

三陸大津波による遡上高の地域偏差

羽鳥 徳太郎*

Regional Deviation of Inundation Heights due to the Large Sanriku Tsunamis

Tokutaro HATORI

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

The regional inundation heights of the large Sanriku tsunamis (tsunami magnitude: $m=3-4$) are re-examined using the diagrams of wave-height attenuation with distance. For the tsunamis in 1896 and 1933, inundation heights on the Iwate coast locally reached 10-25 m that twice larger than the mean tsunami magnitude. These stations have the seiche period of about 10 min. The heights along Hokkaido and south Miyagi to Fukushima coasts are mostly normal. The 1611 Keicho tsunami ($m=4$) is the largest in the Sanriku region. The pattern of tsunami height distribution along the Iwate coast is similar to the tsunamis in 1896 and 1933. Inundation heights on the south Miyagi coast are remarkably high, comparing with the tsunami magnitude. For the 1793 Miyagi-Oki tsunami ($m=3$), inundation heights along the coasts of south Iwate to Oshika Peninsula are relatively high, suggesting the behaviors of future tsunamis generating near the trench.

Keywords: Sanriku region (NE Japan), Tsunami magnitude, Regional inundation heights.

§ 1. はじめに

港湾が入り組むリアス式海岸の三陸沿岸では、津波の遡上高に顕著な地域差があることは知られている。これまでに、湾の形状やセイシュ周期などとの関連が多数議論されてきた。筆者(羽鳥, 1986)は、広域の波高観測値をもとに、震央距離・波高関係図から津波マグニチュード値を解析してきた。本稿では、大規模な三陸津波(津波マグニチュード: $m=3-4$)を見直した。そしてマグニチュード値を基準に各地の波高偏差を調べ、三陸沿岸をはじめ北海道、福島県沿岸での地域特性を比較検討する。

§ 2. 波源域・波高データ

解析の対象は、1896年明治・1933年昭和の三陸津波および1611年慶長三陸津波、1793年寛政宮城沖の歴史津波である。図1には、各地震の震央と津波の推定波源域を示し、地震のマグニチュード M を付記した。なお、 M 値と震央の位置は宇佐美(1996)の地震カタログなどから引用したが、1793年宮城沖地震については、震度・波高分布から筆者(羽鳥, 1987)が推定した。

さて、1896年明治三陸津波については、被災直後に山奈・伊木によって被災地の痕跡高が詳しく現地調査され、近年これらの資料が検討された(羽鳥, 1995a)。1933年昭和三陸津波は、中央気象台・東大地震研究所などの機関で詳しい現地調査が行われた。Table 1とTable 2には、両津波の主な波高値を渡

辺(1998)の津波カタログなどから引用し、再調査された地点では改訂値(羽鳥, 1995a)を示す。近年、大船渡市綾里白浜に、最高波高 38.2 m の水位標識「明治三陸大津波伝承碑」が、遡上地点に建てられた(山下, 2005)。なお、津波マグニチュードからの波高偏差 H は、後述する。

一方、1611年慶長三陸津波について、古くは今村(明)(1934)によって調べられ、各地で遡上高が1896年津波より上回り、津波マグニチュードは $m=4$ と格付けられた。近年、宮古・山田などの地域で浸水域が広範囲であったことが確認された(羽鳥, 1995b; 都司・上田, 1995)。Table 3には、各地の遡上高(平均海面上)を示す。

1793年宮城沖津波についても、調査が行われた(羽鳥, 1987; 今村(文)・他, 1989; 行谷・他, 2003)。津波史料は青森県から福島県に至る広域に収集されており、Table 4に各地の遡上高(平均海面上)を示す。岩手県両石湾では9 mに達し、局地的に突出している。

§ 3. 津波マグニチュード

図2には、1896年と1933年の三陸津波の波高データをとり上げ、筆者(羽鳥, 1986)の方法による津波マグニチュードの判定図を示す。横軸に震央から観測点までの距離、縦軸には波高値(平均海面上)をとる。波高は震央からの距離⁻¹で減衰するとみなし、津波規模を表す今村・飯田スケール m は、波高を

* 〒332-0006 埼玉県川口市末広 2-3-13

2.24 倍の刻み(エネルギーにして 5 倍, 1 階級変わる間隔)で区分してある。しかし, 綾里・羅賀など小型湾の波高値が突出し震央距離軸に対しほぼ垂直に分布して分解能が悪いので, 遠距離の観測値を重視する。明治三陸津波の規模は, 昭和三陸津波($m=3$)より大きく, 慶長三陸津波より下回ったので $m=3.5$ と推定した。

一方, 三陸沖歴史津波の規模は同じ方法で検討され(羽鳥, 2000), 図 3 に 1611 年慶長津波と 1793 年寛政宮城沖津波の例を示す。1611 年津波では, 小谷鳥(山田町)と田老の波高値が大きい, 津波マグニチュードは $m=4$ と推定され, 三陸沖で最大級の津波であった。1793 年津波では, $m=3$ とみなされた。なお 1897 年 8 月 5 日の宮城県沖津波では, 波高値のばらつきは小さく, $m=2$ と格付けられた。

§4. 遡上高の偏差分布

リアス式海岸や岬付近など地形条件で, 津波が増幅されることは知られている。図 2 と図 3 において, 各津波のマグニチュードを基準に, 波高値が規模スケール上 ± 0.5 の範囲内のものを標準的で N , それより上回る波高値を H , 下回るものを L と区分して, Tables 1~4 に各地の波高偏差 H を示した。つぎに各津波について, 波高偏差の地理的分布を検討してみよう。

図 4 には, 1896 年と 1933 年の三陸津波の主な地点の波高に波高偏差を区分して示す。両津波の波高分布パターンはほぼ共通しており, 岩手県沿岸では偏差の大きな地点(黒丸)が多い。羅賀・吉浜・綾里など大きな黒丸で示す地点では, 波高が 2 階級(波高にして約 5 倍)も大きい。半面, 津波マグニチュードに対して, 宮古・大船渡・広田湾など大型の湾奥では, 標準的な高さ(白丸)である。また, 宮城県南部や北海道沿岸も標準的な波高の地点が多く, 襟裳岬付近では屈折効果で偏差が大きくなっている。波源から遠方の小笠原父島では, 両津波とも二見港で棧橋が流失するなど(羽鳥, 1985), 波高偏差が大きい。

つぎに歴史津波について, 1611 年慶長津波のマグニチュードを $m=4$, 1793 年寛政津波は $m=3$ にすれば, 波高偏差の分布は図 5 のようになる。宮古・山田・広田湾での波高は標準的であり, 岩手県南部~宮城県沿岸では偏差が大きな地点が多い。1611 年津波では, 仙台港付近(若林区霞目)で 6-7 m, 岩沼の遡上高が異常に大きく 8-13 m に達した(羽鳥, 2000)。1793 年津波では, 岩手県南部の両石・綾里を除けば標準的な波高になっており, 牡鹿半島で偏差が大きい。

図 6 には, 三陸港湾のセイシュ周期と波高 2 乗値との関係を示す。セイシュ周期については, 古くは Honda et al. (1903-06) や Nakano and Unoki (1962) の調査があり, 近年では阿部(2008)による観測値を参考にした。1896 年・1933 年津波では, 周期 10 分前後

の地点がピークになる。東大地震研究所が行った 1933 年津波の通信調査でも, 5-10 分周期の地点での波高が大きかった(羽鳥, 2001)。両津波とも, 短周期波が卓越したことを裏付ける。1611 年慶長津波では, 小谷鳥・田老で波高が突出しており, 短周期波であったことを示唆する。

§5. むすび

大規模な三陸沖津波を対象に, それぞれの津波マグニチュードを再検討した。その結果, さきに筆者が解析した値と変更はなく, マグニチュード値を基準に, 各地の波高偏差の地理的分布を示した。1896 年・1933 年三陸津波の偏差分布は共通しており, 波高 2 倍以上の偏差域は岩手県沿岸に集中する。従来から言われているように, 綾里・吉浜など三角形のセイシュ周期 10 分前後の小型湾で偏差が大きく, 宮古・大船渡・広田湾など周期 40 分前後の大型湾で標準波高であったことが, 浮き彫りになった。

1611 年慶長三陸津波・1793 年寛政宮城沖津波では, 波高偏差の大きな地域は岩手県南部から宮城県側へ伸びている。将来, 海溝付近で発生する大規模な津波に対して, 偏差分布のパターンは予測の参考になる。

対象地震: 1896 年明治三陸, 1933 年昭和三陸, 1611 年慶長三陸, 1793 年寛政宮城沖

文献

- 阿部邦昭, 2008, 岩手県沿岸湾奥での静振卓越周期の再現性, 第 7 回アジア国際地震学連合総会・2008 年日本地震学会秋季大会合同大会講演予稿集, C11-06.
- 羽鳥徳太郎, 1985, 小笠原父島における津波の挙動, 地震研究所彙報, **60**, 97-104.
- 羽鳥徳太郎, 1986, 津波の規模階級の区分, 地震研究所彙報, **61**, 503-515.
- 羽鳥徳太郎, 1987, 寛政 5 年(1793 年)宮城沖地震における震度・津波分布, 地震研究所彙報, **62**, 297-309.
- 羽鳥徳太郎, 1995a, 岩手県沿岸における明治三陸津波(1896 年)資料の検討, 津波工学研究報告, **12**, 59-65.
- 羽鳥徳太郎, 1995b, 岩手県沿岸における慶長(1611)三陸津波の調査, 歴史地震, **11**, 55-66.
- 羽鳥徳太郎, 2000, 三陸歴史津波の規模の再検討, 津波工学研究報告, **17**, 39-48.
- 羽鳥徳太郎, 2001, 目視観測による 1933 年三陸津波の形態 地震研究所の通信調査報告から,

津波工学研究報告, **18**, 99-104.
 Honda, K., T. Terada, Y. Yoshida, and D. Isitani, 1903-06, Secondary undulations of oceanic tides, J. Coll. Sci. Imperial Univ. Tokyo, Japan, **24**.
 今村明恒, 1934, 三陸沿岸における過去の津波について, 地震研究所彙報, 別冊 1 号, 1-16.
 今村文彦・水野修美・富沢 大, 1989, 岩手県山田町田ノ浜における寛政津波の調査, 東北大津波防災実験所研究報告, 6, 131-133.
 Nakano M. and S. Unoki, 1962, On the seiches (the secondary undulations of tides) along the coasts of Japan, Rec. Oceanog. Works, Japan, Special No. 6, 169-214.
 行谷佑一・都司嘉宣・上田和枝, 2003, 寛政五年

(1793)宮城県沖に発生した地震の詳細震度分布と津波の状況, 歴史地震, **19**, 80-99.
 都司嘉宣・上田和枝, 1995, 慶長 16 年(1611), 延宝 5 年(1677), 宝暦 12 年(1763), 寛政 5 年(1793)および安政 3 年(1856)の各三陸地震津波の検討, 歴史地震, **11**, 75-106.
 宇佐美龍夫, 1996, 新編日本被害地震総覧, 東京大学出版会, 494p.
 渡辺偉夫, 1998, 日本被害津波総覧, 2 版, 東京大学出版会, 238p.
 山下文男, 2005, 津波の恐怖 三陸津波伝承記録, 東北大学出版会, 249p.

Table 1. Inundation heights of the Sanriku tsunami on June 15, 1896 (Meiji 29).
 Epicenter: 39.5° N, 144.0° E, M=7.2, m=3.5.

Location	H	δH	Location	H	δH	Location	H	δH
HOKKAIDO			Tsugaruishi	3.9 m	N	Otani	5.2 m	N
Hanasaki	0.9 m	L	Aneyoshi	18.3	H	Ishihama	14.3	H
Sarutome	3.0	N	Yamada	5.5	N	Imari	3.4	N
Shoya	3.6	N	Tanohama	9.2	H	Shizukawa	2.1	L
Horoizumi	3.0	N	Funakoshi	10.5	H	Terahama	6.8	H
Hakodate	1.8	N	Ozuchi	2.7	L	Osashi	5.2	H
AOMORI			Ryoishi	11.6	H	Shirahama	2.7	N
Hachinohe	3.0	N	Kamaishi	5.4	N	Arayashiki	8.8	H
Kofunato	6.0	H	Kojirahama	16.7	H	Okachi	3.1	N
IWATE			Yoshihama	24.4	H	Namiita	2.4	N
Taneichi	12.0	H	Okirai	13.0	H	Onagawa	2.7	N
Yagi	19.7	H	Ryori-Shirahama	38.2	H	Nonohama	3.1	N
Okonai	20.0	H	Ryori-Minato	10.7	H	Samenoura	3.1	N
Kuji	15.7	H	Ofunato	3.4	N	Ayukawa	2.1	N
Futago	23.0	H	Hosoura	6.7	N	Kobuchi	2.4	N
Kosode	13.7	H	Tadaide	10.7	H	Oginohama	2.1	N
Kuki	12.3	H	Tomari	11.0	H	Ishinomaki	0.6	L
Tamagawa	18.3	H	Otomo	2.4	L	FUKUSHIMA		
Fudai	15.2	H	Atsumari	26.7	H	Kegaya, Tomioka	7.0	H
Raga	29.0	H	Takata	2.7	L	OTHERS		
Shimanokoshi	23.6	H	Osabe	6.0	N	Choshi	0.8	L
Omoto	8.0	N	MIYAGI			Chichijima	1.0	H
Otobe	8.5	H	Osawa	6.4	H	Hososhima	0.1	L
Taro	15.0	H	Tadakoshi	8.5	H			
Miyako	4.6	N	Kosaba	7.5	H			
Sokei	6.1	N	Kesen'numa	1.5	L			

m : Tsunami magnitude of Imamura-Iida scale.

H: Tsunami height above M.S.L.

δH: Deviation of tsunami heights from the mean tsunami magnitude.

H: high, N: normal, L: low

Table 2, Inundation heights of the Sanriku tsunami on March 3, 1933 (Showa 8).
Epicenter: 39.2°N, 144.5°E, M=8.1, $m=3$.

Location	H	δH	Location	H	δH	Location	H	δH
HOKKAIDO			Tamagawa	5.8 m	H	Shizukawa	1.7 m	N
Hanasaki	1.2 m	N	Fudai	11.5	H	Terahama	2.4	N
Kiritappu	0.5	L	Raga	13.0	H	Osashi	4.8	H
Akkeshi	0.9	N	Shimanokoshi	9.7	H	Shirahama	2.1	N
Kushiro	0.9	N	Omoto	5.0	H	Arayashiki	10.0	H
Shiranuka	1.5	N	Otobe	7.6	H	Okachi	4.5	H
Onbetsu	1.8	N	Taro	10.1	H	Namiita	1.5	N
Hiroo	1.5	N	Miyako	3.6	N	Onagawa	2.4	N
Kogoshi	4.6	H	Sokei	4.5	H	Nonohama	2.4	N
Erimomisaki	3.6	H	Tsugaruishi	3.0	N	Samenoura	4.8	H
Horoizumi	3.0	H	Aneyoshi	12.4	H	Ayukawa	2.4	N
Samani	2.1	N	Yamada	4.5	H	Kobuchi	2.4	N
Urakawa	1.8	N	Tanohama	5.5	H	Oginohama	1.8	N
Mitsuishi	1.5	N	Funakoshi	6.0	H	Ishinomaki	2.1	N
Mukawa	0.9	N	Ozuchi	3.9	N	Shiogama	3.0	N
Tomakomai	1.2	N	Ryoishi	6.4	H	Hanabuchi	2.8	N
Muroran	0.6	L	Kamaishi	5.2	H	Yuriage	2.4	N
Yakumo	0.9	N	Kojirahama	6.0	H	Arahama	1.6	N
Sawara	1.5	N	Yoshihama	16.3	H	Nakahama	3.7	H
Hakodate	0.9	N	Okirai	7.8	H	FUKUSHIMA		
Kikonai	0.5	L	Ryori-Shirahama	23.0	H	Nakamura	1.0	N
AOMORI			Ryori-Minato	4.5	H	Isobe	1.5	N
Sai	0.6	L	Ofunato	1.8	N	Uketo	1.5	N
Ohata	1.4	N	Hosoura	3.1	N	Tomioka	2.7	H
Sekinehama	1.0	N	Tadaide	3.4	N	Hisanohama	1.5	N
Mukawame	4.5	H	Tomari	5.7	H	Yotsukura	0.9	N
Yokawame	4.5	H	Otomo	5.0	H	Toyoma	1.2	N
Hachinohe	2.1	N	Atsumari	11.2	H	Ena	1.2	N
Oja	6.0	H	Takata	4.0	H	OTHERS		
Kofunato	4.5	H	Osabe	6.0	H	Nakaminato	1.1	N
IWATE			MIYAGI			Choshi	0.4	L
Taneichi	7.0	H	Osawa	3.5	N	Mera	1.2	N
Yagi	6.0	H	Tadakoshi	7.0	H	Kushimoto	0.5	N
Okonai	6.6	H	Kosaba	3.3	N	Tosa-Shimizu	0.3	N
Kuji	4.5	H	Kesen'numa	2.0	N	Hososhima	0.2	L
Futago	6.5	H	Otani	3.0	N	Chichijima	1.2	H
Kosode	8.2	H	Ishihama	7.6	H			
Kuki	5.5	H	Irimae	4.6	H			

Table 3. Inundation heights of the Sanriku tsunami on Dec. 2, 1611 (Keicho 16).
Epicenter, 39.0°N, 144.4°E, M=8.1, $m=4$.

Location	H	δH	Location	H	δH	Location	H	δH
Urakawa	2-3 m	N	Yamada-Sekiya	6-7m	N	Okirai	8-10 m	H
Taro	15-20	H	Yamada-Reido	8.1	N	Takata	5-6	N
Miyako	7-8	N	Orikasa	5-6	N	Sendai-Kasuminome	6-7	H
Sentoku	5.1	N	Koyadori	20-25	H	Iwanuma	8-13	H
Fujiwara	7.0	N	Funakoshi	10-12	H	Nakamura	4-5	N
Sokei	6-7	N	Ozuchi	5-6	N			
Tsugaruishi	7-8	N	Konpaku	8-10	H			

Table 4. Inundation heights of the Miyagi-Oki tsunami on Feb 17, 1793 (Kansei 5).
Epicenter: 38.5°N, 143.5°E, M=7.8, $m=3$.

Location	H	δH	Location	H	δH	Location	H	δH
AOMORI			Kirikiri	3 m	N	Okachi	3 m	N
Hachinohe	1-2 m	N	Ozuchi	2.4-3	N	Izushima	2	N
IWATE			Katakishi	3	N	Samenoura	5	H
Miyako	2	N	Hakozaki	3	N	Kobuchi	4	H
Fujiwara	2	N	Ryoishi	5-9	H	Yogasaki	2	N
Sokei	2	N	Mizuumi	9	H	Matsugahama	2	N
Osawa	2	N	Kamaishi	3	N	FUKUSHIMA		
Iioka	2	N	Heita	3	N	Harakama	4	H
Yamada	2.6	N	Ryori	5	H	Matsukawaura	1.5	N
Orikasa	3	N	Ofunato	3	N	Isobe	3	N
Oura	2	N	Osabe	4.6	H	Kabaniwa	3	N
Tanohama	3-4	N	MIYAGI			Uketo	3	N
Funakoshi	3	N	Kesen'numa	3-4	N	Onahama	2	N

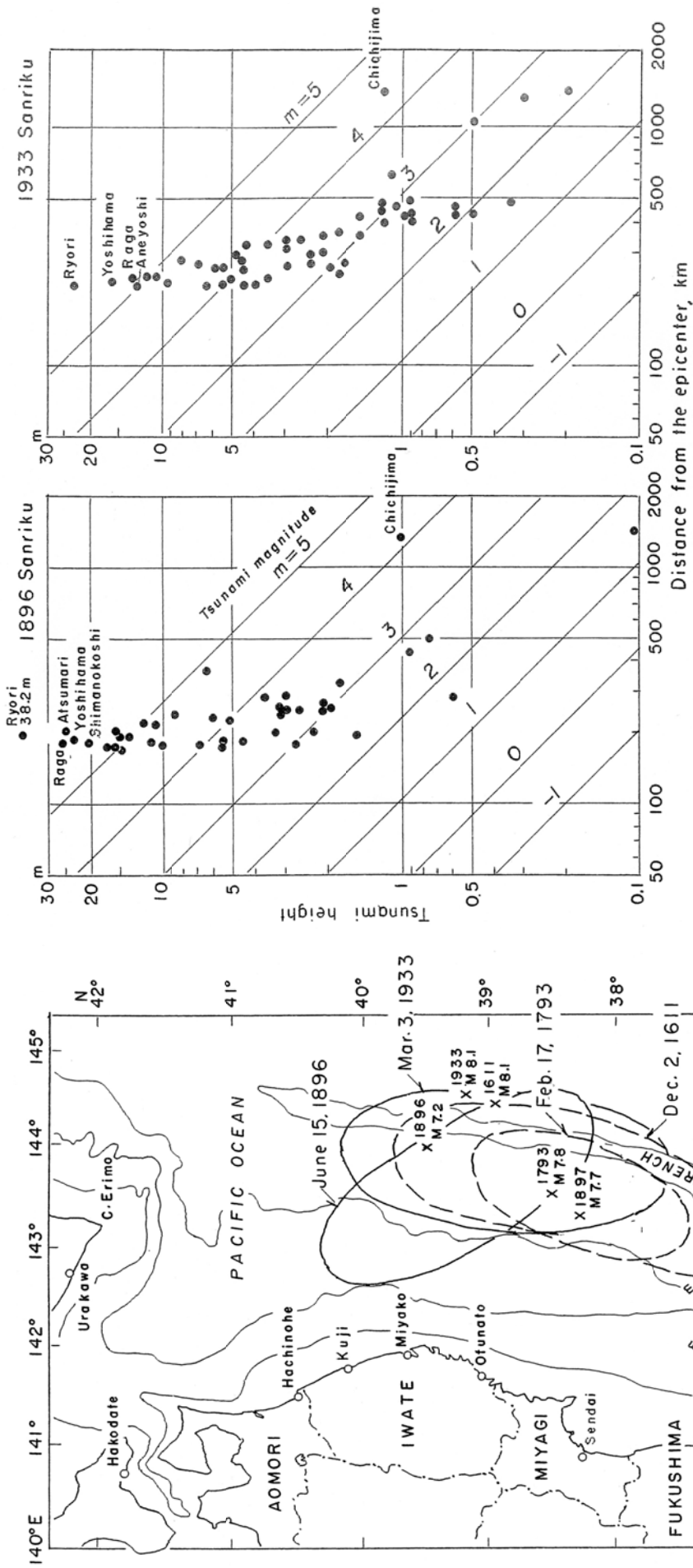


図1 大規模な三陸津波(津波マグニチュード, $m=3-4$)の波源域.

Figure 1 Location of epicenters and the source areas of tsunamis (magnitude: $m=3-4$).

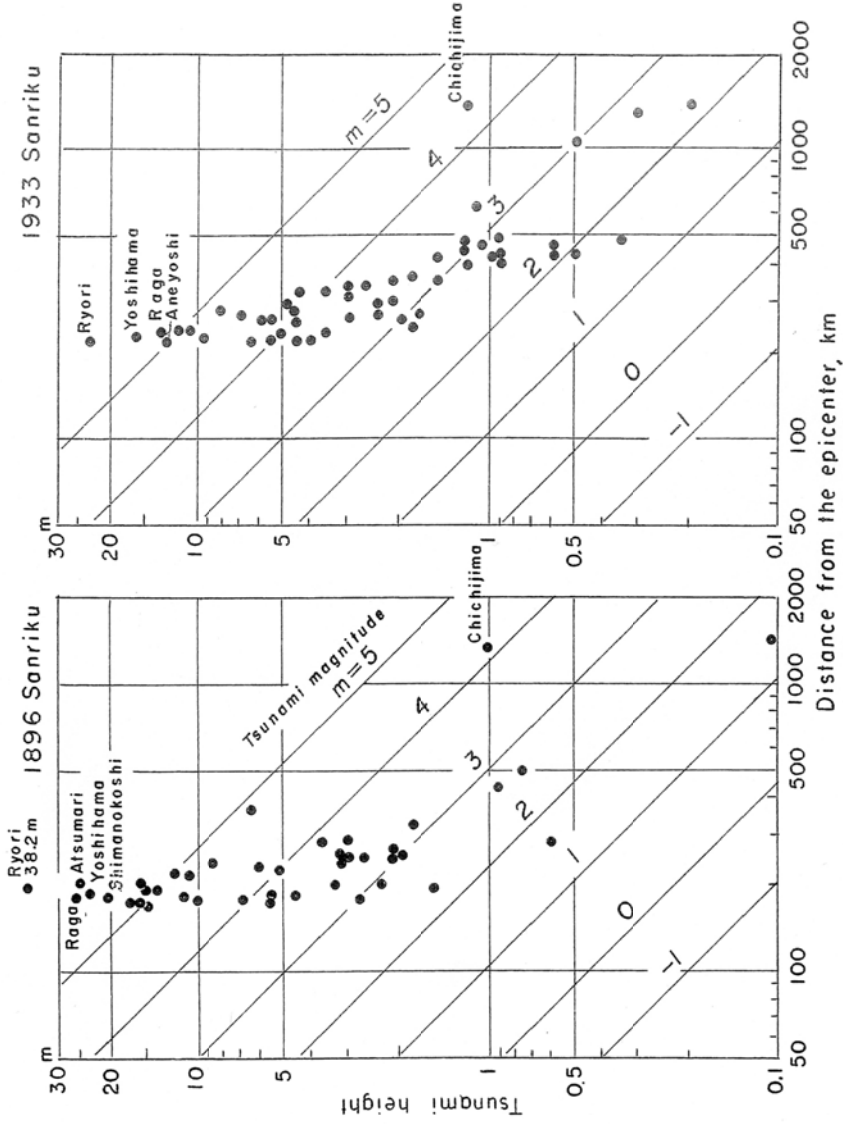


図2 1896年・1933年三陸津波の波高と震央距離の関係. 津波マグニチュードで区分.
Figure 2 Relation between tsunami height and distance for the Sanriku tsunamis in 1896 and 1933.

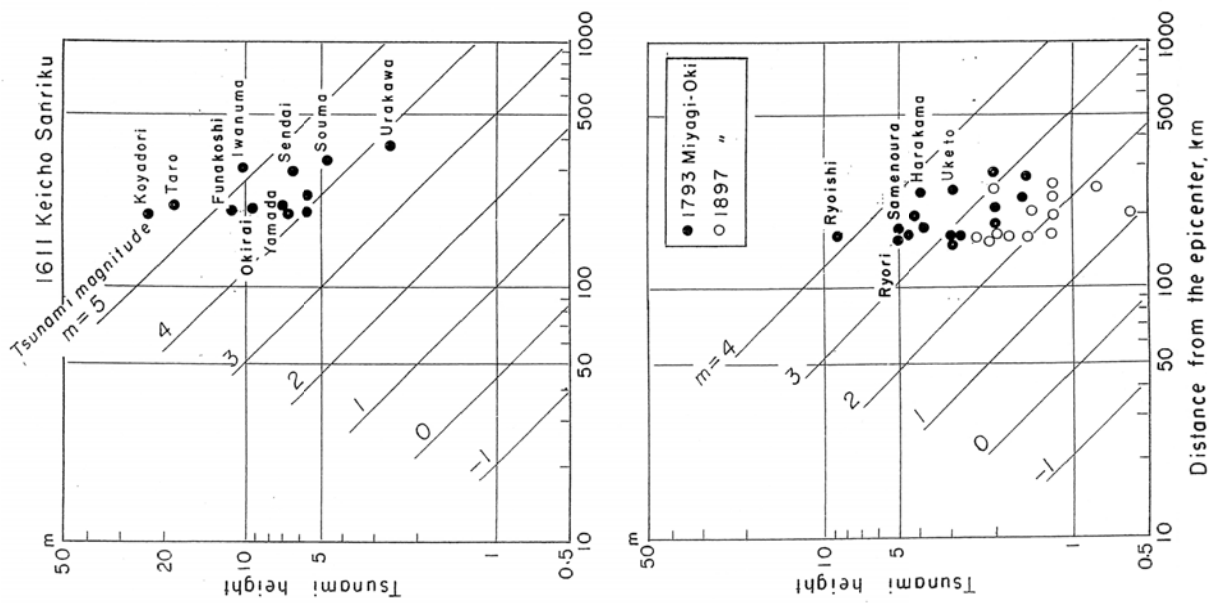


図3 1611年慶長三陸津波と1793年寛政・1897年明治宮城沖津波のケース。
Figure 3 Cases of the 1611 keicho Sanriku tsunami and the Miyagi-Oki tsunamis in 1793 and 1897.

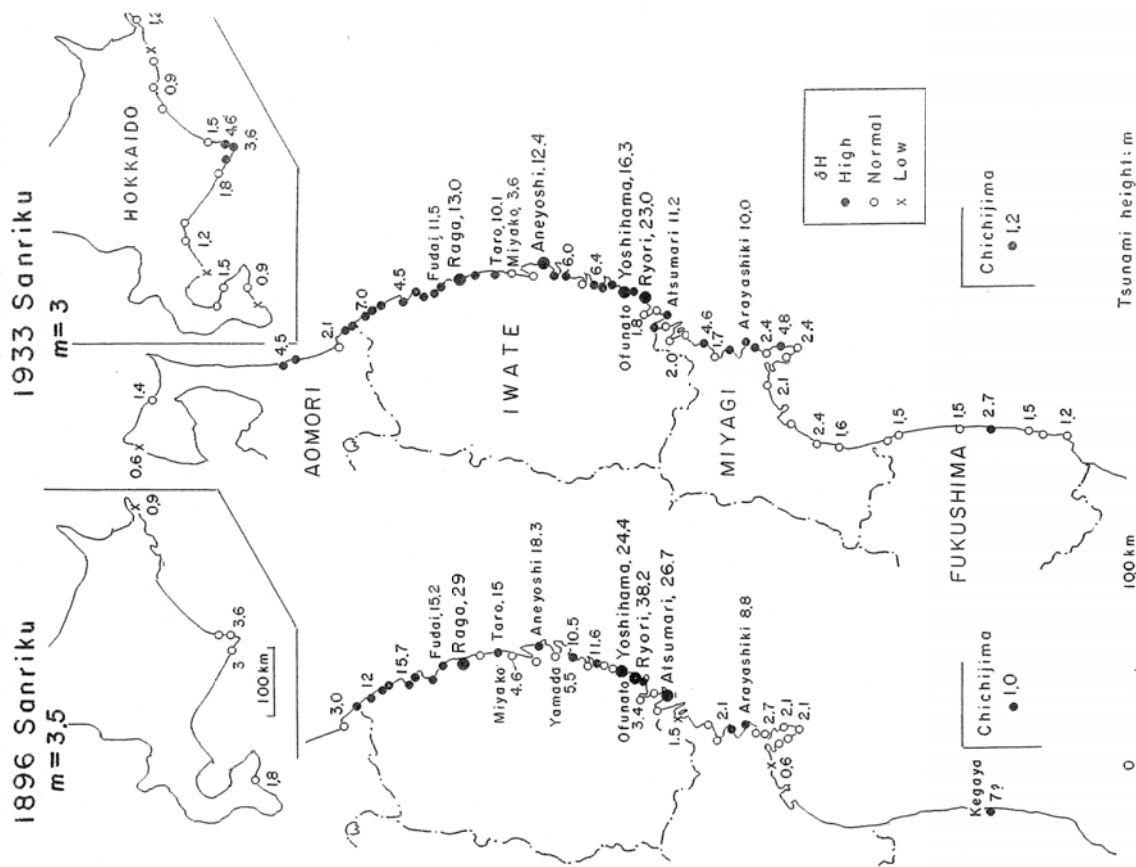


図4 1896年・1933年三陸津波の波高分布・津波マグニチュード基準の波高偏差。
Figure 4 Distributions of inundation heights (m) of the Sanriku tsunamis in 1896 and 1933. Deviation of tsunami heights, δH , from the mean tsunami magnitude.

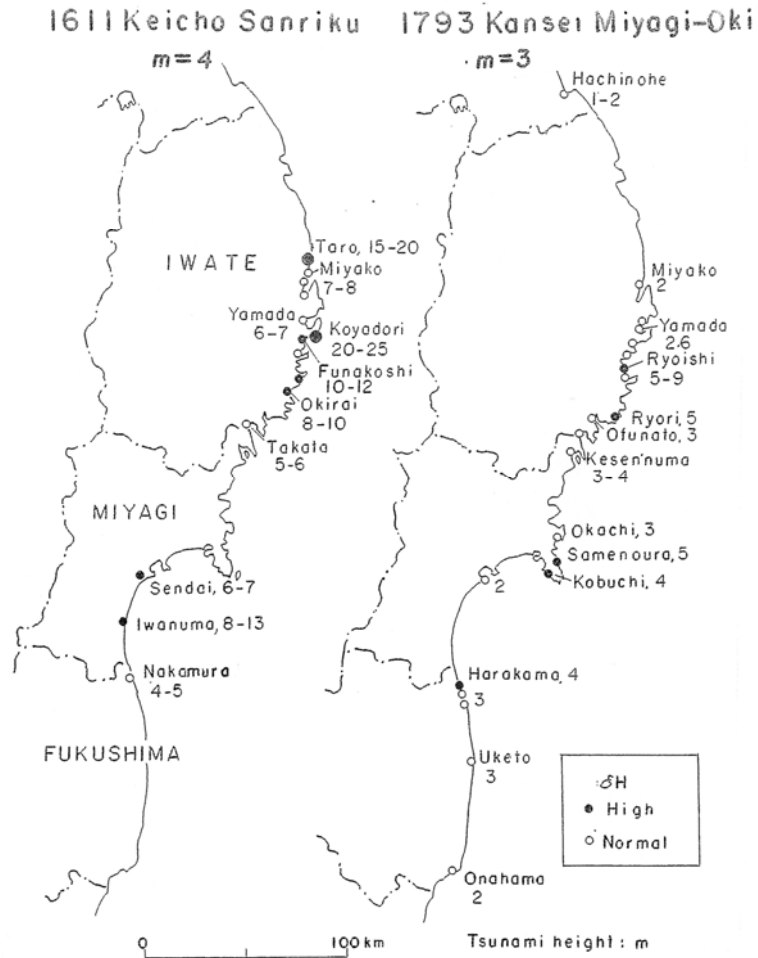


図5 1611年慶長三陸津波・1793年寛政宮城沖津波の波高分布。波高偏差で区分。
 Figure 5 Cases of the 1611 Sanriku and the 1793 Miyagi-Oki tsunamis. Caption is the same in Fig.4.

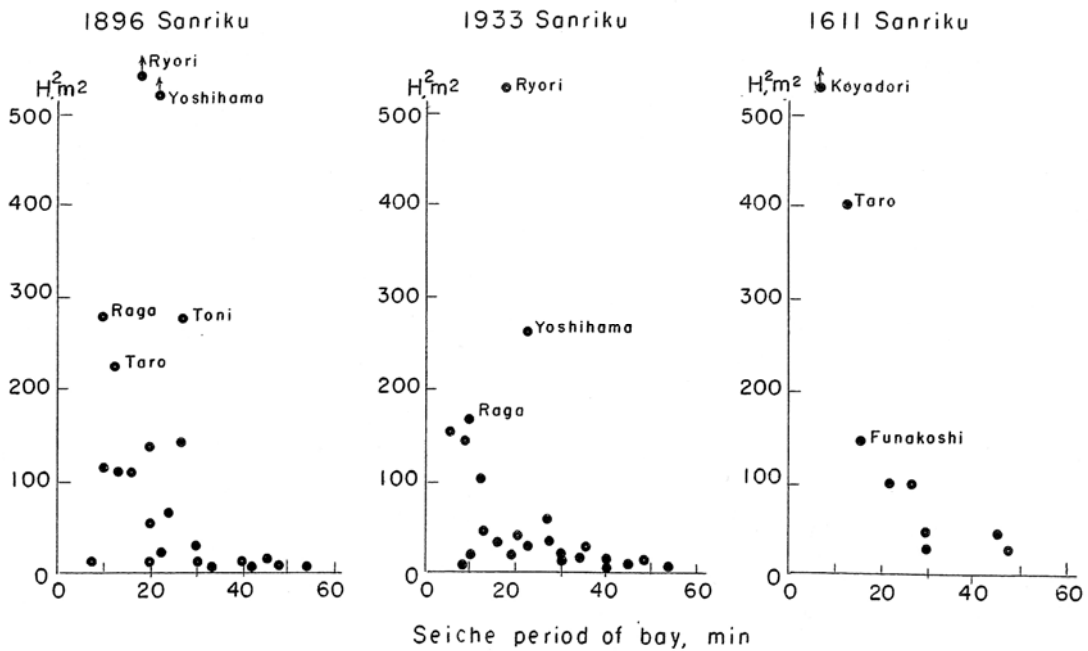


図6 三陸港湾のセイシュ周期と波高2乗値の関係。
 Figure 6 Relation between the seiche period of bays in the Sanriku region and the square of tsunami height.