

# 29P 3Dプリンタとスマートフォンのカメラを用いた天体用簡易分光器の制作

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】

## 緒言

我々の所属する松本深志高校地学会は、口径150 mmの望遠鏡と据置き型の赤道儀を保有している。しかし、現状では「黒点観測」や年に数回行われる観望といった限られた用途にしか使用されていない。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)であることや、運用に知識や技術が必要となることが挙げられる。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、**地学会の既存設備で運用可能な「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。

## 手法

### 0.全体の構成

簡易分光器の制作にあたって、撮像にはスマートフォンのカメラを使用し、筐体をFreeCADで設計を行い、3Dプリンタで出力することとした。分散素子は格子数 1200 lines/mm 回折格子を使用した。Aliexpressでガラス製のものを入手した。また、コリメーターにはScopetech製のKe25接眼鏡を使用した。結像鏡と検出器はGalaxy S22スマートフォンの背面カメラを採用した。制作した分光器の構成を示す(図1)。

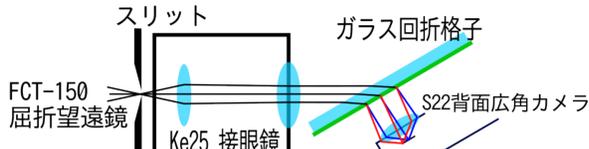


図1 分光器の構成

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。

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できるスマートフォン用アプリケーションをAndroid Studioを用いて独自に開発した**。これによって撮影と処理を単一の機材で完結させ、パソコンのない環境でもスペクトルを得ることができる。スマートフォンの通信を利用して観測データを即座にアップロードする、といった運用も可能である(図2)。

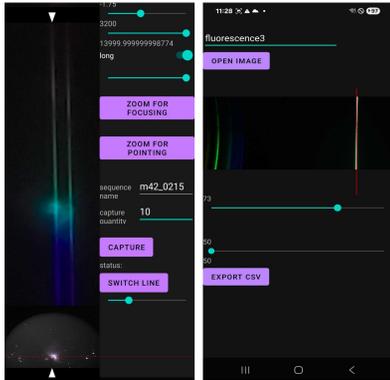


図2 分光器アプリケーションのスクリーンショット。左は撮像画面、右は校正画面。

### 1.設計

分光器の本体はFreeCADで設計し、3Dプリンタで出力をした。素材は印刷の容易なPLAを使用した。スマートフォンは上下から挟み、摩擦力で固定をする。

### 2.画像処理

Galaxy S22スマートフォンでは、Camera2APIを用いることで、12bitのDNG画像が取得できる。開発したAndroidアプリケーションでは、OpenCVを用いてこれらの生画像を自動的にスタッキングし、32bitの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・波長校正・感度校正が行え、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なった。また、検出器のBayer配列により、波長方向でRチャンネルとBチャンネルの画素数が半分になるため、線形補間をした。

### 3.波長校正

このシステムでは回折格子からの0次光と1次光を同時に検出器で取得可能である。そのため波長校正は、0次光の位置を指定すると相対位置から自動的に行われるようにした。波長校正には3次のLagrange補間を使用した。この処理による波長の誤差は±2 nm以内であった。

### 4.感度校正

感度校正は、豆電球を用いて行った。豆電球を観測したのち、Planckの法則により黒体放射のスペクトルを計算して除算した(図3)。温度は校正後のスペクトルの整合性を確認しながら調整し、2430 Kとした。この処理については、PCでC++を用いて行った。

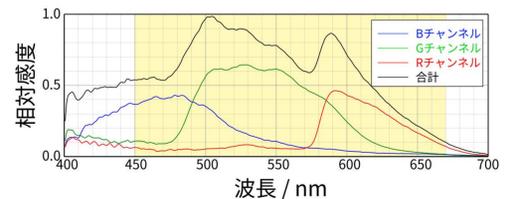


図3 計算した感度分布。黄色い領域は本分光器の有効観測波長域

## 結果と考察

性能評価のため、蛍光灯(一般形)を観測した(図4)。

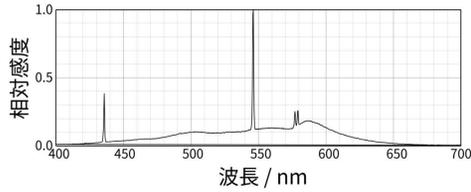


図4 蛍光灯(一般形)の観測結果。波長校正のみ行っている。

435 nmの輝線で半値幅(FWHM)が0.73 nm、546 nmの輝線では0.90 nmであった。このことから、波長分解能はR=600程度と考えられる。また、観測波長域で分解能Rが一定であったことから、本分光器の光学設計には無理が無いと考えられる。

次に、分光器単体での太陽光の分光を行った。(図5)

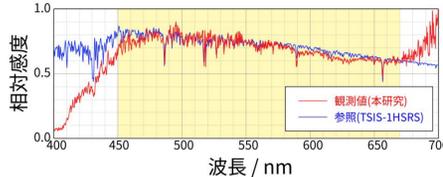


図5 太陽光の観測結果。黄色い領域は観測波長域。参照データは、比較しやすくするため FWHM0.5 nmのGaussian blurを適用してある。

450 nm ~ 670 nmの範囲で、TSIS-1HSRS<sup>[1]</sup>の公開データと良好な一致を示している。この結果から、感度校正は450 nm ~ 670 nmの範囲で有効であると考える。

最後に、M42を対象とした試験観測を行った(図6)。

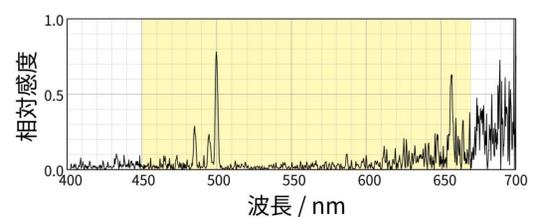


図6 M42の観測結果。黄色い領域は観測波長域。Vixen SD81SII望遠鏡・AP-WLマウント・13秒20枚スタック

H $\beta$ 、[O III]、H $\alpha$ の輝線が確認できる。望遠鏡に取りつけての観測、スリットによる面光源の分光も問題なく行えることが分かった。

一方で、総露出時間が260秒と短く、長波長側の低光量域においてショット雑音が目立っている。今後は、露光時間を延長することで、S/N比の向上が期待できる。

以上の観測結果から、本研究で制作した分光器は、天体用の分光器として一定の性能で機能すると考える。

## まとめと今後の展望

R=600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33,000円となった。うちスマートフォンが27,000円、分光器本体が6,000円である。市販されている分光器であるShelyak社製Alpy600<sup>[2]</sup>と比較すると、分解能を同程度に保ち、観測波長域は狭くなるものの価格を約1/7以下に抑えることができた。また、Alpy600は分光器本体のみの製品であるが、本研究で開発した分光器は分光機能に加えて撮像・一次解析機能を含んでおり、「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(表2)。

開発したアプリケーションはGitHubでソースコードを公開した(図7)。本体の設計や使用法なども随時公開したい。

今後の展望は、より実践的な天体の科学観測を行い、実用的な性能を持つことを示すことである。また、一次処理をリアルタイムに行い、ライブでスペクトルを得るなど、より高度な運用が可能になるようなアプリケーションの発展も目標としたい。



図7 legrs/simple-spectroscopy-app

	Alpy600 <sup>[2]</sup>	本研究で開発した分光器「MarkIII」
波長分解能	~ 600	~ 600
観測波長域	360 nm ~ 850 nm	450 nm ~ 670 nm
検出器	含まない	含む
一次処理	PC必須	分光器システム内で完結
価格	239,000 円	33,000 円

表2 Alpy600<sup>[2]</sup>との性能・機能・価格の比較表

## 参考文献・謝辞

- [1] LISIRD TSIS-1 Hybrid Solar Reference Spectrum, [https://lasp.colorado.edu/lisird/data/tsis1\\_hsrp1nm](https://lasp.colorado.edu/lisird/data/tsis1_hsrp1nm)(2026年1月11日閲覧)。
- [2] 国際光器 Shelyak Alpy600, <https://kokusai-kohki.shop-pro.jp/?pid=133167234>(2026年1月13日閲覧)。

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。