

2 電波望遠鏡による木星電波の同定

1 研究の動機

私たちは一昨年度、木星の質量の研究を進める過程で、木星から電波が放射されていることを知った。この電波に興味を持った私たちは、昨年度電波望遠鏡を製作し、木星電波の受信を計画した。また、木星電波は音に特徴があることが知られている。そこで、本年度はこれまでの観測に加え、音の観測にも挑戦することにした。

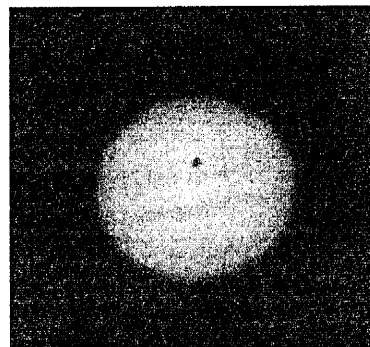


図1-1 木星（本校にて撮影）

2 研究の目的

- ① 木星電波を観測するための電波望遠鏡を製作する。
- ② 観測された電波の中から木星電波の検出を行い、特徴を調べる。
- ③ 音を観測し、特徴を調べる。

3 木星電波とは？

木星電波は、1955年にアメリカで初めて観測された電波である。木星から放射されている電波は周波数別に3種類あり、周波数が小さい方から順に「木星デカメートル放射」・「シンクロトロン放射」・「熱放射」と呼ばれている。今回の観測では、強度が最も大きい木星デカメートル放射を観測対象にした。以下、木星デカメートル放射のことを「木星電波」と表記する

木星電波は、長時間にわたって観測される電波ではなく、30分～2時間ほどにわたって強度の変化が続くもので、図3-2のように記録上では針山状の波形を示す。

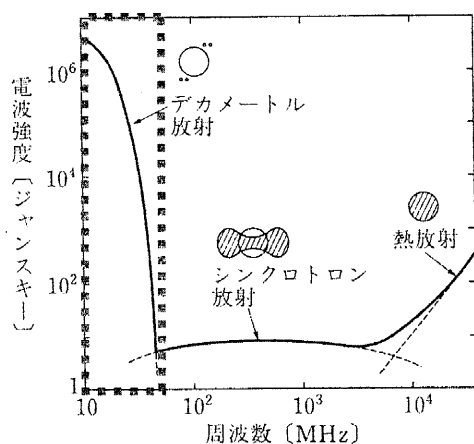


図3-1 木星からの電波
(点線で囲った部分が今回の観測対象)

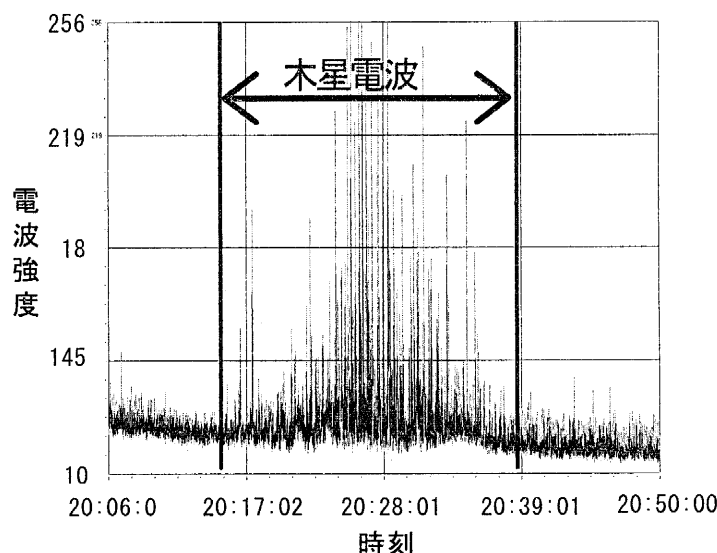


図3-2 本校で観測した木星電波の例
(2007年9月21日 20:15:50～20:37:55)

4 電波望遠鏡の製作

電波観測には、以下の3つの機器で構成される電波望遠鏡が必要である。

① ダイポールアンテナ

電波を受信するためには、アンテナが必要である。今回は、構造が簡単である、図4-1で示したダイポールアンテナを製作した。ダイポールアンテナは、図4-2のように二本の導線を左右対称につけたアンテナである。今回、アンテナの周波数は20.1MHzとした。これは、木星電波の放射が20MHz付近で強く、20.0MHzでは短波通信の影響を強く受けるためである。この周波数から、アンテナの大きさを設定した。なお、アンテナの指向性は、図4-3のように円を2個連ねた「8の字」の形を示す。



図4-1 アンテナ(本校屋上)

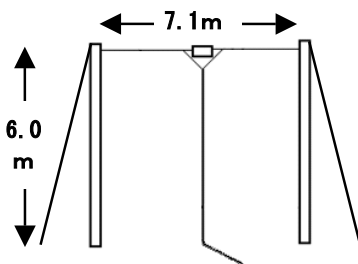


図4-2 アンテナの側面図

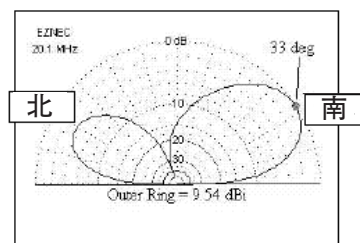


図4-3 アンテナの指向性

② 検波器

アンテナで受信した電波から信号を検出するために製作した(図4-4参照)。

③ パソコン

図4-5のように、検波器で検出した電波を記録するものと音を録音するためのものの、2つを用意した。以上の機器を図4-6のように接続した。



図4-4 製作した検波器



図4-5 記録用パソコン

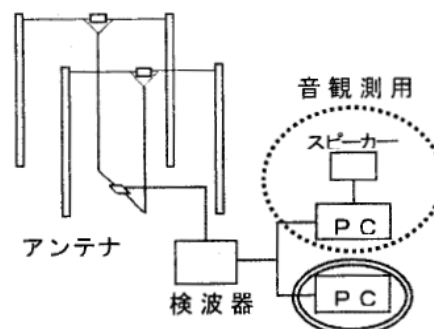


図4-6 接続の様子

5 木星電波の波形観測

私たちは2007年9月4日から2008年9月20日にかけて Radio-SkyPipe という解析ソフトを用いて、木星電波を検出した。この結果、150回の木星電波を検出した。

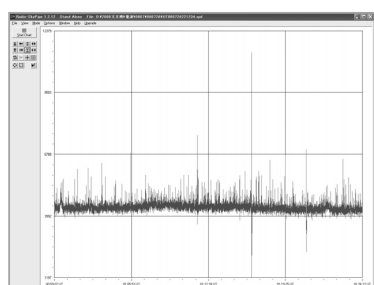


図5-1 観測の様子
(木星電波が受信されていない状態)

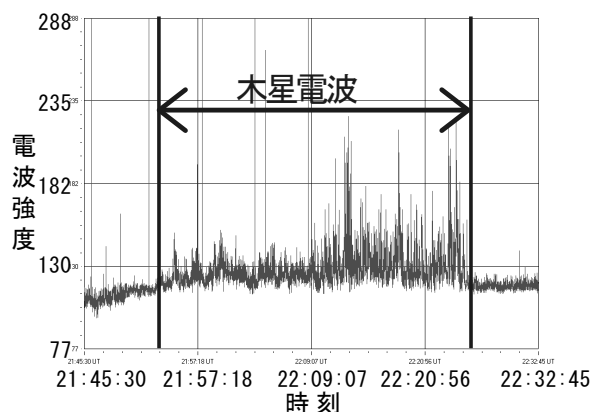


図5-2 本校で観測した木星電波
(2007年10月27日 21:53:01~22:25:13)

6 木星電波の波形解析

木星電波の発生には、木星の中央経度と衛星イオの位相が密接に関係していることが分かっている。そこで私たちは、自分たちで観測した木星電波の、木星の中央経度とイオの位相の関係をグラフに示した。ここで、木星の中央経度と、イオの位相について説明する。

① 木星の中央経度

地球の経度と同様に、木星上に決められた角度のことである。例えば、図6-1のように地球から大赤斑が観測できるときは、中央経度 $\lambda = 125^\circ$ になる。

② イオの位相

イオの位相とは、図6-2のように地球と木星を結ぶ直線から、衛星イオがどれだけ動いているかを示した角度のことである。

私たちが観測した150回の木星電波の、以上の2つの関係を示したグラフが、図6-3である。しかし、このグラフでは点が分散しているので考察がしにくい。そこで、私たちはこのグラフ上の点の密度を測定し、点が密である部分、すなわち木星電波が観測されやすい条件を求めた。この結果、図6-4で示した3つの条件で木星電波が観測されやすいことが分かった。文献を調べてみると、これらは、いずれもイオの位相に関連する電波で、それぞれ Io-A・Io-B・Io-Cということが分かった。また、これらの中央経度とイオの位相の関係を示したのが、表6-1である。

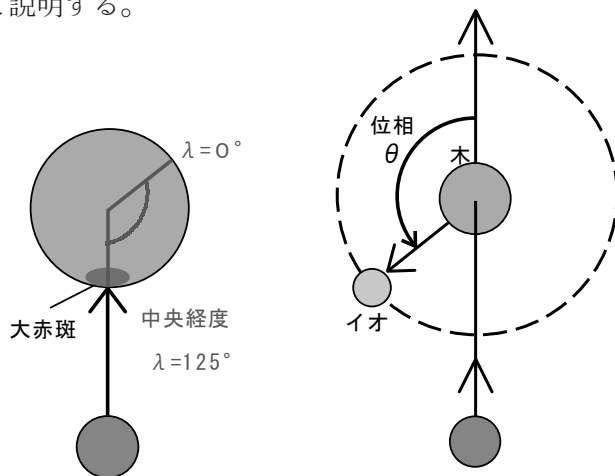


図6-1 木星の中央経度

図6-2 イオの位相

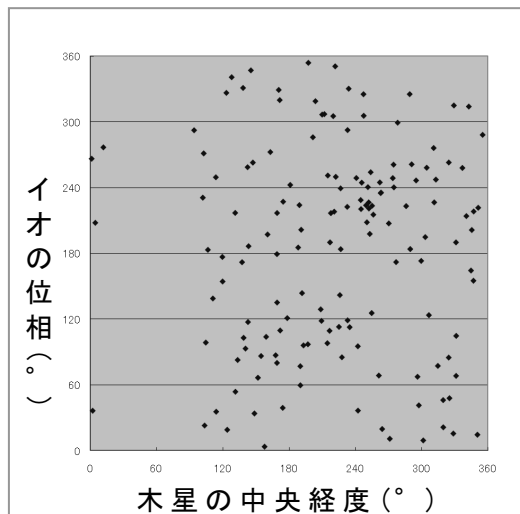


図6-3 本校で観測した全ての木星電波

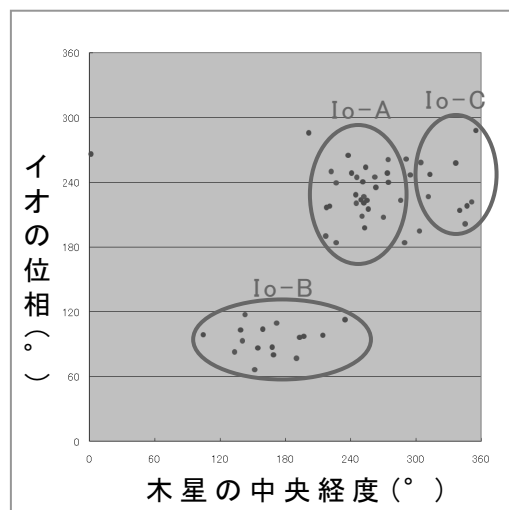


図6-4 イオに関連する木星電波

表6-1 木星電波が観測されやすい中央経度とイオの位相の関係

	中央経度 λ III ($^\circ$)	位相 θ ($^\circ$)
Io-A	200~300	180~280
Io-B	80~200	60~120
Io-C	300~360	200~260

このように、決まった木星の中央経度とイオの位相で木星電波が観測されるのは、イオが電離層を持っているためと考えられている。イオと木星が決まった位置関係になると、電離層に電流が流れ、それによって電子が加速される。その電子が磁力線沿いに木星へと落下し、電波がビーム状に放射され、地球上で電波を観測できる。これが、イオに関連する木星電波の発生メカニズムである。

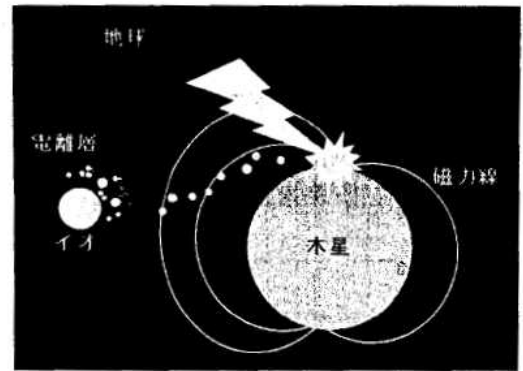


図 6－5 木星電波の発生メカニズム

7 木星電波の音の観測

私たちは、木星電波を音に出力変換する検波器を用いて、パソコンに入力しているので、これをスピーカーで音として聞くことが出来る。そこで、自分たちが同定した電波が、本当に木星から放出された電波であるかを確かめるための1つの方法として、受信された電波を人間が聞くことができる音に変換し、それを分析することにした。なお、音の観測の際には『プッププップ』といった断続的な破裂音の繰り返し」という、一般的に知られている木星電波の音の特徴を参考にした。観測方法は以下の通りである。



図 7－1 録音ソフト「PetitRec」の起動中の画面と録音の様子

① 検波器からパソコンに出力した音を録音ソフト

「Petitrec」を用いて録音する。

② 録音された音の中から、木星電波の標準波形と類似した音を探し出す。

以上の観測方法で、2008年7月11日から2008年9月20日にかけて観測を行った。この結果、2つの木星電波を音として確認できた。以下にその日時を示す。

① 7月20日 00:23:10～00:25:56

② 7月20日 01:20:42～01:30:33

次に、音の共通点を見つけるために編集ソフト「GoldWave」を用いて波形を比べた。それが図7－2である。図中の①・②は観測結果中の①・②と対応しており、③は木星電波の標準波形、④は何も観測されない時の波形である。①・②はどちらも周期的に強弱の変化が見られる。

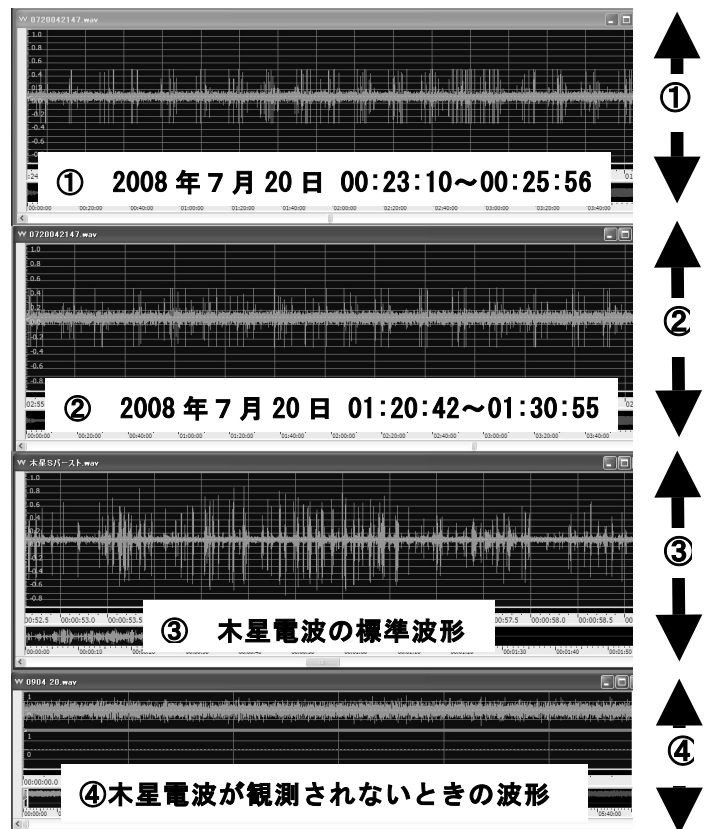


図 7－2 GoldWave による音の比較

更に詳しく調べるために、高速フーリエ変換ソフトを用いてスペクトル分析を行った。図7-3がその結果である。

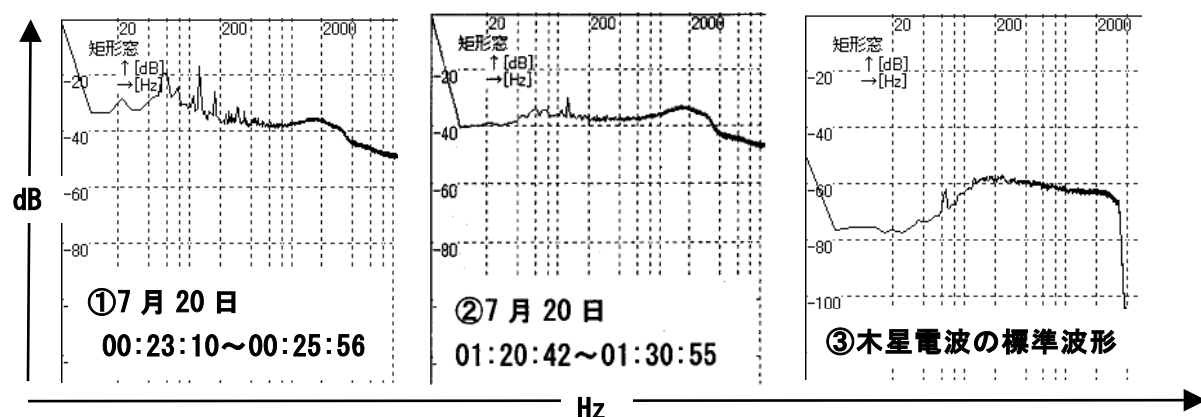


図7-3 高速フーリエ変換ソフトでの音の解析

グラフの結果から、①と②の音はグラフのピークの地点が似ているが、③の標準波形との共通性がうまく見られなかった。この原因がノイズの影響と考えた私たちは、図7-4のように①・②の波形のノイズ除去を行った。この結果ノイズを除去した波形は、図7-4の左のとおり断続音の繰り返しを示し、図7-4の右のとおりスペクトル分析も似た周波数特性を示す結果を得ることが出来た。

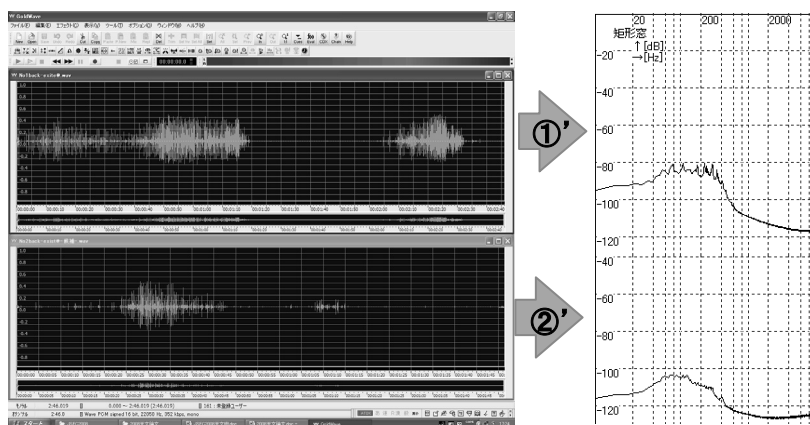


図7-4 ノイズを除去後の波形とスペクトル

7 結論

- ① 自分たちで電波望遠鏡を製作することができた。
- ② 木星電波の波形・音の観測に成功した。
- ③ 木星電波はIo-A、B、Cの3種類ありこれらはイオの位相と木星の中央経度に依存している。

8 今後の課題

- ① 木星以外の電波も調べてみたい。
- ② 違った周波数のアンテナを立て、ノイズ情報を確実にして、より精度の高い分析を行いたい。

参考文献・ホームページ

前田耕一郎 (2002) 電波の宇宙、コロナ社

前田耕一郎 (1990) 簡単な電波望遠鏡による低周波電波天文学 4. 木星電波の観測

福井工業大学

<http://www.fukui-ut.ac.jp/ut/asro/project/jpredict.htm>