

カシオペア座Aの酸素リッチ爆発噴出物の詳細X線解析で迫る親星内物質混合

○久保池 結¹ 佐藤 寿紀¹ 松永 海² (1.明治大学 2.京都大学)

大質量星の終末進化段階では、O燃焼殻やNe/C燃焼殻において激しい対流運動が発達し、速度・密度・元素組成に大きな揺らぎが形成される。こうした非対称構造は、重力崩壊型超新星爆発のダイナミクスや元素合成に大きな影響を及ぼすことが知られている(Yadav+20, Bollig+21)。特に近年ではSi-C、O-Ne、Ne-Cなど異なる燃焼殻間で生じる「シェルマージャー」が、爆発直前に生じる重要な現象として注目されている(Sato+25, Collins+18)。この過程では対流反応燃焼が促進され、星内部の玉ねぎ状構造が乱されることで、不均一な元素分布や大規模な非対称構造が形成されると考えられている(Yadav+20)。しかしO層におけるシェルマージャーの観測的検証は十分ではなく、その痕跡が超新星残骸にどのように現れるかは未解明である。

本研究では銀河系内で最も若く明るい超新星残骸の一つであるカシオペア座Aを対象に、X線観測データを用いてO層の空間分布を解析した。主成分分析(PCA)に基づく画像分類により、残骸全体にわたる元素分布の変動を系統的に調査し、特徴的な元素組成を示す領域を抽出した。さらに各領域に対して詳細なスペクトル解析を行い、OからFeまでの幅広い元素の組成を調べた。それらを爆発前進化モデルと比較して元素合成および内部構造の特徴を検証した。

その結果カシオペア座Aの酸素に富む層が、構造および元素組成の両面で顕著な非対称性を示すことを明らかにした。さらにNe、Mg、Si、S、Ar、Caの幅広い元素存在量を爆発前進化モデルと比較した結果、17–20Msunの親星モデルが観測結果と最も良く一致することが分かった。これらの親星はO燃焼殻とNe/C燃焼殻の相互作用による強い混合を伴うシェルマージャーモデルであり、これまでのカシオペア座Aにおけるシェルマージャー仮説(Sato+25, XRISM collaboration 2025, Boccioli+26)をより強く支持する結果を得られた。本講演では、これらの詳細な解析結果と残骸内におけるO層物質の非対称分布の特徴などについて議論する。