

室津港の隆起量データに関する 論文概要

事務局資料

2024/09/02 (月)

室津港の隆起量データに関する論文下記の論文の概要をまとめた

- 宝永地震・安政地震に関するもの
 - 橋本学・小沢慧一・加納靖之(2024): 久保野家文書等に基づく室津港の隆起量の検討, *自然災害科学*, **42**, 387-404.
 - M. Hashimoto(2022): Is the Long - Term Probability of the Occurrence of Large Earthquakes along the Nankai Trough Inflated?—Scientific Review, *Seismological Research Letters*, **93**, 2311–2319.
- 昭和地震に関するもの
 - 沢村武雄(1953) : 西南日本外側地震帯の活動と四国およびその附近の地質, 地殻運動との関係, 高知大學學術研究報告, **2**, 1-46.
 - K. Miyashita(1987) : A MODEL OF PLATE CONVERGENCE IN SOUTHWEST JAPAN, INFERRRED FROM LEVELING DATA ASSOCIATED WITH THE 1946 NANKAIDO EARTHQUAKE, *Journal of Physics of the Earth*, **35**, 449-467
 - 宮下芳(1989) : 水準測量データに基づく西南日本の地殻上下変動, 地震第2輯, **42**, 189-197.
 - Satake, K. (1993): Depth distribution of coseismic slip along the Nankai Trough, Japan, from joint inversion of geodetic and tsunami data, *J. Geophys. Res.*, **98**, 4533-4565.
 - Sagiya, T. and W. Thatcher(1999): Coseismic slip resolution along a plate boundary megathrust: The Nankai Trough, southwest Japan, *J. Geophys. Res.*, **104**, 1111-1129.
 - 第五管区海上保安本部海洋情報部(2011) : 昭和21年南海大地震調査告 水路要報 昭和23年発行 (高知分要約版) , 85pp.

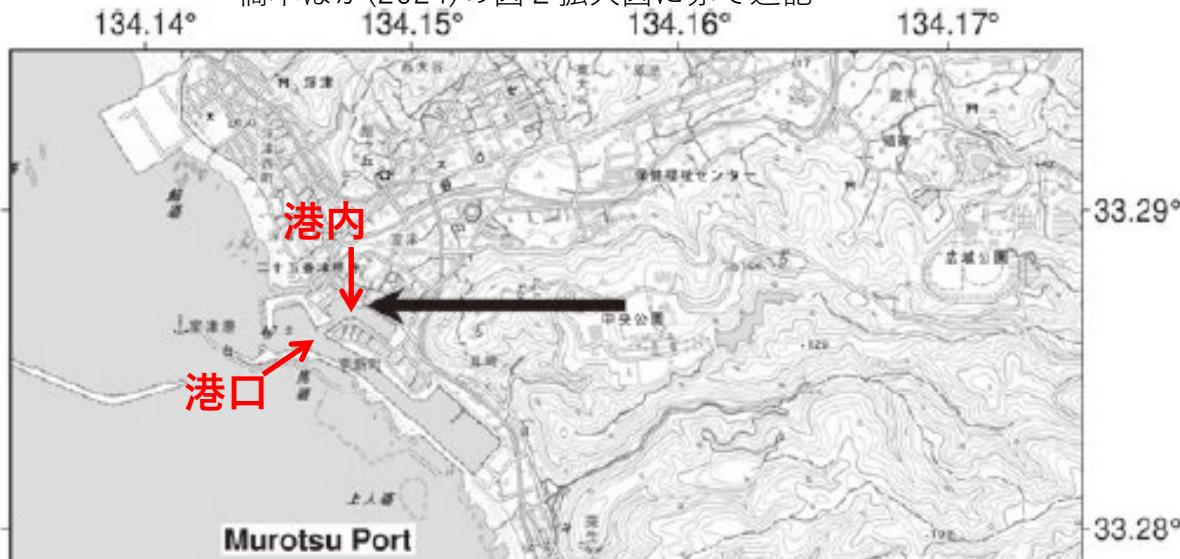
橋本ほか(2024) 「久保野家文書等に基づく室津港の隆起量の検討」

表2 各種史料に記録された室津港の深さのまとめ

年	水深／隆起量 (m)	出典
1679年頃	港内満2.3～干1.1 港口満2.7～干1.5 (解釈1)	『室戸港沿革史』(資料6) 絵図
1700年頃	港内満3.9～4.5 港口満3.0～3.6	『土佐国図』
宝永地震前	港内満4.2～干2.6 港口満3.6～干2.0	『手鏡』(資料3)
宝永地震後	2.1～2.4隆起 港口中バエ隆起	『万変記』 『室津港沿革史』(資料5), 『室戸港沿革史』(資料7)
1759年	港内満2.6～干1.1 港口満2.1～干0.7	『手鏡』(資料3)
1778年	港口中バエ干0.3出る 港口干0.3剥す	『東浦廻浦日記 (磯わのもくつ)』(山本, 2004) 『室戸町誌』(上記資料に基づく)
1845年頃	港内満2.3～干1.1 港口満2.7～干1.5 (解釈2)	『室戸港沿革史』(資料6) 絵図
1854年	1.2隆起 0.9～1.2 隆起	『室津港手鏡』(資料4) 『土佐國大地震并御城下大火事且大汐入之實録之事』

単位はm。なお、『室戸港沿革史』(資料6)中の絵図の数値の測定時期として、延宝七年を(解釈1)、弘化二年を(解釈2)とする

室津港の「港内」「港口」の位置
橋本ほか(2024)の図2拡大図に赤で追記



宝永地震の隆起量について

SN80：3つの値の平均値1.55mに年間5mm×50年を加算して1.8mを得ている

一方、
昭和南海地震後約30年間の余効変動の沈降速度約4mm
それ以降の沈降速度約8mm
50年分を考慮すると、20～40cmを補正する必要性あり

↓
「手鏡」の4つの値の平均値1.5mと近年の潮位変化からの推定：1.7～1.9m（工事の影響により、この見積もりは最小値を与えるべき）

「万変記」では、2.1～2.4m

得られた数値の最大値と最小値からの推定範囲：1.7～2.4m

→水深計測に用いられた道具の解釈次第で0.8倍する必要
→約1.4～1.9m

宝永地震の隆起は1.4～2.4mの範囲と推定

計測誤差の見積もり：0.3～0.5m程度の誤差が見積もられる

「Is the Long - Term Probability of the Occurrence of Large Earthquakes along the Nankai Trough Inflated?—Scientific Review」の主な内容

南海トラフの長期評価（第二版）の確率に関する欠点（矛盾）を指摘

- (1) neglect of measurement errors of uplift during historical earthquakes,
歴史地震の隆起の測定誤差の無視
- (2) inconsistency between uplift in SN80 and geodetic or geomorphological data,
SN80の隆起と測地学または地形学データとの不一致
- (3) mechanical interpretation of the time-predictable model,
時間予測モデルの物理的な解釈
- (4) contradiction between assumptions in the time-predictable model and the BPT model.
時間予測モデルとBPTモデルの仮定間の矛盾

※SN80: Shimazaki and Nakata(1980)

○1707年宝永地震の隆起量（1.8m）について

今村(1930)

- 1707年の地震以前は、港内の水深は満潮時で4.2m、干潮時で2.6m、港口では満潮時で3.6m、干潮時で2.0m
- 1759年に、水深は港内の満潮時で2.6m、干潮時で1.1m、港口では満潮時で2.1m、干潮時で0.7mに変更

Shimazaki and Nakata(1980)

- 4組の測定値から3組を採用し、1.55mの隆起を得た。
- 国土地理院によるこの地域の水準測量から得られた平均沈下率5mm/年を用いて0.25m補正し、1.8mを得た

○1854年安政地震の隆起量（1.2m）について

今村(1930)

- 12月24日の地震発生後に約1.2メートルの潮位低下についてのみ言及

★問題点

- 潮汐の測定方法や天候、時刻・曜日の記載がなく、測定誤差を考慮されていない
- 2回目の測定が宝永地震の50年後に行われているが、余効変動の影響が加味されていないし、室津港の建設工事の記録を考慮されておらず、SN80の5mm/年の補正は誤っている可能性

○1946年昭和南海地震の隆起量（1.15m）について

沢村(1953)

- 南海地震発生8か月後の1947年8月30日に室津港を来訪した際に、満潮時と以前の満潮の痕跡の差を測定

★問題点

- 8月20日の満潮時と8月30日の満潮時との差は10cmあり、過大評価した可能性

沢村(1953) 「西南日本外側地震帯の活動と四国およびその附近の地質、地殻運動との関係」

第1表 四国沿岸地盤変化一覽表

地名	水準測量による測定値(cm) (駿潮記録およびこれに準ずる方法によるものを含む)					水準測量以外の方法による調査値(cm)		
	[1] 水路局	[2] 地理調査所	[3] 地理調査所	[4] 地理調査所	[5] 東大地震研究所	[6] 著者	[7] 水路局	[8] 地理調査所
水路局基本水準標、地理調査所水準標、水上岩、岩測深	(赤野基準)	(高松基準)	(浜田基準)	c m未満 4捨5入	※印は駿潮儀記録 ()内は地震時の変動量			

椎名	+77	+75	+88	+71	+106	+90	+80	
室戸岬	+96	+115	+88	+71	+120	+120		
津呂	+78	+102	+70	+86	+115	+120	+120	

浮津	+110~	+112						
----	-------	------	--	--	--	--	--	--

同 室戸岬町椎名

(著者現地調査、1947.8.29、第1図参照) 椎名漁業会小野重久氏の案内により椎名の漁港防波堤を見るに、地震前の最高潮位線の跡が明瞭にうかがわれ、当時の満潮位との差3尺5寸(106cm)を計測した。第1図(第1図版)は当日夕刻満潮時における撮影によるもので、A線がその地震前最高潮位線の跡である。

同 室戸岬町室戸岬

(土佐農工学校矢野忠吉氏調査報告) 岬の隆起量120cm、沖の魚礁は10尋程度浅くなつた。

同 室戸岬町津呂

(室戸漁業会安岡一氏調査報告) 地盤の隆起量115cm。

(著者現地調査、1947.8.30、第2図参照) 海岸の岩石露頭に地震前の最高潮位の跡が明瞭についており、第2図(第1図版)は当日朝の満潮時における撮影で、隆起量115cmを計測した。図のA線は地震前最高潮位線の跡である。

同 室戸町浮津

(役場西村書記報告) 地盤の隆起3尺4寸(103cm)程度、港附近の隆起110cm。

(室戸町国民学校調査報告) 地盤の隆起112cm、岬においてはそれ以上。

「津呂」で著者現地調査で115cmの記載。

海岸の地震前の最高潮位の跡と当日満潮時の差で計測。

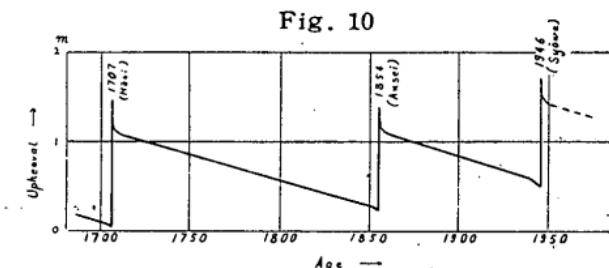


Fig. 10

室戸岬の垂直変動の変遷を図示すると第10図が得られる。これと同様な図は佐々博士も作っているが多少異なるものである。⁽⁷⁾

第10図は次のような条件のもとに作製した。すなわち地震直後数ヶ月に急速に行われる恢復運動量が、地震時の沈下地帯の3分の1に対し、地震時の隆起地帯は上述の理由により4分の1と仮定し、その後次の地震までの緩慢な恢復運動速度は、1895年の精密水準測量と1929年のそれを比較して、34年間20cmの数字(石本、今村)を採用した。なお地震直前の数年間は恢復運動速度を増すことを考慮に入れた。地震時の隆起量は室戸岬室津において、

宝永150cm、安政120cm、昭和115cmとした。これによると宝永地震から安政地震まで148年間に

室戸岬の垂直変動の変遷を図示する際には、「室戸岬室津」において、「昭和115cm」と記載。

以上の如く測量によるものはすべて前回測量値との比較値であるため、著者は次のような方法で大地震による水準変化量絶対値の凡そを知ることが出来たのである。すなわち高知県のほとんど全海岸線および愛媛県の豊後水道に面する一部について地震後から約2ヶ年にわたり、機会ある毎に現地において潮位の変化の観測や、漁業会、役場、諸学校等による事情聴取を行つた。海岸の岩石の躰頭、防波堤、水門、橋台等における地震前の潮位の跡と地震後の潮位の比較、例えば高知県安藝郡椎名の防波堤や幡多郡清水港の岩石躰頭に2本の水位線の跡がつき、その高い方は地震前の最高潮位線の跡であり、低い方は地震後の最高潮位線(貝類附着し白線をなす)であるから、2線間の垂直距離を測れば、地盤隆起の凡ての絶対値がわかる。また海岸地帯井戸水の水位変化或は汀線移動量の聴取と海岸の傾斜角度よりの算出によつて水準変化量を知るという如き方法を取る他、高知県全県下および徳島県の一部の主に海岸に面する全市町村役場、小学校(国民学校)、中学校宛に、被害状況、沿岸の現在潮位線と地震前の潮位との比較、井戸の水位の変化、地震前後における異常な自然現象の有無、津波その他項目につき照会したうち、約3分の1すなわち徳島県8通、高知県81通の報告書を得た。これらのうち水準変化に關係のある報告は38通におよんだ。このうちには筆者の依頼により相当範囲を実地調査して報告された貴重な資料も含まれている。またこれらの報告のはほとんど全部が1947年の1月および2月になされたもので、従つて地震直後の状況を知る資料であるといつて出来る。このような測量によらない水準変化量の測定は、1948年3月から約1ヶ月間、北四国瀬戸内海沿岸につき地理調査所においても実施された。

著者現地調査の詳細説明

Miyashita(1987) 「A MODEL OF PLATE CONVERGENCE IN SOUTHWEST JAPAN, INFERRED FROM LEVELING DATA ASSOCIATED WITH THE 1946 NANKAIDO EARTHQUAKE」

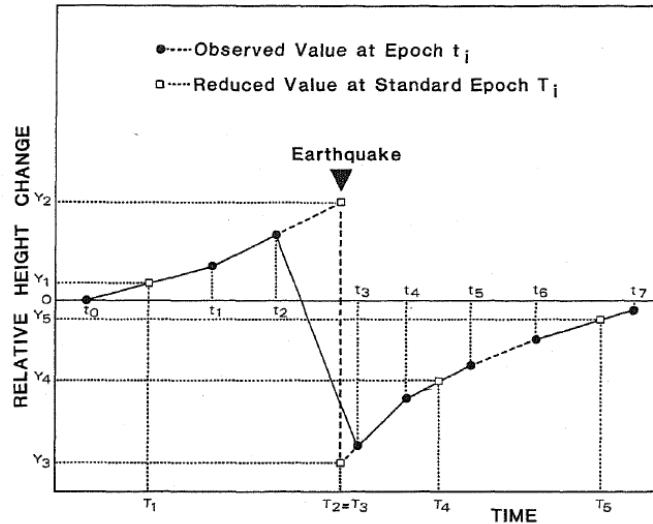


Fig. 2. Schematic diagram for estimating a reduced change in height difference during a standardized period from observations. Surface elevation changes during standardized preseismic ($t = T_2 - T_1$), coseismic ($t = T_3 - T_2$), and postseismic ($t = T_4 - T_3$; $T_5 - T_4$) time intervals are defined as $Y_i - Y_{i-1}$ ($i = 2, 3, 4$, and 5), respectively.

国土地理院の1等水準測量データを用いて、エポック・リダクション法を応用して一定期間内の変動量を見積もった。

- 地震前Preseismic (1900-1946)
- 地震時Coseismic (1946/1947)
- 地震後Postseismic (1947-1960)
- 地震後Postseismic (1960-1975)

善通寺 (Zentsuji) に対する相対上下変動量を示すことに注意！

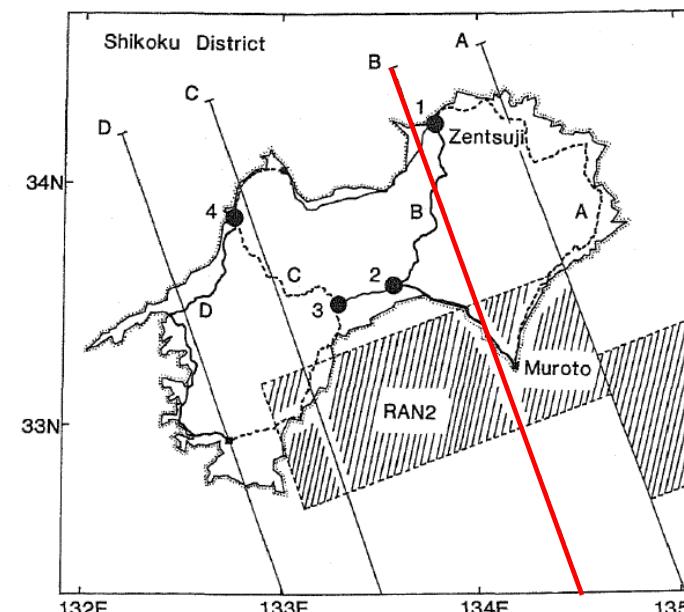


Fig. 3. First-order leveling network in the Shikoku district, consisting of three circuits and four junction bench marks (numbers with solid circles). In Fig. 4-7, elevation changes along the four leveling routes, A, B, C, and D (dashed or solid heavy lines) are projected onto the corresponding profiles, A, B, C, and D, respectively, each of which is perpendicular to the fault strike of $N70^\circ E$. Hatched rectangle (RAN2) indicates the surface projection of the western part of the fault plane, dimensions of which are $150 \times 70 \text{ km}^2$ (ANDO, 1982).

室津港に近い測線Bの上下変動

subsidence behind the uplift region. The observed uplift takes a maximum at Muroto, where the uplift amounts to 1,066 mm with respect to Zentsuji. However, the maximum uplift due to the earthquake faulting may be quite larger than that at Muroto, because Muroto is located about 20 km apart from the upper margin of the coseismic fault plane (Fig. 3). On the other hand, the maximum subsidence, whose location coincides with that of the onset of the preseismic trenchward tilting, amounts to about 600 mm with respect to Zentsuji (Figs. 5(b) and 6(b)). These

Murotoは、Zentsujiに対して1,066mmの隆起量

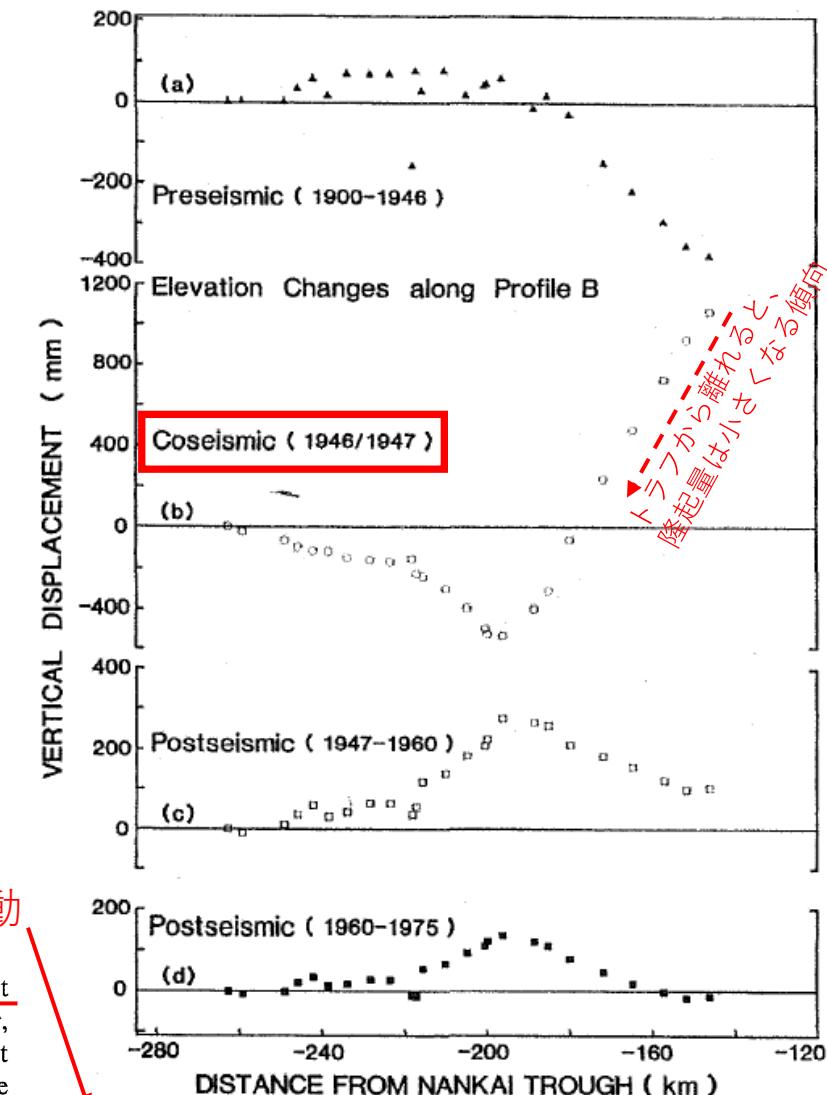


Fig. 5. Surface elevation changes along the profile B in Fig. 3.

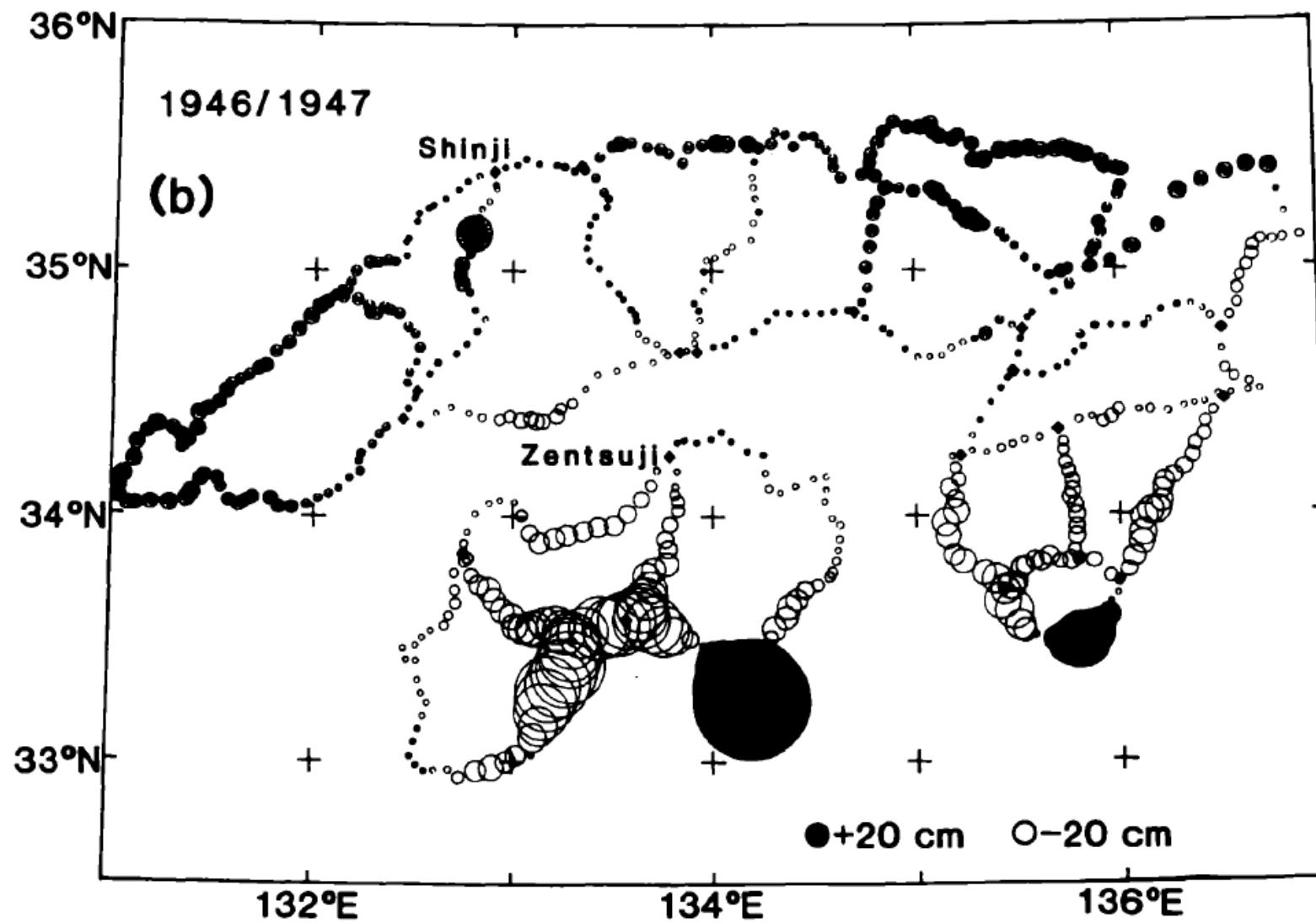


Fig. 8. Revised distributions of vertical surface displacement; (a) the preseismic (1900–1946.9), (b) co-seismic (1946.9–1947), (c) early postseismic (1947–1960), and (d) late postseismic (1960–1975) distributions. Shaded and open circles indicate uplift and subsidence, respectively, with amounts proportional to their radii.

3-2 地震時の地殻上下変動量分布

Fig. 8b に、1946 年南海道地震時の地殻上下変動量分布図を示す。紀伊半島最南端の串本は 51.3 cm の隆起量を示し、その背後域に当たる紀伊半島中央部は最大沈降量 34.8 cm の沈降域になっている。又、四国の東側部分に関しては、最南端の室戸は善通寺に対して 106.2 cm に達する隆起量を示し、その背後の沈降域にある高知 (B. M. 5004) は 53.1 cm に達する沈降量を示している。



室津港と一等水準点との位置関係

Satake(1993, JGR) 「Depth distribution of coseismic slip along the Nankai Trough, Japan, from joint inversion of geodetic and tsunami data」

国土地理院の水準測量データ及び津波波形データを用いて、1944年東南海地震・1946年南海地震のすべり分布を求めた。

室津港周辺を含む水準測量

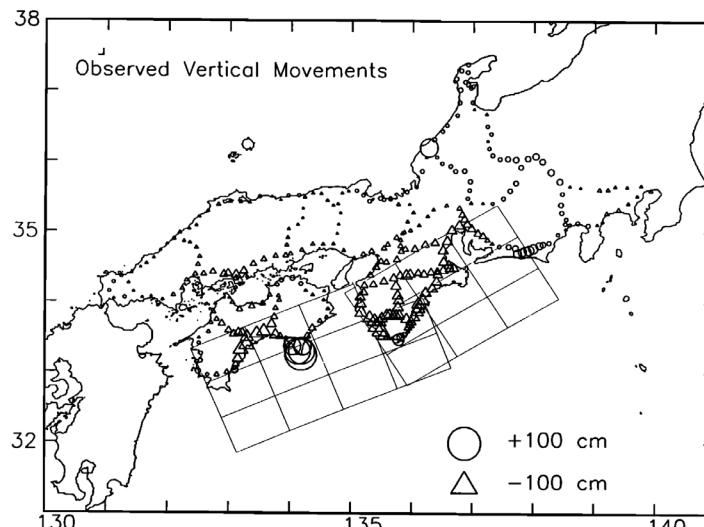
地震前の水準測量：1929-1937

地震後の水準測量：1947-1952

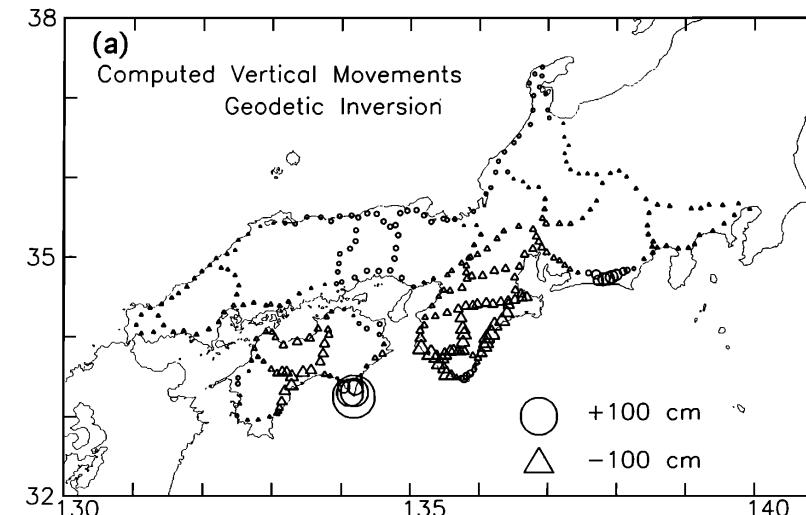
※地震前～15年と地震後～1年の変動を含む

- 四国と本州について、環閉合による誤差は3 mm程度
- 四国は354（多度津）に対する相対変位を求め、多度津のbaseline correctionはインバージョンの未知数とした
- 多度津のbaseline correctionは 46.9 ± 36.8 mm
- 室津港付近の水準点（5145）の隆起量は 多度津に対して 753.3 mm（論文には書いてない）。Baseline correctionを加えると 約80cmの隆起となる。

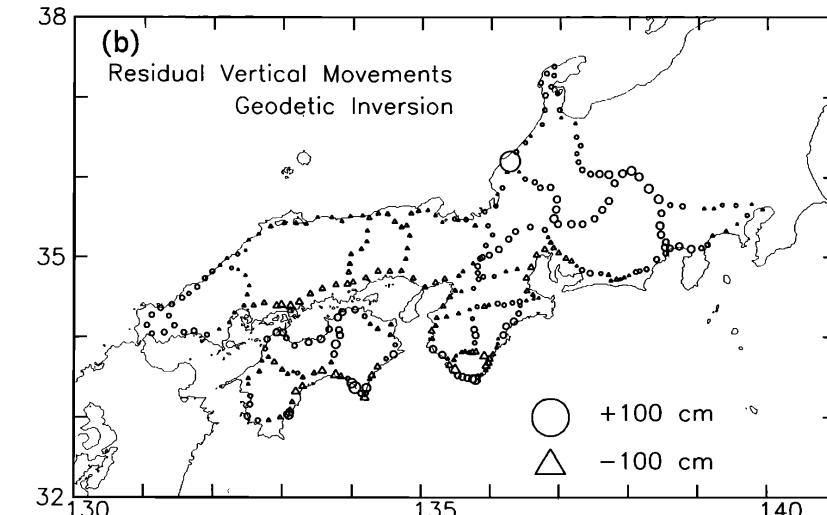
観測された上下変動量



測地データインバージョンの計算上下変動量



残差



国土地理院の三角測量・水準測量データを用いて、1944年東南海地震・1946年南海地震のすべり分布を求めた。

室津港周辺を含む水準測量

地震前の水準測量：1929-1937

地震後の水準測量：1947

※10 km未満の路線区間は統合

※地震前～15年と地震後～1年の変動を含む

1944年東南海地震 + 1946年南海地震のすべり分布

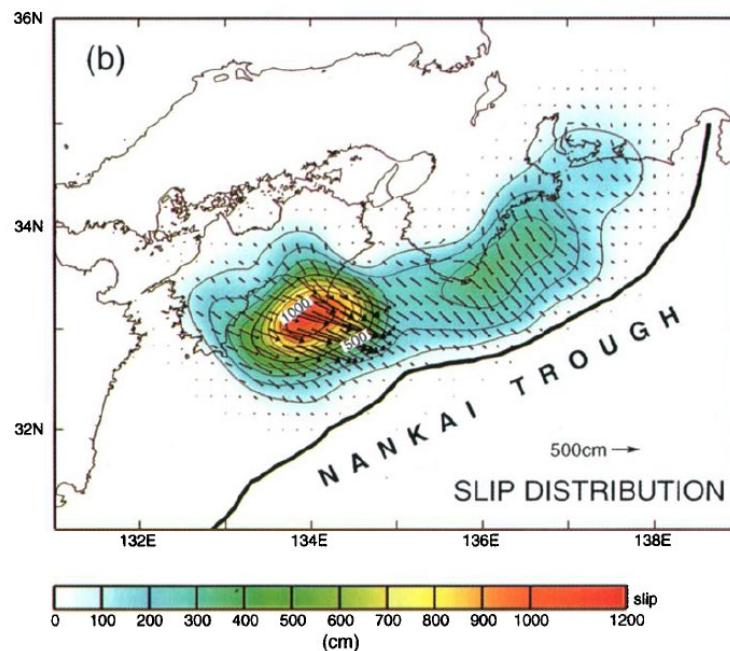
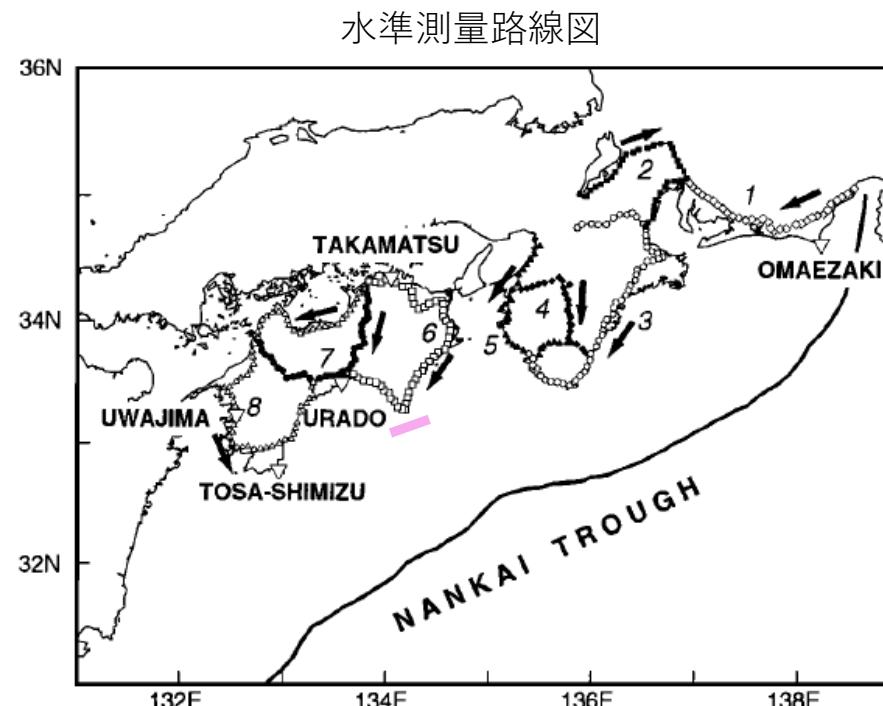


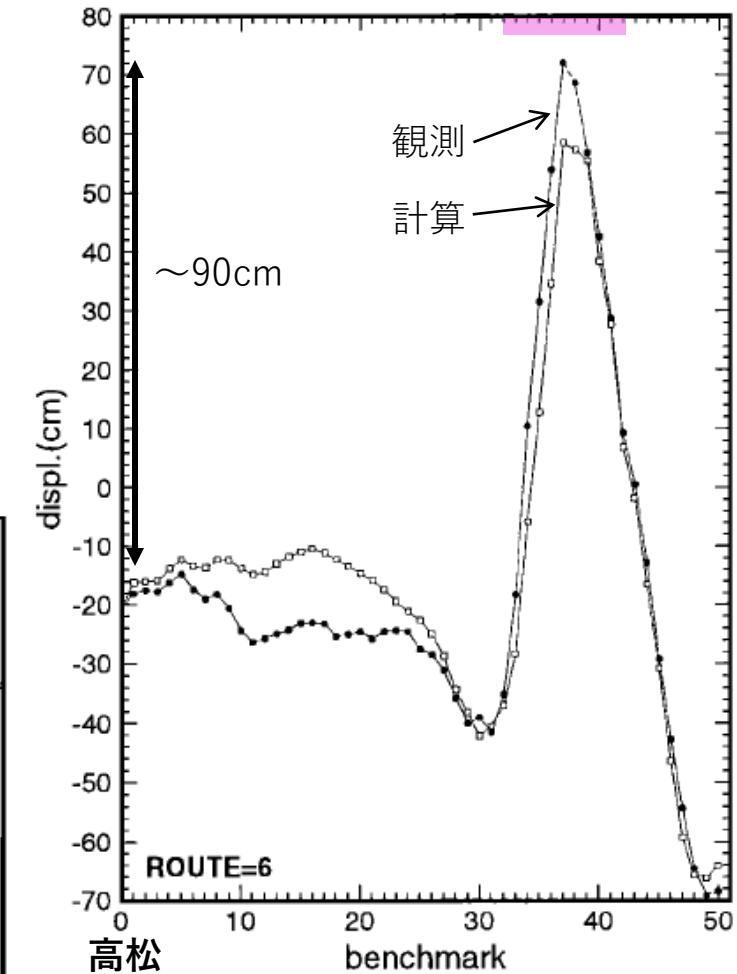
Table 1b. Leveling Data Analyzed in This Study

Route	Preseismic	Postseismic	Number of Bench Marks
1	1931-1936	1949	31
2	1928-1931	1948	33
3	1928-1931	1947	54
4	1931-1932	1947	25
5	1928-1939	1947-1948	30
6	1929-1937	1947	51
7	1937-1939	1947	35
8	1937-1942	1947	64

Route numbers are shown in Figure 4.



路線6における鉛直変位量



室津港付近で高松に対して+90cm程度の相対変位。高松（絶対変位-7cm）を考慮すると80cm程度の隆起。

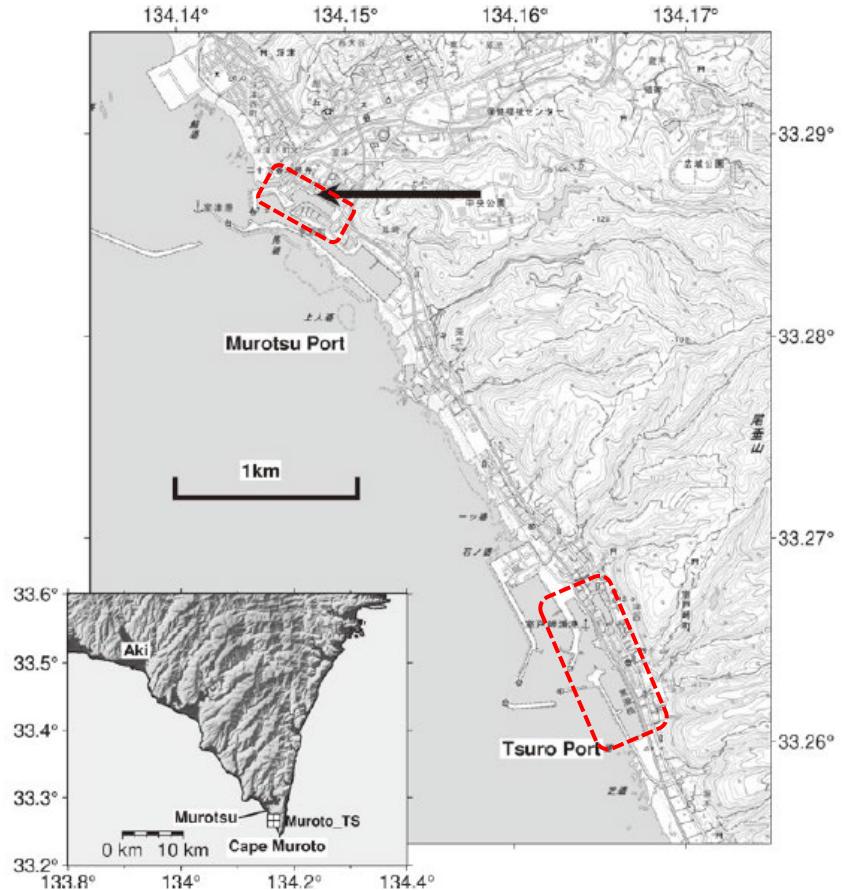


図2 室津港の拡大図（地理院地図より）

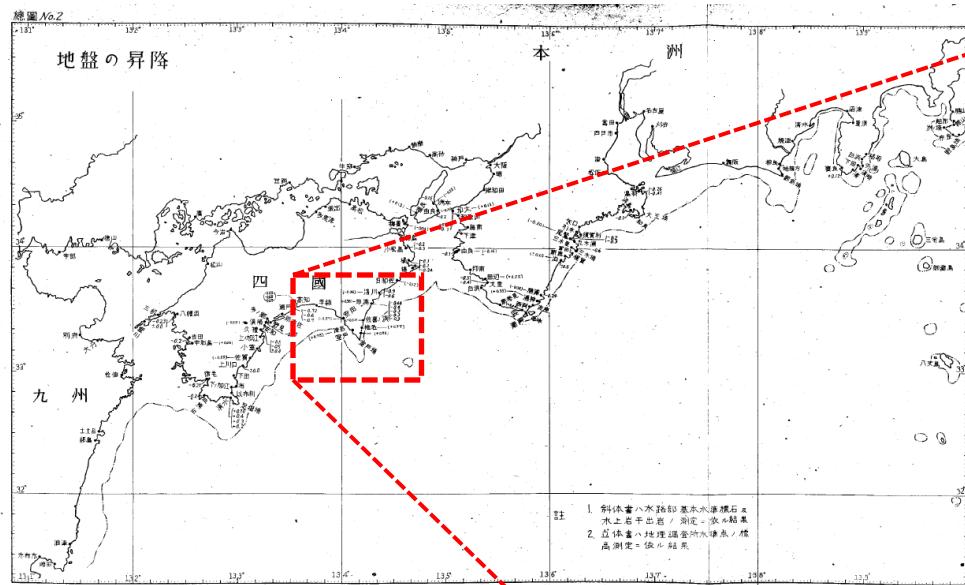
矢印で示した矩形の入り江が江戸時代に開削された室津港。南に津呂港。津呂港に室戸検潮所がある。（挿入図）室戸岬周辺の地形図。Muroto_TSは室戸検潮所。

津呂港と室津港との位置関係
橋本ほか(2024)の図に加筆

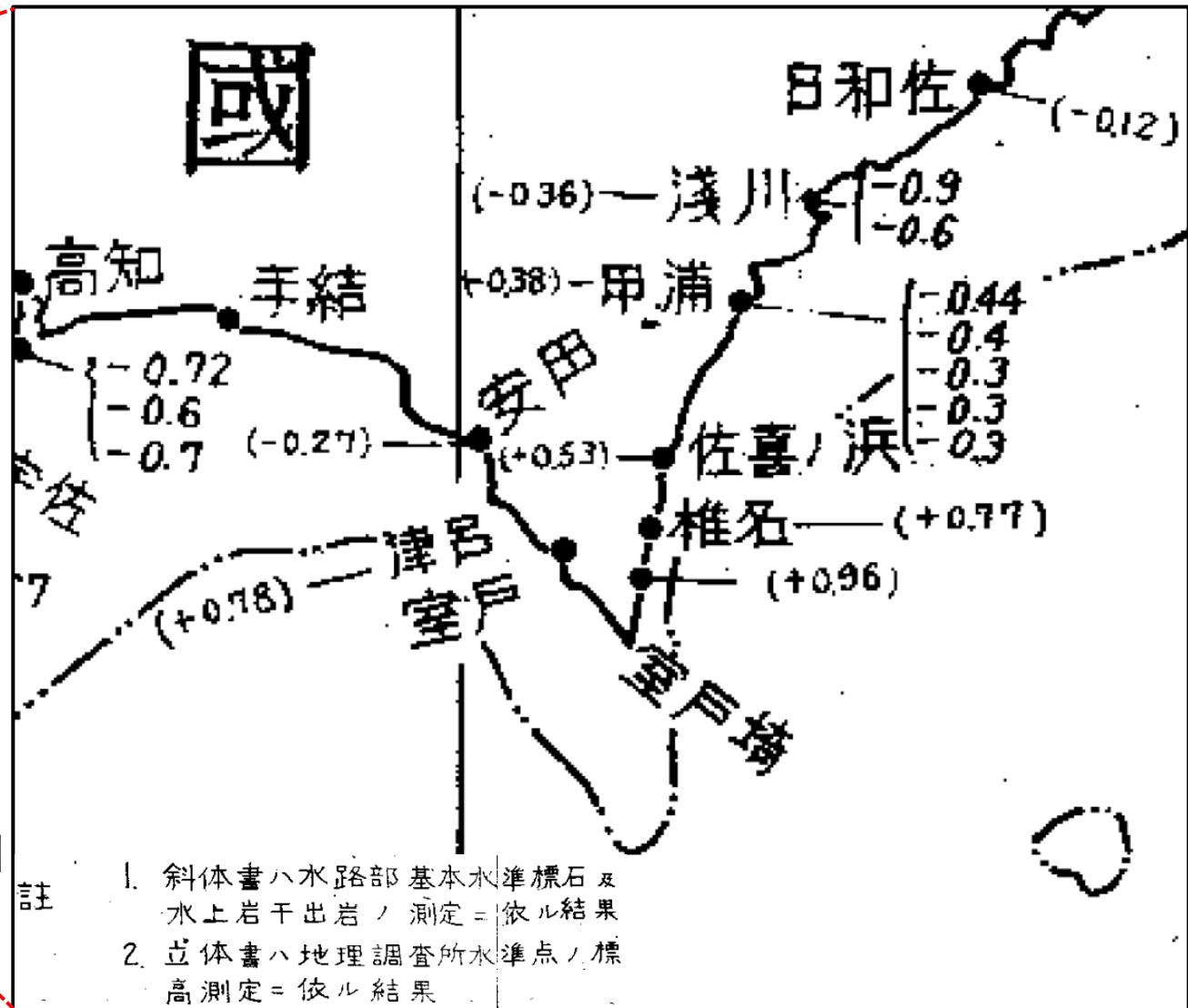
室津港から3km程度南に位置している津呂港の隆起に関する記述

地名	調査項目	内容
津呂	津波の状況	地震後20～30分して大潮の低潮面より約1.5メートル程引いて後急に押し寄せて来た。船だまりでの津浪の高さは1.42メートルであった。
	海面の状況	
	海震	
	発光現象	
	その他	当日はどんよりした気持ちの悪い天候であった。
津呂 分図No.33 参照	地盤の隆沈	地理調査所水準標の測定では0.78メートルの隆起である。一般には海岸線の状況からして1メートル程度の隆起が行われたものと見られる。
	海岸線の変化	津呂より室戸岬燈台に通ずる道路上には長さ約6メートル、割れ口約0.2メートル、上下約0.6メートルの東西方向の地割れを生じた。又津呂南東の久米次山、山田山にはかなりの大きな山くずれがあった。
	井水の変化	大部分は水位低下を来たしたが1箇月を経過するもなお以前の高さまでには至っていない。
	地震動の状況	石がき、へい等は北西方向にあるものが倒れた。又壁、障子は斜めにき裂が出来た。墓石の大部分は時計方向にねじれたが一部に倒れたものもある。地動はおもに水平動のみのようである。野中神社の所の石がき造りの堤防は長さ約20メートルが崩壊し、又防波堤上には全長60メートルの間にき裂を生じた。壁、かわら等に対しての被害は総戸数の8～9割に達する。
	被害 分図No.33 参照	港湾施設 石造護岸約20メートルが崩壊し又防波堤には約60メートル間がき裂を見たがいずれも地震に困る被害である。 海岸建築物
船舶	船舶	被害内訳（全船舶数83隻） 出漁中 8隻（遠洋漁船）被害皆無 岸壁係留中 70隻（動力船）小破3隻 5隻（ろ艇）被害皆無
	その他	

第五管区海上保安本部海洋情報部(2011) 「昭和21年南海大地震調査報告」



拡大図



隆起量の傾向としては、南に行けば行くほど、隆起量は大きい