

## 令和 3 年度 (2021) 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、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。本計画ではこの LST に搭載するカメラの開発を行っている。望遠鏡に搭載されているカメラを図 1 に示す。

観測システムの構築が進み観測が行われているが、並行してカメラのキャリブレーション精度も向上している。検出された入射光数は約 0.1%の精度で測定されている。望遠鏡により地磁気が 0.02mT ほど変動するが、この影響により信号が 0.4%ほど変化する。観測データからこの変動が検出されている。観測には問題にならないが、カメラの磁場による影響について、実験室でさらに詳しく研究している。また入射光の波長が信号強度に与える



図 1. 大口径望遠鏡 1 号機に搭載されているカメラ。2.3m 口径、1855 本の PMT を搭載。シャッターの奥に窓ガラスがあり、検出器とフロントエンド電子回路は外気から遮断されている。熱は冷却水により望遠鏡土台に設置している冷却器まで運ばれる。

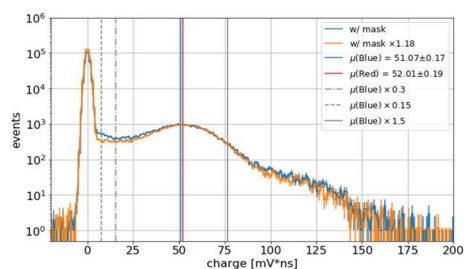


図 2. シングル光電子の信号強度分布。入射光が青と赤でわずかに違いがみられる。青い光の信号が小さくなる傾向がある。

影響も測定されている。主鏡により集光された光は焦点面に置かれたカメラに搭載されている光電子増倍管 PMT に入射する。このとき光が電子に変換され、電子が PMT 内の高電圧により加速することにより電気信号に変換される。入射した光の波長は変換された電子の運動エネルギーにわずかに影響する。図 2 にあるように青い光に対する信号強度がわずかに小さくなる傾向が検出されている。いずれにしても観測には影響しないが、カメラの測定精度を上げる努力が続けられている。この 1 号機の運用と並行して 2,3,4 号機の建設も進められている。2021 年度はコロナ禍や火山の噴火により観測が大きく制限されたが、機会を見つけて現地には研究者を派遣し検出器の感度確認を行った。図 3 は測定に使った現地の実験室にある暗室を示している。例えば PMT で発生するノイズにアフターパルス(AP)と呼ばれるものがある。これは PMT の中で加速した電子が、PMT 内にある気体分子をイオン化し、それが高電圧により PMT 管面に向かって加速されることにより起こるノイズである。最初の信号から数  $\mu\text{s}$  遅れて大きな信号を発生する。PMT 製造時に内部を真空にして気体分子を取り除くことにより AP の発生を抑えているが、時間とともにヘリウムがガラス管を通過して入り込み AP が増えることが知られている。図 4 に示すように今回の測定でもこのヘリウムによる AP の増加が検出されている。

これら北サイトの建設に平行して、南サイトのカメラ製造も検討されている。南サイトにも 4 台の LST を建設する予定で、今のところ北サイトと同じものを製造予定である。また将来のカメラ改良に向けて、検出器を小さくすることにより画素数を増やし観測精度を上げる研究もおこなわれている。PMT の代わりに半導体検出器 SiPM を採用することにより、高分解能化と高検出効率化を同時に達成する計画である。現在このカメラの設計を行っている。

整理番号 E02

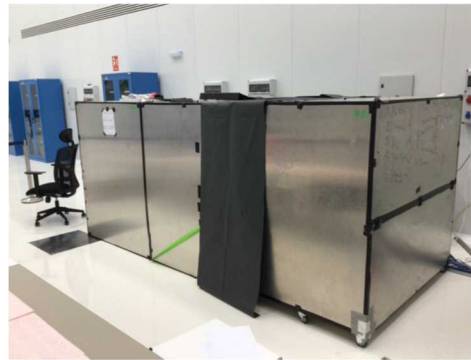


図 3. カナリヤ諸島にある実験室に設置した暗箱。この暗箱で検出器のテストを行っている。2021 年度は 2 号機用の検出機のテストが終わり、カメラの組立が完了している。

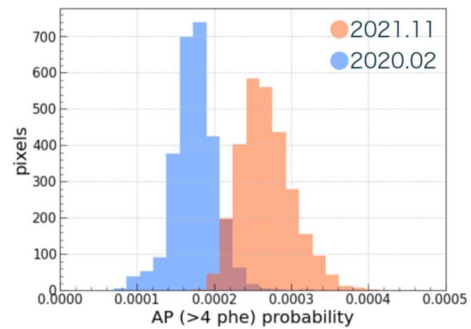


図 4. アフターパルスの発生頻度。1 光電子に対して 0.0004 個以下が仕様。2020 年の測定と比べて約 1.5 倍増えている。これはヘリウムがガラス管内部にしたため。PMT を使わず保管しているとヘリウムが増えるが、観測により減ることが分かっている。