

91 cm 天体反射鏡写真儀の駆動装置

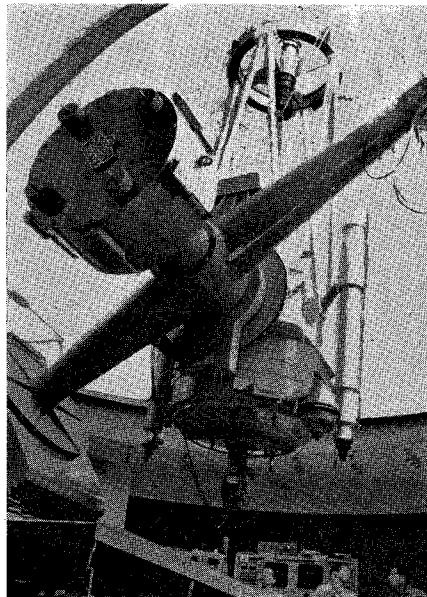
高須 芳雄*

1. はしがき

昨年東京天文台堂平山観測所へ、日本光学工業株式会社において製作された、91 cm 天体反射鏡写真儀（第1図）が設置されたことは、すでに本月報1月号にそのあらましが紹介され、すでに御承知のことと思う。この望遠鏡の赤道儀架台および駆動装置について、多少重複する所があるが、更に詳細に説明を加えて見たい。

2. 赤道儀架台

第2図は、この写真儀の外形図である。架台の型式はイギリスマウントである。赤経軸は南北両端に嵌合されている大型の超精密ボールベアリングにより支持されており、又後で述べる望遠鏡早廻し駆動用の大型スパーギヤー、微粗動駆動および時計駆動用の超精密ウォームホイールおよび時角目盛環などを有している。北端の軸受部は緯度および方位の微動調整装置を有している。又南端の軸受部には、赤経軸の微動、粗動、時計駆動および早廻し駆動装置など赤経軸関係の一切の駆動装置が取り付けられている。この赤経軸に直角な方向には望遠鏡に固定されている回転軸即ち赤緯軸が貫通し、その両端には赤緯軸同様大型精密ボールベアリングを有している。赤緯軸の望遠鏡側には、赤緯軸微粗動駆動用のタンジェ



第1図

* 日本光学工業 KK

Y. Takasu; Driving Device of the 91 cm Reflector for Astrophotography

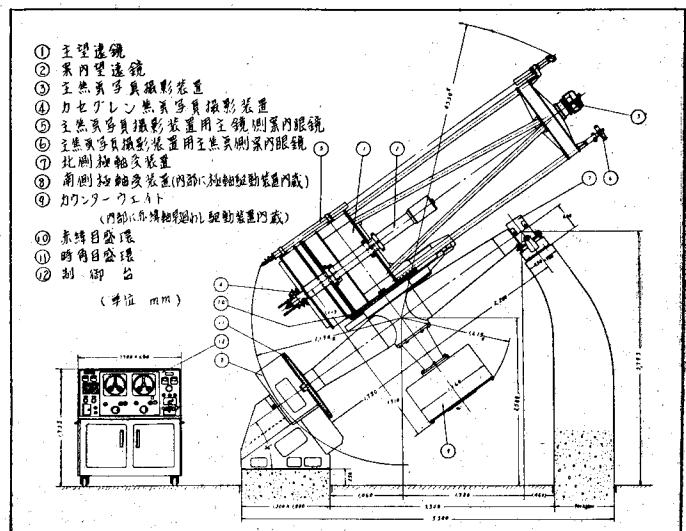
ンシャルスクリウを含んだ駆動系、早廻し駆動と微粗動駆動との切り換えクランプ装置および赤緯目盛環を有し、又反対側の望遠鏡とのバランスを兼ねた大きな太鼓の中には、赤緯軸の早廻し駆動装置が内蔵されている。主要部は鋼板溶接構造で製作されている。なおこの赤道儀の据付地の緯度は $36^{\circ}0.2'$ である。

3. 駆動装置

所要の星座を早く捕え、望遠鏡の視野中に或る時間そのまま連続して像を結像させておくのが、駆動装置の主目的である。このために前に述べた様な種々の駆動装置が赤道儀架台中に内蔵されている。以下これらについて順を追って述べて見る。

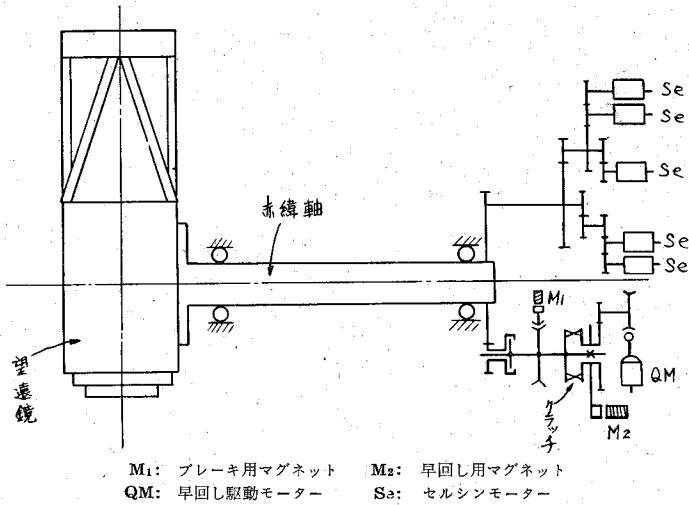
(1) 早廻し駆動系

赤緯軸…第3図は赤緯軸の早廻し駆動歯車系統図である。図中で早廻し駆動がおこなわれる場合には、マグネット M_2 が作用してクラッチがかみ合はされ、早廻しモーター QM の回転は直接赤緯軸に伝達される。然し微粗動駆動が行なわれる場合には、 M_2 によってクラッチは外され、モーター QM にその回転が伝達されないようになっている。マグネット M_1 は QM が停止したときに、望遠鏡のイナーシャを止めるためのブレーキを作

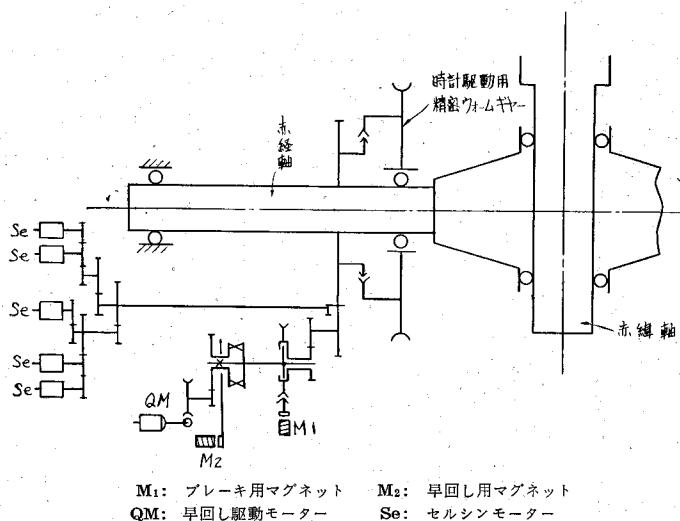


第2図

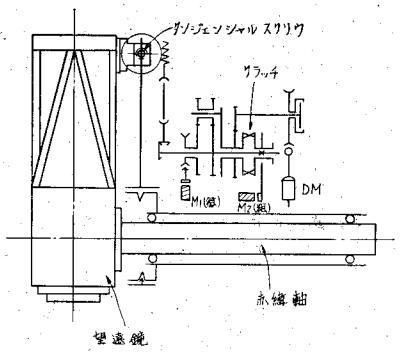
用させるためのマグネットである。又赤緯軸は直接に歯車群を経て数個のセルシンモーター Se に連結され、これは赤緯軸の回転角即ち望遠鏡の赤緯方向の現在位置を制御台に電気的に伝達し、望遠鏡の方向をコントロールす



第3図 赤緯軸早回し駆動歯車系統図



第4図 赤緯軸早回し駆動歯車系統図



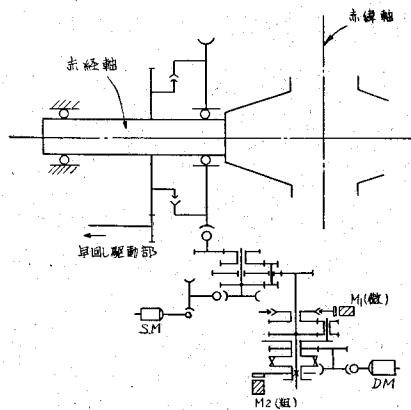
第5図 赤緯軸微粗動駆動歯車系統図

るものである。なお赤緯軸の早廻し駆動速度は約 90°/min である。

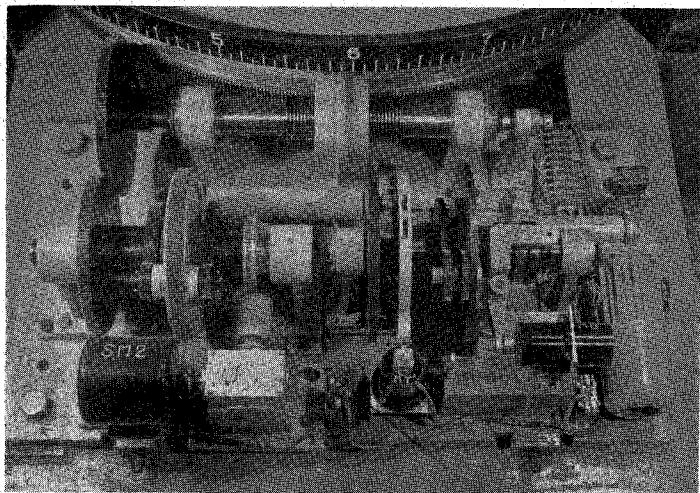
赤経軸……第4図は赤経軸の早廻し駆動歯車系統図である。駆動作用については、赤緯軸の場合と全く同一である。又赤経軸の早廻し駆動速度は約 90°/min である。

(2) 微動および粗動駆動系

赤緯軸……第5図は赤緯軸の微動および粗動駆動歯車系統図である。図において、粗動が行なわれる場合には、粗動マグネット M₂ が作用して、クラッチがかみ合われ、同時に微動マグネットにより微動クラッチが外され、従って微粗動モーター DM の回転は差動歯車の遊星歯車を経ないで直接タングエンシャルスクリュウに伝達されて粗動駆動される。次に微動駆動の場合には、今と反対に M₂ により粗動クラッチが外され、又同時に M₁ により一枚の基歯車が固定される。従って DM の回転は遊星歯車を経由して、粗動速度の 30 分の 1 に減速されてタングエンシャルスクリュウに伝達されるものである。粗動、微動速度はそれぞれ 60'/min および 2'/min である。なお赤緯軸の微粗動駆動系には、タングエンシャルスクリュウを使用しているので、その使用範囲が制約される。このために何回も使用していると、その内に何れかの極限にいき使用できなくなる場合が生ずるので、早廻しを行なう前には、粗動モーター DM により必ず自動的に範囲の中央に復帰させる様な自動中央復帰装置が設けられている。



第6図 赤経軸時計および微粗動駆動歯車系統図

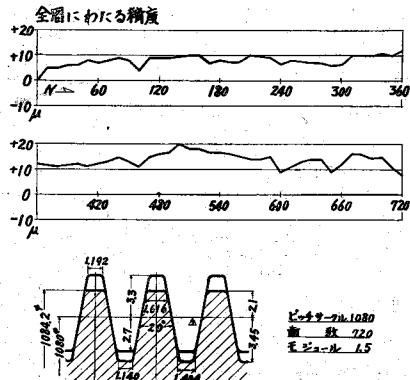


第 7 図

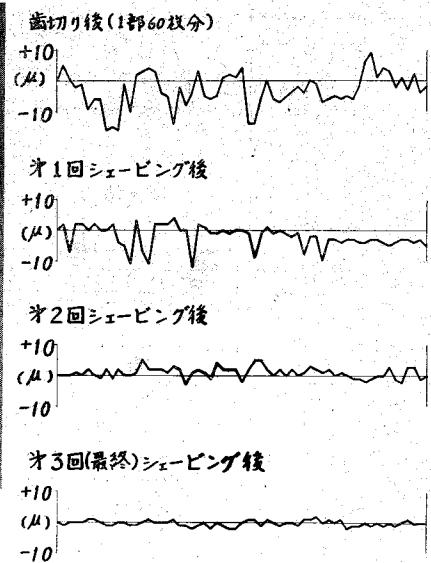
赤経軸……第6図は赤経軸の微動および粗動歯車系統図である。微粗動の切換えは赤緯軸と全く同一であるが、減速比は約40分の1の歯車比にしてある。又赤緯軸の場合には最後でタンジェンシャルスクリュに連結されているが、赤経軸の場合には、図でも解る様に時計駆動歯車系統中に微粗動速度を加えて、最後に精密大オームホイールを駆動しているので、エンドレスに使用することができ、従って赤緯軸の様な自動中央復帰装置は不要である。又時計駆動歯車系と連結している関係上、時計駆動が微粗動駆動系へ流れて逃げない様に、必ずマグネット M_1 或は M_2 の何れかが作用している。粗動、微動速度はそれぞれ $60'/\text{min}$ (4 sec/sec)および $1.5'/\text{min}$ (0.1 sec/sec)である。

(3) 時計駆動装置

第6図に時計駆動歯車系統図を示してある。後に述べる制御台中の水晶発振器で作られる所定周波数の交流電源によって制御されるシンクロナスモーターSMにより、図の様な駆動歯車系統によって、赤経軸に固定され

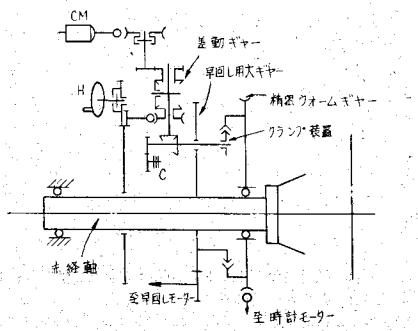


第9図 日周追尾駆動用精密ウォーム
ホイール精度(2)



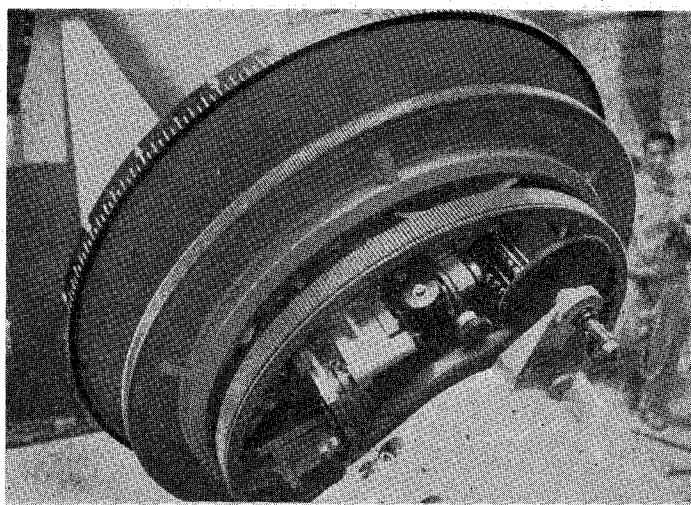
第8図 日周追尾駆動用精密ウォーム
ホイール精度(1)

た、精密大ウォームホイールを回転して望遠鏡を日周追尾運動させるものである。回転歯車比は恒星時を基準にして取っている。第7図は時計駆動部および赤経軸の微粗動駆動部の写真で、上方に見える半月形の歯車は、時計駆動用精密ウォームホイールである。このウォームホイールは望遠鏡におけるミラーと同様に、駆動部においては生命ともいべきもので、非常に大切な部分である。従ってその製作にあたっては入念に加工および仕上組立がおこなわれている。特に追尾精度が周期的誤差として数秒という様な高精度のものに対しては、ウォームホイールとウォームの噛合歯数をできるだけ多くし、歯型もなるべく背の高いものを使用した方が良い。又歯車のピッチサークルの偏心、回転部のボールベアリングの偏心も數ミクロン以内におさえなければならない。更に又歯車の噛合接触面もシェーピング加工をおこない最上級に仕上げられなければならない。第8図および第9図



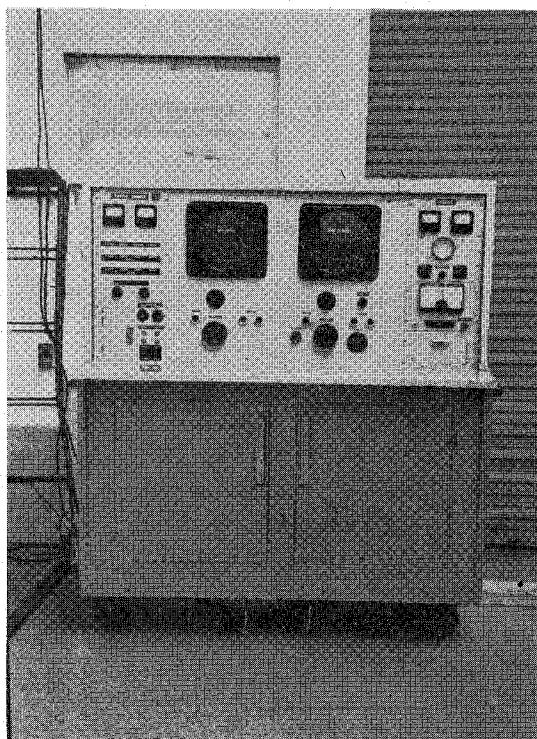
DM: 切換駆動モーター, H: 手動切換ハンドル
C: 指令カム

第 10 図 切換歯車系統図



第 11 図

は、この望遠鏡に使用された歯車の歯型の形状および歯切直後と 3 回シェーピング加工をおこなって、でき上ったピッチサークルの偏心を測定した比較図である。精度としては満足すべきものであり、又望遠鏡で数十分天体を追尾して写真撮影を行なったが、追尾不良による像のずれは認められなかった。この精密ウォームホイールはピッチダイヤ 1080 mm, 歯数 720 枚, モジュール 1.5 mm で、主要部はミーハナイト鑄鉄物を使用し、歯の



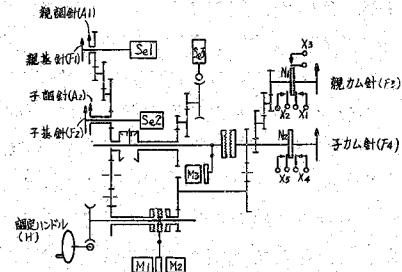
第 12 図

部分は砲金鋳物で作り外周に焼嵌めしたものである。又ウォームは焼入鋼を使用し、歯の部分は焼入研磨したものである。

(4) 微粗動駆動より早廻し駆動への切換装置

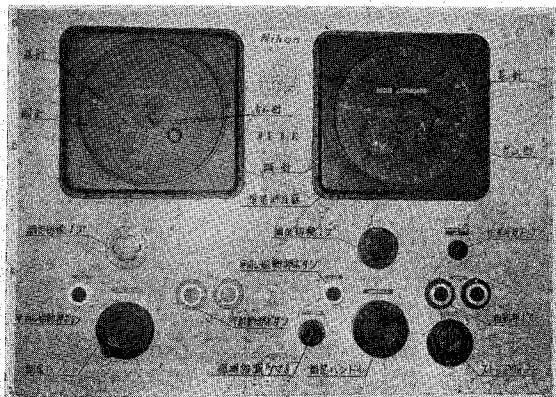
望遠鏡を使用して星を追尾しているとき、或は未使用時のときは常に微粗動駆動ができる状態にセットされている。従って早廻し駆動をおこなう際には、微粗動駆動系との関係を絶って、赤緯軸或は赤経軸を直接回転させる様な切換装置が必要である。第 10 図は赤経軸の切換歯車系統図である。図で解る様に切換駆動モーター CM の回転により、クランプ装置が作用して、赤経軸と精密ウォームホイールとの関係を絶つことができる。従って上記ウォームホイールを残したまま、早廻しモーターの駆動により赤経軸を回転することができる。なお切換駆動装置は早廻し用大スパーギヤー上に乗っており共に回転する。次に早廻しが完了すると、CM が今度逆回転をおこない、今と逆にクランプ装置がきき、精密ウォームホイールと赤経軸とが一体となり、又同時に早廻し駆動歯車系のマグネット M_1 が作用して、QM との連絡を絶つので、前の状態即ち時計駆動或は微粗動駆動が行なえる状態となるわけである。又これは駆動モーター CM によらず、手動ハンドル H でも直接できる様に、差動歯車が系統中に入っている。クランプ装置は精密ウォームホイールの下側の周上に V 型の溝があり、この中に円周上等分 3 箇所で H 型のブレーキシューが入りこみ、これの突張り或は引きあげによって、締ったりゆるんだりするものである。又歯車系統中に指令カムがあり、これは切換に必要な CM の正逆回転の指令或は早廻し駆動や微粗動駆動に必要な種々のクラッチの掛け外しのためのマグネットの作動指令などを自動的におこなわせるためのものである。

第 11 図は赤経軸の切換装置部の写真で、上方から時角



Se1, Se2, Se3: セルシンモーター(受)(望遠鏡より)
M1, M2, M3: 調定切換マグネット
N1, N2: カム
X1~X5: 望遠鏡運動方向指示マイクロスイッチ

第 13 図 調定原理図



第 14 図

目盛板、時計駆動用精密ウォームホイール、早廻し用大スパーギヤーでこの下に切り換え装置が取り付けられている。更にその下に突きでている軸は手動用のハンドル軸である。

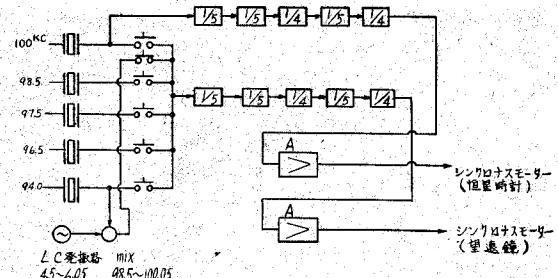
以上が大体駆動系統の構造の要旨であるが、これらの作動は別に設けられた制御台或はハンドセットボックスなどにより自動的にコントロールされるものである。

4. 制御台

制御台は前にも述べた様に、望遠鏡の早廻し、微粗動駆動および時計駆動などをコントロールするものであって、その正面から見た外観は第 12 図の通りである。中央正面には赤経赤緯目盛板、恒星時目盛板、調定ハンドル、早廻しおよび粗動駆動用押釦などを有する。その両側には各種の電源および駆動部の指示計器、水晶発振器の周波数目盛、周波数検定用モニターなどが取り付けられている。又内部には赤経赤緯の調定機構、望遠鏡の方位による周囲の当りに対する安全装置、水晶発振器、恒星時計装置、電源部および駆動用リレーなどの電気関係部品が含まれている。次にその要部について説明する。

(1) 調定機構

これは制御台にて、赤経および赤緯目盛を調定し、早廻し用の押釦を押し、望遠鏡を大体所定の方向に自動的に向ける機構であつて、原理は次の通りである。なお調定精度は $\pm 15'$ 程度である。第 13 図はその原理を示す図である。親子の基針 F_1 および F_2 は目盛板上にて望遠鏡側のセルシンモーターより指令を受けて、 Se_1 および Se_2 により望遠鏡の現在位置を指示している。次に別に設けられた調定切換ノブでマグネット M_1 を作用させると、調定ハンドル H と親子のカム針 F_3 および F_4 とが連結される。そこで調定ハンドル H を回転して、カム針を 0 位置に合わせる。この様にするとマイクロスイッチは X_3 を除いて、他は全部断になっている。即ちこの状態では早廻し駆動モーターは回転しない状態であり、若しカムが 0 位置になくて他のマイクロスイッチが



第 15 図

接の場合には、いずれかの方向に望遠鏡の回転を指令するものである。次に調定切換ノブを廻して、マグネット M_2 を作用させると、調定ハンドル H と親子の調針 A_1 および A_2 とが連結される。従って H を回転して調針を基針に合わせる、即ち調針を望遠鏡の現在位置に合わせることができる。この際には前に合わせたカム針は動かず 0 位置のままである。次に更に調定切換ノブにてマグネット M_2 を切らずに、マグネット M_3 を作動させると、調定ハンドルと調針およびカム針とを連結することができる。そこで調定ハンドルを回転して、調針 A_1 , A_2 およびカム針 F_3 , F_4 を同時に回転して、所定の星の赤経或は赤緯に合わせる。その時にはカムが回わるので、マイクロスイッチ X_1 ~ X_5 のいずれかが接となり、望遠鏡の回転方向を指示することになる。この場合に望遠鏡の現在位置が停止位置より遙かにはなれているときは回転指令は親カムが受持ち、停止する直前の小範囲においては子カムが親カムからゆずり受け、指令を受け持ち停止精度をあげる様にしてある。これで調定が終ったわけで、次に始動押釦により早廻し駆動が行なわれ、望遠鏡は所定の星の方向へ回転される。望遠鏡が回転されると、望遠鏡側のセルシンモーターの指令によって、制御台側のセルシンモーター Se_1 ~ Se_3 により、基針は調針の方へ回転し、又カム針は 0 位置方向に回転し、遂に 0 位置で早廻し駆動モーター用の電源が切れ、望遠鏡は停止することになる。これで早廻し駆動によるセッティングが完了するわけである。なお切換調定ノブによる切換は初めに第 1 第 2 の切換調定を行なっておけば、あとは星座の赤経および赤緯の調定のみを行なえば良い。この様な調定機構が、赤経赤緯の両軸について制御台中に設けられているのであるが、ただ赤経軸の場合には、時計駆動により望遠鏡は常に駆動されているので、調定後でもセルシンモーター Se_1 ~ Se_3 によって、カム針のずれおよび基針と調針とのずれを生ずるので、これを無くするために、これ等の軸を恒星時計装置より差動歯車にて連結し、機械的に打ち消す様にしてある。第 14 図は調定目盛板を有するパネル部の写真である。

(2) 水晶発振器

時計駆動装置中のシンクロナスマーター SM および

制御台中の恒星時計装置のシンクロナスマーターを回転させるための電源装置であって、その発振周波数は恒星時計用として 50 c/s (0%), 望遠鏡駆動用として連続に 50.025~49.250 c/s (+0.05%~-1.5%), 又ステップ式として 49.250 c/s (-1.5%), 48.750 c/s (-2.5%), 48.250 c/s (-3.5%), 47.00 c/s (-6%) に可変することができる。水晶発振器は 5 個あって、常に全部作動していて、この内 100 kc のものは恒星時計用として 50 c/s を作るために 2000 分の 1 ($1/5 \times 1/5 \times 1/4 \times 1/5 \times 1/4$) に 5 段の周波数分割器により分割されている。他の水晶発振器である 98.5, 97.5, 96.5, 94.0 kc は前の 100 kc と共にパネル面の押鉗操作により操作され、又同様分割器により分割されて、それぞれ 49.250, 48.750, 48.250, 47.00 c/s を得ている。これらの内 98.50 ~ 100.05 kc の間を連続的に発生するために、LC 発振器と 94 kc とを混合し、その和として取り出している。即ち LC 発振器で 4.5 kc~6.05 kc の間の周波数を連続

的に発生し、これを 94 kc の水晶発振器と混合してその和を取り出している。第 15 図はその作用図である。なお各周波数の確度は 1×10^{-5} である。

5. 安全装置

安全装置は制御台内に内蔵され、望遠鏡が駆動中において、水平に近くなったり或は北側ピアーやドームのベランダに接近した場合には警報ブザーを鳴らし、又各駆動モーターの電源を切断するものである。この安全装置は望遠鏡の安全回転区域に整形された立体カムを、望遠鏡側のセルシンモーターと同相で回転するスリップリング状のスイッチでコントロールされるリバーシブルモーターで駆動し、危険区域に近づくと、マイクロスイッチが作動して前記電源が切断する様になっている。

又別に手持ハンドセットボックスの中にもエマージェンシイスイッチが内蔵され、万一の場合に電源を切断することができる。

☆岡山での鏡面蒸着作業 岡山天体物理観測所では、6月の梅雨期の機械整備期間を利用して、188 cm 主鏡、91 cm 主鏡、その他副鏡類の蒸着作業を行った。作業は6月6日より開始されたが、防塵、危険防止、及び精神統一(?)のため一般の見学を停止し、一同サイカイモクヨク、白衣、白マスク、白ハチマキのいでたちで、外科手術か、仇討かという真剣そのもので順調に工程を終え、諸鏡類は再装着を完了した。

作業の段取りは、

鏡面を洗滌台にのせる…水洗…苛性ソーダによる旧アルミ面の剥離…重曹による洗滌…純水による洗滌…アルコール・エーテル混合液でふき上げ…乾燥…仕上げふき。

次にアルミニウム蒸着作業としては、

真空…99.99% アルミ線のやきな

まし(アンニール)…開扉・鏡面入庫…真空(10^{-5} mmHg 程度)…イオンポンバード(1万ボルトの高圧電極にて電子照射、有機物を叩き出す)…スペッタリング(アルミ蒸着)。

日本真空 KK の H 氏の参加にて作



業はきわめてスムーズに進行し、1 カマ平均 12 時間くらいでしあがつた。

従来、蒸着作業は9月の台風期に行っていたが、今回梅雨期に行ってみて、

(1) 洗滌、ポンプ冷却に使用する

多量の水が涸渴の心配なく充分に使用できる。

- (2) 気温が低いために鏡面附近の相対湿度が案外低い(80%くらい)。また汗をかかない。
- (3) 蚊・蛾の集団発生以前であること。(夜間作業では照明灯を慕って、蒸着タンク内に蛾のとびこむことが多い。)

また、今回特に

- (4) 油拡散ポンプの逆拡散防止のための冷却剤としてドライアイス・エーテル(-77°C)の代りに、液体窒素(-195.8°C)を使用した。

などの利点により、きわめて能率よく作業を進行させることができ、約 10 日間の作業期間にて跡片づけも終り微調整に入ったのである。

(月報アルバム参照)

(G)

☆訂正

本会 Publication 第 15 卷第 2 号の中の Editor に須川力氏がぬけていますので訂正いたします。

☆日食についてのおねがい

会員諸君で 7 月 21 日の日食に皆既帶へ行かれた方は、各地の状況や写真を本会あてにお送り下さい。