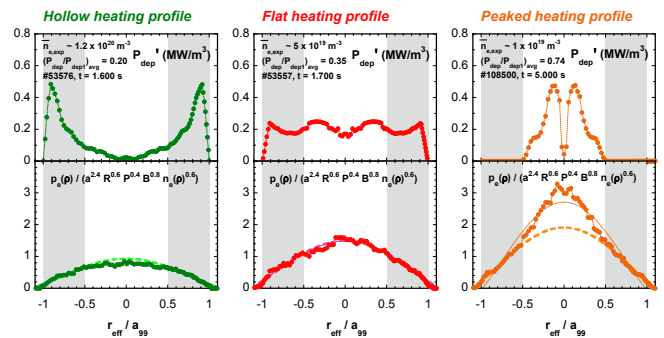


図 1 加熱分布 (上図) とジャイロボーム規格化電子圧力分布 (下図) の例。右からそれぞれ ECH、NBI (attach)、NBI (Serpens mode) の場合。

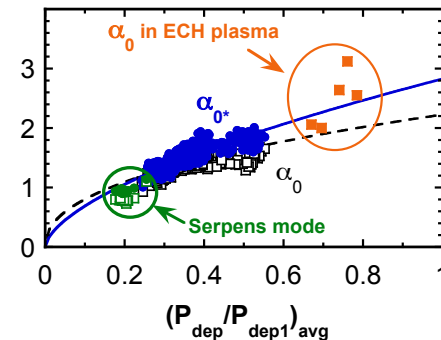


図 2 ジャイロボーム規格化圧力分布の中央値と加熱分布ピーキングファクター $(P_{\text{dep}}/P_{\text{dep1}})_{\text{avg}}$ の関係。

ングファクターの0.6乗に比例するというモデルで近似できると結論した。但し、ECHプラズマにおけるe-ITB等の局所的閉じ込め改善がある場合、このモデルは過小評価となる。

Reference

- [1] J. Miyazawa et al., Fusion Eng. Des. **86** (2011) 2879.
- [2] J. Miyazawa et al., "Formularization of the confinement enhancement factor as a function of the heating profile for FFHR-d1 core plasma design", Nuclear Fusion (in press).
- [3] J. Miyazawa et al., Fusion Sci. Tech. **50** (2006) 192.
- [4] J. Miyazawa et al., J. Plasma Fusion Res. SERIES, Vol. 9 (2010) 94.