

# 2021年度国立天文台共同開発研究成果報告書

2022年 4月 21日

国立天文台長 殿

研究代表者	氏名	さこう しげゆき 酒向 重行
	所属・職	東京大学大学院理学系研究科附属天文学教育研究センター・准教授
	研究課題名	小型赤外線全天雲モニタの開発
研究実績	<p>本研究では民生用ボロメータカメラ(波長8-12<math>\mu</math>m, 80 x 80画素)と富士山型ミラーを組み合わせることで、全天の雲の分布を一度に監視できる中間赤外線カメラシステムを実現する。中間赤外線監視することで、可視光で問題となる月、街明かり等の散乱による雲の誤判定が大幅に低減される。本研究では赤外線の時系列画像に対してCNN(畳み込みニューラルネットワーク)とその時間発展版であるLSTM(長・短期記憶)を組み合わせた機械学習モデルを適用することで近未来の雲分布をリアルタイムで予測し、空の晴れ間を狙った効率的な自動観測を実現するソフトウェアシステムも開発する。本研究により、小型・低コスト・耐環境性を兼ねそろえ、複製が容易な中間赤外線全天雲モニタシステムが実現される。このシステムを国立天文台が主導する光赤外線大学間連携事業などを通じて国内の大学・研究機関に導入することで、突発天体の迅速かつ効率的な観測ネットワークの構築が可能になる。</p> <p>2年計画の1年目のあたる本年度は以下の研究開発を実施した。(1)小型赤外線全天雲モニタの全体の概念設計を実施した。(2)温度値のみを出力する仕様の既製品カメラモジュール(LW10F42-ET)に、放射強度値の出力機能を追加する改修をカメラメーカーに依頼、10月に納品された。(3)カメラモジュールをUDP通信で制御し、連続して取得した複数枚のフレームをcubeFITS形式で保存するコードをpythonにて開発した。(4)システム全体の光学設計を実施し富士山型ミラーの形状を決定した。(5)富士山型ミラーを精密切削加工機にてアルミニウム合金A6061から製作した。(6)鏡の耐環境コートのサンプルを国立天文台先端技術センターの赤外フーリエ分光器にて測定し評価した。結果、フッ素コートを採用することとした。(7)本システムの試験用アルミフレーム筐体の設計と製作を実施した。(8)カメラモジュール、鏡、フレーム筐体の組み立てと調整を実施し設計通りの光学性能が達成されることを確認した。(9)カメラモジュールで得られる天地反転の全天画像を、通常の全天画像に変換するためのソフトウェアを開発した。(10)温度と放射率が既知の物体(水、液体窒素など)からの赤外線放射をカメラモジュールで測定することで、放射強度出力値のバイアスと線形性をボロメータチップの温度に対して補正する関係式を導出し補正項としてソフトウェアに組み込んだ。(11)発泡スチロール製半球殻を黒体光源として本システムにかぶせることで、フラットと放射強度の絶対値のキャリブレーションを実施した。(12)2021年12月1-2日に東京大学木曾観測所の本館屋上に本システムを設置し試験観測を実施した。可視光全天カメラの雲画像と比較することで、雲の分布をとらえていること、昼夜問わず屋外で連続観測できること、月明かり・街明かりの影響を受けないこと、太陽像の結像による焼き付けの問題が発生しないこと、降雨の後の短時間に鏡表面が乾燥すること等を確認した。(13)カメラモジュールの再キャリブレーションを三鷹にて実施した後、2022年1月12日より木曾観測所にて長期の試験観測を実施した。(14)測定される放射強度に閾値を設定することで、空の各RA,Dec領域の雲の有無を出力するコードを開発した。(15)本システムの出力データをリアルタイムで閲覧できるウェブサービスを開発した。いずれも計画通り順調に進んだが、耐環境フッ素コートについては付着強度不足に起因する剥離が観察された。</p>	
研究の活用	<p>本研究では富士山型ミラーと耐環境型ボロメータカメラモジュールを組み合わせることで小型の赤外線全天雲モニタを実現できることを実際に示した。この技術成果をもとに普及品を開発することで複数の望遠鏡施設への導入が可能になる。機械学習による雲分布の予測モデルを組み込むことで、より効率的かつ機能的な全天雲モニタシステムに更新できる。</p>	

国立天文台共同開発研究 報告書(別紙)

氏名 酒向重行	所属 東京大学大学院理学系研究科附属天文学教育 研究センター	研究課題名 小型赤外線全天雲モニタの開発	ID
------------	--------------------------------------	-------------------------	----

回答日: 2022年4月21日

1 欧文論文(査読あり)

記述不要	著者(DOIが付与されてい れば記述不要)	出版年	論文名	雑誌名	巻(※1)	ページもしくはID(DOIが付与され ていれば記述不要)	DOI	調査年度	備考

2 和文論文(査読あり)

筆頭著者名 ローマ字表記	著者(DOIが付与されてい れば記入不要)	出版年	論文名	雑誌名	巻(※1)	ページもしくはID(DOIが付与され ていれば記述不要)	DOI (付与されている場合)	調査年度	備考

3 国内・国際会議講演、学会発表等

記述不要	講演者	年	講演名	会議等名	開催場所・開催日	招待講演(※2)	調査年度	備考
	津々木里咲	2021	全天赤外線雲モニタの開発	木曾シュミットシンポジウム2021	東京大学木曾観測所・2021年10月4日			
	津々木里咲	2021	全天赤外線雲モニタの開発	可視赤外線装置ワークショップ2021	国立天文台三鷹キャンパス・2021年12月9日			

4 修士/博士論文

記述不要	著者	学位授 与年度	論文名	学位授与大学	言語	取得学位	DOI (付与されている場合)	調査年度	備考

5 その他

東京大学天文学科卒業研究発表会(津々木, 2022.2.10)  
特許出願(発明者 酒向, 津々木, 東京大学より), 出願日2022年4月7日, 出願番号JP.2022063954.A, 現在審査中

(※1)巻がない場合は省略可。また、号の記載が必要な場合は巻の後ろに括弧で記載する。(例:57(12))  
(※2)招待講演の場合には「\*」を記載する。