

## 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

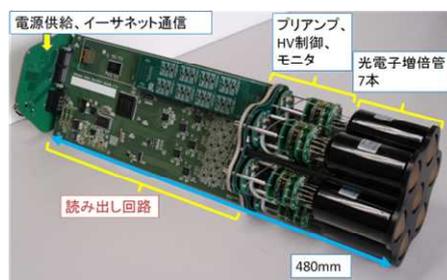


図 1：焦点面カメラモジュール。LST 望遠鏡 1 台あたり、このモジュールが 265 ユニット、焦点面に配置される。

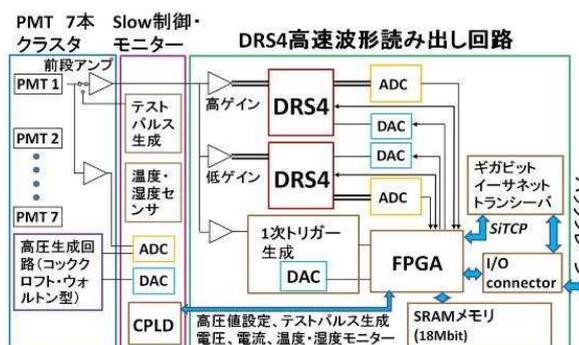


図 2：図 1 のブロック図。

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。

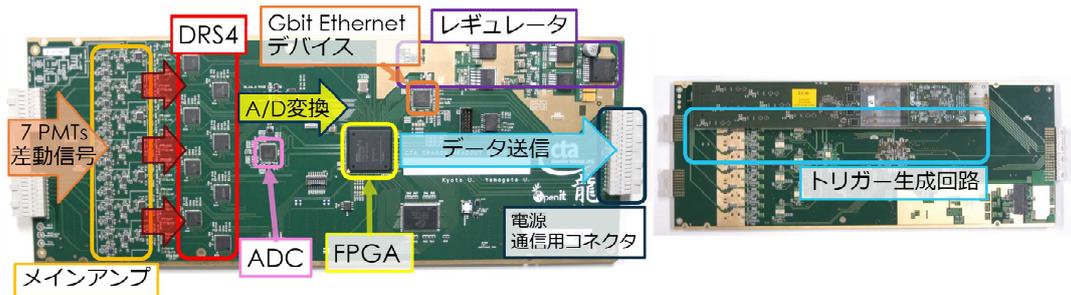


図 3 : 本研究で開発した高速波形サンプリング読み出し回路 (Ver. 5)。(左)表面、(右)裏面。基板寸法 14 cm×35 cm。

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。

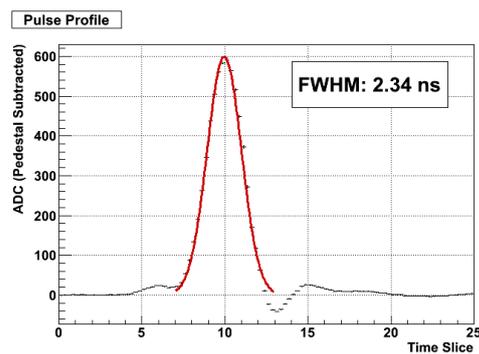
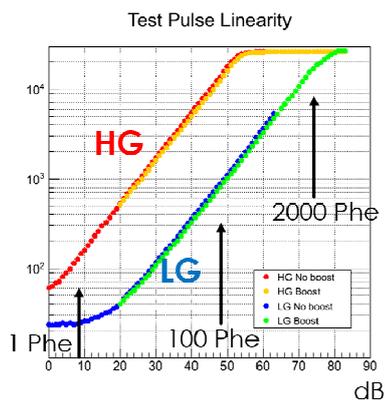


図 4 : 本研究で開発した波形サンプリング回路 (Ver. 5) のダイナミックレンジ測定の結果。図 5 : 本研究で開発した波形サンプリング回路 (Ver. 5) を用いて取得したテストパルスの波形。