

CTA 報告137: CTA大口径望遠鏡分割鏡性能評価 と開発状況について

稲田知大^A, 手嶋政廣^{A,B}, 野田浩司^C, 奥村暁^D, 加賀谷美佳^A, 片桐秀明^E, 黒田隼人^A,
齋藤隆之^A, 千川道幸^F, 中嶋大輔^A, 深見哲志^A, 林田将明^G, 山本常夏^H, 吉田龍生^E,
李健^F 他CTA-Japan consortium

東大宇宙線研^A, Max-Planck-Inst. fuer Phys.^B, IFAE^C, 名大ISEE^D, 茨城大理^E,
近畿大理工^F, 千葉大^G, 甲南大理工^H



Cherenkov Telescope Array (CTA)

次世代地上ガンマ線群

- ★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(20GeV ~ 300TeV)
- ★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)

★観測エネルギー帯

◆20GeV - 1TeV

★光学系仕様

◆口径(D) : 23m

◆焦点距離(f) : 28m

◆視野 : 4.5°

◆カメラPixelサイズ : 0.1° (50 mm)

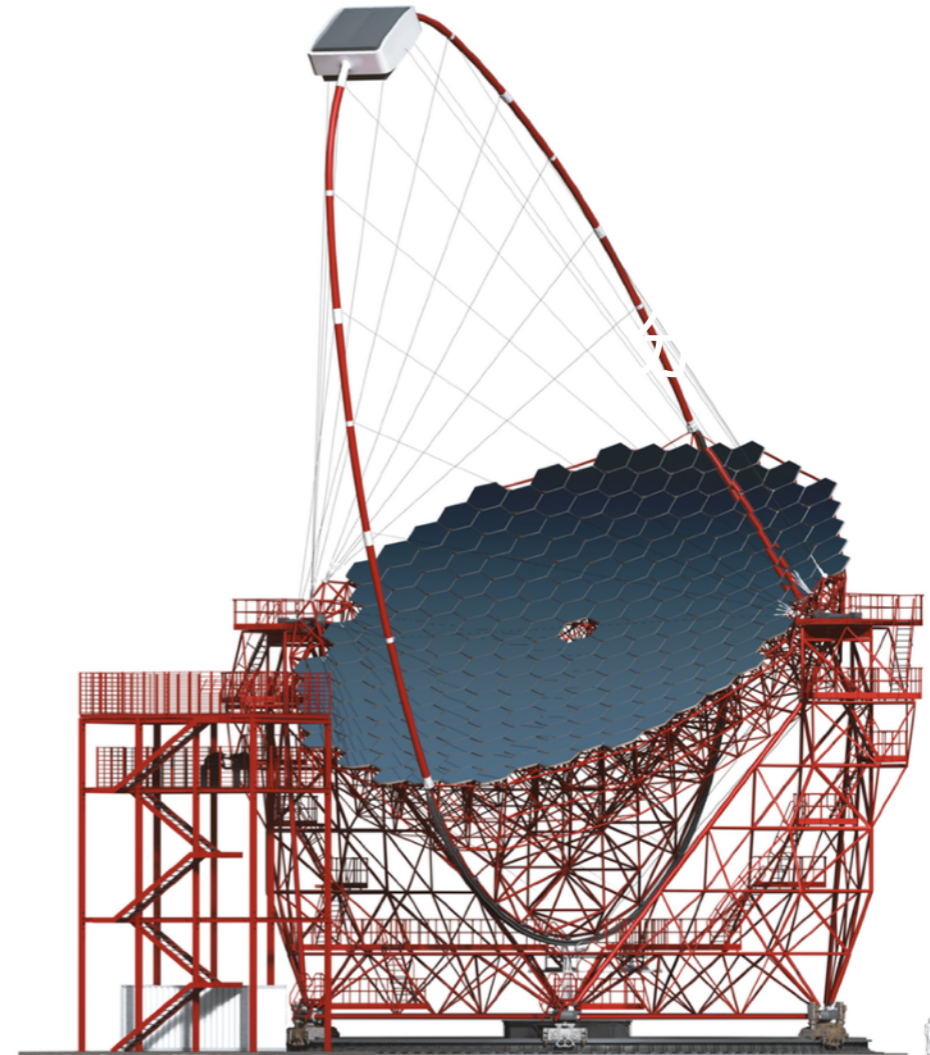
◆主鏡面形状 : 放物面

■198枚の球面分割鏡により構成

★CTA北サイト : La Palma

◆Roque de los Muchachos observatory,
La Palma, Spainに初号機を建設中

◆合計4台建設予定



Credit: <https://www.cta-observatory.org>

CTA-LST 建設状況@La Palma



- ★分割鏡インストール：4 - 5月
- ★カメララインストール：今夏予定

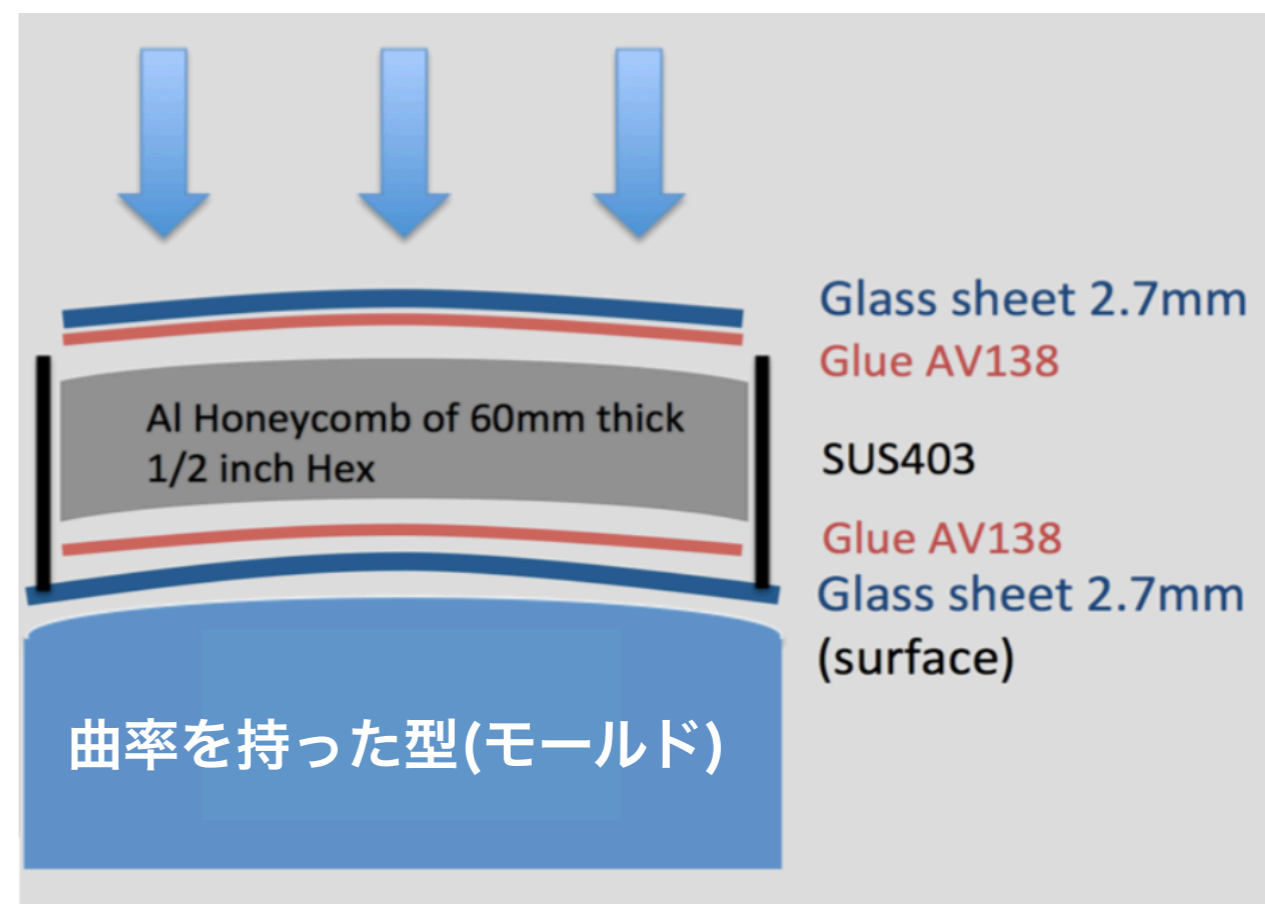
分割鏡開発

★分割鏡仕様

- ◆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)
 - ・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



- ★モールドは6種類の曲率を用意
 - ◆放物面配置する際に最適配置を行う
- ★安価で軽量(~50kg)な鏡の製造に成功
 - ◆大量製造段階
 - ◆今年度内に合計約900枚がほぼ製造終了

分割鏡の性能評価

目的

使用する分割鏡一枚一枚の性能を評価

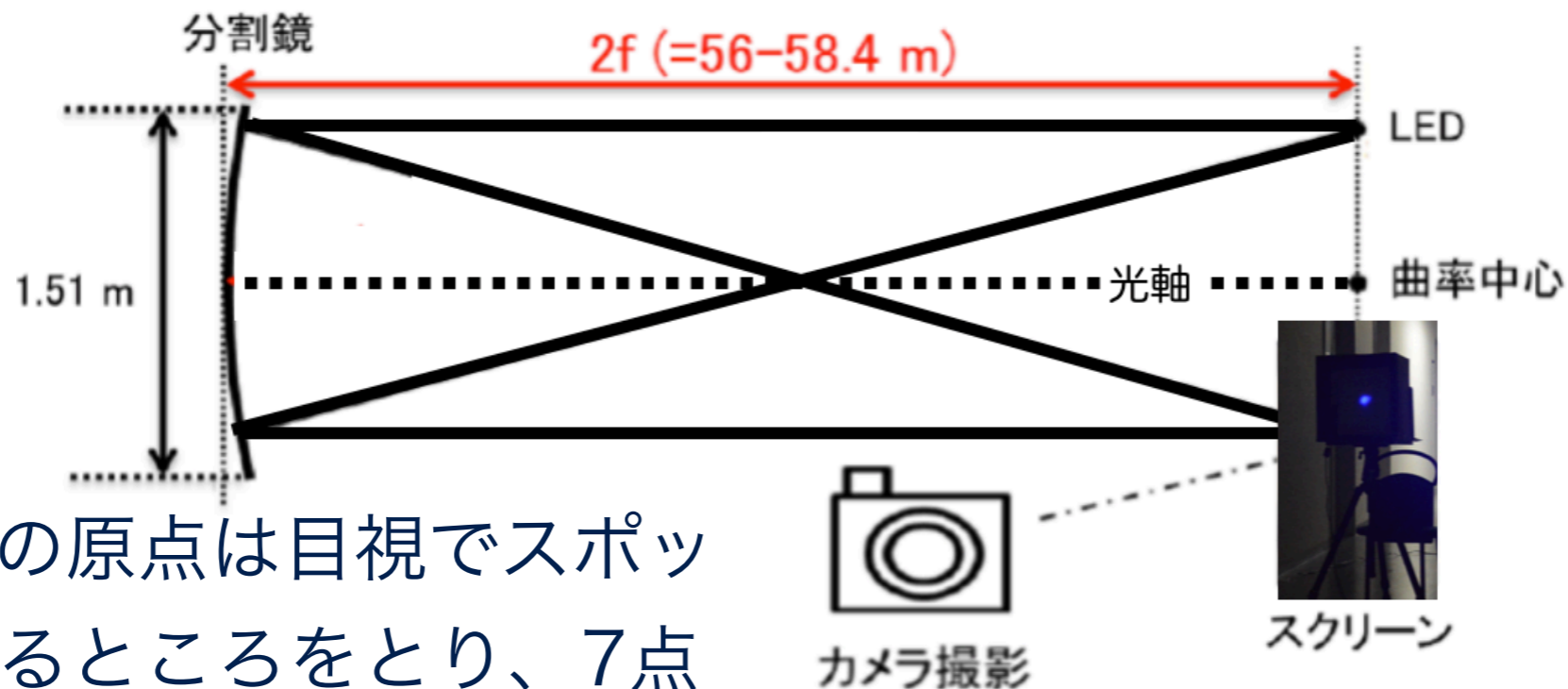
★品質管理のための測定

★望遠鏡放物面への配置の最適化

性能評価手法：2f法

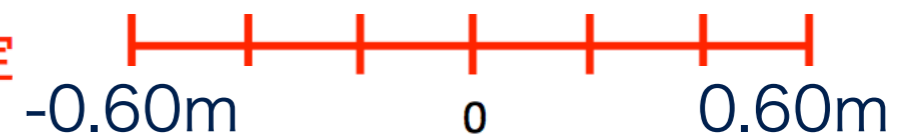
★曲率半径(R)だけ離れた点光源からの反射像の広がりを測定

★像の広がりを結像性能(D80)として解析

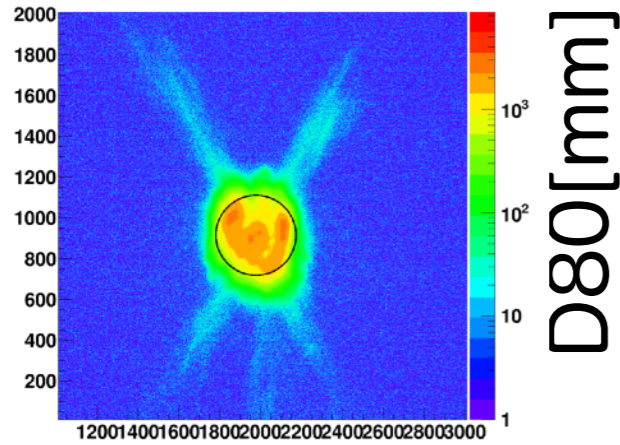


★測定のための原点は目視でスポットが小さくなるところをとり、7点測定後、双曲線でfittingする。

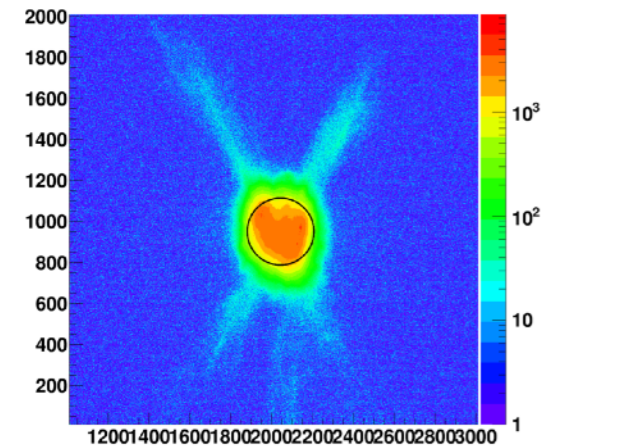
@ICRR測定



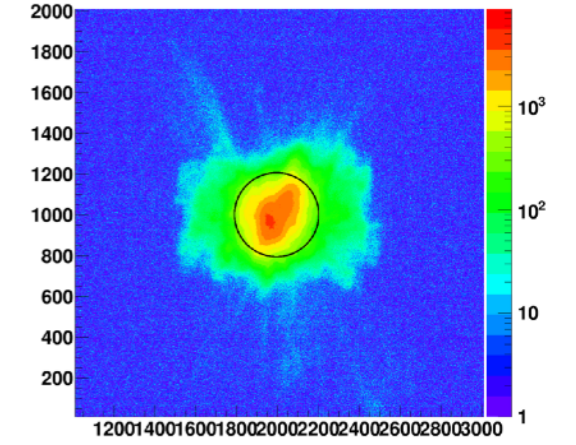
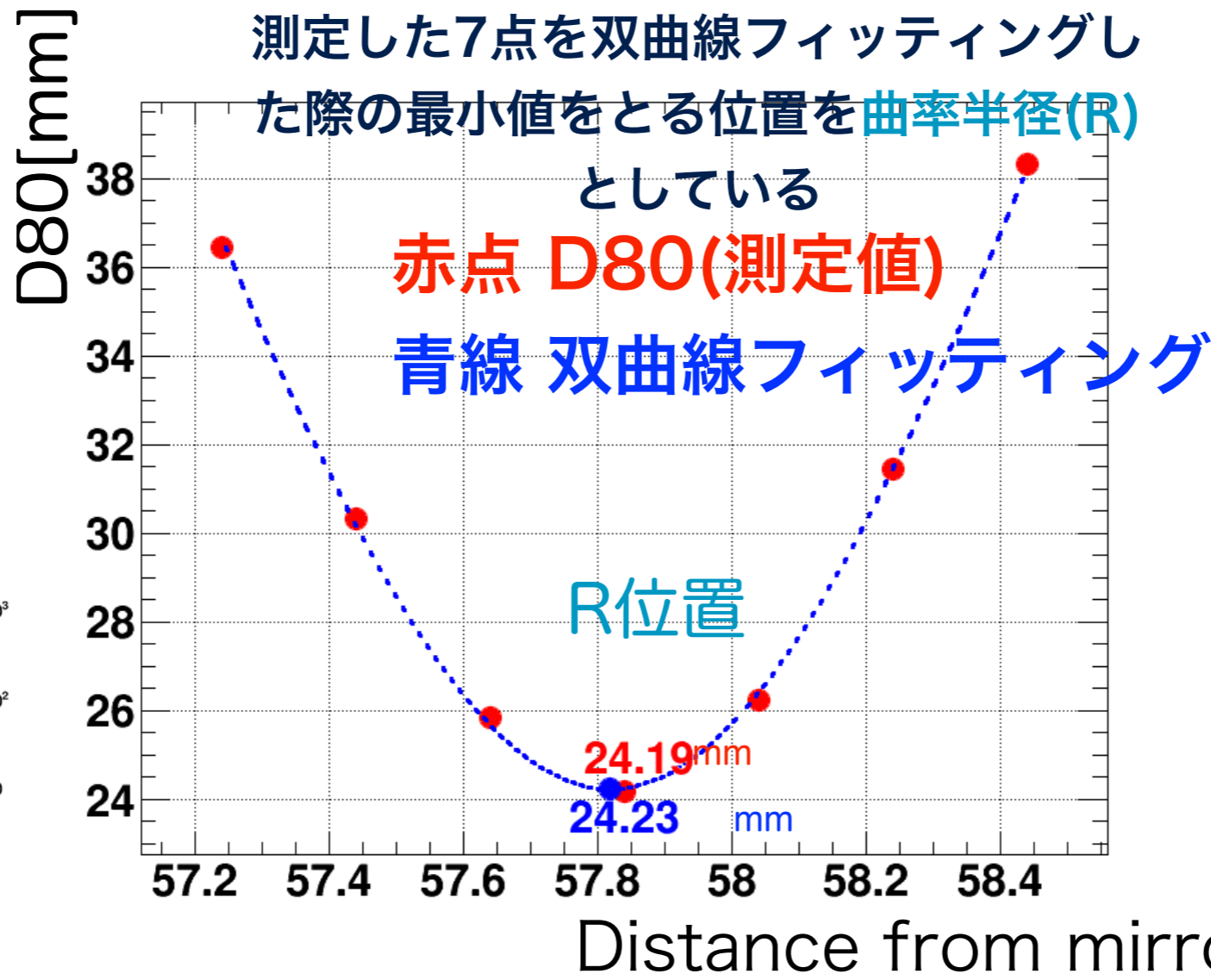
2f測定で得られたスポットイメージとD80



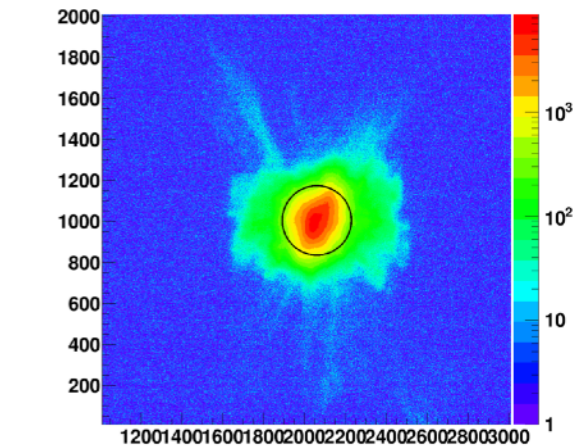
-0.60m



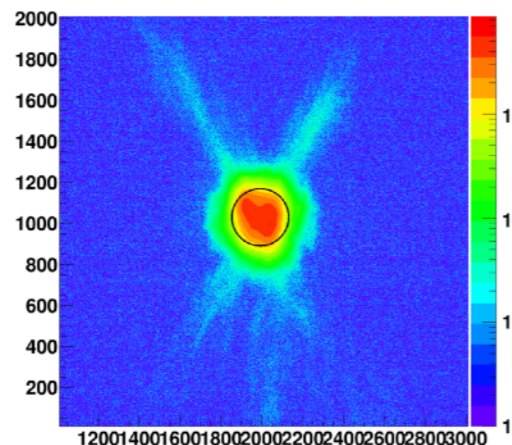
-0.40m



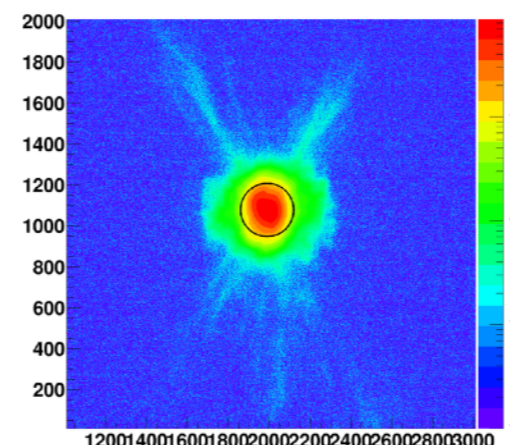
+0.60m



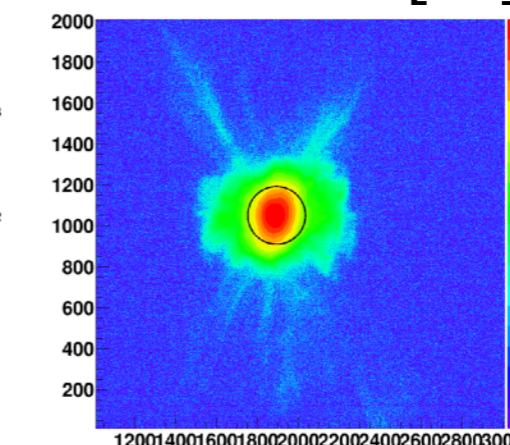
+0.40m



-0.20m



0m



+0.20m

スポットイメージの光量は全てlog scale

分割鏡の性能評価結果(宇宙線研+三光精衡所)

検査の流れ

- (1)納品前に三光精衡所で全数検査
- (2)納品後に宇宙線研で抽出検査(当初100%, 後に20%)

曲率半径(R)

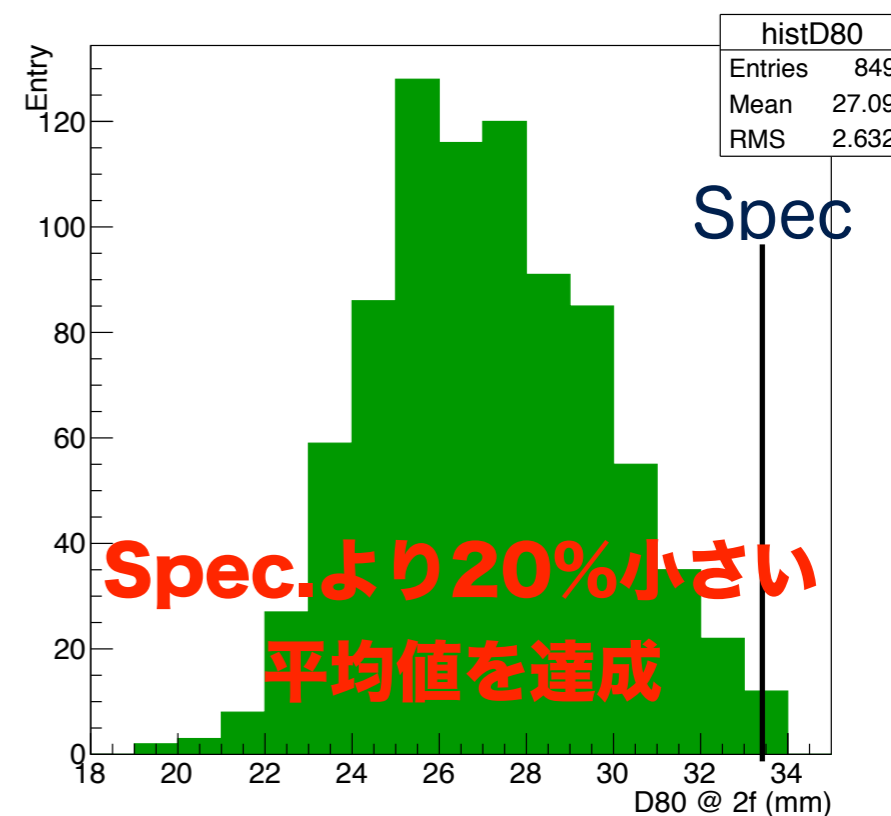
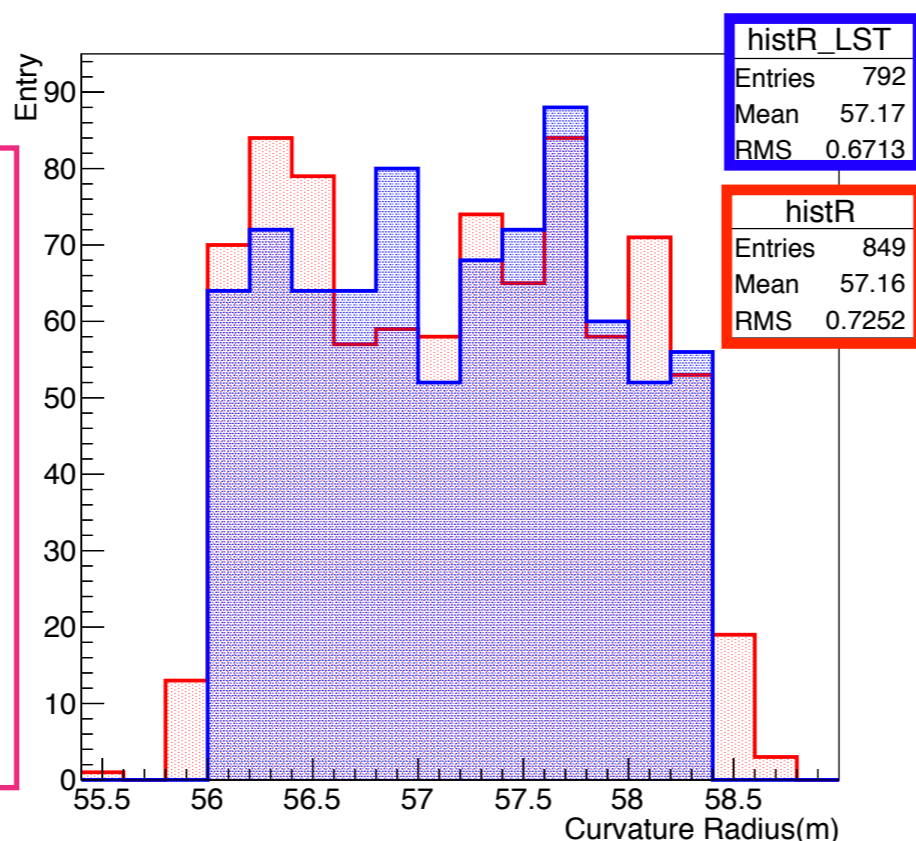
Spec. 56.0 - 58.4m

スポットサイズ(D80)

Spec. D80@2f<33.3mm

青: LST1台分ごとを理想的な放物面と考慮して、それを4台分製造したときの分布。

赤: 測定結果
(三光精衡所+宇宙線研)



★分割鏡製造はほぼ終了、望遠鏡3台分はすでにラパルマに輸送済み

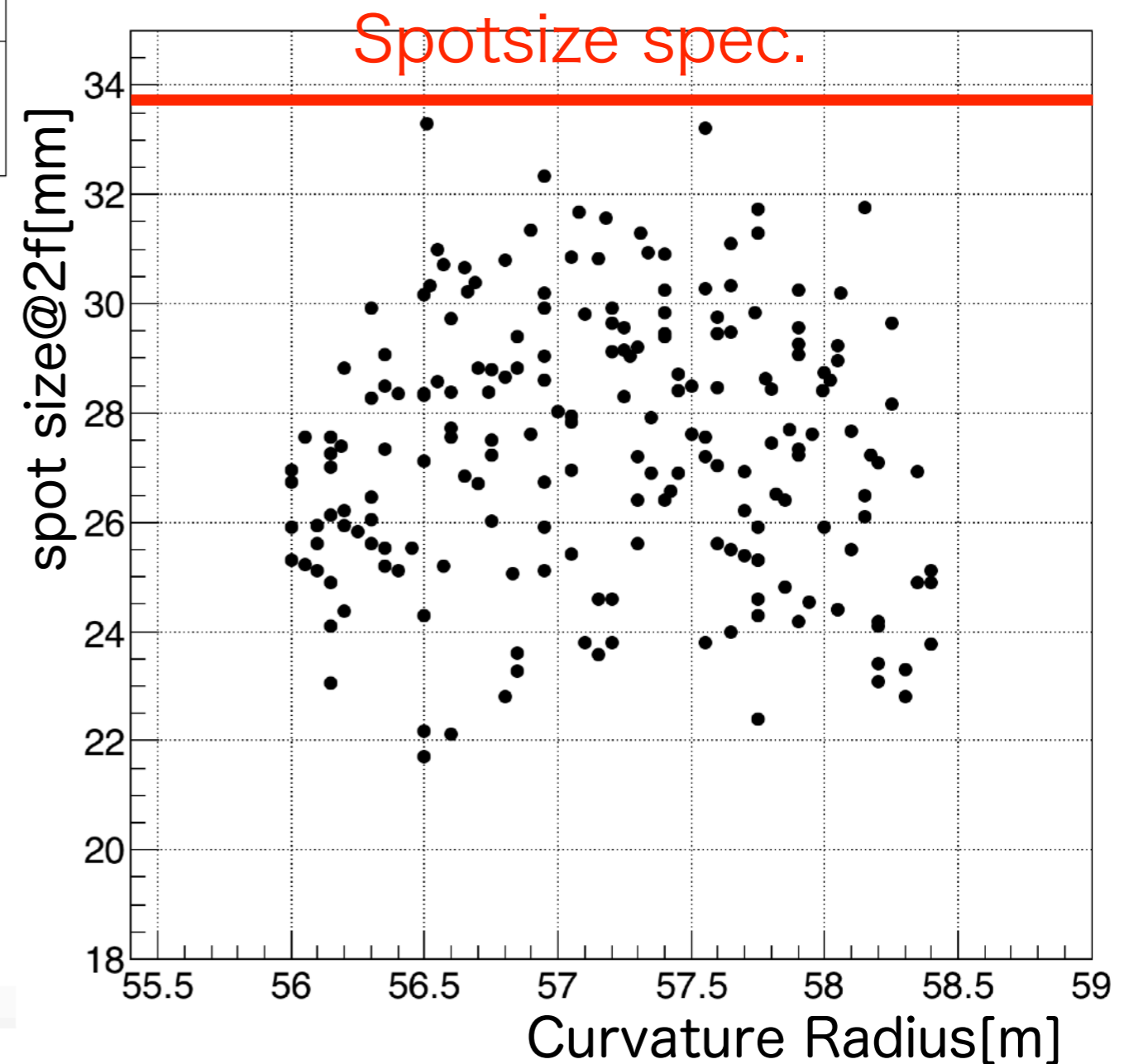
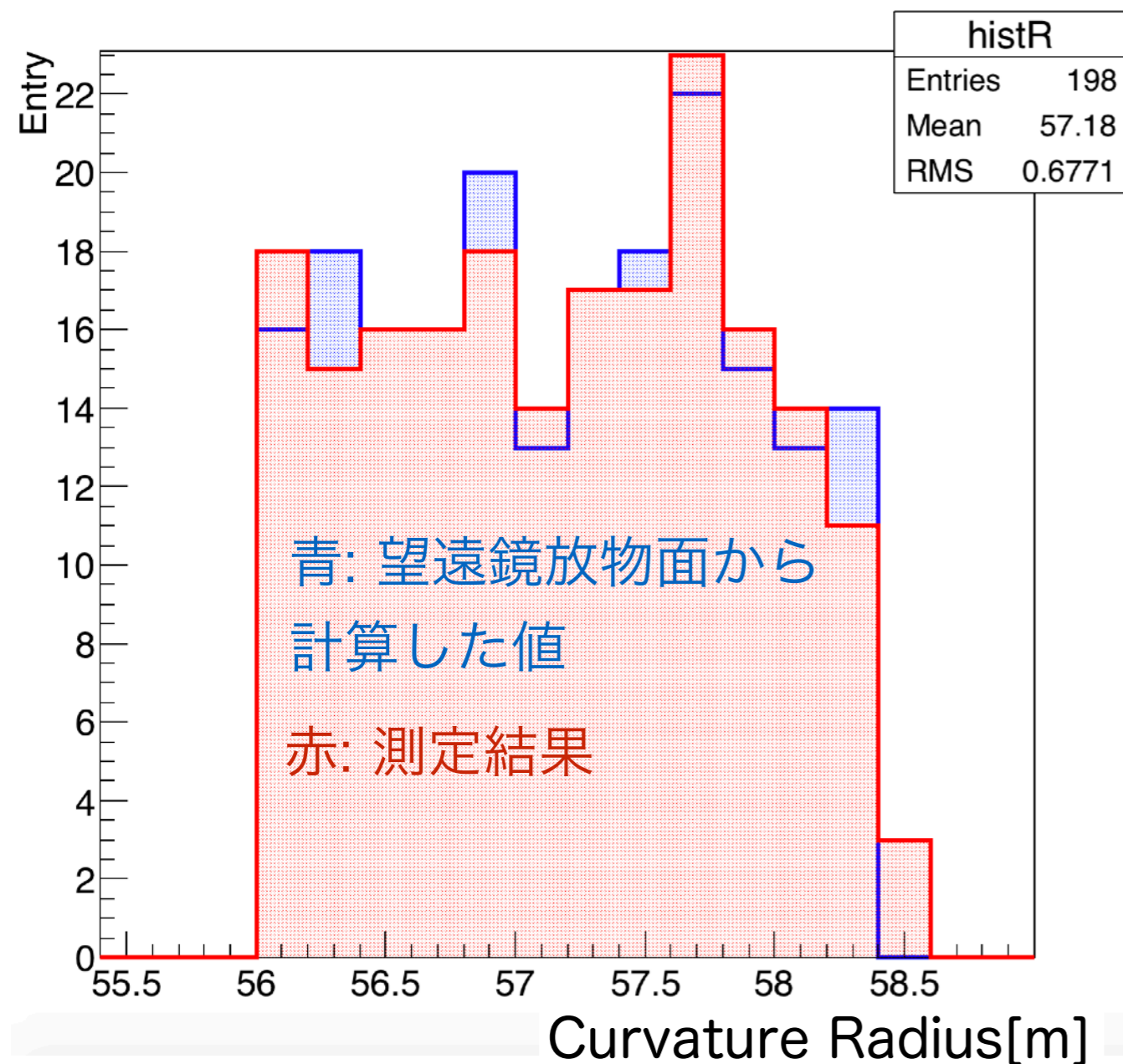
★残りは年度内に納品、順次ラパルマへ輸送

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 $\pm 0.2\text{m}$ 以内

■2f法での7点測定の間隔に相当



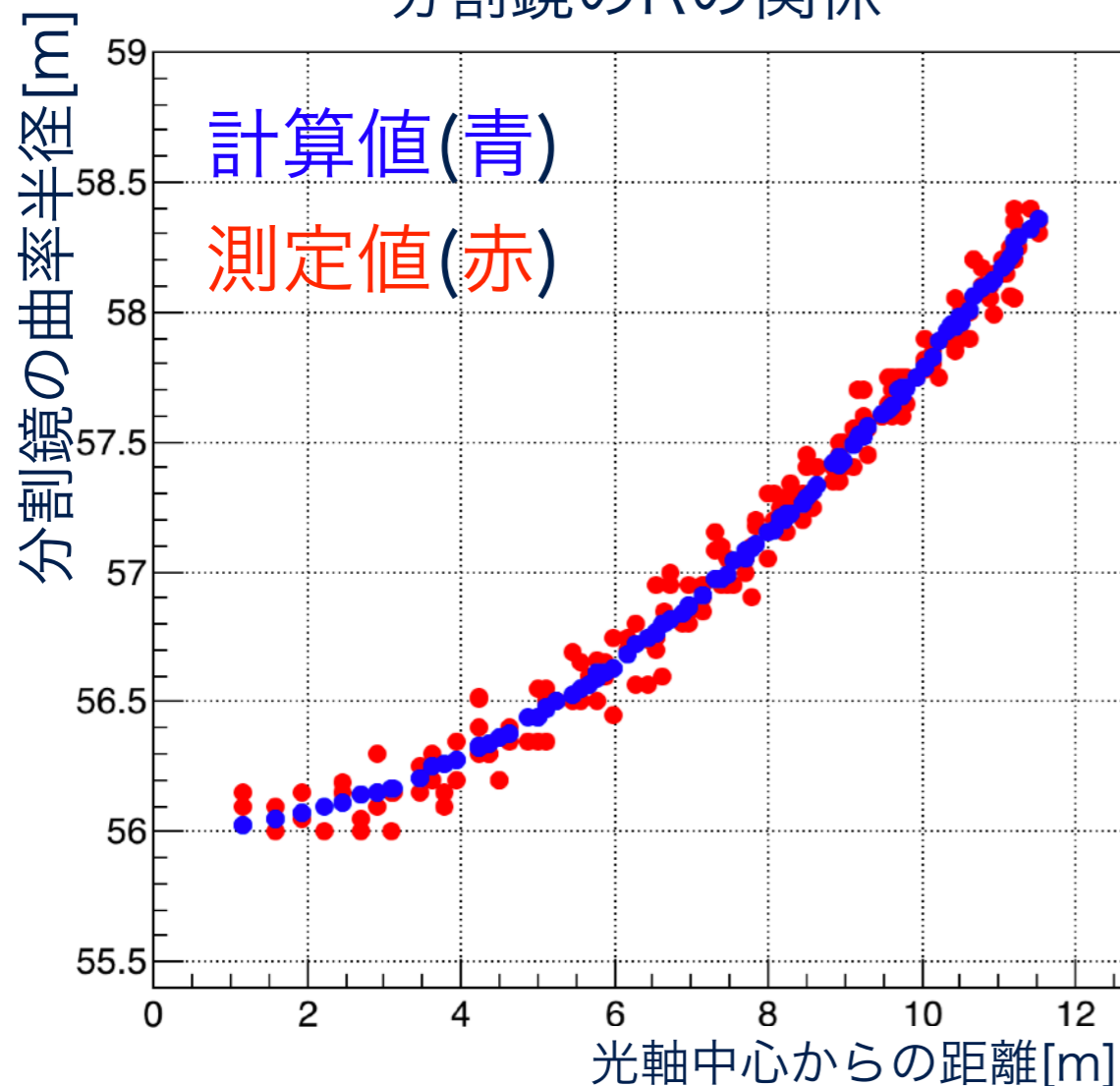
初号機に載せる198枚の鏡の選定

★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

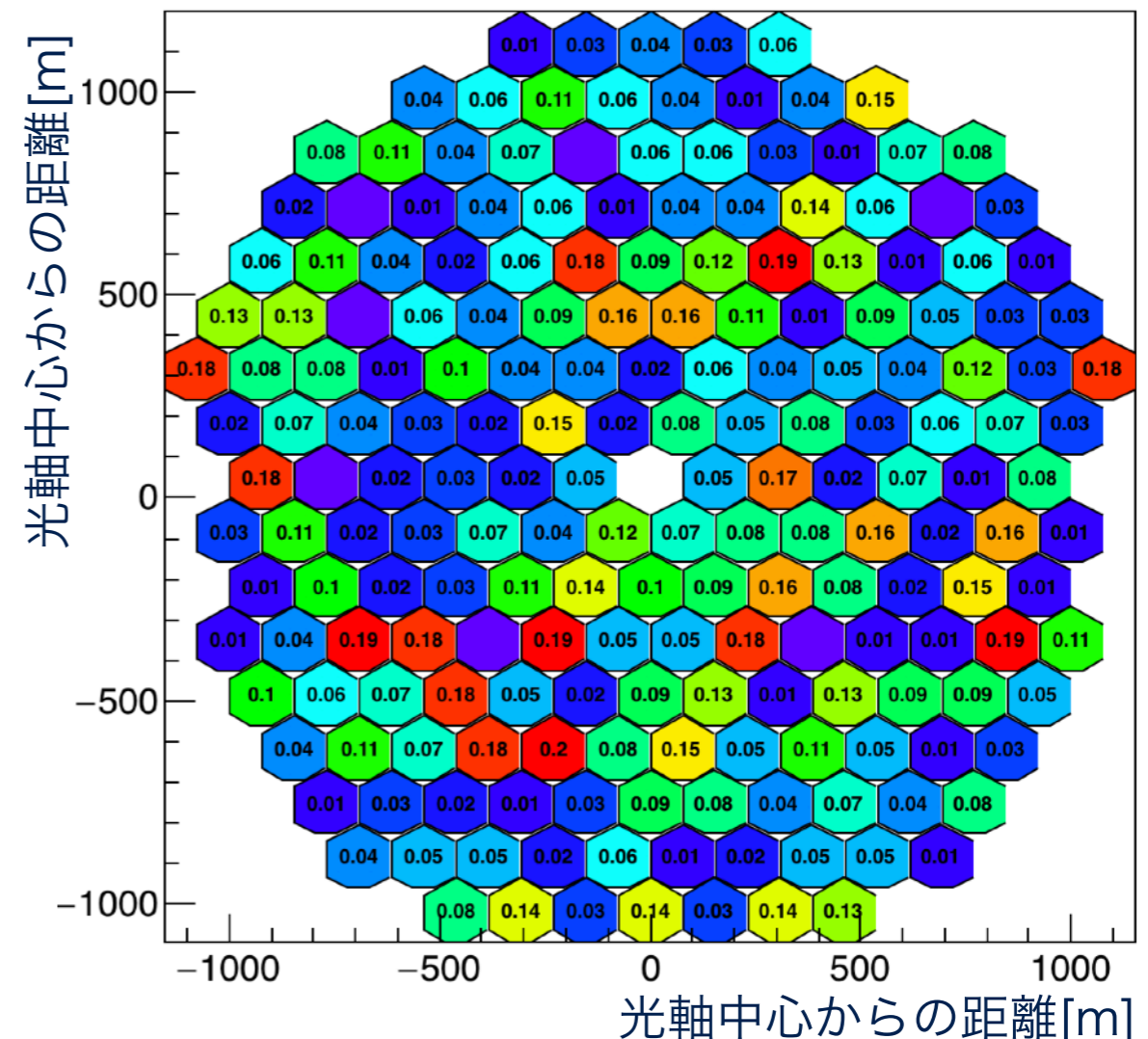
◆放物面Rと分割鏡Rの差は、全ての分割鏡で±0.2m以内

■2f法での7点測定の間隔に相当

光軸中心からの距離と
分割鏡のRの関係



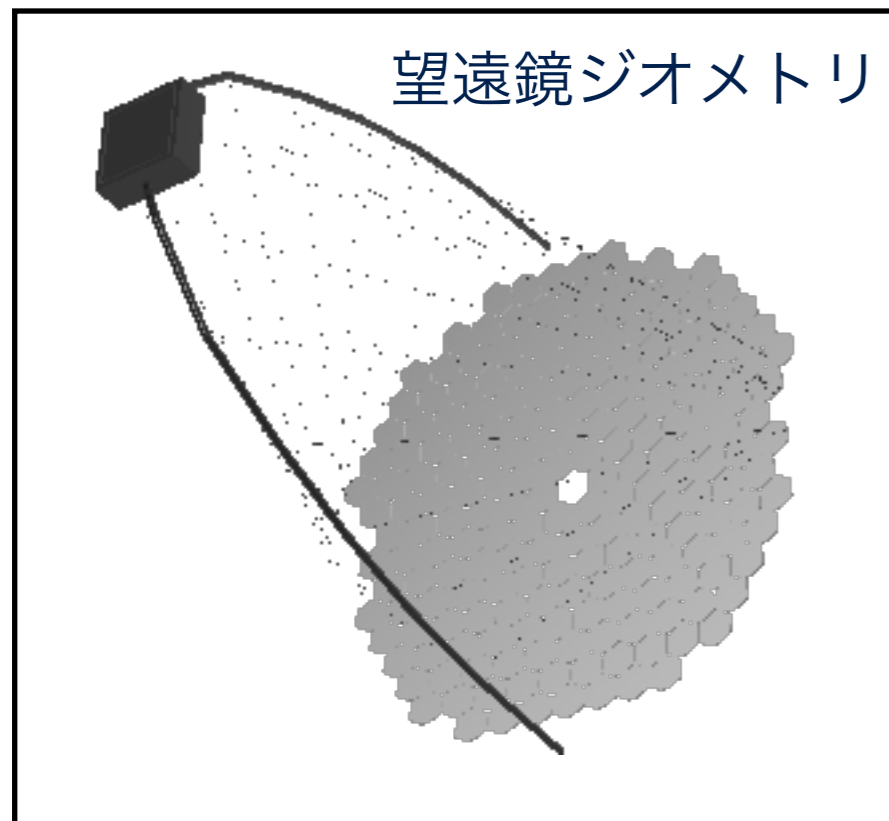
計算値との差の絶対値(m)



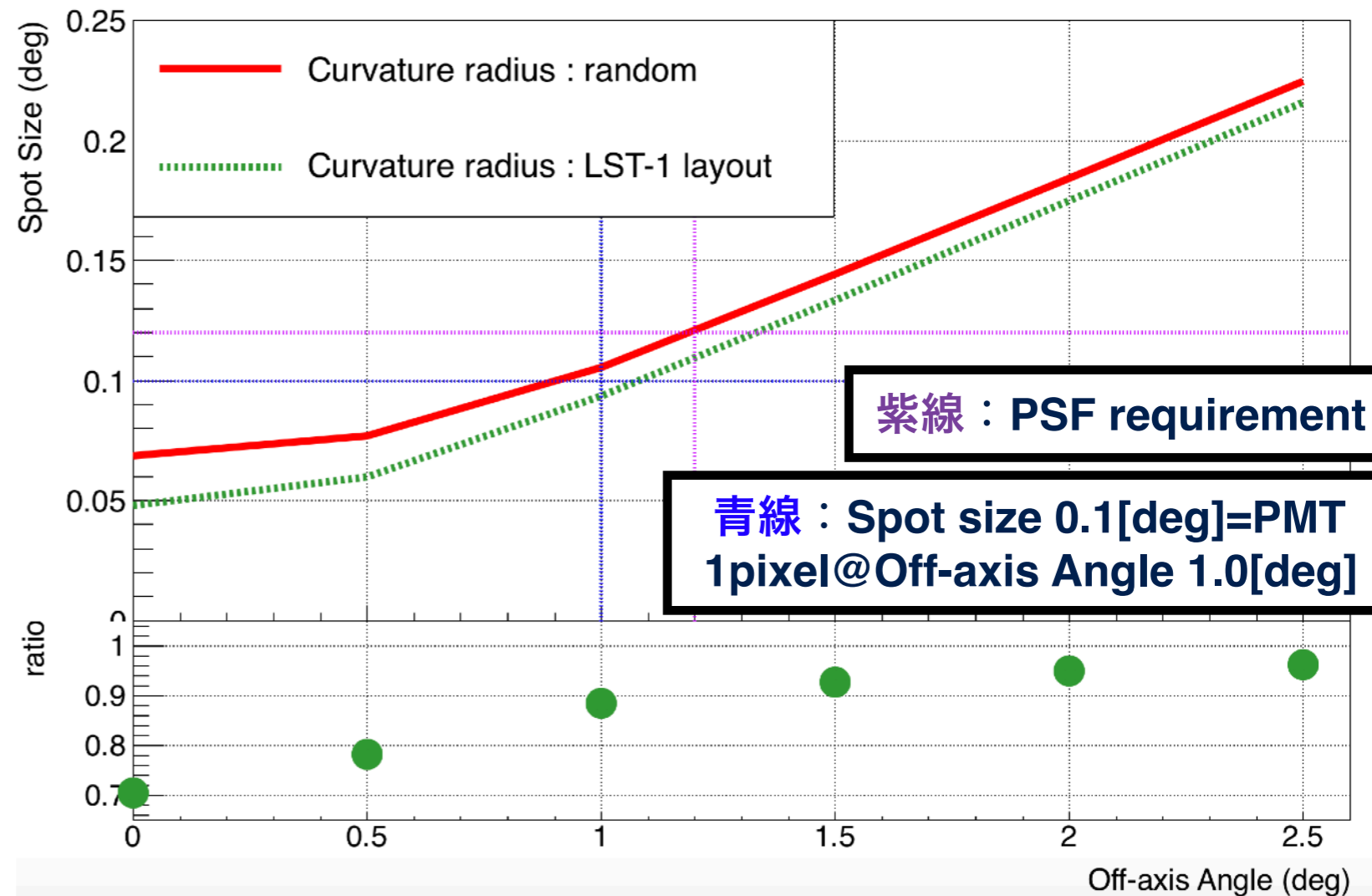
望遠鏡光学性能の見積もり

★光線追跡シミュレーションを行い、望遠鏡スポットサイズを見積もった

◆入力パラメータ：曲率半径、分割鏡スポットサイズ



ROBAST (A.Okumura, 2016)



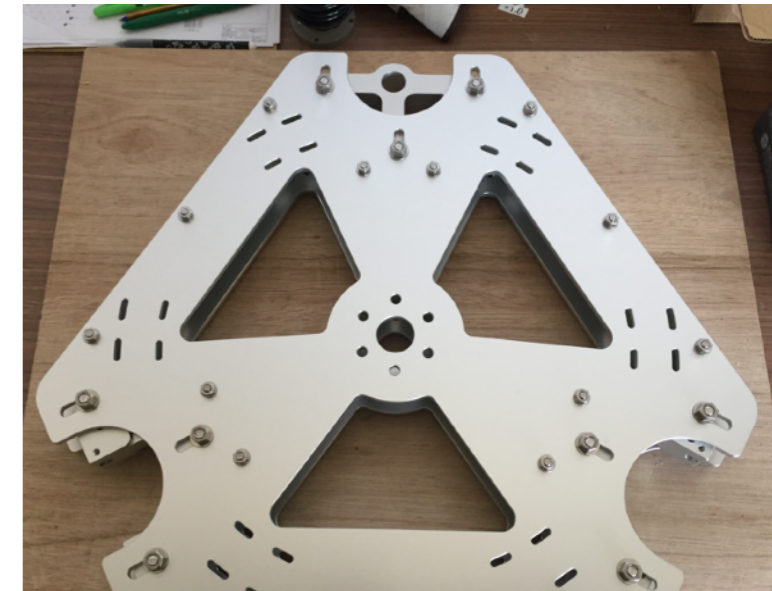
★ランダム配置と、今回導入した配置を比較した

◆off-axis=0で最大30%程度向上する

◆off-axisが~1[deg]までスポットサイズが1 pixelより小さい

分割鏡インストールに向けて

インターフェースプレート



★4月の分割鏡取り付けに向けて準備が着々と進行中

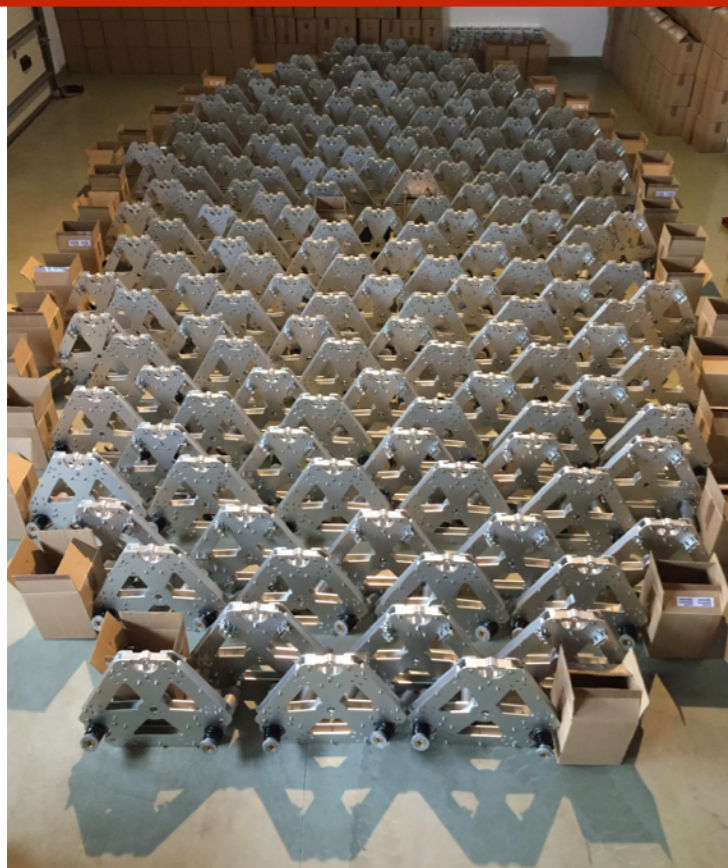
◆インターフェースプレートのアセンブリ

■アクチュエータの取り付け、調整等

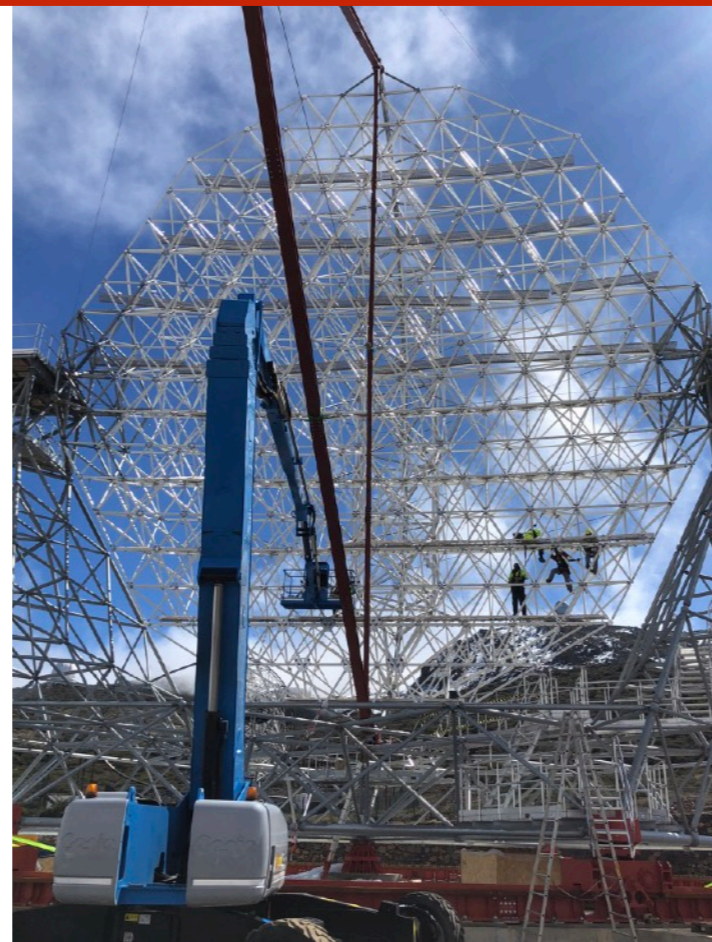
◆インターフェースプレートのインストール

◆分割鏡の観測サイトへの輸送準備

アセンブリ後の
インターフェースプレート



インストール作業



インストール後の
インターフェースプレート

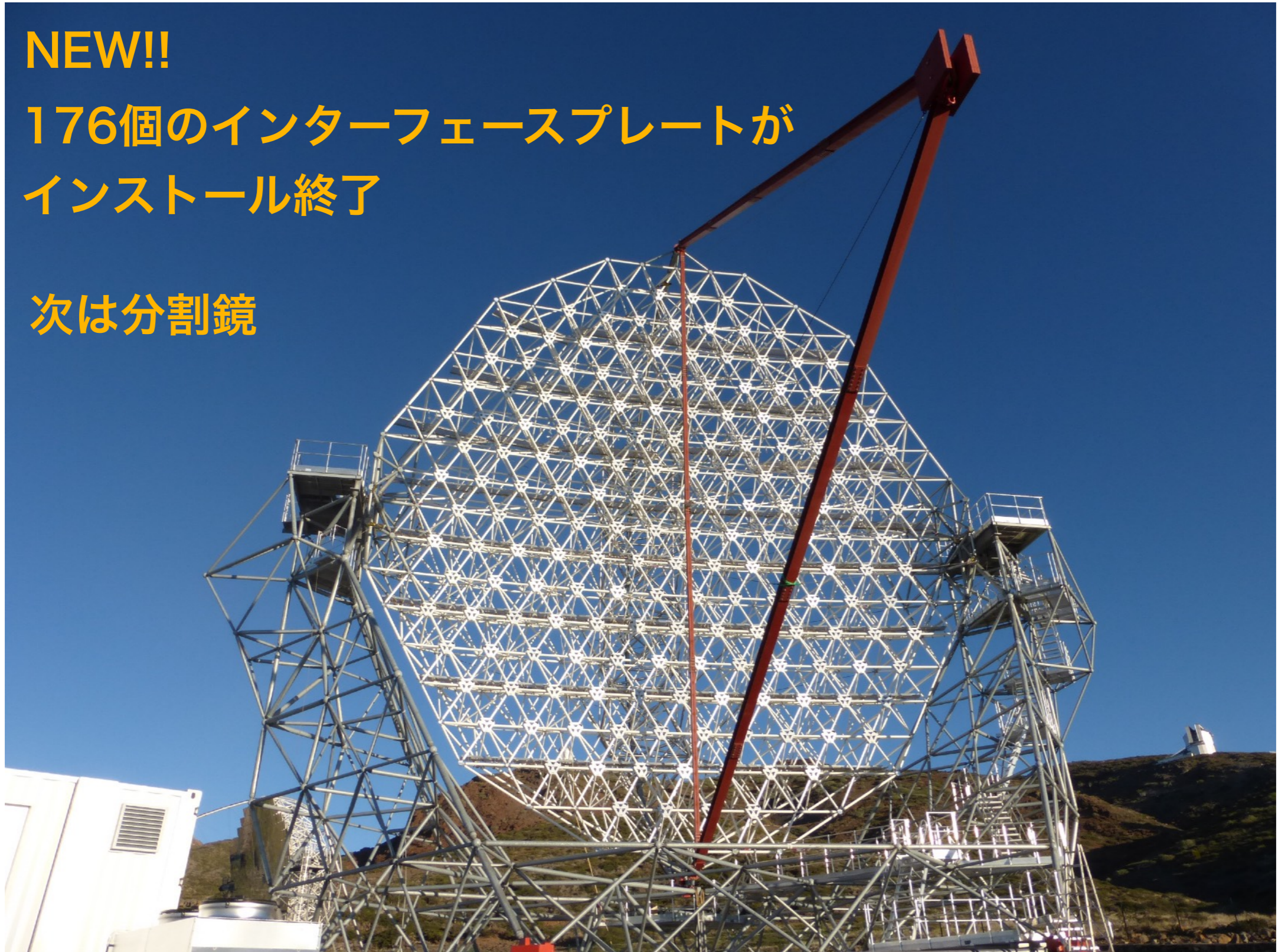


分割鏡インストールに向けて

NEW!!

**176個のインターフェースプレートが
インストール終了**

次は分割鏡



まとめ

- ★北サイトのLST4台分の分割鏡製造はほぼ終了。
 - ◆すでに3台分はラパルマにあり、4台目の分も順次輸送中。
 - ◆最終的に製造した鏡のPSFの平均値はSpec.より20%小さく、当初の想定よりも良い性能の鏡のmass productionに成功した。
- ★LST初号機に用いる分割鏡198枚の選定が終了。
- ★現在LST光学系構築が進行中。
 - ◆インターフェースプレートの取り付けは年度末で終了。
 - ◆4月中旬から分割鏡インストールへ。