

瀬戸内海における有感地震の一調査*

—岡山, 高松, 広島, 徳島, 松山における一点観測による震源決定の精度—

安 井 豊**

550.340

An Investigation of Earthquakes felt in Seto-naikai
The Accuracy of Epicenter Determination from a Single Station Observation

Y. Yasui

(Okayama L. M. O.)

Abstract

In the preceding papers (Vol. XXIX No. 2), the author checked the accuracy of epicenter determination from observational data at a single station in Kyushu.

In this paper, the same conclusions are obtained at Okayama, Takamatsû, Hiroshima, Takushima and Matsuyama.

§ 1 岡山における調査

1 ま え が き

緊急の場合には気象庁・管区気象台よりの震源電報を待たずにその地の一点観測により震源を推定する必要がある場合がある。それによる誤差がどれぐらいあるかにつき筆者はかつての宮崎在勤時代に宮崎・大分・下関・阿蘇山・熊本・鹿児島・屋久島・名瀬の各地について調査し、あわせて九州の地震特性・地殻構造について若干の知識を得たので、岡山転勤を機として岡山について同様な調査を行ったのが本稿である。これに引続き四国・中国の各地についても同様な調査をいたしたい。

2 資 料

昭和26年(1951)夏に岡山測候所で験震が再開されてより昭和38年(1963)までの岡山における有感地震について調査した。発震時、 P - S 、最大振幅、初動要素、体感などは全部原簿のものを採用し、震源は気象庁の地震

月報に記載されているものをそのまま採用したが、震源が地震月報に記載されていないものについて筆者が各地の資料より推定したものもある。

これらの資料から、和達走時表によって岡山の P - S がいくらになるかを求めて、それを実測 P - S で除した P - S 百分比、岡山の初動値より求めた水平入射方向と震源との方向差(震源より岡山に向ってその右偏から入射したものを正值、左偏から入射したものを負値にとる)、および岡山の初動より本多弘吉の方法により直線的に入射したものとしての計算深度を求めた。

3 使用地震計

岡山の地震計は倍率約40倍の普通地震計であり、昭和31年(1956)までは上下動はなかった。したがってそれまでの初動押し引きは水平初動より推定したものがとってある。

4 数の諸調査

岡山における有感地震の発生数はTable 1に示すごとく1年間平均約10箇であり、その年別・月別発生数には特に注目に値するような分布は見当らない。

* Received Dec. 17, 1964

** 岡山地方気象台

Table 1 Number of earthquakes felt at Okayama

year month	1951	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	total
I	/	2	3	0	0	2	0	0	2	1	0	1	0	11
II	/	1	1	0	0	2	3	1	0	0	1	0	1	10
III	/	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	4	10
IV	/	0	1	1	1	0	0	3	0	1	5	2	1	15
V	/	2	2	3	2	0	0	0	1	1	6	0	2	19
VI	/	0	2	1	4	1	1	2	0	0	1	0	0	12
VII	/	1	2	0	4	0	0	2	0	0	1	1	1	12
VIII	/	1	2	0	2	0	1	2	0	1	1	1	0	11
IX	2	0	2	0	2	0	0	1	0	0	0	0	1	8
X	3	2	0	0	3	1	1	0	0	0	2	0	0	12
XI	3	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	6
XII	0	0	0	0	3	1	0	1	1	0	0	0	0	6
sum	(8)	10	15	6	21	7	8	14	4	5	18	6	10	132

Table 2 Number of earthquakes felt at Okayama in successive hours

time	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	sum
1951							1	2		1	1				1						2					8
52	2	1			1								1	2			1						1	1		10
53					1	2					1		1					2	1	2	1	1	1	2		15
54	1				1											1	1	1					1			6
55	1	2	1	1	1	2					1	1		1	2	1					1	1	3	2		21
56			1					1				1		1	1								1	1		7
57		1			1			1				1		1				1				1		1		8
58			3	1		1			1				1				1			1	2		1	1		14
59								1						1	1									1		4
60		1	1						1				1		1											5
61	1			1	1	1	3				1				1	2					1		3	1	2	18
62	1				1	1								1		1							1			6
63	1	1			1	1							1	1		1		1						2		10
year total	7	4	7	3	8	4	7	6	2	2	2	2	4	5	8	8	6	3	5	1	6	6	11	10	7	132
*	6	6	6	6	5	6	6	5	3	2	3	4	6	7	7	6	5	3	4	4	4	8	9	9	8	—

(* : moving average for 3 hours)

発震時別分布は Table 2 に示すようであり、これまた特別な分布は認められない。

すなわち岡山における有感地震には特に発生しやすい年周期とか月とか時刻というものはない。しかし筆者の宮崎における日向灘等の地震調査の経験からすれば、岡山での有感地震でも震央が海中であるものについては潮汐時の影響を受けているかも知れないが、今回はそれにつ

いては調査しなかった。

5 性質の諸調査

上記 132 箇の有感地震の中、震度IVが 1、IIIが 5、IIが 34 箇あるのみで残りの 92 箇は I であり、岡山は地震の数はそれほど少ない所ではないが、強い地震はきわめてまれな所であるといえよう。

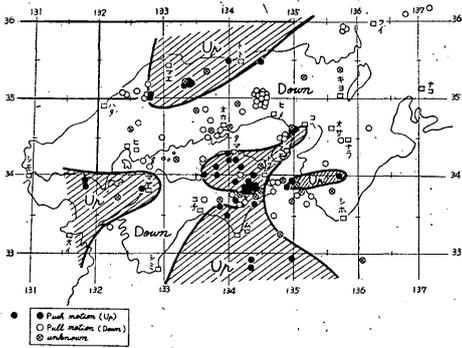


Fig. 3 Epicenters and their initial motions observed at Okayama.

うようにあらわれているが、これは九州の地震の調査で判明したごとく、この地帯では浅い地震が少なく、深い地震が多いわけではなく、深い地震ほど遠地への伝搬が良好なためと解すべきであろう。しかし中国・四国・近畿では前述周防灘一帯と紀伊水道・奈良・和歌山県一帯を除けば浅い地震ばかりであるとはいえず。総じてほしい同一地域の地震はほぼ同じ深さで生じているといえる。

岡山での有感地震の震央はその絶対多数が岡山より 300 km 以内の距離のものであり、300 km を越えるものは種子島・屋久島付近の深さ 100 km 以上のものが少数あるだけである。

なお岡山では規模・距離からみて有感でありそうな地震のほとんどすべてが有感として感じているが、四国南西部のものは無感であった。何か地震波動伝搬を阻害するとき層が四国南西部にあるかのごとき感をいさせる。

8 初動の押し引きの分布

岡山での有感地震の岡山における初動の押し引きの分布を Table 1 より拾ってみれば Fig. 3 に示すようになっている。

これによれば九州におけると同様に同一地域に生ずる地震の初動の押し引きはだいたい一定している。すなわち全体としては押しが比較的が多く、押しの分布は岡山北方の山陰道と周防灘より四国北部をめぐって淡路島に至る地帯および室戸岬周辺の四国とその南方の南海道沖であり、その他の地方は引きとなっている。何が故にこういう分布を示しているかは他の地震計設置個所についても同様な調査を行わなければ何ともいえないが、このように地域ごとにはっきりと押し引きがわかれているのには何かの理由がある。

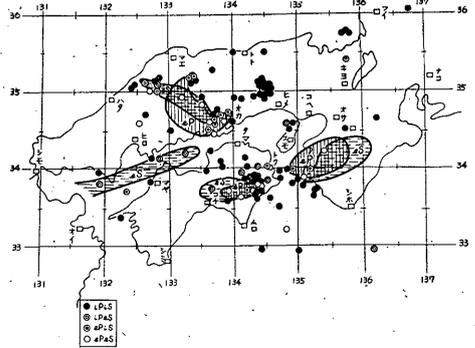


Fig. 4 Distribution of epicenters classified according to the commencements *i* or *e* of *P* and *S* at Okayama.

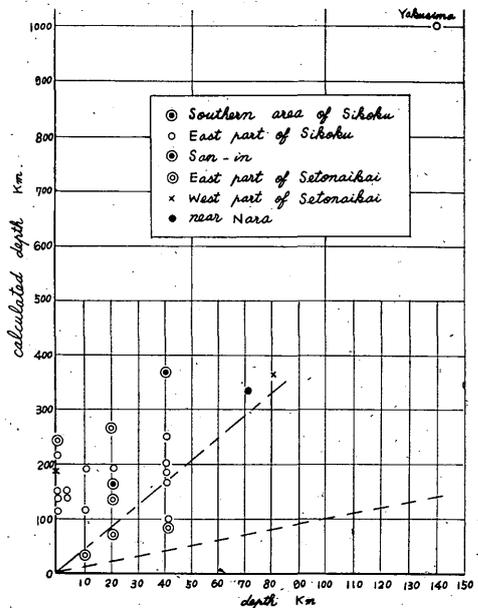


Fig. 5 Comparison between a calculated depth from 3 apparent components of initial motion at Okayama and that given by J. M. A. or C. M. O.

9 *P* 相と *S* 相の型

岡山での有感地震の岡山における地震記象の *P* および *S* 相の型の震央別分布を調べると Fig. 4 のごとくなり、その絶対多数は *iP*, *iS* である。すなわち *eP* のものは備中南部より備後北部にわたる地帯、室戸の北方一帯と紀伊の一部にあらわれるのみで、*eS* のものは上述 3 地帯とほぼ合致した地帯および安芸灘より周防灘にわたる地帯にみられるのみである。したがって *eP*, *eS* として現われるものは備中南部、室戸岬北方の小地域と和歌山県中部にあらわれるのみである。

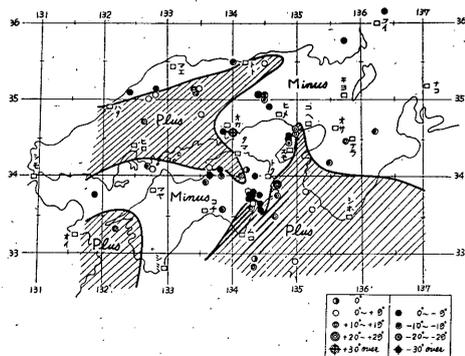


Fig. 6 Distribution of epicenters classified according to angle ranges between direction of epicenter and of initial horizontal motion at Okayama.

10 真深度と計算深度との関係

地震波動は通常震源より地面に対して concave の経路を通して入射する。したがって初動3要素より垂直入射角を計算してそれを震源まで直線的に延して求めた計算深度は真深度よりはるかに大きくなるべきが当然であることは前に九州の地震調査で述べたとおりである。

岡山に3成分地震計が設置されたのは最近であるから、岡山では十分な調査はできないが、岡山で九州におけると同様な調査をした結果は Fig. 5 に示した。これまた前同様な結論が得られた。

11 初動偏角

2で述べた真震央の方角と岡山での初動よりとった方角との角度差—初動偏角—の分布は Fig. 6 に示すようになっており、九州での諸調査と同様に地域ごとにだいたい同じ値を示している。

すなわち偏角の正域は中国地方および紀伊水道以南の地域であり、偏角の負域は四国と近畿となっている。そして偏角の絶対値は大部分が $\pm 10^\circ$ 以内であるから、実際の場合には初動はまず真値を示しているとみてよい。淡路島東部と西部で正負域が交代しているのは興味が深い。

12 P-S 走時表による誤差—P-S 比

2で述べた岡山での P-S 比の分布は Fig. 7 に示すようになっており、九州での諸調査と同様に同一地域におけるそれはだいたい同一値を示すことが判明した。

すなわちだいたい 100 ± 10 以内であり、100以上の値は山陽道、瀬戸内海より丹後に連った地帯（これは九州

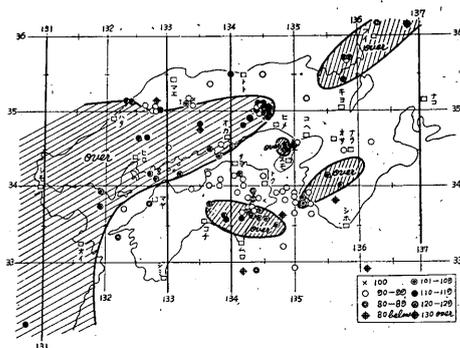


Table 4 Number of earthquakes felt at Takamatsu

month year	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Total
1942	0	1	1	0	0	0	1	2	0	0	1	0	6
43	1	0	7	2	3	1	0	0	39	12	0	0	65
44	2	1	1	1	1	3	2	1	0	0	0	2	14
45													
46	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	9	15
47	19	6	4	5	2	2	2	6	1	0	1	4	52
48	0	0	2	2	2	5	1	1	2	1	3	1	20
49	1	1	1	0	2	0	2	1	2	1	3	1	15
50	0	1	1	2	0	0	0	1	1	0	1	0	7
51	0	1	2	0	0	0	0	1	2	2	1	0	9
52	1	1	2	0	2	0	1	1	1	2	1	0	12
53	1	1	0	0	1	1	2	1	1	1	0	1	10
54	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	5
55	0	0	0	2	2	3	3	1	3	3	0	3	20
56	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	3
57	2	1	0	0	1	1	1	0	1	2	0	0	9
58	0	0	2	1	0	2	1	0	1	0	1	1	9
59	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	4
60	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	7
61	0	1	1	3	2	0	1	2	1	2	0	0	13
62	1	0	1	2	0	0	1	1	1	1	0	0	8
63	0	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	4
(1942-63) Sum 1	32	17	29	22	23	20	20	21	57	29	13	24	307
(1949-63) Sum 2	(10)	(8)	(13)	(12)	(15)	(9)	(13)	(10)	(14)	(15)	(8)	(8)	(135)

Table 5 Number of earthquakes felt at Takamatsu classified according to Seismic intensities

year	Intensity					Total
	I	II	III	IV	V	
1942	6	0	0	0	0	6
43	45	14	4	2	0	65
44	?	?	1	1	0	14
45						
46	10	2	?	?	1	15
47	32	18	2	0	0	52
48	15	3	2	0	0	20
49	6	4	2	0	0	12
50	3	3	1	0	0	7
51	8	1	0	0	0	9
52	10	1	1	0	0	12
53	8	2	0	0	0	10
54	4	1	0	0	0	5
55	15	4	1	0	0	20
56	2	1	0	0	0	3
57	6	4	0	0	0	10
58	7	2	0	0	0	9
59	4	0	0	0	0	4
60	4	2	1	0	0	7
61	9	3	1	0	0	13
62	5	2	1	0	0	8
63	3	0	1	0	0	4
(1942-63) Sum 1	202	67	18	3	1	305
(1949-63) Sum 2	(94)	(30)	(9)	(0)	(0)	(133)

Table 6 Number of earthquakes felt at Tokatu in Succesive hours

Time	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	6	4	9	3	7	4	8	8	5	2	3	4	5	8	5	3	5	3	0	4	5	13	13	6	
*	5	6	5	6	5	5	7	7	5	3	3	4	6	6	5	4	4	3	2	3	7	10	11	8	

(* moving average for 3 hours)

Table 7 Number of earthquakes felt at Takamatsu, classified according to $P-S$ intervals and the natures of ground motion

nature of ground motion	$P-S(sec)$																								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
very quick			1	2			1	1		2	2		1	2											
quick					1		2	1	5	4	2	5	2	3	3	3	2	6			1				
slow							1	1	2	1	1	1		1	1	2	1	2							
unknown				1		2	2	4	9	5	2	5	4	2	1	3	4	2	1	1					
sum	0	1	3	1	2	6	7	16	12	7	12	8	6	5	8	7	10	1	2	0					
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	35	40	45	50	sum										
				1						1					14										
	1	3								1		2	1	48											
		1										1	3	17											
	1			1								1	3	54											
	2	4	0	0	2	0	0	0	0	2		4	5	133											

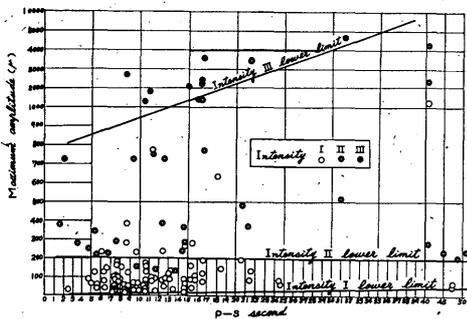


Fig. 8 A relation between maximum amplitude and seismic intensity at Takamatsu.

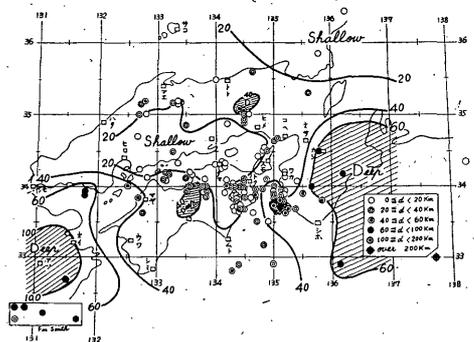


Fig. 9 Distribution of epicenters classified according to the depth of hypocenters of earthquakes felt at Takamatsu.

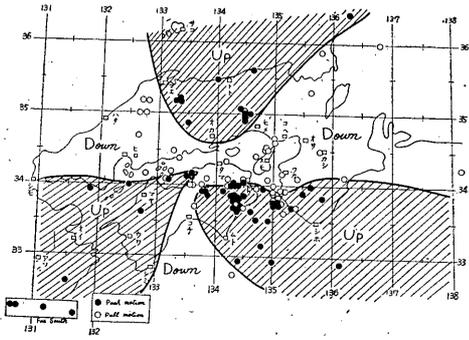


Fig. 10 Epicenters and their initial motions observed at Takamatsu.

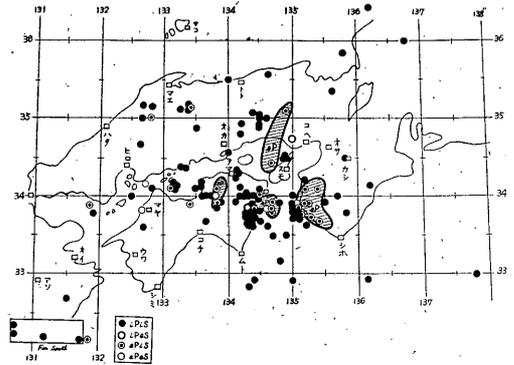


Fig. 11 Distribution of epicenters classified according to the commencements i or e of P and S at Takamatsu.

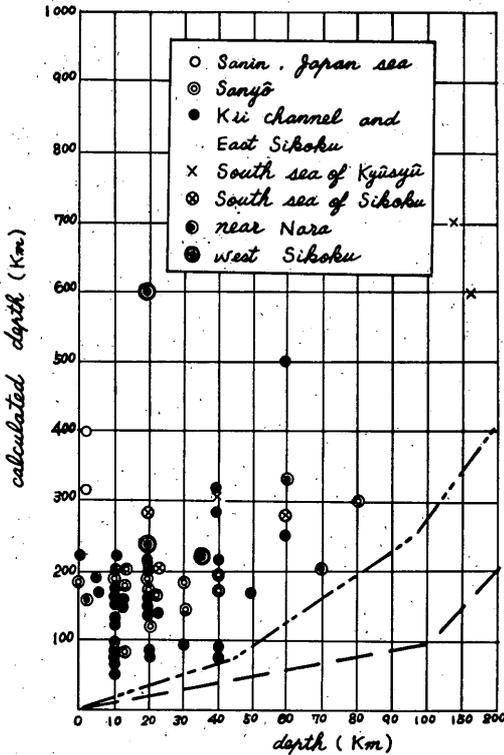


Fig. 12 Comparison between the calculated depth from three apparent components of initial motion at Takamatsu and that given by J. M. A. or C. M. O.

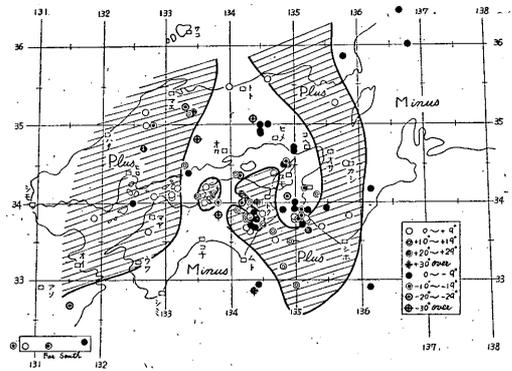


Fig. 13 Distribution of epicenters classified according to angle range between direction of epicenter and of initial horizontal motion at Takamatsu.

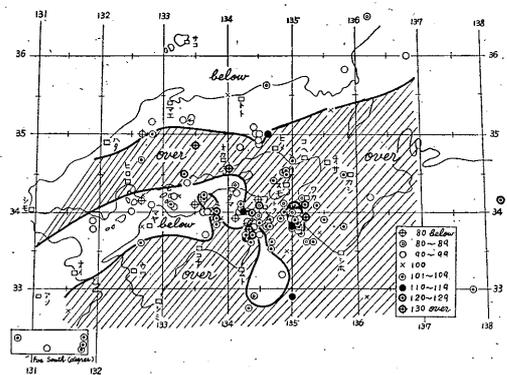


Fig. 14 Distribution of epicenters classified according to percentage ratios of P~S time by Wadati's table to that observed at Takamatsu.

Table 8 Number of earthquakes felt at Hiroshima

month	year															Total
	1949	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	
I	2				3		1	1		1	2			1		11
II			1					2			1	1	1			6
III		1	1					3			1	1			1	8
IV		2			3		1					1		1	2	10
V	1			1	2	2	1				1	1			1	10
VI					1		3		1							5
VII	1			1	2	1	1	1					1			8
VIII			1				1		1			1	2			6
IX		2	2	1		1	2			1		1		1	1	12
X	2	1	1			1			1			1				7
XI				1				1	1					1		4
XII					2	1	1				1					5
Sum	6	6	6	4	13	6	11	8	4	2	6	7	4	4	5	92

Table 9 Number of earthquakes felt at Hiroshima classified according to Seismic intensities

year	Intensity			Total
	I	II	III	
1949	4	1	1	6
50	6	0	0	6
51	6	0	0	6
52	3	1	0	4
53	4	9	0	13
54	5	1	0	6
55	8	3	0	11
56	5	3	0	8
57	3	1	0	4
58	1	1	0	2
59	5	1	0	6
60	3	4	0	7
61	3	1	0	4
62	2	1	1	4
63	4	1	0	5
Total	62	28	2	92

Table 10 Number of earthquakes felt at Hiroshima in Successive hours

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	3	7	2	3	2	2	4	6	1	1	3	5	1	3	4	2	3	6	2	8	2	7	9	7	
*	6	4	4	2	2	3	4	4	3	2	3	3	3	3	3	3	4	4	5	4	6	6	8	6	

(* : moving average for 3 hours)

Table 11 Number of earthquakes felt at Hiroshima classified according to $P-S$ intervals and the natures of ground motion

nature of ground motion	$P-S(sec)$										Total	
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45		50
very quick	7	7	1	1			1					17
quick	9	24	10	3	1					1		48
slow		1		3		2	2					8
unknown	1	6	2		3		3		1	1		17
Table	17	38	13	7	4	2	6		1	2		90

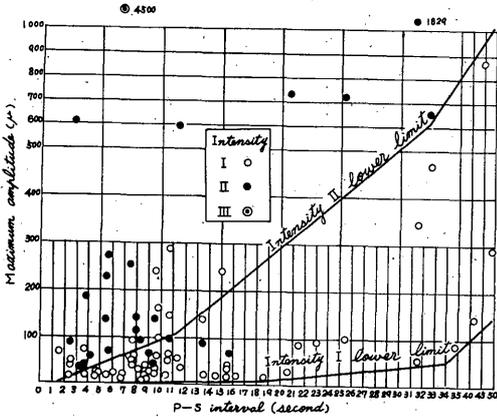


Fig. 15 A relation between maximum amplitude and seismic intensity at Hiroshima.

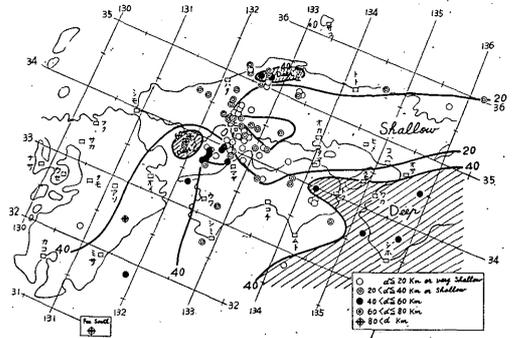


Fig. 16 Distribution of epicenters classified according to the depth of hypocenters of earthquakes felt at Hiroshima.

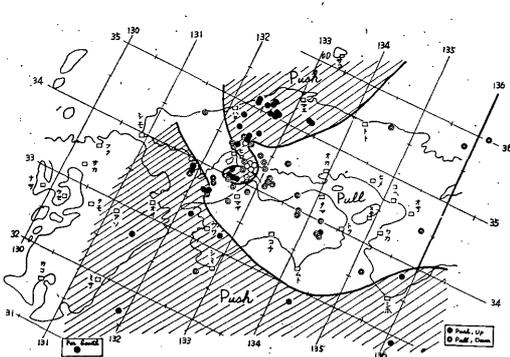


Fig. 17 Epicenters and their initial motions observed at Hiroshima.

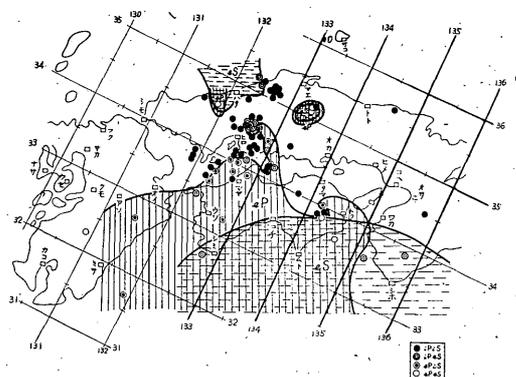


Fig. 18 Distribution of epicenters classified according to the commencements i or e of P and S at Hiroshima.

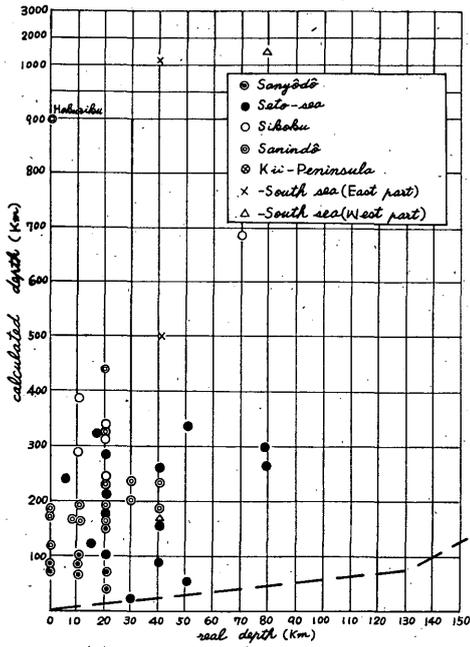


Fig. 19 Comparison between the calculated depth from 3 apparent components of initial motion at Hiroshima and that given by J. M. A. or C. M. O.

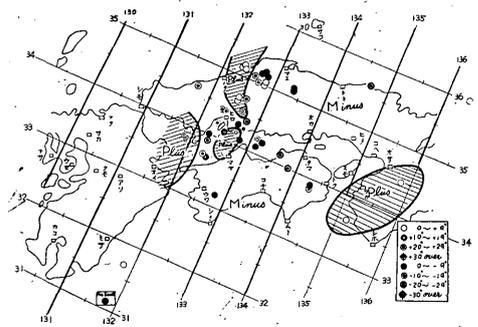


Fig. 20 Distribution of epicenters classified according to angle ranges between direction of epicenter and of initial horizontal motion at Hiroshima.

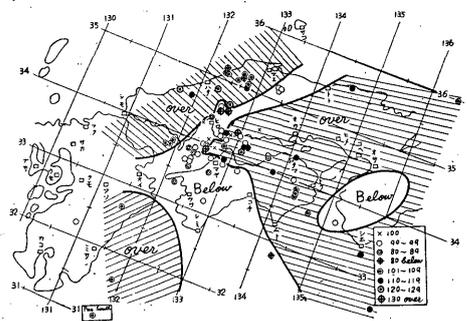


Fig. 21 Distribution of epicenters classified according to percentage ratios of $P \sim S$ time by Wadati's table to that observed at Hiroshima.

Table 12 Number of earthquakes felt at Matsuyama

year	1949	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	total
month																
I	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	1	0	2	0	8
II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	3
III	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	2	7
IV	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	6
V	1	0	0	1	1	2	1	0	0	0	0	1	1	0	2	10
VI	0	0	0	0	1	0	2	0	0	1	1	1	0	1	0	7
VII	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	7
VIII	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3
IX	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	4
X	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	4
XI	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	6
XII	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	5
sum	6	6	1	4	6	5	5	2	0	2	6	7	7	8	5	70

Table 13 Number of earthquakes felt at Matsuyama classified according to seismic intensities

Intensity	year															total
	1949	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	65	61	62	63	
I	1	6	1	2	3	1	2	1	0	1	5	4	5	8	2	42
II	4	0	0	2	1	4	1	0	0	0	1	3	2	0	2	20
III	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	6
IV	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
unknown	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
sum	6	6	1	4	6	5	5	2	0	2	6	7	7	8	5	70

Table 14 Number of earthquakes felt at Matsuyama in Successive hours

time	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	4	2	5	1	2	4	1	3	0	1	3	1	6	7	1	2	4	0	1	1	6	9	5	
*	3	2	4	3	3	2	2	3	1	1	1	2	3	5	5	3	2	2	2	1	3	5	7	5	

(* moving average for 3 hours)

Table 15 Number of earthquakes felt at Matsuyama classified according to $P-S$ intervals and the natures of ground motion

nature of ground motion	$P-S(sec)$											sum
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
very quick		1	11	2	2	0	2	0	0	0	0	19
quick		3	17	3	7	5	4	3	1	0	1	44
slow		0	0	0	1	1	3	0	0	0	2	7
total		4	28	5	10	6	9	3	1	0	3	70

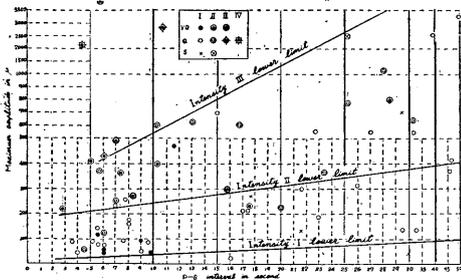


Fig. 22 A relation between maximum amplitude and seismic intensity at Matsuyama.

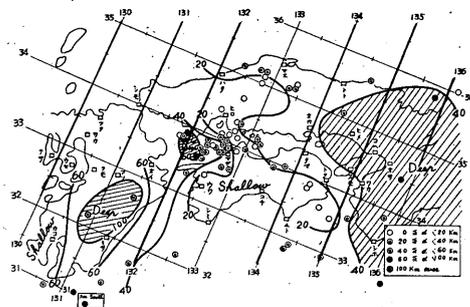


Fig. 23 Distribution of epicenters classified according to the depth of hypocenters of earthquakes felt at Matsuyama.

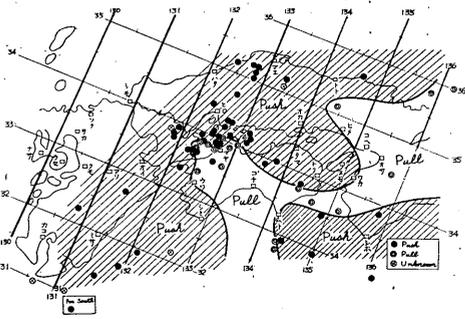


Fig. 24 Epicenters and their initial motions observed at Matsuyama.

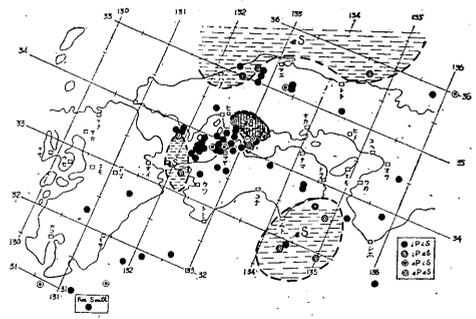


Fig. 25 Distribution of epicenters classified according to the commencements i or e of $P\sim S$ at Matsuyama.

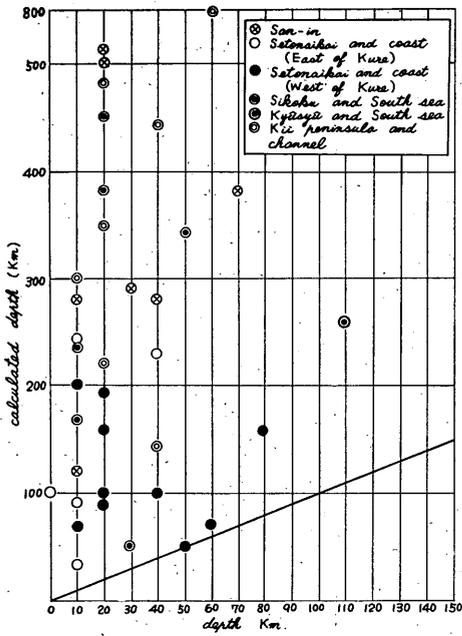


Fig. 26 Comparison between the calculated depth from 3 apparent components of initial motion at Matsuyama and that given by J. M. A. or C. M. O.

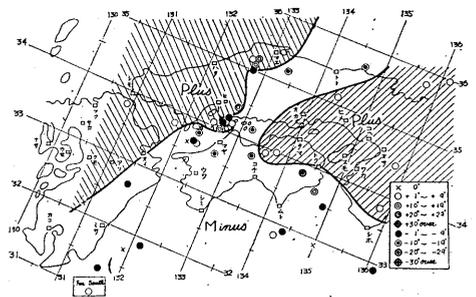


Fig. 27 Distribution of epicenters classified according to angle ranges of direction of epicenter and of initial horizontal motion at Matsuyama.

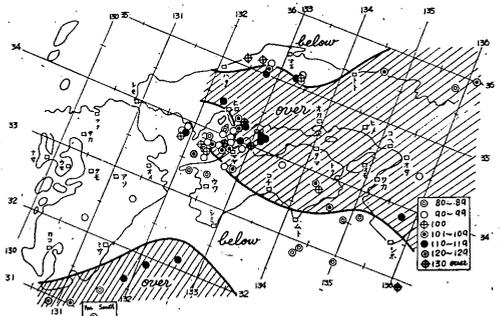


Fig. 28 Distribution of epicenters classified according to percentage ratios of $P\sim S$ time by Wadati's table to that observed at Matsuyama.

Table 16 Numrer of earthquakes felt at Tokushima

month	year															
	1949	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	total
I	5	2	1	1	4	0	0	1	1	0	2	1	1	1	1	21
II	4	1	4	0	0	1	0	2	2	0	0	0	1	0	0	15
III	4	2	3	1	2	1	0	0	1	1	2	1	1	1	2	22
IV	1	3	1	0	1	2	3	0	1	3	1	1	0	2	2	21
V	1	1	0	1	1	3	4	0	1	2	1	0	2	0	0	17
VI	0	0	3	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	11
VII	2	1	0	1	2	0	5	1	0	0	1	1	2	2	2	20
VIII	3	2	1	1	1	0	2	0	1	0	0	1	1	1	0	14
IX	4	1	2	0	3	0	2	0	0	1	0	0	2	3	0	18
X	1	2	1	2	1	0	4	1	1	1	1	2	2	1	0	20
XI	2	2	2	3	2	0	1	1	2	1	2	0	0	0	0	18
XII	2	1	0	0	0	0	4	1	0	0	2	1	0	1	0	12
sum	29	18	18	10	18	8	26	7	11	10	13	9	12	13	7	210

Table 17 Number of earthquakes felt at Tokushima classified according to seismic intensities

Intensity	year															
	1959	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	sum
I	18	14	14	7	17	6	15	5	6	6	8	5	5	7	4	137
II	8	2	4	2	1	1	7	1	4	3	5	2	7	5	2	54
III	0	2	0	0	0	1	3	1	1	1	0	2	0	0	1	12
IV	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	3
unknown	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
sum	29	19	18	10	18	8	26	7	11	10	13	9	12	13	7	210

Table 18 Number of earthquakes felt at Tokushima in successive hours

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	10	8	11	10	7	8	15	6	6	7	6	10	8	8	11	8	8	8	5	7	11	13	12	7	
*	8	10	10	9	8	10	10	9	6	6	8	8	9	9	9	9	8	7	7	8	10	12	11	10	

(* moving average for 3 hours)

Table 19 Number of earthquakes felt at Tokushima classified according to $P\sim S$ intervals and the natures of ground motion

nature of ground motion	$P\sim S$ (sec)																				un-known	sum
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
very quick	3	6	4	2		1	1	1	1		1					1						
quick	5	6	5	1	12	24	8	8	6	5	6	2	5	1	3	3			1	2	1	
slow		1		2	1	2	1	4	3	1	2	1	1	1			2			1	1	
unknown		2		1	2	3	2	5	1	2	1	2	1	2								
sum 1	8	15	9	6	15	30	12	18	11	8	10	5	7	6	1	4	2	1	3	2		
sum 2				53					79					29					12			

	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	45	50	60	70	un-known	sum
																										5	26
1								1				1											1			4	112
1 1 1			1			1		1	1												2			2	2		36
										2	1											2				7	36
2 1 1			1			1		2	1	2	2										2	2	1	2	2	16	210
4								6					2						2			2	1	2	2	16	210

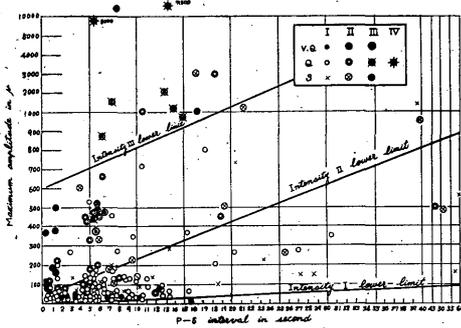


Fig. 29 A relation between maximum amplitude and seismic intensity at Tokushima.

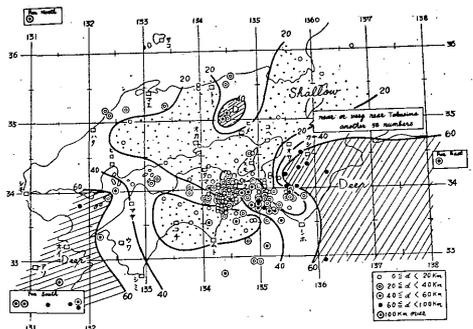


Fig. 30 Distribution of epicenters classified according to the depth of hypocenters of earthquakes felt at Tokushima.

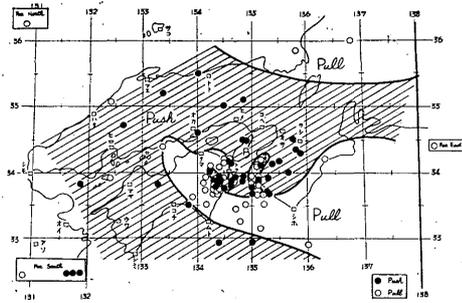


Fig. 31 Epicenters and their initial motions observed at Tokushima.

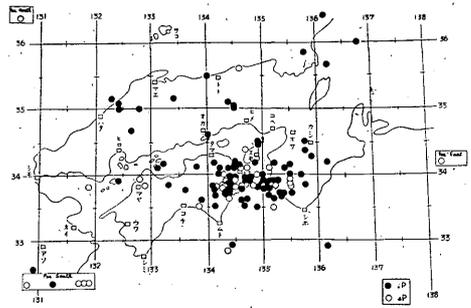


Fig. 32 Distribution of epicenters classified according to the commencements i or e of P and S at Tokushima.

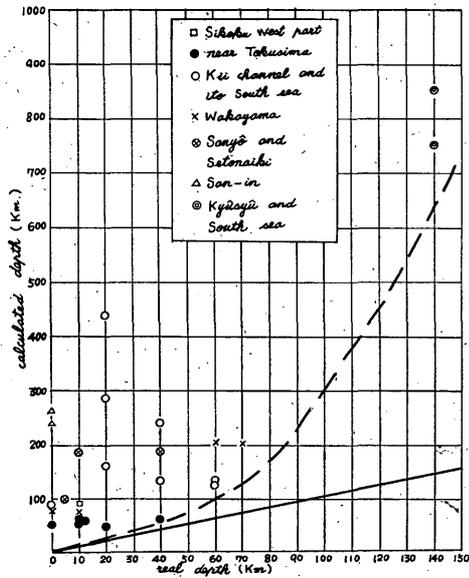


Fig. 33 Comparison between the calculated depth from 3 apparent components of initial motion at Tokushima and that given by J. M. A. or C. M. O.

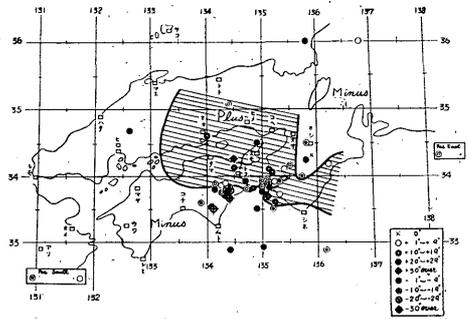


Fig. 34 Distribution of epicenters classified according to angle ranges between direction of epicenter and of initial horizontal motion at Tokushima.

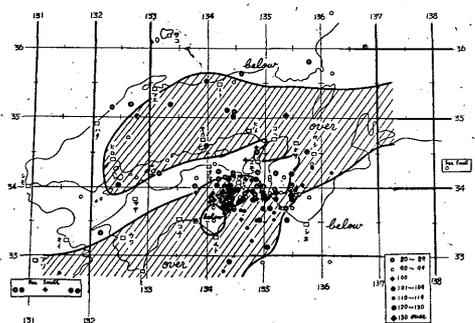


Fig. 35 Distribution of epicenters classified according to percentage ratios of $P \sim S$ time by Wadati's table to that observed at Tokushima.

同様な調査を行った。同地方気象台の験測資料は昭和17年(1942年)より残っているが、昔のものは発震時と震度のみしか記入されておらぬものが多いし、また同気象台にウィーヘルト式地震計が設置されたのは昭和26年9月1日よりであり、他所の調査とも関連するので本調査では昭和24年よりの Table 4 記載の有感地震のみに限ることとした。

以上をまとめると、高松における有感地震の調査でも他所における調査と同じような結果が得られた。すなわち

- (i) 震源の深度、初動の押し引き、記象型、 $P-S$ 比、初動偏角は地域ごとにだいたい一定している。
- (ii) したがって高松における一点地震観測だけでも震源のだいたいを推定して差支えない。
- (iii) しかし高松では高松南方の近距離地震については $P-S$ 比の誤差もかなり大きく、特に初動偏角は大きく、かつその分布が複雑であるから、震源を詳細に求めることは困難である。
- (iv) 四国南西部より日向灘北部の地震は高松には伝わり難い。四国中部より西部にかけて地震波動の伝搬を阻害するかのごとき層があるのではあるまいか。

§ 3 広島における調査

広島は有感地震の少ない所であって、最近15年間での有感地震は Table 8 に示すごとく1年間平均6個にすぎず、その年別・月別発生数には特に注目し得るような分布は見当らない。

震度分布は Table 9 に示すようにⅢのものが2箇あるのみでⅣ以上のものは皆無であった。特徴としてはⅡのものの割合が比較的が多いが、それらの多くは $P-S$ 5秒以下のもので、地震が大きかったのでなく近かったためのものであることを示している。

発震時刻は Table 10 に示すがごとく夜間に多いことがかなり顕著であるが、その意義については何も判らない。以上をまとめると、広島での有感地震は次のごとくなる。

- (i) 広島は地震の少ない所であるが、近地局発はその割には多い。そのためか小振幅でも有感になっている。
- (ii) 広島の南西方に何か地震波動の伝搬を阻害するかのごとき層があるらしい。
- (iii) 初動の押し引き、偏角、 $P-S$ 比、記象型、震源深度などはだいたい地域ごとに一定しているから、広島での一点観測だけでもかなりの精度で震源を推定し得

る。

- (iv) 初動3成分で震源の深度を決定するのは広島においても無理である。

§ 4 松山における調査

松山の有感地震についても他所と同様な調査を行った。松山での最近15年間の有感地震は70箇のみであり、1年平均は5個弱にすぎず、有感地震の少ない瀬戸内海沿岸でも特にすくない所である。

Table 12 は発震年月別回数を示したもので特別な周期性などは認められない。

Table 13 は震度別回数分布を示したものであり、強いものは極めて少ないが、震度Ⅱのものが比較的に多いことが特徴である。

Table 14 は発震時別の分布を示したものであるが、広島同様21時~24時間にやや多く発現しているが、特別な分布は認められない。

以上をまとめると、松山においても他所同様に次のようなことが認められた。

- (i) 瀬戸内海沿岸の他地と同様な有感地震は少ない。
- (ii) 震源は一般に浅いが呉以西の瀬戸内海におけるものはやや深い。
- (iii) 同じ最大振幅でも強いものほど震度が小さい。
- (iv) 振動型、初動押し引き、 $P-S$ 比、初動偏角などは地域によりほぼ一定している。
- (v) したがって松山における一点観測だけで震源を実用的誤差内で推定することができる。
- (vi) しかし初動3要素のみで震源深度を推定することはできない。

§ 5 徳島における調査

徳島の有感地震についても他所と同様な調査を行った。徳島での最近15年間の有感地震は210箇、年平均14箇で、四国・中国の瀬戸内海沿岸ではもっとも多く、おそらく大阪管内でも和歌山とならんで有感地震最多の所であろう。

Table 16 は発震年月別回数を示したもので他所同様特別な周期性などは認められない。

Table 17 は震度別回数分布を示したものであり、震度Ⅱ以上のものが、特にⅡのものが多くことが特徴である。

Table 18 は発震時別の分布を示したものであり、特別な分布は認められず、21時—24時間にやや多く発現しているとはいえるが、他所ほど顕著ではない。

以上をまとめると徳島においても他所同様に次のよう

なことが認められた。

- (i) 瀬戸内海沿岸は地震の少ない所であるが、四国東部より紀伊水道を経て紀伊半島南部には多数の震源があるため、徳島の有感地震は多い方であり、かつ震源が近いためにかなり強い地震の数も多い。
- (ii) 震源は一般に浅いが、紀伊水道と和歌山県のはやや深い。
- (iii) 同じ最大振幅でも遠いものほど震度が小さいことは他所と同様である。
- (iv) 振動型、初動の押し引き、*P-S* 比、初動偏角などは地域によりほぼ一定している。
- (v) したがって徳島でも徳島だけの一点観測で震源のだいたいを実用的誤差範囲内で推定することができるが、四国東部のような近距離地震ではかなりむづかしい。
- (vi) 初動 3 要素のみで震源深度を推定することはできない。

§ 6 瀬戸内海の有感地震の総括の部

1 1 点観測による地震源決定の誤差

地震験測をした人なら誰でも承知しているように、1 点だけの地震初動験測から震源を推定するにはかなりの誤差を伴う。しかし筆者の前調査(宮崎・名瀬・屋久島・鹿児島・熊本・阿蘇山・大分・下関)および本調査(岡山・高松・広島・松山・徳島)で明らかになごとく、各観測点につき震央地域ごとに震源深度・記象型・初動方向(押し引き)・*P-S* 比・初動偏角はだいたい一定しているから、それらを補正することにより、瀬戸内海でも一点観測により実用的誤差範囲内で震源の推定ができるものと認められる。しかし初動 3 要素より震源の深さを直接に求めることはできない。

2 地震動の性質

極めて当然ながら遠い地震ほど振動が緩である。したがって最大振幅が何 μ だから震度はいくつとは定められないし、また各観測点ごとに地盤・建物の差があるのでこの関係は面倒である。たとえば広島では数 μ の最大振幅でも有感であるものが相当数あるに対し、下関では

最大振幅 100 μ 以下のものでも有感のものはほとんどない。

3 地震の震度別数

瀬戸内海沿岸観測個所(岡山・徳島・高松・松山・広島・下関・大分)で1949—1963年間に少なくともその1個所に有感であった地震の数は390個で、瀬戸内海沿岸は日本では地震のごく少ない地域であることが明瞭である。しかも Table 20 に示すごとくその約60%が1観測所のみしか感じない局発性のものであり、瀬戸内海全域ないしほぼ全域にわたり有感であったものは極めて少数であった。

かなりの範囲にわたって有感であったものの震央は Fig. 36 に示すごとく九州南部および南方のやや深発のものや紀州南部と四国南方のやや深発、やや遠距離のもの、鳥取東方のやや遠距離のものを除けば、瀬戸内海では広島付近の安芸灘のやや深発の4個と広島北方に1個、徳島付近南西方の1個のみに過ぎない。

以上7観測所中の最大震度をとって分類したものが Table 21 であり、これによっても明瞭なごとく総数の約70%が震度 I であり、強い地震は極めて少ない。

またその年・月別の分布をみても年別には格別の周期性は認められず、また何月ごろに特に多い、少ないということも認められない。椋平老人は気圧の高い時に地震が多発するといっている由であるが、気圧の高い冬に多発するわけでもなく、岡山の年別の平均気圧、平均気温と地震数にも格別の相関は認められなかった。

4 発震時の分布

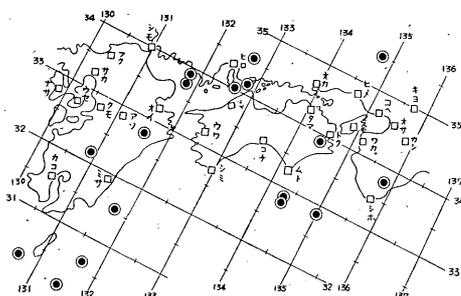


Fig. 36 Epicenters felt in a large area of Seto-naikai coast.

Table 20 Number of earthquakes felt at some stations in Seto-naikai coast

Number of felt stations	1	2	3	4	5	6	7
Number of earthquakes	238	69	45	15	13	7	3

Station : Okayama, Tokushima, Takamatsu, Matsuyama, Hiroshima, Shimonoseki, Oita.

Table 21 Number of earthquakes felt at Seto-naikai coast classified according to maximum intensities

year	Intensity				
	I	II	III	IV	total
1949	25	7	2	0	34
50	19	2	3	0	24
51	20	8	0	0	28
52	14	4	0	1	19
53	27	6	2	1	36
54	14	6	1	0	21
55	28	7	2	1	38
56	21	4	2	0	27
57	15	5	2	0	22
58	18	5	2	0	25
59	16	8	0	0	24
60	10	5	6	0	21
61	16	12	2	1	31
62	13	7	1	1	22
63	10	5	3	0	18
total	266	91	28	5	390

month	Intensity				
	I	II	III	IV	total
I	24	5	3	1	33
II	23	6	1	1	31
III	20	17	2	0	39
IV	22	11	2	0	35
V	22	8	6	0	36
VI	24	5	0	0	29
VII	16	8	2	3	29
VIII	29	5	0	0	34
IX	26	6	3	0	35
X	24	10	1	0	35
XI	20	5	6	0	31
XII	16	5	2	0	23
total	266	91	28	5	390

Table 22 Number of earthquakes felt at Seto-naikai coast in successive hours

time	Intensity		total number	moving average for 3 hours
	III	IV		
1	1	1	16	17
2			20	17
3	1		16	17
4		1	15	15
5			13	15
6	1		18	18
7	2		24	19
8	1		16	17
9	1		11	13
10			11	12
11	1	1	14	13
12	1		14	14
13	2		13	13
14	3	1	13	16
15	3		21	18
16	1		21	17
17	2		9	15
18	1	1	15	12
19			11	16
20			21	16
21	2		17	22
22	3		27	23
23	2		26	23
24	2		15	19

上記有感地震の発震時別分布を総数・震度Ⅲ・震度Ⅳにわけてしらべたものが Table 22 と Fig. 37 であり、だいたいとして午後が多いことに気がつく。だいたいの傾向は気圧の高い時刻に地震が多いようではあるが、かなりのくいちがいもあるから、地震と気圧に関係ありとあながちいうわけにはいかない。

5 最大震度別震央の分布

瀬戸内海沿岸各観測所での有感地震の震央をその最大震度別に記入したものが Fig. 38 である。

当然その震央分布、特に弱震度のは観測所付近に集中すべきではあるが、通観して日向灘一帯と安芸灘周防灘一帯、山陰道、姫路付近と四国東部より紀伊水道を

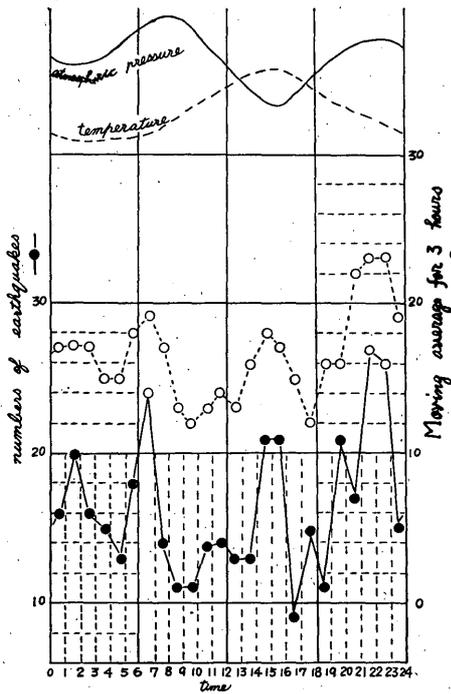


Fig. 37 Hourly change of earthquake occurrence.

経て紀州中部に密集度が高く、特に紀伊水道と安芸灘に比較的強震度のものが多いことが明瞭である。ただしそうはいつでも全国の他の地方に較べては地震央の数は比較的少ない——紀伊水道あたりは比較的多いが——ことはいまままでに何回も述べたとおりである。

6 震央深度の分布

前節と同じ地震の震源深度の分布を記入したものが Fig. 39 である。

いまままでに度々述べたがごとく、遠距離の地震は深いものほど伝わり易いから、この図で遠距離のものに比較的深いものが多いのは当然であるが、瀬戸内海とその周辺の近距離地震についてはこの図はだいたい信用してよからう。

震源深度は地域ごとにだいたい一定しており、絶対多数のものは 40 km 深未満の浅いものであり、深度 60 km 以上のやや深いものは紀伊水道中部より紀伊半島中央部を経て東部に至る一帯と安芸灘より豊後水道を経て九州南部と日向灘北部にいたる一帯にそれぞれ十個内外散在するだけで、特に深度 100 km 以上のものは九州に散在するだけである。

もちろんこれらのやや深い地震地帯には浅い地震はないというのではなく、若干個の浅い地震も混在している

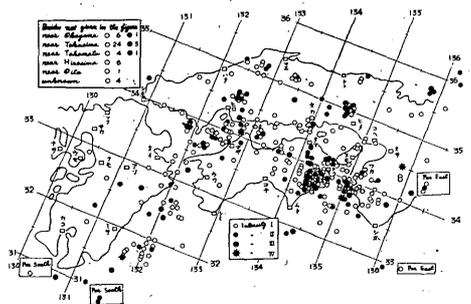


Fig. 38 Epicenters and their maximum intensities in Seto-naikai

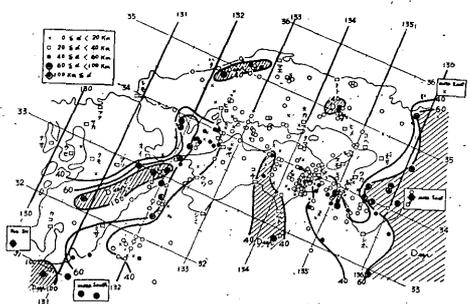


Fig. 39 Distribution of focal depths of the earthquakes felt at the coast of Seto-naikai.

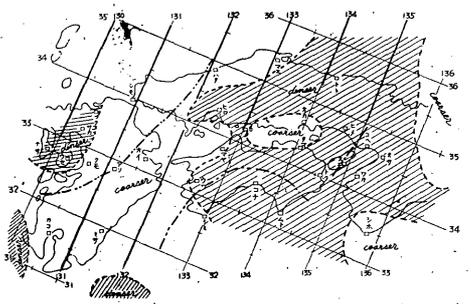


Fig. 40 Distribution of dense and coarse layer.

が、だいたい地域ごとに震源深度は一定しているとみてよからう。

瀬戸内海では安芸灘付近のみがやや深発の地震地帯であるということは、いろいろな点で注目をひくものである。

7 地震波動の伝搬を阻害するかのとき層の存在

筆者が前に行った九州の地震調査の場合と同様に、瀬戸内海沿岸各地の有感地震の調査に際しても、何か地震

波動の伝搬を阻害するかのごとき 2, 3 の層の存在が認められる。この層のだいたいの位置は Fig. 40 に示すごとく鹿熊県境より熊本の南を経て阿蘇付近より大分の北西方を通して下関・広島の間を山陰に抜ける一本と淡路島を縦断する一本と高知県中・南部を東西に走る一本とであるが、高知県の分についての詳細な位置は南四国の有感地震の調査が終了するまでは確定できない。

ある地震の規模からみて距離上当然有感であるべき地震が実際には無感であり、しかもそのような地震の発震域がだいたい一定であることから以上の様な推定を下したわけである。たとえば長崎付近の地震はその多くが大分には無感で下関には有感であり、日向灘の諸地震は大分には強く有感でも松山には無感であり、また徳島付近の地震の多くは松山に有感なのに四国南部、南方の諸地震は松山には無感の類である。ただし遠距離地震、つまり深所を通過してくる地震にはそのような区別がほとんど認められないところからみて、もし筆者の推定した何か地震波動の伝搬を阻害するかのごとき層が存在するとすればそれらは深層までは及ばない比較的浅層のものであり、モホロビチツチ層との関連が考えられる。

8 瀬戸内海周辺の地殻構造

震源より観測点に denser layer を通ってくれば当然 $P-S$ 比は 100 over であり、Coarser layer を通ってくれば 100 below であり、層の密疎配列走向により初動偏角も変わってくるはずであるから、筆者の前の九州の地震調査の要領に準じて今回の瀬戸内海沿岸の各地の $P-S$ 比・初動偏角の分布よりできるだけ相互に矛盾のないようにして求めた密疎分布が Fig. 40 に示したようなものである。

前節で述べたように遠距離の地震、つまり比較的深層を通過してくる地震については $P-S$ 比はだいたい 100 前後、初動偏角も小さいところからみて、Fig. 40 に現われた密疎分布は比較的浅層のもので、100 km 深以上の深層では地殻構造はだいたい均質で標準値に近いものと

みてよいであろう。近距離地震については $P-S$ 比・初動偏角共当然誤差が大きく出るべきではあるが、本稿の各地の調査で明瞭なごとくその値が発震区域ごとにだいたい一定しているのは浅層の密疎状態によるものとみてよく、これは前節に述べたごとくモホロビチツチ層の深淺凹凸にも関連するものとは思えるので、将来機会を得て数十個の事例につき詳細に検討したい。

実際のところは各観測での $P-S$ 比分布、初動偏角分布はかなり複雑なので全体図をまとめるのははなはだ困難であったが、 $P-S$ 比は震源より観測地までの伝搬平均速度に比例し、初動偏角は観測地付近の密疎配列走向によって定めるものとしてだいたいを最大公約数的にまとめたものが Fig. 40 である。これによれば九州の大部と日向灘一帯を含んで山口県より山陰に抜ける一帯と瀬戸内海の大部分を含める地域ならびに南紀一帯の疎地帯とそれ以外の密地帯とに分たれているようにうかがわれる。

しかして前節で述べた一見何か地震波動伝搬を阻害するかのごとき層とこの密疎の関係はさだかではないが、清水で比較的近距离の日向灘地震の感度が弱いところからみても九州より山口へ抜ける層と高知県中部より日向灘を屈曲南下する層の存在はほぼ確実と認められる。

9 あとがき

本調査には間野大阪管区気象台長より技術上の御指導と調査費上の御援助を、福村広島地方気象台観測課長より広島における資料の提供を、鶴木宮崎地方気象台技官には全製図の労力提供を受けた。度々の資料照会に心よく応じてくださって本庁地震課、大阪管区気象台、神戸海洋気象台・高松・広島・松山・徳島・和歌山・奈良地方気象台・清水・室戸岬・宇和島測候所の皆様ならびに本調査にいろいろ助力された岡山地方気象台防災業務課の皆様へと共に厚く感謝します。

また本報告の作成にあたって山陽放送学術文化団体より御援助をいただいた旨を付記して深甚の謝意を表します。