

京都 3.8 m 新技術望遠鏡の進捗状況

国立天文台 岡山天体物理観測所

沖田喜一

望遠鏡建設グループ：柴田一成、長田哲也、岩室史英、太田耕司、嶺重慎
坂井道成（京都大学）
吉田道利、岩田生（国立天文台）
佐藤修二、栗田光樹夫、木野勝（名古屋大学）
舞原俊博、藤原洋（ナノオプトニクス研究所）
他WGメンバー

進捗最新状況

「**産学連携**による3.8m新技術天体望遠鏡」
として、建設が**正式に開始**され、5年後
(2011年)のファーストライトを目指す。
資金は民間会社(ナノオプトニクス研究所:
藤原洋代表取締役)からの援助による。
8月1日に関係者間で覚書締結式が行われ、
記者発表が行われた。現在建設体制を進めつ
つある。

計画の概要

推進組織

京都大学大学院理学研究科 宇宙物理学教室・附属天文台
国立天文台 岡山天体物理観測所
名古屋大学大学院理学研究科 赤外線天文学研究室
ナノオプトニクス研究所

設置場所

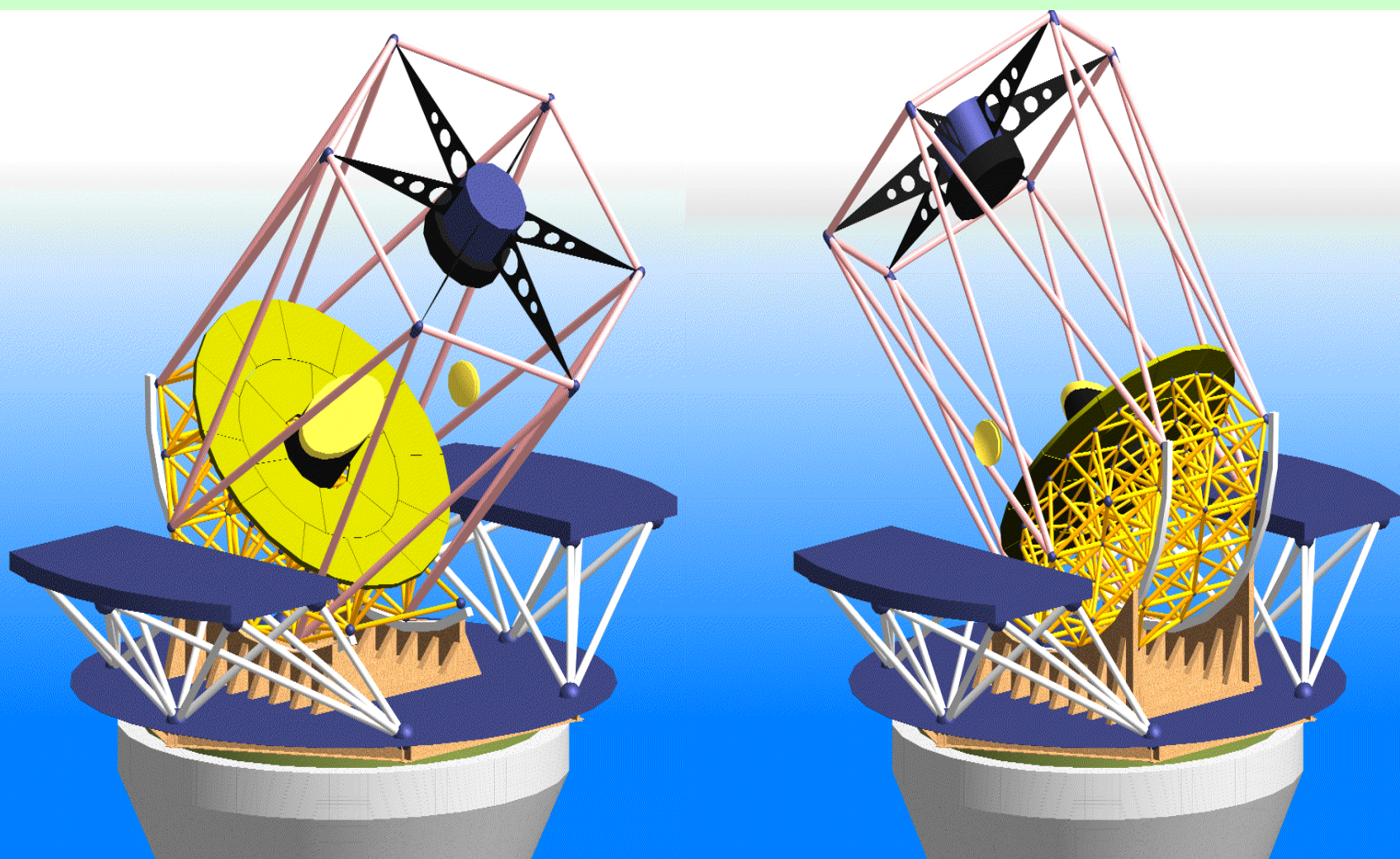
岡山県浅口市鴨方町本庄 3 0 3 7 - 5

国立天文台 岡山天体物理観測所の隣接地（構内）

望遠鏡の特徴

- 1) 世界初の超精密研削技術による鏡の製作
- 2) 国内初の分割鏡方式による望遠鏡
- 3) きわめて軽量な架台の採用

====> 将来の 3 0 m 級の望遠鏡建設の基礎技術とその開発実験



京都 3.8 m 新技術望遠鏡概念図

設置場所

国立天文台岡山天体物理観測所内

観測時間の空白地帯を埋める

- ・日本の周辺には中大口径望遠鏡が無い
- ・重要な突発現象などの天体現象対応ができない



口径3m以上の望遠鏡の位置

ターンアラウンドを早くし、若手の育成を図る

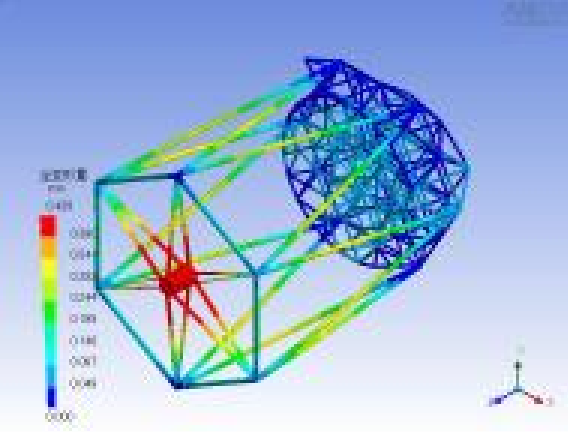
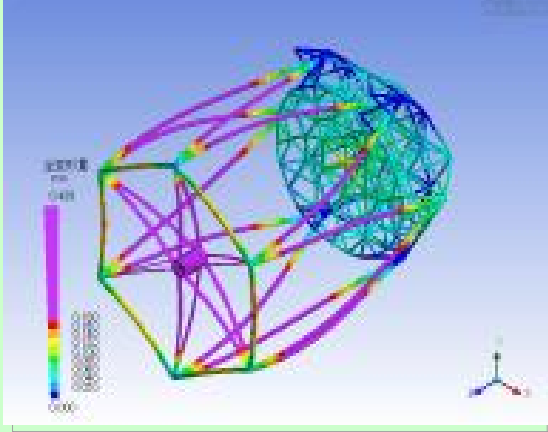
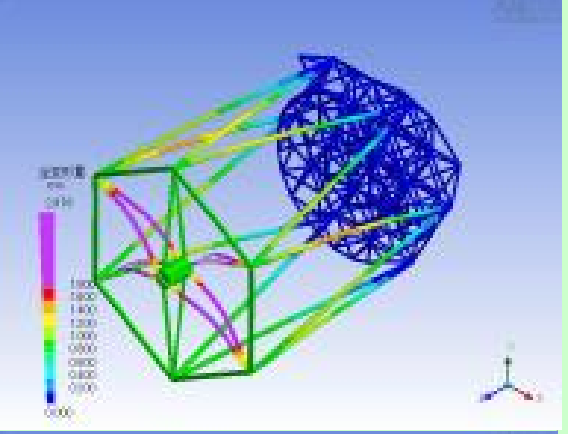
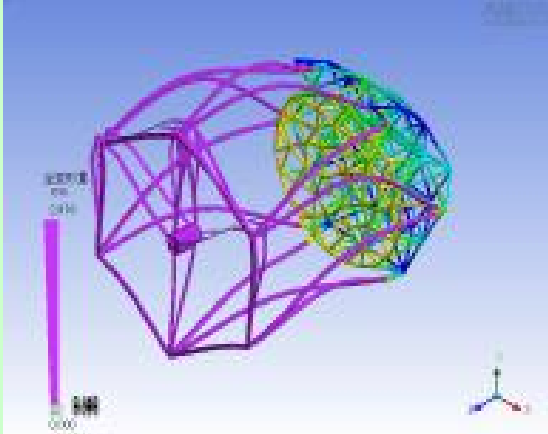
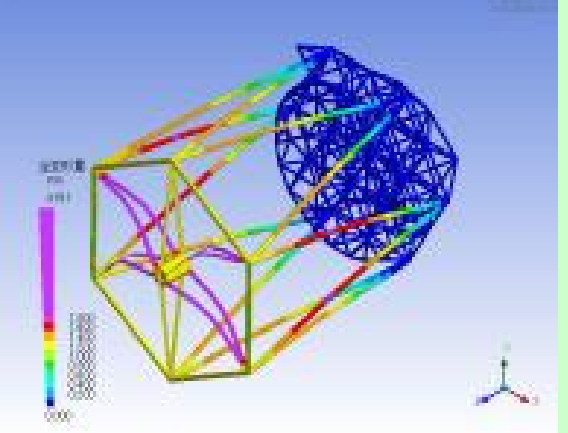
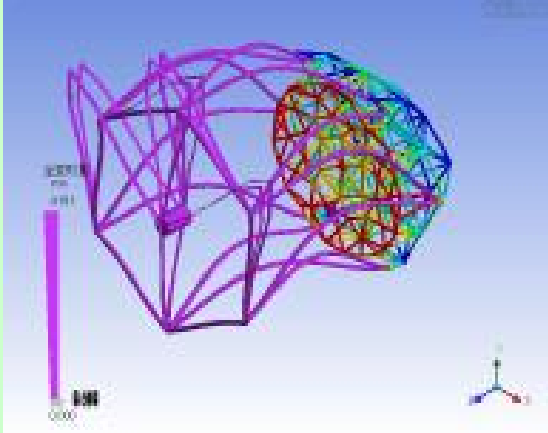
- ・身近なところでの試験で早いフィードバックが可能
- ・岡山は、国内最良の観測サイトであり、観測天文学の拠点で、施設やノウハウがある
- ・国内の各大学が小中規模のプロジェクトを通して新たな人材育成するのに最適



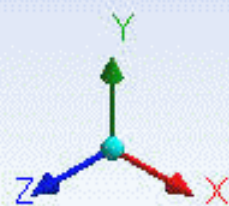
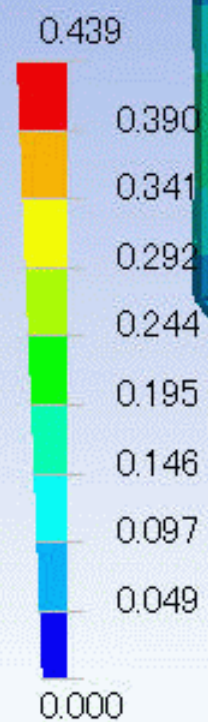
望遠鏡

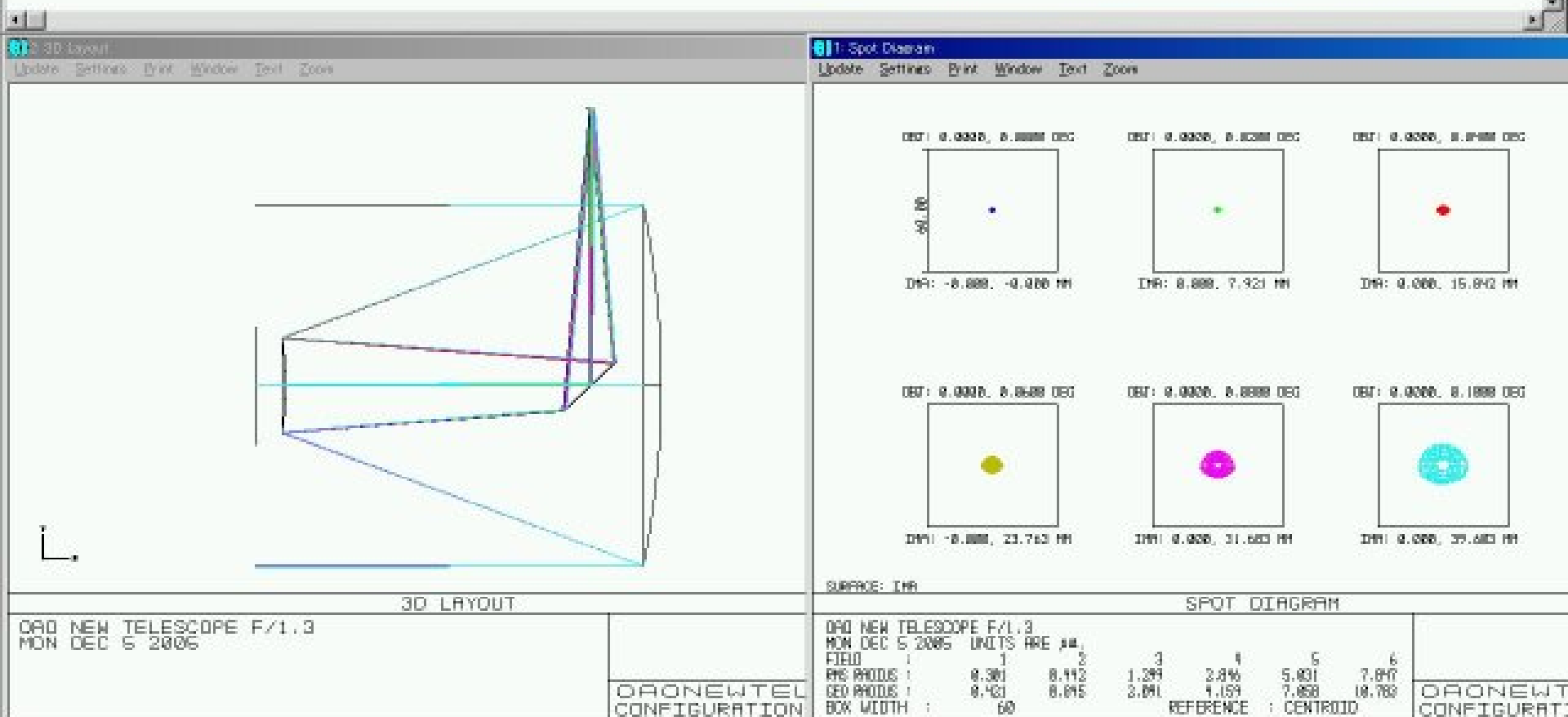
機動性の高い駆動 => 突発天体に迅速に対応
遠隔操作による観測 => インターネットを通じたリモート観測

望遠鏡仕様	
口径	3.78m(18枚合成鏡)
光学素子	主鏡:口径3.78m、F/1.32、重量1.5t(80kg×18) 副鏡:口径1.1m、凸面ハニカム鏡、重量120kg 第三鏡:楕円形平面鏡(1.1×0.8m)
タイプ	リッチークレチアン式反射型、口径比 F/6 焦点スケール 9.1"/mm
焦点	ナスミス(2箇所)
視野	12'(可視～近赤外)、1°(可視、補正光学系)
像質	直径0.5秒以内に80%
制御	指向性能 2"/時、追尾性能 0.2"/時 駆動速度 2°/秒

EL 角	変形(100倍表示)	変形(1000倍表示)	備考
90°			光軸方向の変形最大 副鏡部 0.5mm 主鏡部 100μm弱
45°			右図のカラーレンジは 0~180μm (EL の値によらず固定)
0°			横ずれ方向の変形最大 副鏡部 1.3mm 主鏡部 180μm

全变形量
mm





ZEMAX-EE - Empty Document (F:\ZEMAX\EE\NEWTEL.ZMX)

File Edit System Analysis Tools Reports Macro Extensions Window Help

New Open Save Set Upd Gen Fit Wav Lay L3d Ray Opt Spl Mf Enc Opt Gla Len Sys Pos

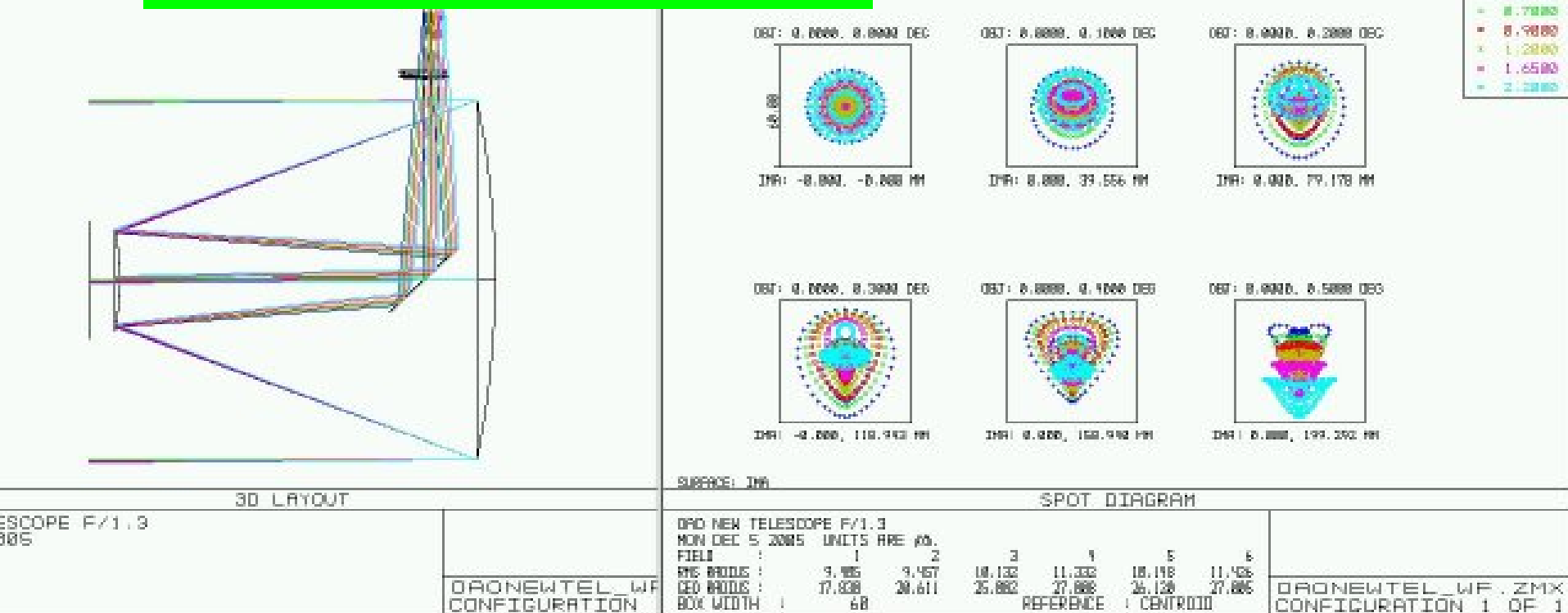
LENS DATA EDITOR

Edit Solve Options Help

Surf #	Type	Comment	Radius	Thickness	Class	Semi-Diameter	Conic	Par 0 (umrad)	Par 1 (umrad)	Par 2 (umrad)
OBJ	Standard		Infinity	Infinity		Infinity	0.000000			
1*	Standard		Infinity	4000.000000		550.000000	0.000000			
2T0	Standard		-1.000000E+004	-2700.000000	HIP008	1001.560755	-1.024609			
3	Standard		-3334.779089	3000.000000	HIP008	529.505310	-2.731120			
4	Coordinate ..			0.000000	-	0.000000			0.000000	0.000000
5	Standard		Infinity	0.000000	HIP008	480.956257	0.000000			
6	Coordinate ..			-2102.024904	-	0.000000			0.000000	0.000000
7	Standard		-362.948463	-20.000000	F_SILICA	239.732638	0.000000			
8	Standard		-1340.127442	-2.000000		239.393176	0.000000			
9	Standard					52294	0.000000			
10	Standard					27894	0.000000			
IMA	Standard					99722	0.000000			

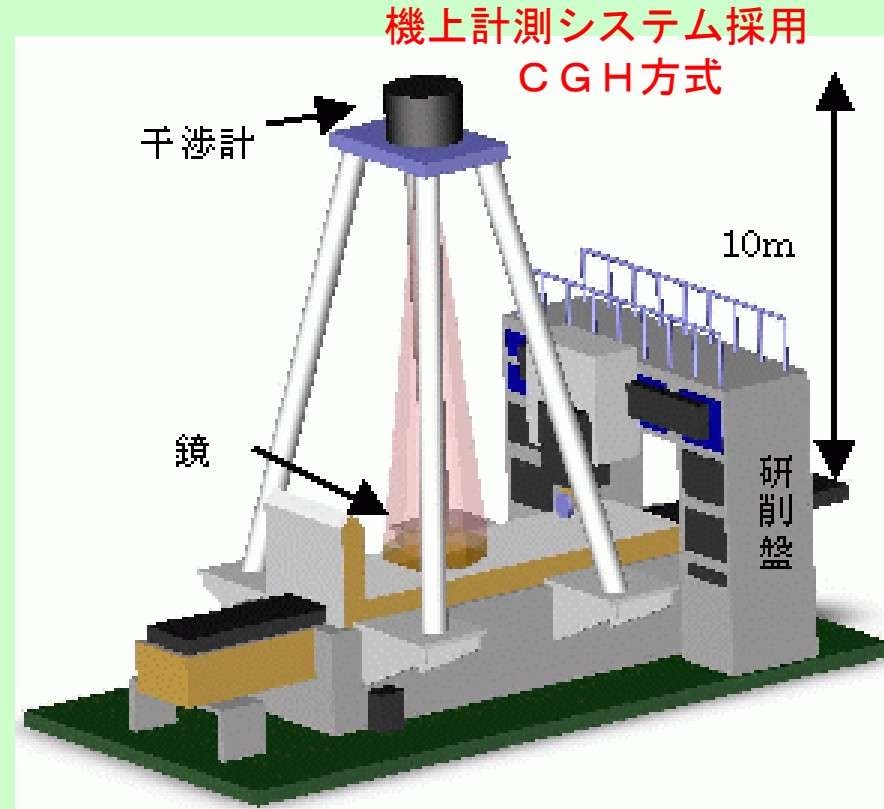
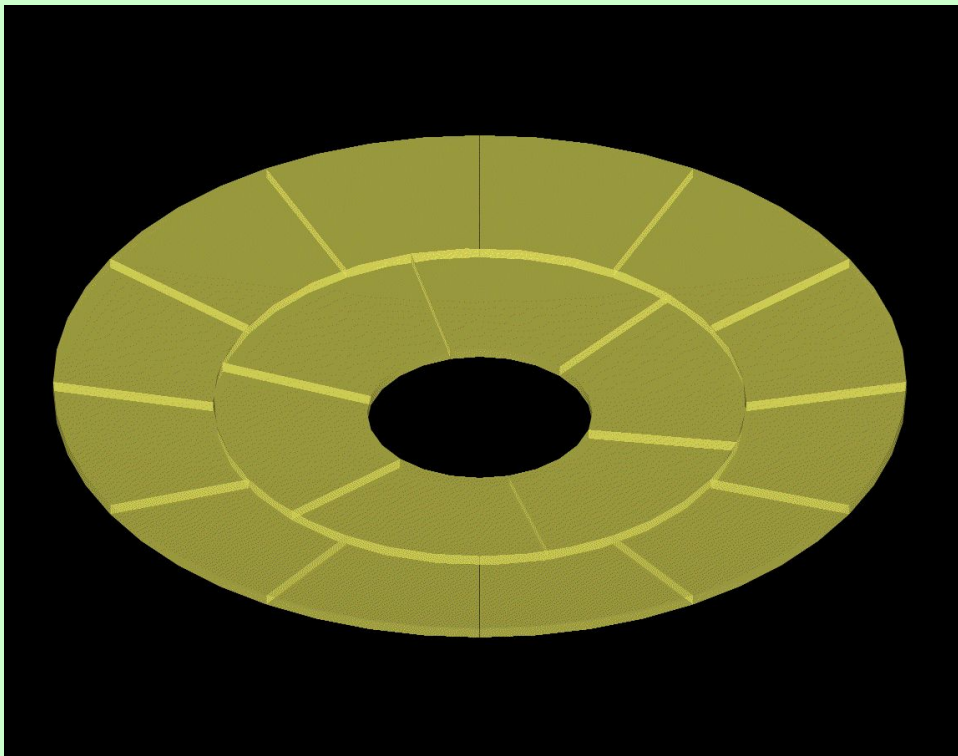
補正レンズ有りの場合

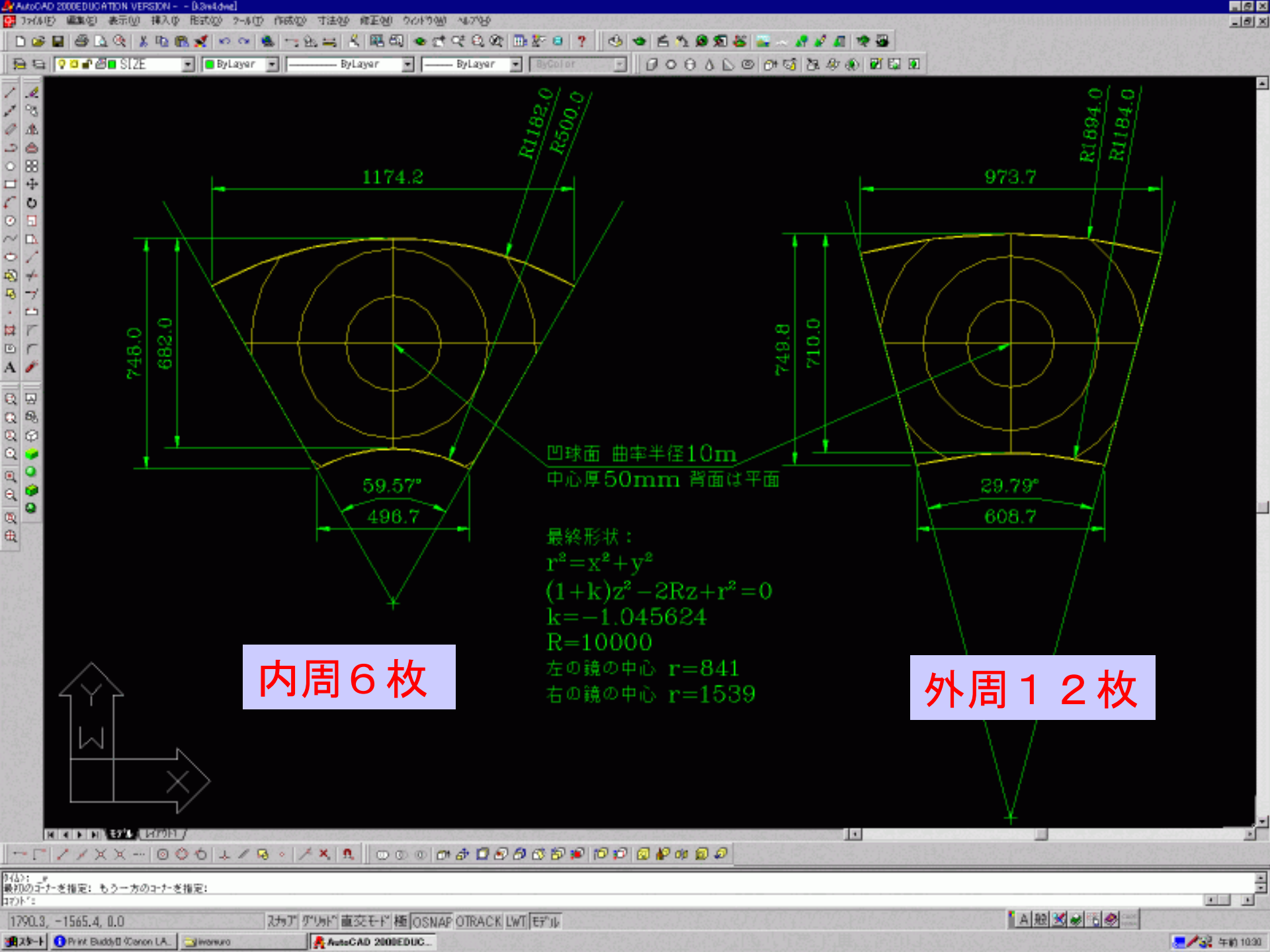
□ のサイズは $60\mu\text{m}(0.54'')$ で、視野中心から $6'(0.1^\circ)$ ずつ離れた時のスポット



分割主鏡

主鏡は、1枚鏡ではなく、18枚の分割鏡(扇形)を使用。
、個々の分割鏡は研削技術を駆使し、研磨よりも早い完成を目指す。この技術は、次世代の口径30m以上の超大型望遠鏡を作るための必須技術である。

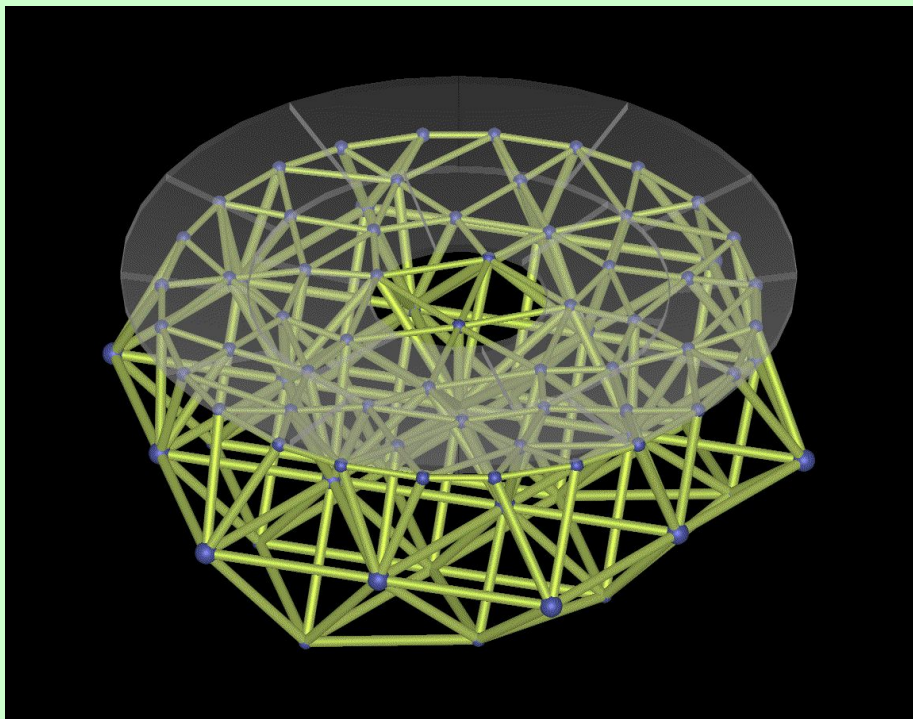




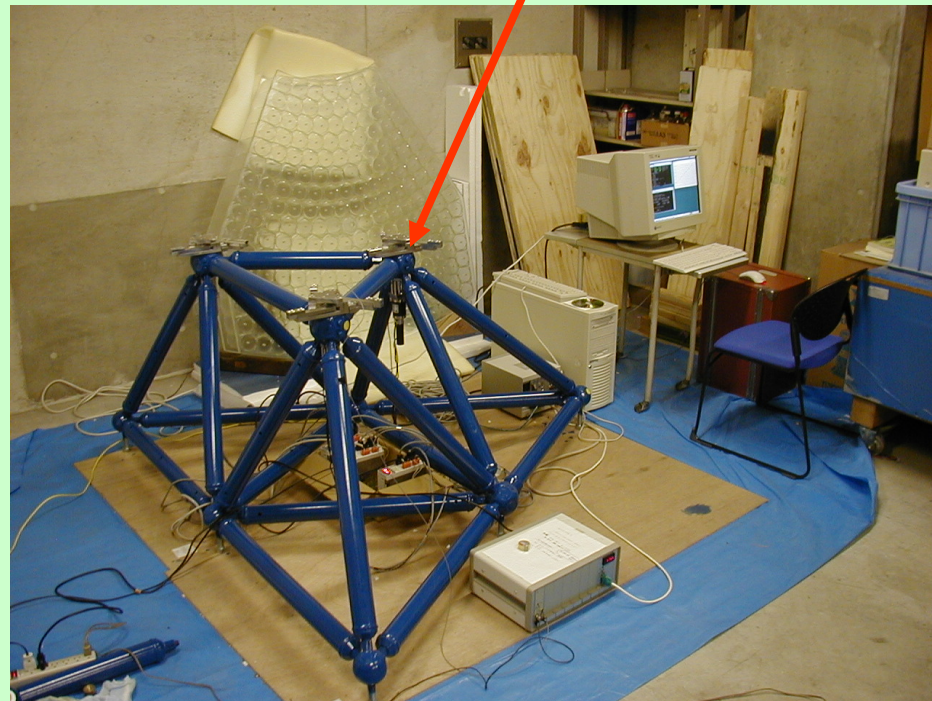
主鏡支持部

鏡筒、セル、架台はトラス構造の採用
==> 望遠鏡の軽量化、高剛性化

プロトタイプアクチュエータ



主鏡セルトラス構造

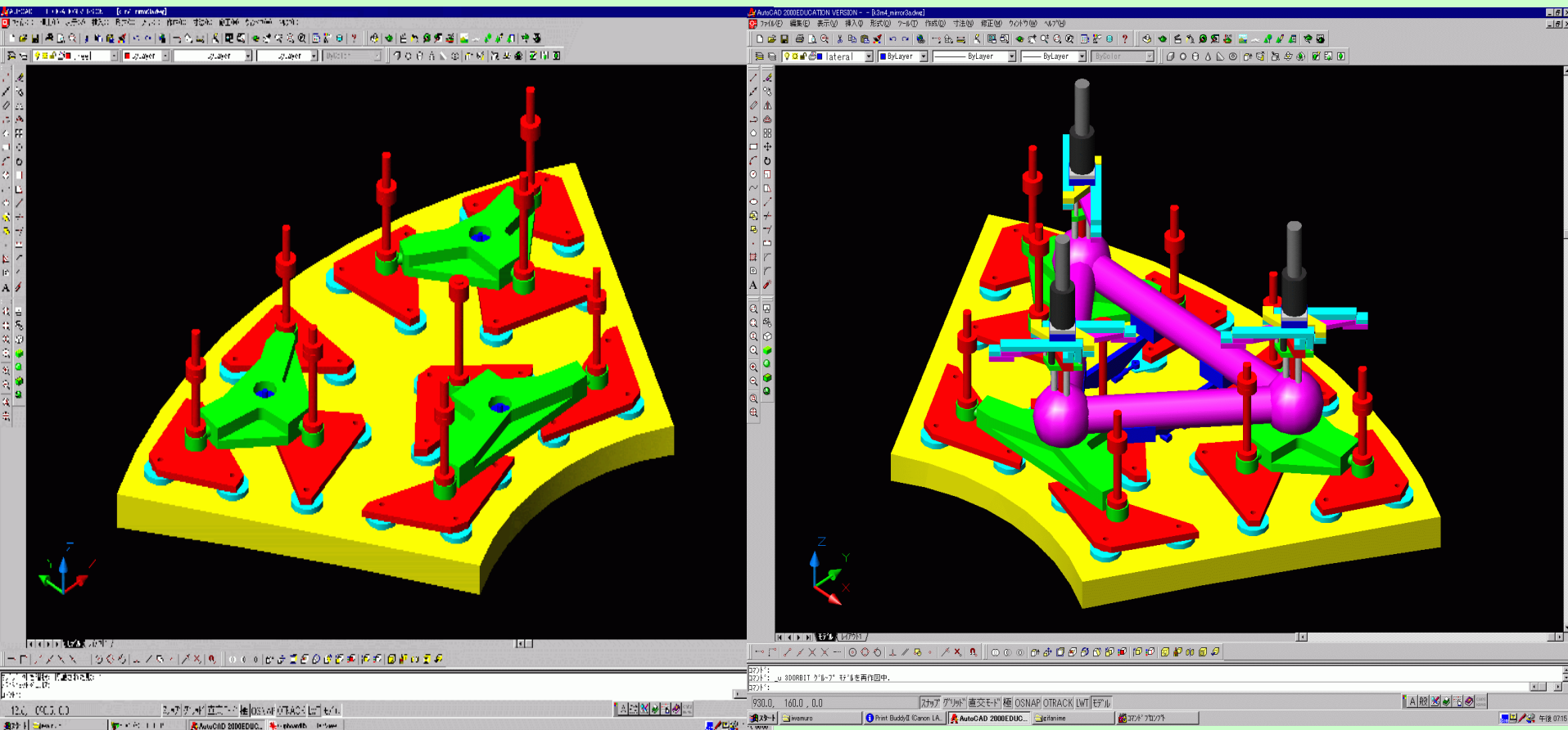


アクチュエータ実験
中のトラス構造

分割鏡制御機構開発

一枚の鏡に対する基本的な制御試験を実施。

アクチュエータの駆動精度向上 ==> ガタの無い無関節でこの使用
駆動量を1/10に落とす
非接センサでフィードバック制御



セグメントの支持点解析

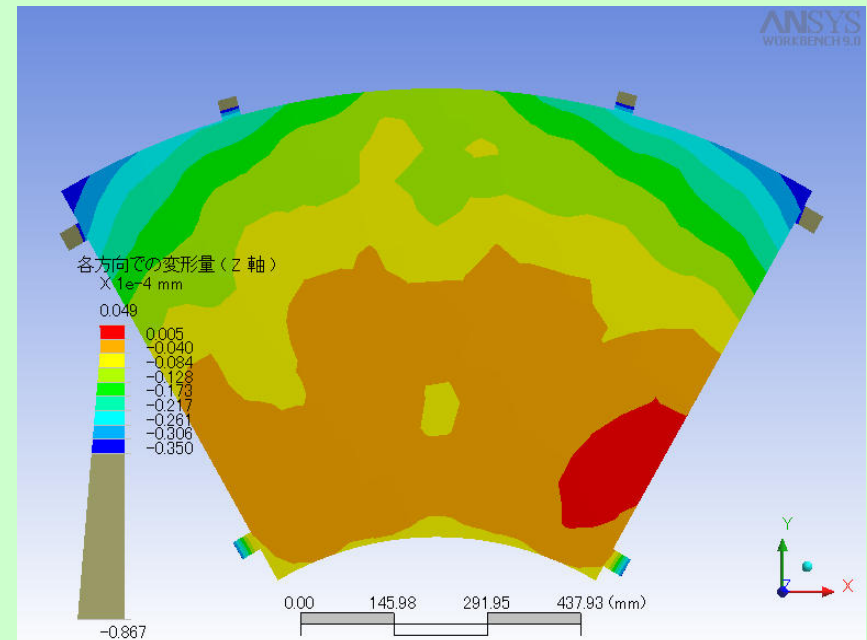
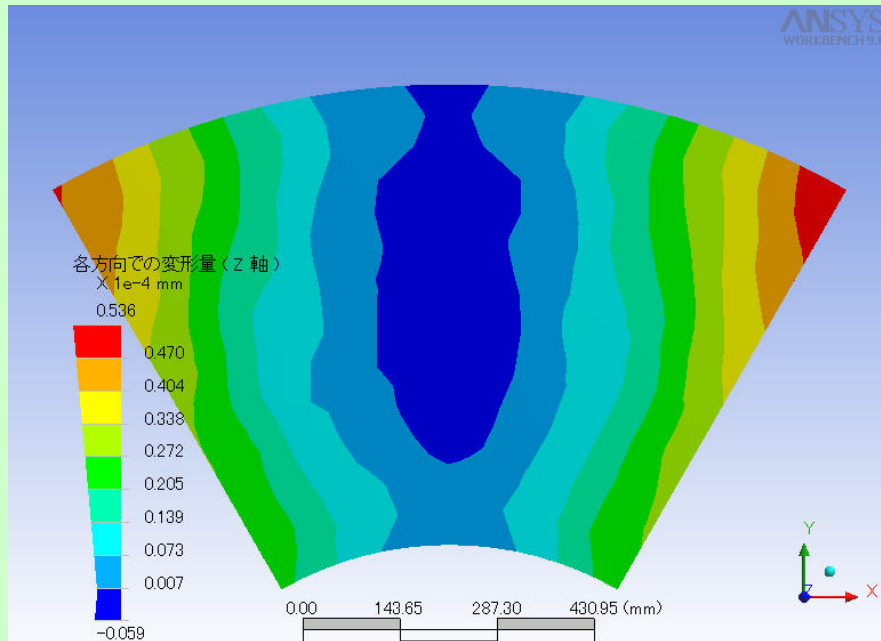
フローティング支持の場合の変形解析

- ・トラス節点間隔は **1mm** 程度の精度が必要
- ・鏡と支持点の相対位置関係も **1mm以下**の精度が必要
- ・反力分布補正機構は必須(おもり追加で行う)

設計値通りの状態
上部18点:27.296N
下部9点:26.918N
max: 54nm
min: -6nm

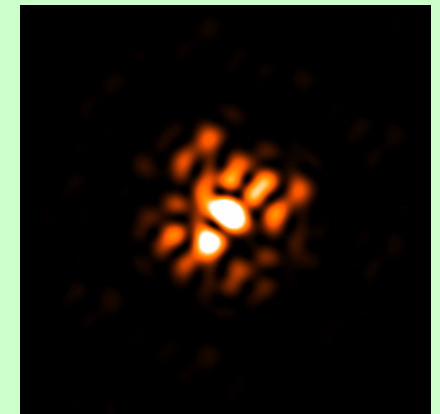
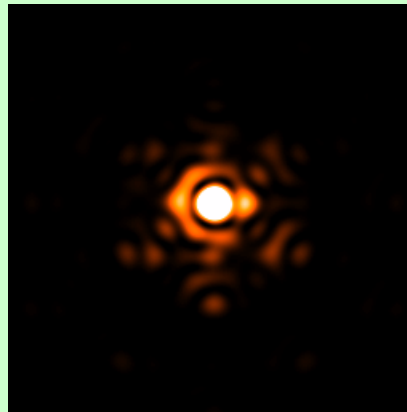
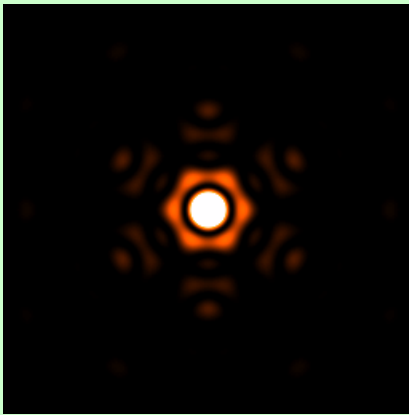
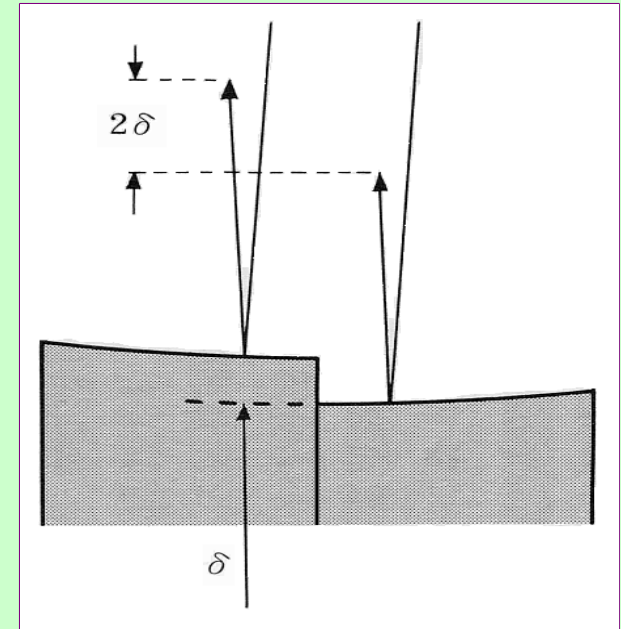
1個 70g の
edge sensor を
6個付けた場合

支持点移動なし
上部右側9点:27.457N
上部左側9点:27.466N
下部9点:27.0477N
max: 5nm
min: -35nm



回折限界

18枚の鏡を全体として1枚の鏡として機能させるためには、各分割鏡間の段差を約 $\lambda/10$ 以内に、すなわち各分割鏡の光軸方向の位置と傾きを約 $\lambda/20$ (約50nm)の精度で制御する必要があります。

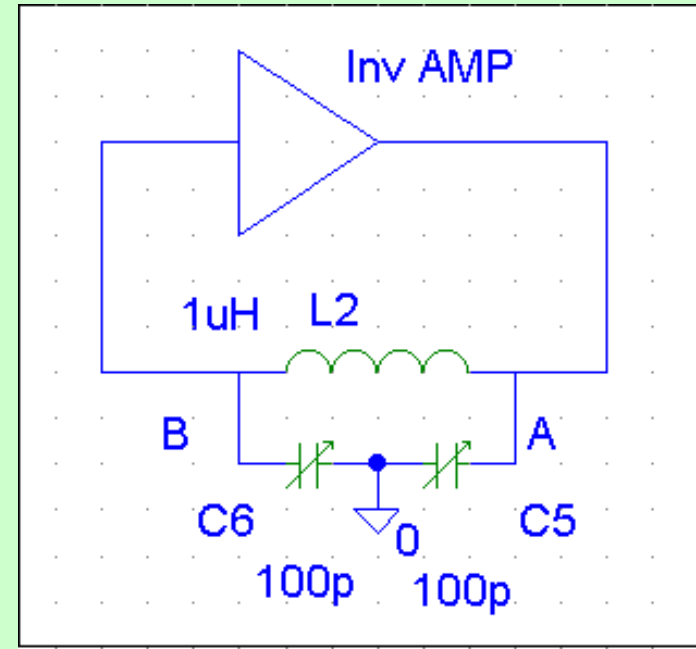


綺麗に並べられている時。 ← ずれて並べられている時。

位置センサー

対向金属面との間の距離をLC発振の波数カウントで測定する
(シグマ光機製の非接触センサー)

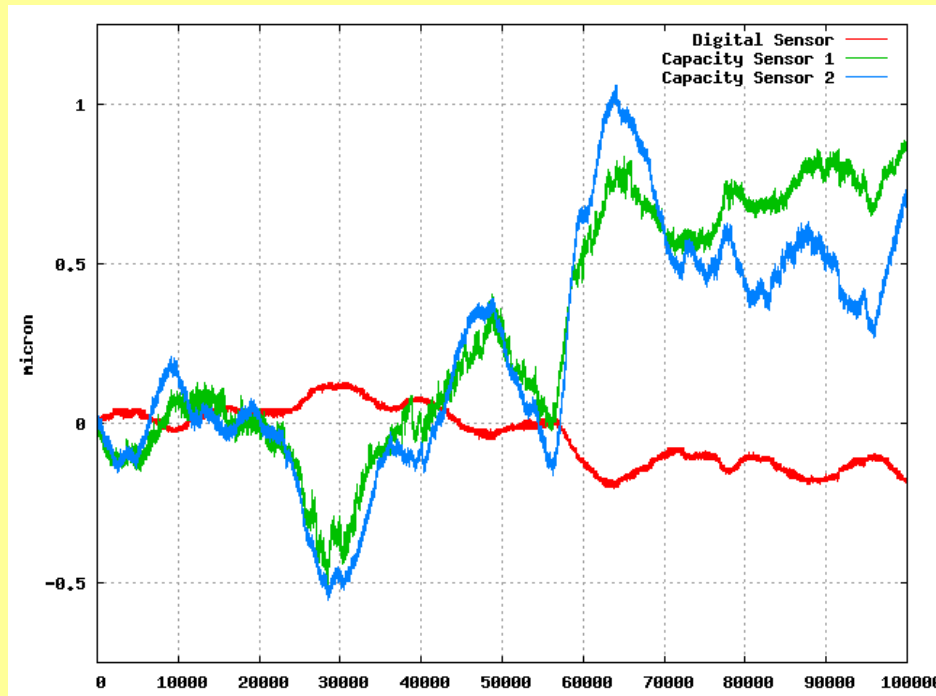
センサーヘッド内部でデジタル化されるため、安定性に優れる。
LC 発振で R が含まれないため、温度変化に強い。
間隔が広いときの分解能が悪い (～100nm) のが欠点。



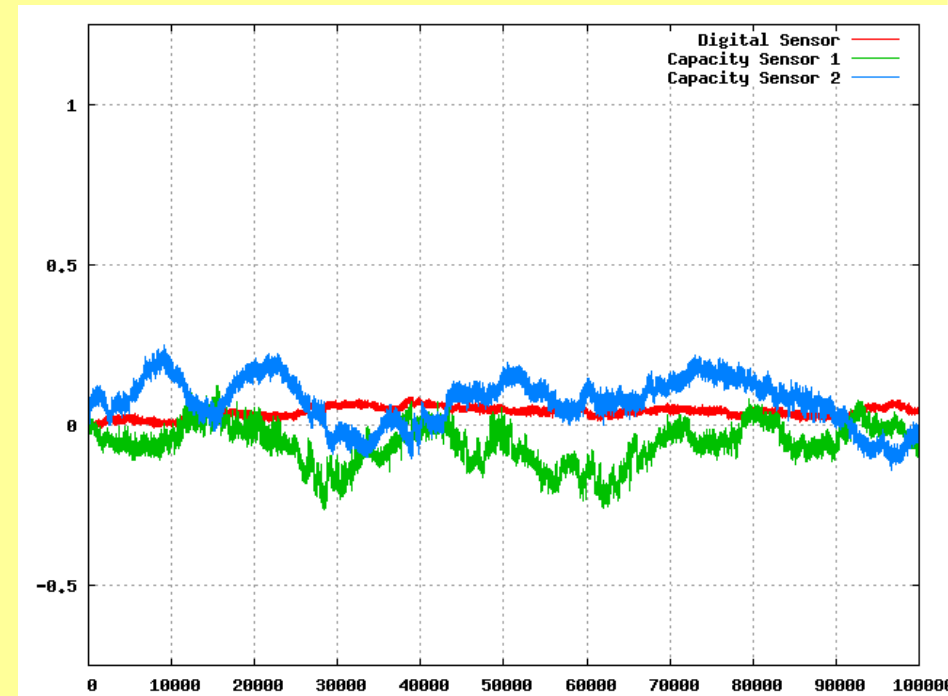
固定して、10日間の安定性試験の結果、温度だけでなく水蒸気量にも相関があることが判明。また、ノイズの発生もある。製作メーカーと共に検討中。

50nmの精度は達成できそうである。

補正前



補正後



温度、水蒸気量の補正前と補正後。シグマ光機製センサーは10日間で50nm以下の安定性が出た。

ドーム等概要

要求諸元

直径：15m

高さ：20m

ドーム上部：8角柱型回転部

左右スライド開閉スリット（開幅5m）

ウインドスクリーン

X Y 走行天井クレーン（2トン）

通風窓

ドーム下部：16角形（鉄骨構造、3階）

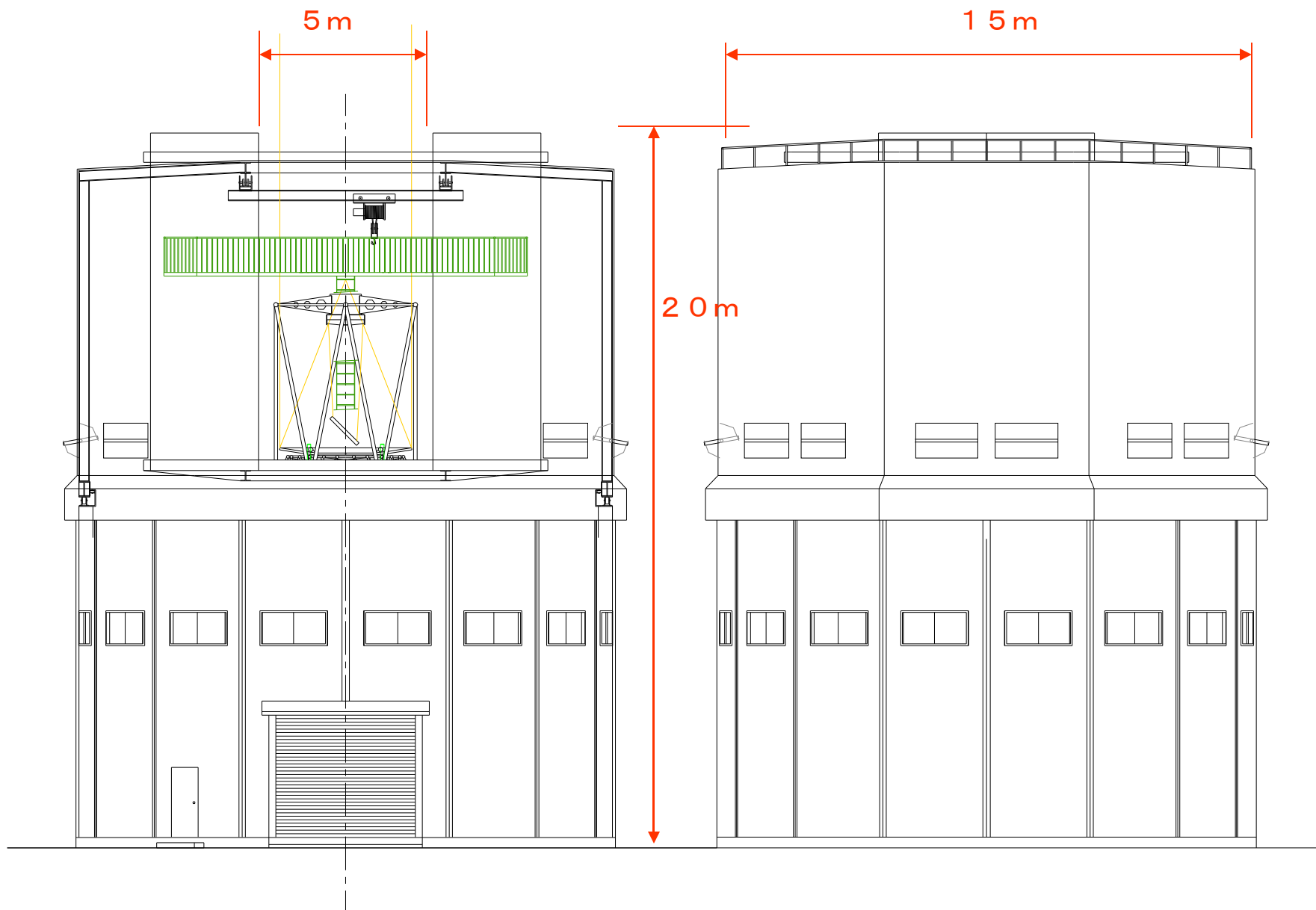
電動式開閉ハッチ（2階床、3階床）

エレベータ（マシンルームレス）

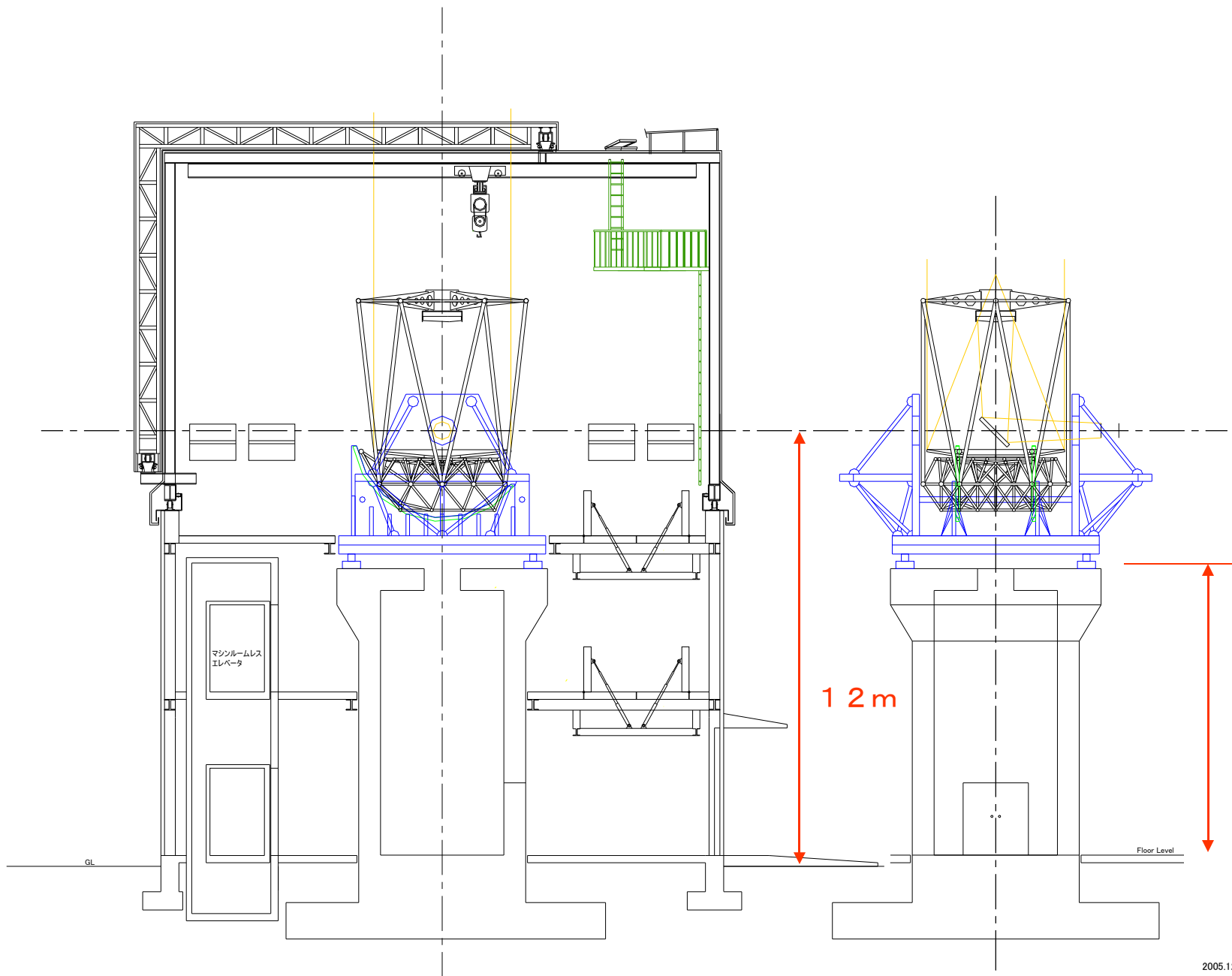
ピア 直径：5.8m径、高さ：8m

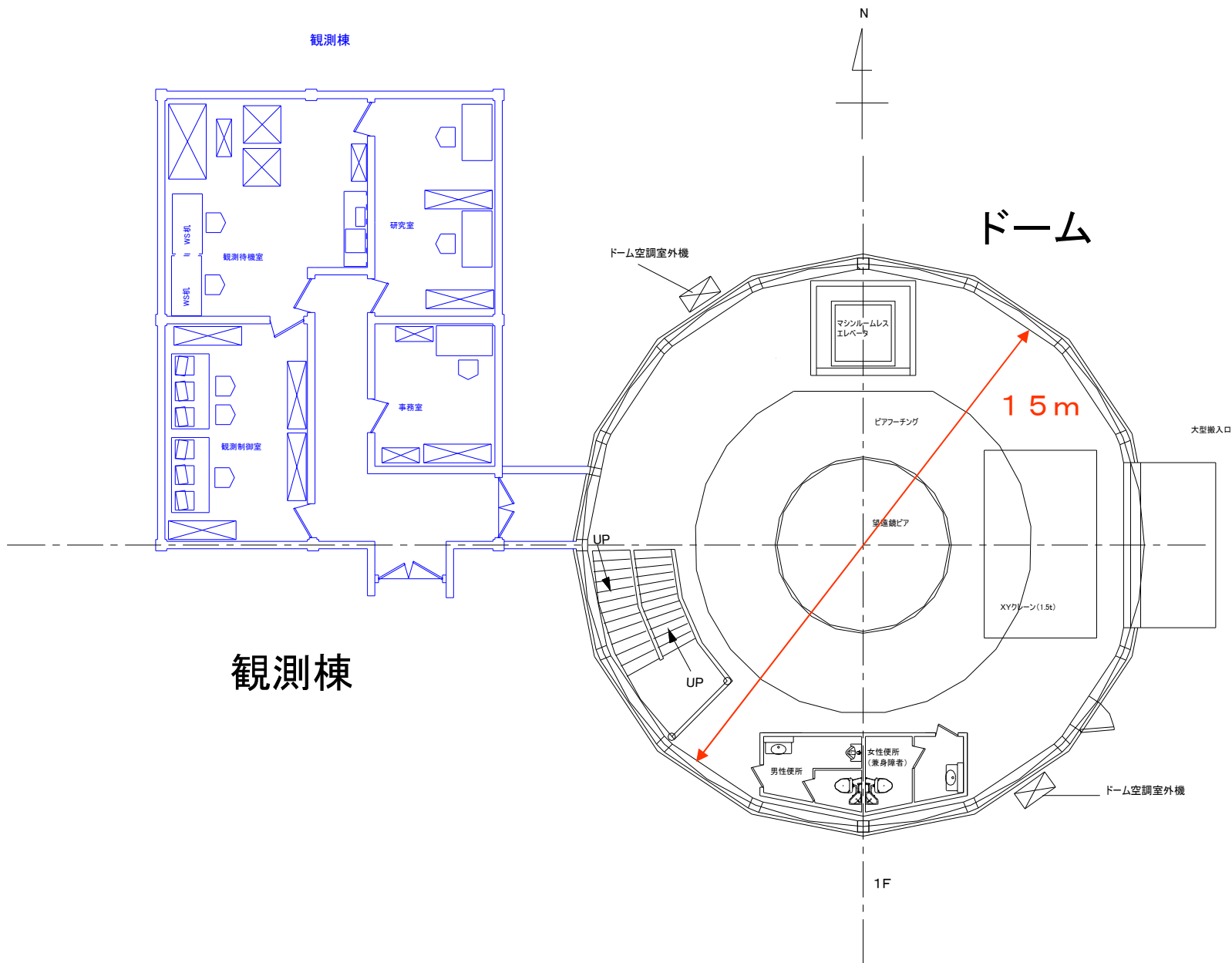
望遠鏡不動点高さ：12m

観測棟：約100m²



2005.12.9改訂(沖田)

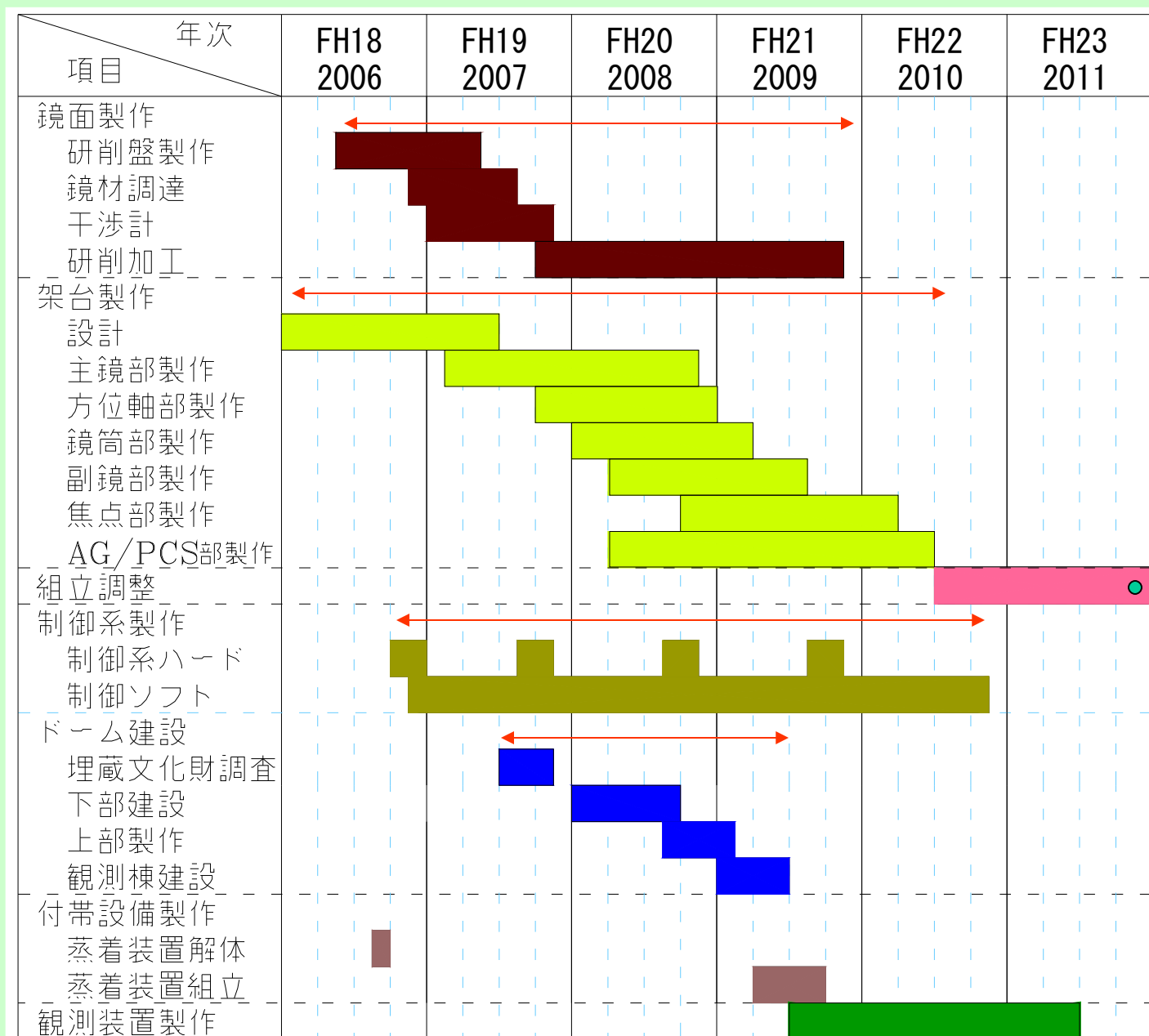




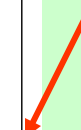
推進体制（分担）

- 望遠鏡班（トラス構造、架台、副鏡等、駆動制御など）
岩室、長田、太田、栗田、吉田、沖田、岩田、...
- 鏡面製作班（研削機、研削、干渉測定など）
長田、佐藤、栗田、木野、岩室、舞原、...
- ドーム班（基本設計、埋文調査、環境測定など）
沖田、吉田、岩田、長田...
- 観測装置班（超高速測光・分光器、超高分散分光器）
嶺重、野上、太田、長田...
- 総括班（財務、渉外など）
舞原、藤原、柴田、長田、ナノオプトニクス、...

建設の年次計画



ファーストライト



超高速測光・分光

高時間分解能を武器に相対論的天体の活動を捉える

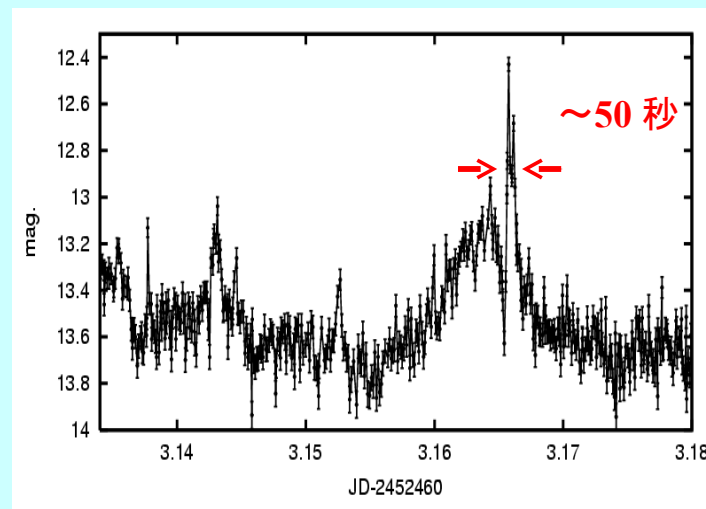
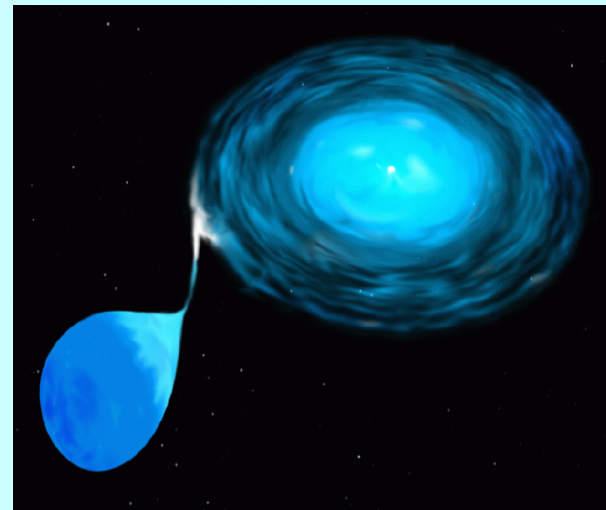
- ・突発天体現象の研究に威力を発揮する：
ガンマ線バースト、ブラックホール、超新星 …
- ・京大グループは超短時間ブラックホール新星を発見
- ・ガンマ線バーストの残光観測でも世界をリード
- ・実績ある太陽フレア観測から恒星フレア観測へ

ブラックホールに秒スケールの可視光変動を発見

- ・恐らくブラックホール近傍の高エネルギー電子
によるシンクロトン放射が起源
- ・ガンマ線バーストにも短時間変動がある。



可視光短時間変動の観測は一躍
ブラックホール研究の最先鋒となった



超高分散スペクトル

超高分散で星間分子の振動回転遷移を捉える!!

- ・双極子モーメントを持たない水素分子
= 回転輝線で検出できない星間化学の主役
→ 四重極放射(振動回転遷移)吸収線を
さまざまな視線方向で初めて検出する

近赤外JHKバンドで10万を超える波長分解能

- ・「分子」雲や星形成領域での H_2 ・CO 比,
オルソ・パラ水素比, ガス・ダスト比, 温度, ...
→ 星形成の現場の物理状況が判明



ミリ波・サブミリ波データと合わせ
星間現象の新しい理解の道が拓ける

