

## 山陰地方の津波の特性

羽 鳥 徳太郎\*

### 1. はじめに

山陰地方はしばしば大地震に見舞われ、1872 (明治5) 年浜田地震をはじめ、1927 (昭和2) 年丹後地震や1943 (昭和18) 年鳥取地震による死者は、1,000人を超えた。被害地震の多くは沿岸付近で起こり、津波の発生件数は比較的少ない。しかし、隠岐・島根半島など山陰地方には遠方から来襲する津波の被災歴が数多くある (羽鳥, 1984b; 都司, 1987)。1983年日本海中部地震津波では、島根県下で船舶の被害件数は319隻を数え、秋田県に次いで多かった。また、1993年北海

道南西沖津波でも被害が出ている。日本海中部津波の数値実験によれば、山陰沿岸に津波エネルギーが集まる傾向が認められた (土屋・他, 1984; 佐竹, 1986)。

本稿では、山陰沿岸で発生した津波と日本海東縁の遠来の津波について、遡上高の測量値と検潮記録をもとに、山陰地方の波高分布・伝播時間の特性を考察する。

### 2. 地震・津波の概況

被害地震総覧 (宇佐美, 1987) から、山陰地方の地震をひろい出し、図-1に震央分布

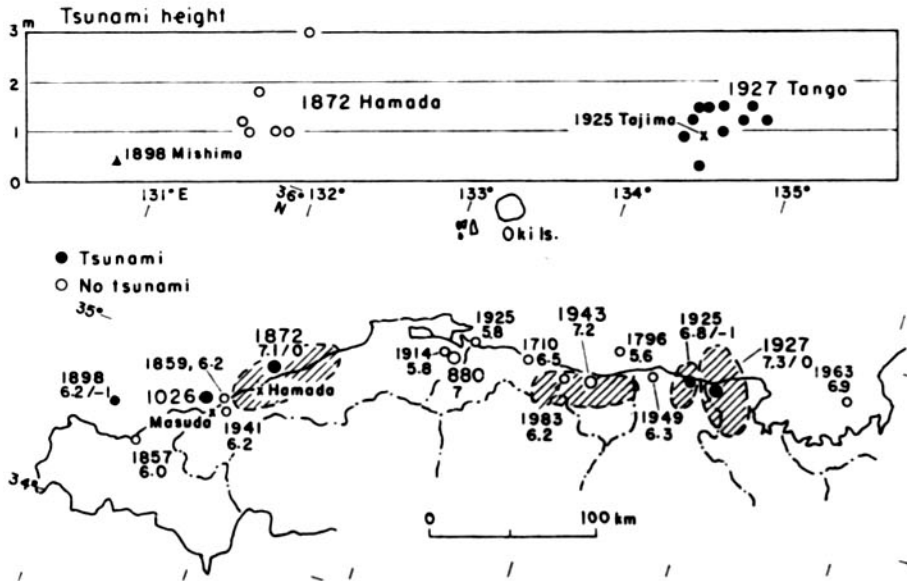


図-1 山陰沿岸の被害地震の震央と震源域分布。発生年に地震と津波のマグニチュード,  $M/m$ を示す。上図：山陰沿岸で発生した津波の波高分布

\*元東京大学地震研究所

を示す。それぞれ、発生年に地震と津波のマグニチュード、 $M/m$ 、を付記した。また、震度分布と地殻変動のデータから主な地震の推定震源域を示した。上図には、津波が報告された波高分布を示す。

1872年浜田地震に関しては、最近膨大な史料が新収地震史料に収録されている(地震研究所編, 1985)。海岸の地殻変動はよく知られており、浜田東部の千丈量海岸が地震の痕跡をとどめている。なお、津波の高さは1~2 m、局地的に3 mに達したが、被害の報告はない。1927年丹後地震の郷村・山田断層も有名であり、京都府網野町に天然記念物として保存されている。丹後半島沿岸で1~1.5 mの津波が目撃され、漁船には被害があった。そのほか津波という表現ではないが、1898年見島地震で40cmの水位変化が認められた。また、1925年但馬地震では1 mほどセイシュが誘発され、地殻変動域が海側へ伸びていたことを示唆する。

歴史地震に溯ると、最古の地震に880(元慶4)年出雲地震の記録がある。以後、被害地震の震央は沿岸付近に推定されたものが多く、津波記録はない。震源域が海岸から内陸側にあったらしい。山陰地方で最大級の津波として、万寿3年5月23日(1026年6月16日)に島根県益田市を襲った史料がある。飯田(1979)は同地域を現地調査し、地震のマグニチュード $M=7.6$ 、津波のマグニチュードは $m=3$ 程度と推定した。しかし、地震記録が見当たらないことから、台風による高潮説がある。最近、高津川河口付近で津波の発掘調査が行われた(中田・他, 1993)。

一方、山陰沿岸には遠方で発生した北海道・秋田・新潟沖津波が観測されている。図-2は、浜田(外ノ浦)における検潮記録を示す。図-3は、調査報告による波高分布を示した。各津波とも、隠岐・島根半島沿岸の波高が大きい。最大値は3.5 m程度であるが、2 mのところでは家屋に浸水被害が出てい

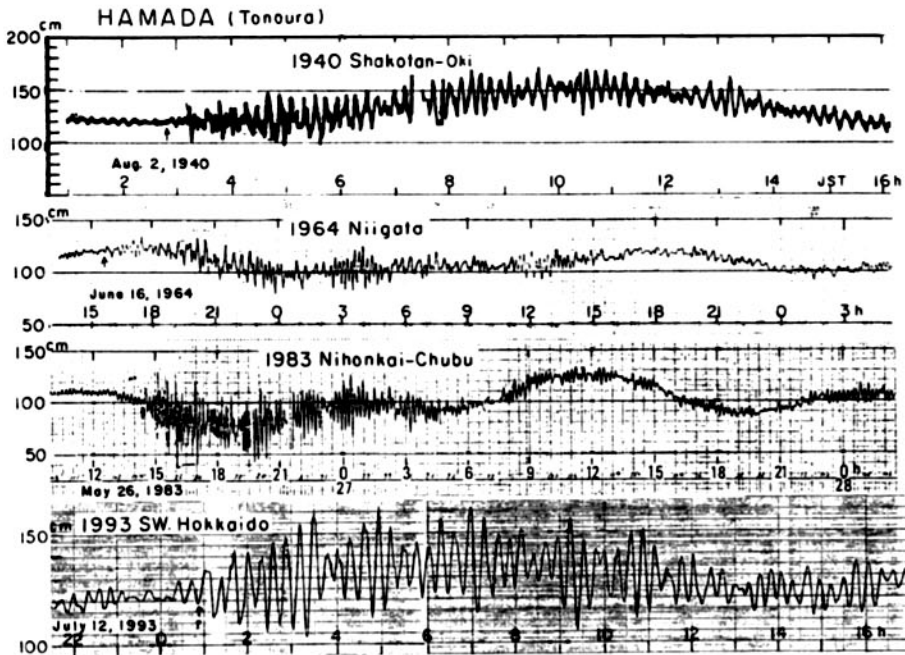


図-2 浜田(外ノ浦)における各津波の検潮記録

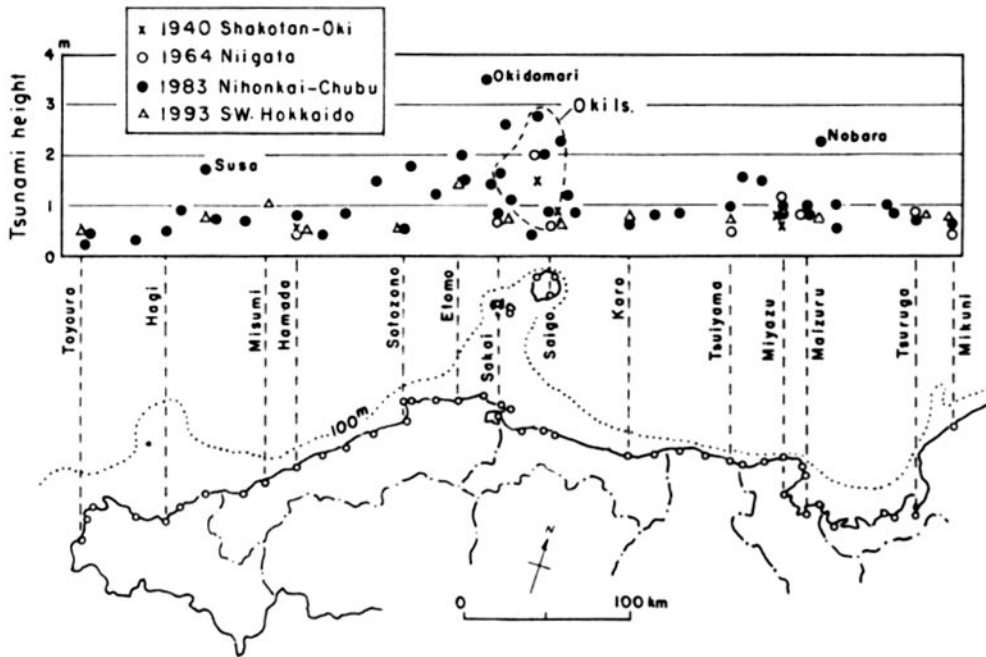


図-3 山陰沿岸における各津波の波高分布

る。また、1 m程度の波高が広域に分布し、各地で漁船・水産関係に被害をもたらした。なお、1993年北海道南西沖津波の波高は、検潮記録の最大全振幅値を示す。

歴史津波の史料によれば、北海道渡島半島沿岸で2,000人の死者を出した1741(寛保1)年渡島沖津波は、山陰沿岸へ伝播し、江津で波高1~2 m、若狭小浜では1 mと推定された(羽鳥, 1984 a)。また、1833(天保4)年山形沖津波は隠岐の集落に浸水しており、2~2.6 mの波高があった(都司, 1987)。

### 3. 津波マグニチュードの偏差

図-4は、筆者の方法(羽鳥, 1986 a)による津波マグニチュードの区分を示す。ここで、横軸に震央から観測点までの海洋上の最短距離、縦軸には遡上高または検潮記録の最大全振幅値をとり、福井~山口県間の値は大

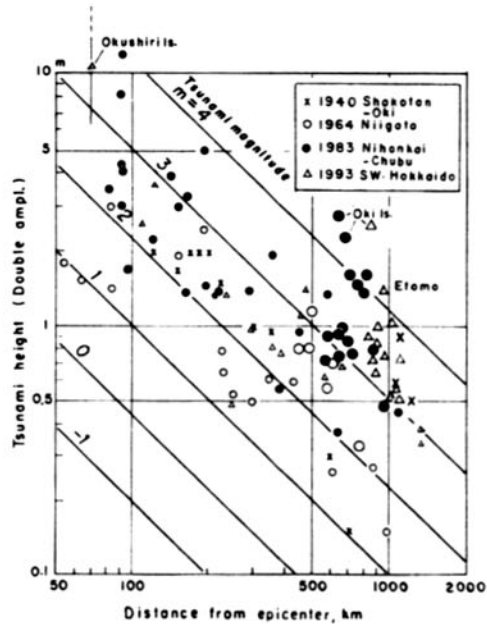


図-4 津波の高さと震央距離の関係。津波マグニチュードで区分

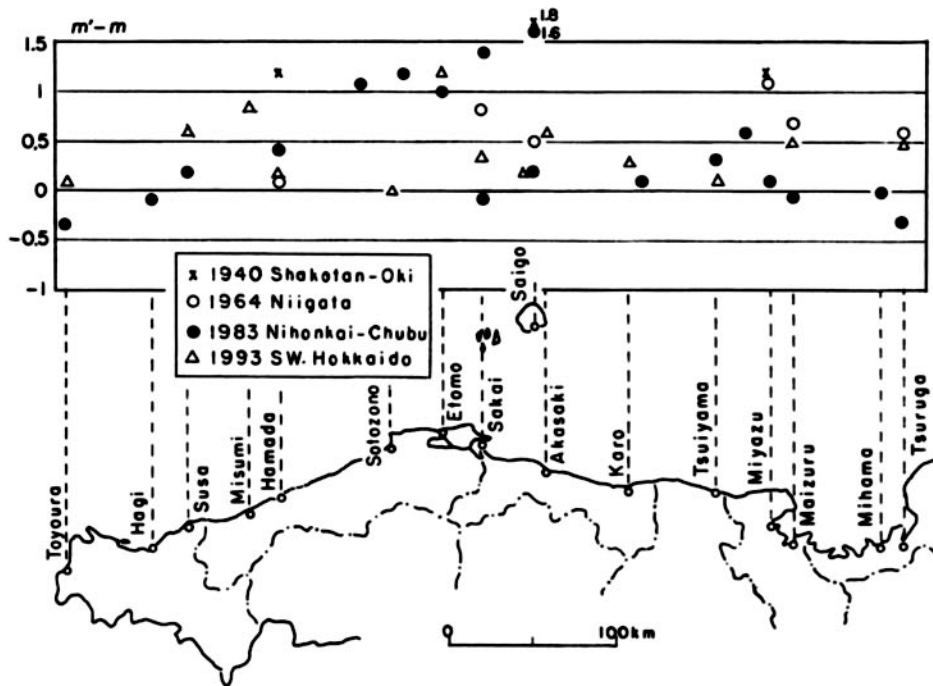


図-5 津波マグニチュードの偏差値分布

きな記号で示した。その結果によれば、各津波のマグニチュードは、日本海中部津波と北海道南西沖津波が  $m=3$ 、積丹沖津波と新潟津波が  $m=2$  と判定される。しかし、京都府～島根県間の波高値は大幅に上回っている。図-4から、各観測点で求めたマグニチュード  $m'$  と、平均マグニチュード  $m$  との偏差値分布は図-5のようになる。

各津波とも、マグニチュードの偏差値が平均値より大きく、隠岐が突出している。なお、北海道南西沖津波の遡上高は島根半島の佐波で最大3.4mと測定された(都司・他, 1993 a, b)。若狭湾内では新潟津波の値が、日本海中部津波より0.5～1上回っている。日本海中部津波の周期は、約10分の短周期波であったが、新潟津波は20分周期が卓越しており、リアス式海岸で津波が港湾のセイシュを励起したのであろう。最大波が、初動から5時間後に出現した(図-8)。

#### 4. 津波エネルギーの分布

さきに筆者(例えば羽鳥, 1983)は3津波の伝播図を作図したが、山陰近海の波面を補筆して図-6に示す。波源域が北海道西部沖にある場合、津波が大和海嶺北方の深海域を速く進行するので、新潟沖の津波と比べ、山陰沖で波面が南下がりに顕著に屈折する。なお、1993年北海道南西沖津波の伝播図(羽鳥, 1993)の波面は、積丹沖津波の形とよく似ている。

いま、各伝播図において、隠岐～若狭沖間で同じような位置の波面を選び、20km間隔に分割して波向線を描いてみると、いずれも隠岐・島根半島に集中する。そこで、沖合の水位が水深100mのところへ伝わる時、近似的にグリーンの法則で変化するとみなし、浅水(Shoaling)と屈折(Refraction)係数を計算した(沖合の水位を一樣な高さにとり、

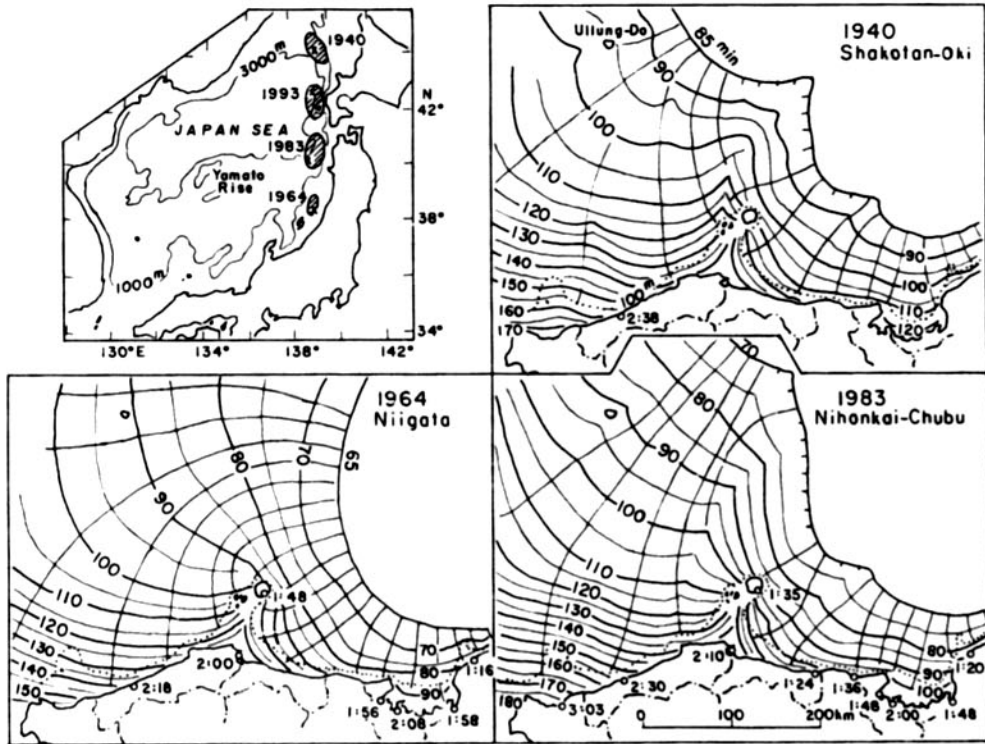


図-6 各津波の伝播図（波面は5分間隔）。沿岸の数字は伝播時間の実測値（時，分）を示す

沿岸との水深比が  $1/4$  乗，幅比は  $1/2$  乗で水位が変化するとして取扱う）。S. R 係数は、近似的に沿岸における波高の増幅度に対応する。

図-7は、その計算値と波高分布を重ねて示したもので、両者の分布パターンは調和している。なお上図に、北海道南西沖津波の波高分布（都司・他，1993 a, b）を追加して示した。S. R 係数の分布は、波源の位置にあまり関係なく、各津波ともほぼ共通している。隠岐・島根半島付近で S. R 係数の値が 2.6～3.6 になり、波源が遠方ほどピークが高く、次いで丹後半島付近の値が大きい。下図は、歴史津波の史料を加え、1600～1986年における波高の2乗累積値分布（相田，1988）を示した。その分布パターンは、S. R 係数の分布とよく似ており、海底地形による波の屈折効果を裏付けている。

### 5. 考察とむすび

山陰地方の津波データを集め、波高分布の特性を考察した。沿岸で発生した直下型地震により、甚大な被害に見舞われてきたが、主要な震源域が内陸側に分布することが多く、津波災害は比較的軽微であった。しかし、1026年益田沖地震に伴ったとみなされる大津波の伝承がある。高津川河口付近では、6～10mの波高に達したと推定されているが、まだ不明な点が多く、防災上の観点からもさらに調査すべき課題であろう。

一方、山陰沿岸は遠方で発生した歴史津波をはじめ、日本海中部地震・北海道南西沖地震津波などで浸水家屋・漁船の破損被害を受けてきた。隠岐・島根半島付近で波高が比較的大きくなるのは、海底地形で波向線が集まることが確かめられた。また、浅水・屈折係

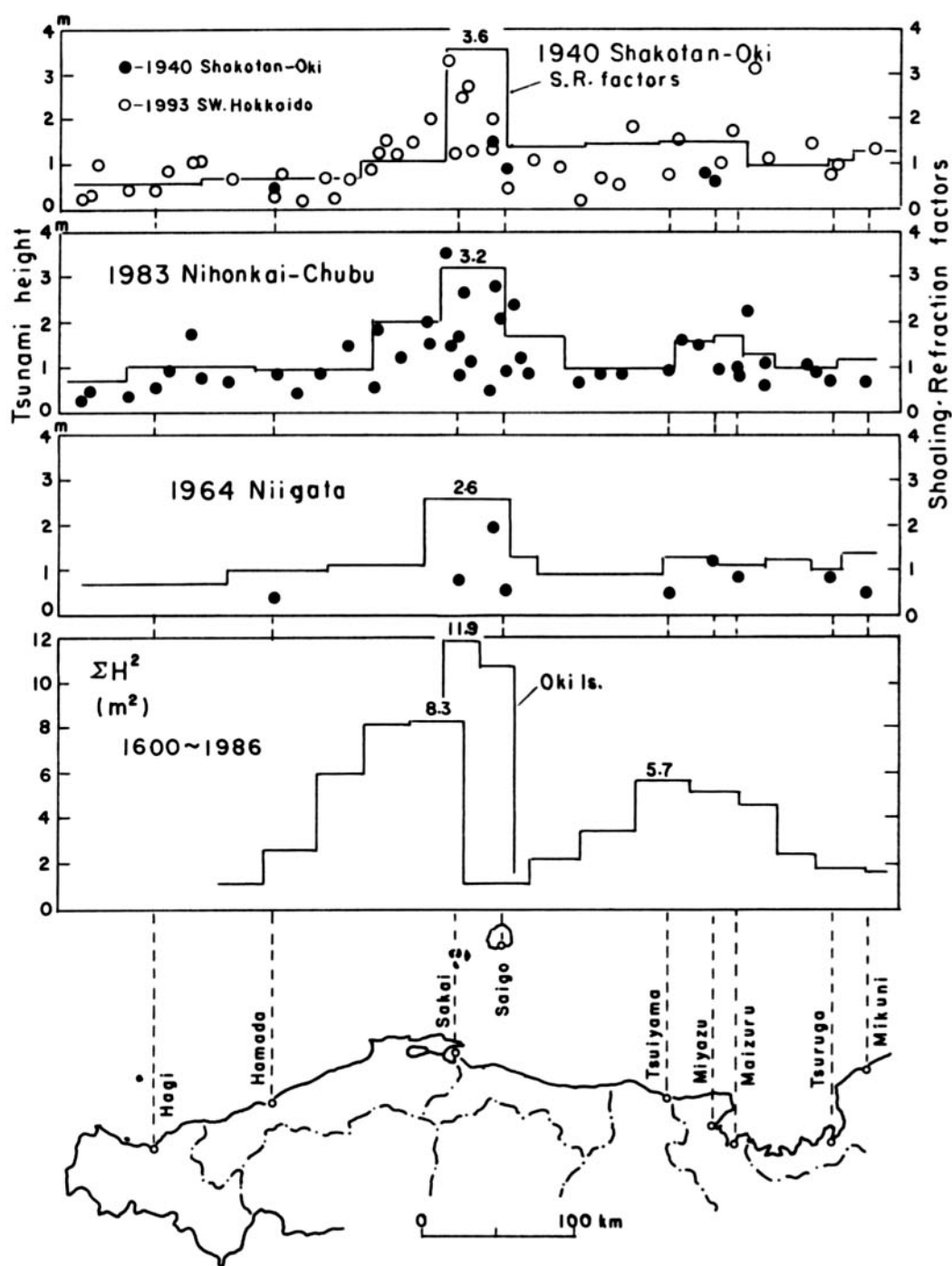


図-7 各津波の波高分布と波高の浅水・屈折係数の比較。下図：過去387年間における波高の2乗累積値分布（相田，1988）

数の分布パターンは、各津波ともほぼ共通し、波源域の位置であまり変わらない。

各地の伝播時間に関しては、津波は地震から1.5～2.5時間後に到達し、北海道沖と新潟沖の津波とで時間の差は小さく、10分程度である。図-8は、各津波について地震の発生時から、津波初動と最大波の出現時間の分布を示す。隠岐では、地震から5～5.5時間後に最大波になっている。なお、1952年カムチャツカ津波と1960年チリ津波のとき、山陰沿岸の最大波は函館の到達時間から、12時間以後に観測された(羽鳥, 1992)。日本海が閉ざされたような形状であるので、朝鮮半島からの反射波が繰り返され、太平洋側の津波と比べ長時間継続する特徴がある(羽鳥, 1986b)。

の津波調査によれば(都司・他, 1993a, b), 隠岐・島根半島沿岸で波高が1～3m, 最大3.4mに達している。その波高分布が、他の日本海東縁の津波と共通する特性が認められた。

謝辞：本解析にあたり、検潮記録は気象庁・海上保安庁水路部・国土地理院・建設省中国地方建設局・運輸省港湾建設局・兵庫県鳥取県土木部から提供されたものを用いた。関係各位に深く感謝の意を表す。同記録の収集には、気象研究所の岡田正実研究室長ならびに東大地震研究所の都司嘉宣助教にお世話になった。また、都司助教から未印刷の波高調査データを利用して頂き、併せて厚く御礼申し述べる。

北海道南西沖地震による山陰・北近畿地方

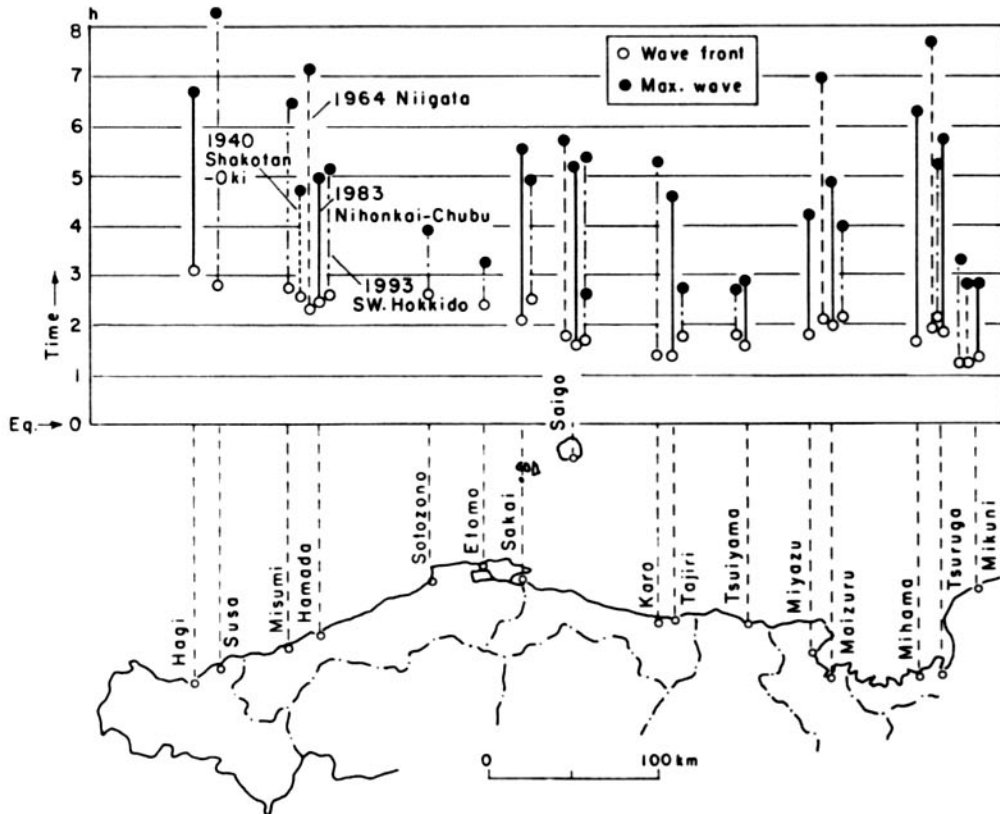


図-8 各津波の初動の到達時間と最大波出現時間の分布

## 参 考 文 献

- 相田 勇, 1988: 日本沿岸における津波長期危険度としてのエネルギー累積値分布, 地震2, Vol.41, pp.573~581.
- 羽鳥徳太郎, 1983: 1983年日本海中部地震津波の規模および波源域, 地震研究所彙報, Vol.58, pp.723~734.
- 羽鳥徳太郎, 1984 a: 北海道渡島沖津波(1741年)の挙動の再検討, 地震研究所彙報, Vol.59, pp.115~125.
- 羽鳥徳太郎, 1984 b: 日本海の歴史津波, 月刊海洋科学, Vol.16(9), pp.538~545.
- 羽鳥徳太郎, 1986 a: 津波の規模階級の区分, 地震研究所彙報, Vol.61, pp.503~515.
- 羽鳥徳太郎, 1986 b: 日本海津波における大陸からの反射波, 地震研究所彙報, Vol.61, pp.329~338.
- 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, Vol.45, pp.169~176.
- 羽鳥徳太郎, 1993: 1993年北海道南西沖地震津波-奥尻島の災害, 地理, 古今書院, Vol.38, No.10, pp.78~84.
- 飯田汲事, 1979: 万寿3年5月23日(1026年6月16日)の地震および津波の災害について, 愛知工業大学研究報告, No.14, pp.199~206.
- 中田 高・箕浦幸治・日野貴之・加藤健二・後藤英明・松井孝典, 1993: 万寿3年(1026)万寿津波のトレンチ発掘調査について, 第10回歴史地震研究会(東京, 両国)で発表.
- 佐竹健治, 1986: 波線追跡法の津波伝播図への応用, 地震学会講演予稿集, No.1, p.151.
- 東大地震研究所編, 1985: 新収日本地震史料, 第5巻別巻1, (社)日本電気協会.
- 土屋義人・酒井哲郎・河田恵昭・中村重久・芝野照夫・吉岡 洋・山下隆男・島田富美男, 1984: 日本海中部地震津波による災害について, 京大防災研究所年報, 第27号A, pp.1~29.
- 都司嘉宜, 1987: 隠岐諸島の津波の歴史, 月刊地球, Vol.9(4), pp.229~234.
- 都司嘉宜・加藤健二・荒井賢一, 1993 a: 北海道南西沖地震による山陰地方の津波被害, 地震研究所談話会(11月19日)で発表.
- 都司嘉宜・加藤健二・上田和枝・荒井賢一, 1993 b, 北海道南西沖地震津波による北陸・北近畿地方の被害および浸水高, 地震研究所談話会(12月17日)で発表.
- 宇佐美龍夫, 1987: 新編日本被害地震総覧, 東京大学出版会, 435 pp.