

平成25年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：CTA 大型望遠鏡の焦点面検出器開発

英文：Development of Focal Plane Instruments for the CTA Large Scale Telescope.

研究代表者 山本常夏（甲南大学理工学部）

参加研究者 馬場 彩、澤田 真理（青山学院大学）、吉田 龍生、片桐 秀明、加賀 谷美佳（茨城大学）、窪 秀利、今野 裕介、齋藤 隆之（京都大学）、猪目 祐介（甲南大学）、寺田 幸功、小山 志勇、永吉 勤（埼玉大学）、西嶋 恭司、櫛田 淳子、井川 大地、辻本 晋平（東海大学）、手嶋 政廣、林田 将明、齋藤 浩二、荻野 桃子、高橋 光成、小島 拓実、石尾 一馬、大岡 秀行、中嶋 大輔（東京大学）、折戸 玲子（徳島大学）、中森 健之（山形大学）、野田 浩司（Max-Planck-Institute for Physics）

研究成果概要

CTA計画は大中小3種類の大きさのチェレンコフ望遠鏡を約100台建設し、高エネルギーガンマ線の検出感度を従来より一桁以上向上させる計画である。建設サイトは南北両半球に1つずつ合計2か所になる予定である。このうち大口径望遠鏡は南北両サイトとも4台建設する予定で、全天で20GeV以上のガンマ線源を観測する。

大口径望遠鏡は23m口径、集光面積407m²の放物面鏡を備え、焦点距離は28mである。焦点面検出器は1855個のPMTからなり、カメラの角度分解能は0.1度、有効視野角は4.5度になる。現在稼働している大型チェレンコフ望遠鏡MAGICの技術を引き継ぎ、より大型で高性能なカメラの設計になっている。本計画によりこのカメラの開発を進めている。

25年度はこのカメラに搭載するPMT 2000本の生産を完了した。図1に示すように、それぞれのPMTに高電圧電源が装着されており、高電圧をピクセル毎に制御できるようになっている。量子効率やアフターパルスなど基本的な性能がチェックされたが、従来のPMTに比べ性能が格段に向上していることが確認されている。特に、図2に示すように、量子効率は



図1、CAT 大口径望遠鏡カメラのために開発した PMT R11920-100-20。光電面を球面のすりガラスにして量子効率を上げている。高電圧電源とアンプを付けて1つのピクセルになっている。

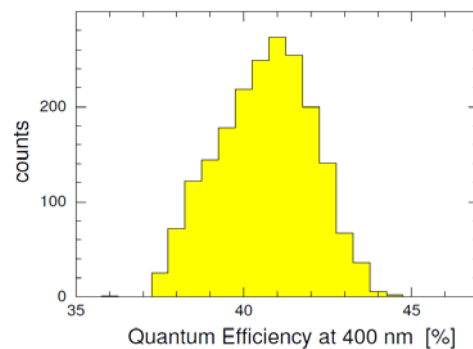


図2、生産されたPMTのピーク量子効率分布。400nmの光に対して平均41%の量子効率を実現している。量子効率の波長スペクトルにチェレンコフ光のスペクトルをかけた、量子効率は30%以上になる。

400nmで平均41%になっている。

この PMT を 7 本束にして読出し回路を組み合わせたものをクラスタと呼んでいる。1 台のカメラには 265 個のクラスタ、すなわち 1855 個の PMT が搭載される。口径 12m の中口径望遠鏡のカメラも同じ構造をしており、本計画で開発している大口径望遠鏡のカメラと部品レベルで交換可能になっている。

全部で100台の望遠鏡を稼働するため、メンテナンスの必要がなく、キャリブレーションを含めて自動化し、故障のないように設計しなければならない。そのため、カメラは密閉し外気から完全に遮断した状態にする。カメラ全体の消費電力は観測中最大6kWになることが見込まれ、これを上回る冷却能力が要求される。冷却システムは大口径と中口径望遠鏡に置いて共通のシステムにすることを目指し、フランス、スペイン、ドイツのグループと共同で開発を行っている。図3に示すように現在スペインで空冷と水冷式システムを組み合わせたテストベンチを制作している。このテストベンチはカメラ1台の半分のクラスタを装着できる。3つの冷却ファンにより空気を循環させ検出器を冷やす。空気の温度は水冷式の熱交換器で調節されるようになっている。さらにPMTを装着するアルミ板に冷却水を循環させ、水冷板の機能も持たせている。

この計画で開発したカメラ検出器はカメラ BOX の中に格納される。この中には電源、ネットワークサーバーなども格納される。また望遠鏡の焦点位置に対してカメラの位置を手動で調節できる機構も備えている(図4)。

現在これらカメラの設計を進めていて、26年度は検出器のキャリブレーションを行った後、カメラ組み立てに進む予定である。



図3、テスト用に製造された PMT クラスタホルダ。1 台のカメラには 7 本の PMT からなる PMT クラスタ 265 個が装着される。この写真はその半分のクラスタを装着する

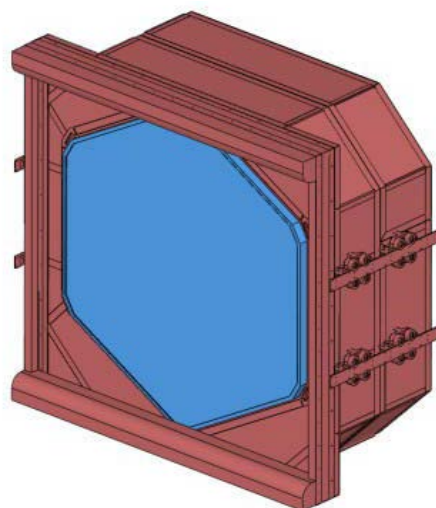


図4. カメラ BOX の概略。約 3m の高さのカメラで、開口部は紫外透過アクリルで密封される。開口部の前に望遠鏡の方向をテストするときを使うスクリーンとカメラを外部環境から守るシャッターが装着される。