

## 【基盤研究(S)】

理工系(数物系科学)



### 研究課題名 星間物質の精査によるガンマ線超新星残骸の探求

名古屋大学・大学院理学研究科・教授 **ふくい やすお**  
**福井 康雄**

研究分野: 天文学

キーワード: 電波天文学、超新星残骸、星間陽子、ガンマ線

#### 【研究の背景・目的】

近年のガンマ線観測の目覚ましい発展により、分子雲と比較できる高分解能のガンマ線データが取得できるようになった。星間陽子(分子雲と水素原子ガス(HI))とガンマ線放射の比較を通して、我々は最も代表的な TeV ガンマ線超新星残骸(supernova remnant = SNR) RX J1713.7-3946において、陽子起源ガンマ線を支持する成果を得た(図1、Fukui et al. 2012)。本研究ではこの比較・手法を20余個のガンマ線 SNR に拡張し、前例のない系統的な星間物質の精査を行い、陽子起源ガンマ線の可能性を追究する。これにより、SNR におけるガンマ線起源と宇宙線加速機構を解明し、宇宙線エネルギーの定量、宇宙線加速の時間発展の描像を明らかにする。

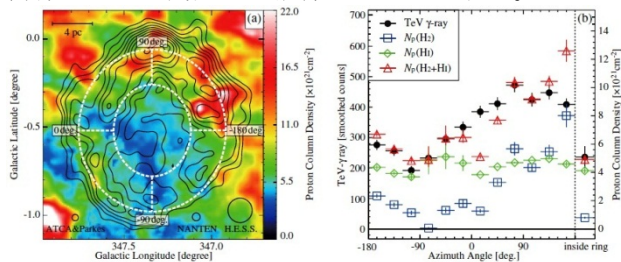


図1. (左) 星間陽子の柱密度(カラー)に TeV ガンマ線放射の分布(コントア)を重ねたもの。(右) 水素分子、水素原子、星間陽子の柱密度と TeV ガンマ線放射の方位角分布を表している。

#### 【研究の方法】

本研究の骨子は、20余個のガンマ線 SNR を対象とした 1) 分子と原子の総合による全星間陽子の定量と、2) 100 MeV - TeV 領域のガンマ線との比較、3) 理論との比較によるガンマ線放射機構の解明、である。以下に各骨子の詳細を示す。

##### 1) 分子と原子の総合による全星間陽子の定量

分子と原子状態の陽子について、SNR に付随する成分を定量する。そのために、主に NANTEN2 の CO 輝線と ATCA (オーストラリア電波干渉計) の HI 輝線を用いて 2-3 分角の分解能で全星間陽子を観測する。また、北天の天体については、分子雲は大阪府大 1.85m 鏡によって観測データを取得し、HI については Arecibo、VLA 等によって同様の観測を行なう。さらに、分子雲の微細構造を分解するために、Mopra 22m 鏡、NRO 45m 鏡、ALMA 等を活用する。

##### 2) 100 MeV - TeV 領域のガンマ線との比較

まず、CO 輝線とガンマ線・X 線のイメージの比較から、付随する分子雲の速度範囲をしぼり込む。この際、粒状に、かつ狭い速度範囲に分布する分子雲に

よって、速度は見通しよく特定できる。HI は CO に比べて空間的速度的に切れ目なく広がる特徴がある。CO で特定された速度範囲について HI を解析し、分子とあわせて全陽子の分布を求める。申請者らはすでに HESS [1 - 10 TeV]、Fermi [1 - 10 GeV]、AGILE [100 MeV - GeV] との国際共同研究を行なって多くの実績をあげている。これらの3桁以上にわたるガンマ線のエネルギー分布の全体を星間陽子と比較し、ハドロン起源ガンマ線を特定する。

##### 3) 理論との比較によるガンマ線放射機構の解明

MHD 計算では、非一様星間媒質中の衝撃波相互作用をシミュレートする。粒状の分子雲が存在する場合、原子ガスが主である場合等について、観測からのインプットを反映させて計算を行う。計算結果を放射スペクトルと比べ、磁場分布等を検討する。宇宙線と星間媒質の分布は、ガンマ線・X 線スペクトルに強く影響する。本解析では、空間分布をも考慮した加速機構の詳細の解明を目指す。

#### 【期待される成果と意義】

高エネルギー宇宙線の起源は天文学の大きな謎であり、多くの研究者がその解明に取り組んできた。宇宙線の主要成分は陽子であり、その百分の一以下の電子成分他を含む。 $10^{15.5}$  eV 以下の宇宙線は銀河系内起源と考えられており、SNR が系内宇宙線加速源として最も有力である。星間陽子が加速されている証拠は未だに確立されていない。本研究によって星間陽子加速現場が特定され、宇宙線加速の詳細が明らかになると期待される。

#### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- “A Detailed Study of the Molecular and Atomic Gas Toward the  $\gamma$ -ray SNR RX J1713.7-3946: Spatial TeV  $\gamma$ -ray and ISM Gas Correspondence”, Fukui, Y.(1/17), Hayakawa, T.(6/17), Yamamoto, H.(12/17), Okuda, T.(13/17) et al., The Astrophysical Journal, vol. 746, Issue 1, id. 82, 2012
- “12 mm line survey of the dense molecular gas towards the W28 field TeV gamma-ray sources”, Nicholas, B., Fukui, Y.(5/8) et al., Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, vol. 411, pp.1367-1385, 2011

#### 【研究期間と研究経費】

平成 24 年度 - 28 年度  
163,700 千円

#### 【ホームページ等】

<http://www.a.phys.nagoya-u.ac.jp/ae/>