

昭和 10 年 5 月 31 日 日本海中部の深発地震調査報告

竹 花 峰 夫

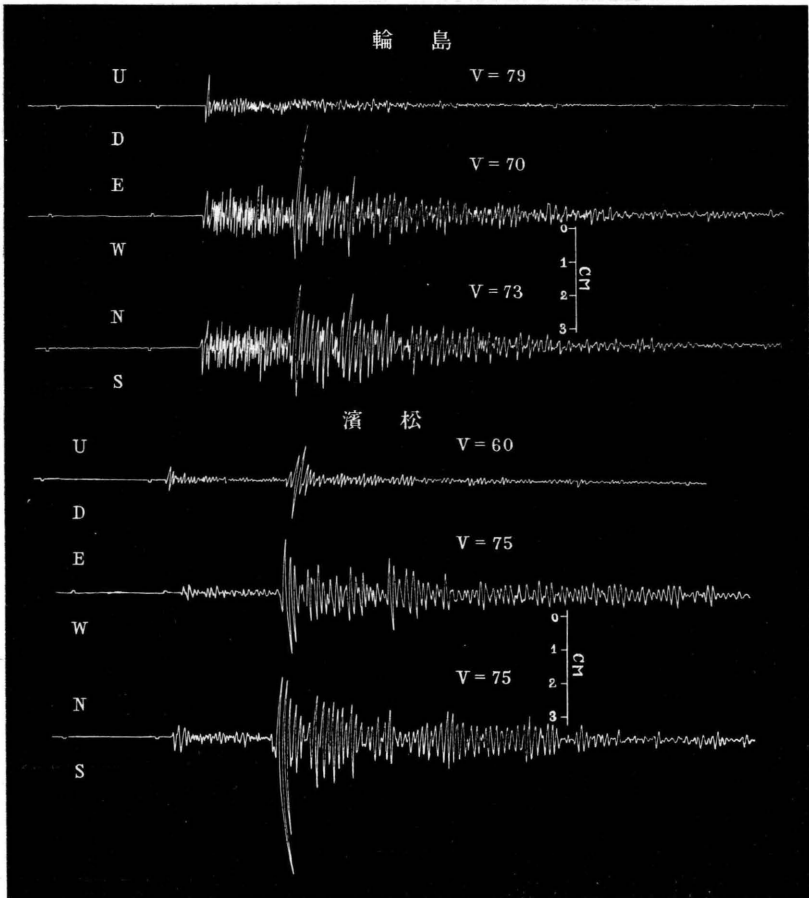
1. 緒言 昭和 10 年 5 月 31 日 17 時 19 分頃日本海中部，能登の北西約 300 軒の沖合に震源の可なり深い地震が発生した。地震の規模は餘り大きくは

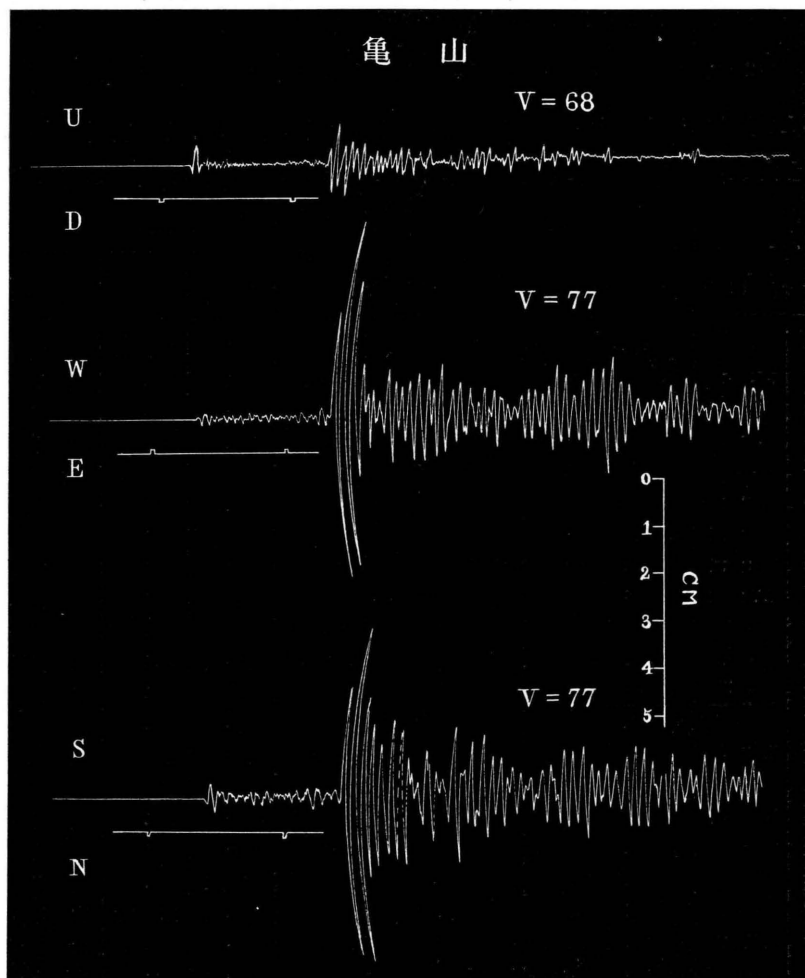
第 1 表 日本海中部の地震走時驗測結果

観測所	P;17 ^h	P~S	P~ScS	Δ km	観測所	P;17 ^h	P~S	P~ScS	Δ km
	<i>m s</i>	<i>m s</i>	<i>m s</i>			<i>m s</i>	<i>m s</i>	<i>m s</i>	
輪 島	19 44.5	52.3	12 53.7	296	御前崎	20 05.6	1 12.0	—	588
豊 岡	48.2	54.1	12 46.7	351	筑波山	06.0	1 09.8	12 28.4	607
富 山	49.0	55.9	—	357	福 島	06.2	1 09.4	12 28.8	575
濱 田	52.1	59.5	—	453	三 島	06.3	1 10.2	12 28.	591
伊吹山	52.4	58.8	12 46.3	423	東 京	06.5	1 06.1	—	610
彦 根	52.8	58.1	(12 44.)	426	柿 岡	06.7	1 08.6	12 27.3	607
京 都	52.8	58.8	—	431	潮 岬	06.9	1 08.9	12 28.2	604
神 戸	53.4	1 01.6	12 39.5	458	仙 臺	07.7	1 09.5	12 26.6	602
岐 阜	54.3	59.5	12 41.5	438	水 戸	07.8	1 11.4	12 27.7	626
長 野	56.0	1 01.0	12 42.1	429	横 濱	08.6	1 06.0	—	615
龜 山	56.3	1 01.0	12 40.5	479	京 城	08.8	1 10.4	—	625
名古屋	56.6	1 01.5	—	468	福岡(支)	09.0	1 14.0	—	644
大 阪	56.6	1 01.0	—	462	盛 岡	10.3	1 11.5	—	627
廣 島	56.8	1 03.0	—	497	仁 川	12.0	1 14.0	12 25.7	665
洲 本	57.1	1 02.1	12 40.3	488	富 崎	13.4	1 11.8	—	666
追 分	57.8	1 03.4	12 39.4	476	銚 子	14.3	1 14.0	12 24.4	689
和歌山	57.9	1 03.0	12 38.0	502	熊 本	15.8	1 16.9	—	716
前 橋	59.0	1 06.	—	511	札 幌	16.5	1 22.8	12 14.8	789
甲 府	20 01.1	1 06.6	—	530	長 崎	18.9	1 23.0	—	760
松 山	01.7	1 04.0	12 35.3	545	宮 崎	22.0	1 21.0	12 15.5	785
宇都宮	02.0	1 08.2	—	569	富 江	24.9	1 25.8	—	824
熊 谷	02.1	1 04.5	—	552	八丈島	28.5	1 24.4	—	812
濱 松	02.9	1 05.7	12 34.0	553	大 連	52.5	1 47.0	—	1070
船 津	03.2	1 06.8	—	552	根 室	56.7	1 48.5	(11 56.)	1103
高 知	03.5	1 06.9	12 31.5	570	名 瀨	21 02.4	1 55.6	(11 42.)	1215
秋 田	04.1	1 09.3	(12 25.)	539	父 島	25.9	2 21.5	11 22.9	1495
釜 山	04.1	1 09.0	—	596	臺 北	22 11.	2 53.	—	1917
沼 津	05.5	1 12.2	—	583	恒 春	39.5	3 13.6	—	2242

なく、彦根、柿岡、小名濱、釧路等で異常的に微震を感じた程度に過ぎず、震央の東、南及西の三方を圍む本州及び朝鮮の各地測候所で大體明瞭に記録されたが、遠隔の觀測所では辛うじて相の判別し得るか、又は全然驗測出來ない所もあつた。ScS波も各處で觀測されたが一般に振幅は極めて小さく、従つて其の發現時刻も正確には讀取り難いものもあつた。著者は各測候所の御厚意に依り本臺宛御送附下された、本地震の原記象紙又は複寫等に基き調査した結果の概要を報告する。

昭和 10 年 5 月 31 日 日本海中部深發地震記象 (I)

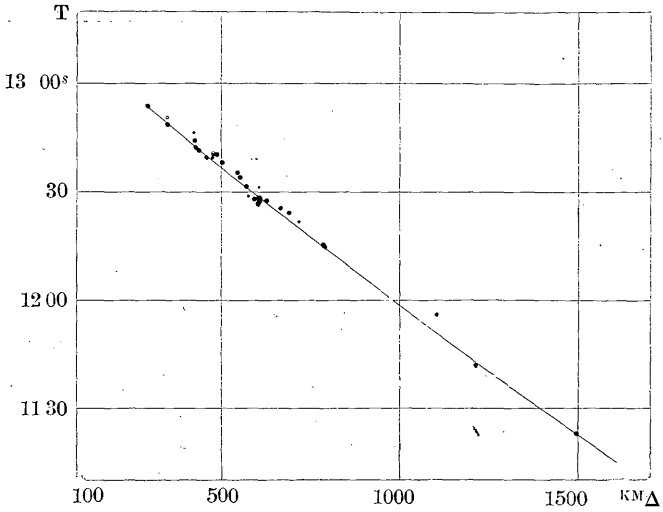




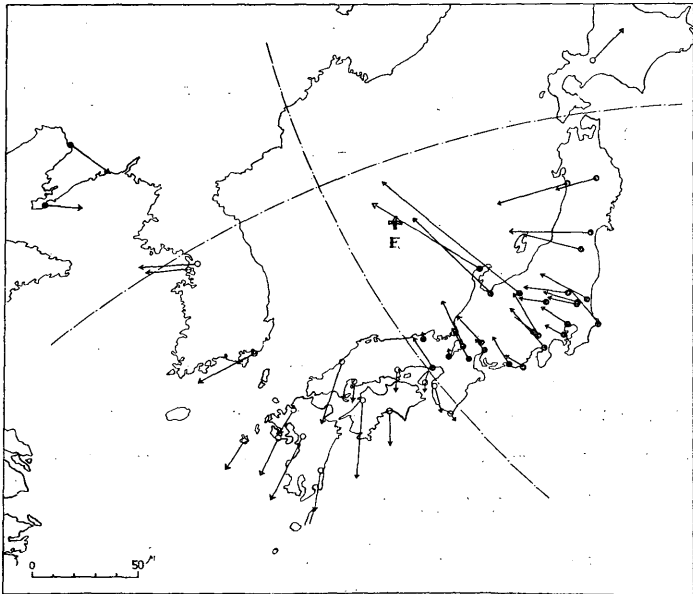
2. 震央及び震源の深さの決定 震央が陸地を離れてゐるために正確に震央を決めることは少々困難であるが、等發震時線或は等初期微動線の中心を定める作圖法に依り大體 $134^{\circ}00' E, 38^{\circ}40' N$ と求められた。

次に P, P~S, P~SeS 等の走時曲線を作成し、之れに基いて震源の深さは (i) P 波に就て和達、鷺坂、益田三氏が計算された、震源の深さ夫々 400 km,

第1圖 P~ScS 走時差曲線



第2圖 日本海中部の地震 P 波初動分布圖 (E は震央、線の長さは水平成分の大きさに比例する、黒點は疎波、白點は密波を表はす鎖線は P 波の節線)



450 km, 500 km に對應する走時表と比較して、之の地震の走時は 450 km と 500 km との中間で 500 km のものと割合に良く適合する、故に内挿法に依り 490 km と求められた。(ii) P~S 走時差曲線に就て、鷺坂氏と著者が計算した P~S 表と同様に比較して 430 km と求められた。(iii) ScS 波に就て和達、益田兩氏の走時表と同様に比較して 440 km と求められた。即ち以上の 3 方法に依つて求めた震源の深さにはかなりの相違があるが、大體平均の値を採つて震源の深さを 460 km と決定した*。

3. 初動分布及發震機構 各地のウィーヘルト式地震計に依り記録された P 波初動の分布を大いさに比例して地圖上に記入して見ると第 2 圖の如くなる。

圖中 E は震央、黒點は疎波、白點は密波なることを示す、即ち 2 本の節線に依つて大體 4 象限に分たれ、略々東西の兩象限では疎波の區域、南北の象限は密波の區域となつてゐる。斯様な P 波初動の地表に於ける象限型分布は本多技師が嘗て“b”型として示されたものと同一であつて、著者が曩に調査報告した琵琶湖附近の深發地震とも全く同一の發震機構で説明される。

第 3 圖に於て H を震源とし、H の周りに小さな球を考へ、球面と H を通る鉛直線との交點を E、H を過り互に直交する 2 つの面 AOC, BOD を P 波の

節面とする。その 2 平面の交線 OH が鉛直線 EH をなす傾角は實測値に基き 35° と求められた。同様にして EOH 面と BOD 面とのなす角は 43° と求められた。

今球面上の任意の點 P に就て考へると

$$\angle PEO = \varphi, EP = \theta$$

$$\widehat{OE} = 35^\circ, \angle EOD = 43^\circ$$

BOD 面を $\Phi = 0$ の面と考へ

$$\angle POD = \varphi, \widehat{OP} = \theta$$

とすると球面三角形 OEP から、 Θ, Φ は θ, φ の函數として與へられる。即ち

$$\cos \Theta = \cos \theta \cos 35^\circ + \sin \theta \sin 35^\circ \cos \varphi \dots\dots\dots(1)$$

$$\sin(43^\circ \sim \Phi) = \frac{\sin \theta \sin \varphi}{\sin \Theta} \dots\dots\dots(2)$$

* 氣象要覽には震央 134°2E, 38°6N, 震源の深さは約 450 軒と與へられてゐる。

第2表 日本海中部の地震P波初動

観測所	初 動			合成値	計算値	観測所	初 動			合成値	計算値
	N	E	Z				N	E	Z		
輪 島	+32.9	-50.0	-64.6	88.1	57.8	御前崎	+ 6.9	- 9.2	-20.0	23.1	26.9
豊 岡	+ 2.7	0.0	- 7.5	8.0	10.5	筑波山	+ 4.4	-13.1	-18.7	23.3	44.2
富 山	+37.5	-35.0	-117.0	127.8	56.8	福 島	+10.6	-30.5	-35.1	47.7	45.6
濱 田	-28.4	- 9.4	+47.0	55.7	30.6	三 島	+20.0	-14.0	-14.0	28.1	36.4
彦 根	+21.7	- 8.7	-19.6	30.5	22.8	東 京	+ 9.1	-12.0	-29.2	32.9	41.4
京 都	+ 3.3	0.0	- 5.0	6.0	13.1	柿 岡	+ 5.8	-15.4	-12.0	20.4	44.0
神 戸	+14.0	- 9.0	-16.0	23.1	1.2	潮 岬	- 4.6	+ 2.5	+18.2	18.9	4.8
岐 阜	+12.8	-11.1	-34.4	38.4	30.9	仙 臺	+ 3.1	-38.2	-36.2	52.7	40.3
長 野	+55.5	-62.0	-80.9	116.1	53.7	水 戸	+14.1	-20.8	—	(44.0)	43.2
龜 山	+15.6	- 5.2	-24.6	29.6	18.4	横 濱	+ 5.3	- 7.8	-38.9	40.0	39.1
名古屋	+ 5.9	- 3.3	- 6.3	9.2	27.5	京 城	- 3.0	-27.0	—	(47.6)	2.6
廣 島	-12.5	+ 1.2	+ 8.5	15.2	30.8	福岡(支)	-15.4	- 8.7	+38.0	41.9	36.4
洲 本	- 5.0	- 0.9	+ 5.9	7.8	6.5	盛 岡	- 4.2	-20.0	-11.0	23.2	24.7
和歌山	-12.9	+ 3.4	+ 7.9	15.5	3.6	仁 川	- 3.1	-20.3	+22.5	28.8	1.4
前 橋	+ 2.7	-12.5	-34.2	36.5	49.8	銚 子	+15.0	-11.0	-17.0	25.2	38.1
甲 府	+ 9.1	- 6.9	-16.1	19.7	41.8	熊 本	-29.8	-15.4	+37.1	50.0	35.7
松 山	-37.0	- 3.0	+40.0	54.6	30.1	札 幌	+13.0	+15.0	+ 5.5	20.5	23.0
宇都宮	+ 3.0	-21.0	- 9.0	23.0	47.3	長 崎	-17.3	- 8.3	+17.2	25.8	34.2
濱 松	+13.3	- 7.0	-20.0	25.0	26.2	宮 崎	-20.0	- 2.9	+25.0	32.2	33.7
高 知	-17.5	0.0	+21.0	27.3	25.7	富 江	-13.4	- 8.2	—	(27.5)	31.1
秋 田	- 7.3	-34.2	-21.7	41.2	29.9	營 口*	-12.0	+ 2.0	—	—	—
釜 山	-14.3	-26.5	—	(52.8)	28.6	大 連	0.0	+18.8	—	(33.0)	8.0

註：上下動の観測値の無いものは計算と比較する都合上1.7なる係数を掛けて合成値とした。

θ, φ は震央距離や震央に對する観測所の方位等から容易に計算出来る量で、之から (1), (2) に依り Θ, Φ を算出することが出来る。

地表に於けるP波初動の合成振幅を ϑ_p , S波初動の Θ 方向の水平成分を ϑ_θ , Φ 方向の水平成分を ϑ_ϕ とし、地上で震央に對する radial 及び transverse の水平成分を夫々 $\vartheta_{sr}, \vartheta_{st}$ で表はすと

$$\vartheta_p = \sqrt{U_p^2 + W_p^2} (13.2 \times 10^{-2}) \sqrt{\frac{\sin \theta}{\Delta \sin e_0 \Delta}} \sin^2 \Theta \sin 2\Phi \cos(pt - hr) \dots (3)$$

$$\vartheta_{sr} = U_{sv} 5.20 \times 10^{-2} \sqrt{\frac{\sin \theta}{\Delta \sin \epsilon_0 d \Delta}} (\vartheta_{\sigma} \cos \varphi - \vartheta_{\Phi} \sin \varphi) \cos(pt - kr) \quad (4)$$

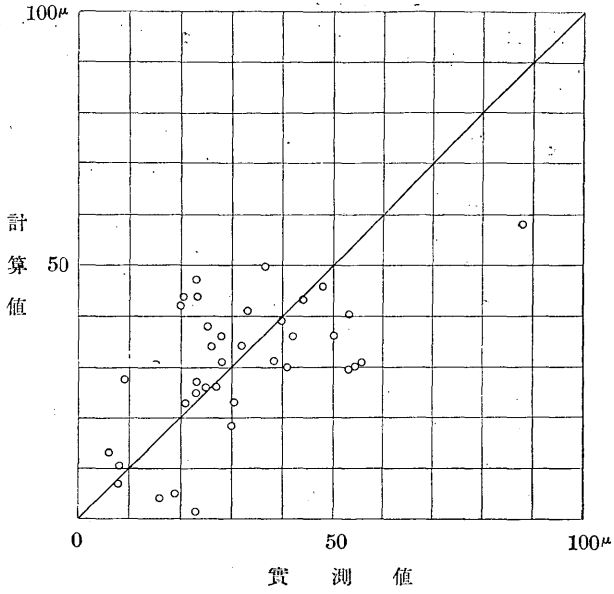
$$\vartheta_{st} = -2 \times 5.20 \times 10^{-2} \sqrt{\frac{\sin \theta}{\Delta \sin \epsilon_0 d \Delta}} (\vartheta_{\sigma} \sin \varphi - \vartheta_{\Phi} \cos \varphi) \cos(pt - kr) \quad (5)$$

$$\begin{cases} \vartheta_{\sigma} = \sin \Theta \cos \Theta \sin 2\Phi \\ \vartheta_{\Phi} = \sin \Theta \cos 2\Phi \end{cases}$$

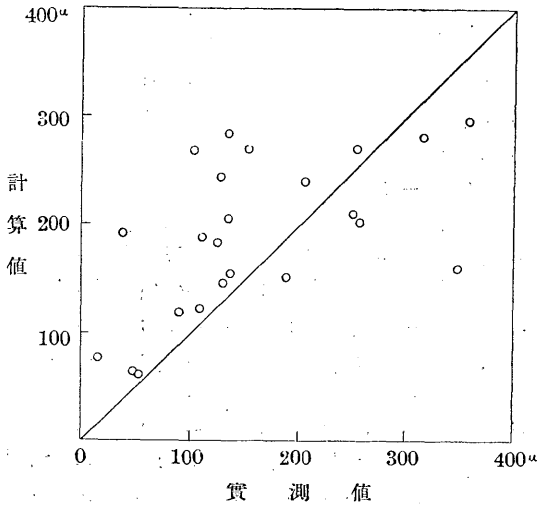
第 3 表 S 波 初 動

観測所		S 波 初 動		合成値	計 算 値		合成値
		N	E		ϑ_{st}	ϑ_{sr}	
豊岡		- 268	- 258	358	- 266	+ 132	237
富山		- 267	- 224	348	- 157	+ 32	160
彦根		- 132	- 216	253	- 256	+ 82	269
京都		- 117	- 63	133	- 262	+ 110	284
神戶		- 185	- 255	315	- 247	+ 135	281
岐阜		- 102	- 73	126	- 237	+ 58	244
長野		- 290	- 88	303	- 101	+ 13	102
龜山		- 300	- 312	433	- 247	+ 90	263
甲府		- 156	- 104	187	- 147	+ 34	151
御前崎		- 100	- 235	256	- 191	+ 66	202
筑波		- 32	+ 35	47	- 52	+ 37	64
三島		- 135	微小	135	- 146	+ 48	154
柿岡		- 33	+ 41	52	- 49	+ 36	61
濱田		- 41	- 117	124	- 71	+ 180	193
廣島		- 16	- 33	37	- 96	+ 166	192
洲本		- 104	- 135	152	- 228	+ 143	269
和歌山		- 71	- 73	102	- 233	+ 134	268
松山		- 20	- 108	110	- 115	+ 149	188
高知		- 56	- 120	133	- 149	+ 140	205
潮岬		- 171	- 112	204	- 213	+ 111	240
仁川		- 78	+ 102	120	+ 132	- 75	145
秋田		+ 170	+ 184	250	- 200	+ 67	210
根室		+ 68	+ 84	108	- 52	+ 110	122
大連		- 9	+ 12	15	+ 52	- 56	77

第 4 圖 日本海中部の地震 P 波初動の
計算値と實測値との比較

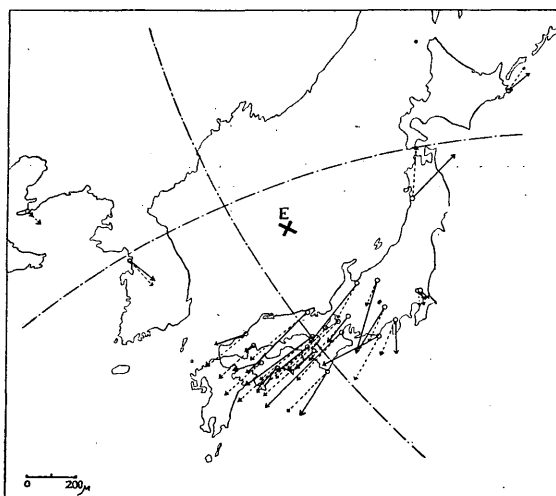


第 5 圖 日本海中部の地震 S 波初動の
計算値と實測値との比較



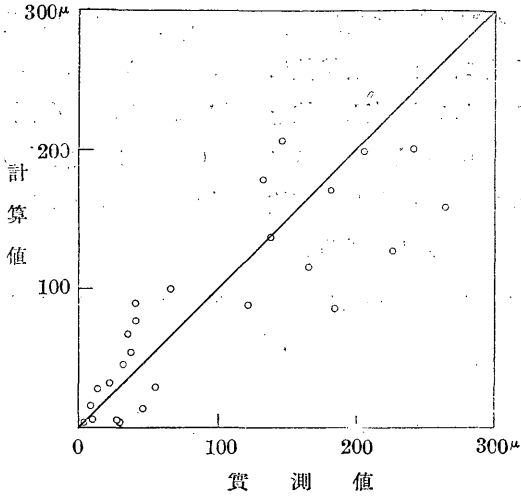
で表はされる。上式に於て $\mathcal{Q} = -1.70 \times 10^5$ 纏² として計算した結果を實測値と比較表示したものが第 2 表及び第 3 表で、第 3 表では S 波初動の水平成分を比較してある、比較に便なる様計算値は Θ , Φ 方向の成分から、震央を原點とする θ , φ 方向の成分に引き直した値を表示してある。第 4 圖及び第 5 圖は之等の値の比較を圖示したものであつて、第 6 圖は S 波初動の水平成分を地圖上に記入したもので矢の實線は實測値、點線は計算値である。兩者の方向及び大いさは可なり良く一致してゐる。

第 6 圖 日本海中部の地震 S 波初動の計算値と實測値との比較
(實線は實測値、點線は計算値)



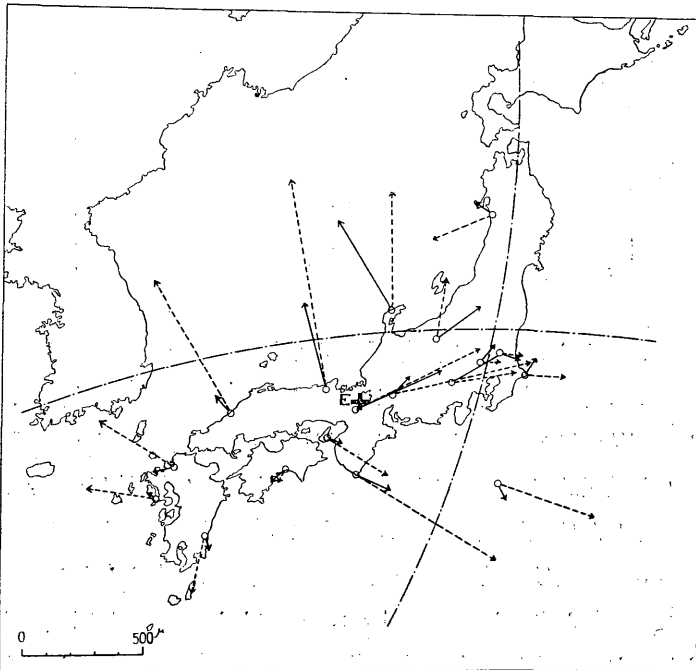
附、昭和 7 年 7 月 25 日琵琶湖附近の深發地震の P 及び S 波振幅の計算
本地震に就ては前に著者が調査報告したのがあるが、前報告に於ては P 波の計算値と實測値の個々に就ては比較しなかつたから、此處に個々の觀測所に對して計算した結果及び、更に S 波に就て新しく計算した結果を併せて報告する。前に決定した値を其の儘用ひて、震央は $135^{\circ}52'E$, $35^{\circ}13'N$, 震源の深さは 360km , 第 3 圖に於ける軸 OH の傾きは前報告では 52° としたが稍訂正して 53° , $\angle EOD = 36^{\circ}$ とすると、 $\mathcal{Q} = -4.00 \times 10^5$ 纏として前節と同様に計算して實測値と比較したものが第 4 表及び第 5 表で、P 波に就て圖示したものが第

第 7 圖 琵琶湖附近の地震 P 波初動計算値と實測値との比較



第 8 圖 琵琶湖附近の地震 S 波初動計算値と實測値との比較

(E は震央、實線は實測値、点線は計算値、線の長さは水平成分の大きさに比例する)



7 圖で、S 波初動の水平成分の實測値と比較して地圖上に記入したものが第 8 圖である。

第 4 表 琵琶湖附近の地震 P 波初動

観測所	初 動			合 成 値	計 算 値	観測所	初 動			合 成 値	計 算 値
	N	E	Z				N	E	Z		
京 都	+7.5	+12.5	-175.0	181	171	熊 谷	微	小			1
彦 根	+26.4	+3.6	-224.0	226	127	濱 田	+4.9	+16.2	-63.5	66	100
龜 山	+31.0	-27.0	-280.0	283	131	東 京	微	小			5
岐 阜	+5.2	-61.0	-173.0	184	86	富 崎	同				16
神 戸	+86.0	-35.0	-222.0	241	200	柿 岡	微,	微,	+9.0	9	2
豊 岡	-2.5	+19.1	-164.0	165	115	八丈島	+18.6	-17.2	+26.6	37	54
和歌山	+7.0	+5.0	-205.0	205	198	銚 子	微,	+4.3,	+9.4	10	6
洲 本	+53.3	-0.6	-134.5	145	206	福 島	微	小			2
潮 岬	+61.2	-3.5	-122.5	137	136	福 岡	+5.8	+20.0	-35.4	41	77
甲 府	+2.5	-24.4	-39.0	46	13	熊 本	+30.0	+50.0	-106.0	121	88
輪 島	+22.6	+8.1	+50.0	55	29	宮 崎	+22.5	+13.8	-31.7	41	90
長 野	-4.0	+2.9	-21.3	22	3	長 崎	+12.5	+17.5	-27.7	35	68
沼 津	-3.0	+19.0	-20.0	28	5	秋 田	+	+	+		6
三 島	-微,	-15.0	-24.7	29	4	盛 岡	SW3.8, SE0.0,	-1.6		4	4
高 知	+35.7	+41.5	-120.0	132	178	富 江	+7.0	+18.7	-25.0	32	46
松 山	+47.0	+119.0	-231.0	264	158	仁 川	+2.4	-9.5	+9.5	14	28

第 5 表 琵琶湖附近の地震 S 波初動

観 測 所	S 波 初 動		合 成 値	計 算 値		合 成 値	Δ km
	N	E		∂_{ϕ}	∂_{θ}		
京 都	+151	+356	387	-324	-522	614	25
岐 阜	+68	+71	98	-9	+591	591	84
豊 岡	+373	-77	381	-782	+442	898	101
洲 本	-26	+65	70	-40	-290	292	130
潮 岬	-75	+153	170	-609	+338	697	196
甲 府	+95	+200	222	+11	+273	274	249
輪 島	+380	-203	431	+158	+469	495	258
長 野	+120	+193	228	+166	+199	260	261

観測所	S波初動		合成値	計算値		合成値	Δ km
	N	E		ϑ_{φ}	ϑ_{θ}		
高知	- 49 ^μ	- 64 ^μ	81 ^μ	- 23 ^μ	+ 59 ^μ	64 ^μ	279
熊谷	+ 71	+ 66	97	+ 51	+107	118	334
濱田	+ 68	- 60	91	-577	+264	635	346
柿岡	- 42	+ 88	98	+ 49	+ 78	92	407
八丈島	- 71	+ 34	79	- 93	+421	431	439
銚子	+ 66	+ 62	91	+ 41	+174	179	450
福岡	- 17	- 82	84	-283	+231	365	532
宮崎	- 59	+ 24	64	-148	+198	247	546
長崎	+ 13	- 23	26	-161	+216	269	614
秋田	+ 51	- 56	76	+136	-222	260	624

之等を比較して見ると P 波の初動は可なり良く一致してゐるが、S 波の初動では方向は可なり一致してゐるにも關らず第 8 圖に見る如く大いさは計算値の方が實測値よりも平均約 2 倍位大きい結果となつた。

終りに臨み本文を草するに當り種々御教示下された本多技師に厚く御禮申上げる。
(昭和 10 年 12 月)

引用文献

- (1) 和達, 鷺坂, 益田: 氣象集誌第 10 卷第 8 號。
- (2) 鷺坂, 竹花: 驗震時報第 8 卷第 4 號。
- (3) 和達, 益田: 中央氣象臺歐文彙報第 8 卷 187 頁。
- (4) 本多; 同上 第 5 卷 314 頁。
- (5) 竹花; 驗震時報第 7 卷第 1 號。