

別紙 4

報告番号	※ 甲 第	号
------	-------	---

主 論 文 の 要 旨

論文題目 ミドルエイジ超新星残骸における星間ガスとガンマ線放射の観測的研究
氏 名 吉池 智史

論 文 内 容 の 要 旨

宇宙線は、陽子を主要成分(約90%)とし、そのエネルギーは 10^8 eV から 10^{20} eV に及ぶ。銀河宇宙線のエネルギー密度は 1 eV/cm³とされる。これは、星間磁場や星からの輻射のエネルギー密度と同程度であることから、宇宙線は銀河の主要な構成要素である。しかしながら、銀河宇宙線の加速起源は、1912年のV. Hessによる宇宙線発見以来、長年の課題とされてきた。現在、加速起源と加速機構として、超新星残骸の衝撃波面における衝撃波統計加速が有力とされている。

宇宙線陽子は星間陽子との相互作用を介してガンマ線を放射する(ハドロン起源ガンマ線)。したがって、ガンマ線超新星残骸は、宇宙線加速の重要な検証の場である。ガンマ線がハドロン起源であるなら、その分布に対応する星間陽子(標的陽子)の存在が必要であり、逆に、標的陽子の存在は、そこでの宇宙線陽子加速を支持する観測的結果と言える。ガンマ線と標的陽子の詳細な空間分布の比較は、年齢千年程度の超新星残骸での検証例はあるが、年齢一万年程度のミドルエイジ超新星残骸では行われていなかった。本研究では、超新星残骸における宇宙線陽子加速の検証を目的とし、2つのガンマ線ミドルエイジ超新星残骸、W44とIC 443に着目した。この2天体は、AGILE・Fermi衛星の観測から、ハドロン起源特有のエネルギースペクトルの折れ曲がりを確認され、宇宙線陽子の加速が主張されている。その一方で、どちらも標的陽子の詳細な探査は行われていない点が課題として残されていた。

そこで私は、超新星残骸 W44 と IC 443 について、南米チリ共和国に設置された4m 望遠鏡 NANTEN2 によって取得された、一酸化炭素分子(CO)の回転量子数 $J=1-0$ 、 $2-1$ 遷移輝線の観測データを解析し、超新星残骸と相互作用する分子ガスの特定を行った。2つの遷移輝線の強度比分布を調べたところ、両方の超新星残骸のシ

シェル方向で、高い強度比(>1) と高速度分散をもつ分子ガスの存在を確認した。これは、超新星爆発の衝撃波との相互作用により、シェル方向のガスが加速・加熱されていることを意味する。続いて、W44については*Fermi*衛星によって取得されたGeVガンマ線分布、IC 443についてはVERITAS望遠鏡によって観測されたTeVガンマ線分布と、それぞれの分子ガスの分布を比較した。その結果、両方の超新星残骸でガンマ線分布に対応する分子ガス成分を特定した。この結果は、これら超新星残骸での陽子加速を支持する。さらに、中性水素原子輝線(21cm)のアーカイブデータを解析し、水素原子ガスの分布を調べたところ、水素原子ガスでは、明らかにガンマ線と対応する成分は見られなかった。水素分子・原子ガスの質量比としては10:1程度であり、標的陽子は分子ガス成分が卓越しているという結果を得た。一方、年齢千年程度の超新星残骸では、水素分子・原子ガスは同程度の割合か、もしくは水素原子ガスが卓越しており、年齢による水素分子・原子ガスの標的陽子への寄与に違いが見られた。この一つの解釈として、ミドルエイジ超新星残骸では、密度の低い水素原子ガスが衝撃波によって散逸しており、結果として分子成分が卓越していることが考えられる。

標的陽子の平均密度とガンマ線強度から、宇宙線加速効率は0.1–1%程度と見積もられた。これは、銀河宇宙線のエネルギー密度の説明に必要な効率(1–10%)より小さい。しかし、超新星残骸のシェルに対する標的陽子の分布の非一様性や宇宙線の逃走を考慮すると、一桁程度の効率の増加が見込め、本研究で得られた効率は、安全な下限値として見るのが妥当であると結論される。