

構内データ伝送システム

—耐震実験に対する適用—

御子柴 正*・木下 繁夫**

国立防災科学技術センター

In-House Data Transmission System

By

Tadashi Mikoshiba and Shigeo Kinoshita

National Research Center for Disaster Prevention, Japan

Abstract

A data transmission system has been developed on the basis of a micro-computer, for use in various disaster prevention studies. This system consists of the micro-computer connected with a large-scale computer through a special-purpose mini-computer, and effectively carries out data processing by an original software system. This paper summarizes the contents of the data transmission system, outlines its feasible processing-jobs and shows some results of shaking table tests, to which the system was effectively applied.

1. まえがき

当センターではすでに汎用大型計算機 (ACOS - 700) をホストにしたリアルタイム処理装置 (RTPシステム) が開発されている (勝山他, 1979)¹⁾ RTPシステムは, 汎用大型計算機にチャンネル結合でミニ・コンピュータ (TOSBAC - 40C) をつなぎミニ・コンピュータに非標準的な高速アナログ入出力装置・手持ちのアナログ制御による蓄積型表示装置・座標入力装置などをつなぎ, これらを汎用大型計算機のプログラムで利用できるシステムである。RTPシステムは多量のデータ処理, 特定の非標準データ処理には適しているが, 処理場所が計算機室と限られてしまう。また, 処理方法も一度蓄えたデータを用いるため, データ処理がリアルタイム処理でなくバッチ処理になり即応力がない。

このため, 多様化する災害・防災データの処理を行なうためには, より柔軟なシステムの確立が必要になってきた。現RTPシステムを有効に利用し, コスト・機能性に富んだシス

* 第4研究部計測研究室, ** 第2研究部耐震実験室

テムとして、また機能分散を目的としてRTPシステムにマイクロ・コンピュータを結合した、構内データ伝送システムを開発した。

ところで、近年における耐震工学の発展に伴って、各種構造物の耐震性能調査が数多く行なわれるようになってきた。当センターの大型振動台を用いる耐震実験は、性能調査の一部として、共用施設であることも伴って、ここ数年100%の稼働率で行なわれている。現在、当センターで行なわれている通常の耐震実験における手順は、画一的なものはないが、おおむね図1に示すようなものである。ここで、前実験（予備実験）とは、本実験にそなえて供試体の振動性状を確認もしくは把握するものである。（たとえば、各振動モードの固有振動数とか減衰定数とかの目安を得るものである。）これらは、耐震性能試験である本実験の入力波選定を行なうときなど、実験担当者が判断材料として本来求めるべき情報である。特に、本実験において正弦N波共振実験を行なうような場合（一般に、電力設備関係の供試体では3波、フロア・レスポンス波を模擬するような場合は、さらに波数の多い加振が行なわれる。）には、この前実験の情報が不可欠なものとなる。また、本実験において、実験時間に制約がある多くの場合、前実験の結果をふまえた入力波形合成の迅速さが要求される。現状では、あらかじめ本実験用に予測した入力用テープを用意して、これに対処しているが、これが最良の方法とはいえないものがある。すなわち、実験における本質的な形態の一つであるフィードバックの機能が効率よく行なわれないのである。このような事情も含めて、耐震実験を発展的に行なうことを意図したとき、現状のままの対応では限界があるのである。耐震実験における上記のごとき事情に基づいて、構内データ伝送システムを用いたオンライン・データ処理の実際の応用が必要とされるのである。

ここでは、構内データ伝送システムを耐震実験に適用したいくつかの結果について報告する。

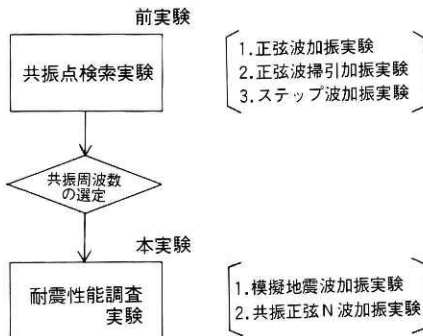


図 1 耐震実験における手順の概要

Fig. 1 Flow chart of shaking table test.

2. 処理システム

2.1 構内データ伝送システムの概要

RTPシステムは多様なデータ処理を行なうのが本来の目的であるが、さらに入出力の一つであるシリアル入出力チャンネルにマイクロ・コンピュータを結んで、機能分散型データ伝送システムを開発した。

マイクロ・コンピュータの端末計算機側では、問題ごとに必要最小限の入出力装置を置き、高速大容量記憶・高速演算処理に相当するものは、すべてこれらを特徴とする汎用大型計算機にゆだねることとした。このことにより、RTPシステムに新しい特殊な入出力装置を附加するというような大きな負担をかけることなく、端末計算機側で可能な限り、問題に適切なサービスができるであろうと考えた。

RTPシステムを通しての汎用大型計算機と端末計算機との交信は、3つの計算機に各ジョブを置いてデータの伝送を行なう。RTPシステムと端末計算機には交信用サブルーチンがあり、端末計算機側では交信オープン、RTPジョブ起動、ACOSジョブ起動、データ送信、データ受信、送受信状態表示、交信クローズの機能を持っている。データ送受信はバイナリー・データの伝送を行なう必要から制御手順は図2に示す流れ図のとおりである。手順の詳細を流れ図に沿って説明する。

(a) 伝送コマンドの指定

データの受け取り側、または送り側どちらが先に呼びかけても良いが、相手からの応答があるまでは待っている。

(b) 伝送バイト数の要求

(a)が成立すると、次に、伝送要求バイト数を伝送する。

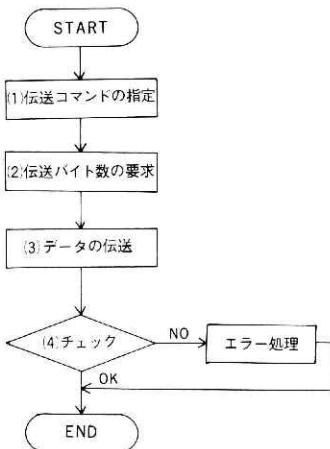


図 2 データ伝送の手順

Fig. 2 Flow chart of data transmission

(c) データ伝送

データの受け取り側と送り側のデータ・バイト数を比べて、小さいデータ・バイト数だけ伝送する。中間バッファは置かず、直接プログラム指定のデータエリアと入出力を行なう。

(d) チェック

データ部分の送信が終ると、最後に水平パリティチェックコード（同じビット列のモジュロ2の加算）を送信する。データを受け取った側は結果の正否を送信側に返送し、チェックの結果が正しくなければ一旦両者がキャリア信号をオフにして確認し、再度キャリア信号をオンに戻す。再送するか否かは利用者プログラムで決めるようになっている。伝送の終了、チェックの結果、実伝送バイト数はメインプログラムから送受信状態表示ルーチンをコールすることにより知ることができる。

2.2 適用例のシステム

(1) システムの概要

今回の耐震実験の適用例では、図3に示すシステム構成を用いて行なった。

汎用大型計算機とRTPシステムは既存のシステム構成である。RTPシステムと端末計算機の間は、400m余りの距離を、構内用ベースバンド・モデム(9600bit/sec)でつないでいる。

端末計算機であるAPPLE-IIは、8bit処理のメモリ64Kバイト(RAM48バイト)のマイクロ・コンピュータである。これにはディスク・ベースのオペレーティング・システム

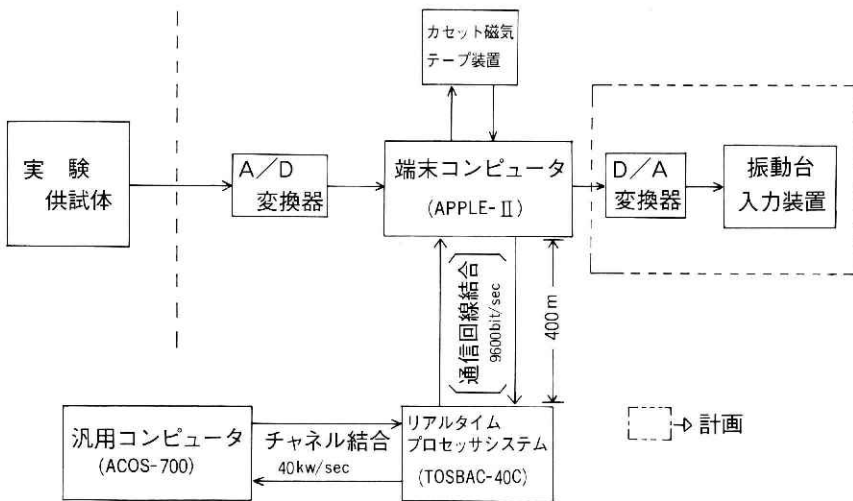


図3 構内伝送システム構成図

Fig. 3 Hardware of the whole data transmission system

ムがあり、グラフィック機能は、ハード・ソフト共に標準付加されている。また、プログラム言語は、ベーシックとアセンブラが使用できる。

入出力機能として、プログラムのセーブ、リードを行なう、フロッピー・ディスク装置（256 Kバイト）、モニター機能としてのテレビ、解析データを入力するための A/D（アナログ・デジタル変換）変換器、A/D された入力データを格納するカセット磁気テープ装置がある。

A/D 変換器・カセット磁気テープ装置・シリアル入出力装置のためのソフトウェアは独自で開発した。

(2) 各システムの機能分担

(a) 汎用大型計算機（ACOS-700）

汎用大型計算機で実行される解析ジョブは、フォートラン言語で書かれた通常のジョブであり、RTPシステム関係のライブラリは、サブルーチン・コールによって用いることができる。

今回のジョブにおけるプログラムは、実行時48KWの大きさで、汎用大型計算機のオペレーティング・システム（O.S）によって、他のバッチ・ジョブと同様に処理され、O.SはRTPシステム関係には、全く関与していない。

(b) RTPシステム

端末計算機からのコマンドにより、汎用大型計算機に解析ジョブの起動、また終了要求を行なう。

解析ジョブ実行中は、データあるいは、結果の伝送を中継する。

(c) 端末計算機

アナログの形である解析データをデジタルの形に変換して、カセット磁気テープに収録する。実験終了後、構内用ベースバンド・モデムを用いて、カセット磁気テープのデータを、汎用大型計算機に伝送する。伝送終了後、処理の指定を行なって結果の数値、グラフを受取りモニター・テレビに表示する。

(3) ジョブの機能

(a) A/Dジョブ

端末計算機側だけで実行され、アナログの解析データをA/D装置でA/Dをし、デジタル・データをカセット磁気テープに格納する時に使用するジョブである。8チャンネル分を10msのサンプリングで、カセット磁気テープに5分間収録することが可能である。デジタル化の精度は、± 2048（12 bit）である。

(b) 解析ジョブ

汎用大型計算機と、オンラインで結ばれ、端末計算機側で指定したコマンドにより、汎用大型計算機へデータを伝送し、解析方法の指定を行ない、解析結果を受けとりモニター・

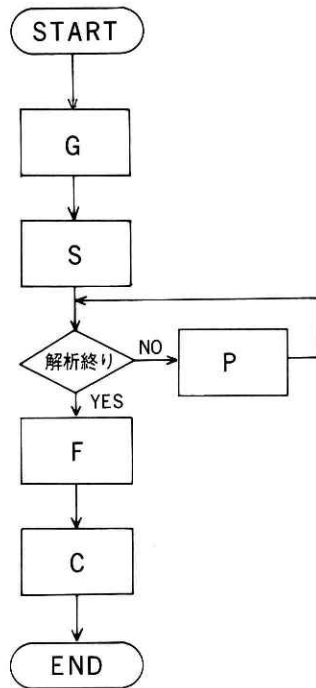


図 4 解析手順の概略
Fig. 4 Flow chart of analysis

テレビに表示するジョブである。コマンドは、マン・マシン方式で受け入れて進める。下記にコマンドの種類と、解析の種類、図4にコマンドのオペレーションを示す。

(i) コマンドの種類

- “G”：汎用大型計算機に登録されているジョブを起動させる。
- “S”：カセット磁気テープのデータを、ホストコンピュータに伝送する。
- “P”：解析を指定してホストに伝え、結果の数値、グラフを受け取ってモニター・テレビに表示する。
- “F”：処理ジョブを終了する。
- “C”：RTPシステムとの交信を終了させて、自らも終了する。

(ii) “P” のコマンドによる解析の種類

- “DGRA”：指定したチャンネル（8チャンネルまで）のデータをグラフ化出力。
- “CALI”：指定したチャンネル（8チャンネルまで）のデータの最大値と最小値の出力。
- “STEP”：指定したチャンネル（1チャンネルのみ）のデータのARモデルによる、固有振動数と減衰定数の数値出力。

- “B I D O”： 指定した入出力2チャンネルデータのフーリエ比のグラフ化出力.
- “R A N D”： 指定した入出力2チャンネルデータのフーリエ係数とフーリエ比のグラフ化出力.*
- “S I N W”： クロスコレログラム, コヒーレンシ, 入力及び出力のパワースペクトル及び利得関数のグラフ化, さらに密度行列の数値出力.

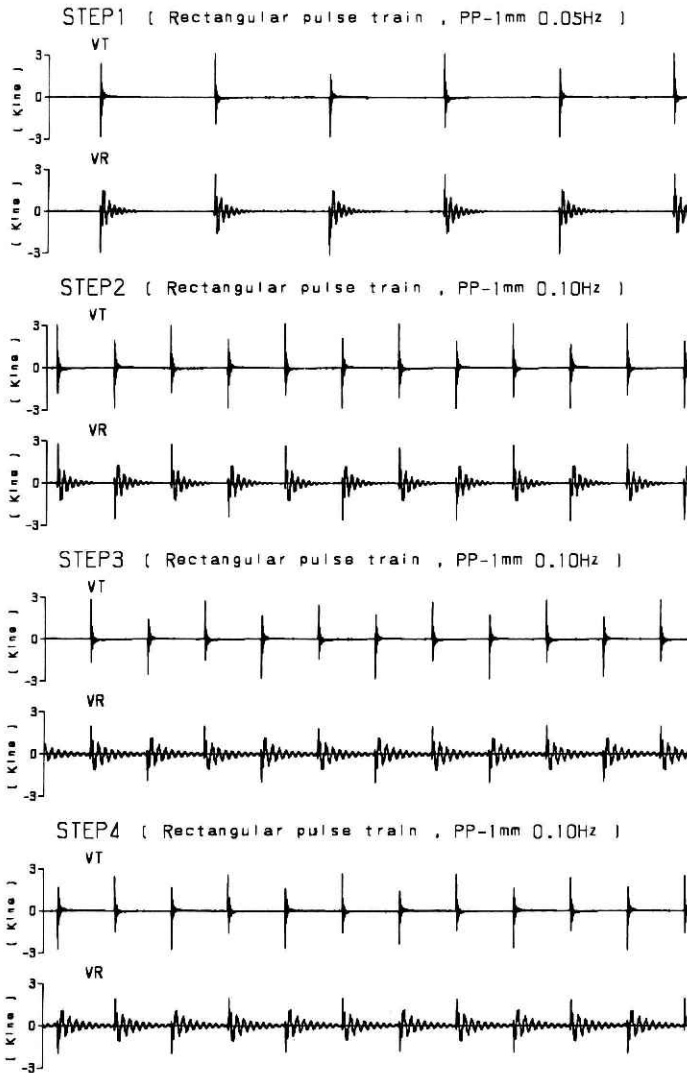


図 5 加速度波形

Fig. 5 Acceleration record

* ただし, ラインプリンタ装置には入力波の各種応答スペクトルが出力される.

3. 適用例

前章で述べた分散処理システムは、昭和55年度以降いくつかの耐震実験において用いられてきた。本章では、代表的な次の三例について、適用結果を報告する。

(1) 三層RC実大模型における固有振動数の変化の推定

三層RC実大模型の振動実験は、日米共同研究の一環として昭和55年度に行なわれた。この実験内容に関しては、別に詳細な報告がある（大谷圭一，1980²⁾）。したがって、ここでは、加振加速度のレベルを徐々に増加させたとき、模型の振動性状、具体的には固有振動数、が推移して行く状態をいかに推定したかについて述べる。

この実験では、試験用模擬地震の加速度レベルを三段階で上げながら加振実験を行なったが、各実験の間に、小レベルの方形波連続加振（変位方形波）を行ない供試体の固有振動数を推定した。方形波連続加振における振動台および三層RC模型頂部における加速度波形が図5である（各STEPの上側が振動台、下側が頂部の波形である）。

この図の振動台波形にみられるような連続パルス列による加振は、正弦波連続加振、正弦波掃引加振および定常不規則波連続加振等と比較して供試体に対して少い影響で、準定常状態の振動へ供試体をもって行ける特徴がある。余談ではあるが、このような励振機構は自然界によくみられるものである。例えば、人間の発する有声音は、声門における肺からのパルス状励振により声道を共振させて準定常状態に至らしめることにより作られるものである。

さて、問題は供試体の固有振動数の推定であるが、供試体を準定常的な振動状態にしてあるので比較的容易である。迅速さを要求する場合は、供試体頂部の信号に一次元の自己回帰モデルをあてはめ、その特性根から共振周波数と-3dB帯域幅の対を推定すればよい。-3dB帯域中の小さい共振周波数が供試体の固有振動数に相当する。ただし、波形と対応させて最終判断をせねばならないことはいうまでもない。図5に関して推定した結果は、STEP 1では、3.30 Hz、STEP 2では、1.85 Hz、STEP 3では、1.22 Hz、STEP 4では、1.19 Hzであった。

実験処理では、解析ジョブ“P”の中の“STEP”を用いて対応したが、これは、特性根と共振周波数および-3dB帯域中の対をモニター・テレビへ伝送するところまで行える。

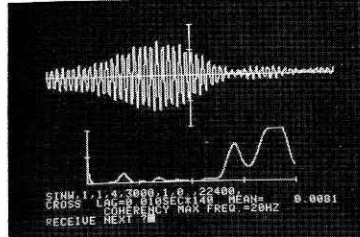
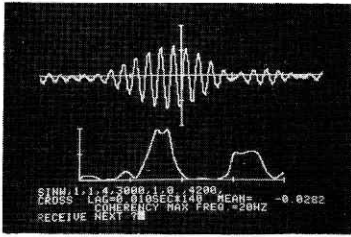
(2) 電力施設の耐震実験における反力架台の共振点検索

これは、消防設備の耐震性調査のため、消防庁との共同実験として行なわれたものである。実験では、電力施設（実規模大6000V開放型変電設備）に設けられた反力架台の加速度計測を担当した。

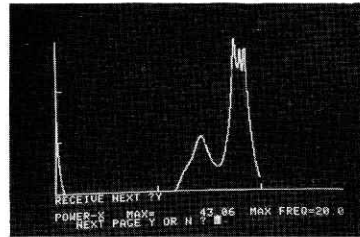
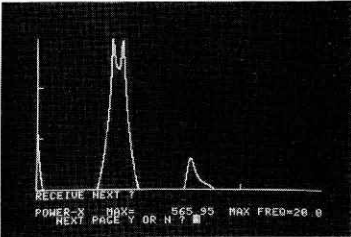
実験は、図1の手順とほぼ同様に行なわれた。前実験の共振点検索では、正弦波掃引加振を、片振幅50 Gal程度、掃引速度0.05 Hz/sで2Hzから22Hzまで行なった。

実験終了後、モニターで架台加速度の大きな範囲を選択して処理を行なった。これは、振

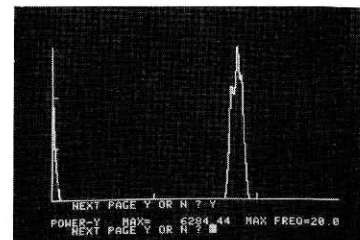
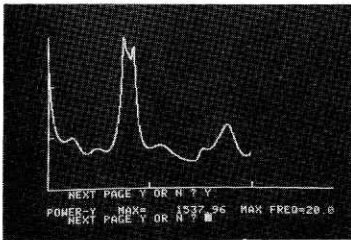
構内データ伝送システム—御子柴・木下



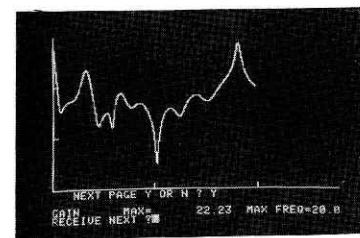
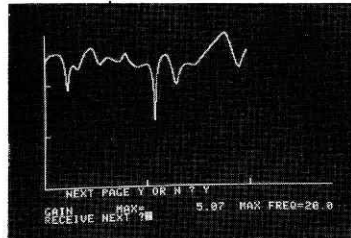
クロスコログラム及びコヒーレンシ



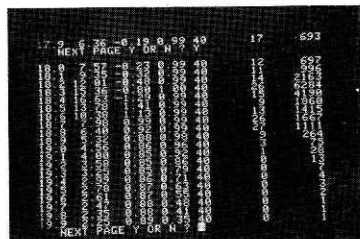
パワースペクトルX



パワースペクトルY



利得関数



(周波数 8 Hz)

スペクトル 密度行列

(周波数 16 Hz)

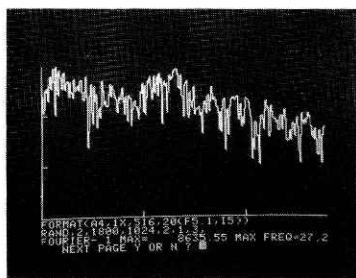
写真 1 処理コマンド“SINW”

Photo. 1 Processing-command SINW

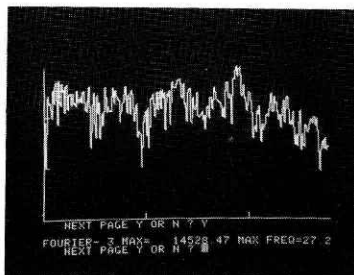
動台加速度に対する架台加速度の伝達関数を推定するものであり、解析ジョブ“P”中の“S I N W”を用いている。結果が写真1である。コヒーレンシの場合の横軸の目盛は5 Hzごと、パワースペクトルX・パワースペクトルYおよび利得関数の場合の横軸の目盛は10 Hzごと、密度行列の場合には左から、周波数・ゲイン・フェーズ・コヒーレンシおよび時系列に自己回帰モデルをあてはめた時の最適の次数・パワースペクトルX・パワースペクトルYである。このうち、コヒーレンシの高い周波数範囲が有効部分である。すなわち、選択した記録範囲に占める加振周波数域である。この架台では、8.1 Hz 近傍および 18.4 Hz に利得関数のピークが認められた。

本実験では、模擬地震波加振と正弦波加振とが主として行なわれ、模擬地震波加振の結果の一例を写真2に示す(横軸の目盛は10 Hzごと)。これは、いわゆるエル・セントロ波NSの記録を変位信号として加振した結果であり、振動台上最大加速度は、400 Gal 程度である。これは、解析ジョブ“P”中の“RAND”を用いた結果である。この“RAND”は、加振台加速度と架台加速度のフーリエ振幅スペクトルおよびスペクトル比をモニターできる様にしたものである。これらの結果は、入力に相当する加振台加速度波の各種応答スペクトル(H=0, 0.02, 0.05 および 0.1)とともにホストのライン・プリンタ装置に出力されるようになっている。写真2のフーリエ比から8.5 Hz 近傍の共振点を読みとれる。

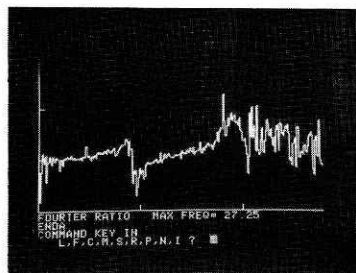
正弦三波加振実験における、加振周波数 8.4 Hz および 8.6 Hz のいろいろな場所の振動



フーリエ振幅スペクトル(1CH)



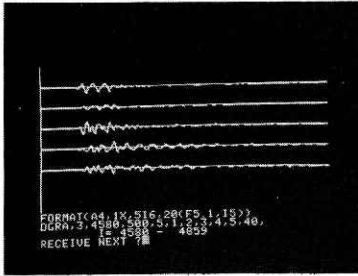
フーリエ振幅スペクトル(2CH)



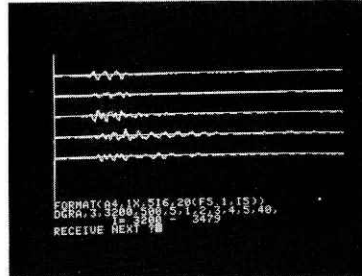
フーリエ比

写真 2 処理コマンド“RAND”

Photo. 2 Processing-command RAND



入力周波数 8.4 Hz



入力周波数 8.6 Hz

写真 3 処理コマンド“DGRA”

Photo. 3 Processing-command DGRA

波形を写真3に示す。これは、解析ジョブ“P”中の“DGRA”を用いてモニターしたものである。

(3) 多点同時観測用地震計群の位相特定推定

これは、いわゆる振動実験ではないが、振動台と本処理システムを有効に使った例である。当センターでは、昭和56年度から、府中地殻活動観測施設を中心として、半径約3kmの円上に速度型強震計を設置して、周期1～15秒程度の領域における強震地動の観測を開始している。この観測の目的が、観測点間の位相差を調査することにあるため、地震計群の位相特性推定試験を行なった。試験は、写真4に示すように振動台上に三台の速度型換振器を設置して行なった。基準入力に加振機の変位計出力としたが、速度計間の位相差も推定して、各速度計の位相特性を推定した。本処理システムの柔軟さは、A/D変換器の標準化時間を端末機から任意に変えられることであり、広い周波数域において位相特性推定のため加振周波数を変えて加振する場合に、充分追従できることである。この試験による位相特性推定に

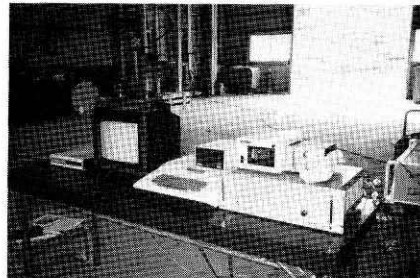
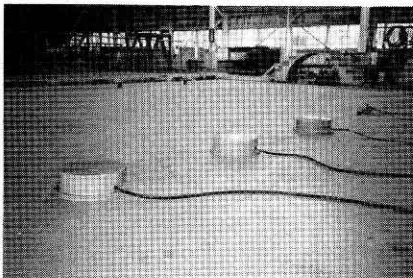


写真 4 端末計算機と速度型換振器

Photo. 4 Micro-computer and velocity seismographs

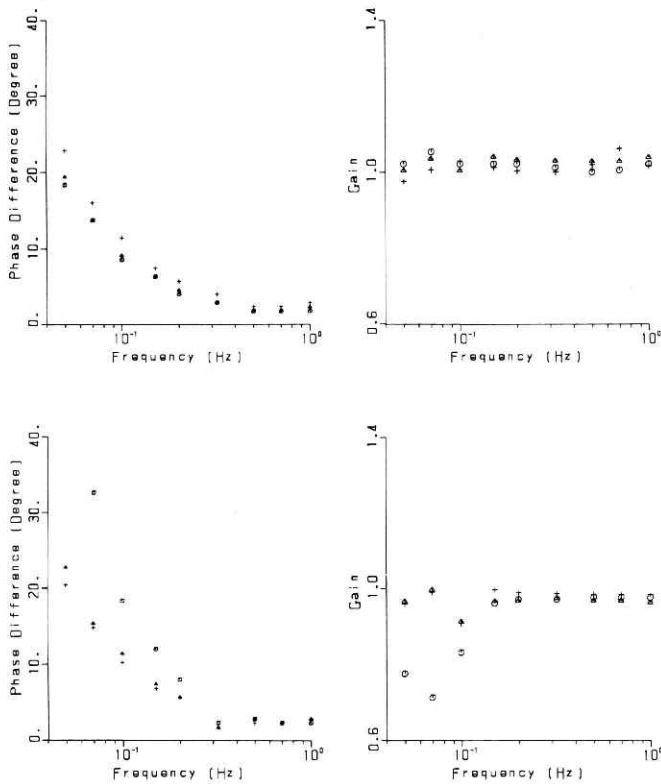


図 6 利得および位相特性

Fig. 6 Gain and phase characteristics

は、二次元の自己回帰モデルを用いたが、このような解析法では、標本化定理を満足する範囲で標本化時間を大きくした方が都合が良いからである。この試験における推定結果を図6に示すが、一応満足すべき結果であった。ここでは、解析ジョブ“P”の中の“S I N W”を用いた。これは、端末計算機から指定した範囲での二次元信号を取り込み、平均操作、共分散行列の推定、情報量基準に従う二次元回帰モデルの次数決定、スペクトル密度行列の計算、および、位相特性の計算結果のモニター・テレビへの伝送を順次行なうものである。

4. まとめ

R T P システムのシリアル入出力チャンネルに、マイクロ・コンピュータを結んだわけだが、シリアル入出力のような標準化された入出力は、上記した耐震実験データの処理のような目的には強力な道具であり、各計算機間の結合・距離の問題などは容易に解決される。しかし、

せっかく接続のハードウェアを標準化したのに、現在の伝送制御手順が全く独自のものであるため、ソフトウェアの標準化を行なわないと、特殊入出力装置を接続する時と同等の手間を繰り返さなければならない問題がある。なお本システムにおいては、適用例でもわかるように可能な限りシステムを運用しやすくしたことも一つの特徴である。

参 考 文 献

- 1) 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.
- 2) 大谷圭一(1980)：3層実大鉄筋コンクリート造建物の耐震実験，第12回U J N R会議録， 177 - 190.

(1982年6月10日 原稿受理)