

超新星残骸における衝撃波近傍領域からの熱エネルギー流出の衝撃波速度依存性(35文字)

○市橋 正裕¹ 馬場 彩² 萩野 浩一² 内田 裕之¹ 山崎 了³ 大平 豊² (1.京都大学 2.東京大学 3.青山学院大学)

宇宙空間を漂う高エネルギー粒子である宇宙線は、様々な高エネルギー現象に付随する衝撃波で加速されていると考えられている。粒子加速に関する研究はこれまでに多くなされてきたが、特に粒子の加速効率や被加速粒子の注入効率の推定は理論モデルや環境の仮定に大きく依存し、観測からの推定がされた事例は少ない。

これらの問題に対し、我々は衝撃波近傍領域のエネルギー収支に着目した。被加速粒子が獲得するエネルギーは衝撃波近傍領域のプラズマから供給される。このため、加速効率の良い環境下では多くのエネルギーが衝撃波近傍領域から流出し、衝撃波近傍領域のプラズマ温度が断熱環境下の場合から低下することが期待される。この推定の元、我々はこれまでに衝撃波速度の異なる3つの超新星残骸SN1006(Ichihashi et al 2024)・Cygnus Loop(Ichihashi et al 2025)・Tycho's SNR(日本天文学会2025年秋季年会Q38a)の衝撃波近傍領域のプラズマ温度を個別に測定し、断熱環境下の温度分布モデルとの比較を行ってきた。その結果、衝撃波速度が7000km/s以上と非常に速いSN1006においてのみ、断熱環境下のクーロン緩和モデルからの有意なプラズマ温度の低下が観測された。これは、効率的な粒子加速に由来するものだと考えられ、電子注入効率は粒子数の割合で換算すると最大で $1e-3$ であったと見積もられた。また、衝撃波速度が4000km/s以下のCygnus LoopやTycho's SNRでは、断熱膨張時の超新星残骸の内部温度構造やRankin-Hugoniotの関係から得られるプラズマ温度からの有意な低下は観測されなかった。この結果は、熱的放射の観点からはエネルギー流出がないということを意味する。しかし、これは実際にはシンクロトロン放射等の粒子加速の兆候が観測されている事実と矛盾する。これは、本研究では考慮できなかった乱流によるプラズマ輸送や乱流散逸による熱エネルギーの供給が影響していると考えられる。

本講演では、これらの系統的なプラズマ温度解析の結果や矛盾に対する考察、今後の展望について議論する。