

平成 23 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：CTA LST用読み出し回路の開発 英文：Development of the readout system for CTA LST
研究代表者 窪 秀利（京都大学 理学研究科） 参加研究者 梅原 克典、片桐 秀明、佐々木 美佳（茨城大学 理学部） 青野 正裕、栗根 悠介、今野 裕介（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） 株木 重人（東海大学 医学部附属病院） 榎本 良治、大岡 秀行、手嶋 政廣（東京大学 宇宙線研究所） 折戸 玲子（徳島大学 大学院ソシオ・アーツ・アンド・サイエンス研究部） 田島 宏康（名古屋大学 太陽地球環境研究所） 郡司 修一、萩原 亮太（山形大学 理学部物理学科） 中森 健之（早稲田大学理工学術院 先進理工学部応用物理学科）
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 25 か国 800 名以上が参加している Cherenkov Telescope Array (CTA)計画が進められている。この計画では、大(口径 23m)・中(口径 12m)・小(口径 6m)の空気チェレンコフ望遠鏡を南北半球のサイトに、計 100 台近く並べることにより、エネルギー範囲を数 10 GeV から 100 TeV と従来より一桁拡大し、従来より一桁高い感度で宇宙ガンマ線を観測する国際協力実験である。本研究において、CTA 大口径望遠鏡 (LST)の読み出し回路を開発した。LST は、望遠鏡一台あたり約 2 千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）を開発した。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、前段アンプ、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 図 1：焦点面カメラモジュール。LST 望遠鏡 1 台あたり、このクラスターが 265 個、焦点面に配置される。 図 2：図 1 のブロック図。

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、ギガビットイーサネットで転送される。今年度は、望遠鏡搭載に向けて、昨年度に開発した高速波形サンプリング回路基板 Ver.2 を改良した Ver.3 を製作した(図3)。改良点は、(1) 機能開発用に採用した高機能 FPGA を、量産に向けた低コスト FPGA に変更。(2) 基板を小型化。(3) メインアンプの回路構成が確定したため、メザニンカード上にあった部品を、読み出し基板上に直接実装し、冷却機構を取り付けやすい構造にした。この回路を用いて、光電子増倍管の波形を 2 GS/s でサンプリングした結果を図4、5に示す。現在、3 クラスタのカメラ(図6)を用い、クラスタ間のトリガー開発を行っている。

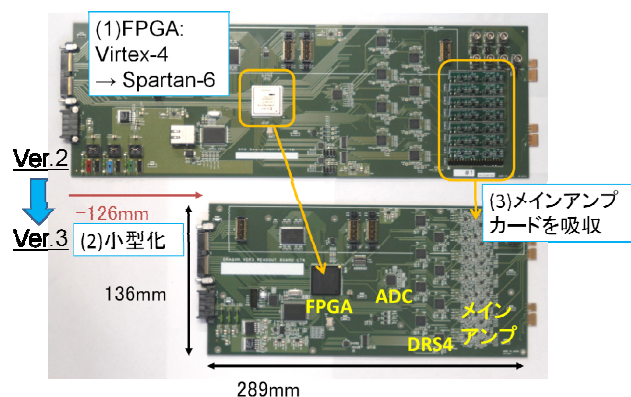


図3：高速波形サンプリング読み出し回路。
上段が Ver. 2、下段が Ver. 3。

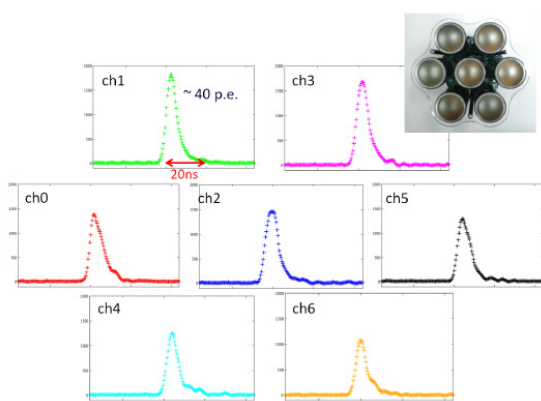


図5：読み出し回路を用いて 2GS/s サンプリングで同時取得した、光電子増倍管 7 本クラスタの信号波形 (LED 光)。

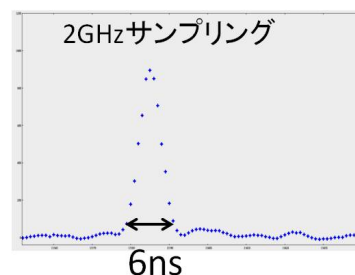


図4：読み出し回路を用いて取得した、光電子増倍管の信号波形(LED 光)。

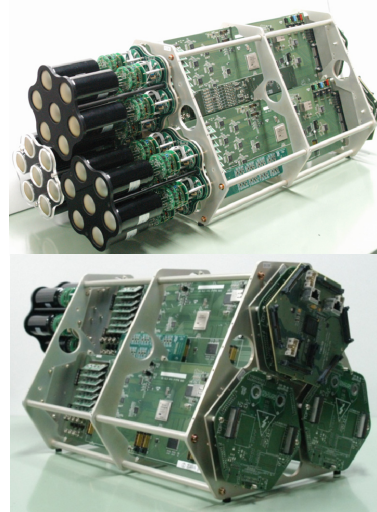


図6：3 クラスタ(光電子増倍管 21 本) カメラ試作機。

整理番号