

平成 28 年度共同利用研究・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	富田孝幸	信州大学	工学部	助教
参加研究者	齊藤保典	信州大学	工学部	教授
	林幹樹	信州大学	工学部	修士 2 年
	池田大輔	東京大学	宇宙線研究所	特任助教
	藤井俊博	シカゴ大学	カブリ宇宙物理学研究所	ポスドク

研究成果概要

本研究の目的は、防犯等の使用目的で一般販売される魚眼レンズを搭載した CCD カメラを使用し、夜間の全天における雲量を見積もることである。使用する CCD カメラで得られる画像では雲の形状を具に捕えることは困難であるが、星に着目することにより雲量を見積もることが可能となる。また、一般販売される機器のみを使用することで、安価に装置を作成できる。

星抽出手法の確立

本機での観測は、米国ユタ州の TA 実験サイトにて 2010 年より継続しているため、手法確立のためのサンプルデータは潤沢である。装置外観と得られた画像を図 1・2 に示す。画像から CCD カメラによる夜天画像は晴天時に明度が高まり、曇天時に低下や雲の遠方に星の像は見られないことが知られている。よって解析方針には下記の 2 種を採用した。

- 1：画像全体の雲量・天候の判定
- 2：星の有無による雲分布の判定

- 1：画像全体の雲量・天候の判定

本機は、魚眼レンズを採用し全天の画像を得るため、地上付近まで撮影されるので人工的な光が映り込み、その散乱により低仰角の画像は明るくなる。対策として、図 3 に



図 1: TA 実験で使用する夜天観測用の CCD カメラ



図 2. 本機で撮影された夜天画像

示すように仰角と方位で9つの領域に画像を切り分けて領域ごとで明るさを評価として雲量スコアとした。

2：星の有無による雲分布の判定

図2に示す画像からは、星の有無によって雲による夜天の遮蔽領域が得られることが示唆される。星は画像においては明るいピクセルのクラスタとして記録されるため、明度の高いクラスタを抽出する必要がある。図4にその手法を示す。



図 3. 画像領域ごとの明るさによる雲スコアの例

従来手法との比較

開発した両手法と TA 実験における従来の雲量測定法である Eye-scan の比較を図5に示す。明度による雲量評価と星の数は、それぞれ黒線と灰色の線で表され、Eye-scan は明るい灰色の三角で示される。3つの評価は良い相関がある。

一方で TA 実験では CLF というレーザーを使用した大気透明度観測装置を運用している。レーザーの散乱の様子から CLF 直上の雲の様子を推定することが可能である。CLF に設置した CCD の鉛直方向の星量評価との比較を図6に示す。CLF からレーザーが雲による散乱で、完全な消散、一部のレーザーが消散する様子が理解でき、大まかな雲の光学的厚みを見積もられる。全く雲による散乱が検出されない場合の3評価と CCD による CLF 上空の星量の相関を示したものが図6である。

以上の成果から本機『魚眼レンズ搭載の CCD カメラ』の画像から雲量、雲分布を推定可能であることが示された。

以下に本研究に関する主な発表を挙げる。

1. 「タイトル：TA 実験 286：CCD カメラによる TA 実験サイトの夜間晴天率の評価」、富田孝幸、龍吟、齊藤保典、山崎勝也、日本物理学会 2016 年秋季大会
2. “Night sky weather monitoring system using Fish-eye CCD”, T. Tomida, Y. Saito, R. Nakamura, K. Yamazaki, UHECR2016 (Kyoto)
3. 「宇宙線望遠鏡実験における魚眼 CCD を用いた夜間天候モニタリングシステムの開発」、中村凌、卒業論文 (信州大学)

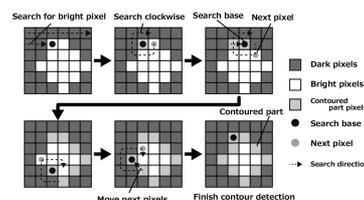


図 4. 高強度ピクセルによるクラスタの抽出手法

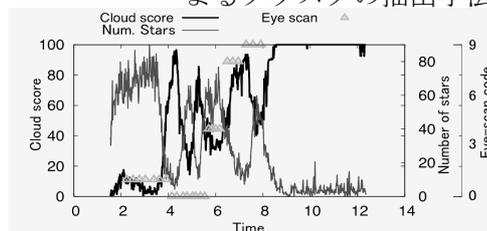


図 5. CCD 画像による雲量スコア、星数の計測と従来法の Eye-scan の比

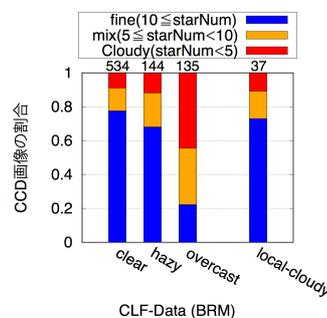


図 6. CCD 画像からの星量と CLF レーザー散乱による天候評価の関係