地震観測用長期間連続インク書き 記録装置の開発

京都大学防災研究所 尾池 和夫・松村 一男
竹内 文朗・松尾 成光
三栄測器株式会社 清水 昇

(昭和 51 年 4 月 24 日受理)

On the New Ink-Writing Recorder for Long Term Continuous Observation

Kazuo OIKE, Kazuo MATSUMURA, Fumiaki TAKEUCHI
and Shigemitsu MATSUO

Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Noboru SHIMIZU

San-ei Instrument Corporation

(Received April 24, 1976)

A new type of the ink-writing recorder for the continuous observation of earthquakes is developed. Main principles of this recording system are as follows.

1. Recording paper size is as same as a standard from of the line-printer system of the computer.
2. The recording paper is feeded by the similar method as the line-printer system.
3. Two pen-galvanometers are driven at right angles to the feeding direction of the recording paper.
4. The same signal that is recorded at the ending part of a line by one galvanometer is recorded at the beginning part of a next line by the other galvanometer.

By these principles the recording pattern on the paper is designed to be convenient for analyses. Recorded papers by this new recording system are efficiently stacked in the standard shelves, easily used and can be conveniently copied.

Using one case of standard recording paper which has two-thousands pages, continuous observation of about five months can be done if the recording speed is 4mm/sec, the interval of recording lines is 2mm and the signal for two hours is recorded on a page.

Various applications can be utilized by controlling the paper feeder by the trigger signals from the seismic waves.

§1. はじめに

地震波動観測において、インク書きあるいはスス書きの可視記録方式は必要不可欠のもので

ある。長期間連続した観測を行う時、ドラム上に記録させることによつて記録紙を節約する方法が定着し、現在も非常に多くのこのような記録器があらゆる観測所や観測点で動いている。記録紙を交換するわずらわしさはこの方式に本質的につきまとう悩みの種となり、この悩みを少しでも解決しようとして、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つても、多少交換の時間間隔は長くなる。また、ドラムの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)】。しかし、これらはいずれも、得られた記録紙は大きくなり、その保管、使用あるいは複写などが困難である。

一方、いわゆるため込み方式も利用され、遅延回路を通した入力を、トリガー信号によつて駆動させてデータレコーダーなどに記録する方式が、この悩みを解決する有力な方法として多く採用されている。これも現在一つの不可欠な方式となつているが、装置が高価であり、また得られる記録は、あらかじめ設定した条件に合うもののみに限られることとなつて、連続観測が必要な場合には使用することができない。

テレメーターによる集中記録などが行われるようになると、大量のドラム記録器を並べて、観測所の職員が毎日記録紙の交換をするなどということは、まず不可能であろう。この開発の目的は、定期的にしかも頻繁にとりかえなどの作業をしないでも、長期間連続使用のできるインク書き記録器を作ることにある。このような試みはすでに行われており、例えば宮村他(1974)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)は長周期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。これらの場合も、ドラム方式を用いている点から、得られた記録は人手によつて取替えられる従来のものと同じとなり、保存や複写などについての問題は残っている。

ドラム式の記録方式が用いられた最初の理由は、おそらく機械的拡大方法によつて地震計の振子の動きを記録するためであつたと考えられるが、地動を電気信号に変換するトランスデューサーを使用する現在では、この最初の条件は意味を持たない。したがつてドラムに固有の欠点を除くためにも、記録計の設計にあたつては根本的なところから考えなおす必要がある。

§2. 連続可視記録方式の検討

ここでは、記録を保存することを目的とした可視記録方式について考える。スクリーンに写し出す方式はそのコピーが比較的高価であるため、保存する連続記録の目的には合わないので検討の対象とはしない。従来主に使われている方式としては、写真記録、ス書き記録および

インク書き記録などがあるが、細い線を鮮明に書く目的にはスス書きが用いられ、手軽さの点でインク書きの方式が採用される場合が多い。インク書き方式の中にもペンに色々の工夫を施したものがある。

このような種々の方式を比較し、最も一般的に使用されているインク書き方式について、現在地震の連続観測に際して問題となつている欠点を少しでも減らすために、新しい記録方式を開発することにした。

開発に当つて実際の連続観測の経験から次のような条件を満たすことを前提とした。

1. インク書きの高速連続記録が可能であること。
2. 記録紙の交換の頻度はできるだけ少なくてすむこと、また、定期的に（例えば毎日同じ時刻）に作業をする必要がないこと。
3. 必要に応じてただちに記録を読取りにまわすことができること。
4. 保存するために、既成の文房具や棚などが使用でき、かつ後での記録の取出しが容易であること。
5. コピーが簡単であること。
6. 読取り作業を系統的に簡単に行えるよう、また、既成の座標読取器などの装置が確実に使用できるよう記録のパターンがデザインできること。

このような条件を満足するためには、今までの記録方法の一部を改良するだけでは、良い結果は得られないことがわかり、したがつて記録器を設計するためには根本から考えなおさねばならなかつた。

上記の前提条件の 3, 4, 5, 6 を満足するものはいくつか考えられるが、その中で最も良いと思われるものは、電子計算機の出力装置として用いられているラインプリンターの方式とその用紙を応用することである。すなわち出力のフォーマットを任意に指定できるような方式を応用することによつて記録のパターンがデザインされ、記録がラインプリンター用紙の規格で得られることによつて、保存、読取、複写などについての問題点は一挙に解決されることになる。

このように、従来の連続可視記録方式の検討から、まず記録紙の規格と記録のフォーマットを決めた結果、我々はこの記録を得るための装置を考えることにした。

§ 3. 記録装置の検討

記録のパターンの基本は Fig. 1 のようなものである。ラインプリンター用紙 1 頁の大きさは横 38 cm, 縦 28 cm であり、とじ込みなどに必要な余白を考慮すると、記録線は大体横

Fig. 1. Recording pattern designed on a standard form of the paper of the line-printer system.

32 cm, 縦 23 cm (記録振幅 ± 2 cm として) 程度の範囲に書かせることができる. n 番目の記録線の最後の部分と $n+1$ 番目の記録線の最初の部分と同じ信号を記録させることによつて, 実際上は記録の切れ目をなくすることが可能となる. 一行についての記録時間と一頁当りの行数を適当にすれば, 記録そのものが一種の時刻表となり, 読取, 検索が容易となる. 例えば, 短周期地震計用に記録速度を 5 mm/sec, 記録線のピッチを 4 mm とすると, 5 秒間の重複記録をさせても一行の長さは横 32.5 cm となり, 1 頁にちょうど 1 時間分の記録を, 縦 23.6 cm の範囲に書かせることができる. この場合, ラインプリンター用紙は普通 2000 頁だから記録紙の補充は約 80 日間に一度ですむ. 従来記録線のピッチが 1 mm 程度のものがよく使用されており, もし, このピッチで記録線を書き, 1 頁に 3 時間分の記録を書くとしたら, 記録紙の交換は 240 日に一度となる.

一頁毎に記録を切りはなすことができるよう, 折り目部分では高速で紙を送るために改頁機能を用意しておく. そうすれば, ある頁に地震が記録されなければ, その頁を捨てることも場合によつては可能であり, 記録の保存量は少なくなる.

このような記録を得るための装置の構成として, 数種類のものが考えられるが, そのうち主なものを 2 種類述べる.

Fig. 2 の構成では, 記憶装置に一度ため込まれた入力信号が, 制御信号によつて高速に出力され, 往復運動するガルバノメーターにより, 記録紙の上に記録される. 上記の例に従つ

Fig. 2. Recording system with a memory and a galvanometer. The lower part shows the time chart of the movement of the galvanometer.

Fig. 3. Recording system with two galvanometers.

て、5 mm/sec の記録速度で 1 行に 65 秒間の記録を描かせ、周波数特性を 30 Hz までとすると、1 語 8 ビットとしても、約 80,000 ビット程度の記憶装置が必要となる。例えば長周期地震波用に設計し、周波数特性を低周波領域に限ってサンプリング周波数を低くしたとしても、その場合は普通記録速度を遅くし、1 行当りの記録時間が長くなるので、記憶装置の容量はそれほど少なくなる。したがって 1 装置当りの価格がかなり高くなる点に問題が残る。

Fig. 3 の方式では記憶装置を使用しないで、2 台のガルバノメーターにより 1 つの入力信号を記録させるようにしている。そのため 2 台のガルバノメーターを機械的に移動させる必要があり、そのための機構が比較的複雑なものとなる。この場合は入力信号を直接増幅して記録させる点で従来のドラム方式とまったく同じである。Fig. 4 は、Fig. 3 と本質的には同じで

Fig. 4. Another simple recording system with two galvanometers and the pattern of the record.

あるが、2 台のガルバノメーターの動きをなるべく簡単にするための方法で、そのため記録のパターンはやや複雑となる。

§4. 試作した結果

まず、Fig. 3 の方式による試作を防災研究所工作室で行った [松尾他 (1976)]。記録のパターンは、記録速度 4 mm/sec, ピッチ約 0.9 mm, 1 時間毎に約 5 mm のギャップをおき、3 時間に 1 度改頁するものである。記録線の間隔がせまいため、読取りの際、多少見にくいことはあるが、2000 頁の記録紙は約 8 カ月に一度の交換でよいことになる。製作の要点は送りネジの精度と各移動部分の制御の仕かたにあり、試作した結果は良好である。ペン書き方式の一番の問題点はインクのかすれやペン先のゴミであつて、この点についてはなお改良が必要であり、数日間にわたって連続記録を書かせながら放置するためには、部屋の湿度や温度などの環

Photo 1. Recording system shown in Fig. 4.

Fig. 5. Examples of records of earthquakes obtained by the system shown in Fig. 4. Same input signal is recorded at A and A' parts of lines and also B and B' parts respectively by two galvanometers.

境条件に合わせてインクの流出量を変えるなどの調整が必要である。ガルバノメーターの移動の際、ペン先は 2 mm ほど持上げられるが、この上下運動で、インクの流れがよくなつたり、ペン先のゴミがとれたりする効果がある。

Photo 1 は Fig. 4 の方式を用いたもので、この型の装置は、すでに実際の観測に用いられており、Fig. 5 は東北大学理学部のテレメーターネットワークによる短周期地震計の記録の例である。ドラム式記録方式でももちろん記録線が切断されることになるが、Fig. 5 のように細かく切断されても、重複部分を作ることによつて、かえつて見やすくなることがわかる。この装置では、ゆつくりと紙を連続的に送りながらその送り速度に対応してガルバノメーターは斜めに移動させている。これによつて、記録線は、つねに記録紙の送り方向に直角に描かれている。

これらの試作および連続使用の結果、ラインプリンター用紙に横書きで記録する方式は長期間連続して可視記録を得るため非常に有効なものであると言える。実際問題として、ペンの掃除、交換、インクの補充などの作業は数日～数週間に一度実施される必要があるので、長期の無人観測に使用できる機械とはなっていない。長期間無人で観測する場合には、可視記録であることを必らずしも必要とはしないので、適当な別の方式を考えるべきであろう。

§5. おわりに

ここで開発された新しい方式の要点は、ラインプリンター用紙に横書きの記録を、2 台のガルバノメーターで書かせる、ということである。使用目的によつて、紙送りの制御方式を考えれば、さまざまな応用ができる。例えば、地震を記録し終つた時点で改頁すれば、ただちにそれを読取り、報告することも可能である。また、行送りを制御することによつて、群発地震発生時などに、相互に地震波記録を塗りつぶさないよう送りピッチを変えることもできる。

バインダーに綴じられ、整然と棚に並べられた古い地震記録が、いつでも気軽に見られ簡単にコピーできるようになることが、この新しい記録方式のもたらす最も大きな効果であると考えられる。

地震予知研究計画が開始されて 10 年を経過し、各観測所ともデータが大量に蓄積されつつある。ほとんどの観測所で、現在、これらのデータの保存方法が大問題となつていますが、連続可視記録を、例えばマイクロフィルムによつて保存するためにも、ラインプリンター用紙の規格を用いておけば、写真技術なども含めて情報工学全般の発展の方向にも対応できるであろう。テレメーターネットワークが整備されている時点で、目的に合わせた効率のよいデータ収録方式を開発しておくことが必要である。記録方式にはさまざまな種類のものが実用化されて

いるが、それらのほとんどが、長期間連続観測を目的としては設計されていないのが実情である。特に地震予知の事業化にあたつての問題点などを含めて、使用目的を明確にした記録方式のデザインが重要である。これは地震記録を 実際 に処理した 経験のある 地震研究者の考え方で、特に保存の効率を念頭において新らしく作りあげてゆく必要があろう。

謝 辞

この記録方式開発にあたつて、終始貴重な御意見をよせられ、はげまして下さった、東北大学理学部高木章雄教授に深く感謝します。また、実用化のための細部にわたる検討を進めていただいた三栄測器株式会社開発部の方々、および長年の経験にもとづく数々のご意見を賜った東京大学地震研究所中村正夫氏や京都大学防災研究所平野憲雄氏をはじめ多くの方々に深く感謝します。

参 考 文 献

- 古沢 保・小林年夫, 1971, 地震観測用長期巻記録計の試作, 京大防災研究所年報, **14A**, 1-5.
松尾成光・尾池和夫・松村一男・竹内文朗, 1976, 地震観測用長期間連続可視記録装置の試作, 京大防災研究所年報, **19**, 印刷中.
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, **13A**, 121-132.
宮村撰三・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**, 23-31.