

Z222b 相対論的無衝突衝撃波の多次元長時間PICシミュレーション

池谷直樹(千葉大学), 松本洋介(千葉大学)

超高エネルギー宇宙線の生成機構として、ガンマ線バーストやAGNジェットなどに伴う相対論的無衝突衝撃波が有力な候補の一つに挙げられるが、その加速メカニズムには未解決部分が多い。高エネルギー粒子が生成される過程を解析する際の有効な手法の一つとしてParticle-in-Cell(PIC)シミュレーション法が知られている。しかし、PIC法によって相対論的な流れが存在する多次元シミュレーションを行う際、数値チェレンコフ放射と呼ばれる数値的な不安定性が発生してしまうことが一般的に知られた問題となっている。従来の方法では、デジタルフィルタリングを用いて数値チェレンコフ放射を抑制していたが、粒子加速において重要となる衝撃波面上流の物理的な電磁場も同時に除去してしまうことが考えられていた。これに対し、近年、特定の数値解法アルゴリズムとCFL条件を組み合わせた数値チェレンコフ放射の抑制方法が報告された(Godfrey&Vay,2013)。我々はこの結果を受け、マクスウェル方程式を陰解法で解き、電磁場の補間に運動量保存のスキームを用いることで新たなクーラン数1.0での抑制方法を発見した。本研究では、上記の抑制方法を相対論的無衝突衝撃波シミュレーションへ応用し、長時間計算に成功した。その結果、既存のデジタルフィルタリングによる長時間計算と比べ、衝撃波面や、衝撃波上流の磁場の強度が強くと現れることを発見した。また、従来の研究ではシミュレーションセルあたりの粒子数が2~8個と少なく、加速効率の低下が懸念されていたが、本論文ではセルあたりの粒子数を十分に確保し、粒子数による衝撃波構造の差異を見出した。