

昭和 8 年
8 月 30 日 アマゾン河上流深發地震の調査

特に焦線附近に於ける観測結果に就て

森 田 稔

1. 緒言 著者は曩に昭和 10 年 12 月 14 日南米アマゾン河上流域に發生せる深さ約 650km の深發地震を調査し、我國の観測材料による焦線附近の狀況特に P'(PKP) 波の勢力分布に就き若干述べる所があつた。⁽¹⁾ 即ち著者は Gutenberg⁽²⁾ に依つて始めて理論的に推定せられ、Lehmann,⁽³⁾ Macelwane,⁽⁴⁾ Dahm⁽⁵⁾ 等に依り實測上より其の存在を認定せられた P' 波の焦線を我國の豊富なる観測網を利用して確認し、且つ其の附近に於ける P' 波の性状を詳細に調査し、焦線の前後に於ける振幅の分布状態を闡明するを得た。

今回調査せる表題の地震は、勢力に於ては前回の地震の三分ノ一程度のものであるが、震央位置、震源の深さ共に極めて前回のものに近く、前の結果を吟味する上に好個の材料を與へた。

今回の調査に當り御貸與を受けた記象紙又は其の複寫に依り驗測する事を得た観測所は全國に涉り 37 ケ所、又同地震を記象せざりし旨の御回答に接した所は盛岡及び朝鮮の各観測所であつた。茲に紙上を藉り之等観測所各位に對し深甚の謝意を表する次第である。各地の記象を通覽するに、北は仙臺($\Delta=138.7^\circ$)より微細なる記象始まり、東京(141.0°)附近に及んで漸く大となり、甲府(141.8°)、三島(141.8°)に至つて極大に達する。即ち前回の地震に於て龜山(141.1°)附近を通過せる焦線は今回は甲府、三島附近に位置し、震央距離に於て兩者略々一致

(1) 本號

(2) B. Gutenberg, Über Erdbebenwellen VII A. Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Kl. 1914, 1.

(3) I. Lehmann, P' as read from the earthquake of June 16th 1929. Gerl. Beitr. Geophys. 26 (1930).

(4) J. B. Macelwane, The South Pacific Earthquake of June 26, 1924. Gerl. Beitr. Geophys. 28 (1930).

(5) C. G. Dahm, Epicentre of the Hawke Bay (New Zealand) Earthquake and Travel-Times of Condensational Waves. Bull. Seism. Soc. Amer. 23 (1933).

せるを見る。焦線を過ぎ所謂明るい部分に入れば前回もさうであつた如く勢力は急に小となる。以後震央距離の増加と共に振幅次第に減少し漸次波動を認め難くなつてゐる。但し九州地方及四國南西部の各観測所に於ては、此の地震の波動が記象紙上に現はれてより數秒以後に於て鹿兒島附近に發生せる局發地震が之に重なつた爲め、發震時及初動の調査には差支なきも、最大振幅の測定には支障を來した。

今回の地震に就き特筆すべきは、上下動に於て明瞭なる初動を得たことである。この爲め P' の發現時には讀取上の誤差を免れ、一方初動振幅の震央距離に對する分布を調査し得た。これは前回行ひ得なかつた所である。

2. 震央、震源の深さ及震源に於ける發震時 J.S.A. の假報告によれば、震央位置は Serase 及 Stechschulte の走時表により $8^{\circ}3S, 70.6^{\circ}W$, Amazon 河の支流 Purus 河の上流と定められ、震源の深さは G. J. Brunner の走時表により $H=300\sim 400\text{km}$, 震源に於ける發震時は $O=29^d 14^h 52^m 44^s$ G.M.T. と與へられてゐる。之に對し Gutenberg 及 Richter⁽¹⁾ によつて與へられた値は $H=0.10R$ (R は地球の半徑), $O=14^h 52^m 30^s$ である。

著者は之等の値を次の如く吟味した。

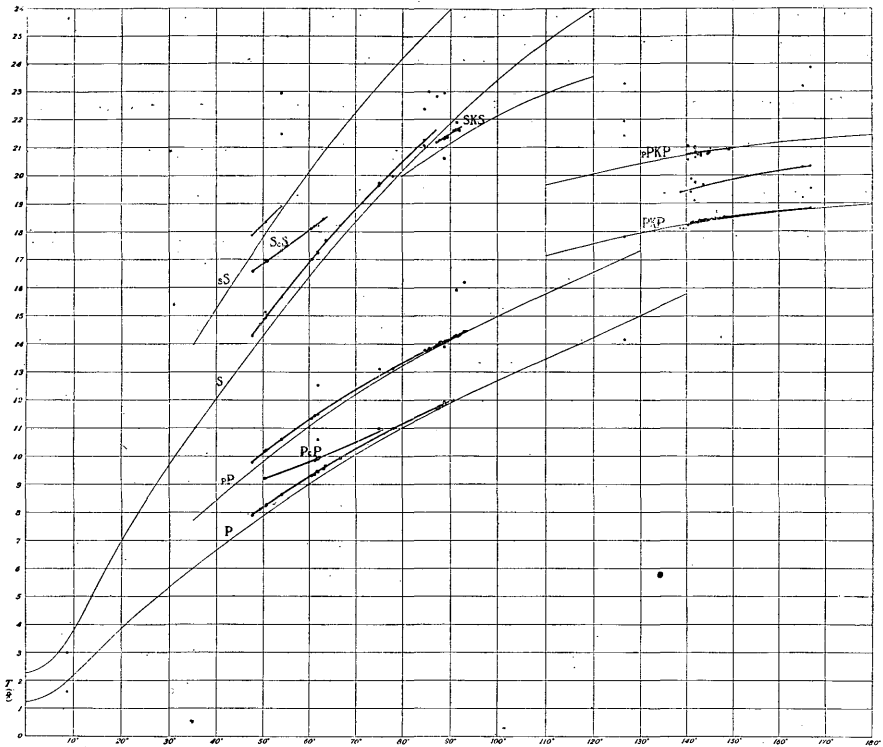
(1) 震央 震央は先づ第一近似値として J.S.A. によつて與へられたものを採用し、之により世界各地観測所の震央距離 (Δ) を計算した。之等の Δ により各観測所の報告に基いて各相の走時曲線を引き、曲線に屬する點の散らばり方より二次近似法によつて更に精確なる震央位置を定めんとした。然るに走時曲線を作つて見ると第 1 圖に示す如く各相共観測値の排列極めて良好なるを見出したので、二次近似法を行ふ必要なく、J.S.A. によつて與へられた値を其まま採用して、現在の場合差支ないことを確認することが出來た。

(2) 震源の深さ 震源の深さは震央距離 50° より 90° 迄の観測値を用ひて之を決定した。即ち 50° より 90° 迄 10° 毎の $pP\sim P$, $sS\sim S$ の値を観測走時曲線より讀取り、之等の値を Brunner の走時曲線圖表と對照して各獨立に震源の

(1) B. Gutenberg and C. F. Richter, On $P'P'$ and Related Waves. Gerl. Beitr. Geophys. **41** (1934) pp. 152.

(2) G. J. Brunner and J. B. Macelwane, The Brunner Focal Depth-Time-Distance Chart. 1935.

第 1 圖 走時曲線 (世界各地の報告に基づく)



(註) 太線は観測走時曲線, 細線は Brunner 走時曲線 (H=640km)

深さを推定し終りに之等の値を平均して震源の深さとした。其手續は第1表の通りである。尙此表には参考の爲め PcP~P 及 ScS~S の観測値をも掲げる。

かくして H=640 km を得た。この値は Gutenberg 及 Richter による値 0.10 R とよく一致し、又 PcP~P 及 ScS~S の観測値により和達

第 1 表

Δ	pP~P		H	sS~S		H	PcP~P		ScS~S	
	^m	^s		^m	^s		^m	^s	^m	^s
50°	1	56	665km	3	24	620km	1	00	2	01
60	2	04	660	—	—	—	—	—	34	1 09
70	2	06	635	—	—	—	—	—	—	—
80	2	09	625	—	—	—	—	—	—	—
90	2	12	620	—	—	—	—	—	—	—

益田兩氏の走時表より推定せられる深さとも略々一致する。

(3) 震源に於ける發震時 震源に於ける發震時は第一近似値として J.S.A. によつて與へられたものを採用し、之によつて走時曲線を作り (第1圖走時曲線の縦軸はこの走時), 次にこれを Brunner の圖表と比較して更に吟味した。但し同圖表には PeP 及 SeS の走時曲線を缺いてゐるのでこの二つに就ては和達益田兩氏の走時表を外挿したものに依つた。其要領は震源の深さの算定の場合と同様で、第1圖より 50°~90° 間の 10° 毎の各相の走時を讀取り、之を Brunner の H=640km の走時と比較したのである。此手續を第2表に掲げる。

第 2 表 の (1)

Δ	Po			PB			O-B			PcPo			PcPw			O-W			pPo			pPB			O-B			So			SB			O-B		
	m	s	m	s	s	m	s	m	s	s	m	s	m	s	s	m	s	m	s	s	m	s	m	s	s	m	s	m	s	s	m	s	m	s	s	
50	8	11	7	54	17	9	11	9	10	1	10	07	9	48	19	14	50	14	18	32																
60	9	14	9	02	12	9	48	9	47	1	11	18	11	04	14	16	54	16	24	30																
70	10	15	10	04	11						12	21	12	12	9	18	47	18	23	24																
80	11	10	11	02	8						13	19	13	14	5																					
90	11	59	11	54	5						14	11	14	09	2																					
140																																				
150																																				

第 2 表 の (2)

Δ	ScSo			ScSw			O-W			sSo			sSB			O-B			SKSo			SKSB			O-B			P'o			P'B			O-B		
	m	s	m	s	s	m	s	m	s	s	m	s	m	s	s	m	s	m	s	s	m	s	m	s	s	m	s	m	s	s	m	s	m	s	s	
50	16	51	16	35	16	18	14	17	43	28																										
60	18	03	17	52	11																															
70																																				
80																																				
90																21	29	21	20	19																
140																					18	11	18	15	-4											
150																					18	31	18	29	2											

(註) B は Brunner の値, W は和達, 益田兩氏の値。

(1) K. Wadati and K. Masuda, On the Travel Time of Earthquake Waves (Part V) 及 (Part VI).

此手續の結果、走時の誤差の平均として17秒を得た。之を採用すれば、 $O=14^h 53^m 01^s$ となる。併し乍ら第2表に掲げた $O\sim B$ 欄の値を見るに之等は相により又震央距離により其の差著しく、到底之等の平均を以て全體の走時曲線を満足させることの出来ないものである。又我國に於ける P' の観測値に對しては $O=14^h 52^m 44^s$ を採用してもさして不都合を生じないことは上表の示す通りである。依つて我國に於ける走時の議論に於ては便宜上之を以て震源に於ける發震時と定める。此の走時の差につき次節に若干の検討を試みる。

3. 走時の偏差 前節に述べた如く、観測された走時は Brunner の走時に比し、 Δ と共に其差が一定でない、而も此差は何れも $\Delta > 50^\circ$ なる範圍に於ては Δ と共に漸次減少する共通の傾向を示してゐる。これに關する立入つた詮索及考察は、資料も未だ十分ならざることゝて、之を他日に譲ることゝし、ここには簡單なる二三の吟味をなすに止める。先づ根本問題として第一に吟味を要することは、標準とせる Brunner の走時曲線は果して正確なりや否やの問題である。抑よこの走時曲線の基準となつてゐる $H=0$ の走時曲線は Macelwane の走時表により引かれたものであるが、今此の走時表を各種の他の走時曲線或は走時表と比較せる結果は第3表の如くである。⁽¹⁾

第3表 各種の走時曲線(1933年)と Macelwane の走時曲線との P の走時差 ($H=0$)

震央距離	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	130°	140°
走時曲線														
Pasadena(1934)	1	2	-1	3	4	8	7	5	4	1	-2	-4	-6	-8
Jeffreys	1	2.5	-1	3	4.5	8.5	8.5	7	5.5	3.5	4	5	4	9
Long Beach	1	2	-1	3	6	9	8	5	4	2	—	—	—	—
和達氏	4	3	1	3	3	5	5	5	4	1	—	—	—	—
(附)今回の地震	—	—	—	—	17	12	11	8	5	—	—	—	—	—

(註) 今回の地震は $O=14^h 52^m 44^s$ を採用せる値。

表より Macelwane の走時は他のものに比し 30° 附近を除く他一般に早く、且つ其差は 30° より漸次 Δ と共に増し 60° 附近に於て最大となり、以後再び減

(1) B. Gutenberg and C. F. Richter, On Seismic Waves (1st Paper). Gerl. Beitr. Geophys. 43 (1935). 83 頁の表による。

少の傾向を示すことを知る。H=0 に對する Brunner 走時曲線は實際は Macelwane の走時表に P に對しては +2 秒、S に對しては +4 秒の補正を施したものであるが、このことは曲線の Δ 軸に對する傾斜には關係しない。さて上述の傾向は今回の地震に於て示された所と略々同一であつて、唯 Δ に對する走時の偏差が今回のものに於ては 50° の方が 60° に於けるよりも大となつてゐる點が異つてゐるのみである。之を走時曲線の Δ 軸に對する傾斜即ち $dT/d\Delta$ の値より見れば、前表に掲げた走時曲線は何れも Macelwane のものに對し、 30° より 60° 位迄は $dT/d\Delta$ が大で、それ以上は小である。之を要するに前表より推論される所は、Macelwane の走時表従つて Brunner の走時曲線は (1) 40° 乃至 90° 範圍に於ては一般に走時が早過ぎる (Brunner の曲線に一樣に施された +2 秒の補正を考へても) (2) 走時曲線の傾斜を異にする。走時の遲早及曲線の傾きに就て今回の地震に現はれた傾向は少くも定性的にだけはこれを以ても説明し得る譯である。但し今回の地震は前表の諸種走時曲線と深さを異にする以上、偏差の絶對量に就き同等の議論をなすことは許されないが、之等地表面震源のものに比し偏差が遙に大であることは明らかであつて、果してこの數字が上述せる Brunner の走時曲線の特異性を以て全部説明し得られるやは疑問である。茲に於て我等は此の現象を別の觀方を以て觀察する。今回の地震に於ける各相の發現時の Brunner 曲線よりの偏差を見るに何れも Δ に對して P の場合と同一の傾向を示し、 Δ が増せば Brunner の曲線上震源の深さの深いものゝ方へ向つて一樣にづれて來るが、終に P' の範圍に到れば pP \sim P、sS \sim S 等より求められた深さと發震時によるものとは一致するのを見る。之より想到される所のものは震源の大きさである。近地淺發地震の走時を調査する際我々は屢々これと類似の場合に遭遇するのであるが、之等を共に震源域の問題に歸着せしめる爲めには定量的の嚴密なる考察が必要であり、それは未だ明らかにせられてゐないけれ共、或る簡單なるモデルにより、此の傾向を定性的に導き出すことは困難なことではない。實際、震源が上下に或る擴がりを有するものとすれば、見掛け上の震源は震央に近い所程淺く、遠い所程深くなる筈であり定性的には走時曲線の示す所と矛盾しないのである。尙ほ第 2 表を仔細に觀る時は O \sim B の P 波に關係する部分と S 波に關係する部分とで

は後者の方が遙に大である。

以上要約するに観測された走時曲線の偏差は一部は比較せる Brunner の走時曲線そのものゝ偏倚として、又一部は震源域の問題と結び付けて解決さるべき可能性を有するものゝ如くである。

4. 我國各地の震央距離及記象 我國各地観測所の震央距離は次節第4表に示す如く定まる。震央距離小なる北海道では観測皆無で、又盛岡 (137.7) よりも記象しなかつた旨の報告があり、記象は仙臺 (138.7) から始まつてゐる。又震央距離大なる方は鹿兒島 (149.6) を以て極限とする。前回の地震に於ては震央距離小なる方は盛岡 (135.1) より、大なる方は臺東 (159.1) まで極めて微小乍ら記象が得られたのであつたが、今回は之に比し記象せる範囲が可成り狭められた。これは恐らく地震が小であつた爲であらう。

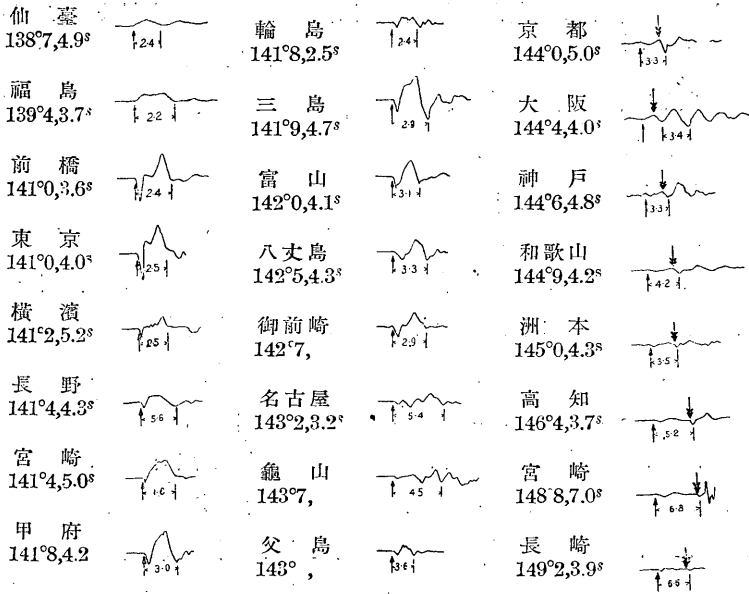
各地の記象を見るに、前回の地震の記象とは全體としての振幅に大小の差があるのみで、記象の型に於ては殆ど其趣を一にする。稍異なるのは今回は一般に波動中に不規則なものゝ目立つことである。敢て波動の週期を求めれば 3.4 秒のものが多く、且つ其上に 1 秒前後の稍定常的な短週期波動の重なつてゐる所が大部分である。又震央距離が増すと共に、波動は衝撃性の突角を失ひなだらかとなり同時に週期が延びて行く傾向が顯著である。斯く不規則な衝撃性波動を示す所が大部分であるが、中に定常波動的の記象を示す所が若干ある。例へば大阪は水平上下各成分共極めて定常波動的で、且つ週期の比較的大なる宛も遠地々震の終期部の如き記象を示し、又和歌山、福島、柿岡の水平動及び福島、輪島、彦根の水平動及び名古屋の上下動も之に近い。

初動部分は水平動に於ては大部分極めて微弱なるに反し、上下動に於ては極めて顯著である。これは震波が殆ど地表に垂直に射出される P' の領域に於ては當然のことであらう。計算に依れば焦線附近の P' 波の射出角は約 86° であるから、上下動に對する水平動の振幅の比は 0.07 位となる筈である。

第2圖に各地に於ける上下動の初動部分を震央距離の順に並示する。これは著者が各地の記象をスケッチしたものであつて、擴大率も所により一定でなく、又非常に正確なものとも云ひ難いが、一つ一つの記象に就ては可成り丹念に寫

し且つ一様に引伸すことに勉めた積りである。記象毎に震央距離、地震計の固有週期及び記象上の時間の長さ等を併記した。記象上の時間は原則として初動の發現時より特徴ある相までの長さを示すこととした。故に記象上、時間の長さを記入してある部分は各観測所に於て相對應するといふ意味ではない。

第2圖 上下動初動部分の比較(模寫圖)
 (圖の上が上動、下が下動。矢印は初動の始まりを示す)



扱て矢印を以て示せる初動の方向を見るに、仙臺及福島に於ては上動、他は大阪を除き何れも下動を示してゐる。大阪の初動は脈動と重なり判定極めて困難であるが、顯著なる相を採れば圖に示す如く上動の如く見える。京都(144.°)、洲本(145.°)間5ヶ所の記象は何れも初動の判定が困難であるが、大阪を除いては微か乍ら下動を以て始まつてゐるのを讀取ることが出来る。之に關しては更に次節に述べる。仙臺及福島の初動は共に刻時符と重なり合つた爲め、讀取上困難を感じるが、福島の上動は確かのように思はれる。圖には刻時符號を除いて示した。前橋(141.°)より八丈島(142.°5)迄は初動が極めて明瞭である。而して此の範圍に於ては初動部分の衝擊性極めて強く、記象は圖に時間の長さ

を示す部分以後は極めて微小なる振動となつて了ふ。名古屋以降に於ては記象は多少之と趣を異にしてゐる。即ち初動部分の衝撃性が弱くなり、短週期波動が消失した代りに、同じ様な振幅の振動が可成り長く續いてゐるのである。この傾向は震央距離の増加と共に益々著しい。

今回の地震の上下動の初動が前回の夫と異なる最も顯著なる點は初動が明瞭に現はれたことである。前回の地震の初動は其の一例を龜山(144.°)の初動を以て示せる如く、最初に週期約2秒の短週期の微動來り、それが2波長程續いてから週期及振幅共に大なる衝撃性の波に移つたのであつて今回の如く初動から明瞭な衝撃性波動が現はれたものではなかつた。其上、衝撃性波動の模様も今回とは若干異つてゐるのである。之等の現象に就ては他の機會に比較對照して詳しく述べる積りである。

本節最初に述べた所の記象全般に涉る各地の記象型の差異及び上に示せる初動發現様式の Δ による相違は如何なる原因に由來するものであらうかを明らかにすることは困難であるが、惟ふに之に關與する主なる因子は次の二つであらう。その一は地球の内部構造に由來するもの、その二は震波を記録せる地表の地球物理學的性質に由來するものである。前者は即ち焦線の出現と相關聯して其の附近に於ける記象の一般的傾向を支配するものであり、後者は之と獨立に觀測せる土地の特殊的偏倚を生ずるものである。而して上下動初動に於て Δ と共に變化する一般的傾向即ち衝撃性波形の漸次變形は主として第一の因子によつて起れるものなるべく、水平上下各成分の記象を通じて現はれた波動の定常性に關する部分は第二の因子によつて生じたものと如く思はれる。事實大阪、和歌山、福島、柿岡、名古屋等の各地は近地々震に於ても地方的特性の強い所と見做されてゐるのである。

P' 波の焦線出現の機構に關しては我等は未だ多くを審になし得てゐない。従つて初動の波型分布に關しても何等知る所はない。たゞ今回及前回の經驗によれば、少くも我國に於ては焦線の内側 (Δ の小なる方) より外側 (Δ の大なる方) に向ひ初動の衝撃性は漸次弱くなつて行くといふ事實が知れたのみである。この現象は或る程度迄地表面射角の變化を以て説明し得られるとしても其の凡てが之のみを以て説明し盡されるとは考へられない。寧ろ他に大なる因

子の存在せるやに思はれる。

5. 我國に於て記録せられたる諸相の走時曲線 我國各地の記象中にて讀取り得たる相の發現時或は走時を第4表に、走時曲線を第3圖に示す。

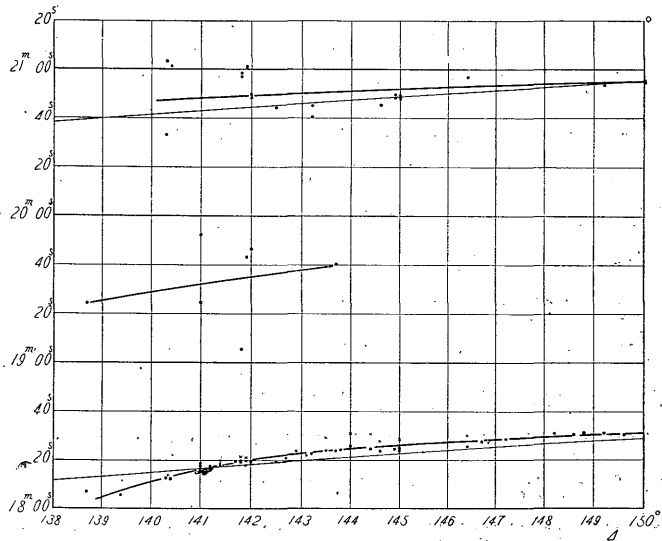
第 4 表 驗 測 表

觀測所	Δ	發震時 1 ^h	P'の 走時	Az	M _N	M _E	M _Z	記象上讀取り得る相 (括弧内は P' との走時差)
仙 臺	138.7	10 50.8	18 06.8	(+) 2.9	1.6	2.3	5.4	$e_{E19}m24.s1(1m17.s3)$
福 島	139.4	49.6	05.6	(+) 2.5	5.0	5.1	2.7	
銚 子	140.3	57.4	13.4	—	3.8	3.2	—	$i_{E20}m33.s1(2m19.s7), e_{N21}m03.0(2m49.s6)$
柿 岡	140.4	57.2	13.2	—	9.5	9.5	—	$i_{N21}m01.s5(2m43.s3)$
筑波山	140.5	—	—	—	2.7	1.2	—	
前 橋	141.0	59.6	15.6	— 7.9	3.9	6.6	16.7	
熊 谷	141.0	11 01.4	17.4	—	—	4.7	—	
東 京	141.0	02.4	18.4	— 8.6	6.7	9.2	19.2	$i_{Z19}m24.s3(1m05.s9), i_{E19}m52.s3(1m33.s9)$
横 濱	141.2	01.9	17.9	— 7.6	11.8	9.0	13.3	
横須賀	141.3	10 59.0	—	—	—	—	—	
長 野	141.4	11 01.8	17.8	— 4.2	10.5	15.5	8.3	
追 分	141.4	02.5	—	—	—	—	—	
富 崎	141.4	03.7	19.7	— 5.3	3.8	5.7	20.3	
船 津	141.7	03.2	19.2	—	—	—	—	
甲 府	141.8	02.9	18.9	— 7.3	26.7	40.0	15.7	$i_{N,E18}m21.s0(2.s1)$
輪 島	141.8	03.8	19.8	— 2.5	22.6	16.9	5.2	$i_{E19}m05.s7(45.s9), e_{Z20}m57.1(2m37.s3), e_{N20}m58.s7(2m38.s9)$
三 島	141.8	01.8	17.8	—12.2	18.0	16.3	28.6	$i_{N18}m20.s8(3.s0), e_{E19}m42.s9(1m25.s1), i_{E18}m19.s8(2.s0), i_{N,E21}m00.s6(2m42.s8)$
富 山	142.0	03.1	19.1	— 7.1	6.3	6.2	17.5	$i_{E19}m46.s2(1m27.s1), i_{Z20}m38.s0(2m18.s9), e_{N20}m49.s8(2m30.s7)$
八丈島	142.5	03.3	19.3	— 3.1	9.2	8.0	11.5	$e_{N,E20}m44.s1(2m24.s8)$
御前崎	142.7	04.2	20.2	—	—	—	—	
濱 松	142.9	07.8	23.8	—	4.5	4.6	—	
岐 阜	143.1	05.7	21.7	—	2.6	2.4	—	
名古屋	143.2	06.1	22.1	— 1.4	7.9	7.3	8.0	$e_{Z0}m40.7(2m18.s6), e_{E20}m45.s0(2m22.s9)$
彦 根	143.5	07.3	23.3	—	6.7	7.2	—	$i_{N18}m29.s0(5.s7)$
龜 山	143.7	07.4	23.4	— 1.0	5.0	3.1	8.6	$e_{Z19}m40.s2(1m16.s8)$
父 島	143.8	08.2	24.2	— 1.8	1.5	2.0	5.8	
京 都	144.0	09.4	25.2	— 0.9	2.5	4.2	6.9	$i_{N,E18}m30.s4(5.s4)$

観測所	Δ	発震時 1 ^h	P'の 走時	Az	M _N	M _E	M _Z	記象上讀取り得る相 (括弧内は P' との走時)
大阪	144.4	1108.7	1824.7	- 0.7	8.9	10.5	11.2	$i_{E18^m}30.^s3(5.^s6)$, $i_{Z18^m}34.^s5(9.^s8)$
神戸	144.6	06.9	22.9	- 0.0	1.5	2.6	7.7	$i_{N,E18^m}27.^s9(5.^s0)$, $i_{Z18^m}32.^s4(9.^s5)$, $i_{Z20^m}45.^s3(2^m22.^s4)$
和歌山	144.9	08.4	24.4	- 0.4	7.7	2.6	8.5	$i_{Z18^m}36.^s0(11.^s6)$, $e_{N20^m}48.^s2(2^m23.^s8)$, $e_{Z20^m}50.^s0(2^m25.^s6)$
潮岬	145.0	07.9	23.9	0.0	1.3	2.4	9.6	$e_{E20^m}48.^s2(2^m24.^s3)$
洲本	145.0	09.1	24.2	- 1.0	1.8	1.3	4.7	$i_{E18^m}28.^s3(4.^s1)$, $e_{E20^m}48.^s5(2^m24.^s3)$ $i_{Z18^m}36.^s4(12.^s2)$, $e_{Z20^m}49.^s5(2^m25.^s3)$
高知	146.4	09.3	25.3	- 0.6	1.2	1.0	8.6	$i_{E18^m}30.^s0(4.^s7)$, $i_{Z18^m}39.^s2(14.^s0)$, $e_{N20^m}57.^s1(2^m31.^s8)$
松山	146.7	11.3	27.3	-	2.1	3.6	-	
清水	147.3	12.5	28.5	0.0	3.3	1.6	-	
福岡	148.2	14.8	30.8	-	-	-	-	
熊本	148.6	14.3	30.3	-	(2.8)	(1.7)	-	
宮崎	148.8	14.4	30.4	0.0	(1.1)	(1.4)	(4.1)	$i_{Z18^m}51.^s0(20.^s6)$
長崎	149.2	15.0	31.0	0.0	(2.8)	(2.0)	(1.0)	$i_{Z18^m}51.^s9(20.^s9)$, $e_{Z20^m}53.^s6(2^m22.^s6)$
鹿児島	149.6	14.0	30.0	-	-	-	-	

第3圖 各相の走時曲線

太線は観測走時曲線 細線は Brunner 走時曲線 (H=640km)



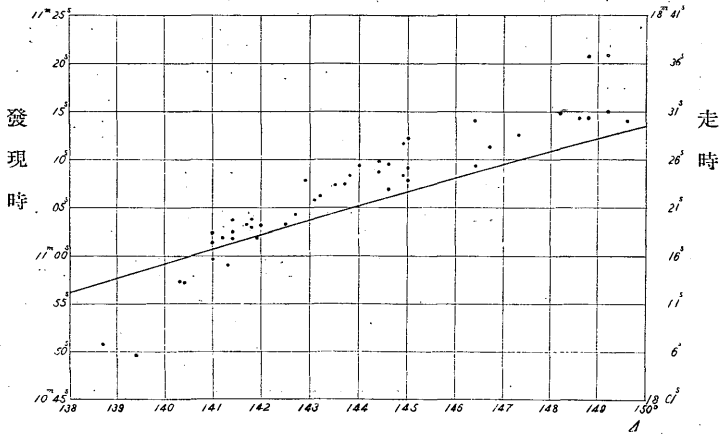
走時は既述の如く震源に於ける發震時 $O=14^h52^m44^s$ G.M.T. を採用せる場合の値である。P' 相は前節に述べた如く上下動に於て明瞭に發現したため、讀取上の誤差は極めて僅少であると思はれる。而して驗測表に示す所の發震時は大部分上下動に依つて讀取つた値である。其他の相の走時及び P' との走時差は一括して同表最終欄に掲げた。之等諸相は何れも P' の初動程に明瞭なる初動で始まつてゐない爲に讀取上の誤差を免れない。之等の相は第 3 圖に見る如く略々 3 種の相に纏めることが出来る。第 1 は發震時より 2 秒乃至 5 秒後に發現せるものであつて、水平動の記象に明瞭に現はれた第一波を捉へたものである。第 2 は發震時より 50 秒乃至 1 分 30 秒位の間に現はれた相であつて、其の勢力は P' に比して左程劣らぬものである。併し乍ら未だ其の邊では初めからの震動が可成り強く残つてゐるので、相の判定が相當困難である。第 3 は發震時より 2 分 30 秒前後に現はれた相で、初動が緩慢に始まつてゐるものが大部分であるが、既に前の震動は殆ど消失した頃に現はれてゐるので記象上波の存在は明瞭に認定し得る。従つて發現時の讀取りには若干の誤差があるとしても、相の存在は確實である。以上 3 種の相以外更に發現時の遅い若干の相を認めることが出来たが、記象が小なる爲め、或は誤ならんことを懼れて記載を避けた。

上述 3 種の相中第 1 及第 2 の相の何たるかは不明であるが、第 3 相は Brunner の走時曲線と比較して pP' (pPKP) なることを知る。此相の發現時は讀取困難の爲め區々であるが、今第 4 表に示す所の P' との走時差を Δ の如何に關せず全部平均して見ると 2^m29^s となる。實際 Δ の此の範圍では pP' \sim P' は殆ど一定であり、Brunner の走時曲線より $H=640\text{km}$ に對して求められた pP' \sim P' の平均値は 2^m27^s である。

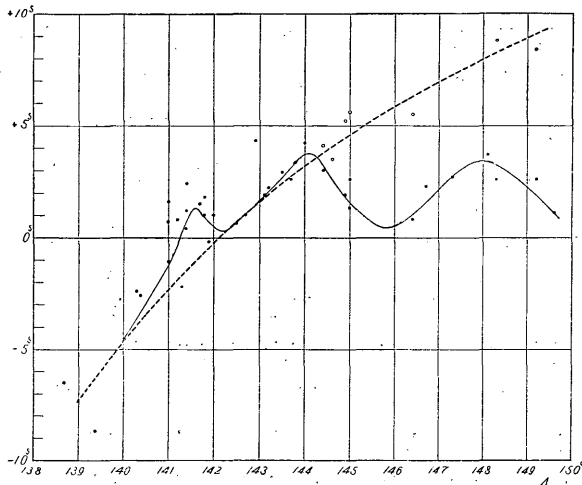
6. P' の走時曲線 前節第 3 圖に於て示せる如く觀測された P' の走時曲線は大勢に於ては Brunner の走時曲線と一致してゐると云へるが、詳細に涉つて檢すれば其間に可成りの相違を認めることが出来る。今此の差異を明瞭にせんが爲めに之等兩走時曲線の時間軸の尺度を引伸したものと及び夫等の差を第 4 圖及第 5 圖に示す。Brunner の走時曲線と觀測走時曲線との時間軸に關する上下の差異は單に震源に於ける發震時の取り方のみに依つて定まるものであ

るが、前述の如く本地震の場合は震源に於ける發震時は正確に決定することが出来ないで、こゝに於ては此の差異の吟味は不可能である。之に反し走時曲線の Δ 軸に関する傾斜は震源の發震時の決定とは全然無關係であり、こゝに問題とせる Δ の範圍に於ては Brunner の走時曲線の傾斜は Δ と共に殆ど變化しないので、走時曲線の傾斜を Brunner の曲線のそれを標準として論ず

第 4 圖 P' の走時観測値
 曲線は Brunner 走時曲線 (H=640km)



第 5 圖 (Po' ~ PB') ~ Δ 曲 線



ることは妥當性を持つ。

扱て第 4 第 5 兩圖により Brunner 走時曲線に比し觀測走時曲線の異なる點を見るに、先づ大勢に於て、觀測曲線(假想)は 144° より小なる Δ に對しては Δ 軸に對する傾きが大である。此のため 144° の所を Brunner 曲線に合はせる場合には 140° の所では發震時が約 8 秒早いこととなり、 139° では 12 秒も早過ぎる。この様な傾向は前回の地震の走時曲線に於ても明瞭に現はれ、其際注意して置いた所である。次に走時曲線を仔細に檢すれば傾斜は宛も 3 段の變化をなしてゐる如く見える、即ち震央距離 $142^\circ, 145^\circ$ 及び 149° 附近に於て $dT/d\Delta = 0$ 或は $dT/d\Delta < 0$ の如く見える所があり、走時は其の附近に於て停滯或いは後戻りしてゐるかに見える。従つて殆ど一樣な傾斜を有する Brunner の曲線に比しては第 5 圖に見られる如く著しい偏差を示す。之等 3 段の各節毎に其の始まりの部分の傾斜は略々一致して居り、何れも Brunner 曲線の傾斜よりは大である。かくの如き傾向は前回の地震に於ては顯著ではなかつた。

走時曲線の 3 段の變化の中、 145° 附近及夫以上の震央距離に於ける走時の過早は殊に顯著である。今この範圍に於ける初動の模様を前に掲げた初動圖によつて見るに、即ち、走時の過早なる大阪以西の地は即ち初動の不明瞭なる所であることを見出す。依つて今試みに圖上二重矢印を以て示せる顯著なる第二相を探り其の走時を讀取つて圖上に示す時は第 4 第 5 兩圖中○印を以て表はせる點を得、略々前の部分と連續することを見出す。併し乍ら震央距離の此の範圍に於て初動として讀取れる走時の過早なる相は記象上確かに存在するのであつて、殊に高知、宮崎、長崎等震央距離大となるに従ひ次第に明瞭となつてゐる。従つて此の第一相の存在については全然疑をさしはさむ餘地はなく、かゝる特異なる現象の原因の那邊に存在するやに就き大いに檢討の資料を提供せるものと信ずる。

走時曲線の之等大勢的及部分的特徴が假りに眞なりと假定すれば、之を生ずべき因子は前節初動の項に於てなせると同様、二方面より考へられる。即ち一は地球の内部構造に關係する部分他は地表面の地質的條件に關係する部分である、若し原因が前者に在りすれば、何故嘗て多くの人々に依つて引かれた P' の走時曲線に此の傾向が現はれてゐないかといふ疑問を生ずる。Gutenberg の

如きは震央距離の焦點に當る部分に走時曲線の折目を付け、それより震央距離(1)の小さな部分に於ては Brunner の曲線より更に走時を遅くさへとつてゐる。併しこの Pasadena 曲線なるものを見るに観測點の数が遙に少く、震央距離 1° に付き一つ或は二つの割合である。其他の各種の走時曲線に於ても P' の部位にこゝに示せる観測走時曲線よりも多くの観測點を有するものはないから、今迄のものがこゝに示せるものに對して、より完全であると斷言することは出来まいと思ふ。

之に反し若し原因が後者のみに在りとすれば、問題は標準走時曲線には關係なく、主として我國の地質構造に關係するものと云へる。我國の地殻上層に關する從來の知識と對照して観測走時曲線を觀る時、大勢の傾向に於て東北日本に屬する震央距離の小さな所が西南日本に屬する震央距離の大なる所よりも發震時の早過ぎる傾向のあることは少くも定性的には從來の知識と矛盾しない。嘗て多くの人々によつて注意された我國に於ける P 波の異常傳播の傾向とも大體の趨勢に於て一致する様である。(2) 實際若し震波の異常傳播なる現象が各土地の地質の特有性によつて起るものとすれば、震波が殆ど地表と直角に入射する P' 波に於ては、之と斜に入射し來る近地々震の P 波に比し、其の土地局所の性質がより純粹に震波中に表現される筈であり、異常傳播の傾向も一層強くなると考へられる。

以上我等は観測走時曲線の特性は結局如何なる原因に因るものなるかに就いては何等明らかにすることを得なかつたが、併しこの問題を解決し得べき有力なる鍵の存在を假定することが出来る。その鍵とは日本列島に對し本地震と略々同一の震央距離を有し而も本地震の場合とは逆の方向即ち南西の方向より震波の入射し來る地震である。著者の調査せし所によれば 1930 年以後に於て、かゝる條件を満足し而も相當の勢力を有する地震は一回も起つてゐない様であるが、若し幸にして斯の如き地震が起つたとすれば、その走時曲線は以上考へた二つの因子の何れがより有力なるかにつき明確なる判定を與へて呉れるであらう。

(1) B. Gutenberg and C. F. Richter, On Seismic Waves (1st Paper) 前出。

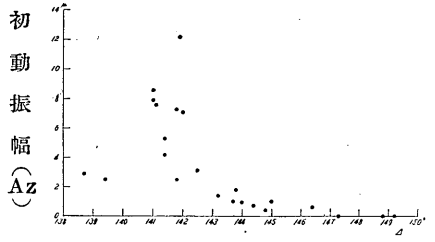
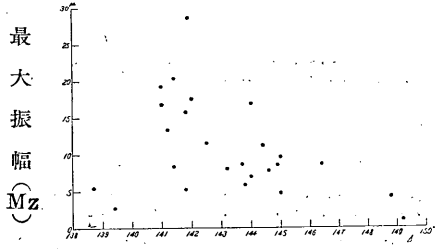
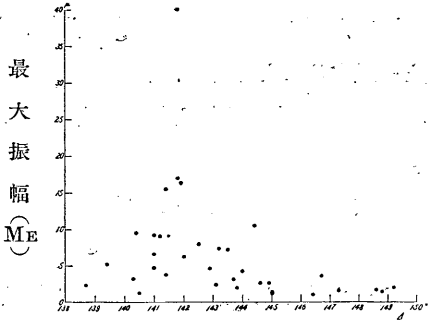
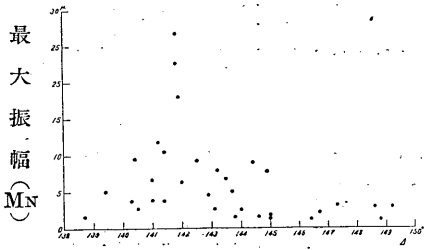
(2) 例へば飯田波事、神原健； P 波の異常傳播に就て、地震、第6卷(昭和9年)、第6號。

7. 初動及最大動の振幅 上下動の初動及水平上下各成分の最大動は第5節第4表 Az 及 MN, E, Z の項に記載せる如くである。初動は既述の如く水平動に於ては極めて微小なる爲め讀取ることが出来なかつた。

記象上の振幅を實際の地動に直すには今回は單に様に基本倍率を以て除したのみである。最大動に於ても前述の如く定常波動的なるものが少なかつたので、前回の如く振動倍率によることを避け、全部基本倍率によつた。この場合初動及最大動に對し、衝擊性波動に對する倍率の補正を施すことが考へられるが、前回の地震の際龜山の初動を二度積分して地動を求めた際の經驗によれば、衝擊の週期が地震計のそれに比し相當小なる爲め、この手續の結果地動として求められた曲線は其の形或は位相等に於て記象と大差ないものであつた、之に依つて記象を其まゝ基本倍率を以て除しても地動に近いものが得られることを知つたのである。此の經驗に徴し、今回の地震に於ても初動を基本倍率を以て除したのであるが、最大動に於ては果して基本倍率によつて得た結果が正しいものに近いか否かに就ては疑問なしとしない。併し一次近似値としては之に依るの他なく、而も各地に於ける地震計の常數が略々同様な故、各地の値を相對的に知らんとする目的の爲には之を以て十分とは云はざる迄も、過大なる誤を生ずるとは考へられない。

扱て初動 Az 及最大動 MN, ME, MZ の値は震央距離に對し第6圖に示す如く分布する。之等の分布圖を前回の地震に於けるものと比較して見るに其の大勢に於てよく一致せるを見出す。即ち焦線を示す明瞭なる振幅の極大及び其の前後に於ける振幅の減少の方式等に於て極めて類似せる所がある。圖より明かなる如く焦線の位置は 141.8° 附近で、之に震源の深さの補正を施し、地表面震源に對する震央距離に直せば 142.7° 位となる。この値は前回の 142.0° とは多少相違するけれ共、震央位置の多少の誤差を考へれば、可成り一致してゐると云へるであらう。又 Gutenberg による 1934 年の Pasadena 走時曲線の焦線距離 142.3° とは 0.4° の差異があるのみである。焦線附近に於ける振幅の變化が、焦線より前に於ては比較的緩やかで、焦線を過ぎると急激に減少する傾向は前回の場合と同様で、極めて顯著である。即ち所謂内核の蔭に入り込む震波は焦線附近に於ては勢力に於て決して小なるものではない。併し乍ら蔭の部分に於て

第 6 圖



は焦線より遠ざかると共に振幅は急激に小さくなるが、明るい方では或る程度迄減少して後は最早減少しないかに見える。

今回の地震に於ては前回の如く振幅の震央距離に對する波狀の分布は明らかでなかつた。これは或は地震の勢力が前回のものに比し小であつた爲めに避くべからざる讀取上の誤差が存在したからではないかと思ふ。尤も MN 曲線に於ては斯の如き分布傾向が若干存在するやに見える。尙ほ今回は前回第二の大なる極大を生じた 147° 附近に丁度觀測所がなかつたので、此の現象は認められなかつた。又今回は九州地方に於ては記象が近地々震と重なつた爲め最大振幅はその前の部分に於て求めることを餘儀なくされた。

8. 結語 以上述べ來つた所を總括すれば、今回の調査の結果は次の如くである。

(1) 震央、震源の深さ及震源に於ける發震時に對し夫々次の値を得た：

$$\varphi_0 = 8.3^{\circ}S, \lambda_0 = 70.6^{\circ}W; H = 640\text{km}; O = 15^{\text{h}}53^{\text{m}}01^{\text{s}} \text{ G.M.T.}$$

但し震源に於ける發震時には可な

りの誤差を免れない。

(2) 世界各地よりの報告により各相の走時曲線を引き、之を Brunner の走時曲線と比較し、其間に著しい差異の存することを認めた。此の差異につき吟味及考察を試みた。

(3) 我國各地の記象型を調べ、特に上下動の初動については模寫圖を示して各地の記象の類似點と相違點とを明らかにした。

初動は仙臺及福島を除く他は殆ど全部の觀測所に於て下動であつた。

(4) 我國各地の記象に於て讀取られた P' , pP' 其他の相につき走時曲線を作り吟味を加へた。我國に於ける $pP' \sim P'$ の平均値は Brunner の走時曲線より震源の深さ 640km として得られる値と一致することを認めた。

(5) 我國に於ける P' の走時曲線が Brunner の走時曲線と異なる點を觀察し、前者の特異なる形につき考察を加へた。

前回の地震に於て注意せる走時曲線前半（蔭に當る部分）の走時の過早を今回の地震に依つて確め得た。

(6) 初動及最大動の振幅が震央距離によつて變化する有様を調べ、焦線の存在を確認した。今回の地震によつて求められた焦線の震央距離は地表面震源の場合に直し 142.°7 となる。

振幅曲線の形狀を吟味し、焦線の内外側に於ける振幅分布の差異につき述べた。

終りに臨み御懇篤なる御指導を賜つた岡田臺長、藤原博士、松澤博士及本多博士に深厚なる謝意を表し、有益なる御忠言を戴いた本臺地震掛諸氏に厚く御禮申上げる。

(昭和 11 年 10 月 22 日)