

伊豆半島沿岸の津波累積エネルギー分布

羽鳥 徳太郎*

Distribution of Cumulative Tsunami Energy along
the Coast of the Izu Peninsula

Tokutaro HATORI

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

The coast of the Izu Peninsula (Shizuoka Prefecture), central Japan, has been suffered from large tsunamis generated in the Kanto, Tokai and Nankai regions. At Shimoda located the southern peninsula, 300-800 houses flowed and killed 20-90 persons by the Genroku Kanto(1703), Hoei(1707) and Ansei Tokai(1854) tsunamis. Inundation heights at Atami-Ito reached 8-12m by the 1703 Genroku tsunami, and 6-7m at Numazu-Uchiura by the 1707 Hoei and the 1854 Ansei tsunamis. In the present paper, the distribution of cumulative tsunami energy (square value of tsunami height, H^2 , where H: the mean height in a segment unit) for each 10km segment along the coast of Izu Peninsula is investigated for the recent 106-year (1900-2005) and historical (1633-1899) periods. The result shows that the cumulative value, ΣH^2 , is large at Minami-Izu (Shimoda-Iruma), Atami-Ito and Numazu-Uchiura during 1633-2005. For the recent 106-year, the observed value along the east coast (Sagami Bay) reached the expected value which was calculated assuming the mean rate of energy accumulation. On the contrary, the expected value along the west coast (Suruga Bay) is the 3-4 times larger than the observed value, suggesting high tsunami risks

Key words: Kanto, Tokai and Nankai tsunamis, Tsunami height distribution, Cumulative tsunami energy.

§ 1. はじめに

東海・南海域では、100-150年の間隔で駿河・南海トラフに巨大地震が発生し、その都度大規模な津波を伴った。1707年宝永、1854年安政、1944・1946年昭和の各津波が知られている。一方、関東では相模トラフで発生した1703年元禄、1923年大正地震津波がある。伊豆半島沿岸域では、2方面から来襲する津波により、大きな被害に見舞われてきた。そのほか、1633年・1782年の小田原地震による局地的な津波や1953年房総沖津波の遡上記録がある。

本稿では、伊豆半島沿岸各地の津波高データを集めて、主な津波の波高分布を示す。そして熱海から南伊豆を経て、沼津に至る沿岸を10kmの間隔に分割し、歴史津波(1633-1899)と最近106年間(1900-2005)における津波の波高2乗値を比べてみる。さきに相田(1988)は、1600年以降の津波について、日本全国の波高2乗累積値分布を示したが、ここでは波高データを追加し、沿岸の区画を細区分して検討する。

なお伊豆沿岸では、1605年慶長東海津波と1677年延宝房総沖津波の史料がきわめて少ないので、それらの津波は解析の対象外とする。

波高の2乗値は、到来した津波エネルギーに近似的に比例し、数100年にわたる累積値はここでの津波危険度の指標になる。累積値分布の推移を調べ、伊豆東西両岸の地域差を考察する。

§ 2. 波源域・浸水例

図1には、1498年明応東海津波以降、508年間(1498-2005)に関東・東海沖で発生した津波の波源域分布を示す[羽鳥(19989)]。ここで斜線の波源域は、津波マグニチュード $m=2.5\sim 3$ の大規模なものを示す。解析に取り上げた10個の津波には、発生年に四角で囲って示した。近年、南伊豆(1974年伊豆半島沖地震)、大島近海(1978年伊豆大島近海地震)、伊東沖(1980年伊豆半島東方沖地震)に発生した津波は、いずれも全振幅値が50cm以下にとどまった。

1633年寛永・1782年天明小田原地震(M7.0)

* 〒332-0006 埼玉県川口市末広 2-3-13

に伴う津波は熱海、伊東の町内に遡上し、局地的に高さ 3-4m と推定された[羽鳥(1975), 都司(1986)]. また 1953 年房総沖津波 ($m=2$) は、南伊豆で 1m の高さで観測された(中央气象台, 1954).

伊豆南部の下田には、津波史料が多数残されている。元禄・宝永・安政津波では流失家屋 300-800 戸、死者 20-90 人を出し、安政津波の被害件数が最大であった。図 2 には、下田市内における 1854 年安政東海、1923 年関東、1944 年東南海の各津波の浸水域を示す。安政津波は市内全域に浸水し、山の手に分布する寺社に浸水記録がある。南部の山際では、津波高は平均海面上 6m を超えている。また市内 21 軒の商家に、地面上約 2m の浸水深が記録されている[羽鳥(1977)]. 1923 年関東地震津波の高さは 3m、河川沿いに浸水した。1944 年東南海津波は 2.1m、1946 年南海津波も同程度の高さであった。

§ 3. 波高 2 乗値の分布

伊豆半島沿岸を 10km 区画に分け、各区画の平均波高を遡上高から見積もり、以下に各津波の波高 2 乗値の分布を示す。

a) 元禄・大正関東津波

元禄津波 (1703 年 12 月 31 日, M8.1, 津波マグニチュード $m=3$) は、九十九里浜、房総、相模湾岸に大被害をもたらした。また西伊豆、東海、紀伊半島東岸に遡上した記録がある[都司(1981)]. 伊豆の宇佐美、伊東、川奈では町内全域に遡上して甚大な被害を出し、津波高は 8-12m に達した[羽鳥(1975)]. 下田では、被害状況から 6m と推定された。

一方、大正関東地震津波(1923 年 9 月 1 日, M7.9, $m=2$)も、熱海～伊東間に大被害をもたらした。津波高は熱海 6-9m、宇佐美 7.5m、伊東・川奈 5.7m に達した。稲取～外浦間では、家屋の流失や床上浸水があり、痕跡高は 4-6m であった。

図 3 には、両津波の波高データ(上の目盛り)をもとに、各区間での平均波高を推定し、その 2 乗値分布(柱状グラフ, 下の目盛り)を示す。両津波とも、伊東付近が最大になる。なお、波高データがない区間では、前後の波高値から内挿した。伊豆半島西岸域の波高データが少なく

(大正関東地震津波の記録はない)、震央距離による減衰を考慮して各区間の波高値を推定した。

b) 東海・南海津波

大規模な宝永津波(1707 年 10 月 28 日, M8.4, $m=3-3.5$) は、東海・南海沖に連続して発生したことは知られている。伊豆半島沿岸にも大きな爪跡をのこし、それらの古記録にもとづき現地調査された[羽鳥(1977)]. 下田では宝福寺裏(図 2)まで遡上し、流失家屋 857 戸とある。安政東海津波の被害数とほぼ同じであり、津波高は 5-6m と推定される。伊豆半島西岸の八木沢で 6-8m、内浦では 5-6m に達した。

安政東海津波 (1854 年 12 月 23 日, M8.4, $m=3$) は、伊豆半島沿岸各地で多数記録されている。津波高は西岸域で 4m 前後あり、南伊豆の入間で局地的に 13.2m に達した[都司・他(1991)]. 駿河湾奥の内浦・多比では、痕跡高が 6-7m と高い。また、伊豆半島東岸の熱海～伊東間で予想を上回る被害が記録されており、津波高が 5m 前後に推定された[羽鳥(1984)].

両津波の各区間における平均波高の 2 乗値分布は、図 4 の柱状グラフで示す形になる。宝永津波のデータは少ないので、安政津波の波高分布を参照して補間した。松崎～戸田間では八木沢の津波高を考慮して、安政津波より上回ったとみなした。東岸域での両津波の高さは、ほとんど差がなかったようであり、波高の 2 乗値分布は同じ形で示す。

図 5 には、東南海津波 (1944 年 12 月 7 日, M7.9, $m=2.5$) と南海津波 (1946 年 12 月 21 日, M8.0, $m=3$) における津波高と波高 2 乗値分布を示す。東南海津波の伊豆半島西岸域での高さは 1.5m、内浦では 2.3m、東岸域の高さはそれらを下回った。南海津波の高さは、東南海津波と同程度とみなされる。宝永・安政津波と比べて、波高の 2 乗値はきわめて小さい。

§ 4. 津波の波高 2 乗値の累積値分布

1633 年以降、10 個の津波 (1854 年安政南海津波・1953 年房総沖津波を含む) を対象に、伊豆半島東西両岸各 10km 区画における波高 2 乗値を合計して、 ΣH^2 を求めた。図 6 には、全期間 373 年間(1633-2005)の累積値を白抜き柱状グラフ、最近 106 年間 (1900-2005) のものを

斜線の柱状グラフで示す。

373年間に、伊豆半島全周での各区画の累積値を総計すると、東岸域が全体の54%になり、西岸域よりやや大きい。累積値 ΣH^2 の分布パターンは東西両域とも共通しており、南から北にむかって減少し、半島基部の伊東～熱海間と沼津の内浦付近が突出して大きくなる。伊東付近が最大で126m²、南部の区画で東岸(下田)109m²、西岸の入間110m²となる。

最近106年間では、熱海～伊東間の累積値が大きく、全期間の分布パターンと似ている。

今後、地震活動が繰り返し、 H^2 値が一定の速度で蓄積されると仮定し、106年間の期待値を計算すると(白抜き柱状グラフの28%)、白丸を点線で結ぶ分布になる。これと、実測値から求めた106年間の累積値(斜線の柱状グラフ)と比べると、伊豆半島東岸域では熱海～伊東間で期待値がやや大きい、それ以南の期待値は実測値に近い。しかし、西岸域(駿河湾側)では、全区間にわたり期待値が実測値より3-4倍上回っている。

§ 5. むすび

1633年以降373年間に、関東・東海・南海域および伊豆近海で発生した10個の津波を対象に、伊豆半島沿岸の波高分布と、沿岸10km区画の平均波高の2乗累積値分布を示した。解析の結果、波高の2乗累積値は、伊豆半島南部、熱海～伊東間および沼津の内浦付近が大きい。最近106年間(1900-2005)の累積値も、同じ分布パターンになる。今後、106年間の地震活動が1633-2005年間のペースで繰り返されるものと仮定すると、伊豆半島東岸域での累積期待値は、最近106年間の実測値に近い。

しかし西岸域では、期待値が実測値より3-4

倍も大きいことは伊豆半島西岸域では、歴史津波(1633-1900)の方が最近106年間の津波より強いエネルギーを持っていたことを示している。次の東海・南海地震の発生が危惧されている現在、津波データの面からも伊豆半島西岸域の危険度が高いことに注目すべきである。

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, **41**, 573-581.
- 中央気象台, 1954, 房総沖地震調査報告, 験震時報, **19**, 42-70.
- 羽鳥徳太郎, 1975, 元禄・大正関東地震津波の各地の石碑・言い伝え, 地震研究所彙報, **50**, 385-395.
- 羽鳥徳太郎, 1977, 静岡県沿岸における宝永・安政東海地震の津波調査, 地震研究所彙報, **52**, 407-439.
- 羽鳥徳太郎, 1984, 関東・伊豆東部沿岸における宝永・安政東海津波の挙動, 地震研究所彙報, **59**, 501-518.
- 羽鳥徳太郎, 1998, 関東・東海沿岸における津波波高の地域性, 歴史地震, **14**, 69-81.
- 都司嘉宣, 1981, 元禄地震・津波(1703. XII. 31)の下田以西の史料状況, 地震2, **34**, 401-411.
- 都司嘉宣, 1986, 天明小田原地震(1782. VIII. 23)の津波について, 地震2, **39**, 277-287.
- 都司嘉宣・日野貴之・矢沼 隆・岩崎伸一・北原糸子, 1991, 安政東海地震津波(1854. XII. 23)の浸水高の精密調査, 歴史地震, **7**, 43-55.

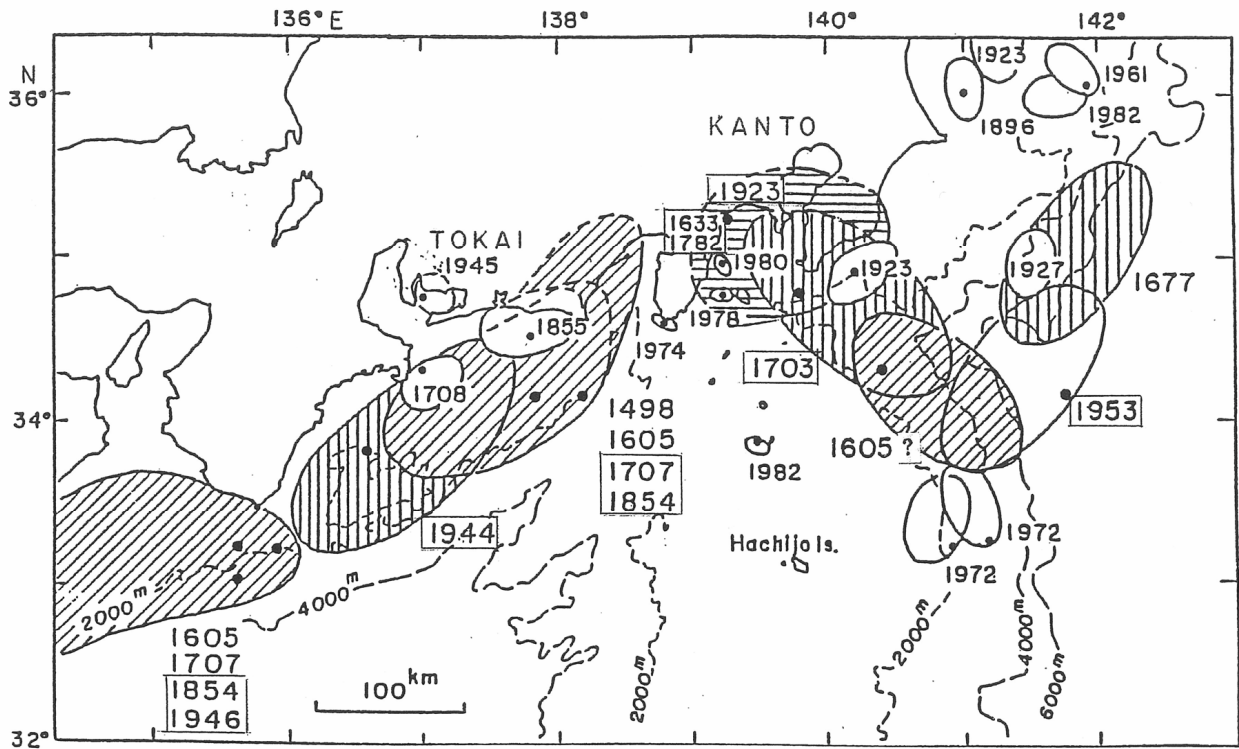


図1 関東・東海域における津波の波源域分布(1498-2005)

Fig.1. Distribution of the tsunami source areas in the Kanto-Tokai region during 1498-2005.

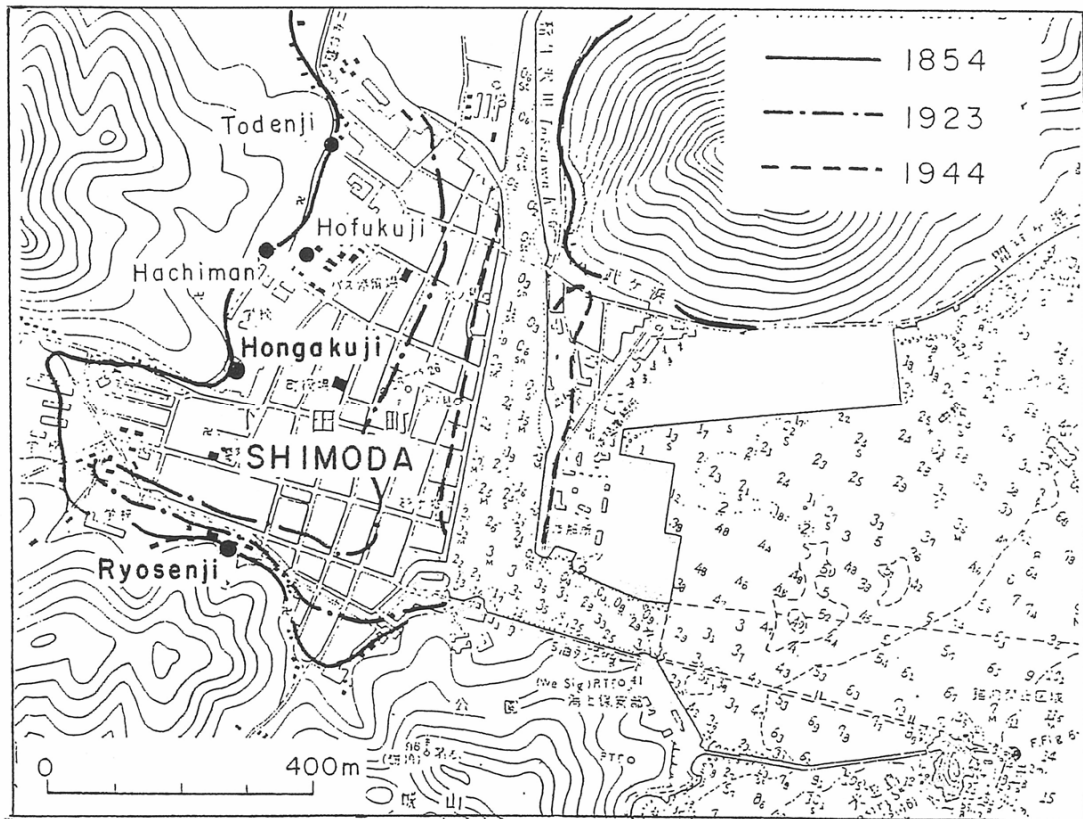


図2 下田市市内における各津波の浸水域

Fig.2. Inundation areas of the 1854 Ansei, 1923 Kanto and the 1944 Tonankai tsunamis in Shimoda city.

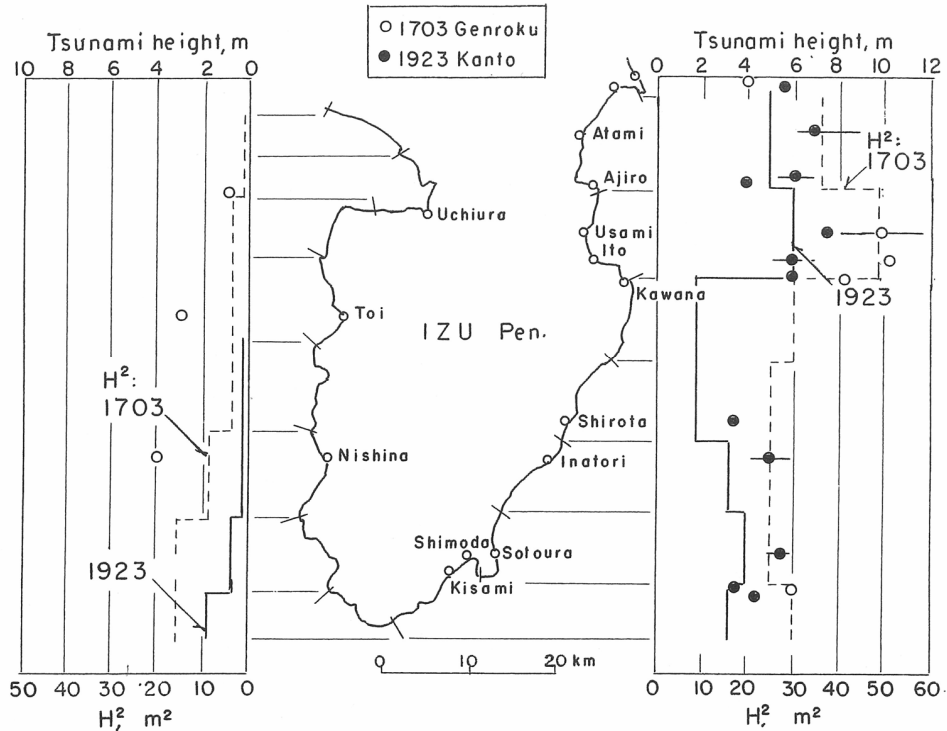


図3 波高分布と平均波高の2乗値分布 (1703年元禄津波,1923年関東地震津波)
 Fig.3. Distribution of tsunami heights and square of the mean height, H^2 (column) for the 1703 Genroku and 1923 Kanto tsunamis.

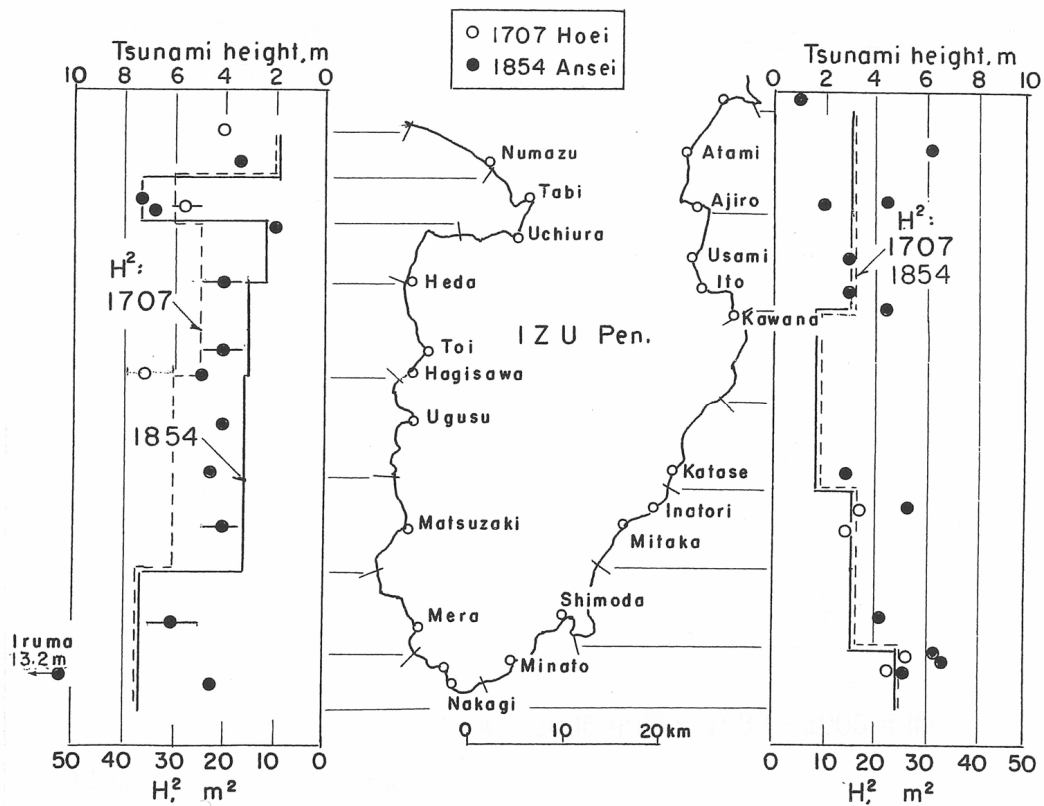


図4 1707年宝永東海津波,1854年安政東海津波のケース
 Fig.4. Case of the 1707 Hoei and 1854 Ansei Tokai tsunamis. Caption is the same in Fig.3.

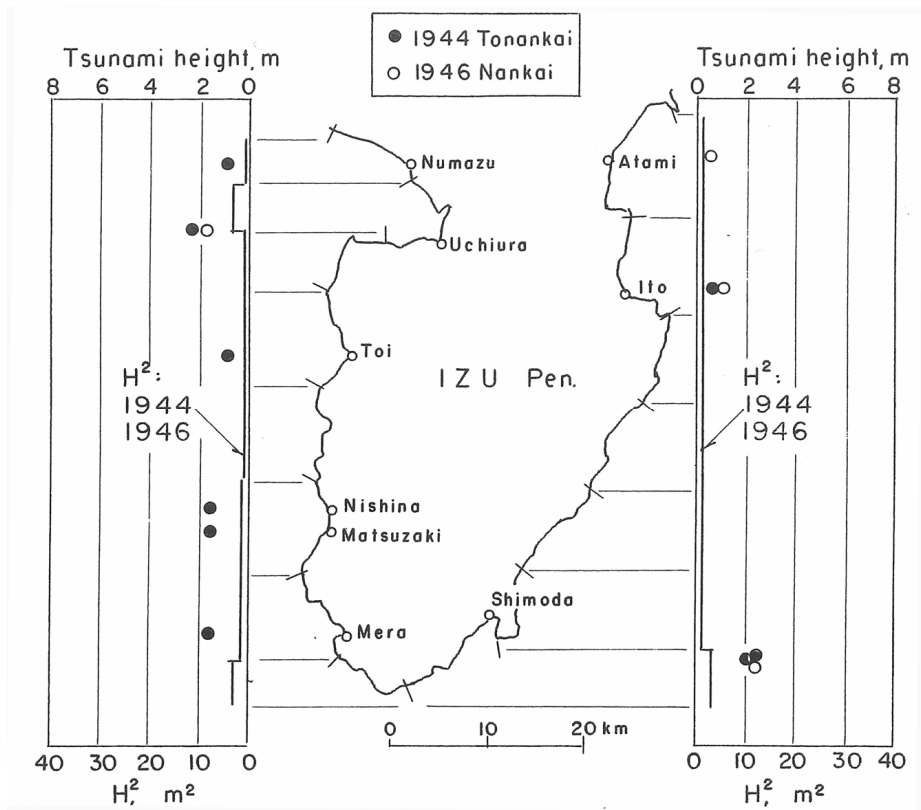


図5 1944年東南海津波,1946年南海津波のケース

Fig.5. Case of the 1944 Tonankai and 1946 Nankai tsunamis. Caption is the same in Fig.3.

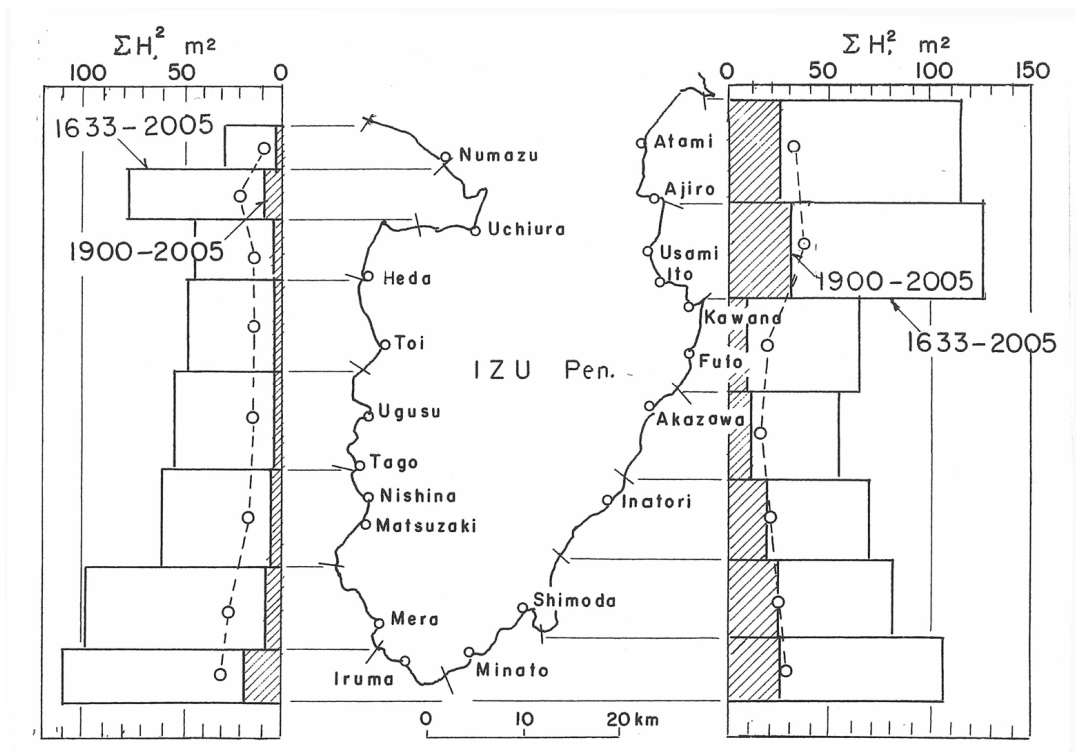


図6 波高2乗値の累積値分布 (1900-2005年間と1633-2005年間)

白丸は106年間の期待値

Fig.6. Distribution of cumulative squares of the mean height for each segment during 1633-2005 and 1900-2005. Open circles and dotted lines show the estimated values for the period during 1900-2005 assuming constant accumulation of the squares.