線スペクトル偏光分光装置
第 1 回試験観測における装置効率に関して

東北大学大学院理学研究科天文学専攻
博士課程後期 3 年
秋田谷 洋

2001 年 6 月 6 日

1 はじめに

2001 年 3 月の試験観測期における装置の効率の測定 (但し空の減光は補正せず) を行った。

2 測定方法

2001 年 3 月 24 日に観測した α Lyr (Vega) の 30 次スペクトル ($6320 - 6440$Å) を用いた。観測条件は『hazy 天頂付近は晴れているが低い方は雲』。高度 $\sim 34^{\circ}$。波長板方位角 0° で 60 秒積分、3 枚の画像を取得した。

天体の AB magnitude の測定値 $m_{\rm AB}(\lambda)$、天体本来の AB magnitude $m_{\rm AB0}(\lambda)$ を用いて、装置内の減光 $A_{\rm inst}(\lambda)$ は、

$$A_{\rm inst}(\lambda) = m_{\rm AB}(\lambda) - m_{\rm AB0}(\lambda)$$

と書ける。ここで、$m_{\rm AB}(\lambda)$ は、

$$m_{\rm AB}(\lambda) = -2.5 \log_{10} \left(2.33 \times 10^{-7} \frac{2I(\lambda)\lambda}{gD^2 \Delta t \Delta\lambda} \right)$$

(λ: 波長 (Å) $I(\lambda)$: 天体のカウント数 (ADU/pixel 幅)、g: CCD gain (ADU/e$^-$)、D: 主鏡直径 (cm)、Δt: 積分時間 (sec)、$\Delta\lambda$: ピクセルあたりの波長幅 (Å/pixel)、$I(\lambda)$ の前の因子 2 は、$I(\lambda)$ 偏光の 1 成分のみを取り出していることを考慮したもの) となる。

3 結果

図 1 に 30 次 ($6320 - 6440$Å) の異常光 ・常光カウント値スペクトル、図 2 に 3 回の測定それぞれにおける異常光 ・常光の減光のスペクトルを示す。図 2 で、3 回の測定それぞれで効率が異なっているのは、スリットによる光量損失の相違が主要因であると考えられる。

図 2 から、最も減光が小さい場合、order 内の効率が最も良い波長域での減光が、異常光 (e(1)) で約 6.6 mag (効率約 0.23%)、常光 (o(1)) で約 6.9mag (同約 0.17%) となる。

なお、ここでは、$g = 0.97$ (ADU/e$^-$)、$D = 150$ (cm)、$\Delta t = 60$ (sec)、$\Delta\lambda = 0.137$Å/pixel とした。また、$m_{\rm AB0}(6420\text{Å}) = 0.203$ mag (Oke & Gunn 1983) を用いた。

4 考察

現在の光学系は、2 枚張り合わせレンズ 3 組 (計 9 面)、カメラレンズ 1 組、偏光光学素子 2 個、CCD ウィンドウ、鏡 3 枚 (主鏡、副鏡、斜鏡)、0.2mm(2.3") slit、エシェルグレーティング、短波長用クロスディスパーザー、瞳絞り (光学系の問題により本来直径 13.5mm のところを 0.9mm に絞って使用)、CCD チップ (TI TC215) からなる。透過素子の一面での透過率をコーティングありで 0.98、コーティングなしで 0.96、カメラレンズの ~ 6400Å における分光透過率を 0.8、反射素子の反射効率 0.8、エシェルグレーティングの効率 0.5、クロスディスパーザの効率 0.4、CCD チップの ~ 6400Å における量子効率 0.5、スリット透過効率 0.5、瞳絞り透過率 0.4 とすると、見積もられる最終的な効率は、表 1 のように 約 0.59% となる。

構成要素	効率
レンズ 3 組	0.98^9
鏡 3 枚	0.8^3
カメラレンズ	0.8
偏光素子 (波長板、Wollaston Prism)	$(0.98 \times 0.96) \times 0.96^2$
エシェルグレーティング	0.5
クロスディスパーザー	0.4
CCD ウィンドウ	0.96^2
CCD chip 量子効率	0.5
スリット	0.5
瞳絞り	0.4
全体の効率	0.0054 (0.54%)

表 1: 装置内効率の見積もり

これに空の減光 (1-2 mag) が加わることを考慮すると、今回の測定値 $\sim 0.2\%$ とそれほど大きな相違はない。よって、装置の効率として、現状の光学系を反映したおよそ妥当な値が得られていると思われる。

今後、レンズ系の改修により瞳絞り径を十分広げられるようになり (瞳絞り透過率 ~ 1)、CCD 素子の交換による量子効率向上 (0.85)、長波長用クロスディスパーザ導入による効率向上 (0.8) により、効率は少なくとも

$$\frac{1}{0.4}\frac{0.85}{0.5}\frac{0.8}{0.4} \sim 8.5 \text{ 倍}$$

程度、即ち、今回と同条件の大気減光を含んだ場合で、異常光で 1.7%程度まで向上できると見込まれる。さらに、スリットビュアーカメラの置き換えにより、像取得の高速化が図られたため、副鏡焦点調整の精度が向上し星像が良くなり、スリット透過効率も若干向上すると期待される。

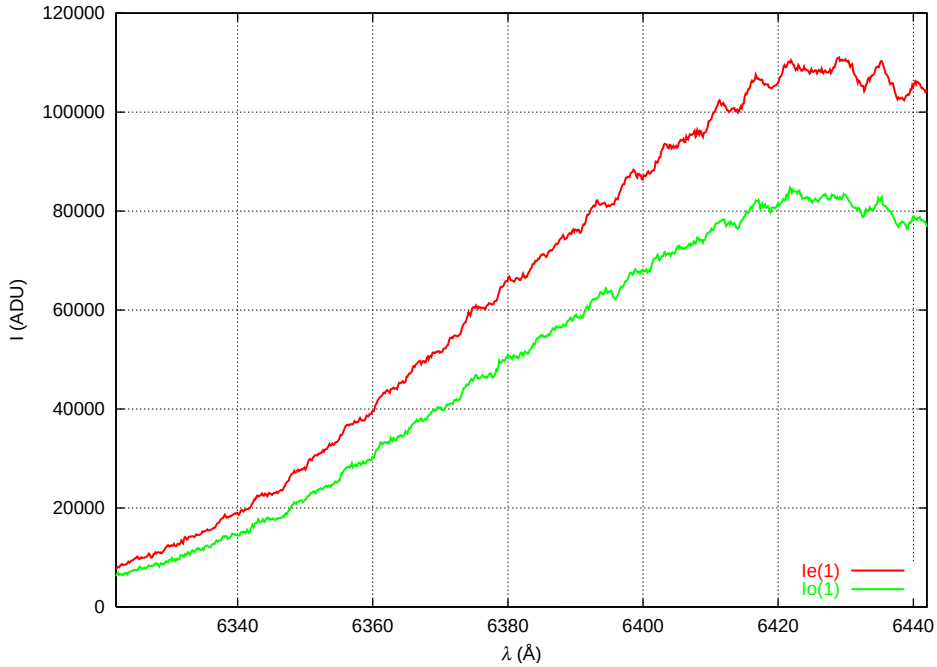

図 1: 30 次の異常光、常光スペクトル (ADU カウント値)

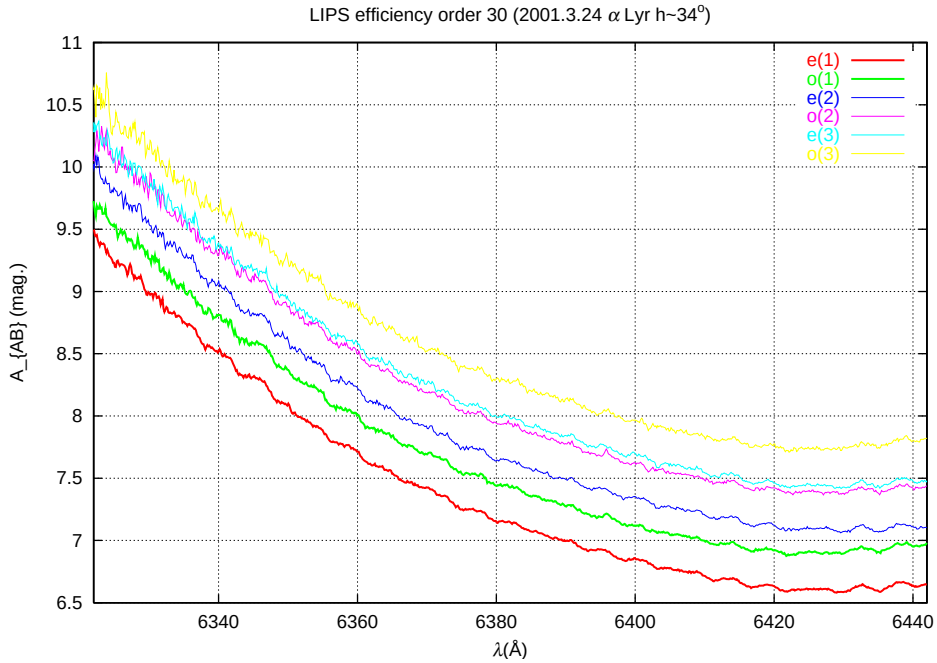

図 2: 30 次における装置内減光 (異常光、常光それぞれ 3 回づつの測定値をまとめて表示)