

6. 昭和20年1月13日三河地震

餘震觀測(序報)

地震研究所 表 俊 一 郎

(昭和20年6月19日發表——昭和21年10月30日受理)

§ 1. 緒 言

東南海地震とよばれた大地震が昭和19年12月7日に發生し、^{1,2)} 愛知縣靜岡縣の各所に多大の震害を與へ、三重縣和歌山縣の東側の海岸地域に津浪による甚大な災害を及ぼしたのであつた。その後餘震が引きつづき起つてゐたのであつたが、約1ヶ月あまりを経て昭和20年1月13日午前1時10分頃渥美灣に接する地域特に渥美灣の北方、三河地方は再び激しい地震動に襲はれ甚大なる震害を蒙つたのであつた。

この地震に續いて、夥しい餘震が發生し、最初の日には恐らく1日の地震回数は數百に達したであらうと告げられた程であつた。其の後も餘震活動は活發に繼續せられ頻々として餘震が發生するのが見られたので、筆者等はこの餘震の發生を利用し、地震の發生によつて起こされる土地の振動状態を研究して、所謂地盤の良い場所、悪い場所に於ける振動の有様にどのやうな差異があるのかを知らうと試みた次第である。

遇々、愛知縣知多半島の東岸半田市に於ては、第1回目の地震、即ち、昭和19年12月7日の地震の際の市内の震害分布の有様には極めて特異な現象があらはれてゐるのが見られた。即ち、市内の一部山方新田は同地域内の全潰戸數300を超える程の甚大な震害を蒙つたにも拘はらず、此所より僅かに距つた地域では震害は極めて輕微であつて、特に乙川地域等では全潰家屋皆無に近いといふ現象が見られた。地盤と震害との關係については以前より種々論ぜられてをり、震害の分布と所謂地盤の良否との關係は過去の大地震の度毎に問題とせられてきた。併し實際に地盤の良否といふ言葉の内容に立入つて量的に検討を遂げようとの試みは現在迄にあまりなされてはゐない。唯わづかに故石本博士³⁾が東京及び横濱市内10ヶ所の地震動の比較觀測を行はれたもの及びその後水上博士⁴⁾が鳥取地震の後で行はれたもの等が主なものであらうがそれらの研究は加速度

1) 水上 武 地震研究所彙報 24 (1946), 19.

2) 表俊一郎 地震研究所彙報 24 (1946), 31.

3) M. ISHIMOTO, *Bull. Earthq. Res. Inst.* 13 (1935), 592.

4) 水上武 地震研究所彙報 22 (1944), 42.

計又は自己週期1秒の微動計を各場所に1臺宛設置してそれら加速度計の記録した地震動記録から土地の固有振動週期を求めんとしたものである。

三河地震の餘震による地震動を利用し半田市内の地盤振動の観測をなすに當つては筆者は加速度地震計のみでなく變位地震計も併用して、詳しい研究を行はんとした。この目的のため半田市内の2ヶ所山方新田と乙川とに夫々観測點を設け、各観測點に東西及び南北成分の變位計2臺、東西成分の加速度計を1臺合せて3臺宛を設置して観測を行つた。

之等の観測を行つて地震動による地盤の性質を研究するにあたり、それらの地震動を與へた地震の震央の位置を知ることは亦必要なこととなるので、半田市以外に3ヶ所の観測點を設けて、地盤振動の研究と同時に餘震観測をも行ふこととしたのである。それらの観測點は第1圖に見られるやうに安城、蒲郡、吉田の3つであつて、半田を加へて4點観測が行はれた事となる。

此の地震観測の計畫は1月20日頃樹てられ直ちに地震計の發送が行はれたのであつたが、戦時中混雜の折であつたため不測の事故により機械の到着が遅れ實際に観測が始められるやうになつたのは漸く2月10日頃からであつた。餘震の観測はその後50日間に距り繼續せられ3月末終了した。

観測により得られた記録に基いて地盤の振動に関する研究を行つたのであるが、それらの解析は目下進行中であるのでここには序報として2月10日より2月末日迄の観測記録から餘震の震央を決定した結果を簡単に報告することとする。ここにしらべられた地震はいづれかの観測點で大略10gal以上の加速度を與へたものでありそのやうな地震について震央が求められたこととなる。

§ 2. 距 離 係 數

餘震観測に用ひられた地震計は既に幾度も餘震観測の際に使用せられてきた携帯用加速度計であり、重錘の質量7.5kg、幾何倍率約100倍自己振動週期0.12secである。

このやうにして観測の結果得られた記録に基いて震源の決定をなすにあたり、ここには専ら初期微動繼續時間を用ひて計算を進めることにした。従つて大森公式の距離係數の値としては4點観測を實施したので計算よりそれを求めることとした。求められた値は第I表に示すごとくである。第I表に示された k の値は4.9から6.2迄の値をとり平均の値は 5.77 ± 0.2 となる、距離係數の値は各場所々々のP波及びS波の速度分布に關係する量であるので當然各場所を構成する物質の相異により異なるべき値である。従つて逆にいへば k の値をきめることにより地下構造について1つの寄與をなし得ることになる。始め大森博士により求められた k の値は7.4であつたが、其の後關東地方に發生

第 I 表
各観測点での初測微動繼續時間

地震番號	發震時 月 日 時 分	初期微動繼續時間				K	D
		吉田 sec	蒲郡 s c	安城 s c	半田 sec		
1	2 11 15 42	1.43	1.85	3.53	3.74	5.15	5.5
2	2 20 0 40	0.95	2.13	3.15	2.74	6.20	3.2
3	2 20 2 42	1.78	1.48	2.30	2.73	6.82	8.0
4	2 21 0 35	2.02	1.23	2.25	2.91	5.87	5.8
5	2 23 9 48	1.85	2.77	3.18	2.73	6.42	10.2
7	2 23 15 00	0.90	1.77	3.75	3.10	4.85	13.5
8	2 24 10 00	2.50	4.08	2.88	—	—	10.5
9	2 25 1 19	1.30	2.09	2.28	2.70	6.04	5.6
10	2 25 7 22	1.29	2.60	2.33	2.71	5.35	5.6
11	2 27 9 19	3.12	6.30	3.55	1.28	5.96	8.8
12	2 27 11 42	1.63	2.10	3.33	2.87	6.09	—
13	2 28 14 47	1.03	2.31	3.28	2.71	4.95	5.4
14	2 28 20 44	1.73	0.90	2.00	2.99	5.73	5.4
15	3 1 3 31	1.73	1.48	1.93	2.65	6.34	1.2
16	3 1 15 54	1.74	2.07	2.21	3.15	5.20	—

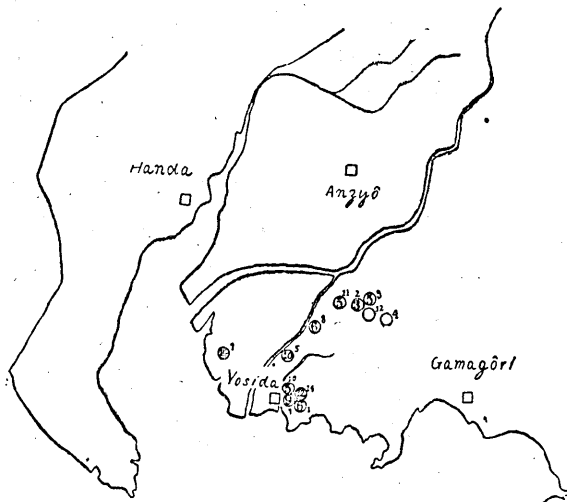
する地震の震央をきめるのに適合する値として $k=8$ が用ひられてゐる。併し餘震観測のために設けられた數軒又は高々 20km 四方位の観測網から餘震の震央を決める場合には k の値は一般にはそれよりはるかに小さいのが普通であつて⁵⁾、特に大島、三宅島等所謂火山地震の場合には極めて小さい k の値を與へることが多く $k=2$ 位である。之は火山地震の場合の震源の深さは一般の餘震の場合より更に一層淺く 2~3km の深さの所にさへ地震が起つてゐることによるのではないかと考へられる。併し普通の餘震の場合では、伊東地震、臺灣地震(昭和 10 年)等では $k=4.7$ 、關東大地震、河内大和地震等では 6.0 乃至 6.2 であるが、北伊豆、男鹿、嘉義地震等大多數のものでは $k=5.1$ 乃至 5.5 となつてゐる。ただ丹後地震及び鳥取地震の場合には k の値は著るしく大きく夫々 8.1 及び 8.0 となつてゐるが之はこの地方一帯に廣く分布してゐる花崗岩の層のためにこのやうな値が得られてゐるのであつて、この地域の特殊な性質のために k の値が大きくなつてゐるといふことが出来よう。従つて、一般的に見て、日本の地質構造では餘震観測の場合の k の値は略々 5 位であるやうに思はれ、今回餘震観測の行はれた愛知縣三河地方も他の地域の例と大體一致して k の値は 5.7 と求められたこととなる。

§3. 震源の決定

前節に求められた表の示す所によれば、夫々の地震毎に k の値が異つてゐるのが見ら

5) 表俊一郎 地震研究所彙報 22 (1944), 36.

れる。今この表にあげた初期微動継続時間を與へるやうな地震の震源を決定するにあたり今迄の計算の方法によれば k の平均の値 k_0 を求め、 k を用ひて大森公式より震源距離を計算することが行はれてきた。しかしながらここでは夫々の地震について求められた k の値を用ひて夫々の地震の震央を求めることを行つた。 k の値が變ることにより震央が如何程移動するかについては萩原博士⁶⁾が男鹿地震の餘震について研究せられたことがありその場合には k の確率誤差0.3であつたので、 k の値の之だけの違ひにより震央は2~3kmの移動を生じることが見出された、然るに第I表に示された k の値の違ひは男鹿餘震の場合よりはるかに大分大きいので、 k の平均の k_0 を用ひて全ての地震の震源距離を計算して震央を求めても、そのやうにして求められた震央の位置には明らかに極めて大きな誤差を含んでゐることを認めなくてはならない。 k の値がこのやうに異なる原因として



第I圖 餘震震央分布 丸の中の數字は震源の深さ (km)右肩の數字は第I表の地震番號

は、(1)震源の深さにより k が異なること。(2)震源の大きさが地震によつて異ると考へられるならば其ために見掛上 k が變化する。(3)初期微動継続時間の測定に誤差を含むために k が異つた値を與へる。以上3ヶの原因が最も大きな因子となると考へられる。第I表に見られる事實が上の何づれの理由に主として依るものであるかについては詳しく研究を行つた後次の機會に述べることにする。従つてここでは地震毎に異つた k の値を用

ひて震央をもとめることとした、求められた震央の位置は第I圖に示される通りである。震央の丸の中の數字は震源の深さをあらはすものであり、右肩の數字は第I表の地震番號に對應するものである。震源の深さは略々5~10kmであるらしく思はれる。

§4. 地殻變動と震央との關係

ここで調べられた地震は短い期間に發生した地震のみであるので、之を以て餘震發生の地域の全般の趨勢を結論することは出來ないけれども少くとも或期間の餘震活動の状態を知ることは出来る。而して三河地震の際には地震に伴つて顯著な斷層が形成されて

6) T. HAGIWARA, Bull. Earthq. Res. Inst., 18 (1940) 252.



第2圖 三河地震に伴ふ海岸線の隆起及沈降(單位metre)

津屋博士⁷⁾により研究せられた所によれば上下の喰ひ違ひ 1.5m に及ぶ地殻變動が見られたことが報ぜられてゐる。津屋博士により追跡せられた斷層の位置は第2圖に見られる如くである。幸田村深溝のあたりで最も著るしく出現した斷層は一方は西へのびて逆川より更に西にいたり、他は南へ延びて形原町の北部で海に入つてゐる。このあたりでは斷層より北では海岸はわづかに沈下したのみであるのに對し南では以前の海岸線に對して明らかに1米突以上の隆起を行つてゐる。更に、海岸の隆起はここより南へ續いてゐることが土地の人々の言により推察せられた。これらの海岸の所々には小漁港が點在しそれらの漁港の中では漁船より流す重油のため防波堤岸壁などの満潮面のあたりに明瞭な mark が印せられてゐるのが見られた。従つて地盤の隆起した所では油の附着により刻まれてゐる黒線は現在の満潮面よりは高い位置をとることとなる。今現在の海水面から mark 迄の高さを測定して、測定された日の時刻に應じて海水面の高さに適當な補正を加へれば地盤の變動量を知ることが出来る筈である。このやうにして形原より鳥羽迄の海岸に沿つて變動量をもとめられた。變動量を米突を單位として記入すれば第2圖に示された通りとなる。土地の隆起量は以上の事とは獨立に西浦町知柄の海岸に据ゑられてゐた檢潮儀の記録⁸⁾からも明瞭に認めることが出来その大きさは 1.3m となつてゐる。又形原町北部で斷層が海にはいる所の附近に於ても斷層の上下の喰違ひはほぼ 1.2m であり斷層より北の海岸では地震前に較べて海面の水位はごく僅か高いかと思は

7) 津屋弘達 地震研究所彙報 24 (1946), 59.

8) 表俊一郎 地震研究所彙報 24 (1946), 77.

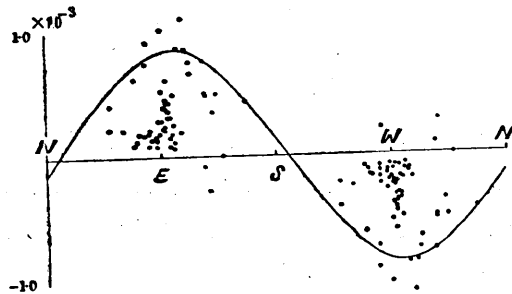
れると云はれる程度でありたとへ沈降したとしても沈下量は大きくないと考へるので、この1.2mは大部分隆起量と認めうるであらう。之等を岸壁に印せられてゐた mark の高さから求めた隆起量と比較してみると

	岸壁の mark より求めた隆起量	他の方法により求められた隆起量
形原町	1.3m	1.2m
西浦町	1.5	1.3

となり大體一致してゐることが見られるので第2圖に地盤の隆起量として示されてゐる値は略々信用するに足る數字を興へてゐるものと思はれる。

此の圖より明らかな如く、隆起は形原、西浦のあたりで最大であつて西へ行くに従ひ次第に小となり西幡豆のあたりで殆ど隆起沈降の現象見られず、鳥羽では反つて沈下してゐるのを知ることが出来る。

今之等の海岸地域全體が1つの block の上に乗つてゐて之が全體として傾斜運動を行つたものであると考へれば宮部博士⁹⁾の方法により、觀測された變動量からこの block の傾動の量と方向とを知ることが出来る筈である。之等各觀測點相互間の傾斜量と方位とは第

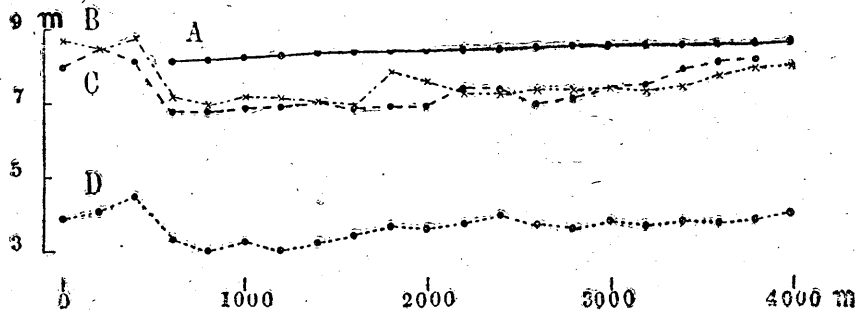


第 3 圖

3圖に示される如くである。之を見ると各點は大體に於て1つの sine curve の上に乗つてゐると見ることが出来るので1つの地塊が傾斜運動を行つたと考へてあまり矛盾しないと考へられる。圖より求められた値は、傾斜量 0.8×10^{-3} 、最大隆起の方向 $S80^\circ E$ となり傾斜量は可なり大きな値となることが注意される。地盤の變動は鳥羽より西方に迄及んでゐたとしてもその變動量は極めて小さく精密水準測量に待たねば明らかにすることは出来ないであらう。而して大體に於て西幡豆と深溝斷層の終末の所とを連ねる線を軸として東側の地塊が東上りの傾斜運動を行ひ、西の部分ではごくわづかながら寧ろ沈下の現象が見られるのではないかと思はれる。

西の部分の沈下の問題と関連して三和村室場村等では地表面の沈下の現象が見られたのでここに附記することとしよう。即ち深溝斷層の終末部より凡そ 5km 西に於て六ツ美村、三和村を流れる安藤川の堤防ではほぼ 300m の間で 1~2m の沈下が認められた。沈下の有様は第4圖に示されてゐる。圖に見られるやうな型からはこの部分を除いて兩

9) N. MIYABE, *Proc. Imp. Acad.*, 9 (1931), 150.



第4圖 安藤川堤防の沈下

A : 地震前の堤防天端の位置 B : 地震後の右岸堤防上面高
C : 地震後の左岸堤防上面高 D : 河床高

側が隆起したものと考へることは困難であり又縣の土木部の測量班の言によれば堤防上から雲母山及び 415 三角點、の 2 つの三角點を狙つて仰角を測量した結果水平方向の位置不動として、いづれの三角點をねらつてもほぼ 3 尺位三角點が隆起したやうに見えるのでこのことから沈下したことを察することが出来るとの事であつた。三角點迄の水平距離略 5km とすれば 1m の隆起は約 1' 角に相當するので必ずしも検出することが不可能ではない。ただ沈下前の高さをどの程度の精度で推定出来るかに疑問とすべき節がある。筆者の踏査した所によつても安藤川と廣田川とを結び眞直に南北に走る灌漑用水路に沿ふ中學道路と呼ばれる道路上で、安藤川から 1km 位南の所に 2m 程度の段違ひが生じ南下りにつくられた灌漑溝がこの所は北落ちとなり通水不能となつてゐる所があつた。

この沈下地域の擴りは縣の土木部が灌漑水路を基準として高低測量を行つた結果によれば三和村の堤防沈下ヶ所に接し南に延びた地域で三和村で 80 町歩、更に之に續いて室場村で約 100 町歩に及んでゐることが判明した。

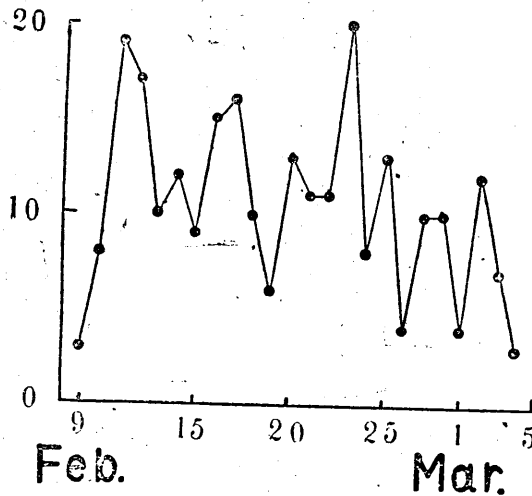
之等の沈下が深溝斷層として發現した變動と密接な關係をもつた地殻變動の一部であるのか、或は又、砂の層からなるこの地域の表面層の中で地震動のために揺固めのやうな現象が起つて地表面の沈下が行はれたものであるのか、之だけの材料からはいづれの原因によるのかは直ちに斷定を下すことは出来ないけれども、ここに見られた沈下現象は第 1 に沈下地域があまり大きな範圍に及んでゐないこと、第 2 にこの邊りは厚い砂の層が表面に發達してゐて、此所と同じやうな状態を持つてゐる碧海郡の海岸地方、矢作川河口近くの水田地帯等でも同様な沈下現象が所々で見られること、等の理由から安藤川南の沈下現象は恐らくは所謂地殻變動とは本質的には關係を持つてゐない極く表面的な現象であらうと推察せられる。従つて、前に述べられた如き海岸の隆起運動と同日に論ぜらるべき事柄ではないと思はれるが地殻變動の項の附け足しとしてここに述べた次

第である。

前節に求められた震央分布圖と地殻變動の圖とを比較すれば餘震の震央は全く隆起地帯には見られないことが特に注目値する。

§5. 餘 震 回 數

1月13日本震の直後激震地附近では極めて多數の地震が感じられたことが土地の人々により語られてゐた。震央より50kmも距つた名古屋氣象臺に於てさへ本震後半日の間にほとんど50回に及ぶ有感地震が數へられたことが報告せられてゐる、併し筆者が餘震觀測を行つた時は餘震活動も大分衰へてゐたけれどもまだ相當に多數の餘震が発生してゐるのが感じられた、併し多くは極めて局所的な小地震が多くいづれか1ヶ所の觀測點のみで記録せられて他の觀測點では全く記録せられない地震があるのが認められた。



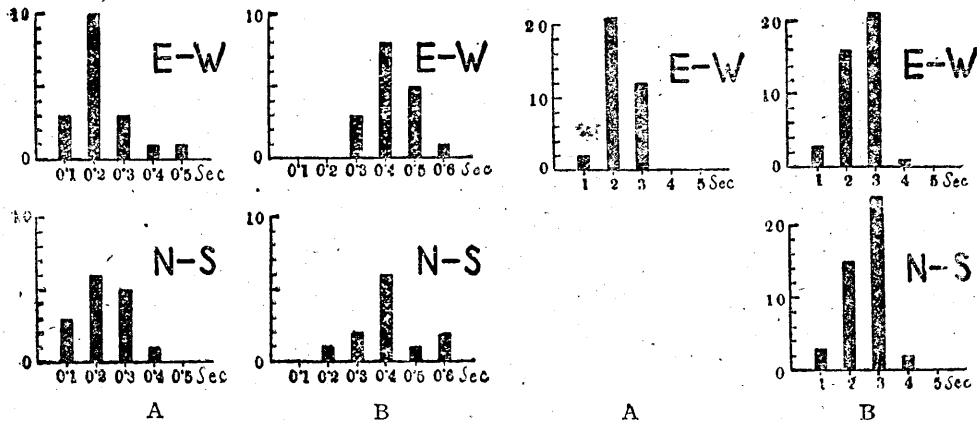
第5圖 餘 震 回 數

4ヶ所の觀測點の中吉田での餘震回數は最も多かつたのでそこで記録された餘震の1日毎の回數を示せば第5圖の通りになる。餘震の發生は消長をくりかへしながら次第に減少して行つてゐるやうである。

§6. 地盤振動週期についての簡単な考察

第1節に既に述べた如く、半田市の山方新田及び乙川に設置した地震計の記象の中より初期微動繼續時間1.5秒の極めて近い地震と、10秒の相當遠い地震とによる2つの地震記象をえらんで、それらの地震動の波の週期を記象紙から直接によみ取つた値を用ひ、週期頻度曲線を求めた結果が第6及び7圖に示してある。之に依れば近地地震に就ては(第6圖)震害を受けなかつた乙川の地震記象では0.2秒の週期の波が卓越してゐるのに反し甚大な震害を蒙つた山方新田の地震記象には0.4秒の波が卓越してゐるのを認めることが出来る。之に反して遠地地震の記象から求めた頻度曲線(第7圖)からは乙川で3秒、山方新田で4秒の波が卓越し週期の短い波は全く見られなくなつてゐることを知ることが出来る。而してこれら頻度曲線のいづれについても夫々の東西成分と南北成分とが全く同一の性質をあらはしてゐる。

ここに得られてゐる結果について見れば、2つの地域での卓越週期には明瞭に差違が



第6圖 近い地震の週期頻度圖

A: 乙 川 B: 新 田

第7圖 遠い地震の週期頻度圖

A: 乙 川 B: 新 田

現れてゐて、耐震學の見地から地盤の性質の相異をきめる1つの目標として卓越週期を用ひることは有效な手段であるやうに見られる。併し、近地地震より求められた卓越週期について激甚な震害を蒙つた山方新田に於ても卓越週期は0.4秒であつて之は東京では寧ろ地盤のよいといはれる本郷の卓越週期に近いやうである。従つて卓越週期の大きさのみを採り上げて地盤の良否を判断する指標となし、簡単に結論を下すことは避けなくてはならない。之等の點についても更にはしい解析を行つて再び論述することとしたい。

終りに、餘震觀測に協力せられた各觀測點の女學校又は國民學校の先生方に厚く御禮を申し述べたいと思ふ。尙又戦時下之等の研究をなすことを許可せられた地震研究所長津屋教授に感謝の意を現すと共に、幾多の困難があつたにも拘らずこれらの研究を遂行することの出來たのは全く萩原教授から與へられた積極的な御指導と御援助とに負ふのであつて同教授に對し深甚の感謝を捧げる次第である。

6. A Preliminary Report on the Aftershocks of the Mikawa Earthquake.

By Syun'itirô OMOTE,

Earthquake Research Institute.

The Mikawa district, the southern part of Aiti Prefecture, was attacked by a violent shock at the midnight of January 13, 1945, with the result more than 2,000 people were killed and about 5,000 houses destroyed. Following the main shock a great many aftershocks were felt. The present writer hurried to the place, carrying with him nine seismographs, four of which were displacement seismographs of the inverted pendulum type with their oscillation period adjusted at about 6 seconds, and the remaining five were short-period acceleration seismometers of the portable type. These acceleration seismometers were installed temporarily at 4 places, i. e., Gamagôri, Yôsida, Anzyô and Handa. Observation was started on Feb. 10 and was continued until the end of March. The present report is concerned with fourteen rather noticeable earthquakes that had been recorded by the seismographs at the four stations by Feb. 28. The values of Omori's constant k obtained from these earthquakes were about 4 or 5 as shown in Table I. Epicenters were determined as in Fig. 1. Accompanying the main shock a conspicuous fault presented itself, and upheavals and subsidences of the shore lines were distinctly noticed. These topographic changes will be clear in Fig. 2. It will be seen, however, that the epicenters of the aftershocks were not distributed in the heaved-up regions only.

About a month previous to this earthquake, on December 7, 1944, there had been another very great earthquake, which had caused severe damages to this same district. On that occasion the down-town part of the Handa City was badly devastated, while in the up-town part the damages were rather slight. Two temporary observation points were selected, one up town and one down town, and each of them was equipped with two displacement seismographs of E-W and N-S components and one accelograph. Brief analyses were made of the records obtained at these two observation stations, with the result shown in Figs. 6 and 7. We notice that the predominant period of the seismic waves recorded at the station in the down-town part is decidedly longer than that of the up-town one.