

特集・超大口径望遠鏡計画を考える



2. テキサス大学の7m望遠鏡計画

テキサス大学では、現在ある設備と技術でできる、最大口径の望遠鏡をつくる計画が進められています。鏡の直径7m、しかし厚さは13cmしかありません。

東京大学理学部 家 正則

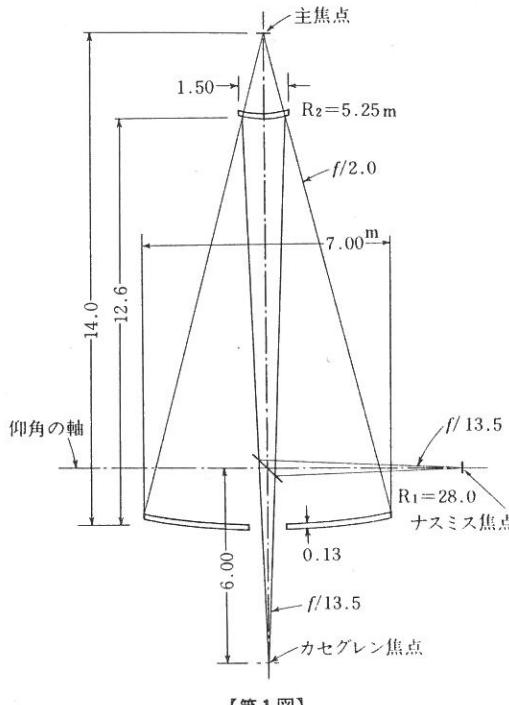
Ie Masanori

多彩な世界の超大口径望遠鏡計画

パロマー山の5m鏡が完成したのは1948年のことです。それ以後、より大きな望遠鏡がなかなか作られなかったのは、主として技術的な見通しが立たなかったためです。1976年になってやっとソ連のゼレンチュクスカヤ天文台に、世界一の6m鏡が完成しました。

ところが、近年の目覚ましい技術革新を背景に、最近では、7mを越すような超大型望遠鏡の建設について、さまざまな角度から、具体的な検討が進められるようになりました。

今までに口径7m以上の超大口径望遠鏡計画として、具体的に検討されてきたものは、公表されているものだ



【第1図】

けで10を越えます。その主なものをあげてみましょう。

- ① テキサス大学7m鏡 薄い一枚の主鏡を用いる。
- ② カリフォルニア大学10m鏡 1.4mの鏡60枚を蝶の巣状にはり合わせたモザイク主鏡を用いる。
- ③ アリゾナ大学多重鏡望遠鏡2号機 8本の5m鏡を一つの架台に載せる(等価口径14m)。等価口径1mの1号機は既に完成し、その調整が進められています。
- ④ キットピーク国立天文台次世代望遠鏡 15mから25mクラスの望遠鏡をめざしていろんなデザインを検討中。
- ⑤ ドミニオン天文台望遠鏡群複合系 69本の3m鏡からの光を合成する(等価口径25m)。
- ⑥ アレシボ型15m固定主鏡 主鏡は動かさない。

その他にもソビエト25m鏡、イギリス25m鏡、ヨーロッパ南天文台16m鏡、などの計画があります。

これらの壮大な超大口径望遠鏡計画の中では、テキサス大学の7m計画は控え目なものですが、それだけに一番現実性があります。ではその計画の内容を、テキサス大学の委託を受けて計画の具体的な検討を行なってきた、アリゾナ大学のA.マイネル博士の技術リポートに従って、紹介してみます。

テキサス大学の一枚鏡望遠鏡構想

テキサス大学の大口径望遠鏡計画は、すでにある設備と技術でできる最大の望遠鏡を追求し、早く安く実現することをねらっています。そのため、多重鏡望遠鏡やモザイク鏡望遠鏡などの全く新しい形ではなく、一枚鏡の主鏡を用いることにしています。主鏡の自重による変形を小さくするために、大きい鏡ほど厚くてがっちりしたものにしなければなりません。鏡が重くなると、それを支える架台もがっちりしたものにしなければならないので、この方法では、5m以上のものを精度良くつくるのは、非常に困難です。そこでテキサス大学では、鏡

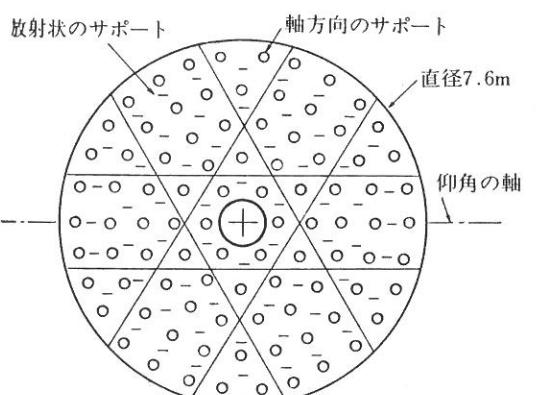
を薄くして架台にかかる負担を軽くし、安くつくるよう工夫しています。

なぜ7mの口径になったのか

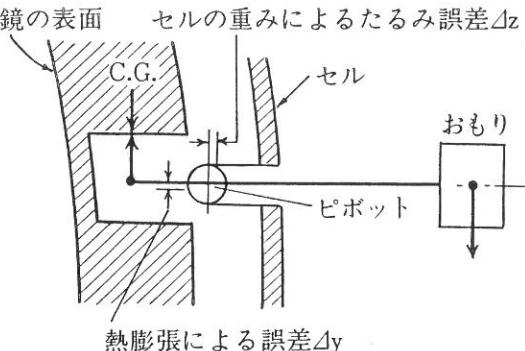
現在のデザインでは、主鏡の直径は7m、厚さはわずか13cmで、F比が2.0となっています(第1図)。こんな鏡がいったい作れるのでしょうか。米国のコーニングガラス社では、直径7m厚さ50cmくらいの鏡材ならば、現在の技術でつくれるといいます。これよりずっと大きいものやずっと薄いものを作るのは、技術的に大変難しいそうです。そして、この程度の大きさならば、アリゾナ大学の光学研究所で研磨して、厚さ13cm、F比2.0のメニスカス型主鏡に仕上げることができるといいます。これ以上直径が大きくなったり、F比が大きくて焦点距離が長くなったりすると、研磨とテストのための建物と塔を、改造することから始めなければならなくなります。そしてまた、これくらいの鏡なら、現在の技術でなんとか必要な精度以内に変形を抑えて、支え続けることができそうですが、これ以上になると、モザイク鏡型などの、全く新しい工夫をする必要がでてきます。

というわけで、7mというサイズは、現在の技術と設備で可能な最大の望遠鏡ということで、決まったものなのです。もちろん、パロマー山の5mを抜いたソビエトの6mを再び抜くには、7m以上にはしたいということもあるのでしょうか。一方、ウィルソン山の100インチ、パロマー山の200インチの次ということでは、300インチ(7.6m)というサイズが目標になります。7.6mと7mとでは技術的には大差はないので、テキサス大学では300インチの設計図も用意しています。

アメリカは今でもヤード・ポンド法が通用している“後進国”なので、メートル法で7mといつても、一般の人にはピンとこないようです。「7mです」といったら「なんだ、そんなに小さいのか」といわれたが、「300



【第2図】



【第3図】

インチも考えている」といったら「それはすごい」といわれたという笑い話しさえあります。300インチになるか7mになるかは、予算したいというわけです。

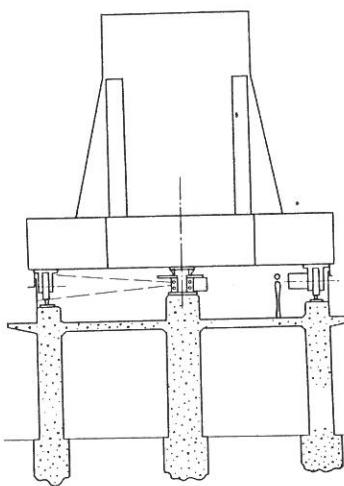
★鏡を支える100個もの空気枕

さて鏡の厚みが薄いと書きましたが、13cmという厚みは、直径7mに比べるとたったの1/55です。今までの大型望遠鏡では、この比は普通1/8ぐらいでした。それはあまり薄くすると鏡がやわになってしまい、望遠鏡の向きによって形が変わるので、良い像が得られなくなるためです。1979年に完成したイギリスの最新の3.8m赤外線望遠鏡は、非常に薄い鏡を実現しましたが、それでもまだ厚みは直径の1/15です。1/55という紙のように薄い面を、それではどうやって支え、形よく保つのでしょうか。

テキサス大学では、キットピーク天文台での研究成果をもとに、鏡を直接支える枕の数を増やせば解決できるとしています。例えば、直径30cmの接触面をもつ空気枕を90cm間隔に100個程並べて、自重を分散させて、たるみなく支えてやるデザインが考えられています。100個もの枕の当たり具合を、寝ごち良いよう調整してやるのは面倒ですが、不可能ではありません。最適な枕の配置は、計算機実験で決めます(第2図)。

この枕は鏡面を磨くときにも使います。研磨する時には鏡面にかなりの力がかかりますから、それに見合った力で支えていないと、面がひずんでしまいます。すると、放物面に磨いたつもりでいても、磨き終ってみると正しい放物面にはなってなかったということになりかねません。このようなことがないように、研磨時にはこの枕に油をつめて、磨く際にかかる大きな力をバランスできるようにします。

鏡面を正しい形に保つためには、さまざまな影響を考慮しておかなければなりません。望遠鏡がいつも真上に向いているのなら話は比較的簡単ですが、望遠鏡を傾けた時にも、鏡面の変形が大きくならないようにする必要



【第4図】

があります。空気枕でバランスできるのは、望遠鏡の軸に沿った方向にかかる力だけです。望遠鏡が傾いた時には、重力は望遠鏡の軸と垂直な方向にも力を及ぼします。そのため、自重による“たるみ”の他に、鏡が機能形にたわもうとします。

この“たるみ”をなくすためには、鏡をたわまそとする力につり合った力を、望遠鏡

対的精度に厳しい条件をつけなくともよくなり、回転のあそびや振り返しが小さく、応答性と再現性の良い駆動機構があれば良いようになりました。これとても技術的には易しくありませんが、7m鏡を精度良く動かすことも、不可能ではなくなっています。

★光学系はナスマス焦点が主

従来の大型望遠鏡は主焦点、カセグレン焦点、そしてクーデ焦点の三焦点で観測できるのが普通です。銀河の写真撮影は主焦点で、星の測光はカセグレン焦点、星の詳しい分光はクーデ焦点でという具合に、観測目的に応じて望遠鏡の先端の鏡をつかかえて、これらの焦点を使い分けるのです。

テキサスの計画では、ナスマス焦点という、カセグレンとクーデの合いの子のような焦点を主に使います。合いの子と書いたのは、機能はカセグレンに似ていますが、みかけがクーデ室に似たナスマス室という部屋で、実際に観測することになるからです。ナスマス室は高度軸の両側にあり、そこにいろんな観測用の機械を据えつけるわけです。ナスマス室は、観測中は回り舞台のように回転します。ナスマス室は二つあり、切り換え鏡を回せば光をどちらにでも導くことができるので、一方で本番をやっている間に、他方で次の観測の準備ができたりして能率的です。ナスマス焦点の実効F比は13.5で、焦点上の1mmは2秒角に相当します。星像は中心では0.3秒角、視野20分角以内では約1秒角以内に収まるよう設計されています。ナスマス焦点は、特に暗い星の測光や分光に威力を発揮します。

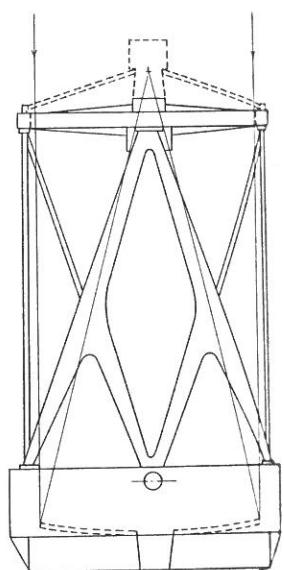
銀河の撮像観測などのために、ナスマスのF比は暗すぎます。微粒子写真や新しい半導体撮像素子を使うには、F比は2~4ぐらいが適当です。普通はそのため主焦点を使うのですが、望遠鏡の先端に観測のための重たい機器を乗せてても大丈夫なように骨組をしっかり作らねばならないし、それらの機器が発する熱で気流が乱れたりしてやっかいです。そこでテキサス大学では、ナスマス室に焦点

短縮光学系を置いて、主焦点などの明るいF比を実現する工夫をしています。

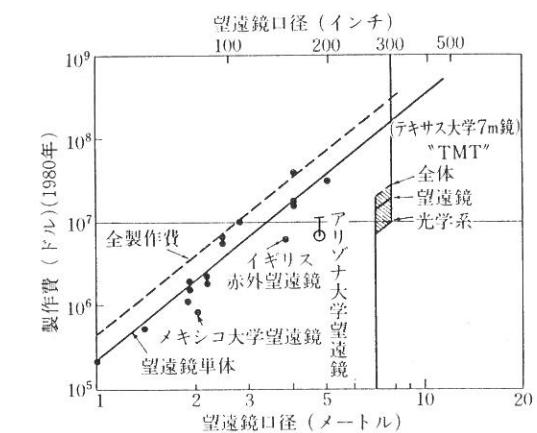
それには、望遠鏡の先端の鏡の位置を少しずらせて、焦点を一旦切り換える鏡の近くにもってゆき、切り換える鏡でナスマス焦点に導いた光を、焦点短縮鏡で明るいFにして結像させます。この方法だと、焦点短縮鏡を選ぶことによって、2~4程度の明るいF比が自由に選べるし、望遠鏡の先端の鏡をとりかえなくても、ただ少しずらすだけで、ナスマス焦点と使い分けられます。主焦点に比べ、結像までに3回余分に鏡面反射するのが欠点ですが、高反射率膜面塗装をすれば、光の損失は問題にならないでしょう。視野の回転はやっかいな問題ですが、例えば、カセグレン焦点の場合には、ナスマス切り換える鏡の回転機構を使って補正することができます。

★望遠鏡と一緒に回る小さなドーム

主鏡のF比を2.0にしたのは、製作上の都合ということもあります。そうすると望遠鏡を短くすることができ、鏡筒のたわみが小さくて済むという利点も見逃せません。従来の大望遠鏡のF比は3~5ですから、それらに比べると、テキサス大学7m鏡はずいぶんとずんぐりしています(第5図)。望遠鏡が短いとドームも小さくて済みます。ドームは普通のような半球型ではなく、輪切りのロールケーキのような格好です(第6図)。これは、軽量台の高度軸のまわりに、望遠鏡が上下する空間だけを確保したもので、そのため、ドームは望遠鏡と一緒に、直径10mの円型レールの上を回るようになっています。



【第5図】



【第7図】

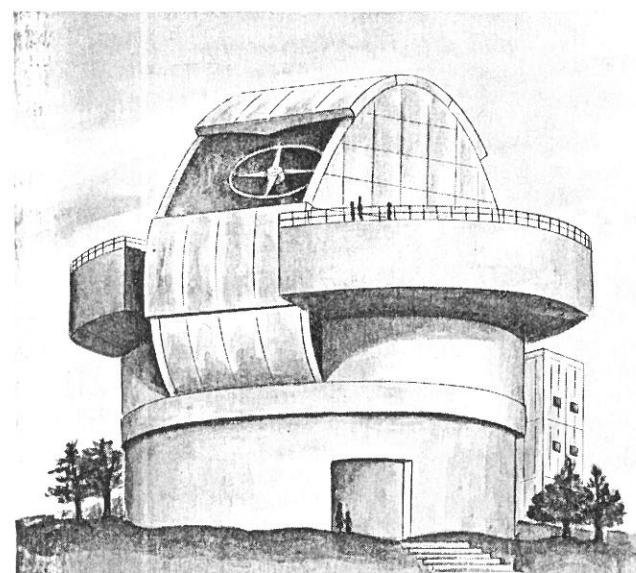
★費用は50億円、予算化すれば6年後に完成

最初の方で、この計画はできる限り大きい望遠鏡を、できる限り早く安くつくることを目標にして練り上げられたものだといいました。それではいったい、いくらぐらいの費用と年月でできるのでしょうか。

第7図は、従来の望遠鏡の口径と建設費との関係を示したもので、建設費はインフレを考慮して1980年の値に換算しています。これをみると、費用はだいたい口径の三乗に比例しています。つまり形が同じなら総重量に比例しているわけです。従来の型のものをそのまま大きくすると、7mでは約300億円にもなってしまいます。テキサス大学の計画では、鏡を薄くして軽くして、いろいろな節約が実現すれば、約50億円前後でできそうだと思っています。

財源としては、政府の予算ではなく、テキサス大学自身の事業運営基金をあてにしているそうです。この運用基金は大学の永久基金の利息で貯められていますが、その永久基金は現在約2600億円に達し、しかも、テキサス州にある大学所有の石油産地からの収益で、毎年200億円ずつ増えているのだそうです。運用基金の使途は大学の資産を増やすことに限られるので、大学付属のマクドナルド天文台に7m望遠鏡をつくることになるでしょう。予算化が決まれば、6年後には最初の試験観測ができる予定です。

「世界最大の望遠鏡を建設する」という計画は、それじたい大変魅力的ですが、特に大きな話が大好きなテキサス人には、賛成してもらえるものと思っています」といってウインクしていた、マクドナルド天文台長で、この計画の推進者のH.J.スミス博士の顔が印象的でした。



【第6図】