CTA大口径望遠鏡用分割鏡の 結像性能評価

2018年3月17日 @千葉大学西千葉キャンパス 黒田 隼人, 加賀谷 美佳, 稲田 知大, 齋藤 隆之, 手嶋 政廣, 中嶋 大輔, 林田 将明, 深見 哲志(東大宇宙線研), 奥村 曉 (名大 ISEE), 片桐 秀明, 吉田 龍生 (茨城大理), 千川 道幸, 李 健 (近畿大理工), 野田 浩司 (IFAE), 山本 常夏 (甲南大理工), 他 CTA-Japan コンソーシアム

Table of Contents.



2. 球面分割鏡製造状況と品質管理

3. 北サイトでの抽出検査

4. 二重混合ガウス分布: 新たな点広がり関数の定義とその影響

CTA計画 | 大口径望遠鏡

CTA計画の内で最大の口径を持つ望遠鏡 20 GeV - 1 TeVの低エネルギー帯を担当 198 枚の球面分割鏡から構成される 北サイト(La Palma島)には4台配置 2018年に初号機完成予定

LST Specification	
主鏡直径	23 m
視野	4.5 °
焦点距離	28 m (f/D = 1.22)
主鏡面	放物面
焦点面カメラ	光電子増倍管 1855 本
カメラピクセルサイズ	50 mm (0.1°)

※前講演で十分説明されていればこのスライドはスキップします



cherenkov telescope array

CTA observatory



LST上での配置場所に対応した焦点距離28-29.2 mの球面鏡

三光精衡所との共同開発

対辺1.51 m、重量50 kg

結像性能の要求水準はD80(像の光量80%が入る円の直径)<16.7mm = カメラピクセルサイズの1/3未満







4



2016-2017年度に製造された分割鏡(750枚)の光学性能分布

製造元に対するフィードバックを行い品質管理も実施



結像性能(D80)

焦点距離



1f法 | CTA北サイトでの分割鏡集積場に合わせた新たな測定法 レファレンスとなる鏡(reference mirror)を用いて<mark>平行光</mark>を入射する



像の大きさは2つのガウス分布が畳み込まれたものになる。 今回は現地へと輸送された分割鏡の約1/5にあたる52枚に対し本抽出検査を実施

北サイトでの抽出検査 | 測定結果 | 焦点距離 (につ therenkow



測定間の差は見られない



輸送前後での焦点距離の変動はない

cherenkov 北サイトでの抽出検査 | 測定結果 | D80 telescope array



*2つの測定による差は10%程度

- * mean=0となることを期待したが、実際は2つの差分 > 0
- * D80は鏡面精度により決定されるため小さくなる変形は考えにくい
- * まだ評価しきれていない誤差が存在する? (アラインメント、スクリーンによる散乱…)

Table of Contents.



2. 球面分割鏡製造状況と品質管理

3. 北サイトでの抽出検査

4. 二重混合ガウス分布: 新たな点広がり関数の定義とその影響

二重混合ガウス分布 | モチベーション (cherenkov cta telescope array

分割鏡を2つの領域に分割(面積は等分割)して光学性能評価を行うと…?







分割鏡の結像性能は鏡面上の位置により異なる





二重混合ガウス分布 | 定義と手順 (たる) cherenkov telescope

 $f(r;\sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} r \exp\left[-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right]$

O halo ハロー成分の標準偏差 р

ノルカの宗竿冊左

2つのガウス分布の混合比

- 得られた像をx軸及びy軸方向に射影 1.
- 得られた各ヒストグラムに対して以下の分布関数を仮定し最小2乗フィッティング 2. (誤差はエントリー数の平方根)

$$f(x;\alpha,\mu_1,\sigma_1,\mu_2,\sigma_2) = \alpha \times \exp\left[-\frac{(x-\mu_1)^2}{2\sigma_1^2}\right] + (1-\alpha) \times \exp\left[-\frac{(x-\mu_2)^2}{2\sigma_2^2}\right]$$

2つのガウス分布の面積比を比較(混合比に対応) 3. 4. 得られた結果を二乗平均し分割鏡の結像性能とする (誤差は基準となる分割鏡に対する複数回測定により定める)

53枚の分割鏡に対し実施



omainの分布

onaloの分布









青線|重心から25 mm(ヵメラ1ピクセル)以上遠くに分布する光量の割合

▶ 多くの分割鏡が1-2%程度の光量流出

二重混合ガウス分布 | LSTに搭載する際の影響



LST主鏡にこれらの分割鏡を用いるとどうなるか?

光線追尾シミュレーションを用いてハローの有無
 が異なる分割鏡を再現し、これらの分割鏡を搭載
 したLST同士の結像性能を比較
 シミュレータ: ROBAST A.Okumura, 2016



Set Up

分割鏡の鏡形状	球殻^正六角形で定義
ノ」ロリッ元マノッ元ハン1八	が成 エハ円がくた我

焦点距離

分割鏡結像性能

理想的な分布を仮定

ハローの有無に応じて2種の分割鏡を定義 ハロー成分あり | 典型的なp, σ_{main} , σ_{halo}

ハロー成分なし | 上記の分割鏡と同等のD80を持つ

 $\sigma_{
m main} = 3.82
m mm$ $\sigma_{
m halo} = 13.6
m mm$ p = 0.906

D80@f = 15.3 mm

二重混合ガウス分布 | 光線追尾シミュレーション | 結果 (CCC) telescope



分割鏡のPSF形状はLST全体の結像性能に影響を与えない 今後はevent triggerへの影響を考える必要がある





*LSTに搭載される球面分割鏡の品質管理を行った

- * 輸送された分割鏡の約1/5に対して抽出検査を行い、焦点距離の変動 がないことを示した
- *結像性能の2測定間の差が10%程度である事がわかった
- * 分割鏡の結像性能が一様ではないことに着目し、分割鏡のPSFとして 二重混合ガウス分布を考案した
- * 上記のPSFを持つ分割鏡を光線追尾シミュレータを用いて再現し、 LSTの結像性能に対して影響を与えないことを示した
- * 今後はこのような分割鏡を搭載した際のevent triggerへの影響を調査