

Ia 型超新星残骸における X 線共鳴線の輻射輸送と共鳴散乱効果の観測予測(2)

○長尾 梓生¹ 小高 裕和¹ 松本 浩典¹ 川室 太希¹ Lee Shiu Hang² 藤丸 祐生² (1.大阪大学 2.京都大学)

超新星残骸 (SNR) が放射する X 線輝線は、衝撃波で加熱されたプラズマの元素存在量、イオン化状態、速度場といった物理条件を反映する。中でも、He-like triplet の共鳴線 w や H-like Ly α など、許容遷移で振動子強度が大きい輝線は吸収断面積が大きく、視線方向の光学的厚さが大きくなりやすい。その結果、共鳴散乱 (resonant scattering) によって輝線強度や強度比、線幅が変化することがある。この効果を考慮しない場合、観測スペクトルから元素存在量・温度を誤って推定する可能性がある。実際、N49 の XMM-Newton/RGS 観測では O VII triplet の強度比に共鳴散乱の影響が示唆されており、酸素存在量が約 1.8 倍過小評価され得ることが報告されている (Amano et al. 2020)。観測から SNR の物理状態を正しく診断するためには、共鳴散乱の効果を定量的に評価する必要がある。

前回の発表 (2026 年春季年会, Q26b) では、Ia 型 SNR の 3 次元流体シミュレーション (Fujimaru et al. 2026) とモンテカルロ輻射輸送コード MONACO (Odaka et al. 2011) を組み合わせて共鳴散乱を評価する枠組みを構築し、年齢約 500 年の若い SNR における O VII 共鳴線の解析から、共鳴線の光学的厚さ τ が 0.1 以下と小さく、共鳴散乱の効果は限定的であることを報告した。

本研究ではこの解析を拡張し、(1) SNR 年代、(2) O VII, O VIII, Fe XVII など複数の元素・電離段階の輝線、(3) 異なる爆発モデル、に対する τ の依存性を評価した。その結果、年齢が数十年程度の若い SNR では O VII 共鳴線の視線方向の光学的厚さが 1 を超え得ることが分かった。今後は、若い重力崩壊型 SNR への解析の拡張も予定している。

本発表では、 τ 評価の結果を示すとともに、SNR 内部のプラズマ構造と共鳴散乱の効率との関係、ならびに共鳴散乱が共鳴線の強度比や線幅に与える影響について議論する。