

29. 比較觀測を目的とする 水平動變位計の製作

地震研究所 {高橋龍太郎
平能金太郎

(昭和16年5月18日發表—昭和16年6月20日受理)

緒言 觀測所としての特別の設備を持たない場所に、數ヶ月、或は十數ヶ月の短期間地震計を設置して其處の地震動を臨時的に調査する必要は吾々の研究の途上に於て屢々感ぜられる處である。斯かる場合には其れが臨時的なものである同時に、移動、運搬等の便宜をも考へて、成る可く小型で簡単な地震計を用ひ、又觀測者も特に訓練を受けたのではない、其の土地の人に委囑される事が多い。地震計設置の場所としても、或時は物置の片隅が利用され、又或時は廊下的一端が用ひられる。

斯かる惡條件の下に於ては從來の地震計は屢々故障を起し、記録不能に陥り、或は記録不能とまで行かずとも、其の記象に信を置き難い状態になるのが屢々經驗されるのである。特に變位地震計は其の固有振動周期長く、従つて復元力少なる關係上、擴大部に脆弱なる構造を含むので、最も故障の起り易いものである。

從來經驗された故障箇所の主なるものを發生回數の順に列記すれば次の様である。

(1) 起動器の故障。此れは調製器軸の磨耗、塵埃の潛入等によるものであるが、近時小型同期電動機の使用により、記録部分の故障は殆んど却かれてゐる。(2) 連結針の逸脱。或る種の變位計に於ては擴大挺の結合方法として、挺端に附けた寶石受皿間に兩端に尖端を有する細針を介在せしめ、受皿同志、或は受皿と針とを弱い螺旋發條にて相索引せしめてゐるが、此の連結針は急激な地震動、或は振幅の大きな地震動によつて脱出し易く、或は一旦脱出後、不正の位置に復舊したまゝ氣附かれずに居る事がある。(3) 空氣制振器の故障。空氣制振器は唧子と汽筒との間隙が小なる爲、防塵装置があつても猶間隙に塵埃が潛入して地震計の運動を阻げる事がある。又氣温の變化操返しによつて汽筒取附位置が筒縮し、汽筒と唧子とが接觸する事がある。(4) 擴大装置の挺軸は其の兩端を寶石受皿にて支へられるが、此の受皿は通常二重ナツトにより框に固定される捻子の先端につけられてゐる。然るに時の経過と共に二重ナツトが自然に緩み挺軸に遊びを生ずる様になる事があるのを時々經驗した。框とナツトが熱膨脹係數を異にする場合に氣温變化操返しによつて斯かる現象を生ずるのではな

いかと思はれる。(5) 描針の脱落，反轉。此れは急激なる地震動，又は地震計の能力以上の大振幅の地震動によつて起る事は周知の事柄であるが，此の故障は氣附かれずに居る事なく観測者自身によつて容易に修理し得るものであるから，今は問題にしない。

従つて委託観測に用ふる地震計に於ては特に以上の如き故障の原因を除却する構造を持つてゐなければならぬ。

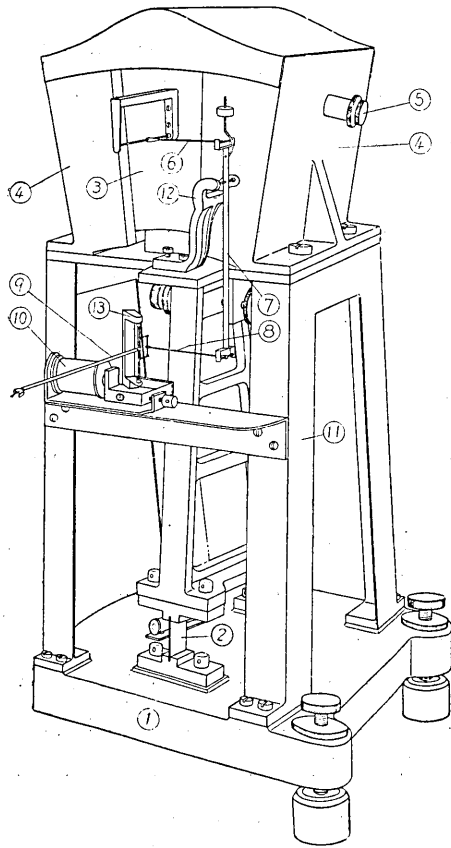
又従來臨時的に地震観測を爲し或は其れを委託する様な場合は，多くは主として地震の發震時，發生回数，初期微動繼續時間，最大振幅，其の周期位を目的としてゐたから，地震計に可成りの缺點があつても間に合つてゐたのである。然し若し數箇所の観測に於て地震動の一々の波形の比較を爲したいといふ場合には，地震計の各々が皆眞正の地震動を其の儘に記録するか，或は眞正の地震動を或る定まつた，既知の法則に従つて變形したものを描くのでなければならぬ。即ち地震計は或る一箇所に並行に設置された場合には少なくとも，同一の地震については同一の記録を與へるものであり，且つ据え換へによつて器械の調子の狂ふ事のないものでなければならぬ。

以上の如き要求を充す爲に，上に述べた如き意味に於て最も完全な，然も特別な訓練を受けた者でなくとも取扱へる様な，輕便で，且つ故障の憂少なき變位地震計を目指して作られたのが，以下に述べる地震計である。此の地震計では運搬の便宜をも考へて成る可く小型に作る事を心掛けてある。

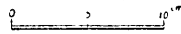
當面の目的たる地震動波形の比較観測には有感以上の地震が記録出来れば充分であり，又高倍率の地震計は擴大装置が多く，従つて故障も起り易い。又同時に大きな重錘を要するから運搬に不便である等の點を考へ，倍率が 50 倍附近のものを設計した。勿論光學的記録方法を用ひれば，以上の種々の問題の多くは忽ち解決するが，其れには感光紙の使用といふ委託観測には不適な事柄があり，又費用の點からも我國では現在の煤紙の方法に劣るから，今回設計の器械でも煤紙の方法を用ゐる。

地震計の固有振動周期は出來得るかぎり長周期である事が希ましい。其れは圖式積分等の面倒な手數を経ずに眞正の地動を得る爲めである。然し徒らに長い周期のものは，又地表の傾斜や氣溫變化等によつて零點の移動甚だしく，又地震計の恆數も變化し易いから，委託観測には不向である。

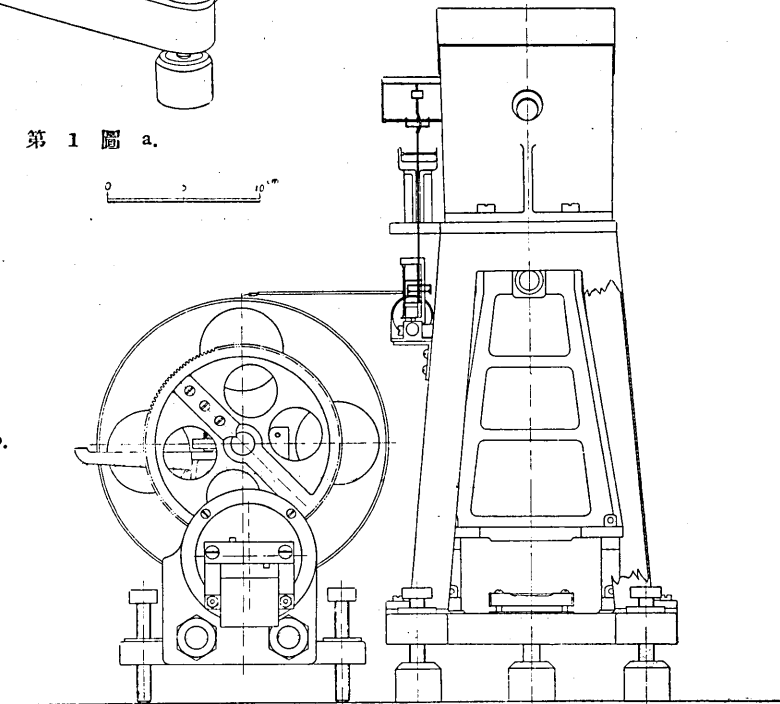
新水平動變位計 以上の如き種々の條件を考慮して製作された新水平動變位計は第 1 圖に示す如き，固有振動周期 8.0 秒，基本倍率 47.5 の逆立振子地震計である。新水平動變位計の特徴は次の諸點にある。擴大挺 ⑦ 及び ⑨ の軸の一端を受ける寶石受皿は框 ⑫，⑬ に固定されてゐるが，他の一端を受ける寶石受皿は框に固着された



第 1 圖 a.



第 1 圖 b.



燐青銅平板バネに固着されてゐて、平板バネの弾力によつて挺軸を軽く壓迫し支へてゐる。此の壓力は運搬の爲、挺を着脱しても殆んど不變である。挺を連結する連結針 ⑥、⑧ は第 2 圖の



第 2 圖

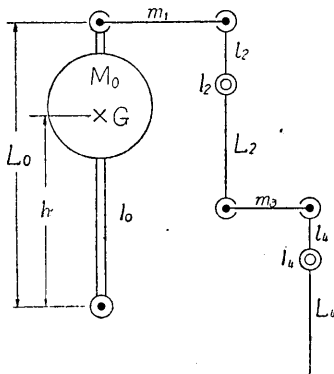
如き構造にて其の兩端の小軸は挺端の彈力框につけた一對の寶石受皿間に挟まれ保持される。連結針の兩端には薄い平板バネが存在してゐて地震計の運動、或は組立の不正に因る部分品相互の位置の狂ひから來る應力を除く役目

をする。以上のようにして凡ての回転軸は弾力によつて支へられてゐるから軸に遊びを生ずる事が絶対にない。且つ急激又は過大な振動によつて軸の脱出する憂は殆んどない。重錘 ⑤ は其の上下面が重錘の回転軸 ② を中心とする圓筒面を爲し其の両端に空氣制振器 ④ がかぶさつてゐる。即ち荻原簡單變位計¹⁾と同様に重錘を同時に唧子として用ゐてゐる。但し空氣制振器の箇数を多くし、底面積を大きくする事によつて制振器の間隙を 1.5 耗としてゐるから汽筒と唧子との接觸の憂なく、塵埃の潜入による被害がないのみならず、組立が非常に容易である。螺子 ⑤ の加減により容易に臨界減衰の状態を得る事が出来る。

時刻標は秤 ① に附けた小電磁石 ⑩ により第 2 擴大挺軸の框 ③ を僅か側方へ吸引して描針を横に移動させ記入する。電磁石の極片には一半に隅取線輪を附し、電源に 10 V の交流を用ゐてゐる。

記録圓筒は 60 廻の周を有し、5 分に一回轉するから 2 耗/秒の記録速度である。動力としては 6 watt の Warren 同期電動機を用ゐてゐる。現在では市販 50 cycle 交流を電源としてゐるが、近き將來に於て、音叉制御による交流を用ゐる豫定である。

記録圓筒の軸は直徑 20 耗の引拔鋼管を用ひ此れに Pitch 1 耗の螺子と Key 道を刻した。回転傳達齒車は直徑 12 廻の大徑のものを用ひ成る可く圓筒周に近い所で圓筒を驅動し、齒車の遊びによる圓筒回転の空隙を小さくした。圓筒軸受は相互に鋼管によつて結合する方式にしてある。此れは製作の容易、廉價と分解、運搬の容易なる點が長所である。



第 3 圖

次に以上の如き擴大装置が地震計の基本倍率に及ぼす影響を計算して見る。今地震計を圖形的に第 3 圖の如く表し各部の符號を圖示の如く定めると地震計の運動方程式は容易に

$$I\ddot{\theta} + 2\epsilon\dot{\theta} + n^2\theta = -Mh\ddot{x}$$

となる事が判る。但し此處に

$$I = I_0 + \frac{L_0^2}{l_1^2} I_2 + \frac{L_0^2 L_2^2}{l_1^2 l_3^2} I_4 + L_0^2 m_1 + \frac{L_0^2 L_2^2}{l_3^2} m_3$$

$$M = M_0 + \frac{L_0}{h} m_1 - \frac{L_0 L_2}{h l_2} m_3$$

である。此の式は小野博士の計算²⁾の擴張である。實際の地震計に於ては

1) 地震, 6 (1934), 645

2) 氣象集誌, (2), 5 (1927), 39

振子の運動の取出し點高	$L_0=30$ 種	
振子の重心高	h	29.0"
第1擴大挺の劣腕長	l_2	1.8 "
第1擴大挺の優腕長	l_2	9.0 "
第2擴大挺の劣腕長	l_4	1.0 "
第2擴大挺の優腕長	L_4	10.0"
振子の質量	M_0	1.27×10^4 瓦
第1連結針の質量	m_1	0.9 瓦
第2連結針の質量	m_3	4.5 瓦
振子の慣性能率	I_0	1.14×10^7 瓦 ²
第1擴大挺の慣性能率	I_2	9.2×10^2 "
第2擴大挺の慣性能率	I_4	11 "

であるから、

$$M = 1.27 \times 10^4 \text{ 瓦}$$

$$I = 1.18 \times 10^7 \text{ 瓦}^2$$

となり等價單振子の長さは

$$\frac{I}{Mh} = 31.6 \text{ 糎}$$

となるから、

$$\text{基本倍率} = \frac{MhL_0}{I} \frac{L_2}{l_2} \frac{L_4}{l_2} = 47.5$$

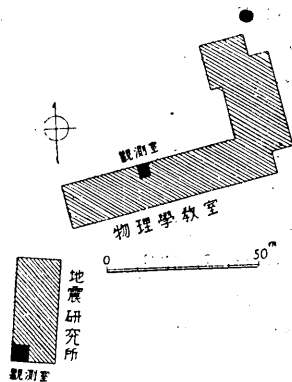
となる。

試験結果 以上の如き地震計を4臺製作したが、此等地震計の忠實さの試験として地震研究所地下室に4臺平行に設置して、同一地震を同一に記録するや否やを試験した。其の結果は圖版第4圖、乃至第6圖に示す如く、頗る満足すべき結果を得た。各圖は夫々近い地震、稍遠い地震及び脈動の例である。

此等の観測期間中に、据附位置移動の爲め、或は時刻標記入装置の改良の爲め、或は後に述べる物理教室と比較観測の爲め、屢々器械を分解し、或は移動したが、何等特別の工夫をせずとも常に同一箇所に並置する時は同一の記録を與へる事を経験したから、分解、移動によつて一旦調節した器械の調子が狂ふ事はないものと考へられる。

地震研究所、物理教室に於ける地震動の比較 地震研究所地下室に No. 3, No. 4 地震計を、又物理教室地震計室に No. 1, No. 2 を、EW, NS に向けて設置し比較観測をした結果の一例を圖版第7圖に示す。圖に於て明かなる如く、物理教室と地震研究所とは殆んど同様の振動を爲すのである。只 EW 成分に於ては振動の有様を稍異

にする所がある。殊に短周期の波に於て著しい。此れは第8圖に示すが如く、地震研究所の建物は南北に長く東西に短かい矩形なるに對し、物理教室の建物は略東西に長邊を有するL形である事に原因があるものと思はれる。因に地震研究所地下室物理教室地震計室間の距離は約70米である。



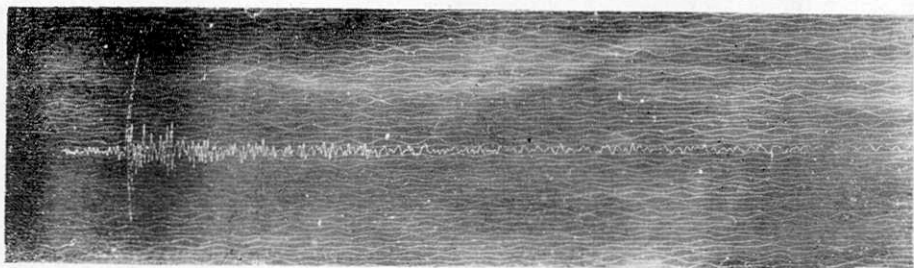
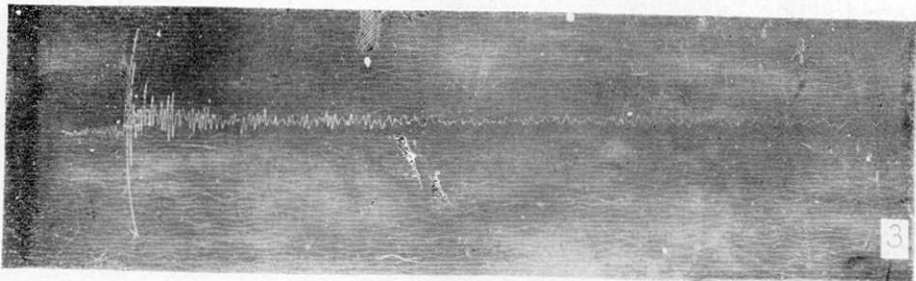
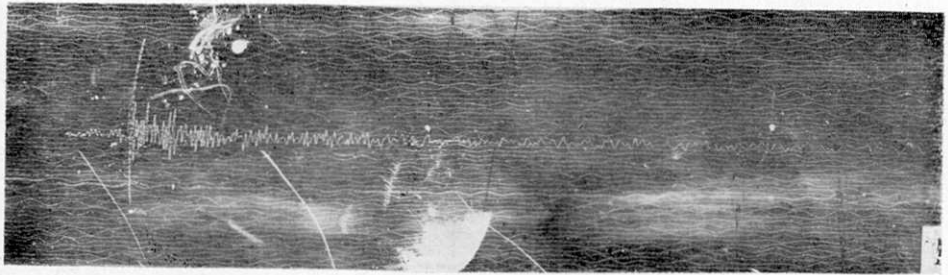
第8圖

地震研究所，忍岡國民學校，上野科學博物館の比較次に地震研究所の地下室，下谷區七軒町忍岡國民學校並に上野公園内科學博物館に各1臺の上記地震計を設置して，各所に於ける地震動の比較觀測を爲た。地震計設置の方向は何れも北30度東—南30度西の方向である。地震研究所，忍岡國民學校間の距離は350米，忍岡國民學校，上野科學博物館間の距離は900米で三

箇所は北75°度東の方向の一直線上にある。觀測結果の一例を第9圖(圖版)に示す。圖に見られる如く地震研究所と科學博物館とは略々同様の振動を爲すにも不關，其の中間に存在する忍岡國民學校に於ては，初期微動並に主要動の初期に於ては他の二箇所とは著しく違つた振動を爲し，其の振動は比較的簡単な調和曲線であつて，周期0.6秒の振動が著しく卓越してゐて，甚だ大きな振幅を示してゐる。然し地震動の末期に近づき，振動の周期が大きくなると共に，三箇所共殆んど同様な振動を爲し，地震動の波の一つ一つを相互に對應させる事が出来る様になる。

以上は昭和16年3月8日房總半島沖合に起つた地震についての一例であるが，時には地震動の末期に於ける，周期の比較的長い波についてさへ上記三箇所共一々の波動を餘り對應出来ない地震が起つてゐる。其の一例として圖版第10圖に昭和16年3月25日の足柄山附近に震動を有する地震の記象を示した。此の事は主として震央の位置に關係するものと思はれるが詳細は今後の研究に俟たねばならぬ。

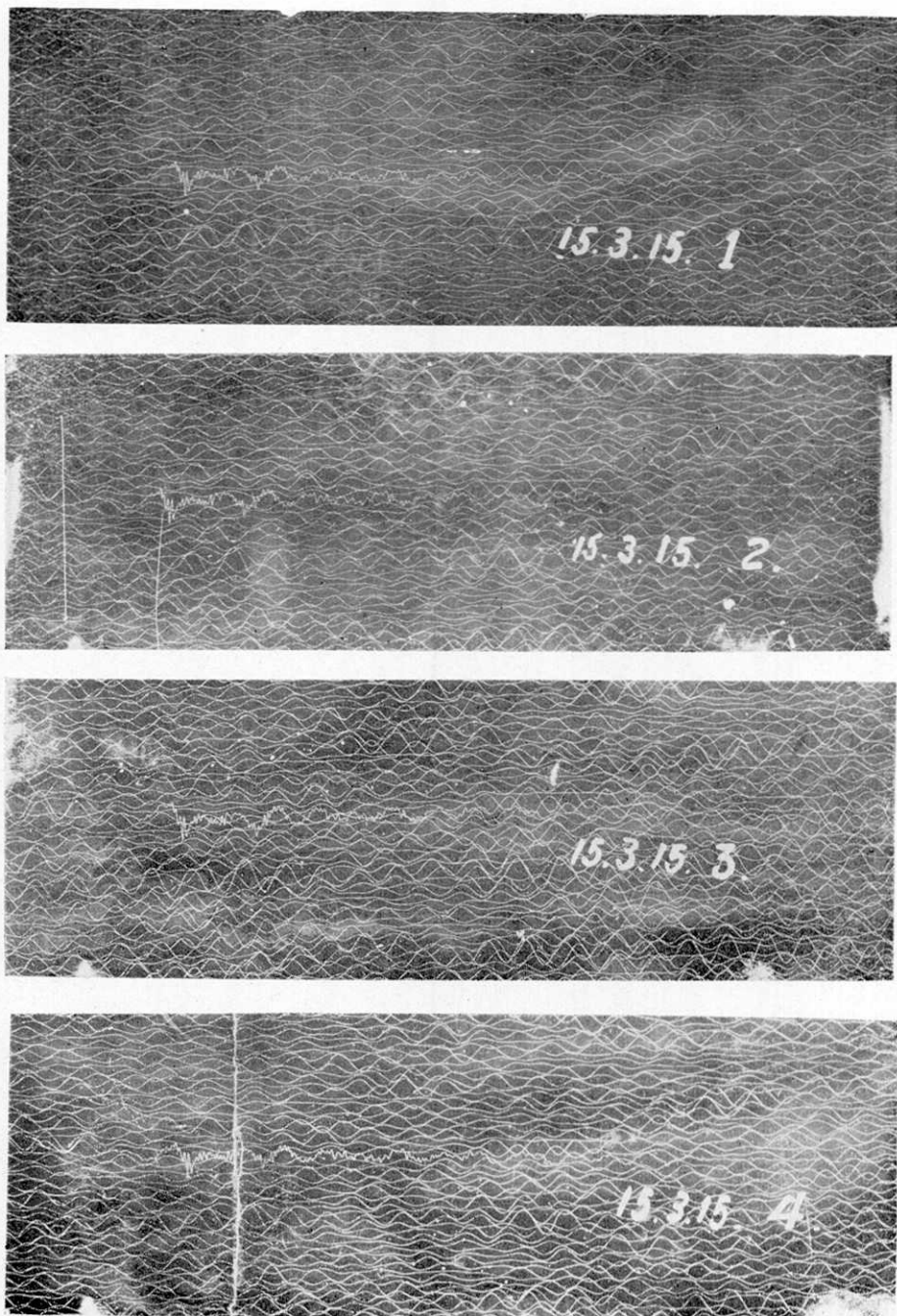
終に臨み此の研究は文部省科學研究費によつて行はれてゐるものである事を記し，深謝の意を表す。



（震研彙報 第十九號 圖版 高橋・平能）

四 臺 並 行 觀 測

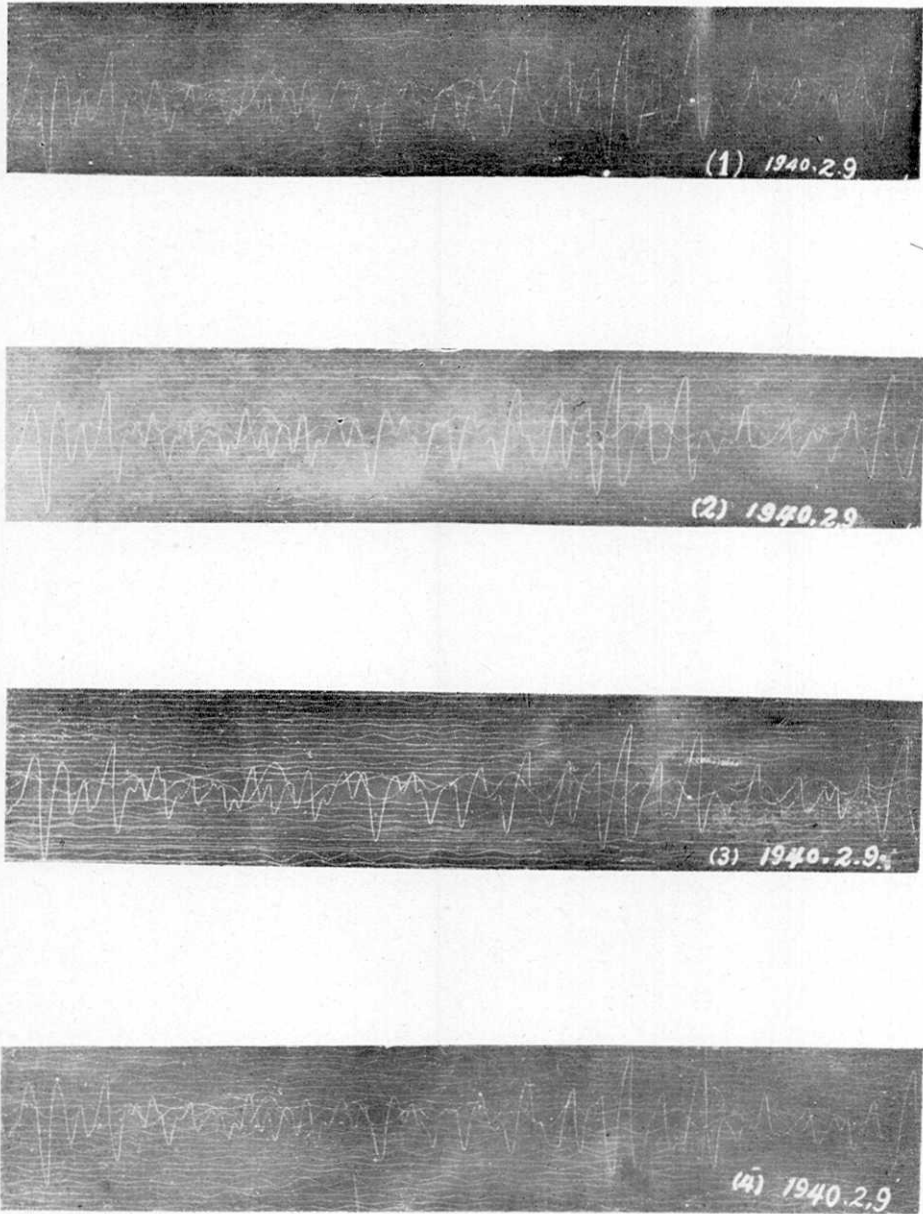
第 4 圖 昭和 15 年 1 月 19 日 23 時 32 分 東京灣北部



(震研彙報 第十九號 圖版 高橋・平能)

四 臺 並 行 觀 測

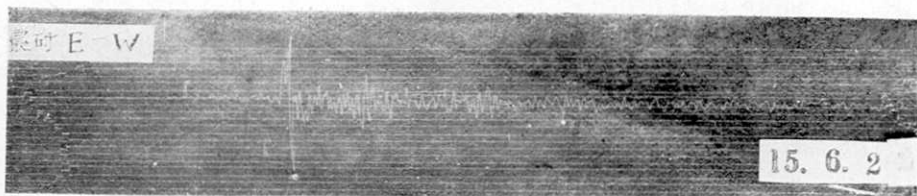
第 5 圖 昭 和 15 年 3 月 15 日 21 時 34 分 茨 城 縣 南 西 部



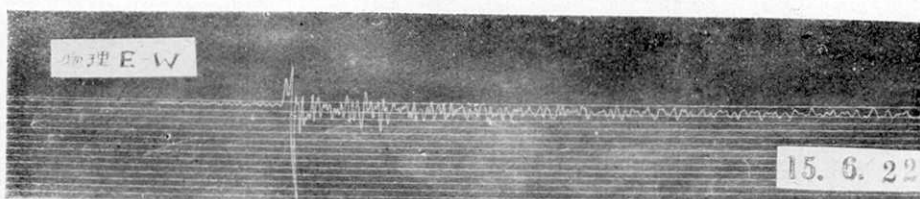
(震研彙報 第十九號 圖版 高橋・平能)

四 臺 並 行 觀 測

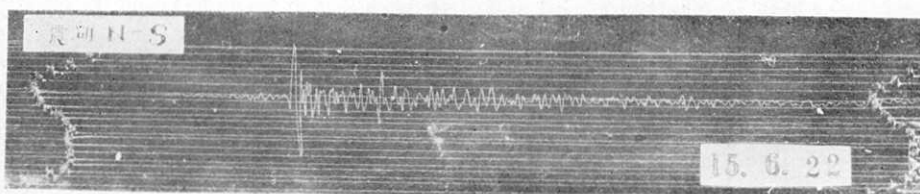
第 6 圖 昭和 15 年 2 月 9 日 22 時 53 分 岩手縣久慈東方沖 (遠震の例)



地震研究所地下室 E-W 成分



物理學教室 E-W 成分



地震研究所地下室 N-S 成分

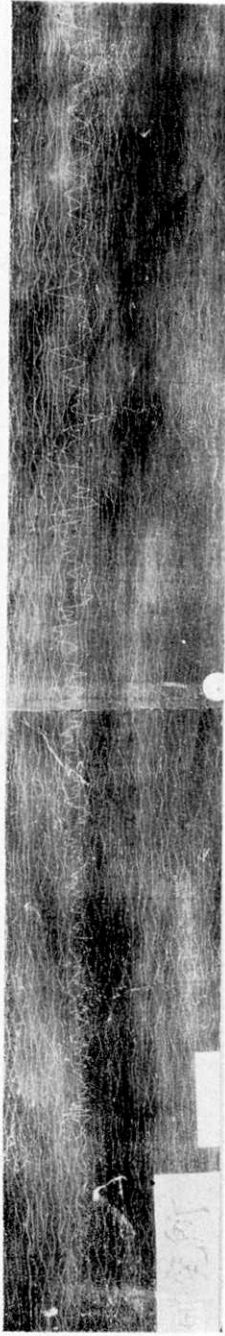


物理學教室 N-S 成分

（震研彙報 第十九號 圖版 高橋・平能）

第 7 圖 地震研究所と物理學教室との比較
（昭和15年6月22日9時24分 江戸川河口沖）

地震研究所



上野科學博物館



忍岡國民學校



第 9 圖 昭和16年3月8日20時1分頃の地震 震央房總南沖合



地 震 研 究 所



(震研彙報 第十九號 圖版 高橋・平能)

科 學 博 物 館

第 10 圖 昭和 16 年 3 月 25 日 10 時 32 分 神奈川縣足柄山附近地震

29. *A New Horizontal-Component Seismograph for
Comparison Observations.*

By Ryûtarô TAKAHASI and Kintarô HIRANO,

Earthquake Research Institute.

A horizontal component seismograph of inverted pendulum type was newly designed. The main objects of this new design were ease of manipulation and great accuracy. To attain this object, all the jewels, by means of a flat spring, were made to press lightly against the pivots. This design was very effective in eliminating backlashes between the pivot and the jewels. As shown in Fig. 2, the helical spring and needle system that is so frequently used in connecting the magnifying levers was replaced in the new seismograph by a connecting rod, having pivots and plate springs at both ends. The air damper, which consists of a pendulum bob, which acts as the piston, and two cylinders covering the both side of the bob, have a large functioning area, there being wide clearance between the piston and cylinder, making it easy to set up the instrument, and doing away with the contact of cylinder with the piston which is so liable to occur with rough manipulation, and bad observation conditions. The effective mass and the effective moment of inertia of the pendulum are 12.7 kg and 1.18×10^4 kg cm² respectively. The geometrical magnification of the seismograph, that is, the magnification for an infinitely quick motion of the ground, is 47.5 and the period of free oscillation is 8.0 sec. The record is made on a sheet of smoked paper wound on a drum, 60 cm in circumference revolving once in 5 minutes. The drum is driven by a 6 watt Warren synchronous motor.

Four such seismographs were constructed and installed in parallel in the cellar of our Institute in order to test their accuracies, with satisfactory results, all the seismographs giving exactly the same records, as shown in Figs. 4~6. During these periods of test, the delicate parts of the seismograph, such as the magnifying levers, were removed and then reset several times in order to ascertain whether or not accuracy suffers by such treatment, since such last is inevitable when transporting the instrument. The result of this test was also very satisfactory, the seismographs being always very reliable.

After these tests were made, the seismographs were installed first at the Institute of Physics, Tokyo Imp. Univ. and at our Institute, and after that, at the Science Museum, Ueno Park, the Sinobugaoka Primary School and at our Institute. Examples of the records obtained by these comparison observations are shown in Figs. 7~10. The records obtained at the last three places are very similar to one another in some cases and totally different in others, owing probably to differences in the direction of the epicentres of earthquakes.