

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 佐野(永井) 栄俊

論 文 題 目

An Observational Study of Shock-Cloud Interaction in the Young VHE  $\gamma$ -ray SNR RX J1713.7-3946; Evidence for Cosmic-Ray Acceleration  
(若い VHE  $\gamma$  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)

論文審査担当者

主 査	名古屋大学大学院理学研究科 教授 理学博士 福井 康雄
委 員	名古屋大学大学院理学研究科 教授 博士(理学) 犬塚 修一郎
委 員	名古屋大学大学院理学研究科 教授 博士(理学) 金田 英宏
委 員	名古屋大学太陽地球環境研究所 教授 理学博士 田島 宏康
委 員	名古屋大学大学院理学研究科 准教授 博士(理学) 立原 研悟

## 論文審査の結果の要旨

宇宙線粒子は、主成分の陽子と 10%程度のヘリウム、1%程度以下の電子等からなる高エネルギー粒子である。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。宇宙線の起源を理解することは、ここ 100 年にわたる宇宙物理学の重要な課題である。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、宇宙線の加速の詳細は観測的には良くわかっていなかった。また、超新星残骸の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も、指摘はされていたものの詳細な研究は行われてこなかった。

申請者は、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。

申請者はまず、南米チリ共和国に設置された 4m 電波望遠鏡 NANTEN 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  $J=1-0$ ,  $2-1$  遷移等の観測結果を解析し、分子雲とシンクロトロン X 線分布との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、少数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において双極分子流を伴う原始星候補天体を発見し、これが衝撃波に曝されながらも未だに散逸していない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。申請者はこの結果を磁気流体力学理論モデルと比較し、衝撃波と分子雲の相互作用が分子雲周辺での乱流励起と磁場増幅を引き起こし、シンクロトロン X 線が増光するとの解釈を与えた。

続いて申請者は、宇宙線陽子の加速を探るために、分子雲データに加えて原子ガスの定量も行って全星間陽子の分布を明らかにし、超高エネルギーガンマ線の分布と比較した。ガンマ線は宇宙線電子起源、または宇宙線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空間的によく対応すると予想される。申請者は新たに中性水素原子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対応することを示し、宇宙線の陽子起源を支持する結果を得た。

さらに申請者は、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) と全星間陽子の分布を比較した。申請者は、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。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。特に光子指数の小さい 6 つの領域を特定し、理論計算等と比較して、それぞれが星間ガスの密度分布と深く関わっていることを論じた。

申請者は、これらの解析結果から、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、宇宙線加速と高エネルギー放射に本質的な影響を与えていることを明らかにし、あわせて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いた。以上の結果は、宇宙線と星間物質との相関を探究した独創的な成果であり、高く評価される。また、参考論文は超新星残骸・星形成等に関する研究成果であり、いずれも価値あるものである。以上の理由により、申請者は博士 (理学) の学位を授与されるに相応しいと認められる。