

令和 5 年度 (2023) 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, 田名辺紀視, 服部勇大 (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, 勝田哲 (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



図 1.LST1 号機。口径 23m 主鏡の焦点面に PMT1855 本からなる書店面検出器が置かれている。



図 2.PMT モジュールのテストベンチ。冷却空気を送風している。

器は 1855 本の光電子増倍管(PMT)からなり、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。2018 年より 1 台目の LST が稼働を始め観測を続けている。2023 年に稼働 5 年目になり数本の PMT やモジュールが故障していた。そこで故障したモジュールを交換するためにカメラを開け、予備のモジュールと交換する作業が行われた。まず観測サイトの近くにある実験室で予備のモジュールのテストをおこなった。PMT モジュールは 7 本の PMT と読み出し回路からなる。このモジュールを、図 2 に示す暗室の中のテストベンチに装着して、パルス光を照射することにより検査している。ここでの検査に合格した予備のモジュールを望遠鏡サイトまで持って行き、日中にカメラを開けて交換した。交換したときに正常な動作をしているモジュールも 1 つ取り外して交換した。このモジュールを使って 5 年間の観測による PMT 性能の変化を調べた。特に PMT の経年劣化に関してアフターパルスの問題がある。PMT の中は真空になっているが、わずかに分子が入り込みそれがノイズを作る。He などの分子があると光電子により電離され、PMT 内の電場により加速され、光電面に当たりアフターパルスと呼ばれる大きなパルス信号を発生する。He はガラスを通過するため時間とともにアフターパルスが増えることになる。今回の測定により観測に使われている PMT ではアフターパルスが増えないことが分かった。これは観測中にアフターパルスを発生したときに He が消費されるためだと考えているが、現在詳細な解析を行っている。

また、LST2,3,4 号機のカメラの組み立てとテストを完了しており、望遠鏡に装着することができる状態にある。また南サイトに設置する望遠鏡用のカメラ部品の生産もイタリアのグループと協力しながら進めている。

整理番号 E02



図 3. カメラ前面を開けてモジュールを交換している様子。普段カメラ前面は紫外線透過アクリル窓により密封されている。観測終了毎にカメラはこの交換等の作業ができるように設計された台に収納されている。



図 4. カメラ後方からモジュールの交換をしている様子。それぞれの PMT モジュールに制御回路が取り付けられており、電源の供給と通信を行っている。カメラ内部は空冷により温度が一定に保たれ、熱は冷却水により望遠鏡土台に装着している冷却器に送られている。