

## 平成 29 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）、野崎 誠也、平子 丈、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、砂田 裕志（埼玉大学工学研究科）、岩村 由樹、大岡 秀行、岡崎 奈緒、齋藤 隆之、櫻井 駿介、高橋 光成、手嶋 政廣、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（徳島大学大学院理工学研究部）、郡司 修一、中森 健之（山形大学理学部）、Riccardo Paoletti (Siena Univ., INFN Pisa)、Carlos Delgado、Carlos Diaz Ginzo、Gustavo Martínez Botella (CIEMAT)、Oscar Blanch (IFAE) 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 1400 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 300 TeV 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) 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、順に高圧発生回路、プリアンプ、モニター・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、低消費電力の高速切替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、以下の開発を行った。

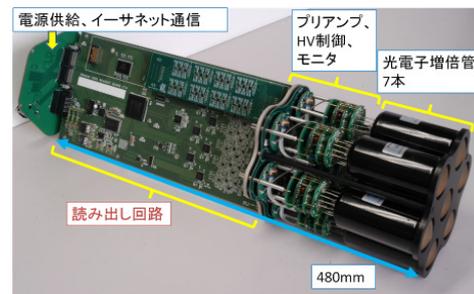
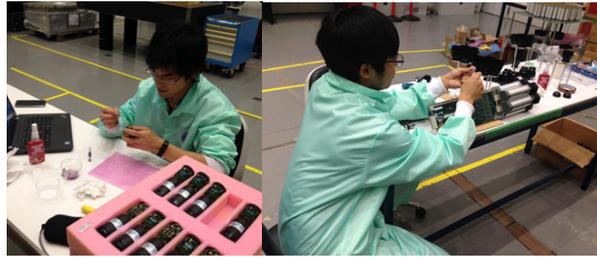


図 1：焦点面カメラモジュール。LST 望遠鏡 1 台あたり、このモジュールが 265 台、焦点面に配置される。

(1) 初号機用のカメラモジュールは、組上げ前のコンポーネント別に日本国内で品質

管理試験を終え、H28年度に、CTA 北サイトの現地機関であるスペイン IAC 研究所へ海上輸送した。H29年1~9月に、日本の研究グループが現地に滞在し、モジュールを組立てつつ(図2)、19モジュール(光電子増倍管133本)単位で、暗箱内の光源を用いて、全数の品質管理試験を行い、初号機の必要数を確保した(図3)。



(2) スペイン・バルセロナにある CIEMAT 研究所にて、スペイン担当のカメラ筐体と、日本担当のカメラモジュールの組立て。  
 図2：スペイン領テネリフェ島(ラパルマ島の隣島)にある IAC 研究所にて、日本グループによる初号機カメラモジュールの組立て。

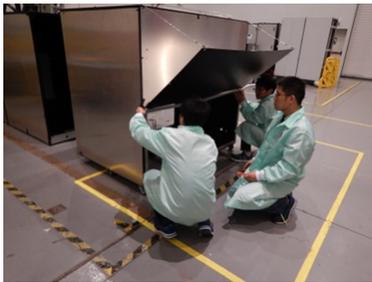
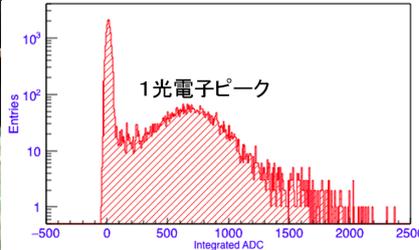


図3：同 IAC 研究所にて、暗箱内に設置した133ピクセルカメラ(前面および背面の写真)の品質管理試験(上および左下)。取得した光電子スペクトルの一例(右下)。



当の光学窓、カメラモジュール35ユニット(245ピクセル)を組み上げ、動作試験を行った(図4)。H30年4月にカメラ全システムをスペイン IFAE 研究所に輸送し、統合試験を開始する。



全体の1/8のカメラモジュール取付済み

(3) 2-4号機用の読み出し回路基板1100枚の量産を完了した。

図4：スペイン CIEMAT 研究所にて、初号機カメラの動作試験。