

令和 7 年度（2025） 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：ポリビア・チャカルタヤ山宇宙線観測所における高エネルギー γ 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 垓 隆志（東京大学宇宙線研究所） 参加研究者 瀧田正人、荻尾彰一、川田和正、大西宗博、Marcos Anzorena、藤田慧太郎、Rocio Garcis、横江諄衡、川島輝能、水野 敦之、杉本布達、今和泉銀河（東大宇宙線研）、佐古崇志（長野県工科短期大）、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、林 優希、増田 吉起、松本 瑞生（信州大）、塩見昌司、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、野口遊瑚、山岸元気、竹山祐希、小林柁斗（横浜国大）、大嶋晃敏、柴田祥一、小井辰巳、山崎勝也、小島浩司、後藤 佳歩（中部大）、常定芳基（大阪公立大学）、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）、加藤勢（ソルボンヌ大学, France）
研究成果概要 本研究は、南半球初の sub PeV ガンマ線観測を目指して、ポリビア・チャカルタヤ山中腹に新しい空気シャワーアレイ Andes Large area PArticle detector for Cosmic ray physics and Astronomy (ALPACA)を建設し観測を進めるものである。Sub PeV のガンマ線観測から PeV 宇宙線生成天体を明らかにするとともに、10TeV-10PeV の宇宙線観測による南半球の宇宙線の異方性や太陽活動影響を探索。 2023 年から運転を続ける地表の部分アレイ ALPAQUITA の運転と解析を進めた。ALPAQUITA の計数率モードで 2024 年 5 月に観測したフォーブッシュ減少の解析を進め、Any1 チャンネルが中央剛度 76GV に相当し、同等の中央剛度を持つミュオン望遠鏡と同程度の減少が確認された。一方、Any2 チャンネルの中央剛度は 960GV に達し、有意な減少は見られなかったものの、減少量の低剛度からの単純なべき乗則を制限する結果となった（図 1）。この結果は <i>Astrophysical Journal</i> 誌に掲載された (ApJ, 998:16 (2026))。

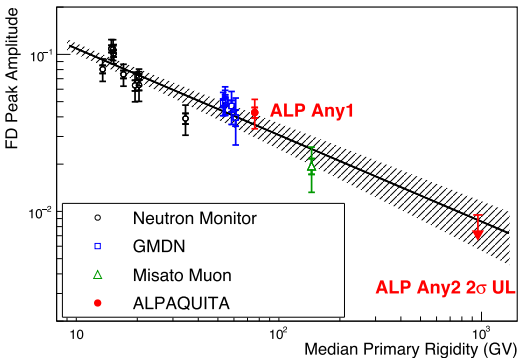


図 1 2024 年 5 月のフォーブッシュ減少における各検出器が観測した減少振幅

荷電宇宙線の観測データを用いて、宇宙線の到来方向異方性の解析を進めた。宇宙線の異方性は北半球および南極からの観測によって知られているが、南半球中緯度での観測が欠けていた。図 2 に ALPAQUITA による結果を示す。これまで北半球と南極の結果の境目に見られて不連続な変化が、ALPAQUITA による単一の観測でも確認された。本結果は川島輝能学位論文として公表された。

ALPAQUITA の観測データから 10-300TeV の全宇宙線エネルギースペクトルを導出した (図 3)。系統誤差を考慮すると他実験と無矛盾な結果となっており、直接観測と間接観測を繋ぐ重要な結果になる。現在投稿論文を執筆中である。

ALPACA 実験の核となる地下ミュー粒子検出器(MD)の建設業者を選定し、11月から建設作業を開始した。ボリビア側共同研究者(代表 Pedro Miranda)の報告に詳述するが、年度末時点での建設状況の写真を図 4

に示す。2025 年度前半に一台の MD を完成し、上部の地表検出器を配置したのち、ガンマ線に感度のある観測を開始する。残り 3 台の MD も今年度

中に工事を完了し、2027 年度に地表検出器を設置し運転開始する予定である。

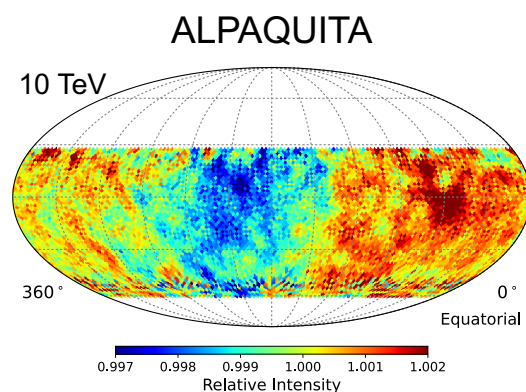


図 2 ALPAQUITA が観測した南半球中緯度における宇宙線到来方向異方性地図

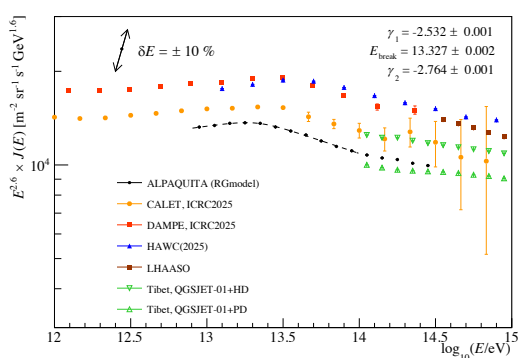


図 3 ALPAQUITA と他実験による全宇宙線エネルギースペクトル



図 4 鉄筋配筋がすすむ地下ミュー粒子検出器 (左) 3 箇所の掘削状況 (R8 年度 4 月に 4 箇所の掘削を完了した) (右)