

## 平成 27 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 片桐 秀明（茨城大学理学部）、今野 裕介、齋藤 隆之、谷川 俊介、畑中 謙一郎、増田 周（京都大学理学研究科）、池野 正弘、内田 智久、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）、永吉 勤（埼玉大学理工学研究科）、大岡 秀行、手嶋 政廣、中嶋 大輔、林田 将明、Daniela Hadasch、Daniel Mazin（東京大学宇宙線研究所）、猪目 祐介、山本 常夏（甲南大学理工学部）、折戸 玲子（徳島大学ソシオ・アーツ・アンド・サイエンス研究部）、武田 淳希、郡司 修一、中森 健之（山形大学理学部）、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 32 か国 1200 名以上が参加している 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 100 TeV 以上と広げ、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、昨年度に続き、CTA 大口径望遠鏡 (LST)の読み出し回路の開発を行った。LST は、望遠鏡一台あたり 1855 本の光電子増倍管が焦点面に配置される。日本グループは、光電子増倍管と読み出し回路を合わせた焦点面カメラモジュール (図 1, 2)を開発している[1]。組立・メンテナンスを容易にするため、光電子増倍管 7 本を束として、直後に、順に高圧発生回路、プリアンプ、モニタ・制御部、高速波形サンプリング読み出し回路基板が接続され、一つのモジュールを構成する。増幅された光電子増倍管信号は、スイス PSI 研究所が開発した低消費電力・高速アナログメモリ(キャパシターアレイ)ASIC である DRS4 に入力され、4096 個のキャパシターに電荷が順次記録されることによって、入力波形を GS/s でサンプリングできる。記録された電荷は、トリガーが生成されると読み出され、ASIC 外部の ADC

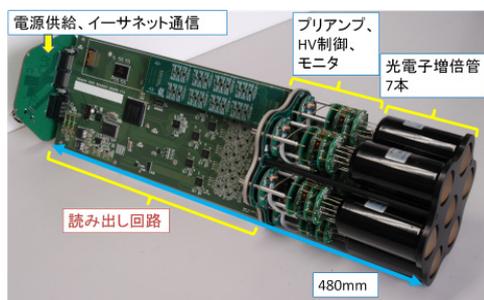


図 1：焦点面カメラモジュール。LST 望遠鏡 1 台あたり、このモジュールが 265 ユニット、焦点面に配置される。

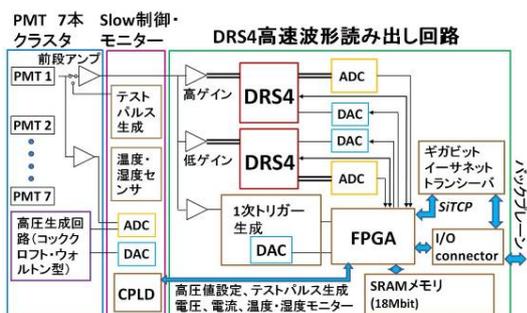


図 2：図 1 のブロック図。

によってデジタル変換され、FPGA に送られる。データは SiTCP を用いて、ギガビットイーサネット で転送される。

今年度、以下の開発を行った。(1) 量産した読み出し回路基板 (図 3) について、テストパルスを用いた単体試験を行い、不具合が見つかった基板は修理を行い、宇宙線研究所において、読み出し回路基板に、PMT およびライトガイドを取り付けて、図 1 のカメラモジュール×19 ユニット(光電子増倍管 133 本)からなるミニカメラを製作し(図 4)、LED 照射量や PMT 電圧を変えながら、較正データを取得した。



図 3 : 量産した読み出し回路基板。

(2) 現在進行中であるが、LST 望遠鏡 1 号機に搭載される読み出し回路基板(265 枚)、ライトガイド(1855 個)、光電子増倍管(1855 本)について、図 1 のカメラモジュールの形に組み上げ、順次、図 4 の 19 クラスタ単位で、較正データを取得している。(3) スペイングループが製作した LST 1 号機用カメラ筐体に、読み出し回路 1 枚を取り付けて、通電試験を行い、基板間位置など構造上問題がないことを確認した。H28 年度に、この筐体に、カメラモジュールを全数取り付けて、LST 1 号機の焦点面 (図 5) に取り付ける予定である。



図 5 : 口径 23m LST 望遠鏡完成予想図。

[1] “Development of the photomultiplier tube readout system for the first Large-Sized Telescope of the Cherenkov Telescope Array”, S.Masuda, Y.Konno, H.Kubo, et al., in proceedings of ICRC2015, arXiv:1509.00548

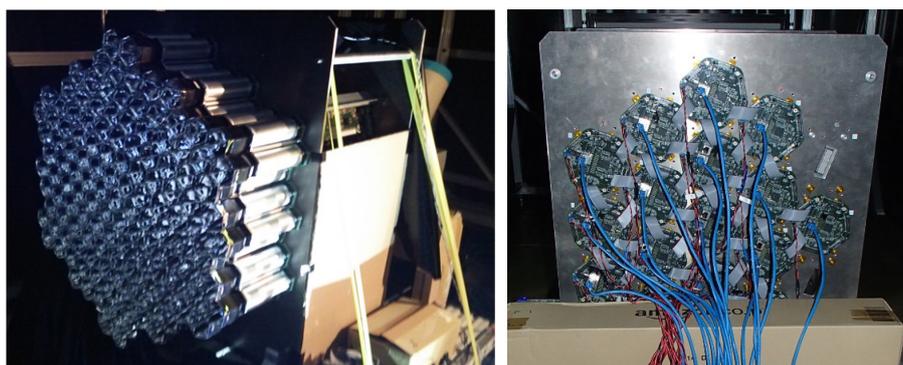


図 4 : H27 年度に製作し、宇宙線研究所で試験中の、ライトガイド付 PMT 133 本と読み出し回路からなるミニカメラ(図 1 のユニットが 19 台並ぶ)。(左) 前面部。(右) 背面部。読み出し回路は、背面部の基板(スペイングループが製作)を通して、ギガビットデータ転送および、基板間のトリガー通信を行う。