

オーバーコッヘンにおけるドームレス太陽望遠鏡

服部 昭*, 中井 善寛**, 船越 康宏**

光学機器メーカー、西独カール・ツァイス社の本拠地として有名なオーバーコッヘンなる町も、さて何処にあるかとなると意外に知られていない。それも道理で、其処は、シュトゥットガルト市の東方約 75 km, シュヴェビッシュ・アルプの只中にある人口 1 万 3 千ばかりの辺鄙な山村（行政上は「町」）に過ぎない。今次大戦直後の 1947 年、ソ連側の手に陥ちたイェナ（現在も東独ツァイスの本拠）を逃れた旧ツァイスの人々の一部が、再起の地を求めて当地に辿り着いた当時は、人口 1240 の小集落だったとか、時移り、今は此処だけでも 3 千余を抱えるカール・ツァイスが、近年、その天文器械部門から、2.2 m 反射、65 cm 屈折、スペクトロストラトスコープ等の望遠鏡を送り出し、マックス・プランク研究所の 3.5 m 反射、そして我がドームレス太陽望遠鏡もまた、同工場の最近のビッグ・プロジェクトとして知られている。

昭和 50 年度に初年度予算を認められた京都大学理学部附属飛驒天文台のドームレス太陽望遠鏡（以下、DST と略称）は、爾来、受注先カール・ツァイスの上記工場で設計、製作を急いでいたが、昨年末、同社から各パート毎の組立が完了した旨の通告があり、これを受けて、服部、中井が工場検収のためドイツへ向った。同地に約 1 年間滞在し、日々形をなして行く DST を見守りながら、主としてそのソフトウェア開発に携っていた船越も一行に加わり、工場検収は、服部を受入側総括責任者、C. キューネをカール・ツァイス側責任者として、2 週間にわたって行われた。またその機に、週末の 2 日を割いて「DST シンポジウム」も催され、太陽望遠鏡の建設またはその準備を進めている JOSO グループ等ヨーロッパ、中近東の 12 機関、27 人の天文学者はじめ多数の関係者も参集し、DST に関して熱心に討議すると共に、そのデモンストレーション操作を参観していった。

ここでは、これら検収の詳細やシンポジウムの経緯にも触れたいが、紙数の都合上、まず、その前提たる仕様を中心に、DST の横顔を紹介するに止めたい。DST 新設の背景、設計の基本思想等については、本誌第 69 巻第 5 号に紹介記事がある。

なお、DST は、今春、飛驒天文台に運ばれ、年内には天文台構内に新営中の塔屋、附属棟への搬入・組立を



写真 1 オーバーコッヘンの町とツァイス本社工場
前景は放牧場

完了し、引き続き、調整試験観測に入る予定である。

グレゴリー望遠鏡

DST の結像系は、ニュートン・グレゴリー配置の塔望遠鏡で、架台は高度方位式である。光学素子は、各 2 面の凹面鏡と平面斜鏡、気密用の入射、射出窓で、鏡面素材にはゼロデュア、入射、射出窓にはそれぞれ BK7 および UBK7 を用いている。主鏡口径 633 mm (F/5.0)、グレゴリー副鏡との合成焦点距離 32.2 m であるが、系の有効径（入射瞳）を 600 mm に絞っているの、観測焦点では F/53.7、直径 30 cm の太陽像が得られる。ニュートン斜鏡による中心遮蔽率はリニアで 0.39、有効視野 $\pm 18'$ である。

主鏡の 1 次焦点は、高度軸内第 2 斜鏡（クーデ鏡と呼んでいる）の背面近くにあり、この位置に 6 種のフィールドストップと 3 種のオカルティングコーンの 1 つが挿入される。これらは散乱光軽減用で、いずれも黒色無反射塗装され、吸収する熱は 7 気圧で圧送される冷却液で運び去るようにし、この部分の昇温を周壁温度 $+2^{\circ}\text{C}$ 以内に保っている。

入射窓から観測焦点に至る延べ 31.7 m の結像光路の 88% は真空化される。大気圧から 2 mm Hg まで排気するには約 1 時間を要するが、漏洩による昇圧が 1 日につき 3 mm Hg 程度なので、毎日定刻に引き増しするだけで、日中観測を中断して再排気する必要はなさそうである。真空化による入射窓の圧力変形は、中央部で $90 \mu\text{m}$ に達するが、観測焦点は 0.07 mm しか移動せず、系の焦点深度 3.4 mm に比し十分小さい。収差的にも、波面収差 $1/100\lambda$ に過ぎず、問題とならない。

サクラメントピーク天文台の塔望遠鏡で問題となった

* 京都大学理学部附属天文台 A. Hattori ** 京大理飛驒天文台京大理花山天文台 Y. Nakai & Y. Funakoshi: Domeless Solar Telescope in Oberkochen

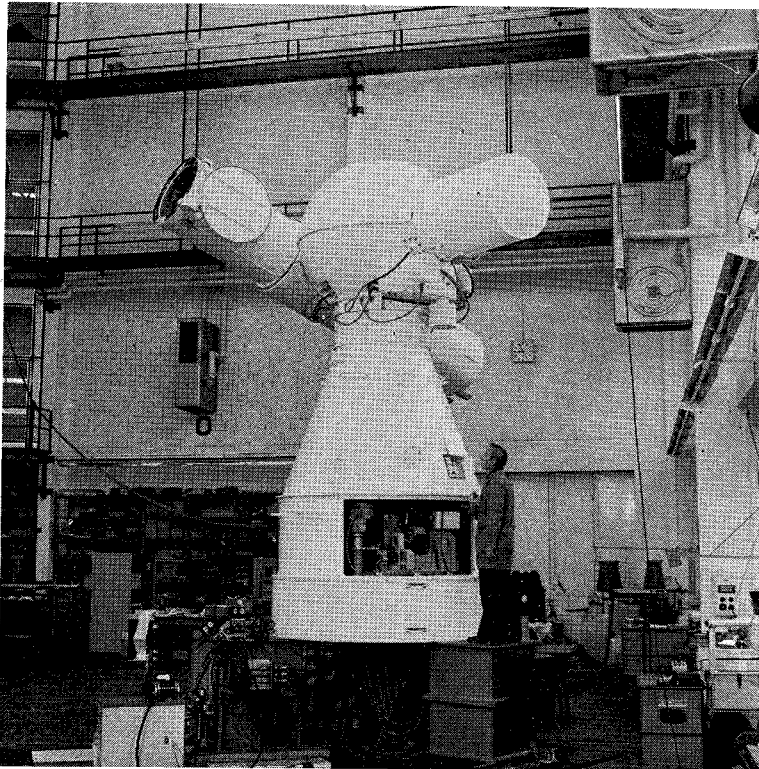


写真 2
DST グレゴリー望遠鏡
(塔頂図)

入射窓の熱変形に関しては、DST では、口径 608 mm に対し厚さ 40 mm と極めて薄く（同天文台ではプランク径 86 cm, 厚さ 10 cm）、また、楔形変形の最大原因であったセルの非対称性も殆んどないので、積極的な冷却システムは導入していない。しかし、入射窓中央の側鏡による中心遮蔽部を鏡面とし、また外周のセル部にもモザイク状に反射板を取り付けて、光の透過部以外の受熱を抑えている。

個々の光学素子表面のインターフェログラムから求めた系全体としての波面収差は、観測焦点において 1/16 波長 (RMS) である。

分光器

DST には 2 種類の分光器が用意されている。その 1 は垂直式の 14 m 真空分光器で、容量 12 m³ の真空タンクにインプレイン非対称ツェルニー・ターナー型の分光器を納めている。但し、観測波長を 3600 Å 以上に限定しているので、スリット部、カメラ部はタンク外にある。F/53.7 で 14 m という長焦点が可能となったのは、306 × 408 mm という大型平面回折格子が入手可能となったお蔭で、個々の UBK 7 製鏡面スリットの裏面を、フィールドレンズとして作用するよう成形し、直径 261 mm の光束で回折格子を一樣照射している。また、真空タンクの入射窓を弱い負の円筒レンズとし、系の収差改善を計った所、50 mm 高さのスリットを用いても、有効幅

240 mm のフィルム画面の隅で、非点収差 22 μm という結果が得られ、0.3~0.1 Å/mm (3 次~7 次) の分散に対し、十分の解像力を示すものと期待される。次数の分離には、干渉フィルター、色ガラスフィルターを用いている。

垂直分光器が高分散の単色観測を目的とするのに対し、10 m 水平分光器は中・低分散での広波長域同時観測用である。光学系は、回折格子をスリットとコリメーターの中程（コリメーター前方 4.5 m）に置いた変則的なオフブレイン配置で、入射角 ±12° の回折角にわたり、6 連のカメラ鏡が並べられている。各カメラ鏡は、スリットの上下 2 段、各 3 連に開口するカメラポートの中、最適のものと相対し、各結像光束は、格子面近傍で互に交差している。それぞれのポートの開口幅は 70 cm あり、例えば低分散用格子を用いた場合、3600~6900 Å のほとんど全ての波長を、0.82~0.75 Å/mm の分散で、いずれかのポートから齊次に取り出すことができる。使用可能なスリット高さは 50 mm で、中・低分散では、エシエル分光器に比し圧倒的に広視野で、広い波長域を観測できる。

分光カメラは両分光器に共通で、写野 60 × 240 mm の 70 mm カメラと、24 × 240 mm の 35 mm カメラが各 8 台備えられる。フォーマット幅は場合により、60 mm に制限することも可能で、撮影時刻はフォーマット間に焼

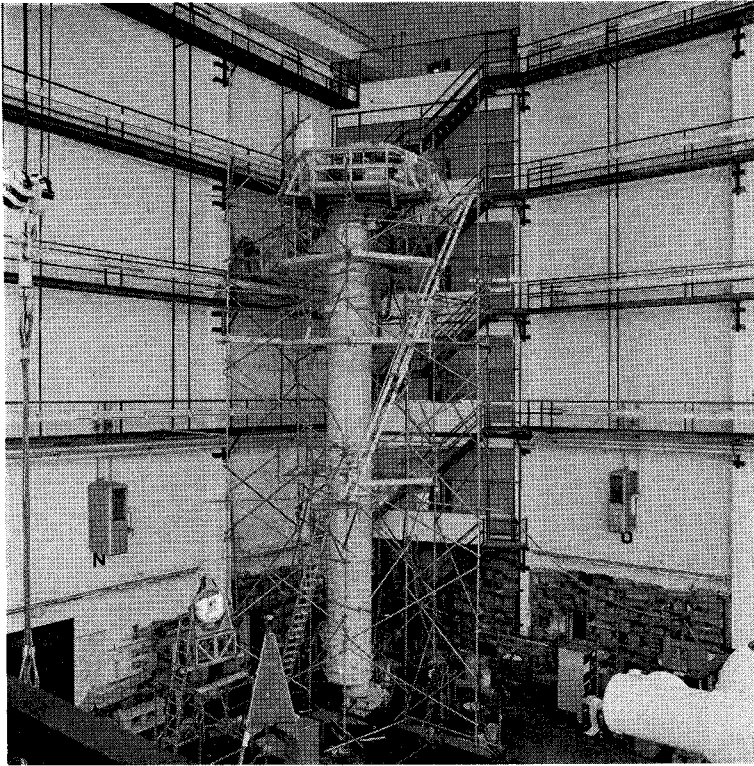


写真 3 垂直式真空分光器

き込まれる。フル・フォーマットの捲上げ時間は 0.8 秒以下である。

駆動・操作系

望遠鏡の両軸は、いずれも油圧ベアリングで支えられ、それぞれ、デジタルサーボループおよびアナログサーボループで制御された DC サーボモーターで、ウォーム・ホイール系を介して駆動される。駆動用モーターは各軸に 1 つだけで、最大軸速度 $60^\circ/\text{min}$ から光電ガイド用の微速までをカバーできる。モーターの 1 デジタル・ステップの回転は軸回転角 0.1° のに相当し、角度読み出しには $10''$ 精度のエンコーダーを用いている。可動範囲は天頂距離 $\pm 96^\circ$ 、方位角 $\pm 210^\circ$ である。

望遠鏡の 1 次焦点直前には、互に 90° をなす一対のフォトダイオード・アレイをセンサーとする光電案内装置 (PG) があり、太陽の 1 次像のリムの揺らぎを検知して、望遠鏡の追尾駆動に修正駆動を加えている。逆に PG を恣意的に動かし、望遠鏡をこれに追従させることも可能で、望遠鏡光軸外の観測対象を光軸上に移動させる操作 (セレクション) に供される。PG と独立に第 2 の光電案内装置 (SG) も、垂直分光器用及び水平分光器用の観測焦点近くにあり、これらは、2 次太陽像のリム (全開口のフィールドストップを用いた場合) またはフィールドトップ像の縁を検知する。その揺らぎの修正には、クーデ鏡の傾きを微変更している。SG にも PG 同様の

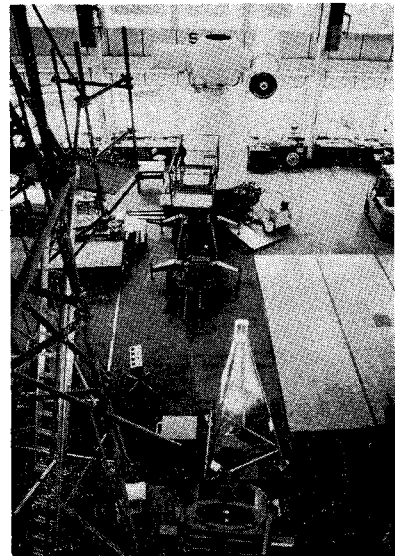


写真 4 人工太陽による望遠鏡のテスト風景

逆操作、つまり SG を動かしてクーデ鏡をこれに追従させる機能が与えられており、慣性の大きな望遠鏡を動かすことなく、スリット上のイメージをシフトさせることができる。即ち、この 2 系統の案内装置は、PG が 1 次焦点に対する太陽像の固定 (または移動)、SG が 2 次焦点に対する 1 次視野の固定 (または移動) と言うことが

写真 5

垂直分光器観測焦点
中央に入射スリット、
手前に分光カメラと操作
板が見える。上部は光電
案内装置 (SG)。

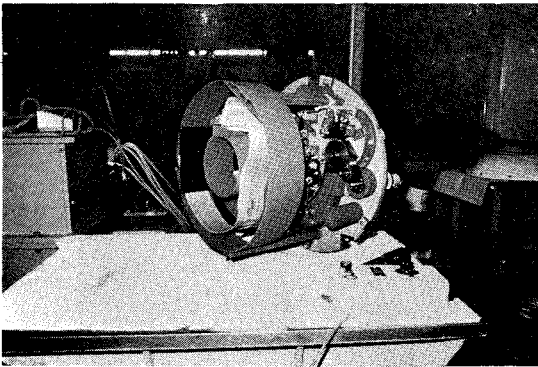
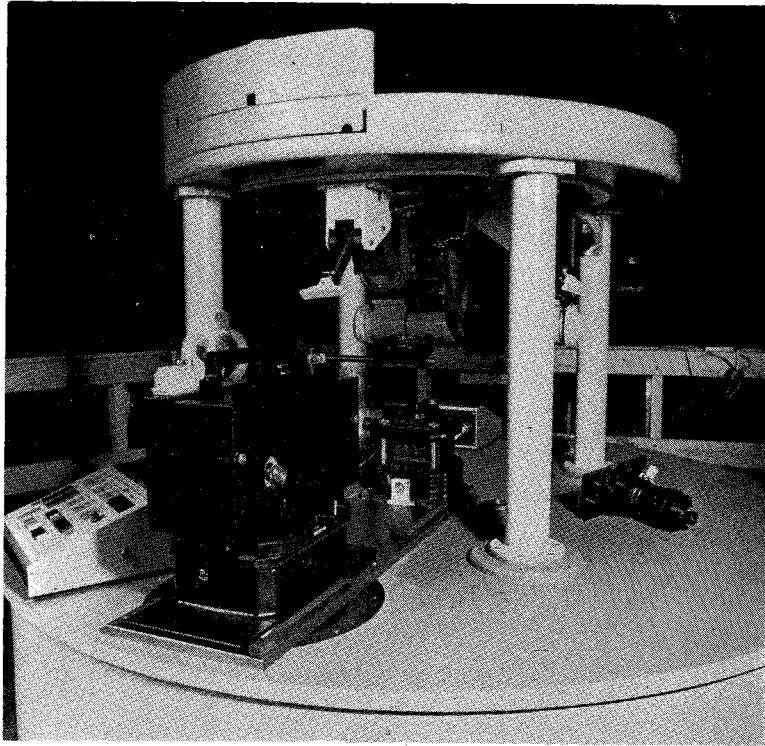


写真 6 1 次焦点ユニット 9 種の視野絞り類とその冷却配管、光電案内装置とその駆動装置がまとめられている。

できる。

観測焦点 (入射スリット) に対するフォーカシングはグレゴリー副鏡を軸方向に移動して行うが、1 次焦点に対するそれは、主鏡支持機構のメカニカルな補償に頼っている。その一助として、主鏡・ニュートン副鏡間の距離をインパルで規制している。

垂直分光器は、最下端でラジアルおよびアクシャルに、観測室床下レベルでラジアルに油圧支持され、望遠鏡両軸同様の、デジタル制御された DC モーター駆動により、像野旋回の補償やスリット方向の設定を行っている。水平分光器に対する同様の操作には、三平面鏡系の

イメージ・ローテーターを回転する。

DST の制御には、DEC 社のミニコン、PDP-11/45 を用いており、CPU のコアメモリーは 16K 語 (1 語 16 ビット)、補助メモリーはカートリッジ・ディスクである。制御プログラムは、3000 行余りのフォートラン (一部アセンブラ) で書かれており、数値計算を伴う遅いモード (4 Hz) に、データ転送等の速いモード (20 Hz) をネストさせて、リアル・タイム処理している。プログラムを走らせると、まず望遠鏡の現在姿勢をタイプアウトし、指示待ち状態に入る。プリセットは、望遠鏡の東西位 (太陽の南中を塔の東で観測するか西側か) の指定と、プリセット・ボタンを押すだけで、コンピューターは、太陽の現在位置を計算し、絶えず望遠鏡の現在位置を確認しつつ最適の駆動速度を設定し、加速・等速・減速駆動して太陽を捕捉する。同時に PG や SG、クーデ鏡、スリット方向 (垂直分光器では分光筒全体を、水平分光器ではイメージ・ローテーターを回転して) をリセットする。以後は観測操作で、観測者は適宜に手元の押しボタンやマルチ・スイッチで指示を発しながら、観測作業に入る。主な観測用指示入力としては、観測点の変更 (セクションとシフト)、フィールドストップの選択、回折格子の選択、入射角 (波長) の設定と、粗微動、スリット方向の変更、フォーカシングや各部の蓋の開閉等があり、他にシーケンシャルなものとして、像の移動を伴う連続観測、回折格子のスキヤニング等もある。これら

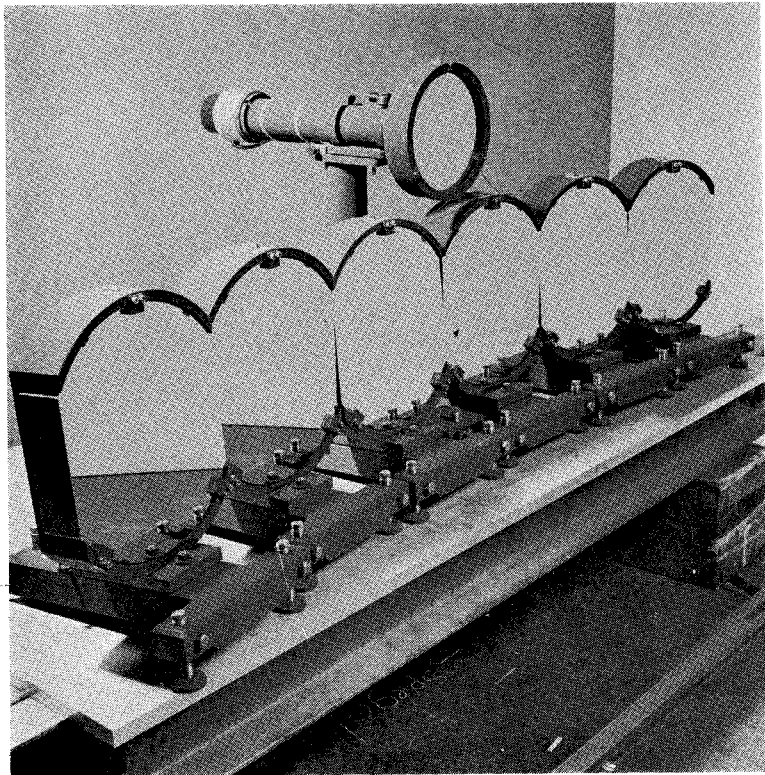
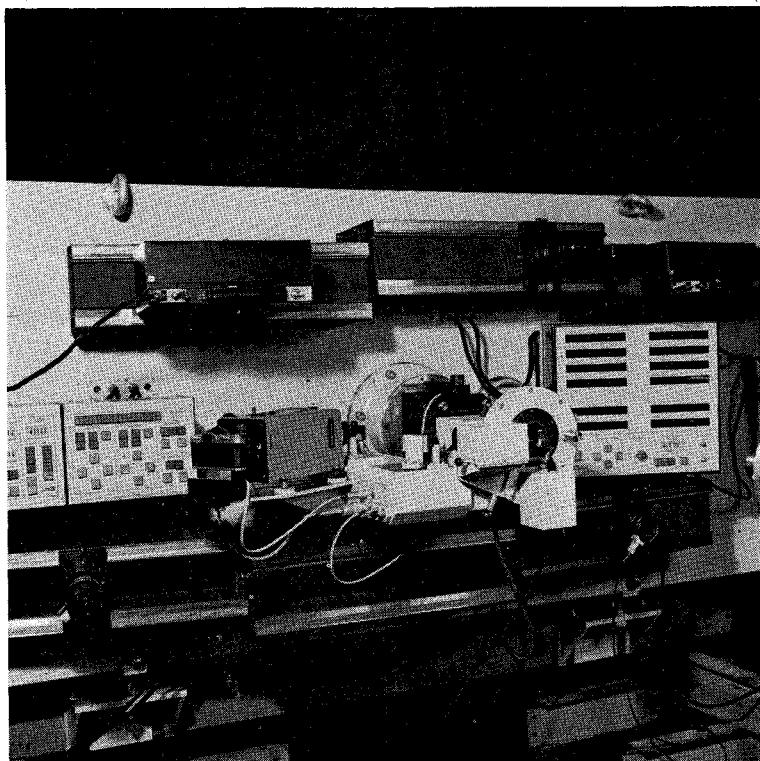


写真7 水平分光器用コリメーター鏡(上部)と6連のカメラ鏡

写真8 水平分光器観測焦点
中央が光電案内装置(SG)
附のスリット部, その左に
リオーフィルター附のスリ
ット・モニター装置, 上下
に各3連のカメラ・ポート
がある。ディスプレイ板,
操作板も見える。



のスイッチ類は、目的別にコンパクトにまとめられ、各観測室の要所に配置される。時刻、太陽の位置や望遠鏡の姿勢等に関するデータも、各観測室に表示される。

アクセサリ類

主なアクセサリには、垂直分光器を分散子とするスペクトロヘリオグラフ装置、スリット近傍で用いられるリオーフィルター (0.5/0.25 Å) 付きのスリット・モニター、白色像観察・撮影装置、フィルター類、イメージスプリッターと偏光観測装置等がある。また、スペクトルモニター用のアイピース類、IR コンバーターも附属し、太陽像を大投影する拡大投影装置も用意されている。

以上、ごく大雑把に DST を紹介したが、オーバーコッヘンの工場内では、DST 各部を個別に組み立てざるを得ず、DST 全体としての機能テスト、その他多くの調整やテストで未完の部分も多い。例えば、写真にも見られる通り、望遠鏡本体は窓辺に寄せて組まれたが、それでもドイツの冬の太陽を直接受け入れるのは困難で、1.6 kW の高圧クセノン・ランプを光源とする人工太陽で、実際の太陽の 30% 程度のエネルギーを供給して、結像テストや 1 次焦点の機能をテストせざるを得なかった。垂直分光器は 15m の危うげなヤグラに囲まれて拠立し、水平分光器は別棟のプラネタリウム・ドームの中という

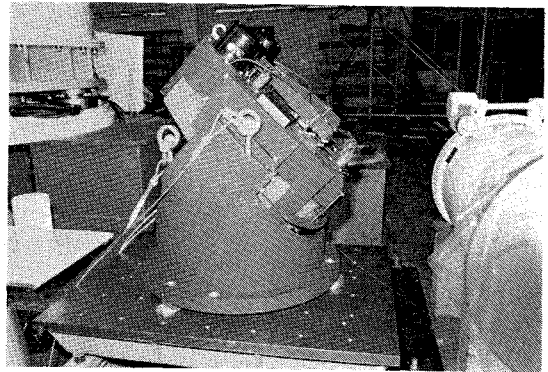
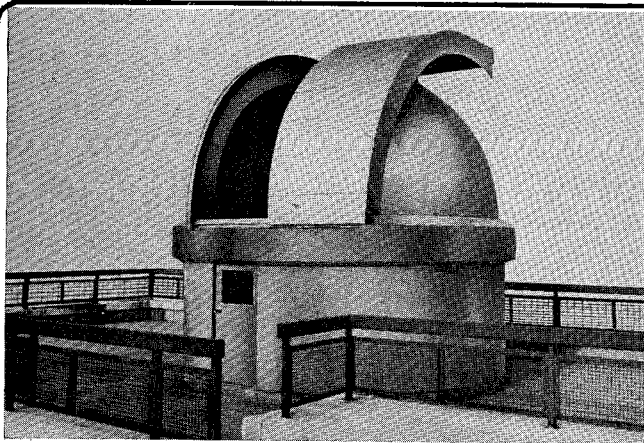


写真 9 クーデ鏡 クーデ鏡(背面)。一次焦点からの光は、中央下部の孔(鏡面の中心孔)を抜けて、グレゴリー副鏡に向い、帰ってきた光束は、表面で下方へ向けて反射される。

態である。飛騨天文台における組立、調整、試験観測の進行をまって、改めて稿を起し、各部の詳細や建物との関連も、その際には紹介したいと思う。

訂正とお詫び 5月号 137 頁の家氏の記事中で左欄 17 行目(古沢)を(吉沢)、また 134 頁の天文学会評議員候補者選挙の結果報告の日付の昭和 52 年を昭和 53 年とお詫びして訂正致します。



営業品目

- ★天体望遠鏡ならびに双眼鏡
- ★天体写真撮影用品及び部品
- ★望遠鏡各種アクセサリ
- ★観測室ドームの設計・施工



← L N-10 E 型
25cm 反射赤道儀

★総合カタログ
ご希望の方は切
手 300 円同封お
申込みください

ASTRO 光学工業株式会社



〒170 東京都豊島区池袋本町 2-38-15 ☎03(985)1321