

令和 4 年度 (2022) 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	瀧田正人
参加研究者	弘前大・名誉教授・南条宏肇、・名誉教授・雨森道紘、宇都宮大・名誉教授・堀田直己、神奈川大学・名誉教授・立山暢人、・教授・日比野欣也、・准教授・有働慈治、・教授・鳥居祥二、院生・鷹野和紀子、横浜国大・名誉教授・柴田楨雄、・准教授・片寄祐作、・院生・五味 明日香、・院生・倉茂大智、・院生・奥川創介、院生・長屋開人、院生・榊原陽平、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・坂田通徳、東大宇宙線研・准教授・塔 隆志、・助教・大西宗博、・助教・川田和正、・特任助教・佐古崇志、・協力研究員・中村佳明、・院生・加藤勢、・院生・横江諠衡、・院生・川島輝能、信州大学・特任教授・宗像一起、・教授・加藤千尋、・院生・浅野駿太、日本原子力研究開発機構・研究副主幹・土屋晴文、芝浦工大・名誉教授・笠原克昌、情報通信研究機構・研究員・小澤俊介、日大・准教授・塩見昌司、・院生・中澤優樹、情報・システム研究機構・研究員・小財正義、中国国家天文台・教授・陳鼎、中国高能物理研究所・教授・黄晶
1. Tibet-MD計画	<p>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)に関する研究が活発に行われている。100TeV領域ガンマ線の低雑音観測を目指し、地下水チェレンコフ型ミュオン検出器の建設が完了し、2014年にデータ取得を開始した。2022年度は、新しいデータ解析用ソフトウェアツールの開発及びデータ解析を引き続き行った。</p> <p>ガンマ線解析として、HESS J1843-033に着目した。HESS J1843-033は非常に高いエネルギーを持つガンマ線源で、その起源は未だ解明されていない。HESS J1843-033領域からの100TeVを超えるガンマ線のエネルギースペクトルを初めて観測した。HESS J1843-33に近い (α, δ) = (281° .09 \pm 0° .10, -3° .76 \pm 0° .09) において、0° .34 \pm 0° .12 の広がりを持つガンマ線源を 25 TeV 以上で検出することに成功した。その統計的有意性は6.2σで、この天体をTASG J1844-038と命名した。TASG J1844-038の位置は、HESS J1843-033、eHWC J1842-035、LHAASO J1843-0338の位置と矛盾しない。25 TeV < E < 130 TeV において測定されたガンマ線エネルギースペクトルは $dN/dE = (9.70 \pm 1.89) \times 10^{-16} \times (E/40 \text{ TeV})^{-(3.26 \pm 0.30)} \text{ TeV}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ で記述される (図1)。</p> <p>我々の結果とHESS J1843-033, LHAASO J1843-0338 の合成スペクトルをフィットするとTASG J1844-038は、49.5\pm9.0 TeVにカットオフの存在を示唆する。また、TASG J1844-038と近傍のSNR G28.6-0.1やPSR J1844-0346との相関を初めて詳しく議論した(ApJ, 932:120, pp1-8 (2022))。</p> <p>また、空気シャワー観測装置とミュオン検出器の連動実験シミュレーションを行い、40-630 TeVの一次宇宙線陽子のエネルギースペクトルに関する感度を見積もった。その結果、陽子を純度90%で選別できることがわかった。モデル依存性を含む陽子の生存率は約35TeVで14.2%-19.1%、約450TeVで3.7%-7.4%である。相互作用モデルや組成モデルによる陽子フラックスの系統誤差は最大で$\pm 37\%$であった。衛星実験よりも圧倒的に大きな有効面積と高い陽子選別能力により、我々は陽子スペクトルを数十から数百TeVのエネルギー範囲で高い統</p>

計精度で観測できることが分かった(図2: PTEP 2022:093F01, pp1-15 (2022))。

2. Tibet-YAC計画

Knee 領域宇宙線の各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 計画を推進している。YAC-II (124 台の空気シャワーコア観測検出器[バースト検出器]がチベット空気シャワー観測装置の中心付近に設置されている。2014 年にエレクトロニクスやデータ取得ソフトウェアの実装作業が行われ、陽子選別に重点を絞る YAC-II がデータ取得を開始した。2022 年度には、モンテカルロシミュレーション等を用いて、解析用ソフトウェアツールの開発やデータ解析が活発に行われた。

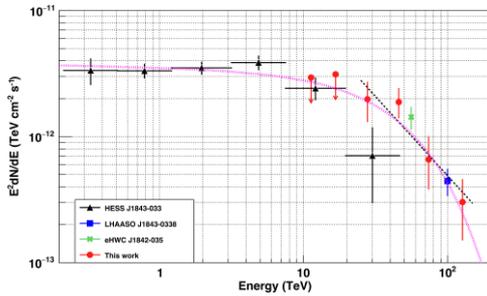
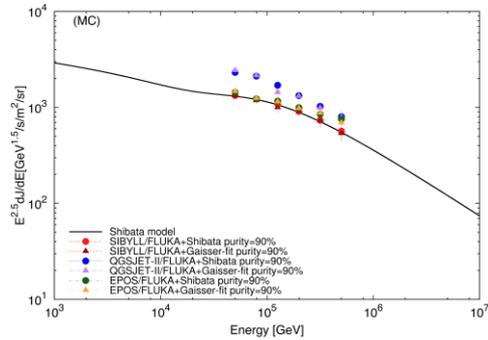


図 1 チベット空気シャワー観測装置と地下ミュオン観測装置の連動実験により観測された TASG J1844-038 からのガンマ線エネルギースペクトル (赤丸 This work)。



(c)

図 2 チベット空気シャワー観測装置と地下ミュオン観測装置の連動実験モンテカルロシミュレーションにより得られた宇宙線陽子エネルギースペクトルの予想図。2 つの一次宇宙線組成モデルと 3 つのハドロン相互作用モデルを想定している。

3. 国内会議発表

R4 年秋の物理学会(岡山理科大学) 1 講演、R5 年春の物理学会(オンライン) 2 講演
ISEE 研究会 2 講演

4. 国際会議発表:

ISVHECRI2022, ICHEP2022, COSPAR2022等で 13 presentations

5. Publications

[1] M. Amenomori et al., ApJ, 932:120, pp1-8 (2022)

[2] D. Kurashige et al., Prog. Theor. Exp. Phys. 2022:093F01, pp1-15 (2022)

整理番号 F09