

NISHIHARIMA  
ASTRONOMICAL  
OBSERVATORY

5

1990 No.2

60cm反射望遠鏡

宇宙NOW

# 天文学 日本の大型望遠鏡計画

国立天文台助教授 安藤 裕康

## 1. はじめに

天文台を中心として周辺に観測設備やキャンプ場プレイゾーンなどをちりばめた世界でも初めてといわれる西はりま天文台公園が開設されると聞き大変嬉しく思っております。といいますのも私事で恐縮ですが、佐用町は私の生まれ故郷だからです。正確には佐用町平福という佐用町から5～6km北の山あいの村で、昭和21～30年を過ごしたわけです。当時の印象ではとても貧しく、学校といえども望遠鏡のかけらも見た覚えがありません。しかし、夜空には今にもこぼれ落ちそうな天の川が見え、満月の頃には夜道が明るく、寺の境内はりっぱな舞台に照明がついたようで、たぬきが出てきそうな雰囲気がありました。当時とは多少様子は違っているでしょうが恵まれた自然環境に西はりま天文台公園を設置され、地域の人々の自然科学センターとして活躍を期待されています。関係者のご努力に敬意を表します。

さて、今日は私が関係している計画のお話をしたいと思います。現在国立天文台では世界最大級の口径7.5m大型光学赤外線望遠鏡 (Japanese National Large Telescope: 略称 JNL T) の建設を計画しております。これまで日本には国立天文台の口径1.88mの光学望遠鏡 (これはお隣の岡山県浅口郡鴨方町にある) が最大のもので、全国の研究者が共同利用して観測成果をあげています。しかし、建設当時世界でも有数の望遠鏡でしたが、現在では口径3～4mクラスの望遠鏡が10台以上も出来、日本の現状は研究者が天文学の最前線で研究しにくい状況となっています。外国の3～4mクラスの望遠鏡を使わせてもらって限られた分野で外国と競争しています。これとて使用申込は平均3～4倍の競争に勝た

ねばなりませんし、その上他国の望遠鏡である以上自由な発想に基づく観測は望めません。約10年前に大口径望遠鏡を建設する話が関連研究者からもちあがり、検討をしてきました。なにせ8m近い口径は既存の口径の倍ですから、新しい技術開発が要求されるわけです。国立天文台の私たちのグループが中心となり約10年かけて技術検討を行い、ようやく計画の実現を計る段階にきました。JNL T計画とはどんなものか紹介します。

## 2. JNL T計画

地上より天体を観測してきた経験から、私達は次の4つの条件が重要であると考えています。すなわち、1)晴天率が高い、2)夜空が暗い、3)大気が静かである、4)空気が清浄で乾燥している、という条件です。1)、2)は自明だから説明を省きます。3)は俗に星がまたたかないという条件です。専門的にはシーイングが良いと言います。これは高倍率の望遠鏡で星を見ると本来点に見えるはずの星がだんごのように大きく見える現象で大気の乱れが原因です。これは高い解像力を得られないし、エネルギーが一点に集中しないので観測能率 (つまり口径の大きさ) が低下することを意味します。4)はとくに赤外線領域の観測では必要不可欠です。大気には水蒸気が含まれており、これらが赤外線を吸収して観測の障害になるので乾燥した地が良いのです。これら4つの条件を満たす地域は残念ながら日本では見当たりません。私達はいろいろ調査して、日本から近いという点も考えて米国のハワイ州の最大の島ハワイ島のマウナケア山頂 (海拔4200m) に建設することにしました (図1)。ここはすでにハワイ大学が国際観測所を開設し、ハワイ大学をはじめ、イギリ



【図1】ハワイ島マウナケア国際観測所

尾根右よりUKIRT（イギリス3.8m赤外望遠鏡）UH88（ハワイ大学2.2m望遠鏡）、CFHT（フランス・カナダ・ハワイ3.6m望遠鏡）、IRTF（NASA3.5m赤外望遠鏡）、ケック10mモザイク望遠鏡（建設中）。JNLTはこのケックの手前の尾根に候補地がある。手前の谷にはサブミリ波望遠鏡2台、大きい方がJCMT（イギリス・オランダ）、カリフォルニアサブミリ波望遠鏡。

ス、フランス、カナダ、オランダ、イタリアなどの研究機関が望遠鏡を運用しております。私達もこの国際社会の一員に加わるわけです。

施設の運用は図2に示すように山頂で観測し、寝るのは海拔2800mの中間宿泊所です。これは山頂(4200m)で寝るのは危険だからです。



現地の運用に当たる基地は海拔0mの近くにあり、観測事業の本部は日本にある国内本部があたります。

### 3. 望遠鏡の構造

全体の概略は図3に示すように望遠鏡、ドーム、制御棟からなります。

口径7.5mの望遠鏡の中で最大の開発要素は口径7.5mの主鏡材の製作とその支持機構でした。従来の考え方からすれば口径7.5mの鏡材（ガラス材）を作るには厚さを1m以上にしないとやわで局所的にたわみを生じ理想鏡面になりません。しかしそのときの鏡材の重さは100トン以上になりそれを支える機械構造が巨大なものに

なりすぎます。私達は厚さを20cm（約20トン）とする一方、普通に支えたのではたわんでしまうペラペラの鏡を能動的に制御する方法を選択しました。図4に示すように主鏡の後から260点に及ぶアクチュエータと呼ぶロボットのような指で支えてやります。鏡面が理想面になっているかどうかをモニターしている装置をシャックハルトマン装置と呼び、これからの情報でどこを支持点をどう動かせばよいかをコンピュータが指令して常に理想面に保つわけです。図5はその様子を模式的に説明しています。

主鏡は観測時外気にさらされ、温度変化を経験します。一般にガラス材は熱変形をして役に立たないわけですが、ここで用いられるガラス材は



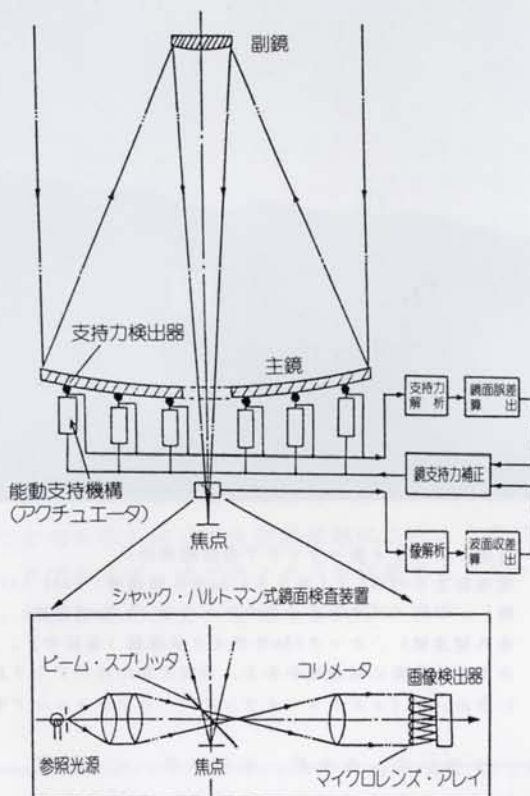
【図3】JNLT望遠鏡全体構成

技術の先端をいく超熱低膨張ガラスを採用してこの問題を解決しました。

主鏡の研磨はコンピュータ制御された研磨機械で理想面にみがき上げられます。その精度は0.1ミクロン以下で、関東平野を1mmの精度で地ならしするのと同じで、大変な正確さを要するのがわかると思います。私達が究極に目指す分解能は角度でいって0.2秒角で、月面にある200mプールが見分けられる能力があります。

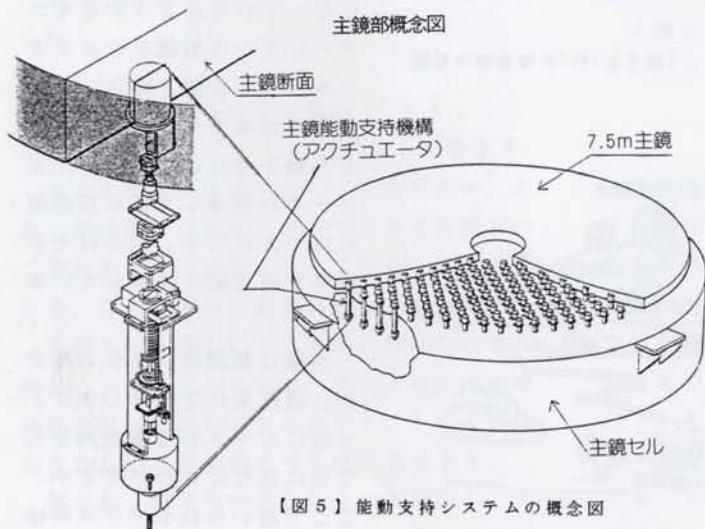
主鏡に軽量鏡を用いるとはいえ、高い精度の指向と追尾を必要とする関係上、機械構造もしっかりしたものになり、全体で300トンにもなります。架台構造は重力に対して対称な経緯台式を採用しました。これが可能にな

【図4】主鏡及び能動支持機構



ったのもコンピュータ技術が進歩したからだと言えます。

観測にとって星像がシャープに見えることは大変重要なことで、ハワイ島という大気状態の良好な地を選んだことはすでに述べました。ところがこれだけでは不十分でドーム内の発熱、外気温度変化の不追従などによってゆらぎが生じ星像が悪化します。これを抑えるため発熱する部分をできるだけ望遠鏡、ドームから遠ざけ、制御部分を制御棟に移したわけです。さらにドーム構造についても研究中で、どんな形にすれば外気との熱交換がすみやかにできて、しかも風によって望遠鏡があおられないかを調べ



【図5】能動支持システムの概念図

ています。

世界一の望遠鏡とすべく私達はずねに最先端を取り入れて建設に向かって進んでいます。

#### 4. おわりに

紙数もつきてきて最後に何を観測したいか、また何がわかるかについてお話しておきたいと思います。

JNL Tは完成時に世界一級の装置になっているわけで、3～4mクラスの望遠鏡で見えている宇宙の範囲が距離で約2倍、体積では約8倍にもなります。当然宇宙のはじまり、

宇宙初期の原始天体の探査など私達の宇宙の構造とか歴史が明らかにされるでしょう。また近傍でいえば、太陽系生成時の情報を持つ太陽系小天体の観測、ブラックホールや中性子星の周辺などの状況が明らかにされていくでしょう。私達はいろいろ期待や想像をめぐらせていますが、自然は常に人間の想いを越えたところにあります。そのような予想外の発見の魅力が私達を動かしているといっても過言ではありません。

最後に西はりま天文台のご活躍と発展を願って筆をおきたいと思います。

## シリーズ望遠鏡新技術 第1回 アダプティブ・オプティクス

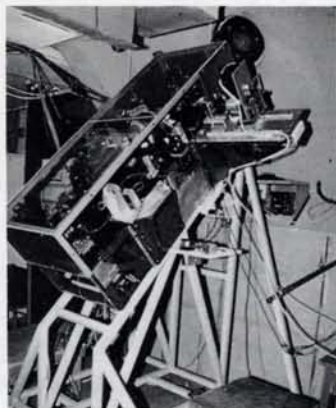
～地球大気のゆらぎを取り除く～

天文台研究員 尾久土正己

我々地球上の生命にとって恵みの大気も、天文学者が宇宙を観測するときには大きな障害になります。

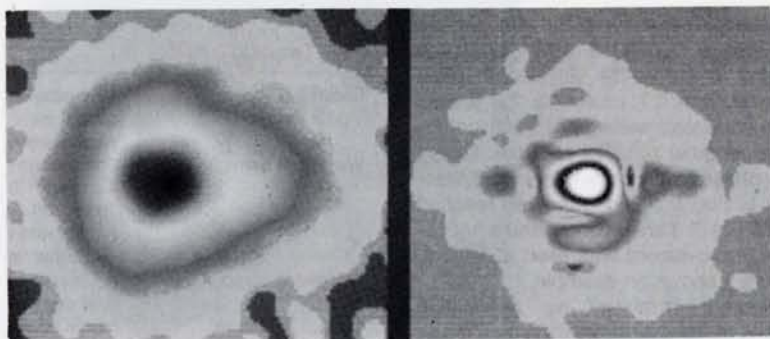
第1に目に見える可視光線や電波を除いて、天体からの光の情報の多くがこの地球大気によって吸収されてしまいます。光は電磁波と呼ばれる波で波長の長い方から電波、赤外線、可視光線（これを通常「光」と呼んでいる）、紫外線、X線、 $\gamma$ （ガンマ）線に分類されています。この点を解決するために地球大気の影響の少ない高層での気球観測や、ロケットあるいは人工衛星を使った大気圏外での観測が行われています。2番目の障害として分解能（接近した2点を分解して見分ける能力）の問題です。望遠鏡は計算上は口径が大きくなるほど分解能が良くなり口径1mの望遠鏡で0.1秒角（1度の1/60を1分角、さらに1/60を1秒角）まで見分けることができます。しかし大気のゆらぎにより恒星の大きさ（非常に遠いので点像になるはず）は通常数秒角になります。非常に条件が良くても国内では1秒角が限界です。今月号の安藤さんの記事に

もありますが、世界でもっとも気流の安定しているハワイでも0.5秒角が限界になります。この壁を打ち破るためには宇宙空間にできないように思われていましたが近年ESO（ヨーロッパ南天天文台）等の研究により従来の望遠鏡の焦点部にアダプティブ・オプティクスと呼ばれる装置（図1）をつけることにより格段に分解能が向上しています。



【図1】南フランスのHaute-Provence天文台の1.5m望遠鏡に取り付けたアダプティブ・オプティクス。

ESOのシステムでは星像の乱れを検出しコンピュータで計算し19本の支持棒の付いた厚さ1mmの変形可能なミラーを乱れを取り除くように1秒間に100回も変形します。この結果、分解



【図2】赤外域(2.2 $\mu$ m)での成功例。星像は白鳥座のデネブ。左が乱された星像(1.0秒角)。右がアダプティブ・オプティクスを通した星像(0.37秒角)。

能が3倍程度向上しています。ただ、現在のシステムは赤外域(2.2 $\mu$ m)での成功で(図2)、今後可視域に応用されることが期待されています。電波天文学では干渉計によって驚異的な分解能の観測が行われ多くの新しい現象が

続々と発見されています。光学望遠鏡にアダプティブ・オプティクスを取り付けることにより多くの発見が期待されます。分解能を上げるとは限界等級の向上にも当然貢献し、さらに深宇宙へと観測のメスが入られることとなります。また、球状星団や銀河のような込み入った系の研究にも大きな武器になるはずです。

宇宙に望遠鏡を打ち上げるコストやスペースシャトルの事故・故障等のトラブルの多さを考えると地上の大型望遠鏡にこのようなアダプティブ・オプティクスを装着するメリットは非常に大きいと考えられています。

## 会員NOW

このコーナーでは、会員の皆さんからのお便りを紹介していきます。第一回目ということもあって残念ながら、編集終了までに一通しか集まりませんでした。来月号からはよろしくね!

### 宇宙NOWの重み

No.0023 小林定子

サツキが満開のポストへ「宇宙NOW」の第一弾が飛び込んだ。オープンまでの種々のご苦労が一举に歓声となって伝わって来るような、そんな重みに胸が熱くなりました。

佐用という優しいところ名に相応しい本の地色、文字のイエローは「ナウイ魂」の表現全体を統べる建物のシルエット。もれる灯はあたたかい人間の集まりを感じさせます。

例会が、泊まりがけというのも面白く、ペーパー会員で終わるのではないかという不安

も半ば解消しそうでうれしいです。

大勢の心が寄って点けた灯が、遠いチョモランマからも見えるように、大きく巨しく発展することを心から祈念致します。

大撫山の朝夕は北村園長の天文俳句にも、大いなるご期待申し上げます。

お便り第一号、どうもありがとうございます。創刊号の表紙を何にしようか非常に迷ったあげく、夜遅くまで最終仕上げの工事を行っていた天文台をシルエットに大犬座のシリウスを撮りました。なぜ、シリウスを選んだかは友の会の会員の皆さんならわかりますよね? そう、全天で一番明るい恒星です。世界一を目指す我々の心意気を写真にしました。でも、工事の灯が意外にきれいな色になって好評なのは複雑な気持ちです。(M.O.)



7日21時

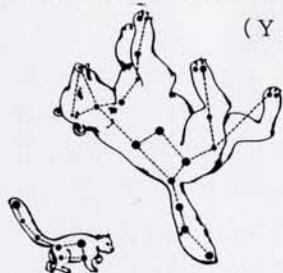
22日20時

今月の空は、大阪教育大の藤川さん(No.138)たちの作った天体観測支援ソフトをもとに、作成しました。

## 今月の星座 おおぐま座

みなさん北斗七星ってご存知ですか？もちろん？それともなんだっけ？北斗七星っていうぐらいで7つの星でひしゃくを形作ってるんですよね。で、その北斗七星が尾の部分になっている星座がおおぐま座なんです。みにくい熊の姿に変えられた不幸な母親が星座になって子供（こぐま座）と一緒に夜空で輝いています。（神話は、いつも大神ゼウスがハッピーエンドにしてくれているみたい。）

(Y. U.)



日	天文現象
6	芒種（太陽黄経75°） 月が最遠（406310km）
8	○満月
10	月と天王星・海王星が接近
11	入梅 月と土星が接近
16	●下弦
18	月と火星が接近
20	月と金星が接近
21	月が最近（359798km）
22	夏至（太陽黄経90°） 月と水星が接近
23	●新月
24	月と木星が接近
30	●上弦 天王星が衝

# 天文台

☆印のついた欄は友の会の皆さんだけへのお知らせです。

## 【天文教室】

天文台公園では偶数月に第一線で活躍中の天文研究者を迎えての講演会と、天文台研究員による天文ニュース等の解説からなる天文教室を開催します。ぜひ、聞きにきて下さい。

日時 6月10日(日)午後2時～4時

場所 天文台1Fスタディールーム

内容 天文ニュースの解説 内容未定

天文台研究員

講演 SF天文学

福江 純氏(大阪教育大助教授)

## ☆【7月例会のお知らせ】

友の会2回目の例会です。皆さんお誘い合わせの上ご参加下さい。

日時 7月14日(土)～15日(日)

1泊2日 午後7時～翌日午前中

(夜9時までには、公園に入って下さい)

場所 天文台食堂ホール(集合)

内容 勉強会 内容未定

観望会

夕食 天文台公園内の食堂(カノープス)が利用できます。

持物 懐中電灯(小型で十分)、防寒具(朝は冷え込みます)、洗面道具(公園では販売していません)、夜食等

受付 電話で下記の項目をお伝え下さい。

- ・会員番号
- ・参加人数(家族で参加される方)
- ・性別(一人で参加される方)
- ・朝食の有無(500円程度)

予約は前日まで受け付けますが、宿舎の収容人数の都合上、200名までとし、定員になりしだい締め切らせてもらいます。

## 【一般観望会のお知らせ】

宿泊を予約されない方のために、毎週日曜日夕刻に60cm望遠鏡を公開します。

日時 毎週日曜日 午後7時～8時半まで

場所 天文台スタディールーム集合

予約はいりませんが、雲を透して星は見えないので空を見てから山へ登ってきて下さい。

## 【オースチン彗星観望会と5月例会の報告】

先月号で紹介したオースチン彗星は予想に反して明るくならず、悔しい思いをされた方も多いことでしょう。5/3の大観望会は雨のため講演会だけになりました。にもかかわらず、230名程の人が集まって雨の天文台公園はバンク寸前! せっかく来て頂いたのに色々ご迷惑をおかけしました。この場で、おわび致します。

そんな調子で我々は、5/12の第1回目の例会を迎えたのですが、いったい何百人の会員が集まるのだろうかと心配しましたが、結局集まった会員は80名程。当日も天気にも恵まれず(宴会日和だったという人もいる)、観望会は実現しませんでした。しかし家族的な雰囲気朝までワイワイと語り明かしました。

## 【編集後記】

おかげさまで、天文台公園は天候不順にもかかわらず5/2のオープン以来猫の手も借りたほどの忙しさです。なんて言い訳を言っていました。また今月も発行が遅くなってしまいました。

さて、今月号でJNL Tについて書いて頂いた安藤さんは天文台のお膝元、佐用町出身。この西はりま天文台公園で学んだ地元の子供達の中から将来、第一線の天文学研究者が誕生することが、我々天文台スタッフの夢であり目標です。

(M. O.)