

高速カメラの分光システム開発の現況

磯貝
2007 07/13

1: 分光システムの開発要素

- ・分散素子
- ・フィルター
- ・筐体(レンズホルダー、フィルターホイール含む)

※ レンズ群(コリメーター、再結像系): Howpolの予備を使用。

2: 開発のタイムスケジュール

～7月20日: 分散素子の概念設計・候補の限定

～7月末: G-maxによる分散素子の設計

7月末: 分散素子の発注。

8月～8月末: フィルターの発注。

8月～9月半ば: 筐体設計(レンズホルダー、フィルターホイール含む)

9月末: 筐体工作の発注。

12月中に全てのパーツが揃うようにする。

3: 分散素子の仕様

3種類のRの分散素子を用意する。

a: R～ 30 プリズムx2 or グリズム(表面レリーフ、以下SR)

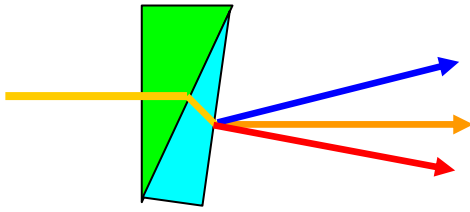
b: R～ 300 グリズム(SR)

c: R～3000 グリズム(VPH) ← HowPolのVPHグリズムの
図面をそのまま利用可

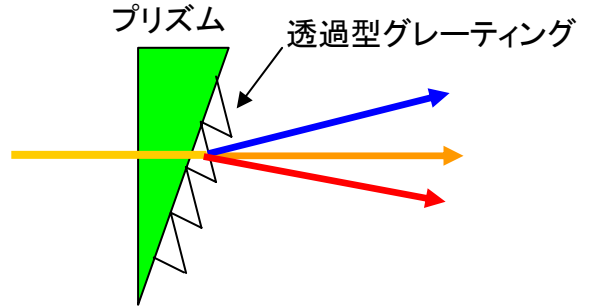
bとcについてはグリズム(SR,VPH)で仕様についてはほぼ決定だが、
aについてはプリズム、グリズム両方の選択肢を検討中(現在行っていること)。

4: 超低分散・分散素子の仕様について(3.a)

a: プリズム2つの組み合わせ



b: 表面レリーフグリズム



利点: R~20-30を達成可能

可視全域でRの変化が小さい
スペクトルになる

欠点: 青側で分散が急激に大きくなる
(屈折率で分散を作る限り避けられない
こと。3個の組み合わせでも同じ)

R~20-30の素子が作れない
(市販品のグレーティングを使う
ため)

プリズム: Schott社の16種類のガラス素材を組み合わせ、分散の波長に対する変化が小さく、なおかつ現実的なプリズム頂角となるものを選別。

(16種類の素材の情報はこのまとめの最後に掲載)

◎ 両者を備えたベスト3+1の表

	分散(dx/dλ)の比(@400nm/800nm)			プリズムの素材
	プリズム頂角 1個目	プリズム頂角 2個目		
1: 10.6	43.45	32.45	LITHOTEC-CAF2 + LF5	
2: 11.2	35.92	25.16	LITHOTEC-CAF2 + F2	
3: 11.5	43.68	37.37	N-PK52A + SF2	
4: 15.5	44.17	36.84	BK7 + F2 (よく使われるガラスの組み合わせ)	

グリズム: Newport(旧Richardson Grating Laboratory = RGL)社の透過型グレーティングの中で最も溝本数の少ないグレーティング(N=35g/mm)を用いる。

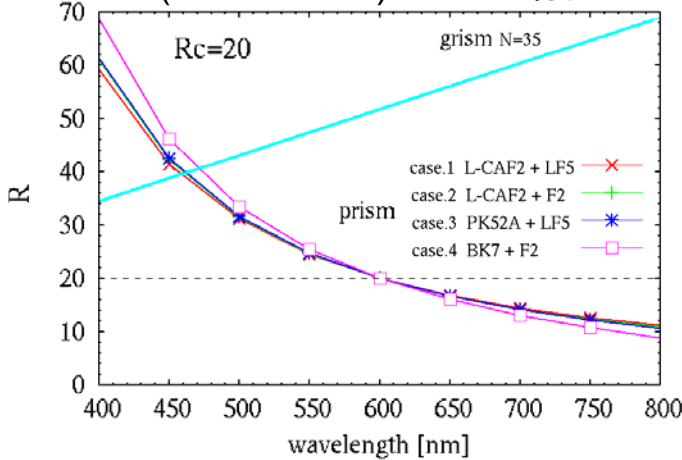
使用グレーティング:

溝本数(N)=35g/mm ブレーズ角:2.2° 1次のブレーズ波長: 640nm

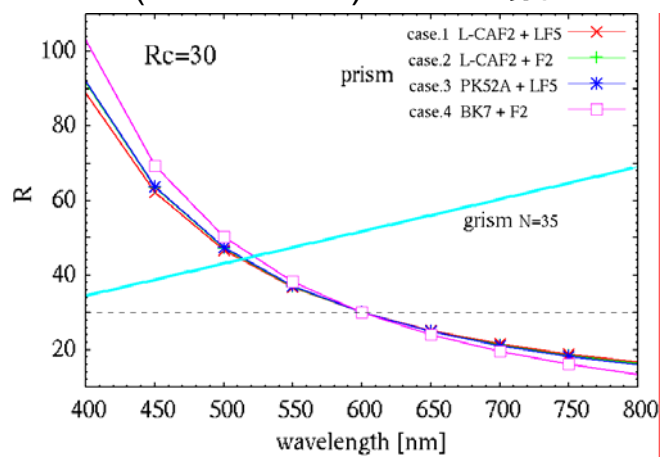
透過型グレーティングの場合、屈折光=1次の回折光となる波長のこと

両者の波長分解能 $R(\lambda) \equiv \lambda / \Delta \lambda$ の波長依存性の違いを比較。

$R(\lambda c=600\text{nm}) = 20$ の場合



$R(\lambda c=600\text{nm}) = 30$ の場合



※1 プリズムx2では $\lambda = 600\text{nm}$ の光が、
グリズムでは、 $\lambda 640\text{nm}$ の光が直透過となっている。

※2 上の計算結果は、あくまで近似式($\sin \theta \sim \theta$)を前提に解いた結果。
光学設計ソフトを用いた計算ではないが、誤差はせいぜい10%程度と推定。

どちらの場合も、

プリズム: 青側でRが大きくなる = 限界等級が下がる

グリズム: 赤側で //

特徴を持つ。

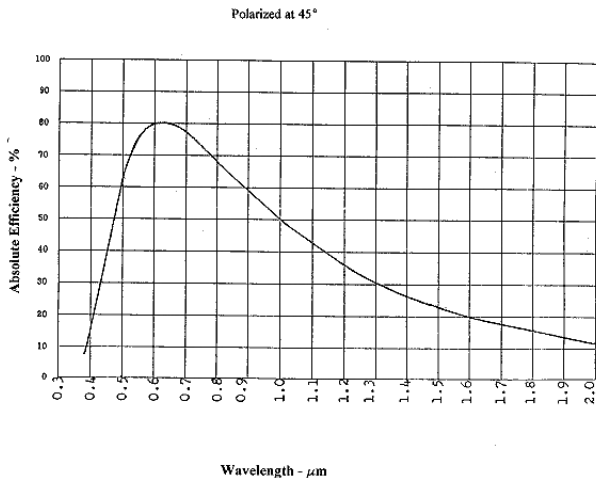
Rの波長依存性は、プリズムで6-7倍、グリズムで2倍の変化。

赤い天体を観測する等、青で分散を抑えたいのならグリズムで、
青い天体ならプリズム2つの組み合わせが妥当か。

なお、プリズムの組み合わせの場合、プリズム頂角を小さくするには
より波長依存性の大きい組み合わせを選ぶ必要がある。

補足： グリズムで使用しているグレーティングは青側 ($\lambda \sim 400\text{nm}$ で透過率が極端に低い)

透過型グレーティングの効率曲線



ブレース波長の $\lambda = 640\text{nm}$ 付近では80%を達成しているが、400-500nmでは15-60%に急降下。

対処：ブレース波長が500nm (溝本数 $N=45\text{g/mm}$) を使用する。

← Rはおよそ1.3倍大きくなってしまふ。

5: 今後の予定:

両方のケースについて、ZEMAXを用いた計算を行う。

◎ 16種類のガラス素材

名称	n_d	ν_d
1: LITHOTEC-CAF2	1.43385	95.23
2: N-PK52A	1.49700	81.61
3: BK10	1.49782	66.95
4: PK53	1.52690	66.22
5: BK7	1.51680	64.17
6: PSK53	1.62014	63.48
7: PSK3	1.55232	63.46
8: K7	1.51112	60.41
9: BaK1	1.57250	57.55
10: N-SSK2	1.62229	53.27
11: LF5	1.58144	40.85
12: F2	1.62004	36.37
13: SF2	1.64769	33.85
14: LaSF	1.85025	32.17
15: SF11	1.78472	25.68
16: N-SF66	1.92286	20.88

n_d : $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ での屈折率

ν_d : アッベ数 $\nu_d = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$

n_F : $\lambda = 486.1 \text{ nm}$ での屈折率

n_C : $\lambda = 656.3 \text{ nm}$ "

数字が小さいほど、分散が強いことを表す