

別紙 4

報告番号	※ 甲 第	号
------	-------	---

主 論 文 の 要 旨

論文題目 An Observational Study of Shock-Cloud Interaction in the Young VHE γ -ray SNR RX J1713.7-3946; Evidence for Cosmic-Ray Acceleration

(若い VHE γ 線 SNR RX J1713.7-3946 における衝撃波相互作用の観測的研究; 宇宙線加速の証拠)

氏 名 佐野 (永井) 栄俊

論 文 内 容 の 要 旨

宇宙線粒子は、主要成分の陽子と 10%程度のヘリウム 1%程度以下の電子または原子核から構成される高エネルギー粒子である。宇宙線の起源を理解することは、ここ 100 年にわたる天体物理学の重要な課題である。宇宙線は 1912 年に V. Hess によって発見され、素粒子・宇宙物理の発展において重要な役割を果たしてきた。銀河系内では、超新星残骸が宇宙線の発生源として最有力視され、宇宙線加速の理論研究が展開され、衝撃波面における粒子加速が広く受け入れられている。しかし、宇宙線の主成分である陽子の加速現場の詳細は良くわかっていなかった。また、超新星残骸衝撃波と周囲の星間ガスとの相互作用と、宇宙線加速との関連性も指摘はされていたものの詳細な解析は行われてこなかった。本論文では、超新星残骸における宇宙線加速の詳細を明らかにするために、超高エネルギーガンマ線とシンクロトロン X 線で明るい超新星残骸 RX J1713.7-3946 について、星間ガスと高エネルギー放射の比較研究を行った。

まず初めに、南米チリ共和国に設置された 4m 望遠鏡 NANTEN/NANTEN2 および 10m 電波望遠鏡 ASTE を用いて取得された、星間一酸化炭素分子 (CO) の回転量子数 $J=1-0, 2-1, 3-2, 4-3$ の観測結果を解析し、分子雲とシンクロトロン X 線分布と対応が良いことを示した。特に、ほとんどの分子雲が超新星残骸シェル外縁部に位置し、4つの分子雲のみシェル内側に位置していることを指摘した。さらに、最も高密度な分子雲コア C では、双極分子流を伴う原始星候補天体を発見し、これが超新星残骸母天体の大質量星からの恒星風の圧縮を受けて形成され、衝撃波に曝されながらも生き残った星形成現場であることを示した。また、X 線と分子雲の位置関係について詳細な解析を行い、分子雲周辺でシンクロトロン X 線が増光していることを示した。これらの結果は、磁気流体力学理論モデルとの比較から、衝撃波と分子雲の相互作用が分子雲周辺での乱流励起及び磁場増幅を引き起こし、シンクロトロン X 線が増光したと解釈される。

続いて、宇宙線陽子の加速を探るため、上記の分子雲データに加えて原子ガスの定量も行い全星間陽子の分布を明らかにし、これと超高エネルギーガンマ線の分布を比較した。ガンマ線は宇宙線電子、または陽子起源で生成される。もし陽子起源であれば、全星間陽子とガンマ線強度は一致すると期待される。本研究では、HI スペクトルの詳細な解析を行い、ガンマ線のシェル構造と一致する低温・高密度の原子ガス成分を見いだした。以上の分子雲と原子ガスの解析結果から、ガンマ線と全星間陽子が空間的によく相関することを示し、宇宙線陽子起源を示唆する結果を得た。

さらに、宇宙線加速と衝撃波相互作用の関係を探るため、シンクロトロン X 線の冪指数（光子指数 Γ ）と全星間陽子の分布を比較した。光子指数が小さいとき、効率の良い電子加速が起きていると考えられる。本研究では、すざく衛星によって観測された X 線データを解析し、超新星残骸中で光子指数が大きく変化していることを明らかにした。特に光子指数の小さい 6 つの領域を特定し、理論計算等との比較を通して、それぞれが星間ガスの密度分布と深く関わっているという結論を得た。

本研究では、以上の解析結果から、若い超新星残骸で宇宙線陽子が加速されていることを支持する結果を導き、あわせて超新星残骸周辺の不均一な星間ガスと衝撃波の相互作用が、宇宙線加速に本質的な影響を与えていることを論じる。