

## 論文審査の結果の要旨

氏名 片桐 秀明

本論文は、11章からなり、第1章は序、第2章が宇宙線および超新星からのガンマ線に関するレビューとなっている。第3章で、宇宙線空気シャワーとチェレンコフ光の説明、第4章で今回用いた10mカンガルー望遠鏡の説明を行っている。それ以降が、本論分の主要部であり、超新星残骸 RX J0852.0-4622 の観測とデータ校正 (第5章)、データ解析 (第6章)、結果 (第7章)、様々な不定性のチェック (第8章)、系統誤差の検討 (第9章)、議論 (第10章) を経て、第11章で最終的な結論が述べられている。

1912年にV.Hessが宇宙線の存在を発見して以来、その加速機構は大きな謎のままであるが、スペクトル、エネルギー収支、組成を考えると超新星残骸(SNR)は最も有力な銀河系内の宇宙線起源であると考えられている。近年、10keV程度までの硬X線に至るまでスペクトル観測が可能な衛星が打ち上げられたことで宇宙線加速現場の観測に関するブレークスルーが起こった。ASCAによってSNR SN1006のシェルから非熱的X線が検出された。それをシンクロトロン放射によるものと仮定すると、10-100TeVの高エネルギーまで加速された電子が存在することになる。そのような高エネルギーの電子は、2.7K宇宙背景放射と逆コンプトン散乱を起こしてTeVガンマ線を放射する。実際、CANGAROOグループが、その後SN1006からのTeVガンマ線を検出したことで、高エネルギー電子の加速現場を発見したと考えられた。

一方、SN1006よりX線による非熱的成分が卓越した超新星残骸RX J1713.3-3946に関しては、同じくCANGAROOグループが、400GeV付近までのガンマ線のエネルギースペクトルを測定した。電波からX線までの観測と合わせた多波長スペクトルを考慮すると、TeV付近のガンマ線は高エネルギー電子からの放射では説明できないことが明らかになり陽子が加速されている可能性が示唆された。このように重要な発見が相次いでいるものの、現時点では、宇宙線のSNR起源が確立しているとは言いがたい。

そこで、本論文では、超新星残骸RX J0852.0-4622からのガンマ線検出を試みた。この超新星残骸もまたASCAにより非熱的な放射が検出されており、粒子加

速によって TeV ガンマ線が検出される可能性が期待されたからである。実際、2002 年、2003 年の 2 年間にわたり CANGAROO-II 10-m 望遠鏡により sub-TeV のエネルギー閾値での観測を行った。合計で 187 時間の観測データを解析した結果  $8\sigma$  レベルで有意な信号を検出した。

得られた信号の数からフラックスを求めると、べき指数が  $-4.2 \pm 0.5$  のべき型のスペクトルで強度が 1TeV で標準的なガンマ線源であるかに星雲に比べて  $0.16 \pm 0.03$  倍程度であることが分かった。この分布から 0.14 度程度の広がりを持つことが見積もられたが、これは望遠鏡の角分解能 0.24 度よりも小さく、エラーの範囲では点源である可能性は否定できない。

得られたエネルギースペクトルと他の波長のデータをもとに放射機構を評価した。まず、高エネルギー電子によるシンクロトロン放射、および逆コンプトン散乱による単純なモデルではうまくデータを説明することができない。TeV の放射領域と X 線の放射領域が異なると仮定するとうまくデータをフィットできるが、多くの未知のパラメータを持ち観測的に決定することが現時点では困難である。

一方、 $\pi^0$  の崩壊による放射を見積もると単純なモデルによりデータとよく合うスペクトルが得られる。このモデルを仮定するとこの SNR の宇宙線のエネルギーが  $10^{48}$ - $10^{50}$  erg、すなわち超新星爆発のエネルギーの 0.1-10% が宇宙線の加速に用いられたとすると、距離 0.5 kpc の仮定のもとで相互作用する分子雲の密度が 5000-50 個/cc となり一般的な分子雲密度となる。よって現時点では今回のデータは、 $\pi^0$  の崩壊による放射の可能性を強く示唆しており、逆コンプトン散乱による放射の可能性は低いものと考えられる

なお、本論文の一部は、指導教官である森正樹を含む CANGAROO グループとの共同研究であるが、論文提出者が主体となって観測・解析を行ったもので、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）を授与できると認める。