

OA0/74-inch 望遠鏡における Nikon 分光器試験観測 報告

長尾 透 (東北大天文) 定金 晃三、大久保 美智子、松岡 友和 (大阪教育大) 吉田 道利、
乗本 祐慈 (国立天文台 岡山) 川端 弘治 (国立天文台 三鷹) 富田 晃彦 (和歌山大)

1. Introduction

2001年12月の新カセグレン分光器の運用停止を受け、国内に可視分光観測が行える共同利用装置が全く存在しないという状況が生じている。これは憂慮すべき事態である — なぜなら、Subaru/FOCAS は明るい天体も含めた多様なニーズに応えるものではないし、2001年春から共同利用に供されている UH88/HARIS も、限られた UH88 の観測時間を考えれば我々の需要を受け止める事が難しいからである。

このような状況を受け、我々は大阪教育大グループを中心として2001年より OA0/36-inch 望遠鏡にて試験観測が続けられている Nikon 分光器を 74-inch 望遠鏡に取り付け、この分光器の能力を調べる事で、可視分光観測に対する国内研究者のニーズにどの程度応え得る可能性を持っているかを追求する事にした。本稿はその試験観測の報告である。

2. Instrumentation

分光器はニコン製のもので、光学系部分には $f = 850\text{mm} \& F/15$ のコリメータと $f = 351\text{mm} \& F/3.5$ のカメラ (レンズ) を使用している。グレーティングは $300\text{g/mm}@500\text{nm}$ 、 $600\text{g/mm}@500\text{nm}$ 、 $1200\text{g/mm}@750\text{nm}$ の3つが使用可能であったが、今回の試験観測に合わせて 150g/mm のものを低分散観測用に新規導入し、現在では4種類のものを選択できる。なお波長分解能については本稿の Results を参照されたい。また観測目的に応じて長波長光または短波長光を落とすオーダーカットフィルターも使用可能となっている。

CCD は Andor 製の 2048×512 のもので、ピクセルサイズは $13.5\mu\text{m}$ である。ゲインは低速読み出し時で $0.7 e^-/\text{ADU}$ 、読み出しノイズはメーカー値で約 $2 e^-$ 、暗電流は $0.5 - 1 e^-/\text{pixel}/\text{hour} @ -90^\circ\text{C}$ である。冷却は3段ペルチェ式で -90°C まで冷やす事ができる。冷却や積分の開始・終了、また取得データのファイルへの保存などの CCD 操作はメーカー製の Windows ソフトウェアから制御できるようになっている。なおこのソフトウェアのユーザーインターフェースはかなりよくできており、操作で戸惑う事はほとんどない。

これらの性能については OA0 のウェブページにもまとめられている。詳細はそちら (<http://www.cc.nao.ac.jp/oao/support/instruments/nikonsp/mokuji/mokuji.htm>) を参照していただきたい。

3. Observation

観測は OA0/74-inch 望遠鏡に Nikon 分光器を取り付け、2002年3月18日から20日の3晩に渡って行われた。天候は、雲による観測中断もあったもののおおむね好天であり、良好なデータが取得できた。 1×4 (波長方向 \times 空間方向) のオンチップでのピンニングを施して観測を行った結果、空間方向のサンプリングは $0.33''/\text{binned pixel}$ となっている。スリットは幅 0.2mm に設定したが、これは約 1.2arcsec に対応する。またスリット長方向は 20arcsec 強の領域がデータ取得可能域となっている。今回は最も分散の低い 150groove/mm のグレーティングを使用した。このときの波長方向のサンプリングは $\sim 2.3\text{\AA}/\text{pixel}$ である。なお今回はオーダーカットフィルターは使用しなかった。

現在の所、74-inch 望遠鏡での観測を行う際の slit viewer は整備されておらず、スリットに天体を導入する事が大変困難な状況になっている。そのため、現状では目標天体が見えずに周囲の星との相対位置から場所を推定してスリット位置を決めて積分を行うといった観測は恐らく極めて難しいと思われる。また、ガイドシステムもないために、積分中はいわゆる「目ガイド」が必要となる。今後 Nikon 分光器を本格的に 74-inch 望遠鏡で取り扱っていく事を考えるならば、このあたりのハード面での整備は必要事項となるであろう。

Fits 形式で保存されたファイルは、IRAF による標準的な手順で整約された。波長較正は当初はコンパリソンプの比較光を用いて行う予定であったが、短波長側で比較光のシグナルが不足していたため、自己スペクトル中の大気夜光を用いて行った。また波長感度較正は分光標準星 feige 34、HD 60778 のスペクトルを用いて行った。

4. Results

以下で観測結果を順に示す。

図1には Galactic な天体の例として輝線星 SS 433 と反射星雲 NGC 2261 のスペクトルを示した。15 分程度の積分で良好な質のスペクトルが得られている事が分かる。また図2には惑星状星雲 NGC 2392 の中心領域と周辺領域のスペクトルを示した。空間的に広がった天体に対して、この様に輝線スペクトルの空間変化を調べる事も問題なくできる事が分かる。ただしスリット長がさほど十分でない($\sim 20''$)ため、スカイ成分の差し引きができないといった不都合も生じている点には注意する必要がある。

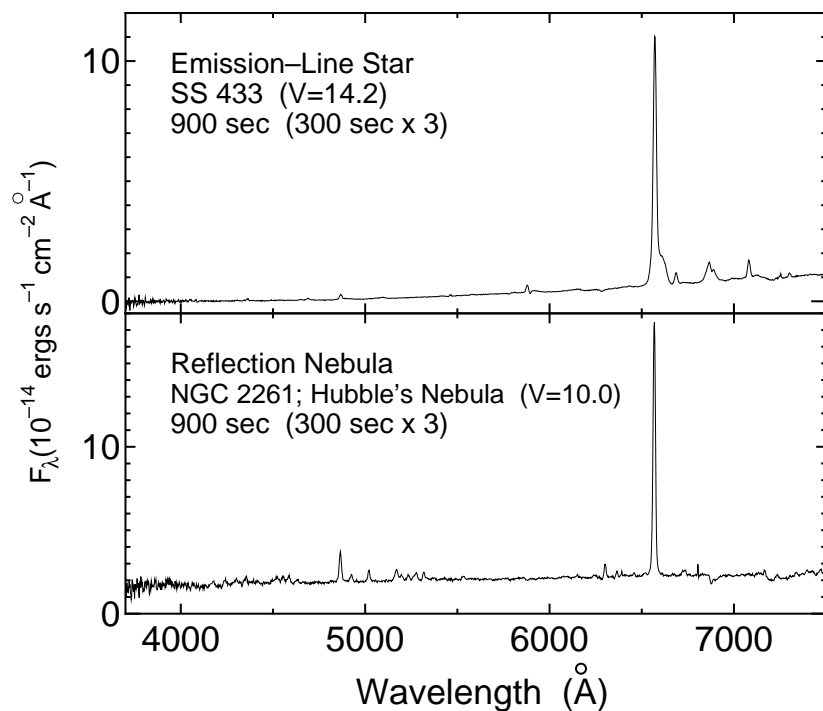


図1：輝線星 SS 433 (上図) と反射星雲 NGC 2261 (ハッブルの変光星雲; 下図) のスペクトル。共に中心 $2.0''$ の領域を切り出したもの。

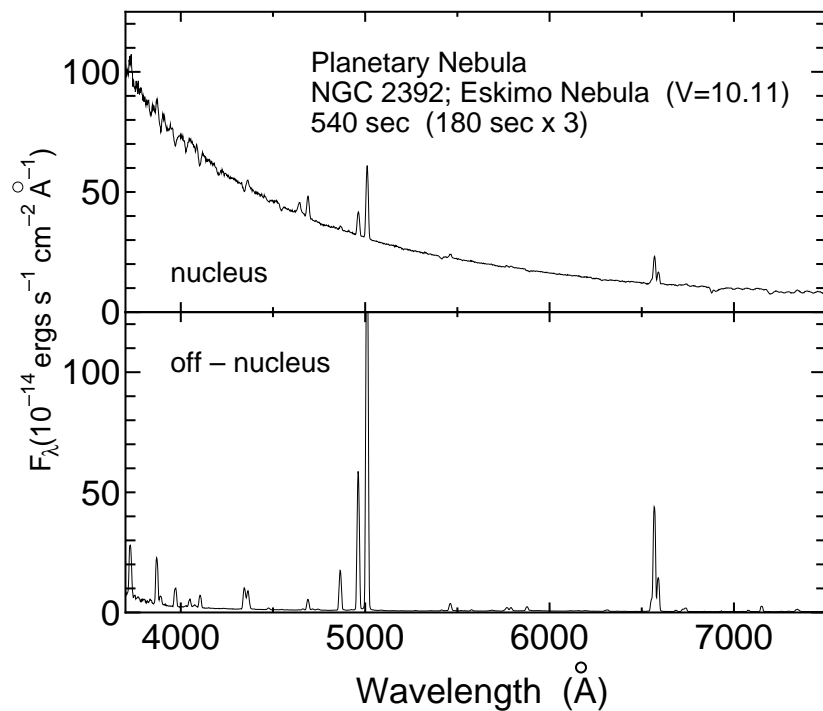


図2：惑星状星雲 NGC 2392 (エスキモー星雲) のスペクトル。中心 $2.0''$ を切り出したもの(上図)とその外側 $2.0'' - 8.0''$ を切り出したもの(下図)を示す。中心部スペクトルには有効温度の高い中心星が連続波成分に寄与している事が見てとれる。

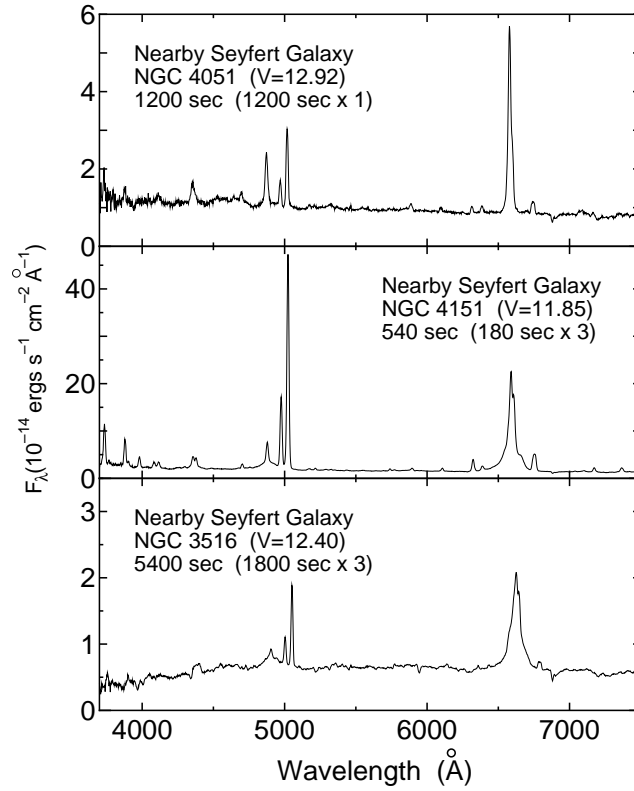


図3：近傍セイファート銀河、NGC 4051 (上図)、NGC 4151 (中図)、NGC 3516 (下図) の中心核 $2.0''$ 域のスペクトル。NGC 3516 で母銀河の影響が大きいように見えるが、スリットを当てる場所に問題があったせいかもしれない。

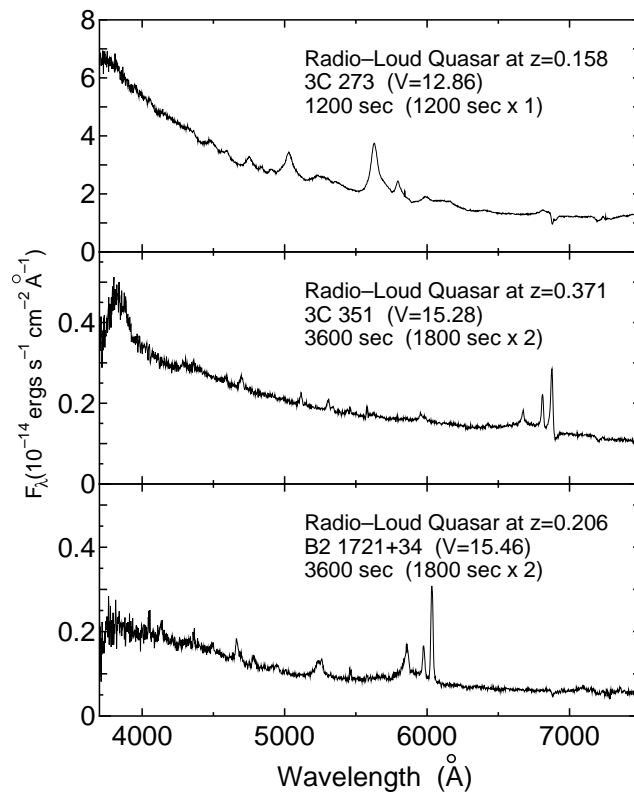


図4：Radio-Loud Quasar 3C 273 (上図)、3C 351 (中図)、B2 1721+34 (下図) の中心核 $2.0''$ 域のスペクトル。赤方偏移がそれぞれ 0.158、0.371、0.206 と、いずれも比較的遠方にある天体であるが、Nikon 分光器による観測で良好なスペクトルを取得できている。

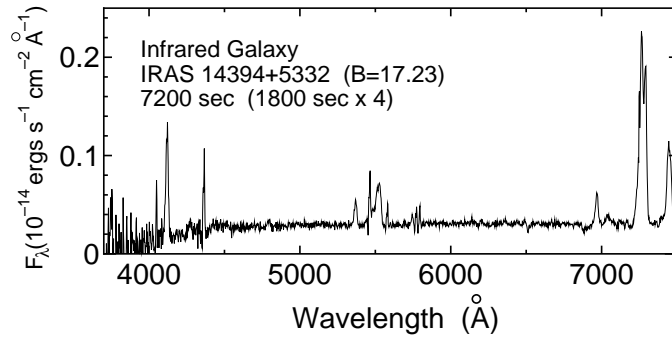


図5：赤外線銀河 IRAS 14394+5332 ($z = 0.105$) のスペクトル。 $B = 17.23$ mag と、非常に暗い天体であるが、30分積分4回というリーズナブルな時間で良好なスペクトルを取得できている。

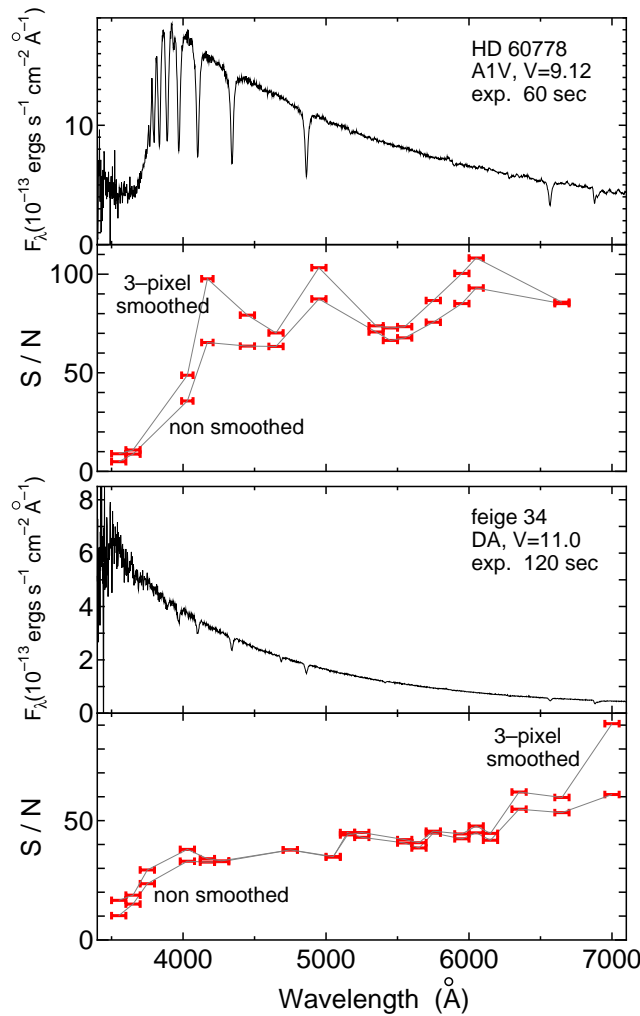


図6：分光標準星のスペクトルの達成 S/N。HD 60778 ($V = 9.12$ mag) と feige 34 ($V = 11.0$ mag) について示した。それぞれ、3 pixel で smoothing をかけた結果、良いところでは $S/N \sim 100$ 、60 程度に達している。

系外天体の観測例を図3から図5に示す。図3は比較的明るい ($B = 11 - 12$ mag) 近傍セイファート銀河のスペクトルであるが、短波長側では $[O\ II]\lambda 3727$ から長波長側では $[S\ II]\lambda 6731$ まで輝線スペクトルを観測できている様子が見える。特に NGC 4051 では20分の積分で $[Fe\ VII]\lambda 6087$ や $[Fe\ X]\lambda 6374$ といった微弱な高階電離輝線までもきっちりと観測できている事に注目されたい。図4にはやや遠方 ($z = 0.15 - 0.37$) の Radio-Loud Quasars のスペクトルを示した。許容線のプロファイルや各種禁制線の強度比などの測定を行うために十分な S/N のスペクトルが1天体1時間程度の積分で取得できている。図5は赤外線銀河 IRAS 14394+5332 のスペクトルであるが、 $B = 17.23$ mag と非常に暗い天体であるにもかかわらず、30分積分4回というリーズナブルな時間で良好なスペクトルを取得できている点は特筆すべきである。

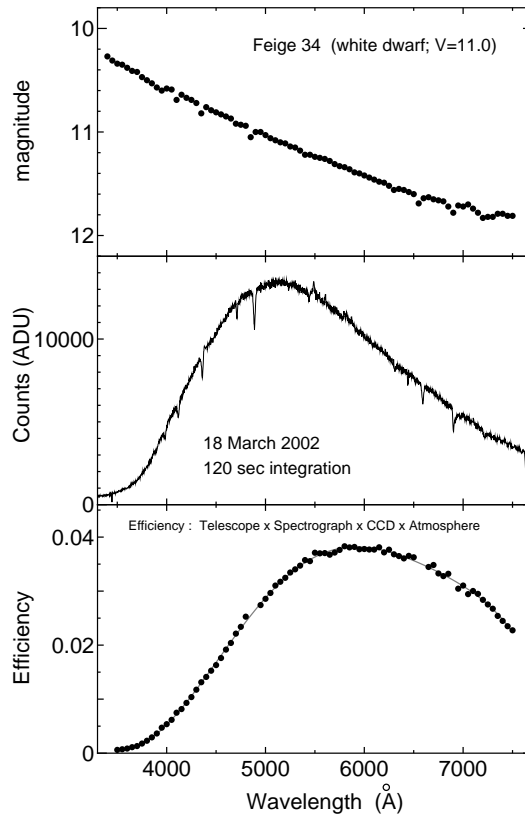


図7：システム効率の実測値。ここに示したものは分光標準星 feige 34 の生データから見積もった値である。なおここでいうシステム効率とは、望遠鏡・分光器のスループット、CCD の量子効率、大気の透過率の全てを込みにしたものである。6000Å 付近でピーク値 4% 程度となっているが、この値は新カセグレン分光器の値とほぼ同じである。

なお、夜光輝線幅の実測値から 150 groove/mm のグレーティング使用時の波長分解能を測定したが、4000Å 付近で $R \sim 300$ (速度分解能およそ 1000km/s)、6000Å 付近で $R \sim 450$ (速度分解能およそ 700km/s) という値を得た。銀河の力学や AGN の Narrow-Line Region の速度構造を研究するには向かないが、AGN Broad-Line Region の速度構造や輝線銀河の赤方偏移の同定には差し支えない程度の波長分解能を有していると言える。もちろん各種輝線天体の輝線強度比などの研究を行うには問題はない(が、 $H\alpha - [N II]$ や $H\gamma - [O III]\lambda 4363$ の deblending などは少々手を加える必要があるかもしれない)。

図6は取得した分光標準星スペクトルの波長ごとの到達 S/N である。9 等程度の標準星であれば、60 秒積分で S/N ~ 100 のスペクトルが得られる事が分かる。ただしここでは 3 pixel で smoothing をかけているが、サンプリングが $\sim 2.3\text{\AA}$ に対して波長分解能が $R \sim 300 - 450$ であるため、3 pixel で smoothing をかけてもアンダーサンプルなスペクトルにはならない事に留意されたい。

図7は波長ごとのシステム効率の実測値である。ここに示したものは分光標準星 feige 34 の生データから見積もった値である。なおここでいうシステム効率とは、望遠鏡・分光器のスループット、CCD の量子効率、大気の透過率の全てを込みにしたものである。6000Å 付近でピーク値 4% 程度となっている。この値は新カセグレン分光器の値とほぼ同じであるが、新カセグレン分光器と比べて短波長側で効率が低く、長波長側で効率が高くなっている点が行っている。なお新カセグレン分光器のシステム効率については OAO のホームページ (<http://www.cc.nao.ac.jp/oao/support/instruments/sng/jpg/sngefficiency.jpg>) を参照されたい。

5. Summary

今回の試験観測により、系内の明るい天体はもちろんとして、空間的に広がった天体の空間構造、17 等程度の暗い天体、 $z \sim 0.3$ といった遠方 AGN などの分光観測を行っていくポテンシャルを Nikon 分光器が有している事が分かった。slit viewer やガイドシステムなどの改善すべき課題が存在するものの、可視分光に対する多様なニーズに応え得る装置であると言う事ができる。今後どのようにこの Nikon 分光器を位置付けていくのかは、光赤外コミュニティのニーズとの関係で決められるべき問題であるため、今回の試験観測が国内可視低・中分散分光装置についての議論のきっかけになる事を期待したい。