

木更津高専の 1.5 m ϕ 電波望遠鏡

小平 真次*

電波天文との出会い

来年は早くも木更津高専の 10 周年である。中村強さんと一緒に本校の勤務については開校の翌年 1968 年であった。初めの 3 年間は教育課程、実験実習、購入設備等の検討で多忙に過ごし、また設備を有効に生かすため他機関からの移管物品探しに奔走した。一方、教壇に立つと学生からは、社会的評価の確定していない卒業後の不安や、青春の悩みが強く感じられた。そこで彼等の視野をより広く、落ち着いて彼等自身をみつめる心を、卒業研究を通して養えたらと思った。それから、長い時間彼等と接し得る卒研のためのテーマ探しを始めた。

1971 年の 3 月、中村さんに東京天文台にさそわれた。ところが宇宙電波部の実験室に入って驚いた。当時電気工学の分野でも、これからの課題であったミリ波、そのミリ波の受信器を血眼で自作している。と言っても周囲には十分な測定器も見当たらない。宇宙電波を受けるのだと言う。一瞬、本当に受かるのだろうか、なぜメーカーに試作を頼まないのだろうかと思った。話を聞くとメーカーに依頼するに十分な研究費もなく、性能もあまり期待できないと言う。当時は受信器の特性も悪く、今ほどミリ波による電波観測の見通しも全く立っていなかった頃である。そんな困難にもまして宇宙電波のささやきを聞きたい、宇宙の神秘を解き明したいという情熱に感動した。“自然を深く知りたい”。これこそ太古より人間のすなおな感情であろう。科学に対する広い視野、科学する心、こんな情熱、これを電気工学を目指す学生と共に少しでも育てて行けたら……。大学より研究費は少ないが学生と一緒に頑張れば 1 つでも問題が解決する。まして教育にはその過程が重要である。また電気工学としての卒研のテーマにも種がつかない。そう思って三鷹をあとにした。

1.5 m ϕ パラボラアンテナ

その年の 4 月に第一期生の卒研が始まる。本校の電気工学科の協力により赤道儀式架台を購入してきた。しかし残った研究費はほとんど無し。もとより自作は覚悟の上である。あちこち走り回って種々のエレメントを拝借する。卒研では先ず 0.3 m ϕ のパラボラを学生と共に本校

の工場の協力で鋳型造りから始め、アルミを溶し流し込む。また増幅器もトランジスターを数本購入し、他の部品は解体品を探す。一方、観測に必要な天文の知識を中村さんよりしごかれる。しかしそれにも増して、学生の熱意は高揚した。その年に電波を受けるに至らなかったが、卒研テーマをミリ波の電波望遠鏡としたのは大成功であった。翌年幸運にも文部省の特別設備費が認められ、これにより購入できたアンテナが 1.5 m ϕ のパラボラである。

当時受信器の性能からして宇宙電波の受信はとても無理で、先ず太陽、次に月の電波をと方針を決める。

そして 1972 年 8 月 15 日ついに太陽電波を捕えた。今では太陽の 6 千度以上もある電波は、かなり悪いミクサー（周波数変換器）でも受かるほど技術が進歩しているが、当時は悪戦苦闘であった。その後卒研の成果も次第に現われ受信器の性能も向上し、月の電波も観測でき更に高仰角の大気減衰も精度よく測定できる様になった。

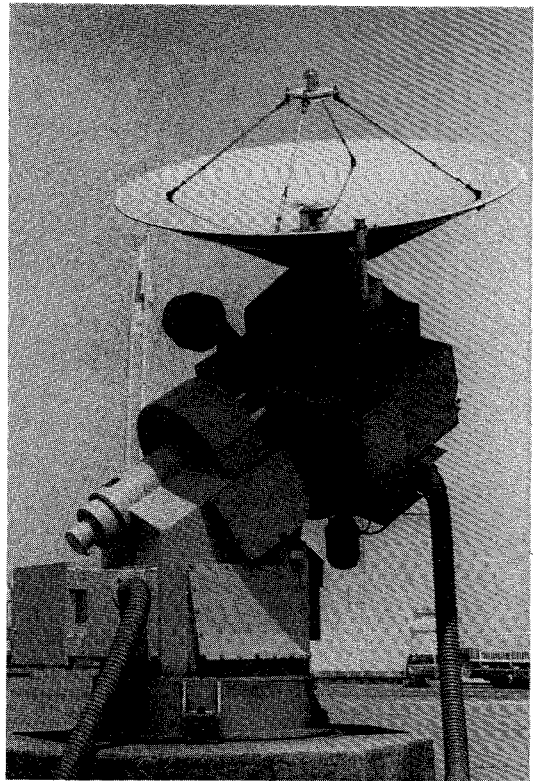


写真 1 木更津高専 1.5 m ϕ 電波望遠鏡 (工学実験棟 4 階の屋上に設置されている)。

* 木更津高専

S. Kodaira: 1.5-meter radio telescope at Kisarazu Technical College

卒業生も自分達の作った装置の調子を見に時々本校をたずねて、その成果を見て喜んでくれる。

しかし講義、電気実験、学生指導等で残り時間も少なく、その上、アンテナは手動で観測には人手と時間がかかり過ぎた。ところが1973年1月、本校で計測制御の教育に重点を置こうとの計画にもとづき、OKITAC-4300Cのミニコンが導入された。まさに天の助けである。これでアンテナ駆動の制御、測定データの処理が可能となれば、人手が省けより微弱な電波も受信し得るとの期待にその年の卒研にミニコンでの自動化を主なテーマとした。

その頃、木更津もミリ波をやっているなら天文学会に顔を出さないかと言われて出席した。ところが、会場に入ったら装置以外の話しは全く通じない。宇宙空間をさまよっている様であった。星の名前か人名かそれとも現象名なのか、専門用語とは一般の人にとっては暗号か電波のノイズの如くである。しかし何やらおもしろいので春季、秋季年会、宇電懇シンポ等出かけて行った。次第にノイズに対する分解能も向上し、宇宙の進化、分子雲、星の誕生等の話に興味を引かれた。永劫不変と思っていた宇宙が実は人間と同じように生きている。私の自然観は180度変わってしまった。学生にも時々そんな話しをすると、そのスケールの大きさ、自然の摂理に目を丸くして聞いている。

CO スペクトル電波望遠鏡

1973年11月のある日、長根さんより電話があった。オリオン星雲のCOスペクトル電波は数十KW以上もあり数十分の広がりがある。うまくすると1.5mφで受信出来るかも知れない。夢のような話しである。CO分子は磁気ダイポールが弱く低いコリジョンで電波を出す。したがって収縮中の分子雲を広った視野で観測でき、その解明の手掛かりになる。またその波長でコンテナニウム温度も低くHIよりきれいな渦状腕の状態を浮彫りにしてくれる。森本さんは思考実験大成功とすでに1.5mφでCOスペクトル電波が受かったような勢いである。

具体的な検討を始める。さし当り30chスペクトロメータは三鷹から借られそう。ミクサーは通研半導体研究室の平山氏等(日本のミリ波電波天文は通研の協力によるところ多大である。)の協力でどうにかなりそうとのこと。増幅器等はかなり既存のものが利用できそう。残るは局部発振器とミニコンによるアンテナ駆動に必要な装置である。(後者はその年の卒研で一部手掛っていた。)可能かどうか不安な点もあったが、これ等を1974年の卒研テーマにした。115GHzのCOスペクトル電波を1MHz(ドブラーシフトにより分子雲の速度2.6km/sに

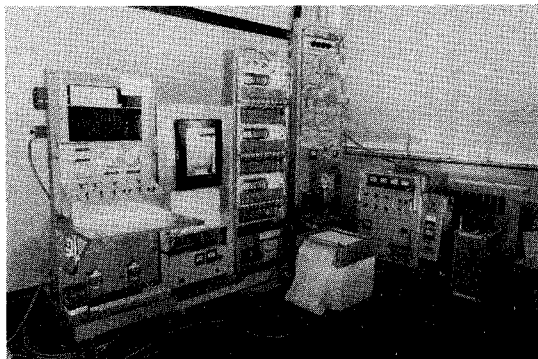


写真2 電気通信準備室の概観。左よりアンテナ操作卓、レコーダ、スペクトロメータ、周波数制御装置、クライストロン電源の順に並んでいる。

相当)まで分解するとして、局発は100kHz以下すなわち 10^{-6} 以上の安定度が必要となる。経費の都合で57GHzの2通倍ミクサーとし、局発にクライストロンを使用し、基準周波数との差を自動周波数制御装置(AFC)を通しリペラーに帰還する方式にする。局発と基準周波数とのビートを出すのに数か月、水晶通信の基準周波数を得るのに半年、AFCループが掛るのに数か月と、Free Runの100倍の安定度を得るため学生も連日夜中まで頑張った。一方自動化もモータ駆動回路、アンテナ角度検出器、水晶時計、制御用論理回路等全て自作で更にプログラム作成等で石井さんも学生と一緒に大奮戦である。昼間は授業でいつも17時が仕事初めである。私の分担の遅れは三鷹の東条さんによる応援で救われた。

しかし卒研発表までCOスペクトルを受信できなかったが、それでも卒業生の胸は充実感があふれていた。

5万°Kと勇者

COスペクトル電波望遠鏡もほぼ完成し、数万°Kを期待してスイッチを入れる。ところが何と30万°K、これでは何時間観測してもCOは受からない。更に制御用論理回路等にも欠陥が現われ、その修正に追われる。観測能率を上げようと採用した周波数切替方式のAFC装置が安定しない。やむを得ず一時普通のDicke方式に変更する。あちこち調整を繰り返す数週間ごとに10万°K、7万°Kとそして新しい卒研生を迎える頃には5万°Kとなった。

その頃、東京天文台より大学院生の稲谷さんがCOサーベイをやりたいと木更津にやって来た。感激である。5万°Kでも使おうという勇者が現われたのである。さっそく観測用プログラムを担当してもらおう。

計画当初、理論値によると大気減衰がかなり大きくて海に近い海拔25mの木更津では大分困難であろうと心

配した。しかし太陽電波、大気雑音電波等の実際の観測で大気減衰が予想した値より少なく、数万°Kの受信器でもCOが受かると期待する。とにかくオリオンに向けてみようとして観測を始める。アンテナの操作卓に一人、廊下に一人、ミニコンに一人配置し、数分ごとに大声でON、OFFを繰り返す。あまり奇妙な声を出さずので本校の教官がノゾキに来た。駆動プログラムが未完成なので、と釈明し馬声に我慢をしてもらう。数時間わめき続けてもCOが現われない。このように数日試したがだめ。そこで稲谷さんもアンテナからミニコンに至るまで執念深い調整をする。しかし数週間しても受からない。見かねた宮沢さんが相模中研よりクライストロンを拝借して来てアンテナから115GHzの信号を入れ周波数の確認をする。周波数は正しい。ところが2通倍ミキサの調整がかなり微妙である。それではと調整を繰り返し、その微妙さを指先に修得した。各部の調整を入念にし、快晴を待つ。

7月29日観測開始、30分経過COらしき気配あり、60分経過、確からしい。まだ安心できない。局発周波数を変えて再び観測開始、30分経過CO現われる。万歳……。計画に着手してから約一年半ようやくオリオンのCOを観測できた。その後W51も観測したが受信

器の雑音温度が数万°Kであるため2カ月もの期間を必要とした。

CO サーベイ

この頃からアメリカでTexasの5mφ、NRAOの11mφによるCO観測に関するペーパーが毎月でようになった。NRAOの受信器は冷却ミクサーにより800°K、とても肩を並べられる技術ではない。もっともCOは21cmのミリ波版と言われ、HIより更に収縮した分子雲の情報を持っており、その魅力にとりつかれれば冷却ミクサーの出現も必然的なものであろう。

ところでCO分子雲は広いものは数度から狭いものでも数分以上の広がりをしていいるものが多く、手早く様子を知るためのサーベイ観測にはビーム幅が約10分の1.5mφのアンテナが最適である。1.5mφの1ビームの範囲を11mφでカバーするには約100回の観測が必要で、したがって800°Kのミクサーでも80°Kのミクサーと同程度の時間を必要とする。また間引きをすれば局部的な分子雲の影響をかなり受けるだろう。図1に最近1.5mφで観測したNGC1333を示す。こんな広い分子雲に至っては1.5mφで十分すぎる。ともあれ、ここ数年は能率的なCOサーベイが急がれる。また興味あ

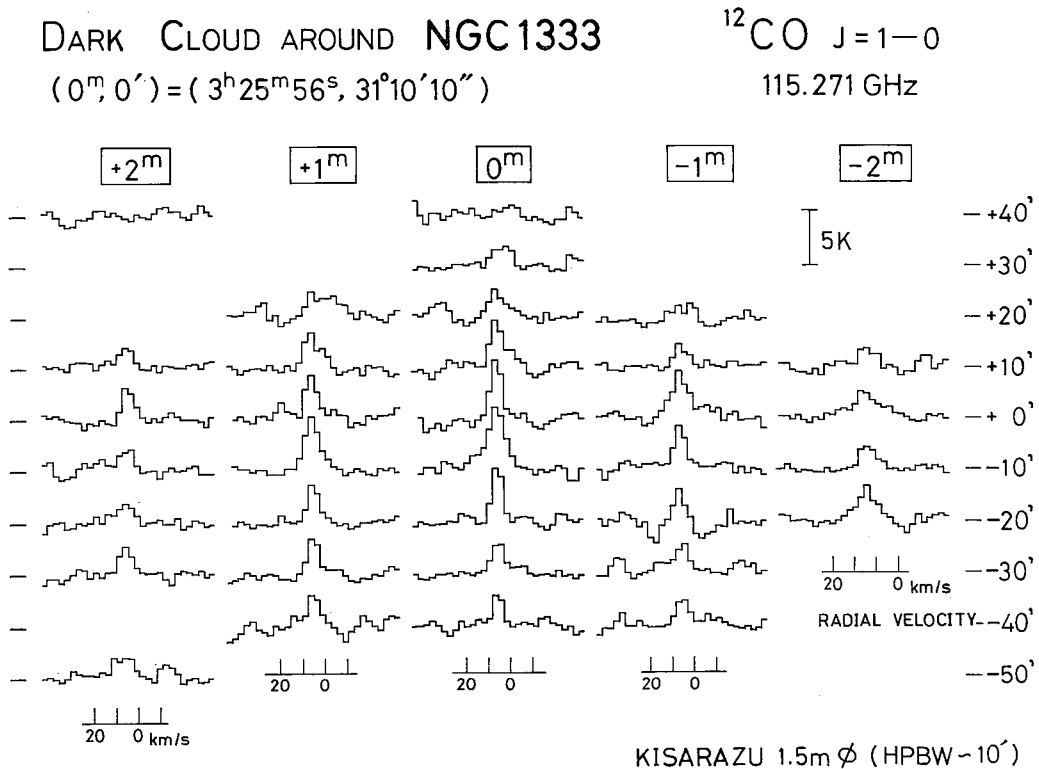


図1 NGC1333のCOスペクトル観測結果。(現在ではこの数倍の広さにCOが分布していることが観測で明らかになった。)

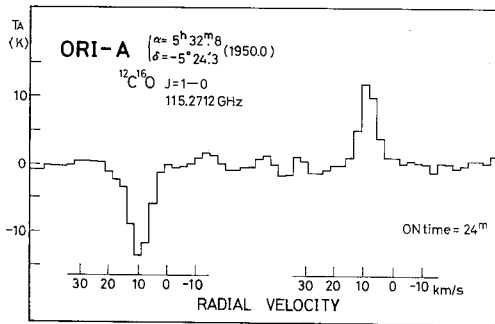


図 2 周波数切換方式によるオリオン A の観測例。切換周波数幅 30 MHz 離れてスペクトロメータの 2 カ所にそれぞれ極性が逆の CO プロファイルが観測できる。

る分子雲が見つければ三鷹の 6 mφ で空間分解能の高い観測を行ない、より有効なデータが得られるだろう。

その後能率的な CO サーベイを旨とし受信器の改良を行ない、現在では雑音温度 7 千°K を得ている。またスペクトロメータの周波数範囲を拡張し、さらに 30 MHz 幅の周波数切換方式による観測も可能となった。図 2 にオリオン A の観測結果を示す。この方式により観測できる銀河の領域は狭くなるが受信器のゆらぎを減すため

の切換を行なっても常に CO の電波をスペクトロメータ中に受けることができ、普通の Dicke 方式に比較し観測時間が半分ですむ。さらに大気雑音電波によるゆらぎを軽減する最良の方式である。1.5 mφ も CO サーベイに耐え得る実用的なものになりつつある。

1. 今後の課題としては受信器の雑音温度を低くする。さし当り 3 千°K 程度は可能であり、それ以上は冷却ミクサーさらにはジョセフソンミクサー等新しい技術によらねばならない。

2. 温度の較正。観測データの質が向上するにつれ、より正確で短時間にてできる較正方法を確立すること。

3. 50 MHz 以上の周波数切換方式とし同時に銀河全領域をカバーするようスペクトロメータの周波数範囲の拡大を計る。

4. ミニコンによるデータ処理能力の向上。

5. 観測の自動化。これは木更津高専での学生教育と卒研を考えると特に重要な事柄である。

以上の課題はいずれも電気工学と非常に関係が深いものであり、学生への教育効果を上げるに適切な卒業研究テーマとなりうる。またこれにより多少でも自然科学の解明に役に立つデータを提供できればと思い、これからも頑張っていきたい。

わが国唯一の天体観測雑誌

天文ガイド

定価240円(〒45円) 76-10月号・毎月5日発売!

●10月号のおもな内容

- ★秋風とともに木星が接近。観測シーズンが始まります。小口径望遠鏡でも観測できます。おなじみの仙台天文台の小石川正弘さんの観測ガイドです。3回の連載。
- ★零下30度をこす南極大陸に小型赤道儀を持って行ってガイド撮影をした南極観測隊のトラブルの紹介します。
- ★バイキングが火星に着陸する……? バイキング速報で毎号くわしいニュースや写真を紹介します。
- ★水星が夜明けの空で観測シーズンとなりました。観測ガイドは下保さんです。
- ★そのほかオリオンとしし群の観測、10月の空……ほか

彗星ガイドブック

日本は数十年前から、新彗星発見で世界のトップに立っています。しかもその発見が、若いアマチュア天文家によるものだったために、後に続く若者の数は最近ますます多くなりつつあります。そうした若い人々の手引きとなることを目指して、戦後6個の新彗星を発見した著者が、熱意をこめて書いた本です。

●関 勉著/A5変型・258ページ・1,300円好評発売中

切りぬく本

たのしい天体観察用具

初めて天体現象を観察する人のために、望遠鏡や双眼鏡によらない観察用具の作り方を紹介する本。おもな材料は紙(ボール紙)ですが、それらはすべて、切りぬけばすぐ作れる型紙として本書についています。身近にある材料を加えて、かんたんに用具が作れ、しかも正確です。

●子供の科学別冊/B5・130ページ・950円好評発売中

誠文堂新光社 東京都千代田区神田錦町1-5
振替東京7-6294 電話03(292)1211