

## 23. フレアによる太陽電波の観測

静岡県立静岡高等学校

2年 小久保信佑 内田光亮 瀬川いづみ 深澤 恵

### 1 動機

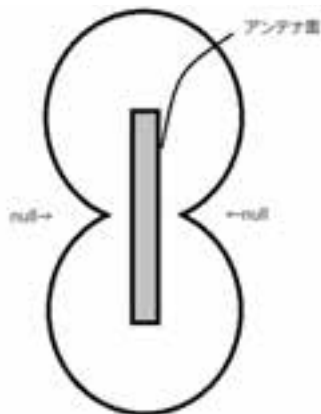
静岡高校の地学室の窓から見えるアンテナは、卒業した先輩たちが木星電波観測に使用していたものであることを聞き、木星電波に関する研究をしてみたいと思った。しかし、研究を始めようとした時期には、電波ノイズの少ない夜間には木星が沈んでしまっていたので、対象を太陽電波に変更して研究を行うことにした。

### 2 目的

アンテナを自作して電波を観測する。観測データを太陽電波観測所のデータと比較して、太陽光球面付近で発生するフレア起源の電波であるかどうかを調べる。太陽電波と同定された観測データから、フレアによって引き起こされる太陽電波の現象を探る。

### 3 アンテナの作製

はじめにリングの形状をしたループアンテナを作製する。このアンテナは電磁誘導により電磁波の磁界成分に反応して電波を検出するアンテナである。従来静岡高校で使われていた電界に反応するダイポールアンテナに比べて周波数帯域が広く、省スペースで設置する場所を選ばないという特徴がある。アンテナの指向性は文献によると〈図1〉に示すようになっており、アンテナ面の法線が東西方向になるように設置すれば、ほぼ日の出から日没まで1日中太陽電波を観測することができる。〈図2〉に構造を示す。同軸ケーブルのシールド線を頂点部分で剥ぎ取り、片方の端の芯線をループ根元のシールド線にはんだ付けする。この構造により、ノイズなどの電界成分はほとんど遮蔽され、一方、磁界成分に対する遮蔽効果は無くなるといわれている。〈図3〉はループアンテナを校舎4階のベランダに設置した様子である。アンテナのループ全体はプラスチックのフラフープを利用してその中に収納した。出力側の同軸ケーブルは円筒容器中を通し、容器内の隙間はシリコン充填剤で固めた。円筒容器とループ部分は鉄製スタンドで挟んで固定し、ベランダの床から約1.5mの高さに設置した。



〈図1〉アンテナの指向性



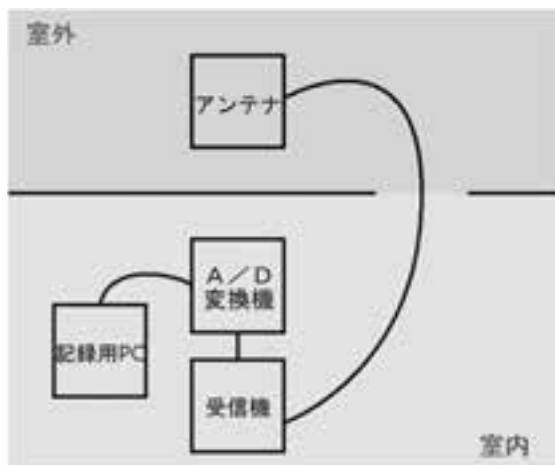
〈図2〉ループアンテナの構造



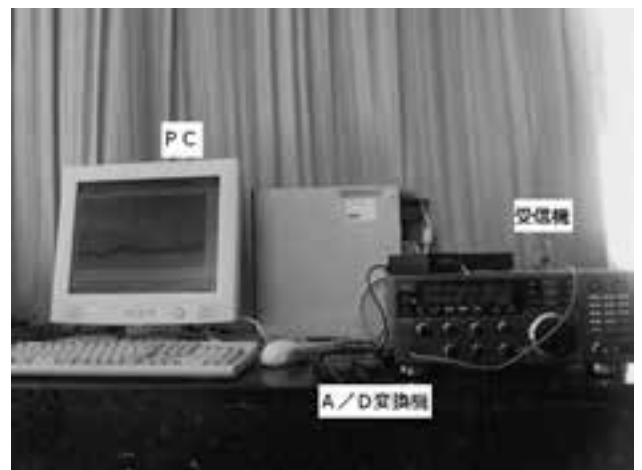
＜図3＞校舎4階のベランダ  
に設置したアンテナ

#### 4 観測システム

地学室のベランダにループアンテナを設置し、同軸ケーブルを地学室の中に引き入れて受信機に接続する。受信機は一定周波数(29.5 MHz)の信号を検出し、強度の信号(アナログ信号)を出力する。アナログ信号はA/D変換器を経てデジタル信号に変換されPCに送られ、PCは信号をプログラム「MSR16H」を使って取り込み自動記録する(＜図4＞＜図5＞)。



＜図4＞システムブロック図



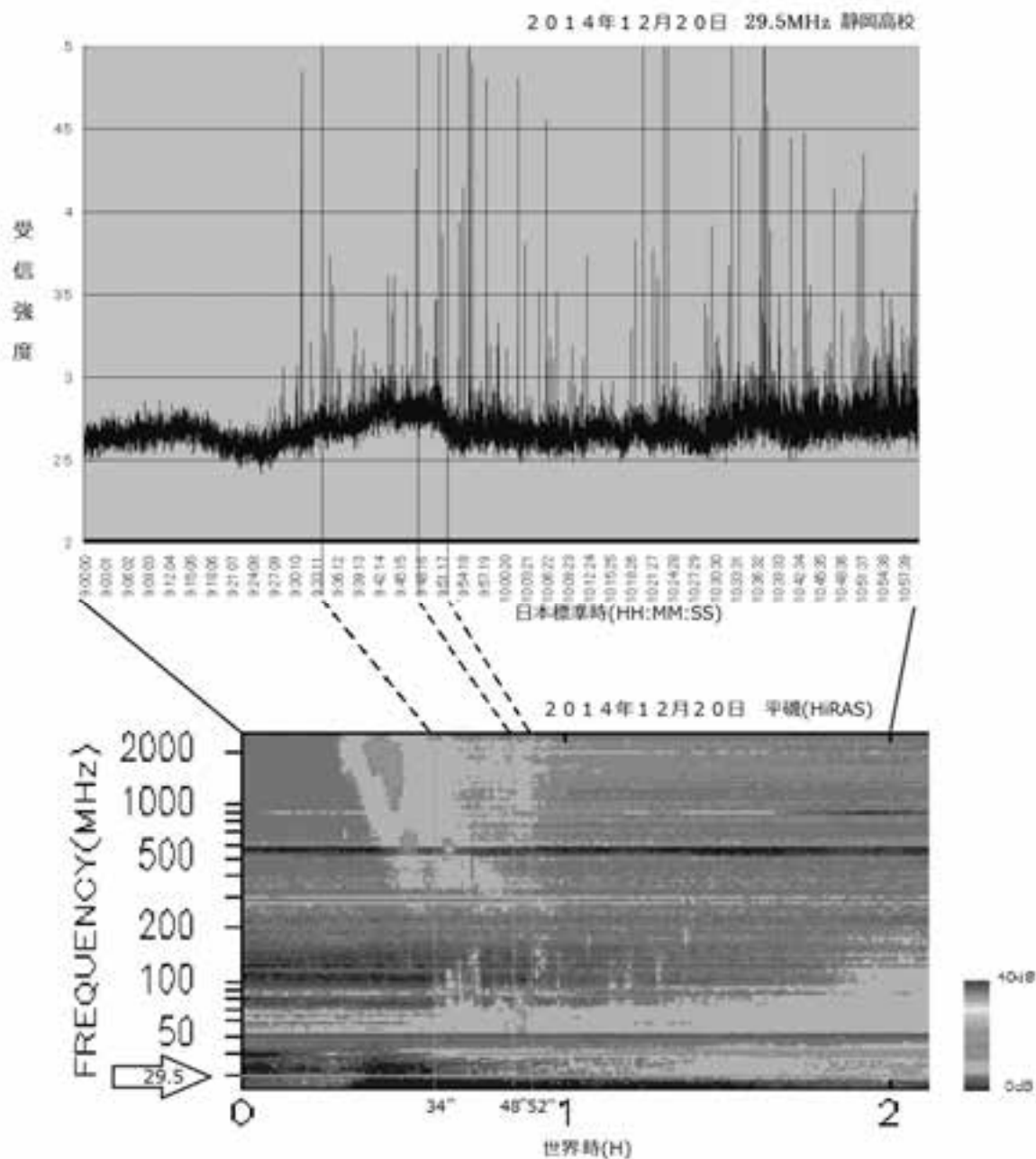
＜図5＞室内の観測機器

#### 5 観測された太陽電波

＜図6＞上段のパネルは、日本標準時2014年12月10日9時30分頃に静岡高校で観測された29.5 MHzの電波強度の時間変化である。一方、下段のパネルは、同じ時刻に観測されたHiRAS(情報通信研究機構通信総合研究所平磯太陽観測センターの太陽電波観測システム)における広帯域電波観測の記録である。この時、静岡高校の観測システムにおける時刻の精度は、PC時計の進み誤差が約5秒であった。HiRASで観測された電波は高周波側で出現し、次第に低周波側に移っている。この変化パターンはフレアによって引き起こされる典型的なII型電波バーストの様相を示している。

+情報通信機構の宇宙天気ニュースでは、2014年12月20日9時11分(世界時では20日0時11分)にランクX1.8のフレアの発生があったことが報告されている。

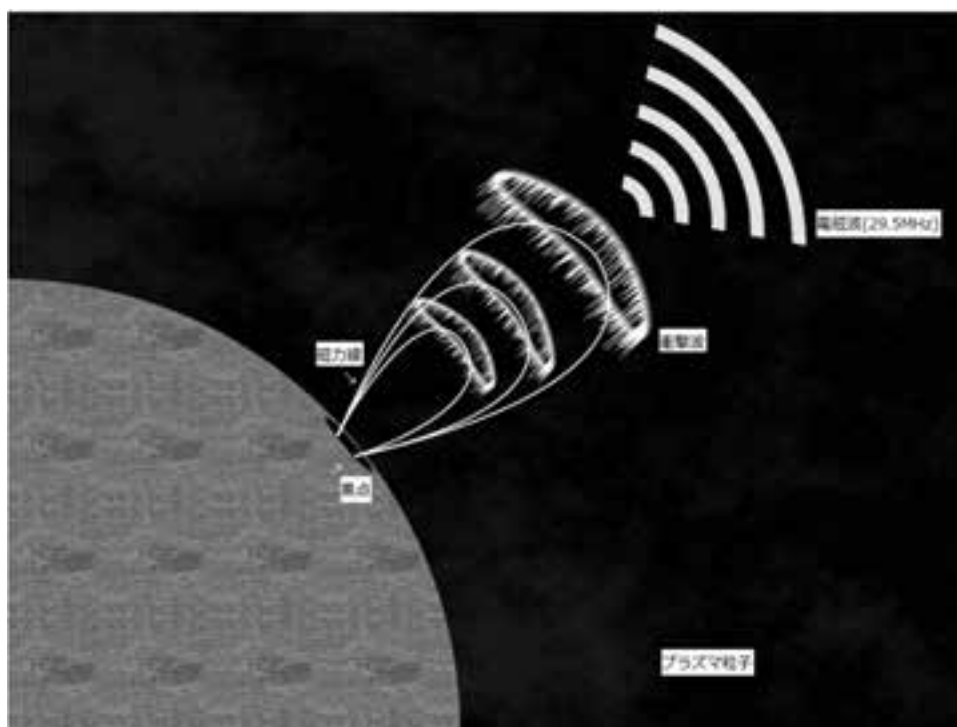
静岡高校のデータでは34分頃、受信強度が上昇し始め、その時刻にHiRASのデータでは60~100MHz程度の周波数帯で強度の強い部分が見られる。静岡高校で強度が最大に達した50分頃に、HiRASではさらに強い部分が確認できる。静岡高校とHiRASのII型電波バースト受信の同時性から、静岡高校で観測された電波は、太陽フレア起源の電波を受信したものであると結論できる。



<図6>観測された太陽電波

## 6 考察

X線観測により、NASAの静止気象衛星GOESは世界時2014年12月20日0時11分にランクX1.8のフレアが発生したことを観測している。フレア発生時刻と、静岡高校で29.5 MHzの電波を受信した時刻との間には23分の時間差がみられた。X線も電波も同じ電磁波であり、真空中を光速で伝わる。この時間差は何が原因なのだろうか。文献によると、X線は黒点付近の光球面の高度近くで磁場のエネルギーが変換されたものであり、一方電波は太陽の周囲に広がる太陽大気の中で電離気体（プラズマ）の振動により発生すると考えられている。フレアが発生すると、電離気体中を伝わる音波の速度を超える速度で物質が放出され、その前面には衝撃波が発生する。衝撃波が通過する時、電離気体はエネルギーをもらって激しく揺すぶられ電波を発生させる。これを表したのが<図7>である。



<図7>フレアにより生じた衝撃波と電波

発生する電波の周波数は電子密度が減少するにつれて小さくなるので、衝撃波が光球面から離れるにつれて周波数は減少する。

私たちは、23分の時間差は光球面近くで発生した衝撃波が29.5 MHzの電磁波を発生させる領域に達するまでにかかる時間であるという仮説を立てて考察を進めた。29.5 MHzの電磁波が発生するのは、文献のあるモデルによれば、太陽表面からの距離が1.5倍の太陽半径の場所であるから、衝撃波の速さは約250km/sと求められ、大きさの程度は文献の値とよい一致をみることができた。

## 7 まとめ

- (1) 静岡高校でアンテナを自作して観測した電波が、太陽フレア起源による電波であることが判明した。
- (2) フレアによって発生する衝撃波の速さについて、観測値から、文献にある値と同程度の大きさの値を計算することができた。

## 8 今後の課題

記録した電波を解析している際に、通信などによるノイズが入っているのが見受けられた。これら人工の電波は帯域が狭いことから、受信する周波数帯を2つ設定することで片方の周波数だけに入ったものは人工の電波、両方同時に入ったものは自然によるものであると区別できる。このことを利用して今後は二つの周波数で観測を行いたい。

## 9 参考文献

- (1) 桜井邦朋 「太陽大気とその外延」 東京大学出版会
- (2) 地球電磁気・地球惑星圏学会学校教育ワーキング・グループ 「太陽地球系科学」 京都大学学術出版会
- (3) 「ニューステージ新地学図表」 浜島書店
- (4) 受信専用マグネチック・ループアンテナ (2014年8月アクセス)  
[http://www.cepstrum.co.jp/hobby/magnetic\\_loop/2magnetic\\_loop.html](http://www.cepstrum.co.jp/hobby/magnetic_loop/2magnetic_loop.html)
- (5) 近藤哲朗他 「平磯の新太陽電波観測システム」 通信総合研究所季報 Vol. 40 No. 1