

# 3Dプリンタとスマートフォンのカメラを用いた天体の簡易分光器の制作

長野県松本深志高等学校 地学会 分光班:

伊藤 弘也、小林 剛士(高2)、野口 真之介、望月 真悠子、百瀬 弘基、代田 紗希(高1)【長野県松本深志高等学校】

## 要旨

我々は、3Dプリンタを用いて製作可能な、可視光簡易分光器の開発を行った。本装置はオープンソースハードウェアとして設計を公開し、誰でも製作・運用が可能であることを目指している。

## 1. 研究の背景

我々の所属する松本深志高校地学会は、口径150 mmの望遠鏡と赤道儀を保有している。しかし、現状では黒点観測や観望といった限られた用途にしか使用されていない。そこで、既存の観測設備で運用可能な分光器を安価に自作しようと試みた。

また、現在天体望遠鏡を保有する高校は全国的には一定数存在しているが、分光観測のできる設備を保有する公立高校は稀である。その原因として、分光器が非常に高価(10万円以上)かつ運用に知識や技術が必要となることが要因として挙げられる。アマチュア天文家においても天体の分光観測を行っている例は少ない。

以上のことから、高校天文台程度での設備環境でも運用可能な「安価かつ手軽な簡易分光器」を目標として制作を開始した。

## 2. 方法

制作にあたって、撮像にはスマートフォンのカメラを使用し、筐体を3Dプリンタで造形した。分散素子は格子数 1200 lines/mm のガラス製回折格子を使用した。また、コリメーターにはScopetech製のKe25接眼鏡を使用した。制作した分光器の構成を示す(図1)。

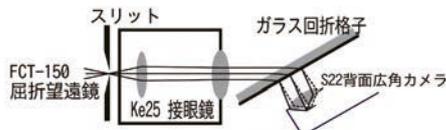


図1 分光器の光が通る道筋

スリット部は2枚のカッター刃を対向させて配置し制作した。本体設計はFreeCADで行い、3Dプリンタで出力した。

また、どのような環境でも観測を可能にするため、撮像から一次解析まで完結させることができるスマートフォン用アプリケーションを独自に開発した。

### 2.1 画像処理

開発したAndroidアプリケーションでは、OpenCVを用いてスタッキングを行い、TIFF画像形式で端末内に保存する仕様とした。得られた画像をアプリケーションで開くとダーク減算・波長較正・感度較正が行え、最終的には波長-相対強度のCSVファイルが得られる。このようにOpenCVを利用することで、画像の一次処理がスマートフォン内で完結するようにした。

### 2.2 波長較正

波長較正は、Fraunhofer線、ネオンランプ、蛍光灯などのスペクトルを観測時に撮影し、スマートフォンの画面上で手動で行えるようにした。

### 2.3 感度較正

まず、スマートフォンのカメラの感度特性を把握するため

に、太陽光を観測した。大気の影響の程度を調べるため、太陽高度が $14^\circ$ と $31^\circ$ の2回に分けて観測を行ったが、有意な差異が確認できなかったため、大気補正は行わないものとした。感度較正用の参照スペクトルはTSIS-1 HSR[2]を使用した。Gaussian blurで波長分解能を揃えたのち、C++を用いたプログラムによって除算し、感度特性を計算した(図2)。

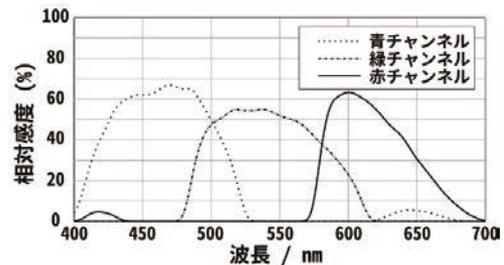


図2 太陽光により算出したそれぞれの感度曲線

## 3. 結果と考察

2.3で得られた太陽光スペクトルのH $\alpha$ 線の吸収線では、半値幅(FWHM)は1.20 nmであった。このことから、分光器の波長分解能は $R=540$ を達成していると考えられる。また、400 nm から 700 nm までの可視光全域のスペクトルが一度の観測で得られた。

## 4. まとめ及び今後の展望

$R=540$ という十分な波長分解能を達成し、分光器一台あたりの制作費は約16,000円となった。Shelyak社製Alpy600(波長分解能 $R=600$ , 239,000円)などの市販されている分光器[3]と比較すると、分解能は及ばないものの価格を約1/15ほどに抑えられた。また、一次解析まで本システム内で完結させることができ、「安価かつ手軽な分光器」という目標は十分に達成されたと考える。

今後の展望として、実際に天体の科学観測を行い、実用的な性能を持つことを示したい。また、分光観測専用になされたスマートフォンを導入するなど、地学会において継続的な観測を行える体制を構築することが今後の課題である。

## 5. 参考文献

- [1] 現代の天文学15 宇宙の観測 1[第2版] 光・赤外天文学 日本評論社 (2017).
- [2] LISIRD TSIS-1 Hybrid Solar Reference Spectrum, [https://lasp.colorado.edu/lisird/data/tsis1\\_hsr\\_spectrum.plnm](https://lasp.colorado.edu/lisird/data/tsis1_hsr_spectrum.plnm) (2026年1月11日閲覧).
- [3] 国際光器 Shelyak Alpy600, <https://kokusai-kohki.shop-pro.jp/?pid=133167234> (2026年1月13日閲覧).

## 6. 謝辞

本研究にあたり、専門的なご助言をいただきました、信州大学全学教育センター・教授 三澤 透先生、信州大学教育・学生支援機構データサイエンス教育推進本部・准教授 松本 成司先生、米国ワシントン大学工学部名誉教授 大内 二三夫先生 に深く感謝いたします。