

2019（令和元）年度 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：ドローンに搭載された標準光源による大気蛍光望遠鏡の検出器応答および光学系の較正

英文：Calibration of fluorescence detector response and optical system with standard light source mounted on UAV

研究代表者 富田 孝幸 信州大学 助教

参加研究者 多米田 裕一郎 大阪電気通信大学 講師

稲富 大地 信州大学 修士2年

佐野 賢吾 信州大学 修士1年

奥 悠弥 大阪電気通信大学 修士1年

研究成果概要

本研究（Opt-copter）の最終目標は、大気蛍光望遠鏡(FD)の応答および幾何光学系の較正手法の確立である。本年度は望遠鏡の視野方向の解析に関して確立した。

1. 解析手法の開発

TA 実験の FD における既存の補正值測定に対し、2018 年度の試験飛行データにて開発した FD 視野方向の解析手法の2つを記す。

2. 検出素子の不感領域を利用した視野方向解析

前述のとおり、光源の受光像は FD の1ピクセルよりも十分に小さい。これにより光源位置毎の受光量を評価することでピクセル間の不感領域を映し出すことが可能となる。不感領域の解析により得られたピクセル形状と既知のピクセル情報を比較することにより、解析に使用する較正值を決定する。本試験で測定対象となった12台のFDにおける視野中心付近の受光量マップと既知のピクセル外形の比較を示す。TA 実験の FD は奇数 ID 機が下視野、偶数 ID が上視野を示す。下視野の受光量マップではピクセル形状が確認されるが、上視野では ID 4 番を除き明確な輪郭が確認できなかった。これは望遠鏡の集光性能が低いため、光源の実像が不感領域よりも大きいことが想定される。望遠鏡建設時の従事者によると ID 4 が最初期に設置され、上視野の鏡設定には集光性能確認装置の設置難度高かった情報が得られた。本手法では限られた FD の視野方向の測定に留まったが視覚的に開発機の性能が確認された。

3. 望遠鏡による受光量重心を利用した視野方向解析

他方の手法は受光像と光源位置の直接比較である。しかし、前述にあるように受光像が FD の1ピクセルよりも小さいため、像の形状を詳細に把握することは困難である。このため、像の代表値として受光信号の重心を用いるたが、重心も1回の発光に対する算出では、像の中心を含むピクセルの中心へ偏ることとなる。これを解消するために統計的に複数回の受光信号の重心の平均と光源位置を比較する。12台のFDにおける視野中心ピクセルにおける受光信号の重心と光源位置の差分および、その平均（図中赤点）を示す散布図を示す。

4. 測定および較正值の評価

5. 宇宙線望遠鏡の幾何光学性能の評価

前章で開発した解析手法で得られた視野方向と既知値の差分をまとめた表を示す。2手法により得られた既知値との差分は定性的に同方向であり、両解析にて本機、本手法の解析能が確認された。また、重心による解析では集光性能の低いFDがよりバラツキが小さいものの集光性能に寄らず全FDでの解析に成功しており、中心値の評価であることから統計誤差は平均値

の標準誤差により $\pm 0.005^\circ$ 未満と高精度の数値を得るに至った。

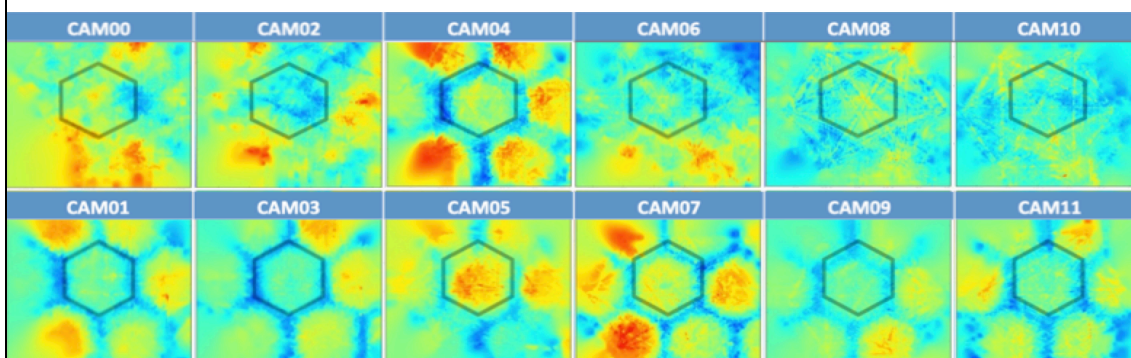


図 4：受光量マップと既知のピクセル外形

表 2：低受光量によるピクセル形状と既知のピクセル外形の差分

CAM00	CAM02	CAM04	CAM06	CAM08	CAM10
-0.19	0.27	0.05	0.50	0.02	0.50
0.33	0.34	-0.06	0.46	-0.21	0.44
CAM01	CAM03	CAM05	CAM07	CAM09	CAM11
-0.05	0.01	0.01	-0.04	-0.10	0.01
-0.04	-0.03	-0.25	-0.15	-0.22	-0.19

表 2：受光信号の重心と光源位置の差分

CAM00	CAM02	CAM04	CAM06	CAM08	CAM10
0.05	0.04	0.04	0.01	0.01	-0.02
0.11	0.02	-0.04	-0.05	-0.12	-0.14
CAM01	CAM03	CAM05	CAM07	CAM09	CAM11
0	0.04	0.02	-0.04	-0.05	0.01
-0.04	-0.03	-0.12	-0.14	-0.19	-0.15

以下に、本研究に関する主な発表を挙げる。

1. Takayuki Tomida et al., “Geometry calibration of Fluorescence Detector using standard light source mounted on UAV”, 36th International Cosmic Ray Conference (ICRC2019),
2. K. Sano et al., “Study for sensor sensitivity calibration of fluorescence telescope using light source mounted on the UAV”, The 16th International Conference on Topics in Astroparticle and Underground Physics (TAUP 2019)
3. 佐野賢吾 他 6 名, TA 実験 334: UAV 搭載型光源による大気蛍光望遠鏡の視野方向解析, 日本物理学会第 75 回年次大会 (2020 年)