

# CTA報告84

## CTA大口径望遠鏡用試験構造体を用いた 光学系組み立て試験

---

深見哲志 (東大宇宙線研)

荻野桃子<sup>A</sup>, 奥村暁<sup>B, C</sup>, 小野祥弥<sup>D</sup>, 加賀谷美佳<sup>D</sup>, 片桐秀明<sup>D</sup>,  
小島拓実<sup>A</sup>, 斎藤浩二<sup>A</sup>, 齋藤隆之<sup>E</sup>, 千川道幸<sup>F</sup>, 長紀仁<sup>D</sup>,  
手嶋政廣<sup>A, G</sup>, 中嶋大輔<sup>A</sup>, 野田浩司<sup>G</sup>, 花畑義隆<sup>A</sup>, 林田将明<sup>A</sup>,  
柳田昭平<sup>D</sup>, 山本常夏<sup>H</sup>, 吉田龍生<sup>D</sup>

東大宇宙線研<sup>A</sup>, 名大STE研<sup>B</sup>, レスター大<sup>C</sup>, 茨城大理<sup>D</sup>, 京大理<sup>E</sup>,  
近畿大理工<sup>F</sup>, Max-Planck-Inst. fuer Phys.<sup>G</sup>, 甲南大理工<sup>H</sup>

---

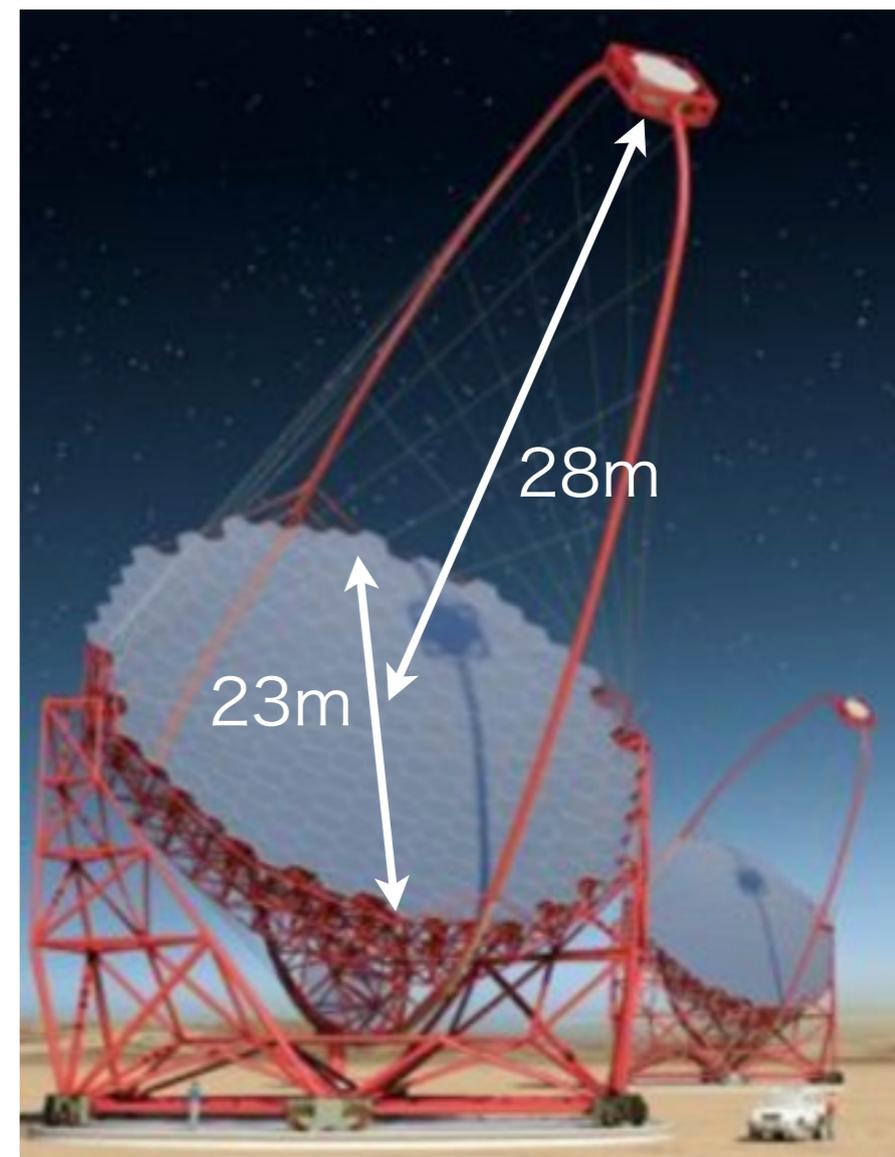
# 大口径望遠鏡 (LST)

## LST (Large Sized Telescope)

- ・ 口径23m
- ・ 焦点距離28mの放物面鏡
- ・ 20秒で180°の高速回転
- ・ 総重量 ~100トン
- ・ dish (ミラーを支える部分) の素材は軽量のCFRP (Carbon-Fiber-Reinforced Plastic)
- ・ 観測エネルギー >20GeV

## 分割鏡 (以下ミラーと呼ぶ) の性質

- ・ 正六角形、球面鏡  
(焦点距離28m)
- ・ 直径1.5m
- ・ 重量~47kg

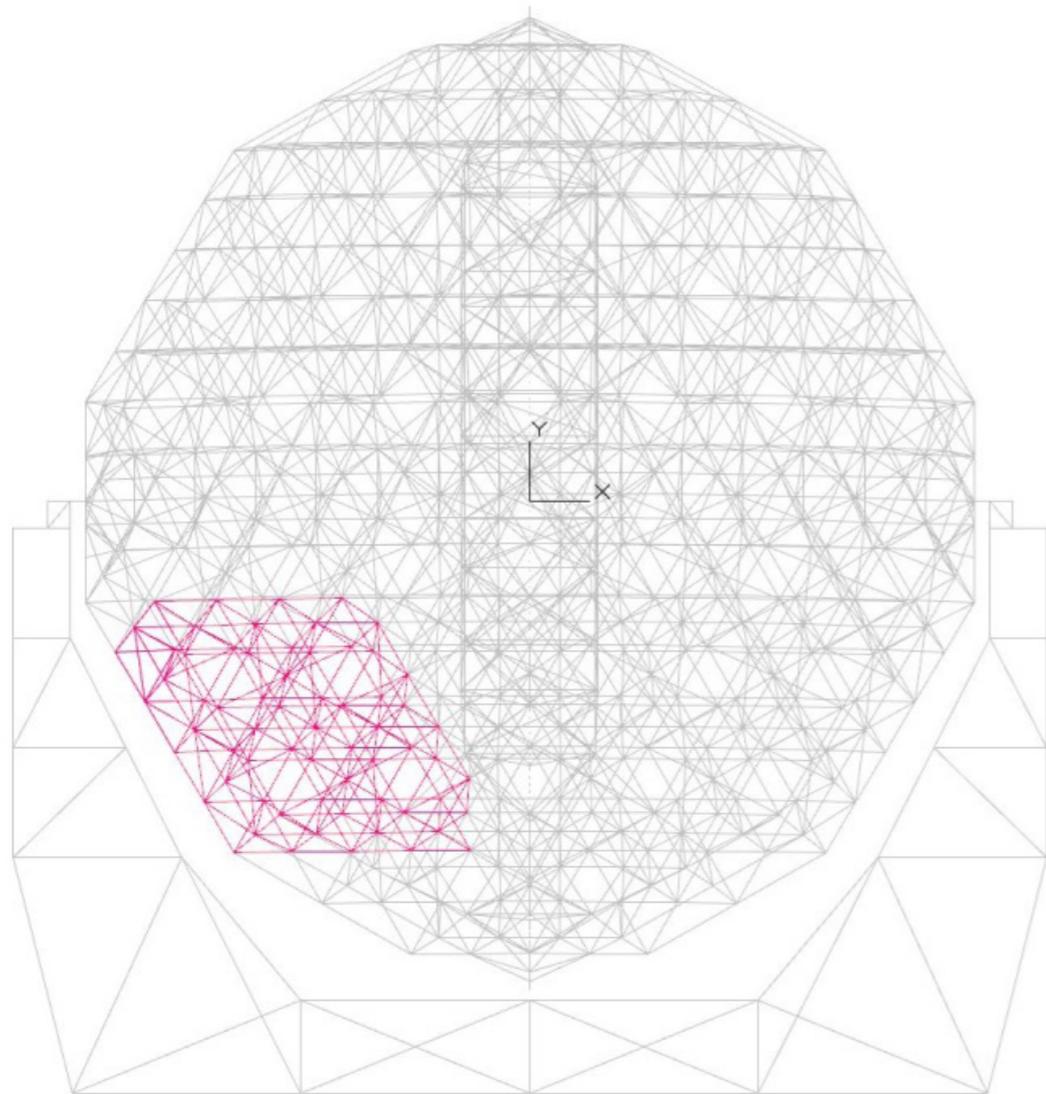


上：LST全体図  
下：分割鏡(ミラー)

# 試験構造体 (Test Structure)

試験構造体 : dish structure の一部を模した試験的な構造体

Max-Planck-Institute (MPI) @Münchenの構内にて、MPIの  
エンジニアにより建設完了



**Size :** 高さ 7~8m  
横幅 6~7m  
奥行き 3m

## 建設目的 :

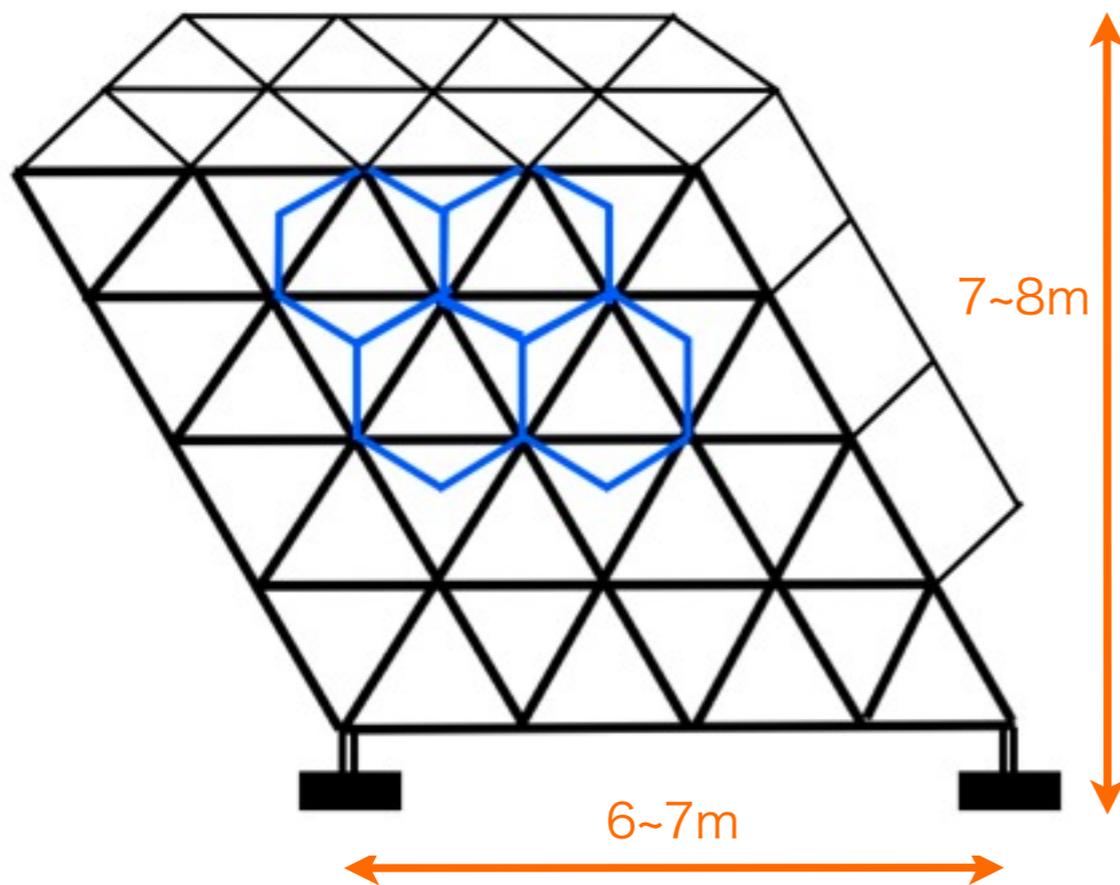
- ① スペースフレームの組み立て、ミラーのフレームへの取り付け等、実際のLSTの建設で行われる作業の一部を試験的に行う
- ② 試験構造体を用いての光学系試験
- ③ 光学系elementの耐久性テスト

# 試験構造体 (Test Structure)

試験構造体 : dish structure の一部を模した試験的な構造体

Max-Planck-Institute (MPI) @Münchenの構内にて、MPIの  
エンジニアにより建設完了

**Size :** 高さ 7~8m  
横幅 6~7m  
奥行き 3m



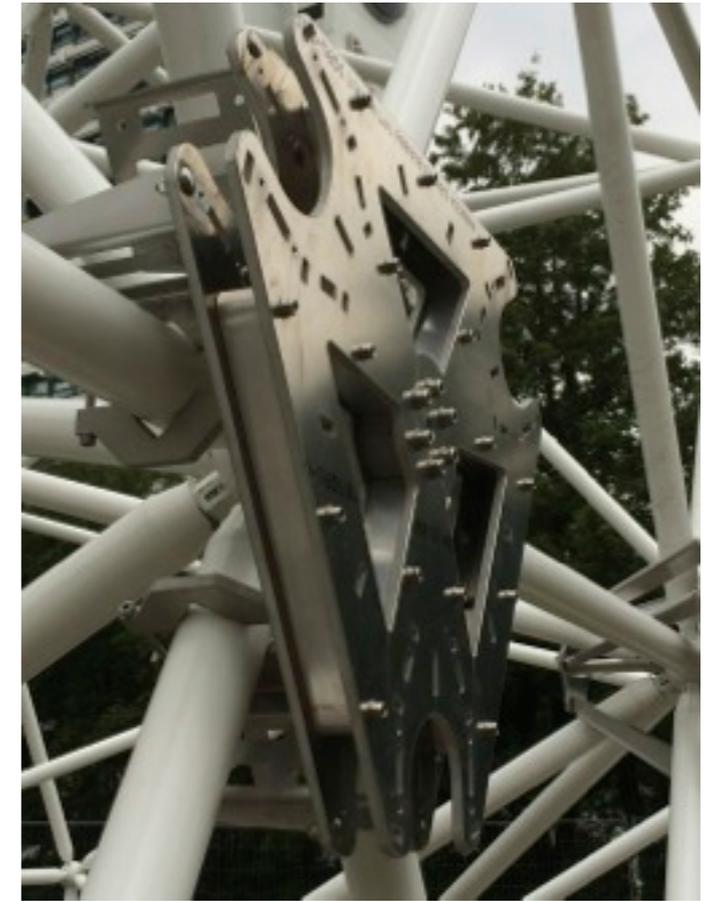
## 建設目的 :

- ① スペースフレームの組み立て、ミラーのフレームへの取り付け等、実際のLSTの建設で行われる作業の一部を試験的に行う
- ② 試験構造体を用いての光学系試験
- ③ 光学系elementの耐久性テスト

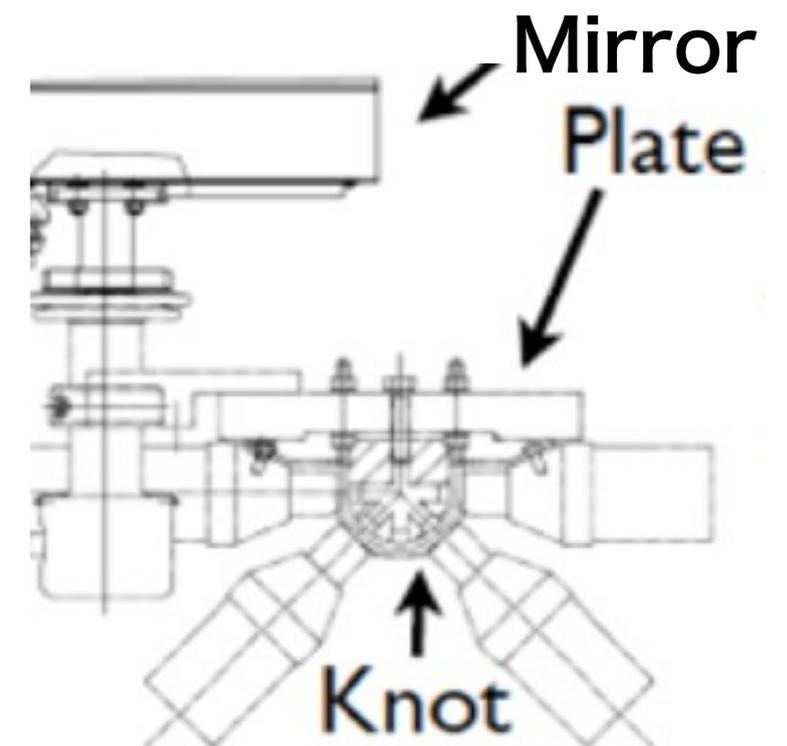
# 試験構造体のパーツ

- dish structureの一部
- インターフェースプレート
- アクチュエータ
- ミラー
- 電源ボックス
- その他光学試験用器具 (後述)

これらについて  
説明



インターフェースプレート



アクチュエータ

# アクチュエータ

## 伸縮可能なミラーの支軸

- 1軸フリー、2軸フリーの2種類と固定軸をそれぞれ1本ずつ1枚のミラーに取り付ける
- 無線モジュールXBeeを用いて、電源ボックスに内蔵されたボード型PCからアクチュエータに信号を送り、理想的な位置からのずれを補正する

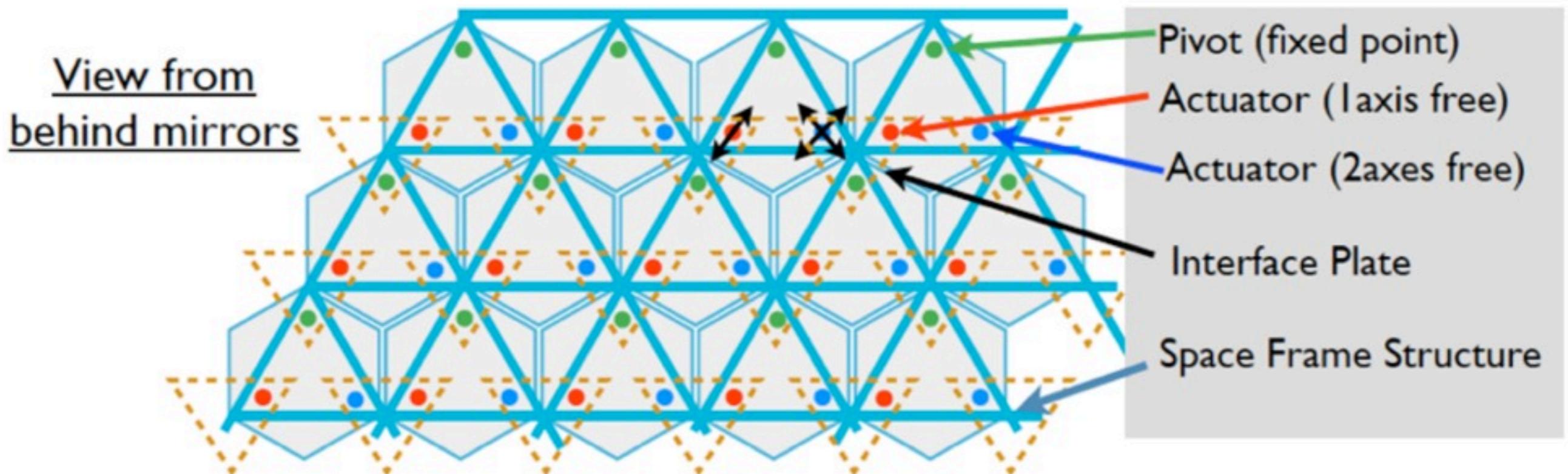


1軸フリー



2軸フリー

アクチュエータとインターフェースプレート、ミラーとの位置関係 (骨格側から)



# 電源ボックス

## アクチュエータ、ボードPC、スイッチの電源を内蔵する

- ・ ボードPC内のプログラムを用いて、アクチュエータの制御等を行う。
- ・ 東大宇宙線研で開発。分解して運搬、MPIで再び組み立てた。

Size : 70cm×50cm×25cm

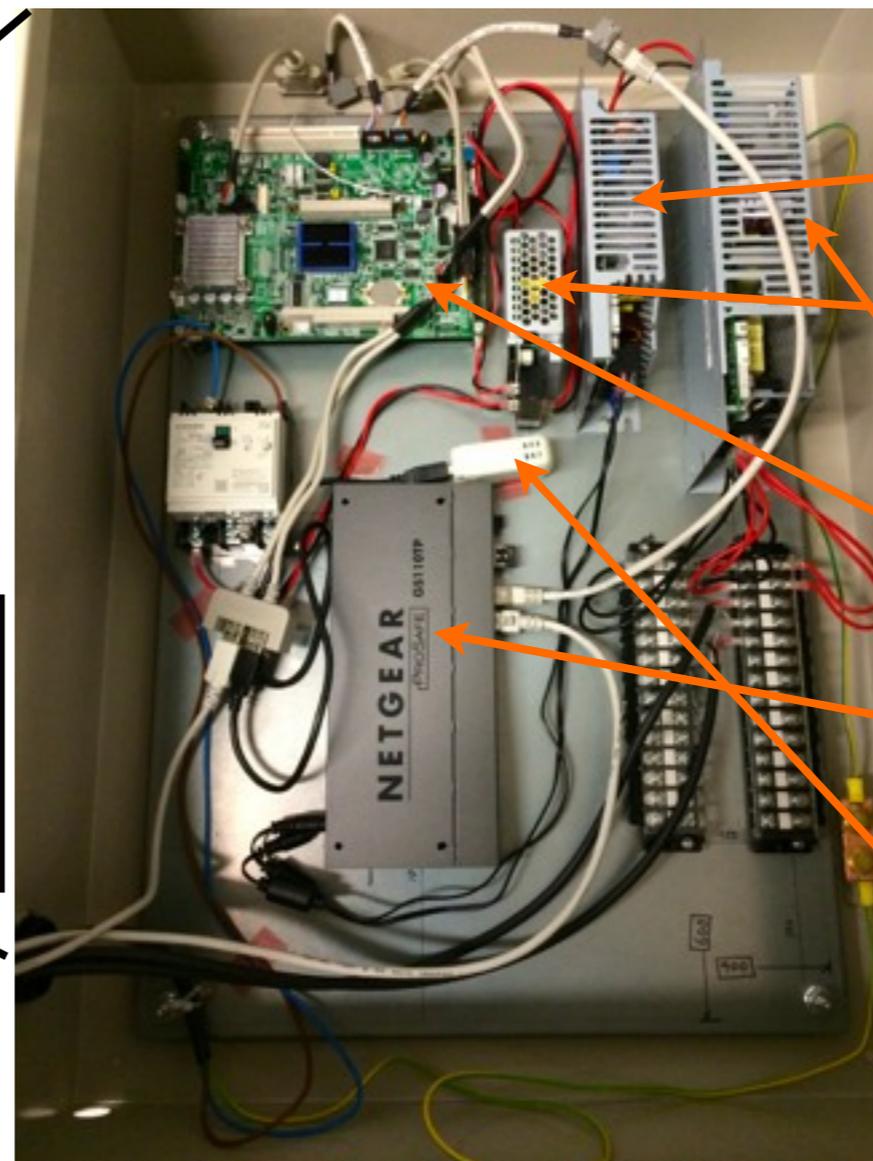
Weight : 33kg

→ 今後、小型軽量化

要求仕様 : **IP66**

(暴風雨に対する防水)

電源ボックス内部構造



スイッチ用電源

ボードPC用電源

アクチュエータ用電源

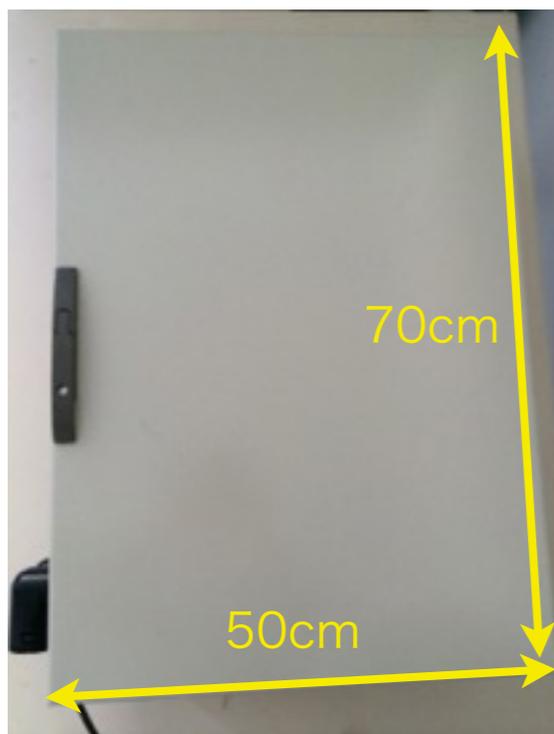
ボードPC

スイッチ

温湿度計

アクチュエータ  
CMOSカメラ  
XBee等

外へ



70cm

50cm

# 試験構造体の設置過程

7月下旬：コンクリート設置作業

8/4~8/8：space frame の建設

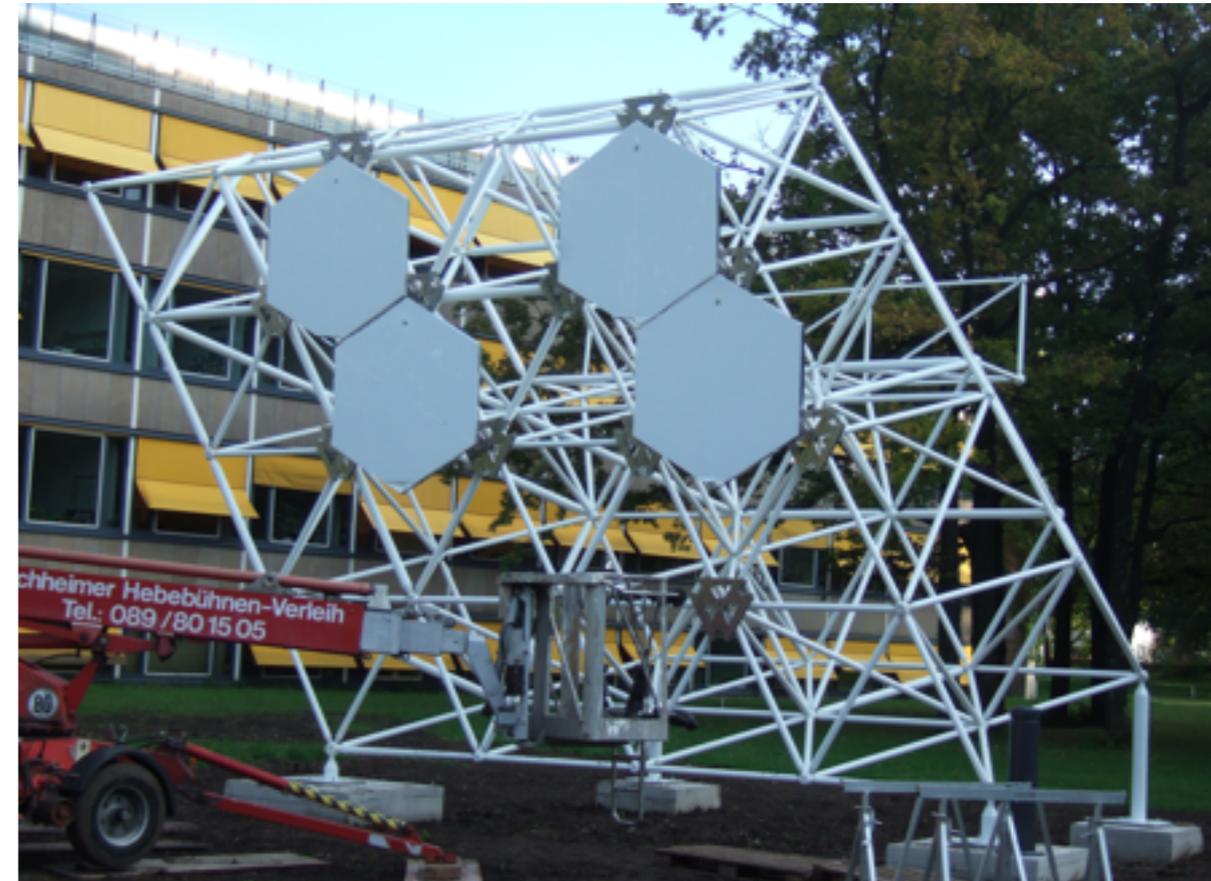
8/23：電源ボックスがMPIに到着

9/11：アクチュエータがMPIに到着

9/15~16：ミラーの取り付け

10月上旬~：光学系試験の開始 (予定)

試験構造体 (ミラー取り付け後)

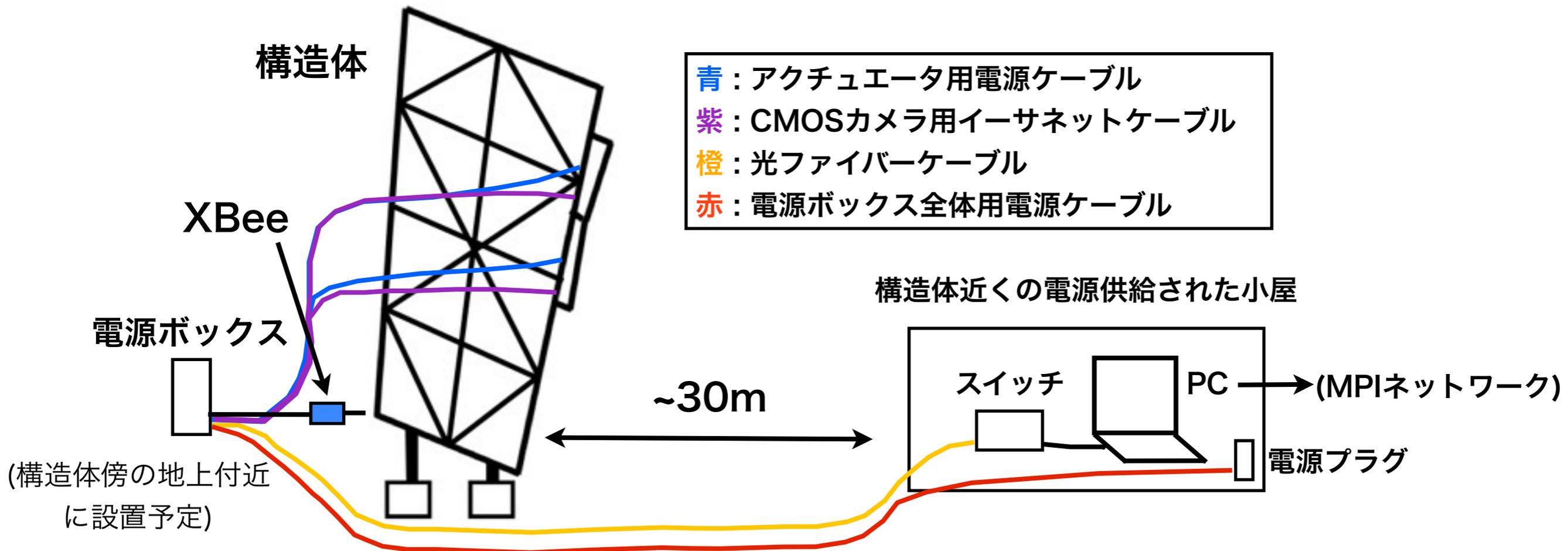


space frame structure建設の過程



# 電源系、通信系のセットアップ

ミラー取り付け後の電源系、通信系の完成形 (予定)



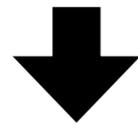
## 通信系の現状

- 今回、MPIにおいてボードPCの固定アドレスを手に入れ、ノートPCからssh通信で接続 (**ローカル接続**) する事に成功
- また、ノートPCでなくMPIのネットワークをボードPCに接続し、MPI内や日本から無線で接続 (**グローバル接続**) できる事を確認
- 今後、光ファイバーケーブルを介したローカル接続を確認する事が必要

# 光学系試験の目的と準備

## 光学系試験の目的

望遠鏡の方向を変えると、鏡と構造の重さで変形するため、光学系を正しく焦点化できない



方向を変えた後、直ちに鏡ごとに方向の微調整を行う必要 (Active Mirror Control, AMC)

光学系試験の目的:  
AMC機能の確認

## 光学系試験の準備

### アクチュエータの動作試験を行った

ノートPCと電源ボックスのボードPCをローカルに接続し、アクチュエータ用プログラム (宇宙線研小島作) を起動させ、アクチュエータを動作させた



ある長さから別の長さへ変化させた時のプログラム上での変位と、実際に測定した変位を比較



2つのアクチュエータ共に5回ずつ繰り返し、全て一致した



アクチュエータの動作実験の様子

# 試験構造体を用いた光学系試験(予定)

手順 ① ミラーを正しい方向に向ける

曲率中心 ( $2f$ 距離) においた光源からの光がスクリーンB上( $2f$ )に焦点を結ぶ様に、CCDカメラを見ながらミラーの向きを修正 (要求精度 $0.005^\circ \rightarrow 5\text{mm}$ )

② 正しいミラー方向を記憶

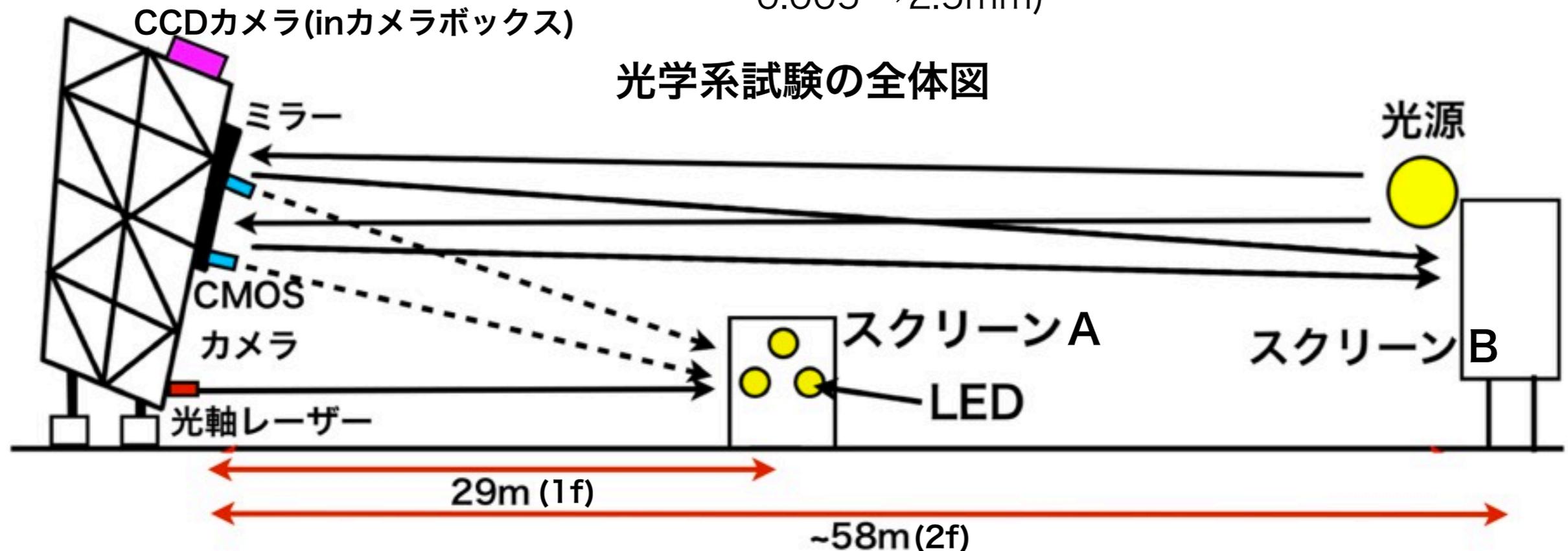
この時のスクリーンA ( $1f$ ) 上にできる、光軸レーザーのスポット (またはLED) をCMOSカメラで撮影

③ ミラー方向の変更

アクチュエータを動かし、ミラーの向きをずらす

④ ミラー方向を元に戻す

CMOSカメラでスポットを撮影し、正しい時の画像に戻るようにアクチュエータを動作させる (要求精度 $0.005^\circ \rightarrow 2.5\text{mm}$ )



# まとめ

- 現在LSTを模した試験構造体をMax-Planck-Instituteにて建設完了
- 現在、試験構造体へのミラーの取り付けは完了している
- 電源系、通信系を適切に接続し、電源ボックス内のPCとネットワークを確立した
- アクチュエータの簡単な動作確認を行った
- 今後、光学系試験を行っていく予定