

岡山・きょうこのごろ

石 田 五 郎*

岡山天体物理観測所ではこのほど「クーデ型太陽望遠鏡」が完成した。緑の松林の中にそびえる白塗りのドームは、従来のドームよりひときわ明るく輝き、ふもとの鴨方の町からはドームスリットの開閉までが手にとるようにはっきりと眺めることができる。

従来の太陽観測装置は、シーロスタットを使った水平式のもの、あるいは垂直の塔状のものが多い。例えば世界最大といわれるキットピーク天文台のは、シデロスタットにより極軸方向に光を導くもので、いわば斜めの塔状と考えてもよい。赤道儀形式でクーデ焦点を使用したのは例が少い。わずかにフライブルク・フラウンホーファー研究所所属でカブリ島に設置された「ドームレス・テレスコプ」にその先例をみるが、口径35センチの屈折型であり、地元の新聞によりこの岡山の望遠鏡が「この種の望遠鏡としては世界随一」と喧伝されたのも決して誇張ではない。

この望遠鏡の建設がはじまってから従来のシーロスタット型と今度のクーデ型との長所・短所を、何度か質問された。いったいシーロスタットがいつ誰によって発明されそれがどこの天文台で初めて太陽観測に使用されたかは科学史をくわしくたどってみたいとわからない。しかし太陽面の細部を研究するためには、長焦点の光学系が必要であり、これを普通の望遠鏡架台へ組込むには大がかりな器械装置が必要である。収斂光学系以前の太陽光線を平面鏡で任意の方向へ導くということは、きわめてすぐれたアイデアであった。小型の平面鏡だけを駆動し、光学系そのものは固定するという方式は、鏡筒その他の部分のひずみに関する一切の心配が不要になるからである。この利点が特に多くの太陽観測装置に活用されたのである。

ところでシーロスタットの欠点はというと、まず操作上の困難がある。たとえば、太陽ならば狙うのにまちがいはないが、もし恒星をシーロスタットで狙おうと考えるならその困難さは容易に理解できるであろう。また第1鏡・第2鏡の配置が、太陽の緯度・時角によって変り、特に正午近くの観測がやりにくい。

次にシーロスタットでは鏡を斜めに使う場合が多く、鏡の有効面積の何割かが利用できるだけである。また面の研磨精度も斜めに使うほど悪くなる。(例えばキット

ピーク天文台のシデロスタットの平面鏡は200センチ口径であるが、内部の結像用主鏡は口径150センチにすぎない。)特に追尾精度1"を要求されるこの望遠鏡では、赤道儀式架台でなければ、到底この精度を実現することは困難であろう。

望 遠 鏡

望遠鏡の光学系はカセグレン・クーデ式である。

主鏡：口径65センチ、焦点距離6メートル、放物面
副鏡：口径31センチ、焦点距離-3メートル、双曲面

合成焦点距離：37.2メートル、口径比57.2

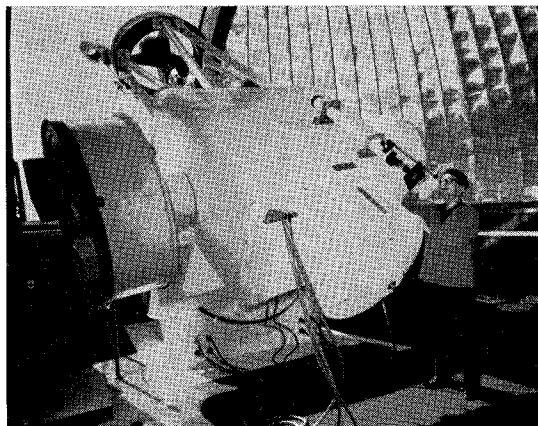
クーデ鏡：40センチ×26センチ、長12角形、平面

補鏡：口径30センチ、平面

これらの鏡面はいずれもコーニング社熔融水晶製で、研磨面精度は使用波長の8分の1、表面アルミニウム蒸着である。

鏡筒は8本の支柱からなり、中央筒部は角型である。赤道儀架台は普通のフォーク式で、主鏡→副鏡と来た光は中央筒部内のクーデ鏡で反射し、中央筒側面の長孔をぬけ、極軸を通りぬけて階下に向い、固定した補鏡により水平にすすみ、望遠鏡のピア(礎石)を貫通したトンネルをぬけて、分光器スリット位置に直径約40センチの太陽像を投影する。

望遠鏡の駆動は、赤経・赤緯ともに、早廻し(Q)、セット1(S1)、セット2(S2)、ガイド(G)の4種類の運動が可能であり、階上、階下それぞれにあるハンド



第1図 クーデ型太陽望遠鏡全景

大きさは従来の91cm光電赤道儀よりやや小型だが、角型の中心筒はクーデ鏡の1/2駆動機構を内蔵しているので大きい。筒先の左側の小円筒は光電追尾用対物レンズである。

* 東京天文台岡山天体物理観測所
G. Ishida: Okayama Observatory Today

セットの押ボタンでセレクトされる。角速度は次の通り。

Q: $45^{\circ}/\text{min}$

S1: $60''/\text{sec}$

S2: $7.5''/\text{sec}$

G: $1''/\text{sec}$ (4ステップに可変)

赤経の時計仕掛は恒星時ではなく、太陽時を規準にしている。水晶発振器で制御された周波数によりシンクロナスモーターが回転し、赤経のウォームホイールを駆動する。早まわしのギヤ系は、このウォームホイールの上ののって一緒にまわるので、Q-Sのクラッチ切替は不要である。

Qはコンデンサーモーターがウォームギヤを駆動し、S1, S2 はリバーシブルモーターの回転を差動で入れる。Gはギヤ系の回転ではなく、赤経は発振器の周波数の変動、赤緯はクーデ鏡の微小回転によって行う。

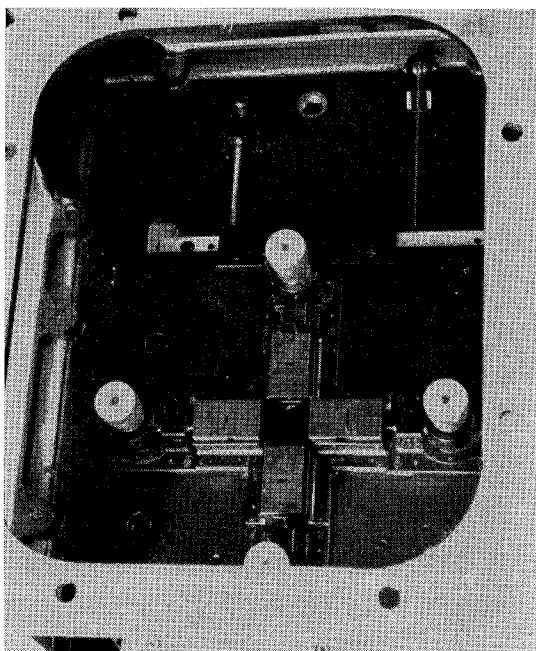
副鏡からの光を極軸方向に反射するためには、中央のクーデ鏡は、鏡筒の赤緯軸での回転に連動し、その $1/2$ の回転角でまわらなければならない。この $1/2$ 回転機構実現のために角型の中央筒はかなりかさばったものになっている。

運動の制限は時角で $\pm 85^{\circ}$ 、赤緯 $+40^{\circ} \rightarrow -30^{\circ}$ で、勿論天の北極は、主鏡部がフォークにつかえてしまって向けることができない。また天頂距離が 85° をこえる時にも自動停止するようになっている。

この望遠鏡の目的は、太陽面上の微細構造の分光観測にある。粒状斑とか黒点内部の微小構造とか、直径数百キロ、視直径で $1''$ 程度のものを確実に分光器のスリット上にとらえていなければならない。光学系のすぐれた分解能、観測場所のシーイングの良さは勿論であるが、追尾装置にも高い精度が要求される。角度 $1''$ といえは5キロさきにおいた10円銅貨の視直径に相当する。

光電追尾装置は主筒の東側につけた小望遠鏡で行なう。口径10センチ、焦点距離7.4メートル色消4枚玉で、その焦点位置に光電受光部がある。受光スリットは東西1組、南北1組と並び、太陽像の季節による大きさの変化に従い、正しくバイセクトできるよう、マイクロメーターの手動で相互間隔を変えることができる。各々のスリットはセット・ガイド二段階の構造で上面から見ると凸字形にみえる。

細長いガイド用スリットの背後には、各スリット毎に光電管があり、太陽の縁辺が正しく4個のスリット上についていれば、追尾は完全であるが、もし太陽像が何かの原因でずれて、1組の内の片方がかけると、再び太陽像がもとの位置に来るまで、適当な指令が出される。この場合、赤経方向は水晶発振器の周波数制限により行ない、赤緯方向は追尾光学系の中間にある追尾鏡と主望遠鏡のクーデ鏡とがクラッチで直結し、鏡筒の回転ではな



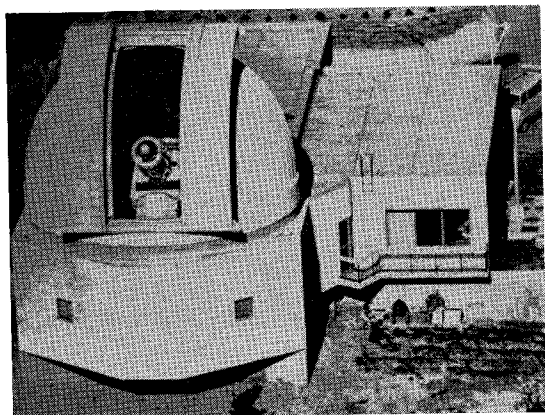
第2図 光電追尾受光部。東西・南北2組のスリットが直径約7cmの太陽像のリムを正しくバイセクトする。マイクロメーターつまみは、スリットの相互間隔を移動するためのものである。

く、クーデ鏡の微小回転によって $1''$ の精度の追尾を実現するのである。

太いセット用のスリットの背後には、それぞれフォトランジスターがしかけてあり、1組の内の片方がかければ、光電偏差出力により、赤経、あるいは赤緯のセット用モーターをまわし、太陽像がガイド用スリットにかかるまで望遠鏡全体を自動的に回転させる。

自動追尾への切替は、階上・階下のコントロール盤のセレクションで行うが、「AUTO」の時にハンドセットの赤経・赤緯の押ボタンをおすと、直接に駆動操作にはつながらず、受光スリットをのせている台全体が、移動し、これをおって太陽像が自動的に移動する。移動量のストロークは ± 40 ミリ、大きさ74ミリの太陽像の全面をおうことが出来る。スリット台の移動速度は速度セレクションが S1, S2 であれば S1, G であれば G に対応した高速・低速の2段階で作動する。この操作により自動追尾をしながら、スリット上にひとつの黒点から他の黒点へと、あるいは中央部から縁辺部へと観測対象をかえることが出来る。太陽面上のどこに分光器スリットがあるかは、コントロールデスクの投影スクリーンに明確に図示される。

焦点調整は副鏡の前後移動によって行なう。移動ストロークは80ミリである。合成焦点の移動速度は毎秒10ミリで、その位置変化は、5ミリ目盛の円形指示盤で明



第3図 ドーム全景（毎日新聞社撮影）。
望遠鏡・ドームスリットは常に太陽を追って、
自動的に駆動する。

示される。

太陽望遠鏡が星の望遠鏡とちがう所は、観測中に巨大な熱量の放射を浴びるということである。このために光学系はすべて溶融水晶を使ってある。機械部分も日の当る部分は反射をよくするために白色ペイント、日の当らぬ所は内部の散乱光を防止するために黒色つやけしと塗られてある。望遠鏡は日本光学製である。

ドーム

太陽望遠鏡のドームは、観測所の本館の南西約200メートルに位置する南向きのゆるい斜面にある。ドームの南側は灌木帯の急斜面につづき、かげろうの原因となる舗装道路や巨大な露岩はさけてある。ドーム建物は大成建設、ドーム自体は三井造船製で昨年3月に完成した。建物は347m²、長さ28メートル、幅16メートルで中央やや東寄りに廊下が走り、その東側が準備室、暗室、待機室などで、西側が観測室、分光器室、エアコン機械室になる。西南端の観測室中央には赤道儀架台用のピアがあり、階上は望遠鏡室で、直径9メートルのドームがある。ドーム・スリットは幅2.4メートル、開閉は水平式である。分光器室は幅9メートル、長さ13.5メートルで三方は幅70センチの内廊下でしきられている。この内廊下および天井裏部に温度・湿度調節が行なわれ、分光器室自体は、湿度60%以下、温度 $\pm 0.05^{\circ}$ に調節される。

直径9メートルのドームは鉄骨、亜鉛びき鉄板ばり、酸化チタン系の白色塗料仕上げ。建物上に固定した円形レール上を全周回転する。駆動はラック・ピニオン式である。ドーム回転はセレクションスイッチにより、階上あるいは階下のハンドセットで操作できる。また、ドームスリットの回転は太陽電池により自動操作できるようになっている。主望遠鏡の鏡筒の東西に2本ずつの太陽電池を内蔵した検知筒があり、西側のひとつがスリット

のかげに入ればリレーが働いて、ドームは右へまわり、東の筒のひとつがかくされると停止する。階上の望遠鏡室へは急傾斜の鉄階段で上るが、早朝望遠鏡とドームをセットしておけば、夕方観測をやめる時まで、全然階上には上る必要がない。

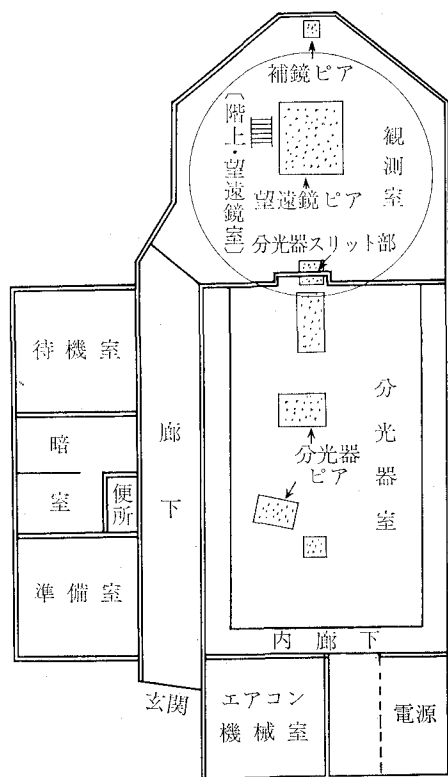
据付

観測所に達する県道は、昨年の梅雨期の集中豪雨で数カ所にわたり崩壊し、据付作業は少し延期された。さいわい県側の努力で道の復旧作業は急ピッチで行なわれた。

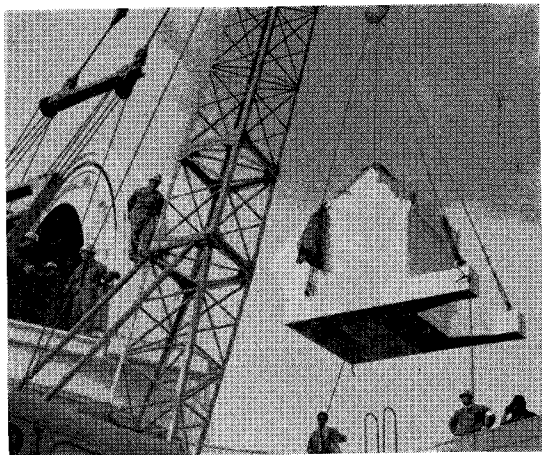
据付の第一陣、赤道儀架台の基板の到着したのは、秋の小雨のふる日であった。山上には十数人の新聞記者がトラックの到着をまつた。クレーンカーの腕は2本の鉄骨で延長され、ドームスリットから楽々と基板を搬入した。

望遠鏡の本体は、それから10日後に搬入された。望遠鏡の総重量は約16トンある。数個に分解された部品を、次々にスリットから取入れては組立てていく。特に赤道儀架台は単体で9トンもあり、また、スフィンクスの脚のように両脚を前に長くのばしているの、いささか「ちえの輪」のような工夫と熟練さとを必要とした。

望遠鏡の方位は基板の据付で大体きまってしまう。セオドライトによる北極星の子午線通過および東・西最大離隔の観測を行った。これは敷地の基礎掘りをする頃か



第4図 ドーム平面図



第5図 据付中の赤道儀架台（昭和42年秋）。
望遠鏡の部品はすべて、25トンクレーン車で、
ドーム・スリットから内部に搬入された。

ら数回にわたって行ない、また基板をすえたあと、モルタル埋戻し直前にもチェックのために行なった。

基板につづいては、架台・フォーク・中央筒・主筒・主鏡セルの順で組立てる。極軸の傾きは架台下の4本のスクリューで調節できるが一旦固定しても次々と組上げていくにつれて頭を下げていく。この動きは極軸にとりつけたコリメーターをセオドライトでのぞきながら毎回チェックしていた。

組立作業というものは見ていて楽しいもので、また多少スリリングである。25トンのクレーン車の腕が自在に重量物を動かしている時、私は8年前の188センチ望遠鏡の据付当時の興奮をひそかに思い起していた。

分光器

グレーティング分光器、エシエル分光器の2種あり、搬入据付は3月末の予定である。

スリットは両者共用で、幅10ミクロン～3ミリ、である。全長50ミリ。濃度0～3までの間の8段階のオプティカル・ウェッジを内蔵し、また0.3秒～30分のロータリーシャッター、回折像投影スクリーンも附属する。コリメーター鏡はカメラ鏡と共用、口径430ミリ、焦点距離10メートル、合焦速度は毎秒2ミリでコントロールデスクで焦点調整が出来る。グレーティングはまず7500Å プレーズ、1200本のものを用い、その回転は毎分80°、6°、1.8°の3種の速度と、スキャン用の微動回転として、プレート上で毎分30cm、3cm、1cm、0.3cmの4種の送りが使える。像面はスリット部のすぐ下にできるが、50×200ミリの画面に対し、乾板なら80×220、20×200ミリの2種、フィルムは35ミリ長尺(100フィート)が使用できる。分散度は0.4Å/mmである。

エシエル分光器は光路の途中にコリメーター（口径150ミリ、焦点距離5メートル）を挿入する。

垂直分散体の透過グレーティング 83本/mm (7700Å)
エシエルグレーティング（反射） 73.25本/mm（プレーズ角 63°26′ 全波長）

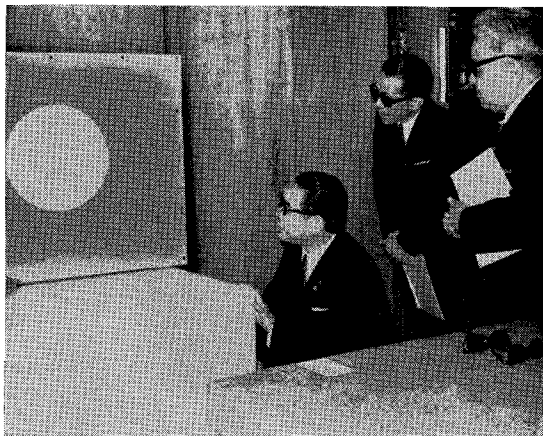
カメラ鏡：口径1メートル、焦点距離 4m (f/4)

画面：240×440ミリの像面平坦板をとりつけ、180×400ミリの画面がえられる。240ミリ×60メートルの長尺フィルム専用である。フィルムには50ミリ径の内部に赤用、青用のチューブセンシトメーター焼込、また他の50ミリ径の内部には撮影時刻を時計面の撮影でやきこむ。分散度は0.6Å/mmである。

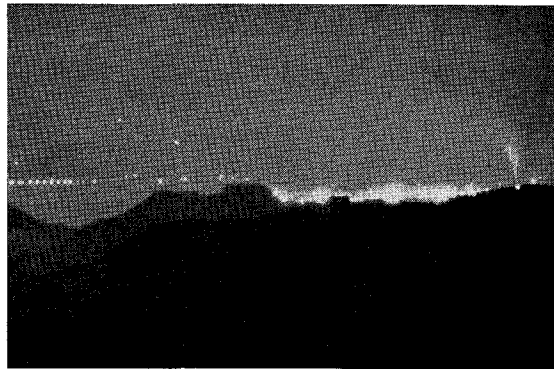
フィルム圧着・スペクトル撮影・濃度焼込・データ焼込・フィルム孔あけ・送りの諸動作は、自動・半自動・手動の各操作でおこなうことができ、フレアーの発生のおき急激に変化する現象に対しても偉力を発揮するであろう。またHアルファのリオ・フィルターを用いた単色案内装置、スリット直前に素通しの反射板をおいて光をわけた直接像撮影装置、口径50ミリのイメージ・ローターも準備されている。

☆ ☆ ☆

昭和43年1月18日、朝から一点の雲もない快晴、岡山地方としてはこの季節にはめったにみることのない天候であった。この日、加藤岡山県知事、猪野岡山大学理学部長、地元の鴨方・金光・矢掛の町の方々、倉敷の本田実さん、金光の藤井永喜雄さんなどをお招きし、広瀬台長、大沢所長がこの新鋭の望遠鏡を説明した。オープニングのテープは県知事の手で切られた。白亜の望遠鏡は音もなく太陽の姿を追い、分光器スリット位置に仮設した投影板の上にくっきりと円像を画いた。「太陽の黒点を見るのは生れてはじめて」という人が多かった。「この観測環境をいつまでも保持するのは、地元の人々の責務だ」と本田さんは熱をこめて語られた。



第6図 分光器スリット位置に投影した太陽像。
見学中の来賓は左より、加藤岡山県知事、小林
鴨方町長、猪野岡山大学理学部長。



第7図 188 センチ望遠鏡ドームから眺めた水島(左) 福山(右) 地区夜景

いま岡山の人々が観測所について一番の関心をもって
いるのは「水島問題」である。臨海コンビナートとして
優等生である水島地区は、精油・鉄鋼製造工業を中心と
して発展をつづけている。このために次第に人工灯火が
増し、観測所の空も創設当時の数倍の明るさになった。
直接写真・分光写真観測に影響をおよぼすというほどで
はないが、星雲分光器のような明るい光学系では、暗い
ギャラクシーやケーサーのスペクトルよりさきに、水銀
の6本のいわゆる「Mizushima-Lines」をとらえてしま
う。もし現在の工業団地の発展を野放しに傍観していた
なら、近い将来には岡山の空での微光星の写真・測光観
測が不可能になるのではないかと、私たちはこの点を憂慮
し、いままでにも再三、県当局・企業側に接触を重ね、
新聞では「光害問題」として紹介された。問題は具体的
に照明器具をいかにすべきかという点にまで熟してきた。
事実、貨物駅である東福山駅の操車場の照明の配置
では事前に協議を重ね、大きな照明塔はすべて観測所へ
背を向けるということで成功した例もある。

東京天文台では一昨年12月初旬、東大工学部建築学教
室の小木曾教授に実地調査をおねがいがした。そして昨年
1月17日、県側特に曾我副知事・小野地域開発課長の肝
入りで企業側との話し合いの会合を開くことができた。文
部省から岡野審議官、東大総長代理として藤吉事務局長
が出席して問題の重要性を強調し、広瀬天文台長は観測
の現状と将来の見通しを説明し、隣接地域の協力をもと
めた。また日本学術会議天文研究連絡委員会藤田委員長
は「全国の天文学研究者はこの観測所の観測環境保持に
期待している」旨の書簡をよせ、席上で披露された。会
合のふんいきはきわめて協力的であり、「光害問題」と
して対立するのではなく「観測環境保持」という姿勢で相
互に歩みよるべきであることを参集したすべての人々が
感じた。

文部省では早速に小木曾教授を主査として試験研究班
を組織し、この問題の具体的調査がはじめられた。また

照明学会では道路照明委員会の伊賀委員長を中心にし
て、遮光性のよい照明器具の具体的開発が始められた。

小木曾教授を中心とする観測班は3月、5月に遙照山、
玉島円通寺附近で輝度計・照度計による測定を重ねた。
また企業側各社にアンケートを渡し、照明電力の使用状
況を調査した。また各社の電力・照明関係担当者を夕方
観測所にお招きして実情を視察していただいたこともあ
る。これらの研究結果をもとにして昨年3月7日、9月
29日と企業側との会合が重ねられ、照明規制案も具体的
に作られた。これらの会合には、広島県福山地区に進出
した日本鋼管の方々もお招きした。観測所から水島地区
までの距離は15キロ、福山地区までは20キロある。水
島では川崎製鉄をはじめ17社が1700万 m^2 の埋立地に
発展をつづけ、福山地区は日本鋼管が730万 m^2 の埋立
地に進出し、この2月15日には日産6000トンという「東
洋一」の第2号溶鉱炉の火入れ式が行われた。現在はP
R用パンフレットを作製し、観測所を中心として20キロ
以内の地区に「岡山の空を守るよう」おねがいをにつづ
けたいと思っている。大工場地区のみならず、市街地区の道
路照明、住宅団地の保安灯など一般地区の照明もまた空
を明るくする原因となっているからである。

☆ ☆ ☆

創設以来8年目を迎えた観測所は、職員の数も当初の
3名から21名に増加し、現在順調に発展をつづけてい
る。毎週来山される観測者(Visitor)も「岡山馴れ」のし
た方が多くなり、大望遠鏡も次第にほころび箇所が目立
ってきたとはいえ、日夜気嫌よく働いてくれる。まだこの
観測所には大事故も怪談も起っていない。真夜中のかな
りに危険のある作業も多いのであるが、Visitor・Operator
諸氏が、初心を忘れず慎重に観測に従事しておられるか
らであろう。

「観測に関しては同じ日は再びはめぐって来ない」と
いうヘルツシュプルングの言葉をひそかに念じながら擱
筆する次第である。