

## 1、はじめに

電波とは300万メガヘルツ以下の周波数の電磁波のことをいう。私たちの日常生活の中でも電波の特徴をいかした技術が多くある。例えばテレビやラジオなどの放送関連のもの、携帯電話やPHSなどの通信関連のもの、電子レンジなどがある。さらに近年においては宇宙からやってくる電波を受信して宇宙を調べる学問である電波天文が盛んに行われている。2011年に運用を開始したアルマ望遠鏡は、国際共同プロジェクトとしてつくられた直径12mのパラボラアンテナ66台を組み合わせた干渉形式の巨大電波望遠鏡だ。これにより今まで見えていなかった宇宙の姿がさらに明らかになっていくことだろう。しかし、この様な巨大電波望遠鏡の建設には多くの費用と広大な土地が必要になる。

本研究では、このように多くの費用がかかる電波望遠鏡を身近にあるBSアンテナを用いて簡単に作成すること。そして直径45cmという電波天文分野では超小型のパラボラアンテナを用いて、天体の電波をどの程度観測することができるのか検証することを目的とした。本研究では、一般的に知られており身近な天体であること。季節に関係なく観測することのできる天体であること。BSパラボラアンテナを使って観測可能な強い電波を発している天体であること。以上3点から、太陽の観測を行うものとした。

## 2、太陽の電波

太陽からの電波放射は、大きく分けて(1)太陽前面から定常的に放射されている成分(静かな太陽の成分)、(2)黒点などの活動的な領域から放射され、その成長、消滅に対応してゆるやかに増減する成分(S成分)、(3)フレア現象と関連して数秒から数10分で急激に増減する成分(バースト成分)から成り立っている。今回の観測では衛星放送の周波数12GHzでも観測できる静かな太陽の成分とS成分を合わせた電波を観測した。

## 3、観測装置・データ処理ソフト

小型望遠鏡による観測は以下の構成によっておこなう

### ① BS パラボラアンテナ 直径45cm (ベスト電器)

パラボラアンテナの種類には電波を取り込む部分(放射器)がパラボラの反射鏡の中心についているセンターフィード型と、反射鏡の中心から外れているオフセット型のふたつのタイプがある。今回の実験ではオフセット型を使用。

### ② ブースター マイクロ波増幅ユニット RED-1500 (エレクトロデザイン株式会社)

パラボラへの電源供給、マイクロ波IF増幅、分岐、検波、直流増幅の利得調整がオールインワンになっており簡単に観測や実演をおこなうことができる。とらえた電波を増幅し、電力に比例した電圧信号を得るために使用。

### ③ PC20 (三和電気計器株式会社)

小容量電路の測定用に設計された携帯用デジタルマルチメーター。PCLink7のソフトウェアを取り込んだパソコンと接続するとDMMデータの取得が可能。今回の観測ではブースターで変換した電圧信号を測定するのに使用。

### ④記録用PC PCLink7 (三和電気計器株式会社)

PCLink7をノートパソコンにインストールし、テストからの電圧の値をExcelに記録した。

### ④ 赤道儀 EM-200 (TAKAHASI)

電波望遠鏡をのせて観測するために使用。

#### 4、動作テスト

観測を行う前に動作テストを行う。宇宙背景放射（非常に弱い）と地面からの電波放射（外気温に対応した熱雑音電波）もしくは手でコンバータの電波取り込み口をおおったときの体が出す低雑音電波の数値を比べる。宇宙放射に比べて地面からの電波放射や、手で覆ったときの低雑音電波の値が大きくなっていると望遠鏡が正常に作動していることが分かる。

今回動作テストでは宇宙放射が  $0.2\sim 0.3V$  程度の値になり、地面からの電波放射や手で覆ったときの低雑音電波は  $6\sim 8V$  の値になった。この結果より電波望遠鏡がうまく作動していることがわかった。同時に太陽の電波もとらえることができるのか試すために目視で太陽方向にアンテナを向けてみたが、そのときにはあきらかな数値の変化が見られなかった。

#### 5、観測の手順

① B S パラボラアンテナを赤道儀に固定して、すべての機器を接続する。

パラボラアンテナは針金等で固定した。

こんかい赤緯軸のモーターが壊れて動かなかったため、赤経軸（天の東西に沿って動く）はモーターで動かし、赤緯軸（天の南北に沿って動く）は手動で駆動した。



② 赤道儀の極軸を北にむけて固定し、B S パラボラアンテナを太陽の方向に向ける。

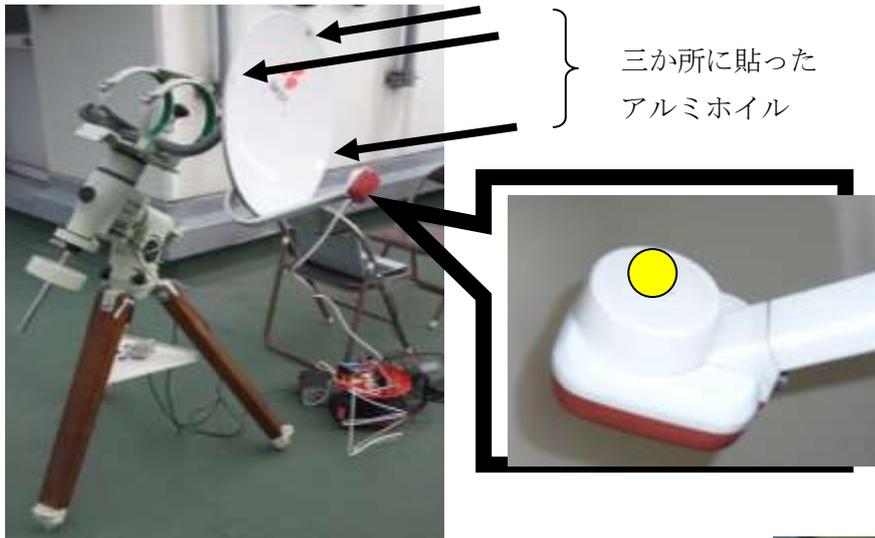
ここでパラボラをおおよそその太陽の方向に向けるが、数値は宇宙背景放射の値がでる。これは衛星放送用オフセットパラボラでは、電波を取り込む部分（放射器）が反射鏡の中心から外れているため、目視で反射鏡を太陽の方角に向けても、実際には多少ずれが生じているためと考えられる。

このずれを考慮してアンテナの向きを調整するために次の操作を行う。



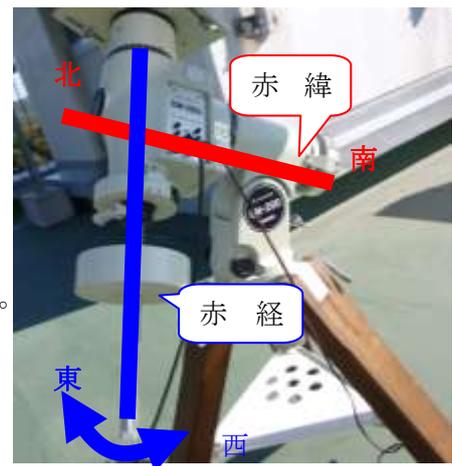
③ アンテナ面に三か所貼ったアルミホイルから反射した太陽光が放射器に集まるようにする。

パラボラ面に光を反射する小さなアルミホイル片を左右と上の三か所に貼り、その反射光がコンバータに集まるようにする。晴れた日の観測ではこの方法を用いると簡単に太陽光を集めることができる。動作テストの際に目視で太陽にパラボラ面を向けたときには、太陽電波をとらえることができなかったが、この方法を用いると太陽付近の上空で、電圧の値が  $0.7\sim 0.8V$  近くまで上昇したため太陽の電波をとらえることができたと考えられる。



④ 赤緯方向（南北方向）を固定し、赤経方向（東西方向）のモーターのみ動かし、電圧をPCに記録する。

⑤ ④の操作を赤緯（南北方向）を1度ずつずらしておこなう。  
赤道儀の赤緯方向のモーターが壊れていたため、  
今回は目盛を見ながら手動で1度ずつずらしていった。



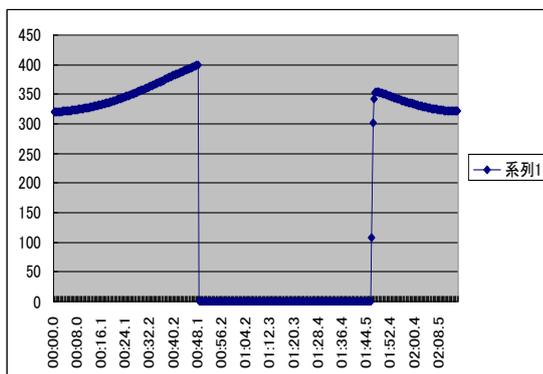
## 6、観測結果

赤経方向（東西）に動かした観測結果を Excel で表したものの。  
A列が時間を表す。0.3秒もしくは0.4秒ごとに PCLink 7 によ  
って電圧が自動的に記録される。

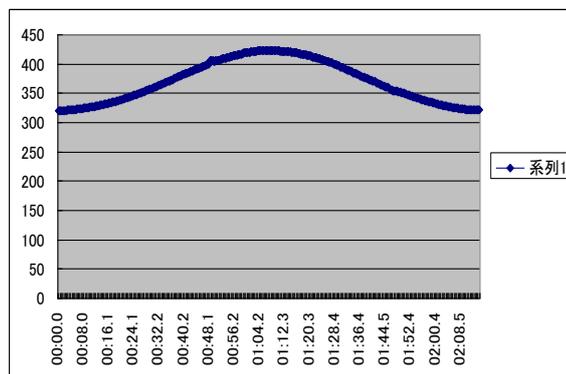
	A	B	C	D
1	00:00.0	321	DCmV	
2	00:00.3	321	DCmV	
3	00:00.7	320.9	DCmV	
4	00:01.0	320.9	DCmV	
5	00:01.4	320.9	DCmV	
6	00:01.8	320.9	DCmV	
7	00:02.1	321	DCmV	
8	00:02.5	321	DCmV	
9	00:02.9	321.1	DCmV	
10	00:03.2	321.2	DCmV	
11	00:03.6	321.3	DCmV	
12	00:03.9	321.5	DCmV	
13	00:04.2	321.7	DCmV	
14	00:04.5	321.9	DCmV	
15	00:04.9	322.1	DCmV	
16	00:05.2	322.4	DCmV	
17	00:05.6	322.6	DCmV	
18	00:06.0	322.8	DCmV	
19	00:06.3	323.1	DCmV	
20	00:06.7	323.3	DCmV	

しかし、400mVを超える値から単位がmVからVに変わる。  
またその際にノイズが生じる。  
これを補正しグラフを作成した。

〈補正前のグラフ〉

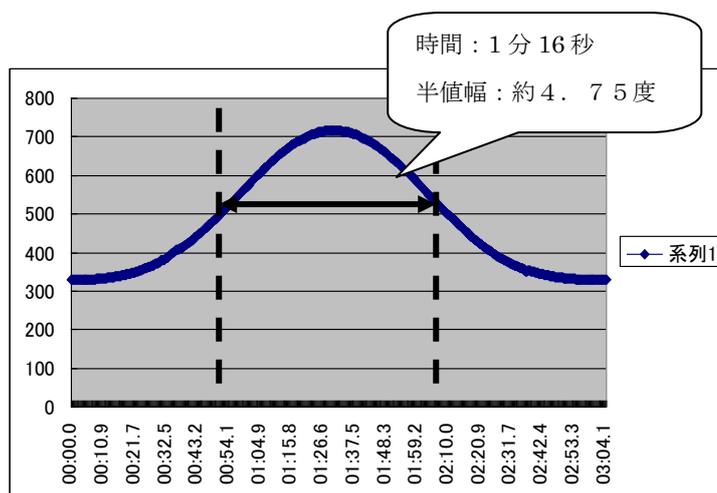


〈補正後のグラフ〉



## 7、結果から分かること

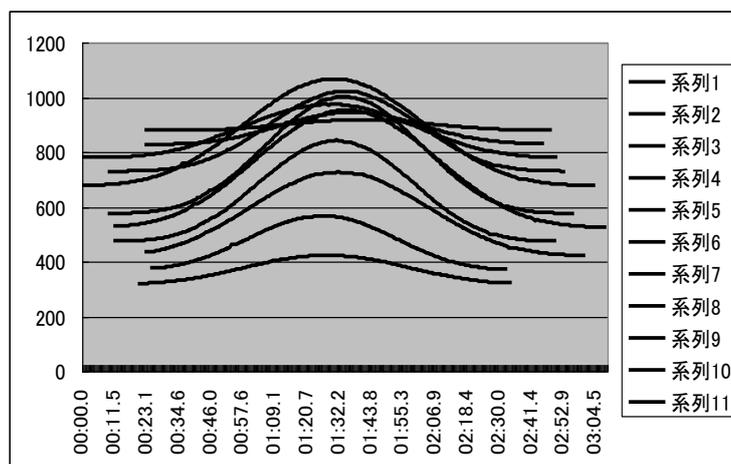
グラフで信号の強度がピークの半分になる幅を半値幅といい角度で表す。これがアンテナの視野を表している。このグラフの横軸は時間で、この間が約1分16秒かかったことになる。今回使用した赤道儀は赤経方向に15度動くのに約4分かかることが分かっているので、ここから半値幅が4.75度になると分かる。



アンテナが接近した2点を見分ける限界

の能力を分解能といい、(波長/口径) [rad]で求められる。この値は、半値幅とだいたい一致し、同じく電波望遠鏡の視野を表す目安になる。今回の観測で使用したアンテナの場合、波長 $\lambda = 2.5\text{cm}$ 、アンテナの口径 $D = 45\text{cm}$ であるので、分解能 $= \lambda / D = 0.055 \dots \text{rad}$ となり、度の単位に直すと $0.055 \dots \times (180 / \pi) = 3.2$ 度となる。分解能と半値幅はおおむね一致すると考えられるが、今回のデータでは、実測による半値幅のほうが大きな値となった。これはBSパラボラアンテナそのものの性能が関係しているのではないかと考えられる。

また、右のグラフは赤経方向での観測を、赤緯を1度ずつずらしながら11回行ってえられたグラフである。(11度ずらしたことになる) このグラフでは中心に行くにつれ太陽電波が強くなっていることが分かる。また、数値がほとんど変化していないグラフを除いて考えるとやはり赤緯方向にも約4~5度程度広がった太陽像が得られたと考えられる。



## 7、まとめ

BSパラボラアンテナを使って電波を観測した結果、太陽の可視光の大きさが約0.5度であるのに対し、電波の太陽像は4.75度と約9.5倍近く広がった像が得られた。これは電波の波長が可視光に比べ極端に長いことやアンテナの口径が45cmと小さかったことで、分解能が低くなってしまったことが大きな要因であると考えられる。その他の要因として太陽の光球の外側の大気(コロナなど)の電波のデータなどが得られたということも考えられる。今回使用したBSパラボラアンテナでは太陽面の詳しい電波源の分布の観測などは無理だと考えられる。しかし今回の結果からBSパラボラアンテナを使っても太陽の電波を観測することは可能であることが分かったので、続けて観測していけば太陽の電波の大局的な様子を見ることはできると考えられる。最後に曇りの日の観測方法の確立や教材としての活用方法を考えていくことが今後のかだいであるといえる。