

2次元電磁粒子コードを用いた計算機実験による 磁力線再結合領域における粒子の加熱機構の解析

*山本 輝哉 [1],大村 善治 [1],富永 丈博 [1],松本 紘 [1],臼井 英之 [1]

京都大学超高層電波研究センター[1]

A study of particle heating in magnetic reconnection with a two-dimensional electromagnetic particle code

*Teruya Yamamoto[1], Yoshiharu Omura [1], Takehiro Tominaga [1]
Hiroshi Matsumoto [1], Hideyuki Usui [1]

Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University [1]

Electrostatic solitary waves and Langmuir waves have been observed by GEOTAIL spacecraft in the plasma sheet boundary layer that is connected to a reconnection region in the magnetotail. These waves are assumed to be excited by electron beams generated near the neutral line. In order to study electron dynamics in the region of magnetic reconnection, we use a two-dimensional electromagnetic particle code in which both electrons and ions are treated as particles. We study mechanism of possible acceleration and heating of electrons in magnetic reconnection regions.

GEOTAIL衛星の観測では、プラズマシート境界層において静電孤立波やラングミュア波の発生が観測されている。これらの波は、プラズマシート付近に存在する電子ビームにより励起される。この電子ビームは、磁力線再結合領域において電子が加速され発生すると考えられている。近年、磁力線再結合に関する研究は数多く行われてきているが、まだ磁力線再結合領域における粒子の加速および加熱機構は明白になっていない。そこで、本報告では、磁気圏尾部の構造をモデル化し、2次元電磁粒子コードを用いて磁力線再結合(リコネクション)が発生する計算機実験をおこなう。磁力線再結合により磁場のエネルギーが解放され、そのエネルギーにより粒子が加速加熱されるので、磁力線再結合領域におけるジュール熱、ポインティングフラックス、粒子のエネルギーなどの時間発展を求め、粒子の加熱機構について議論する。以下にその内容を述べる。

1、計算機実験で用いた磁気圏尾部の構造のモデルについて述べる。磁気圏の dawn to dusk 方向を +y、南北方向を +z、地球から太陽方向を +x とし、磁気圏尾部の x-z 平面を切り出したモデルをもちいる。初期値として、磁気圏尾部の安定な状態を数値的にモデル化したハリス定常解を改良したものもちいる(文献1)。シミュ

レーション空間の境界条件は、x方向は周期境界、z方向は固定端とした。リコネクションをシミュレーション空間の任意の位置で発生させるために、粒子の密度分布に不安定要素を初期に与える。

2. 上で述べたモデルを用いて計算機実験をおこない、その結果について述べる。

磁力線再結合により粒子は加熱加速されるはずである。

$E \cdot J$ (E は電場、 J は電流) を計算することによって、粒子が加熱されている場所とその場所でのジュール熱を求めることができる。そこで、ジュール熱を計算し、再結合の時間発展と比較する。この結果より、ある程度磁力線再結合が成長したときに、X-pointを中心に大きなジュール熱が発生している範囲ができることがわかった。この範囲を消散範囲と呼び、消散範囲の幅をD長さをLと置く。また、ポインティングベクトルを求めると、消散範囲を挟んで上下(z方向)から場のエネルギーが流入し、左右(x方向)に流出している。消散範囲でのエネルギーの流入量と流出量を求めると、ほとんど流出はなく流入してきたエネルギーがほぼジュール熱と一致するので、ジュール熱に変換されていることがわかる。そこで、磁場のエネルギーが粒子のエネルギーに変換されるメカニズムについて検討する。また、シミュレーションのパラメータを変えることによって、消散範囲および粒子の加熱の変化と磁力線再結合の成長との関係を調べる。つぎに、消散範囲外のジュール熱の発生をみると、プラズマシート境界層においてイオン音波や静電孤立波などの波動不安定性が生じている可能性がある。プラズマシート境界層での粒子の速度分布をもとめ、磁力線再結合により発生する波動についても議論する。

参考文献

1) J.F. Drake : The Results of the GEM Reconnection Challenge, AGU meeting, SM72C-11, 1998