反射望遠鏡の智識 (8)

中　村　　要

鏡面研磨

磨き Polishing

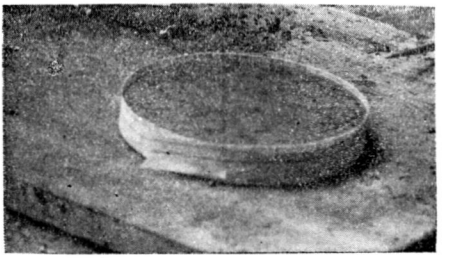
極めて美しい擂硝子面になつた凹面は，透明な硝子面に磨く事が出來る．通常研磨粉ニして紅柄を使ふ．研磨粉には酸化錫 SnO_2 (Putty powder.)酸化クローム Cr_2O_3 アルミナ Al_2O_3 硝子粉等をも使ふ事が出來る．細微なカーボランダムでさへ磨く事が出來る．然し有毒物もあり紅柄が最も早く磨けるので通常紅柄を使ふ．

磨き盤は硝子ではなく，他の軟い性質のものを使ふ．ピツチ，樹脂，エボナイト，ラシヤ，布切れ，コルク，木，紙，等が使はれる．然し，多年の經驗上ピツチが最も良い．ピツチは，剛軟自由であり，自由な形狀に出來る．ラシヤ布切れは硝子は磨けるが滑かな良好な光學面が得られない．ピツチでは擂硝子を高い部分から漸次に平且に穴の底部まで磨き得るに比して，軟いもので磨いたものは砂孔の底からも磨けるので研磨後反射で見るニ硝子面がレモンの皮の樣な外觀であつて細かな波になつて居る，廉價なレンズは通常此の方法で磨いて居る．

紅柄の取扱ひ

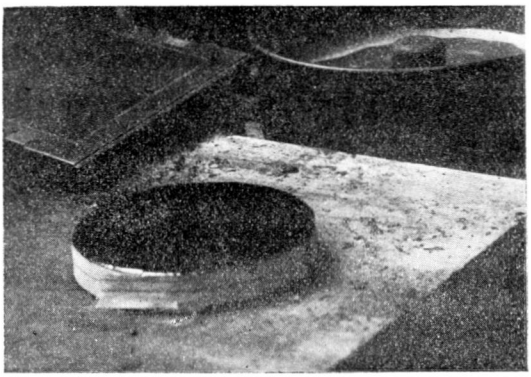
紅柄は荒いものより細かい程早く磨ける．紅柄は最良のものでない限り硝子面に傷を付け易い．傷の巾及び深さは目に見えるもので一ミリの一萬分ノ一の程度のものらしく，磨き取れる．細微の紅柄は整形時に良好な研

磨面を保つにる必要であるが，次の様にして作る．紅柄は研磨時に最も細かな分子に粉砕せられ，最良の紅柄より良いものになるから，鏡をピツチ盤から離す度に，濕つた脫脂綿で紅柄を拭き紅柄を集め此れを取集めて最終作業に使ふ．



盤の廻りに約二ミリ上に出るまで紙をまく

ピツチの堅さを確かめてから，研磨にとりかかる．擂る時には相手は硝子であつたが磨く爲にはピツチを使ふ．凸盤の直接の必要は，上げ擂りでなくなつて，研磨には單にピツチを表面にひいた臺に使ふ，硝子でなくとも金屬盤でもよいが，水の進入で絶對に狂はないものでなければならぬ．又ピツチの形狀を保持する爲に，平面では間に合はず，凸盤でなければならない．盤を破つた様な場合に此の注意は必要である．擂る時に使つた硝子凸盤が最も良い．



ピツチを流し込んだ所

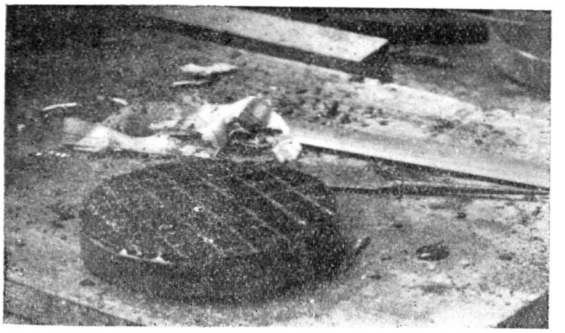
ピツチ盤の作り方

作業は，盤にピツチを流して，凹面を壓へつけ凸の型を作り，溝を作るのが目的である．

盤の硝子は不注意に使ふと，急激な加熱及び冷却の爲に，破れる事が多いからピツチを流す爲には温めておく，温めるといつても，通常徐々に湯で温めるのである．凹面も同時に温める，程度は手が浸けられる，即ち攝氏40度附近がよい．

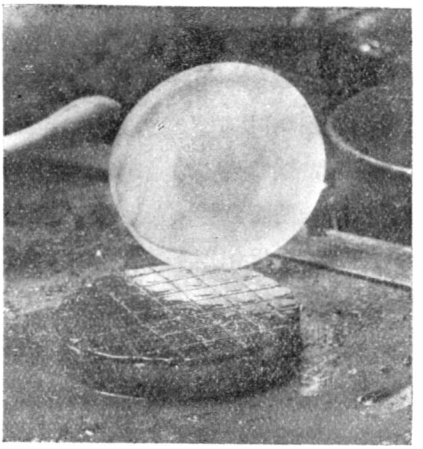
温めた盤は濕氣を去つて，盤の上に約2ミリ出る様に紙のバンドを作る

バンドは新聞紙で作つて，糊かピツチで繼ぎ合せる．溶けたピツチを渦狀に端から中央に一面に流し込むバンドの爲に盤外に流れる事なく，全面ピツチになる．ピツチの厚さは成るべく薄い方がよい，ピツチが厚ければ，變形し易く D. Booth の結論によると，ピツチは堅いばかりよりも薄い方が堅いと同樣に働くとの事である．通常3ミリが適當である．



物指しとナイフで溝を切り終つた所鏡は
前號例の11センチ鏡で溝は間隔15ミリ

ピツチが流れ込まれば直ちに温めた鏡面を，充分水をつけて直上から壓えつける．前後左右に動かして，氣泡及び水を押出す．鏡に水がついてなければ，溶けたピツチは硝子について盤面を混亂させてしまふ．W. ハーシエルの考案による．石鹸水を使へば都合がよい．石鹸を温湯に溶かしておけば硝子面から脂肪がとれて清潔になり，滑りがよく，著しく取扱ひ易い．ピツチが堅くなつて充分型を得る樣になれば，鏡を横にづらして鋭利なナイフを使つて盤外に出たピツチを切り取る．ピツチが堅過ぎればピツチは容易に切れず破れる．



十數回壓迫の後出來上つた滑かな
ピツチ盤と半透明な凹面鏡

次に盤の中心を，物指しを使つて求め，ピツチの堅くならないまでに溝を切る．盤の中心に對して最も近い溝の位置をナイフの先端で印し，一定の間隔にナイフで印をつけ，平行に溝を切る．溝を切るには印を中央に二條の線

をナイフでピツチを切つて作り，中間のピツチを切り取る．溝がV狀になる樣に切れば，良いピツチなれば長い紐になつて，バタを切る樣に切れる一方向を切れば，直角廻轉して同樣に溝を作る．切り終つた時には通常ピツチ面は型が崩れて凸凹が出來るから完全な型に直さねばならぬ．

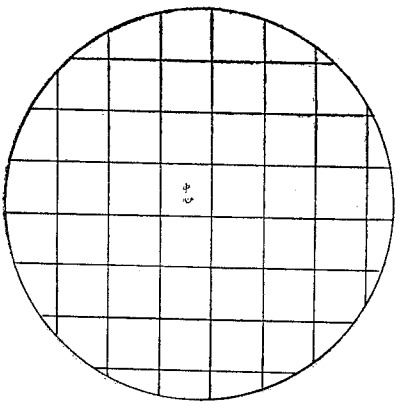
盤面を直すにはピツチを温めてピツチを軟め，一方凹鏡で壓迫して漸次に正しい型に直す．同時に溝も修正する．ピツチを軟める爲にはオーヴンを使ふ人もあるが，自分は常にガスバーナーの低温のガスの焔によつて軟めて居る．手數をいとはなければ炭火で行ふこと好都合である．何回でも盤面が完全で何處も密着して居ると判斷するまで數十回でも直す，鏡面の成功は大部分ピツチ盤の良否に關するから手數を惜しまず完全なものを作る必要がある．石鹸水を使つた場合盤面の密着の良い部分には干渉縞が表はれる．

ピツチは極めて取扱い難いものである事は誰しも經驗する事である．筆者に通信せられた或る素人の經驗によるも約半年間，遂に最後まで完全なピツチ盤を作り得なかつたことある．表面を熱すれば溝が崩れる．泡が出來る中央が凹む，其他誰しも取扱に一通りの經驗を得るまでは閉口する．兎に角，相當にピツチを自由に取扱ひ得る人なれば，鏡製作にも熟練家だと云ひ得る位である．高温度を要するから極めて取扱ひにくい．

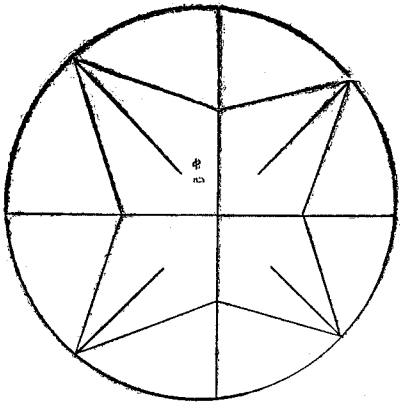
ピツチ盤の溝

ピツチ盤が鏡面に一致しても，其のまゝでは空間がないので，實驗上研磨運動が行ひ得ない，從つて鏡面に溝を作つて研磨を助けるのである．溝は一定の間隔に直交したものが最も作り易い．理想的なものは六角形のものであるが此れは簡單に作れない．直交した溝即ち碁盤目の溝は15センチ鏡乃至25センチには25ミリ間隔，以上は35ミリ，11センチ或は以下には通常15ミリが適當である．通常一方向に五本以上は必要である，或る人は小口徑に直交した二本で良いと言ふ人もあるが，後に記する樣な缺點があつてよくない．溝を切る場合に圖の樣に非對稱的に即ち盤の中心と，碁盤目の中心とずらして作るのである．盤の中心を四角の隅におけばよい．

何故に對稱的に切れば惡いかと言へば，ピツチ盤の研磨作用は鏡盤の密



碁盤目



星管形

着によつて始めて起る．例へば溝の交點は研磨作用を有しない．對稱的に作つた溝であれば交點が中心より一定の距離に集るから，研磨運動が數萬回くり返された場合溝に當る部が凸になり，鏡の廻轉運動の爲めに可なり鋭い凸輪になる．交點の數に從つて，數箇乃至，十數箇の狹い輪が出來る．此の强い輪は極めて除去し難い．以上の缺點は溝を非對稱的に作る事によつて防ぎ得る．

溝の形は前世紀中頃の器械研磨法の成績上．餘りやかましく言はれ過ぎて居る．器械研磨に於ては，構造が惡ければ，運動が餘りに整一になり過ぎる爲に，從つて輪が發生し易い手による研磨には餘りに運動が整一過ぎれば輪が出來易いが一般に整一でないから反つて輪は出來難い．殊に輪に對する整形方法の進步に從つて此の心配は少ない．經驗上溝は可なり自由であつてよいが，碁盤目が最も作り易い．

溝は少ないよりも多い方がよい，溝が少い場合には紅柄が充分供給せられないので研磨がおそく，殊に整形が甚だ困難である．

溝の切り方の特別な場合に Star-gut 星管形こいふのがある．W. ハーセルは此の切り方を特に研究したこいふ事である．ピッチ盤の泡が防ぎ難く又溝が少いので使ひにくい．

溝の巾にも一定の規則はない．通常溝の間隔の八分ノ一乃至十分ノ一が

作り易い．巾が廣過ぎるこ輪が出來易い．筆者は通常一乃至二ミリを使つて居る．

溝の效用は研磨を始めるも極めて明瞭である．卽ち．研磨運動に伴つて氣泡こ交つて活潑に，直線的に或は電光形に流動する．紅柄液に荒い粉が交つた場合，溝の存在の爲に盤面より取去られる等の效果もある．

ピツチ盤が出來れば，紅柄液をつけて，少し磨く．ピツチ盤は透明な硝子を通して上面から見て，溝が赤く，密着の良い部分は黑く見えるから，良否が判斷出來る．

研磨を續ければ性質の惡いピツチなれば，少時の後，運動困難が起る．此れは主こして中央が冷却こ共に凹む爲に起るので完全な運動が圓滑に行ひ得なくなつてくる．中央の凹むピツチは其のまゝ磨く事は出來ない．此の性質は大抵なピツチが持つて居る惡い性質であつて，此れを修正するには仲々の苦心がいる．圓滑な運動が行ひ得ない時には，鏡面の廻轉表面を亂して部分的な穴が出來る．かような性質が見つかれば，直ちにピツチ盤を作り直す．

良好なピツチでは何れの方向及位置に於ても同じ輕い運動が行ひ得るはずである．

ピツチ研磨にこりかつた場合．最初の三十分が可なり重要である．ピツチが良好で運動の困難なく30分磨いたこ假定して，檢査の上で種々の判斷を下す．

淸潔なガーゼで表面を，拭いて先づ研磨狀態を見る．明るい電燈こ目を間に鏡をおけば，總ての缺點は明瞭に見える．卽ち最も細い傷や，擂り作業の不充分の爲殘存した箇々の砂孔等，卽ち缺點が認め得る．

鏡の角が細かな砂で仕上げられず，荒い砂の場合には周邊に沿つて荒い砂の孔が殘り，殊に僅か缺けた部分からは必らず溝になつて深く入込んで素人の目を射るものである．

普通なれば研磨は全面殆んこ等しく端の磨きが少し惡い，此れは引續いて磨いて差支へない．通常球面に近い．

中央部のみ磨けて端が，著しく磨けてないものは，通常双曲線であつて

ピツチが軟いか，或は型が悪いかによる．

端のみが磨けて中央が著しく磨けてない場合には，原因はピツチの中央が凹んだニか或は堅過ぎる爲に起るのであつて双曲線又は，球面の中央に穴のある僞双曲線が多い．輕度の場合の外，ピツチ盤を作り直す．

次にフーコー試驗で表面を見る．

球面に近いものなれば差支へなく．直ちに次の30分磨いてよいが双曲線は程度によつてピツチ盤を修正する．端が球面近く中央に穴がある僞双曲線は研磨が進めば端の曲線が中央の穴の底に達すれば球面近いものになる

偏球面は通常心配の必要はない．

輪．ピツチの溝の位置不良に起因するものは狹い強い輪ニして見える．或はピツチの一部の不良によるものもあるが，通常次の30分の結果を見て增加する樣子なれば斷然ピツチを作り直す．增加しなければ續いて研く．

ターンダウン　ターンダウンは研磨の最初に發見して，此の進行を止め或は研磨のみによつて極小限に止める樣にする．(方法後章)

30分磨いただけでは鏡面が曲線ニしてまニまつた形になり切つてない事が多く，充分理解出來ねば更に30分磨いて進行狀態を見る．要するに球面に近ずくか或は双曲線になるかを見るのであつて單に理論的に考へても興味ある變化をする．

ピツチが堅過ぎない場合は硝子面に奇妙なものが出來る事がある．ガラスのエナメルニ呼んで居るものであつて，通常中央に多少不規則な外觀をしてつく．此れは直接取れないが研磨すれば通常30分長ければ3時間も表面について居る事がある．成分は明らかに紅柄に溶けた硝子である．

一時間以後は研磨の終るまでは單に機械的の作業による事が多い．然し此の間に整形の爲の準備行動，卽ち出來得る限り平旦なしかも球面に近い曲線にまで導く必要がある．

筆者の長い經驗によればピツチが良好であれば，極めて球面近く研磨せられ，僅かに偏球である事が多い．此れは作業者の技術によるものであるから結果は定つてない．60分金剛砂の面が双曲線であつても(通常此れは多い)球面で磨き始まつて球面で終るものである．しかも最初双曲線でも球

面に直り易いものである.

研磨と共に行ふ整形準備は球面を作る事をもつて目的とする. 然し第一歩としては圓滑な面を作るのであつて, ターンダウン及輪の除去を第一とする. 球面近く作る爲には通常. 運動の長短によつて制御する.

研磨時間は擂硝子面の程度, ピツチの性質によつて大差があつて通常5—10時間, 筆者は通常4時間である. 然し, 餘り長時間でないとは言へ, 相當重く, 殊に20センチ以上になれば勞力の點で一氣には出來兼ねる事が多い又勞力をおしまない限り研磨は不足になり勝ちである.

ピツチ盤の中央が凹んだものは中央に砂孔が殘るが, 普通なれば鏡周の約一センチに砂孔が殘つて來る. 端の研磨狀態さへ見て居ればよいのである. 砂孔か消失した樣に見えてから, 始めて硝子面に光澤を帶び良く研磨された表面になる. 非常に研磨がよい場合, 僅かの傷は磨き去られる事さえある. 素人としては表面は磨硝子材の表面を標準としてよいと思ふ.

たゞ磨けばよいとは言ふが, 磨く事は仲々の勞力を要し且つ困難な事である. 作業時間の都合で研磨を中止する場合, 種々の面倒な事が起る, 前記の三十分毎の檢査に數分間ピツチ盤を離してさえ, 次に直ちにピツチ盤の冷却による變形から, 運動困難が起る, 殊に日を變えて研磨する場合には其のまゝ磨いては, 一つとして同じ運動の出來ない樣な, 研磨運動の續けられない程の困難が起つて來る. 如何にして處置すべきか. 筆者の常用法は先づ盤面に充分紅柄を塗つて, 鏡と重ね合せて放置する, 場合によれば重りを加えて, 盤面を壓迫修正する. 此が不成功であればピツチ盤を作る時と同樣に型をとり直す, 決して無理をして磨いてはならない. 鏡面は完全に亂れて, ピツチ盤の不良と同樣廻轉表面を亂す事もある. 然し新しい異つたRの球面が出來て此の球面で表面が作られる見込のある時は別である.

暴壓的な方法で磨く場合, 往々, 平旦な面が變じて全表面, 溝によつて覆れる事がある. 若し研磨の跡, 卽ち部分的の穴の出來た場合はやゝ軟いピツチの良好な盤で磨けば除去し得るものである.

ピツチ盤は決して露出してはならない. 空氣中から砂塵が盤面につけば

直ちに傷を作る．検査の爲數分間以上離す時は紙，硝子覆等で覆つて，砂塵を防ぐ必要がある．

筆者が聞いた極めて一部の例をもつて，素人の參考にしたい．ピツチ盤が完全に出來ず全面が磨けない場合に苦心した擧句無謀な素人の行ふ事であるが，たゞ硝子を磨く樣に心得て，部分磨き Local polishing を試み易い

中央に擂硝子面が殘つたので小盤を作つて中央だけ磨いた場合．通常最も猛烈な双曲線になる．一例によれば5吋f8で中央ニ端の差が20センチに昇つたニの事である．鏡は全面同時に磨かねば球面になるものでない．

一例によれば鏡を旋盤に取付けて金具を磨く樣に磨いたニの事である．舊金屬鏡では此の方法で破損された例が多いニの事であるが，光學的に全く無效である．

特殊な機械研磨法による上向研磨の正しい方法によらねば小盤で鏡が磨けるものでなく，常に全面同時に磨かねば，光學面は出來るものでないニ考へてよい．凹面鏡を磨くのにたゞ硝子を磨くのニ混同してはならない．光學表面は誤差一萬分ノ一ミリ以下のものであつて，目に見て平旦な面ではない．

紙磨き Paper polishing

紙磨きは，極めて特殊な場合に使れる事があり，或る場合に必要もあるニ思ふので，方法だけを示しておきたい．

良質の洋紙，例えばノートの洋紙の如きものを選んで，鏡盤の直徑に等しい圓を畫き，約一センチ半徑を增して，同じ中心から圓を畫いて，狹い輪を直徑に從つて無數の切り口を作る．次に水で充分に濕して，淸潔な硝子上で裏面に出來得る限り平滑に糊を塗つて盤上に貼り，泡及び餘分の糊を中央から押し出し，切り込んだ紙を盤周にはりつける．此れで紙が移動せない樣に貼り得たのであるが，此の紙に濃い紅柄を一面に塗つて塵のかからぬ樣乾かせる，乾いたなれば，乾いたままで普通の直線運動で研磨する．

紙磨きは研磨に時間をニる．ピツチの約三倍はかかるが，盤が堅いだけ割合に良い面が出來る．しかし紙磨きによる整形は可なり困難である．擂

硝子面を餘程完全に細かくしておかないと成功し難い．電氣作用で多少の困難もある．

盤はよく出來て居れば仲々破れるものでない．惡くなれば作り直す．又紅柄は乾いた粉のまま補給出來る．

長時間の勞力を經て研磨面が出來たとすれば，大抵の素人は磨き得た事を以て大成功もして此れ以上手をつけない事が多い．然し此れは十九世紀中頃までは星を見なければ致し方がなかつたとは言へ．彼等は鏡面を修正する方法は可なり心得て居た．初步の素人としては擂る事と磨く事に興味を有するものであるが，相當熟練した作業者にとつては寧ろ器械的な單調な仕事である．磨きを終つたものは整形する事を學ばなくてはならない．此の過程に鏡面製造の趣味がある．英のレンズ製造家の有名な Sir H. Grubb 曰く．研磨を終つたのは全作業の四分ノ一を經たに過ぎない．若し諸君が眞に製作に勞力を味ふなれば此の言葉は事實とは餘り遠くないと考えてよい．整形の方法と理論は由來作業者の多く祕密として公開しないものである．

暗室內の鏡面試驗法

前世紀の中頃に至るまでは凹面鏡を磨いても，星像を見なければ其の結果が判斷し得なかつた．晝間磨いては夜星を見，更に修正するこいふ多くの時間と勞力を要する作業がくり返されて居た．從つて製造家の要する熟練も非常なものであつた．有名なハーシエルの如き一生に作つた鏡は二千以上に登つて居るけれども其の鏡面曲線は，拋物線を間として球面乃至强い双曲線であり，非常なる熟練は見得るが拋物線には遠い．現在素人が星像のみによつて試驗を行つてもハーシエルの技術にさえ遠く及ばないのは明白である．

幸ひ吾人は 1859年フランスの物理學者フーコー Foucault が發表した檢査法によつて最も正確に且つ容易に鏡面曲線を暗室內で檢査する方法を與へられた．所謂フーコー試驗或は影 Shadow の試驗法である，此れと共にドレーパー H. Draper が始め，ワッセル Wassel によつて完成された帶

試驗法 Zone test によつて更に綿密なる檢査が行ひ得る事になつた. 少なくとも現在に於て兩試驗法を了解し得ないものは良い鏡を作る事は出來ない. 方法に關しては素人の書いた短章は多いが, 筆者は幾分進んだ取扱をしたい.

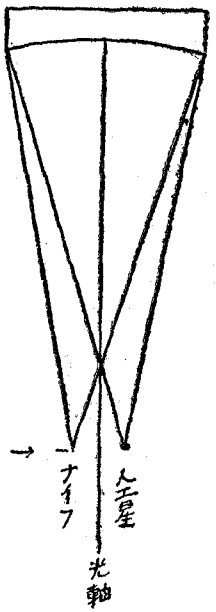
フーコー試驗 は最も嚴重な檢査法であるが其の裝置は極めて簡單である卽ち人工星と小刀及び小刀の移動製置である.

人工星, 夜間に於ける星と等しい目的で作つた人工の點像である. 極めて小さな針孔を光線で照して人工星にする. 人工星は出來得る限り少さい方がよい少さな方がよく缺點を檢出し直徑 0.1 ミリの圓孔まで出來得る限り小さなものを作る. 黑紙に針で作つてもよく, 場合によれば錫紙に穴を作る. 圓孔は蟲眼鏡で檢査して作る. 光源には石油ランプ等が使はれる. 人工星は針孔であるから焰を鏡面に倒立せしめて投影するから光源は一樣に輝いたものが必要である. 若し電燈を其のまゝ使つても線を投影するから鏡面が一樣に照らされないので磨硝子或はパラフィン紙で光を散光にする必要がある. 極めて強い光を要するのでアセチレン瓦斯, アーク燈が使はれ場合によつてはコンデンサーも利用される. 暗室內の仕事であるから光源から光の洩れない樣に覆ふ必要がある.

筆者の考案であるが, 人工星は必らずしも針孔に限らない. 長孔 Slit でもよい. 通常巾 0.5 ミリ長さ6ミリ(瞳孔徑)の孔を垂直に作る. 小刀が像の一邊も平行になつて居れば影の見得る場合に人工星は點像の垂直に連續したものと見る事が出來るから光源が弱くともすみ, 又影は極めて强い. 注意を要するのは此の場合には影を見るよりも將に消失せんとする光斑を見るに適する. 人工星は焦點より見て眩ゆくない程度がよく, 强過ぎればデフラクシオンによる不便が伴なひ, 弱ければ影が薄くて檢査が銳敏でない

小刀は何でもよいが, 能く研いた銳い刀をもつた小刀なればよい. 安全剃刀の刃を使ふ人もある, 小刀を前後及左右に移動し得る樣に作る. 種々の考案もあり, 英國ではワツセル型のものが知られて居るが, 使ふ人の注意次第であるが極めて簡單なものでよい.

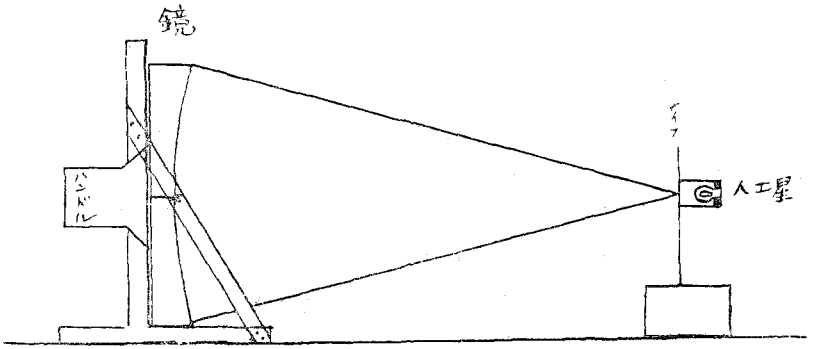
今鏡, 人工星, 小刀を圖の樣に配置する. 鏡と人工星の距離は球面半徑



卽ち焦點距離の二倍にあつて，鏡と人工星，及び小刀の距離は等しい．又人工星及び小刀は出來得る限り接近せしめる．通常少なくとも三センチまで近づける．若し此れより離れれば，像が亂れる爲に誤つた判斷を起し易い．光源の筒が太くては此の要求は實現されない．特殊な場合には直角プリズムを使用して極めて接近せしめる事が出來，構造によれば光軸より一ミリ以內まで近づける事が出來る．

鏡は垂直に立てる．此の臺は木で作つてよいがハンドルが出る樣に背面に穴を作つておく．鏡の兩側は釘で止めて轉ばない注意が必要である．

鏡面が完全な球面であると假定して，光軸上球心に人工星をおけば球面鏡の理によつて原形と同一な收差が存在しない像が人工星の位置に出來る．此の場合．像は人工星と上下反對である．光軸より一センチ人工星を離せば，像は反對側に一センチよつて其の距離は二センチになる．

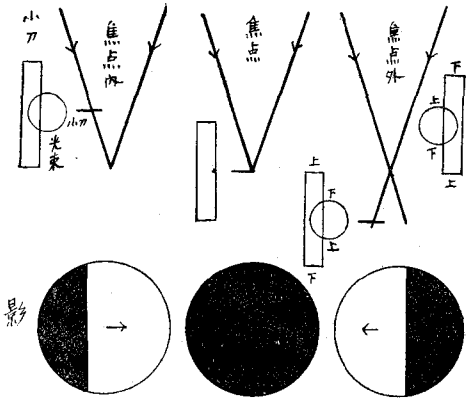


暗室內では人工星は固定されて居るから此の像を探さねばならぬ．初心者にとつては仲々むつかしい事であるが鏡の裏面が透明であれば，表裏はほぼ平行であるから，裏面で反射された光が一部分見える．卽ち鏡面上に小さな光點が見つかる，此の光點が鏡面の中央に見える樣に目を動かせば

焦點が見つかる.

卽ち焦點に目があれば鏡面は一樣に輝いて滿月の樣に見える. 一面に輝いてない場合, 鏡の方に目を近づけて全面が輝けば, 最初目は焦點外にあつたのである.

滿月の樣に輝いた鏡面を眺めながら小刀を左より右に動せば鏡の左或は右から垂直に暗くなつてくる. 卽ち光線が小刀で遮られて陰が出來たのである. 小刀が焦點內にあれば小刀の進んだ方向卽ち左より暗くなる. 右から暗くなれば焦點外である. 此の判斷で小刀前後に動かし鏡面より一樣に光が消失する點を見出す. 此の點が見出せれば次は人工星ミ像か等高で, 間隔が最小である樣に鏡或は人工星を移動させて, 人工星ミ像が鏡より等距離である樣に修正する.



鍍銀面或は鏡裏が擂硝子の場合は, 甚だ像が探しにくいから, 成るべく人工星の覆をミつて探す.

フーコー試驗を行ふ場所は密閉された室がよい. 又研磨室ミ同温度である事は最も望ましい. 風の少しでも吹く所では檢査が出來ない. 何故かミ言へば氣流の動くのが容易に見えるから氣流があつては檢査が出來ない. 又, 鏡ミ檢査器具は同一の臺の上にあつてほしい. 又臺は成るべくコンクリート床の樣に人が歩いても動かぬものの上になければ測定が出來ない.

球面鏡 Spherical mirror

鏡面が球面であれば, フーコー試驗に於ては像は球面收差がない. 卽ち點に集つた光を小刀で遮れば輝いた面は一度に消失するはずである. 然し實際上人工星は大きさがあるから一度に消失せず全面一樣に暗くなつて消失する.

フーコー試驗で言ふ球面は最も嚴密な絶對的の球面を意味するのであつて，缺點の見出し得ない高度球面の製作は拋物線と等しく困難な事である．偏球から拋物線に直す際には必らず球面を通過するが，整形には理想的な球面を作れといふのではなく球面近いものを作ればよいのである．

非球面鏡

球面でない鏡は球面より中央の深い双曲線と，中央の高い偏球とに大別出來る．此れ等の面は焦點で一點に光が集らず，中央からの帶の半徑によつて異つた焦點がある．從つて小刀で一度に光が遮られず，鏡面が一樣に消失せす部分的に影が出來る．說明を簡單にする爲に双曲線で如何なる影が現れるかを考えて見たい．双曲線では端より中央の焦點は短いから，若し中間の焦點に小刀をおいて光線を切つたとすれば中間より端までは焦點は長いから，小刀は焦點の內側にある．卽ち鏡の周りの輪形の左の半分は暗く，右半分は明るい．

中間より內側にあつては小刀は焦點外にあるから圓形の右半分は楕圓形に暗くなるはずである．此れは極めて槪念的のものであつて影は事實上位置は同じであるが形狀は多少異る．偏球鏡にあつては影の位置は明らかに逆になる　影の詳細な記事は後章にのべる事として，此處では單に原理をのべ製造者は單に弱い偏球或は球面を得るを目的とすればよい．

鏡面が球面近い場合には，表面の不規則な部分の實狀が其のまま目に見得る事をのべて，次の章に移りたい．

（廣　告）

對物レンズ賣たし

日本光學製エナグラス合成色消レンズ口徑110ミリ(4吋半)焦點距離 1610 ミリ大阪市內にては空氣惡く使用不能の爲賣卸致したし，昨年四月製（無記名）價格は 100 圓

大阪市南區高津八番丁二四　　箕山喜三郎