

平成 29 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：次世代ガンマ線望遠鏡群CTAのカメラモジュール性能評価システムの開発研究
英文：Development of a calibration system of the CTA-LST PMT modules

研究代表者 中嶋大輔（東大宇宙線研）

参加研究者

東大宇宙線研：手嶋 政廣、Mazin Daniel、Hadasch Daniela、高橋 光成、大岡 秀行、

埼玉大学：永吉 勤、

京都大学：窪 秀利、齋藤 隆之、増田 周、

甲南大学：山本 常夏、猪目 祐介

研究成果概要

本研究では、次世代高エネルギーガンマ線望遠鏡群 CTA の 23 メートル口径大口径望遠鏡(LST)のためのデータ収集システムの開発研究を行った。LST の焦点面には 1855 本の光電子増倍管からなるカメラが搭載される。PMT は 7 本毎に、付随する読み出しフロントエンド回路と組み合わせてモジュール化されている。PMT で得られた信号波形情報はフロントエンド回路に搭載されている DRS4 チップ及び ADC で 1 Gsample/s でデジタル化され、FPGA に実装された SiTCP 技術により 1 Gbps の TCP/IP 通信で転送される。LST は 20 GeV という CTA の中で最も低いエネルギー閾値での観測を担い、トリガー閾値を限界にまで下げて観測を行うため、トリガーレートは 15 kHz 程度になると予想される。この時生成されるデータは約 42 Gbps となる。この膨大な量のデータを取りこぼすことなく安定に収集するシステムを構築し、望遠鏡のガンマ線感度を最大限に引き出すための研究を行った。

モジュールからのデータは 44~45 モジュール毎にカメラ内に合計 6 台設置されたイーサネットスイッチ(Dell X1052)でまとめられ、地上のカメラサーバー (Dell R730)へ合計 6 本の SFP+光ファイバー通信網(光ファイバーあたり 10Gbps の速度)で転送される。カメラサーバーでは、各モジュールから非同期で届くデータを受け取り、イベント内に書き込まれているトリガー番号番号を用いて同期を取り、カメラとしてのイベントを再構築する。

宇宙線研究所において、19 台のモジュールからなる、1/14 スケールの小型カメラ (MiniCamera)を構築し、データ収集の試験を行い、ソフトウェアのフレームワークの構築を行い、十分なデータ転送帯域を達成できることを確認した。その後、暗箱やレーザー等のセットアップ及び PMT や読み出し回路等、日本で開発した LST 初号機用のカメラモジュール部品のほぼ全てをスペイン領テネリフェ島の IAC 研究所に輸送し、現地において MiniCamera セットアップを構築し、統合的な試験を行った。データ収集システムの将来的なメンテナンス性を確保するために、中口径望遠鏡用の焦点面カメラの一つである NectarCAM のデータ収集担当グループ等と議論を重ねながら、共通化したソフトウェアを構築した。NectarCAM では UPD 通信によりデータ転送を行い、LST 用モジュールでは TCP を用いるという違いがあるが、その他、使用するライブラリやイベント再構成のアルゴリズム等は共通化したソフトウェアの枠組みが完成した。このソフトウェアを用いて、IAC 研究所に設置した実機を用いて試験を行った。性能等を検証中であるが、データ転送の要求値である 42 Gbpsは達成できることを確認した。

整理番号 E08