

Geotail 衛星データに統計的手法を適用して求めた磁気中性線付近の物理構造

佐藤 馨 [1]; 町田 忍 [1]; 宮下 幸長 [2]; 齋藤 義文 [3]
[1] 京大・理・地惑; [2] 名大 STE 研; [3] 宇宙研

A structure around the magnetic neutral line inferred from statistical analysis of Geotail data

Kaoru Satoh[1]; Shinobu Machida[1]; Yukinaga Miyashita[2]; Yoshifumi Saito[3]
[1] Division of Earth and Planetary Sciences, Kyoto Univ.; [2] STEL, Nagoya Univ.; [3] ISAS

Magnetic reconnection is a process which changes topology of the magnetic field lines and converts magnetic energy to kinetic energy. Magnetic reconnection plays an important role in making the solar wind particles and their energies enter the magnetosphere at its dayside region, and the magnetic reconnection is one of the important factors which cause a magnetospheric substorm in the near-Earth magnetotail. There is a magnetic neutral line at the center of the structure formed when the magnetic reconnection occurs. Therefore, understanding the structure of the magnetic neutral line and its vicinity is important to know the role and influence of the magnetic reconnection. The early study by Vasyliunas (1975) theoretically predicted the existence of the four current-loops, which are now called the Hall currents, in the vicinity of the magnetic neutral line. Later, it was shown by observations that quadrupole Hall magnetic fields and dipole Hall electric fields are formed associated with the generation of the Hall current system.

In this study, we inferred the structure of the magnetic neutral line and its vicinity in the near-Earth magnetotail by means of statistical analysis of Geotail data. We also tried to infer the motion of the magnetic neutral line relative to the spacecraft, and the spatial scale length of the region characterized by Hall magnetic fields. Specifically, we deduced the number of events, N_0 , for which Geotail observed the reversals of signs of x - and z -components of the magnetic fields simultaneously, which corresponds to the passage of the magnetic neutral line. Furthermore, we calculated the number of events N_1 of the Hall magnetic fields by adding the condition for the y -component of the magnetic fields. We considered that the ratio of N_1 to N_0 can be related to that of the area of Hall magnetic fields to the area of no Hall magnetic fields, and we surveyed the region characterized by the Hall magnetic fields by varying the magnitude of the y -component magnetic field. Further, assuming that the x - and z -components of plasma flow velocities are spatially symmetric, and we inferred the velocity of the magnetic neutral line motion. With this assumption, we showed that the reconnection structure symmetrically oscillates with a velocity of 20 to 40 km/s in the z direction, and that it moves tailward with a velocity of 80 to 100 km/s. However, more careful investigations are necessary for the tailward motion of the magnetic neutral line and its velocity.

磁気リコネクションは磁力線のトポロジーを変化させ、磁気エネルギーを粒子の運動エネルギーに変換する過程である。磁気リコネクションは地球の昼側磁気圏においては太陽風の粒子とエネルギーを磁気圏に取り込む役割を果たし、夜側近地球磁気圏においては磁気圏サブストームを引き起こす大きな要因の一つとなっていて、この過程が地球磁気圏に与える影響は大きい。磁気リコネクションが起こったときに形成される構造の中心部分には磁気中性線がある。よって、磁気中性線、およびその付近の物理的構造を理解することは、磁気リコネクションの役割と影響を知るうえで重要である。これまでに行われてきた重要な研究として、Vasyliunas(1975)は、今ではHall電流と呼ばれている磁気中性線付近から延びている電流ループの存在を理論的に示した。その後の観測によって、Hall電流の中に形成される四重極構造を持つHall磁場や、双極構造を持つHall電場の存在も明らかになってきている。

本研究ではGeotail衛星のデータをもとに、統計的な手段を用いて、夜側近地球磁気圏における磁気中性線付近の構造を解析した。また、中性線付近の構造が動く速度を求めて、Hall磁場が存在する領域の空間スケールを推測した。具体的には、磁気中性線付近では磁場の x 成分と z 成分(GSM座標系)が同時に反転することを利用して、観測データの中から磁気中性線を通るイベントの数(N_0)を割り出し、さらに磁場の y 成分の条件を加えることで、Hall磁場を観測したイベント数(N_1)を求めた。次にこの割合(N_1/N_0)が磁気中性線付近の構造に占めるHall磁場領域の割合に対応すると考え、さまざまな磁場の y 成分の大きさに対してHall磁場が見られる領域を推定した。また、ローブから流入し、プラズマシートに流出する粒子の速度の x, z 対称性を仮定することで、中性線付近の構造が動く速度を求めた。その結果、構造は z 方向には20~40 km/sでほぼ対称的に振動していることが分かった。 x 方向には反地球向きに80~100 km/sで移動していることが分かったが、 x 方向については議論の余地が残されている。