

平成 26 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)、石尾 一馬、大岡 秀行、手嶋 政廣、中嶋 大輔、林田 将明、Daniel Mazin (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、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 29 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。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、順に高压発生回路、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 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

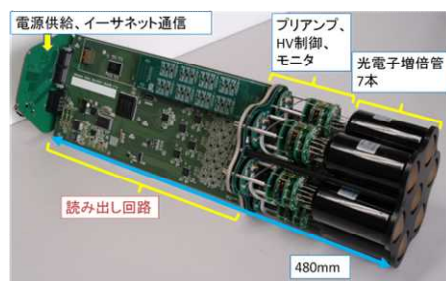


図 1：焦点面カメラモジュール。LST 望遠鏡 1 台あたり、このモジュールが 265 ユニット、焦点面に配置される。

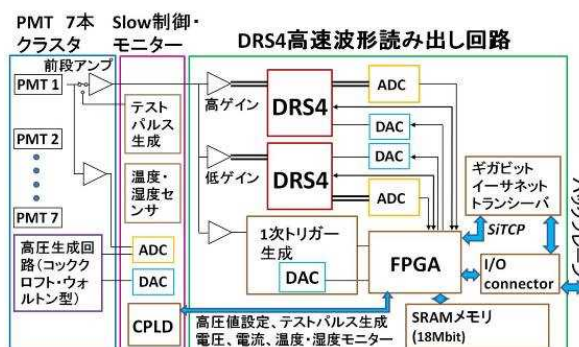


図 2：図 1 のブロック図。

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. 5) を開発した (図 3)。前版の Ver. 4 からの変更点は、(1)イーサネット PHY デバイスが生産中止予定となったため変更。(2)メインアンプを 1 素子 1 チップから 2 素子 1 チップに変更し、配線長を短くした。(3)低消費電力化のため、ADC を変更。(4)レギュレータ周り及びデバイス裏側のレジストを除去し、GND 面を露出させ、放熱効率を上げた。

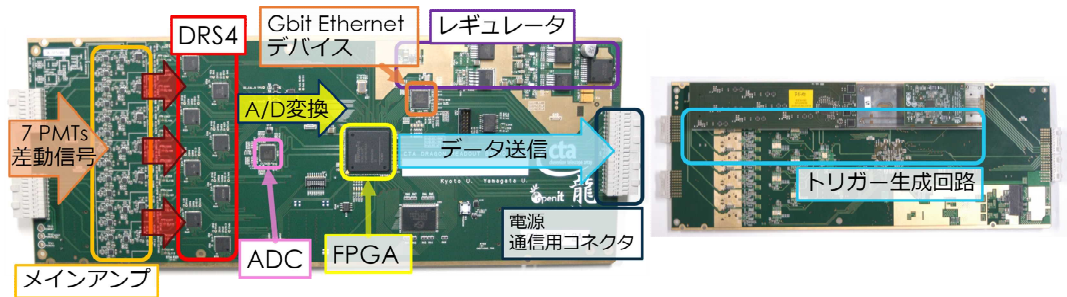


図 3 : 本研究で開発した高速波形サンプリング読み出し回路 (Ver. 5)。(左)表面、(右)裏面。基板寸法 14 cm×35 cm。

この回路の性能評価を行い、(1)ダイナミックレンジは、100 phe (高ゲイン系統; HG)、2000 phe (低ゲイン系統; LG)である (図 4)、(2)ノイズレベルは、0.2 phe (高ゲイン系統)、2.3 phe (低ゲイン系統)である、(3)入力系統間のクロストークは、0.2 から 0.4%である。(4)実際の PMT 信号の幅である FWHM 2.5 ns 程度のパルスをサンプリング可能 (図 5)、などを確認し、LST 1 号機に搭載するため、量産を開始し、来年度中に 1 号機分全数が揃う予定である。量産された基板全数に対して、来年度、日本で動作チェックを行った後に、スペインに送り、カメラ全体を組み上げる。再来年度には、LST 1 号機の設置場所であるカナリア諸島ラパルマ島に送り、望遠鏡に搭載し、ファーストライトを行う予定である。

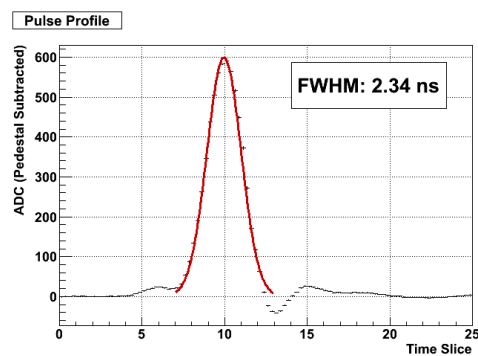
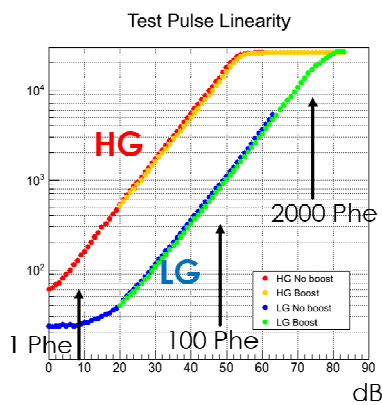


図 4 : 本研究で開発した波形サンプリング回路 (Ver. 5) のダイナミックレンジ測定の結果。図 5 : 本研究で開発した波形サンプリング回路 (Ver. 5) を用いて取得したテストパルスの波形。