

W38a 相対論的高温なプラズマ中の無衝突衝撃波のPICシミュレーション

上井戸一紀 (東京大学)

宇宙空間の衝撃波は粒子間衝突に比べてプラズマ波動と粒子間の相互作用が支配的な無衝突衝撃波であり、磁場増幅や粒子加速をすることが知られている。天体現象で観測される光の一部は、衝撃波が生成・増幅した磁場中を、衝撃波が加速した荷電粒子が運動することで生じるシンクロトロン放射であると考えられている。

温度が静止質量に比べて大きい ($kT \gg mc^2$) 相対論的に高温なプラズマ中の衝撃波は、ガンマ線バーストのシェルモデルや銀河ジェットの下流など、様々な高エネルギー天体現象に存在すると考えられている。しかし、衝撃波研究の殆どは温度が静止質量に比べて無視できる冷たい領域 ($kT \ll mc^2$) 中の衝撃波を考えており、逆の温度極限である相対論的高温な領域中の衝撃波については、運動論的にどれくらい磁場が増幅されるか、どれくらい粒子が加速されるか、そもそも衝撃波が形成されるのかすらも全く明らかでない。

相対論的高温プラズマ中の無衝突衝撃波について調べるために、第一原理的な Particle-In-Cell (PIC) シミュレーションを行った。簡単のため、電子陽電子、非磁化プラズマ中の衝撃波について調べた。その結果、相対論的高温な非磁化電子陽電子プラズマ中の無衝突衝撃波について、(1) Rankine-Hugoniot 条件を満たすように無衝突衝撃波が生成され、(2) 適切な規格化の下で、冷たい領域中の衝撃波と磁場生成や粒子加速の量は殆ど同じであることが明らかになった。これらの結果はプラズマ物理で理解でき、様々な天体現象に応用できる。例えば、密度不均一を考えることで、ガンマ線バースト残光の下流の広い領域の磁場が説明できないという未解決問題を解決できるかもしれない。