

港 湾 技 研 資 料

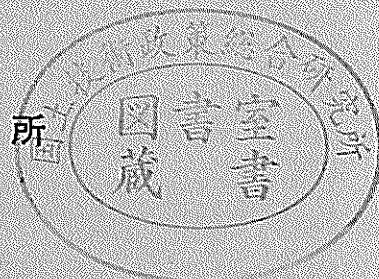
TECHNICAL NOTE OF
PORT AND HARBOUR TECHNICAL RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORTATION, JAPAN

No. 15 FEBRUARY 1965

- 振動記録処理装置について……………林 聰・宮島信雄・山田通一郎
- 全国主要港湾における強震測定(第2報)……林 聰・宮島信雄・山田通一郎

昭和40年2月

運輸省港湾技術研究所



振動記録処理装置

目 次

§ 1 ま え が き	1
§ 2 装置の概要	1
§ 3 各部の仕様並びに性能	3
3-1 磁気記録部	3
i) 入力条件	6
ii) ピックアップ用ケーブル	6
iii) ジャック端子盤	7
iv) ローパスフィルター	7
v) 前置増巾器	8
vi) 走査器	11
vii) パッチコード盤	11
viii) A-D (D-A) 変換器	11
iv) 整合及び増巾器	12
x) 無現像オシログラフ	13
xi) デジタル磁気テープ記録機	14
xii) 制御部	15
a) 記録動作制御	15
b) 現場アナログ再生動作制御	15
c) その他の制御動作	15
xiii) 電 源	15
xiv) デーゼル発動発電機	16
xv) 観測車	16
3-2 処理部	17
i) 純2進紙テープさん孔	18
ii) 印字処理	19
iii) フレキシライター紙テープさん孔処理	20
iv) アナログ再生処理	20
v) 制御部	21
vi) 室内条件並びに電源	22
§ 4 精度並びに使用例	22
§ 5 む す び	25

振動記録処理装置

* 林 聰
** 宮 島 信 雄
*** 山 田 通 一 郎

§ 1 ま え が き

近年電子工学、並びにその応用技術は急速な進歩をとげ、天空には、これらの技術を十分に活用した人工衛星が飛びかう昨今であるが、土木工学関係の計測技術への電子工学の導入は専門的な技術が必要とする事にも関係し、その利用面では充分とは云えないのが現状である。例えば、我々の取扱う振動現象にしても、これまで、その振動波形を直接、または間接的にアナログ量として、まず記録紙に画かせ、しかる後にこの記録紙上の振動波形から、必要に応じて、人力でデジタル量に変換し、解析処理を行ってきた。しかし振動現象は一見極めて複雑な様相を程するものであるのが一般であり、また、短時間に膨大な資料が得られるのが普通である。従って、これをまずデジタル量に変換する時の手続きは煩雑であるばかりでなく、精度並びに労力が大きな隘路となっている。この点から解析処理装置についての現状を見ると、アナログ、デジタルを問わず、急速に時代の脚光を浴びて各種の機器が製品化されているが、プロセス、シュミレート関係を除いては、現象記録と解析処理装置への流れは、直ちに受け付けられる態勢にはなっていない。我々は、この現状にかんがみ、現象の記録から処理まで一貫して、オートメーション化する事を第1の目的とし、これを計画し、ここに製作したものが振動記録処理装置である。

本装置の特徴は、第1に現象の記録から処理まで一貫して2、3、の手动指令操作で処理出来る事、第2には、同時に30チャンネルもの多チャンネルの記録をする事が可能であり、分解能も現状では最高であること、第3には、現場測定に進出させることが出来た事である。

本報告は、製作された振動記録処理装置に関する一般的な仕様並びに機構について主に述べ、使用例にもふれて、今後の利用活動の資にするものである。

§ 2 装置の概要

本装置製作上の基礎的なものは、あくまでも振動現象の記録から解析処理するまでの一貫した自動化である

が、製作時の概略の条件は次の如きものである。

①入力源は現在使用している各種 Pick up をそのまま利用出来るものとする。

②実験時に於ける同時記録するに必要な素子は最大30程度とする。

③装置はなるべく可搬型とし、港湾地域における現地実験に支障をきたさない事。

④装置の運転操作はなるべく簡単にし、専門技術者以外でも操作出来る事。

⑤ 装置の精度は総合2%以下とする。

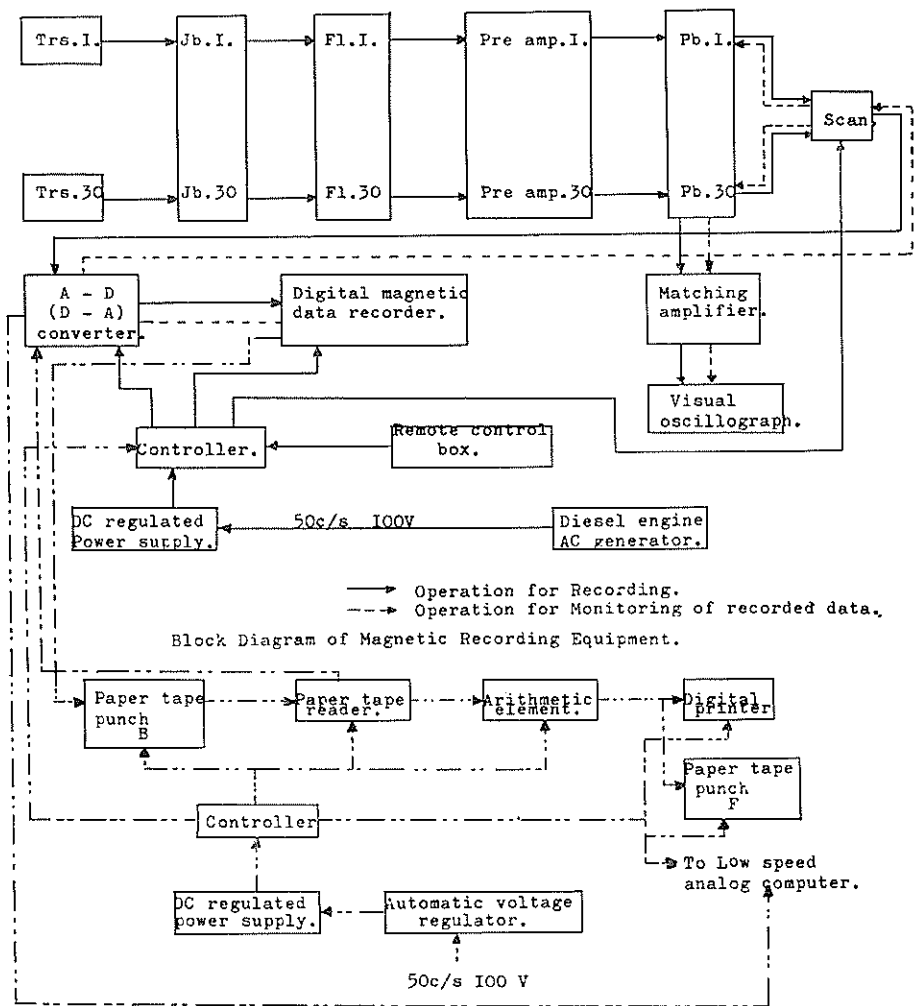
⑥測定記録の最終の形は、1つにはデジタル量の印刷、他は現有のアナログ計算機への入力用アナログ電圧、並びにデジタル計算機への入力さん孔紙テープの作成とする。

以上の大略の条件を満たすものとして、図-1のブロックダイヤグラムに示す様な構成の装置となった。これらの系統について、その機能の概略をのべると次の如くなる。

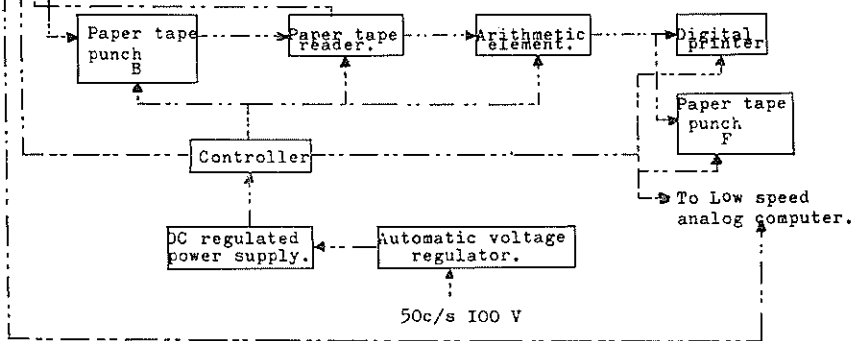
入力としては、静的、動的を問わず電気変換された現象で、本装置のもつ機能の条件を満足するものであれば処理出来、アナログ同時多現象(1~30チャンネル)を任意の等時間々隔に分割し($1/6000 \sim 1/25$ 秒)、その各々の瞬時値をデジタル量に変換し、デジタル磁気テープ記録器に他の必要メモリーデーターと共に記録する。また、入力波形及びデジタル磁気テープに記録有無の監視の為に無現象オシログラフを組合わせて使用して監視する。この記録迄のすべての機器は現地実験を主として考え、移動性の点から専用大型自動車(観測車)に搭載した。また、これらの記録操作に必要な電源は、すべてゼーゼル発動発電機に依り供給する形式にした。

現地実験若しくは室内実験で得られた記録を、専用建屋内に設置された処理装置に連結して、処理装置側にて制御を行い、一旦デジタル磁気テープの記録内容のすべてを、独特な形式で紙テープにさん孔し、これを読んで3通りの出力を得る事が出来る機構にした。これらの出力とは若干のデーター補正と係数乗算を行った後、①必要メモリーデーター及び現象データーのすべての印字、②

* 構造部長 ** 耐震構造研究室長 *** 土質試験課



Block Diagram of Magnetic Recording Equipment.



Block Diagram of Data Processing Equipment of Recorded phenomena.

- | | | | |
|----------|---------------------|-----|---------------------|
| Trs. | : Transducer. | Jb. | : Jack board. |
| Pre Amp. | : Pre Amplifier. | Pb. | : Patch board. |
| Scan. | : Scanner. | | |
| B | : Pure binary code. | F | : Flexowriter code. |

図-1

選択された現象データのみのデジタル電子計算機入力としての、フレキシライター 8 単位紙テープさん孔、③ 選択された任意に周期変換（現象周期の $1 \sim 1/250$ 倍）されたデータの、アナログ電子計算機入力としてのアナログ量とである。既設のデジタル電子計算機との結合は、オフライン方式であるので問題はないがアナログ電子計算機とはオンライン方式であるので、動作制御は処理装置に於いて可能とした。

原記録データの保管に関しては、アナログデジタルを問わず、記録された磁気テープでは消磁又は転磁等の

影響を受ける期間や、条件についての判然としたデータがまだないので、二次原記録としては、処理装置で一旦デジタル磁気テープ記録内容のすべてを同一形式で紙テープにさん孔作成して保管される。

以上、その記録処理系統についての概略を述べたが、その構成は、機能上から 2 つに大別すると磁気記録部と処理部になり、そのうち主な内容は次の如くである。

○磁気記録部

- | | |
|------------|---------|
| 一次換振器用ケーブル | 30対1式 |
| 低域ろ波器 | 30チャンネル |

前置増巾器	30チャンネル
A-D (D-A) 変換器	1台
走査器	"
デジタル磁気テープ記録機	"
無現像オシログラフ	"
制御器	1式
遠隔制御操作器	"
ディーゼル発動発電機	"
自動電圧調整器	1台
観測車	"

○処理部

演算器	1式
制御器	"
印字器	"
紙テープさん孔器	1台
紙テープ読取器	"
磁気記録部との連結用ケーブル	1式

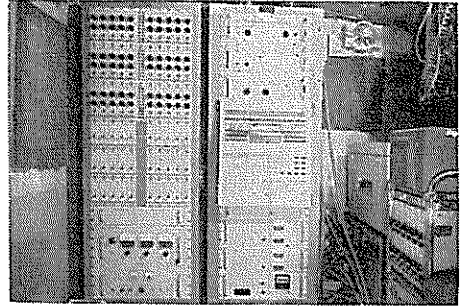
この外観を写真1～5で示す。



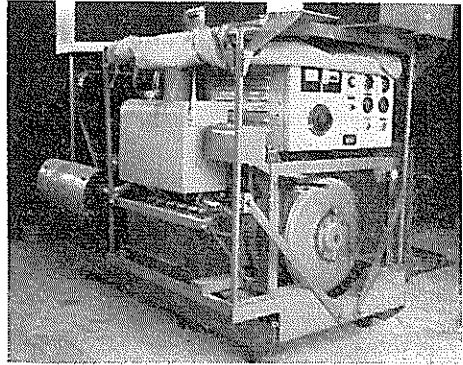
写真一 観測車全景



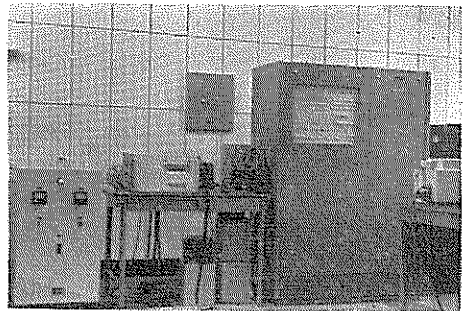
写真二 観測車後部



写真三 磁気記録部(観測車内部)



写真四 ディーゼル発動発電機



写真五 処理装置

§ 3 各部の仕様並びに精能

本節では主に仕様並びに精能について説明するが、この仕様を作成するに必要な事項の調査も実施しているので、これにも言及する事にする。

3-1 磁気記録部

記録部と名付ける系統は図一に示す様に、一次換振器以降のケーブルを含むデジタル磁気記録器迄と、これに必要な発電装置、及びこれらを搭載する観測車とで構成されている。この記録部の系統及び記録方式は、次の

Block diagram of operation for data recording.

Remarks.
 Trs: Transducer. Jb: Jack board,
 Fl: L.P.Filter. Pb: Patch board.

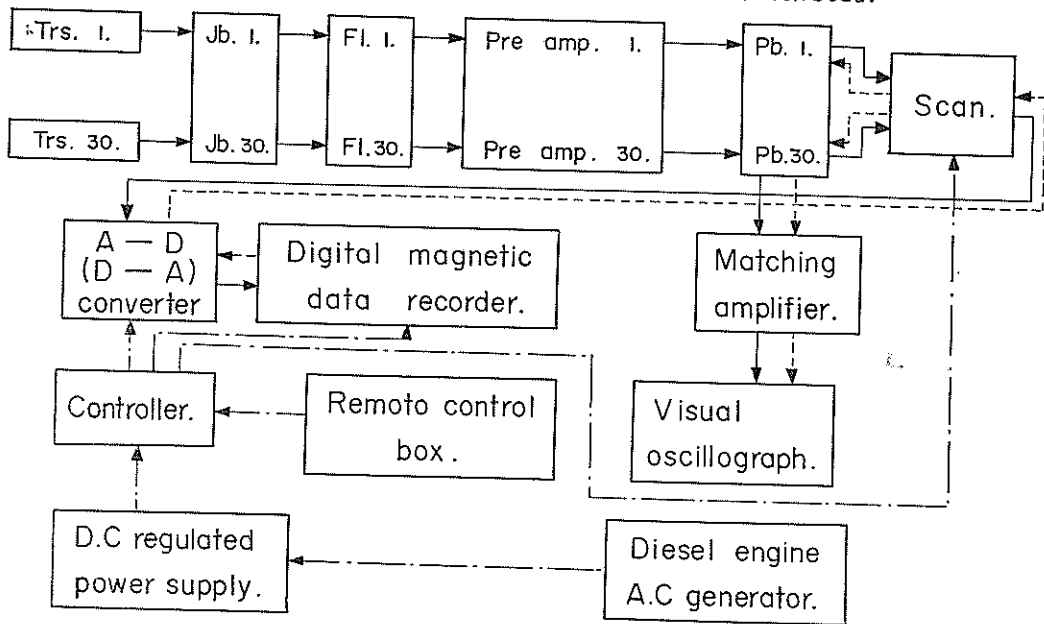


図-2

事項から判断して決定された。

即ち、記録部の最も重要な要素である記録器の方式については、従来、磁気テープ記録方式にはアナログとデジタルに大別され、この場合の精度に着目すると、アナログ方式にはそれぞれ種々の変調方式があるが、この機構部分だけの精度は3~5%程度と云われ、一方デジタル方式では1%以下と云われている。全系統の機構の点からは、アナログ機器の方が容積重量共に少なく、時間軸の分解は処理の段階で任意に出来るが、いずれにしても、データのデジタル処理における満足すべき時間軸の分解能は、走査器、A-D(D-A)変換器、及びデジタル磁気テープ記録器の能力に左右される。このうち、アナログ波形の時間軸分割の分解能については出来るだけ細分割すればこれに優るものはない。今この時間軸分割のサンプル数をアナログ波形再現時における原アナログ波形との誤差について簡単な検討を加へてみることにする。

先ず正弦波における最大値について、短形波方式によるサンプル時と、原波形との誤差は、図-3に示すように、原現象波形が、 $A=A_0 \sin \theta$ である時、最大値は A_0 である。この原波形を、1周期間 ($\theta=2\pi$) を $2n$ 個に分割

してサンプルすることを考えると、図中のb点をサンプルするためには、i点でサンプルした値 F_s で $F_s=A_0 \sin(\frac{\pi}{2}-\frac{\pi}{2n}i)$ で与えられ、 (A_0-F_s/A_0) が誤差となる。

従ってこの誤差100分率で示すと、図-3の①となる。

また簡単のために正弦波の半周期区間の面積について、サンプル数との関係を検討すると、原波形の面積 $A = \int_0^{\pi} A_0 \sin \theta d\theta = 2A_0$ となる。一方、短形波法でサンプルすると、図中の斜線部分が誤差となるが、最大値について取扱ったと同様の規約を用いると、 2π 間を $2n$ 個に分割してサンプルする時、i番目の分割時における、振幅 $F_s i$ は、 $F_s i = A_0 \sin \frac{\pi}{2n} i$ 、従って、半周期間の面積 A_s

$$A_s = \frac{\pi}{n} \sum_{x=0}^{n-1} A_0 \sin \frac{\pi}{2n} i$$

は、よってこの場合の誤差を100分率で示すと図-3の②となる。しかしこれは、入力波とサンプル時の位相差が零の場合で一般には一致しない場合があるので、 $\frac{\pi}{2n}$ だけずれた時は図中の③となり、異

符号となる。その他 $\frac{0.5}{2n} \pi$ 、 $\frac{1.5}{2n} \pi$ などについても計算し

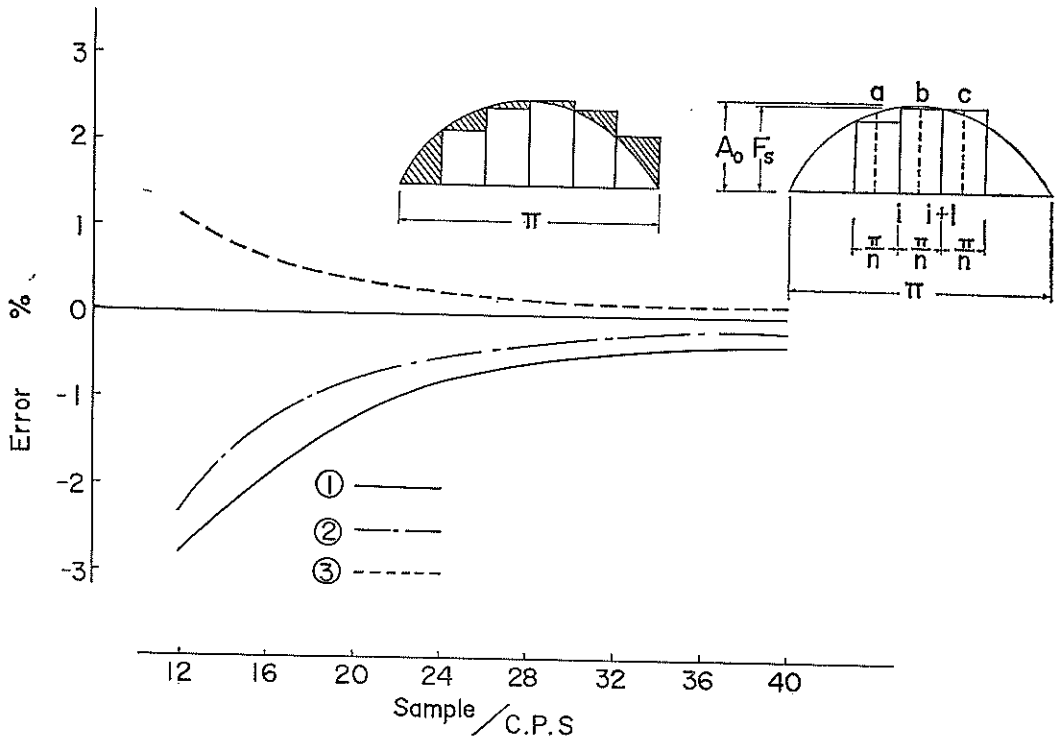


图-3

Relation with Data channel — Scanner Sample
for replay error

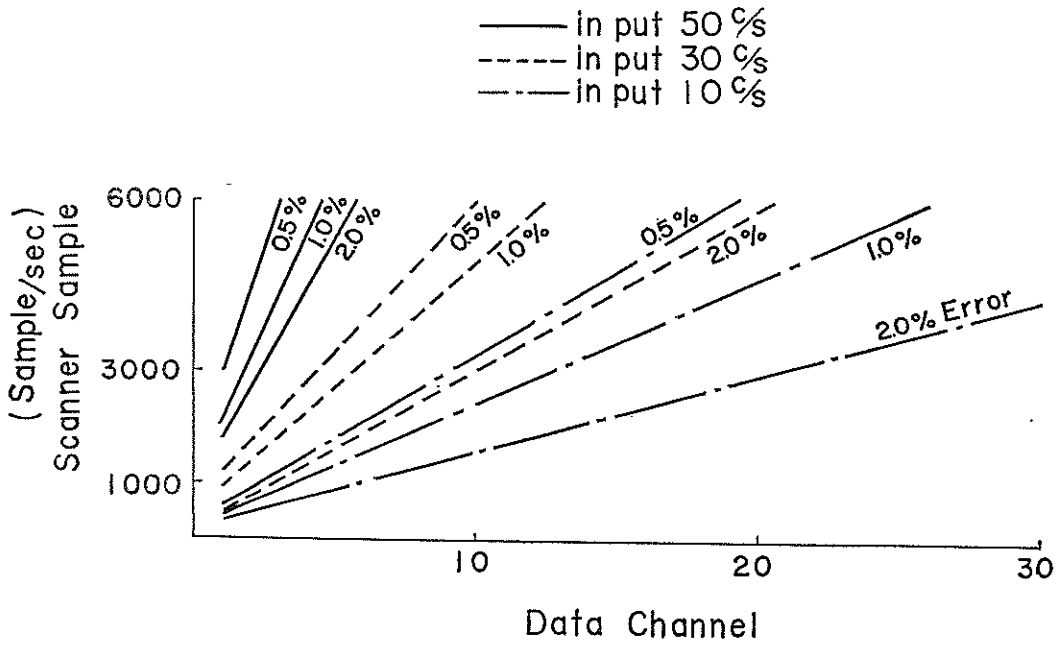


图-4

て見たが、いずれの場合も②と④の間で変化する。これら簡単な検討から1周期間を20サンプル以上すると誤差1%とおさえることが出来ることとなる。

吾々が、ここで計画する走査器のサンプル数能力と入力成分数を含めた場合の入力現象波形の信号振動数に対する再現精度を検討してみると、ほぼ図-4に示す様になる。これらの結果にもとづき走査器、A-D変換器等の能力を検討の結果、デジタル記録方式を採用する事にした。しかし、上記の如く、容積重量共大きくなり、可搬する事は困難となったので、この解決策として、移動性を持たすべく大型自動車(観測車)に搭載する事とした。

電源に関しては、日本国内の商用電源は50c/sと60c/sの2地帯があり、全国の港湾地域で本記録装置を利用する事を考えると、特にACモーターを用いているデジタル磁気テープ記録器のテープ速度の調節を複雑にする事になり、又、工事現場等における電圧変動は、規定電圧の数10%に及ぶ場合があり、これらの外部条件を考慮して、全機器50%駆動方式とし、商用交流にはたよらない事にして、安定化したディーゼル発動発電機を用いる事にした。このディーゼル発動発電機は比較的大容量となり、重量的にも操作しにくい為、簡単な操作で移動出来る様、特殊な機構に依り走行の際には観測車に搭載し、発電の際には、観測車自体に振動を与えない事、又排気ガス等の室内の汚染を防ぐため、車外に出して行う事が出来る様考慮してある。

観測車は大型バスのシャシーを使用して特註ボディを製作し、専用化した。これは前部、中部、後部の三分割で、前部は運転室、中部は観測室、後部は準備室兼発動発電機搭載場所となっており、前部、後部は一般バスボディ構造、中部は一般冷凍車ボディ構造とし、これには空気調和設備を設置し、若干の密閉窓がある。最低限の観測員と共に移動出来る様、乗車定員10名となっている。その他必要と思われる諸設備を搭載しているが、詳細に関しては後述する。

i) 入力条件

- a : 周波数, DC~50%/s
- b : 電圧 $\pm 10 \times 10^{-3} \sim 5$ V
- c : インピーダンス 1 kΩ以上
- d : 入力成分 30チャンネル

入力周波数に関しては、我々がこれまで取扱った現地実験においては、概ね数%/s以下、室内実験においては数10%/s以下であるので、周波数範囲をDC~50%/sとした。

入力電圧及びインピーダンスに関しては、現在使用中の一次換振器をそのまま使用する事にした。現有の一次換振器は大別して、直結式と搬送波増巾器を介するものとあり、直結式には動線輪型加速度計、変位計、搬送波増巾器を介するものには歪計、歪計型加速度計、差動変圧型変位計、磁歪型土圧計等がある。これらの記録はいずれも従来電流変化に依る光学記録方式であった。従って、出力インピーダンスは低くなっている。これらをそのまま電圧入力とする為に、負荷抵抗に依って、そのインピーダンス及び特性に影響を及ぼさず、高利得な前置増巾器のS/Nを充分満足する様な入力インピーダンスとした。なお、入力電圧の内、最大値を5Vとしたのは、記録器の最大入力電圧が5Vに制限された為である。又、最低値はこれまでの一次換振器の測定時における雑振動レベルから決定されたものである。入力の成分を30としたのは、これまでの経験から多い程良い事は勿論であるが、経済的な事も考えて決定した。

ii) ピックアップ用ケーブル

- a : 30対 150米 1本
- b : 10対 123米 3本
- c : 10対 先端1対 27米 3本

全長300mとしたが、これは現地実験の場合、上述の観測車が被測定物の近傍まで運搬出来ない事、又、測点を展開して使用する場合を想定して決定した。

30対及び10対の仕様は、各対のクロストークをシールドに依らない対よりのピッチを変え事に依って、クロストーク70db以上を得る事とした。これらは、各対シールドの場合外径が大きくなり、ドラム捲取りの場合内径が大きく、重量が重くなり、限定された観測車内への収容が困難となる。又、ケーブルで問題となるのは耐張力とよじれの時の各対の動き及び温度に対して強い事が必要で、勿論芯線抵抗は出来るだけ少ない方がよいが、重量、ケーブル外径、必要線長から芯線断面積を決定し、それらの常数は、芯線断面積0.3平方耗、外被、耐熱PVC絶縁体、芯線抵抗、64Ω/km、仕上外径、30対=23.2±0.7耗、10対=15.5±0.5耗である。ケーブル断面は図-5に示した。

10対先端1対のものは、各対シールドのみを行い、全体シールドは省略した。これの構造は3米毎に1対づつ先端を出してあるもので、これを図-6に示した。

30対と10対のケーブル接続は、図-6に示す様な耐水接栓に依り行う事とし、10対のみ1本だけでも接続可能な様にした。なお、ケーブル規格をまとめて表-1に掲げた。

Electric wire construction.
(Pair of 30)

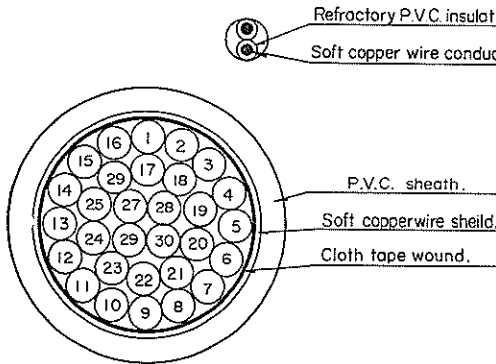


図-5

Electric wire construction for the 1st transducer.

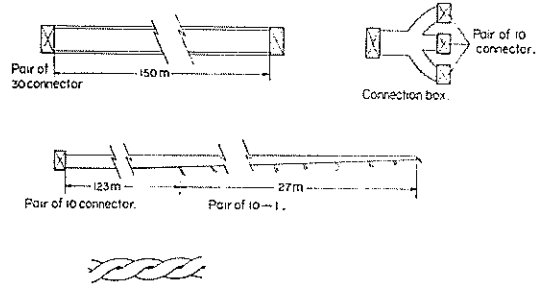


図-6

Structural data of electric wire.

cross section, mm ²	Pair of 30.	Pair of 10.
	0.3	0.3
No. of filament.	30	10
soft copper wire conductor.	12/0.18	12/0.18
organization.	0.74mm	0.74mm
refractory PVC insulator.	0.43mm	0.43mm
thickness.	1.6mm	1.6mm
outside diameter.	0.25mm	0.25mm
cloth tape wound.	17.8mm	11.3mm
soft copper organization.	0.18×12×24	0.16×9×24
wire shield		
thickness	0.5mm	0.4mm
outside diameter.	18.8mm	12.1mm
PVC sheath		
thickness.	2.2mm	1.7mm
outside diameter.	23.2±0.7mm	15.5±0.5mm
work voltage	250 V	250 V
conductor resistance.	64Ω/km.	64Ω/km.
insulation resistance. (20°C)	5MΩ/km.	5MΩ/km.
test voltage.	500 V/min	500 V/min
weight.	600kg/km.	300kg/km.
cross talk.	-70db.	-70db.

表-1

iii) ジャック端子盤

ピックアップ用ケーブルとローパスフィルターの中間にあるもので(図-2参照), ピックアップ用ケーブル出力端と, ローパスフィルター入力端が各1個宛ジャック端子として出ている。これはピックアップとローパスフィルター, 又は前置増巾器の組合せを任意に変える為と, ピックアップに動線輪型を使用する場合, 電磁制動用に並列抵抗を挿入する事が出来る様に設けたものである。直接々続の場合にはジャンパー線に依り, 接続する事が出来る。

iv) ローパスフィルター

ローパスフィルターは不必要信号を除外し $\frac{s}{N}$ 比を上げる為に用いるが, 必要な時はこれを挿入不必要な時は

素通りする様な構造とし総数30chである。挿入する事に依る損失は-2~-3 db 以内で, 一次換振器から記録器迄のケーブルが全長 300 米にも及ぶので, 現地などの実験では多分に商用電源周波数, 若しくはその他の短周期の雑音現象信号に重畳される事がある。これを考慮に入れて50%/sに於いて-50db以上のカットオフとしDC~30%/s迄は-3 db 程度の特性をもたす事とした。30チャンネルの各々の相対特性は上記数値特性のDC~30%/s迄は±1 db 以内に揃える事にした。なお, このローパスフィルターの諸元は次に示す様な仕様である。

- a 通過周波数帯域 0~30%/s
- b 通過帯域利得偏差 3 db以内
- c 減衰極周波数 50%/s 52db以上

- d 減衰帯域利得 -54dB 以上 ($60^\circ/\text{s}$ 以上)
- e 入力インピーダンス $1\text{K}\Omega$
- f 出力負荷インピーダンス $1\text{K}\Omega$
- g 重畳直流電圧 5V 以下
- h 入力最大信号電圧 15V

図-7に電気回路を図-8にその周波数特性の1例を示す。

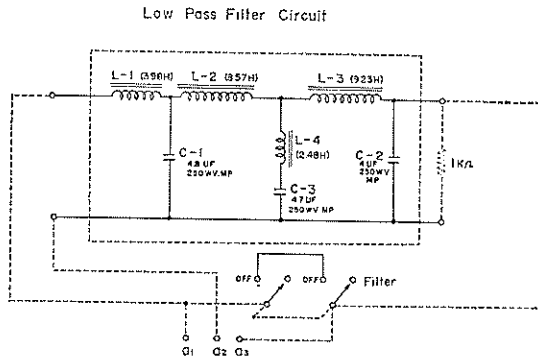


図-7

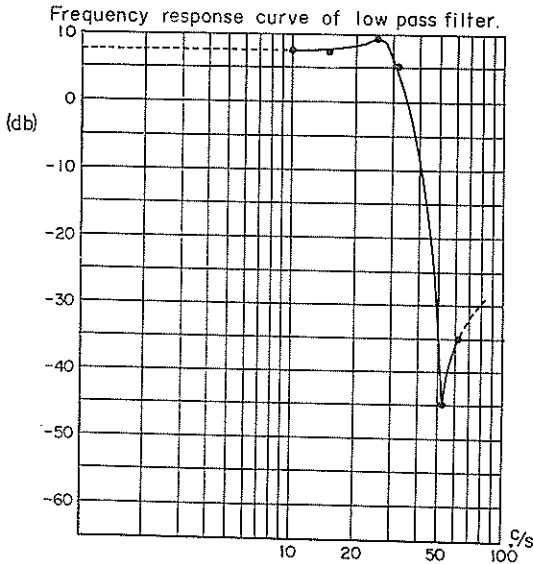


図-8

v) 前置増中器

前置増中器は、最終段の記録系による S/N 比及びドリフト等を考慮に入れて考えれば充分であり、この最終段記録系はデジタルであるから、その分解能に依って決定した。後述のA-D変換器の分解能は $\pm 1/600$ (振中軸)で、その時の電圧は $\pm 5\text{V}$ であるから、分解電圧は 0.01V と

なる。増中倍率最大($\times 500$)の場合の入力換算分解電圧は $20 \times 10^{-6}\text{V}$ となる。然るにA-D変換器の精度は 0.1% であるので $1/600$ は既に $2/600$ となる可能性がある。これは入力換算にして $40 \times 10^{-6}\text{V}$ となり、前置増中器の雑音レベルは入力換算 $40 \times 10^{-6}\text{V}$ 以下となる。既設一次換振器は出力インピーダンスが低く、出力電圧も小さいため、前置増中器の利得を上げる必要があり、最大倍率 $\times 500$ すなわち、入力換算 $10 \times 10^{-6}\text{V}$ フルスケールの時の S/N 比を200とし、その時の入力インピーダンスを $1\text{K}\Omega$ と決定した。この事は雑音レベル入力換算 $50 \times 10^{-6}\text{V}$ と云う事で、A-D変換器の精度より悪いが、今後一次換振器を改良する事により解決出来るので、それまでは最大倍率の時の精度は我慢する事とした。倍率段階に関しては理想としては、入力レベルに依って常に倍率を自動的に補正して、フルスケールに近い最良状態で記録し、さらに、これを考慮の上再生され、その結果が自動的に取り出せる事が理想であるが、非定常現象の場合非常に複雑な回路と形状となり、現在の段階では難しく、単に利得の連続可変か段階可変かと云う事になってしまう。連続可変の場合、データをとり始めて利得を変えたい時、利得を把握する事が繁雑となるので段階可変にした。理想に近い状態にする為にはステップ間倍率を小さくする事になるが、スペース、オペレーションの点から現在迄の種々の実験を参考にステップ及びその倍率を決定した。これら倍率の切換精度は $\pm 1\%$ 以内である。使用時の倍率変動は後述の較正電圧に依って補正する事が出来る。ドリフトに関しては雑音レベル以内として $\pm 50 \times 10^{-6}\text{V}/\text{hour}$ 以内とした。

上述の記録時の倍率変化を較正する必要があるが、このため既知の電圧を記録時に自動記録させる方式をとり、較正電圧の印加は、あらかじめ手動で設定を行う、この較正用電圧は $\pm 4 \times 10^{-3}\text{V}$ と $\pm 8 \times 10^{-3}\text{V}$ で倍率は $\times 1, \times 10, \times 100$ とし、従って、較正電圧自体 $\pm 4 \times 10^{-3}\text{V} \sim \pm 800 \times 10^{-3}\text{V}$ となる。この電圧は較正用であるから、安定化された $\pm 10\text{V}$ を分圧して取り出す方式で、前置増中器の入力端に印加される。従ってA-D変換器に印加される電圧は、これらの較正電圧に前置増中器の倍率を乗じた値であり、常に $\pm 5\text{V}$ を超過しない様設定しなければならないが、A-D変換器のオーバーロードしないフルスケールの値、又は使用前置増中器倍率で、現象入力ピークに近い値等、その時の記録方法で任意に較正電圧を設定する。これらを満たすための前置増中器の仕様は、次に掲げるものとなった。

- a 入力電圧 $\pm 0.01 \sim 5\text{V}$
- b 入力インピーダンス、 $1\text{K}\Omega$

- c 周波数 DC~50^c/s
- d 増巾倍率 ×1, ×5, ×10, ×50, ×100, ×500
- e 雑音 ±50×10⁻⁶V以下(入力換算)
- f チャンネル数 30チャンネル
- g 校正電圧 ±4×10⁻³, ±8×10⁻³V
- h 校正電圧倍率 ×1, ×10, ×100
- i 零点移動 100×10⁻⁶V/hr以下(入力換算)

上記の仕様によって、作成された前置増巾器の周波数特性の例を示すと図-9となる。また、各増巾器毎の倍率器の精度について検定の結果を表-2に示す。表-3

は校正電圧に対する幅巾器の精度である。

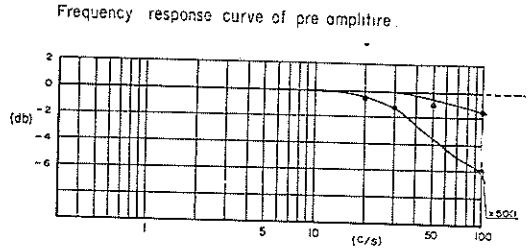


図-9

Functional Test of Attenuation range for Pre Amplifier.

Att.range Inv. Amp. No.	1	5	10	50	100	500
	5 V	1 V	500mV	100mV	50mV	10mV
1	0.0%	0.0%	0.6%	0.2%	0.0%	0.4%
2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
3	0.6	0.4	0.6	-0.2	0.6	0.2
4	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.6
5	0.8	0.4	0.4	0.0	0.4	0.2
6	-0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.2	0.0	0.6	0.2	0.4	0.0
8	0.2	0.0	0.6	0.0	0.2	0.2
9	0.8	0.4	0.8	0.0	0.4	0.2
10	0.2	0.0	0.4	0.0	-0.2	0.0
11	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	-0.6
12	0.2	0.0	0.6	0.0	0.2	0.4
13	0.0	-0.2	0.6	0.0	0.0	-0.2
14	0.0	0.2	0.2	-0.2	0.0	0.0
15	0.8	0.2	0.4	0.2	0.4	0.6
16	0.4	0.4	1.0	0.0	0.8	0.2
17	0.0	-0.2	0.2	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.4	0.0	0.2	-0.2
20	0.2	0.0	0.6	0.0	0.2	0.2
21	0.0	0.0	0.6	0.0	0.2	0.2
22	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0

Att. range Inv. Amp. No.	1	5	10	50	100	100
	5 V	1 V	500mV	100mV	50mV	10mV
23	0.0	0.0	0.4	-0.2	0.0	0.0
24	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0
25	0.2	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0
26	0.0	0.0	0.2	-0.2	0.0	0.0
27	0.8	0.4	0.4	0.0	1.0	0.4
28	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
29	0.4	0.2	0.4	0.0	0.6	0.2
30	0.0	0.0	0.2	-1.0	0.0	0.4

表-2
Functional test for Calibration Voltage

Amp. No.	Calib. V.(mV)	Calib. Att.	Amp. Att.	error %
1	4	1	500	0.50
		10	50	0.00
		100	5	0.00
	8	1	500	0.50
		10	50	0.00
		100	5	0.00
2	4	1	500	0.00
		10	50	0.00
		100	5	0.00
	8	1	500	0.00
		10	50	0.00
		100	5	0.00
10	4	1	500	0.00
		10	50	0.00
		100	5	0.00
	8	1	500	0.00
		10	50	0.00
		100	5	0.00
20	4	1	500	0.00
		10	50	0.00
		100	5	0.00

Amp. No.	Calib. V. (mV)	Calid. Att.	Amp. Att.	error %
	8	1	500	0.00
		10	50	0.00
		100	5	0.00
30	4	1	500	0.50
		10	50	0.00
		100	5	0.00
	8	1	500	0.50
		10	50	0.00
		100	5	0.00

表—3

vi) 走査器

走査器は入力最大30チャンネルの並列アナログ信号を等時間分割し、分割順に直列にその瞬時値を取り出す操作と、逆に直列の瞬時値を指定のチャンネルへそれぞれ並列瞬時信号として、分散出力する2つの機能を持たせてある。これらの機能の選択は後述の動作制御において述べる事とする。

前置増中器最大30チャンネルの任意チャンネルを任意順に走査する事が出来る様、走査器だけで行うのは非常に複雑な回路となるので、この機能は後述のパッチコード板に依りその機能を転化し、走査器そのものに於いては走査開始位置及び走査順序は固定し、走査最終チャンネルだけを1~30チャンネル迄の任意のチャンネルに設定出来る事とした。この走査の等時間々隔の時間は $1/750$ 、 $1/1500$ 、 $1/3000$ 、 $1/6000$ 、秒の4段階のみ選択出来る。この逆数をサンプル数と称して最大6000サンプル/秒の高速分解能を有している。これと走査チャンネルの関係はサンプル/秒/チャンネル数で1チャンネル当りのサンプル数が決定される。ここで前述の走査開始位置を固定とした為、入力チャンネルには無関係な走査チャンネル、即ちパイロットチャンネル(リセットチャンネル)なるものが、チャンネル当りのサンプル数に影響を与える事になる。従って、今nを設定チャンネル数とすると、1チャンネル当りの実サンプル数(設定サンプル数/n₊)となる。この走査器はDC式であるので、このような事になるが、AC式では現在の所、この能力を有するものがない。走査器の仕様は下記の通りとした。

- a : チャンネル数 31チャンネル
(内1チャンネル パイロットチャンネル)
- b : 入出力電圧 0~±5V

- c : 導通遮断抵抗比 $1/10,000$ 以上
- d : スイッチ時間 15×10^{-6} sec以下
- e : 方式 DC式

vii) パッチコード盤

パッチコード盤は、図—2に示す様に前置増中器と走査器並びに整合増中器間に置いて、これらの連結用であって、記録時用、再生時用の2種類の用途があり、記録時用は前置増中器の30チャンネル出力口、及び走査器30チャンネル入力口がそれぞれ1チャンネルに付き2口、無現像オシログラフ入力用12チャンネル分を備えた。これは前置増中器チャンネル、走査器チャンネル、無現像オシログラフチャンネルの各任意のチャンネルを、ここでジャンパー線に依り組合せる事が出来る。再生時用は走査器30チャンネル出力口と、無現像オシログラフ入力口各1チャンネル当り3口を12チャンネル分もち、後述の現場アナログ再生時に使用される。又、使用しない走査器については入力がオープンとならない様、グミーを入れた口がこの盤内に走査器チャンネル数だけ設け、走査器のスイッチング素子の破壊を防止する構造にした。

viii) A—D変換器 (D—A変換器)

本器は走査器からのアナログパルス量を逐次比較してデジタル量に変換するもので、ここでは純2進方式に変換される。この純2進のビット数は符号1ビット、数値10ビットが最大であるが、入力電圧±5Vであるので、純2進では 2^8 、 2^7 、 2^6 、 2^5 、 2^4 、 2^3 、 2^2 、 2^1 、 2^0 となった時、即ち、10進数にして500と設定してある。万一この値を10%程度超えた時でも 2^9 ビットがあるので充分安全である。データーとしては10進数3桁の表示を考えると 2^9 ビットまでフルビット信号が入ると、10進数では4桁になる

が、常時は 2^8 ビット迄の使用範囲とする。このA-D変換器の精度は0.1%と押さえたので、一応信用出来る分解精度は10進数で $1/500$ と考えられる。このビット表示はネオンランプで表示し、直視出来る構造とした。後述の現場アナログ再生時、及び低速相似型電子計算機への入力時には、これをD-A変換器として、デジタル入力をアナログパルス出力、又はホールドとして階段状アナログ出力として使用出来る様になっている。この変換精度も0.1%以内である。変換器の仕様を次に掲げる。

A A-D変換器

a : 入力電圧 0 ~ ± 5 V

b : 変換方式 逐次比較方式

c : 表示符号 純2進10ビット極性1ビット

d : 変換精度 ±0.1%以内

e : 変換時間 $1/6000$ 秒以下

f : 出力信号方式 ビット並列方式

B D-A変換器

a : 入力信号 純2進10ビット及び極性1ビット

b : 出力電圧 0 ~ ± 5 V

c : 変換精度 ±0.1%以内

d : 変換時間 50×10^{-6} / サンプル

表-4は A-D変換器の精度を示したものの表である。

Functional Test for D-A converter.

setting standard value.		D-A converter indicated value.			
		(+)		(-)	
2^{10}	5	5.005	0.1 %	4.990	-0.02%
2^9	2.5	2.5010	0.02	2.4960	-0.08
2^8	1.25	1.2500	0	1.2482	-0.024
2^7	0.625	0.6236	-0.028	0.6230	-0.04
2^6	0.3125	0.3116	-0.018	0.3120	-0.01
2^5	0.15625	0.1555	-0.015	0.1560	-0.005
2^4	0.078125	0.0775	-0.0125	0.0776	-0.0105
2^3	0.0390625	0.0382	-0.017	0.0386	-0.009
2^2	0.01953125	0.0190	-0.01	0.0188	-0.0146
2^1	0.009765625	0.0088	-0.02	0.0090	-0.014
2^0	0	-0.0025	-0.05	0.0016	0.032

表-4

ix) 整合及び増巾器

図-2に示す走査器からの現象出力を無現像オシログラフに与えるためには、インピーダンス整合を行う必要があり、又、アナログ現象を定量的記録とするためには、増巾しなければならぬ。このために入力信号並びに後述する無現像オシログラフの感度を考慮して、増巾倍率を $\times 0.5$, $\times 1$, $\times 5$, $\times 10$, $\times 25$ mm/vの5段切替えとし、12チャンネル分設けた。周波数特性は現場アナログ再生時のアナログパルスを扱う関係上、 10^6 /s迄フラットした。この場合の仕様を次に示す。

a : チャンネル数 12チャンネル

b : 入力電圧 0 ~ ± 5 V

c : 周波数特性 0 ~ 300°/s (±0.1db以内)

d : 安定度

零点移動

無限像オシログラフと組合せて最大振巾の1%/時間 以内

感度変化

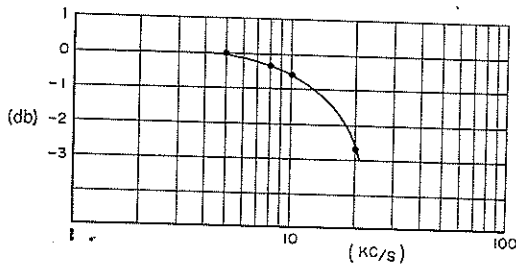
無限像オシログラフと組合せて1%/時間 以内

e : 増巾度 入力±5vに於いて無現像オシログラフ振巾±50%以上

f : 利得調整 0.5, 1, 5, 10, 25 mm/v

なお、整合増巾器の周波数特性を図-10に示す。

Frequency response curve of matching amplifire.



図—10

x) 無現象オッシログラフ

この記録器の主目的は現象を可視する事に依って、記録時の増巾度サンプル数等の常数の是否、記録の定性的及び大略の定量的各現象の比較等、現象及びアナログ機器の動作監視であり、一方再生時においては記録磁気テープに記録された内容の確認を行うためである。市販の記録器について調査すると、その記録方式の種類は多い

が、このうち簡単な操作で記録を直視出来るものとして、“フォトコーダー”と称する横河電機製のEMO—1型を使用する事にした。内蔵ガルバーはG—2500A—Fで油制動方式のものを用いる事にした。

この記録器は動特性から考えて、現象の大略的な把握を第1の目的とし、記録時のアナログ現象を定量的に扱える様、前記整合及び増巾器と組合せた。又、簡単に現象を旧来のアナログ方式が一望出来る様、外部入力端子、若しくは前記前置増巾器を通しての単独動作をも可能にする構成とした。

現場アナログ再生時のアナログパルス量記録は、そのパルス巾がガルバーの周波数特性の落ちて居る所で再生する場合は、定量的には扱わず定性的に扱う事とし、定量的に扱う場合はその周波数特性の線型領域迄パルス巾を伸ばして再生する。即ち記録磁気テープの読出し速度を落として再生する事に依り、その要求を満足させる。この場合の仕様は下記の通りであり、ガルバメーターの感度、内抵抗等を表—5に示した。

Characteristic table of Galvanometer for Visual oscillograph.

G-2500-F	Standard Value. frequency upper limit. 1000c/s	sensitivity. 550 μ a/mm	coil resistance. 30 Ω	safty current 100ma	damping factor 0.7
galva.No.	Sensitivity.	frequency upper limit.	coil resistance		
1771	570 μ a/mm	1000c/s	27.5 Ω		
1777	570	1000	27.4		
1783	600	1000	28.0		
1785	540	1000	28.1		
1786	550	1000	27.5		
1787	580	1000	27.5		
1788	510	1000	28.1		
1789	570	1000	28.0		
1791	530	1000	27.1		
1798	540	1000	28.4		
1803	580	1000	29.2		
2573	540	1000	28.0		
2584	600	1000	28.1		
2591	550	1000	28.5		
2627	620	1000	26.3		

表—5

a : チャンネル数 12チャンネル

b : オプティカルスパン 450耗

c : 記録速度 25, 5, 10, 25, 50, 100 μ / 秒及び
 μ / 分

d : タイミング 10, 1, 0.1, 0.01秒

e : 最高速度に於ける立上り時間 0.3秒

f : 記録紙巾 178耗

g : 使用ガルバー G—2500A—F

xi) デジタル磁気テープ記録器

本装置の心臓部に相当するもので、国外製品には精度のよいものがあるが高価である。従って国内製品で特注する事に決めたが、その仕様は次の様にした。

- a : テープ速度 152.4, 76.2, 38.1cm/Sec
9.52, 4.76, 2.38cm/Sec
- b : トラック数 14トラック
- c : テープ巾 1吋
- d : テープ駆動方式 オープンループ方式
- e : 速度偏差 基準速度に対し±0.3%以内
- f : フウ・フラッター 最低速度に対し0.8% RMS以下
- g : テープスタート時間 76.2cm/Sec 以上の速度の時3秒以内
38.1cm/Sec 以下の速度の時0.5秒以内
- h : テープストップ時間 1秒以内
- i : センシング検出 フォトトランジスター
- j : 変復調方式 パルス符号方式

デッキは容積、重量が大きくなり、可搬型にならず、車載を考へる事にした為、アナログ型のオープンループ式14トラック6速度を使用した。変調はPCM (パルス符号変調)方式とし、短時間に多数のデーターを記録しなければならぬと、テープそのもののドロップアウトに遭遇した時、出来るだけデーターの損失を少なくする為、記録時の磁気テープへのビット密度を一定とする様に記録速度及びサンプル数の関係を決めた。記録時のビット密度は6ビット/耗である。即ち、記録テープ速度152.4, 76.2, 38.1mm/秒の時、それぞれのサンプル数は6000, 3000, 1500サンプル/秒とした。750サンプル/秒については、テープ速度が38.1mm/秒の1/2の速度にしなければならないが、1モーターでは可変不可能なので、これのみビット密度3ビット/耗、即ち、記録速度38.1mm/秒で行う事にした。記録再生時の読取速度は後述の処理装置の処理速度を加味して9.52, 4.76, 2.38mm/耗とした。記録時の磁気テープへの書込については、図-11に示す様に特別なコードを考慮し、これと磁気記録器の14トラックの組合せに依

Recording form for magnetic tape.

Contents Track	Contents															
	α						γ		γ		γ		γ		E	
	S	Y	M	D	En	C	n	Calib.	V	Data	CH.NO	Data	CH.NO	Data	CH.NO	E
	β	1	—	30	β	1	—	30	β	1	—	30	β	1	—	30
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Pure binary system.

code	Remarks.
1	S : Recording start. n : NO. of sample.
2	
3	
4	
5	Y : year. M : month. D : day. α : Manual set data.
6	
7	
8	
9	Date. β : NO. of scanning.
10	
11	En: Experimental.NO. γ : Data.
12	
13	C : NO. of channel. E : Recording end.
14	

図-11

り、1データーを1ビットで済む様に考慮した。従って、書込の順序は記録開始、年月日、実験番号、選択チャンネル数、選択サンプル数、走査回数(0), No.1~n(最大30)チャンネルの校正電圧、走査回数(1), 各記

録チャンネルの入力データー、このデーターの繰返し(但し走査回数は累加)記録終了となる。この内、書込内容の自動規定データーと現象データーとは、後述の制御部において制御される。

xii) 制御部

制御部はこれまで述べてきた内容を制御するためのもので、ここでは動作を基準にしてその機能を順次記述する事にする。

a) 記録動作制御

記録時の動作における制御は手動規定データー（年月日、実験番号、選択チャンネル数選択サンプル数を純2進押釦方式で設定）の設定及び動作系統の設定で、これは単純に記録若しくは再生の一つの切換え動作で、それぞれに必要な機器が動作可能な状態に連動して設定される。この記録動作系統とは、前掲図-2において、前置増巾器、走査器、A-D変換器、整合及び増巾器、無現像オシログラフ、磁気テープ記録器及びその変調増巾器、並びに手動規定データーのメモリーである。このうち、走査器には外部及び内部の同期が行なえる様にしてあり、この設定を行えば記録開始指令の押釦に依り、自動的に動作を開始する。走査器の内外同期のうち、内部同期の場合は手動規定データー書込後、直ちに走査を開始する。外部同期の場合は手動規定データーを書き込んでも、この同期信号が入らない間は現象入力走査は開始しない。但し磁気テープ記録器は走行している。なぜこの様なゲートを設けたかは人工地震（特にダイナコイト爆破）に依る測定とか、他の記録系と連動記録する場合に、時間の同時性を考慮しなければならない場合、その他種々利用度が高いためである。記録の書込みは開始の指令から3秒後にスタートマーク（全ビットオン）年（最大6ビット）月（最大4ビット）日（最大5ビット）実験番号（最大6ビット）選択チャンネル数（最大5ビット）走査数（最大10ビット）を順に $1/7$ sec（但しS=選択サンプル数）で書込み（ α サイクル）、走査器同期信号に依り較正電圧をリセットし、走査番号（ β サイクル）及び選択された走査数だけ較正電圧と現象入力（ γ サイクル）をA-D変換器に送り込みデジタル（最大11ビット符号含）に変換して書込む。記録停止信号迄この β 、 γ 、サイクルの繰返しとなる。但し較正電圧は β サイクルの第1サイクルのみである。無現像オシログラフのスタートは β サイクルの第2サイクルから開始する。停止信号に依りストップマーク（3ビットを）を書込み、記録動作は停止する。

前記記録開始指令から3秒後に書込み開始とあるのは、磁気テープ記録器のテープ速度が最大記録速度で一定となる為に要する時間である。各種データーの区分は手動規定データー、較正電圧、走査番号、現象データーの4区分についてデーターの判別可能な様にマーカービットが設けてある。これは後述の処理装置でも次に述べる

再生処理に於いてもその必要性が生じて来る。

b) 現場アナログ再生動作制御

ここに現場と名付けたのは、後述の処理装置に依る低速相似型電子計算機用のアナログ再生波と全くその処理方法が異なるし、これらを区別する為である。磁気テープに書込まれた内容について、特に現象波が確実に記録されているかどうかの確認の意味でこれを読みとらせて、無現像オシログラフにその再生波形（アナログパルス）を多重化して（1トレースに最大3チャンネル）書かせる動作であって、前掲図-2の点線で示す系統の制御を行なわせる。

この制御系は再生動作、並びにアナログの2ヶ所手動切換えのみで他は全て自動的にその動作系統が設定される。磁気テープ記録器の記録速度対読取速度の関係は記録サンプル数、チャンネル数を基準に考えると、その1チャンネル1データー当りの時間 T_D は、 S =記録サンプル数/秒、 n =記録チャンネル数とすると、

$$T_D = 1/S/n_{n+1} \text{ 秒}$$

となる。

この T_D が無現像オシログラフ用ガルバーの周波数特性DC~1000%内になければならないので、 $T_D < 1/1000$ に記録速度対読取速度を決定しなければならない。記録速度と読取速度の比が変わる事に依って生ずる振巾の減衰に対しては、復調増巾器の利得を調整する事に依り、常に元現象に対して1:1である。この誤差は読取ヘッドの特性とも関係があり、0.5%以下である。記録系統を含むこの動作系統の時間軸誤差は $\pm 5\%$ 以下、振巾軸誤差は $\pm 7\%$ 以下である。このうち振巾軸誤差が大きいのは、その殆んどが無現像オシログラフの精度に依るものである。なお、無現像オシログラフに記録されるものは、磁気テープ書込み内容の γ サイクルに相当する現象データーのみで、他は選別されて出力として現われない。

c) その他の制御動作

較正電圧の較正；前置増巾器入力端に印加される較正電圧は分圧されたものであるので、これは0.1~0.2%の精度で調整するためにA-D変換器を利用する。これはA-D変換器のクロックを変えて行い、各前置増巾器の切換えは手動で行う。

アナログ量のみ記録；記録動作系統のうち、前置増巾器と無現像オシログラフを組合わせた系統を動作させ、従来一般に用いられている計測方法での記録を可能とした。但し、この時の記録チャンネル数は12チャンネル最大である。

xiii) 電源

装置は全てトランジスタ方式であり、磁気テープ記録器を使用している関係から、一次電源側も二次電源側も安定化する必要がある。一次電源側に関しては磁気テープ記録器の電動機が、商用電源 50% ω 専用である。これは、商用電源60% ω はテープ速度の換算又はプーリー、キャプスタンの取換え等に依る速度誤差、これに伴う利得の補正等複雑な作業と精度の劣化を伴う事になるのである。従って、60% ω 地帯での使用が不可能となるので、この解決策として、商用電源50% ω と同等の発動発電機を準備する事とした。これに関しては項を変えて説明するので、ここでは二次安定化電源について述べる。各機器の二次安定化電源は負荷変動、即ち、一次電圧一定で負荷容量を0~100%に変えた時、0.5%以内、負荷容量一定で一次電圧を $\pm 5\%$ 変動した時 $\pm 0.5\%$ 以内に納めて、それぞれの変動に対して機器特性が変動しない様、充分のマージンが取れる様製作されている。

xiv) デーゼル発動発電機

市販のものをそのまま採用したのが、その仕様は次の通りである。

- a : 発動機デーゼル いすずDL201P-101型
- b : 交流発電機 単相 7kVA 100v 50% ω
- c : 燃料タンク 40立
- d : 燃料消費 全負荷時 4立/1時間
- e : 負荷特性

定格負荷の範囲内において定格の $\pm 30\%$ の負荷変動に対しての特性は次記の如くであるが、この定格の $\pm 30\%$ の負荷変動を規定したのは、本電源を使用して計測中、後述の観測車内空調機が自動制御して、負荷変動を与える電力となるので、この規定をした。

- 電圧変動率 瞬時 $\pm 10\%$ 以内、整定後 $\pm 3\%$ 以内
- 周波数変動率 整定後 $\pm 3\%$ 以内
- 出力波形歪率 6%以内
- 定常負荷特性

- 電圧変動率 $\pm 2\%$ 以内
- 周波数変動率 $\pm 2\%$ 以内
- 出力波形歪率 6%以内

定格 連続

この構造はデーゼルエンジン、交流発電機及び制御盤を夫々防震取付けを一体の基台(車輪付)に組込み防水構造とした。重量は約 800 瓦である。本器についての負荷特性試験の結果を表-6に掲げておく。

xv) 観測車

観測車は観測室兼計器運搬の目的で小型にする予定であったが、種々装備した結果、大型となった。この諸元は次に示す通りである。

- a : シャーシ、エンジン いすずBXD-30E型
- b : 形状 キャブオーバー型
- c : 最高速度 65軒/時間
- d : 登板能力 (sin θ) 0.34以上
- e : 燃料消費率 6,7軒/立以上

Load test for Diesel engine generator

Volt.	Current.	Frequency.	Load.	
100 V	75amp.	50% ω	100%	
110	0	52.8	0	0 sec
99.6	0	51.4	0	2.8 sec
99.5	82.5	49.7	110	
100	75	50	100	
100.5	56.3	50.5	75	
100	37.5	50.8	50	
99.5	18.8	51	25	
99.6	0	51.4	0	
100	75	50	100	
102.5	52.5	52.3	70	0 sec
100	52.5	50.5	70	1.5 sec
97	75	49.5	100	0 sec
100	75	50	100	1.2 sec

表-6

- f : 総重量 10吨以下
- g : 塔載重量 2.5吨以下
- h : 定員 10名
- i : ボディ形状 長8,300×巾2,460×高3,100

観測車は図-12に示す様に運転室、観測室、準備室兼発動発電機積載場所の3部屋に分割されている。運転室は面積約5m²で、乗員5名、ボディの外板は鉄板、内板はアルミ板の構造で、室側観測壁を除いては全面窓、及び出入口左右に各1ヶ所となっている。観測室は面積約3.8m²で乗員5名でボディは外板鉄板、内板は冷凍車並みの断熱材及び防音材100 耗厚の構造で、窓は密閉二重断熱が3ヶ所、外部への非常口及び準備室への出入口1ヶ所である。この部屋には記録部全機器(但しピックアップケーブル発動発電機を除く)が防震構造で設置されている。

このうち、ローパスフィルター30台、前置増巾器30台、ジャック端子盤及びこれらの二次安定化電源をラックタイプにして1架にし、No.1架と称している。走査器、A-D(D-A)変換器、制御器及びその二次安定化電源をNo.2架としてある。デジタル磁気テープ記録器、変復調増巾器及びその二次安定化電源の1架をNo.3架、整合及び増巾器、無現像オシログラフ及びその二次安定

Plan of the Data Recorded Car

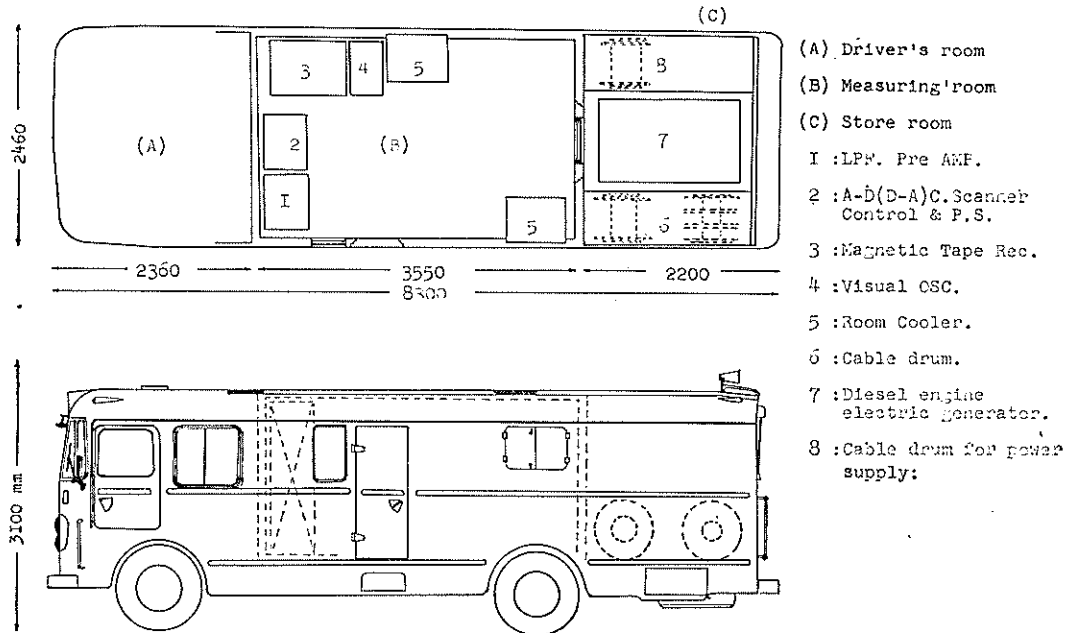


図-12

化電源の1架をNo.4架として納めた。これらが主要部分であり且つ重量も重いので、前後車輪の中心に出来るだけ近く、又操作の容易性、系統の流れを考慮して設置位置を決定した。使用計測機器が全トランジスターであり、磁気テープを使用しているの、温度、湿度、塵埃等に対して考慮し、先ず室内温湿度に対しては観測室を外気に対して遮断密閉型とし、新鮮外気の取入れはフィルターを通して行ない、温湿度調整は空気調和機を用い、観測室の両側に各1台設置した。この空気調和機の諸元は冷暖房能力 $2,000\text{Kcal/hr}$ 、暖房方式ヒートポンプ及びヒーター方式、冷暖房可能面積 $16\sim 20\text{m}^2$ 、電源は交流単相 100V で、これに依って観測室内温度 $25^\circ\text{C}\pm 5^\circ\text{C}$ 、相対湿度 70% 以下で自動制御されている。室内温度の検査を行う為、全機器駆動、計測員2名の条件のもとに、室温及び架内温度を測定した所、その差は最高で 5°C であった。この時の外気温度 32°C 、室温 27°C 、従ってこの時は架内最高温度は外気温 32°C に等しいが、架内温度は 35°C 迄は機器の機能を保証されているので、充分その目的は達している。塵埃に対しては観測室の出入れを、常時準備室を介して行、塵埃の程度の検出方法は、磁気テープ自身にごみが付着する事に依り記録された内容の誤り(ドロップアウト)の度合から推定して見たが、特に問題は生じなかった。その他の設備としては

走行中の運転室と観測室間の連絡電話、計測中の連絡用無線電話拡声装置、外部監視用I TV装置がある。又、現地観測の場合、宿直可能な座席構造を考慮した。準備室は面積 4.8m^2 でボディは外板鉄板、内板アルミ板で、床構造は発動発電機を搭載するためのレール、これの昇降用装置、ピックアップケーブル、並びに電源ケーブルの捲取ドラムを設置したので、特殊な仕組みになっている。その他の夜間照明装置を屋根に設備した。駐車中の車輪の保護と、出入りの際の左右動の防止の為に、下部4ヶ所に安定ジャッキを設備した。又、屋上には鋼鋼板(アルミ)を設置し、屋上作業が出来る様な構造とした。

3-2 処理部

処理部と名付けた系統は図-1又は図-13に示すもので、磁気記録器からの再生データーを処理するために用いる紙テープさん孔器、紙テープ読取器、演算器、印字器、制御器、自動電圧調整器等で構成されている。これらを記録部と同一の観測車内に装備する事は、容積、重量その他の点で不可能であるため、研究室建屋内に既設低連相型電子計算機に近接して設置された。観測車内の記録部との連結は専用ケーブルに依り接続され、処理系統動作は全て運動制御出来る様にされた。入力としては記録部からのデジタル磁気記録のデジタルデーター全

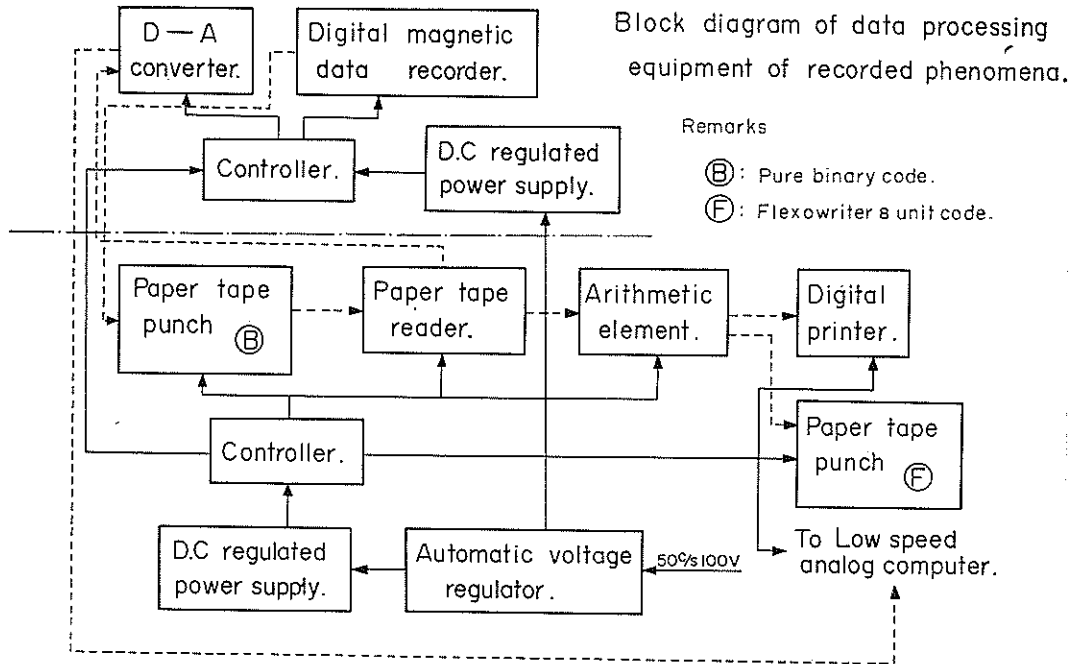


図-18

べてと、純2進8単位方式に依るさん孔紙テープである。これらの入力をそれぞれ次に述べる必要な型式の出力として処理する。出力型式は、10進数の印字、デジタル電子計算機の入力として可能な8単位フレキシライターコード方式のさん孔紙テープ、及び低速相似型電子計算機の入力として可能なアナログ量である。

これらの処理に当って前2者の出力に必要な入力はデジタル磁気テープ記録器の記録内容を、そのまま純2進方式さん孔紙テープにしたものに依っているが、アナログ出力の場合には周期倍率変換の倍率に依っては、直接デジタル磁気テープを入力としている場合もある。これら動作系統別に順次動作、及びその機能を述べる。

i) 純2進紙テープさん孔

デジタル磁気テープ記録の内容を読み出して、手動規定データと選択された任意のチャンネルのみのデータを連続して紙テープにさん孔するもので、紙テープさん孔器の規格を掲げると次の如くである。

単位：8単位 テレタイプBRPE11型

コード：純2進

さん孔速度：110桁/秒(55データ/秒)

さてデジタル磁気テープの書き込み内容は、前述の様に1データが14トラック1行に書き込まれていた。しかし、紙テープさん孔器は8穴1行であるので、磁気テ

ープの内容を8穴2行で、1データを構成する様に並び替えてさん孔させる。この型式を図-14に示した。この内、純2進さん孔紙テープの内容で磁気テープ記録内容との相異は、走査回数を間引いた点である。これは磁気テープに於いては、各記録チャンネル直列であるが、純2進さん孔紙テープでは選択1チャンネルの直列となるので、これに走査回数を入れると処理時間は変わらないが、さん孔紙テープが2倍の消耗となるためである。処理時間はさん孔速度で制約され、次式の条件で決定される。

$$55 \text{データ/秒} \geq s/(n+1) v$$

但し s : 記録サンプル数/秒

n : 記録実チャンネル数

v : 磁気テープ記録器の記録速度/再生速度 = v_2/v_1

$$v_2 = 76.2 \text{ cm/Sec 以下の時 } v_2/v_1 \geq 1$$

従って処理時間は、 $T_{\text{sec}} = n \cdot v \cdot t$ 但し、 T = 処理時間 [秒]、 n = 処理選択チャンネル数、 t = 記録時間 [秒] となる。

データ処理の共通動作として、先ず純2進さん孔紙テープを作成したが、この紙テープのコピーを原記録として保管すれば、万一、磁気テープの記録内容が経年変化で、ドロップアウト等に依り抹消されても残存する利点

Punching form for paper tape.

Hole.NO Contents	1	2	3	SP	4	5	6	7	8
			○						
			○						
			○						
			○						
Recording start	○	○	○	○	○	○	○	○	○
year	○	○	○	○	○	○	○	○	○
month	○	○	○	○	○				○
day	○	○	○	○					○
Experimental.NO	○	○	○	○	○				○
NO.of channel	○	○	○	○					○
NO.of sample	○	○	○	○	○				○
Catib.V	○	○	○	○					○
Data	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Data	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Data	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Data	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Data	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Recording end	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Remarks.
 SP: Sprocket.
 S: Sign.
 U: Upper character for data.
 P: Parity bit.

図-14

があり、従って、主としてこの純2進さん孔紙テープを
 入力として、その後の処理を行う事にしたわけである。

ii) 印字処理

図-13に示した処理系統中の紙テープ読取器、演算
 器、印字器の動作系統を印字処理系統と呼ぶが、これら
 の各機器の仕様は次の通りである。

紙テープ読取器 200桁/秒(100データ/秒)
 演算入力 純2進パルス(10ビット+極性1ビット
 最大)
 演算 (A±B)C
 A=入力 10ビット+極性1ビット最大)
 B=校正係数 5+ビット+極性1ビット最大

C = 絶対値換算係数 10ビット最大
 小数点 固定小数点(最下位桁)
 小数点指数 $10^{\pm 10}$: $\pm 0 \sim 10$ (10進数)
 演算結果 10進数 4桁及び符号
 印字器 ラインプリンター型
 選択可能文字 0~9及び±符号
 最大桁数 14桁/行
 印字速度 5行/秒(5データ/秒)

データ選択 0~999990番目以内から可能

純2進さん孔紙テープを読取らせる紙テープ読取器は上記の100データ/秒の能力をもつ、ホットランジスター方式である。

演算器における動作は、先ず紙テープの内容の演算を必要とするデータと、必要としないデータに判別し、必要としないデータ(手動規定データ)は演算経路を通らずに2進化10進数に変換後、更に10進数に変換して印字させる。演算を必要とするデータ(現象データ)は純2進数で、演算後演算結果を2進化10進数、更に10進数に変換後印字する。この事は、純2進数から10進数に直接変換させるには、変換に必要な桁数が多くなり、従って回路数が多くなり複雑な回路構成になるためである。

なお、演算の内容は印字された結果が直ちに変位なり加速度なりの量を示させるためのもので、従って、今観測生データA、補正值B、換算係数(倍率、感度等)Cとした時、 $(A \pm B)C$ なる演算を行なわせるものである。印字器により印字される印字紙の印字配列は図-15

Printing form for line-printer.

Character Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	CH. NO.														
2	Year.		Month.			Day.			Exp. NO.						
3	NO of ch.		NO of Sample.			Fig of ch.									
4	Scan. NO.		Scan. NO.			S. CHIB voltage.									
5	Scan. NO.		Scan. NO.			S Data.									
6	Scan. NO.		Scan. NO.			S Data.									
7															
8															
9															
10															

Remarks.
 ch: channel.
 cha: character.

図-15

に示す様なものである。即ち第1行にチャンネル番号(2桁)、2行目、年(2桁)月(2桁)日(2桁)、実験番号(2桁)第3行目、選択チャンネル数(2桁)、

選択サンプル数(3桁)、小数点表示(2桁)、第4行目、走査回数(7桁中、中間1桁あき)、符号(1桁)校正電圧(4桁)、第5行目以降 走査回数(7桁中間1桁あき)、符号、(1桁)、データ(4桁)である。このうち、走査回数即ちデータ番号は現象データをカウンタする事に依って印字している。現象データの選択印字は、任意のデータ番号から選択する事が出来、その選択は0~999990番目以内であれば設定出来る。選択設定データまでの読取り速度は100データ/秒で行う。処理速度入力はず純2進さん孔紙テープであり、印字速度に追従する速度で、紙テープの読取りを行なわせるべく制御しているので、処理速度は印字速度に依り制約されている。

iii) フレキシライターコード紙テープさん孔処理

この系統の処理は、入力;純2進コードさん孔紙テープのものを出力;フレキシライターコードさん孔紙テープに編集しなおす為のもので、当研究所に設置されているTosbac 3100型のデジタル計算機への入力データの作成のために行うもので、前掲、図-13に示した処理系統の内、前項i)で作成した純2進さん孔紙テープを紙テープ読取器を通り、演算器によるデータ選択、並びに変換を前項ii)で取扱ったと同様に行ない、コード変換を行って、印字器を用いずにi)項で用いたさん孔器を使って必要な紙テープを作成する。このコード変換は純2進を2進化10進に変換し、これをフレキシライターコードに変換する順序で行い、紙テープにさん孔する。このフレキシライターコードによる紙さん孔テープのさん孔配列は、図-16に示すものである。

このフレキシライターコードのさん孔紙テープはデジタル計算機読込みに必要なフォームに必要なコードをさん孔する。このうち、手動規定データ、走査回数、校正電圧は後の計算に不必要であるので、さん孔させない。従って、選択されたデータのみ連続さん孔である。この時の1データ(ワード)の構成は極性1桁とデータ4桁の5桁を1ワードとし、ワードエンドマークで区切っている。デジタル計算機読込みの時のブロックの区切りは、紙テープの最後のデータにのみ1つだけさん孔させる方法をとっている。

このフレキシライターコードさん孔の処理速度はデータ構成として、データ(5桁)、とワードエンド1桁及びフィード2桁の8桁であるので $110/8 = 13.75$ データ/秒である。

さん孔紙テープ読出しから各処理を行う場合の総合精度は $\pm 0.1\%$ 以下である。

iv) アナログ再生処理

Punching form for paper tape.

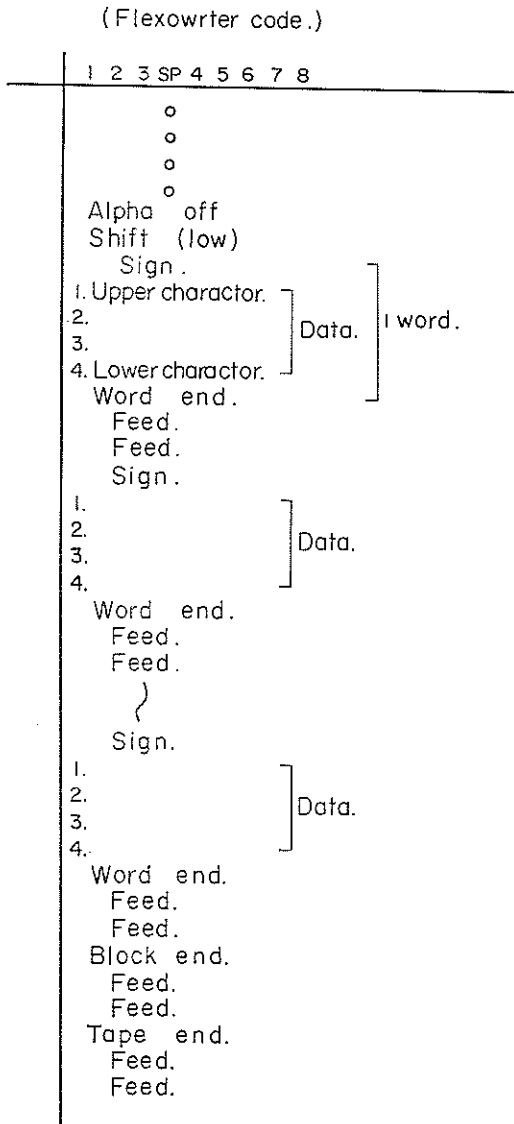


図-16

既設NEAC-P 4 低速相似型電子計算機入力に必要なデータの作成のためのアナログ再生処理で、前掲図-13に示すデジタル磁気テープを読取り、D-A変換し、計算機にオンラインで入れる場合と、純2進さん孔紙テープをテープ読取器を通してD-A変換し、計算機にオンラインで挿入する場合の2通りがあり、この仕様は次の通りである、

入力：純2進さん孔紙テープ又はデジタル磁気テープ

周期倍率：1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256倍の9段階

出力：0 ~ ±5 Vアナログ階段波

出力インピーダンス：100KΩ

この仕様で周期倍率と言うのは、相似型電子計算機で計算する場合、低速型であるから入力の振動周期に制限がある、この為に現象データの周期を落す必要があり、この倍率をさすものである。従って、デジタル磁気テープ記録器の速度比(記速/読速)だけで、周期倍率の変換が可能なのはこれに依るものとし、他は純2進さん孔紙テープの読取速度に依ってその倍率を満足させる事にした。

しかし、この周期倍率変換は、記録速度サンプル数、記録チャンネル数によって変わり、特に紙テープ読取器が55キヤラクター/秒以上の速度を必要とする時は、追従出来なくなり、従って記録チャンネルが15以下の時、周期倍率8では6000サンプル、周期倍率4の時3000サンプル、周期倍率2の時1500サンプル、又、10チャンネル以下の時、周期倍率2で750サンプルの場合はアナログ再生が不可能である。従って、最初にこの事を考慮して記録速度、サンプル数、記録チャンネル関係を定め、記録する必要がある。アナログ再生出力は、D-A変換された点でデータの瞬時電圧で与えられるから、次のデータが来るまで前者の電圧をホールドする方式とし、従って計算機への入力は段階波形で与える事になる。アナログ再生処理部における総合精度は、磁気テープ記録読取りを含めて、±0.5%以下である。

v) 制御部

処理部についての制御動作は記録部との連動々作、及び単独処理動作に2大別される。記録部との連動は純2進さん孔紙テープ作成と、アナログ再生時の2系統動作時である。この時の記録部側の常数設定を除いての動作制御は、全て処理部の制御に依り連動する。制御の動作進行状況は、ネオン表示に依り視察出来、必要があればデータ及び演算中の数値をも確認出来る様、ネオン表示に依るものを内蔵している。これらの表示は純2進法と2進10進法とがある。

純2進さん孔紙テープ処理の処理部では、再生1チャンネルの選定とその動作設定、記録部ではさん孔速度の制約で定まる55データ/sec $\geq 5/n_{+1}$ の条件に依るデジタル磁気テープ記録読出し速度とその動作設定で、処理部側の指令に依り動作を開始し、停止に際しては途中で行うときも、磁気テープの書込内容(停止符号)に依る時も紙テープは所定の符号をさん孔して停止する。

アナログ再生処理の処理部では再生1チャンネルの選

定、開始データ数の選定、周期倍率に依るデジタル磁気テープ記録器の読取りか、純2進さん孔紙テープ読取りかの選定、及びその動作常数設定（純2進さん孔紙テープ読取りに依る場合は、処理制御部に於いて記録チャンネル数、記録サンプル数、再生周期倍率の3選定）で開始指令で動作し、記録内容の開始符号に依り、アナログ計算機側には計算指令が与えられ、それぞれの読出し計算動作が開始される。停止指令は手動若しくは記録内容の符号の何づれの場合でも可能である。

印字処理及びフレキソライターコード紙テープさん孔処理では何づれの場合でも処理部のみの単独動作で現象データは演算され、その結果を印字若しくは紙テープさん孔を行う。これらはその処理動作選定、演算系の常数（ $A \pm B$ ）Cに於けるBとCの設定、固有チャンネル番号、小数点指数の設定で開始指令に依りそれぞれの動作を開始し、停止は手動若しくは記録内容の停止符号で停止する。以上のすべての制御動作系統で並列処理は出来ない。これは各系統に於いて共通に使用出来る部分を

全てに利用する事に依って、機能の拡大と製作費の低減を考慮した為である。

vi) 室内条件並びに電源

使用周囲温湿度条件に関しては、室内を空調する事に依り室温 $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 湿度60%と制御されている。

電源変動に対しては商用電源入力電圧変動を100V $\pm 10\%$ に対し $\pm 1\%$ の安定電源を処理機器に供給出来る様、自動電圧調整器を用いて安定化してある。

§ 4 (精度並びに使用例)

前章で各機器単体については個々に検定をなし、その精度に関して言及したが充分に仕様を満足出来るものであった。これらを組合せた場合の本振動記録処理装置全般に亘る、動作試験による総合精度を次に示す方法で検定を実施した。

i) 静的総合精度

ピックアップケーブル先端に蓄電池を用いた直流電圧を挿入し、これを磁気記録せしめ、処理装置によって印

Error of Amplitude for D. C. in put.

Pre amp.	In put.	Visual.	Visual.	Print.	Print.	Error.	
Att.	VI(mv)	VS(mv)	V3(mv)	V4(mv)	V5(mv)	(%)	
500	1	1.32	1.2	565	1.13	+	11.3
"	2	2.68	2.2	1079	2.16	+	8.00
"	3	3.32	3.0	1533	3.07	+	2.33
"	4	4.32	4.08	2074	4.15	+	3.75
"	5	5.40	4.88	2542	5.08	+	1.60
"	6	6.28	6.00	3064	6.13	+	2.17
"	7	7.40	6.88	3564	7.13	+	1.86
"	8	8.28	7.80	4018	8.04	+	0.50
"	9	9.32	8.72	4494	8.99	-	0.11
"	10	10.28	9.60	5008	10.01	+	0.10
100	5	6.0	5.60	489	4.89	-	2.25
"	10	11.4	10.40	1008	10.08	+	0.80
"	20	21.4	20.00	2029	20.29	+	1.45
"	30	32.0	29.40	3035	30.35	+	1.16
"	40	42.0	38.40	4039	40.39	+	0.98
"	50	52.0	48.00	5009	50.09	+	0.18
50	10	13.0	10.00	463	9.26	-	7.99
"	20	22.0	21.30	958	19.16	-	4.38
"	40	42.0	38.00	1934	38.68	-	3.52
"	60	62.0	56.00	2901	58.02	-	3.41
"	80	32.0	75.20	3892	77.84	-	2.76
"	100	102.0	88.80	4892	79.84	-	2.21

V1 = resding value of indicated 0.5% meter.

V2 = resding value of Visual oscillograph for analog form.

V3 = resding value of Visual oscillograph for analog pulse form.

V4 = reading value of printed out

V5 = calculatad in put value of printed out

V4 are means value of 100 sampling data.

Those error are meaning for VI V5.

字させて、入力電圧との関係を見たが、その1例を表一7に示す如くで総合精度2%以下である。又、この磁気テープの内容をフレキシライターコードに変換して作成したデジタル計算機用さん孔紙テープをデジタル計算機に挿入し印字せしめた結果は、上記の印字内容と全く同一のものが印字された。又、アナログ出力については、相似型電子計算機に挿入して、その出力をペン書きオシログラフ上に画かせて見た結果、記録紙上の振申読取り精度内に入り充分である事が判った。

ii) 動的総合精度

静的総合検定と同じ系統処理であるが、入力条件として、最も基本的なものは矩形波、正弦波等の定常波であり、他にランダム波形を入れる必要があるが、検定の場合に入力自体を正確に測定出来なければならず、これに必要な測定器自体の精度が問題になり、検定自体が非常に困難となる。

検定に必要な発振器の関係から正弦波入力の場合について検定を行ったがその1例を示すと図一17となる。

図一17の、振申の絶対値は記録器個々の感度特性が関係するので、いずれの場合もふれない事にすると、図中の(a)が入力波形を直接無現像オシログラフで画かせ

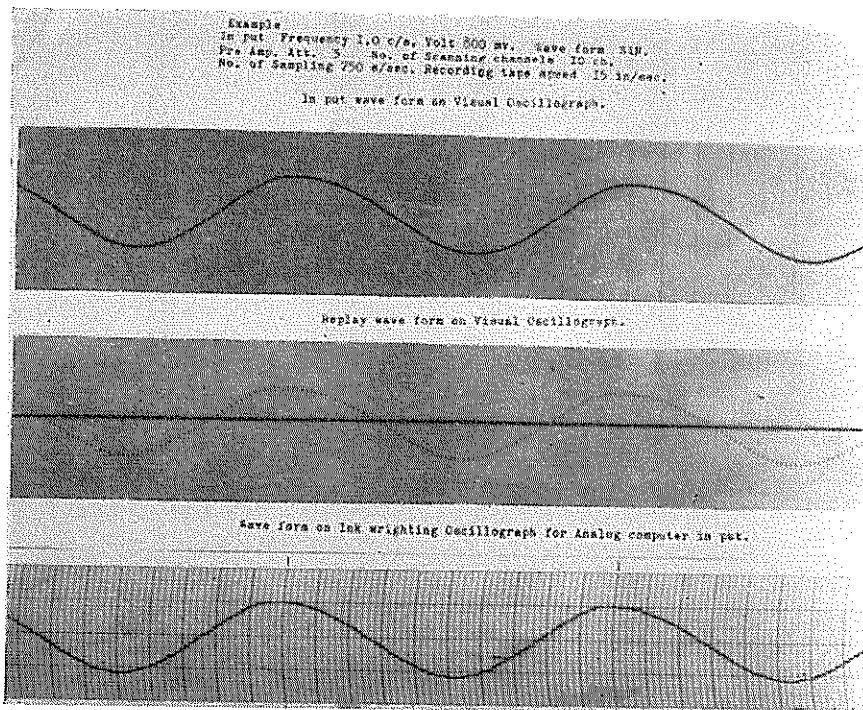
たものであり、図中の(b)は一回磁気テープに記録されたものを現場アナログ再生した結果である。図中の(c)は磁気テープの内容をアナログ再生をなし、相似型電子計算機に挿入し、その出力をペン書きオシログラフで画かせた結果である。また、この時の出力を印字させた結果を表一8に示したが全体に亘るミスカウントは見当らない。以上の結果振申軸の精度は静的の場合と同程度と考えられる。

時間軸については、本装置の特徴として時間軸の再生速度を種々かえる方式をとっている所以この周期倍率の変換時における精度を調べると図一18に示すように最高倍率時において約1%程度である。

これらの結果から見て、ランダム波形入力に対する検定はしていないが、充分に計測器として用いる事が可能である。

iii) 使用例

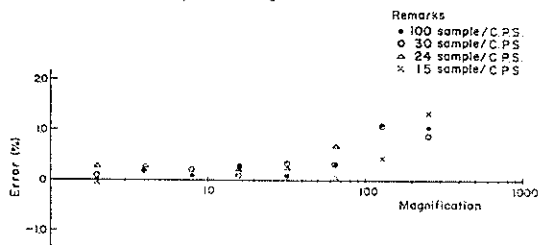
昭和39年6月16日新潟地震があり、その余震観測に本装置が現地において使用されたが、この観測中に得られた昭和39年7月12日新潟市で震度IVの地震の記録の1例



表一 8

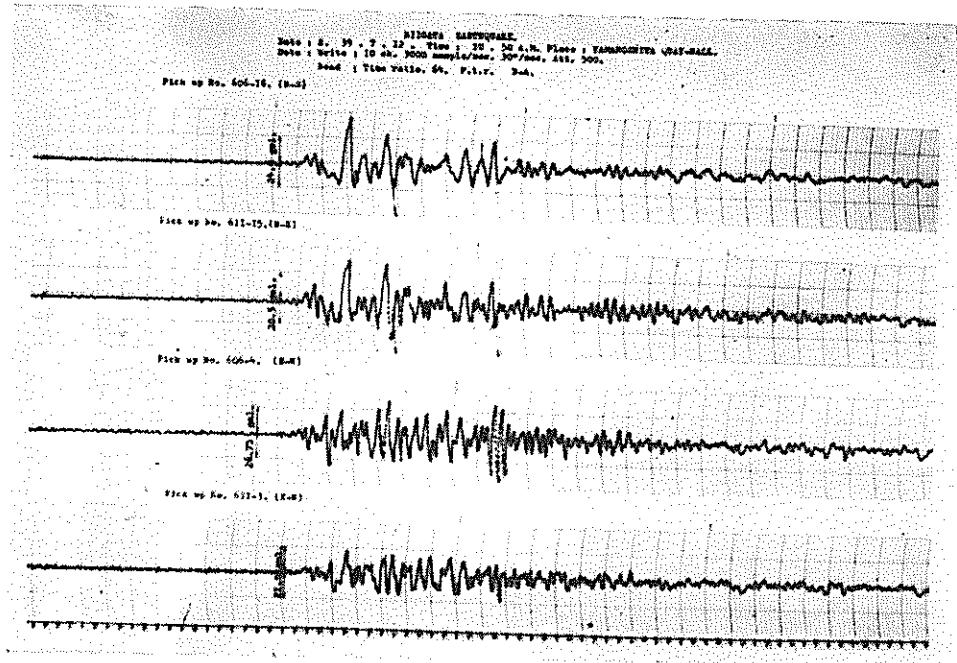
1	—	2	51	—	419	105	320
40	1	28	52	—	430	106	297
4	30	300	53	—	434	107	266
	0	390	54	—	434	108	244
	1	0	55	—	442	109	215
	2	242	56	—	434	110	182
	3	271	57	—	438	111	154
	4	298	58	—	427	112	113
	5	318	59	—	426	113	86
	6	343	60	—	408	114	46
	7	353	61	—	401	115	11
	8	378	62	—	386	116	—
	9	384	63	—	370	117	—
	10	401	64	—	347	118	—
	11	410	65	—	330	119	—
	12	414	66	—	298	120	—
	13	420	67	—	279	121	—
	14	421	68	—	246	122	—
	15	422	69	—	218	123	—
	16	420	70	—	186	124	—
	17	411	71	—	151	125	—
	18	418	72	—	122	126	—
	19	398	73	—	80	127	—
	20	392	74	—	47	128	—
	21	375	75	—	10	129	—
	22	362	76	—	22	170	—
	23	342	77	—	49	131	—
	24	322	78	—	91	132	—
	25	297	79	—	122	133	—
	26	274	80	—	157	134	—
	27	242	81	—	186	135	—
	28	219	82	—	218	136	—
	29	186	83	—	249	137	—
	30	154	84	—	274	138	—
	31	120	85	—	298	139	—
	32	85	86	—	323	140	—
	33	50	87	—	338	141	—
	34	18	88	—	362	142	—
	35	—	89	—	376	143	—
	36	—	90	—	389	144	—
	37	—	91	—	402	145	—
	38	—	92	—	404	146	—
	39	—	93	—	421	147	—
	40	—	94	—	418	148	—
	41	—	95	—	422	149	—
	42	—	96	—	425	150	—
	43	—	97	—	418	151	—
	44	—	98	—	422	152	—
	45	—	99	—	409	153	—
	46	—	100	—	402	154	—
	47	—	101	—	390	155	—
	48	—	102	—	372	156	—
	49	—	103	—	361	157	—
	50	—	104	—	342		18

Error for period magnification .



図一 18

を写真一 7 に示す。この記録はアナログ再生してペン書
 オシログラフによって画かせた記象である。なお、こ
 の処理装置を用いて作成したさん孔紙テープを入力とす
 るデジタルコンピューターによって主要動附近のフー
 リエ解析をなし、低速相似型電子計算機によってレスポ
 ンススペクトル解析が直ちに行なわれ、充分に活用する
 事が出来た。なお、この使用例の詳細は新潟地震報告第
 2 報で報告する予定である。



写真—6 新潟余震記録

§ 5 むすび

これまでの記録方式では、波形分析の際、非常に手間が繁雑であつたが、記録から再生処理をし、既設デジタル計算機並びに低速相似型電子計算機と連動させる事の出来る、一貫した系統による振動記録処理装置が完成し、動作試験の結果、十分に計測処理器として用いられる事が実証され、この装置によって能率を大巾に向上する事が出来た。

また、これまで困難であつた非定常振動現象の読取

り、データー処理も可能になり、振動現象のデーター処理、能率の向上、処理範囲の拡大等が期待出来、測定技術の進歩のみならず、現象解析による学術的な発展に寄与する事が出来よう。

この振動記録処理装置は東京芝浦電気K、Kによって製作されたが、この計画は昭和30年以來の懸案であり、この間、市場調査をしてきたが、種々資料の提供を仰いだ日本電気、岩崎通信機、松下通信工業、テアック株式会社の関係各位に紙面を借りて謝意を表わすものである。

(昭和40年1月受付)