

惑星科学と野辺山宇宙電波観測所

浮田 信治¹

1. ルーツを探る

この学会誌の読者の中には、これから研究者としての道を歩もうと志している若い読者も多いかと思われま。具体的な動機は人によって様々で、基礎物理のおもしろさに惹かれたという硬派な人もいれば、ボイジャーが送ってきた迫力のある画像を見て自分も将来は飛翔体を作って惑星探査をしてやろうと思った人もいます。

人間には「ルーツを探る」癖がある。森本雅樹氏流に言えば、「DNAはルーツを探ろうと欲求するようプログラムされている」のである。書店にいけば「日本人のルーツを探る」といったタイトルの本をたくさん見かけるし、実際売れているようです。みんなが関心を持っている左証でもある。

誰もが一度は「我々太陽系はどのようにして生まれたのか？」などの疑問を抱いたことであろう。惑星科学はこのような人間の「ルーツを探る」癖を素直に体現した学問のように思われる。本稿は、若い人にこの道への御縁となればと、国立天文台野辺山宇宙電波観測所で行われている惑星科学と関連する分野での研究活動と、若い研究者を育てるための工夫として最近試験的に始めた「観測実習」の簡単な紹介である。

2. 原始惑星系円盤の検出

惑星系がいかに星の回りで形成されるかという問題は、天文学・惑星科学上で大きな問題であるばかりでなく、生命の起源を考える上でも人類にとって解きあかすべき重要な問題である。この惑星系形成の研究は、現在観測面で急速な勢いで新しい展開を見せようとしている。1992年に野辺山45m鏡およびミリ波干渉計(NMA=Nobeyama Millimeter Array)の観測により、GG Tauという生まれて間もない若い星にガス円盤が世界で初めて発見されたのがその一例である。そのあたりの事情は本誌創刊号で林正彦氏[1]が熱っぽく語っている。また最近のレビューでは国立天文台の観山正見氏によるものがある[2]。

図1は、NMAによって観測されたGG Tauの周りのCOガスの分布[3]である。そのガス円盤は実に約1000天文単位(AU)の広がりを持ち、更に主

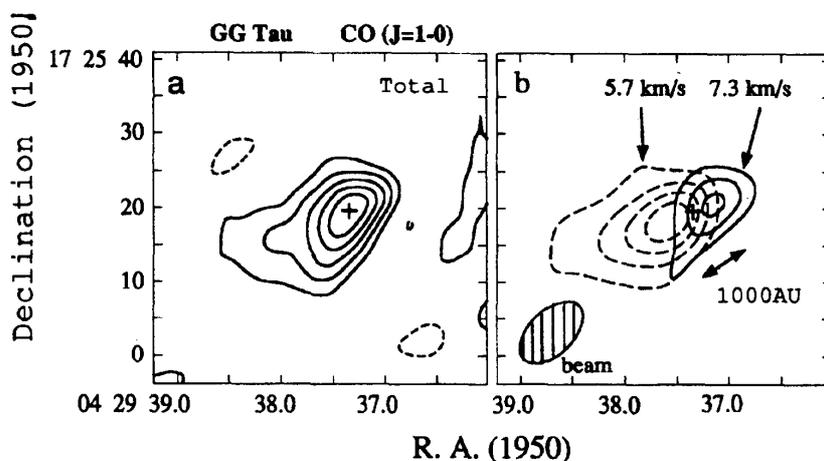


図1. CO輝線の全積分強度マップ(左)と、ガス円盤の回転を示す Redshift 成分(実線)と Blueshift 成分(破線)マップ。

¹野辺山宇宙電波観測所

星の回りをほぼケプラー回転している事までが明らかにされた。ガス質量は約0.003太陽質量と推定された。原始惑星系円盤のモデルには、その質量が中心星のそれと同程度であるとする「キャメロンモデル」と、円盤の質量は中心星の1/50程度であるとする「京都モデル」とがあるが、GG Tau及び昨年発見されたDM Tauのガス円盤の観測結果は共に後者を支持している。

この様に太陽系起源の研究を他の星の周辺での惑星形成と比較しながら行なうことが出来るようになったのである。特に惑星系形成の現場をミリ波電波で観測的に捕えることが可能になったのは非常に意味が大きい。それはこれらT Tau型星の惑星形成の母体となる降着円盤の運動を詳しく調べられるからである。光から遠赤外にかけて観測されているT Tau型星のエネルギースペクトルは、標準的な降着円盤(定常・軸対称・ケプラー回転)から期待されるそれと大きくかけ離れたものが多く、現在円盤の物理は謎に包まれていると言っていい状況にある。乱流・磁場・非軸対称重力場(連星系)などを考慮したモデルがいくつか提案されているが、遠赤外超過をうまく説明するような約100~300AU付近でのいいモデルはまだない。また同時にこの数100AU辺りの観測データが今一番待ち望まれているのである。

3. レインボウ観測計画と 大型ミリ波サブミリ波アレイ計画

ところで野辺山のミリ波干渉計と45m鏡はそれぞれの目的のために現在個別に活躍しているわけであるが、我々はこのユニークな組合せに着目し、これらを干渉計として結び付けて観測をするレインボウ計画(6素子+45m鏡で、合計7素子すなわち、虹の七色)を進めている[4][写真]。最大の特徴は45m鏡を含めることにより、大集光力(約3倍)

となることで微弱な天体の観測に威力を発揮すると期待されるのはもちろんのこと、高いフリンジ検出感度が得られる(約4倍)ところにある。高分解能の観測を行なう時の最大の難関は大気のシーイングである。ところが視野内に連続波点源がある場合には大気による位相揺らぎを短期に検出し、これを内部位相リファレンスにして輝線信号のあるチャンネルデータに対して波面補正が可能となり、1"以下というこれまでにない高い空間分解能(従来3-5")・高画質の観測を実現できる。レインボウによる高い空間分解能・高い画質・対象天体数の増大が今後の原始惑星系円盤の観測的研究においてブレイクスルーをもたらすと我々は期待している。

昨年春、最初の試験観測を行い、ほぼ予想通りのフリンジ振幅を得ることに成功し、またVisibility振幅・位相もかなり安定していることを確かめた。本年1月に本格的な観測のために解決していかなければならない項目を実験的に確かめる目的で第3回目の実験が行われ、大学院・研究員をはじめ東北・鹿児島大学等の研究者と共同で現在データの解析を進めているところである。今後系統的な観測を行なうことによって、原始星段階からT Tau型星に至る過程の原始惑星系円盤周辺のガスの密度構造・速度構造を解明し、更に各々のT Tau型星のHR図から推定された年齢を用いて、T Tau型星周辺の原始惑星系ガス円盤の構造および進化について明らかにしたいと思う。原始惑星系形成の一般的な描像を作るために、多くの関連研究者との議論の場を持ち、組織的な研究を進めて行き、大きな成果を作っていきたい。

野辺山宇宙電波観測所では次期計画として直径10mのアンテナ50台からなる大型ミリ波サブミリ波アレイを観測条件のよい国外のサイトに作る計画をしています[5]。この望遠鏡のサイエンスター

ゲットの大きな柱が惑星系形成の解明です。空間分解能0.1秒を達成することにより、10AUスケールで円盤の構造が見えるようになるでしょう。魅力的な大型プロジェクトであると同時にこの計画の実現のためには、広い範囲の研究者の支持と若い人の意欲とアイデアが不可欠です。このような観点から次に述べる「野辺山観測実習」を試験的に始めたところである。

4. 野辺山観測実習

野辺山宇宙電波観測所では、電波望遠鏡を持たない大学の学生に対して電波天文観測実習の場を提供するプログラムを昨年から試験的に始めたところです。夏場の望遠鏡時間の利用という観点から生まれたプログラムですが、天文の大学院に進学してくる学生、特に観測天文学を目指す人材を増やそうという狙いがあります。学部学生の段階で野辺山での観測の実際にふれることができるのは、大学の中に電波観測分野のスタッフがいて、その人の共同利用観測のプロポーザルが採択され、その観測の手伝いをするといったケースだけで、したがって極めて稀であるというのが現状です。若い研究者を育てるための工夫が必要であろうと思われます。神戸大学の向井正さんが国立天文台ニュースに寄稿されたエッセイ「もっと観測家を！」[6]にもこのような点が強調されています。

夏は水蒸気が多く、ミリ波の波長では大気吸収が大きくなります。このため、夏には本格的な天文観測は行なわず観測装置の保守・改良が主に行なわれています。昨年は低周波(10 ~ 35

GHz)なら夜間の観測は可能であると判断し、アンテナ、受信機、制御系の保守・改良等のスケジュールを工夫することである程度の時間を作り出した。この中にこの観測実習プログラムを走らせることにした。

初めての事であったので、声をかけたのは東京大学天文教育センター・信州大学・宇都宮大学などでした。長谷川哲夫氏達が学部生3名・大学院生5名程連れて3夜と2夜の2回観測実習を行いました。またレンズアンテナの製作のために夏休みの間野辺山に滞在していた信州大学等の学部学生約10名が参加し、筆者が2夜面倒を見ました。実際に22 GHzの水メーザーの観測をしながら、電波望遠鏡の基本構成、アンテナ・受信機・分光計などの働き、スペクトル観測の方法の解説を行ない、まずまずの好評だったようです。端末にコマンドを入力すると700 tonもの大きな45m鏡が動きただけで感動していました。前者のグループでは、この実習観測の結果を学会するところまでもっていきました。

今後は天文・惑星科学関係者がいる大学の学生



図2. これまで同じ天体を同時に観測することのなかった45m鏡(右)と10m鏡(左の2台)だが、レインボー観測では同じ天体を観測する。

にもっと機会を増やせるようにしていきたいと思っています。始めたばかりでもあり、私個人のイメージとしては、観測所が人もお金もすべてを用意してどうぞお使いくださいというスタンスではありません。つまり学生に観測実習をする主体は、応募者グループである。旅費等は観測実習を行なう大学が用意する。共同利用観測のようないわゆるオペレーターはつけませんので、自ら45m鏡を動かして観測が出来るためには応募者グループに45m鏡を熟知している人がいることが必要です。電波天文の教官がいない大学の人も参加出来るようにするためには、例えば「大学教育実習連合」を作るというのもひとつのアイデアでしょう。また観測所は、学生観測実習のために45m鏡をオペレーション出来るよう「自らのための実習」をしたいスタッフの人に、サポーターを付けたり共に実習内容を検討する機会を持ちたいと考えております。筆者としては、小さいながらもステージだけは用意しますので、後は応募者がこのステージの上で観測実習という演劇を上演してくださいというスタイルでとりあえずしばらく走ってみようと思っています。この件に関しての問い合わせは、ukita@nro.nao.ac.jp までメールを送ってくだされば対応したいと思います。

参考文献

- [1] 林 正彦, 1992: 日本で進む原始惑星系円盤の研究, 遊星人, 1, 10-17
- [2] 観山正見, 1993: 見えてきた太陽系外の惑星系形成現場, 物理学会誌, Vol. 48, No.7, 513-520
- [3] Kawabe, R., Ishiguro, M., Omodaka, T., Kitamura, Y., and Miyama, S.M. 1993: Discovery of a Rotating Protoplanetary Gas Disk around the Young Star GG Tauri, *Astroph. J. Letters*, 404, L63-L66.
- [4] 浮田信治, 1994: 野辺山10m-45m鏡干渉計実験, 国立天文台ニュース, 35, 3-5
- [5] 石黒正人, 川辺良平, 1993: 野辺山ミリ波干渉計, 星の手帖, Vol. 59, 冬号, 16-24
- [6] 向井 正, 1993: 「もっと観測家を!」, 国立天文台ニュース, 29, 3-4