

デジタルオーディオ記録器 (DAT レコーダー) を用いた地震観測 (1997-1998 東北合同観測)

羽田敏夫*・酒井 要*・小林 勝*・橋本信一*
井上義弘**・三浦禮子**・田上貴代子***・松原 誠****

Seismic Observation Using Digital Audio Tape Recorders in the 1997-1998 Tohoku Joint Experiment

Toshio HANEDA*, Kaname SAKAI*, Masaru KOBAYASHI*, Shin'ichi HASHIMOTO*,
Yoshihiro INOUE**, Reiko MIURA**, Kiyoko TAGAMI*** and Makoto MATSUBARA****

Abstract

A battery operated recording system of small size using a digital audio tape (DAT) recorder is now available for seismic observations. We deployed 43 system during the 1997-1998 Tohoku Joint Experiment to observe both natural and controlled seismic sources. We describe the method of preparation, operation, and maintenance of the seismographic system. The system has become a standard tool for seismic observation in Earthquake Observation Center, Earthquake Research Institute, for a rapid installation of a seismic observation system in a remote area without electric power supply.

Key words : digital audio tape (DAT) recorder, Tohoku Joint Experiment, seismographic system

はじめに

近年の地震観測は高精度のデジタル記録をテレメータによって集中記録する方式が進み、臨時観測においても多点の集中テレメータ観測が行われるようになった (例えば Hirata *et al.*, 1996). しかし、テレメータ地震観測では、通常、機器の電力消費が大きいために、観測できる場所は商用電源の使える場所に制約される。従って、商用電源が確保できない山間部や、電源工事を実施する時間的余裕のない緊急の観測では、低消費電力で電池駆動型の現地収録式地震観測装置を用いた観測が不可欠である。

最近の計測機器の進歩によって、大容量の低消費電力型

のデジタル記録器が開発され、観測に用いることができるようになってきた。こうした観測では、通常、数ヶ月間の多点観測を現地収録方式で行う。観測終了後は研究室内でデータの処理を行い、通常のテレメータ地震観測と同様の精度で解析が行われる (例えば吉本ほか, 1997; 松原ほか, 1997)。現地収録の地震波形記録 (オフラインデータ) を後処理によって、テレメータ観測記録 (オンラインデータ) の波形記録と統合処理することも重要である (例えば Matsubara *et al.*, 1999)。こうした観測を成功させるには、操作性のすぐれた高精度の記録装置が不可欠である。特に、現地収録型の装置では刻時精度を誤差 1 ミリ秒以内で確保することが重要である。近年、GPS 時計が容易に利用可能となったことによって現実的な価格と必要な精度の機器を開発することができた (篠原ほか, 1997)。本報告では、地震研究所が民間の業者と共同して開発してきたデジタル・オーディオ記録装置 (DAT レコーダ) を用いた現地収録方式の観測の実際について、1997 年-1998 年に東北地方で行われた合同地震観測を例にとって紹介する。

1997 年から 1998 年にかけて東北合同観測の一環として岩手、秋田両県境周辺で制御地震および自然地震の観測が行われた (平田ほか, 1998)。そのうち、1998 年 7 月中旬か

1999 年 9 月 2 日受付, 1999 年 11 月 8 日受理.

* 東京大学地震研究所地震地殻変動観測センター信越地震観測所,

** 広島地震観測所,

*** 和歌山地震観測所,

**** 地震地殻変動観測センター.

* Shin'etsu Seismological Observatory,

** Hiroshima Seismological Observatory,

*** Wakayama Seismological Observatory,

**** Earthquake Observation Center, Earthquake Research Institute, University of Tokyo.

ら9月下旬までのおよそ2ヶ月間にわたって、地震研究所地震地殻変動観測センターでは総数43台のDATレコーダーを千屋断層、上平断層周辺に配置して観測を行った(松原ほか, 1998)。この観測では微小地震活動の解明、トモグラフィー法等による地殻構造解析を目的とした。観測期間中には、ダイナマイト、パイプロサイス震源の制御震源実験も行われ、これらの信号も記録できるような観測日程をたてた。膨大な観測データは現在再生作業中で、解析結果はいずれ詳細に報告されることになっている。ここでは、信越観測所が中心となって実施した20観測点での観測の実際について、つまり、観測場所選定、観測機器の機能点検、機器の設置、記録媒体(DATテープ)の交換、回収、記録再生といった一連の作業について報告する。

DAT レコーダー

DAT (Digital Audio Tape) レコーダーは、一般に市販されている音楽用の記録・再生用デジタル記録器に地震波形データの記録用のプリアンプ、A/D (アナログ・デジタル) 変換器、バッファメモリを組み込んだ低消費電力・大容量記録装置である。元々は、海底地震観測用に研究開発されたが(篠原ほか, 1993)、その後、GPS 受信機を付け加えて陸上での観測用に改良された(篠原ほか, 1997)。陸上用の装置は、縦28 cm×横46 cm×高さ26 cmのFRP製ケースに収納されており、重量は電池ボックスに電池を入れた状態で約14 kgである(図1)。特長は、地震波形を連続して長期間記録できるほか、GPS 信号を受信記録して内蔵の時計との補正が高精度でできる。電源はどこでも比較的簡単に入手可能なアルカリ単1乾電池40個を用いて、約1ヶ月に及ぶ長期間の連続記録を可能としている。ほかに、外部より電源を供給できる機種も作られているが、本体は軽量でコンパクトではあるが外部電源を付け加えると取り扱いはずしも便利とはいえない。地震研究所仕様のレコーダーは、アンプ基板のディップスイッチによって、増幅率の設定を20 dB, 40 dB, 60 dBと3段階の切り替えを標準としている。旧タイプには一部設定の異なる機種もあったが、その後、部品交換して統一されてきている。A/D変換分解能は16 bitで、入力チャンネルとサンプリング周波数は1ch 500 Hz, 2ch 200 Hz, 3ch 100 Hzから選択できる。A/D変換されたデータは1 MBのSRAMに一時書き込まれた後テープに圧縮記録される。GPSの受信の間隔は、初期のレコーダーでは6時間ごとで固定されていたが、その後、ROMの書き替えによって1, 2, 3, 4, 6時間ごとの受信間隔から選択できるようになっている。当然のことながら受信間隔を短く設定した場合には消費電力も上がるので、観測期間を考えての選択が必要となる。また、使用する地震計によってジャンクション基板を差し替えれば簡単に対応できるようになっており、ダンピング

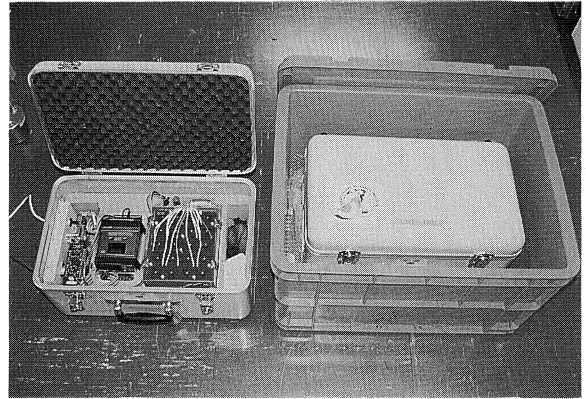


図1. FRP製ケースを開けたDATレコーダーの内部(左)と設置時のプラスチックケースに収納した状態(右)



図2 信越観測所で観測使用前のDATレコーダー点検作業風景

抵抗の違いや電源供給を必要とするサーボ型地震計など地震計の種類が変わっても簡単に適応できる。それには、使用する地震計に合ったジャンクション基板を予め用意しておく必要がある。例として、MARK PRODUCTS L-28 B地震計(コイル抵抗3.610 Ω固有周期4.5 Hz)の抵抗値の求め方を記す。

メーカーカタログより $f=4.5 \text{ Hz}$ $R_c=3.610 \text{ } \Omega$ となるので、

Open Circuit Damping は

$$\frac{2.154}{f} = \frac{2.154}{4.5} \quad 1)$$

である

Coil Current Damping は

$$\frac{13.15 R_c}{f(R_c + R_s)} = \frac{13.15 \times 3.610}{4.5(3.610 + R_s)} \quad 2)$$

となり、1) と 2) の和は0.7である。

$$0.7 = \frac{2.154}{4.5} + \frac{13.15 \times 3.610}{4.5(3.610 + R_s)}$$

から $R_s = 44.052 \Omega$ となる。

R_s はアンプ入力抵抗 ($100 \text{ k}\Omega$) とシャント抵抗 (R_x) の合成である。

以上からシャント抵抗は、

$$\frac{1}{R_s} = \frac{1}{100 \text{ k}\Omega} + \frac{1}{R_x}$$

$R_x = 78 \text{ k}\Omega$ となる。

観測の手順

1. DAT レコーダーの整備

観測に出かける前にレコーダーの機能が正常に動作するかどうかの点検作業は、これまでレコーダー製造会社に全ての調整を依頼してきていた。その後、DAT レコーダーの使用頻度が多くなるにつれて、点検作業をメーカーに依存する体制は DAT レコーダーの台数増加と共に難しくなっている。今回の東北における DAT 観測では、信越観測所が中心に設置した 20 点分のレコーダーに限っての使用前の点検整備はすべて観測所で行った。効率よく点検作業のできるようなチェックシートを用意して、DAT レコーダー 1 台ごとに点検記録として残した。途中で異常が発覚した場合にはメーカーと連絡をとり部品交換などの適切な処置を施し、再度チェックシートにそって動作が正常になるまで繰り返し点検を行った。その結果、以前には数台は見られた DAT 設置作業時に発生したトラブルは 1 件も無かった。また、DAT レコーダーの機能点検作業中に問題の発覚したレコーダーは 2 台であった。点検作業では消費電流や電圧の測定用に専用のチェッカーを使用した。テープ収録確認の再生には再生用ソフトをインストールしたパソコンを用いて行った。観測所での点検作業風景を図 2 に、点検作業に使った DAT レコーダー点検マニュアルを表 1 に、テープの収録確認に使った DAT テープ収録再生マニュアルを表 2 に示す。

2. フィールドにおける観測手順

1) 事前の準備

観測機器を設置する前に対象となる地域を現地調査して、地震計設置に適した場所かどうか見当をつけておく必要がある。観測が長期間に及ぶ場合には特に地元市町村の関係機関に予め観測計画を伝えて理解と協力を得ておく必要がある。また、設置しようとする場所の土地所有者の了解を得ることは当然の手順である。見ず知らずの他人の土地に勝手に観測機器を設置して、後でトラブルを起こした例を何度か耳にしている。煩わしくても観測計画をきちんと話してお願いすれば大半は協力していただける。後々のためにも必ず励行すべきことである。

東北での観測点の下見は 6 月 22 日～26 日にかけて橋本、羽田の 2 名が現地に行った。事前に地形図上に印した

観測予定地点を目標として調査した。自動車道から山側に入る沢筋の林道沿いが主で、実際に現場に近づくと土砂の崩落があり工事中で通行止めであったり、落石や倒木で通行不可能な箇所もあった。こうして調べて決めた観測予定地点は地形図 1/25,000 上に印しておき、車での進入路や周辺の目印となる建造物なども写真に撮ったりメモしておくのが良い。観測地点が多くなる場合は、杭やポールなどを立てて目印にしておくことで後で探しやすい。

機材は壊れやすい物以外は梱包して現地に予め発送しておくことで運搬の手間が省ける。それには、現地の荷受け先を確保しておく必要がある。観測点設置に必要と思われる機材や消耗品など、事前に準備する物を準備品チェックリストとして用意した (表 3)。

2) 地震計及び DAT レコーダーの設置、回収

地震計は観測目的によってタイプや形状がそれぞれ違うので、設置場所の選定も使用する地震計に対応して探す必要がある。地震計は固い岩盤に固定するのが理想的であるが、観測地点が限定されてしまうと岩はもとより地震計を固定できるような場所が見つからないことがある。このような場合は地面に穴を掘り埋設するのだが (図 3, 4)、面倒ではあるがビニール袋に入れてから埋めると何回となく使う地震計を保護することになる。いずれの場合も水準器で水平を確保することと、水平動地震計は設置する方角をクリノメーターなど使って確実に定めなければならない。水平が定まらない場合は石膏などで高低を微調整しながら動かないようにしっかりと固定する。但し、石膏は地震計表面のアルミニウムを溶触させるので長期間の観測にはコーキング材などを使う方が望ましい。今回使用した地震計 ($400 \text{ V/m/s } 1 \text{ Hz}$) は 3 成分一体の円柱型で、直径 97 mm 高さ 68 mm 重さ 1.8 kg と小型軽量で取り扱いが簡単である。DAT レコーダーとの接続は専用ケーブルのコネクターを差し込むだけなので結線を間違える心配はない。地震計とレコーダー設置場所との距離が長くなる場合は、コネクター付きの延長ケーブルを用意しておけば安心である。地震計のタイプが変わっても、それぞれの地震計に合ったダンピング抵抗を取り付けたジャンクション基板 (前述) を予め用意しておけば差し替えるだけで済む。

GPS アンテナの設置は、ポール (園芸用の径 18 mm 長さ 3 m 位) の先にアンテナを差してビニールテープで落ちないように固定する。ポールに布テープを巻きアンテナの径との隙間を無くすと、差し込むだけで落ちることはない (図 5)。アンテナポールを立てる場所は、天頂の見通しができるだけ開けた場所を選ぶことが絶対条件となる。山の谷間や周囲に障害物があつたり、森や林の中では GPS 受信が困難となる可能性が高い。このような場合も地震計との距離をとる必要があるため延長ケーブルを使うことになる。ケーブルを長く張る場合は周囲の状況を判断しながら

表 1. 点検作業に使用したマニュアル

DATレコーダー点検マニュアル (99/5/10 改訂)

整備； 年 月 日 場所・担当者；

レコーダー番号；

はじめに

- 電池ボックスに単一乾電池 40 個を入れる YES・NO
- DATチェッカーを電池ボックス (INPUT) に接続し電圧を測定する YES・NO
- DAT (v) CPU (v) アナログ (+ v) アナログ (- v)
 8.5V以上 5.5V以上
 レコーダーをDATチェッカー (OUTPUT) に接続する YES・NO
- パソコンをレコーダー (REMOTE) に接続する YES・NO

モニターモードへの移行

- 電源ONして「2 gterm」を立ち上げる (レコーダー電源が入らないと立ち上がらない)
 \ バックスラッシュを入力する、コマンドメニューがスクロールされ
 > 表示となる YES・NO

GPS受信

- アンテナケーブルをレコーダー (ANTENNA) に接続する
 チェッカーのCPU RANGE を100mA→400mAに必ず切り替える
 要注意！！忘れると煙の出る恐れあり YES・NO
- G でGPSデータモードに入り、モニター表示行のVがAに変わ
 り1回スクロールするまで待つ、DAT上部下のLED1が点滅し
 ているか確認できたらenterキーで止める YES・NO
- W でリアルタイムクロックをGPS時刻にする YES・NO
- L でGPSとリアルタイムの時刻差表示を確認する YES・NO

プリアンプ電源ON/OFF 信号入力 (入力ケーブル・プリアンプ)

- N でDAT電源ON ejectボタンを押しクリーニングテープを挿
 入する play、stop ボタンを操作して10秒間ほどヘッドク
 リーニングする ejectでテープ取り出す YES・NO
- センサーケーブルをレコーダー (ANALOG INPUT) に接続し不具合
 が無いか点検する 地震計lennartzの場合は電池の接続が必要 YES・NO
- K でプリアンプ電源ON、 Y で波形表示するので異常ないか
 確認する、 Z でばらつき範囲を見る 32000 付近ならば良い
 enterキーで表示OFF YES・NO
- J でプリアンプ電源OFF、 Y で波形表示が直線になったか
 確認する YES・NO

時刻設定・読み出し

R でマニュアルで現在時を設定できるか入力してみる、秒の最後
一桁でSTARTするので T を押し続け秒刻みを確認する W で
GPS 時刻にもどす

DATへ電源供給、テープロード、REC PAUSE、ダミーデータ書き込み

7 ~ 8

S で設定値 S/N (レコーダーNo.) など確認して記入する

2～3物理ブロックの書き込みを目処に \ バックスラッシュ
を入力し止める N でDAT電源ONしてテープを取り出す YES・NO

続けて作業する場合は最初に戻り「はじめに」から

電源をOFFして終了

DATレコーダーのスイッチは無いのでバッテリー接続ケーブルのコネクターを抜く

ご苦労様でした

表 2. テープ収録確認に使用したマニュアル

DAT テープ収録再生マニュアル

(99/5/10 改訂)

再生装置の電源を入れる (DAT 電源は左横、停止のまま 10 分経過すると自動的に切れるので再度 OFF→ON する)

C:\NEW> ディレクトリ一下にプログラムがある

テープから HDD にデータ転送する

>datr を起動
 >2 メニューから(2)reproduce を選択
 >3 or 4 MB 数を入力 (1 ブロックメモリー容量は約 1MB)
 >9 転送終了後メニューから選択
 データは d:dat.dat というファイル名で出来ている

YES・NO

波形表示して異常ないかチェックする

>vdatrep を起動 VDATREP という小窓表示 Enter キー押す
 >2 メニュー 1 のファイル名は起動時には d:dat.dat になっている
 >input moniter start time YYMMDDhhmmss-----> 1 行目の年月日時分秒を入れる
 秒は繰り上げ
 >input moniter end time YYMMDDhhmmss-----> 2 分後位を入れる 3ch.波形が表示されるので、正数 10.50.100 など入れゲイン調整しながら
 波形が異常ないか調べる
 - 1 で終了 monitor end .0k ? と聞いてくるから OK など適当な文字を入れる
 メニューに戻るのも 0 で終了

YES・NO

転送データ中身をチェックする

>datread を起動する
 >1 メニューから(1)を選択
 >Input file name -----> d : d a t . d a t とファイル名入力
 >3 メニューから(3)を選択
 S/N = 46 (002eH) 98/06/17 14:39:13.860 ch = 3 2GC Size = 6182 Time = 10240
 このような行の連続と最後の Time = 10240 がブロック切れ目
 以降も連続的に確認出来れば良い

0 で終了

YES・NO

転送データからゴミと時刻の不連続を解消チェックする

>rubbishc を起動する
 >Input source file name -----> d : d a t . d a t と入力
 >Input out file name (without extension) -----> s s o d a t (適当なファイル名)
 拡張子なしの 8 文字以内

問題なければ.000 のファイルが 1 つだけ

File name : ssodat.000.

S/N = 46 (002eH) 98/06/18 10:06:32.300 noch = 3

時刻の不連続がある場合分割されて複数出来る

File name : ssodat.001

S/N = 46 (002eH) *****

File name : ssodat.002

S/N = 46 (002eH) *****

YES・NO

再生チェック終了

メモ (異常が見られたら記録する)

表 3. 観測前の準備品チェックリスト

DAT レコーダー観測準備品チェックリスト (99.5/19 改訂)			
No.	品 名	数 量	備 考
1	DATレコーダー 一式 (外箱含む)		
2	地震計 <input type="checkbox"/> LE-3D1Hz <input type="checkbox"/> L-28B4.5Hz <input type="checkbox"/> その他		
3	延長ケーブル (コネクター付き)		
4	アンテナポール (園芸用)		
5	DATテープ		
6	パームトップPC & 接続ケーブル		
7	PC入力コマンド説明書		
8	クリノメーター		
9	乾電池 アルカリ単一 (DAT 1台 40個)		
10	＃ アルカリ単三 (PC 1台 2個)		
11	リチウム電池 (レナツ地震計用)		
12	ビニール袋 <input type="checkbox"/> (90×100 DAT) <input type="checkbox"/> (20×30 PU)		
13	荷造り紐		
14	シリカゲル (バンストバック)		
15	ビニールテープ・エフコテープ		
16	ガムテープ		
17	巻き尺		
18	工具一式 (小型プラスドライバー必携)		
19	文房具 (ボールペン・サインペン・マジック)		
20	チェックシート <input type="checkbox"/> 設置用 <input type="checkbox"/> 交換用 <input type="checkbox"/> 回収用		
21	連絡先・注意! 標紙 (ビニール袋入り)		
22	クリップボード・バインダー		
23	地形図 <input type="checkbox"/> 1/25000 <input type="checkbox"/> 1/50000		
24	道路マップ		
25	石膏・ボウル・ヘラ・ポリタンク (水入れ)		
26	雨傘 (ビーチパラソルが良い)		
27	ロックハンマー・スコップ・鎌		
28	カメラ・懐中電灯・野帳		
29	軍手・雨合羽		
30			
31			

迷惑のかからない状態に張っておく。地面に這わせて張ると季節によっては野生小動物に噛み切られることもあるので、地面より少し高い位置に張るなどの工夫も必要である。

東北での設置作業は7月13日～18日の期間に酒井、井上、橋本の3名で行った。DATレコーダーは屋外に野ざらしで放置されるため、防水対策としてビニール袋に入れて口をひもで縛り、その上を段ボール箱で覆っていた。今回、信越観測所ではプラスチックの箱(53×40.5×33.5cm)を用意してその中にDATレコーダーを収納した。価格は3～4千円程度でホームセンターなどで簡単に入手できる。レコーダーのセッティングが終了したら蓋をしてから、2ヶ所をバンドで締めてシートで覆い、紐で縛った(図6)。

運搬にはこの箱にすべてを収納して、2ヶ所をバンドで締めると運送業者に託せる。ややかさばることを除けば、運搬や輸送にも便利だし、防水対策が万全で汚れや外傷からもレコーダーを保護できる。毎回ゴミとなって処理に困っていたビニール袋などは一切使わないので回収処理も楽である。地震計の設置場所は川の堰堤上6ヶ所、道路路

肩の土留めなど4ヶ所、露岩上4ヶ所、地面埋設4ヶ所、その他2ヶ所となった。各観測点の設置状況を表4に、観測点の配置を図7に示す。

テープ交換と電池交換は8月17日～21日の期間、小林、三浦、羽田、田上の4名で行った。移動しながら走る車の中で予備の電池ボックスに新しい電池を詰め換えながら電池ボックスごとの交換を繰り返した。現場での作業時間はGPS受信状況に大きく左右され、受信できなければ延々と待つことになった。アンテナの位置を移動しながら数時間待っても受信できない場合もあった。GPS受信状態が悪く、長い時間を費やした観測点はsy03(YNS)、sy04(THY)の2点であった。sy03(YNS)はCPU電源の電圧低下でパソコンからのコントロールができない状態にあり、電池ボックスを交換して対処したがGPSも受信できない状態であった。とりあえずの緊急処置として、GPSの受信できる他の場所に移動してセットアップを行い所定の場所に戻した。後にGPS基板を現地で交換して良い結果を得ている。CPU電源の電圧低下は、大雨による川の増水で予想以上にノイズが増え、レコーダーが頻繁に作動して電池の消耗が早くなったと考えられる。テープは勿論終了していた。このような場合は電源を一旦切ることになるので、内部時計とGPSとの時刻誤差の最終値の確認がとれないことになってしまう。DATレコーダーのセットアップはすべて外部からパソコンによりコントロールするので(図8)、商用電源のない屋外作業では、持ち運びや取り扱いが便利な単三乾電池2本を電源とする小型で軽量のパームトップパソコンを使った。ディスプレイの文字表示が小さくて見にくいことを除けばまったく問題はなかった。予備機とコントロールプログラムをインストールしたメモリーカードを1枚持てば万全である。テープ交換の作業風景を図9に示す。

DATレコーダー回収作業は9月28日～10月2日の期間に小林、羽田、松原の3名で行った。回収状況は砂防堰堤に設置したsy16(OMS)の1台が堰堤からおおよそ7～8メートル下まで転がり落ちていた。DATレコーダーはケースに納められていたので外傷は全くなかった。地震計もケーブルごと引き落とされていたが、斜面が草むらだったので無傷だった。GPSアンテナポールは二つに折れてこのケーブルにレコーダーがつり下がった状態であった。引き上げて機能をチェックしたが異常はなく、内部時計も動いていたため手順通り回収した。突風で吹き飛ばされたのか、いつ頃落ちたのかは記録の再生を待たないと分からない。この他、GPS受信のできなかったsy10(MHD)の1台は電源を切らないまま観測所に持ち帰って対処した。観測所で長時間待ち続けたら受信できたので、内部時計とGPS時計の時刻を記録して電源を切った。受信状態の極端に悪かったsy05(KKY)とsy07(MTK)の2台は、何

表 4. 各観測点の位置や地震計設置状況などの表. 見やすく整理しておくとう便利.

観測点 (No.) (コード)	DAT (No.)	緯 度	経 度	標高 (m)	地震計 状況	地 形 図 (1/25000)
SY01 (OGY)	047	39° 25.983′	140° 46.520′	320	埋設	陸中猿橋
SY02 (THS)	050	39° 26.482′	140° 51.087′	452	埋設	陸中猿橋
SY03 (YNS)	059	39° 28.717′	140° 50.078′	370	堰堤	陸中猿橋
SY04 (THY)	060	39° 31.296′	140° 47.881′	440	転石	北川舟
SY05 (KKY)	061	39° 30.922′	140° 45.847′	590	土留め	北川舟
SY06 (TKD)	064	39° 29.023′	140° 45.650′	640	露岩	陸中猿橋
SY07 (MTK)	067	39° 27.692′	140° 45.080′	340	堰堤	陸中猿橋
SY08 (NGB)	046	39° 24.080′	140° 43.875′	290	堰堤	左草
SY09 (MNG)	078	39° 25.568′	140° 42.563′	420	埋設	真昼岳
SY10 (MHD)	183	39° 27.287′	140° 42.122′	730	露岩	真昼岳
SY11 (AKW)	184	39° 22.210′	140° 40.462′	340	堰堤	左草
SY12 (UTU)	185	39° 26.117′	140° 38.927′	240	堰堤	真昼岳
SY13 (TGY)	186	39° 26.307′	140° 36.347′	160	埋設	六郷
SY14 (KGG)	194	39° 29.757′	140° 40.492′	210	土留め	真昼岳
SY15 (MSK)	189	39° 31.847′	140° 40.827′	210	堰堤	大神成
SY16 (OMS)	193	39° 28.182′	140° 40.532′	330	堰堤	真昼岳
SY17 (IKS)	188	39° 34.827′	140° 40.042′	390	土留め	大神成
SY18 (MAG)	190	39° 35.107′	140° 37.347′	190	堰堤	角館
SY19 (NTS)	191	39° 37.718′	140° 42.473′	170	土留め	抱き返り溪谷
SY20 (TTI)	192	39° 31.947′	140° 30.317′	170	露岩	羽後長野



図 3. 地震計の設置できそうな岩盤上で、水平と方位を決めたら石膏などで固定する.



図 4. 地面に地震計が埋まる程度の穴を掘り、石膏を流し込み、水平と方位が固定できたら動かないように土で埋める.



図 5. GPS アンテナは、ボールの先に布テープを巻き径の隙間をなくしてアンテナを差し込み、さらにビニールテープを巻いて固定すると抜けることはない。



図 6. 設置作業が終了して観測状態の DAT レコーダー

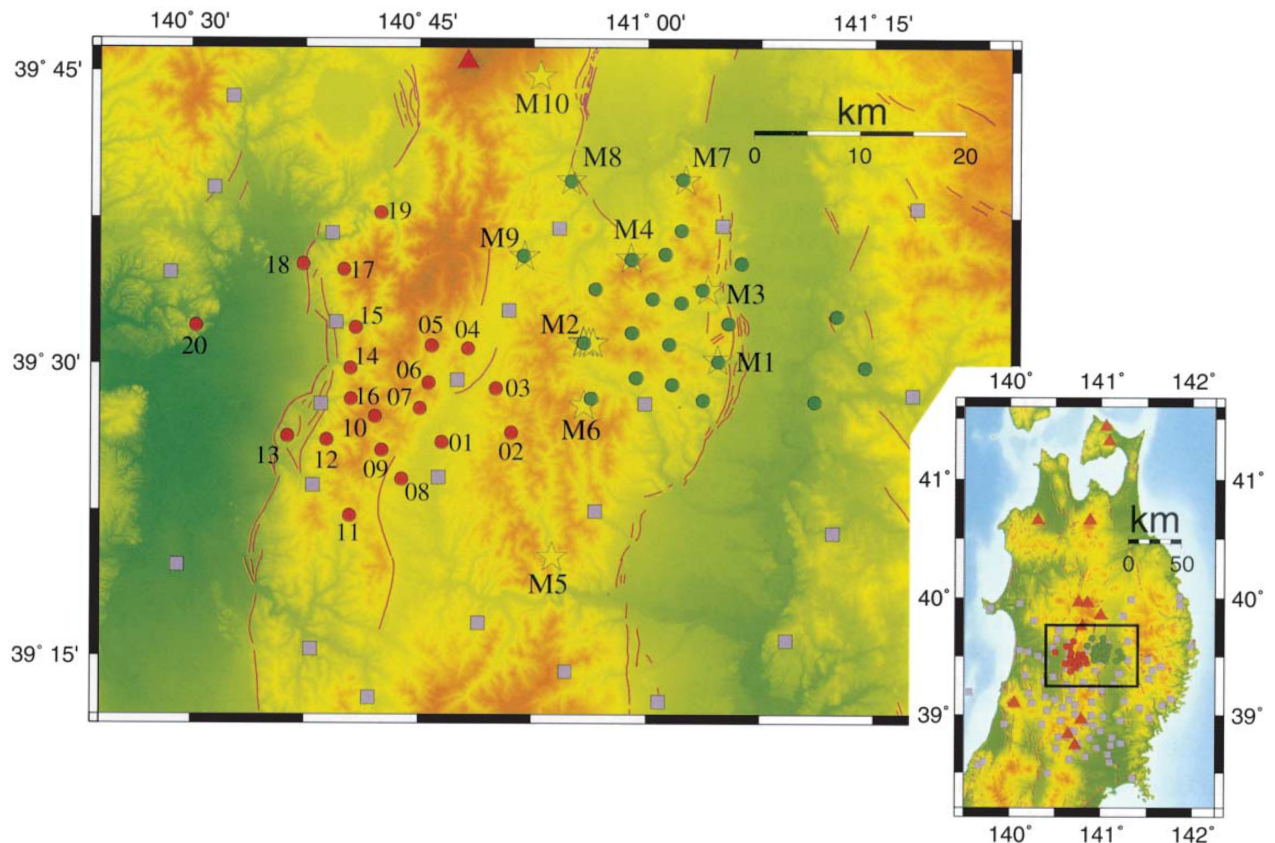


図 7. 観測点配置図。地震研究所で設置した DAT 観測点は 43 点ある。
□はテレメータ観測点、赤○は信越班が設置した観測点 (01~20)、緑○は東京班が設置した観測点、☆は発破点 (M1~M10)。

れも回収後に GPS 基板の交換やアンテナを交換することによって改善されている。各観測点のテープ収録期間を表 5 に示す。観測期間を終えた後の回収作業においては、ゴミなどを片付けることは勿論、地震計を埋設した穴などは埋め戻して設置前の状態に復旧しておかなければならない。

一連の作業手順は「DAT-2GC 地震観測セットアップマニュアル」として、設置編、交換編、回収編の 3 編に分けて用意した (クローバテック株式会社, 1994)。交換編は観測が 1 ヶ月を超えるような場合に電池及び記録媒体 (DAT テープ) の交換が必要となるため、回収と設置を合わせて交換編としてある。DAT レコーダーの扱いに不慣

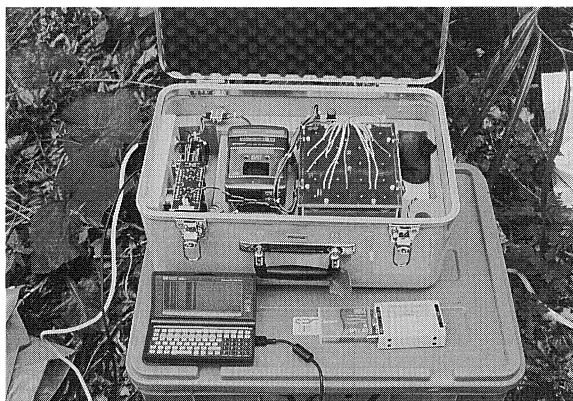


図 8. セットアップはパソコンを接続して外部よりコントロールする。



図 9. テープ交換作業風景。2 人一組で行うのが間違いも少なく望ましい。

表 5. 各観測点のテープ収録期間。観測期間は約 2 ヶ月で DAT テープ 2 本を使用した。

観測点	テープ収録期間（最初 1 本目）	テープ収録期間（交換後 2 本目）
SY01 小倉山 (OGY)	#1 98 07/14 10:00~98 08/18 08:52	#2 98 08/18 09:29~98 09/29 08:45
SY02 高鼻沢 (THS)	#1 98 07/14 11:30~98 08/18 10:08	#2 98 08/18 10:18~98 09/29 09:30
SY03 湯ノ沢 (YNS)	#1 98 07/14 12:59~98 08/18 11:45	#2 98 09/04 18:49~98 09/29 10:17
SY04 高平山 (THY)	#1 98 07/14 14:53~98 08/18 13:30	#2 98 08/20 18:52~98 09/29 10:47
SY05 榎倉山 (KKY)	#1 98 07/14 16:08~98 08/18 15:24	#2 98 08/18 15:35~98 09/29 13:16
SY06 高田沢山 (TKD)	#1 98 07/14 17:47~98 08/18 16:24	#2 98 08/18 16:35~98 09/29 11:42
SY07 松川 (MTK)	#1 98 07/14 19:06~98 08/18 17:23	#2 98 08/18 17:33~98 09/29 14:12
SY08 長原牧場 (NGB)	#1 98 07/15 09:49~98 08/18 17:59	#2 98 08/18 18:09~98 09/29 17:06
SY09 本内川 (MNG)	#1 98 07/15 10:49~98 08/19 11:20	#2 98 08/19 11:48~98 09/29 16:27
SY10 真昼岳 (MHD)	#1 98 07/15 12:03~98 08/19 09:40	#2 98 08/19 10:40~ ? (98 10/05)
SY11 赤倉沢 (AKW)	#1 98 07/15 15:20~98 08/19 13:12	#2 98 08/19 13:24~98 09/30 10:10
SY12 善知鳥 (UTU)	#1 98 07/15 16:52~98 08/19 15:58	#2 98 08/19 16:12~98 09/30 11:42
SY13 天狗山 (TGY)	#1 98 07/15 17:45~98 08/19 15:24	#2 98 08/19 15:35~98 09/30 10:09
SY14 川口川 (KGG)	#1 98 07/16 17:29~98 08/19 17:32	#2 98 08/19 17:40~98 09/30 13:40
SY15 真木 (MSK)	#1 98 07/16 09:32~98 08/20 09:27	#2 98 08/20 09:43~98 09/30 14:21
SY16 大又沢 (OMS)	#1 98 07/16 16:26~98 08/19 16:41	#2 98 08/19 16:55~98 09/30 12:16
SY17 入角沢 (IKS)	#1 98 07/16 10:56~98 08/20 10:39	#2 98 08/20 10:50~98 09/30 15:25
SY18 前郷 (MAG)	#1 98 07/16 11:53~98 08/20 11:23	#2 98 08/20 11:38~98 09/30 15:59
SY19 夏瀬 (NTS)	#1 98 07/16 12:53~98 08/20 12:33	#2 98 08/20 12:50~98 10/01 10:00
SY20 立石 (TTI)	#1 98 07/16 15:00~98 08/20 15:31	#2 98 08/20 16:23~98 10/01 11:00

れな人でも、地震観測セットアップマニュアルにそって取り扱えば観測が容易にできるようになっている。東京大学地震研究所地震地殻変動観測センターの大学院生によって最初に考案作成されたものを一部改編した（巻末付録）。

初期に製造された DAT レコーダーや外部バッテリータイプの機種では、一部仕様が異なっているため、同じセットアップマニュアルを使用するにあたっては注意が必要である。

テープの再生と記録の整理

DAT テープの再生には専用のシステムが必要で、関連ソフトをインストールしたワークステーションに、DAT、ハードディスク (9GB)、それに、デジタルオーディオ記録

を計算機のディスクにコピーする装置を加えたハード構成で行った（クローバテック株式会社，1996；Townshend Computer Tools, Inc., 1996）。テープは、全観測点のオリジナルテープをダビングしたコピーテープを使って行うのが望ましく、万が一の再生作業中に生ずるトラブルに備えておく必要がある。テープのダビングには DAT 2 台が必要となる。ダビングの手順を表 6 に示す。

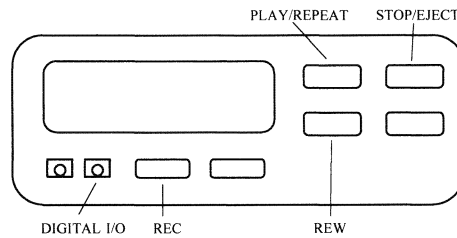
テープ再生の手順は、まず、再生用 DAT にコピーテープを装着してワークステーションの作業ディレクトリーで行う。必要ソフトがインストールされ、プログラムの置かれた場所にパスが通っていることが前提となる。DAT テープ再生処理手順を表 7 に示す。なお、再生に必要なソフトは地震地殻変動観測センターの大学院生によって作成

表 6. コピーテープの作成手順

DAT コピーテープの作成手順

(1999 8/16)

【 DAT 本体前面図 】 SHARP RX-P1



コピー手順 (DAT ① → DAT ②)

2 台の DAT (コピー元①とコピー先②) をデジタル接続コードで接続する。DAT 本体前面の DIGITAL I/O 端子にプラグを完全に深く差し込む。

- 1, コピー元 DAT ①にテープをセットして REW で巻きもどす。
- 2, コピー先 DAT ②に新テープをセットして REC を押して頭出しをする。
- 3, コピー先 DAT ②の PLAY/REPEAT を押してテープスタート。
- 4, コピー元 DAT ①の PLAY/REPEAT を押してダビング開始。
- 5, コピー元 DAT ①は記録が終わり次第テープは自動的に巻き戻る。
- 6, コピー元 DAT ①が「巻き戻りつつある」「止まっている」「電源が切れ止まっている」の何れかの時はコピー先 DAT ②を STOP させて巻き戻す。
- 7, コピーテープはプロテクトをかけ日付を記入してデータの再生作業に使いオリジナルテープは保管しておく。
- 8, 何本かのテープをコピーしたらヘッドをクリーニングする。

されたものである (中川ほか, 1998 ; 中川, 1999,)。テープを再生して得られた地震波形の一例を図 10 に示す。

ま と め

地震地殻変動観測センターでは、ここ数年 DAT レコーダーを使った観測を毎年実施してきている。比較的取り扱いが易いことから扱う人も多くなってきている。不具合も改良され台数も増えてきており、稠密観測や臨時観測にも充分適応できるようになってきている。機器管理と点検整備に加え、データの再生処理に掛かる人手が必要となっている。本報告の内容は、今後、地震観測などで DAT レコーダーを初めて扱う人の手引きとなるように書き上げてみた。参考になれば幸いである。今後は、DAT レコーダーを有効に使った観測を模索しながら、よりフィールドに適したレコーダーの開発や、収録データの迅速な処理方法を確立していく必要がある。

謝 辞：今回は、新入学生や初心者が DAT レコーダーを取り扱えるように、地震地殻変動観測センターの大学院生達が自らのために駆使して作ったマニュアルの一部を改編してまとめさせていただいた。1999 年の四国 DAT 観測では実際の観測にこのマニュアルを使用していただき、不備な点や要望を一部付け加えて修正した。ご協力いただいた皆様に感謝申し上げます。観測に使用した LE-93 Dlite 地震計は Lennartz electronic 社の製品、パームトップパソコン HP-200 LX は Hewlett Packard 社の製品、再生システムに使用したデジタルオーディオ記録を計算機のディスクにコピーする装置 DAT-Link は Townshend Computer Tools 社の製品である。DAT レコーダーの製造メーカーであるクロバテック株式会社からは貴重な資料を提供していただいた。本稿をまとめるにあたっては地震地殻変動観測センター平田教授から適切な指導と助言をいただいた。ともに感謝申し上げます。

表 7. DAT テープ再生処理手順

ワークステーションを使ったDATテープ再生処理手順

(1999 8/16)

☆再生作業は複製したコピーテープを使う。

☆テープの頭出しをする (各プログラムの場所にパスが通っていることが前提).
`% narecord -t 10 ***` ← 10秒刻み程度をハードディスクに移し DAT のカウントを
 控えておく (**は適当なファイル名).

`% od -x *** | more` ← 必要とする日時 YYMMDDyymm を探す (/ffff ffff).
 DAT のカウントと頭出しした時間が定まったら不要なファイルは消す.

☆再生本番

`% narecord -t time stn.dat` ← HDD にデータをコピー.
 (time → 単位は秒 stn.dat → 観測点名.dat) 丸ごとコピーは `% narecord stn.dat`
`% rubbish stn` ← 圧縮データの解凍とゴミ取り. .dat は付けない
 (stn.dat → stn.rub.000, stn.gps, stn.lst ができる) 良いデータなら *.000 だけ時刻
 の不連続が見られる場合は *.001, *.002 などでもできる.
`% rm stn.dat` ← ファイル容量が大きいので消す.
`% gpsread stn` ← GPS データを解析. (stn.gps → stn.diff, stn.loc, stn.gmt がで
 きる).
`% cp stn.diff difflist` ← cutsch は stn.diff を cut1h, cut4h は difflist を使う.
`% xgraph -m stn.diff &` ← stn.diff をチェックする, ほぼ直線上なら良い.
`% cut1h (cut4h)` ← 時刻補正を行いながら 1 時間 (4 時間) ごとにデータを切
 り出す.

Input source file name -----> stn.rub.000
 This data is 3 channel mode
 select channel (1ch -> 0), (2ch -> 0 or 1), (3ch -> 0 or 1 or 2)
 [the value less than 3]: 0

 描くプログラムは GMT_plot5bx (1 時間) GMT_plot5bx4 (4 時間)
 /work/src の中の Makefile.5bx の DGAIN=1.0 -DCLIP=10.0 の値を書き替えることによって
 適当にゲインを変更できる.

`% vi Makefile.5bx` ← エディターで書き替え
`CC = gcc`
`GMTDEFS = -DGAIN=1.0 -DCLIP=10.0` 数字を大きくすると大きくなる. 小数点以下も可
`INCLUDE = -I/work/local/gmt/include -I/work/local/include`
`LIBS = -L/work/local/gmt/lib -L/usr/lib -lgmt -lpsl -lm`
`GMT_plot5bx : GMT_plot5bx.o butpasf.o day.o`
`$(CC) -o /work/bin/GMT_plot5bx GMT_plot5bx.o butpasf.o day.o $(LIBS)`
`GMT_plot5bx.o : GMT_plot5bx.c`
`$(CC) -c $(GMTDEFS) $(INCLUDE) GMT_plot5bx.c`
`butpasf.o : butpasf.c`
`$(CC) -c butpasf.c`
`day.o : day.c`
`$(CC) -c day.c`
`clean:`
`/bin/rm GMT_plot5bx.o /work/bin/GMT_plot5bx`
 書き替えたらコンパイルする
`% make -f Makefile.5bx clean`
`% make -f Makefile.5bx`

表 7. (続き)

切り出されたデータは 0000.0.9807160800000000.192 のようなファイルが大量にできる。見方は (通し番号). (チャンネル). (開始時刻). (DAT レコーダー No.)

% rcut 0000.0.9807160800000000.192 1000 3 100 | xgraph ←波形の画面表示.

(切り出したファイル名 1000 は表示の間隔 3 は 3ch 100 は 100Hz サンプルング)

% mplot 0* (mplot4 0*で 4 時間ごと) ←切り出されたファイル全てを 0*で指定する. (0*→plot**.ps ファイルができる)

% lpr plot**.ps ← 1 ファイル毎にプリントアウトする.

プリントアウトされたモニター記録を見て schfile を作る. (または、既設点データから)

schfile の書式は一行に No. YY MM DD hh mm ss.s sss. (通し番号. 年月日時分秒. 切り出す時間 sec.)

% cutsch stn gain ← schfile にそってデータの切り出しを行う.

(stn → stn.rub.000 gain →観測時設定のアンプゲイン dB)

% dat2win 0* ← win フォーマット化する.

00 で始まるファイルが 990131.214540.184 のようになる. 一つの地震毎に同じディレクトリーに移してから次のコマンド実行.

% mwadd 990131.214540.* >& 990131.214540-log ←同じ地震を統合させる.

mkchantbl でチャンネルテーブルを作る, 以下の 2 つのファイルに相当するファイルをまず作っておく.

例① (DAT-CH.txt)

```
rnum= 190, stno= 58, m= 0, chan_id = f0ae
rnum= 190, stno= 58, m= 1, chan_id = f0af
rnum= 190, stno= 58, m= 2, chan_id = f0b0
rnum= 191, stno= 59, m= 0, chan_id = f0b1
rnum= 191, stno= 59, m= 1, chan_id = f0b2
rnum= 191, stno= 59, m= 2, chan_id = f0b3
rnum= 192, stno= 60, m= 0, chan_id = f0b4
rnum= 192, stno= 60, m= 1, chan_id = f0b5
rnum= 192, stno= 60, m= 2, chan_id = f0b6
```

例② (STN-DAT.txt)

真昼岳	MHD	183	39.454778	140.702028	730
赤倉沢	AKW	184	39.370167	140.674362	340
善知鳥	UTU	185	39.435278	140.648778	240
天狗山	TGY	186	39.438445	140.605778	160
川口川	KGG	194	39.495945	140.674862	210
真木	MSK	189	39.530778	140.680445	210
大又沢	OMS	193	39.469695	140.675528	330
入角沢	IKS	188	39.580445	140.667362	390
前郷	MAG	190	39.585112	140.622445	90
夏瀬	NTS	191	39.628638	140.707888	170
立石	TTI	192	39.532445	140.505278	70

% mkchantbl DAT-CH.txt STN-DAT.txt > channel.tbl.ssq ←標準出力されるので適当なファイルに落とす.

データの win フォーマット化とチャンネルテーブルができたら win.prm を書き替えると win での処理ができる.

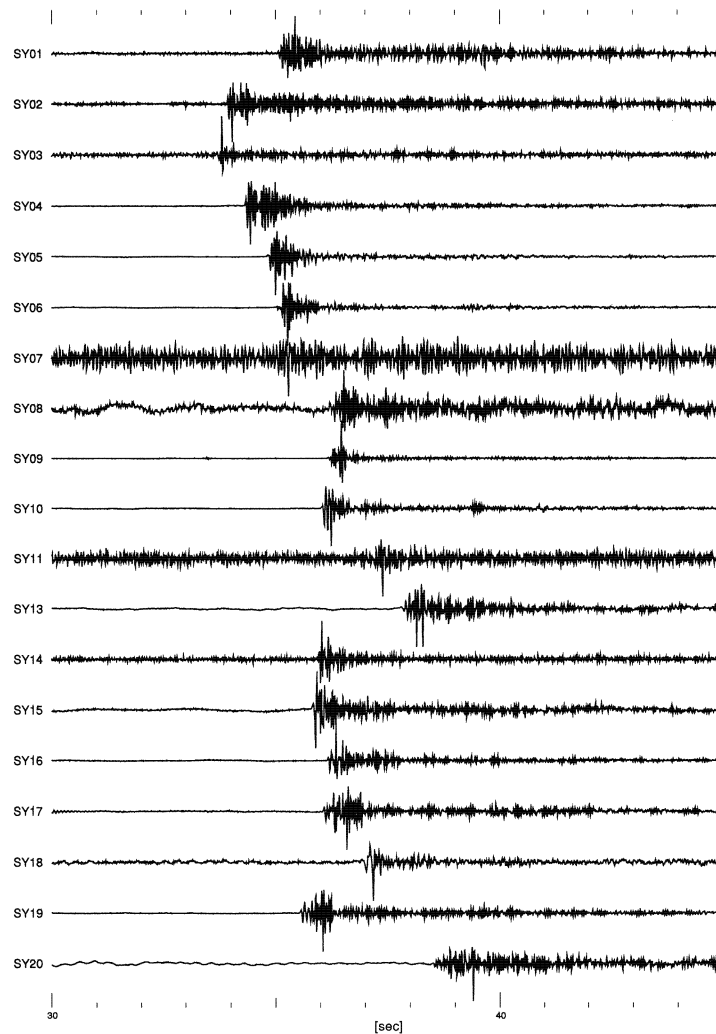


図 10. 再生結果から得られた発破 (M3) の波形例

文 献

- クローバテック株式会社, 1994, DAT RECORDER 取扱説明書—改訂版一, 12 p.
- クローバテック株式会社, 1996, DAT データ再生システム, DREPC 取扱説明書, 10 p.
- Hirata, N., Ohmi, S., Sakai, S., Katsumata, K., Matsumoto, S., Takanami, T., Yamamoto, A., Nishimura, T., Iidaka, T., Urabe, T., Sekine, M., Ooida, T., Yamazaki, F., Katao, H., Umeda, Y., Nakamura, M., Seto, N., Matsushima, T., Shimizu, H. and Japanese University Group of the Urgent Joint Observation for the 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake, 1996, Urgent joint observation of aftershocks of the 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake, *J. Phys. Earth*, **44**, 317–328.
- 平田 直・海野徳仁・長谷川昭・佐藤比呂志・岩崎貴哉・勝俣啓・伊藤谷生, 1998, 東北奥羽脊梁山地での制御・自然地震観測による地殻構造探査, 地球惑星科学関連学会 1998 年合同大会予稿集, SL-004.
- 松原 誠・平田 直・酒井慎一・山中佳子・川崎一郎・廣瀬一聖・野 徹雄・福田有香・平松良浩・吉本和生・河野俊夫・伊藤 忍・津村紀子・蔵下英司・高波鉄夫・勝俣 啓・小菅 裕, 1997, 立山・黒部アルペンルート稠密アレー地震観測, 地球惑星科学関連学会 1997 年合同大会予稿集, E 11-08.
- 松原 誠・平田 直・酒井慎一・井出 哲・山中佳子・久保篤規・羽田敏夫・荻野 泉・酒井 要・小林 勝・橋本信一・井上義弘・三浦勝美・田上貴代子・三浦禮子・李 西林・橋田幸浩・功刀 卓・上村 彩・中川茂樹・永井理子, 1998, 1998 年東北合同観測—北上・千屋断層系微小地震観測—, 日本地震学会講演予稿集 1998 年度秋季大会, p.165.
- Matsubara, M., Hirata, N., Sakai, S. and I. Kawasaki, 1999, A low velocity zone beneath the Hida Mountains derived from dense array observation and tomographic method, submitted to *Earth Planets Space* (in press).
- 中川茂樹・平田直・松原 誠, 1998, 地震観測用大容量デジタルレコーダーを用いた制御震源反射法地震探査で得られたデータの効率的解析処理手法の開発, 地球惑星科学関連学会 1998 年合同大会予稿集, Sb-p006.
- 中川茂樹, 1999, 大容量デジタルレコーダーを用いた制御震源地震探査による北部フォッサマグナ地域の散乱体分布のイメージング, 東京大学理学系研究科地球惑星物理学専攻, 修士論文.
- 篠原雅尚・末広 潔・松田滋夫・小沢和男, 1993, DAT レコーダーを用いたデジタル大容量海底地震計, 海洋調査技術, **5**, (1), 21–31.

篠原雅尚・平田 直・松田滋夫, 1997, GPS 時計付き地震観測用大容量デジタルレコーダー, 地震, 2, **50**, 119-124.
Townshend Computer Tools Inc., 1996, DAT-Link/DAT-Link + User's Manual Revision 2. 27, Quebec, 204 pp.

吉本和生・平田 直・飯高 隆・関根真弓・篠原雅尚・蔵下英司, 1997, 淡路島直下における 1995 年兵庫県南部地震の余震分布—余震分布と活断層との対応—, 地震, 2, **50**, 251-257.

付録 1.

DAT セットアップでのパソコン(HP-200LX) 操作 注意点と主なコマンド一覧

パソコンの電源投入時に通常の DOS モードでなかったら **CTRL+ALT+DEL** を同時に押して再起動させる。表示がでたら **ALT** キー, 2 と順番に入力する。

- >2gterm を立ち上げる
\
 コマンド一覧表示 (コマンドは大文字)
>G GPS データ表示, 終了は何かのキーを打つ
>U GPS 電源 ON
>V GPS 電源 OFF
>W DAT リアルタイム時刻を GPS に合わせる
>T DAT リアルタイム時計の時刻表示
>L DAT リアルタイム時計と GPS 時刻との比較
>R GPS 受信不可能な場合のリアルタイム時計のマニュアル設定
>A マニュアル設定時刻の表示
>P DAT リアルタイム時計の停止 (スタートは Enter)
>B GPS 受信間隔の選択設定
>C チャンネルとサンプリング周波数の選択設定
>S ステータスの確認
 Start set time value は 00/00 00:00:00 Record count は 0000 となっている
>K プリアンプ電源 ON
 忘れるとセンサーからの入力がないので注意!
>J プリアンプ電源 OFF
>Z ノイズレベルの確認, 終了は何かのキーを打つ
>Y 入力後 2 秒間の信号を取り入れて表示, 極性及び波形の確認
 終了は何かのキーを打つ
>N DAT 本体の電源 ON, 本体のボタン操作が可能となる
>F DAT 本体の電源 OFF
>D ダミーデータをテープに記録
>Q テープ収録開始
>O レコーダーカウントリセット

セットアップが終了したら, プログラムを終了させずに (キーには絶対触れずに) 接続ケーブルのコネクターを DAT レコーダーから抜いてパソコン電源を OFF する。ESC キーを入力するとプログラム「2gterm」は終了する。

付録 2.

DAT setting up manual Ver 2.3 99/6/15 eri.u-Tokyo (1/4)

DAT-2GC (Clover tech) 地震観測セットアップマニュアル 設置編

観測日時 _____ :

観測点名 _____ Recorder # _____

担当者 _____

1. 電池BOX 開始時刻 _____ :

- ・電池BOXに電池40個を詰める. Yes・No
- ・電池はプラスが上になるようにして、全部同じ向きに入れる。
指でしっかりと押さえつけないと接触不良となるので注意！ Yes・No
- ・電池BOXの蓋を閉めて、電圧計で電圧を読みとる.

CPU _____ V DAT _____ V AMP+ _____ V AMP- _____ V
6V 9V 9V 9V

- ・電池BOXとDATとの接続コネクタを接続しネジ止めする. Yes・No

2. GPSアンテナ

- ・ポールにアンテナを差し込み外れないようにビニールテープで固定して、天頂の開けた障害物の無い場所を選びポールを立てる. Yes・No
- ・アンテナ同軸ケーブルをDATレコーダーの外側「Antenna」に接続する. Yes・No

3. モニターリング

- ・パソコン(HP200LX)をDATレコーダーの外側「Remote」に接続する. Yes・No
- ・パソコンの電源を入れ、「2gterm」enterで立ち上げる。通常のDOSモードでなかったら[Ctrl]+[Alt]+[Delete]を同時に押して再起動させ、すぐに[Alt]を押し[2]を入力する。(dirでプログラムがあるか確認したら >2gterm enter) Yes・No
- ・\ バックスラッシュを入力しメニュー表示を確認する. Yes・No
- ・[矢印]+[0]を同時に押して以後の操作を大文字モードにする. Yes・No

DATレコーダー内蔵リアルタイムクロックの時刻設定

>G でGPSデータチェック、入力後しばらくしてV→A表示に変わるまで待つ。

Aに変わらない場合はアンテナの位置を移動するなどの対策をとる. Yes・No

- ・Aが表示されたら画面を1スクロールするまで待つ. Yes・No

GPS表示詳細: \$GPRMC,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<6>,<7>,<8>,<9>,<10>,<11>

<1> UTC時刻, 時分秒 hhmmss

<2> V→受信警告 A→有効な位置が取れている

<3> 緯度 <4> 北緯および南緯 緯度 _____

<5> 経度 <6> 東経および西経 経度 _____

<7> 地面に対する速さ(knots) <8> 地面に対する方向(degrees)

<9> UTC日付, 月日年 ddmmyy

<10> 偏角(degrees) <11> 偏角の向き(東および西)

- ・適当なキー(enter)でGPS受信モードから抜ける. Yes・No

付録 2. (続き)

DAT setting up manual Ver 2.3 99/6/15 eri.u-Tokyo (2/4)

イ) GPSが受かっていたら →→→→ GPSの時刻に合わせる.

> W でリアルタイムクロックをGPS時刻に設定.

設定時刻 / / : : (UT・JST)

> T で時刻確認. 時刻 / / : :

> L でGPSとリアルタイムクロックの時刻差を確認.

1 回目 GPS / / : : 英数字
 Real time clock / / : : ()
 2 回目 GPS / / : :
 Real time clock / / : : ()

ロ) GPSが受からなかったら →→→→ 手動で正確な時刻を入力する.

> R で時刻をマニュアル設定(YYMMDdhmmss)時報などで設定時刻になったら

> A を入力.

設定時刻 / / : : (UT・JST)

> B でGPSの受信間隔を設定(番号入力) 1ヶ月程度の観測期間で[4]or[6]

[0] disable [1] 1hour [2] 2hour [3] 3hour [4] 4hour [6] 6hour → []

> C でチャンネルとサンプリング周波数を設定(番号入力)

[3] 3ch 100Hz [2] 2ch 200Hz [1] 1ch 500Hz → []

> S でステータスを確認 Serial No. _____

Real time clock(now) / / : : (UT・JST)

Start set time value / : :

Record count _____

Recording mode _____ ch _____ Hz

GPS interval _____ hour

4. 地震計接続

- ・地震計設置状況 ・露岩・砂防ダム堰堤・道路土留め・埋設・その他 _____
- ・センサーケーブルコネクタをレコーダー外側 Analog input に接続する. Yes・No
- ・地震計とセンサーケーブルを正しく接続する(1成分の場合は1chに接続). Yes・No
- ・接続部はビニールテープをしっかりと巻き防水処置をする. Yes・No
- ・ジャンクション基板が接続する地震計のタイプになっているか確認する. Yes・No

使用する地震計の種類と番号を記述(3成分別は成分ごとに)

種 類	番 号	
[]	()	3成分一体型
1ch []	()	(U/D・N/S・E/W) ○で囲む
2ch []	()	(U/D・N/S・E/W)
3ch []	()	(U/D・N/S・E/W)

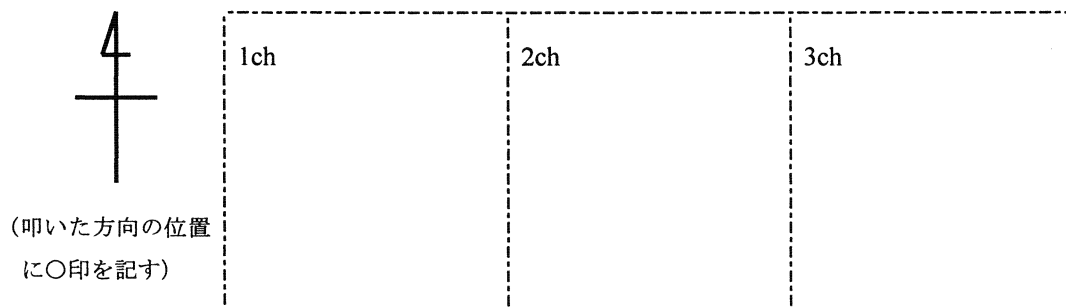
付録 2. (続き)

DAT setting up manual Ver 2.3 99/6/15 eri.u-Tokyo (3/4)

> **K** で Preamp power on. 忘れると地震計からの入力はない. Yes・No地震計からの入力信号を確認する

> **Z** でノイズレベル確認, ばらつき範囲の数値を記述 (32000 付近でばらつく)
 ノイズレベルが低ければ Gain を上げ, 高ければ下げる. 数字のばらつきが 100 未満になるよう最終的に調整する. アンプ基板下側のディップスイッチで Gain は 3 段階に切り替えができる. (旧タイプは Gain が違うので注意!)

1ch	～	2ch	～	3ch	～
・ AMP Gain (○で囲む)		H (60dB)	M (40dB)		L (20dB)

> **Y** で極性および波形の確認 (極性 U/D・N/S・E/W) (波形の図示)**5. テープ装填**

・ラベルに観測点名, 記録開始日時を記入してテープに貼る. Yes・No

> **N** で DAT 本体 Power on Eject ボタンを押してテープを装填する. Yes・No

> **D** で Dummy data を記録, PC 画面の指示に従い Enter を押し, 再度 Enter を押すと Dummy data がテープに書き込まれるのを目視確認 (カウント 8 まで). Yes・No

> **Q** で記録開始

Preamp power on at monitor mode

DAT power off

GPS power off

End of monitor mode

Start recording _____ : _____ : _____ (UT・JST)

6. パソコンを外す

・パソコンのキーには絶対に手を触れずに, パソコンと DAT レコーダーを接続しているコネクタを抜く. Yes・No

・パソコン接続の解除を確認後, 右上の ON/OFF キーで止める. Yes・No
 (ESC キーを入力して止めると次に再度 2gterm の立ち上げが必要となる)

・DAT レコーダー外部接続コネクタ部にキャップをはめる. Yes・No

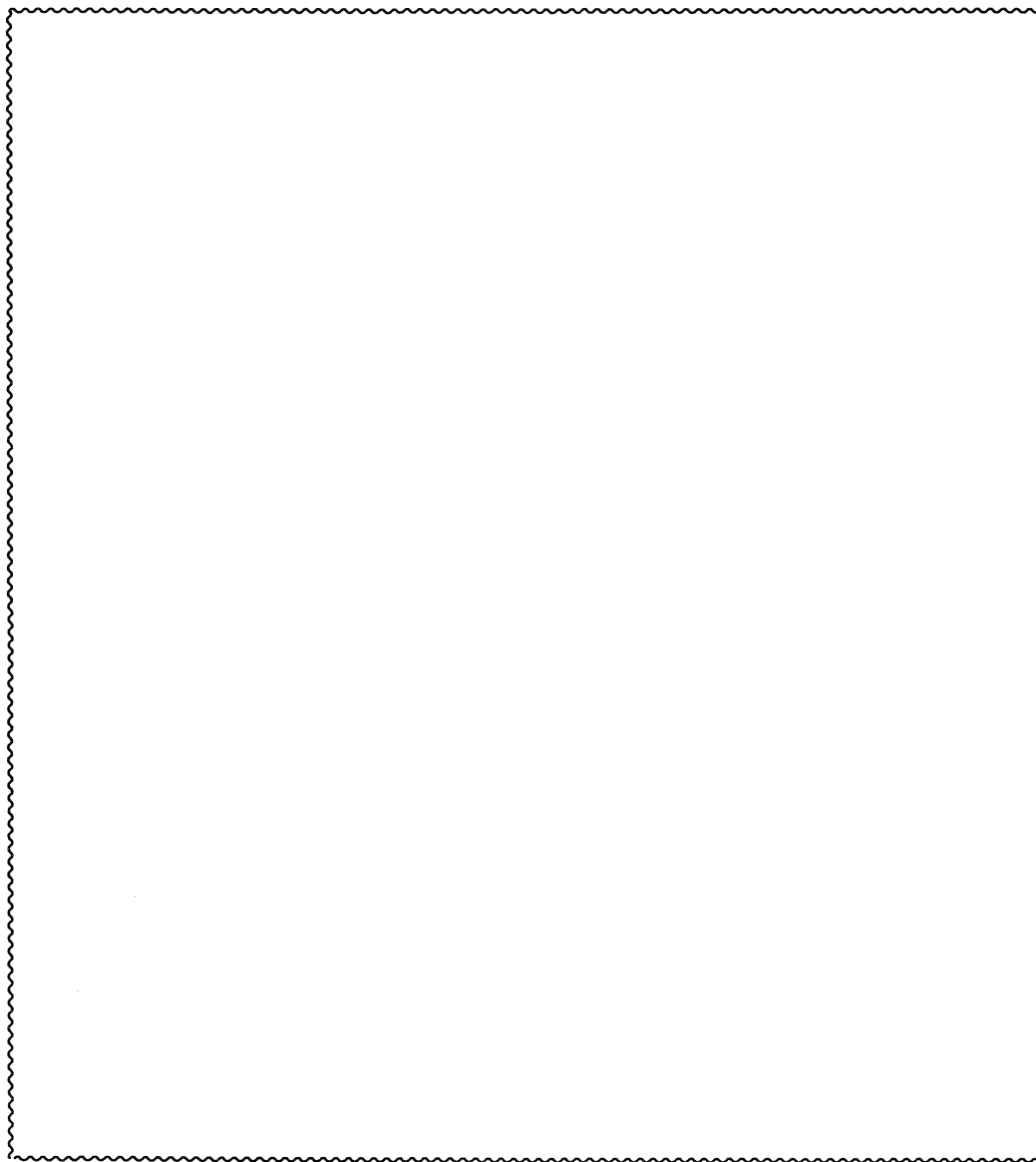
お疲れさまでした! 終了時刻 _____ / _____ / _____ :

★★★ 最後に現場周辺の見取り図をスケッチしておくの良い ★★★

付録 2. (続き)

DAT setting up manual Ver 2.3 99/6/15 eri.u-Tokyo (4/4)

現場周辺見取り図



付録 3.

DAT setting up manual Ver 2.3 99/5/10 eri.u-Tokyo (1/4)

DAT-2GC (Clover tech) 地震観測セットアップマニュアル 交換編

交換日時 _____ / _____ / _____ :

観測点名 _____ Recorder # _____

担当者 _____

1. 観測点の点検

- ・外観の異常の有無

地震計 _____

レコーダー _____

GPS アンテナ _____

ケーブル _____

- ・DATレコーダーを保護箱あるいはビニール袋から取り出して蓋を開けて内部点検
異常の有無 _____

2. テープ回収

- ・パソコン(HP200LX) をDATレコーダーの外側「Remote」に接続する. Yes・No
- ・パソコンの電源を入れ, 「2gterm」 enter で立ち上げる. 通常のDOSモードでなかったら[Ctrl]+[Alt]+[Delete]を同時に押して再起動させ, すぐに[Alt]を押して[2]を入力する. (dir でプログラムがあるか確認したら >2gterm enter) Yes・No
- ・\ バックスラッシュを入力しメニュー表示を確認する. Yes・No
- ・[矢印]+[0]を同時に押して以後の操作を大文字モードにする. Yes・No

> S でステータスを確認 Serial No. _____

Real time clock(now) _____ / _____ / _____ : _____ : _____ (UT・JST)

Start set time value _____ / _____ : _____ :

Record count _____

Recording mode _____ ch _____ Hz

GPS interval _____ hour

> N でDAT本体 Power on Eject ボタンを押してテープを取り出す. Yes・No

取り出し時刻 _____ / _____ / _____ : _____ : _____ (UT・JST)

- ・テープの巻き取り状況を見る. 約 _____ %
- ・テープへの書き込みを不可にする. テープ背の白い部分をスライドさせてプロテクトをかけておく. Yes・No
- ・シールに取り外した日時を記入してテープに貼りケースに収納する. Yes・No

3. アンプゲインの確認

- ・左側アンプ基板の下にある切り換えスイッチを目で確認する.

AMP Gain (○で囲む) H (60dB) M (40dB) L (20dB)

付録 3. (続き)

DAT setting up manual Ver 2.3 99/5/10 eri.u-Tokyo (2/4)

4. モニターリング

> G でGPSデータチェック, 入力後しばらくしてV→A表示に変わるまで待つ.

Aに変わらない場合はアンテナの位置を移動するなどの対策をとる. Yes・No・Aが表示されたら画面を1スクロールするまで待つ. Yes・No

GPS 表示詳細: \$GPRMC,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<6>,<7>,<8>,<9>,<10>,<11>

<1> UTC 時刻, 時分秒 hhmmss

<2> V→受信警告 A→有効な位置が取れている

<3> 緯度 <4> 北緯および南緯 緯度 _____

<5> 経度 <6> 東経および西経 経度 _____

<7> 地面に対する速さ(knots) <8> 地面に対する方向(degrees)

<9> UTC 日付, 月日年 ddmmyy

<10> 偏角(degrees) <11> 偏角の向き(東および西)

・適当なキー(enter)でGPS受信モードから抜ける. Yes・No

> L でGPSとリアルタイムクロックの時刻差を確認. (2度行う)

1 回目	GPS	/	/	:	:	英数字
	Real time clock	/	/	:	:	()

2 回目	GPS	/	/	:	:	
	Real time clock	/	/	:	:	()

★GPSがどうしても受信できないときには, 電池BOXとDATとの接続を切らないで地震計, ケーブルなどを回収してから, 条件の良い場所に移動して>Gと>Lを試みる.

★それでも駄目な場合は, 予備と交換するなど適当な対処方法を検討する.

・パソコンを右上の ON/OFF キーで一端止める. Yes・No

・電池BOXの電圧計で電圧を読みとる.

CPU	_____ V	DAT	_____ V	AMP+	_____ V	AMP-	_____ V
	6 V		9 V		9 V		9 V

5. 再設置

・新しいシリカゲルと交換する. Yes・No・電池BOXとDATの接続コネクタを外し, 新しい電池を入れた電池BOXと交換する(交換用の電池BOXがない場合は新電池に詰め替える). Yes・No

・電池BOXの蓋を閉めて, 電圧計で電圧を読みとる.

CPU	_____ V	DAT	_____ V	AMP+	_____ V	AMP-	_____ V
	6 V		9 V		9 V		9 V

・電池BOXとDATとの接続コネクタを接続しネジ止めする. Yes・No

6. モニターリング

・パソコンの電源を入れる (ON/OFF キーを押す). Yes・No

付録 3. (続き)

DAT setting up manual Ver 2.3 99/5/10 eri.u-Tokyo (3/4)

- ・ \ バックスラッシュを入力しメニュー表示を確認する。2gterm が立ち上がっていないかったら, dir でプログラムがあるか確認して >2gterm enter で立ち上げる。通常の DOS モードでなかったら [Ctrl] + [Alt] + [Delete] を同時に押して再起動させ, すぐに [Alt] を押し [2] を入力する. Yes • No
- ・ [矢印] + [0] を同時に押して以後の操作を大文字モードにする. Yes • No

DATレコーダー内蔵リアルタイムクロックの時刻設定

> G でGPSデータチェック, 入力後しばらくしてV→A表示に変わるまで待つ.

Aに変わらない場合はアンテナの位置を移動するなどの対策をとる. Yes • No

- ・ Aが表示されたら画面を1スクロールするまで待つ. Yes • No

GPS 表示詳細: \$GPRMC,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<6>,<7>,<8>,<9>,<10>,<11>

<1> UTC 時刻, 時分秒 hhmmss

<2> V→受信警告 A→有効な位置が取れている

<3> 緯度 <4> 北緯および南緯 緯度 _____

<5> 経度 <6> 東経および西経 経度 _____

<7> 地面に対する速さ(knots) <8> 地面に対する方向(degrees)

<9> UTC 日付, 月日年 ddmmyy

<10> 偏角(degrees) <11> 偏角の向き (東および西)

- ・ 適当なキー(enter)でGPS受信モードから抜ける. Yes • No

イ) GPSが受かっていたら →→→→ GPSの時刻に合わせる.

> W でリアルタイムクロックをGPS時刻に設定.

設定時刻 _____ / _____ / _____ : _____ : _____ (UT • JST)

> T で時刻確認. 時刻 _____ / _____ / _____ : _____ : _____

> L でGPSとリアルタイムクロックの時刻差を確認.

1回目 GPS _____ / _____ / _____ : _____ : _____ 英数字

Real time clock _____ / _____ / _____ : _____ : _____ (_____)

2回目 GPS _____ / _____ / _____ : _____ : _____

Real time clock _____ / _____ / _____ : _____ : _____ (_____)

ロ) GPSが受からなかったら →→→→ 手動で正確な時刻を入力する.

> R で時刻をマニュアル設定(YYMMDDhhmmss)時報などで設定時刻になったら

> A を入力.

設定時刻 _____ / _____ / _____ : _____ : _____ (UT • JST)

> B でGPSの受信間隔を設定(番号入力) 1ヶ月程度の観測期間で[4]or[6]

[0] disable [1] 1hour [2] 2hour [3] 3hour [4] 4hour [6] 6hour → [_____]

> C でチャンネルとサンプリング周波数を設定(番号入力)

[3] 3ch 100Hz [2] 2ch 200Hz [1] 1ch 500Hz → [_____]

付録 3. (続き)

DAT setting up manual Ver 2.3 99/5/10 eri.u-Tokyo (4/4)

> S でステータスを確認 Serial No. _____
 Real time clock (now) _____ / _____ / _____ : _____ : _____ (UT・JST)
 Start set time value _____ / _____ : _____ : _____
 Record count _____
 Recording mode _____ ch _____ Hz
 GPS interval _____ hour

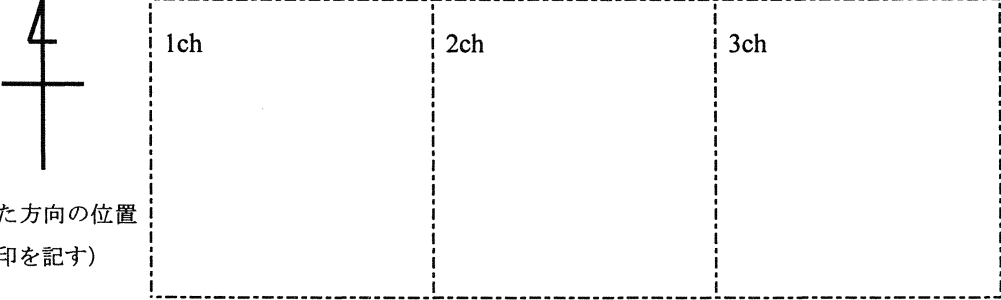
> K で Preamp power on. 忘れると地震計からの入力はない. Yes・No

地震計からの入力信号を確認する

> Z でノイズレベル確認, ばらつき範囲の数値を記述 (32000 付近でばらつく)

1ch ~ 2ch ~ 3ch ~

> Y で極性および波形の確認 (極性 U/D・N/S・E/W) (波形の図示)

4


(叩いた方向の位置
に○印を記す)

7. テープ装填

・ラベルに観測点名, 記録開始日時を記入してテープに貼る. Yes・No

> N で DAT 本体 Power on Eject ボタンを押してテープを装填する. Yes・No

> D で Dummy data を記録, PC 画面の指示に従い Enter を押し, 再度 Enter を押すと
 Dummy data がテープに書き込まれるのを目視確認 (カウント 8 まで). Yes・No

> Q で記録開始 Preamp power on at monitor mode
 DAT power off
 GPS power off
 End of monitor mode
 Start recording _____ : _____ : _____ (UT・JST)

8. パソコンを外す

・パソコンのキーには絶対に手を触れずに, パソコンと DAT レコーダーを接続しているコネクターを抜く. Yes・No

・パソコン接続の解除を確認後, 右上の ON/OFF キーで止める. Yes・No
 (ESC キーを入力して止めると次に再度 2gterm の立ち上げが必要となる)

・DAT レコーダー外部接続コネクター部にキャップをはめる. Yes・No

お疲れさまでした!

終了時刻 _____ / _____ / _____ :

付録 4

DAT setting up manual Ver 2.3 99/5/10 eri.u-Tokyo (1/2)

DAT-2GC (Clover tech) 地震観測セットアップマニュアル 回収編

回収日時 _____ : _____
 観測点名 _____ Recorder # _____
 担当者 _____

1. 観測点の点検

- ・外観の異常の有無

地震計 _____

レコーダー _____

GPS アンテナ _____

ケーブル _____

- ・DATレコーダーを保護箱あるいはビニール袋から取り出して蓋を開けて内部点検
異常の有無 _____

2. テープ回収

- ・パソコン(HP200LX) をDATレコーダーの外側「Remote」に接続する。 Yes・No
- ・パソコンの電源を入れ、「2gterm」enter で立ち上げる。通常のDOSモードでなかったら[Ctrl]+[Alt]+[Delete]を同時に押して再起動させ、すぐに[Alt]を押し[2]を入力する。(dir でプログラムがあるか確認したら >2gterm enter) Yes・No
- ・\ バックスラッシュを入力しメニュー表示を確認する。 Yes・No
- ・[矢印]+[0]を同時に押して以後の操作を大文字モードにする。 Yes・No

> S でステータスを確認 Serial No. _____
 Real time clock(now) _____ : _____ : _____ (UT・JST)
 Start set time value _____ : _____ : _____
 Record count _____
 Recording mode _____ ch _____ Hz
 GPS interval _____ hour

> N でDAT本体 Power on Eject ボタンを押してテープを取り出す。 Yes・No
 取り出し時刻 _____ : _____ : _____ (UT・JST)

- ・テープの巻き取り状況を見る。 約 _____ %
- ・テープへの書き込みを不可にする。テープ背の白い部分をスライドさせてプロテクトをかけておく。 Yes・No
- ・テープに取り外した日時を記入してケースに収納する。 Yes・No

3. アンプゲインの確認

- ・左側アンプ基板のディップスイッチを目で確認する。(違うタイプもあるので注意！)
 AMP Gain (○で囲む) H (60dB) M (40dB) L (20dB)

付録 4. (続き)

DAT setting up manual Ver 2.3 99/5/10 eri.u-Tokyo (2/2)

4. モニターリング

> G でGPSデータチェック, 入力後しばらくしてV→A表示に変わるまで待つ.

Aに変わらない場合はアンテナの位置を移動するなどの対策をとる. Yes・No・Aが表示されたら画面を1スクロールするまで待つ. Yes・No

GPS 表示詳細: \$GPRMC,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<6>,<7>,<8>,<9>,<10>,<11>

<1> UTC 時刻, 時分秒 hhmmss

<2> V→受信警告 A→有効な位置が取れている

<3> 緯度 <4> 北緯および南緯 緯度 _____

<5> 経度 <6> 東経および西経 経度 _____

<7> 地面に対する速さ(knots) <8> 地面に対する方向(degrees)

<9> UTC 日付, 月日年 ddmmyy

<10> 偏角(degrees) <11> 偏角の向き(東および西)

・適当なキー(enter)でGPS受信モードから抜ける. Yes・No

> L でGPSとリアルタイムクロックの時刻差を確認. (2度行う)

1 回目	GPS	/	/	:	:	英数字
	Real time clock	/	/	:	:	()

2 回目	GPS	/	/	:	:	
	Real time clock	/	/	:	:	()

★GPSがどうしても受信できないときには, 電池BOXとDATとの接続を切らないで地震計, ケーブルなどを回収してから, 条件の良い場所に移動して>Gと>Lを試みる.

★それでも駄目な場合は, 電池BOXとDATの接続を切らないで(内蔵時計を止めない)持ち帰ってから, GPSとリアルタイムクロックの誤差を確認できるような対処方法を検討する.

5. GPSが受信できたら

・パソコンを右上のON/OFFキーで止め, DATレコーダーとの接続を外す. Yes・No
(コネクタ部にキャップを忘れずにはめる)

・電池BOXの電圧計で電圧を読みとる.

CPU	_____ V	DAT	_____ V	AMP+	_____ V	AMP-	_____ V
	6 V		9 V		9 V		9 V

・電池BOXとDATとの接続コネクタを外す(小型+ドライバー必要). Yes・No

・GPSアンテナと同軸ケーブルを回収する. Yes・No

・地震計埋設の穴などは設置前の状態に戻し, ゴミなどは全て回収する. Yes・No

お疲れさまでした!

終了時刻 _____ :