

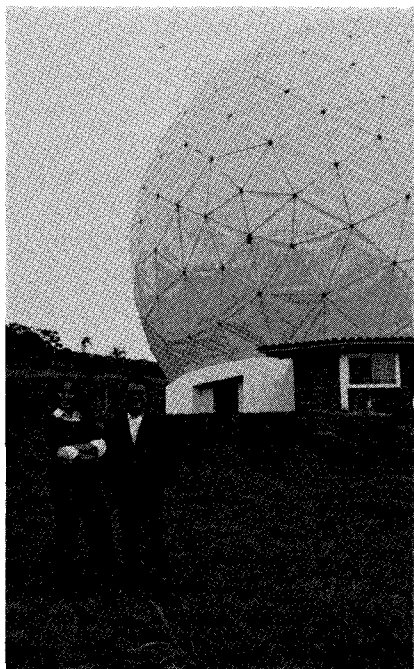
ブラジル CRAA ㊦ 訪問記

森本 雅樹*

まずこの CRAA ㊦ なる言葉の説明からはじめねばなるまい。一番オカシイのは ㊦, この森永のエンゼルマークみたいなのは、サンパウロのマッケンジー大学のマークだそうである。タイプで打つときには仕方なく M と打つが、道路標識、サッカーチームのユニホーム、みんな ㊦ になっている。次は, R A A, これは電波 (Radio) 天文 (Astronomy) 及び天体物理 (Astrophysics) の略, そして最初の C はセンターの C である。「マッケンジー大学電波天文・天体物理研究センター」とでも読んでいただければよい。ここで 30 人近くの人たちが働いている。所長はカウフマン氏。現在取組んでいる主な仕事はミリ波の星間分子の観測, 太陽電波の観測, それに短波や V L F の伝播の観測などである。

これでは「電波天文及天体物理」研究センターとはおこがましい, とお叱りの向きもあろうが, 所長のカウフマン氏は気宇壮大というか調子がいいというかそんなお叱りは気にもせず仕事を進めている。

さて, 私たちとの関係だが, 10 年少し前, この研究所 (そのころは研究グループという程度の大きさだった) のスカリーゼさんが東大の天文教室に留学された。ま



14 メートル電波望遠鏡のレドーム

た, 同じミリ波の星間分子スペクトルの観測をしているということでもいろいろ協力し合っている。

最近この CRAA ㊦ がマッケンジー大学の組織からはなれ ON/CNPq の傘下に入った。ON は言わずとした国立天文台 (Observatório Nacional) そのうしろのむずかしい字は Conselho Nacional de Pesquisa の略でカナダの NRC (National Research Council) などと同じ様な組織である。原子力, 宇宙開発などの組織を傘下に持っている。

実は CNPq の正式な名称は何年か前に変わってしまっているのだが略称としての CNPq の字はそのまま踏襲して使われている。CRAA ㊦ もマッケンジー大学から組織上はなれても依然として略称をそのままに使っている。(この場合はマッケンジー大から大学院生が多く来ているので少しは事情はちがうが)。お国柄なのかそれともここが特例なのかわからないがなかなかおもしろい気がする。

サンパウロに着くまで

さて私の旅行だが, ブラジルに向う途中でペルーのワンカイヨー天文台に寄った。飛行機で大平洋岸の首都リマに降りる。そしてコレクティブという乗合タクシーでアツと言うまにアンデスの峠 (4830 m) を越えるとそこはもうアマゾンの流域である。更に 3 時間ほど, 合計 6 時間たらずでワンカイヨーに達する。この 6 時間は, タクシーは 6 人詰めこむし, キャビンは気密になっていないし, 飛行機に乗るよりも大変である。このワンカイヨー天文台の支所としてコスモスコナ観測所がこれもまた 4600 メートルのコスモス山にオープンするというので東京天文台長のメッセージを持って出席した。故上田穰先生, 石塚睦氏らの努力で建設されたこの観測所については開所式にバデリーノをつとめられた清水彊先生が書かれるであろうからくわしくはふれないが, 大変盛会であった。高地でのメッセージ朗読はなかなかの重労働であった。

ともあれそうやってペルーに 3 日ほど滞在し再びリマから一飛びでサンパウロに着いたのが 10 月 22 日であった。

イタペティンガ電波天文台 13.7 メートル望遠鏡

ここには直径 13.7 メートルのミリ波専用電波望遠鏡がある。米国の ESSCO 社 (略跡の説明はもうウンザリされたと思うのでここではしない) の作品である。ESSCO 社ではこの望遠鏡の成功を手がかりに, 世界各国に

* 東京天文台 M. Morimoto: CRAA ㊦ in Sao Paulo



サンパウロ、パカエンブー広場の市場（土曜の朝）

同型の電波望遠鏡を売っている。他には全く見られないユニークな設計として有名なので少し触れておこう。

まず第一の特徴はレドームに入っていることである。レドームとは、レーダー (Radar) とドーム (Dome) の二つの言葉を組合わせた言葉で、レーダーにかぶせるドームの名称である。

本来の目的は風雨、氷雪などの自然条件からレーダーのアンテナを保護するためのもので、電波をよく透過すること、風雨氷雪に対して強いことが必要とされる。加圧型（軟かいゴムシートなどを空気圧によってふくらませたもの）とスペースフレーム型（棒状の構造材でドームを組みそこにうすい膜を張ったもの）とがある。

ミリ波の望遠鏡では最も苛酷な自然条件は太陽の熱で、風雨氷雪は二の次三の次である。まるでインソップ物語みたいだが、太陽の光は一方向から当たるため高精度を要するパラボラが熱膨張のために狂ってしまうのである。ESSCO 社では、ミリ波に対して透過性を有ししかも充分な強度を持つ膜材料を開発してアンテナにかぶせ日光から保護することとした。

非常に重要な副産物として、アンテナは同時に風雨氷雪から保護されることになる。アンテナの構造設計が非常に楽になる。電気性能本位の構造設計をすることができる。もちろん波長によっても異なるが、レドームによる反射損などを補ってあまりある結果となる。

以上が ESSCO 側のうたい文句である。勿論、いくつかの欠点、というか障害は考えられるが、この特徴を生かした使い方をすればよい結果が得られる。又、価格もかなりやすくてできる。

というわけで ESSCO 社ではスウェーデン（直径 20メートル）、フィンランド、デンマーク、ブラジル、アメリカはマサチューセッツ大学（13.7メートル）に同型の望遠鏡を売っている。先発のブラジル、それに技術スタッフの充実しているスウェーデンとマダとが観測を行なっている。構造内での温度分布などという計算にのりにくい要素が非常に少ないのでどこでも本来の仕様を上廻るよ

い結果を得ている。

CRAA ⑩ のグループ

このグループは、私たち三鷹のミリ波グループとともによく似た条件におかれている。

第一に、米国 NRAO とともに、ミリ波では先発グループに属する。他のグループはミリ波星間分子観測研究の輝かしい成果を見てあとから追って来たものである。

アメリカとちがうところは、ブラジルも三鷹もスタッフが充分でなくミリ波観測では是非必要な開発研究を充分に行なうことができず、研究発展上の大きな障害になっている点である。

それにもめげずお互いがんばっていて、細々とであるがヒットを飛ばしているという点でお互いに惹きあうものがあり、ミリ波をはじめた当時から手紙を往復させたり、訪問し合ったり、国際会議などで出会えば共通の愚痴を言い合ったり、特に共同の得意分野である変光星のメーザースペクトルの観測では別々のスペクトル線の同時観測を行なったり、連絡を強めあっている。あとで述べる様に、これは非常に重要なことだと考えている。

変光星のメーザースペクトル

メーザーというのを御存知だろうか。またまた略号で申し訳ないが「誘導放射によるマイクロ波の増幅」の英語の略でアンモニアなどの分子でエネルギー準位の配分に異状が起こると、固有のスペクトルの周波数で電波を増幅したり発振したりする現象である。むずかしい理論はさておき、分子の集団（つまりガス）をある状態におくと起こる現象、と思ってもらえばよい。増幅作用を起こさせて低雑音増幅に使ったり、発振作用の方は原子時計に使われたりしているのは御存知の通りである。

宇宙でもこれが起こっているのである。たとえば変光星のメーザーがそれである。ミラ型変光星のまわりでは、OH（波長 18 センチ）H₂O（波長 1.35 センチ）SiO（波長 3.5 mm, 7 mm）など等のスペクトルがメーザーを起こしている。SiO メーザーの発見については当時米国 NRAO に滞在中の海部さんが大活躍されたのを覚えている方もあるだろう。

ミラ型星は別名長周期変星とも呼ばれ周期 2~300 日ほどで脈動をくりかえす星である。2~300 日で脈動といえどもゆっくりの様だが大きくふくらんだ時点では太陽のところに置けば火星の軌道のみこむ程になる。ガスの運動の速度としては大変なものである。星のまわりには脈動と同期して衝撃波が発生し大気外層の一部を吹きとばしてしまったりする。

「太陽風」などで、太陽の様な星からもガスの放出はあるのだが、量としては微々たるもので、星から空間へのガスの供給としてはこのミラ型星からのものはずっと重要である。更に重要なのは、脈動にともなう温度変化、

星からの放射圧などのためにこれらの星からは多量の塵が放出され、星間塵の供給源となっているのである。ミラ型星をとりまく大気外層の理解は大きさに言えば「宇宙における物質の循環」を理解する一つのかかなり大切な問題となっている。

星のまわり、たとえばどのくらいの距離でメーザーが起きているか、などについては、たとえば VLBI (超長基線干渉計) の観測などで少しずつわかりはじめて来ている。しかし、変光星の脈動のどのような周期のどの状態に対してメーザーがどのように振舞うかといった、時を追ったダイナミックの観測はまだ進んでいない。いろんなスペクトルで同時にモニターすることができれば非常にいいだろう、とだれしも考えるわけである。

しかし、ミリ波の望遠鏡はどれもとても忙しい。いろいろな観測プログラムでギッシリつまっている事が多い。比較的時間が自由になるという利点を生かしてモニター観測をしようというのが上記の日本ブラジル共同観測の動機である。

マシンタイムは自由になっても、人手だ、受信機の開発だが自由にならない。なかなか思う様に利点が生かされれないのが実情で、頑張ったり焦ったりしている。

というわけで、今回サンパウロ訪問中の主な仕事は、特にこちらが弱体である電波分光計 (これは日本側の得意種目である。1977年9月号、海部さんの記事参照) と、 H_2O のメーザーの観測に重要である偏波の測定の一つについて挺入れをすることであった。

分光計についてはいろいろな図面を持って行き、向うに適した型の分光計の開発計画を議論した。もちろん結論はバラ色には程遠いが何とか進みそうである。

偏波の測定では、三鷹で試作した回転式偏光板を望遠鏡に取付けて——と言ってもアダプターを作ったりアチコチ調整したりいろいろと大変な仕事である——試験観測にこぎつけた。結果は上々でこの種の装置につきものの装置が自分で発生させる偏波を充分な精度で測定し補正できることがわかった。 H_2O メーザーの偏波の連続観測が世界ではじめて開始されることになる。

世界のミリ波望遠鏡

ミリ波天文学はブームが来ようとしている。米 NRAO、ブラジル、三鷹の先発3者に対し、上記 ESSCO の望遠鏡を買って手っとり早く追って来るスエーデンやマ大 (ある面ではもう追いこされてしまっている) ノーベル賞をもらったペンジマス、ウイルソンのベル研究所では直径7メートルの変ったデザインの望遠鏡で分子のスペクトルの観測をしている。オーストラリアはパークスの64メートル望遠鏡の内側17メートルをきれいに張直し4ミリまで観測可能にした。

アメリカ・カリフォルニア工大ではオーエンズパレー



CRAA (M) のたてもの。大きな邸宅を借りて使っている。

に10メートルの望遠鏡 (これが驚異的な面精度を持っているらしい) を作り観測を開始している。更に3台作り干渉計にする計画と聞いている。

独仏連合では直径30メートルのミリ波専用望遠鏡の予算はすでに内示があり (ドイツ担当) 大々的にスタッフを集め受信機の開発も進んでいる。仏担当の干渉計 (10メートルアンテナ5基ときいている) もデザインが進行中である。アメリカ NRAO は直径25メートルの望遠鏡を計画中で鏡面パネル、レドームなどのプロポーザルを各社から集めている。

もちろん、我国の大型宇宙電波望遠鏡計画でもミリ波に照準をあてているわけである。これらの「列強」にどの様に伍し、どの様に特色を発揮して行ったらよいだろうか。いろいろな情勢を考えると100人規模の開発チームをはじめから揃えるのは不可能のようである。特色を生かした国際協力でもよその真似のできない分野を開拓して行くことも大きな課題の一つと考えている。

ブラジルでの生活

ここで空の話はやめて地上の話にもどろう。ブラジルは他の米州の国家とおなじく多民族国家である。そして、他の多くの南米の国家とおなじく軍事政権下にある。といっても、大統領が軍人出身であるだけで、閣僚は平民であるらしい。ただの外国人として街を歩いて感じるちがいは、おまわりさんがみんなMPの腕章をしていて (軍隊の警察の意味)、兵隊さんらしい服装、身のこなし、をしていることぐらいである。

多民族国家といっても、日本からの移民はとても多い。特にサンパウロの近くでは多い様で、ちょうどそのころ行なわれた選挙でも日本人の二世三世がたくさん立候補していた。

日本人街に行けば勿論だが、街のスーパーにも日本食品はいろいろと売っている。外貨事情のきびしいブラジルであるからその殆んどが国産品 (すなわちブラジル産) である。「東麒麟」という日本酒も、昔はピリッとあ

まに来るので「アタマキリン」と愛称されていたが今ではそんなことはなく、なかなかの飲み心地である。

生鮮食品にも、タケノコ、ハクサイ、ホウレンソウ、いか、マグロ……と日本料理の材料には事欠かない。早朝マーケットに行くと、八百屋さんは半分近く、魚屋さんも四店に一店ぐらいは日系の人である。他の食品、雑貨などにも必ず何軒かは日系の人の店があり日本語で買いものができる。

魚屋さんで「今日はサシミはどれがいいかな? そのイカは天ぷら? それともサシミ?」などと言って買いものをし、八百屋さんでキウリ、大根、ナスなどを買って帰り、研究所の連中を所長のお宅(滞在中はそこで御厄介になっていた)に集めて得意の腕をふるい、——もちろん、若くてきれいな所長夫人がつきっきりでアシスタントしてくれた——大いに日本料理を楽しんでもらった。

たべもの話ばかりでは恐縮なので天文台の話をしよう。天文台はサンパウロから60キロほど内陸に入ったアチバイアという町の近くにある。コーヒー栽培の盛んな地方で日本の移民のうんと多いところである。天文台

の技官のような人が4人いるが、そのうち二人は日系である。(サンパウロの研究所の方では秘書嬢が一人日系、所員のうち二人は日系の人と結婚している)。二世、三世なのでもう殆んど日本語をしゃべるチャンスはないのだがそれでもコンニチワ、オハヨウ、あつい、さむい、うまく行った……などの会話は不自由ない。

実はこの人たちは英語がほとんどダメなのである。私と一緒に仕事するときには

「セグンデのカナイスのアンプリフィカードのエントラダがどれかわかるか(第二チャンネルの増幅器の入力端子はどれですか?)」「アウトテンションのそばだからさわるなよ、オジサン」(高圧の近くだから接触しないようにして下さい、セニョール)

テナ具合でいとも珍妙なるポルポニーズのやりとりになる。文章のうしろにはたいてい、ドクトールかまたはオジサンがつく。オジサンというのはポルトガル語のセニョールの意味らしい。

とにかく楽しい一ヶ月であった。

雑報 II

小惑星の衛星

小惑星による恒星の掩蔽は毎年英編暦局の G. E. テイラーによって予報されている。昨年予報されていた40個程の掩蔽のうち2個はアメリカで観測され、同時に、双方とも、小惑星の衛星によるものと思われる掩蔽が観測された。

昨年6月7日に起こった(532) Herculina (9.3等)による SAO 120774 (6.2等)の掩蔽は、カリフォルニア州ロサモンドとボロン、それにアリゾナ州のローエル天文台でそれぞれ 17^h3, 23^m5 の掩蔽が観測され、Herculina の形を球形と仮定して、その直径が 243±1.4 Km と求められた。しかし、カリフォルニア州フレズノでは掩蔽の起こらなかったことが3人の観測者により確認されており、上の結果と一致しない。それで、Herculina の形は楕円体であろうと考えられている。この掩蔽に先だつこと約2分、ボロンとローエル天文台でそれぞれ 4^h0, 5^m3 の掩蔽が観測された。これは Herculina の衛星によるものと考えられ、その直径は 45.6±3.6 Km、視線方向に垂直な面に投影した Herculina とその衛星との距離は 977±1 Km (角距離 0^o866) と求められた。(THE MINOR PLANET BULLETIN 6, 13, 1978).

昨年12月11日に起こった(18) Melpomene (9.2等)による SAO 114159 (7.7等)の掩蔽は、ワシントンD. C., ボルチモアで 9^h11^m0~11^m5 UT に観測され、その



(65) CYBELE (13.2等)による +19°1399 (9.7等)の掩蔽

直径は暫定的に 135 Km と求められた。さらに、アトランタでは 9^h10^m50^s9 UTC から 5^s77 間の掩蔽が観測され、これは Melpomene の衛星によるものと結論された。その直径の下限値は 37 Km である。また、双方の光電観測記録から、掩蔽された恒星も、位置角 97° 方向の成分の角距離が 0^o011 の二重星であることがわかった (IAU Circular No. 3315).

今年も既に以上の小惑星による掩蔽が予報されている。そのうち、10月17日に起こる掩蔽は下図に予想経路を示したとおり日本でも観測される可能性が大きい。多くの観測が望まれるところである。

(相馬 充)