

## 2020 (令和二) 年度 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：CTA 大口径望遠鏡の焦点面検出器開発  
英文：Development of Focal Plane Instruments for the CTA Large Sized

研究代表者 山本常夏 (甲南大学)  
参加研究者 片桐秀明、吉田龍生(茨城大)、窪秀利、野崎誠也(京都大学)、寺田幸功、砂田裕志(埼玉大)、櫛田淳子、西山恭志(東海大)、猪目祐介、手嶋政廣、斎藤隆之、Hadasch Daniela, Mazin Daniel, 深見哲志、小林志鳳、阿部日向、岩村由樹、大岡秀行、高橋光成、大谷恵生、櫻井駿介、高橋満理、野田浩司(宇宙線研)、折戸玲子(徳島大)、奥村暁(名古屋大)、中森健之(山形大)、他 CTA-Japan コンソーシアム

### 研究成果概要

次世代高エネルギーガンマ線観測計画 CTA は大型チェレンコフ望遠鏡を南北両半球にある観測所に約 100 台建設し、宇宙の高エネルギー天体から放出されるガンマ線を観測する国際共同研究である。北半球の観測サイトはアフリカ大陸の北端にあるカナリヤ諸島ラパルマ島の Roque de los Muchachos Observatory で、2018 年に最初の大型望遠鏡(LST)が完成した。現在、2,3,4 号機の建設を進めている。南半球の観測サイトはチリのアタカマ砂漠にあるパラナルで、現在道路建設などインフラ整備が行われている。ここにも中小口径望遠鏡と並行して大型望遠鏡 4 台を建設予定である。本計画によりこれらの望遠鏡のカメラを開発・運用している。現在、大型望遠鏡 1 号機を使った観測を行いながら、残る 7 台の建設準備を進めている。大型望遠鏡のカメラは、図 1 に示すように、対辺 1.2m の 6 角形で重さは 3t である。1855 個の光検出器を搭載し、1GHz のサンプリング速度で信号を読みだしている。高エネルギーガンマ線が大気に入射すると大気分子と相互作用を起し多数の荷電粒子を発生する。荷電粒子はガンマ線の入射した向きに進みながらチェレンコフ光を発生する。この微弱な光を 23m 口径の主鏡で集光する。集光された光は焦点面に搭載されている図 1 のカメラで検出されデジタル処理される。検出器は 1 光子から検出できる感度を持ち、望遠鏡に入射したチェレンコフ光を約 20% の効率で検出する。カメラの感度は主鏡の中心に取り付けてあるレーザーにより常時モニターされ、信号増幅率が調節されている。2020 年度はこの感度モニターシステムの開発・テストを行った。図 2 の縦軸はカメラに照射された光強度と感度校正から推定された高電子数で、横軸はそのレーザ

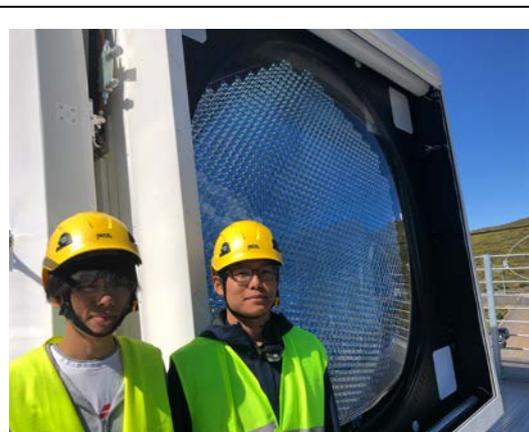


図 1、大口径望遠鏡 1 号機に搭載しているカメラ。

一光をカメラで測定した信号強度を示している。3 時間の観測の間、カメラ全体で 0.1%以下の精度で光量がモニターできていることが確認できる。カメラの感度較正やモニターが安定して行われるようになりカメラ全体では 0.1%以下の精度、各画素では 1%以下の精度で測定されている。この精度になると地磁気が検出器に及ぼす影響が見えてくる。望遠鏡の方向によって地磁気は 0.02mT 程度変化するが、その影響でモニターしている信号強度と高電子数の変換係数が 0.4%程度変化する。図 3 はこの磁場と変換係数の関係を示している。望遠鏡感度のモニターが安定して行われるようになり予定していた精度で観測できるようになったことが分かる。

1 号機の観測、感度較正と並行して 2-4 号機の建設準備を進めている。1 号機で培った経験をもとに改良した検出器を 3 台分制作している。まず日本の宇宙線研究所の実験室で約 1 台分の検出器の組み立て・性能評価を行った。ここで開発した手順をもとに観測サイトの近くにある実験室で約 2 台分の組み立てを行っている。コロナ禍の影響で一部の検出器組み立てが残っているが、2021 年度に状況を見ながら進めることになる。性能評価では 5%程度の検出器に問題が見つかり修理を行った。特に検出器が破損するケースが見つかり原因と予防の検討が行われている。この検出器を使い 2021 年度中に 2 号機用のカメラを建設し、2022 年度から予定されている望遠鏡建設に向けた準備を進める。

また、南半球に建設予定の 5-8 号機に向けた開発も進んでいる。さらなる感度向上を目指し、カメラの画素数を 4 倍にすることや、検出器に半導体を使った SiPM を採用することなどが検討・実験されている。

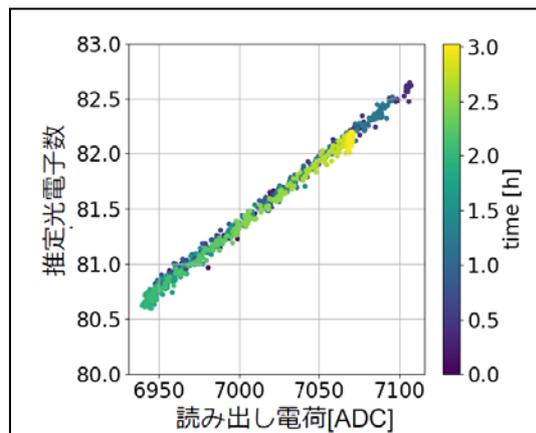


図 2、主鏡の中心に取り付けたレーザーをカメラに照射しカメラ感度のモニターをしている。レーザー光の強度と検出器の感度較正から推定された高電子数を信号強度の関数で表している。

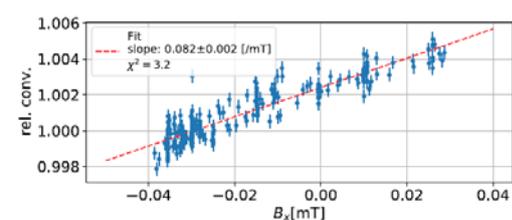


図 3、各検出器の電荷・光電子変換係数を 1%以下の精度でモニターしている。望遠鏡の方向により地磁気が 0.02mT ほど変動するが、磁場に対して変換係数の相対的な変動を示している。