

平成 21 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：チベット高原での高エネルギー宇宙線の研究
 英文：Experimental Study of High-energy Cosmic Rays in the Tibet AS γ Experiment

研究代表者 東京大学宇宙線研究所・准教授・瀧田正人

参加研究者

弘前大・教授・南条宏肇、・教授・雨森道紘、宇都宮大・教授・堀田直己、・准教授・永井明、
 院生・中村梨香、作新学院大学・教授・太田周、埼玉大・名誉教授・水谷興平、神奈川大学・教
 授・湯田利典、・教授・白井達也、教授・立山暢人、・准教授・日比野欣也、・研究員・大内達美、
 助手・有働慈治、横浜国大・教授・柴田慎雄、・助教・片寄祐作、・院生・杉山賢視、湘南工大
 教授・杉本久彦、国立情報学研・准教授・西澤正己、都立産業技術高専・教授・齋藤敏治、甲南大
 学・名誉教授・山本嘉昭、・名誉教授・坂田通徳、・教授・梶野文義、東大宇宙線研・助教・大西
 宗博、・技術職員・小林孝英、・研究員・川田和正、・研究員・陳鼎、・院生・佐古崇志、・院生・
 井上大輔、信州大学・教授・宗像一起、・准教授・安江新一、・准教授・加藤千尋、・院生・伏下
 哲、・院生・松本短尚、・院生・鳴海拓也、・院生・山本洋和、・院生・吉村資巧、・院生・宮
 原裕之、理化学研究所・研究員・土屋晴文、早稲田大学・教授・鳥居祥二、・客員教授・笠原克昌、
 助手・小澤俊介、・院生・廣光佑亮

研究成果概要

- チベット空気シャワー観測装置を用いたフェルミ衛星高輝度銀河天体リストからの TeV ガンマ線放射天体の観測

フェルミ衛星の Large Area Telescope は 100MeV 以上のガンマ線を放射する高輝度天体リス
 トの初期版を作成した。Tibet-III 空気シャワー観測装置を用いて、フェルミ高輝度天体リス
 トの中 27 個の視野内候補銀河天体からの TeV エネルギー領域ガンマ線放射の探索を行っ
 た。2 σ 以上の統計的有意度を持つ背景雑音天体の数は 0.61 個と予想されるが、実際には 7
 天体から信号が観測された。ポワソン統計に基づいて、偶然このような観測結果となる確率
 を計算すると 3.8×10^{-6} となり、偶発事象とみなすことはできない。もしも Tibet-III 空気シ
 ャワー観測装置で観測された事例超過分布が銀河面方向に密度勾配をもっているならば、偶
 発事象に付随する背景雑音天体の予想値が増大する可能性がある。簡単なモンテカルロシ
 ミュレーションにより、そのような場合の偶発確率を計算すると 1.2×10^{-5} と若干増加するのみ
 である。これらの低い偶発確率より、フェルミ衛星で観測された高輝度銀河天体は TeV 領域
 ガンマ線超過と統計的に有意な相関があることが明らかである。相関のあった 7 天体は全て
 パルサーであり、その中の 6 天体は 35TeV の代表エネルギー値で観測している米国 Milagro
 実験で 3 σ 以上の超過が観測された天体とも一致している。Milagro 実験により 3 σ 以上、
 Tibet-III 空気シャワー観測装置により 2 σ 以上で同時に観測されたフェルミ天体周辺の事例
 超過マップは、両方の実験で一致している。これらの成果は、フェルミ高輝度銀河天体リス
 トに関して TeV 領域の北天サーベイを行った世界で初めての観測結果である。

図1 フェルミ衛星高輝度銀河リストとチベットAS γ 実験TeVソースの相関。

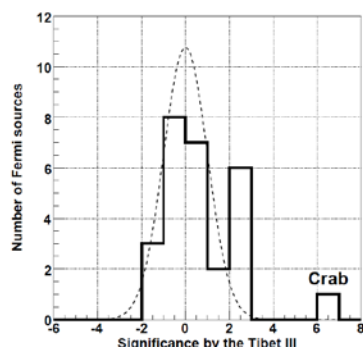
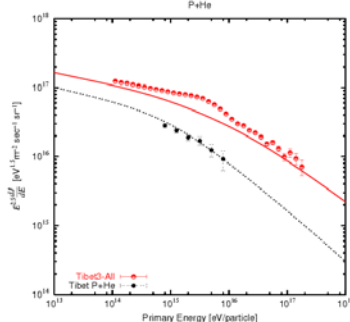


Fig. 1—Histograms show significance distribution of the Fermi bright sources observed by the Tibet-III array. The dashed curve indicates the expected normal Gaussian distribution.

図2 Tibet AS γ 実験Knee領域エネルギースペクトル(全粒子及UP+He)。



2. Knee 領域宇宙線全粒子エネルギースペクトルの尖りに関する speculation

Knee 領域全粒子宇宙線エネルギースペクトルの Knee が、Tibet AS γ 実験を含む数多くの実験で、単純な予想曲線 (exponential cut off を取り入れた巾型スペクトルの重ね合わせ) よりも尖っているようである。speculation ではあるが、単純な予想曲線に近傍天体で加速された重い原子核成分 (鉄等) を仮定して足すと「尖り」が良く再現できるようである。

3. Multi-TeV 領域宇宙線異方性 (その中でも通称 LOSSCONE 部分の) 強度の年変化

米国の MILAGRO 実験が代表エネルギー6TeV で恒星時宇宙線異方性を観測したところ、LOSS CONE と呼ばれる 0.1%程度の凹みの深さが年変化 (2000 年の 0.1%から 2007 年の 0.35%へ増加) しており、太陽活動と相関があるとの論文を発表した。Tibet AS γ 実験で同様な解析を行ったところ、LOSS CONE の深さに変化は見られなかった。また、sub-TeV 領域の宇宙線異方性を長期観測している松代地下ミュオン観測装置でも、そのような変化は観測されなかった。

図3 LOSS CONE領域宇宙線異方性強度の年変化の各実験間の比較。

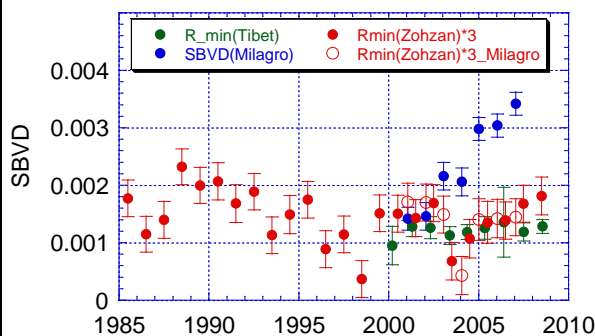
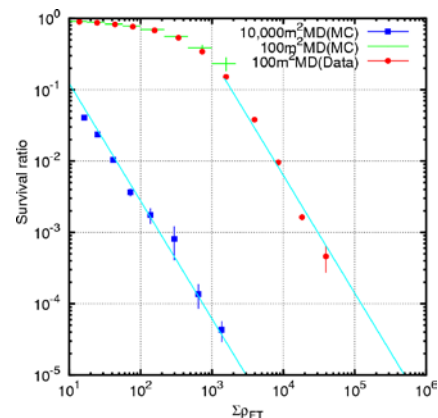


図4 プロトタイプミュオン観測装置による原子核宇宙線除去能力のデータ及びMCとの比較とフルスケールミュオン検出器の原子核宇宙線除去能力の検証。横軸の値200が10TeV程度。



4. 次期計画

次期計画 (Knee 領域重粒子成分のエネルギースペクトル観測を目指す Tibet-YAC: Tibet air shower core detector array 及び 100TeV 領域 (10-1000TeV) ガンマ線天文学の開拓を目指す Tibet-AS +MD Project: Tibet Air shower array + Muon Detector array Project) に関する議論及び外部資金申請が活発に行われている。2007年秋には、水チェレンコフ型地下ミュオン検出器のプロトタイプを Tibet-III 地下に建設し、Tibet-III との連動実験を開始した。プロトタイプ地下ミュオン測定器観測データとシミュレーションの比較を行ったところ、シミュレーションがデータを良く再現していることがわかった。これにより、チベットにおける地下ミュオン測定器建設等の feasibility 及びガンマ線観測等に関する予想感度の正しさが 10TeV 超まで立証されたことになる。また、2009年には YAC のプロトタイプ検出器 16 台を用いたパイロット実験が開始された。

5. 国際会議発表: ICRC2009等2つの国際会議で15 presentations

6. 査読付論文: 4本

- ” Chemical Composition of Cosmic Rays around the Knee Observed by the Tibet Air-Shower Core Detector”, M. Amenomori et al., J.Phys.Soc.Jpn, 78, 206-209 (2009).
- ” Recent results on gamma-ray observation by the Tibet air shower array and related topics ”, M. Amenomori et al., J.Phys.Soc.Jpn, 78, 88-91 (2009).
- ” Observation of TeV Gamma Rays from the Fermi Bright Galactic Sources with the Tibet Air Shower Array”, M. Amenomori et al., ApJ, 709, L6-L10 (2010).
- ” On Temporal Variations of the Multi-TeV Cosmic Ray Anisotropy Using the Tibet III Air Shower Array”, M. Amenomori et al., ApJ, 711, 119-124 (2010).

整理番号

