

## 4 m 短ミリ波望遠鏡

河 緒 公 昭\*・小 川 英 夫\*・福 井 康 雄\*・藤 本 光 昭\*

### 1. 序

名古屋大学理学部では、かねてから 4 m 電波望遠鏡の建設が進められていたが、この度完成し、本格的観測に入ったので、この電波望遠鏡（図 1=表紙）について紹介しよう。

この電波望遠鏡は名古屋大学理学部の宇宙理学専攻の創設時に立案されたものであるが、昭和 56 年度にまずその主鏡が製造され、昭和 57 年 10 月に架台と共に名古屋大学東山キャンパスに搬入され、組立てられた。

その後、受信器の取付け、電波分光器、計算機等のつなぎ込みが行われ、昭和 58 年 3 月にオリオン KL の  $^{12}\text{CO}$  J=1-0 遷移スペクトル線の試験観測に成功した。その後、アンテナ等の調整、指向精度の向上、観測用及びデータ解析用ソフトウェアの整備等の作業が進められ、昭和 59 年 1 月より本格的観測に入った。当初は、常温型ミクサーを使用していたが、昭和 59 年 3 月にヘリウムガス冷却型ミクサーの製作に成功し、以来この冷却ミクサーにより観測が行われている。

この電波望遠鏡は面精度が良く、サイドローブ、エラー・パターンが非常に小さく、良質のビーム・パターンを持つ点では、諸外国のミリ波電波望遠鏡と比べて第一級である。また、新しいミクサーの使用によってデータの取得レートが飛躍的に向上し、星間 CO 分子雲の観測では、一日当たり数百点のスペクトル観測が可能となった。この為にこの電波望遠鏡の本来の目的である星間分子の広域マッピング観測が急ピッチで進められる状況となった。現在、受信器改良の実験が進められており、近い将来更に強力な電波望遠鏡となることが期待される。

この電波望遠鏡は名古屋大学以外の方々にも利用されており、昭和 59 年 5 月迄の実績では、京都大学宇宙物理 (300 時間)、兵庫教育大学 (150 時間)、東京天文台野辺山宇宙電波観測所 (100 時間) となっており、約 20% の時間が外部使用となっている。

### 2. アンテナ

アンテナは直径 4 m、 $F/D=0.493$  の回転放物面の主鏡、直径 30 cm の副鏡、5 つの斜鏡からなるカセグレ・クーデ方式、架台は経緯儀式である。主鏡の面精度

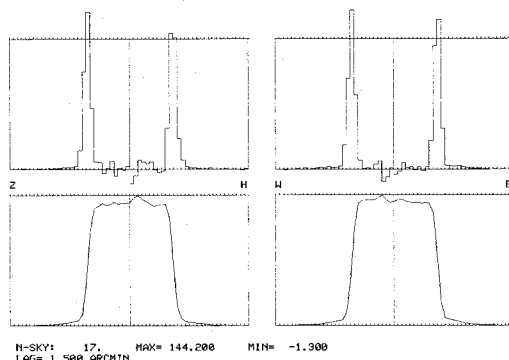


図 2 太陽面の高度方向及び方位角方向にスキャンした強度分布、これの微分から求めたビーム・パターン（波長 2.6 mm）。

は  $\pm 40 \mu$  より良く、波長 1 mm でも十分な精度を持つ。

第 2 図は波長 2.6 mm で太陽面を高度方向、方位角方向にスキャンした強度分布、及びこれから求めたビーム・パターンを示す。太陽観測から得られた主ビームの半値幅は  $2.7'$ 、エラー・パターンは半値幅  $12'$ 、パワー・パターンの積分値は 12~14% となっている。

#### (i) 主 鏡

主鏡の製作には、厚さ 1 cm の耐蝕アルミ板の溶接により原形を作り、立型ならい旋盤により仕上げる方法がとられた。この方法によると、非常に軽いアンテナ（約 700 kg）が出来上がり、望遠鏡の駆動が容易になる。この主鏡の製作は法月惣次郎氏の創意と工夫によるところが多であり、ここで同氏に対し深い感謝の意を表したい。

この方法の第一の難点は溶接の際に生じる変形にある。そこで最初に骨組（第 3 図）を組立てる時に、鏡面の溶接で生じる変形を考慮して、設計値の  $F/D=0.5$  に

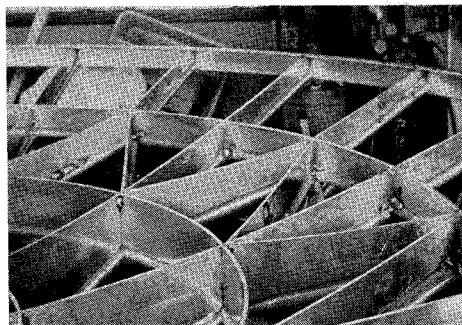


図 3 主鏡（パラボラ）面の骨組の一部

\* 名大理 Kimiaki Kawabata, Hideo Ogawa, Yasuo Fukui and Mitsuaki Fujimoto: The 4 m Mm-wave Telescope at Nagoya University

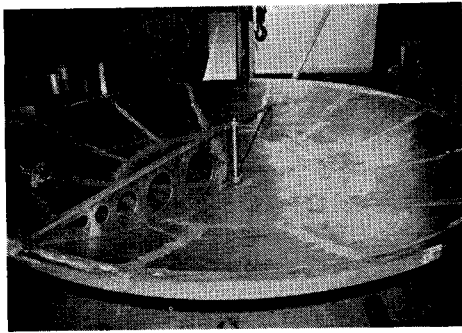


図 4 主鏡の骨組に耐蝕アルミを溶接した原形

比べて浅い骨組が組立てられた。次いで、鏡面の形にプレス加工した耐蝕アルミ板の鏡面が溶接された(第4図)。これ等の溶接は、最初の溶接の際に起った変形を次の溶接の際の変形によって、自然に補正するように手順を考えながら進められた。こうして出来上がった鏡面の原形は  $F/D$  が設計値の 0.5 に近い 0.493 の回転放物面に近かった。この原形に、更に加熱とやきなましを繰り返しては鏡面測定を行ない、再び加熱、やきなましを繰り返して成形するといった手順が再三繰り返され、最終的には  $F/D=0.493$  の回転放物面と peak-to-peak で、0.3 mm の誤差で一致する主鏡の原型が出来上った。

次の旋盤加工であるが、この際次の原因で誤差が生じる。第一に立型旋盤のターンテーブルは床の上に据付けられており、切り刃を移動させる為の I 字鋼は建物に固定されている(第5図)。この為に切り刃(バイト)の移動に伴って、I 字鋼の重力変形がおこる。第二に旋盤等は鉄製であり、鏡はアルミ製である為に温度変化による熱変形が異なる。第一の問題については切り刃を移動させては変位を測定し、I 字鋼及びその支柱に必要な補

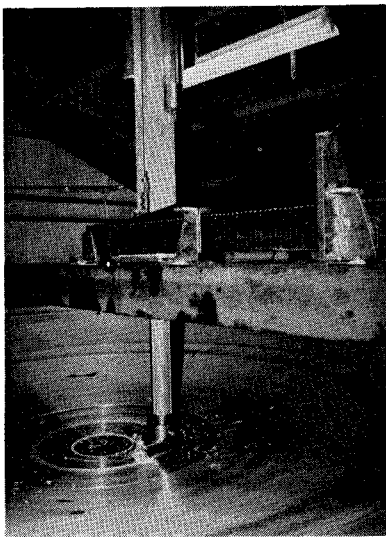


図 5 主鏡切削工程

強を加え、十分な精度が得られるようにした。また、熱変形の影響を最小にする為に、ならいのゲージをアルミ製にして、鏡面の中央に対応した点を固定し、端はすべるような構造にした。また、ゲージの上端に鋼のベルトを置いて、ならいの刃がゲージに食い込むのを防いだ。旋盤のターンテーブルを回転させた時に起こる風の為に空間的温度差が非常に小さくなる事が確かめられた。以上の方法で旋盤の切り刃は、鏡面の熱膨張に応じた回転放物面上を動く事が確認された。

こうして作られた鏡面は  $F/D=0.493$  の回転放物面との誤差が  $40 \mu \text{ r.m.s.}$  以下となった。この鏡面を磨き上げ、その後も随時鏡面測定を繰り返し、鏡面製作時にひずみの生じていない事を確認して、東山キャンパスへ運び込んだ。

納入時の鏡面は塗装されていなかったが、その後太陽を観測すると熱変形が起こることが分ったのでウレタン系白色塗料により塗装した。この結果、太陽光は乱反射され、また鏡面からの赤外線放射により鏡面が冷却されて、太陽光による熱変形は無視出来る程度に小さくなった。

## (ii) ビーム伝送系

クーデの為のビーム伝送系の概念図が第6図に示してある。EL 軸上にある平面鏡を回転振動させることによってビーム・スイッチングが行なえるようにしてある。第四斜鏡(M5)と第五斜鏡の間には円偏波発生器が置いてあるので、受信波は円偏波である。この円偏波発生器は、フィーダーから放射される受信器雑音を入射波と逆向きの円偏波に変換し、副鏡で反射されてフィーダーに戻る時には、入射波と直交した直線偏波に変える働きをする。副鏡との間に生ずる定在波はスペクトル観測を行なう際に、スペクトルのベース・ラインを波打たせる結果を生むので、弱いスペクトル線の観測に障害となる。円偏波発生器はこの定在波をおさえる為に良質のスペクトルが得られる働きをする。

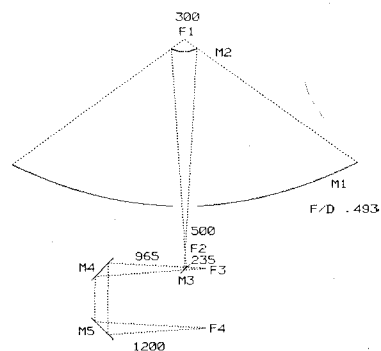


図 6 ビーム伝送系の概念図

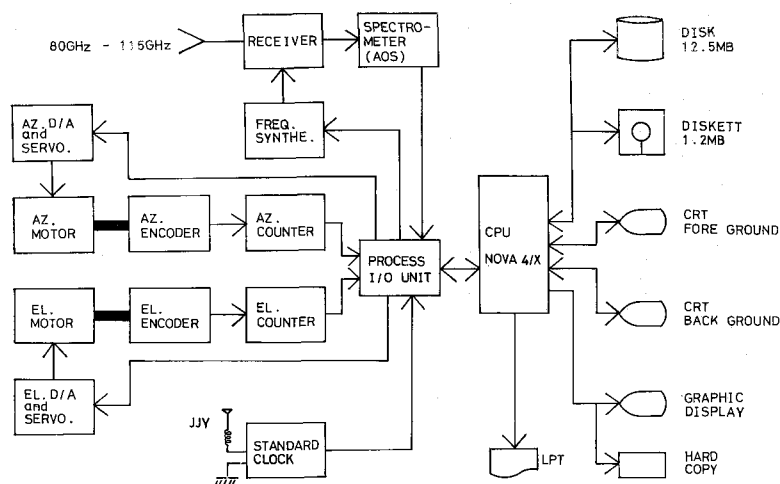


図 7 駆動系、受信器、分光計と計算機関係の概念図

### (iii) 駆動系

第 7 図は駆動系、音響光学型分光計等と計算機の結びつきの概念図を示している。アンテナの駆動制御はすべてこの計算機によって行われている。アンテナの指向方向の方位角及び天頂角の算出に際しては、大気差の補正の外に、方位軸の傾き、方位軸の離心率、アンテナの重力的たわみ、コリメーション誤差等の補正が行われる。これ等の補正量のうち架台に関係した値は、望遠鏡に直径 5 cm の光学望遠鏡を取り付け、光学的に行なわれている。重力的たわみは星の光学観測と太陽の電波観測により行なわれているが、両者は良く一致しており、副鏡支柱のたわみは小さい事が判明した。コリメーション誤差は太陽の観測により求められている。昭和 59 年 5 月現在で、アンテナの制御誤差は  $\pm 10''$  以内、絶対指向誤差は  $\pm 20''$  以内である。

観測は普通、一観測点あたりの積分時間が 2～3 分であり、数分毎に別の方向にアンテナを向けなければならない。また、ポジション・スイッチングを行なう時には on 点と off 点の間の移動がひんぱんに行われる。アンテナの指向方向を変える時間は観測時間の損失になるので、アンテナ制御のソフトウェアでは、アンテナが早く向きを変え、すぐに正常なトラッキングを行なえるように配慮してある。指向方向を  $2\sim 3^\circ$  程度変える場合について述べると、約 5 秒で次の指向方向から  $0.2^\circ$  以内の方向に向きが変わり、約 2 秒で正常なトラッキングを行なうようになっている。

### 3. 受信器

受信器のフロントエンド部は、現時点では 15K 冷却のダイオードミキサ受信器を用いている。これは局部発振器の周波数を変えることによって、90 ギガヘルツから 120 ギガヘルツまで同調できる。設計製作は全て私た

ちが行ない、目下雑音温度 200K (両サイドバンド) の性能である。これは、世界の第一線と比べて遜色のないものである。

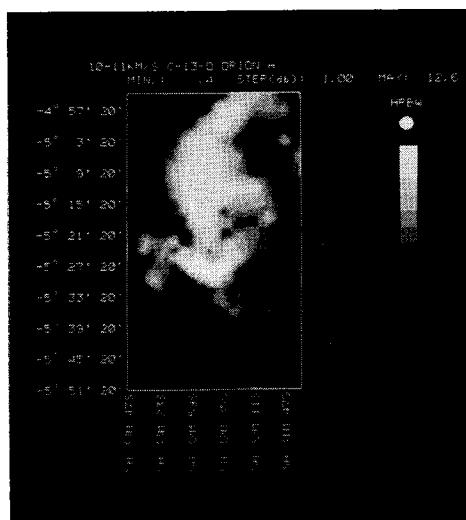
一方、バックエンド部としては二つの音響光学型分光器がそなえられている。一つは高分解型で、帯域幅 44 MHz (104 km/s)、周波数分解 40 kHz (0.1 km/s) の性能をもつ。もう一つは高帯域型で帯域幅 280 MHz (728 km/s)、同波数分解 240 KHz (0.6 km/s) である。ここで、かっこ内の値は  $^{12}\text{CO}$  J=1-0 スペクトル線を観測する時の速度換算値である。音響光学素子としては、松下技研の製品が使われている。

観測は高分散型のものを使い、2 秒毎に周波数をふって、周波数スイッチングで行なうのが通例であり、高帯域型は特に広帯域のスペクトル線の場合にだけ使用され、この場合にはポジション・スイッチングで観測される。

### 4. 観測及びデータ解析

観測は現在  $^{12}\text{CO}$ ,  $^{13}\text{CO}$ ,  $\text{C}^{18}\text{O}$  の J=1-0 遷移スペクトル線で行なわれている。一点当りの観測時間 (積分時間) は通例 30 秒乃至 10 分であり、2～4 分の場合が最も多い。観測は平均一人 6 時間ずつ、1 日 4 交替で行なわれているが、一人の観測者はこの 6 時間のうちに 30 乃至 100 点以上の観測点のスペクトルを得ることになる。このように高速にスペクトル観測を行なう為には、観測及びデータ解析の自動化が必要になる。観測者には、ある点の観測が終わったらそのデータを見て次の観測点を定めてそのように操作するといった、のんびりしたペースで事を運ぶだけの時間的余裕が全く無い。

観測についていうと、観測するスペクトル線、積分時間、較正の頻度、off 点の位置、観測点をどの点の回りのどんな領域とするのか、間隔をどう取るか等を与える

図 8 オリオン<sup>13</sup>CO スペクトルデータ

と、各観測点の当日の  $\alpha$ ,  $\delta$ , 局部発振器の位相ロック周波数等算出用のパラメーター等が算出され、ディスク・ファイルに書き込まれる。観測を開始するとアンテナ、局部発信器の位相ロック、分光計の作動等がすべてこのディスク・ファイルの情報に従って行なわれるようになっている。

データ解析も一つ一つ処理しては時間もかかり、また入力誤り等で均一な処理が行なわれない危険性もある。そこでいくつかのデータについて試行錯誤を行ない、解析の方法を定めた後、その解析の為のパラメーターを与えると、すべての観測データについての同じ解析が行なわれ、結果が次々とグラフィック・ディスプレイに表示されるようになっている。従って観測者は、表示された結果を見ていて具合の悪いものがあれば、それを控えておいて後日の観測に備える。また、データを  $\alpha$ ,  $\delta$  あるいは  $l, b$  の順に並べてスペクトルを表示したり、輝度、強度、ピーク速度、速度別強度等の分布図を直ち

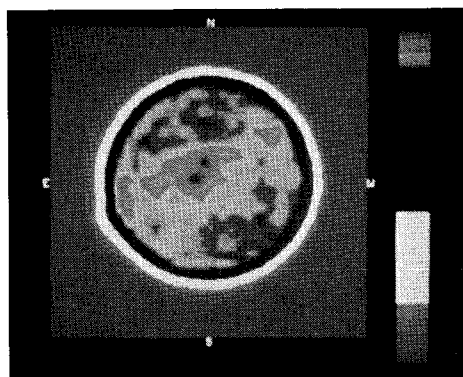


図 9 4月28日の太陽面マップ

に作れるようになっている。図 8 はオリオンの <sup>13</sup>CO スペクトルデータを示す。図 9 には太陽面マップの例を示す。

観測は多岐に亘っており、この項については、又別の機会に譲りたい。

### 謝 辞

この望遠鏡の主鏡、架台の製作を担当された法月惣次郎氏には、改めて謝意を表す。

また、受信器、光学系、分光系、データ処理系等の製作及び調整には、名古屋大学大学院の鷹野敏明（現ケルン大）、川辺良平、藤本泰弘、諏訪いずみ、杉谷光司、高羽 浩、岩田隆浩、大橋洋二、水野 亮の各氏の貢献が大である。

光学系ミラー等の製作に関しては、名古屋大学理学部金属工作室、受信器室等の製作に関しては、同物理金属工作室の方々によるものであり、ここで謝意を表す。

本研究は、文部省科学研究費（課題番号 56420004, 57420003, 58420004, 58840004）の援助のもとに行なわれた。

## 雑 報

### 1985 年情報シンポジウム

日本学術会議情報学研連委の主催する情報学シンポジウムが 1985 年 1 月 8, 9 日、学術会議で開かれる。参加希望者は氏名、連絡先、職名、資料必要の有無をハガキで下記に申し込んで下さい。内容はデータ収集、表現、

標準化、管理システム、検索、構造、利用技術、高次処理、流通、分野別応用など、講演申込みはオフセット原稿用紙 B4（記入枠 A4）2 枚に題目、著者、所属、要旨を記載し、12 月 10 日までに必着のこと。

宛先：〒106 東京都港区六本木 7-22-34

日本学術会議事務局学術課 山田哲範  
電話 03-403-6291（代）