

日本天文学会早川幸男基金渡航報告書

2002年9月10日採択

申請者氏名	古屋玲 (会員番号 2577)
連絡先住所	〒 I-10525 Largo Enrico Fermi 5, I-50125, Firenze, Italy
所属機関	INAF, Osservatorio Astrofisico di Arcetri
職あるいは学年 (年齢)	Postdoc 研究員 (31 歳)
電子メール	furuya@arcetri.astro.it
渡航目的	観測
講演・観測・研究題目	Multi-Epoch H ₂ O Maser Survey towards the Southern YSOs (II)
渡航先 (期間)	パークス天文台 (豪)(2002年8月22日~8月31日)

1 概要

早川基金の援助を受け、2002年8月22日から31日まで、Australia Telescope National Facility (ATNF) の運用するパークス 64-m 電波望遠鏡で観測を行いました。観測目的は 22 GHz 帯に輝線のある水蒸気メーザー放射の探査で、観測形態は目標天体方向の中心 1 点観測、いわゆる”detection” 観測でした。観測天体数は約 100 天体、観測割り当て時間は 30 時間 (2 日) でした。

以下、この報告が早川基金のホームページ上で公開されることを考慮し、今後パークス 64-m 鏡での観測を計画している人の参考になればという観点も込めて、今回の渡航で得た情報や経験、成果を報告します[¶]。

2 観測の報告

2.1 観測提案書の提出

今回の渡航で行った観測は、3年計画のプロジェクトの2年次にあたります。このような計画を実施するにあたり、初年度に問い合わせをしたところ、「数年に渡るモニター観測でも、年3回の通常の観測提案募集時に毎回応募して下さい。」との返事をもらいました。少なくとも外国からの利用の場合、いわゆる「長期共同利用」の枠はないようです。

[¶]なお、以下の報告のなかで、ATNFのスタッフの発言を解釈したのもも書きましたが、最終的な文責はすべて私にあります。当然ながら、望遠鏡のステータスなどは、変わる可能性が高いので、あくまでも2001年7月、2002年8月における経験として参考にしてください。

また、共同研究者にオーストラリア側スタッフを入れるべきか、という点は(技術的に困難なテーマでない限り)あまり気を使う必要はないようでした。我々のプロジェクトは外国人だけ(日本人、イタリア人各2名)のプロポーザルでした。しかし、TACのコメントなどの正式な feedback 以外にも、現地で会った TAC メンバーからも好意的な印象を受けました(ひとつの理由として、オーストラリアには競合する研究者がいないことも考えられます)。パークスでは公式には観測者2人の来所を義務付けています(例えば、観測提案の採択通知書にも明記されています。)が、実際は柔軟に運用されているようです。今回の渡航は単独だったので事前に問い合わせたところ、「特に問題にはなりません」との返事をもらいました。

2.2 望遠鏡情報の事前の収集

プロポーザル作成時には、web ページで公開されている情報のみでほぼ十分です。しかし、実際、観測準備にかかるときには、これでは不十分でした。パークス天文台内でアクセス可能な web ページ以外にも、リンクされていないオンライン・マニュアルがあり(例えば、データ解析ソフト”spc”の詳細な辞書的なヘルプのページなど)、必要な情報はあきらめずに現地スタッフに尋ねてみるのが良いと思います。

もし自分の観測時間の前日などに望遠鏡のメンテナンス日が予定されていれば、この日を望遠鏡システムの理解のために使うのが良いのではと思います。幸い、許可を得て主鏡・光学系も見学でき、観測時にその知識は役立ちました。やはり、大きな観測システムは「百聞は一見にしかず」だと思いました。

ATNF の運用する望遠鏡の制御ソフトのユーザー・インターフェース部分は、どの望遠鏡でも共通で、かつシミュレーション機能があります。これを利用して観測前日にいろいろと”遊んだ”ことが役立ちました。しかし、いくつかの設定に関しては、シミュレーション・モードでは警告を出さないことがあることに観測中に気が付きました。今後、改善されているかも知れませんが、特に望遠鏡のスキャン関係のパラメタには注意が必要だと思います。

2.3 パークス訪問のスケジュールに関して

パークスに来所計画書を出すときに、Safety training 受講経験の有無、過去に受講したならばそれは何時かという質問項目があります。この Safety training を受講する必要がある場合、観測開始の2日前にはパークスに到着することが良いと思います。実際、1年目の観測のときに、この training で丸一日の時間を費やされ、肝心の望遠鏡オペレーションに関するインストラクションは観測前日の夜9時から受けることになってしまいました。

2.4 観測実行時

観測時に気が付いた点、今後役に立ちそうな点などを報告します。

ポインティング校正: 望遠鏡のポインティング精度は rms で $10''$ 程度で決まっています。これは、21 cm 線などでは問題ないのですが、15/22 GHz 帯での観測では満足できる数字ではありません。ポインティング校正は、連続波源で行います。野辺山 45-m 鏡を使い慣れた観測者の感覚では、ルーズと思われるような間隔、つまり日射時でも 5, 6 時間に 1 回の校正間隔で十分なようです。逆にいくらしつこくポインティング観測を続けてもノミナル値の $10''$ より改善されず、結局あきらめました。なお、校正に要する時間は 20 分程度を見越しておけば十分でした。

分光器設定など: マルチビーム受信機以外のスペクトル線観測では、バックエンドに AT 相関器を使用します。相関器の帯域、使用可能な分光点数は、観測時期によってかなり変わるようです。相関器の帯域幅設定などの変更は、ハードウェアの一部を交換する必要があり、そのために要する観測時間のロスも案外無視できないものになります (変更の仕方にもよるが、最低 40 分はかかりそう。その後のシステムチェックも含めれば最大で 1 時間程度を見ておくべきか)。実際、私も観測中に帯域幅を広げたモードを使用可能になったという話をスタッフから聞き、ついつい欲が出て設定変更をしました。しかし、その性能に満足行かず、元の設定に戻し、結局は観測時間を無駄にしまいました。

どの電波望遠鏡でも、分光器の周波数方向に定常波が立ってデータが使いものにならなくなる場合があります。ミリ波望遠鏡では、この原因はビーム伝送系内における大気のゆらぎに起因することが多いようですが、パークスの場合、完全なホモロガス設計でないことによる主鏡・光学系の配置に主に起因するようです。従って、手っ取り早い対処法は、定常波の波長を打ち消すように副鏡の位置を変えることです。例えば、300 秒の積分で定常波が立つ場合、これを 150 秒毎の積分にわけ、さらに off 点の観測時間も二つにわけて、それぞれに異なる副鏡オフセットを与えるということで解消できました。しかし、これも仰角依存性があり、かなり頻繁にオフセット値を変えざるを得ませんでした。

強度校正: パークス 64-m 鏡には、野辺山 45-m 鏡のようにチョッパーホイール法で強度校正可能なシステムがありません。そのため、相対強度を利得曲線から校正し、絶対強度を温度既知の天体の強度から校正することになります (ボン 100-m 鏡などと似ています)。観測者は、自分の観測時間内に絶対強度校正のみを行えば良く、利得曲線は観測所から情報をもたらさず (後述)。精度の良い校正を行うためには、やはり Virgo A などを用いるほうが賢明で、パークスからの可視時間と観測天体との位置関係、必要な観測時間 (校正観測自体は 40 分程度) を考慮して、全体の観測計画を立てる必要があります。参考までに、カメレオン分子雲など南天を観測時に、北天の Virgo A へ向けるまでに必要な駆動時間は約 20 分程度です。

スケジュール観測機能: 多数の天体を切り替えて観測する場合、スケジュール機能の利用が便利です。しかし、パークス 64-m 鏡では、野辺山のようにある程度使いやすい GUI は残念ながら存在しませんでした。そのため、John Reynolds 氏の助けを借りて、マクロを書きました。例えるならば、野辺山 45-m 鏡の旧コスモス制御系の各種コマンドを組み

合わせるようなことをせざるを得ませんでした。

正直な感想は、その文法を覚えたところで、他に応用も利かないため、労力を費やす気がしませんでした。大部分の観測者はマクロを組むことをあきらめ、“人海戦術”で凌いでいるのが現実のようです。実際、観測者が2人いればマクロを組む必要性は必ずしもないと思います。しかし、一人での観測の場合、絶対に欠かせないツールだと思います。私の場合、オンライン・マニュアルに従って組んだマクロを制御計算機から走らせるところ、文法エラーが続出し(マニュアルが古かった)、Reynolds 氏にバグ出しをお願いしました。結果的に初日の最初の2時間をこれに費やし、スケジュール機能の雛型ファイルを作成するに至りました。Reynolds 氏は、「スケジュール機能のユーザーがほとんどいない。だから整備されない悪循環になってしまっているなあ。」と苦笑していました。「これを良い機会としてスケジュール機能の整備をする。」とReynolds 氏は言うておりましたので、現在では状況が変わっている可能性が高いと思います。情報が必要な方は、事前に彼に連絡を取ると良いと思います(もちろん、私もわかる範囲で情報を提供致します。)

2.5 データ処理

データ処理時に気が付いた点などを報告します。

基本的な流れは(電波望遠鏡である限り、同じですが) off 点を差し引き、ベースラインをひいたあとで、両偏波データを足します。ここまでは、パークスの解析ソフト”spc”で処理したほうが無難だと思います。多数の天体を観測した場合、“spc”の使い勝手の悪さにすぐに気が付くと思います。私の場合、最低限の処理を”spc”で行ったあと、使い慣れたGILDASパッケージ(IRAMで開発され、今では世界の主要な電波天文台で使用されている)へデータ形式を変換しました。今回、2002年8月現在の”spc”から2001年5月版GILDAS中の”CLASS”へのデータ変換ツールを用意しました。

スペクトル・データを持ち帰るという観点からは、テキスト形式に落として持ち帰るという最低限の方法(非常手段?)があると思います。しかし、この場合、ヘッダー情報が失われてしまうので、私はお奨めしません。データ処理手段の選択は、観測の目的(観測者の好み?)に非常に依存しますが、私はCLASSへデータ形式を変換することが最善だと思っています[†]。

前述の利得曲線のあてはめなどは、どのような形でデータをもらうかに依存すると思います。少なくとも、今年、昨年の観測では、利得曲線を多項式フィットした4次までの係数をもらっただけでした。これを補正するツールは”spc”の中にはないようで、ユーザー側で対応しているのが現実のようです。私の場合は、前述のようにCLASSへ変換したあと、利得曲線をCLASS上で補正するマクロを作成しました。なお、ここで報告したデータ変換ツールなど、作成したマクロは連絡頂ければ提供いたします[‡]。

[†]GILDASへ変換することの利点を述べることは、この報告の目的から外れます。が、敢えて一言書くとするれば「GILDASでマクロを書き慣れた人にはその理由は問うまでもない」と思います。

[‡]動作は保証できません(?)。あくまでも、考えるための素材として利用してください。

3 これまでに得た観測成果と今後の計画

早川基金に応募するまえに渡航したため、申請書と重複する記述となることをお断りしておきます。パークス 64-m 鏡での検出感度は、野辺山 45-m 鏡に比べると実効的に 1.8 倍程度劣りますが、2001 年 7 月、2002 年 8 月の 2 回の観測によって、次のような結果を得ています。

Class I 天体における水メーザーの検出率は北天での結果と整合性がありました。しかし、予想に反し 6 つの Class 0 天体においてはまったくメーザー放射を検出できていません。CO 分子流の活動度やそれぞれの星形成領域における星形成効率と合わせて考えると、この結果は星形成領域毎に原始星ジェットの活動性が異なることを意味しているのかも知れません。なぜならば、メーザー現象の活発な順に星形成領域を並べると、NGC 1333 領域を含むペルセウス分子雲、Oph 領域、Serpens 領域、おうし座分子雲、カメレオン座分子雲、おおかみ座分子雲となります。一方、低温の SED を示す原始星が分子雲中に含まれる割合や星形成効率も同様な順番となります。これは偶然だと言い切れるでしょうか？この結果は、ひょっとすると星形成領域毎に原始星ジェットの活動度が異なる、という解釈を要請するものかもしれません。

しかしながら、南天のサンプルについては、サブミリ波帯での連続波観測や電波干渉計による詳細な観測的研究が進んでいない事実を考慮しなければならないと考えています。つまり、限られた観測データに基づく若い星の同定、及びボロメトリック温度の算出、それらに基づく進化分類にそもそも無理がある可能性を排除しきれないと考えています。従って、比較にあたっては慎重に議論を進めたく考えています。Furuya et al.(2001)では、センチ波帯の自由-自由放射は H₂O メーザーの活動度の良い指標となる、と報告しました。そこで、観測的研究の比較的進んでいるカメレオン I 領域などに限定したうえで、Australia Telescope Compact Array (ATCA) を用いた自由-自由放射による電波ジェット探査を行い、この仮説を検証したく考えています。

パークスのモニタリング探査は、北天でのモニター期間と同じく 3 年間の観測プロジェクトであり、2003 年 7 月に終了する予定です。ATCA でのセンチ波連続波観測も 2003 年 7 月の IAU 総会に合わせて、望遠鏡時間を要求することを考えています。申請書で述べたように、私たちの最終的な目標を達成するうえで、パークス 64-m 鏡を用いた研究と相補的な関係にある SEST 15-m 鏡を用いた観測は 2003 年 1 月の割り当て時間をもって終了します。したがって、SEST、パークス、ATCA でのすべての観測が終了するであろう 2003 年 8 月ころから、本格的な論文執筆に入りたいと考えています。

4 謝辞

早川基金による助成のおかげで、2 年次である今年度の観測もプロジェクトを中断することなく、実行することができました。早川基金とそれを運用するすべての皆さんに感謝いたします。