

## 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 吉池 智史

論 文 題 目

ミドルエイジ超新星残骸における星間ガスとガンマ線放射の観測的研究

### 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	名古屋大学宇宙地球環境研究所	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

## 別紙 1 - 2

宇宙線は 1912 年に V. ヘスによって発見されて以来、宇宙の高エネルギー現象の指標として研究され、同時に素粒子研究の発展を大きく刺激した。宇宙を理解する上で高エネルギー宇宙線の起源を理解することは最も重要な課題の一つである。エネルギーが  $10^{15.5}$  電子ボルト以下の宇宙線は銀河系内で発生していると考えられており、超新星残骸が加速源として有力視されている。

近年のガンマ線観測の発展は、宇宙線起源の研究にも大きな影響を与えた。ガンマ線は、宇宙線陽子と星間陽子の反応による中性  $\pi$  中間子の崩壊によって生まれるか、宇宙線電子と光子の反応によって生まれると考えられる。従って、ガンマ線と超新星残骸との比較は宇宙線の起源を理解する上で貴重な手がかりとなる。超新星残骸には年齢数百から数千年の若いものと、年齢数万年のミドルエイジ超新星残骸が存在する。後者は、エネルギーが GeV から TeV 領域のガンマ線源として重要視される。

申請者は、2 個のミドルエイジ超新星残骸 W44 と IC443 についてガンマ線と星間物質の詳細な比較研究を行い、ガンマ線の起源を解明して宇宙線陽子の加速源を特定することを試みた。まず、W44 と IC443 について、チリ共和国に設置された「NANTEN2」望遠鏡を用いて CO 分子雲を観測し、2 つの回転遷移（回転量子数  $J=2-1$ ,  $1-0$ ）を観測して分子雲の空間分布と励起状態を明らかにした。次に、ガンマ線観測結果と比較して励起状態の高い分子ガスが超新星残骸のシェル方向にあることを示して衝撃波と分子ガスの相互作用を証拠づけた。また、W44 についてはアジレ衛星およびフェルミ衛星の GeV ガンマ線分布と、IC443 についてはガンマ線望遠鏡ベリタスの TeV ガンマ線分布と比較して、分子雲がガンマ線源方向にあることを示した。さらに、相互作用する分子雲の質量を求めてガンマ線強度から宇宙線陽子の全エネルギーが  $10^{48}$  エルグ程度であることを導いた。この際、水素原子についても質量を推定し、水素分子に比べて約 10 分の 1 の寄与にとどまることを示し、水素分子の寄与が卓越することを見いだした。

以上の結果から、申請者はミドルエイジ超新星残骸において水素分子が宇宙線と相互作用してガンマ線を生じているという描像を支持する結果を得た。また、水素分子が原子に比べて卓越することについて低密度の原子ガスが衝撃波によって散逸した可能性を論じた。さらに、ガンマ線強度から推定される全宇宙線エネルギーが超新星爆発の総エネルギーの 0.1% と小さいことについて、星間陽子の空間分布の偏りや脱出した宇宙線の寄与も考慮し、安全な下限とみるべきであることを論じた。

以上の研究結果は、ミドルエイジ超新星残骸のガンマ線放射において陽子起源成分が卓越することを示す結果であり、先行研究とともに宇宙線陽子の超新星起源を裏付ける重要な成果である。参考論文は、アジレ衛星による中性  $\pi$  中間子崩壊スペクトルの発見を含み、いずれも価値あるものである。よって申請者は博士（理学）の称号を授与されるに相応しいと認められる。