

M23a プラズマ中の磁気拡散と磁気リコネクションへの応用

銭谷誠司 (国立天文台), 梅田隆行 (名古屋大学)

磁気リコネクション研究では、磁力線の繋ぎ変わるX点近傍の「磁気拡散領域」の物理が重要だとされている。しかし、そもそも運動論プラズマでは、「磁気拡散」という過程が定義されていないため、リコネクションの重要領域も曖昧にしか議論できないのが現状である。

本研究では、この問題を基礎概念に立ち返って再検討した (Zenitani & Umeda 2014)。移流する面要素を貫く磁束量が一定であるとき、磁束が流れに凍結していると言う (Newcomb 1958)。磁気流体力学 (MHD) では電気抵抗由来の拡散項が磁束凍結条件を破ることができるが、運動論ではこの関係は自明ではなくなる。今回我々は、これまでほとんど議論されなかった凍結項の圧縮成分に注目し、磁気拡散過程が磁束凍結状態 (理想状態) への緩和過程であると解釈した。また、理想条件 / 凍結条件 / 磁気拡散などは、基準場の取り方に依存する相対的な概念だと考える。例えば、イオンおよび電子の流体速度を基準場とすることで、イオン拡散領域・電子拡散領域の範囲と意味が明確になる。

さらに、これらの議論を粒子ノイズが少ないブラソフプラズマシミュレーションで検証する。例えば、リコネクション点付近に局在化して磁気拡散が起きていることや、電子拡散領域とエネルギー散逸が起きる磁気散逸領域はよく一致することなどがわかってきた。一方、今回考察した磁気拡散は、磁力線のアイデンティティを保証する線の保存定理 (Newcomb 1958) とは、別の問題であることも明らかになった。

これらの結果は、磁気拡散の概念を運動論プラズマに拡張するとともに、磁気拡散と磁力線の繋ぎ変えの関係という基礎的な問題に示唆を与えるものである。