

無衝突磁気リコネクションにおける電子軌道の全ラグランジュ解析

銭谷 誠司 [1]; 長井 嗣信 [2]; 篠原 育 [3]
[1] 国立天文台; [2] 東工大; [3] 宇宙研/宇宙機構

Full Lagrange analysis of electron orbits in collisionless magnetic reconnection

Seiji Zenitani[1]; Tsugunobu Nagai[2]; Iku Shinohara[3]
[1] NAOJ; [2] Tokyo Institute of Technology; [3] ISAS/JAXA

In order to study inner workings of magnetic reconnection, NASA recently launched the Magnetospheric MultiScale (MMS) spacecraft. It is expected to observe electron velocity distribution functions (VDFs) at high resolution in magnetotail reconnection sites in 2017. To understand the physics of magnetic reconnection, it is important to clarify the relation between electron orbits and VDFs.

In this work, we study electron orbits and associated VDFs in magnetic reconnection by using a two-dimensional particle-in-cell (PIC) simulation. We manage to obtain electron orbits as many as possible in our simulation. By extensively analyzing the dataset, we discover several new electron orbits. In this contribution, we will discuss basic properties of these new orbits, by modifying a theory of nongyrotropic particle orbits (Buchner & Zelenyi 1989 JGR). Surprisingly, a majority of electrons follow new orbits. This raises a serious question to our present understanding of physics of collisionless magnetic reconnection.

磁気リコネクションの内部物理を探るために、2015年にNASAはMagnetospheric MultiScale (MMS)衛星を打ち上げた。MMSは2017年以降に、磁気圏尾部のリコネクション領域で電子の速度分布関数(VDF)を詳しく観測することが期待されている。観測データを読み解き磁気リコネクションの物理を理解するために、電子軌道と速度分布関数の関係を明らかにしておくことは重要である。

本研究では、磁気リコネクションの2次元粒子シミュレーションデータを解析して、リコネクション系における電子軌道を徹底的にサーベイした。まず、粒子データを8ステップ毎に書き出して2000万個の電子軌道を生成した。そして、このデータセットを解析した結果、静電場に跳ね返されて中央平面を横切らない軌道など、これまで知られていなかった新しいタイプの電子軌道を多数発見した。また、これらの軌道の性質は、曲がった磁場の中の軌道運動論(Buchner & Zenelyi 1989 JGR)を拡張して議論できることがわかってきた(Zenitani & Nagai 2016, submitted)。驚くべきことに、これらの新しい軌道を通る電子は数密度の大半を占めている。これは旧来の軌道を想定した多くの理論に再考を促す結果である。