

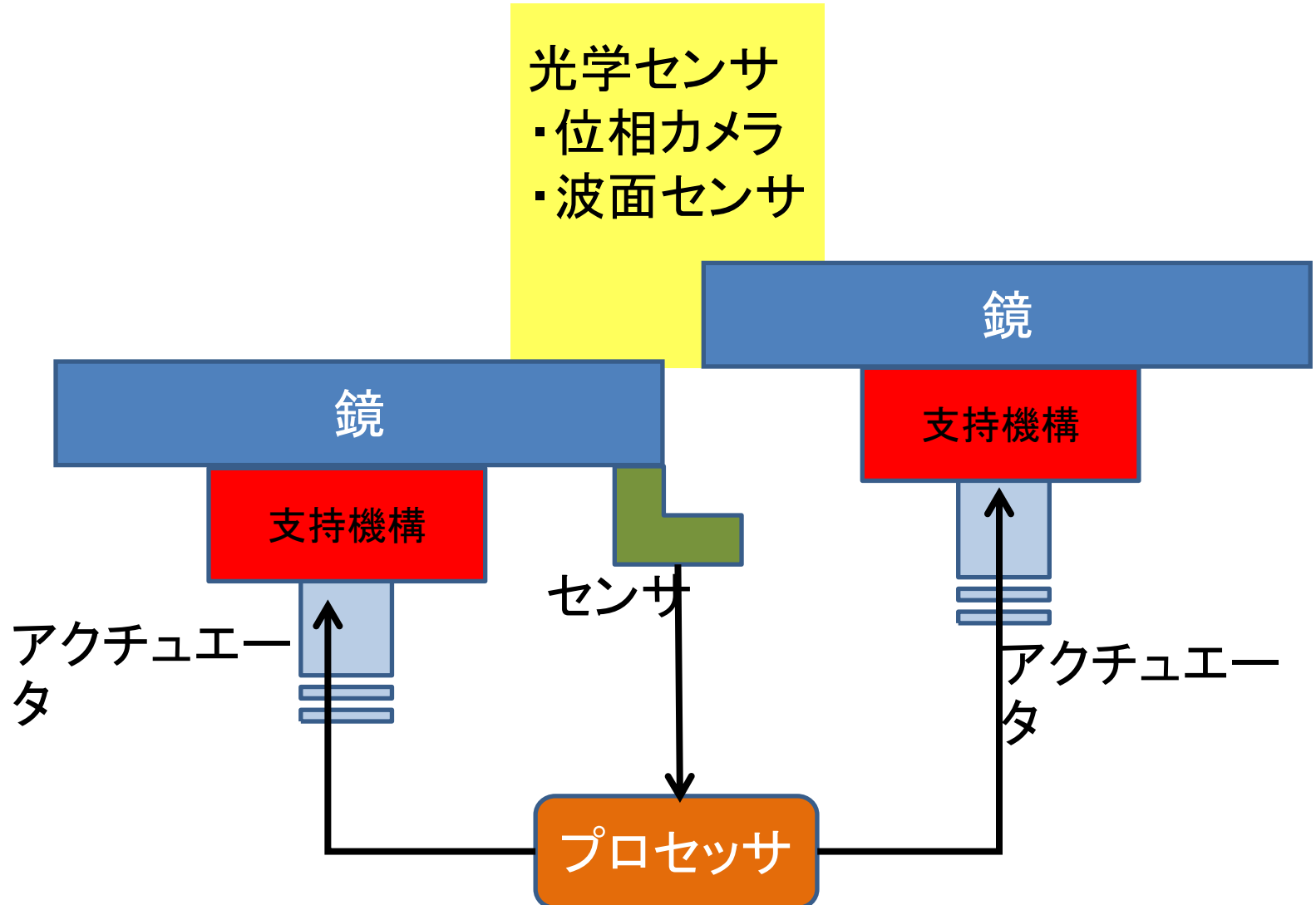
京大岡山3.8 m望遠鏡計画
分割鏡支持機構

2012年8月7日

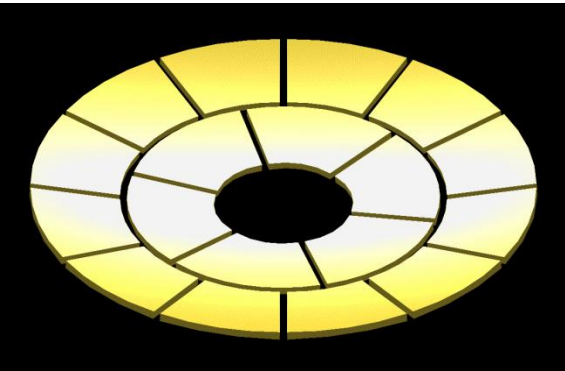
京都大学

栗田光樹夫

分割鏡制御開発 システム構成

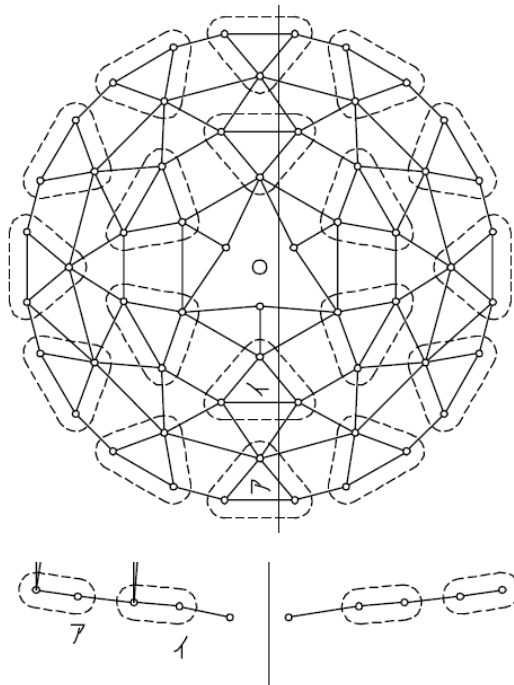


分割鏡の支持



主鏡の機械的パラメータ

	内周	外周
枚数	6	12
質量kg	60	60
中心厚さ mm	41	44
長辺距離	1174	1047



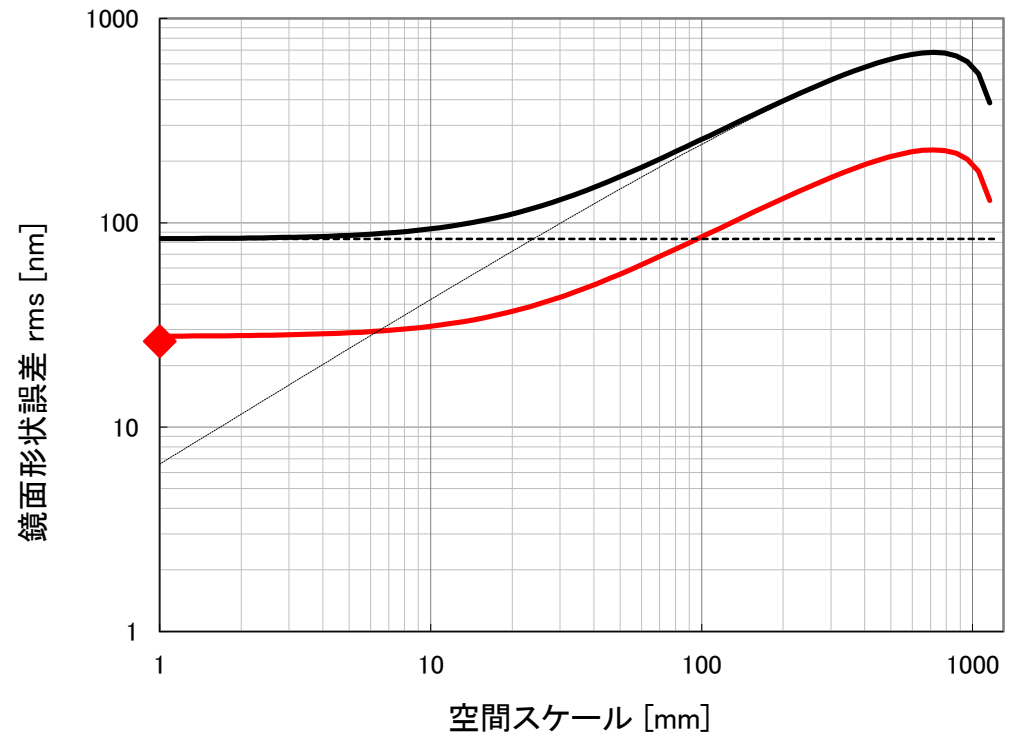
支持機構への要求

	アキシャル	ラテラル
自重変形	○	不問
可動性	必要	固定

支持点の配置

要求仕様

	要求仕様
変形	右図参照
ラテラル変位	< 50 μm
ラテラル回転	< 0.05deg



許容される形状誤差の構造関数
鏡面の許容形状誤差(赤線)。回折とシーイングによる波面誤差(黒線)。ただしHバンドと $r_0=250\text{mm}$ を仮定

支持機構の再検討

- 設計思想
 - 薄い鏡のOptomechanics
- 支持点数
 - 27点からの最適化
- インテグレーション
 - 加工から望遠鏡搭載までを検討した設計

オプトメカニクス

5.0 MOUNT CONSIDERATIONS

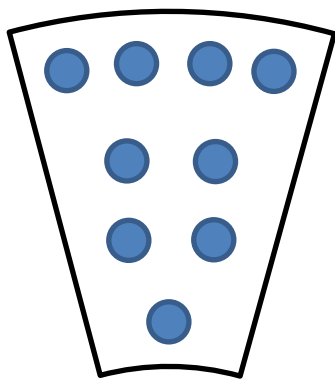
The mounts which support the optic to its bezel or reaction structure frame must serve several purposes. They must be stiff in all directions to maximize rigid body frequencies, rigid enough to preclude buckling, and strong enough to resist operational and non operational stresses under acceleration loadings. They must also be flexible (in the appropriate degrees of freedom) to minimize mount induced assembly loading mirror distortion, to which the high aspect ratio optics are most susceptible. They must be flexible enough as well to minimize deflection caused by thermal expansion mismatch. To achieve such a design, the mounts must be near kinematic in nature. Truly kinematic mounts which rely on bearings, universal joints, pins, slots, rollers, or the like are to be avoided generally due to the unpredictable effects of stiction and friction. A near kinematic mount usually takes advantage of flexible parts in the appropriate degrees of freedom which are both predictable and accountable in the design.

アキシャル支持の検討

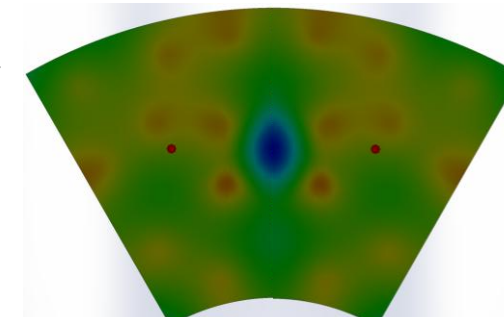
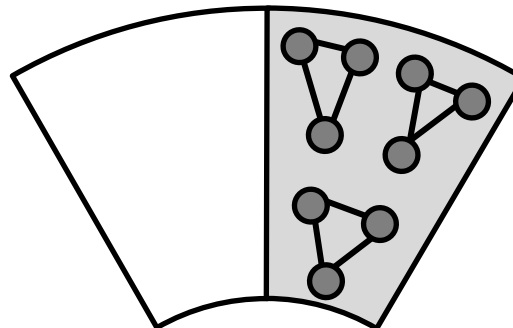
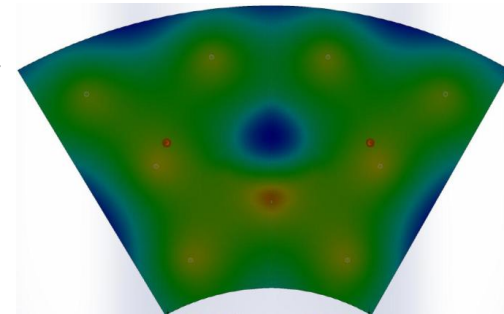
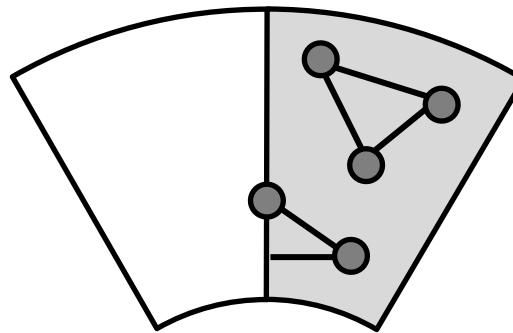
9点支持

- 手動で最小変形になる支持点位置を調査
- 9点支持の位相は1種類
 - 最適化が容易
- 18点支持の最小変形量は位相に依らずほぼ同じ

	位相	RMS (nm)	P-V (nm)
9点	1-0.5-1-2	30.5	155
18点	1-1-1-3-3	14.8	96

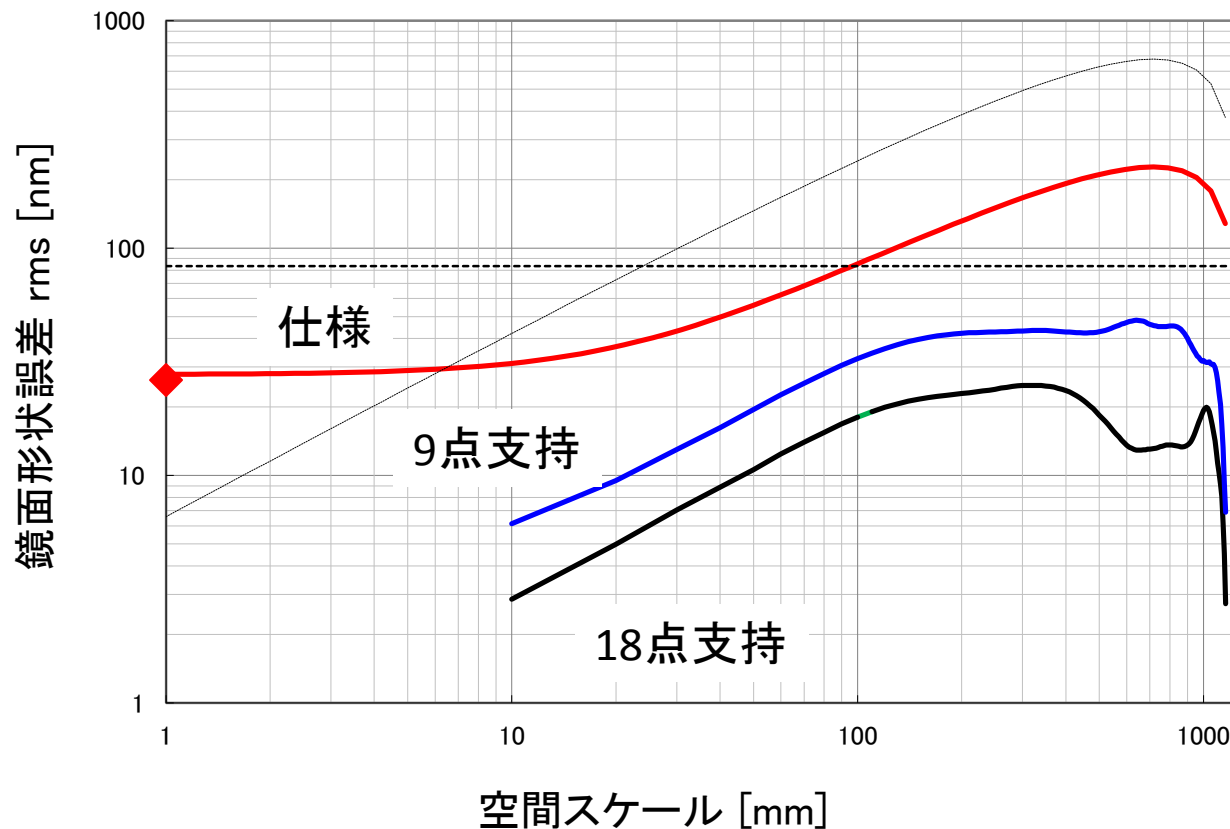


位相の例 1-2-2-4
内周から順に同一円弧
上の支持点数を示す



支持点数

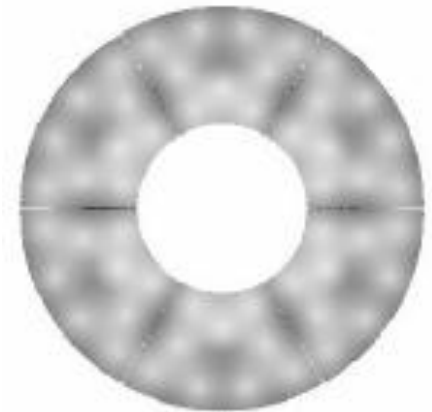
- 9点支持でも許容値の1/5程度で、十分満たす。



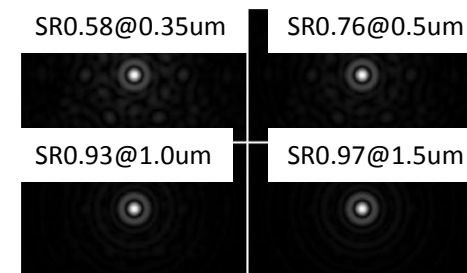
※望遠鏡の仰角ゼロのときの最悪値であることに注意

9点支持

- 9点で十分な光学性能
 - 支持点あたりの面積
 - TMT:500cm²
 - 本計画:666cm²
- Whiffle Treeにおいて9点支持なら3×3の1段ツリーが可能。大きなメリット。
 - シンプルなため、ラテラル支持機構の設計自由度が高い
 - 軽量
 - 部品点数
 - コスト
 - 信頼性・故障率



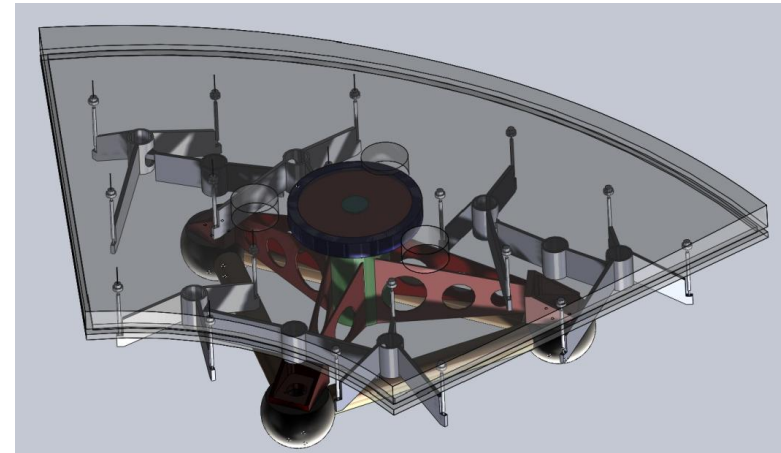
9点支持と2011年12月時の鏡の位相誤差



左図の位相マップで得られるPSFとSR

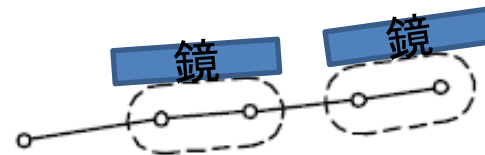
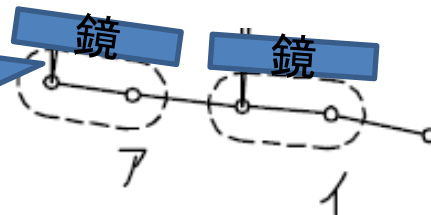
手前事情によるメリット

- 現状の71mmのスペースにもツリーを組み込める可能性が高い(光学系の変更不要)
- ワーピングハーネスの可能性もあり
 - 曲率誤差、加工誤差、支持機構のストレス、CGHの低周波な誤差を6つの自由度までなら解消
 - AO用のSHWFSがあるので新たに、ワーピングハーネス用のSHWFSの開発は不要



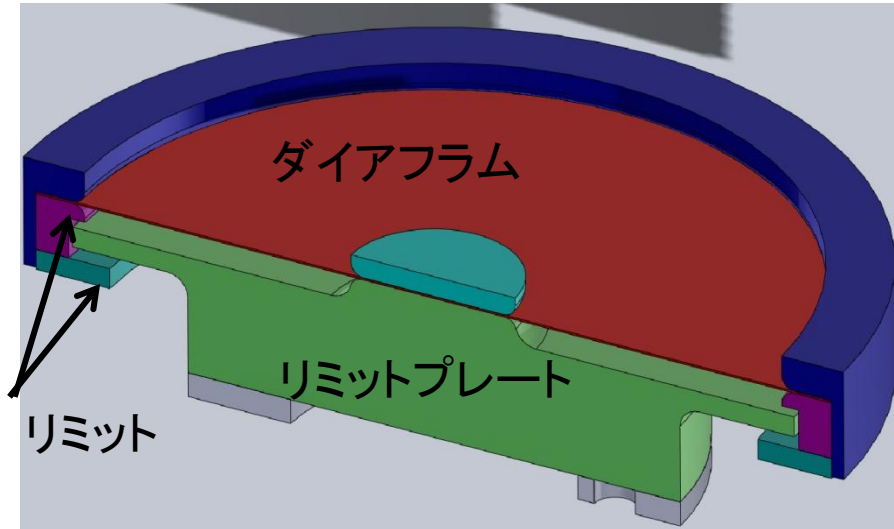
18点支持の概念設計

隙間が71mm

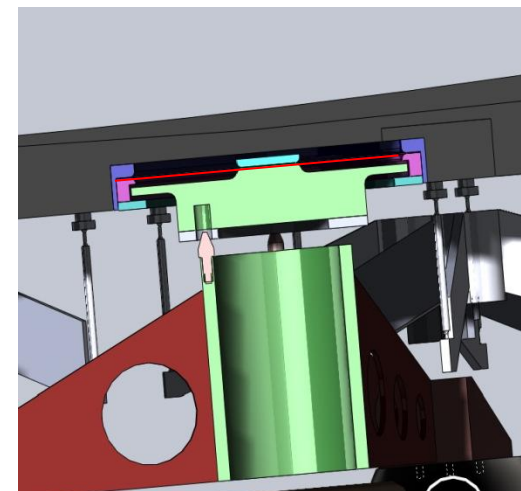
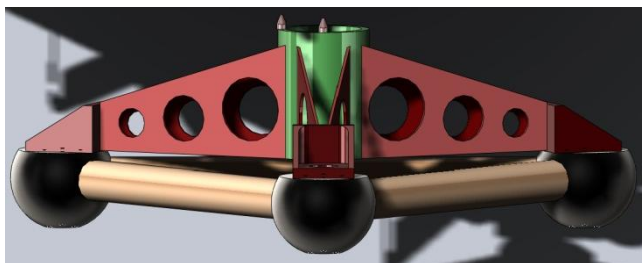


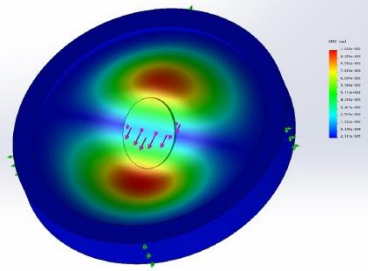
ラテラル支持

- Flexure機構
 - ダイアフラムφ194mm
- リミット機構
 - アクチュエータの暴走
 - 脱着時のハンドリングエラー
 - 地震等
- トラス3節点でラテラル支持を保持

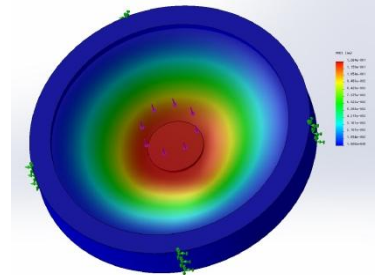


ラテラル支持断面



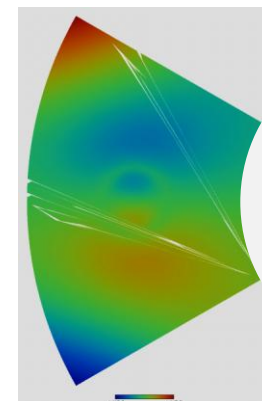
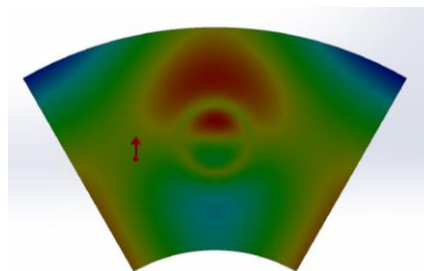


鏡の変形(内周)と変位



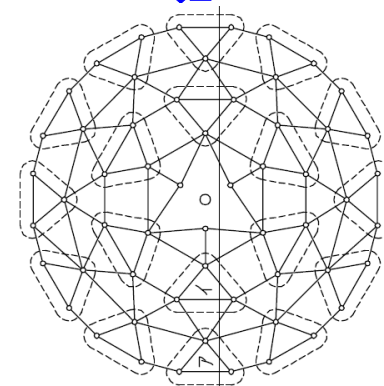
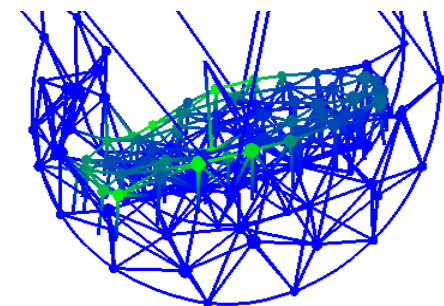
アキシャル方向の変形

	水平姿勢1	水平姿勢2
RMS nm	6.7	27
P-V nm	12.1	84



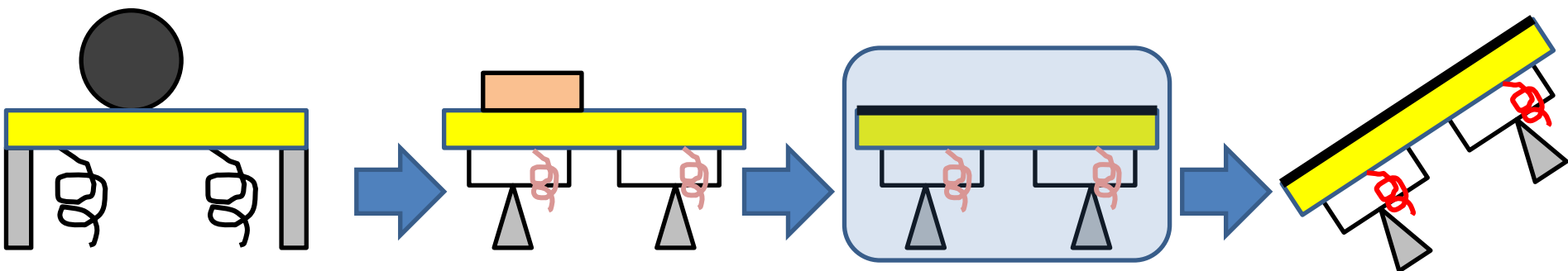
- 変位に関しては、ラテラル支持機構を統一することで変位量は同じとなり、各セグメントが平行に同量変位し、相対的にゼロとなる。
- 鏡のラテラル変位は54個のトラス節点の相対変位で決まる。

	要求仕様	到達値
変形	右図参照	
ラテラル変位(P-V) nm	< 50	37
ラテラル回転 deg	< 0.05	< 0.01

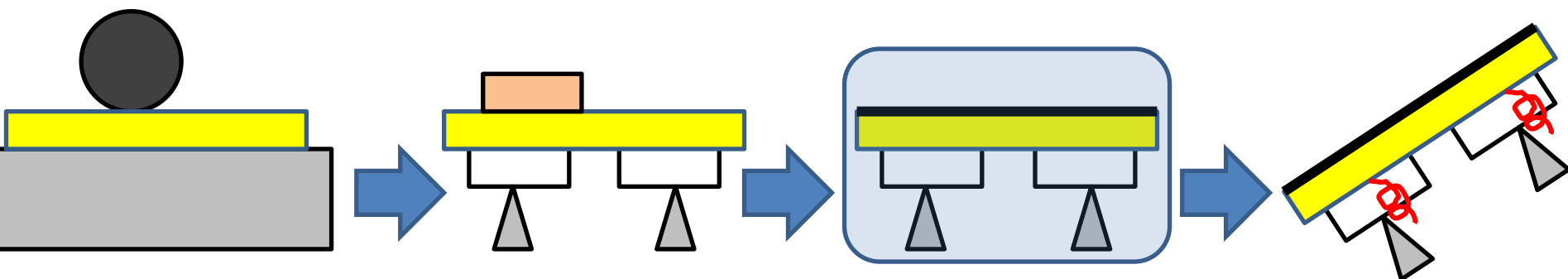


鏡と支持機構のインテグレーション

本計画



KeckやTMT



プロセス	研削	研磨	蒸着	望遠鏡搭載
誤差要因	加工誤差 裏面形状 自重変形	自重変形 ストレス	蒸着ストレス	形状誤差 設置誤差
計測方法	変位計	干渉計		SHWFS
支持方法	バネ支持	ツリー支持 (ワーピングハーネス)	ツリー支持 (ワーピングハーネス)	ツリー支持 ワーピングハーネス

進捗状況

ビーム																
方位																
高度																
鏡筒																
アルゴリズム																
アクチュエータ+制御																
支持機構																
エッジセンサ																
位相センサ																
波面センサ																
副鏡+第三鏡																
副鏡+第三鏡計測																
主鏡																
主鏡計測																
調査・仕様																
概念設計																
要素検証																
初期設計																
PDR																
詳細設計																
実機製作																

2013

開発の流れ