

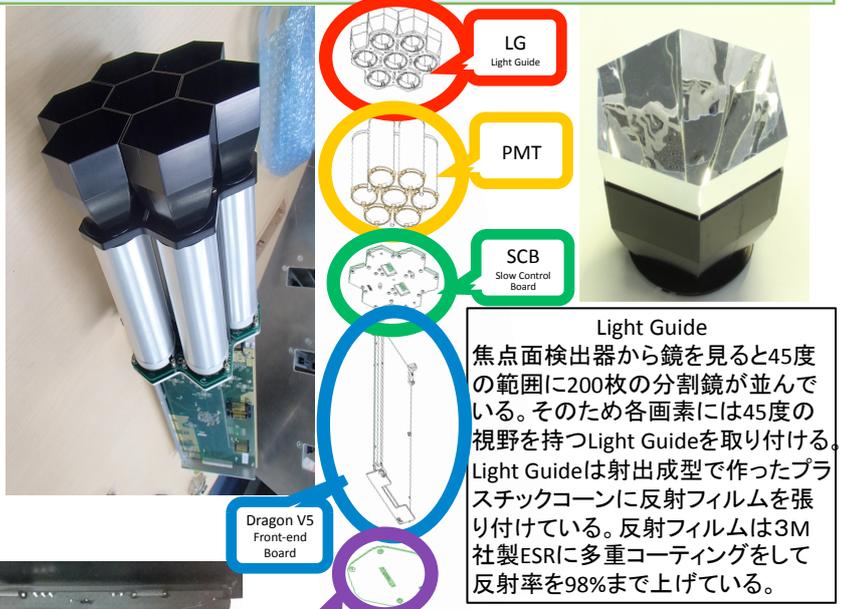
CTA大口徑望遠鏡 焦点面検出器の設計

山本常夏, 掃部寛隆, 猪目祐介, 岸田柊 (甲南大), 大岡秀行, 高橋光成, 手嶋政廣, 中嶋大輔, 花畑義隆, 林田将明 (東大宇宙線研), 窪秀利, 今野裕介, 斎藤隆行, 土屋優吾, 畑中謙一郎, 増田周 (京大理), 寺田幸功, 松岡俊介, 永吉勤 (埼玉大理), 郡司修一, 武田淳希, 門叶冬樹, 中森健之 (山形大理), 澤田真理, 坪根善雄, 馬場彩 (青山大理), 折戸玲子 (徳島大総科), 片桐秀明 (茨城大理), 梅津陽平, 櫛田淳子, 辻本晋平, 友野弥生, 西嶋恭司 (東海大理), 小山志勇 (ISAS/JAXA), 奥村暁 (名大STE) 他CTA-Japan Consortium

CTAの大口徑望遠鏡は23口径のパラボラ鏡を備えている。焦点距離は28mである。カメラの視野は4.5度になり、焦点面検出器は2.2m口径になる。望遠鏡は20秒で180度旋回できる設計になっており、そのためカメラは軽量(2t)かつ加速に耐える構造が要求される。また複数の望遠鏡を20年以上可動させるためには、故障が少なくメンテナンスのいらない設計でなければならない。このカメラの設計について説明する。



光電子増倍管(PMT)
 検出器には浜松フォトニクス社製のR11920-100-20を採用している。CTA用に開発されたPMTで、40Φの光電面は球形でスリガラスになっている。光電面で散乱した光が再び光電面を通過しやすいような設計になっておりこれにより波長400nmの紫外線に対する量子効率が平均で41%になっている。

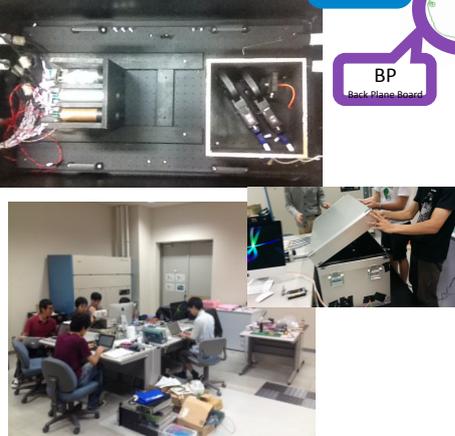


LG Light Guide
PMT
SCB Slow Control Board
Dragon V5 Front-end Board
BP Back Plane Board

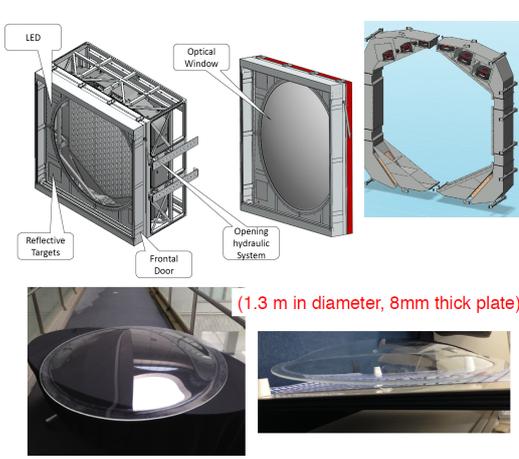
Light Guide
 焦点面検出器から鏡を見ると45度の範囲に200枚の分割鏡が並んでいる。そのため各画素には45度の視野を持つLight Guideを取り付ける。Light Guideは射出成型で作ったプラスチックコーンに反射フィルムを張り付けている。反射フィルムは3M社製ESRIに多重コーティングをして反射率を98%まで上げている。

高圧電源・前置増幅器
 それぞれのPMTにはCockroft Walton型の高電圧回路と前置増幅回路がとりつけられている。このPMTと回路をばねでLight Guideに押し付ける構造になっていて、望遠鏡が旋回したときでも常に光学系の精度が保たれるようになっている。

カメラボックス
 焦点面検出器+カメラ構造体はカメラボックスに装着される。この時、焦点面検出器の位置が前後に調節できる設計になっている。カメラボックスは望遠鏡にマストによって固定されている。またカメラボックスの前には窓がある。このカメラボックスにより密閉構造になっており、カメラ内は外気から遮断されている。窓の外には可動式スクリーンとシャッターが取り付けられ、リモートから制御できるようになっている。この構造により、装置の故障を減らしメンテナンスの必要をできるだけ減らしている。また焦点面検出器の周りには冷却システムが装着されており、内部を空気が循環する事により回路から発生した熱を吸収する。空気に吸収された熱は冷却水によりカメラ外部に運ばれる



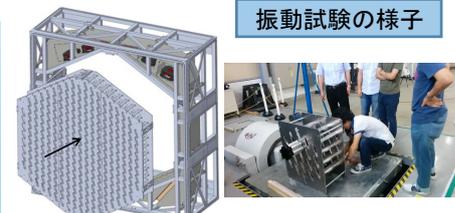
クラスター
 PMTモジュール7本を束ねて、その制御回路であるSlow Control boardとFront-end回路であるDragon V5 boardと合わせてクラスターにしている。クラスターはデータ収集の単位となっていて、検出器制御、トリガー信号の生成、データ収集、中央制御システムとの通信、電源の受け取りと配分等を担っている。焦点面検出器にはこのクラスターが265個装着される。すなわち1855画素のカメラになる。この1855本のPMTモジュールを効率よくキャリブレーションすることが重要になる。左上の写真に示すように一度に8本のPMTモジュールを自動的に測定できるシステムを開発している。またクラスターが輸送時の振動や望遠鏡の旋回に耐えられるか振動試験を日達物流テクニカルセンターで行い、十分な強度のある設計になっていることを確認している。



LED, Optical Window, Reflective Targets, Frontal Door, Opening hydraulic System

(1.3 m in diameter, 8mm thick plate)

振動試験の様子



窓
 窓には紫外透過アクリルである三菱レイオン社製のAcrylite#000を採用する。窓は2.2m口径と通常の規格より大きくなっている。厚さは6mmで、風や加速によるたわみで焦点面検出器を壊さないように、鏡の方向に曲率をつけている。中心付近では20cm程度のたわみを持たせている。1G+20m/sの風に耐える強度になっている。また観測サイトでの暴露試験や熱、紫外線による耐久加速試験も行っている。写真は直径1.3mのアクリルを試験加工したものである。現在直径2.2mのアクリルを加工する方法を開発している。

まとめ
 焦点面検出器とカメラ部品の生産が進められている。生産されたものから組立、動作確認へ進んでいる。PMTモジュールのキャリブレーションはすべて完了しており、クラスター試験へと進む。9月中に19個のクラスターからなるミニカメラを制作し、動作確認を行う。その後スペインでカメラ組み立て+テストを行う予定である。2016年度前半にカメラを完成させ、望遠鏡へ装着、観測へと進む。