

芦原宇宙電波観測施設における デカメータ帯太陽電波観測システムの開発

青山 隆 司*・大 家 寛*

Development of Observation System of Decametric Solar Radio Bursts at Awara Space Radio Observatory

Takashi Aoyama and Hiroshi Oya

A new station for observation of solar radio bursts has been developed at Awara Space Radio Observatory (ASRO), Fukui University of Technology. Using the swept frequency radiospectrograph covering a frequency range from 20 MHz to 40 MHz within 250 msec, with bandwidth of 30 kHz, the decametric radio bursts from the sun have been monitored with colored dynamic spectrum display and data storage system. From April 2003, the observation of solar decametric radio bursts has been carried out providing many types of solar radio bursts.

1. 序論

我々が目で見える太陽（可視光の太陽）は一見穏やかに見える。しかし、高温のプラズマ（電離大気）と黒点に集中する強い磁場が存在するため、電磁環境としては非常に不安定な状態にある。このため、太陽表面では大規模な磁気エネルギー解放現象（例えばフレアー、質量放出現象（CME）等）が頻繁に発生している。このような電磁環境のもとで、太陽およびその周辺のコロナから、いろいろな種類の電磁波が放射され、これらの電磁波を観測、解析する電波天文学の手法は太陽面現象を解明する有力な武器となっている。^{(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)}

福井工業大学芦原宇宙電波観測施設（ASRO）では、2000 年よりデカメータ帯木星電波観測システムが稼動を始め、現在は3機の9素子クロスログペリオディックアンテナを用いた干渉計システムとして観測が続けられている⁽¹¹⁾。このクロスログペリオディックアンテナ（20–40 MHz）を含むフロントエンド部を共用する太陽電波観測システムが新たに開発され、2003 年より観測を開始した⁽¹²⁾。本論文では今回新たに開発した太陽電波観測システムについて述べる。

2. デカメータ帯太陽電波観測システム

2.1 太陽電波観測システムの全体構成

太陽電波観測システムのブロック図を図 1 に示す。デカメータ帯クロスログペリオディックアンテナで受信された信号は、バンドパスフィルタ（20–40 MHz）を通りプリアンプで増幅さ

* 宇宙通信工学科

れ、偏波分離 (L,R) 後 5D2V ケーブル (335m) で観測室内へ引き込まれる。現在は 3 本 (A、B、C) のアンテナのうち、C アンテナの左旋偏波信号を太陽電波観測用に用いている。室内で信号分離機により木星観測システムと分離後、再度プリアンプで増幅され、スペクトラムアナライザーにより毎秒 4 回掃引受信される。スペアナの出力 (信号波、掃引波) を A/D 変換しコンピュータに取り込み、観測モードプログラムによりリアルタイムで画面へのダイナミックスペクトル表示、パワースペクトル表示を行う。また、観測終了時に全観測データ (6 hours/day) を HD に保存する。なお、観測モードプログラムはタイマー管理され、無人観測が可能である。詳細なデータ解析はデータ解析モードプログラムにより行われ、時間圧縮、バックグラウンド除去等の解析が可能である。以下に、今回新たに開発した観測モードプログラムおよびデータ解析モードプログラムについて詳しく述べる。

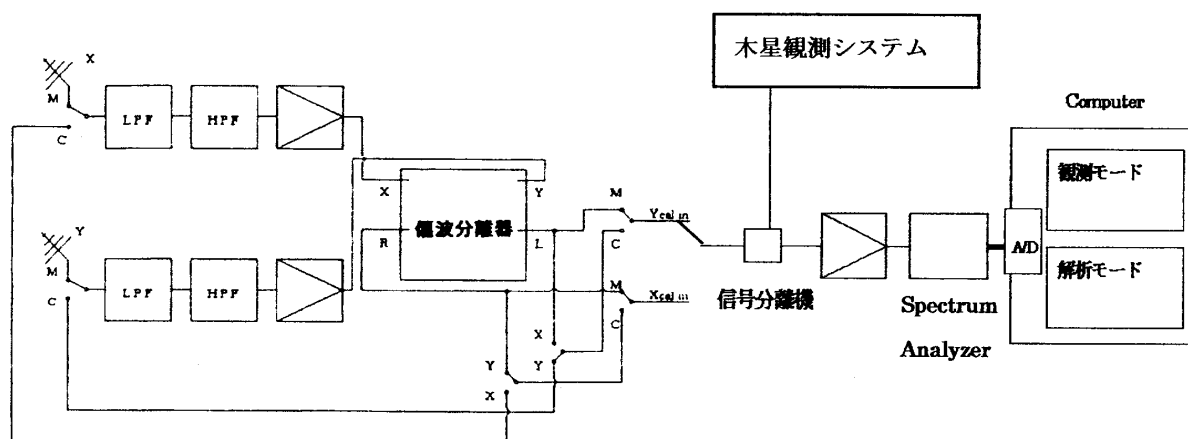


図 1 太陽電波観測システムのブロック図

2.2 観測モードプログラム

観測モードプログラムでは、タイマー機能による観測の無人化が可能になっている。つまり、設定された時間になると観測 (データの取り込み及び表示) を開始する。観測が開始されると、スペクトラムアナライザーで掃引受信したスペクトル信号と掃引波を A/D 変換してコンピュータに取り込む。この際、掃引波でトリガーをかけ、指定された数 (通常 200 点) だけ、指定されたサンプリング周波数 (通常 950Hz) でスペクトルデータを取り込み、パワースペクトルとダイナミックスペクトルを画面 (フロントパネル) に表示する (図 2 参照)。そして、観測時間が終了すると、観測データをハードディスクに記録して観測を終了する。図 2 の一番左側がタイマーであり、その右隣の部分で A/D 変換の各パラメータを設定する。また、右上のパネルにダイナミックスペクトル (横軸が時間、縦軸が周波数、強度が色の違いで表されている) を、右下のパネルにパワースペクトル (横軸が周波数、縦軸が強度) を表示している。

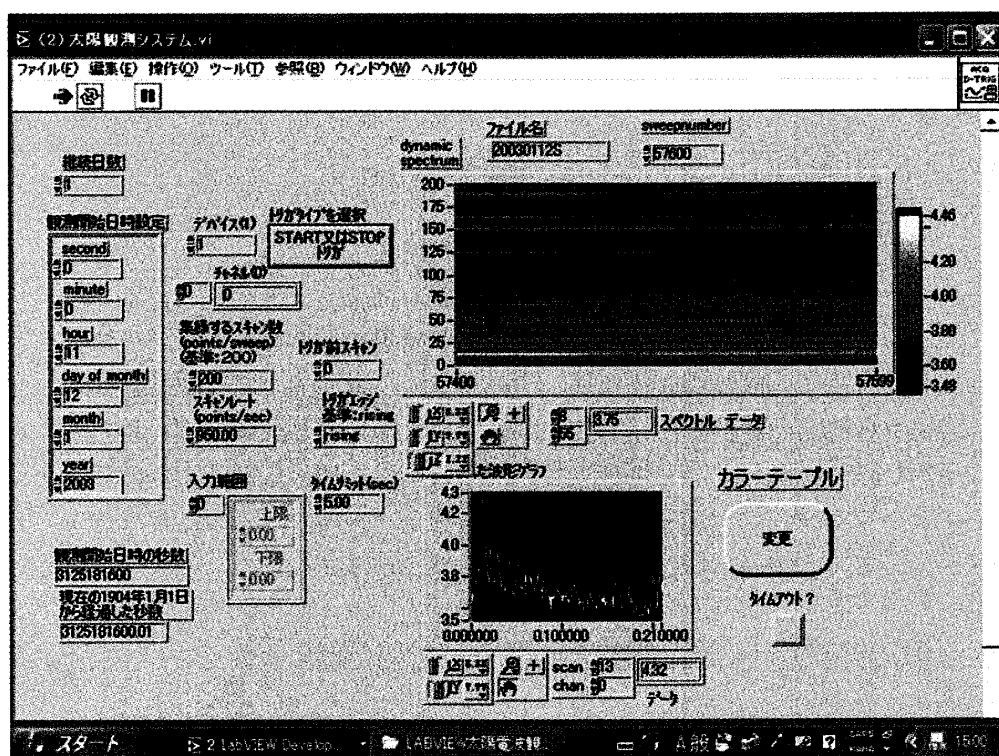


図2 観測モードプログラムのフロントパネル

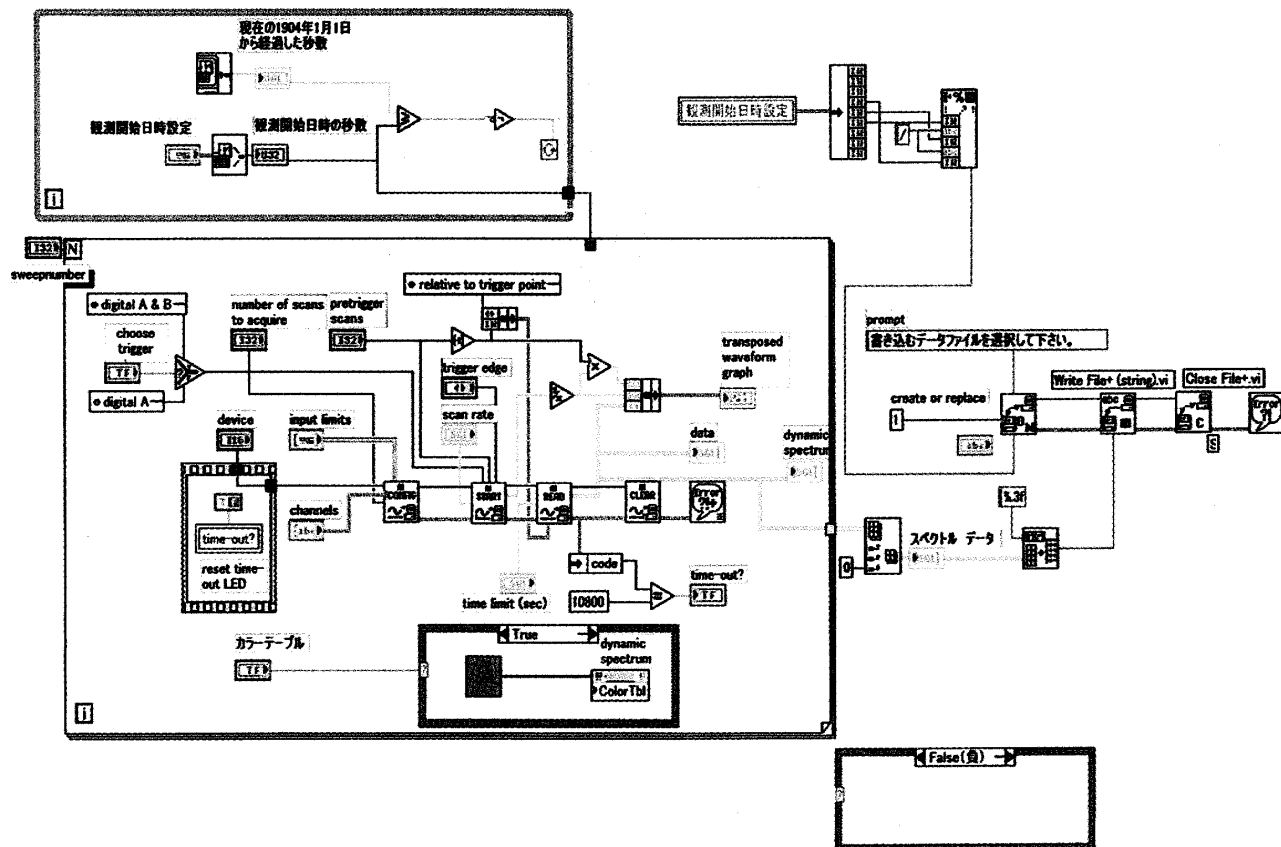


図3 観測モードプログラムのダイアグラム

これらの機能を実現するためには、ダイアグラムと呼ばれる一種の配線図を作成する必要がある(図3参照)。図3左上のボックスがタイマー管理を行う部分で、中央の大きなボックスでA/D変換の各パラメータを指定し、各スペクトルを画面表示する。さらにボックスの右側の部分で観測データをハードディスクへ保存している。

2.3 データ解析モードプログラム

データ解析モードプログラムのフロントパネルを図4に示す。データ解析プログラムは、観測プログラムによりハードディスクに蓄積されたデータの任意の部分を読み出し、画面に表示することが基本機能である。その際にダイナミックスペクトルの時間軸方向にデータの圧縮(データの間引き)を行うことで、任意の時間分解能でダイナミックスペクトルを表示できる。さらに、通信や銀河ノイズのように時間的にほとんど変化せず、観測対象である太陽電波に対してはむしろ邪魔になる成分を取り除く機能(バックグラウンド除去機能)を持つ。図4右側のパネルに平均化されたバックグラウンド信号のパワースペクトルを表示し、左側のパネルに解析結果(時間軸圧縮およびバックグラウンド除去を行った結果)のダイナミックスペクトルを表示する。

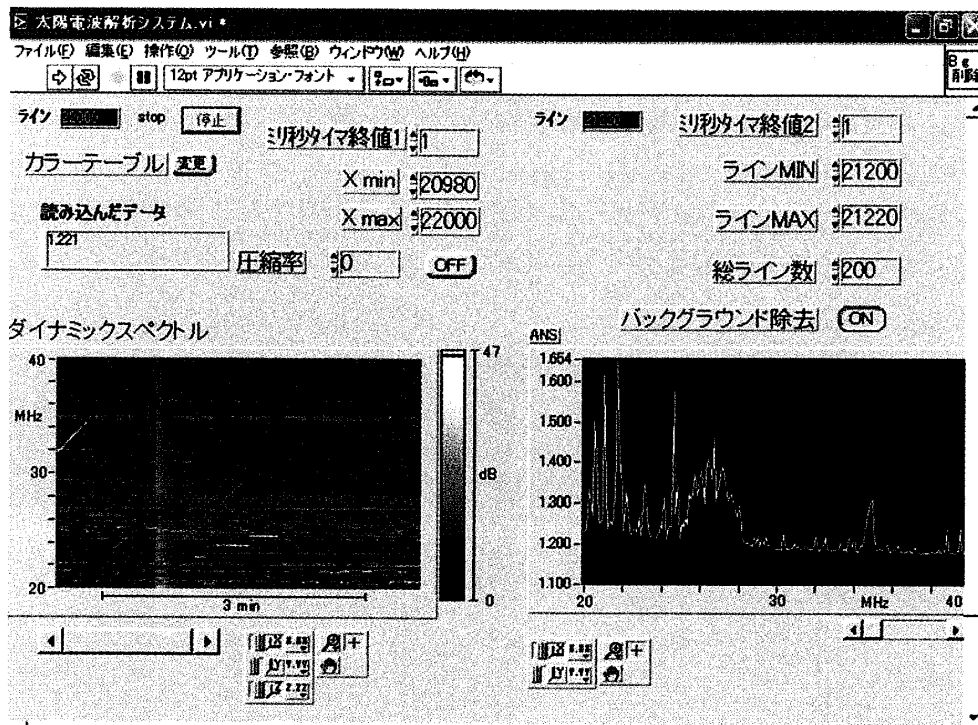


図4 解析モードプログラムのフロントパネル

このフロントパネルの機能は図5に示す2枚のダイアグラムと、サブVI(仮想計測器)と呼ばれる、より下層のプログラム群(時間軸圧縮「圧縮」②、バックグラウンド除去「BG」①、カラーテーブル変更「CTgen」④)により構成されている。プログラムの流れは、バックグラウンド除去を行う場合は、図5上のパネルに①で示す「BG」サブVIにより、平均化されたバックグラウンド信号のパワースペクトルを計算し、下のパネルの③部分で、観測された信号強度から平均化したバックグラウンド信号を引く処理を行っている。バックグラウンド除去を行わない場合は、直接図5下のパネルに入り、時間軸圧縮を行う場合には②で示す「圧縮」サブVIを実行するこ

とにより、任意の圧縮率のダイナミックスペクトルを表示することができる。

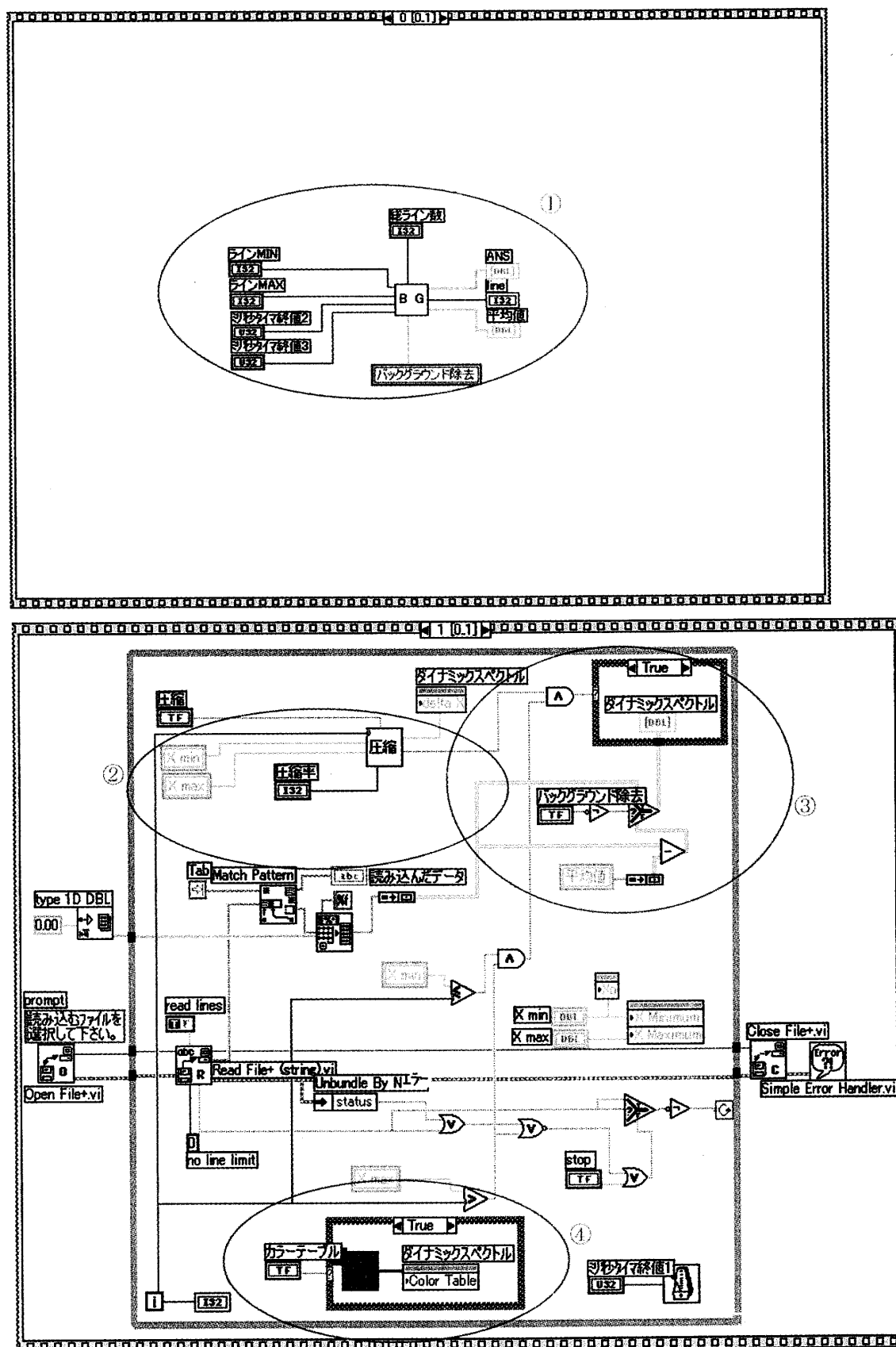


図5 解析モードプログラムのダイアグラム

なお、以上述べた観測モードプログラム、データ解析モードプログラムはNational Instruments社製LabVIEW6.0を用いて作成した。

3. データ解析例

データ解析プログラムの実行例を以下に示す。まず、時間軸圧縮機能を用いた解析例を図6に示す。左上の圧縮率1のパネルが、毎秒4掃引のデータを全て表示したダイナミックスペクトル（強いTypeⅢバーストの観測例）であり、圧縮率2、3、4のパネルではそれぞれ2、3、4掃引のうち1掃引のデータのみを表示することにより、時間軸を1/2、1/3、1/4に圧縮して表示可能となる。この機能により、太陽電波バーストの発生している時間帯を任意に抽出し、全貌を1画面に表示したり、その一部分をより詳細（高時間分解能）に解析することが可能となる。

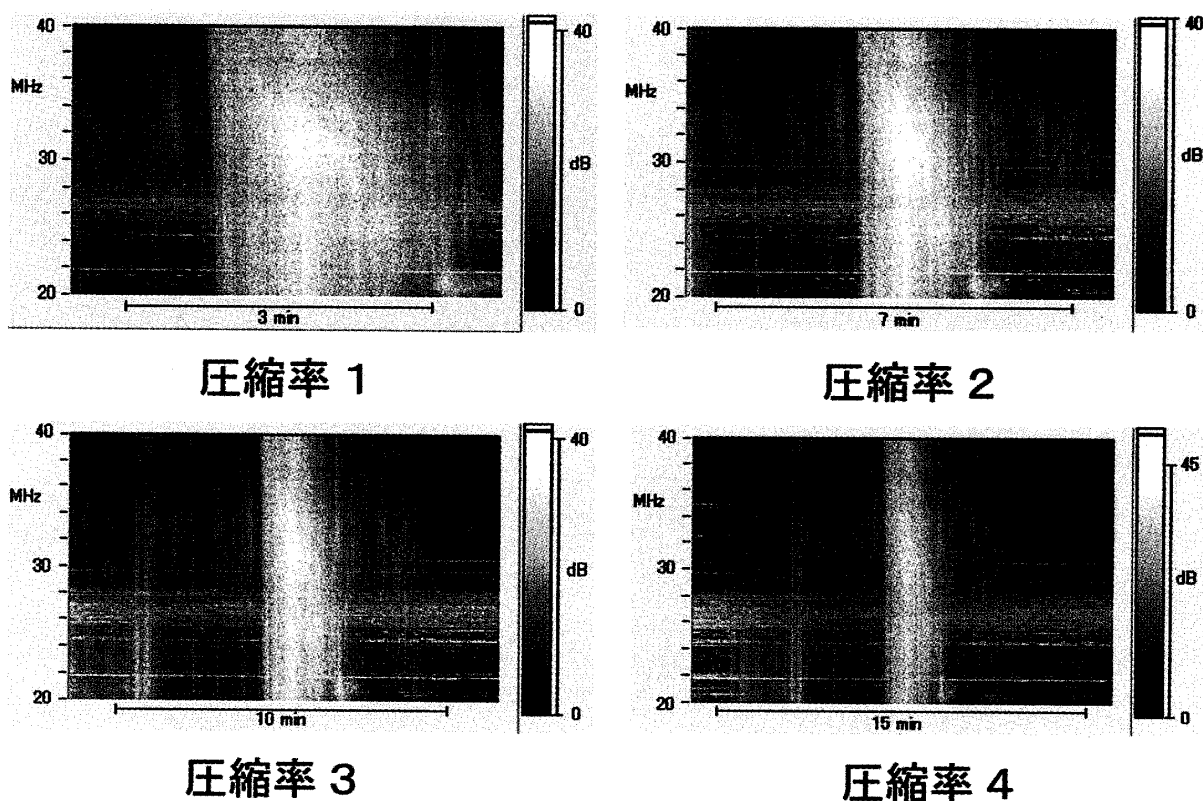


図6 時間軸圧縮の例

一方図7に示したのは、バックグラウンド除去機能を用いて処理を行った例であり、左側が処理前で右側が処理後のダイナミックスペクトルである。上下2つのバースト例につき示してある。通信や銀河のノイズレベル等の時間的に早く変動しない成分を、ある時間帯で時間軸方向に平均を取ることににより、典型的なバックグラウンドのパワースペクトルを計算しておく（図4右のパワースペクトル）。このスペクトルを実際に観測されたスペクトルから差し引くことにより、時間変動の激しい外来電波成分（この場合には太陽電波バースト）のみを図4左側にダイナミックスペクトルとして表示する。図7の各パネルはこの図4の左側のダイナミックスペクトルを示したものである。図7の左側のパネルに比べ右側のパネルでは、弱い太陽電波バースト（TypeⅢバースト）が通信帯の影響をあまり受けることなくはっきり見ることが出来る。

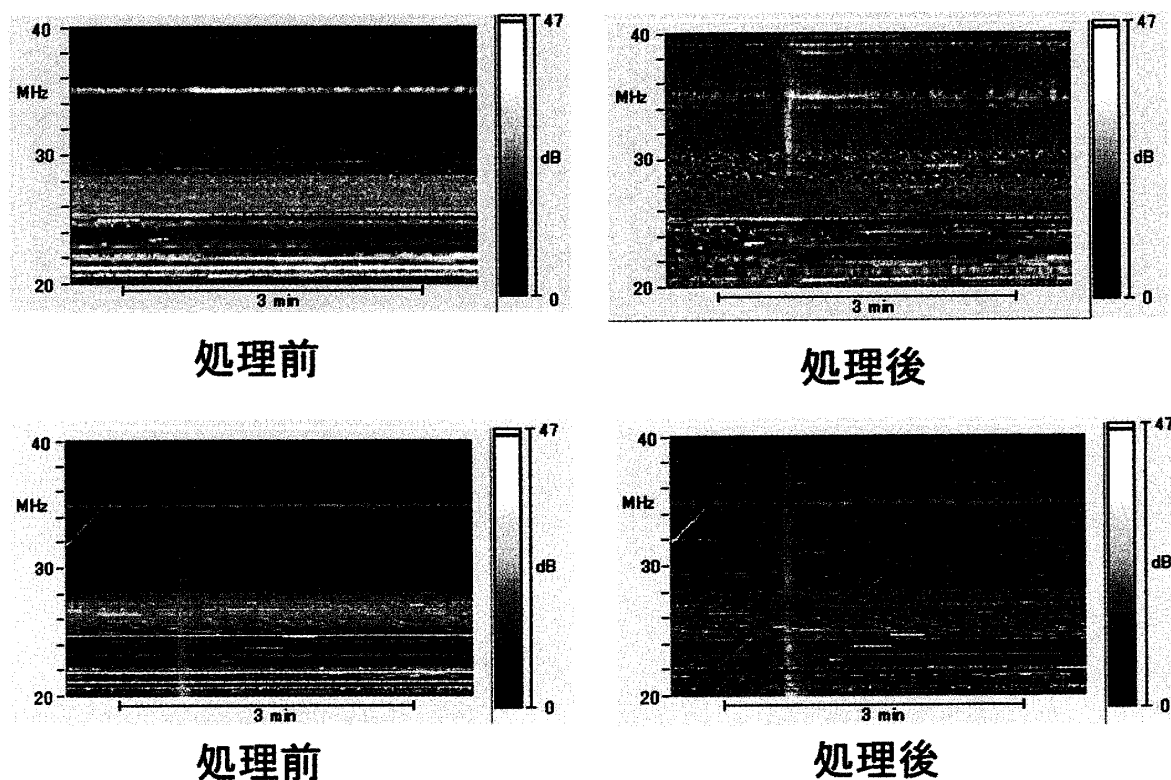


図7 バックグラウンド除去の例

4. 結論

2002年7月よりデカメータ帯太陽電波観測システムの開発に着手し、2003年1月にはほぼ完成を見た。数ヶ月のテスト観測の後、2003年4月より本観測を開始している。観測開始時より今日まで多くの太陽電波バーストが観測されており、現在もデータを蓄積しつつデータ解析を進めている。

今後、芦原の直径10mのパラボラアンテナを用いたマイクロ波帯太陽電波バーストの観測を計画している。マイクロ波帯の太陽電波観測が実現すれば、デカメータ帯の観測から得られるコロナ域での電波発生メカニズムに加え太陽表面近傍における情報が得られ、太陽面爆発現象（太陽フレア）の全貌を見ることが可能となる。

謝辞

本研究は平成14年度福井工業大学・学内特別研究費により実施されました。ご支援に深く感謝いたします。

[参考文献]

- (1) Aoyama and Oya: Observation of Solar Radio Bursts Using Swept-Frequency Radiospectrograph, J. Geomag. Geoelectr., 39, 571-589, (1987)

- (2) Aoyama and Oya : Decametric radiations from a large scale magnetic loop in the solar corona, J. Geomag. Geoelectr., 46, 97-105, (1994)
- (3) 青山、大家 : 「Split Band Type II 太陽電波バーストの発生機構」、地球電磁気・地球惑星圏学会 第104回講演会、茨城県青少年会館、(1998)
- (4) McLean, D. J. and N. R. Labrum, Solar Radiophysics, 516 pp., Cambridge University Press, Cambridge, (1985)
- (5) Treumann, R. A. and J. Labelle, Band splitting in solar type II radio bursts, Astrophys. J. Part2-Letters, vol. 399, no. 2, L167-L170, (1992)
- (6) Kundu, M. R. and T. E. Gergely, Radio Physics of the Sun, 475 pp., D. Reidel Publishing Company, (1980)
- (7) Kundu, M. R., B. Woodgate and E. J. Schmahl, Energetic Phenomena on the Sun, 632 pp., Kluwer Academic Publishers, (1989)
- (8) 青山、大家 : 「Split-Band 構造を持つ Type II 太陽電波バースト」、地球電磁気・地球惑星圏学会 第 91 回講演会、京都大学、(1992)
- (9) 青山、大家 : 「Split-Band Type II 太陽電波バーストの発生機構について」、地球電磁気・地球惑星圏学会 第98回講演会、京都市北文化会館、(1995)
- (10) 青山、大家 : 「スプリット型太陽電波の発生機構」、福井工業大学研究紀要、第33号、335-342、(2003)
- (11) 大家寛 : 「宇宙デカメータ電波干渉計システムの開発とその初期成果」、福井工業大学研究紀要、第32号、373-380、(2002)
- (12) 青山、大家 : 「福井工大芦原宇宙電波観測施設における太陽電波観測システムの開発」、地球電磁気・地球惑星圏学会 第114回講演会、富山大学、(2003)

(平成15年12月5日受理)