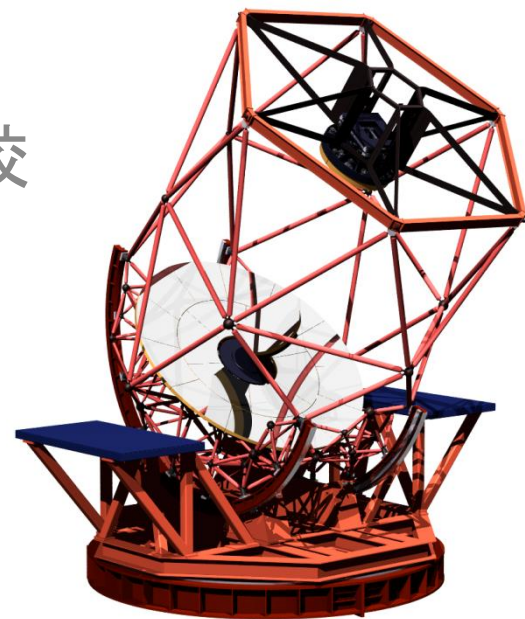




# 京大 3.8m 望遠鏡計画とものづくり

京都大学 栗田光樹夫  
天文・単体物理若手夏の学校  
ホテル圓山荘  
20140724



# 自己紹介と雑談

# 自己紹介

## 楽しむ、出会い、安全

名古屋大学 Z研(佐藤研)

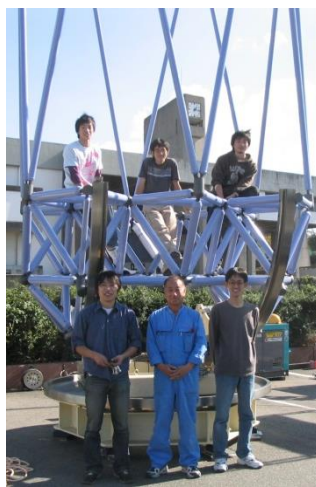
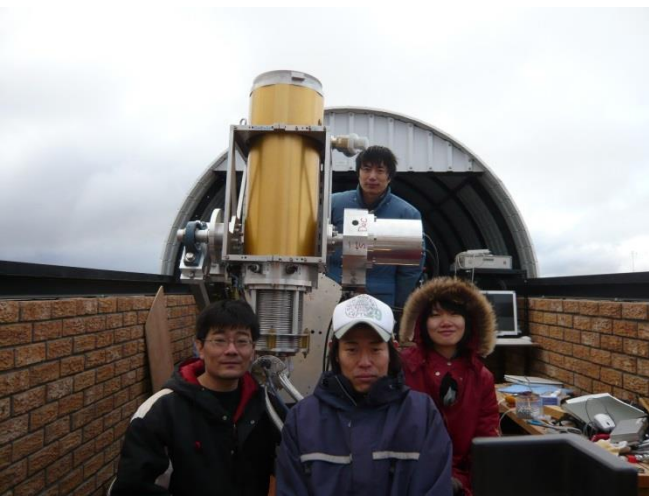
- 99年 B4 上松天体赤外線観測室
- 00年 M1 南アフリカ赤外線サーベイ望遠鏡(IRSF)
- 05年 D4-助手 超軽量望遠鏡
- 08年 南アフリカ冷却望遠鏡

京都大学 宇宙物理学教室

- 14年 京大3.8m望遠鏡



にしはりま天文公園にて  
展示中の望遠鏡

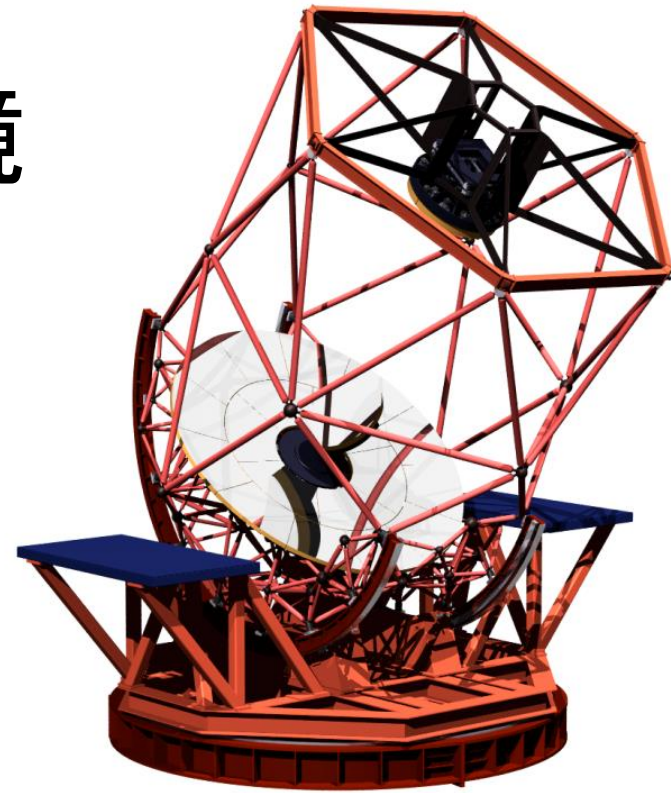




**3.8 m望遠鏡**

# 3.8m望遠鏡

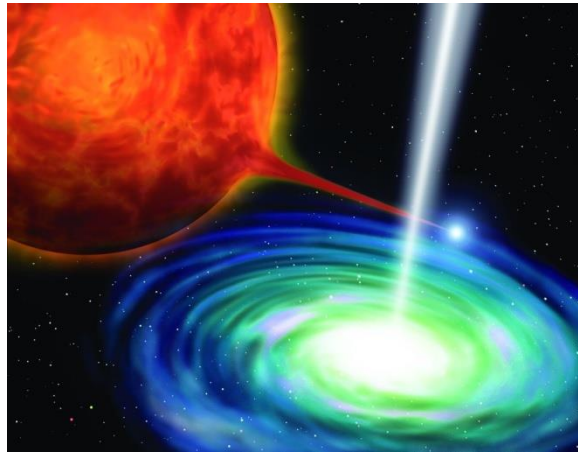
- 14年度中の完成
- 岡山天体物理観測所
- 口径: 3.8m



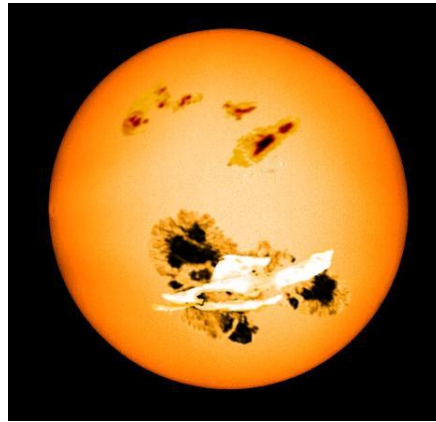
8x8x8m



# サイエンス



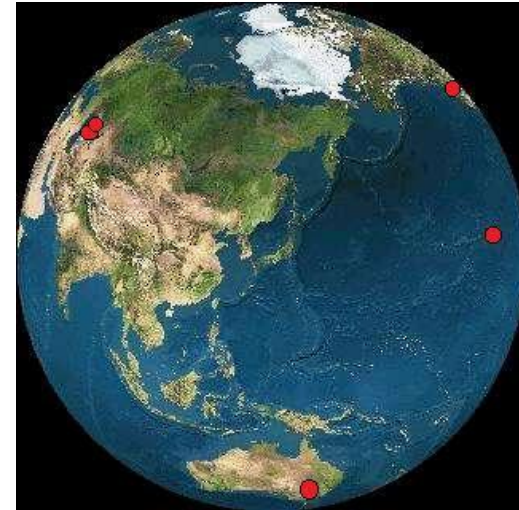
ガンマ線バースト  
重力波天体



恒星のスーパーフレア



系外惑星



日本上空の望遠鏡

シーイングリミット

$$\text{感度} \propto D^2$$

バックグラウンドリミット

$$\text{感度} \propto S^2 D^4$$

高コントラストAO

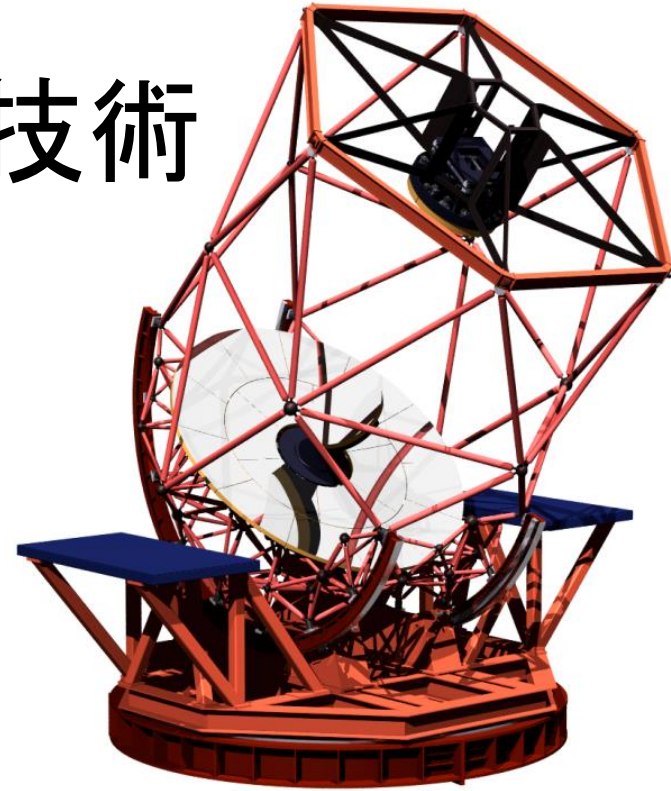
$$\text{感度} \propto \frac{S^2}{1-S} D^4$$

他

本計画

すばる

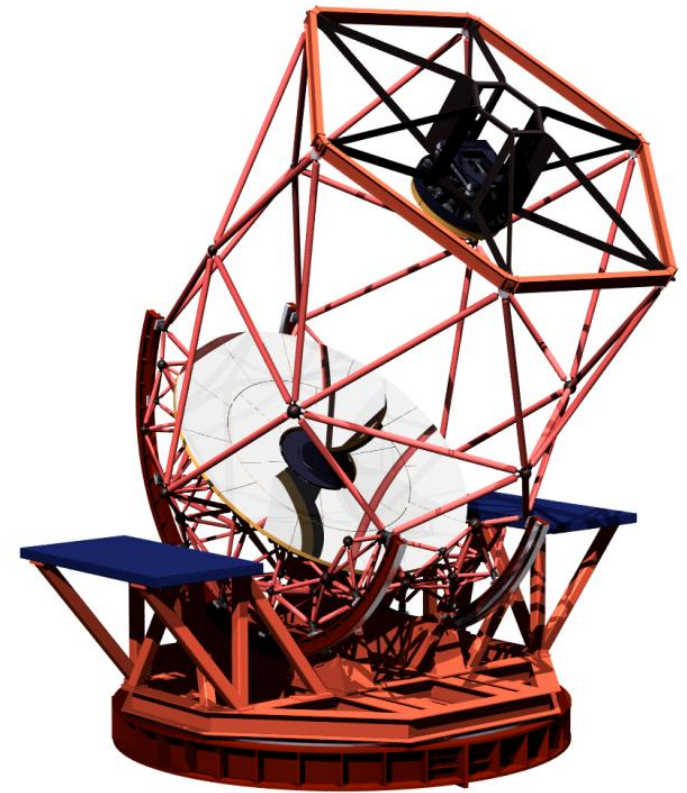
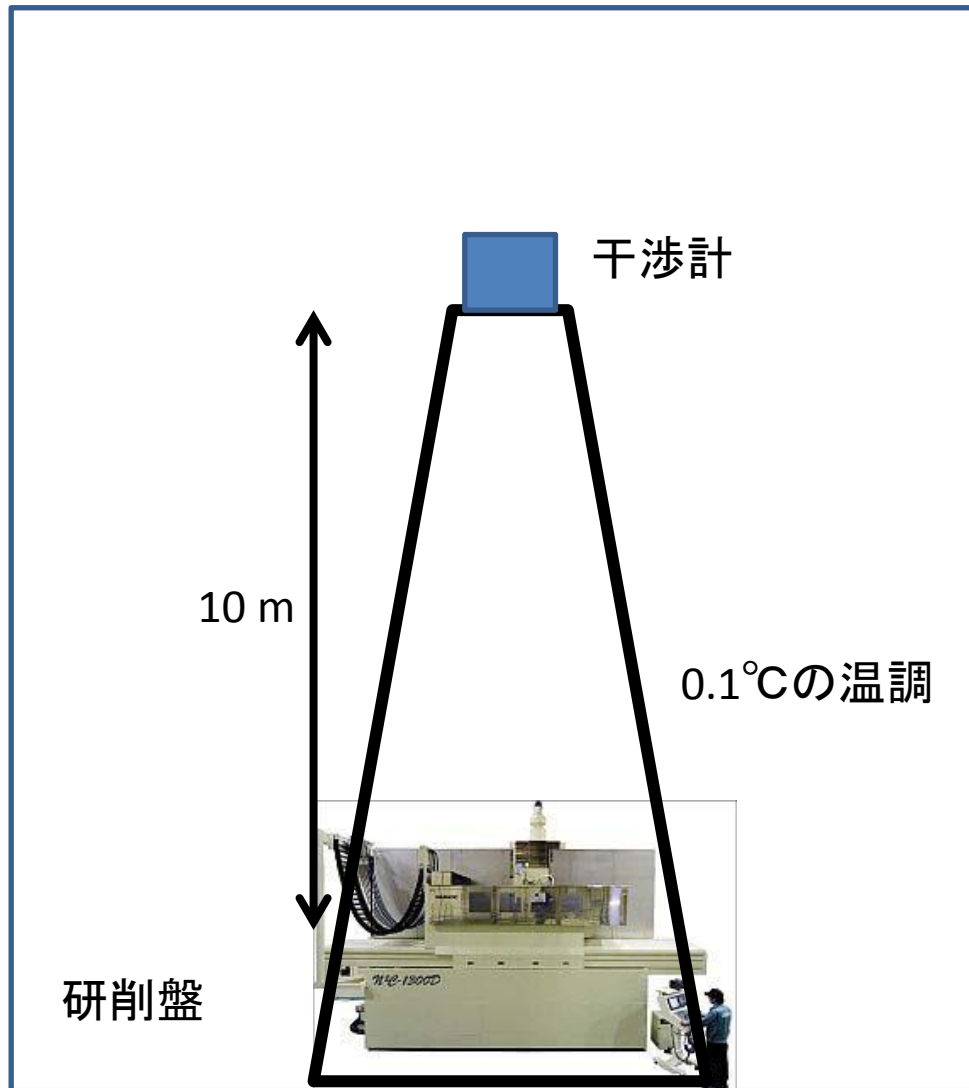
# 3.8m望遠鏡の技術



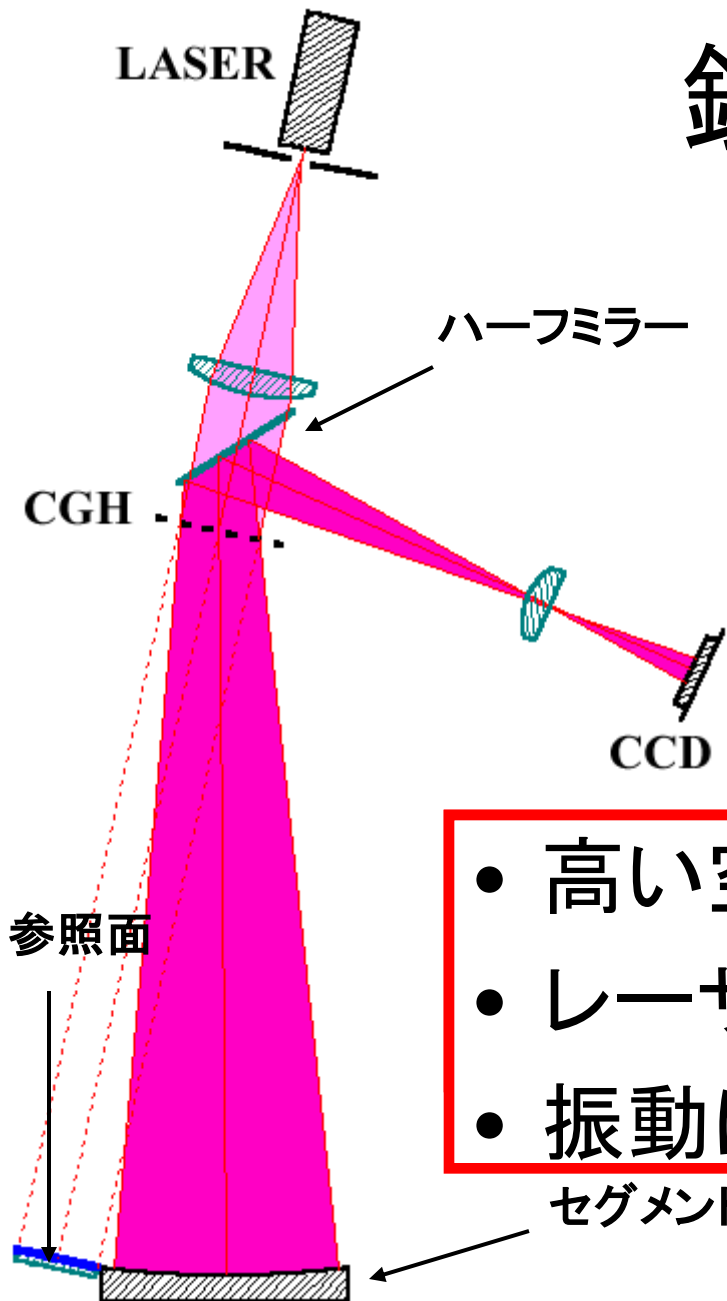
- 日本の技術による鏡の計測と加工
- 日本初の分割鏡
- 超軽量な望遠鏡構造



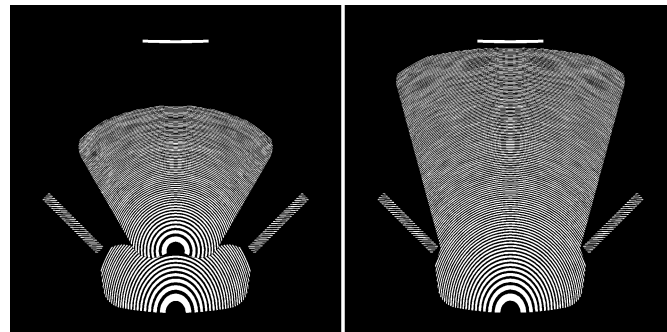
# 机上計測システム



# 鏡の計測



非球面波面の生成に  
CGHを使用



- 高い空間分解能
- レーザーの波長変化が影響しない
- 振動に強い

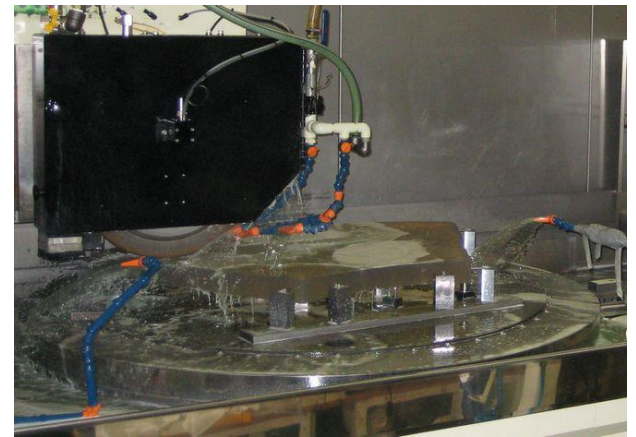
セグメント鏡(曲率半径~10m)

# 鏡加工

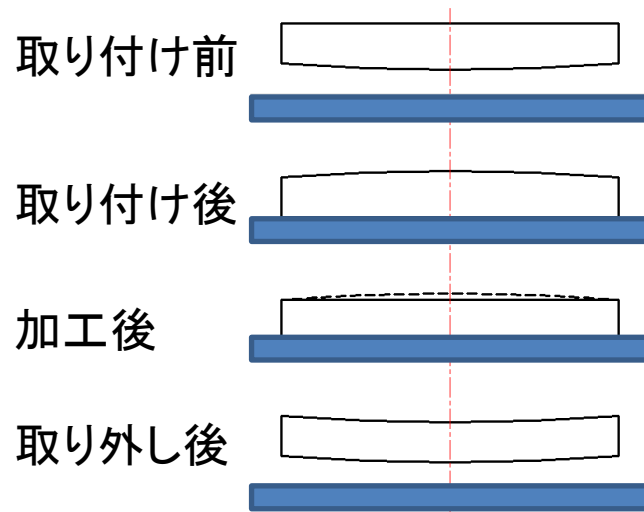
- 大きな鏡を高速加工
  - 大きさ～1 m
  - 形状精度～10 nm
  - 加工時間～1週間



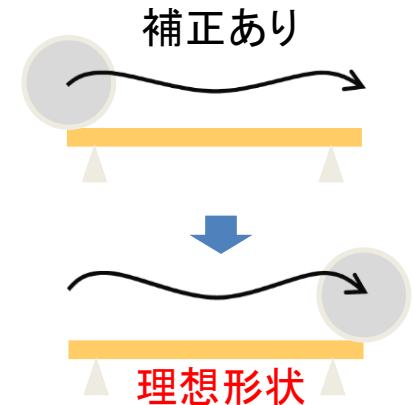
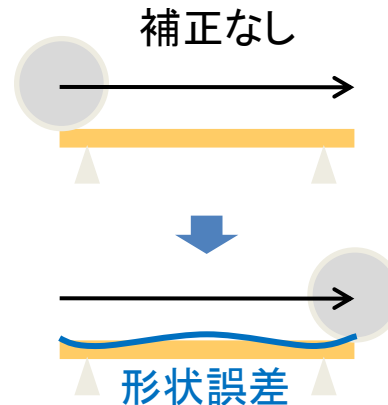
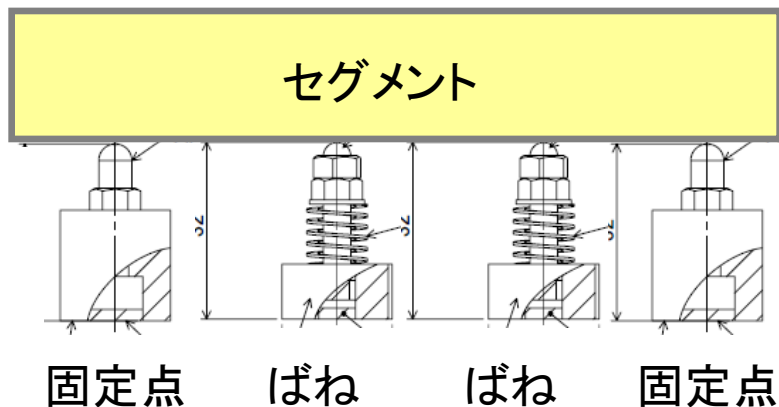
加工施設  
(ナノオプトクスエナジー  
ナガセインテグレックス内)



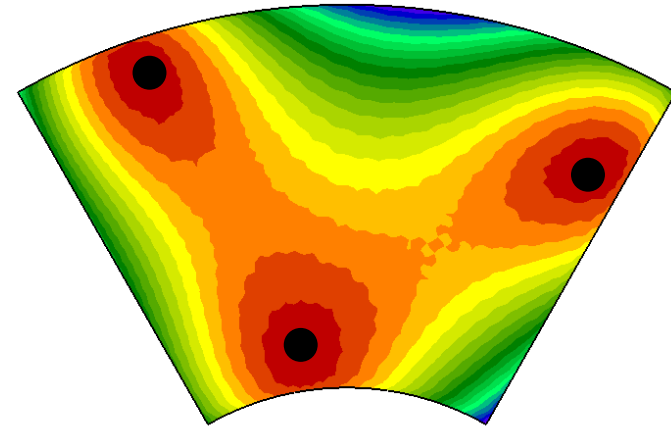
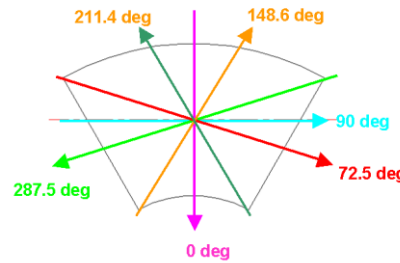
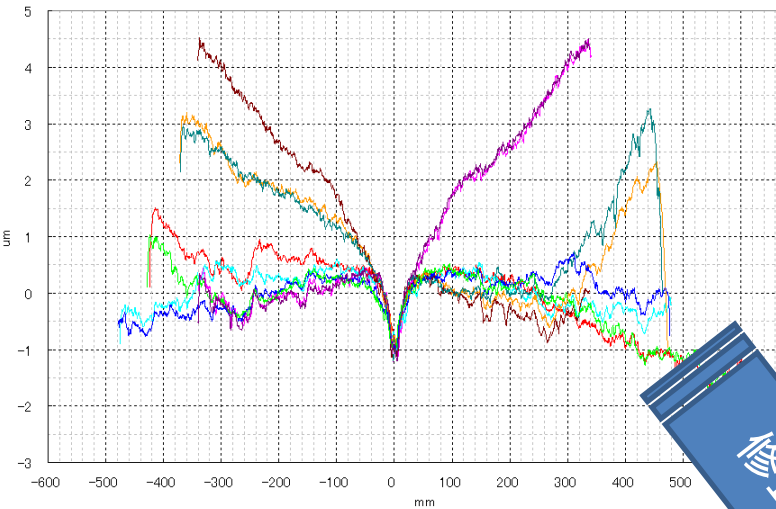
# 鏡の支持の仕方



- 固定点3点と24点のバネで等圧支持
- 研削圧による変形はFEM解析で推定し、補正研削



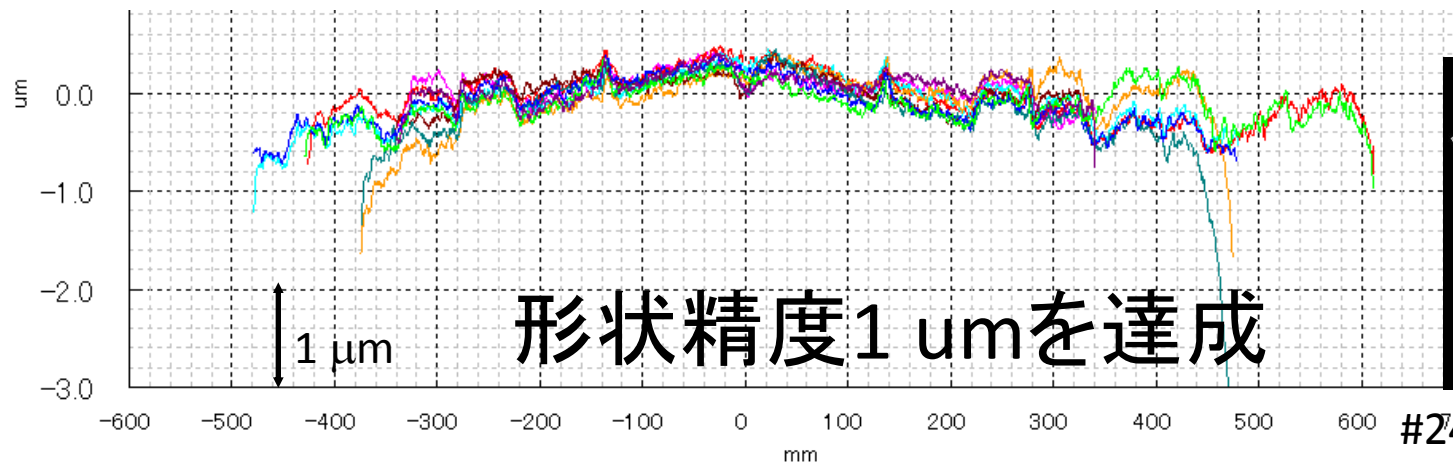
# 鏡の支持の仕方



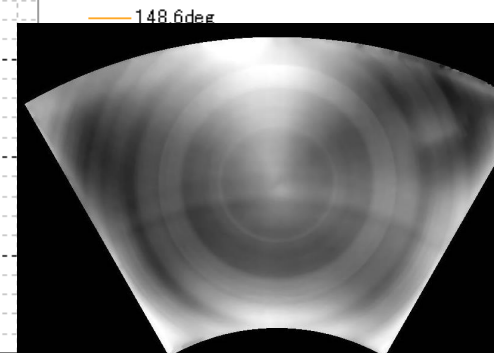
加工圧による変形図  
P-V = 5  $\mu\text{m}$   
黒丸は固定点

補正前の場合の形状誤差断面  
(1div = 1  $\mu\text{m}$ )

修正加工

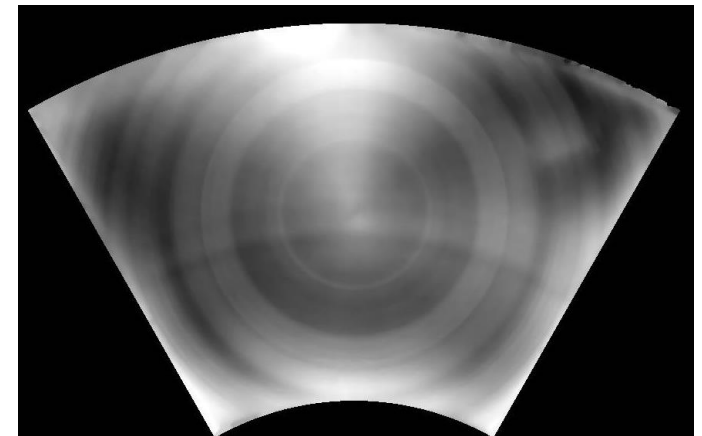
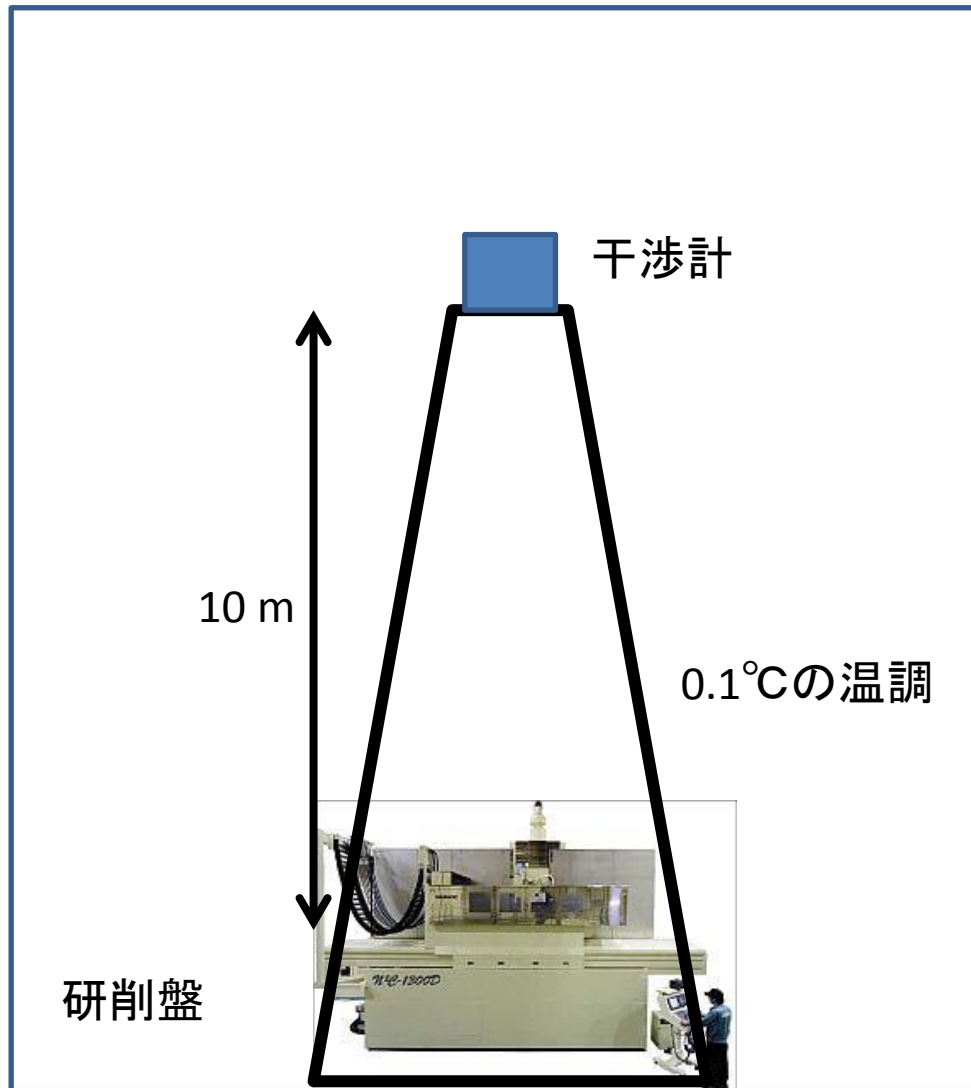


形状精度1  $\mu\text{m}$ を達成

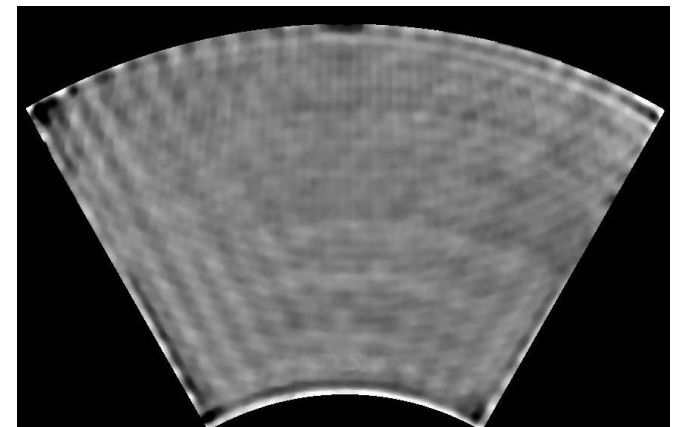


#2400仕上げ研削

# 机上計測システム



±1000 nm

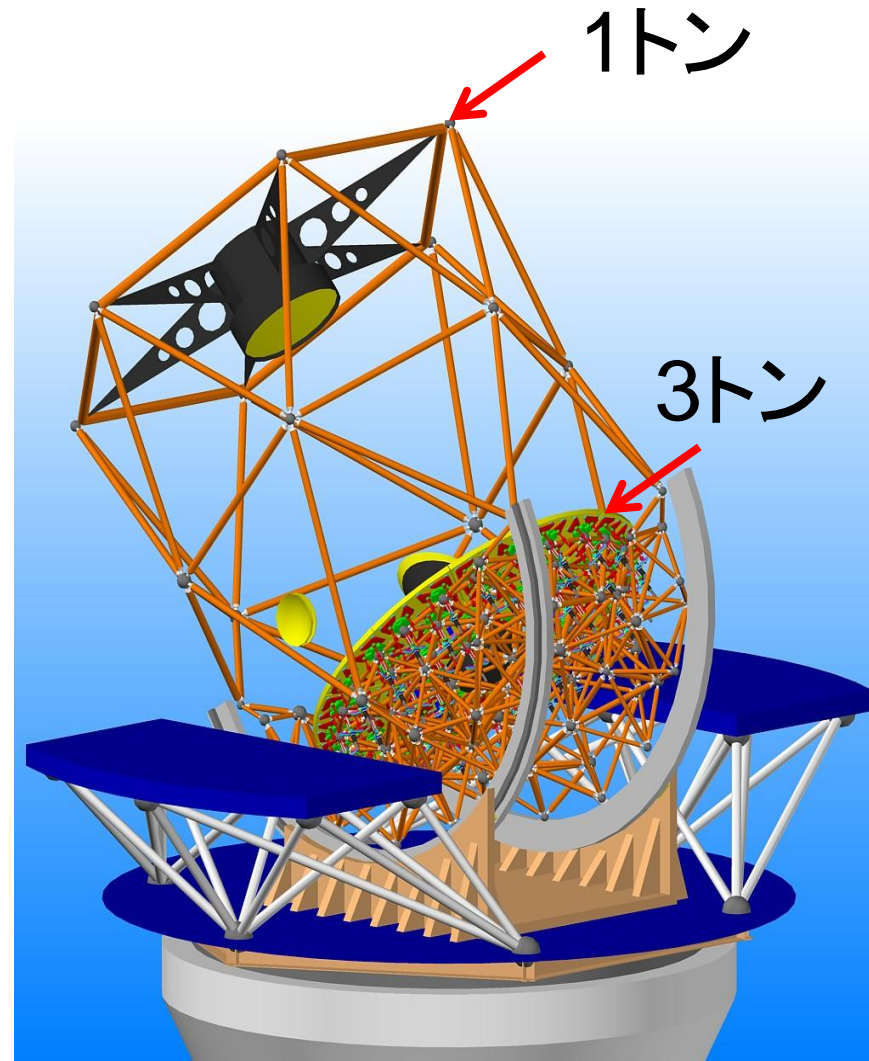


±100 nm

# 軽量な構造

重たい鏡をより軽い構造で  
変形を小さく抑えて支えたい

遺伝的アルゴリズムによる  
最適化

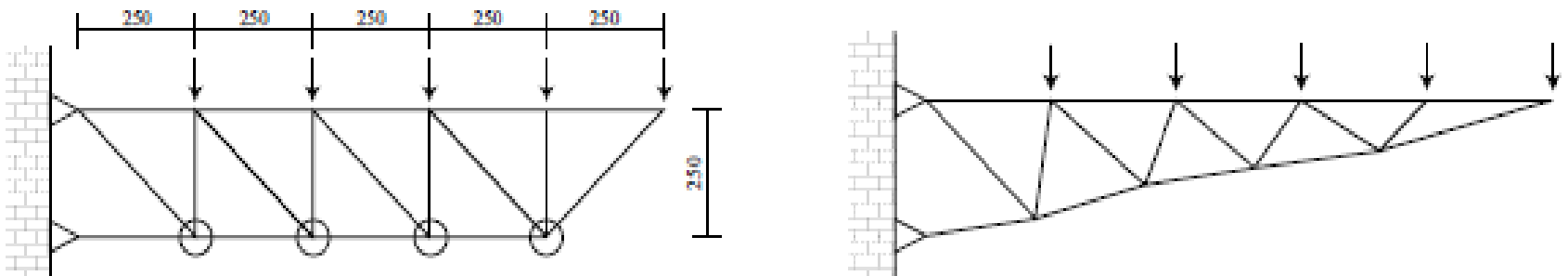


# 遺伝的アルゴリズムによる最適化

遺伝的アルゴリズムとは構造設計における最適化の手法のひとつである。

目的とする性能を数値化し、その数値を評価しながらより優れたモデルを目指す。

その際に**生命の進化**と同様に、1)進化の前後(親と子)間で情報を共有(**遺伝**)、別のモデルとの比較・合成(**交叉**)、不連続な変化(**突然変異**)をおこなう。

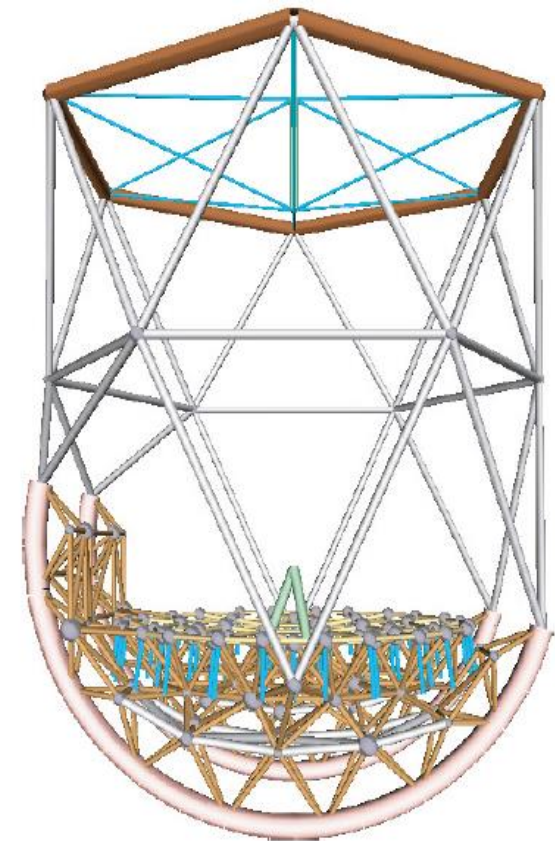
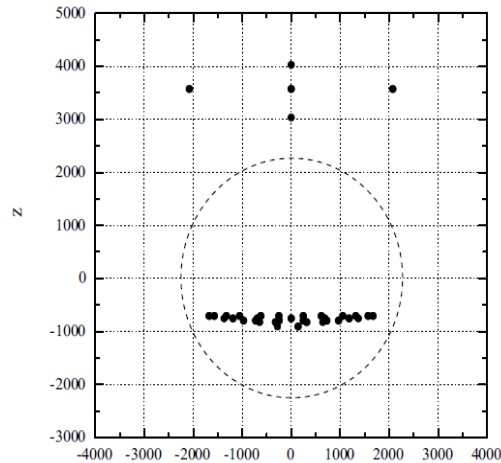
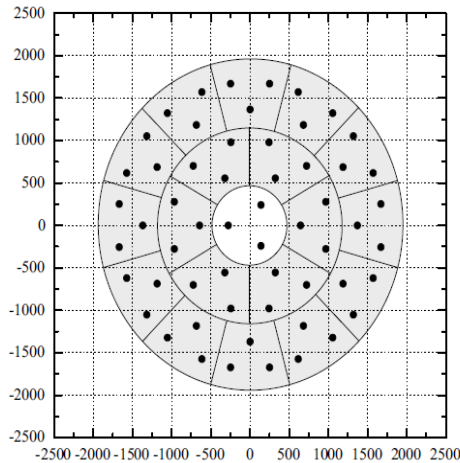


遺伝的アルゴリズムによる最適化の一例



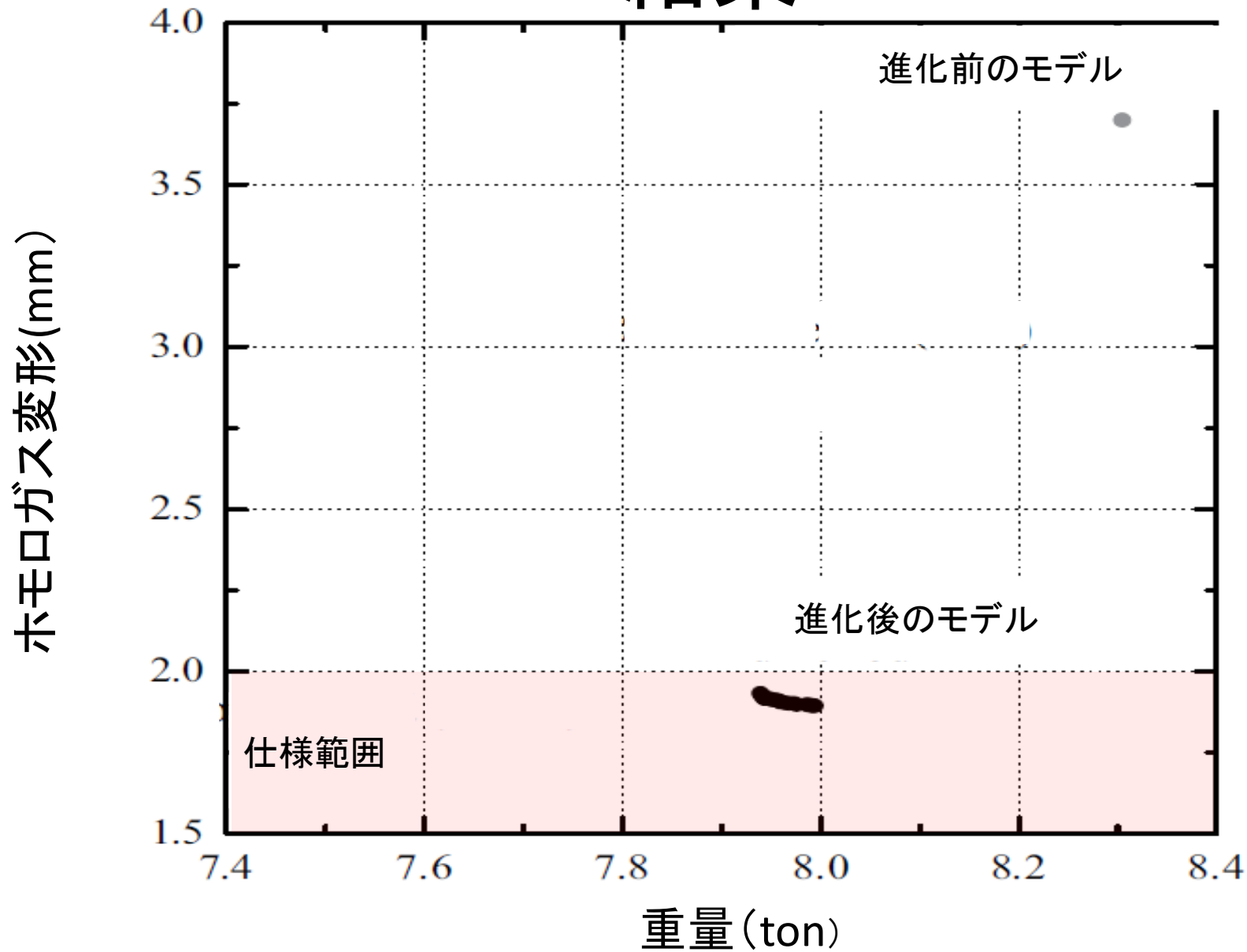
# 最適化条件

- 幾何条件 光学系支持用節点などの座標を固定
- 境界条件 鏡筒の支持点を固定
- 光学条件 光路上に構造物なし
- 部材条件 JIS規格品のみ

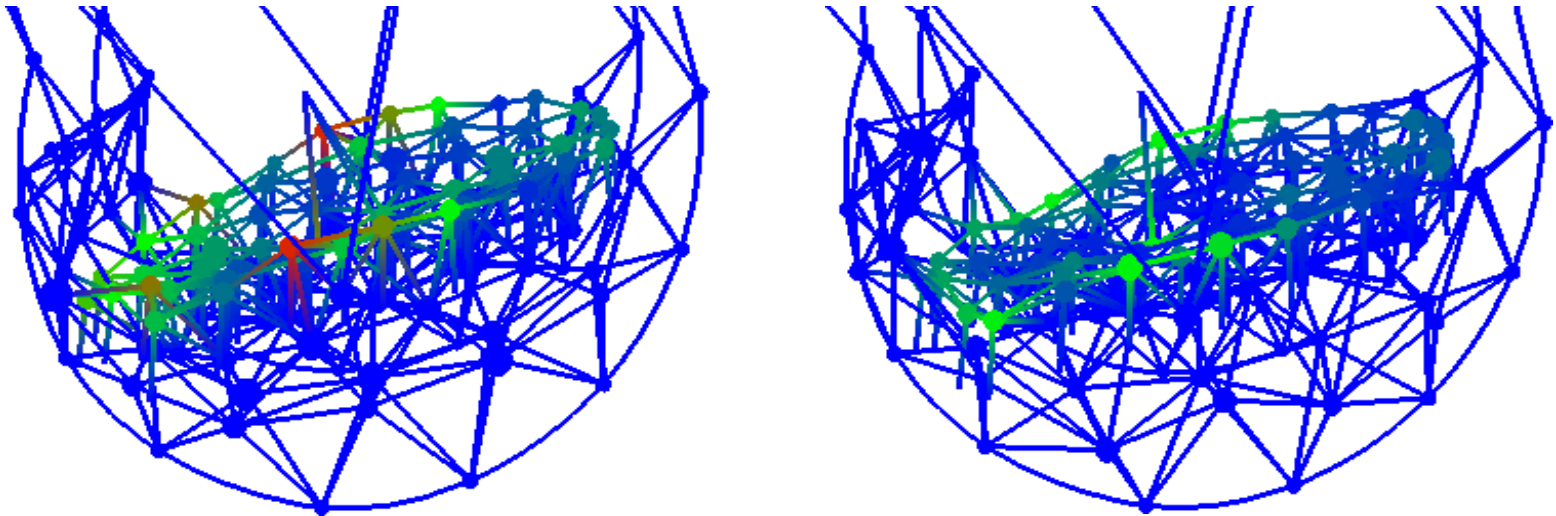
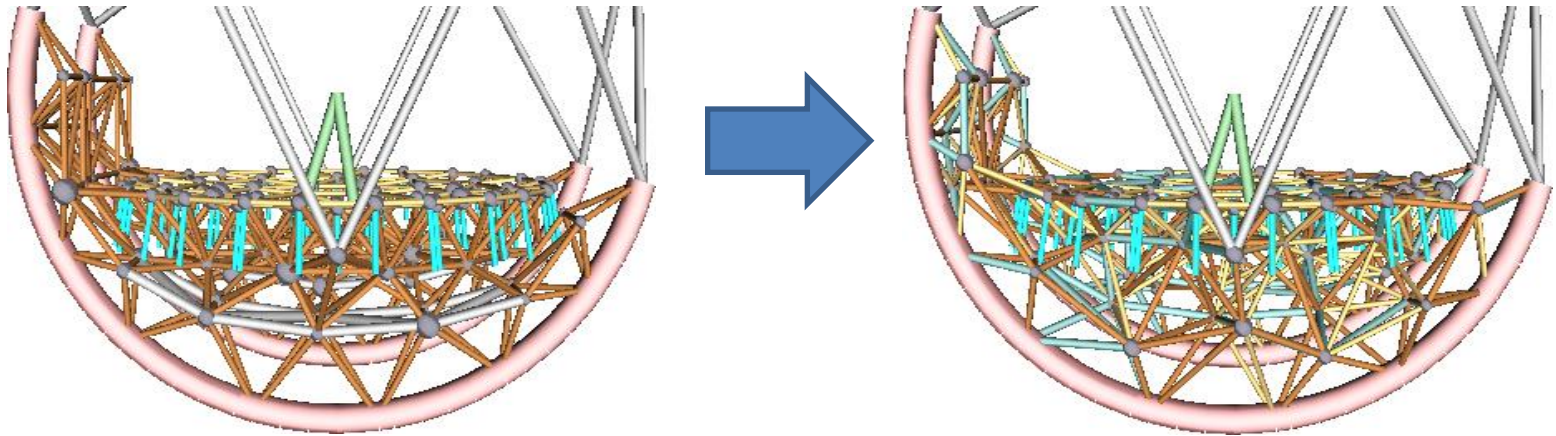


初期親モデル

# 結果



# 結果



0%

200%



許容変形量

**大学のものづくり**

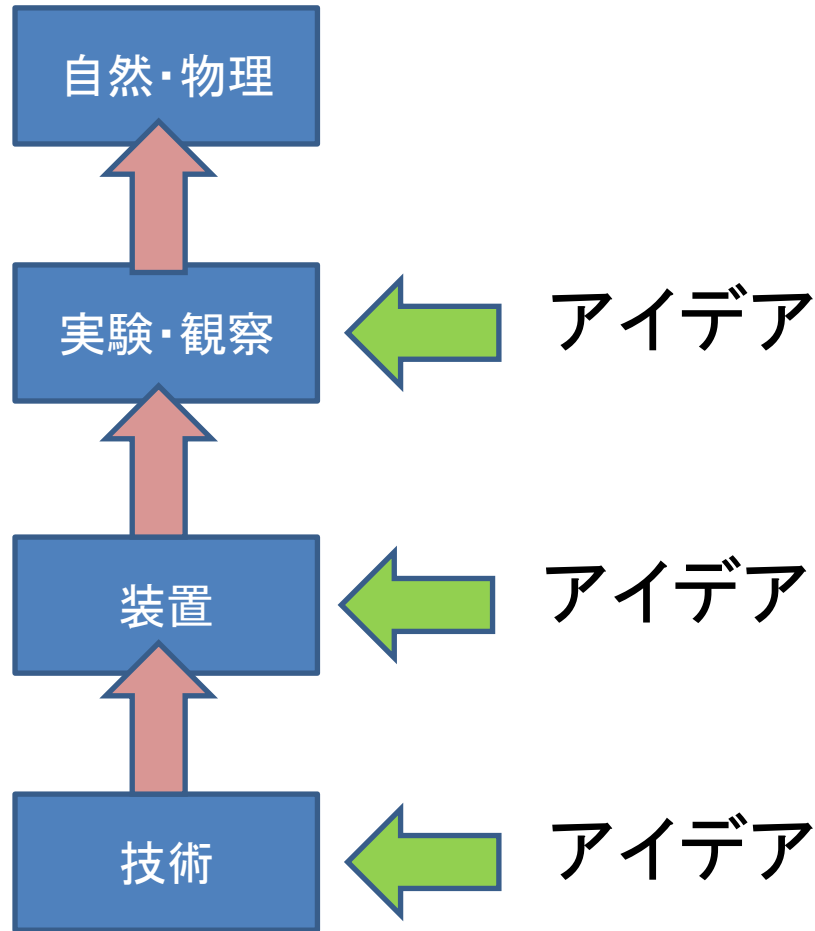
# なぜ科学者が実験装置を作る必要があるのか



地球の大きさ(エラトステネス)  
落体(ガリレオ)

地球の自転(フーコー)  
慣性(ガリレオ)

分光(ニュートン)、万有引力定数(キャベンディッシュ)、光の波動性(ヤング)、原子核(ラザフォード)、電気素量(ミリカン)



自然や物理の理解が目的だが、それには実験方法、装置の工夫、さらには技術の開発によって実現した研究が数多くある。

# 良い装置開発とは

- 開発には主に2種類ある
  - 新規性の高い開発
  - 単純労働な開発
- 成功のためには、できるだけ単純労働な開発を心がける(既存の技術=実証済みの技術)
  - そのためには初期調査が重要
- 既存の技術に少しの新技術を足す(どうしても必要であれば新しい技術を開発するしかない)

# 良い装置開発のイメージ

独自で新分野  
を拓くのサイエ  
ンス

独自の観測方法

独自の観測装置

既存の技術＋少しの新技术

できるだけ、ピラミッドの上の方から実行することを心がける。既存の方法や装置では実現しないときはやむを得ず技術開発に挑む。

# 開発を目指すみなさんへ

## 研究室・先生のスタイルと開発生活

プロジェクト	大	小・中
テーマ	最先端	スタッフの独創
プロジェクトの国際性	強い	小さい
開発の見通し	つきやすい	つきにくい
開発期間	大	??
成果 D論	見せやすい 書きやすい	見せにくい 書きにくい
プロジェクト内での立場	小さい	大きい
開発の自由度	小さい	大きい

おことわり:あくまで傾向であって特定の研究分野や個人を表現するものではありません。



# 大学での開発

- 仕様は装置開発にとって極めて重要
  - 目的の無い開発はない
- しかし、大学での開発には普遍性も求められる
- 技術者と科学者は異なる
- 自分の開発のイントロを考えてみるとわかる
  - 仕様(サイエンス)か装置の原理のどちらがイントロにくるか
  - 単に計算しネジを締めることに満足してはいけない

開発の中に天文学はないが物理はある