

3. 長期間インクがきレコーダーの開発

地震研究所 宮村 撰 三
松本 英 照

1. ま え が き

地震を記録にとどめるには、地震が突発現象であるために、地震が発生するしないにかかわらず常時記録器を稼働させ、全時間記録の一部として地震動も記録するといった方法がおおく採用されている。

このような方法では記録媒体も無駄であるし、処理に際し全記録の中から地震動部分をぬきだす余分の作業を必要とするので、より処理労力をへらすために遅延トリガー方式が開発された¹⁾。

初期には磁気テープやドラムが利用されたが、最近では LSI 利用のデジタルメモリーが使用され、保守面をふくめ便利な装置も市販されるようになってきている。

一方強震計などのように初動は記録できなくとも主要動だけ記録すればよいときには、トリガー方式のみの記録法も採用されている²⁾。しかし、S/N 比1以下でも信号をとりだしうる人間の経験に対抗するトリガー装置はなかなか実現が容易でないなど、全時間記録には他の方法では置換できないよい面もあるので、この方式はなお駆逐されるに至っていない。

このように地震観測に永年にわたり採用されてきた全時間記録方式にも、可視記録と不可視記録、アナログ記録とデジタル記録といった方式の相違もあり、目的に応じて方式が撰択され各分野で稼働しているが、一般的にはその簡便さもあって、アナログ可視記録方式を採用している分野がおおいようである。

地震観測のアナログ可視記録としては、ある種の光学記録、すすがきを含むひつかけ記録、インクがき記録、熱ペン紙、放電紙等の特殊記録等がある。費用と簡便さの面からインクがき記録がおおくの分野で採用されているが、地震観測関係では伝統的にすすがき記録と光学記録がもちいられ愛用される傾向にある。

地震活動を調査し、地震発生 of 物理的過程を追跡する研究を推進するには、発生頻度のたかい微小地震を対象とすることが効果的であろうという判断から、全国的に微小地震の観測が実施されているが、この観測の効率をたかめるには、同等な S/N の高感度観測点が震源を囲んで均一に分布していることがのぞましい。

しかしながら、最近では日本全域にわたり都市化がすすみ、微動といわれる人工地雑音の振巾がおおきくなり、高感度の地震観測が困難になってきているし、一方開発からみはなされて人工雑音発生源のすくない地方では、過疎化のため、人を得て装置を保守し、記録を得る方式の採用は困難になってきている。これらの理由から、都市中央部では深井戸による S/N の改善、山間部では電波等によるテレメーター等の手段により、理想的な観測網の設営に、関係者は相当な努力を必要としてきている。

このような観測網設営の困難さを簡便に克服するひとつの方法として、無人稼働の長期間テープレコーダーが開発され、臨時観測的色彩をもつ観測に僻地の無人観測点として使用され、かなりの成果を得ているようではあるが³⁷⁾⁴⁹⁾、テープの再生処理面を考慮すれば、ルーチン観測の場合にはこの方式にかわるものとして、直接可視記録の得られる長期間レコーダーの開発も、必要であると判断される。可視記録器を長期間無人で稼働させるには、記録紙を大量に使用するか、あるいは単位面積あたりのかきこみ密度をたかくするかの二つの方向の装置開発が考慮されるが、大巾に記録密度をたかめる方法を可視記録に採用すれば、情報の消失と処理難度の増大につながるので、記録紙を大量に使用する方向の開発がのぞましい。

装置の開発なしでも、既存のチャートおくり記録器に非常に長い連続の記録紙を装填し使用すれば、かなり長期間の無人稼働も可能であり、我々はすでに 280 時間程度の連続記録を 1 mm/sec の記録紙速度で実施しているが、この方法は記録密度があまりにひくく経済的に問題があるばかりではなく、膨大な紙量に起因する保存場所の問題、それから必要な記録部分をぬきだすための手間の問題等、保存資料としての価値判断からみれば、最適な方法とは思えない。

記録密度が比較的たかく、ひと目で長時間の現象がみられるので、現象の搜索が容易でしかも紙の使用量がすくない点では、円筒式ヘリカルレコーダー方式が、保存資料を得るためにはのぞましい記録方式だともおられるが、この方式を採用して観測点を無人化し長期間にわたり無保守の連続記録ができるような装置は現存していないし、装置を開発するにしても技術的、経済的に容易なことではない。

円周 90 cm 長さ 90 cm 程度が一般に実用的な限界の大きさであり、このような大型円筒記録器 2 台をくみあわせて 2 倍の時間を連続使用できるものが東北大学で使用されており、名古屋大学では大型円筒が自動的に交換されて 1 円筒方式の 2 乃至 3 倍の時間まで記録時間を延伸した装置が開発されている。しかし、記録紙とりかえの回数をそれ以上大巾にへらす、長期間記録装置は待望されながら実現しなかった。

そこで第 1 段階としては、どのような方法がヘリカルレコーダーの長期間記録器化に有効であるかの技術的問題を解決し、ついでその副次的利点を開発し、装置開発を意義あらしむることを計画した。

地震観測において、同一紙面上に多成分が記録されれば、他成分との相互比較が容易になり、現象の弁別あるいは位相の判断等に、よい効果があり、加えてよみとり作業の省力に貢献が大であることは衆知のことである。しかしながら、ヘリカルレコーダーを多重記録器化することは、1 枚の記録紙の分担可能時間の短縮を招来し、通常の観測態勢では勤務時間からの制約もあって実現しにくい内容である。

このような観点から、ヘリカルレコーダーの多重記録器化を含めて装置開発をはかれば装置の利用価値は向上させうるし、一成分あたりの装置価格は分割されて低下し、コストパフォーマンスの面から装置開発の意義をたかめよう。

一方、ヘリカルレコーダーではピッチのせまい関係で 1 周以上長くつづく地震動、頻発する地震などでは、記録線がかさなりあって、せっかくの記録が使用しにくくなり、時にはまったく使用不能となる。これをさけるには地震の大きさなどに応じてピッチをかえることが望ましいが、こうすると定期的記録紙の交換は成立しなくなり観測業務に支障をもたらす。しかし、

充分長期間記録の方式であれば適当にこの問題に対処できるので、この面でも記録質の向上に貢献することができる。

以上のような検討を経て、昭和42年度に1ヶ月間連続記録の可能な1成分用の装置（第1号機）を試作し、ヘリカル方式での長期間インクがきレコーダーの基本技術の開発を完成し、ついで44年度には多成分を収録できるように改良を加えるなど、懸案の性能を付加した実用機（第2号機）を試作し、以後2年余の試験使用と手なおしを実行し、実用価値のたかい装置として完成したことを確認したので報告する次第である。

2. 試作の過程

ヘリカル方式の記録器の利点を前述のほかにあげてみると、記録が平行線状にならんでえられるので、基準線からのずれという感覚で1目で容易に微小な振動を検出することができることと、行間間隔さえ適当な距離をえらべば、すくない作業で現象発生の時刻をよみとることができる点もあらう。

一方、欠点としては前節でもふれたように地震が連続すれば記録線が重畳し、振動の情報は消去され、時刻よみとりも困難さを増すことが第1にあげられ、ついで行間間隔をせばめて記録密度をたかめ無理に長期間記録器化をはかれば、時刻よみとり作業の難度がたかくなり、処理面での損失がおおくなることである。

これら、処理上の経験からだされた判断にもとづき、利点を強調し欠点を减小させるには、行間間隔の選定がまず第1に重要な設計条件であることを確認し、ついで僻地設置を可能ならしむるために、可搬性について充分考慮することを第2の設計条件とした。

このような基本設計方針で試作した試作第1号機 LTR-I (Long Term Ink-writing Recorder, Type I) の外観写真を第1図に、その記録器によって得られた記録例を第2図に示す。

この装置は、収納される記録済の記録紙の時系列をみださず、時刻のわりつけ処理を容易ならしむるために、記録紙を順序よく重ねて収納するかなりこみいった機械的動作をもちこんだため、装置の形状が長大になり、可搬性をたかめるという基本方針と若干矛盾する結果となった。

しかしながらこの試作により、ヘリカルレコーダーの長期間レコーダー化への基本的技術は、殆ど完了したものといえよう。

そこで試作2号機を手がけるにあたっては、第1に形状の改良をとりあげ、ついで記録の多重化に対する技術的問題点、それに地震連続時の対策等を設計にもりこむ検討をした。

第3図に試作第2号機 LTR-II (Long Term Ink-writing Recorder-Type II) の外観写真を、

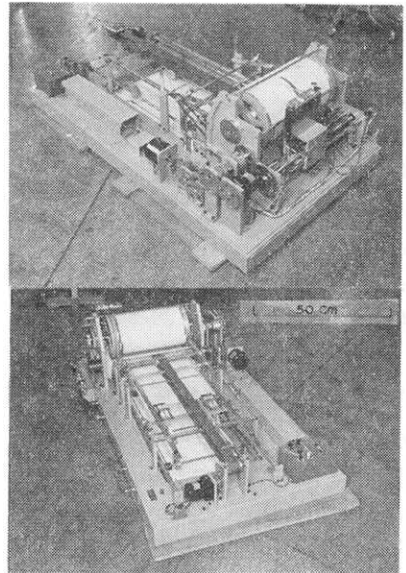


Fig. 1. Appearance of the Long-term Ink-writing Recorder-Type 1 (LTR-I) which was constructed in 1969.

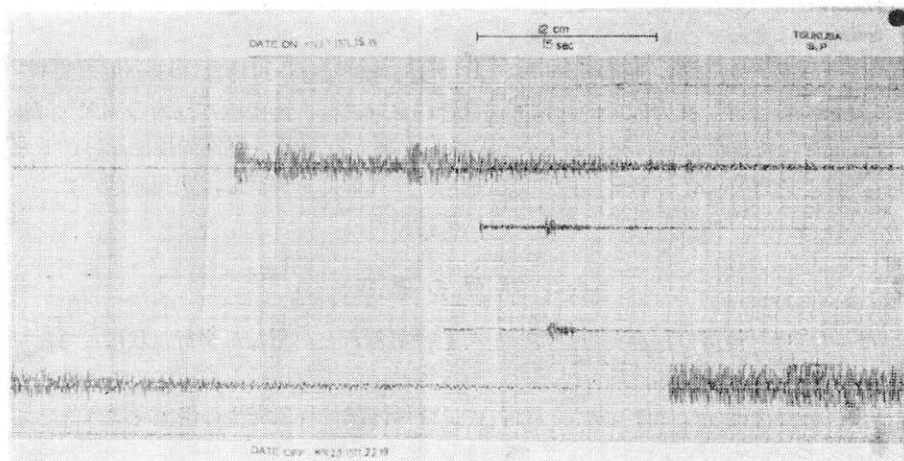


Fig. 2. A sample of the records registered by the primary prototype recorder, LTR-1. The trace pitch of the record is 1.8 mm, and the paper speed is 8 mm/sec. The record of 3 hours is shown on the sheet. Total continuous duration of the recording is 30 days.

第4図にその記録器により得られた記録例を示す。

2号機では、一連番号を記録紙に印刷しておくことによって、記録済の記録用紙は収納箱に自由落下する方式を採用し、装置形状の小型化をはかり、記録の多重化については着脱容易なガルバノメーター2成分用の台車を、一成分標準台車のほかに用意し、2台の台車を連結すれば3成分用、標準用台車のみで使用すれば1成分用につかかわることができるような機構を採用し、3成分使用時にも充分有効な期間の連続記録ができるように、記録円筒長は1号機よりも若干大きくする等の手段をこうじて、多重化の目的に沿った装置を構成した。

このほかに地震続発時の対策として行間間隔を、外部指令によって変化させる機構の導入、あるいはカムによる記録紙自動交換のシーケンス制御を、全電気制御に変更する等、1号機によって開発された技法に、改良と補足をくわえたことにより、2号機は一応実用の域に達した長期間可視記録器といえよう。

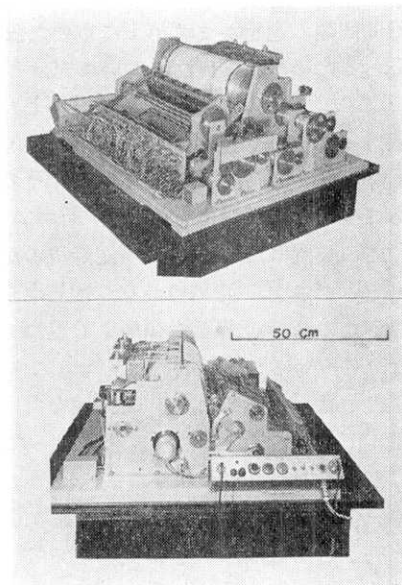


Fig. 3. Appearance of the LTR-2 which is constructed secondarily, in which the helical recording system and the automatic paper change system could be seen separately.

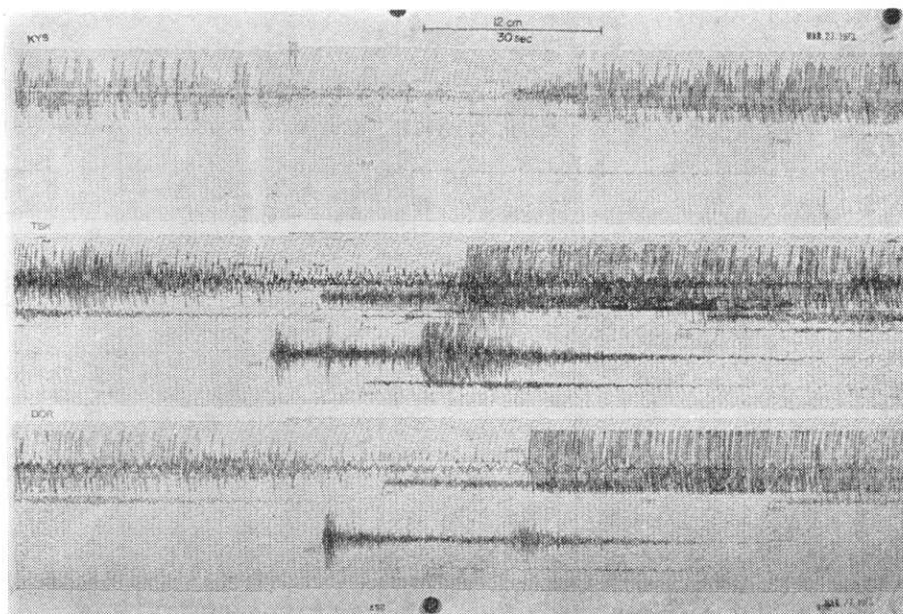


Fig. 4. A sample of the records registered by the secondary prototype recorder, LTR-2. The trace pitch of the record is 2 mm, and the paper speed is 4 mm/sec. Duration of the record shown is 140 minutes, and total continuous duration of the recording is 14 days. Three signals are registered in the record, which are telemetered by radio to the institute in Hongo, Tokyo, from Kiyosumi (KYS), Tsukuba (TSK), and Dodaira (DDR) stations. Trigger signal for changing the trace pitch in case of big earthquakes was not given at the time of these records.

3. 構 成

本装置の機構を大別すれば、記録機構部と記録紙交換機構部とに分けられる。

記録機構部は、通常のヘリカルレコーダーとほぼ同様な機構であるが、記録紙の自動交換を可能ならしむるために、若干の付加加工がなされている。

すなわち、ロール状の長い記録紙を筒内に装填し、その末端をスリットからひきだして1回分の記録紙を外周にまきつけて使用するようにつくられた記録円筒、それに自動復帰ができるように、着脱が電気的に制御できる記録電流計台車のおくり機構、それから円筒の停止位置の固定をはかるために駆動部分に挿入された電磁クラッチと電磁ブレーキ、さらに紙がまきつけただけで固定されていないために用意された、記録紙おさえ機構、始動位置に復帰する時に記録紙を汚損させないために用意されたペンあげ機構等、通常のヘリカルレコーダーには使用していない部品の付加と、部品加工がなされている。

一方記録交換機構は、1号機ではプログラミングカムと電気回路の連動によるシーケンス部、2号機では電気回路の将棋だおし作動によるシーケンス部と、記録紙くりだし部、記録紙切断部、それにペンのあげおろしと記録電流計台車復帰動作部によって構成される。

これら各部の一連の動作をしめすタイムチャートを表に示し、以下この表にもとづいて装置

全体の動作を説明する。

部品動作 時間経過	円筒記録器	記録電流計台車部	記録紙くりだし部	記録紙切断部
通常時	回転	右へゆっくり移動	キャプスタン停止ピンチローラー上部位設定	上部位設定
記録紙交換時	停止	ペンをあげおくりギヤをはずす	キャプスタン起動	
	紙がくりだされる	左へ移動開始	ピンチローラー降下	
	紙くりだし終了			カッター降下
		左端り到着	キャプスタン停止ピンチローラー復帰	記録紙切断終了
		ペンをおろしおくりギヤを結合		カッター復帰
	回転開始	右へ移動開始		
通常時	回転	右へゆっくり移動	キャプスタン停止ピンチローラー上部位設定	上部位設定

記録部は、通常のヘリカルレコーダーと同様に、円筒を回転させながら記録電流計台を移動させて行く動作を継続し、記録電流計台と記録円筒の二者が記録終端に達すると、スイッチが作動し記録紙交換動作を起動させる。

記録紙の末端は、1号機ではクリップ、2号機ではピンチローラーとキャプスタンにはさまれて、記録紙一葉分を内部からひきだすガイドをつとめ、ひきだされた記録紙は円筒にまきつかされながら記録ずみの紙をおくりだし、おくりだされた記録紙はカッターによって切断される。

その間に記録電流計台は通常のおくり歯車をはずすと同時にペンをもちあげ、ベルトによって左端にひきもどされおくり歯車を結合させる。

一方あげられていたペンと、停止していた記録円筒は、カッターの記録紙切断終了をしらせるスイッチと、記録電流計台の復帰完了をしらせるスイッチとの動作により、ペンはさげられ円筒は回転をはじめ、かくして記録は再開されるものである。

本装置は上述の一連の動作をくりかえすことによって、約160枚の記録用紙を無人で交換し、長時間無保守で可視記録をうることを可能ならしめているものである。

次に、諸元の記述にはいるが今後の実用性の面から試作2号機についてのみをとりあつかう。

諸元

a. 記録成分数。

1成分あるいは3成分。

b. 記録紙速度。

8 mm/sec あるいは 4 mm/sec. スイッチ切換。

- c. 記録描線間隔.
 - 1 mm および 2 mm (8 mm/sec 記録紙速度).
 - 2 mm および 4 mm (4 mm/Sec 記録紙速度).
- d. 記録幅.
 - 1 成分の時 340 mm.
 - 3 成分の時 110 mm (1 成分あたり).
- e. 連続記録の可能な時間.
 - 1 成分で 4 mm/sec. 2 mm ピッチの時 45 日間
 - 3 成分で 4 mm/sec. 2 mm ピッチの時 14 日間
 記録紙速度および描線間隔を変化させれば、その比に応じて可能時間も変化する。
- f. 記録紙交換時間.
 - 毎回の自動交換毎に約 7 秒.
 - 円筒内の記録紙ロール交換に約 10 分.
- g. 記録紙,
 - 300 mm 毎に一連番号を印刷した, 100 m×400 mm の良質なロール記録用紙.
- h. 寸法, (収納機を含む)
 - 850 mm×1050 mm×1200 mm.
- i. 重量.
 - 本体 80 kg. 収納機 30 kg.

4. む す び

最近では地震計測技術も向上し、いろいろ手段を駆使して、いろいろな研究に高い精度のデータが提供できるようになっている⁵⁾⁶⁾⁷⁾。

しかしながら、発生頻度のたかい微小地震を対象とした研究をすすめるには、精度の向上ばかりではなく、処理能率の向上、あるいは効果的な観測網の設定を並行させなければ、研究の発展はのぞめない。

このような背景から、本装置の開発に着手したわけであるが、研究目的はことなっても、高速の連続記録を長時間にわたり必要とする分野は他にもおおいとおもわれる。

他にも競合できる装置が存在はしているが、実用価値はたかい装置であるから、衆知させていろいろな分野の研究をたすけることがあればと思ひ報告する次第である。

なお本装置は沖電気工業特殊機器部の協力を得て製作された。記して謝意を表しておく。また本装置の実用試験は、堂平観測所の信号と記録室を占有して実施し、実用試験段階での細部の手なおしには、当所技術部安藤誠一氏の手をわずらわし、さらに得られた資料は当所地震予知観測センター津村建四朗博士によって、南関東地殻活動調査に有効に使用された⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾。これらの協力に対し併せて謝意を表する。

文 献

- 1) OMOTE, S., S. MIYAMURA and Y. YAMAZAKI: Triggered Magnetic Tape Recorder for Routine Seismic Observation. *Bull. Earthq. Res. Inst.* Vol. 33, No. 3, pp. 397-409, 1955.
- 2) Development of the Strong Motion Earthquake Observation Net-work in Japan. The Strong Motion Earthquake Observation Committee. 1960.
- 3) I. S. SACKS: A Broad-band Large Dynamic Range Seismograph. The Earth Beneath the Continents. *Geophys. Monograph* No. 10, AGU, pp. 543-553, 1960.
- 4) 青木治三, 伊神 輝: 微小地震観測のための長時間レコーダー. 地震 25 卷, 2 号, 1972, 187 頁.
- 5) 宮村撰三: あたらしい観測計器. 資料処理法等の開発. 地震予知研究シンポジウム講演集, 1968, pp. 63-65.
- 6) 宮村撰三: 地震計測の発達とその展望. 沖電気時報, Vol. 34, 1967, No. 2, pp. 1-4.
- 7) 笠原慶一: 地震予知と計測. 計測と制御, 8 卷 2 号, 1969 年 2 月, pp. 125-133.
- 8) 津村建四朗: 関東地方の地震観測網の強化について. 地震予知観測センター資料, 1 号, (1979), pp. 33-39.
- 9) 石橋克彦, 津村建四朗: 関東地方南部における微小地震観測. *Bull. Earthq. Res. Inst.* Vol. 49, 1971, pp. 97-113.
- 10) 津村建四朗: 関東地方の微小地震活動. 関東大地震 50 周年論文集 (1973), pp. 67-87.

3. Development of Long-term Ink-writing Recorder.

By Setumi MIYAMURA and Hideteru MATUMOTO,

Earthquake Research Institute.

It is necessary to develop convenient instruments which can offer useful informations to seismologists without increasing the burdon of the station keepers and seismogram interpreters, in order to deploy high quality seismolographic net-work in local as well as in global scale. One of the important developments to meet the above requirements is to construct a long-term recorder to place at remote place where very low ground noise level is expected, but, on the contrary, we have to encounter difficulties to find local station keeper to entrust frequent visit to the recorder. For this purpose, long-term recording magnetic tape recorder has been developped by several authors.

However, considering the troublesome procedure of reproducing the necessary seismograms, they cannot be considered practical instruments applicable to the routine seismological observations.

Of course, the chart drive recorder can continuously operate for very long term, when the loaded recording paper is fairly long, and thus the recorder seems to meet the requirement for the long-term operation.

However, the volume of the recorded papers are enormous when the recording is done with ordinary paper speed used for local earthquake observation, say 2-4 mm/sec.

Thus, the recorder seems inappropriate to be adopted for the routine observation, because of the economical reason and the practical problems of storage and reference.

In order to develop the usefull equipment to meet the requirement, the authors utilized the principle of the helical recorder, and succeeded to remove the defects of the recorders mentioned above.

The recorder which is constructed by the authors, consists of two parts.

One part of the recorder is the helical recording system, and the other is automatic paper change system.

The recording paper is mounted inside the recording drum and rolled around the drum, pull out through the slit on the circumference of the drum.

The first prototype of the Long-term Ink-writing Recorder, LTR-1 was constructed in 1967-68 and the second one, LTR-2, in 1969-70, whose outer appearances and the examples of their records are shown in Fig. 1-4.

The total length of the recording paper roll is 100 m, and the paper is cut-off into 160 sheets by the automatic paper change system after the completion of the recording on one sheet around the drum.

Loading interval of the recording paper roll or the total continuous duration of recording is 2 weeks for the standard condition of LTR-2, i. e., for 3 component, 2 mm trace pitch and 4 mm/sec. paper speed. It is varied by the change of the operating conditions. Number of recording components can be changed from 3 standard case to 1 component easily.

Changing of the trace pitch is possible by trigger signal, in case of large earthquake, in order to disentangle the seismogram traces.

Usefulness of the recorders had been demonstrated by the continuous operation during last two years at the Dodaira Micro-earthquake Observatory, of E. R. I.