

反射望遠鏡の智識 (15)

京都帝大天文臺 中 村 要

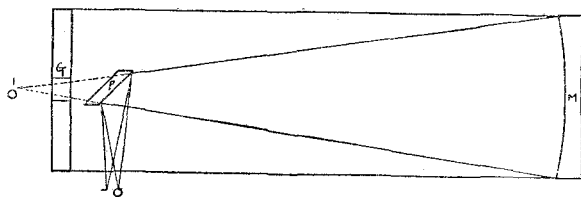
諸 検 査 法

リツチー試験

リツチー試験は有名なリツチー G. W. Ritchey 氏が 1900 年頃ヤーキス天文臺 24 吋鏡の製作後考案したものであり、ギルソン山 60、及び 100 吋製作に際し實用に供せられた。原焦點試験 Prime-focus test 或は多反射試験 Multiple reflection test とも呼ばれる。

球心に於ける試験法には製作上一つの難關がある。即ち鏡面が球面でなく、鏡一つ一つで収差が異なる爲に、影で面の平坦さは分かるが帶試験を行はねば拋物線か否か決定出来ない。拋物線が球面同様に取扱い得る検査法があれば測定が不必要になる。殊に影が極めて濃い爲に正確に判断を下し得ない短焦點の寫眞鏡には此の要求を痛切に感じさせられる。此の要求に對し案出されたのが大平面鏡を使用するリツチー試験法である。大口徑鏡製作に對するリツチー法の利用は、

先づフーコー試験によつて、凹面鏡を完全な球面に磨く。此の球面鏡の助けによつて故コンモン氏の考案により（方法は平面の章）大口徑の光學



表面を整形する。此の平面は主鏡よりも大きい方が便利であるが、實際問題として大平面を作る事は費用がかさむから主鏡の三分の二の直徑のものですませて居る。ギルソン山 100 吋製作時には 90 吋の大平面が検査用に製造せられた。平面及び凹面鏡を圖の如く裝置する。即ちニュートン式反

射望遠鏡の筒口に平面を置いたのである。ニュートン式の眼視部にある人工星から出た光は斜鏡 P に當り、凹面鏡 M に當る。M が拋物線鏡なれば、光線は平行光線となり G に向い、G の大平面に反射せられて再び M—P を經て人工星の横に像を結ぶ。凹面鏡が拋物線鏡なれば焦點では収差がないから、拋物線鏡を球面鏡と同じ様に、面が影で平面に見える様に修正すればよいのである。光線は凹面鏡に二回當るから収差は二倍になつて現れる。カセグレン或はカセ、ニュートン式の場合にも同じ様に組立した望遠鏡の筒口に平面を置いて焦點から試験するが、カセ、ニュートン式では反射が五回になる。カセグレン式は、鏡面の拋物線化が完了してから小凸鏡面を凸双曲線に修正するのである。カセグレン凸鏡は明視試験に依つても修正出来るが、正確な試験法は此れが唯一のものである。

以上の試験を行ふに當つて起る實地問題は、先づ平面は二箇共鍍銀しておかねばならないし、硝子面の凹面鏡には二回光が當るので光は極めて弱くなるから、球心に於けるフーコー試験に比し遙かに強い光源を要する。又目と凹面鏡の距離が半分になるから鏡面は二倍の大きさに見える。小口径鏡では人工星の像の距離も最小にしておいて、斜鏡も多少大きく作つてなければ、光線は二回同じ所を通らずに少しずれて通るから、鏡の端が充分検査出来ない様な不自由が起る。小口径では人工星の像の距離が一センチ以上離れては以上の缺點が大きくなるので、小口径に使ふには種々の點で不都合が起る。又一度づつ凹面鏡の光軸を正しく修正しなければならぬから、球心に於ける試験に比し可なり面倒である。

平面に關しては種々の注意がある。平面が不完全であれば其の誤差が収差に加へてくるからよくない事は勿論の事である。平面も此の試験を最も正確に行ふには極めて良好なものが必要であるが、如何なる程度のものでよいか？ 平面は球面鏡によつて、影で表面を見た時に、面が多少凸或は凹であつて球面形の平坦なものであれば焦點距離を僅か變えるのみで、球面収差には殆んど影響はないから使用出来るが、例へ可なり良い平面であつても偏球或は双曲線形、又はターндаウンがあつたり輪があつては其の誤差が凹面に混合するからよくない。他の別の面を加へて一つの光學面を

検査する事は種々の面倒を起すものである。

筆者は此の方法のみによつて拋物線鏡を修正した事はないが、此の目的の爲に最も念入りに修正した平面を磨いたり、穿孔平面を作つた事もある。リッチー法によつて完成した拋物線鏡を度々検査した事があるので、貧しい経験を述べる。

自分の経験では普通の長い眼視鏡にはリッチー法は餘り鋭敏なものでない様である、球心に於てよし缺點の分かつて居る拋物線鏡が殆んど同じ様に平面に見えて、實用上完全である事は分かるが、鏡の中央の缺點が分からず、球心に於ける簡便なフーコー試験に比し殆んど何等の利益を得ず寧ろ一回毎の光軸修正、組合せ等に取扱上の面倒を増す許りで餘り好都合なものでない様に思つた。例へば理想的の球面が、僅か偏球や拋物線であるものゝ多少判断が困難であるのゝ似た様な原因ではないかと思ふ。兎に角今の所では眼視鏡の検査には簡人的な判断を要するが、他の誤差が全く加らない。簡便な球心に於ける試験が便利である様で、使いなれた自分には此の方がよい。もつとも $f6$ より短いものや大口徑鏡等の修正量の大きなものにはリッチー試験は整形の終り近くには必要であり、便利であり、わざわざ平面を作る價值のあるものゝ思つて居る。良い方法であるが高價につく方法である事ゝ取扱が面倒である事が缺點である。

光學平面の代りに凹面鏡を倒にすれば水銀盤が平面に使へる。

（フューラン氏）

リッチー試験の改良

リッチー試験も近年改良が行はれた。此の組合せは圖の點線通りで斜鏡を取除いて其の代りに平面の中央に穴がある。小口径の試験に斜鏡を使へば、人工星と小刀の距離が理想的に接近出来ない爲に起る、意外に面倒な光線のすれによる故障がなくなつたわけである。英國のヒンドル J. H. Hindle 米ポーター R. W. Porter 及び日本光學工業會社の近藤徹氏等が殆んど同時に 1923 年前後に考案した。現在日本光學工業會社には直徑 60 センチの大穿孔平面がある。此の方法の原理は早くも 1870 年頃佛の Martins によつて考案された様である。ポーターは先年 Garden telescope の名によつて

賣出された 15 センチ f6 鏡の修正に此の方法を使用し、接眼レンズで見た像が百分の一吋以内で焦點を決定し得るこいふ程度の整形を行ひ約百個の拋物線鏡を作つたこの事である。穿孔平面は賣品はなく、従つて自己で光學平面を磨ける人でないこ所持し難い。穿孔したまゝで平面を磨く事は困難であり、又平板で磨いて、あこで穿孔すれば孔の周りが狂ふ(通常高くなる)事が多い。良い考案には相違ないが一般に使用出来ないものである。

コリメーターによる整形 筆者案

小口径の合成反射望遠鏡を製作する場合、次のコリメーター法は光軸上で第二鏡が検査出来るので便利である。即ちニュートン式反射望遠鏡を持つて居れば二つの望遠鏡を筒口を突合せて、ニュートン式の焦點に人工星をおき、拋物線鏡によつて平行光線を作り、製作中の望遠鏡で集光し像を検査する。球面鏡と同じ様に面が平面に見える様に修正するのである。コリメーター法は光軸上で検査が出来るので都合がよく、殊に小口径合成反射鏡には好都合な方法である。

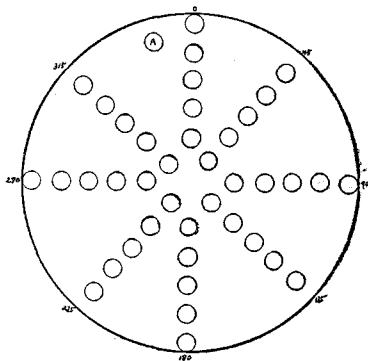
ニュートン輪による方法 (方法は平面の章)

鏡面検査の方法としてニュートン輪によるものは獨逸系統のレンズ製造法に使用されて居る。現在大規模の光學工業には凡ゆる曲面、平面にニュートン輪法を使用して居るが通常球面のみに限られる。拋物線に對する方法は、凸面拋物線規準面によるこの、端より中央に至るまで部分によつて、計算した球面拋物線の差から干涉縞の曲率及び數によつて拋物線を求めようとするこの二つある。前者は凸面の直接検査方法がなく、強いて行ふなれば凹拋物線こ一對に凸面を櫛り、ニュートン輪によつて修正し整形しなければならぬこいふ面倒なものである。後者は反射鏡の要求に對し其の感度が足りないので、拋物線近いものは出来るかも知れない。製作中の部分検査には或は便利であらうが、理論に止る様である。

筆者は好奇心から盤の凸面を磨いて凹の拋物線鏡を點檢した事は度々あるし、殊にターネツヂは今でも時々調べるが、フォーコー試験の鋭敏さには全く驚いて居る。

ハルトマン検査 Hartman Test

ハルトマン検査は寫眞によつて行ふ帶試験である。先づ望遠鏡の筒口には一定型式の絞りをつける。圖の様なもので圈點の所だけが穴があいて居る。Aといふ餘分の穴は方向を示す爲のものである。望遠鏡を明るい星に向けて反射鏡なら其のまゝ普通乾板で、屈折鏡なら正色乾板と黄色スクリーンを併用して、焦點内外で焦點から數センチ離れた所で寫眞を撮る。乾板上には、絞りの孔に相當した黒點が並ぶのである。今反射鏡の端がターナダウンして居て焦點が長いとすれば、焦點内での乾板上の像には最も外側の點が離れて居り、焦點外では反對に接近して居る。今同じ半徑の帶にある點の平均の測定距離を焦點内で a 、焦點外で b とし、焦點内外の乾板の距離を d とすると焦點の位置は



$$f = \frac{ad}{a+b}$$

である。即ち簡単に焦點の位置が分る。以上の寫眞を撮影する場合には時計仕懸付きの赤道儀が必要である。若し無ければ北極星か遠方の電燈でも間に合ふ。撮影した乾板は測定顯微鏡によつて百分の一ミリ以下まで測定して各帶について焦點決定が出来る。凹面鏡製作に使ふ眼視的な帶試験であれば、可なり廣い、巾のある帶板を使用するから測定して得た誤差其のものは、平均値として現れ、實際より遙かに良い結果を示し、測定に出た 0.01 ミリ位の不規則を問題にしなければならぬし、見逃す缺點も多い。然し以上の方法によると極めて部分的な焦點を求め得るので、亂視像の焦點が知れる。亂視像は反射鏡には少いが、レンズには硝子材の缺點から起る亂視像は少くないものである。此の方法と同時に焦點から影の寫眞法によつて表面を撮影しておけば光學的の性質がよく知れるのである。

焦點位置の平均値をとつて平均焦點を求め、此れと測定の差を d とし、

各帯の半径 r によつて重みを附した収差の平均値を焦點距離の十萬分の一で現はすこ、レンズ或は凹面鏡の實際能力を統一した數字 T で示せる。即ち式は F を焦點距離とするこ。

$$T = \frac{100000}{F} \times \frac{\sum_r d}{\sum_r}$$

T の値は零であれば理想的なものであるが、理想は望まれない。 T が 0.5 以内であれば最良のものであつて、現時の最良の大口徑屈折は 0.2 内外のものであり、ハルトマンが發表した今世紀の始めにはローエル天文臺のクラーク製 24 吋が最良でヤーキス天文臺のクラークの 40 吋が第二のものゝされて居た。此れ以後最近のものではクラーク製のデンザー 20 吋がよく T は 0.05 近くのものであつた。反射鏡には T の値が發表された事はないが、ギルソン山 100 吋は製作中には此の方法が暗室内で利用せられ、ギクトリア 72 吋には球心に於けるフォーコー試験と共に此の方法によつて帯試験が行はれた。此の方法は精密ではあるが、方法が面倒である爲に通常完成望遠鏡の検査にしか使へない缺點がある。暗室内で使へば帯試験の簡人差が除ける。

以上の検査法では凹面鏡或は對物レンズの各部分から集つてくる光線の集り方を研究する、即ち光線がどれ位の小さな點に集中するかを調べるのである。光線が最小の直徑に集る時に、其の最小集束像の直徑は良好なレンズでは 0.01 ミリ強、反射鏡 $f8$ では 0.01 ミリ弱のものである。もつとも色消レンズに於ては黄色光線のみを論じて居るので、二次色収差の爲に紫の色を考へれば 1 ミリ近くなつて居る。 T の値は焦點距離の十萬分の一を單位にして現してあるから、 T の値に 2.06 秒を掛ければ最小収束像の角度で現した直徑が得られる。此の値が理論的なデフラクション像の直徑より小さければ像は理想的に鋭い筈である。

諸君、若し直徑一米以上もある大口徑反射鏡に當つた太い光線の束が一枚の凹面鏡のみによつて千分の數ミリの微細なる點に集中し得る事を考へるなれば、拋物線鏡の精密なる表面の眞價が知れるであらう。

ハルトマン検査も最近、立體鏡が應用せられる様になつた。即ち焦點内

外でとつた寫眞を立體鏡によつて眺める時には、缺點のある部分は學び上つて見える。寫眞は焦點内外で焦點より等距離の點で見る必要がある。

干渉計 Interferometer による方法

世界大戦中英ヒルガー會社の Twyman 氏によつて案出された干渉計による光學レンズの検査法は最近の方法である。此れによる方法の應用の一つとして Ap.J. 誌 1918 年にマイケルソン氏が干渉計による球面鏡の修正方法を述べて居る。ヒルガー會社は製造權は勿論、使用權に對しても特許を有し、他者に無斷で使用さえ許さないし、一器數萬圓に値する器具でもあり、素人の使用し得るものではないが、將來拋物線の修正して應用するべき一つの方法として注目に値する。

故村岡博士のこころ

讀者諸君は、既に、前月の天界誌上で、「送別の和歌」(292頁)二首を讀まれた事と思ふが、その時、一體村岡さいふ御仁は如何なるお方で、誰の爲めに、何うしてこんな歌を詠まれたのだらうかと、思はれなかつただらうか？ あの三十一文字二首こそは、吾が物理學界の大先輩で京都帝國大學の名譽教授であられた村岡範爲馳博士が、その教へ子である山本教授の夫人と共にスマトラへ日蝕遠征に旅立たれるに際して、ものされたものであつて、真情溢るゝを見るのである。が痛ましくも悲しい事に、此の老大家は、その教へ子の歸り來るのも待たれずに、遂に三重縣津の海岸の隠れ家で七十七歳を期して去る四月二十日永眠されてしまつたのである。スマトラ遠征中の山本教授は此の訃を何ぞ聞かれたであらう！ 編輯同人はその訃を知るや、物理學界の大先輩の爲めに、些か哀悼の微意を五月の天界誌上に表はしたかつたのであつたが、時既に第三稿を終つてをつた時であつたので、遺憾乍らその意を果し得なかつた。既に讀者諸君は當時の新聞紙上で博士の業績を知られた事と思ふのであるが、更に當時の記事を掲げて博士の面目を偲ぶよすががこしよう。