

複数の X-line を形成する磁気リコネクションでの電子加速

Electron Acceleration during Magnetic Reconnection with Multiple X-lines

湯村 翼 [1]; # 田中 健太郎 [2]; 篠原 育 [3]; 藤本 正樹 [4]

Tsubasa Yumura[1]; # Kentaro Tanaka[2]; Iku Shinohara[3]; Masaki Fujimoto[4]

[1] 東大・理・地球惑星; [2] 宇宙研; [3] 宇宙研 / 宇宙機構; [4] 宇宙機構・科学本部

[1] Earth and Planetary Sci., The Univ. of Tokyo; [2] ISAS,JAXA; [3] ISAS/JAXA; [4] ISAS, JAXA

高エネルギー粒子の生成は、宇宙プラズマにおける最大の問題の1つである。磁気リコネクションは、地球磁気圏や太陽から高エネルギー天体に至るまであらゆるスケールの宇宙プラズマにおいて高エネルギー粒子の生成源として注目される。人工衛星のその場観測やシミュレーションを用いた研究により、磁気リコネクションでの様々な電子加速メカニズムが提唱されてきた。しかしそれらの先行研究で行われたシミュレーションでは、初期に単一の X-line を形成するモデルを主に用いてきた。磁気圏尾部や惑星間空間の観測から磁気リコネクションにおける複数の X-line の形成が示唆されており、複数の X-line と電子加速の関連性を示唆する観測結果もあるが、これまでのシミュレーションで複数の X-line の効果は考慮されていない。

本研究では磁気リコネクションにおいて複数の X-line の形成が電子加速メカニズムに与える効果を解明することを目的とし、初期に任意の数の X-line を形成するモデルを用いて2次元粒子シミュレーションを行った。シミュレーションでは複数の X-line の形成により複数の磁気島が生成され、リコネクションの発展の中で磁気島は合体した。電子加速は磁気島合体に対応して起こった。多数の磁気島が生成され磁気島合体が多段階に分かれる場合には、電子加速も多段階に分かれて起こった。加速された高エネルギー電子の空間分布を調べたところ、多段階の電子加速によって磁気島を取り囲む多重リング状の分布を形成することを発見した。電子の加速領域を調べた結果、X-line、pileup 領域、磁気島合体領域の3つの領域が電子加速領域となっていた。磁気島合体領域は複数の X-line の形成によって生まれる領域であり、電子加速領域となることは本研究が初めて発見した。超高エネルギー電子の生成機構とそれらへの各加速領域の寄与を明らかにするため電子の軌道と加速履歴を調べた。その結果、超高エネルギー電子の生成には X-line での加速が不可欠であることがわかった。しかし X-line での加速のみで超高エネルギーに達する電子はごく僅かで、超高エネルギーまで到達した多くの電子は X-line での加速後に pileup 領域や磁気島合体領域でさらなる加速を受けていた。初期 X-line 数や計算領域の大きさなどの計算設定の依存性を調べるため、様々な計算設定の下でシミュレーションを実行し結果を比較した。初期 X-line 数の異なる計算では、最終時刻での電子エネルギースペクトルはよく似た形を示すが、電子が3つの加速領域で得るエネルギーには差が生じた。計算領域の大きさの異なる計算を比較した結果、計算領域が大きいほど電子の得るエネルギーは増加し、高エネルギー電子は多く生成された。エネルギースペクトルは磁気リコネクションのスケールに依存し、計算領域の大きさの異なる場合でも合体の途中の磁気島の大きさが同じ状態の時に比較するとスペクトルはよく一致した。本研究における最大

スケールの計算では磁気島合体領域での電子加速の規模が大きくなり、非熱的電子が多数生成された。