

27. 電波観測による銀河系の構造解析

静岡県立磐田南高等学校地学部天文班
2 年 大寺隼矢・鈴木元喜 1 年 前川美咲・近藤好香

1 動機と目的

銀河系の構造は、光学望遠鏡でも観測可能な可視光、レントゲンなどで用いられる X 線、アマチュア無線などで使われる電波などの様々な電磁波により明らかになりつつある。しかし、すばる望遠鏡などの最先端の観測機器を用いても、完全には分かっていない。

一方、高校生の天体観測は光学望遠鏡による可視光での観測が一般的であった。しかし、天体の電波観測用機材が普及してこれらの機材が比較的安価に入手できるようになり、高校生でも電波による天体の研究が可能になってきた。このため、本校でも 2005 年から太陽電波や木星電波などの電波観測や研究を行ってきた（園田・富田，2011）。

そこで、今年度は自分たちで電波望遠鏡を製作して銀河電波を観測し、その構造を解析しようと試みた。

2 先行研究

和島満（1989）は、大阪教育大学天王寺分校の屋上に設置した三素子八木アンテナで周波数 29.91MHz で、大阪市内の電波環境が悪い地点であるにもかかわらず銀河電波を捉えることに成功した。しかし、同研究では比較的安価に銀河電波の観測機器を製作したが、詳細な解析は行っていない。

高校生による銀河電波の研究では、静岡県立浜松北高校（2005）が自作した 30MHz の三素子八木アンテナで銀河電波のマッピングを行い、銀河電波の強度の中心がいて座の方向にあることを確認した。

3 銀河電波とは

銀河電波とは、銀河系内で放射される電波の総称である。星間物質による吸収が光より少ないので、銀河系の構造を知るための有力な手がかりになる。銀河中心方向がいて座 sgrA の方向にあるので、この方向で電波強度が大きくなることが知られている（祖父江, 1988; 前田, 2003）。

4 仮説 I

銀河系の中心は射手座座 sgrA の方向にある。よって射手座座 sgrA が南中する時刻に近くなるに連れて観測できる信号は強くなる。

5 方法 I

（1）アンテナ

今回観測では八木アンテナを用いた。八木アンテナは 1926 年に東北大学の八木英次、宇田新太郎の両氏によって発明されたアンテナで、正式には八木・宇田アンテナと呼ばれている。反射素子と導波素子を両方使用することで、鋭い指向性が形成され、簡易な構造で高い利得を得られるのが長所である。

文献によると銀河電波は短時間の波形の変化ではなく、長時間の変化により銀河を観測できることが分かった。そこで長時間の



図 5-1 アンテナの設置状況

観測に適するアンテナとして Radix 位相給電 2 エレメント八木アンテナ RY-122FA を用いた。このアンテナの周波数帯は 24～29MHz 帯であるが、銀河電波を観測しやすい周波数は 30MHz なので、エレメント長を調整して 30MHz で観測をした。アンテナのポールは 3m の鉄製のものを使用した。八木アンテナは、本校の屋上に設置した（図 5-1）。本来はできるだけ人口雑音が少ない場所に立てるのが望ましいのだが、その環境が確保できなかったために本校の屋上にした。受信する周波数は 30MHz になるようにアンテナを調節した。次に 30MHz の電波を受信出来る波長を求めた。光速を $3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$ として 30MHz の波長の長さを求めると [波長] = [電波の速さ] / [周波数] より

$$\lambda (\text{m}) = 3.00 \times 10^8 (\text{m/s}) / 3.00 \times 10^7 (\text{Hz}) = 1.00 \times 10.0 (\text{m})$$

よって波長は 10.0m である。したがって原理上、エレメントの長さはその 2 分の 1 波長である約 5 m となる。

（2）受信機

受信機にマルチバンドの KENWOOD ALL MODE MULTI BANDER TS-680V、電源装置に ALINCO DC POWER SUPPLY DM-305MV、（図 5-2）を使用した。観測システムは図 5-3 に示した。



図 5-2 電源装置（上）と受信機（下）

（3）記録装置

銀河電波の信号を記録するためにまず、音声録音ソフトウェア”Recky”を用いて MP3 の形式で音声を保存した。次に、音声編集ソフトウェア”audacity”を用いて音声を波形の画像に変換し可視化した。これを sgrA の南中時刻と比較した。時刻は“桜時計”によりパソコンの内部時計と同期させた。

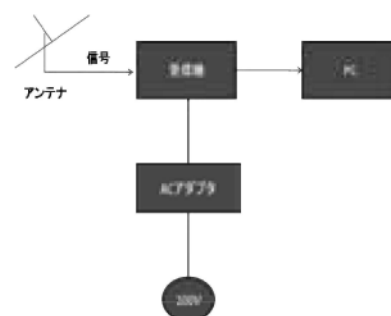


図 5-3 観測システム

6 結果 I

銀河電波の観測は 2014 年 9 月 25 日から 10 月 1 日に行った。図

6-1 は 2014 年 9 月 26 日の観測結果である。sgrA の南中時刻を白線で示した。図より、sgrA の南中時刻には電波の強度が大きくなっていないことが分かる。他の観測日でも同様であった。

0



図 6-1 記録波形（2014 年 9 月 26 日）

7 考察 I

この観測方法では sgrA の南中時刻付近で銀河電波強度が増加していないことが分かった。この原因は銀河電波以外の信号が目的の信号を打ち消してしまったためと考えられる。観測した信号に一定の周期がないことから天体が発したものと考えるにくく、地上から発せられた通信用の電波の可能性が高い。また、受信機にマルチバンドのものを用いたため、受信周波数の範囲が広い。このため、受信周波数の幅が広がり、銀河電波以外の電波を捉えてしまったことが考えられる。

8 方法Ⅱ

前述したとおり 1 回目の観測方法では受信周波数の幅が広いことが原因と考え、これらの点を改善したシステムを再構築し、再度観測を試みた。

(1) 受信機

受信機を JOVE RECEIVER(図 8-1)に変更した。この受信機は方法Ⅰで使用した受信周波数帯が可動であるマルチバンドの KENWOOD ALL MODE MULTI BANDER と異なり、受信周波数帯が 20.1MHz で不動のモノバンドである。一般に、モノバンドの受信機はマルチバンドの受信機と比較して受信周波数の幅が狭い。よって、モノバンドの受信機を用いて銀河電波の観測を行う事により目的以外の周波数の電波を捉えずに銀河電波を受信できると考えられる。図 8-2 に受信周波数の狭い受信機が、広い受信機より目的の電波を捉えやすいイメージを示した。従って、モノバンドの受信機を用いれば、銀河電波を受信できる可能性がより高いと考えられる。



図 8-1 受信機 JOVE RECEIVER

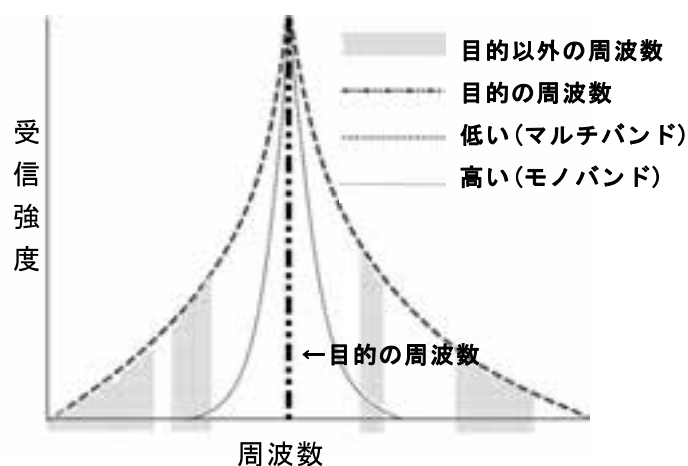


図 8-2 受信周波数と強度の関係

(2) アンテナ

20.1MHz の電波を受信できる波長を求めた。光速を $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ として波長を求めると
[波長] = [電波の速さ] / [周波数] より

$$\lambda (\text{m}) = 3.00 \times 10^8 (\text{m/s}) / 2.01 \times 10^7 (\text{Hz}) \approx 15.0 (\text{m})$$

よって波長は約 15m である。したがって原理上、エレメントの長さはその 3 分の 1 波長である約 5m となり、この方法でも Radix 位相給電 2 エレメント八木アンテナ RY-122FA を利用することとした。受信システムは方法Ⅰの観測装置をそのまま使用し、受信機のみを取り替えて行った。

9 仮説Ⅱ

銀河系の中心は射手座 sgrA の方向にある。よって射手座 sgrA が南中する時刻に近くなるに連れて観測できる信号は強くなる。また、今回は前回に比べ受信周波数の狭いモノバンド受信機を用いるため、銀河電波を鮮明に観測できる。

10 結果Ⅱ

観測は2014年11月14日から11月28日に行った。図10-1は11月21日の観測結果である。図中には方法Ⅰと同様に sgrA の南中時刻を白線で示した。また、11月21日の南中時刻は13時34分である。図より、増減が激しく銀河電波でないことが分かる。音波に変換した信号を実際に聞くと人の声を受信している箇所も多く見られた。また、他の日も同様であった。

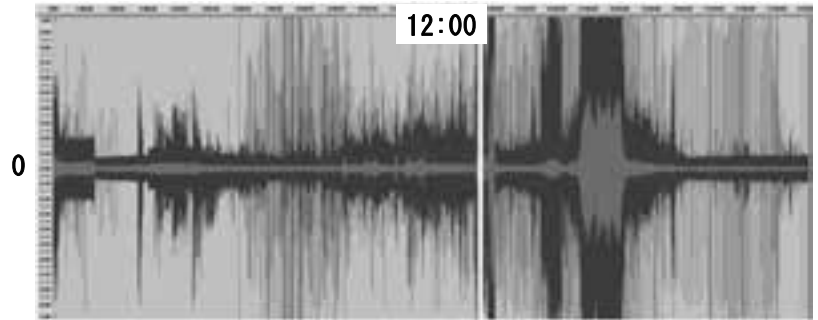


図 10-1 記録波形（2014 年 11 月 21 日）

11 考察Ⅱ

方法Ⅱでも信号の変化から銀河電波を捉えることはできなかった。方法Ⅱの信号では増減が激しいこと、また人の声が入っていることから人工の通信用電波と強く同調してしまったことが分かる。その原因は周波数が比較的通信に利用されやすい領域であったためと考えられる。しかし、方法Ⅱで受信した信号では、方法Ⅰと比較して単一の電波源と推定されるため、比較的狭い範囲の周波数であると考えられる。

12 結論

銀河電波の観測のシステムを構築した。このシステムを用いて観測を行ったが、人工的なノイズにより打ち消されてしまったことから銀河電波の受信はできなかった。また、受信周波数の狭いモノバンドの受信機を用いて再度観測を行ったが、通信用電波と強く同調してしまい、銀河電波の受信はできなかった。

13 今回の問題点

銀河電波が観測できなかった理由は銀河電波の信号を他の電波が打ち消してしまったためである。この原因をさらに詳しく分析すると、以下の3点にまとめることができる。

問題点① 今回の周波数帯には、銀河電波より強い強度の他の電波源がある

問題点② 今回の観測場所には、銀河電波より強い強度の他の電波がある

問題点③ 可視化した信号の中から銀河電波の信号を識別することができない

この問題点を解決すれば銀河電波を捉えることが可能であると考えられる。

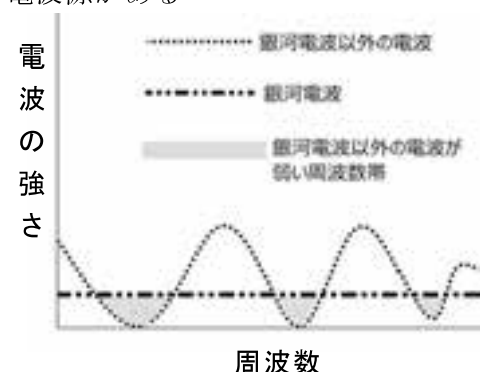


図 14-1 電波のイメージ

14 具体的な改善法と今後の展望

前章で述べた3点の具体的な改善方法をそれぞれ検討してみた。

まず問題点①の解決方法としては、方法Ⅱの観測と同様に、受信周波数の狭い受信機を用いて銀河電波以外の電波が弱い周波数帯(図14-1の灰色で塗られた部分)を探して観測するという方法が考えられる。また、アンテナのエレメント数を増やして、より指向性の高いものにして銀河電波以

外の電波を捉えにくくする方法や金網などでアンテナを囲って銀河電波以外の電波がアンテナに届きにくくする方法などが考えられる。ただし、アンテナを覆う巨大な金網を用意することは不可能なのであまり現実的ではない。

次に問題点②の解決方法としては、山奥などの人工の電波が届きにくい場所に観測地点を変更することが考えられる。候補地としては図 14-2 で示した家老平（浜松市天竜区水窪）、竜頭山（浜松市天竜区春野）、はるの山の学校（浜松市天竜区春野）などがある。

最後に問題点③の対策方法としては、受信機とアンテナの間にノイズを除去するフィルター回路を入れたり、特定の周波数を除去するソフトウェアを開発して銀河電波だけを抽出する方法が考えられる。

まずは受信周波数の狭い受信機を用い、違う帯域や観測場所で観測を試みようと考えているが、これらの解決方法を組み合わせて、今後は銀河電波の検出に向けて取り組みたい。

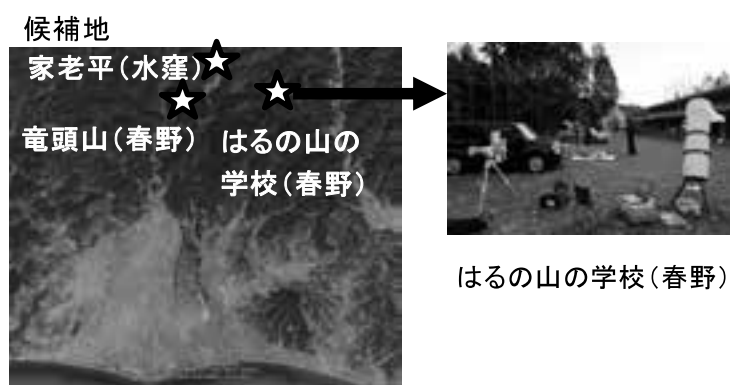


図 14-2 ノイズの少ない観測地点の候補地

参考文献

- ・ 前田耕一郎, 2003, 電波の宇宙, コロナ社, 148pp
- ・ 静岡県立浜松北高校 (2005), 自作アンテナ用いた電波望遠鏡の製作と銀下銀河電波の検出, 静岡県生徒理科研究論文集, 5-9
- ・ 祖父江義明, 1988, 電波で見る宇宙と銀河, 共立出版, 168pp
- ・ 園田愛実・富田敬人, 2011, 電波望遠鏡の制作と木星電波の検出, ジュニアセッション講演予稿集, 第 13, 116-117
- ・ 和島満他 4 名, 1989, 簡単なアンテナによる銀河電波の観測, 大阪教育大学紀要, 第Ⅲ部門, 第 38 巻, 第 2 号, 123-131
- ・ <http://www.radix-inc.com/ry/ry122fa.html>