

## 平成 28 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)、今野 裕介、齋藤 隆之、谷川 俊介、野崎 誠也、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、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)、武田 淳希、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 1300 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。

(1) 宇宙線研究所において、読み出し回路基

板上に、光電子増倍管およびライトガイドを取り付けて、図 1 のカメラモジュール×19 台(光電子増倍管 133 本)からなるミニカメラを製作し(図 2)、LED 光照射量や光電子

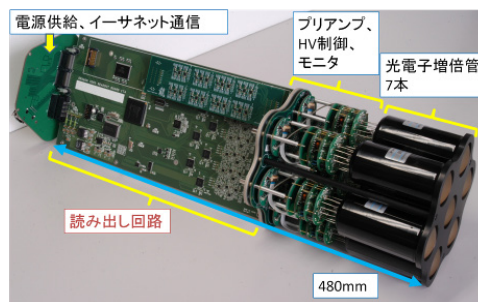


図 1：焦点面カメラモジュール。LST 望遠鏡 1 台あたり、このモジュールが 265 台、焦点面に配置される。

増倍管電圧を変えながら、較正データを取得した。

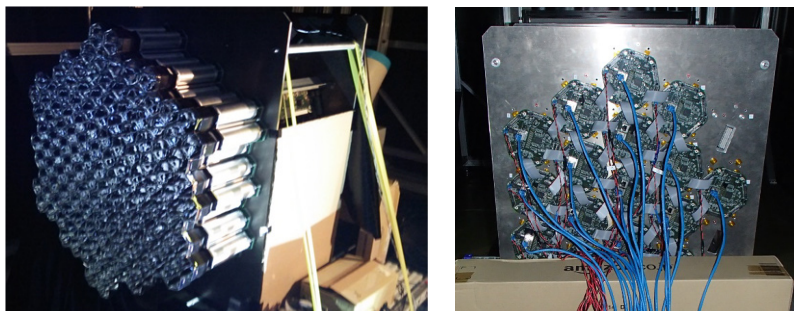
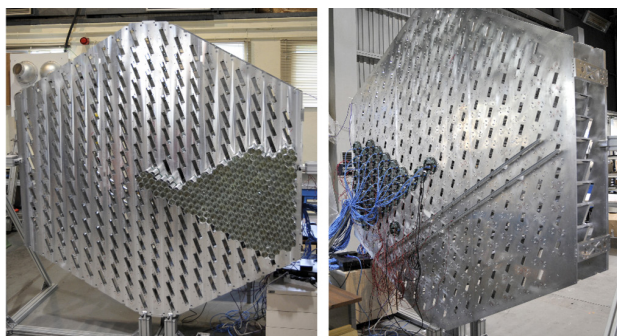


図2：宇宙線研究所で試験を行った、ライトガイド付光電子増倍管 133 本と読み出し回路からなるミニカメラ(図1のモジュールが 19 台並ぶ)。(左) 前面部。(右) 背面部。読み出し回路は、背面部の基板(スペイン製)を通して、ギガビットデータ転送および、基板間のトリガー通信を行う。

(2) 上記(1)で試験した、図2のカメラモジュール 35 台(光電子増倍管 245 本と読み出し回路)をスペインに輸送し、スペイングループが製作した1号機カメラ筐体(図3)に取り付けて、構造確認および動作試験(基板間のトリガー試験含む)を行った。



(3) 1月から、日本グループが、スペインの研究所(CTA 北サイトであるラパルマ島の隣のテネリフェ島)に滞在し、日本から発送した1号機用光電子増倍管全数と読み出し回路の組立て及び試験を開始した(図4)。来年度も継続して行う。

図3：LST 1号機カメラ筐体に、図1のモジュールを 35 台取り付けて動作試験を行った(スペインの研究所にて)。(左) 前面部、(右) 背面部。

(4) 1号機用読み出し回路を改良し、DRS4 チップのタイミング較正回路、温湿度計、電源電圧モニター回路を追加した基板を開発し、性能試験を行った。来年度に、2号機以降用として量産予定である。



図4：LST 1号機のカメラモジュール全数組み立て及び試験(テネリフェ島にある、スペインの研究所にて)。