

反射望遠鏡の研究 (四)

京都天文臺助手 中 村 要

望遠鏡内の試験法

遠望鏡で高倍率の色消接眼鏡により焦點内外像を調べる。正しくアジャストの出來た正しい拋物線鏡では全然對稱的であるが收差がある時には對稱的でない(本章)影の試験が其の夜の鏡形を知るによい方法であるが赤道儀でないミ一般に困難である。北極星を視野の中央におき暗室内の方法と同じ要領で焦點を切る。普通の夜には月の如き鏡の上に空氣の渦動が見えて居るが完全な鏡なら焦點で一度に消失する。若し收差があれば收差のある所に相當な影が出来る。双曲線鏡では焦點で切つてナイフミ反對の側の中央に影が出来る。鏡面の鍍銀の厚さの差や僅かな誤がよく知れる。鏡を望遠鏡内で試験する事はハーセル時代には唯一の方法であつたが暗室試験に比し數倍不正確で實用上極めて不充分である。

影試験は鏡の全形を精密に知る唯一の方法で極めて應用が多い。大口徑寫眞反射鏡の焦點は此れで決める。又對物レンズの試験に利用して極めて有力である。黃色スクソンを通じ

て屈折の焦點を切れば球面收差、硝子の缺點、レンズ形の不規則特にアイピースでようやく認め得る歪みが容易に認め得る。ネジの僅かなしめ過ぎが起すレンズの歪はよく分かる。

反射鏡の完全でない像を鏡形と共に吟味したい。一樣に拋物線より食いちがつた鏡形は不規則な形よりよい。隋圓鏡、焦點内像で焦點のすぐ前に穴が出来る焦點外で核が出来る。球面鏡偏圓鏡も度が異なるが同じ現象を呈する。双曲線鏡、隋圓鏡の全然逆であつて收差が大きくなるミ焦點が定めにく、最も多い且つ悪い鏡形である。

鏡面に段がある場合や一部分帯をなして悪い場合には影の試験でよく知る事が出来る。

Stepped mirror 鏡の或る部分より急に焦點距離が異なる
Ringed mirror 或る帯にのみ收差がある。

Turn down edge (エリソン氏により)

此れは最も普通な且つ最も悪い鏡面の誤である。鏡の端で突然曲度が減じ即ち硝子がへりすぎて居る。此れは端にあり

且つ著しく焦點が長くなり著しく焦點像を悪くする。此れは古い鏡例へはハーセルウイメの鏡の如き古きものゝ總てに多少なりき存在する。何故に此れが起つたかと言へばフイギテアリングの技術が進歩しない前には球面をバラボラ化するには中央をへらすのであるから磨く道程の π を延長した。此の時に中央も減るが端が強くへつて前の如き恐しい誤を起す。過去に於て此れは避け得ざる事と考えられ端を絞るか或は製作後鏡の端を半吋切取る方法まで實行されて居た。現今此の缺點は殆んど無い。最近の方法ではピッチが軟い時に起る。

現在でも古い方法しか知らぬ人は此の方法を使ふ。ボーター氏は長磨きの方法をこつて居る。此の誤は影でも知れるが望遠鏡焦點内像の端を注意して甚だ不明瞭なら此れが存在する。エリソン氏による此の誤の存在は製作者の腕を定めるものだそうだ。エリソンの鏡には此れない。此の缺點のある鏡をreframe するのは双曲線鏡を直すより困難だそうだ。

以上の誤りは焦點外像に現れる干涉圈の強さの觀察で知る事が出来る特に部分的の缺點は其れに相等する部分の光輪を著しく破るものである。

アスチグマチズム Astigmatism

焦點が二點ある。焦點内外が長く方向が九十度反對である焦點星像は長い。レンズでは甚だ多い缺點である。種々の原因がある。鏡の中心に鏡形の中心がなく鏡に偏心的に拋物線

の中心がある場合に出る。鏡のセンターリングが悪い時例之はアイピースに直角に光軸が無くて目ではアジャストが正しい様に見える。此れはダイアゴナルのアジャストが悪い爲である。平面鏡が僅かに凸或は凹である時に一方だけ、焦點距離が短かくなる。此れは最も多い平面鏡の誤りで甚だ像を悪くするので高度の平面鏡が要求される。鍍銀時に一方のみに鏡をゆるこしば、此れが現れる。或は單に歪である事が多い。底の紙に直線的のシワが出来たり或は大きな芥の爲にも起る。

三角或は四角像

焦點の僅か内外に三角或は四角の像が出来る。三角イメジはセルの止めが三つの時強くしめた時に起るので度々見られる。ネジをゆるめたら直はる。

像のよかつた鏡が急に像が亂れる時には常に鏡裏の紙に注意する。場合により作り直す。

反射鏡の硝子が薄い時には天頂を水平で像がちがふ。

始めから像が亂れて居る時には鏡形其のものが悪い或は硝子材の不良の爲めにも起る。以上の様な誤が入れ交つて來る事が甚だ多い。

反射鏡は非常に變化し易いもので屈折はる高度の事が出来ないのも大部分此の部分にあるのである。鏡の取扱の不注意から來る缺點が甚だ多い。又全般に對し温度變化なるものが

像に對し甚太なる影響をもつて居る。

反射鏡の悪いものは殆んど使用にたえない。

硝子の質の重要な事は前にも述べたが不完全な硝子では急激な温度變化の際に像が亂れる。又製作時に鏡形がよくても多年の間に鏡形が異なることは事實認められて居る。英國一流の製作者は英の光學硝子會社チャンスが特に反射鏡の爲に作り充分一様であるを自信する Hard White crown を使用して居る鏡形と温度は密接な關係がある。温度が下降しつゝある時には常に双曲線の方に進む。温度上昇時には球形に近づく。反射鏡は多方使用されるのが常である即ち前者であるから正しい拋物線鏡は反つて双曲線を取るから一流の製作者は常に焦點に於て〇・二ミリ位中央の焦點を長くしておく。此れを残す様に作つておく。事實此の様に思つた所の鏡形をこらせる事は一流の人以外困難である。此れは過去の鏡製作者が經驗上すでに到達した法則である。特殊な場合例之ば曉天温度がむしろ上昇しつゝある時には双曲線鏡の方がよい。又太陽觀測に專用する時には可なり強い双曲線を取らせる方がよい。又温度調節一つで悪い鏡でも像をよくする事が出来る。此の場合に鏡形が一様であるか無いか、像の鋭さに著しくこたへる例へば遊星面上の細かき模様は特にそうである。反射鏡で像が鋭いかさうかは使用する人の腕一つである。小細工で像を幾分よくした所で始めからアンダーコレクトの鏡がよい事は

無論である。双曲線此れは最も悪い。

反射望遠鏡は理論上最も完全であるはずであるが實際思ひがけぬ困難が多々ある。

二重星による試験

肉眼で星を見て星が動かない位の夜に天頂近くの試験星を選び最高倍率によつて試験する。試験星は別表にあけた。表はフイリツプス氏が十二吋半カルバー及び八吋クックを絞つて得られた結果である。十二吋半カルバーはウイスの原作でカルバー氏の Refractive にかゝるものである。反射鏡の極限は等光の對に對してはドーズ氏極限を越えるものと信ぜられて居て居るばゞ四・四秒を吋口径で割つたものである。屈折六吋半の〇・七〇秒に對し反射鏡は〇・六八で殆んど差が無い。此の差は鏡の中央の小鏡で取られる爲に干涉圈が強くなる結果中央圓盤像が弱くなる爲である。所が干涉圈が強くなる結果屈折より見難い。二星の光度差が大きい時はなほ困難である又像が屈折より不安定であるが良き鏡では屈折も同じものに見えるものと信ぜられて居る。二重星の嚴重な試験が對物レンズ及び反射の良い能力の試験である。極限以下の對の觀察の如き極めて微小の收差さえこたえる。是非色消のアイピースが入用である。二重星だけで決して安心出来ぬ。及第しても鏡は實用上良いといふだけで少々位收差があつても等光の對は見えるものである。

口徑	星名	赤經	赤緯	Philip	1922年	位置角	距離
4.5		0152	+01	6.9	6.9	41°	1.2 秒
5	獅子座	0924	+09	5.9	6.7	129	1.0
5.5	牛飼座	1437	+14	5.6	6.3	270	0.8
6		0501	+19	7.0	7.6	320	0.8
6	蟹座	0807	+17	5.6	6.3	270	0.8
6.5	天鵝座	0050	+28	6.1	6.7	56	0.8
7	白鳥座	2044	+36	4.8	6.1	47	0.7
7.5	天鵝座	25.0203	+47	6.4	7.3	124	0.6
8	天鵝座	0027	+54	5.5	5.8	138	0.6
8	天鵝座	0159	+41	5.4	6.6	109	0.6
9	北冕座	1520	+30	5.6	6.1	110	0.5
10	北冕座	0415	+16	7.0	8.8	358	0.5

所でこれ位精密な鏡が必要か云へばF 數で差がある。

屈折望遠鏡に於て六十吋までの焦點で焦點距離の千分一の球面收差まで可なりな星像が出来る。此れは約一ミリの球面收差で此の程度の對物レンズは甚だ多い。クラークの最良レンズで二萬分一まで達して居る。此れはF 一五としての價で此の極限はF 數の平方によるものとする。F 5 の十吋鏡で〇・一ミリ位になる。眼視觀測に高倍率を使ふつもりなら是非此れ或は以上の精度が必要である。此れは焦點距離の約一萬分一になる。六吋半のF 8 とするに約〇・二ミリの收差で焦點距離の六千分一一位になるが此れで餘り星像は鋭くなく接近した

重星は見難い。此れで反射鏡には甚だ良いものでない。使に立たない事は分かる。熟練な反射鏡製作者は此れ位のものは作つて居る。此れ等の理由によつてF 8 より短いものは充分よいものが作りにくいので眼視用にはよくない。ブラシアノ社の故マクドエル氏によつて完成されたヴィクトリア天文臺の七十二吋はニュートン焦點に於て僅かに〇・二ミリの收差しかない。焦點距離の四萬分ノ一である。反射鏡の開拓者 With の鏡も二萬分ノ一位まで達して居る。

觀測時の鏡形で收差が〇・一ミリ以内でない。眞によい像は出来ない。

使用上の注意◎必ず守るべし。

一 センターリングは嚴重にやる事特に小鏡は使用前必ず一度調べる事。

一、使用時天頂に向けて放置せぬ事。

一、反射鏡の蓋を使用終れば直ちにすること、冷たき室外より蓋無くして温き室内へ持ち來さぬ事。

一、蓋の内部に吸濕物を入れる事。

作法、上等の吸取紙を蓋の内徑に等しく二箇作り別に脱脂綿も同徑に切り間にはさんで吸取紙は銀面に密着しておく事、露のついた銀には密着させない。同時に銀の曇りを防ぐ。時々乾かす。

一、夜間使用せる時翌朝十時出來れば正午まで絶対に蓋をこらぬ事、露のつく大部分の時季は日出後である。

一、夜間長時の使用には鏡周を袋で包む事。

一、銀を磨く時以外絶対に銀面に指をさえぬ事、芥は布で拂ふ。露は鏡の温度が外氣より低い時には必ずつくものである。一旦ついたら使用を止める。又一度でもつけば銀は反射力は非常に減じ銀が浮んで斑點を残し像を亂す。以上の注意を守れば露のつく事は殆んど無いはずで銀は二三倍は充分もつ。反射鏡使用者の多年の経験によるもので大して難しい事もないので是非守られたい。

疑問の二三

一、ハーシエル式は何故惡いか、ハーシエル式では光軸外で觀測する従つて像が惡い。又視野が左右或は上下一方のみ反轉する。又星を背にして見る爲に不便である。

二、ニュートン式反射鏡では二回の反射による爲に一方のみの反轉はない。又始めての人は誰れも心配するが焦點の像の中央に小鏡の爲に穴の出来る様な事はない、星は點である焦點外像では中央に穴がある。

三、反射鏡内では方向が分かりにくい星が逃ける方が西であると思つて居ればまよふ事は無い。一般に反射鏡では方向が分かりにくい。

筒内の氣流

Tube Current

反射鏡特有の現象である。筒の上端が開いて居る爲に起る、反射鏡を使用する人は此の現象によく注意してもらいたい。

反射鏡の筒が冷却するまで像はよくならない。夕方突然使用始めるに像は亂れて居る、約一時間屋外になければ像が鋭くならない。金屬の筒を使用する時には早く冷却する。しかし使用中筒内部に空氣の密度の濃淡が出来て其の爲に像を亂す又鏡のセルが冷却する爲に露がつき易い。無風の夜に特に筒口で此の現象が起る。木製の筒は此れを起す事が比較的少い又木筒を使えば大鏡に露の来る事は極めて少い。屋外に使用する望遠鏡は木製の方が喜ばれる。

さて素人用のものにつき述べるに種々の點で六吋位がよさそうである。六吋以下特に四吋半につき言へば集光力にして屈折の四吋よりは大きく實際に日本の空で四吋屈折より良い仕事は出来ない。接近した二重星に於てベスト級の三吋と大差は無いであらう。購入の費用の點を除けば結局手數だけが損である僅かな事であるから五吋四分の一の方がよい。費用の點を考へ研究的に觀測するには五吋は不足でやはり六吋半は入用である。六吋半で何に使つても相等な能率はあがる。六吋半は使用上太き過ぎない點でよい。所で八吋となるに餘り大きくて使ひ難い又素人には高價すぎる。又日本の空氣が高倍率觀測を甚ださまたける。八吋は墮物重くても物干では使えない。集光力や遊星の研究等に六吋半以上が良いのは言ふまでもない。

小口径の反射鏡では同口径の屈折と同じ様には扱へないが

選ばれる方の爲に同口径の屈折ミ反射の比較をして見る。

集光力は六吋半なら新しい銀面なれば六吋屈折と同じである。六吋半で普通の目の 十三・五等良い目で十五・〇等まで見える。屈折で F 一五なれば徑一度の視野は低倍率で充分平坦である。又三枚合成の P_v レンズでは甚だ平坦である。反射では F 8 で像のよいのは中央の十分で視野が曲り、卅分も離れるに甚だしいコマを共ふ、此れは反射鏡共通の缺點である。理論的に言つて視野の中央では反射の方が屈折よりよいはずであるが決してこう簡單でない。反射では小鏡の爲に起る干涉ミ像の不安定の爲に屈折では色収差の爲に差が起る。僅かな事であるが重大事である。視野の中心では何れも像は同じく鋭いが反射では干涉圈が強い。屈折では色が出る。像の安定を言へば屈折がよい。又星が淡くなるミ反射で見える像は屈折より僅かに不鮮明である此れは小鏡のある爲で小鏡の直徑が非常に關係する。像の不安定な事は筒内部の空氣が反射では流動する爲に氣流を起すミ鏡面の僅かな温度變化が屈折より強く像に影響する爲で此の爲に非常に小さいものゝ研究には屈折がよい。一般に反射の視野は屈折より暗いので低倍率で比較的淡い星が見える。しかし大星の周りには散光が多い。散光は銀や硝子の磨きが關係する。

太陽觀測では反射は不適當で筒内の氣流に惱まされる事が多いので太陽専用には筒はフリュームが使はれる。サンダラス

は甚だ危険で是非太陽プリズムを要する。しかし太陽専用ミして銀を去つて太陽を見る時には其の能力は屈折を優に越える。黒點白絞米粒の鮮さは格別である。若し太陽専用ミするなれば鏡は温度上昇の爲めに特に強い双曲線に作つておく必要がある。又像に小鏡のサツボートのデフラクシオンが出来る爲にグレーチングを使つた分光器ではゴストが出来るのでグレーチングは使用困難である。

月については反射はよい。屈折ではアポクロマチックを除いて紫色が月ミ重る爲に非常に像の鮮明を害する。通常の色消では月の周邊に色が出る。所がアポクロマチック二枚合成でも少々残る。三枚合成ので殆んどであるが反射では實に氣持がよい。或人の言つた如く銀白色の輝ける體より突如暗黒世界になる。示す詳細其のものが優るよりもはるかに樂に見える。現今唯一の月表面の忠實な記錄者英の Goodacre 氏はカルバー十二吋を使つて居る。

素人の最も興味を有する遊星に對しては反射は優勢である但し最良質の鏡を要する。金星の如き明るき天體についても空氣自身の屈折に基く色を除けば眞の色である。火星については後に記する機會があるが表面の模様の色は非常に明瞭に示される。例へば屈折の全色消でも濃淡以上色の觀測に困難する。又模様のコントラストが非常に良い。例へば運河の如きものも優良なる鏡にて何も疑も無い位鮮明である。しかるに

屈折に於てはたゞ *Glimpe* に過ぎぬ事が多い。見えるものに
 同口径では差は少いしかし見え方に太差がある。木星に關し
 ては火星以上に差がある。色消レンズでは二〇〇倍以上では
 非常な紫色をかぶつてデ、イルをつぶして居る。アボクロマ
 チツクでも色は無くても帶が弱い。反射では帶が非常な鮮明
 さをもつて現出する。或觀測者は多年屈折を使つたしかして
 カルバー八吋半を持つた時に若し早く反射鏡を知つて居たな
 ら自身の觀測がされ位異つたか知れないと稱した。色消レン
 ズで木星の眞實を見る事が出来ない。しかし衛星の表面の觀
 測なるに屈折は其の安定なる像より像は鋭い。土星につい
 ては大差は見出し得ない。が反射の像は實に堅い。此れだけ
 最良の鏡は良き空氣の下では有力である。しかるに多くの觀
 測者は屈折を使いたがる。此れはたゞ彼等が良きシーイング
 を持たないからだと言える。シーイングが悪い時には屈折は
 良い。しかし空氣さえよければ遊星面上の細かき模様の鮮さ
 は格別である。自分は確かに靜かなる空氣の下で優良なる鏡
 で遊星を見ざれば眞に遊星の趣味は少いと言ふ。彼の空氣の
 靜かなセイロン島トリンコマリTrincomaliの遊星の觀測者故 *Molesworth* 氏
 のカルバー氏特製の十二吋半で得た結果は實に美事である。
 氏は目もよかつたに違ひないが木星の表面に千こいふ點を觀
 測した事や多數の運河を記録した事は自分のエリソン六吋半
 の經驗から見て確かに事實である。屈折を使ふ木星觀測者は

大口徑はぎ帶をたゞ黒い棒に書いて居る。餘りデ、イルが見
 え過ぎることは言はれるが十吋反射はぎ見てない。英國以外眼
 視用の優良な鏡を持つて居る所は少い。此れは米國に於ても
 事實であらう。此れは他で反射鏡より屈折が喜ばれる理由の
 一つであらう。しかし英國の素人觀測者の達した成績は反射
 鏡の遊星に對する優越を證する。遊星に對し六吋半は不充分
 で八吋或は十吋は必要ではあるが觀測地のシーイングを考へ
 て決定すべき事である。

細かき遊星面上のデ、イルの觀測には最良の鏡を要する事
 は疑なき事實である。最良のアイピースも又必要である。此
 の點にカルバー鏡は群を抜いて居る。スコフィールド氏の八吋
 半カルバーを見て特に感じられた。

彗星探しには、反射は使ひ易い。もつとも屈折の專問的の
Cometseeker には及ばないが。

星雲星團には同集光力であるが故に大差は無いが反射では
 星團の美こいふものが著しい。反射では低倍率が使えただけ
 此の目的物には愉快である。

變光星觀測には觀測し易いけれども中心から離れた等距離
 の星を觀測の星を觀測する際に比較的像が悪い等で結果は屈
 折より良い事は無い。むしろ少々不揃な事が多い。しかし能
 率からして自分は反射を喜ぶ。自分の意見としてフアインダ
 ーとして二吋級の有力なもので廣角な範圍を觀測し。相等高

い倍率によつて六時半で百位で淡き星を觀測する事は最も良い方法である。星色の觀測に對しては反射でない信用出來ぬ。

二重星に對しては屈折は明らかに良い。此れは反射では像が不安定で干涉圈が甚だ強いので接近した對が見難い。見難いだけで見えないのでない。光度差の大きい時は特に困難。又其位置測定にはとても屈折には及ばない。又發見にしても一秒以下では殆んど不可能である。エスピン氏は多年カルバー十七時一九一四年以後カルバー二十四時にて十秒以下一秒の重星は二千箇も發見して居る。又測定もして居る。が接近した對では困難である。しかし六時半では一秒までは樂である。以下とても屈折に比し見難い程度である。離れた對では其の色は屈折より美しい。輪の弱い淡い星では有力である。彼の故バーナム氏が六時クラークで四八〇箇の新重星を發見した事は極端なる屈折の實力の例である。此の中には距離〇二秒以下後年リフク三十六時 さえ檢出に困難したものさえある。

天文臺と稱せられる所では多く位置測定が重要な部分であり何でもやらうとする屈折でない都合が悪い。

反射の重要な利點は常に水平に覗き得る事である。反射では天頂が却つて便利である。屈折で天頂を見るには随分苦しい思いをせねばならぬ。星ブリズムを使つても不便である。長時間の連續觀測には反射では苦痛が少い。能率もあがる。素人用として觀測方面を考える時に反射で何等不都合な點

が無い。しかも甚だ廉價である。しかし鍍銀だとか取扱を考へる時に屈折は一度買つたら永久的である。屈折も反射の能力の差は僅かである。屈折を使はざれば屈折の美點は分らず反射を使つて反射の特長が分かる。どちらが良いかは言へない。各特長がある。理想的な事を言へば兩方を持つに越した事はない。六時半持てば三時は無い都合が悪い。良い觀測をするには兩者必要である。眼視反射鏡の使用は約十二時に限られる。以上では種々の不便や缺點が多い。しかし二十時を越えれば集光力の點より寫眞用として實力が出て来る。

現今の大反射鏡はニュートン焦點では星雲星團等の直接寫眞に使はれカセグレンに直せば遊星狀星雲等の大スケールの寫眞特に分光觀測には色收差が〇であるので甚だよい。分光觀測専用のか甚だ多い。ヴィクトリア七十二吋やミルス三十七吋は此の例である。直視される事は甚だ少い。星雲寫眞には反射鏡は獨歩である。しかし大口徑寫眞屈折鏡は長焦點を利用して視差及び位置測定に役立つカセグレンの反射よりよい。又二重星の測定發見、位置測定等には大口徑の屈折は缺くべからざるものである。位置天文學には屈折天體物理學には反射である。

大口徑の反射鏡も實力の認められると同時に廉價なる點に於て屈折萬能より反射の時代に進みつゝある。殊に英國に於て反射がはるかに勢力を持つて居る。屈折反射兩者は大低な大天文臺にある。一方だけでは不便である。