OHS/CISCO 試験観測結果報告 1

2000.3　OHS/CISCO 開発グループ

観測日時 : 2000 年 2 月 22 日,23 日,24 日

観測場所 : 国立天文台 すばる観測所

観測装置 : Subaru(Ns_IR) + OHS + CISCO, Subaru(Ns_IR) + CISCO

観測概要 :

2/22 : 非常に雲が厚く (5mag 以上の減光) seeing も 0.″7 以上と最悪の condition であったが、 OHS と望遠鏡の光軸確認と夜光輝線を用いたリモートでの光学調整、及びコマンド試験をするための観測を行なった。明るい星のボケ像を用いた光軸確認と光学調整は行なうことができたが、観測に必要な抽象化コマンド関係の error が続出でバグ出しにほとんどの時間が費やされた。また、焦点合せ時やガイダー駆動時に TSC との communication error が発生し、 SOSS や TSC の reboot が必要になるなど、ソフト的な問題点が幾つか発見された。望遠鏡の Pointing 位置が OHS の視野外にあったことと、 Pointing 位置が結局最後までわからなかったため天体を視野内に入れること自体に相当の時間が費やされた。夜光除去率は 0.″5 slit で 1/20–1/25 であった。

2/23 : seeing は 0.″7 前後と悪かったが、天候はまずまずであったため効率測定のための標準星の観測を多く行なった。また、前日試すことができなかったダークレーン (スリット) 上に天体を導入するための抽象化コマンドの試験を行なったが、 Pointing したときにガイド星が CCD の端ギリギリに来てしまうため、 CCD 上でのガイド中心を変えてスリット上を動かすという方法を用いることができず (とりあえず正常に動作することは確認)、急遽、ガイド中心は変えず、ガイダープローブの駆動精度で天体の位置を動かす方法に変更し観測を続けた。しかし、北天の場合には望遠鏡を数 10″ 動かしただけでガイド星を捕らえ直したときのガイド星の CCD 上での位置が大きく変わり、ガイドをしながら観測すること自体が相当困難であった。前日発見された Pointing 位置と OHS 中心のずれは修正したはずなのだが、これも最後までどこが正しいのかわからないままで終わった。分光は、 CISCO がカセグレンで JH 分光観測を行なった Brown dwarf SDSS J1624 を何とか行なうことができ、 OHS の性能評価をするための data を得ることができた。標準星の観測結果から、 OHS を含めた全観測システムの効率は H-band で 7.4% と判明 (カセグレンでは 27.5%)、この時点では何がこれほどまでに効率を落としているのか良くわからなかったが、翌日の観測で詳しいことがわかるであろうと考えた。

2/24 : CISCO を赤外ナスミスに直接設置し観測した。 seeing はこの日も 0.″7 前後と悪かったため、望遠鏡の収差の影響を調べるため 25msec 読み出しで seeing を時間分解して調べた。その結果、星像は 0.″2 – 0.″8 に変化しており、少なくとも seeing がかなり悪いと言うことははっきりした。その後、標準星の観測を行なったが、途中で MessiaIII の内部時計問題が発生している事に気が付き、 Messia 内部時計をリセットした。ここまでの観測は露出時間が全て最短になってしまっており、結局 2 つ目の標準星からやり直した。前日のバグ出しの結果、抽象化コマンドは全て問題なく動作し

たが、ガイドをしながら観測が困難という状況は変わらなかった。 CISCO は視野が広いため、 Pointing に関する不具合はさほど感じられなかった。 seeing が悪いながらも電波銀河 4C +34.32 の広帯域 / 狭帯域撮像を行ない、他は、赤外ナスミスでの CISCO の J-band での color term を出すため、様々な色の標準星を観測した (カセグレンでは同じ日に異なる色の標準星をとることが無かったため、色による J-band の測光精度に問題が出た)。その結果、赤外ナスミスでの全システム効率は H-band で 20% で、カセグレンでの値 27.5% を用いて第 3 鏡 +ImR の効率を推定すると 73% となった。また、前日の値との比較により OHS 部分での透過効率は 37% であることがわかった。 OHS の効率は理想的な状態で 43% と予想されていたため、この値はまずまずの値であると考えられる。後にわかったことだが、この日の data は誤って DDS3 の dat tape を用いてしまったため、京都に持ち帰ることに失敗した (もちろん STARS に archive されたものは取得可能)。

取得 data :

日時	観測天体	filter	露出時間
2/22	Test images	H	∼2s
2/23	FS14	H	20s × 24= 480
		J	20s × 12= 240
	FS15	H	5s × 48= 240
		J	5s × 48= 240
	PKS 0859-14	H	20s × 12= 240
	SAO138489	$JHGr$	20s × 6= 120
	SAO119228	$JHGr$	20s × 6= 120
	SDSS J162414	H	20s × 6= 120
		$JHGr$	200s × 6= 1200
	AS31-1	H	5s × 48= 240
		J	5s × 48= 240
2/24	SAO114817	K'	0.025s × 384= 9.6
	FS15	H	5s × 36= 180
		J	5s × 48= 240
		K'	5s × 48= 240
	4C +34.32	K'	20s × 48= 960
		$N212$	50s × 48= 2400
		K'	20s × 48= 960
	FS21	H	5s × 48= 240
		J	5s × 48= 240
		K'	5s × 48= 240
	FS23	H	5s × 48= 240
		J	5s × 48= 240
		K'	5s × 48= 240
	AS31-1	H	5s × 48= 240
		J	5s × 48= 240
		K'	5s × 48= 240

- FS star

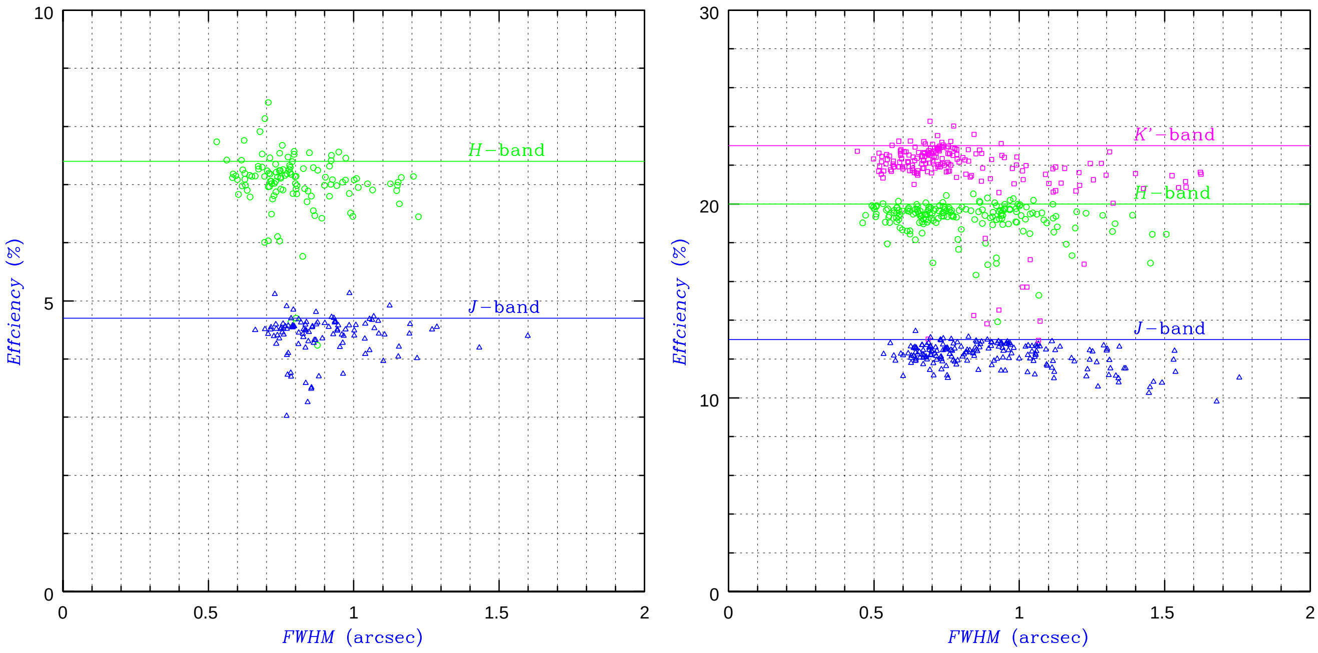

図 1: 左) 2/23 の OHS+CISCO による FS14,FS15,AS31-1 の観測結果。 Tracking 精度が非常に悪く、星像がかなりの確率で 2 つに分裂していたため、ばらつきが大きい。右) 2/24 の CISCO による FS15,FS21,FS23,AS31-1 の観測結果。 Tracking 精度は前日よりはましになったものの、かなりの確率で星像が流れていたため、 FWHM のばらつきが大きくなっている。 (Photometry の aperture は流れの size よりも大きいため星像が悪くても count が落ちていないことが図から読み取れる)

図 1 から得られる結果は以下の通りである。

	J-band	H-band	K'-band
OHS+CISCO(Ns_IR)	4.7%	7.4%	—
CISCO(Ns_IR)	13.0%	20.0%	23.0%
CISCO(Cs_Opt)	19.0%	27.5%	30.3%

OHS 本体部での透過率と、第 3 鏡 +ImR での透過率はそれぞれ、

	J-band	H-band	K'-band
OHS+CISCO	36%	37%	—
第 3 鏡 +ImR	68%	73%	76%

となる。第 3 鏡 +ImR の部分は鏡 1 面あたりの反射率 95% の場合 81% になるはずなので、改善が望まれる。 (coarting を銀 +overcoating にする等)

- 夜光除去率

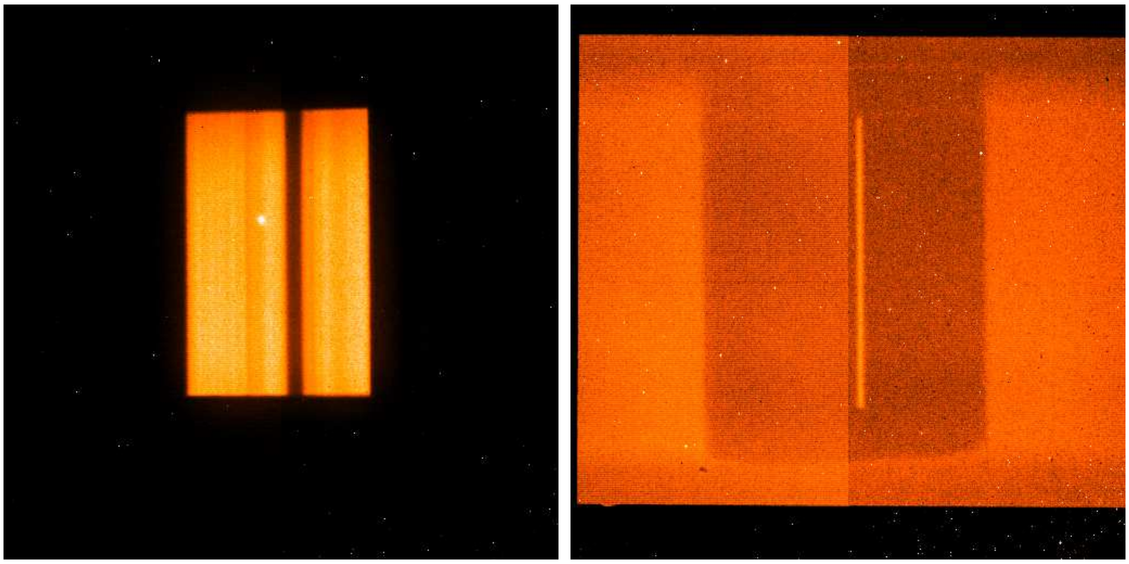

図 2: 左) slit 無しの状態での sky image。縦に走る黒い縞が “dark lane” と呼ぶ夜光除去領域で、この状態では両側からの散乱光により十分な夜光除去率が得られない。中央左上にある明るい点は Quasar PKS 0859-14。右) dark lane に slit を合わせたところ。この状態で夜光除去率が 1/25 になる。この時は CISCO の状態が悪かったので、縞状の noise が見られる。 slit を囲む枠は OHS slit 部分の構造で、赤外ナスミス室内がやや明るいためこのように見えてしまうようである。この図では slit 内に object は入っていないが、 object を捕らえているときには CISCO の slit をこの OHS の slit に合わせ、 grism を用いて分光観測を行なう。

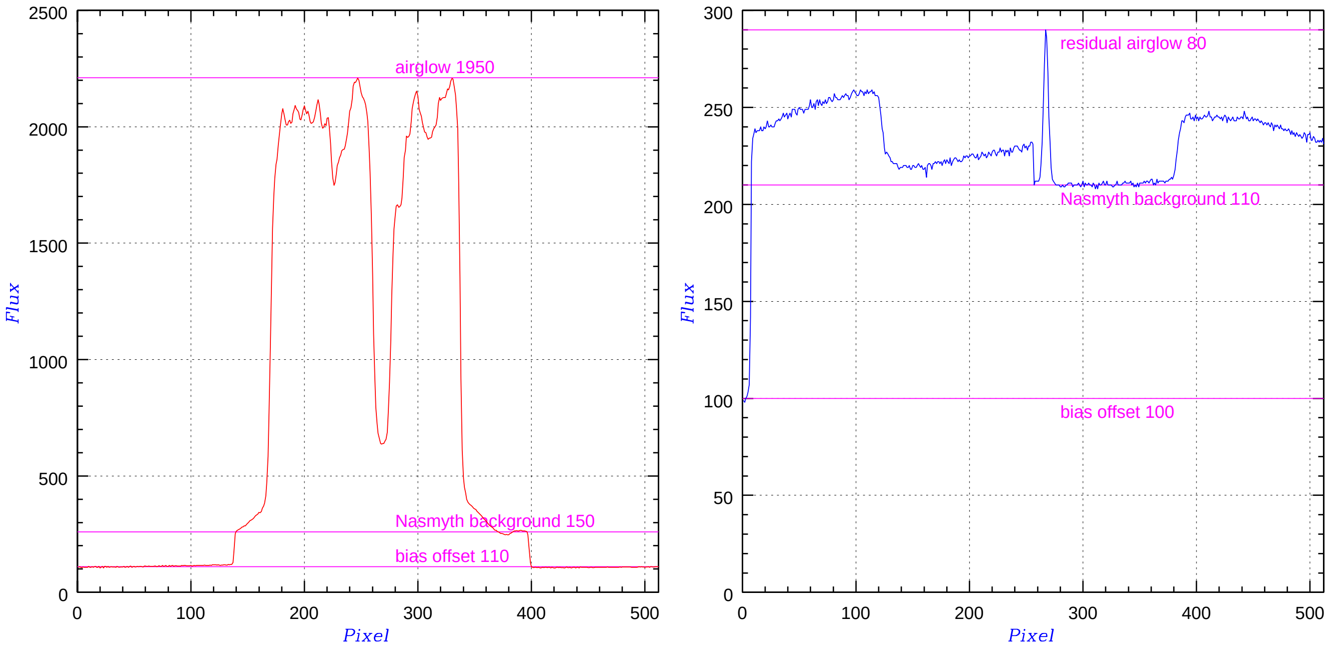

図 3: 図 2 を一次元化したもの。左) 図 2 には見えていないが、 CISCO の slit が OHS 視野の左右近くまで迫っていたため、 140,400 pixel の所で CISCO slit による段差ができている。夜光強度は 1950 ADU/20sec。右) CISCO の slit は一番左端にある。中央の段差は、検出器の bias による ものなので、ナスミス室内のバックグラウンドは slit image の右側のみで判断した。残りの夜光強度は 80ADU/sec。

● 夜光除去率

図 2, 図 3 より夜光除去率は 1950/80=24.4 で、目標値である 30 には届かなかったものの、まずまずの値であった。

次に、残っている夜光輝線の状況を調べるために、 OHS slit を dark lane 左端から右端まで $0''.5$ slit で scan し、どのような順序で輝線が見え隠れするのか調べた。

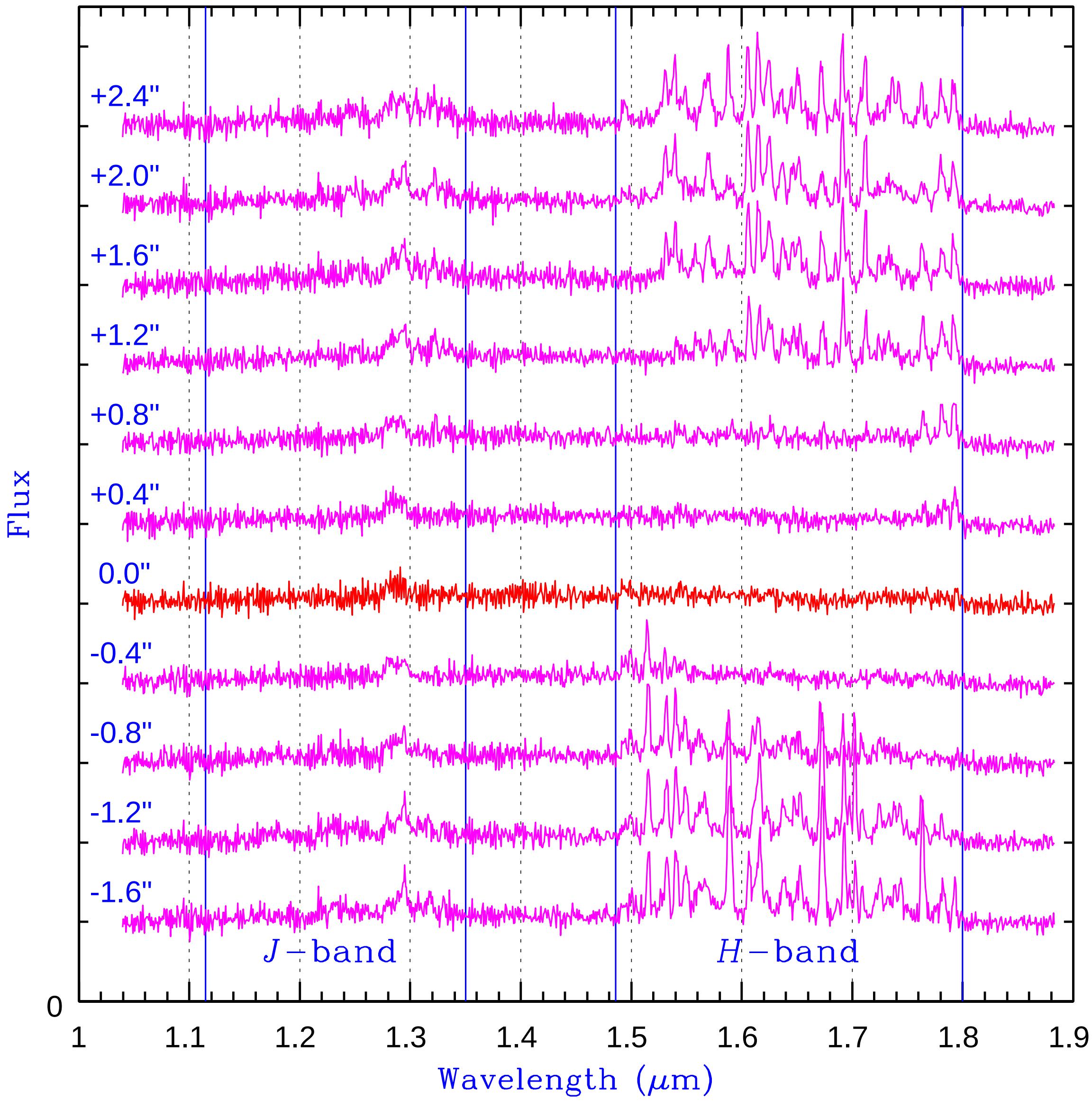

図 4: slit 位置をずらす事により夜光輝線が見え隠れする様子。図 2 右方向を + にして $-1''.6$ – $+2''.4$ まで slit を移動させた。ほとんどの輝線は一斉に現れて一斉に消えるが、 H-band 両端だけはややずれている事がわかる。これは 1.3m カメラミラー両端に球面からのずれが存在し、その結果夜光マスク上での波長分散が両端で計算値とは若干ずれている事を表している。この事は、 CAL 光源を用いた光学調整の段階でも別な方法で確認されており、最終的には夜光マスクの修正が必要である。更に暗い夜光輝線に関しては、露出時間が短か過ぎたため、確認することができなかった。

- 月の影響

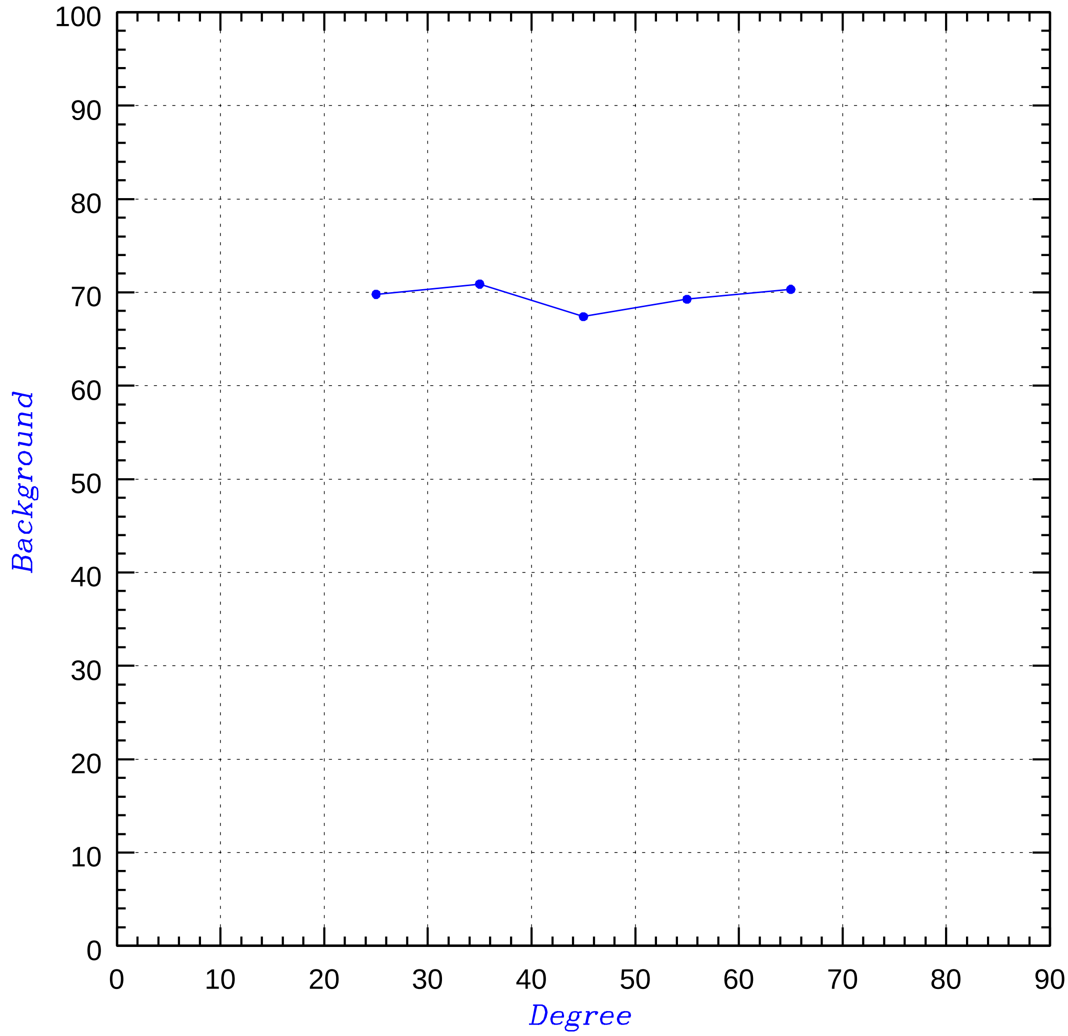

図 5: airmass=1.0 に規格化した夜光除去された空の明るさ (図 3 右中の residual airglow 値に対応)。月の影響を検出する事はできなかった。

月の影響を調べるため、月から 65° – 25° の間の空の明るさを OHS slit 撮像で 10° おきに sample した。しかし、 airmass 補正後の data は全て同様な空の明るさを示し、月の影響を確認する事ができなかった。この測定は 15min 程度で終了できるので、今後、同様な機会があれば確実に月の影響が出る所まで sample し、今回の結果の確認を行なう必要がある。少なくとも今回の結果では「満月の夜でも OHS は使用可能」という結果となった。

- 現状と今後の課題

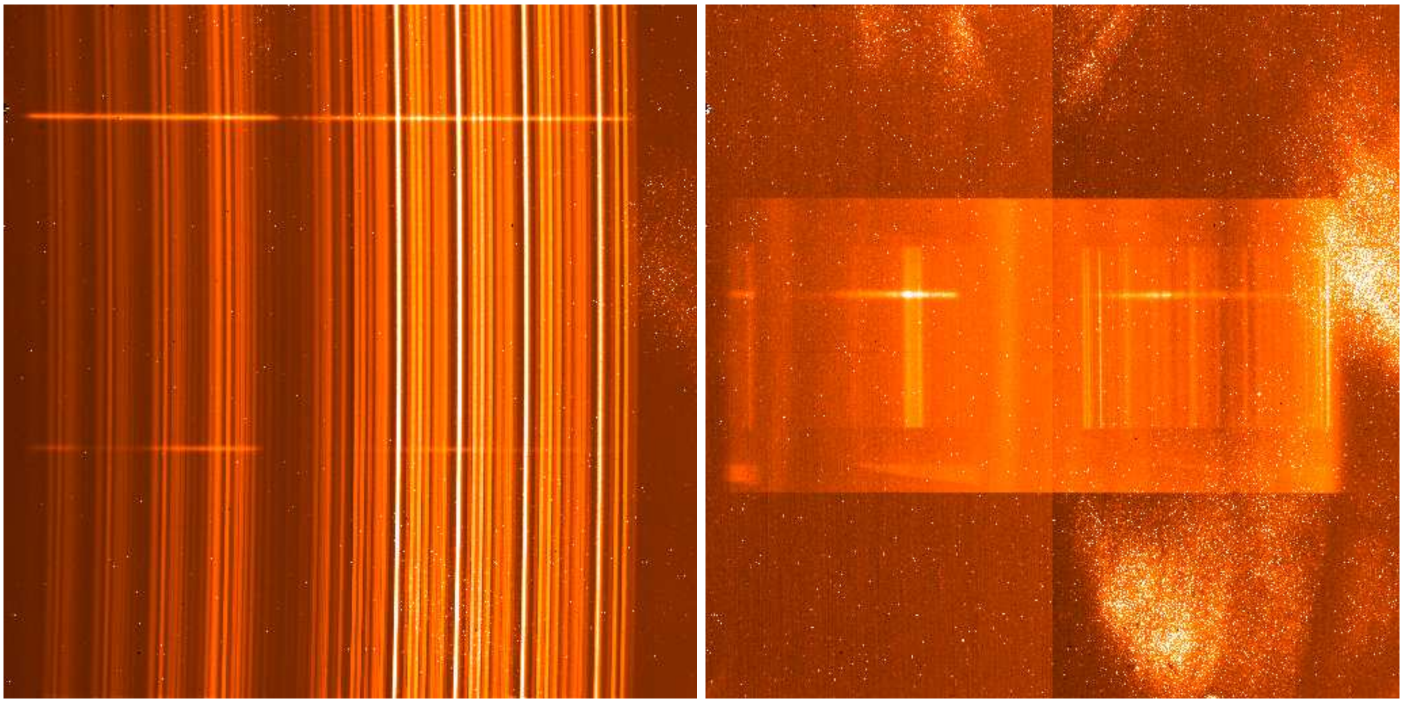

図 6: Brown Dwarf SDSS J162414.37+002915.6 の JH-band 分光。左) 99 年 6 月に CISCO(Cs_Opt) で取得したもので、下に写っている方が Brown Dwarf。露出時間 100sec, slit $0''.7$, seeing $0''.4$。右) OHS で取得したもの。露出時間 200sec, slit $1''.0$ (CISCO slit は $2''.0$), seeing $0''.8$。 OHS の slit を完全に dark lane の中央に当てていなかったため夜光輝線が完全に除去されておらず、この状態での夜光除去率は 1/14 程度しかなかったものと思われる。

これらの image を元に、現状での noise 源と性能の比較を行なった。

焦点	Background[1)]	noise	object[2)]	S/N	Gain[3)]
Cs_Opt	1590	21	100	4.8	
Ns_IR	1160	18	73	4.1	−0.17
Ns_IR+OHS	70(30+40)[4)]	6.4(4.5+4.5)[5)]	27	4.2	+0.03
Step 1	35(15+20)[4)]	3.4(3.2+1.0)[5)]	27	7.9	+0.71
Step 2	15(15+0)[4)]	2.3(2.1+1.0)[5)]	27	11.7	+1.14
Step 3	17(17+0)[4)]	2.4(2.2+1.0)[5)]	31	12.9	+1.24

1) 値は全て slit $1''.0$, 露出時間 200sec での ADU 値に規格化

2) Cs_Opt=100 とし、透過効率で換算

3) Ns_IR は Cs_Opt に対する相対 gain を、 Ns_IR+OHS 以降は Ns_IR に対する相対 gain を表す。単位は magnitude。

4) 残りの sky background + ナスミス室内の明るさ

5) Background noise + Read noise (3.5e/ADU で換算)

現状は中段の Ns_IR+OHS で表されており、この状態での gain は Ns_IR に対して +0.03mag、Cs_Opt に対しては −0.17+0.03=−0.14 と逆に S/N を落とす結果となっている。このような結果となってしまった原因として、

- dark lane と OHS slit の位置合せを誤り、夜光除去率を低下させた。
- ナスミス室内の background が高すぎる。
- 読み出し noise の寄与が大きい。

が挙げられるが、すぐにできる対応として以下の項目がある。

- dark lane と OHS slit 位置の相対位置測定を正しく行なう、または $0\farcs5$ slit を用いる事により、最大の夜光除去率を得る (1/28 を想定)。
- CISCO の slit 幅を OHS の slit 幅の 2 倍にしているが、これをほぼ同じ幅まで狭めてナスミス室内の光の混入を極力減らす。
- 5 回または 6 回の Multiple sampling を用いて読み出す。また基本露出時間を 1000sec にし、相対的な読み出し noise の寄与を減らす。

これらを全て行なった状態が表中の Step 1 である。しかし、これでも夜光除去の効果がナスミス室内の background によって半分にされてしまうので、次の step として以下の対策を行なう。

- CISCO の Lyôt stop をビームサイズぎりぎりまで絞ったものに交換する。
- OHS に囲いをつけ、周囲からの光を遮蔽する。

これらがうまく働いた場合の究極の状態が Step 2 である。最後に、現状では Cs_Opt に比べて H-band で 73% しかない Ns_IR の透過率を 85% にできた場合が Step 3 で、この状態では Ns_IR に比べて +1.24mag の gain、 Cs_Opt と比べても +1.07mag の gain が得られる。

• その他

- OHS の slit が guider focus から 1cm ずれているため修正が必要。
- CISCO 撮像では guider probe の影は避けられない (解析が大変そう)。