計算機による地殻活動観測データ処理システム　－オンラインリアルタイムシステム－

著者	松村 正三，大久保 正，勝山 ヨシ子，浜田 和郎
雑誌名	国立防災科学技術センター研究速報
号	35
ページ	1-18
発行年	1979-03-30
URL	http://id.nii.ac.jp/1625/00002762/

国立防災科学技術センター研究速報　第３５号　１９７９年３月

550．34：681．3

計算機による地殻活動観測データ処理システム

ーオンラインリアルタイムシステムー

松村正三*・大久保正*・勝山ヨシ子**・浜田和郎*

国立防災科学技術センター

A Real Time Data Processing Technique for Observations of the Crustal Activities by a Digital Computer System

By

S. Matsumura, T. Ohkubo, Y. Katsuyama and K. Hamada

National Research Center for Disaster Prevention, Japan

Abstract

A real time data processing technique for monitoring and recording of observed data of crustal activities by a digital computer system was developed.

For the seismic data, sampling frequency is 80 H_z and digital filters are applied in order to detect seismic waves. When seismic waves are detected, the data are recorded onto a magnetic tape and some messages are typewritten. The tiltmeter data are sampled and recorded onto a magnetic tape every minute. Besides these recordings, data are temporarily accumulated in a magnetic disc memory and can be monitored by using a graphic display at any time.

Furthermore automatic monitorings of the data are carried out for the following items.

(1) break down warning for each channel
(2) over-scale warning for tiltmeter data
(3) detection of abnormal movement of ground tilt
(4) noise level check for seismic data
(5) counting of detected earthquakes at each station

Warning messages are typewritten for these items.

After a continuous operation for about a month, feasibility of such data processing by an electronic computer was confirmed.

* 第２研究部　　** 第４研究部

1. 序

現在，地震計・傾斜計等による地殻活動観測の多くは，テレメタリングにより中央の観測所においてデータの集中監視・記録がなされる方向にある．この方式によれば広範囲にわたる地殻活動の情況を一括して把握することができ，かつ実時間での判断をくだすことが可能であるため，とりわけ地震予知の立場からもっともその効用が期待されるものである．

ところで，このようなテレメーター網によるデータの集中化は，必然的にデータ処理形態に対する能率化・省力化の要請につながり，ここに何らかの判断機能を持つ計算機を介在させることで多量のデータを系統的に取り扱おうという考えが生まれてくる．特に地震計による観測データに対しては，地震波の検出，各相の着信時・振幅等の読み取りから震源及びマグニチュードの計算に至るいわゆるルーチン作業のために多大な作業人員・時間を要しているのが現状であるが，これを計算機を用いた自動或いは半自動処理によって作業の省力化を図ろうとする試みが数多くなされてきている．このような試みの中でも，USGS（Stewart, 1977）や京都大学阿武山地震観測所（黒磯章夫ほか，1977）の方式は，テレメーターと計算

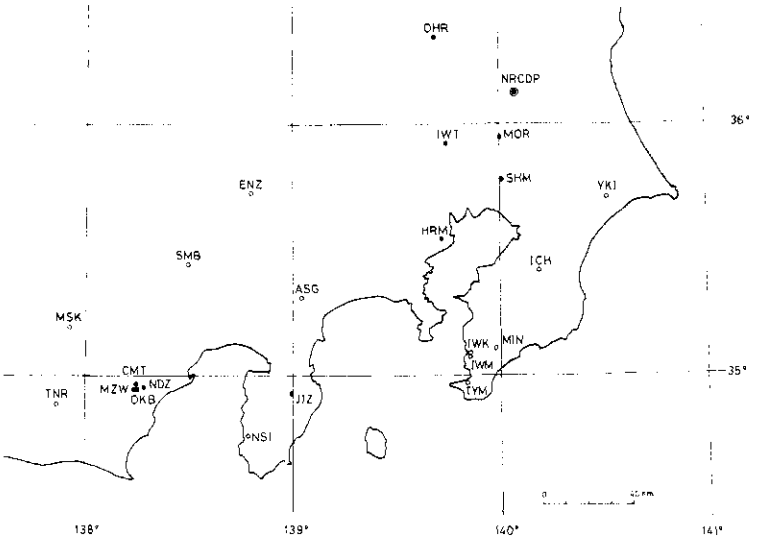


図　1　国立防災科学技術センターのテレメーター網による地殻活動観測点配置図．
（黒丸：1978年11月現在，白丸：1979年３月整備予定）

Fig. 1　Map showing the location of the crustal activity observatories under the network of the telemeter system of NRCDP (National Research Center for Disaster Prevention).
● : the present picture (November 1978)
○ : expected to be established in March 1979

表 1. 国立防災科学技術センターの地殻活動観測点網.

Table 1. Observatories and instruments.

Station					Component	Seismometer		Tiltmeter
Code	Name	Latitude (N)	Longitude (E)	Height (m)		Natural frequency(Hz)	Telemeter-output (kine/V)	Telemeter-output (arcsec./V)
IWT	Iwatsuki	35°55'33"	139°44'17"	-3501	UD	1.	1.1×10^{-4}	
					X	1.	1.1×10^{-4}	*
					Y	1.	1.1×10^{-4}	*
MUR	Moriya	35°56'33"	140°00'16"	1	UD	1.	8.6×10^{-3}	
					X	3.7	2.3×10^{-3}	
OHR	Ohira	36°21'35.9"	139°41'32.8"	250	UD	1.	1.6×10^{-4}	
					NS	1.	1.4×10^{-4}	
					EW	1.	1.5×10^{-4}	
SHM	Shimohsa	35°47'36.4"	140°01'25.6"	-2277	UD	1.	2.2×10^{-4}	
					X	1.	1.7×10^{-4}	*
					Y	1.	*	*
HRM	Kawasaki	35°33'02.3"	139°40'45.2"	-536	UD	1.	3.8×10^{-3}	
					X	3.7	1.6×10^{-3}	
OKB	Okabe	34°57'00.0"	138°15'13.8"	-32	UD	1.	2.5×10^{-4}	
					NS	1.	2.6×10^{-4}	1.25×10^{-1}
					EW	1.	2.5×10^{-4}	1.25×10^{-1}
JIZ	Nakaizu	34°54'46.4"	138°59'48.4"	263	UD	1.	5.4×10^{-4}	
					NS	1.	4.9×10^{-4}	*
					EW	1.	5.0×10^{-4}	*
NDZ	Nodazawa	34°57'37.7"	138°16'47.0"	82	NS			1.25×10^{-1}
					EW			1.25×10^{-1}
CMT	Chikamata	34°58'19.9"	138°14'55.5"	51	NS			1.25×10^{-1}
					EW			1.25×10^{-1}
MZW	Matozawa	34°57'04.4"	138°14'48.0"	109	NS			3.58×10^{-1}
					EW			3.58×10^{-1}
MIN	Mineoka	35°06'07.0"	139°59'26.9"	100			*	
IWK	Iwai-Kita	35°05'53.2"	139°52'17.0"	0			*	*
IWM	Iwai-Minami	35°04'48.8"	139°51'52.6"	-30				*
TYM	Tateyama	34°58'14.7"	139°50'53.1"	30			*	
MSK	Misakubo						*	
TNR	Tenryu						*	
ENZ	Enzan						*	*
SMB	Shimobe						*	
ASC	Minamiashigara						*	*
NSI	Nishiizu						*	
YKI	Yokaichiba						*	
ICH	Ichihara						*	

* Expected to be arranged into the network in March 1979.

X,Y: Horizontal component

機を直結した，いわゆるオンラインリアルタイム処理によって上記のルーチン作業に対する自動化を実行している例として特に注目される．

国立防災科学技術センターでは，図1及び表1に示した観測点からの信号を筑波のセンター（NRCDP）にテレメタリングしている．更に昭和54年度以降の計画によれば，整備完了時の観測点数は六十数点に及ぶ見込みである．この計画に呼応して計算機によるデータ処理方式の開発が進められた．

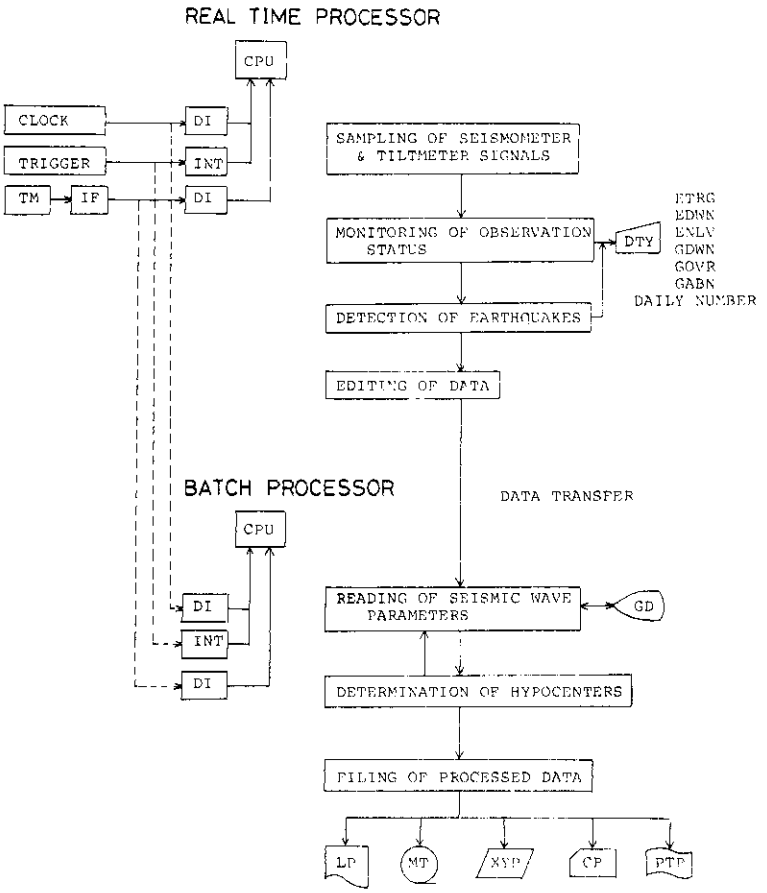


図　2.　２組の計算機による地殻活動観測データ処理システム．リアルタイム処理機はデータの記録及び監視を，バッチ処理機は主にマンマシンシステムによる地震波の検測と震源計算を行う．破線はバッチ処理機がリアルタイム処理機の代替機としての機能を兼ね備えていることを示している．

Fig. 2　A data processing dual－computer system. The real time processor has a role of recording and monitoring of the observed data. The batch processor has a role of reading of seismic wave parameters and determination of hypocenters. The broken line means that the batch processor has a function as a back up system for the real time processor.

ここで報告する内容は，このような観測点の拡充をも考慮して設計された地殻活動観測データ処理システムの内，計算機によるオンラインリアルタイムシステムの開発と実行についてである．

2. 計算機による処理システムの設計方針

計算機による処理システムとして我々が描いた設計方針を図2に模式化した．ここでは2組の計算機を使用し，それぞれの計算機を，その処理方式からリアルタイム処理機，バッチ処理機と呼ぶ．リアルタイム処理機はテレメーターとオンラインで接続され，完全な自動処理を実行する．これに対してバッチ処理機はマンマシンシステムなどによって何らかの人間による判断あるいは操作が必要とされる処理を実行する．

各処理機の動作内容は以下の通りである．

(1) リアルタイム処理機

リアルタイム処理機では，実時間でのデータの自動監視及び収録を行う．データの監視とは，地震活動度の変化，地殻変動の監視から広い意味での異常事態への警告を含むものであるが，まずここで我々は，人間による総合的な判断の前に計算機による一定条件のもとでの判定と情報の提供を得たいと考えるわけである．計算機の判定には予め予想できる有限のしかも少数の判断しか盛り込めないため，結果的には信頼性に欠けるという恨みがある．しかしながら判定基準を客観的な数値として扱えること，また，多量のデータを処理して即時的な情報を提供できることで，地震予知のために充分有効に利用できると考えられる．

実際には，リアルタイム処理としての時間的制約，また，信頼度のある情報を出すためのアルゴリズムを組む上での技術的制約から，現在出力している内容は第4節に述べる通りのものであるが，将来，地震予知のための警告情報として有意と判断され，かつプログラム化可能なものについては逐次システムに組み込んでいきたいと考えている．

データの収録とは，地震データについては地震波部分のみの抜き取り記録を，地殻変動データについては連続記録を編集し，磁気テープによるディジタル記録を作成することである．このようなディジタル記録は従来のアナログ磁気テープによる記録と比べて次のような利点を持っている．

① コンピューター用のディジタル記録であり，原記録の二次処理（例えば地震波の読み取り，波形解析，多チャンネルの合成等）に際して，AD 変換，頭出し等の手間を省くことができる．

② ダイナミックレンジを広くとることができる．アナログ磁気テープの場合は装置の発生するノイズのため，ダイナミックレンジは50 dB程度しかとれないのが普通である．ペン書き記録ではこれが更に低くなる．これに対して，ディジタル記録では1個のデータに1語16bit を割り当てればダイナミックレンジは約96 dB相当である．また，演算による対数圧縮や指数表現によって等価的にこれを広げることも自由である．

③ テレメーターの搬送方式は最近ではPCMによるものが増加して来ており，防災センタ

ーでも一部を除いてほぼ全てをPCMによっている．したがって，計算機へのデータ入力に際してディジタルのまま直接受け渡しをすればノイズや誤差の混入を防ぐことができ，全体としてS／N比を向上させることになる．

④　多チャンネルのデータを併記することができる．通常，アナログ磁気テープの場合はチャンネル数は多くて14程度であるのに対して，我々の場合は最終的に地震に対して200チャンネル，地殻変動に対して320チャンネルを見込んでいる．これをアナログ磁気テープに収録するためには数十台の装置を必要とするが，ディジタル磁気テープであれば原則として１台で収録可能である．（実際には，テープ掛け替え時の欠測を避けるために２台以上の装置を用意しておく必要がある．）

また，１本の磁気テープに全チャンネルのデータを時刻をそろえて併記してあることは，解析に際して，たとえば地震の同定，多チャンネルデータの相関解析等において，作業上の手間からも，データの質の面からも非常に有利であることが予想される．

⑤　ディジタル記録では時刻を符号化して，データに添付する．これに対してアナログ記録の場合は時刻も信号の一種として記録させざるを得ない．そのためにデータの検索や解析の際，時刻を改めて読み取る作業が必要であり、手間と精度の面でディジタル記録より不利である．

(2)　バッチ処理機

バッチ処理機は，リアルタイム処理機によって収録されたデータを基にして，地震及び地殻変動データのあらゆる解析に供用されるシステムであるが，その主たる機能はマンマシンシステムによる地震波の検測（読み取り）である．地震波の同定及びその検測作業は従来のルーチン処理の中でもっとも作業量の多い部分であるが，ここにグラフィックディスプレイを用い，更には計算による自動検測をも採り入れることで大幅な省力化が期待できる．また，検測作業に併行して震源（及びマグニチュード）の計算を行い，その結果を検討することによって同時に検測結果の良否を判断することが可能になる．

検測結果及び計算結果は，保管データとして，また，高次の解析のためのデータとして，計算機に入力可能な種々のデータ媒体に記録保存しておく．

このように，バッチ処理機は従来ルーチン的に行われてきたデータ処理作業の大部分をシステム化して扱うことで，作業の省力化とデータ管理の統一化を目的としたものであるが，この他の用途として，我々はバッチ処理機にリアルタイム処理機の代替機としての機能を持たせることを考えている．リアルタイム処理機はその機能上，運転を中断することは許されないが，実際には定期の保守点検や或る程度の故障による中断は避けられない．このような場合に，バッチ処理機をただちにリアルタイム処理に転用できれば欠測を免れることができる．ただ，この用途のためには，バッチ処理機の構成及び機能がリアルタイム処理機のそれ

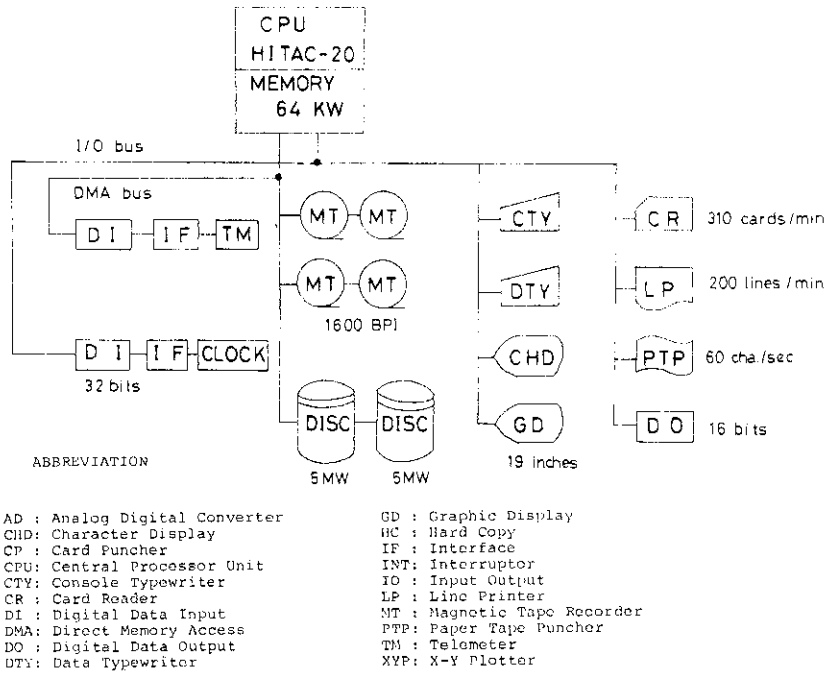


図 3. HITAC－20による計算機システム.

Fig. 3. The HITAC－20 computer system.

を包含するものであることが要求される.

以上の方針で出発して現在，２組の内の１組の計算機（リアルタイム処理機）が導入され，リアルタイム処理の動作試験を実行している．以下の節にはその内容と動作状況について記述する.

3. リアルタイム処理機の構成及び性能

前節のリアルタイム処理機として，また，そのソフトウェアを開発するために導入されたシステムを図３に紹介する．中央処理装置（CPU）は日立製作所のHITAC－20である.

この装置には，リアルタイム処理機として特に処理速度の速いことが要求される．ちなみ

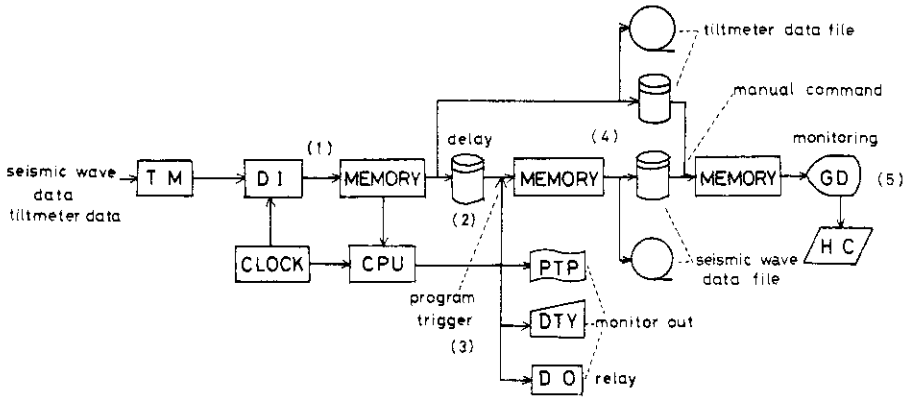


図　4. リアルタイム処理におけるデータの流れ．
(1) データの採り込み
(2) 地震データの遅延
(3) 地震の検出及び自動監視
(4) データ収録
(5) グラフィックディスプレイによる監視

Fig. 4. Data stream chart of the real time processing.
(1) data sampling
(2) delaying
(3) detection of earthquakes and automatic monitorings
(4) data recordings
(5) monitoring by the graphic display

に，もっとも速いレジスター，レジスター間の演算（加減算，論理演算）に要する時間は1ステップ0.72μsec, レジスター，メモリー間の場合は2.16μsec である．仮に地震データを80Hz で200チャンネル分扱うとすると，データ1個あたりに割り当て得る時間は62.5μsec, レジスター，レジスター間の演算で86ステップに相当するが，実際には，データの転送，OS（オペレーティングシステム）が占有する時間その他があるので，全部を演算に使用することはできない．プログラミングにあたっては，この制約からはみ出ない中で地震検出の判定その他を行うことが要求されるわけである．

ハードウェアに対する要求には，この他に，リアルタイムでのデータ収録・監視の役割の宿命として，24時間無休運転がある．図3に示した構成の内，この要求が適用されるものは，IF, DI, CPU, MT, DISC, DTY, DO である．この内可動部分を持つ装置は，MT, DTY, DISC であるが，中でもDISC は高速回転を続けており，連続運転に対する耐久性がもっとも懸念される装置であるため，予備を備え，頻繁な保守を行う必要があるだろう．

4. リアルタイム処理の動作

図4にリアルタイム処理におけるデータの流れを示した．これに従ってデータの流れの順で処理方法を以下に説明する．

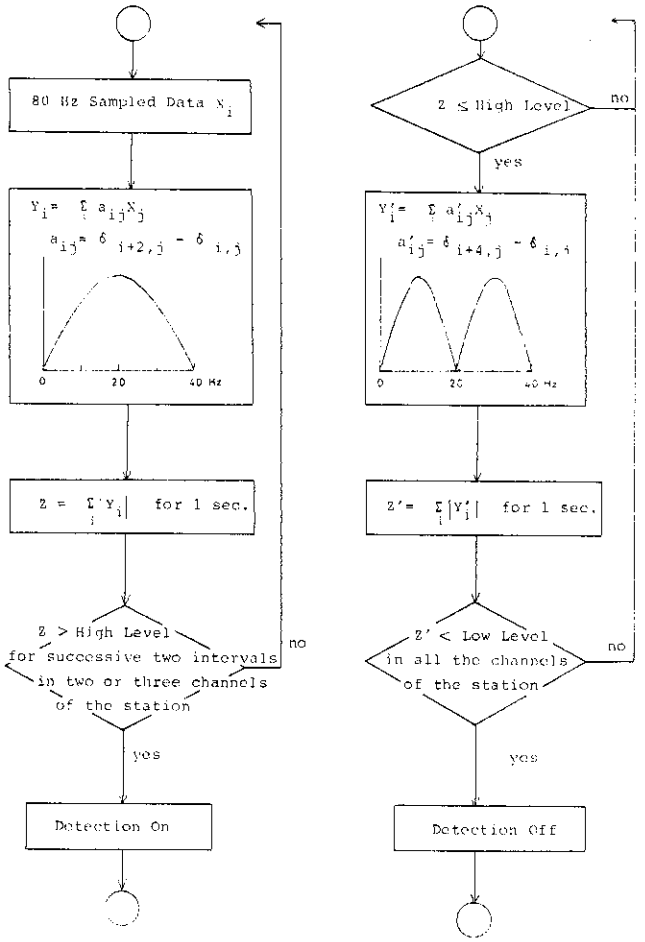


図 5. 地震検出及び終了判定のための流れ図.

Fig. 5. Flow chart for detection of earthquakes and decision of final of the waves.

(1) データの採り込み

データはテレメーターからデータ入力装置（DI）を介してメモリー内に採り込まれる．採り込みのタイミングは外部時計からの信号により実時間との同期がとられる．サンプリング周波数は，地震データについて各チャンネル80 Hz，傾斜計データについては毎秒1回である．転送先のコアメモリーにはデータ1秒分に相当する容量のバッファーを2個用意し，これを毎秒交代させて，採り込みと以降の処理を併行して実行している．

(2) 遅延

地震データの収録方法は，通常行われるイベントトリガー方式である．この方式では，地震波の先頭部分を落さないためにデータを遅延させる過程が必要であるが，ここでは，そのためにディスクを使用する．1台のディスクの中に地震データ30秒分（1288語×30）の領域を設け，データの読み出し，書き込みを，この順でサイクリックに行うことによって30秒

の遅延をかけることができる．

(3)　地震の検出及びデータの監視

コアメモリー上にあるデータを参照して適当な演算を施し，地震の検出ほか以下に述べるようなデータの監視を行い，その情報を出力する（かっこ内は略号）

①地震の検出（ETRG）

地震波検出のために用いた演算の流れ図を図５に示した．コア上の１秒分のデータを基とし，まず簡単な演算によるディジタルフィルタリングを行う．データをサンプル順に，

x_1，x_2，x_3，…… x_{80}，とすると

$$y_i = \sum_j a_{ij} x_j \qquad \left(a_{ij} = \delta_{i+2,j} - \delta_{i,j} \right.$$
$$\left. \delta_{i,j} \text{はクロネッカーのデルタ} \right)$$

はデータ１個おきの差をとっただけであるが，等価的に図５に示されたフィルタリングを実行したことになる．これは20 Hzをピークとする，いわばバンドパスフィルターであるが，これによって主に低周波のノイズが除去されS／Nが上ることになる．

次にy_iの絶対値の和（Ｚ）を求め，この値がある設定値（High　Level）を越えるかどうかを判定する．更にこの判定が一つの観測点につき少くとも２成分で満足され，かつ最低２秒間継続することを，地震波検出のための必要条件とした．これによりパルス的なノイズ，特定の成分のみに出現するノイズはある程度取り除くことができる．

地震が検出された時には，その観測点のデータについてのみ続いて地震波の終了判定を行う．前記のＺが設定値（High　Level）を下まわった時，別のフィルタリングを行う．

$$y'_i = \sum_j a'_{ij} x_j \qquad (a'_{ij} = \delta_{i+4,j} - \delta_{i,j})$$

このフィルターは前出のものと比べると，低周波成分の落ち方が多少緩くなっている．このあとの処理過程は検出の場合とほぼ同様であるが，異なる点は，観測点の全成分について判定条件が満たされることを必要としたことである．

こうして得られた地震波検出時刻と終了判定時刻との差を取り，これを地震波継続時間（FPT）と仮定した．終了判定と同時に情報出力プログラムが起動し，結果を出力する．

②地震データ中断の警報（EDWN）

①で与えたＺの値を各チャンネル毎に監視し，ある設定値を下まわった時，搬送中断等の異常事態とみなして警報を出力する．

③地震データのノイズレベルの出力（ENLV）

①で与えたＺの値を各チャンネルについて，毎正時に出力する．地震波が検出されていない時点では，このＺを各観測点でのノイズレベルとみなし，地震検出，及びデータ中断を判定するための設定値を決める際の基準とする．

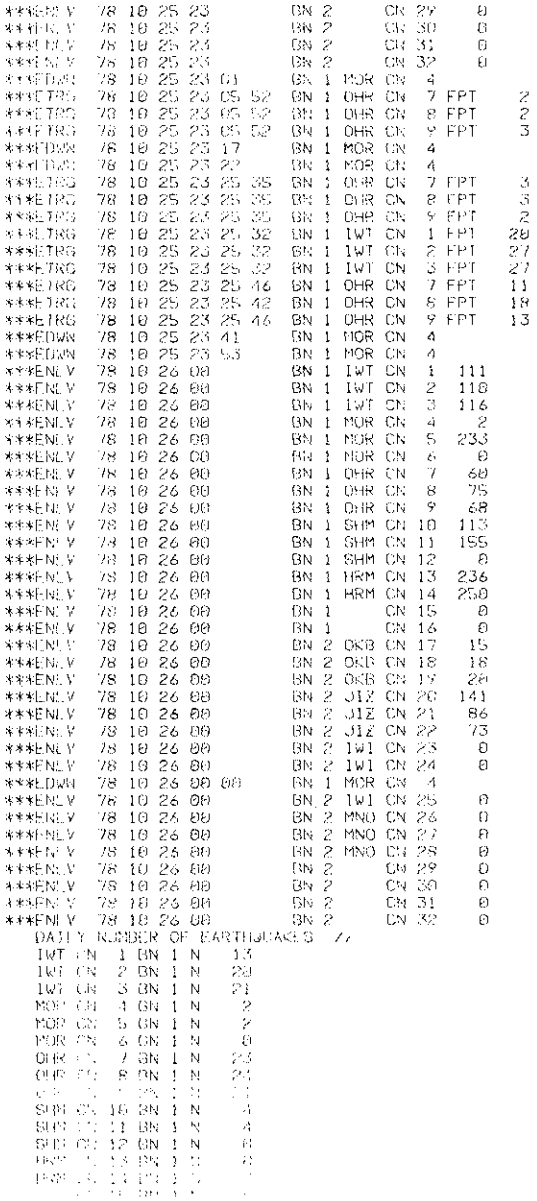


図 6. データタイプライタ出力形式例.

ETRG ：地震検出

EDWN ：地震データ中断

ENLV ：ノイズレベル

GABN ：傾斜計データ異常変化

GDWN ：傾斜計データ中断

GOVR ：傾斜計データの帯域からの逸脱

Fig. 6. Examples of output messages from the data typewriter.

ETRG : detection of earthquakes

EDWN : interruption of seismometer signals

ENLV : noise level of seismometer signals

GABN : abnormal movement of tiltmeter signals

GDWN : interruption of tiltmeter signals

GOVR : over scale of tiltmeter signals

④日別地震検出回数

①によって地震を検出した回数を1日分積算し，その日の24時に出力する．これは簡単な地震活動度の変化をみることを目的としたものである．

⑤傾斜計データ異常変化の警報（GABN）

傾斜計データが，ノイズ程度の動きも示さなくなった時，搬送等の異常によるデータ中断とみなして警報を出力する．

⑥傾斜計データの伝送帯域からの逸脱（GOVR）

永年変化等によって信号のレベルが搬送の帯域を越えてしまいそうな時，警報を出力する．

現在（1978年11月），自動監視項目として採用しているものは上記の7種である．これらについては，警報の条件が備わった時，データタイプライタ（DTY）によって警告情報を出力し，同時にリレー（DO）を作動させて発光ダイオードの点灯により注意を促す．図6にDTY出力の例を示した．それぞれ警報の略号（ETRG, EDWN, ENLV, GABN, GDWN, GOVR），時刻，チャンネル番号，観測点略号，その他（FPT, Z）を打ち出しており，この記録を綴じれば観測日誌となる．また，全く同じ内容を紙テープ（PTP）に打ち出しておくが，これは地震回数変化のグラフ作成，仮震源決定，時系列解析等に利用することができる．

(4)　データ収録

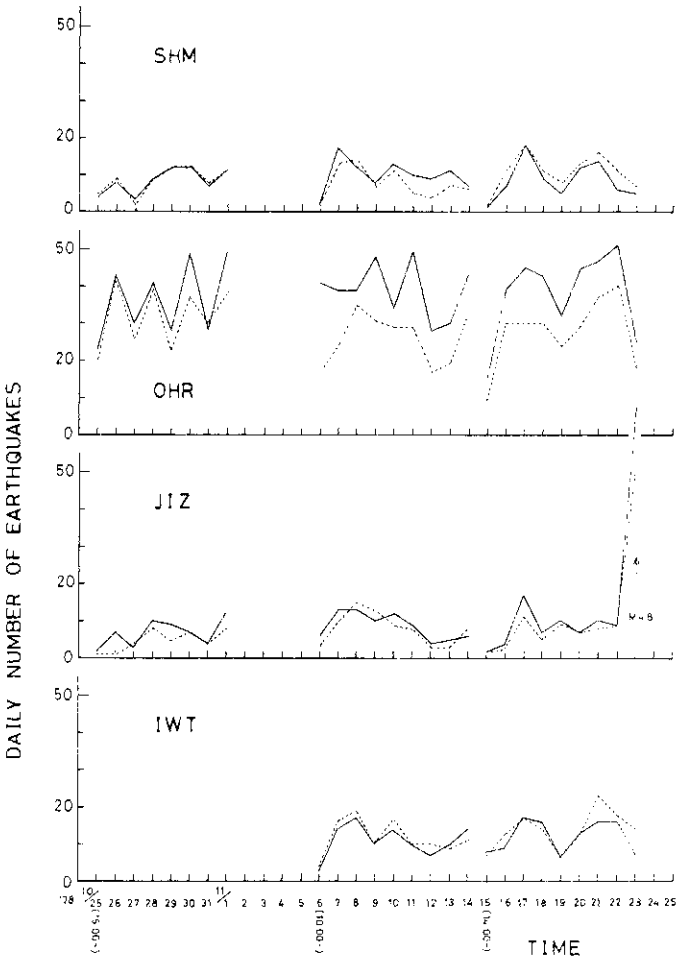


図　7.　日別地震検出回数の比較．実線：計算機の判定，破線：長時間連続記録による人間の計数．

Fig. 7.　Comparison of daily frequencies of earthquakes counted by an interpreter from visual records with those counted by the computer.
solid line ; by the computer
broken line ; by an interpreter

(3)－①項，地震検出のプログラムにより地震波が検出された時，地震データの転送プログラムが起動される．これによって30秒の遅延を経たデータを磁気テープに収録するが，この際，データの取り扱いを地域ブロックに分けて行う．図1では，IWT, MOR, OHR, SHM, HRMの5点を第1ブロック，OKB, JIZの2点を第2ブロックとした．磁気テープへの記録は各ブロックの1秒分（1288語）を1レコードとして行う.このようなブロック分けを行う理由は，観測点を地域毎にまとめることで，震源から遠くて検出できなかった観測点のデータまでをも一緒に記録してしまう無駄を避けるためである．この結果，2,400ft，9トラックの磁気テープ1巻に約3時間×ブロックのデータを入れることができる．

傾斜計データの方は，正分時にのみ1秒分（24語）を磁気テープに転送，記録する．これによって2,400ftの磁気テープ1巻に約3週間分のデータを入れることができる．

各磁気テープの先頭には，数レコードのラベル部分を設け，ここには後の解析に利用する際の情報として，各観測点の位置，計測器の特性，利得，各警報についての設定値等を書き込んでおく．これらはリアルタイム処理に関する定数として，ディスクの一領域に記憶されてあり，変更が必要な時には，マルチジョブによって随時書き換えることができるようになっている．

(5) グラフィックディスプレイによる監視

計算機による自動監視の場合も，多様な状況に対応できるためには，可視情報を出力できる部分を持つことが望まれる．ここではグラフィックディスプレイを用いて随時，原記録の監視が可能であるようにした．

そのために，(4)の磁気テープへのデータ収録の際，同じデータをディスクにも記録しておく．

表 2. 計算機による地震検出結果の内容.

Table. 2. Details of number of earthquakes detected by the computer.

Date	10/26	10/29	10/30	11/7	11/8	11/21	11/21	11/21	11/21	11/23
Station code	OHR	SHM	JIZ	OHR	IWT	IWT	SHM	OHR	JIZ	JIZ
(a) Total counts by the computer	43	12	7	39	17	16	14	47	10	67
(b) Total counts visually read	41	12	7	24	19	23	16	37	8	52
(c) Corresponding number of (a) to (b)	36	9	5	24	16	15	14	37	7	51
(d) Miscounting	5	3	2	0	3	8	2	0	1	1
(e) Double counting	1	2	1	2	0	0	0	7	0	0
(f) Small amplitude	3	1	0	12	1	1	0	3	2	15
(g) Noise counting	3	0	1	1	0	0	0	0	1	1

" Double counting " means that the computer detected an earthquake twice. " Small amplitude " means that an interpreter omitted the earthquake because of its small amplitude. Following relations are satisfied.

(a) = (c) + (e) + (f) + (g)

(b) = (c) + (d)

このデータは手動操作で随時グラフィックディスプレイに表示することができる．表示は時間軸，電圧軸とも伸縮可能であり，波形の細部を観察することができる．また，ハードコピー装置を備えることで保存記録をとることもできる．ただしディスクの容量に限度があるため，これで見られるデータ範囲は限られており，古いデータは磁気テープにより別のシステムで出力しなければならない．

このグラフィックディスプレイによる監視の作業もマルチジョブの機能により，リアルタイム処理と併行して行われる．

5. リアルタイム処理の実行と結果

リアルタイム処理による連続運転を開始してまだ日は浅い．当初はハードウェアの耐久試

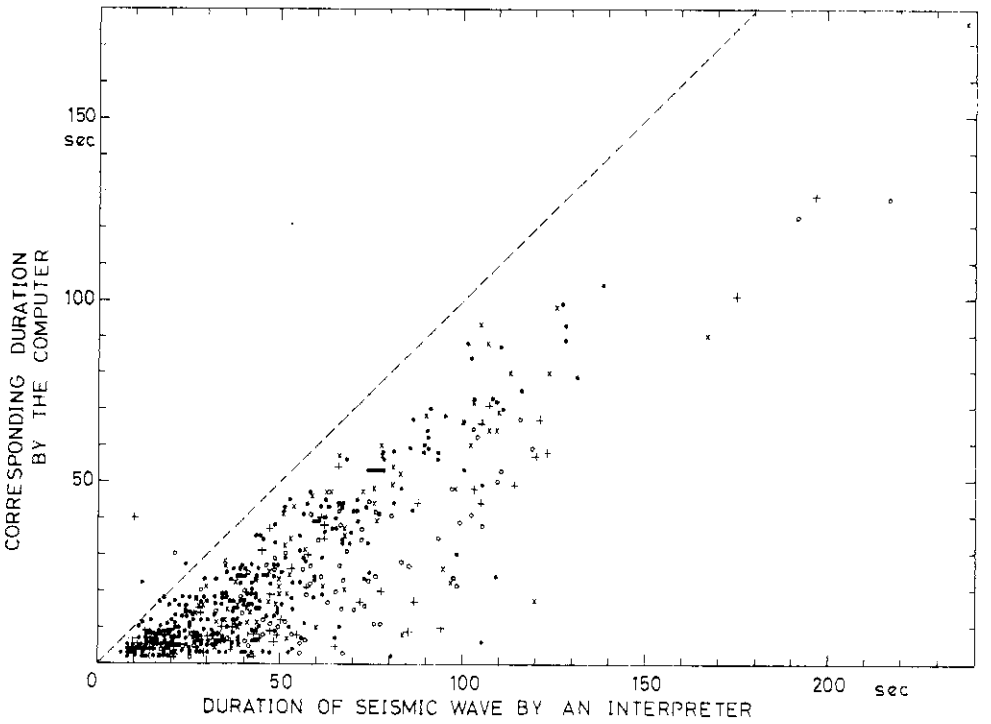


図　8. 人間と計算機とによる地震波継続時間の比較．破線は両者が等しい場合を示す．

●：大平，　×：岩槻，　○：下総，　＋：中伊豆

Fig. 8. Comparison of durations of seismic waves visually read with those calculated by the cnmputer. The broken line shows that both agrees with each other.

●：OHR，　×：IWT，　○：SHM，　＋：JIZ.

験のつもりで始めたわけであるが，約１カ月の試運転である程度連続運転の目途はついた．

地震の検出，その他警報出力に対しての定数を設定するためには，かなりの試行錯誤が必要であり，現在はまだ最適状態に達しているとは思われない．しかしながら相当程度の結果が得られたので以下に報告する．

４節(3)ー③で出力されるZの値をみてみると，各チャンネルとも日中高く，夜間低くなるという生活雑音の特徴を示していることが解る．これを参考にして地震波検出のための設定値（図５のHigh　Level）を各チャンネル共，日中の最高値の３～４倍と定めた．図７はこうして計算機が検出した日別地震回数を，可視記録から人間が計数したものと比較して示したものである．図の実線は計算機によるもの，破線は各観測点の上下動成分を長時間連続記録計に書かせ，その片振幅が２mm（飽和レベルの1／25）を越える地震波の個数を，人が数えたものである．このように両者の検出の方法は異なっているが，それにしては結果の一致は悪くなく，殊に時間的な変化は良く合っている．試みに図の中から数日分を抜き出して計数の中味がどのように対応しているかを調べたものが表２である．これによると両者の計数が完全に一致している場合でも，全く同じ地震波を数えているわけではなく，お互いが数え落したものを相殺しているような例がいくつかみられる．この差が大きく出てしまったのが大平（OHR）の11月6日以降の区間である．もっとも，このような差があっても，それが対象とする地震の判定基準の差異によるものであるならば，それはそれで構わないと考えられる．むしろ自動検出で問題になるのは，明らかにノイズであると思われる信号を数えてしまうことと，１個の地震を２個以上に数えてしまうこと，又，その逆の場合である．表２に取りあげた例では，これらの全体に占める割合は小さい，が無視できる程でもない．これに対しては，いくつかの観測点での検出情報を組みあわせるなどプログラム上での対処の余地があり，今後の改良が期待できる．

次に，地震波継続時間に対しての計算機と人間との読み取りの比較をしてみた．計算機での終了判定のための設定値Z'（図５）は検出のための設定値Zの75％としている．図８には，こうして得た計算機による結果を横軸，人間の読み取りを縦軸として示した．観測点毎に多少の差はあるが，ほぼ一様に計算機は短く読み取ってしまっていることが解る．ここで扱った600個余りのデータに対してその差を平均すると，約25秒になる．この中には，地震波が微小であるためP波を検出し損ねてS－P時間分が短くなってしまっているものも含まれている．もっとも地震波継続時間のデータとしての使われ方をみると，通常はマグニチュードに関する情報としてその対数値が用いられるだけなので，精度に対する要求はあまり厳しくはない．ただ，これについても１個の地震を２個に数えてしまうような間違いを防ぐなどの信頼度をあげる改良がなされれば，同時に精度のあがることが期待できる．

その他の警報項目についても，それぞれ有効な情報になっていることが解った．特にGABNは大きい地震の合図として使えそうである．

実際のルーチン作業としてみた場合，磁気テープの交換作業がいちばん問題になってくる．現状でも約２日に2,400 ftのテープ１巻の交換が必要であり，休日が続く場合，欠測を生じるおそれがある．将来，観測点が増設された時点では問題は更に深刻になるが，これに対する対策としては，ひとつには磁気テープ装置の台数を増すこと，更には磁気テープそのものの記録密度をあげること（たとえば 1,600 BPI → 6,250BPI)が挙げられる．

6. 結語

我々は，国立防災科学技術センターが現在持っている微小地震及び地殻傾斜の観測点に加えて将来計画による関東・東海地域に拡がる数十の観測点網に対して，テレメーターによるデータの集中化に対応すべく，計算機によるデータ処理システムを構想した．そしてこの中でのリアルタイム処理として，データ収録及び自動監視についての具体的なシステムを開発し，試験的なルーチン観測業務を試みた．リアルタイム処理には，

①データの採り込みと処理を併行して，しかもデータの入力速度にあわせて行わなければならない．

②データの入力にあわせて人が操作することができないので，原則として自動処理でなければならない．

③データの性質上，勝手に中断することができない．

等の困難な条件が伴う．これらの条件下でプログラム化された現行のシステムを試験してみた結果，連続運転への自信を得，特に自動監視に対しては少くとも前段階での警告情報として十分有用なデータを提供し得る確信を持つことができた．今後は更に高度の監視項目，たとえばグーテンベルグーリヒターのｂ値の変化を追っていくことや，時系列としての地震活動度の変化をみることなどをシステムに組み込んでいくことが考えられる．

ところで，計算機による自動監視あるいは地震波検出などのプログラム開発に際して，通常問題とされるのは結果の信頼性（人間の判断を基準とした場合の）についてである．具体的なデータにあたってみれば，この信頼性を１００％にすることはほとんど不可能であるだけでなく，かえって無駄な労力を費すことであると思われる．この際は多少の誤判定には目をつむり，豊富な処理能力を生かして多量のデータを統計的に扱って有効な情報を得ようという姿勢が，計算機による自動処理としては実際的である．また，監視や読み取り項目の内容についても，従来踏襲して来た方法とは別に，もっと計算機の特性を積極的に利用した新しいパラメータの開発を行うことも有意義ではないかと考えられる．

謝辞

この報告に記述したリアルタイムシステムの作製にあたって，日立製作所第２技術部宇積

広貴氏，杉本義昭氏には，システム開発全般にわたって多大な協力及び示唆を頂きました．

また，国立防災科学技術センター第４研究部御子柴正氏には，アプリケーションプログラム作製に関しての協力を頂きました．

これらの方々に心から感謝の意を表します．

参　考　文　献

1）Furuzawa, T.（1974）：Some Problems of Seismic Data Processing. *Bull. Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ.*, **24**, Part 3, No 222, 127－145.

2）上宝地殻変動観測所・地震予知計測部門（1978）：上宝地殻変動観測所の地殻変動・地震観測テレメータ・システム．京都大学防災研究所年報，第**21**号，B－1，119―135.

3）勝山ヨシ子・渡辺一郎（1975）：微小地震の自動検出方法について（第２報），国立防災科学技術センター研究報告，第**12**号，27－51.

4）岸本兆方・尾池和夫・渡辺邦彦・佃為成・平野憲雄・中尾節郎（1978）：鳥取および北陸微小地震観測所のテレメータ・システムについて．地震**2**，31，265－274.

5）黒磯章夫・渡辺晃（1977）：阿武山地震観測所の微小地震テレメータシステムについて．地震**2**，30, 91－106.

6）前田亟（1978）：地震・地殻変動テレメータデータ処理装置，地震・地殻変動テレメータデータ一次処理．北海道大学理学部地震予知観測地域センター・地震観測センター速報，第**3**号，1－7.

7）Matsumoto, H（1967）：An Automatic On-line Data Processor for Micro earthquake Field Observations. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **45**, 739－748.

8）松村正三・浜田和郎（1976）：計算機による地震波の自動読み取りについて．地震**2**，29，383－394.

9）溝上恵（1974）：テレメータ化にともなう地震データ処理システムについての検討．和歌山微小地震観測所季報，第**2**号，7－33.

10）溝上恵（1974）：テレメータ化にともなう地震データ処理システムについての検討，その2，ソフトウェア・システム．和歌山微小地震観測所季報，第**3**号，34－43.

11）名古屋大学理学部・地震予知観測地域センター（1977）：名古屋大学地震地殻変動観測テレメータシステム．地震学会講演予稿集，No**2**，2－3.

12）Stevenson, P. R（1976）：Microearthquakes at Flathead Lake Montana：A Study Using Automatic Earthquake Processing. *Bull. Seism. Soc. Amer.*, **66**, 61－80.

13）Stewart, S. W.（1977）：Real Time Detection and Location of Local Seismic Events in Central California. *Bull. Seism. Soc. Amer.*, **67**, 433－452.

14）菅原正巳・勝山ヨシ子・大村一夫・福井隆文（1974）：微小地震の自動検出方法について．国立防災科学技術センター研究報告，第**9**号，1－9.

15）渡辺晃・黒磯章夫（１９７７）：　阿武山地震観測所における微小地震の自動処理について．地震２，３０，１１５－１１８．

16）渡辺一郎・菅原正巳・福井隆文・勝山ヨシ子（１９７６）：微小地震の自動検出方法について（第３報）－自動検測の試み．国立防災科学技術センター研究報告，第**15**号，３３－４７．

（１９７９年２月１９日　原稿受理）