

日本海沿岸における 2011 年東日本地震津波と

青森・秋田県沿岸の歴史地震津波

羽鳥 徳太郎 *

Behavior of the 2011 East Japan Earthquake Tsunami along Coast of the Japan Sea and Historical Earthquake Tsunamis at the Aomori-Akita Coast

Tokutaro HATORI

Suehiro 2-3-13, Kawaguchi, Saitama 332-0006, Japan

The behavior of tsunami was investigated along the Japan Sea coast based on wave-heights (JMA) of the 2011 East Japan tsunami (magnitude, $m = 4$). That was compared with the observed data of the 1952 Kamchatka, the 1960 Chile, and the 1968 Tokachi-oki tsunamis. The tsunamis propagated through the Tsugaru Straits were double-amplitude of 20-90 cm which was about 5 times smaller than those of the Pacific coast. The periods of tsunami when the maximum amplitude appeared were roughly estimated to be about 30 min. for the 2011 tsunami, 50 min. for the 1952 Kamchatka tsunami, and 70 min. for the 1960 Chile tsunami, respectively. Along the coast in the Japan Sea, the maximum tsunami amplitudes of the 2011 tsunami were observed after 10-15 hours or later since the main shock. The tsunami duration time was very long in the Japan Sea because of the reflection waves from the continental coast. The historical earthquakes and tsunamis occurred in the period from 1694 to 1939 were also re-examined to indicate the tsunami risks at the Aomori and Akita coasts.

Keywords: Wave Heights, Wave Period, Occurring Time of the Maximum Wave, Historical Earthquake Tsunamis.

§ 1. はじめに

2011 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖で発生した巨大地震(M9.0)は大規模な津波を伴い、東北地方沿岸の都市に壊滅的な大被害をもたらした。津波の規模階級を表すマグニチュードは $m = 4$ と、最大級に格付けられた(羽鳥, 2012)。さらに津波は津軽海峡に入射し、日本海側の沿岸各地で観測された。一方、日本海沿岸では、1968 年十勝沖地震津波や長周期波が卓越した 1952 年カムチャツカ、1960 年チリ津波の観測例がある(羽鳥, 1992)。

本稿では、気象庁(2011)による各地の波高観測値をもとに、日本海側の波高偏差や伝播の様相を調べ、太平洋側の津波規模と比較する。さらには、秋田・青森県沿岸域の歴史地震津波(1694-1939)を再検討した。

§ 2. 波高分布

図 1 には、気象庁による検潮記録例(函館、酒田、境港、下関彦島)を示す(函館の振幅スケールは、他地点より約 1/4 に縮尺されているので注意)。最大波

の全振幅値は函館で 5 m に達した(痕跡高は平均潮位上 2.5 m, 気象庁), しかし、日本海沿岸では 90 cm 以下に減衰している。図 2 に 2011 年津波の全振幅値分布と、1952 年カムチャツカ、1960 年チリ津波、1968 年十勝沖津波の振幅値と比較して示す。2011 年津波では北海道の稚内と小樽で 70 cm が大きく、渡島半島西岸で 50 cm であった。このほか津軽竜飛で約 1 m, 酒田で 80 cm, 舞鶴で 50 cm, 境港で 40 cm, 浜田で 28 cm, 下関で 50 cm である。

一方、1952 年カムチャツカ津波($m = 4$)は全国で観測され、三陸沿岸に浸水被害をもたらした(気象庁, 1953)。各地の全振幅値は函館で 100 cm が突出し、宮津で 43 cm, 境港で 20 cm, そのほかは 15 cm 前後であった。1960 年チリ津波は、全国に大被害をもたらした代表的な遠地津波である(気象庁, 1961; チリ津波合同調査班, 1961)。函館で 413 cm が突出し、羽幌で 150 cm, 忍路と伏木で 20 cm, 境港で 50 cm であった。1968 年十勝沖津波では、函館で 198 cm, そのほかは江差と稚内で 15-20 cm と小さい。

* 〒332-0006 埼玉県川口市末広 2-3-13

§3. 各地の波高偏差

図3には、津波マグニチュードの判定図を示す。縦軸には日本海沿岸各地の最大波の片振幅値をとり、1952年カムチャツカ、1968年十勝沖津波の観測値と比較して示す。横軸には、震央から観測点までの距離をとる。

津波の規模スケールは、波高が震央距離 $\Delta^{-1/2}$ で減衰するとして、2.24 倍の刻みで区分してある。その結果、2011年津波では振幅値が $m=2$ に集まり、太平洋側の波高データで得た m 値より2階級(振幅値にして約 1/5)下回る。稚内・酒田・下関の振幅値がやや大きい。1952年カムチャツカ津波では、1階級(振幅値にして約 1/2)下回って $m=3$ になる。長周期波であったので減衰が小さく、長時間継続した。1968年十勝沖津波 ($m=2.5$) では、振幅値が顕著に減衰している。

図4には、3例の津波(東日本、カムチャツカ、チリ)による各港湾の最大波の周期と全振幅の2乗値との関係を示す。2011年津波では、1983年日本海中部地震津波における最大波の周期(気象庁、1984)を参照した。観測値はバラつくが、周期30分あたりがピークになる。なお、太平洋側の観測値では、44分と69分の周期が卓越した(阿部、2011)。そのほかカムチャツカ津波で50分、チリ津波で70分に振幅のピークがみられる。

§4. 最大波の出現時間

気象庁の観測によれば、地震後の津波伝播時間(時:分)は、津軽海峡の函館(1:29)、竜飛(1:16)であった。日本海沿岸での津波初動はノイズと重なり、不明な地点が多い。地震後、最大波の出現時間は大幅に長く、津軽海峡から南北に10-15時間になる(図5)。さらに小樽・柏崎・金沢が伸び、舞鶴(44:54)になっている。

さきに筆者(羽鳥、1992)は、函館起点の日本海の津波伝播図を示したが、2011年津波も各地の最大波の出現時間は初動から大幅に伸びている。例えば、北海道西岸や北陸～山陰間でチリ・カムチャツカ津波の最大波は12時間以降であった。遠地津波は長周期波を反映し、津波の継続時間がきわめて長い。加えて、日本海が閉ざされた形をして、大陸からの反射波が繰り返されている(羽鳥、1986)。

§5. 青森・秋田県沿岸の歴史地震津波

1694-1939年間に、青森・秋田県沿岸付近で発生した、被害地震(M6.8-7.2)の推定震源域を図6に示す(羽鳥、1987)。各地震は津波を伴った。震源域は、震度(5-6の範囲)、津波分布および地殻変動の記録から、沿岸に沿って長さ30-50kmと推定した。各地の津波の高さは現地調査で検討し、津波マグニチュード m 値は Δ -H 図(図7)で判定した。つぎに発生順に、

地震の概要を示す。

1) 1694年6月19日(元禄七)能代地震:米代川流域が震度6に達し、能代で全壊1,132戸にのぼった。M7.0と推定。八郎潟北東岸が干上がり、河口の水位が低下して地盤隆起した。小津波が伴った可能性があり、 $m=-1$ と推定。

2) 1704年5月27日(宝永元)岩館地震:能代～深浦間60kmの範囲が震度6でM7.0と推定。青森・秋田県境の海岸で1.5-2m地盤隆起した。深浦～滝ノ間の海岸で潮が数丁引き、津波高は鱒ヶ沢で1.0m、深浦で1m、岩崎で1.2m、大間越で1.4m、岩館と能代で1.3mであり $m=0$ と推定。

3) 1793年2月8日(寛政四)鱒ヶ沢地震:深浦～鱒ヶ沢間で震度6に達しM7.2と推定(理科年表M6.9-7.1)。大戸瀬崎で2.2m隆起した。現在広い隆起海床は、「千畳敷」と呼ばれる観光地となっている。津波高は舞戸で3.3m、鱒ヶ沢で2.8m、赤石で5-6m、深浦で3.2m、むつ大湊で0.3mであり $m=1$ と推定。

4) 1810年9月25日(文化七)男鹿地震:八郎潟東岸で震度6-7。家屋の全壊1,003、死者57人、1939年男鹿地震より被害数は2倍以上も多い。M7.0と推定(理科年表M6.5)。八郎潟に海水入り「小魚等品々死流」とある。津波高は20-30cmであり、 $m=-1$ と推定。

5) 1939年5月1日(昭和14)男鹿地震:男鹿半島で震度6であり崖崩れが多発した。半島西部で最大44cm隆起した。M6.8と推定。検潮記録によれば、全振幅は土崎で27cm、鱒ヶ沢で10cm、酒田で15cmであり $m=-1.5$ と推定。

§6. むすび

気象庁の波高観測値をもとに、日本海沿岸での2011年津波の規模や伝播の様相を調べ、1952年カムチャツカ・1960年チリ津波などの観測値と比較検討した。最大波の全振幅値は90cm以下であり、太平洋側の観測値から得た津波マグニチュード($m=4$)より2階級下回った。稚内・酒田の振幅値が比較的大きく、最大波の周期約30分の港湾がピークになる。最大波は地震後10時間以降に観測され、日本海の津波は長時間継続するのが特徴的である。1939年以降、青森・秋田県沿岸域では、長期間静穏期が続いており、甚大な沿岸域地震の猛威に留意したい。

対象地震:2011年東日本地震、1952年カムチャツカ地震、1960年チリ地震、1968年十勝沖地震、1694年能代地震、1704年岩館地震、1793年鱒ヶ沢地震、1810年男鹿地震、1939年男鹿地震

文献

阿部邦昭, 2011, DART 津波記録から 2011 年東北地方太平洋沖地震津波の卓越周期, 日本地震学会講演予稿集, 秋季大会, A31-11.
 チリ津波合同調査班(代表:高橋龍太郎), 1961, 1960 年 5 月 24 日チリ地震津波に関する論文及び調査, 東大地震研究所, 397 pp.
 羽鳥徳太郎, 1986, 日本海津波における大陸からの反射波, 地震研究所彙報, **61**, 329-338.
 羽鳥徳太郎, 1987, 西津軽・男鹿間における歴史地震(1694-1810)の震度・津波調査, 地震研究所彙報, **62**, 133-147.

羽鳥徳太郎, 1992, 津軽海峡から日本海に伝播する津波の様相, 地震 **2**, **45**, 169-176.
 羽鳥徳太郎, 2012, 2011 年東北地方太平洋沖地震津波の規模, 津波工学研究報告, **29**, 1-6.
 気象庁, 1953, カムチャツカ地震調査報告, 験震時報, **18**, 48 pp.
 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**, 389 pp.
 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**, 251 pp.
 気象庁, 2011, 平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震, 平成 23 年 3 月地震・火山月報(防災編).

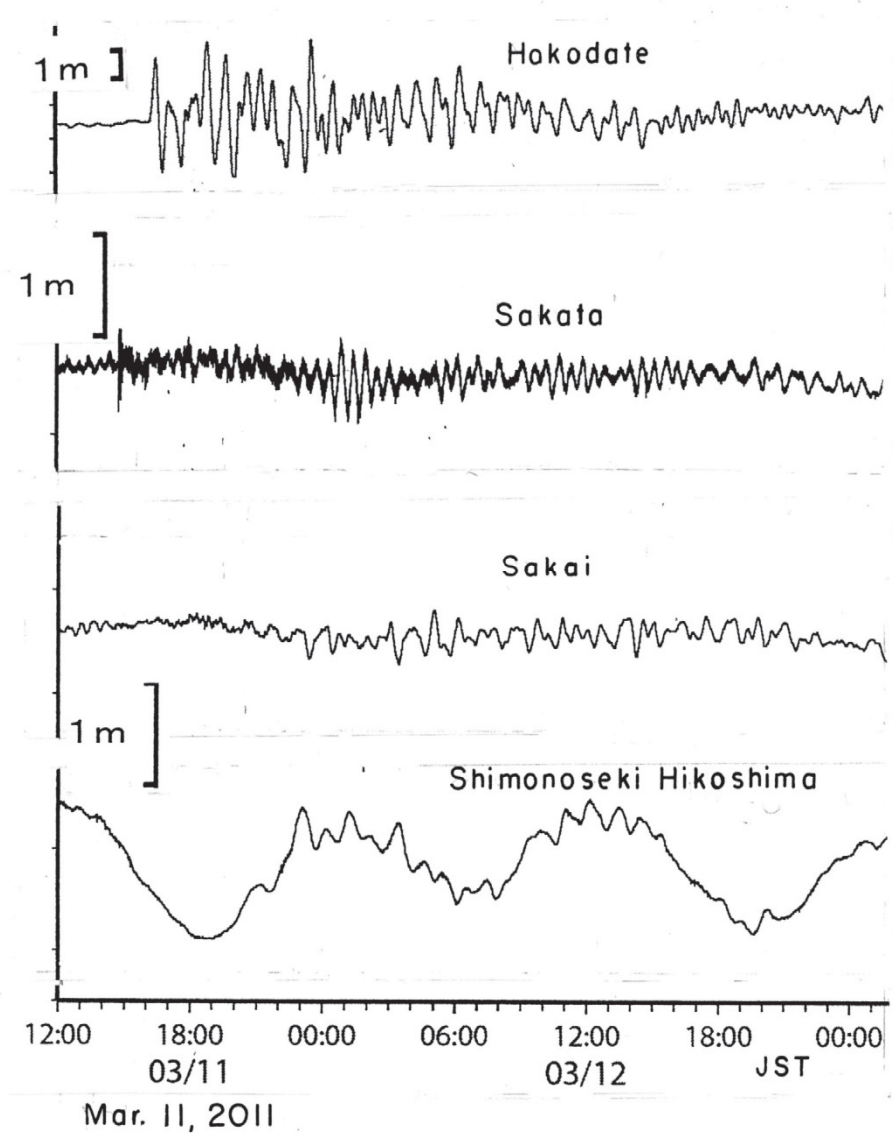


図1 2011年東日本津波による函館,日本海沿岸の検潮記録(気象庁による)
 Fig. 1 Tide gauge records of the 2011 E. Japan tsunami at Hakodate and the Japan Sea coasts (JMA)

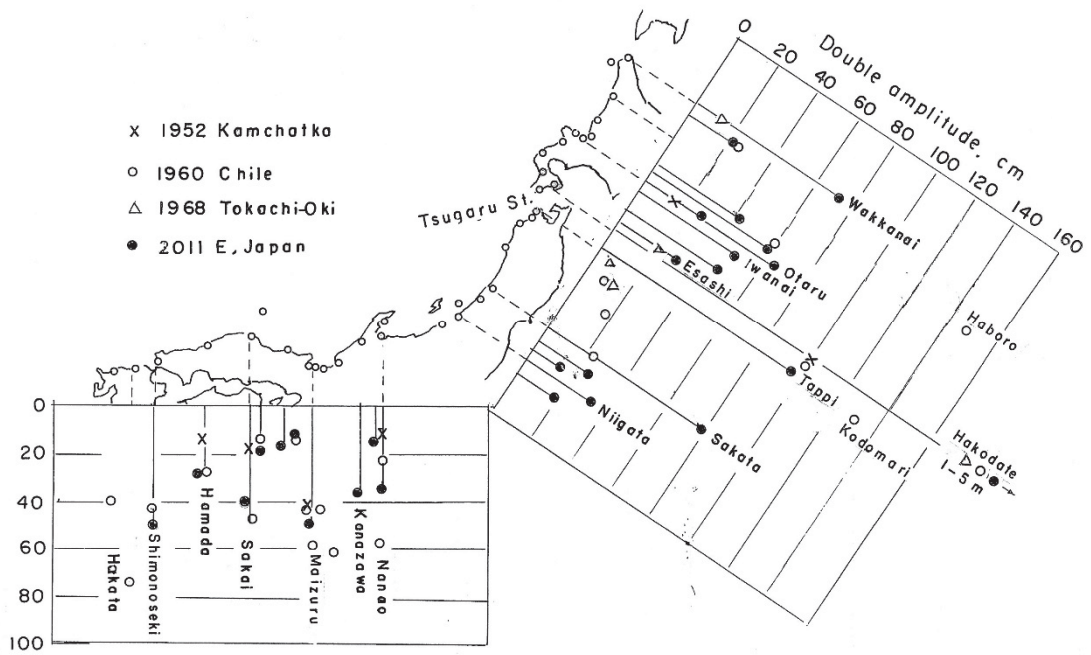


図2 日本海沿岸における太平洋域津波の全振幅値分布
 Fig. 2 Distribution of double wave heights of the Pacific tsunamis

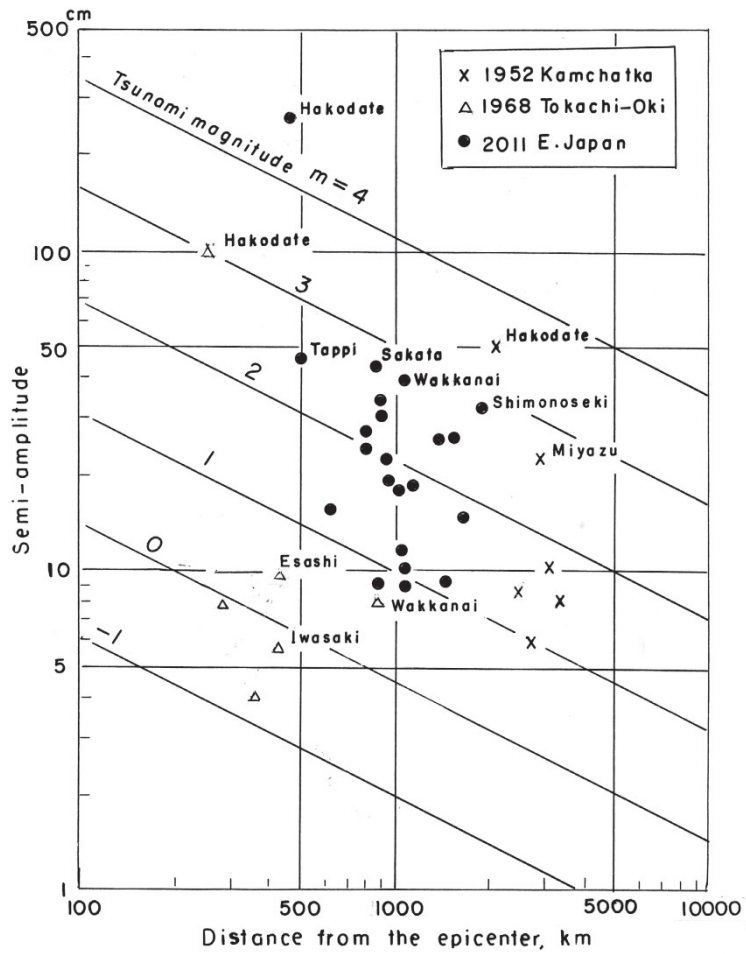


図3 津波マグニチュード・スケールで区分した波高偏差
 Fig. 3 Tsunami height deviations divided by tsunami magnitude scale

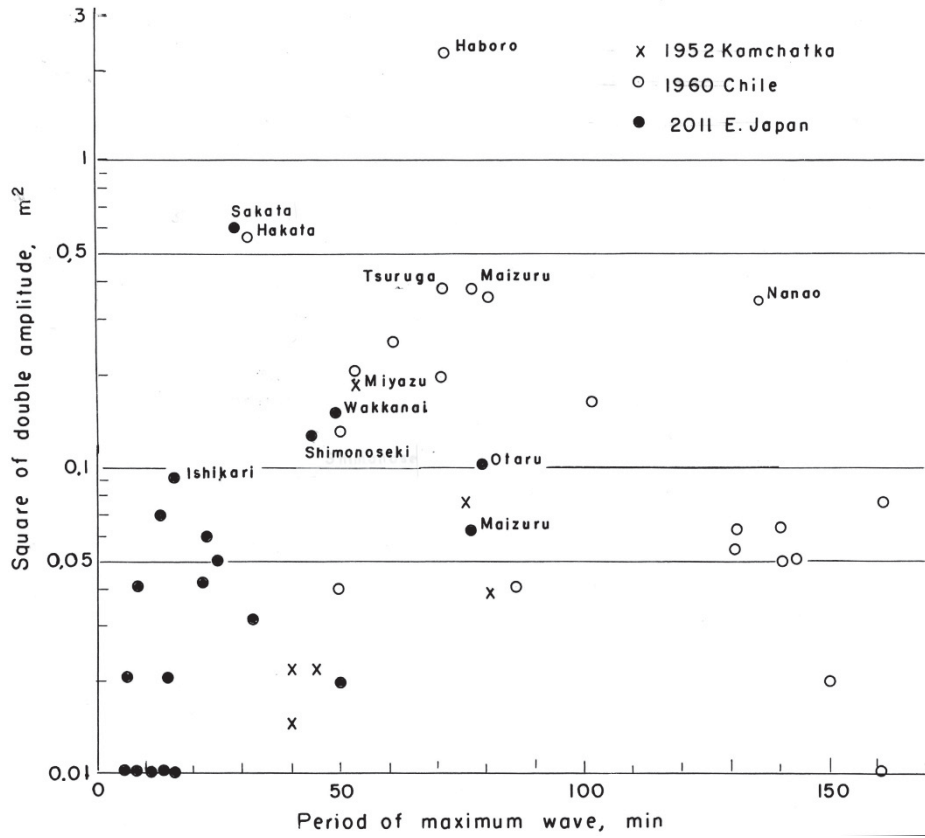


図4 各港湾の最大波の周期と波高2乗値との関係

Fig. 4 Relation between period of maximum wave and square of double amplitude

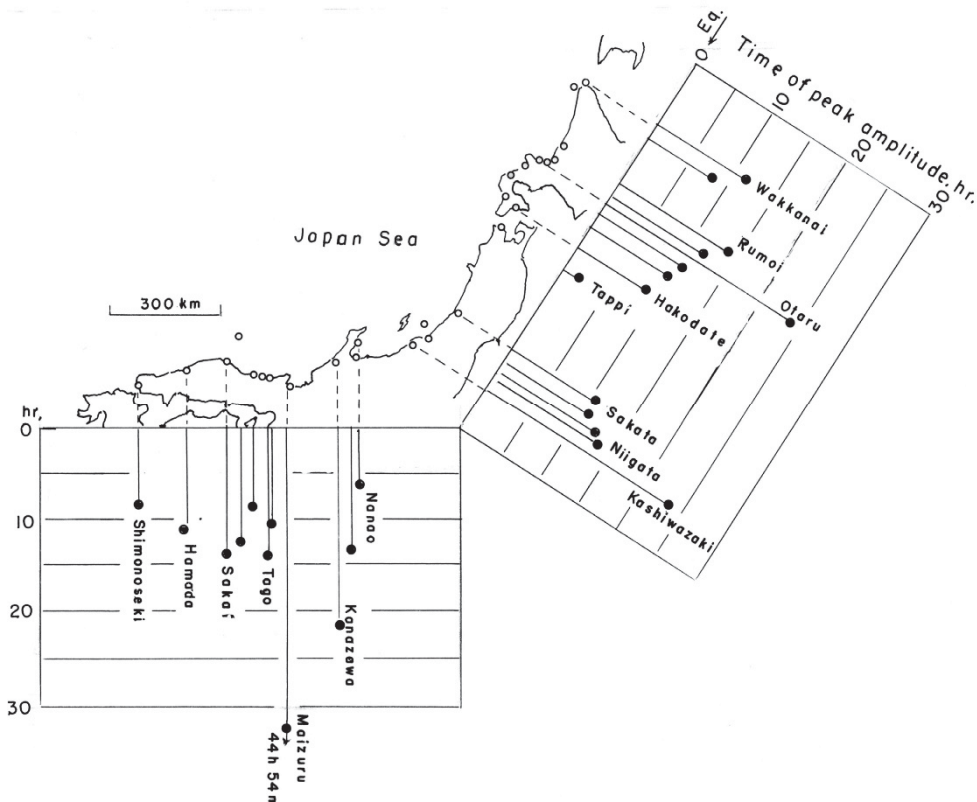


図5 2011年東日本津波における発震時後の最大波の出現時間分布

Fig. 5 Time distribution of peak amplitude after the main shock

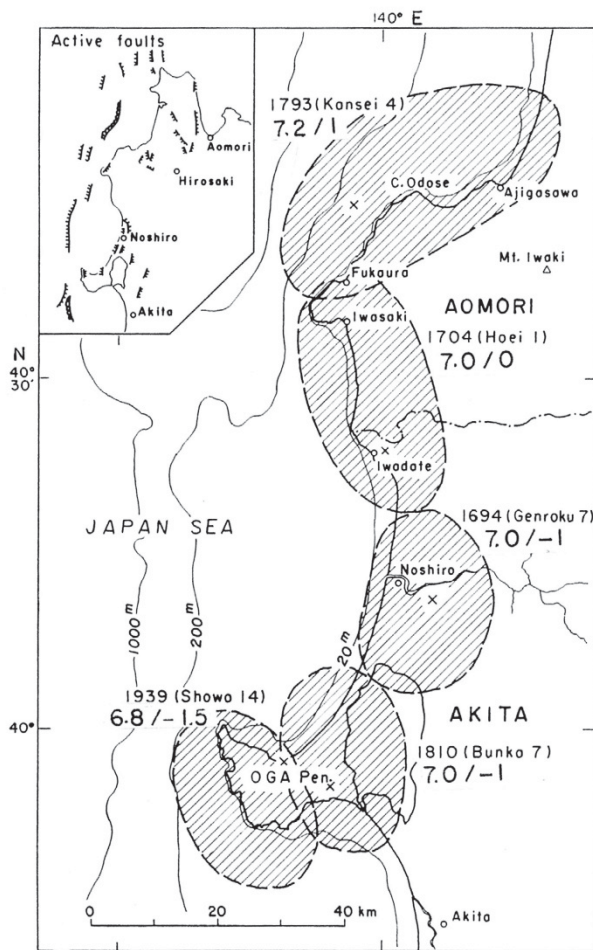


図6 青森・秋田県沿岸の歴史地震の推定震源域。発生年に地震と津波のマグニチュード値, M/mを示す。左上図:活断層分布

Fig.6 Estimated source areas of historical earthquakes (1694-1939). Earthquake and tsunami magnitudes, M/m are shown

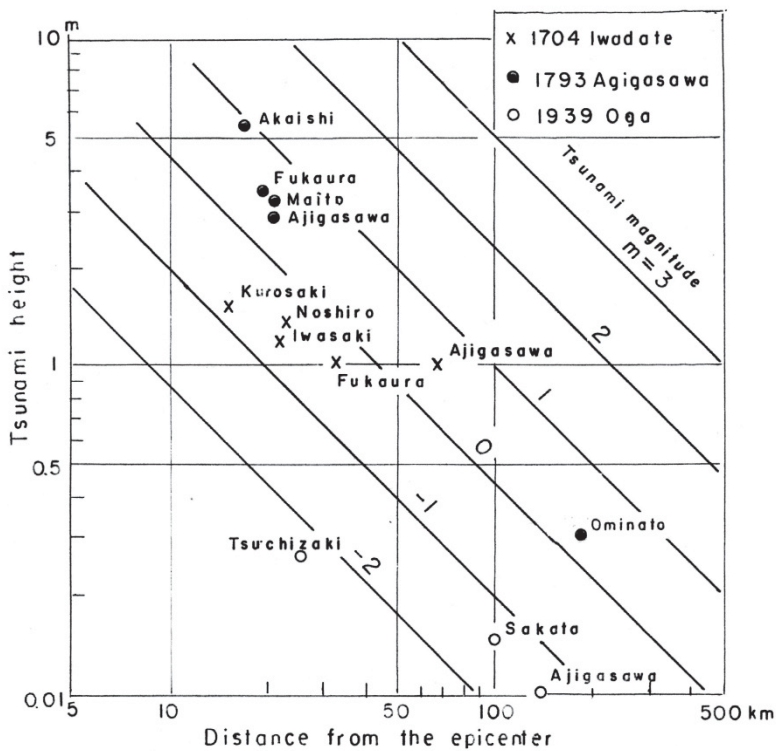


図7 津波高と震央距離の関係。津波マグニチュードで区分。

Fig. 7 Relation between tsunami heights and distance classified by tsunami magnitude scale