

Z104a 超新星残骸 SN1006 における衝撃波直下での電子加熱と電離速度

加藤佑一 (東京大学), 勝田哲 (中央大学), 馬場彩, 中澤知洋 (東京大学)

超新星残骸の無衝突衝撃波では、種々の複雑なエネルギー散逸過程が起きているため、観測・理論ともに今日までその研究が続いている。衝撃波によって並進運動エネルギーの一部が熱エネルギーへと変換されるとき、粒子加速などを考えない理想的な強い衝撃波だと仮定すると、プラズマの個々の粒子は Rankine-Hugoniot 関係式に従って $kT_i = \frac{3}{16} m_i V^2$ (m_i, V : 粒子 i の質量と衝撃波速度) に加熱される。しかし、衝撃波後方で陽子やイオンから電子への熱緩和が、どのような物理過程を通して生じるのかという基礎的なことすら明らかになっていない。

その課題に挑むべく、我々は超新星残骸 SN1006 に注目した。本天体は地球から 2.2 kpc に位置し、球形でスムーズな形状なので衝撃波研究に最適である。本研究では、ほぼ熱的成分のみが存在する北西側に着目し、そこでの衝撃波の端から順にサイズ $15'' \times 140''$ の領域を計 3 つ作成して、X 線衛星 Chandra の観測からスペクトルを抽出した。それらを非平衡プラズマのモデルで再現して電子温度の変化を追うと、衝撃波直下から内側に向かって 0.55 ± 0.06 keV から 0.99 ± 0.24 keV まで温度が上昇する様子が見えた。ここでは衝撃波速度が 3000 km s^{-1} と報告されており (Katsuda et al. 2013)、これと天体までの距離から空間スケールを電子加熱の時間スケールに焼き直すことができる。その値と、種々の粒子が単純に衝撃波によって上式で加熱されたと仮定し、その後クーロン散乱を通して熱緩和が起こるとしたモデルを比較したところよく一致していた。よって SN1006 の北西側では、主に 17 keV の陽子から 0.01 keV の電子へクーロン散乱により熱伝達されていることが分かった。一方で、衝撃波直下での電離状態が、衝撃波加熱後の時間と密度に基づく予想より ≥ 2 倍速かった。これは例えば非熱的な電子による電離の寄与の可能性があるが、現状のデータではその証拠は得られておらず、将来の課題である。