

地震観測用長期間連続可視記録装置の試作

松尾成光・尾池和夫・松村一男・竹内文朗

ON AN INK-WRITING RECORDER DEVELOPED FOR LONG TERM OBSERVATIONS OF EARTHQUAKES

By *Shigemitsu MATSUO, Kazuo OIKE, Kazuo MATSUMURA*
and *Fumiaki TAKEUCHI*

Synopsis

An ink-writing recorder by a new recording system is developed for the long term continuous observations of earthquakes. One of the distinctive features of this new recording system is that the two pen-galvanometers are driven at a right angle to the feeding direction of the recording paper. By this system the long term continuous recording is possible without changing the recording paper. The paper feeding system of this recorder is similar to that of the line-printer system of the computer. And the size of the recording paper is the same as a standard form of the line-printer system.

Paper recorded by this new system will be efficiently stacked in the standard cabinets, easily used and can be conveniently copied.

1. はじめに

可視記録器としてもっとも一般的なペンオシログラフや電磁式オシログラフでは、ロール記録紙や折り畳み記録紙などの長尺の記録紙を送りながら、その紙送り方向に人力信号を記録する方式がとられている。この方式では長い記録紙を用いても、記録速度が紙送り速度に対応するので早送りの記録を長期間連続して得るためには不適當である。長期間の地震観測を行なう場合には、ドラムに巻きつけた記録紙上に、ドラムの回転とともに記録線をずらしながら記録することによって記録密度を高める方式が用いられている。この方式では記録紙の大きさに限度があり、したがって一定時間毎の記録紙の交換が必要である。長期間の連続観測では、この記録紙の交換が観測者にとって大きな負担となっており、この負担を少しでも軽くするためにさまざまな試みがなされている。

例えば、ドラムのサイズを大きくすることや記録線の間隔を狭くすることによって、多少交換の時間間隔が長くなる。またドラムに巻きつける代りにベルト状の長い記録紙を回転させて、長時間記録できるようにしたものもウィーヘルト地震計以来よく用いられてきた〔例えば三雲(1970)¹⁾〕。

また長期間連続使用可能な記録装置を開発する試みはすでに行われており、例えば、宮村他(1974)²⁾は、ドラム上の記録紙を自動的に交換する方式を開発した。また古沢他(1971)³⁾は長期間地震計用のドラム方式による長期巻の光学式記録計を開発し、良い結果を得ている。

ドラム式記録装置では記録紙交換のわずらわしさとともに、得られた記録に対してもいくつかの問題点を含んでいる。例えば、記録紙が大きくなり、このことが記録の保存・整理にとって大きな問題となっている。また記録の活用や複写という面でも、記録紙の大きいことがかなり障害になっている。またドラム方式の記録では円筒状の記録紙を切開して保存するのが通例で、記録紙の端が不揃いであり、また記録紙の端の破損

が直接記録の破損につながり、保存の際の大きな障害となっている。

今回、地震観測用長期連続可視記録装置の試作にあたっては、従来のロール記録紙方式やドラム方式の短所を十分検討しながら記録方式を根本的に改善し、まったく新しい記録方式を開発し、試作することを目的とした。

2. 記録方式の基本的概念

現在、地震の連続観測が全国各地で行われているが、そこで問題となっている点は大きく分けて2点ある。1点は記録交換が頻繁でしかも定期的であること。もう1点は記録紙がかなり大きく整理・保存が困難であるばかりでなく、記録の利用や複写の際に大きな障害となっていることである。

今回の試作にあたってはこの2点を改良の重点において新しい記録方式を検討した。

記録紙を適当なサイズに取め、保管・利用・複写を容易に行なえるようにするためには必然的に長期間の連続記録を、適当なユニットに分割しなければならない。従来の可視記録装置では、同一記録紙上では記録は連続で、記録を分割するという思想はまったくなく、記録紙の端が記録の終りとなっている。記録を分割することによって生じる欠測時間を重視すれば分割は不可能であるが、欠測時間の短縮化、あるいは欠測期間の保障が十分行なわれれば、記録を分割するというのも十分考えられうることである。実際問題としても、毎日1回取り換えられる微小地震連続観測では1日という単位で記録が分割され、取り換え作業中は欠測している現状である。さらには、ドラム方式で得られた記録は筒状の記録紙を切開することによって使用しているが、切開してしまえば記録は寸断され、1本の線でつながっているわけではない。

今回の新しい記録方式の開発では、この記録の分割、すなわち必ずしも一筆書きで記録する必要がないという観点が従来のものと異なる点である。長期間連続記録するためには、ドラム方式のような大きさの限られた記録紙でなく、長尺のロール記録紙または折り畳み記録紙を利用する必要があるが、上の観点にたてば、記録紙の送り方向に直交して記録させることにより、記録密度を大巾に増し記録紙交換の頻度を大巾に少なくすることができる。したがって今回の試作器では、この記録の送り方向に直交して記録させる方式を採用した。

3. 記録装置の概略

記録紙の送り方向に直交して記録させる場合には、ガルバノメータを往復運動させねばならないが、 n 番目の記録線の終点から、 $n+1$ 番目の記録線の始点に復帰するまでの間が欠測期間となる。この欠測期間を補うためには、原理的には2台の記録装置があって、2台のうちどちらかが必ず記録状態にあれば、2台の記録装置で得られた記録で、欠測期間のないものが得られる。さらに記録が2つに分れるのを防ぐためには、1台の記録装置に2台のガルバノメータを取り付け、それらのうち1台が必ず記録状態にあれば良いことになる。

Fig. 1 が今回の試作器で用いられた方式で、2台のガルバノメータが互いに接触しないように、記録線上から待避したのち記録始点に復帰する方法をとっている。

Fig. 2 は、記録を左右に分離することによって、2台のガルバノメータの記録始点への復帰機構を簡略化したもので、すでに実際の観測に用いられている。

また、欠測期間を補うためには、Fig. 3 のように記憶装置に一度ため込んだ入力信号を、制御信号によって、時間を短縮して出力し、往復運動をするガルバノメータで記録する方式も考えられる。しかし、30Hz までの周波数特性をもつ記録を1行に65秒記録させるとすれば、約10kワード(1ワードを8ビットとしても80kバイト)の記憶装置を必要とする。したがって1装置当りの価格が高くなるという欠点ももっている。

記録紙は長尺のままでは利用しにくいので、ユニットごとに切り離し保存の方が望ましく、また切り離した記録紙は既製のバインダ等で簡単に綴じられ、規格品の書庫などに収納されるのが望ましい。このため

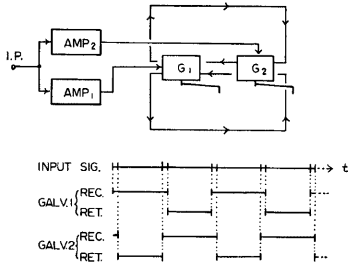


Fig. 1. Recording system with two galvanometers. The lower part shows the time chart of the movement of the two galvanometer.

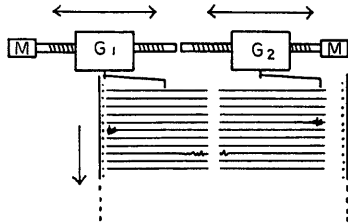


Fig. 2. Another recording system with two galvanometers and the pattern of the record.

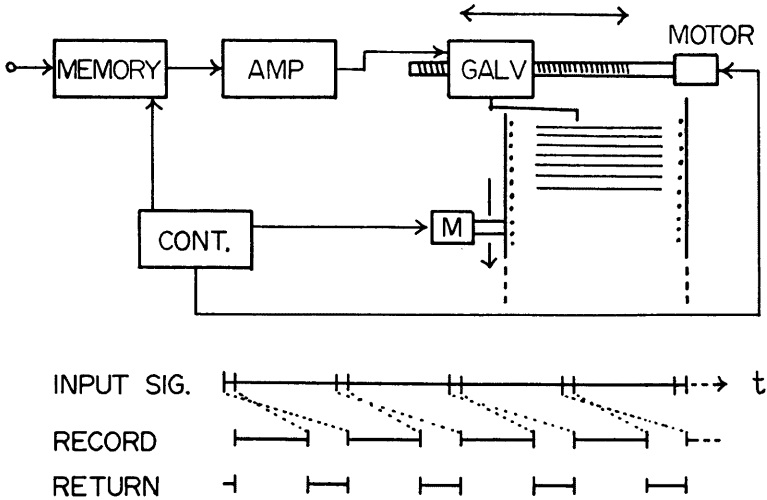


Fig. 3. Recording system with a memory and a galvanometer.

には、計算機のラインプリンタ用紙と同じ仕様のものが最適で、これを利用することにした。

記録紙の切り離しを考える上では、切り離し部分に記録がないことが必須条件で、この条件を満たすためには、記録紙の送り機構としては、通常の記録線の改行のための低速の送り機構と、切り離しのための空白を与える高速の改行機構の2つが必要である。高速の送り機構としては、ラインプリンタ装置に用いられているパルスモータを使用するのが最も良く、これを用いることによって、切り離しのための余白をつくること以外にも、一定時間毎に余白をつくり、記録を見やすくすることも可能となった。

4. 機構部概略

4.1 ガルバノメータ駆動部

Fig. 4がガルバノメータ駆動部の基本図である。

ガルバノメータは、左右2つのシンクロナスマータ M_a, M_b で送りネジに交互に順および逆回転を与え、それによって往復させる。ガルバノメータの移動速度は順方向すなわち記録時で 4 mm/sec, 逆方向すなわち記録始点への復帰時で 16 mm/sec である。記録を見やすくするために、各行記録線は毎分0秒より始まり、1行の記録線上に記録される長さを1分間とし、それに実際上の切れ目をなくすための2台のガルバノメータによる重複記録時間10秒を加えて70秒、28 cm とした。

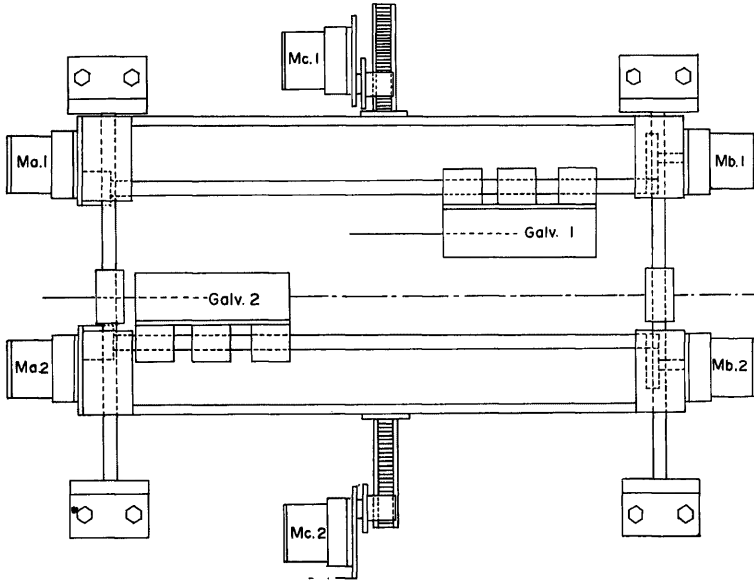


Fig. 4. Driving system of the two galvanometers.

ガルバノメータおよび2つのシンクロナスマータ M_a, M_b 、と送りネジで構成される部分は一体のブロックとなっており、このブロックは、本体に取り付けられたシンクロナスマータ M_c によって前後に動かされ、復帰時にガルバノメータの接触を避けるようにしている。

Fig. 5 にそってガルバノメータの動きを説明すると、

- ガルバノメータ G_1 はもう一方のガルバノメータ G_2 が記録終点につくまでに記録始点に復帰して分マークの入のを待っている。
- 分マークと同時に G_1 がスタートし、10秒間は G_1 および G_2 は同じ記録を描く、10秒たつて G_2 が記録終点にくると
- G_2 および2つのシンクロナスマータで構成されるブロックは手前に待避し、待避が完了すると、
- G_2 は待避紙上を送りネジによって左に移動する。
- G_2 が左端に着くと、 G_2 および2つのシンクロナスマータで構成されるブロックが記録線上の始点に

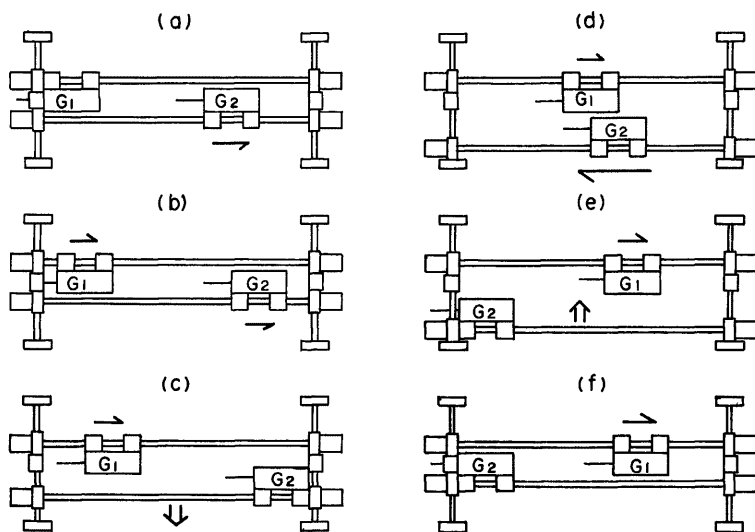


Fig. 5. (a)~(f) shows the movement of the two galvanometer

向って移動して行き、

f. 次のマークの入るのを待っている。

以後は、 G_1, G_2 が交互に入れかわって a~f の動作をくりかえす。

記録時以外には記録ペンは電磁石によって 2mm ほど持ち上げられるようにした。この上下運動によって、インクの流れがよくなったり、ペン先のごみがとれたりする効果もあった。

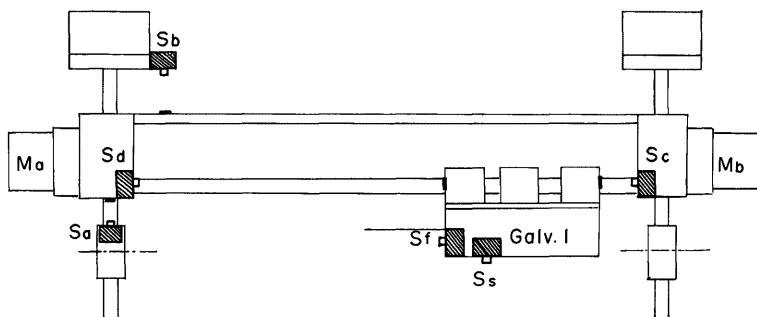


Fig. 6. Setting part of the micro-switches.

ガルバノメータの移動やペンの上げ下げ、入力信号の ON, OFF は、各駆動機構と連動するマイクロスイッチの ON, OFF によって行なうが、各マイクロスイッチの設置個所を Fig. 6 に示す。ガルバノメータに取り付けられたマイクロスイッチ S_r, S_s は互いの接触を避けるための安全回路として用いられている。

Fig. 7, 8 は制御回路および上記各部分の動作をタイムチャートとして表わしたものである。

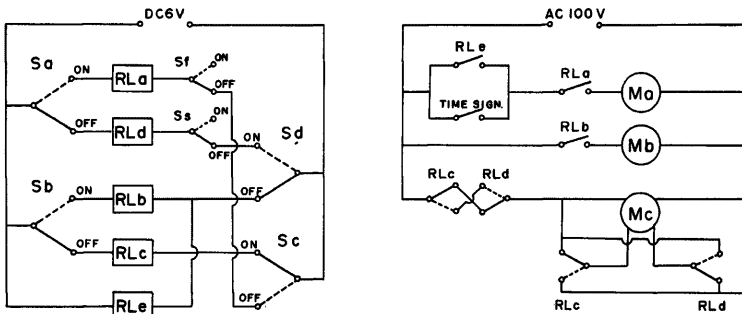


Fig. 7. Circuit diagrams of the control. S: Microswitch, RL: Relay.

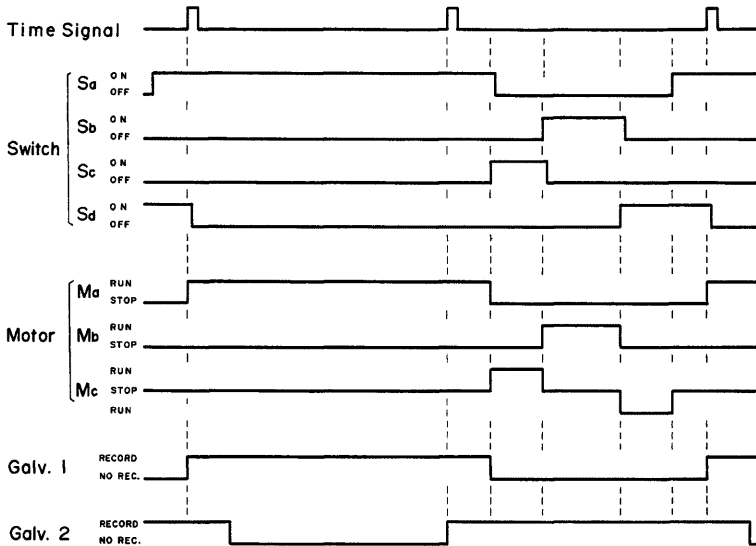


Fig. 8. Time chart of the movement of the micro-switches, motors and galvanometers

4.2 紙送り機構部

Fig. 9 に紙送り機構部の概略を示す。ラインプリンタ装置と同様にスプロケットを用いて紙送りを行なっている。低速（3時間に1回転）のシンクロナスマータを用いて、記録紙を1分に約0.9mm送る。1時間毎に記録をずらし記録を見やすくしたり、改頁を行なったりするためにパルスモータを用いた。パルスモータは、時計からの1時間毎の信号で始動し、あらかじめ設定された位置で動作を完了する。これによって、毎時0分0秒の記録の始まりが記録紙上の定まった位置にくるようにした。この制御は、1頁分の移動に対応して1回転する円盤に切れ目を入れ、それによってマイクロスイッチを動作させて行ったが、結果は

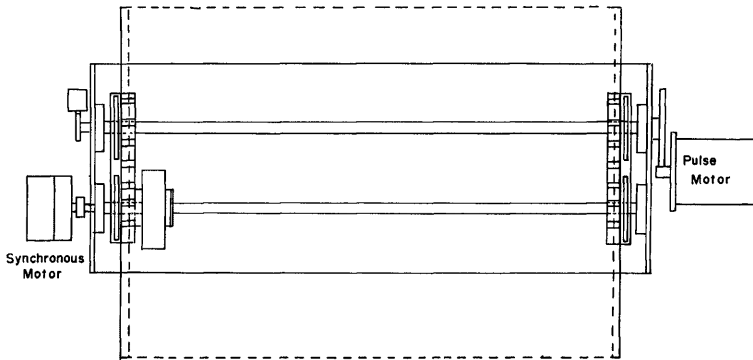


Fig. 9. Paper feeding system of the recorder.

良好であった。この円盤の切れ目を適当に変えることによって、任意のパターンの記録が得られる。シンクロナスモータは常時回転しており、パルスモータ動作時の互いの干渉を避けるために、シンクロナスモータの軸と、スプロケットを送るギヤの軸との間にクラッチを入れた。

5. 試作結果

Photo 1 が今回、防災研究所工作室で試作されたものであり。記録のパターンは記録速度 4 mm/sec, 記録線 1 行の長さ 28cm (70秒), 記録線間隔約 0.9mm, 1 時間毎に約 5mm の余白をおき, 3 時間に 1 度改頁するものである。記録線の間隔は従来のドラム方式記録のある種の規格と同じで, 2000 頁の記録紙は 6000 時

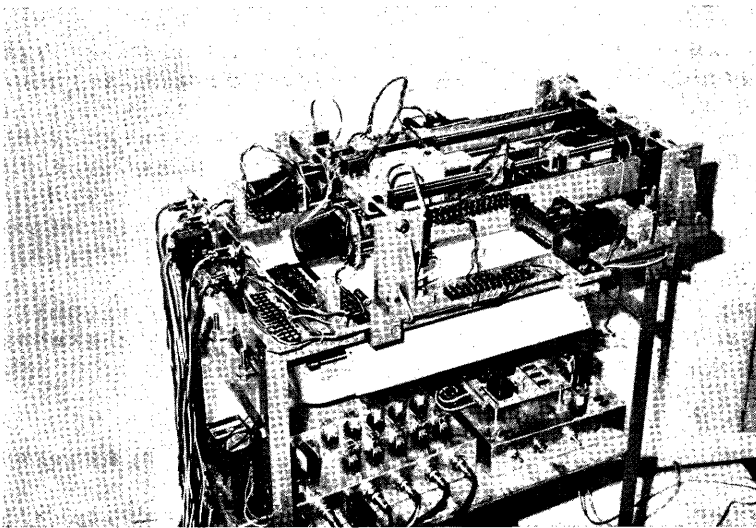


Photo. 1. Whole view of the recorder.

間、すなわち、約8カ月に1度の交換でよいことになる。記録線の間隔の調節はシンクロナスマータの減速比を変えることにより簡単に行なえ、従来のドラム式記録装置が記録線の間隔が固定であったのに比べて大きく異なる点である。だから記録をより見やすくするため、記録線の間隔を約2倍にして、1頁に2時間の記録をすとしても、記録紙の交換は約半年に1回でよいことになる。Fig. 10にこの方式による記録のパターンを示す。この図では左および右端近くに10秒間にわたって同一信号が記録されており、原記録速度は

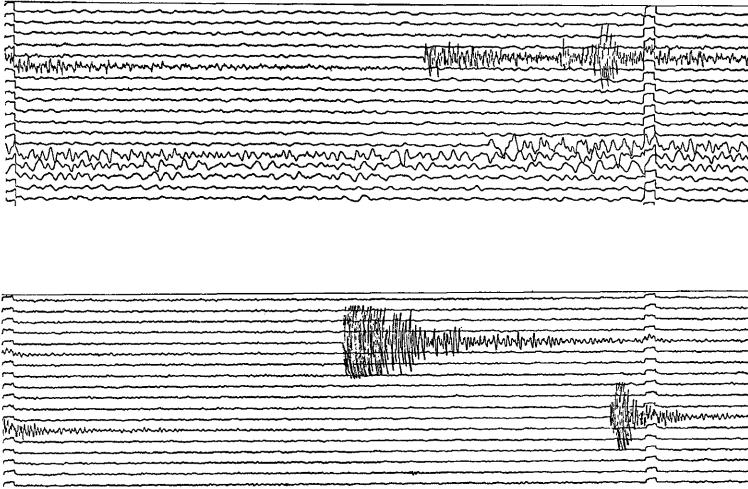


Fig. 10. Example of the record pattern.

4 mm/sec, 記録線の間隔は 4 mm である。試作に際しては Fig. 2 の方式に比べて、ガルバノメータの駆動部分が複雑なために、各移動部分の制御が誤りなく働くよう十分注意する必要がある。また 2 台のガルバノメータによる記録の基準位置がずれていると、記録が重なったり、見えにくくなったりするので、これらの位置についても十分な調整が必要であった。また、紙送り機構部では、低速シンクロナスマータの回転速度が非常に遅いために連結部のギャップの影響がでないように細心の注意を払わねばならなかった。これらの点を考慮すると、記録線の間隔はもう少し広した方がさらに良い結果を得ることができると考えられる。

またペン書き方式で一番問題となるインクのかすれや記録ペン先のごみの点に関してはなお改良の必要がある。また長期間連続記録のために最適のインクびんの大きさなどについても検討が必要であるが、今回はそれらについての改良をするまでには至らなかった。

長期間連続観測とは言っても、可視記録であるということは、たびたび記録を観ることを目的としているのであるから、その際にペンの掃除や交換、インクの補充などを行えばよい。長時間の無人観測を行う場合には必ずしも可視記録である必要はなく、より適した方法を考えるべきであろう。

6. おわりに

今回、開発された新しい方式の要点は、ラインプリンタ用紙と同じ仕様の記録紙に、横書きの記録を 2 台のガルバノメータで描かせることである。その特長を列挙すると次のようである。

- (1) インク書きの高速連続記録で、記録紙の交換の頻度が 8 カ月に 1 度と極めて少なく (たとえ記録線の間隔を 2~3 倍にして記録を見やすくしたとしても、数カ月に 1 度)、しかも維持・管理を毎日定期

的にする必要がない。

- (2) 必要に応じてただちに記録の読みとりができる。
- (3) ラインプリンタ用紙と同じ仕様の記録紙を用いているため、コンピュータバインダなど既製の文房具やキャビネットが利用でき、記録の出し入れが容易である。
- (4) 記録紙が適当な大きさであるため複写が容易である。
- (5) 記録のパターンを適当にデザインすれば、既製の座標読取器などが使用でき、記録処理の能率が良くなる。

地震観測システムを構成する器械類の中で、記録装置は非常に重要な部分である。さまざまな観測の目的に応じて、それぞれ最適の方式を考える必要があるが、これらはシステムの中で他の構成要素との関連において、さらに検討を進めてゆかねばならない。

謝 辞

この記録装置の開発にあたって専門家の立場から貴重な御意見を賜った三栄測器株式会社開発部の清水昇氏に深く感謝します。また経験にもとづく数々の御意見をよせられた防災研究所北陸微小地震観測所の平野憲雄氏、防災研究所の津嶋吉男氏、小林年夫氏、西 正男氏に深く感謝します。

参 考 文 献

- 1) 三雲 健 (1970) : RC 回路をもちいた長周期地震計の特性, 京大防災研究所年報13号-A, pp. 121-132.
- 2) 宮村棋三, 松本英照 (1974) : 長時間インクがきレコーダーの開発, 東大地震研究所研究速報13号, pp. 23-31.
- 3) 古沢 保・小林年夫 (1971) : 地震観測用地期巻記録計の試作, 京大防災研究所年報14号-A, pp. 1-5.