

## 電子・陽電子プラズマシート中の高エネルギー粒子加速過程

## High-energy particle acceleration processes in a current sheet of pair plasmas

# 銭谷 誠司[1], 星野 真弘[1]

# Seiji Zenitani[1], Masahiro Hoshino[1]

[1] 東大・理・地球物理

[1] Earth and Planetary Phys., Univ of Tokyo

高エネルギー天体現象では、電子・陽電子からなるプラズマがふんだんに存在する。例えば、Crab Nubula のパルサーの周囲では電子・陽電子の高速プラズマ流 (Pulsar Wind) が流出しているとされているが、電磁場 / 粒子のエネルギー比が Wind 内外で一致しないことが問題となっている。電磁場から粒子へエネルギー変換過程の候補として、Wind のプラズマシート構造中の磁気リコネクションが注目されている (Coroniti 1990 ApJ, Lyubarsky et al 2001 ApJ) もの、解決には至っていない。我々は、これらの問題を理解する上で不可欠な、電子・陽電子プラズマのプラズマシート中の粒子加速現象の理解を目指している。

最初に、相対論的磁気リコネクションに伴う粒子加速過程を紹介する。我々は (系の典型的 Alfvén 速度程度である) リコネクションの outflow が光速近くに達するような条件で 2 次元粒子シミュレーションを行なった。このとき、X 領域で発生するリコネクション電場が outflow 速度に対応して強くなった結果、X 点を中心とする広い領域で磁場と比べて電場の効果が卓越した。この「加速領域」中で、Speiser 形の軌道を通して粒子が効率的に加速された結果、大量の非熱的成分を伴う粒子のエネルギースペクトルが形成された。

次に、プラズマシートの磁場を横切る平面で発生する新しい粒子加速過程を紹介する。我々は薄い電子・陽電子のプラズマシートにおいて YZ 平面での 2 次元粒子シミュレーションを行った結果、Drift Kink Instability (DKI) の顕著な成長を確認した。さらに DKI の非線形段階において、湾曲したプラズマシートの内側を「加速領域」として利用する、新しい加速過程を発見した。粒子のジャイロ半径が十分に大きく DKI の典型的スケールを横切ることが可能な高エネルギー粒子は、複数の加速領域を連続して通ることで強い加速を受ける。DKI が飽和するイオン(陽電子)のジャイロ運動の数十倍の時間スケールにわたって加速が続いた結果、大量の非熱的成分を伴う粒子のエネルギースペクトルが形成された。

これらの加速過程は、高エネルギーの粒子ほど加速を受けやすい、という共通した特徴を持っている。特に相対論的な場合では、相対論効果で質量が増し、加速された粒子の Larmor 半径は大きくなる。今回の電磁場の形状のもとでは、この効果は粒子がより長期間加速領域に滞在する / 閉じ込める方向に作用し、最終的に高エネルギーの伸びが顕著なスペクトルが形成された。

本研究で紹介する加速過程は、電子・陽電子系プラズマ中での粒子加速の理解の基礎をなすものである。未解決の高エネルギー天体現象の理解の鍵となるとともに、宇宙の非熱的粒子の生成源としても期待できる。