

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：CTA 大口径望遠鏡の焦点面検出器開発 英文：Development of Focal Plane Instruments for the CTA Large Sized Telescopes
研究代表者 山本常夏 甲南大学 参加研究者 田中孝明, 千川道幸, 溝手雅也 (甲南大), 片桐秀明, 吉田龍生 (茨城大), (京都大), 櫛田淳子, 西嶋恭司, (東海大), 折戸玲子 (徳島大), 奥村暁, 田島宏康, 高橋光成 (名古屋大), 手嶋政廣, Hadasch Daniela, Mazin Daniel, 大岡秀行, 齋藤隆之, 窪秀利, 野崎誠也 (宇宙線研), 寺田幸功, 清本拓人(埼玉大)
研究成果概要 本計画により CTA 大口径望遠鏡(LST)に搭載する焦点面検出器の開発を行ってきた。CTA 計画は南北両半球に合計で約 100 台のチェレンコフ望遠鏡を建設し、高エネルギーガンマ線の観測を行う国際共同実験である。口径が 3~23m までの複数の種類の望遠鏡を用いて 20GeV から 300TeV までの高エネルギーガンマ線を高精度で測定するように設計されている。本研究では口径 23m の LST の焦点面に搭載する検出器の開発、維持、管理をスペイン、ドイツ、イタリアのグループと協力して行い、さらに将来の望遠鏡感度向上に向けて装置の開発・改良も研究している。LST はエネルギーが 20GeV 以上のガンマ線が大気中で生成する空気シャワーのイメージを撮像している。20GeV のガンマ線は衛星で観測できる限界エネルギーで、LST は地上で観測できる唯一の望遠鏡である。図 1 に示すように、空気シャワーから放出される微弱な紫外線を大面積の主鏡により焦点面検出器に集光している。焦点面検出器は 1855 本の光電子増倍管(PMT)からな 図 1.LST1 号機の焦点面検出器。PMT1855 本からなり口径約 2.5m 重さ 2.5ton のカメラ。 図 2.LST4 号機のカメラ。テネリフェ島の実験室で搭載を待っている。

り、入射した紫外線を電気信号に変換し、それを GHz の高速サンプリングにより測定している。PMT7 本で一つのモジュールとして搭載され、合計 265 個のモジュールがカメラを構成している。

2024 年度は図 1 に示す LST1 号機のカメラの運用を行った。6 年以上運用しているが大きな問題はなく、数個のモジュールで電源やネットワーク、トリガーシステムに異常が見られた。図 3 に示すように観測中や観測後にカメラの状態は確認され、異常があればすぐに対応が検討される。異常が見られたモジュールはオンラインから一旦電源を止められ、数カ月に 1 度程度の頻度で交換されている。また、このカメラを複数の望遠鏡と同期して観測できるようにソフトの更新を行っている。この検出器の詳細をまとめた論文を発表している。”Development and quality control of PMT modules for the large-sized telescopes of the Cherenkov Telescope Array Observatory” NimA, 1073, (2025) 170229

また PMT のアフターパルスの測定結果を発表した。PMT が光を検出すると内部で光電子が発生する。この光電子が PMT 内部にある分子をイオン化することにより偽の信号が発生する現象をアフターパルスと用でいる。CTA で使用している PMT は製造過程で内部の分子を取り除きアフターパルスの発生確率を小さくしている。ところが、大気中の He はガラスを通り抜けて PMT 内部に入り、それがアフターパルスの原因になっていることが分かった。さらに図 4 に示すように

PMT を観測で使用していると He が PMT 内部から排出されアフターパルスが減ることも確認された。“Competition between increasing and decreasing effect of the after pulsing rate of PMTs during night-sky observations” For the proceedings of the 6th international workshop on New Photon-Detector (PD24). Accepted by JINST.

整理番号 E02

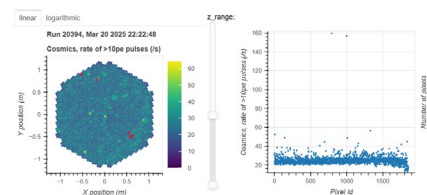


図 3. カメラモニタリングの例。この図は各画素で 10 光子以上の信号が計測された頻度を見ている。観測中と観測後に様々な角度からカメラの状態を確認している。

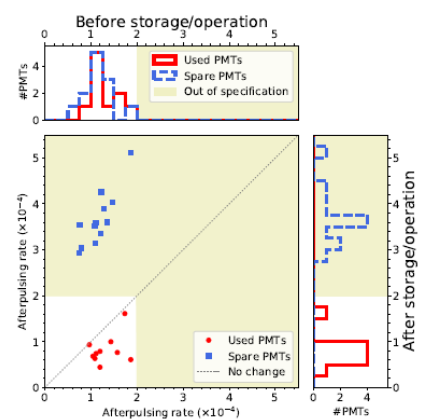


図 4. PMT のアフターパルス測定結果。1 光電子の信号に対してアフターパルスが発生する確立を示している。横軸は 2014 年に測定された発生確率。縦軸は 2023 年に測定された結果。観測で使用していた PMT はアフターパルスが減り、使用せずに保管されていた PMT では増えていることがわかる。