

赤外線望遠鏡の建設

長谷川博一・奥田治之・舞原俊憲・佐藤修二*・伊藤浩三**

ことのおこり

赤外線観測を手がけて 2~3 年たったころから、我々は専用望遠鏡の必要性を痛感するようになった。観測時間の問題もあったが、特に、新しい測定器械を作ってもテストする道具がなく、そのために割り当てられた貴重な観測時間をそれに費やさなければならないことは残念であった。また、中間赤外域 (5~20 ミクロン) での観測では、副鏡振動による大気バックグラウンドの消去が不可欠になり、それは専用望遠鏡でないと出来ない。そうは言っても、望遠鏡を使うことさえおぼつかない我々が、自力で望遠鏡づくりをすることなど、はなはだ不安で簡単に決断できなかつたし、予算的見通しも全くないまま、単なる願望としてうちすぎていった。

いつのことであったか、何かの研究会の折でもあったか、森本氏から赤外線望遠鏡に要求される性能についてたずねられたとき、「赤外線は波長が長いし、また、エネルギー一流として取扱うのであまり鏡面精度は高くなくてもいいのではないか」等と話合ったことがあった。それが焼津の法月鉄工所の社長さんに伝わったときには「顔が映る程度の鏡でよい」ということになってしまったらしい。それ位のことならと社長さんが強い興味を示され、先の見通しなど何一つないのに、とりあえず 40 cm ばかりのモデルを作って試してみようということになった。アルミをプレスし、旋盤で曲付されたお皿を前にして、どうして研磨したものかあれこれ思案し、大阪工業試験所の方々にたずねたりして、試してみたもの大した進展もなく日を重ねていた。

一方、予算的裏付けは全くなかつたが、淡い希望を持って応募した科研費が思いがけず、昭和 46, 47 年度の 2 ケ年にわたって 1900 万円交付されることになって大あわてをした。これで我々は否応なしに素人の望遠鏡づくりを強いられることになった。

望遠鏡の構想

はじめ、我々は出来るだけ大きな、例えば口径 3 m, $F/0.5$ の短焦点主鏡に副鏡 (最初はサブディッシュと呼ん

だ) を組合せ、合成でも $F/3$, 分解能 1 分角程度の電波望遠鏡まがいの集光系を考えていた。これだけ大きな鏡を一枚で作ることは技術的にも困難であり、また費用もかさむことを考えて、構造も多数の小鏡面を集めたモザイク式を考えたりしていた。しかし、種々の検討の結果、我々が最も期待している中間赤外域の観測には大気 (水蒸気) バックグラウンド輻射を如何に減らすかが根本であることがわかり、そのために、視野を極力絞る必要が生じた。その結果、分解能は 10 秒以下、出来れば 2~3 秒にする。但し、視野は測光観測であるので数分角もあればよいという大変更をよぎなくされた、こうなると、科研費の枠内では初期の大口径は望むべくもなく、結局、口径は 1.5 m から最終的には 1.0 m まで縮んでしまった。そのかわり、集光系の分解能は 2 秒以下を目指し、それと副鏡振動型のバックグラウンド消去を取入れることによって、結果的には微弱天体の検出能力を上げることを考えた。光学系は出来るだけ短焦点にし、鏡筒、架台にかかる負担を軽くし、また、格納するドームも小型にすることをねらった。

さて、口径が 1 m となったとはいえ、望遠鏡づくりなど一度も見聞きしたことさえない我々にとってはまさに清水の舞台から飛びおきる思いであった。何から何まで初めての経験であった。我々自身の知識・経験は皆無に近かつたので方々の専門家、経験者に聞いてまわり、或いは自ら試みるより手はなかつた。そんなわけで、ここにまさに東奔西走の日々が始まったわけである。

アルミ鏡づくり

仕事はまず鏡づくりから始まった。望遠鏡の鏡といえはガラスと考えるのが普通であるが、我々は金属 (アルミ合金) を試みることにした。ガラスの場合も考えては見たが、2~3 の会社をあつたところでは、これだけの素材はすぐ入手することが難しく、また結構高価であるという話だったし、6 m のミリ波望遠鏡からの技術的延長としての興味、それに法月社長の熱意に打たれ、また、将来さらに大口径へと移る場合の中間ステップとしての意味も考えてあえてアルミ合金を試みることに決した。

アルミ合金にしたときのもう一つの利点は、熱伝導率が大きく、温度変化に対して全体が一樣温度になりやすく相似の変型に保たれることである。これは中間赤外域

* H. Hasegawa, H. Okuda, T. Maihara, S. Sato. (京大理)

** K. Ito. (名大理)

On the Construction of the Infra-Red Telescope.

での観測が昼間でも可能であることを考えると有利な条件になる。

しかし、アルミ鏡にもいろいろ問題点があった。よく知られているように、アルミニウムは非常に変型の多い金属である。 casting, 鍛造の時、或いは加工の時に入った種々の内部歪が、後に頭をもたげて来て変型を起す。また、たわみ変型、熱変型、耐食性の問題と不安はつきない。その上、非常に柔らかいので研磨性が悪く、特に精密研磨になると不可能に近い。我々はまず、素材の選定から始めなければならなかった。米国での成功例に関する簡単な論文からは、Tenzerloy と呼ばれる亜鉛を多量に含んだアルミ合金がよいということ位であった。一般にこのような合金は超々ジュラルミンと呼ばれ、強度的には秀れているが、むしろ不安定な材質であるということに理解に苦しんだ。アルミの会社を訪ねたり、工学部の先生方の意見をうかがったりした結果、変型を少なくするには、材質の問題より、熱処理による歪除去が重要であろうということになった。しかし、出来れば危険を犯したくないという意味で米国の例にならって Tenzerloy 相当の合金を探すことにした。この材質に対応する合金は我国では作られてはいなかったが、種々検討した結果、住友軽金属で計算機の磁気ディスク材として開発されている X-236 というジュラルミンを最終的に採用することにした。たしかに磁気ディスクでは変型の影響がないことはわかっていたが、1m からの材量が全体で1ミクロン以下の歪しか許されないというような厳しい条件を満足するかどうかの保障は全くなかった。この点が我々が出来上るまで気をもんだ問題の一つであった。我々は出来るだけ完全に歪を除去するために、鍛造直後の

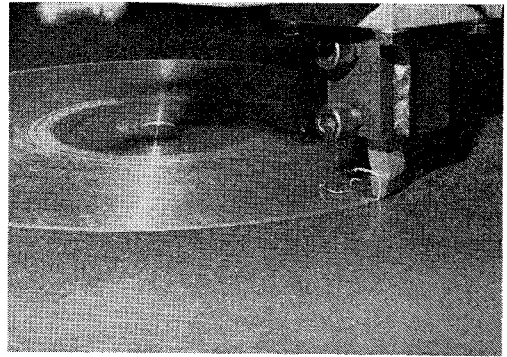
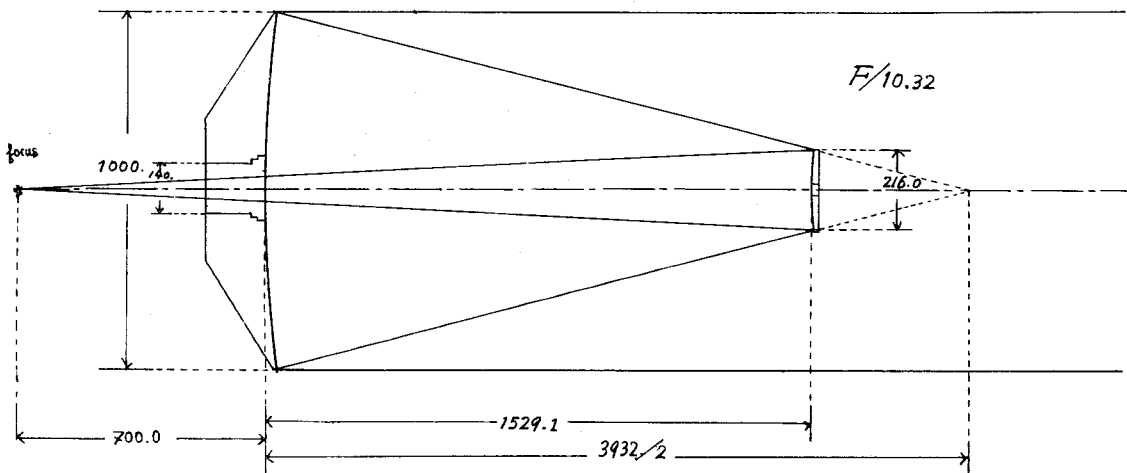


写真 1 切削風景 (荒けずり)

熱処理の他に、各機械加工毎に熱処理をくりかえし、鍛造歪、加工歪を徹底的に除去するよう努めた。

鏡の形状はたわみ変型を少なくするためにサカズキ状にした。荒っぽい型取りをしたのち、鏡面の曲率付は旋盤切削によって行なわれた。後で行なわれる研磨作業を短縮するために、また修正量を少なくするために出来る限り精度の高い切削を試みた。NC 旋盤加工、ナライ旋盤加工等も検討したが、結局、長さ4mのアームを使ったタテ型旋盤が法月社長によって考案され、わざわざこの一面の鏡の切削のためにつくられた。

切削は荒削りから仕上げ削りへとたんねんに進められたが、最終過程では近くを通る自動車の振動を避けて、焼津の町が寝しずまる夜半から、魚市場が騒がしくなる曉方にかけて行なわれた。切削は途中で中断すると段差が出来るため、一気に仕上げなければならない。そのため超硬バイトをたんねんに研ぎ、切削速度を連続的に変えながら直径1mの鏡面が一気に削り上げられた。何度か



主鏡：口径 1000 mm, F/2. 球面鏡
副鏡：直径 216 mm, 合成焦点比 F/10.3
第 1 図 赤外線望遠鏡の光学系

の失敗の後、出来上がった鏡面は100分の2mmの精度に収まっていた。削られた鏡面はバイト目がグレーテングになって虹色に輝き、4mのところからランプで照らすとシュリーレンのかけろが立っていた。

最終切削の終わった鏡面は改めて低温熱処理が施された。ドライアイスを使って -30°C と $+40^{\circ}\text{C}$ の間を数回上下して10日間かけて行った。これは、将来鏡面が経験する温度変化を人工的に極端な条件で強制的に加えることによって、歪をすっかり吐き出させてしまうためである。

こうして切削された鏡面は光学研磨のために満尻光学へと送りこまれた。最初、旋盤のバイト目を落し、曲面を整形するために砂ズリ研磨が行なわれた。検査ははじめ球面原器のニュートン環を見るという方法がとられたが、原器の直径が20cmであり、全体の形状を把握することは難しいため研磨の進展がはっきりしなかった。我々はフーコー法の採用をお願いし、研磨室の天井まで抜いてもらうハメになった。その後1ヶ月足らずで砂ズリは完了した。我々はこのとき、“If we can measure it, we can make it” (測れば出来る)ということをしみじみ感じた。

この砂ズリ段階では表面は灰色がかってツヤがなく、光学測定が難しく十分な鏡面精度が得られない。そこでほぼ所定の形状に近づいたところでカニゼンと呼ばれるニッケルの無電解メッキを日本カニゼンで行った。

80ミクロンの厚さにメッキされた鏡面は再び光学研磨にまわされた。はじめてのカニゼン研磨であったし、研磨量も少ないので作業はゆっくり進められた。しばらく磨いたとき、妙なアザ状のくもりが生じ、フーコーで見ると黒い溝が走って見えたときは、スワッチ変型かと大あわてしたこともあったが、これは研磨の進行とともに消えていった。また、研磨にも慣れピッチも上った或日、カセグレン穴につめてあった金具の部分のカニゼンがすりへり、地肌が見えたときにも肝をひやした。幸い

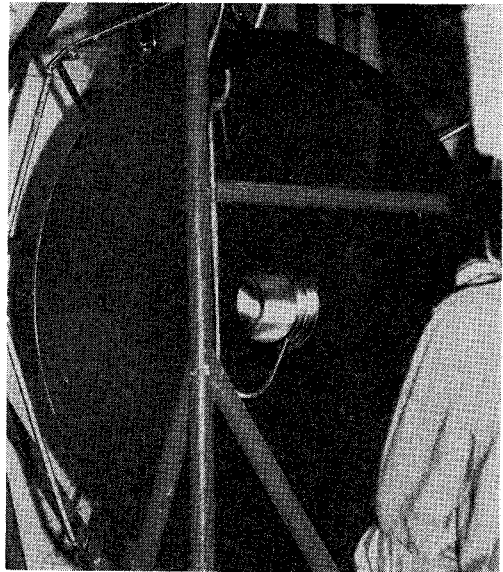


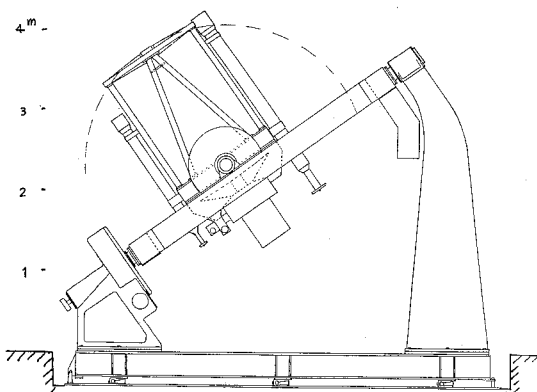
写真2 主鏡カニゼンメッキ直後

鏡本体の方は仕上りまで何とかはげずにおり胸をなでおろした。心配した内部歪による変型も研磨中は現われなかった。もちろん、今後の長時間の経年変化については油断が出来ないがこれでアルミ鏡の研磨は一段落した。最終的に行なわれたフーコー、ロンキーテストの結果では鏡面精度、 $1/5\lambda$ 程度と出た。

鏡面は十分光沢があり、以下に述べる副鏡の研磨に際して行なわれる合成テストに十分耐えるので望遠鏡全体の完成まで表面処理は持ちこされた。搬入直前になり、鏡面は松崎真空被膜工業で金の蒸着が行なわれた。これは金が赤外部において最も反射率の高い、従って放射率が少ない金属であり、また、耐蝕性にも秀れているためである。将来、表面が汚濁したとき、ハクリ、再生が可能のように金の下地に一旦、薄いアルミニウムの蒸着層がはさんである。

副鏡の設計、製作

主鏡が研磨されている間に、それに組合せるべき副鏡(サブ・ディッシュとは言わなくなった)の曲面の計算を進めた。主鏡が球面である上に、その焦点比がかなり小さいものになったので、曲面は高次の非球面にならざるを得ない。曲面は、鏡の端から来る光線が所定の焦点位置に一点に収束するための条件を逐次満していくという微分方程式を解く方法と、初め適当な近似球面を与え、それに高次の曲率を加え、光線追跡法によって結像の様子を見ながら、次第に近似を上げていくという、2方法で求められた。まずこれを主軸光線について行ない、そこで得られた曲面をもとに斜光線について光線追跡を行ない、結像度の変化を検討した。その結果、予期された



第2図 赤外線望遠鏡概観図

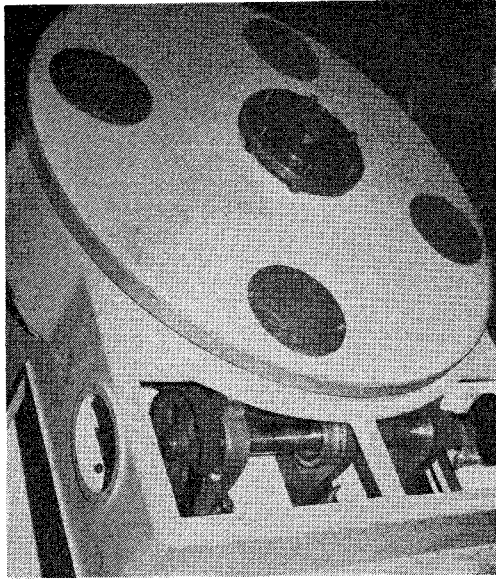


写真 3 赤経軸駆動装置

ことではあるが、いずれの場合にも、かなり大きなコマ収差（1分角の斜光線に対して約5秒角）が残ることがわかった。この程度の収差は我々の目的とする測光的な観測には十分であるが、鏡面系の軸出し、位置決定に厳しい条件をつけることになった。

副鏡の素材はクリストロンと呼ばれる低熱膨張ガラスを使い溝尻光学で研磨された。はじめ近似球面に整形されたものを、計算された曲率に合わせてつくられたゲージと比べながら修正し、さらに、近似球面（凹）によるニュートン環を見ながら、目的の曲面に近づけるという方法がとれた。案の定、かなり強い非球面であるので研磨は難行した。途中からパイレックスガラスを使って、新に一面を加え、交互に精度を上げていくことにし、一歩一歩修正を進めた。テストは主鏡と組合せてシュリーレン鏡による平行光線を使ったり、東京天文台から拝借した60cmの平面鏡によってオートコリメーション法を使ったりして行った。その結果、結像度を角度にして5秒程度にまでこぎつけた。今後、さらに現地研磨によって、最終目標の2秒角まで修正を進める予定にしている。

副鏡は直径約20cmであるが、これを10~20Hzで振動させるため極力軽くしたいということから、厚さは30mmたらずである。また、支持金具からの熱放射を避けるために中央部に穴をあけ、それを通してネジどめする方法をとっている。さらに、主鏡以外の物体（高い熱放射率を持つ）を視界に入れられないため、わざと視界がけられるように所定の大きさより小さい径に落してある。

架台づくり

望遠鏡をのせる架台についても、色々問題があった。望遠鏡の分解能が上ったため、架台に対する要求も一段と厳しくなった。方向付、案内、追尾に1秒角程度の精度が必要になった。これは普通の光学望遠鏡と変わらない。その上、赤外線天体は可視光では非常に暗いか、全く見えない場合が多い。出来たら眼を使わずに機械的に導入、追跡がしたい。こうなるとむしろ光学望遠鏡よりも難しい要求になってしまう。これを我々の乏しい予算で行なうことは無理であるが、少しでも、これらの目的に近づけるために架台を出来るかぎり剛構造にし、安定で変型の少ないものにするにことにした。そのため支持はイギリスヨーク型を採用することにし、たわみ、ねじれの影響を少なくするため十分の余裕を持って設計した。この型の難点は極方向が見えないことであるが、これを少しでも補うために、赤緯軸をヨークの枠から少し持ち上げることにし、これで赤緯75度までは観測可能になった。また、鏡筒はスッポリ、ヨーク枠に収まり、部分的(1/3)な影を許せば北極方向も見ることが出来る。運転および追尾装置は、初めパルスモーターを使用する予定であったが、費用の点等から、普通のモーターに換え、そのかわり、赤緯軸、赤経軸ともに、主ウォームギヤに直結するエンコーダーを取付け、角度秒以下の精度で方向読取りが可能になるようにした。

出来上った架台が法月鉄工所の工場内に仮組されたのを見たとき、我々は、鏡筒部分が比較的短く、しかも総アルミ合金製で非常に軽量（鏡を含めて約500kg）になっているのに比べて、架台は想像以上に堅固で安定しているという印象を受けた。

設置場所の選定とドームづくり

よく知られているように赤外線は大気中の水蒸気によって強い吸収を受ける。そのために、地上から測定出来る赤外線は1から20ミクロンの間に分布する数ヶ所の波長域（窓）に限られている。このように水蒸気は吸収体として赤外線観測の邪魔になるが、さらに悪いことには、10~20ミクロンの領域になると、逆に強い放射体となって大きな障害になる。このバックグラウンドは極めて強いものであって、例えば、視野を10秒角に絞っても、しかも、かなりよい条件のもとで、その強さは目的とする天体からの放射強度の $10^4 \sim 10^5$ 倍に達する。これを前述の副鏡振動法によって逃げるわけだが、そもそもこのバックグラウンド流のユラギによるノイズは避けることが出来ない。従って、より暗い天体、より遠い天体、より精密な観測を行なう場合、このバックグラウンドを如何に押えるかにその成否がかかってくる。そのために、

極力水蒸気量の少ない場所を選ぶ必要が生じる。ところで、水蒸気量は大気の下層部分に集中して分布している。従って出来る限り高地を選ばなければならない。また、大気中に含有できる水蒸気量は温度に強く依存し、低温になれば急激に減少する。以上の二点から赤外線観測の適地は高地、寒冷地ということになる。更に、立地条件としては、赤外線検知器である光電素子、或いはボロメーター素子は液体窒素、液体ヘリウムで冷却される必要があるので、その入手、運搬に便利であることも無視出来ない。

まず、気象条件の検討から始めた。理科年表から始めて、各地の気象台、測候所の資料をとり寄せ、晴天日数、気温、湿度等を調べていった。この際、特に、岡山天体物理観測所の設置、および大型シュミット建設のために東京天文台で調べられていた資料は大変参考になった。結局、最終的には、伊那地方、木曾地方、三河地方が候補に残り、現地調査を行なった。その結果、伊那地方には適地がなく、木曾の上松、および三河の段戸山附近に借地可能な場所が見つかった。偶然ではあったが、後二者はどちらも牧場、或いは牧場予定地であって、標高もほぼ 1100m と等しく、気象条件等もよく似ていて判定に迷う程であった。しかし、三河の方が交通事情の便利さはあったが、木曾の場合には、近い将来、東京天文台の大型シュミット望遠鏡が設置される予定になっており、種々交流が期待されること、また、もし今後さらに高地での観測が必要になった場合、近接地に候補地が

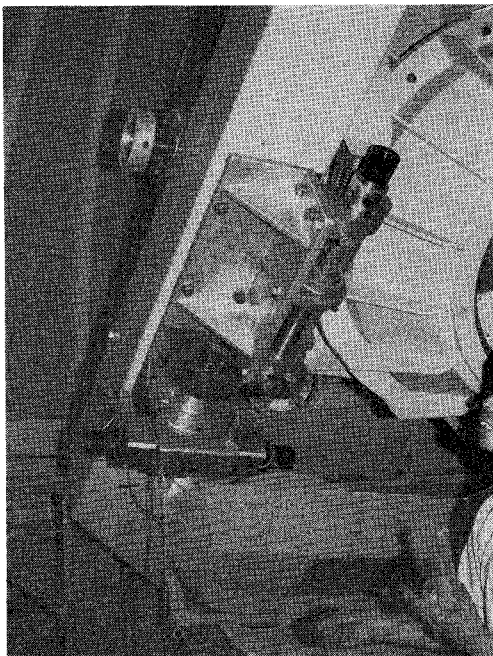


写真 4 赤緯軸駆動装置

考えられ、その試験観測的役割も考慮して、最終的には、木曾上松町の才児山にある牧場内に建設することに決定した。決定に際しては、上松町および地主の方々の御理解、御好意によるところが多かった。

こうして建設地が決り、観測室の建設に入ることになったが、観測室は予算の関係で最低限にとどまり、望遠鏡を格納する部屋と観測準備室のみを備える小規模なものになってしまった。しかし、当初移動屋根式の格納室が予定されていたものを、冬期厳寒期 ($-15^{\circ}\text{C}\sim-20^{\circ}\text{C}$ に下る) の観測を考え、ドーム式に変更した。建物は北野建設が担当し、ドームの部分を西村製作所が請負った。建設は基礎打が晩秋に入ってやっと始まり、建物部分は冬期に入ってしまい、積雪時の工事等関係者の苦勞も多かった。

搬入、組立

このように迂余曲折した望遠鏡づくりも、やっと最終段階に入り、搬入、組立の運びとなった。出来るだけ新鮮な鏡面を保持するため搬入直前まで待った金蒸着も無事終了、鏡は東京から焼津へ、焼津で組上げられ、甲州街道を通り、木曾路へとトラックで慎重に運ばれた。我々の特に心配したのは、金属製の鏡はガラスと異なって割れることがないということで、乱暴に取扱われはしないかということであった。実際には、ガラスなら割れないかぎり変形は復元されるが、金属の場合、一旦衝撃で出来た変形はそのまま塑性変形として残るかも知れないので怖い。搬入後のテストの結果、変形のないことを確認してやっと一安心した。

鏡筒、架台部すべて、ドームのスリットからレッカー車で宙づりにされて運び込まれた。直径 6m のドームに収まった望遠鏡は肩をすぼめてやっと入ったという感じであった。

こうして、7月7日、七夕の日に竣工式を迎えることになった。式はささやかではあったが、多くの人々の心からなる祝福を受けて、望遠鏡はその門出を祝った。

観測計画

多くの方々の御尽力と御協力によって出来上がった、この望遠鏡は、今後すべて我々の手にゆだねられ、観測、研究の段階に入ることになった。当面の課題は本観測に入るための種々の調整、テスト、観測器械の整備である。まず、我々の主目標である中間赤外域での観測のための検知器等、測定器の製作にとりかからなければならない。幸い、これらに対する費用として、科研費が交付されることになり、急きょその準備にとりかかっている。検知器としては超高感度のゲルマニウム-ボロメーターロー (Low) 氏のところから入れる交渉を行なっている。

これは素子の面積 $1/2 \times 1/2 \text{ mm}^2$, 冷却フィルター内蔵で, NEP が約 $2 \times 10^{-14} \text{ W/Hz}^{1/2}$ のものになる予定である。つぎに, 中間赤外域での観測の心臓部である, 副鏡振動による, バックグラウンド消去の技術の確立がある。電磁ソレノイドを使った装置を設計, 製作中である。たとえこのようなチョッピングをしても, 視野を絞ることもおろそかに出来ない。そのため, 現在達成されている光学系の結像度の改善を計画している。研磨機を現地に運び, その場で星像テストをくりかえしながら研磨が行なわれることになっている。これによって結像度を2秒角以下に上げる予定である。

観測はまず, 測光的なものから着手する予定である。波長域は地上から観測できる1から10ミクロン(出来れば20ミクロンまで)のすべての窓をおおい, ジョンソン等の定めた標準的な広帯域測光に加えて, さらに狭

い帯域に分解した測光システムを考えている。特に, 回転型の干渉フィルターを用いた狭帯域測光($d\lambda/\lambda \sim 0.01$), もしくは半分光的測定を進めたいと考えている。この程度の分解能があれば, 赤外線輻射に主として関与していると考えられている固体物質の特性スペクトルをとるには十分である。この測光観測と並行して, 偏光測定にも力を入れたい。中間赤外域まで通用する偏光板としてワイヤ, グリッド型の偏光板を買ってテストしている。測光と偏光の両測定を通じて, 固体物質の物性と, その形状, 分布についての情報を集めたいと考えている。

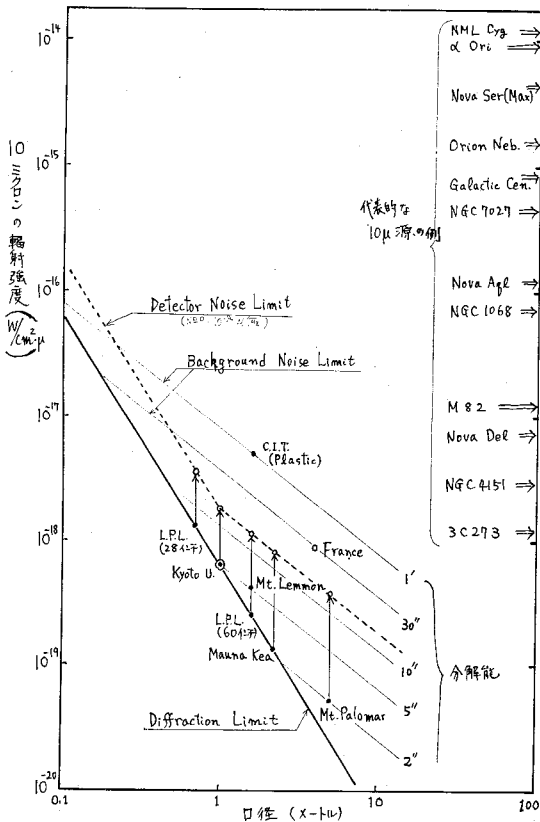
観測は, まず明るい赤外線星等から始めることになるであろうが, 重点は H II 領域, 暗黒星雲等に埋れている原始星の探索, およびその精密観測に置くことになるであろう。その他, 専用望遠鏡の強味を生かして, 彗星, 新星等の突発的事象の観測にも力が発揮できるものと期待している。銀河中心核は十分射程内に入ると思われるが, 銀河系外天体, セイファート星雲, Q.S.O. 等がこの望遠鏡の限界になるであろう。

このように, この望遠鏡によって, 我々は主として, 星間空間における固体物質(微粒子)や, 星間分子, 或いはそれとの関り合いに関する研究が出来ることを期待している。このような研究は, もちろん赤外線にのみ閉じるものではない。光学的, 電波的な観測とあいまって, その価値も発揮できるものと考えられる。そのような, 我国での全波長域天文学の一端を多少とも担うことが出来れば幸いである。

しかし, まだ観測が始まっていない段階でこのような議論を進めることはさしひかえたい。特に, 我国での高温多湿の環境の中で, どこまで実現できるかが心配である。この問題を調べるのがこの望遠鏡の一つの課題だと考えている。また, 観測も次第にフィルターによる測光的なものから, 干渉分光計, ファブリ, ペロー型分光計等による線スペクトルの観測へと移行する段階に来ている。この種の新しい観測器械の試験に利用するのも, 望遠鏡建設の目的の一つである。

おわりに

この望遠鏡の建設にあたって, 我々は少ない人員と, 乏しい経験を押して, 何とか形をつけることにせいっぱいであった。いまから思えば心残りの点も数多い。もちろん, 予算的制約もあったが, 口径にしても, 我々の当初の希望を大きく下まわったものになった。大気バック・グラウンド相殺という問題はあがあるが, 検知器の感度が頭打ちされている現状では, やはり最後には, 口径が物をいうようになる。今後はモザイク構造や, 小望遠鏡の合成等を含めて, さらに大口径望遠鏡の可能性を検討していく必要があるだろう。或いは, 遠赤外領域ではヘテ



第3図 望遠鏡の口径および分解能と観測限界強度
望遠鏡の観測限界はその口径にもよるが, 中間赤外域では強い大気バックグラウンドのため, 視野がどこまで絞れるかで測定出来る赤外線強度の限界がきまる。また, 検出器の NEP (雑音等価強度) が素子の大きさにほぼ逆比例していることによっても限界が生じる。現在, 世界の赤外線観測で活躍している(建設中も含めて) 代表的な望遠鏡の性能を比較した。

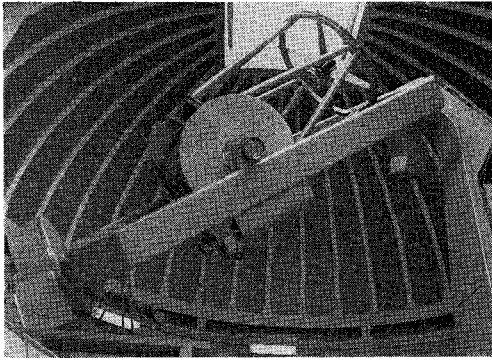


写真 5 完成図 (側面)

ロダイソ方式による波動的検出も近い将来可能になる。その場合には複数望遠鏡による干渉計という考え方もありうる。また、N.C. 旋盤や、ナライ旋盤等の技術が向上している現在、球面鏡以外の鏡面も十分考慮されてよいだろう。測光観測だとはいえ広視野がとれた方が取扱いは便利だし、将来、二次元的な検出器の出る可能性もありうる。また、焦点も、将来分光観測や現在開発されている、ヘテロダイソ検出、He³ 冷却ボロメーター等、複雑、微妙な測定を考える場合にも、クーデ焦点が必要になるだろう。最も心配な点は、水蒸気量である。出来るだけ高地、寒冷地を選んだとはいえ、1100m の高度はやはり不満足である。出来れば 2000m 以上をと希望したが、予算の関係上、既設の道路、電気、水の便が必要であるという条件では如何ともしがたかった。また、たとえ許されたとしても、国内で適地が見つかるか否か疑問でもある。特に近い将来に開かれると思われる 300、

400 ミクロンの窓での観測はこの点が重大である。国外も含めての検討が必要になるだろう。色々な意味で今度の望遠鏡はこれらの諸問題に対する試験台であると考えている。

最後に、この望遠鏡に限らず、新しい物をつくるときに我が国の技術的体制の不備を痛感した。それが個人や、民間会社の犠牲、努力によって補われたわけであるが、大学、或いは研究所の工場、それに見合う技術者の充実が急務であると思われる。

この望遠鏡の建設にあたっては、我々のグループだけでなく名大の早川研と終始、緊密な連携のもとに仕事を進めた。それにとどまらず、多くの方々から終始、親切な御指導、御援助を受けた。東京天文台の森本雅樹氏をはじめ、ミリ波天文の方々には色々な御忠告、御助言を受けたし、高瀬文志郎氏、石田蕙一氏には設置場所の選定にあたって貴重な資料と御意見をいただいた。また、富田弘一郎氏、清水実氏には望遠鏡のイロハから教えていただき、細い点に至るまで御相談にのっていただいた。研磨テストの段階では斎藤国治氏に貴重な大型平面鏡の借用の便宜をはかっていただいた。また京大宇宙物理学教室の今川文彦氏には終始、御相談にのっていただき、大阪工業試験所の川井誠一氏にも、研磨に関する御指導と、鏡面設計のために開発されたプログラムと計算機使用を心よくお許しいただいた。その他、ここでは尽くしきれない多くの方々からの有形、無形の御援助を受けた。これらの方々から心から感謝の意を表し、また、今後の御指導をお願いしてこの拙稿を終りたい。

(文責・奥田)

(293 頁よりつづく)

述べたように次の 2 つの変位成分の和の形で得られた。

- (1) EL 軸まわりの回転による剛体変位
- (2) 固有振動数によって与えられる最大慣性力による変位

あとがき

極く大雑把に結果を示したが、自然現象に対する応答解析は理論的評価だけでは無理で、何らかの形で実験的裏づけが必要となろう。塔、橋梁などではかなりの成果が報告されているようだが(特に、本州、四国連絡橋架

設に関する理論的、実験的成果は大いに期待出来る)、アンテナに関してはあまり報告されていないようだ。強風時の応答の瞬間最大値を求めると同時に、通常の風の下での応答のパターンを求めるために、我々はモワレ(干渉)縞を使った変位測定装置を開発中である、近いうちにこれを使って模型による実験を予定しており、別の機会に報告したく思っている。

参考文献

- (1) 塚田、滝沢: 天文月報, 66, 9 (1973)