

近接・衝突する二つの斜め衝撃波における粒子加速

中野谷 賢 [1]; 松清 修一 [2]; 羽田 亨 [3]
[1] 九大総理工; [2] 九大・総理工; [3] 九大総理工

Particle Acceleration in Colliding Two Oblique-Shocks

Masaru Nakanotani[1]; Shuichi Matsukiyo[2]; Tohru Hada[3]
[1] Kyushu Univ.; [2] ESST Kyushu Univ.; [3] ESST, Kyushu Univ

Mechanisms of the particle acceleration at a collisionless shock have been intensively studied analytically, numerically, and observationally. Most of the previous studies assume that energetic particles interact with a single shock. However, shock waves are ubiquitous in space, and two shocks frequently come close to or even collide with each other. For instance, it is observed that a CME (coronal mass ejection) driven shock collides with the earth's bow shock, or interplanetary shocks pass through the heliospheric termination shock. The detailed structures of such colliding shocks and the accompanied particle heating/acceleration processes have not been understood.

Cargill et al. [1986] performed one dimensional hybrid simulations to discuss the dynamic structure of colliding shocks and the accompanied ion acceleration. They showed that some ions are efficiently accelerated at the time of collision of two supercritical shocks. However, since electron dynamics are neglected in a hybrid simulation, the microstructures of the colliding shocks, which may affect the nearly stage processes of particle acceleration, cannot be resolved. Here, we perform full Particle-in-Cell (PIC) simulations to examine colliding two shocks. In particular the acceleration of electrons interacting with two colliding oblique shocks is discussed in detail. Energetic electrons are observed upstream of the two shocks before their collision. These energetic electrons are efficiently accelerated through multiple reflections at the two shocks (Fermi acceleration). Moreover, a part of the accelerated electrons are farther energized by interacting with increasing magnetic field during the collision and/or one of the shocks after the collision. The details of the acceleration process, the structure of the colliding shocks, and also the process of particle heating will be discussed.

プラズマ中に発生する無衝突衝撃波（以下、衝撃波）は高エネルギー粒子を効率よく生成すると考えられている。その加速機構を明らかにするために多くの研究がなされてきたが、従来の議論はどれも単一の衝撃波を仮定しており、複数の衝撃波による加速はほとんど考えられてこなかった。宇宙には衝撃波が普遍的に存在しており、衝撃波同士が接近・衝突することは頻繁も起こる。例えば、コロナ質量放出により生じた衝撃波が地球の磁気圏衝撃波に衝突したり、惑星間空間衝撃波が太陽圏終端衝撃波を横切ることが観測されている。これらの現象において、衝撃波構造の変化や粒子の加速・加熱などの物理過程は未解明である。

衝撃波同士の衝突過程を議論したプラズマ運動論的数値実験としては、過去にハイブリッド計算による例があり [Cargill et al., 1986]、超臨界衝撃波同士の衝突において効率的な粒子（イオン）加速が起こることが報告されている。しかしながら、一般にハイブリッド計算では電子ダイナミクスを解かないため、粒子の初期加速過程に重要な影響を与える可能性のある、衝突前後の衝撃波のマイクロ構造までは正しく再現されない。そこで、本研究では、1次元 full-Particle-in-Cell シミュレーションを用いて二つの衝撃波の近接・衝突過程を模擬する。特に、斜め衝撃波同士の衝突における電子の加速に注目する。シミュレーションでは、接近しつつある2つの斜め衝撃波上流域で高エネルギー電子が加速された。これらは、二つの衝撃波による反射を繰り返して効率的に加速（フェルミ加速）されており、被加速粒子の一部は、衝撃波衝突時に増幅される磁場や衝突後の衝撃波によってさらに加速されることが分かった。加速機構の詳細を、衝撃波構造の変化、粒子加熱と合わせて議論する。