



cherenkov  
telescope  
array



## CTA 報告138 :

# CTA 大口径望遠鏡の分割鏡制御システム

野田 浩司 (2月から東大宇宙線研)



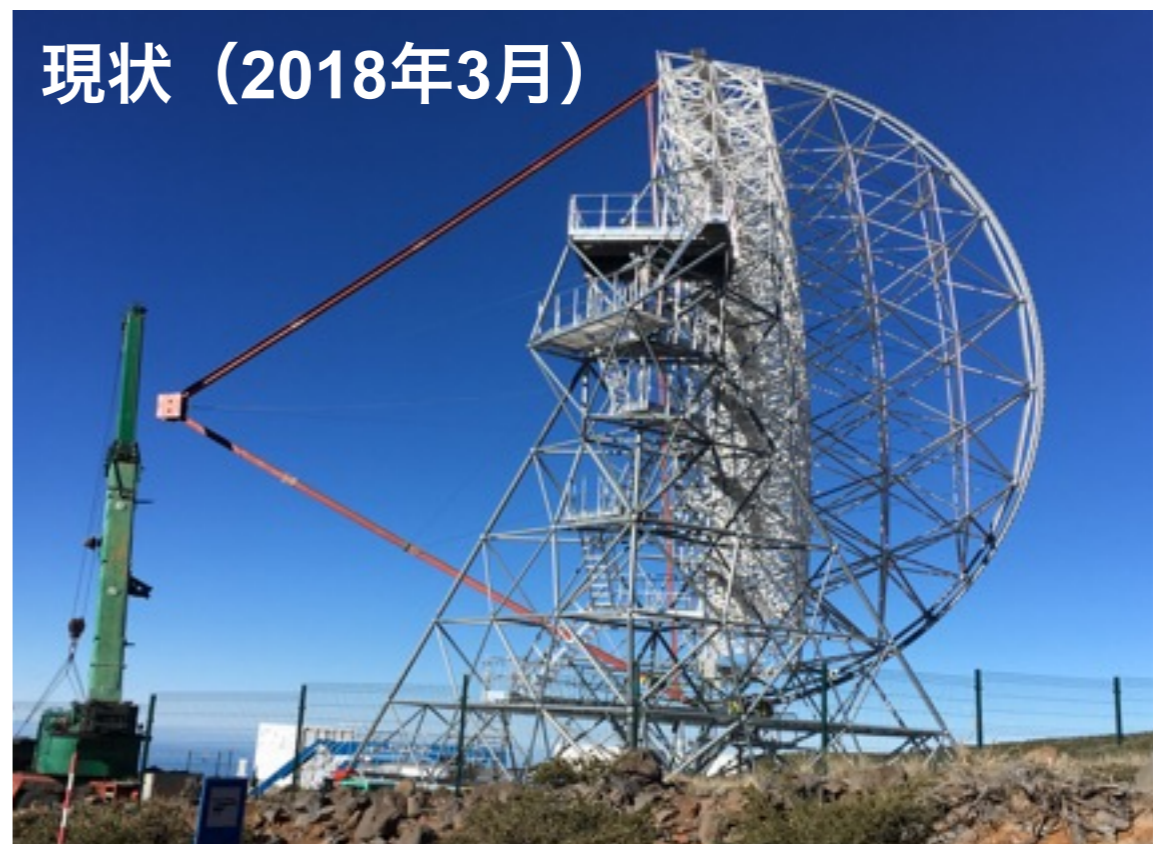
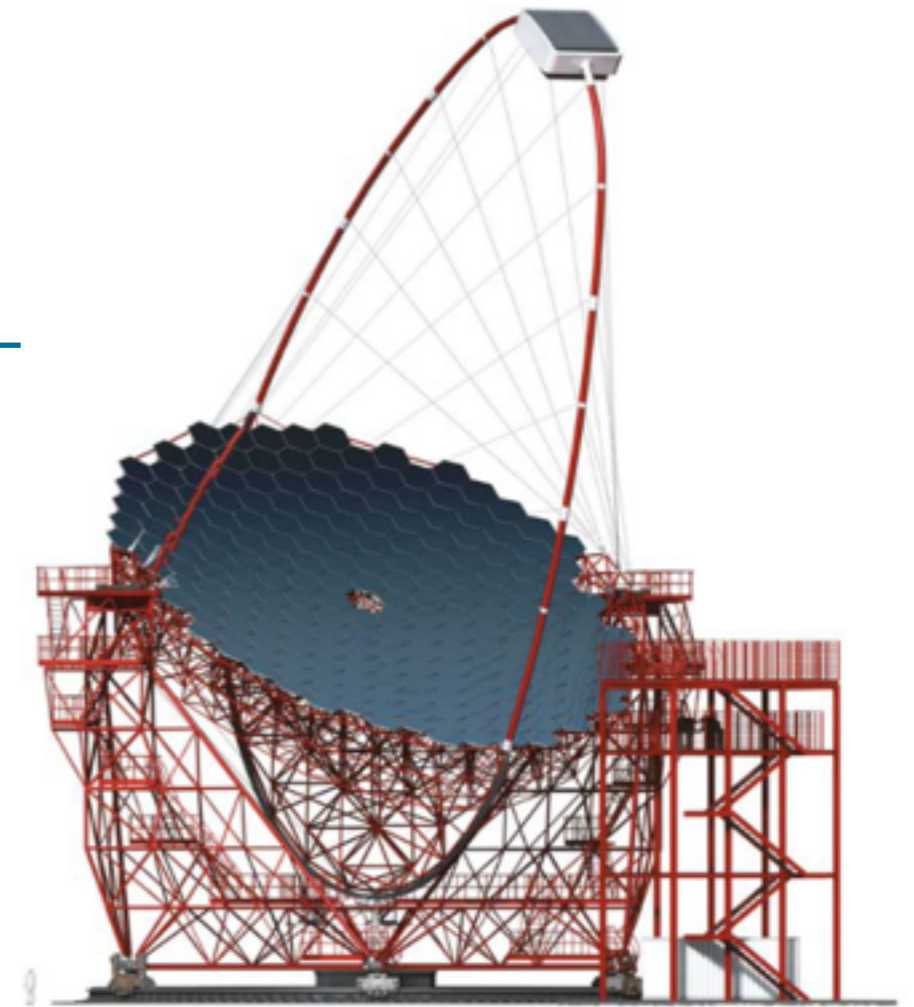
深見哲志<sup>B</sup>, 手嶋政廣<sup>BC</sup>, 稲田知大<sup>B</sup>, 奥村暁<sup>D</sup>, 加賀谷美佳<sup>B</sup>, 片桐秀明<sup>E</sup>,  
黒田隼人<sup>B</sup>, 齋藤隆之<sup>B</sup>, 千川道幸<sup>F</sup>, 中嶋大輔<sup>B</sup>, 林田 将明<sup>B</sup>, 山本常夏<sup>G</sup>,  
吉田龍生<sup>E</sup>, 李健<sup>F</sup>, 他 CTA-Japan consortium

東大宇宙線研<sup>B</sup>, Max-Planck-Inst. fuer Phys.<sup>C</sup>, 名大ISEE<sup>D</sup>, 茨城大理<sup>E</sup>, 近畿大理工<sup>F</sup>, 甲南大理工<sup>G</sup>

2018年3月22日 日本物理学会@東京理科大

# Large Size Telescope (LST)

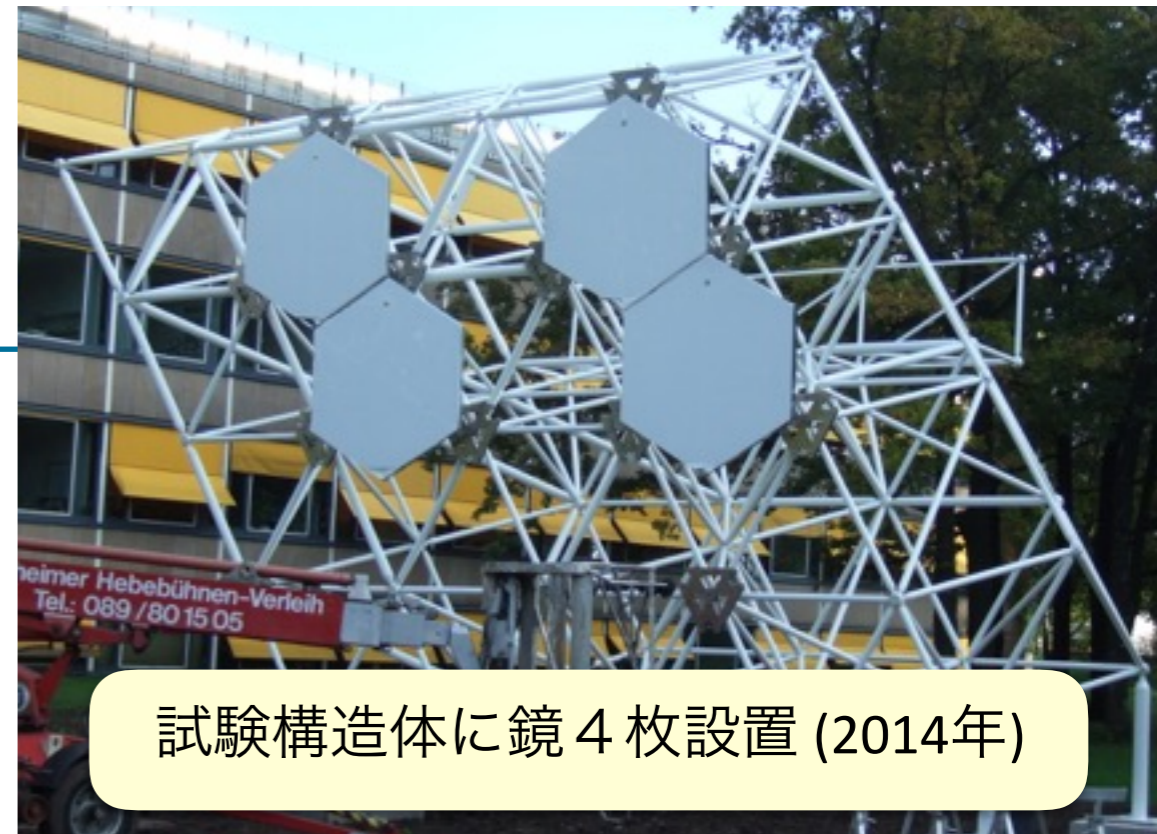
- 口径23m
- 視野 4.5度
- **放物面光学系**
  - 焦点距離 28 m、198枚の分割鏡
- 焦点面カメラ
  - 1855本のPMT、読み出し回路
- 総重量 100 t
- **高速回転**（目標：20秒以内にあらゆる方向に向け、突発天体に対応）
- 国際共同10カ国：日本、スペイン、イタリア、ドイツ、フランス、インド、ブラジル、クロアチア、スウェーデン、スイス





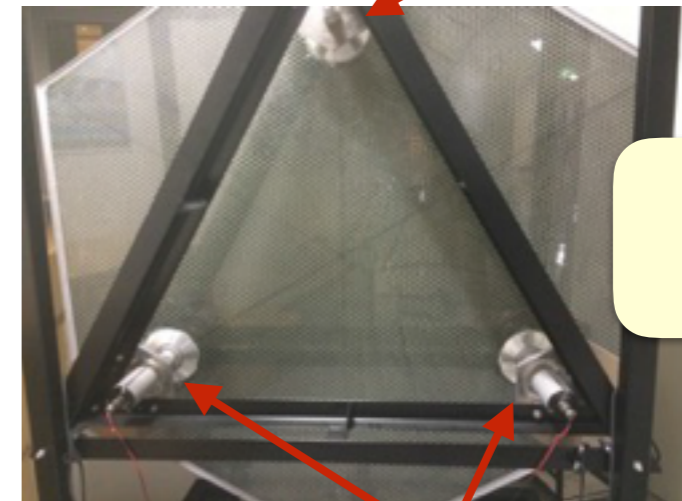
# LST反射鏡

- 反射鏡：日本の担当
  - 対辺間1.51 mの六角形 x 198枚
  - インターフェースプレートを通じて望遠鏡構造体に設置（稲田講演）
- 鏡調整：2つのアクチュエータ
  - 明るい星を使う。観測中は不可能  
観測中の構造体歪みを補正する必要
    - 自重：天頂角で予測可能
    - 風・温度など：**予測不可能**
  - CMOSカメラで鏡方向をモニターし  
アクチュエータに随時フィードバック  
**Active Mirror Control (AMC)**
    - **原理実証試験は完了 (by 深見)**



試験構造体に鏡4枚設置 (2014年)

固定軸（角度のみ自由）



鏡裏面  
3点支持

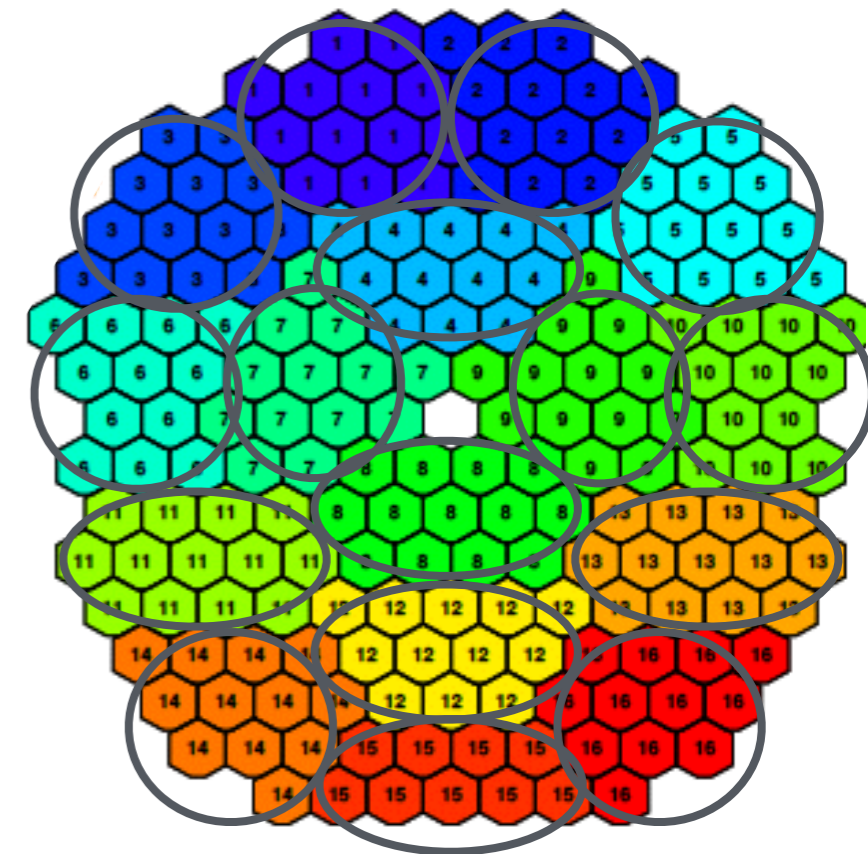
2つのアクチュエータ



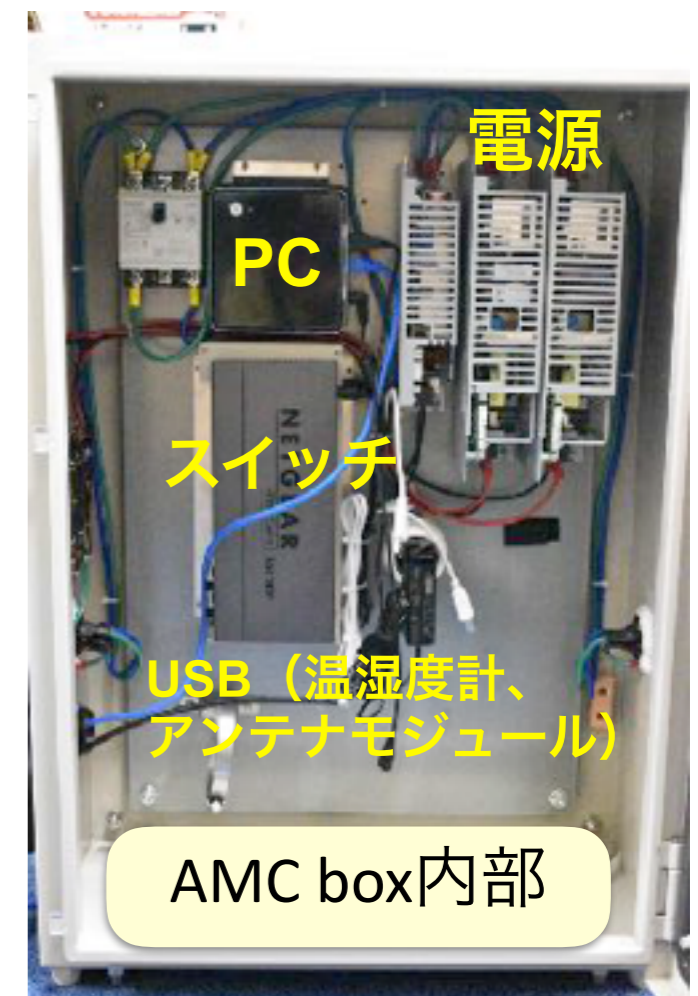
鏡下部のCMOS  
カメラホルダ

# AMCシステム構成

- CMOS—アクチュエータのフィードバックループ計198を16 CPUで部分並列化（～13枚/CPU）
  - ~20秒で全体の調整が可能
- 1グループ構成：  
13 CMOS、26 アクチュエータ、ケーブル～40本、  
"AMC box"（PC、ネットワークスイッチ、電源、アクチュエータ通信用無線アンテナ、温湿度計）
- ハードウェアほぼ現地送付済
  - ケーブル：4月に航空便で輸送予定
- 鏡の設置（4月）と並行し、AMC boxの設置とケーブルリングが始まる予定（5月以降）



198枚を16にグループ分け

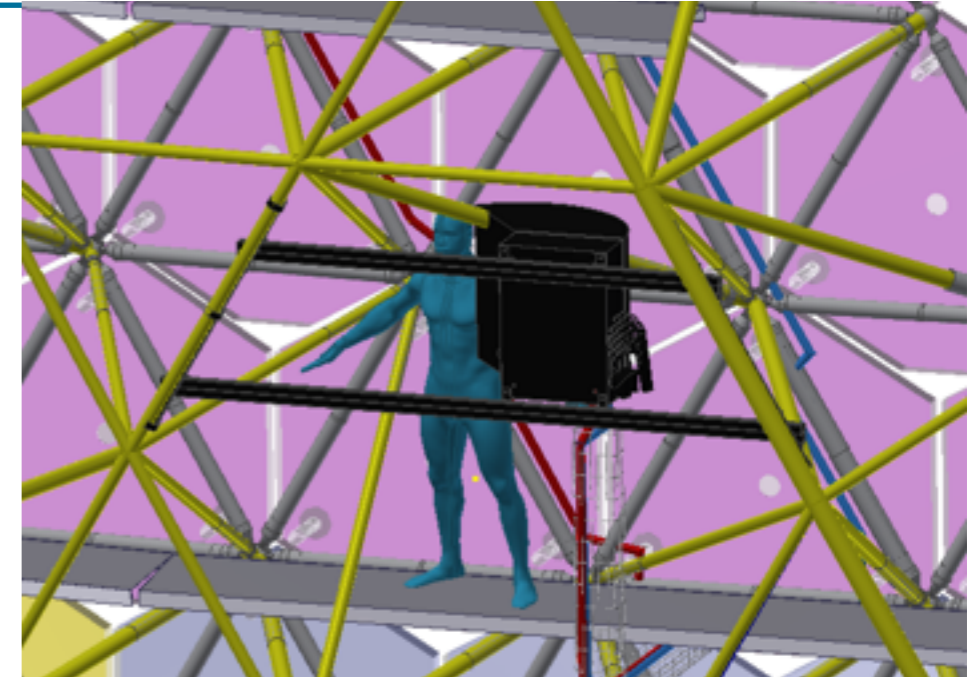




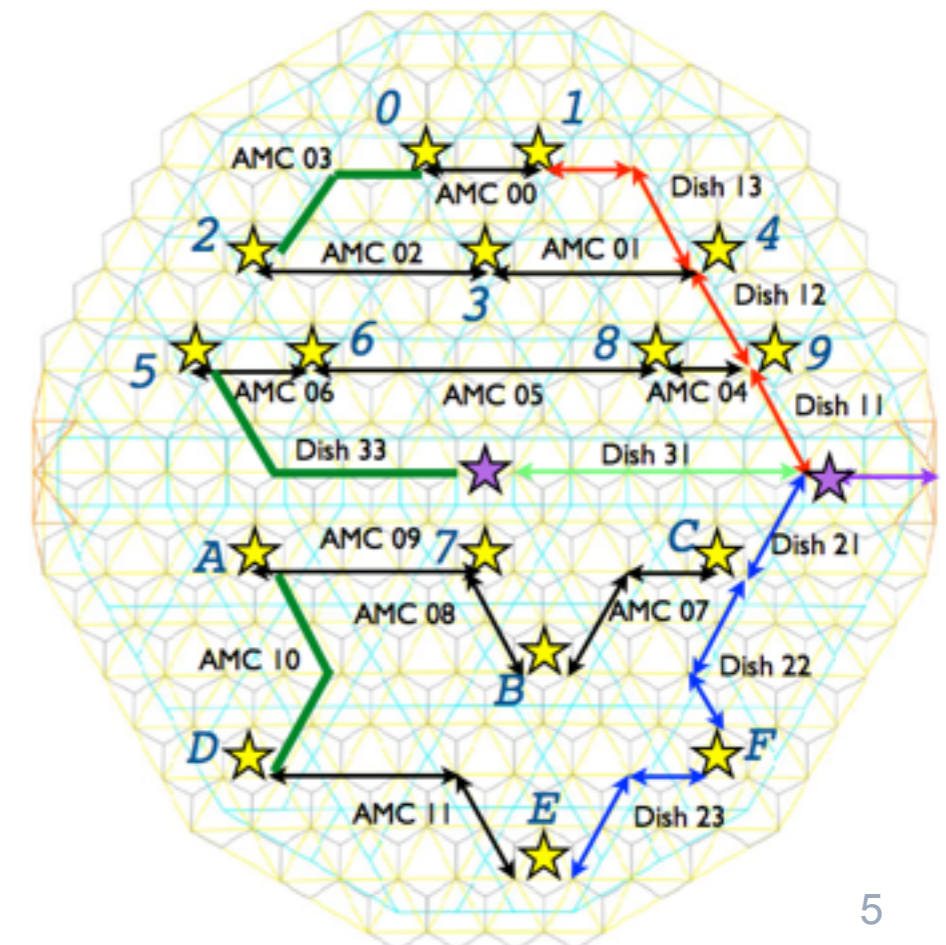
# AMCシステムの構築



- AMC boxの構造体への固定
  - ドイツ・MPIが担当
  - 足場（9階建）からのメンテナンスが可能
- ケーブリング
  - 16のAMC boxを5系統で数珠つなぎに
    - ケーブル長 vs. 冗長性
  - 「根元が死んでもその先が残る」設計
    - 電源：Boxごとに分岐+ブレーカー
    - ネットワーク：ループ構造で冗長化、Spanning Tree Protocolで問題を回避



常に全体の>94%が動き続ける設計

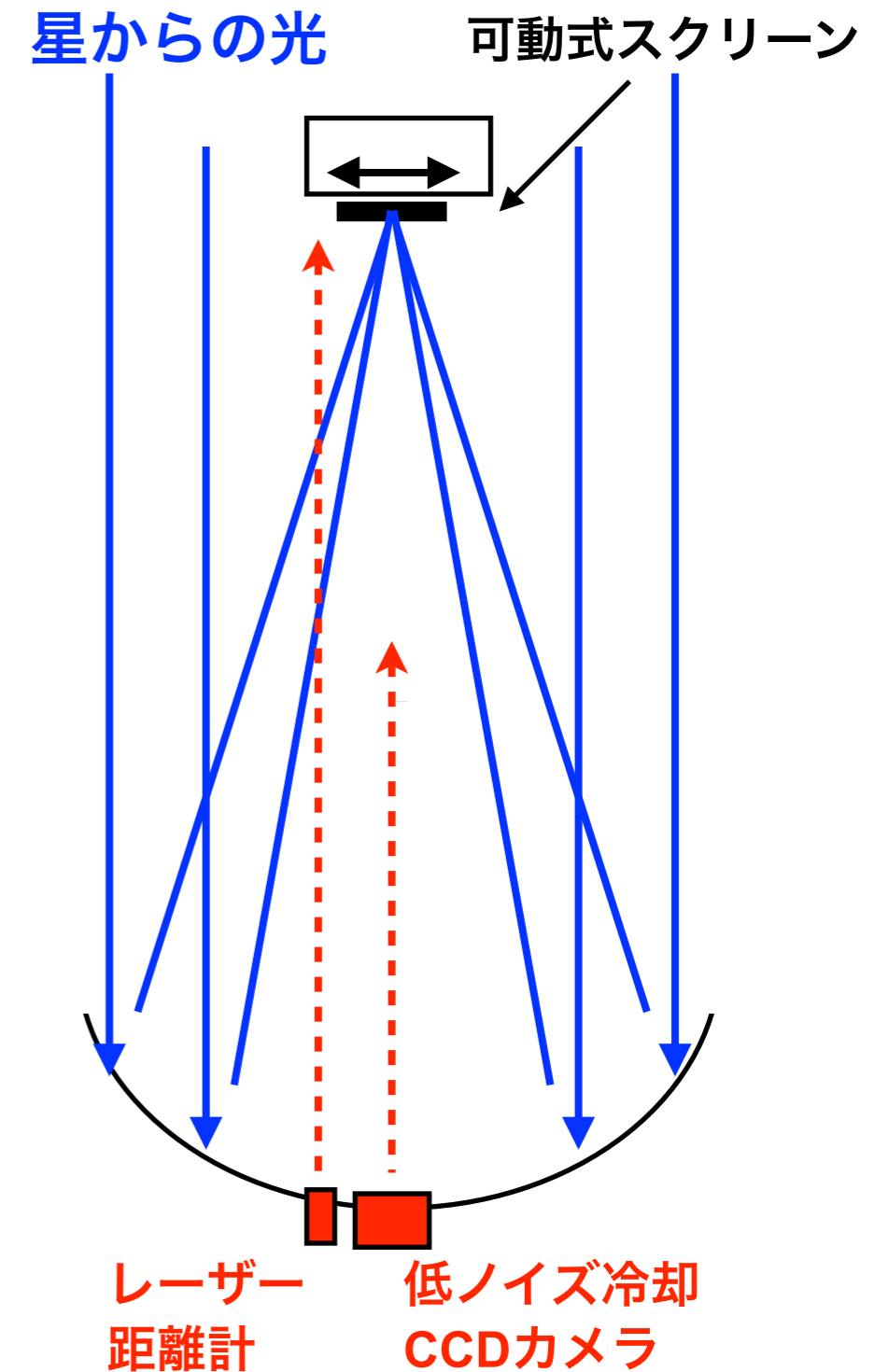


# Auxiliary



光学系に必要なその他のデバイスも全て  
購入・設置準備済

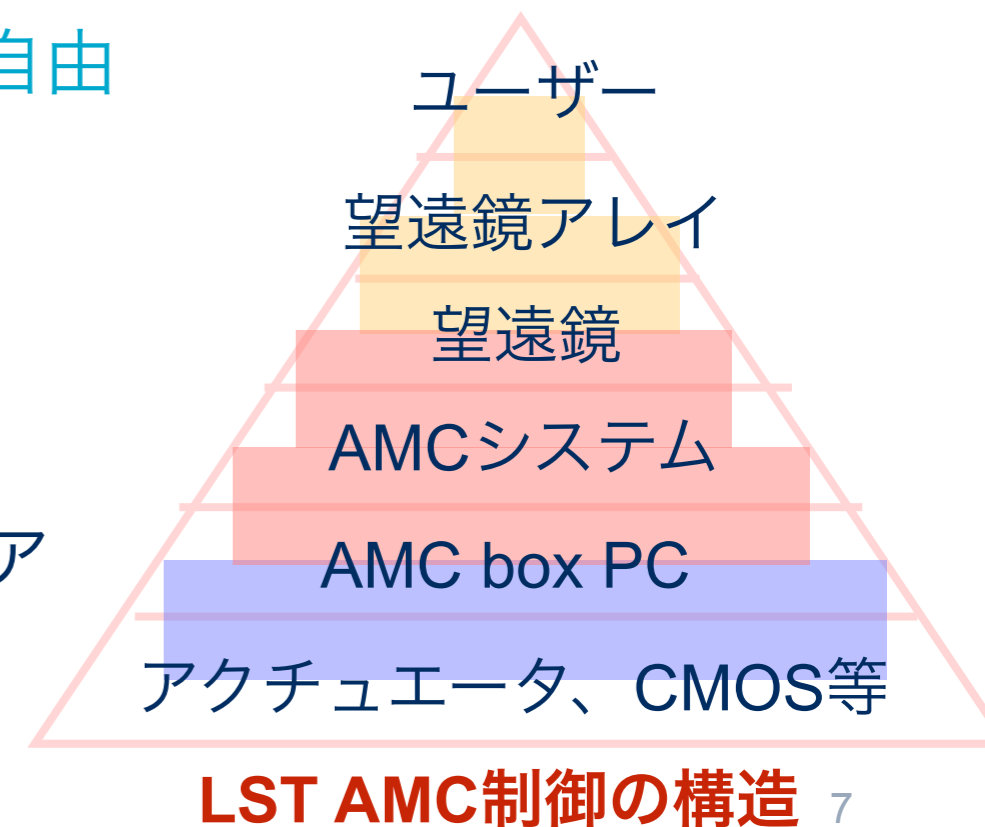
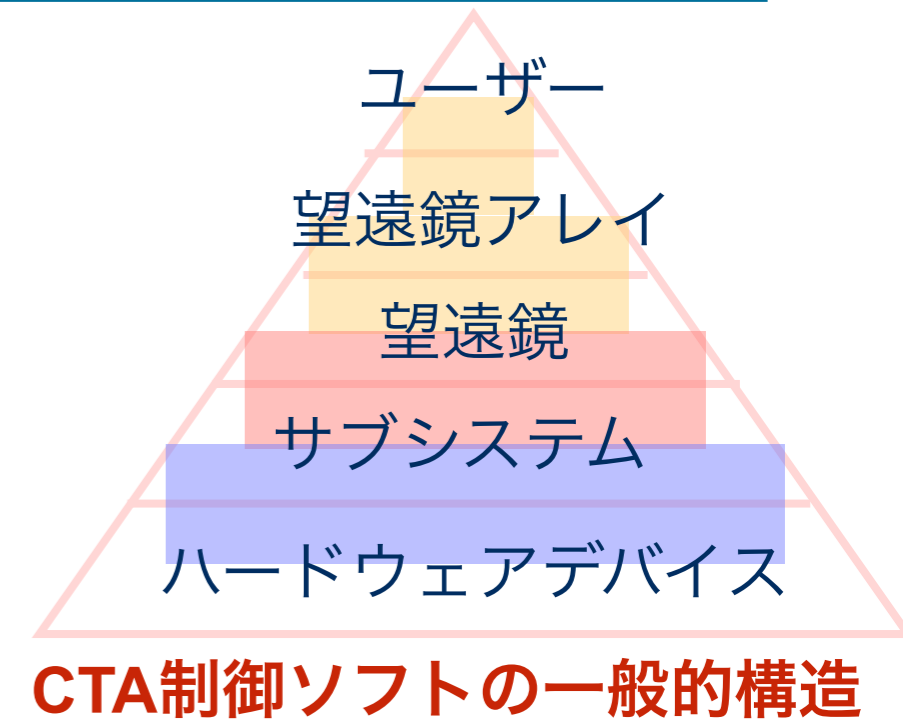
- 焦点面の星像を使って鏡を調整
- **可動式screenと低ノイズカメラが必要**
  - 天文用冷却CCD (by Aspen)
  - OPCUA読み出し
- 鏡・焦点面間の**レーザー距離計**



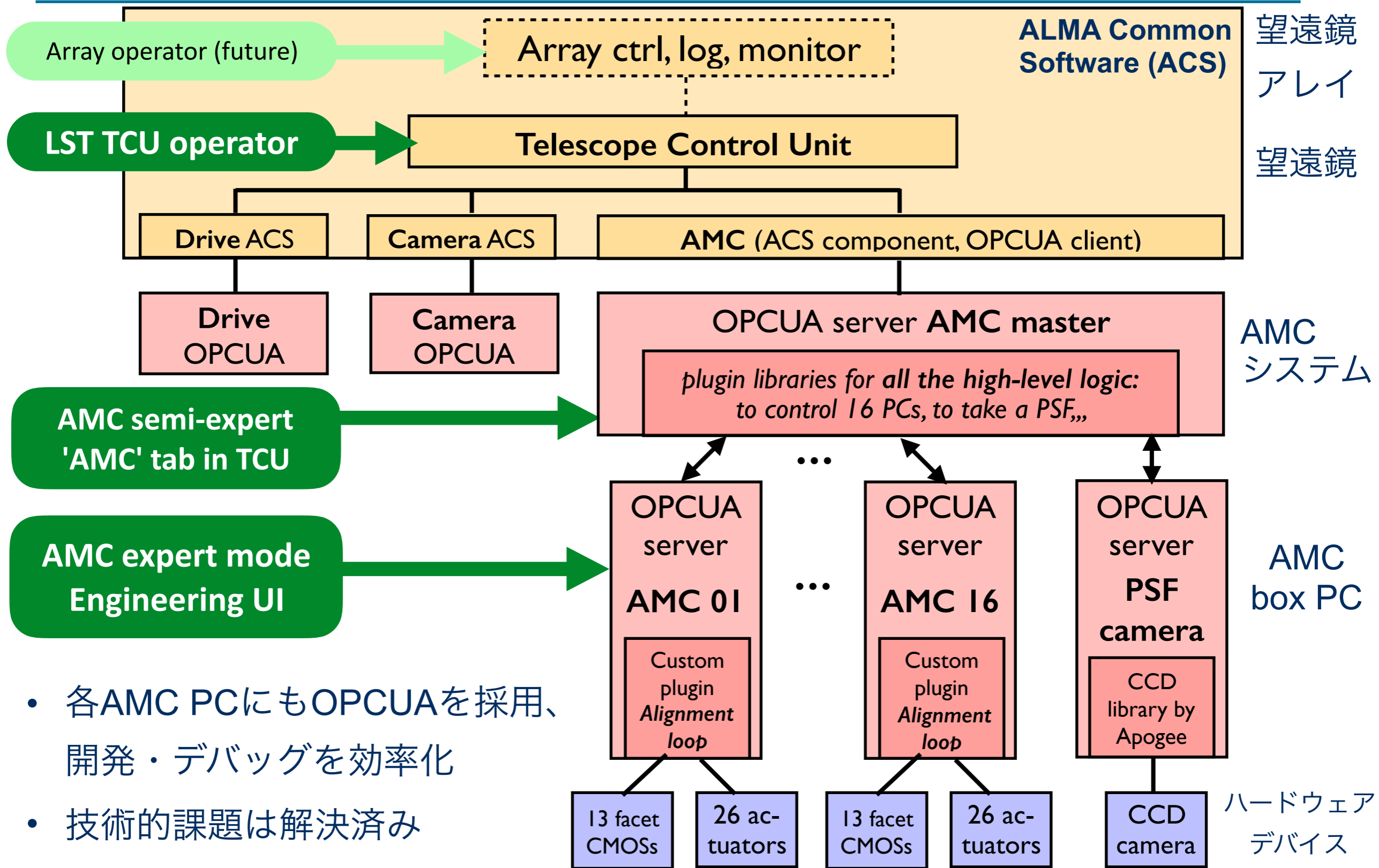
# AMCソフトウェア



- CTAでは、ハードウェア（データアクセス）とユーザーの間にいくつもの階層が存在
  - ALMAなど望遠鏡アレイに共通の特徴
- 高層のprotocolを統一、制御・メンテを容易に
  - アレイ⇔望遠鏡：**ALMA Common Software**
  - 望遠鏡⇔サブシステム：**OPCUA**に統一
  - サブシステム⇔ハードウェア：各開発者の自由
- AMCはLSTの1サブシステム。LST望遠鏡制御（Telescope Control Unit、TCU）との間は**OPCUA**で接続する必要あり。
- AMC固有の特徴：サブシステムとハードウェアの間にさらにAMC box PCの層あり



# ソフトウェア階層とGUI



- 各AMC PCにもOPCUAを採用、開発・デバッグを効率化
- 技術的課題は解決済み



# Operator & Semi-expert GUIs



**Operator用画面**

Menu

- Telescope Control Unit
- Status
- Camera
- Status
- Mount
- Status
- Active Mirror Control
- Status
- Power Supply
- Status
- CCD
- Status
- Condition Monitoring
- Status

Menu Large Size Telescope - CTA-LST

- Telescope Control Unit
- Camera
- Mount
- Active Mirror Control
- Power Supply
- CCD
- Condition Monitoring

**Camera**

Image

Intensity HVS HVM DC DDT IPR

Cluster

c6\_33

Trigger Rate

Shutter

Closed

Camera State

Recording Type

Console Log

Setting info from cluster c6\_33

**Camera**

Menu Large Size Telescope - CTA-LST

- Telescope Control Unit
- Status
- Camera
- Status
- Mount
- Status
- Active Mirror Control
- Status
- Power Supply
- Status
- CCD
- Status
- Condition Monitoring
- Status

**AMC**

Mirror Layout

Slaves

Slaves Information

Lib Ver	Box Humid	Box Temp	cmosLibVer	maxDevPix	numCMOSImage	IP	Port	Status	Used
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Mirrors

Showing info from Slave no: 11

Id	Used	Delay	Actuator1		Actuator2		Exposure	Gain	Camera	ImageConfigIP	Status
			Id	Temp	Id	Temp					
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

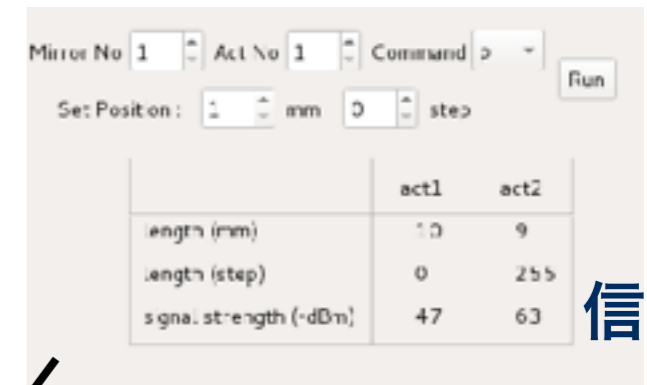
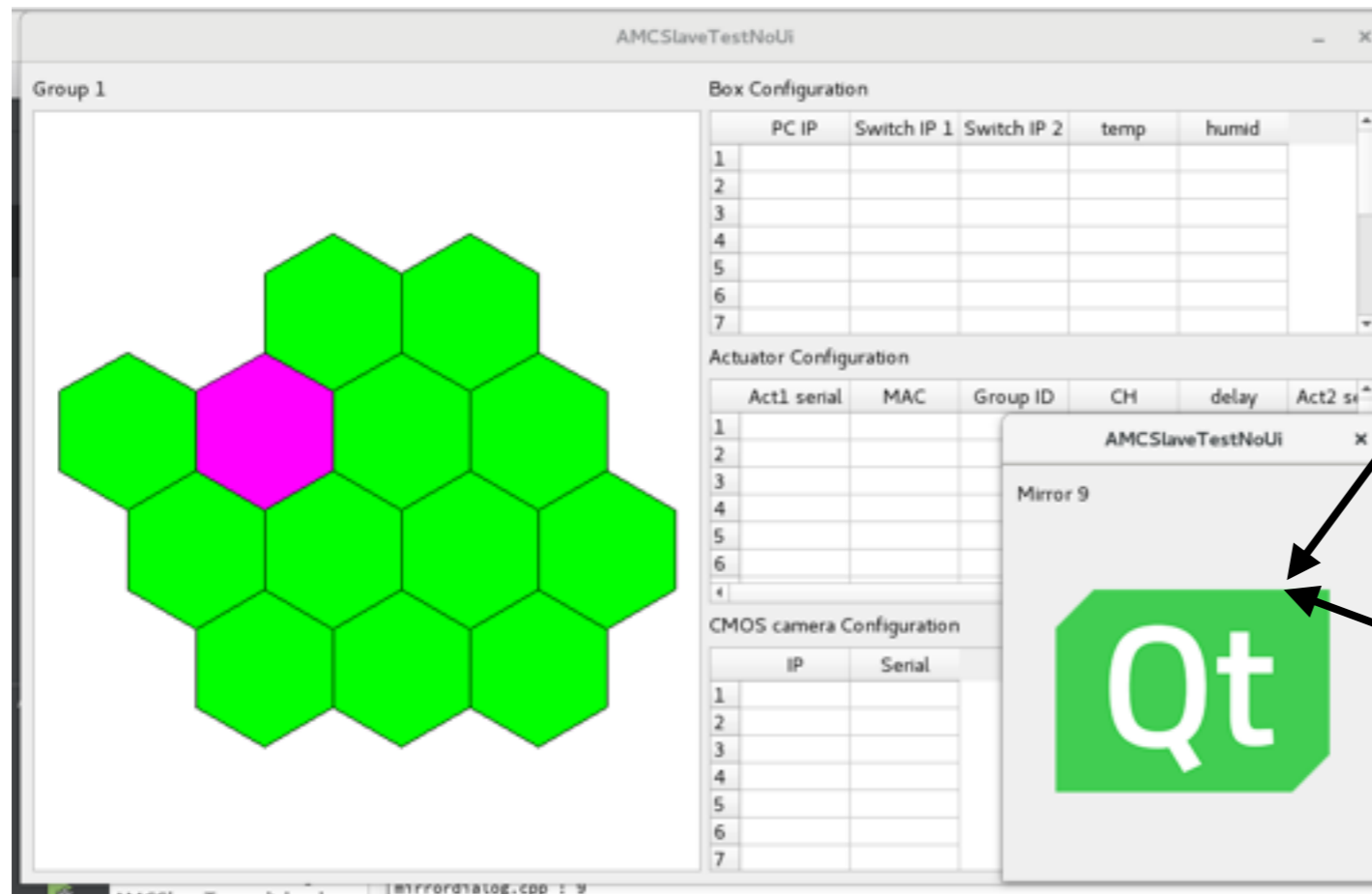
Console Log

5/2/2018, 12:49:59 > Getting info from slave 11

- OperatorはTCU画面を監視、必要に応じて各サブシステムのsemi-expert画面を参照
- スペイン・IEECと各サブシステムチームの共同開発。今後も現体制を継続

# AMC expert GUI

- Expertモード：試運転時やoperatorが問題解決できない時に必要
  - 各ハードウェア開発者が担当。
  - AMCのものは日本が作る必要



長さ  
信号強度

アクチュエータ画面



画像取得  
パラメータ

CMOS画面

構造設計通りのソフトウェア開発中



# まとめ&スケジュール



- CTA大口徑望遠鏡1号機が建設完了間近。10月10日に落成式
- 光学系ハードウェア準備が進行中。反射鏡は大部分を5月に、光学系調整システム（AMC）は7月までに設置完了予定
- 分割鏡制御AMCソフトウェア準備：デバッグ・試運転・観測までを見据えたシステムを構築中。9月に統合開始予定。
- カメラ準備も含め、最も重要な半年に

