

編隊編成による磁気圏尾部リコネクションに伴うスローショックの直接観測

荒木 瑞穂 [1]; 星野 真弘 [1]; 桂華 邦裕 [1]
[1] 東大・理

In-situ observations of slow-mode shocks in the near-Earth magnetotail made by multiple spacecraft

Mizuho Araki[1]; Masahiro Hoshino[1]; Kunihiro Keika[1]
[1] University of Tokyo

<http://www.eps.s.u-tokyo.ac.jp>

Magnetic reconnection which converts magnetic energy into thermal and kinetic energy of plasmas is an important physical mechanism of plasma heating and acceleration. Particularly in the Petschek-type reconnection, plasma acceleration and heating of the plasma in the slow-mode shocks formed at the separatrices must be taken into consideration. The structure of the slow-mode shocks in the distant-tail of the Earth's magnetosphere have been investigated by in-situ observations made by the GEOTAIL satellite (Saito et.al, 1998). It is observationally estimated that 3~20% of all ions entering the shocks are heated in the fore-shock region. It is, however, not fully understood what determines this ratio is how it is related with the ion-to-electron temperature ratio.

In this study, we utilized multi-spacecraft in-situ observations of the slow-mode shocks associated with magnetic reconnection in the near-Earth magnetotail. We used data obtained from FPI (Fast Plasma Instrument) and FGM (Fluxgate Magnetometer) on board the MMS satellite. We investigated events satisfying the one-dimensional Rankine-Hugoniot (RH) relations in which temperature anisotropy and heat flux are taken into account.

FPI (for burst-mode data) provides three-dimensional distribution function of ions (10eV ~30 keV) with a time resolution ~150ms and electrons (10eV ~30 keV) with the resolution of ~30ms, and FGM provides vector magnetic field data with ~8ms resolution. To determine the shock normal, we used the VSSz method (Vinas and Scudder (1986), Szabo (1994)). In the previous studies, shocks were assumed planer, but MMS multi-spacecraft observations will enable us to examine the shock shape.

An event of the slow-shock crossing was observed by MMS1 at X.GSM ~22 RE on 17 June 2017. Errors in the upstream and downstream of the 6 conserved quantities in the RH relations were within 30%. The upstream and downstream flow speeds satisfied the slow-mode shock conditions. We found that cold ions were heated in the fore-shock region. Similar characteristics are seen in other events. We will examine the detail structures in the fore-shock region and the transition layer and variations of velocity distribution functions to discuss heating and acceleration processes around the slow-mode shocks.

References:

Yoshifumi Saito, Toshifumi Mukai and Toshio Terasawa, Kinetic Structure of the Slow-mode Shocks in the Earth's Magnetotail, New perspectives on the Earth's Magnetotail, Geophysical Monograph 105, 1998

Adolfo F. Vinas and Jack D. Scudder, Fast and Optimal Solution to the Rankine-Huogniot Problem, J. Geophys. Res., 91, 39, 1986

A. Szabo, An improved solution to the Rankine-Huogniot problem, J. Geophys. Res., 99, 14,737, 1994

磁気リコネクションは磁場エネルギーをプラズマの熱エネルギー・運動エネルギーに変換する重要な物理機構である。特に Petschek リコネクションにおいてはその散逸領域に加えて、境界に形成されるスローショックにおけるプラズマの加速・加熱の影響を加味しなければならない。磁気圏尾部遠方におけるスローショックの構造については、GEOTAIL 衛星等を用いた直接観測によって明らかにされてきた (Saito et.al, 1998)。加速・加熱における重要な構造として、スローショック前面において加熱されるイオンがあげられる。観測的にはショックに流入する全イオンに対し 3~20% 存在することが分かっているが、どのようにしてその割合が決定されるのか、また電子とイオンの温度比の関係については明らかになっていない。

本研究では、磁気リコネクションに伴って生成する地球近傍における磁気圏尾部のスローショックについて、複数編隊衛星による直接観測を用いた。具体的には、MMS 衛星の粒子観測器 FPI(Fast Plasma Instrument)、磁場観測機 FGM(Fluxgate Magnetometer) から得られたデータを基に、ロープ・プラズマシート境界を観測したイベントのうち、温度異方性・ヒートフラックスを考慮した Rankine-Hugoniot(RH) 関係式を満たすイベントを解析した。FPI の時間分解能はイオンで ~150ms、電子で ~30ms(burst-mode の場合)、FGM は ~8ms であり、従来の観測機器と比べて高時間分解能のデータを得ることができる。また衝撃波の Shock normal を決定するにあたり、Coplanarity よりも高精度な VSSz 法 (Vinas and Scudder(1986), Szabo(1995)) を用いた。またこれまでの研究では衝撃波は平面衝撃波を仮定してきたが、MMS 衛星の 4 機編隊飛行により衝撃波の形状を含めた分析をすることができると考えている。

イベント例として、6/17 に観測されたものを挙げる。MMS 1号機 (GSM-x ~22Re) により観測され、RH 関係式における 6 つの保存量の上流・下流の誤差は 30% 以内であった。上流・下流のフロー速度はスローショックの要件を満たしている。このイベントの解析の結果、先述したようなスローショック前面における冷たいイオンの加熱が見られた。これは現

在解析を進めている他の2イベントにも共通している。また、このような衝撃波前面における加熱に関わる構造に加え、遷移層における詳細な構造とプラズマ速度分布関数の変化を解析し、衝撃波におけるプラズマ加熱を議論する。