

## 強震動多点同時記録の処理システム

御 子 柴 正\*

国立防災科学技術センター

### Data Processing System for Small-Scale Array Observation of Strong Ground Motions

By

Tadashi Mikoshiba

*National Research Center for Disaster Prevention*

#### Abstract

A small-scale array observation of the strong ground motions during the earthquakes has been made in the Fuchu area, west of Tokyo. The data processing system, which is relative to the above-mentioned array data, is constructed. This system consists of two parts: One is the primary data processing by using a personal computer and the other is the secondary analysis for the processed data by using a general purpose computer. In the present paper, the contents of data processing system and the examples of data analysis are reported.

#### 1. まえがき

近年、地震動および地盤振動の特性を正確にとらえるために、強震観測が点観測から多点観測へと移行している。国立防災科学技術センターにおいても、府中地殻活動観測施設を中心として、小規模な多点観測を昭和57年度から行っている。この小規模な多点観測と並行して、多点記録の処理システムの開発を行っている。ここでは、現在までに作成した処理システムと地震記録の処理例とを報告する。

---

\* 第4研究部計測研究室

## 2. 多点同時観測の概要

観測は、当センター府中地殻活動観測施設（FCH；図1参照）を中心とする6観測点で行っている。KFC、HFC、TMA および ING の観測点は、FCHから3 Km 前後の距離で取り囲むように配置されている。観測点の配置図を図2に示す。

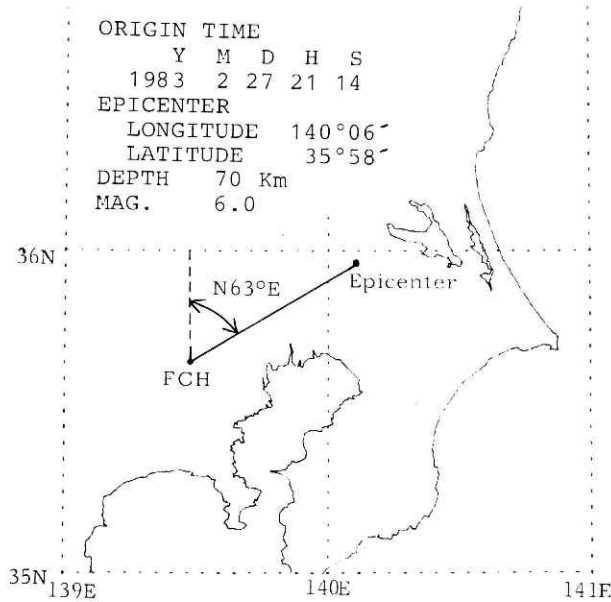


図1 観測点FCHと茨城県南部の地震の震央.

Fig. 1 Location of observation site FCH and epicenter of earthquake.

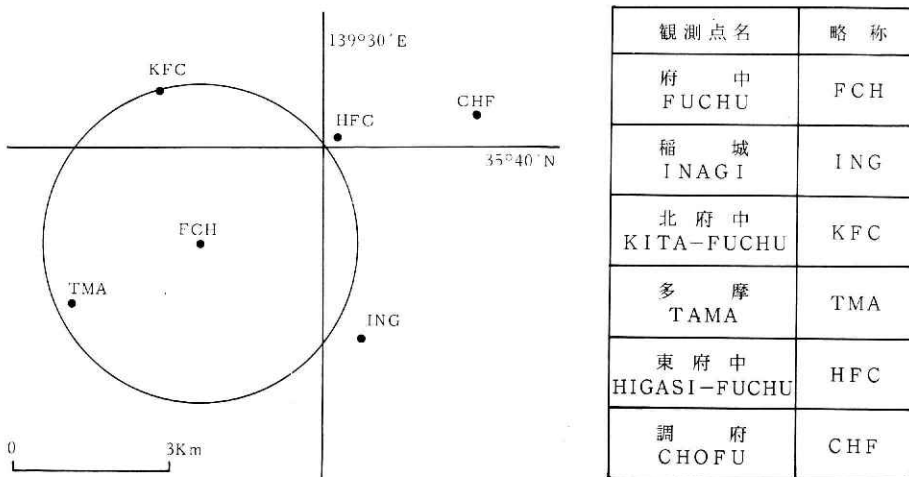


図2 観測点配置図.

Fig. 2 Locations of observation sites.

現在、強震観測には、速度型地震計が使用されている。速度型地震計は、速度帰還型の電磁式サーボ加速度型に改良を加えたものである。速度型地震計の総合周波数特性、および位相特性を図3に示す。

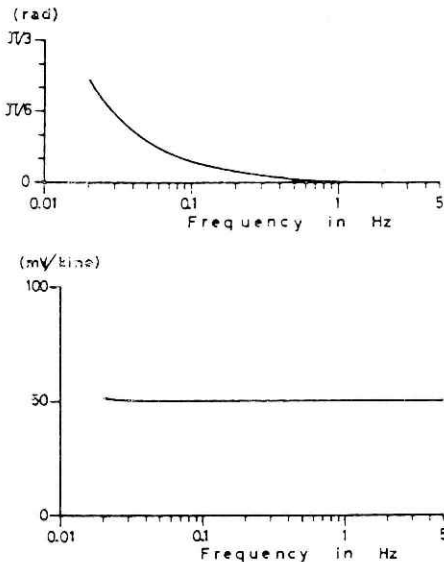


図3 総合周波数特性。

Fig. 3 Frequency characteristics of velocity type seismometer.

### 3. 地震記録の回収

CHFを除いた記録機は、地震記録をディジタル値で直接 IC メモリ (C-MOS RAM) に記録する装置であり、従来の装置に対しメカニカルな要素をすべて無くした方式となっている。記録部は、N-S成分、E-W成分およびU-D成分の3成分 (FCH は3チャンネル×2) を、遅延時間10秒、サンプリング周波数50 Hz および A/D 変換 12 bit バイナリー (±2048) で、時刻情報とともに 98 秒 (FCH は 90 秒) 間記録可能な IC メモリを1単位 (ページ) として5ページ分の容量を持っている。通常の場合、1地震1ページ単位で IC メモリに記録されるようになっているため、最大5地震の集録が可能である。新しい記録は、一度バッファ・メモリ (容量は1ページ分相当) に記録され、その記録の絶対値平均がすでに記憶されている各ページの絶対値平均と比較される。その結果、すでに記憶されているものより小さな絶対値平均であれば、新しい記録は捨てられる。逆に、大きな絶対値平均であれば、最小の絶対値平均を持つページに新しい記録が集録される。また、大地震などのような数分間の地震動が継続している場合でも地震波は途切れることなく数ページにわたって記録されるように配慮されている。群列観測として多点同時観測には、正確な時刻記録が要求される。このため、時刻の進み・遅れは NHK の時報で常時自動修正が行われるようになって

いる。停電時においては、バッテリーにより5日間ICメモリ中のデータは正常に保持される。集録機からのデータ回収には、ISO規格デジタルカセットテープに256バイトを1ブロックにして図4のようなフォーマットで1ページ1ファイルとして地震記録のあるページ分だけ転写される。

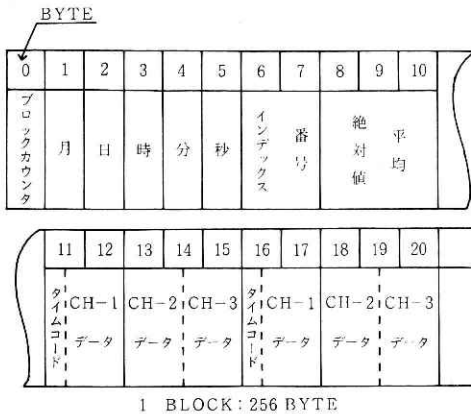


図4 テープフォーマット。  
Fig. 4 Tape format.

CHFの記録機は、数個の装置からなる通常使われているものである。記録部は、3成分の地震波と時刻情報の4チャンネルを地震波が終わるまでアナログカセットテープに直接集録している。なお、地震計・時刻機能は他観測点と同一のものを使用している。

#### 4. 地震記録処理システム

##### (1) システムの概要

当センターにはホストである汎用コンピュータ（ACOS 700 システム）とリアルタイムプロセッサ（RTP システム）をチャンネル結合（転送 40Kw/sec）し、RTP システムのシリアル入出力チャンネルにパーソナルコンピュータを結んだ構内データ伝送システムが稼動している（勝山他 1979, 御子柴他 1981）。今回、データ解析をホストコンピュータで行ったため、このシステムを利用した。また、パーソナルコンピュータには SEIKO 9500 を使用した。SEIKO 9500 は 16 bit の複数個からなる言語処理用、演算用および I/O 用の CPU を内蔵し、メモリ容量は RAM 512 K バイト（ユーザ領域 340 K バイト）であるため、パーソナルコンピュータとして高速演算また大きな変数領域の使用が可能である。グラフィック機能として、カラー表示可能な 512 ドット × 480 ドットの分解能があり、グラフィックプリンタでハードコピーをとることができる。補助記憶装置としてミニフロッピーディスク装置（640 K バイト × 2 台）がある。外部入出力インタフェースとして、RS 232 C インタフェースと GP-IB インタフェースがあり、RS 232 C インタフェースは RTP システムと構内用ベースバンドモデム（2400 bit/sec）で結ばれている。また、GP-IB インタフェース

で結ばれているパーソナルプロッターはステップ精度 0.1 mm, 連続作図可能なフラットベツタイプ (381 mm× 230 mm) であり, デジタルカセットテープ装置は ISO 規格の 2トラック用である.

言語は BASIC インタプリタを使用してプログラムを開発した. パーソナルコンピュータのグラフィック命令は, BASIC で行うことができる. また, パーソナルプロッタもコマンドなどを送れば作図するインテリジェント機能を持っていることを利用し, デバック・作図の効率を上げるため, デバイスナンバーを変えるだけの同一命令でパーソナルプロッタとグラフィックディスプレイに出力する作図サブルーチンを作成した. また, GP-IB・RS 232 C の入出力もサブルーチン形式になっている. なお, RS 232 C のサブルーチンは, 構内データ伝送システムの手順で行っている. システム構成図を図 5 に示す.

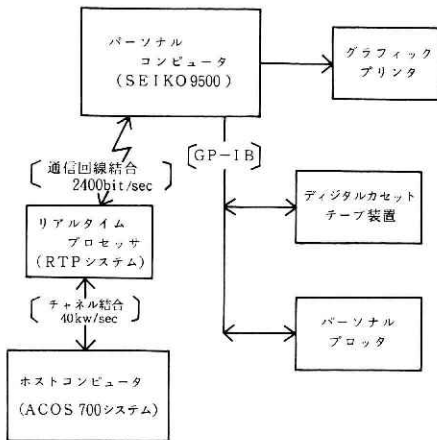


図 5 システム構成図.

Fig. 5 Hardware of the total system.

## (2) 解析用データの作成

回収された地震データは, いくつかの処理を行って解析用データとした. 手順の詳細は図 6 の流れ図に沿って説明する.

### (2.1) デジタルカセットテープの処理

#### (A) 原データ作成

地震データを集録したデジタルカセットテープは, パーソナルコンピュータで処理される. まず, 必要な地震データを選び, デジタルカセットテープのデータ 1 ファイルをミニフロッピーディスクに 1 ページとして一時 WORK-DISK に格納する. この時, 図 4 のようなフォーマットでデータが入っているため, 各地震記録チャンネル 12bit, タイムコード 4bit データをパーソナルコンピュータで扱える最小データ形式に変換する.

#### (B) チェック及び修正

データは記録機の主記憶装置である IC メモリの欠陥または, 何らかの原因によりノイズ

が入っている場合が考えられる。このため(A)で処理された WORK-DISK のデータチェックを行う。グラフィック機能を使用して、画面上に地震波形を表示する。ノイズがあるとカーソル機能を使用してノイズ地点に合わせ、その近辺のデータを画面上に出力する。そして、新しいデータ値をキーボードからの入力によって修正を行い、ふたたび WORK-DISK にデータを書きこむ。現在ノイズはほとんどなく、この操作はほとんど行われていない。

#### (C) 解析用データ作成

一時的に記録した WORK-DISK から、解析用データを新しいミニフロッピーディスクである SOURCE-DISK に記録する。この時には、地震データのゼロ点合わせ・単位変換を行う。地震記録開始時刻は、サンプリング周波数 50 Hz で記録されているタイムコードを年号から入力することにより、月、日と順に 20 m sec の単位まで求める。また、各ページの地震記録開始時刻と地震記録終了時刻を見て、地震波が数ページにつながるものがあれば一つの地震波として SOURCE-DISK の同一ページに格納するが、同一地震でも時刻が途切れた地震波は新たなページに格納される。

解析用データの波形は、パーソナルプロッタ及びグラフィックディスプレイに出力することができる。

#### (D) データ転送

地震波などの解析には、大量のデータを扱うため、処理時間、使いやすさからホストコンピュータで処理を行う。このため(C)で作成した解析用データである SOURCE-DISK のデータから必要なものを選んでホストコンピュータで扱えるように、オープンリール磁気テープ(以下、MTと略記する)に格納した。データ転送は、構内データ伝送システムの方法と手順で行っている。

#### (E) 解 析

解析は、各解析用 MT を作成して速度記録から加速度記録への変換、波数一周波数スペクトルの計算などを行った。詳細は処理結果の例で述べる。

#### (2.2) アナログカセットテープの処理

##### (F) 原データ作成

アナログカセットテープのデータは、コンピュータで扱えるようにディジタルに変換しなければならない。このため、専用の A/D 変換器でサンプリングタイム 20 m/sec, 12 bit のデータに変換して MT に格納する。

##### (G) 解析用データ作成

(F) で作成した MT を、ホストコンピュータでゼロ点合わせ、単位変換および地震記録開始時刻を求める処理を行い解析用データを作成した。

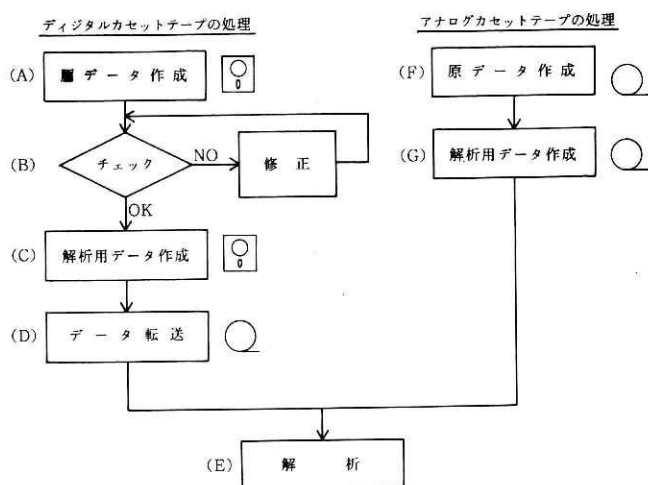


図 6 解析用データ作成手順.

Fig. 6 Flow chart for data analysis.

## 5. 処理結果の例

### (1) 地震記録

図 7 の地震記録は、図 1 に震源をもつ茨城県南部の地震において、FCH を中心とする各観測点で集録した速度記録である。各観測点の解析用データを N-S 成分、E-W 成分および U-D 成分ごとに編集しなおし、地震記録開始時刻を合わせ、また各成分ごとに作図単位を同じにして 60 秒間作図したものである。

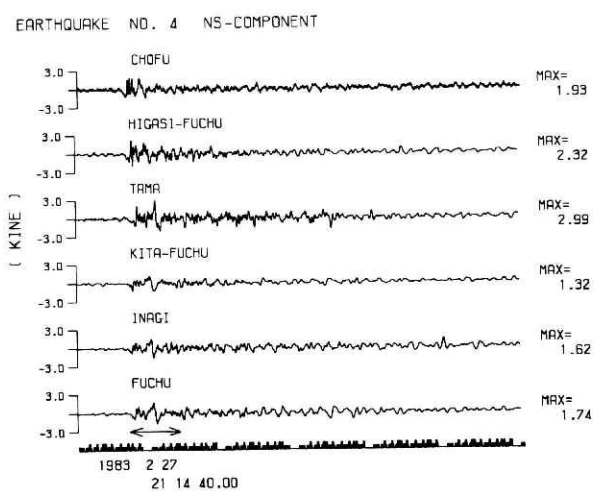


図 7.1 地震記録

Fig. 7 Earthquake records observed.

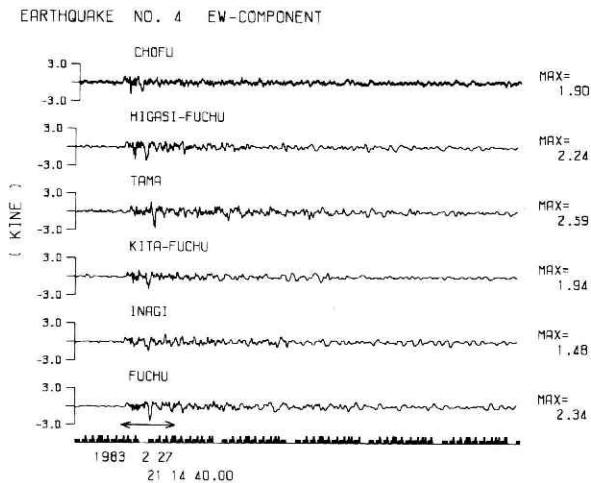


図 7.2 地震記録

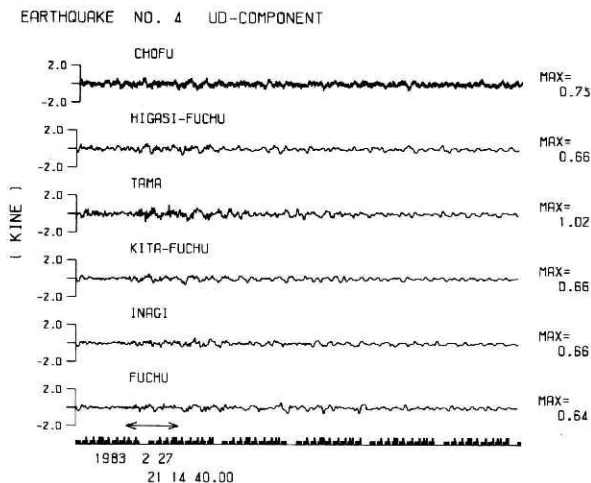


図 7.3 地震記録

## (2) 速度記録から加速度記録への変換

FCHの集録機は6成分の集録が可能のため、加速度型地震計と速度型地震計の同時観測を行った。ここで使用した解析データは、図1の茨城県南部地震における地震記録である。それぞれ3成分の速度記録を図8に、加速度記録を図9に示す。次に、図8の速度記録を微分フィルタに通して、加速度記録図10を求めた。この時使用したフィルタの周波数特性は図11である。そこで、加速度型地震計から計測によって求めた加速度記録(図9, 実測値)、速度型地震計から微分操作によって求めた加速度記録(図10, 計算値)とを比較した。比較は、応答スペクトルの領域で行った。非減衰速度応答スペクトルと誤差特性を図12に示す。結果として、平均誤差N-S成分で27%, E-W成分25%およびU-D成分2%であった。

(3) 周波数 - 波数スペクトル

解析データである図7のN-S成分, E-W成分およびU-D成分の速度記録を使用し, 矢印の範囲(7秒間, データ個数350)での周波数-波数スペクトルを各成分ごとに求めた. 周波数-波数スペクトルのコンタで $N=0$ の点から, 波の到来方向とみかけ速度が推定される.  $N=9$ まで求めた結果は図13である. 主要動(S波)の到来方向は, N-S成分で $N54^\circ E$ , E-W成分 $N60^\circ E$ およびU-D成分 $N54^\circ E$ と推定された. JMAによる震源と観測点(FCH)との角度は $N63^\circ E$ である.

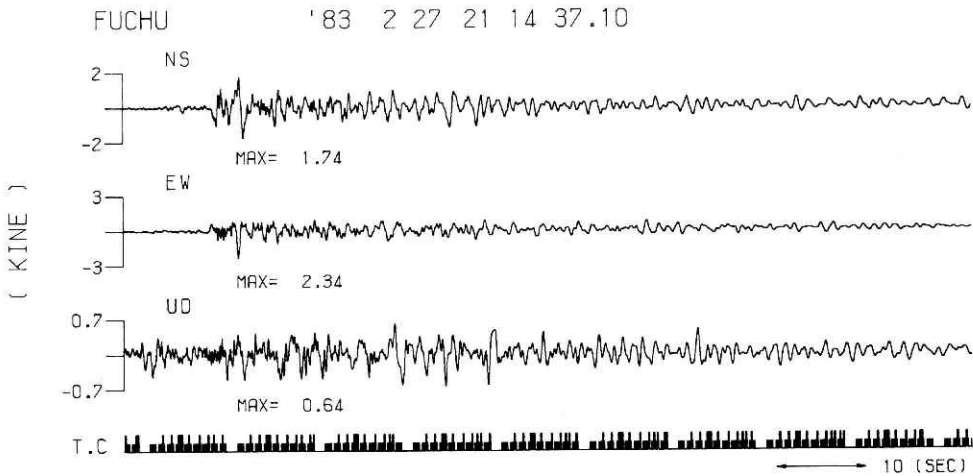


図8 速度記録.

Fig. 8 Velocity records observed.

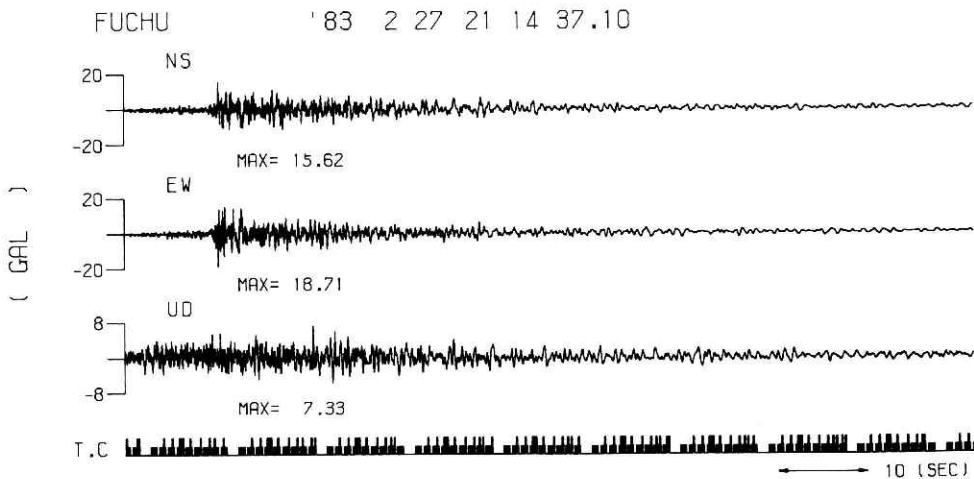


図9 加速度記録.

Fig. 9 Acceleration records observed.

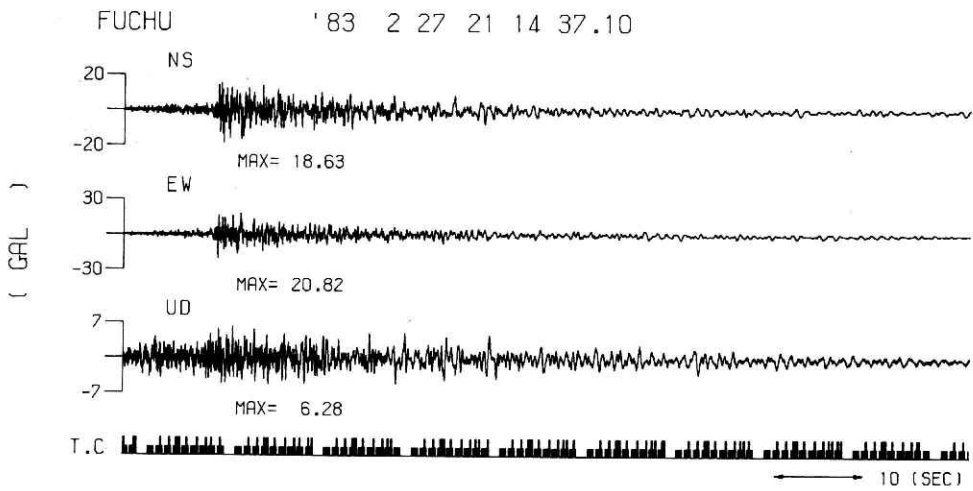


図10 速度記録から変換した加速度記録.

Fig. 10 Acceleration records calculated from the observed velocity records shown in Fig. 8.

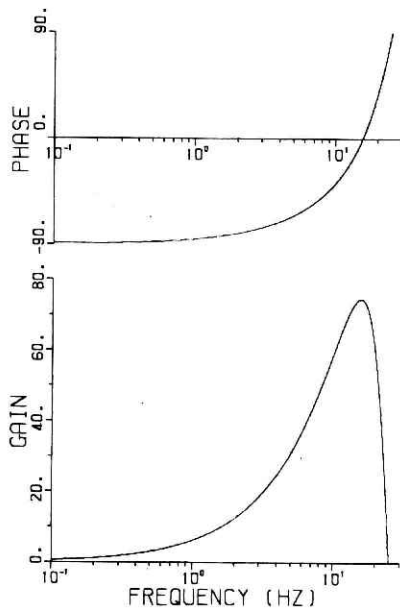


図11 微分フィルタの周波数特性.

Fig. 11 Frequency characteristics of the differential digital filter.

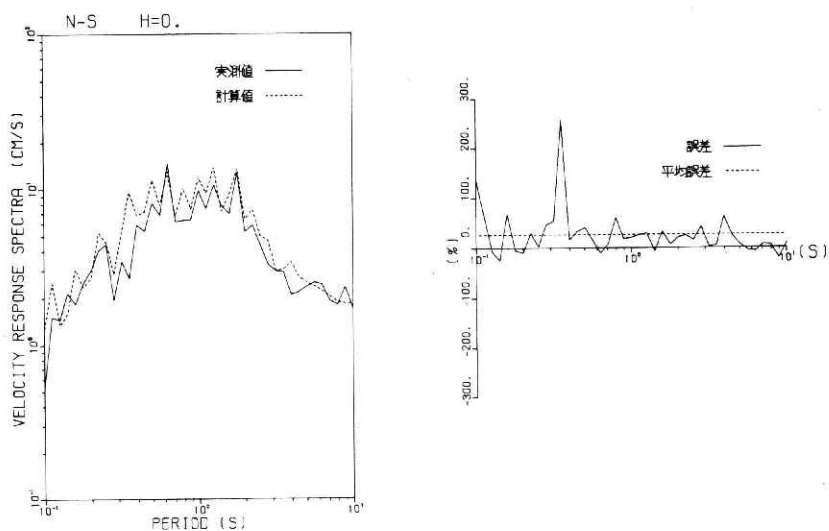


図12.1 速度応答スペクトルおよび誤差特性.

Fig. 12 Velocity response spectra and error characteristics.

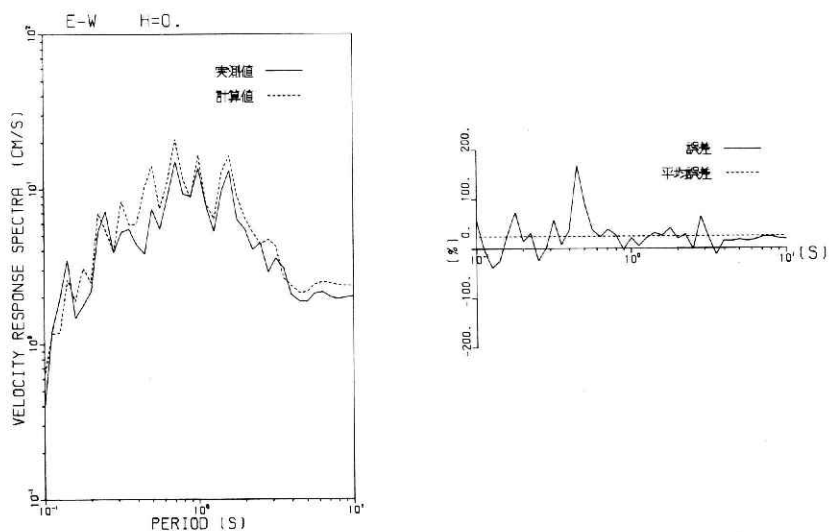


図12.2 速度応答スペクトルおよび誤差特性.

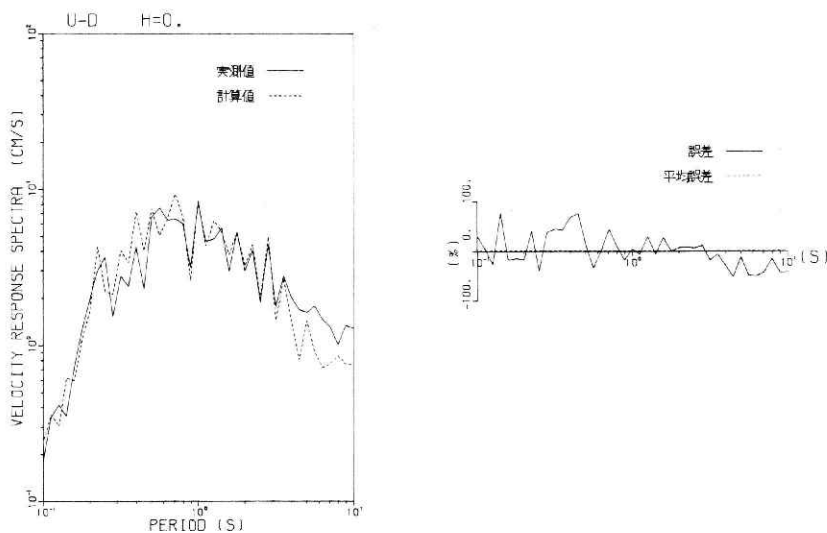


図12.3 速度応答スペクトルおよび誤差特性.

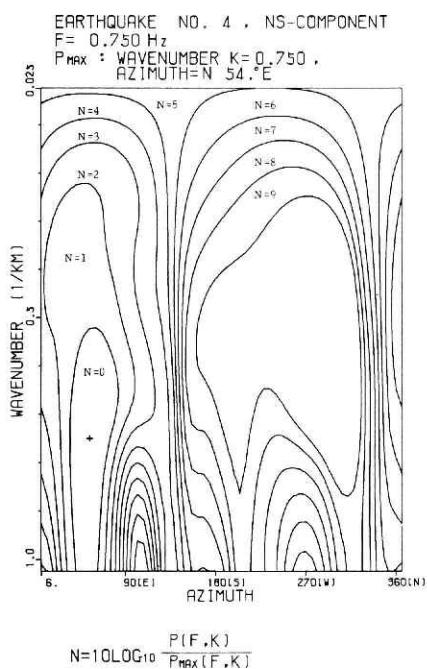


図13.1 周波数-波数スペクトル.

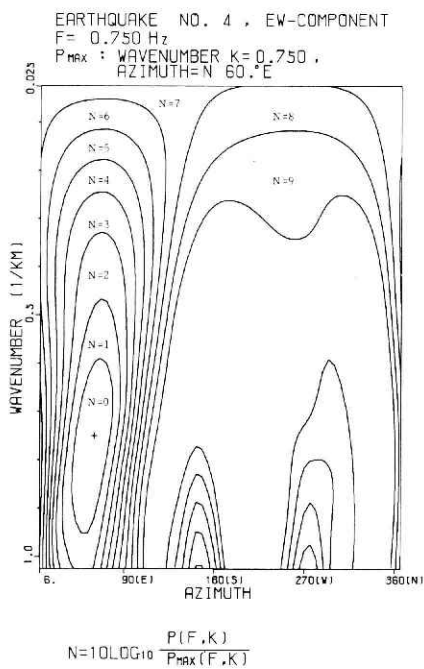


図13.2 周波数-波数スペクトル.

Fig. 13 Frequency - wavenumber spectra estimated.

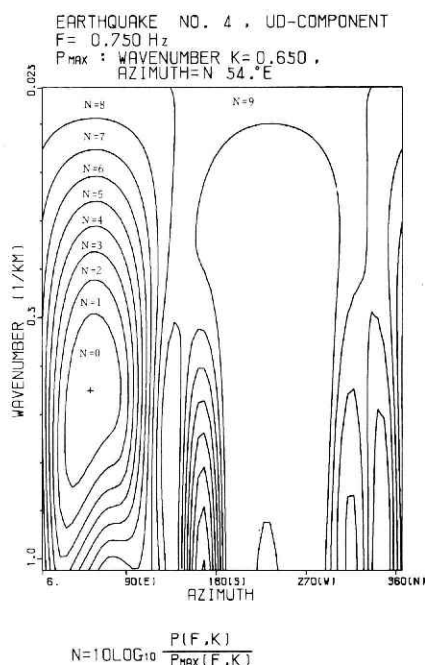


図13.3 周波数—波数スペクトル.

## 6. まとめと将来の方針

多点同時観測で集収したデータの処理すべてを、当初パーソナルコンピュータで行う予定であった。しかしながら、図13で求めた周波数—波数スペクトルを求める例では、ホストコンピュータのCPUタイムで30分位かかることがわかり、パーソナルコンピュータはフォーマット変換、データエラーチェックおよび作図のために使用し、解析はホストコンピュータで行うことにした。また、パーソナルコンピュータで行った対話形式のデータチェックは、今までホストコンピュータで同様の処理を行ってきた結果から判断してより易いシステムであった。当システムでは、パーソナルコンピュータのクラスでは高速演算、グラフィック機能・カーソル機能および主記憶容量の大きさなど諸条件が整っていることと、使い易さも手つだって、プログラム開発が容易に行えた。

今後、処理の効率化と使い易さなどを検討しながらパーソナルコンピュータで扱える範囲のデータ解析を、ホストコンピュータにゆだねることなくパーソナルコンピュータで扱うようにする予定である。また、ホストコンピュータで解析を指示するコマンドなどを、パーソナルコンピュータで指定することにより各種の処理が行えるシステムにする予定である。

## 参 考 文 献

- 1) 木下繁夫・御子柴正・横井勇 (1982) : 速度型強震観測システム。土木学会第7回電算機利用シ

- ンポジウム講演概要, 93 - 96.
- 2) 勝山ヨシ子・御子柴正・矢崎忍・諸星敏一(1979): 災害・防災情報の自動計測のための基本ソフトウェアシステムの開発. 国立防災科学技術センター研究報告 No. 22, 131 - 144.
  - 3) 気象庁(1983): 1983年2月地震火山概況, No. 227.
  - 4) 御子柴正・木下繁夫(1981): 構内データ伝送システム. 国立防災科学技術センター研究報告, No. 29, 123 - 135.

(1983年11月21日 原稿受理)