

# マイ・電波望遠鏡と Excel で電波地図を作る

工藤 順次

〈コープさっぽろ 〒004-0033 札幌市厚別区上野幌3-5-17-1-508〉

e-mail: jkprs5@mopera.ne.jp



1989年、自宅に小型アンテナを立てて電波観測を始めて以来24年が経った。アマチュア無線機を流用し、ペンレコーダで銀河電波、太陽電波バーストなどを観測した。1993年には、BSアンテナを利用した太陽の熱的電波の観測を思いつき記録することに成功した。これらの観測記録は受信機から取り出された、直流電圧の変化を時間的に記録したものだ。アンテナを少しずつ傾けることで、電波到来方向や角度ごとの電波強度をもとにして、等高線のように点同士を結べば電波地図を作れる。だが、観測地の環境やアンテナ設置、その他の条件からこのようなことが難しかった。しかし最近になって、現在使用している受信機自体のデータ保存機能を利用すれば、アンテナを動かさなくても2次元的な広がりのある観測記録を得られることがわかった。アンテナを動かさず固定していても、地球の自転、公転によって、天体のほうが勝手に動いてくれるし、毎日、または毎月保存したデータを、同じ時間帯で並べることで2次元的な記録が描かれる。ここでは、そのようにして得られた、いくつかの「電波地図」を紹介したい。

## 1. 銀河（天の川）電波の地図

銀河電波の受信には、2素子の軽量型八木アンテナを使っているが、これだけは観測を始めた当初から変わっていない。受信機にはパソコンで操作するものをいま、使っている。（アイコム・IC-PCR2500）大きな特徴は、受信したデータを保存する機能があることだ。受信された電波の、刻々の強さを数値で保存し、さらにパソコンや記録媒体に保存しておくことが可能だ。

図1はそのデータをもとに、Excelでグラフを描かせたものだ。図2は電波観測をし始めた当初の、ペンレコーダによる記録だ。これと比べると、ずいぶん見やすくなった。また、突然のインク切れ、乾き、記録紙の詰まりなどで悩まされることがなくなった。

ペン駆動用の糸も長時間の使用で擦り切れたりする。そのたびに中を開いて、糸を巻き直さなけ

Galactic Background Radiation Jan. 18/2012  
53.75MHz J.Kudoh

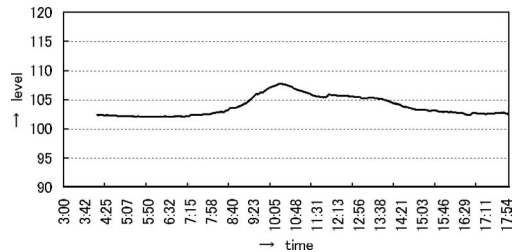


図1 2012年1月18日 パソコン処理した銀河電波の記録・50 MHz帯。

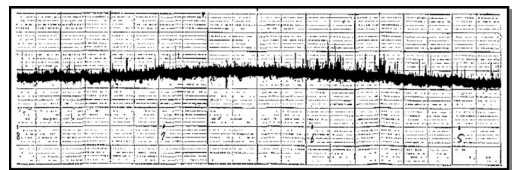


図2 1990年3月16日 ペンレコーダによる銀河電波の記録<sup>1)</sup>。



ればならなかった。修理に出しても良いが費用がかさむので自分で張り直すのに苦労した。

図1のような記録は最初、受信機によってPC(パソコン)のCSVと呼ばれるファイルに自動保存されるので、Excelのグラフ描画機能を使って簡単に図1のようなグラフにすることができる。

毎日、このように保存されたデータを、同じ時間帯で横に並べ、Excelの等高線グラフ機能を使うと図3のようなものができあがる。中央部に近い黒っぽい帯が銀河電波である。

横軸は時間を表す。縦軸は日付だが地球の公転によって1日に4分ずつ進むのでこちらも時間軸と考えて良い。アンテナは動かさずに固定しておくのだが、地球の自転公転によって天体のほうが動いてくれるので、図3のような電波地図ができる。縦横の広がり方を「角距離」とみなした。

図4は今回、銀河電波を観測した電波望遠鏡の構成図で、受信機、プリアンプともに市販のものである。受信機とパソコンはUSBケーブルを介して情報がやり取りされる。

図5はこのようにして、パソコンのファイルへ自動保存されたデータである。新しいブックに、毎日のデータを日付順に貼り付けて図6のような表にしておく。

図6を、等高線グラフ機能を使いグラフ化すると図7のようになる。横軸は時間、縦軸は日変化だから、ともに時間を表しているなのでこの二つを角距離とみなした。

これで、固定したアンテナに電波が入射する間、電波源が時間、日にちの変化とともに動いているので、「電波地図」が作られることになる。

だが、アンテナに到来する電波は、銀河電波と

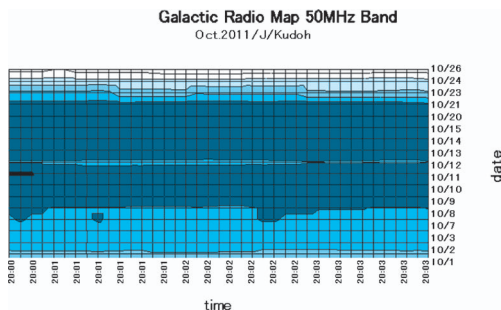


図3 銀河電波地図。Excelのグラフ機能で描かせた電波地図。電波の強度は受信機内で処理され保存された相対的な強度を表したもので特に単位はない。横軸は観測時間、縦軸はそれを日ごとに貼り合わせたもの。

他の図も、あくまでもデータをEXCEL独特の等高線グラフ機能にそって単純に挿入することで自動描画され、2次元、3次元的な視覚効果を狙った試みなので、電波強度の大きな時間変化を感じ取れる程度のもので考えていただきたい。



図4 電波望遠鏡ニューバージョン。

	A	B	C
1	Date	Time	Level
2	2011/10/1	9:11	120
3	2011/10/1	9:11	120
4	2011/10/1	9:11	118
5	2011/10/1	9:11	118
6	2011/10/1	9:11	120
7	2011/10/1	9:11	118
8	2011/10/1	9:11	118
9	2011/10/1	9:11	118
10	2011/10/1	9:11	120
11	2011/10/1	9:12	120
12	2011/10/1	9:12	120

図5 単日の記録。

	A	B	C	D
1		10月1日	10月2日	10月3日
2	20:00	102	109	112
3	20:00	105	109	112
4	20:00	102	107	112
5	20:00	102	109	112
6	20:00	102	107	112
7	20:00	102	109	112
8	20:00	102	109	112
9	20:00	102	107	114
10	20:00	105	109	114
11	20:00	105	109	112
12	20:00	107	109	114
13	20:00	105	109	112
14	20:01	107	107	112

図6 毎日の記録を貼り付けたブック。

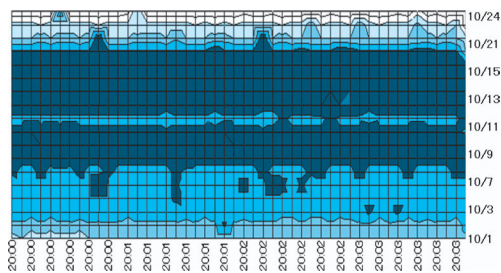


図7 等高線グラフを利用した電波地図 原図.

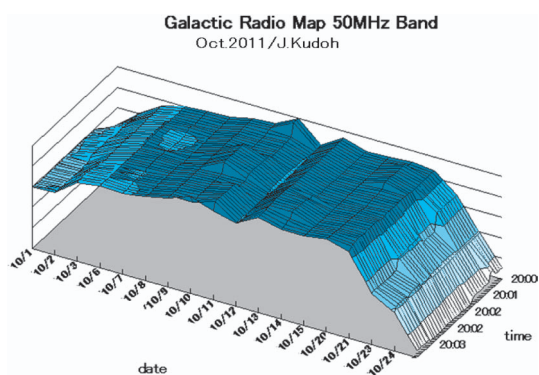


図8 銀河電波の3D強度分布.

ともに人工的雑音なども混入してくる。図7にもそのような混信が認められる。中央部の黒っぽい帯のような部分が銀河電波成分だが、それに付随したノコギリ刃のようなギザギザや点が不要なノイズ混信である。

そこで、図6の中にあるレベル数値を移動平均でならずと、冒頭の図3のように滑らかな図にすることができる。移動平均の手順はExcelのヘルプで検索できる。

さらにこの図を立体的にすることも可能だ。同じデータを選択し、立体図機能を使うことで図8のようにすることができ、電波の分布を3Dで見られる。

手順としては、「グラフウィザード」→「グラフの種類」→「等高線」→「3D等高線」となる。

## 2. 太陽電波の地図

1993年、簡単な電波望遠鏡で銀河電波を観測

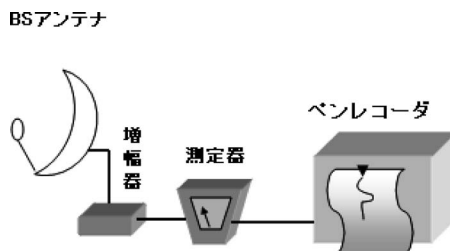


図9 1993年当時の太陽電波望遠鏡.

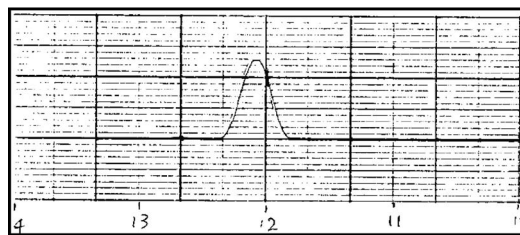


図10 1993年12月10日 初めて観測した太陽熱電波.<sup>2)</sup>

していたころ、太陽活動はしだいに弱まり、50 MHzバンドでとらえられていた太陽電波バーストも記録されなくなってきた。

かねてより、これとは違う種類の、太陽の熱的電波を観測したいと考えていた。そんな折に思いついたのが12 GHz帯のBSアンテナを利用することだった。

当時は図9のような装置で太陽の熱的電波を記録することができた。受信された信号は、間に入れた増幅器を通してBS測定器に入り、直流電圧に変換されてアナログメーターを振れさせる。このときの直流電圧をペンレコーダーへ導き記録させていた。

このときに使った測定器は「BSレベルチェッカー」と呼ばれるもので、BSアンテナの角度や方向の調整に使用するものである。現在はデジタル表示のものもある。

図10はこのようにして初めて太陽の熱的電波を記録したものである。

今回、電波地図作成のために用意した観測装置は、受信や記録の方法がだいぶ違う。

図11はその構成図である。BSアンテナはそれ

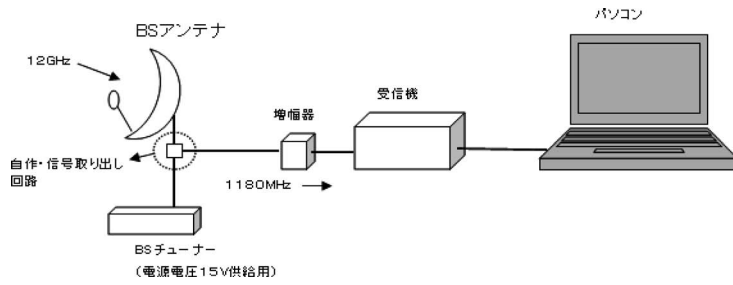


図11 太陽電波望遠鏡ニューバージョン.

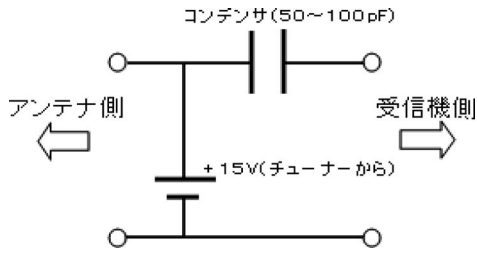


図12 自作の信号取り出し回路.

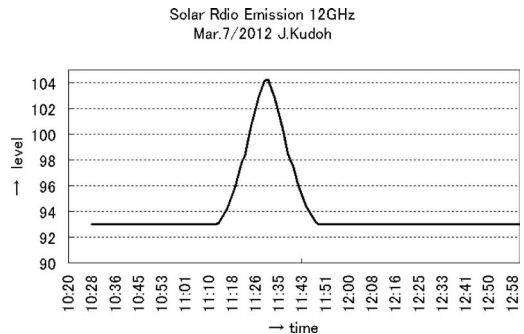


図13 受信機とPCの組み合わせで記録した太陽電波.

自体が受信機の働きをする。15Vの電源を供給すると12GHz帯の電波を受信して、内臓コンバータにより受信周波数は1-2GHz前後にまで下げられる\*1。この周波数帯は後段にある増幅器や受信機の周波数範囲と合致するので、接続することで間接的に12GHz帯の太陽熱電波を受信することになる。

ここでは、受信機の周波数をTV放送チャンネルで使用していない1,180MHzに設定した。接続されたアンテナケーブルの中には受信された高周波電流と同時に、15Vの電圧がかかった直流電流も流れている。これはBSアンテナに内蔵されたコンバータを作動させるための電源電圧である。このケーブルをつないで受信するためにはこの中から高周波電流だけを通過させ、15Vの直流電流をカットしなければ受信機が破損する。

そこで、図12のように受信機側にはケーブル

の間にコンデンサーを入れた。コンデンサーは交流を通し、直流は通さない。そういう回路を自作してBSアンテナからの電波を増幅器、受信機へと導いている。受信データは前述の銀河電波のときと同じようにパソコンに保存され、グラフ化することができる。図13はこのようにして記録した太陽電波である。

これだけでは1993年当時のものと同じ様相だが、これも毎日の記録を同じ時間帯で横に並べると図14のように縦横の時間、つまり角距離をもった電波地図ができる。図15はそれを3D図にしたもの。

\*1 多くの通信機やTV、ラジオなどはアンテナで受信された高周波電流を、そのままでは扱いにくいのでより低い周波数に変換している。その周波数を中間周波数と呼び、そのための回路や装置をコンバータと呼んでいる。中間周波数のことをIF(アイエフ)とも言う。

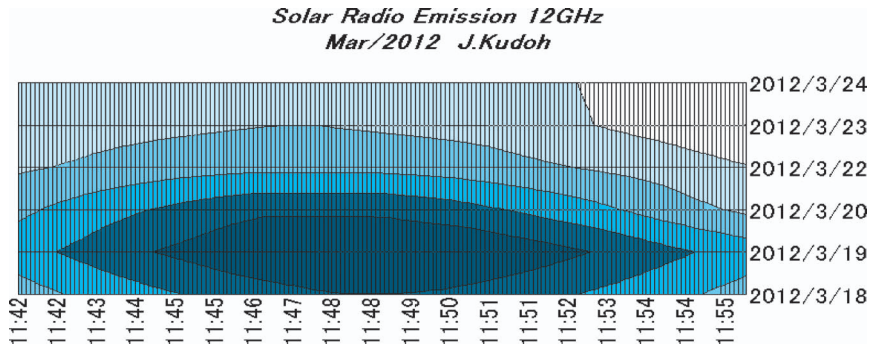


図14 太陽の熱的電波地図.

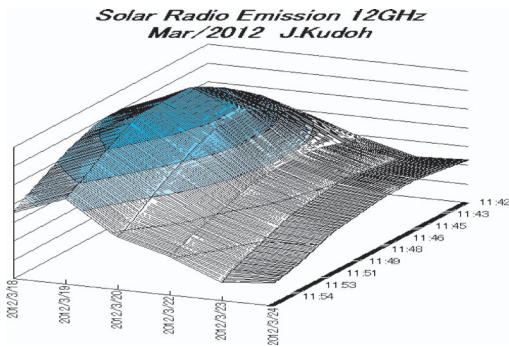


図15 太陽電波の3D地図.

AF\*2信号をペンレコーダで記録していたときは、そのような雑音を取り除こうと、AF信号用フィルターを自作して試してみた。いろいろな値のコイルとコンデンサを組み合わせ試してみたが、うまくいかず、大きな課題だった混信の除去には至らなかった。それから比べると、今回のようなデータ保存機能をもつ受信機は受信信号をデジタル処理できるので便利になった。観測当初は高価だったパソコンも中古品の流通などで入手しやすくなり、個人レベルでの観測者にとって「簡単」、「低コスト」という問題をかなり解決してくれた。

### 3. ま と め

この24年間で「マイ・電波望遠鏡」の形もずいぶん変わった。

街なかで観測しているので人工雑音も多く、

### 参考文献

- 1) 前田耕一郎, 1989, 天文月報7, 9, 11月号; 1990, 1, 3月号
- 2) 工藤順次, 1990, 天文月報11月号; 1993; 4月号, 1994; 4月号

\*2 AF信号～受信機のヘッドフォン端子から取り出す音声信号。この信号は交流なので、ペンレコーダーに接続するためには直流に変換する。変換する回路は自作した。