1971年8月2日襟裳岬沖と1972年 2月29日八丈島沖の津波

—— 波源域と津波初動方向の分布 ——

東京大学地震研究所 羽鳥徳太郎

(昭和47年10月23日受理)

The Tsunamis generated off Cape Erimo on August 2, 1971
and off Hachijo Island on February 29, 1972: Tsunami Source
and Distribution of the Initial Motion of Tsunami

Tokutaro HATORI

Earthquake Research Institute, University of Tokyo

(Received October 23, 1972)

The Erimo-oki and Hachijo-oki tsunamis were generated at a junction of two trenches, accompanying the earthquakes of magnitude $M=7.0$. According to the author's method, based on the attenuation of tsunami height with distance, the magnitudes of the Erimo-oki and Hachijo-oki tsunamis are $m=-0.5$ and 0.5 , respectively. The estimated tsunami source of the Erimo-oki tsunami is located on the deep-sea terrace and its west side is in contact with the source of the 1968 Tokachi-oki tsunami. The source area of the Hachijo-oki tsunami elongated along the Izu-Bonin trench meets with that of the 1953 Boso-oki tsunami on the Japan trench. The source dimensions of two tsunamis seem to be 40-60 km.

The recorded initial motions of both tsunamis were either "up" and "down" directions. Judging from these features of the Erimo-oki tsunami, the south side of tsunami source may have subsided and the north side uplifted. The sense of the source deformation inferred from the tsunami records agrees with that of the seismic data in Hokkaido, but the data in Honshu do not. In case of the Hachijo-oki tsunami, the subsidence of the sea-bottom may have occurred in the west side of the source. By applying the corrections for the refraction and shoaling, the sea-level disturbances at the tsunami source are inferred approximately from the initial waves observed at the coast as follows: The calculated value of the Erimo-oki tsunami is in the range of $-5 \sim +10$ cm and that of the Hachijo-oki tsunami $-20 \sim +5$ cm. The pattern of sea-level disturbance may suggest the fault type for earthquake.

§1. はじめに

1971年8月2日襟裳岬沖地震 ($M=7.0$) と 1972年2月29日八丈島沖地震 ($M=7.0$) は、いずれも2つの海溝の会合点付近で起こされた。襟裳岬沖では地震活動が活発で、津波の

発生は珍らしくはないが、八丈島沖の津波は 1953 年 11 月の房総沖津波以来のできごとである。とくにこの地震は八丈島で土砂くずれなどの被害を与え（八丈島測候所，1972），東京で震度 4 ときめられたほどにゆれ，世間一般から注目をあつめた。

検潮記録を調べてみると，両津波とも引き波の初動が観測された地点が多数ある。津波初動の方向は波源の隆起，沈降運動を示唆するものとして注意が払われているけれども，観測点の地理的分布とか点数などの制約もあつて，引き波よりも押し波で観測される記録が多い。引き波の記録例として 1939 年男鹿津波があり，地震と津波の初動方向の関係が飯田（1940）により初めて議論された。ごく最近のものでは 1968 年十勝沖津波【梶浦ほか（1968）】，1969 年色丹島沖津波【HATORI（1970）】に初動の押し引き分布がみられ，津波の観測データで予想される波源域の変動パターンは，地震の長周期波の解析結果から説明できた【KANAMORI（1971），ABE（1972）】。このほかに最近，巨大地震の発震機構の解析に地殻変動の情報として，津波データがあらためて注目をひきはじめてきた。【FITCH and SCHOLZ（1971），^{III}PLAFKER（1972），BEN-MENAHEN and ROSENMAN（1972），KANAMORI（1972）】。

本文では，観測データから津波規模と波源域の調査結果を報告するとともに，津波初動の押し引き分布から波源域の変動を考察したことを述べる。

Table 1. The tsunami of Aug. 2, 1971, as recorded by tide gauges.
Wave originated near the earthquake epicenter ($41^{\circ} 14'N$,
 $143^{\circ} 42'E$, $d=60$ km, JAM) off the cape Erimo at 16: 25 (JST),
Aug. 2, 1971.

No.	Station	Initial wave				Maximum wave
		Travel time	Initial motion	Amplitude	Period	Double amplitude
		min.		cm	min.	cm
1	Hanasaki	53	+	5	22	13
2	Kushiro	38 ?	+	2		18
3	Hiroo	38	+	4	15	30
4	Urakawa	31	+	8	18	23
5	Tomakomai	55 ?	+	3	18	8
6	Muroran	?				8
7	Yamasetomari	36	—	3	15	8
8	Hakodate	58 ?	—	5	20	13
9	Hachinohe (Same)	42	—	6	18	18
10	Hachinohe (Minato)	46	—	8	12	24
11	Miyako	40	—	7	22	14
12	Ofunato	54	—	9	15	13
13	Enoshima	56	—	3	22	6
14	Ayukawa	?				10

§ 2. 津波の規模

検潮記録からの読取り値は Table 1 と 2 に示すようになり、主な記録が Fig. 1 と 2 に示される。各観測点の分布はそれぞれ Fig. 4 と 5 に示す。なお、宮城江ノ島と伊豆大島の観測値は地震研究所津波観測所の津波計から得たものである。

表示のように、両津波とも最大波の全振幅は 30 cm 以下で、従来の今村・飯田の津波規模スケールの定義によれば $m=-1$ (津波の高さは 50 cm 以下のもので、被害はない) と格付けされる筈である。しかし筆者の方法により (1971), 伝播距離 R (震央から観測点まで島弧に沿って測つたもの) と津波の高さ H との関係から、津波規模を見積もると Fig. 3 のようにな

Table 2. The tsunami of Feb. 29, 1972, as recorded by tide gauges.
Wave originated near the earthquake epicenter ($33^{\circ} 11'N$,
 $141^{\circ} 16'E$, $d = 70$ km, JMA) off Hachijo I. at 18: 23 (JST),
Feb. 29, 1972.

No.	Station	Initial wave				Maximum wave
		Travel time	Initial motion	Amplitude	Period	Double amplitude
		min.		cm	min.	cm
1	Hachinohe	?				7
2	Miyako	?				8
3	Ayukawa	72	+	5	10	18
4	Onahama	55	+	7	20	20
5	Hitachi	54?	+	4	10	28
6	Nakaminato	56	+	7	15	14
7	Katsuura	23	—	22	12	22
8	Mera	24	—	30	16	30
9	Oshima I.	22	—	3	12	4
10	Kozu I.	34	—	5	12	8
11	Miyake I.	25	—	7	6	18
12	Hachijo I.	29?	—	5		
13	Kurihama	28	+	4	14	7
14	Aburatsubo	?				12
15	Enoshima	?				10
16	Minami-Izu	34	—	6	14	23
17	Omaezaki	53?	+	6	10	24
18	Nagashima	70	—	10	33	18
19	Owase	73?	—	7	15	16
20	Uragami	70	—	6	25	18
21	Kushimoto	71	—	7	17	23
22	Muroto	80?	+	10	12	16
23	Tosa-Shimizu	98	—	4	18	16
24	Aburatsu	108	+	6	22	17

Fig. 1. Tide gauge records of the Erimo-oki tsunami on Aug. 2, 1971. Arrow indicates the time and the senses, up and down, of the initial motion of tsunami.

Fig. 2. Tide gauge records of the Hachijo-oki tsunami on Feb. 29, 1972. Arrow indicates the time and the senses, up and down, of the initial motion of tsunami.

Fig. 3. Attenuation of the maximum wave height with distance from the tsunami source. m : Tsunami magnitude denoted by Imamura-Iida scale. Closed circle: The Hachijo-oki tsunami. Open circle: The Erimo-oki tsunami.

る。すなわち、八丈島沖津波 $m = 0.5$ 、襟裳沖津波 $m = -0.5$ ときめられ、両津波の間には有意義に規模スケールで1階級の差が認められる。定義によれば、八丈島沖の津波は襟裳沖のものよりエネルギーにして5倍だけ大きい。

一方、宮古～油津間の共通な観測点11点で八丈島沖津波と1953年房総沖津波（中央気象台、1954）の最大波を平均して比較すると、今回の津波は房総沖の波高の約0.4倍、エネルギーにして約1/6である。今回の津波が本州沿岸から200 km以上も離れたところで起こり、振幅に目立つたものはないが広い範囲で観測され、津波規模は一般に予想されるほど小さくはない。1953年房総沖津波の規

Fig. 4. Estimated source area of the Erimo-oki tsunami on Aug. 2, 1971. The last wave fronts are shown with the names of tide stations and travel times (min). The senses, up and down, of the initial motion of tsunami are indicated by solid and broken lines, respectively. Left figure: Distribution of tide stations, in which numerals correspond to the serial number in Table 1 and symbols show direction of the initial motion of tsunami.

模が $m=1.5$ とみなされており、この比較からも八丈島沖津波の規模 $m=0.5$ は妥当な格付けと思える。

§ 3. 波 源 域

波源域の推定は、従来と同様な方法で各観測点から逆伝播図を 50 万分の 1 の海図上に 1 分ごとに作図して行ない、外洋の地域は日本近海海底地形図（水路部 No. 6301-2, 1968）を参照する。また、主な検潮所地点からの逆伝播図は筆者ら（1971）によりすでに作図されており、これらの図も利用した。この結果、両津波の推定波源域は Fig. 4 と Fig. 5 に示すようになる。ここで、各観測点からの最終波面にはそれぞれ伝播時間（分）を示し、波面の実線は津波初動が押し波、点線のものは引き波で観測されたことを表わす。また、両図には地震月報による本震と余震分布が示してある。

Fig. 5. Estimated source area of the Hachijo-oki tsunami on Feb. 29, 1972. Station numbers are given in Table 2. Symbols and other comments are the same as those in Fig. 4.

襟裳沖津波の波源域は、海段上で 1968 年十勝沖津波の波源域の北東部に接したところに位置し、東西方向にやや伸び、その長さは約 40 km と推定される。この海域は地殻構造の急変するところとみなされている [田 (1968)]。

一方、八丈島沖地震は前にも述べたように、日本海溝と伊豆小笠原海溝の会合点付近で起こされ、波源域がいずれの島弧に沿うかが関心のまとならう。作図の結果、今回の波源域は伊豆小笠原海溝線上に沿い、日本海溝沿いにある 1953 年房総沖のもの [HATORI (1966)] と会合点で、両波源域は隣りあわせに接し興味深い。なお、観測点の地理的条件により波源域の南端ははつきり決められないが、その大きさは約 60 km と見積もれよう。

§ 4. 津波初動の押し引き分布

両津波の各観測点での初動方向は、Table 1 と 2 に押し波「+」、引き波「-」で示し、記録例中に (Figs. 1, 2) 初動方向が矢印で示してある。その地理的分布は Fig. 4 と 5 で示すようになり、黒丸は押し波、白丸は引き波、初動のはつきりしないものは三角印で表わされている。

襟裳沖津波では、Fig. 4 から波源域の北側が隆起し、南側は沈降と考えられ、本州側の引き波の記録はかなり明瞭である。一方、北海道大学の浦河・襟裳両観測所 (1972) の観測によれば、本震の初動は押しであり、伸縮計の永久歪は縮みを記録し、波源北側の隆起を裏付けている。しかし地震月報によれば、本州側の観測点も P 波初動は押しと報告され、波源南側で沈降の予想とは一致しない。

八丈島沖津波の場合では、記録に風浪と湾のセイシュが重なり、津波初動のはつきりしない地点が 2~3 ある。もし勝浦と布良の初動を押し波とみなすと、他地点の伝播時間と矛盾し、最終波面は波源域の推定に著しく調和を欠くことになる。八丈島 (八重根) の記録は点打方式のものであり、津波時には不幸にして計器の状態は不調で感度も十分でなかつたらしい (Fig. 2)。記録にはところどころに不規則な段がみられるが、震後 29 分に起きた下向きの段の途中にはいくつかの打点がある。この時刻を津波初動とみなすと、走時は他地点のものと調和する。以上のように初動部分の記録を検討した結果は Fig. 5 に示すごとく、東北日本では押し波、房総半島・伊豆七島を含めた西南日本各地は引き波で始まり、津波初動の押し引き分布は 2 つの地域に区分されている。

次に推定波源から津波伝播図を作図すると Fig. 6 のようになり、点線は波源の中心より 16 等分した方位から放射する波線を示す。この図から、襟裳沖津波では全体の約 1/3 の波線が襟裳岬付近に集まるのは当然としても、三陸沿岸にも同様な集中がみられる。八丈島沖津波では、

Fig. 6. Refraction diagrams and distributions of the observed initial wave heights (cm) and the calculated sea-level disturbance (cm) at the source margin.

波源の東側の波線は海溝斜面の影響で著しく発散するのに対し、西側のものは約半数の波線が伊豆七島の方角にむいている。地震の等震度線は東北日本へ伸び、西南日本では地震をあまり強く感じなかったが、津波はむしろ西南日本沿岸の方が大きい傾向を示している。もし、この地域で大型の津波（たとえば慶長（1605）の房総沖津波クラス）が起こされたとすると、波線の動向は大きな影響を東海道沿岸に及ぼすことが予想され、注目すべきであろう。

いま、波源域の周辺では津波の挙動は近似的にグリーンの法則に従うと考えれば、沿岸で観測した初動振幅から、波源縁の水位変動は次のように推定できよう。すなわち、観測点の水深を 5 m と仮定し、水深と波線の広がりの変化から、襟裳沖津波では波源の北側で 10 cm の隆起、南側では 5 cm の沈降が見積もれる。八丈島沖津波では、Fig. 6 に示すように波源の東側で 5 cm の隆起、西と北側ではそれぞれ 5 cm と 20 cm の沈降が推定され、正断層の地震断層運動を考えさせる。

§ 5. む す び

各地の検潮記録をもとに、1971 年襟裳沖と 1972 年八丈島沖で起こされた津波の規模を調べ、波源域とその変動を考察した。解析の結果、波源域はいずれも 2 つの海溝の会合点付近に

位置し、それぞれ 1968 年十勝沖津波と 1953 年房総沖津波の波源域と隣りあわせにある。また、津波初動の観測値から、両津波の波源域で 5 cm 程度の隆起と沈降のあったことが考えられる。一方、1953 年房総沖地震の断層型は正断層とみなされており [ICHIKAWA (1971)], この津波では布良と伊東で明瞭な引き波初動が観測された。今回の八丈島沖津波もこの 1953 年津波と初動分布に似たものがあり、さらに地震データによる発震機構の検討が望まれる。

謝 辞

この調査研究は、気象庁、水路部、国土地理院、北海道開発局ならびに県土木部の検潮所管理機関より提供された検潮記録をもとに行なつた。これら関係機関各位のご厚意ある協力に対し、厚くお礼申し上げます。また、梶浦欣二郎教授からの助言に感謝の意を表したい。

文 献

- ABE, K., 1972, Tsunami and mechanism of great earthquakes, *Phys. Earth Planet. Interiors*, (in press).
- BEN-MENACHEM, A., and M. ROSENMAN, 1972, Amplitude patterns of tsunami waves from submarine earthquake, *J. Geophys. Res.*, **77**, 3097-3128.
- 中央気象台地震課, 1954, 房総沖地震調査報告, 駿震時報, **19**, 42-70.
- 田 望, 1968, 海底地形と浅震地震の震央分布, 北海道大学地球物理学研究報告, **20**, 111-124.
- FITCH, T. J., and C. H. SCHOLZ, 1971, Mechanism of underthrusting in southwest Japan: A model of convergent plate interactions, *J. Geophys. Res.*, **76**, 7260-7292.
- 八丈島測候所, 1972, 1972 年 2 月 29 日八丈島東方沖地震, 地震調査報告, 1-27.
- HATORI, T., 1966, Vertical displacement in a tsunami source area and the topography of the sea bottom, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **44**, 1449-1464.
- HATORI, T., 1970, An investigation of the tsunami generated by the east Hokkaido earthquake of August, 1969, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **48**, 399-412.
- 羽鳥徳太郎, 1971, 津波の規模をきめる一方法, 昭和 46 年度地震学会秋季大会講演予稿集, 地震学会, 56.
- 羽鳥徳太郎・小山盛雄, 1971, 日本各地における津波の到達時間と津波伝播図, 地震研究所彙報, **49**, 127-142.
- 北海道大学理学部浦河地震観測所・襟裳岬地殻変動観測所, 1972, 昭和 46 年 8 月 2 日えりも岬沖地震について, 地震予知連絡会会報, 建設省国土地理院, **7**, 4-6.
- ICHIKAWA, M., 1971, Reanalysis of mechanism of earthquakes which occurred in and near Japan, and statistical studies on the nodal plane solutions obtained, 1926-1968, *Geophys. Mag.*, **35**, 207-274.
- 飯田没事, 1940, 地震初動方向の分布と津波初動方向分布との関係についての一考察, 地震 **12**, 6-14.
- 梶浦欣二郎・羽鳥徳太郎・相田 勇・小山盛雄, 1968, 1968 年十勝沖地震にともなう津波の調査, 地震研究所彙報, **46**, 1369-1396.
- KANAMORI, H., 1971, Focal mechanism of the Tokachi-oki earthquake of May 16, 1968: Contortion of the lithosphere at a junction of two trenches, *Tectonophysics*, **12**, 1-13.
- KANAMORI, H., 1972, Mechanism of tsunami earthquakes, *Phys. Earth Planet. Interiors*, **6**, 346-359.
- PLAFKER, G., 1972, Alaskan earthquake of 1964 and Chilean earthquake of 1960: Implications for arc tectonics, *J. Geophys. Res.*, **77**, 901-925.