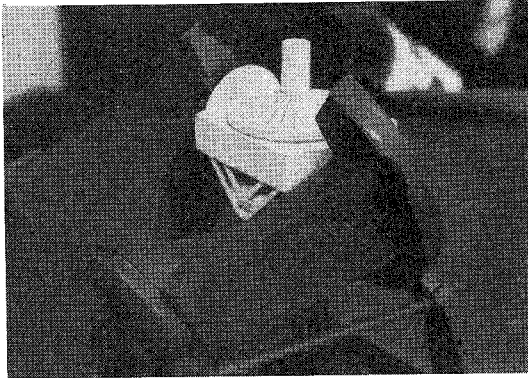


# AAT の 150 吋 反射望遠鏡

清水 実\*



第1図 望遠鏡の架台の模型

## 1. はじめに

現在世界各国で完成間近または計画中の 3.5~4m クラスの大型望遠鏡の数は十指に余る。その中3つまでは、機械系の主要部が日本で製作された（日本製鋼所空蘭製作所）。特に AAT (Anglo-Australian Telescope Board 英豪望遠鏡庁) の 3.8m の機械系は、1972 年暮三菱電機神戸製作所の大型ピットの中でほぼ完成に近い形で組立てられ、同社の御好意によって、我が国の多くの天文学者や技術者が見学する機会を得た。この南天用の 3.8m 米光学望遠鏡の建造計画は 1967 年 4 月英豪両政府の間で同意決定され、E.G. Bowen を委員長とする建造委員会により推進され、現在は AAT の手にその運営がゆだねられている。この望遠鏡は今年中にオーストラリア、ニューサウスウェルズ州、サイディングスプリング山 ( $-31^{\circ}16'$ , 1,200m) 上に据付けられる予定と聞く。この望遠鏡に関しては ESO と CERN の会議の集録である Large Telescope Design (R.M. West 編, 1971), および天文ガイド 1973 年 3 月号に詳しい。また大型望遠鏡に関しては天文月報 1969 年 9 月号に大沢清輝氏の、1971 年 11 月号には山下泰正氏の解説がある。以下にこの望遠鏡の機械系についての解説を行なう。

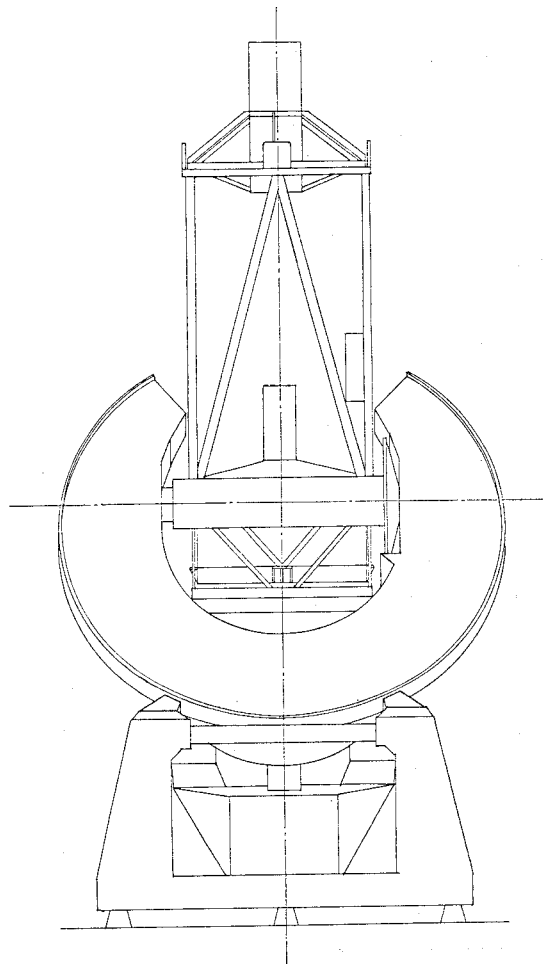
この望遠鏡は主として次の様な項目に分割して発注された。

### 1. 極軸および架台

2. 光学系および鏡筒
3. 駆動系および制御系
4. 制御用計算機およびデータ処理部
5. 附属機器, 星像捕獲およびガイド装置
6. 補助設備 (メッキ装置等)
7. 建物およびドーム

これらの発注は世界各国にばらまかれ、国際的な広い視野に立って最高のものをという意欲がうかがえる。

マウンティングは赤道儀式で、型式はホースシュータイプの変形とでも云ってよい。設計はキットピークおよびセトロロロに目下建設中の AURA (Association of



第2図 望遠鏡を南から見た図

\* 東京天文台岡山天体物理観測所  
Minoru Shimizu: Anglo-Australian 150'' Telescope

Universities for Research in Astronomy, Inc.) の 158 吋の設計図を基礎にしてコストと時間の節約を図っている。しかし再検討と独自の発想から随所に改良点が見られ、特に AURA のと比べて剛性を強くすることに多くの考慮が払われているのに気がつく。

## 2. 極軸および架台

第 1 図および第 2 図に示す如く、極軸部はホースシュー-南軸受 (3 分割ネジ止め)、2 本の連結部 (connecting strut)、ノースジャーナル (北側軸受部) の 3 部分よりなっている (南天用のため南北が逆)。これらはすべて溶接構造であり、焼鈍がほどこされている。ホースシューの滑面は  $288^\circ$  にわたる円筒面で直径は 12.2m、北側軸受は 76cm 幅の球面で半径は 3.07m、中心よりホースシューまでの距離は 6.41m というスケールである。大体の重量は鏡筒 130 トン、ホースシュー 100 トン、北側軸受 30 トン、連結部 40 トンでこの総重量 300 トンが 5 ヶ所のオイルパッド (油膜軸受) の上に浮いて回転するわけである。連結部は東西 2 本よりなっているが東側はコードの束、西側はグーゼ用光束の通り路になっている。これは大きな箱形構造をしており AURA の 158 吋のパイプ構造に比して極軸全体が見るからに頑丈になった印象をうける。極軸のねじれは  $5''\sim 6''$ 、ねじれ振動数は 20Hz 程度であるという。

ホースシューについて特徴的なのは赤緯軸の位置が中心より 1.07m 上にずらしてあることである。このことはホースシュー全体の構造上の均一性とバランスを保つためのみならず、中央部のくびれをなくすことに役立っている。AURA のホースシューがカセグレンケージのくぐり抜けのため極端にくびれた構造になっているのとは比べると、ここにも剛性に対する関心の強さがうかがえる。時角を変えた時のホースシューの変形は 1mm 以下、滑面の加工精度 (真円からのズレ) は 0.5mm 以下であるという。西側腕の中にはグーゼ第 4 鏡が、東側腕の内側には赤緯軸用ギヤボックスが取付けられる。

南側 2 ヶ北側 3 ヶ計 5 ヶ所のオイルパッドは頑丈な架台構造の上ののっており、この架台 (約  $12\text{m}\times 10\text{m}$ 、重さ 100 トン) は高さ 21m の円筒形のコンクリートピアの上に置かれる。極軸の調節は大きなジャッキボルトにより油圧ジャッキの助けをかりて行なわれる。望遠鏡はすべてこの円筒ピアの中央部の穴を通り、45 トンのドームクレーンで搬入されるそうである。完成後この穴は主鏡用のエレベータに使われメッキ室に通ずる。

## 3. 油膜軸受

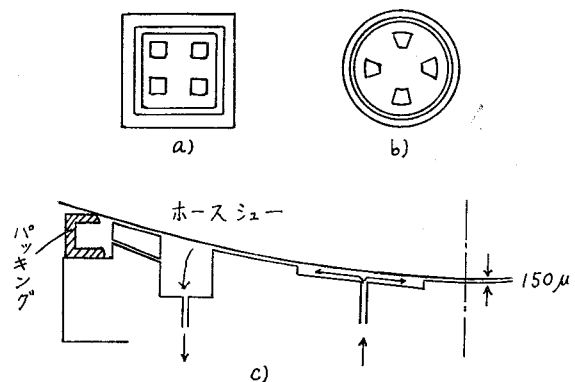
極軸用のオイルパッドは第 3 図に示す如く南側の 2 ヶは角形で円筒面、北側の 3 ヶは円形で球面に仕上げられ

ている (キサゲによる手仕上げ)。ポンプにより送られた油は中央部の四角または扇形の穴から圧入され周囲の溝からタンクに帰される。この圧入孔は AURA の場合は一ヶ所であるが、AAT では 4 ヶ所に分散している。この方法によりパッド面に加わる圧力の均一性は自動的に補償され、改善の効果は著しそうである。5 $\mu$  以上のゴミを除去された油は数ヶ所の油圧ポンプにより油温調節機を通りパッドに圧入される。運転中の圧力は約  $50\text{kg}/\text{cm}^2$  で極軸の全重量を支えるが、このときの油膜の厚みは 150 $\mu$  に保たれる。オイルパッドはまた球面皿の上ののっており、セット後クランプされる。

## 4. 赤緯軸

鏡筒中央部の両側に取り付けられた赤緯軸は、軸受を介してホースシューアームの間にしっかりとはさみこまれ、ホースシューの変形を防ぐ役割も果している。この軸受は軸方向 (axial, thrust) の力と半径方向 (radial) の力とを夫々独立の方法で受ける様に設計されている。半径方向は単列の円筒コロ軸受を用いているが軸方向の荷重に対しては変位することが出来るリング状の板バネ (flexible diaphragm) を介してホースシューに取り付けられている。また軸方向は複列の円筒コロスラスト軸受を用い、ホースシューからリング状の油圧スラストパッドにより支えられる。これによって鏡筒中央部とホースシューの間の姿勢による変位のちがいに對しスラストベアリングが常に均一な荷重分布になる様になっている。この様にして極軸も赤緯軸も如何にして摩擦トルクを少なくするかという点に最大の努力が払われている。

鏡筒中央部は溶接構造の部品の中で最も重い (42 トン) ものであるが、この上面がセルリエ構造の接合中心部となっている。セルリエ構造に関しては山下氏の解説 (天文月報 1971 年 7 月号) が詳しいので省略する。この部分には、アイリス絞り、ダストカバー、3 軸方向のバランスを調節するためのモーター付カウンターウエイト、赤



第 3 図 オイルパッドの構造

第1表

口径比	有効焦点距離 (m)	スケール			視野直径	
		"/mm	mm/1'	μ/1"	角度の分	mm
3.3	12.700	16.2	3.7	62	60	220
8	31.115	6.7	9.0	150	39	355
15	58.166	3.5	17.0	283	15	249
36	140.720	1.5	41.0	684	5	200

緯軸主歯車，ケーブルツイスター等が取付けられる。

## 5. 光学系および鏡筒

この部分は現在英国グラブパーソンズ社で製造されている。この望遠鏡の光学系は

- a) 主焦点  $f/3.3$
- b) カセグレン焦点  $f/8$
- c) カセグレン焦点  $f/15$
- d) ケーデ焦点  $f/36$

の4種類である(第1表参照)。主鏡と  $f/8$  の副鏡は共に双曲面でリッチー・クレティエン系を形成する。主鏡と副鏡の素材はすべてセルビットである。主鏡の直径は3.9mで光軸方向は36ケのサポートパッドで支えられている。その中3ケは位置決め用として固定され，他はすべて空気袋式である。1ケのパッドの有効支持面積は670cm<sup>2</sup>である。半径方向は鏡の周囲に固定された24ケのレバー式カウンターバランスで支持される。副鏡類はすべて軸方向は真空パッドで半径方向は水銀ベルト方式で支持し，リモートコントロールで光軸の調整が出来る。

セルリネトラスの先のリングには次の3つのユニットが用意されている。

- 1) 主焦点用観測装置，補正レンズ，ケーデ
- 2)  $f/8$  副鏡
- 3)  $f/15$  と  $f/36$  の副鏡(フリップ・フロップ式)

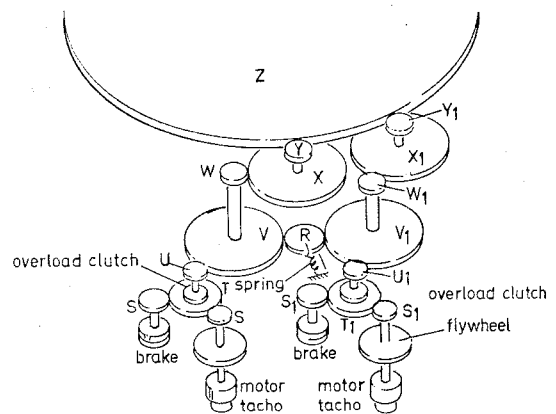
この3つの筒先ユニットはドームクレーンで簡単に交換出来る。焦点調節は副鏡ユニットを簡単にするため，筒先ユニット全体で行なう。鏡にセルビットを用いたため，温度変化による焦点変動はすべて構造的な原因として考えられる。筒先リングと主鏡との距離をセルビットの棒で検出して自動的に焦点を修正することが出来る様になっている。

## 6. 駆動系

極軸の駆動はノースジャーナルの後面に取りつけられた大きな平歯車によって行なわれる。駆動系の歯車はすべて平歯車が用いられ，赤緯軸駆動も全く同じシステムである。最近の大型望遠鏡がウォームギヤからスパークギヤ系に移行した理由として，ウォームは逆転に弱い，軸

方向の変位が出来ない(かみ合せの自由度が少ない)，そして平歯車(スパークギヤ)は早廻しから遅廻しまで単純な方法で出来る，プリロードやバランスの測定が容易である等の点があげられているが，本質的な理由としては，大きさと精度，価格が大きな要因であると思われる。加工精度が同じとすれば直径が大きくなる程角度の精度が良くなるのは当然である(1"は1mに対し5μ)。従って大型望遠鏡の場合複雑な歯型であるウォームより単純で格安の平歯車の方が優位に立ったものと思われる。更に高精度のエンコーダーの出現によって計算機を使ったフィードバック制御が可能になったことも理由の一つにあげてよいであろう。

この望遠鏡の主歯車の直径はピッチ円で3.6m，歯数は600枚，モジュールは6，ピニオンギヤの歯数は25枚である。第4図にギヤ系の概略図を示す。主歯車Zは全く同じ二系列のギヤ系によって駆動される。中程の歯車V, V<sub>1</sub>の間にアイドルギヤRがかみ合っている。このギヤRはスプリングによって常に一方に引っ張られている。この2つの系列には常に逆向きのプリロードが加わっている。従ってY, Y<sub>1</sub>は一種のはさみギヤとしてZに作用しバックラッシュは除去される。しかもこの方法は従来のプリロードシステムに比して極軸自身には何ら廻転トルクを加えず，駆動側も常に一定のトルクを受けているという点ですぐれている。主歯車の隣接ピッチ誤差は5μ，累積ピッチ誤差は15~20μ，歯形誤差は0.5μ，偏心は歯面で20μ，接触比は2.000であるが二系列のはさみギヤ方式により4.000になっている。この歯車の歯切りと研磨はスイスのMaag社の手で行なわれた。ギヤ系の一つ一つの歯車は精密に測定され，出来るだけ誤差を打ち消す様にかみ合わされている。また二つのピニオンギヤも適当に位相をずらしてなめらかな伝達を心掛けている。注油の方法や油の種類等にも細心の注意が払われ，出来得る限りシステム内の摩擦トルクを少



第4図 ギヤ系

なくする様努力が払われている。

駆動用には、19 cm のプリントドモーターが用いられている。このモーターは速度の可変範囲が広く低速でもむらなく廻転出来る。ブラシからのノイズの発生も少なく15年はずという。パワーアンプとしてはサイリスタブリッジアンプが用いられる。

また、ホースシューにはフリクションドライブのダンピングモーターとタコジェネレーターが装置されることになっている。これは油膜軸受方式を採用して極軸の摩擦トルクを減少させたため、例えば主焦点の観測ケージ内の観測者の僅かな動きで共振を起こした場合でもこれを検出して直ちに減衰させるためのものである。

## 7. エンコーダーシステム

主歯車にはまた位置検出用のギヤ系列がかみ合っている。これもはさみギヤであるが、単純な割りギヤに近い方法である。このギヤ系の途中に4ケのシンクロと3ケのエンコーダーが取り付けられている。シンクロは主として粗い表示とクレー第5鏡のコントロールのために使われている。エンコーダーは高精度表示用のアプソリュート

式と望遠鏡の駆動系の解析用のインクリメンタル式とが用いられている。後者は 48,000 パルスのものであり、極軸に対するギヤ比は 540 倍で、極軸の廻転は 0.05 までよみとれる。

## 8. おわりに

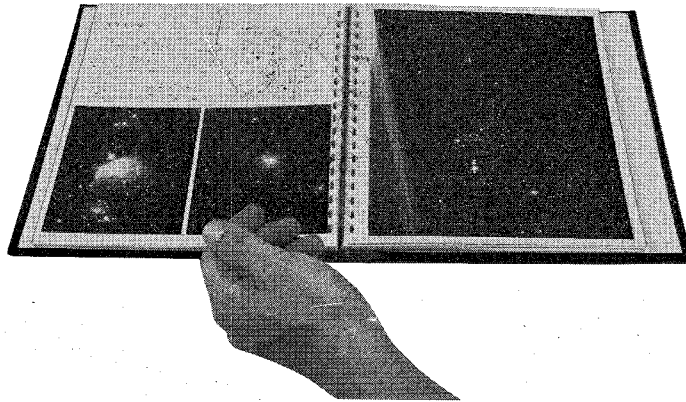
我々にとって更に重要な関心事は附属の観測装置についてであるが、これに関しては機会をゆずることとする。この望遠鏡の天体観測上の成果に期待するとともにすでに充分下地の出来上った我が国において、渴望久しい大型望遠鏡が一刻も早く具体化することを切に望んでこの稿を終りにしたい。

また、この新しいチャレンジに対して熱意をもって当たられた三菱電機の技術陣に敬意を表すると共に、同社の木下親郎氏をはじめ多くの方々から御教示を頂いたことに感謝する次第である。

なお、第2図、第4図、および第1表は前記の Large Telescope Design から転載した。

× × × ×

## 家庭で楽しめる“プラネタリウム”



■10月5日発売

■定価 1,800円

藤井 旭著

# 透視版 星座アルバム

本書は、家族全員で星座の勉強ができるように工夫した編集です。掲載した星座は四季別に日本で見ることで出来る50数星座、そのほか星座写真のとり方や広い視野の星座写真などを紹介しました。家庭ではもちろん、学校教材、学習にぜひご活用ください。

■透明ビニールシート48枚／写真48枚／B5変型判／168ページ

誠文堂新光社 東京・神田錦町1-5 振替東京6294 TEL (292) 1211