

昔作ったライト・シュミットのこと

2010年5月14日

今から30数年前、鏡面磨きをしていた若かりしころ、ライト・フェイセシ型シュミットカメラを製作しました。

作った後、星像を見るととんでもないアンダーで、調べてみるとフォーコートテストのための計算式が、あやふやであることをを見つけました。

今の時代であれば、パソコンによる光線シミュレーションソフトで簡単に結果が出てしまうかと思いますが、当時は筆算に近い電卓計算が主で、随分と苦労しました。

随分と古いお話しですが、私自身の記録として昔の報告を掲載致しました。
文章も分かりづらいですが、ほとんど当時のまま転載しています。

像面が平坦なシュミットカメラとして一時期流行った？ライト・フェイセシ型シュミットカメラですが、最近は表の世界に登場しなくなりました。

ちょっと寂しいところもありますが、どこかで役に立つことがあるかも知れません。

読んでも分からないところだらけかと思いますが・・・
数式を見ても・・・思い出せない（笑）



Wright-Väisälä-Schmidt CAMERA

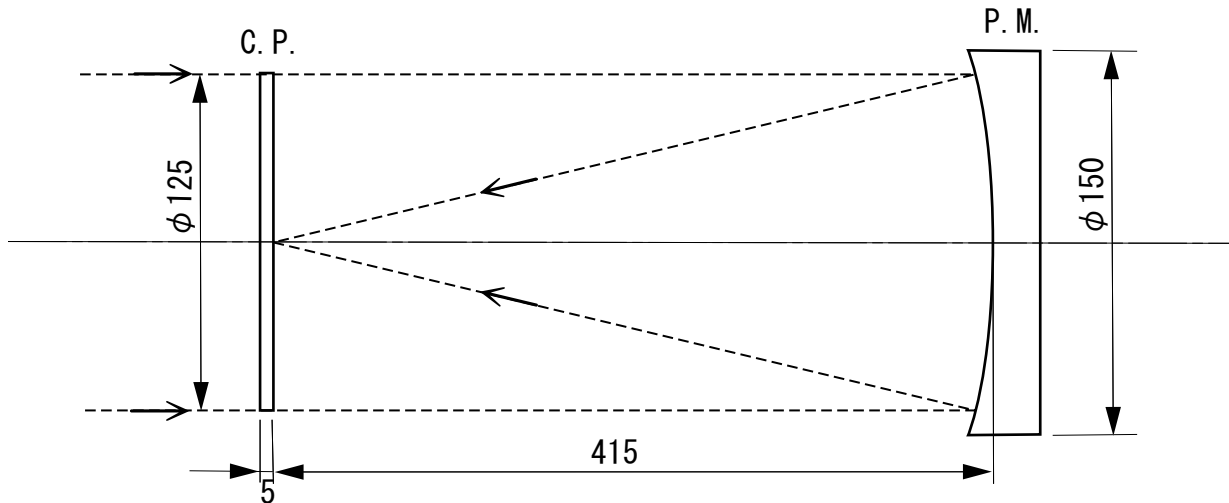
1978年12月16日

熊森 照明

世は今、シュミットばやりである。B・シュミット氏の天才的発明から、46年経た今、やっと日本のアマチュアの手に広がりつつある。これは、日本特殊光学の企業努力に負うところが多い。

さて、シュミットの型式が発展したものに色々あるが、アマチュアの興味を引く「ライト・フェイセシ型シュミットカメラ」を試作しましたので、ここに紹介させていただきます。

☆仕様 (mm)



(図1)

C. P. (補正板) 材径130mm 有効径125mm 5mm厚 青板
P. M. (主鏡) 材径155mm 有効径150mm 15mm厚 青板
F 3.3 f. l. = 415mm 鏡間距離 415mm

☆第1次製作

まず最初は主鏡に手をつける。鏡材は、以前、盤に使用していて薄くなった15mm厚の青板を利用した。望遠鏡としても、できるだけ軽くしたかったからである。

主鏡のF数はF2.8で相当深く、凹作だけでも大変で、力任せにやって、なんとか凹んでいった。

砂ズリは、まず無事に終わった。

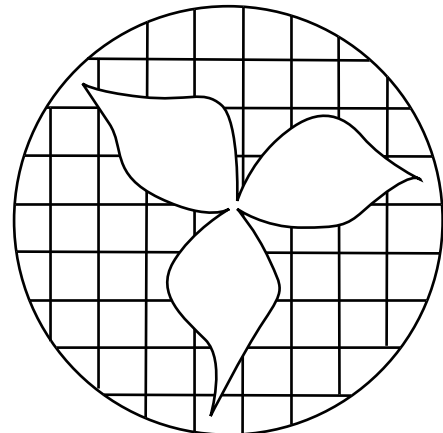
さて磨きであるが、曲率が強いので、ピッチ盤作りの型どりで、中央が当たりにくく残る。

磨きは普通であるが、修正量が問題となる。ライト・フェイセシ型の主鏡面は短軸楕円で、俗に言う偏球である。その変形量は、補正板と主鏡の鏡間距離が焦点距離と同じ場合、パラボラ鏡と正反対で、非球面量の絶対値は同じになる。

鏡面研磨をやっていけば、中焦点のF6~8鏡であれば、磨き上がりにパラボラの数倍の偏球面になっていることが多いことを知っている。だから、気軽に、今回も15cm F2.8とは言え、まずはアップするだろうと考えたのだが、少し甘かったようだ。磨き上がりの状態で、半分ほどの修正量しか付いていない。

ピッチ盤を図2のように切除し、偏球の度合いを強めるが、中央の山はどんどん高くなるが、端がどうしても強くアップしない。

苦勞の結果が表1である。



(図2)

主鏡フーコーゾーンテスト (mm)

表 1

ゾーン半径	70	60	50	40	30	20
計 算 値	+0.00	+1.56	+2.89	+3.97	+4.82	+5.42
測 定 値	0.00	+1.19	+2.56	+4.55	+5.25	+6.93
誤 差	0.00	-0.37	-0.33	+0.58	+0.43	+1.51

$$\Delta R = \frac{r^2}{R}$$

R = 830mm

ナイフのみが動く値 以下同じ

かなりの不出来であるが、仕方がない。

C. P. の製作

C. P. を作るには、変形面定数Kを決定してから入るべきであるが、私としては、こだわらず、自由に作り始めた。とは言っても全くの自由とはならないので、ほぼ、K = 1~1.5程度を目標にする。

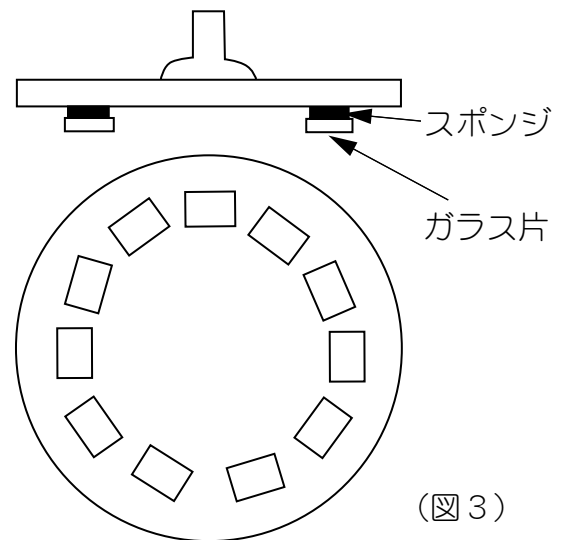
C. P. の変形量は、K = 1の場合で 9.4波長である。

星野氏の本に 10波長程度であれば、固形ピッチ盤で行うことができるとある。何せ色々なことをやりたがるたちなので、砂ズリで部分研削を行うことにする。

マイクロメーターで厚みを揃えを 0.01mm程度に合わせた後、図 4 の様な部分研削盤でスリ始める。砂は A # 2000、研削量は中性帯をマイクロメーターで測定するが、深さ 5μ程度なので 1/100mmのマイクロメーターでは、正確な値は計れない。

ともかくスリ上がった面を磨き始めるが、どうしても運動が困難で、磨きが掛からない。特に中性帯が、いつまで経っても半透明である。

そうこうしている間に、手を出すのが億劫になってしまい、しばらくの間、中断する。



(図 3)

★第 2 次製作

C. P. の製作

半年ほど中断ののち、気を取り直して再度アタックする。今度は両面とも平坦にスリ上げ、普通に磨き上げる。ただし磨き上げるまでに多少のアクシデントがあった。

それは、C. P. の保持方法である。通常、薄いガラスの保持には、ピッチの小粒を作り、仁丹ばりを行うのであるが、最近では両面テープを使っている人もいるので、私も両面テープを試みる。

両面テープにも色々あり、紙テープによるもの、スポンジゴム、ゴム、また、形状もテープ状、板状、円盤状と色々ある。

結局、最終的に使用したのは、商品名「忍者ピン」なる、直径10mm、厚み 1mmのゴム板である。これを使えば、一見、ピッチによる仁丹ばりに見える。

そして貼る場所であるが、最初は中性帯が良く磨けるようにと、中性帯に輪状に貼った。ところが、これは考えが甘かったようで、端の磨きが相当遅れる。

最大の抵抗のいるのは、やはり鏡周のようだ。最終的には、鏡周に「忍者ピン」を 8 個並べて研磨した。

両面磨き上がった状態で C. P. を主鏡の前に置いてフーコーテストして見ると、ほぼ球面近くに見える。多少カーブがつき始めている。

ただ、残念ながら、脈理の強いのが 3 本ほど見える。脈理は幅が狭くフーコーテストの時、ナイフと直角に置けば、目立たないのでそのまま進める。

アマチュアが C. P. を作る場合、カーブを片側の面だけでつけるのは難しいので、両面にカーブをつける。

全面磨き上がった状態から、ピッチ盤を C.P. 研磨用に削る（図 2 とほぼ同じ）。
 ところが修正量がなかなか付かず、特に端が修正量不足の上、ダれている。
 打つ手が無くなり、壁にぶつかり始めると、主鏡の欠点が気になり始める。主鏡の端の修正量不足に再度アタックする。

主鏡の再研磨

今度はストロークをできる限り小さく（10mm以下）して努力すると、端が良好にアップしてきた。少しでもストロークが大きくなれば、正直にダシてくる。

そしてオーバーな偏球になったところでオーバーハンクで減じていくが、新しいピッチ盤を作るのが面倒なので、図 2 のピッチ盤をそのまま使う。

少々乱暴ではあるが、突っかけない限り何とか使える。

こうして主鏡は、まずまずのできあがりである。（表 2）

主鏡フォーゾーンテスト (mm) 表 2

ゾーン半径	70	60	50	40	30	20
計 算 値	+0.00	+1.56	+2.89	+3.97	+4.82	+5.42
測 定 値	0.00	+1.63	+2.95	+4.08	+5.02	+5.00
誤 差	0.00	-0.07	-0.06	+0.11	+0.20	-0.42

C.P. の製作に戻る

主鏡を作り直して、アップ作りのコツらしきものを体得？したので、この調子で、C.P. にもう一度取りかかる。

今度は、実にうまく端のアップが付いてきた。少しオーバーになったところで、10cmのピッチ盤を新しく作り、これでオーバーハンクをかける。

これでできたのが表 3 である。

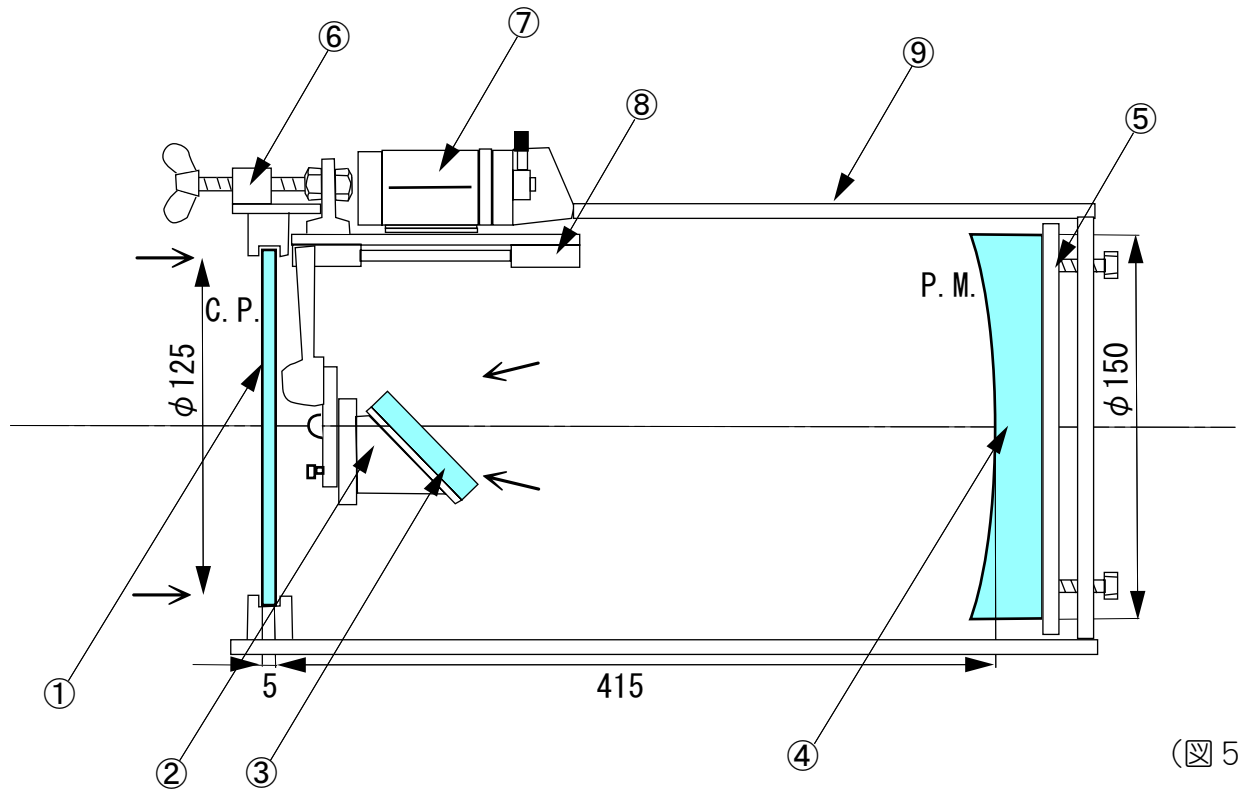
C.P. と主鏡を重ねてのフォーゾーンテスト (mm) 表 3

	ゾーン半径	60	50	40	30	20
※	計 算 値	+0.00	-2.65	-4.89	-6.50	-7.71
	測 定 値	0.00	-2.70	-4.77	-6.94	-8.01
	誤 差	0.00	-0.05	+0.12	-0.44	-0.30

※計算値 $-\Delta R = 2 \frac{y^2}{R}$ パラボラの 2 倍

ややオーバー気味であるけれども、写真用としては、問題ないと思われた。

★組立



(図5)

- ① C. P. (補正板) ②斜鏡金具 (真鍮) ③ φ 65mm円形斜鏡 ④ P. M. (主鏡)
 ⑤主鏡セル (9mmベニヤ) ⑥ピント合わせ用微動ネジ (W3/8)
 ⑦ミノルタSR-T101ボディ ⑧ピント合わせ用スライドレール ⑨鏡筒 160mm四角筒

斜鏡は、φ 65mmの円形平面を使う。35mmフィルムの長辺方向と斜鏡の余裕を合わせて減光を防ぐ。短焦点反射におこる斜鏡の片側光量不足を補うために、3mm偏芯させた。

鏡筒は 9mm厚のベニヤ板の四角筒とし、ピント合わせは、スライド式。

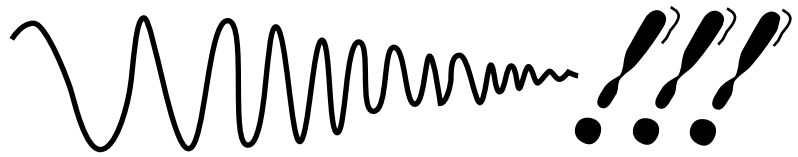
カメラはミノルタSR-T101です。

C. P. のセルは、4mm厚ベークライトとPタイルの、ごく柔らかいものでサンドイッチした。

主鏡のセルは、木板に4ヶ所の爪で留めた。

どう見ても仮組立の感じである。架台はタカハシT.S.-P型に同架する。(現在、宇治天体精機で金属製に組み直して貰っている。)

大事件



○ 主鏡と斜鏡のメッキができ上がり、早速組み立てて星像テストをする。

ナント

星の内外像を見ると、とてつもなくアンダーであり、内像では、外輪がはっきりして太く、内輪は甘く大きな穴になっている。外像では、外輪が弱く、内輪は分散している。

今までの経験の中で、これぐらい内外像が崩れると、パラボラの場合、約1波長以上程度の誤差と判断される。

フォーコートテストの読みとり間違い、計算ミス、色々チェックしてみるが、どうしても理解できない。

○ しばらく悩んでblankがあった後、最後の手段として、星像を見ながら研磨を進めていくことにする。

図2のピッチ盤で、どんどん修正量をつけていく。20分ほど磨いては、星像テストを行うので、なかなかかどらない。

10数回繰り返した後、何とか内外像がまとまってきたので、主鏡を外し、C.P.と重ねてフォーコートテストをする。

その結果が表4である。

C.P.と主鏡を重ねてのフォーコートテスト (mm) 表4

	ゾーン半径	60	50	40	30	20
※1	計算値	+0.00	-2.65	-4.89	-6.50	-7.71
	測定値	0.00	-4.74	-8.02	-8.98	-9.75
※2	パラボラ倍数		-3.56x	3.33x	2.75x	2.53x

$$\text{※1 計算値 } -\Delta R = 2 \frac{y^2}{R} \quad \dots \text{パラボラの2倍}$$

$$\text{※2 パラボラ倍数 } -\Delta R = \frac{y^2}{R} \quad \dots \text{を1とする}$$

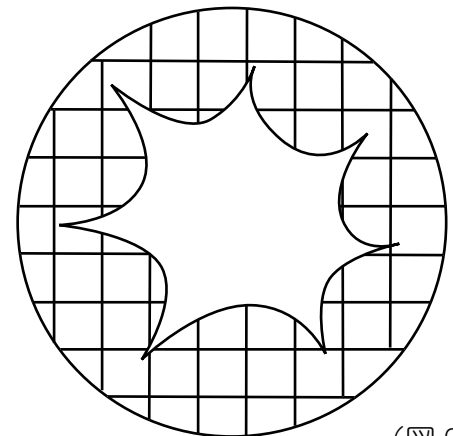
この結果を見ると、修正量は平均、パラボラの**3倍強**になっている。

理由は、今わからないが、単純に考えてパラボラの3倍を目標に整形を始める。

そして最終整形には、図2のピッチ盤以外に、リング状盤(図6)、10cmのベタ盤と都合3枚の盤を使用した。

端のアップがオーバーになると、中央部の山を削って、中性帯を中に寄せるのだが、なかなかうまく行かない。何とかスムーズになったところで手を打つ。

その結果が表5である。



(図6)

C.P. と主鏡を重ねてのフォーコーズンテスト (mm) 表 5

ゾーン半径	60	50	40	30	20
※ 計 算 値	+0.00	-3.97	-7.23	-9.76	-11.56
測 定 値	0.00	-4.22	-7.35	-9.71	-10.91
誤 差	0.00	-0.25	-0.12	+0.05	+0.65

※パラボラの3倍

中央部が物足りないが、斜鏡も大きなことだし、まず満足のできる値である。これで内外像を見てもほぼまとまっている（少しアンダーに見える）。焦点像は少し甘く感じられるが、木星の縞も見えるし、大赤斑もわかる。甘いのは、C.P. の脈理のせいと思われる。とにかくできあがりである。

1975年秋から手をつけ、でき上がったのが、1976年10月、約1年をかけての製作である。この後、ほぼ1年余をかけて試写を行った。この間にスケアリングの困難さに、しみじみ手を焼いた。

M 1 3

ライトシュミット
125-150-415 F3.3

1978年3月25日
01時15分～01時28分
露出13分

トライーX
コピナール 1 : 1
19°C 16分
イルフォード
・セミマツト 4号

皆既月食中の撮影です。スケアリングがまだ不足ですが、ピントは、ほぼこんなところでは。

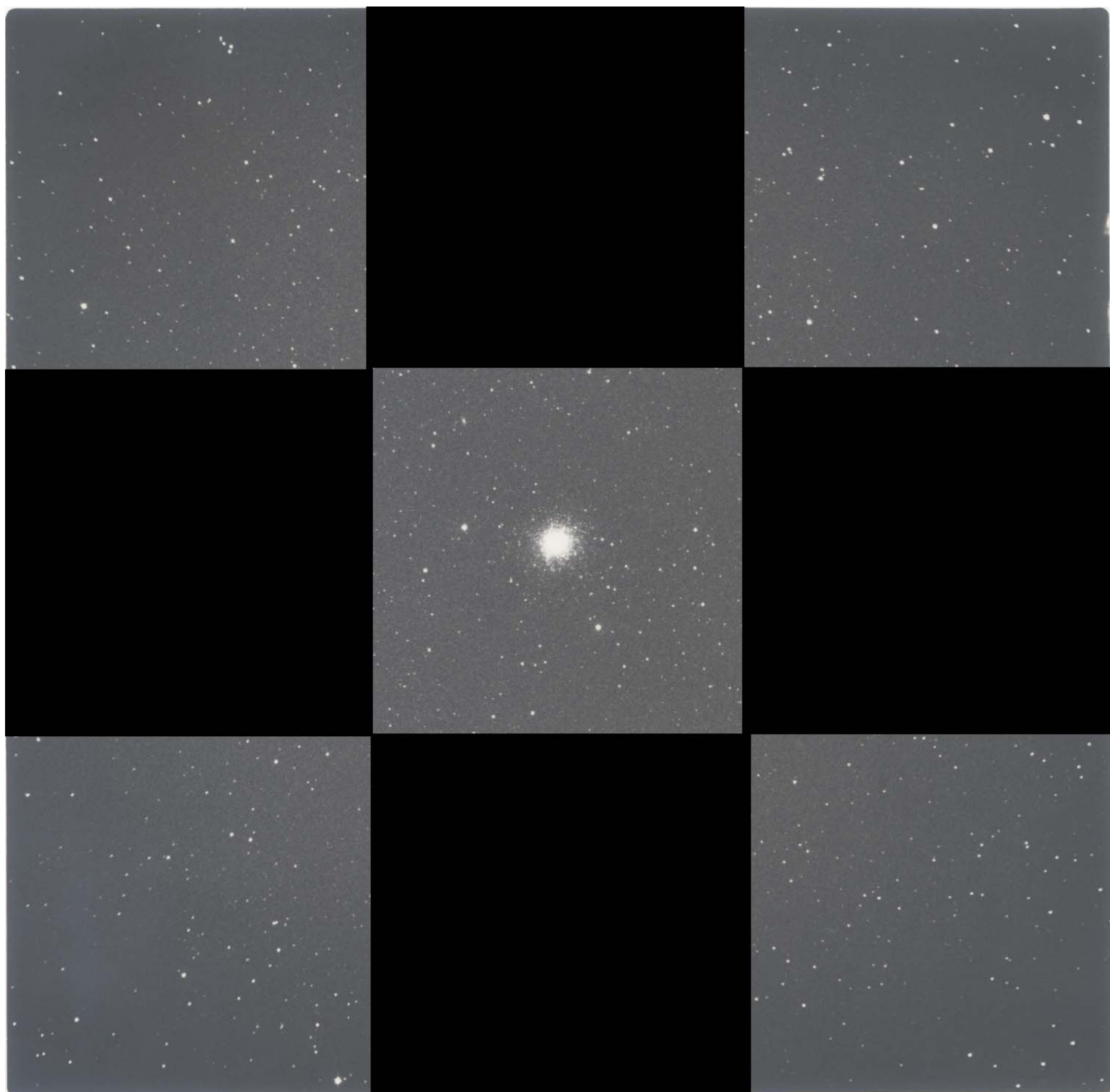
周辺光量の不足は、斜鏡よりもカメラマウントによるのが大きい。



M 1 3

ライトシュミット
125-150-415 F3.3

中央部と4角を拡大したもの



☆ 3 倍論議

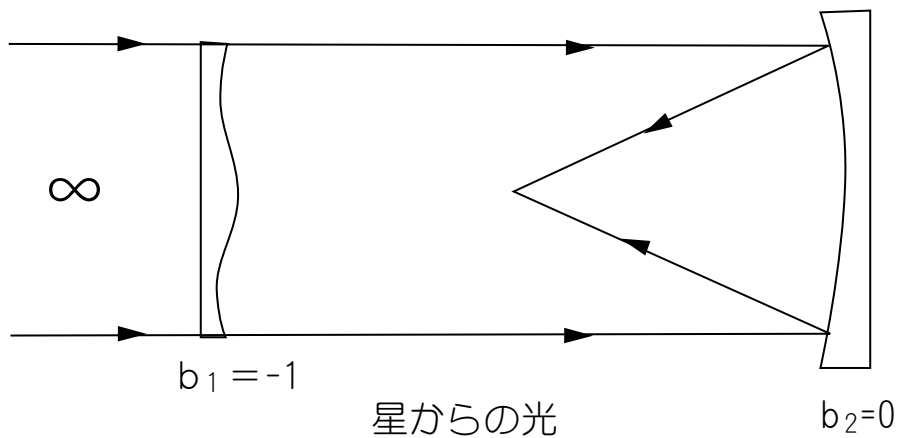
さて頭の体操……。

パラボラの3倍と言う結果には、まずまず自信はあるものの、どうして3倍になるのかが分からない。

ここで式を一つ思いついた。C.P.と主鏡を重ねてフォーコートテストする場合、C.P.と主鏡に収差係数（パラボラ係数）を考えてみる。

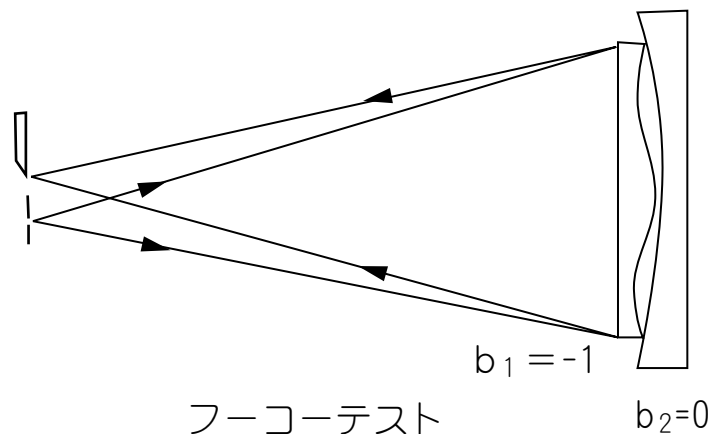
まず、純シュミットについて考えれば、主鏡は球面であるから、パラボラ係数は0である。C.P.は、球面の主鏡にパラボラの収差を与えるのだから-1とすれば、

○純シュミット



- C.P.のパラボラ係数を b_1
- 主鏡のパラボラ係数を b_2
- システムのパラボラ計数を Σb

$$\Sigma b = b_1 + b_2 = -1 + 0 = -1 \quad (\infty \text{の光})$$

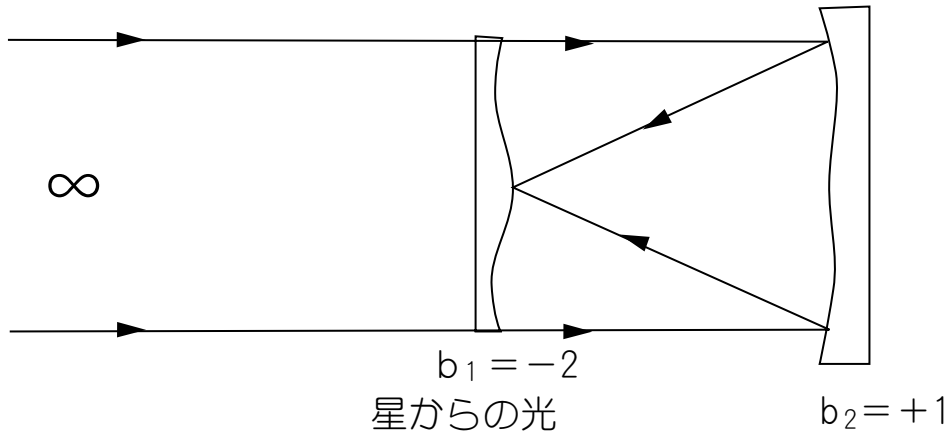


フォーコートテストの場合は、C.P.を2回光が通過するので、C.P.は $2 \times b_1$ になると考えれば、

$$\Sigma b = 2 b_1 + b_2 = -2 + 0 = -2 \quad (\text{フォーコートテスト、球心からの光})$$

この-2と言う値は、通常シュミットに対する値として通っている。
だから、この考え方が正しいとして、ライト・フェイセラ型にあてはめてみる。

○ライト・フェイセシ型シュミット



- C.P. のパラボラ係数は純シュミットの2倍だから $b_1 = -2$
- 主鏡のパラボラ係数は偏球だから $b_2 = +1$
- システムのパラボラ計数を Σb

$$\Sigma b = b_1 + b_2 = -2 + 1 = -1 \quad (\infty \text{の光})$$

フォーコートテストの場合は、純シュミットと同様にして、C.P. を2回光が通過するので、C.P. は $2 \times b_1$ になると考えれば、

$$\Sigma b = 2 b_1 + b_2 = 2 (-2) + (+1) = -3 \quad (\text{パラボラの3倍})$$

何となくつじつま合いそうだが、こんな簡単に考えても良いのだろうか。ともかく、上記の考えを進め、C.P. と主鏡の鏡間距離が変化する式を考えると。

藤波重次著「反射望遠写真鏡の収差補正の研究」より、主鏡の変形量は次式で表される。

$$b_2 = \frac{R}{d} - 1 \quad \dots \dots \textcircled{1}$$

R : 主鏡の球面半径
d : C.P. と主鏡の鏡間距離

C.P. の場合、純シュミットの変形量とライト・フェイセシ型シュミットの変形量を比較してみると

純シュミットの C.P. 変形量は

$$\Delta x_1 = \frac{y^4 - k H^2 y^2}{4 (n-1) R^3}$$

y : 任意の C.P. の半径
 k : 常数
 H : C.P. の半径
 n : C.P. のガラスの屈折率

ライト・フェイセシ型シュミットの C.P. 変形量は

$$\Delta x_2 = \frac{y^4 - k H^2 y^2}{4 (n-1) d R^2}$$

で表される。

上記の2式を係数として考えると

$$-b_1 = \frac{\Delta x_2}{\Delta x_1} = \frac{\frac{y^4 - k H^2 y^2}{4(n-1)dR^2}}{\frac{y^4 - k H^2 y^2}{4(n-1)R^3}} = -\frac{R}{d} \dots \dots \textcircled{2}$$

となる。

①式と②式を、フォーコートする時に当てはめてみると、

$$\begin{aligned} \Sigma b &= 2b_1 + b_2 \\ &= -2\frac{R}{d} + \frac{R}{d} - 1 \\ &= -\frac{R}{d} - 1 \dots \dots \textcircled{3} \end{aligned}$$

③式は、C.P.と主鏡を重ねてフォーコートした場合におけるパラボラの倍率であり、鏡間距離dの値によって変化する。

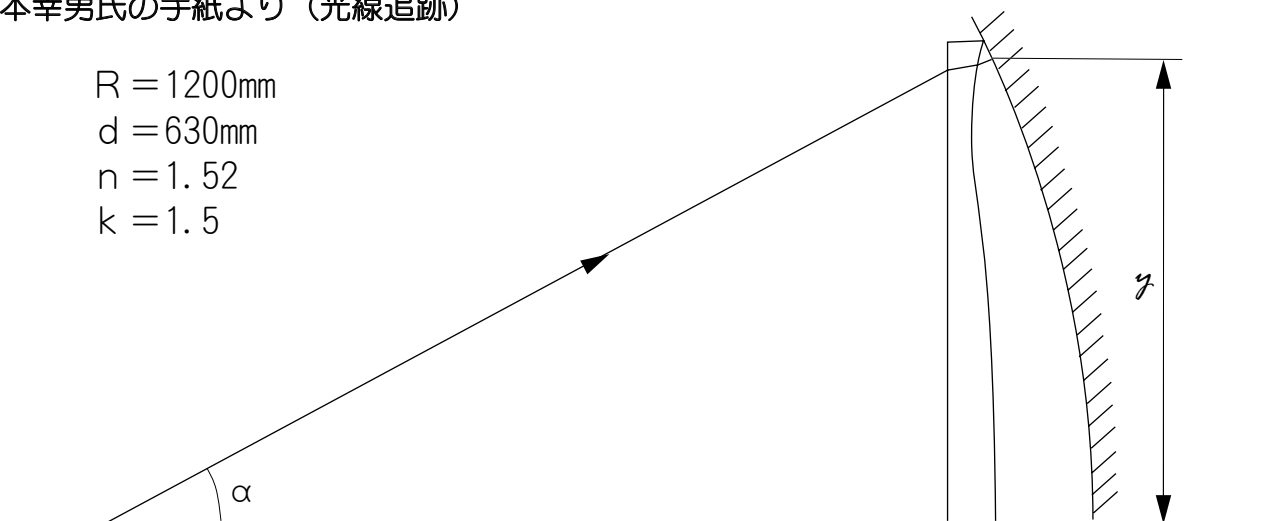
この結果を、早速、九州の宮本幸男氏に報告すると、折り返し光線追跡により検討された結果をいただいた。

しかし、その値は私を満足させるものではなかった。これより後、約2年に渡り、手紙のやり取りを行い、ようやく結論らしきものが出ました。

以下、その結果を記します。

★宮本幸男氏の手紙より（光線追跡）

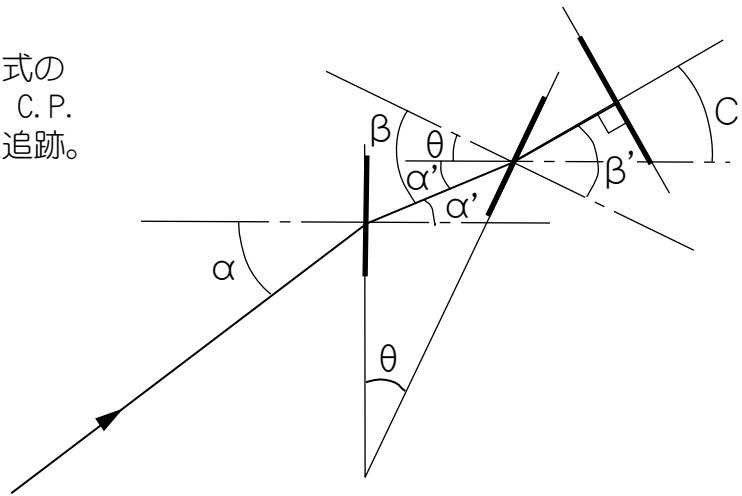
R = 1200mm
d = 630mm
n = 1.52
k = 1.5



主鏡の変形量 $x = \frac{y^2}{2R} + \frac{y^2}{8dR^2} + \frac{y^6}{16d^2R^3}$ Wrightの式より変形されたもの

C.P.の変形量 $x = \frac{y^4 - k H^2 y^2}{4(n-1)dR^2}$

光源とナイフが同時に移動する式の
フォーコーテスターで、主鏡の前に C.P.
をセットしてテストする際の光線追跡。



$$\left. \begin{aligned} \sin \alpha' &= \frac{\sin \alpha}{n} & \angle \alpha' + \angle \theta &= \angle \beta \\ n \cdot \sin \beta &= \sin \beta' & \angle \beta' - \angle \theta &= \angle C \end{aligned} \right\} (a)$$

(a) の代用として $C = \alpha + (n - 1) \theta$

主鏡 $\tan C = \frac{dx}{dy} = \frac{y}{R} + \frac{y^3}{2dR^2} + \frac{6y^5}{16d^2R^3}$

$y = 75$ とすれば

$\tan C = 0.06273381239$ $\angle C = 3^\circ 58' 96785$

C.P. $\tan \theta = \frac{dx}{dy} = \frac{4y^4 - kH^2y^2}{4(n-1)dR^2}$

$y = 75$ とすれば

$\tan \theta = 0.0002235720008$ $\angle \theta = 0^\circ 01' 2809732$

$(n-1)\theta = 0^\circ 00' 666106064$ $\alpha = C - (n-1)\theta = 3^\circ 58' 301744$

$\tan \alpha = 0.062617098$ $\sin \alpha / n = 0.04111493421$

$\angle \alpha' = 2^\circ 35' 63764$ $\tan \alpha' = 0.041149729$

$\tan \alpha' \times \overset{\times}{9.99161605} = 0.4111522927$ ※C.P.の厚さ

$75 - 0.4111522927 = 74.5884771$

$74.5884771 / \tan \alpha = 1191.189788$

$R = 1191.189788 + \overset{\times}{12.33974192} = 1203.529529$ ※主鏡の深さ

各ゾーンについて計算すると (mm)

ゾーン半径	R	Δ R
75	1203.5295	-3.5295
65	1201.8383	-1.8383
50	1199.7553	+0.2447
35	1198.2367	+1.7633
20	1197.2516	+2.7484
10	1196.8891	+3.1109

φ = 75 と φ = 10 の差は

$$\begin{array}{r} 1203.5295 \\ -1196.8891 \\ \hline 6.6404 \end{array}$$

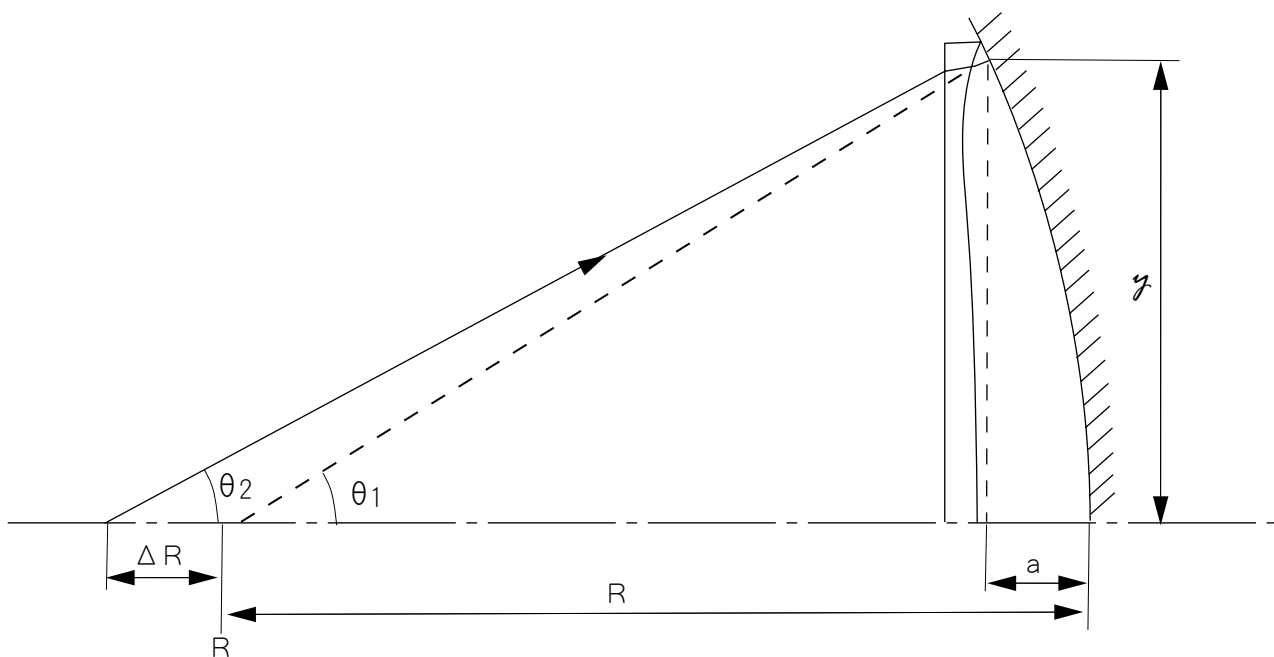
パラボラの修正量は $\Delta R = \frac{\phi^2}{2R} = 2.34375$ となり

$$6.6404 / 2.34375 = 2.833 \text{ (倍)}$$

つまり、この条件では、パラボラの**2.833**倍となる。

☆まとめ

前記、宮本氏の光線追跡にしたがって、式を組み立ててみることにする。



C.P.の働きを、収差のみに利く薄板と考える。

φ : 任意の半径

a : φ ゾーンにおける鏡面の深さ

R : 主鏡中央における曲率半径

Δ R : C.P. と主鏡を重ねて変化する、鏡端、鏡央の R 差

θ₁ : φ ゾーンにおける主鏡の法線の傾き

θ₂ : θ₁ が、C.P. によって変化した傾き

$$\Delta R = \frac{\phi}{\theta_2} - R + a \quad \dots \dots \dots \textcircled{4}$$

a は一次近似まで求めると

$$a = \frac{y^2}{2R} \quad \text{で表される。}$$

$$\begin{aligned} \theta_2 &= \theta_1 - (n-1) \frac{d\alpha_1}{dy} \\ &= \frac{d\alpha_2}{dy} - (n-1) \frac{d\alpha_1}{dy} \\ \theta_2 &= \frac{y}{R} + \frac{y^3}{2dR^2} - (n-1) \frac{y^3}{(n-1)dR^2} \\ &= \frac{y}{R} + \frac{y^3}{2dR^2} - \frac{y^3}{dR^2} \\ &= \frac{y}{R} - \frac{y^3}{2dR^2} \end{aligned}$$

α_1 : C. P. の変形量

α_2 : 主鏡の変形量

$$\begin{aligned} \theta_1 &= \frac{d\alpha_2}{dy} = \left(\frac{y^2}{2R} + \frac{y^4}{8dR^2} \right)' \\ &= \frac{y}{R} + \frac{y^3}{2dR^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{d\alpha_1}{dy} &= \left(\frac{y^4 - k H^2 y^2}{4(n-1)dR^2} \right)' \\ &= \frac{4y^3 - k H^2 \cdot 2y}{4(n-1)dR^2} \end{aligned}$$

計算を便利にするために
 $k = 0$ とおけば

$$\frac{d\alpha_1}{dy} = \frac{y^3}{(n-1)dR^2}$$

上記の結果を④式に入れると

$$\begin{aligned} \Delta R &= \frac{y}{\frac{y}{R} - \frac{y^3}{2dR^2}} + \frac{y^2}{2R} - R \\ &= \frac{y}{\frac{y}{R} \left(1 - \frac{y^2}{2dR} \right)} + \left(\frac{y^2}{2R^2} - 1 \right) R \\ &= R \left(\frac{1}{1 - \frac{y^2}{2dR}} + \frac{y^2}{2R^2} - 1 \right) \quad \dots \dots \textcircled{5} \end{aligned}$$

⑤式が ΔR を求める式である。

⑤式に、宮本氏の数値を当てはめてみると、

$$\varphi = 75\text{mm} \quad R = 1200\text{mm} \quad d = 630\text{mm}$$

$\Delta R_{75} = 6.8247\text{mm}$ となり、これはパラボラの球心収差

$\Delta R = 2.34375\text{mm}$ の 2.9118倍となる。

$$\varphi = 10\text{mm} \text{ で計算すれば } \Delta R_{10} = 0.1210$$

$$\Delta R_{75} - \Delta R_{10} = 6.7036\text{mm}$$

この数値と宮本氏の光線追跡によって得られた値 $\Delta R = 6.6404\text{mm}$ を比較すれば、その差は 0.0632mm である。

$$\varphi = 75\text{mm} \quad R = 1200\text{mm} \quad \underline{d = 600\text{mm}}$$

を与えてみると

$\Delta R = 7.049632352\text{mm}$ となり、これはパラボラの球心収差の

3.0078倍となる。

以上の結果から、ライト・フェイセ型シュミットにおける C.P. 面の検査を、主鏡に重ねてフーコーテストした場合、球心における収差は、 d の値（鏡間距離）により変化し、

$d = f$ の場合、パラボラ収差の3倍、

$d = R$ の場合（つまり純シュミットの場合）は、パラボラの2倍になると考えられる。

（ f ：焦点距離）

$f.l. = 1$ として、各 d について、パラボラ倍率を計算してみると、

d	パラボラ倍率
1.0	3.0078
1.1	2.8246
1.2	2.6721
1.3	2.5430
1.4	2.4325
1.5	2.3368
1.6	2.2530
1.7	2.1791
1.8	2.1135
1.9	2.0548
2.0	2.0019

注：F 4 での値

C.P. の厚みが実際には0でないことから、F数が小さくなればなるほど誤差が大きくなる。

③式と⑤式を比較するために、③式を ΔR を求める式に直せば、

$$\Delta R = \frac{y^2}{2R} b = \frac{y^2}{2R} \left(-\frac{R}{d} - 1 \right) \quad \dots \dots \textcircled{6}$$

⑤式に、-（負）記号を附加すれば、

$$\begin{aligned} \Delta R &= -R \left(\frac{1}{1 - \frac{y^2}{2dR}} + \frac{y^2}{2R} - 1 \right) \quad \dots \dots \textcircled{5}' \\ &= -R \left(\frac{1 + \frac{y^2}{2R} - 1 - \frac{y^2}{2dR} \cdot \frac{y^2}{2R} + \frac{y^2}{2dR}}{1 - \frac{y^2}{2dR}} \right) \\ &= -R \left(\frac{\frac{y^2}{2R} \left(1 + \frac{R}{d} \right) - \frac{y^2}{2dR} \cdot \frac{y^2}{2R^2}}{1 - \frac{y^2}{2dR}} \right) \end{aligned}$$

$$\frac{y^2}{2dR} \ll 1 \quad \frac{y^2}{2dR} \cdot \frac{y^2}{2R^2} \ll 1$$

ゆえに

$$\begin{aligned} \Delta R &\doteq -R \frac{y^2}{2R^2} \left(1 + \frac{R}{d} \right) \\ &= \frac{y^2}{2R} \left(-\frac{R}{d} - 1 \right) = \textcircled{6}\text{式} \end{aligned}$$

つまり、単純な発想から生まれた⑥式は、⑤'式の近似式と考えられる。
⑤'式の精度はF数によるが、F3の場合、その誤差は0.5%以下である。
F数が小さくなれば、その誤差は大きくなる。

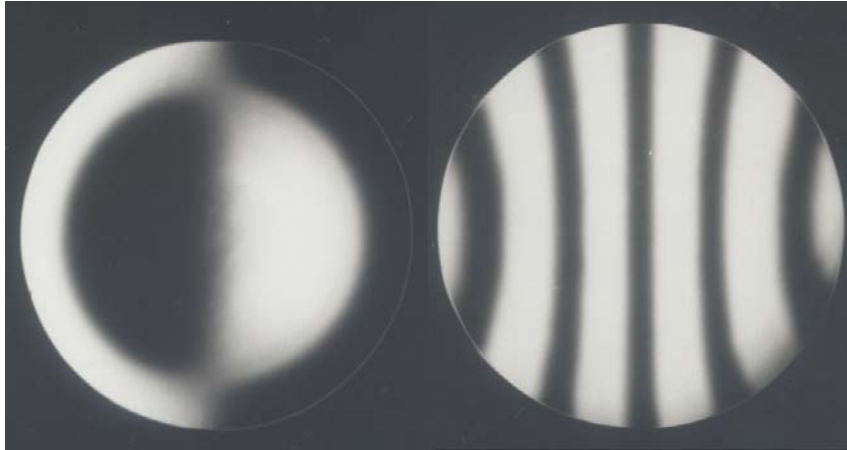


アマチュアが、C.P.（シュミット補正板）を作るテスト方法の主流は、C.P.と主鏡を重ねて、フォーコートするものだと思うのだが、色々な本を調べても、ライト・フェイセレ型シュミットの場合は出ていない。宮本幸男氏の「天界」の記事が唯一である。

数少ない知識の中で、ようやく出た結論らしきものであります。

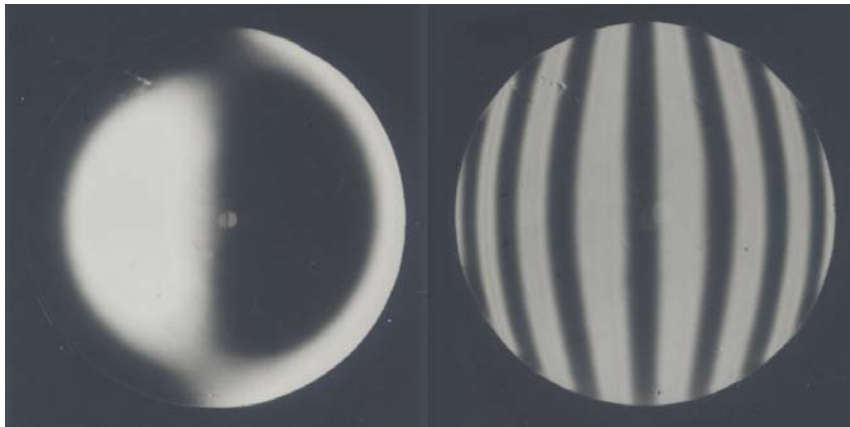
この記事の中に、考え方の強引なところや、誤りなど多々あると思いますが、どうか、みなさまのご指導を、お願いいたします。

主鏡とC.P. のフーコーテスト写真



主鏡：鏡周のアップ部はスムーズであるけれど、中央部はピッチ切りの影響で、不規則に残っている。

(フーコーテスト光源は右から、ナイフは左から)。



C.P.：端のスロープはうまく付いているが、中央部は平坦になっている。
(主鏡とC.P.を重ねてフーコーテスト)

★参考文献

- ・反射望遠写真鏡の収差補正の研究
- ・シュミット・カメラ
- ・光学
- ・反射望遠鏡の作り方
- ・天界 1975年1月号
- ・大阪工業試験所報告 314号
- ・大阪工業試験所季報 第1巻2号
- ・AMATEUR TELESCOPE MAKING
- ・SKY and TELESCOPE 1969年8月

藤波重次 著
廣瀬秀雄 著
久保田広 著
星野次郎 著
宮本幸男 著
足立 巖 著
西田荘平、足立 巖 著
by FRANKLIN. B. WRIGHT
by THOMAS. J. WAINED