

平成 28 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：CTA 大口径望遠鏡光学系の開発

英文：Development of the optical system for CTA Large size telescope

研究代表者 林田 将明

参加研究者 吉田 龍生(茨城大学、教授)、片桐 秀明(茨城大学、准教授)、

本橋 大輔 (茨城大学、大学院生)、柳田 昭平(茨城大学、名誉教授)、

千川 道幸 (近畿大学、教授)、山本 常夏 (甲南大学、教授)

手嶋 政廣 (東大宇宙線研、教授)、中嶋 大輔 (東大宇宙線研、特任助教)

稲田 知大 (東大宇宙線研、大学院生)、深見 哲志 (東大宇宙線研、大学院生)、

齋藤 隆之 (京都大学、特定助教)、奥村 暁 (名古屋大学、助教)、

野田 浩司 (マックスプランク物理学研究所、研究員)

研究成果概要

CTA 大口径望遠鏡(Large Size Telescope: LST)の光学系 23m 口径の主鏡には、 2m^2 サイズの六角形(1.5m 辺-辺) 分割球面反射鏡が一台辺り約 200 枚放物面状に配置される。宇宙線研と「三光精衡所」と共同で開発した鏡は、5 層のスパッタリングコーティング ($\text{Cr}+\text{Al}+\text{SiO}_2+\text{HfO}_2+\text{SiO}_2$)による高い反射率 (平均 $91\% @ 350\text{nm}$) や温度サイクルテスト等による環境試験にて良好な結果を示せたことにより、CTA として正式に採用され、本年度はその量産と品質管理、そして観測サイトであるスペイン、ラパル島への運送を行った。

量産された分割鏡は、1 枚 1 枚が要求結像性能を満たしているか検査し、それぞれの曲率半径 (仕様: $56\text{--}58.4\text{m}$) を正確に (誤差 $\pm 0.2\text{m}$) 求める必要がある。その測定に、点源を使う鏡面精度評価試験方法(2f 法)を用いており、その測定システムを宇宙線研 (6 階) に整備した。またその測定システムを鏡の製造元である「三光精衡所」にも導入し、製造後直ぐに品質を検査できるようになった。この 2f 法により測定された鏡 193 枚 (約 LST 1 台分) の曲率半径と結像性能の結果の分布を図 1 に示す。幾つかの鏡は結像性能が仕様

(直径 $34\text{mm} @ 2f \sim 2$ 分角)を超えているが、これらは量産の初期ロットであり、2016 年 11 月以降製造の鏡は全て仕様を満たしている。そして、2017 年 3 月末までにこれら 193 枚の鏡を無事現地観測サイト (ラパルマ島) に無事運送完了することができた。また、この測定結果をもとに、光線追跡シミュレーションを用いて、198 枚の分割鏡の最適な

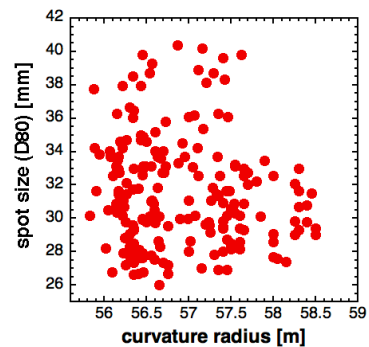


図 1. 2f 法により測定された、193 枚の鏡の結像性能(y 軸)と曲率半径(x 軸)の結果の散布図。

配置方法を求めた。その結果に基づき、現状では曲率半径を基準に3つのグループに分けて配置場所を定義する方法をベースに考えている。一方で、2f 測定の結果を用いた鏡表面の非球面構造を解析する新たな解法も導入しており、さらなる配置の最適化の可能性も検討している。

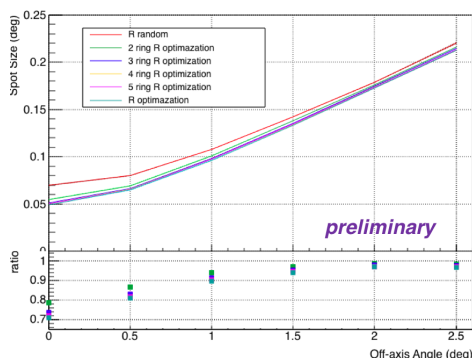


図 2 光線追跡シミュレーションから求めた、主鏡全体の結像性能。曲率半径によって1個から6個のグループに分けて配置した時の違い。3つ以上のグループ分けるとほぼ理想的な配置時と同等と示された。



図 3 ラパルマ島への運搬準備の作業の様子

口頭発表

- CTA 報告 122: CTA 大口径望遠鏡の光学性能最適化に向けた分割鏡測定とその配置の検討 稲田知大 他 CTA-Japan コンソーシアム, 日本物理学会 2017 年年次大会 (大阪大学)
- CTA 報告 116: CTA 大口径望遠鏡用分割鏡性能評価と分割鏡最適化配置にむけた simulation study 稲田知大 他 CTA-Japan コンソーシアム 日本物理学会 2016 年秋季大会 (宮崎大学)
- 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 他 CTA-Japan コンソーシアム 日本物理学会 2016 年秋季大会 (宮崎大学)
- CTA 大口径望遠鏡初号機建設に向けた光学系最終デザインと品質管理 林田将明 他 CTA-Japan コンソーシアム 日本天文学会 2016 年秋季年会 (愛媛大学)

学位論文

- 修士論文 “CTA 大口径望遠鏡初号機の光学性能最適化に向けた分割鏡測定とその配置の検討” 稲田知大 (東京大学, 2016 年度)
- 修士論文 “CTA 大口径望遠鏡用カメラ窓の 促進耐光性試験と性能評価” 本橋大輔 (茨城大学, 2016 年度)

整理番号 E08