



CTA 報告115 :

CTA大口径望遠鏡用Active Mirror Control システムのソフトウェア開発

深見哲志^A 野田浩司^B, 林田将明^A, 稲田知大^A, 奥村暁^C, 加賀谷美佳^D, 片桐秀明^D,
黒田隼人^A, 齋藤隆之^E, 重中茜^D, 千川道幸^F, 手嶋政廣^{A,B}, 中嶋大輔^A, 本橋大輔^D,
山本常夏^G, 吉田龍生^D, 他CTA-Japan consortium

東大宇宙線研^A, Max-Planck-Inst. fuer Phys.^B, 名大ISEE^C, 茨城大理^D, 京大理^E、
近畿大理工^F, 甲南大理工^G

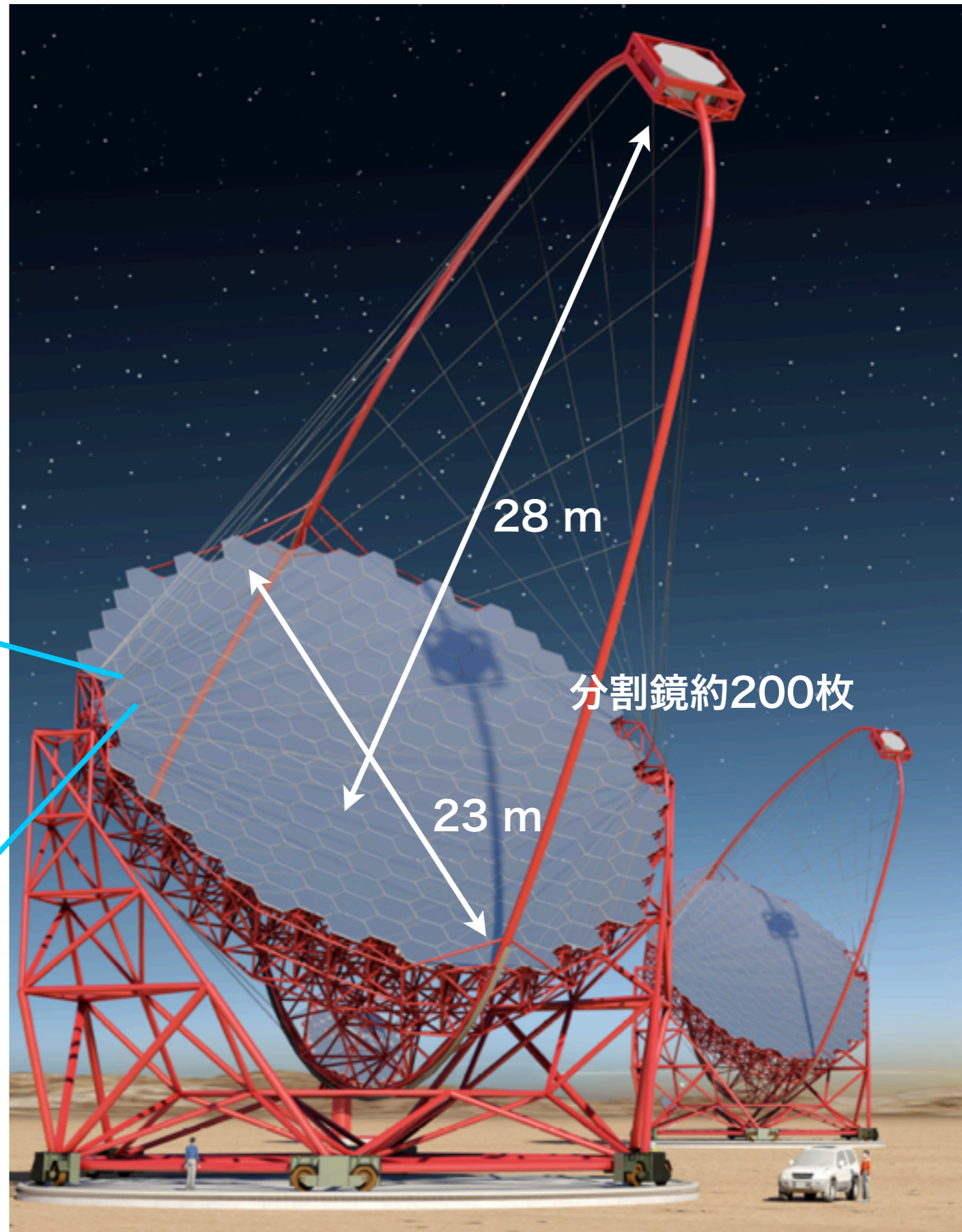
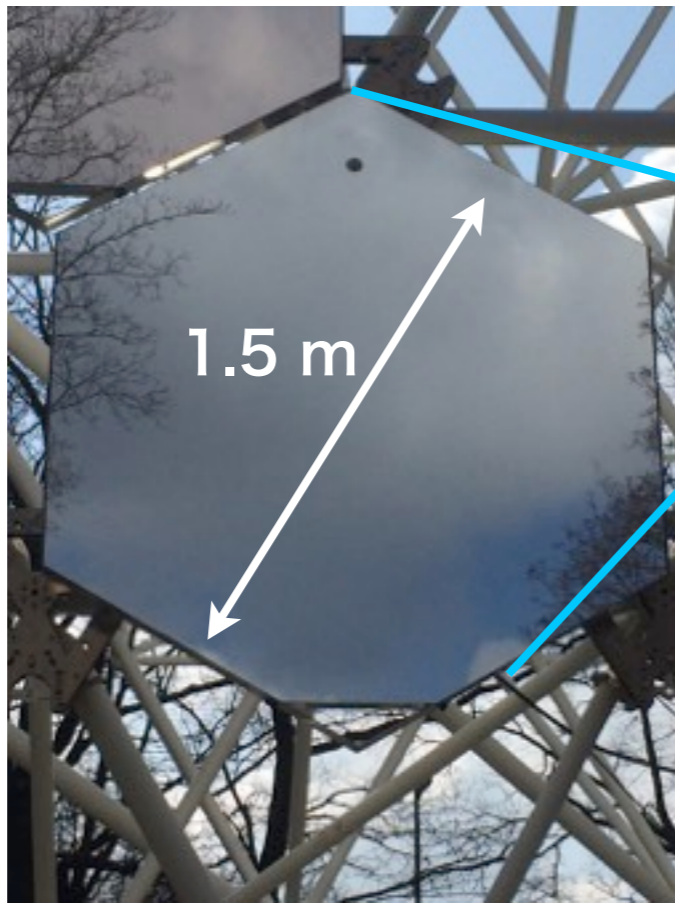
CTA大口徑望遠鏡の光学系特性

望遠鏡全体

- 放物面鏡（分割鏡約200枚で構成）
- 口径：23 m
- 焦点距離：28 m
- 20秒で180°回転可能

分割鏡

- 球面鏡
- 対辺距離：1.5m
- 焦点距離：28m
- 重さ 47 kg
- スポットサイズ
16.7mm @ 28m

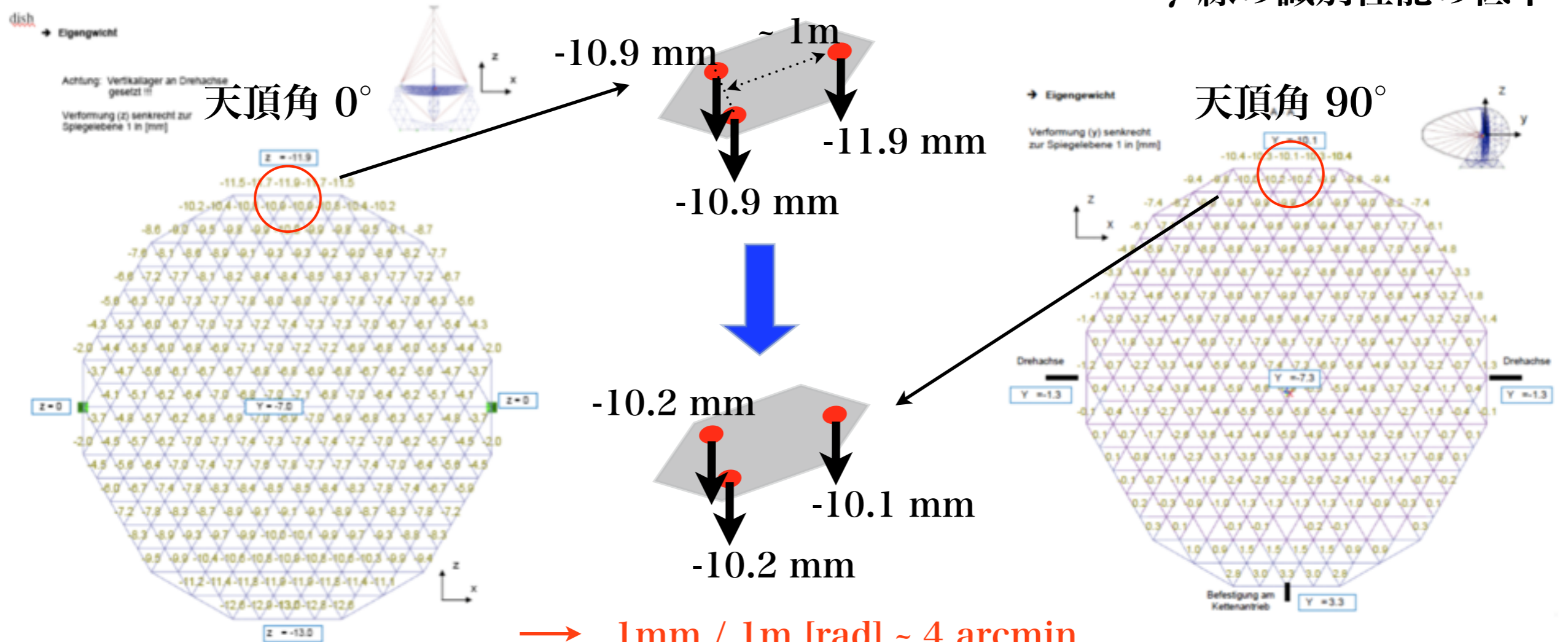


(焦点面カメラの1/3 pixel)

AMC (Active Mirror Control) システム

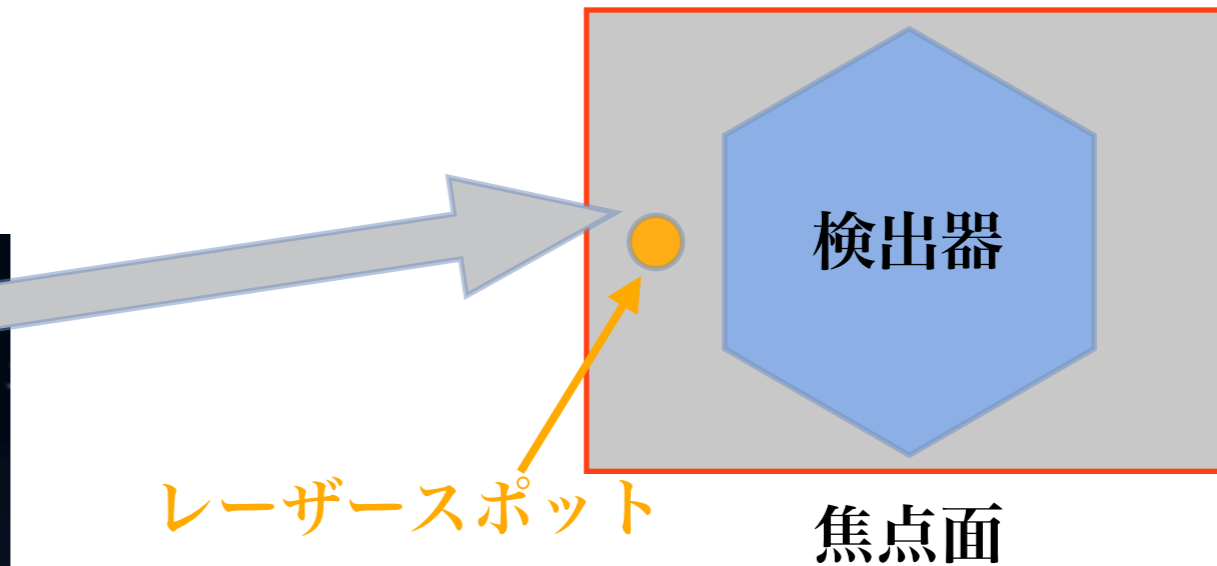
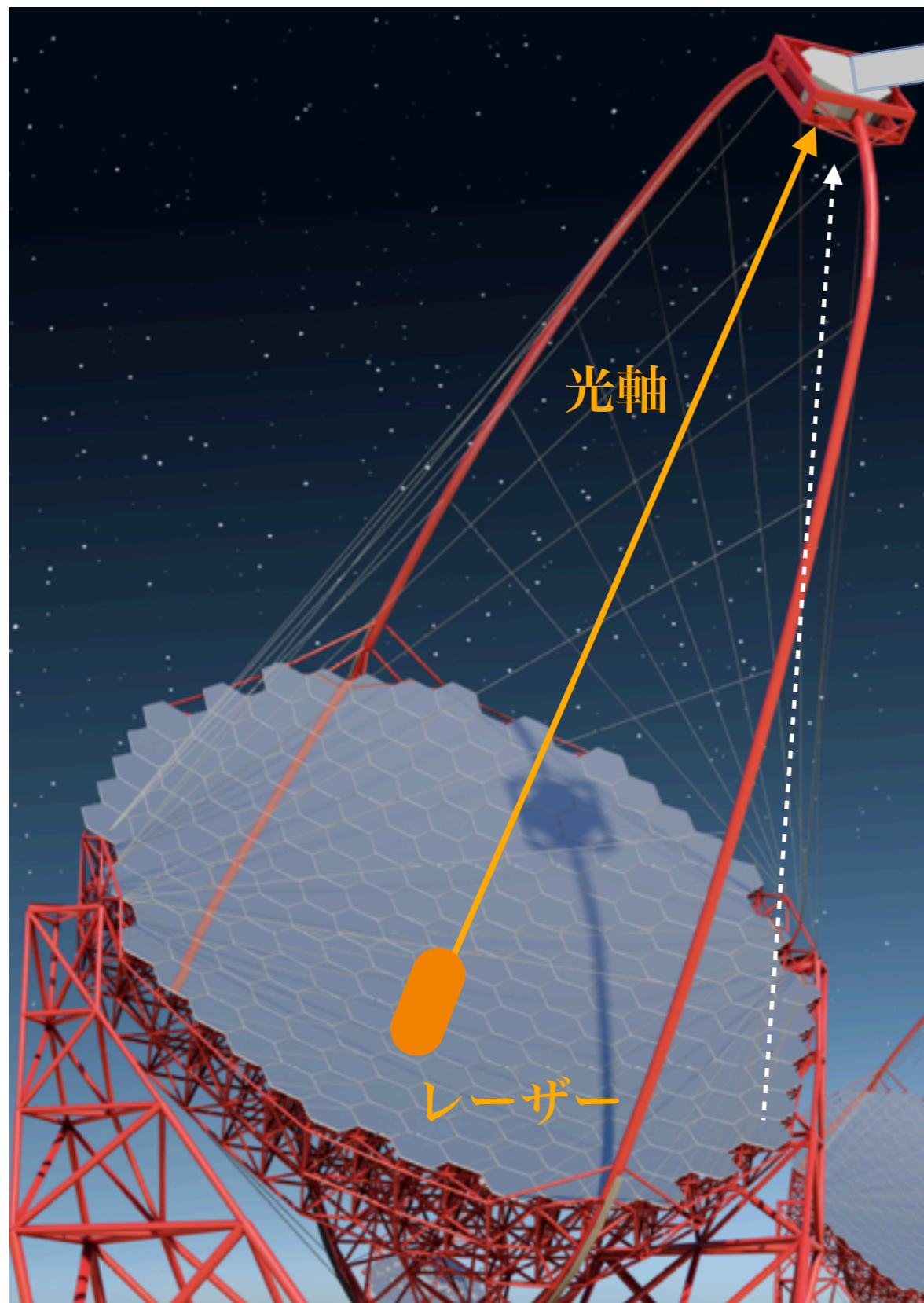
方向制御の必要性

- ・ 分割鏡に生じる方向の歪み (最大4分角程度)
 - 望遠鏡の自重による天頂角に依存した構造体の歪み
 - 強風、気温による構造体の変形
- 焦点面イメージの変形
 ↓
 角度分解能の低下及び
 γ線の識別性能の低下



Baseline Design Document for LST, 2013

分割鏡方向補正過程

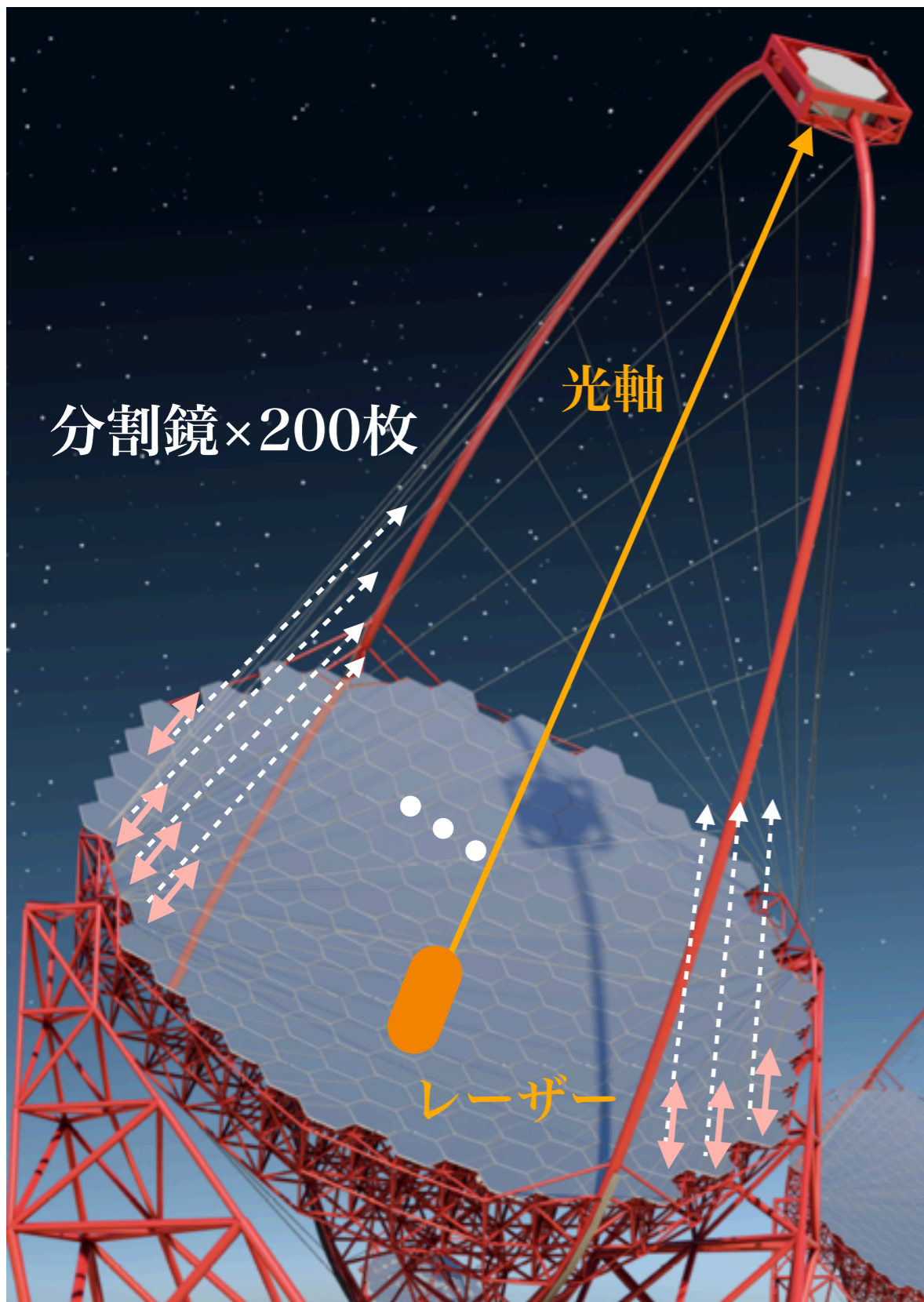


- ① 方向変化が非常に小さい望遠鏡中心から焦点面にレーザーを照射する
- ② 各分割鏡が正しい方向を向く時、固定されたカメラで焦点面のレーザースポットを撮影する

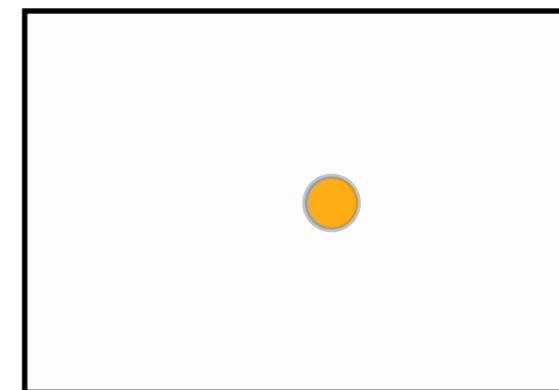
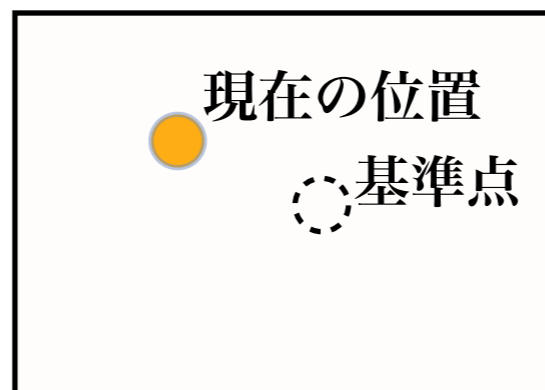


- CMOSカメラ
(DMK23GM021)
- 8 bit、モノクロ
 - 1280 × 960 pixel

分割鏡方向補正過程



- ② スポット位置を解析し、基準点とのずれを計算する
- ③ 分割鏡を支えるアクチュエータの長さを調整することでスポットの位置を元に戻す



カメラの焦点面画像



- 日本とチューリッヒ大の共同生産
- 5 μm の精度で伸縮可能

(① ~ ③) × 200枚

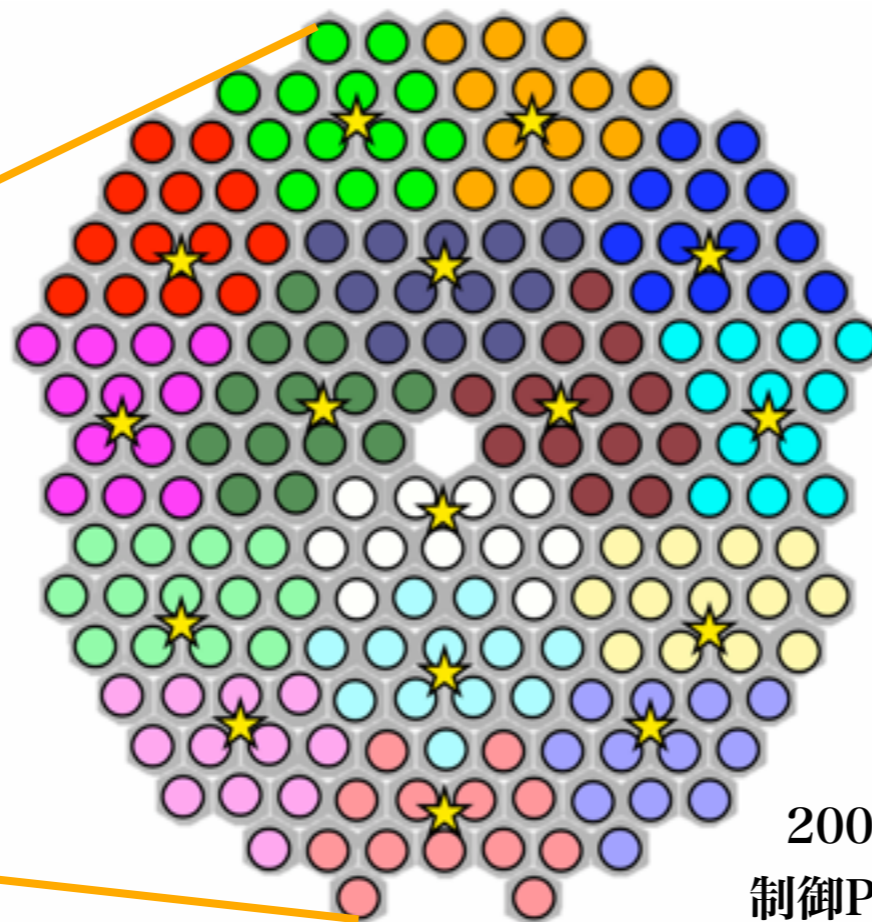
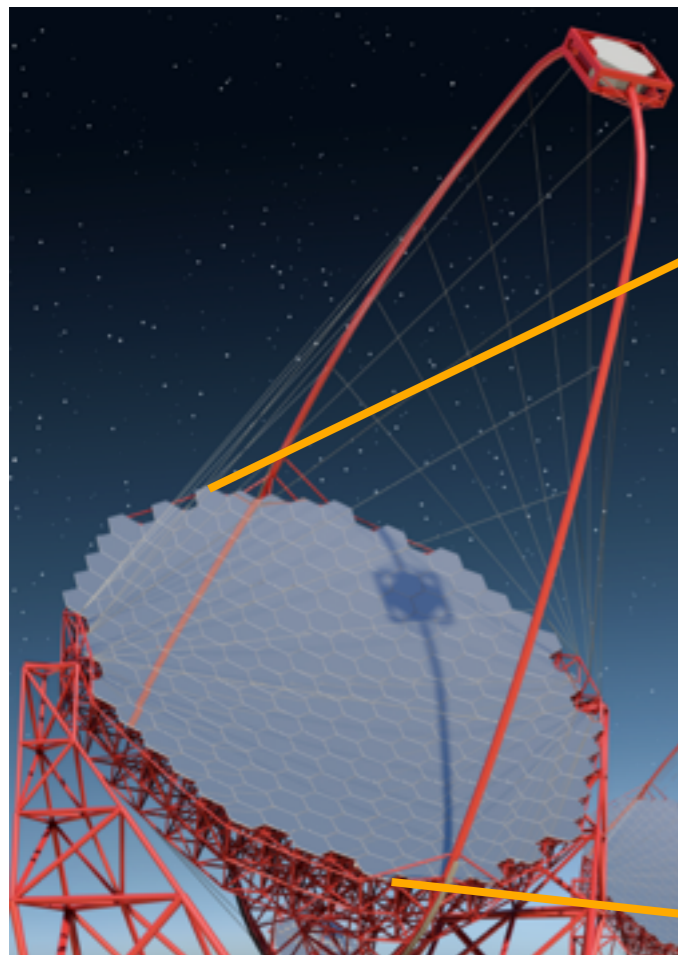
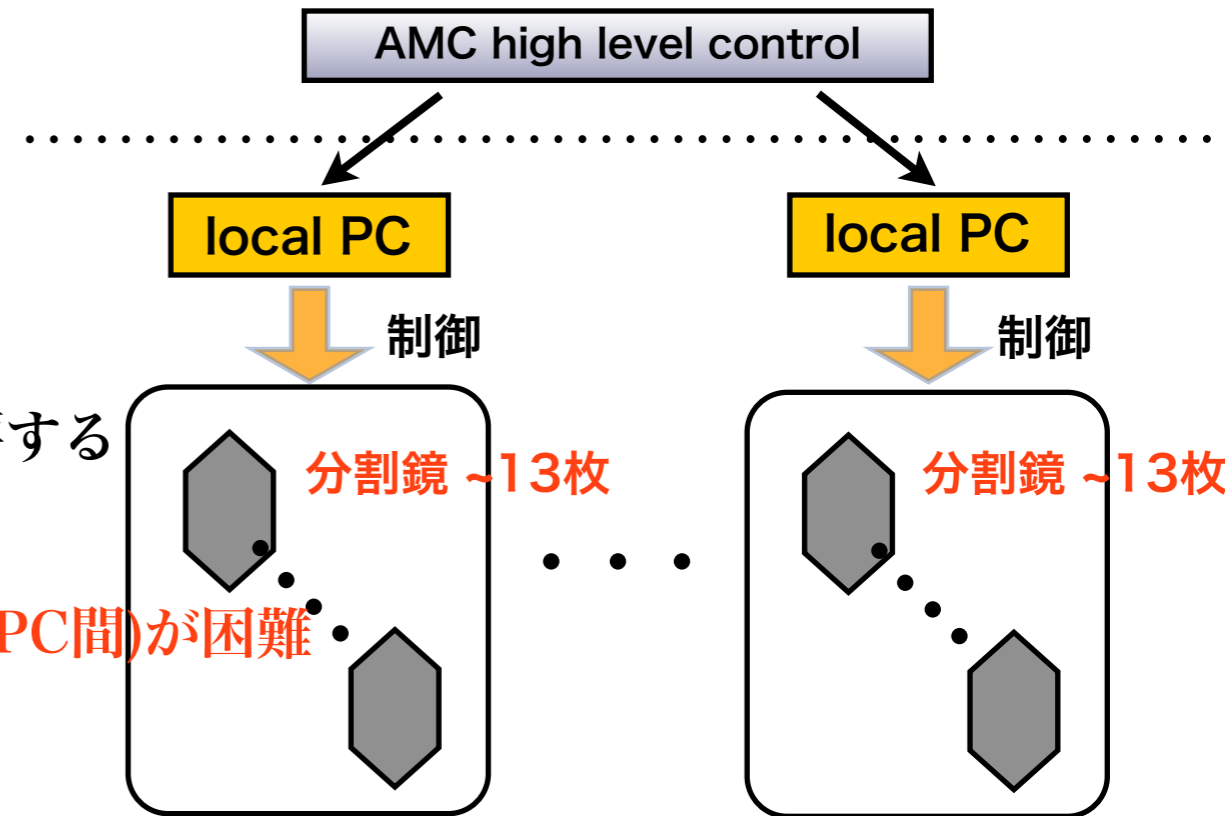
AMCシステム制御PC

分割鏡200枚の制御に使用するPCの台数

- ・ 1枚に対して1台 → コスト面の問題
- ・ 200枚に対して1台 → 全分割鏡の制御に時間を要する
ケーブルリングが煩雑

無線通信(アクチュエータ-PC間)が困難

→ 1台のPCが13枚の分割鏡を制御する



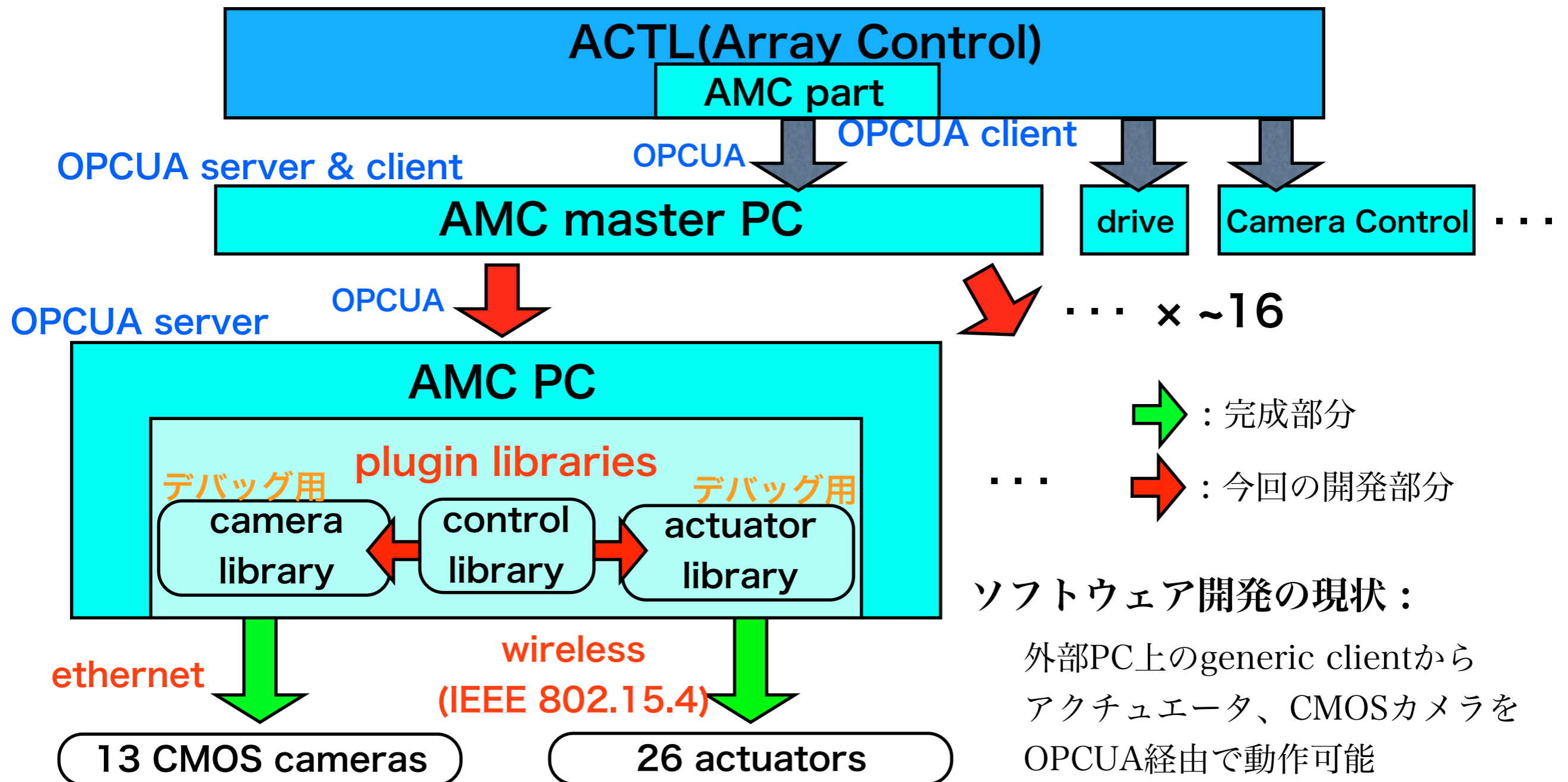
AMC PC : Intel NUC5i3MYHE (予定)

200枚の分割鏡(○印)と
制御PC(☆印)の配置の一例

AMCシステムの通信規格

OPC UA(Unified Architecture) : 様々な開発環境に互換性のある通信規格

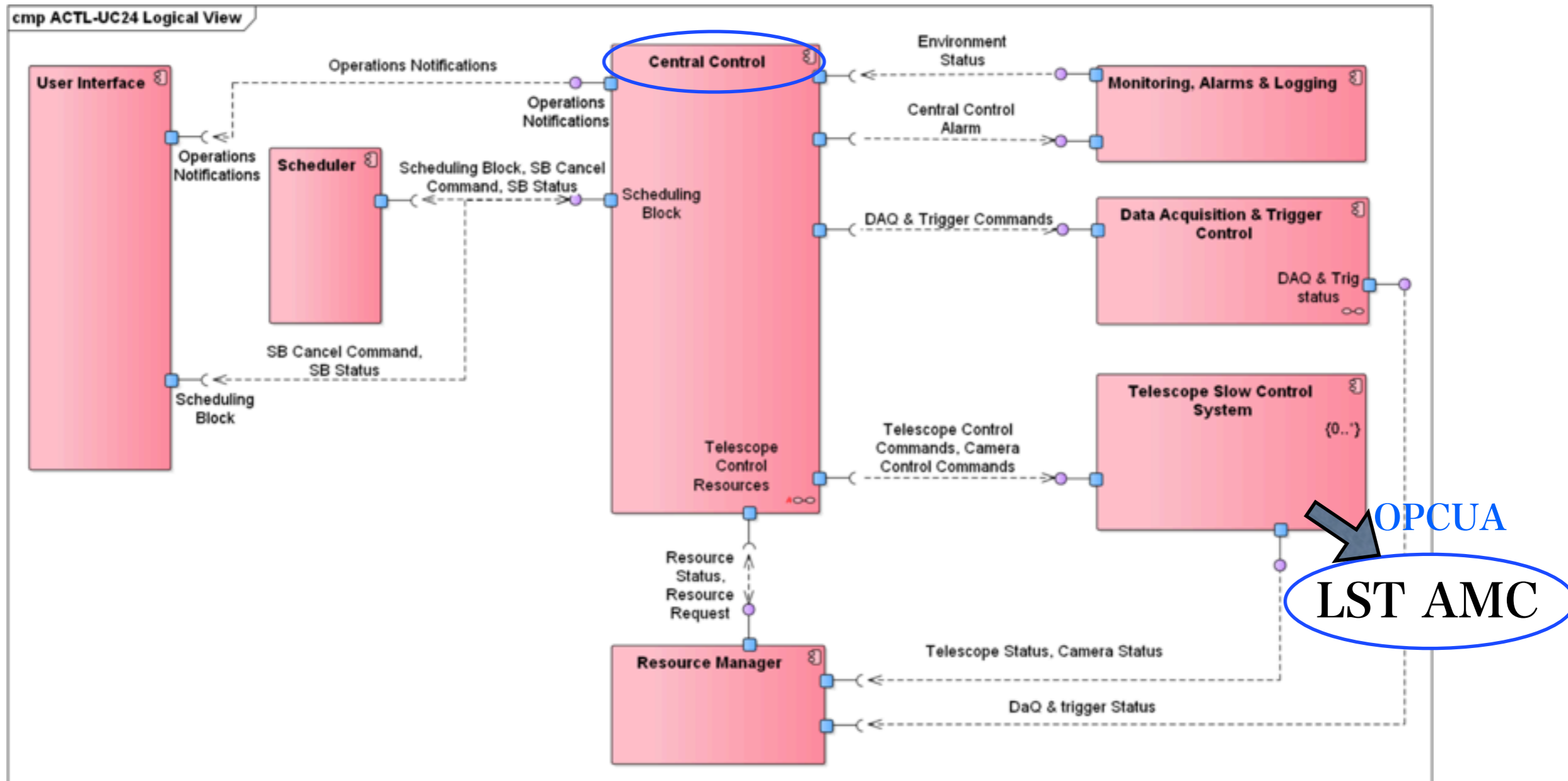
- ・ 非常に普及した通信標準OPCのプラットフォーム非依存版
- ・ 個々に開発されたデバイスを統一の通信規格で制御 → CTAのスタンダード



CTA全体のソフトウェア構造

- ACTL (Array Control) : CTA全体のソフトウェアを統括を担当
- CTA内の一担当グループがOPCUAの開発、バージョン管理

→ CTA全体のサーバの統一、ライセンス管理の簡易化



I. Oya et al., CTA ACTL Architecture, SPIE 2016, Edimburg

ソフトウェア開発試験

・ 今回の目的

OPCUA経由でアクチュエータ、CMOSカメラを動作させる

解決すべき難点：OPCUAライブラリ(C++)とシリアル、CMOS関数(C)の並列使用

各デバイスを記述するxmlファイルの作成、改善

・ 試験装置

OPCUA server : MOSver4.0.5 (CTAフランスグループが開発) on Intel NUC5i3MYHE

OPCUA client : Prosys OPC UA Client (フリー) on macbook pro

試験1：3つのAMC用ライブラリの作成とclientからの読み出し

・ control : AMC制御ライブラリ

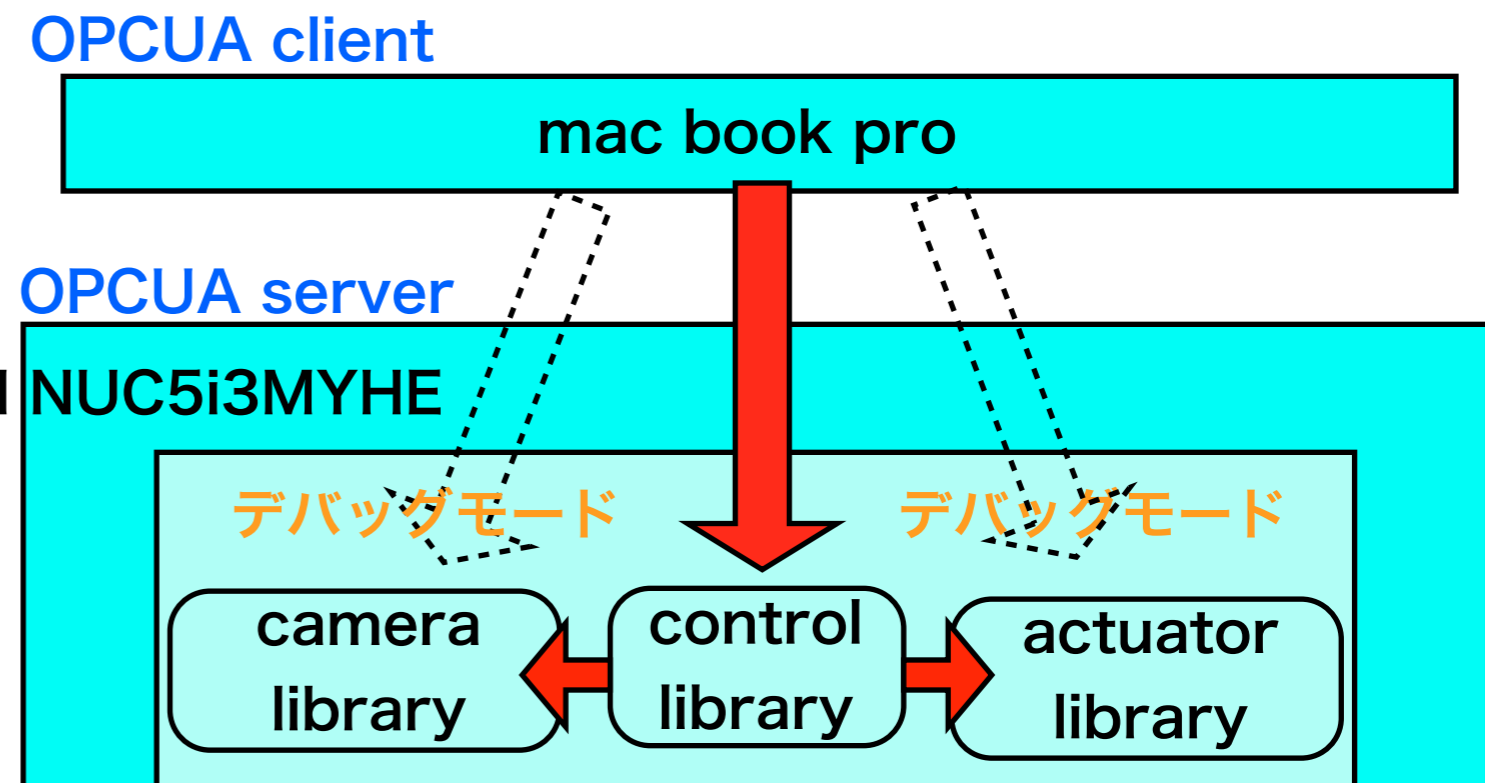
・ camera, actuator :

各デバイス動作用ライブラリ

(clientからはデバッグ時のみ操作) Intel

結果：

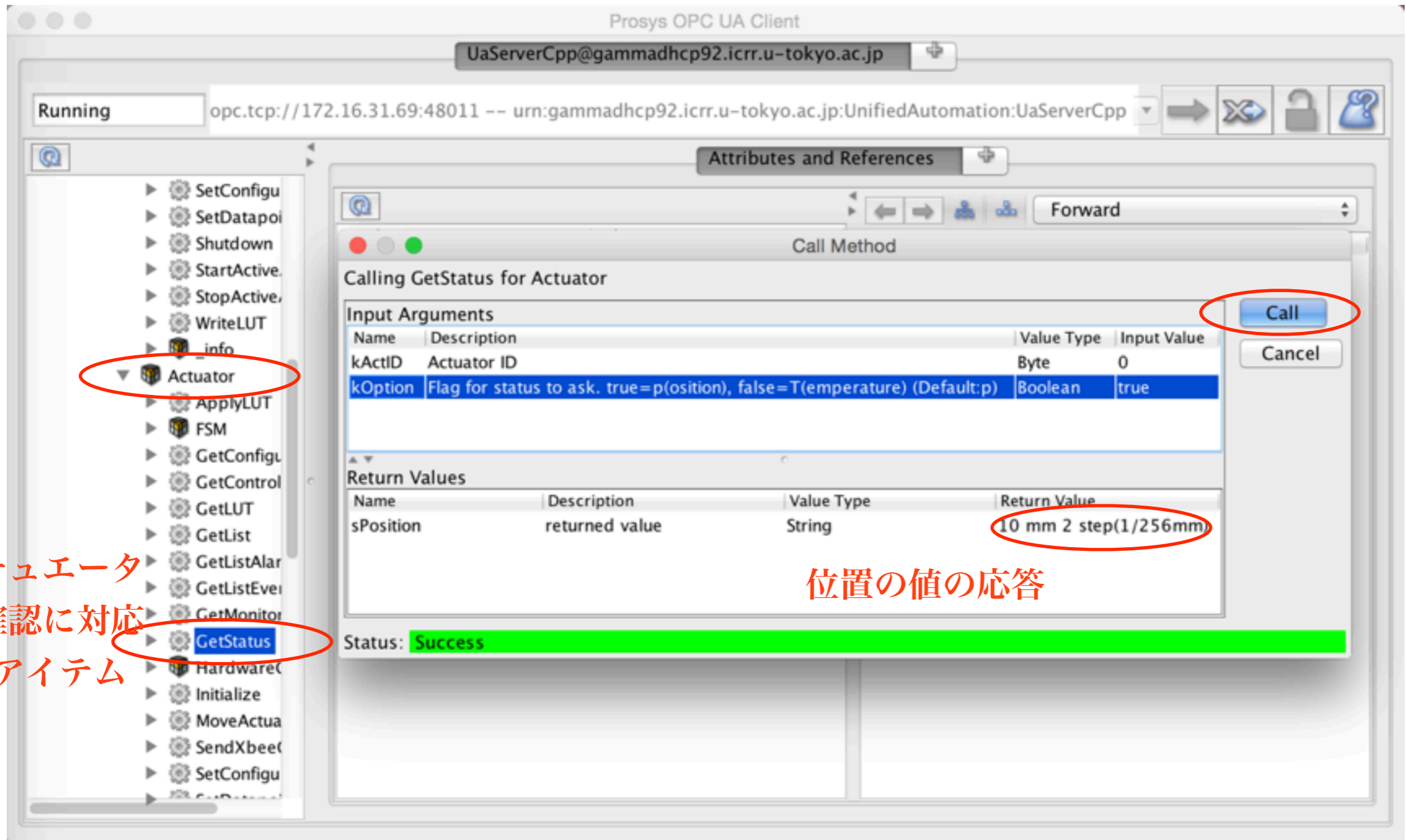
・ clientからcontrolを通じた各ライブラリの動作に成功



ソフトウェア開発試験

試験2：アクチュエータ、CMOSカメラのclientからの動作

結果：アクチュエータの長さ調整やCMOSカメラ画像取得をclient画面から行うことに成功



OPCUA client (Prosys OPC UA Client) 操作画面

まとめと今後

- ・ CTA大口径望遠鏡AMCシステムはCTAの実現する高感度、高分解能のガンマ線観測に必要な不可欠な分割鏡制御システムであり、CMOSカメラ、アクチュエータを動作させるローレベルの制御コードは完成している。
- ・ AMCシステム用PC1台によって13枚の分割鏡が制御される。その際CTAの標準通信規格であるOPCUAを通して外部PCから制御される。
- ・ 現在外部PCからのAMC制御コードを開発しており、generic clientを用いてライブラリの呼び出しやアクチュエータ、CMOSカメラの動作確認に成功している。
- ・ 今後は分割鏡方向補正試験をclientから行うことを可能にし、また自作GUIを開発し知識のないユーザーでも制御できるよう操作を容易にする。