

Tychoの超新星残骸における核燃焼層の反転とその形成過程

○坪川 龍生¹ 佐藤 寿紀¹ 藤丸 祐生² Lee Shiu-Hang² (1.明治大学 2.京都大学)

Ia 型超新星は、白色矮星が起こす熱核暴走爆発であり、宇宙における中間質量元素や鉄族元素の主要な供給源として知られている (e.g., Seitzzahl & Townsley 2017)。また、宇宙の距離測定に用いられる「標準光源」としても重要である。しかしながら、Ia 型超新星の爆発メカニズムや元素合成過程には未解明な点が多く残されている。爆発時の構造や元素分布はその後の超新星残骸の構造に反映されるため、若い超新星残骸を調べることで爆発構造やメカニズムに迫ることができる。典型的な Ia 型超新星残骸として知られる Tycho の超新星残骸 (SN 1572) においては、東縁部に Fe を顕著に含み、他の中間質量元素は少ない特異な領域「Fe knot」が存在しており、爆発メカニズムとの関連性が議論されてきたが、その起源は未解決である (Yamaguchi et al. 2017)。

本研究では、高い角度分解能を誇る Chandra 衛星を用いて詳細な空間分解分光解析を行い、Fe knot の形成過程を明らかにすることを目的とした。具体的には、Ia 型超新星では、鉄族元素は主に完全 Si 燃焼や不完全 Si 燃焼領域で生成されるため (Thielemann et al. 1986; Iwamoto et al. 1999; Seitzzahl et al. 2013)、Fe が優勢な領域、Fe と Si が混在する領域、Si が優勢な領域の 3 領域に分けてスペクトル解析を実施した。さらに、Fe knot の元素合成環境を制約するため、Fe とともに生成される Cr の存在量に着目し、Cr/Fe 質量比の評価を行った。Cr は主に不完全 Si 燃焼領域で合成されることから、Cr/Fe 比は Fe knot の起源となった核燃焼領域を探る重要な指標となる (Badenes et al. 2008; Bravo 2013; Yamaguchi et al. 2017)。解析の結果、1 次元 Ia 型超新星モデルで予想される層状元素分布 (e.g., Iwamoto et al. 1999) とは異なり、Fe に富む Si 完全燃焼生成物が外側へ突出する空間反転構造が存在することが明らかとなった。一方で、残骸西側には同様の構造は確認されなかった。これらの結果は、爆発時に Fe に富む放出物が局所的に Si 層を貫通した可能性を示唆している。本発表では、Fe knot の詳細な分光解析結果を報告するとともに、その形成過程と Ia 型超新星の非対称性について議論する。また、Ia 型超新星残骸の 3 次元流体シミュレーションとの比較を行い、このような元素分布の反転構造が爆発時の流体不安定性や非対称な元素合成によって再現可能であるかを議論する。