CTA報告146: CTA大口径望遠鏡光学系 インストール現状

<u>稲田知大A</u>,野田浩司A,深見哲志A,奥村暁C,加賀谷美佳A,片桐秀明D,黒田隼人A, 齋藤隆之A,千川道幸E,手嶋政廣A,B,藤原千賀己E,山本常夏F,吉田龍生D,李健E他 CTA-Japan consortium

東大宇宙線研^A, Max-Planck-Inst. fuer Phys.^B, 名大ISEE^C, 茨城大理^D, 近畿大理工^E, 甲南大理工^F



cherenkov telescope array



E.

Cherenkov Telescope Array (CTA)

次世代地上ガンマ線望遠鏡群
★三種類(大中小)の口径の望遠鏡
★従来の望遠鏡と比較すると
◆一桁以上の感度向上
◆一桁広いエネルギー帯域(20 GeV - 300 TeV)

★南北のサイトで観測 北 : La Palma(Spain), 南 : Paranal(Chile)



大口径望遠鏡 (Large-Sized Telescope : LST)

★<u>観測エネルギー帯</u> ◆20 GeV - 1 TeV

★<u>光学系仕様</u>

- ◆口径 (D):23 m (~400m²)
- ◆焦点距離(f):28m
- ◆視野:4.5 [deg]



◆主鏡面形状:放物面

■198枚の球面分割鏡により構成

◆反射率:

■>90%@400nm,>85%@300-550nm ◆Active Mirror Control (AMC)システム ■観測中に鏡の方向を補正



地上ガンマ線望遠鏡における光学系の重要性

★バックグラウンド除去能力の向上 ◆ガンマ・ハドロン分離 地上ガンマ線観測ではシャワーイメージ を用いてガンマ・ハドロン分離を行う ■焦点面での結像性能が非常に重要

◆夜光除去能力の向上

放物面鏡は光線の時間同一性という特徴を持つ 信号からの短いパルス幅を保つことが可能 ■放物面のalignmentが必要

望遠鏡光学性能を向上させることで 低閾値化&高感度化へ

望遠鏡焦点面でのシャワーイメージ 6 15 30 60 150 300 1.0 TeV gamma shower 2.6 TeV proton shower H. J. Volk, K. Bernlöhr 2009 チェレンコフ光 (パルス幅~数ns) 夜光 (数百MHz) 時間

分割鏡開発

★<u>分割鏡仕様</u>

- ◆三光精衡所との共同開発
- ◆曲率半径:56.0 58.4 m
- ◆スポットサイズ: D80 < 16.7mm@1f (pixel sizeの1/3の大きさ, 0.33 [deg])
 - •D80:鏡から反射された全光量の 80%が入る円の直径



★製法: Cold Slump 技術



▲ 放物面配置する際に最適配置を行う
 ★ 安価で軽量(~50 kg)な鏡の製造に成功
 ◆ 大量製造段階
 ◆約1000枚の製造が終了 New!!

分割鏡のQuality Control



★2年間に及んだ約1000枚の分割鏡製造は無事終了 ★望遠鏡4台分はすでにラパルマに輸送済み

初号機に載せる198枚の鏡の選定

★望遠鏡放物面のR(計算値)と分割鏡のR(測定値)が合うように分割鏡198枚を選択 ◆放物面Rと分割鏡Rの差は、全ての分割鏡で±3.5%以内に抑えた



7

前回までの建設状況(光学系)

★インターフェースプレートのアセンブリ ■アクチュエータの取り付け,調整等 ◆インターフェースプレートのインストール





観測サイトでの分割鏡インストール準備





向きの調整

- ◆アクチュエータの可動範囲内で基準点
- ◆1度以下の精度で調整(2018春JPS, 深見講演)

★鏡表面の端面にシリコンコーティング

◆端面はガラスが切り出された部分なので、
シリコンをコーティングすることで、水の侵入を防ぎ、鏡の劣化を防ぐ

望遠鏡への分割鏡インストール

★1日の平均インストール枚数:~17枚程度 -> 効率的なインストールを実現
★8月下旬に198枚全てのインストールが終了



05/08:86枚 05/10:99枚 05/11:123枚 05/15:139枚 05/17:161枚



想定される光学系パフォーマンスに向けて

★レイトレースによるシミュレーション結果

ROBAST libraryを用いた(A. Okumura, 2016) ◆入力した条件

- (1)実装された198枚の測定データ曲率半径,
 スポットサイズを実際の配置で入力
- (2)鏡の方向が正しく調整されている
- (3)Active Mirror Control(AMC)が正しく 動作している
 - ■平均5秒角以内での補正ができる見込み
 (JPS2017秋 深見講演)

★現状の作業では、(1)まで終了 Commissioning phaseでは(2)、(3)を満たすた めの光学系キャリブレーションを行う

望遠鏡PSFとoff-axis angleの関係



Commissioningに向けて

- ★PSF Camera:天文用冷却CCD
 - ◆光軸中心に設置
 - ■星像を使って,鏡の方向を調整
 - ■望遠鏡のPSF実測
- ★以下を満たすようにレンズ(焦点距離)を決定
 - ◆視野:7.7 deg × 5.8 deg (H×W)
 - ◆解像度:0.00233 deg/pix (~ 1/12×PSF@1MIR)
- ★読み出し(イーサネット)&解析ソフトウェアも準備中





秋頃から望遠鏡に搭載し,試験運用予定



- ★分割鏡製造・Quality Control
 - ◆望遠鏡4台分,約1000枚の製造が終了
 - ◆曲率半径の理想分布を満たし、PSFはspecよりも20%良い平均値
- ★分割鏡インストール
 - ◆198枚の分割鏡全てのインストールが終了した
- ★望遠鏡 Commissioning
 - ◆First lightに向けて, 順次鏡のカバーを外していき, 鏡の方向調整を行う
 - ◆PSF Cameraのセットアップが進行中
 - ■星像を使って,鏡の方向調整, PSF実測
 - ■光学系Commissioningは秋開始,1-2ヶ月を予定