

論文審査の結果の要旨

氏名 湯川 洋平

本論文は8章からなる。第1章はイントロダクションであり、宇宙線の起源とその加速について解説している。また、天体の中から超新星残骸をとりあげ、超新星爆発頻度と衝撃波加速は等方的な陽子宇宙線を説明可能であり、宇宙線の起源として有力な候補であるとしている。そこで加速された高エネルギー粒子は、加速源の近くで星間物質や星間光子との相互作用によりガンマ線を生成するので、超新星残骸からのガンマ線観測は宇宙線加速の現場を探る重要な手がかりとなる。実際に、いくつかの超新星残骸からの TeV ガンマ線が大気チェレンコフ望遠鏡により確認されているが、そのガンマ線が陽子起源なのか電子起源なのかははっきりしてない。この混乱を解き明かすためには、さらに観測例を増やす必要があるので、本論文では *mixed-morphology* 型超新星残骸のひとつである W44 を観測対象としたことが説明されている。つづく第2章では、W44 のこれまでの他波長帯での観測例とその解釈について記述されている。

第3章では、地球大気に入射したガンマ線が空気シャワーを引き起こし、そのシャワー中の二次粒子がチェレンコフ光を放射することを解説している。この微弱な光を地上観測し、入射ガンマ線のエネルギーと方向の推定を行うのが大気チェレンコフ望遠鏡である。ただし、ほとんどの空気シャワーは陽子によるハドロンシャワーであり、シャワー形状の違いを利用するイメージ方法により、両者を区別する必要がある。つづく第4章では、大気チェレンコフ望遠鏡のひとつである CANGAROO-III 望遠鏡について詳しく解説されている。

第5章では CANGAROO-III 望遠鏡による W44 の観測結果が示され、第6章でその解析が行われている。具体的な解析を行う前に、モンテカルロ法やステレオ観測およびエネルギー校正などの解説があり、その後、W44 からはエネルギー閾値 1.36 TeV 以上で有意なガンマ線信号は検出されず、 2σ 上限値として 3.6×10^{-12} photons/cm²/s が得られたとしている。特筆すべきは、ここに記述されている大気チェレンコフ望遠鏡の性能評価とステレオ観測法の確立である。特に後者は、論文提出者が精力的に行った研究であり、高く評価できる。

第7章においては W44 の観測結果について様々なことが議論されている。まず、CANGAROO-III 望遠鏡によって得られた上限値、Whipple グループによる別の上限値および最近の W44 の多波長解析の結果を元に、W44 での陽子加速の可能性と未同定 EGRET 天体 3EG J1856+0114 の解釈を行っている。ここ

では、W44 からのフラックス上限値に従来より厳しい制限を与えている。次に、電子起源および陽子起源のいずれも 3EG J1856+0114 を説明可能であるとし、さらにシンクロトロン放射が 300 cm^{-3} 程度の高密度領域から放射されていると仮定すれば、観測されたシグナルは電波シェル領域に分布する高エネルギー電子によるものと説明できるとしている。

以上のように、本研究により **mixed-morphology** 型超新星残骸からのガンマ線放射についての知見が深まり、宇宙物理学に貢献したと認められる。なお、本論文の第 8、9、10 章は CANGAROO Collaboration との共同研究であるが、論文提出者が主体となって観測及び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）の学位を授与できると認める。