

科学研究費助成事業（特別推進研究）公表用資料
〔研究進捗評価用〕

平成24年度採択分

平成27年05月29日現在

研究課題名（和文） 高エネルギーガンマ線による
極限宇宙の研究
研究課題名（英文） Study of the Extreme Universe with
High Energy Gamma Rays
課題番号：24000004
研究代表者
手嶋 政廣 (TESHIMA MASAHIRO)
東京大学・宇宙線研究所・教授



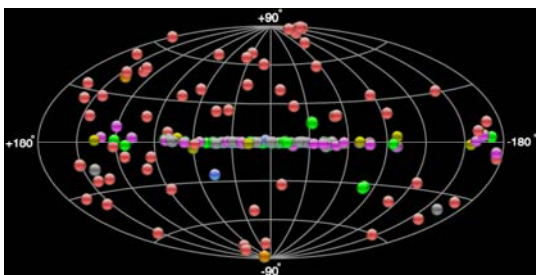
研究の概要：高エネルギーガンマ線により、銀河系内外の多くの極限的な天体を観測し、宇宙線加速、ガンマ線放射の現場を今までに無い精度で捉える。宇宙線の起源を解明し、そのグローバルピクチャーを得ることを目的とする。さらに、高エネルギーガンマ線天文学の将来へむけ、CTA計画(大規模チェレンコフ望遠鏡計画)の準備研究として、CTA 23m 大口径チェレンコフ望遠鏡プロトタイプを欧州グループと共同で建設し、高エネルギーガンマ線による観測領域を深宇宙($z < 4$)まで広げる。また、より多くの天体の多波長観測を行い、それらの天体でおこる極限状態の物理過程を解明する。

研究分野：宇宙・素粒子物理、ガンマ線天文学

キーワード：宇宙線物理（実験）、宇宙物理（実験）

1. 研究開始当初の背景

近年、地上でチェレンコフ望遠鏡を使いTeV領域ガンマ線を観測する技術が確立し、新しい世代のチェレンコフ望遠鏡 MAGIC, HESS, VERITASにより、多種、多様な高エネルギーガンマ線源が銀河系内、銀河系外に150以上発見され(下図参照)、宇宙線の起源、宇宙での非熱的過程、活動銀河の相対論的ジェット、銀河間空間を満たす可視・赤外領域背景放射等の問題等が徐々に解き明かされつつある。



2. 研究の目的

本研究計画では、MAGIC チェレンコフ望遠鏡(50GeV-10TeV)と Fermi ガンマ線衛星(100MeV-100GeV)を使い、5桁にわたる広帯域(100MeV-10TeV)で、銀河系内外の多くの極限的な天体を観測し、宇宙線加速、ガンマ線放射の現場を今までに無い精度で捉える。

宇宙線の起源を解明し、そのグローバルピクチャーを得ることを目的とする。さらに、高エネルギーガンマ線天文学の将来へむけ、CTA計画(大規模チェレンコフ望遠鏡計画、右上図を参照)の準備研究として、CTA 23m 大口径チェレンコフ望遠鏡プロトタイプを国際共同研究グループとともに建設し、高エネルギーガンマ線による観測領域を深宇宙($z < 4$)まで広げる。

3. 研究の方法

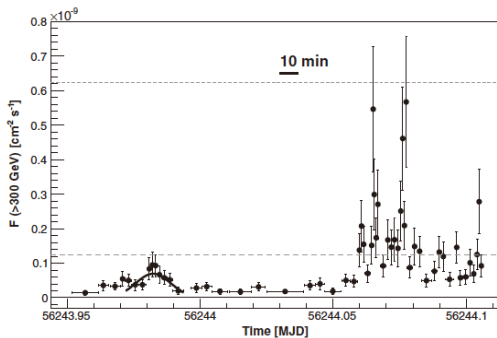
銀河内の主要な超新星残骸を観測し、銀河宇宙線の起源を明らかにする。また、銀河系外の活動銀河核の観測例を格段と増やすとともに、ガンマ線バーストの超高エネルギー領域での初観測を行い、最高エネルギー領域まで延びる宇宙線の起源を明らかにする。また、遠方の活動銀河核、ガンマ線バーストから飛来する高エネルギーガンマ線の吸収を精密に測定し、可視・赤外背景放射のエネルギー密度を求め、宇宙初期における星形成史、宇宙の構造形成史に関して重要な情報をえる。さらには、銀河中心、我々の天の川銀河周辺の矮小楕円銀河を深く観測し宇宙に存在する暗黒物質の対消滅からのガンマ線放射を探索する

4. これまでの成果

活動銀河核での宇宙線加速に関する研究では、MAGICによる観測により、100GeVガンマ線を放出するいくつかの活動銀河核が新たに発見された。その中の幾つかが特筆すべき結果を示す。

MAGICにより活動銀河核 PKS1441+25 ($z=0.939$)の巨大フレアーが観測される。光学、X線、フェルミガンマ線衛星でその活動度が高まっていることが報告され、2014年4月17日より、MAGIC望遠鏡により10日間観測を行った。統計的有意性は 25σ を越え、エネルギースペクトル、ライトカーブを精密に観測できた。観測されたスペクトルは、EBL（星からの光が降り積もった可視赤外の宇宙背景放射）と衝突し吸収を受け、驚くほどソフトなスペクトルになっていた。逆に観測されたスペクトルからEBLのエネルギー密度を高精度で決定できる。

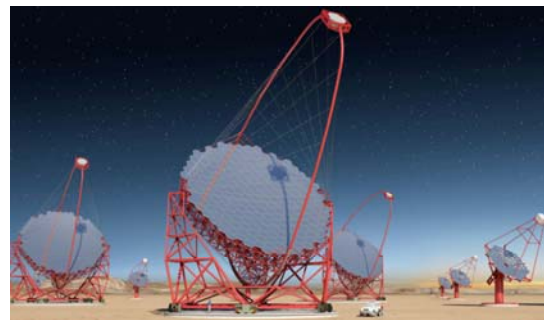
MAGICにより活動銀河核 IC310の巨大フレアーを観測する。IC310はペルセウス銀河団内の電波銀河である。MAGICは、ペルセウス銀河団内の宇宙線量を測定するために観測を継続的におこなっていたところ、2012年11月12日に激変する巨大フレアーをIC310から観測した（下図参照）。カニ星雲からのガンマ線の10倍の強度が観測されるとともに、約4分でフラックスが倍増する激しい変動が観測された。また、1分程度のより早いフリッカー状の変動も観測された。この中心核のブラックホールの質量は 3×10^8 太陽質量と推定され、シュバルツシルド半径はおおよそ光の速度で50分であり、この短時間の変動を説明するには、ブラックホールの極めて近傍（表面近く）で粒子加速が起こっていないなければならない。高速回転するカーブラックホールが磁気単極誘導で極付近に強い電場を生成し、真空ギャップが生成され、そこで粒子加速が起こったであろうと解釈されている。



銀河内の高エネルギー天体、超新星残骸、パルサー星雲の観測も進められている。フェルミガンマ線衛星により、超新星残骸 IC443, W44が宇宙線源として明確に同定された。フェルミガンマ線衛星は、超新星残骸 IC443, W44からのガンマ線スペクトルが、宇宙線が周囲の分子雲と衝突し生成された π^0 崩壊から期待されるスペクトルと一致することを示し、銀河宇宙線が超新星残骸で生成されていることを明らかにした。

5. 今後の計画

ガンマ線天文学の将来のさらなる発展へ向けて、国際共同チーム（日本、ドイツ、スペイン、イタリア、フランスの大学、研究機関からの総勢約250名の研究者からなる）で、日本主導のもと23m口径のCTA大口径望遠鏡の開発研究、1号基の建設を進めている（下図参照）。日本グループは大口径望遠鏡のカメラの光センサー、読み出し回路、また主鏡部分の分割鏡の製作を担当している。2015年10月に、スペイン、カナリー諸島ラパルマにおいて起工式が行われ、2016年には1号基が設置される。



6. これまでの発表論文等（受賞等も含む）

- (1) Aleksić, H.Kubo, R.Orito, M.Teshima *et al.* Black hole lightning due to particle acceleration at subhorizon scales, MAGIC collaboration, *Science*, 346 (2014) 1080 - 1084.
- (2) Aleksić, H.Kubo, R.Orito, M.Teshima *et al.* Contemporaneous observations of the radio galaxy NGC 1275 from radio to very high energy gamma-rays, MAGIC collaboration, *A&A* 564 (2014) A5
- (3) Ackermann, D.Hadasch, Y.Fukasawa *et al.* Detection of the Characteristic Pion-Decay Signature in Supernova Remnants, *Science et al.* 339 (2013) 807

ホームページ等

<http://www.cta-observatory.jp>