

## Q39a 衝撃波で加速された宇宙線スペクトルのカットオフの形について

山崎了, 大平豊, 澤田真理 (青学大), 吉田龍生, 柳田昭平 (茨城大), 馬場彩 (東京大)

若い超新星残骸などに存在する衝撃波では、フェルミ加速により宇宙線が生成されている。被加速粒子の最高到達エネルギー  $E_{max}$  は、電子ならば 10–100 TeV 程度、陽子ならば 3000 TeV にまで及ぶ。しかし、 $E_{max}$  が観測的に明確に定まった例は少ない。理論的には  $E_{max}$  は、(1) 被加速粒子の加速時間と年齢のつりあい以て決まる場合 (age-limited)、(2) 加速時間と冷却時間のつりあい以て決まる場合 (cooling-limited)、(3) 加速領域からの被加速粒子の逃走過程で決まる場合 (escape-limited) に大別される。被加速粒子のスペクトルの  $E_{max}$  付近のふるまいは、上記 1–3 の場合で異なり、さらに、粒子の拡散係数の粒子のエネルギーの依存の仕方にも依るため、粒子スペクトルのカットオフ形が詳細にわかれば、 $E_{max}$  の決まり方や拡散係数のエネルギー依存性についての情報を得られる可能性がある。

そこで、上記 1–3 のそれぞれの場合について、宇宙線の輸送方程式を解くシミュレーションを行い、 $E_{max}$  付近のカットオフの形について調べた。具体的には、被加速粒子の拡散係数のエネルギー依存性を  $\propto E^\beta$  と仮定し、シミュレーションによって得られた  $E_{max}$  付近の被加速粒子のスペクトル形を  $\propto E^{-p} \exp[-(E/E_{max})^a]$  という関数形でフィットして、 $a$  と  $\beta$  の間の関係を求めた。その結果、(1) の場合は  $a \approx 2\beta$ 、(2) の場合は  $a \approx \beta + 1$ 、(3) の場合は  $a \approx \beta + 0.5$  程度になることがわかった。次に、これらの結果を実際の観測によって検証できるか考察した。その結果、若い超新星残骸のシンクロトロン X 線の異なるバンド帯域間の光子指数やハードネスを比較することで X 線を放射する電子の  $E_{max}$  付近のスペクトル形を推定できる可能性があることがわかった。