

# 中学2年生の職場体験における 手作りパルサー望遠鏡での観測報告

林 泰 知

〈ロンドン日本人学校 中等部（訪問当時）〉

中学2年時の職場体験としてSKAO本部を訪問しました。専門的な技術を用いず、市販の部品のみでパルサー望遠鏡を作成し、検出に挑戦しました。ワイヤーハンガーとバーベキュー用の焼き網で自作したループフィードを、アルミ箔を貼った直径3 mのガーデンパラソルに取り付け、北半球で観測可能な最も明るいパルサーである PSR B0329+54 の検出に成功しました。この経験を通して、実際に使われている天文学の知識や技術について学ぶことができました。また、中学校で習得した数学や物理の知識が、実践的な天文学の観測にも応用できることを実感することができました。

## はじめに

ロンドンで2025年7月に開催された、The Royal SocietyのSummer Science ExhibitionにてSquare Kilometre Array Observatory (SKAO)の浅山信一郎さんが実践ブースにて天の川銀河の中性水素21 cm輝線の観測を行っていたのを見て興味を持ったことが、今回の望遠鏡作成と観測に挑戦するきっかけとなりました。最近では手軽に電波天文学などの宇宙観測を体験できると知り、興味を持ち今回の職場体験に至りました。

今回は市販品を用いて電波望遠鏡を製作し、北半球で最も明るいパルサーである PSR B0329+54 の検出を目標としました。

パルサーは低周波で強く観測されますが、低周波では大型アンテナが必要となり、商用利用によるRFI (Radio Frequency Interference) の影響も大きくなるとのことです。そのため、アマチュア無線バンドの430 MHz帯付近が物品も入手しやすいこともあり、アマチュアパルサー観測にはよく使われると浅山さんから説明を受けました。今

回はネット通販で入手した400 MHz帯のBPF (Band Pass Filter) とLPF (Low Pass Filter) を使用して観測を行いました。

## 手作り望遠鏡作成

今回のパルサー観測に用いた電波望遠鏡は、一般的なオンラインショップで購入できる部品のみを用いて作成しました。直径3 mのガーデンパラソルにアルミ箔を貼り、それをパラボラとして利用しました。電波パラボラの焦点にワイヤーハンガーを用いて作成した自作のループフィードを設置し、使用するBPFの中心周波数403 MHzに合わせて設計しました (図1)。

望遠鏡の立ち上げのために具体的にに行った作業は以下のとおりです。

- ・ガーデンパラソルにアルミ箔の貼り付け、パラボラ作成 (図2, 3)
- ・直径 (D) と深さ (d) の測定から焦点距離 (F) の計算 (図3)

$$F = \frac{D^2}{16d}$$



図1 市販品を用いて自作した、電波望遠鏡の全体像。図中の円の位置にループフィードを設置。

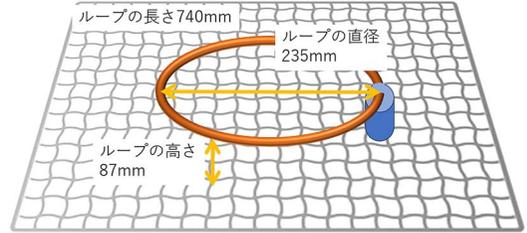


図4 403 MHz 帯用のループフィードの設計図。



図2 アルミ箔の貼られたガーデンパラソル。



図5 ループフィードの長さの調整(左). nanoVNAの画面. 画面の縦方向が周波数を表し、左に凸になっている場所が共進周波数となる403 MHzに凸部分が合うよう調節を行った(右).

- 403 MHz 帯用のループフィードをワイヤーハンガーを用いて作成(参考文献[1])をもとに、波長~74 cmにスケールしたループフィードを設計(図4).
- ループの長さ( $l$ )から直径の計算

$$D = \frac{l}{\pi}$$

- 簡易ベクトルネットワークアナライザ(nanoVNA (Vector Network Analyzer) [2])にて共振周波数を確認しながらのループフィードの長さを調整(図5).

ループフィードをガーデンパラソルの焦点距離に設置したところ、パラソルの骨組みの金属構造体などの影響で共振周波数が室内で調整した値からずれることがわかりました。そのためパラボラの上で共振周波数が403 MHzになるようにループフィードの長さを微調整しました(図6)。



図3 (左) アルミ箔の貼り付けの様子, (右) 焦点距離の計算に必要なアンテナパラメータ(直径, 深さ)の測定。

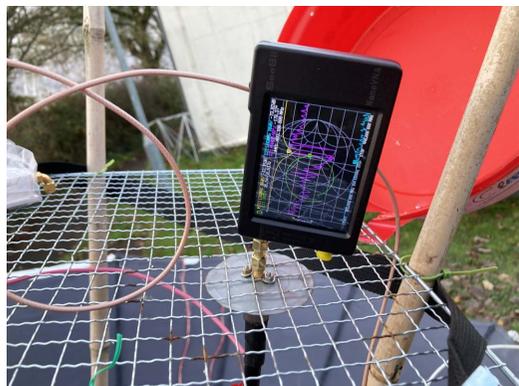


図6 nanoVNAを用いた、実際の観測環境での微調整.

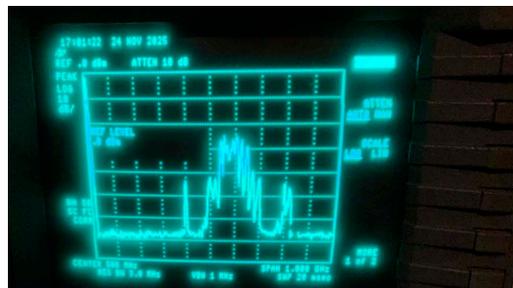


図7 作成した電波望遠鏡からの受信信号をスペクトラムアナライザで確認した画面. 横軸は周波数, 縦軸は信号強度を示しています (横軸の周波数範囲は0-1 GHz, 中心周波数は500 MHz).

## RFI除去

図7は、パラボラアンテナが受信した信号をスペクトラムアナライザで表示したものです. パルサーからの電波は、広い周波数帯にわたって連続的に存在する非常に弱い信号です. 一方、図7で強く観測されている信号のすべては、人間の活動によって発生した人工電波 (RFI) であり、地上デジタル放送、スマートフォン通信、Airwave/TETRA (Terrestrial Trunked Radio) 信号などが含まれます、RFIが混在すると、強力な人工電波によって微弱なパルサー信号が埋もれてしまうため、体験学習では市販のフィルタを用いてRFIの除去を試みました.

図8は、LPFを利用して不要な高周波数の信号を抑えています. この図から効果的に高周波数を抑制することができています. 今回は観測したい信号が403 MHzだったので416 MHzのLPFを用いました.

図9は、LPFとBPFによるRFI対策後の受信信号です. BPFは中心周波数403 MHz、透過帯域幅5 MHzのものを使用しました.

まだ、393 MHz (図9中央左付近において非常に強く突出している部分であり、図8の突出部分に対応している) にRFIが残ってしまっていますが、RFIはできる限り低減することが望ましいですが、今回使用した市販のBPFではこれ以上の

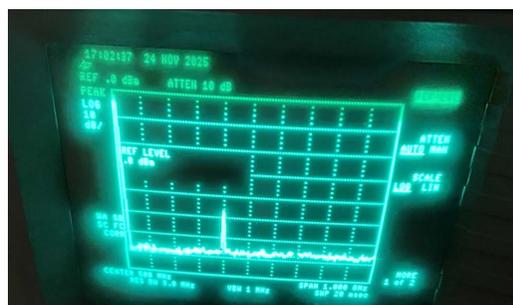


図8 LPFのみを用いてRFI対策を行った後の電波望遠鏡からの受信スペクトル (横軸の周波数範囲は0-1 GHz, 中心周波数は500 MHz).



図9 LPFとBPFを用いてRFI対策を行った後の、電波望遠鏡からの受信信号 (横軸の周波数範囲は378-428 MHz, 中心周波数は403 MHz).

改善は見込めないとのことでした. 電波を受信するSDR (Software Defined Radio) が安定して動作していたので、このまま観測を行うことにしま

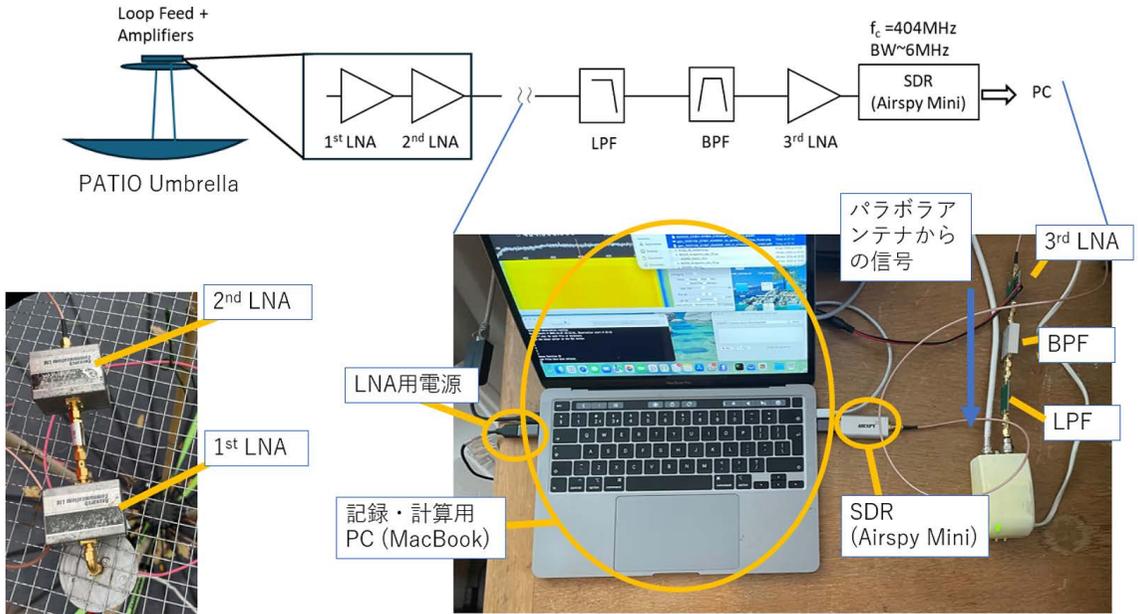


図10 最終的な観測セットアップ

した。

最終的な観測に使用したセットアップは図10の通りです。ガーデンパラソルにアルミ箔を貼ったパラボラでループフィードに向けて電波を集約し、ループフィードの上で二つの増幅器 (LNA: Low Noise Amplifier) を利用し、信号の増幅を行いました。その後LPE, BPFの二種のフィルタを用いて、RFI除去を行いました。フィルタを複数使用したため信号強度が低下したことから、最後に3つ目のLNA (3rd LNA) を設置して再度増幅し、その後SDR (Airspy Mini) へ入力しました。観測用PCにはMacBookを使用しました。

### パルサー検出

観測手法や観測プログラムおよびデータ処理は、天文月報2025年9月号 [3] に報告されているものと同一の手法で行いました。パルサーデータ解析の重要な処理である群遅延補正 (De-dispersion) や、信号/雑音比を高めるために信号を周期ごとに分割して畳み込む (Folding) 処理は、

東京大学名誉教授寺澤敏夫先生が開発された解析ソフトを用いて行いました。中学2年生の私も、このソフトのおかげで自分のPCを使ってパルサー解析を行い、信号 (Signal) と雑音 (Noise) の比であるS/N比が15を超えるパルサー信号を取得することに成功しました。図11の右下の図からは、Folding処理を714.52746 msの周期で行った際に、パルサー信号が最も明確に受信できることがわかります。右上段の図は、地球の自転や公転によるドップラー効果を考慮したPSR B0329+54の見かけのパルス周期の予想値と、観測によって得られた周期との比較です。この図により、観測によって得られた周期が予想周期と一致しており、パルサー検出が妥当であることを確認しました。

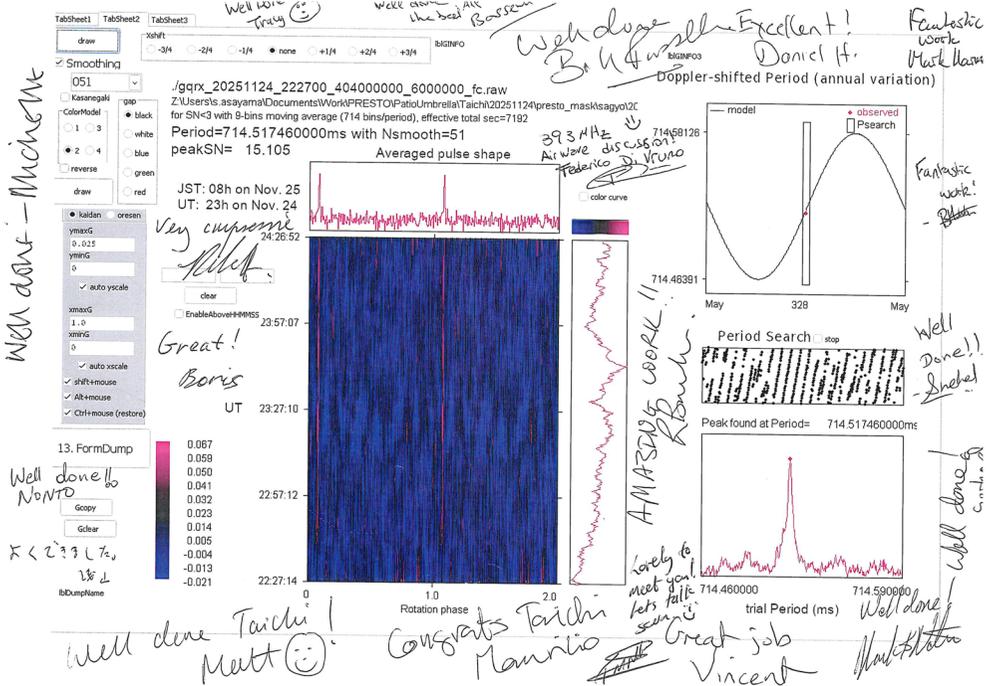


図11 2025年11月24日の観測結果。中央の下段は、観測結果をパルス周期ごとに分割し、横軸をパルス周期、縦軸を観測時間とした図。右側の下段は、受信電波の波形の図。各パルス周期の観測結果を観測時間方向に足し合わせることで、パルス部分を足し合わせて鋭くし、ノイズ部分は打ち消し合わせて小さくする処理を行った図。



図12 成果報告会の様子。



図13 SKAO職員とのディスカッションの様子。

## おわりに

職業体験四日目の木曜日には、今回作成した電波望遠鏡とパルサー観測結果についてSKAO内で英語での口頭発表する機会を頂きました。また、SKAOに所属するスタッフの方々と成果を踏まえて意見交換を行い、観測方法や分析のポイントなどについて貴重なアドバイスをいただくことができました。例えば、プレゼン後にRFIの対策

を仕事としている方に393 MHzあたりに残ってしまった強力な信号について意見を求めたところ、Airwave/TETRAであると教えていただき、受信していた電波について理解を深めることができました(図12, 13)。

今回の職場体験を通じて、教本では得られない

実践的な知識を学ぶことができました。教本を読んでいたときには「自分には到底できない」と思っていたことが、導入レベルであれば、身近な装置でも再現できると知りとても驚かされました。特に、専門家が扱う大型装置ではなく手作りの電波望遠鏡でもパルサーを検出できることを知り、遠く感じていた電波天文学がより身近な分野として捉えられるようになりました。今回の経験を踏まえ、今後もアマチュア機器を活用した観測に積極的に取り組んでいきたいと考えています。

### 謝 辞

職場体験を受け入れ、終始ご指導くださったSKAOの浅山信一郎さんに深く御礼申し上げます。研究者という職業への理解を大きく深める貴重なきっかけとなりました。東京大学名誉教授の

寺澤敏夫先生には、データ解析用ソフトウェアの提供に加え、有益な助言をいただき、大変お世話になりました。

また、SKAO内での発表の機会を設けてくださった広報のMatthew Taylorさんにも、この場を借りて深く御礼申し上げます。

今回のSKAO訪問にあたりマンチェスターで支えてくれた父、活動に理解を示してくださったロンドン日本人学校の先生方、そしてSKAOやJodrell Bank天文台をはじめご協力くださった皆様に心より感謝いたします。

### 参考文献

- [1] <https://www.qrz.com/db/KK4VB> (2025.11.25)
- [2] <https://nanovna.com> (2025.11.25)
- [3] 宮本祐介, 2025, 天文月報, 118, 9