

10. 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 {羽鳥徳太郎
 {小山盛雄

(昭和 45 年 9 月 22 日発表—昭和 45 年 11 月 30 日受理)

§ 1. はじめに

日本付近で起きた津波について、各地の到達時間は、多くの津波の調査研究で報告されてきた。主な文献としては験震時報 (気象庁) をはじめ、Imamura and Moriya (1939)、Iida (1956) と Hatori (1969b) により、多数の津波が取扱われた。本文では、最近 76 年間 (1894~1969) における本邦太平洋沿岸に起きた津波について、資料を追加し主要な地点、12 個所の伝播時間を収録する。さらに各地の伝播時間の頻度分布を示した。なお、遠地津波 (波源がカムチャッカ、アリューシャン、南米などの地域にあるもの) に対する各地の到達時間は、Hatori (1965, 1968, 1969a) の文献を参照されたい。

一方、近地津波を対象として、19 個所の検潮所在地をえらび、これらの地点から作図した津波の逆伝播図を示す。これらは、著者により波源域の推定に使用されてきた図の 1 部である。今回利用度をたかめるため、伝播図の縮率を統一し、波面の 1 部分を修正、補足を行なった。

§ 2. 各地の津波到達時間

1894~1969 年間、本邦の太平洋沿岸に起きた津波につき、その表 (渡辺, 1968) をもとに各地の津波伝播時間 (発震時より津波初動までの時間) を分単位で Table 1 に示す。ここに観測点は代表的な地点として、花咲、釧路、八戸、宮古、鮎川、小名浜、銚子、布良、尾鷲、串本、土佐清水、油津の 12 点をとりあげた。伝播時間は、おもに検潮記録から得た観測値であるが、括弧で示したものは推定値である。またゴジック体は、2 m 以上の高さがあつた津波の伝播時間を表わす。なお、伝播時間が 2~3 点の津波では、当然、津波の規模は小さく (波高は検潮記録上 50 cm 程度)、防災の面からみれば、それほど重要ではないであろう。1945 年三河地震、1956 年伊豆沖地震による津波など、ここでとりあげた地点で不明と思われる小規模の津波は、表からのぞいた。

Table 1 をもとに、各地における伝播時間の頻度分布を図示したのが Fig. 1 である。ここに黒軸は 2 m 以上の高さを観測した津波を表わし、頻度の高いものに波源域名を示した。図からわかるように、北海道、東北日本の地点の伝播時間は、十勝沖、三陸沖の津波によるもので 30~40 分が顕著である。但し宮古では、明治 29 年 (1896) の三陸大津波による 20 分前後が目される。銚子、布良では福島、茨城沖津波により、40~50 分に頻度のピークをもつ。

これに対し西南日本では、1944 年東南海、1946 年南海道の大津波と日向灘津波により、

Table 1. List of tsunami travel times, in minutes, recorded by tide gauges.

| Date | Location | Hanasaki | Kushiro | Hachinohe | Miyako | Ayukawa | Onahama | Choshi | Mera | Owase | Kushimoto | Tosa-Shimizu | Aburatsu |
|--------------|--------------|----------|---------|-----------|--------|---------|---------|--------|------|-------|-----------|--------------|----------|
| 1894 Mar. 22 | Kushiro | (26) | 25 | (53) | 42 | 64 | | | | | | | |
| 1896 Jan. 9 | Ibaraki | | | | | 63 | (38) | (28) | (40) | | | | |
| 1896 June 15 | Sanriku | 66 | (65) | 30 | 18 | 40 | (45) | 52 | (54) | (115) | 117 | | |
| 1897 Feb. 20 | Miyagi | | | | | (15) | (60) | | | | | | |
| 1897 Aug. 5 | Sanriku | | | (60) | (35) | 40 | (45) | (50) | (50) | | 110 | | |
| 1898 Apr. 23 | " | | | | (25) | (28) | | | | | | | |
| 1899 Nov. 25 | Hiuganada | | | | | | | | | | | (40) | (20) |
| 1901 June 24 | Amami-Oshima | | | | | | | | | | | | (55) |
| 1901 Aug. 9 | Hachinohe | | | | | 26? | | | | | | | |
| 1901 Aug. 10 | " | | | | | 26? | | | | | | | |
| 1911 June 15 | Amami-Oshima | | | | | | | | | | | | (65) |
| 1915 Nov. 1 | Sanriku | | | | (26) | (30) | | | | | | | |
| 1923 June 2 | Ibaraki | | | | | 60 | (34) | (30) | | | | | |
| 1923 Sept. 1 | Kanto | | 110? | 95 | (90) | 80 | 54 | 40 | 7? | 46 | 60 | | |
| 1923 Sept. 2 | Katsuura | | | | | | | (40) | (20) | | | | |
| 1927 Aug. 6 | Miyagi | | | 60 | (40) | (30) | | | | | | | |
| 1927 Aug. 19 | Boso | | | | | | | 34 | 34 | | | | |
| 1928 May 27 | Iwata | | | 44 | (24) | (45) | | | | | | | |
| 1931 Mar. 9 | E. Aomori | | | 53 | (36) | (60) | | | | | | | |
| 1931 Nov. 2 | Hiuganada | | | | | | | | | | 47 | 27 | (24) |
| 1933 Mar. 3 | Sanriku | 34? | 30? | 46 | (30) | 36 | (45) | 50 | 48 | | 75? | 85? | |
| 1933 June 19 | Miyagi | | | 65 | (40) | (22) | | | | | | | |
| 1935 July 19 | Ibaraki | | | | | (50) | 20 | (40) | | | | | |
| 1935 Oct. 13 | Iwate | | | 40 | (26) | (50) | 75 | | | | | | |
| 1935 Oct. 18 | " | | | (50) | (32) | | | | | | | | |
| 1936 Nov. 3 | Miyagi | | | 69 | (36) | (20) | 53 | | | | | | |
| 1938 May 23 | Ibaraki | | | | (60) | 35 | 24 | 32 | (45) | | | | |
| 1938 Nov. 5 | Fukushima | | 87 | 90 | 56 | 43 | 22 | 35 | (45) | | | | |
| 1938 Nov. 5 | " | | | 90 | (70) | (40) | 32 | 30 | (45) | | | | |
| 1938 Nov. 6 | " | | 75 | 83 | 53 | 35 | 25 | 39 | | | | | |
| 1938 Nov. 7 | " | | | 83 | (60) | 50 | 24 | 31 | (45) | | | | |
| 1938 Nov. 14 | " | | | | | (46) | 27 | 41 | | | | | |
| 1938 Nov. 22 | " | | | | | (40) | 35 | 44 | | | | | |
| 1938 Nov. 30 | " | | | | | (40) | 30 | (44) | | | | | |
| 1939 Mar. 20 | Hiuganada | | | | | | | | | | | (30) | (30) |
| 1941 Nov. 19 | " | | | | | | | | | | 50 | 21 | (30) |
| 1943 June 13 | E. Aomori | | | (40) | (60) | | | | | | | | |
| 1944 Dec. 7 | Tonankai | | | 95 | 85? | 72 | (60) | (55) | 45 | 20 | 10 | 52 | (70) |
| 1945 Feb. 10 | E. Aomori | | | (30) | | | | | | | | | |

(to be continued)

Table 1. (continued)

| Date | Location | Hanasaki | Kushiro | Hachinohe | Miyako | Ayukawa | Onahama | Choshi | Mera | Owase | Kushimoto | Tosa-Shimizu | Aburatsu |
|--------------|--------------|----------|---------|-----------|--------|---------|---------|--------|------|-------|-----------|--------------|----------|
| 1946 Dec. 21 | Nankaido | | | | | | | | (70) | 20 | 5 | 20 | 60 |
| 1948 Apr. 18 | Shionomisaki | | | | | | | | | (28) | (12) | | |
| 1952 Mar. 4 | Tokachi | (45) | 25 | 46 | 50 | 72 | 79 | 72 | 80 | | 157? | | |
| 1952 Mar. 10 | " | | (35) | (50) | | | | | | | | | |
| 1953 Nov. 26 | Boso | | | | 67 | 66 | 48 | 38 | 22 | 68 | 72 | 94 | |
| 1959 Jan. 22 | Fukushima | | | | 48 | 36 | 38 | | | | | | |
| 1959 Oct. 26 | " | | | | 42 | 38 | 44? | | | | | | |
| 1960 Mar. 21 | Iwate | 50 | 46 | 43 | 22 | 44 | 60 | | | | | | |
| 1960 Mar. 23 | " | | | | 28 | 44 | 56? | | | | | | |
| 1960 July 30 | " | | | | 22 | | | | | | | | |
| 1961 Jan. 16 | Ibaraki | | | | | 52 | 30 | 36? | | | | | |
| 1961 Jan. 16 | " | | | | | 54 | 32 | 36? | | | | | |
| 1961 Feb. 27 | Hiuganada | | | | | | | | | | 35 | 31 | 3 |
| 1961 July 18 | Yakushima | | | | | | | | | | | 54 | 36 |
| 1961 Aug. 12 | Kushiro | 30 | 34 | | | | | | | | | | |
| 1961 Nov. 15 | " | 31 | 28 | | | | | | | | | | |
| 1962 Apr. 12 | Miyagi | | | | 34 | 30 | 49 | 54 | | | | | |
| 1962 Apr. 23 | Hiroo | 50 | 26 | | | | | | | | | | |
| 1968 Apr. 1 | Hiuganada | | | | | | | | | 50 | 42 | 21 | 27 |
| 1968 May 16 | Sanriku | 52 | 38 | 33 | 28 | 53 | 67 | 63 | | 110 | | | |
| 1968 May 16 | " | | | 40 | 36 | (60) | | | | | | | |
| 1968 June 12 | " | | | 48 | 22 | (40) | 58 | | | | | | |
| 1918 Sept. 8 | Urup | 74? | 68 | | | 92 | | 113 | | | 187 | | |
| 1958 Nov. 7 | Iturup | 38 | 44 | 82 | 68 | 83 | 98 | 92 | 98 | | 149 | 183 | 202 |
| 1961 Feb. 13 | Shikotan | 46 | 50? | | | | | | | | | | |
| 1963 Oct. 13 | Urup | 58 | 60 | 105 | 82 | 112 | 110 | 112 | 117 | | 174 | 212 | 210 |
| 1964 July 24 | Simushir | | 86 | | | | | | | | | | |
| 1965 June 11 | Iturup | | 58? | | | | | | | | | | |
| 1968 Jan. 29 | Shikotan | 37 | 42? | | | | | | | | | | |
| 1969 Aug. 12 | " | 32 | 38? | 70 | 64 | 84 | 97 | 94 | 115 | 164 | 154 | 192? | 199 |

Gothic type: Tsunami which was observed with the maximum height of 2 m or more.
 (): Estimated value.

10~20 分の範囲が顕著である。以上のように、頻度分布図からも東北日本と西南日本における津波発生の地域差が理解される。

§ 3. 津波の伝播図

波の伝播速度を \sqrt{gh} として (h : 水深), 次の 19 個所から作図を始め, 波面は 2 分ごとの間隔で示す。各地点の伝播図番号は次の通り。

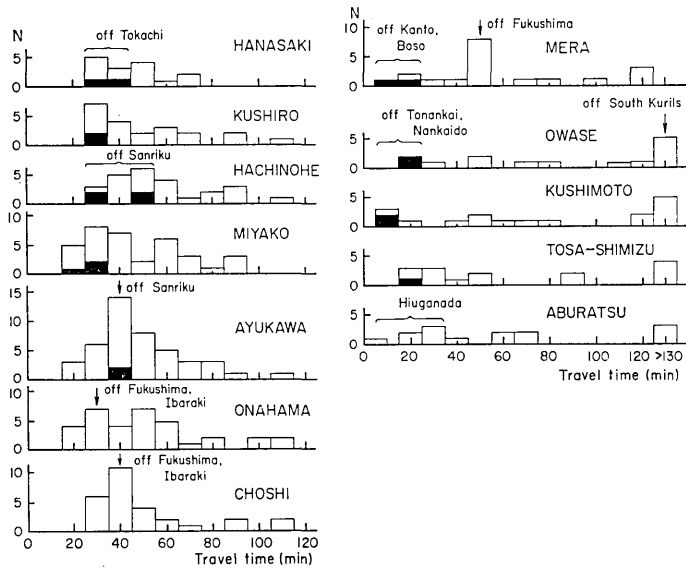


Fig. 1. Frequency distributions of tsunami travel time, 1894-1969. Solid mark: Tsunami which was observed with the maximum height of 2 m or more.

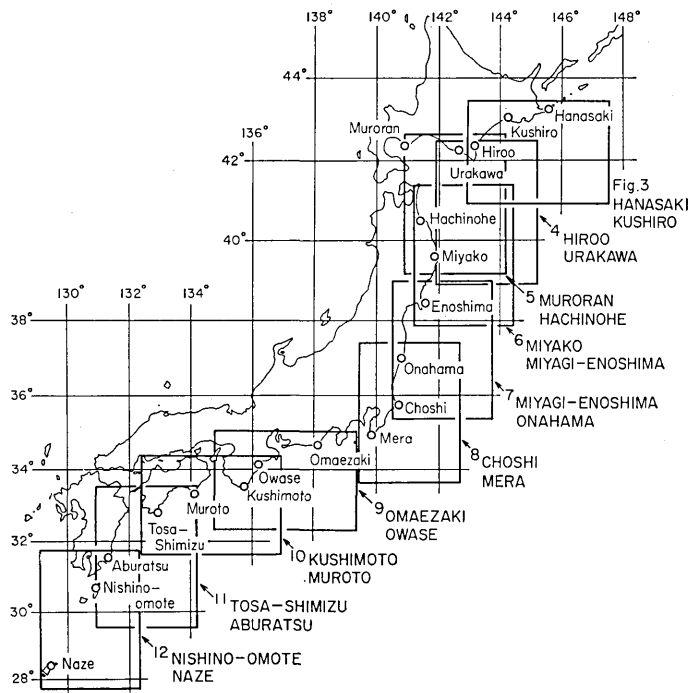


Fig. 2. Index map of the refraction diagrams.

- Fig. 3. 花咲, 釧路 Fig. 4. 広尾, 浦河 Fig. 5. 室蘭, 八戸(湊)
 Fig. 6. 宮古, 宮城江ノ島 Fig. 7. 宮城江ノ島, 小名浜 Fig. 8. 銚子, 布良
 Fig. 9. 御前崎, 尾鷲 Fig. 10. 串本, 室戸 Fig. 11. 土佐清水, 油津
 Fig. 12. 西ノ表, 名瀬

作図の範囲を示したのが Fig. 2 である。ここで作図には、水路部発行の“日本近海海底地形図 (No. 6301, 1968)”を基礎におき、海岸から陸棚までを 50 万分の 1 の海図で、その沖合は 120 万の 1 の海図を使用した。

一方、津波の到達時間は港湾の口と奥とでは、数分程度の差が生ずる。例えば八戸の湊(港奥)では鮫(港口)より 4~5 分遅れて津波の初動が観測され、Fig. 5 には湊検潮所から出発した波面を示した。従つて波源域の推定にあつては、波面の精度(作図の誤差は ± 2 分位)のほかに、観測点の立地条件も留意を要する。本図は前にも述べたように、気象庁、水路部、その他の所属機関の検潮所地点から作図されたものである。これらの地点で得た記録をもとに推定された多数の波源域は、余震域と調和し、大局的に矛盾がなかつたことを付記しておく。

§ 4. む す び

最近 76 年間の近地津波について、主要な地点の伝播時間を調べた。その頻度分布において、東北日本では 30~40 分に、西南日本では 10~20 分にピークがみられる。特に各地を襲つた最大の津波は到達時間も早く、津波警報の面で、技術的にかなりの厳しさが要求される。ここで示した伝播図から、今後の津波に対し到達時間の予報とともに、速やかに大局的な波源域が推定できよう。

終りに、梶浦欣二郎教授から統一した縮尺の作図をすすめられ、いろいろと御教示を頂いた。厚くお礼を申上げる。

文 献

- HATORI, T., Study on distant tsunamis along the coast of Japan,
 Part 1. Distribution of tsunami energy and travel time, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **43** (1965), 499-508.
 Part 2. Tsunamis of South American origin, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **46** (1968), 345-359.
 Part 3. Tsunamis of Philippines and Indonesia origin, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **47** (1969a), 523-537.
 HATORI, T., Dimensions and geographic distribution of tsunami sources near Japan, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **47**, (1969b), 185-214.
 IDA, K., Earthquakes accompanied by tsunamis occurring under the sea off the islands of Japan, *J. Earth Sci., Nagoya Univ.*, **4** (1956), 1-43.
 IMAMURA, A., and M. MORIYA, Mareographic observations of tsunami in Japan during the period from 1894 to 1924, *J. Astr. Geophys. Japan*, **17** (1939), 119-140.
 渡辺偉夫, 日本およびその周辺(沖縄および南千島を含む)の津波の表, *地震*, **ii**, **21** (1968), 293-313.

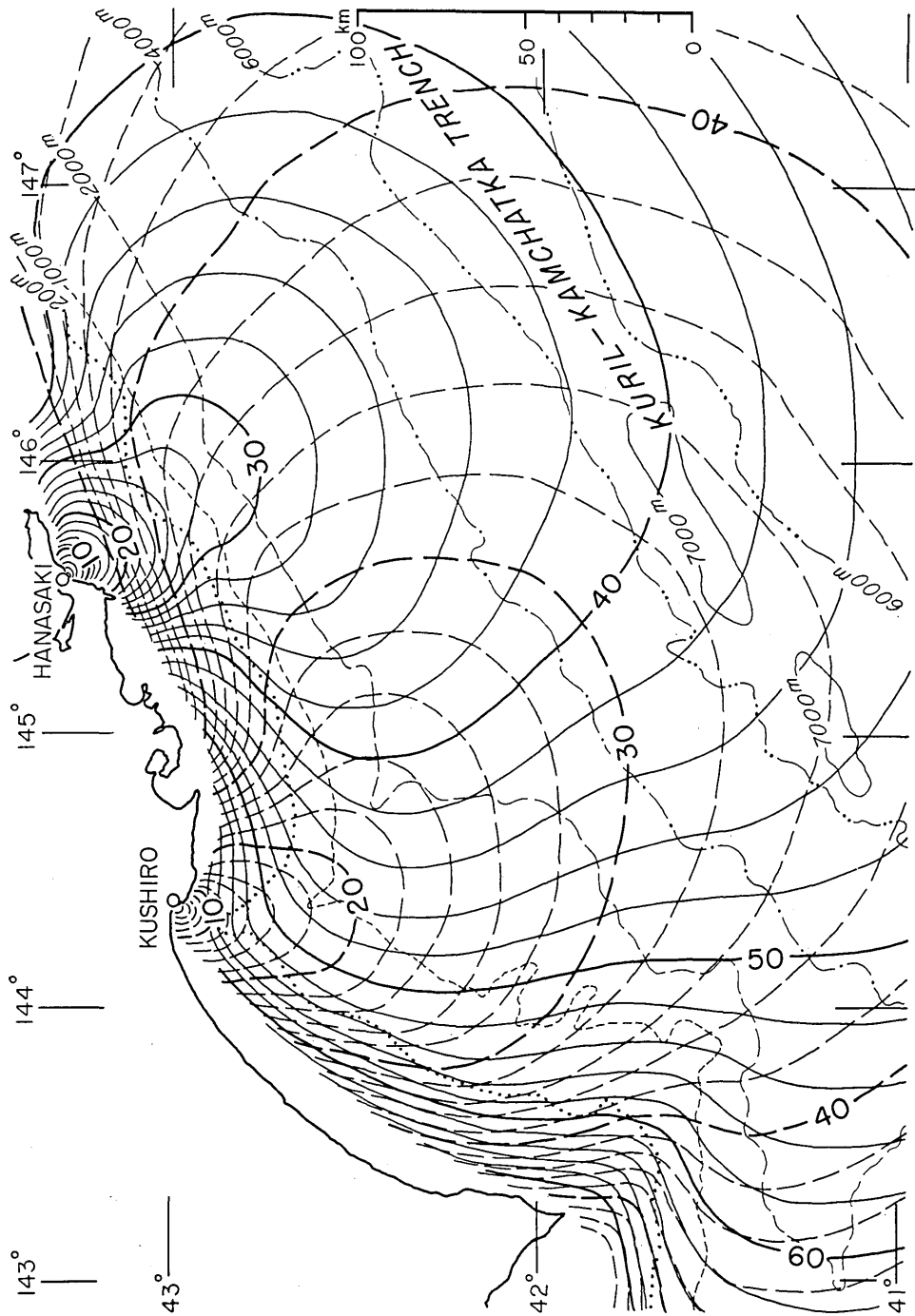


Fig. 3. Tsunami travel times to Hanasaki and Kushiro. Time interval: 2 min.

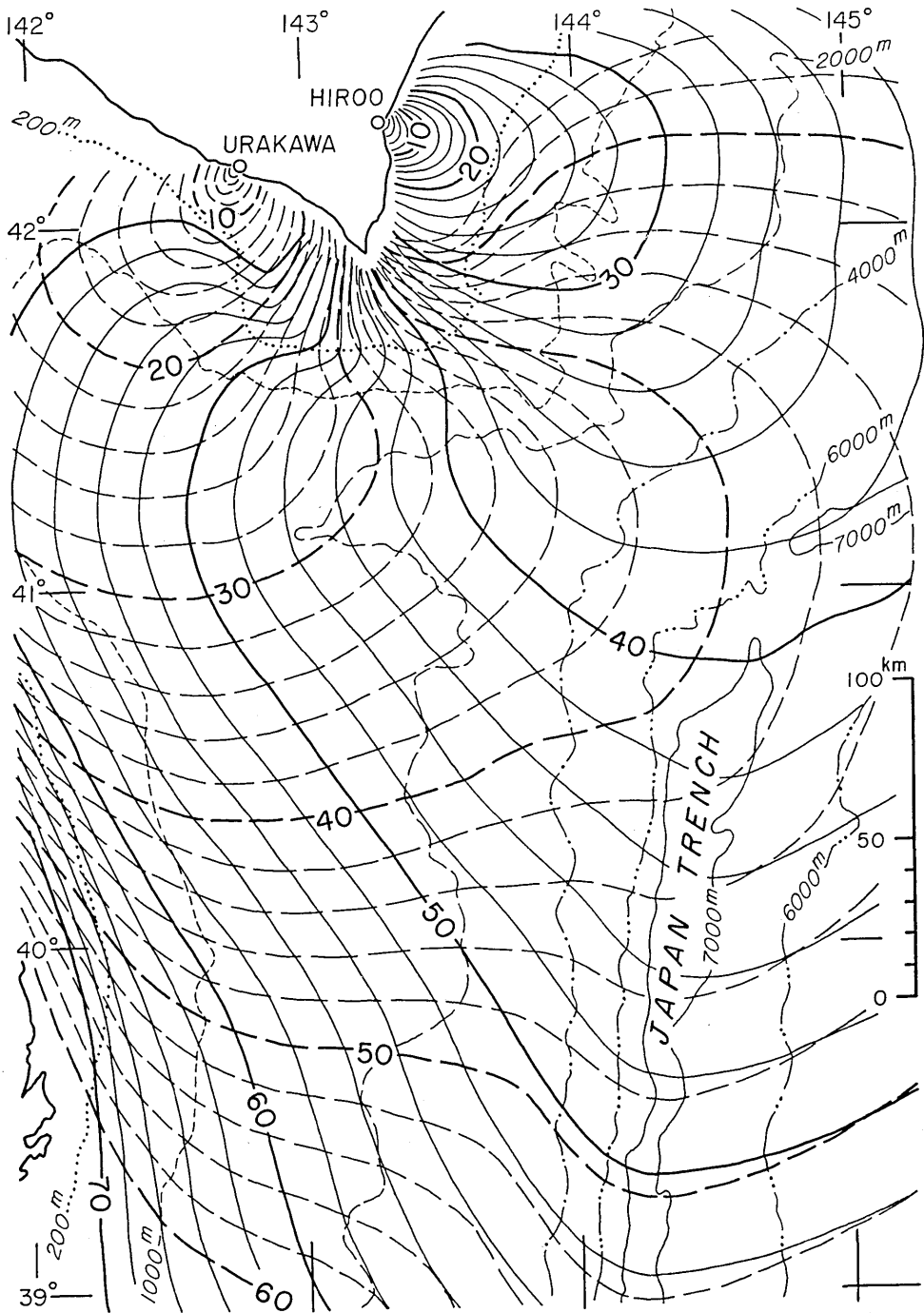


Fig. 4. Tsunami travel times to Hiroo and Urakawa. Time interval: 2 min.

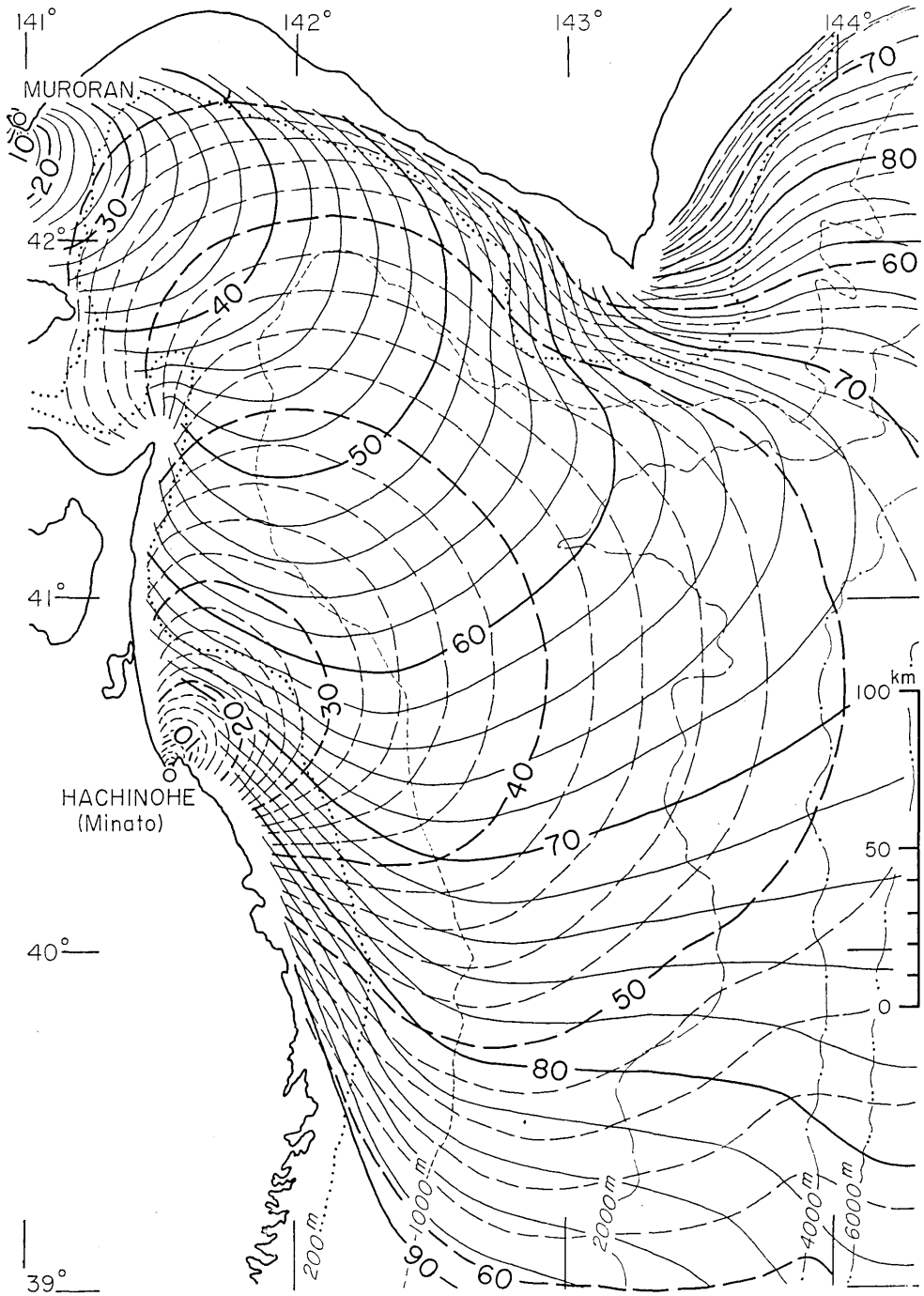


Fig. 5. Tsunami travel times to Murooran and Hachinohe (Minato). Time interval: 2 min.

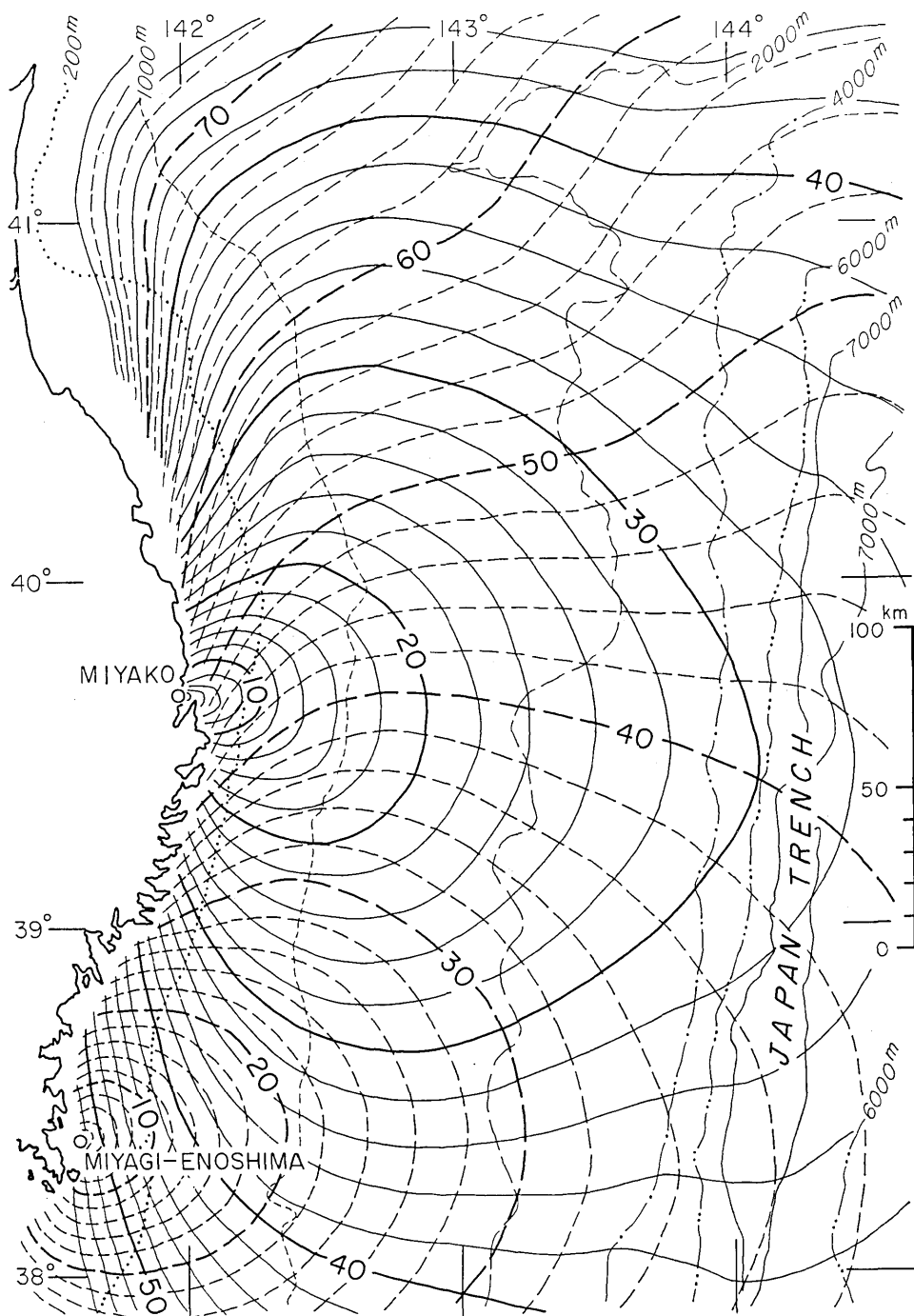


Fig. 6. Tsunami travel times to Miyako and Miyagi-Enoshima. Time interval: 2 min

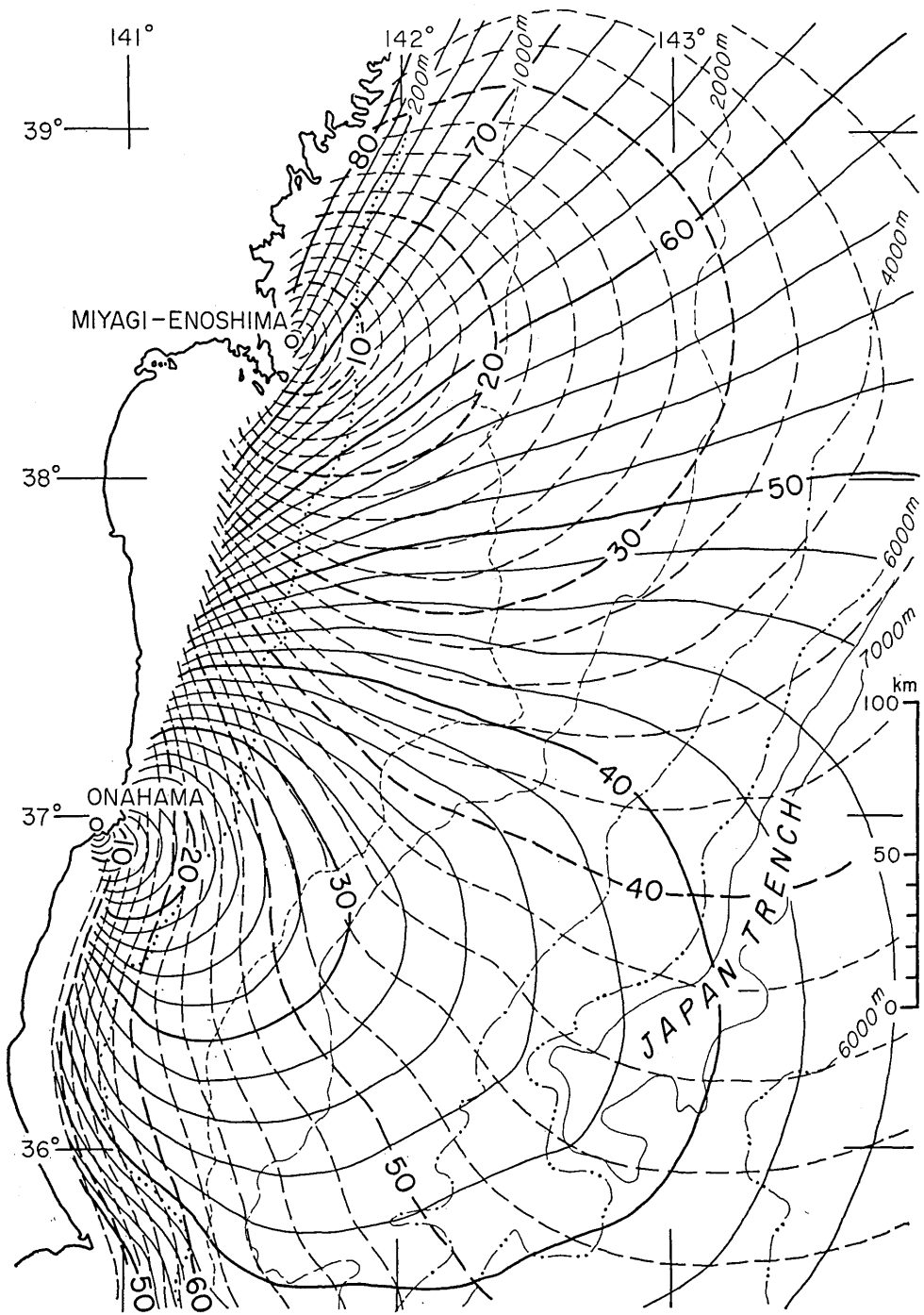


Fig. 7. Tsunami travel times to Miyagi-Enoshima and Onahama. Time interval: 2 min.

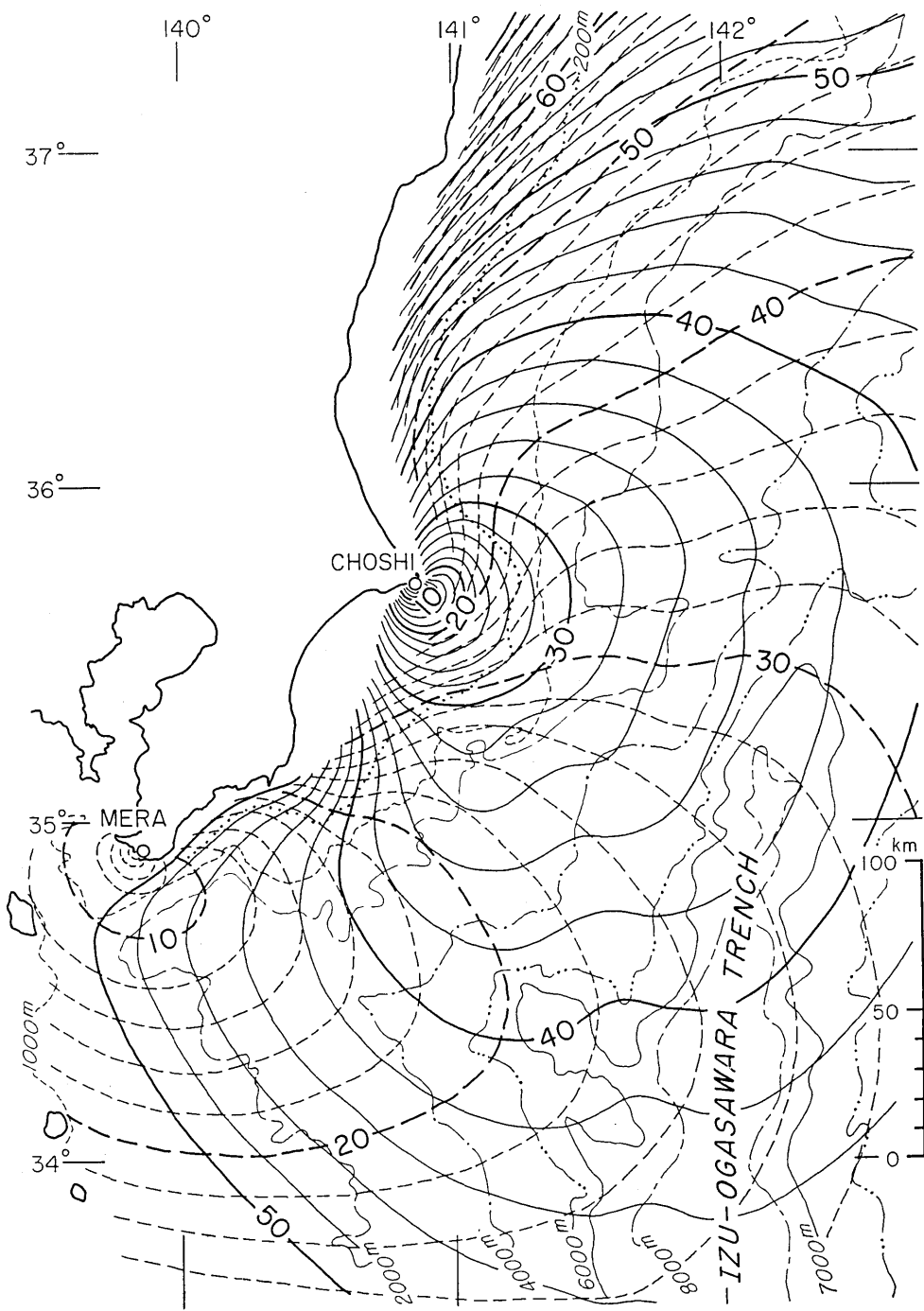


Fig. 8. Tsunami travel times to Choshi and Mera. Time interval: 2 min.

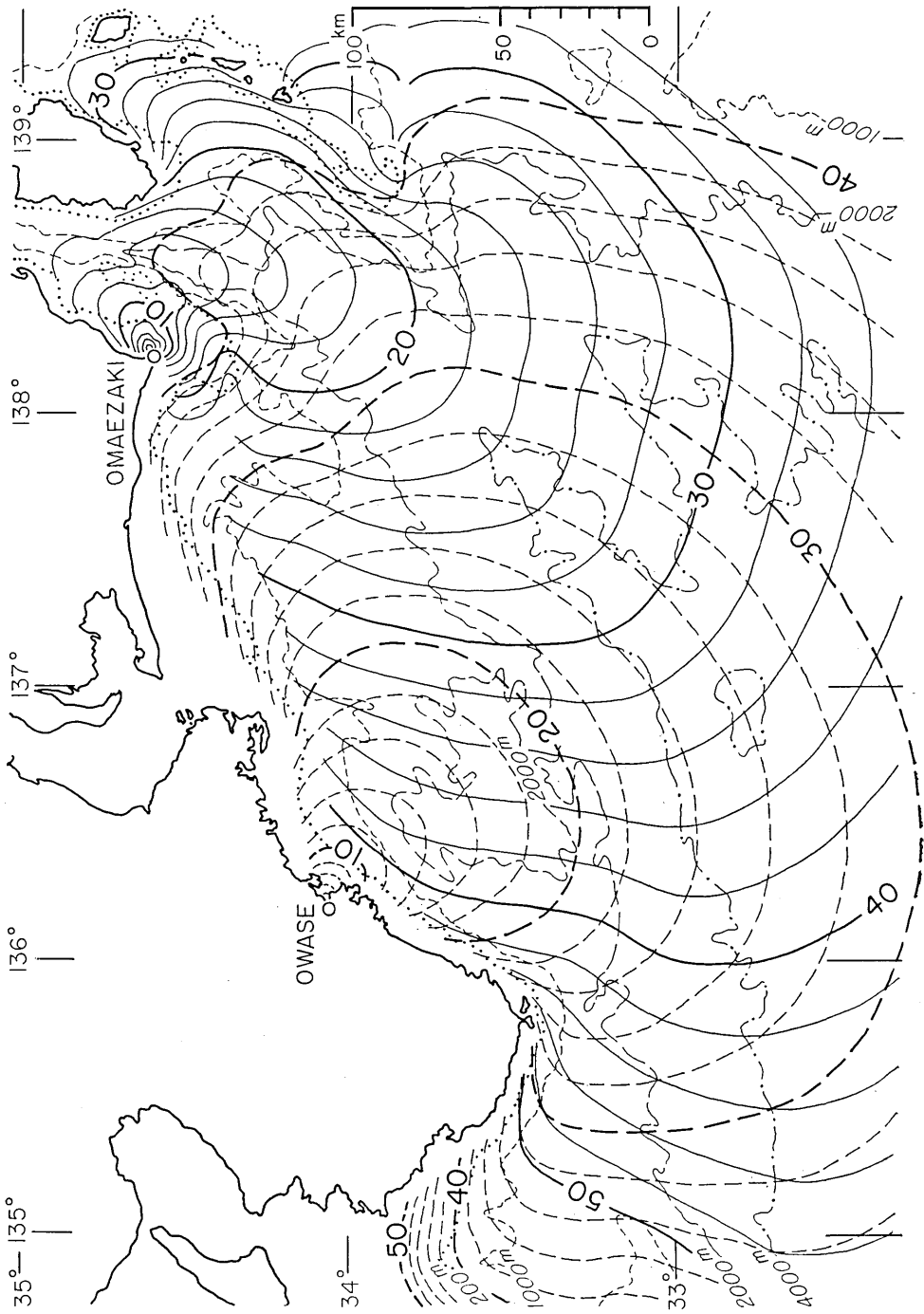


Fig. 9. Tsunami travel times to Omaezaki and Owase. Time interval: 2 min.

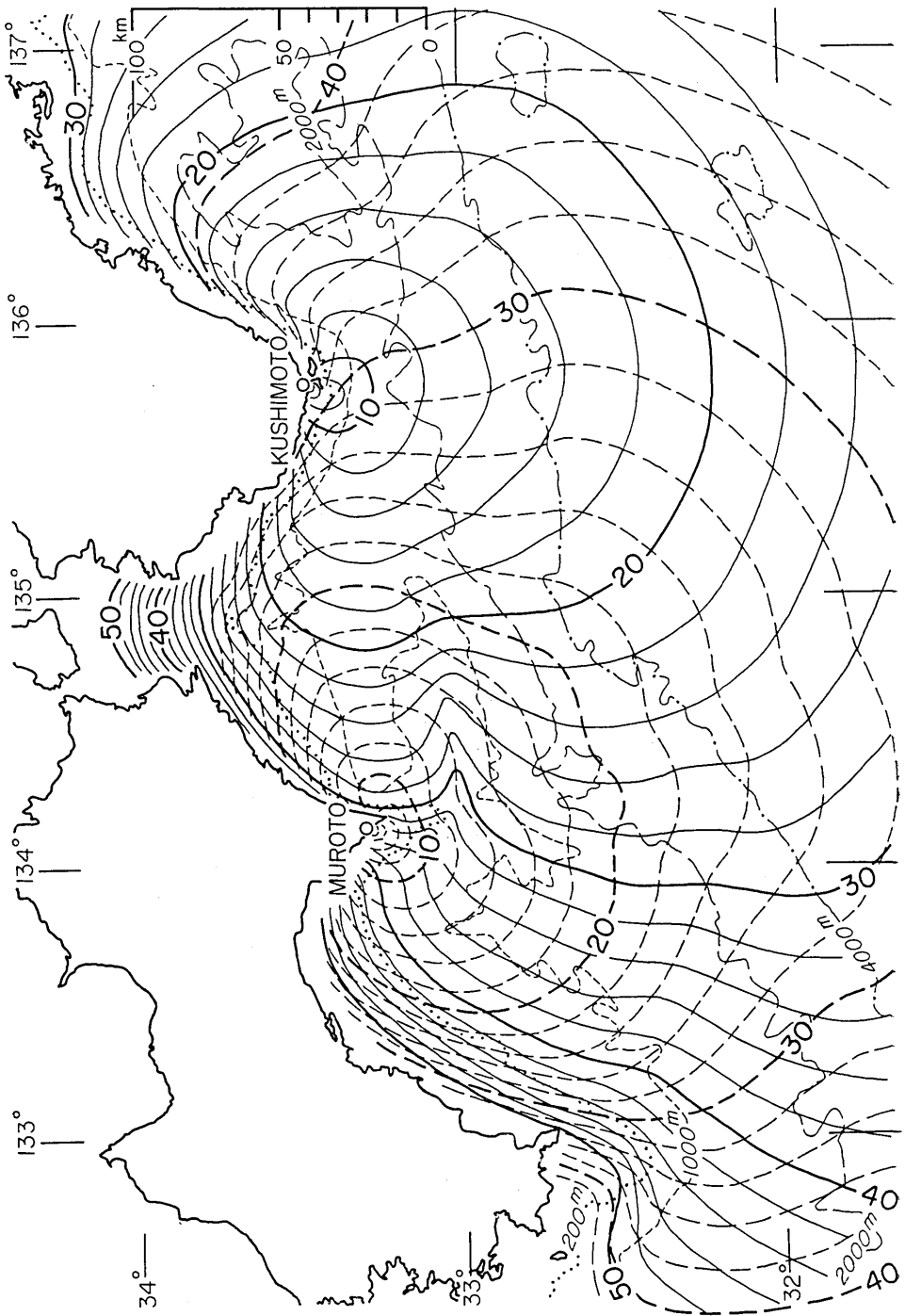


Fig. 10. Tsunami travel times to Kushimoto and Muroto. Time interval: 2 min.

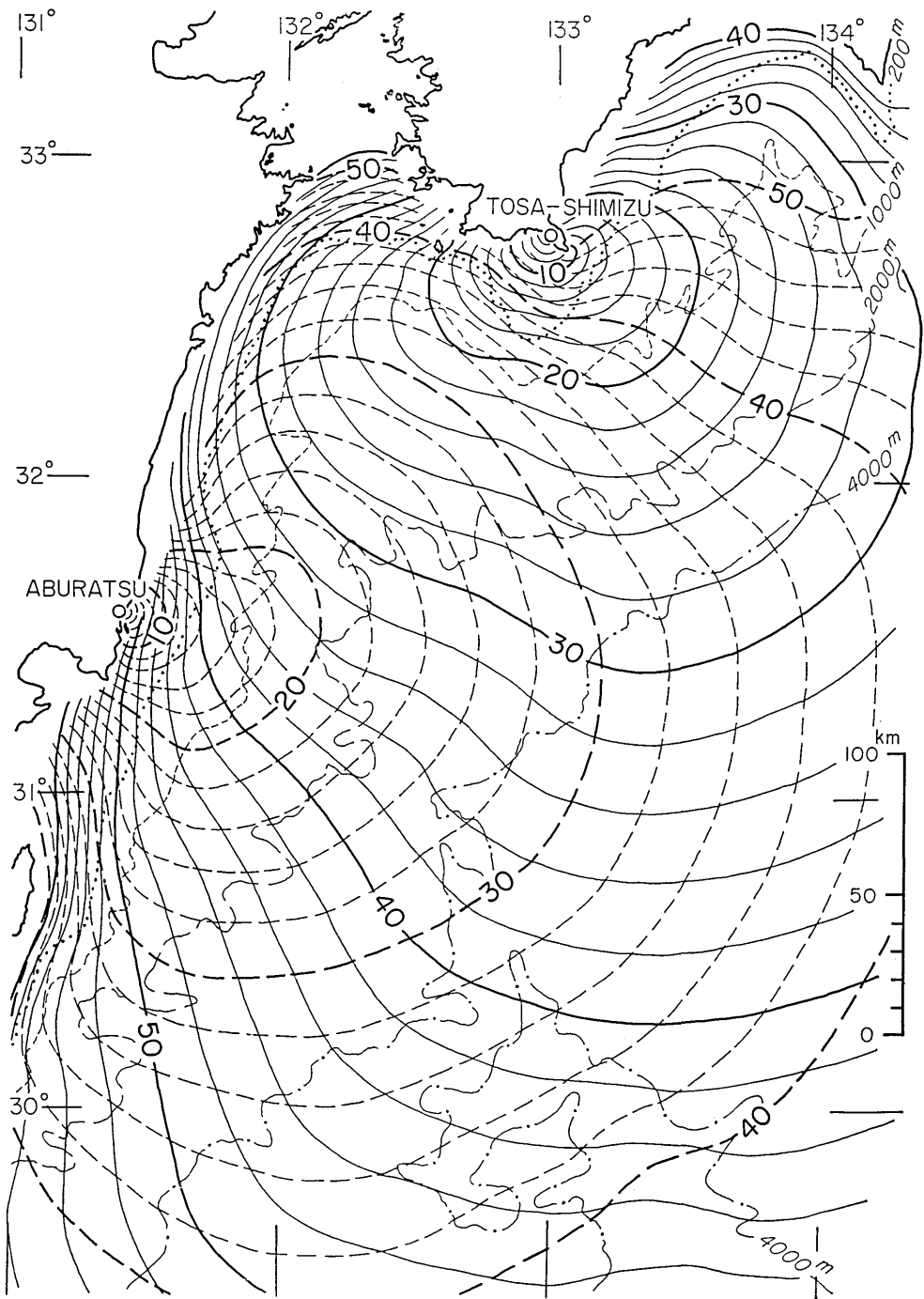


Fig. 11. Tsunami travel times to Tosa-Shimizu and Aburatsu. Time interval: 2 min.

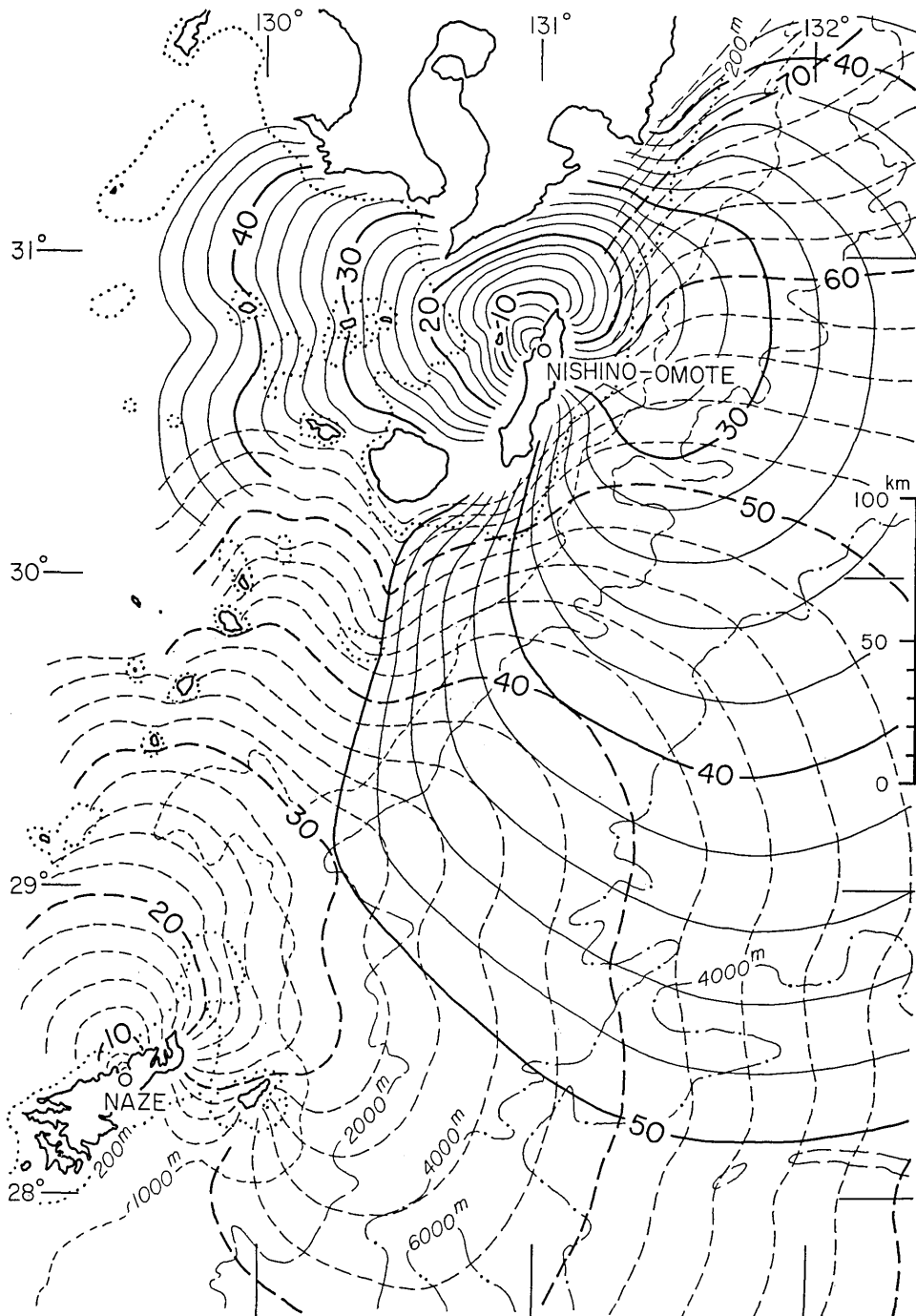


Fig. 12. Tsunami travel times to Nishino-omote and Naze. Time interval: 2 min.

10. *Travel Times of Tsunamis and Refraction Diagrams
at the Pacific Coast of Japan.*

By Tokutaro HATORI and Morio KOYAMA,
Earthquake Research Institute.

For the tsunamis which were generated off the Pacific coast of Japan during the last 76 years (1894-1969), the tsunami travel times observed at 12 tide stations are listed in Table 1. Features of the frequency distribution of travel time for NE Japan are different from those for SW Japan, because of the difference of the geographic characteristics of the tsunami source (Fig. 1). In the former region, a large frequency is found in the range of 30~40 min, in contrast to 10~20 m in the latter region. Starting from 19 tide stations indicated in Fig. 2, the inverse refraction diagrams of long waves are drawn on bathymetric charts (Figs. 3-12). Wave fronts are shown at 2 min intervals. The uncertainty of the diagrams may be within ± 2 min for most of the regions considered.
