

令和 7 年度（2025） 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名	和文：CTA 小口径望遠鏡用カメラの開発 英文：Development of camera for CTA small-sized telescopes
研究代表者	田島 宏康
参加研究者	奥村 暁、高橋 光成、Bang Sunghyun、河原崎 琉、安藤 大地、中森 健之、片桐 秀明、手嶋 政廣、野田 浩司、吉越 貴紀
研究成果概要	小口径望遠鏡は 1 台あたり 2048 個という多数の SiPM を使用し、天文台全体では 40 台以上が建設される予定であるため、この大規模システムにおいて安定した観測性能を長期間維持するには、個々の SiPM の信頼性を極めて高いレベルで確保し、その故障原因や発生頻度を正確に把握することが不可欠となる。採用した SiPM は、感度向上のために素子表面を覆う保護樹脂層を持たない特殊な構造を持つことから、湿気耐性が懸案事項であった。そのため、高湿度下での加速劣化試験を実施した結果、実効的な寿命として 1,000 年以上を達成できることを実証し、CTA 天文台が要求する長期運用に対する十分な妥当性を確立した。 また、保護樹脂層がないためシリコン表面の SiO_2 および Si_3N_4 から成る保護膜の干渉効果により、光検出効率に強い波長依存性が生じる。この特性を定量的に評価するため、2025 年度には分光計を基盤とする高精度な光学測定装置を立ち上げた。この装置を用い、供試体を回転させることで望遠鏡焦点面における光の入射角を模擬し、さらに望遠鏡の鏡面反射によって生じる光の偏光成分の影響を評価するため S 偏光・P 偏光での測定を行った。その結果、光検出効率の入射角依存性は偏光状態によって大きく異なり、特に P 偏光では顕著な入射角依存性を示し、入射角が大きくなるにつれて波長依存性の振幅が増大し、その位相もシフトする現象が観測された。一方、S 偏光ではシリコンのブルースター角（約 56°）近傍で反射率がほぼゼロになるため干渉の効果が抑制され、光検出効率が最大化することも確認できた。（図 1 参照）

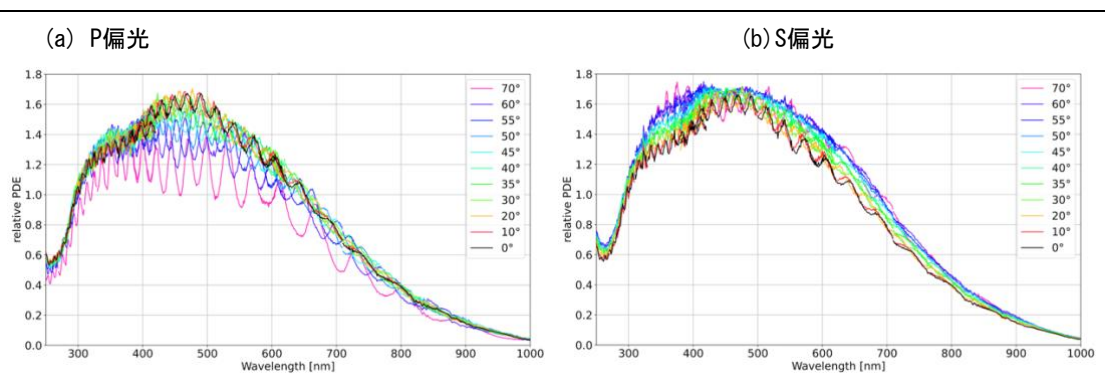


図1：様々な入射角度における光検出効率の波長依存性。

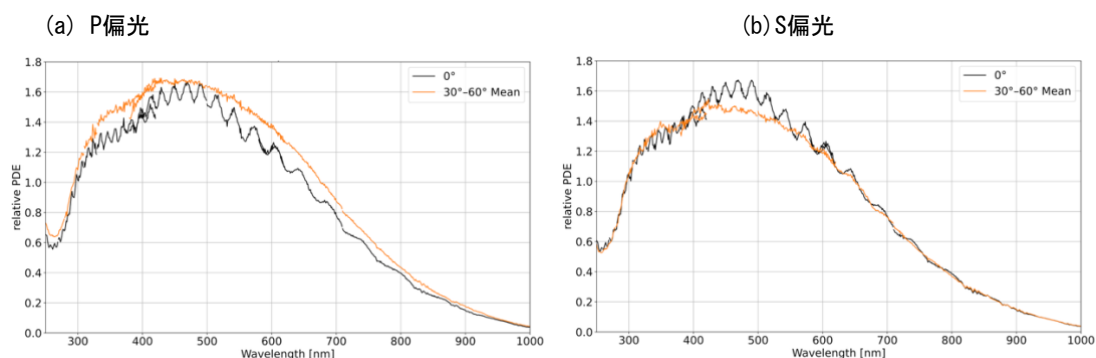


図2：カメラへの入射角分布で重み付けして積分した波長依存性。

これらの個々の SiPM が持つ複雑な特性が望遠鏡システム全体として及ぼす影響を評価するため、カメラ面に入射するチェレンコフ光が持つ 30° から 60° の角度分布で測定値を重み付けして積分した結果を図 2 に示す。その結果、異なる入射角で観測された位相の異なる波長依存性が互いに打ち消し合い、カメラ全体として平均化された光検出効率は、波長に対してなめらかになることが明らかになった。このことは、個々の SiPM 素子に光検出効率の波長依存性に関する個体差が存在したとしても、望遠鏡システム全体として見た場合、その影響は統計的に平均化されて緩和されることを示しており、SiPM の量産における較正の簡略化に大きく貢献する重要な知見である。