

## Q20a 熱的X線・ガンマ線観測を通じた超新星残骸からの宇宙線逃亡タイムスケールの測定

鈴木寛大, 馬場彩 (東京大), 山崎了 (青学大), 大平豊 (東京大)

$10^{15.5}$  eV 以下の銀河宇宙線の起源は主に超新星残骸 (SNR) の衝撃波面だと考えられており、実際に SNR 周辺には TeV 以上まで加速された陽子が存在することがガンマ線の観測から分かっている (e.g., Ackermann et al. 2013)。古い SNR はソフトなガンマ線スペクトルを示し、加速陽子が高エネルギー側から逃亡していくことを示唆する (e.g., Ambroggi et al. 2019)。しかし、加速陽子がいつ、どのようにして衝撃波から逃亡し、宇宙線となるのかは未だに大きな謎である。

我々は SNR のガンマ線スペクトルを用いて衝撃波に閉じ込められている加速陽子の最高エネルギーとエネルギー総量を推定する手法を提案する。一方で熱的プラズマのパラメータから SNR の年齢を推定する手法の妥当性も検討した。これら2つの手法を用い、我々はガンマ線を放射する SNR 38 天体の系統解析を行った。その結果、我々が見積もった SNR の年齢が大きいほど、衝撃波に閉じ込められた加速陽子の最高エネルギーとエネルギー総量が減っていく傾向を発見した。閉じ込められた加速陽子のエネルギー総量の減少タイムスケールは  $\sim 100$  kyr と分かった。最高エネルギーの時間発展の測定結果を理論計算 (Ptuskin & Zirakashvili 2003; Yasuda & Lee 2019; Brose et al. 2020) と比較することで、ほとんどの天体の加速・逃亡過程に関して Bohm limit の仮定は適さず、星間物質や分子雲と衝撃波との衝突を考慮する必要があると分かった。一方で本研究では、一部の SNR がもつ特異な熱的プラズマである過電離プラズマの年齢も、おおよそ SNR 自身の年齢を示すと分かった。これは過電離プラズマが SNR の若い時期に生成する可能性 (e.g., Itoh & Masai 1989) を強める結果である。