

平成 26 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の大口径望遠鏡は2016年に最初の望遠鏡が稼働することを目指して開発を進めている。この大口径望遠鏡の焦点面検出器は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。1台目の望遠鏡をプロトタイプとしてガンマ線望遠鏡MAGICがあるLa Palmaに2016年に建設することが決まっている。この建設に合わせカメラの開発を行っている。

このカメラで使用するPMTは直径4cmの球形光電面を備えており、波長400nmの光に対して量子効率が平均で40%を超えている。各PMTに高電圧電源が取り付けられおりonlineで利得を調節できる。観測はこのPMTを夜光に暴露しながら行う。このため30年以上の寿命を持たせるように利得を 4×10^4 程度に抑える。また測定するチェレンコフ光は数nsの高速パルスで検出されるため、夜光との識別能力を上げるにはPMTの応答速度が重要になる。そのためPMTからの出力信号は半値幅で3 ns以下になるように設定しなければならない。高電圧を上げると利得が高くなり、下げると応答速度が遅くなる。そこで 高電圧が1000V程度で利得と応答速度が要求値を満たすように調節して

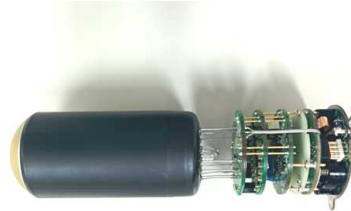


図 1、CTA 大口径望遠鏡カメラのために開発した PMT R11920-100-20。光電面を球面のすりガラスにして量子効率を上げている。量子効率は平均で 40%を超えている。PMT を取り付けしている電子回路のうち、最初の 3 枚が高電圧回路、次が電源ボードで最後にプレアンプボードが取り付けられている。電源ボードとプレアンプボードの間にばねが入っており PMT を常に前面に押し出す構造になっている。この PMT モジュール 7 本をアルミ板に固定し、それにフロントエンドボードをつけてクラスタとし、そのクラスタを 265 個合わせてカメラになる。

いる。生産されたPMTは一部利得が高すぎるものがあり、その分をプレアンプで調節することにした。このプレアンプボードと電源ボードのPMTへの取り付けは修士課程の学生が中心になって行った。PMTを治具にセットして電源ボードを半田付けしてからプレアンプボードを装着し、さらにこのPMTモジュールを焦点面に固定するための土台を取り付けている。このPMTモジュールの制作と並行してPMTのキャリブレーションを行っている。2000本のPMTを効率よく高精度でキャリブレーションするためにはできるだけ自動化したシステムにすることが重要で、宇宙線研究所に学生が集まり共同で開発にあたった。キャリブレーションは同時に6本のPMTモジュールを測定できるように制作されている。読み出しはこのカメラのフロントエンド回路でも採用されているDRS4チップの評価ボードを使い、光源には半導体レーザーに高速回路を取り付けた1ns程度の幅のパルスレーザーを開発した。高電圧と光源を自動で制御しながらPMTの利得、応答速度、アフターパルスなどをできるだけ短時間で測定している。キャリブレーションで得られたデータとその解析結果はデータベース化されネットワークを通じてどこからでも参照できるようになっている。PMTモジュールの制作とキャリブレーションは現在も続けられている。このキャリブレーションは2015年5月までに終了しPMTをクラスタ化した状態でのキャリブレーションへと進む。同時にカメラの制作を進め2016年に望遠鏡に搭載することを目指している。

整理番号 F05

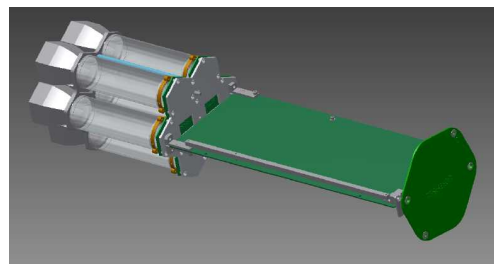


図2、7本のPMTを束ねフロントエンド回路をつけてクラスタにした概念図。先端にはライトガイドが付いている。PMTはそのライトガイドに常に押し付けられる構造になっている。またPMTは0.5mm厚のアルミパイプでシールドされている。

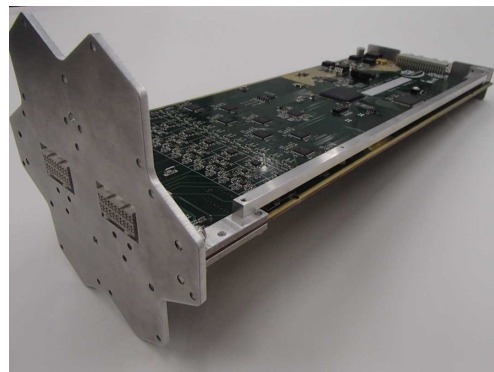


図3、7本のPMTモジュールは50mm間隔でスローコントロール回路と一緒にアルミ板に固定される。このアルミ板に3本のアルミ棒を固定し、その先端にライトガイドを固定するプラスチック板を固定する。このアルミ板とプラスチック板の取り付け精度が重要になる。アルミ板にはフロントエンド回路を固定している。