

9. 和歌山県湯浅における地震観測*

新屋 兼次郎**

(昭和42年5月23日発表—昭和42年11月30日受理)

1. 研究目的

日本は地震国であり、和歌山県は震災県である。すなわち明応7年8月15日(1498)慶長9年12月16日(1605)、宝永4年10月4日(1707)、安政元年11月5日(1854)、昭和21年12月21日(1946)過去5回の大地震津波には大きな被害があり、特に安政元年の地震津波の被害は湯浅地域に大きく、その際村人の危急を救った「生ける神」浜口梧陵の功績は特筆すべきものである¹⁾²⁾。

すなわち、このときに防災並びに失業対策として造られたのが現在広川町広海岸の樹令100年を越える防潮林である。その内外に築いた二重の防浪堤は昭和21年12月21日のいわゆる南海道大地震津波の被害を少くしたことは世人のよく知ることである³⁾。

梧陵の遺徳をしのぶとき昭和19年の東南海道、同21年の南海道、同35年のChile地震津波を眼のあたりに視、その惨状を救ったことを知る私には現在梧陵の遺訓をうけつぐ人の少ないことが残念でならない。将来必ずやふたたびこのような大地震津波に遭遇されると予想される若き青年学徒に梧陵の精神をうけつがせ遺訓の研究を志ざさしめることが、この地に生を得、特に教職にいるものの責務と考え、さらにはこの研究が地域の防災研究並びに地震学進展のためにいささかなりとも役立つことがあれば幸いと標題の研究を行ってきた。

2. 研究経過

1949年東京大学地震研究所岸上冬彦教授から今村式14年型簡単微動計水平2成分の貸与を得て耐久地動研究所を創設、1953年地震研究所宮村研究室御指導のもとに石本式加速度地震計3成分を増設以後今日まで観測とその検測をつづけてきた。

* 宮村撰三所員紹介。

** 元和歌山県立耐久高等学校(和歌山県湯浅町)教諭。

1) 和歌山測候所 紀州災異誌(473~1946), 1953年9月。

2) 浜口梧陵翁50年祭協賛会 浜口梧陵小伝, 1934年4月。

3) 浜口梧陵翁50年祭協賛会 浜口梧陵小伝, 1934年4月, 今村明恒「稲村の火の教え方」

3. 観測方法

A. 観測位置

和歌山県有田郡湯浅町耐久地動研究所

φ : 34°01'58'' N

λ : 135°10'56'' E

H : 6.5 m

基礎地盤は中生界白亜系下部物部川統で岩上の 10 数 m の薄い第四系。観測室の外観および内部は Fig. 1 の写真のごとくである。

B. 地震計

a) 今村式 14 型簡単微動計

N' (N 30° E), E' (E 30° S)

自己振動周期

N' : 3.68s, E' : 3.89s

幾何倍率 N' : $\times 50$, E' : $\times 50$

摩擦係数 N' : $\rho=0.067$, E' : $\rho=0.137$

刻時 電接時計

b) 石本式加速度地震計

NS · EW · UD

自己振動周期 0.1s

減衰比 10 : 1

幾何倍率 N—S : $\times 210$, E—W : $\times 210$, U—D : $\times 247$

刻時 J. J. Y. 電接時計併用

4. 観測成果

記録の実例を Fig. 2 a~c にしめす。験測は毎日おこない、月末にレミントンのデータシートに記入したものを東大宮村研究室に送付カードにパンチし保存する。また毎年 1 回“耐久地学”に印刷公表した。カードフォーマットは Fig. 3 のとおりである。即ち、験測項目は初動時刻、成分、初動振幅、P~S 時、S 波振幅、最大動時刻、最大振幅、振動継続時間、使用地震計、震度である。

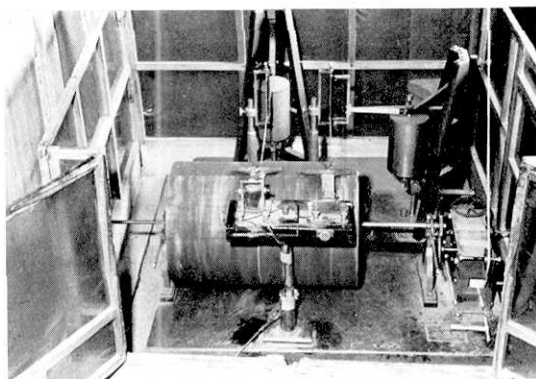
この観測によって得た地震の年(月)別頻度は Table 1 及び Fig. 4 であって () 内並びに黒色は有感地震であり、1951~1952 年は今村式簡単微動計のみの値である。

Fig. 5 に和歌山測候所の年回数とくらべてあるが、1951~55 年に和歌山市附近に群発地震がおこっていたときとそれが減衰した 1960 年以降湯浅附近の活動は大差なく、いく分減少傾向にあったという程度である。すなわち、過去 16 年間のうち頻度の最も高いの

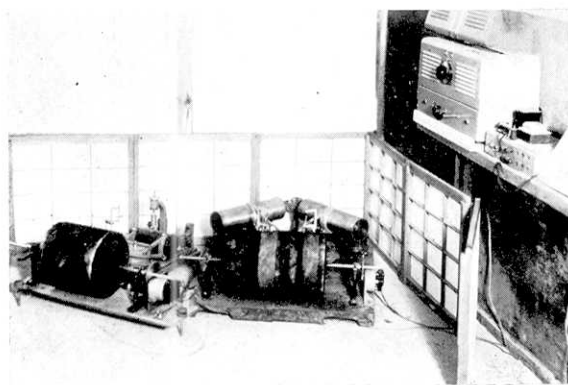
4) 和歌山県立耐久高等学校地学部, 「耐久地学」第 1 卷 (1952)~第 16 卷 (1966)。



(a)



(b)



(c)

Fig. 1. Seismological Station Yuasa at Taikyu High School (a) and the seimographs, Imamura's tromometer Type 14 (NS and EW) (b) and Ishimoto's accelerograph (UD, NS and EW). (c).

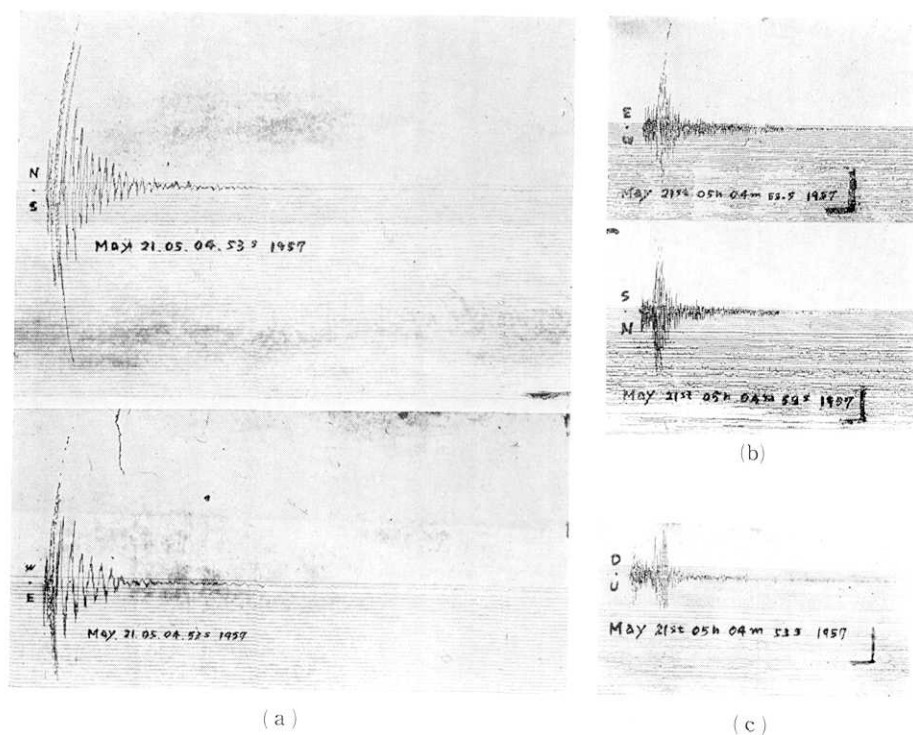


Fig. 2. Examples of seismograms of an earthquake recorded by Imamura's Tromometers Type 14 (a) and Ishimoto Accelerographs (b, c) at Yuasa.

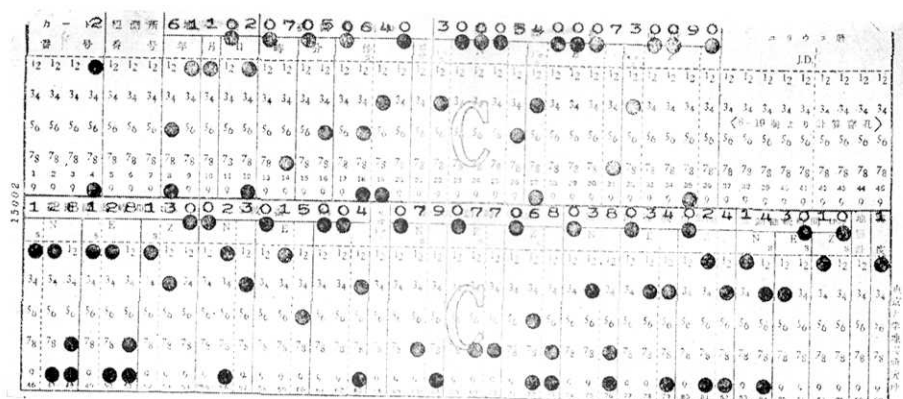


Fig. 3. Card format for the seismological interpretation at Yuasa.

Table 1. Monthly and yearly numbers of earthquakes recorded at Yuasa.
Numbers in the parentheses are for felt shocks.

Month Year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
1951	25(11)	40(7)	74(23)	31(11)	33(4)	40(14)	13(5)	47(13)	55(14)	42(10)	35(7)	26(5)	461(124)
1952	52(21)	35(9)	41(9)	34(10)	35(5)	30(5)	31(6)	24(6)	43(8)	20(4)	21(7)	観測室増築の ため観測中断	366(90)
1953	24(7)	31(11)	26(3)	30(7)	22(3)	32(7)	21(4)	44(5)	46(8)	32(4)	35(12)	35(2)	378(73)
1954	31(4)	14(2)	36(10)	34(6)	30(5)	19(0)	38(3)	33(8)	41(3)	43(6)	31(5)	36(5)	386(57)
1955	23(4)	45(7)	26(3)	37(9)	31(4)	19(3)	40(8)	34(7)	22(5)	31(9)	31(5)	56(13)	395(77)
1956	51(6)	54(11)	51(10)	21(2)	38(6)	49(4)	30(5)	55(11)	62(6)	51(9)	34(8)	52(8)	548(86)
1957	33(6)	24(3)	23(3)	21(2)	67(8)	37(7)	25(2)	38(6)	21(2)	60(6)	27(5)	19(2)	395(52)
1958	11(4)	18(3)	12(2)	23(4)	27(0)	36(3)	24(3)	26(0)	19(3)	27(3)	19(2)	25(5)	267(32)
1959	25(2)	15(2)	32(6)	40(3)	35(2)	30(2)	38(4)	32(5)	35(1)	21(4)	39(7)	41(4)	383(42)
1960	24(1)	28(5)	54(6)	27(7)	31(4)	18(6)	27(5)	29(4)	42(5)	33(4)	44(8)	40(4)	397(59)
1961	44(5)	39(5)	28(5)	41(4)	31(2)	30(3)	39(7)	27(2)	38(3)	38(7)	30(4)	45(5)	430(52)
1962	61(2)	25(5)	32(3)	38(6)	17(3)	23(2)	42(7)	31(2)	47(6)	33(3)	40(8)	26(6)	415(53)
1963	30(7)	37(7)	40(5)	31(6)	29(10)	29(4)	46(9)	29(3)	20(3)	25(6)	20(3)	26(2)	362(65)
1964	32(4)	30(6)	28(2)	20(2)	26(2)	31(0)	27(0)	41(11)	19(5)	44(8)	36(8)	37(2)	371(50)
1965	49(5)	21(2)	27(5)	25(3)	35(4)	24(5)	22(5)	26(7)	23(3)	19(4)	29(4)	40(9)	340(56)
1966	26(6)	27(9)	24(1)	31(5)	26(7)	42(6)	23(1)	37(6)	21(3)	33(4)	28(4)	26(0)	344(52)
Total	541(95)	483(94)	554(96)	484(87)	513(69)	489(71)	486(74)	553(96)	554(78)	552(91)	499(97)	530(72)	6238(1020)

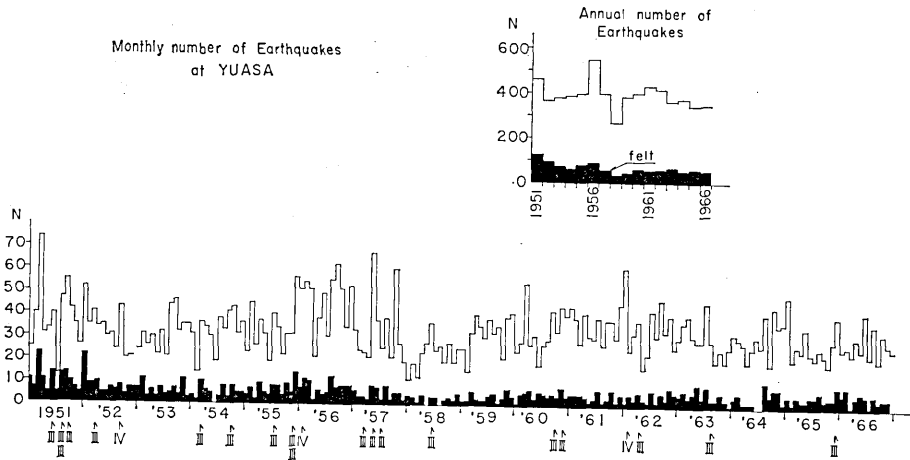


Fig. 4. Chronological sequence of recorded (blanc column) and felt (black column) earthquakes at Yuasa during last 16 years. Roman numerals indicate the intensities of main earthquakes by J.M.A. intensity scale.

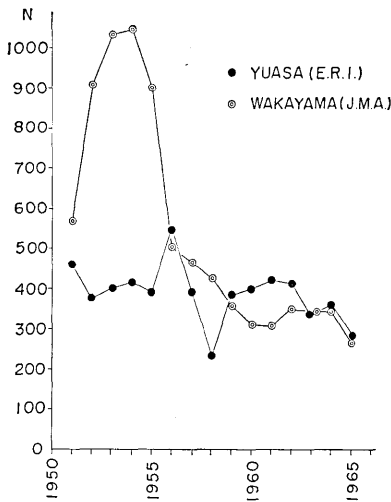


Fig. 5. Comparison of annual numbers of recorded earthquakes at Yuasa and Wakayama Seismological Stations.

は1956年の548, 最も低いのは1958年の267であった。これを仔細にみると1951・1956・1961年の5年間隔で稍 Peak とも考えられ、その後は殆んど平行線または漸減漸増をしつつ次の Peak に至っている。1956年は絶対数で最も多く有感数も最大であった。

つぎに年次頻度の最高最低関係は2:1であるのに対して、月次頻度の関係は約7:1で最高は1956年3月の74, 最低は1958年1月の11であり両者を対比するには疑わしいところもあるが16年間の月平均数の差は僅かに71で殆んど較差なく、12ヶ月中500回台のもの7ヶ月、500に近い400回台のもの5ヶ月となり、16年間の平均数よりみるときは月次頻度には論ずべきものは殆んどなさそうである。

つぎに1日のうちでの時刻別頻度はTable 2であるが、明瞭な周期性はみとめられない。さらに16年間の時間的頻度の平均数は6~7時に293に対し、最小は8~9時の207であってこの間にも特筆すべきものはないようである。

Table 2. Hourly numbers of earthquakes recorded at Yuasa.

Year	Hour																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1951	19	13	16	17	20	20	18	24	19	19	23	20	12	15	27	16	13	22	23	9	31	20	16	15
1952	15	6	10	10	14	21	13	20	16	15	18	21	18	15	16	9	21	14	14	16	17	14	14	11
1953	20	10	8	18	21	17	17	13	22	17	21	14	19	14	19	17	15	12	21	20	12	17	16	15
1954	15	13	23	19	13	17	20	23	13	17	27	19	14	14	14	16	17	24	14	21	13	20	20	11
1955	18	16	21	17	14	16	20	11	11	13	18	20	21	20	22	17	13	14	25	12	15	15	12	12
1956	30	23	21	23	23	15	27	17	25	23	24	[23	22	24	20	19	30	24	15	22	23	29	20	25
1957	14	17	17	17	15	15	18	13	11	22	17	22	18	14	12	23	25	14	19	15	14	17	12	15
1958	15	9	7	11	10	10	9	4	11	6	12	11	13	9	10	15	19	10	18	17	8	8	6	18
1959	17	18	21	23	17	12	23	14	11	11	10	8	20	13	18	16	10	21	19	15	16	21	20	11
1960	12	16	16	15	11	20	23	14	11	17	18	21	23	20	17	12	11	14	16	18	17	21	18	17
1961	20	24	20	23	20	22	13	12	11	13	11	11	18	19	17	18	21	15	28	16	11	21	21	25
1962	24	19	13	20	14	15	18	17	15	17	21	19	18	15	16	13	8	18	18	20	24	18	18	18
1963	17	20	17	13	13	12	25	9	14	15	13	14	12	12	14	14	19	6	13	24	17	23	17	
1964	14	15	24	21	12	19	18	9	6	15	17	13	15	14	12	11	16	15	19	19	15	12	18	21
1965	22	12	20	19	22	21	18	7	7	14	12	13	9	16	14	7	17	11	19	11	11	20	23	22
1966	19	19	9	13	19	14	13	12	4	18	19	8	9	7	15	24	8	18	13	15	13	13	18	24
Total	291	250	263	279	258	266	293	219	207	252	281	257	261	241	261	247	258	275	287	259	264	283	275	277

S-P の年次別頻度分布は Fig. 6a であり、全年の頻度分布は Fig. 6b である。S-P time は 16 年間を通じて 1.3 sec のもの 306 を最多とし、1.4 sec の 299 がそれにつき年

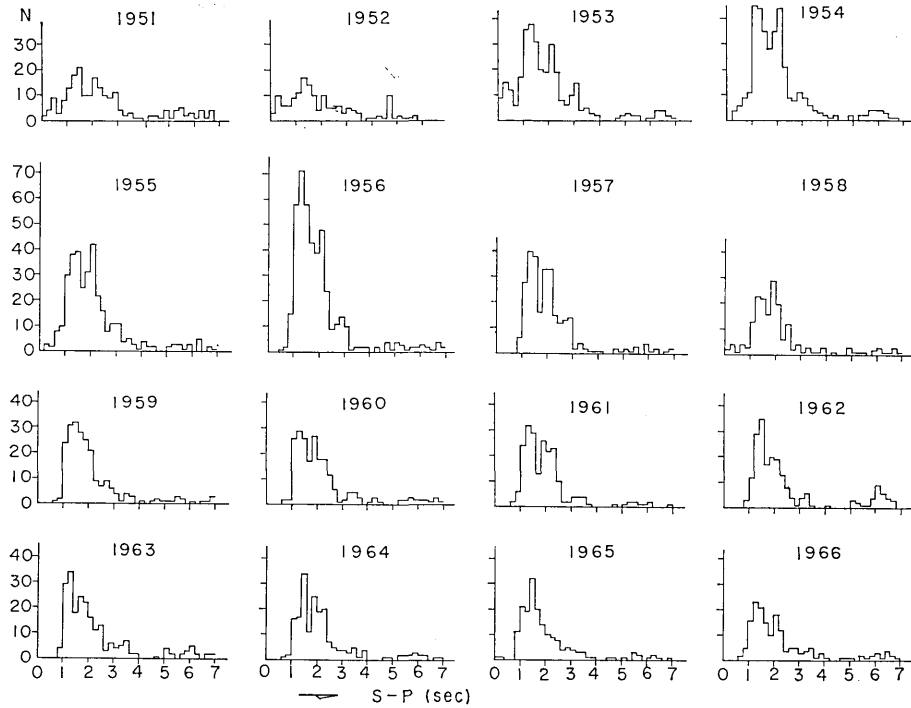


Fig. 6a. S-P frequency curves of recorded earthquakes at Yuasa.

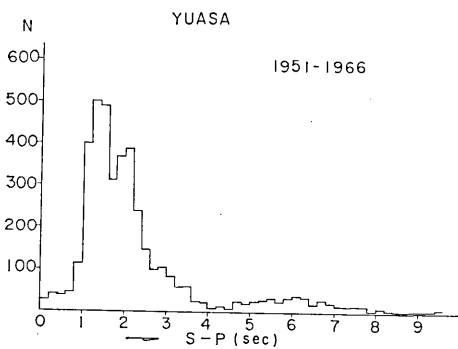


Fig. 6b. S-P frequency curve of recorded earthquakes at Yuasa.

度別にみても地震頻度の最も多い 1956 年と全く一致して Table 3, Fig. 6 で明かである。

震度別にみるときは 16 年間の地震回数 6260 中、震度 0 が 5226, 同 1 は 822, 同 2 は 186, 同 3 は 23, 同 4 は 3 を記録した。

加速度計による最大振幅 (3 成分中最大の記録振幅) の頻度は Table 3 の通りであるが各年の両対数関係は 1.93~2.41 の間にあり、その平均値は 2.20 となって頻度は殆んど振幅の平方に反比例する付近にある。

Table 3. Frequency distribution of maximum trace amplitudes on Ishimoto accelerographs at Yuasa.

2Am (in mm)	Year															Total
	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966		
0.5>	30	21	25	53	25	8	31	29	72	35	19	39	25	20	442	
0.5—	197	242	182	290	188	132	199	207	225	210	187	188	159	145	2751	
1.5—	66	73	71	99	63	53	54	53	44	62	50	58	59	57	862	
2.5—	32	33	41	29	31	17	32	33	20	18	21	32	24	26	389	
3.5—	11	10	21	15	13	16	15	15	8	18	16	8	15	12	193	
4.5—	13	11	9	11	12	9	17	13	7	19	12	11	4	9	157	
5.5—	4	8	6	7	11	5	10	7	6	8	7	3	9	8	97	
6.5—	10	1	1	12	7	2	5	12	5	1	6	4	7	4	77	
7.5—	5	3	2	1	6	3	4	2	5	5	4	0	4	1	45	
8.5—	5	1	2	4	4	5	1	1	4	0	6	3	4	2	40	
9.5—	2	1	2	1	3	1	2	5	4	3	2	1	4	1	30	
10.5—	2	0	3	1	5	4	2	2	0	1	2	3	1	0	26	
11.5—	2	2	1	3	0	0	1	2	1	1	1	1	1	1	16	
12.5—	2	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0	2	1	0	9	
13.5—	1	0	2	2	1	0	2	0	2	0	1	0	2	0	13	
14.5—	1	1	0	3	3	0	0	1	0	0	1	0	0	0	10	
15.5—	2	0	0	0	2	0	0	2	1	1	0	0	1	0	9	
16.5—	1	0	2	1	1	2	0	0	3	0	1	1	0	0	12	
17.5—	2	0	0	1	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	7	
18.5—	0	0	0	0	2	1	1	1	2	1	1	3	2	0	14	
19.5—	1	1	3	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	9	
20.5≤					21			21			21			21		
Measured amplitude in mm	22	22	31	22	24	23	23	37	24	26	23	23	25	24	93	
	22	31	36	22	25	31	24	42	27	33	23	37	29	30	Shocks with 2Am ≥20.5	
	22	31	37	23	25	38	30	60		36	28		49	43		
	23	41	37	23	25	49	32	69		38	30		85			
	23	42	39	25	28		39	89		79	36					
	24	57	74	27	29					148						
	28	59	80	28	37, 56											
	34	59		35	41, 86											
	45	95		44	45, 95											
	69				48, 110											
69				53, 145												
				55												
Total	399	417	381	545	395	262	383	393	412	390	344	359	326	291		

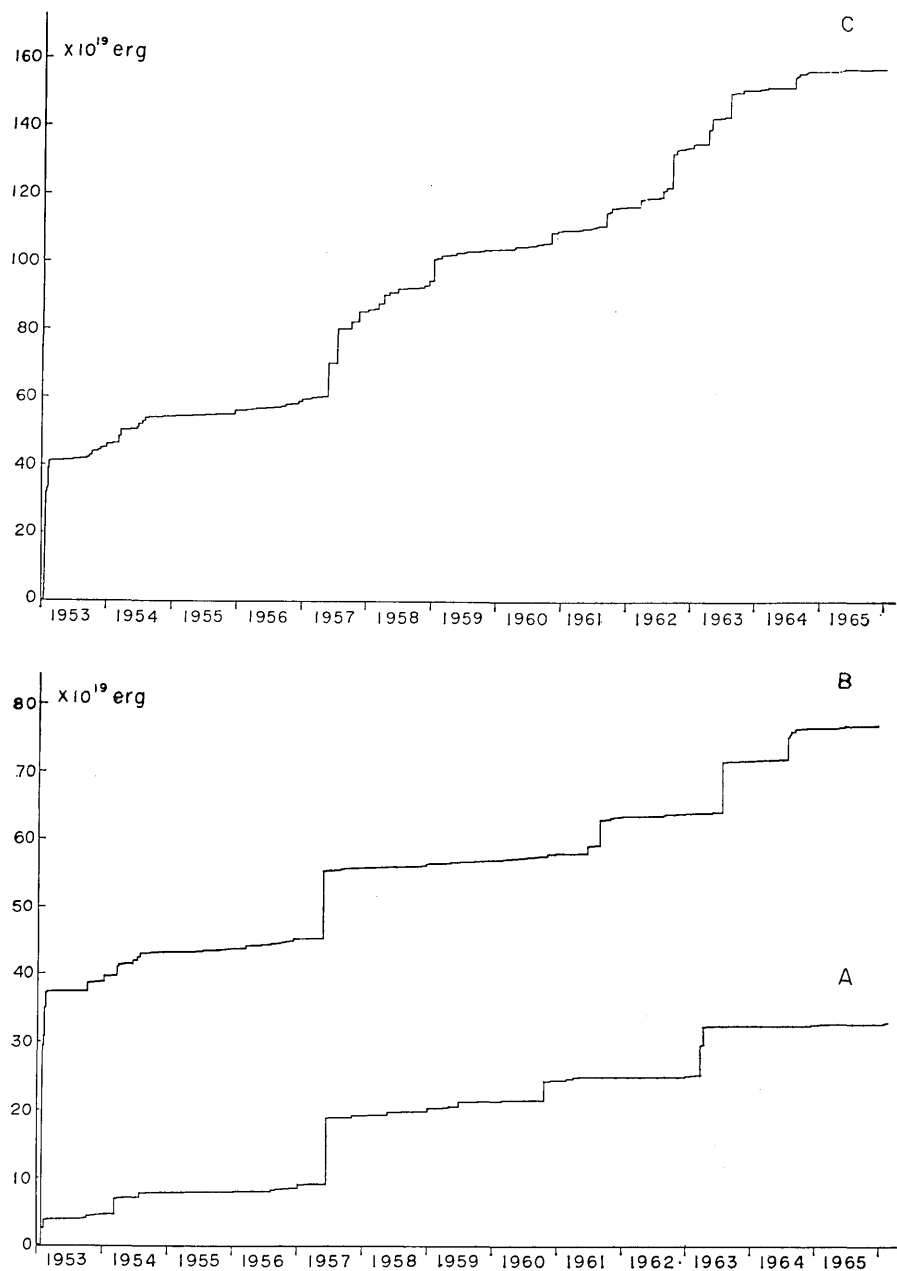


Fig. 7. Energy release of earthquakes around Yuasa. A: for the earthquakes with $S-P < 1.7$ sec, B: for $S-P < 4.0$ sec and C: for $S-P > 4.0$ sec.

Table 4. Main earthquakes and their origin elements determined by S-P data at four stations including Yuasa.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Date	1953 Nov. 16	1953 Nov. 30	1954 Mar. 05	1955 Dec. 03	1956 Jan. 28	1957 Mar. 21	1957 May 21	1958 Jun. 19	1958 Jun. 19	1959 Mar. 06	1960 Apr. 23	1962 Jan. 04	1962 Aug. 19
Time	04 ^h 59 ^m	23 ^h 51 ^m	06 ^h 10 ^m	23 ^h 27 ^m	08 ^h 30 ^m	19 ^h 51 ^m	05 ^h 04 ^m	21 ^h 00 ^m	23 ^h 59 ^m	15 ^h 04 ^m	08 ^h 53 ^m	13 ^h 35 ^m	15 ^h 42 ^m
Y	1 ^s .09	2 ^s .80	1 ^s .00	2 ^s .86	1 ^s .54	1 ^s .31	2 ^s .17	1 ^s .17	1 ^s .23	1 ^s .34	1 ^s .66	6 ^s .66	5 ^s .40
K	—	2.00	1.16	4.40	1.60	1.66	1.68	1.62	1.86	1.83	1.88	—	6.55
T	2.68	—	—	4.63	1.75	2.62	1.43	2.05	2.23	2.60	2.06	7.49	—
W	—	—	2.20	4.70	2.30	3.10	2.50	2.40	3.10	1.10	3.10	8.50	7.80
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6.60	8.10
M	1.00	1.62	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ko	1.70	1.42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
G	—	—	2.70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
X	—1.3	—3.5	4.1	6.8	7.0	0.9	12.4	8.7	4.3	8.5	5.9	18.8	19.1
Y	5.2''	16.3''	5.1''	-6.1''	3.0''	5.9''	8.9''	4.4''	2.2''	6.0''	5.6''	-38.0''	-24.9''
Z	2.7''	5.5''	5.0''	11.5''	12.7''	3.2''	11.6''	4.9''	6.6''	7.4''	8.3''	40.6''	21.9''
k	5.4	4.5	8.2	5.5	9.7	5.2	8.8	6.5	6.7	5.9	6.9	8.8	7.1
I	1	1	3	3	4	3	3	2	3	2	2	4	3
Remarks					鳥屋城小学校庭二宮尊徳石像の首切折落下							南部附近の道路地割れ崖崩れ墓石転倒	

Station coordinates: Y (Yuasa) X=0 km, Y=0 km; K (Kainan) X=4.15 km, Y=13.2 km; T (Todoroki) X=11.75 km, Y=14.08 km; M (Minoshima) X=-5.88 km, Y=8.75 km; Ko (Kotonoura) X=0.65 km; Y=13.35 km W (Wakayama) X=-1.45 km, Y=21.45 km; S (Shionomisaki) X=53.6 km, Y=-65.4 km; G (Gobô) X=-2.23 km, Y=-15.48 km. Y, K, T, M, Ko are E.R.I. and W, S, G are J.M.A. stations. +X: E, +Y: N.

また堀実⁵⁾のもとめた全地震のマグニチュードから $\log E=11.8+1.5 M$ で計算したエネルギー E の積算曲線をもとめ湯浅付近 ($S-P<1.7 \text{ sec}$) および紀伊半島 ($S-P<10 \text{ sec}$) の地震エネルギーの最近 16 年間の放出状況をしらべた (Fig. 7).

5. むすび

湯浅付近に発生する地震について気象庁 (和歌山, 潮岬) および地震研究所 (和歌浦, 海南高校, 動木大成高校) の観測を利用し, 震源位置と大森係数 K を数個の例によって計算すると Table 4 となり震央は主として有田川流域の北岸に近いところに多く, K の平均値は 6.7 km/sec となり湯浅以南のものも含めると 6.8 km/sec 以上となる.

これを地質学的にみると現在の有田川流路から北岸約 0.5 km 内外の距離の秩父・御荷鉾両系間を東西に走る構造線が存在し, 更に地形学的に観察すると有田川口付近から本流金屋まで, 支流早月谷川に沿い前記構造線に併行して Kern-but 及び Kern-col のあることを併せ考慮すればこの 3 者間に何かの関係があるものとも考えられ, なお湯浅以南のものをも含め考えるときは小流由良川の北岸を東西にのびる仏像線との中間地域の地下物性の Energy の蓄積及び放散が原因ではないかとも考えられる.

因みにいわゆる仏像線は地表からの地質調査では単なる断層線と考えられていたが 1965 年 10 月紀勢本線複線トンネル内の地質調査でみると由良側から 360 m 以上もの仏像帯となっていて従来考えられていたものよりも遙かに大きい破碎帯であった.

付 なお筆者は京都大学の故西村英一教授御指導のもとに 1951 年より紀伊・由良におけるインバー傾斜計観測をおこなっているが⁶⁾ 湯浅 (耐久地動研究所) と由良 (地殻変動観測所) との直線距離は NE~SW 方向に 10.5 km であって湯浅において $S-P 3 \text{ sec}$ までの地震の多いときは由良の土地傾動は ESE へ, 前者の少ないときは後者は ENE 方向へ傾斜することは興味ある現象である.

6. 謝 辞

この小文を稿するにあたり, 観測計器の提供, 種々御指導下さった東大地震研究所特に宮村撰三教授及び同研究室の堀実先生その他諸先生, また坪井忠二博士・岸上冬彦博士の励げましの御言葉, 更に労をともして来たかつての耐久高校地学部の津村建四郎君 (現在地震研究所和歌山微小地震観測所員) をはじめ多数の部員と地動研究所を無償で建設して下さった郷土の篤土家覚野庄二郎氏に厚く御礼申し上げます.

5) 堀 実 「和歌山県湯浅にて記録された地震のマグニチュードと震度について」地震 [ii] 21 (1968). (印刷中)

6) 新屋兼次郎 「由良土地傾動に関する研究データ」昭和 34 年 11 月全国理化教育大会 第 30 回日本理化学協会総会 (和歌山市民会館) にて発表.

9. *Seismological Observation at Yuasa, Wakayama Prefecture, Japan.**

By Kanejiro SHINYA.**

In 1949 Imamura Tromometer, Type 14, (NS and EW) and in 1953 Ishimoto Accelerographs (NS, EW and UD) were installed in the campus of Taikyū High School, at Yuasa, Wakayama Prefecture and the observation has been continuously performed to date (cf. Fig. 1 and 2). Seismological interpretations have been published in the yearly report of the Geo-science Group of the High School named "Taikyū Chigaku" and also stored as Remington-Rand punched cards (cf. Fig. 3) in the Earthquake Research Institute.

Monthly and yearly frequency of recorded earthquakes from 1951 through 1966 is illustrated in Fig. 4. Frequency in a day is shown in Table 2 indicating no remarkable periodicity. S-P frequency is given in Fig. 6. Frequency of maximum trace amplitudes in Table 3 indicates that Ishimoto-Iida's coefficient m is nearly 2.2.

Cumulative curves of released energy obtained by magnitudes from F-P (Hori, 1968) are given in Fig. 7 for different volumes around the station.

Larger earthquakes near the station are originated along the R. Arida, north of Yuasa, and average Omori's constant k is 6.7 km/sec as given in Table 4.

The writer has been also cooperating with the tiltmeter observation of Kyoto University at Kii-Yura 10.5 km SW of Yuasa, and noticed a remarkable relation between the inclination to ESE at Kii-Yura and the increase of seismic activity around Yuasa ($S-P < 3$ sec).

* Communicated by Prof. S. MIYAMURA.

** Former Teacher at Taikyū High School, Wakayama Prefecture.