

39. 1980年伊豆半島東方沖の群発地震の リアルタイム検測

—システムの稼動実験—

地震研究所	{	溝	上	恵
		中	村	功
		萩	原	弘子
		千	葉	平八郎
		吉	田	満

(昭和55年10月31日受理)

1. はじめに

1979年度からはじまった地震予知研究のための第4次5ヶ年整備計画により、関東甲信越地域における微小地震観測とそのデータの総合的な処理解析を分担する組織として地震予知観測室が誕生した。1978年度から開始した関東地方のPCM方式によるテレメータ観測網の整備(溝上, 中村, 1980)にひきつづき, 1980年度から地震予知観測室に集中された多チャンネルの地震波データの自動処理システムの開発が進められつつあり, 1981年中旬までに全面的な稼動態勢に入る予定である。

本稿で述べる地震波データのリアルタイム処理システムは3台のCPUを連結した分散処理方式による現在開発中の自動処理システムの1サブシステムである。自動処理システム全体が完成する時点ではこのリアルタイム処理システムはさらに高度なアルゴリズムによる後段の処理システムのための前処理を行う役割を担う。機能上の特質としては単純なアルゴリズムを導入し可能な限り高速度で1) テレメータシステムからの多量の連続的な入力信号から地震波信号の検出と位相の判別, 検測を行ない, 2) その結果を用いて第1次近似の震源情報を算出するという「1次処理」を実行し, 3) この「1次処理」データを後段の処理システムに転送するという点があげられる。この「1次処理」を実行することによりリアルタイム処理にともなう処理時間の割りふりに関する制約はほぼ吸収される。

このようなリアルタイム処理システムによる前処理機能を導入することによってはじめ後段の処理システムがリアルタイム処理の制約から解放されて次のような処理機能をもつことができる環境が作り出される。すなわち後段の処理システムは「1次処理」データとテレメータシステムからの遅延バッファ経由の地震波データとの両方を受け取り, 処理時間上の余裕を十分もちつつ両方のデータを対比し, 各種の「2次処理」を高精度で実行することができる。すなわち「2次処理」では1) 地震波データの時系列モデル解析, 3成分の合成分解などによる位相の再検測, 2) 1地震に属する位相データの再判別にもとづく震源の再決定, 3) 各種地震統計処理, 4) 異常地震活動の検出および5) 震源データ, 位相検測データ, 地震波データの統括編集と収録などの処理を自動的に行う。さらに「2次処理」データはいろいろな課題に応じ最終段の処理システムで画像出力装置などに

より対話形式でオフライン解析される。これが「3次処理」であり「2次処理」データはこの対話処理を実行するときのガイドとして重要な情報となる。

ここで述べるリアルタイム処理システムは S. CRAMPIN and C. J. FYFE (1974), R. V. ALLEN (1978), S. W. STEWART (1977) などにみられる処理方式に共通する1度のスキャンニング(走査)で処理情報を取出すことを基本にしている。また自動処理システム全体としては C. E. JOHNSON (1979) の CEDAR System などにみられる短周期地震計のローカルネットによる微小地震データの自動処理機能と多くの共通性をもっている。しかし現在地震予知観測室において開発中の自動処理システムは、CEDAR System を含む従来型の自動処理システムにはみられない高度の分散処理方式とバックアップ処理方式を取り入れている。このことにより地震波データの検出、震源決定、処理データの対話処理および観測網パラメータの管理を含む各種の処理機能を一様に向上させ、しかもそれらの機能の間の移動効率の調整を自動的に行うことができる。またこのシステムはデータ処理のアルゴリズムの更新、拡充、多重化について大幅な融通性をもつ点でも従来型とはきわめて異なる特性を有する。これらの点についてはこの自動処理システムの完成をみて詳細にわたり記述することとする。

今回開発したリアルタイム処理システムの性能をテストするためには実際にテレメータ観測網により集中受信された地震波データを入力し、その処理結果の精度について詳細にわたり検討する必要がある。1980年6月下旬に始まった伊豆半島東方沖(川奈沖)の群発地震はこのシステムの最初の試運転の時点と偶然に一致し異常な地震活動の際のリアルタイム処理の問題点のいくつかを明らかにすることができた。

このリアルタイム処理システムは2つの基本的な機能を備えている。その第1の機能は多チャンネル(最大128チャンネル)、120 Hz サンプルのテレメータ受信信号からの地震波信号の検出、P波、S波到着時刻の読取、最大振幅、総振動継続時間、P波卓越周波数およびノイズレベルの計測などの地震波データ検出機能である。第2の機能は地震波データの検出処理結果による震源決定およびマグニチュードMの決定機能である。伊豆半島東方沖の群発地震活動が高いレベルにあった1980年6月下旬から7月にかけては地震波データ検出機能のみがテスト移動中でありシステムの性能テストは主に地震波の検出とP波、S波の到着時刻およびF時刻(地震波信号の終了時刻)の計測結果の吟味に限定された。P波到着時刻の計測は十分なS/Nが比較的容易に保証されるので多くの場合 ± 30 msecより高い精度が期待できる。S波の到着時刻の計測は水平動の最大振幅に依存するレベル値を用いる比較的単純な検出方式によっているため地震波形のパターンによっては人間による判断結果と大きく異なる可能性がある。たとえばP波初動と最大振幅との時間間隔が長くこの間隔にいくつかの卓越した振幅をもつ位相が含まれる場合、それらの位相のうちのいずれをS波として選別するかという問題はこのリアルタイム処理システムの判断可能なレベルをこえた問題であり人間の判断と異なる結果を与えることがある。この種の位相判定、到着時刻の計測の問題は前述のように後段の処理システムでより高度のアルゴリズムにより解決されるよう設計されている。

伊豆半島東方沖の群発地震の活動領域から最も近いテレメータ観測点である筈木山観測点ではS-P時間が3 sec前後であった。今回の群発地震活動は震央近傍での連続多発

現象に対応する地震波データ処理のむづかしさを確かめるよい機会となった。総振動継続時間 (F-P 時間) に近い時間間隔で発生する群発地震に対してこのリアルタイム処理システムはほとんど対応能力をもたない。

伊豆半島東方沖の群発地震が終息期を迎えた8月に入ってはじめてこのリアルタイム処理システムの第2の機能である震源およびマグニチュード M の決定機能が稼動をはじめた。このためリアルタイムによる震源およびマグニチュード決定例は小数にとどまったが、各々の例についてディジタイザーによるマニュアル方式の処理結果と比較することができた。リアルタイム処理結果とマニュアル処理結果とは系統的なずれを含んでいるがこれは P 波到着時刻についての観測点補正を加えれば両者は $\pm 5 \text{ km}$ の範囲で一致するという結論がえられた。従って今後同様な群発地震活動が関東地域に発生した場合を想定すると、地震観測点が極端に少ないか、または不適当な配列をとらない限り今回開発されたシステムにより微小地震レベルでの震源分布などの地震活動のリアルタイム・モニターが可能であると考えられる。

伊豆半島沖の群発地震は6月29日の最大地震 (1980年伊豆半島東方沖地震, $M=6.7$) の発生の後、周波数の低い成分の卓越した地震の発生頻度の増加が認められるようになった。この現象は震源の移動および応力場の変化などに起因するものと考えられるが、このリアルタイム処理システムでは P 波グループの波の平均周波数を計測する機能を有しているため、このような現象を時々刻々把握できたことは特筆に価する。

本稿の前半部ではこのリアルタイム処理システムの詳細について記述し、また後半部では前半部で述べた事項を中心に、地震波データの処理の実例についての記述を行う。

2. リアルタイム処理システム

2-1 システム構成の概要

本稿で述べるリアルタイム処理システム (Real Time Processing System; 以下 RTPS と略記) はテレメータリング観測網 (Fig. 1) により受信集中されるデジタル連続波形データを入力し、地震波の検出、 P 波初動の方向、到着時刻、 S 波到着時刻、総振動継続時間、最大振幅、卓越周期およびノイズレベルの計測などを行う。また多点での地震波が検出、計測されるとその結果にもとづいて発震時刻、震源座標およびマグニチュード決定などの演算処理を行う。これらの処理はあらかじめ定めた優先順位による多重処理方式によっているので厳密な意味でリアルタイム処理とはいえない面がある。ここでは地震波データのスキューニング (走査) の繰返しがないかまたはきわめてそれが少ない処理方式をとり、入力と出力との時間遅れが主として多重処理のための待時間によるものをリアルタイム処理とよぶこととする。

このシステム (RTPS) は地震波データの処理、解析および編集などを総合して自動的に行うための自動処理システム (Automatic Seismic Data Processing System; 以下 ADPS と略記) の前処理部として全体のシステムの1部に組込まれるよう設計されている。この RTPS の全体システムの中での位置づけを Fig. 2 に示す。RTPS はテレメータリングシステムと ADPS との間において、テレメータリングシステムから常時、連続的に多チャンネルの地震計出力信号を入力し、計測処理結果を出力しそれを ADPS に入

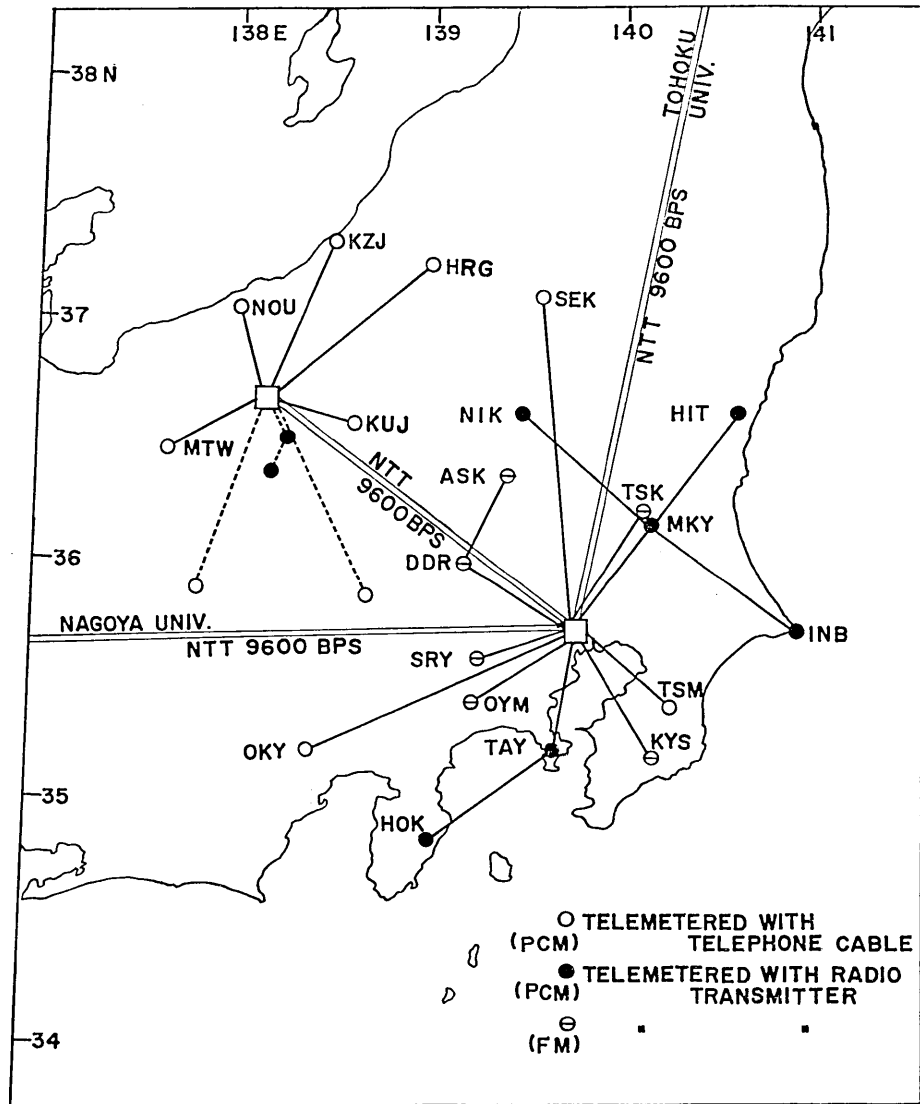
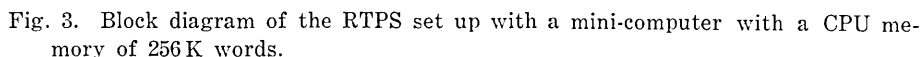
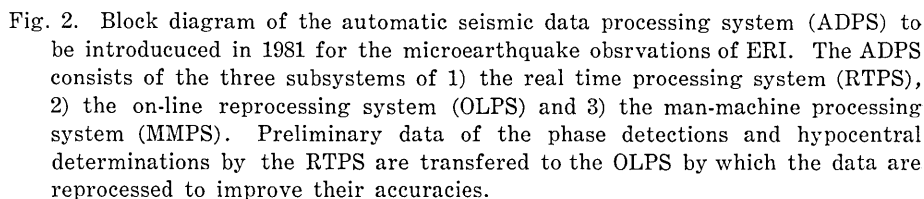


Fig. 1. The telemetering network of ERI for microearthquake observation in the Kanto district (under operation) and in the adjacent regions (to be under operation from 1981). The station in the Kanto district are used for the real time processing as describe in this paper. Station name is abbreviated with three characters.

カデータとして転送する。システムのみた RTPS の役割は地震波データの突発性に起因する処理時間の割りふりの極端な歪を吸収し、ADPS において処理時間の有効な活用を行えるような環境を整えることであり、一方地震観測の面からは時々刻々の地震活動を把握する役割を担う。

RTPS のハードウェア構成を Fig. 3 に示す。主記憶部 (Main Memory) は 256 KW



あり、各処理プログラム、地震波データバッファなどが割り付けられている。科学演算機構 (SIP) は浮動小数点演算を行うための機構である。テレメータリングシステムからの連続地震波データは DMA 汎用入出力制御部 (GDC) を介して入力される。磁気ディスク装置 (MDK) の容量は 50 MB (20.5 MW) であり、地震波データを書き込む。ADPS への処理データの転送はオンラインアダプター (OLA) を通して行なわれる。OLA を 2 系統もっているのは ADPS が 2 台の CPU から構成されそれぞれが並列に OLA で接続され、一方の CPU が故障したときには自動的に他方に切換えられるバックアップ方式をとるためである。キャッシュメモリ (CHE) は $4\text{ KW} \times 18\text{ bits}$ の容量をもち、ここに書き込まれたプログラムは主記憶部に書き込まれたものに比べはるかに高速 (約 5 倍) でアクセスすることができる。処理時間を短縮するためプログラムの実行はこの CHE を用いて行なわれる。入出力周辺装置としては入出力タイプライタ装置 (TTY), ラインプリンター装置 (LP), カード読取装置 (CP), およびフロッピーディスク装置 (FDD) をもつ。TTY はシステムに各種命令の入力、データ処理のための各種定数の入力のために用いると同時に、処理データの出力、とくに P 波検出時刻についての出力のために用いる。またシステムの稼動状態のモニターとしてプログラム実行時のエラーメッセージが出力される。LP は処理データの出力、各種定数の出力、プログラムリストの出力などのために用いられる。CR はプログラムの入力、各種定数の入力などに用いられる。FDD は現用のプログラム全部のコピーをソースファイルとして格納しプログラムに何らかの支障が生じた時、即座にプログラムの入換えを行えるように対処する。また標準仕様のメンテナンスプログラムを格納する。

2-2 処理プログラムの概要

RTPS はテレメータリングシステムより 1 秒毎に地震波データ (最大 128 チャンネル, 40 観測点) を入力し検出処理する。地震波の到着を検出するとその情報 (地震波検出時刻, 観測番号) を入出力タイプライタ装置 (TTY) および ADPS に出力する。続いて地震波情報 (P 波到着時刻, S 波到着時刻, 地震波振動終了時刻, 最大振幅等) の収集と震源情報 (発震時刻, 震源座標, マグニチュード等) の算出を行ないラインプリンタ (LP) 及び ADPS に出力する。また TTY から各観測点のチャンネルの Open/Close の命令を入力し、カードリーダー (CR) から各種定数の登録, 変更を行う。

ソフトウェアは大別して以下の 8 つの処理プログラム (以下タスク (Task) と略記する) より構成される。すなわちそれぞれの Task No. とその名称および主記憶部 (256 KW) 内部でのメモリレイアウトは次の通りである。

- (1) Task-0 Main Control Program (16 KW)
- (2) Task-1 Level Check and Trigger Output Program (40 KW)
- (3) Task-2 Noise Check and Phase Data Analysis Program (40 KW)
- (4) Task-3 Hypocenter and Magnitude Computation Program (70 KW)
- (5) Task-4 Level Set and Check Program (10 KW)

以上の Task-0 から Task-5 までは On-Line Task である。

- (6) Task-5 Parameter Data Update Program (20 KW)

(7) Task-6 Parameter Data Print Program (10 KW)

(8) Task-7 Channel Open/Close Program (10 KW)

以上の Task-5 から Task 7 までは Off-Line Task である。また Task-3 のみが FORTRAN により、他の Task はすべて ASSEMBLER による。

上記の (1) から (5) の On-Line Task はシステムがスタートするとプログラムの処理に応じて各々の Task が実行される。(6)~(8) の Off-Line Task はオペレータからの要求 (TTY 入力による) により実行される。

2-3 On-Line Task

2-3-1 Task-0 (Main Control Program)

Task-0 はシステムがスタートすると最初に実行される Task であり、各々の On-Line Task および Off-Line Task を生成し Task-1 の実行要求を NCOS-1 (オペレーティングシステム) に出力する。その後はコンソールタイプライタ (TTY) からの入力による要求に従ってその実行を指示する。処理内容は後述の i) Task の生成, ii) Task-1 の実行要求 iii) TTY からの入力である。すなわち

i) Task の生成; On-Line で実行される Task-1~4 を生成し、実行可能な状態にする。また Off-Line で実行される Task-5~7 については TTY からの要求に従って Task の生成および実行要求を行う。

ii) Task-1 の実行要求

最優先 Task である Task-1 の実行要求を NCOS-1 に出して地震波データの入力を開始する。Task-1 は1たん実行要求が出され実行を開始すると終了することはない。

iii) TTY からの入力

コンソールタイプライタとしての TTY から Task-0 に対して処理要求が入力されると、その要求に従って Off-Line Task の生成、実行要求、消滅およびパラメータデータ (各種定数) の変更等を行う。

2-3-2 Task-1 (Level Check and Trigger Output Program)

Task-0 により起動された後最優先で実行される Task で、まずテレメータリングシステムへ地震波データ転送要求を出す。データ転送が終了すると転送バッファを切り換え再度地震波データの転送要求を出す。転送された地震波データについて各観測点の U/D-H チャンネル (上下動高感度成分) ごとにレベルチェックを行ないレベルオーバーのデータを検出すると TTY に仮 P 波 (真の P 波かノイズか未判定の信号でレベルオーバーしたもの) 検出のメッセージを出力し、ADPS ヘトリガ情報を出力する。また地震波データの磁気ディスク装置 (以下 MDK と略記する) への書き込みを開始し、Task-2 の実行要求を NCOS-1 へ出す。全部の U/D-H チャンネルについてレベルチェックを終了すると、テレメータリングシステムのデータ転送終了を待つ。他の Task-2~7 はこの待ち時間の間に実行可能となる。処理内容は後述の i) 地震データの転送 ii) レベルチェック iii) 仮 P 波検出情報の出力 iv) 地震波データのファイリングである。すなわち、

i) 地震波の転送

地震波データはテレメータリングシステムより1秒毎に転送されるが、転送バッファは2個あり1秒毎に切替えて使用する。地震波データは1秒毎に128チャンネル、120サン

ブル/チャンネルのデータが 800 msec の速度で転送される。従って 1 sec のうちの 200 msec がデータ処理に使える時間となる。転送データのフォーマットを Fig. 4 に示す。地震波データ伝送フォーマットの内容は次のようである。

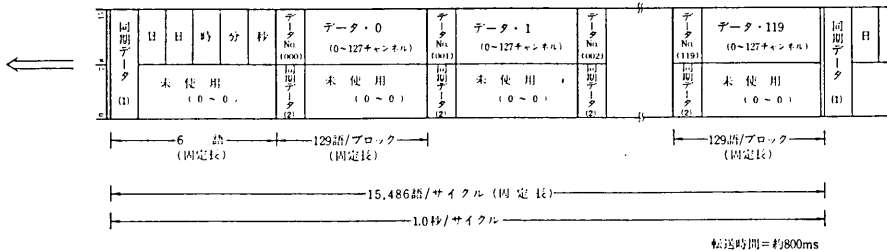


Fig. 4. Input data format of the RTPS. The input data of the every 1 sec seismic time are transferred in 800 msec from the telemetering system to the input buffers of the RTPS. The time available for the real time processing is 200 msec among the every 1 sec seismic time.

a) 同期データ (SYNC (1)), 時刻データ (Day, Hour, Min, Sec)

1 秒/サイクル毎に入力し以降に 5 語の時刻データが続く。同期データは 16 ビットで示す。日付はトータル日表示 (1~365) とし BCD 3 桁で表わす。時, 分, 秒は絶対時刻を各々 BCD 2 桁で表わす。

b) 同期データ (SYNC (2)), データ番号 (Data No.)

地震波データ (ブロック) の先頭に位置し上位 8 ビットで同期データを, 下位 8 ビットでデータ番号 (0~119) をバイナリーで表わす。

c) データ (Data-0~119)

下位 8 ビットで地震波のデータをバイナリーで表わし, 0 チャンネルから 127 チャンネルまで順に入力される。なお最大接続チャンネル数は 128 チャンネルとし, 接続チャンネル数が 128 未満の場合は未接続チャンネルのエリアは未使用とする (固定長ブロック)。

なお地震波データの時刻算出方式は

$$\text{相対時刻} = \frac{1}{\text{サンプリングレート}} \times 1000 \times \text{データ No.} = 000.0 \sim 999.9 (\text{ms})$$

絶対時刻 = 時刻データ + 相対時刻, (精度 $\pm 1 \text{ ms}$, $100 \mu\text{s}$ 桁は 4 捨 5 入)

ii) レベルチェック

Task-4 でセットされた各チャンネルの仮 P 波検出レベルと地震波データを観測点の U/D-H チャンネルについて比較し, レベルオーバーデータの検出を行う。レベルオーバーデータを検出するとそのチャンネルのレベルチェックはこの時点で終了し, 仮 P 波検出処理を行ない次の観測点のレベルチェックに移る。Task-4 でデータ入力を自動的に停止 (Auto Close) したときまたは Task-7 でオペレータによる TTY からの要求によりデータ入力を停止 (Manual Close) したチャンネルについてはレベルチェックは行なわれない。なお仮 P 波の検出レベルは次の式による。

仮 P 波検出レベル＝オフセット値 \pm {(平均ノイズレベル) \times C_L (レベル 設定定数)+レベルバイアス値+レベルバイアス補正值}.

ここにオフセット値, 平均ノイズレベルとレベルバイアス補正值はチャンネル毎に設定できるのでに対し, レベル設定定数 C_L (P 波検出レベル設定定数) とレベルバイアス値はチャンネル共通に設定される.

オフセット値は普通30秒間の地震波データの全平均値である. レベルバイアス値は10デジットからなり1デジットが 10 mV に対応する. レベルバイアス補正值は99デジットからなり 0~990 mV の範囲を 10 mV きざみで設定できる. 従ってレベルバイアス値とレベルバイアス補正值をあわせると 0~1090 mV の範囲で設定できる.

iii) 仮 P 波検出情報の出力

ii) のレベルチェック処理でレベルオーバーデータを検出すると TTY および ADPS に仮 P 波検出情報を出力する. TTY には検出時刻の順に, ADPS には1秒間の情報をブロッキングして出力する. iv) 地震波データのファイリング ii) のレベルチェック処理でレベルオーバーデータを検出すると, その時の1秒分のデータから地震波データファイル(MDK)に書き込みを始め, 1秒毎に連続して書き込んでいく. 書き込みをはじめると Task-2 が終了するまでレベルオーバーデータが検出されなくても書き込みを続ける. このとき MDK の容量が限界にくとそれ以後の書き込みおよびレベルチェックを中断し, その旨を TTY および ADPS に出力する. 書き込まれたデータの処理を Task-2 ですべて終了するとレベルチェックを再開しその旨を TTY と ADPS に出力する. 地震波データファイル容量は, 1秒間分の地震波データが 15486 語 \div 122セクタ \times 128語=15616語として 15616語 \times 600秒とする. すなわち最大10分間の地震波データがファイルに格納される.

2-3-3 Task-2 (Noise Check and Phase Data Analysis Program)

Task-1 により Task-2 の実行要求が出されると Task-1 がデータ転送完了待の間にこの Task-2 が実行される. Task-1 により MDK に書き込まれた地震波データを順次読み出し, 仮 P 波検出チャンネルについてノイズチェックを行う. チェックの結果ノイズの場合にはその旨を TTY および ADPS に出力し他の仮 P 波検出チャンネルのノイズチェックに移る. 全チャンネルがノイズの場合 Task-2 は終了する.

正式 P 波 (仮 P 波につきノイズチェックを行ないノイズではないと判別された波) が判別された場合にはその旨を TTY および ADPS に出力し, 引き続いて MDK から地震波データを順次読み込んで, 平均周波数, 最大振幅, 地震波信号終了時刻 (F 時刻) の検出を行う. F 時刻を検出すると最大振幅検出時刻の地震波データから時刻をさかのぼって読み込んで S 波時刻の検出を行ない, これらの検出値 (Phase Data) を LP および ADPS に出力する. また P 波検出時刻順に観測点のグループ分けを行ない, グループ内の S 波検出を全て終ると Task-3 の実行要求を出し該当グループの Phase Data による震源座標計算を行う.

処理内容は後述の i) 地震波データの読込, ii) ノイズチェック, iii) 平均周波数検出 iv) 最大振幅検出 v) 地震波信号終了時刻 (F 時刻) 検出 vi) S 波到着時刻検出, vii) 検

測値のグルーピング, viii) Phase Data 出力, ix) Task-3 の実行要求である. すなわち,

i) 地震波データの読込

Task-1 により MDK に書き込まれた地震波データを順次 Task-2 のバッファエリアに読み込む.

ii) ノイズチェック

Task-1 で仮 P 波が検出されたチャンネルについて読み込んだ地震波データ時刻と仮 P 波検出時刻が一致した時点からノイズチェックを行う. ノイズチェックの方式は, 仮 P 波検出時刻から一定時間 (ノイズチェック時間, T_2) 内にレベルオーバーする波のピークの数 N_p が一定数以上であれば正式 P 波と判定する. ノイズチェックレベルは前述の仮 P 波検出レベルと等しくとる. このノイズレベル値は時刻検出後, レベル値算出時間 T_L が経過してはじめて更新されるので, F 時刻後, 時間 T_L 以内に仮 P 波が検出されるとノイズレベル値はそのまま保持される.

iii) 平均周波数検出

ノイズチェックと並行して仮 P 波検出時刻から地震波データの周波数 (周期) の検出を一定時間 (平均周波数測定時間, T_x) 行ない, 平均周波数を算出する. 周波数検出レベルは前述の仮 P 波検出レベルに等しい. ここに

$$\text{平均周波数} = \left(1000(\text{ms}) \div \frac{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n}{2n} \right) \div 2$$

により与えられる. この平均周波数により, 局地地震, 近地地震および遠地地震の判別を行ない ADPS において地震波データの収録, 処理のための情報として使用する

iv) 最大振幅検出

ノイズチェックと並行して仮 P 波検出時刻から一定時間 (最大振幅収集禁止時間, T_Y) 経過後, 水平成分チャンネルの最大振幅とその時刻を逐次更新し, F 時刻までの最大振幅と時刻を 2 つの水平動成分 (N/S, E/W 成分) について検出する. 最大振幅がフルスケールになった場合には, 最初にフルスケールになった時刻を最大振幅時刻とし, フルスケール情報を付加し出力する.

v) F 時刻検出

ノイズチェック終了後, F 時刻 (地震波信号終了時刻) の検出を開始し後述の F 時刻検出レベルを一定時間 (F 時刻検出時間, T_F) 継続してオーバーしなかったとき, F 時刻検出レベルを最後にクロスした時刻を F 時刻とする. なお F 時刻検出レベルは次の式による.

F 時刻検出レベル = F 時刻検出レベルオフセット 値 \pm { (平均ノイズレベル) \times C_F (レベル設定定数) } + F 時刻検出レベルバイアス値 + F 時刻レベルバイアス補正值

ここにオフセット値, 平均ノイズレベルと F 時刻検出レベルバイアス補正值はチャンネル毎に設定できるのに対し, レベル設定定数 C_F (F 時刻検出レベル設定定数) と F 時刻検出レベルバイアス値はチャンネル共通に設定される. F 時刻が P 波到着時刻 + T_Z (最大 F-P 時間) をこえる場合はその時刻を F 時刻とし (F 時刻強制設定), F 時刻が強

制設定された旨 ADPS に情報を出力する。

vi) S 波到着時刻検出

F 時刻検出後、最大振幅が検出されていれば S 波到着時刻の検出を行う。S 波到着時刻検出は N/S, E/W の 2 成分の水平動成分が同一観測点にあるとき最大振幅の大きいチャンネルで行う。最大振幅検出時刻の地震波 データから時刻をさかのぼって MDK を読み込んでゆき、S 波到着時刻検出 レベル以下の状態が一定時間 T_s (S 波検出時間) 継続したとき、最後に S 波検出レベルをクロスした時刻を S 波到着時刻とする。なお S 波到着検出レベルは次の式による。

S 波到着時刻検出レベル = オフセット値 ± {最大振幅 × C_s (レベル設定定数)}

C_s を S (波到着) 時刻検出レベル設定定数とよび、チャンネル共通に設定される。

iv) 検測値のグルーピング

P 波検出時刻の順に複数の観測点の地震波データの検測値を 1 グループとして編成し、1 地震についての検測値とする。ただし各観測点についての P 波検出時刻が最初の P 波検出時刻から一定時間 (T_G) 内にあること、また最初の P 波検出時刻を与える観測点で F 時刻が検出された時刻よりも前であることが必要である。1 グループは最大 5 観測点とし 6 観測点以上にわたり上記の条件を満たした場合は 6 番目の P 波検出時刻を与える観測点を第 1 観測点 (最初の P 波検出時刻を与える観測点) と見たてて別のグループを編成する。

viii) Phase Data の出力

1 グループとして編成された全観測点の Phase Data を検出すると LP および ADPS にこれらの情報を出力する。LP 出力については後述する。なお Task-2 で収集するデータをまとめると次のようである。すなわち、

- ① ノイズチェックおよび仮 P 波の判定
- ② P 波到着時刻 (1/100 sec 精度で表示)
- ③ 上下動成分による P 波の初動方向
- ④ P 波初動検出後の一定時間内の平均周波数 (Hz)
- ⑤ 地震種別 (P 波検出後 1 秒間の地震波の波数により局地地震 (Local), 近地地震 (Near), 遠地地震 (Teleseismic) の 3 種を判別)
- ⑥ F 時刻 (地震動終了時刻)
- ⑦ 最大振幅 (水平動成分での最大振幅を μ -kine 単位で指数表示)
- ⑧ S 波到着時刻 (1/100 sec 精度で表示)
- ⑨ F-P 時間
- ⑩ S-P 時間
- ⑪ F-P 時間または最大振幅によるマグニチュード M

ix) Task-3 の実行要求

LP および ADPS への Phase Data 出力終了後、Task-3 の実行要求を NCOS-1 に出し、震源情報の計算を行う。Task-2 は Task-3 の終了まで待たされる。

2-3-4 Task-3 (Hypocenter and Magnitude Computation Program)

Task-2 で収集された Phase Data をもとに震源情報を算出し、その結果を LP および ADPS に出力する。震源座標の計算には3観測点の P 波到着時刻と1観測点以上の S 波到着時刻または4観測点での P 波到着時刻が必要である。震源座標の計算には水平成層の地下構造を仮定し P 波速度をあらかじめ与える。ポアソン比は 0.25 とする。震源と観測点とを結ぶ直線距離を地震波の伝播時間で割ったみかけの速度 V_p を震源の深さと震央距離の関数としてファイルに与えておき、第1次近似計算で求められた震源座標に対応させて V_p の値をこのファイルから引用する方式をとる。処理内容は次にまとめる震源情報の算出である。すなわち、

- ① 発震時刻 (1/100 sec 精度).
- ② 震央地区 (20 km メッシュによる地区番号および英字16字以内での地域名).
- ③ 震源座標 (緯度、経度によるものおよび座標原点を 36°N, 140°E にとって北および東へ測った距離および震源の深さを小数点以下1桁の km で表示した値).
- ④ 震源座標の誤差.
- ⑤ マグニチュード M.
- ⑥ 震源決定の方式 (3点の P 波到着時刻と1点の S-P 時間によるものかまたは4点の P 波到着時刻によるものかの区別を表示).
- ⑦ マグニチュード M の算出方式 (F-P 時間によるか最大振幅によるかの区別を表示).
- ⑧ V_p の最大値, 最小値 (震源決定に用いたファイルの P 波のみかけ速度の最大, 最小値).

i) 震源座標の計算方式

Phase Data に3観測点以上での P 波到着時刻と1観測点以上での S 波到着時刻が求められている場合には S-P 時間からポアソン比を 0.25 として発震時を計算し、あらかじめ与えられているみかけ速度 V_p を用いて震源座標を3観測点での P 波の走時から求める。S 波到着時刻が2観測点以上で検出されている場合はそれぞれの S 波到着時刻について発震時を計算しそれらの比較を行ない最適と判断される発震時を用いて震源座標を計算する。このとき最適の発震時として2例以上のものについて震源座標を計算することができる。Phase Data に4観測点以上での P 波到着時刻が検出されているが S 波到着時刻の検出がない場合には4観測点での P 波到着時刻のみから発震時を求める。

発震時が求められると各観測点での P 波の走時 t_i を求め次の式により震源座標を決定する。

$$(X-x_i)^2 + (Y-y_i)^2 + z^2 = (V_{pi})^2 t_i^2$$

ここに i は観測点番号 ($i=1, 2, 3$) であり、観測点の座標は (x_i, y_i) で与えられる。 V_{pi} は震源 (X, Y, Z) から i 番目の観測点への P 波の伝播のみかけ速度である。震源座標の計算の第1次近似計算では $V_{pi}=6.00$ km/s ($i=1, 2, 3$) とし、 X, Y, Z を求める。第2次近似計算以後は X, Y, Z の値から i 番目の観測点について V_{pi} の値をテーブルにより求め計算に用いる。このテーブルの内容については Task-5 と関連させて後で述べる。 $V_{pi}(i=1, 2, 3)$ について第 $(m-1)$ 次近似と第 (m) 次近似とで等しくなった時、第 (m) 次近似の X, Y, Z を震源座標とする。ただし第5次近似でも等しくな

らない場合は第5次近似の X, Y, Z を震源座標とする。震源座標 X, Y, Z は緯度 ϕ , 経度 λ に変換しこれら2つの座標表示で LP および ADPS に出力される。

上記の方式で求めた震源座標 (X, Y, Z) について各観測点での P 波到着時刻検出誤差および P 波のみかけ速度 V_{pi} の設定誤差を考慮して震源座標の誤差を次の式により算出する。すなわち震源座標 (X, Y, Z) に対する誤差 ($\delta X, \delta Y, \delta Z$) は i 番目の観測点座標を (x_i, y_i), P 波の走時を t_i とすると

$$\left. \begin{aligned} \delta X &= \pm \sqrt{\sum_{i=1}^3 \left(\frac{\partial X}{\partial t_i} \right)^2 \cdot (\delta t_i)^2 + \left(\frac{\partial X}{\partial V_p} \right)^2 \cdot (\delta V_p)^2} \\ \delta Y &= \pm \sqrt{\sum_{i=1}^3 \left(\frac{\partial Y}{\partial t_i} \right)^2 \cdot (\delta t_i)^2 + \left(\frac{\partial Y}{\partial V_p} \right)^2 \cdot (\delta V_p)^2} \\ \delta Z &= \pm \sqrt{\sum_{i=1}^3 \left(\frac{\partial Z}{\partial t_i} \right)^2 \cdot (\delta t_i)^2 + \left(\frac{\partial Z}{\partial V_p} \right)^2 \cdot (\delta V_p)^2} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

なる式で与えられる。ここに $\delta t_i = \delta t = \text{定数}$, $\delta V_p = \text{定数}$ とする。式(1)に含まれる微係数

$$\frac{\partial X}{\partial t_j}, \frac{\partial Y}{\partial t_j}, \frac{\partial Z}{\partial t_j} (j=1, 2, 3) \quad \text{および} \quad \frac{\partial X}{\partial V_p}, \frac{\partial Y}{\partial V_p}, \frac{\partial Z}{\partial V_p} \text{ は}$$

$$(x_i - X) \frac{\partial X}{\partial t_j} + (y_i - Y) \frac{\partial Y}{\partial t_j} - Z \frac{\partial Z}{\partial t_j} + \delta_{ij} V_p^2 t_i = 0 \quad (2)$$

$$(x_i - X) \frac{\partial X}{\partial V_p} + (y_i - Y) \frac{\partial Y}{\partial V_p} - Z \frac{\partial Z}{\partial V_p} + \delta_{ij} t_i^2 V_p = 0 \quad (3)$$

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, & i=j \\ 0, & i \neq j \end{cases}, \quad i, j=1, 2, 3$$

から求める。

ii) マグニチュードの計算方式

マグニチュードは総振動継続時間 (F-P 時間) による方法と最大振幅による方法を用いる。F-P 時間が設定時間をこえる観測点があれば最大振幅による方法を用い、いずれの観測点でも F-P 時間が設定時間をこえなければ F-P 時間による方法を用いる。

a) F-P 時間による計算方式

各観測点の F-P 時間を次式に代入する。

$$M = \alpha + \beta \log (F-P)$$

ここに (F-P) は F-P 時間, α および β は定数である。各観測点でのマグニチュードの平均値をその地震のマグニチュード M とする。

b) 最大振幅による計算方式

各観測点での最大振幅および震源距離を次式に代入する。

$$M = a \log A + b \log r + c$$

ここに A は最大振幅 (μ -kine), r は震源距離 (km) であり, a, b, c は定数である。

各観測点でのマグニチュードの平均値をその地震のマグニチュード M とする。

iii) 震源情報の計算方式の種別の表示

震源座標およびマグニチュードの計算方式の種別を次の記号により LP および ADPS に出力する。すなわち震源座標決定方式の項 (PS) に 2 桁の数で 31 と表示した場合は 3 観測点における P 波到着時刻と 1 観測点における S 波到着時刻を用いたことを意味し、40 と表示した場合は 4 観測点における P 波到着時刻を用い S 波到着時刻は用いなかったことを意味する。またマグニチュード決定方式の項 (ML) に 2 文字で FP と表示した場合は F-P 時間によるマグニチュードを意味し、MX と表示した場合は最大振幅によるマグニチュードを意味する。

iv) 地震波伝搬速度 (みかけ速度) V_{pi} の最大値, 最小値の表示

震源座標計算に用いた V_{pi} の最大値と最小値を LP に出力する。最小値は震源に最も近い観測点に対する速度, 最大値は最も遠い観測点に対する速度である。

2-3-5) Task-4 (Level Set and Channel Check Program)

Task-4 は各 Task-0~7 の中で最も優先度の低い Task であり, Task-2~6 が実行されないときで, かつ Task-1 が地震波データ転送待ちのときに実行される。Task-1 により読み込まれた地震波データをもとに全チャンネルのオフセット値および平均ノイズレベル値をチャンネル毎に算出し, これらの値より仮 P 波到着時刻検出ベースレベル値, F 時刻検出ベースレベル値およびチャンネル故障検出レベルの各値を算出する。また算出したチャンネル故障レベルを使用し各チャンネルの故障チェックを行ない, 故障が検出された場合には該当チャンネルを Close (信号の入力を停止する) し, 以後そのチャンネルの地震波データは無視する。

Task-4 の処理内容は i) オフセット値の算出 (チャンネル毎), ii) 平均ノイズレベルの算出 (チャンネル毎), iii) 各種 Phase Data 検出ベースレベル値の算出, iv) チャンネル故障チェック, v) テストパターン出力である。

i) オフセット値の算出 (チャンネル毎)

地震波データを一定時間 (T_L レベル値算出時間, T_L) とりこみその平均値をオフセット値とする。すなわち

$$\text{オフセット値} = \frac{1}{T_L \times 120} \sum_{i=1}^{T_L \times 120} A_i$$

ここに A_i は 120 サンプル/秒での i 番目の地震波データである。

ii) 平均ノイズレベルの算出 (チャンネル毎)

取込んだ地震波データと, それまでに算出したオフセット値との差の絶対値を一定時間 (T_L) について平均したものを平均ノイズレベル値とする。すなわち

$$\text{平均ノイズレベル値} = \frac{1}{T_L \times 120} \sum_{i=1}^{T_L \times 120} (|A_i - \text{オフセット値}|)$$

ただし平均ノイズレベル値の算出に使用するオフセット値は T_L 時間の単位でみて 1 フレーム前の値である。平均ノイズレベルを最初に設定するには ($2 \times T_L$) の時間が必要である。

iii) 各種 Phase Data 検出レベル値の算出

オフセット値および平均ノイズレベル値をもとに下記の各種 Phase Data 検出ベースレベル値を算出する。

a) 仮 P 波 (到着時刻) 検出ベースレベル値

仮 P 波検出ベースレベル値 = オフセット値 ± {平均ノイズレベル値 × C_L + レベルバイアス値}

とする。ただし C_L は P 波 (到着時刻) 検出レベル設定定数 (全チャンネル共通) である。またレベルバイアス値は全チャンネル共通の固定値 (10 デジットのリニアライズ値) である。Task-1 で使用する仮 P 波検出レベル値はここでのベースレベル値にレベルバイアス補正值 (チャンネル毎に設定) を加えたものである。

b) F 時刻検出ベースレベル値

F 時刻ベースレベル値 = オフセット値 ± {平均ノイズレベル値 × C_F + F 時刻検出レベルバイアス値}

とする。ただし C_F は F 時刻検出レベル設定定数 (全チャンネル共通) であり、F 時刻検出レベルバイアス値は全チャンネル共通の固定値 (5 デジットのリニアライズ値) である。なお Task-2 で使用する F 時刻検出レベル値はここでのベースレベル値に F 時刻検出レベルバイアス補正值 (チャンネル毎に設定) を加えたものである。

c) チャンネル故障検出レベル値

チャンネル故障検出レベル値 = オフセット値 ± {平均ノイズレベル値 × C_D + レベルバイアス値}

とする。ただし C_D はチャンネル故障検出レベル設定定数であり、レベルバイアス値は全チャンネル共通の固定値である。

d) チャンネル故障チェック

地震波データが一定時間 T_D (チャンネル故障検出時間)、以上連続してチャンネル故障検出レベルをこえた場合はチャンネル故障として該当チャンネルを Close (Auto Close) し以後の地震波データは全て無視する。また故障検出後、一定時間 (60秒) 以上連続して検出レベル以下になった場合は、チャンネル正常復帰として該当チャンネルを Open (Auto Open) し、地震波データのチェックを再開する。Auto Close または Auto Open した場合は TTY にその旨を印字するとともに ADPS へチャンネルマスクデータを送出する。

e) テストパターン出力

この処理は ADPS において RTPS の異常検出を行うために出力するものである。すなわち、RTPS より ADPS へ送出するデータは時間間隔が不定のため、適宜テストパターンを挿入し一定時間 (10秒) 以内にテストパターンを含め何らかのデータを ADPS へ送ることにより ADPS 側では一定時間 (10秒) 以上経過しても RTPS よりデータ入力がない時は RTPS 異常 (ADPS 側の OLA 異常を含む) として処理するためのもの

である。なおこの処理は今回の検測では ADPS が導入されていないため使用することはなかった。

2-4 Off-Line Task

2-4-1 Task-5 (Parameter Data Update Program)

RTPS で使用する各種定数やテーブルの Update (登録, 変更) を CR よりパラメータカードを読み込ませることにより行うものである。Task-5 は TTY からの要求により実行され Off-Line Task として取扱われる。また Task-5 は実行要求が出されても Task-2, 3 が実行中にはこれらの Task が終了するまで実行が待たされる。

処理内容は i) 定数設定データ, ii) 時間設定データ, iii) 観測点設定データ, iv) チャンネルデータ, v) 観測点グループ編成データ, vi) 地震波速度構造テーブルデータ, vii) 地域設定テーブルデータなどの Update を含む管理を行うことである。

i) 定数設定データ

マグニチュード算出定数およびレベル設定定数の Update を行う。データ名称の最初に "C" を付して区別する。すなわち、マグニチュード算出定数としては

$M = \alpha \log (F - P) + \beta$ なる式において、 α および β に対応する定数をそれぞれ C_A および C_B とし符号付、有効数字 3 桁の数、小数点以下 2 桁とする。

$M = a \log A + b \log \gamma + c$ なる式において、 a , b および c に対応する定数をそれぞれ C_X , C_Y および C_Z とし、符号付、有効数字 3 桁の数、小数点以下 2 桁とする。

各種地震波情報検出レベル設定定数としては

C_D : チャンネル故障検出レベル設定定数、平均ノイズレベルに乘じる値でその結果のレベルをチャンネル故障検出に用いる。

C_F : F 時刻検出レベル設定定数、平均ノイズレベルに乘じる値で、その結果のレベルを F 時刻検出に用いる。

C_S : S 波到着時刻検出レベル設定定数、最大振幅に乘じる値で、その結果のレベルを S 波到着時刻の検出に用いる。

C_L : P 波到着時刻検出レベル設定定数、平均ノイズレベルに乘じる値で、その結果のレベルを仮 P 波検出および正式 P 波の検出に用いる。 C_D , C_F , C_S および C_L は有効数字 4 桁の正の数、小数点以下 3 桁とする。

ii) 時間設定データ

各 TASK で用いる時間設定データの Update を行う。データ名称の最初に "T" を付して区別する。

a) T_1 : ノイズチェック用時間 (0.00~99.99 sec) 未使用 (カッコ内は設定可能範囲)

b) T_2 : ノイズチェック用時間 (0.00~99.99 sec) 仮 P 波到着時刻検出後 T_2 の時間でノイズチェックを行う。

c) T_D : チャンネル故障検出時間 (0~999 sec) チャンネル故障検出に用いる時間。この時間以上故障レベルが継続するとチャンネル故障として Auto Close する。

d) T_F : F 時刻検出時間 (0.00~99.99 sec) F 時刻検出に用いる時間。この時間、F 時刻検出レベル以下のレベルが継続したとき F 時刻検出とする。

e) T_L : レベル値算出時間 (0~999 sec) 平均ノイズレベル算出時間。この時間間隔で

平均ノイズレベルを更新する。ただし Task-2 の実行中を除く。

f) T_M : M (マグニチュード) 算出選択時間 (0~999 sec) マグニチュード算出に F-P 時間を用いる場合の F-P 時間の最大許容時間。

g) T_S : S 波到着時刻検出時間 (0.00~99.90 sec) この時間の間 S 波検出 レベル 以下の地震波データが継続したとき S 波検出とする。

h) T_X : 平均周波数測定時間 (0.00~99.99 sec) P 波検出後, この時間の中で周波数測定レベルをこえる地震波データの山 (谷) の数と周期を検測し平均周波数を算出する。

i) T_Y : 最大振幅収集禁止時間 (0.00~99.99 sec) P 波検出後 この 時間の 間最大振幅の検測を行わない。

j) T_Z : 最大 F-P 時間 (0~999 sec) P 波検出後, この 時間をこえると F 時刻検出を打切る。

iii) 観測点設定データ

観測点に関するデータ (観測点略称, チャンネル番号, 観測点座標等) の登録, 変更を行う。

a) 観測点略称 観測点の略称を最大英字 4 文字で表わす。

b) 観測点番号 観測点につけた番号を数字 2 桁で表わす。この番号は観測点グループを編成する時に用いる。

c) 地震計接続チャンネル番号 観測点の地震計がテレメータリングシステムに接続されているチャンネル番号を地震計の成分順に表わす。チャンネル 番号は 16 進 2 桁で表わし, 未使用の成分については “,” のみで表わす。

成分順序: U/D—H (上下動高感度), U/D—L (上下動低感度), N/S—H (南北動高感度), EW/—H (東西動高感度), LP—U/D (中周期上下動), U/D—LL (上下動超低感度)

d) 観測点座標 観測点座標を 36°N , 140°E , 海拔高度 0 m を原点として N 方向, E 方向を正として km で表わす。符号付き, 有効数字 6 桁, 小数点以下 3 桁の数とする。

iv) チャンネルデータ

地震計に関するデータ (成分, ゲイン等) の登録, 変更を行う。

a) チャンネル番号と成分 地震計がテレメータリングシステムに接続されているチャンネル番号と地震計の成分を表わす。

b) チャンネルアンプゲイン (dB)

c) チャンネルセンサゲイン (V/kine)

d) 地震計の固有周期; T_0 (sec)

e) ダンピングファクター; h

f) システム遅延量 (ms)

v) 観測点グループ編成データ

全観測点をあらかじめいくつかの グループ に編成しそれぞれの観測点 グループ ごとの Phase Data により震源情報を算出するためのもの。

vi) 地震波速度構造テーブルデータ

震央距離と深さの関数として P 波のみかけの伝搬速度をテーブル形式で定義するもの。震央距離および 震源の深さにつきそれぞれ 500 km までを 5 km 毎に 区切りそれぞれに

メッシュ番号を割付ける。テーブルにはメッシュ番号順に各メッシュブロック (5 km×5 km) 毎の P 波のみかけの伝搬速度が格納されている。地下構造モデルを変更するときはこのテーブルを更新する。

vii) 地域設定テーブルデータ

震源座標に対応する地域名を与えるために震源座標によって引用されるテーブルを定義する。テーブルの構造は次のようである。座標原点を中心に東西、南北それぞれ 400 km の領域を 20 km 毎に区切り、西端と南端から地区番号を割当てる。さらに地区番号、東西 05—24、南北 10—29 の地区はさらに 5 km 毎に区切り固定番号 (メッシュ番号) を与える。これらの地区メッシュを地域毎に割り当て地域番号と地域名を与える。地域名はまず座標から地区番号を算出しその地区番号によりテーブルから地域番号を引用する。1 地区、複数地域の場合はメッシュ番号を用いて地域番号を引用する。その地域番号によりテーブルから地域名を引用する。

viii) End カード

パラメータカードを CR に読み込ませる時、最後にセットするカードでデータの終了を Task-5 に知らせる。もしこのカードがセットされないとデータが続くものとみなして Task-5 が終了しなくなる。

Table 1. The line printer output of the station data list dated at Dec. 1, 1980.

*** STATION DATA LIST ***				DATE 1983/12/01		PAGE 01				
STATION NO.	NAME	GROUP NO.	COORDINATE (KM)	CHANNEL NO.	VELOCITY	SENSOR GAIN (V/K)	TO (SEC)	D.F.	DELAY (MS)	
01	JDR	01	+E - 72.731	00	U/D-H	34.0	2.211	1.00	0.700	0
			+N 0.113	01	N/S	72.0	1.660	1.00	1.000	0
			H 0.000	02	E/W	34.0	1.660	1.00	1.000	0
02	TSK	01	+E 9.366	03	U/D-H	72.0	0.150	1.00	0.700	0
			+N 23.399	04	N/S	13.0	1.000	1.00	1.000	0
			H 0.280	05	E/W	72.0	0.200	1.00	0.700	0
03	KYS	01	+E 13.477	06	U/D-H	65.0	2.251	1.00	0.700	0
			+N - 07.012	07	N/S	96.0	0.150	1.00	0.500	0
			H 0.190	08	E/W	96.0	0.150	1.00	0.500	0
04	OYM	01	+E - 63.749	09	U/D-H	65.0	1.300	1.00	1.000	0
			+N - 64.033	0A	N/S	66.0	1.600	1.00	1.000	0
			H 0.600	0B	E/W	66.0	1.600	1.00	1.000	0
05	SRY	01	+E - 65.763	0C	U/D-H	72.0	2.317	1.00	0.700	0
			+N - 42.217	0D	N/S	10.0	1.000	1.00	1.000	0
			H 0.254	0E	E/W	56.0	1.350	1.00	0.700	0
06	ASK	01	+E - 52.413	0F	U/D-H	25.0	2.294	1.00	0.700	0
			+N 39.714	10	N/S	10.0	1.000	1.00	1.000	0
			H 0.000	11	E/W	34.0	2.145	1.00	1.000	0
07	HOK	01	+E - 37.627	40	U/D-H	60.0	2.303	1.00	0.700	61
			+N -127.187	41	U/D-L	30.0	2.303	1.00	0.700	61
			H 0.890	42	N/S	60.0	2.328	1.00	0.700	61
08	TAY	01	+E - 31.004	43	U/D-H	54.0	2.290	1.00	0.700	31
			+N - 37.069	44	U/D-L	24.0	2.290	1.00	0.700	31
			H 0.170	4A	N/S	54.0	2.316	1.00	0.700	31
				4C	E/W	54.0	2.290	1.00	0.700	31
09	INB	01	+E 77.731	50	U/D-H	60.0	2.234	1.00	0.700	51
			+N - 32.735	51	U/D-L	30.0	2.234	1.00	0.700	51
			H 0.060	52	N/S	60.0	2.341	1.00	0.700	51
				53	E/W	60.0	2.318	1.00	0.700	51
10	HIT	01	+E 52.724	56	U/D-H	66.0	2.332	1.00	0.700	51
			+N 56.743	57	U/D-L	36.0	2.332	1.00	0.700	51
			H 0.000	58	N/S	66.0	2.273	1.00	0.700	51
				59	E/W	66.0	2.333	1.00	0.700	51
11	NIK	01	+E - 45.370	5C	U/D-H	66.0	2.298	1.00	0.700	51
			+N 68.999	5D	U/D-L	36.0	2.298	1.00	0.700	51
			H 1.290	5E	N/S	66.0	2.401	1.00	0.700	51
				5F	E/W	62.0	2.373	1.00	0.700	51
				5G	L/D-H/S	10.0	1.000	1.00	1.000	51

*** STATION DATA LIST ***			DATE 1980/12/01		PAGE 02					
STATION NO.	NAME	GROUP NO.	COORDINATE (KM)	CHANNEL NO.	VECTOR	AMP GAIN (DB)	* SENSER GAIN (V/V)	TO (SEC)	D.F.	DELAY (MS)
12	MKY	01	+E 11.777	52	U/D-H	43.0	2.348	1.00	0.700	25
			+N 17.985	53	U/D-L	12.0	2.348	1.00	0.700	25
			H 0.461	54	N/S	43.0	2.342	1.00	0.700	25
				55	E/W	48.0	2.307	1.00	0.700	25
13	OKY	01	+E -143.734	65	U/D-H	72.0	2.294	1.00	0.700	70
			+N - 84.589	66	U/D-L	42.0	2.294	1.00	0.700	70
			H 0.620	67	N/S	72.0	2.255	1.00	0.700	70
				68	E/W	72.0	2.306	1.00	0.700	70
				69	LP-U/D	10.0	1.000	1.00	1.000	70
				69	U/D-L	10.0	1.000	1.00	1.000	70
14	SEK	01	+E - 37.670	70	U/D-H	50.0	2.254	1.00	0.700	66
			+N 121.610	71	U/D-L	30.0	2.254	1.00	0.700	66
			H 0.760	72	N/S	60.0	2.385	1.00	0.700	66
				73	E/W	50.0	2.397	1.00	0.700	66
15	TSM	01	+E 20.320	74	U/D-H	42.0	2.323	1.00	0.700	65
			+N - 65.325	75	U/D-L	12.0	2.323	1.00	0.700	65
			H 0.030	76	N/S	42.0	2.343	1.00	0.700	65
				77	E/W	42.0	2.390	1.00	0.700	65
16	OSI	01	+E - 59.330	44	U/D-H	47.0	2.294	1.00	0.700	61
			+N 134.130	45	N/S	47.0	2.273	1.00	0.700	61
			H 0.020	46	E/W	47.0	2.386	1.00	0.700	61
17		40	+E 0.000							
			+N 0.000							
			H 0.000							
18		40	+E 0.000							
			+N 0.000							
			H 0.000							
19		40	+E 0.000							
			+N 0.000							
			H 0.000							
20		40	+E 0.000							
			+N 0.000							
			H 0.000							
21		40	+E 0.000							
			+N 0.000							
			H 0.000							
22		40	+E 0.000							
			+N 0.000							
			H 0.000							

- 1) Seismographic station number (STATION NO.) and name (STATION NAME) with three character abbreviation.
- 2) Seismographic station group number (GROUP NO.).
- 3) Station coordinates (COORDINATE, KM) as measured in km from the point of 36°N and 140°E. The coordinate axes are taken as positive to the north and to the east.
- 4) Channel number (CHANNEL NO.) and the corresponding component (VECTOR) of the seismographs.
- 5) Amplifier gain in dB (AMP GAIN, DB).
- 6) Constants of seismograph (SENSER).
- 7) Delay time in milli-sec for the station telemetered with telephone cable (DELAY, MS).

2-4-2 Task-6 (Parameter Data Print)

Task-5 で登録, 変更したパラメータ および テーブルの内容を LP にリスト出力する Task である. Task-6 は TTY からの要求により実行され Off-Line Task として取扱う. また Task-6 は実行要求が出されても Task-2, 3 が実行中にはこれらの Task 終了まで実行が待たされる.

処理内容は以下に示す 4 種類のリストを単独に出力することである.

i) 観測点データリスト (Station Data List)

観測点に関するデータ (観測点番号, 観測点略称, 観測点座標, チャンネル成分, チャンネル番号, アンプゲイン, センサゲイン, システム遅延等) を観測点番号順にリスト出

Table 2. Constants and time data list. The constants and time data in the list are used for the real time data processing to detect events and measure the seismic wave form data.

*** CONSTANT & TIME DATA LIST ***		DATE 1980/12/31	
CA (ML CONSTANT ALPHA)	-2.36	C3 (ML CONSTANT BETA)	2.85
CD (CH. DOWN LEVEL)	3.000	CF (F PHASE DETECT LEVEL)	3.000
CS (S PHASE DETECT LEVEL)	0.500	CL (P PHASE DETECT LEVEL)	3.000
CX (ML CONSTANT A)	1.15	CY (ML CONSTANT B)	2.04
CZ (ML CONSTANT C)	-3.06		
T1 (NOISE CHECK)	0.50 (S)	T2 (NOISE CHECK)	2.00 (S)
TX (AVE. F MEASURE)	1.00 (S)	TY (MAX AMP. INHIBIT)	0.20 (S)
TF (F PHASE DETECT)	4.00 (S)	TS (S PHASE DETECT)	1.00 (S)
TM (ML SELECT)	180 (S)	TZ (MAX F-P)	180 (S)
TL (LEVEL MEASURING)	30 (S)	TD (CH. DOWN DETECT)	60 (S)

力する (Table 1).

ii) . 定数, 時間設定データリスト (Constant and Time Data List)

定数および時間設定のすべてのデータについてデータ名と内容およびデータの値をリストに出力する (Table 2).

iii) 地震波速度構造テーブルリスト (Structure Parameters)

P波のみかけ速度 V_p のテーブルの内容をテーブルの構造と同じ形式でリスト出力する. ただし V_p の値は1文字の英数字に置き換えられる (Table 3).

iv) 地域データリスト (Region Data List)

地域分割された地区番号およびメッシュ番号を地域番号順に地域名 (Region Name) とともにリストに出力する. このリストは表にするとときわめて紙数をとるので Fig. 5 に地図上の区分として示す.

v) リスト出力要求

Task-6 が実行されるとリストの選択メッセージが TTY に出力されるので必要なリストを指定する. 選択が終了するとリストの出力が開始される.

2-4-3 Task-7 (Channel Open/Close)

TTY との会話により任意チャンネルの Close (休止: Manual Close) および Open (休止後の再開: Manual Open) を行う Task である. この Task は TTY からの要求により実行され Off-Line Task として取扱う.

処理内容は i) 観測点の選択と ii) チャンネルの Open/Close である.

i) 観測点の選択

Task-7 が実行されると観測点番号 (Station No.) の入力要求メッセージが TTY に出力されるので Open/Close の対象チャンネルを含む観測点の番号を入力する. なお観測点番号のかわりにリターンキーのみを入力すると, それまでに入力したチャンネルの Open/Close 情報によりマスクテーブルを更新し, Task-7 を終了する.

ii) チャンネルの Open/Close

前項で観測点番号を入力すると, 該当観測点のチャンネルマスク情報が, TTY に出力

されるので対象チャンネルの番号と Open/Close 指定を入力する。該当観測点の Open/Close が終了すると、チャンネル番号の代りにリターンキーのみを入力することにより次の観測点番号の入力要求メッセージを出力する。

3. リアルタイム検測結果とその議論

3-1 概要

前述の RTPS を実際に稼働させてその機能をテストするにはさまざまな地震波データを入力しその処理結果を吟味することが必要である。またその一方で同一の地震波形をさまざまな S/N の状態で入力しその処理結果を検討する必要もある。伊豆半島東方沖の群発地震はきわめて短期間に多くの地震波データの入力例について RTPS をテストする絶好の機会であった。しかし RTPS がまだ完成途上の状態であったためシステムの停止、故障等をともなった。本稿では RTPS が未完成の状態であったことを念頭におきつつ Phase Data の検測結果について地震波データのモニター記録と対比し各々の検測項目についての測定精度について検討する。RTPS は単独稼働のシステムではなく分散処理型のシステムの前処理部として設計されているため、地震波信号と地動雑音の判別の誤りがある程度許容することにより地震波信号の取りこぼしを少なくすることを方針としている。RTPS をくぐりぬけた地動雑音による誤った検測情報は主に後段の ADPS でより高度の処理手法により判別除去されることになる。

Phase Data が多点の観測点において収集されると RTPS は震源情報の算出を行う。しかし伊豆半島東方沖の群発地震については地震発生から約1ヶ月半ばリアルタイム処理としては Task-1 と Task-2 のプログラムのみが格納され、P 波、S 波等の到着時刻、最大振幅を含む Phase Data の検測は行なわれたが、Task-3 が格納されていないためリアルタイムの震源決定処理は行なわれなかった。従って Phase Data の検測結果の吟味は主として地震発生回数の多い6月および7月の期間について行ない、震源決定結果の吟味は8月以降の期間についてのみ行った。以上のような状況から今回のところ RTPS の性能テストを実用レベルに近い運用状況で行うことはできなかった。

3-2 P 波初動の検測

P 波初動の検測は次の3つの項目からなる。すなわち

- i) P 波初動到着時刻 (10 msec 単位表示)。
- ii) P 波初動の立上り方向 (上下動成分のみ)。
- iii) P 波グループの平均周波数。

P 波初動の到着時刻は前述のごとく Task-4 で設定される P 波検出のための振幅レベル値を入力信号と比較して計測される。計測結果に回線遅延時間と観測点補正 (現在は 0 と設定) を加えた結果を P の到着時刻とする。Task-4 で設定され Task-1 で実行される仮 P 波 (ノイズとの識別を行う前の P 波) の検出レベルはすでに述べたように次の式で与えられる。

仮 P 波検出レベル = オフセット値 \pm {(平均ノイズレベル) \times C_L (レベル設定定数) + レベルバイアス値 + レベルバイアス補正值}

今回のテスト稼動ではレベル設定定数 $C_L=3.0$ とおいた。 C_L は小さくとり過ぎると雑音をひろいすぎるようになるし、また大きくとり過ぎると小さな地震をとりこぼす危険性がふえる。多くの観測点のノイズレベルが $10\sim 30\ \mu\text{kine}$ であることを考慮し $100\ \mu\text{kine}$ よりも大きい地動を地震波信号の候補（仮 P 波）とするという方針を立てると $C_L=3.0$ は妥当な設定値といえる。レベルバイアス値はたまたまノイズレベルが極度に低い時間帯があってその時点で設定された仮 P 波検出レベルが微弱な雑音をひろい過ぎることのないよう、観測網全体の平均的（時間的平均と各観測点についての平均の両方を考慮）ノイズレベルに対応して設定される。今回のテスト稼動では $30\ \mu\text{kine}$ と設定し、たまたまノイズレベルが極度に低い場合であっても $10\ \mu\text{kine}$ 程度のノイズがある場合と同様な仮 P 波検出レベルを保持するようにした。レベルバイアス補正值は、このレベルバイアス値が観測点によっては必ずしも適当とは思われない場合に対処するためのもので観測点ごとに設定できる。今回のテスト稼動ではこのレベルバイアス補正值は $0\ \mu\text{kine}$ と設定されている。これは当面のところいかなる値が適当か判断するデータがないからである。

以上のような定数設定を行った仮 P 波の検出を Task-1 で実行した上ノイズチェックを Task-2 で実行した後、正式 P 波を検出する。この検出は仮 P 波の検出時刻から $T_2=2.0\text{ sec}$ 以内に仮 P 波検出レベルと等しいレベルをこえた信号のピークの数 $N_p \geq 2$ なる条件で判断する。今回のテスト稼動では一定時間以内に 2 点以上の観測点に正式 P 波が検出された場合にのみその検出結果を LP に出力させることとした。

上記のような P 波検出のための条件設定は今後の観測結果を検討して修正していく必要があるが、自動処理システムの完成時点では後段のシステムで P 波の再検出を行うのであまりきびしい条件を加えることは適当でない。しかし今回のテスト稼動はリアルタイム処理システム単独で稼動させているのでやや条件をきびしく設定した。そのため M が 1.0 よりも小さい地震のうち検出もれになった例がかなりある。これは主に 2 点以上の観測点で検出されねばならないという条件が効果を与えたためである。P 波検出の確率は信号レベルが $100\ \mu\text{kine}$ 以上のものについては通常のノイズレベルで 90% をこえ、またその 80% のものについて人間による検出値と 0.05 sec の範囲で一致した。ただしこの比較は 10 mm/sec の送り速度のモニター記録によっている。

P 波の誤り検出は主として次の 3 つの場合による。

- a) 1 つの観測点に検出レベルをこえたノイズが入力されしかも感度の高い観測点（たとえば堂平観測点）で一定時間内に P 波を検出した場合。
 - b) P 波は検出レベルをこえなかったが S 波が検出レベルをこえたため S 波を P 波と誤って検出した場合。
 - c) 群発地震が頻発し、地震波信号に地震ごととのぎれがなく、リアルタイム処理システムが独自の論理で 1 地震ごととの区切りをつけてデータ処理をはじめた場合
- a) および b) についての対処は後段のシステムで考慮することができるが、c) についてはシステムの処理能力の限界をこえたと判断し、地震波データを連続時に収録し、人間の介在するオフライン処理にまつの必要がある。

P 波初動の立ち上がり方向（UP または DOWN）については S/N が 20 dB 以上であれば正しい結果をうることができると判断される。この初動の立ち上がりの判別処理がリ

リアルタイム処理の中で最も単純であり信頼性の判断基準を設けやすい。これは後段の処理システムで初動の押し引き分布の自動解析が成功する可能性の高いことを示唆する。

P波グループの平均周波数は震央距離の算出を行うことなく、局地地震（関東地方の地震）、近地地震（震央距離が約 300～2000 km の範囲の地震）および遠地震（震央距離が約 2000 km 以上の地震）をおおまかに区別し必要に応じ後段のシステムでの処理内容を選択するために用いられる情報として出力される。この平均周波数はP波初動から $T_x=1.0$ sec の間での一定レベルをこえる信号の回数から求める（TASK-2, iii）参照）。今回のテスト移動では平均周波数 6 Hz 以上、5～3 Hz、2 Hz～0 Hz と区分して局地、近地および遠地地震と対応づけた。伊豆半島東方沖の群発地震の地震スペクトル波の構造は6月29日の最大地震（伊豆半島東方沖地震、 $M=6.7$ ）の前後で変化を生じたようにみえる。リアルタイム処理システムによる平均周波数の検測結果にもこの傾向がとらえられている。この点については後で詳しく述べるが地震波のスペクトルの時間的変化をリアルタイム処理により検出することが比較的容易であることを示唆するものとして注目に値する。

3-3 S波の検測

S波の到着時刻の検測は初動P波のそれに比べてかなり困難な問題である。それは初動P波のS/Nが20 dB以上であることが多いのに対し、S波のS/Nは6 dB程度であることもまれではない。S波の検出には従来からさまざまな方法が試みられてきた。たとえば3成分観測による地震波のベクトル成分の分解合成による方法がその1つである。この方法は地震波の進行方向をあらかじめ知る必要があり、リアルタイム処理には適さない。いわゆるARモデルによるP波初動の検出（TJØSHEIM, 1975, 浜口, 鈴木, 1979, 横田, 1980）はS波についてもその適用が試みられうるがこの方法も多チャンネルのリアルタイム処理には処理時間上の問題、とくにS波以外の項目の検測処理に要する時間との均衡がとれなくなる可能性がある。また検出された位相がS波であるという検証は別個の問題として残るため処理過程が複雑となる。最近では3成分を用いてS波のParticle Motionの特性を利用した方法も提案されている（森田, 浜口, 1980）。これらの方法は処理時間の許容範囲の大きい後段の処理で導入するのに適した方法といえるがいずれもリアルタイム処理に適しているとはいえない。

リアルタイム処理はS波の検測以外の処理との時間的な均衡を考慮して行う必要がある。また不特定の位相としてS波を検出した後にS波であることを同定するという過程をふむ時間的な余裕は許されない。従って位相検出処理が直接結びついている必要がある。

このような状況に対応するためにこのリアルタイム処理システムではS波の出現パターンを定めこれに応じて処理ルーチンが組まれている。このパターンはS-P時間が10 sec以下の局地地震を対象とし次のような条件を前提とする。すなわち

a) 地震記象は初動P波から最大振幅を含む波群までが時間の順に①初動P波、②P波グループの波群、③S-P時間の区間の波群、④S波および⑤最大振幅を含む波群の5種類の波（波群）に区分されるパターンをもつこと。

b) 波群③と最大振幅レベルとの比が約12 db以上であること。

c) 波群③の継続時間 τ_1 (S-P 時間に相当) と波群③の終了時刻と最大振幅出現時刻との差 τ_2 をとるとき τ_1 に比べ τ_2 が十分に小さいこと。

これら3つの条件は S-P 時間の小さい局地震においては満たされている場合が多く、水平動2成分を利用できるときには b) の条件はほぼ完全に満足されると言える。S 波の到着時刻は第2の機能である震源決定のときに発震時刻を計算するときに用いられるためリアルタイム処理においても ± 50 msec 以上の精度が求められる。

以上の事項を考慮した結果、S 波の検出基準は前述のごとく最大振幅レベルを基準とした前述 (Task-2, (iv)) の方法を用いることとした。

この方法は局地震のリアルタイム処理をそのねらいとしているため、近地地震および遠地地震については後段のシステムで対処する必要がある。また局地震についても S 波の検出は P 波の場合と同様に後段のシステムでより高度なアルゴリズムにより再度検出 (リアルタイム処理としてではなく) される。伊豆半島東方沖の群発地震では箒木山観測点において S-P 時間が 3 sec 前後であった。今回の稼動テストにおいては箒木山観測点における S 波検出の成果を吟味した。P 波の振幅が小さすぎて S 波を P 波と誤って判別した場合をのぞき約 80% の例について ± 30 msec の精度の範囲で S 波の到着時刻を計測することができた。誤った判断を下した大多数の例は群発地震の発生頻度がきわめて高く地震波信号の地震ごとの区切が失なわれ、長時間にわたり連続した地震波信号が入力されたことによる。

最大振幅に乗ずる S 波検出用レベル設定の定数 $C_s=0.5$ とした。また S 波レベルを一旦検出した後、同一レベルがそれ以前に検出されるか否かのチェックを行うための時間間隔である S 波検出用時間 $T_s=1.0$ sec とした。 C_s を 1 に近い値にするほど S 波のみかけ上の検出確率を高めるが、その一方で S 波の到着時刻が最大振幅の検出時刻に近づき S 波を遅く読みすぎる結果となる。逆に C_s の値が小さすぎると S 波検出レベルが波群③の振幅レベルに近くなりすぎて T_s の時間内に多数の S 波検出レベルの信号を検出することになる。その結果、P 波および最大振幅が検出できたにもかかわらず S 波の検出ができないということになる。今回の稼動テストで C_s および T_s について設定した値は少なくとも箒木山に関する限り適当であったと判断される。一般に S 波の立ち上がりが明瞭であるほど C_s および T_s は大きい値をとっても小さい値をとっても検出結果に大きな差は生じないといえる。つまり S/N が大きいために検出が容易であり安定した検出結果がえられる。これに対し S 波の立ち上がりが緩慢であるときには C_s の値を小さくとる必要がある。 C_s を小さく設定することは波群③の振幅レベルとの S/N を劣化させるので T_s を小さくとらないと S 波が同定できなくなる。

S 波の検出のみならず初動 P 波以外の位相の検出は前駆する地震波の中から信号をとり出す必要があるので、後段のシステムでは検出すべき信号の S/N の改善のための処理を含んだ方法を用いて再検出を行う。また単一チャンネルのみでの検出によるのではなく多チャンネルでのそれぞれの検出結果を対比して位相の同定を行う。このとき走時曲線を与えて、この走時曲線に含まれる位相であれはいかなるものでも同定できるような一般的手法を用いる。この後段システムにおける S 波および Later Phase の検出については機会を改めて詳しく述べる。

*** STRUCTURE PARAMETERS ***

DATE 1983/12/21

VP (KM/S) 1 = 5.500 2 = 5.600 3 = 5.700 4 = 5.800 5 = 5.900 6 = 6.000 7 = 6.100 8 = 6.200 9 = 6.300 0 = 6.400
A = 6.500 B = 6.600 C = 6.700 D = 6.800 E = 6.900 F = 7.000 G = 7.100 H = 7.200 I = 7.300 J = 7.400
K = 7.500 L = 7.600 M = 7.700 N = 7.800 O = X.XX P = X.XX Q = X.XX R = X.XX S = X.XX T = X.XX
U = X.XX V = X.XX W = X.XX X = X.XX Y = X.XX Z = X.XX # = X.XX \$ = X.XX % = X.XX

[illegible]

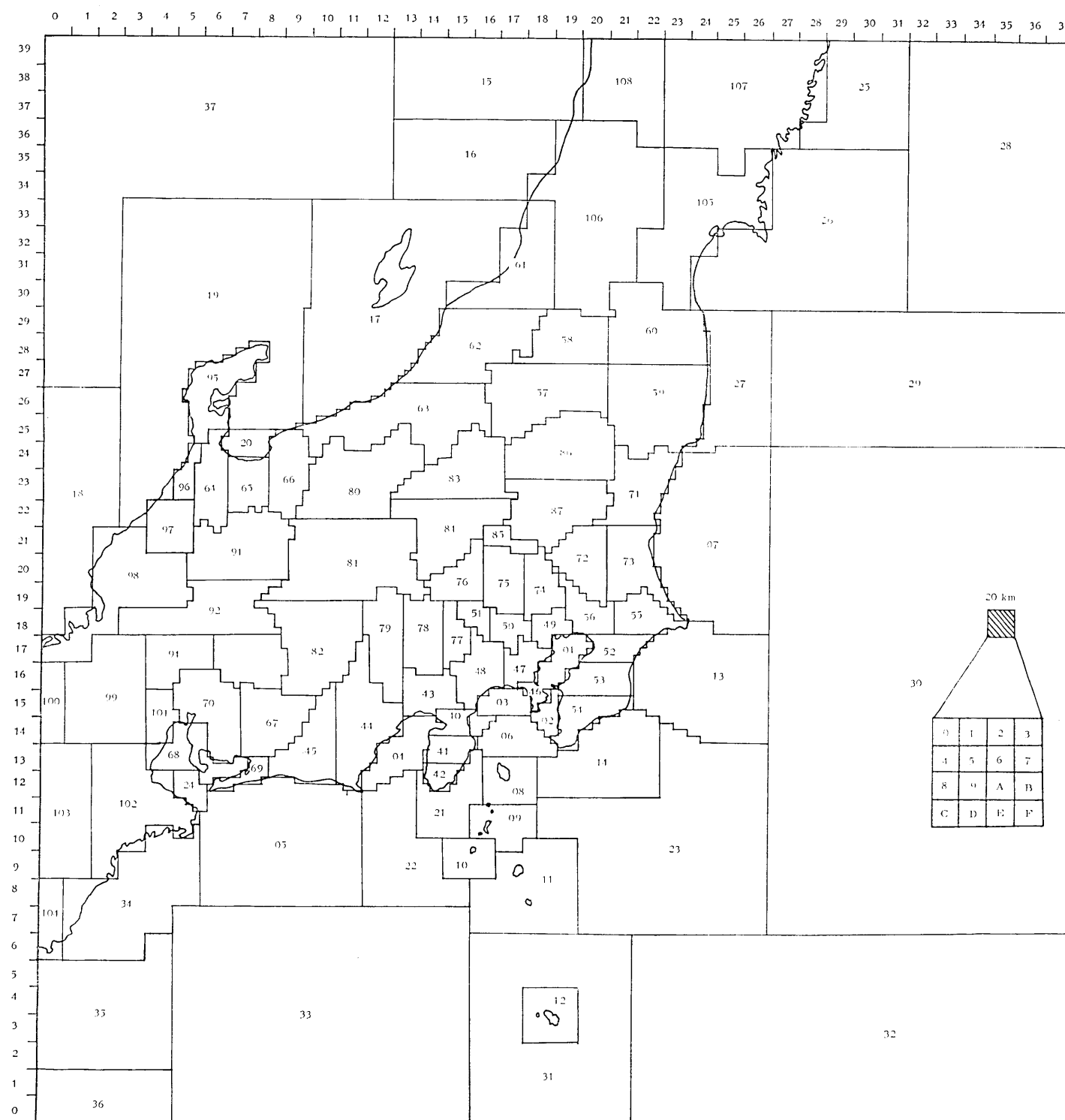


Fig. 5. Map showing the division of the regions of which numbers and names are given by the RTPS. The line printer output for the preliminary hypocentral data produced by the RTPS includes the region name and the corresponding mesh numbers in addition to the hypocentral coordinates.

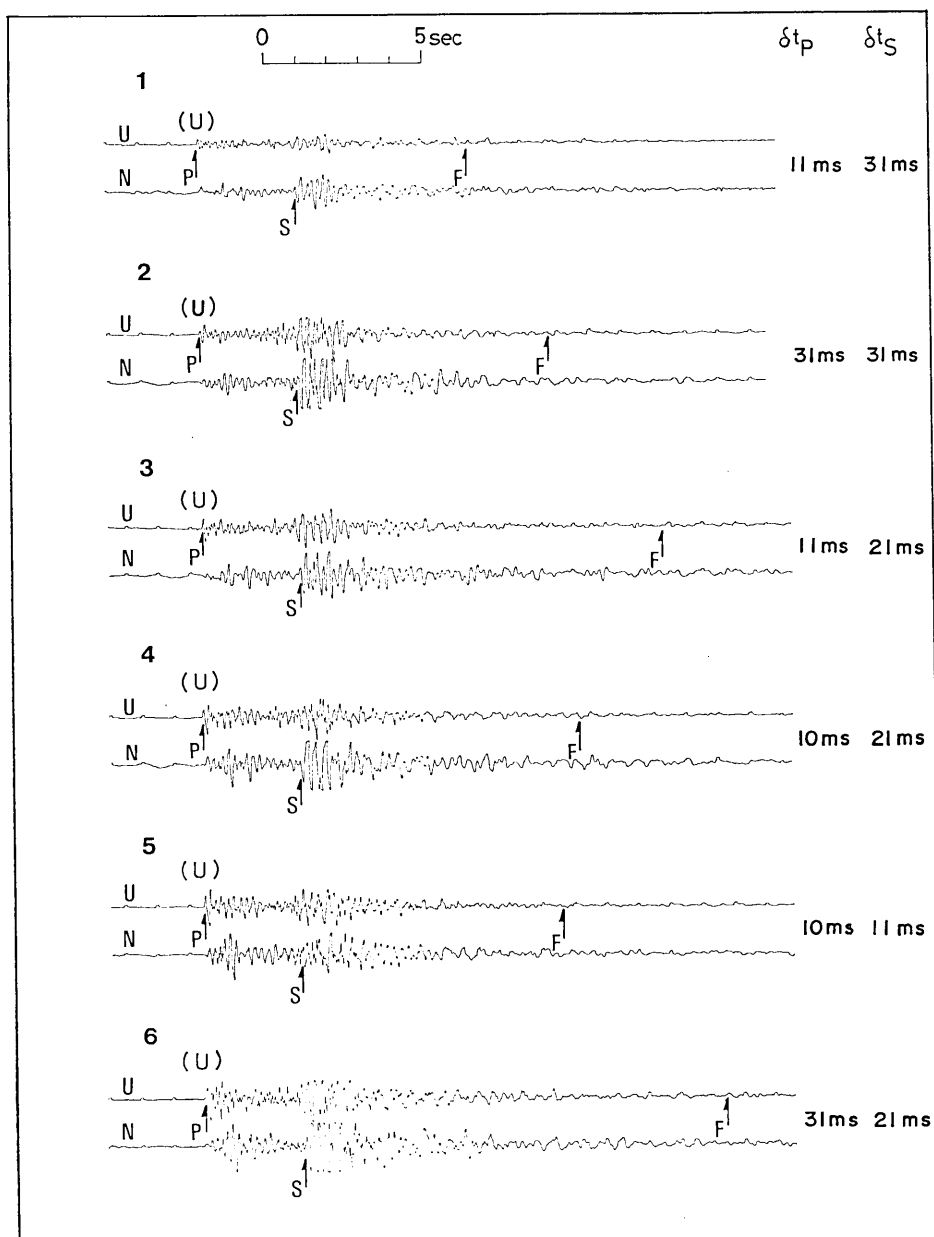


Fig. 6. Strip chart seismograms (the vertical and the NS components) for the events of the earthquake swarm east off the Izu Peninsula of 1980 at HOK (Hokiyama) station with the recording paper speed of 10 mm/sec. Arrows indicate the arrival time of the P and S phases and F (finish) time as detected by the RTPS. The RTPS measures the arrival time of the S phase on either of the NS or EW component despite no visible monitoring seismograms. The direction of the initial motion of the P phase detected by the RTPS is designated as U for upward and D for downward movements. The difference between the manual time picks and the automatic time picks by the RTPS is indicated by δt_P and δt_S for the P and S phases respectively.

Table 4-2.

4

DATE TIME ----- 1980/06/23 08:47
SEISMIC NO. ----- 137

----- SEISMIC PHASE DATA -----

MEAS NO.	STATION NO. NAME	PHASE	CHANNEL NO. VECTOR	TIME (H M S)	INTERVAL (SEC)	MAG	U/G	AVE-FRQ (HZ) (OST)	MAX AMP(P-P/2) (MU-KINE)	AV NOISE LVL (MU-KINE)
236	07 HOK	"P"	40 U/D-H	08:47:54.53	3.03		U	5 (N)	910 E0	004 E0
		"S"	42 N/S	08:47:57.24						
		"F"	40 U/D-H	08:48:03.79	11.35	0.7				

5

DATE TIME ----- 1980/06/23 10:20
SEISMIC NO. ----- 241

----- SEISMIC PHASE DATA -----

MEAS NO.	STATION NO. NAME	PHASE	CHANNEL NO. VECTOR	TIME (H M S)	INTERVAL (SEC)	MAG	U/G	AVE-FRQ (HZ) (OST)	MAX AMP(P-P/2) (MU-KINE)	AV NOISE LVL (MU-KINE)
365	07 HOK	"P"	40 U/D-H	10:20:02.44	3.13		U	5 (N)	-104 E1	008 E0
		"S"	43 E/W	10:20:05.57						
		"F"	40 U/D-H	10:20:13.74	11.30	0.5				

6

DATE TIME ----- 1980/06/23 14:33
SEISMIC NO. ----- 441

----- SEISMIC PHASE DATA -----

MEAS NO.	STATION NO. NAME	PHASE	CHANNEL NO. VECTOR	TIME (H M S)	INTERVAL (SEC)	MAG	U/G	AVE-FRQ (HZ) (OST)	MAX AMP(P-P/2) (MU-KINE)	AV NOISE LVL (MU-KINE)
723	07 HOK	"P"	40 U/D-H	14:33:33.31	3.79		U	3 (U)	-199 E1	004 E0
		"S"	43 E/W	14:34:02.20						
		"F"	40 U/D-H	14:34:32.44	19.43	1.1				

3-4 地震波検測結果の実例

P 波, S 波の到着時刻の計測などを含む地震波検測結果の実例について考察する. Fig. 6 は 6 月 28 日における 箒木山観測点での 伊豆半島東方沖の 群発地震の 6 つの記録例であり, Table 6 はこれらの地震波データのリアルタイム処理結果の LP (ラインプリンター) 出力である. Fig. 6 に示した P 波, S 波および F 時刻に対応する矢印はそれぞれリアルタイム処理結果による. いずれの場合もノイズレベルはきわめて低く $4 \sim 8 \mu\text{kine}$ を示しリアルタイム処理には条件が非常にいい場合の例といえる. このような場合には Fig. 6 に示すように P 波, S 波の到着時間の計測精度が高いばかりでなく 初動の押し, 引きの判定もほとんどの場合正しい結果がえられる.

Table 6 の LP 出力は次の内容をもつ. 最上部に示す 2 ラインの印字 Date Time は地震発生の日月日と時分を示す. Seismic No. はその日の地震の通し番号である. この次に標題 Seismic Phase Data が表示され, 以下の出力が地震波データの検測処理結果であることを示す. この処理結果の出力は左側の項目から順に ② Meas (Measuring No.); 観測点別の時間順通し番号, ② Station No.; (16 進表示) と Name; 英字 3 文字による, ③ Phase; P 波, S 波および F (地震動の終了), ④ Time; P, S および F に対応する時間を 10 msec の桁まで表示, ⑤ Interval; S-P 時間および F-P 時間, ⑥ Mag; F-P 時間または Max. Amp. (最大振幅) によるマグニチュード, ⑦ U/D; 上下動成分による P 波初動の押し, (U), 引き (D), ⑧ Av. Freq. P 波グループの平均周波数 (Hz), (Dist.) は局地 (L), 近地 (N) および遠地 (T) 地震の区別を示す, ⑨ Max. Amp. (P-P/2); 最大振幅 (全振幅の 1/2) を $\mu\text{-kine}$ で示した値および ⑩ Av. Noise Lev.; 平均ノイズレベルを $\mu\text{-kine}$ で示した値となる. Table 4 には箒木山観測点についてのみの出力をまとめて示してあるが, 一般には多数の観測点 (P 波の先着順で 5 観測点ずつ) についての処理結果が同時に出力される. なお Fig. 6 に示すモニター記録例は上下動 (U で示されるもの) と水平動の南北成分 (N で示されるもの) の 2 成分のみしかなく, RTPS 内では 3 成分のデータが入力され最大振幅の検出などでは水平動 2 成分を用いて処理が実行されている.

P 波初動の到着時刻を人間による検測値と比較すると多少の差が認められる. すなわち箒木山観測点に対するシステム遅延時間 64 msec を考慮に入れると $10 \sim 30 \text{ msec}$ だけ真の P 波初動の到着時刻よりも遅れた時刻を計測しているといえる. これは主に P 波検測のためのレベルバイアス値に対応する遅れ時間であり後段のシステムの処理で補正を必要とする. しかし実際問題としては地下構造の不均一性による観測点補正量, 回線遅延量および非同期方式のテレメータシステム特有のシステム遅延量を総合すると $15 \sim 20 \text{ msec}$ の補正を厳密に議論することはかなりむづかしい.

一方 S 波の検測については P 波の検測と事情が全く異なる. すなわち P 波の場合には地震波信号を含まない部分のノイズレベルに 1 よりも大きい定数 C_L (今回のテストでは 3.0 と設定) を乗じた値を用いて時間系列と同じ方向にそって信号レベルとの比較を行う. これに対し S 波の場合には地震波信号のうちの最大振幅のレベルを基準としてそのレベルに 1 よりも小さい定数 C_s (今回のテストでは 0.5 と設定) を乗じた値を用いて時間系列と逆の方向にさかのぼって信号レベルとの比較を行う. このとき P 波に対するような

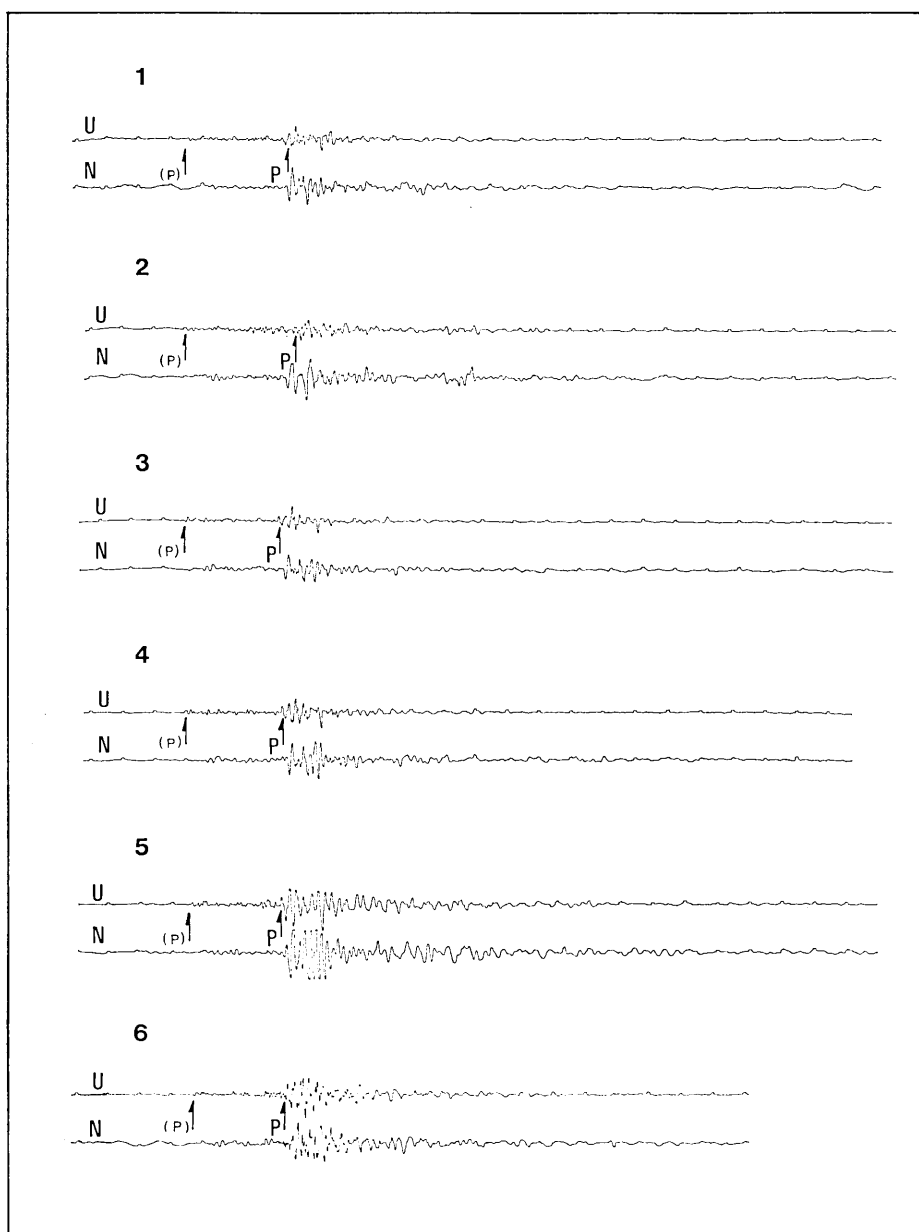


Fig. 7. Strip chart seismograms (the vertical and the NS components) for the events of the earthquake swarm east off the Izu Peninsula of 1980 at HOK station. The *P* phases of these seismograms were not detected by the RTPS due to the excessively small amplitudes. Therefore, the RTPS misinterpreted the *S* phases as the *P* phases for the examples as shown in the figure.

Table 5. Line printer output of the RTPS corresponding to the seismograms shown in Fig. 7.

1 DATE TIME ----- 1980/06/23 09:44
 SEISMIC NO. ----- 220

STATION NO.	PHASE	CHANNEL NO.	VECTOR	TIME (H M S)	INTERVAL (SEC)	MAG	U/D	AVE-FREQ (HZ)	(DST)	MAX AMP(P-P/2) (MU-KINE)	AV NOISE LVL (MU-KINE)
07	HOK	40	U/D-H	09:44:57.55				4	(N)	-453 E0	004 E0
07	HOK	42	N/S								
07	HOK	40	U/D-H	09:44:41.73	4.23	-0.5					

 * SEISMIC PHASE DATA *

2 DATE TIME ----- 1980/06/23 09:51
 SEISMIC NO. ----- 213

STATION NO.	PHASE	CHANNEL NO.	VECTOR	TIME (H M S)	INTERVAL (SEC)	MAG	U/D	AVE-FREQ (HZ)	(DST)	MAX AMP(P-P/2) (MU-KINE)	AV NOISE LVL (MU-KINE)
07	HOK	40	U/D-H	09:51:52.54				4	(N)	333 E0	004 E0
07	HOK	42	N/S								
07	HOK	40	U/D-H	09:52:05.44	4.93	0.1					

 * SEISMIC PHASE DATA *

3 DATE TIME ----- 1980/06/23 12:51
 SEISMIC NO. ----- 376

STATION NO.	PHASE	CHANNEL NO.	VECTOR	TIME (H M S)	INTERVAL (SEC)	MAG	U/D	AVE-FREQ (HZ)	(DST)	MAX AMP(P-P/2) (MU-KINE)	AV NOISE LVL (MU-KINE)
07	HOK	40	U/D-H	12:51:57.57				4	(N)	403 E0	004 E0
07	HOK	42	N/S								
07	HOK	40	U/D-H	12:52:02.97	5.30	-1.0					

 * SEISMIC PHASE DATA *

Table 5-2.

4

DATE TIME ----- 1980/06/23 13:18
SEISMIC NO. ----- 423

-----SEISMIC PHASE DATA-----

MEAS NO.	STATION NO. NAME	PHASE	CHANNEL NO. VECTOR	TIME (H M S)	INTERVAL (SEC)	MAG	U/D	AVE-FREQ (HZ) (DST)	MAX AMP(P-P/2) (MU-KINE)	AV NOISE LVL (MU-KINE)
553	07 HOK	"P"	40 U/D-H	13:18:51.03			0	3 (N)	-534 E0	008 E0
		"S"	43 E/W							
		"E"	40 U/D-H	13:18:54.39	3.39	-1.0				

5

DATE TIME ----- 1980/06/23 12:56
SEISMIC NO. ----- 523

-----SEISMIC PHASE DATA-----

MEAS NO.	STATION NO. NAME	PHASE	CHANNEL NO. VECTOR	TIME (H M S)	INTERVAL (SEC)	MAG	U/D	AVE-FREQ (HZ) (DST)	MAX AMP(P-P/2) (MU-KINE)	AV NOISE LVL (MU-KINE)
537	07 HOK	"P"	40 U/D-H	12:56:50.35			0	4 (N)	-103 E1	004 E0
		"S"	42 N/S							
		"E"	40 U/D-H	12:56:53.11	9.76	0.5				

6

DATE TIME ----- 1980/06/23 13:45
SEISMIC NO. ----- 752

-----SEISMIC PHASE DATA-----

MEAS NO.	STATION NO. NAME	PHASE	CHANNEL NO. VECTOR	TIME (H M S)	INTERVAL (SEC)	MAG	U/D	AVE-FREQ (HZ) (DST)	MAX AMP(P-P/2) (MU-KINE)	AV NOISE LVL (MU-KINE)
285	07 HOK	"P"	40 U/D-H	18:45:33.59			0	4 (N)	845 E0	004 E0
		"S"	43 E/W							
		"E"	40 U/D-H	18:45:41.39	7.70	0.2				

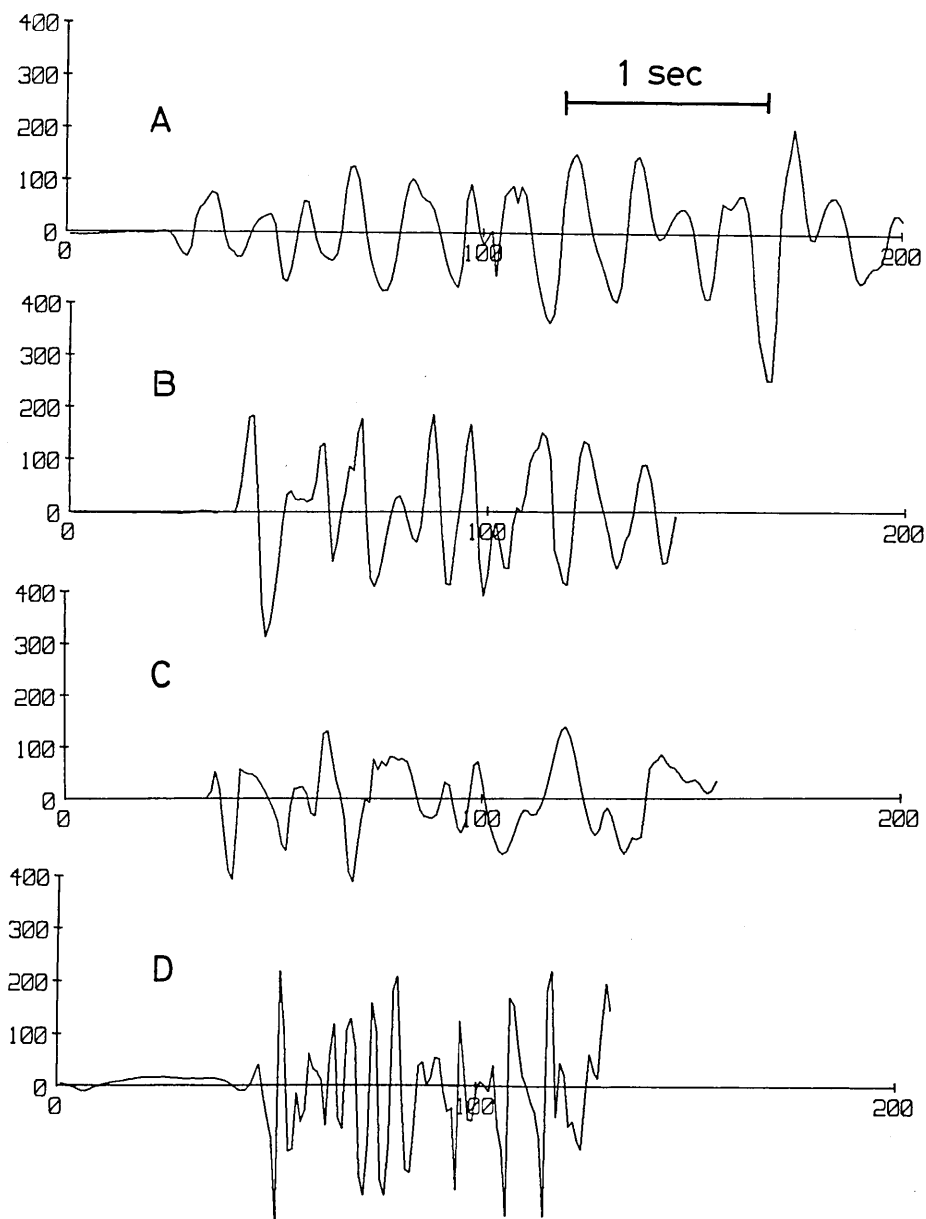


Fig. 8(a). Examples of the reproduced seismograms including the initial *P* phase (the vertical component) for the very closely located events of the earthquake swarm east off the Izu Peninsula of 1980 at HOK station. Note that the higher frequency components are predominant for the case of *D* as compared to the cases of *A*, *B* and *C*.

ノイズレベルの意味を明確には定義しがたい。しかし S-P 時間の短い局地地震のばあいには最大振幅が S 波の初動グループに表われる場合がほとんどであり、今回の伊豆東方沖の群発地震の例でも箒木山観測点の水平動にこのパターンが認められた。このような場合には Fig. 11 に示すように S 波の到着時刻の計測を S 波の卓越周期の $1/3$ 程度 (± 30 msec 程度) の精度で行うことができる。しかしこの手法は局地地震について有効であ

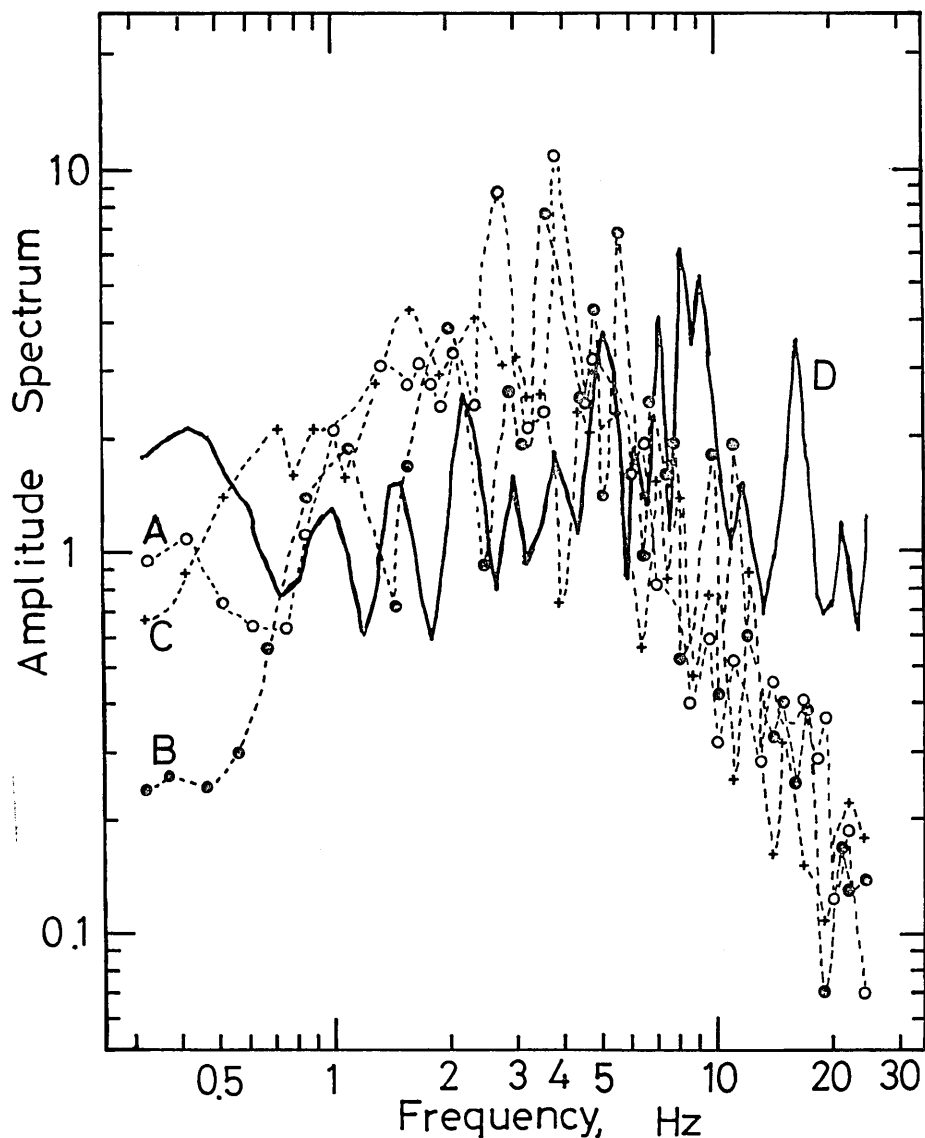


Fig. 8(b). Amplitude spectrum of the seismograms as shown in Fig. 8-(a). The peak of the spectrum is found in the frequency range of 2-5 Hz for the cases of A, B and C and is found in the range of 8-10 Hz for the case of D.

Table 6. Line printer output of the RTPS corresponding to the seismograms shown in Fig. 9.

1 DATE TIME ----- 1980/05/23 14:33										
SEISMIC NO. ----- 441										

* SEISMIC PHASE DATA *										

MEAS NO.	STATION NO. NAME	PHASE	CHANNEL NO. VECTOR	TIME (H M S)	INTERVAL (SEC)	MAG	U/D	AVE-FREQ (HZ) (DST)	MAX AMP(P-P/2) (MU-KINE)	AV NOISE LVL (MU-KINE)
754	07 HOK	"P"	40 U/D-H	14:33:23.75						
		"S"	42 U/D							
		"E"	40 U/D-H	14:34:14.43	50.50	2.5	0	4 (N)	-213 E1 *	004 E0
2 DATE TIME ----- 1980/05/23 23:21										
SEISMIC NO. ----- 155										

* SEISMIC PHASE DATA *										

MEAS NO.	STATION NO. NAME	PHASE	CHANNEL NO. VECTOR	TIME (H M S)	INTERVAL (SEC)	MAG	U/D	AVE-FREQ (HZ) (DST)	MAX AMP(P-P/2) (MU-KINE)	AV NOISE LVL (MU-KINE)
216	07 HOK	"P"	40 U/D-H	23:21:58.79						
		"S"	42 U/D							
		"E"	40 U/D-H	23:22:28.07	24.70	1.5	0	4 (N)	-134 E1	008 E0
3 DATE TIME ----- 1980/05/23 01:31										
SEISMIC NO. ----- 212										

* SEISMIC PHASE DATA *										

MEAS NO.	STATION NO. NAME	PHASE	CHANNEL NO. VECTOR	TIME (H M S)	INTERVAL (SEC)	MAG	U/D	AVE-FREQ (HZ) (DST)	MAX AMP(P-P/2) (MU-KINE)	AV NOISE LVL (MU-KINE)
029	07 HOK	"P"	40 U/D-H	01:31:16.74						
		"S"	42 U/D							
		"E"	40 U/D-H	01:31:27.47	8.19		U	5 (L)	-213 E1 *	004 E0
				01:31:47.44	50.97	1.7				
4 DATE TIME ----- 1980/05/23 23:55										
SEISMIC NO. ----- 211										

* SEISMIC PHASE DATA *										

MEAS NO.	STATION NO. NAME	PHASE	CHANNEL NO. VECTOR	TIME (H M S)	INTERVAL (SEC)	MAG	U/D	AVE-FREQ (HZ) (DST)	MAX AMP(P-P/2) (MU-KINE)	AV NOISE LVL (MU-KINE)
536	07 HOK	"P"	40 U/D-H	23:55:03.67						
		"S"	42 U/D							
		"E"	40 U/D-H	23:55:17.01	15.34	1.3	U	5 (L)	-213 E1 *	016 E0

るが、より一般的な S 波の計測手法を後段のシステムに導入する必要があることは当然である。

F 時刻については F 時刻検出用レベル C_F を 3.0 と比較的大きい値を設定したため F 時刻が小さく求められ、F-P 時間がかなり短かく検出されていることが Fig. 11 から判断できる。これは後述するように M が小さく求められた原因の 1 つとなっている。しかしこの問題は C_F とレベルバイアス値をより小さく設定することにより解決できる。

Fig. 7 はこのシステムでの P 検出機能の限界を示す例である。すなわち P 波の振幅が検出レベルより小さかったため検出もれとなり、しかもその P 波に対応する S 波を P 波と判断して検出した例である。今回のテストで M が 1 以下の地震の多くがこの種の検出誤りとなった。この場合には Table 5 に示すように S 波の検出項目は出力されないのが通例である。

⑧ の検出項目は P 波グループの波群の平均周波数であり、この情報収集の本来の目的

はこの周波数により局地、近地および遠地震の分類を行ない後段のシステムにおける地震波データ処理の内容をこの分類に従って選択するためのものである。この目的に関しこの検測機能は十分に役立つことが今回のテストで確かめられた。平均周波数算出時間 $T_x = 1 \text{ sec}$ と設定した。

伊豆半島東方沖の群発地震においては6月29日の最大地震（1980年、伊豆半島東方沖地震、 $M=6.7$ ）の発生後、周波数の低い成分の卓越した地震の発生頻度の増加が認められるようになった。このようなP波グループの平均周波数が低い地震は震央距離から区分

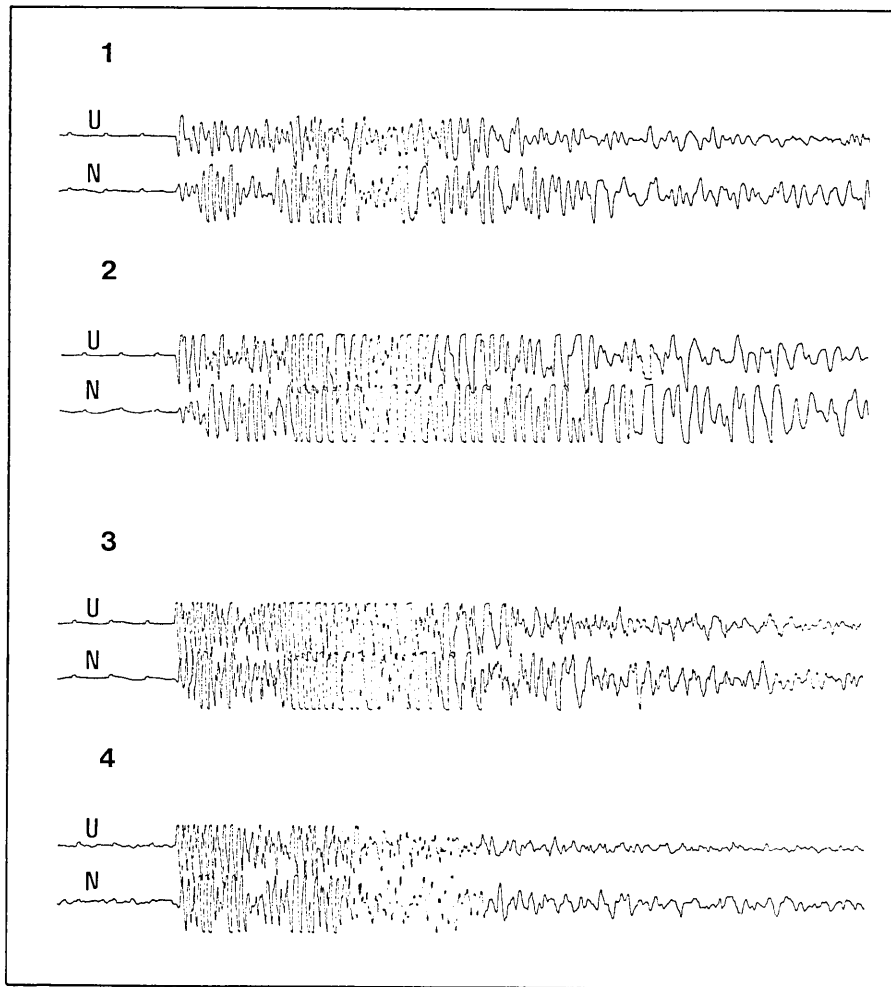


Fig. 9. Comparison of the lower frequency predominant (case 1 and 2) and the higher frequency predominant (case 3 and 4) seismograms for the events of the earthquake swarm east off the Izu Peninsula of 1980 at HOK station. The difference in the spectrum structure of these seismograms is detected by the RTPS through the processing to measure the average frequency of the P phase as shown in Table 6 (4 Hz for the case 1 and 2 and 8 Hz for the case 3 and 4).

すると局地地震であるにもかかわらず, RTPS では近地ないしは遠地地震と判断される. たとえば Fig. 8 は箒木山観測点における伊豆半島東方沖の群発地震の P 波グループの波形とそのスペクトルを比較したものである. 低周波の卓越した地震波 (A, B および C) が高周期の卓越した波形 (D) と明瞭に区別されることがわかる. この現象は RTPS によっても適確に検出することができた. Fig. 9 には箒木山観測点の地震記録例のうち約 8 Hz の短周期成分が卓越するものと約 4 Hz という低周波成分の卓越するものを示した. また RTPS による平均周波数の検出結果の LP 出力例を Table 6 示してある. 1980 年 6 月 29 日の伊豆半島東方沖地震の前後で群発地震の P 波グループの平均周波数を比較した結果を Fig. 10 に示す. これから RTPS により周波数の変化をモニターすることが可能であるといえる.

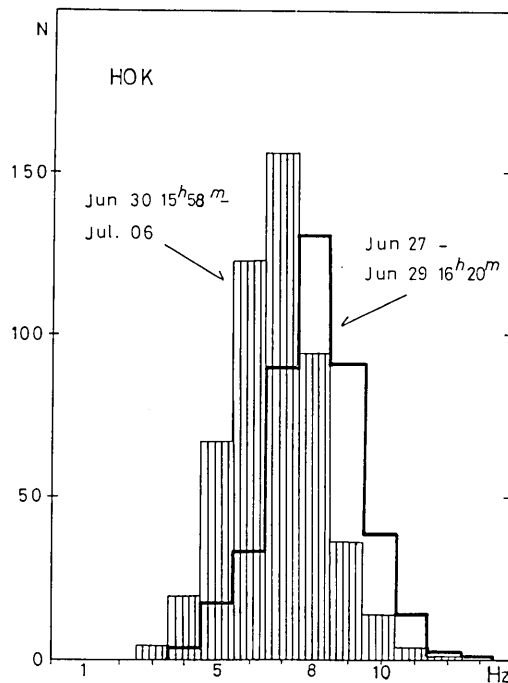


Fig. 10. The average frequency of the *P* phase versus the number *N* of the corresponding events of the earthquake swarm east off the Izu Peninsula of 1980 as measured by the RTPS. A tendency of the *P* phase shifting towards the lower frequency ranges is found for the periods of June 27-29 and June 30-July 6, before and after the occurrence of the earthquake of east off the Izu Peninsula, June 29, 1989, M 6.7.

3-6 震源およびマグニチュード決定

地震波データの検出処理が完了すると Task-3 で震源およびマグニチュードが決定されるその方法の詳細は前述の Task-3 を参照されたい. 震源およびマグニチュードの決定機能はこのリアルタイム処理システムがもつ 2 つの基本機能のうちの 1 つであり, この機

能が十分に発揮できるか否かは前述した地震波データの検測機能の稼働状況に大きく依存する。この震源およびマグニチュードの決定機能については伊豆半島東方沖の群発地震が終息期に入った8月になってはじめてテスト稼働を行える状態になった。8月から9月にかけては断続的な稼働状態をくりかえし、ほぼ連続稼働が可能になったのは10月に入ってからであった。そのため地震波データの検測とそれにもとづく震源およびマグニチュードの決定の両方の処理が行えた例は少数にとどまった。

Figs. 11-(1)~(13) に RTPS による13個の地震の処理結果 (a) および (b) モニター記録を示す。それぞれの地震について最大5観測点までの地震波検測結果のみが LP 出力にみられるが、これは特定の指示が外部的に与えられない限り RTPS では P 波の先着順の5観測点ごとに1地震のデータとして区切りをつけて処理する方式をとっているためである。従ってもし5観測点以上で地震波が検測された場合には2個の地震として処理される。ここで示した結果は最初の P 波到着時間をもつグループについての LP 出力のみである。RTPS で2地震以上に区分されて処理された地震は後段のシステムで1地震として判断され処理データは統合される。Fig. 11 に示すモニター記録のチャンネル数は23であるが、RTPS が処理するチャンネルはモニター記録のチャンネル数とはかかわりなく最大128チャンネルまで設定できる。今回の稼働テスト中の RTPS への入力チャンネル数は15観測点、45チャンネルである。

Fig. 11 の LP 出力に示す処理結果のうち震源およびマグニチュード決定に対応する欄の Preliminary Hypocentral Data の処理項目を左側から順に述べると次のようである。すなわち① IT は震源決定の演算の Iteration を示す。IT では最高5回まで繰返し演算が行なわれるが、震源決定の結果次第では必ずしも5回まで IT が行なわれるとは限らない。② Origin Time は1/100 sec のフラクシオンで与えられる発震時である。発震時の値の下に示される括弧内の数値はこの発震時の計算に用いた S-P 時間であり、この選択は複数観測点の S-P 時間を比較し相互に近い発震時を与えるもののうち S-P 時間の小さいものから順に選んで発震時を求め、それぞれに対し震源決定を行う。③ Region は震央をメッシュ番号と地名で示す。④ Longitude, Latitude は震央を経度、緯度で示したものの⑤ E+, N+ は 135°E, 36°N を原点として震央を 0.1 km のフラクシオンで与えたものである。⑥ Dep は震源の深さである。⑤ および ⑥ の括弧内の数値は震央および震源の深さの決定誤差を示す。⑦ Mag はマグニチュードであり F-P 時間かまたは最大振幅のいずれかをを用いて決定される。⑧ Method はマグニチュードおよび震源座標がどの方法により決定されたかを示す。すなわち ML の項が FP あるいは MX であるかによりマグニチュードは F-P 時間あるいは最大振幅によることを示す。また PS の項が 31 であるか 40 であるかにより震源決定が3観測点における P 波到着時刻と1観測点における S-P 時刻によるものかあるいは4観測点における P 波の到着時刻によるものかを示している。今回の稼働テストではこの項の表示が与えられていない。⑨ VP—VP の項は RTPS が内蔵している地下構造の P 波速度リスト (Table 5 参照) により震源決定のために用いられた P 波速度のうちの最小と最大値を示す。ただし第1回目の演算は 6 km/sec から開始される。ただしこの速度は地震波が震源から観測点まで2点を結ぶ直線に沿って伝播したと仮定した場合の見かけの上の速度である。

01 DATE TIME ----- 1980/08/03 16:07
SEISMIC NO. ----- 154

* SEISMIC PHASE DATA *

MEAS NO.	STATION NO. NAME	PHASE	CHANNEL NO. VECTOR	TIME (H M S)	INTERVAL (SEC)	MAG	U/D	AVE-FRQ (HZ) (DST)	MAX AMP(P-P/2) (MU-KINE)	AV NOISE LVL (MU-KINE)
156	07 HOK	"P" "S" "F"	40 U/D-H 42 N/S 40 U/D-H	16:07:52.78 16:08:26.06 16:07:52.78	33.28	2.0	0	5 (N)	-213 E1	004 E0
157	04 OYM	"P" "S" "F"	09 U/D-H 09 N/S 09 U/D-H	16:07:59.74 16:08:08.14 16:08:28.73	8.40 28.92	1.3	U	7 (L)	-520 E1	007 E0
158	08 TAY	"P" "S" "F"	48 U/D-H 48 E/W 43 U/D-H	16:07:59.87 16:08:08.57 16:08:23.25	8.70 23.38	1.5	U	6 (L)	-252 E1	017 E0
159	05 SRY	"P" "S" "F"	00 U/D-H 02 N/S 00 U/D-H	16:08:03.04 16:08:13.28 16:08:37.23	10.24 34.19	2.0	0	4 (N)	937 E0	048 E0
160	13 OKY	"P" "S" "F"	68 U/D-H 63 E/W 68 U/D-H	16:08:03.55 16:08:15.21 16:08:33.36	11.66 29.81	1.2	U	4 (N)	139 E0	001 E0

* PRELIMINARY HYPOCENTRAL DATA *

IT	ORIGIN TIME (H M S)	REGION	LONGITUDE (D M S)	LATITUDE (D M S)	E+ (KM)	N+ (KM)	DEP (KM)	MAG	METHOD ML PS VP (KMS)
1	16:07:48.27 (8.40)	15-13 IZU-PEN-C	139:06:06	34:51:33	-82.1 (1.2)	-126.1 (1.3)	26.4 (0.9)	1.8	FP 6.00 6.00
2	16:07:48.27 (8.40)	15-13 IZU-PEN-C	139:04:05	34:51:01	-85.2 (1.4)	-127.1 (1.3)	26.8 (0.8)	1.8	FP 6.20 6.30
3	16:07:48.27 (8.40)	15-13 IZU-PEN-C	139:04:03	34:51:04	-85.2 (1.4)	-127.0 (1.3)	26.8 (0.8)	1.8	FP 6.20 6.30
1	16:07:47.99 (8.70)	15-13 IZU-PEN-C	139:05:43	34:51:03	-82.7 (1.3)	-127.1 (1.3)	28.2 (0.9)	1.8	FP 6.00 6.00
2	16:07:47.99 (8.70)	15-13 IZU-PEN-C	139:03:36	34:50:26	-85.9 (1.4)	-128.2 (1.4)	28.6 (0.8)	1.8	FP 6.20 6.30
3	16:07:47.99 (8.70)	15-13 IZU-PEN-C	139:03:37	34:50:28	-85.9 (1.4)	-128.1 (1.4)	28.6 (0.8)	1.8	FP 6.20 6.30

Figs. 11(a)-1.

02 DATE TIME ----- 1980/08/03 19:37
SEISMIC NO. ----- 037

***** SEISMIC PHASE DATA *****

MEAS NO.	STATION NO.	NAME	PHASE	CHANNEL NO.	VECTOR	TIME (H M S)	INTERVAL (SEC)	MAG	U/D	AVE-FRO (HZ) (DST)	MAX AMP (P-P/2) (MU-KINE)	AV NOISE LVL (MU-KINE)
047	07	HOK	"P"	40	U/D-H	19:37:34.69	2.35	2.1	D	8 (L)	-213 E1 *	004 E0
			"S"	42	N/S	19:37:37.54						
048	08	TAY	"F"	40	U/D-H	19:37:37.09	36.43	2.1	U	5 (N)	-211 E1	017 E0
			"P"	48	U/D-H	19:37:41.24						
			"S"	48	E/W	19:37:52.42						
			"F"	48	U/D-H	19:38:06.27						
049	04	OYM	"P"	09	U/D-H	19:37:41.63	3.43	2.3	U	8 (L)	-622 E1 *	004 E0
			"S"	08	E/W	19:37:50.11						
			"F"	09	U/D-H	19:37:53.38						
			"F"	09	U/D-H	19:37:53.38						
050	05	SRY	"P"	0C	U/D-H	19:37:44.76	10.44	1.3	U	8 (L)	-175 E1	029 E0
			"S"	0C	N/S	19:37:55.20						
			"F"	0C	U/D-H	19:38:12.93						
			"F"	0C	U/D-H	19:38:12.93						
051	13	OKY	"P"	68	U/D-H	19:37:45.54	11.05	2.0	D	4 (N)	-090 E0	001 E0
			"S"	68	E/W	19:37:56.59						
			"F"	68	U/D-H	19:38:18.48						
			"F"	68	U/D-H	19:38:18.48						

***** PRELIMINARY HYPOCENTRAL DATA *****

IT	ORIGIN TIME (H M S)	REGION	LONGITUDE (D M S)	LATITUDE (D M S)	E+ (KM)	N+ (KM)	DEP (KM)	MAG	METHOD	VP (KM/S)	VP (KM/S)
1	19:37:30.80 (2.853)	16-13 OFF-IZU-PEN	139:09:57	34:52:01	-76.2 (1.3)	-125.3 (1.2)	20.1 (1.1)	1.9	FP	6.00	6.00
2	19:37:30.80 (2.853)	16-13 OFF-IZU-PEN	139:08:29	34:52:12	-78.5 (1.1)	-125.0 (1.2)	20.5 (1.0)	1.9	FP	6.10	6.20
3	19:37:30.80 (2.853)	16-13 IZU-PEN-C	139:08:27	34:52:15	-78.5 (1.3)	-124.9 (1.2)	20.5 (1.0)	1.9	FP	6.10	6.20
1	19:37:30.05 (8.48)	16-13 OFF-IZU-PEN	139:09:07	34:50:37	-77.5 (1.1)	-127.9 (1.3)	25.8 (1.0)	1.9	FP	6.00	6.00
2	19:37:30.05 (8.48)	15-13 IZU-PEN-C	139:07:17	34:50:05	-80.3 (1.3)	-128.9 (1.4)	26.6 (0.9)	1.9	FP	6.20	6.30
3	19:37:30.05 (8.48)	15-13 IZU-PEN-C	139:07:20	34:50:03	-80.2 (1.3)	-129.0 (1.4)	26.6 (0.9)	1.9	FP	6.20	6.30

Figs. 11(a)-2.

03

DATE TIME ----- 1980/08/15 06:30
SEISMIC NO. ----- 097*-----*
* SEISMIC PHASE DATA *

MEAS NO.	STATION NO. NAME	PHASE	CHANNEL NO. VECTOR	TIME (H M S)	INTERVAL (SEC)	MAG	U/D	AVE-FRO (HZ) (DST)	MAX AMP(P-P/2) (MU-KINE)	AV NOISE LVL (MU-KINE)
124	07 HOK	"P"	40 U/D-H	06:30:30.78				8 (L)		
		"S"	42 N/S	06:30:33.93	3.15				-213 E1 *	004 E0
		"F"	40 U/D-H	06:30:43.73	13.20	1.2				
125	04 OYM	"P"	09 U/D-H	06:30:36.60				6 (L)		
		"S"	04 N/S	06:30:44.36	7.44				-143 E1	004 E0
		"F"	09 U/D-H	06:30:55.12	13.52	1.3				
126	08 TAY	"P"	48 U/D-H	06:30:37.02				4 (N)		
		"S"	48 E/W	06:30:45.37	8.35				-529 E0	017 E0
		"F"	48 U/D-H	06:30:46.42	9.40	0.4				
127	13 OKY	"P"	68 U/D-H	06:30:40.69				4 (N)		
		"S"	68 E/W						-035 E0	001 E0
		"F"	63 U/D-H	06:30:43.29	2.50	-1.7				
128	05 SRY	"P"	00 U/D-H	06:30:49.17				3 (N)		
		"S"	00 N/S						449 E0	039 E0
		"F"	00 U/D-H	06:33:51.13	1.20	-1.5				

* PRELIMINARY HYPOCENTRAL DATA *

IT	ORIGIN TIME (H M S)	REGION	LONGITUDE (D M S)	LATITUDE (D M S)	E+ (KM)	N+ (KM)	DEP (KM)	MAG	METHOD ML PS	VP -- VP (KM/S)
1	06:30:26.48 (3.15)	15-14 12U-PEN-C	139:07:12	34:55:29	- 80.4 (1.1)	-118.9 (1.0)	23.2 (1.1)	0.0	FP	6.00 6.00
2	06:30:26.48 (3.15)	15-14 12U-PEN-C	139:05:45	34:55:33	- 82.6 (1.2)	-113.7 (1.0)	23.1 (1.0)	0.0	FP	6.10 6.20
3	06:30:26.48 (3.15)	15-14 12U-PEN-C	139:05:45	34:55:33	- 82.6 (1.2)	-118.7 (1.0)	23.1 (1.0)	0.0	FP	6.10 6.20

Figs. 11(a)-3.

04 DATE TIME ----- 1901/09/22 11:04
SEISMIC NO. ----- 266

***** SEISMIC PHASE DATA *****

MEAS NO.	STATION NO. NAME	PHASE	CHANNEL NO. VECTOR	TIME (H M S)	INTERVAL (SEC)	MAG	U/D	AVE-FREQ (HZ) (CST)	MAX AMP (P-P/2) (MU-KINE)	AV NOISE LVL (MU-KINE)
312	07 HOK	"P"	40 U/D-H	11:04:42.04	54.23	2.5	D	5 (N)	-213 E1 *	004 E0
		"S"	42 N/S							
		"F"	40 U/D-H	11:05:36.27						
313	04 OYM	"P"	09 U/D-H	11:04:43.23	3.03		U	7 (L)	-500 E1	004 E0
		"S"	0A N/S	11:04:56.23	52.70	2.5				
		"F"	09 U/D-H	11:05:40.93						
314	03 TAY	"P"	48 U/D-H	11:04:48.36	3.23		D	6 (L)	-430 E1 *	009 E0
		"S"	4A N/S	11:04:56.63	37.72	2.2				
		"F"	48 U/D-H	11:05:28.06						
315	05 SRY	"P"	0C U/D-H	11:04:51.33	10.22		D	4 (N)	140 E1	039 E0
		"S"	0C N/S	11:05:01.40	22.41	1.3				
		"F"	0C U/D-H	11:05:13.79						
316	13 OKY	"P"	68 U/D-H	11:04:52.45	11.19		D	4 (N)	332 E0	001 E0
		"S"	68 E/W	11:05:03.64	47.54	2.4				
		"F"	68 U/D-H	11:05:39.49						

***** PRELIMINARY HYPOCENTRAL DATA *****

IT	ORIGIN TIME (H M S)	REGION	LONGITUDE (D M S)	LATITUDE (D M S)	E+ (KM)	N+ (KM)	DEP (KM)	MAG	METHOD ML PS	VP -- VP (KM/S)
1	11:04:37.23 (8.05)	15-13 IZU-PEN-C	139:07:24	34:53:17	-30.1 (1.2)	-122.9 (1.2)	27.4 (1.0)	2.2	FP	6.00 6.00
2	11:04:37.23 (8.05)	15-13 IZU-PEN-C	139:05:32	34:52:47	-82.9 (1.3)	-123.9 (1.2)	28.2 (0.9)	2.2	FP	6.20 6.30
3	11:04:37.23 (8.05)	15-13 IZU-PEN-C	139:05:32	34:52:47	-82.9 (1.3)	-123.9 (1.2)	28.2 (0.9)	2.2	FP	6.20 6.30

Figs. 11(a)-4.

05

DATE TIME ----- 1980/08/31 04:10
SEISMIC NO. ----- 063

SEISMIC PHASE DATA										
MEAS NO.	STATION NO. NAME	PHASE	CHANNEL NO. VECTOR	TIME (H M S)	INTERVAL (SEC)	MAG	U/D	AVE-FRO (HZ) (CST)	MAX AMP(P-P/2) (MU-KINE)	AV NOISE LVL (MU-KINE)
075	07 HOK	"P"	40 U/D-H	04:10:25.54	3.01 37.60	2.1	U	4 (N)	-213 E1 *	004 E0
		"S"	42 N/S	04:10:23.55						
		"F"	40 U/D-H	04:11:03.14						
076	06 OYM	"P"	39 U/D-H	04:10:30.91	7.23 41.31	2.3	U	6 (L)	-49 E1 *	004 E0
		"S"	39 U/D-H	04:10:37.25						
		"F"	39 U/D-H	04:11:12.72						
077	08 TAY	"P"	48 U/D-H	04:10:32.03	3.53 35.71	2.1	U	4 (N)	-218 E1	008 E0
		"S"	48 E/W	04:10:40.61						
		"F"	48 U/D-H	04:11:07.74						
078	05 SRY	"P"	06 U/D-H	04:10:34.03	9.11 24.03	1.5	D	4 (N)	158 E1	039 E0
		"S"	09 N/S	04:10:43.14						
		"F"	06 U/D-H	04:10:58.11						
079	13 OKY	"P"	68 U/D-H	04:10:35.13	9.34 35.93	2.1	U	4 (N)	-351 E0	001 E0
		"S"	64 N/S	04:10:44.97						
		"F"	68 U/D-H	04:11:11.06						

PRELIMINARY HYPOCENTRAL DATA									
IT	ORIGIN TIME (H M S)	REGION	LONGITUDE (° S)	LATITUDE (° N S)	E* (KM)	N* (KM)	DEP. (KM)	MAG	METHOD VP -- VP WL PS (KM/S)
1	04:10:21.43 (3.01)	15-14 IZU-PEN-N	139:04:34	34:57:48	-34.3 (1.2)	-114.6 (0.9)	20.9 (1.1)	2.0	FP 6.00 6.00
2	04:10:21.43 (3.01)	15-14 IZU-PEN-N	139:03:00	34:53:00	-34.7 (1.3)	-114.2 (0.9)	20.0 (1.1)	2.0	FP 6.10 6.20
3	04:10:21.43 (3.01)	15-14 IZU-PEN-N	139:03:00	34:53:00	-34.5 (1.3)	-114.2 (0.9)	20.1 (1.1)	2.0	FP 6.17 6.23

Figs. 11(a)-5

06 DATE TIME ----- 1980/03/02 13:23
SEISMIC NO. ----- 547

* * * SEISMIC PHASE DATA * * *												
MEAS NO.	STATION NO.	NAME	PHASE	CHANNEL NO.	VECTOR	TIME (H M S)	INTERVAL (SEC)	MAG	U/D	AVE-FRG (42) (OST)	MAX AMP(P-P/2) (MU-KINE)	AV NOISE LVL (MU-KINE)
665	07	HOK	"P"	40	U/D-H	13:03:02.23	3.11	1.5	U	6 (L)	-223 E1 *	004 E0
			"S"	43	E/W	13:03:03.24						
			"F"	40	U/D-H	13:03:23.59						
666	04	OYM	"P"	09	U/D-H	13:03:06.64	7.27	1.5	U	7 (L)	327 E1	004 E0
			"S"	04	N/S	13:03:14.33						
			"F"	09	U/D-H	13:03:25.84						
667	05	SRY	"P"	00	U/D-H	13:03:09.74	4.15	-0.5	D	4 (N)	332 E0	039 E0
			"S"	00	N/S	13:03:13.99						
			"F"	00	U/D-H	13:03:13.99						
668	01	DDR	"P"	00	U/D-H	13:03:16.20	3.77	-0.5	U	4 (N)	-458 E0	007 E0
			"S"	02	E/W	13:03:20.67						
			"F"	00	U/D-H	13:03:20.67						

* PRELIMINARY HIPOCENTRAL DATA *

IT	ORIGIN TIME (H M S)	REGION	LONGITUDE (D M S)	LATITUDE (D M S)	E ⁺ (KM)	N ⁺ (KM)	DEP (KM)	MAG	METHOD	VP (KM/S)
1	13:02:56.58 (3.11)	14-14 SURUGA-BAY	139:47:11	35:03:24	-110.7 (22.1)	-109.5 (6.7)	20.0 (31.6)	0.4	FP	6.00
2	13:02:56.58 (3.11)	17-13 NEAR-IZUOSHIMA	139:31:19	34:49:33	-43.7 (23.9)	-130.1 (7.2)	20.0 (33.5)	0.4	FP	6.10
3	13:02:56.58 (3.11)	17-13 NEAR-IZUOSHIMA	139:32:51	34:49:15	-41.3 (23.8)	-130.7 (7.2)	20.0 (56.4)	0.4	FP	6.20
4	13:02:56.58 (3.11)	17-13 NEAR-IZUOSHIMA	139:33:33	34:49:04	-40.2 (23.8)	-131.0 (7.2)	20.0 (58.0)	0.4	FP	6.20
1	13:02:56.55 (7.39)	14-14 SURUGA-BAY	139:47:25	35:03:17	-110.3 (22.2)	-109.7 (6.7)	20.0 (31.2)	0.4	FP	6.00
2	13:02:56.55 (7.39)	17-13 NEAR-IZUOSHIMA	139:33:50	34:49:36	-44.4 (23.9)	-130.0 (7.3)	20.0 (52.7)	0.4	FP	6.10
3	13:02:56.55 (7.39)	17-13 NEAR-IZUOSHIMA	139:33:15	34:49:06	-40.7 (23.9)	-131.0 (7.3)	20.0 (57.4)	0.4	FP	6.20
4	13:02:56.55 (7.39)	18-13 NEAR-IZUOSHIMA	139:34:55	34:43:43	-33.2 (23.9)	-131.7 (7.3)	20.0 (62.7)	0.4	FP	6.20

Figs. 11(a)-6

07 DATE TIME 1980/09/02 13:23
SEISMIC NO. 564

SEISMIC PHASE DATA

MEAS NO.	STATION NO. NAME	PHASE	CHANNEL NO. VECTOR	TIME (H M S)	INTERVAL (SEC)	MAG	U/S	AVE-FRQ (HZ) (DST)	MAX AMP(P-P/2) (MU-KINE)	AV NOISE LVL (MU-KINE)
683	07 HOK	"P"	40 U/D-H	13:28:03.33	3.13			6 (L)	-177 E1	034 E0
		"S"	43 E/W	13:28:08.66	19.76					
		"F"	40 U/D-H	13:28:23.29		1.4				
684	04 OYM	"P"	09 U/D-H	13:28:02.14	6.52			7 (L)	-172 E1	004 E0
		"S"	04 N/S	13:28:13.56	20.09					
		"F"	09 U/D-H	13:28:29.21		1.4				
685	13 OKY	"P"	63 U/D-H	13:28:13.73			D	4 (N)	-019 E0	001 E0
		"S"	64 N/S							
		"F"	63 U/D-H	13:28:16.07	2.92	-1.3				
686	05 SRY	"P"	06 U/D-H	13:28:20.86	3.99	-3.5	D	2 (T)	400 E0	039 E0
		"S"	03 N/S							
		"F"	06 U/D-H	13:28:24.95						

PRELIMINARY HYPOCENTRAL DATA

IT	ORIGIN TIME (H M S)	REGION	LONGITUDE (D M S)	LATITUDE (D M S)	E+ (KM)	N+ (KM)	DEP- (KM)	MAG	METHOD	VP-- (KM/S)
1	13:27:59.25 (3.13)	16-13 SAGAMI-NADA	139:13:15	34:54:42	-71.1 (1.4)	-120.4 (1.3)	19.3 (1.1)	0.2	FP	6.00 6.00
2	13:27:59.25 (3.13)	16-13 SAGAMI-NADA	139:13:23	34:54:57	-70.8 (1.3)	-120.0 (1.2)	15.9 (1.2)	0.2	FP	6.00 6.20
3	13:27:59.25 (3.13)	16-14 SAGAMI-NADA	139:13:02	34:55:12	-71.3 (1.3)	-119.5 (1.2)	15.9 (1.2)	0.2	FP	6.00 6.20
1	13:28:00.23 (6.52)	16-14 SAGAMI-NADA	139:11:17	34:56:52	-74.1 (1.2)	-116.6 (1.1)	9.4 (1.6)	0.2	FP	6.00 6.00
2	13:28:00.23 (6.52)	16-14 SAGAMI-BAY	139:03:03	34:59:14	-79.0 (1.0)	-112.0 (0.9)	20.0 (3.7)	0.2	FP	5.70 5.90
3	13:28:00.23 (6.52)	15-14 SAGAMI-NADA	139:11:21	34:56:41	-74.0 (1.2)	-116.7 (1.1)	7.5 (2.0)	0.2	FP	6.10 6.20
4	13:28:00.23 (6.52)	15-14 IZU-PEW-N	139:07:13	34:59:43	-80.1 (1.0)	-110.9 (0.9)	20.0 (0.8)	0.2	FP	5.70 5.90
5	13:28:00.23 (6.52)	16-14 SAGAMI-NADA	139:11:24	34:56:43	-73.9 (1.2)	-116.3 (1.1)	7.4 (2.1)	0.2	FP	6.10 6.20

Figs. 11(a)-7.

08 DATE TIME ----- 1980/09/04 14:06
SEISMIC NO. ----- 343

SEISMIC PHASE DATA

NEAS NO.	STATION NO.	NAME	PHASE	CHANNEL NO.	VECTOR	TIME (H M S)	INTERVAL (SEC)	MAG	U/D	AVE-FRQ (HZ)	(DST)	MAX AMP(P-P/2) (MU-KINE)	AV NOISE LVL (MU-KINE)
433	07	HOK	"P"	40	U/D-H	14:06:56.40	2.95		U	6	(L)	-213 E1 *	004 E0
			"S"	42	N/S	14:06:59.75	37.29	2.1					
			"F"	40	U/D-H	14:07:33.59							
434	04	OYM	"P"	09	U/D-H	14:07:01.55	6.37		U	8	(L)	-445 E1	004 E0
			"S"	04	N/S	14:07:08.45	43.30	2.3					
			"F"	09	U/D-H	14:07:45.33							
435	08	TAY	"P"	48	U/D-H	14:07:02.72	2.24		U	6	(L)	-437 E1 *	017 E0
			"S"	48	E/W	14:07:12.02	32.34	1.9					
			"F"	48	U/D-H	14:07:53.12							
436	01	DDR	"P"	03	U/D-H	14:07:54.31	20.55	2.5	U	6	(L)	116 E1	007 E0
			"S"	02	E/W	14:07:54.32	54.71						
			"F"	00	U/D-H	14:07:59.14							
437	05	SRY	"P"	06	U/D-H	14:07:04.73	13.25	1.2	0	6	(L)	-191 E1	039 E0
			"S"	09	N/S								
			"F"	06	U/D-H	14:07:22.73							

PRELIMINARY HYPOCENTRAL DATA

IT	ORIGIN TIME (H M S)	REGION	LONGITUDE (° N S)	(° N S)	(° N S)	LATITUDE (° N S)	(° N S)	(° N S)	EP	(K)	(K)	DEP (KM)	MAG	METHOD	VP (KM/S)
1	14:06:52.37 (2.95)	15-14 IZU-PEN-N	139:04:42	34:53:27	-84.1 (1.2)	-113.4 (0.8)	19.5 (1.2)	2.0	FP	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
2	14:06:52.37 (2.95)	15-14 IZU-PEN-N	139:03:39	34:53:55	-85.7 (1.2)	-112.5 (0.8)	17.5 (1.2)	2.0	FP	6.00	6.10	6.00	6.10	6.00	6.10
3	14:06:52.37 (2.95)	15-14 IZU-PEN-N	139:03:37	34:59:00	-85.7 (1.2)	-112.3 (0.8)	17.4 (1.3)	2.0	FP	6.00	6.10	6.00	6.10	6.00	6.10

Figs. 11(a)-8.

09		DATE TIME		1980/09/03 12:43		SEISMIC NO.		312		***** SEISMIC PHASE DATA *****									
HEADS	STATION	PHASE	CHANNEL	TIME	INTERVAL	MAG	U/D	AVE-FRQ	MAX AMP(P-P/2)	AV NOISE LVL									
NO.	NO.	NAME	NO.	VECTOP	(H M S)	(SEC)		(HZ) (DST)	(MU-KINE)	(MU-KINE)									
451	07	HOK	"P"	40	U/D-H	12:43:27.72					U	7	(L)						004 E0
			"S"	42	N/S														
			"F"	40	U/D-H	12:43:54.37	27.05	1.7											-213 E1 *
452	04	OTM	"P"	09	U/D-H	12:43:34.31					U	6	(L)						007 E0
			"S"	0A	N/S	12:43:41.43	7.47												
			"F"	09	U/D-H	12:43:55.35	21.35	1.4											-567 E1 *
453	08	TAY	"P"	48	U/D-H	12:43:35.73													
			"S"	4B	E/F														
			"F"	48	U/D-H	12:43:39.79	4.09	-0.6											-461 E0
454	13	OKY	"P"	68	U/D-H	12:43:37.32					U	4	(N)						078 E0
			"S"	6A	N/S		16.55	1.2											
			"F"	63	U/D-H	12:43:51.52													003 E0
455	05	SRY	"P"	0C	U/D-H	12:43:37.32													
			"S"	0D	N/S														
			"F"	0C	U/D-H	12:43:40.28	2.70	-1.3											273 E0
***** PRELIMINARY HYPOCENTRAL DATA *****																			
IT	ORIGIN TIME	REGION	LONGITUDE	LATITUDE	E+ (KM)	N+ (KM)	DEP (KM)	MAG	METHOD	VP (KM/S)	PS (KM/S)	FP (KM/S)	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
1	12:43:23.81 (7.47)	15-14 12U-PEN-C	133:57:11	34:56:55	-92.5 (1.5)	-116.4 (1.0)	20.8 (1.0)	0.5	FP	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
2	12:43:23.81 (7.47)	15-14 12U-PEN-C	133:57:18	34:57:04	-95.4 (1.5)	-115.8 (1.0)	18.7 (1.2)	0.5	FP	6.10	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20
3	12:43:23.81 (7.47)	15-14 12U-PEN-N	133:56:33	34:57:44	-96.4 (1.5)	-114.6 (0.9)	16.7 (1.3)	0.5	FP	6.00	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20
4	12:43:23.81 (7.47)	15-14 12U-PEN-N	133:56:30	34:57:54	-96.6 (1.5)	-114.3 (0.9)	16.2 (1.4)	0.5	FP	6.00	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20

Figs. 11(a)-9.

10 DATE TIME ----- 1980/09/12 21:20
SEISMIC NO. ----- 680

* SEISMIC PHASE DATA *

MEAS NO.	STATION NO. NAME	PHASE	CHANNEL NO. VECTOR	TIME (H M S)	INTERVAL (SEC)	MAG	U/D	AVE-FRQ (HZ) (DST)	MAX AMP(P-P/2) (MU-KINE)	AV NOISE LVL (MU-KINE)
769	07 HOK	"P" "S" "F"	40 U/D-H 42 N/S 40 U/D-H	21:20:44.33 21:21:33.99	49.66	2.5	D	7 (L)	-213 E1 *	004 E0
770	08 TAY	"P" "S" "F"	48 U/D-H 48 U/D-H 48 U/D-H	21:20:51.30 21:21:00.58 21:21:26.28	9.38 34.98	2.0	U	2 (T)	-205 E1	017 E0
771	04 OYM	"P" "S" "F"	09 U/D-H 04 N/S 09 U/D-H	21:20:51.66 21:21:00.18 21:21:37.95	8.52 46.29	2.4	U	10 (L)	486 E1 *	004 E0
772	05 SRY	"P" "S" "F"	00 U/D-H 00 N/S 00 U/D-H	21:20:54.33 21:21:05.18 21:21:15.33	10.35 21.35	1.4	U	6 (L)	172 E1	019 E0
773	13 OKY	"P" "S" "F"	68 U/D-H 6A N/S 68 U/D-H	21:20:55.12 21:21:24.37	29.75	1.2	D	4 (N)	190 E0	002 E0

* PRELIMINARY HYPOCENTRAL DATA *

IT	ORIGIN TIME (H M S)	REGION	LONGITUDE (° N S)	LATITUDE (° N S)	E+ (KM)	N+ (KM)	DEP (KM)	MAG	METHOD ML PS	VP---VP (KM/S)
1	21:20:40.02 (8.52)	16-13 OFF-IZU-PEN	139:03:13	34:50:05	-78.4 (1.2)	-128.9 (1.4)	24.0 (0.9)	2.0	FP	6.00 6.00
2	21:20:40.02 (8.52)	15-13 IZU-PEN-C	139:04:58	34:50:06	-80.8 (1.2)	-128.8 (1.3)	24.2 (0.9)	2.0	FP	6.10 6.20
3	21:20:40.02 (8.52)	15-13 IZU-PEN-C	139:04:58	34:50:06	-80.8 (1.2)	-128.8 (1.3)	24.2 (0.9)	2.0	FP	6.10 6.20
1	21:20:40.69 (10.35)	16-13 OFF-IZU-PEN	139:09:21	34:51:24	-77.1 (1.1)	-126.5 (1.3)	19.0 (1.1)	2.0	FP	6.00 6.00
2	21:20:40.69 (10.35)	16-13 OFF-IZU-PEN	139:03:06	34:52:10	-79.0 (1.1)	-125.0 (1.2)	18.7 (1.0)	2.0	FP	6.00 6.10
3	21:20:40.69 (10.35)	16-13 OFF-IZU-PEN	139:03:07	34:52:12	-79.0 (1.1)	-125.0 (1.2)	18.7 (1.0)	2.0	FP	6.00 6.10

Figs. 11(a)-10.

11 DATE TIME ----- 1980/09/16 16:51
SEISMIC NO. ----- 636

***** SEISMIC PHASE DATA *****

HEAD NO.	STATION NO. NAME	PHASE	CHANNEL NO. VECTOR	TIME (H M S)	INTERVAL (SEC)	MAG	U/D	AVE-FRG (HZ) (DST)	MAX AMP(P-P/2) (MU-KINE)	AV NOISE LVL (MU-KINE)
763	07 HOK	-P- -S- -F-	40 U/D-H 42 N/S 40 U/D-H	16:51:27.39 16:52:59.58	91.69	3.2	D	6 (L)	-213 E1 *	004 E0
764	08 TAY	-P- -S- -F-	48 U/D-H 4A N/S 48 U/D-H	16:51:34.64 16:51:43.90 16:52:39.39	9.26 64.75	2.9	U	6 (L)	-430 E1 *	025 E0
765	04 OYM	-P- -S- -F-	09 U/D-H 0A N/S 09 U/D-H	16:51:35.00 16:53:01.44	86.44	3.2	U	6 (L)	-503 E1 *	004 E0
766	13 OKY	-P- -S- -F-	68 U/D-H 6A N/S 68 U/D-H	16:51:38.48 16:51:49.58 16:53:01.33	11.10 82.85	3.1	D	4 (N)	-556 E0 *	001 E0
767	03 KYS	-P- -S- -F-	06 U/D-H 06 U/D-H	16:51:39.65 16:52:41.13	61.43	2.7	U	1 (T)		059 E0

***** PRELIMINARY HYPOCENTRAL DATA *****

IT	ORIGIN TIME (H M S)	REGION	LONGITUDE (D M S)	LATITUDE (D M S)	E+ (KM)	N+ (KM)	DEP (KM)	MAG	METHOD ML PS	VP -- VP (KM/S)
1	16:51:21.99 (9.26)	15-13 IZU-PEN-C	139:07:09	34:47:44	- 80.6 (1.3)	-133.2 (1.6)	34.1 (0.9)	3.0	FP	6.00 6.00
2	16:51:21.99 (9.26)	15-13 IZU-PEN-S	139:04:07	34:45:20	- 85.2 (1.5)	-137.6 (1.7)	34.5 (0.9)	3.0	FP	6.30 6.50
3	16:51:21.99 (9.26)	15-13 IZU-PEN-S	139:04:08	34:45:21	- 85.2 (1.5)	-137.6 (1.7)	34.4 (0.9)	3.0	FP	6.30 6.50
1	16:51:23.32 (11.10)	16-13 OFF-IZU-PEN	139:03:41	34:50:16	- 78.2 (1.2)	-128.6 (1.4)	25.6 (1.0)	3.0	FP	6.00 6.00
2	16:51:23.32 (11.10)	15-13 IZU-PEN-C	139:06:47	34:49:42	- 81.1 (1.3)	-129.6 (1.4)	26.3 (0.9)	3.0	FP	6.20 6.30
3	16:51:23.32 (11.10)	15-13 IZU-PEN-C	139:03:51	34:49:40	- 81.0 (1.3)	-129.6 (1.4)	26.3 (0.9)	3.0	FP	6.20 6.30

Figs. 11(a)-11.

12 DATE TIME 1980/09/17 09:32
SEISMIC NO. 151

* SEISMIC PHASE DATA *

MEAS NO.	STATION NO. NAME	PHASE	CHANNEL NO. VECTOR	TIME (H M S)	INTERVAL (SEC)	MAG	U/D	AVE-FRG (HZ) (OST)	MAX AMP (P-P/2) (MU-KINE)	AV NOISE LVL (MU-KINE)
174	07 HOK	"P"	40 U/D-H	09:32:52.54	3.66		D	6 (L)	218 E1 *	004 E0
		"S"	43 E/W	09:33:19.20	27.16	1.7				
		"f"	40 U/D-H	09:33:19.70						
175	04 OYM	"P"	09 U/D-H	09:32:53.81	7.02		D	6 (L)	-261 E1	004 E0
		"S"	04 N/S	09:33:05.33	19.93	1.4				
		"f"	09 U/D-H	09:33:18.79						
176	13 OKY	"P"	68 U/D-H	09:33:02.38	10.26		D	6 (L)	127 E0	001 E0
		"S"	68 E/W	09:33:12.64	19.04	1.3				
		"f"	68 U/D-H	09:33:21.42						
177	08 TAY	"P"	48 U/D-H	09:33:09.28	2.75	-1.3	D	3 (N)	546 E0	017 E0
		"S"	48 E/W							
		"f"	48 U/D-H	09:33:12.03						

* PRELIMINARY HYPOCENTRAL DATA *

IT	ORIGIN TIME (H M S)	REGION	LONGITUDE (D M S)	LATITUDE (D M S)	E+ (KM)	N+ (KM)	DEP (KM)	MAG	METHOD ML PS	VP -- VP (KM/S)
1	09:32:47.54 (3.66)	16-13 SAGAMI-NADA	139:14:30	34:50:56	-69.3 (1.4)	-127.4 (1.5)	23.6 (1.1)	0.8	FP	6.00 6.00
2	09:32:47.54 (3.66)	16-13 SAGAMI-NADA	139:15:55	34:50:13	-67.1 (1.5)	-128.7 (1.5)	20.7 (1.4)	0.8	FP	6.10 6.30
3	09:32:47.54 (3.66)	16-13 SAGAMI-NADA	139:15:42	34:50:25	-67.5 (1.5)	-128.4 (1.5)	20.8 (1.4)	0.8	FP	6.10 6.30
1	09:32:48.36 (10.26)	16-13 SAGAMI-NADA	139:12:54	34:52:54	-71.7 (1.3)	-123.7 (1.4)	13.9 (1.0)	0.8	FP	6.00 6.00
2	09:32:48.36 (10.26)	16-13 SAGAMI-NADA	139:13:09	34:53:13	-71.3 (1.3)	-123.2 (1.3)	16.6 (1.2)	0.8	FP	6.00 6.20
3	09:32:48.36 (10.26)	16-13 SAGAMI-NADA	139:12:57	34:53:23	-71.6 (1.3)	-122.9 (1.3)	16.7 (1.1)	0.8	FP	6.00 6.20

Figs. 11(a)-12.

13 DATE TIME ----- 1980/10/06 00:31
SEISMIC NO. ----- 002

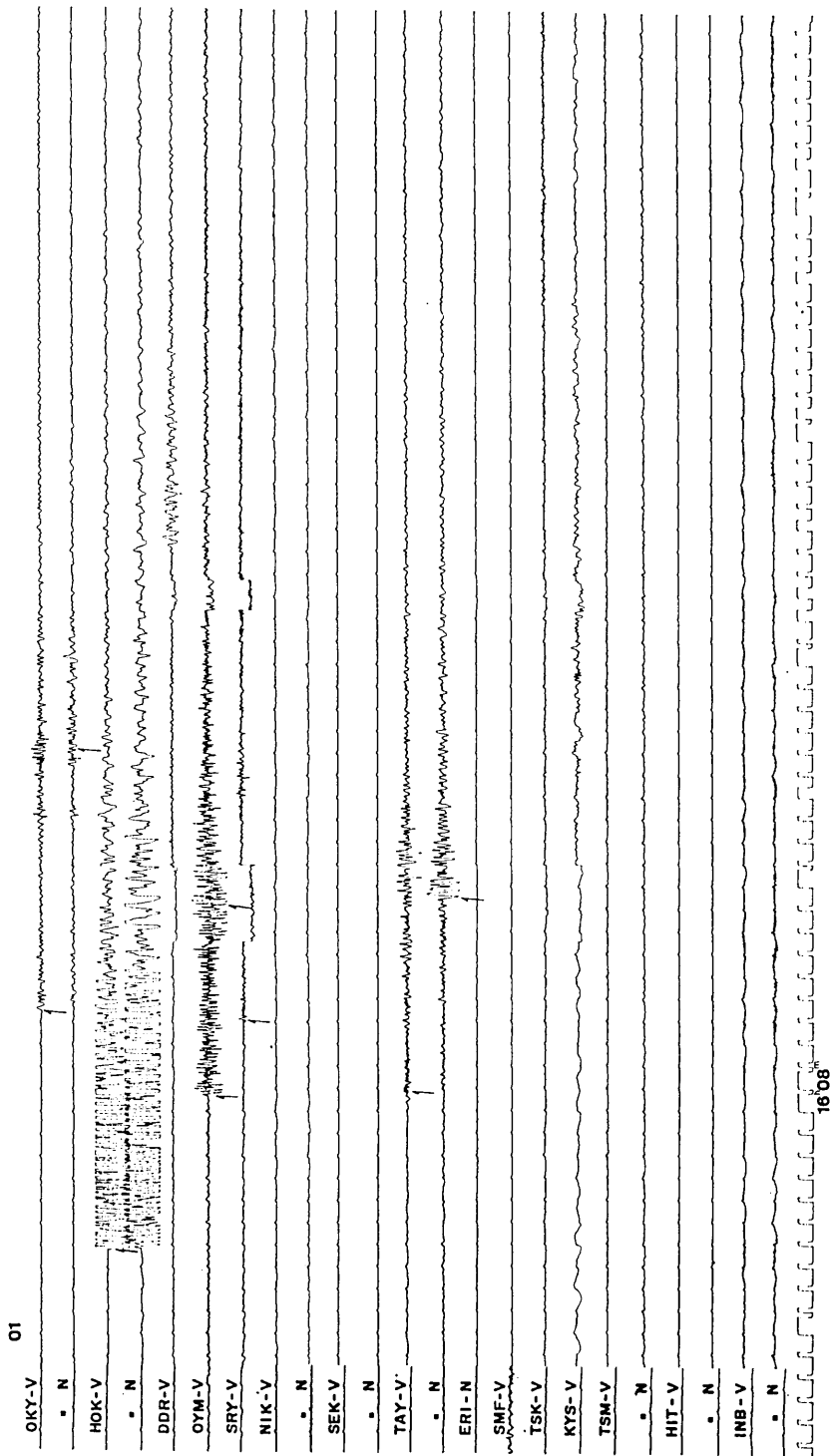
***** SEISMIC PHASE DATA *****

MEAS NO.	STATION NO. NAME	PHASE	CHANNEL NO. VECTOR	TIME (H M S)	INTERVAL (SEC)	MAG	U/D	AVE-FRQ (HZ) (CST)	MAX AMP(P/2) (MU-KINE)	AV NOISE LVL (MU-KINE)
003	07 HOK	"P"	40 U/D-H	00:31:16.19	2.79		U	8 (L)		
		"S"	43 E/W	00:31:19.18	2.79					
		"F"	40 U/D-H	00:31:56.47	4.23	2.2			-223 E1 *	004 F0
004	08 TAY	"P"	48 U/D-H	00:31:21.47	9.57		U	6 (L)	218 E1	017 E0
		"S"	43 E/W	00:31:30.16	28.35	1.3				
		"F"	48 U/D-H	00:31:50.32	7.94					
005	04 OYM	"P"	09 U/D-H	00:31:22.03	7.94		D	8 (L)	502 E1 *	002 E0
		"S"	04 N/S	00:31:30.02	48.30	2.4				
		"F"	09 U/D-H	00:32:10.38						
006	01 DOR	"P"	00 U/D-H	00:31:23.52	24.03		U	3 (N)	-427 E1	007 E0
		"S"	02 E/W	00:31:47.55	56.53	2.5				
		"F"	00 U/D-H	00:32:20.10						
007	06 ASK	"P"	0F U/D-H	00:31:25.03	3.33	-1.7	U	4 (N)	-058 E0	
		"S"	11 E/W							
		"F"	0F U/D-H	00:31:28.41						

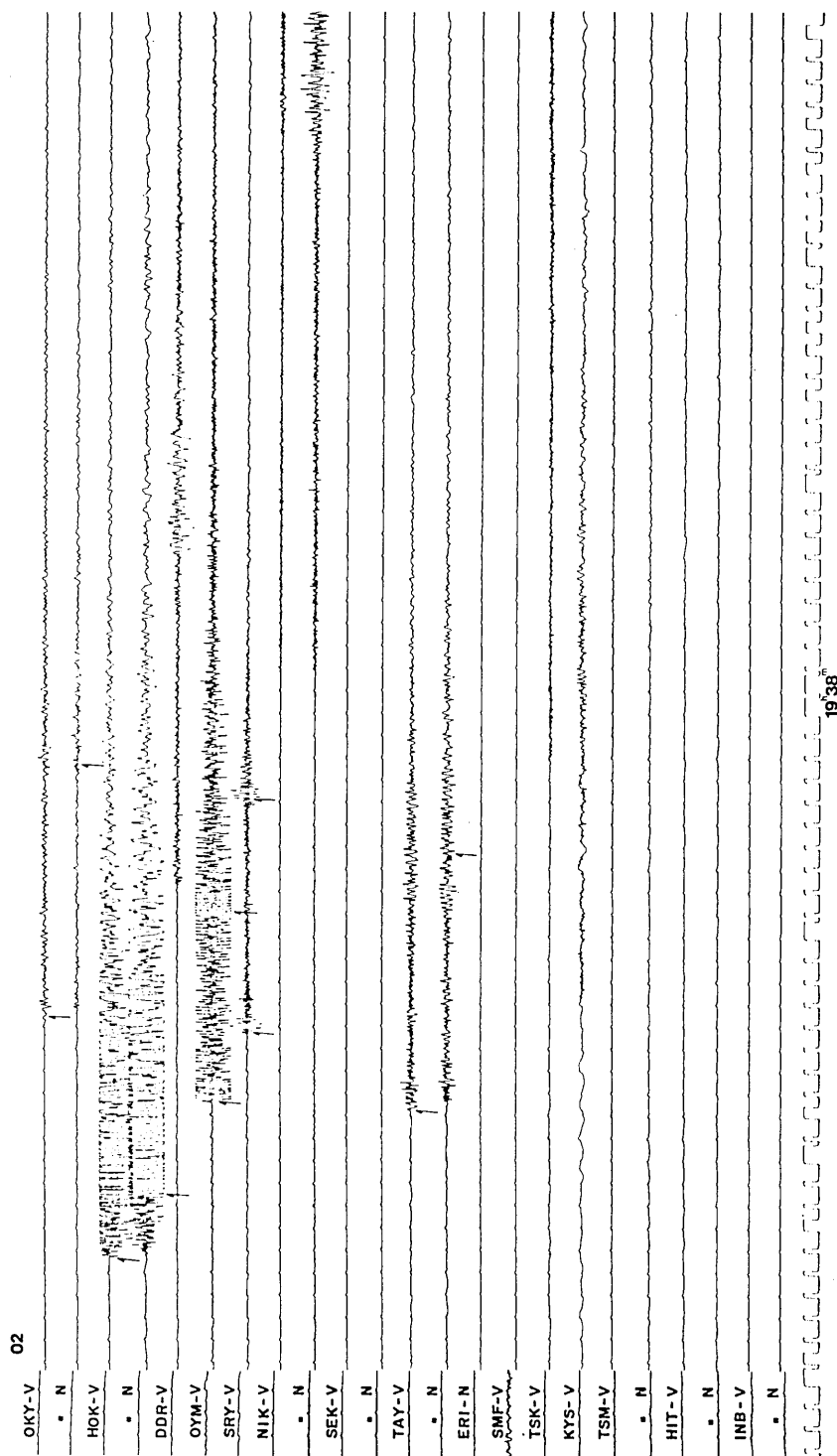
***** PRELIMINARY HYPOCENTRAL DATA *****

IT	ORIGIN TIME (H M S)	REGION	LONGITUDE (D M S)	LATITUDE (D M S)	E+ (KM)	N+ (KM)	DEP (KM)	MAG	METHOD	VP -- Vp (KM/S)
1	00:31:12.11 (2.96)	16-13 SAGAMI-NADA	139:12:43	34:54:20	-72.0 (0.9)	-121.1 (1.1)	17.6 (1.2)	2.2	FP 31	6.00 6.00
2	00:31:12.11 (2.99)	16-13 SAGAMI-NADA	139:12:31	34:53:52	-72.3 (0.9)	-121.9 (1.1)	18.2 (1.2)	2.2	FP 31	6.00 6.10
3	00:31:12.11 (2.99)	16-13 SAGAMI-NADA	139:12:31	34:52:52	-72.3 (0.9)	-121.9 (1.1)	13.2 (1.5)	2.2	FP 31	6.00 6.10
1	00:31:11.23 (7.94)	16-13 SAGAMI-NADA	139:12:01	34:52:54	-73.0 (1.0)	-123.7 (1.2)	25.6 (1.2)	2.2	FP 31	6.00 6.00
2	00:31:11.23 (7.94)	16-13 OFF-Izu-PEN	139:11:23	34:51:28	-74.0 (1.1)	-126.4 (1.3)	27.4 (1.1)	2.2	FP 31	6.20 6.30
3	00:31:11.23 (7.94)	16-13 OFF-Izu-PEN	139:11:23	34:51:28	-74.0 (1.1)	-126.4 (1.3)	27.4 (1.1)	2.2	FP 31	6.20 6.30

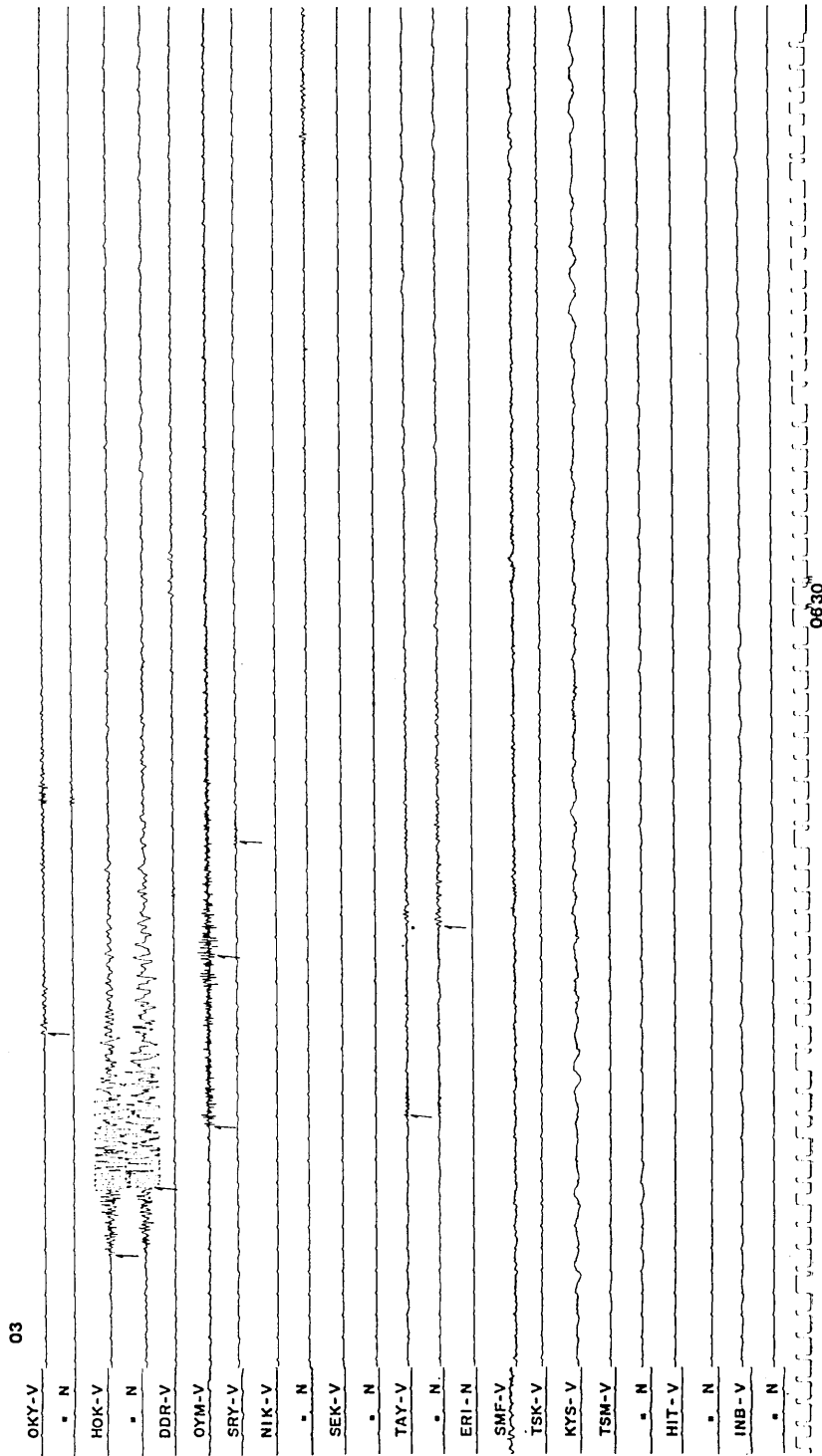
Figs. 11(a)-1~13. Examples of the line printer outputs of the RTPS for the events of the earthquake swarm east off Izu Peninsula of 1980.



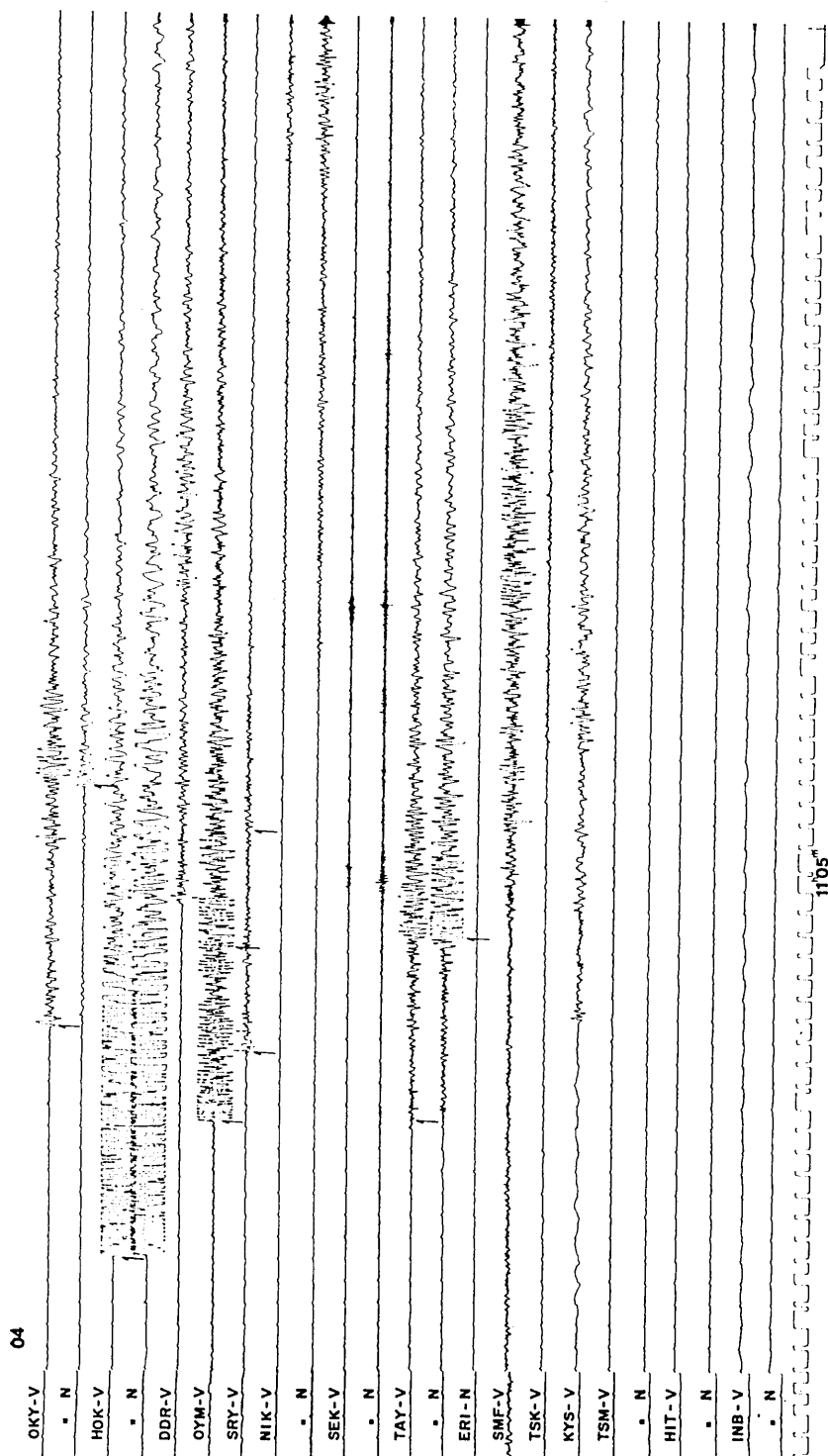
Figs. 11(b)-1.



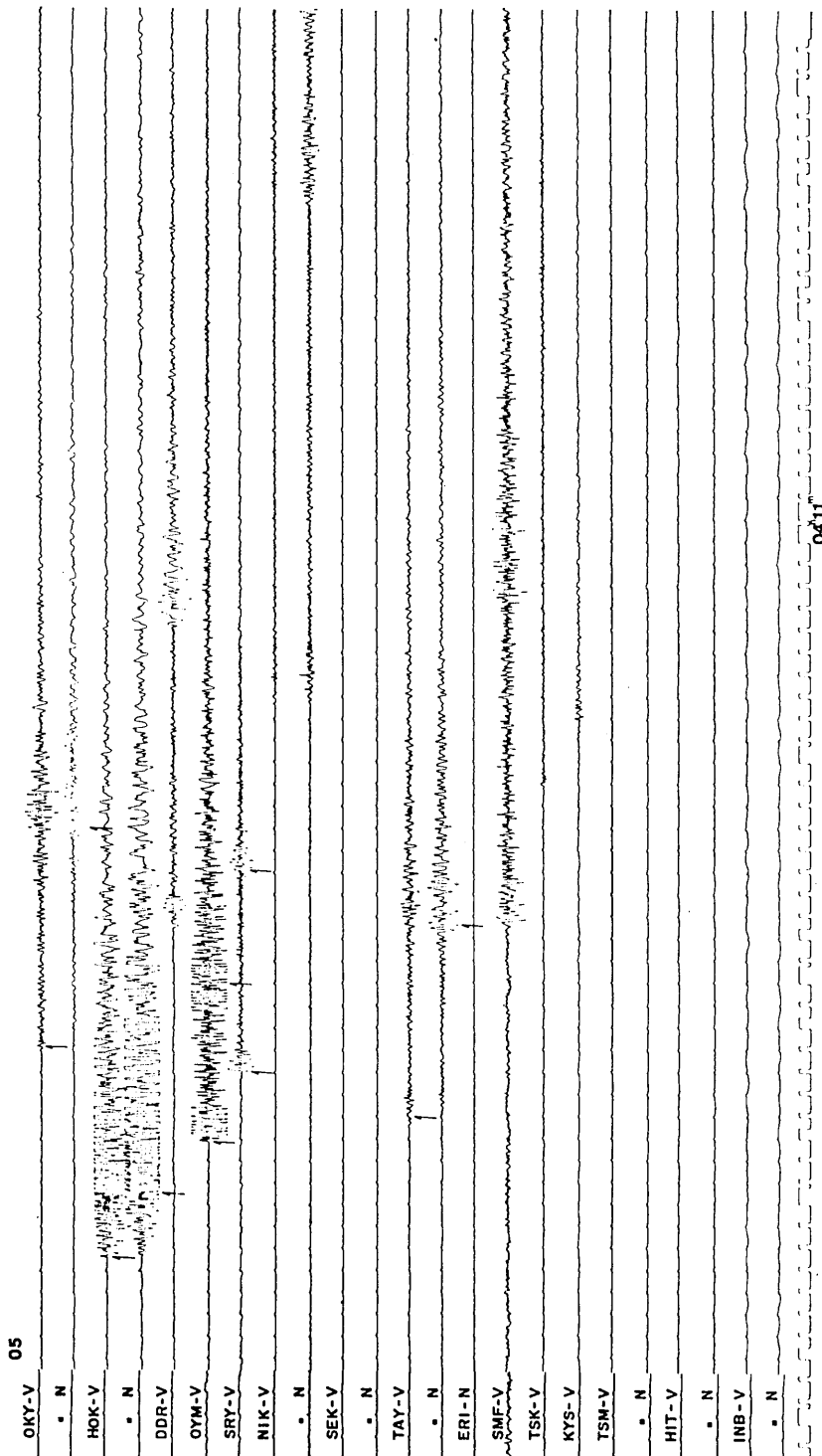
Figs. 11(b)-2.



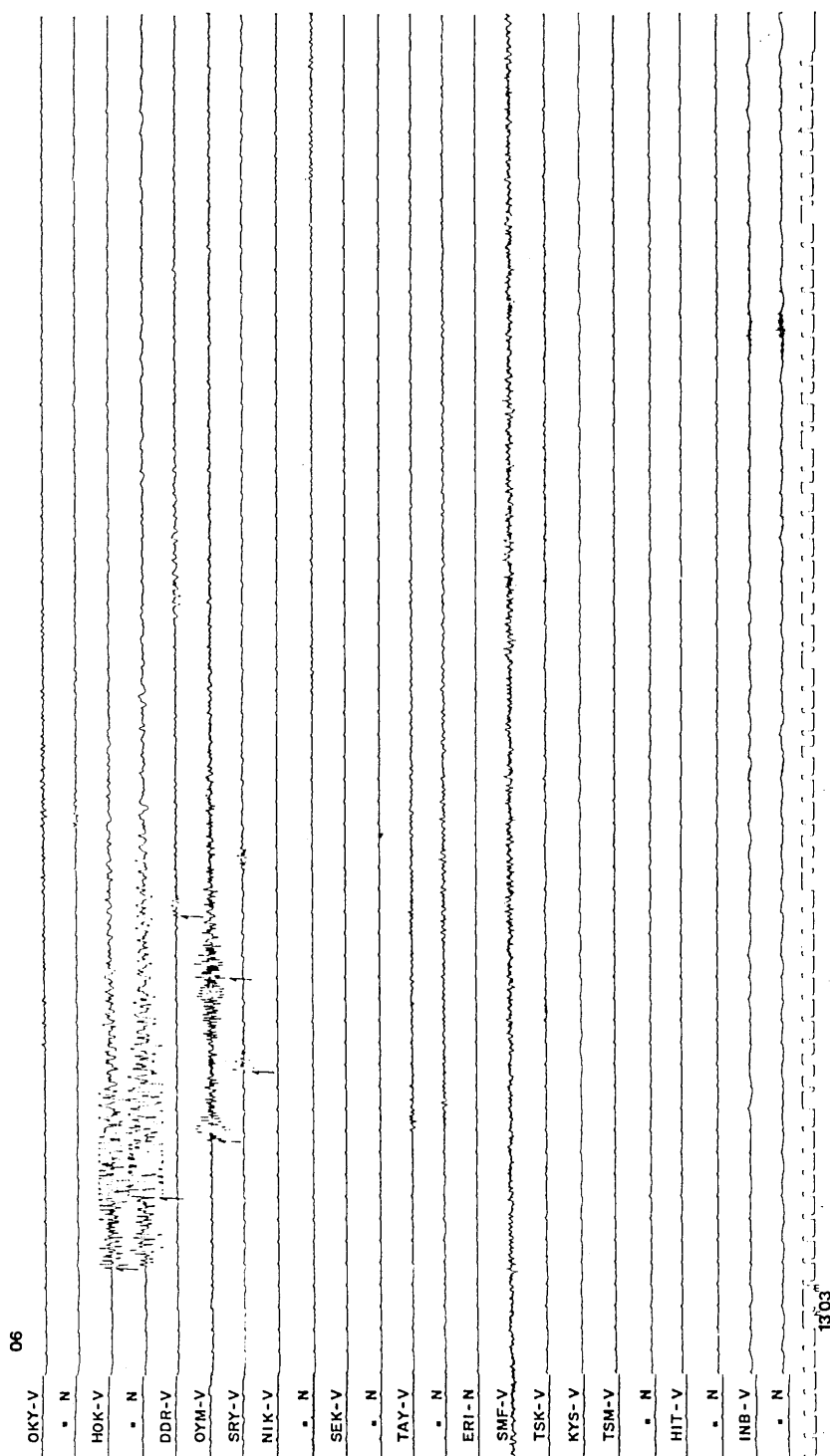
Figs. 11(b)-3.



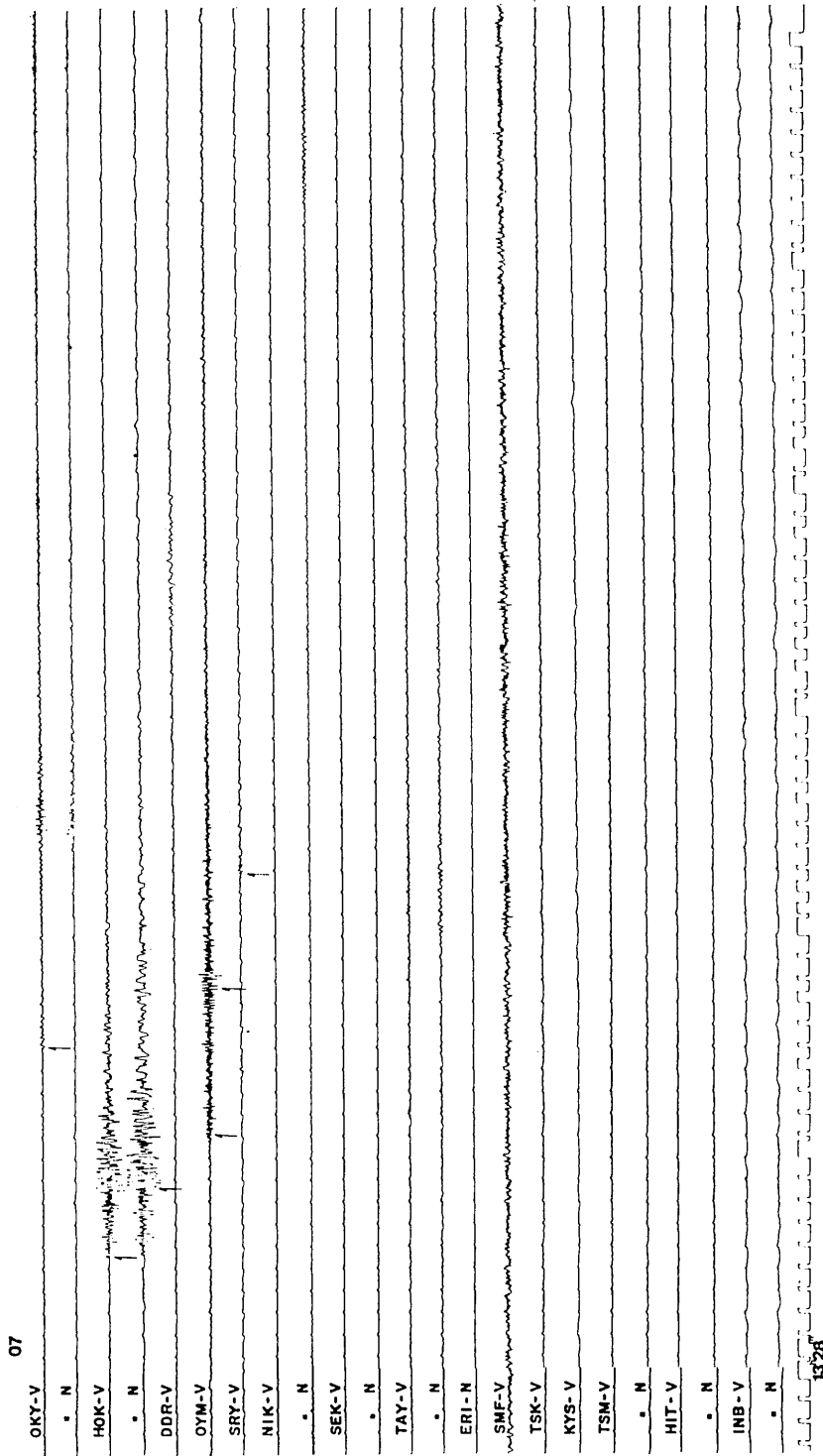
Figs. 11(b)-4.



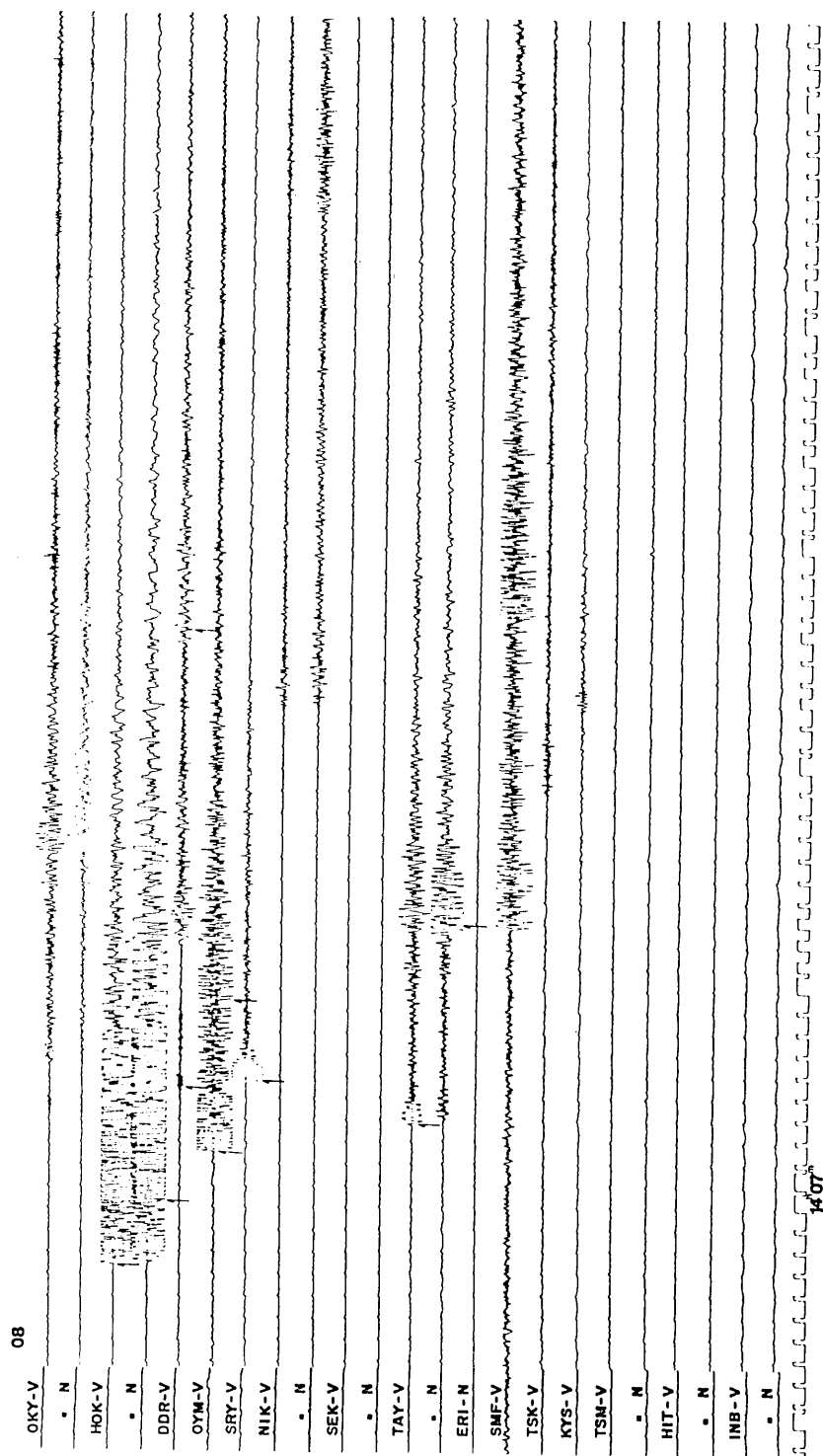
Figs. 11(b)-5.



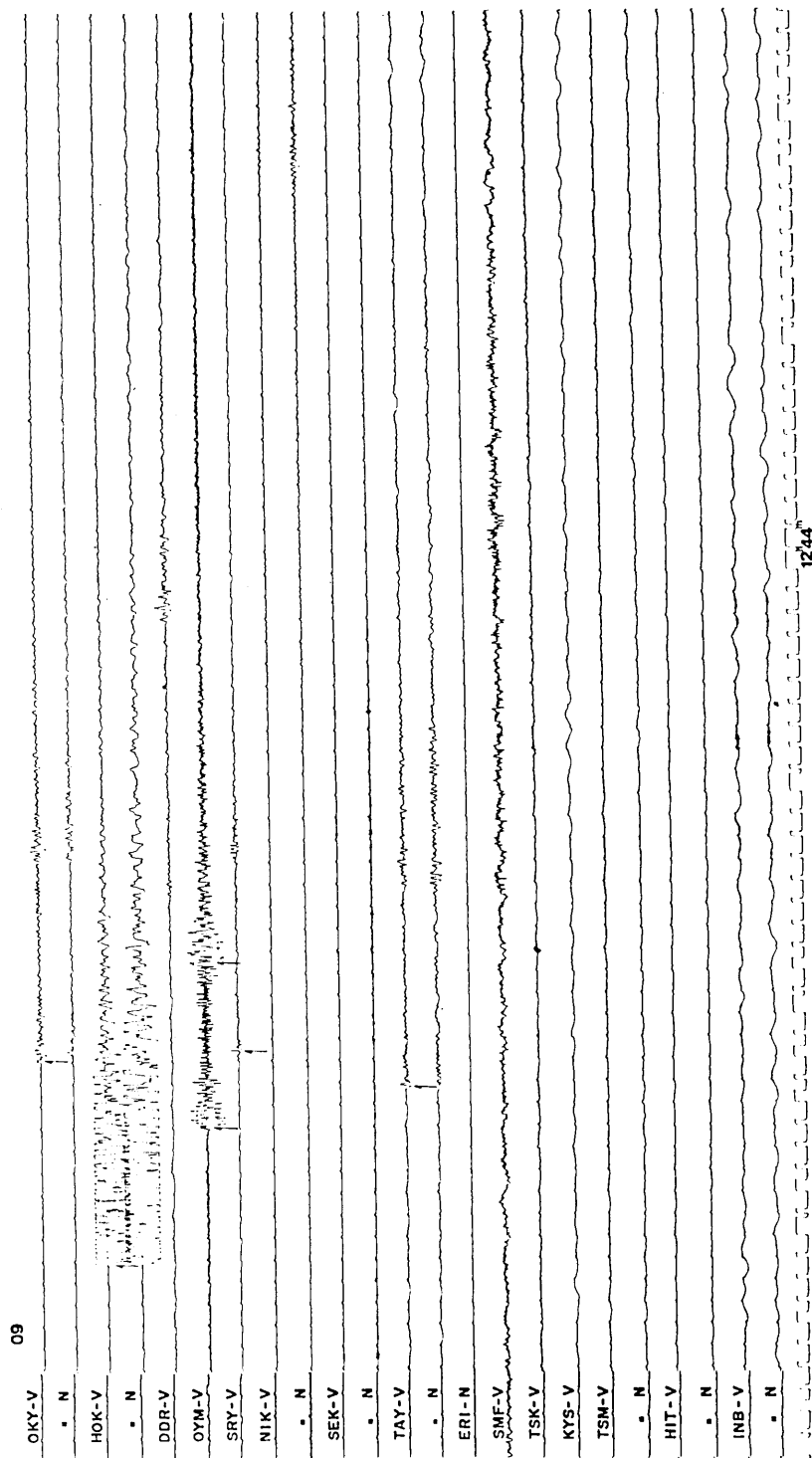
Figs. 11(b)-6.



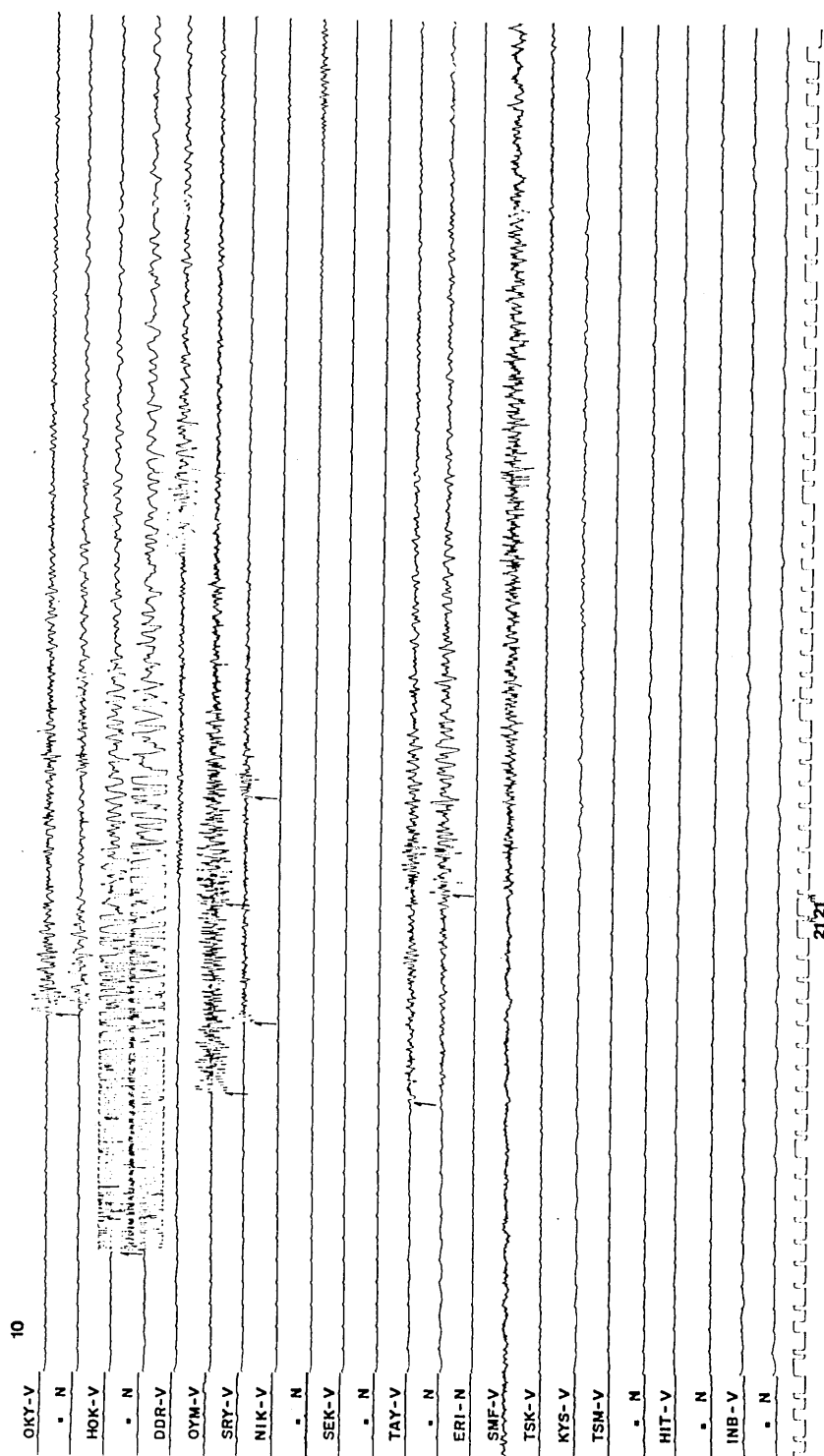
Figs. 11(b)-7.



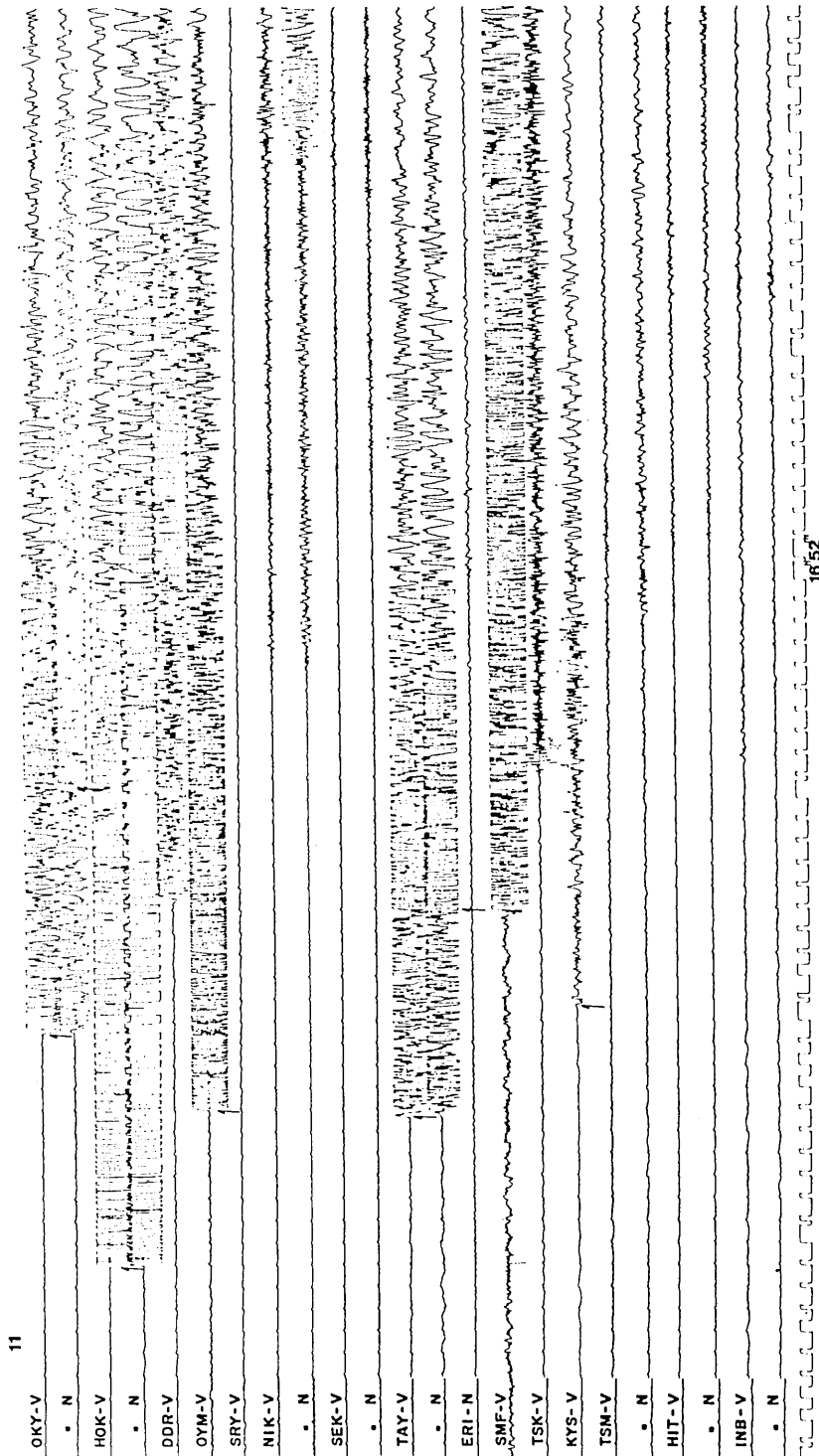
Figs. 11(b)-8.



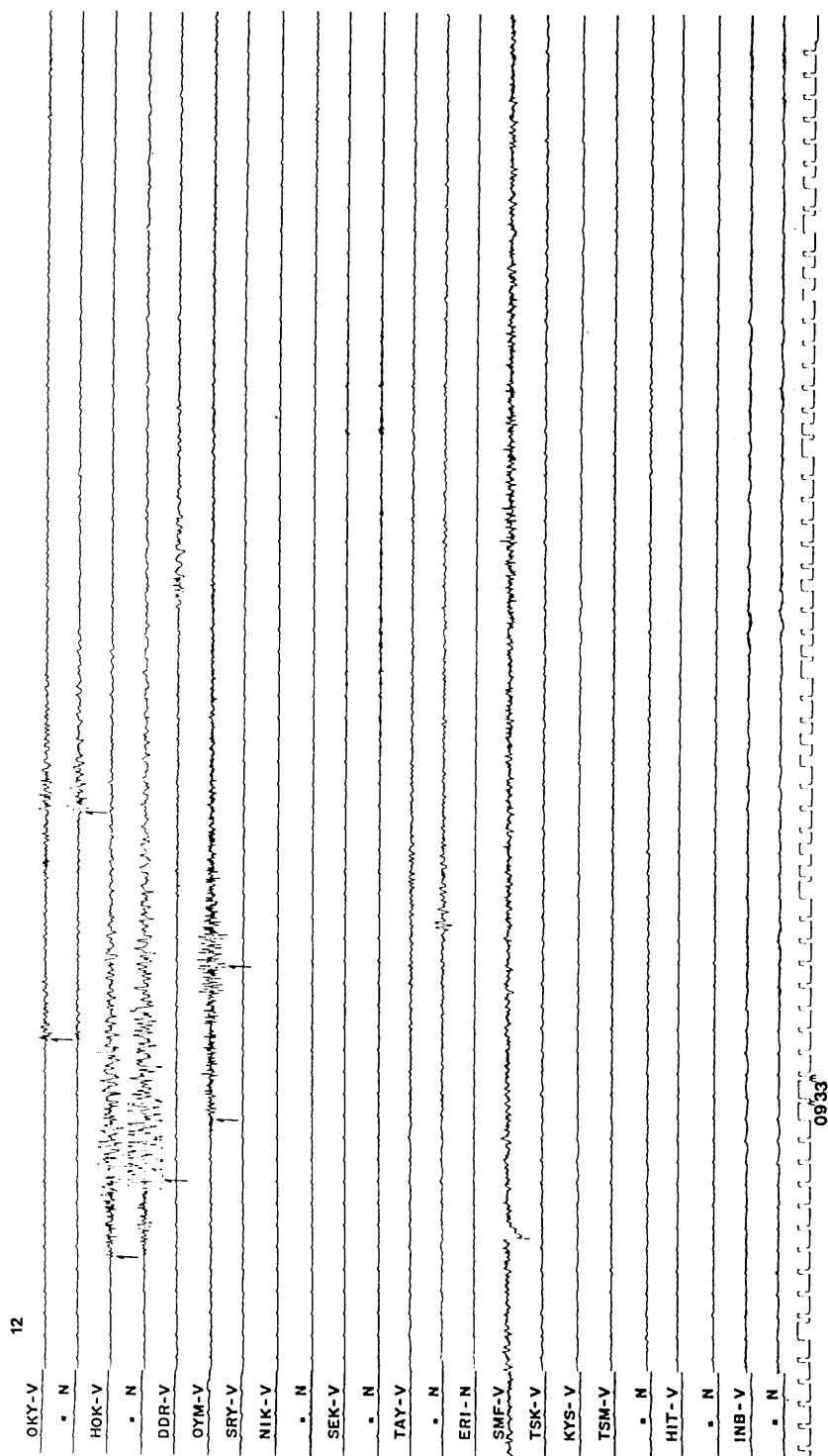
Figs. 11(b)-9.



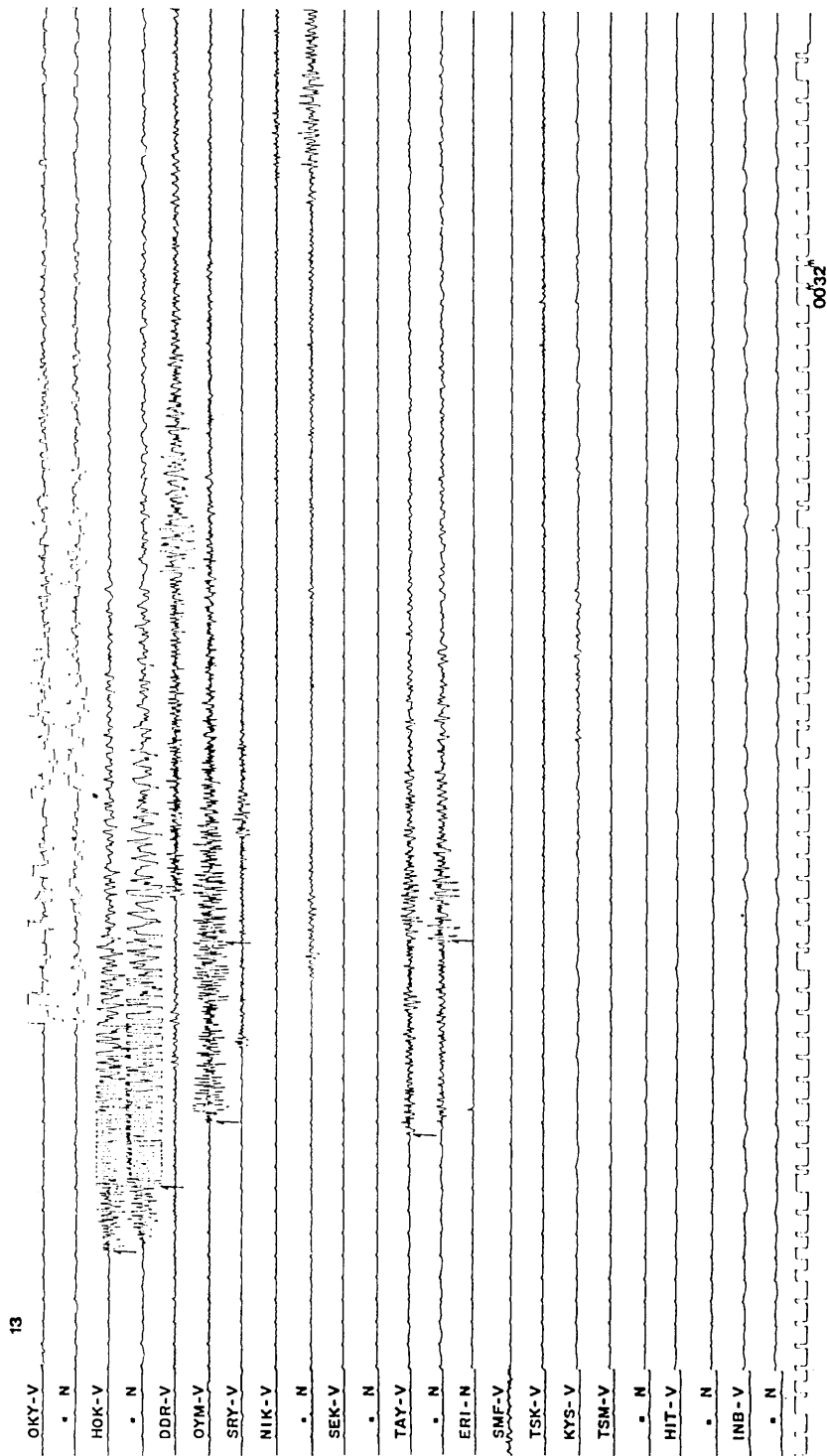
Figs. 11(b)-10.



Figs. 11(b)-II.



Figs. 11 (b)-12.



Figs. 11(b)-1~13. Multi-channel seismograms (23 channels) for the events corresponding to the line printer outputs as shown in Fig. 11(a).

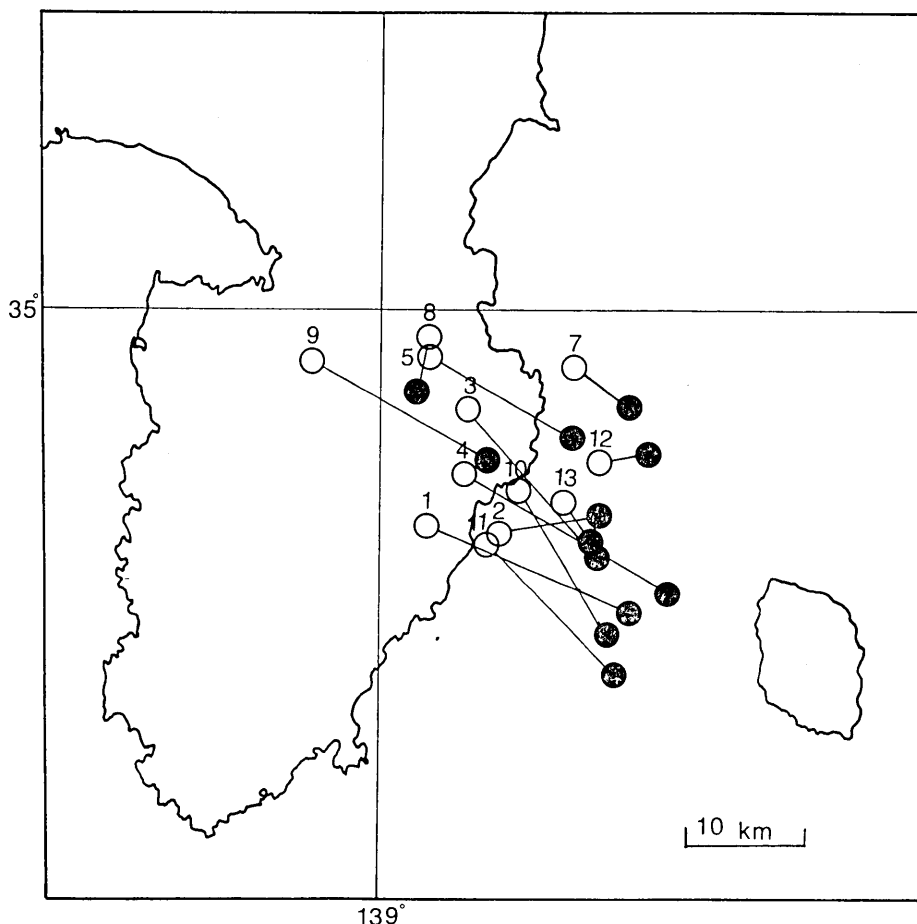


Fig. 12. Comparison of the epicentral locations of the events in Figs. 11 determined by the RTPS (open circles) and the manual procedure (closed circles). Systematic deviation of the locations determined by the two different procedures can be reduced by introducing the station corrections for the P arrival time.

Fig. 12 に RTPS より決定された伊豆半島東方沖の群発地震の震央(白丸)と検測者がディジタイザーにより地震波を検測し震源決定を行った結果(黒丸)とを比較して示す。ディジタイザーによる検測結果による震央もテレメータ観測点によっているため観測網が粗く震央の精度は高いとはいえない。しかし RTPS の結果と比較すると RTPS によるものがディジタイザー検測によるものよりも西北西へ 10~20 km ずれていることが著しい点である。これは RTPS が常栄山 (HOK)、奥山 (OYM) および武山 (TAY) の 3 観測点という組合せで震源決定を行っていることに起因する。今回の稼働テストでは P 波到着時刻についての観測点補正を加えていないが、これを加えることによりこの震央の系統的なずれは補正可能である。なおマグニチュードの値については決定式も含めて今後検討する必要があり次回の議論にゆだねることとする。

4. 結 論

地震波データのリアルタイム処理システムを開発し、伊豆半島東方沖の群発地震について適用し、そのはじめての稼動テストを行った。このシステムは地震波データの自動処理システムの前処理システムとしての役割を担うよう設計されている。地震波データ検出のための各種定数の設定は最終的なものではない。今回の稼動テストの結果を要約すると次のようである。

i) P波の到着時刻の計測は平均ノイズレベルに乗ずるレベル設定定数 $C_L=3.0$ 、レベルバイアス値 $=1.0$ という条件の下で行った。なおノイズレベル値算出時間 $T_L=30.0\text{sec}$ とした。その結果P波の到着時刻はマニュアル検出の結果と比較して15~20 msec遅れる傾向が認められた。これは主にP波初動の立ち上り時刻から初動振幅が検出レベルに達するまでに要する時間であると判断できる。しかし地下構造の不均一性による観測点補正量、回線遅延量、および地震波の周波数に依存する立ち上りの遅れなどの量の補正はさらに大きい量となりうるので、検出レベル値によるP波初動の到着時刻の遅延量が震源決定の精度におよぼす影響はほとんど無視できる。

ii) P波初動の上下動成分の立ち上りの方向の検出はリアルタイム処理のうちで最も信頼のおける結果を与える事項であるが、P波初動がインパルス的でない場合には信頼度が低下する。これはP波グループのS/NではなくP波初動の立ち上り部分のS/Nに依存するので信号レベルの低い前駆波が存在する場合には検出結果を再吟味する必要がある。

iii) S波の到着時刻の計測は最大振幅のレベルに乗ずるレベル設定定数 $C_S=0.5$ 、S波時刻検出用時間 $T_S=1.0\text{sec}$ という条件の下で行った。伊豆半島東方沖の群発地震はS-P時間が箒木山で3 sec前後でありその他奥山、大山、城山、武山等の観測点のS-P時間が8~11 secの範囲に入っていたので、水平動成分に現われるS波は多くの場合最大振幅を含む波群のはじめの部分に位置していたため、最大振幅レベルに基準をおいた検出方式がきわめて効率よく作動した。箒木山においては最大振幅が1 mkin前後のレベルの地震であればS波の到着時刻はその卓越周期の1/3程度($\pm 30\text{msec}$)で検出できることがわかった。しかしさまざまな条件下での地震波からS波を検出するためには後段のシステムにおける時系列解析によるより高度の手法による再検出処理にゆだねる必要がある。

iv) P波の平均周波数の検出は平均周波数算出時間 $T_x=1.0\text{sec}$ として行った。箒木山においては多くの場合6~8 Hzの範囲に入り、局地地震であることの判定を正しく行った。また6月29日の伊豆半島東方沖地震、 $M=6.7$ の発生後、低い周波数成分の卓越した地震の発生頻度が増加したことがこの平均周波数の検出によりリアルタイムベースでモニターすることができた。

v) 平均ノイズレベルの検出はレベル値算出時間 $T_L=30.0\text{sec}$ として行った。伊豆半島東方沖の群発地震が30 sec以内の間隔で頻発した期間では平均ノイズレベルは更新されるチャンスがなく数時間にわたり同一値を保持していた。この点から考えて群発地震発生時のノイズレベルの検出はをより小さい値で行う必要がある。

vi) 震源およびマグニチュードの決定は今回の稼動テストでは伊豆東方震沖の群発地震の終息期においてのみ行なわれた。今回の群発地震の震央域に対しテレメータ観測点の配列が必ずしも適合したものではないこと、観測点の P 波到着時刻に対する補正 (Station Correction) がまだ加えられていないことなどから、リアルタイム処理による震央はディジタイザー処理による震央よりも西北西へ 10~20 km ずれて求められた。これは観測点補正値を与えることや伊豆大島に観測点を新設するなどにより容易に解決できることがわかった。

vii) 観測網は 3 V/kine の感度をもつ短周期地震計を主体とし、送信側でのアンプゲインは平均 60 dB で運用している。±5 V の範囲のアナログ信号を 10 ビットに対応させて伝送処理しているので、このシステムでは最大振幅が 1.6 m kine 以上のレベルになるとそれに対応するサンプルデータはオーバーフローする (最大振幅値がオーバーフローした場合には LP の最大振幅の値に * 印がつけられる)。この処理システムに接続されているテレメータシステムは堂平観測所のネットワークをのぞき 60 dB のダイナミックレンジで運用している。しかし微小地震だけでなく中小地震も観測対象とするには現在チャンネルの割付けのみを行い実装していない低感度チャンネルを稼動させる必要がある。これはシステム全体のダイナミックレンジを 60 dB から 90 dB レベルへ向上させることにより地震波のサンプルデータのオーバーフローに起因する処理精度の低下をふせぐ唯一の方法といえる。

参 考 文 献

- 1) 溝上 恵・中村 功, 微小地震観測ネットワークシステムについて, 関東ネットワーク, その 1 テレメータリングシステム, 地震予知観測技術報告, 第 1 号, 地震研究所地震予知観測情報センター地震予知観測室, 1980.
- 2) Crampin, S. and C. J. Fyfe, 1974, Automatic analysis of tape-recording from seismic networks, *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, **39**, 155-168.
- 3) Allen, R. V., 1979, Automatic earthquake recognition and timing from signal traces. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **68**, 1521-1532.
- 4) Stewart, S. W., 1977, Real time detection and location of local seismic events in central California, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **67**, 433-452.
- 5) Johnson, C. E., 1979, CECAR—An approach to the computer automation of short-period local seismic networks. In partial fulfilment of the degree of doctor of philosophy, Calif. Inst. Tech.
- 6) Tjøstheim, D., 1975, Some autoregressive models for short-period seismic noise, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **65**, 677-691.
- 7) 浜口博之・鈴木次郎, 1979, 微小地震 P 波初動の自動検出とその信頼性について, 地震予知観測データの伝送と高速処理に関する研究の自然災害科学総合研究班, 自然災害特別研究研究成果, No. A-54-2, 62-83.
- 8) 横田 宗, 1980, Phase の自動検出 (I)—Arrival time の決定, 地震学会講演予稿集, 1980, No. 1.
- 9) 森田裕一・浜口博之, 1980, 地震波の自動処理 (2) S 波検出, 地震学会講演予稿集, 1980, No. 2.

39. *A Real Time Processing System of Seismic Wave Signals
and its Performance Test in Application to the Earthquake
Swarm East Off the Izu Peninsula of 1980.*

By Megumi MIZOUE, Isao NAKAMURA, Hiroko HAGIWARA,
Heihachiro CHIBA and Mitsuru YOSHIDA,

Earthquake Research Institute.

A real time processing system of seismic wave signals (RTPS) from local networks has been set up with a minicomputer with a CPU memory of 256 Kwords. The system detects events, reads the arrival time of the *P* and *S* phases and measure the maximum amplitude of seismic wave signals. The RTPS determines the hypocenter and magnitude of microearthquakes when the arrival time data is available for more than three stations.

Continuous seismic wave data from telemetering stations are fed into a pair of input buffers of about 16 Kwords (10 bits/words) large enough to process 128 CH data of 1 sec interval with a sampling rate of 120 Hz. Input seismic wave signals are compared with the amplitude level of the average ground noise at each of the stations. When the successive input signals within a preset time interval exceed the given amplitude level, a time pick routine reads the arrival time of the *P* phase with an accuracy of 0.01 sec. The direction of the initial motion of the *P* phase is detected for the vertical component signals at each of the stations. The arrival time of the *S* phase is measured by a time pick routine which compares the input signals with a level of the maximum amplitude. In addition to the time pick routine, the RTPS can measure the average frequency of the *P* wave group and classify an event as the local, near or teleseismic.

The RTPS is designed as a pre-processing system to produce preliminary processed data to be refined through later processing by more sophisticated algorithms. A performance test of the RTPS was made in linking with the telemetering network system for microearthquake observations, ERI (Earthquake Research Institute, Tokyo Univ.) which covers the whole Kanto district with 15 short period seismographic stations. The results of the test for the case of the Earthquake Swarm East Off the Izu Peninsula of 1980 can be summarized as follows.

1) The error of the arrival time reading for the *P* phase is estimated to be within the limit of ± 20 msec when the average ground noise level is less than 20 μ kine and the *S/N* for the initial *P* phase is larger than 20 dB. The direction of the initial motion of the *P* phase is one of the most reliable bit of information which the RTPS can produce.

2) The error of the arrival time reading for the *S* phase is estimated to be within the limit of ± 30 msec in case of the local earthquakes with *S-P* time of less than 10 sec. The successful result for the *S* arrival detection by the simple detection algorithms is mainly due to the characteristic pattern of the local events in which the *S* arrival is usually followed by the signal of the maximum amplitude within 0.5 sec interval.

3) Epicenters of the microearthquake east off Izu Peninsula were located by the RTPS at points 10-20 km apart in the WNW direction as compared to the results based on the manual interpretations. The discrepancy can be substantially reduced by introducing station corrections for the *P* arrival time readings of RTPS.