

平成 29 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（'18. 04.07 原稿）
英文：Development of the optical system for CTA Large size telescopes

研究代表者 林田将明（千葉大）
参加研究者 吉田龍生、片桐秀明（茨城大）、千川道幸（近畿大）、山本常夏（甲南大）、手嶋政廣、中嶋大輔、深見哲志、斎藤隆之（宇宙線研）、奥村暁（名古屋大）

研究成果概要

CTA 計画は高エネルギーガンマ線の観測精度を上げ宇宙で起こっている高エネルギー現象を観測する次世代大型国際共同計画である。3 種類の口径の撮像型大気チェレンコフ望遠鏡を南半球サイトに 100 台、北半球サイトに 20 台設置し 20GeV から 300TeV までのガンマ線を観測する。特に地上の望遠鏡アレイにより観測エネルギー閾値を 20GeV まで下げることは、宇宙をより深く観測することにつながる。これまで観測が難しかった遠方のブラックホールやガンマ線バーストなどの高エネルギー放射が測定できるようになり、宇宙の進化が高精度で解明されると期待されている。そのため一つの観測サイトに口径 23m の大口径望遠鏡を 4 台ずつ設置し検出感度を飛躍的に向上させる予定である。この大口径望遠鏡の要になるのが鏡である。大口径で、高速回転に耐える強度をもち、風雨にさらしても性能を保つ耐久性を持ち、駆動への負担を減らすために軽量でなければならない。さらに 30m 先のカメラにスポットサイズ（D80:全反射光量の 80%が入る円の直径）が 33 mm 以下、300 から 550nm の紫外線に対して反射率が 90%以上でなければならない。この厳しい要求を満たすために以下の仕様の紫外線反射鏡を開発し量産を行っている。

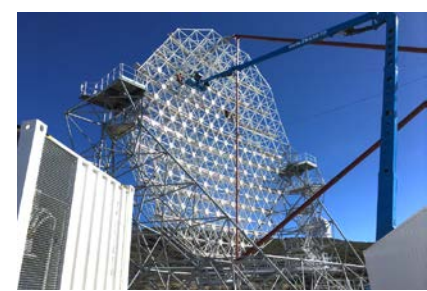


図 1、建設が進む大口径望遠鏡 1 号機に鏡を装着するための治具を取り付けているところ。大型の高所作業車を使い 220 枚の鏡を装着することになる。

- * アルミのハニカム構造体を 2.7 mm のガラス板ではさみ、型に押し付けて曲面の形状を転写しながら接着する。
- * アルミを含めた 5 層のスパッタリングコートにより、反射面の耐久性をあげると同時に紫外線の反射率を上げる。
- * 一つの鏡は対辺 1.51m の六角形で、これを一台の望遠鏡あたり 220 枚取り付ける。
- * それぞれの鏡に CMOS カメラを取り付け、常時反射面の方向をモニターし、2 本のアクチュエータにより調節する。

これだけの大きさの高反射率で高精度な鏡を量産できる生産システムは世界的に見てもユニークであり、産業への波及効果も大きい。2018 年までに 1000 枚の鏡を生産する

計画である。2017年度は1台目の大型望遠鏡完成に向けて以下の開発を行った。

* 鏡を量産し、そのすべてのスポットサイズと反射率を測定した。測定方法の開発から実際の測定まで修士課程の学生が中心になり製造メーカーと共同でデータベースを構築した。(図3)

* 量産した鏡を観測サイトがある LaPalma に輸送。

* 望遠鏡構造体の一部をドイツの研究所に建設し、それに実際に鏡を4枚取り付けてテストを行った(図2)。

* CMOS カメラとアクチュエータを制御するシステムを構築し、そのテストとインストールを行った。望遠鏡は向いている方向や駆動による加速度に応じてゆがんだり振動したりする。観測中すべての鏡の方向を CMOS カメラとレーザを使い高精度でモニターし、そのデータをワイヤレス通信を使いサーバーに送る。それぞれの鏡の最適な位置を計算しアクチュエータにより修正するシステムになっている。

* 測定データから一台目の望遠鏡に装着する鏡の選定とその取付位置の最適化を行った。鏡の位置により焦点距離が変わる。そのため数種類の焦点距離を持った鏡を製造しており、それぞれのスポットサイズの測定結果を使い鏡の配置の最適化を行っている。

* 鏡を望遠鏡に装着するための治具を望遠鏡に装着した。2018年10月からの観測に向けて望遠鏡の建設が進んでいる(図1)

2018年は1台目の望遠鏡にすべての鏡を装着し、観測を開始する。それと並行して2-4号機の望遠鏡建設の準備を進めることになる。

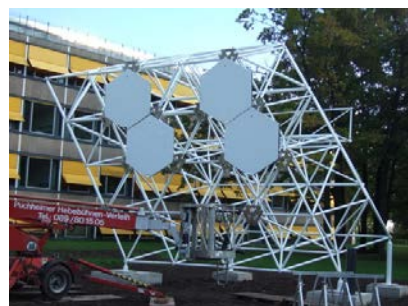


図2 ドイツのマックスプランク研究所に建設した望遠鏡構造体の一部。実際に4枚の鏡を取り付け、その方向を常時モニター・制御しながら、長期間の性能テストを行っている。

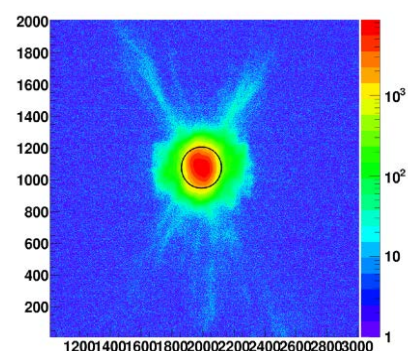


図3、鏡のスポットサイズの測定例。黒丸でD80が示されており、この測定結果では24mmになっている。