

LMSA プロトタイプ 10 m ミリ波サブミリ波望遠鏡の建設

浮田 信治

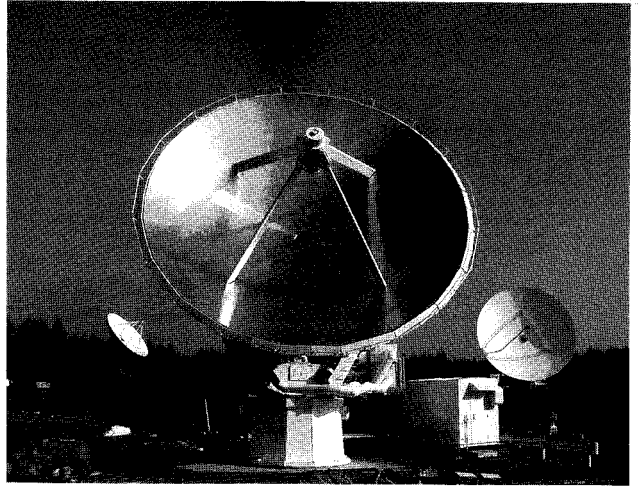
〈国立天文台電波天文学研究系 〒384-1305 長野県南佐久郡 南牧村野辺山〉
e-mail: ukita@nro.nao.ac.jp

今年の2月、直径10 mの新アンテナが厳寒の野辺山にその勇姿を現した(図)。このアンテナは平成10年度から設計・製作が進められていたもので、3月の中旬にはファーストライトを無事終え、引き続き立上げ作業の真っ只中にある。

この望遠鏡は45 m鏡と10 m干渉計を結合した大集光力の7素子干渉計観測(Rainbow観測)に用いられると同時に、大型ミリ波サブミリ波アレイ(LMSA)計画のための研究開発活動の拠点にもなっている。そのため、アンテナ設計はミリ波からサブミリ波帯にわたる広い波長域で必要な性能を念頭に行われ、サブミリ波アンテナを実現する上で鍵となる要素技術も盛り込んだ高精度・高性能のミリ波サブミリ波望遠鏡なのである。

我々が目指すミリ波サブミリ波の観測天文学は、原始銀河や原始惑星系円盤を形づくる低温ガス・塵を直接観測することができる場所にその特徴がある。さらに干渉計観測の特徴である高い空間分解能、例えばRainbow観測では1秒角、LMSA計画では、0.01秒角という空間分解能が達成される。後者は最新の光学望遠鏡やセンチ波の干渉計代表格であるVLAをはるかに凌ぐものである。その鮮明な画像を通じて、惑星系や星の形成の現場・活動的な銀河中心部・初期宇宙における銀河形成過程などに肉迫しようと言う訳である。

我々がこのアンテナに課した基本仕様は、鏡面誤差 $25\ \mu\text{m rms}$ 以下(普通紙の厚みの数分の1)、指向誤差 $1''0\ \text{rms}$ 以下である。既存の大型サブミリ



2000年2月に野辺山に姿を現したLMSAプロトタイプ10 mミリ波サブミリ波望遠鏡

波望遠鏡のJCMT 15m鏡・CSO10 m鏡・HHT 10 m鏡は高い精度を保つためにいずれもアストロドーム・レドームに覆われているのに比べ、このアンテナは干渉計の素子アンテナとしてステーション間を移動するため、屋外使用が基本である。日射や風にさらされた悪環境下で運用する10 m級サブミリ波帯用としては、世界で初めての挑戦である。

主鏡構造部には炭素繊維複合材料及び低熱膨張合金を用いて熱変形を小さくし、かつ自重・風荷重による変形を最少にするような構造。支持回転架台は、高い指向精度・天体追尾精度と、干渉計の素子アンテナとして要求される高い位相中心安定度・光路長安定度(それぞれ $30\ \mu\text{m}$)。さらにシャープな画像を得るためには位相補償が必須であり、アンテナが観測天体と参照天体との間を高速

LMSA で見る遠方のガス惑星の姿

土星より外側の惑星、天王星、海王星はまだ探査機が一度傍らを通り過ぎただけである。通常の地上観測装置では十分な空間分解能で見ることができず、未解決の問題も多い。加えて、近年太陽系外の惑星が発見が報じられているが、現在のところ木星サイズの惑星の発見が限界である。我々太陽系内を見ても木星型惑星（ガス惑星）のそれぞれに個性があるように、太陽系外の木星型惑星にも我々の想像を越えたバリエーションがあるに違いない。太陽系外の姿を理解するためにも我々太陽系の木星型惑星の姿をより詳しく知る必要がある。

ミリ波からサブミリ波にかけての領域にはガス惑星大気中の様々な分子のラインが存在する。これらの分子ラインの波長を通して、それぞれの分子の光学的深さに対応した様々なレベルの大気の様子が見えてくる。それを LMSA を用いてさらに空間分解能の高い観測を行なうことができれば大気の様子を立体的に見ることができる。ガス惑星表面付近の大気組成がその惑星全体の化学組成を代表しているわけではない。惑星大気は常に運動していて、雲を作ったり、降水などの気象現象を起こす。したがって化学組成の分布には空間的な偏りが起こることになる。LMSA による高空間分解能観測はこうしたガス惑星大気中の物質の分布、循環を明らかにすることができるだろう。

長谷川 均（アステック e-コマース）

に switching 出来るようにする必要がある。このため最大速度毎秒 3° 、最大加速度毎秒毎秒 6° という高い駆動性能。これらの基本性能が実現されるように設計するために、ある部分は大胆に新技術・新設計に挑戦し、ある部分はオーソドックスに、またある部分には「すばる」等で培われた技術を応用されている。これらの挑戦・新技術は多岐にわたりその枚挙にいとまがないが、製作段階で達成した中からそのハイライトを2つ紹介する。主鏡面パネルは、 $800 \times 800 \times 50$ mm のアルミ板を NC 機械で数ミリ厚の表面とリブ構造に切削加工し、軽量 (15 kgm^{-2}) でしかも $5 \mu\text{m}$ という超高精度を達成することができた。その開発は素材を知り尽くした技術者のみできるもので、我々には神業としか思えない。角度検出器もすばらしい性能をもつものが開発された。課した仕様 $0''.15 \text{ rms}$ に対して $0''.03 \text{ rms}$ である。12 年前に 45 m 鏡用に製作してもらった同種の検出器が $0''.4 \text{ rms}$ であった。この間開発研究を積み重ねてきたメーカーの成果である。

このプロジェクト、富士山登山でいうなら今が

5 合目あたりだろうか。ここに至るまでに既に随分多くの方々といっしょに仕事をしてきた。具体的な望遠鏡計画には単に NRO の人々だけでなく電波関連研究者の多くの人々が関心を持ち、LMSA 推進小委員会の活動と連動して多方面にわたる検討・建設の輪が広がった。国立天文台とこれら電波関連研究者は、この高精度サブミリ波アンテナの性能評価を LMSA サイト現地の条件下で継続する計画を検討している。

LMSA に向けて開発中の低雑音サブミリ波受信機を実際の観測による評価やサブミリ波観測におけるさまざまな観測技術の開発・評価、サブミリ波による南天の主要天体の探査・詳細観測などの夢がまたまた大きく広がっている。

天文台側に仮運用としてアンテナが渡されたのが2月の末。野辺山での若者の熱気にも目を見張る。2日目の夜には、optical first light をやってのけ、2週間もたたないのに radio firstlight まで一気に到達だ。嬉しいのと同時に、この戦い、頑張ってやるとまた闘志がふつふつと湧き上がってきたのであった。