

## 高速トロイダル流平衡における Hall 効果

東大新領域 白石 淳也, 古川 勝

内部導体系装置 RT-1 [1] では, 高速プラズマ流の緩和理論 [2] の検証をはじめ, 高速流に関わる実験が計画されている. RT-1 では, 流れおよび Hall 効果に関わる多様な物理研究が可能である.

本研究では, トロイダル回転および Hall 効果を含む軸対称トーラス平衡の解析を行った. その結果, 理想 MHD では見出せない平衡が存在することが明らかになった. この平衡のトロイダル回転および密度はそれぞれ,  $V_\phi = R^{-1}f(T(\psi))$  および  $n = n_0(\psi) \exp(-f^2 R^{-2}/2)$  と書ける [ $R$ - $\phi$ - $Z$  は円柱座標,  $\psi$  は磁束関数,  $T(\psi)$  と  $n_0(\psi)$  は磁気面量]. 勿論, Hall 効果がキャンセルされる平衡 (即ち MHD 平衡) も存在し,  $V_\phi = Rg(T(\psi))$  および  $n = n_0(\psi) \exp(C^2 R^2/2)$  ( $C$  は定数) と書ける. より一般的な定式化は Thyagaraja と McClements によりなされている [3]. トロイダル効果が無い場合, 運動方程式における対流項  $(\mathbf{V} \cdot \nabla) \mathbf{V}$  は常に 0 となり, 流れ場と磁場が結合しなくなる. そのため, 磁場配位は圧力とバランスするよう決定される. また, トロイダル回転は一般化 Ohm 則より磁場とは独立に定まり, MHD 平衡と殆ど同じ分布になる. したがって, Hall 効果とトロイダル効果と結合することにより, 多様な平衡構造が形成されるのである [4].

更に, Hall-MHD 固有の平衡および従来の MHD 平衡に対して, RT-1 を模擬したトーラス系で数値解析を行った.  $\langle V_\phi \rangle$  ( $\langle \cdot \rangle$  は体積平均) を変化させて, 回転が平衡配位に及ぼす影響について調べた. 右図は, Hall-MHD 平衡の赤道面 ( $Z = 0$ ) における密度分布の振舞を示している. 密度分布が局在化すること, および  $\langle V_\phi \rangle$  が大きくなるに従い, 密度ピークが内側へシフトすることを示している. 密度のシフトは, 回転が反転する場所が内側にシフトすることに起因している. 対照的に, MHD 平衡では  $\langle V_\phi \rangle$  が大きくなるに従い, 遠心力により密度ピークは外側へシフトする.

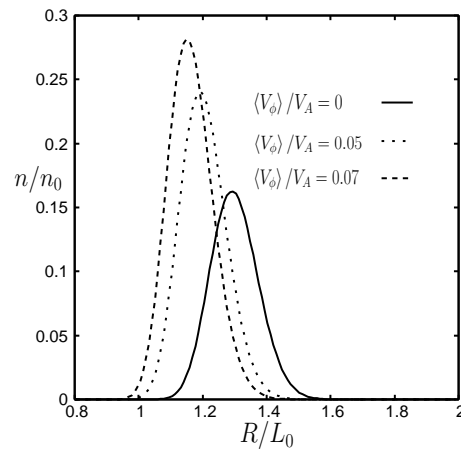


図 1: Hall-MHD 平衡の密度分布の振舞.

### 参考文献

- [1] Z. Yoshida *et al.*, Plasma Fusion Res. **1**, 008 (2006).
- [2] Z. Yoshida and S.M. Mahajan, Phys. Rev. Lett. **88**, 095001 (2002).
- [3] A. Thyagaraja and K.G. McClements, Phys. Plasmas **13**, 062502 (2006).
- [4] J. Shiraishi, M. Furukawa, and Z. Yoshida, Plasma Fusion Res. **1**, 050 (2006).