

論文審査の結果の要旨

氏名 田 中 孝 明

本論文は7章からなり、第1章は研究内容の概説であり、第2章ではこの論文の主題である超新星残骸における宇宙線加速について概括し、第3章は本論文で用いた観測データを取得した「すざく」衛星について述べ、第4章では論文提出者が中心になって行った「すざく」衛星のHXD-PIN検出器の校正と雑音除去および応答について述べ、第5章では超新星残骸RX J1713.7-3946の観測とその解析について述べ、第6章では超新星残骸RX J0852.0-4622の観測とその解析について述べ、第7章では観測結果に基づいて得られる超新星残骸における宇宙線加速に対する示唆について議論している。また、付録では「すざく」衛星で観測したかに星雲のエネルギースペクトルとシミュレーションとの比較について記している。

宇宙線がどこでどのように高エネルギーまで加速されているか、という宇宙線加速の問題は、1912年の宇宙線発見以来の物理学の大きな問題とされてきた。超新星残骸において形成される衝撃波は、加速の現場として有力な候補とされてきたが、観測的な証拠は最近得られ始めたばかりであり、加速機構や放射機構についての詳細はまだ明らかになっていない。2005年7月に打ち上げられた日本のX線天文衛星「すざく」は、広い観測帯域と高い感度を持ち、超新星残骸からの非熱的な放射を観測し、加速された電子成分のエネルギー分布や最大エネルギーを正確に求め、宇宙線加速の謎を解く重要な手がかりを与えると期待されている。本論文はこの「すざく」衛星による二つの超新星残骸の観測データに基づいている。

論文提出者は、第4章に述べられているように「すざく」衛星HXD検出器に開発から携わり、特にHXD-PIN検出器の応答関数の構築を行い、観測装置の校正を通じて衛星ミッション全体に大きく貢献しているが、本論文の主眼は第5、6、7章で述べられている超新星残骸の観測データの解析とその解釈に置かれている。

第 6 章では、超新星残骸 RX J1713.7-3946 の約 3 分の 2 をカバーする全 11 観測から、X 線画像を構築し、空間的広がりについて解析するとともに、初めて 50 keV にまで延びるシンクロトロン X 線の検出に成功した。これは 100 TeV を超える高いエネルギーまで電子が加速されていることを示す証拠である。また、このエネルギースペクトルは 10 keV 付近でカットオフを示し、この値から求めた衝撃速度は、標準的な衝撃波粒子加速理論で考えられているよりも速い時間スケールで加速が起こっていることを示唆する結果となっている。第 7 章では超新星残骸 RX J0852.0-4622 について同様の解析を行ったが、この場合は明確なカットオフは見られなかった。第 8 章では、他の波長における観測データと組み合わせて超新星残骸における粒子加速過程を考察した。高エネルギー電子が宇宙背景放射を逆コンプトン散乱する放射と、加速された陽子からつくられる中性 π 粒子が崩壊して生じる放射のいずれの過程によっても高エネルギーガンマ線観測データは説明でき、加速粒子の特定はできなかったが、今回の X 線データにより、それぞれの場合について磁場の大きさや加速粒子のスペクトル及び注入量について厳しい制限を与えることができた。

なお、本論文第 5、6、7 章の主要部分は高橋忠幸、渡辺伸、中澤知洋、内山泰伸との共同研究であるが、いずれも論文提出者が主体となって研究を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。