

かし何といっても 10" の image についての話である。マサツが適当でない、滑かな動きをしないとされるが、JNLT の場合 0.1" の image を物にするには、少くとも 0.01" 程度の制御が必要と思われる。電波屋には想像もつかない精度である。一体物はどこまで滑かに連続的に動くであろうか。何か量子のようなものがある、ステップ送りの限界があるように思えてならない。

### 3. 野ざらしの電波望遠鏡

望遠鏡が野ざらしということで、日に照らされた物ほどの位温度が上がるだろうか、夜間物の温度はどの位下がるだろうか、気温との関係はどうだろうか、というような測定がスタートした。最悪の場合は、晴れた無風の夜間だけ観測できればよいと思われたが、やはり電波だから屋間の観測もやりたいし、第一太陽自身の観測も予定されていた。レドーム（スリットなし）も検討されたが、ミリ波における膜の透過率が強く危ぶまれた。望遠鏡を風雨（雪）から保護するだけのもので、屋間の太陽光の遮蔽もそれ程効果的でなく、内部の温度上昇や、又レドームの北側についた雪や氷が何ヶ月も融けなかったらどうしよう、などの意見があったりして、レドームは実現しなかった。費用は全体として 1.3~1.4 倍程度にしかならなかったが、直径 60 m のレドームはどことなく「こわかった」というのが本音であったかも知れない。

「物の温度は、気温をはさんで、昼間は気温より高く、夜間は気温より低い」など、ささやかな事柄も見つかった。高さ方向には、子午環の人が昔 21 m まで測られたものを見せて貰ったり、バルンにジャンクションをとりつけて 50 m 位まで上げたりして、それ程の温度差（ $\sim 2^{\circ}\text{C}$ ）を認めなかったが、野辺山で畑の中に 30 m の塔を建てて測ったら、地面近くの気温は、30 m の所より  $10^{\circ}\text{C}$  近くも下がる（夜間）こともあってびっくりした。これは地形や風などに強く関係しているようである。草や立木が多いと温度差が現れにくいようである。何れに

しても、45 m 望遠鏡の恒温化について何らかの結論を迫られた時期であった。目標は温度差  $1^{\circ}\text{C}$  以下であった。結局日除けと、空気の循環とを併用する程度に止まった。因みに IRAM 30 m では骨組構造の完全空調をやっていた。

45 m は光の望遠鏡のように歴史はなく、何事にも初めてのことが多いので、わからないことは多少強気でやって見ることにした。ミリ波と水蒸気の問題などもそうであった。屋根の厚いアストロドームの役割や、空気のゆらぎなどについて詳しいことを経験したり、よく知っていたりすると、45 m のようなものは恐ろしくてよう手が出せなかったかも知れない。広く知識を求めることは必要であるが、ある程度進んだら、人のいうことなど聞かない依怙地さ、職人氣質のようなものも必要ではないだろうか。JNLT は人のいうことを聞き過ぎるような気がする。

### 4. JNLT で観てもらいたいもの

恥をしのんで一言だけ。特別な提案などあるわけもないが、私自身は、現在野辺山で、星のまわりに或る時期の太陽系のようなものを探査することに魅力を感じている。ガス円盤や、反射星雲のようなダスト雲は、もう見つかったとあってよいであろうか。太陽系のようにでき上ったスケスケのものは勿論見えないであろうが、画架座  $\beta$  星のような赤外超過の星には、890 nm で、ダスト円盤（散乱？）が見つかっている（中野先生の解説）。一方 Vega の 85 K のスペクトルは、粒がパチンコ玉位あれば、ミリ波で 20 ミリジャンスキー程度の強さを与える。これは、野辺山干渉計の検出感度（1" 分解能）ギリギリの値である。現在その他にも、ダストからの放射と思われる正体不明の電波（短ミリ波）が、野辺山でもかなり見え始めて来ている。JNLT による星近傍の集中ダストの探査を期待したい。JNLT も、NRO 干渉計も「集中物体」に強いことは、今までの何物にも優っている。

## 返信：「赤羽書簡」を読んで

天文月報編集委員会にはチェ者がいて、「JNLT 往復書簡」なるシリーズを考えだした、たしかにナショナル・プロジェクト的大計画であるとはいえ、いささか破格なこの扱いに、JNLT は見事応えられるであろうか？ 10 年先には、その答えがでる。

さて赤羽先生の「期待と要望」は、野辺山建設の思い出を共有する私としてはなつかしい気持で拝読した。4 月に野辺山から JNLT に移ったばかりの私に返信のオハチがまわってきたのは、適切というか、不適切というべきか。「赤羽書簡」にはいくつかの重要なポイントが指摘されていると思うが、これについて“答える”という固苦しいことでなく、それらのポイントについて一緒に考えていただきたいという気持でそれぞれ述べてみたい。

ポイント 1. JNLT の役割: 野辺山の 45 m 鏡は何でもやらされる運命であった。「日本で唯一の大型宇宙電波望遠鏡だった」からである。JNLT は岡山、木曾もあるし、独自性が発揮できる恵まれた立場であると赤羽先生は述べ、「しかしそれだけに期待も亦更に大きだろう」と同情もいただいている。私は、これとはやや異なる感覚を持っている。1 つには、口径 8 m の JNLT と、1.8 m の岡山とは、性能・条件など完全にケタ違いであって、その意味では日本において「唯一の」大望遠鏡だということである。JNLT にあらゆる観測要求が殺到して総花望遠鏡になってしまわないためには、JNLT のプロジェクト的運用や、サポート望遠鏡（国内に作るか、海外のものに運営費をだすなどして時間を確保するか）

の実現が大切なことになる。2つめには、JNLTにとって本当に大変なのは、世界で多分3番目の8m鏡、その後10年のうちには10指を数えるだろう8m鏡の1つだという点にあると思う。45m鏡は、「世界で一つ」であった。望遠鏡の特徴、観測装置の不断の開発、すぐれたアイデアを伴う先進的観測で勝負しなければならないことは、JNLT建設にあたって常に考えつづけるべき点である。

ポイント 2. 柔構造の矛盾: 赤羽先生が指摘されているように、JNLTの構造上の最大の特徴は、柔構造の主鏡にある。重力変形に打ち克つための45m鏡の柔構造は、風に対する弱さという矛盾を当初からかかえていた。現在も、これを克服すべく努力がつけられている。

JNLTでは、ミラー研磨の精度不足、重力変形、熱変形のすべてを、薄メニスカス鏡を支える何百ものアクティブ・サポートによってリアルタイム制御する。45m鏡でも一定のリアルタイム制御は可能な構造になっているが、鏡面の形を十分な精度で見出す測定が簡単ではない。この点、恒星という理想的点源がたくさん使える可視光は、断然有利である。一方、JNLT主鏡の柔構造は当然風圧変型の問題にぶつかる。風の息による変形のうち、ゆっくりした成分はアクティブ・サポートである程度補正することを考えているが、基本的には鏡面への風当りは弱くしたということになる。

なお駆動についても、未知の要素は当然ある。ギヤシステムではどうしてもスムーズさに欠けるので、直径4m程度のホイールによるフリクションドライブが採用されるが、0.1秒角 $\approx 1\mu\text{m}$ 相当の精度は保証されると考えられるものの、より高精度を求めたとき、果して0.01秒角 $\approx 0.1\mu\text{m}$ のスムーズな動きは保証できるか？ 風や素早いドライブに対しては？ これらは、どこまで精度を上げていけるかの、興味ある課題の一つである。

ポイント 3. ドームと熱の問題: 45m鏡では熱変形への対処が課題の1つだった。私も赤羽先生の実験データなどをもとに45m鏡・干渉計の熱設計を行い、完成後ほぼ設計どおりであることがわかった時は本当にホッとしたものである。JNLTでは、望遠鏡の熱変形は何とかできる。熱の問題は、空気のゆらぎ=シーイングの問題において最も深刻である。望遠鏡をまもるドームの熱がひきおこすドームシーイング、主鏡自体の熱がひきおこすミラーシーイングの及ぼす影響に最近注目が集まっている。現在、JNLTのドームについての再検討が進み、従来の半球形ドームに変わる、角柱形ないし楕円筒形の

ドーム(もはや“ドーム”とは呼べないけれども)が考えられている。この場合、ドーム上部は望遠鏡と一体になって水平回転する。これは、観測時に外気を常時導入しすみやかに外へ逃がすことで、空気ゆらぎのもとになる温度差を徹底的になくするというねらいである。これはすでに、ESOのNTT(3.5m鏡)で試みられ、三鷹の模型による水流実験(航空宇宙技術研究所の御協力による)でも、よい結果が得られている。この他、屋間のドームの空調、望遠鏡の熱源の極力除去などの対策が講じられる。しかしここでまた、風圧の問題があらわれる。外気をとりいれることは、風圧をまともにもうけることになる。そこで、ウインドシールドや制御可能なルーバつき窓などを動員し、外気の流入・流出をコントロールする課題を、今後解決してゆかねばならない。

ポイント 4. JNLTは、人の言うことを聞きすぎる? : JNLTは、従来の4mクラスに対し、口径のみならず精度、像分解能などにおいても従来の光学望遠鏡のカベを大きく破ろうとしている。シーイング問題、さらに能動光学の実現は、解像度に関するかぎり地上のデメリットをかなり解消することになる。赤外線観測性能、ケタがいの大量データ取得能力など、あらゆる面で従来の「光学望遠鏡」の概念をうちやぶるものとなるだろう。また、そうしていかなければならない。何しろ四百億円の大プロジェクトであり、天文学先進国との大レースでもある。

赤羽先生の言われる「人の言うことを聞きすぎるのでは?」という危惧は、これら大きな課題にとりくんでいくグループの、相対的弱体についての御心配というか、励ましでもあろう。頑張っていきたいものである。

同時にまた、天文学に限らずさまざまな分野の若手・大学院生が、意欲をもってこの計画にとびこんでくることを期待したい。天文学は、宇宙を「観る」ことで始まるのである。

最後に: JNLTに、宇宙論・銀河の分野での成果を期待する声が高い。これは当然のことだが一方、私はJNLTは星の生成・星間物質の解明に極めて大きな役割を果たすであろうことを確信している。特にその赤外性能、広視野・高解像のイメージング性能には、非常な期待がかけられる。赤羽先生の言う原始惑星等の観測は、もちろん最重要課題の1つであろう。幸いにして科学研究費の重点領域として「星間物質とその進化」が来年度からスタートするので、ぜひ「JNLTによる星生成と星間物質」をメインテーマとする研究会を開きたいと、相談が始まっている。ぜひ御参加下さい。(海部宣男)