

## 平成 27 年度共同利用研究・研究成果報告書

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 研究課題名  | 和文：CTA 大口径望遠鏡用超軽量分割鏡の開発<br>英文：Development for ultra-light segmented mirror for CTA Large Size Telescope                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 研究代表者  | 林田 将明（東大宇宙線研、特任助教）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 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）、<br>加賀谷 美佳（茨城大学、大学院生）、長 紀仁（茨城大学、大学院生）、<br>小野 祥弥（茨城大学、大学院生）、<br>千川 道幸（近畿大学、教授）、<br>山本 常夏（甲南大学、准教授）<br>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）<br>花畑 義隆（東大宇宙線研、研究員）、深見 哲志（東大宇宙線研、大学院生）、<br>齋藤 隆之（京都大学、特定助教）<br>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 | <p>CTA 大口径望遠鏡(Large Size Telescope: LST)の 23m 口径の主鏡は、六角形(約 2m<sup>2</sup>)の分割球面反射鏡約 200 枚を放物面状に並べて構成される。この分割鏡には、我々と「三光精衡所」が共同で開発した日本製の鏡が採用される。その一方で、鏡の重量は 47kg であり、品質検査測定等の作業効率さらに向上させるためにも、本研究にて、CTA 大口径望遠鏡用の軽量分割鏡の開発に取り組んだ。</p> <p>現在の LST 用分割鏡は、60mm 厚のアルミハニカムを 2.7mm 厚のソーダライムガラス 2 枚で挟み、その周辺枠は、ガラスとの温度係数を考慮しステンレス（SUS410）製の板で構成されている。総重量約 47kg の内、ガラスが約 27kg と半分以上を占めることから、具体的には「ガラスの軽量化」を行うことにした。そこで、近年のスマートフォンやタブレット PC に使用されている「化学強化ガラス」に注目。通常のソーダガラスより 8 倍程度の強度を持つ旭硝子社製の「Dragontrail X」を採用した。試作鏡として、60mm 厚のアルミハニカムに「Dragontrail X」を両面から挟んだ 50cmx50cm の小型鏡を作成した。「Dragontrail X」は、0.7mm 厚、1.3mm 厚、2.0mm 厚の三種類を使用した。鏡面精度は、宇宙線研究所に我々が構築した「Phase Measuring Deflectometry 法」を用いて測定した。三種とも、鏡面精度は理想球面からのズレが 20 <math>\mu</math> m 以内に収まっており、目標の精度に達している事を確認できた。また、ガラス衝撃耐久性の試験として、CTA の環境試験マニュアルに沿って、金属製の玉の落下テストを 3 パターン実施し、その後の表面ガラス変形具合を評価した。2.0mm 厚のガラスの場合、変形は最大 20 <math>\mu</math> m 程度であり問題なかった。一方 1.3mm 厚の場合、一番厳しい条件（直径 3cm の 100g の玉を</p> |

50cm 上から 10 回) にて、 $50\mu\text{m}$  以上の変形が見られた箇所があったが、要求条件 (2cm の 32g の玉を 100cm 上から 10 回) では、最大  $30\mu\text{m}$  程度であった。一方で、0.7mm 厚の場合、要求条件でも  $50\mu\text{m}$  以上の変形が見られた。ここから、2.0mm 厚を用いる事で、衝撃耐久性も満たす軽量化した分割鏡が作成可能と期待できるが、さらなる軽量化の可能性を探るために 1.3mm 厚での試験を再度繰り返した後、最終的な仕様を決定する予定である。

#### 国際会議発表

- The Optical system for the Large Size Telescope of the Cherenkov Telescope Array, M. Hayashida et al. for CTA consortium, The 34th International Cosmic Ray Conference (ICRC2015), Hague, Netherlands

#### 口頭発表

- CTA 大口径望遠鏡初号機の光学系開発状況と性能評価, 林田将明 他 CTA-Japan コンソーシアム、日本天文学会 2015 年 秋季年会(甲南大学)
- 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 他 CTA-Japan コンソーシアム、日本物理学会 2015 年秋季大会 (大阪市立大学)
- CTA 大口径望遠鏡用分割鏡制御システムの試験構造体を用いた運用試験. 深見哲志 他 CTA-Japan コンソーシアム、日本天文学会 2016 年春季年会 (首都大学東京)
- CTA 報告 107: CTA 大口径望遠鏡用分割鏡の性能評価, 長紀仁 他 CTA-Japan コンソーシアム、日本物理学会第 71 回年次大会 (東北学院大学)

#### 学位論文

- 修士論文 “次世代ガンマ線天文台 CTA の大口径望遠鏡用分割鏡の性能評価 —2f 法を用いた結像性能および反射率の評価—” 長紀仁 (茨城大学, 2015 年度)
- 修士論文 “CTA 大口径望遠鏡分割鏡能動制御システムの開発” 深見哲志 (東京大学, 2015 年度)

整理番号 E08