

N08a X線による超新星残骸 Cassiopeia A における高エントロピー上昇流の発見

佐藤寿紀 (立教大), 前田啓一 (京都大), 長瀧重博 (理研), 吉田敬 (京都大), Brian Grefenstette (JPL), Brian J. Williams (GSFC), 梅田秀之 (東京大), 小野勝臣 (理研), John P. Hughes (Rutgers U.)

約8太陽質量を超える大質量星が最期に起こす重力崩壊型超新星の爆発機構は、宇宙物理学における未解決問題であり、その解明に向け理論的にも観測的にも活発に議論されてきている。近年の多次元超新星シミュレーションでは、中心から大量に放出されるニュートリノの一部のエネルギーが物質を加熱し、超新星爆発を引き起こすというシナリオが最も有力になっている (Janka et al. 2016 など)。しかし、その加熱機構を裏付ける観測的証拠はこれまで無かった。今回我々は、ニュートリノ加熱時に作り出されたであろう高エントロピーの上昇流の痕跡を超新星残骸 Cassiopeia A に発見し、その爆発機構の核心をつく結果を得た (Sato et al. 2021, Nature)。

本研究では、Cassiopeia A に存在する外側に剥き出しになった鉄リッチな構造 (Hwang et al. 2003, ApJ など) に着目した。鉄は爆発時の最も内側の領域で合成されるため、爆発中心部での非対称な効果で外側へ押し上げられた可能性が高い (Hammer et al. 2010, ApJ など)。我々は、この構造から高エントロピー環境下で合成量が増える Ti と Cr を初めて X 線で検出した。構造内の元素組成を理論計算と比較したところ、ニュートリノ加熱で生み出される上昇流内に確認されるような高エントロピー、かつ陽子過剰な環境での合成量とよく一致した。現段階で、中性子過剰領域での合成を完全に棄却できないものの、得られた多くの結果がニュートリノ照射の影響を受けた組成を支持している。これらの観測と理論の比較から、この構造はニュートリノ加熱によって生み出されたと結論付けた。今回の研究により、超新星最深部の物理パラメータ (エントロピー、電子分率など) を初めて観測から議論できるようになる。将来の X 線観測が、今後どのように超新星研究に貢献できるかも議論したい。