

Q35b 衝撃波における一次フェルミ加速の確率論に基づいた定式化と時間発展解

加藤恒彦（国立天文台）、高原文郎（阪大理）

衝撃波における一次フェルミ加速機構は、宇宙空間において非熱的粒子を作り出すメカニズムの1つである。特に、加速された粒子のエネルギー分布が定常状態で power-law になることが大きな特徴である。このメカニズムは、近くは地球のバウショックから超新星残骸の衝撃波、さらには活動銀河のジェットやガンマ線バーストに伴う相対論的な衝撃波に至るまでの、宇宙空間の様々なスケールの衝撃波において働くと考えられている。

非相対論的衝撃波の場合には、この機構は粒子の分布関数の等方部分に対する移流拡散方程式により良く記述され、この方程式に基づいて定常解だけでなく時間発展解についても計算することができる。しかし、相対論的な衝撃波では、衝撃波系での粒子分布の等方性の仮定が成り立たないため、この方法を使うことができない。一方、一粒子的な観点から見ると、加速過程は個々の粒子の確率過程と考えることができ、相対論的な衝撃波の場合にも自然に拡張できる。しかし、この観点からの定式化はまだ十分ではなく、特に時間発展解を記述することが出来ていない。今回の研究では、この観点から、衝撃波の往復によるエネルギー変化の時系列をエネルギー-時間平面上の2次元マルコフ過程として定式化し、その解を用いて粒子の分布関数の定常解や時間発展解を導出した。そして、定常解が power-law になる条件について考察し、その指数を厳密に決める方程式を導いた。また、その場合に時間発展解が自己相似性を持つことを示した。以上の結果は、非相対論的、相対論的の区別なく用いることが出来る。また、相対論的な衝撃波では非相対論的な場合とは異なり、power-law の指数が衝撃波の一往復でのエネルギー増加の平均値だけでなく、その分散にも強く依存しうることが示した。