

2. 鳥取地震餘震調査概報

地震研究所 表 俊 一 郎

(昭和18年10月12日發表——昭和19年9月20日受理)

1. 緒 言

昭和18年9月10日19時37分鳥取地方を襲つた烈震により同地方は極めて著しい震害をうけ6,000戸以上の全壊家屋を生じ1,000名を越える死者を算したのであつた。此の地震に先んずること略6ヶ月即ち3月4日及び5日には同地方は震度IVの強震^りに相ついで見舞はれたが其の際には全壊5戸を數へる震害を生じたのにすぎなかつた。3月の地震のあとに引きつづき同月20日迄に人體に感ずる300回以上の餘震が發生し其の後も比較的に多數の餘震が感ぜられて8月に及んだのであつた。9月10日の地震による震害は場所により極めて激甚であつて日本海岸側の地震としては昭和2年3月17日の丹後地震以來の大地震と謂はれうるであらう。

筆者は此地震の餘震觀測を命ぜられて地震計7臺を携行11日朝東京を發つて現地に向ひ、12日夕刻より觀測を開始して10月10日迄同地方に於いて觀測を繼續したので、ここに其の結果の概略を報告する次第である。ここに報告するものは上に述べた期間中に觀測せられたおびただし數の餘震の中、いつれかの觀測點で10gal以上の加速度を與へた地震をえらび出して之等の地震について調査した結果である。

後にのべるごとく、今回の鳥取地震の餘震の發生地域は可なりの廣い範圍にわたつたので、觀測網もそれに應じて廣範圍に分散せしめることが必要であつた。之に對し、發生する地震の中には極めて震源の淺いと思はれるものがあつて少しく距つた觀測點にてはも早記録せられないか又は記録せられたとしても極めて小なる記録しか與へないものがあり、各觀測點について地震記象を對應せしめるにあつては同一地震の記象であるや否やに疑問を生ずる如きものが比較的多數であるため、ここには混同の恐れのない大きな地震のみを選び出して其等の地震について考察を行ふこととする。

2. 地震計の設置

本震の直後には餘震の發生が極めて頻繁であつて、ほとんど連続的に震動が感ぜられたことが、鳥取市に於て今回の烈震に遭遇した人々によつて報ぜられてゐる。筆者等が12日居組驛にて下車した當時に於ても未だ餘震の發生は相當に頻繁であることが認められたので、1臺の地震計は先づ居組の國民學校に据ゑられ同日夕刻より觀測が開始せられた。翌13日には鳥取着、同日午後より市内師範學校にて觀測が始められた。翌14日郡家、青谷、倉吉及び吉岡に地震計を選び、倉吉に於て實際に觀測が始められたのは18日となつたが、他は即日觀測が開始せられた。觀測網は14日午後に至つて一應出來上つたことになる。15日浦富に地震計設置、16日鹿野斷層が見出されたので17日浦富の地震計を引上げ、翌18日鹿野へ設置、20日郡家の地震計引上げ斷層線より南側に1ヶ所も觀測點がないので明治村横原に設置、この頃地震の發生地域が以上觀測網をもうけた地域より更に西に擴つてゐることが推察せられたので23日居組の地震計を引上げ25日倉吉に加速度計を設置、27日倉吉の變位計を岩井へ移轉、28日東京より水平動加速度計1臺到着、萩原博士の御好意により餘震觀測に使用させていただくこととなり、鳥取師範に設置する。其の後28日倉吉附近に震度IVの強震發生しそれに伴ふ餘震が極めておびただしく多數發生したので、その震源をきめるため三朝及松崎に加速度計を設置して觀測を行ひ10月10日迄繼續した。10日以後は鳥取、青谷、鹿野及び倉吉の4箇所に觀測を委託して歸京したのであつた。

使用した地震計は携帶用水平動加速度計5臺、携帶用逆立振子型水平動變位計2臺及びあとから到着した加速度地震計1臺計8臺で夫々の器械の常數は下の表の如くである。

第 I 表

地震計	成分	重錘の量	自己振動期	制振器	倍率	制振率
携帶用加速度計	水平	7.5 kg	0.12 sec	空氣制振器	100	1:10
携帶用逆立振子型變位計	水平	6	6.0	空氣制振器	21	1:8
水平動加速度計	水平	13	0.15	空氣制振器	213	1:10

此等の地震計の中1臺の變位計は吉岡に、他の1臺は始めは倉吉に後26日以後は岩井に設置せられたので他の觀測點は全て加速度計により觀測が行はれたこととなる。

3. 距離係数

以上の如くして得られた記象に基き概略の震源の位置を決めるために此の概報に於ては今まで普通に用ひられてゐる初期微動継続時間を利用する方法を採用した。大森公式 $D=kt$ (D : 震源距離, t : 初期微動継続時間) の常數 k の値としては, 4箇の観測點について求められた初期微動継続時間より計算により求めることとした。

設置せられた観測點の位置の標高は大差なくほぼ同一平面上にあると假定して差支へを生じないので, この平面上に互に直角な X 軸及び Y 軸をとり鉛直下方に Z 軸をとり, この直角座標軸に對して震源の座標を (X, Y, Z) , 観測點の座標を (x_n, y_n, z_n) , 初期微動継続時間を t_n とすれば

$$\sqrt{(X-x_n)^2+(Y-y_n)^2+Z^2}=kt_n$$

$$n=0, 1, 2, 3.$$

である。²⁾

便宜上座標の原點を倉吉 $(0, 0, 0)$ にとり, X 軸を倉吉 → 鳥取 $(x, 0, 0)$ の方向にとり, 青谷及び鹿野の座標を夫々 $(x_2, y_2, 0)$ 及び $(x_3, y_3, 0)$ と定めれば観測せられた t_n より震源の座標 (X, Y, Z) 及び k の値を求めることが出来る。 k を求めるには

$$k = \sqrt{\frac{d_1^2(x_3y_2 - x_2y_3) - (d_2^2y_2 - d_3^2y_3)d_1}{\tau_1(x_3y_2 - x_2y_3) + (y_3\tau_2 - y_2\tau_3)d_1}}$$

茲に $\tau_1 = t_1^2 - t_0^2$, $\tau_2 = t_2^2 - t_0^2$, $\tau_3 = t_3^2 - t_0^2$ であり, d_1, d_2, d_3 は座標原點たる倉吉観測點 $(0, 0, 0)$ と観測點 $(x_1, 0, 0)$, $(x_2, y_2, 0)$, $(x_3, y_3, 0)$ との夫々の水平距離である。上に述べた4箇の観測點で良好な記録の得られた地震について k の値が求められた。

k の値が求められたのは第Ⅲ表に見られる7個の地震(3, 6, 7, 8, 9, 10, 11)であつて得られた之等 k の値の平均値を以て距離係數の値を定めれば $k=8.0 \pm 0.5$ を得る。

先に昭和2年3月17日の丹後地震の餘震の調査に於て那須博士が用ひられた k の値は $k=8.41 \pm 0.3$ としるされてゐるが, ここで求められた値はそれよりは少しく小さいやうである。

大森博士が所謂大森公式の常數として最後に到達せられた k の値は $k=7.4$ であり, 之は震央距離50km~1000km位の地震にあてはめて最も有効な値であることが檢震家によつて確められてゐる。併し餘震觀測に於ける震源決定に際して用ひられる値としては, 一般の場合には, 大森博士の求められた値よりは小さいのが普通であつて,

2) 那須信治 地震研究所彙報 6 (1929), 245.

第 II 表

距離係数

大正 12 年 9 月 1 日	関東大地震餘震	6.0
昭和 2 年 3 月 17 日	丹後地震餘震	8.41
昭和 5 年 3 月	伊東地震群	4.7
昭和 5 年 11 月 26 日	北伊豆地震餘震	5.5
昭和 10 年 4 月 21 日	壱岐地震餘震	4.79
昭和 11 年 2 月 21 日	河内大和地震餘震	6.15
昭和 11 年 12 月 27 日	新島地震餘震	5
昭和 13 年 6 月 18 日	大島の地震群	2.2±0.4d
昭和 14 年 5 月 1 日	男鹿地震餘震	5.1±0.3
昭和 15 年 7 月 12 日	三宅島噴火に伴ふ地震	2
昭和 16 年 12 月 17 日	壱岐嘉義地震餘震	5.5
昭和 18 年 9 月 10 日	鳥取地震餘震	8.0±0.5

現在までに所々の地震について求められた k の値は第 I 表に見られるごとくである。之は $k=7.4$ が通用する地震は P 波の初期微動継続時間が求められる地震であるのに対し、大地震のあとに引きつづいて頻發する餘震の多くは震源の

深さも浅く又観測點と震源との距離も 10 軒以内程度のもが多く、従つて観測せられる初期微動継続時間は P 波又は P* について得られる値であるためであると考へられる。第 I 表の地震の中で伊東地震群は大地震の餘震ではないが震源が浅く小地域に観測網が設置せられたといふ點に於て所謂餘震と共通な點を多く持つが故に比較のために加へられたものであるが求められてゐる k の値は略々同一地域に生じた北伊豆地震の k の値 $k=5.5$ によく一致してゐるのが見られる。第 I 表に見るごとく餘震観測の結果震源の決定の際に用ひられる k の値にくらべ鳥取地震について得られた値 $k=8.0$ 及び丹後地震について得られてゐる値 8.41 は著るしく大にすぎる値であるが、山陰地方一帯に廣く分布してこの地域の基底をなしてゐる花崗岩のためにこれを傳播する地震波の速度は他の場所の波の速度よりも早いためこのやうに大きな値を與へるもの考へ得る。

4. 震源の決定

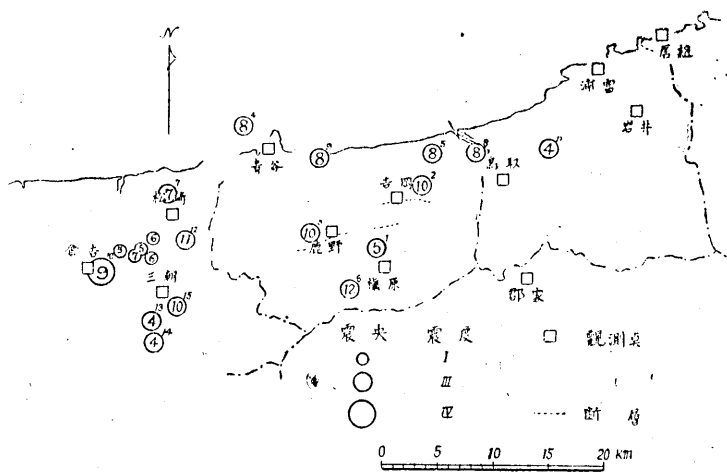
求められた k の値より震源を決定するに當つては専ら作圖によつて求めることとした。第 III 表初期微動継続時間と共にあげた地震の震央は第 I 圖に記入せられてゐる。第 III 表にあげた地震は少くとも 3 箇所の観測點で初期微動の観測せられた地震である。圖に於て○印は震央、丸の大きさは地震の大きさを示し、丸の中の數字は震源の深さを軒を單位としてあらはしたものであり、右肩の文字は第 III 表地震番號である。

地震計に記録せられた餘震の數は後に述べるごとく、10 月 10 日迄に鳥取にて約 300

第 Ⅲ 表

地震 番 號	發 震 時		初 期 後 動 繼 續 時 間						震 度	k	深 さ	震 央 地 域
	月 日	時 分	倉 吉	鳥 取	青 谷	鹿 野	横 原	吉 岡				
1	9.14	21.06	SeC	2.1	2.0			2.0	SeC		5	中
2	9.15	00.14	2.8	2.0	3.0	1.2			1.2		10	中
3	9.19	21.19		2.6	1.6	2.0				7.80	9	中
4	9.21	11.32		3.7	1.3	2.0					11	中
5	9.21	14.41		1.5	2.4	2.0						中
6	9.24	03.20	3.3	2.6	2.3	1.6				8.03		中
7	9.24	13.12	1.4		1.6	2.2				8.37	7	中
8	9.27	01.15	4.7	1.6	2.9	3.2				7.81		中
9	9.27	12.39	3.3	2.7	1.3	1.4				7.99		中
10	9.28	07.19	1.3	4.8	3.7	3.6	3.9			8.60	9	西
11	10. 2	11.09										東
12	10. 3	02.04		4.9	2.4	2.4					11	西
13	10. 4	00.48										西
14	10. 4	06.58										西
15	10. 7	11.13	1.8	4.5	2.7	2.6				7.75	9.5	西
16	10. 7	19.51										西
17		20.01										西
18		20.03										西
19		22.11										西
20		22.22										西
21	10. 8	02.00										西
22		04.02										西
23		04.30										西
24		05.01										西
25		19.11										西
26	10. 9	02.21										西
27		02.42										西
28		04.19										西
29		05.07										西
30		05.22										西

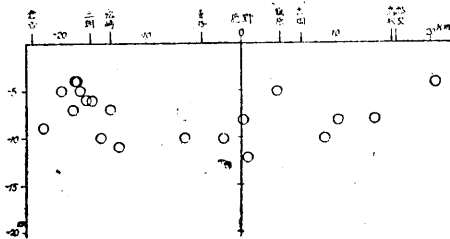
回、倉吉にては約 400 回以上であつて、第 1 圖に示された地震はそれら幾多の地震の中の極く一部分に過ぎないので第 1 圖より直ちに全般の餘震活動の有様を推察することは正當ではないけれども、少くとも比較的大きい地震即震度 Ⅲ 以上の地震の活動状況を知ることは出来る。それによれば、本震後 14 日までは観測網が設定せられなかつたので知ることが得ないが、14 日から 25 日頃までは略々鹿野、吉岡を結ぶ鹿野断層と日本海岸に圍まれた陸地（假りに此の地域を中央部地域と呼ぶ）に主として餘震が



第 1 圖

た。其れ等 28 日の地震の餘震ともいふべき地震は多くは震度 I の小地震であり初期微動継続時間も多くは倉吉にて 1 秒内外であり比較的倉吉に近い観測點青谷、鹿野などに於てさへも早記録せられないやうなものも多數あつた。之等の小地震は三朝、松崎に地震計が設置せられたことにより、観測せられることが出来るやうになり震源が正確に求められた。之等の震央も第 1 圖に記入せられてゐる。圖に見るごとく、之等は震源の深さ僅かに 5~6 軒にすぎず 28 日 7 時の地震の震央の北東の地域に密集して發生してゐることが解る。兎に角 28 日以後にては活動は倉吉附近(この地域を假に西部地域と呼ぶ)に於て盛んであるのが見られる。次で 10 月 2 日 11 時 9 分頃鳥取市北西に震度 II の地震發生し、その後も引きつづき鳥取観測點に於ては振幅大であるが、鹿野、青谷の観測點にては振幅の小さい地震が多く發生するのが見られ活動が鳥取市近傍(この地域を假に東部地域と呼ぶ)に移つたかの如き感があつた。

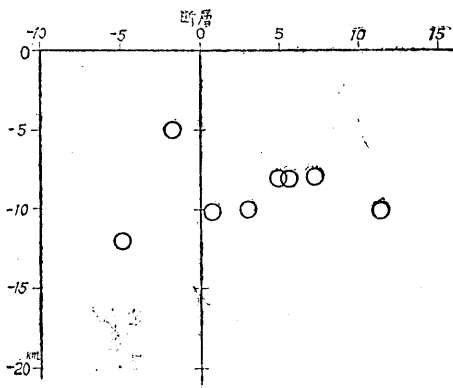
この外極めて小さい地震が所々に於て發生してゐることが推定せられた。特に 9 月 20 日頃までは居組、鳥取、那家の観測點に於て初期微動継続時間 1 秒位の地震が相當に澤山發生してゐることが見られた。



第 2 圖

第 1 圖の震源の深さは極く大體の値があげてあるのであつて、之より詳しい議論をすることは出来ないが 10km 内外の深さの所に起つてゐるものが最も多いやうである。

發生してゐるのが見られるが、28 日 7 時 19 分倉吉のすぐ近邊に震度 IV 又は V に近い強震が發生し、同日中に同地にては 1 日に 200 回以上に及ぶ地震が感ぜられ

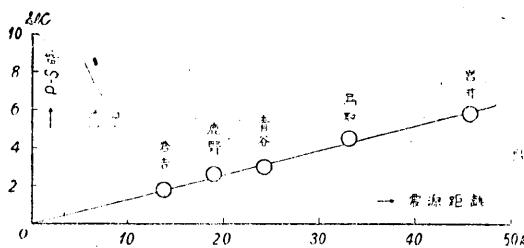


第 3 圖

発生した餘震の震源を断層線に直角に切つた鉛直面に投影したものをつくれれば第3圖の如くなる。

5. 發震時の測定

第1圖に見ることく、倉吉、鹿野、吉岡、鳥取及び岩井の5観測點は略々一直線に並ぶのでこの直線の上でその一方の端近くに起る地震があれば $\Delta=40\text{km}$ 位までの走時曲線が可なりに正確に定め得るであらうと思はれる。第1圖地震 No. 10 は以上の條件をみたすものであるので、此の地震について震源距離と初期微動繼續時間との關係



第4圖 初期微動繼續時間の走時曲線

を示す圖を求めれば第4圖の如くなる。之より n の値を求めれば $n=7.8$ となり第3節で求められた値とは誤差の擴園内で一致してゐる。

今日まで餘震觀測に於ては専ら初期微動繼續時間を測定することに意が用ひられたのであつたが、之には多くの不滿な點があること既に諸家³⁾により指摘せられてゐる通りである。發震時を測定して震源に関する研究をなすことは觀測上種々困難な點を持つとはいへ極めて望ましいことであるので、其の最初の試み

3) 津屋弘達 地震研究所彙報 21 (1943).

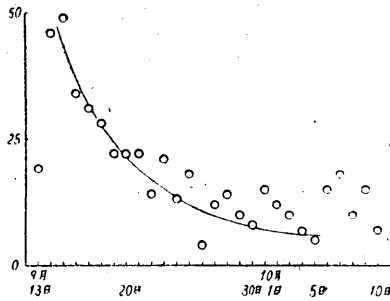
4) 松澤武雄 地震 (岩波全書) 79.

を行ふこととした。即ち地震計の記録用ドラムは 6 watt の同期電動機により廻轉せしめられてゐるのであるが、中國配電株式會社の調べによれば幸にも鳥取地方にては周波數の保持が極めて正確であつて變動は 5% に及ばないことが分つたので、ドラムの偏心及び停電よりくる誤差を避け得れば特別な注意を拂ふことにより發震時を 0.1 秒の正確さで定め得るであらうと考へられた。従つてドラムの回轉用の同期電動機の外に今 1 個の同期電動機を回轉せしめ之を 1 秒 1 回の刻時を行ふやうに装置して記録ドラムの上に地震記象と平行に 1 秒毎の刻時を行はせるやうにした。この刻時用電磁石の回路に並列に一つの電鍵をいれ電鍵を押せばその記録が同時に記録せられるやうになし、1 日 4 回のラジオによる時報の秒を記録することとしたのである。之によれば都合のよい時に起つた地震があれば秒の端數まで發震時をきめることが出来る筈である。この装置はラジオの時報が自動的に記録せられるのではないので 1 臺の地震計に 1 人の觀測者を要するため、10 月 2 日より 10 月 5 日までは震源地帯をとりまくるとき鳥取、青谷、横原及び倉吉の 4 觀測所にて、5 日より 9 日までは一直線にならんだ觀測點倉吉、鹿野、鳥取及び岩井に於て發震時の觀測がなされ得たのみであつた。之等の結果については後の機會に述べることにする。

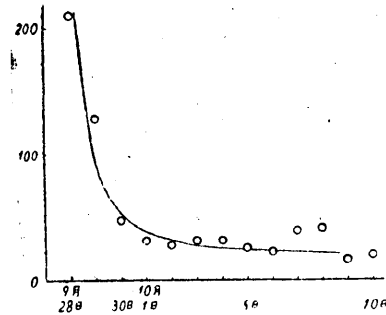
其の他鳥取に設置せられた地震計の記象の中、幾つかの地震の記象には主要動のあたりから極めて週期の長い、略々 1 秒位の波があらはれてくるのが認められた。之は地震計の設置せられた場所の所謂地盤の良否の問題と密接に關係するものらしく思はれたのもう 1 臺の加速度計を用ひ第 1 回目には震害最も激甚なりし瓦町に、次で第 2 回目には震害の凡ど見られなかつた鳥取女學校内に地震計を設置して師範學校との比較觀測を行つた。その結果瓦町の記象と師範學校の記象とは可なりに類似してゐることが認められるが、女學校の記象に於ては週期の長い波が見られず一見して違ひの明であることが見出された。之等の解析の結果も後の機會にのべることにする。

6. 餘震回数

記録せられた餘震回數の概略が第 5 及び 6 圖に示されてゐる。第 5 圖は鳥取に設置せられた加速度計の記象に基いて求められた餘震回數であり、停電其の他で記録せられなかつた地震は數へられてゐないので實際よりは少なくなつてゐる。地震計が設置せられたのは 13 日であるので 14 日から 1 日毎の數を擧げてある。第 6 圖は 28 日 7 時 19 分頃倉吉附近に發生した震度 IV の強震に引きつづき多數の餘震が感知せられたことすでに述べたごとくであるが、之等の地震の中倉吉に設置せられてゐた加速度計に記録せられた 1 日毎の地震回數を示したものである。之等の圖に示されてゐる地震回



第5圖 鳥取に於ける餘震回数



第6圖 倉吉に於ける餘震回数

数は、地震に對して十分に注意を拂つてゐる人が感じる程度の地震の數と略々同じである。

以上報告したごとく今回の餘震觀測に於ては8臺の地震計が常に全能力を發揮して餘震の記録を行ふことが出來た。之一つには交通杜絶の折から地震計の運搬に特別の便宜を與へられた鳥取縣知事始め縣當局の方々の御援助によるものであり、又一つには非常なる熱心を以て精勵地震觀測に従事せられた實川氏始め川島、木村、山崎諸氏の奮闘努力に負ふ所極めて大であり、誠に筆者の感謝に堪へざる所である。尙又同時に現地に出張せられた地震研究所の諸先生方からは多かれ少なかれ觀測のお手傳ひをいただき殊に萩原博士からは終始懇切なる御忠告を與へられたことを明記し感謝の意

を表する次第である。

其の他地球物理學科の淺田敏君始め後期の諸君から及び地震計を設置した各學校官公署の方々からも多大なる援助が與へられ、斯てこの觀測が行はれたことを記して深甚の謝意を表する者である。