

昭和四年七月二十七日
相模強震調査報告

隼 田 公 地

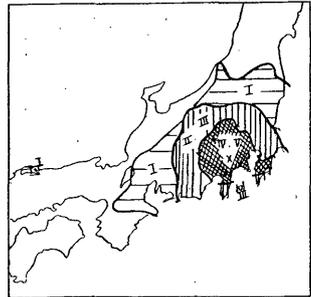
一、緒 言

昭和四年七月二十七日午前七時四十八分頃發現した相模、甲斐國境附近に震央を有する地震は、相模一帯に強震を感ぜしめ、同地方に相當の被害を被らしたものであつて、其の震域は關東地方及中部地方全般、近畿の東部及奥羽地方南部に亘り、又全國殆ど全部の微動計に記録を残したものであつて、昭和三年五月二十一日東京灣に起つた地震よりも規模少しく大なるものであつた。著者は本臺地震掛の一員として本地震の調査を命ぜられたので、地方觀測所所長の御好意により中央氣象臺宛送られた本地震記象紙寫しを基として調査をなすことを得た。茲に調査結果を報告するに當つて各觀測所長の御好意を厚く謝す次第である。

本地震は勢力大なる上に震源淺く、不連續層より淺きに存してゐた結果、P波S波の觀測を得て相當興味ある結果を得た。

次に本調査の概要を擧ぐれば次の如くである。

第一圖 震度分布圖



- 一、震央の決定（石川、和達兩氏の初期微動繼續時間の比による法）
- 二、走時曲線及各波の速度（P波、P波、S波、S波）
- 三、震源の深さの決定
- 四、不連續層の深さの決定
- 五、三種の初期微動繼續時間（P—S、P—S、P—S）と震源距離との關係及震央距離との關係

一、震央の決定

本地震の震央の決定に先立ち、本地震の觀測結果を左に掲げる。但し觀測値は大部分著者が記象紙から直接讀取つた値であるが、發震時と著者の驗測し得なかつた觀測所の値は氣象要覽から借用した。

第一表 觀測表

觀測所	震央距離	發震時	P-S	P-S	初動方向
甲府	52	7.48.24.2	6.8	—	S86E
横濱	50	25.2	6.6	—	S79E.U
東京	64	27.0	7.5	—	N66E.U
熊谷	75	28.6	9.9	—	S25W.D
布連	91	30.8	11.9	—	N26W.D
	104	32.4	—	—	—

沼		津	51	33.3	6.7	—	N9E.D
筑	波	山	122	34.0	14.2	—	S57W
柿		岡	129	34.1	13.5	—	S50W.D
前		橋	97	34.4	13.5	—	S微W
宇	都	宮	133	34.5	22.5	—	S45W
濱		松	152	37.	18.	—	N39E
水		戸	158	38.	18.8	—	S79W
銚		子	157	39.8	19.1	—	S45W
松		本	128	40.	16.0	—	S53E
長		野	150	40.3	17.2	—	S.E?.D
會		津	243	42.	24.8	—	—
高		山	179	43.5	20.2	—	N34W
小	名	濱	229	45.6	—	—	S17W
高		田	190	46.7	22.4	秒	N31W
福		井	266	47.4	—	38.9	N.W
名	古	屋	212	47.5	23.3	—	S71W
岐		阜	211	48.7	—	25.9	S.W
新		湯	266	49.6	29.8	—	N.W ?
伏		木	230	51.2	23.8	33.3	N45W
			251	52.9	—	33.4	S.W
八	津	島	268	53.5	29.7	—	N29W
福	丈	島	277	55.4	32.0	—	S.W.D
彦		根	259	57.6	—	33.5	N42W
京		都	308	58.6	34.9	43.0	S87W.U
金		澤	248	59.4	—	34.8	S.E

湖	歌	岬	382	49.02.4	—	53.5	S.W.U
八	度	木	318	03.3	35.6	46.5	S.W
大		阪	343	03.9	—	51.5	U
仙		臺	344	04.7	33.6	47.9	S.W.D
神		戶	366	07.3	41.7	53.2	—
宮		津	350	07.6	—	51.9	E
豐		岡	385	09.3	38.9	56.0	N.W
和		山	384	10.0	39.4	56.3	W
多		津	505	10.	—	62.0	—
石		卷	378	11.3	42.3	—	—
洲		本	493	11.9	42.7	59.7	S.W.U
	吳		600	14.0	—	86.4	—
		森	602	19.	63.8	89.8	S.W
青		山	478	19.6	—	—	—
岡		澤	438	21.	47.	—	—
水		田	470	23.2	—	72.4	N.E.U
秋		島	649	25.1	—	101.1	—
宇		岡	497	25.2	52.0	—	S.W
盛		濱	558	26.0	—	93.5	—
新		戶	514	28.9	—	74.0	—
室		知	552	30.6	57.6	82.5	S.W
高		島	615	42.6	—	88.2	—
廣		山	693	42.7	64.3	—	—
松		田	638	45.3	—	93.9	W
濱			528	46.3	55.1	78.9	N.W
	境						

德室 函宮 溫札 福熊 父大 長鹿 下旭 帶釜 釧羽 仁大 那石 臺臺 山	泉	島蘭	441	49.8	46.0	66.9	—
		館崎	763	50.02.5	80.5	—	S88W
		岳	763	63.0	—	106.5	S
		幌岡	812	04.9	89.9	137.2	N.E.D
		本島	868	09.0	—	122.2	—
		邱崎	847	14.0	90.0	—	—
		廣山	823	14.3	—	117.3	—
		路	826	17.2	—	116.9	—
		幌川	995	18.0	100.0	—	—
		泊	930	20.7	—	169.6	—
		靱島	900	20.8	86.2	114.6	—
		川	905	21.6	—	138.6	—
		廣	763	21.7	—	—	—
		山	948	30.	109.	—	—
		垣	路	880	32.	—	122.
靱	900		40.	—	113.	—	
川	930		41.1	—	—	—	
泊	1029		42.7	117.8	—	—	
靱	1113		56.	—	—	—	
川	1265		51.01.9	—	158.4	—	
泊	1485		39.6	—	166.8	—	
靱	1873		52.15.2	—	200.1	—	
島	2027		54.7	—	—	—	
北	2305		56.48.0	—	—	—	
南	322	—	33.6	—	S27W		
形							

本地震の震央が陸地にある事は明であつて、又この震央附近にて震央を圍む觀測所が多く、且其の各夫等觀測所のP—S値が可成り正確であると云ふ點から、震央を決定するに著者は、石川——和達の初期微動繼續時間の比による震央の決定法を使用した。

即石川氏に依れば二觀測所のP—S値の比の軌跡である圓の半徑をRとすれば

$$R = \frac{D_1 D_2}{D_2 - D_1}$$

であつて、 D_1 はP—S値の小なる觀測所から兩觀測所間の距離をP—S値の比で内分した點までの距離であつて、 D_2 はP—S値の大なる觀測所から同内分點までの距離である。

此のP—S値の比の軌跡を求むる爲に用ひた觀測所は本震の震央の四方を圍み、P—S値が明瞭に讀み取れた震央に最も近い、横濱、沼津、甲府、東京、熊谷、布良、前橋、松本の八箇所のP—S値を用ひた。

是等八箇所の組合に際して、八箇所全部の組合を行へば一番有効な譯であるが、その中横濱、沼津、甲府、熊谷が幸に丁度震央の前後左右とも言ふべき十字の位置にあるので此の四箇所の觀測所を本として他の觀測所との組合を行へば充分であると思ふ。故に横濱と他の七箇所の觀測所との組合に依る七箇

の圓、沼津と他の六箇所の觀測所との組合に依る六箇の圓、甲府と他の五箇所の觀測所との組合に依る五箇の圓、熊谷と他の四箇所の觀測所との組合に依る四箇の圓、即二十二箇の軌跡の圓を求めて、これを百萬分の一の地圖上に記入し、和達氏の方法に依つて、其等各二圓の共通弦の交點を求むる時、其の交點の配布を見るに第二圖に示す如き分布となるが、其の分布の略中心に於て最も多く其の共通弦が交錯する箇所がある。即ち此の箇所を震央とする。

この震央を他の方法で檢して見るに、等P—S線に依る震央は殆どこの震央と一致し、初動方向に依れば、震央は稍南東に偏する傾向はあるが矢張り略一致するのである。

故にこの地點を震央と確定して其の位置を求むるに、

震央 相模、甲斐國境大群山の南麓

東徑一三九度五分 北緯三五度三〇分

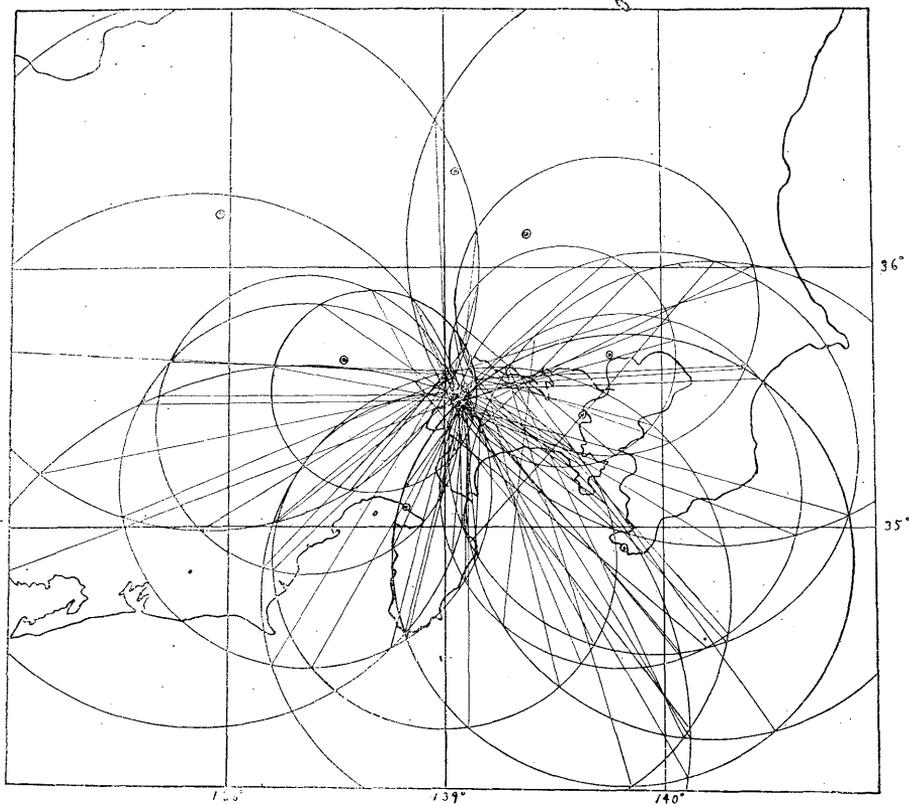
となる。この位置は丹澤の約西北西に當り、酒匂川の支流河内川の水源附近である。

二、走時曲線及各波の速度（P波、P波、S波、S波）

第一項に於て求めたる震央を本とし、百萬分の一の地圖上より各觀測所の震央を求め、この震央距離と各觀測所の報告による發震時との關係を求むる時は第四圖に示す如き縦波の走時曲線を得る。

(イ) P波走時曲線

第二圖 石川、和達の法による震央の決定



次に震央距離約百七十杆以上の所にある観測所の報告による發震時と震央距離との關係を見るに、曩に得られたP波走時曲線より傾度小なる一直線を以て連ね得られる。即ち此の走時曲線はP波の走時曲線であつて、P波走時曲線との交點は圖に示す様に震央距離約百六十五杆前後に在ると思はれる。即ち此の距離百六十五杆前後の所にP波とS波の同時に地表に到達する所謂轉向圓が存在すると推察出来る。

(ハ) S波及S波の走時曲線

震央距離約二百杆以上の位置にある観測所の記象紙に於て、縦波中P波が驗測されし如く、横波も二段に表はれ、即ちS波が驗測された。而してS波の驗測された観測所の數は、P波の驗測された観測所の數よりも遙に多くあつた。

是等S波及びS波と最初に現はれた縦波との發震時差即ち初期微動繼續時間P—S、P—S、P—S値（第一表觀測表中に記載）を各觀測所の報告による縦波發震時に加へて、S波及S波の走時曲線を求むるに第四圖中S及Sを以て示す如く、各略一直線となる。而してS波走時曲線とS波走時曲線との交り即ち轉向圓の位置は圖によつて、縦波と等しく略震央距離約百六十五杆前後である事が判る。

(ニ) 各波（P波、P波、S波、S波）の速度

各波の走時曲線の、最も適當と思はれる震央距離二百杆乃至五百杆の範圍に於ける各曲線の傾度から各波の平均の速度を求むれば

P波 = 5.6 軒/秒

P波 = 7.5 〃

S波 = 3.2 〃

S波 = 4.3 〃

を得る。而して是等求められた速度は、今迄の地震調査に依つて得られた速度と殆ど一致してゐるものである。

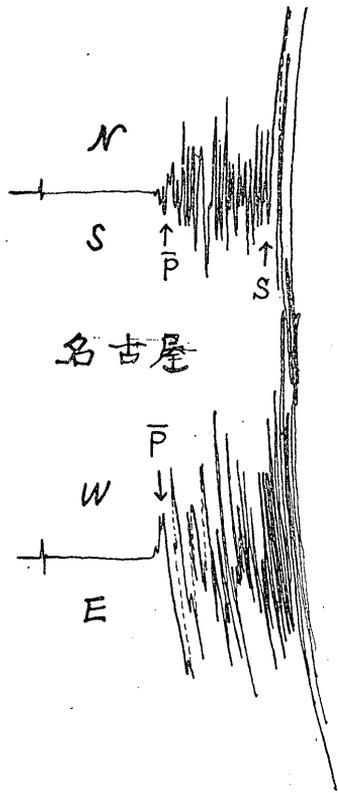
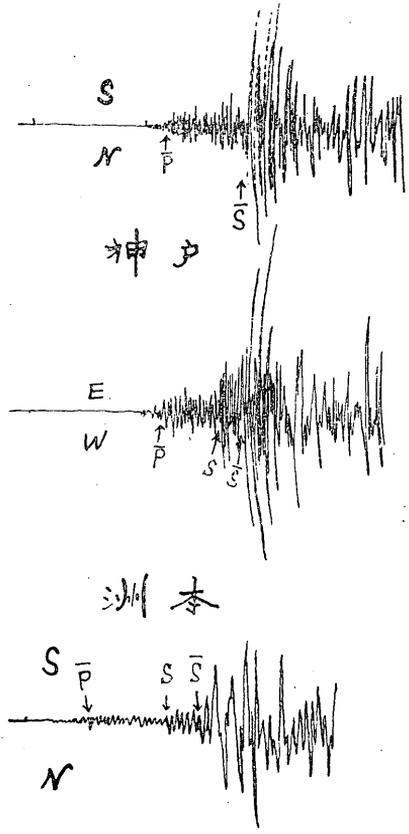
三、震源の深さの決定

初期微動繼續時間と震央距離との關係、即ちP—S、△ダイアグラムを描けば第五圖の如くなる。

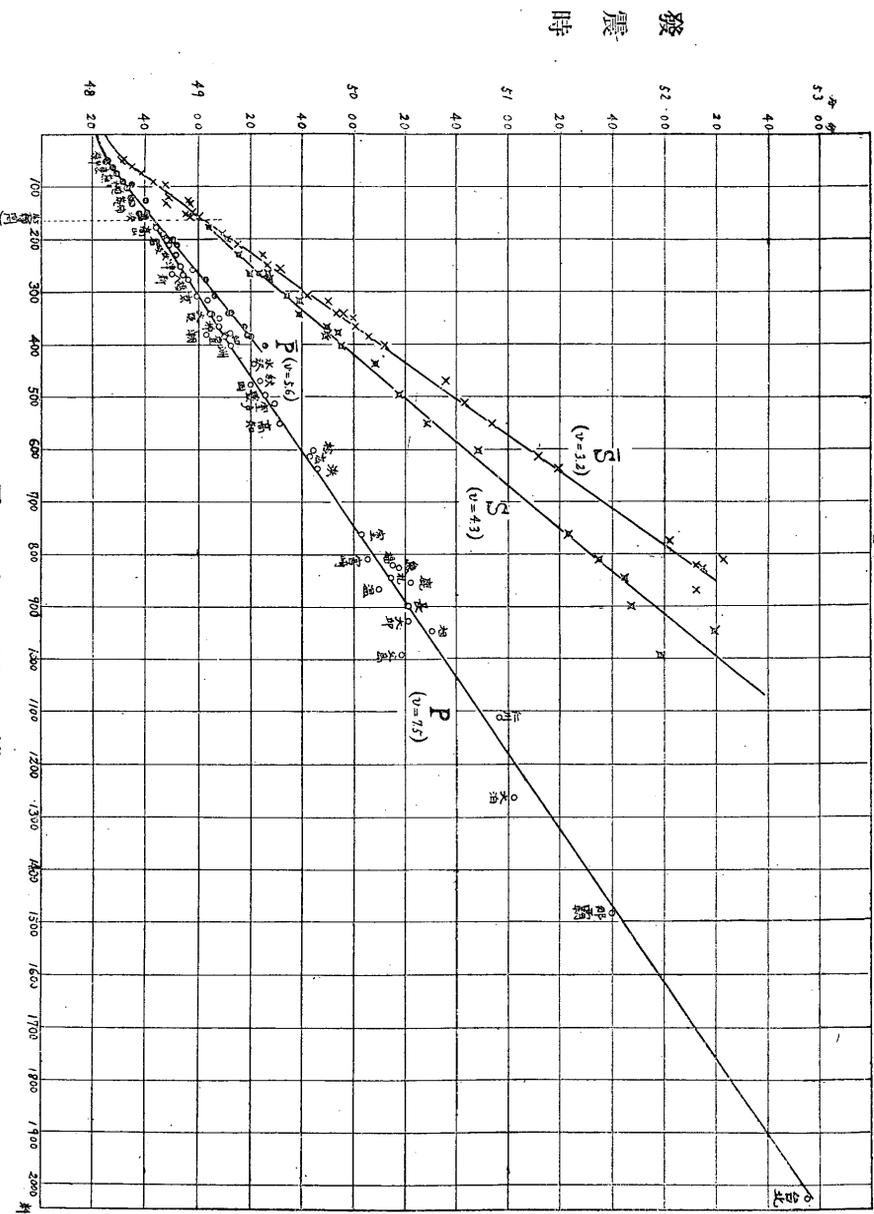
走時曲線に於て述べたる如く、本地震に於ては、S波及S波が明らかに區別して觀測し得られたので、圖にも示す如く、震央距離約百六十軒前後から曲線が二つに別れて描かれた。即ち曲線が分岐する震央距離約百六十軒以内の曲線はP波とS波の到着時差、即ちP—Sに對するものであり、距離百六十軒以上にある曲線の中、傾度の小なる曲線はP波とS波との到着時差、即ちP—Sに對するものであり、又傾度大なる曲線はP波とS波との到着時差、即ちP—Sに對するものである。

震源の深さを求むるに際して、震源が地下深き所に存在するものは、震波の傳播軌道の彎曲も亦大にして、震波速度の深さに依つて相違する事も亦激しい事等より、震源の深さは容易には求められな

第三圖 記象の例

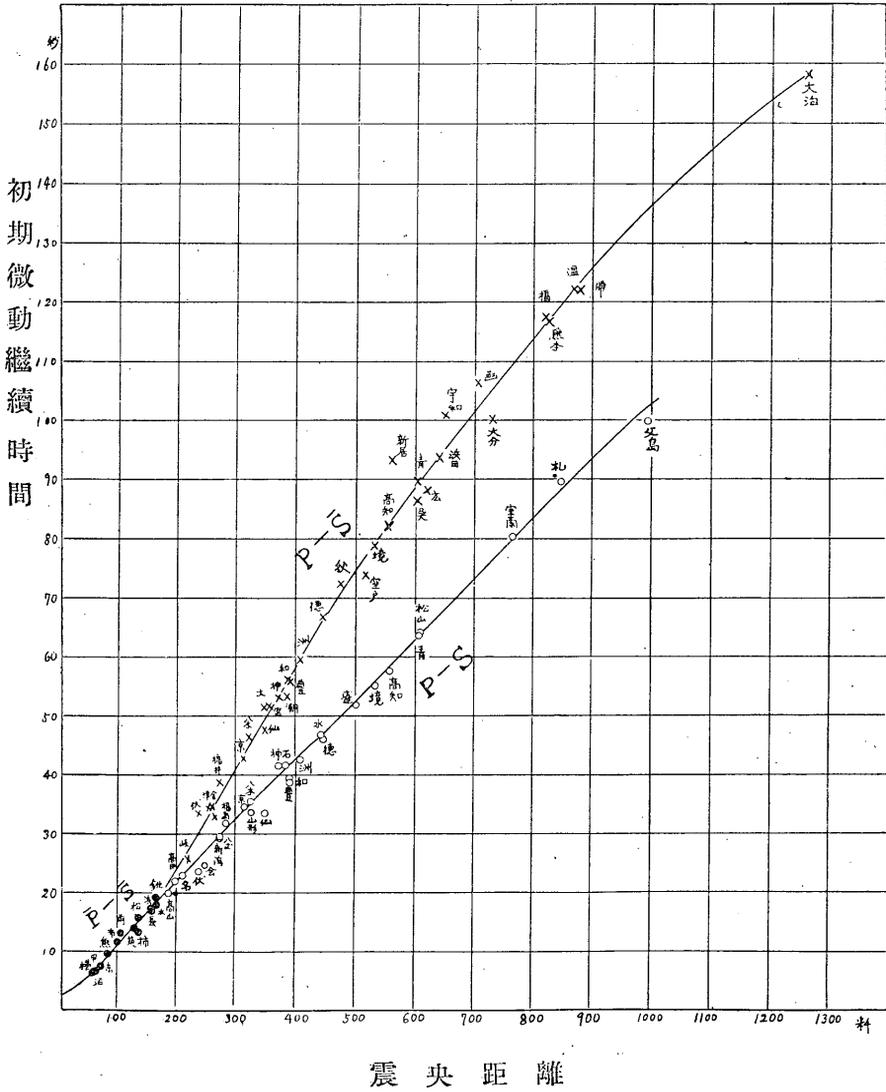


第四圖 走時曲線



震央距離

第五圖 P-S. △ diagram



いが、震源の浅き所に存在する地震に於ては、殊に不連続層より浅き所に震源の位置を有する地震に於ては、震波速度も略一定し、震波も亦直進するものと假定する事が許されてゐる。且又震央距離二三百軒位迄は地表面の曲率を無視し得る事も許容されてゐるのであるから、震央距離△と震源の深さhと初期微動繼續時間tとの關係はピタゴラスの定理に依つて

$$l_1^2 + \Delta_1^2 = l_1^2 t_1^2$$

$$l_2^2 + \Delta_2^2 = l_2^2 t_2^2$$

.....

$$l_n^2 + \Delta_n^2 = l_n^2 t_n^2$$

となる、是等の關係から及 h の平均の値は

$$l^2 = \frac{\sum_{n=1}^{n-1} \Delta_n - (n-1) \Delta_1^2}{\sum_{n=1}^{n-1} t_n^2 - (n-1) t_1^2}$$

$$l = \frac{\sum_{n=1}^{n-1} \Delta_n^2 - (n-1) \Delta_1^2}{n}$$

の二式より得られる。

扱、以上の式に代入すべきもの値であるが、本震に於ては h に對して、P—S、P—S、P—S、P—Sの

三種ある。

併し式の假定が震波速度の一定と、震波の直進する事と地表面の曲率を無視し得る範圍とされてゐる故に、是等三種の初期微動繼續時間中、縦波も横波も不連續層をくゞらず、直接に觀測所に到達するP波とS波との組合より成る初期微動繼續時間P—Sを用ふ可きであることは勿論である。

本震に於てはP—Sの觀測された觀測所は幸にして、總べて地表面の曲率を無視し得る震央距離約百六十軒以内にあつて、且曲線の上から見て可成信用が置けると思はれるP—S値を驗測し得た觀測所の數も多くあつた。故に是等のP—S値を用ひて求めた次の本震の震源の深さは可成信用の於けるものである。

著者が最も適當として用ひたP—S値は

観測所	△二軒	秒
横濱	五〇	六・六
沼津	五一	六・七
甲府	五二	六・八
東京	六四	七・五
熊谷	七五	九・九
布良	九一	一一・九
前橋	九七	一三・五
筑波	一二二	一四・二

松	本	一六〇
長	野	一七〇
濱	松	一八〇
		一五二

以上十一箇所の値であつて、求められた h 及震源の深さは

$$h = 8.36$$

$$h = 23.3 \text{ 杆}$$

となつた。

是を國富技師の十秒等P—S線の短半徑より震源の深さを求むる公式

$$h = 97 - 1.04b \quad (b = \text{短半徑})$$

を用ひて驗する時、本震の十秒等P—S線の短半徑は七十杆であつて

$$h = 24 \text{ 杆}$$

と求められ、曩に著者が求めたる深さと全く一致する。故に本震の深さを二十三杆と決定する。

四、不連續層の深さの決定

不連續層の深さを求むるに普通用ふる公式は

$$\sqrt{1/2} \sqrt{\Delta^2} = (2d - h) \cos \alpha + \Delta \sin \alpha$$

であつて、茲に h は震源の深さ、 Δ は震央から轉向圓迄の距離、 d は不連續層の深さである。又 α は

震波の第一層から第二層に入る入射角であつて、従つて

$$\sin z = \frac{V_1}{V_2}$$

V_1 ; 第一層に於ける速度

V_2 ; 第二層に於ける速度

である。

本震に於ては震源の深さ

$$h = 23.3 \text{ 米}$$

△は走時曲線より

$$\Delta = 165 \text{ 米}$$

$\sin z$ は本震によつて求められたS波とS波の速度を用ひて

$$\sin \alpha = \frac{3.23}{4.30} = 0.75116$$

$$\therefore \cos \alpha = 0.6604$$

故に是等の値を代入して不連続層の深さを求むれば

$$d = 43.9 \text{ 米}$$

即ち約四十四米となる尙今迄求められた本邦に於ける不連続層の深さを表示すれば次の如くである。

地 震 名	不連続層の 深さ	震源の深さ	算 定 者
大正十四年五月二十三日北但馬強震	四二群	三三群	和達清夫
大正十五年八月三日東京灣強震	四二	四〇	鷺坂清信
昭和二年三月七日北丹後烈震	四五	一四	國富信一
昭和二年十月二十七日中越強震	三四	八	國富信一
大正十二年九月一日關東大地震	三九	二八	國富信一
昭和三年八月二十二日熊本綠川地震	三六	三〇	準田公地

五、三種の初期微動繼續時間

(P—S、P—S、P—S)と震源距離及震央距離との關係

曩に第三項にて、本震に於ては、三種の初期微動繼續時間、即P—S、P—S、P—Sの觀測値が得られた事を述べたが、木震の如く斯く明かにS、Sが區別されて、従つて三種の初期微動繼續時間が觀測された地震調査の報告は今迄なかつた様に思ふ。但し和達技師が但馬地震の調査に於てS波の存在の爲め初期微動が複雑な性質のものである事は言はれてあるが、區別して數値は擧げてなかつた。是等三種の初期微動繼續時間は夫々性質の相違するものであるから、従つて震源距離との關係即ち震源距離を△、初期微動繼續時間をもとして

の關係にありとすれば、 m の性質によつて k の値が違つたものとなるであらう。

故に震源距離に對して今求められた三種の m に乘すべき k の値を其の各々に就いて求める事は興味ある問題と思ふ。

(イ) P—S 値に對する k の値

P—S 値に對する k の値は既に震源の深さを求むるに際して
 $k = 8.35$
 と求められてゐる。

(ロ) P—S 値に對する k の値

本震によつて P—S 値の驗測された觀測所の位置は、殆ど全部震央距離二百軒以上にある。

本震の震源の深さ二十三軒に對して、この震央距離二百軒に對する震源距離は二百〇一軒余となつて、震源距離と震央距離とは殆ど一致してゐる。

故に震央距離二百軒以上の觀測所の震源距離は全く震央距離に等しいと見る事が出来る。

されば、茲に用ふる關係 ΔII の Δ は震源距離であると同時に震央距離であるので、求むる k も亦、震源距離に對するものであると同時に震央距離に對するものである。

次にこの P—S に對する k を求めて見よう。茲に用ふる觀測所の値は P—S 曲線から割合に正しいと

思はれる者のみを選んだ。

観測所
 名古屋 伏見 會津 新湯 八島 八島 京都 八木 山形 仙臺 神戶 石巻 和歌山 豊岡 洲本 水澤 徳島 盛岡 境 高知

震源距離
 即震央距離
 二〇二 二三〇 二四三 二六六 二七八 二七七 三〇八 三一八 三二二 三四四 三六六 三七八 三八四 三八五 四〇三 四三八 四四一 四九七 五二八 五五二

P | S
 二・三・三秒 二・三・八 二・四・八 二・九・八 二・九・七 三・二・〇 三・四・九 三・五・六 三・三・六 三・三・六 四・一・七 四・二・三 三・九・四 三・八・九 四・二・七 四・七 四・六・〇 五・二・〇 五・五・一 五・七・六

八・七〇 九・六六 九・八一 八・九四 九・〇三 八・六九 八・八三 八・九一 九・五八 一・〇・二〇 八・八〇 八・九四 九・七五 九・九一 九・四七 九・三四 九・五八 九・五五 九・五六 九・六〇

青	松	室	札	父	森	山	蘭	幌	島	六〇二	六三・八	九・四七
										六〇三	六四・三	九・三八
										七六三	八〇・五	九・四九
										八四七	九〇・〇	九・三九
										九九五	一〇〇・〇	九・九五
											平均	九・三九

以上二十五箇所の k の値平均を求むれば

$$k = 9.39$$

となる。

(ハ) P—Sに對する k の値

P—Sの驗測された觀測所の位置もP—Sの驗測された觀測所と等しく、殆ど全部が震央距離二百軒以上の位置にあるので本震の震源の深さに對しては是等觀測所の震源距離と震央距離は全く等しきものとなる。故に次に求むる k の値は、震源距離に對するものであると同時に震央距離に對するものである。次にP—Sに對する k の値を求めて見よう。

觀測所	震源距離	P—S	k
	即震央距離		
伏木	二二〇軒	三三・三	六・九一
金澤	二四八	三四・八	七・一三

大函濱廣青吳高境室秋德洲豐和潮神宮仙大八京福津

歌

分館田島森知戶田島本岡山岬戶津臺阪木都井

七三〇 七〇三 六三八 六一五 六〇二 六〇〇 五五二 五二八 五一四 四七〇 四四一 四〇三 三八五 三八四 三八二 三六六 三五〇 三四四 三四三 三一八 三〇八 二六六 二五一

一〇三〇 一〇六五 九三九 八八二 八九八 八六四 八二五 七八九 七四〇 七二四 六六九 五九七 五六〇 五六三 五三五 五三二 五一九 四七九 四一五 四〇五 三八九 三三四 三三〇 三三〇 三三四

三九

七〇八 六六二 六八七 六九七 六七四 六九五 六七〇 六七〇 六九六 六五〇 六六二 六七七 六七八 六八一 七一四 六八八 六七七 七一九 六六六 六八六 七一七 六八五 七五三

福	岡	八二三	一一七・三	七・〇三
熊	本	八二六	一一六・九	七・〇六
温	泉	八六八	一一二・二	七・〇七
帶	岳	八八〇	一一二・	七・二一
	廣		均	六・九二

以上二十九箇所の k の値の平均を求むれば

$$k=6.92$$

となる。

(二) k の意義

以上求めたる k の値をまとめて見ると

$$P-Sに對するk=8.36$$

$$P-Sに對するk=9.39$$

$$P-Sに對するk=6.92$$

となる。但し是等求められた k の値は本震に依つて得られた値のみであるから、一般に直に用ふること
 は早計であつて、更に他の種々の地震によつて是等の値を求めて吟味しなければならぬ事は勿論である。
 併し本震に依つて得られた是等初期微動繼續時間は可成正確に讀み取れたものであるから、求められ
 た k の値も相當信用の置けるもので、他の地震によつて求むるも、略本震によつて得られた k の値に近

いものとなるであらうと思はれる。

扱、是等 t の値の意味であるが、 $P-S$ 値に對する t の値は勿論震源距離に對するもので震央距離には流用出来ない。併し $P-S$ 値及 $P-S$ 値に對する t の値は震源距離に對しても亦震央距離に對しても使用出来るものである事は先に述べた通りである。

一般に震源の深淺によつて、震央距離等しき同一觀測所の初期微動繼續時間は著しく相違するから、震央距離に對する一般公式は求められない。

併し不連續層より淺き所に起る地震の震源は多く二三十軒の深さにあつて、此の震源の深さに對しては、震央距離二三百軒以上にある觀測所の震源距離は全く震央距離と一致するものである。

而かも $P-S$ 値及び $P-S$ 値の觀測される觀測所は、多くこの震央距離と震源距離の一致する二三百軒以上の距離にあるが普通である。

故に、震源が淺いと思はれる地震の震央距離二三百軒以上の觀測所の初期微動繼續時間に對しては震央距離 Δ に對する公式

$$\text{震央距離 } \Delta = kt$$

が意味を有する事になる。

この意味に於て曩に求めた、 $P-S$ 及 $P-S$ に對する二つの t の値も元來は震源距離に對するもの

であるが、又震央距離に對しても許され得るものであつて、實際の問題に於ては震央距離に對して使用するが便宜である。併しながら茲に考慮すべき事は、本震によつて得られた結果からも判る様にP—Sに對するもの値と、P—Sに對するもの値とは可成相違してゐるので、一般に何れのもの値を使用すべきかは問題である。

即ち一見してP—SとP—Sを區別する事は困難な事であるから、S波とS波と何れが明瞭に出るかを明らかにして置く事が大切である。

著者が本地震の調査により得た經驗に依れば、殆ど總べての記象紙に於て、S波が著しく明瞭に出てゐてS波はS波に比してそれ程明瞭に顯はれてゐなかつた。

この結果、各觀測所の報告による要覽所載の初期微動繼續時間の大部分が、著者の驗測したP—S値によく符合してゐた。

P—S値は著者自身が驗測したものの以外には各觀測所より初期微動繼續時間として報告されたものは殆ど無かつた。

この事から考へる時、一般にはP—Sが初期微動繼續時間として觀測される事が多い様に思はれる。故に震央距離に對して、初期微動繼續時間に乗すべきもの値はP—S値に對するもの値を用ふる方が適當と推察される。

併し、この m の値及び其の n の何れを震央距離に使用すべきであるかは興味ある問題であるが、今迄材料も余りなく、又論ぜられたこともないので、本地震一つの調査結果から余り論ずる事は出来ない。この問題に就いては他日機を得て更に研究して見たいと思ふ。

本稿を終るに臨み、種々御指導下さつた岡田先生に厚く御禮申上げる次第である。(昭和四年十一月)