

令和 6 年度（2024） 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名	和文：次世代の超高エネルギー宇宙線観測のためのフレネルレンズ型大気 蛍光望遠鏡の開発研究 英文：Research and development of a Fresnel lens air fluorescence telescope for the next generation UHECR observation
研究代表者	大阪電気通信大学 多米田裕一郎
参加研究者	信州大学 富田孝幸, 小松晃一 神奈川大学 池田大輔 中部大学 山崎勝也 東京大学 藤田隼太郎, 岡崎奈緒 大阪電気通信大学 岩上 拓生, 楠森 優貴, 小森 康平, 森 瑞季, 坂本 琉之助, 中山 侑哉, 井上 芹華, 葛谷 侑也, 佐々木 春人, 寺元 理貴, 中澤 奏駿, 中村 広樹, 花岡 大河
研究成果概要	本研究の目的は、将来の最高エネルギー領域の宇宙線観測のための次世代検出器の開発である。現在、GCOS といった、最高エネルギー宇宙線観測の実現を目的とした国際的な取り組みが始まっている。GCOS では、2025 年より R&D を開始し、2030 年には建設を開始し、20 年間の運用を想定している。GCOS で想定される検出器の候補のひとつは、大気蛍光望遠鏡である。よって本研究では、宇宙線の質量組成測定が期待でき、広大な検出面積を実現するため、製作および運用コストの削減が可能な大気蛍光望遠鏡の研究開発を行う。 エレクトロニクス開発 本計画の目的でもある低消費電力かつ低コスト化を目的に、信号増幅回路や高圧電源供給回路などの開発を進めた。1 2 ch の高圧電源供給回路の試作器 (図1) の開発は完了し、動作試験を行った。信号増幅回路も 1 ch の試作器を製作し動作試験を行い、1 2 ch 化を進めている。 完全自律稼働システムの開発 本計画では大気蛍光望遠鏡の運用の低コスト化も目的としており、完全自律稼働システムのための環境モニターを構築し、2 0 2 4 年 8 月に TA FD サイトに設置し (図3)、運用を開始した。本環境モニターは、CRAFT 望遠鏡に設置し、気温、気圧、湿度、照度、風速の測定、そして雨滴検知を行っている。測定データから、望遠鏡による観測の可否を判断する。さらに、望遠鏡の開口部に電動シャッターを新たに取り付け (図2)、今回開

発して制御回路を用いて遠隔操作が可能となった。電動シャッターの開閉の状態はリミットスイッチで検知する。また、CRAFT望遠鏡の前方に魚眼レンズとCMOSセンサーからなるスカイモニターを設置し、空の状態を24時間体制で監視する。スカイモニターは、将来の雲量などの天候判断への応用を想定している。また、シャッターの開閉状況の確認のバックアップとしても使用している。自動観測システムは、望遠鏡による観測可能時刻に、環境モニターによる状態を確認し、自動でシャッターの開閉を行う。安定動作の確認のため、1年間の試験運用を続ける。

トリガーアルゴリズムの開発と2024年夏季試験観測

2023年度にTAサイトで行った試験観測で得られた波形データを解析し、CRAFTによる自律トリガーのためのアルゴリズムの開発に着手した。従来1台望遠鏡には1本の光電子増倍管を用いていたが、2023年度の試験では12本の光電子増倍管を用いマルチピクセル化し観測を実施し、データ取得には、TA FDからのトリガーパルスを用いていた。現在開発しているトリガーアルゴリズムは、マルチピクセル化したCRAFT望遠鏡の自律トリガーを目的としたものである。波形を解析し、トリガーに用いる波高レベルと、隣接ピクセルの条件を決定した。汎用FADCボードであるCosmo-Z(特殊電子回路)のFPGAのファームウェアを更新し、開発したトリガーアルゴリズムを実装した。実装したトリガーアルゴリズムによるデータ取得試験のため、2024年9月にTAサイトにて試験観測を実施した。本試験では、光電子増倍管からの信号を2つの信号に分岐し、一方は前年度と同様にTA FDトリガーを用い、もう片方は今回実装したトリガーアルゴリズムによる自律トリガーを用いデータ取得を実施した(図4)。環境モニターやスカイモニターで取得した情報は、TAグループにも共有されており、TA FDの遠隔運用にも活用されている。



図 1. 高圧電源供給回路



図 2. 新たに設置した電動シャッター(右)。夜間もスカイモニターで確



図 3. CRAFT 望遠鏡の下に取り付けられた環境モニター。風速計や雨滴形は望遠鏡の上部に設置(図 2 参照)。

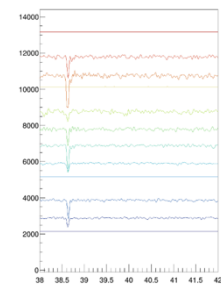


図 4. 自律トリガーによる試験観測で得られた波形

関連した成果報告

1. “Progress in the development of the observation system for the CRAFT project”, Y. Tameda et al., UHECR2024 (2024)
2. 「GCOS3 フレネルレンズを用いた新型大気蛍光望遠鏡の試験観測結果とシミュレーション波形の比較」, 小松晃一 ほか, 日本物理学会 2025 年春季大会