

平成 25 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-size 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、土屋 優悟、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）、大岡 秀行、手嶋 政廣、中嶋 大輔、林田 将明（東京大学宇宙線研究所）、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）、郡司 修一、鈴木ちひろ、中森 健之（山形大学理学部）、the 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 28 か国 1100 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、一つのクラスタを構成する。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 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

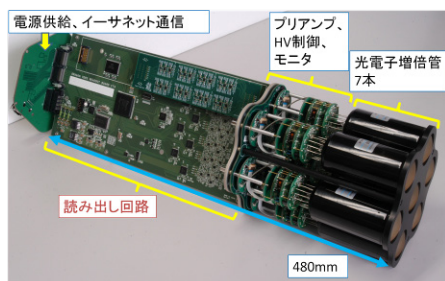


図 1：焦点面カメラモジュール。LST 望遠鏡 1 台あたり、このクラスタが 265 ユニット、焦点面に配置される。

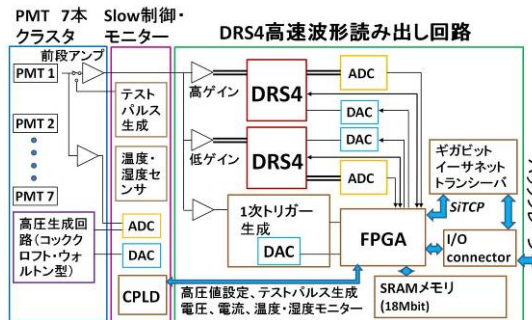
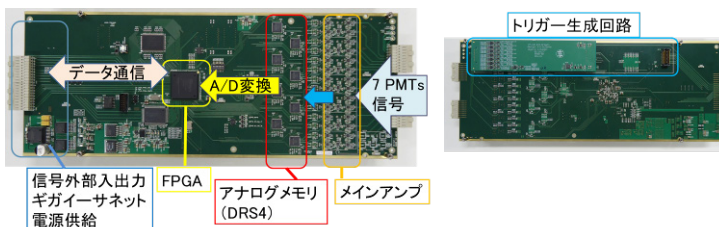


図 2：図 1 のブロック図。

ビットイーサネットで転送される。

今年度、波形サンプリング読み出し回路 (Ver. 4) を開発した (図 3)。前版の Ver. 3 からの変更点は、(1) 周波数帯域を改善させるため、アンプを増設した。(2) スペイングループが開発したプリアンプ ASIC と接続できるようにメインアンプの構成を変更した。(3) 大口径と中口径望遠鏡の仕様共通化に伴い、基板寸法を変更した。(4) クロス



トークを改善するため、配線パターンを見直した。(5) 板寸法 14 cm×35 cm。

図 3 : 今年度、日本グループが開発した、高速波形サンプリング読み出し回路 (Ver. 4)。 (左) 表面、(右) 裏面。基板寸法 14 cm×35 cm。

別基板に搭載されていた電源回路を读出し基板上に配置し、入力電源は+24V 単一電源に変更した。

(6) スペイン・ドイツグループが開発しているトリガー回路の仕様変更に対応させるため、FPGA と外部トリガー回路との信号線を追加した。この回路の性能評価を

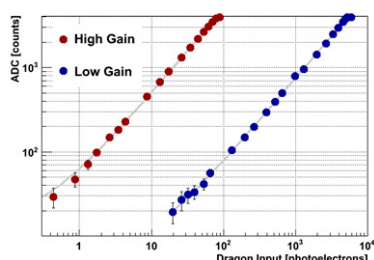
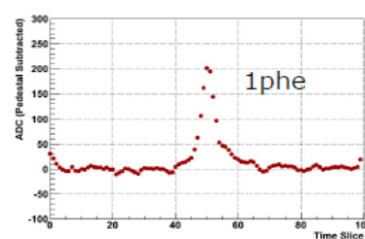
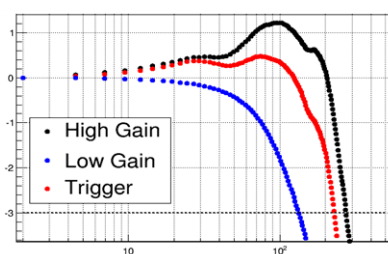


図 4 : 読み出し回路の周波数帯域 (上) とダイナミックレンジ (下)。

図 5 : 読み出し回路を用いて取得した、光電子増倍管からの信号波形 (LED 光)。

280 MHz に改善し (高

ゲイン系; 図 4)、ダイナミックレンジ (図 4) とともに、CTA の要求仕様を満たしていること、(2) 光電子増

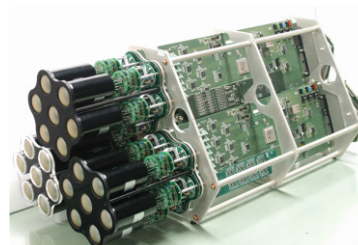


図 6 : 3 クラスタ (光電子増倍管 21 本) カメラ試作機。

倍管の波形を 2 GHz サンプリングで取得できること (図 5) を確認した。また、前版 (Ver. 3) を用いた 3 クラスタからなるカメラモジュールのプロトタイプを用いて (図 6)、カメラ全体のトリガーを生成するためのクラスタ間トリガーをスペイン・ドイツグループと共同開発した。今後、Ver. 4 を用いた 3 クラスタカメラを製作し、試験を行う。

[1] H. Kubo, et al., “Development of the Photomultiplier-Tube Readout System for the CTA Large Size Telescope”, in proceedings of ICRC2013; arXiv:1307.3386.