

## サブストームと磁力線再結合における電子加速の特性

# 浅野 芳洋 [1]; 篠原 育 [2]; Retino Alessandro[3]; Daly Patrick[4]; Kronberg Elena[4]; Khotyaintsev Yuri[5]; Vaivads A.[6]; Owen Christopher J.[7]; Fazakerley Andrew[8]; 中村 るみ [9]; Baumjohann Wolfgang[10]; 長井 嗣信 [11]; 高田 拓 [12]; 宮下 幸長 [12]; 藤本 正樹 [13]; Lucek Elizabeth A.[14]; Reme Henri[15]

[1] 学振 PD/東工大; [2] 宇宙研 / 宇宙機構; [3] オーストリア宇宙研; [4] マックスプランク研究所; [5] なし; [6] IRF Uppsala; [7] マラ - ド宇宙研; [8] マラード宇宙研; [9] オーストリア宇宙研; [10] オーストリア宇宙研; [11] 東工大・理・地球惑星; [12] 宇宙研; [13] 宇宙機構・科学本部; [14] インペリアル大学; [15] CESR

### Electron acceleration signatures in substorms and magnetic reconnection

# Yoshihiro Asano[1]; Iku Shinohara[2]; Alessandro Retino[3]; Patrick Daly[4]; Elena Kronberg[4]; Yuri Khotyaintsev[5]; A. Vaivads[6]; Christopher J. Owen[7]; Andrew Fazakerley[8]; Rumi Nakamura[9]; Wolfgang Baumjohann[10]; Tsugunobu Nagai[11]; Taku Takada[12]; Yukinaga Miyashita[12]; Masaki Fujimoto[13]; Elizabeth A. Lucek[14]; Henri Reme[15]  
[1] JSPS/Tokyo Institute of Technology; [2] ISAS/JAXA; [3] IWF, OeAW; [4] Max-Planck-Institut; [5] Swedish Inst. Space Phys.; [6] IRF Uppsala; [7] MSSL, Univ. Coll. London; [8] MSSL, UCL; [9] IWF,OEAW; [10] IWF,OEAW; [11] Tokyo Institute of Technology; [12] ISAS/JAXA; [13] ISAS, JAXA; [14] Imperial Coll.; [15] CESR

It is important to clarify how charged particles in the magnetotail are accelerated in the course of substorms. Two significant processes are considered to play important roles in substorms, namely, magnetic reconnection and current disruption. The reconnection electric field in the diffusion region directly accelerates the particles and the surrounding electromagnetic configuration and disturbances may contribute to the acceleration more effectively. The dipolarized magnetic field and the shortening of the magnetic field lines in the current disruption is supposed to be related to betatron and adiabatic (Fermi) acceleration. Yet, it is not clear how much these particles can be accelerated by these processes and how much flux is accelerated in each process.

In this study, we selected several reconnection and substorm events in the magnetotail ( $-9 < X < -20R_E$ ), and examined acceleration signatures of electrons and its evolution in each area. Using data from the four Cluster satellites, phase space distributions of thermal electrons obtained from the PEACE instrument as well as the high-energy component flux from the RAPID instrument are examined, and compared with simultaneous magnetic field, electric field and ion observations from EFW, FGM, and CIS instruments, respectively. It is found that the hardest power-law spectra of supra-thermal electrons are observed in the initial stages of these events. They are mostly associated with simultaneous fast flows in the near-tail region, and the large-amplitude electric field. The acceleration is not always associated with the full expansion of global substorms. During the evolution of the substorm and dipolarization, the flux of the high-energy particle increases, while it becomes gradually softer, connecting to the hotter thermal component. On the other hand, such hard spectra are not observed near the reconnection region. Increases of the supra-thermal electrons are observed slightly away from the X line with relatively soft spectra. We discuss the generation mechanisms and their evolution of such spectra in the course of substorms and magnetic reconnections.

磁気圏尾部のサブストームにおけるプラズマの加速過程を理解することは、磁気圏のダイナミクスを考える上で非常に重要である。磁気圏においては、磁力線再結合と電流切断という二つの重要な現象が存在し、それぞれがこれら粒子加速に重要な役割を果たしていると考えられている。磁力線再結合の拡散領域における電場直接加速や電流切断領域における断熱加速、ベータトロン加速などに関しては、これまでいくつかの研究がなされている。しかしながらそれぞれがプラズマをどの程度のエネルギーまで加速しうるのか、どの程度の量の粒子を加速するのか、という問いに関してはまだ定性的な評価がなされているのみで観測上まだ答えが得られておらず、いくつか相対論的粒子の生成モデルなどが発表されている段階である。またこれらのプラズマがどのように粒子インジェクションに繋がるか、更にグローバルな対流電場の影響をどのように受けるかなどについても解明には至っていない。

そこでこの研究では、Cluster 衛星 4 機のデータを用い、 $X = -9 \sim -20R_E$  の磁気中性面付近における磁力線再結合、Dipolarization 領域の電子 (PEACE 及び RAPID) 分布関数・フラックスの特性を、電場 (EFW)、磁場 (FGM)、イオン (CIS) のデータと比較しながら調べた。その結果、近尾部における地球向き高速流発生及び  $B_z$  の増加に合わせ、非熱的電子のスペクトルが最もハードになるという様子が見られた。このような領域では大振幅の電場が観測される一方で、必ずしも大規模サブストーム expansion に伴う訳ではなく、また特にエネルギーの高いイオン流に伴って観測される 10keV レンジの電子加速やフラットトップ分布とも必ずしも同期しない。また高エネルギー粒子はグローバルなサブストームにおける Dipolarization の進行中も多くみられるが、プラズマシートの高温な熱的電子の生成に伴い時間とともにスペクトルはソフトに変化してゆき、分布的な繋がりを持つ。一方磁力線再結合領域では顕著なハードスペクトルを持つ高エネルギー電子は観測されず、周辺領域でややソフトなスペクトルがやはり高温の電子に伴って観測される。講演ではこれらのプロファイル特性の生成メカニズムと発展について議論する。