

CTA 報告72:

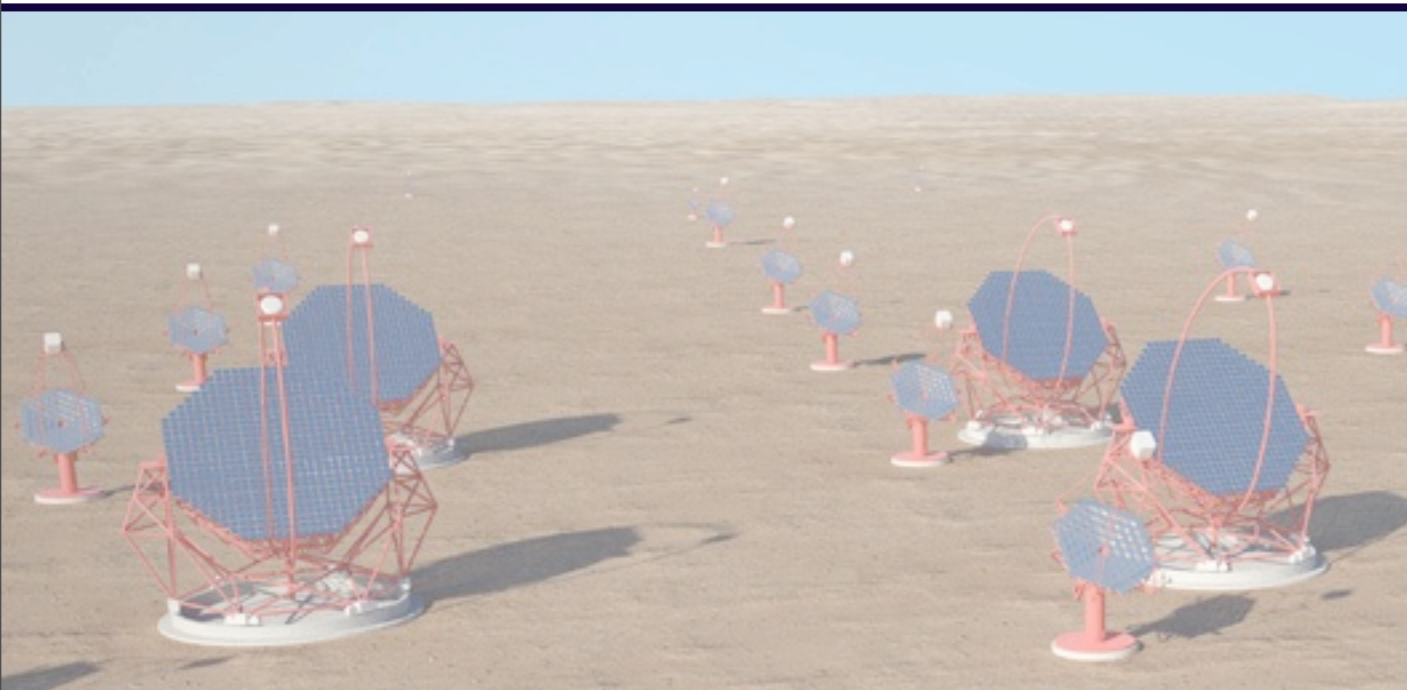
CTA大口徑望遠鏡分割鏡の性能評価

2014.3.27

日本物理学会 第69回年次大会

荻野桃子^A、馬場浩則^B、林田将明^A、奥村暁^{C,D}、
加賀谷美佳^B、片桐秀明^B、小島拓実^A、斎藤浩二^A、
田中駿也^B、千川道幸^E、手嶋政廣^{A,F}、中嶋大輔^A、
野里明香^E、野田浩司^F、花畑義隆^A、柳田昭平^B、
山本常夏^G、吉田龍生^B、他 CTA-Japan Consortium

東大宇宙線研^A、茨城大理^B、STE 研^C、
レスター大^D、近畿大理工^E、
Max-Planck-Inst. fuer Phys.^F、甲南大理工^G、



LST (Large Size Telescope)

◆ Specifications:

Mirror

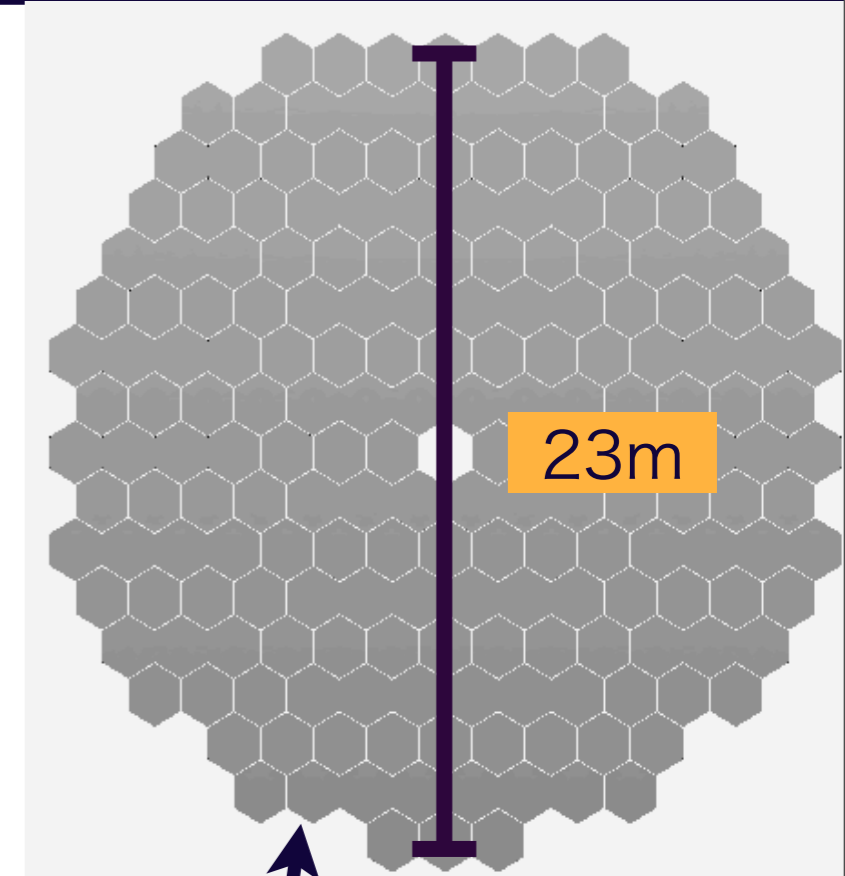
diameter : 23m

focal length : 28m

surface shape : parabolic

Camera

pixel size : 50mm



Segmented mirrors for LST

◆ Requirements

- Point Spread Function (PSF) :
 $d_{80} < 1/3$ pixel (33mm at 2f)

diameter of a circle which includes 80% of the total reflected light

- Focal length : 28.0 - 29.2m

◆ Specifications

surface shape: spherical

Area: 1.98m²

Weight: 45kg



about 200
segmented
mirrors

三光精衡所との共同開発

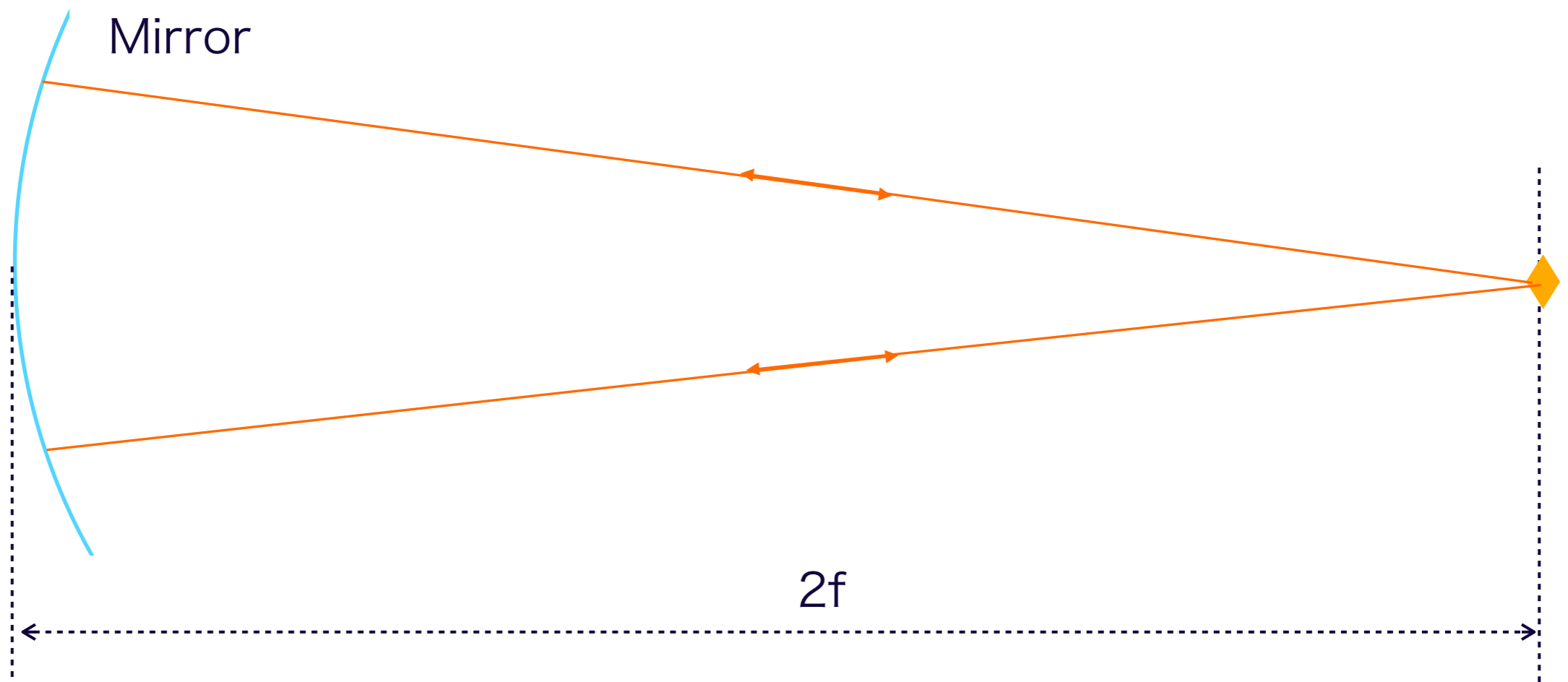
2f Method

◆従来のPSF測定方法：2f法（三光精衡所で測定）

曲率半径の位置に点光源を置き、反射した像の大きさを直接測定

メリット：測定がシンプル

デメリット：曲率半径（56-58.4m）分の暗い空間が必要

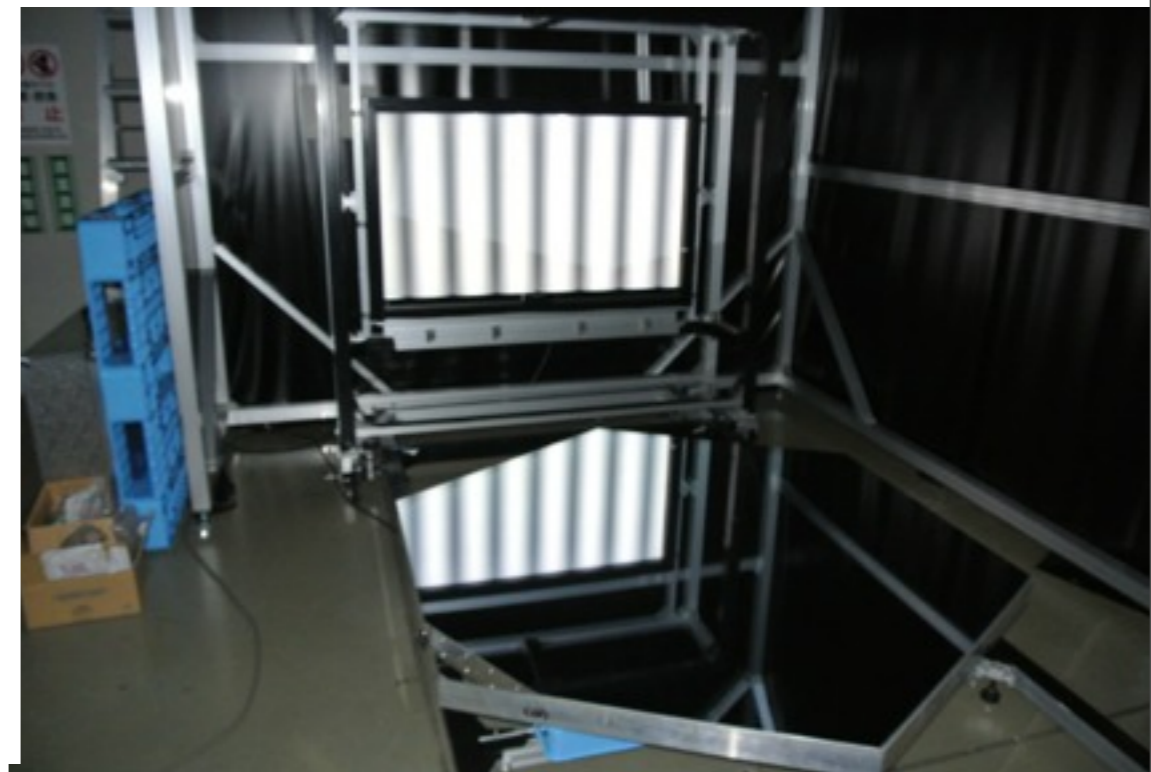
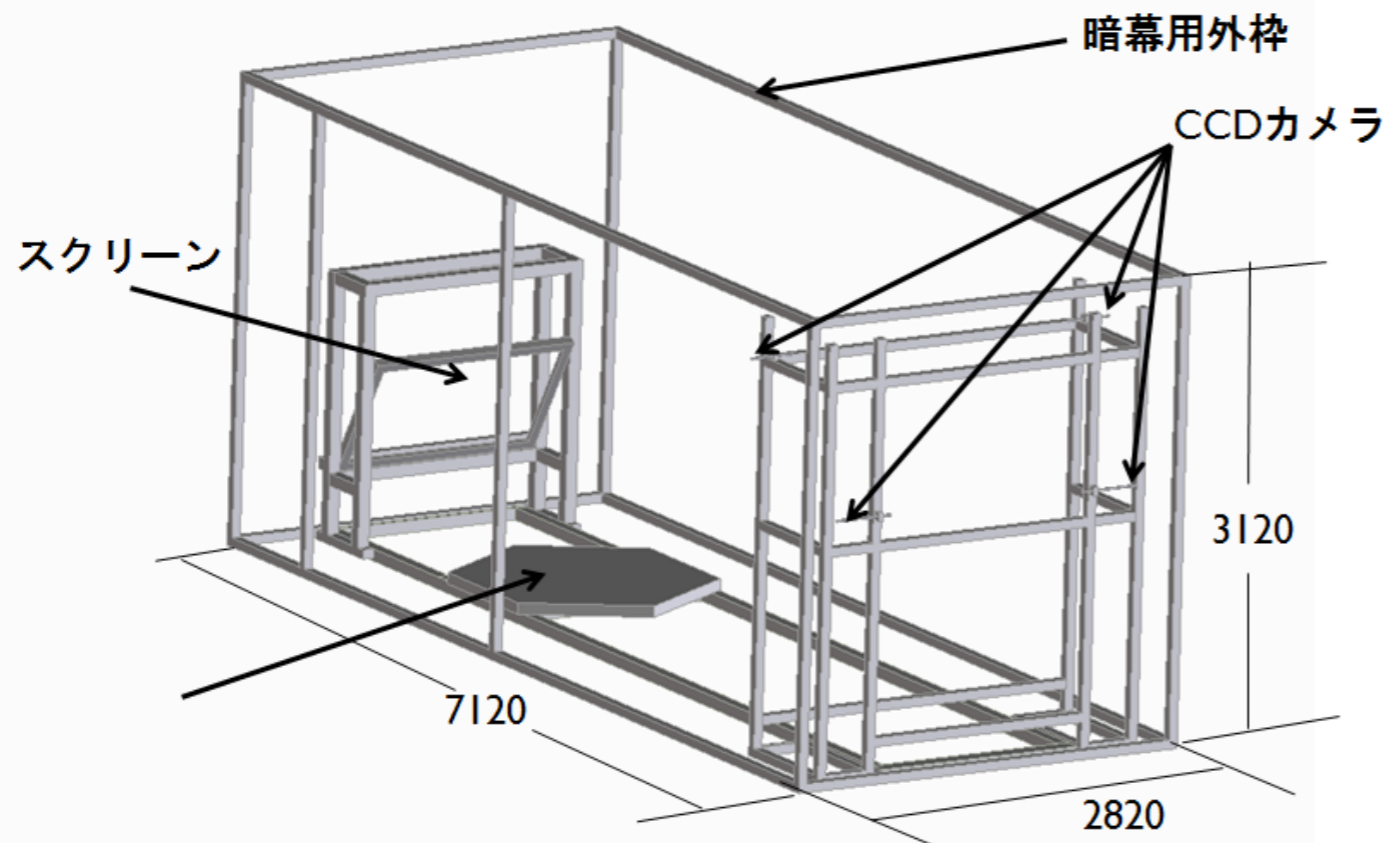
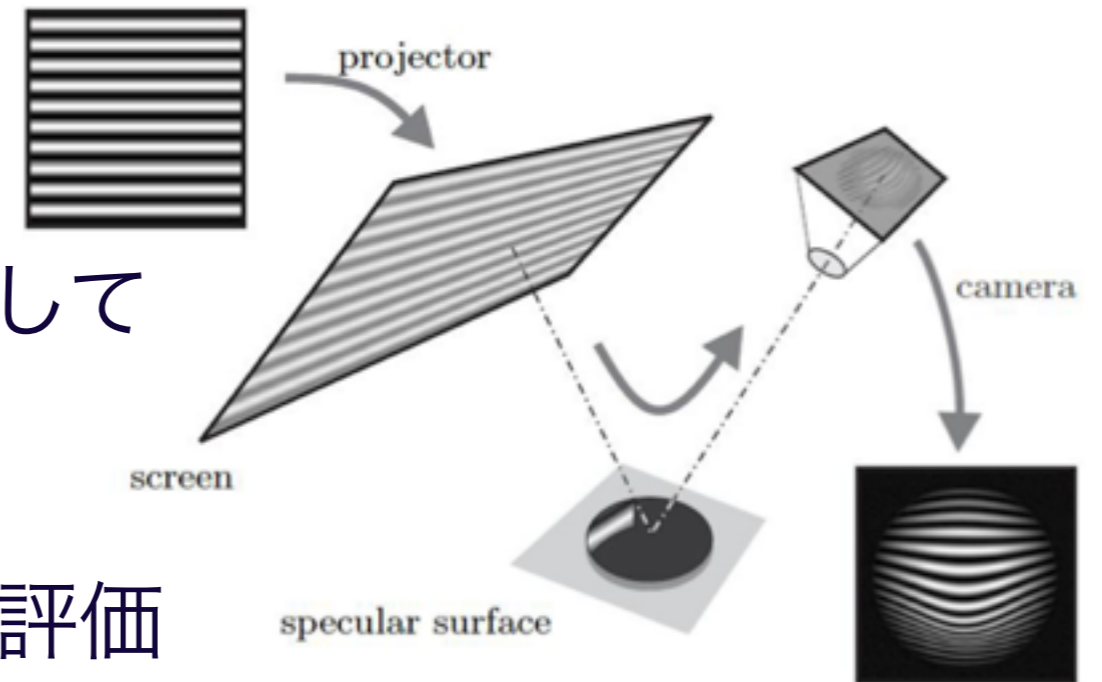


Phase Measuring Deflectometry

◆PMD法による形状評価

位相パターンをスクリーンに投影して動かす

→イメージの歪みから表面形状を評価

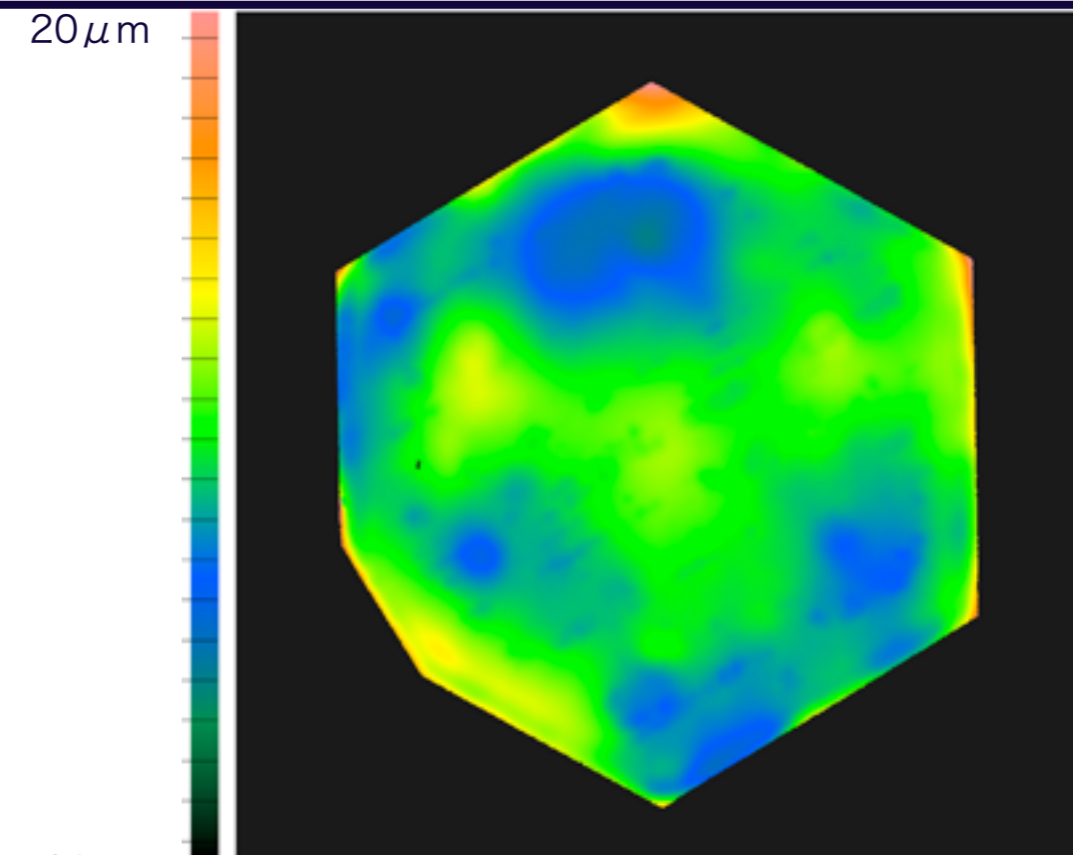
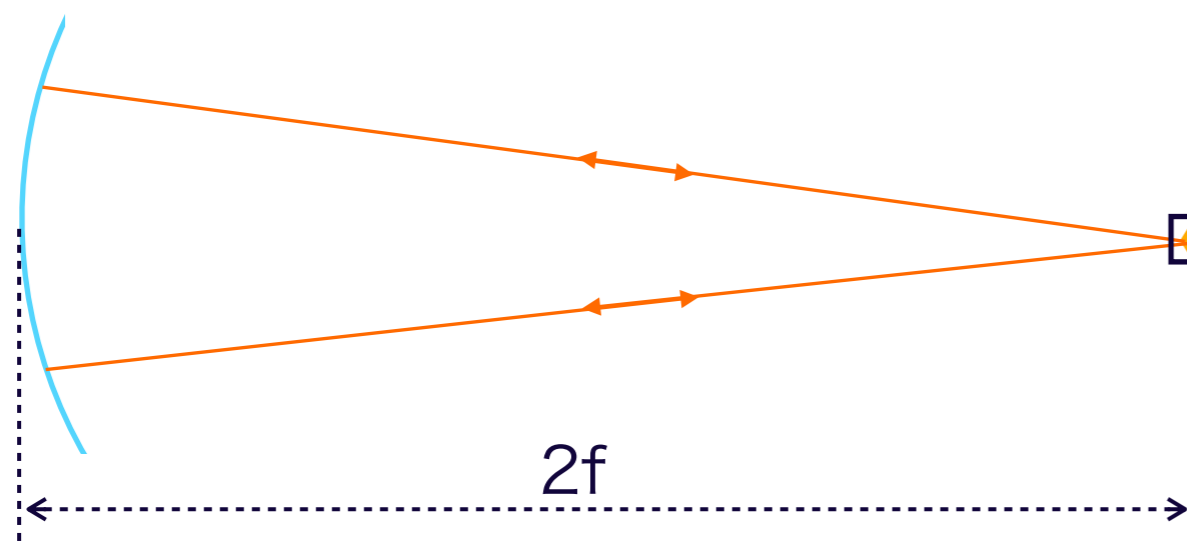


PMD method

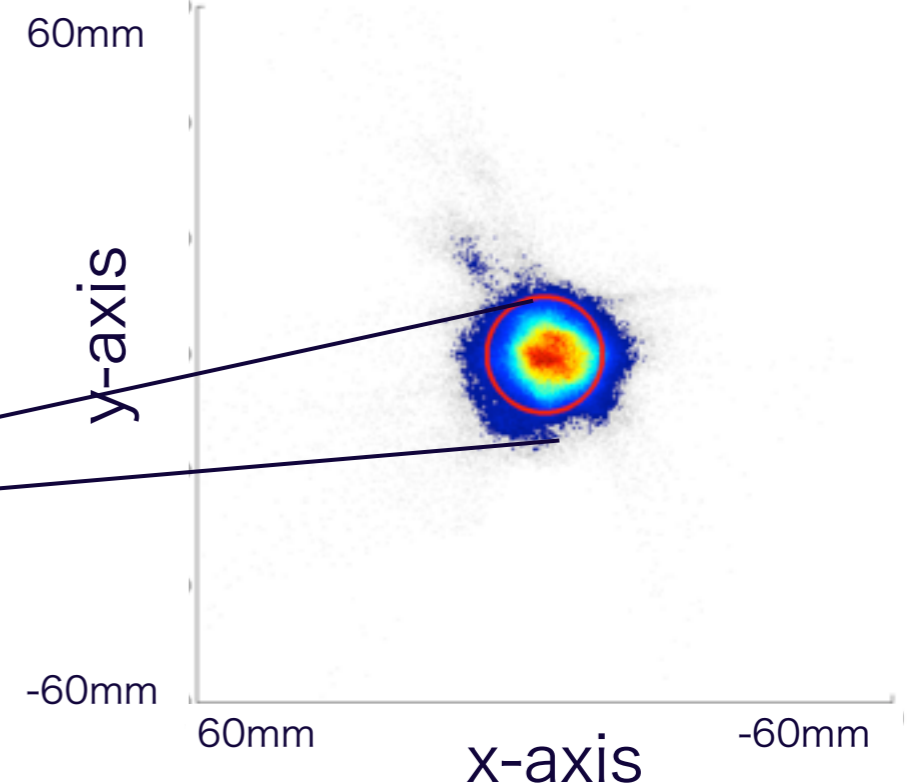
◆PMD法によって鏡面の法線ベクトルが得られる

→鏡面の理想球面からのずれ
数 μm の凹凸が確認できる

→光線追跡で最小のPSFとそのときの曲率半径を決めている



2f-PSF @ 57.12m; PMD d80 = 20.0mm

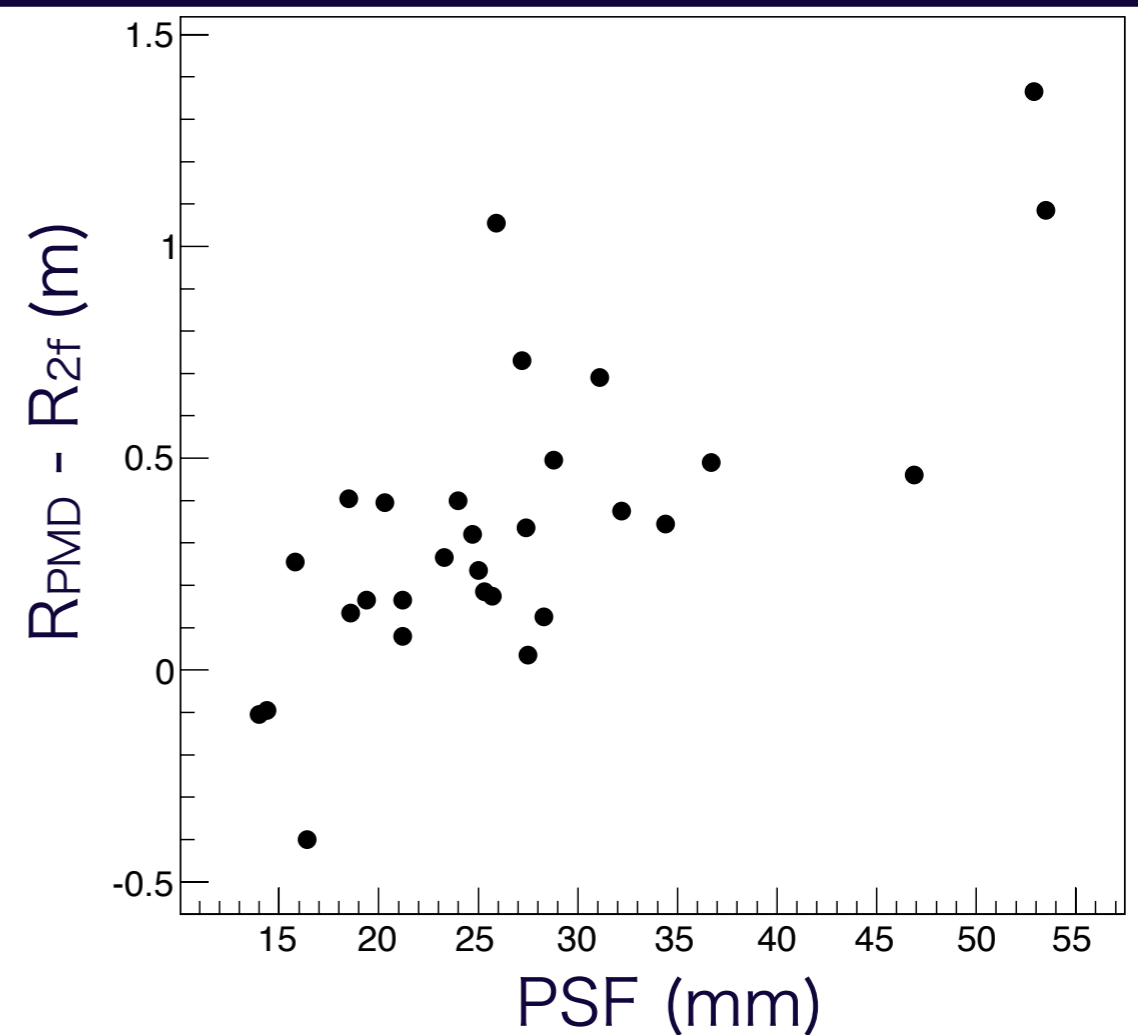
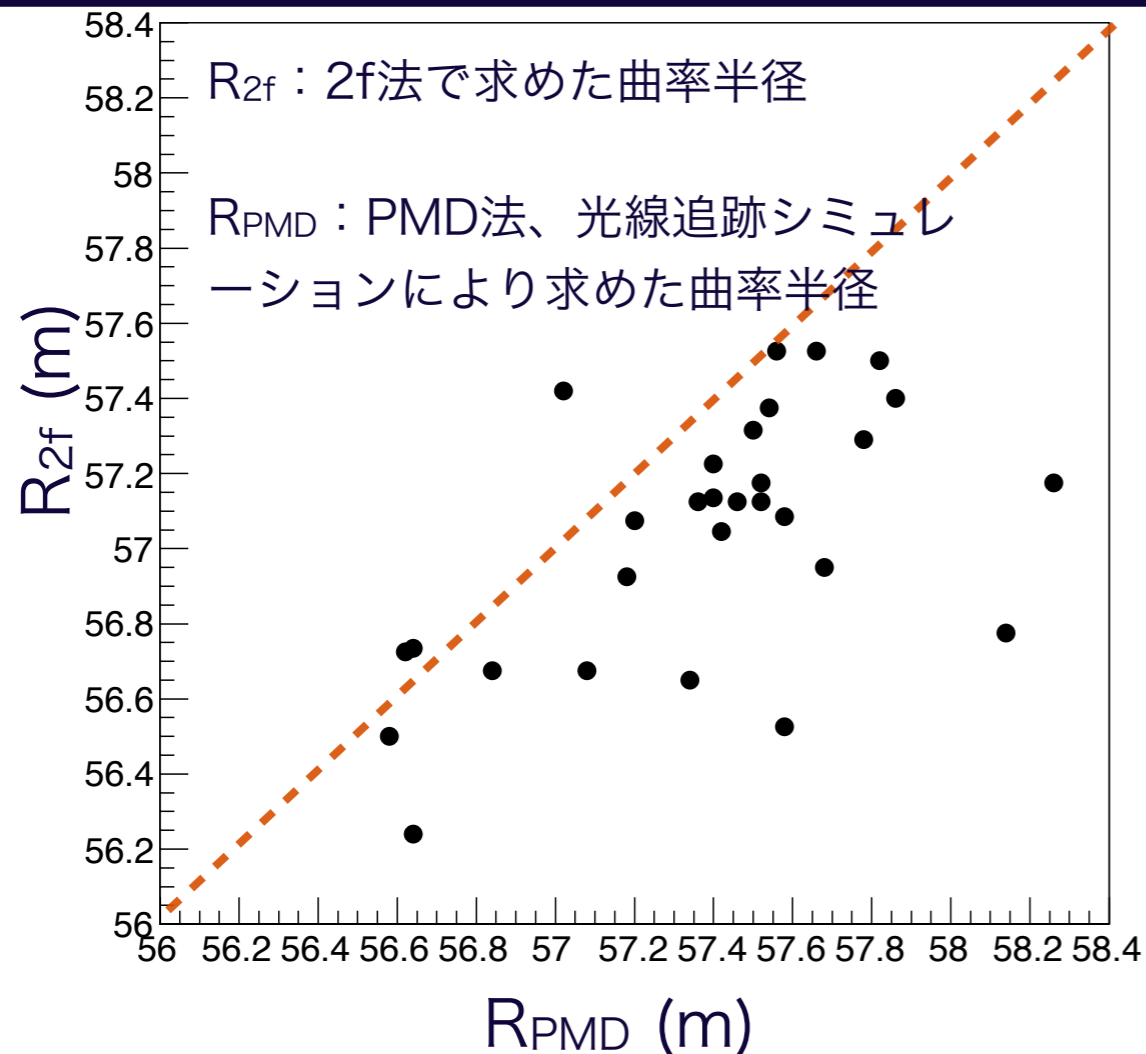


◆これまで：数枚の分割鏡によるPMD装置での測定手法を確立
(2013年秋季物理学会：馬場講演)

◆今回：三光精衡所より29枚の分割鏡を納品

→2f法とPMD法でのPSF測定結果を比較

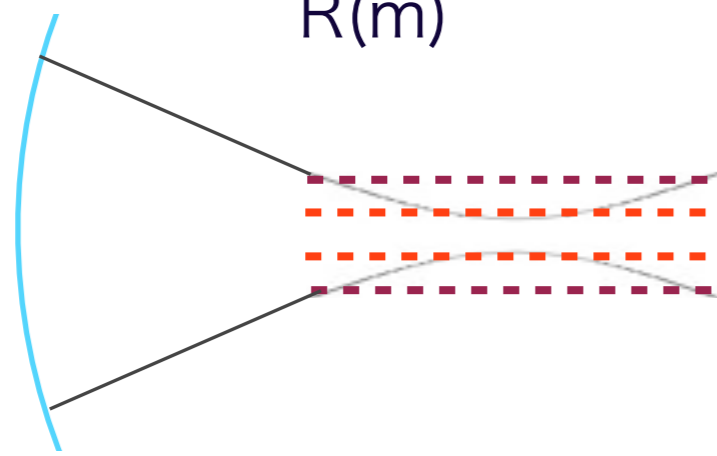
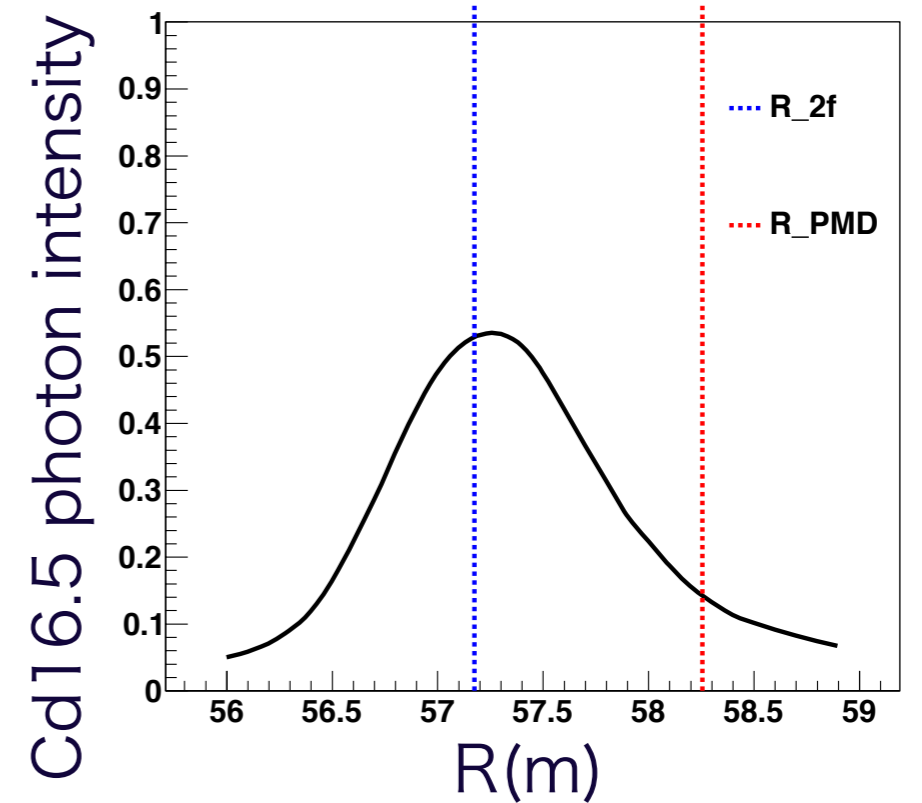
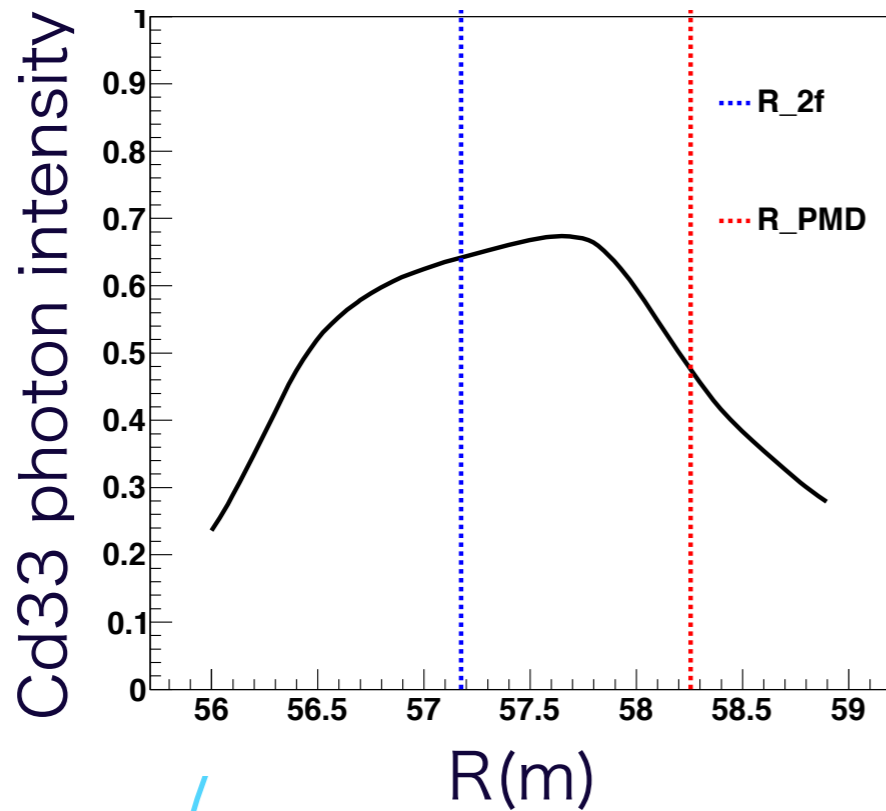
→分割鏡がCTAの仕様要求を満たしているかを確認



曲率半径の比較：Ray tracingによるRの方が長めになる傾向

曲率半径に最大1.5mの差（PSFの大きい鏡ほど現れやすい）

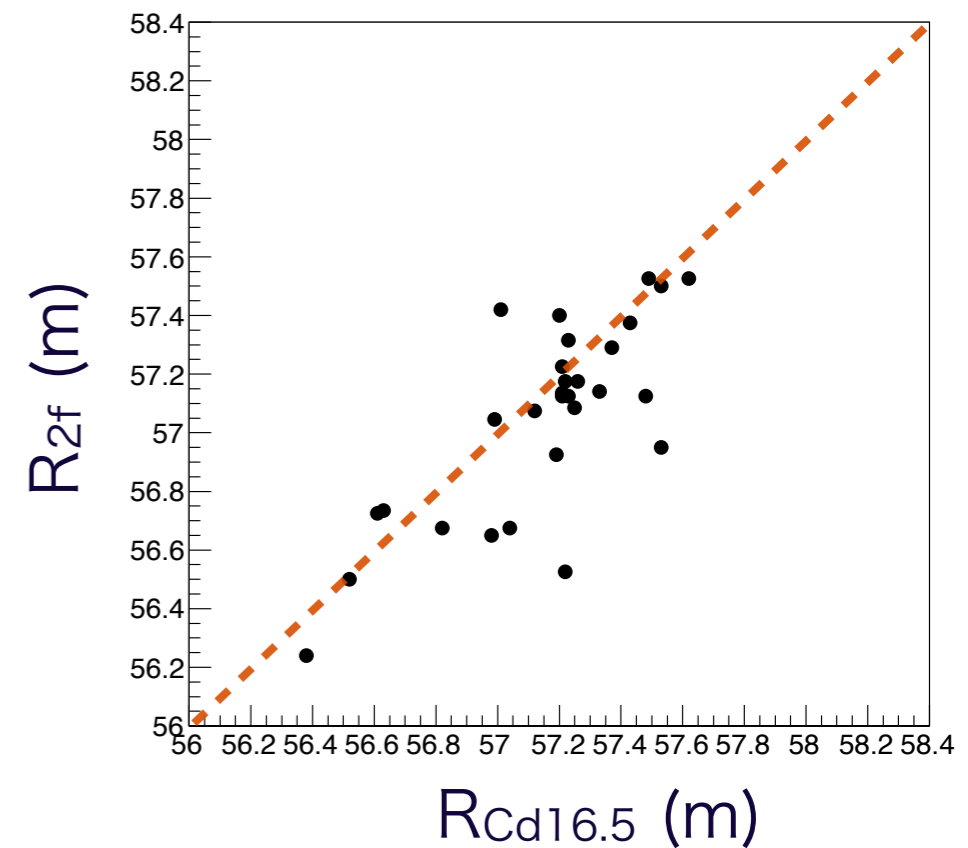
→2f法での曲率半径の決定を目視で行っていることが原因と考えられる



光線追跡で直径16.5mm以内に入る光量が最大となるときの $R=R_{Cd16.5}$ を決定

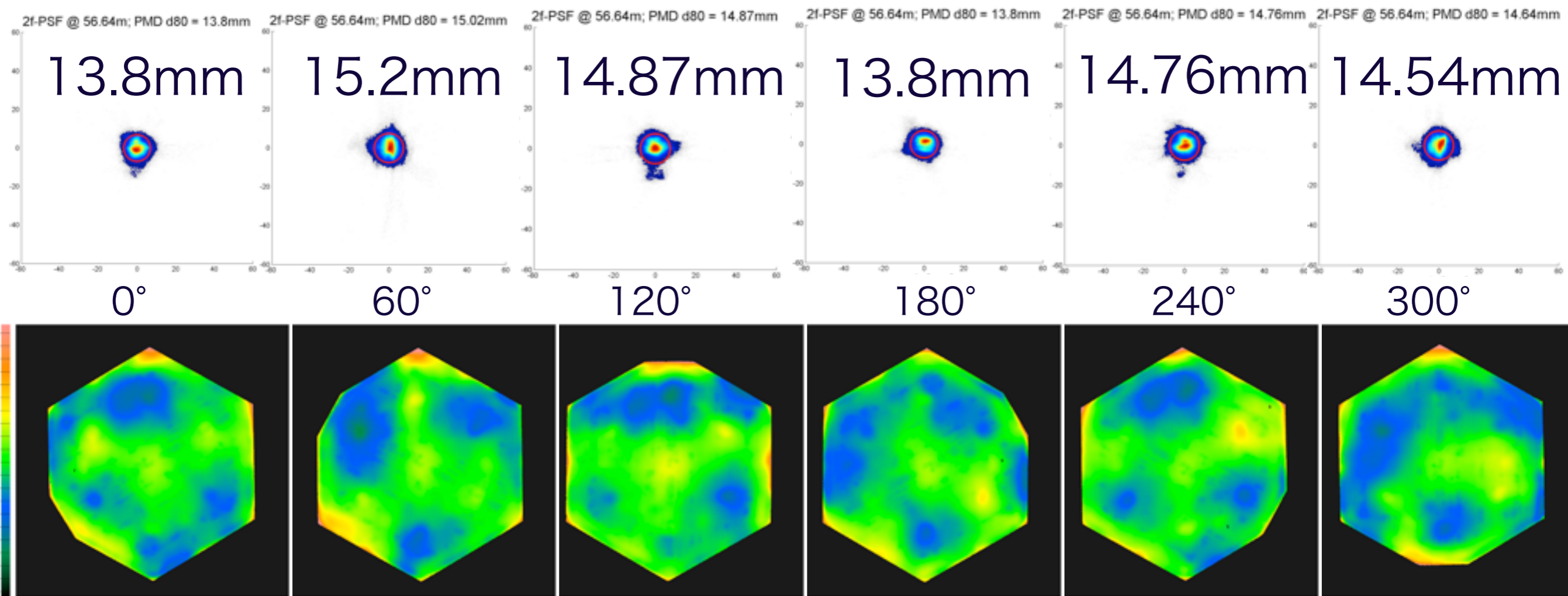
→2fで決めたRと0.5m以内で一致

PMD法は2f法の結果とconsistent



PSFの決定精度

◆分割鏡を60°ずつ回転させて同様に測定



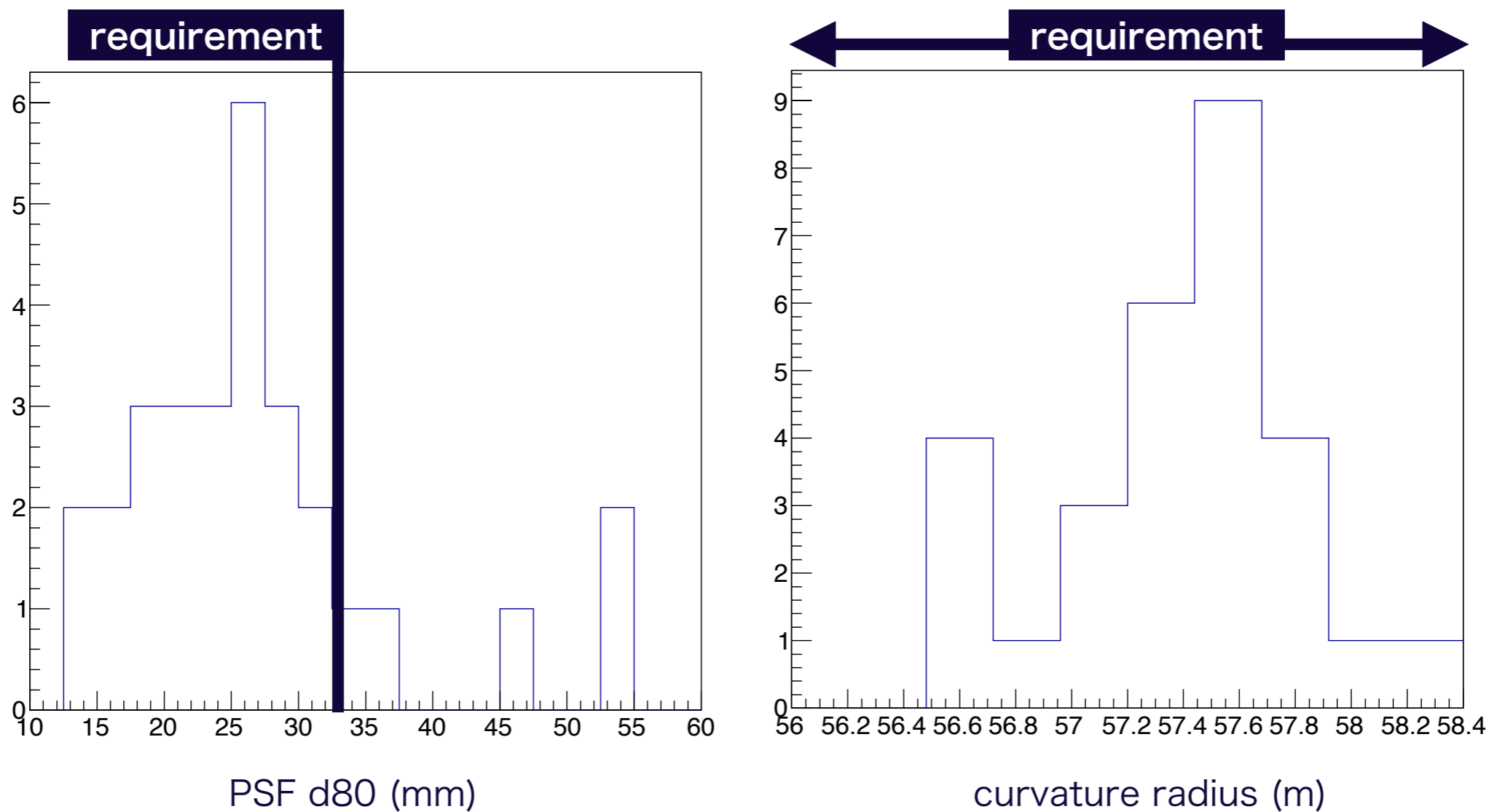
→PSFは2mm以内の精度で測定可能

→表面形状の10 μ m程度の凹凸は回転していることが確認できる

(自重によるたわみの計算と同程度)

◆納品された29枚の分割鏡のPSFと曲率半径を測定

requirement : PSF d80 < 33mm Focal length : 28.0 - 29.2m



80%以上の分割鏡が要求を満たしている

Summary for measurement

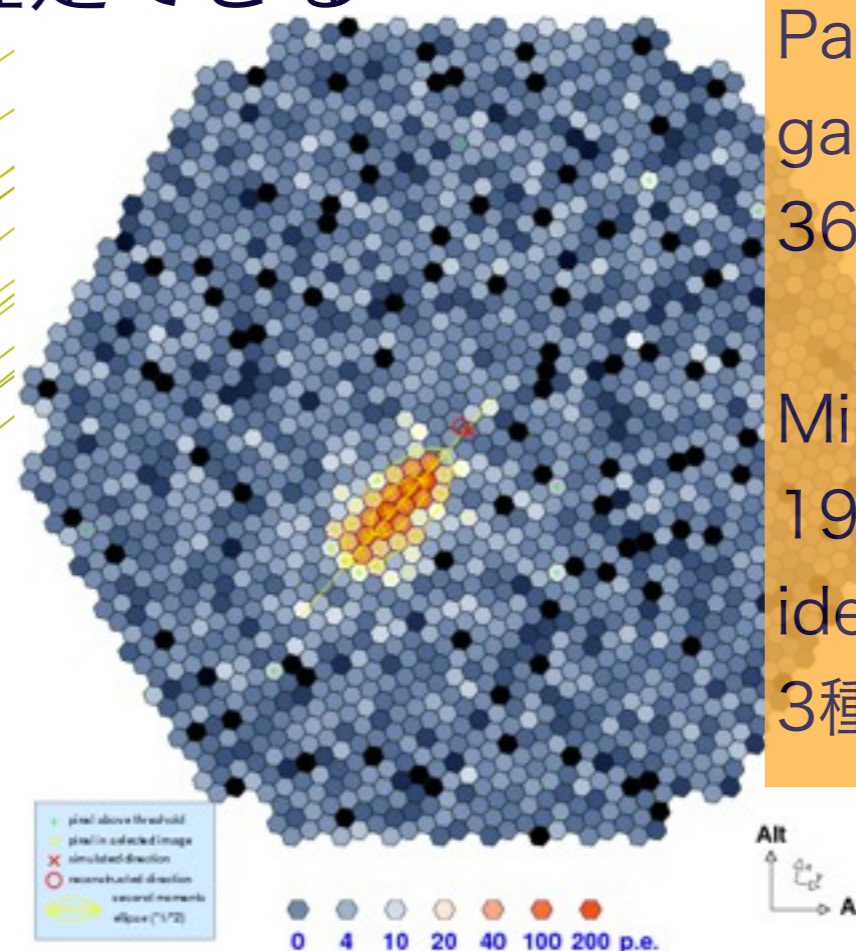
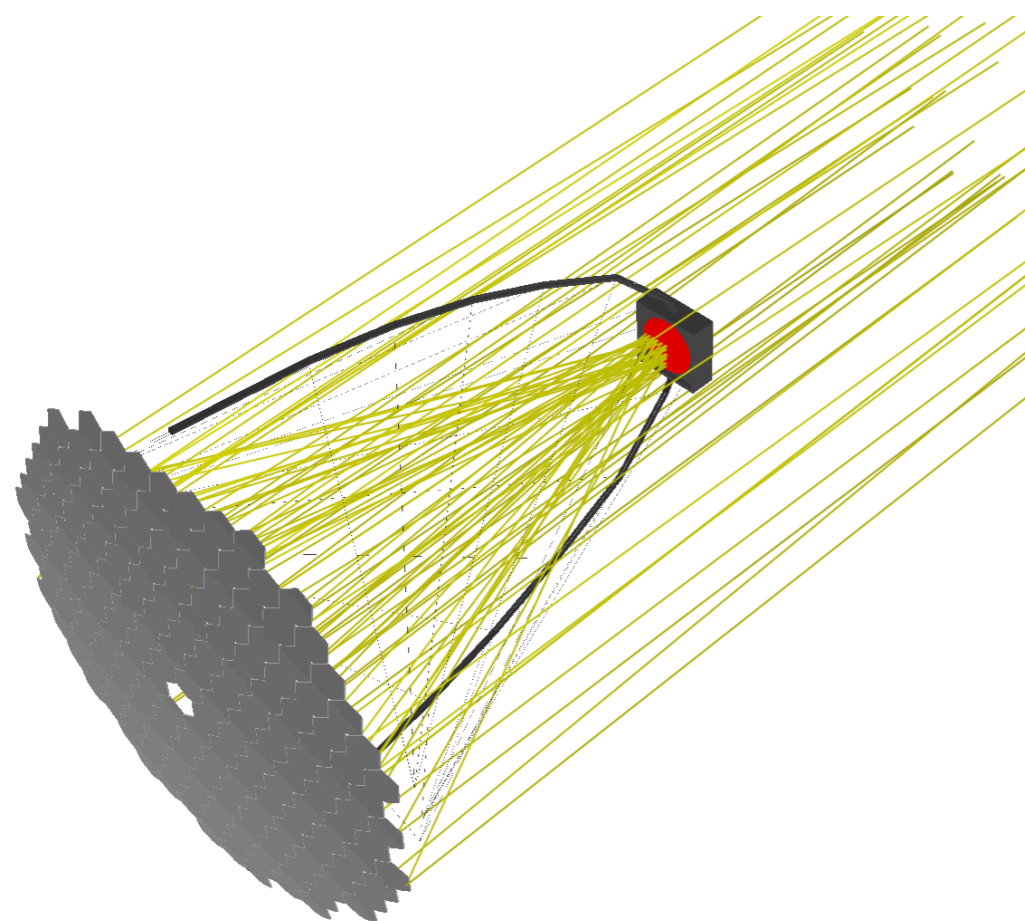
- ◆ 2f法、PMD法によるPSF測定結果の比較
- ◆ 29枚の分割鏡の曲率半径、PSF、表面形状、を測定
 - 約80%の分割鏡がrequirementを満たしていることを確認
 - 表面形状を理解し、さらに高精度な測定が必要か判断するには詳細な解析が必要

Outlook

◆Ray Tracing simulationの改良

ROBAST (ROot BAsed Simulation for ray Trace) の導入により光学系の詳細な設定が可能に

→PMD法で実際に測定したパラメータを反映させることで、望遠鏡の物理性能の変化を推定できる



Particle:
gamma
363 GeV

Mirror:
198 mirrors
ideal sphere
3種類の型で作った場合

Primary: gamma of 0.363 TeV energy at 56 m distance