

Q49b 無衝突リコネクションの磁気拡散領域とイオンの非線形力学

銭谷誠司(国立天文台), 篠原育(JAXA/ISAS), 長井嗣信(東工大), 和田智秀(国立天文台)

磁気リコネクションは、太陽・恒星フレアや惑星磁気圏に関わる重要なプラズマ素過程である。無衝突磁気リコネクションでは、磁力線が繋ぎ変わるX点近くに理想MHD条件($E + v \times B = 0$)が成り立たない「磁気拡散領域」が存在し、系全体の発展を支配している。この領域の構造と、その内部で起こる磁気散逸のメカニズムは、リコネクション物理の最重要課題である。2000年代の標準理論では、X点周辺は電子が磁化していない電子拡散領域と、イオンが磁化していない外側のイオン拡散領域の2層構造をしていると考えられていた。このうち、電子領域の構造については多くの研究が行われてきたが、イオン領域の構造については殆ど議論がされていない。

本発表では、このイオン領域の物理をマクロ(磁気流体力学)・ミクロ(荷電粒子軌道論)の両面から議論する。最初に、理想条件、磁気凍結、磁力線保存、磁気拡散、磁気散逸といった磁気流体力学の基礎概念を、運動論プラズマにあわせて再考する。そして、これらを出発点に、2次元プラズマ粒子シミュレーションで得られたX点周辺構造を解析する。今回扱うイオン領域の外側部分では、理想MHD条件が成り立っていないにも関わらず、磁気凍結が成り立っており、MHD的な直感とは一致しない。我々は、この領域の性質を荷電粒子の粒子軌道論の立場から議論する。イオン分布関数はMaxwell分布とは違う複雑な形をしており、(1) 典型的な高エネルギー成分、(2) 半円型の主要成分、そして(3) 捕捉成分という複数の成分から成り立っている。特に3番目の捕捉成分は、古典的な研究(Chen & Palmadesso [1986])で発見されていた粒子軌道を、自己無道着なプラズマ粒子シミュレーションで初めて再現したものである。これらのプラズマ成分は、イオン理想条件やエネルギー散逸などの電磁流体的な性質をうまく説明するとともに、近未来のプラズマ観測衛星で観測できる可能性もある。