

A84b 超並列電磁粒子コードによる高マッハ数衝撃波における電子加速

松本 洋介 (千葉大学), 星野 真弘 (東京大学)

宇宙から飛来する非熱的高エネルギー粒子の起源は宇宙物理学の大きな謎の一つとして知られ、超新星残骸における無衝突プラズマ衝撃波が有力な加速起源の一つとして考えられている。しかし、標準理論である衝撃波統計加速を電子に適用するには、その前段階としての電子加速メカニズムを明らかにする必要がある。その有力な加速機構として、垂直衝撃波遷移領域で引き起こされるプラズママイクロ不安定が挙げられており、特に、高マッハ数衝撃波においては Buneman 不安定が電子を捕捉することによる衝撃波波乗り加速が効率的な加速機構として知られている。これらプラズママイクロ不安定による電子加速は 1 次元数値シミュレーションによって詳細に検証されてきた一方、近年報告されつつある多次元シミュレーションでは限られたパラメタ範囲でしか議論されておらず、多次元空間におけるこれらマイクロ不安定の果たす役割については議論の余地が残されたままにある。

本研究では現・次世代スーパーコンピュータに最適化した超並列版電磁プラズマ粒子 (PIC) コードを開発し、超新星残骸により近いパラメタ領域である高アルヴェンマッハ数 (M_A) 衝撃波の 2 次元大規模シミュレーションを行った。衝撃波波乗り加速を支える Buneman 不安定の励起条件・強度は、 M_A 、イオン 電子質量比 (M/m)、電子熱速度 (β_e) により特徴づけられるが、被加速電子のこれらパラメタに対する依存性を調べた。その結果、近年の報告に反して、より現実に近い質量比 ($M/m=100$) においても高マッハ数 ($M_A \sim 30$) 衝撃波では Buneman 不安定が高強度に励起され、波乗り加速による効率的な電子加速が 2 次元面内で起き、 $\gamma \sim 8$ に達する非熱的高エネルギー電子が生成されることが明らかになった。本講演では、これら電子加速メカニズムのパラメタ依存性についてを報告する。