

MMS 搭載 FPI によるプラズマシート・ローブ境界の高時間分解能観測

斎藤 義文 [1]; 北村 成寿 [2]; 横田 勝一郎 [1]; 長谷川 洋 [3]; Giles Barbara L.[4]
[1] 宇宙研; [2] JAXA 宇宙研; [3] JAXA・宇宙研; [4] NASA/GSFC

High time resolution plasma sheet - lobe boundary observation by FPI on MMS

Yoshifumi Saito[1]; Naritoshi Kitamura[2]; Shoichiro Yokota[1]; Hiroshi Hasegawa[3]; Barbara L. Giles[4]
[1] ISAS; [2] ISAS/JAXA; [3] ISAS/JAXA; [4] NASA/GSFC

Plasma sheet - lobe boundary (PSBL) in the Earth's magnetotail is a special region that is surrounded by plasma sheet with hot plasma and lobe with cold plasma. Velocity dispersed ion and electron beams are the characteristic signature of the low energy particles in the PSBL. Three components of ions such as lobe cold ions, earthward flowing and tailward flowing velocity dispersed ions are often observed at PSBL in the near-Earth magnetotail. Geotail observations revealed that the plasma sheet - lobe boundaries between near-tail to far-tail region can be identified as slow mode shocks that contribute to the heating of the lobe cold ions in addition to the heating in the region near magnetic reconnection line. Although the ion heating process at the slow-shock plasma sheet - lobe boundaries were also investigated using Geotail low energy particle data obtained by LEP-EAi and EAe, it is still unclear due to the low time resolution ion measurements. The cold ions were heated nearly within one sampling time (12 seconds) of LEP-EAi. Since MMS was launched on 12 March 2015, MMS has been continuing to produce highest quality data ever we had. MMS mainly observed dayside magnetic reconnection region for two years after the launch. After May 2017, MMS started observation of the night side reconnection region. The same group that developed the low energy particle experiment (LEP) on Geotail has been participating to the development of one of the instruments on MMS that is FPI-DIS (Fast Plasma Investigation - Dual Ion Sensor). Design, fabrication, assembly, and the initial tests of the 16 Flight Model DIS sensors were made in Japan collaborating with U.S. and French colleagues. One FPI-DIS sensor is composed of two Top-Hat type electrostatic analyzers looking at two directions (45 degrees apart) and controlling electronics common to the two analyzers. There also exist FOV (Field Of View) scanning deflectors at the entrance of the analyzers. The time resolution to obtain 3D distribution function of DIS is 4.5 sec for the fast survey mode, and 150 msec for the burst mode. The electron sensors FPI-DES (Dual Electron Sensor) that is simultaneously operated with DIS has much higher timer resolution of 30 msec for the burst mode. We will search for the slow-shock plasma sheet - lobe boundaries by using electron and ion data obtained by FPI-DIS and FPI-DES, and magnetic field data. We will report the variation of the ion distribution function accompanying ion heating at the slow-shock plasma sheet - lobe boundaries.

地球磁気圏尾部のプラズマシート・ローブ境界は、ローブの冷たいプラズマと、プラズマシートの暖かいプラズマの間に挟まれた領域であり、速度分散を持ったイオンや電子のビームが存在するなど、特徴的な領域である。特に、地球に近い領域になると、地球から磁気圏尾部へ流れながらローブからプラズマシートへ向かうローブの冷たいイオンと、磁気圏尾部から飛来するイオンビーム、そしてそれが地球近傍で磁気ミラー反射されて磁気圏尾部へ戻るイオンビームなどの複数の成分が同時に観測される複雑な領域であるとも言える。Geotail 衛星の観測によって、磁気圏近尾部の領域から遠尾部の領域にかけてのプラズマシート・ローブ境界は、ある割合で、スローショックとなっていることが明らかとなり、磁気圏尾部の磁気リコネクション領域の近傍に加えて、プラズマシート・ローブ境界もローブの冷たいプラズマを加熱する役割を担っていることがわかっている。このプラズマシート・ローブ境界においてローブの冷たいイオンが、プラズマシートに侵入するまでの加熱過程については、Geotail 衛星に搭載された低エネルギー粒子計測装置 LEP によって観測されたデータを用いて研究がなされた。しかしながら、スローショック境界におけるイオンの加熱は磁気圏尾部の衛星に対する速度にも依るが、Geotail 衛星に搭載された低エネルギーイオンの観測装置の時間分解能である 12 秒では殆ど 1 サンプルの間にイオンは加熱されてしまうため、その構造については未解決のままであった。

MMS 衛星は、4 機の衛星で構成される編隊飛行衛星で、2015 年 3 月 12 日に打ち上げられ、打ち上げ後 2 年の間地球磁気圏の昼間側の磁気リコネクション領域の観測を重点的に行った後、2017 年 5 月以降は、磁気圏尾部の磁気リコネクション領域の観測を進めている。本 MMS 衛星には日本のグループも MMS 衛星搭載 FPI(Fast Plasma Instrument) を構成するセンサーであり、低エネルギーイオンのエネルギースペクトルを測定する DIS(Dual Ion Sensor) の設計・製作・アセンブル・単体環境試験・初期性能確認試験を担当して深く MMS 計画に参加している。MMS は同一構成の 4 機の編隊飛行衛星から成るが、1 機の衛星当たり 4 台の DIS が搭載されており、計 16 台の DIS が観測を継続している。

DIS は、2 台の Top-Hat 型静電分析器と呼ばれる荷電粒子のエネルギー分析器を 45 度離して共通の電子回路部と共に搭載したもので、視野を電氣的に偏向するための電極を入射口に備えている。DIS は、2015 年 3 月 12 日の打ち上げ以降、計 16 台のフライトモデル全てがほぼ正常に動作している。DIS の時間分解能はモードによっても異なるが、FAST サーベイと呼ばれるモードで、4.5 秒、バーストモードと呼ばれるモードでは 150 ミリ秒で低エネルギーイオンの 3 次元分布関数を取得することができる。DIS と同時に電子の計測を行っている DES(Dual Electron Sensor) は DIS より更に高い時間分解能である 30 ミリ秒で電子の 3 次元分布関数を取得することができる。本研究では、DIS と DES のデータと磁力計によって得られた磁場のデータを用いて、スローショックとなっているプラズマシート・ローブ境界を探し、その境界におけるイオンの加熱に伴う分布関数の変化について調べた結果を報告する。