

ISLE分光データ考察

奥村真一郎 (日本スペースガード協会)
柳澤顕史 (国立天文台岡山観測所)

1

はじめに

- ここでは、
- ISLEのKバンド低分散分光モードでの諸性能についての評価
 - 分光データにおけるビニングによるS/N向上の効果(低分散と中分散を比較して)
 - 中分散分光モードのデータに生じる「フリッジ」に関して考察した結果の3つの内容について紹介する。

2

1. 低分散分光モード(Kバンド)

- 波長サンプリング間隔
13.5 Å/pixel
- 波長分解能($\lambda/\Delta\lambda$, 1.5"スリット使用時)
260±10 (@2.00 μm)
310±16 (@2.15 μm)
330±25 (@2.32 μm)
- Resolution element (1.5"スリット使用時)
5.8 (@2.00 μm)~5.3pixel (@2.32 μm)

3

低分散分光モード観測における効率

等級のわかっているA0V型星HIP95487 (= HD182761 = HR7384, 6.3mag@K)を観測し、望遠鏡・装置の光学系と空の透過率を含めたトータルの観測効率を測定した。
観測は2010年11月12日で、secZ=1.25、空はややhazy。主鏡の有効口径φ1.8m、副鏡直径φ0.5m、星の光の65%がスリットを通過したとして計算した。

4

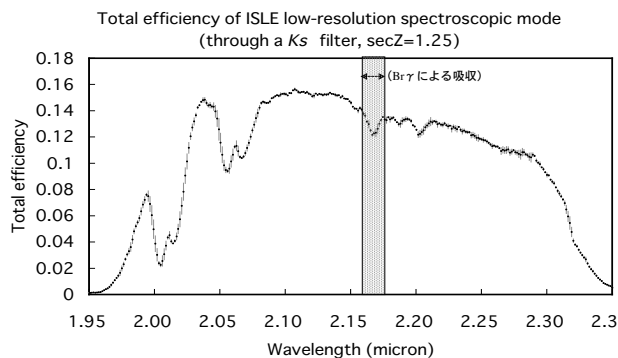


図1 Kバンド低分散分光モードでの効率 5

低分散分光まとめ

- Kバンド低分散分光観測での波長分解能は1.5"スリット使用で約300。
効率はおよそ12~15%。
なお、別の日(2010/11/10、快晴)に同じ星、同じ天頂距離で取得した中分散モードで測定した効率は、同じく約15%であった。
天候の条件を考慮すると、
効率は低分散の方が若干が良い...のかも？

(効率については2010年度UM(柳澤他)でも報告あり)

6

2. ビニングによる効果について

1.で示したように、resolution elementは低分散で5~6pixel、中分散で4~5pixelである。従って波長方向に4~5pixel程度までのビニングであれば波長分解能にあまり劣化が生じないであろうと予想できる。キャリブレーションランプ(Ar)の測定データを使い、実際にビニングを施して波長分解能とS/Nの変化について調査を行った結果を示す。

7

結果

- ビニングを施したデータに対して、Arの2.154 μm 輝線を用いて波長分解能を測定した結果は表1の通りである。ビニング幅を横軸、波長分解能を左縦軸、S/Nを右縦軸に、グラフ化したのが図2である。

8

表1 ビニングによる波長分解能とS/Nの変化

	波長分解能 ($\lambda/\Delta\lambda$)		S/N平均値 (2.1 μm ~2.2 μm)	
	低分散	中分散	低分散	中分散
ビニングなし	310 \pm 16	1360 \pm 73	192	55
$\times 2$ ビニング	310 \pm 20	1340 \pm 71	211	60
$\times 3$ ビニング	300 \pm 26	1280 \pm 123	226	62
$\times 4$ ビニング	280 \pm 58	1310 \pm 113	284	72
$\times 5$ ビニング	230 \pm 61	1270 \pm 148	514	74
$\times 6$ ビニング	190 \pm 41	770 \pm 153	532	82
$\times 8$ ビニング	-----	860 \pm 133	-----	94
$\times 16$ ビニング	-----	490 \pm 132	-----	119
$\times 32$ ビニング	-----	240 \pm 64	-----	118

9

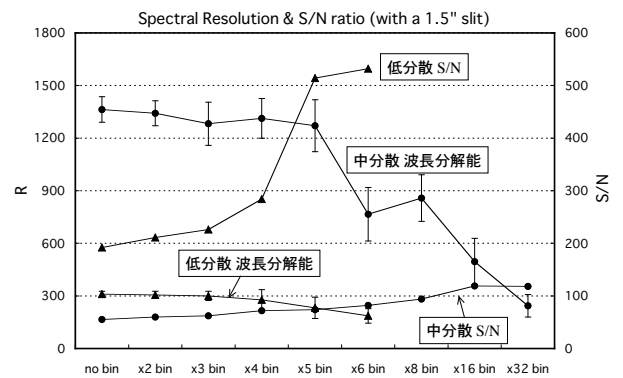


図2 ビニングによる波長分解能とS/Nの変化 10

- 1.5''スリット使用時、低分散の場合4 pixel、中分散で6 pixel以上ビニングすると波長分解能の劣化がおこることがわかる。(ほぼ予想通り)
- S/N比の改善効果については、低分散では5 pixelを超えるビニングで大きく効果が見られるが、中分散では16pixelビニングでせいぜい2倍と、思ったほど大きな効果が見られない印象である。フリッジが影響している可能性がある。

11

データ処理の過程で実際にビニングを施す場合には、目指すサイエンスにより波長分解能とS/Nとのトレードオフということになるが、1.5''スリットの場合であれば低分散、中分散ともに2~4 pixel程度のビニングを施すのが良い選択ではないかと考えられる。なお1''スリットを使用した場合にはKバンドでのresolution elementは3.1 pixelであるので、2 pixel程度のビニングにとどめておくのが無難であろう。最も、1''スリットで観測する場合には波長分解能を要求する観測のはずであるので、データをビニングすることはあまりないと考えられるが。。

12

3. 中分散モードにおける フリッジについて

- ISLE中分散分光観測では、広めのスリットを使用した場合を除いてフリッジが生じる。フリッジパターンは望遠鏡の姿勢に依存することもわかっているため、通常はオブジェクトのデータを取得した望遠鏡の姿勢のまま分光ドームフラットを取得し、フリッジの補正に用いる。
- 図3は中分散分光フラット画像について波長方向に切り出したプロファイル、図4はその2.15~2.25 μm の範囲を拡大したものである。1.5" スリット、Kバンドの場合、輝度の10-20%程度の振幅 (peak-to-valley) が波長方向10pixel程度 (およそ34 \AA) の周期で現れる。

13

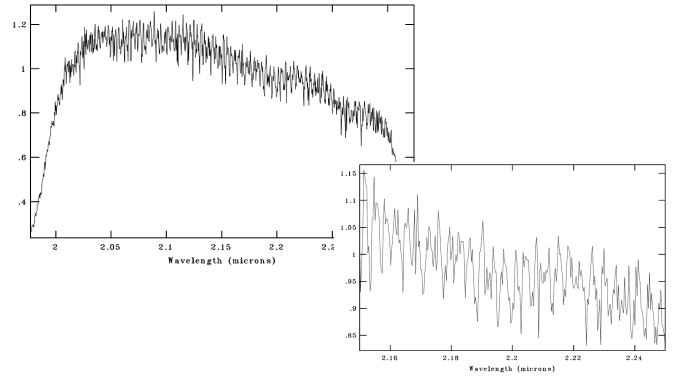


図3 (上) 中分散分光フラットにおけるフリッジ
図4 (右) 図3の拡大 (2.15-2.25 μm の範囲)

14

図5, 図6はABABのパターンで4枚連続で取得した標準星のKバンド中分散スペクトルで、A-B (B-A) の差分処理、フラット処理を施した後、Arランプのデータで波長校正したものである。図5 (2.05 μm 付近) ではフリッジの処理がうまくできているが、図6 (2.25 μm 付近) では各スペクトルに周期40 \AA 程度の山谷の周期が見られ、フリッジ除去が不十分であることがわかる。またフリッジのパターンも4枚取得するうちに変化しているのがわかる。

15

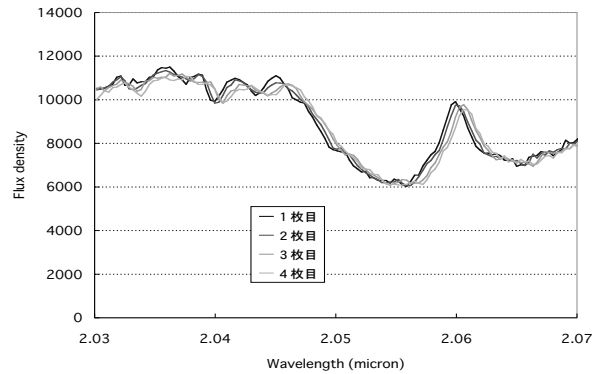


図5 4枚連続で取得した標準星のスペクトル (拡大)

16

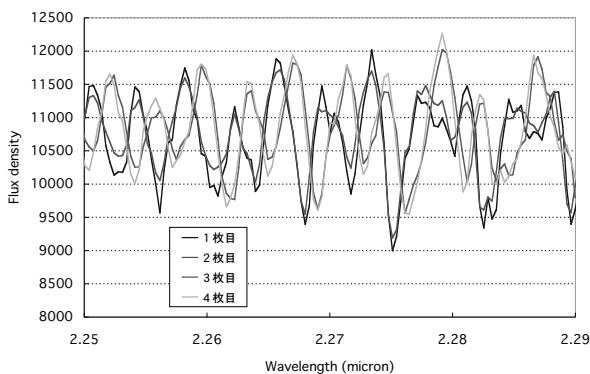


図6 図5と同様。2.27 μm 付近の拡大

17

フリッジパターンが変化してしまった理由であるが、「スリット内での星の位置が移動した」事による可能性が高い。図5より、1枚目と4枚目では波長で約10 \AA (3pixel分) のずれがあるが、光学系の歪み等による波長変動は最大でも1.8pixel以内であることから、光学系・機械系の歪みによるとは考えにくい。そもそも、30秒露出の標準星スペクトルを4枚取得するのに要する時間は約4分であり、そのわずかな時間で望遠鏡の姿勢がそれほど変わるとは思えない。

18

一方、使用したスリットは1.5"であり、検出器上では波長方向6 pixel幅に相当する。スリットの中で波長方向に3 pixel分、星の位置が移動したとすると、Kバンド中分散分光での波長サンプリング間隔は3.4 Åであるので、検出されるスペクトルには3 pixel分、すなわち10 Åのずれが生じるはずである(図6)。

標準星(に、限らないが)望遠鏡のフォーカスをずらすなどの方法により、星の光がスリット全体に広がるようにしてデータを取得した方がスペクトルの安定化、フリッジ処理の利便のためには良いかもしれない。

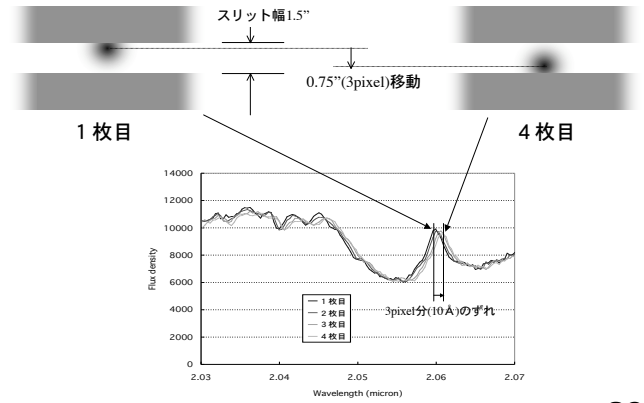


図6 「スリット上での星の移動」とスペクトルのずれの関係