

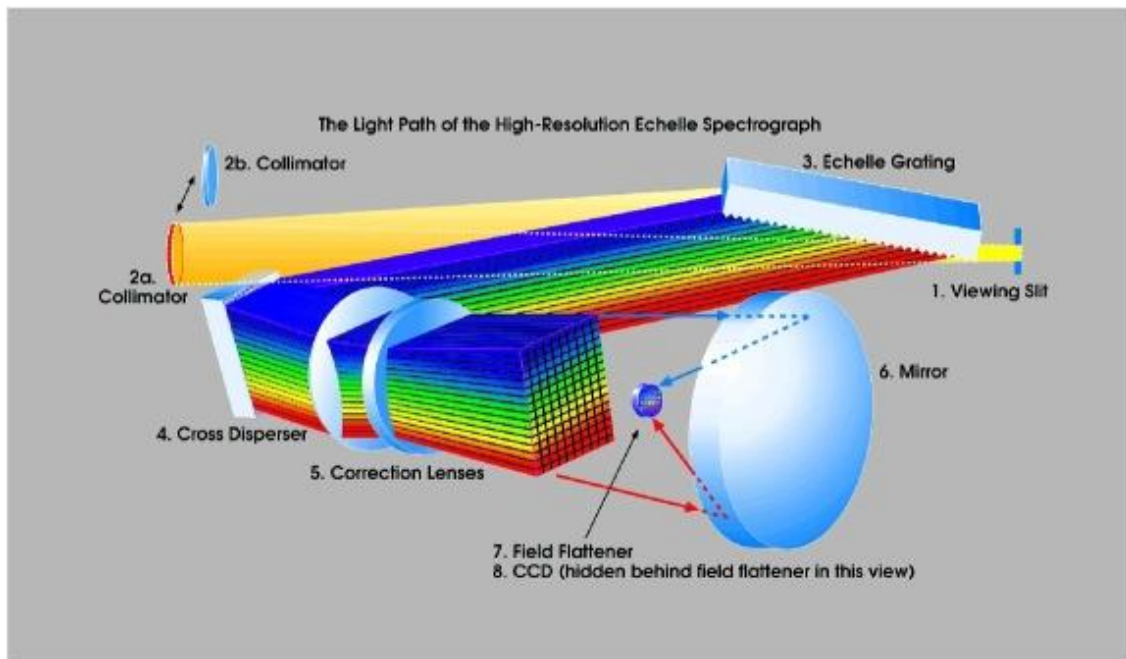
可視相対高分散分光器

<http://www.kusastro.kyoto-u.ac.jp/~iwamuro/HDS/>

岩室 史英 (京大宇物)

●可視高分散分光器

通常の可視高分散分光器([Keck HIRES](#) の例)

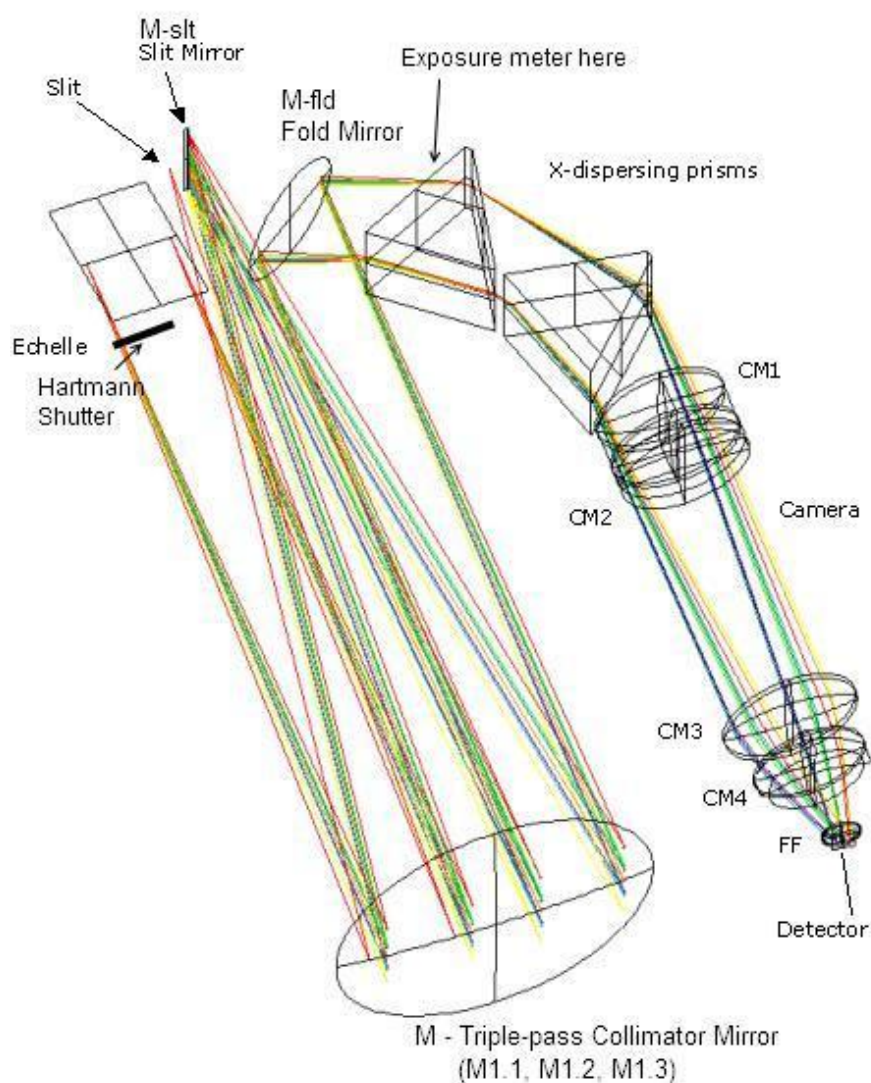


クロスディスペーザにも回折格子を使用するため、

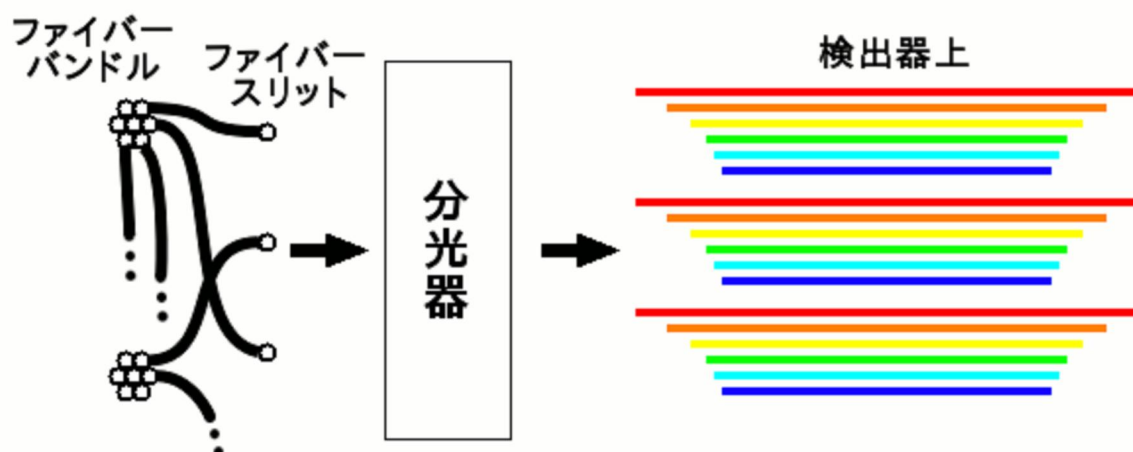
- ダイクロイックミラーで2つに分けないと、広い波長帯を一度に観測できない
- 波長帯の端で効率が低下する

などの欠点がある。

クロスディスペーザをプリズムにすると([インド天文台 HES](#) の例)



のようにながりのサイズのプリズムが必要になる。
ファイバーで離散スリットをつくれればクロスディスペーザの分散は小さくて済むはず。

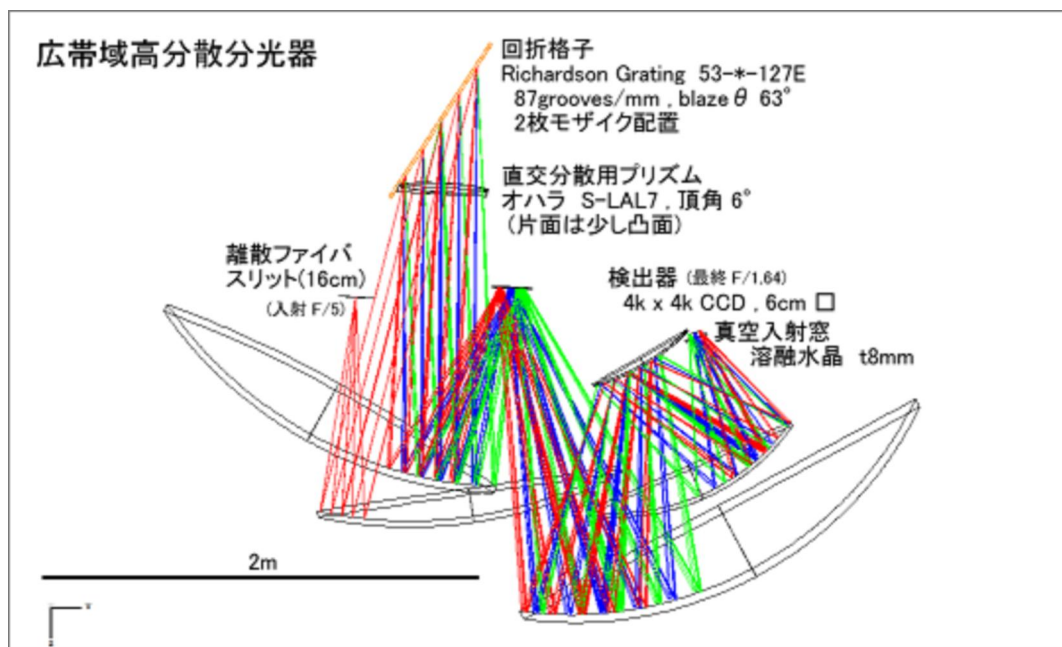


但し、この場合は検出器上での軸上色収差を広い波長範囲で0にしないためには、反射光学系で構成する必要がある。

●3.8m 望遠鏡用可視相対高分散分光器

以下の条件で設計した。

- 原則として byconic 反射面のみ
- 回折格子は大面積マスターが既に存在するパラメータを用いる (Richardson Gratings 53-* $-127E$)
- 検出器サイズは $4k \times 4k$, $15 \mu m$ pixel ($6cm \square$) を仮定
- 波長分解能は最大で 10万/pixel 以上
- 結像精度はほぼ全域で 2pixel 以内
- CCD 直前の入射窓は熔融水晶 $t8mm$ を仮定

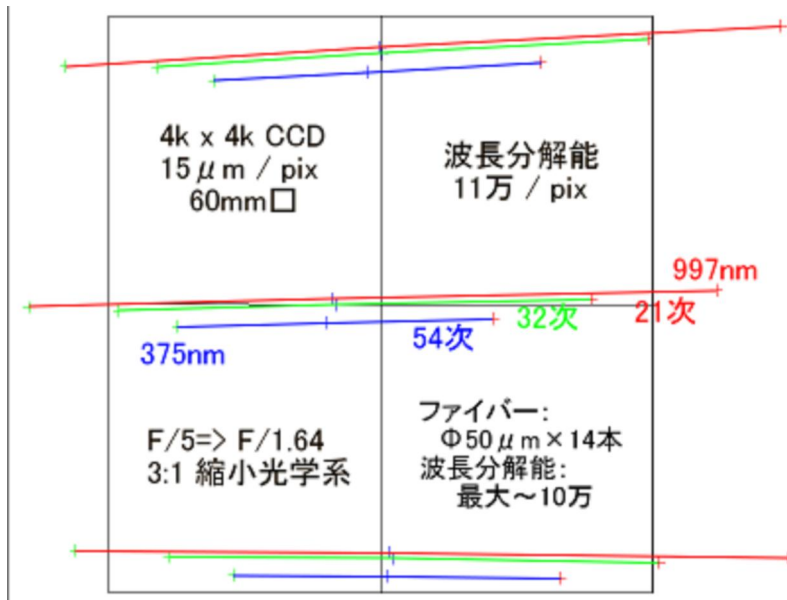


設計手順は、

- [近赤外分光器](#) の設計で得られている解から出発
- CCD 直前の入射窓は無い状態で設計
- 回折格子のパラメータを徐々に変化させて最適解の変化を追う
- CCD 周辺でのビーム引き出し量を確保し、かつ結像精度をあまり悪化させない範囲内で、瞳位置やカメラ系のパワーを変更して可能な限りの縮小光学系にする
- クロスディスペルザプリズムの最適な材質を選んで再度最適化
- 最も良い解が決まったら CCD 直前に入射窓を加え、軸上色収差をキャンセルするために、プリズムの片面に若干のパワーを与えて再度最適化

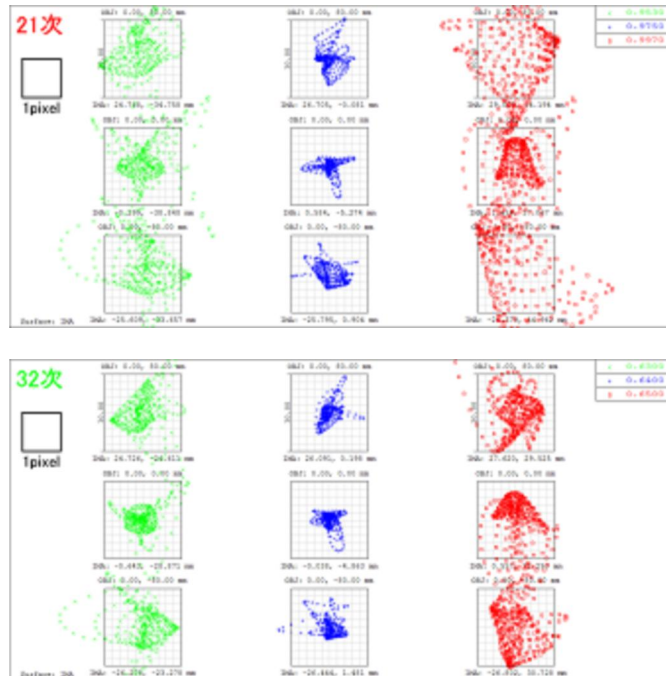
その結果、 $F/5 \Rightarrow F/1.64$ の 3:1 縮小光学系ができた。

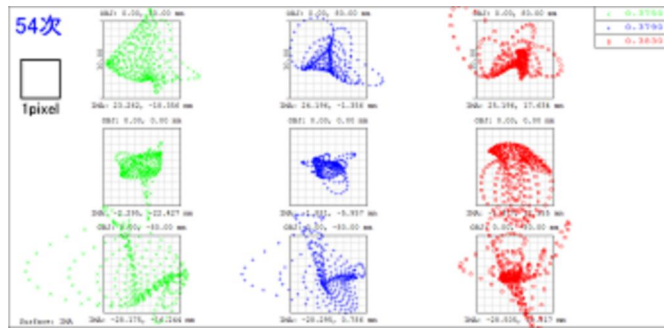
検出器上でのフォーマットは以下の通り。



- スペクトルは 21次 \sim 54次までを使用(実際はもう少し外まで使える)
- スペクトルの間隔は 94 μm \sim 104 μm (1ユニットの幅は3mm)
(2本のファイバーで1ユニットとしたかったが、プリズムの分散を上げられず断念)
- 1天体を7本のファイバーで受け、2天体同時分光が可能
- ϕ 50 μm のファイバーを用いた場合は最大波長分解能は約10万、
 ϕ 100 μm のファイバーの場合は波長分解能は約5万
(ファイバーは [OPTRAN WF](#) のポリイミドジャケットかな)
- 720nm (29次)までは連続したスペクトルが得られるが、それより長波長では周期的に観測できない部分が現れる

以下、上図 “+” 位置でのスポット図 (21次の両側のスポットは検出器外)





[Zemax ファイル](#)

一応理想解は出たが、少しでも設計から外れるとすぐに波長分解能が落ちるので、波長分解能10万のモードは全てうまく行った場合しか達成できない。ファイバーは $\phi 100 \mu\text{m}$ と $\phi 50 \mu\text{m}$ の2種類を準備しておき、通常は太い方を使うことになると思う。

また、2m サイズで F/1.64 の光学系は温度変化に非常に敏感で、鏡の検査方法や光学調整も相当難しい事が予想されるので、よく考えないとイケない。

例えば...

- CCD カメラマウント部はピエゾでほんの少し上下左右にオフセットがつけられるようにして、露出ごとに 1/2 pixel 分ずらして何とか 1pixel 以下の情報が読めないか、もしくは 1pixel サイズが $5 \mu\text{m}$ の CCD も準備しておいて、CCD 部分を交換する(波長分解能10万モードのため)。
- 光学調整はほぼ全てリモートでできるようにして、スポットサイズの判定から光学調整を全て自動化し、調整スクリプトが1週間位昼夜を問わず走り続けて調整を完了させるようにする(人間が頑張れば頑張るほど恒温槽内部の環境は乱れるので)。
- biconic mirror の検査法は要検討。単に点光源からの斜入射ビームでチェックできれば最も楽なのだが...

●調整に必要な精度など

個々の光学素子の位置を $\pm 0.1\text{mm}$ 、角度を $\pm 0.02^\circ$ ずつずらして像サイズへの影響を調べた。 \pm での影響の違いはほとんどないが、悪い方の数値を以下にまとめる。

Optics	z	x	y	θ_x	θ_y	θ_z	備考
初期値	0.0040						
Mirror #1	0.0044	0.0040	0.0044	0.0140	0.0041	0.0040	
Prism	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0041	
Grating	0.0040	0.0040	0.0040	0.0065	0.0040	0.0040	
Mirror #2	0.0071	0.0040	0.0040	0.0090	0.0050	0.0055	
Mirror #3	0.0136	0.0041	0.0040	0.0045	0.0048	0.0040	
Mirror #4	0.0152	0.0041	0.0057	0.0360	0.0068	0.0041	横ずれは角度で相殺可
Mirror #5	0.0095	0.0060	0.0059	0.0153	0.0050	0.0040	
Mirror #6	0.0261	0.0063	0.0066	0.0298	0.0203	0.0040	横ずれは角度で相殺可

iwamuro@kusastro.kyoto-u.ac.jp