

55. 1968年日向灘地震による津波の調査

地震研究所 { 梶浦 欣二郎
相田 勇
羽鳥 徳太郎

(昭和43年4月23日発表—昭和43年7月31日受理)

1. 緒言

1968年4月1日09時42分、日向灘に地震が起こり(気象庁発表によると、震央は $32^{\circ}17'N$, $132^{\circ}32'E$, 深さ $d=30$ km, マグニチュード $M=7.5$), 四国南西部と九州東部地域は震度Vに達したところもあり、各地に若干の被害を生じた。この地震に伴って津波が発生し、新聞などの情報によって、高知県幡多郡の被害が伝えられた。

日向灘では、過去約300年間に津波を伴った地震が7回起こっていて、¹⁾最近では1931年11月, 1941年11月, 1961年2月²⁾の地震による津波が、検潮儀によって観測されている。今回の地震はこれらの地震よりも大きな規模を持ち、津波も比較的大きいことが予想されたので、現地調査を行なった。津波の来襲地域が広範囲であるので、相田、羽鳥は高知、愛媛県下を、梶浦は大分、宮崎県下を受持って調査した。調査の方法は1960年のチリ津波、1964年の新潟地震津波の場合と同様に、各地の津波の高さの測定、来襲情況のきこみ、目視観測の資料、津波来襲時の写真などの収集を行なった。

一方、気象庁、国土地理院、水路部、各県土木部などに依頼して、検潮記録を収集し、その記録から各地における津波の到達時刻、波高、周期などを読みとり、波源域の推定を行なった。

2. 現地調査

4月1日前後は大潮にあたり、潮位差の大きい時であるが、津波の来襲時は各地とも下げ潮時で、ほぼ平均海水面に近い水位であった。津波がそれほど大きくなかったので、土佐清水の検潮記録でみるように、津波の最高水位は満潮面をやっと越す程度のところが多く、海水が護岸上に溢れたところは、高知県の南西端の一部にすぎない。今回の津波で最高水位を示したのは、高知県幡多郡大月町の古満目、浦尻のあたりで、床上浸水の被害があった。

1) 宮崎地方気象台「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号などによる。

2) 高橋龍太郎・羽鳥徳太郎「1961年2月27日日向灘地震に伴った津波について」地震研究所彙報 39 (1961), 561.

Table 1. 津波

番号	場 所	測定日時		測定対象	測定値 (m)
		月 日	時 分		
S 1	高知県 土佐清水市			検潮記録	
S 2	" 土佐清水市 大浜			聞き込み	
S 3	" 幡多郡大月町 柏島			聞き込み	
S 4	" " 浦尻	4 7	14 44	浦尻診療所跡	3.36
S 5	" " 古満目	" "	15 20	ぶり定置網作業所 聞き込み	3.40
S 6	" " "	" "	15 43	古満目魚市場跡	2.28
S 7	" " "	" "	" "	古満目魚市場 岩壁に上った漁船	2.55
S 8	" " 浦尻	" "	16 10	浦尻防波堤 聞き込み	5.
S 9	" 宿毛市 片島			検潮記録	
S10	愛媛県南宇和郡城辺町深浦	4 8	13 43	護岸聞き込み	1.6
S11	" " 岩水	" "	14 15	痕 跡	1.54
S12	" " 岩水	" "	" "	農協建物土台 聞き込み	1.46
S13	" 宇和島市			検潮記録	
K 1	大分県南海部郡米津村竹の浦			護岸聞き込み	2.40
K 2	" " " "			写 真	2.40
K 3	" " 蒲江町役場前			護岸聞き込み	2.10
K 4	宮崎県 東臼杵郡 北浦村			検潮記録	1.92
K 5	" 延岡市 土土呂漁港			目視観測	2.15
K 6	" 日向市 細島工業港			検潮記録	2.08
K 7	" " 細島商業港			目視観測	2.33

* 土佐清水における T.P. は、潮位表 D.L. 上 1.28 m である。

各地の津波の来襲状況は、現地のききこみを総合すると第1波ないし第2波が最高で、押し波に始まり、狭い水路のようなところでは、川の瀬のような水流があったが、一般にゆるやかに水位が上昇した模様である。特に四国側では、第1波の次の引き波が大きく、平常の干潮面よりも 70cm ほど引いたところ（土佐清水市大浜）もある。津波の波高はそ

の調査表

信頼度	基準検潮場	測定時潮位 D.L. 上 (m)	最高津波の 高さ T.P. 上* (m)	記 事
A			0.68	第1波の上昇 80 cm 最大波全振巾 236 cm
C			0.66	満潮時より 10~20 cm 高い
C			0.66	満潮時より 15~20 cm 高い
A	土佐清水	0.99	3.07	
B	"	0.94	3.06	
A	"	0.90	1.90	
C	"	"	2.16	
C	"	0.86	4.56	防波堤の外側の高さ, パラペット以下 15~20 cm
A	"		0.68	時計故障, 当日の満潮位上 29cm 最大潮差 224cm
C	"	1.40	1.72	護岸天端すれすれという証言により護岸高さの測定
A	"	1.40	1.66	
B	"	"	1.58	
A			0.36	この潮位は当日の満潮位 0.73 m に達しない 第1波の上昇 22 cm 最大波全振巾 46 cm
A			1.26	10時 10分~15 分に第1波 護岸高さ 250cm より 10 cm 下まで水が来た
A			1.26	引き波は低潮面下 10~20cm 程度 最大全振巾 250 cm
C			0.96	引き波は低潮面下 30 cm 程度 最大全振巾 240 cm
B			0.78	当日の満潮面より約 20cm 高い. 最大波全振巾 150 cm 記録の零点が約 20 cm くるっている
A			1.01	岸壁スケール観測, 第2波 225 cm
A			0.94	当日の満潮面より約 25cm 高い 最大波全振巾 198 cm
A			1.20	岩壁スタフ観測, 第3波 239 cm

れほど大きくはなかったが, 引き波の流速はかなり大きく, 各地で真珠イカダ, ハマチ網など養殖関係の水産施設が被害をうけた。

Table 1 は調査表であって, 津波の高さは T.P. (東京湾中等潮位) からの高さを示している。信頼度, A, B, C は測定精度の区分で, A が最も信頼度高く, 浸水面の痕跡が明

際で、測定誤差は小さい。四国側では土佐清水の潮位を基準にして測定値を換算しており、T.P. は土佐清水の潮位表 D.L. 上 1.28 m であり、又平均海面上 0.14 m である。九州側では、護岸の工事基準面上の高さをもとにして換算しており、T.P. は工事基準面上 1.14 m である。特に九州側では、現地でスタッフ等を用いた目視観測の行なわれたところもあり、その資料が利用してある。

次に主な地域における状況を、少々くわしく見ると次の様である。

土佐清水市 (高知県)

港の奥の海岸にある、清水側候所の検潮儀の記録によれば、津波は地震後 21 分、押し波が始まり、第 1 波が最大であるが、満潮面から僅か 30 cm 上がったに過ぎなかった。従って津波は港内のいずこの岸壁にも溢れなかった。又魚市場前の多数の漁船は、津波によってけい船ロープが切れて一時流されたが、全部回収できたそうである。大浜の部落では、漁港内で小型の船の四個所を 1' 鉄管で支え、浚渫作業中に津波によって港内が干上り、舟が倒れて、支えの鉄管や、ボーリングドリルがくの字に曲ってしまったという。又西隣の越では、立派な護岸のある遠浅の海岸であり、津波で干上った砂浜でカレイ、イカなどがとれたというが、津波の来襲の様子が比較的静かで、激しさがなかった事を示している。

古満目・浦尻 (高知県幡多郡大月町)

古満目魚市場では、小型漁船が岸壁に押し上げられ、護岸に沿った約 20 戸の敷居上に津波の痕跡が認められたが、道路一つへだてた家並には浸水しなかった。

浦尻は Fig. 1 に示すように、古満目湾奥に位置し、床上 5、床下 20、麦畑 100 アールに浸水した。最も湾奥の河口附近の道路沿いにあるビニールハウスは、津波でビニールを破られ被害を受けたが、Fig. 2 はそのすぐ横のガソリンスタンド車庫の壁についた津波

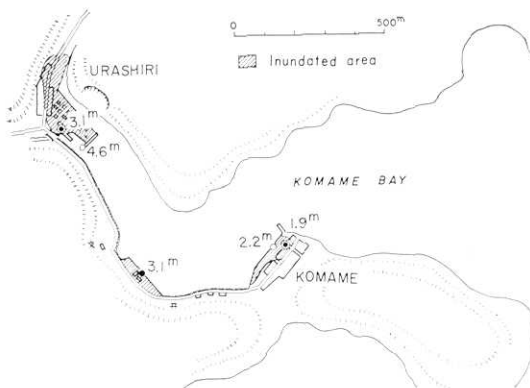


Fig. 1. Inundated area and tsunami height (above T.P.) in Komame Bay, Kochi Prefecture.



Fig. 2. A trace of inundated level at Urashiri, Kochi Prefecture.

の痕跡であって、その高さは地上 1.1 m である。又防波堤のすぐ内側にある診療所にも明瞭な痕跡があり、Fig. 1 の中で 3.1 m の値はこの測定値である。又数隻の小舟が家の脇にのし上げられていたが、津波はゆるやかに上がった為、衝突による破損は起きていない。住民の話によると、こゝは 1946 年の南海道津波で大きな被害を受けたそうで、水路部の調査では 3.9 m の高さが報告されている。³⁾ 従って今回の津波の方が少し小さい。

古満目に隣接する柏島においては、津波は満潮面から 15 cm 位上がったに過ぎない。南海道津波も軽微であったが、安政津波では浸水の被害があったと住民が語っていた。沖ノ島については宿毛市役所の情報によると、部落は高台にあるため津波による被害はなく、その高さなどは不明との事である。

深浦・岩水（愛媛県南宇和郡城辺町）

深浦港における住民の話によると、10時20分頃第1波が押寄せ、第2波が最高で、満潮面より 30 cm ほど上がり、潮位は Fig. 3 に示す港の奥の地点で岸壁面すれすれになったという。またけい留中の多数の漁船は、引き潮のとき倒れそうになったそうである。

岩水では護岸上わずかに溢れ、痕跡があった。しかし住家には浸水していない。測定の結果から深浦と岩水の津波の高さは同程度である。



Fig. 3. Tsunami height (above T.P.) in Fukaura Bay, Ehime Prefecture.

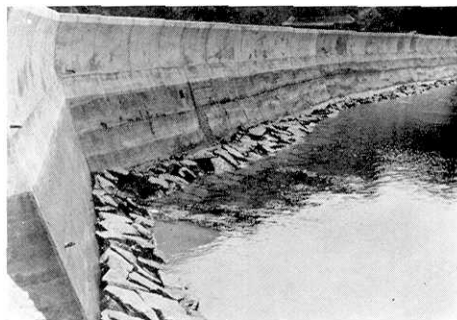


Fig. 4. A trace of the maximum water level (1.26 m above T.P.) at Takenoura, Oita Prefecture (Courtesy of Yonouzu Village Office).

竹の浦（大分県南海部郡米水津村）

こゝでは地震によって竹の浦の護岸に被害を生じ、浦代の役場から竹の浦へ調査に行った係員が、初めて津波の来襲に気がついたのは、10時10分乃至15分頃であった。静かに波が到着し、第1波が波高は最大である。Fig. 4 に示す護岸の水にぬれた線が第1波最高水位であって、T.P. 上 1.26 m となり、これは今回の津波について九州側での最高水位である。最大全振巾は約 2.5 m 程度で、引き波の方が大きかったという。しかし、チリ津

3) 水路部「昭和21年南海大地震報告、津浪篇」水路要報増刊号201号(1948), 38.

波のときよりも津波は小さかった。

蒲江町 (大分県南海部郡)

フース型検潮儀がそなえてあったが地震のためワイヤがすり切れて故障。初めに水位が約 50 cm 程度引いたのに気がつき、続いて第2波が最高水位で 10 時 10 分頃来襲したというがあまり確かではない。工事基準面上 260 cm の護岸の下約 50 cm まで水位が上がったという。引き波が大きかったらしい。蒲江漁港は前面に屋形島があり、周辺の湾よりは、波高がやゝ小さかったように見える。屋形島では津波に気がつかなかつたらしい。今回の津波はチリ津波よりも小さく、又この附近では昭和 29 年 9 月台風 12 号のときに、高潮が陸上約 120 cm に達したという (T.P. 上 270 cm 程度)。名護屋湾などには多くの真珠イ

Table 2. 目 視 観 測

土 土 呂 漁 港 (延岡港湾事務所調べ)				細 島 港 商 業 港 区 (日向延岡新産都市建設局調べ)	
時 間	潮 位	時 間	潮 位	時 間	潮 位
時 分	m	時 分	m	時 分	m
10 19	+2.15	13 19	+0.75	10 35	0.50
10 29	-0.10	13 31	+0.25	10 40	0.03
10 34	+2.00	13 42	+0.7	10 45	2.33
10 45	±0.0	13 56	+0.3	10 55	-0.06
10 51	+1.6	14 04	+0.45	11 06	1.68
10 57	+0.10	14 18	+0.15	11 15	-0.61
11 03	+1.15	14 30	+0.50	11 23	1.42
11 13	+0.80	14 45	+0.15	11 33	-0.34
11 25	+1.10	14 55	+0.55	11 40	1.44
11 35	+0.50	15 05	-0.2	11 53	-0.22
11 43	+1.00	15 13	+0.75	11 59	1.15
11 54	+0.3	15 23	+0.15	12 05	
12 02	+0.9	15 32	+0.75	12 38	0.70
12 13	+0.3	15 45	+0.25	12 45	0.10
12 21	+0.8	16 02	+0.90	12 55	0.56
12 30	+0.2	16 13	+0.45	13 00	0.03
12 37	+0.7	16 30	+0.80	13 04	0.25
12 58	+0.1	16 39	+0.50	13 07	-0.02
13 01	+0.7			13 13	0.72
13 13	+0.2			13 17	0.43
				13 25	-0.17

測定値は C.D.L. 基準, T.P.=1.14m

測定値は C.D.L. 基準,
T.P.=1.14m

カダがあったが津波で流されたものが多く、その被害分布からみると、岬の蔭になったところではイカダの流失が少なく、真南から津波が入って来た様である。

土土呂 (宮崎県延岡市)

宮崎県延岡港湾事務所では9時50分頃から潮の異常を感じ、漁業組合前の岸壁にて目視観測を行なった (Table 2, Fig. 5)。土土呂港の入口では、上げ波のとき段がついたように見えて海水が浸入し、引き波では川の水が吸い出されるように流れた。最大全振巾は2.25mであり、最高水位は10時19分に、港湾基準面上2.15m (T. P. 上1.01m)であった。

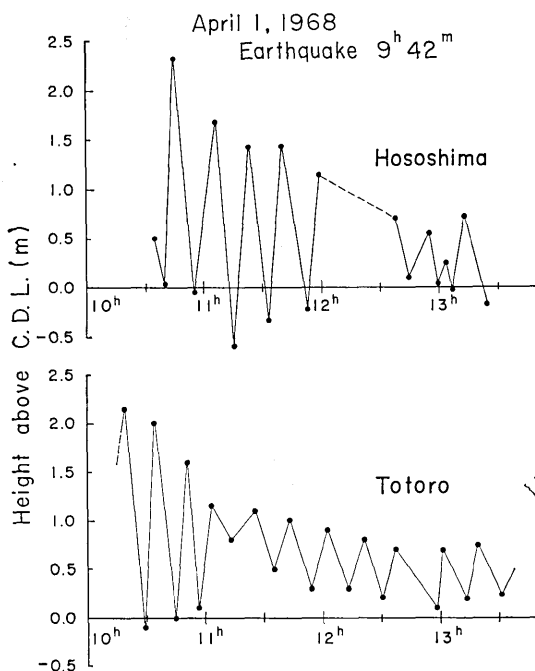


Fig. 5. Visual observations of the water level oscillation at Totoro and Hososhima, Miyazaki Prefecture.

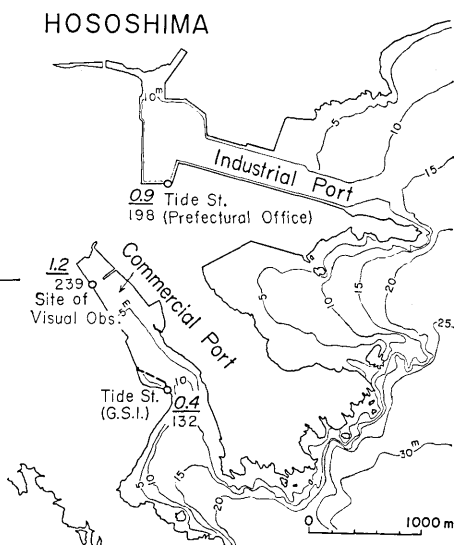


Fig. 6. Tsunami height above T. P. (Arabic numerals with underline, in m) and the maximum double amplitude (thin numerals without underline, in cm) at Hososhima, Miyazaki Prefecture.

細島 (宮崎県日向市)

日向延岡地区新産業都市建設局において、細島港商業港区 (旧港) の最も奥で (Fig. 6 参照)、10時35分から津波の目視観測が行なわれた (Table 2, Fig. 6)。観測時間中の最大全振巾は2.39mで最高水位は10時45分に、港湾基準面上2.33m (T. P. 上1.19m)になった。この港の入口付近にある国土地理院の検潮記録と対応させると、この目視観測

では、第1波、第2波をぬかしているようであるが、第3波まではほぼ似た様な潮位を示したらしい。目視観測の初めの4波をとって、国土地理院の検潮記録の対応する波の振巾と比較すると、その比が平均 1.86 になる。この事は、港奥と比較的港口に近い場所という測定場所の差によって、湾による津波の増巾作用を示しているものと考えられるが、あるいはこの検潮儀はフィルターの関係で、津波程度の周期の波を小さく書いているのかもしれない。

3. 検潮記録による調査

震源に近い場所の検潮儀は、地震によって破損し記録を得られなかったものもあるが、一方前述のように土木事務所などによって潮位の目視観測が行なわれ、ほど器械観測に比すべき精度の資料も得られた。

本文末尾 (Figs. 9~16) に掲載したフース、ケルビン型などの検潮儀によって観測された記録を読みとると Table 3 のようになる。Fig. 7 は各地における最高波の全振巾 (cm) を示したものである。津波は各地いずれも押し波で始まり、波源近傍の四国、九州沿岸では地震後、約 20 分して第1波が到達し、周期は 20 分の記録が多い。波源の東側では、遠く南伊豆、神津島、横須賀でも観測され、三宅島では明瞭でない。南方の奄美大島の名瀬では、セイシュと重なって津波の初動は不明であり、地震後 24 時間して全振巾 64cm の波

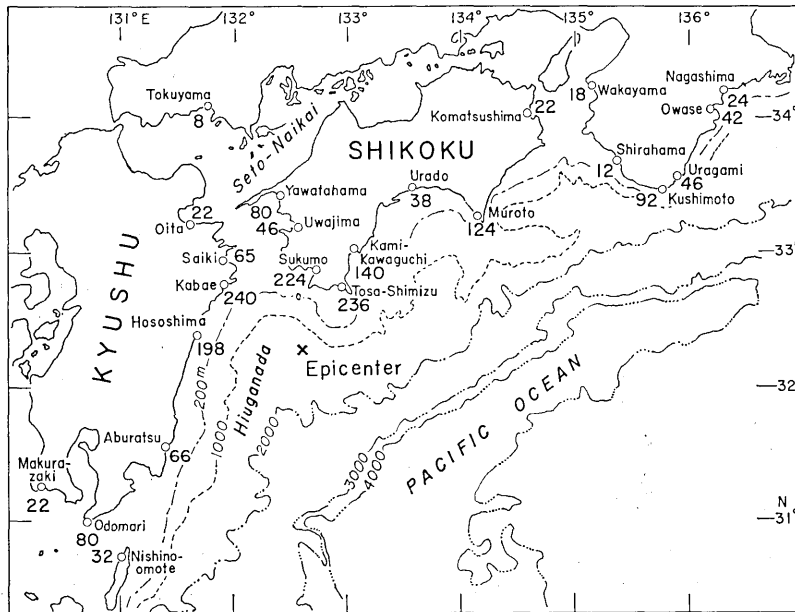


Fig. 7. Distribution of the maximum double amplitude of the tsunami (cm) read from tide records.

Table 3. The tsunami of April 1, 1968, as recorded by tide gauges.

Wave originated near the earthquake epicenter (32°17' N, 132°32' E) off the coast of Hiuga, at 09:42 (JST), April 1, 1968.

Tide Station		Initial wave				Max. wave Double amplitude	Tide gauge	
		Travel time	Initial rise	Follow- ing fall	Period 1st to 2nd crest		type	Authority*
Shikoku	Komatsushima	66 ^{min}	10 ^{cm}	8 ^{cm}	14 ^{min}	22 ^{cm}	Fuess	PCB
	Muroto	33	25	73	12	124	"	PO
	Urado	47	11	12	20	38	Kelvin	GSI
	Kamikawaguchi	30	34	52	22	140	Roll	RCB
	Tosa-Shimoda	28	14	15	15	30	Fuess	PO
	Tosa-Shimizu	21	80	150	18	236	"	JMA
	Sukumo					224	"	PO
	Uwajima		22			46	"	JMA
Yawatahama	52	40	30	20	80	Richard	PO	
Kyushu	Oita (Tsurusaki)	65	12	8	23	22	Fuess	PO
	Saganoseki					12	Roll	PO
	Usuki	50	50	65	20	135	"	PO
	Tsukumi	40	35	28	22	62	"	PO
	Saiki	34	32	40	18	65	"	RCB
	Kitaura					150	"	PO
	Tomi (Nobeoka)	18				27	Richard	RCB
	Hososhima (Industrial P.)					198	Roll	PO
	Hososhima (Comm. P.)	17	44	40	20	132	Kelvin	GSI
	Aburatsu	27	24	43	20	66	Fuess	JMA
	Odomari	56	26	42	12	80	"	HO
	Makurazaki					22	"	JMA
Nishino-omote					32	"	HO	
Other	Tokuyama					8	Fuess	HO
	Wakayama	68	9	8	14	18	"	JMA
	Kii-Shirahama	51	2	5	28	12	"	JMA
	Kushimoto	42	16	38	15	92	"	JMA
	Uragami	41	8	30	14	46	"	JMA
	Owase	50	7	20	14	42	"	PO
	Nagashima	56	6	16	23	24	"	PO
	Minami-Izu	88	6			20	"	HO
	Kozu I.	77	5	5	15	19	"	HO

* JMA: Japan Meteorological Agency, HO: Japan Hydrographic Office, GSI: Japan Geographical Survey Institute, RCB: Regional Construction Bureau, Ministry of Construction, PCB: District Port Construction Bureau, Ministry of Transportation, PO: Prefectural Office.

が観測されている。瀬戸内海における津波は、豊後水道を過ぎると急速に減衰し、大分で22cmとなり、徳山では僅か8cmの全振巾が記録され、初動は不明瞭である。

今回の津波の各地の全振巾は、1961年2月の日向灘津波の全振巾と比較すると、共通の観測点についてのものを平均して、四国側では約2.6倍、九州側では約1.5倍である。波源の位置を考慮に入ると、今回のものは前回のものに比べて、波高にして約2倍、エネルギーにして4倍程度大きかったものと思われる。地震波のエネルギーは、マグニチュードの差が0.5であるので、⁴⁾ それから換算すると前回のものに比べて、約5.6倍である。

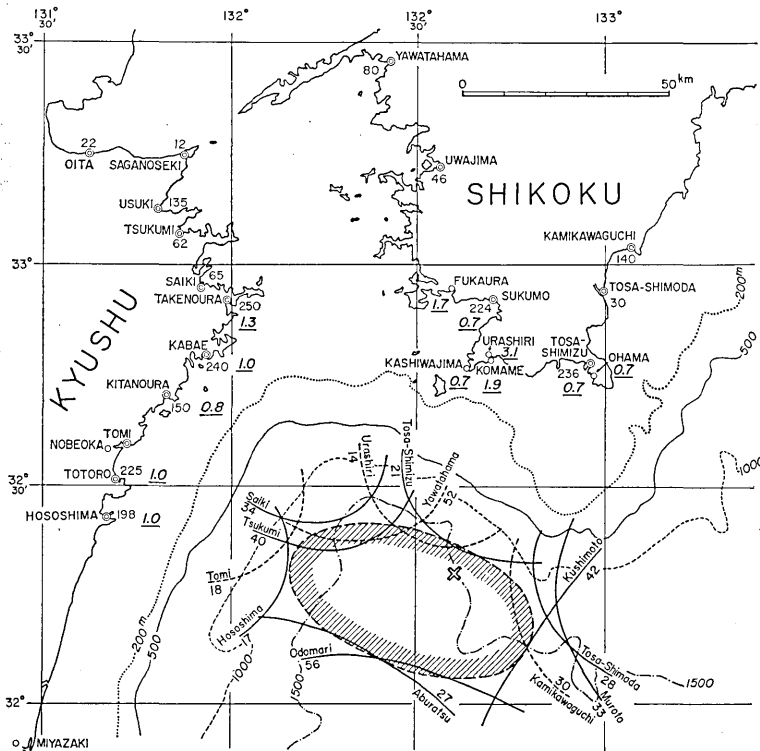


Fig. 8. The estimation of the generating area of the tsunami. The last wave fronts with the names of the tide stations and the travel times (min) are shown. Along the coasts, the maximum water level above T.P. (Arabic numerals with underline in m) and the maximum double amplitude (thin numerals without underline in cm) are also shown.

4) 1961年の日向灘地震のマグニチュードは、前出2)の論文においては、地震直後の気象庁発表値7.2を記載したが、其の後に気象庁で訂正されて7.0となっている。

5) K. IIDA, "Magnitude of Tsunamigenic Earthquake, Aftershock Area, and Area of Tsunami Origin," *Geophys. Papers Dedicated to Prof. Kenzo Sassa* (1963), 115.

4. 波源域

波源域の推定には、震央周辺の12個所の検潮記録を用い、Table 3に示した各地の第1波の到達時間にもとずき、各点から1分毎の逆伝播図を作図した。最終波面はFig. 8に示すように、波源を取巻いており、波源域推定の精度は良いものと思われる。Fig. 8によると、波源はほぼE-W方向に伸び、等深線に平行しているようである。その長径は60kmとなり、この地震の深さが比較的深いためか、飯田⁵⁾の波源長径と地震のマグニチュードの関係図によると、その下限に近い値となっている。

なおFig. 8には、各地の検潮記録から読み取った津波の全振巾(cm)および、現地調査から得られたT.P.上の津波の高さ(アンダーラインを引いた数字,m)を併記した。この中で東海、土佐下田など全振巾の値が、その附近の値に比べて特に小さいものは、検潮所が河口に位置し、川の影響を受けたためである。

5. 結 語

今回の震央が南海道と日向灘地震帯の交点に位置し、震源域の向きが東西方向か、あるいは南北方向であるかに関心があった。逆伝播図からの推定によると、作図の精度を考慮に入れても東西方向の伸びが優位である。特に今回の津波は検潮記録で、第1波は押し波で波源域は隆起であることを示すが、第1波に続く引き波が大きく、波源域の南東部において、顕著な沈下地域があったことを暗示している。

謝 辞

今回の調査にあたり、気象庁、水路部、国土地理院から検潮記録の提供を賜り厚くお礼申し上げます。現地の建設省工事事務所、県土木部、市町村役場より多数の潮位測定記録、写真などの資料を頂き、また小山盛雄技官には伝播図の作図に協力を得た。記して感謝の意を表します。

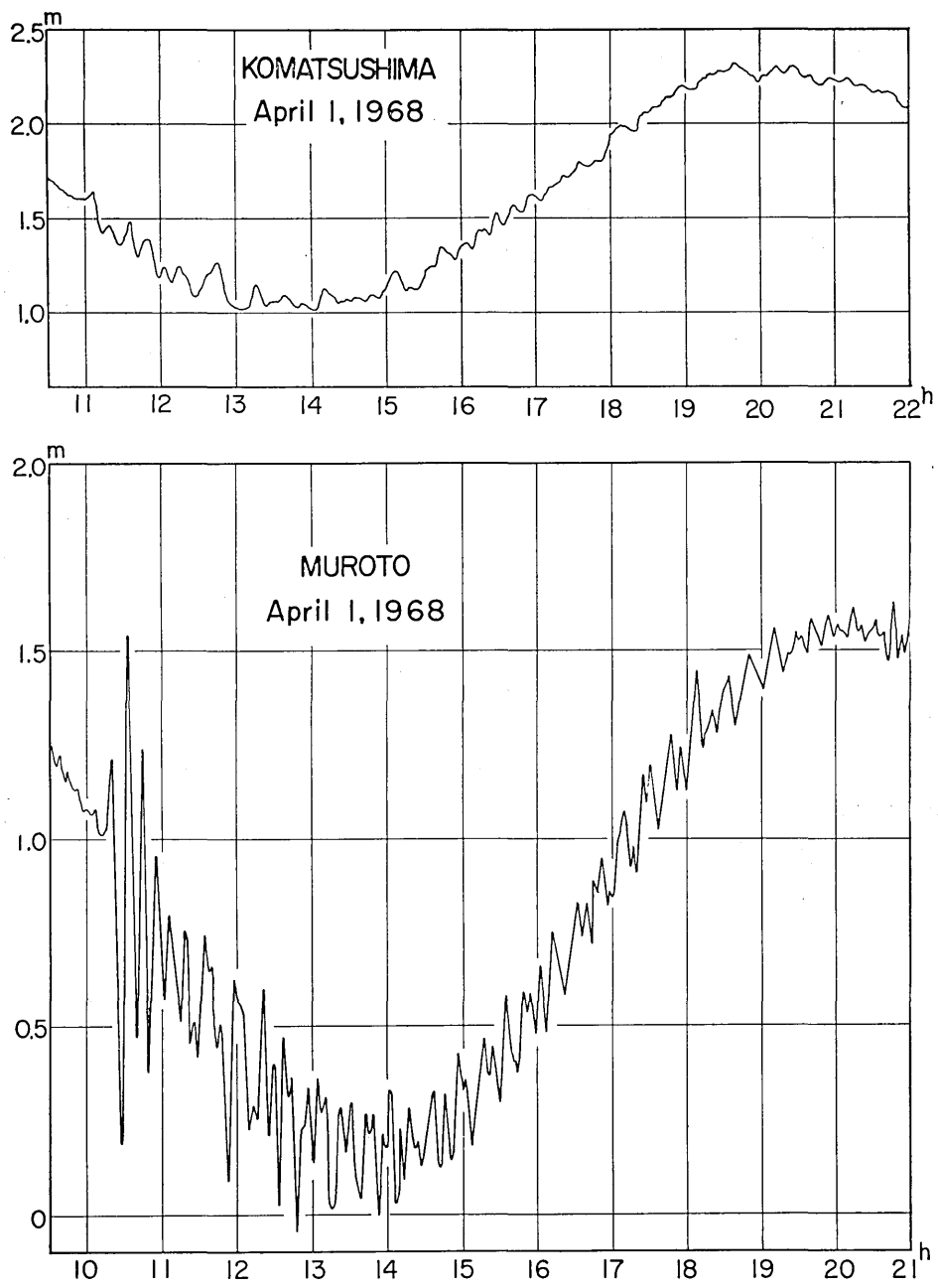


Fig. 9. Mareograms (Time: J. S. T.)

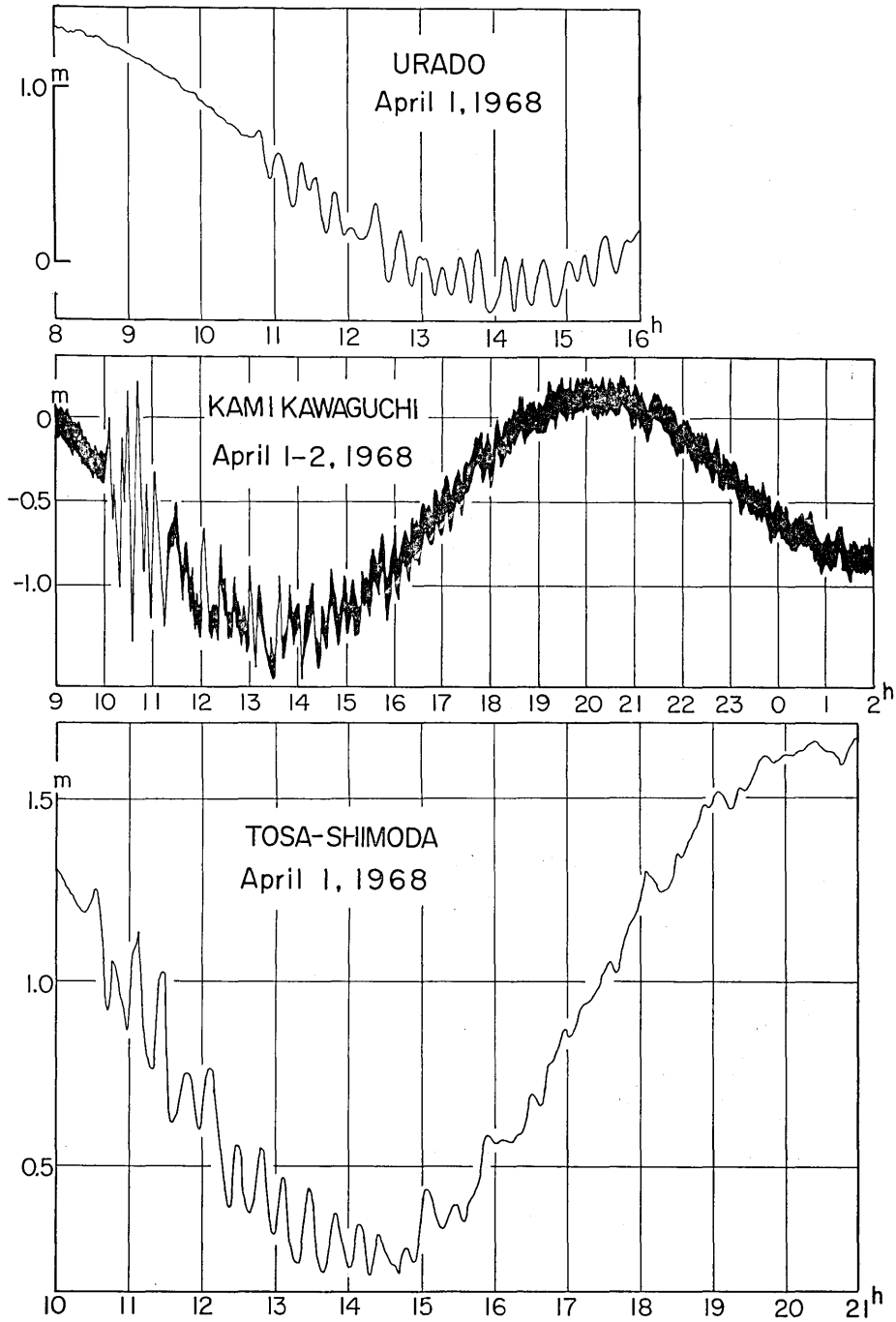


Fig. 10. Mareograms (Time: J. S. T.)

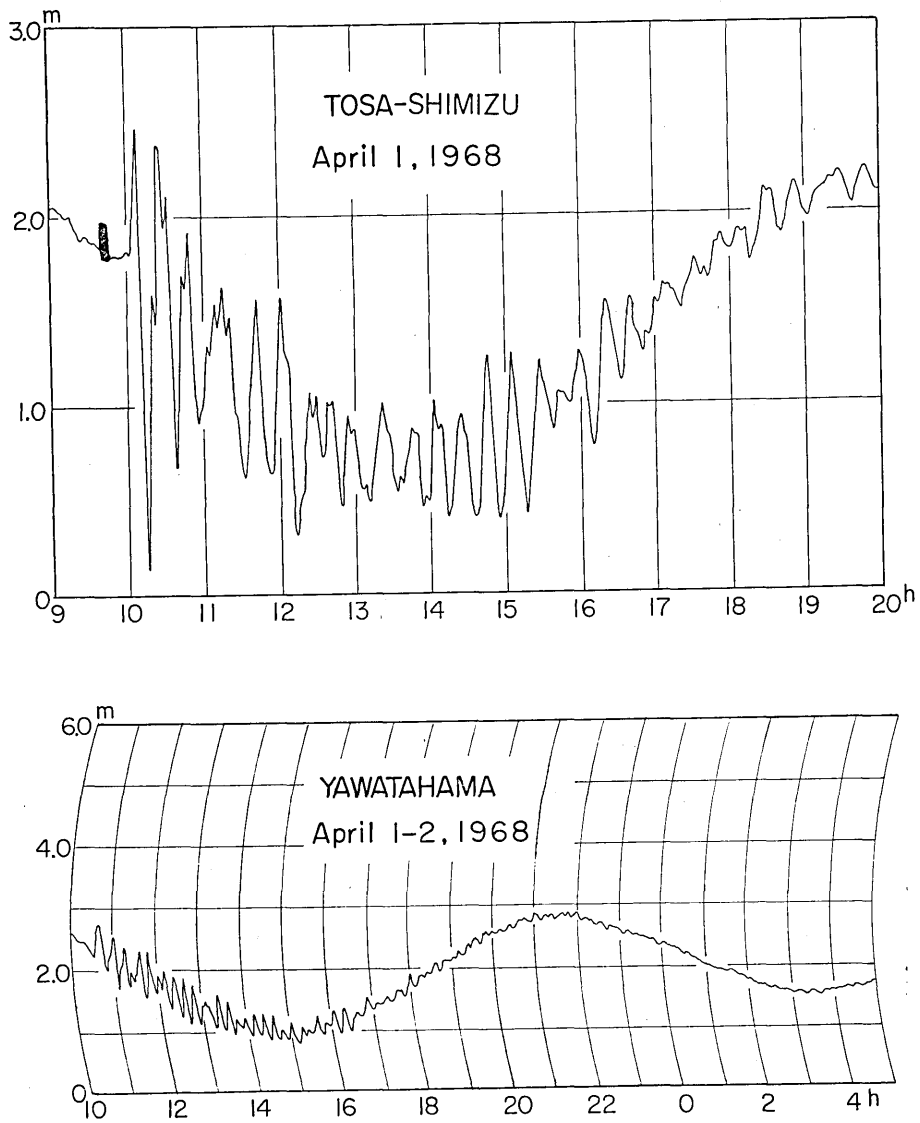


Fig. 11. Mareograms (Time: J. S. T.)

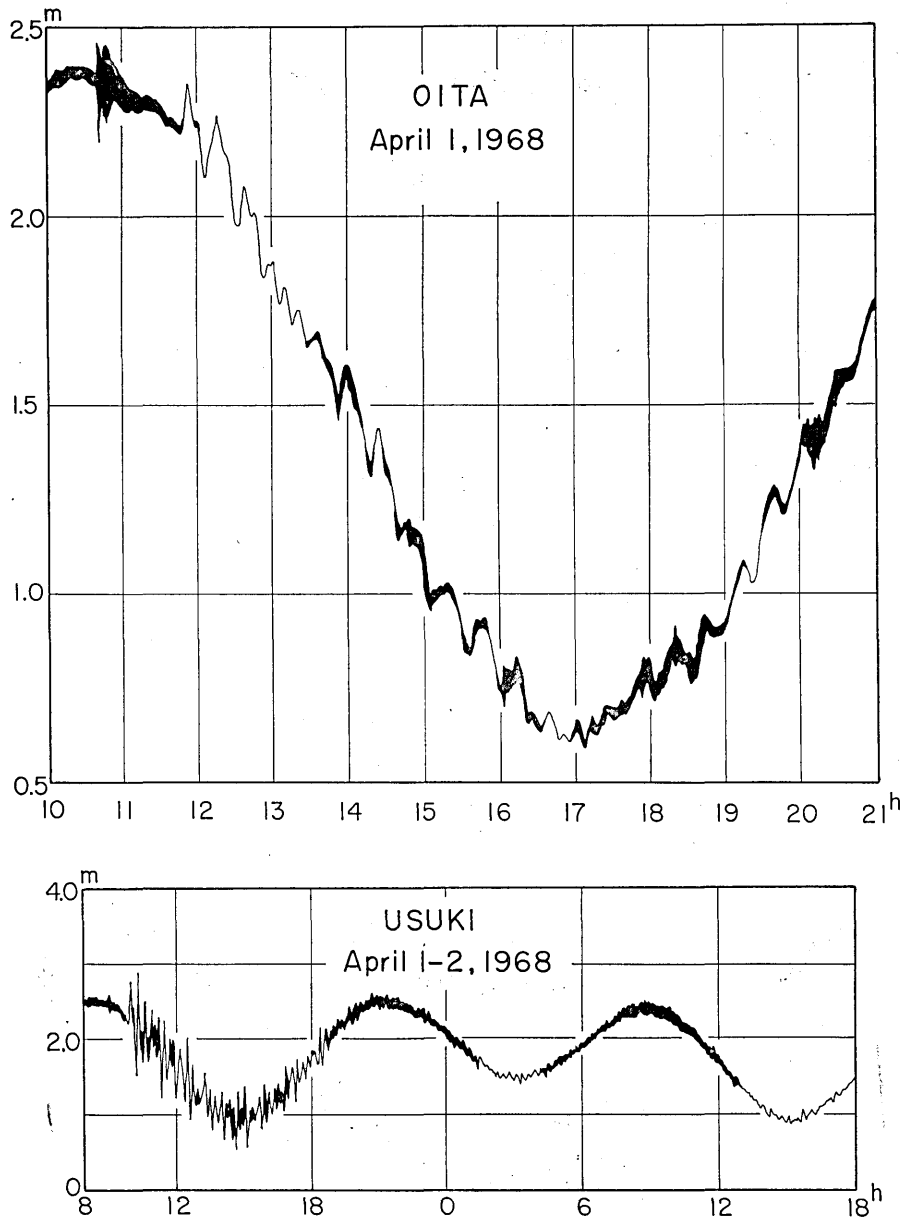


Fig. 12. Mareograms (Time: J. S. T.)

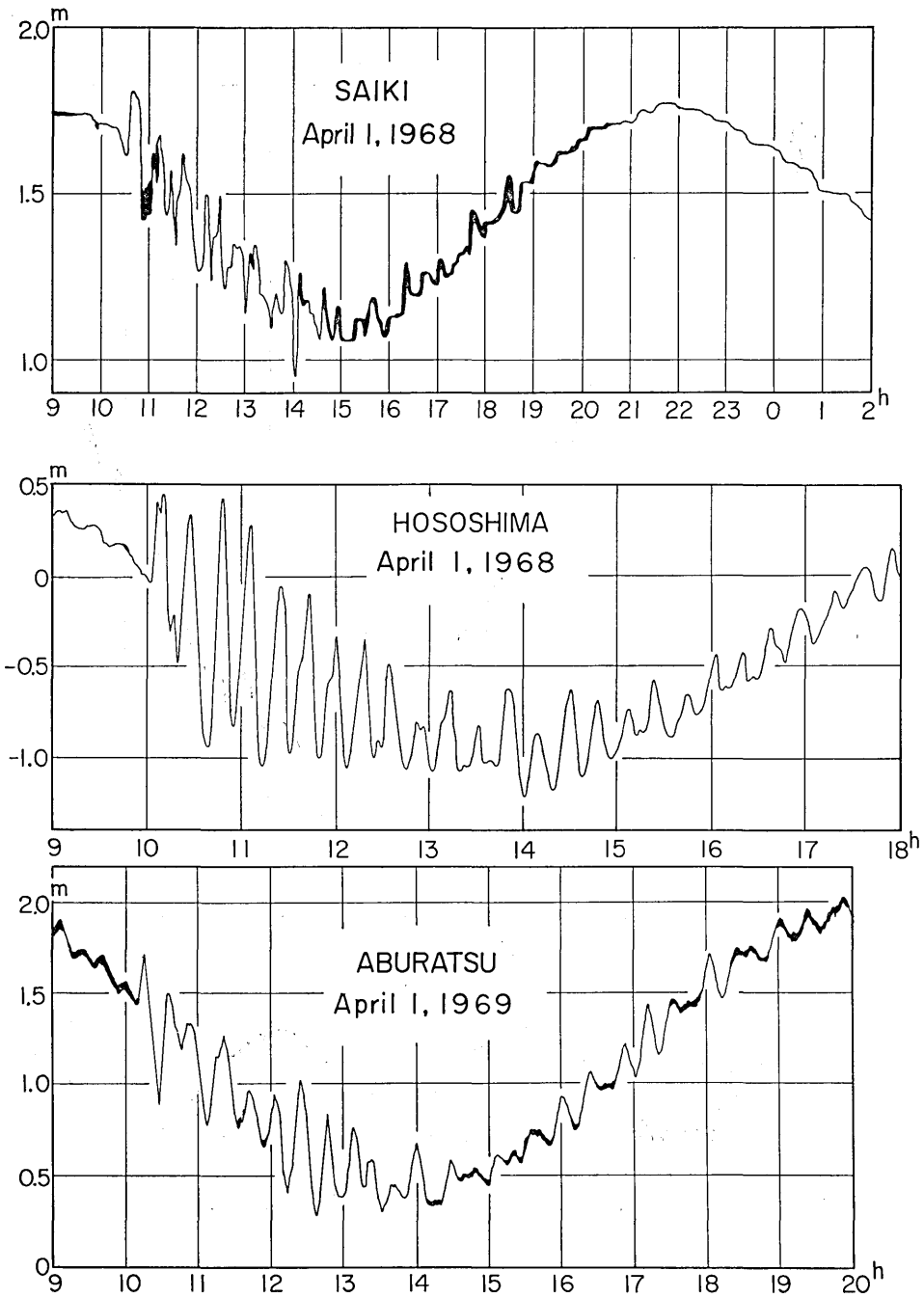


Fig. 13. Mareograms (Time: J. S. T.)

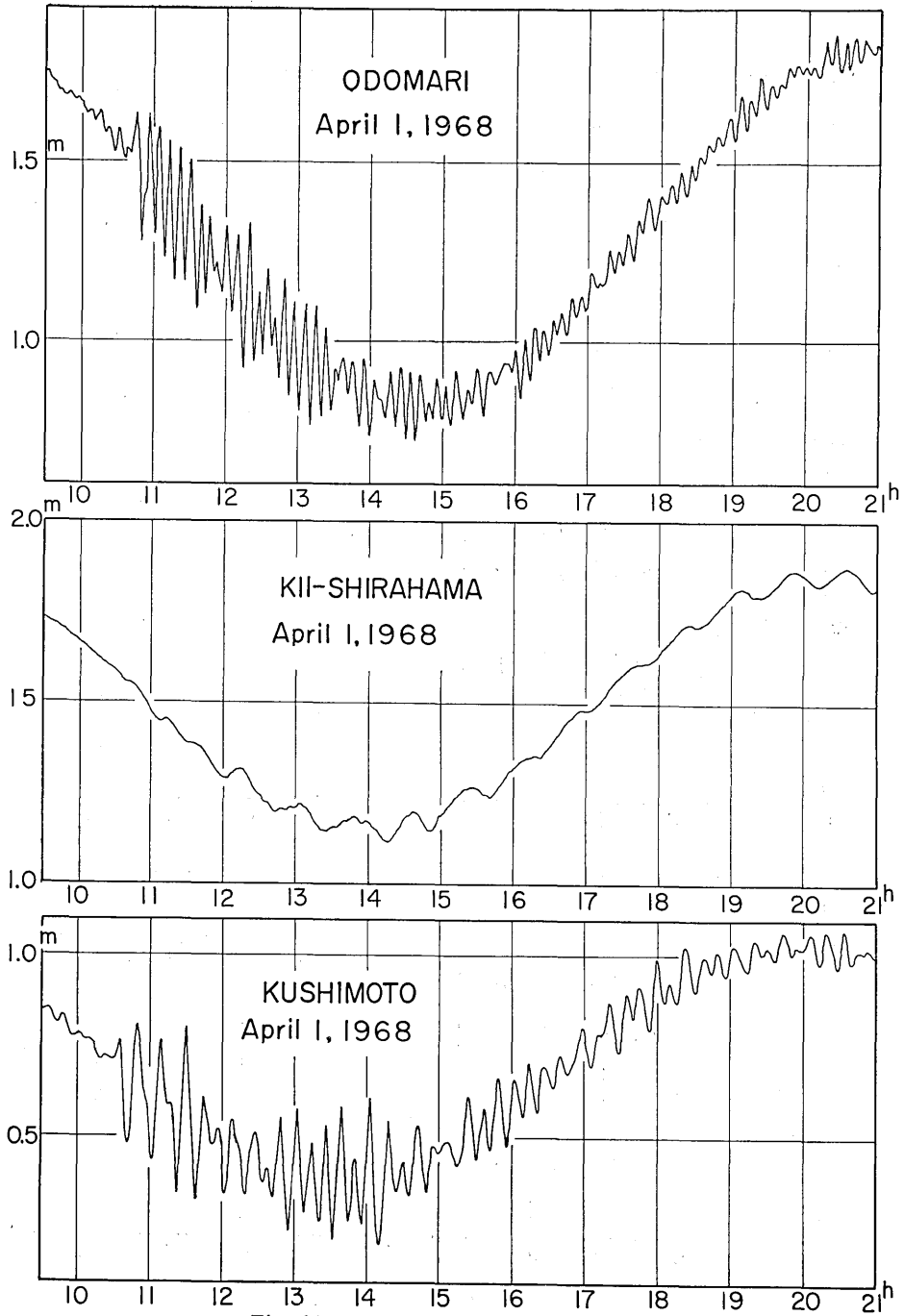


Fig. 14. Mareograms (Time: J. S. T.)

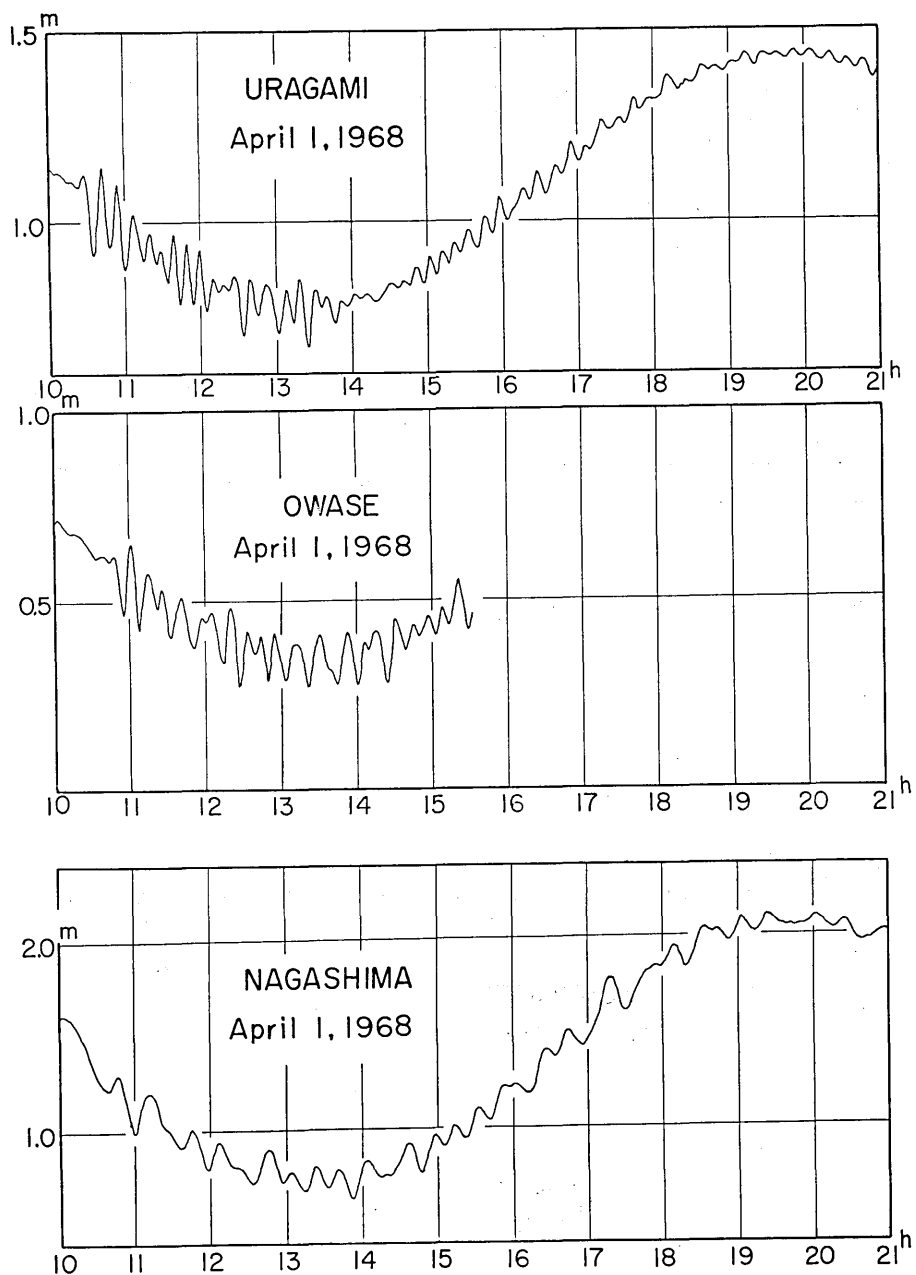


Fig. 15. Mareograms (Time: J. S. T.)

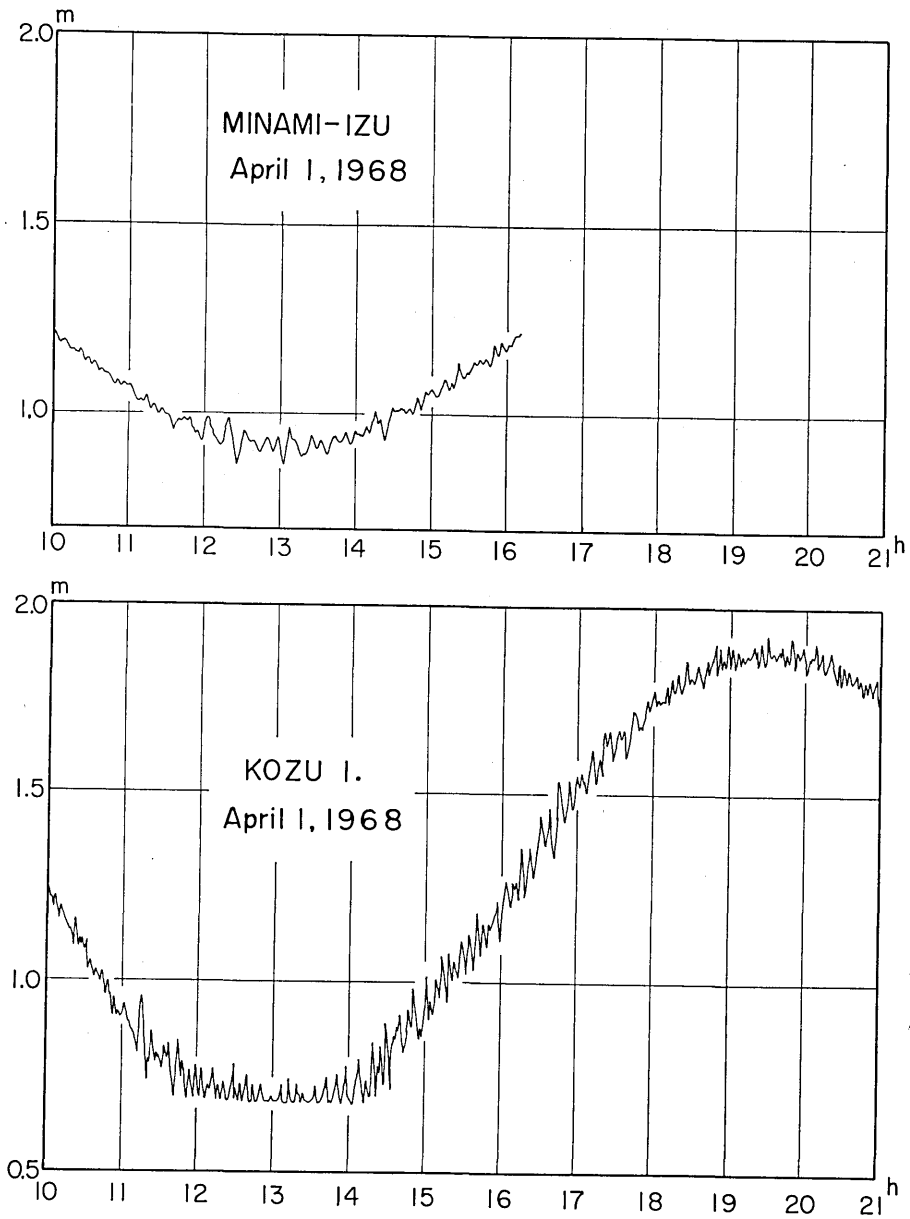


Fig. 16. Mareograms (Time: J. S. T.)

55. *An Investigation of the Tsunami Which Accompanied
the Hiuganada Earthquake of April 1, 1968.*

By Kinjiro KAJIURA, Isamu AIDA and Tokutaro HATORI,
Earthquake Research Institute.

At 09h 42m (J. S. T.), April 1, 1968, a strong earthquake occurred off the coast of Kyushu, Japan (Epicenter $32^{\circ}17'N$, $132^{\circ}32'E$; Magnitude 7.5; Depth 30 km). In about 20 minutes after the occurrence of earthquake, a tsunami of moderate size arrived at the coasts of the south-western part of Shikoku and the eastern part of Kyushu.

Results of the field investigation of this tsunami are shown in Table 1. The tsunami arrived as a gradual rising sea level in all places and the period of the oscillation of the sea level was about 20 minutes. The first or the second crest was the highest in most places and the maximum elevation of 3 m or more above T. P. (Tokyo Point; nearly equal to M. S. L.) was reached at Urashiri, Otsuki-cho, Kochi Pref. (Shikoku). Along the coasts facing the tsunami source area, the maximum double amplitude of the tsunami was 2 to 2.5 meters on the average.

A summary of the principal features extracted from tide gauge records at various locations is given in Table 3. The tsunami energy entering Seto-Naikai (Inland Sea) through the straight of Bungo is very small. The maximum amplitudes of the present tsunami recorded at various tide stations are about 2 times on the average larger than those of the tsunami of the 1961 Hiuganada Earthquake.

The estimated tsunami source area based on the arrival times of the tsunami front at 12 tide stations is shown in Fig. 8. It is seen that the major axis of the source area is directed almost in the east-west direction and the length is about 60 km. Notice that the northern boundary of the estimated source area runs almost parallel to the bottom contour. In the tide records obtained along the coasts to the east of the source (Shikoku and Kinki Districts), the fall of the water level just after the first rise of the tsunami is very large compared with the amount of the first rise, suggesting the existence of the subsidence somewhere in the south-eastern part of the tsunami source area.
