

小型望遠鏡用低分散分光器「光藝」の開発

小林仁美 (LLP 京都虹光房, h_kobayashi@kyoto-nijikoubou.com)

吉川智裕、池田優二 (LLP 京都虹光房)

・要旨

突発天体の観測的研究において、機動性の高い小型望遠鏡を用いた長期分光モニター観測データは、重要な研究材料である。それにも関わらず、プロ仕様にした小型望遠鏡用の分光器は残念ながら市販されていない。そこで我々は、20~30cm 口径に最適化した小型分光器「光藝」を開発した。光藝は、波長分解能 $R \sim 300$ の可視低分散分光器であり、高いスループット ($\sim 50\% @ 600\text{nm}$) を達成している。本稿では、そのスペックと観測例を紹介する。

1. イントロダクション

フラウンフォーファ線で有名なフラウンフォーファや、天文分光学の黎明期に活躍したハギンスは、元々プロの天文学者ではなかった[1]が、アマチュアならではの独特なアイデアで天文学の発展に寄与してきた。彼らの熱心な観測と考察はその後 100 年の天文学の発展を決定づけたと言っても過言ではない。観測天文学という分野は、プロだけでなくアマチュア天文家の寄与が大きな影響を与える珍しい研究分野だと言える。日本でも独自の天文台や望遠鏡機材を利用した突発天体探査や、プロさながらの分光観測的研究を進めるアマチュア天文家もいる。ただしそれらの機材は自主開発品が大半で、必ずしもすべての人が装置に詳しくない状況においては、この分野に新規参入したいアマチュア天文家の 1 つの大きなハードルとなっている。

LLP 京都虹光房は、物理や天文研究にバックグラウンドを持つ者で構成される事業体で、その専門性を生かして光学機器の設計・開発・コンサルティング、天文に関連した著作・講演会への講師派遣、観測や物理実験データ解析補助などを事業として行っている。その活動の一環として、15~40cm クラスのアマチュア用望遠鏡をターゲットにした、プロ仕様分光器の開発を行った。社名にもある「虹」を使い、純度の高い色を放つスペクトルの美しさを工芸品に見立て、「光藝 (こうげい)」と名付けた。



図1：光藝の全体図（左）および望遠鏡に取り付けた様子（右）

2. 光藝のスペックと特徴

光藝の詳細スペックを表1にまとめる。

表1：光藝の詳細スペック

分光器 本体	方式	透過光学系タイプ ロングスリット分光器
	波長域	380~720 nm (500~900 nm*)
	波長分解能 ($\lambda/\Delta\lambda$)	~300 @600 nm (~600@600 nm*)
	スリット幅×長さ	6" × 120" (3" × 120"**) **
	サイズ (本体のみ)	90 mm × 100 mm × 50 mm
	質量 (本体のみ)	~650 g
	サイエンスカメラインターフェース	Cマウント
望遠鏡	望遠鏡F値	f/10
	望遠鏡インターフェース	M50 以上
	望遠鏡バックフォーカス	70 mm以上
カメラ サイエンス (別売)	推奨チップサイズ	6.4 mm × 4.8 mm (1/2"サイズ) 以上
	推奨ピクセルサイズ	8.3 μ m以下
	ピクセルスケール (Bitran BU-50LNの場合)	1.5"/ピクセル** 0.5nm/ピクセル@600nm (R~300)
スリット ビューワ	方式	スリットミラータイプ
	推奨チップサイズ	6.4mm × 4.8 mm (1/2") 以上
	視野	10.5' × 7.9'**
	ピクセルスケール (Imaging Source DMK41AU02の場合)	0.46"/ピクセル**

開発にあたり、以下の3点をコンセプトとした。

1) 小型・軽量化

既設の小型望遠鏡に大掛かりな装置を取り付ける場合、取り付けの際の干渉回避や鏡筒バランス調整のための大がかりな改造を行う必要が生じることがある。そうした手間を可能な限りなくすように、サイズおよび重量には最大限に気を遣った。その結果、検出器を含めて300mm x 200mm x 100mm、本体重量650gと非常に小型かつ軽量の筐体を実現できた。また、キャリーケースに収め、安全に観測サイトへ持ち運ぶことが可能である。

2) 高いスループット (~50%@600nm)

入射スリットでの光量損失(スリット・ロス)を抑えるために、国内シーイングサイズ(~3")と小型望遠鏡架台のトラッキング精度を考慮し、波長分解能(R~300@600nm)を維持しつつ、スリット幅をできるだけ広く設定した(6"@28cm F/10 望遠鏡)。海外で製造される小型の分光器は、装置の大型化を避けるために比較的狭いスリット幅(~2"@同望遠鏡)を採用しており、点光源を観測する場合でも大きなスリットロスが発生し、望遠鏡口径を十分に生かしてきれていないことがある。また、面光源の感度を高めるために、カメラ系のF値を小さくする(F/4)縮小光学系を採用している。採用したレンズのARコートや反射ミラーの増反射膜にも最大限の気を遣い、回折格子において最大効率を実現できるリトローが実現可能な透過型グレーティングを用いることで、最終的におよそ50%(@600nm)という高いスループットを実現できている(プロ用の分光器でさえ、スループットは30%以下という装置は珍しくない)。

3) 統合ソフトウェアシステム

観測の効率を上げ、適切な解析を行うためには、データの取得からスペクトルの解析までをサポートする統合ソフトウェアシステムが重要となる。光藝付属のソフトウェアでは、分光器の駆動のみならず、スリットビューワ、望遠鏡架台を統合制御し、かつ取得したデータをその場で1次元スペクトルまで解析することを可能にしている。コンシューマー向けのノートパソコンでの動作を前提に、OSはWindows 7, 8.1, 10をターゲットに開発を進めている。

3. 光藝を用いた観測例

1) 恒星のスペクトル分類

図2は、光藝を用いて観測した恒星スペクトルである。

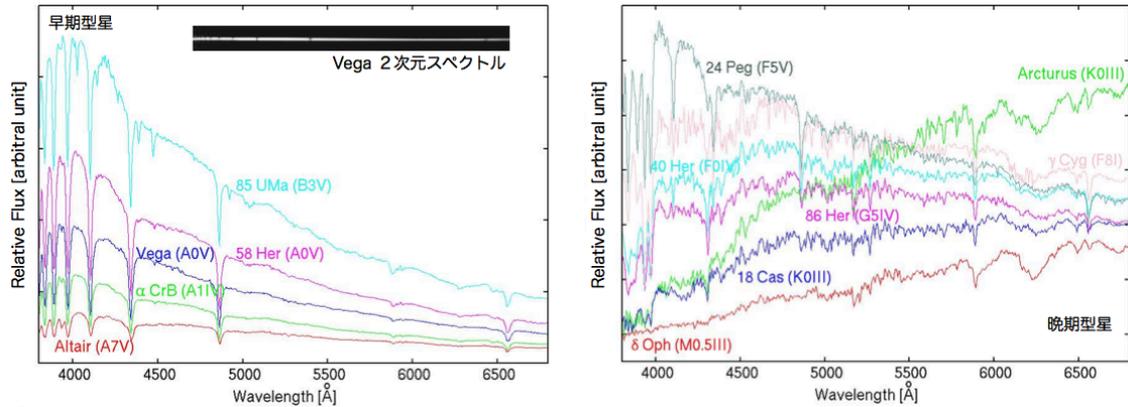


図2：光藝を用いて撮影した恒星のスペクトル（右）早期型星（左）晚期型星

2) その他の観測テーマ例

以下、光藝を用いて行うことのできる観測テーマ例を列举する。

- ・輝線天体（Be星・共生星・AGN・前主系列星…）の分光モニター観測
- ・輝線天体の分光診断
- ・彗星の化学組成観測
(来年の冬～春にかけて候補天体多数！)
- ・各種突発天体（新星・超新星）の分光モニター観測
- ・低温度性（炭素星・赤色超巨星）の分子分光観測
- ・小惑星のタイプ決定

Reference: [1] 小暮智一, 2015, 現代天文学 (京都大学学術出版会)