

Fermi 衛星が観測した超新星残骸における折れ曲がった宇宙線スペクトルの起源

Q11a

井上剛志、山崎了（青山学院大学）、犬塚修一郎（名古屋大学）

近年の Fermi 衛星による幾つかの年齢数万年程度の超新星残骸 (middle-aged SNRs) の観測は、それらの SNR からのガンマ線放射が陽子や核子起源であると考えて矛盾しないことを示している。観測されたガンマ線放射から推定される宇宙線スペクトルは 10 GeV 程度のエネルギーで折れ曲がった冪分布を示している (Abdo et al. 2009; 2010)。それらの SNR は全て分子雲と相互作用していることが示唆されているが、分子雲近傍の中性ガス中ではイオン-中性粒子衝突の影響で星間媒質を伝わる衝撃波での (Diffusive Shock Acceleration 機構による) 粒子加速は 10 GeV 程度が限界であることが理論的に示されている (Ptuskin & Zirakashvili 2003)。しかしながら、10 GeV より高エネルギーで少なくとも 1 TeV 程度まで続く加速された宇宙線の冪分布は、その起源が謎として残されている。しかも、そのような高エネルギー帯でのスペクトルの冪指数は 3-4 程度であり、DSA 機構が予想する強い衝撃波での冪指数 2.0 から大きく外れている。我々は観測から示唆されるような、分子雲と相互作用する中年齢の SNR を 3 次元の高分解能磁気流体力学シミュレーションの手法を用いて研究を行った (Inoue et al. 2010)。その結果、衝撃波と高密度雲の相互作用は星間媒質中を高速で伝わる通常の衝撃波に加えて、SNR 内部に無数の反射衝撃波を生成することが明らかになった。そのような相互作用は解析的に取り扱うことが可能であり、反射衝撃波のマッハ数は雲の密度等に余り依らず 1.80-2.23 程度の値を取ることが分かった。このような SNR 内部での弱い衝撃波は通常の衝撃波から流された宇宙線を再加速して、Fermi 衛星が観測したような折れ曲がった冪分布を再現することが可能である。また、高エネルギー側の冪指数は 3-4 となり観測を非常に良く再現する。