

# 京大岡山3.8m望遠鏡 光学評価試験と主鏡支持機構

京都大学宇宙物理学教室 修士課程2年

細野俊介

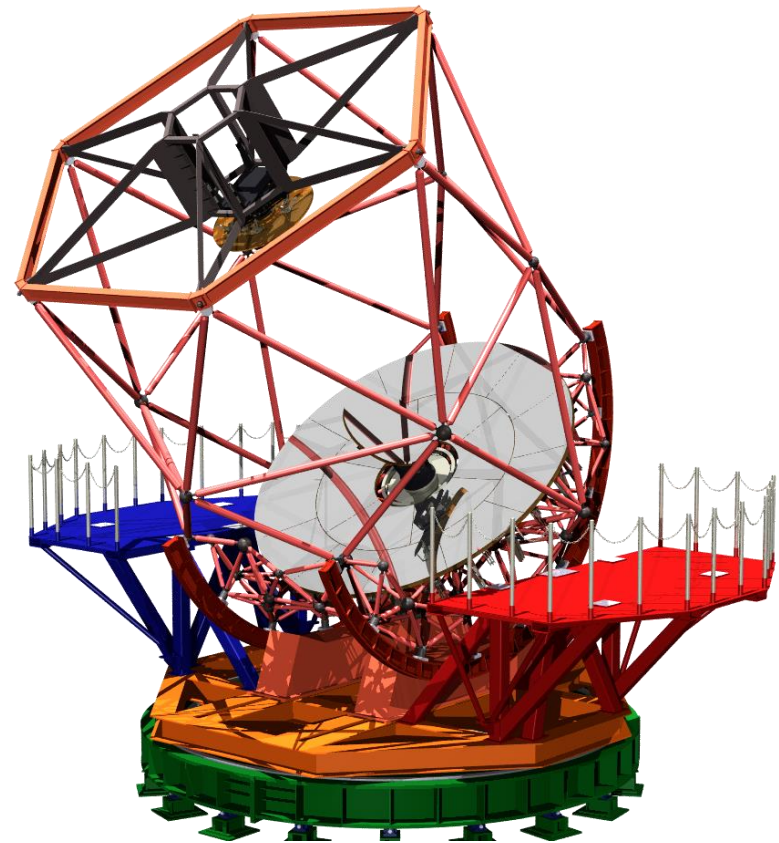
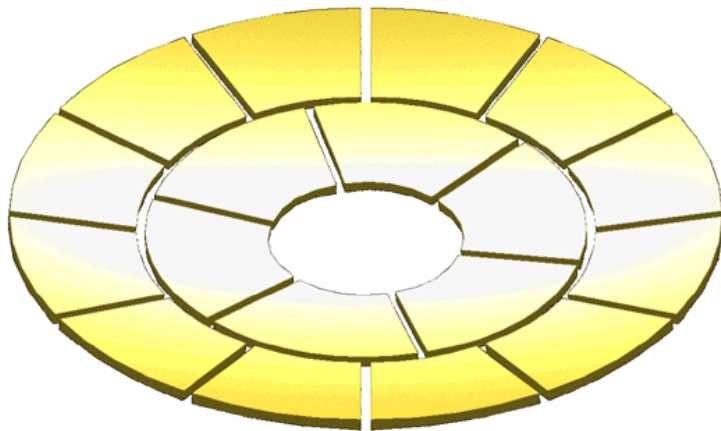
木野勝、栗田光樹夫、岩室史英(京都大学)

2016/11/25 第6回可視赤外線観測装置技術ワークショップ

# 望遠鏡概要

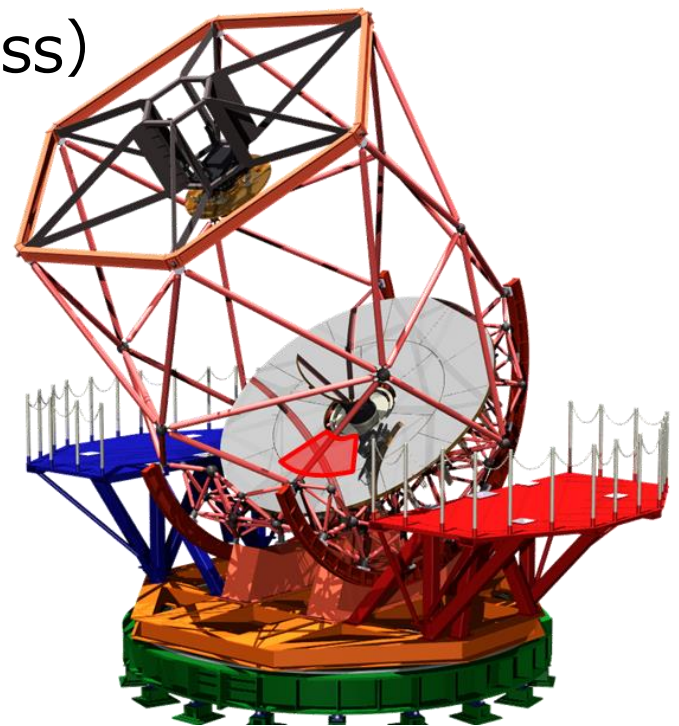
- 口径：3.8 m
- 焦点：ナスミス、F/6
- 観測波長：0.4~4.2  $\mu\text{m}$
- 主鏡：軸外し非球面

扇形のセグメント鏡  
(内周6枚 + 外周12枚)



# 試験概要

- セグメント鏡1枚を主鏡支持機構へ設置
  - 内周セグメント、アルミ蒸着 + SiOコート済み
- 鏡面精度の光学評価 – CGH干渉計の独立検証
  - 支持機構の性能評価
  - ハルトマン試験
  - 鏡形状の補正実験 (Warping Harness)

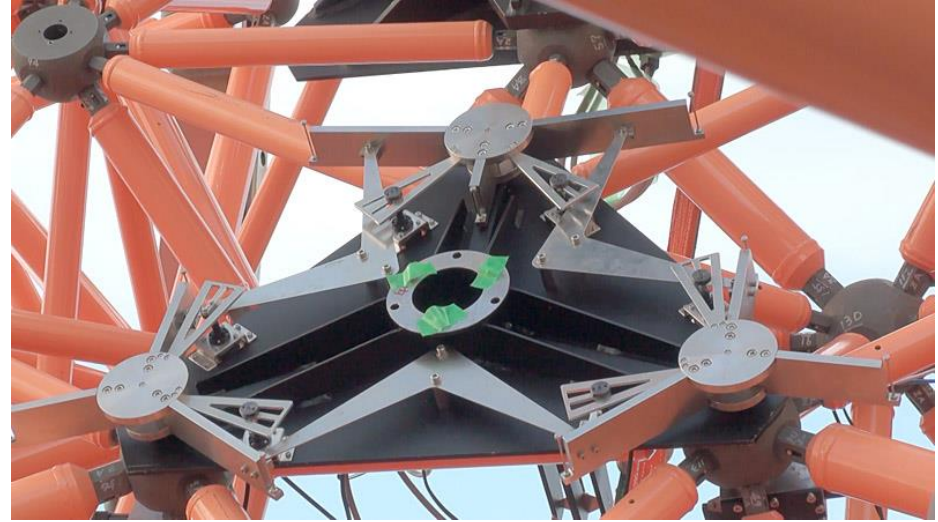




# 主鏡支持機構

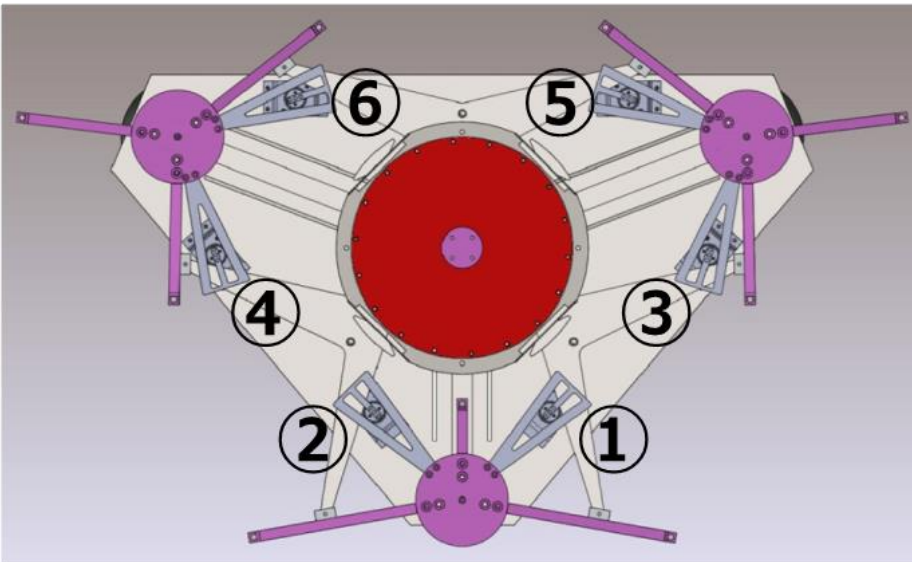
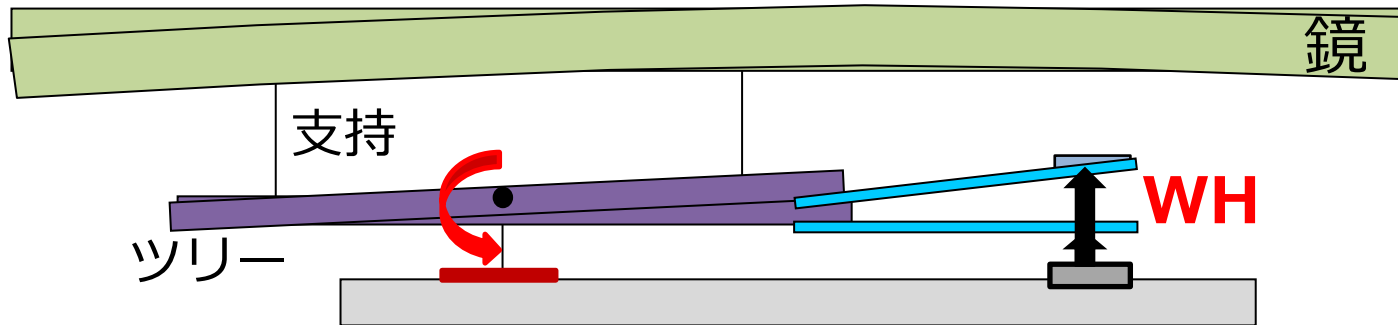
- ・アキシヤル支持：  
9点支持、接着なし
- ・ラテラル支持：  
硝材裏側にはめ込み接着

高度～20度まで傾斜しても  
鏡を正しく支持



# Warping Harness (WH)

- ・鏡加工、設置、経年変化等で生じた鏡面形状の歪みを補正
- ・板バネの駆動によりトルクをかけて鏡を変形



自由度	6 /Seg
アクチュエータストローク	±5 mm
アクチュエータ分解能	4 μm
トルク定数	1.37 Nm/mm

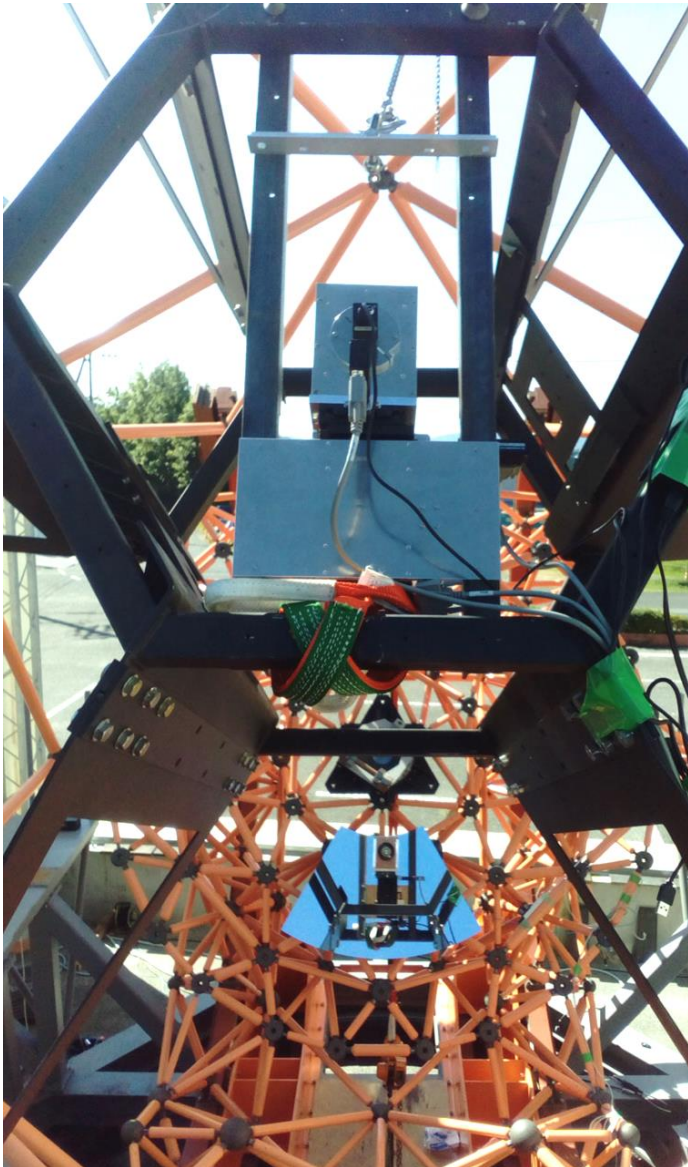
# 主焦点カメラとハルトマン板

## 主焦点カメラ

- ・ 2枚レンズによる補正光学系
- ・ 視野 $5'.1 \times 3'.8$ 、 $0''.2/\text{pix}$
- ・ 3軸直交ステージ

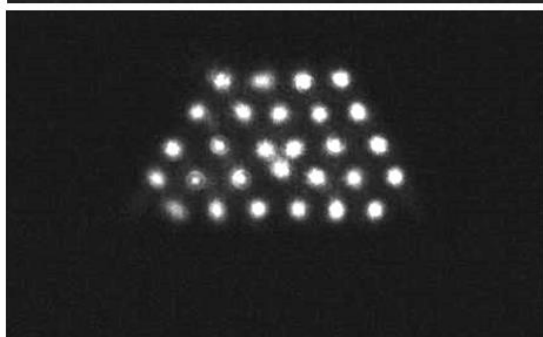
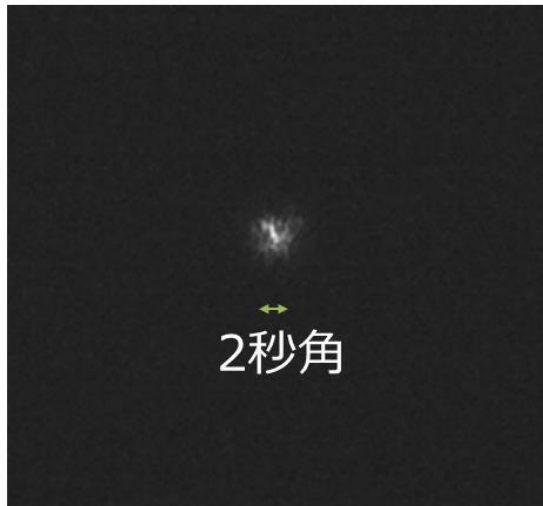
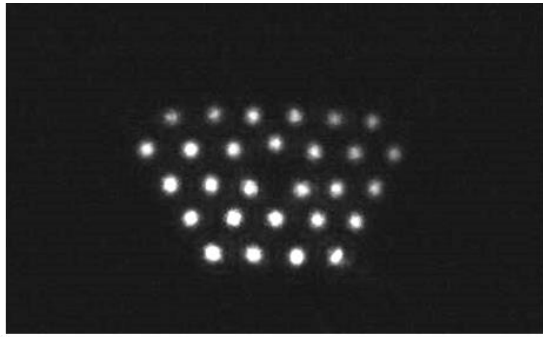
## ハルトマン板

- ・  $\phi 75\text{mm}$ 小開口 $\times 28$ 個
- ・  $150\text{mm}$ 間隔で最密配置





# ハルトマン試験

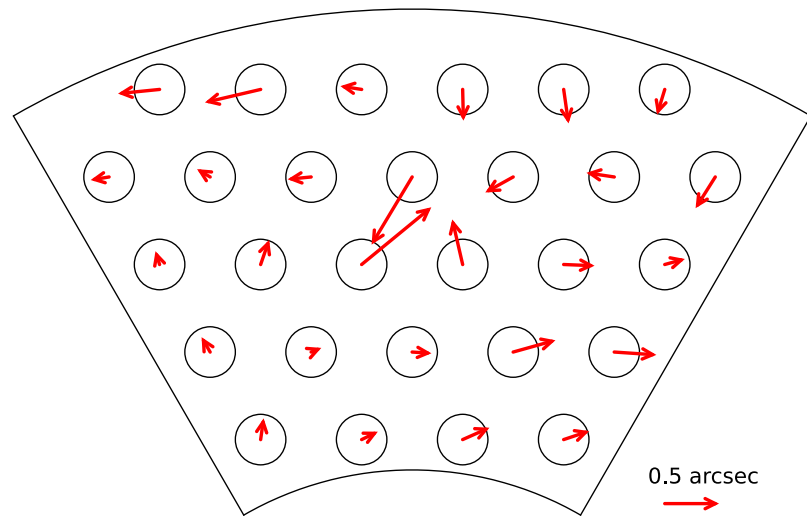


- ・ フォーカス、光軸調整：  
主焦点ユニットの3軸直交ステージ

- ・ 光源：北極星

光軸調整後、ハルトマン像を取得

→ 各小開口での傾斜ベクトルを算出



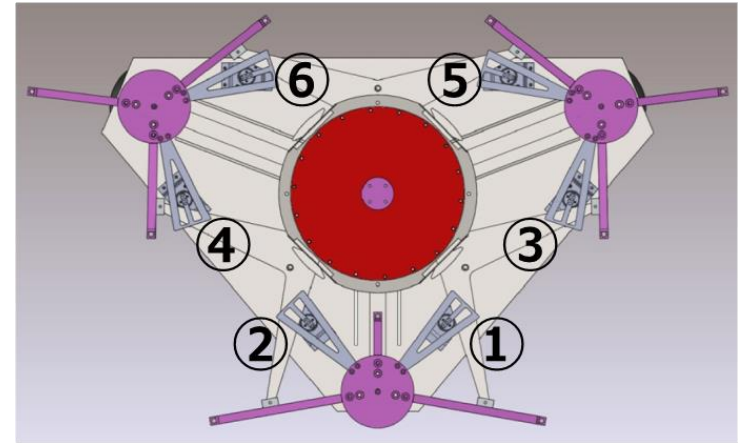
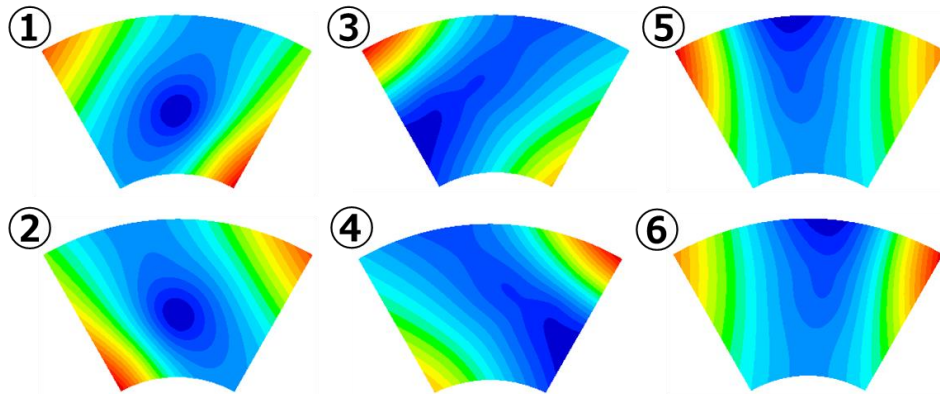
**ハルトマン定数 = 0".28**

Warping Harness による補正を試みる。

# Warping Harness (WH) 駆動量の算出

## 有限要素法による変形解析

各WHを独立に単位量駆動した際の鏡面変形を取得



## ハルトマン試験用演算行列の作成

$$S = D dZ$$

$S$  : 小開口内の傾斜ベクトル(56要素)  
 $D$  : 変形解析での小開口内の傾斜を並べた行列(6×56)  
 $dZ$  : WH駆動量ベクトル(6要素)

$$dZ = (D^T D)^{-1} D^T S$$

$(D^T D)^{-1} D^T = A$  : WH駆動量を算出する演算行列

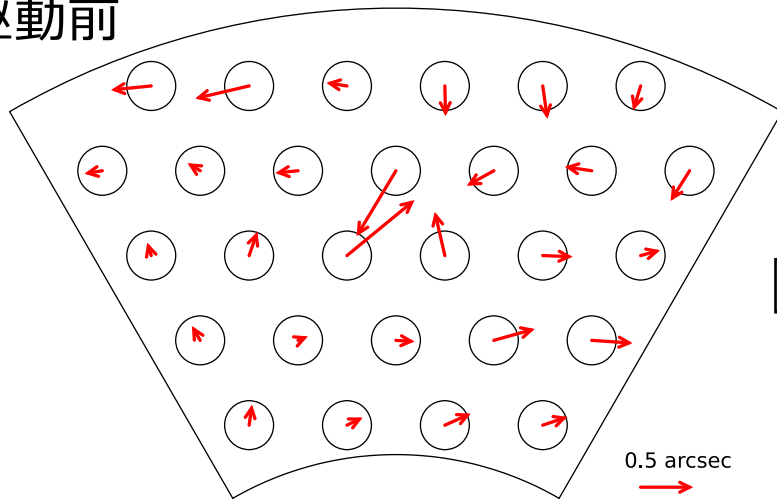


# Warping Harness (WH)による補正実験

## 実験手順

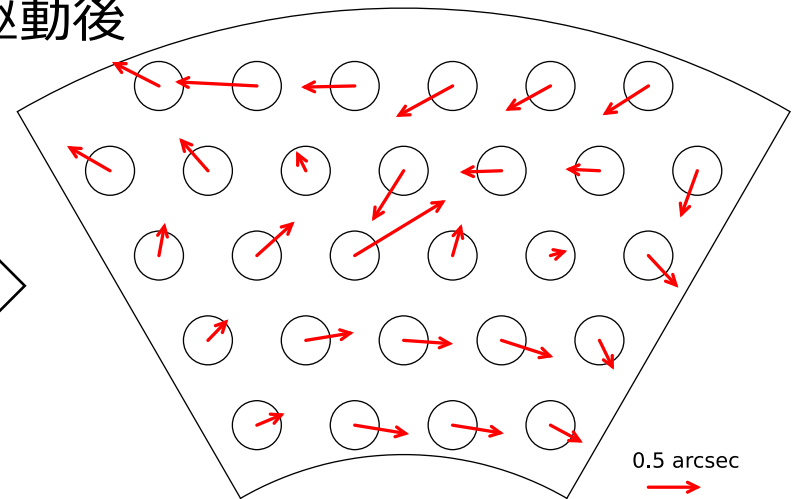
- 傾斜ベクトル(56要素)に演算行列Aをかけて、WH駆動量ベクトル(6要素)を計算
- WHを駆動して再計測 → 傾斜ベクトル算出

駆動前



**ハルトマン定数 = 0".28**

駆動後



**ハルトマン定数 = 0".45**

結果：ハルトマン定数が悪化

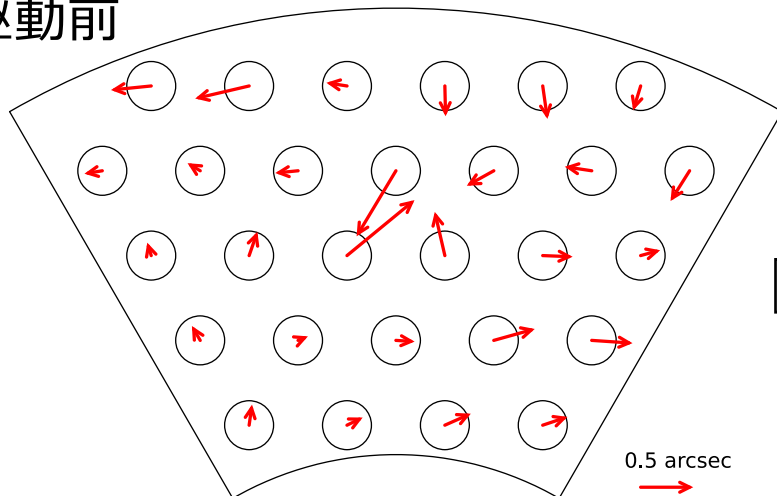
原因：主焦点カメラでは鏡像になることを考慮しなかったため

# Warping Harness (WH)による補正実験

## 正しい補正の推定

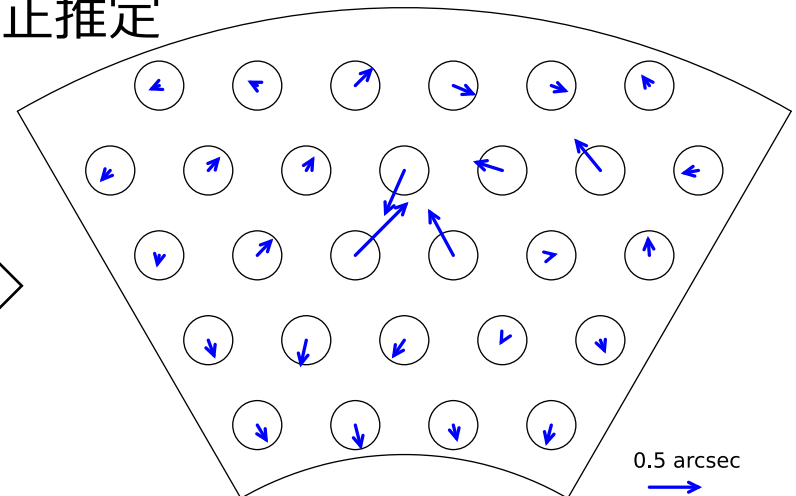
- 補正前後の傾斜ベクトルの変化量を算出
- 左右反転位置の小開口と変化量を入れ替え
- 補正前の傾斜ベクトルに変化量を加算

駆動前



**ハルトマン定数 = 0".28**

補正推定

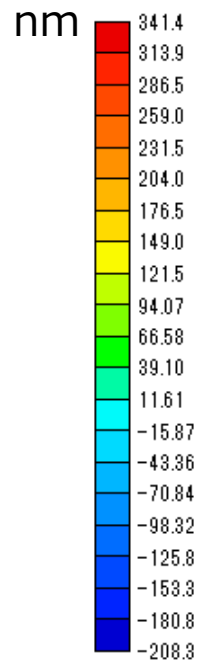
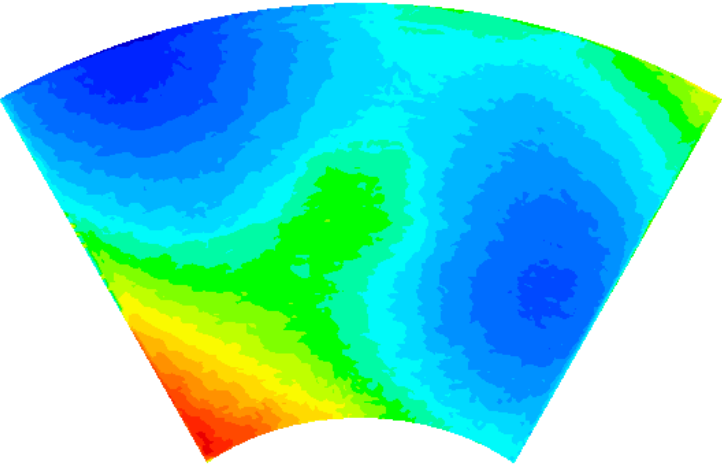


**ハルトマン定数 = 0".20**

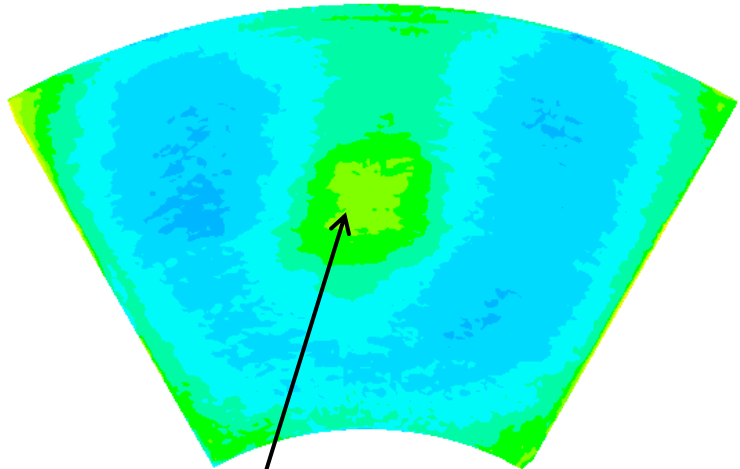
結論：WHによる補正は有効に作用すると推定できる。

# CGH干渉計、シミュレーションとの比較

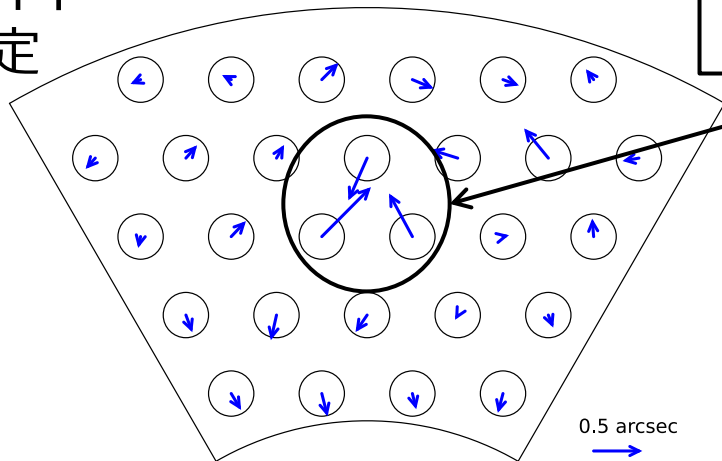
蒸着後の形状  
(CGH干渉計で計測)



WHによる補正を  
シミュレーションした形状



前スライド  
補正推定



中心部の膨らみは支持機構の寸法ミスが原因

**中央3点を除いたハルトマン定数**  
**0".16**

0.5 arcsec  
→

# まとめ

## 主鏡支持機構

Warping Harness により鏡を変形させ形状補正

## 光学評価試験

- ・ 支持機構への鏡設置
  - 望遠鏡を傾斜させても正しく支持
- ・ ハルトマン試験、Warping Harness 駆動実験
  - 光軸調整のみでハルトマン定数 $0''.28$
  - Warping Harness による補正は有効に作用
  - 他の鏡では $0''.16$ 程度の結像性能が期待できる