

BS アンテナによる 12 GHz 太陽電波放射の観測 ～大阪府立高専と西はりま天文台のデータの比較～

當村一朗¹、東 智彰¹、時政典孝²

1) 大阪府立工業高等専門学校

2) 兵庫県立西はりま天文台

Observation of 12 GHz Solar Radio Emission using a Satellite-Television Antenna : Comparison between the Results from Osaka Prefectural College of Technology and the Nishi-Harima Astronomical Observatory

Ichiro TOHMURA¹, Tomoaki HIGASHI¹, Noritaka TOKIMASA²

1) Osaka Prefectural College of Technology, Saiwai-cho, Neyagawa, Osaka, 572-8572, Japan

2) Nishi-Harima Astronomical Observatory, Sayo, Hyogo 679-5313, Japan

E-mail: tohmura@ipc.osaka-pct.ac.jp

(Received 2006 July 21)

概要

BS アンテナを用いた 12 GHz 太陽電波放射について、大阪府立工業高等専門学校で実施した観測の結果と西はりま天文台の観測結果とを比較した。観測データは 2005 年 12 月のものであるが、この期間は太陽の活動性がかなり低く、大きな電波バーストは発生しなかった。上記 2 箇所のデータを比較した結果、顕著な相関は見られなかった。このことは、大きな電波バーストを除いては、BS アンテナのような簡単な装置を用いた太陽電波観測は局地的な天候や検出器利得の偶発的変動に強く影響を受けること、したがって、ていねいな較正が必要であることを意味している。

Abstract

Observational results of the 12 GHz solar radio emission using a satellite-television antenna at Osaka Prefectural College of Technology are compared with the 12 GHz radio data taken at the Nishi-Harima Astronomical Observatory. These data were obtained in December 2005, during which period the solar activity was rather low and no major radio burst occurred during our observations. The comparison of these two data sets show no significant correlation, which implies that, except cases of large radio bursts, the solar radio observation using a simple equipment such as a satellite-television antenna would be strongly affected by local weather and spontaneous change of the gain of the detectors and, therefore, that detailed calibration is needed.

Key words: Sun – Radio Observation – Satellite-Television Antenna

1. はじめに

衛星放送受信アンテナ（以下、BS アンテナ）による太陽電波放射の観測は、大掛かりな装置を必要とせず、また、望遠鏡のポインティングにも光学観測ほど高い精度が要求されないので、アマチュア天文家や教育機関でも比較的手軽に行なえる観測である。また、天文としての興味以外に、電波放射の物理や電波受信技術が関わってくるので、天文教育や技術教育において幅広く用いることが可能なテーマであると考えている。

筆者のうち2名（當村、東）は、大阪府立工業高等専門学校（以下、府立高専）における2005年度の卒業研究の一環として、BS アンテナを用いた12 GHz 太陽電波放射と小口径望遠鏡を用いたH α 単色像の同時観測を行なった。電波観測は、可視光観測に比較して検出器の利得変動の影響が大きいので、受信したシグナルの中から意味のある信号を取り出すのが難しい。また、上記の観測を行なった時期には太陽活動は極小期に近づいており、大きな電波バーストを受信することができなかった。そのため、得られたデータのうちのどれほどが太陽からのシグナルであるのかについて検討が必要であった。

そこで、2つの観測サイトで同時に電波放射のピークが受かっていたら太陽からのシグナルである可能性が高いことが確認できると考え、府立高専で得た12 GHz 太陽電波放射データを、西はりま天文台でルーチ的に観測している12 GHz 太陽電波放射のデータと比較した。このデータ比較の概要については、観測結果そのものとあわせて東の卒業論文および大阪府立高専研究紀要（當村、東 2006）にまとめられているので、本稿では府立高専・西はりま天文台両サイトのデータの比較について、その後行なった追加の分析結果を含めて報告する。

2. 府立高専での観測システムと観測方法

府立高専での電波観測システムは、次のとおりである。太陽電波を受信するためのアンテナは、直径35cmの丸型センターフィード式パラボラアンテナを用い、アルミアングルで取り付け部品を自作して、マッチプレートまたは鏡筒バンドを介して赤道儀に搭載した（Fig. 1）。赤道儀はモータードライブにより太陽の日周運動に追従するが、ガイダーはつけていないため、アンテナの位置ずれはその都度手動で修正した。BS アンテナを用いているので、受信周波数は12 GHz 帯である。BS アンテナ出力は、アンテナ付属のコンバータで中間周波数に落とされた後、EDC社製のアンプ・検波器に入る。アンプ・検波器に入ったシグナルは、最終的に直流電圧として出力される。これをデジタルマルチメータで測定し、シリアルポートを経由してPCに取り込み、データロガーソフトを用いて記録した。なおアンテナやアンプ・検波器の温度コントロールは行っていない。

観測においては、データ取得間隔は10秒とした。したがって、時間分解能も10秒である。また、観測の前後に1~2回、アンテナを天頂に向け、その出力電圧を記録した。観測終了後、太陽を観測した生データから、天頂を向けた時の平均出力電圧を引いて、スカイの信号の差引きとした。さらに、電波吸収体（ウレタンブロック）をアンテナ全面にかぶせて、その出力電圧と、ウレタンブロックの温度を記録することも行なったが、ウレタンブロックのデータは、現時点では較正に活用できていない。

見晴らしがよくて継続的に使用できる観測場所の確保が難しかったため、校内の実験室の窓際や、校舎のテラスなどを移動しながら観測を継続した。このため、屋内から観測した場合は窓枠がアンテナの一部として働いたためと思われるシグナルが受かってしまう、テラスから観測した場合は太陽高度が低い時に地上建造物の熱放射と思われるシグナルが受かってしまう、などの問題が発生した。また上記以外に、コンバータまたはアンプ利得の変動と思われる、突発的なシグナルの変動も見られた。これらについては、まだ有効な対策を立てるに至っていない。

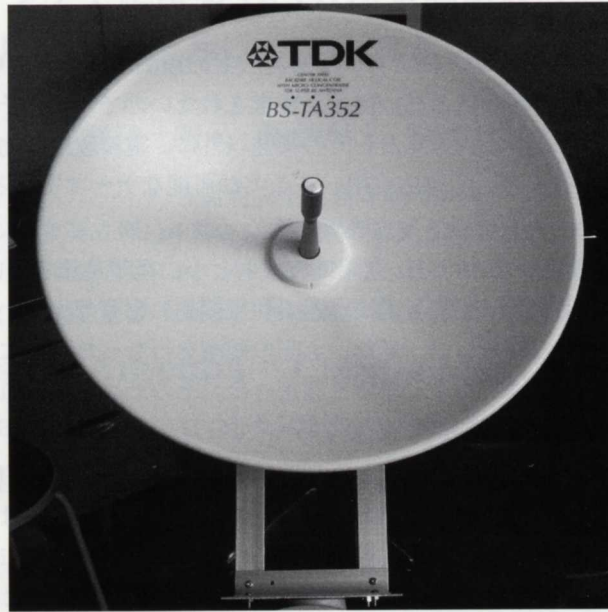


Fig. 1. The satellite-television antenna and the attachment used at Osaka Prefectural College of Technology.

3. 西はりま天文台の観測データとの比較

本節では、府立高専で得られた 12 GHz データと、西はりま天文台で得られた同じく 12 GHz のデータの比較について述べる。2005 年 12 月ごろから安定して観測できるようになり、1 月下旬まで晴天時に観測を行なった。それらの観測のうち、両サイトで 12 GHz 電波データが得られた 5 日分の結果について比較する。

比較に先立ち、以下の前処理を行なった。前節で述べたように、府立高専のデータは 10 秒おきに取得されているが、西はりま天文台のデータは 1 秒おきに取得されているので、西はりま天文台のデータを 10 秒ごとの移動平均値に置き換えた。府立高専のデータの時刻と西はりま天文台の各移動平均データの中心時刻の差は最大±5 秒である。また、西はりま天文台の 12 GHz 電波観測では較正用データを取っていないので今回の分析では生データを用いることにし、府立高専のデータと西はりま天文台の生データとを比較した。

府立高専・西はりま天文台の 12 GHz 太陽電波放射の時間変動を、Fig. 2~6 に示す。いずれも横軸は時刻（世界時）、縦軸は検波器の出力電圧である。また、府立高専と西はりま天文台のデータの相関図を Fig. 7~11 に示す。いずれも横軸は府立高専のデータ（検波器の出力電圧）、縦軸は西はりま天文台のデータ（検波器の出力電圧）である。

Fig. 2 は 2005 年 12 月 7 日のデータである。西はりま天文台、府立高専いずれのデータにも、特に顕著なピークは見られない。両サイトのデータの時間変動は、弱い逆相関を示しているようにも思えるが、Fig. 7 を見ると、ほとんど相関がないと考えるほうがよさそうである。（逆に、もしも本当に逆相関があれば、非常に不可解である。）

Fig. 3 は 2005 年 12 月 9 日のデータである。府立高専のデータが、03:50UT 前後で、instrumental と思われるジャンプを示す以外はほとんど変動しないのに対して、西はりま天文台のデータはゆるやかに波打つような振る舞いを示す。Fig. 8 からも相関は読み取れない。

Fig. 4 は 2005 年 12 月 13 日のデータである。両サイトのデータの時間変動の様子は 2005 年 12 月 9 日に

類似しており、府立高専のデータにほとんど変動が見られないのに対し、西はりま天文台のデータはゆるやかな変動を示す。Fig. 9からも、相関はないように見える。

Fig. 5は2005年12月14日のデータである。府立高専のデータに見られる02:40UTごろの急激な変動は瞬間的なデータのジャンプであり、instrumentalなノイズである可能性が高いと考える。それ以外は2005年12月9日や13日のデータと似た振る舞いを示している。Fig. 10からは、他のデータに比べてやや相関がありそうにも思えるが、明らかに相関があるとまではいえない。

Fig. 6は2005年12月20日のデータである。この日の府立高専のデータにも、瞬間的なデータのジャンプが見られる。それ以外の点では、両サイトでごくわずかな逆相関があるようにも思えるが、明白なものではなく、また2005年12月7日のデータのところで述べたように、もしも実際に逆相関があれば、それは不可解なことである。Fig. 11からも、相関があるようには思われない。

4. まとめ

前節に示した5日間のデータの比較からは、両サイトのデータの時間変動が一致すると断言できるケースはなかったことが判る。非常に顕著なバーストが発生したような場合は別として、静穏時の太陽電波放射を我々のような簡単なシステムで観測した場合は、ほとんどが局地的な天候（本稿では詳細は省くが、雲の影響を受けやすいことは府立高専での観測でも経験している）や機器利得の変動を見ていると考えるべきであろう。

この点を解決するためには、天候の影響や機器利得の変動を、リアルタイム（少なくとも、見ようとする現象の時間スケールよりも速く）で較正しなければならない。較正には標準電波源となるものが必要であるが、いわゆる標準電波源とされる天体からの電波は、今回用いているような簡単なシステムでは微弱すぎると思われるので、他に電波源を求めるのがよいであろう。府立高専で用いた、アンテナを天頂に向けた場合の出力電圧を用いる方法は、今回の結果からすると天候の変動をそのまま測ってしまうと考えられるので、たぶんよい方法ではない。放送衛星の電波を用いる方法は、放送衛星が出している電波強度がどれくらい一定しているかにもよるが、天頂の電波強度を用いる方法よりもよい可能性がある。電波吸収体をアンテナにかぶせたときの出力電圧を測定し、電波吸収体の温度も測っておいて、黒体放射であると仮定して較正する方法も、天候の変動の影響を受けないと考えられる。

また、実際の観測では、較正の頻度が問題になるのではないかと考えられる。数分程度で変動する現象を検出したいのであれば、1分に1回程度は較正を行なう必要がある。太陽近傍の空を測り、かつ標準電波源を測ることを、1分に1回程度連続して行なうのは、システムを自動化しない限り難しいのではないかと考えられる。

遠隔サイトでそれぞれ同じ周波数帯の太陽電波を観測して比較することは、データの信頼度を高めるよい方法であると考えているが、信頼できる比較結果を得るためには、ある程度簡便で、かつ正確な較正の方法を考える必要がある。筆者の1人（當村）は、遠隔サイトでの太陽電波の同時観測が安定してできるようになれば、技術的ハードルは相当高いと思われるものの、公共天文台や教育機関などによる「BSアンテナによる長基線電波干渉計ネットワーク」につなげていけるのではないかとアイデアを抱いているが、較正の問題が大きなハードルの1つであることが判った。

《参考文献》

- [1] 當村 一郎、東 智彰 2006、大阪府立工業高等専門学校研究紀要、第40巻（印刷中）

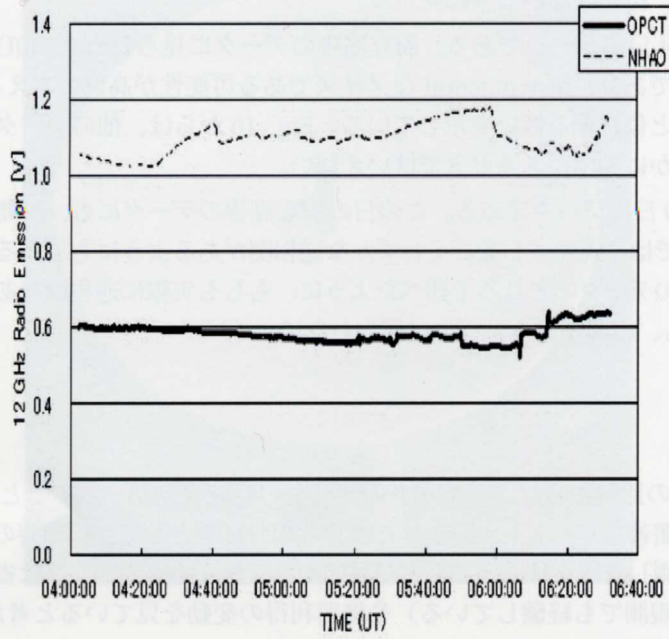


Fig. 2. Temporal change of the 12 GHz solar radio emission observed at Osaka Prefectural College of Technology (thick line) and Nishi-Harima Astronomical Observatory (dashed line) on 7 Dec 2005.

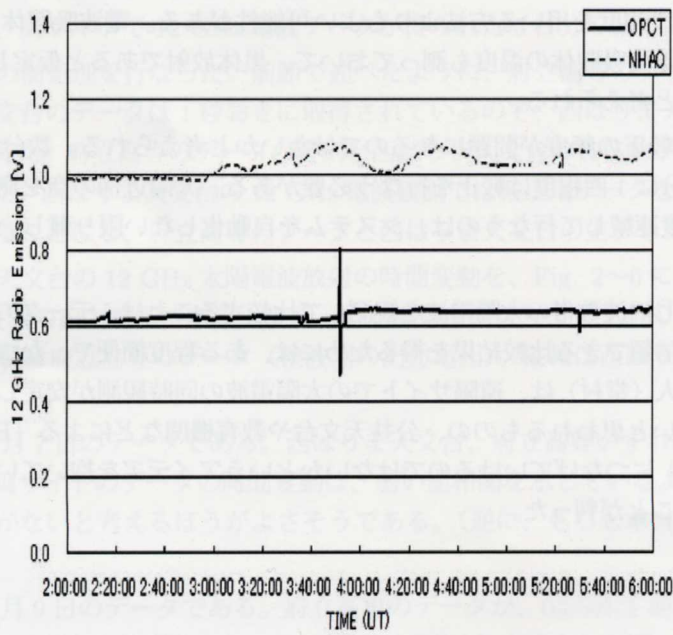


Fig. 3. Same as Figure 2a, but observed on 9 Dec 2005.

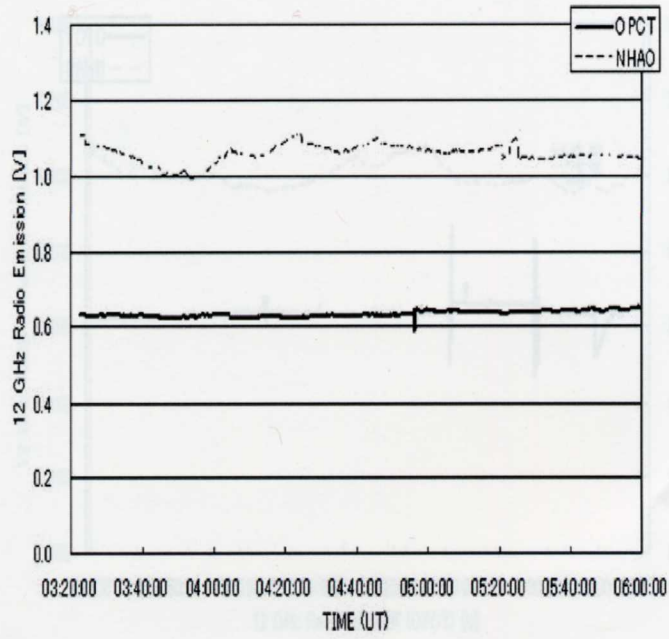


Fig. 4. Same as Figure 2a, but observed on 13 Dec 2005.

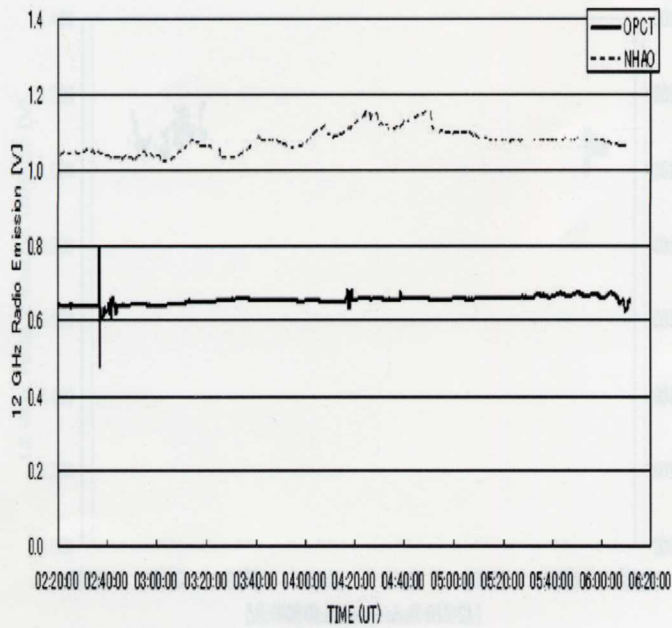


Fig. 5. Same as Figure 2a, but observed on 14 Dec 2005.

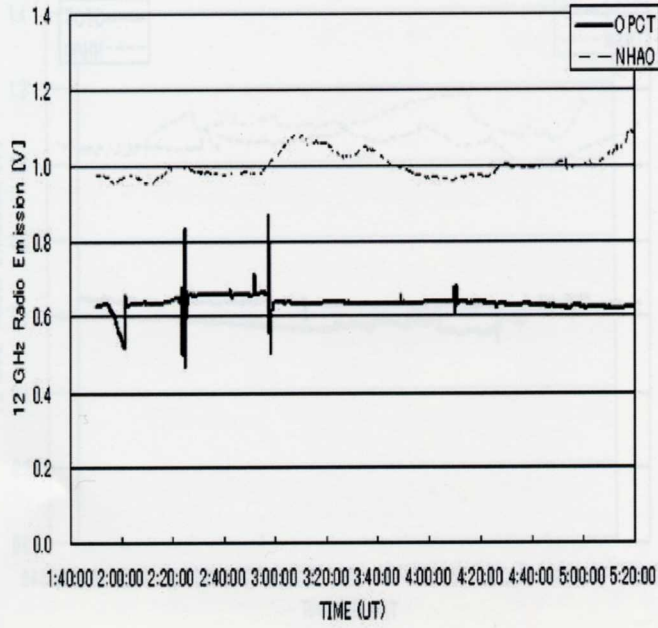


Fig. 6. Same as Figure 2a, but observed on 20 Dec 2005.

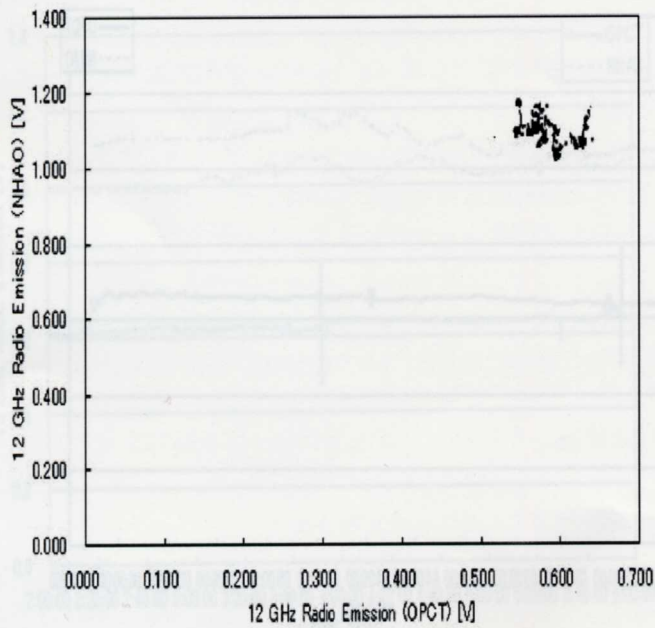


Fig. 7. Scattergram of the 12 GHz solar radio emission observed at the two sites on 7 Dec 2005.

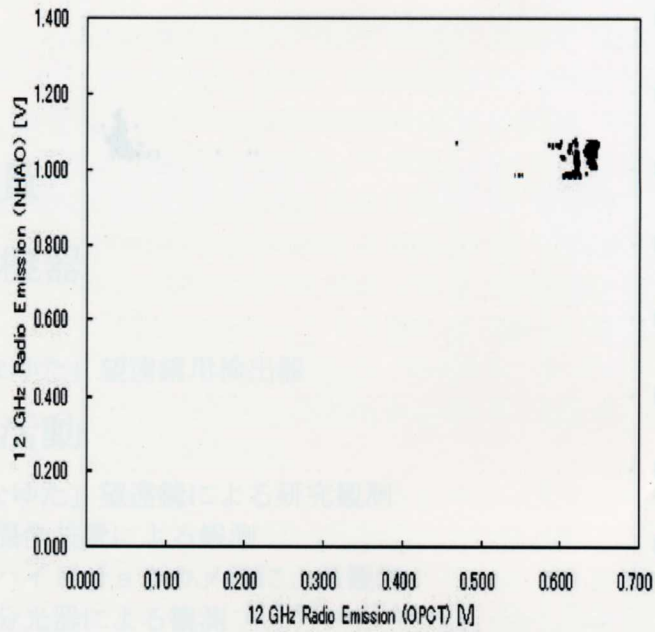


Fig. 8. Same as Figure 3a, but observed on 9 Dec 2005.

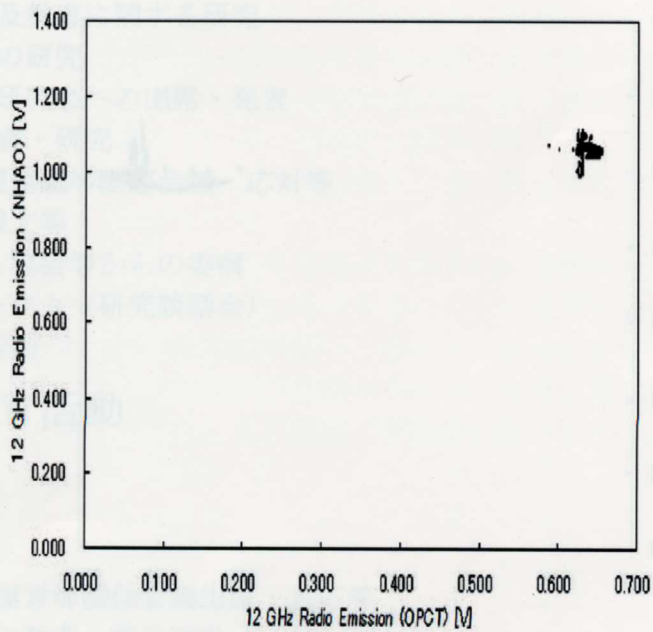


Fig. 9. Same as Figure 3a, but observed on 13 Dec 2005.

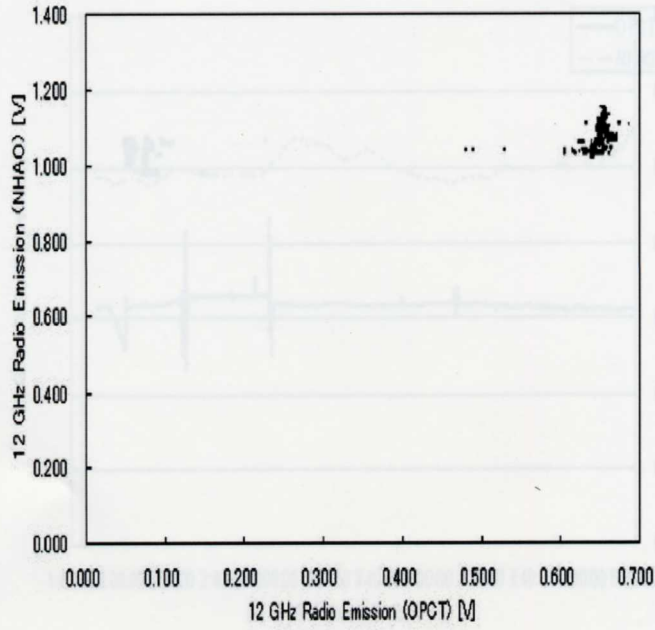


Fig. 10. Same as Figure 3a, but observed on 14 Dec 2005.

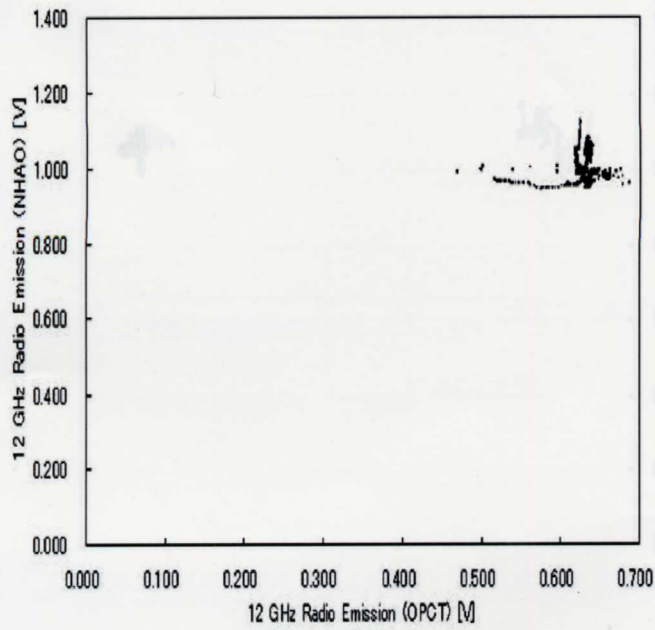


Fig. 11. Same as Figure 3a, but observed on 20 Dec 2005.