

チベット実験の近況報告

日大生産工 ○塩見 昌司

1 はじめに

宇宙線は1912年、オーストリアの Hessによって発見されたが、その起源及び加速機構は未だ謎のままである。エネルギー収支及びスペクトル形状から $10^{14} \sim 10^{15}$ eV領域以下の宇宙線は、銀河系内の超新星残骸による衝撃波により加速されていると考えられている。

宇宙線の起源、加速機構の謎を解く重要な鍵の一つは、星間磁場によって曲げられず、方向の情報を失わない中性粒子の観測にある。加速現場近傍で周辺物質との相互作用により生成した π^0 起源のガンマ線を観測出来れば加速現場の同定に繋がる。現在、TeVガンマ線天体が数多く見つかっている。しかしガンマ線は高速電子からも生成出来、両者の違いを探るべく、多波長観測がなされているが、観測ガンマ線が原子核起源と確定できた天体は未だない²⁾³⁾。 π^0 起源ガンマ線の冪はバックグラウンド (BG) 宇宙線の冪 -2.7 より硬く、 -2.2 近くが期待され、スペクトルが伸びていれば高速電子では不可能な数100TeVガンマ線を出し得るため、この領域が最も良い起源同定のための観測領域となるが、低頻度な故これまで未知の観測領域となっている。

チベット空気シャワー観測装置は、シンチレーション検出器型の装置としては唯一TeV (10^{12} eV) ガンマ線を検出している装置であり (図1)、100TeV宇宙線のエネルギー分解能70-150TeV、角度分解能0.2度の性能を有する装置である (表1)。

本講演では、装置の紹介、及び2008年に打ち上げられたFermiガンマ線観測衛星が観測した銀河系内のガンマ線天体方向からのガンマ線のチベット実験による探索結果と、100TeV領域ガンマ線観測に向けた計画の進捗状況について報告する。

2 チベット実験

チベット実験は1990年以来行われている日中共同実験であり、主装置であるチベット空

気シャワー観測装置 (Tibet-III) (図1) は、標高4,300mの羊八井高原に約800 台のシンチレーション検出器を7.5m間隔の基盤目状に配置した有効面積約40,000m²の空気シャワー観測装置である。

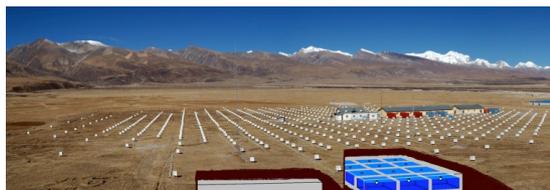


図1 装置全景 (Tibet-IIIとMD (想像図))

有効面積	37,000 m ²
トリガ頻度	1,700 Hz
エネルギー閾値	3 TeV
角度分解能	1° @ 3 TeV: 0.2° @ 100 TeV
エネルギー分解能	100% @ 3TeV: 30% @ 100 TeV

表1 Tibet-III 性能

実験の目的は、

- 1) 高エネルギー (数~数十TeV領域) 宇宙ガンマ線点源の探索、
- 2) 超高エネルギー一次宇宙線の組成とエネルギースペクトルの計測、
- 3) 高エネルギー宇宙線による太陽惑星間磁場構造の研究、

であり、1) においては赤緯 $0 \sim 60^\circ$ を探索し、超新星残骸“かに星雲”、活動銀河核 Mrk421からのガンマ線スペクトルを、2) においては系統誤差の最も少ない全粒子、陽子スペクトルを、3) においては宇宙線の作る太陽の影の観測から地球-太陽間磁場の研究や宇宙線の異方性を最も良い精度で測定している¹⁾。

3 Fermi衛星観測銀河系内ガンマ線天体の探索

2008年に打ち上げられたガンマ線衛星「フェルミ」搭載のLAT検出器は、3ヶ月の観測

Tibet Air Shower Experiments and Future Plan

Atsushi SHIOMI

で活動銀河核やパルサー等205のガンマ線天体の観測に成功⁴⁾等、新たな展開が期待されている。米国のMilagroグループはそれらの内、銀河系内の天体から数10TeV付近までスペクトルが伸び、かつ広がったガンマ天体の存在の可能性を報告している⁵⁾。

我々は、Tibet-III実観測時間1915.5日のデータを用い、Fermi/LAT観測“Bright Source List”内の銀河系内天体中観測可能領域の27天体からのTeVガンマ線を探索したところ、7天体方向から2 σ 以上の優位なイベント超過を観測した⁶⁾⁷⁾。7天体は期待値0.61天体よりも多く、そのような現象が起こる偶然確率は 3.8×10^{-6} (Crab除くと 3.6×10^{-6})である。これら極めて低い確率は、Fermi/LATガンマ線天体とTeVガンマ線源が強く関連していることを意味する。さらに7方向すべてがパルサー方向であり、その内の6方向は、米国のMilagro実験で観測されたガンマ線源(約35 TeV)とも一致した。又、Milagroの3 σ ソースと一致するFermi/LAT天体の周りのTibet-III観測イベント超過分布図は、Milagroの観測と似ていた。本結果はTeV領域でのFermi/LAT観測天体の銀河内天体の北天での探査の最初の結果となる。次期計画である、数100TeVガンマ線観測計画が完成すれば、これら天体は、1年20 σ 以上で観測可能となる。

4 数100TeVガンマ線源観測計画

はじめに述べたように、宇宙線の謎を解く鍵として100TeV領域ガンマ線の観測の重要性が再認識され、いくつか計画が提案されている(図2)。チベット実験グループではTibet-IIIを拡張した上で、この装置の内側に土洩2m、水深1.5m、総有効面積10,000m²の巨大水チェレンコフ光観測型ミュオン検出器群(MD)(図1)の設置を計画、推進している。両装置を連動させることにより、ガンマ線観測のノイズと

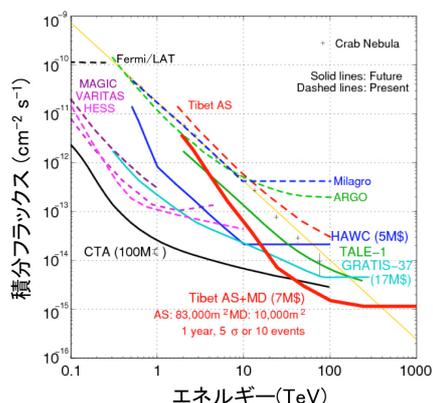


図2 ガンマ線点源に対する1年5 σ 感度図。太いラインが次期計画の予想感度

なる原子核起源宇宙線を、空気シャワー中ミュオン数測定情報により99%以上除去し、数10TeV領域以上の感度を1桁以上向上させることが可能となる⁸⁾。本計画が実行されれば、10以上の既知天体からの初の数100TeVガンマ線の観測と新天体の観測等、この領域の新たな観測窓を開き、100年来の謎に迫れるものと期待している(図2)。その1/3スケールの水槽群が本年度中に竣工予定である(図3)。



図3 断面積約830m²の水チェレンコフ検出器用水槽のクラスターの建設状況(10月撮影)。本年度中に4個竣工予定。コンクリートの上で2.5mの土を盛り固める。

「参考文献」

- 1) M.Amenomori, et al., “Recent results on gamma-ray observation by the Tibet air shower array and related topics”, J.Phys.Soc.Jpn.Suppl.A, (2009),78,88-91.
- 2) Aharonian et al., “A New Population of Very High Energy Gamma-Ray Sources in the Milky Way”, Science, 307, (2005), 1938-1942.
- 3) Uchiyama et al., “Extremely fast acceleration of cosmic rays in a supernova remnant”, Nature, (2007), 449, 576-578.
- 4) A.A. Abdo et al., “Fermi/Large Area Telescope Bright Gamma-Ray Source List”, ApJS., (2009), 183, 46-66.
- 5) A.A. Abdo et al., “Milagro Observations of Multi-TeV Emission from Galactic Sources in the Fermi Bright Source List”, ApJ., (2009), 700, L127-L131.
- 6) 塩見昌司他, “チベット空気シャワー観測装置によるFermi/LATガンマ線天体の探索”, 日本物理学会第65回年次大会, (2010), 20pW-11
- 7) M.Amenomori, et al., “Observation of TeV Gamma Rays from the Fermi Bright Galactic Sources with the Tibet Air Shower Array”, ApJ. Letters, (2010) 711,119-124
- 8) T.K. Sako, K. Kawata, M. Ohnishi, A. Shiomi, M. Takita, H. Tsuchiya, “Exploration of a 100 TeV gamma-ray northern sky using the Tibet air-shower array combined with an underground water-Cherenkov muon-detector array”, Astropart. Phys., (2009), 32, 177-184.