

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：テレスコープアレイ実験サイトを活用した次世代地表検出器の研究 開発 英文：Research and Development of Next-Generation Surface Detectors Utilizing the Telescope Array Experimental Site	
研究代表者	木戸 英治
参加研究者	大島 仁 小山 千里 竹田 成宏 富田 孝幸 樋口 諒 藤末 紘三 藤井 俊博
研究成果概要 1. 研究背景と目的 近年、超高エネルギー宇宙線において、エネルギー増加とともに原子核組成が重くなる傾向が報告されている。この現象の理解には、宇宙線の原子核組成を高精度で測定することが不可欠である。従来、原子核組成の測定には大気蛍光望遠鏡（FD）による X_{max} 観測が用いられてきたが、観測時間の制約がある。一方、地表検出器（SD）は高い稼働率により多数のイベントを取得できるため、特に高エネルギー領域での統計不足を補う重要な手段である。本研究では、テレスコープアレイ（TA）実験サイトに設置された以下の 3 種類の地表検出器(図 1 参照)を用いて、同一空気シャワーイベントの比較観測を行い、原子核組成弁別性能の評価および次世代検出器設計の検討を目的とする。 - プラスチックシンチレータ（TA 実験） - 水チェレンコフ検出器（Pierre Auger 実験） - 電波検出器（IceCube-Gen2 プロトタイプ） 2. 研究成果 本研究では以下の成果を得た。 - TA 実験サイトに設置された水チェレンコフ検出器 8 台(図 2 参照)について、データ収集システムに発生していた問題は、オージェ実験メンバーによって解決された。これにより、2025 年 10 月に実際のデータ取得が実施され、16 例の空気シャワーイベントが記録された。これらのデータについて、基礎的なデータ解析	

が開始されており、検出器応答やイベント再構成の検証が進行中である。

- IceCube-Gen2 用の検出器の信号が GPS と同期していない問題があったが、空気シャワーイベントの発生時刻およびトリガー情報を、TALE infill 実験で観測されたイベントとの整合性をとることで解決した。これにより、これまで取得したデータにおいて、IceCube-Gen2 用の検出器と TALE infill 実験の SD と FD との間で、宇宙線イベント再構成の結果を比較ができるようになった。

3. 今後の課題と展望

今後の課題は以下の通りである。

- 取得したデータの詳細解析
- 水チェレンコフおよび電波検出器データのトリガー同期システムの完全実装
- 原子核組成弁別性能の定量評価から、最適な次世代地表検出器構成の決定

さらに進んで、得られた結果を基に、次世代地表検出器の試作および TA サイトでの実証実験を進める計画である。



図 1: 左: プラスチックシンチレータ (TA 実験) 真中: 水チェレンコフ検出器 (Pierre Auger 実験) 右: 電波検出器 (IceCube-Gen2 プロトタイプ)

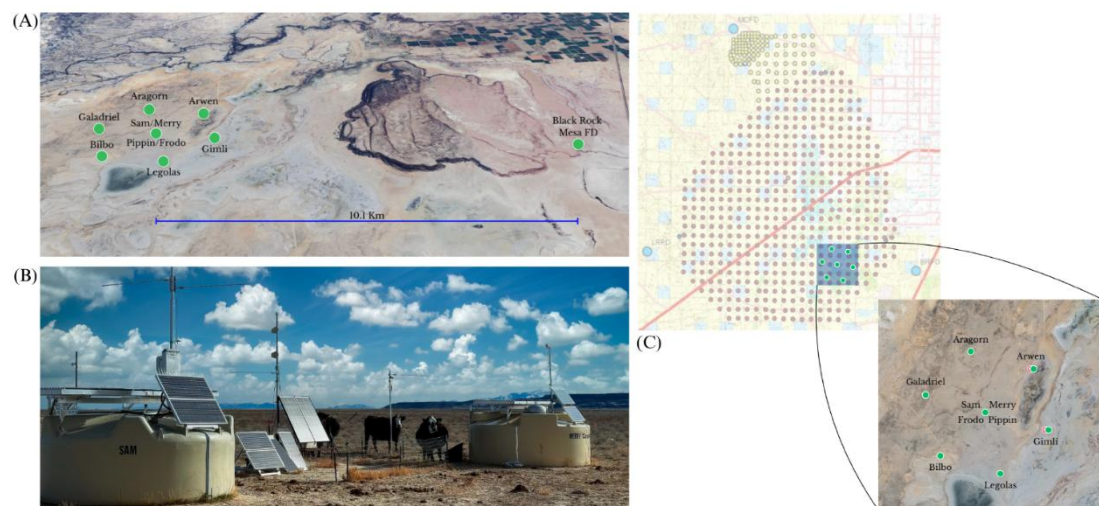


図 2: (A) TA 実験の FD と水チェレンコフ検出器アレイの配置。(B) 水チェレンコフ検出器の外観。(C) 検出器アレイの配置 (中央 2 台、周囲 6 地点に各 1 台)。出典: A.G.B. Mocellin et al., PoS(ICRC2025) 182.