

パソコンによる日本列島地震観測網の収録と波形処理

平野 憲雄

THE J-ARRAY RECORDING SYSTEM AND ANALYZING SOFTWARE ON PERSONAL COMPUTER

By *Norio* HIRANO

Synopsis

A continuous storing system of seismic waves recorded at short-period seismic network was developed by using personal computers (PC) and magneto-optical (MO) disk. The system consists of two personal computers, one for A/D conversion and the other for data storing, with a 12 bits A/D converter. Clock corrections are performed with respect to a signal delivered every minute from an outer clock. The data storage is performed on an magneto-optical (MO) disk of 640 M bytes linked to the PC. The acquisition programs are written in assembly language on MS-DOS. A special format is used for the acquisition as storing 3 data points on 2 bytes and this permits the acquisition of 30 channels at a rate of 20 samples/sec. One side of an MO disk can continuously store the data for 4 days. Within 4 days the MO disks reversed to the other side and it can store data again for 4 days. A MO disk thus typically contains one week data. Data recorded at a network on a MO disk are mailed to the Data Center of "J-array", a study group for "the Central Core of the Earth", located at the Research Center for Earthquake Prediction, Kyoto University. The present system is in operation at 9 regional networks as of May, 1992. Data analysis programs also prepared in assembly language for a quick review of the recorded data, such as arranging seismograms with epicentral distance, filtration and time corrections, stacking sum of seismograms and so on.

1. はじめに

日本列島地震観測網収録システム（以下 JISAS と略す）は、地球の中心核を通過、あるいは反射してくる地震波を観測する目的で開発された。地球を何周も回ったり、多重反射しながら伝わる地震波を検出するには、完全な連続収録方式を採用しなければならない。さらに、一ヶ所ではなく広範囲の観測網での連続収録も必要である。それは減衰した地震波であっても、数ヶ所の波形データの時間軸を揃えて並べたり重ね合せなどをして見ると、特定の位相波形を容易に検出できるからである。理想的には世界各地で収録した波形データを統一的に解析することであるが、日本列島の狭い範囲であっても、数多くの波形データを集めればノイズとして見逃しているデータを抽出でき、中心核の研究などに大きく寄与すると思われる。

現在日本では、大学や気象庁を始めとする全国の各機関において、テレメーターによる地震の常時観測がなされている。JISAS は、全国的な観測網を新たに展開することではなく、各機関に一セットづつ収録装置を設置し、既存のテレメーターシステムの低周波成分（アナログ信号）を取り出して光磁気ディスク（以下 MO と略す）に連続収録をするものである。これらの MO の連続データは二週間（データの量は 2 枚分の

MO) 毎にデータセンター (京大防災研究所附属地震予知研究センター) に集めて編集・解析される。編集されたデータは、全国を合わせると300成分を超える膨大なデータとなり、ワークステーションなど巨大な実メモリーを持つ計算機で処理するのが望ましい。もちろん最新のCPUとOSを持つパソコンでも処理は可能である。しかし現在広く普及しているのは1MB (キロバイトで以下バイトをBと略す) の実メモリーを持つパソコンである。この全国的なデータをより広い分野の人達に研究してもらうためには、1MBのパソコンによる解析処理も可能なソフトを用意する必要がある。この研究では、解析の対象となる成分数を少なくして基本的な波形処理を行なうパソコン用のソフトも開発した。

本論文では、MOに収録するシステムとパソコンによる簡単な波形処理までを述べる。使用したOSはMS-DOS (Ver. 3.1以上) で、収録にはマクロアセンブラ言語のみを使い、波形処理にはN88BASIC言語とマクロアセンブラ言語を併用した。

2. 機器の構成

機器の構成をFIG. 1に示す。使用する機器は特別に注文するような機器ではなく、既製品でかつ安価であることを選定基準とした。

CPUを2台用いているのは、完全な連続収録を行なう方法の一つである。CPU-1は波形データの取り込みや波形のモニターをし、CPU-2はMOへのデータ収録やシステム管理として動かしている。

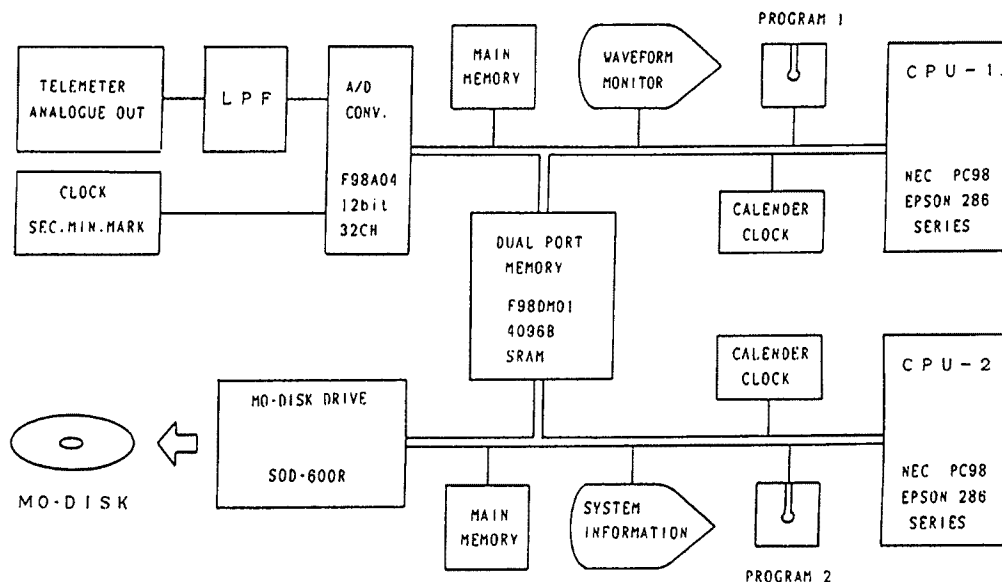


Fig. 1. Block diagram of the recording system (JISAS).

30成分のアンチエイリアスフィルターは名古屋大学の山田功夫氏の設計制作でバターワースのローパスフィルター (LPF) である。カットオフ周波数は6Hzで位相と周波数特性をFIG. 2に示す。

AD変換ボード (ファーベル製, F98A04) は12ビットのダイナミックレンジを持つ逐次変換型のAD変換器であり、32チャンネルのマルチプレクサー及びクロック (20マイクロ秒~120秒) を内蔵している。このシステムでは-5Vから+5Vまでのアナログ電圧をサンプリング周波数 (以下sfと略す) 20Hzで(000H)から(FFFH)のデジタル値 (Hは16進表示の意味) に変換する。

共有RAM (ファーベル製, F98DM01) は記憶容量4KBのSRAMを持っており、2台のCPUからデー

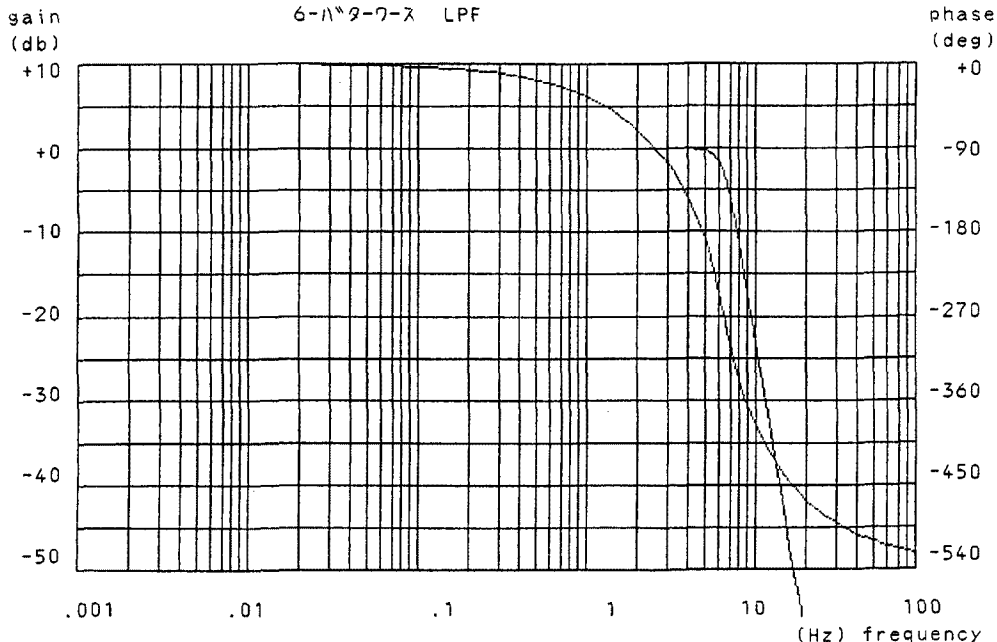


Fig. 2. Frequency and phase characteristics of the low pass filter (designed by I. Yamada).

タの入出力が可能である。この SRAM を実メモリーの一部とみなしてデータを書き込めば、ハードによって同時に別のメモリーにコピーされ、データの転送をしたことと同じ動作になる。この転送方法は二つのバッファメモリー間のデータ転送を行なうことと同じであり、データ転送速度は CPU クロックに比例して早くなり、サンプリングの合間を利用すれば収録を停止することなく、膨大なデータ量であっても高速の転送ができる。

JISAS の連続波形データのサイズは 1 観測網 1 日で 80 MB にもなり、巨大な記憶容量を持つ媒体を必要とする。MT も大容量記憶媒体の一つであるがシーケンシャルファイルなのでデータ検索に難点がある。ランダムファイルの媒体として光ディスクがある。データ編集後に消去して再度収録に使用するため、書き換え可能な 5 インチの MO (両面で 600 MB) を記憶装置として採用した。コンパクトであるので収録現場での取り扱い易さもあり、データセンターとの相互の郵送も容易である。

MO のドライブ本体は RD-9200E (リコー製) であり SCSI バスの仕様を備えており、パソコンに接続するには専用のインターフェースボードが必要である。SCSI バスの機能はマシン語で直接制御することになるが、パソコンユーザーにとってはブラックボックスとして扱った方が便利である。そこで、MO を単なるドライブの一つとして扱える市販のドライバーソフト (SIP 製でインターフェースボードと専用ソフトを一式としたもので製品名は SOD-600R* である。) を利用することにした。注意すべき点は、同じ MO 本体を使った媒体であってもドライバーソフトが異なるとデータの互換性がまったくないことである。故に、同じ装置と同じドライバーソフトでなければこのデータを利用することはできない。1992年現在でも統一フォーマットができていない。

3. 完全連続収録

外部からデータを一定の間隔 (1/sf 秒) で入力し、処理した後にメモリーに書き込む場合、入力した

* SIP (株) はなくなり1992年秋現在では (株) マイクロ・スタッフで扱っている。

データの処理を次の入力の時系列までに完了しておくことが原則である。外部の機器とデータの転送をするような場合は、その転送処理完了までの時間が $1/sf$ 秒を超えることがある。この場合の解決策として割り込み処理の方法がある。これは、データ転送中であっても割り込みを掛けて現在の処理を一時停止し、データの入力を行なう。次に入力したデータを一時保管した後再び転送処理の続きを実行して行く方法である。そして一時保管してある未処理の入力データを処理すれば、一定の間隔でデータを入力したことになる。ただし、この方法は入力データを一時保管しておくバッファメモリーが必要なことと、保管するデータ量がこのバッファメモリーの容量より小さくしなければならないことである。もし一時保管のデータが時間と共に増えて行くような場合は、バッファメモリーからあふれたデータは消えてしまい、連続の収録データとはならず、最悪の場合にはシステムダウンとなる。従って、完全に連続してデータを収録する場合は、処理速度を早くするだけでなくバッファメモリーを有効に使って割り込み処理や分散処理を行ない、サンプリングの周期 ($1/sf$) を乱さないようにしなければならない。

JISAS の一連のデータ処理のなかに MO へのデータ転写がある。ディレクトリーを登録するだけでも 1 秒近くかかり、データを含むと数秒にもなってしまう。このため大きな容量のバッファメモリーが必要となる。バッファメモリーを持った AD ボードを使う方法もあるが、CPU のメインメモリーをバッファメモリーとして利用することにした。これは、2 台の CPU を用いて 1 台目の CPU は AD 変換専用、2 台目の CPU は MO への記録専用にと分けて使うことである。CPU 間の連絡の際に共有 RAM を使わねばならないが、AD 変換から MO へのデータ転送までの処理において、余裕のあるプログラムを組むことができる。従って、MO に登録する際の転写時間を気にせずにデータのサイズを設計できるし、媒体の交換作業時間を厳しく制限する必要もない。結局、ファイルは区切りの良い 5 分間 30 成分のデータ (サイズは 278,528 B で転写時間は約 15 秒間) として扱い、媒体の交換作業に割り当てられる時間は 4 分間以上となった。

JISAS では $sf=20$ Hz であるが、このハードの構成による sf の上限は約 500 Hz となり、高周波の地震観測装置としても使える能力を持っている。

4. 収録の流れ

入力信号は既存のテレメーター装置の各観測点の地震計アナログ出力端子と時計の時刻信号の出力を利用するところから話を進める。

システムのリセット直後には共有 RAM のチェックと MO の容量の調査をして次の MO の媒体交換までの時間と、登録されている最終のファイル名を表示し、外部時計から分の信号 (分マーク) を待つ。分信号を受け取ると収録を開始し、5 分間の波形データのファイルを登録して行く。5 分間の判定には専用の 5 分マークを利用するのではなく、分マークを 5 回検出することで判断している。もしこのチャンネルにノイズが混入すると分マークと判断して規定より小さなファイルを作成したり、最悪の場合はシステムダウンとなって収録を停止してしまうことがある。

AD 変換ボードへの入力には外部時計信号 (分マークとタイムコードの 2 成分) と 6 Hz の LPF を通した地震計出力信号 (30 成分) の合計 32 成分である。波形データとヘッダとの区別をするために変換後波形データの値は (001H) から (FFFH) までの範囲で、ゼロ以外の数値を採用している。サンプリング周波数は 20 Hz で、AD ボード内蔵のクロック信号を利用している。入力した 32 成分のデータサイズを圧縮して CPU-1 のメインメモリーに記録して行く。同時に CPU-1 の画面の左半分には 1 から 16 成分までを、右半分には 17 から 32 成分までの約 15 秒間の波形とカレンダー時計の時刻 (外部時計より 2 秒間進めてある) をリアルタイムで表示しており¹⁾、テレメーターシステムを含んだモニターとしての機能を重ねている。分マークを受け取ると 12 B からなるヘッダを作り、波形データに挿入する。5 分間のデータ (278,528 B) が揃った時点で、共有 RAM を経由して 1 サンプル毎に 4090 B ずつ合計 3 秒強の時間内で CPU-2 のメインメモリーに転写する²⁾。

CPU-2 では5分毎に転送されてきた波形データにファイル名（データの先頭時刻と観測機関名）を付けてMOに書き込む。画面には最後に書き込まれたファイル名やMOの媒体の交換までの時間やその手順などを表示している。また、MOへの書き込み中はキーボード入力を禁止させねばならない。入力禁止の時期を利用者に知らせる為簡単な動画を取り入れた。この動画は1秒毎のコマ送り画像として画面の下の部分に兎とワニを段階的に出現させている。MOに書き込んだ直後からの4分間は媒体の交換が可能な時間帯であり、この時間帯は緑色の兎を画面右から左へとかけっこさせている。MOに書き込む1分前から赤色のワニを登場させて黄色になった兎を追っかけさせる。この時間帯では新たなMOの操作は行なわない。もし、前の時間帯から引き続いている操作があったら速やかに完了させねばならない。MOに書き込む直前の5秒前になると、赤色に変わった兎がワニに食われ始める。兎の姿が消えるとワニの動作と波形の表示を停止しMOへの書き込みを実行する。MOへの書き込みを終了するとワニは消えて再び緑色の兎のかけっことなる。赤色の兎が変わってから緑色の兎が再び出現するまではキーボードの操作は禁止である。この動画を表示していればシステムは正常に稼働していることと、システムの作動状況が確認できる。

MOの媒体の片面には4日間の連続したデータを収録できる。4日以内で媒体の面を交換するようにすれば、両面即ち、一枚の媒体で一週間のデータを扱うことができ、維持管理も容易である。

5. 収録データのフォーマット

AD変換された1成分の波形データは、2バイト（16ビット）の内12ビットを必要とするだけで上位4ビットを使用していない。32成分では1サンプル毎に64バイトを必要とし、20HzのsfではMOの片面を3日分、両面でも6日分のデータで埋め尽くすことになる。MOの両面で一週間の収録期間とするために、この未使用の4ビットもデータとして扱い1サンプルの64バイトを46バイトに縮小した。FIG.3のように1CHの上位バイトの下位4ビットと2CHの上位バイトの下位4ビットとを合成して1バイトにして行く、つまり、2成分（4バイト）を3バイトに圧縮する方法である。詳細に述べると、データの並びをバイト単

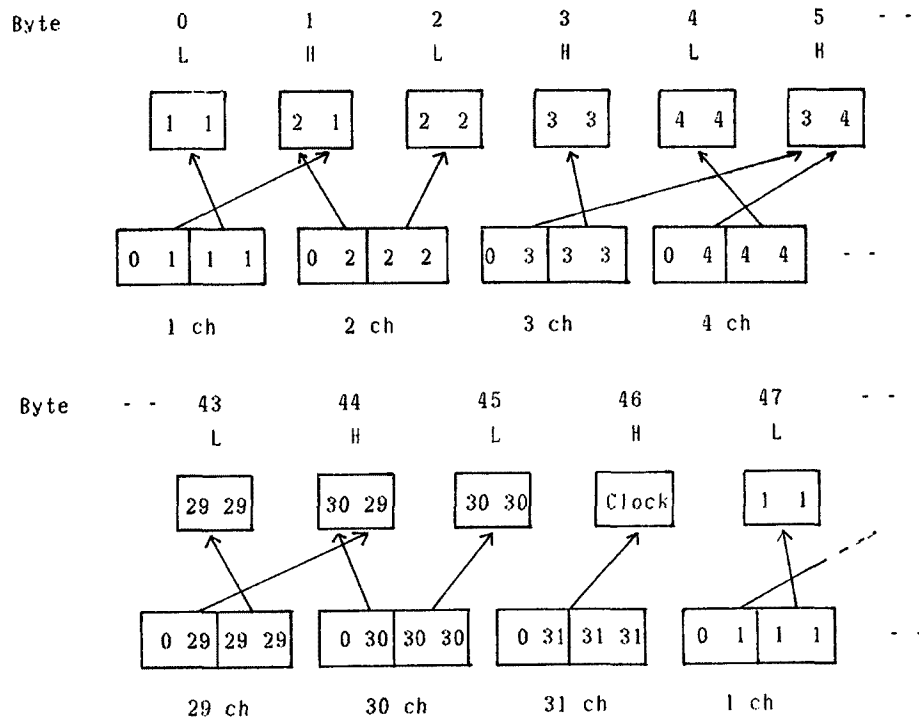


Fig. 3. Data compressing method, shifting the 4 bits to unused areas.

位に分け、2成分の下位バイトの間に合成バイトを挿入して並べると、2成分の下位バイトの並びの後に付け足して並べる二つの圧縮を繰り返し、最後の46バイト目を時計のデータとするのである。時計に関しては12ビットのデータで取り込むが、無信号を1、秒信号を3、分信号を7のゼロにならない1バイトの値に変換する。未使用のビットを有効に使う方法は他にもあるが、この方法の利点はどの成分がいかなる値(001H~FFFH)を採っても、圧縮後の波形データの中には2バイトデータをゼロとするものではなく、後で述べるがゼロの値を持つヘッダの検索に便利だからである。元のデータの形にするには、この規則性の則って逆変換をすれば良い。結局この方法により波形データのサイズは約72%まで縮小でき、MOの片面だけで4日間の連続収録が可能となった。

ヘッダは12バイトで構成しており、分マークを受ける度にパソコン内蔵のカレンダー時計の情報を入力して作っている。最初の2バイトはゼロの値、続く10バイトはキャラクタコードで西暦の下2桁の2文字と月日時分の8文字である。

一つのファイルはヘッダと5分間30成分の波形データとで構成している。ヘッダはファイルの最初と最後に、そして正分のデータの直前に挿入しており、合計6個を配置している。ヘッダとヘッダの間には1分間の波形データ(46B×20Hz×60秒=55,200B)があり、6個のヘッダの分まで入れたデータのサイズは276,072Bである。しかしサンプリングのクロックは外部時計に同期していないので、1分間に付き1サンプル分(46B)の増減があるかもしれない。従って、MOに登録する場合はやや大きめにしたデータ領域を登録している。

ヘッダの内容はカレンダー時計から年月日時分までであり秒を入力していない。ヘッダは正分に作られるから秒の情報は不要だからである。しかしカレンダー時計の誤差は一日一秒前後もあり、午前9時と午後9時の一日2回において外部時計に調時しているが、常に外部時計の時刻と同じにはならない。もし遅れた場合は1分前の時刻を採用することになる。これを防ぐには、2秒進みとしてカレンダー時計を一日二回調時していれば、正分を受けた際のカレンダー時計の分時刻は常に外部時計の分時刻と一致していることになる。故にCPU-1の画面での時刻は2秒進みの表示となっている。

波形データが並んでいるファイルにおいて、ヘッダの位置を知ることは正分のデータを知ることと同じである。ヘッダの直後の波形データはヘッダの情報が示す時刻のデータである。従って46B単位で割り算をすれば任意の位置の波形データの時刻を知ることができる。一方、波形データの中にも外部時計のデータを持っているからタイムコードの判読からデータの時刻を知ることでもある。

6. MOへの登録

媒体をフォーマットする場合は5つのパーティションに分けて設定している。領域の大きさと順序は63MB、62MB、続いて61MBを3つ並べて確保している。MOに登録する最小の単位はクラスタ(4,096B)であり、ファイルのサイズはこの倍数になる。ヘッダを含む30成分5分間の波形データは68クラスタ(278,528B)のサイズで、それぞれのパーティションには236個、233個、225個、225個、225個の合計総数1,156個のファイルに登録することができる。パーティションの切り替えはシステムが自動的に行なっている。この総数に5分間を掛けると4日と20分間になり、この期間内に媒体を交換すれば欠測のない連続収録を続けることができる。もしこの期間を超過すると警告音が出して収録を強制停止する。

ファイルはルートディレクトリーに登録しており、ファイル名は媒体の面名であるAかBの文字に続いて月日時分と観測機関名(2文字)の合計11文字である。また、最初のパーティションには観測点の情報ファイルであるSTATION.CNTとMOの面の情報ファイルであるFILE-A.CNT(B面にはFILE-B.CNT)の2つのファイルに登録している。このCNTを拡張子とするファイルはJISAS専用としており、最初のパーティションにこのファイルがないと新品の媒体か、あるいは別の媒体であると判断する。従って、波形データを消して再度使用する場合は、このCNTファイルだけを残しておく必要がある。

7. 編集

収録ファイルは圧縮されたフォーマットである。この圧縮データのまま編集するのと、元の2バイトのバイナリーデータに変換して編集するのと2通りの方法がある。前者は保存用として便利であり、パソコンで解析する場合のファイルとして扱われる。後者はファイルのサイズが大きくなり高機能の計算機で本来の波形解析を行なうためである。今のところ試験的に前者の編集ファイルを別のMOに記録して各機関に戻される。

編集の手続きは、収録時のMOのソフトに合わせるためパソコンで行なっている。各観測機関において、収録されたMOの媒体はデータセンターに持ち込まれてイベント毎に検索し、一つのイベントについて、P波を含むファイルとそれに続く11個のファイル（合計一時間の長さで30成分）を取り出す。この12個のファイルは収録時のフォーマット（圧縮データ）のままである。各観測機関毎に同じ処理を繰り返し、イベント毎にまとめたファイル群を別のMOに作成する。そして、編集作業の完了したMOの収録データは全部消去されて各観測機関に戻され、再びJISASによって新たな収録を行なう。

次に、圧縮されている収録データを2バイトのバイナリーデータに変換し、ワークステーションに合わせた形のファイル群にする。このファイル群は、パソコンとLANによって接続されているワークステーションへと転送される。ワークステーションでは全国ファイルとして編集される。ワークステーションにおける波形処理及び波形の解析はここでは述べないことにする。

元のデータに戻す変換ソフトはマシン語で作られている。このソフトでは、まず収録データのファイル名を検索して目的のデータを探し出し、元のデータ形式に変換する。必要とあらば、画面上で波形の確認やファイルサイズの検索を行なうことも可能である。

8. パソコンによる波形解析

300点の波形データを統一的に解析するにはギガ単位の巨大な実メモリーを持つ計算機が必要である。一方、高機能の計算機を利用できるユーザーが少ない現状では、せっかくのデータが十分活かされことになる。沢山のユーザーに利用してもらうためには最も普及している1MB（ユーザー領域は610KB）のメモリーを持つパソコンを利用することになる。処理能力に制限はあるが一応の波形処理ができるように開発した。

このソフトは、処理時間のかかる部分はマクロアセンブラで、演算部分はBASICでそれぞれの言語の特長を活かして使い分けている。また、全体の処理を2つの段階（8.1と8.2）にして構成している。8.1はデータの検索と解析用ファイルの作成でマシン語のみで作られている。8.2は波形の配置換えや読み取りなどの解析である。波形表示や重ね（スタッキング）などはマシン語であるが、その他は全てインタープリター形式のBASICであり、ユーザー側で自由に改善・改変できるようにした。

8.1 データの前処理

JISASで収録している現場においてもデータを解析する場合があることを考慮し、編集済みのファイルではなく収録データの段階のファイルを使用し、BASIC言語で簡単に解析できるようにした。しかしBASICには64KBの壁があるため278KBサイズの収録時のファイルをアクセスできない。そこで、マシン語により5分間の記録時間をそのままにして、30成分を一成成分づつに小さく分解したBASIC専用の解析ファイルを新たに作って行くことにした。この場合のファイル名は成分名（2桁数値で01～30）とするが、他の時間帯のファイル名との混同を避けるためサブディレクトリーに登録している。

一連の作業は、表示されているファイル名を指定することにより、収録データのMOから波形データを入力し、データを元の形に変換した後、一成成分5分間の解析ファイルを作成する。また変換後の波形を確認

しながらの応答も可能である。

解析用ファイル名は先頭時刻の月日時分と観測機関名がカレントディレクトリーに、そのデータは成分名としてサブディレクトリーに作られる。

8.2 BASIC による処理

N88BASIC での処理はメモリーの制約上データの記録時間を5分間とし、成分数を30成分までとする。エプソン製のCPUでN88BASICを使用すると、メモリーのユーザー領域が狭くなり25成分までしか処理できない。いずれにしても、波形データの使用するメモリー領域を極限近くまで占有するため、配列変数の領域を大きく確保できない。従って、データ処理の種類も基本的なものに限られている。

全国的な観測点を同時に解析する場合は編集後のファイル群から選び出すことになる。BASICでのファイル入力において、1分きざみで始まる波形データをメモリーに揃えることができる。このためには、データの前処理の段階において、解析したい時間帯を含むファイルから解析ファイルをあらかじめ作成しておかなければならない。

波形の処理方法やその手順は、マウスカーソルで指定して行く方式を採用した。画面の【 】の部分で囲まれたメニューをマウスカーソルを合わせ、ボタンを押して進むのである。波形表示はマシン語で直接VRAMに書き込んでおり、高速のCPUを使用すれば待ち時間を意識せずに解析を行なえる。また解析結果の画面はハードコピーによって残しておく。

8.2.1 【波形データの入力】

解析ファイルの入力はBload文であらかじめ決めているメモリーに配置することになる。目的の波形が一つの5分間ファイルに納まっている場合は一つのファイルで充分だが、2つのファイルにまたがっている場合は連続する2つのファイルを使用することになる。2つの場合は10分間データの内、任意の5分間データを1分きざみの位置から取り出しメモリーに配置している。

画面には指定した数だけの成分の波形を1chから順に上から並べて表示する。ただし左端から右端までを5分間とする波形なのでデータを間引いた形となっている。

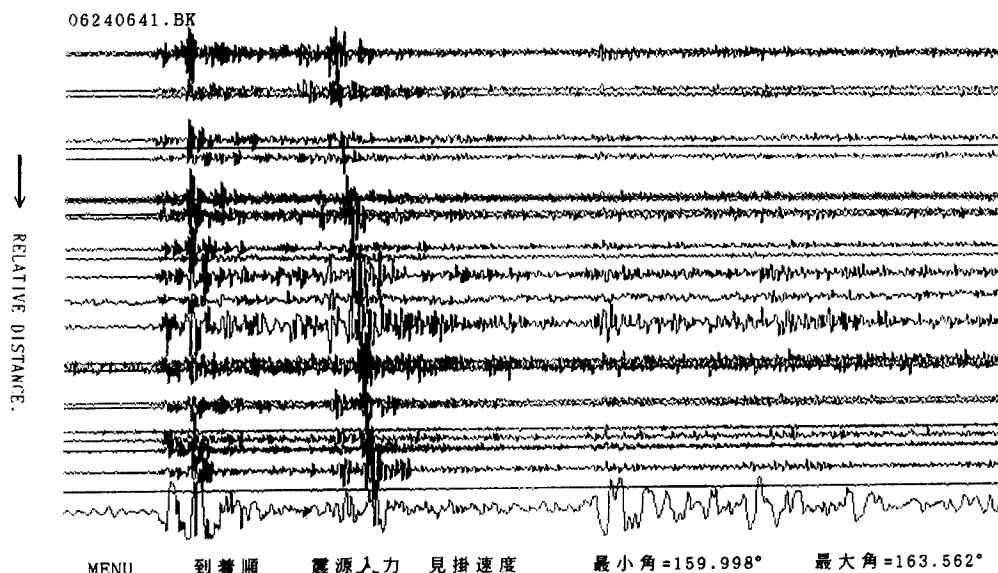


Fig. 4. Paste-up of seismograms on a single file data.

8.2.2. 【波形の到着順】

震源の座標 (ϕ , λ , h) をキー入力するとそれぞれの観測点の震央距離 (角度) を計算し、各成分の Y 座標は震源距離 (角度) に応じた並びで表示する。FIG. 4 は南米サンチアゴの M6.4 の地震を到着順に並べた画面である。左上の数値はファイル名で画面左端の時刻 (1991年6月24日6時41分) でもある。

【見掛速度】、一旦到着順に成分を並び変えた画面において、特定の波形を指定することにより見掛速度を求めることができる。指定の方法は震源に最も近い成分 (画面の上) の特定の波形の X 座標をマウスカーソルで指定し、次に震源から最も遠い成分 (画面の下) の同じ波形と思われる X 座標を指定すれば良い。この 2 点を指定することにより画面にはその 2 つの座標を結んだ直線を表示する。

【速度整列】、これは見掛速度を計算した波形群を垂直に並び代えて表示するものである。FIG. 5 は FIG. 4 から見掛速度が 27.5 km/s の波形群を垂直に並び替えた画面である。この垂直の並びと比較して右斜め下に並ぶ波形群の見掛速度はより遅く、右斜め上に並ぶ場合は、より早いと容易に判断できる。

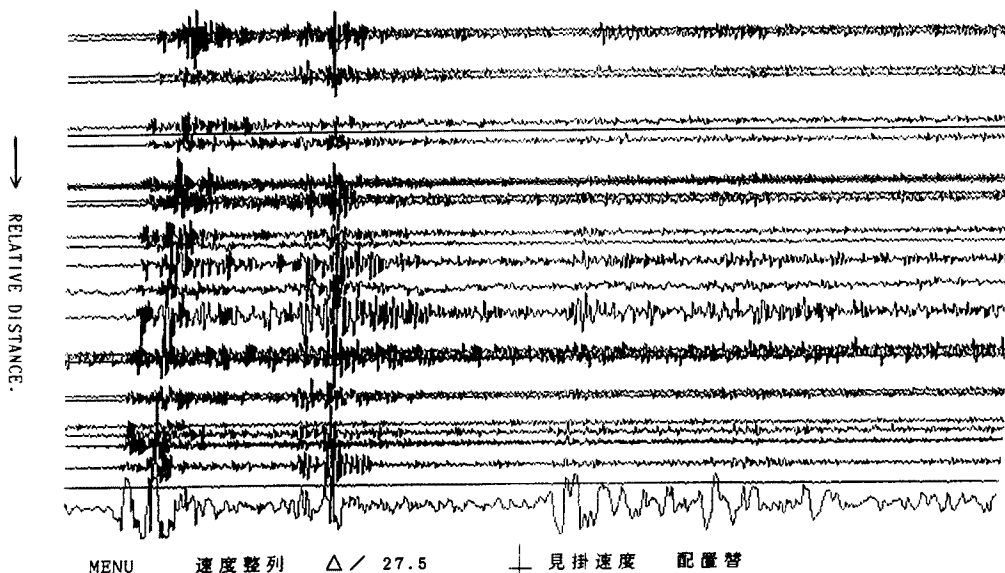


Fig. 5. Paste-up of the seismograms same as in Fig. 3 but with a reduced travel time.

8.2.3 【配置替え】

画面に表示されている波形の配置替えや縮尺などを行なう。変更は全成分か一つの成分のみにするかの選択をせねばならない。単成分にした場合はカーソルで望みの成分のゼロ線にあわしてから変更する。ただし時間軸の変更の場合は全成分の変更になる。

【移動】、元の位置と行き先の位置をマウスで指定すれば縮尺のまま平行移動ができる。いずれかのメニューによって作成された配置はこの【移動】により変更できる。ただし到着順などにより配置が決まっている場合の単成分の移動は順序が狂うので注意する。

【波形の振幅】、振幅の【拡大】と【縮小】を行なう。縮尺は 1 倍から 1/128 倍まで指定でき、画面上の表示範囲を超えた場合でも縮小すればクリップされない波形を表示することができる。ただし、数値でクリップしている場合は別である。

【上下幅の縮尺】、画面の縦軸方向の縮尺 (1 ~ 3 倍) を行なう。到着順で決まった配置において、震源距離の差が小さいとそれぞれの成分の Y 座標が近すぎ過ぎ、波形が重なってしまう場合がある。このメニューで上下方向に拡大をすれば分別できる。ただし全く同じ震源距離の場合は分別不可能である。

【時間軸の縮尺】、時間軸の【拡大】と【縮小】を行なう。縮小の場合は画面には数値データを間引いて表示する。画面のX方向を時間軸（640ドット）としており、1対1（データ1個を1ドットで表示）の場合は32秒間の波形を、9個毎の間引きの場合は4分48秒間の波形を表示する。

【波形整列】、速度整列で特定の波形群をだいたい垂直に並べられるが、時間軸を拡大するとステーションコレクションなどの影響で位相が不揃いになっている場合がある。この不揃いの位相を成分毎に揃えて行くことができる。最初に基準となる成分の位相のある位置（例えば極大値）をマウスで決め、他の成分の同じ位置をマウスボタンで指定して行けば良い。

【成分選択】、画面に表示する成分を指定できる。解析によっては不要な成分を消したい場合はこのメニューを用いる。

8.2.4 【波形の重合】

記録された波形のSN比が悪い場合、一成分の波形のみから反射波や透過波を選び出すことが困難である。各成分の同じ時刻の波形を並べて見るのも良い方法であるが、各成分の同じ時間帯の波形振幅を加算することによりノイズ振幅を小さくして行き、特定の波形を強調させる重合（スタッキング）の方法がある。重合する成分を指定しておき、【絶対値】で、あるいは【符号付】で加算するかを選んで重合を【実行】する。その結果の波形は画面最上部に白色で表示する。

重合できるデータは各成分において、ハムやチャンネルのクロストークのないことが前提条件である。もし成分間にクロストークが発生している場合は、重合しても成分間の影響を拡大することになり無意味となるし、結線作業の段階まで遡って見直しをする必要がある。成分間のクロストークを防ぐには、アナログ入力ケーブルにおいて、成分毎にシールド線を使用するかツイストペア線やフラットケーブルの場合では必ず信号線と接地線とを添わせねばならない。このように互いに電気的影響を与えない良質の伝送回路を採用しておくこともデータの精度を向上させる大切な技術である。

8.2.5 観測点座標ファイルの作成

震源距離を計算する場合に各観測点の座標データが必要である。パソコンでは一度には30個までの成分数の処理しかできない。ユーザー側において全国の観測点座標から30個の組み合わせの観測点を選んでいただき、その観測点座標ファイルをあらかじめ登録して処理する方法を採っている。【φλ作成】を指定してキーボード入力をすれば自動的にファイルができる。ちなみに本ソフトのデモンストレーション用として防災研における30個の観測点座標がファイルになっている。

8.2.6 【読み取り】

波形の時刻や振幅をマウスを使って波形を読み取って行くメニューである。一成分当たりに9個の数値を記録する配列変数を用意している。一成分づつ順番に読みとって行く方法と、画面に全成分の波形を表示しておき任意の成分の任意の波形を読む方法とがある。波形の拡大縮小及び移動は読み取りのいずれの段階においても可能である。読み取りの終了時だけでなく途中においても、読み取り値の確認が可能のように一覧の表示ができ、再び任意の成分の読み取り作業に移れる。

本ソフトでは読み取りデータの登録部分を省略してある。これは、ユーザー側の利用方法に個性があるため、ユーザー側の責任において改造してもらうようにした。

9. サブルーチン

マシン語で作られているサブルーチンはデータ配置、波形表示、重合の3つである。それぞれに引数をいくつか持っており、引数の順序さえ間違わずに指定すればBASICのみの場合より格段の速度で画像処理を

する。ユーザーはこのルーチンをブラックボックスとして扱い画像による対話処理をしていただきたい。

CALL 文の実行の前には必ずサブルーチンの登録してあるセグメントを指定しなければならない。もし怠ると CPU のハングアップとなる。また3つの共通する引数として波形データ領域の先頭のセグメントがある。30成分の解析の場合は &H4512 を指定してあるが、配列変数を大きく確保したい場合などは成分数を減らすこととなり一成分あたり &H2EE を加算したセグメントに変更すること。

9.1 データ配置

二つのファイルから任意の分時刻で始まるデータをメモリーに揃えるルーチンで、一つのファイルで済む場合は使用しなくても良い。

まず二つの解析ファイル (10分間) の波形データを Bload 文により VRAM の領域に入力する。この時 SCREEN 文で画面表示をしないようにしておく。この領域から任意の分時刻で始まる5分間のデータを解析用のメモリーに配置するのである。引数はデータ領域の先頭のセグメント、配置先の成分名 (1~30)、取り出しを開始する分の値である。1~4分の値を指定するが、ゼロとすると連続するファイルの始めから、5とすると5分目から取り出すこととなり、一個のファイルの Bload 文の実行と同じである。

9.2 波形表示¹⁾

指定されたメモリー領域にある1成分の波形データを高速に画面表示するものである。引数は10個あり、データ領域の先頭のセグメント、成分名 (1~30, 0は重合波形の成分になる)、画面のX座標 (0~639), Y座標 (0~399), 表示可能振幅 (5~200), 振幅の表示倍率 (1/1~1/128), 表示開始のデータポイント (0~12000), データの間引き間隔 (0~9), 表示の色 (0~7), の実行前に指定するものと、表示終了後返ってくる5分間データのオフセット値 (画面にはオフセットをゼロとして表示) である。

画面全部を消す場合は CLS2 のコマンドを使用している。特定の成分のみを移動をする場合は元の波形を消してから新しい場所に表示するが、この消すときに黒色を指定している。

9.3 重 合

画面に表示されている成分、あるいは指定された成分のみについて、データの重なっている時間帯の振幅の加算をするルーチンである。引数は7つありデータ領域の先頭のセグメント、絶対値 (1) か符号付き (0) の選択、重合する成分の総数 (3~30), そして後の3つは30個ずつの配列変数の内それぞれ先頭の値のみを括弧内に指定するが、実際に重合する成分、その成分の重合開始のデータポイント、その成分の振幅の倍率、を配列に入れておかねばならない。最後の引数は実行後エラーならば255を正常ならばゼロを返す。

10. お わ り に

JISAS は北は北海道大学から南は気象庁福岡管区気象台や沖縄気象台まで全国十ヶ所に設置されて連続収録がなされている。東北大学や東京大学など既存のテレメーターにより連続収録されている機関には JISAS は設置されていない。しかし、これらの機関は独自のファイルから指定された時間帯を編集用のフォーマットに直しデータセンターに送っている。これにより日本列島の大きさを観測網とすることが可能となっている。

将来はこの収録装置を日本列島以外の地域に展開して行くことにより、地球中心核の2次元的な断面の研究から3次元的な複数の断面の研究へと推し進めることと思われる。

この収録装置とソフト開発の経費は、文部省科学研究費重点領域研究(1)地球中心核により援助された。一つのソフトウェアが広く全国的に利用されるのは開発者にとって無常の喜びであります。設計から開発そ

して完全稼働まで御指導して下さいました安藤雅孝博士，平原和朗博士，及び論文作成に当たって種々御教示いただいた福井工業高等専門学校岡本拓夫氏，またバグ退治に赴いた各観測機関の関係各位の御協力に深く感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 平野憲雄：パソコンによる波形のモニターおよび光ディスクへの連続波形収録システム，京大防災研年報，第32号B-1，1989，pp.125-132.
- 2) 藤井 敦・大貫広幸・青山隆志：トラ枝コンピューター，CQ 出版社，1990，pp 38-57.