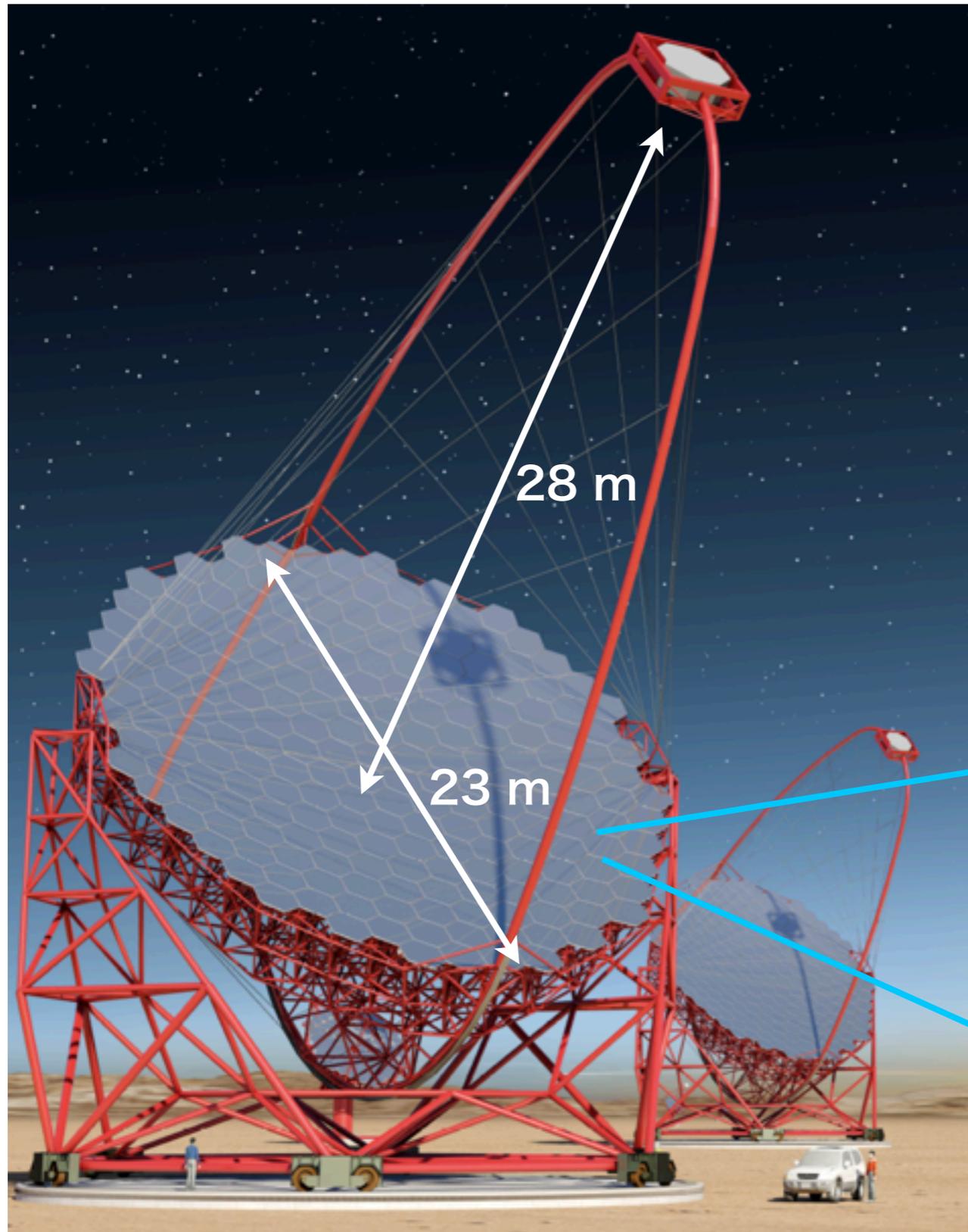


CTA報告93：大口径望遠鏡用AMCシステムの開発及び 試験構造体を用いた光学系試験

深見哲志^A, 小島拓実^A, 野田浩司^B, 手嶋政廣^{A,B}, 荻野桃子^A, 奥村暁^{C,D}, 小野祥弥^E,
加賀谷美佳^E, 片桐秀明^E, 齋藤浩二^A, 齋藤隆之^F, 千川道幸^G, 長紀仁^E, 中嶋大輔^A,
花畑義隆^A, 林田将明^A, 柳田昭平^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, レスター大^D,
茨城大理^E, 京大理^F, 近畿大理工^G, 甲南大理工^H

LST (大口径望遠鏡)



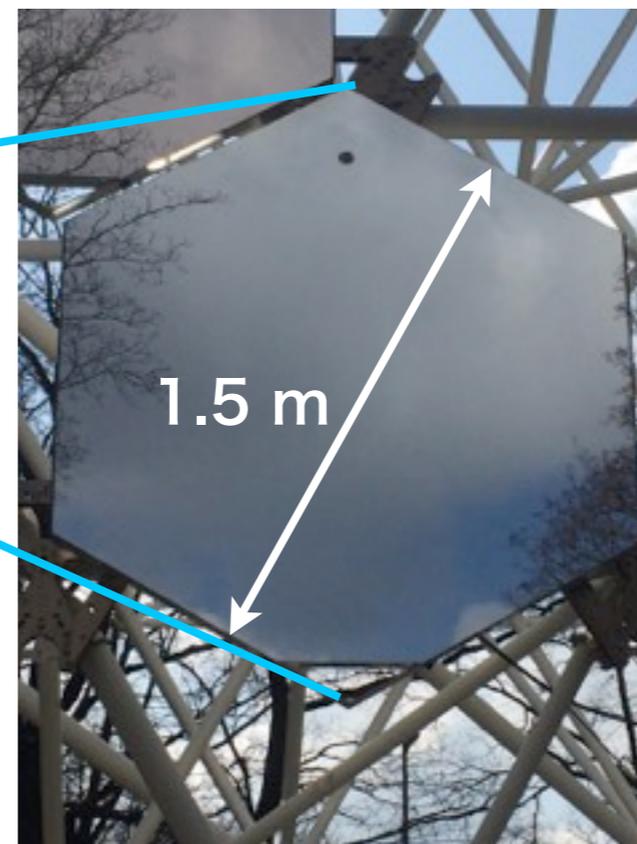
低エネルギー帯 (20GeV~) の観測に重要

光学系に関する特性

- 放物面鏡
- 口径 : 23 m
- 焦点距離 : 28 m
- ミラー支持構造 : CFRP

分割鏡

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

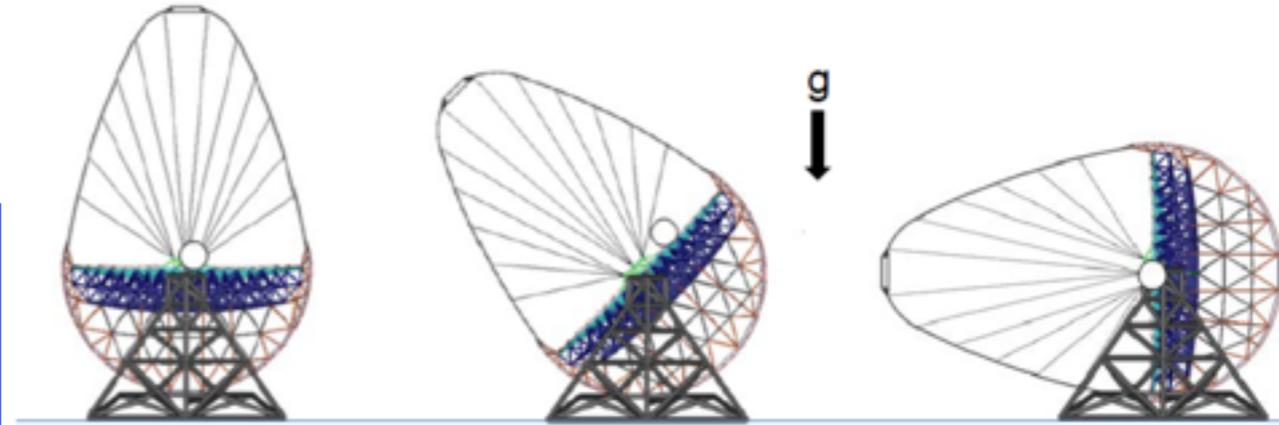


AMC機能の役割

AMC : Active Mirror Control

背景

- 軽量のCFRP導入により、主鏡の高速回転を実現
- 代償として、自重等による分割鏡の方向のずれ
- 焦点面でチェレンコフ光が作る像に影響



→ 能動的に個々の分割鏡の方向を制御

手法

分割鏡に固定されたCMOSカメラの画像 ↔ 分割鏡の方向

焦点面画像



各分割鏡に固定されたCMOSカメラで焦点面上の参照光スポットを撮影

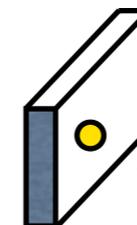


方向が変化した場合、画像解析により、変化の前後でスポットの変位を計算



スポットの変位をアクチュエータの変位に換算し、アクチュエータの伸縮で方向を修正

参照光スポット on 焦点面



分割鏡

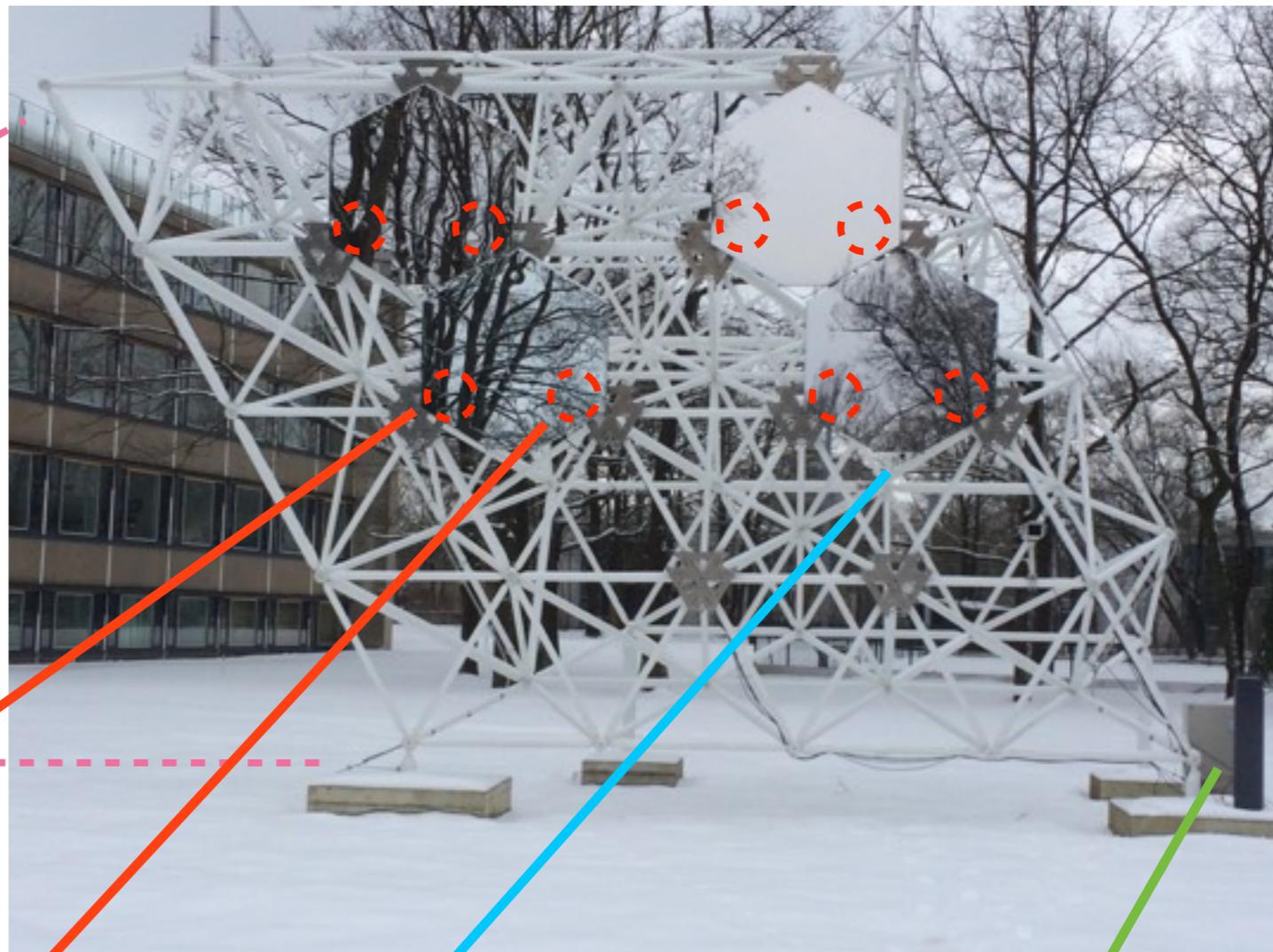
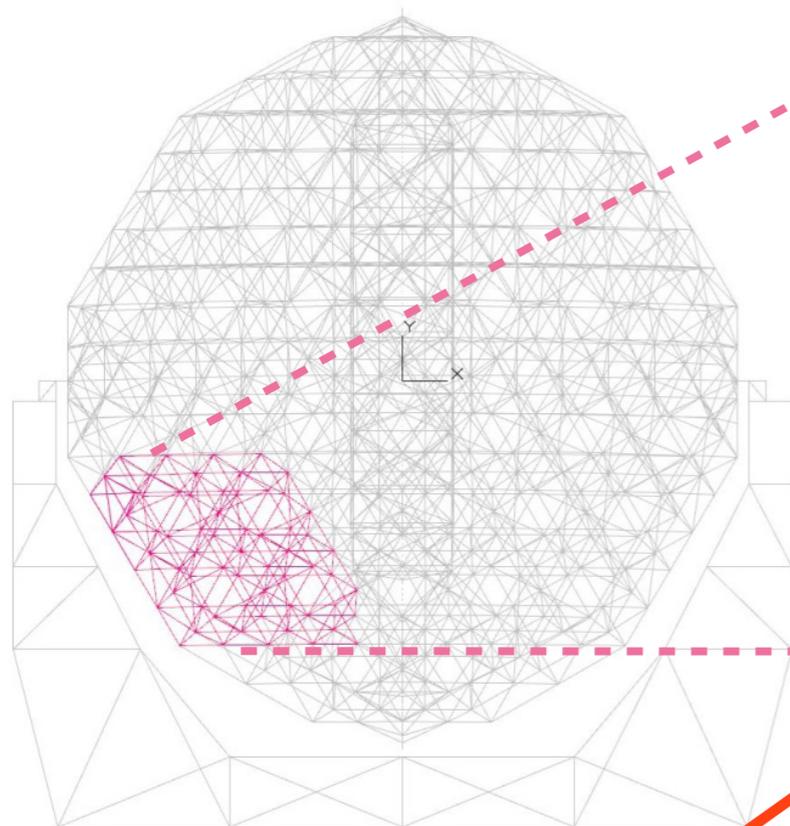
CMOSカメラ

アクチュエータ



試験構造体と光学系装置

試験構造体：LSTの1/8模型
@MPI garden



アクチュエータ (4 μ m精度で伸縮調整可能)



CMOSカメラ



電源ボックス with PC

試験構造体を用いた試験

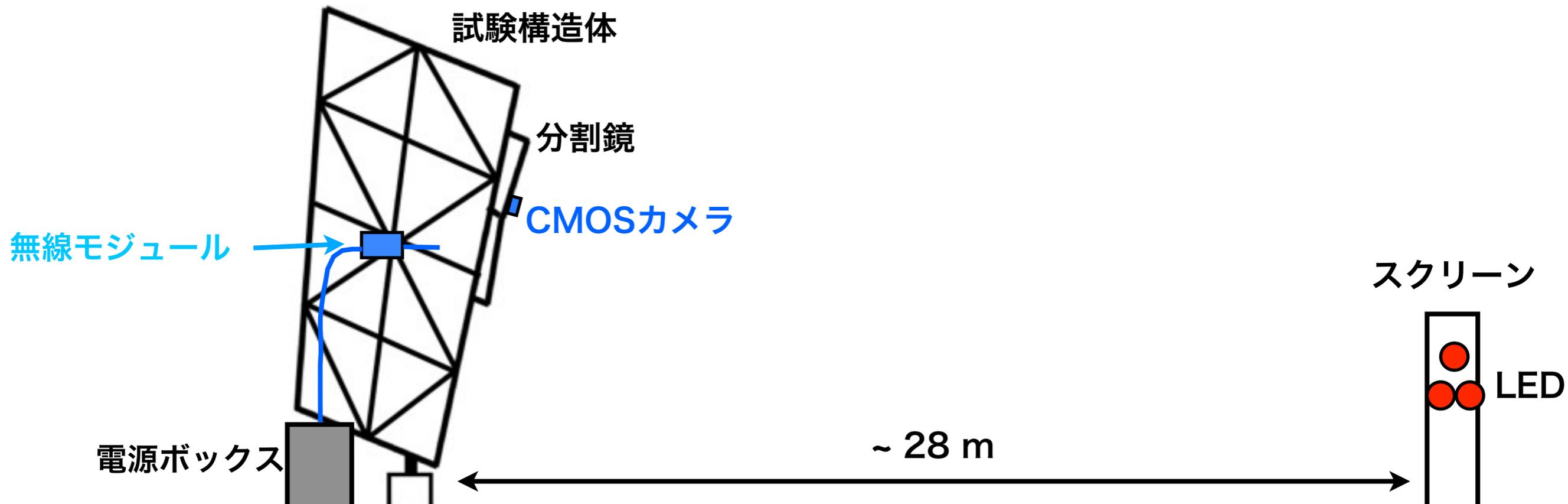
目的：

- PC <--> アクチュエータ間無線接続の安定性を確認
- 宇宙線研で主に開発されたAMCソフトウェアの試験運用

試験内容：

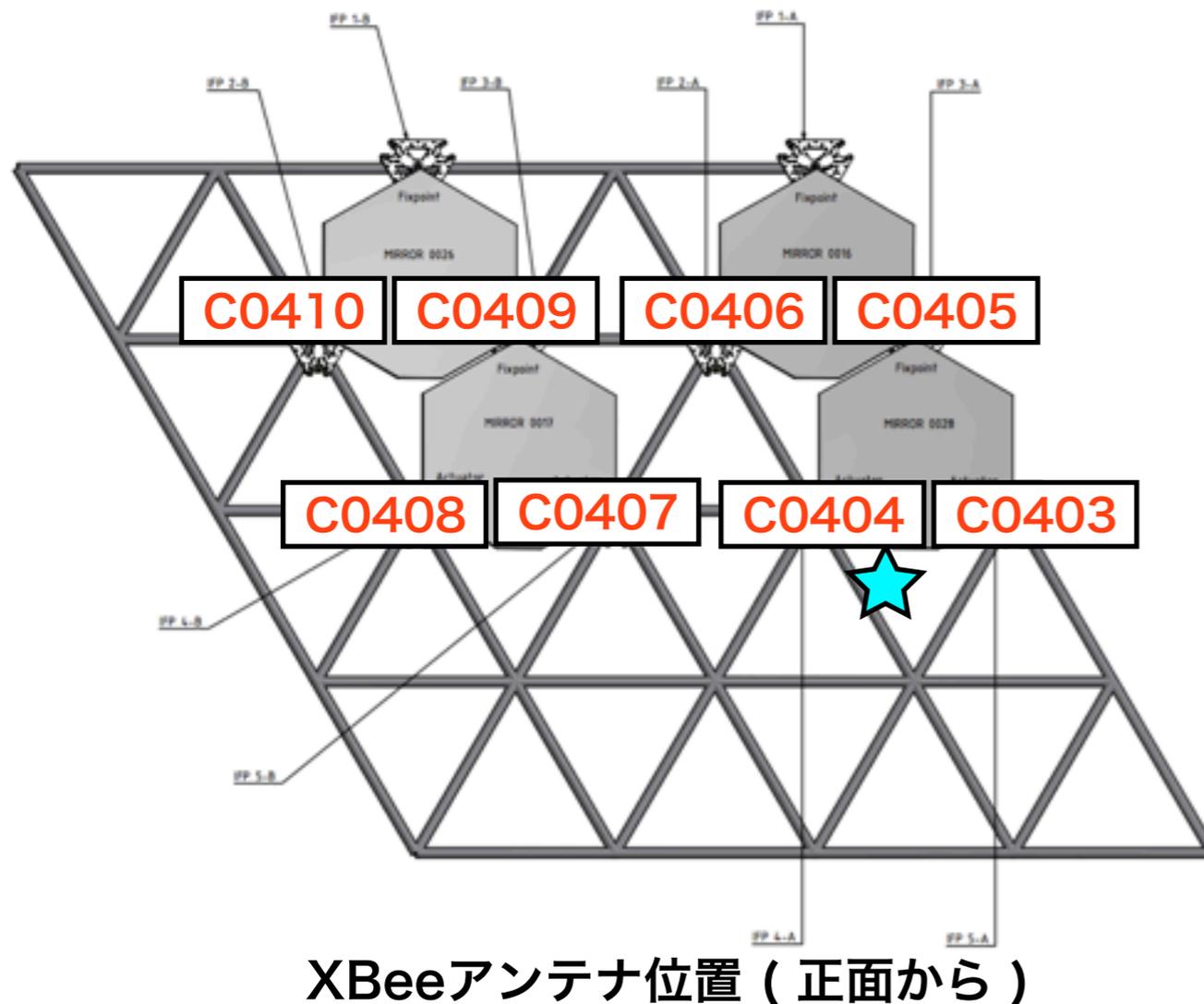
1. 無線接続の安定性モニター、アンテナ指向性確認 → 無線接続試験 (1), (2)
2. AMC模擬試験とその安定稼働の確認 → AMCシステムの試験運用

試験セットアップ：



無線接続試験 (1) : 安定性モニター

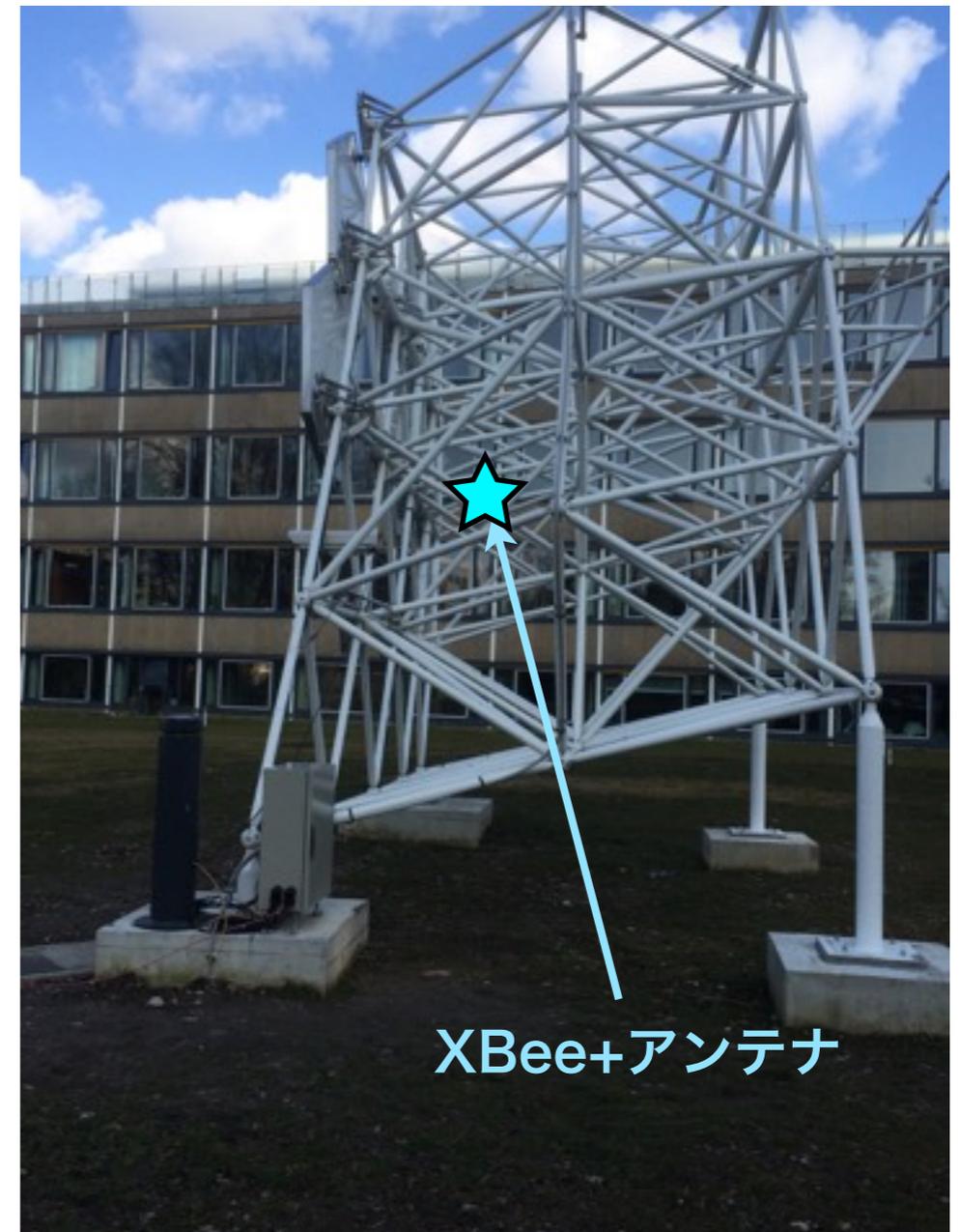
- PCとアクチュエータの通信に、無線モジュール "XBee" をモデムとして使用
- PCとUSBケーブルで接続されたXBee+アンテナを試験構造体内部に固定
1~2月にかけて定期的に各アクチュエータに信号を送り、返信信号の強度をモニタリング
(故障中のC0410以外)



: PC側XBeeアンテナ位置

赤字

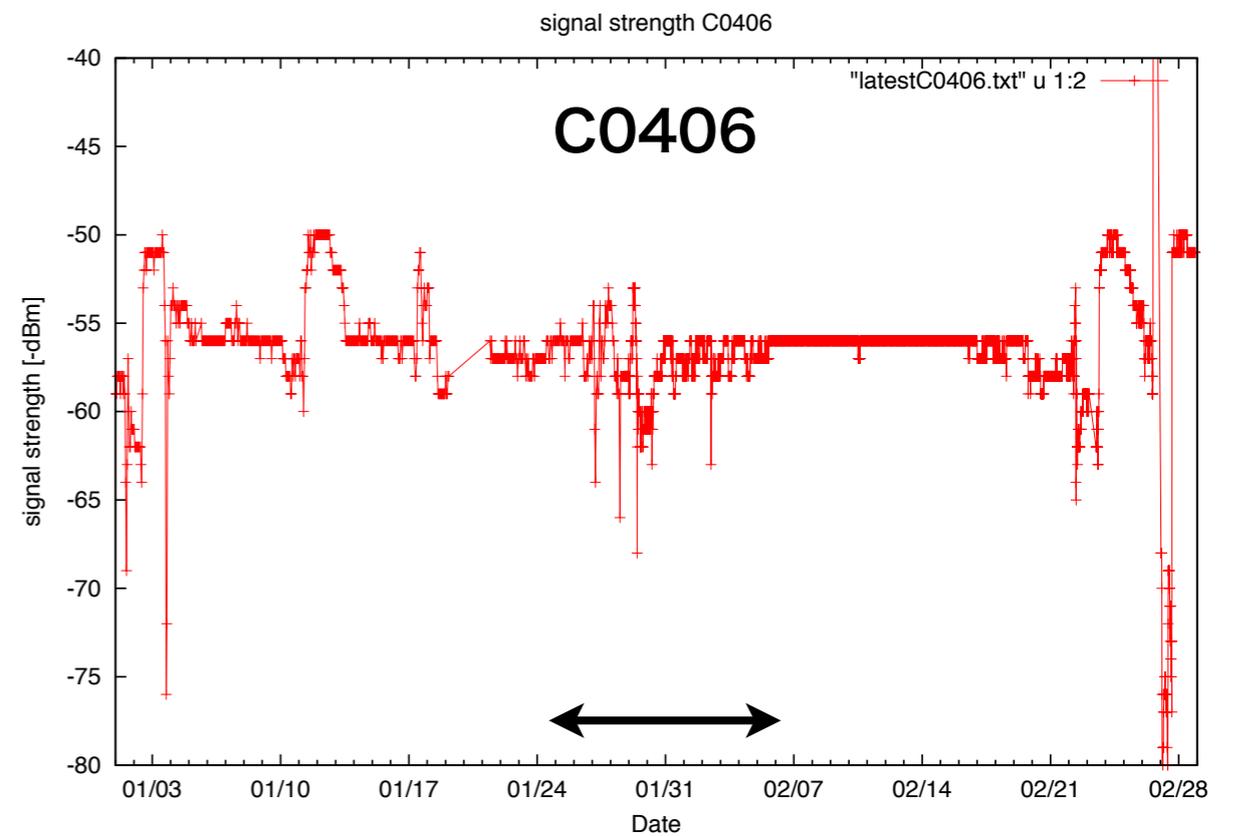
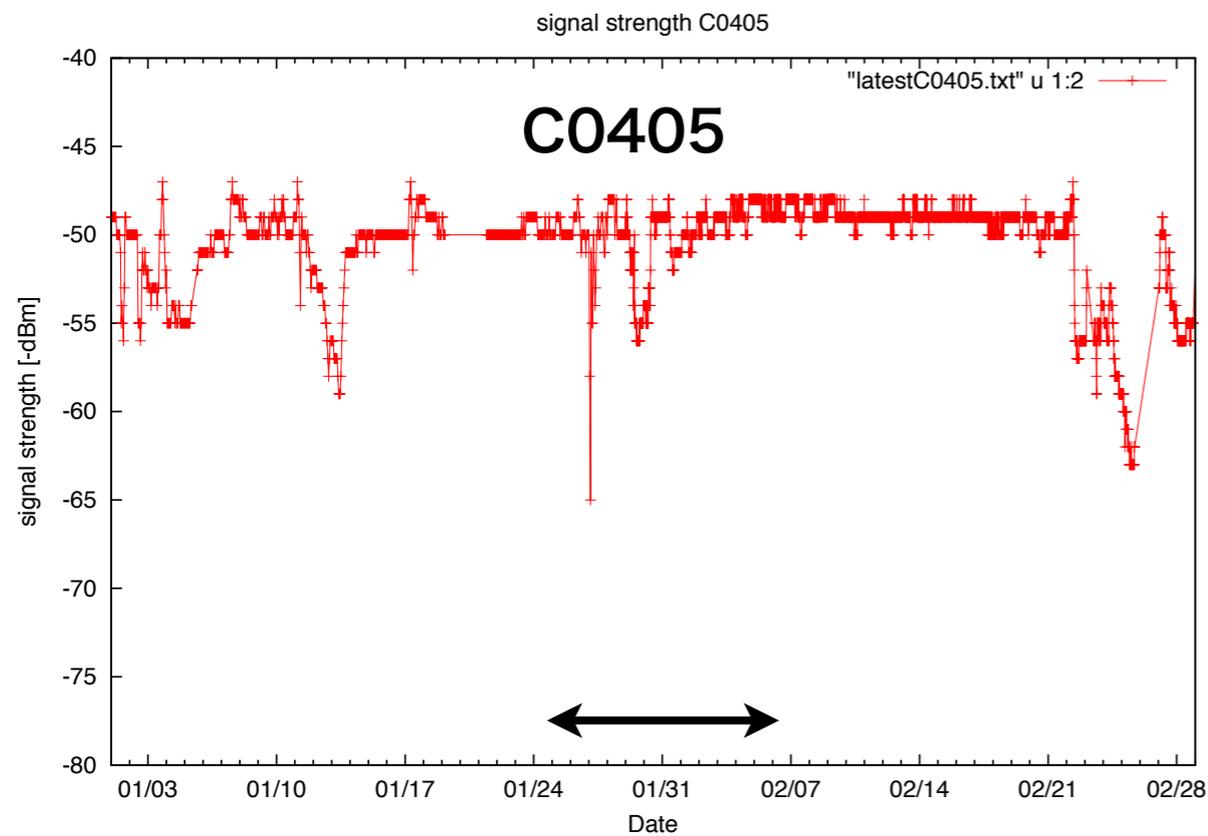
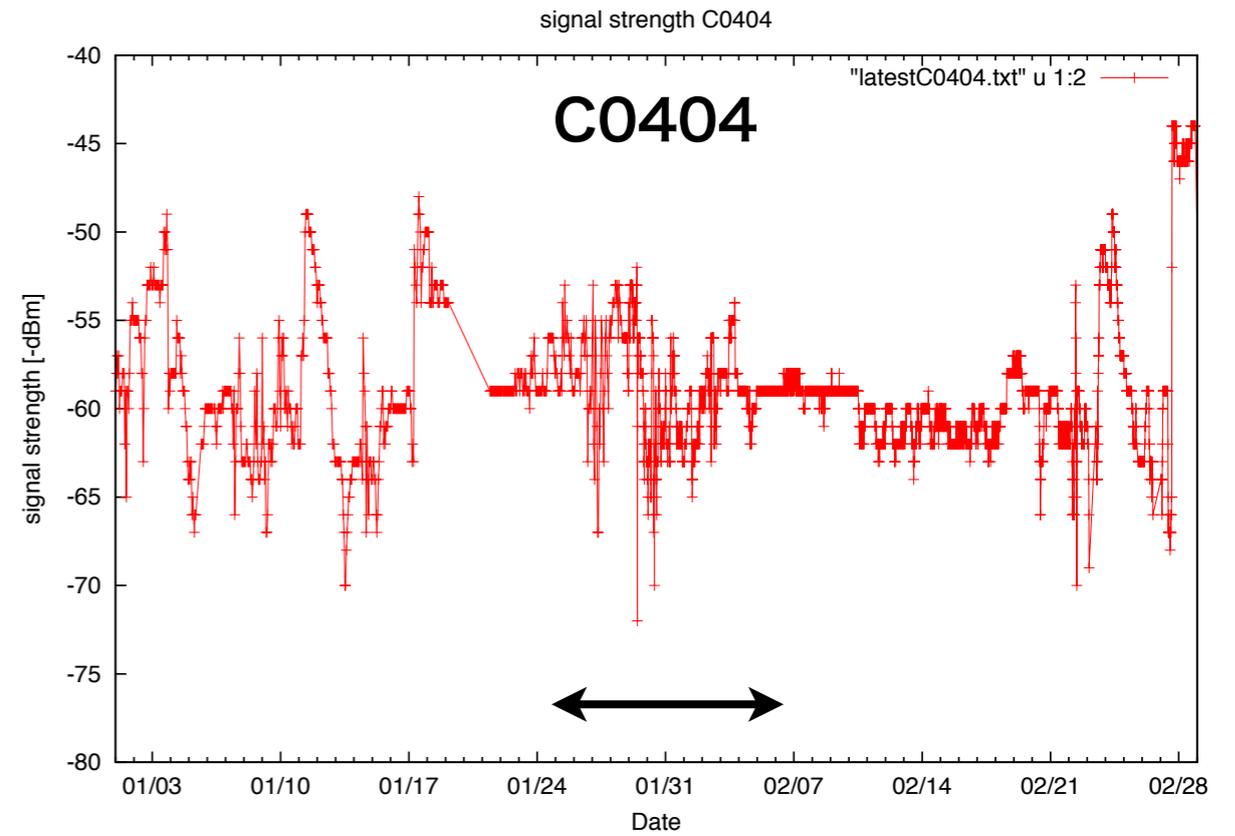
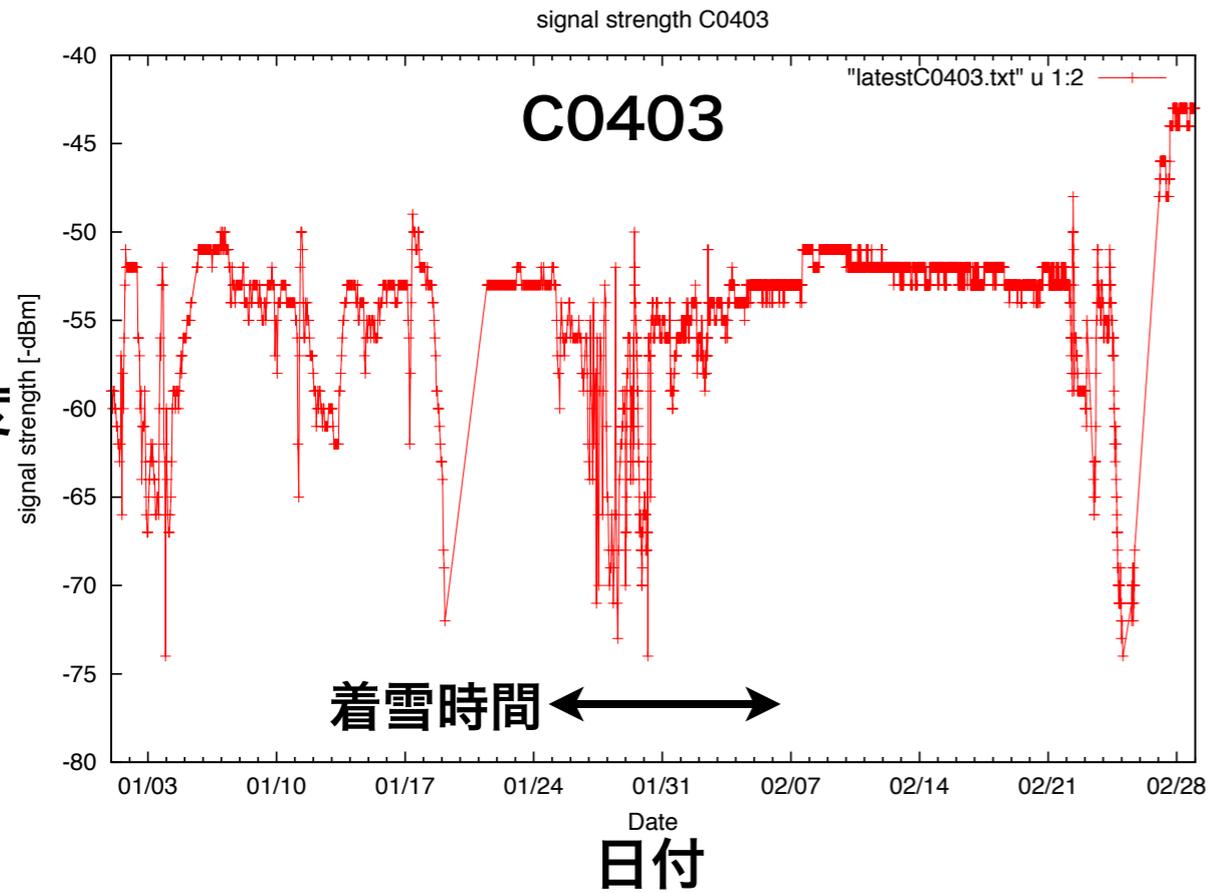
: アクチュエータのシリアル番号



XBeeアンテナ位置 (正面右から)

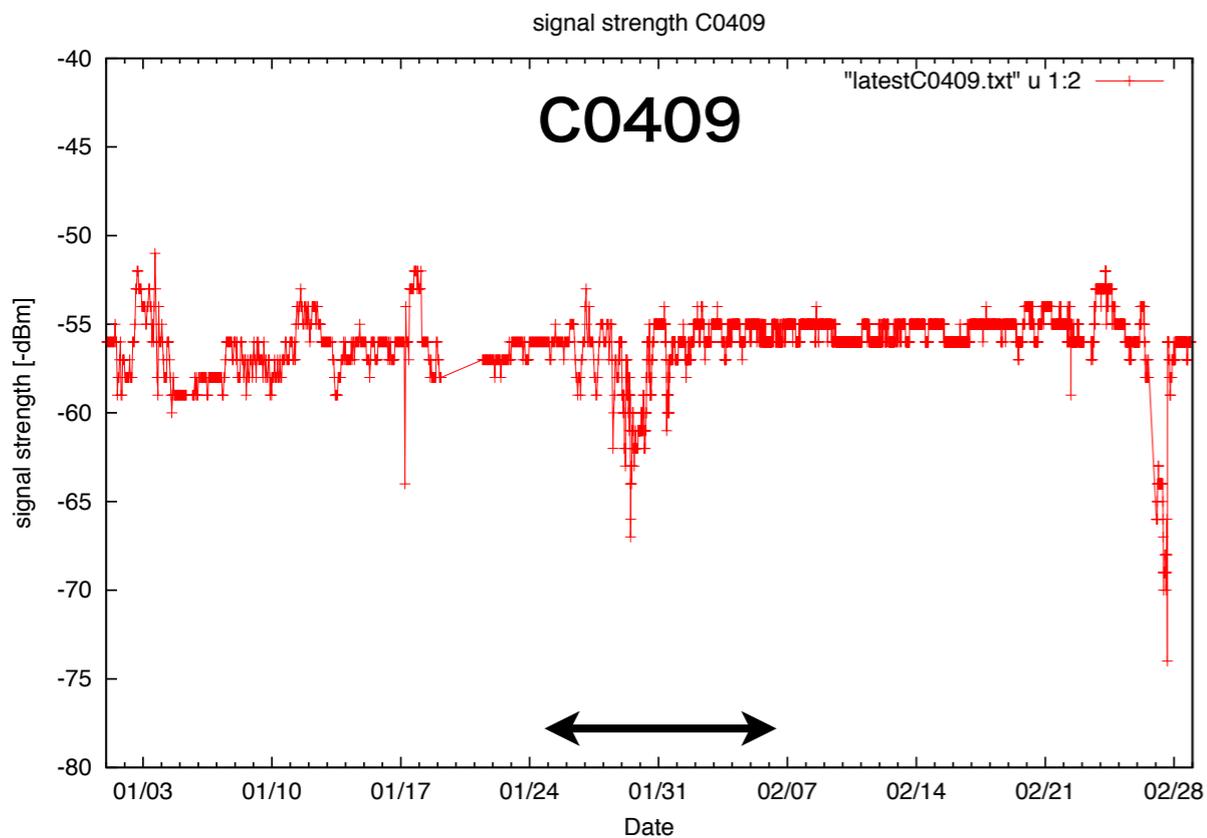
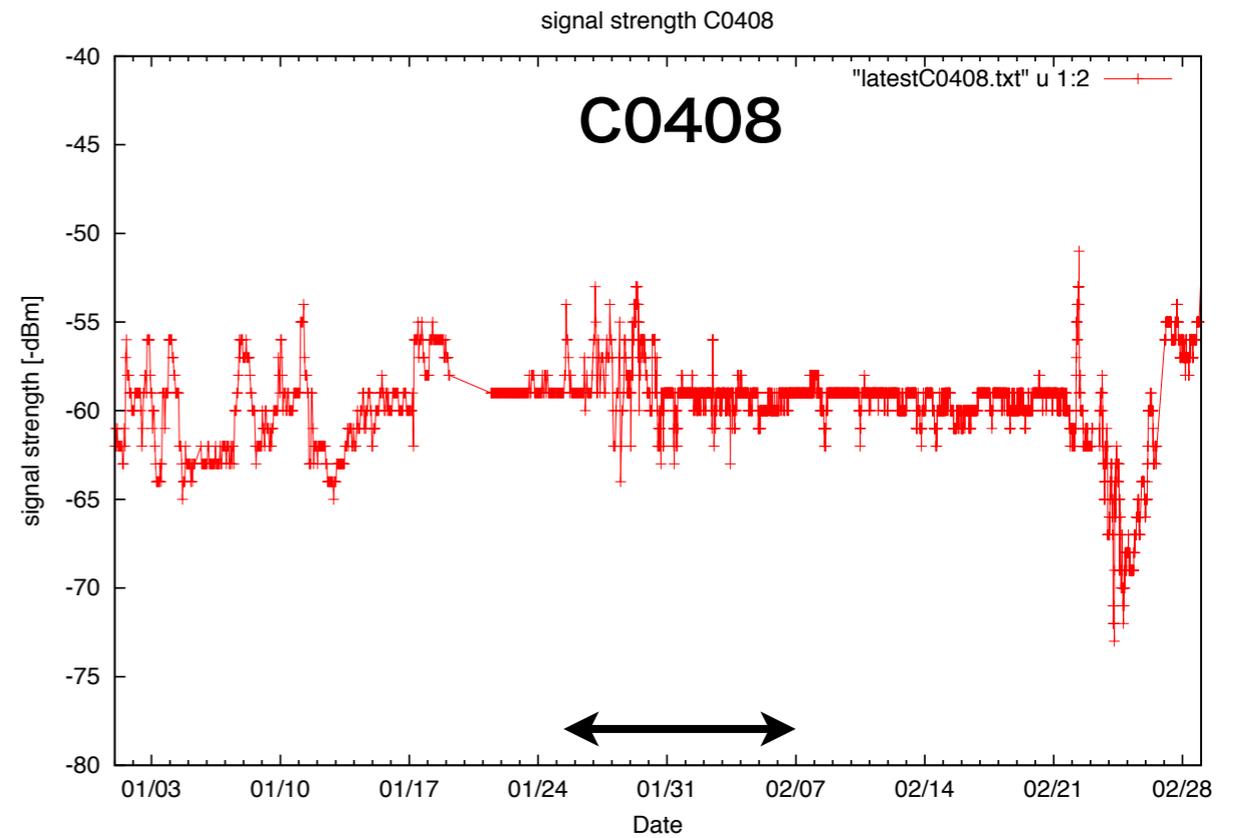
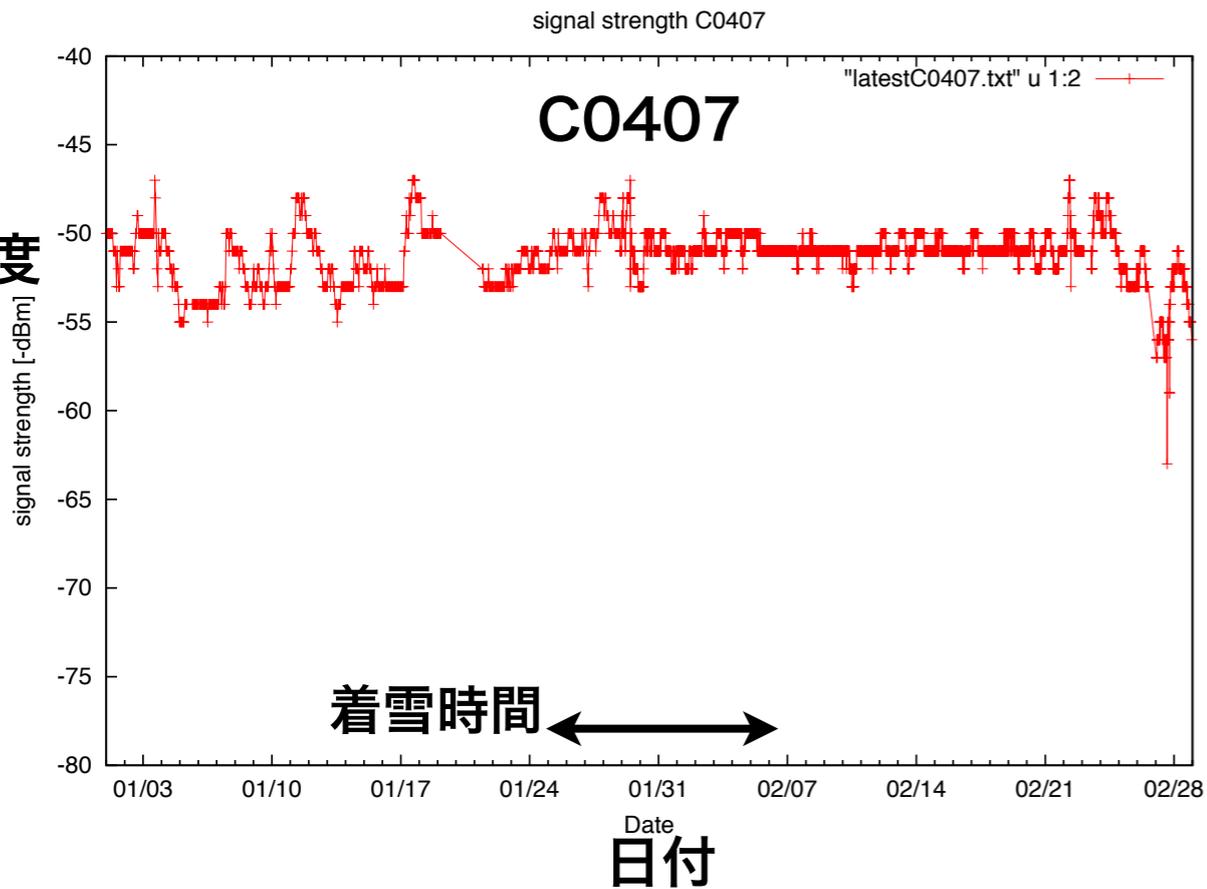
無線接続試験 (1) : 安定性モニタ一

強度

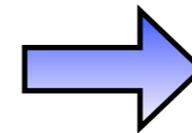


無線接続試験 (1) : 安定性モニター

強度



- XBeeの感度条件 (-92dBm以上) は十分満たす
- C0403について何度か接続切れ

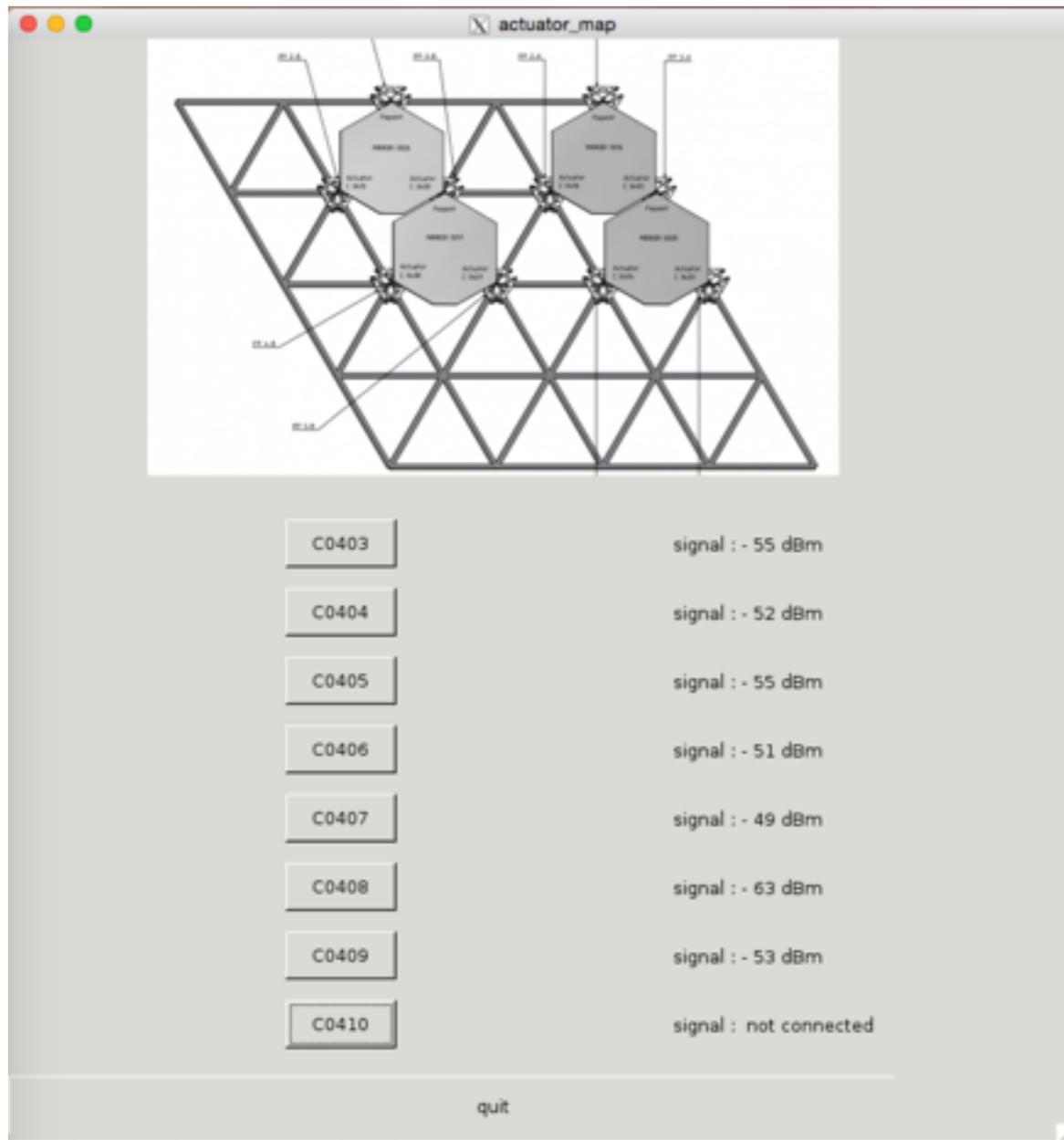


- 着氷、着雪 ▪ 強風 → 変動的
- チューブによる遮蔽 → 定常的
- アンテナの角度依存性

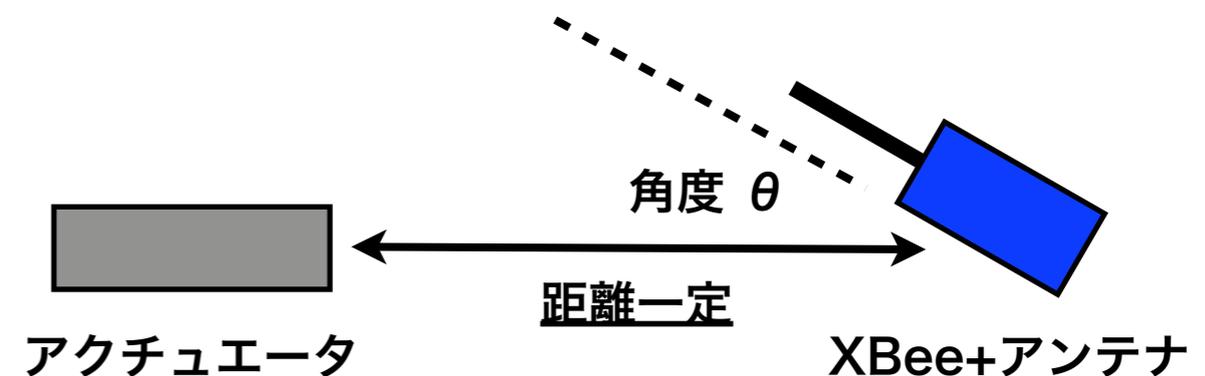
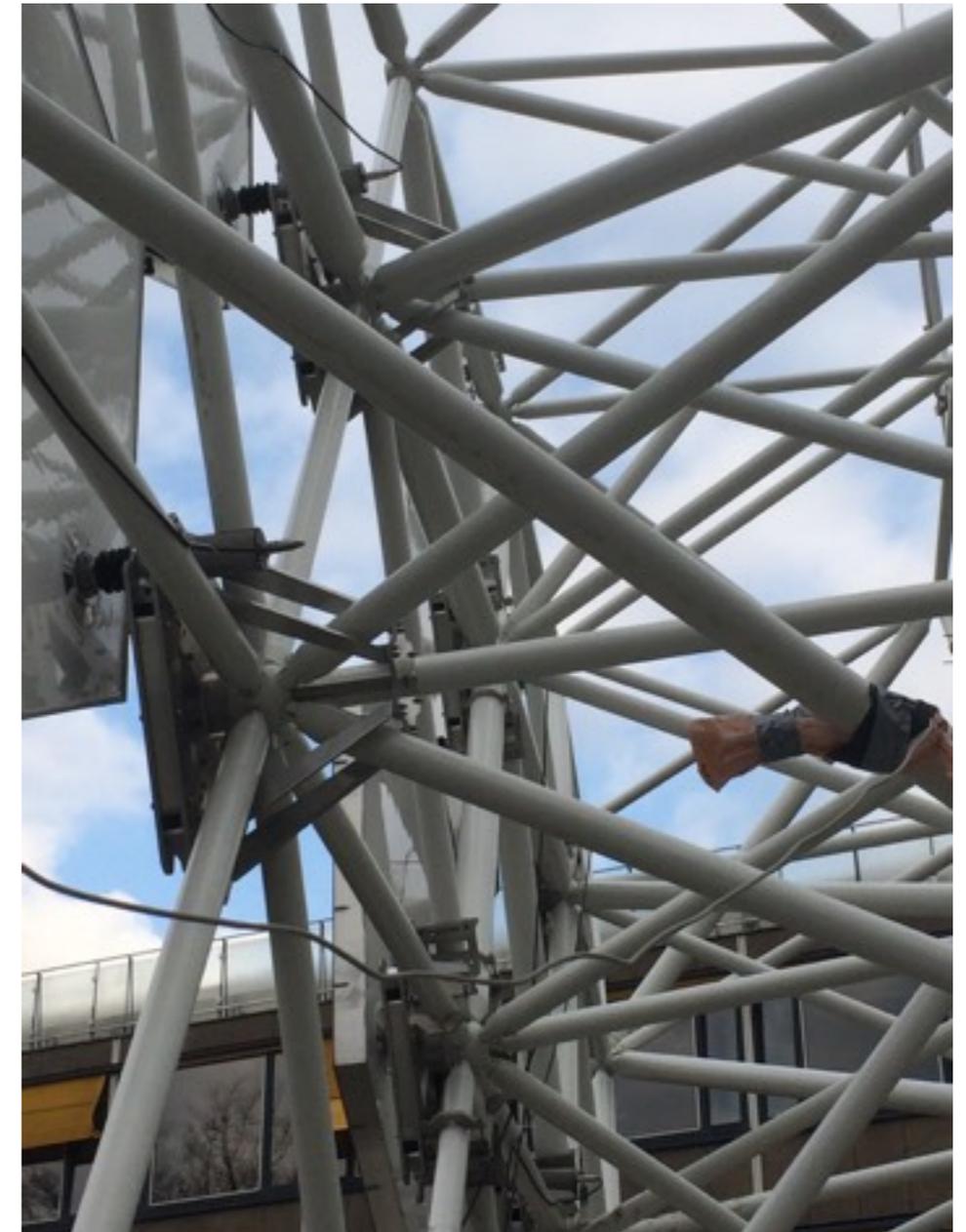
アンテナの最適な配置、方向を考える必要

無線接続試験 (2) : アンテナ指向性確認

- 1つのアクチュエータ返信強度のアンテナ方向依存性を確認
- ライブラリ "GTK+" により作成したGUIを用いて強度測定



強度モニター用GUI

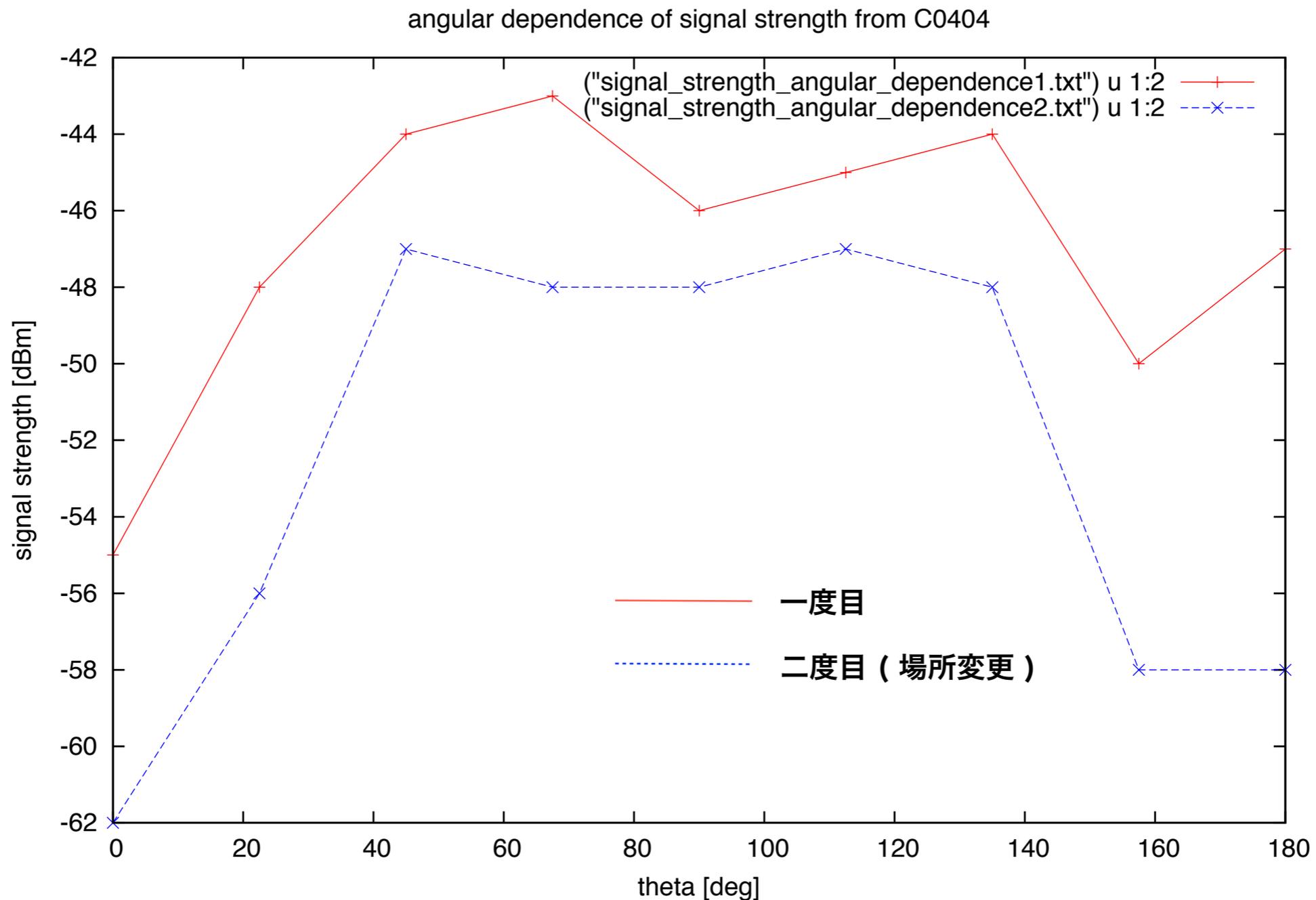


無線接続試験 (2) : アンテナ指向性確認

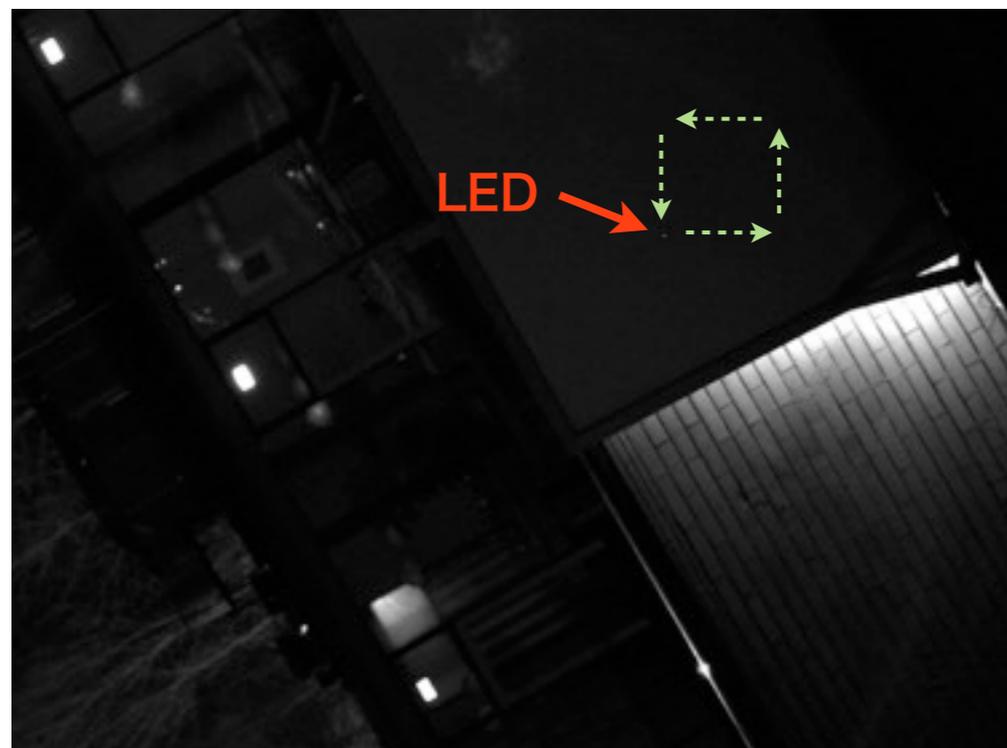
45 ~ 135度付近で安定した強度、0度、180度付近で最小 (双極子型放射)

→ 多数のアクチュエータを90度付近で見る配置が必要

→ C0403の接続切れ : アンテナに対し180度の位置 + 着雪の影響



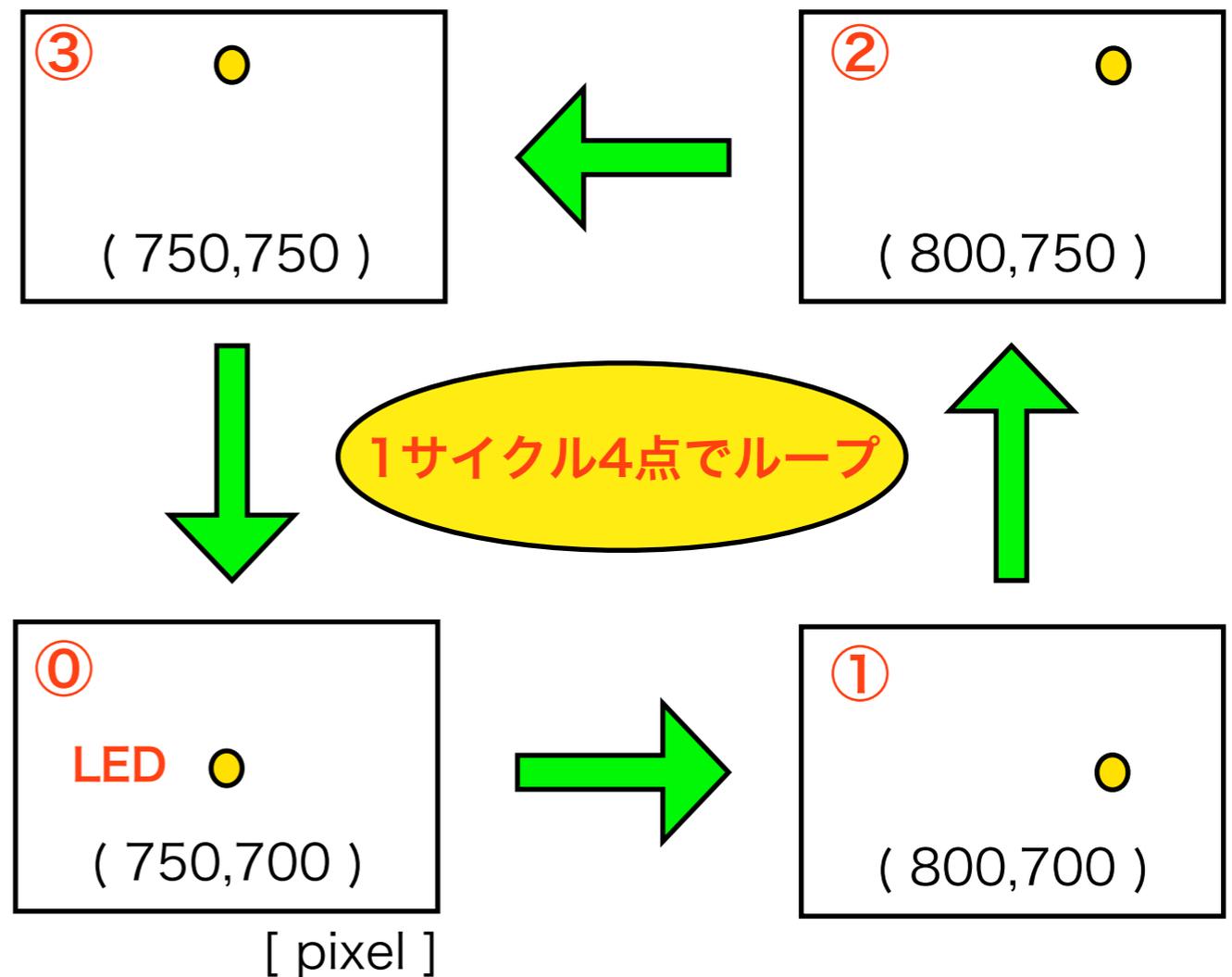
AMCソフトウェアの試験運用



CMOSカメラ画像 昼間(上)、夜間(下)

- 夜間、参照光としてLEDを1点用い、CMOSカメラの画像フレーム内におけるLEDの位置を周期的に指示
- アクチュエータの正しい動作による指示した位置へのスポットの移動を確認

CMOS画像フレーム

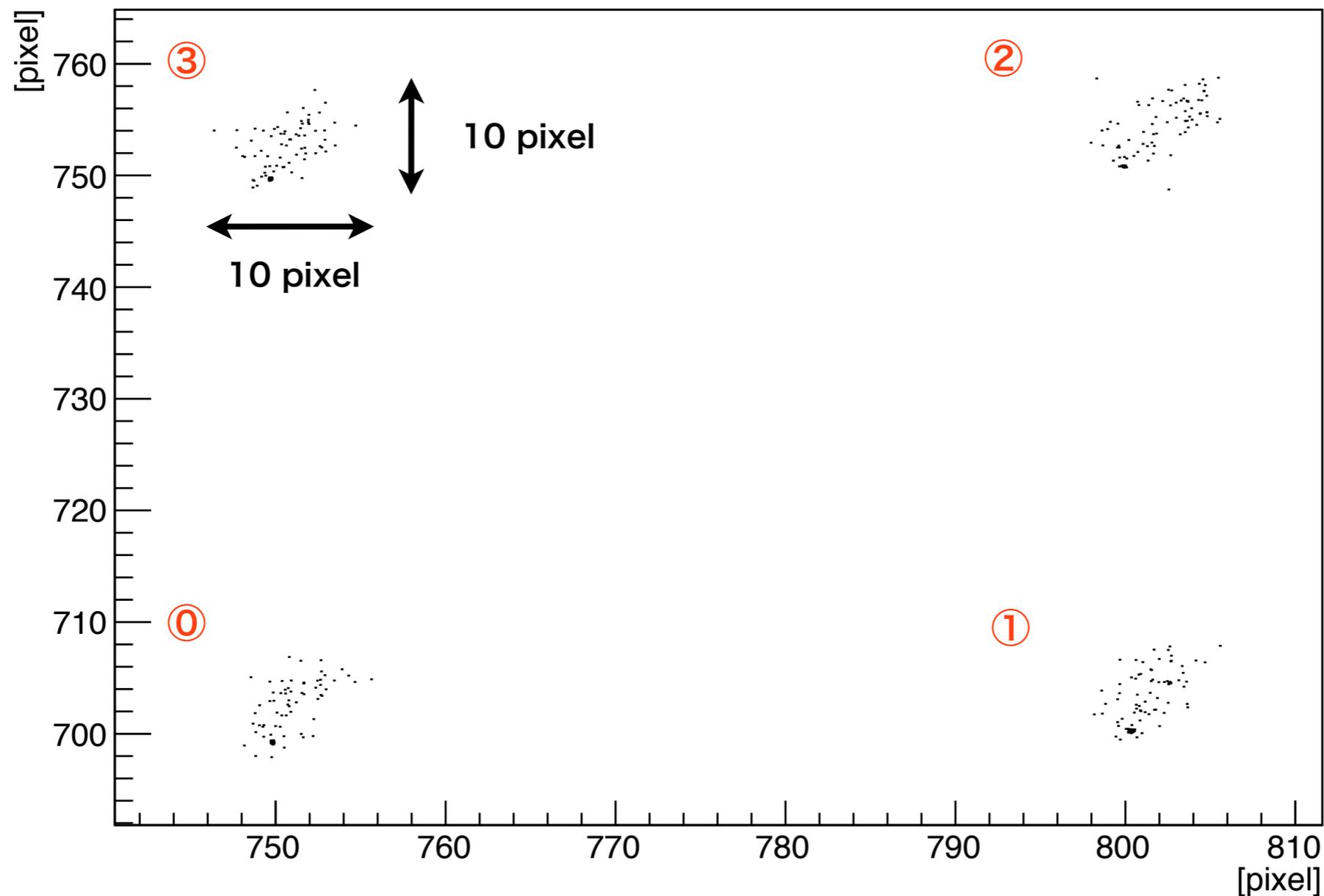


AMCソフトウェアの試験運用

600周期試行、LEDの位置をプロット

4つの指示点それぞれで最大 10 pixel 程度のばらつき >> 要求精度 2mm ~ 0.5pixel (@28m)

LED spot positions (analysis updated)



CMOSカメラ画像上のLEDスポット位置

AMCソフトウェアの試験運用

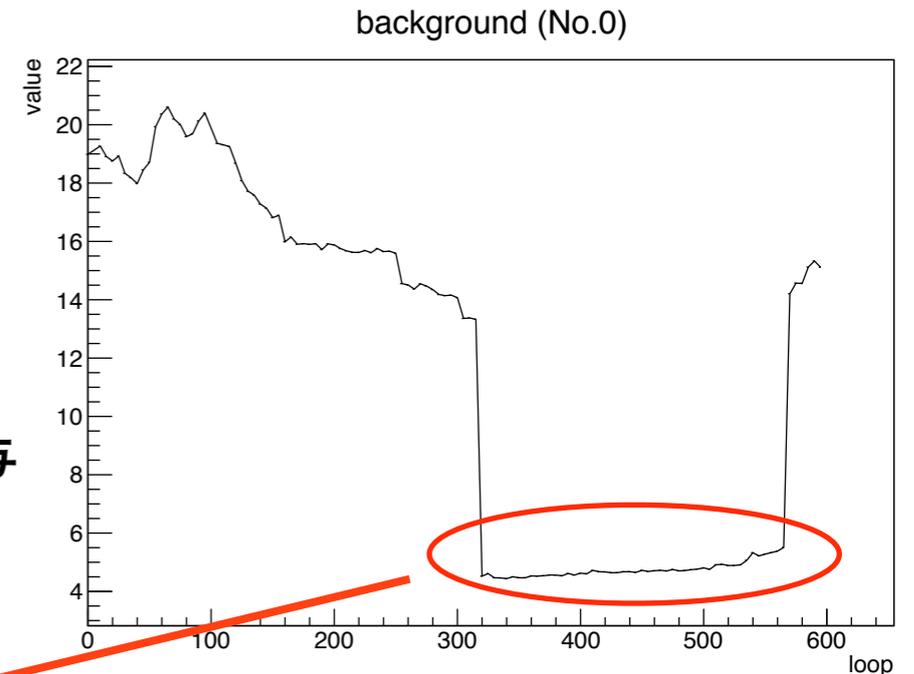
スポット周囲 120pixel 四方の平均値 (バックグラウンド) の変化を算出

バックグラウンドが小さい時間帯を抽出し、プロット

→ ほぼ全ての点が要求精度の範囲内

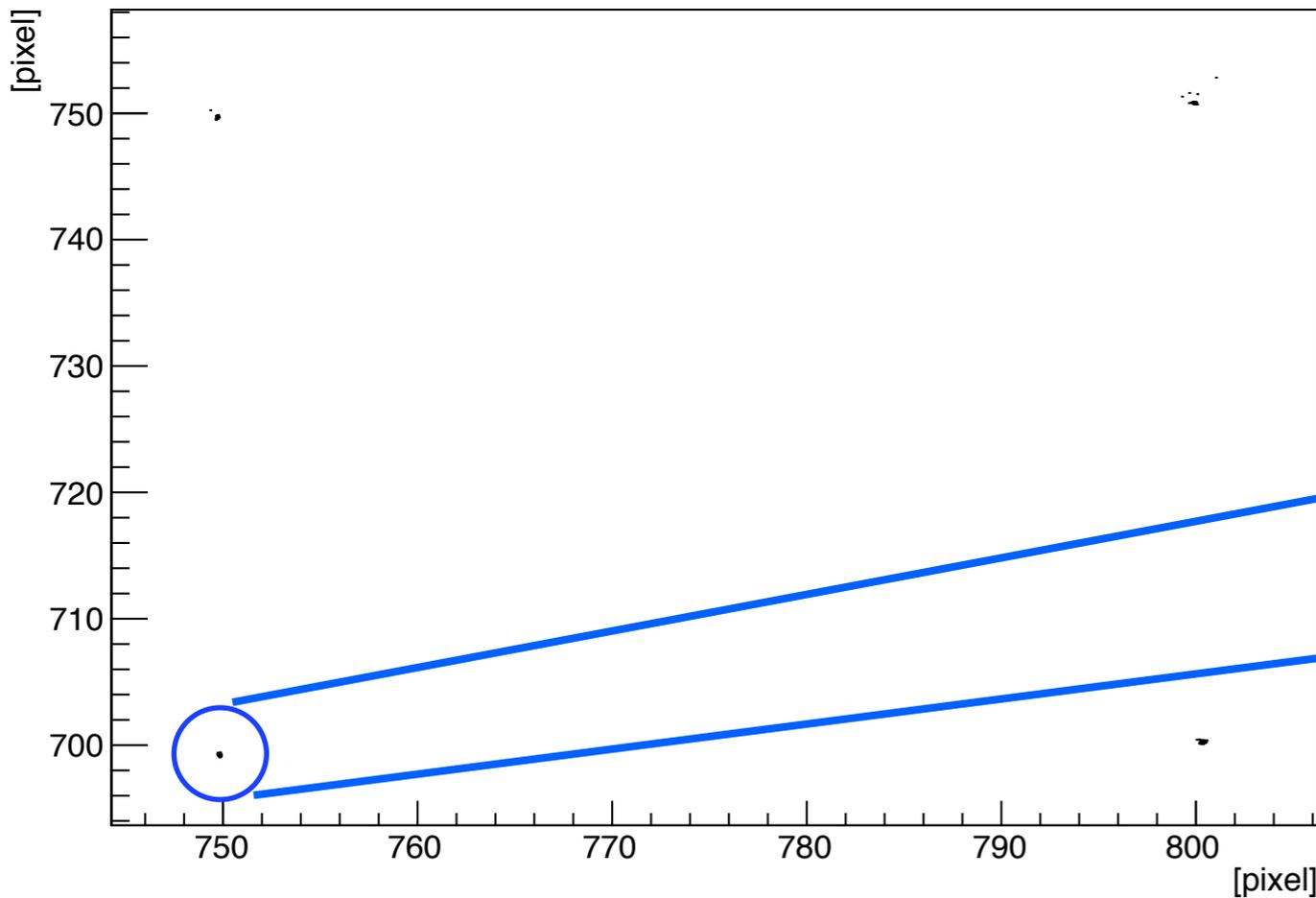
→ バックグラウンドの大きい時間帯が 10pixel のばらつきに寄与

スポット解析法の改善が必要



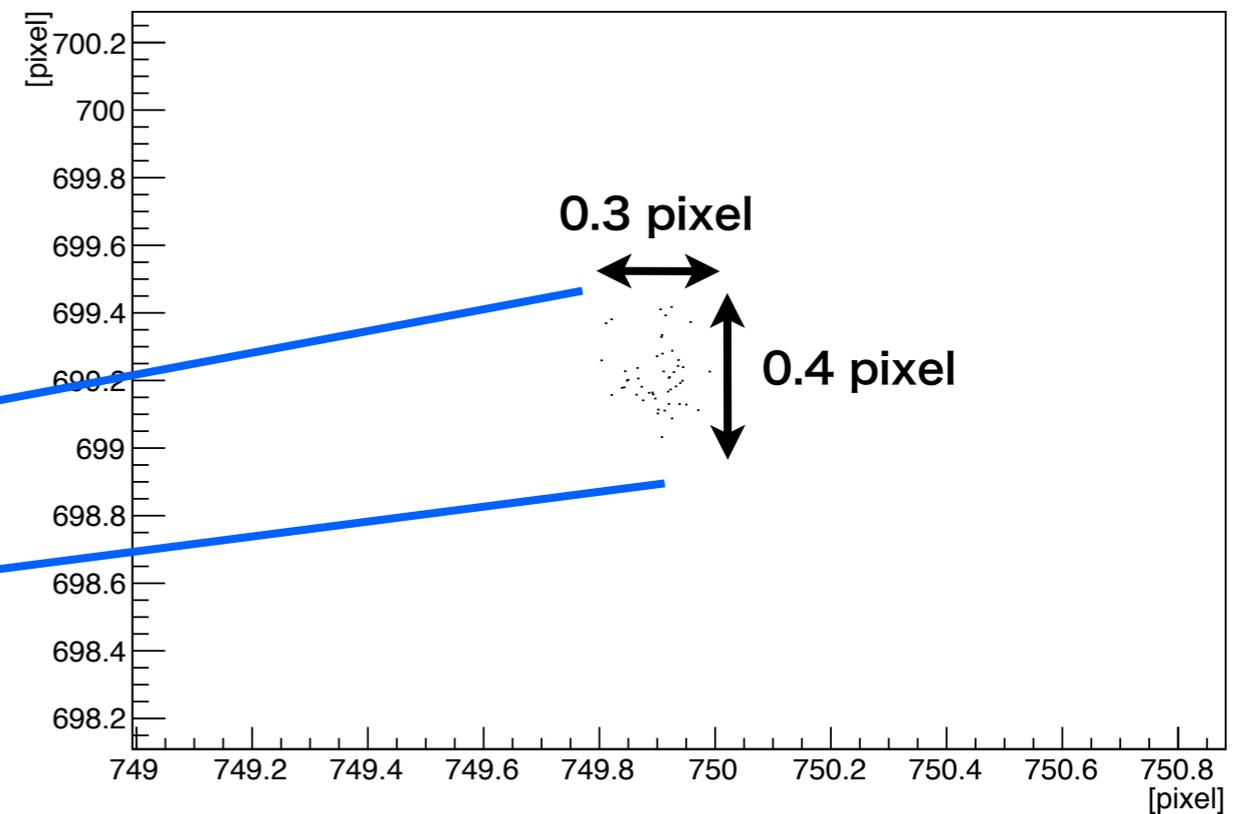
loopごとのスポット周囲の平均値変化

LED spot positions (analysis updated, dark time only)



CMOSカメラ画像上のLEDスポット位置

LED spot positions No.0 (dark time only)



まとめ

- PC、アクチュエータ間の無線接続について、モニター試験を行った。
- アンテナの向きにより個々のアクチュエータからの平均的な返信強度が異なり、着雪等によって強度が不安定になった。適当な方向に調整後モニター再開。
- CMOSカメラとアクチュエータを用いたAMC機能試験を行い、約半日間の連続運転と一部の時間帯で要求値を満たす決定精度を確認した。
- 今後、スポット解析法を改善し、長期間にわたる安定した高精度での補正を実現させる