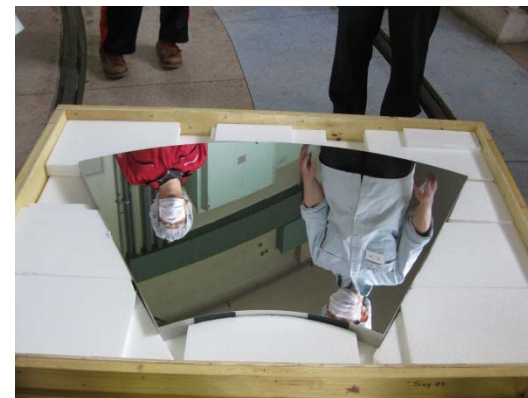
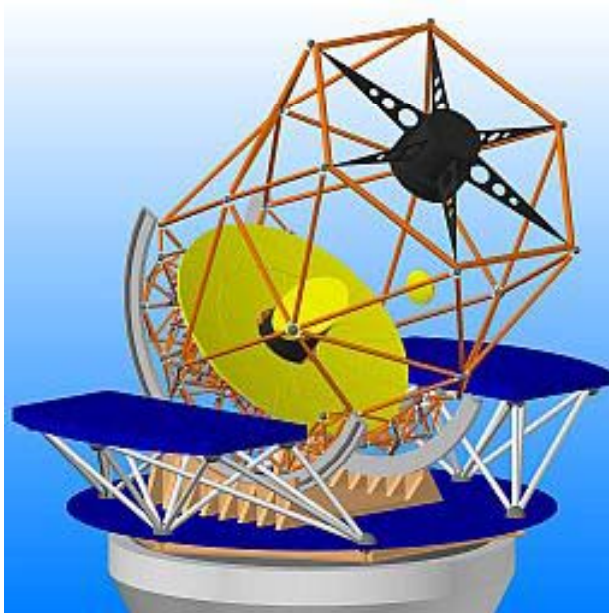


岡山3.8m望遠鏡における主 鏡制御試験の進捗状況

森谷 友由希, 岩室 史英(京都大学)
他京大岡山3.8m 新技術望遠鏡計画WG

京大岡山3.8m新技術望遠鏡

- 京都大学宇宙物理学教室及び附属天文台、岡山天体物理観測所、名古屋大学Z研、(株)ナノオプトニクスエナジーが共同開発
- 分割式望遠鏡
 - 内周6枚、外周12枚の扇形セグメント
- 岡山天体物理観測所内(岡山県浅口市)に設置

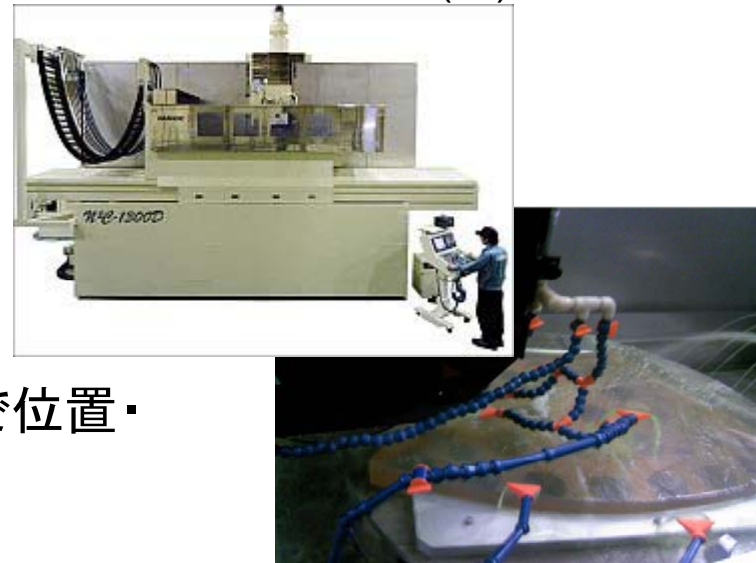


完成予想図(左)と
試験蒸着した内周セグメント(上)

京大岡山3.8m新技術望遠鏡

ナガセインテグレックス社 N²C-1300D(左)と
研削加工中のセグメント(右)

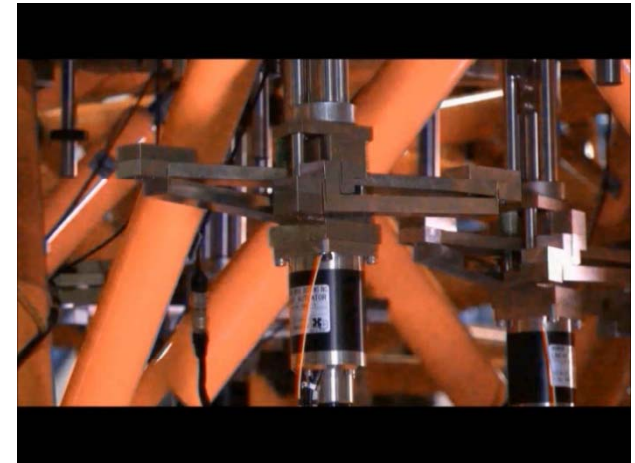
- 新技術
 1. 研削+研磨による鏡面製作:
→所さんの講演
 2. 分割鏡制御:
 - 各セグメントを $\leq 50\text{nm}$ の精度で位置・位相合わせ
 3. 軽量架台:
→栗田さんの講演



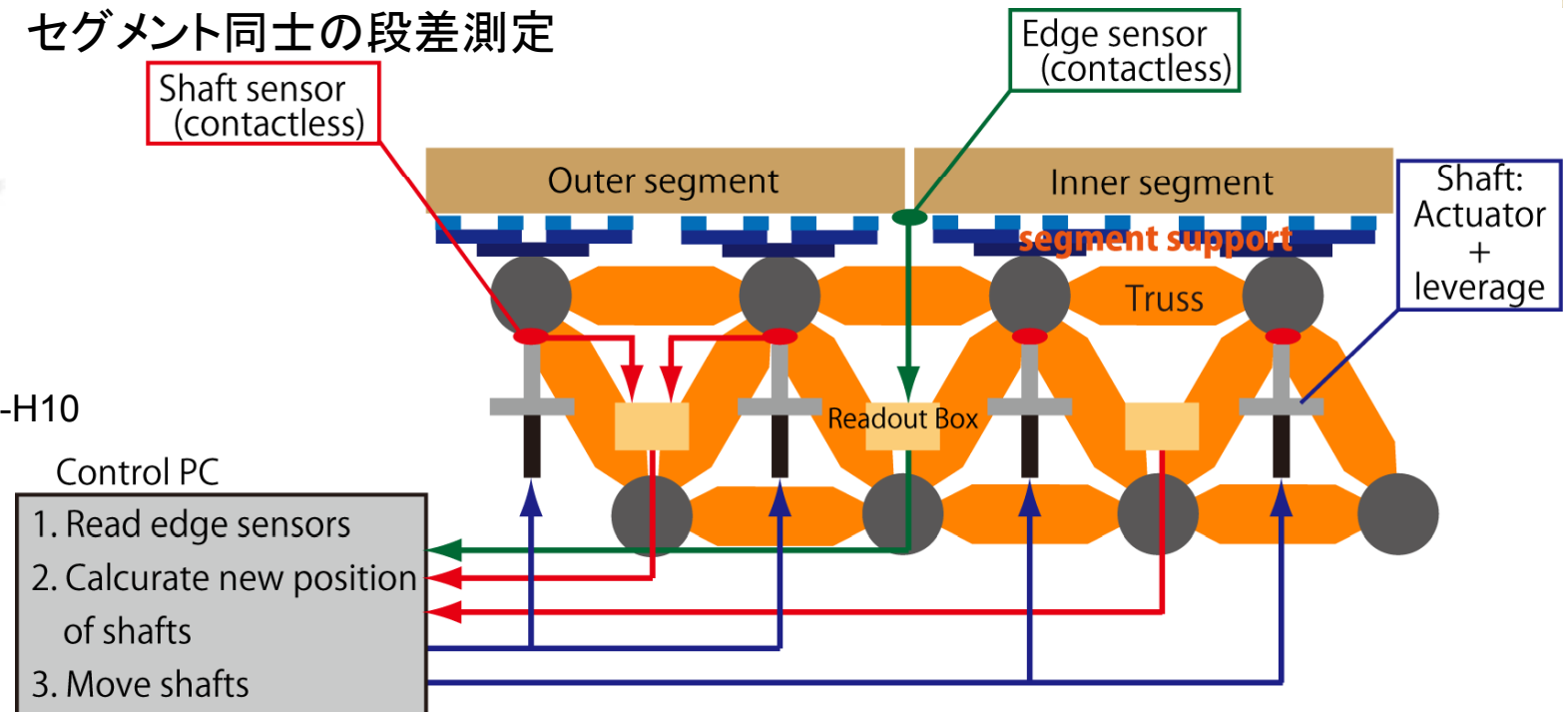
架台

主鏡位置制御機構

- 位置制御機構
 - 1セグメントを3つのアクチュエータ
 - ・ 鏡の支持: 27点(ホイフルツリー)
 - ・ アクチュエータ+てこ機構: ~2nmの分解能で制御
 - ・ 非接触式センサで位置測定(アクチュエータ軸センサ)
 - セグメント境界に非接触式センサ(エッジセンサ)
 - ・ セグメント同士の段差測定

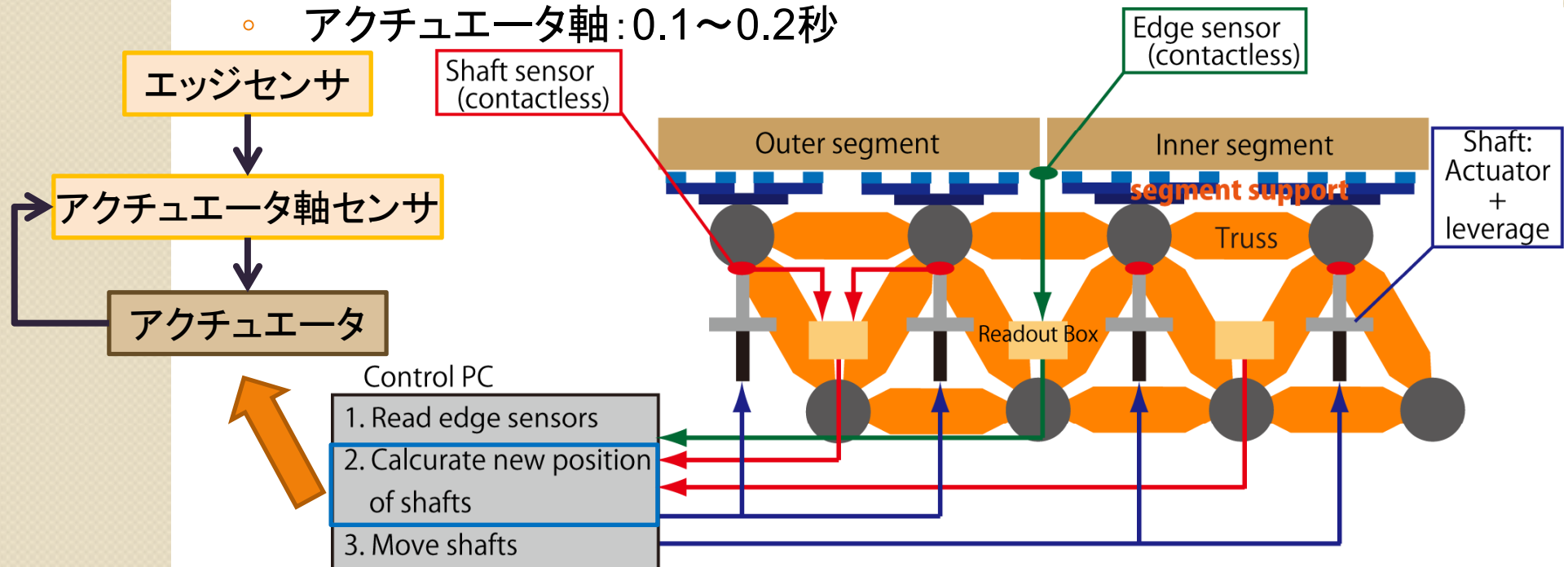
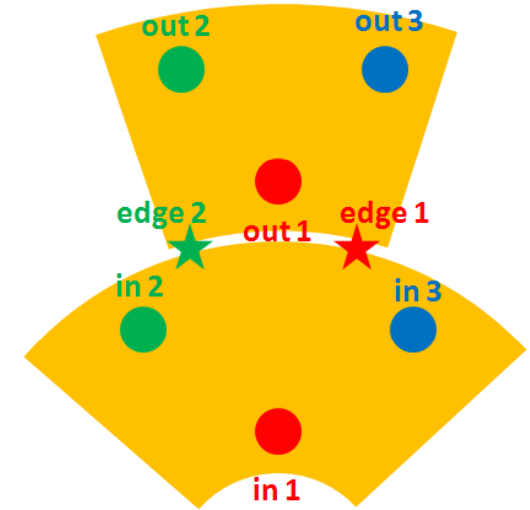


非接触式センサ
(株)シグマ光機製DS-H10



主鏡位置制御機構

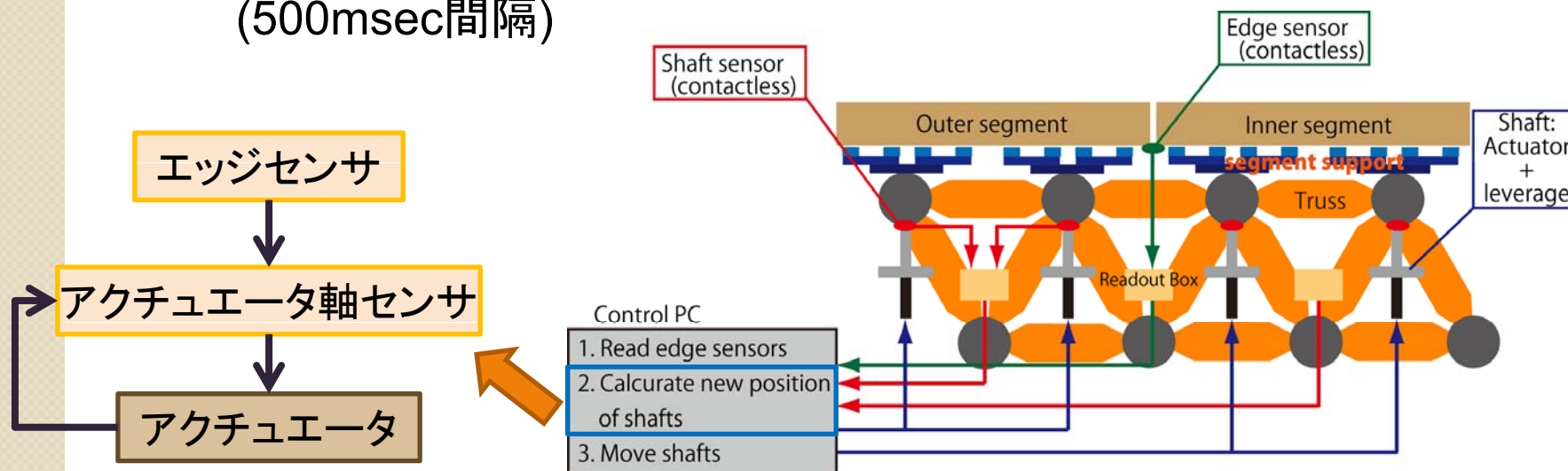
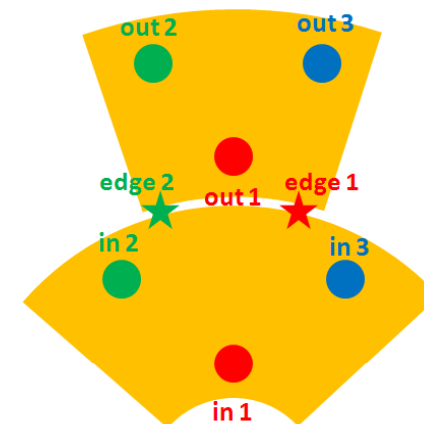
- 2段フィードバック
 - エッジセンサのカウント値を一定に保つようにアクチュエータ軸センサの値を計算
 - 各アクチュエータ軸センサの値が原点
- タイムスケール
 - エッジセンサ:0.5秒
 - アクチュエータ軸:0.1~0.2秒



主鏡位置制御機構

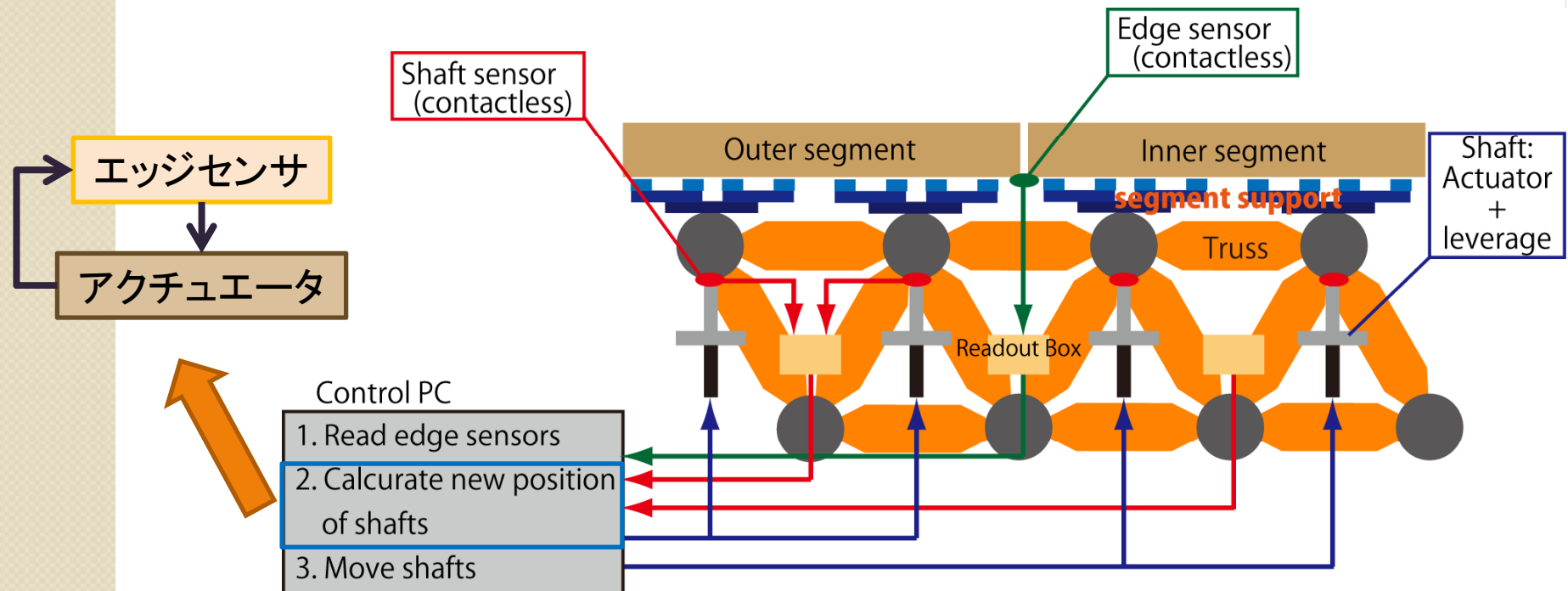
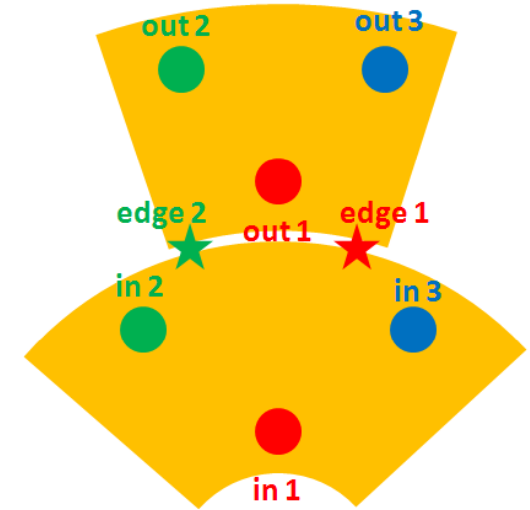
- フィードバック方法(2段): 詳細

- センサ読出し: 10回サンプル(12msec 間隔)
 1. アクチュエータ軸カウント値(上記16回読出し分)から、直近のカウント $\pm 0.7\mu\text{m}$ 程度以内のカウントの平均を求め、目標値との差分をアクチュエータにフィードバック(200msec 間隔)
※大きく動く場合と小さく動く場合で、ゲインが2倍程度変化
 2. エッジセンサのカウント値(16回読み出し分)から、直近のカウント $\pm 0.01\%$ 程度以内のカウントの平均を求め、目標値との差分を**駆動シャフトのフィードバック目標値**に加算(500msec間隔)



主鏡位置制御機構

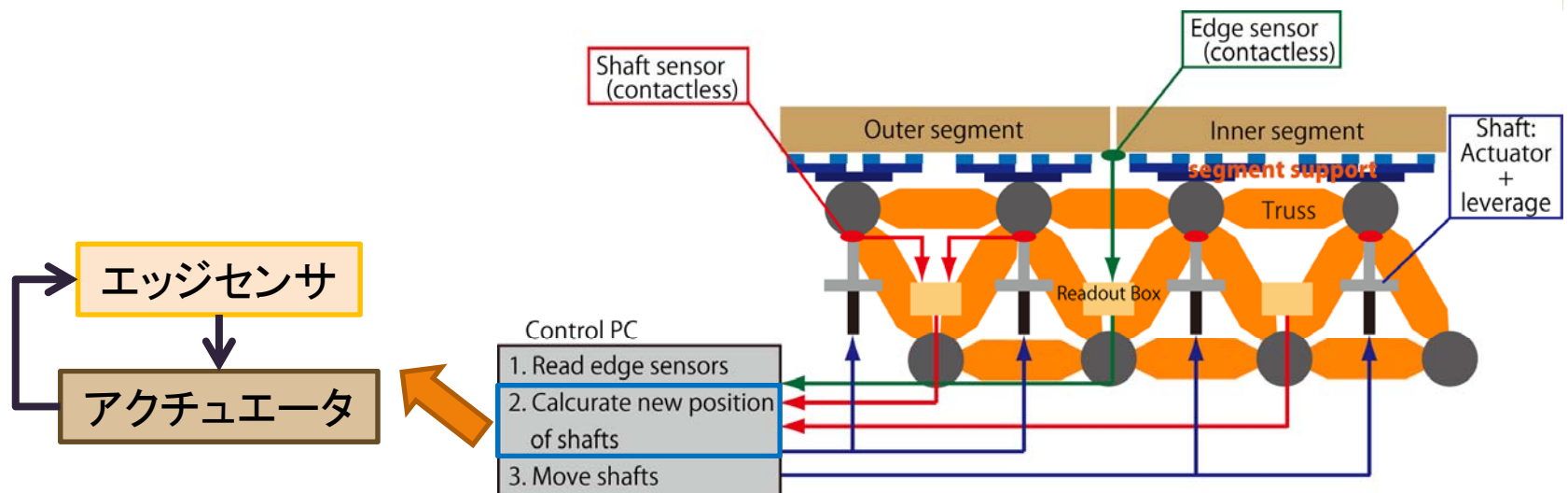
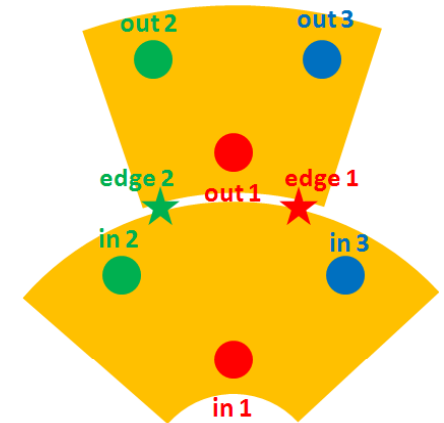
- 1段フィードバック
 - エッジセンサのカウント値を一定に保つようにアクチュエータの駆動量を計算
- タイムスケール
 - エッジセンサ: 0.2秒
 - センサのサンプル: 0.012秒



主鏡位置制御機構

- 1段フィードバック方法: 詳細

- センサ読出し: 10回サンプル(12msec 間隔)
- 1. エッジセンサのカウンタ値(16回読み出し分)から、直近のカウンタ $\pm 0.01\%$ 程度以内のカウンタの平均を求め、**目標値との差分を駆動シャフトにフィードバック(200msec間隔)**

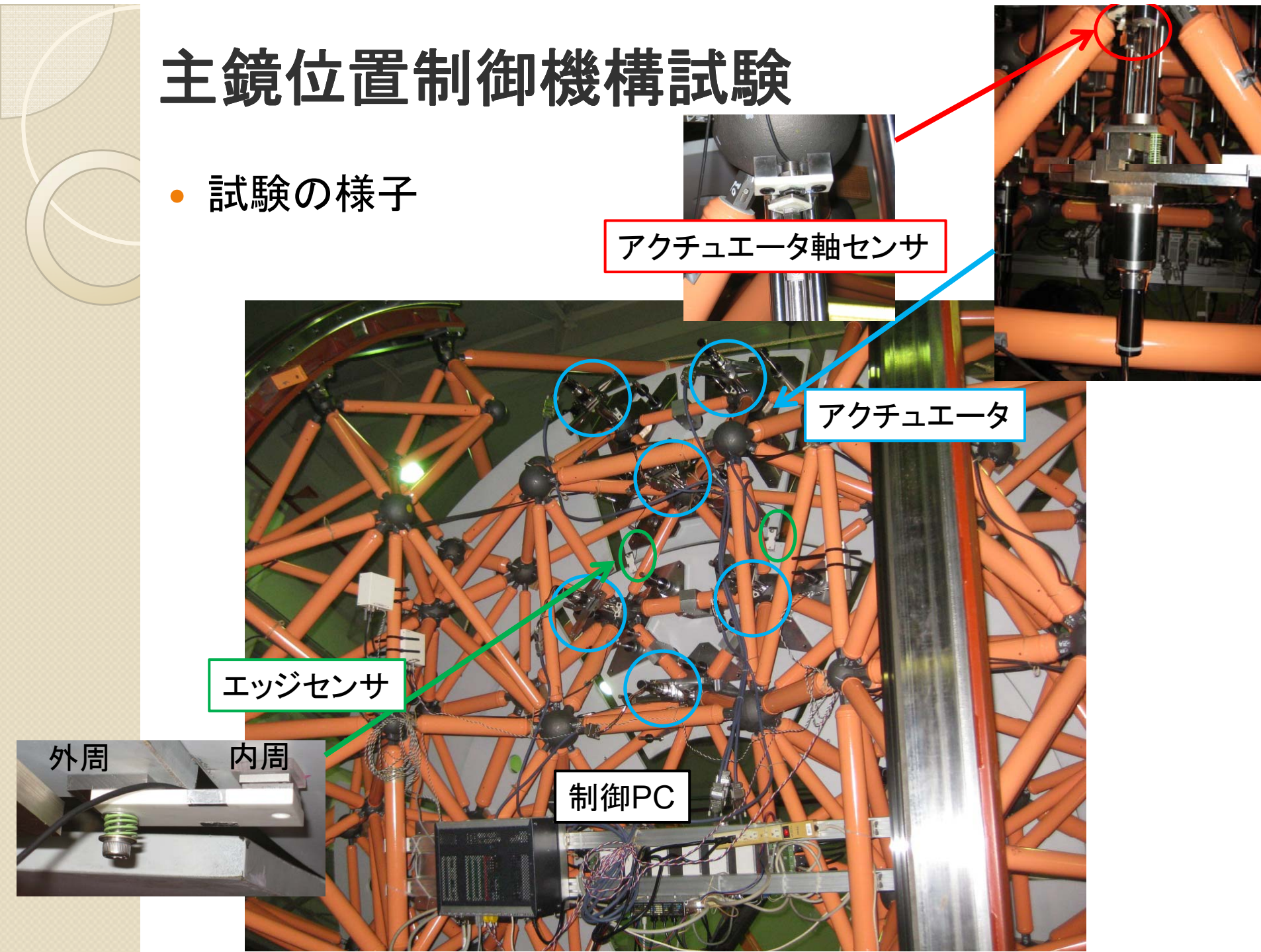


主鏡位置制御機構

- 2段フィードバック
 - アクチュエータの個性を緩和できる
- 1段フィードバック
 - より速く制御できる
- 1段フィードバックは最速だが、アクチュエータの挙動が安定しない場合には2段の方が安全
- 制御方法の可能性
 - 1段フィードバックのみ利用
 - 1段/2段フィードバック切り替えて利用
 - ポインティング時には2段フィードバック
 - 追尾時には1段フィードバック

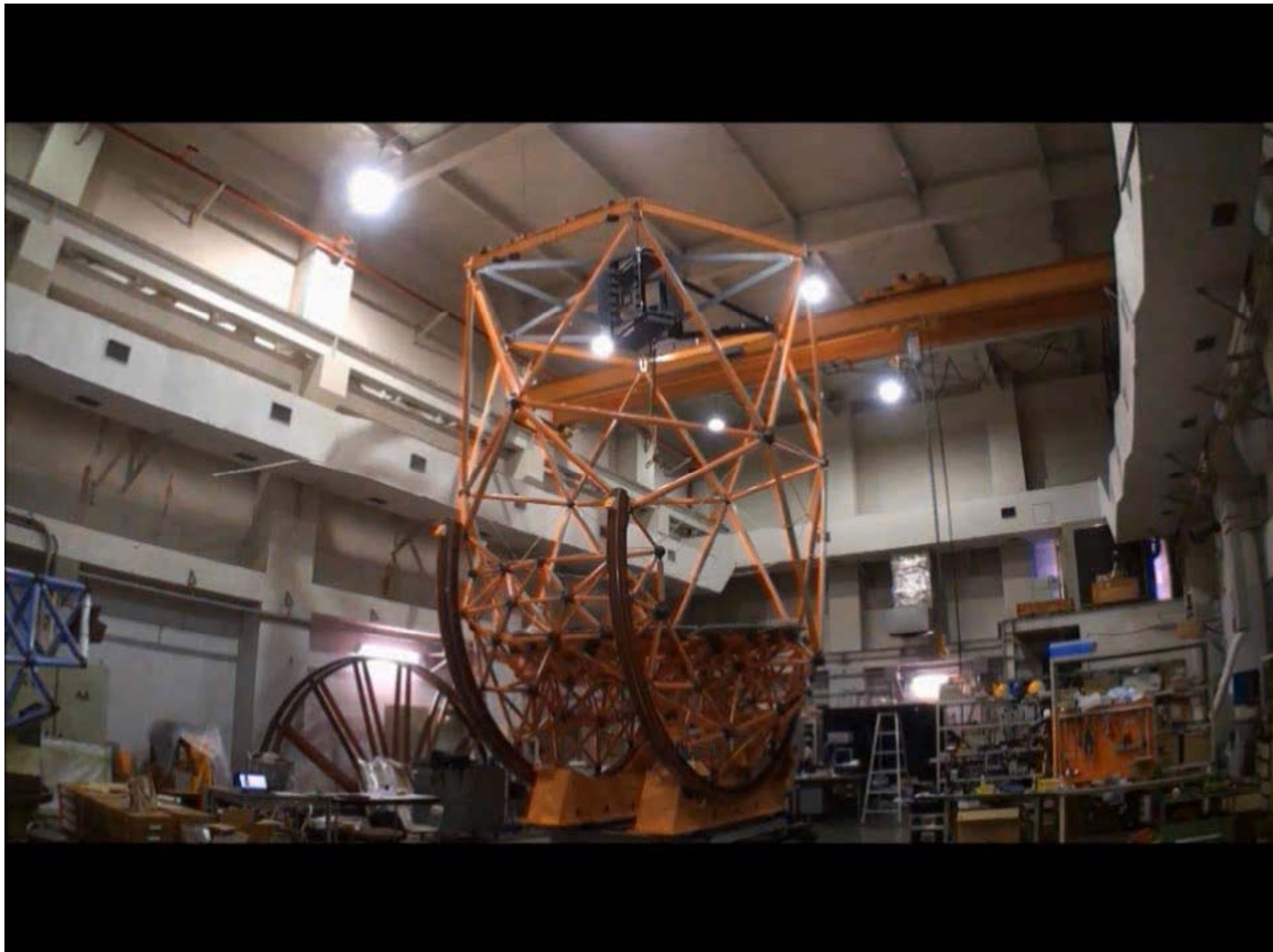
主鏡位置制御機構試験

- 試験の様子



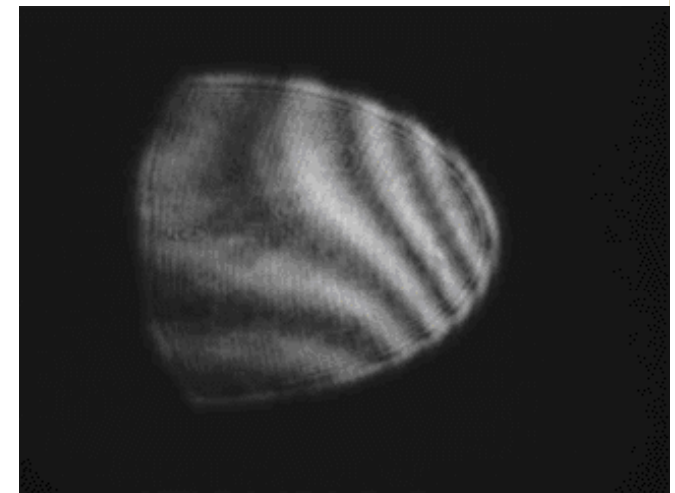
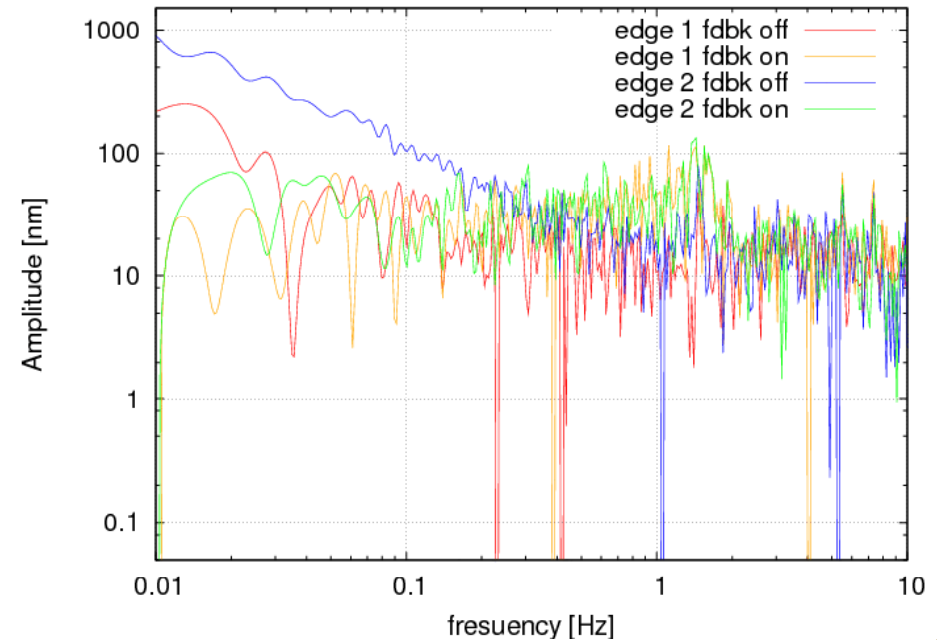
主鏡位置制御機構試験

- 試験の様子2

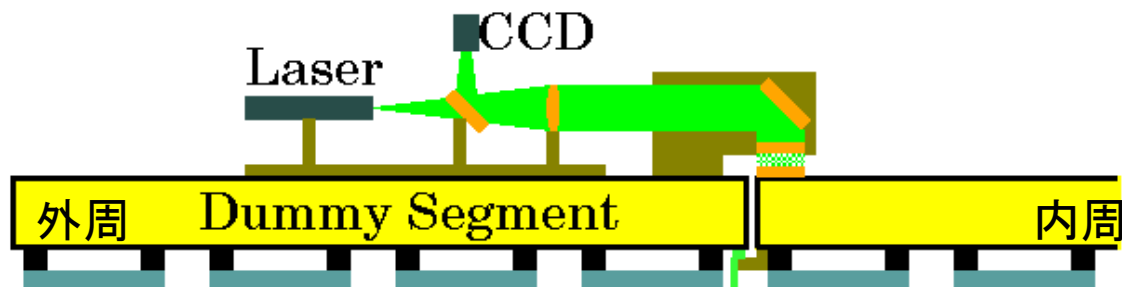


フィードバック試験

- 1段フィードバック
 - 振動周波数解析
 - 0.3Hzより遅い成分は改善
 - 2Hz程度までは100nmレベルで不安定
- 望遠鏡の振動が伝達されているのが主な原因か
(望遠鏡の固有振動数: ~4Hz)
- 段差を~8 μm 変える
 - 1秒程度で元の段差に戻る

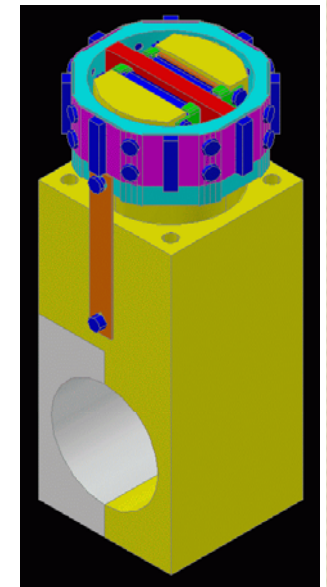
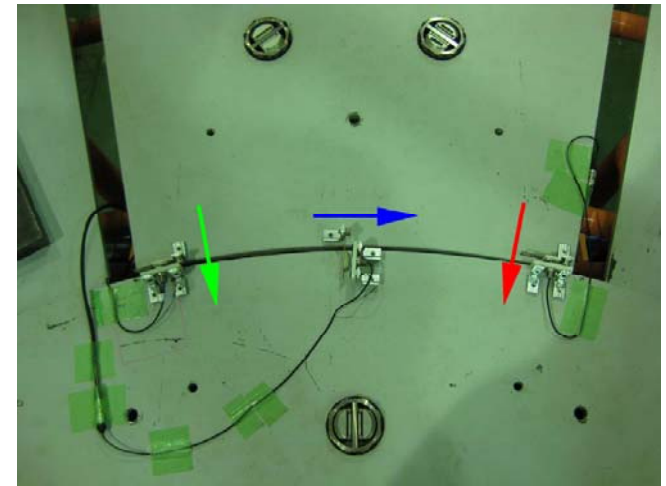


段差を~8 μm 変えた時の干渉縞の様子



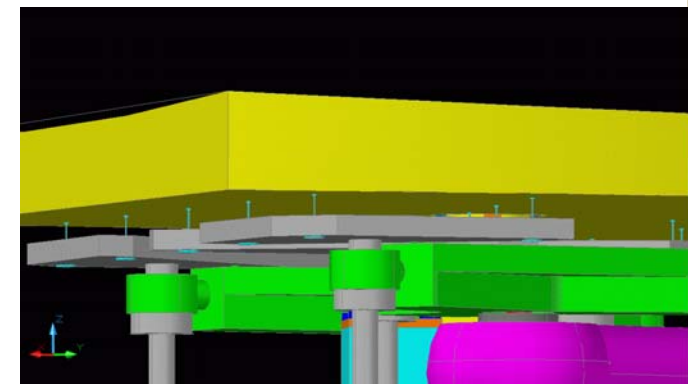
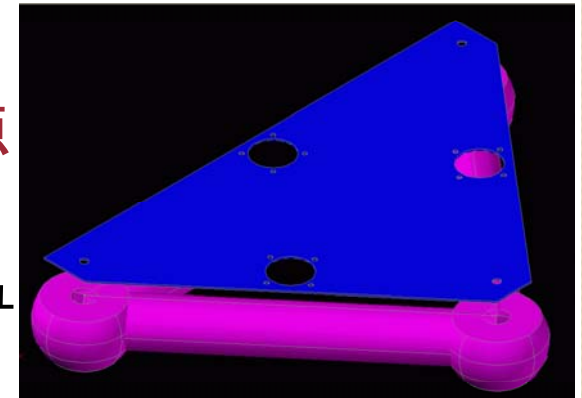
横ずれ試験

- 望遠鏡の高度角変化に伴うダミー鏡との相対的な動きを調査
 - 内周・外周セグメントの境界にセンサを3つ配置
 - 望遠鏡を90度→30度→90度と変える
- 横ずれ量の許容範囲(シミュレータにより見積り)
 - セグメント横ずれ:傾きで補正可能(補正なし: 10 μ m)
 - セグメント回転:0.07度(頂点位置で 0.6mm)
- 20 μ m程度の左回転+50 μ m程度の横ずれ
- 回転、横ずれについて
 - ラテラル支持支柱によるY字拘束が1点で交わっていない可能性
- 移動量の1/5程度の再現性が悪い
 - ホイフルツリーとセグメントの摩擦が原因の可能性



現在改良中の項目

- ラテラル支持支柱によるY字拘束を1点で交わるようにする
 - ラテラル支持機構の取り付け位置をアクチュエータ軸(グローブ)の位置に対して正確に
 - 専用治具を準備中
- ホイフルツリーとセグメントの摩擦
 - 支持点の接触部分をφ10mmからφ1mmに変更
- センサヘッド改良
 - セラミック基盤
 - 通信部をバッファで切り離れた回路を加える
 - センサ部の温度安定性とケーブル干渉に対する安定性を高める
 - 現在製作中
(右図は同様のセンサ基盤の例: 日本システム開発)



まとめ

- 岡山3.8m望遠鏡計画における主鏡位置制御試験
- 名大で組立て中の架台に搭載して試験中
- フィードバック(0.2秒間隔)試験
 - 0.3Hzより遅い成分は改善
 - 2Hz程度までは100nmレベルで不安定
 - 段差の変化(~8um)に対して1秒以内に収束
- 横ずれ試験
 - 高度軸変化に伴うダミー鏡の相対位置を調査
 - 20umの回転、50umの横ずれ、再現性が悪い
- 改良・確認作業を続ける