

20. 1961年2月27日日向灘地震に 伴なつた津波について

地震研究所 {高橋 龍太郎
羽鳥 徳太郎

(昭和36年3月28日発表——昭和36年6月30日受理)

§ 1. 緒 言

1961年2月27日03時10分59.1秒日向灘に起きた地震に伴ない日向灘および四国西南岸地域に、軽微な津波があつた。

地震のマグニチュードは7.2、震央は宮城地方気象台の発表によると $31^{\circ}.7\text{ N}$, $131^{\circ}.7\text{ E}$, 深さ17 km ということである。

過去日向灘に生じた地震で、震度IV以上のものは1662年以来14あり、この地震に伴つた津波は1941年11月19日、宮崎、大分両県四国の西南部海岸に全振巾1 mの津波があつたことが記録されている¹⁾。

筆者らはこの津波の概要を調査するため、各測候所、国土地理院、海上保安庁および各県土木部より検潮記録の提供を賜わり、集収した資料および、筆者らが観測している大島・八丈島の津波計記録をもとに、今回の津波の波高、伝播時間および浪源について報告する。

§ 2. 津波の波高および初動到達時刻

今回の津波の高さは浪源附近の海岸において1 m以下であり、このため津波による直接の被害はない模様である。したがつて現地踏査による津波の痕跡から、津波の高さを測定することは困難であるので、各地の検潮記録から津波の初動、振巾および周期を読み取つた。

従来津波の高さは測定地附近における東京湾中等潮位面 (T.P.) および平均海水面を基準として定義されているが、ここで筆者らのいう津波の波高は、上記の理由から、検潮儀で計測された全振巾 (山から次の谷または谷から次の山までの高さの差) の最大を指すのであることを、おことわりしておく。

各地の津波波高および到達時刻を Table 1 および Fig. 1 に示す。

津波の伝播範囲は西南部では、奄美大島、名瀬で明瞭に計測されており、東北部では布良の記録が、湾の副振動と重なっているが、やや明らかに津波の初動と思われるところが周期がのび津波を検出できる。つぎに大島泉津の津波計記録では検出不能である。また八

1) 昭和36年2月27日日向灘地震調査報告 昭和36年異常気象報告 第1号 宮崎地方気象台。

Table 1. The Tsunami of Feb. 27, 1961, as recorded on tide gauges
(All times are J.S.T.)

Wave originated at earthquake epicenter off the coast of Hiuga
(31°.7 N, 131°.7 E) at 03 11 Feb. 27, 1961.

No.	Tide Station	Time of Arrival	Up or Down	Time of Max. Amplitude	Max. Amplitude <i>H</i>	Period <i>T</i>
1	Naze	04 ^h 23 ^m	+	04 ^h 52 ^m	13 cm	20 ^{min}
2	Nishino-omote	04 00	+	06 00	25	
3	Makurazaki	04 27	+	05 32	13	16
4	Namimi	03 30	+	04 20	12	
5	Suzureishi	03 30	+	04 18	12	
6	Aburatsu	03 14	+	03 51	45	22
7	Miyazaki	03 35	+	03 42	12	
8	Hosojima	03 22	+	05 22	78	20
9	Hosojima, New Harbour	03 25	+	05 55	124	
10	Tōkai	03 35	+	03 42	13	18
11	Hebizaki	04 00	+	05 10	10	19
12	Yawatahama	04 25	+	06 30	28	22
13	Uwajima	04 12	+	06 53	18	22
14	Hosogi	03 58	+	04 55	17	20
15	Mishō	04 08	+	07 16	70	30
16	Tosa-Shimizu	03 42	+	04 12	96	22
17	Tosa-Shimoda	03 55	+	04 47	10	20
18	Urado	04 08	+	06 08	20	18
19	Kōchi	04 15	+	06 05	17	20
20	Kushimoto	03 46	+	05 25	36	23
21	Aburatsubo	05 36	+	07 56	6	16
22	Mera	05 32	+	13 25	35	22
23	Hachijo I.	05 10	?	?	3	?

丈島八重根の長波計記録ではやや不明瞭であるが初動を認められた。したがって今回の津波は東南海、南海地震の津波同様、日本東北地方には減衰、発散して影響をおよぼさなかったように思われる。

つぎに津波の初動は各地点とも例外なく、押しで始まっているので津波の発生機構から浪源附近において、海底隆起の現象があつたのであらうと思われるが、この変動は今後の海底測量であるいは明らかにされるかも知れない。

一般に津波の波高分布は浪源よりの距離による減衰、浪源より伝達される経路に影響されるエネルギーの配分の仕方、湾形の影響および、津波の周期と湾セッシュの共振による影響などが考えられる。

今回の津波で浪源周辺の波高分布をみると、非常に湾の共振の影響をうけたように思わ

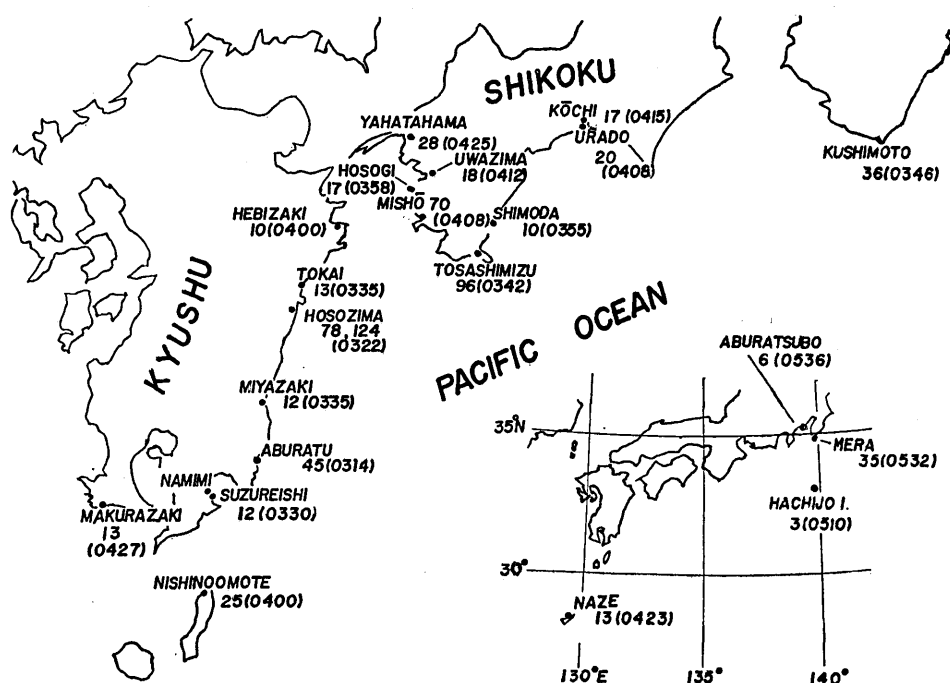


Fig. 1. Distribution of Wave Heights (cm) and Arrival time (JST) of the Hiuganada tsunami of 1961.

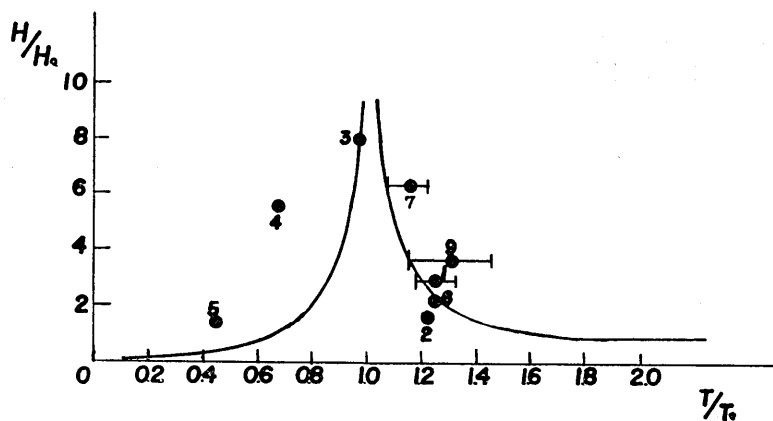


Fig. 2. Relation between the proper period T_0 of seiche in a bay and the wave height H in that bay.

れる (Fig.2)。本多・寺田²⁾により観測および計算から各湾のセイシュ T_0 が調べられて

2) K. HONDA, T. TERADA, Y. YOSHIDA, and D. ISITANI, "Secondary Undulations of Oceanic Tides", *Journ. Coll.Sci. Imperial Univ. Tokyo, Japan*, 24 (1903~06).

Table 2. Response of the tsunami at Various stations: Periods of seiches and heights of the tsunami.

 T : The mean periods of the tsunami estimated to be 22 min. H_0 : The maximum wave height at Miyazaki.

No.	Tide Station	Seiches T_0	T/T_0	Wave Height of Tsunami H	H/H_0
		min		cm	
1	Kushimoto	16.5~18.6	1.33~1.18	36	3.0
2	Urado	18	1.22	20	1.7
3	Tosa-Shimizu	(22.8)	0.97	96	8.0
4	Mishō	34.1	0.65	70	5.8
5	Uwajima	(49.8)	0.44	18	1.5
6	Yawatahama	(17.6)	1.25	28	2.3
7	Hosojima	17.8~20.3	1.23~1.08	78	6.5
8	Miyazaki			12	1.0
9	Aburatsu	15.0~19.0	1.46~1.15	45	3.8

いる。第2表において () 内は同氏の計算値。

御荘の周期も同様に $T_0=4l/\sqrt{gh}$ の公式で求めたものであるが、検潮記録において津波前にセイシュと思われる周期 35 分の振動が観測される。浦戸の周期も検潮記録からの読み取値を掲げた。

各検潮記録の第1波と第2波内の時間を周期とすると各地域平均して 22 分が観測される。したがって今回の津波の周期を $T=22$ 分として T/T_0 を求め、つぎに宮崎の波高 H_0 に対する各地の波高 H の関係を求めた (Table 2)。

これによると細島、土佐清水のセイシュが 20 分程度で津波の周期と共振して、他点よ

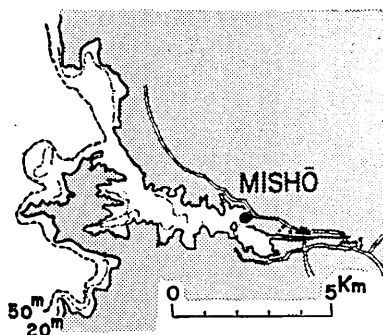


Fig. 3. The topography of Misho Bay.

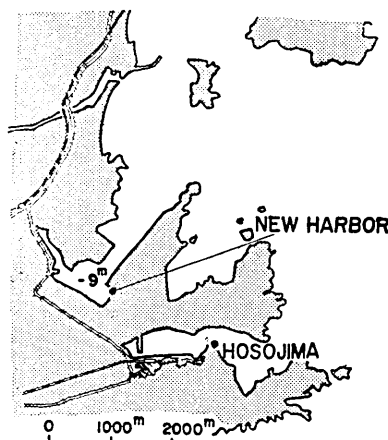


Fig. 4. The topography around the Hosojima tide-station.

りも波高が高くなったものと見られることは注目に値する。

御荘の値がこの共振曲線より外れ、波高が高かったのは△型湾のため、湾奥において水位が盛上ったためであろう (Fig. 3)。

細島の検潮記録は2ヶ所で観測されたもので、国土地理院管理のものは部落に面した旧細島港に位置し、その北部に宮崎県にて管理せる新港のものがある (Fig. 4)。

3. 浪 源 域

浦戸、土佐清水、宇和島、細島、油津および西之表の各点から波の伝播速度を \sqrt{gh} とし、津波の逆伝播図を画いて、浪源域を求めた (Fig. 5)。

等時線は1分ごとに画いたが、Fig. 5 にははん雑を防ぐため5分ごとの波面が画かれている。

この図によると浪源域は日向灘に沿って南北に延びた細長い楕円となり、長径は約 80 km である。

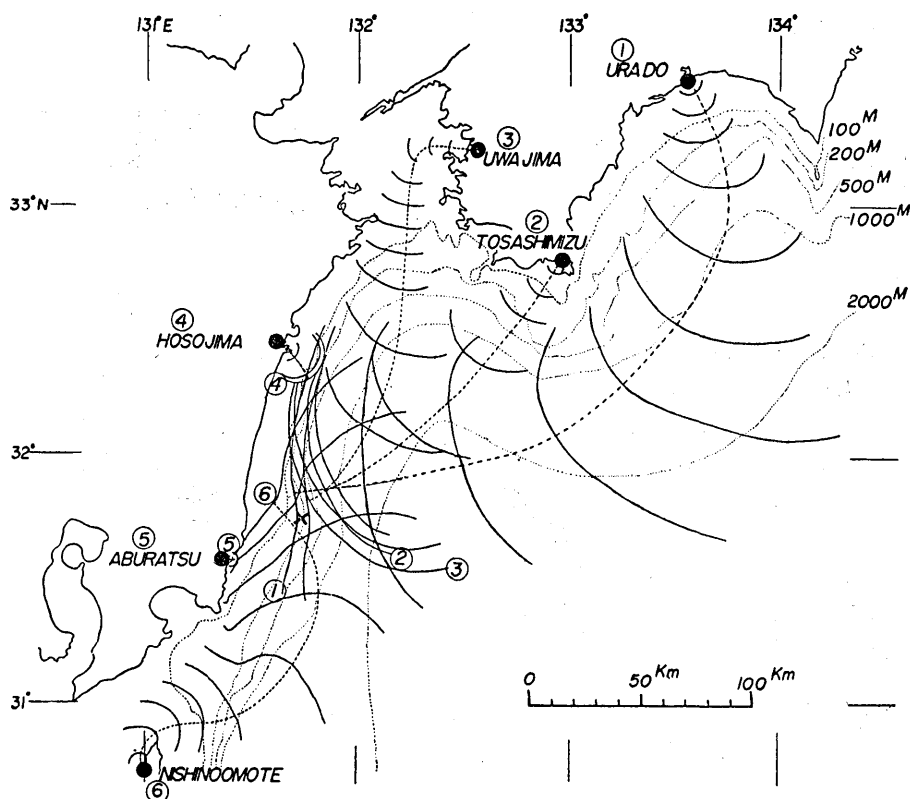


Fig. 5. The inverse refraction diagram wave fronts correspond to every 5 min.

Table 3

No.	Date	Location	Epicenter		M	$A (10^3 \text{ km}^2)$	Linear dimension of central area $L \text{ km}$
			$\lambda (^{\circ}\text{E})$	$\varphi (^{\circ}\text{N})$			
1	Mar. 9, 1931	Off Hachinohe	141.9	40.6	7.3	5.6	50
2	Mar. 3, 1933	Off Sanriku	144.7	39.1	8.5	87	600
3	Oct. 13, 1935	Off Miyako	143.3	40.4	7.1	2.9	100
4	Nov. 3, 1936	Off Kinkazan	142.0	38.4	7.5	5.3	90
5	May 23, 1938	Off Shioyasaki	141.45	36.7	7.4	8.2	90
6	Nov. 5, 1938	Off Fukushima	141.65	37.1	7.7	10	120
7	May 1, 1939	Oga Peninsula	139°49'	39°57'	6.9	0.52	40
8	Dec. 7, 1944	Tōnankai	136.2	35.7	7.9	10	200
9	Dec. 21, 1946	Nankaido	135.6	33.0	8.2	27	350
10	Mar. 4, 1952	Tokachi	143°52'	42°09'	8.1	22	120
11	Feb. 27, 1961	Off Fiuga	131.7	31.7	7.2		80

§ 4. 浪源の大きさと余震域の関係

浪源域の長さや地震の有感半径の関係は表³⁾によつて明らかにされてきたが、その後飯田・広野⁴⁾によつて地震のマグニチュードとの関係が求められた (Fig. 6).

今回の津波の浪源域の長さを 80 km とすると、上記の関係と矛盾しないようである。

つぎに宇津・関⁵⁾はマグニチュードと余震域の関係を明らかにしたが、筆者らはこれらの資料 (Table 3) から、津波の浪源の大きさと余震域の関係を直接求めてみた (Fig. 7).

すなわちこの関係はマグニチュードをパラメータとしない直接的な関係であるのみならず、余震域は計測面で相当精度もあることであり、このことから浪源の大きさを推定することは意義のあることであろう。

余震域すなわち浪源と仮定すれば Fig. 7 において余震域の面積 A と同面積の円の直径が、浪源の長さ L よりも大分小さいことを示す。すなわち浪源が可成り細長い楕円形であることを示すものと思われる。

しかしまだ資料が不十分であり、マグニチュード 8 以上でカムチャッカ津波、チリ津波の余震域が数 100 km におよぶものから、浪源を求め更に検討を加えてみたい。

またこれら余震域はいずれも海域に分布するは勿論であるが、南海地震のように余震域が陸上におよぶものもあり、浪源との直接な結び付きには、まだ多くの問題が残されてい

3) S. OMOTE, "On the Central Area of Seismic Sea Waves", *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **25** (1947) 15.

4) K. IIDA, "Earthquakes accompanied by tsunamis occurring under the sea off the Islands of Japan". *Jour. Earth Sci. Nagoya Univ.*, **4** (1956), No. 1.

5) 宇津徳治・関 彰 「余震区域の面積と本震のエネルギーとの関係」 地震, **ii**, **7** (1955), No. 4.

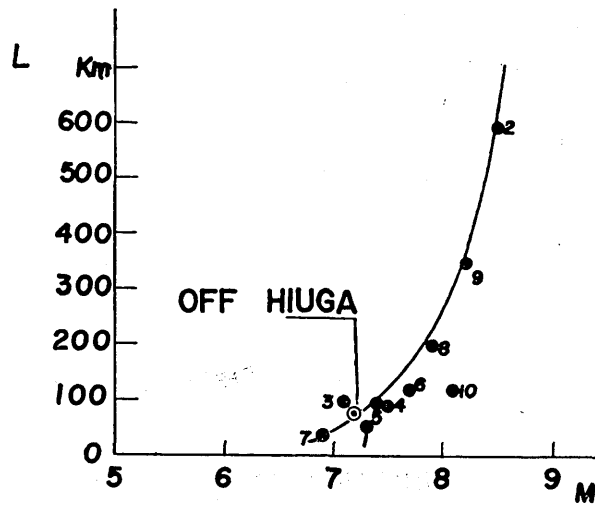


Fig. 6. Relation between M and L .

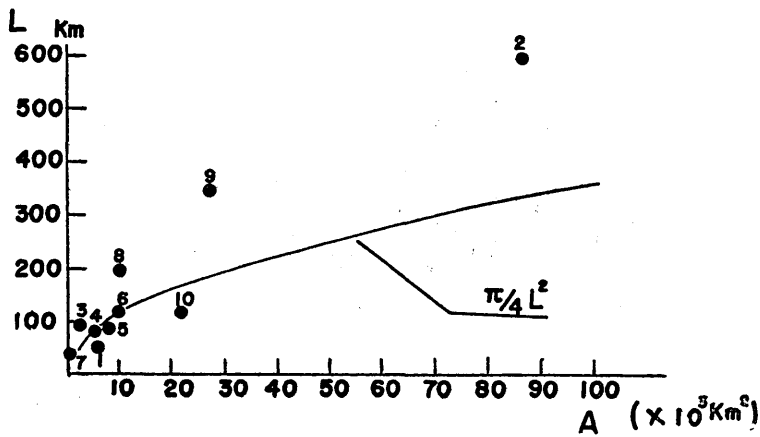


Fig. 7. Relation between A and L .

る。

終りにのぞみ検潮記録の御提供賜わった，気象庁，国土地理院，海上保安庁および宮崎・鹿児島・大分・愛媛・高知県土木部の方々，並に作図にあたっては今泉啓君をわずらわしたことに對し感謝する次第である。

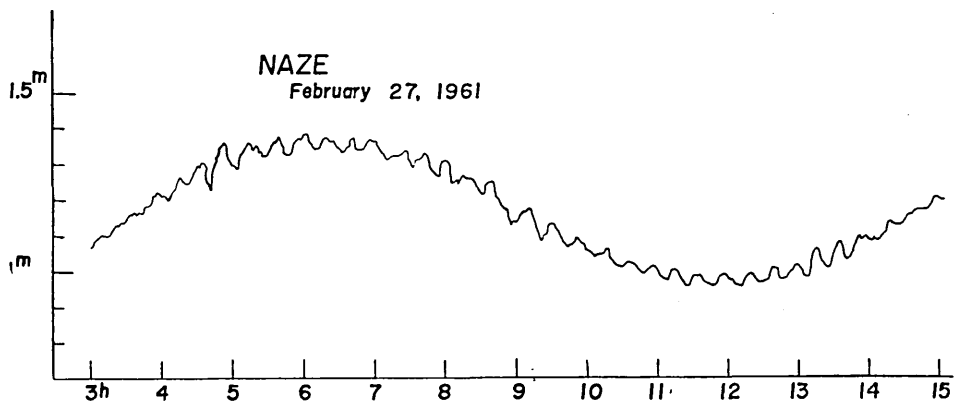


Fig. 8

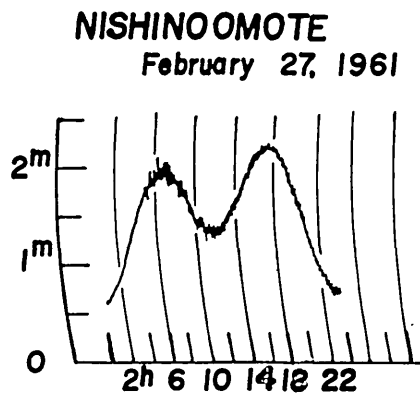


Fig. 9

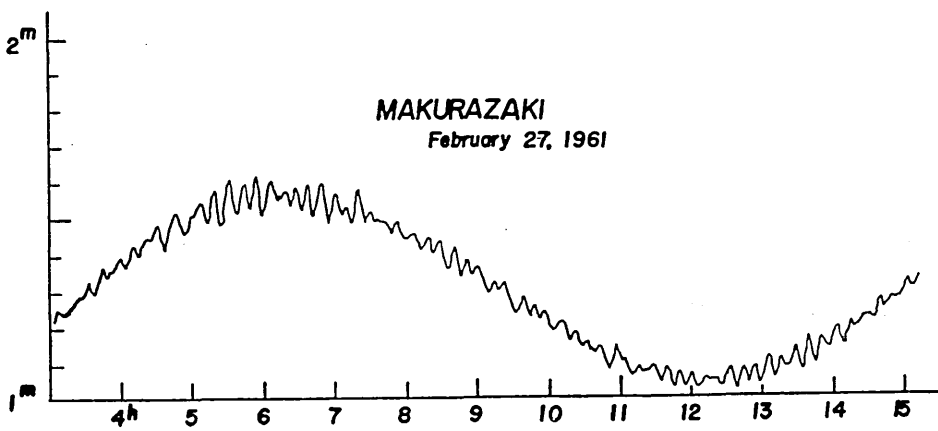


Fig. 10

NAMIMI
February 27, 1961

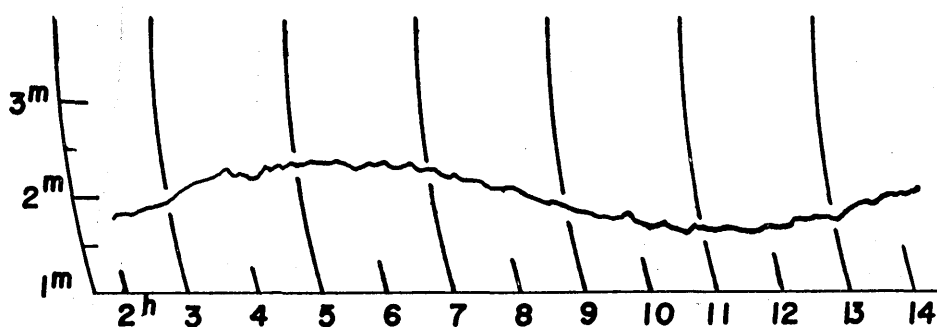


Fig. 11

SUZUREISHI
February 27, 1961

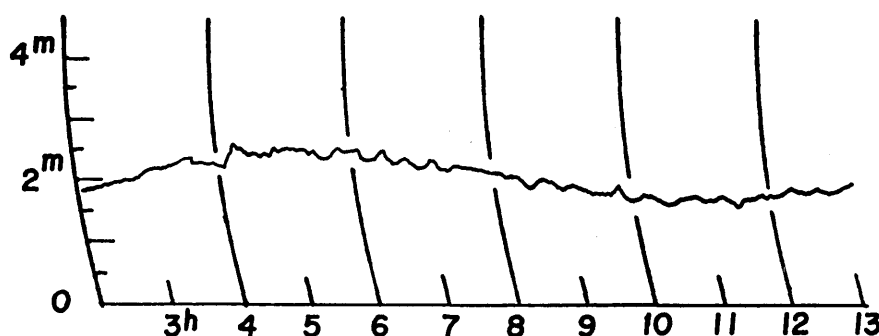


Fig. 12

ABURATSU
February 27, 1961

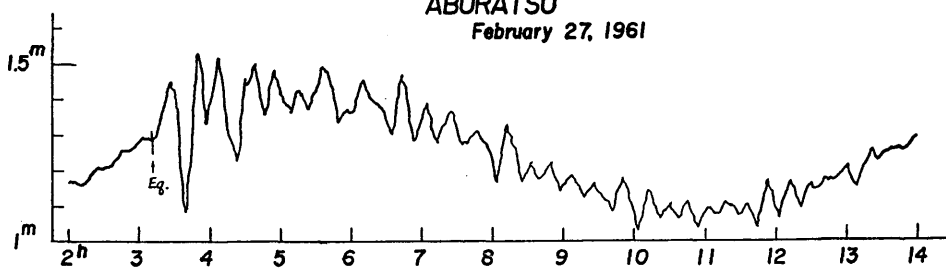


Fig. 13

MIYAZAKI
February 27, 1961

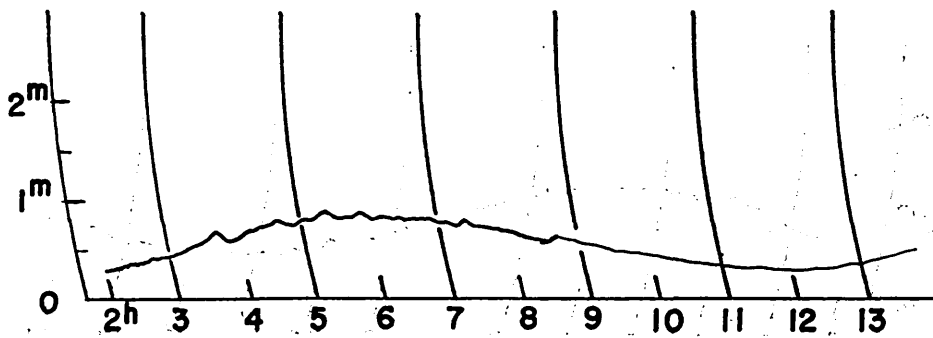


Fig. 14

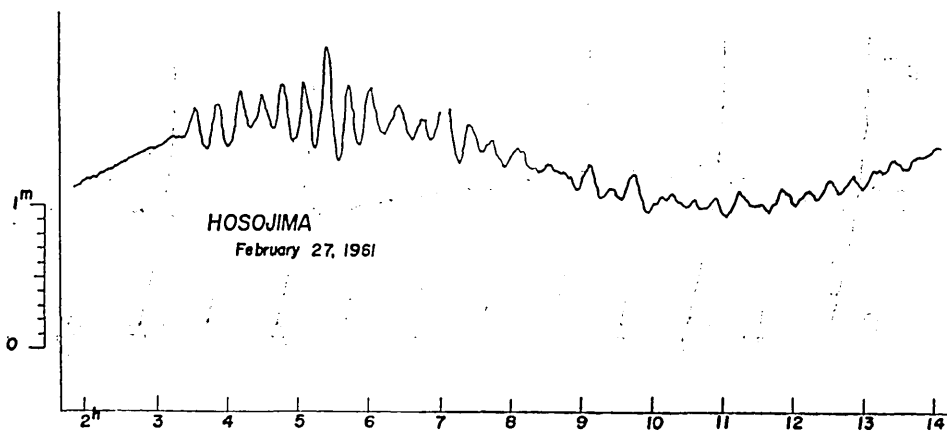


Fig. 15

HOSOJIMA - NEW HARBOR
February 27, 1961

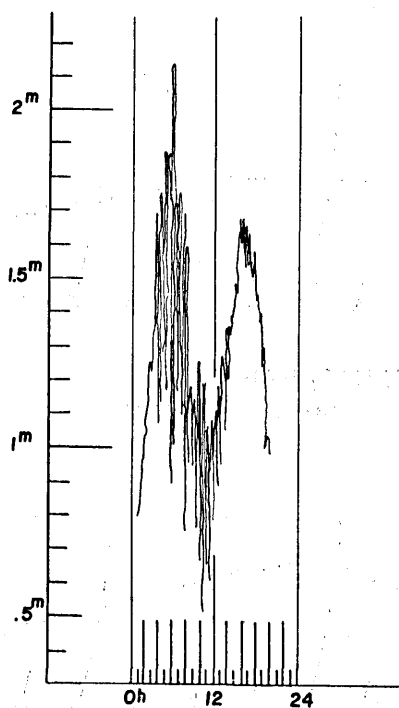


Fig. 16

TŌKAI
February 27, 1961

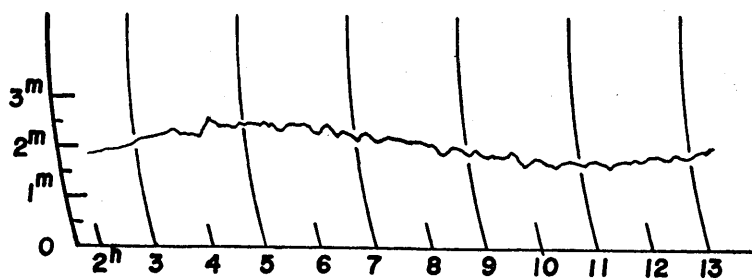


Fig. 17

HEBIZAKI
February 27, 1961

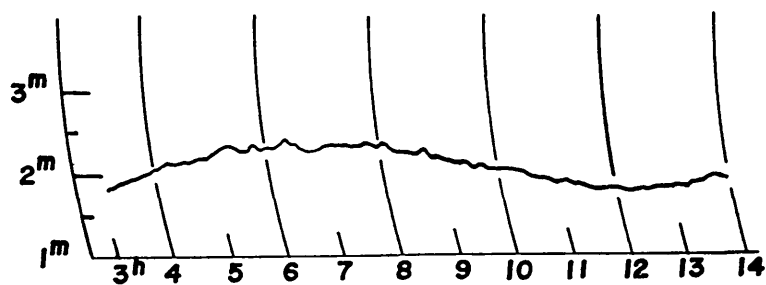


Fig. 18

YAHATAHAMA
February 27, 1961

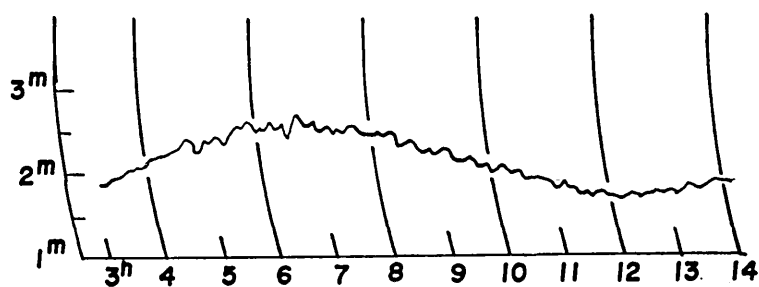


Fig. 19

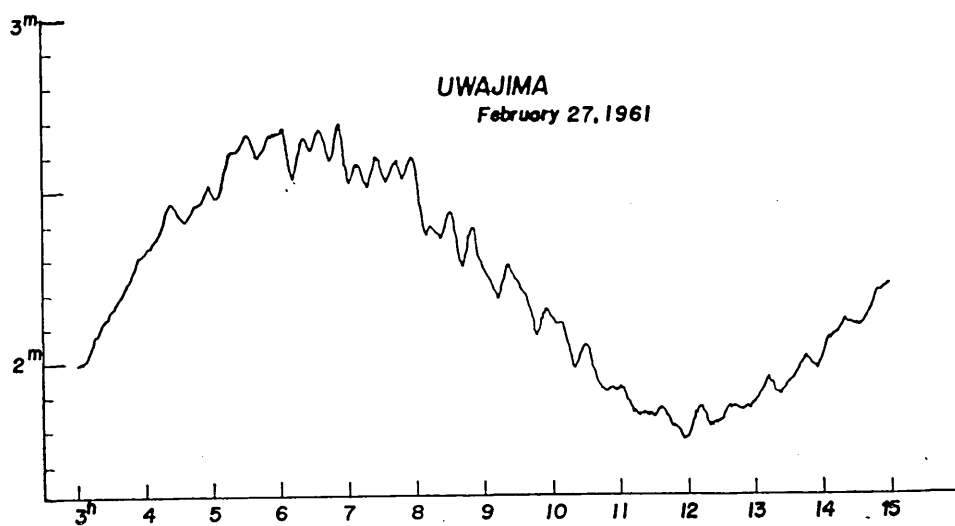


Fig. 20

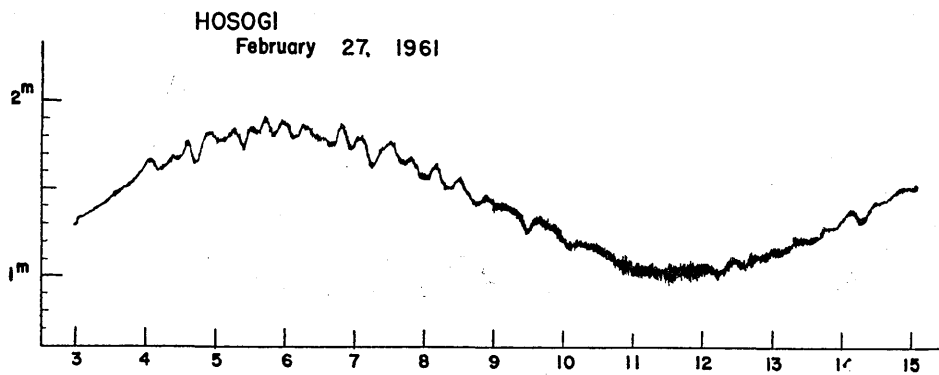


Fig. 21

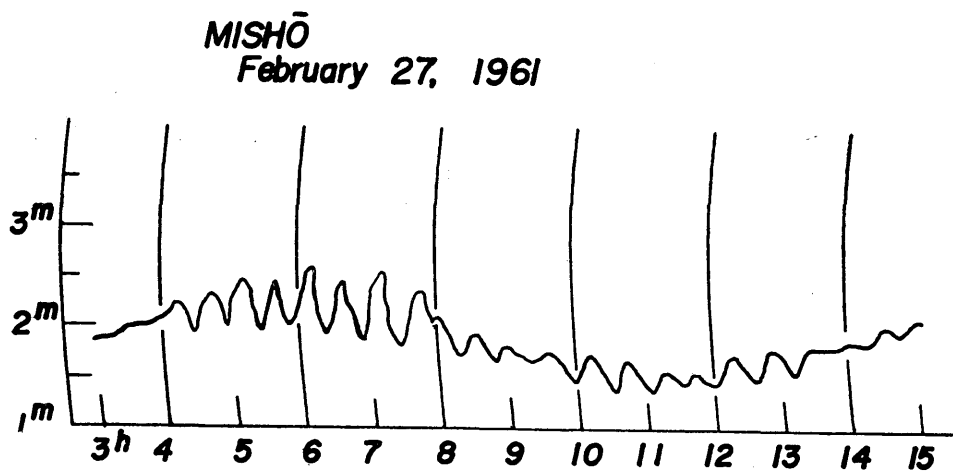


Fig. 22

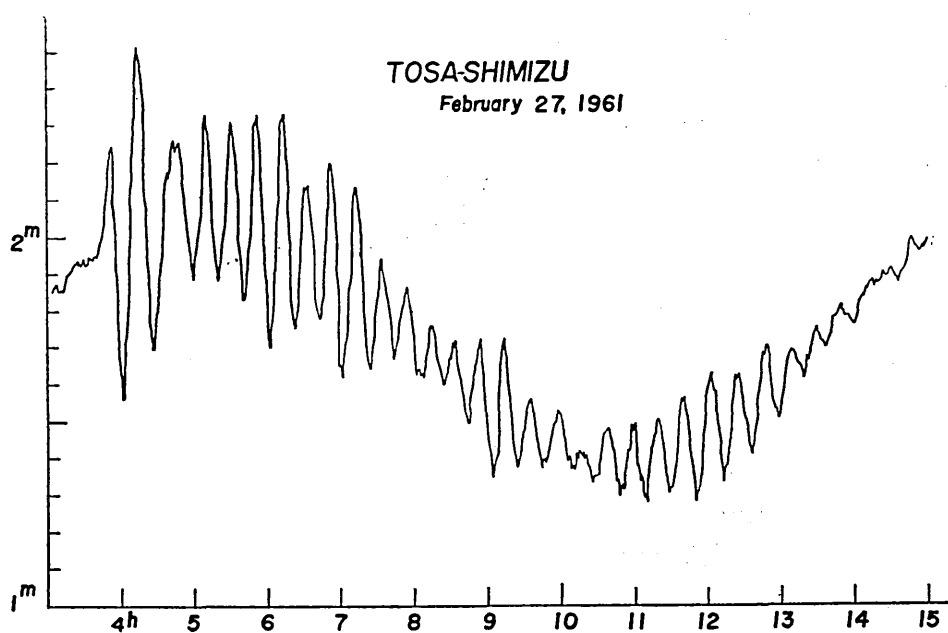


Fig. 23

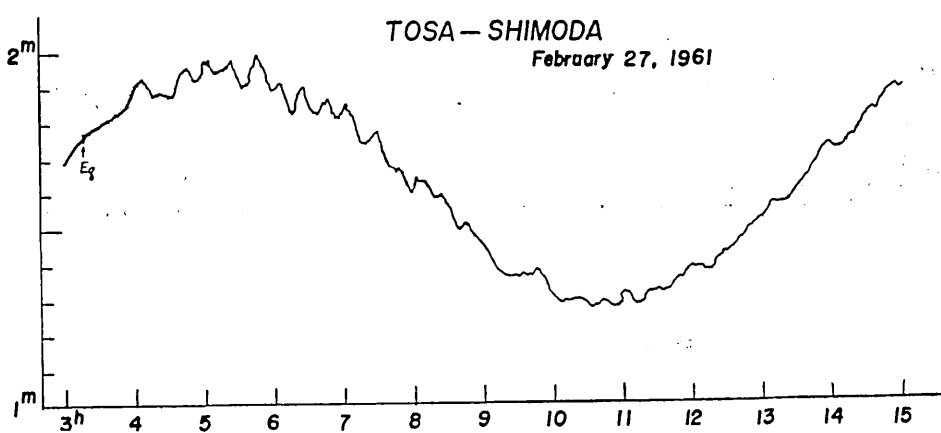


Fig. 24

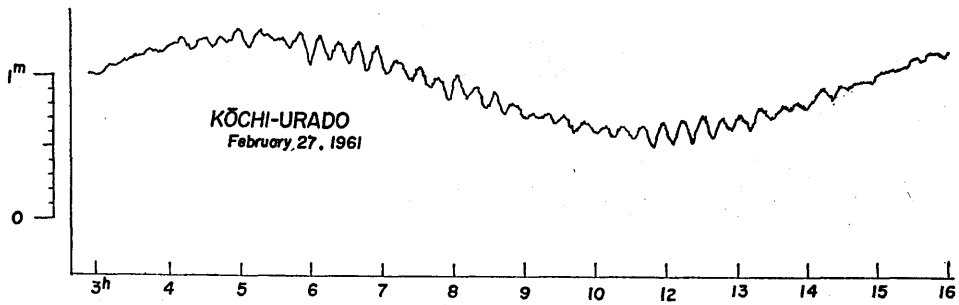


Fig. 25

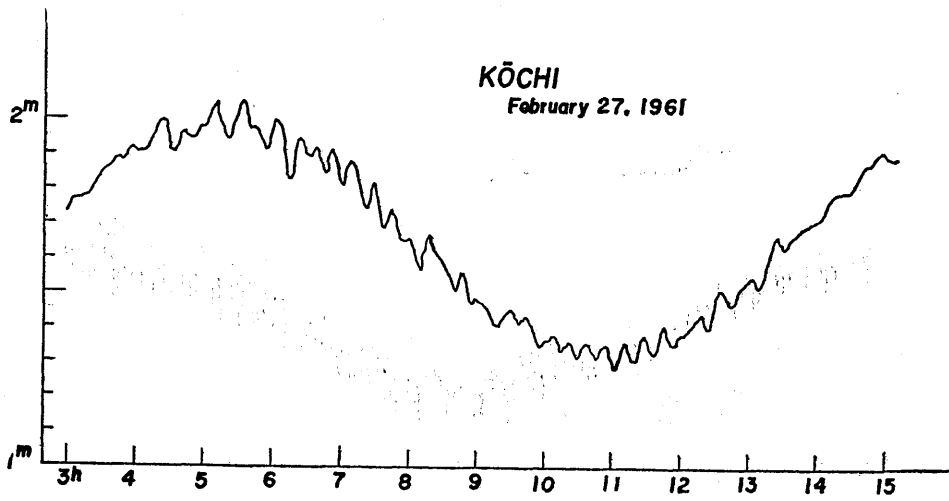


Fig. 26

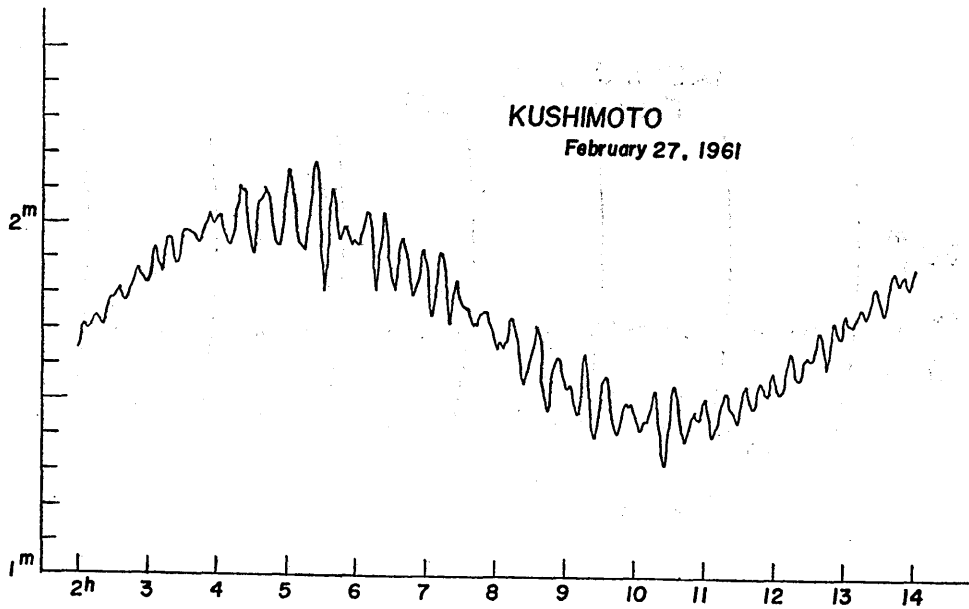


Fig. 27

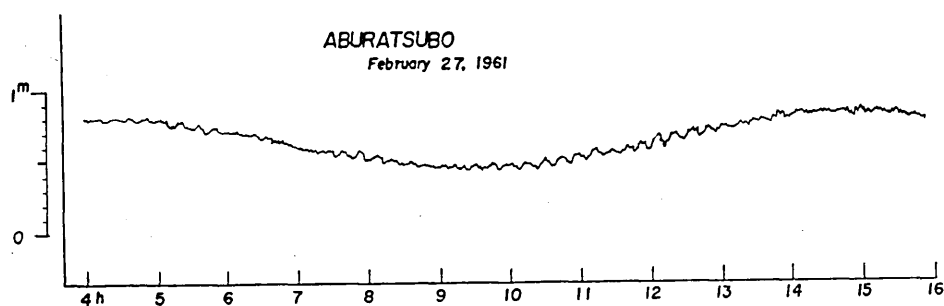


Fig. 28

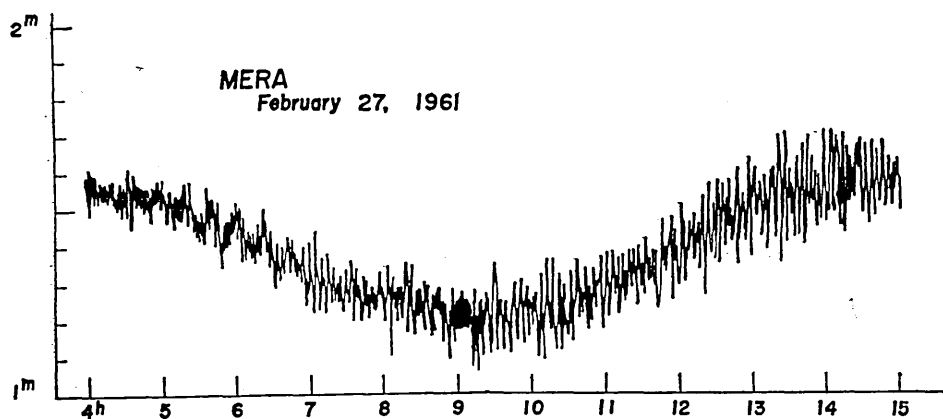


Fig. 29

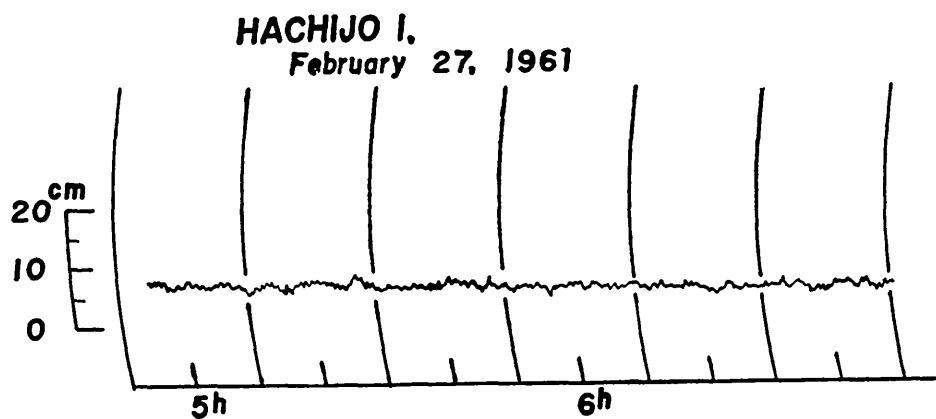


Fig. 30

20. *On the Tsunami which accompanied the Hiuganada Earthquake of Feb. 27, 1961.*

By

Ryutaro TAKAHASI and Tokutaro HATORI,
Earthquake Research Institute.

At 3 h 10 m 59.1 s (J.S.T.), Feb. 27, 1961, there occurred a remstrong earthquake off the south-east coast of Kyushu, Japan. According to the Japan Meteorological Agency (JMA), the magnitude of the earthquake was 7.2, depth 17 km and the position of the epicenter $31^{\circ} 7' N$, $131^{\circ} 7' E$. Accompanying this earthquake, a moderate tsunami was observed on the coasts of Kyushu and Shikoku.

Since 1662, more than 10 earthquakes which here exceeded IV in intensity have occurred around this region. Among them the earthquake of Nov. 19, 1941, resulted a tsunami of the order of 1 m along the coast of Kyushu and Shikoku.

By the courtesy of JMA, Japan Geographical Survey, Japan Hydrographic Office and the public works offices of several prefectures, the present writers could collect tide-gauge records of this tsunami and have made some studies as described blow.

Features of the tsunami at different localities can be seen in Table 1 and Fig. 1. It can be noticed that the initial motion of the tsunami is *up* everywhere, showing that the crustal deformation which caused the tsunami has probably been a simple upheaval in the origin area.

In this tsunami, the wave heights seem to have been modified by resonance phenomena in some bays in the neighbourhood of the origin area. In Fig. 2, the maximum wave heights H , as observed in different bays, were plotted against $1/T_0$, T_0 being the proper period of oscillation of the bay. In the Fig. H_0 is the maximum wave height at Miyazaki and T the period of the tsunami. The wave height is here defined as the level difference between a trough and the following or the preceding crest. The mean of the periods of tsunami waves at various localities was found to be 22 min. and this was assumed to be the period of tsunami T . Some of the proper periods of oscillation at different bays, shown in Table 2, were taken from HONDA and TERADA²⁾ and others were calculated by the formula $T_0 = 4l/\sqrt{gh}$

In Fig. 2, H/H_0 is large for Hosojima and Tosashimizu, where the periods of seiches are so near to T that resonance must have amplified the tsunami heights. The discrepancy in the value for Misho from the resonance curve in Fig. 2 might be the result of energy accumulation owing to the V-shape of Misho Bay. See Fig. 3.

Inversed refraction diagrams were drawn starting from six tide stations on the coast of Shikoku and Kyushu, as shown in Fig. 5. Wave fronts have been drawn every minute, but in Fig. 5 only those for every 5 minutes are shown. The origin was thus found to be a slender elliptic area with a long axis of about 80 km.

HIRONO and IIDA⁴⁾ obtained a relation between the magnitude M and the long axis L of the elliptic origin of the tsunami. Their relation holds good also for the present tsunami. UTSU and SEKI⁵⁾ found a relation between L and the area A of aftershocks. The present writers deduced a relation between A and L as shown in Fig. 7. This relation will give in some measure the shape of the origin area of the tsunami, if we assume the origin area to be equal to A . The fact that L greatly exceeds the diameter of a circle having the same area A with the origin, shows that the origin area of tsunami is strongly elliptical.