

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：大気蛍光望遠鏡の自動観測を目指した夜間雲量測定用 CCD カメラの開発と解析		
	英文：Development and analysis of night cloud observation by CCD camera for automatic observation of air fluorescence detector		
研究代表者	中部大学工学部	准教授	山崎勝也
参加研究者	信州大学工学部	助教	富田孝幸
	神奈川大学工学部	特別助教	池田大輔
研究成果概要			
宇宙線観測において用いられる大気蛍光法では、空気シャワーが大気中の窒素分子を励起する際に放出される蛍光光を地上の望遠鏡（大気蛍光望遠鏡、FD）で観測する。大気蛍光は大気中の分子やエアロゾルによって散乱・減衰されるため、高精度な宇宙線観測には大気透明度の継続的かつ定量的な計測が不可欠である。 TA 実験では CLF（Central Laser Facility）や LIDAR を用いて大気透明度を計測しているが、これらは高精度である一方、大型・高価であり大規模展開には適していない。TA 実験と Pierre Auger 実験が連携する GCOS（Global Cosmic ray Observatory）では現行の 10 倍規模での観測が計画されており、安価で展開容易な大気モニタの開発が急務となっている。 本研究では、TA サイトの 3 ヶ所（BR・LR・CLF）に 2010 年から設置・運用している魚眼レンズ搭載 CCD カメラを活用し、夜天画像に映る恒星の明るさから大気透明度を推定する手法の開発を目的とする。2024 年度には CMOS カメラと Raspberry Pi を用いた低コスト代替システム（導入コスト従来比約 1/5）の運用を開始しており（図 1）、2025 年度はこのシステムを活用した解析手法の確立を主眼として研究を進めた。 今年度の研究内容と成果 今年度は、BR に設置した CMOS カメラ（魚眼レンズ搭載）による全天夜天画像を用いて、恒星の光度から大気透明度を推定するための解析パイプラインを構築し			

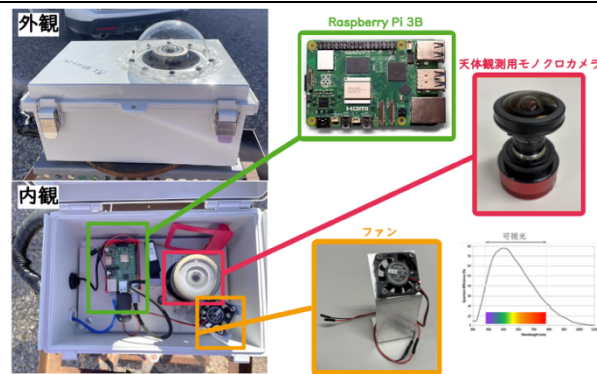


図1 TA サイト (BR) に設置したカメラシステムの外観 (左) および内観 (右)。魚眼レンズを搭載した CMOS カメラと Raspberry Pi 3B を収納した防水筐体を用いており、内部結露防止のためドームに向けたファンを備えている

た。魚眼レンズによる像の歪みを考慮した射影モデルを導入し、カメラの回転・傾きを含む姿勢パラメータを最適化する手法を新たに開発した。

従来の手法では星の同定において約 2° 以下の不定性が存在していたが、本手法の導入により平均 1 ピクセル未満の誤差で画像座標と天球座標の対応付けが可能となった (図 2)。

この姿勢推定精度の向上により、天体カタログとの高精度なマッチングが実現した。3 等級より明るい恒星を対象とした解析では、マッチング率は約 97% に達し、開き角は平均 0.078° であった。また、各恒星の観測光度を実視等級に基づいて 1 等級相当に換算する補正処理を行ったところ、異なる恒星であっても補正後の明るさが概ね一致することを確認した。これは補正手法が適切に機能していることを示すとともに、CCD カメラの出力が光量に対して概ね線形に応答していることを示している。

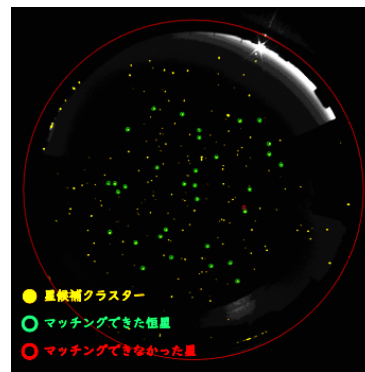
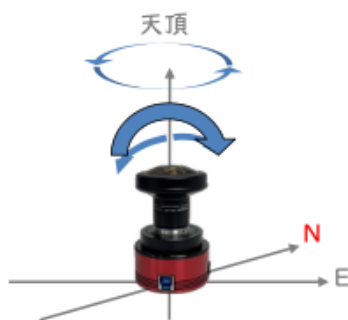


図 2 左：カメラ姿勢推定のイメージ。右：全天夜天画像における星同定の結果。黄色の塗りつぶし円が画像から検出した星候補クラスター、緑の輪郭円がマッチングに成功した恒星、赤の輪郭円がマッチングできなかった星をそれぞれ示す。3 等級より明るい恒星に対してマッチング率約 97% を達成した。