

## 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：ボリビア・チャカルタヤ山宇宙線観測所における高エネルギー $\gamma$ 線・宇宙線観測のための空気シャワー実験 英文：Air shower observation for high-energy gamma ray and cosmic ray detections at the Chacaltaya Cosmic Ray Observatory
研究代表者	常定芳基 (大阪市立大学 大学院理学研究科)
参加研究者	荻尾彰一、R. Mayta (大阪市大)、瀧田正人、塔 隆志、大西宗博、川田和正、佐古崇志、中村佳昭、加藤勢、横江諠衡、川島輝能 (東大宇宙線研)、堀田直己 (宇都宮大)、土屋晴文 (日本原子力研究開発機構)、宗像一起、加藤千尋、浅野駿太 (信州大)、塩見昌司、中澤優樹 (日本大)、齋藤敏治 (東京産業技術高専)、西澤正己 (国立情報学研)、日比野欣也、有働慈治、鷹野 和紀子 (神奈川大)、片寄祐作、長屋開人、榊原陽平、五味 明日香、倉茂大智、奥川創介 (横浜国大)、大嶋晃敏、柴田祥一、小井辰巳、山崎勝也 (中部大)、小島浩司 (愛知工大)、多米田裕一郎 (大阪電気通信大)、田中公一 (広島市立大)、田島典夫 (理研)、Pedro Miranda (サンアンドレス大学, Bolivia)、Eduardo de la Fuente (グアダラハラ大学, Mexico)
研究成果概要	<p>南半球では近年、銀河中心周辺や Fermi Bubbles 等広がった領域に PeVatron や Dark matter の存在が示唆されるガンマ線・ニュートリノ観測結果が登場し、本計画(ALPACA 実験)のような高感度広視野連続観測によるガンマ線観測が次の重要なステップとなる。また、南天では HESS ソース等多数の高エネルギーガンマ線放射天体の観測が期待される。本計画は、その他に Knee 領域宇宙線エネルギー化学組成の解明、南半球での宇宙線異方性の測定や宇宙線中の太陽の影の観測による太陽地球間磁場構造の間接測定等の研究が可能な多機能実験計画である。</p> <p>2018 年度に、Chacaltaya Plateau (標高 4740m)にある ALPACA 建設予定地において、インフラストラクチャーの建設が始まった。2019 年度に電力、フェンス、実験小屋等の整備がほぼ完了した。その後、新型コロナウイルス問題のために国内外の教育・研究活動及び海外渡航が自粛になり、現地作業の中断を余儀なくされた。しかし、2022 年度には海外渡航の自粛が解かれ、ALPACA 実験の一部である ALPAQUITA 実験 (ALPACA 実験の約 1/4 規模、約 18,000 m<sup>2</sup> の空気シャワー観測装置と約 900 m<sup>2</sup> の地下水チェレンコフ型ミューオン検出器)の空気シャワー観測装置で使用する 1 m<sup>2</sup> プラスチックシンチレーション検出器 97 台の組み立て・設置作業を行い、テスト観測を開始した。角度分解能 (5 TeV 領域で 1 度程度) がほぼ予想通り出ており、月の影が見え始めた (図 1)。また、地下ミューオン検出器のデザインや設計も UMSA やボリビアの業者とオンライン・対面で進み、設置作業を開始予定である。その他、ALPAQUITA 実験の性能評価を</p>

するためにモンテカルロシミュレーションを行ったところ、100 TeV 領域ガンマ線の検出効率のハドロン相互作用依存性は数%よりも小さいことが分かり、その成果が *Experimental Astronomy* に掲載された (図 2、文献[1])。さらに、ALPACA で使用可能な GPS event trigger time recording system の開発に成功した(文献[2])。

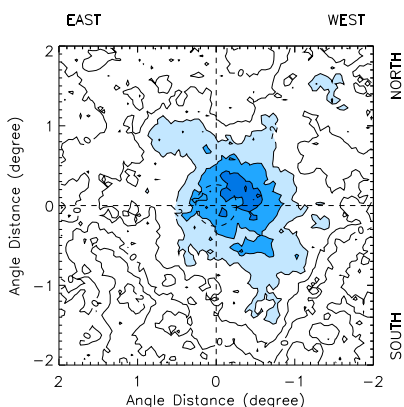
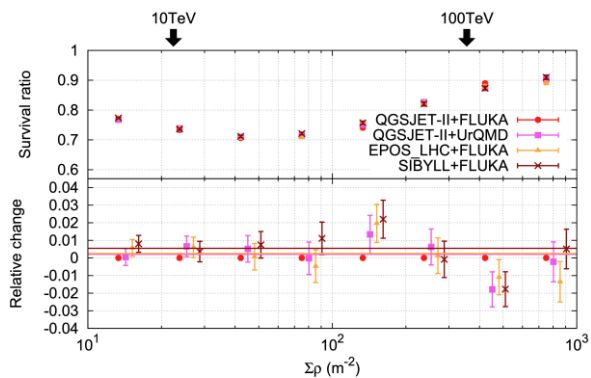


図 1 ALPACUITA 実験の空気シャワー観測装置によるテスト観測で見え始めた宇宙線中の月の影 (4 $\sigma$  程度/118 日の観測データ、測定器較正前の Preliminary な結果)。



(c) Optimal survival

図 2 ALPACUITA 実験を想定したモンテカルロシミュレーションによって評価した宇宙ガンマ線検出効率のハドロン相互作用モデル依存性をガンマ線エネルギーの関数としてプロットした。文献[1]より。

### 1. 国内会議発表

R4 年秋の物理学会(岡山理科大学)2 講演、R5 年春の物理学会(オンライン) 4 講演  
その他 ISEE 研究会 1 講演

### 2. 国際会議発表：

ISVHECRI2022, ICHEP2022, ECRS2022 で 4 presentations

### 3. Publications

[1] S. Okukawa et al., “Hadronic interaction model dependence in cosmic Gamma-ray flux estimation using an extensive air shower array with a muon detector”, *Experimental Astronomy*, **55**, pages325–342 (2023).

[2] T. Ohura, M. Ohnishi, Y. Katayose, “Trigger time acquisition system for ground based air shower experiments”, *NIM A* **1028**, 166363 (2022).