

地震計測整備の一斑

所員 今村 明 恒

Note on our Seismometrical Improvements.

By Akitsune IMAMURA

The Earthquake Research Institute

第一章 緒 説 (I. Introduction)

従来地震學教室或は震災豫防調査會に於て考案し、又使用して來た地震計の中には色々の缺點を有し、整備を要するものがありますが、第一に此等の器械が検査器によりて其正否を吟味されたことがないのが、一つの缺點であります。此點については石本所員の御盡力を煩はし、地震計検査器を備附けて貰ひたいと思つて居ます。

地震計測の整頓は従来使用し來つたものに對するものと、今後の新案に關するものとあります。今其要點を略述致します。(Remarks for installation.)

(一) 大森式地動計 1. Omori H. P. Seismograph 遠地々震觀測用には自己振動の週期を五十秒以上とすること。若し三十秒程度に止むるならば必ず制動器を附けること。傾斜觀測用としては複式(フォーク形)描針を用ひざること。

(二) 二倍地震計 2. Strong motion Seismograph 今村式のものならば自己振動を水平動に於て十秒内外、上下動に於て五秒程度になすのは容易であります、斯くしてこそ此地震計が二三百里以内に起つた大地震或は強震を驗測するに有效でありませう。それに教室では油の制動器を附けて居りますが、若し自己振動の週期を前記したものよりも小さくするならば、更に強力な制動器を附ける必要があります。

(三) 大森式簡單微動計 3. Omori portable tromometer (第二に於て詳述致します。)

(四) 長週期地震計 4. H. P. of extraordinary long period 自己振動の週期三分程のものが欲しいので、既に其考案を有つて居るのであります、費用がな

い爲に其儘にいたしてありました。當研究所に對して其費用が請求致してあります。

(五) 高度の倍率を有する微動計 5. Tromometer of extraordinary high magnification (前に同じ。)

(六) 傾斜地動と直線的地動との區別計測 6. Observation of tilting motion (第三に於て詳述致します。)

(七) 大震計 7. Seismograph registering destructive earthquake. 先般の關東大地震は實動を畫く強震計も指針が外れた位でありますが、これは自己振動の週期が四秒しかないのに制動器の裝置もなく、且つ十糎以上の大きさの振動は記録紙に収まらない爲めに斯くなつた次第であります。それで取敢ず倍率二分の一、自己振動の週期、水平動は十二秒上下動は五秒で、且つ三十五糎以内の水平動が記録し得られる大震計を据附けました。これには尙ほ改良の餘地がありますが一時の目的には間に合ふ積りであります。此器械が傾斜動の區別に便利なることは第三章に於て述べることに致します。

第二章 簡單微動計 (II. Portable tromometer.)

從來の大森式簡單微動計は廣く各測候所でも使用せられて居り、又我々も大震災以來市内各地の觀測點、或は大磯、八王子、鎌倉等に於ても使用致しましたが、近地微震觀測用としては種々の缺點を備へて居ますので、之を改良することは急務であると心得、先づ之に著手した次第であります。

次に大森式簡單微動計の缺點 Defects of Omori tromometer を擧げて見ます。

(一) 複式描針 1. Compound writing index 大森式簡單微動計の倍率は二個の槓杆の有する倍率の乘積として得られる様になつて居ます。最初の槓杆は水平振子の重錘を支へる鐵製の杵に附着し、第二の槓杆は輕き描針自身であります。さうして短處は此等の二槓杆の繼目の處と第二槓杆の心棒とにあります。又繼目の短處を分解すると、第二槓杆の短き臂に相當するフォークの兩股と第一槓杆の一端(自由運動の出来る)に挿入してある廻轉軸との間の緩みであります。即ち兩者の間を全く間隙がない様にすれば動かなくなり、隨つて此處に輕微なすきを認めなければならぬこととなりますが、此輕微なるべきすきが第二槓杆によりて擴大されて現はれますから、隨つて此器械は右の點だけでも或る範圍内の微動を記録しないことにもなります。其上二個の軸が自由に廻轉し得る爲めに上端の押さ

へを心持ち緩くしなければなりません。此二個處の緩みの殆んど大部分が又々第二楕円に擴大して描かれます。其結果、良く据附けられた器械でも一耗の百分の一程度よりも微小な地動は殆んど記録し得ないことになりまして、微震の場合の初期微動は正しく観測し得られないことが通常であります。(第二圖C Fig. 2, C 參照)

(二) 自己振動の週期の短きこと 2. Shortness of free vibration period. 熟練した職工の手に掛りますと四秒程の週期が出ますが、通常は三秒内外しか出ません、されば地動の週期一秒以内のものに對しては、實動の計算も面倒ではありませんが、其以上の緩き地動に對しては、強力な制動器を附けざる限り、實動の計算は殆んど無意味になります。中村博士は強力な電磁制動器を附ける爲めに、振子の杵を眞鍮製にせられました。

(三) 記象紙の運轉遅きこと 3. Slowness of driving rate of record-receiver. 記象紙は一分時間に凡そ二糧半進行することになつて居ますが、此程度では〇・二秒程度よりも短き週期の波動を記録するに不適當であります。

以上の諸短處を緩和する爲めに、今度「十四年式簡單微動計」 Portable tromometer of the 25 th year type overcomes the above mentioned defects. なるものを製作し、之を微震観測、構造物の振動験測等に使用致して見ましたが、概して好結果を與へる様であります。 Available for the observations of small earthquakes, especially the directions of their initial movements, vibration of structures, &c. 次に其構造の概略と使用上の結果の數例とを述べることに致します。

第一圖上部は此器械の側面圖であつて、同下部は其平面圖であります。尙ほ中間右方に描針の繼目の詳圖が挿入してあります。大體の構造は此等の圖によりて諒解して貰へることと思ひます。之を大森式に比べまして、重錘の目方は凡て半分になつて居ます。随つて器械の倍率の最大限を五十倍 max. limit of the index magnification = 50 即ち大森式の半分にせざるを得なかつたのであります。これは振子の自己振動週期を延ばす爲めにも、又振子の廻轉軸を形作る上下二支點(尖りたる螺旋の先端) のつぶれ方を避け或は少くするにも、止むを得ない犠牲であります。其代りに非常に微小な地動をも能く記録いたしますから、記象紙を擴大鏡によりて引延ばすことによりて、此缺點は十分に償はれます。後に十五倍に擴大した記象即ち實際の地動を七百五十倍に擴大したものを例示したいと思ひます

がそれでも大森式百倍の記象に比して地動が寧ろ細かに表はされて居ることが氣附かれるのでありませう。(第二圖 D-E 参照 Fig. 2, D-E. Actual register magnified 15 times)

振子の枠構が特種な形をして居るのは、支軸 AA' に關する衝撃の中心を重錘の支軸 BB' 上にあらしめたいことゝ、振子の廻轉軸をなして居る二支點 AA' に於ける壓力が上下に均等に分配されたい爲めに由るのであります。猶ほ電磁制動器が自由に附け得られる様、用材は複式槓杆の繼手の部分を除き、太體鐵が使用してありませぬ。但し器械を實際に使用して見た結果、描針端に對する記象紙油煙の摩擦は省略すべき程微小であり、又自己振動に於ける一つの振幅と次の振幅との比が二・〇 damping ratio=2.0 に達する程でありますから(此時自己振動の週期は八秒、) 四五百糎以内の微震觀測には、制動器を附けなくとも間に合ふ様に思はれます。

次に前に記した大森式簡單微動計に於ける三個の短所に對し、今回のものに加へられた改良要點を述べます。Points of improvement.

(一) 複式描針の構造 Compound writing index 勿體づける様で濟みませんが、此器械の改良の要點は複式描針(審ろ複式槓杆)の繼手の部分でありまして、これは長い間苦心して考案した結果であります。第一圖にあります通り、第一次槓杆 ABC の第二次槓杆 CDE に對する接觸が磁力に據つてなされるのであります。即ち描針の短臂の股 F は軟鐵で作られ、之に接觸する第一次槓杆の自由先端(即ち細長き棒 $C'C''$) は磁針であります。次に此磁針と、描針の廻轉軸 $D'D''$ とは、其長さが夫々 10 糎 11 糎にしてありますが、描針の臂は但れも下端から 5 糎の位置を通過し或は接觸する様にしてあります。斯くして大森式簡單微動計に含まれて居る第一の缺點たる二槓杆接觸部の緩みが除かれ、其上に、廻轉棒の上端に與ふべき僅かの緩みが描針にはその二十分の一しか傳へられないことになり、前に記した地動計の第一の短所が略ぼ除かれることになりました。(序に申述べますが、此装置は大森式地動計にも有効に應用し得られます。さうして此複式描針の改作だけに凡そ八十圓を要します。)

(二) 自己振動の週期 2. Free vibration period 地震計の臺の傾斜を細かに刻まれる様にしたことゝ、水平振子の寸法を伸ばしたことゝによりて、自己振動の週期を八秒程にすることは容易であります。先づ七秒未滿にては觀測しないことに

第一圖

Fig. 1.

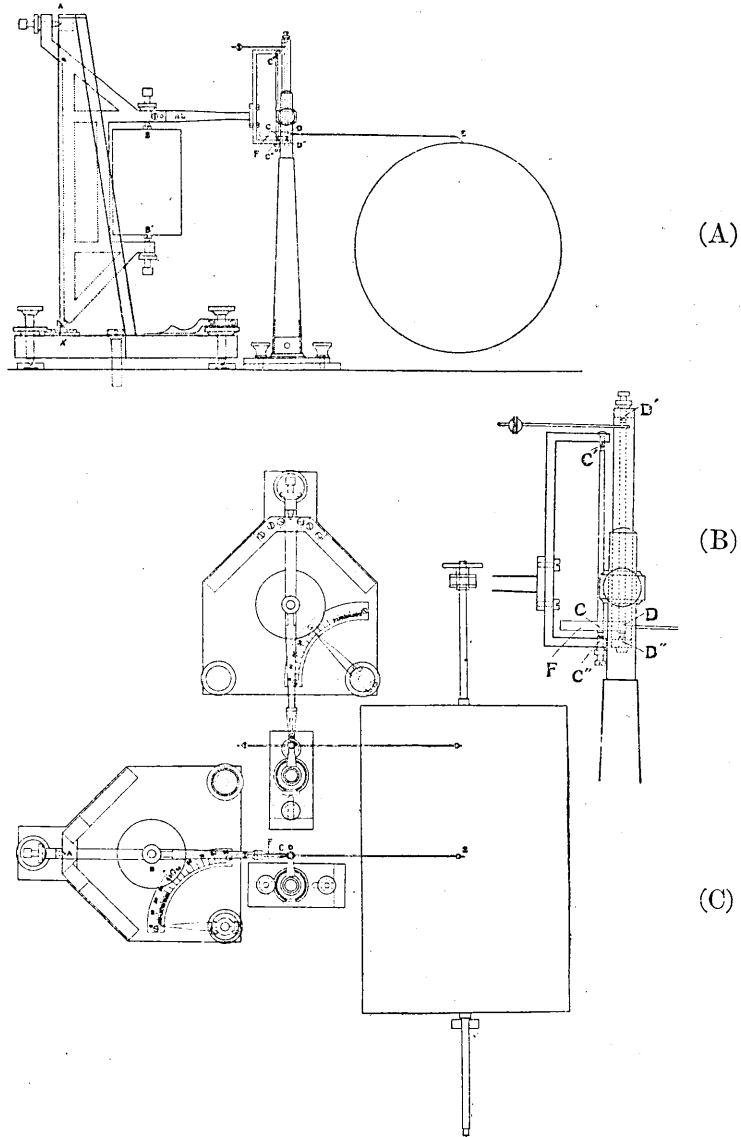


Fig. 1 shows the elevation (A) and plan (C) of the new portable tromometer (the 25th year type) in 1/11.5 size. B shows the joint between the primary (ABC) and secondary (FDE) levers of the writing index in 1/4 size. CC' is made of magnetized steel and FD of soft iron. (Net price=800 yen. Electro-magnetic damper applicable.)

したいと思ひます。(Free vibration period = 8 sec.)

(三) 記象紙の運轉 3. Driving rate of the record-receiver 一分時間につき六
糎内外 About 6 cm. per min. が通例であります。

右の外、二個の振子の描針先端を、晝時計と共に一分毎に同時に吸上げる様に
してありますから minute signals given simultaneously to both components-
(see fig. 2, A_1, t_1, t_2) 極微震の初動の方向を求めるには極めて便利であります。此
點については教室にある三百倍微動計以上の働きを爲し得ることもあります。尚
ほ本器の正否は絶對的に之を検査することの出来ない代りに大森式微動計ウイ
ヘルト地震計等との比較は致して見ました。

本装置が一ミクロン程の微動をも能く記録し得ることは次の例證によること
し、左に二種類の簡單微動計の比較を致して見ます。

常數の比較表 Comparison of instrumental constants.

簡 單 微 動 計 Tromometer	大 森 式 Omori type	十 四 年 式 25th year type
倍率の最大限 V_0	100	50
重錘の目方(旺にて) wt. of the heavy bob (in kg.)	15	7.5
週期(秒にて) Free vibration period (in sec.)	4	8
記録し得べき地動 } 最大限 max. lt. (粘にて)	0.5	1.0
Registerable ranges (in mm.) } 最小限 min. lt.	0.01	0.001
記紙の速さ Driving rate (mm./min.) of the record-receiver.	25	60

(序に加へて置きたきは十四年式の製作は八百圓を要したことゝ、十四年式に附
ける上下動地震計につき新案のあることです。)

左に本器械應用の數例を述べることに致します。

(甲) 各種地震の觀測の例 A. Observations of earthquakes 第二圖は遠近各地
に起つた地震記象の數例を示したものであります。猶ほ極微震の觀測も可なり有
效であることを示す爲めに、記象原紙を十五倍に引伸ばしたものと、比較の爲め
に大森式によれる極微動の觀測の結果が添へてあります。

本器は鎌倉、清澄にも据附けてありますが、觀測の結果を述べることは他日に

譲り、此處には鎌倉若しくは其處より數里を越えざる距離に震央を有する地震記象の一例を添へて置きます。清澄に於ても斯うした局部地震が屢々觀測せられます。

(乙) 地面の人為的地動 B. Artificial disturbance due to traffic. 東京の市街地に於ては、貨車、電車等の交通機關によりて起される人為的微動が絶えず現出し、唯僅に夜中以後曉までの間に於て少しく鎮まるのみであります。されば市内に於ては微動觀測は殆んど不可能でありますが、此地動につき、市内と郊外とを比較する爲め、同型の十四年式簡單微動計三個を本年二月中、一は本郷地震學教室内に、他の一は駒場農學部獸醫學教室の一室内に、残りの一は三鷹村天文臺の一室内に据附けて比較觀測を行つて見ました。第三圖 EFG Fig. 3, E-G は原記象紙を更に十五倍に擴大複寫したものですから、實動の七百五十倍を示すことになります。さうして甲組は日中最も地動の著しき場合を示し、乙組は夜半後最も靜かな場合を示したものであります。其結果、駒場は本郷に比して、人為的地動稍々軽く、凡そ三分の一の程度たることを示しますが、其微動觀測に不適當な土地であることは本郷に比して太した相違はありません、然るに三鷹村は此種地動が概して小さく、凡そ本郷の十分の一程度であります、且つ現出の時期が短く、假令長く續いても二十分時間位のもので、日中でも全く鎮靜して居る期間の方が長いのです、隨つて三鷹村だけは一萬倍以内の倍率の地震計を用ひて微動觀測をなすには適當であらうと考へます。但し脈動は何れの場處にも殆んど同様に現出しますから遠方地震の觀測には何れも不適當であります。(此機會を利用して、東京天文臺並に獸醫學教室の本觀測に對する御援助につき謝意を表したいと思ひます。)

(丙) 鎌倉に於ける第三紀層と沖積層地盤との震動比較 C. Comparative observations at the alluvial and the tertiary grounds in Kamakura. 曩に震災豫防調査會では、由比濱と雪の下第三紀層地盤との震動比較を行ひ、其結果は既に報告せられたのであります、器械が不十分であつた爲めに、多少の疑問を残して居ます。それで唯今十四年式を使用して同様の觀測を繼續して居りますが、次の機會に其結果を報告したいと思ひます。次項に於て了解せられる通り、大森式では地震の主要部の第一波だけしか、比較が出来ませんでした、十四年式では、兩所に於ける地震動の全部が大抵比較し得られる長所を有つて居ますから、短時日

の間に相當の材料が得られるのであります。(第二圖 B Fig. 2, B 参照)

(丁) 新築中の議院建築物の震動比較驗測 D. Vibration of structures due to earthquake.

帝國議院 Imp. Diet building の本建築は現在進行中でありまして、大正十四年夏季には南方の衆議院と北方の貴族院とが各其鋼骨組立てを終わりましたから、當局の依頼によりまして其震動状態を驗測して見たのであります。場處は麴町區永田町、地質は山の手の洪積層、地形は東方へ微傾斜をなして霞ヶ關へ續いて居ります。(第三圖 C)

工事の豫定は南北の兩翼を連續する中央殿堂の鋼骨組立てを大正十六年度に終り全工事を大正二十三年度に終るものださうです。此等の段落に際して震動検査を試みることは、必然のこととせうが、今回ののは此等の準備驗測とも申すべきであります。

驗測は八月に始めましたが、九月まで一通りの作業を終わりました。其結果貴族院の構造は衆議院のに比較して、震動が少し軽い様に思はれましたので、地盤の震動を比較驗測することが必要になつて來ましたから、器械を貴族院の地下室(P) 衆議院の地下室(R) コンクリート地形の上、并に建築事務所前庭(OG)の三ヶ處に据附け、十一月に至つて事業を終わりました。それで便宜の爲めに此方を第一に述べることに致します。三個の器械は何れも十四年式であつて、同時に同所で作り、地震學教室で比較検査を経たものであります。觀測中は各振子の自己の振動週期を一律に七秒に致した置きました。(驗測された振幅の大きさは、記録のまゝを耗にて表はしたものであります。それ故地面或は構造物の實動は表示されたものゝ五十分の一に當ります。)

次に觀測の結果を列挙いたします。

(1) 十一月五日十時五十六分十三秒 微震、震原東京灣、初期微動繼續時間四・八秒

Nov. 5, 10 h 56 m 13s. slight shock. Origin Tokyo Bay.

Duration of the prel. tremors=4.8 sec.

(T. indicates period of the observed movement, figures)
(in the table the double amplitude in mm×50.)

主要部第一波週期 $T=0.2$ sec.		
RG	EW 2.4	NS 7.2
PG	1.6	5.0

(二) 十一月六日三時四十二分五十八秒微震、震原霞浦附近、初期微動継続時間七・四秒

Nov. 6, 3 h 42 m 58 s. Slight shock. Origin near Kasumigaura.

Duration of p.t.=7.4 sec.

	初期微動部 Prel. tr. $T=0.35$ sec.		主要部第一波 S $T=0.6$ sec.		主要部の三秒目 3 sec. later than $T=0.6$ sec.		主要部の二十五秒目 25 sec. later than S $T=1.2$ sec.	
	mean	max.	EW	NS	EW	NS	EW	NS
RG	0.8	1.8	5.9	5.0	6.7	4.7	2.3	2.1
PG	0.5	0.9	5.0	3.5	7.0	3.7	2.7	2.0
OG	1.3	2.5	6.5	5.5	7.4	5.0	2.0	2.5

(三) 十一月七日〇時十三分三十五秒弱震、震原九十九里濱沖、初期微動継続時間十五・四秒

3. Nov. 7, 0 h 13 m 35 s. Moderate shock. Origin off the E coast of Simôsa. Duration of p. t.=15.4 sec.

	初期微動 p. t. 週期 $T=0.5$ s	主要部第一波 S	
		$T=2.5$ s	$T=1.2$ s
RG	NS 2.8	EW 17.5	NS 15.0
PG	2.5	20.0	17.6
OG	4.0	17.6	16.5

以上の結果で見ると、土地震動の週期一秒未満なるときは、三ヶ處の中、貴族院地上最小で、事務所前庭が最大であります。一秒以上の週期に就いては三所

共に似た様な大きさであり、寧ろ貴族院地上が幾分大きく現はれます。畢竟大地震の場合の様な主要動の週期一秒以上の地動に對しては、同一の震度と見做して宜しいでせうが、然しながら、近距離の微弱震の場合には、貴族院地上では衆議院地上に比較して震度一割乃至二割程軽いものと見なければなりません、此事は本構造體の振動の比較につき大切な根柢をなすものであります。尙ほ右の驗測には表はされて居ませんが、記象の上に於ては三ヶ所に著しき相違が表はれて居ます。即ち事務所前庭に於ては〇・二秒乃至〇・四秒程度の急な微動が著しく現はれ、これと僅に七十米を隔たれる衆議院地上はそれが幾分小さく、然し大體に於て似て居るに拘らず、二百十米を隔たれる貴族院地上の震動は此小刻みの波動が殆んど見えない位に小さくなります。斯様な事は從來餘り知られてなかつたので、將來研究を要する一問題でありませう。

次に構造體の震動驗測に移りますが、觀測中の工程は第三圖に示された通り、貴衆兩部の骨組の各々に少許の桁構が向ひ合つて延びて居ます。柱の全高二二・七米 Total height of the frame work = 22.7 m 地下室高さ四・九米、地上室高さ四・八米、二階高さ五・八米三階高さ七・一米が之に組まれ其上に僅か許りの四階が乗るのであります。地震計の一は衆議院議場の直下たる地下室の土臺上に置かれ残りの二つを貴衆兩院の各議場を瞰下する三階（一般傍聽席）に於て相對應する位置に据附けました。つまり第一器械の示す震動を基準として、三階の震動を之に比較して見やうといふのであります。

器械を据附けて見ると第一に驚いたことは各構造體が絶えず自己振動をして居ることです。Each frame work is in restless vibration of the period 0.66 sec. 其實際の振幅は一耗の五十分の一内外、即ち記象の上で平均一耗内外の大きさに現はれて來るのですが（第三圖 Fig. 3, A, B）其週期は略ぼ一定であつて次の様な結果を示しました。

構造體の自己振動週期 (Free vibration period of the structures)

RS EW : 0.64-0.68 sec., NS : 0.63-0.68 sec.

PS EW : 0.63-0.67 sec., NS : 0.65-0.67 sec.

Total average 0.66 sec.

衆議院地上の器械にも微小ながら同週期の地動が絶えず現はれて居ります。これにて直ぐ想像せられることは、これと等しきか或は相近き週期の地動が到着し

たときに、各構造體が共鳴の現象を起して著しく振ひ出しさうな事です。The phenomena of resonance whenever the periods of the earth-movements approach 0.66 sec. 果してそれが次の観測表に表はれてをります。

- (1) 八月七日十一時五十二分五十五秒微震、震原東京の北々東五十軒
 Aug. 7, 11 h 52 m 55 s. Slight shock.
 Origin: at 50 km. NNE of Tokyo.

	主要部第一波 S 週期 T=0.94 sec.		主要部第二波 Next to S. T=0.94 sec.		主要部の六秒目 6 sec. later than S. T=0.6 sec.		主要部の一分目 1 min. later than S. T=1.3 sec.	
	EW	NS	EW	NS	EW	NS	EW	NS
RG	5.7	3.0	12.8	5.5	6.3	5.5	1.2	2.0
RS	7.0	5.5	15.5	12.0	7.80	31.0	6.0	7.0
Rr	1.2	1.8	1.2	2.2	12.4	5.6	5.0	3.5

Rr 或は Pr は地上の振幅に對する衆議院或は貴族院階上の振動の比率
 (Rr or Pr is the ratio of amplitude at RS or PS to that at RG)

- (2) 八月二十二日十五時二十二分四十五秒 微震
 Aug. 22, 15 h 22 m 45 s. Slight shock.
 震原 常陸沖
 Origin off the coast of Hitati.

	主部部第一波 S. T=3.0 sec.		主要部第二波 Next to S. T=2.5 sec.		主要部第三波 Next to the former T=3.4 sec.	
	EW	NS	EW	NS	EW	NS
RG	2.2	2.8	3.0	2.3	1.8	2.6
PS	2.5	3.0	3.5	3.5	2.2	3.0
Pr	1.1	1.1	1.2	1.5	1.2	1.2

- (3) 八月二十七日二十時二十四分二十六秒 微震
 Aug. 27, 20 h 24 m 26 s. Slight shock.
 震原 東京灣 初期微動繼續時間七秒
 Origin Tokyo Bay. Dur. p. t.=7 sec.

	主要部第一波 S. 週期 $T=1.4$ sec.		前者にかさなつた小波 Superposed on S. $T=0.2$ sec.	
	EW	NS	EW	NS
RG	3.0	1.7	1.4	1.7
RS	3.5	2.7	1.5	1.8
PS	3.3	2.3		1.7
Rr	1.	1.6	1.1	1.1
Pr	1.1	1.4		1.0

(4) 九月五日三時三十七分五十七秒 微震

Sept. 5, 3 h 37 m 57 s. Slight shock.

震原 東京灣 初期微動繼續時間八・六秒

Origin Tokyo Bay. Dur. p. t. = 8.6 sec.

	主要部第一波 S. 週期 $T=0.7$ sec.		主要部第二波 Next to S. $T=0.7$ sec.		主要部の前十秒目 40 sec. later than S. $T=0.5$ sec.	
	EW	NS	EW	NS	EW	NS
RG	4.5	1.3	5.0	2.4	0.5	0.5
RS	7.5	3.4	15.5	7.0	16.0	7.0
PS	7.5	2.0	14.0	4.8	11.0	6.0
Rr	1.7	2.6	3.1	2.9	32.0	14.0
Pr	1.7	1.5	2.8	2.0	22.0	12.0

(5) 九月十七日二十時十二分五十九秒微震

Sept. 7, 20 h 12 m 59 s. Slight shock.

震原 東京の東北東六十五軒

Origin at 65 km. ENE of Tokyo.

	主要部第一波 S. 週期 $T=0.3$ sec.		主要部の四十秒目 40 sec. later than S. $T=0.75$ sec.	
	EW	NS	EW	NS
RG	1.2	1.2	0.5	0.7

RS	6.5	7.2	6.2	9.0
PS	3.5	5.2	3.0	4.1
Rr	5.4	6.0	12.4	12.9
Pr	2.9	4.3	6.0	5.9

(6) 九月二十一日十時五十六分四秒 微震

Sept. 21, 10 h 56 m 4 s. Slight shock.

震原常陸沖 初期微動繼續時間十七・六秒

Origin off the coast of Hitati. Dur. p. t. = 17.6 sec.

	主要部の四十秒目 40 sec. later than S. 週期 T=0.6 sec.	
RG	EW 0.7	NS 0.5
RS	11.0	12.5
PS	8.5	8.0
Rr	15.7	25.0
Pr	13.6	16.0

(7) 九月二十三日十時二十九分三十四秒 微震

Sept. 23, 10 h 29 m 34 s. Slight shock.

震原 東京附近 初期微動繼續時間四・八秒

Origin near Tokyo. Dur. p. t. = 4.8 sec.

	主要部第一波 S. 週期 T=0.55 sec.		主要部の四秒目 4 sec. later than S. T=0.61 sec.	
RG	EW 2.6	NS 4.3	EW 1.2	NS 0.7
RS	7.0	13.0	13.0	9.5
PS	5.0	10.7	4.0	5.5
Rr	2.7	3.0	10.8	13.6
Pr	1.9	2.5	3.3	7.9

(8) 十月十七日一時三十分四秒 微震

Oct. 17, 1 h 30 m 4 s. Slight shock.

震原上總東部 初期微動繼續時間七・九秒

Origin in the E. part of Kadusa. Dur. p. t.=7.9 sec.

	主要部第二波 S. 週期 $T=0.6$ sec.		主要部の六秒目 6 sec. later than S. $T=0.6$ sec.	
	EW	NS	EW	NS
RG	1.5	1.5	1.6	1.6
RS	6.8	5.5	16.0	9.5
PS	5.0	2.0	4.5	10.0
Rr	4.5	3.7	10.0	5.9
Pr	3.3	1.3	2.8	6.2

(9) 十月二十一日八時三十四分二十七秒 微震

Oct. 21, 8 h 34 m 27 s. Slight shock.

震原東京灣 初期微動繼續時間五・九秒

Origin Tokyo Bay. Dur. p. t.=5.9 sec.

	主要部第一波 S. 週期 $T=0.5$ sec.		主要部の十一秒目 11 sec. later than S. $T=0.6$ sec.	
	EW	NS	EW	NS
RG	1.7	8.0	1.2	1.5
RS		25.0		19.5
PS	7.0	16.0	13.5	17.5
Rr		3.1		13.0
Pr	4.1	2.0	11.3	11.7

此等の観測の結果は大體三つに分類せられます。即ち第一に、地動の週期一秒以上なるときは地上の震動も構造物の震動も概して同程度であることでありまして、此一事は大地震の場合にも同様でありさうに想像せられ、該構造物の耐震的價値の大なるべきことが有望である様に感ぜられます。第二に地動の週期が構造

物の自己振動週期に近いときは構造物が共鳴の現象を起し、地上震動に比較して十倍或は二三十倍の大きさに揺れ出すことであります。第三には地動の週期が自己振動週期に比べて 0.2 秒も増すか或は 0.2 秒乃至 0.4 秒減ずると、構造物の震動は地上の数倍になります。されば該構造物の振動状態は恰も 0.66 秒週期の音叉を地上に建てた如き観があります。此等の関係が中央殿堂の完成聯結により、又骨組に肉が完全に附着せられた場合に於て、如何に變るかといふことは頗る價值あり、且つ興味ある問題であります。但し遺憾なことには此種の研究が前例なき爲め、今回の成績と比較すべき他の材料を持たないことであります。出来るなら、もつと手輕な建築工事が行はれるとき本文に記述し又希望した様な數段の驗測を實行して見たいものと思つて居ます。

本項を終るに臨み、本觀測の幫助を與へられた臨時議院建築所の方々に御禮を申述べたいと思ひます。

第三章 地震動に含まれる傾斜動の觀測

(本章に述べやうとする事項は帝國學士院記事録第二卷三號に登載せられた On the long waves leading earthquake motion, Proc. Imp. Academy, 2, No. 3. に稍々悉しく述べてあります。)

地震動の中には、直線運動の外に廻轉運動も含まれて居て然るべきことでありますが、此想像は地震計測の上に於て大切なことでありながら、大抵の研究者は之を無視して居ります。大森博士の如きは寧ろ土地の傾斜動を否定せられた位であります。それは博士の取られた材料に適く傾斜動が含まれて居なかつたか、或は裝置不良の爲めであつて、總ての場合に對する傾斜動存在の證明とはなりませぬ。實際博士が「記象上初期微動を示さない地震」として記述せられた明治三十九年一月二十一日房總東沖の地震の如きは、「傾斜動を以て始まつた地震動」である様に考へられます。

我が日本の太平洋側特に其深處に發生する地震を觀測しますと、大抵其地震動の先頭に於て比較的緩漫な波動が現出し、此爲めに所謂初期微動の細波が被はれてしまつて、初期微動なしの記象を與へます。今其最も著しき二三の例を擧げて見ます。

- (1) 大正十二年九月一日午前十一時五十八分四十四秒關東大地震
- (2) 同二日午前十一時四十六分五十五秒、勝浦沖大地震

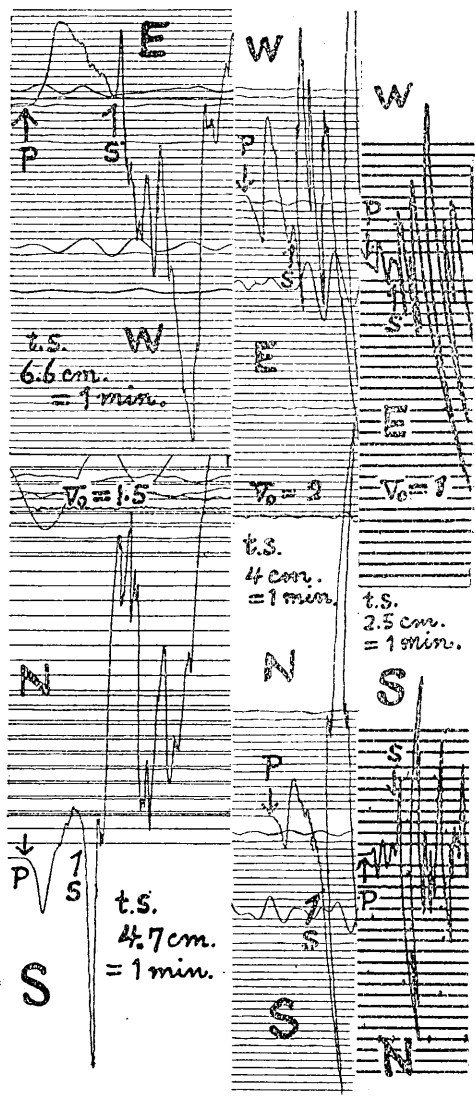


Fig. 4. shows the Tokyo observation of the earthquake No. 3 as registered by the seismographs having the different instrumental constants.

- (3) 同二日午後六時二十七分四秒上
總東沖の強震
- (4) 同十三年十二月二十九日午前七
時五十七分二十一秒三陸遠洋の
大地震

此等の地震の東京に於ける観測は第四圖に示された通り、初動が緩漫な波動から成立して居て、普通の地震記象に於ける初期微動とは全く趣を異にして居ます。

幸に我教室では、直線運動に對する倍率が、傾斜動に對する倍率に全く伴はない所の各種の地震計が備へてあつたので、此等の器械観測の結果を比較し地動の性質を検査することが出来たのであります。

地震動の先頭に立つ緩漫な波動は次の様な週期を示して居ります。

- (1) 東西動 12 秒、南北動 16 秒
- (2)、(3) 東西動、南北動共に 6.4 秒
- (4) 東西動、南北動共に 31 秒

此等の地震動が次の器械常數の地震計で観測せられました。

第一表 地震計の常數表

		東 西 動			南 北 動		
(1)-(3)	V_0	1.5	2.0	10.	1.5	2.0	1.0
	T (秒にて)	33	10	4	26	10	4

(1)	ν	1.14	1.73	2.1	1.04	1.69	3.05
	ε	0.008	0.11	0.37	0.003	0.11	0.55
	V_{12}	1.4	1.3	0.31	—	—	—
	V_{16}	—	—	—	1.3	1.1	0.24
(2)	$\frac{T}{\nu}$ (秒にて)	31	9	4	15.5	9	4
	ν	1.26	1.73	1.76	1.06	1.69	1.94
	ε	0.015	0.12	0.28	0.008	0.12	0.33
(3)	$V_{6.4}$	1.4	1.6	0.54	1.4	1.6	0.54
(4)	V_0	15		120	20	10	120
	$\frac{T}{\nu}$ (秒にて)	65		19	54	35.3	19
	ν	3.2		2.9	1.14	1.19	3.8
	ε	0.036		0.11	0.005	0.010	0.14
	V_{31}	13		65	17	7.4	65

本表に於て V_n は地動の週期 n 秒なるときの描針端の倍率、 T は水平振子の自己振動の週期、 ν は振子が自由に衰退振動をなすときの一振幅と次の振幅との比、 ε は $\log_e \nu = \frac{\varepsilon T}{2}$ に相當する値であります。

今此等の常數により、前に記した緩漫な波動を直線動として其實際の地動の振幅を計算して見ますと、第二表に於ける結果を得ました。但し A は記象に於ける振幅を耗にて表はした數、 H は第一表に於ける V_{12} 、 V_{16} 、 $V_{6.4}$ 、 V_{31} を以て之に對應する A を除したるもの即ち地動を水平動としての實動であります。

第二表 計測の結果

		東 西 動			南 北 動		
(1)-(3)	V_0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.0	1.0
(1)	A mm.	93	31	2.5	60	12.5	1.0
	H mm.	66	24	8	46	11	4
	$I \times 10^4$	3.9	3.9	4.2	1.8	1.6	1.9
(2)	A mm.	1.8	1.5	—	6.0	5.5	—
	H	1.3	0.9	—	4.3	3.4	—
	$I \times 10^4$	0.24	0.27	—	0.9	1.0	—
(3)	A mm.	10.0	6.5	0.8	7.5	4.5	0.7
	H mm.	7.1	4.1	1.5	5.3	2.8	1.3
	$I \times 10^4$	1.3	1.2	1.3	1.1	0.81	1.2

(4)	V_0	15	120	20	10	120
	A mm.	1.7	2.1	4.8	1.8	3.8
	$H\mu$	131	32	282	243	58
	$I \times 10^8$	12	14	27	32	28

即ち各地震の初動を直線運動と見做すときは、各器械から得た實動は殆んど桁違ひといふ程の相違が現はれて来て不合理の様に感ぜられます評者は或は之を器械の誤謬と言はれるかも知れませんが、記象に例示した通り主要部の第一波 S の如きは直線動として何等の不合理を示しませぬ。其處で自分は之を土地の傾斜動として計算を試みたのであります。

主要部の第二波以下にも意味がありませうが、處理を簡單にする爲めに第一波だけにつき、之を傾斜動の結果と見ることにし、更に計算を簡單にする爲めに此傾斜を初めから終りまで同價値であつて其れが突然に其處に到着したものと假定しました。斯く考へたのは我々が描針端の基準點をずらす爲めに、地震計の臺を急に少しく傾けるときの描針端の動き方が、丁度本問題の振動状態に似て居ることを注意したからであります。斯の通り假定して、各地震計の記した振幅から計算した傾斜が第二表に於ける I であります。表中に盛込んだ數字につき地震の第一乃至第三に於ては傾斜 I の 10,000 倍を示し第四に於ては 100,000,000 倍を示すものでありますから、各種の地震計の示す傾斜は地震毎に略ぼ相一致して次の様な平均數となります。

- (1) EW: 0.0004, NS: 0.00018; 合成: 0.00044=1'.5
 (2) EW: 0.000027, NS: 0.00011; 合成: 0.00011=0'.38
 (3) EW: 0.00013, NS: 0.0001; 合成: 0.00016=0'.55
 (4) EW: 0.00000013, NS: 0.00000029; 合成: 0.00000032=0''.066

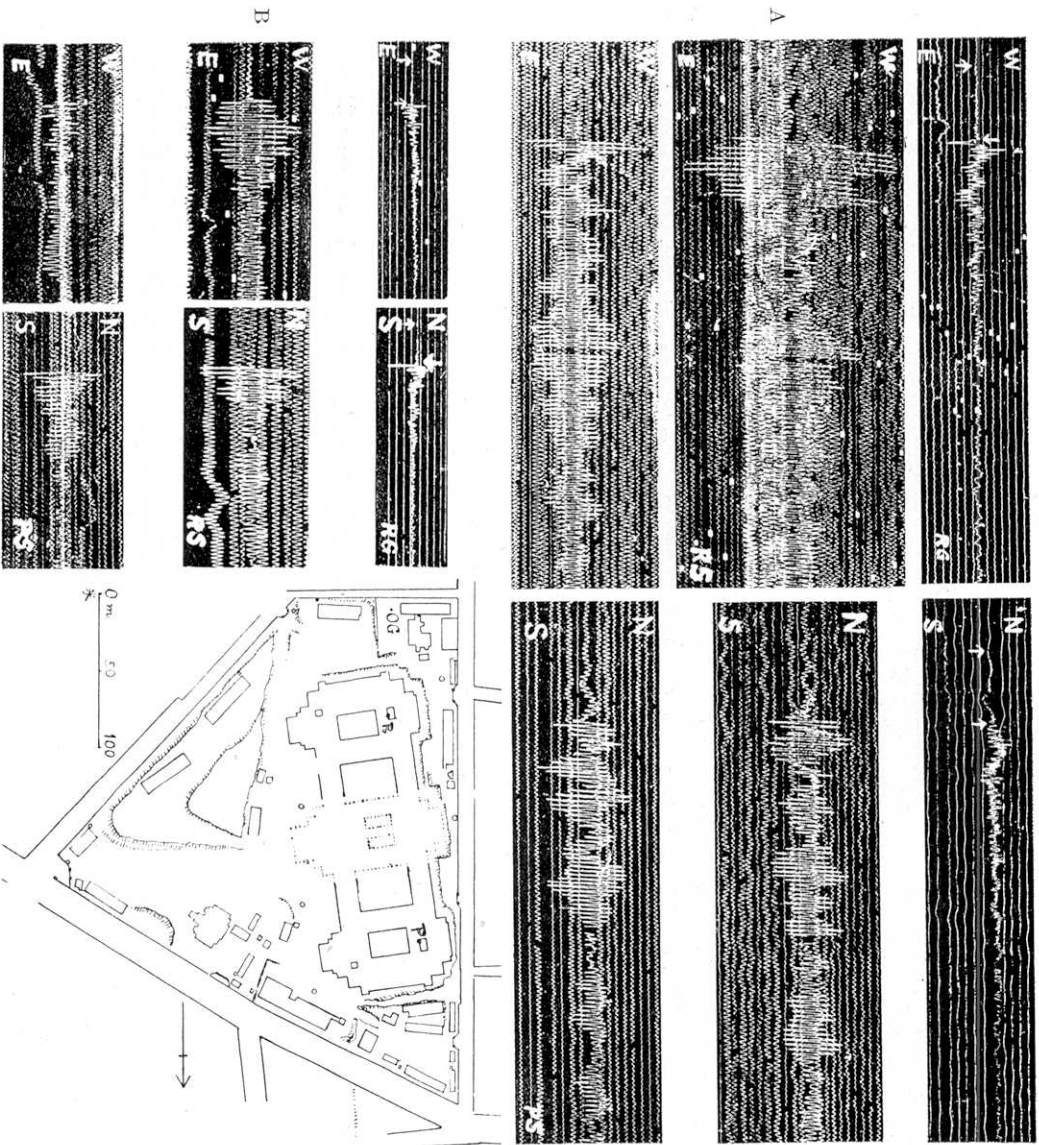
以上の結果は粗略な假設に基づいたものであります、然しながら器械常數のひどく違つた器械の與へものとしては、相互の値が可なり良く合ふので、地動が全く直線的のものでなく寧ろ傾斜的のものであらうといふことには多くの疑がなさうに思はれます。但しこれが震原から其波動の形に於て傳播されて來たものか又は第一初期微動が到着した爲めに、其處のブロックが傾斜動を始めたものか唯今は之を判斷する材料を有ちませぬ。

以上採つた例は多くの材料の一小部分であつて、房總沖或は常陸沖の地震は毎

々其地震記象の先頭に緩漫な活動を示すのであります、されば地震計測の上では此點につき注意を加ふることが必要であります、其爲めには直線的地動の影響を少しも受けることなく、單に傾斜動のみを記録する装置か、或は此條件に出来るだけ近い装置が欲しくなつて來るのであります。重い複振子の重心を少し外づれた軸を廻りて此複振子が自由に廻轉し得る様据附けましたなら此條件の後の場合に相當するでありませう。然しながら我々が是迄使用した地震計並に第一章第七項の大震計の如く、器械常數が著しく違つた地震計で比較觀測することも窮餘の一策たるを失はないであります。今 V_0 , T を前に假定した通りの値とし、又 α を以て振子臺の靜力學的傾斜（振子面に平行なる水平線を軸とする） $1'$ に對し描針端の振動すべき振幅（耗にて）とするならば此等の器械は次の様な常數を示します。

V_0	1.5	2.0	1.0	0.5
T	30	10	4	12
α	97	1.4	0.29	0.43

即ち水平動としての關係倍率と傾斜動としての關係倍率とに非常な相違がありますから、此等の器械の比較觀測によりて、兩者の區別が出来る筈であります。それに加へるに完全な制動器を以てしたならば、傾斜動が地震動の中間に挿入されて現はれる場合にも、其區別的認識が可能でありませう。もつと微小な傾斜動の計測については、本章第四地震の場合の如く、兩方共もつと鋭敏な地震計の他の組合せで同様の結果が得られる筈であります。（終）



In fig. 3, A and B show respectively the registers of the earthquakes of Sept. 5 and 23 obtained at the underground (R in fig. 3, C and RG in the table) and the third floors (R in fig. 3, C and RS in the table) of the house of representatives and the third floor of the house of peers (P in fig. 3, C and PS in the table). C shows the plan of the building of Imp. Diet now in the course of construction. The areas bounded by full lines indicate those parts of the building in which frame work was finished, while that bounded by dotted lines indicates a part in which the work is not yet commenced. P and R correspond to the respective positions of the installations in the houses of peers and representatives. OG indicates the position of installation on the office ground.