

# イオン密度と静電ポテンシャルの変異にもたらすグローバル効果 Global effects on the variation of ion density and electrostatic potential

藤田慶二<sup>1</sup>, 佐竹真介<sup>1,2</sup>, 菅野龍太郎<sup>1,2</sup>, 沼波政倫<sup>1,2</sup>, 仲田資季<sup>1,2</sup>

Keiji Fujita<sup>1</sup>, Shinsuke Satake<sup>1,2</sup>, Ryutaro Kanno<sup>1,2</sup>, Masanori Nunami<sup>1,2</sup>, Motoki Nakata<sup>1,2</sup>

総研大<sup>1</sup>, 核融合研.<sup>2</sup>

Sokendai<sup>1</sup>, NIFS<sup>2</sup>

不純物ホール [1,2] の観測以来、その現象を説明するために、従来の新古典輸送理論の改善の試みがなされてきた。従来のモデルでは、静電ポテンシャルはフラックス関数、 $\Phi = \Phi_0(r)$  であると近似されているが、そのフラックス面上での変異  $\Phi_1 \equiv \Phi - \Phi_0(r)$  も不純物イオンの輸送に大きな影響を持ちうることで複数の異なる研究 (e.g. [3,4]) によって示されている。一方、 $\Phi_1$  の不純物新古典輸送への影響は先行研究間にもばらつきがあり、不純物ホールのメカニズムを説明するような明確な傾向性は見出されていない。その原因として、それらの研究がローカル近似の範囲内でそれぞれ異なる近似に基づくモデルを利用しており、近似の差が、それ自体は微量である  $\Phi_1$  に対して無視しえない影響を及ぼしていることが考えられる。従来のローカルモデルでは完全に無視されている磁気ドリフトの、フラックス面に対する接成分のみを考慮に加えた場合、 $\Phi_1$  の分布に著しい変化が起こることも示されており、 $\Phi_1$  の評価におけるローカルモデルの限界が示唆されている [4]。しかし、これまで径方向のドリフト運動も含めたグローバルコードによる  $\Phi_1$  の評価と、不純物輸送へのその影響を調べた研究は行われていない。よって我々は、グローバルな新古典輸送シミュレーションコード FORTEC-3D を用い、グローバルな効果を含めた初の計算によってイオン密度変異から静電ポテンシャルの変異を求め、その結果をローカルな計算結果と比較した。その結果、不純物ホールが形成されるプラズマに近いプロファイルでは、グローバルな計算と従来のローカルモデルでの計算との間に大きな違いが見られた。また [4] で用いられているモデルと同様に、磁気ドリフトの接成分のみを考慮したモデルでの計算結果とも比較をしたが、グローバルな計算結果にはそれとも異なる性質が見られ、不純物ホールの解析にはグローバルな計算が必要であることが改めて示唆される結果となった。

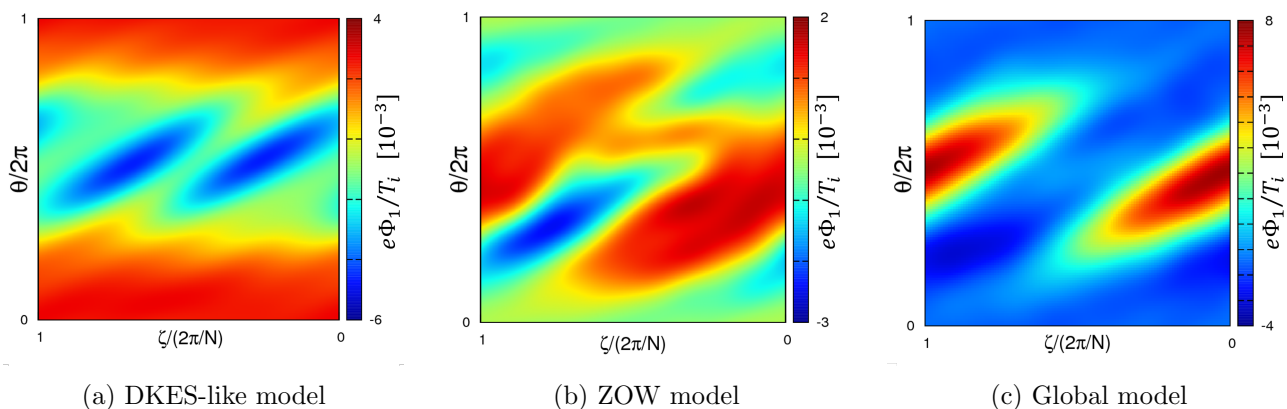


図 1: 小半径  $a$  で規格化された径座標で  $r/a = 0.4$  の磁気面上における  $e\Phi_1/T_i$  の分布を、 $\theta$ - $\zeta$  面に射影した図。それぞれ (a) : DKES-like モデル (従来のローカルモデル)、(b) : ZOW モデル ((a) に磁気ドリフトの接成分を加えたモデル)、および (c) : グローバルモデルの計算結果。グローバル計算の結果では (a) とは位相が反転し、ステラレーター対称性 ( $(\theta, \zeta) \rightarrow (-\theta, -\zeta)$  の変換で不変である性質) が見られる。この性質はサンプルした全ての磁気面 ( $r/a = 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$ ) 上で共通に見られた。

[1] K. Ida, et al., Physics of Plasmas, **16**, 056111 (2009).

[2] M. Yoshinuma, et al., Nuclear Fusion, **4**, 062002 (2009).

[3] J. M. García-Regaña, et al., Nuclear Fusion, **57**, 056004 (2017).

[4] J. L. Velasco, et al., Plasma Physics and Controlled Fusion, **60**, 074004 (2018).