





黒田隼人, 稲田知大, 加賀谷美佳, 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

写真|建設途中のLST初号機 (9/7)

### Table of Contents.



- ・大口径望遠鏡と分割鏡
- · 既存の分割鏡性能評価法(2f法)とその問題点
- · La Palmaでの新性能評価法(1f法)とその結果
- ・まとめ

## 大口径望遠鏡とは?



英名 Large-Sized Telescope | LST

CTA計画の内で最大の望遠鏡

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)には4台配置予定

#### LST Specification

主鏡直径 23 m

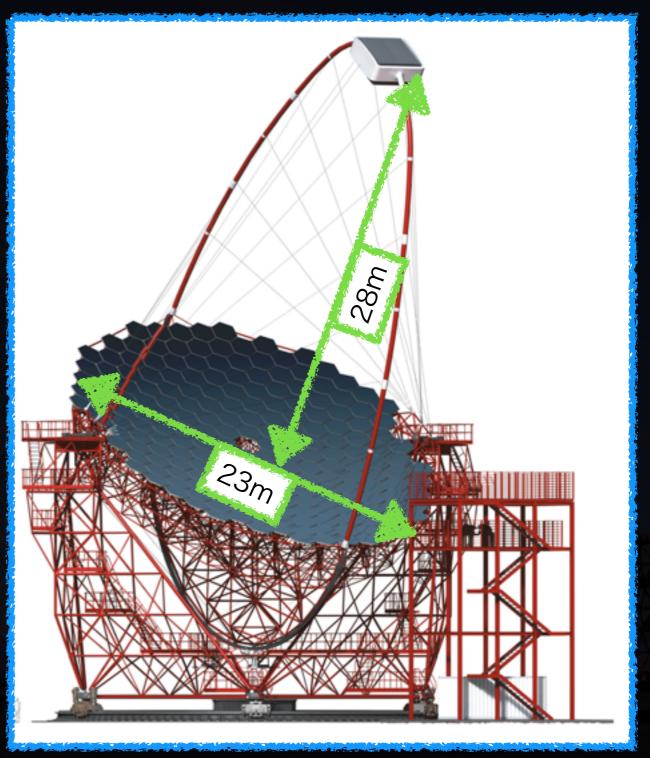
視野 4.5°

焦点距離 (f/D) 28 m (0.82)

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



CTA observatory

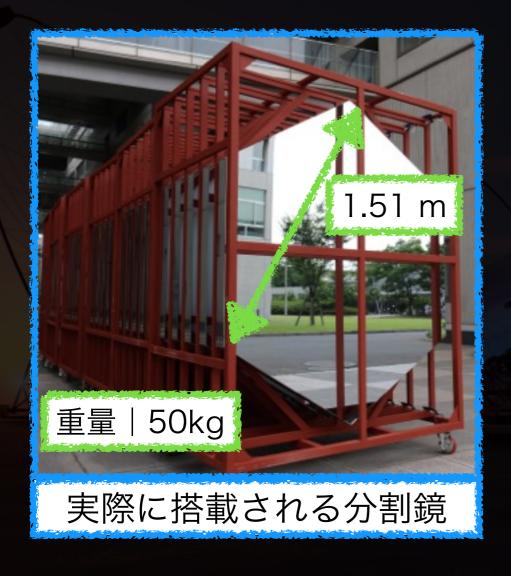
# 球面分割鏡とは?

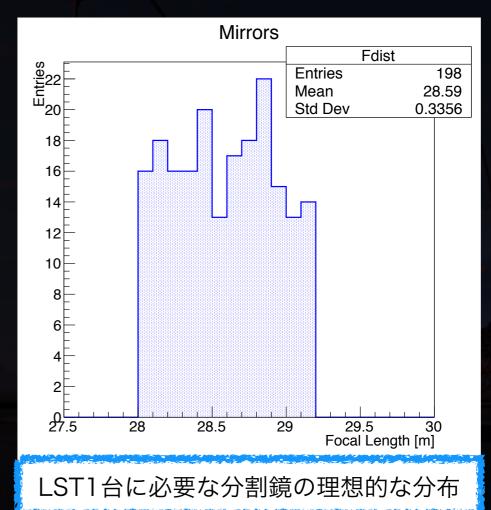


LST上での配置場所に対応した焦点距離28-29.2 mの球面鏡 対辺1.51 m

型にガラスを押し付け曲率を記憶させるCold Slump製法 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







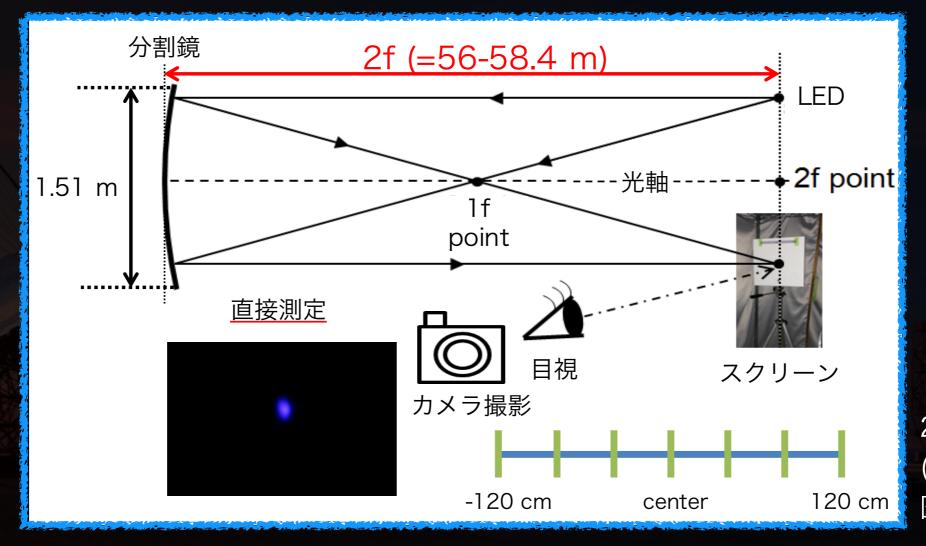
## 分割鏡に対する性能評価試験(2f法) (Cta)



cherenkov telescope

焦点距離の二倍の距離(球面の曲率半径)だけ離れた点光源より光を放射 得られた像をデジタルカメラを用いて撮影し光量分布を計算 測定可能な光学パラメータ | 焦点距離、D80

60m程度の奥行きがある広い空間が必要



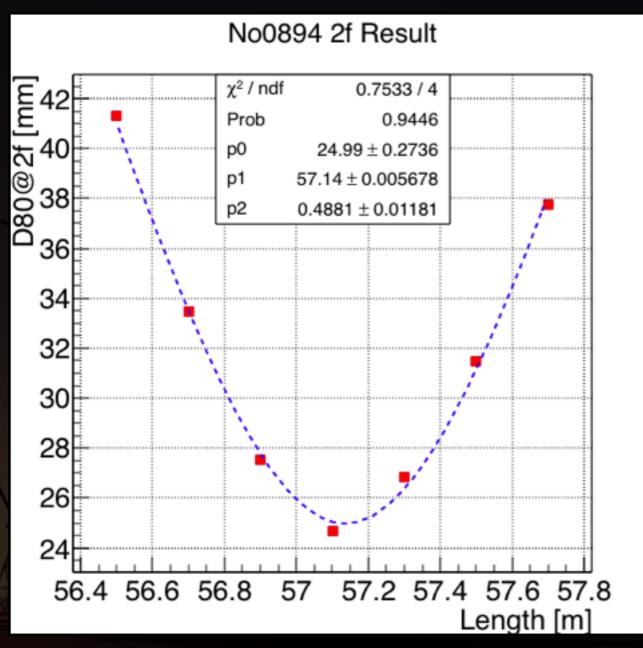
2016年 長 (修士論文)の 図を一部改変

## 分割鏡に対する性能評価試験(2f法) (Cta)

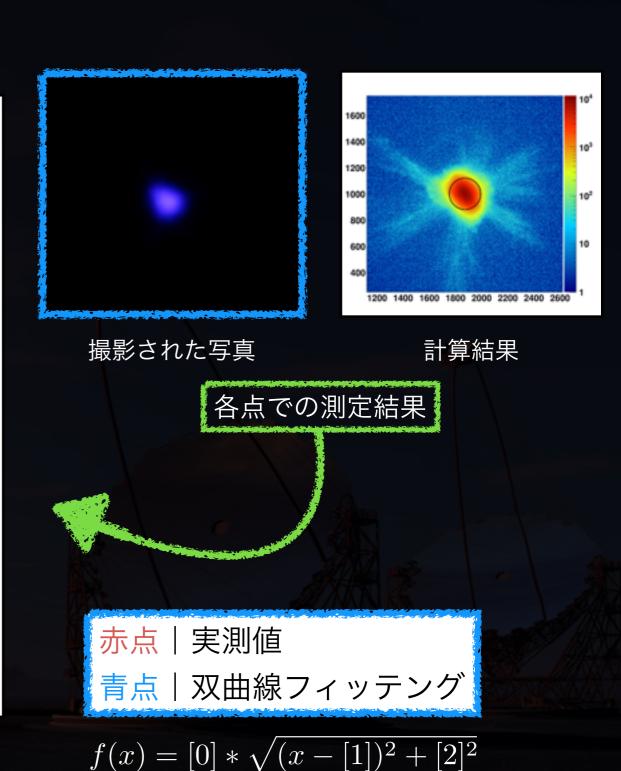


cherenkov telescope

#### 7点測定し結果を統合

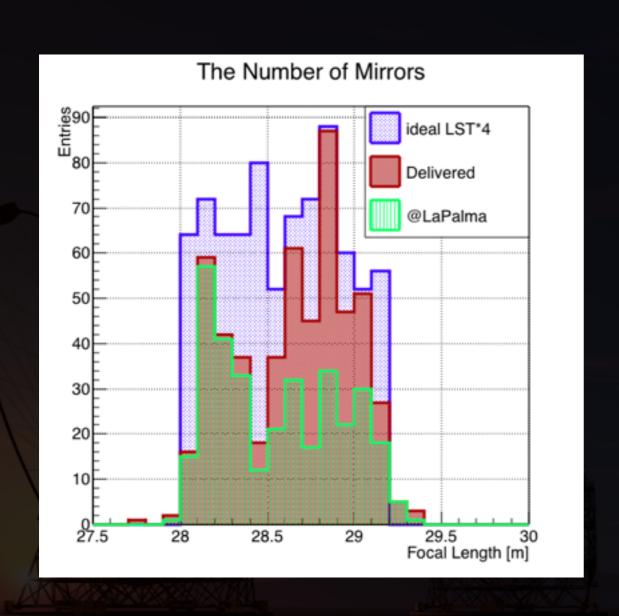


D80が最小となる点の半分の距離を 分割鏡の焦点距離とする



# 現在の分割鏡製造状況





青色 | LST4台の製造に必要な分割鏡

赤色|既に納入済の分割鏡

緑色 | La Palmaに運送済の分割鏡

既に300枚以上の分割鏡をLa Palmaへ と運送済

今後は焦点距離の短い鏡を製造してゆく 予定

### 現地での分割鏡性能評価の必要性と困難(Cta)



\* 分割鏡の現地への運送は約2ヶ月にも渡る長い船旅



物品の品質に変化がないか確認する必要

\* La Palmaでの分割鏡の保管先は現地の倉庫(奥行き40m程度)



2f法では検査を行うこと ができない!

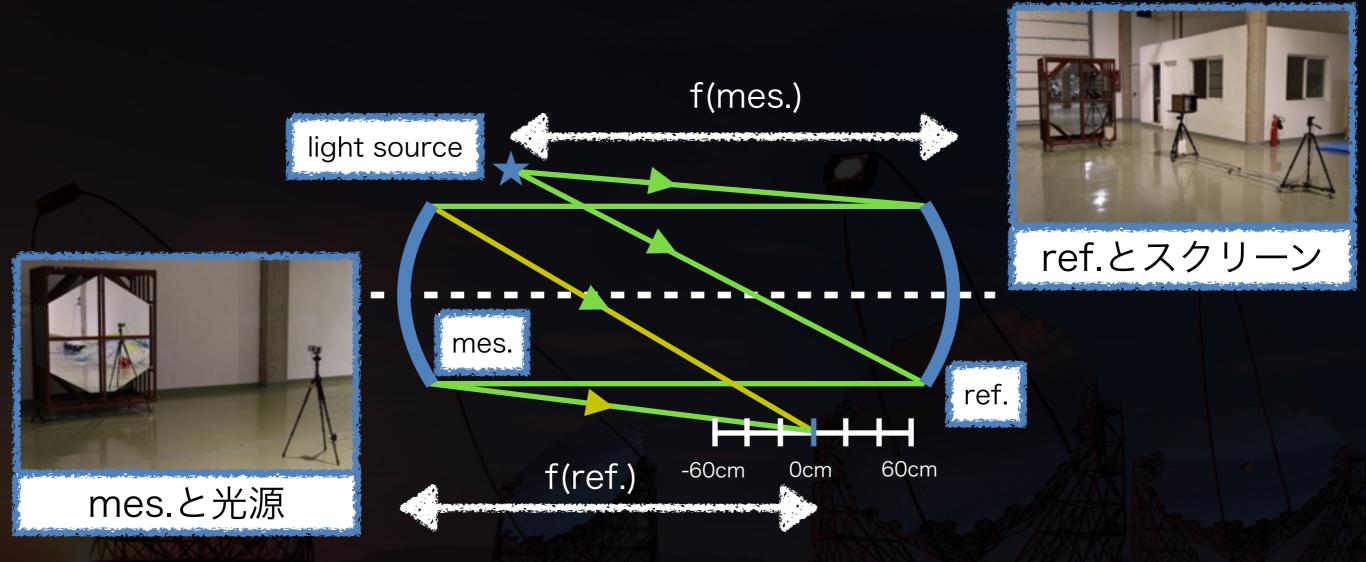


性能評価の省スペース化が必要!

# 新たな性能評価試験(1f法)



結像性能のよい鏡(reference mirror)を用いて平行光をつくる! 平行光を測定したい鏡(measured mirror)に入射し結像させる

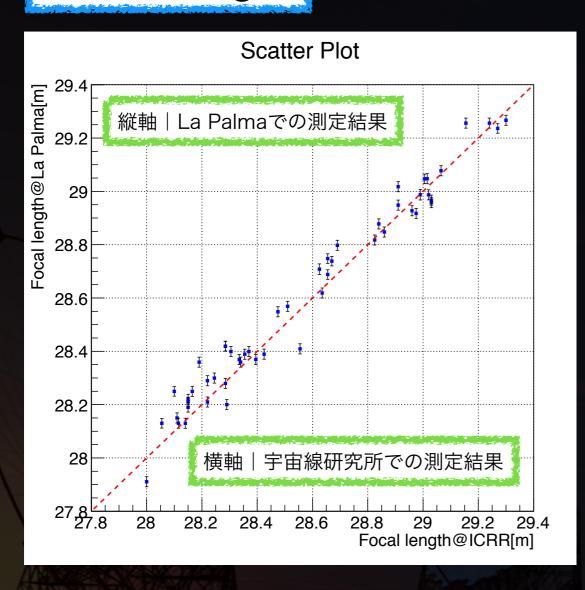


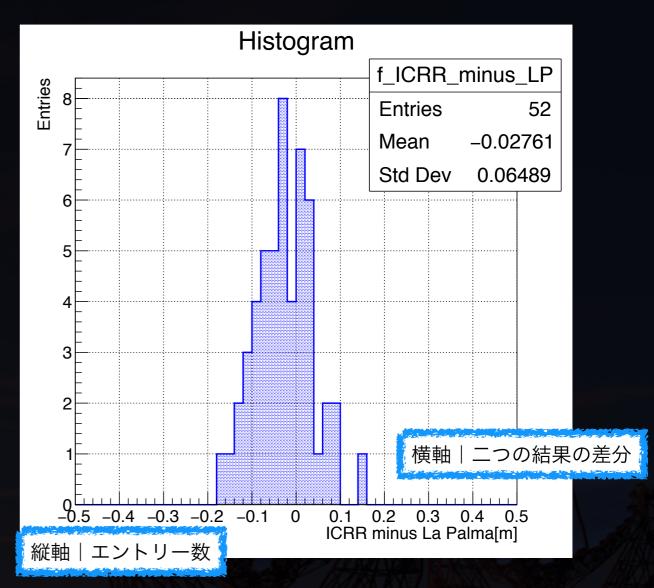
D80はref.の影響も受けるため測定結果からのデータの再構成が重要になる。 今回はLa Palma島に納品された分割鏡の約1/5にあたる52枚に対し1fを実施

# Result | Focal Length



### Focal Length





\* mes.とスクリーン間の距離測定で生じる誤差(設置精度、鏡の傾き)を±5cmと仮定

sigma=0.06 m (0.1%程度の変動) 外れ値はなし



LST全体の結像性能には問題ない

# 結像性能の比較方法



仮定|分割鏡から放たれた反射光の強度分布はガウス分布に従う



観測される反射光の分散は2枚の分割鏡の影響を受ける

$$\sigma_{\rm obs.} = \sqrt{\sigma_{\rm ref.}^2 + \sigma_{\rm mes.}^2}$$



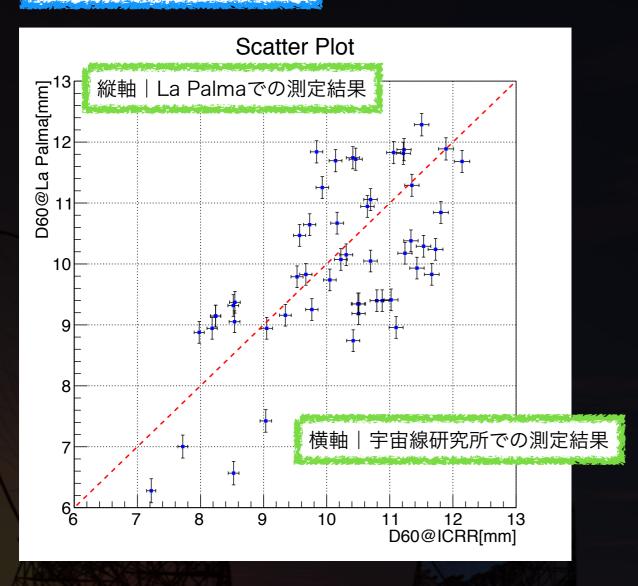
像のtail成分を無視し、よりガウス分布に近い

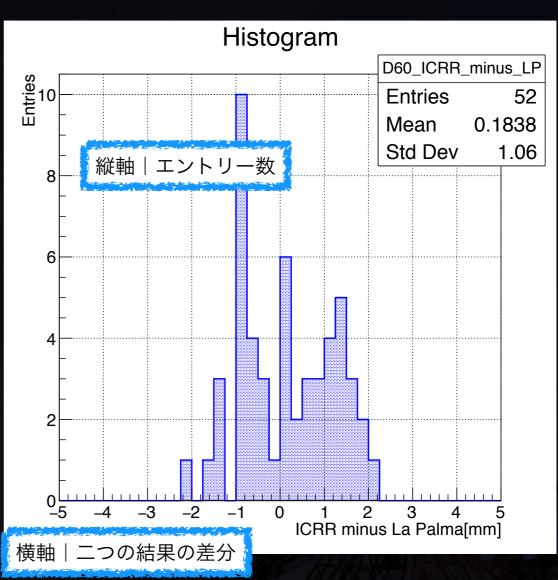
D60(全体光量の60%が入る円の直径)を用いて結像性能を評価

# Result | 結像性能(D60)



### 結像性能(D60)





\*宇宙線研究所での測定よりD80の1%を誤差として設定

差分のmean, sigma | 実験精度によるものか変形によるものか判別が不可能であるが、LST全体の結像性能には問題がない範囲

# Summary.



- ・来年度にLST初号機が完成予定
- ・500枚以上の分割鏡の納品が完了しており、うち300枚以上が既にLa Palmaへと到着済
- ・現地に到着した分割鏡の約1/5に対し抽出検査を 実施し、大きな変形等がないことを確認した
- ・今後は結像性能に関するより詳細な評価を行い つつ分割鏡配置の最終決定を行う予定