津軽海峡から日本海に伝播する津波の様相

羽 鳥 徳太郎*

Behavior of Tsunamis Propagating from the Tsugaru Straits to the Japan Sea

Tokutaro HATORI

Suehiro 2-3-13, Kawaguchi, Saitama 332, Japan

(Received March 25, 1992; Accepted June 22, 1992)

Adding to the Russian data, the behaviors of the 1952 Kamchatka, 1960 Chile and the 1968 Tokachi-Oki tsunamis propagated into the Japan Sea from the Tsugaru Straits are investigated. Wave-heights of the 1960 Chile tsunami reached 1.0-1.5 m at the West Hokkaido and Tsugaru coasts. The ratio of amplitude of these coasts to that of Hakodate was 0.2-0.4. For the 1952 Kamchatka tsunami, the ratio at Nakhodka was 0.3. While, wave-heights at the West Hokkaido to Tsugaru coasts for the 1968 Tokachi-Oki tsunami being the short period decreased one-tenth high at Hakodate. Wave-heights observed with the wave-periods of 70 min and 50 min for the Chile and Kamchatka tsunamis are largest, respectively. The maximum wave of the Kamchatka and Chile tsunamis occurred 12 hours or more late after the initial wave, and the undulation continued for two days. According to the refraction diagram, the wave-rays concentrate at the Primorskiy and Korean coasts, but most of the energy trapped on the shelf of Japanese coast. For the long-period tsunamis, it is indispensable to take precautions against the effect of currents.

Key words: The 1952 Kamchatka and 1960 Chile tsunamis, Wave-height, Wave-period, Refraction diagram.

§ 1. はじめに

1952 年カムチャツカ津波と 1960 年チリ津波が、日本・ハワイをはじめ環太平洋各地に大被害をもたらしたことはよく知られている。また、1968 年十勝沖津波では北海道・三陸沿岸が被害に見舞われた。これら太平洋側で発生した津波が海峡から入射し、日本海沿岸各地で観測されているが [山口 (1953); 気象庁 (1961, 1969)], その様相はあまり検討されることがない。

本稿では以上の 3 津波を対象に、最近入手したロシア連邦沿海州の観測データを加え、日本海沿岸域における波高分布、伝播の特性など、津軽海峡に面した函館のデータと比較して考察する。

§ 2. 観測データ

1952 年カムチャツカ津波は、波源域付近の沿岸で 10 ~ 15 m の遡上高に達し、北海道・三陸沿岸でも 2 ~ 3 m

の高さがあり被害をもたらした [中央気象台 (1953)].

津波マグニチュードは、 $m=4$ と見積もられた大規模なものである。Fig. 1 には、当時地震研究所で筆者らが収集した、函館と日本海沿岸各地の主な検潮記録を示す。津波初動は、セイシュのノイズと重なってはっきりしないが、後述の伝播図を参照して矢印で示した。

1960 年チリ津波は、最大級の $m=4.5$ の規模があり、日本の太平洋沿岸では 3 ~ 4 m、局地的には 4 m 以上の高さに達した。日本海沿岸では 23 ヲ所の検潮所で観測されており [気象庁 (1961)], Fig. 2 に主な記録例を示す。

一方、両津波はロシアの沿海州でも観測され、Fig. 3 にナホトカの検潮記録を示す。津波初動ははっきりしないが、最大波の全振幅はカムチャツカ津波 28 cm、チリ津波は 36 cm あり、波の周期はそれぞれ 75 分と 50 分の長周期波であった。Table 1 と 2 に、両津波の検潮記録の読み取り値を示す。なお、チリ津波における日本の観測値は、カムチャツカ津波と比較のために、気象庁報

* 〒332 埼玉県川口市末広 2-3-13

Fig. 1. Tide-gauge records of the 1952 Kamchatka tsunami observed in the Tsugaru Straits and the Japan Sea.

Fig. 2. Tide-gauge records of the 1960 Chile tsunami observed in the Tsugaru Straits and the Japan Sea (JMA, 1961).

Fig. 3. Tide-gauge records of the 1952 Kamchatka (upper) and the 1960 Chile (lower) tsunamis observed at Nakhodka, the CIS (Courtesy of Dr. K. S. Kim).

Table 1. The Kamchatka tsunami at 16:58 (GMT) Nov. 4, 1952, as recorded by tidal stations in the Tsugaru Straits and the Japan Sea.

Tide station	Initial wave			Maximum wave			
	Arrival time (JST)	Travel time	Rise	Occurrence time (JST)	τ	Double ampl.	Period
	h m	h m	cm	h m	h m	cm	min
Hakodate	4 45	2 47	20	15 28	10 43	100	22
Osyoro	6 05	4 07	10	13 50	7 45	15	45
Fushiki	7 26	5 28	10	15 20	7 54	12	40
Miyazu	7 30 ?	5 32	8	22 02	14 32	43	52
Sakai	8 20 ?	6 22	8	13 45	5 25	20	80
Hamada	9 10 ?	7 12	10	22 20	13 10	15	40
Nakhodka	6 30 ?	4 32	10	23 30	17 00	28	75
Vladivostok	7 00 ?	5 02	5				

τ : Time interval between the arrival of front and the maximum wave.

Table 2. The Chile tsunami at 19:11 (GMT) May 22, 1960, as recorded by tidal stations in the Tsugaru Straits and the Japan Sea.

Tide station	Initial wave			Maximum wave			
	Arrival time (JST)	Travel time	Rise	Occurrence time (JST)	τ	Double ampl.	Period
	h m	h m	cm	h m	h m	cm	min
Hakodate	24/3 41	23 30	24	24/10 31	6 50	413	136
Osyoro	8 00	27 49	—	24/23 00	15 00	20	85
Fushiki	8 30	28 19	—	24/10 50	2 20	23	130
Miyazu	13 10	32 59	26	25/13 10	24 00	45	52
Sakai	11 00	30 49	14	25/ 4 10	17 10	50	60
Hamada	9 15	29 04	13	24/12 50	3 35	28	160
Nakhodka	6 00 ?	25 49	6	25/ 0 10	18 10	36	50
Vladivostok				25/ 2 50		20	50

τ : Time interval between the arrival of front and the maximum wave.

告から一部引用して示した。

§ 3. 波高分布の比較

以上の遠地津波および 1968 年十勝沖津波の観測デー

タ [気象庁 (1969)] から、日本海沿岸の最大全振幅値の分布を Fig. 4 に示す。チリ津波は、宗谷海峡に面した Kril'on の津波高は 40 cm であったが [SOLOVIEV (1978)], 北海道西岸・津軽での全振幅は 100~150 cm

Fig. 4. Distribution of wave-heights of Pacific tsunamis along the Japan Sea coast.

Fig. 5. Ratio of amplitude at each station to that at Hakodate.

に達しており、主要な津波エネルギーが津軽海峡（水深 200 m, 最狭部の幅 25 km）から入射した可能性を示唆する。西日本の振幅が比較的大きいが、宗谷海峡と対馬海峡から入射する津波は、そこに達するまでに他海峡を経由しているので、エネルギーの消耗が大きいだろう。また、1968 年十勝沖津波は、発生域の地理的關係から、津軽海峡から入射しやすい。

各地の振幅と函館との振幅比をみると、Fig. 5 のようになる。チリ津波では北海道西岸～津軽間の振幅比は 0.2～0.4 であるが、秋田県～山形県間は 0.05 以下になる。カムチャツカ津波ではナホトカでの振幅比が 0.3 となり、減衰が比較的小さい。しかし、十勝沖津波における江差での振幅比は 0.11、津軽沿岸ではそれ以下になって振幅が著しく減衰している。

一方、チリ津波と日本海中部津波〔気象庁 (1984)〕との各地の振幅比は Fig. 6 のようになる。羽幌での振幅比は 2.7、若狭湾では 1.0 ちかくあり、博多は 6.8 とチリ津波の振幅が大幅に上回った。しかし、日本海中部津波で大きな被害に見舞われた利尻島・隠岐の振幅比は、0.2 程度にとどまった。長周期波が卓越したチリ津波では、島に対する波の屈折効果が小さかったことを示している。

Fig. 7 には、最大波の周期と振幅の 2 乗値との関係を示す。観測値はかなりバラつくが、チリ津波は周期 70

Fig. 6. Distribution of the ratio of amplitude of the 1960 Chile tsunami to that of the 1983 Japan Sea tsunami.

Fig. 7. Relation between period of maximum wave and square of double-amplitude.

Fig. 8. Refraction diagram of tsunami passing through the Tsugaru Straits. Travel times are indicated on basis of Hakodate (time interval: 10 min).

分, カムチャツカ津波 50 分, 十勝沖津波では 20 分あたりにピークがあり, 周期が長いほど振幅が大きい。なお, 博多・下関の振幅が比較的大きいのは, 津波が関門海峡および九州を迂回して対馬海峡方面から入射し, エネルギーを供給したためと思われる。

§ 4. 伝 播 時 間

Figs. 1~3 に記録例を示したように, 日本海沿岸各地で観測された遠地津波の波形は紡錘型のものが多く, またセイシュによるノイズに隠されて, 津波初動が不明瞭である。そこで, 主要なエネルギーが入射する可能性が高い, 津軽海峡入口の恵山岬と尻屋崎を結ぶ線上から 5 分間隔で津波伝播図を作図してみた。Fig. 8 は, 函館の時刻を基準に 10 分間隔で伝播図を示してある。

海峡からでた津波のエネルギーは, 波向線を描いてみると, 直接波として日本海中央部に進むより, 沿岸部にトラップされる方が多い。したがって直接波の振幅は,

沿岸にそって伝わる波より微小なものになり, 判定が難しい。Fig. 9 に示すように, 函館を基準とした各地の伝播時間の観測値は, 計算値より大幅に遅れている。例えばチリ津波の記録 (Fig. 2) をみると, 初動時刻の計算値 (矢印) は, 顕著な振幅の始まり (A) より先行し, エッジ波のような波形を呈した。

千島列島からオホーツク海を経て, 宗谷海峡に達する伝播時間は 2 時間を要し [羽鳥 (1990)], 北海道北西部には津軽海峡から伝わる波とはほぼ同時刻に到達するので, 羽幌での振幅は両方面からの波が合成されたらしい。また, 九州南部から東シナ海を迂回して対馬海峡に達する伝播時間は, 2 時間程度と考えられるので, 北九州・山口県沿岸には, 南回りコースの方が 1 時間ぐらい早く到達する可能性がある。

次に津波初動 (計算値) から最大波が出現するまでの時間をみると, Fig. 10 のようになる。チリ津波では, 北海道西岸で最大波が初動から 12 時間以後に, 若狭湾で

Fig. 9. Travel times at each station based on that of Hakodate.

Fig. 10. Distribution of time interval between the arrival of front and the maximum wave.

は24時間前後に観測された。また、カムチャツカ津波も北陸～山陰間で12時間後になる。ちなみに日本海中部地震津波では、この区間での最大波は初動から3～4時間後であった。遠地津波は、長周期波を反映して波の減衰が小さく、また大陸からの反射が繰り返され〔羽鳥(1986)〕、長時間継続したことを示している。

§ 5. む す び

1952年カムチャツカ津波・1960年チリ津波および1968年十勝沖津波を対象に、旧ソ連の観測データを加え、太平洋から津軽海峡を経て日本海に伝播した津波の様相を考察した。チリ津波における各地域と函館との振幅比は、北海道西岸・津軽で0.2～0.4になり、他地域の値より大きい。これは、主要な津波エネルギーが津軽海峡から入射したことを示唆する。日本海で発生した津波の全エネルギーのうち、約9%が沿海州に到達しているが〔羽鳥(1991)〕、海峡から入射した津波も、この区間に直接波が伝わりやすく、ナホトカでの振幅は比較的大きい。韓国の観測データはないが、津波伝播図によれば、韓国東海岸に波向線が集まるように見える。北九州・山口県沿岸では、チリ津波の波高が日本海中部津波のものより2倍以上高く、津波エネルギーが関門海峡と対馬海峡方面からも供給されたい。

最大波の振幅と周期の関係をみると、チリ津波は70分、カムチャツカ津波では50分にピークがあり、周期の長いところほど振幅が大きい。また、最大波は初動から12時間以後に現われたところが多く、長周期波が長時間継続したことが特徴的である。それに対し、短周期波が卓越した1968年十勝沖津波では、渡島半島～津軽間の振幅は函館の1/10に減衰した。なお、1933年三陸津波での忍路・輪島・元山(北朝鮮)の検潮記録〔地震研究所(1934)〕には、津波は認められなかった。

以上、海峡から入射した津波が、日本海沿岸の陸上に遡上したという報告はみられないが、船舶・水産関係は津波による流れに注意する必要がある。

謝 辞

ロシア沿海州の検潮記録は、ユジノ・サハリンスクの海洋地質地球物理研究所の金 賢善博士から東大地震研究所の都司嘉宣助教授に提供され、それを利用して頂いた。両氏に深く感謝の意を表する。

文 献

- 中央気象台, 1953, 昭和27年11月カムチャツカ地震調査報告, 験震時報, 18(1), pp. 48.
- 羽鳥徳太郎, 1986, 日本海津波における大陸からの反射波, 地震研彙報, 61, 329-338.
- 羽鳥徳太郎, 1990, 北海道およびサハリンのオホーツク海沿岸における南千島津波の挙動, 地震2, 43, 493-498.
- 羽鳥徳太郎, 1991, 日本海で発生した津波のソ連と韓国における波高分布, 地震研彙報, 66, 571-584.
- 気象庁, 1961, 昭和35年5月24日チリ地震津波調査報告, 気象庁技術報告, 8, pp. 389.
- 気象庁, 1969, 1968年十勝沖地震調査報告, 気象庁技術報告, 68, pp. 245.
- 気象庁, 1984, 昭和58年(1983年)日本海中部地震調査報告, 気象庁技術報告, 106, pp. 251.
- SOLOVIEV, S. L., 1978, Principal data of tsunamis at the Pacific coast of USSR, 1737-1976, Study of tsunamis in the open ocean, Nauka, Moscow, 61-136 (in Russian).
- 東大地震研究所, 1934, 昭和8年3月3日三陸地方津波に関する論文及報告, 地震研彙報別冊, 1号.
- 山口生知, 1953, 昭和27年11月5日のカムチャツカ沖地震に伴った津波について, 水路要報, 39, 286-288.