



## 反射望遠鏡の智識 (7)

中 村 要

### 播 り 作 業

#### 作 業 實 例

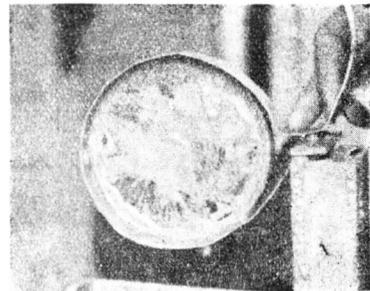
11センチ鏡f10の作業工程を寫眞によつて示した。硝子は12月號の硝子材の寫眞例の12センチのものである。

硝子材	サンゴバン	良質	
切り取つた直徑		119ミリ	
厚さ		18.8ミリ	
最も厚い部分と薄い部分の差	0.05ミリ	平行良	
丸楕りの直徑		115ミリ	
硝子面の直徑		113ミリ	



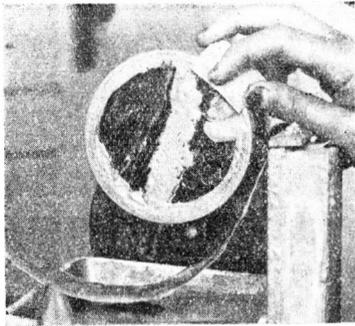
1 硝子原材

硝子屋で丸く切りとつたまゝの硝子材バックはアルコールランプと茶碗

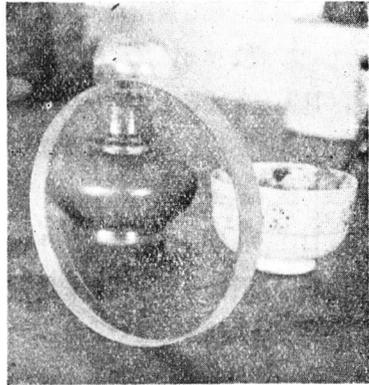


2 丸 楕 り

廻轉機とバンドによつて丸く楕る



3 角 磨 り  
周りの磨れた硝子の角を約一ミリ  
磨る



4 磨り終わった硝子材  
眞圓に磨れた硝子は外觀だけでも  
美しい

### 硝子材の整理

厚硝子の如く両面研磨され、又殆んど平行なものは此の必要はないが、鑄込まれた硝子の如く、不規則な場合には面倒ではあるが次の方法をこる (後章の平面参照)

表裏両面をほぼ平面とし、両面を平行にする爲に、鏡、盤、及び、同大の硝子一面都合三面で磨り合はせて平面近くし、鏡の裏は成るべく細かく濕つた裏から、研磨状態が充分見得る程度まで仕上る。出来得れば、軽く研磨しておく。両面を平行にするには先づキャリパー Micrometer Calliper によつて厚さを測り、高い部分を手前において、盤こして、高い部分だけ磨り取つて、最後に通常の研磨運動によつて、廻轉面を作る。反射鏡では表裏平行は餘り重要でないが、對物レンズの如きに於ては千分の數ミリまで仕上げる必要がある。

### 凹面を作る方法

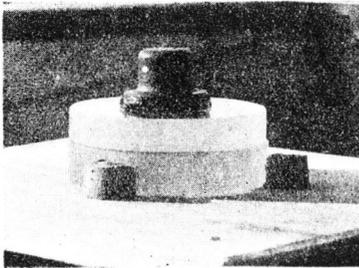
諸種の完全な準備を終つて作業にこりかゝる。一般の方針は、先づ荒い砂によつて凹面を作り、漸次に砂を細かくし、研磨し得る程度まで進める同時に球面を得るのである。

最初の作業は凹面を作る事である。三種の方法があるが、其の一つは金

屬盤、通常鑄鐵を旋盤によつて凸凹二面を作り、更に二面を榫り合はせて正しい球面を作り、此の凸盤に硝子を榫り合はせて、凹面を作る。これは古くはハーセルにも使用され、現時の工業的なレンズ製造には廣く使用されて居るが、一對の金屬盤を作るに硝子以上高價であつて、少數のものを作るには不經濟である。

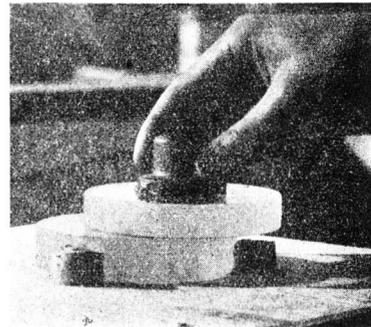
大口徑の上向き研磨に使はれる方法は、鏡を上向きこして、小さな、通常直徑が二分ノ一以下の榫り盤によつて、表面を榫れば凹面が出来る。

他の方法は通常使用する平面より漸次に、同大の硝子の榫り合せによつて、凹面を作る方法である。小口徑では硝子板の方が廉價であり、事實上硝子と硝子の榫り合せたものは最も表面が良好である、此の方法で盤に鐵を使えば鐵盤は硝子に比し堅く、硝子が數倍磨滅し、急速に凹面が作れない。



研 磨 臺

鏡と盤を重ね、鏡にはハンドル盤は三點で止める。盤は厚25ミリ硝子



研磨運動

ハンドルを持つて、鏡を鏡徑の三分ノ一引いた所、荒榫りには硝子を両手で持つても差支えなし

### 平面より任意の凸凹面を作る方法

此の目的の爲に所謂球面製作の三運動を行ふ。

#### 1. 直線の往復運動

鏡と盤と重つた位置から、作業者の方へ、直徑の三分ノ一即ち11センチ鏡なれば約3センチ半引く、次に手前にある鏡を原位置まで返す。此の運動を連続して行ふ。

2. 鏡の廻轉運動

鏡を一回の直線運動毎に一定の方向に僅かづゝ廻す。

3. 作業者の廻轉

(1)(2)の運動を行ひながら作業者は盤周を廻る。

今以上の三運動を行へば

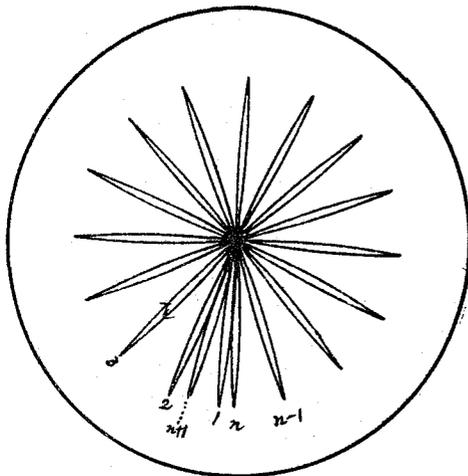
直線運動によつて、一運動毎に榘られる部分は上面の鏡に於ては中央であり、盤では端である。即ち此の運動では鏡は漸次に凹面となり、盤は等しい曲率を持つた凸になる。

直線運動のみでは硝子が片榘れするから、

鏡の廻轉運動によつて鏡の總ての方向がすれて廻轉表面になり。

作業者の廻轉によつて盤も全面に作用を受け、鏡は漸進的に凹面になる此の運動を續ければよい事は明らかであるが今以上の運動の軌跡を書いて見るに、下圖の様になる。此の研磨曲線の重要な特性は、

一つの運動から次の運動までは規則的であるが、鏡の一回轉及び鏡周の一周りに對して同じ位置で同じ運動が再びくり返されない。即ち曲線が閉されない。



**球面** 二つの面が凡ゆる方向及位置に於て完全に密着し得るのは球面に限られる。従つて前記の三運動が最も圓滑に行はるれば球面が自動的に發生する。双曲線と双曲線を榘合はせても容易に球面になる。同大の二面が榘合して球面になる爲には運動の長さに制限がある。

る。實驗上三分ノ一が最もよい。原理上、必ずしも嚴重に三分ノ一でなくとも常に密着の保ち得る三分ノ一内外でよい。運動が長過ぎれば鏡の中

央が強ク櫛られる爲に双曲線になる。双曲線になつても運動を短くすれば容易に球面に直し得る。もつこも櫛り粉の分布が悪ければ三分ノ一運動でも球面になることは限つてない。

**廻轉表面** (2)の廻轉運動は手がなれないと行ひ難いものであつて、未熟な手では數回同一方向に櫛つて、少し廻して再び數運動を行ふ様な事が行はれ易い。此れは甚だ悪く一運動毎に機械の廻轉の如く鏡が廻つて始めて廻轉表面 Surface of revolution が出来る。廻轉表面は鏡が眞圓でなければ出来るものではない。

硝子が厚い場合には廻轉表面は出来易い。然し厚さ八分ノ一以下のものであれば、殊に十分ノ一近いものは、硝子の形狀を保持する充分な力がない爲に表面が曲つてアスチグマチズム Astigmatism が起り易い。厚さ六分の一の硝子は可なりの外力を加へても安全であるが、薄い硝子は極めて不安全で取扱上豫程の注意を要する。

**注意** 此處で書く球面は球面に極めて近いものゝ事であつて、フォーコー試験で言ふ様な絶對的な球面を意味してない。

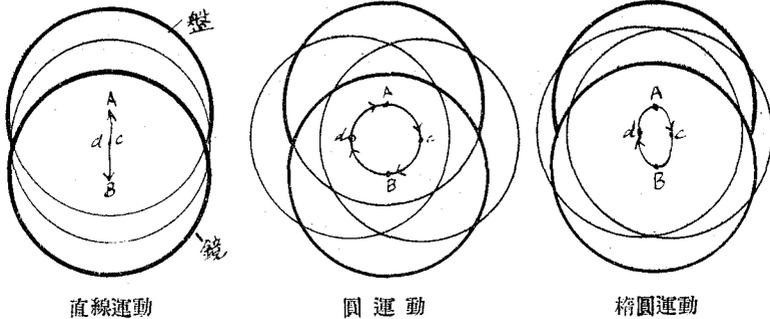
**運動數** 研磨運動の數は作業者の習慣や種々の狀況によつて著しい差があるが、研磨運動二十回に鏡の回轉が約一回、直線運動は一分間に60乃至120回、盤周には一分間に一回乃至二回とすれば大體の標準を現す事と思ふ。一箇の鏡を作るには運動が約十萬回である。

### 運動の種類

運動の名稱は作業者から見た形狀で言えば便利である。

1. 直線運動 Linier or stright stroke. 作業者から見れば直線の往復運動であつて手で行ふ研磨法では最も使用し易い。運動の軌跡は、作業者が廻る爲に長い隋圓になる。器械研磨の或る種類では圓弧になつて居る。
2. 隋圓運動 一往復運動に左右運動の加つた、隋圓形の運動であつて、隋圓の短軸の事を横運動 Side motion といふ。此の運動は著しく鏡の中央を櫛り込む。横運動の量によつて、種々の用途がある。隋圓運動は器械研磨に使ふ。
3. 圓運動 Circular Stroke 隋圓運動の特殊な場合を考へてよい。

研磨運動の軌跡は千差萬別の形狀をこるが、普通の場合、直線運動だけでよい。次圖に於てAを盤の中心とすれば鏡の中心はAc Bdを通る。



凹面作業

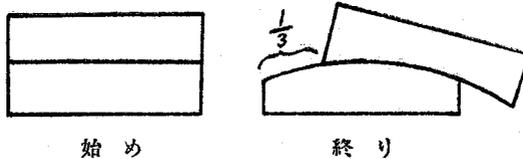
カーボラダム或は金剛砂を濕して、(乾いたものを使つてはならない) 水と共に匙で二枚の硝子の間まいて、前記の三運動を使つて櫛り作業を始める。約二分で全面が櫛硝子になり、1—2回廻るに砂は盤周に落ちる。落ちれば鏡をつらして新しい砂を加へ、かくして砂は思ひ切つて全面に行き渡る様に供給する。一運動毎にガリガリと可なり強い音響を立てる。約15分して、鏡を洗つて検査する。唯れでも氣付く程凹んだ事が知れ、焦點距離を測りながら、豫定焦點距離より少し長い點即ち11センチ鏡なれば、約二米半の球面半径まで凹ませる。

砂は餘り荒くてはたゞ硝子の間を轉々するのみで適當のものに比し切れない。カーボラダムの仕事は砂が多量であれば短時間だけでは壓力に比例するので、硝子を動かしたゞけでは切れないからかなりの壓力を加へる壓力をかけるにいつても全面一様に壓迫を加へる必要がある。素人の陥り易い缺點は硝子ばかり減つて凹面が出来ないといふ事である。熟練者には鏡の端で0.1—0.2ミリより減るものでない。凹面を作るに長ければ數時間早ければ數十分であるが口径焦點距離によつて大差がある。カーボラダムは洗つて泥狀の硝子流せば再三使用出来る。

運動の長さは長い程、早く凹面は出来るが、双曲線になる。素人では砂の使用法の未熟等の爲に双曲線は極めて出来易く、鏡及盤の中間に著しい空間が出来る。長い運動を使つた後には常に三分ノ一運動で出来得る限り

球面近くする注意が必要である。

大抵の素人は鏡の凹みを随分の量だと思つて居る。目だけで判断する爲に極めて短焦点のものを作り易い。f4位のものは珍らしくない、f3より短いものさえ作る。かやうなものは作つても間に合ひ兼ねるは勿論の事である。



運動の長さ及位置について種々の質問を受ける。鏡が前方で三分ノ一出て近方で三分ノ一出て都合三分ノ二の運動になつても差支えないか等の疑問はよく起る。筆者は此の長い運動は使用困難な様に経験するが、要するに鏡の端が直径の三分ノ一以上出なければ差支へはない。前方に鏡が少し出ても少しも差支えない。即ち常に密着せられる位置にあればよい。

運動の長さに鏡の直径の三分ノ二弊外に出るまいふ誤つた記事があつた爲に素人間に重要な運動長に甚だしい混亂が起つて居るので特に此所で斷つておきたい。

#### 口径による荒磨りの差

10センチより大きなものは60或は80番から始めればよいが、9センチ以下のものは180番5センチ鏡は220番から始めてよい。一般に9センチ以下のものは掌より小さいから作業が容易であるが、運動が長くなり易い。20センチ以上のものでは凹面を作るだけが非常な勞力も考えてよい。

#### 反轉磨り

焦点距離が豫定より短くなり過ぎた場合、反轉磨りを行はねばならぬ。即ち鏡を下にし盤を上にして三運動を行ふ。運動は成るべく短く、しかも臺の廻りには最も正確に廻らねばならぬ。反轉磨りの一つの特長は鏡の端の砂孔が極めて急速に除去される事である。

反轉磨りを行ふ爲には硝子の曲るのを防ぐ爲に、鏡をゴム板の上において裏面が一様に保たれる様に注意を要する。反轉磨りは硝子が曲り易く、

廻轉表面を失ひ易い爲に、反轉播りを行つた後には必ず通常の下向き研磨法にもぎつて廻轉表面を得てから次に進む必要がある。

**焦點距離の決定**

60番のカーボラダで作業を終つて凹面の出来たものは、次段の180或は220番に移つて豫定の凹面にする。

先づ前回の器具臺、鏡盤の總てをタワシで洗つて荒い砂を完全に除いて作業にまゐりかゝる。

度々焦點距離を測定して、漸次に縮小する焦點距離を定め、運動の長短等の加減で豫定の焦點距離より約3センチ許り長い點まで行つて止める。素人には焦點距離の5センチ位の差は大した問題ではなく必要程度で止めてよく、又短か過ぎるよりも長過ぎる方が安全である。3F以下でも多少短縮するから此れも考へておかねばならぬ。

此れと同時に60番で残つた砂孔が完全に消失するまで播らねばならぬ。砂孔は通常中央及び端に残るから充分忍耐して除かねばならぬ。金剛砂で作業する人は切れ方が充分でない爲に棒を折つて次に進みたくなる事は起り易い。

60番で完全な球面は砂が荒い爲に得難く通常双曲線になつて居るが、180番ではすでに完全な球面を得ておく必要がある。球面を得ておかねば次に進んでも時間を浪費するのみである。

**例の11センチ鏡の作業實例**

豫定焦點距離 1111 ミリ、たゞ自分の興味上此の數字を選んだ。

番 號	作 業	球面半徑	記 事
80	20分	220 センチ	少し深過ぎ反轉を要す
180	12	380 センチ	反轉播り長過ぎ
180	8	290 センチ	下向き強運動
180	5	260 センチ	同
180	5	228 センチ	長過ぎ
180	5	223 センチ	やや短し、砂孔消失
3 F	10	228 センチ	反轉より始む

3 F	20	222 センチ	短過ぎ
8 F	10	225 センチ	反轉にて修正
15 M	30	224 センチ	良
ピッチ研磨整形後		222.6 センチ	像定より4ミリ長し

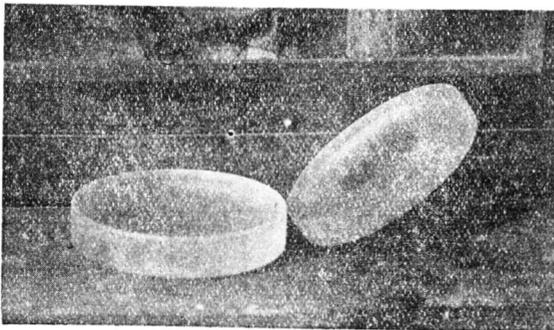
上げ掃り Fine grinding

180 番を終つてからは 3 F で焦点を固定し、半ば器械的に仕上げて行けばよいのである。各階段毎に前番の砂を完全に流す事、荒い砂孔を残さぬ様に注意せねばならぬ。15センチまでのものは良質の砂を使へば各段に約30分を要するが粒の揃はない餘り切れない砂なれば通常一時間を要する。砂孔は通常最も作用を受ける事の少い鏡の端に残るので充分念を入れて除いておく必要がある。

砂の細かい程掃硝子面は美しく、60分金剛砂を終つたものは、掃硝子を通して約30センチ離れた新聞紙が充分読み得る位半透明になつて居る。掃硝子面は細かい程早く磨けるが、掃硝子を通して電球線が見えれば磨き始めて差支へない。8センチ以下は20分から磨けるが11センチ以上では20分から始めるに非常な努力を要する。

荒掃りは極めて容易に見えるが、上げ掃りは種々の困難が共ふ。完全な面が出来て居なければ、曲りなりに進んだのでは研磨しても所期の結果は得られない。幸ひ何の故障なく、進み得る人もあるが大部分、大なり小なりの困難に出會ふ。次は種々のヒントである。

上げ掃りの大部分は殆んど機械的の仕事であつて、通常5分毎に金剛砂



7 上げ掃り完了  
60分金剛砂を終つて仕上つた鏡(右)と  
ミ盤(左)

をかえる。砂の使用法にはかなりの技巧が要る。

清潔な容器に清水を入れ、脱脂綿を一切れ、水に浸して、充分しほつて鏡及盤面を拭けば適度の濕氣を與へる。水が多過ぎれば金剛砂は盤外に流れ出て作用を爲さない。水が不足なれば僅か水を與へる。通常5分たてば水がなくなり、砂も掃り切る力を失ふから5分すれば横にすらして、鏡及盤を拭きこる。面倒な作業であるが、硝子粉が除去される爲に、結果から見ると砂の作用が充分に行はれる。脱脂綿は半ば海綿の代用にするのであるが、各段毎に交換を要する。

**傷 Scratch** 上げ掃りに際して唯れしも味ふ困難は傷である。傷は作業者の不注意が重なる原因であつて、砂の分離が不充分であるとか、容器、作業室の不潔等が重なる原因である。傷の出来る場合には音が出るものであるが鏡と盤と合はせて最初の運動に出来るものである。傷は通常可なり深く出来て甚だしい失望を起す、傷が出来れば前回にももぎつて、其の傷が完全に去つてから再び進むのが順序であるが、唯れしも此の場合に當つて惑はざるを得ない。

先づ傷に對する根本的な處置としては、傷の原因を調べる。砂の分離不充分によるものであれば、少しでも分離をやり直す必要がある。金剛砂の場合誤つてカーボランダムを混入したなれば、綿密に分離しても傷を避ける事は出来ない。

傷は終りに近づくに従つて出来易い、空氣中の砂塵は細微な金剛砂より大きなものがあるから、塵からも起る。又60分以上の金剛砂では鏡と盤の硝子同志の傷も出来る。比較的荒い砂から磨けば時間はこるが傷の心配は少い。反射鏡の著名の名家でも傷は可なり多く、極めて少數ではあるが數筒以内はある。完全に傷無しのもので作った場合充分誇つてもよいものである。もつこも傷は能率上殆んど影響はなく、單に外觀上人の目から見たら甚だ不愉快に見える。

幾度やつても傷が出来る。遂に金剛砂がなくなつてしまふと言ふ様な事は有勝ちな事である。

**運動困難** 鏡が動きにくくなる事はしばしば起る。鏡面が正しい球面なれば指一本で自由に運動出来るが種々の原因で運動が圓滑に行はれぬ事が

ある。これは鏡面が球面でない爲に起る現象であつて初期に双曲線から球面になつてないものは、3Fの階段までもぎつて、球面を得る。球面であれば新しい砂を加へた場合に出来る気泡は小時の後、消失するが双曲線であれば泡が中央に集つて消失せず、押し運動の鏡盤合致する前に引掛つて圓滑に動かない。

僅かの間長運動を行つても双曲線は出来るが、比較的多い原因でしかも作業を全く進める事が出来なくなるのは砂の分布によるものである。砂に適度の濕りを與へて運動を始める。少時の後盤の端が乾いて來る爲に、全面に砂が行わたらず鏡の中央のみが作用を受ける。乾いた部分に水分を與へるのを忘れなければ何の事件も起らないが、乾いたまゝ作業を續けるに盤と鏡の中央部のみ播られて中間に空間が出来る。丁度外觀上端が高くなつた様に見え、先に進んでも運動困難と共に鏡の端だけ播り合されて、先に進む事が全く出来なくなる。これは砂の使用法に水分に注意すれば起らない。

60分の金剛砂の場合少しでも手に感知し得る程の鏡盤の不一致による運動困難があれば整形で直し得ない程の双曲線であると思つてよい。

温度變化の多い室内で作業すれば60分或は以上の金剛砂は全面一様に作用されないし、或は水洗後單に温度差の爲に運動困難が起る事がある。如何にして正しい球面を知るか少ししばしば質問を受けるが、大部分は手應えにより、運動圓滑によつて知れるこでも答へねばならぬ。

取扱上の注意。凸凹兩面は眞に密なものであつて、水が少ない場合、兩面が堅く固着する事があるから、適度の濕りを保つ事も必要であり、合せたまゝで放置する事は堅く避けねばならぬ。若し、離れぬ様になれば通常温湯によつて温める。

筆者の経験によるに、素人の鏡の幾割かは不注意の爲に破損して居る。落して破つたり、熱したものを水につけて割つたり、堅い物體に角を當てゝ一部分を缺く等は有勝ちな事らしい。此れ等の處置方法は、

若し表面を三ミリ以上缺いた場合、外觀は言ふまでもなく、通常鏡として作る價值がない。若し使ふなれば缺けた部分が消失するまで硝子を播り減さねばない。若し裏面に起つた場合、硝子が缺けて飛んだものは差支えないが龜裂の存在するまゝ殊に熱で龜裂の出来たものは最も悪く、捨てねばならぬ。

鏡を破壊した時は同大の新しい硝子を一面求めて、凸盤を播合せて凹面を作つてもよく、盤には盤の裏面を使つてもよい。