

平成 26 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名	和文：CTA 大口径望遠鏡ミラー較正システムの構築 英文：Development of the mirror alignment system for the 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）、 加賀谷 美佳（茨城大学、大学院生）、田中 駿也（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、准教授） 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） 花畑 義隆（東大宇宙線研、研究員）、齋藤 浩二（東大宇宙線研、研究員） 荻野 桃子（東大宇宙線研、大学院生）、小島 拓実（東大宇宙線研、大学院生） 奥村 暁（名古屋大学、助教）、野田 浩司（Max-Planck-Institute for Physics 研究員）
研究成果概要	<p>CTA 大口径望遠鏡の主鏡は、約 2m^2 の面積を持つ対辺 1.51 m の六角形をした球面分割鏡約 200 枚で構成される放物面鏡であり、その焦点距離は 28m である。本研究は、大口径望遠鏡構造体の自重によるたわみや風圧などの外的要因により発生する個々の分割鏡の光軸のずれを能動的に補正する、ミラー較正システム「Active Mirror Control (AMC)」の構築を目指したものである。</p> <p>具体的には、以下の手順で個々の分割鏡光軸のズレを測定し、較正を行う。</p> <ol style="list-style-type: none">1. 望遠鏡主鏡中央に固定設置されるレーザーにより光軸を定義し、カメラ筐体に据えた「スクリーン」に向けてレーザーを照射する。2. それぞれの分割鏡に搭載された CMOS カメラによりスクリーンを撮像して、レーザースポットの位置から個々の分割鏡の光軸のズレを求める。3. 上記のズレに応じて、分割鏡背面に取り付けられているアクチュエータを動かして、± 0.005 度の精度で分割鏡の方向を補正する。 <p>そこで、35mm 焦点のレンズと 1280×960 ピクセルの CMOS カメラ、システム制御用の single board PC を選定し導入した。CMOS カメラ、アクチュエータは、それぞれ、イーサネット(GigE) または「Xbee」と呼ばれるワイヤレスシリアル通信にて制御される。</p> <p>既存のライブラリを活用した画像取得とアクチュエータ制御、またレーザーのスポット位置の認識と決定、画像上のスポット位置からアクチュエータの稼働量の計算等の機能を組み込み、上記の一連の動作を行う AMC システムのプログラムを C++にて作成した。そのプログラムを用いて、実験室内にて 28m 先のスクリーンにレーザーを照射し、そのレーザースポット位置を画像解析にて決定し、指定の向きに鏡を動かす一連の動作</p>

を繰り返し試行した。その結果を図 1,2 に示す。

具体的には、指定位置から、ランダムな方向に最大 40 pixel(0.25 度)分鏡の向きをずらす (図 1)。その位置でレーザースポットを撮像し、そのスポット位置に基づきアクチュエータを制御し鏡を正しい向きに補正する。図 2 は上記の操作を 200 回試行した補正後の鏡の向きのズレを表している。緑の円が要求仕様である 0.005 度に対応しており、全ての試行で要求精度以内にて補正されていることが分かる。

この補正システムは、チェレンコフ望遠鏡にて導入される新しい方式であるが、本測定から、十分な性能にて機能することが示された。この後、複数の分割鏡を連続で校正するシステムに拡張し、屋外での試験を得て望遠鏡のシステムに組み込む予定である。

口頭発表

CTA 報告 87: 空気シャワーシミュレーションを用いた光学系パラメータに対する CTA 大口径望遠鏡の性能評価、荻野桃子 他 CTA-Japan コンソーシアム、日本物理学会第 70 回年次大会 (早稲田大)

CTA 報告 93: CTA 大口径望遠鏡用 AMC システムの開発及び試験構造体を用いた光学系試験 深見哲志 他 CTA-Japan コンソーシアム、日本物理学会第 70 回年次大会 (早稲田大)

CTA 大口径望遠鏡の分割鏡開発(7)、長 紀仁 他 CTA-Japan コンソーシアム、日本天文学会 2015 年春季年会 (大阪大学)

CTA 報告 83: CTA 大口径望遠鏡分割鏡の性能評価とシミュレーションによる光学系パラメータの考察、荻野桃子 他 CTA-Japan コンソーシアム、日本物理学会 2014 年秋季大会 (佐賀大)

CTA 報告 84: CTA 大口径望遠鏡用試験構造体を用いた光学系位置調整機構の試験、深見哲志 他 CTA-Japan コンソーシアム、日本物理学会 2014 年秋季大会 (佐賀大)

学位論文

修士論文 “次世代超高エネルギーガンマ線天文台 CTA のための分割鏡動的制御システムの開発” 小島拓実 (東京大学, 2014 年度)

修士論文 “CTA 大口径望遠鏡光学システムの性能測定と空気シャワーシミュレーションによる評価” 荻野桃子 (東京大学, 2014 年度)

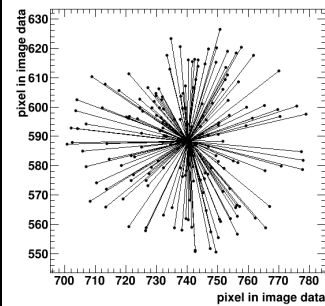


図 1. ランダムにずらしたスポットの CMOS カメラ画像上での位置 (試行前)。線は指定位置とそれぞれの開始位置をつないだもの。

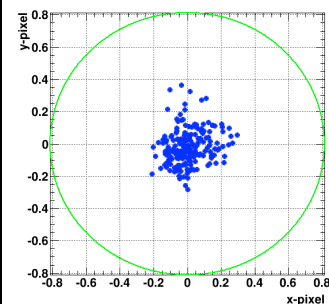


図 2. 補正後のスポットのカメラ上の位置。中心 (0,0)が指定位置で緑の円が要求精度(0.005 度相当)