

異極性スフェロマック合体における Hall 効果 Hall Effect on Counter-Helicity Spheromak Merging

神納康宏, 井通暁, 小野靖

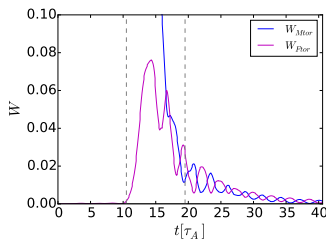
Yasuhiro Kaminou, Michiaki Inomoto, and Yasushi Ono

東京大学大学院工学系研究科

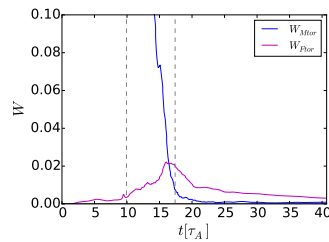
Graduate School of Engineering, the University of Tokyo

究極的な高 β 配位である磁場反転配位 (FRC) の生成方法の一つである異極性スフェロマック合体法にはプラズマ合体時の磁気リコネクション [1] と合体後の自己組織化現象 [2] という局所的な現象と大域的な現象が連続して発生し、また FRC ではその両者において現象の空間スケール (電流シート幅, プラズマ小半径) がイオンジャイロ半径, イオン慣性長と同等かそれ以下になることから、非 MHD 効果が本質的な役割と担う複雑な現象となりうる。特に、高 β 配位において重要な役割を担いうるプラズマのフローは磁気リコネクションによって発生するため、合体生成 FRC の緩和現象の解明のためには磁気リコネクションから緩和までの幅広い空間スケールを解く必要がある。そこで本研究では異極性スフェロマック合体法における FRC 生成過程を統一的に扱うためにプラズマ合体に適した 2 次元および 3 次元 Hall-MHD コードを開発した。このコードでは陽解法における時間刻み幅の制約から増える計算量を抑えるため、磁場と流体量を異なる時間刻みで解く手法を採用した。

2 次元 Hall-MHD シミュレーションを行った結果、Hall 効果が強いケース (イオン慣性長 $d_i = 0.2$) では、MHD ($d_i = 0$) のケースにおいて発生するトロイダル磁場、トロイダルシアフローの振動 (“slingshot effect”) が発生しないことが明らかになった。また、トロイダルフローの発生そのものも抑制される。さらに、径方向アウトフローの分布や電流・磁場分布が Hall 効果によって変形を受ける。この結果はプラズマ合体実験装置 TS-4 における低 S^* パラメータ領域における実験結果 [3] と定性的に一致する。また、Hall 効果が強いケースでは磁場構造、フロー構造の緩和が速くなることが明らかになった。このことは Hall 効果が合体磁気リコネクションの素過程を介して FRC の緩和・自己組織化に影響を与えることを示唆するものである。



$\int \frac{1}{2} B_0^2 dv, \int \frac{1}{2} \rho v_0^2 dv$ の時間発展 ($d_i = 0$)



$\int \frac{1}{2} B_0^2 dv, \int \frac{1}{2} \rho v_0^2 dv$ の時間発展 ($d_i = 0.2$)

- [1] M. Inomoto, et al., Phys. Rev. Lett. **97**, 135002 (2006).
- [2] E. Kawamori, Y. Ono, Phys. Rev. Lett. **95**, 085003 (2005).
- [3] Y. Kaminou et al., IEEJ Trans. FM. **134**, 487 (2014) (in Japanese)