

延宝房総沖地震津波の千葉県沿岸～福島県沿岸での痕跡高調査

国際航業株式会社 防災情報部*1 竹内 仁・藤 良太郎
茨城大学 広域水圏環境科学教育研究センター*2 三村 信男
東北大学大学院 附属災害制御研究センター*3 今村 文彦
産業技術総合研究所 活断層研究センター*4 佐竹 健治
東京大学地震研究所*5 都司 嘉宣
千葉県県土整備部河川環境課*6 宝地 兼次
茨城県土木部河川課*7 松浦 健郎

Survey of run-up height of Empo Boso-oki Earthquake Tsunami on the coast from Chiba Prefecture to Fukushima Prefecture

Hitoshi TAKEUCHI, Ryotaro FUJI

Kokusai Kogyo Co., Ltd., 2-24-1 Harumicho, Fuchu, Tokyo, 183-0057 Japan

Nobuo MIMURA

Center for Water Environment Studies, Ibaraki University, 2-1-1 Bunkyo, Mito, Ibaraki, 310-8512 Japan

Fumihiko IMAMURA

Disaster Control Research Center, Tohoku University, Aoba 6-6-11, Aramaki, Aoba-ku, Sendai, Miyagi, 980-8579 Japan

Kenji SATAKE

Active Fault Research Center, AIST, Site C7 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki, 305-8567 Japan

Yoshinobu TSUJI

Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 1-1-1 Yayoi, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-0032 Japan

Kenji HOCHI

Chiba Prefectural Government, 1-1 Ichibacho, Chuo-ku, Chiba, Chiba, 260-8667 Japan

Takeo MATSUURA

Ibaraki Prefectural Government, 978-6 Kasaharacho, Mito, Ibaraki, 310-8555 Japan

The Empo Boso-oki earthquake on November 4th of 1677 was a so-called 'Tsunami earthquake'; it generated large tsunami which hit the coast from Chiba Prefecture to Fukushima Prefecture. This study aims to evaluate the run-up heights along the coast from damage rate of buildings at each village by using an empirical relation and considering the ground level. The tsunami source model was also examined based on the estimated tsunami heights.

§1. はじめに

延宝五年十月九日(1677年11月4日)に発生した延宝房総沖地震は、顕著な揺れを伴わなかったものの、千葉県沿岸から福島県沿岸に大きな津波の被害をもたらしており、「津波地震」と指摘されている地震

である(石橋,1986, 都司,1994 など). この延宝房総沖地震の各地の津波の高さについては、史料における家屋流失・死者数等の被害に関する記載に基づき推定されている(羽鳥,2003, 都司,1994 など).

ところで、この地震は福島県、茨城県沿岸では記

*1 〒183-0057 東京都府中市晴見町2-24-1 電子メール: hitoshi_takeuchi@kkc.co.jp, ryotaro_fuji@kkc.co.jp

*2 〒310-8512 茨城県水戸市文京2-1-1

*3 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-11

*4 〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1 中央第7

*5 〒113-0032 東京都文京区弥生1-1-1

*6 〒260-8667 千葉県千葉市中央区市場町1-1

*7 〒310-8555 茨城県水戸市笠原町978-6

録に残っている最大の津波をもたらしており、中央防災会議の「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」においても、防災対策のための想定地震の検討の際に、過去の津波高およびその再現性について検討された(中央防災会議,2005)。中央防災会議では、千葉県沿岸で8箇所、茨城県沿岸で2箇所、福島県沿岸で2箇所(ほかに八丈島・宮城県沿岸で各1箇所)の津波の推定浸水高と、計算値を比較して、波源モデルを推定している。

本調査では、津波被害を受けた当時の集落の地盤高と津波浸水深を再度詳細に調査し、各地の津波浸水高を推定しなおすことを試みた。また、この推定値と、波源モデルを用いて計算した津波遡上高を比較し、波源モデルの妥当性も検討した。

§2. 各地の津波浸水高の推定

本調査では、福島県～千葉県沿岸における延宝房総沖地震津波による建物被害の記録から津波浸水高を推定した。調査のながれと、各地の浸水高の推定結果を示す。

2.1 調査のながれ

津波浸水高推定のフローを図1に示す。

まず、史料から津波による建物被害の記載を抽出した。参考にした史料名を表1の史料・文献リストにまとめた。この表に示す番号①～⑧については、このあと述べる各地の浸水高の推定結果を示す表の中で引用する番号である。

次に、被害を受けた各村における当時の建物棟数を、平凡社の「福島県の地名」(1993)、「茨城県の地名」(1982)、「千葉県の地名」(1996)より推定した。推定の際は、延宝以降で最も近い年代の家数を参考にした。

建物被害軒数と建物棟数(母数)から各村の建物被害率を算定し、今村ほか(2002)による建物被害程度と浸水深の関係から、各村の浸水深を推定した。今村ほか(2002)では、集落の建物被害が「全壊」の場合に浸水深が2m以上と推定していたが、この調査では集落の建物被害率50%以上の場合を「全壊」とし、浸水深2m以上とした。

一方、被害を受けた集落位置については現地調査によって推定し、その標高についてはレーザ計測によって得られた標高データなどを用いて設定した。

ここで得られた集落の標高に、さきに得られた集落の浸水深を足すことによって、各地の津波浸水高を

推定した。

以下、福島県から千葉県にかけて建物被害の記録があった場所と、それらの場所で推定された浸水高について整理する。

2.2 福島県・茨城県沿岸

福島県および茨城県沿岸の津波浸水高の推定結果を表2に示す。

福島県では現在のいわき市で津波被害の記録が残っている。『新収 日本地震史料第二巻』の『磐城御領内大風雨大波洪水之節覚書』に、江名・豊間両浦で218軒が流失したとあり、推定棟数が両浦合わせて380棟であることを考えると、福島県の沿岸ではこの両浦での被害率が最も高いと推定される。

そのほかには、小名浜・長崎・中作・薄磯・四倉・江■(網?)で流失330軒とあり、詳細な被害分布は不明であるが、この地域の推定棟数から考えると、被害率は20～50%となる。

以上の被害率から推定される浸水深と集落標高を考慮すると、福島県の沿岸の津波浸水高は3.5～7mであったと推定される。

茨城県沿岸の被害記録は少ない。『新収 日本地震史料第二巻』の『水戸紀年』に那珂湊の別館(湊御殿)の前まで津波が及んだという記述があるが、湊御殿がひたちなか市の御殿山北側の山下(南水主町、現中央1丁目)にあったとすれば、地点の標高(4～5m)と浸水のみ(浸水深0.5m以下)であることを考慮して浸水高は4.5～5.5mと推定される。同文献の『大洗地方史』には磯浜村(現在の大洗町)で320軒流失とあり、推定される当時の建物数640棟と比較すると被害率は50%となり、集落の標高と浸水深を考慮するとここでの浸水高は5～6mと推定される。

2.3 千葉県沿岸

千葉県沿岸の津波浸水高の推定結果を表3に示す。九十九里浜より南側の海岸(一宮町～勝浦市)で建物被害の記録がある。銚子市の外川では漁舟の被害のみが記録されている。

一宮町の東浪見では潰家52軒となっている(『新収 日本地震史料第二巻』の『一宮町史』)が、建物被害率20%以下になり、浸水深は1.0～1.5mと推定され、集落の標高を考慮すると浸水高は6.0～7.5mと推定される。

岬町から勝浦市にかけての被害の記録は『新収 日本地震史料 補遺』の『柳営日次記』にある。御宿

浦と郡原村で建物被害率 50%以上, 岩船浦, 沢倉村で建物被害率 20~50%, そのほかは被害率 20%以下と推定され, 集落標高を考慮すると浸水高は 3~8mと推定される。

§ 3. 波源モデルの検討

中央防災会議(2005)では, これまで推定されていた沿岸の津波高(羽鳥, 2003など)に基づき, インバージョンによって波源モデルを試算した。このモデルはプレート境界に位置する972枚の小断層からなるモデルであり, 津波高の再現性がよい($K=1.03$, $\kappa=1.34$)。中央防災会議(2005)の波源モデルの概要を表4に示す。

表4 中央防災会議(2005)の波源モデルの概要
Table4 Outline of source model

| パラメータ | | 値 |
|---------------------|-----------|----------|
| 地震モーメント M_0 (Nm) | | 5.29E+21 |
| モーメントマグニチュード M_w | | 8.42 |
| 要素断層の数 | | 972 |
| 断層面積 S (km^2) | | 26117.5 |
| 平均すべり量 D (m) | 深さ 0~10km | 4.17 |
| | 深さ10~16km | 4.51 |
| | 深さ16~32km | 5.87 |
| | 深さ32km~ | 5.65 |

本調査で津波高を推定し直したことから, 中央防災会議(2005)の波源モデルを基本としてすべり量を等倍, 1.2倍, 1.5倍と変化させながら, 推定された津波高を良く説明できる波源モデルを検討した。図2には中央防災会議の試算モデルのすべり量を1.2倍にしたモデルに基づく地盤変動量を示す。

各地の遡上高の計算にあたって, 海岸での最小格子間隔が48m(福島県・茨城県沿岸)または50m(千葉県沿岸)の地形モデルを用いた。計算は浅水理論に基づいて行い, 陸域については遡上を考慮した(後藤・小川, 1982)。なお, 潮位はT.P.=0mとして計算したが, この地域における朔望平均満潮位はT.P.+0.7m程度である。

中央防災会議の試算モデルと, すべり量を1.2倍にしたモデルを用いて計算した各地の遡上高と, 推定した津波浸水高を比較した結果を, 図3および図4に示した。シミュレーションによる各地周辺の最大水位が痕跡高の推定幅の最大を再現できるかどうかを比較した。その結果, 表5に整理したとおり, すべり量を

1.2倍に調整したモデルを用いると, K 値がほぼ1.0になり, ばらつきを示す κ 値も小さくなって今回推定した遡上高をよく説明できた。

§ 4. おわりに

本調査では, 1677年延宝房総沖地震に伴う津波の千葉県沿岸~福島県沿岸の各集落における浸水高を, 史料に記載された建物被害の記録から推定した。その結果, 福島県沿岸では3.5~7m, 茨城県沿岸では4.5~6m, 千葉県沿岸では3~8mの浸水高であったと推定された。

従来の研究で推定されていた1677年延宝房総沖地震に伴う津波の津波高を良く説明できる波源モデルとして中央防災会議(2005)が試算したモデルがあるが, 本調査ではこの波源モデルを基本としてすべり量を調整し, 今回推定した津波浸水高を再現できるモデルを設定した。

今回は千葉県沿岸~福島県沿岸の津波浸水高を推定したが, 八丈島や知多半島でも津波の記録があり, これらの記録についての検討は試みていないため, 波源モデルをより広範囲に適用する際にはさらなる検討が必要であると考えられる。また, 表5に示すように全体の平均的な津波浸水高は今回設定した波源モデルでよく説明できたが, 地域によっては千葉県一宮町の東浪見のように今回の計算では被害記録から推定される津波浸水高を再現できない場所もあったため, その原因についての検討も必要である。

最後に, 今回の調査は津波浸水想定区域図を作成する際に想定津波の波源モデルを設定した調査を基本としている。そのため, 防災上の観点から痕跡高の推定幅の最大を再現することを試みたが, 推定幅に対応する波源モデルの設定幅の検討も課題として考えられる。

文献

- 中央防災会議, 2005, 「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」(第10回)資料 2。
後藤智明・小川由信, 1982, Leap-frog 法を用いた津波の数値計算法, 東北大学土木工学科, 52pp。
羽鳥徳太郎, 2003, 1677年延宝房総沖地震津波の波高偏差, 歴史地震, 19, 1-7。
平凡社, 1982, 日本歴史地名大系 8 茨城県の地名, 977pp。

平凡社, 1993, 日本歴史地名大系 7 福島県の地名, 1225pp.
 平凡社, 1996, 日本歴史地名大系 12 千葉県の名, 1345pp.
 今村文彦・大窪慈生・伴一彦・高岡一章・三村明・山本滋・小林英次, 2002, 津軽半島周辺での寛保渡島沖津波の再調査ー津軽藩御国日記の追加による詳細調査ー, 津波工学研究報告, 19, 1-40.
 石橋克彦, 1986, 1677(延宝 5)年関東東方沖の津波地震について(要旨), 歴史地震, 2, 149-152.
 文部省震災予防評議会(編), 1941, 増訂大日本地震

史料第一巻.
 東京大学地震研究所(編), 1982, 新収日本地震史料第二巻.
 東京大学地震研究所(編), 1988, 新収日本地震史料補遺.
 都司嘉宣, 1994, 歴史上に発生した津波地震, 月刊地球, 176, 73-85.
 宇佐美龍夫編, 1998, 「日本の歴史地震史料」拾遺.

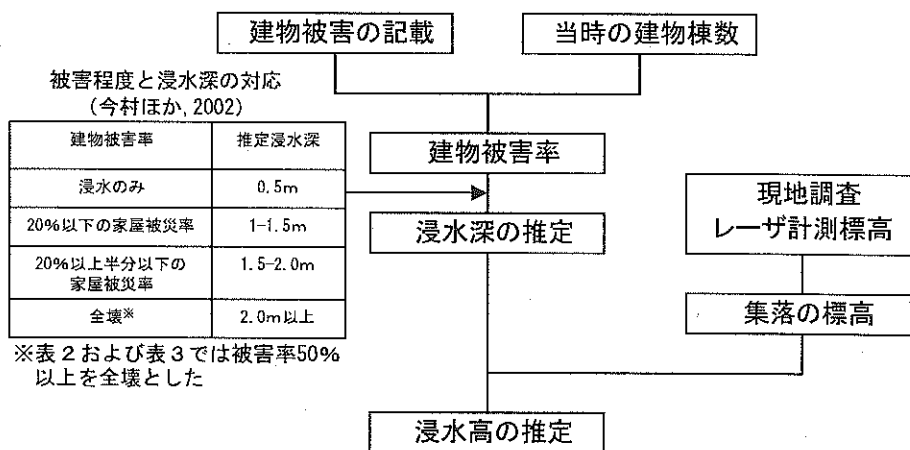


図1 津波浸水高の推定フロー
 Fig.1 Flowchart of estimation of tsunami run-up height

表1 史料・文献リスト
 Table1 List of historical records and reference

| 番号 | 史料名 | 文献名 |
|----|------------------|---|
| ① | 磐城御領内大風雨大波洪水之節覚書 | 東京大学地震研究所編(1982) 「新収 日本地震史料第二巻」 |
| ② | 永代綴にみる本谷の歴史 | 宇佐美龍夫編・大和探査技術(株)協力(1998) 「日本の歴史地震史料」拾遺 |
| ③ | 要綱 石城郡町村史 | 文部省震災予防評議会編(1941) 「増訂 大日本地震史料第一巻」 |
| ④ | 水戸紀年 | 東京大学地震研究所編(1982) 「新収 日本地震史料第二巻」 |
| ⑤ | 大洗地方史 | // |
| ⑥ | 玄蕃先代集 乾 | // |
| ⑦ | 一宮町史 | // |
| ⑧ | 柳宮日次記 | 東京大学地震研究所編(1988) 「新収 日本地震史料 補遺」 |

表2 浸水高の推定結果(福島県～茨城県)
Table2 Presumed tsunami run-up height (Fukushima and Ibaraki)

| 市町村 | 場所 | 被害記事(史料番号) | 被害軒数 | 推定棟数 | 建物被害 | 推定される浸水深 | 集落(地点)の標高 | 推定浸水高 | |
|-----------|-----|--|------|------|--------|----------|-----------|------------|----------|
| 福島県いわき市 | 豊間 | ・江名・豊間両浦で218軒流失、44人溺死(①) ・下川～四倉 流死84人、潰家487軒(②) | 218 | 170 | 50%以上 | 2m以上 | 3.5-5.0m | 5.5-7.0m以上 | |
| 福島県いわき市 | 江名 | ・江名・豊間両浦で218軒流失、44人溺死(①) ・下川～四倉 流死84人、潰家487軒(②) | | | | | | | |
| 福島県いわき市 | 四倉 | ・小名浜・長崎・中作・薄磯・四倉・江國にて流失330軒、溺死75人(①) ・下川～四倉 流死84人、潰家487軒(②) | 330 | 430 | 20-50% | 1.5-2.0m | 2.5-4.0m | 4.0-6.0m | |
| 福島県いわき市 | 薄磯 | ・小名浜・長崎・中作・薄磯・四倉・江國にて流失330軒、溺死75人(①) ・下川～四倉 流死84人、潰家487軒(②) | | | | | | | |
| 福島県いわき市 | 中ノ作 | ・小名浜・長崎・中作・薄磯・四倉・江國にて流失330軒、溺死75人(①) ・下川～四倉 流死84人、潰家487軒(②) | | | | | | | |
| 福島県いわき市 | 永崎 | ・小名浜・長崎・中作・薄磯・四倉・江國にて流失330軒、溺死75人(①) ・下川～四倉 流死84人、潰家487軒(②) ・小名浜、神白、永崎にて80人余押し流され(③) | | | | | | | |
| 福島県いわき市 | 小名浜 | ・小名浜・長崎・中作・薄磯・四倉・江國にて流失330軒、溺死75人(①) ・下川～四倉 流死84人、潰家487軒(②) ・小名浜、神白、永崎にて80人余押し流され(③) | | | | | | | |
| 茨城県ひたちなか市 | 那珂港 | ・那珂湊の別館(湊御殿)の前まで津波が及ぶ(④) | | | | 浸水のみ | 0.5m以下 | 4.0-5.0m | 4.5-5.5m |
| 茨城県大洗町 | 磯浜村 | ・320軒流失(⑤) | 320 | 640 | 50% | 2m以上 | 3.0-4.0m | 5.0-6.0m以上 | |

※平凡社(1982)の「茨城県の地名」によれば、湊村(現ひたちなか市)にて「流失民家30軒、溺死男女30人の被害を出した(『水戸歴世譚』)」とある。同書によれば、家屋数は1,024戸(時期不明)なので、被害率は20%未満となり、浸水深は1-1.5mと推定される。海岸付近の集落の地盤高を4m程度とすれば、浸水深5-5.5m程度となり、表2とは矛盾しない。

表3 浸水高の推定結果(千葉県)
Table3 Presumed tsunami run-up height (Chiba)

| 市町村 | 場所 | 被害記事(史料番号) | 被害軒数 | 推定棟数 | 建物被害 | 推定される浸水深 | 集落(地点)の標高 | 推定浸水高 | |
|--------|-----------|--------------------|------|------|--------|----------|-----------|------------|----------|
| 千葉県銚子市 | 笠上新田 | ・男女2人浪にとられ死(⑥) | | | | | | | |
| 千葉県銚子市 | 外川浦 | ・漁舟被害(⑥) | | | | 浸水のみ | 0.5m以下 | 2.0-3.0m | 2.5-3.5m |
| 千葉県一宮町 | 東浪見村 | ・潰家52軒、死者137人(⑦) | 52 | 340 | 20%以下 | 1.0-1.5m | 5.0-6.0m | 6.0-7.5m | |
| 千葉県岬町 | 御領和泉村 | ・被害家数不明、死者13人(⑧) | | 170 | 20%以下 | 1.0-1.5m | 2.0-3.0m | 3.0-4.5m | |
| 千葉県大原町 | 小浜浦 | ・25,6軒流失、死者9人(⑧) | 26 | 440 | 20%以下 | 1.0-1.5m | 4.0-5.0m | 5.5-7.0m | |
| 千葉県大原町 | 矢指戸村 | ・24,5軒流失、死者13人(⑧) | 25 | 300 | 20%以下 | 1.0-1.5m | 5.0-6.0m | 6.5-8.0m | |
| 千葉県大原町 | 岩船浦 | ・40軒流失、死者57人(⑧) | 40 | 200 | 20-50% | 1.5-2.0m | | | |
| 千葉県御宿町 | 御宿浦 | ・170軒流失、死者53人(⑧) | 170 | 90 | 50%以上 | 2m以上 | 3.0-5.0m | 5.0-7.0m以上 | |
| 千葉県勝浦市 | 郡原村(部原村?) | ・56軒流失、死者2人(子供)(⑧) | 56 | 100 | 50%以上 | 2m以上 | | | |
| 千葉県勝浦市 | 沢倉村 | ・11軒流失(⑧) | 11 | 40 | 20-50% | 1.5-2.0m | 4.0-5.0m | 5.5-7.0m | |
| 千葉県勝浦市 | 川津村 | ・19軒流失(⑧) | 19 | 140 | 20%以下 | 1.0-1.5m | 4.0-5.0m | 5.0-6.5m | |

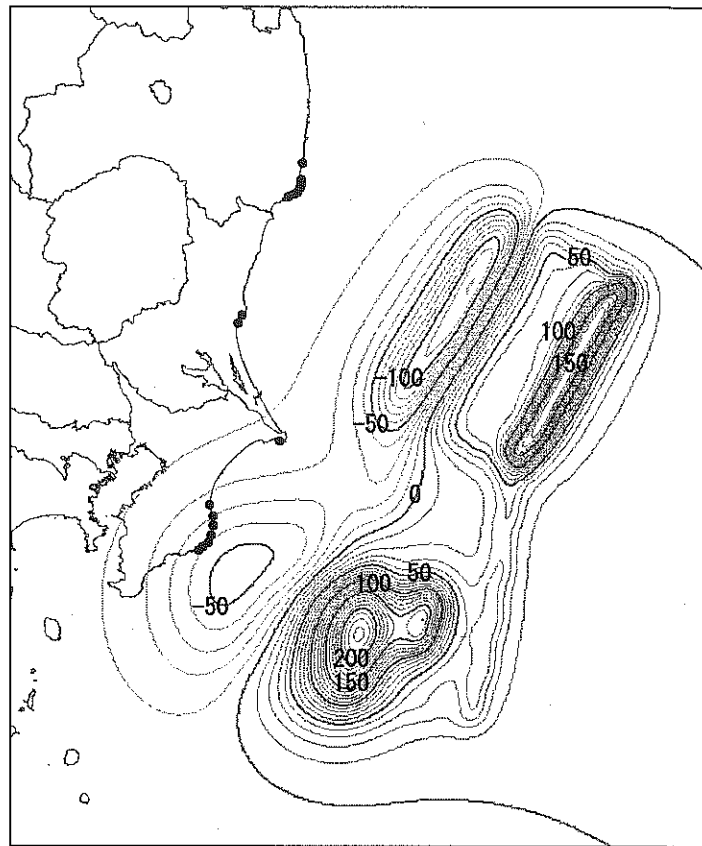


図2 延宝房総沖地震の断層モデルに基づく地盤変動量分布(単位:cm)
 (海岸の●印は図3に示した津波浸水高と計算遡上高の比較地点)

Fig.2 Displacements due to fault model of Empo Boso-oki Earthquake (unit: cm)

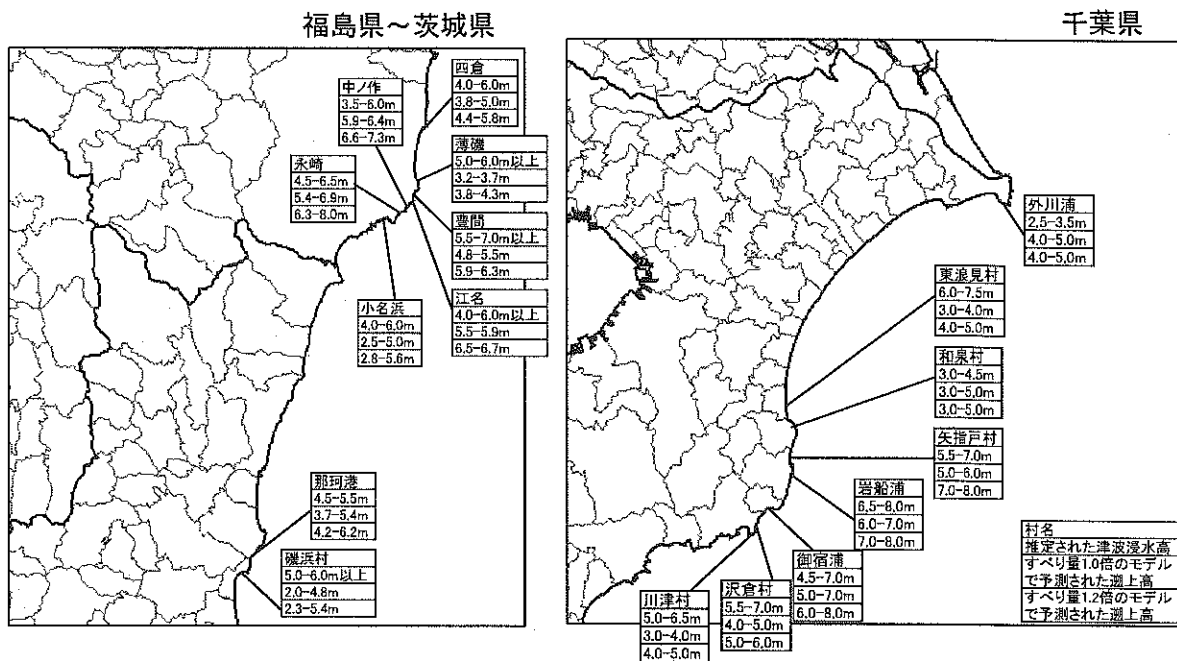


図3 各地の津波浸水高と計算遡上高の比較(地図)

Fig.3 Comparison between recorded and calculated tsunami run-up height (map)

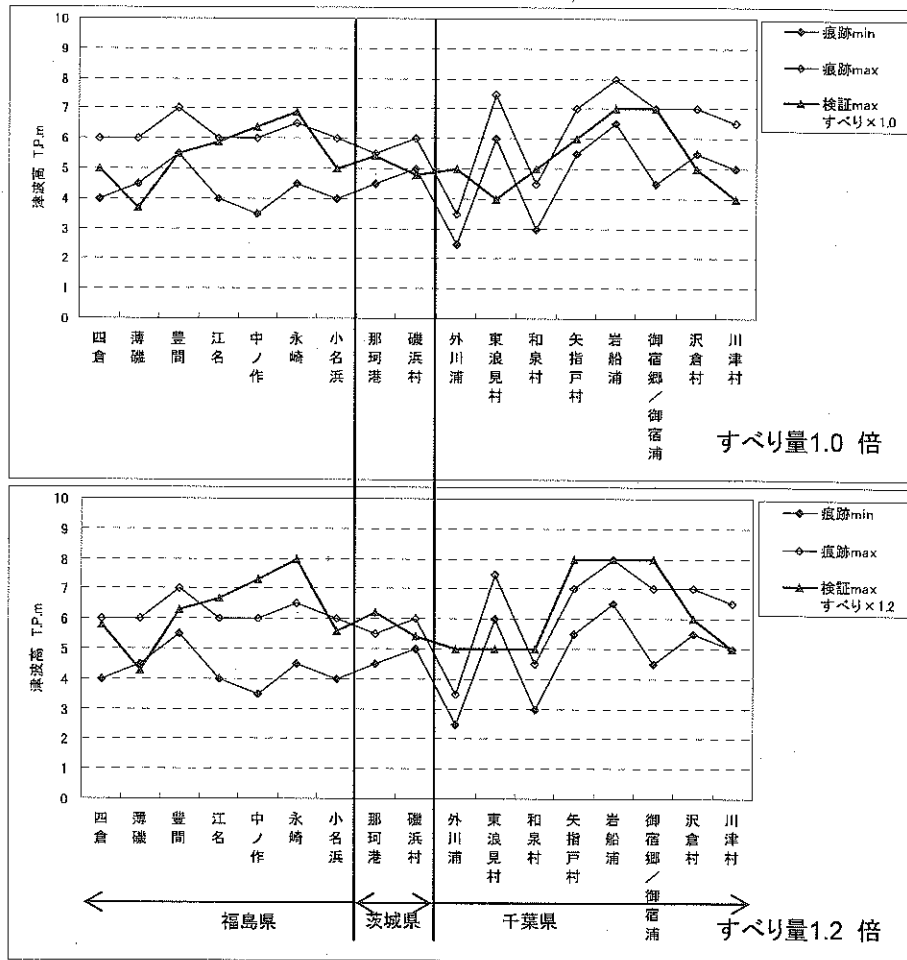


図4 各地の津波浸水高と計算遡上高の比較(グラフ)

Fig.4 Comparison between recorded and calculated tsunami run-up height (graph)

表5 計算結果の比較(K- κ)

Table 5 Verification of fault model by Aida's K- κ

| ケース | すべり量 ×1.0 | すべり量 ×1.2 | すべり量 ×1.5 |
|------------|--------------|--------------|--------------|
| K値 | 1.158 | 1.006 | 0.852 |
| κ 値 | 1.270 | 1.221 | 1.245 |

データ数:17

再現性良好の目安: $0.8 \leq K \leq 1.2$

$\kappa \leq 1.6$