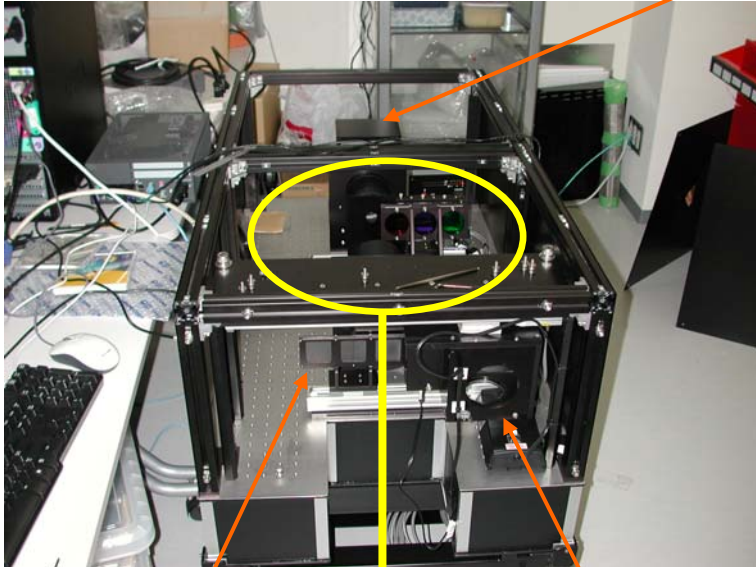


○内容

- 0: 高速分光器の概要
- 1: マスクスリット像
- 2: HgNeランプのスペクトル像
- 3: HgNeスペクトル波長同定
- 4: スリット位置シフトの影響
- 5: マスクスリットアクチュエータの位置再現性
- 6: HgNeランプの時間変化

0: 高速分光器の概要(簡略版)

高速分光器本体 正面写真
(真ん中の仕切り(マスク)を外した状態)



CCDカメラ(黒く移っているのがカメラ支持枠)

5本の電動アクチュエータを備える。

ナスミス焦点からの順番は以下の通り

- 1: 眼視光学系用斜鏡、波長較正ランプ
- 2: マスクスリット
(0.11, 0.2mmスリット、 ϕ 0.9mm丸穴)
- 3: BVRフィルター(R,B,V)
- 4: ロングパスフィルター
(L38,L38,GG495)
- 5: 分散素子(2素子プリズム、グリズム)

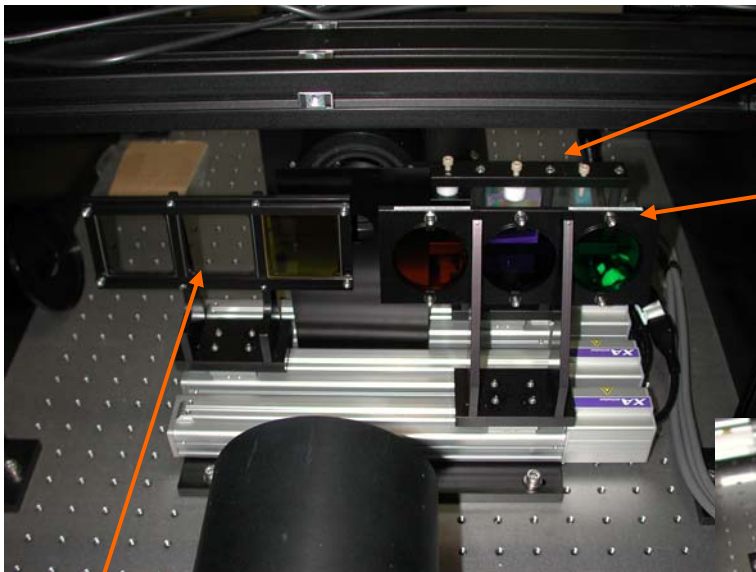
これらのアクチュエータは2台のコントローラ(分光器下部に設置)を通してパソコンから動作の制御が可能。



コントローラ

マスクスリット(3種類)

眼視光学系斜鏡、波長較正(HgNe)ランプ



分散素子(2素子プリズム、グリズム)

広帯域フィルター(R,B,V)

分散素子の配置
(CCDカメラ側より撮影)

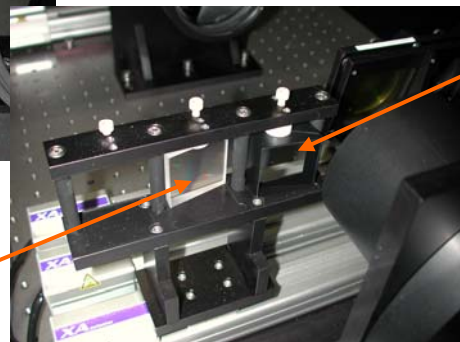
ロングパスフィルター
(L38,L38,GG495)

L38: $\lambda > 350\text{nm}$ を透過

GG495: $\lambda > 450\text{nm}$ を透過

グリズム

2素子プリズム

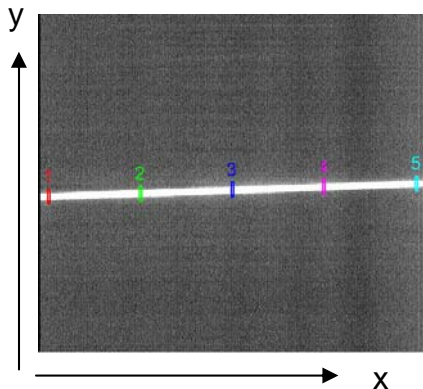


1: マスクスリット像 (HgNeランプ使用、分散素子なし、フィルター:Vバンドのみ使用)

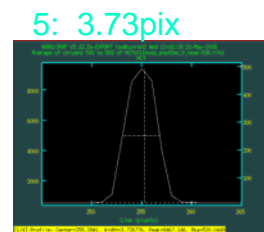
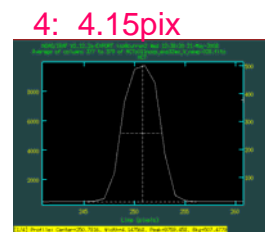
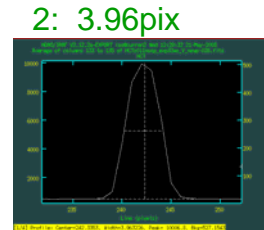
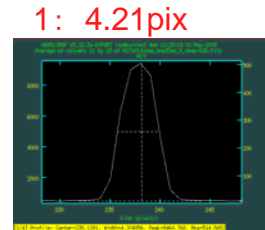
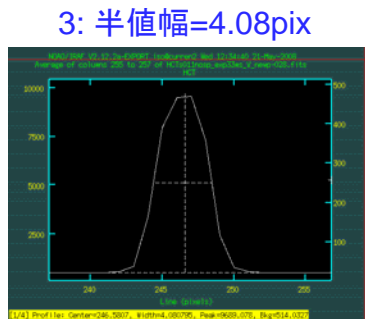
カメラ位置を調整し、フォーカスを最適なものにするため、HgNeランプを点灯させ、スリット像を取得した。

y断面図の作成には、x方向3ピクセルの平均値を使用

A: 幅0.11mm(=4pix)スリット(波長較正用)



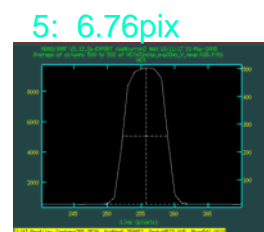
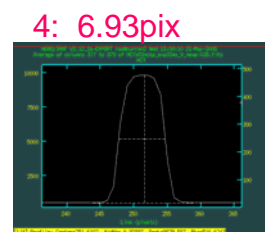
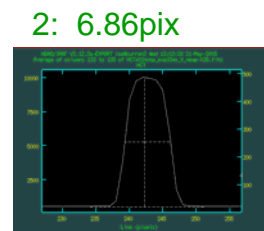
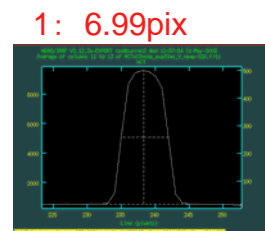
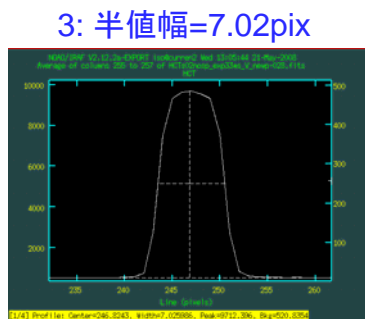
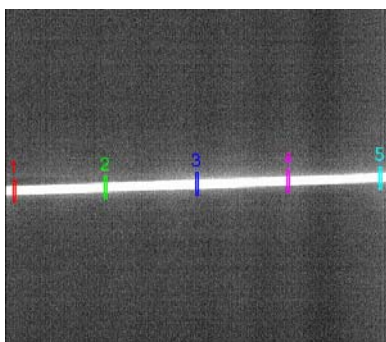
(CCD=512x512pix)



スリット像ほぼ全体をカバーする5つの領域で、半値幅(FWHM)=3.7-4.2pixとなり、スリット幅と一致する。

また、図よりピークの10%の幅が7pix程度であり、ベストフォーカスでのビーム径がおおよそ2pixであることを考えると、フォーカス調整はある程度達成できているといえる。

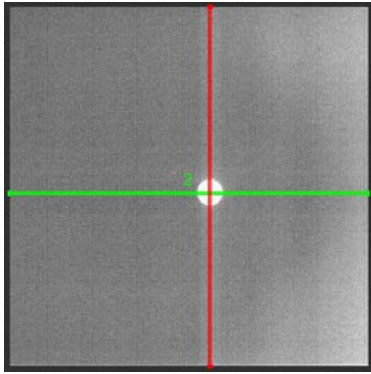
B: 幅0.2mm(=7pix)スリット(低分散観測用)



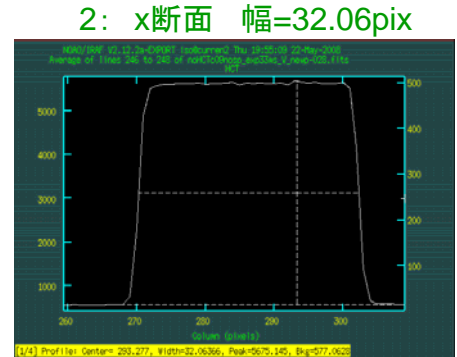
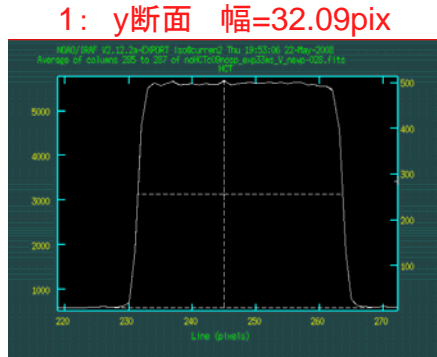
スリット像ほぼ全体で、半値幅(FWHM)=6.8-7.0pix。10%幅は10pix程度。

→ s0.11mmと同様、こちらもある程度達成できている。

C: ϕ 0.9mm(=30pix)丸穴(超低分散観測用) HgNeランプ不使用(室内照明(蛍光灯)のみ)



中心=(286,247)



○マスクスリット像のデータ表:

A: 幅0.11mm(=4pix)スリット(波長較正用)

B: 幅0.2mm(=7pix)スリット(低分散観測用)

領域	x[pix]	中心(y)	半値幅[pix]	中心(y)	半値幅[pix]
領域1:	11- 13	238.13	4.21	238.31	6.99
領域2:	133-135	242.34	3.96	242.25	6.86
領域3:	255-257	246.58	4.08	246.82	7.03
領域4:	377-379	250.78	4.15	251.61	6.93
領域5:	500-502	255.29	3.73	255.75	6.76

スリット像の中心位置は、0.11mm、0.2mmスリット共にy方向にズレが生じている
(=スリット像がCCDのx軸に対して傾いている)

○スリット像が斜めに写っている原因

スリット像は、斜めに写っている。

= スリット長方向がCCDのx軸方向と完全に一致していない。

その傾きは、

$$0.11\text{mmスリット: } (255.29-238.13)/(501-12) = 3.51\%$$

$$0.2\text{ mmスリット: } (255.75-238.31)/(501-12) = 3.57\%$$

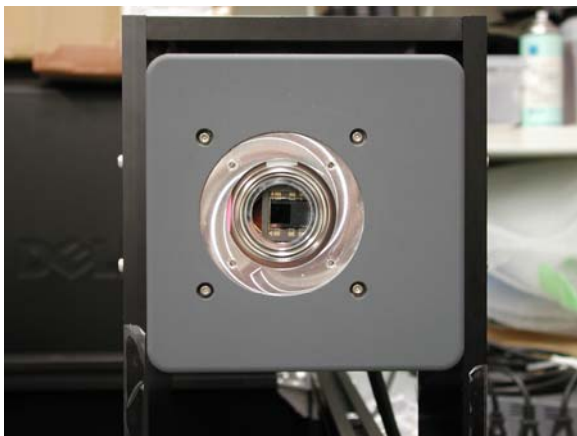
より、およそ 3.5-3.6%程度。

この傾きは、スリットや光学系の問題ではなく、CCDカメラの外枠に対してCCDチップがわずかに傾いて配置されているため。

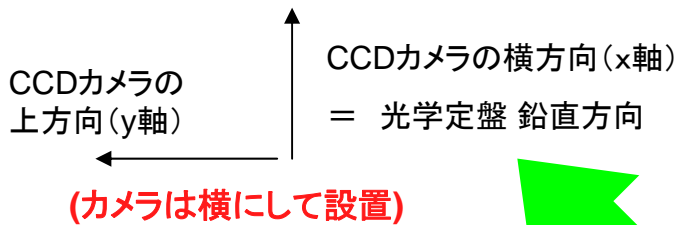
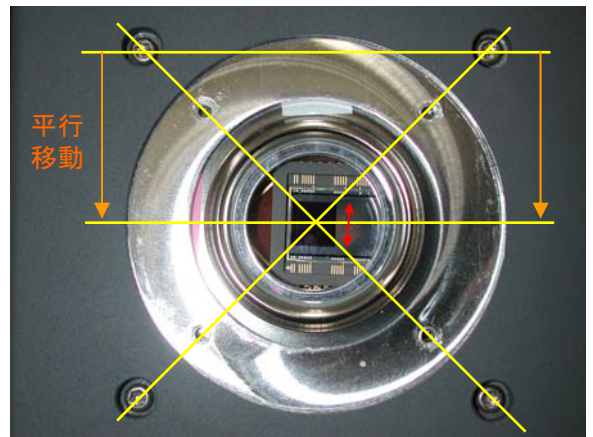
φ0.9mm丸穴マスク像の中心位置のx座標(286)がCCDの中心(256)と30pixel(=0.48mm)もずれていることも、このCCDチップの配置がカメラのカタログ値と異なることによる。

→ カメラを傾ける場合、片方を(130mm x 0.036 =) およそ4.7mm上げる必要があるが、この場合カメラ支持枠を光学定盤にネジで固定できなくなるので不可。

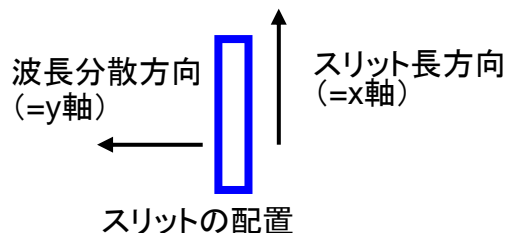
分光器正面方向から見たCCDカメラ



CCDカメラ拡大画像



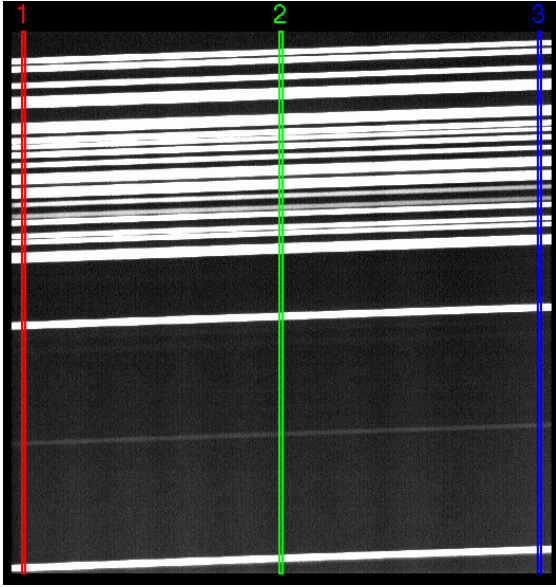
上のカメラの配置に対して
マスクスリットは・・・



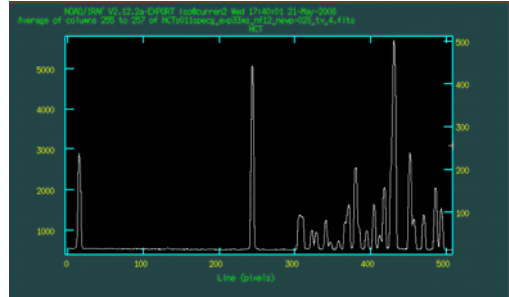
2: HgNeランプのスペクトル像

○グリズム(低分散分光)

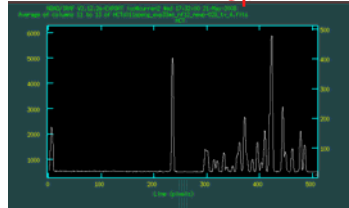
A: 幅0.11mm(=4pix)スリット (R~300)



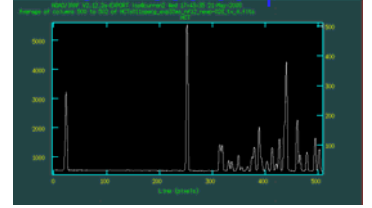
2: 中心 x=255-257pix



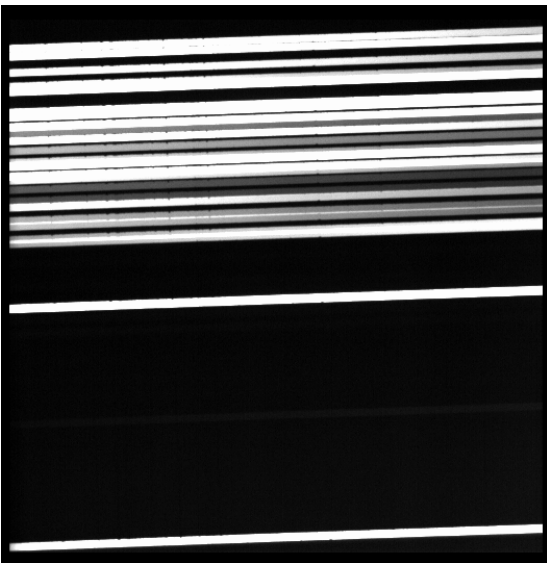
1: x=11-13pix



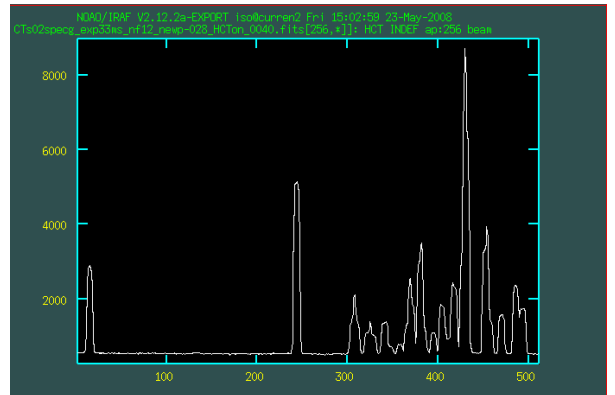
3: x=500-502pix



B: 幅0.2mm(=7pix)スリット (R~150)



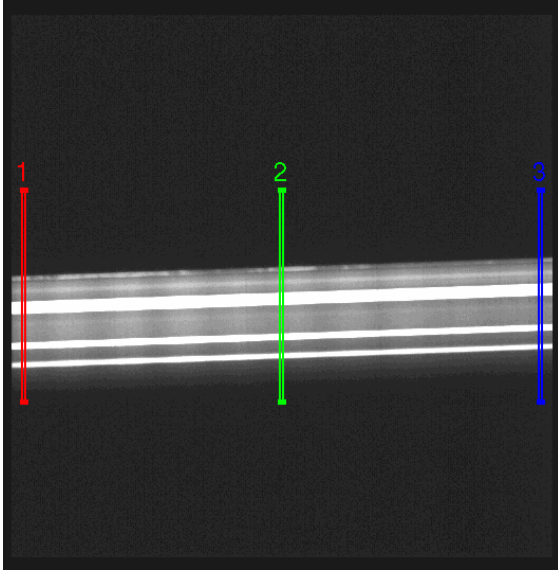
2: 中心 x=256pix



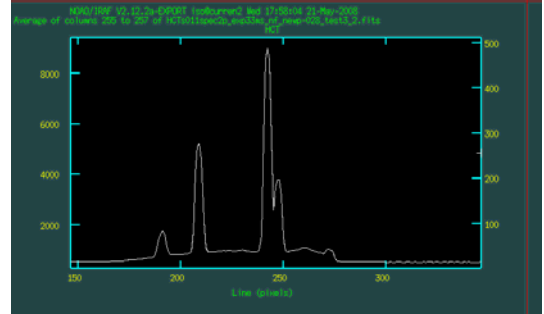
2: HgNeランプのスペクトル像の続き

O₂素子プリズム (超低分散分光)

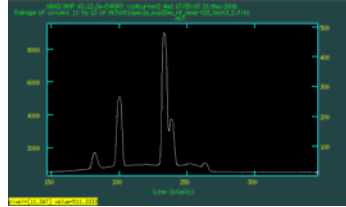
A: 幅0.11mm(=4pix)スリット



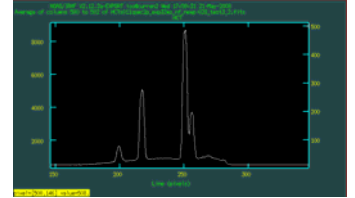
2: 中心 x=255-257pix



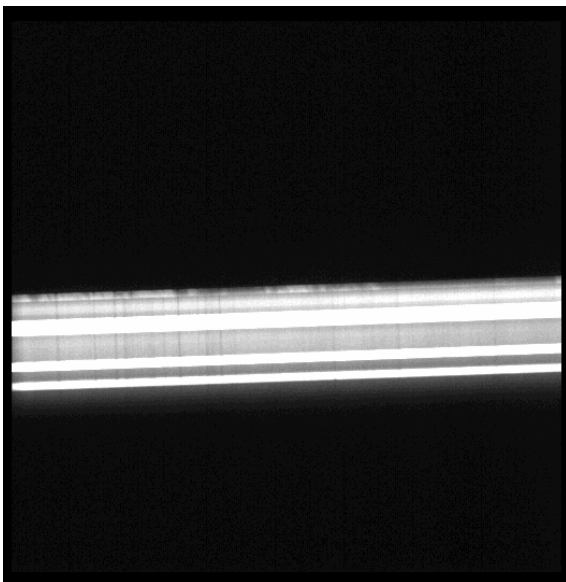
1: x=11-13pix



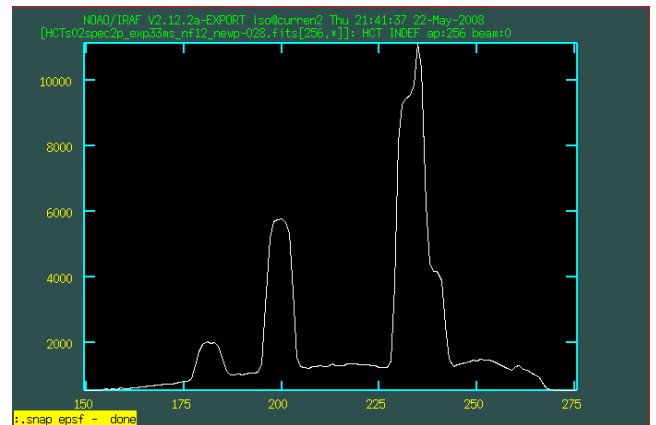
3: x=500-502pix



B: 幅0.2mm(=7pix)スリット



2: 中心 x=256pix



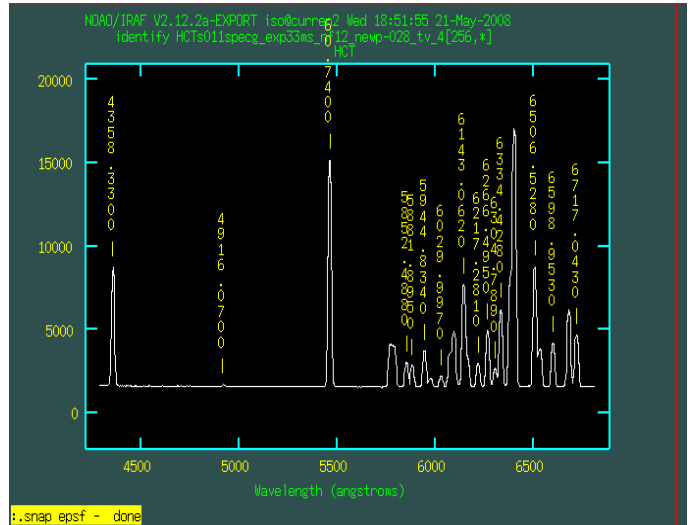
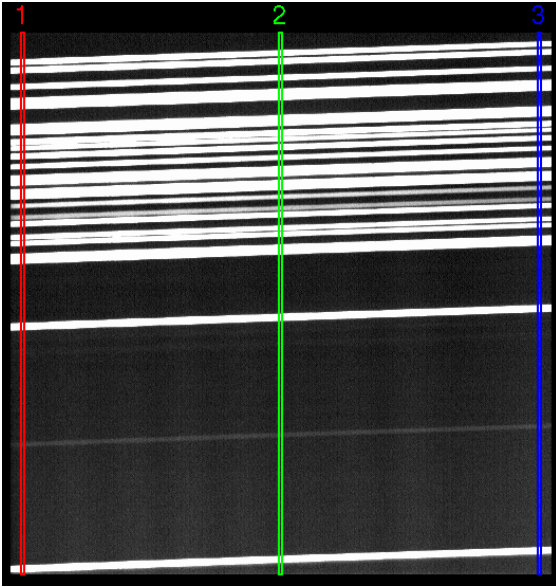
3: 波長同定

○グリズム(低分散分光)

A: 幅0.11mm(=4pix)スリット (R~300)

→ $\Delta \lambda = 15-23 \text{ \AA}$

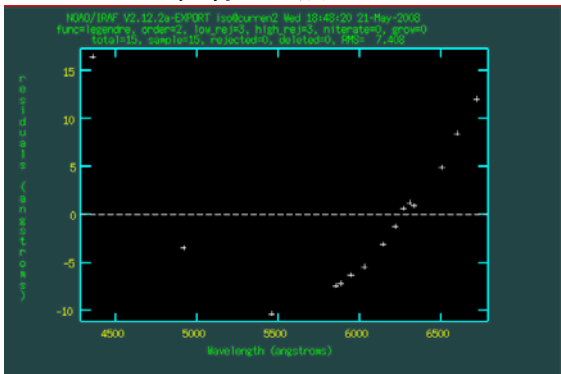
2: 中心 x=255-257pix



波長fitに使える輝線は15本

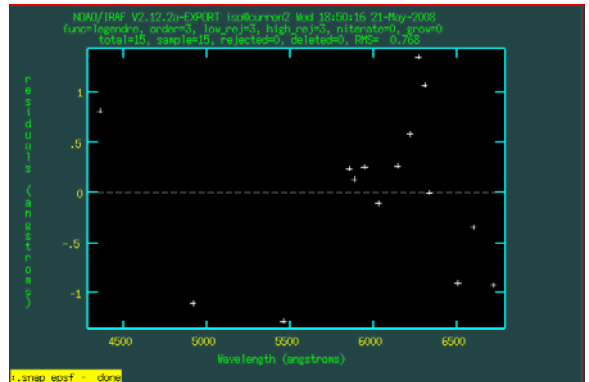
※以下はあくまで仮の結果:スリット像に対して垂直に切り取っていない(y断面の結果)なので真の波長分散とはわずかに異なる

直線fitの残差



RMS=7.41 \AA

2次多項式fitの残差



RMS=0.77 \AA ← $\Delta \lambda / 10$ 以下

2次多項式: $f(y) = a \cdot y^2 + by + c$
 のベストフィットパラメータ

$a = 0.004115 \pm 1.25 \times 10^{-5}$
 $b = 4.73 \pm 0.00674$
 $c = 4287.3 \pm 0.868$

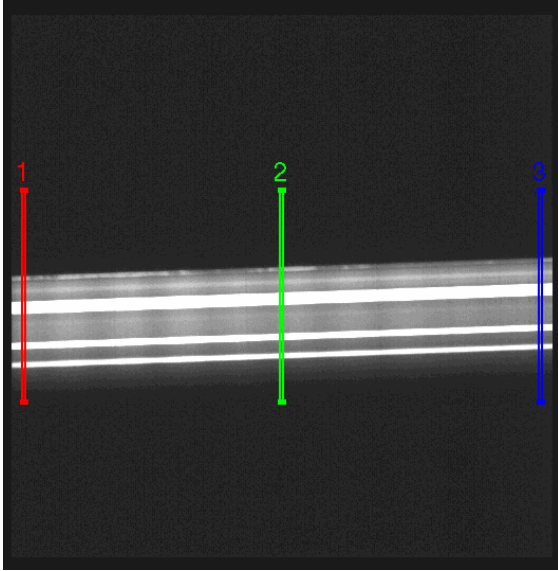


ピクセル(y)	$\lambda (\text{\AA})$	$d\lambda (\text{\AA}/\text{pix})$	$\Delta \lambda (=4d\lambda)$
1	4292.01	4.73	18.91
256	5524.21	4.93	19.75
511	6809.94	5.15	20.59

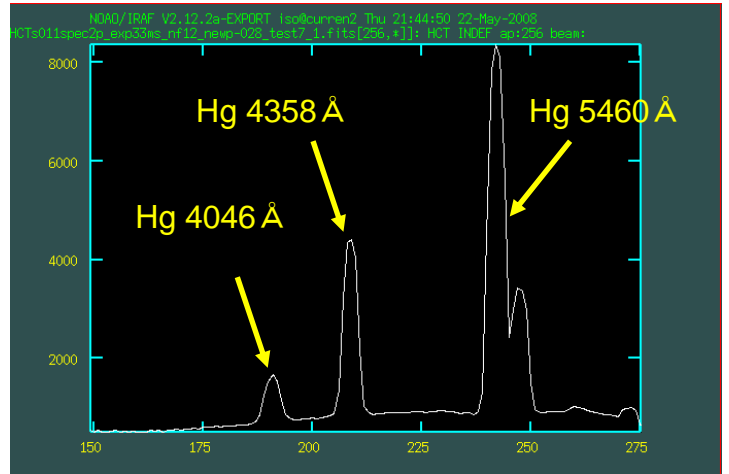
3: 波長同定

○2素子プリズム(超低分散分光)

幅0.11mm(=4pix)スリット



2: 中心 x=255-257pix



波長fitに使える輝線は3本のみ

関数による波長fit はまだ行っていない。

← 今後の課題

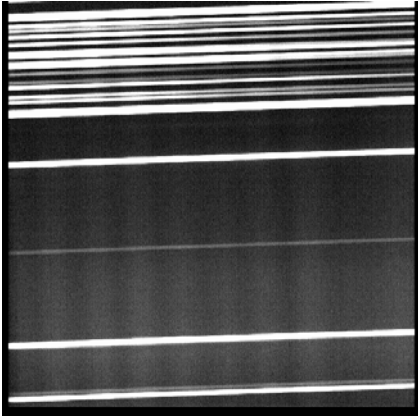
4: スリット位置シフトの影響

グリズムを用いた低分散分光では、スリット位置をずらすことで、取得波長範囲を変えることが可能。

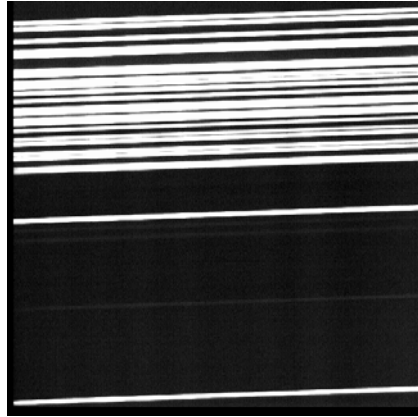
(2素子プリズムでも同じことが言えるが、プリズムの場合には通常の設定位置で可視全域が収まるのでスリットをずらす必要がない)

スリット位置のシフト:

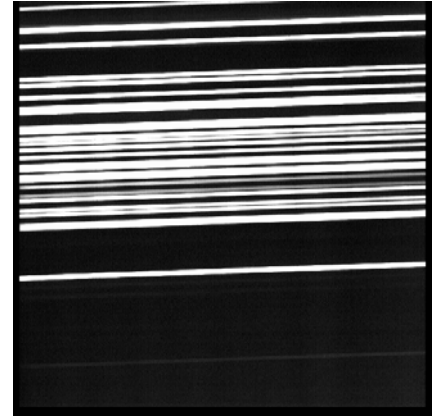
-2mm



0mm

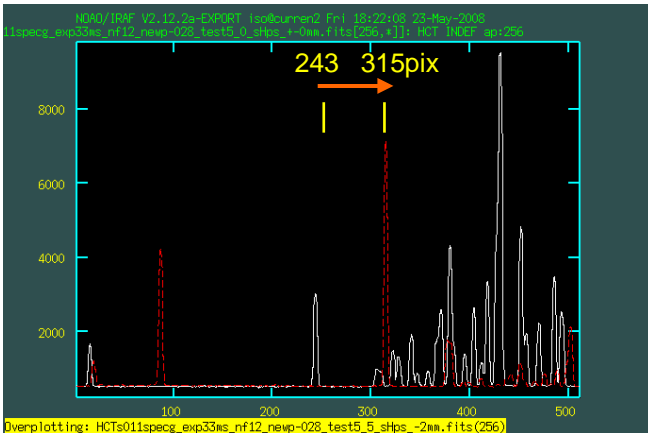


+2mm

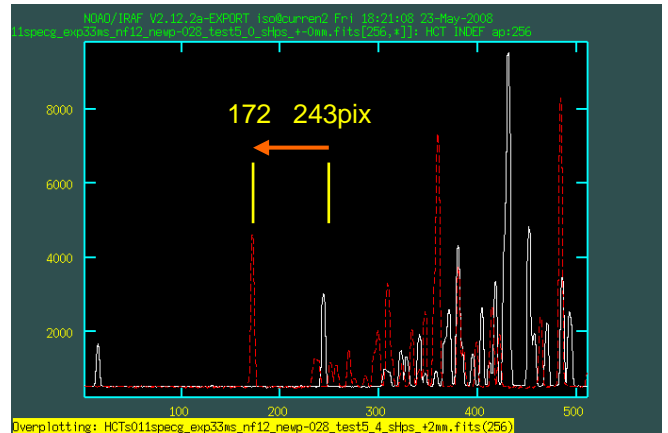


○ x=256pixでのy断面スペクトルの比較

シフト 0mm(白) VS -2mm(赤)



シフト 0mm(白) VS +2mm(赤)



$$\text{波長シフト量} = (315-172)\text{pix}/4\text{mm}$$

$$= 35.75 \text{ pix/mm} \rightarrow 0.996\text{mm (スリットでは)} (x1.741 \times 0.016\text{mm})$$

スリット位置のシフト量に相当する分スペクトルがシフトしていることを確認。

波長同定の結果を使うと、

スリット1mmあたりの波長シフト量 = 169-184 Å に相当 (±5mm程度はシフト可能)

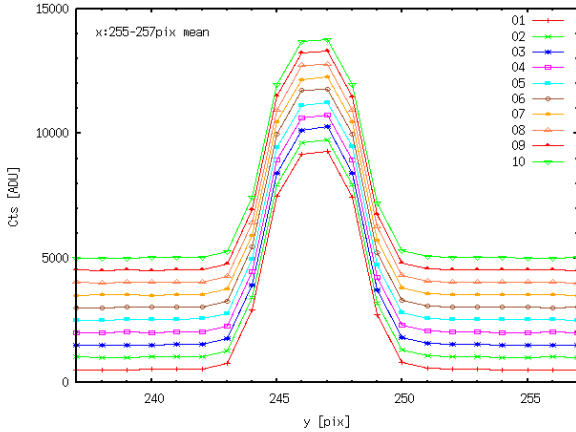
5: マスクスリットの位置再現精度の調査

電動アクチュエータ5本のうち、精度の高い位置再現性を要求されるのは、マスクスリットのアクチュエータである。そこで、このアクチュエータの位置再現精度の調査を行ってみた。

(補足: HgNeランプ以外の4本のアクチュエータは全て同じ製品)

共通の条件: 0.11mmスリット、33ms積分、フィルター: Vバンド使用

1: スリットを動かさずに10枚連続撮像

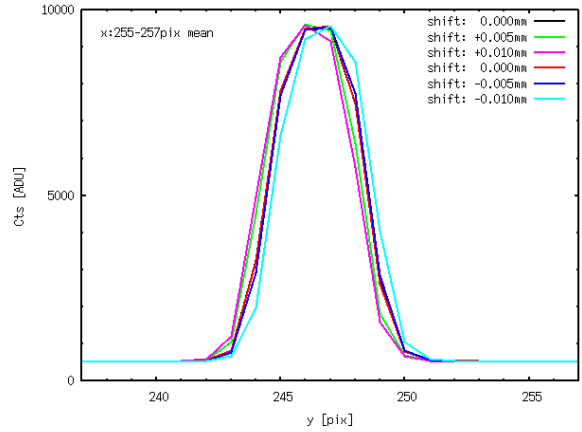


234.814, 13618.4

ピーク位置変化せず

(HgNeランプの時間変化はピーク位置に影響しない)

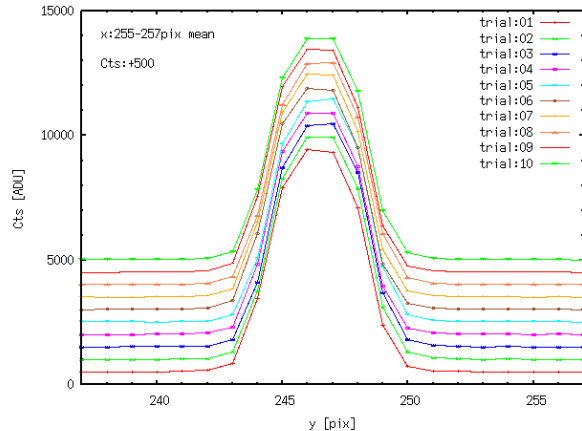
2: スリット位置を±5 μm (=1パルス) ずつ移動



249.108, 10205.0

スリット位置を10 μm動かすと、
ピーク位置の変化が見られる。

3: 「原点→0.11mmスリット挿入」を10回試験



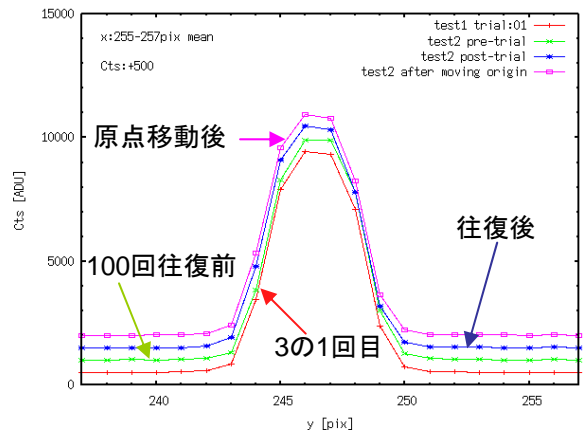
256.160, 14616.7

ピーク位置ほとんど変化せず

(2との比較で位置再現性は
±5 μmの精度と見られる)

4: 「丸穴⇔0.11mmスリット挿入」を100回往復させた前後の再現性調査

(3のテスト1回目と今回の試験前、試験後、試験後一度原点に戻してから再度0.11mmスリット挿入)



257.417, 15037.9

ピーク位置ほとんど変化せず
(3と同じ結論)

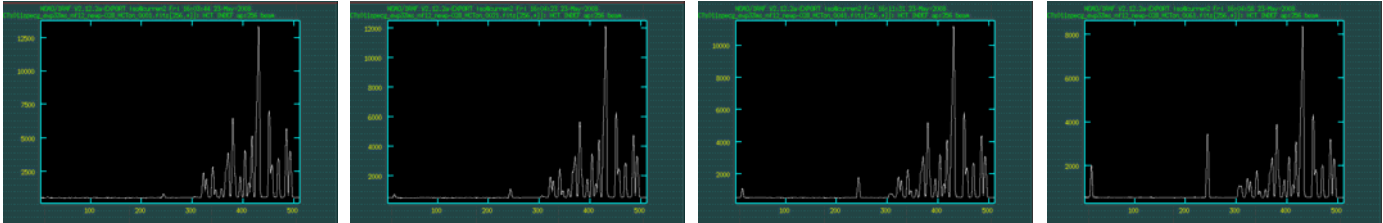
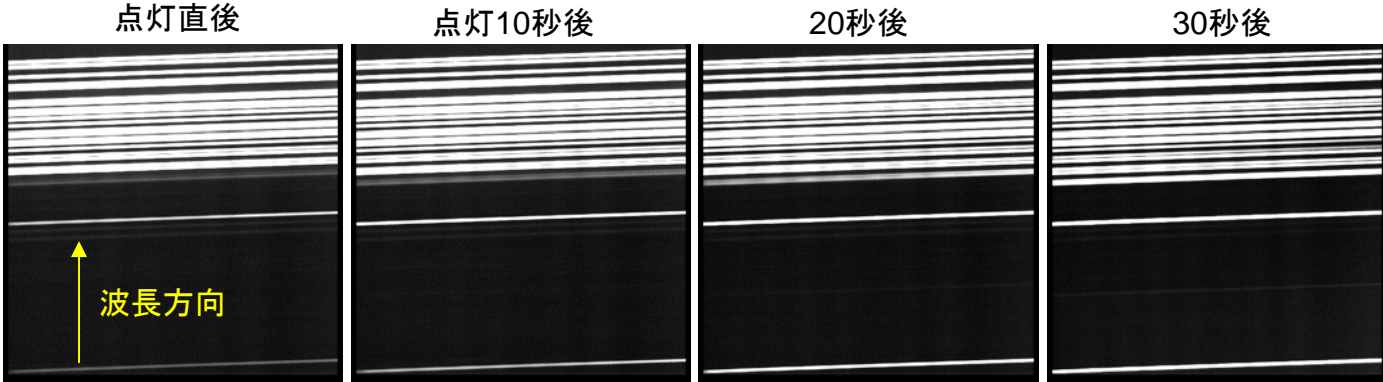
結論:

- ・電動アクチュエータの位置再現性は±5 μm程度の精度。(カタログ値: ±10 μm)
- ・原点に戻さずにアクチュエータを移動させ続けても位置精度に影響はない

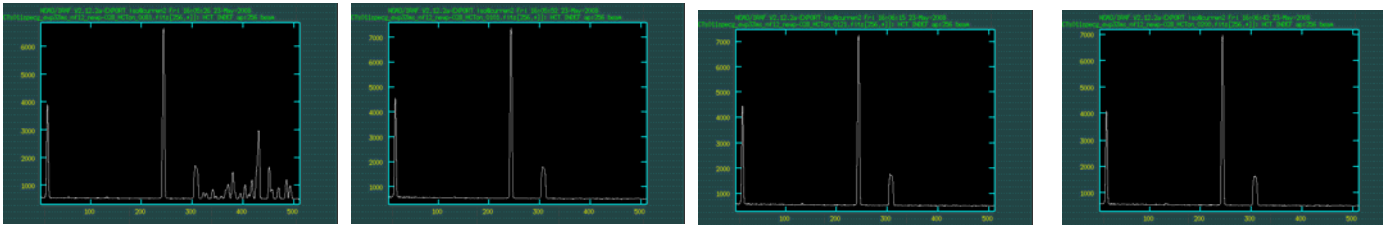
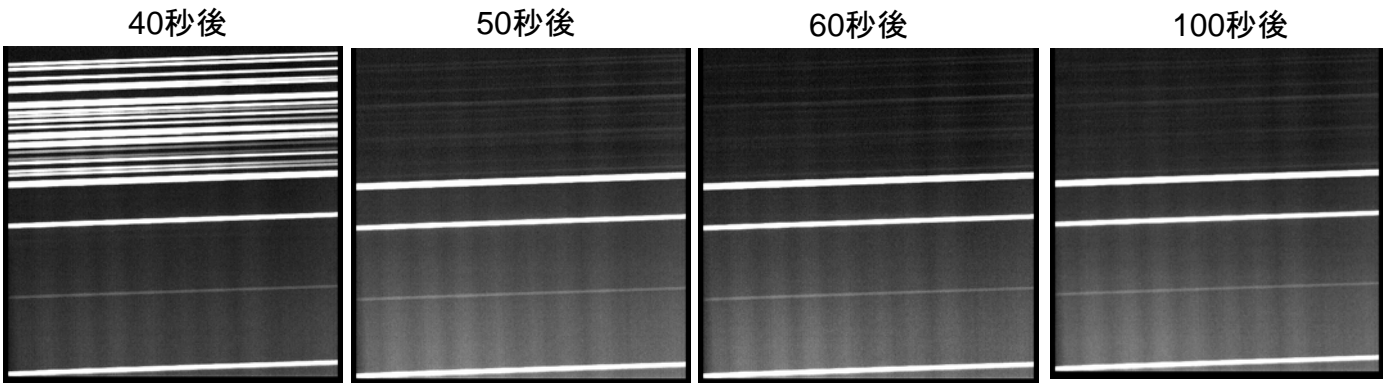
6: HgNeランプの時間変化

波長較正に使用するHgNeランプの放射スペクトルはランプ点灯後の経過時間によって変化する。以下にその様子を示す。

テスト条件:0.11mmスリット、グリズム、フィルター:なし



中心(x=256pix)のy断面



・点灯直後はNe輝線($\lambda > 580\text{nm}$)が強く、30秒後からHg輝線が優位になり、50秒後以降はNe輝線はほとんど見られない。

→ 波長較正には、点灯後40秒程度経過のスペクトルを取るのが望ましい。

・消灯後すぐに点灯すると、Ne輝線の減衰はより早く起きるようになる(5分程度おけば大丈夫)