

2020 (令和二) 年度 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：CTA 大口径望遠鏡用読み出し回路の開発

英文：Development of the readout system for the CTA large sized telescopes

研究代表者 窪秀利 (京都大学理学研究科)

参加研究者 岡知彦、野崎誠也(京都大学理学研究科), 片桐秀明、野上優人、吉田龍生(茨城大学理学部)、池野正弘、田中真伸(高エネルギー加速器研究機構素粒子原子核研究所、オープンソースコンソーシアム Open-It)、山本常夏(甲南大学理工学部)、佐々木寅旭、砂田裕志(埼玉大学理工学研究科)、猪目祐介、大岡秀行、岡崎奈緒、小林志鳳、齋藤隆之、櫻井駿介、高橋光成、武石隆治、手嶋政廣、Daniela Hadasch, Daniel Mazin(東京大学宇宙線研究所)、奥村暁(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、郡司修一、中森健之(山形大学理学部)、Riccardo Paoletti (Siena Univ., INFN Pisa), Carlos Delgado, Carlos Diaz Ginzo, Gustavo Martínez Botella (CIEMAT), Oscar Blanch(IFAIE), Luis Ángel Tejedor Álvarez (UCM), Dirk Hoffmann, Julien Houles (CPPM), 他 CTA Consortium

研究成果概要

大気チェレンコフ望遠鏡の次期計画として、日米欧 31 か国約 1500 名が参加している Cherenkov Telescope Array (CTA)計画が進行中である。この計画では、大(口径 23m)・中(口径 12m)・小(口径 4m)の大気チェレンコフ望遠鏡を南北半球のサイトに、計約 100 台並べることにより、観測エネルギー範囲を 20 GeV から 300 TeV と広げ、従来に比べ一桁高い感度で宇宙ガンマ線を観測する。本研究において、CTA 大口径望遠鏡 LST (図 1) の読み出し回路の較正および性能評価を行った。

- (1) 読み出し回路に用いている、波形記録のアナログメモリは、キャパシターアレイのスイッチ切替時間のばらつきが大きく、補正が必要である。LST 初号機の主鏡中央部に設置されたカメラ較正用レーザー光をカメラに照射し、カメラ全ピクセルに対して、到来時間の補正を行った。この補正により、カメラ全体の時間分解能が 1.3 ns から 0.4 ns に改善した(図 2)。

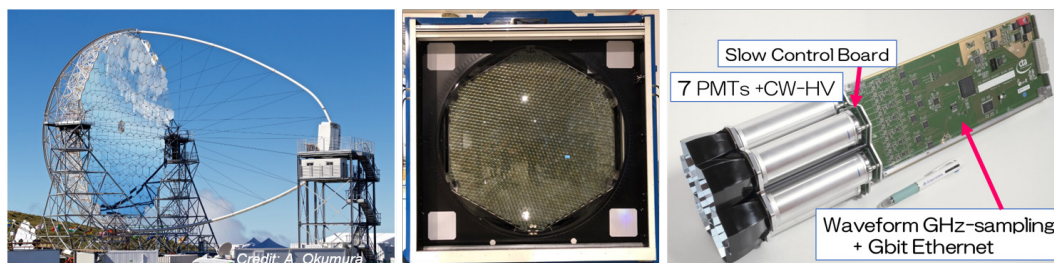


図 1 : (左) 口径 23m CTA-LST 初号機。(中) 焦点面カメラ。(右) 日本グループが開発したカメラモジュール(7 本の PMT、波形 GHz サンプリング回路、スロー制御回路から構成)。望遠鏡 1 台あたり、このモジュール 265 台が焦点面に配置される。

- (2) カメラ全体の事象トリガーレートに対するデータ取得事象レートを測定し、科学観測運用時の標準トリガーレートである 7.5 kHz に対して、dead time は 5% であり、要求仕様を満たしていることを確認した。
- (3) 夜空を観測している時の LST 初号機の光電子増倍管(PMT)アノード電流平均値とアナログメモリ信号出力の標準偏差の関係を調べた。カメラへの入射光量が、標準夜光量の 10 倍以上にわたって、信号出力の標準偏差が、アノード電流値の 0.5 乗に比例しており、読み出し回路が問題なく動作していることを確認した。
- (4) 日本グループがスペイン・テネリフェ島の IAC 研究所において品質管理試験を行った LST 2 号機用のカメラモジュールを、バルセロナでカメラ筐体に組み上げるために、輸送準備を行った。

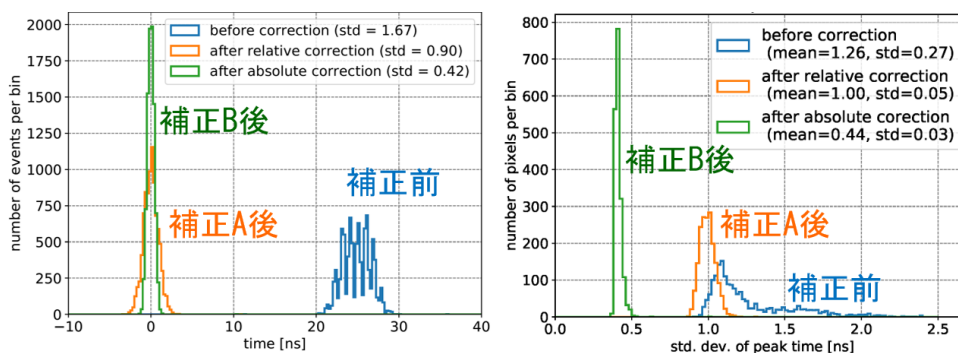


図 2 : LST 初号機カメラで測定した、校正レーザーからのパルス光の到来時間。(左) ある 1 本の光電子増倍管で測定した、校正レーザーパルス光の到来時間(補正後の到来時間の平均を 0 とした)。補正 A は、アナログメモリのキャパシターアレイ切替時間のばらつきを補正。補正 B は、補正 A 後に、トリガータイミングおよびレーザーパルスのジッターを補正。(右) カメラの全 1855 本の光電子増倍管に対する、校正レーザーパルス光の到来時間の標準偏差。

国際会議発表および集録

“Calibration and performance of the readout system based on switched capacitor arrays for the Large-Sized Telescope of the Cherenkov Telescope Array”, S.Nozaki, et al., *Proc. SPIE*, 11447, Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy VIII, 114470H (2020).

国内学会発表

2020 年 9 月 日本天文学会 : 佐々木他「CTA 大口径望遠鏡に用いる光電子増倍管の性能評価および 2-4 号機カメラ製作の現状」

2020 年 9 月 日本物理学会 : 高橋他「CTA 報告 169: CTA 大口径望遠鏡 2-4 号機焦点面カメラモジュールの組立および性能試験(II)」

2021 年 3 月 日本天文学会 : 野上他「CTA 大口径望遠鏡における DRS4 波形記録チップのサンプリング時間幅較正」

2021 年 3 月 日本物理学会 : 小林他「CTA 報告 177: CTA 大口径望遠鏡初号機のカメラ較正」

整理番号 E03