

CTA報告101 :

無線通信を用いたCTA大口径望遠鏡用 Active Mirror Control ソフトウェアの運用試験

深見哲志 A, 林田将明 A, 野田浩司 B, 稲田知大 A, 岩村由樹 A, 奥村暁 C,D, 小野祥弥 E, 加賀谷美佳 E, 片桐秀明 E, 加藤翔 A, 岸田柊 H, 齋藤隆之 F, 重中茜 E, 千川道幸 G, 長紀仁 E, 手嶋政廣 A,B, 中嶋大輔 A, 花畑義隆 A, 本橋大輔 E, 山本常夏 H, 吉田龍生 E, 他 CTA-Japan consortium

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

大口径望遠鏡 (Large Sized Telescope, LST)

20 GeV ~ 1 TeVの観測エネルギー帯

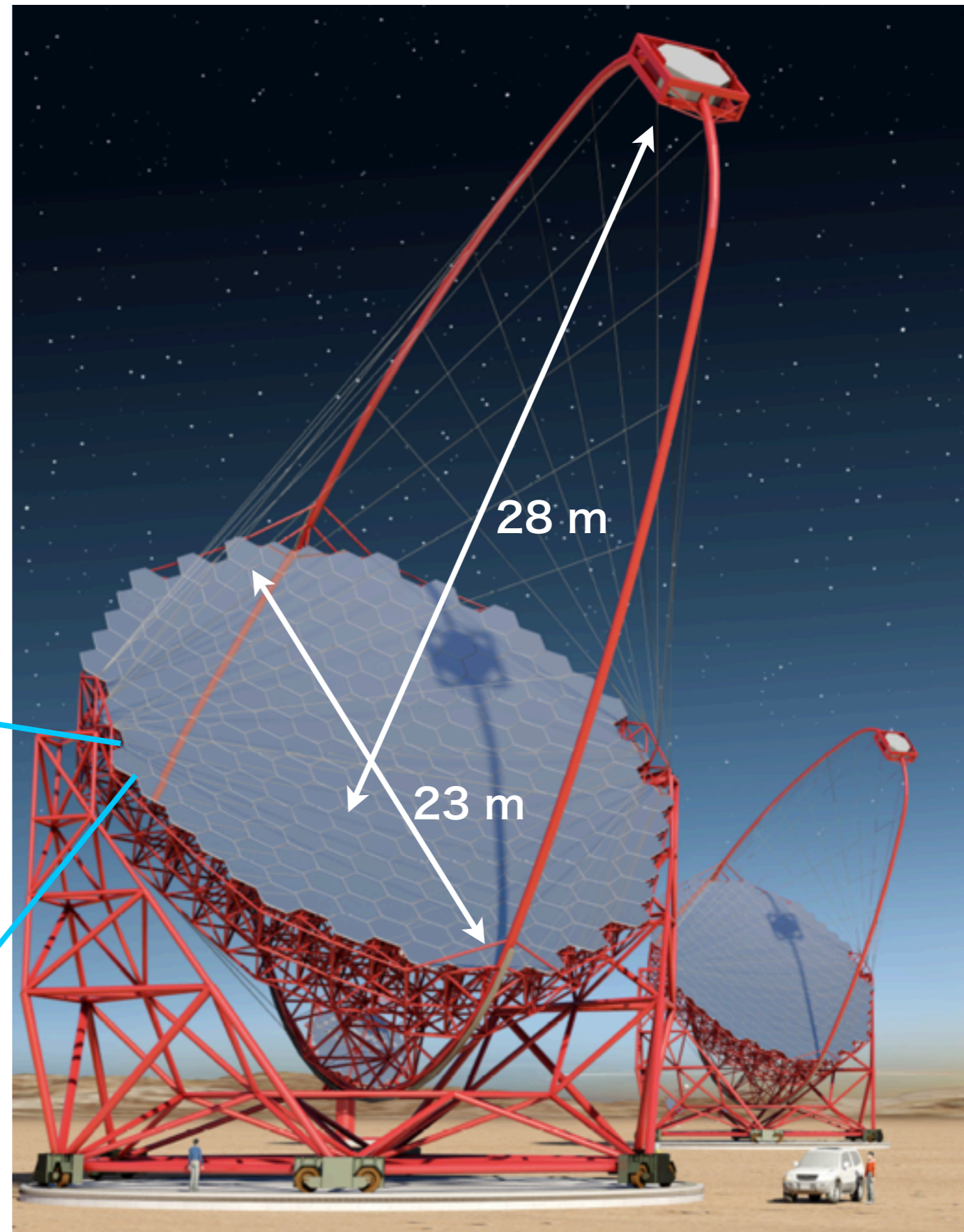
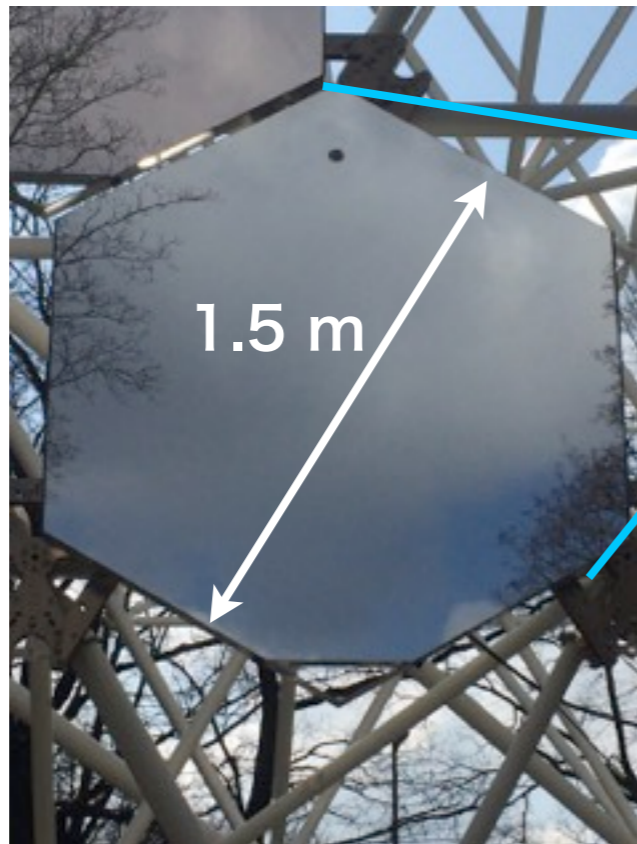
光学系特性

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
- 重量 : ~100 t (骨格に軽量なCFRPを使用)

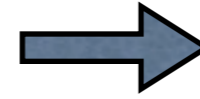
分割鏡

- 球面鏡
- 対辺距離 : 1.5m
- 焦点距離 : 28m
- 重さ 47 kg



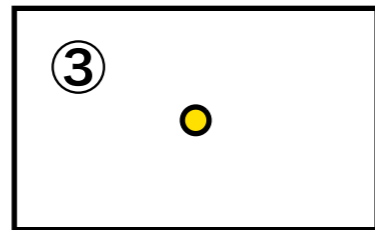
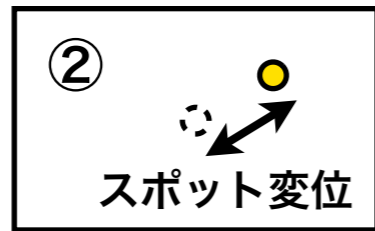
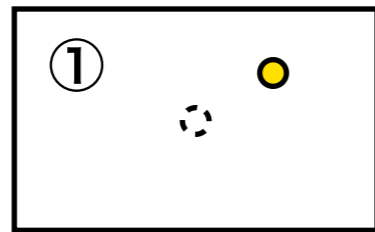
Active Mirror Control (AMC)

- 自重等による分割鏡の方向のずれ (最大4分角)
- 焦点面にてチェレンコフ光が作る像に影響



能動的に分割鏡の方向を補正
(Active Mirror Control)

CMOSカメラ画像



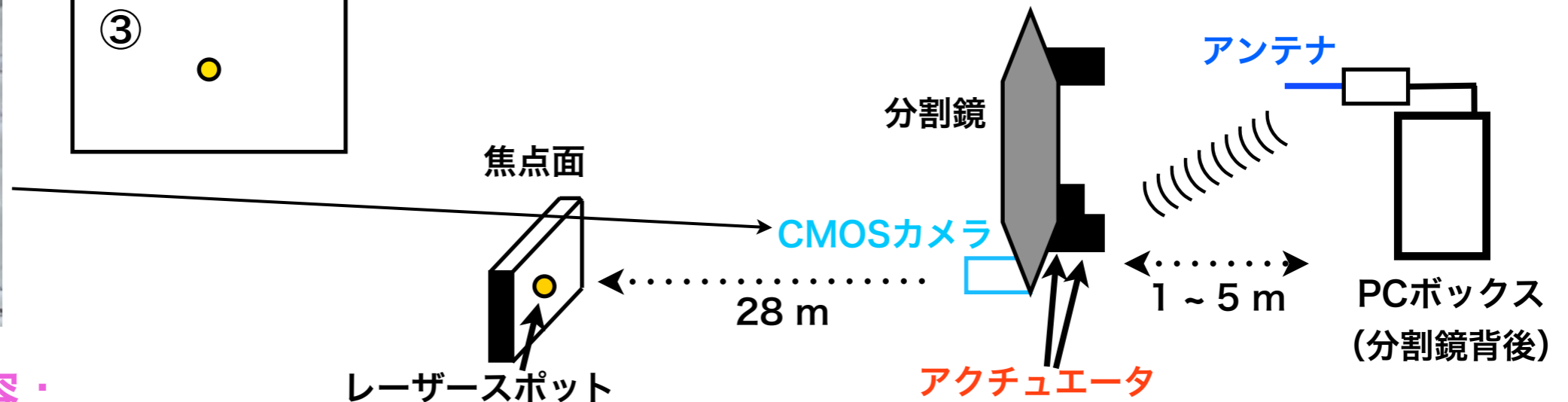
手順

- ① : CMOSカメラで焦点面上の参照光スポットを撮影
- ② : 画像解析により正常時からのスポットの変位を計算
- ③ : アクチュエータの変位に換算し、長さを調整してスポット位置を戻す

CMOSカメラ



AMC制御システム概略図



本講演の内容 :

1. AMC機構における無線通信の問題について
2. AMC試験の現状報告



1. AMC機構における無線通信

背景

- アクチュエータ \leftrightarrow PC接続を**無線で行う**事で、**コストダウン**と**メンテナンスの軽減**を図る
- 200枚の分割鏡を**13枚程度のグループに分割**し、それぞれのグループを1つのPCが制御

➡ **複数アクチュエータを無線接続で並列に制御**

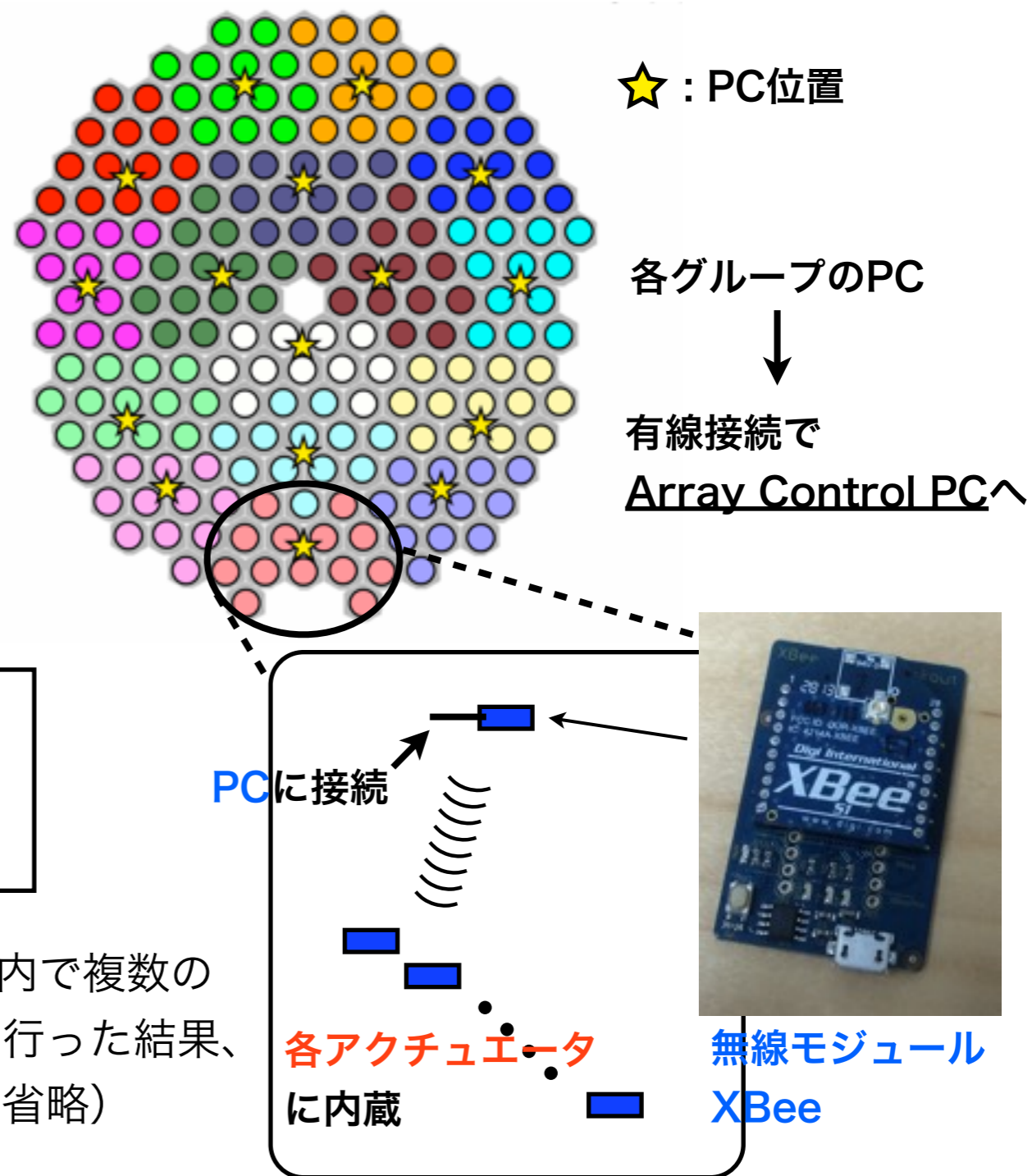
問題点

1. 他グループからの信号と混信する可能性がある
2. 距離や遮蔽の程度により接続切れが起こりうる

1. について： **無線モジュールXBee**の設定を調整し、室内で複数のグループで同時に信号を送受信する試験を行った結果、**混信が起きないことを確認した。**（詳細は省略）

2. について： XBeeの最大通信距離は100 mだが、**LSTの骨格による遮蔽のため実際の距離はずっと短い。** LSTに近い環境下で、感度(-92 dBm)以上の強度で通信可能か検証した。（次ページ以降）

分割鏡グループとPC配置図



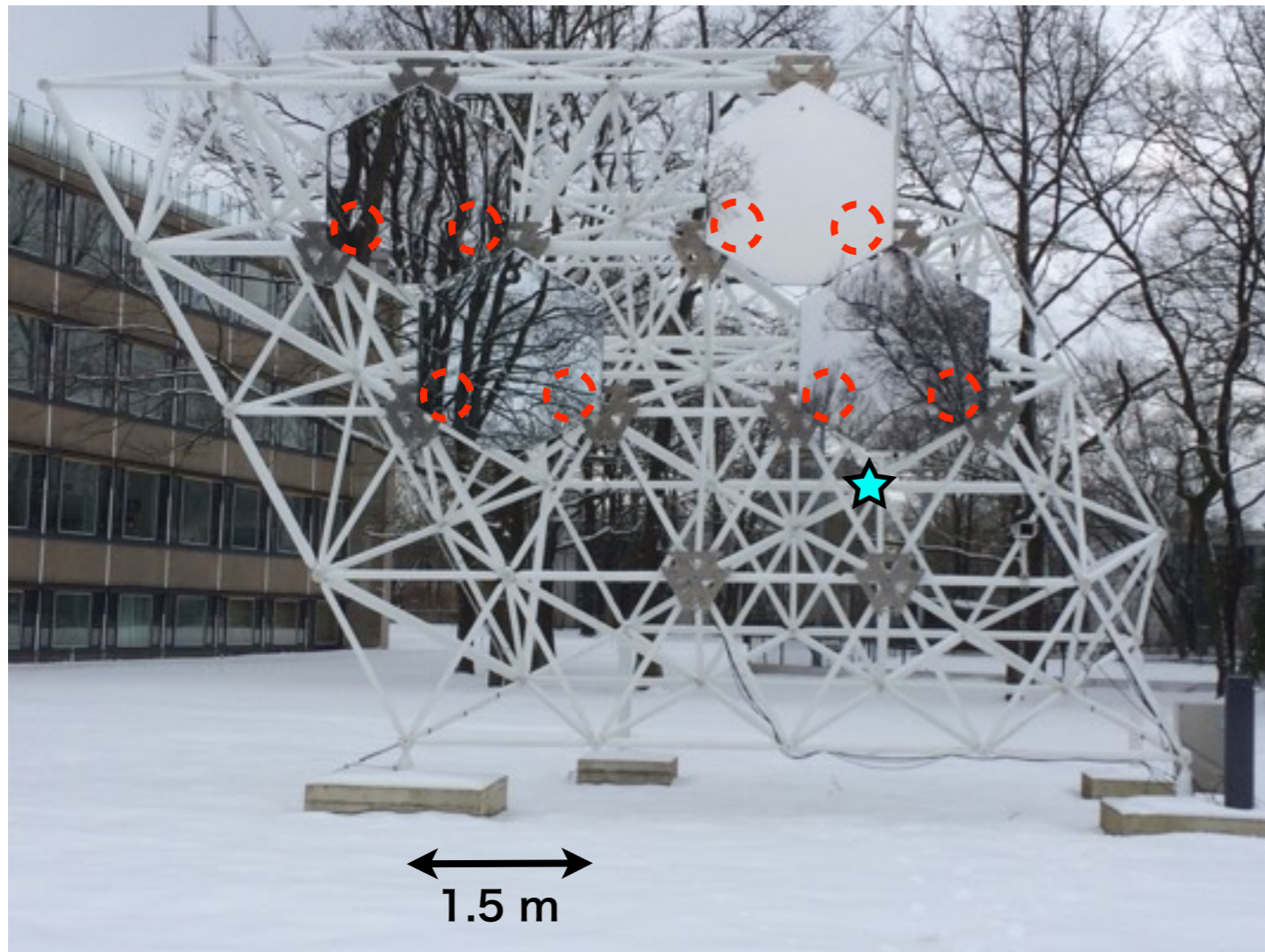
1. AMC機構における無線通信

試験構造体：LSTの1/8を模した構造体（@Max Planck Institute for Physics、ミュンヘン）
4枚の分割鏡、8個のアクチュエータ

試験内容

試験構造体において今年1月以降15分に1回アクチュエータ-PC間の無線通信を行い、**接続切れの確認**と**信号強度の変化のモニター**を行った

試験構造体（正面から）



★ : PC側XBee & アンテナ位置

試験構造体（正面右横から）

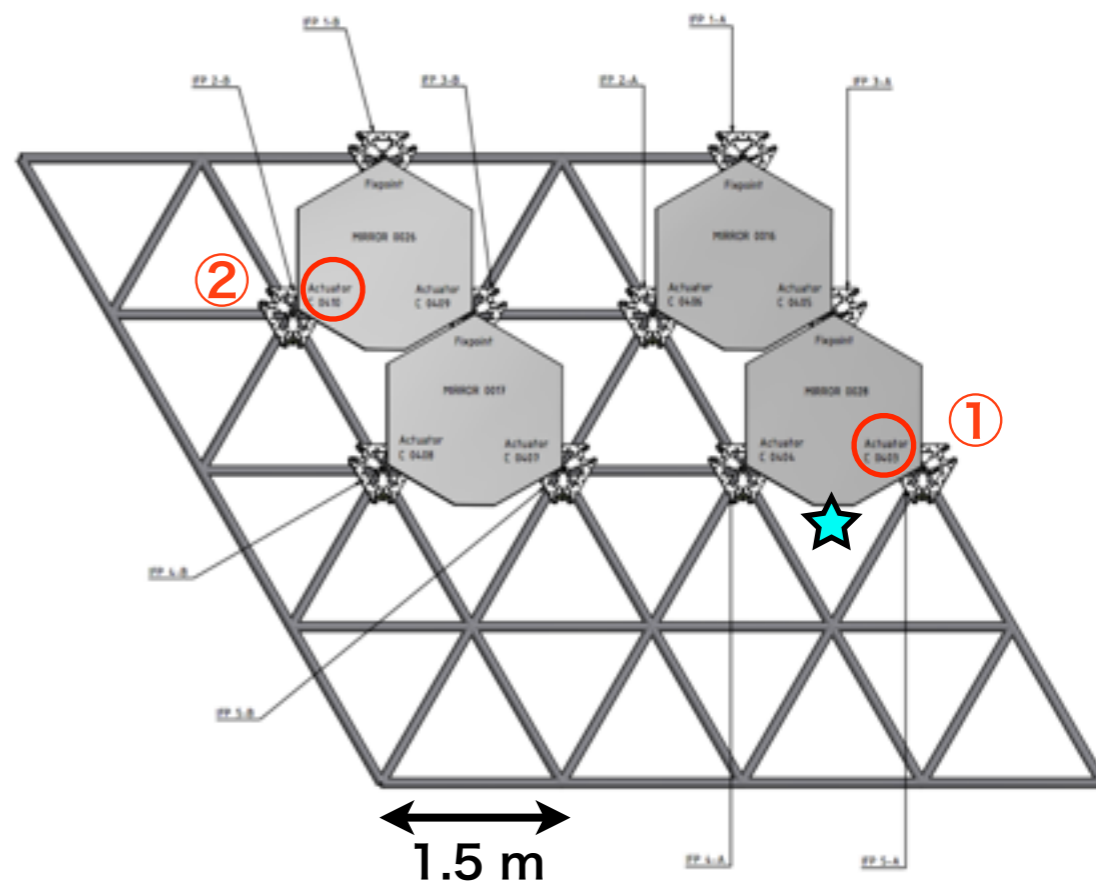
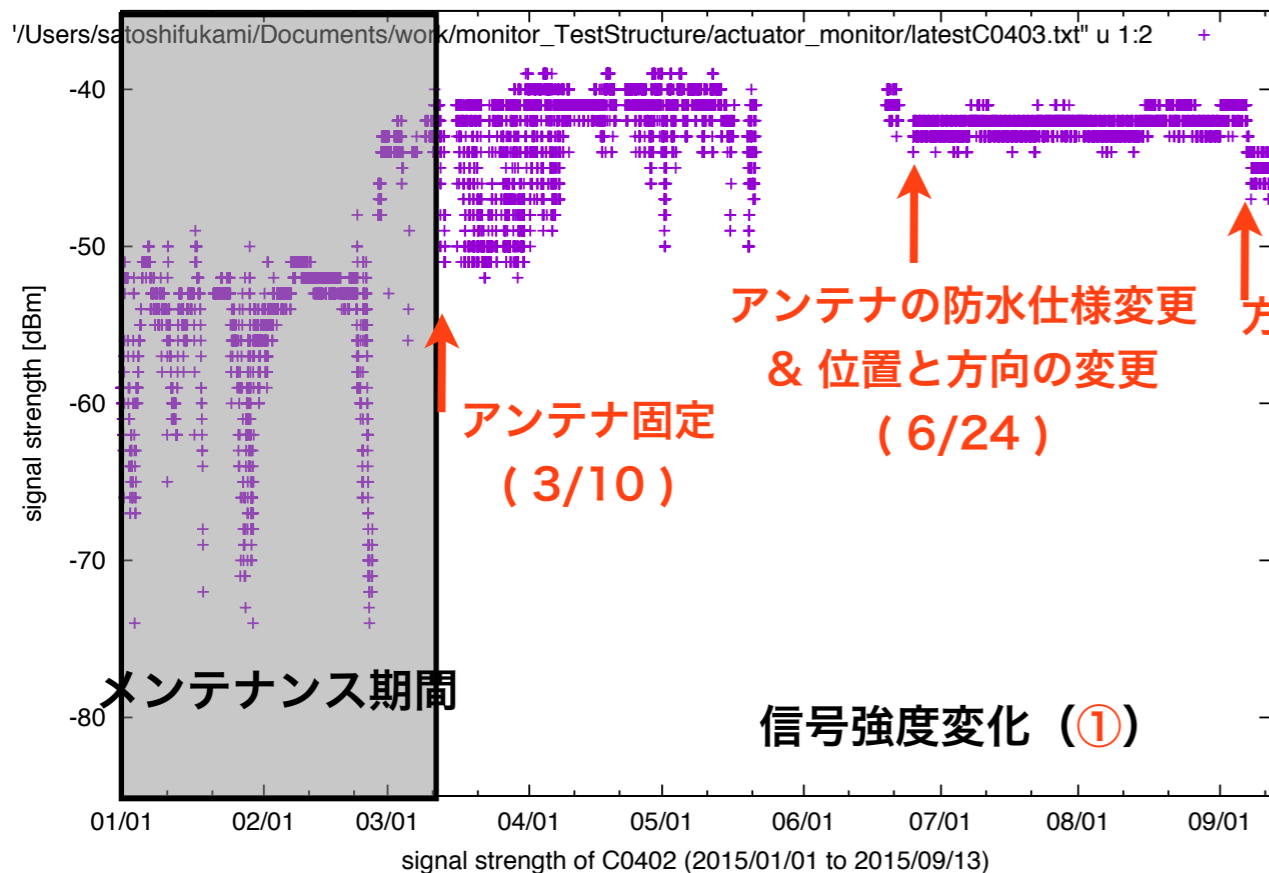


1. AMC機構における無線通信

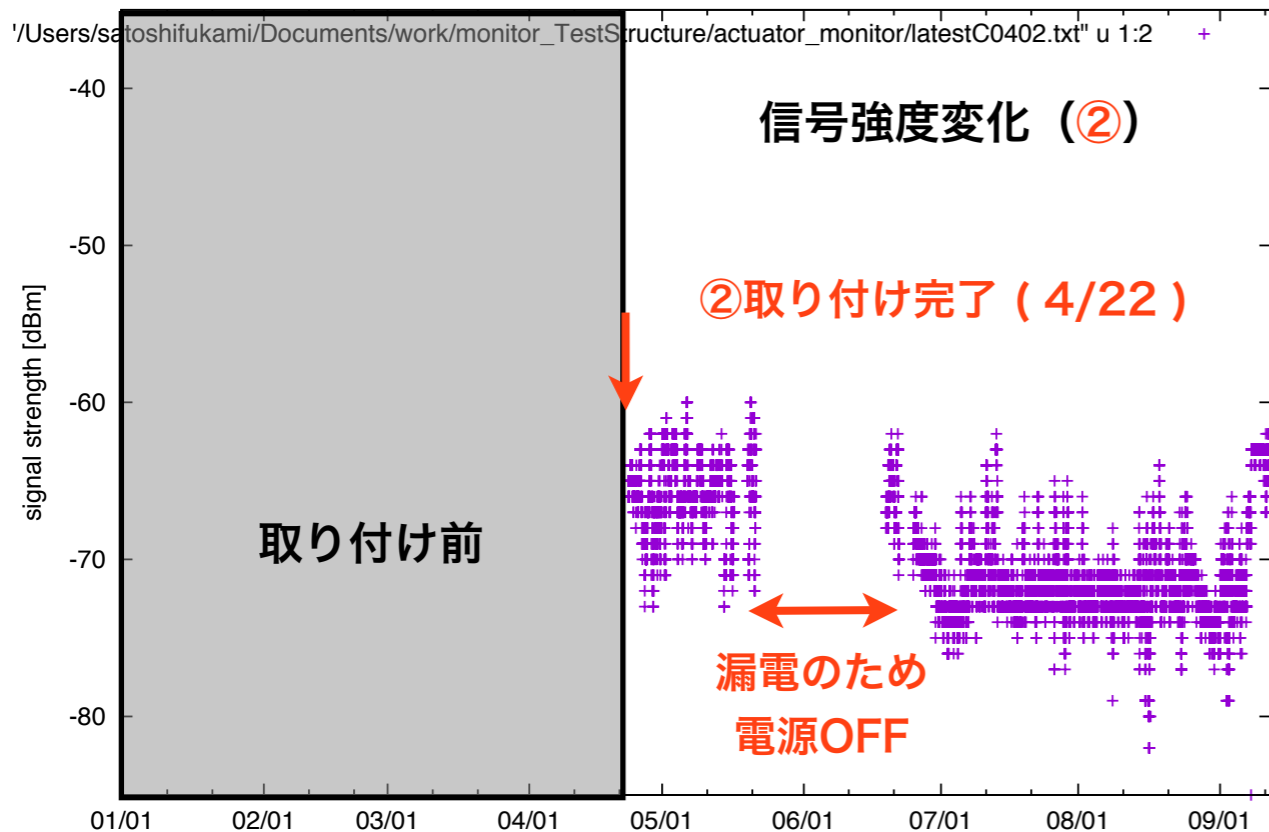
結果

アンテナに最も近い①と最も遠い②のデータ

signal strength of C0403 (2015/01/01 to 2015/09/13)



6/24: アンテナの防水仕様を変更 (ビニール袋 -> 固定ジグ + テープ)



1. AMC機構における無線通信

①について

- 6/24以降非常に安定



ビニール袋に溜まった水滴が
強度を下げた可能性

②について

- 6/24 ~ 9/6間に接続切れが発生
(17 / 7110回 ~ 0.24%)
- 9/7,8 (アンテナ方向変換) 後は
安定した強度
(0 / 1571回 ~ 0%)

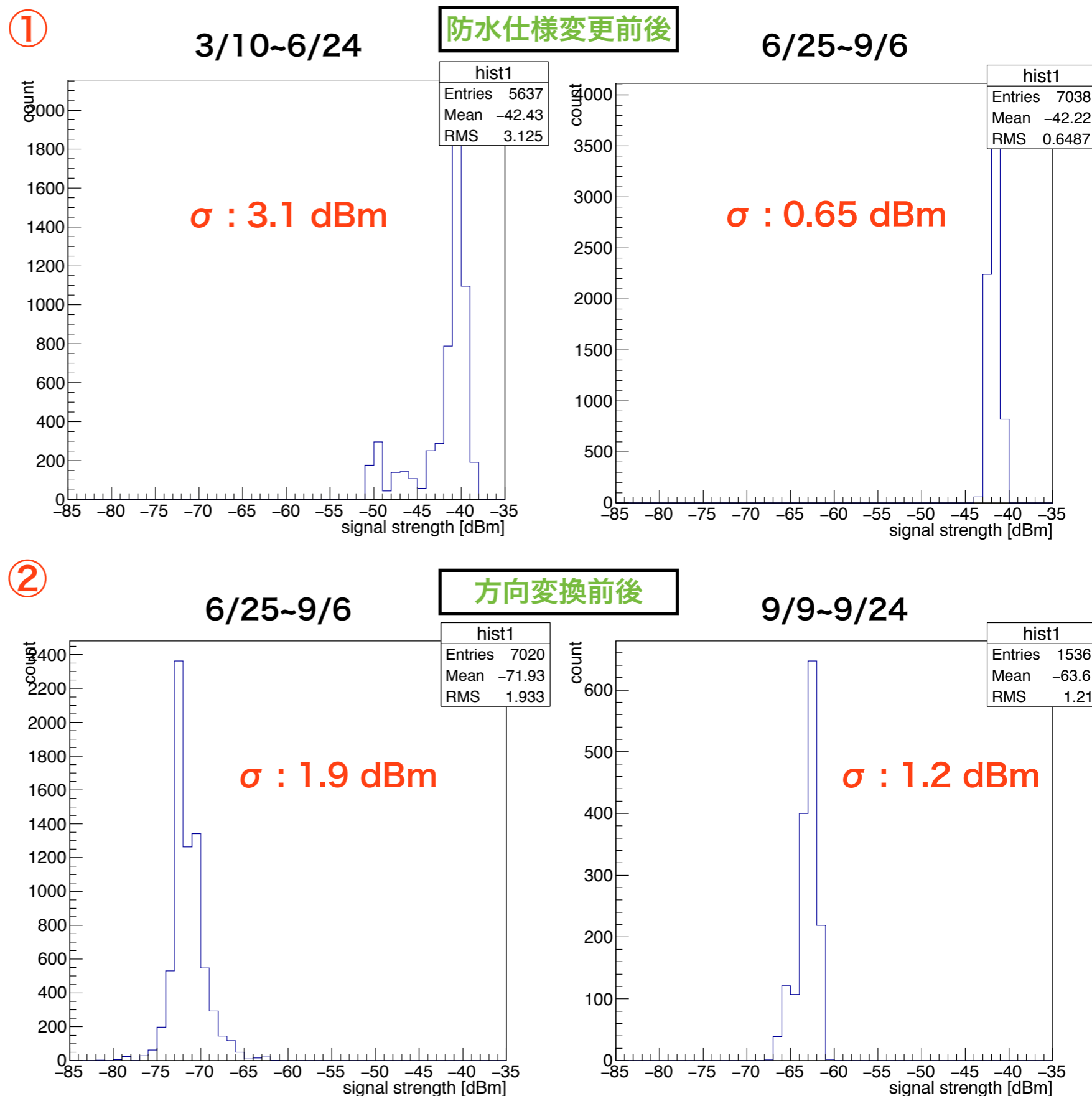


方向を適切に選択すれば
接続切れを防ぐことが可能

その他について

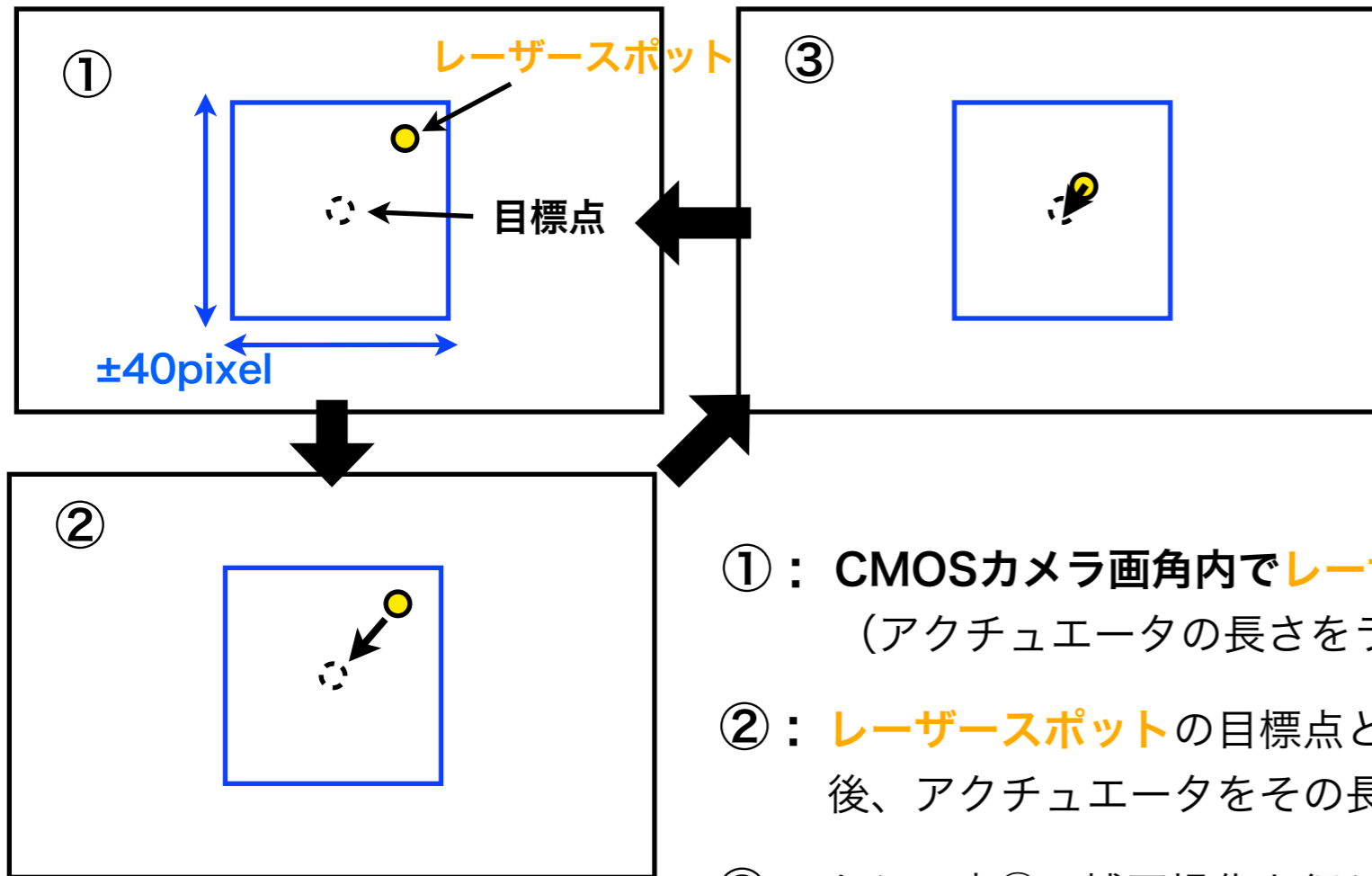
- 接続切れなし

信号強度ヒストグラム



2. AMC試験の現状報告

CMOSカメラの画角



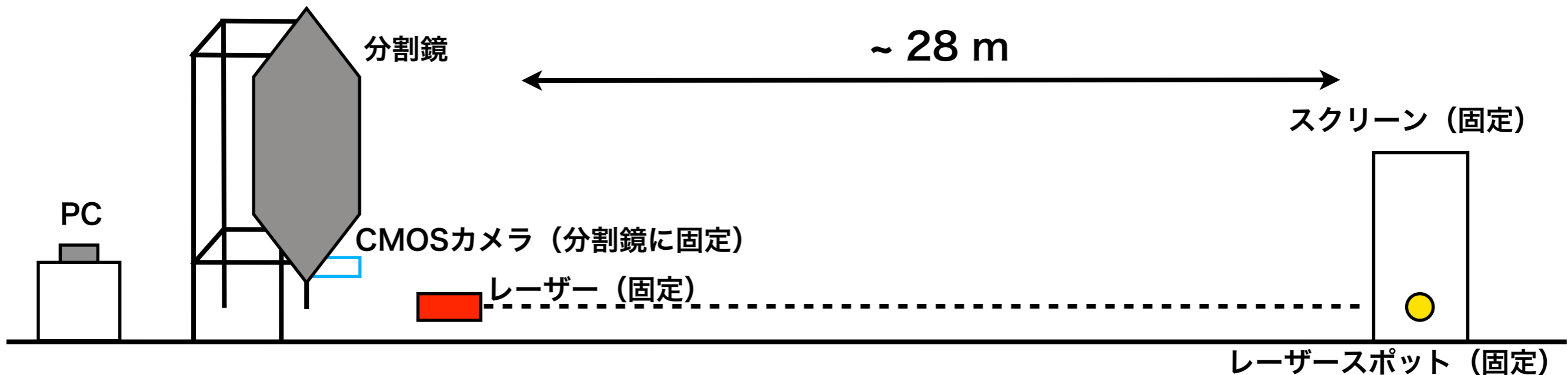
目的

現状の無線環境、AMCソフトウェアを用いて要求精度を満たす制御が可能か確認

試験方法

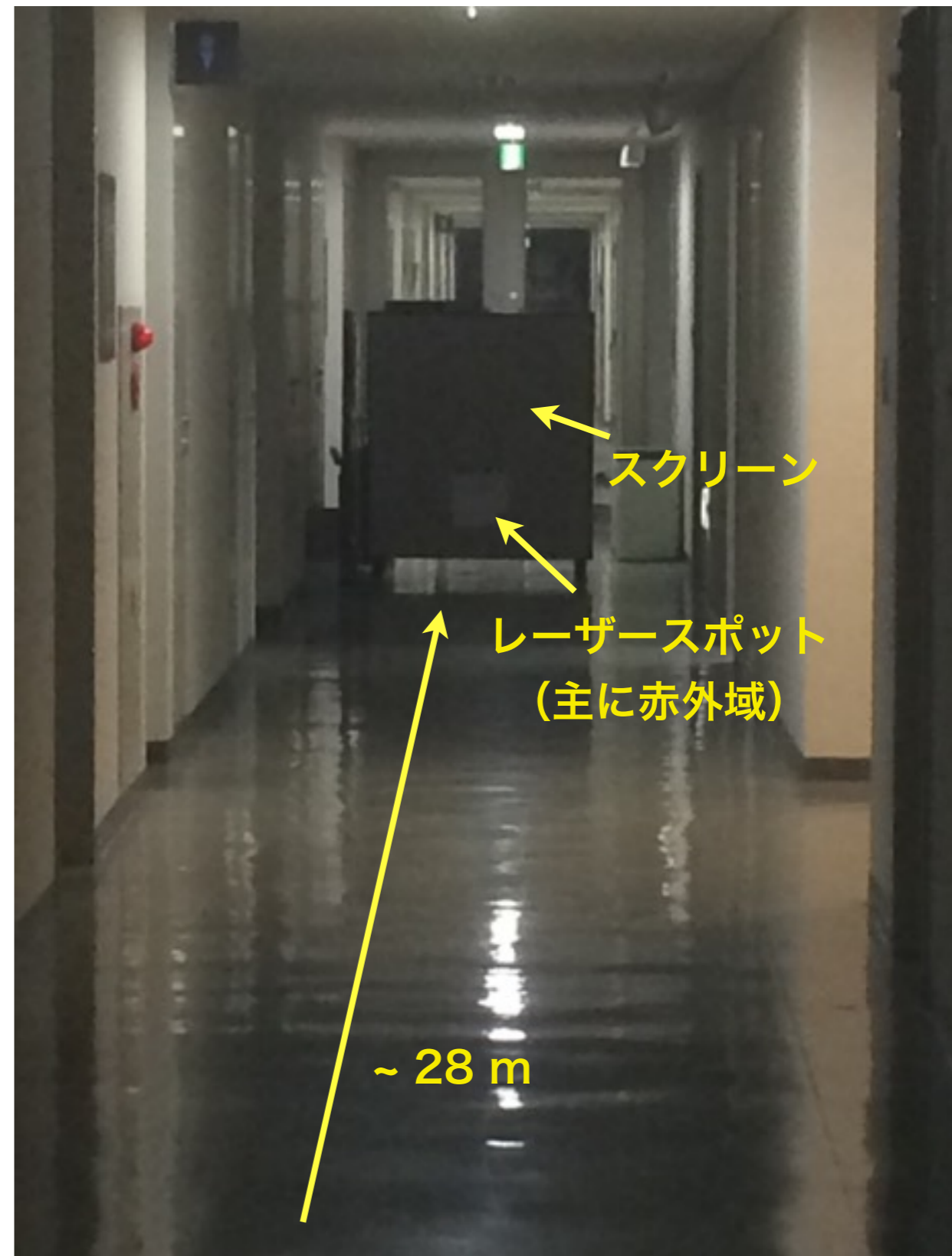
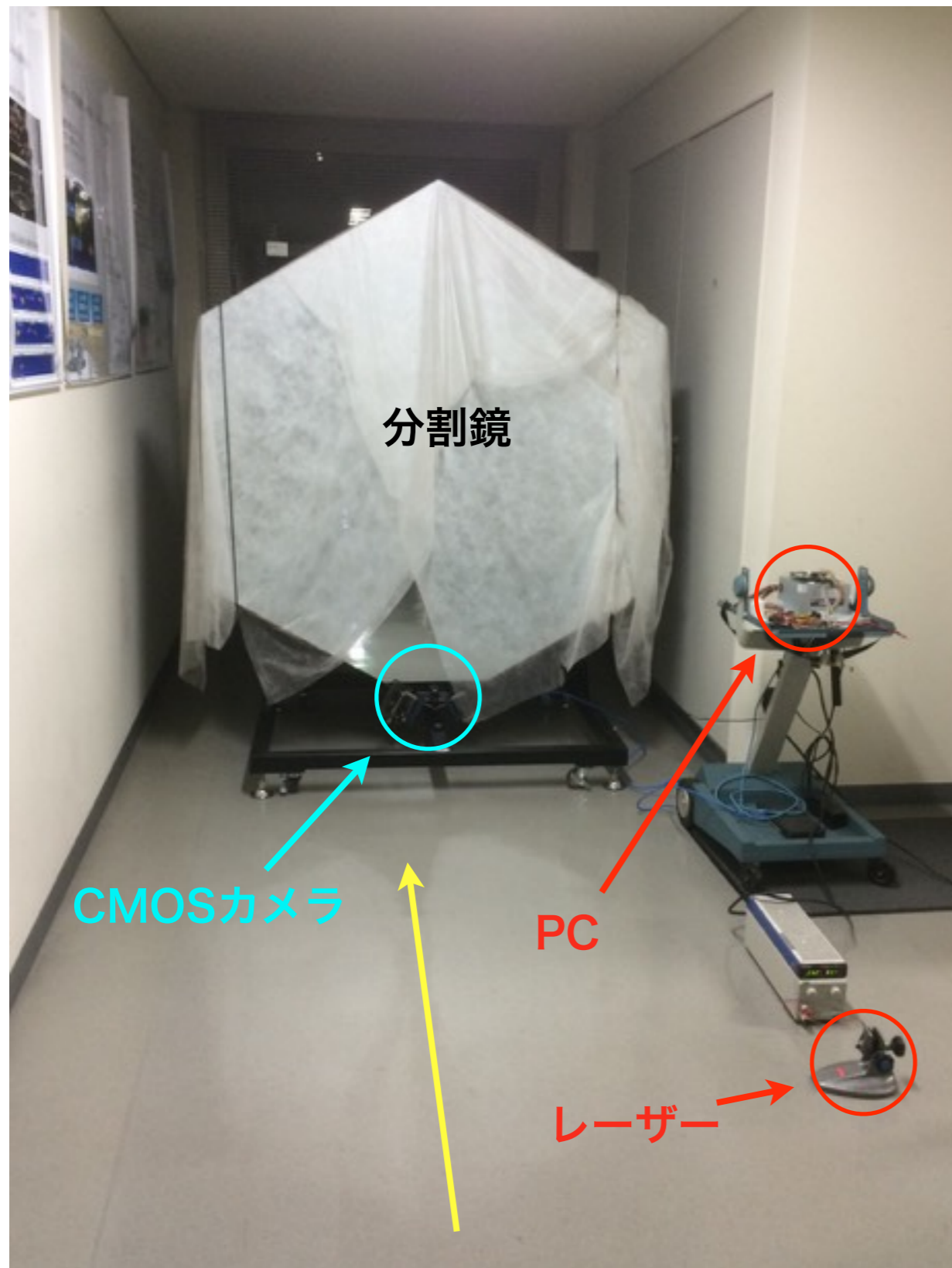
①~③を200ループ

- ① : CMOSカメラ画角内でレーザースポットを目標点の周りにランダムに動かす
(アクチュエータの長さをランダムに変化させる)
- ② : レーザースポットの目標点との変位を計算し、アクチュエータの変位に換算後、アクチュエータをその長さ分動かす
- ③ : もう一度②の補正操作を行う



試験セットアップ

宇宙線研究所の廊下にて測定系を組み立て、測定を行った

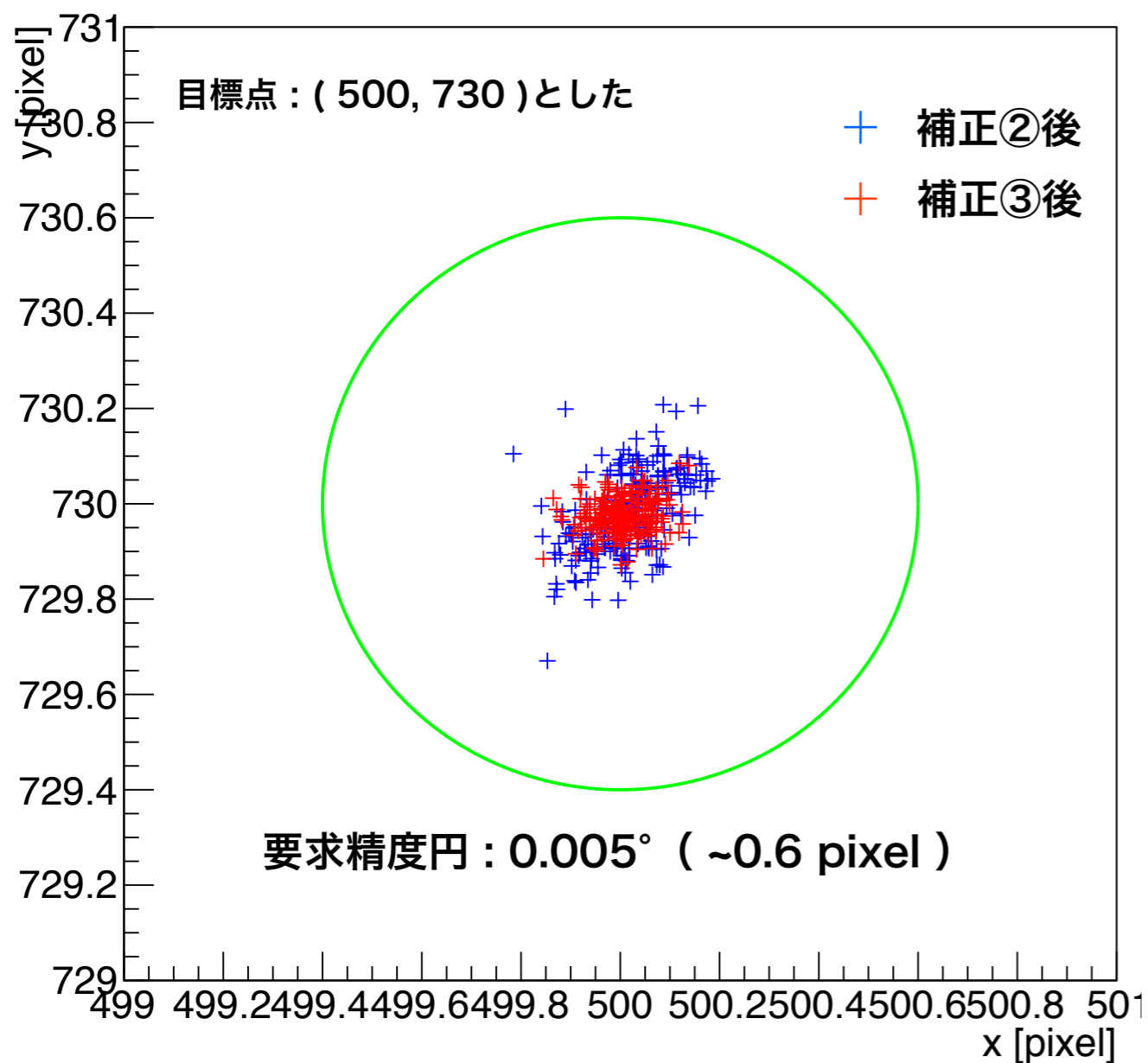


結果

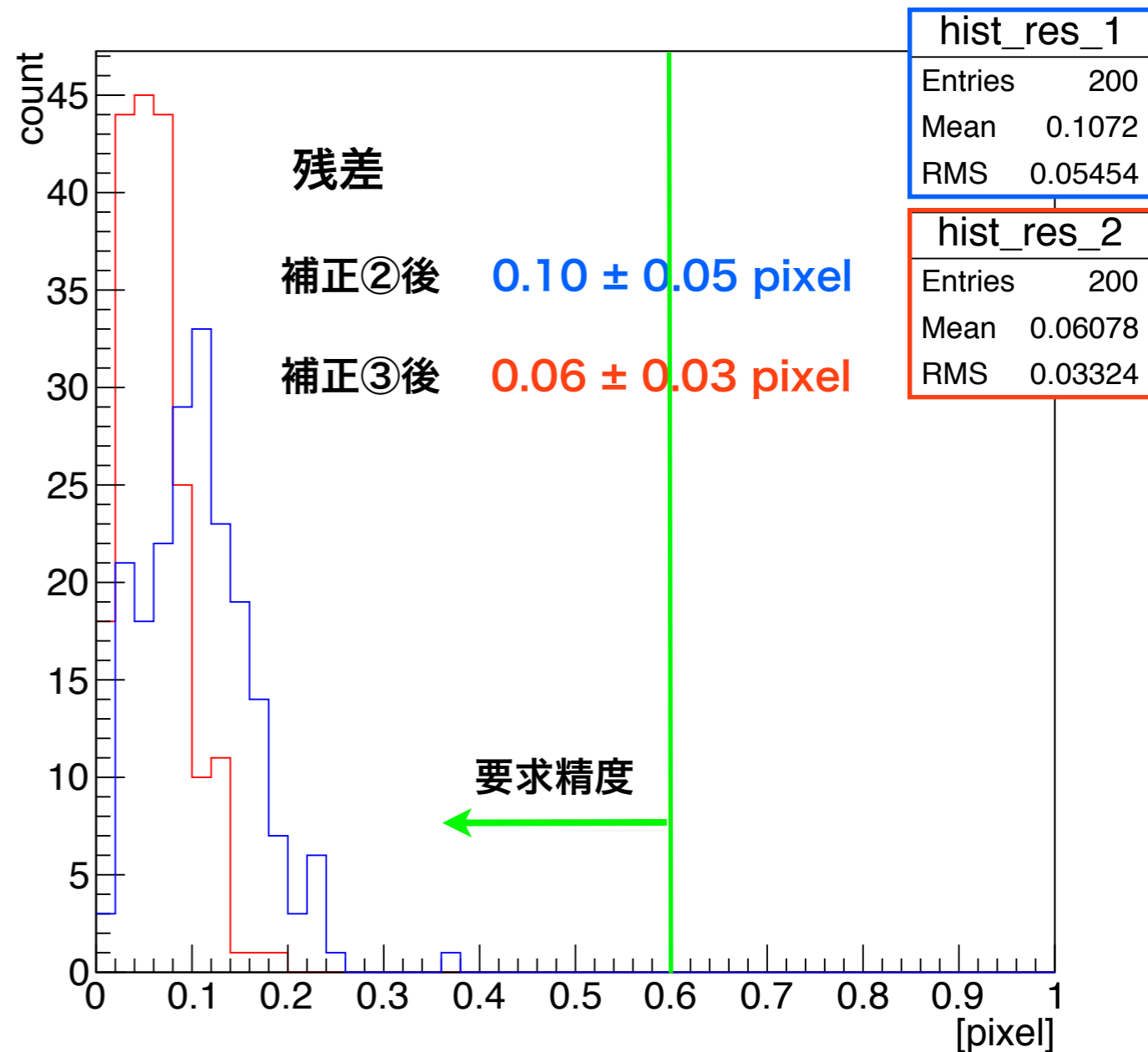
②、③後の目標点との残差は要求精度 0.005° (~ 0.6 pixel) を十分満たす

→ 分割鏡を高精度で制御できることを確認

scatter plots after 1st and 2nd adjustment



residual



まとめと今後

- 無線接続を実現すればケーブルのメンテナンスが不要となり、コストの軽減にもつながるが、**信号の混信と接続切れの可能性**が考えられる。
- 試験構造体を用いた信号強度モニター試験を行い、実際に近い条件で接続切れの有無を確認した。6/24以降アンテナから最も遠いアクチュエータのみ接続切れが発生したが、9/7と9/8にアンテナの方向を適切な方向に変更し、**現在安定した強度で通信している**。
- バックグラウンドの低い室内において、現状のAMCソフトウェアを用いて**要求精度を満たす制御が可能**であることを確認した。
- 実際に近い条件で（試験構造体を用いて）今回行ったAMC試験の精度を得る事ができるか確認する。