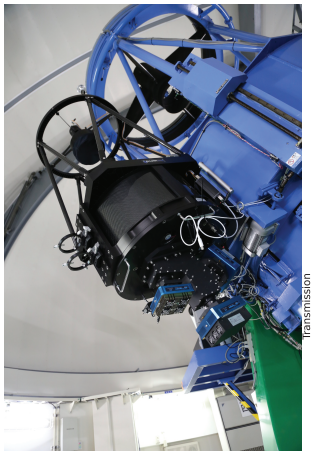
チベットロボット三色撮像カメラ（HinOTORI）：性能評価

内海 洋輔，吉田 道利，川端 弘治，瀧本 絵里香（広島大学），川野元 聡，成相 恭二，佐々木 敏由紀，柳澤 顕史（NAOJ），
姚 永強，Wang Hongshuai（中国国家天文台），劉 彩品（中国紫金山天文台），石橋 遥子（埼玉大学），谷津 陽一，斉藤 嘉彦（東京工業大学）

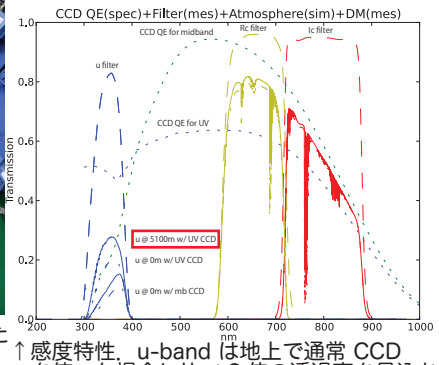
近年発見が期待される重力波源の正体を探るために，対応天体の可視光フォローアップ観測網構築が望まれている．我々は極東地域での観測ネットワーク強化 をめざし，日本から経度 60 度離れた中国西部チベット阿里 地区に 50cm 望遠鏡と SDSS u, Cousins-Rc, Ic バンドを有する三色同時撮像カメラを設置する HinOTORI (Hiroshima University Operated Tibet Optical Robotic Imager) プロジェクトを推進している．これまでに設計した望遠鏡・装置・カメラ・赤道儀が納品された．光学系およびカメラは広島大学かなた望遠鏡に同架し，性能評価を続けている．光学系の性能評価項目として収差量測定を上げている．収差量測定は望遠鏡にハルトマン板を取り付けて焦点内像・外像を撮像し，ハルトマン定数の測定および，その画像を元に波面を再構成し測定する．このテストにより鏡面形状や位置関係が想定通りであるかどうかを確かめた．納品された赤道儀の性能試験については，赤道儀を屋外に仮設し，小型の望遠鏡を搭載することで実際の星を追尾しながら追尾性能試験を実施する．追尾性能向上のために特注で追加したサーボ機能の効果を測定する．以上の項目について結果を発表する．

1. 仕様 -- 望遠鏡は補正系なしでも球面・コマ収差フリー光学系

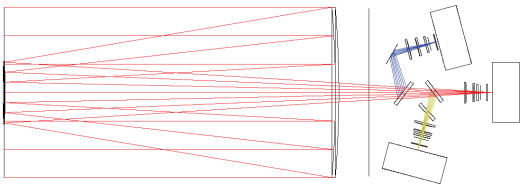


↑1.5m かなた望遠鏡に同架した 50cm HinOTORI 望遠鏡

System	Ritchey-Chretien
Diameter	510mm
Focus	4080mm (F/8.16)
Backfocus	460mm
Manufacture	Alluna Optics



↑感度特性．u-band は地上で通常 CCD を使った場合に比べ 3 倍の透過率を見込む



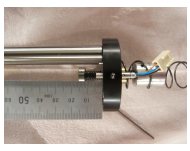
↑50cm 望遠鏡のビームをウエッジ付きダイクロイックミラーで分割．
光学系は石英ガラスを使うことで光学系による吸収を低減した．
ビーム折角を小さくし，Rc チャンネルにはウエッジ補正ガラスを挿入して非点収差を低減することで高結像性能を狙った光学系である．

2. 副鏡障害

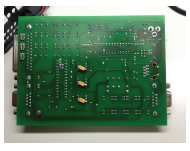
副鏡制御繰り返し試験実施中，制御ソフトウエアがハングアップした．サーボモーターが駆動し続け，原点センサーを押し込んでしまった．副鏡ユニットを分解，原点センサー位置の調整をした．また信号ノイズ低減のためにコントローラーにコンデンサーを付加．その後障害は発生していない．

取り外された副鏡とセル

スパイダーと副鏡駆動用リニアベアリング

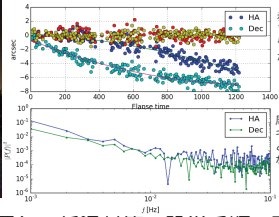


原点センサー



コントローラーに付加したコンデンサー

3. 赤道儀調整



赤・黄は測定点を二次関数でフィットし，残差をプロットしたもの．ソフト制御でこうした制御が実現可能．

周波数解析結果
ギヤによる周期誤差は 0.005Hz のところピークが立つはずだが明確なピークはない．

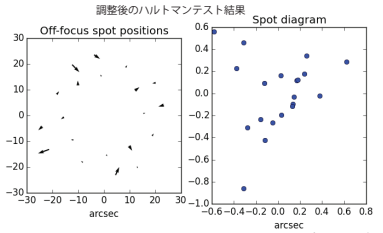
納品された赤道儀を一時的に設置し，低温対策，設営手順の確認，追尾性能試験を行った．

低温試験 -- 通常品は -20 度まで耐えられるが，それ以下の温度では駆動しないことを確認していた．原因はグリースの凍結である．凍結防止のため低温グリースに入れかえ試験を行い，機能確認した．

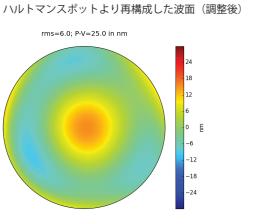
設営手順の確認 -- 通常は業者によって設営がなされるが，現地同行は困難なので，我々だけで設置できるかどうか手順を確認した．

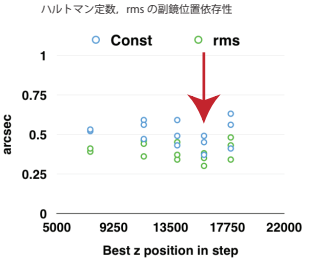
追尾性能試験 -- 追尾性能試験のために南の Dec=~0 の天域を 6 秒毎に撮像した．ギヤによる周期誤差はサーボ制御により除去ができており，シーイングの効果を取り除いた追尾精度は 0.3″rms 程度だった．また設置精度が既存施設の測定と同程度であることも確認できた．

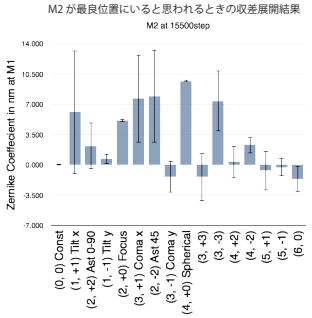
4. 望遠鏡光学系試験



収差ベクトル　　最小錯乱円におけるスポット位置ずれ







初期測定時は ~0.7″ 程度 (best z position = 20000)
球面収差が卓越していたのでバックフォーカスを延長し，副鏡位置を 1.3mm 程度調整した
→Hartmann 定数 ~0.37″, rms=0.30″
現地 seeing size ~ 0.5--0.8″ に対して同等である

（参考）
赤外シミュレーター，表ほか(1998), 0.35″
かなた望遠鏡，web, 0.30-0.32″
miniTAO, Minezaki et al. 2010, 0.2″
MITSuME (明野), 谷津 2005, 0.9--1.0″

5. まとめ

HinOTORI プロジェクトは中国チベットにロボット望遠鏡を作る計画である．
経度 80 度の地域にはロボット望遠鏡がなく，重力波対応天体などの時間変動天体観測網を構築する上で重要である．
必要な光学系・装置系については納品が完了した．制御ソフトウエアを構築し，実物を用いた制御試験，性能試験を実施している．これまでのところ仕様で定めた点については仕様通りであることを確認し，仕様で定められなかった点についても解決策が見出だせている．2015 年度現地建設を目指し，現地調整を進めながら計画を推進している．
プロジェクトページ：http://hinotori.hiroshima-u.ac.jp
レポジトリ：https://github.com/youtsumi/HinOTORI
新学術領域研究・計画研究 A02「天体重力波の光学赤外線対応現象の探索」にサポートされている：
http://jgem.hiroshima-u.ac.jp