

望遠鏡用對物レンズに 用ふる硝子選定の特殊例 (2)

東京 淺野俊雄

色消しに關しては之れ位な組合はせでよいが、次に球面收差になると色消しのやうに簡単な式で屈折率の良好な組合はせを決定することが出来ないから、實例を用ひて計算してみる方が早い。

先づ私は上表組合せ中からチャンス・パソンス硝子の519604(クラウン)と623360(フリント)を組合せたものが總ての點から見て一番良好であると考へ、これを用ひて次の實例により計算を試みた。

(實例) 天體望遠鏡用對物レンズ

有効口径	110耗			
焦點距離	1650耗	$F/l=15$		
		n_d	$C-F$	r
硝子	519604 (クラウン)	1.51944	0.00860	60.4
	623360 (フリント)	1.62308	0.01729	36.0

之から必要な計算は

$$\text{クラウン・レンズの焦點距離} = \frac{(60.4 - 36.0) \times 1650}{60.4} = 666.6 \text{ (耗)}$$

然して、このレンズの兩面の曲率半径は絶對が相等しいから

$$\text{必要な曲率半径} = 666.6 \times (1.51944 - 1) \times 2 = 692.5 \text{ (耗)}$$

たつたこれだけの計算でよい、フリント・レンズの方は全く計算しなくてよい。若しフリント・レンズの方から曲率半径を求めれば反對にクラウン・レンズの計算は必要がない。即ち三等球面の曲率半径を692.5耗にすればよいので、之は對物レンズの焦點距離を1650耗位にするときにのみ三等球面が同時にこの曲率半径を必要とするのであるが、若し收差さへ良好に除かれておればよい。焦點距離の方は少々の變化は差支へないといふのであれば、例へば三等球面が同時に690耗に變化してもよい。随つて鐵皿を用ひて作業する工場であれば Stock curve 即ち有り合せの上記の曲率半径に近いものを利用出来るといふ便益がある。

次にレンズに適當な厚さを與へて製作要素を整頓すると、

$$\varphi = 115.0 \text{ (110.0)} \quad \text{單位は總て耗}$$

$$\gamma_1 = +692.50$$

$$\gamma_2 = -692.50$$

$$\gamma_3 = -692.50$$

$$\gamma_4 = \infty$$

$$\text{クラウン・レンズの厚さ } d_1 = 11.00$$

$$\text{レンズの間隔 } d_2 = 0.40$$

$$\text{フリント・レンズの厚さ } d_3 = 8.00$$

之だけの計算で他に全然光學計算をしないで、このレンズを製作したときに如何なる結果になるかを見るために光路追跡を行つてみた。

Starting data は球面収差の方は marginal ray に對し $Y = 55.00$, zonal ray に對し $Y = 38.89$, 屈折率は上記の n_d を用ひた。色収差の方は

$$\text{クラウン} \begin{cases} n_D = 1.51681 \\ n_F = 1.52541 \end{cases}$$

$$\text{フリント} \begin{cases} n_D = 1.61799 \\ n_F = 1.63528 \end{cases}$$

の屈折率, incident height $Y = 38.89$ を用ひた。

光路追跡の結果は次の通りである。

$$\text{球面収差を表はす } n_d \text{ の back focus} \begin{cases} \text{marginal} = 1646.793 \\ \text{zonal} = 1646.770 \\ \text{paraxial} = 1646.778 \end{cases}$$

$$\text{光軸をなす最後の収斂角度} \begin{cases} \text{marginal} = 1^\circ 53' 33''.54 \\ \text{zonal} = 1^\circ 20' 29''.68 \\ \text{paraxial} = 0.03309815 \end{cases}$$

(nominal)

$$\text{焦點距離 (equivalent focal length)} \begin{cases} \text{marginal} = 1660.435 \\ \text{zonal} = 1661.058 \\ \text{paraxial} = 1661.723 \end{cases}$$

$$\text{色収差を示す back focus} \begin{cases} \text{C-line} = 1647.511 \\ \text{F-line} = 1647.638 \end{cases}$$

以上の如き結果が得られた。之等の値から色々な収差を求めると、次の如く各収差とも甚だ満足に匡正されて、餘り氣持よくとれてゐるのに驚く程である。

(1) 球面収差

Paraxial と marginal とでは 0.015 耗の ovdr-correction, paraxial と zonal とでは 0.008 耗の under-correction, 即ち d-line に就いて最大球面収差は焦點距離の約 7 萬分の 1 である。Zeiss, Askania 何れも球面収差は焦點距離の千分の 1 以下を公稱してゐるから、之は全く問題にならぬ微量である。尤も實際は數學的な球面が出来上る譯ではなし、又屈折率の部分的差違等によつて、この計算通りのレンズにはならない。若しこの通りのレンズが出来れば正に Alvan Clark 氏の作品と比肩されてよからう。この優れた計算の結果を實現するのも、反對にそれを悪くするのも研磨技術である。この技術が天體用對物レンズ製作の上で重要な位置にあることが想像される。

(2) コ マ

コマはレンズの各 zone の焦點距離の差で判定出来る。このレンズでは焦點距離の差は最大 1.288 耗で完全にコマのない條件を満足してゐるとは申せない。然しこの正弦條件よりの偏差は焦點距離の 0.1% 以下であつて、理論上一般の望遠鏡ではこの差が焦點距離の 0.25% 以下であれば殆んど無害とされるのであるから、コマの心配は全くないのみならず higher order のコマを考慮するときこの positive coma (即ち内方へ向ふコマ) は一層默認し得る量のものである。私は眼視用觀測ならコマの點でもこの型で十分だと考へる。

(3) 色 収 差

之がまた極めて満足に匡正されてゐる。即ち C—F line に就いて 0.127 耗で焦點距離の 1 萬分の 1 以下(このときの色収差の optical tolerance は ± 0.501 耗)であるから全く優秀であり、それが極微の over-correction であるに至つては理想的といへよう。色消し状態の好悪は多分の主觀を含むから難しい問題であるが口径が増すに従つてもつと over-correction になる方が望ましい。色収差の zonal difference も考へねばならぬが、この對物レンズでは左程重要でないから割愛する。2 枚合せアクロマイトとして當然殘存するものであつて之を如何ともなし得ないのであるから、レンズそのものの良否はこれだけの値で判定して差支へない。

(4) 二次色収差

d—line と C, F—line との差は大約 0.81 耗であつて焦點距離の 2 千分の 1 と

いふ定式通りである。参考のために各 zone 各 spectral line 全部の back focus (耗)を記すると、

marginal	{	C	1647.708
		d	1646.793
		F	1647.790
		G'	1650.968
zonal	{	C	1647.511
		d	1646.770
		F	1647.638
		G'	1650.858
paraxial	{	C	1647.556
		d	1646.778
		F	1647.522
		G'	1650.577

この表を見ても普通の天體望遠鏡用對物レンズの最悪なる収差は secondary spectrum であるといへる。球面収差の波長による差違はこの程度の口径比では比較的少ない。

斯くしてこの對物レンズの優秀性は認定された。この2種の光學硝子を用ひる限り、厄介な収差計算はノック・アウトされだ形である。若し他の任意の硝子を用ひて、例へば上の(1)又は(2)の型のものを作るとなれば figuring に期待を持ち得ない光學設計家は如上の程度の計算結果を得る迄に少くとも三四回の光路追跡を繰り返さなければなるまい。然し、考へれば、特に中口径以上では如何に優れた計算の結果が得られても figuring の協力を待たないでは優れたものは出来ないから、結局五十歩百歩となり、天體用對物レンズには面倒な光學計算は不必要といふことになる。どうせ面倒な計算をしないならば、どつちへ轉んでも間違ひはなく、上記の僅に2,3行の計算で充分に良好な状態になつて居る。この三等球面一平面の型を選ぶのは賢明である。

要は出来るだけフリントのC—F分散がクラウンのその2倍に近く、 n_d の差が0.1035から0.1045位迄のハイド・クラウンとデンス・フリントを用ひ、希望の焦點距離に0.42を掛けたものを曲率半径にすると考へれば極端に簡単になる。

但し口径比が大きくなるほど此のやうに好都合にはゆかなくなるが、口径比1:9位迄は可能である。色収差と球面収差は充分にとれてもコマの量が最大許容量に達し此の口径比が限度である。また物体が近距離の場合には球面収差が

生じてくるから注意を要する。n_d の差が 0.108 位になつても球面収差の over-correction は figuring で容易に修正出来る程度である。

チャンス會社では普通の對物レンズ用としてはこの種のものを多く供給する。例へば極く最近注文した 15 種對物レンズ用として別に硝子を指定しなかつたが次の如きものを送つて來た。之は丁度分散が 2 倍になり且つ屈折率の差が 0.103 といふこの型の對物レンズには都合のよいものである。

	n _d	C—F	ν
IIC/7624	1.5168	0.00856	60.4
DF/7779	1.6198	0.01714	36.2

ショット會社の方では特に指定でもしない限り Borosilicate crown を送つてくるからこの型には出来ない。この點でも英人は實際家といへようか。

前に掲げた硝子の組合せ表の中ではチャンス會社の 2 例が一番好都合である。ショット會社の方では K5 と F1 の組合せが甚だ良好ではあるが惜しいことに K5 は相當風化し易い硝子であることが缺點である。我國では用ひない方がよろしい。(完)

火 星 接 近 有 感

災	惑	道	遙 _ス	羯	馬 _ノ	宮。
怪	光	灼	燦	射 _{ニル}	雙	隣 _ヲ 。
白	冠	明	滅	分 _{ニル}	冬	夏 _ニ 。
暗	帶	盛	衰	有 _ニ	異	同 _ニ 。
艸	野	延	延	全	土 _ニ	擴 _ヲ 。
運	河	脈	脈	四	方 _ニ	通 _ス 。
觀	觀	測	測	敲 _キ	神	秘 _ヲ 。
誰 _ノ	克 _ヲ	解	消 _{スルモノゾ}	千	古	蒙。