

10. 特性化した波源断層モデルの妥当性の検討

「南海トラフの地震活動の長期評価(第二版)」(地震調査委員会, 2013)(以下, 長期評価と略す)では, 南海トラフ沿いの地震の評価対象領域を図 10.1-1 のように南海トラフの走向方向に 6 領域, フィリピン海プレートの沈み込み方向に 3 領域に分割し, 分割したそれぞれの領域が個別に, あるいは複数が一体となって地震を発生させる可能性が考慮されている。長期評価を踏まえ, 6.3.3 項では分割したそれぞれの領域の組合せで表現される多様な震源域に対応する特性化波源断層モデルを作成した。また, 長期評価では, 南海トラフ沿いでこれまで発生した大地震の規模について表 10.1-1 のように評価するとともに, 各地震の震源域の拡がりについても言及している。

本章では, 表 10.1-1 の宝永地震以降の 5 地震を検討対象として, 各地震の震源域に対応する特性化波源断層モデルを用いた津波伝播遡上計算結果と, 4.2 節に示した各地震の津波痕跡高データとを比較することで, 特性化波源断層モデルの妥当性を検討する。なお, 本章では特に断りのない限り, 特性化波源断層モデルを単に波源断層モデルと称することとする。

表 10.1-1 南海トラフ沿いの大地震の規模
(地震調査委員会, 2013)

	発生年月日	規模		
		M	Mt	Mw
正平(康安)東海地震	1361/08/0?			
正平(康安)南海地震	1361/08/03	8¼ ~ 8.5		
めいおう 明応地震	1498/09/20	8.2 ~ 8.4	8.5	
慶長地震	1605/02/03	7.9	8.2	
宝永地震	1707/10/28	8.6	8.4	
安政東海地震	1854/12/23	8.4	8.3	
安政南海地震	1854/12/24	8.4	8.3	
昭和東南海地震	1944/12/07	7.9	8.1	8.1 ~ 8.2
昭和南海地震	1946/12/21	8.0	8.1	8.2 ~ 8.5

※マグニチュードとして, 宇津(1999)の表に記述されたマグニチュード(M)、津波の大きさから決めた津波マグニチュード(Mt)、各種研究成果を踏まえ, 地震モーメント等を利用して推定したモーメントマグニチュード(Mw)を示す。正平(康安)東海地震の発生年月日は南海地震と同時に起きた(8/3)という説と、2 日前に起きた(8/1)という説があるため, 日の表記を“?”にした。

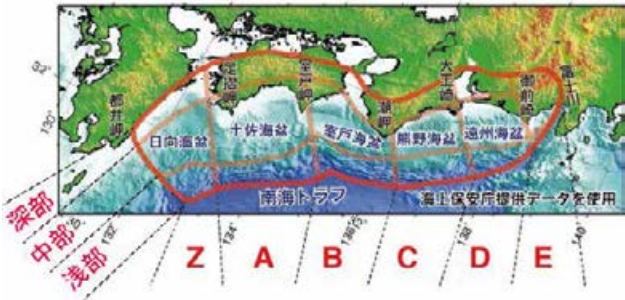


図 10.1-1 南海トラフ沿いで発生するプレート間地震の地震発生帯の領域区分(地震調査委員会(2013)に加筆)(図 8.2.1-1 再掲)

表 10.1-2 津波伝播遡上計算の計算方法・条件

項目	計算方法・条件
方程式	非線形長波理論 (移流項, 底面摩擦項, 有限振幅項を含む)
数値解法	東北大学モデル (Imamura <i>et al.</i> , 2006) Staggered Leap-frog 差分スキーム
計算格子間隔	1350 m, 450 m, 150 m, 50 m (海岸域は全て 50 m) それぞれの領域を 1:3 でネスティング
計算時間	3 ~ 12 時間 (南海トラフ沿いの地震を対象とした津波伝播遡上計算の計算条件と同じ)
境界条件	陸側: 陸域へ遡上 海側: 完全無反射で透過
施設	各種施設 (堤防・水門など) は考慮しない
初期水位	Okada (1992) により計算される海底変動量に, 水平方向成分の寄与 (Tanioka and Satake, 1996) を考慮し, 梶浦フィルター (Kajiura, 1963) を適用
動的破壊特性	ライブタイム: 考慮しない 破壊伝播過程: 考慮しない
潮位条件	T.P. ± 0 m
打ち切り水深	10 ⁻² m
粗度係数	0.025 (m ^{-1/3} s)

10.1 検討方法

特性化波源断層モデルによる津波伝播遡上計算は、表 10.1-2 の計算方法・条件で実施した。津波伝播遡上計算の詳細は 7.3 節を参照されたい。津波痕跡高と計算津波高との比較では、痕跡高データの記録地点から最も近いハザード評価点(汀線)の計算値を 1 対 1 で対応づけて津波高を比較した。津波痕跡高データは 4.2 節で選別されたものを用いた。また、計算津波高として最大水位(T.P.)を用いた。

特性化波源断層モデルの妥当性、すなわち津波痕跡高の再現性の評価では、(10.1-1) 式で定義される津波痕跡高と計算津波高の残差二乗和 Δ を参考値として用いた。

$$\Delta = \sum_{i=1}^N (H_{cal}(i) - H_{obs}(i))^2 \quad (10.1-1)$$

ここで、

$H_{cal}(i)$: i 番目の地点での計算津波高(最大水位(T.P.))

$H_{obs}(i)$: i 番目の地点での津波痕跡高

N : データ数

である。残差二乗和で評価される再現性は、津波痕跡高の大きなデータに重みを置いた評価であり、値が小さいほど再現性の高いモデルと判断できる。

また、Aida (1978) による幾何平均 K 、および幾何標準偏差 κ ((10.1-2) 式、および (10.1-3) 式) も参考値として算出した。

$$\log K = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \log K_i \quad (10.1-2)$$

$$\log \kappa = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\log K_i)^2 - (\log K)^2 \right]^{1/2} \quad (10.1-3)$$

ここで、

$K_i = H_{obs}(i)/H_{cal}(i)$

である。再現性の評価では、土木学会(2002)で示されている目安である、 $0.95 < K < 1.05$ 、かつ、 $\kappa < 1.45$ という条件も参考とした。

再現性の評価は以下の手順で行った。まず、6.3.3 項で作成した波源断層モデルのうち、検討対象とする地震の震源域に対応するものを用いて計算した最大水位(T.P.)と津波痕跡高を図面上で比較して再現性を目視で確認する。その際、残差二乗和、 K 、 κ も参考とする。この確認作業をステップ 1 と呼ぶこととする。ステップ 1 で再現性が低いと判断される場合には、残差二乗和の小さな波源断層モデルに修正を加えたモデルを用いた再現性の確認を行う。モデルの修正では、長期評価と不整合のない範囲で地震規模(M_w)を調整するほか、大すべり域の形状やすべり量を変化させることで、津波痕跡を再現する波源断層モデルを作成した。この確認作業をステップ 2 と呼ぶ。次節以降では、宝永地震以降の 5 つの南海トラフ沿いの地震を対象とした検討について詳述する。

10.2 1707 年宝永地震の津波痕跡を用いた再現性の検討

(1) ステップ 1

1707 年宝永地震の震源域は長期評価による領域 ADm に対応するものとする（震源域記号については，8.2 節参照）。この領域を震源域とする波源断層モデル（大すべり域を 2 つ配置したモデル）は全部で 135 個設定されており（表 6.3.3-2，巻末資料 2 南海トラフ 波源断層モデル図 図 9 参照），ステップ 1 では，これらの波源断層モデル群に対して再現性の検討を行う。領域 ADm を震源域とするモデル群の断層パラメータを表 10.2-1 に示す。

まず，4.2 節で選別した 1707 年宝永地震の津波痕跡高（図 10.2-1）を，その地点から最も近いハザード評価点（汀線）において計算された最大水位（T.P.）と比較した。残差二乗和， K, κ の値を表 10.2-2 に示す。このうち，残差二乗和が最小となった波源断層モデル（NK_ADm_TYPE2Eh_30L2_s1_d2_02_Δσ2.6）に対する計算津波高と 1707 年宝永地震の津波痕跡高との比較図（図 10.2-2）を見ると，赤三角印で示した計算津波高は全体的に過小評価となっていることがわかる。

同様に，目視によって，他のすべての波源断層モデルの計算津波高のいずれも痕跡高よりも過小と

表 10.2-1 領域 ADm を震源域とする特性化波源断層モデルのパラメータ

	ステップ1	ステップ2
M_w	8.7	8.8
M_0 (Nm)	1.43E+22	2.36E+22
断層面積 (km ²)	56338	
平均すべり量 (m)	5.1	8.4
大すべり域のすべり量 (m)	10.1	16.8
背景領域のすべり量 (m)	2.9	4.8
断層面積に対する大すべり域の面積比 (%)	30	
平均すべり量に対する大すべり域のすべり量比	2.0	
平均応力降下量 (MPa)	2.6	4.3

なっていることが確認でき（図は省略），表 10.2-2 に示した K の値もほとんどの波源断層モデルに対して 1.5 以上となる。

これらのことから，1707 年宝永地震は，将来の地震を予測するために長期評価で想定されたスケーリング則から推定される M_w 8.7 (6.3.3 項の表 6.3.3-1) よりもやや規模の大きい地震であった可能性が示唆される。

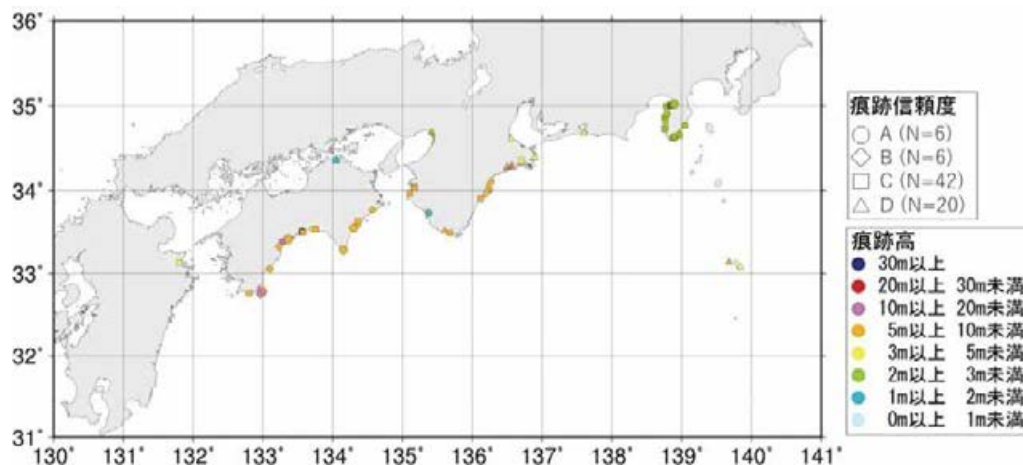


図 10.2-1 1707 年宝永地震の津波痕跡高データ（図 4.2-1 再掲）

表 10.2-2 1707 年宝永地震の津波痕跡高に対する各特性化波源断層モデルによる K , κ , 残差二乗和, 図 10.2-2 の痕跡高と計算高の比較に用いた波源断層モデルを薄橙色で示す.

特性化波源断層モデル	K	κ	残差二乗和
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d1 d1 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.72	1.65	502.4
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d1 d2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.75	1.60	492.3
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d1 d3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.80	1.51	520.2
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d1 d4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.87	1.57	619.6
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d1 m1 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.69	1.69	513.8
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d1 m2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.76	1.66	503.6
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d1 m3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.70	1.57	503.8
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d1 m4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.73	1.62	606.9
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d1 s1 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.72	1.71	523.1
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d1 s2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.70	1.64	503.5
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d1 s3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.65	1.57	500.2
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d1 s4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.64	1.67	602.7
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d2 d1 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.80	1.73	582.7
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d2 d2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.78	1.63	558.5
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d2 d3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.81	1.57	581.6
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d2 d4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.90	1.62	673.9
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d2 m1 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.75	1.76	590.3
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d2 m2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.75	1.68	559.5
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d2 m3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.72	1.62	568.4
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d2 m4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.76	1.67	664.7
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d2 s1 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.74	1.76	595.6
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d2 s2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.72	1.67	558.0
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d2 s3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.68	1.62	566.6
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d2 s4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.67	1.73	671.2
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d3 d1 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.75	1.76	601.1
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d3 d2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.80	1.69	592.5
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d3 d3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.86	1.62	624.1
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d3 d4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.99	1.66	734.1
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d3 m1 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.71	1.78	612.4
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d3 m2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.78	1.73	596.8
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d3 m3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.78	1.67	614.0
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d3 m4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.82	1.70	709.9
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d3 s1 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.70	1.80	622.0
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d3 s2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.74	1.73	600.3
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d3 s3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.73	1.67	608.2
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d3 s4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.72	1.76	704.0
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d4 d2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.92	1.82	767.4
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d4 d3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.93	1.75	756.8
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d4 d4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	2.01	1.73	824.9
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d4 m2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.87	1.88	766.9
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d4 m3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.87	1.79	743.6
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d4 m4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.87	1.79	814.9
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d4 s2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.79	1.88	760.5
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d4 s3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.83	1.79	740.1
NK ADm TYPE2Eh 30L2 d4 s4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.75	1.87	824.0
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m1 d1 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.65	1.66	410.7
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m1 d2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.65	1.57	386.4
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m1 d3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.70	1.51	418.7
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m1 d4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.81	1.57	518.1
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m1 m1 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.63	1.70	426.5
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m1 m2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.64	1.63	395.7
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m1 m3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.62	1.55	405.6
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m1 m4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.66	1.60	501.4
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m1 s1 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.64	1.71	439.3
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m1 s2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.65	1.63	404.2
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m1 s3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.59	1.55	405.2
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m1 s4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.56	1.64	497.9
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m2 d1 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.65	1.75	492.6
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m2 d2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.64	1.67	476.2
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m2 d3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.69	1.61	512.2
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m2 d4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.81	1.65	598.1
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m2 m1 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.59	1.76	500.3
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m2 m2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.64	1.71	484.2
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m2 m3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.65	1.67	508.6
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m2 m4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.67	1.67	582.7
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m2 s1 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.59	1.78	511.9
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m2 s2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.62	1.69	488.8
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m2 s3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.62	1.65	503.2

特性化波源断層モデル	K	κ	残差二乗和
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m2 s4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.58	1.72	577.5
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m3 d1 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.68	1.74	525.5
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m3 d2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.70	1.68	526.2
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m3 d3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.75	1.61	556.6
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m3 d4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.88	1.64	641.5
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m3 m1 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.62	1.76	533.7
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m3 m2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.68	1.71	527.9
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m3 m3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.72	1.66	550.2
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m3 m4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.73	1.65	619.1
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m3 s1 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.62	1.78	545.4
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m3 s2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.67	1.69	532.3
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m3 s3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.69	1.65	544.9
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m3 s4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.61	1.71	610.6
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m4 d2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.86	1.84	733.6
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m4 d3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.88	1.77	727.1
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m4 d4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.94	1.77	785.0
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m4 m2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.83	1.89	735.2
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m4 m3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.83	1.82	719.6
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m4 m4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.80	1.81	775.9
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m4 s2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.76	1.90	723.8
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m4 s3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.78	1.83	710.8
NK ADm TYPE2Eh 30L2 m4 s4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.69	1.88	778.2
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s1 d1 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.58	1.68	360.1
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s1 d2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.58	1.58	333.1
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s1 d3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.62	1.52	363.0
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s1 d4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.78	1.59	470.0
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s1 m1 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.56	1.71	373.0
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s1 m2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.58	1.63	339.9
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s1 m3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.59	1.57	352.2
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s1 m4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.62	1.60	450.0
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s1 s1 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.56	1.72	380.7
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s1 s2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.58	1.63	344.2
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s1 s3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.56	1.56	348.1
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s1 s4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.53	1.65	447.0
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s2 d1 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.50	1.72	368.4
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s2 d2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.50	1.62	344.6
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s2 d3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.55	1.55	366.0
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s2 d4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.67	1.63	447.8
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s2 m1 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.46	1.73	376.0
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s2 m2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.51	1.66	346.9
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s2 m3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.52	1.60	361.9
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s2 m4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.53	1.61	429.9
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s2 s1 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.47	1.73	383.3
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s2 s2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.51	1.66	353.8
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s2 s3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.50	1.59	359.5
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s2 s4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.43	1.65	424.9
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s3 d1 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.58	1.83	486.9
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s3 d2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.61	1.74	474.1
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s3 d3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.67	1.67	498.1
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s3 d4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.75	1.72	555.4
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s3 m1 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.55	1.85	493.8
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s3 m2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.60	1.78	469.6
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s3 m3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.64	1.72	488.9
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s3 m4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.61	1.71	535.7
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s3 s1 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.57	1.86	503.5
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s3 s2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.61	1.78	475.4
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s3 s3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.61	1.72	485.3
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s3 s4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.50	1.75	527.0
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s4 d2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.78	1.83	660.8
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s4 d3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.81	1.78	667.9
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s4 d4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.88	1.78	728.2
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s4 m2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.76	1.88	660.1
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s4 m3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.78	1.82	656.4
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s4 m4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.73	1.81	716.1
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s4 s2 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.71	1.90	652.4
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s4 s3 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.73	1.83	649.8
NK ADm TYPE2Eh 30L2 s4 s4 02 $\Delta\sigma$ 2.6	1.62	1.88	718.8

NK_ADm_TYPE2Eh_30L2_s1_d2_02_Δσ2.6

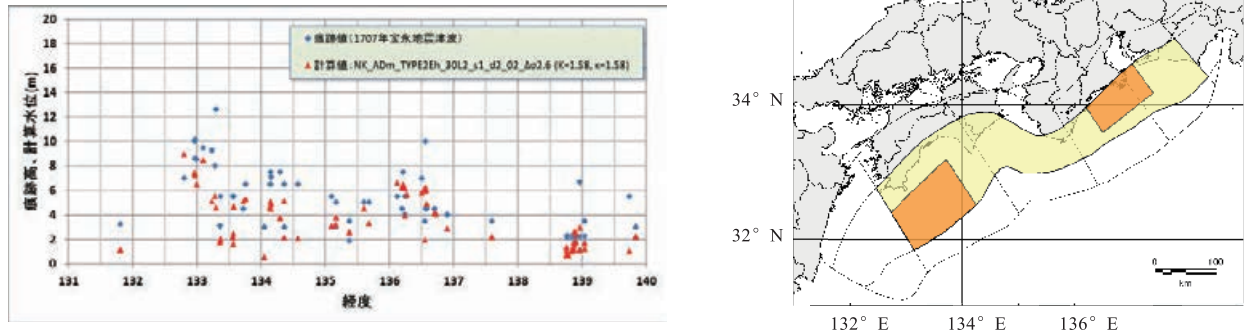


図 10.2-2 (左) 1707 年宝永地震の津波痕跡高(青菱形)とステップ 1 で残差二乗和が最小のモデルによる計算津波高(赤三角)との比較。(右) 残差二乗和が最小の特性化波源断層モデル。波源断層モデルの薄黄色の領域は背景すべり域、橙色の領域は大すべり域を示す。

NK_ADm_TYPE2Eh_30L2_s1_d2_Mw8.8_02

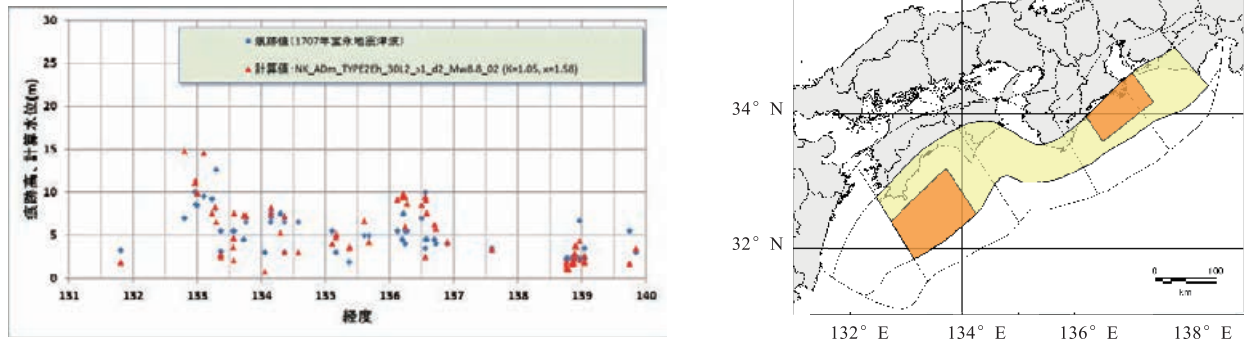


図 10.2-3 (左) 1707 年宝永地震の津波痕跡高(青菱形)とステップ 2 で設定した波源断層モデルの計算津波高(赤三角)との比較。(右) 対応する特性化波源断層モデル。波源断層モデルの薄黄色の領域は背景すべり域、橙色の領域は大すべり域を示す。

(2) ステップ 2

ステップ 1 での過小評価を解消するため、残差二乗和が最小となった波源断層モデル(図 10.2-2)の地震規模(すべり量)を調整する。長期評価(表 10.1-1)では宝永地震の M_w は評価されていないため、昭和南海地震、昭和東南海地震の M_w と M の関係から類推し $M_w 8.8$ とした。作成した波源断層モデルの断層パラメータを表 10.2-1 に示す。

表 10.2-3 ステップ 2 で設定した特性化波源断層モデルによる 1707 年宝永地震の津波痕跡高に対する K , κ , 残差二乗和

特性化波源断層モデル	K	κ	残差二乗和
NK_ADm_TYPE2Eh_30L2_s1_d2_Mw8.8_02	1.05	1.58	364.4

1707 年宝永地震の津波痕跡高と計算津波高との比較を図 10.2-3 に示す。計算高は津波痕跡高とよく合っていることが目視で確認できる。また、表 10.2-3 に示された残差二乗和, K , κ の値から、作成したモデルは K が 1 に近い値となり、ステップ 1 における過小評価は解消されたことが理解できる。すなわち、将来の地震を予測するために長期評価で想定されたスケーリング則から推定される地震規模に対して不確かさを考慮して調整することで津波痕跡高を再現することができた。

10.3 1854 年安政東海地震の津波痕跡を用いた再現性の検討

(1) ステップ 1

1854 年安政東海地震の震源域は、長期評価による領域 CEm に対応するものとする(震源域記号については、8.2 節参照)。この領域を震源域とする波源断層モデル(大すべり域を 1 つ配置したモデル)は 12 個設定されている(表 6.3.3-2、巻末資料 2_ 南海トラフ波源断層モデル図 図 13 参照)。これらの波源断層モデル群に対して再現性の検討を行う。領域 CEm を震源域とするモデル群の断層パラメータを表 10.3-1 に示す。

前節と同様に、4.2 節で選別した 1854 年安政東海地震の津波痕跡高(図 10.3-1)を、その地点から最も近いハザード評価点(汀線)において計算された最大水位(T.P.)と比較した。残差二乗和、 K 、 κ の値を表 10.3-2 に示す。目視による確認では、大すべり域が最も西側に位置する場合に再現性が高い傾向が認められた。そこで、大すべり域が最も西側に位置する 3 つの波源断層モデルに対する計算津波高と 1854 年安政東海地震の津波痕跡高との比較図を図 10.3-2 に示す。赤三角で示した計算高は青菱形で示した津波痕跡高の分布の特徴をとらえているものの、全体的に過小評価となっていることがわかる。また、表 10.3-2 に示した波源断層モデルに対する K の値は、いずれも 2 程度より大きな値となっている。

これらのことから、1854 年安政東海地震は、将来の地震を予測するために長期評価で想定されたスケーリング則から推定される $M_w 8.3$ (6.3.3 項の表 6.3.3-1) よりもやや規模の大きい地震であった可能性が示唆される。

表 10.3-1 領域 CEm を震源域とする特性化波源断層モデルのパラメータ

	ステップ1	ステップ2
M_w	8.3	8.6
M_0 (Nm)	4.21E+21	1.00E+22
断層面積 (km ²)	24969	
平均すべり量 (m)	3.4	8.0
大すべり域のすべり量 (m)	6.8	16.0
背景領域のすべり量 (m)	1.7	4.6
断層面積に対する大すべり域の面積比 (%)	30	
平均すべり量に対する大すべり域のすべり量比	2.0	
平均応力降下量 (MPa)	2.6	6.2

表 10.3-2 1854 年安政東海地震の津波痕跡高に対する各特性化波源断層モデルによる K 、 κ 、残差二乗和。図 10.3-2 の痕跡高と計算高の比較に用いた特性化波源断層モデルを薄橙色で示す。

特性化波源断層モデル	K	κ	残差二乗和
NK_CEm_TYPE2Eh_30L1_d1_02_Δσ2.6	2.01	1.68	602.8
NK_CEm_TYPE2Eh_30L1_d2_02_Δσ2.6	2.42	1.74	708.8
NK_CEm_TYPE2Eh_30L1_d3_02_Δσ2.6	2.81	1.74	855.8
NK_CEm_TYPE2Eh_30L1_d4_02_Δσ2.6	2.45	2.19	878.5
NK_CEm_TYPE2Eh_30L1_m1_02_Δσ2.6	1.92	1.73	588.9
NK_CEm_TYPE2Eh_30L1_m2_02_Δσ2.6	2.29	1.76	667.6
NK_CEm_TYPE2Eh_30L1_m3_02_Δσ2.6	2.59	1.74	781.2
NK_CEm_TYPE2Eh_30L1_m4_02_Δσ2.6	2.16	2.24	834.7
NK_CEm_TYPE2Eh_30L1_s1_02_Δσ2.6	1.89	1.72	571.9
NK_CEm_TYPE2Eh_30L1_s2_02_Δσ2.6	2.19	1.70	635.5
NK_CEm_TYPE2Eh_30L1_s3_02_Δσ2.6	2.47	1.71	742.6
NK_CEm_TYPE2Eh_30L1_s4_02_Δσ2.6	1.94	2.18	773.6

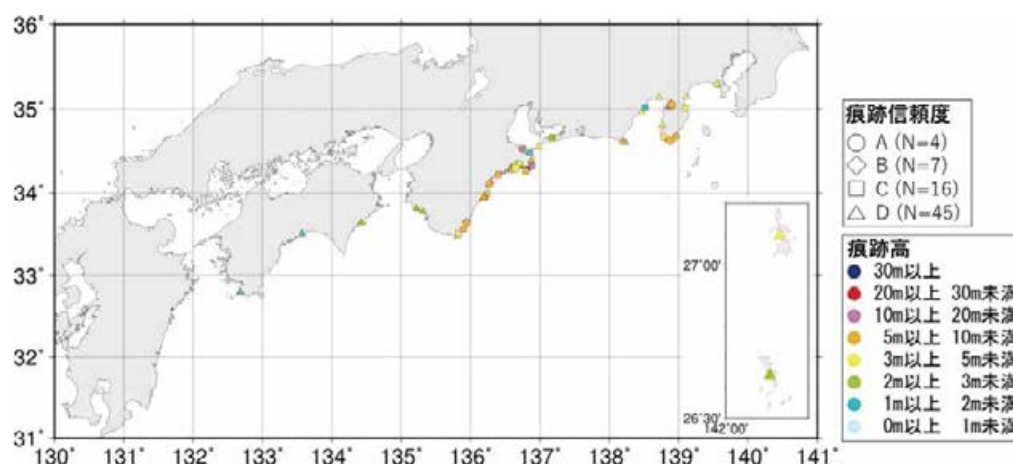
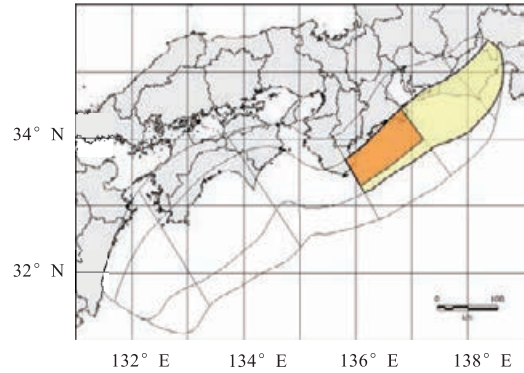
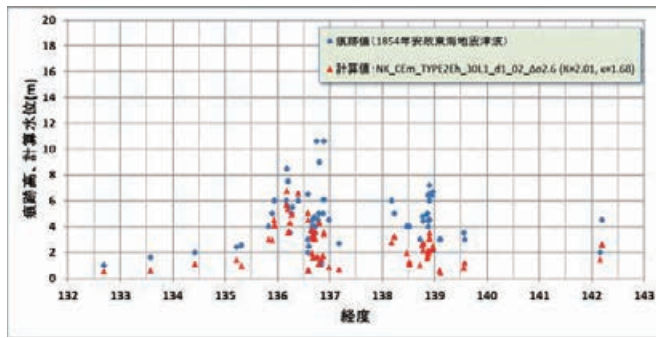
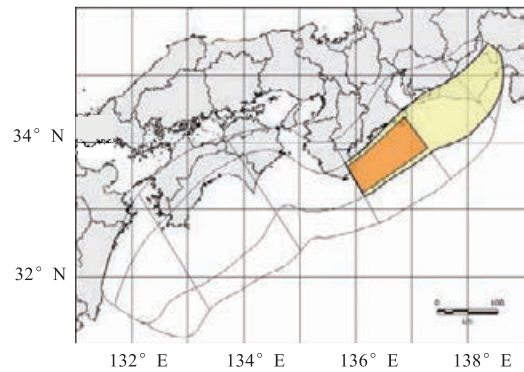
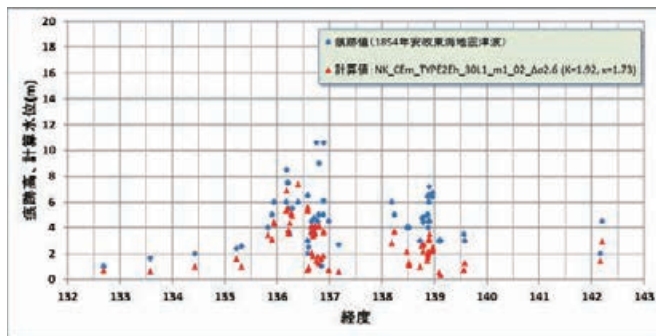


図 10.3-1 1854 年安政東海地震の津波痕跡高データ(図 4.2-1 再掲)

NK_CEm_TYPE2Eh_30L1_d1_02_Δσ2.6



NK_CEm_TYPE2Eh_30L1_m1_02_Δσ2.6



NK_CEm_TYPE2Eh_30L1_s1_02_Δσ2.6

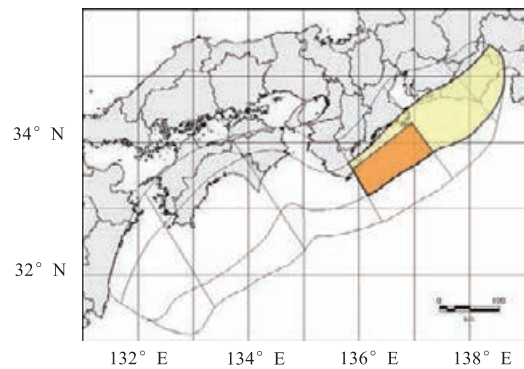
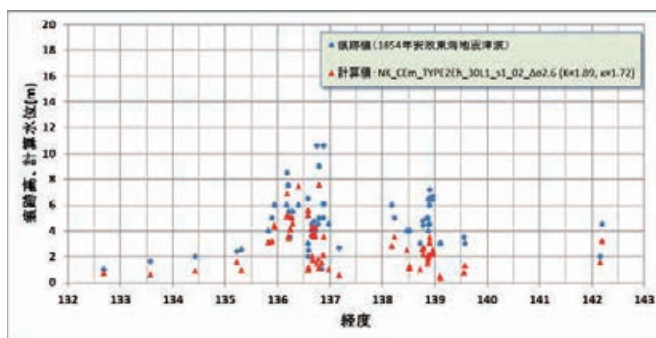


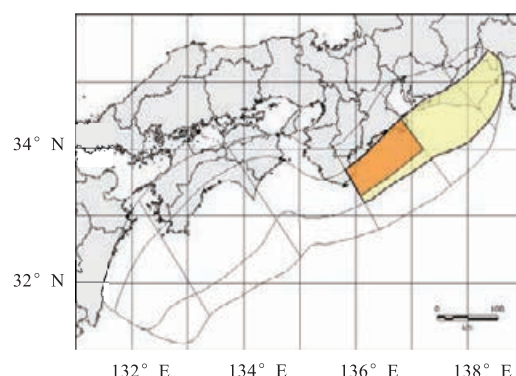
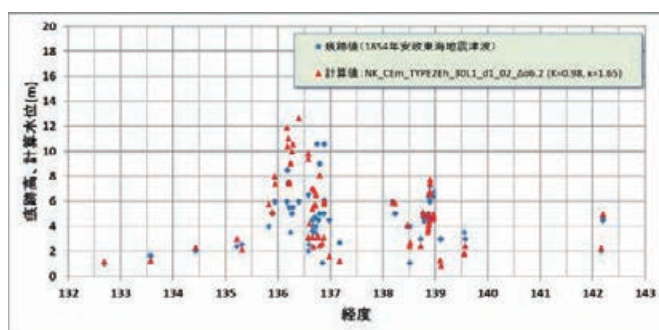
図 10.3-2 (左列) 1854 年安政東海地震の津波痕跡高(青菱形)とステップ 1 における計算津波高(赤三角)との比較。
(右列) 対応する特性化波源断層モデル。波源断層モデルの薄黄色の領域は背景すべり域、橙色の領域は大すべり域を示す。

(2) ステップ 2

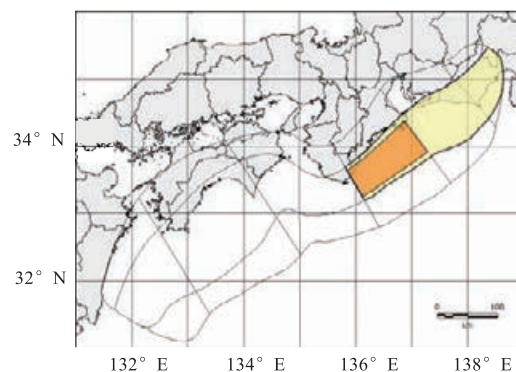
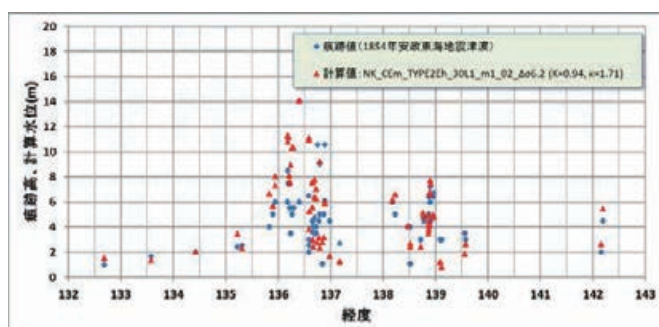
ステップ 1 での過小評価を解消するため、ステップ 1 で取り上げた 3 つの波源断層モデル(図 10.3-2)の地震規模(すべり量)を調整する。長期評価(表 10.1-1)では安政東海地震の M_w は評価されていないため、前節の 1707 年宝永地震の場合と同様に、昭和南海地震、昭和東南海地震の M_w と M の関係から類推し $M_w 8.6$ とした。ステップ 2 で設定したモデル群の断層パラメータを表 10.3-1 に示す。

3 つの波源断層モデルに対する計算津波高と 1854 年安政東海地震の津波痕跡高との比較図を図 10.3-3 に示す。3 つの波源断層モデルの計算高はいずれも津波痕跡高とよく合っていることが目視で確認できる。また、表 10.3-3 に示した残差二乗和、 K 、 κ の値から、作成した 3 つのモデルはいずれも K が 1 に近い値(0.93 ~ 0.98)となり、また、 κ もわずかながら小さくなり、ステップ 1 における過小評価は解消

NK_CEm_TYPE2Eh_30L1_d1_02_Δσ6.2



NK_CEm_TYPE2Eh_30L1_m1_02_Δσ6.2



NK_CEm_TYPE2Eh_30L1_s1_02_Δσ6.2

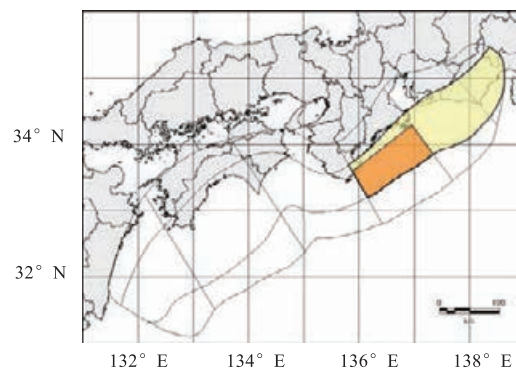
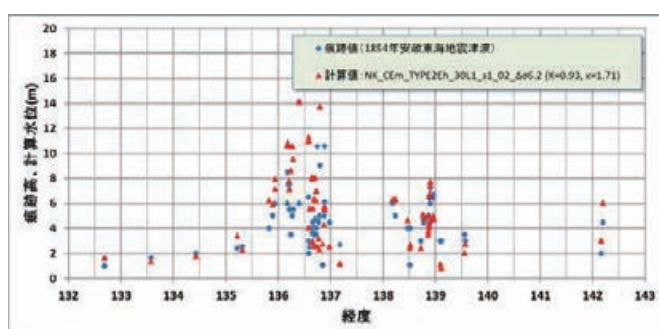


図 10.3-3 (左列) 1854 年安政東海地震の津波痕跡高(青菱形)とステップ 2 における計算津波高(赤三角)との比較。(右列) 対応する特性化波源断層モデル。波源断層モデルの薄黄色の領域は背景すべり域、橙色の領域は大すべり域を示す。

されたことが理解できる。以上より、1854 年安政東海地震については、長期評価で想定されたスケーリング則から推定される地震規模に対して不確実さを考慮して調整することで津波痕跡高を再現することができた。

表 10.3-3 ステップ 2 で設定した特性化波源断層モデルによる 1854 年安政東海地震の津波痕跡高に対する K , κ , 残差二乗和

特性化波源断層モデル	K	κ	残差二乗和
NK_CEm_TYPE2Eh_30L1_d1_02_Δσ6.2	0.98	1.65	478.9
NK_CEm_TYPE2Eh_30L1_m1_02_Δσ6.2	0.94	1.71	571.0
NK_CEm_TYPE2Eh_30L1_s1_02_Δσ6.2	0.93	1.71	591.9

10.4 1854 年安政南海地震の津波痕跡を用いた再現性の検討

(1) ステップ 1

1854 年安政南海地震の震源域は、長期評価による領域 ABm に対応するものとする（震源域記号については、8.2 節参照）。この領域を震源域とする波源断層モデル（大すべり域を 1 つ配置したモデル）は 12 個設定されている（表 6.3.3-2、巻末資料 2_ 南海トラフ波源断層モデル図 図 14 参照）。これらの波源断層モデル群に対して再現性の検討を行う。領域 ABm を震源域とするモデル群の断層パラメータを表 10.4-1 に示す。

前節までと同様に、4.2 節で選別した 1854 年安政南海地震の津波痕跡高（図 10.4-1）を、その地点から最も近いハザード評価点（汀線）において計算された最大水位（T.P.）と比較した。残差二乗和、 K 、 κ の値を表 10.4-2 に示す。残差二乗和の小さな 2 つの波源断層モデルに対する計算津波高と 1854 年安政南海地震の津波痕跡高との比較図を図 10.4-2 に示す。赤三角で示した計算高は青菱形で示した津波痕跡高の分布の特徴をある程度表現しているものの、全体的に過小評価となっていることがわかる。また、表 10.4-2 に示した波源断層モデルに対する K の値は、いずれも 1.7 程度より大きな値となっている。また、 κ の値は、波源断層モデル名に d1, d2, m1, m2, s1, s2 を含む大すべり域が西側に位置する場合に小さい傾向がみられる。

これらのことから、1854 年安政南海地震は、将来の地震を予測するために長期評価で想定されたスケールリング則から推定される $M_w 8.5$ (6.3.3 項の

表 10.4-1 領域 ABm を震源域とする特性化波源断層モデルのパラメータ

	ステップ1	ステップ2
M_w	8.5	8.6
M_0 (Nm)	7.49E+21	1.18E+22
断層面積 (km ²)	36670	
平均すべり量 (m)	4.1	6.5
大すべり域のすべり量 (m)	8.2	12.9
背景領域のすべり量 (m)	2.3	3.7
断層面積に対する大すべり域の面積比 (%)	30	
平均すべり量に対する大すべり域のすべり量比	2.0	
大すべり域のアスペクト比（走向方向/傾斜方向）	2.0	2.3
平均応力降下量 (MPa)	2.6	4.1

表 10.4-2 1854 年安政南海地震の津波痕跡高に対する各特性化波源断層モデルによる K , κ , 残差二乗和。図 10.4-2 の痕跡高と計算高の比較に用いた特性化波源断層モデルを薄橙色で示す。

特性化波源断層モデル	K	κ	残差二乗和
NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_d1_02_Δσ2.6	1.78	1.58	365.1
NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_d2_02_Δσ2.6	1.96	1.58	359.7
NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_d3_02_Δσ2.6	1.95	1.67	355.0
NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_d4_02_Δσ2.6	1.90	1.86	365.9
NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_m1_02_Δσ2.6	1.68	1.62	326.6
NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_m2_02_Δσ2.6	1.78	1.64	314.3
NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_m3_02_Δσ2.6	1.81	1.76	320.1
NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_m4_02_Δσ2.6	1.78	1.90	339.0
NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_s1_02_Δσ2.6	1.72	1.62	314.9
NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_s2_02_Δσ2.6	1.69	1.73	293.8
NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_s3_02_Δσ2.6	1.71	1.83	332.0
NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_s4_02_Δσ2.6	1.71	1.91	319.3

表 6.3.3-1) よりもやや規模の大きい地震であった可能性が唆される。

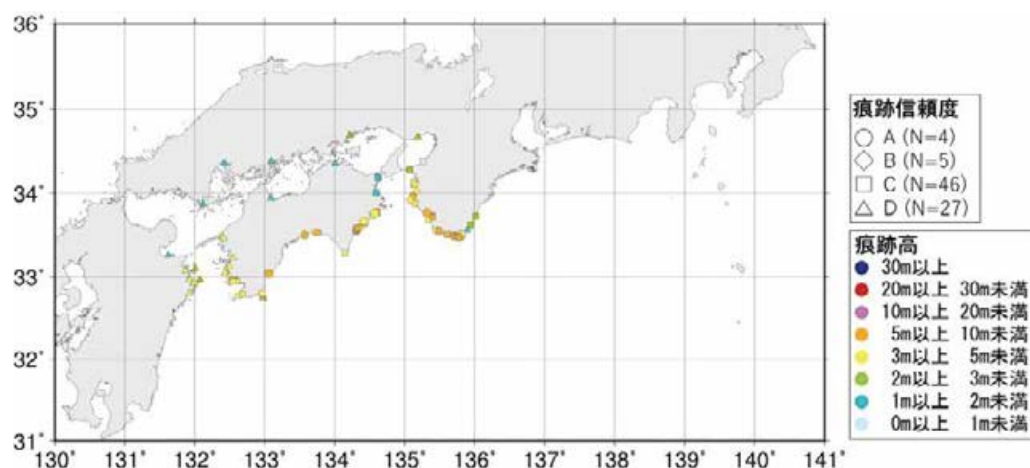
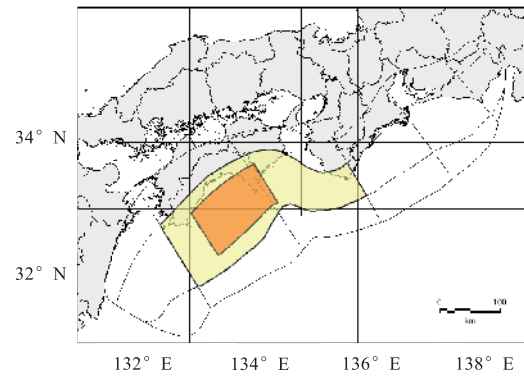
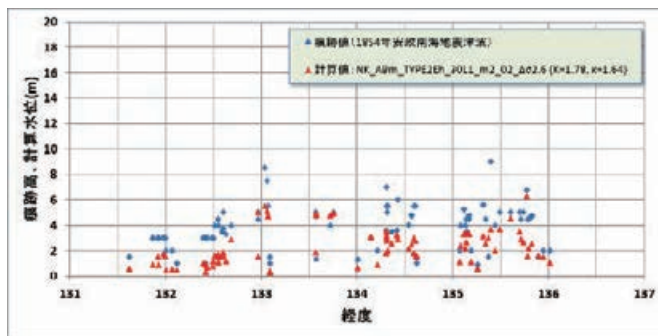


図 10.4-1 1854 年安政南海地震の津波痕跡高データ（図 4.2-1 再掲）

NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_m2_02_Δσ2.6



NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_s2_02_Δσ2.6

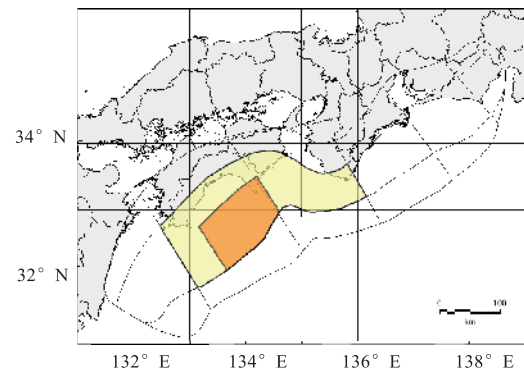
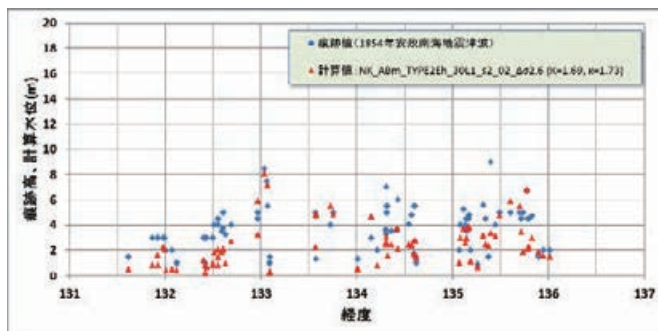
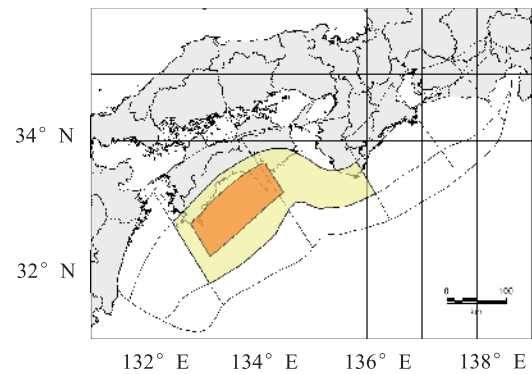
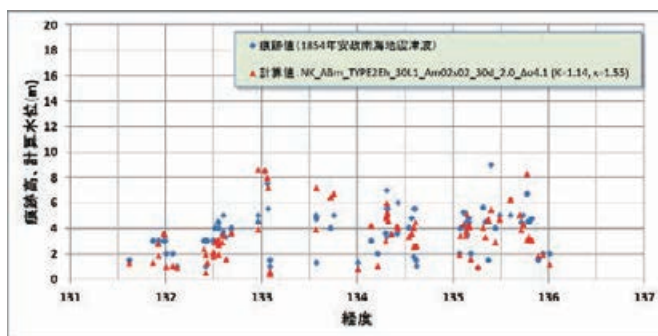


図 10.4-2 (左列) 1854 年安政南海地震の津波痕跡高 (青菱形) と計算津波高 (赤三角) との比較. (右列) 対応する特性化波源断層モデル. 波源断層モデルの薄黄色の領域は背景すべり域, 橙色の領域は大すべり域を示す.

NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_Am02s02_30d_2.0_Δσ4.1



NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_Am02s02_30s_2.0_Δσ4.1

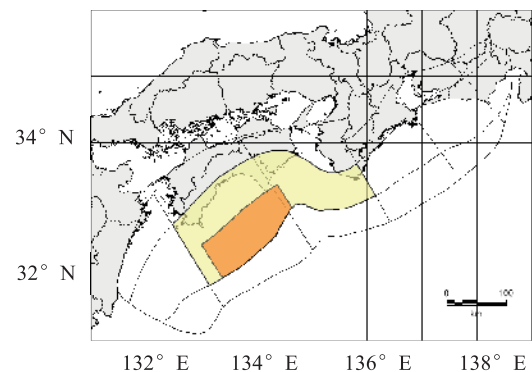
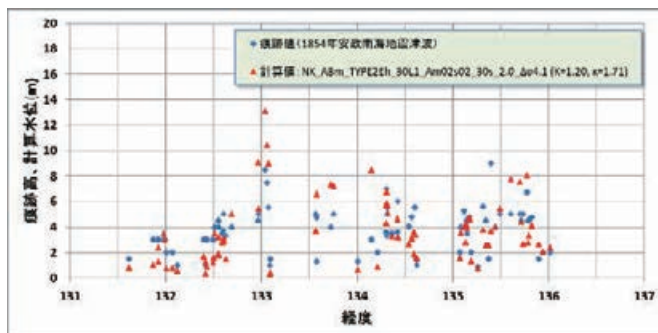


図 10.4-3 (左列) 1854 年安政南海地震の津波痕跡高 (青菱形) とステップ 2 で設定した波源断層モデルによる計算津波高 (赤三角) との比較. (右列) 対応する特性化波源断層モデル. 波源断層モデルの薄黄色の領域は背景すべり域, 橙色の領域は大すべり域を示す.

(2) ステップ 2

ステップ 1 での過小評価を解消するため、ステップ 1 で設定した波源断層モデルの地震規模（すべり量）を調整する。長期評価（表 10.1-1）では安政南海地震の M_w は評価されていないため、昭和南海地震、昭和東南海地震の M_w と M の関係から類推し $M_w 8.6$ とした。

ステップ 1 では大すべり域が西側に位置する場合に κ の値が改善される傾向がみられたことから、ステップ 1 での設定値よりも大きなアスペクト比（走向方向 / 傾斜方向）を持つ大すべり域を震源域西側に配置することで、大すべり域が震源域の西側を広く覆うようにした。また、大すべり域の深さを 2 通り設定した。ステップ 2 で設定した波源断層モデルの断層パラメータを表 10.4-1 に示す。

2 つの波源断層モデルに対する計算津波高と 1854 年安政南海地震の津波痕跡高との比較図を図 10.4-3 に示す。2 つの波源断層モデルの計算高はいずれも津波痕跡高によく合っていることが目視で確認できる。また、表 10.4-3 に示した残差二乗和、 K 、 κ の値から、作成した 2 つのモデルはいずれも K が 1 に近い値（1.14 ～ 1.20）となり、ステップ 1 における過小評価は解消されたことが理解できる。また、大すべり域を深くした場合には、ステップ 1 に比べ残差二乗和、 K 、 κ が大きく改善されていることもわかる。

以上から、1854 年安政南海地震については、長期評価で想定されたスケーリング則から推定される地震規模と、大すべり域の形状を調整することで津波痕跡高を再現することができた。

表 10.4-3 1854 年安政南海地震の津波痕跡高に対する
ステップ 2 で設定した特性化波源断層モデル
による K 、 κ 、残差二乗和

特性化波源断層モデル	K	κ	残差二乗和
NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_Am02s02_30d_2.0_Δσ4.1	1.14	1.55	175.8
NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_Am02s02_30s_2.0_Δσ4.1	1.20	1.71	297.4

10.5 1944 年昭和東南海地震の津波痕跡を用いた再現性の検討

(1) ステップ 1

1944 年昭和東南海地震の震源域は、長期評価による領域 CDm に対応するものとする（震源域記号については、8.2 節参照）。この領域を震源域とする波源断層モデル（大すべり域を 1 つ配置したモデル）は 12 個設定されている（表 6.3.3-2、巻末資料 2_ 南海トラフ波源断層モデル図 図 15 参照）。これらの波源断層モデル群に対して再現性の検討を行う。領域 CDm を震源域とするモデル群の断層パラメータを表 10.5-1 に示す。

前節までと同様に、4.2 節で選別した 1944 年昭和東南海地震の津波痕跡高（図 10.5-1）を、その地点から最も近いハザード評価点（汀線）において計算された最大水位（T.P.）と比較した。残差二乗和、 K 、 κ の値を表 10.5-2 に示す。目視による確認では、大すべり域が西側に位置する場合に再現性が高い傾向が認められた。そこで、大すべり域が西側に位置する 3 つの波源断層モデルに対する計算津波高と 1944 年昭和東南海地震の津波痕跡高との比較図を図 10.5-2 に示す。青菱形で示した津波痕跡高の方が赤三角で示した計算高よりも大きい地点が若干見られるものの、全体的には計算高は痕跡高を再現していると判断できる。また、残差二乗和が最小となった波源断層モデル（NK_CDm_TYPE2Eh_30L1_m1_02_Mw8.2_Δσ2.6）では、 $K = 1.04$ 、 $\kappa = 1.35$ となり、土木学会（2002）で示されている条件（ $0.95 < K < 1.05$ 、 $\kappa < 1.45$ ）を満たしている。以上より、1944 年昭和東南海地

表 10.5-1 領域 CDm を震源域とする特性化波源断層モデルのパラメータ

M_w	8.2
M_0 (Nm)	2.94E+21
断層面積 (km ²)	19668
平均すべり量 (m)	3.0
大すべり域のすべり量 (m)	6.0
背景領域のすべり量 (m)	1.7
断層面積に対する大すべり域の面積比 (%)	30
平均すべり量に対する大すべり域のすべり量比	2.0
平均応力降下量 (MPa)	2.6

表 10.5-2 1944 年昭和東南海地震の津波痕跡高に対する各特性化波源断層モデルによる K 、 κ 、残差二乗和。図 10.5-2 の痕跡高と計算高の比較に用いた特性化波源断層モデルを薄橙色で示す。

特性化波源断層モデル	K	κ	残差二乗和
NK_CDm_TYPE2Eh_30L1_d1_02_Mw8.2_Δσ2.6	1.08	1.34	112.3
NK_CDm_TYPE2Eh_30L1_d2_02_Mw8.2_Δσ2.6	1.50	1.55	288.3
NK_CDm_TYPE2Eh_30L1_d3_02_Mw8.2_Δσ2.6	2.43	1.76	731.2
NK_CDm_TYPE2Eh_30L1_d4_02_Mw8.2_Δσ2.6	2.67	1.66	819.9
NK_CDm_TYPE2Eh_30L1_m1_02_Mw8.2_Δσ2.6	1.04	1.35	111.5
NK_CDm_TYPE2Eh_30L1_m2_02_Mw8.2_Δσ2.6	1.60	1.65	325.1
NK_CDm_TYPE2Eh_30L1_m3_02_Mw8.2_Δσ2.6	2.33	1.70	709.5
NK_CDm_TYPE2Eh_30L1_m4_02_Mw8.2_Δσ2.6	2.51	1.64	768.2
NK_CDm_TYPE2Eh_30L1_s1_02_Mw8.2_Δσ2.6	1.05	1.36	119.7
NK_CDm_TYPE2Eh_30L1_s2_02_Mw8.2_Δσ2.6	1.73	1.63	366.3
NK_CDm_TYPE2Eh_30L1_s3_02_Mw8.2_Δσ2.6	2.37	1.63	730.8
NK_CDm_TYPE2Eh_30L1_s4_02_Mw8.2_Δσ2.6	2.43	1.64	752.2

震についてはステップ 1 の検討において再現性が確認されたと判断した。

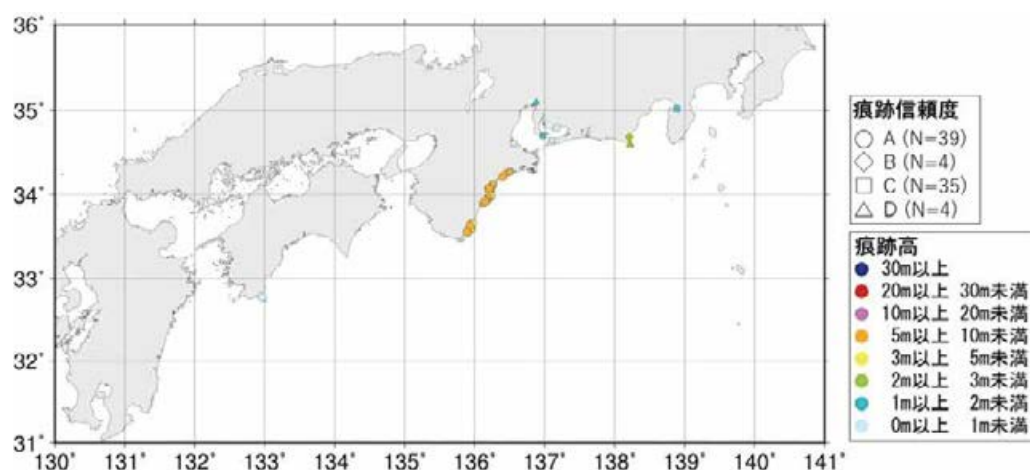
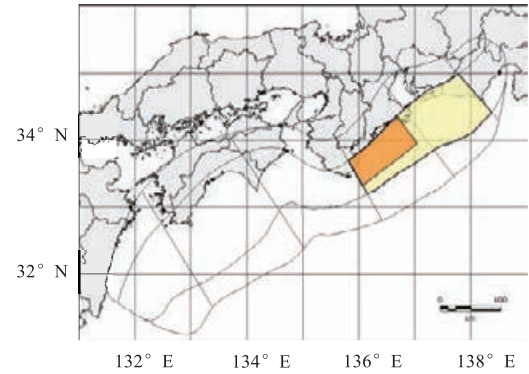
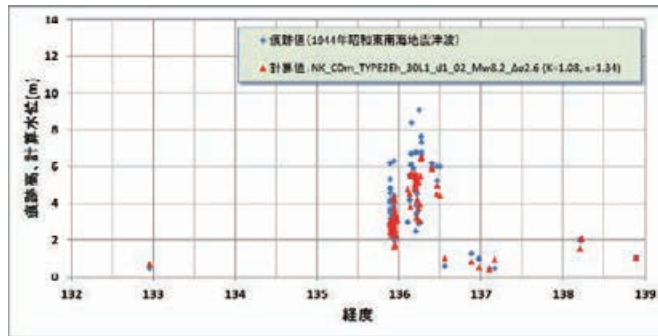
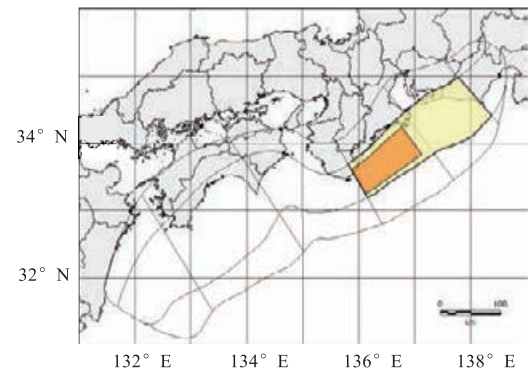
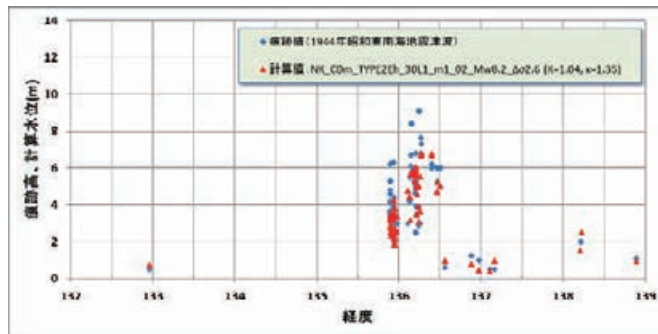


図 10.5-1 1944 年昭和東南海地震の津波痕跡高データ（図 4.2-1 再掲）

NK_CDm_TYPE2Eh_30L1_d1_02_Mw8.2_Δσ2.6



NK_CDm_TYPE2Eh_30L1_m1_02_Mw8.2_Δσ2.6



NK_CDm_TYPE2Eh_30L1_s1_02_Mw8.2_Δσ2.6

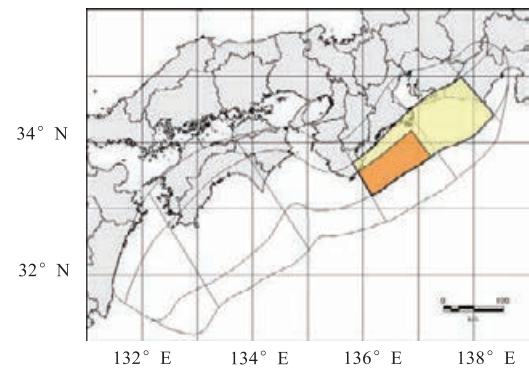
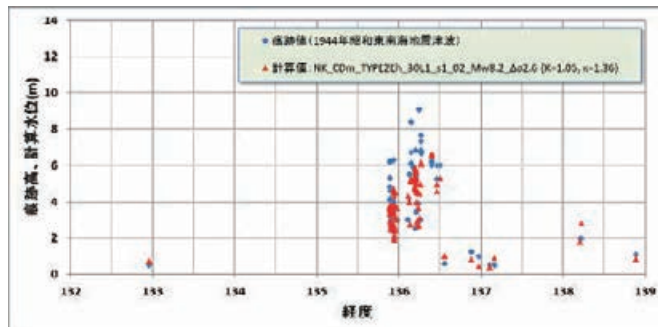


図 10.5-2 (左列) 1944 年昭和東南海地震の津波痕跡高(青菱形)と計算津波高(赤三角)との比較。(右列) 対応する特性化波源断層モデル。波源断層モデルの薄黄色の領域は背景すべり域, 橙色の領域は大すべり域を示す。

10.6 1946 年昭和南海地震の津波痕跡を用いた再現性の検討

(1) ステップ 1

1946 年昭和南海地震の震源域は、長期評価による領域 ABm に対応するものとする（震源域記号については、8.2 節参照）。この領域を震源域とする波源断層モデル（大すべり域を 1 つ配置したモデル）は 12 個設定されている（表 6.3.3-2、巻末資料 2_ 南海トラフ波源断層モデル図 図 14 参照）。これらの波源断層モデル群に対して再現性の検討を行う。領域 ABm を震源域とするモデル群の断層パラメータを表 10.6-1 に示す。

前節までと同様に、4.2 節で選別した 1946 年昭和南海地震の津波痕跡高（図 10.6-1）を、その地点から最も近いハザード評価点（汀線）において計算された最大水位（T.P.）と比較した。残差二乗和、 K 、 κ の値を表 10.6-2 に示す。目視での確認により再現性が高いと判断された 2 つの波源断層モデルに対する計算津波高と 1946 年昭和南海地震の津波痕跡高との比較図を図 10.6-2 に示す。東経 $135^{\circ} \sim 136^{\circ}$ にかけて青菱形で示した津波痕跡高の方が赤三角で示した計算高よりも大きい地点が若干見られるものの、全体的には計算高は痕跡高を再現していると判断できる。また、これらの 2 つの波源断層モデルについては、土木学会（2002）で示されている条件（ $0.95 < K < 1.05$, $\kappa < 1.45$ ）を満たす、あるいは、ほぼ満たしている。以上より、1946 年昭和南海地震についてはステップ 1 の検討において再現性が確認されたと判断した。

表 10.6-1 領域 ABm を震源域とする特性化波源断層モデルのパラメータ

M_w	8.5
M_0 (Nm)	7.49E+21
断層面積 (km ²)	36670
平均すべり量 (m)	4.1
大すべり域のすべり量 (m)	8.2
背景領域のすべり量 (m)	2.3
断層面積に対する大すべり域の面積比 (%)	30
平均すべり量に対する大すべり域のすべり量比	2.0
平均応力降下量 (MPa)	2.6

表 10.6-2 1946 年昭和南海地震の津波痕跡高に対する各特性化波源断層モデルによる K , κ , 残差二乗和。図 10.6-2 の痕跡高と計算高の比較に用いた特性化波源断層モデルを薄橙色で示す。

特性化波源断層モデル	K	κ	残差二乗和
NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_d1_02_Δσ2.6	1.36	1.53	223.6
NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_d2_02_Δσ2.6	1.17	1.40	147.3
NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_d3_02_Δσ2.6	1.21	1.39	118.4
NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_d4_02_Δσ2.6	0.93	1.42	73.6
NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_m1_02_Δσ2.6	1.23	1.48	175.4
NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_m2_02_Δσ2.6	1.05	1.42	132.4
NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_m3_02_Δσ2.6	1.10	1.51	144.0
NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_m4_02_Δσ2.6	0.87	1.41	73.8
NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_s1_02_Δσ2.6	1.14	1.50	180.4
NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_s2_02_Δσ2.6	0.97	1.50	154.3
NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_s3_02_Δσ2.6	1.03	1.49	132.4
NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_s4_02_Δσ2.6	0.85	1.41	74.8

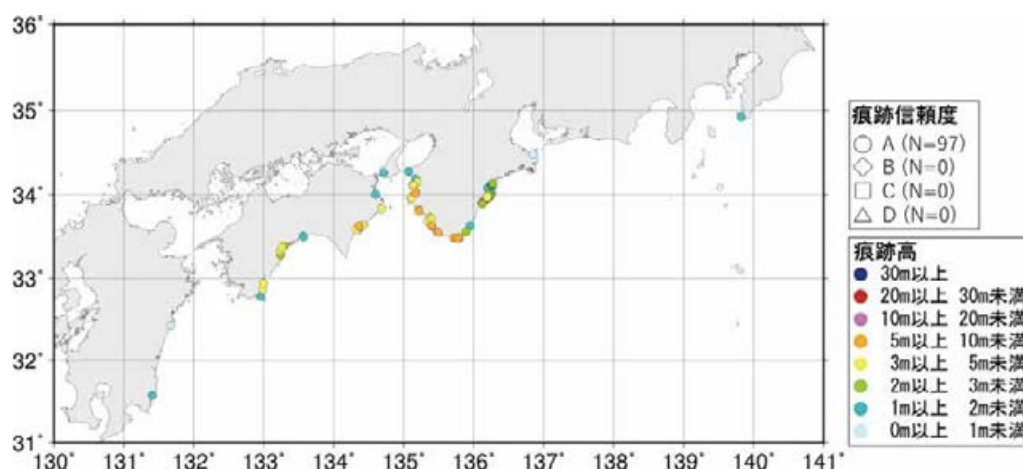
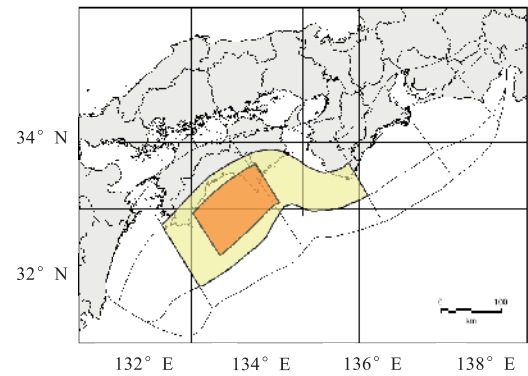
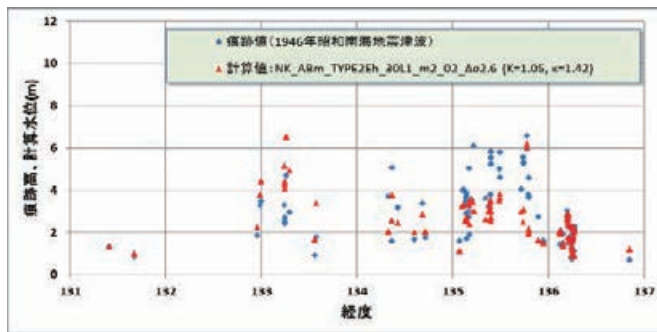


図 10.6-1 1946 年昭和南海地震の津波痕跡高データ（図 4.2-1 再掲）

NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_m2_02_Δσ2.6



NK_ABm_TYPE2Eh_30L1_s3_02_Δσ2.6

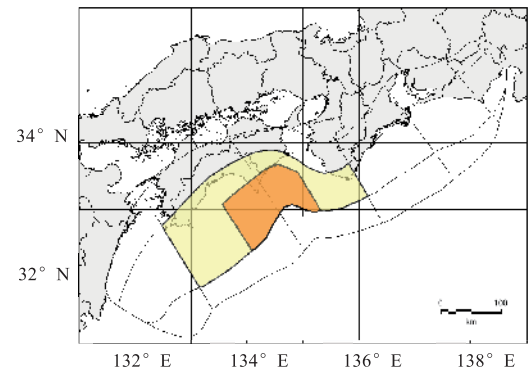
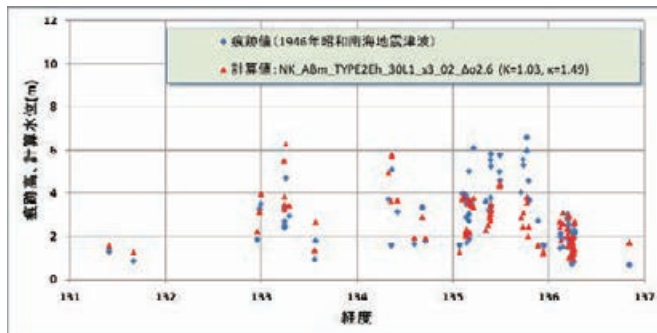


図 10.6-2 (左列) 1946 年昭和南海地震の津波痕跡高 (青菱形) と計算津波高 (赤三角) との比較.
(右列) 対応する特性化波源断層モデル. 波源断層モデルの薄黄色の領域は背景すべり域, 橙色の領域は大すべり域を示す.

10.7 まとめ

宝永地震以降の 5 つの南海トラフ沿いの大地震を検討対象として、6 章で作成した各地震の震源域に対応する複数の特性化波源断層モデルを用いた津波伝播遡上計算結果と、4 章で取りまとめた各地震の津波痕跡高データとを比較することで、特性化波源断層モデルの妥当性を検討した。

1944 年昭和東南海地震、1946 年昭和南海地震については、6 章で作成された波源断層モデルによって津波痕跡高を再現することができた。1856 年安政東海地震、1707 年宝永地震については、長期評価と不整合のない範囲で地震規模を調整することで痕跡高を再現することができた。また、1856 年安政南海地震については、地震規模と大すべり域の形状を調整することで津波痕跡高を再現することができた。

以上のように、地震調査委員会 (2017) による「波源断層を特性化した津波の予測手法 (津波レシピ)」に基づいて作成された特性化波源断層モデルに対して、長期評価と不整合のない範囲で地震規模等の調整を行うことで過去の南海トラフ沿いの大地震による津波痕跡高を再現することができ、津波レシピに基づく特性化波源断層モデルの妥当性が確認された。なお、本章では 6 章で作成した波源断層モデルの面積を固定して検討を行ったが、波源断層モデルの面積を調整することによって過去の南海トラフ沿いの大地震による津波痕跡高を再現できる可能性を否定するものではない。

10 章の参考文献

- 1) Aida, I. (1978): Reliability of a tsunami source model derived from fault parameters, *J. Phys. Earth*, **26**, 57-73.
- 2) 土木学会原子力土木委員会津波評価部会 (2002) : 原子力発電所の津波評価技術 付属編, 212pp.
- 3) Imamura F., Yalciner A. C., and Ozyurt G. (2006) : TSUNAMI MODELLING MANUAL (TUNAMI model), <http://www.tsunami.civil.tohoku.ac.jp/hokusai3/J/proproje/manual-ver-3.1.pdf> (2019 年 10 月 24 日参照).
- 4) 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2013) : 南海トラフの地震活動の長期評価 (第二版).
- 5) 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2017) : 波源断層を特性化した津波の予測手法 (津波レシピ).
- 6) Kajiura, K. (1963) : The leading wave of a tsunami, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **41**, 535-571.
- 7) Okada, Y. (1992) : Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **82**, 1018-1040.
- 8) Tanioka, Y. and K. Satake (1996) : Tsunami generation by horizontal displacement of ocean bottom, *Geophysical Research Letters*, Vol. **23**, No. 8, 861-864.

11. 平均応力降下量の津波高さへの影響の検討

11.1 背景

6.2.1 項で述べた通り、将来の津波の予測や評価を試みた既往研究において南海トラフ周辺のプレート間地震を対象に設定された平均応力降下量($\Delta\sigma$)には認識論的不確定性がある。「津波レシピ」(地震調査研究推進本部, 2017)では、地震モーメントと断層面積の経験的関係を用いて特性化波源断層モデル(これ以降、特段の必要がない限り、波源断層モデルと呼ぶ)の規模(断層面積あるいは地震モーメント)を設定するとしており、地震モーメントと断層面積の経験的関係式(スケーリング則)としては、過去の地震のデータがある程度得られている場合には、その地域性を考慮した式を用いるとしている。しかしながら、上述のように $\Delta\sigma$ の値には認識論的不確定性があり、 $\Delta\sigma$ の値の変化によってスケーリング則から算出される波源断層モデルの M_w や平均すべり量も変化するため、津波ハザードカーブへも大きな影響があると考えられる。一方で、水深に対して波高が十分に小さい場合にはグリーンの法則で表されるように、沖合の津波高さ(初期水位)と沿岸の津波高さには線形の関係が期待される。初期水位の高さは $\Delta\sigma$ に依存しており、 $\Delta\sigma$ と海岸での最大水位上昇量の関係を明らかにできれば、ある $\Delta\sigma$ を仮定した津波伝播遡上計算による海岸での最大水位上昇量を、任意の $\Delta\sigma$ に対する海岸での最大水位上昇量に変換できる可能性がある。そこで、 $\Delta\sigma$ の値を変えることによって海岸の津波高さがどの程度変化するかを把握するため、 $\Delta\sigma$ の値を系統的に変えたパラメータスタディ(以下、パラスタ)を行った。

11.2 検討モデルの設定

パラスタに用いる波源断層モデルは南海トラフ沿い、日本海溝沿い、千島海溝沿いに設定した。平均応力降下量 $\Delta\sigma$ が 3.0 MPa、地震規模が $M_w8.3$ および $M_w9.0$ のものを基準モデルとし、基準モデルからの $\Delta\sigma$ の変化倍率をその常用対数が ± 0.20 , ± 0.15 , ± 0.10 , ± 0.05 となるようなモデル群を構築した。その際、断層面積 S を固定して $\Delta\sigma$ の変化に対し平均すべり量 D および M_0 , M_w を変化させた。断層パラメータの算出には式(11.2-1)～(11.2-4)を用いた。剛性率 μ は 5.0×10^{10} Nm とした。 $M_w8.3$ の基準モデル($\Delta\sigma = 3.0$ MPa)の平均すべり量 D は 3.5 m となり、

$\Delta\sigma$ の変化(常用対数で ± 0.20)は、 M_w については 8.167 ～ 8.433, D については 2.21 m ～ 5.55 m の変化に対応する。同様に、 $M_w9.0$ の基準モデル($D = 7.85$ m)に対しては、 M_w は 8.867 ～ 9.133, D は 4.95 m ～ 12.43 m の変化に対応する。

$$M_w = \frac{\log_{10} M_0 - 9.1}{1.5} \quad (11.2-1)$$

$$M_0 = \frac{16}{7 \times \pi^{\frac{3}{2}}} \times \Delta\sigma \times S^{\frac{3}{2}} \quad (11.2-2)$$

$$M_0 = \mu DS \quad (11.2-3)$$

$$D = \frac{16}{7 \times \pi^{\frac{3}{2}} \times \mu} \times \Delta\sigma \times S^{\frac{1}{2}} \quad (11.2-4)$$

波源断層モデルの位置は、上端深さを揃えらるとともに、海溝軸(トラフ軸)方向に概ね等間隔に設定した。 $M_w9.0$ の基準モデルでは大すべり域と背景すべり領域の2種類のすべり量で表現される波源断層モデル(2段階すべりモデル)と、これらに超大すべり域を加えた3種類のすべり量で表現される波源断層モデル(3段階すべりモデル)を設定し、大すべり域、超大すべり域は震源域の浅部中央に配置させた(大すべり域、超大すべり域については6章を参照)。一方、 $M_w8.3$ の基準モデルでは2段階すべりモデルのみを設定し、大すべり域は震源域中央に配置させた。また、波源断層モデルの上端深さを 0 km とすることを基本とし、3段階すべりモデルについては断層上端深さを 3 km 深くしたケースも設定した。これは、断層上端を深さ 0 km よりも若干深く設定することで、波長の短い大振幅の津波を生じさせるような初期水位分布が得られるためである(藤原ほか, 2015)。パラスタに用いた波源断層モデルの諸元、個数および位置を表 11.2-1、表 11.2-2 に示す。平均応力降下量 $\Delta\sigma$ のパラスタの検討に用いる全波源断層モデルの総数は 198 個である。なお、 $M_w9.0$ の基準モデルについては、既存の領域区分を基に震源域を設定しているため断層面積はそれぞれ異なる(表 11.2-1)。

津波伝播遡上計算の計算条件は7章と同様である。地殻変動量計算を行う際の地形モデルは、南海トラフ沿いの計算では7.1節で述べた地形モデルのうち UTM53 帯地形モデルを、日本海溝沿いと千島海溝沿いを対象とした計算では藤原ほか

(2015) で作成された UTM54 帯の地形モデルを用いた。なお、日本海溝沿いと千島海溝沿いを対象とした計算に用いる計算領域は同一である。図

11.2-1 に南海トラフ沿いの波源断層モデルに対する計算領域と日本海溝・千島海溝沿いの波源断層モデルに対する計算領域を示す。

表 11.2-1 $M_w9.0$ として設定した波源断層モデル

地震発生領域	すべり量分布図 (3段階すべりモデル)	基準モデルのパラメータ				モデル数			合計
		断層面積 [km ²]	$\Delta\sigma$ [MPa]	Mw	Mo [Nm]	2段階 すべり モデル	3段階 すべり モデル	3段階 +3km モデル	
南海トラフ		94557	3.0	9.0	3.58E+22	9	9	9	27
		78514	3.0	8.9	2.71E+22	9	9	9	27
日本海溝		107968	3.0	9.0	4.37E+22	9	9	9	27
		110249	3.0	9.0	4.51E+22	9	9	9	27
千島海溝		102127	3.0	9.0	4.02E+22	9	9	9	27

表 11.2-2 $M_w8.3$ として設定した波源断層モデル

地震発生領域	すべり量分布図	基準モデルのパラメータ				モデル数	合計
		断層面積 [km ²]	$\Delta\sigma$ [MPa]	Mw	Mo [Nm]	2段階 すべり モデル	
南海トラフ		20248	3.0	8.3	2.24E+21	9	9
		20248	3.0	8.3	2.24E+21	9	9
		20248	3.0	8.3	2.24E+21	9	9
日本海溝		20248	3.0	8.3	2.24E+21	9	9
		20248	3.0	8.3	2.24E+21	9	9
		20248	3.0	8.3	2.24E+21	9	9
千島海溝		20248	3.0	8.3	2.24E+21	9	9

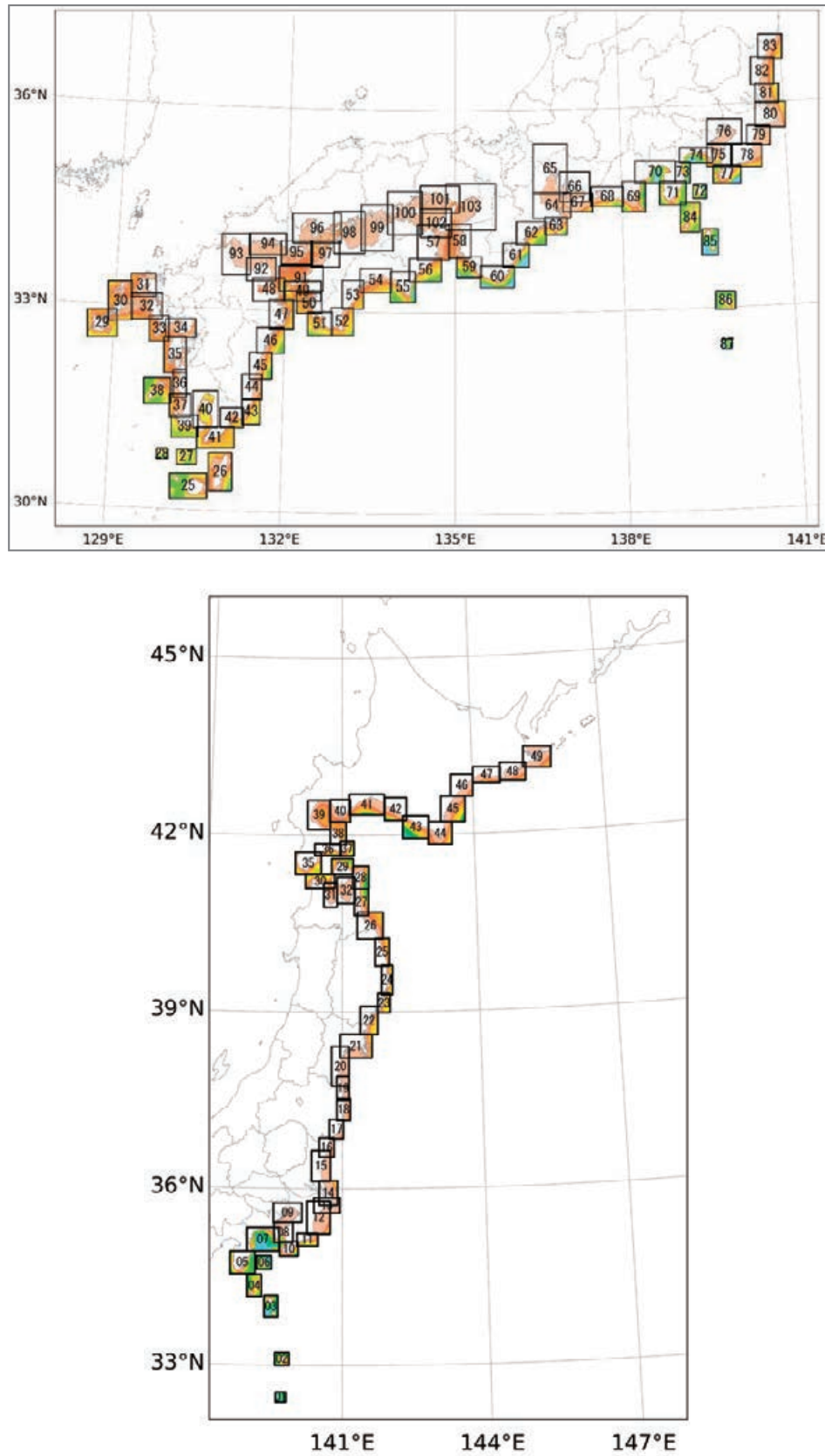


図 11.2-1 (上)南海トラフ沿いの波源断層モデルに対する計算領域(図 7.1.2-4 再掲)。(下)日本海溝沿いと千島海溝沿いの波源断層モデルに対する計算領域。

11.3 津波伝播遡上計算に基づく検討

まず、ある平均応力降下量 $\Delta\sigma_j$ の波源断層モデルによる海岸での最大水位上昇量 $H_{\Delta\sigma_j}(i)$ と、 $\Delta\sigma=3.0$ MPa の基準モデルによる海岸での最大水位上昇量 $H_{3.0}(i)$ の比 $r_{\Delta\sigma_j}(i)$ を次式により求める。

$$r_{\Delta\sigma_j}(i) = \frac{H_{\Delta\sigma_j}(i)}{H_{3.0}(i)} \quad (11.3-1)$$

ここで、 i は i 番目の海岸（ハザード評価点）を示す。次に、 $r_{\Delta\sigma_j}(i)$ の幾何平均 $\bar{r}_{\Delta\sigma_j}$ 、および幾何標準偏差（常用対数標準偏差） $S_{\Delta\sigma_j}$ を、波源断層モデル毎、海域毎、3 つの海域の全ての波源断層モデルに対して式 (11.3-2)、および式 (11.3-3) により算出し、 $\Delta\sigma$ の変化倍率と幾何平均、常用対数標準偏差の対応表を作成した。

$$\log \bar{r}_{\Delta\sigma_j} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \log r_{\Delta\sigma_j}(i) \quad (11.3-2)$$

$$\log S_{\Delta\sigma_j} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\log r_{\Delta\sigma_j}(i) \right)^2 - \left(\log \bar{r}_{\Delta\sigma_j} \right)^2} \quad (11.3-3)$$

ここで、 N はハザード評価点ののべ数を示す。

南海トラフ沿い、日本海溝沿い、千島海溝沿いの海域毎に、各波源断層モデルに対する平均応力降下量比 ($\Delta\sigma_j/\Delta\sigma$) と最大水位上昇量比の幾何平均 $\bar{r}_{\Delta\sigma_j}$ 、および常用対数標準偏差 $S_{\Delta\sigma_j}$ を表 11.3-1 ～表 11.3-3 に示す。また、平均応力降下量比と最大水位上昇量比の幾何平均との関係を図 11.3-1 ～図 11.3-3 に示す。図中には、関係を直線近似した場合の傾き a の値を示している。なお、直線近似は対数スケールで行った。

南海トラフ沿いの波源断層モデルに対しては、平均応力降下量比と最大水位上昇量比の関係がほぼ直線上に乗っている。これは、応力降下量、すなわち初期水位の高さと海岸での最大水位上昇量の間に強い正の相関があることを示している。なお、 $M_w9.0$ のモデルでは傾き a が 0.83～0.86 程度であるのに対し、 $M_w8.3$ のモデルでは 0.84～0.90 程度とやや大きな値になっており、規模の小さい地震による海岸の最大水位上昇量の方が応力降下量の変化に敏感であることが示唆される。

平均応力降下量比が 1 から離れるにつれ最大水位上昇量比の対数標準偏差が大きくなる傾向が見られ、常用対数標準偏差で 0.01 ～ 0.03 程度の値であ

る。これは、5.3.2 項で述べた σ 計算誤差の 0.15（常用対数標準偏差）よりも小さい。また、断層上端深さを 0 km とした場合と 3 km とした場合で大きな違いは見られなかった。

日本海溝沿いの波源断層モデルに対しては、南海トラフ沿いと同様の傾向が見られ、 $M_w9.0$ のモデルに対する傾き a (0.82～0.85) と比較して、 $M_w8.3$ のモデルでの傾き a (0.85～0.87) はやや大きい。

千島海溝沿いの波源断層モデルに対しては、 $M_w9.0$ の地震の傾き a の値が南海トラフ沿い、日本海溝沿いに比べて大きい傾向が見られたが (0.87 ～ 0.88)、 $M_w8.3$ のモデルの傾き a は南海トラフ沿いおよび日本海溝沿いとほぼ同じであった (約 0.87)。

最大水位上昇量比のばらつきに関連して、平均応力降下量別の最大水位上昇量比 $r_{\Delta\sigma_j}(i)$ (式 (11.3-1)) の常用対数をとって作成した度数分布を波源断層モデル毎に図 11.3-4 ～図 11.3-6 に示す。最大水位上昇量比の度数分布は 0 を中心に左右対称の分布を示しており、平均応力降下量比が 1 から乖離するほどばらつき (対数標準偏差) が大きくなっている。そこで、対数スケールで最大水位上昇量比を平均応力降下量比 R で規格化した値 $\log_{10} r_{\Delta\sigma_j}(i) / \log_{10} R$ の確率密度分布図を作成し、図 11.3-4 ～図 11.3-6 に併せて示した。平均応力降下量比毎の $\log_{10} r_{\Delta\sigma_j}(i) / \log_{10} R$ の確率密度分布は概ね重なり合っており、正規分布 (対数正規分布) に近い形状となっているものの、平均応力降下量比が 1 から乖離するにつれ、徐々に対数正規分布から乖離した形状となることが見て取れる。このことから、平均応力降下量比が 1 から大きく離れない範囲であるならば、最大水位上昇量比のばらつきを対数正規分布の確率モデルによって表現することが可能と考えられる。図 11.3-4 ～図 11.3-6 において $\Delta\sigma = 2.12$ および $\Delta\sigma = 4.23$ (常用対数で ± 0.15) で対数正規分布から乖離し始めていると判断できることから、平均応力降下量比が、

$$-0.15 < \log R < 0.15 \quad (11.3-4)$$

の範囲では最大水位上昇量比のばらつきを対数正規分布で扱うことができると考えられる。

平均応力降下量比と海岸の最大水位上昇量比との関係を、3 つの海域のすべての波源断層モデルに対して算出した結果と海域別に算出した結果を図

11.3-7 に示す。図中には、平均応力降下量比と最大水位上昇量比の幾何平均の分布から求めた近似直線も示している。また、 $\log_{10} r_{\Delta\sigma_j}(i) / \log_{10} R$ の確率密度分布について、3 つの海域のすべての波源断層モデルに対する結果を重ねたものと、海域別にまとめたものを図 11.3-8 に示す。図 11.3-7, 図 11.3-8 から、本研究資料(第一部本編)で適用する平均応力降下量比 R に対する海岸の最大水位上昇量の変化率 r は

$$\log r / \log R = 0.856 \quad (11.3-5)$$

と表される。6.3.3 項や 8.1.4 項で述べたように、本研究資料(第一部本編)では平均応力降下量 3.0 MPa に相当する波源断層モデル群に対して津波伝播遡上計算を行い、その結果に対して式(11.3-5)の関係を適用することで平均応力降下量 2.6 MPa の波源断層モデル群に相当する最大水位上昇量を求めている。なお、最大水位上昇量比のばらつきは

$$\sigma_{\text{応力降下量比}} = 0.161 \times |\log R| \quad (11.3-6)$$

で表される。

表 11.3-1 南海トラフ沿いの波源断層モデルに対する平均応力降下量比と海岸の最大水位上昇量比の幾何平均と対数標準偏差(上段, 中段: $M_w9.0$ の波源断層モデル. SLm と書かれたモデルは超大すべり域のあるモデル, +3_90 と書かれたモデルは断層上端深さを 3 km 深くしたモデル. 下段: $M_w8.3$ の波源断層モデル.)

NK_ZBall_L1_s2_90				NK_ZBall_L1_s2+SLm+0_90				NK_ZBall_L1_s2+SLm+3_90			
平均応力 降下量	平均応力 降下量比	最大水位上昇量比		平均応力 降下量	平均応力 降下量比	最大水位上昇量比		平均応力 降下量	平均応力 降下量比	最大水位上昇量比	
		幾何 平均	対数 標準偏差			幾何 平均	対数 標準偏差			幾何 平均	対数 標準偏差
1.89	0.63	0.677	0.026	1.89	0.63	0.676	0.029	1.89	0.63	0.677	0.030
2.12	0.71	0.747	0.021	2.12	0.71	0.746	0.023	2.12	0.71	0.747	0.023
2.38	0.79	0.824	0.015	2.38	0.79	0.823	0.017	2.38	0.79	0.823	0.017
2.67	0.89	0.908	0.008	2.67	0.89	0.908	0.009	2.67	0.89	0.908	0.009
3.00	1.00	1.000	0.000	3.00	1.00	1.000	0.000	3.00	1.00	1.000	0.000
3.36	1.12	1.101	0.008	3.36	1.12	1.101	0.009	3.36	1.12	1.101	0.010
3.77	1.26	1.211	0.015	3.77	1.26	1.212	0.018	3.77	1.26	1.211	0.018
4.23	1.41	1.331	0.022	4.23	1.41	1.334	0.025	4.23	1.41	1.331	0.026
4.75	1.58	1.461	0.029	4.75	1.58	1.466	0.033	4.75	1.58	1.462	0.033

NK_BEall_L1_s2_90				NK_BEall_L1_s3+SLm+0_90				NK_BEall_L1_s3+SLm+3_90			
平均応力 降下量	平均応力 降下量比	最大水位上昇量比		平均応力 降下量	平均応力 降下量比	最大水位上昇量比		平均応力 降下量	平均応力 降下量比	最大水位上昇量比	
		幾何 平均	対数 標準偏差			幾何 平均	対数 標準偏差			幾何 平均	対数 標準偏差
1.89	0.63	0.671	0.029	1.89	0.63	0.678	0.030	1.89	0.63	0.680	0.030
2.12	0.71	0.741	0.023	2.12	0.71	0.748	0.024	2.12	0.71	0.749	0.024
2.38	0.79	0.819	0.017	2.38	0.79	0.824	0.017	2.38	0.79	0.825	0.018
2.67	0.89	0.905	0.010	2.67	0.89	0.908	0.010	2.67	0.89	0.909	0.010
3.00	1.00	1.000	0.000	3.00	1.00	1.000	0.000	3.00	1.00	1.000	0.000
3.36	1.12	1.104	0.011	3.36	1.12	1.100	0.010	3.36	1.12	1.099	0.010
3.77	1.26	1.218	0.018	3.77	1.26	1.209	0.018	3.77	1.26	1.207	0.018
4.23	1.41	1.343	0.026	4.23	1.41	1.328	0.026	4.23	1.41	1.326	0.026
4.75	1.58	1.479	0.033	4.75	1.58	1.458	0.034	4.75	1.58	1.455	0.033

NK_W_L1_mm_83				NK_M_L1_mm_83				NK_E_L1_mm_83			
平均応力 降下量	平均応力 降下量比	最大水位上昇量比		平均応力 降下量	平均応力 降下量比	最大水位上昇量比		平均応力 降下量	平均応力 降下量比	最大水位上昇量比	
		幾何 平均	対数 標準偏差			幾何 平均	対数 標準偏差			幾何 平均	対数 標準偏差
1.89	0.63	0.659	0.028	1.89	0.63	0.667	0.028	1.89	0.63	0.676	0.027
2.12	0.71	0.732	0.024	2.12	0.71	0.738	0.020	2.12	0.71	0.746	0.023
2.38	0.79	0.814	0.023	2.38	0.79	0.817	0.015	2.38	0.79	0.823	0.017
2.67	0.89	0.903	0.013	2.67	0.89	0.904	0.009	2.67	0.89	0.908	0.009
3.00	1.00	1.000	0.000	3.00	1.00	1.000	0.000	3.00	1.00	1.000	0.000
3.36	1.12	1.109	0.010	3.36	1.12	1.104	0.010	3.36	1.12	1.102	0.009
3.77	1.26	1.229	0.014	3.77	1.26	1.218	0.017	3.77	1.26	1.212	0.015
4.23	1.41	1.360	0.020	4.23	1.41	1.345	0.023	4.23	1.41	1.332	0.023
4.75	1.58	1.506	0.025	4.75	1.58	1.483	0.030	4.75	1.58	1.463	0.029

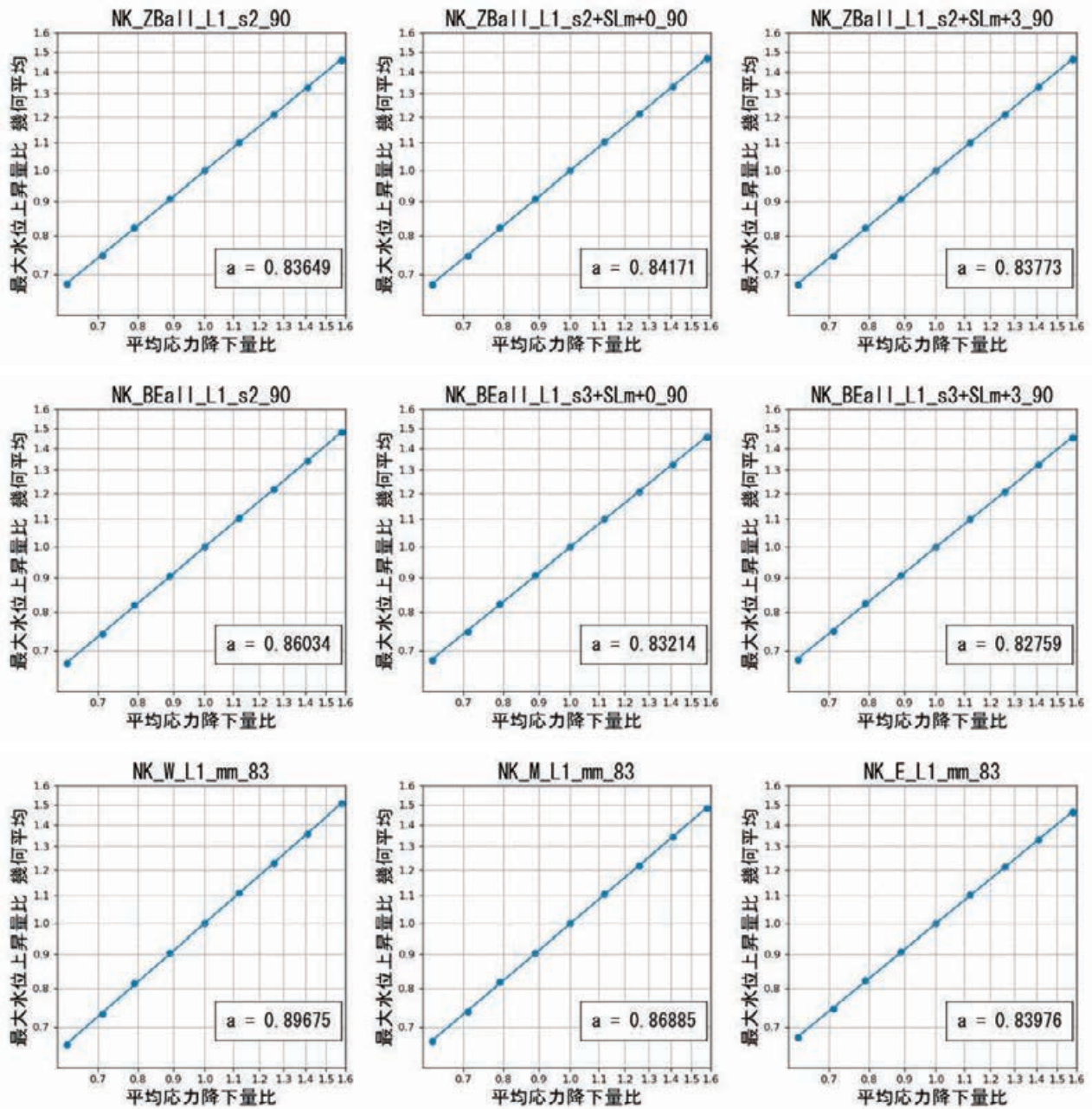


図 11.3-1 南海トラフ沿いの波源断層モデルに対する平均応力降下量比と海岸の最大水位上昇量比(幾何平均)の比較(上段, 中段: M_w 9.0 の波源断層モデル. SLm と書かれたモデルは超大すべり域のあるモデル, +3_90 と書かれたモデルは断層上端深さを 3 km 深くしたモデル. 下段: M_w 8.3 の波源断層モデル.)

表 11.3-2 日本海溝沿いの波源断層モデルに対する平均応力降下量比と海岸の最大水位上昇量比の幾何平均と対数標準偏差（上段，中段： $M_w 9.0$ の波源断層モデル，SLm と書かれたモデルは超大すべり域のあるモデル，+3_90 と書かれたモデルは断層上端深さを 3 km 深くしたモデル，下段： $M_w 8.3$ の波源断層モデル．）

JT_M_B4_L1_sm12_90				JT_M_B4_L1_sm12+SLm+0_90				JT_M_B4_L1_sm12+SLm+3_90			
平均応力 降下量	平均応力 降下量比	最大水位上昇量比		平均応力 降下量	平均応力 降下量比	最大水位上昇量比		平均応力 降下量	平均応力 降下量比	最大水位上昇量比	
		幾何 平均	対数 標準偏差			幾何 平均	対数 標準偏差			幾何 平均	対数 標準偏差
1.89	0.63	0.674	0.032	1.89	0.63	0.676	0.034	1.89	0.63	0.676	0.035
2.12	0.71	0.744	0.025	2.12	0.71	0.747	0.027	2.12	0.71	0.746	0.027
2.38	0.79	0.821	0.018	2.38	0.79	0.824	0.019	2.38	0.79	0.824	0.019
2.67	0.89	0.906	0.010	2.67	0.89	0.908	0.010	2.67	0.89	0.908	0.010
3.00	1.00	1.000	0.000	3.00	1.00	1.000	0.000	3.00	1.00	1.000	0.000
3.36	1.12	1.103	0.010	3.36	1.12	1.101	0.010	3.36	1.12	1.101	0.011
3.77	1.26	1.215	0.018	3.77	1.26	1.213	0.019	3.77	1.26	1.213	0.020
4.23	1.41	1.338	0.026	4.23	1.41	1.334	0.028	4.23	1.41	1.335	0.028
4.75	1.58	1.472	0.033	4.75	1.58	1.468	0.036	4.75	1.58	1.468	0.036

JT_SN_SS3_sm12_90				JT_SN_SS3_sm12+SLm+0_90				JT_SN_SS3_sm12+SLm+3_90			
平均応力 降下量	平均応力 降下量比	最大水位上昇量比		平均応力 降下量	平均応力 降下量比	最大水位上昇量比		平均応力 降下量	平均応力 降下量比	最大水位上昇量比	
		幾何 平均	対数 標準偏差			幾何 平均	対数 標準偏差			幾何 平均	対数 標準偏差
1.89	0.63	0.675	0.027	1.89	0.63	0.683	0.030	1.89	0.63	0.683	0.030
2.12	0.71	0.744	0.021	2.12	0.71	0.751	0.024	2.12	0.71	0.752	0.024
2.38	0.79	0.822	0.015	2.38	0.79	0.827	0.017	2.38	0.79	0.827	0.017
2.67	0.89	0.906	0.008	2.67	0.89	0.910	0.009	2.67	0.89	0.910	0.009
3.00	1.00	1.000	0.000	3.00	1.00	1.000	0.000	3.00	1.00	1.000	0.000
3.36	1.12	1.102	0.008	3.36	1.12	1.099	0.009	3.36	1.12	1.099	0.009
3.77	1.26	1.214	0.016	3.77	1.26	1.209	0.017	3.77	1.26	1.208	0.017
4.23	1.41	1.337	0.022	4.23	1.41	1.329	0.023	4.23	1.41	1.328	0.024
4.75	1.58	1.472	0.028	4.75	1.58	1.460	0.030	4.75	1.58	1.460	0.030

JT_S_L1_mm_83				JT_M_L1_mm_83				JT_N_L1_mm_83			
平均応力 降下量	平均応力 降下量比	最大水位上昇量比		平均応力 降下量	平均応力 降下量比	最大水位上昇量比		平均応力 降下量	平均応力 降下量比	最大水位上昇量比	
		幾何 平均	対数 標準偏差			幾何 平均	対数 標準偏差			幾何 平均	対数 標準偏差
1.89	0.63	0.672	0.026	1.89	0.63	0.666	0.026	1.89	0.63	0.667	0.024
2.12	0.71	0.743	0.021	2.12	0.71	0.738	0.020	2.12	0.71	0.739	0.019
2.38	0.79	0.821	0.015	2.38	0.79	0.817	0.014	2.38	0.79	0.818	0.013
2.67	0.89	0.906	0.008	2.67	0.89	0.904	0.008	2.67	0.89	0.905	0.007
3.00	1.00	1.000	0.000	3.00	1.00	1.000	0.000	3.00	1.00	1.000	0.000
3.36	1.12	1.103	0.008	3.36	1.12	1.105	0.008	3.36	1.12	1.105	0.008
3.77	1.26	1.215	0.015	3.77	1.26	1.220	0.015	3.77	1.26	1.220	0.014
4.23	1.41	1.337	0.022	4.23	1.41	1.345	0.021	4.23	1.41	1.347	0.020
4.75	1.58	1.471	0.029	4.75	1.58	1.482	0.028	4.75	1.58	1.486	0.026

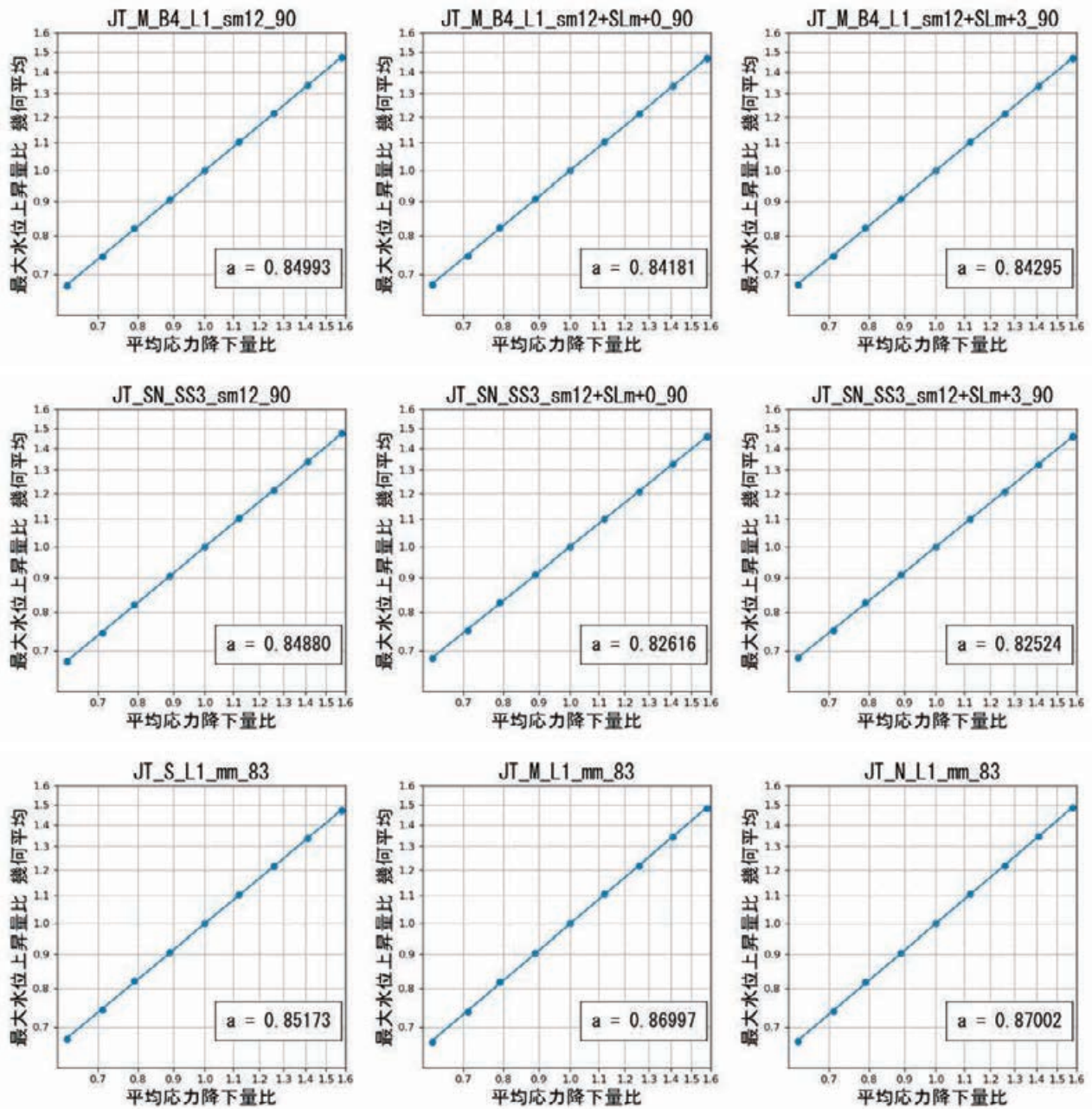


図 11.3-2 日本海溝沿いの波源断層モデルに対する平均応力降下量比と海岸の最大水位上昇量比(幾何平均)の比較(上段, 中段: $M_w 9.0$ の波源断層モデル. SLm と書かれたモデルは超大すべり域のあるモデル, +3_90 と書かれたモデルは断層上端深さを 3 km 深くしたモデル. 下段: $M_w 8.3$ の波源断層モデル.)

表 11.3-3 千島海溝沿いの波源断層モデルに対する平均応力降下量比と海岸の最大水位上昇量比の幾何平均と対数標準偏差（上段： M_w 9.0 の波源断層モデル．SLm と書かれたモデルは超大すべり域のあるモデル，+3_90 と書かれたモデルは断層上端深さを 3 km 深くしたモデル．下段： M_w 8.3 の波源断層モデル．）

KT_NSt_L1_s3_90				KT_NSt_L1_s3+SLm+0_90				KT_NSt_L1_s3+SLm+3_90			
平均応力 降下量	平均応力 降下量比	最大水位上昇量比		平均応力 降下量	平均応力 降下量比	最大水位上昇量比		平均応力 降下量	平均応力 降下量比	最大水位上昇量比	
		幾何 平均	対数 標準偏差			幾何 平均	対数 標準偏差			幾何 平均	対数 標準偏差
1.89	0.63	0.666	0.027	1.89	0.63	0.667	0.032	1.89	0.63	0.667	0.032
2.12	0.71	0.738	0.021	2.12	0.71	0.738	0.026	2.12	0.71	0.738	0.026
2.38	0.79	0.817	0.015	2.38	0.79	0.817	0.019	2.38	0.79	0.817	0.018
2.67	0.89	0.904	0.009	2.67	0.89	0.904	0.010	2.67	0.89	0.904	0.010
3.00	1.00	1.000	0.000	3.00	1.00	1.000	0.000	3.00	1.00	1.000	0.000
3.36	1.12	1.105	0.009	3.36	1.12	1.105	0.010	3.36	1.12	1.106	0.010
3.77	1.26	1.221	0.016	3.77	1.26	1.221	0.020	3.77	1.26	1.222	0.020
4.23	1.41	1.348	0.023	4.23	1.41	1.349	0.029	4.23	1.41	1.349	0.029
4.75	1.58	1.488	0.031	4.75	1.58	1.490	0.038	4.75	1.58	1.488	0.038

KT_L1_mm_83			
平均応力 降下量	平均応力 降下量比	最大水位上昇量比	
		幾何 平均	対数 標準偏差
1.89	0.63	0.666	0.027
2.12	0.71	0.738	0.021
2.38	0.79	0.817	0.015
2.67	0.89	0.904	0.008
3.00	1.00	1.000	0.000
3.36	1.12	1.105	0.009
3.77	1.26	1.220	0.016
4.23	1.41	1.346	0.023
4.75	1.58	1.484	0.029

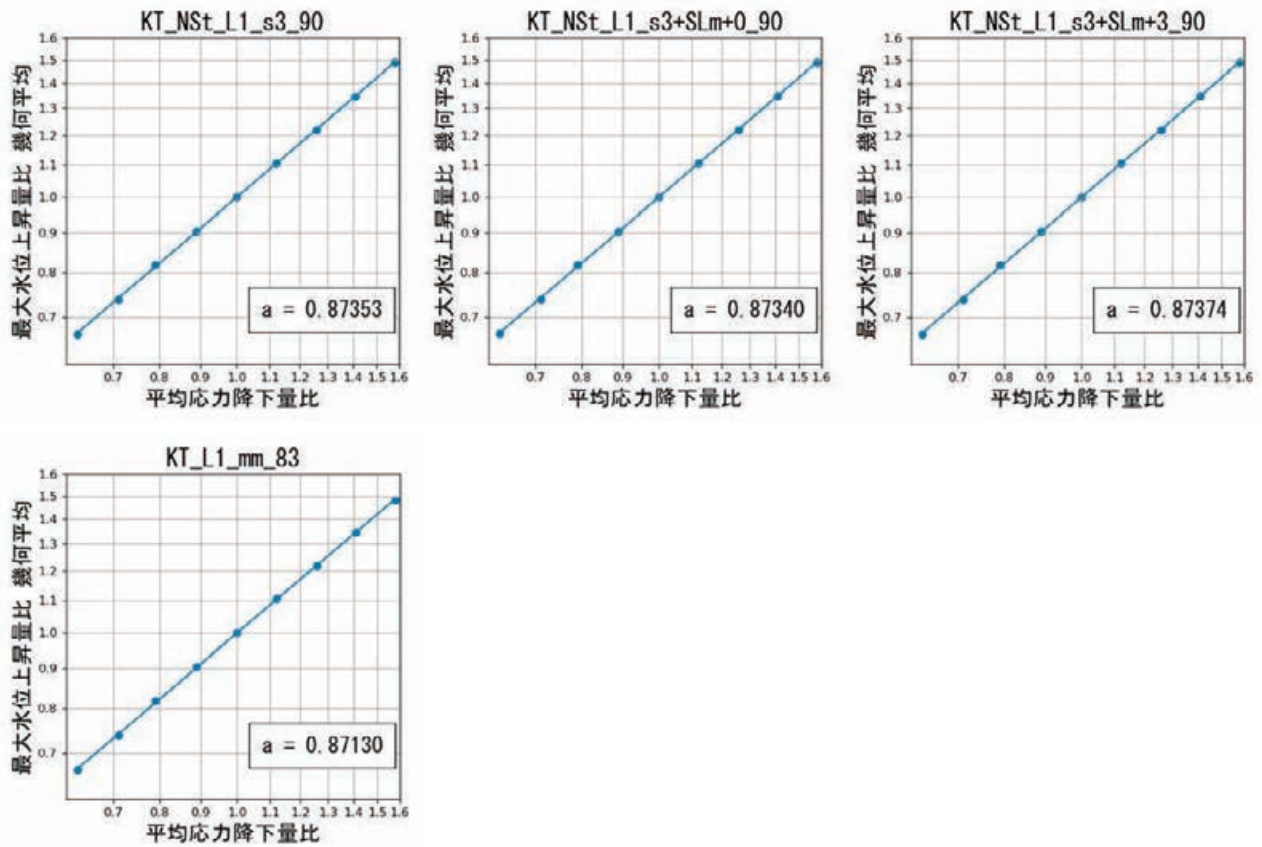


図 11.3-3 千島海溝沿いの波源断層モデルに対する平均応力降下量比と海岸の最大水位上昇量比（幾何平均）の比較（上段： $M_w 9.0$ の波源断層モデル，SLm と書かれたモデルは超大すべり域のあるモデル，+3_90 と書かれたモデルは断層上端深さを 3 km 深くしたモデル．下段： $M_w 8.3$ の波源断層モデル．）

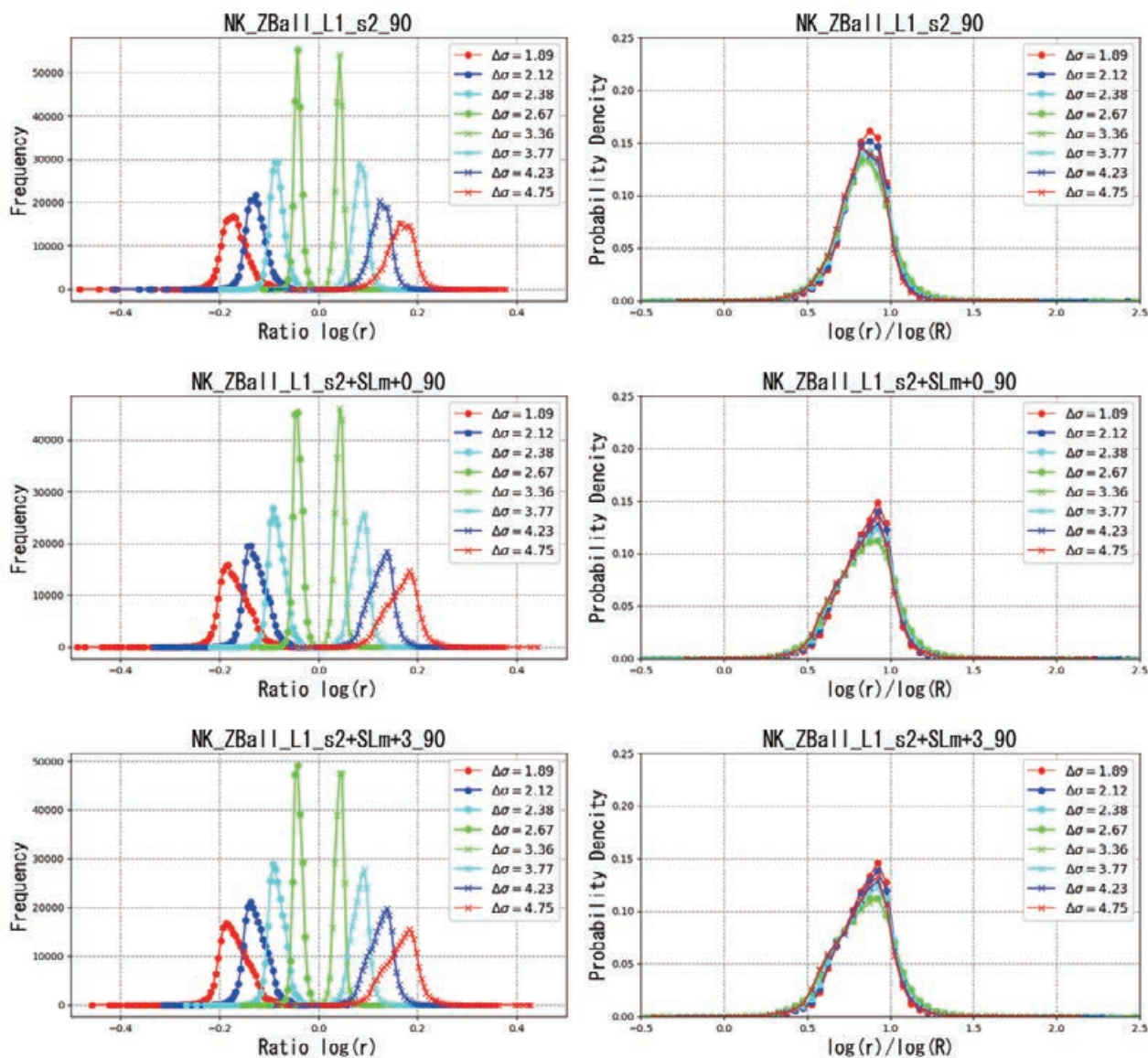


図 11.3-4 南海トラフ沿いの波源断層モデルに対する，平均応力降下量別の最大水位上昇量比の度数分布図(左列)と平均応力降下量比($R=\Delta\sigma/3.0$)で規格化した最大水位上昇量比の確率密度分布(右列)。(1/3)

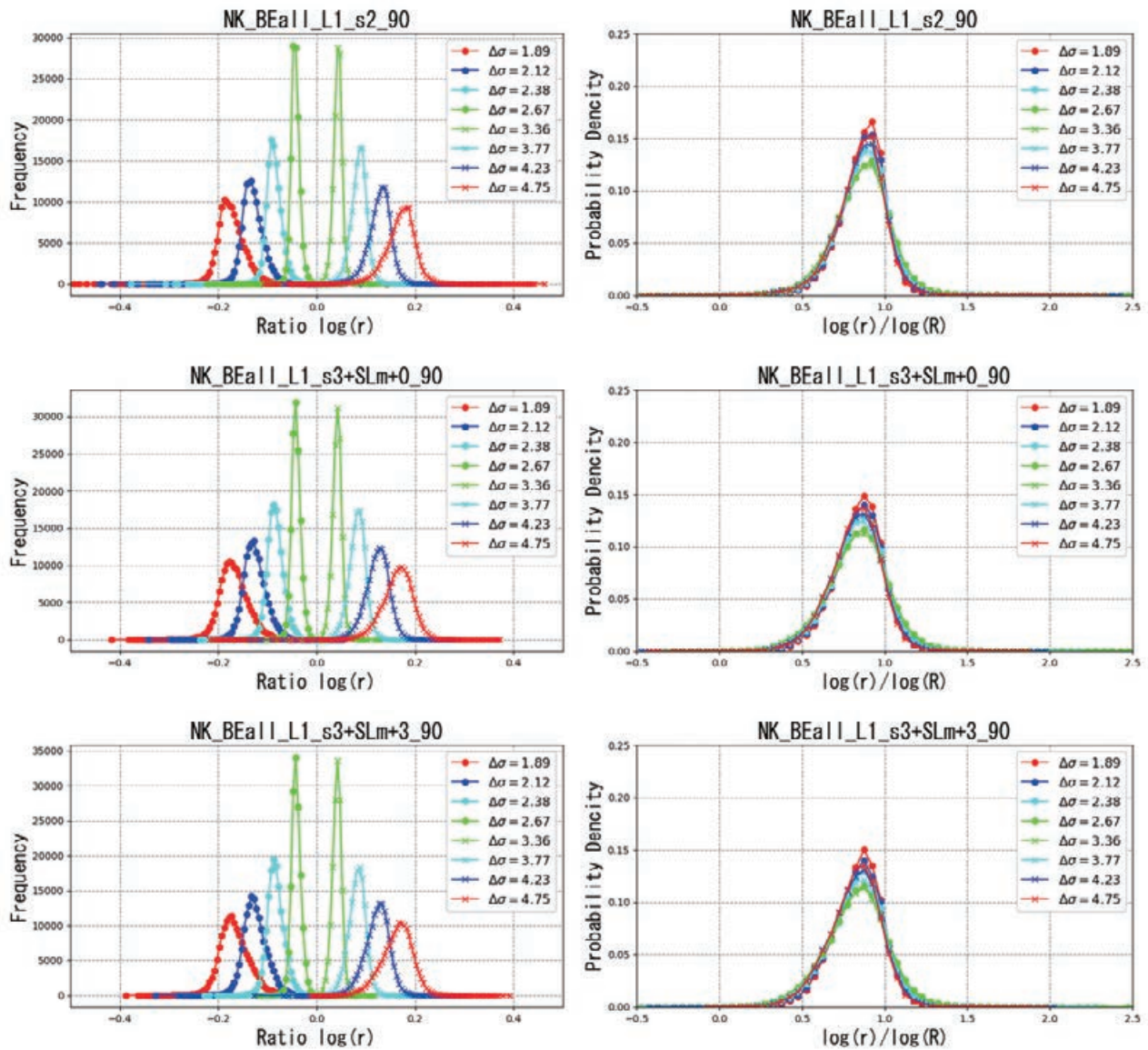


図 11.3-4 南海トラフ沿いの波源断層モデルに対する，平均応力降下量別の最大水位上昇量比の度数分布図（左列）と平均応力降下量比($R=\Delta\sigma/3.0$)で規格化した最大水位上昇量比の確率密度分布（右列）．（2/3）

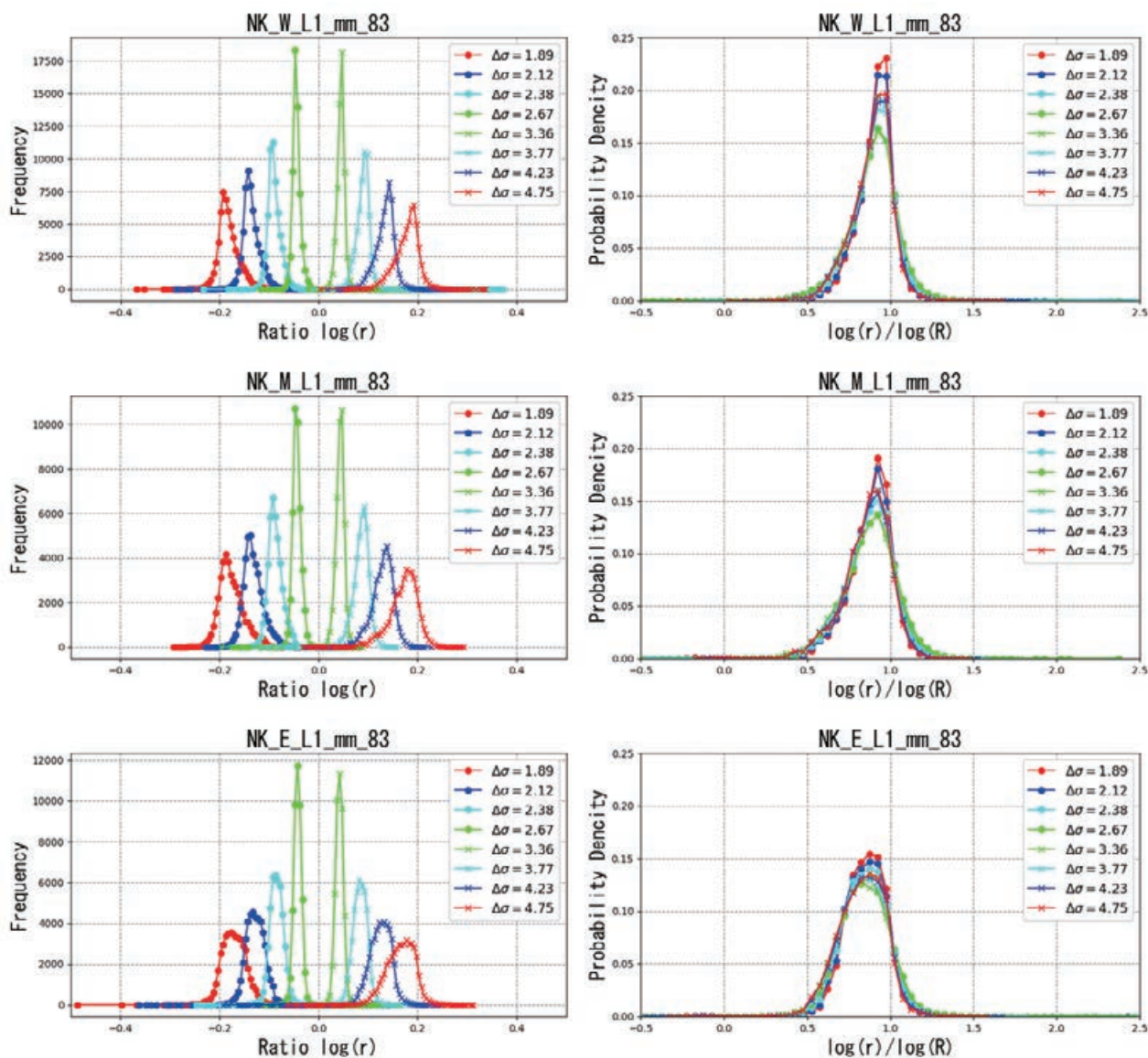


図 11.3-4 南海トラフ沿いの波源断層モデルに対する，平均応力降下量別の最大水位上昇量比の度数分布図（左列）と平均応力降下量比 ($R=\Delta\sigma/3.0$) で規格化した最大水位上昇量比の確率密度分布（右列）．（3/3）

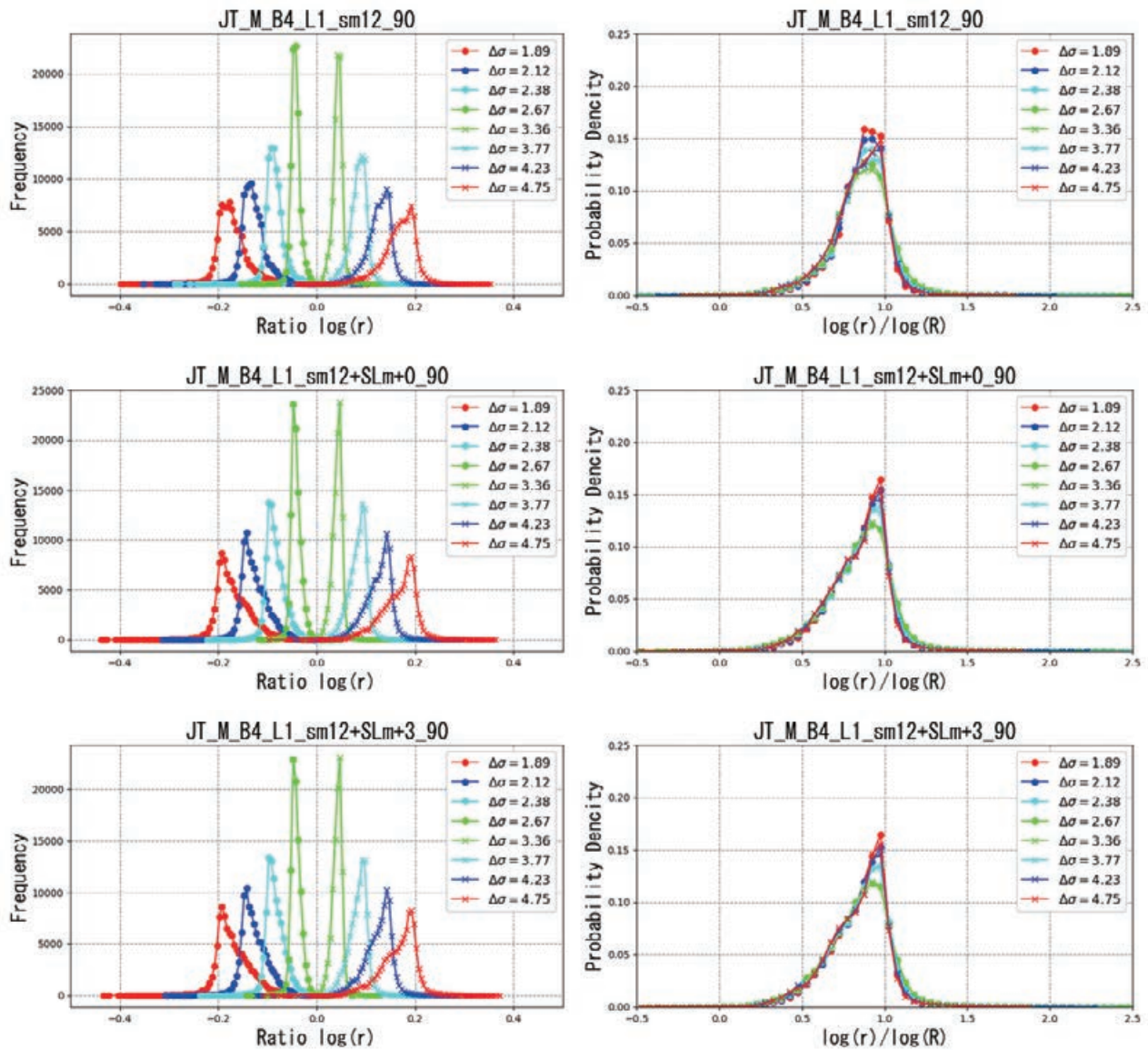


図 11.3-5 日本海溝沿いの波源断層モデルに対する，平均応力降下量別の最大水位上昇量比の度数分布図(左列)と平均応力降下量比($R=\Delta\sigma/3.0$)で規格化した最大水位上昇量比の確率密度分布(右列)．(1/3)

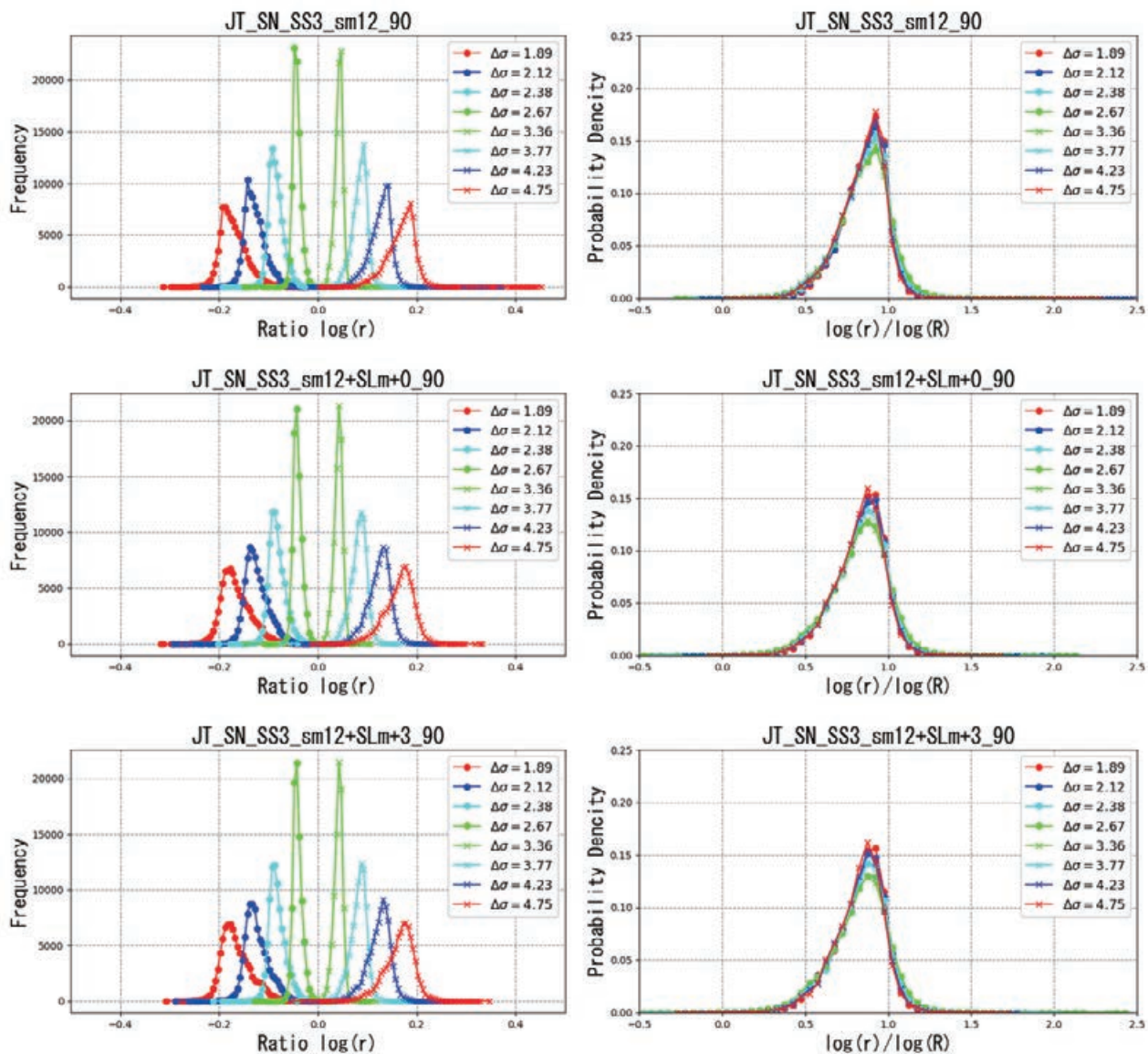


図 11.3-5 日本海溝沿いの波源断層モデルに対する，平均応力降下量別の最大水位上昇量比の度数分布図（左列）と平均応力降下量比 ($R=\Delta\sigma/3.0$) で規格化した最大水位上昇量比の確率密度分布（右列）．（2/3）

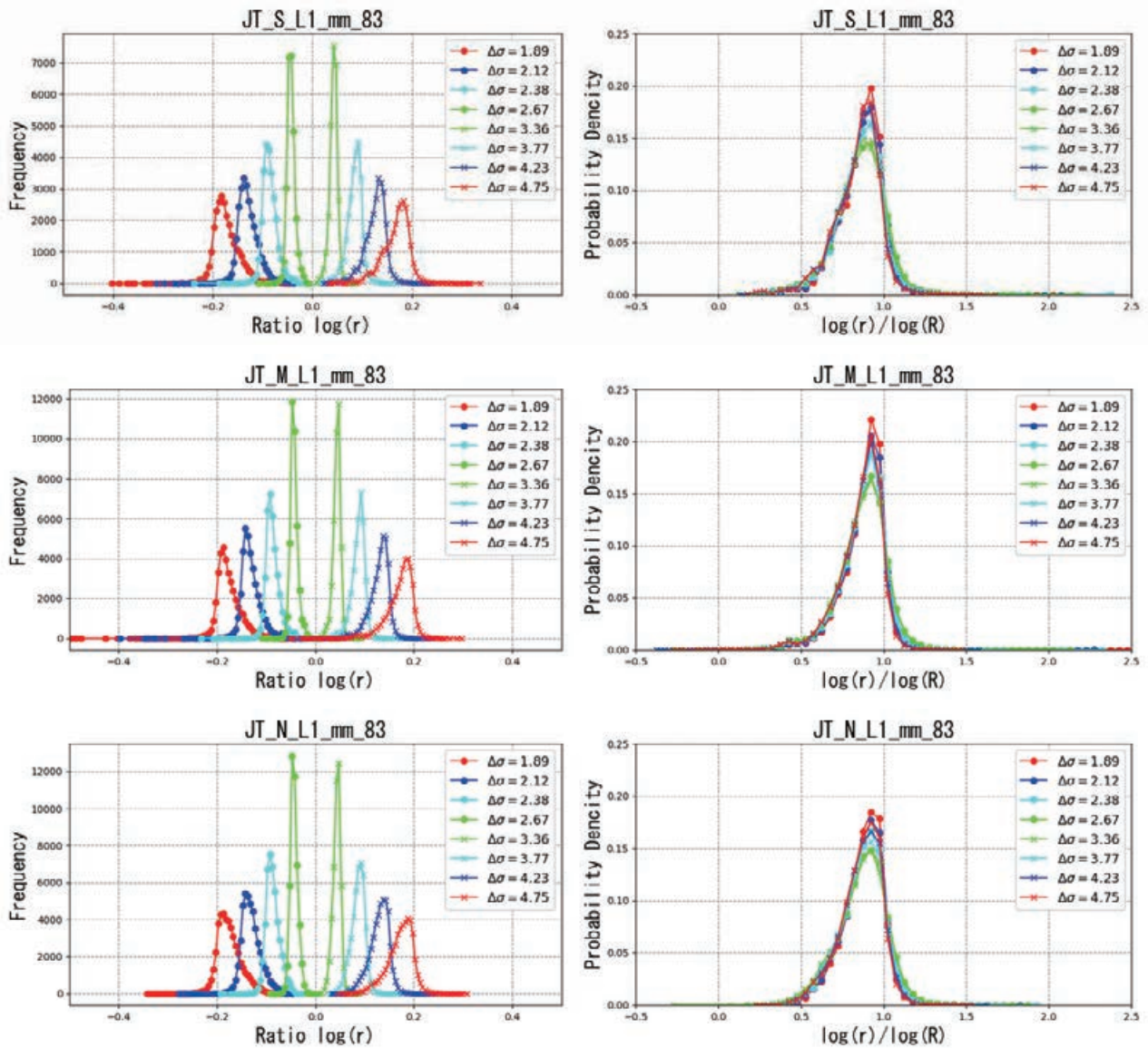


図 11.3-5 日本海溝沿いの波源断層モデルに対する，平均応力降下量別の最大水位上昇量比の度数分布図(左列)と平均応力降下量比($R=\Delta\sigma/3.0$)で規格化した最大水位上昇量比の確率密度分布(右列)。(3/3)

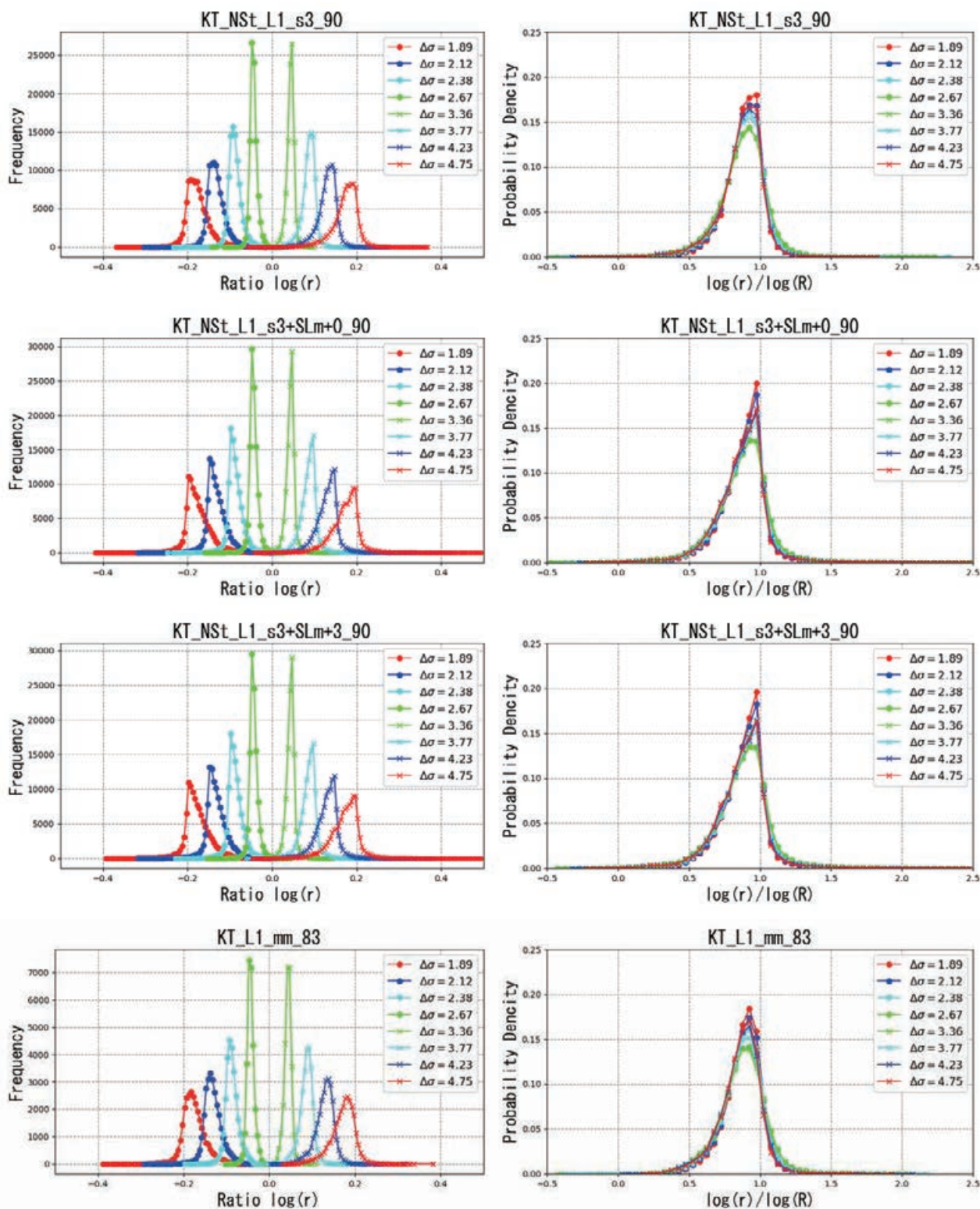


図 11.3-6 千島海溝沿いの波源断層モデルに対する, 平均応力降下量別の最大水位上昇量比の度数分布図(左列)と平均応力降下量比($R=\Delta\sigma/3.0$)で規格化した最大水位上昇量比の確率密度分布(右列)。

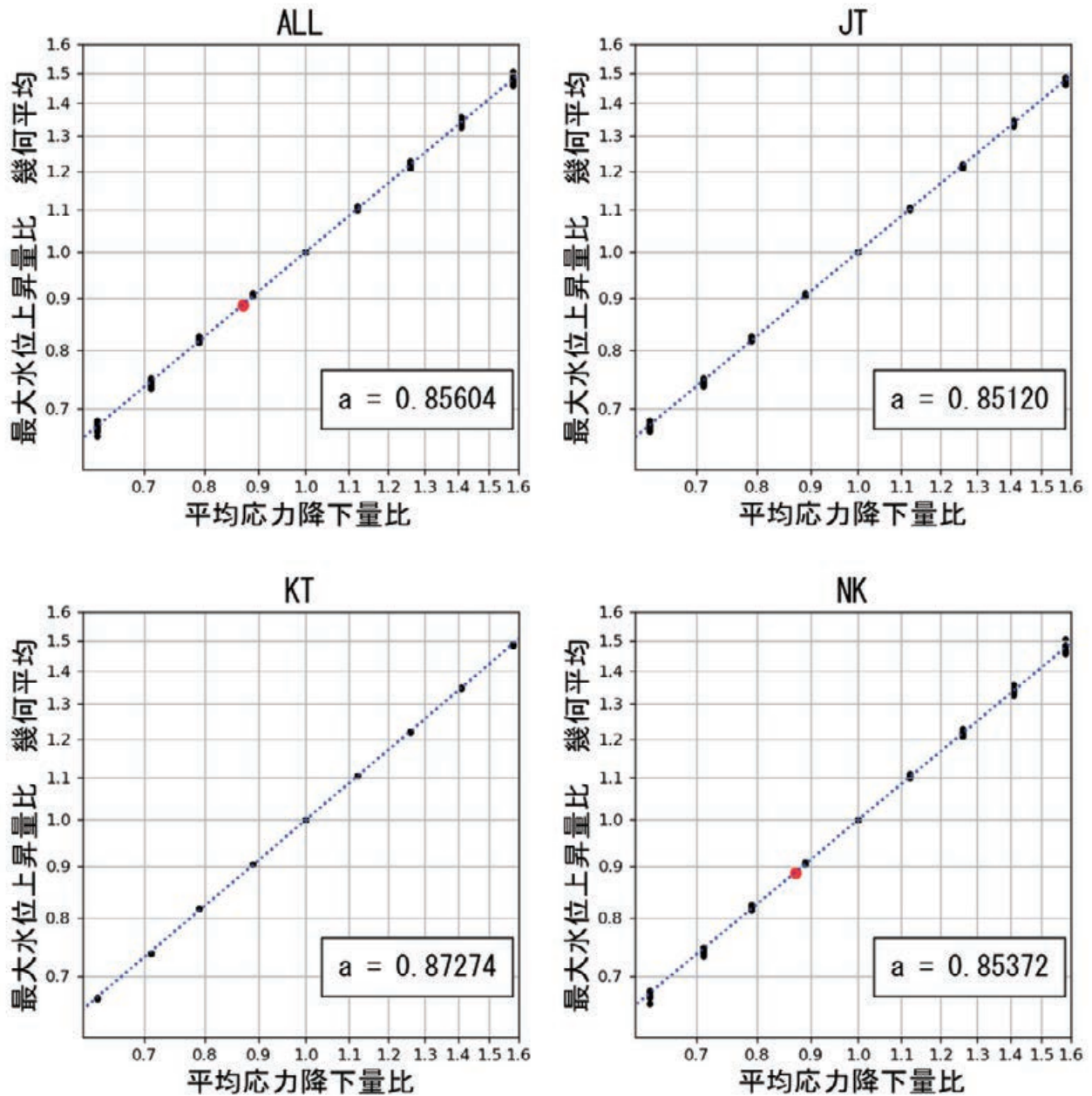


図 11.3-7 平均応力降下量比 ($R=\Delta\sigma/3.0$) と海岸の最大水位上昇量比の幾何平均値の関係。黒点は各波源断層モデルに対する結果、青点線は近似直線を示す。左上：全ての波源断層モデル，右上：日本海溝沿いの波源断層モデル，左下：千島海溝沿いの波源断層モデル，右下：南海トラフ沿いの波源断層モデルに対する結果。左上図と右下図の赤丸は、11.4 節で行った平均応力降下量 2.6 MPa と 3.0 MPa の波源断層モデルを用いた比較結果を示す。

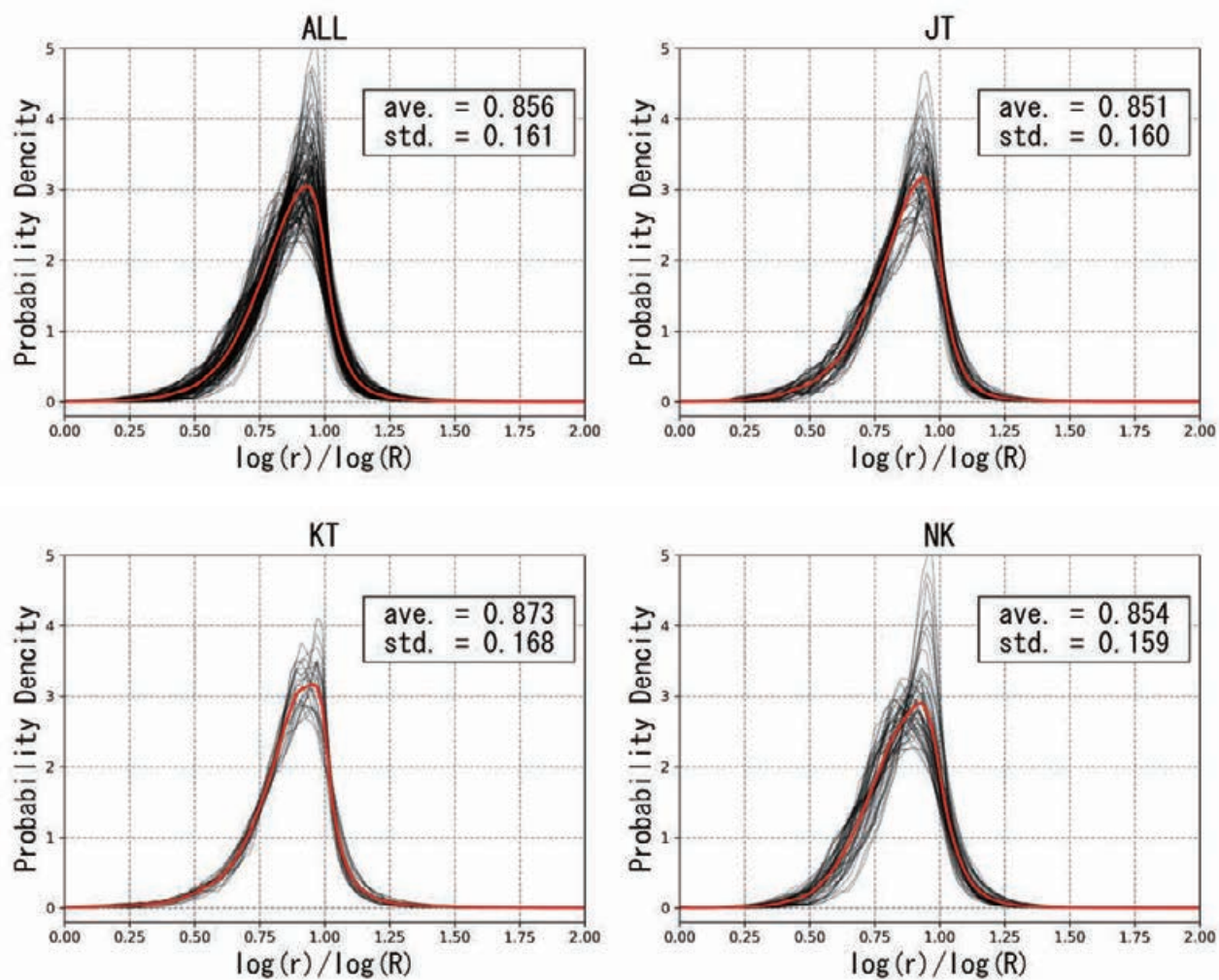


図 11.3-8 平均応力降下量比 ($R=4\sigma/3.0$) で規格化した最大水位上昇量比の確率密度分布。黒線は各波源断層モデルに対する確率密度分布を示し、赤線は確率密度分布の平均値を示す。左上：全ての波源断層モデル，右上：日本海溝沿いの波源断層モデル，左下：千島海溝沿いの波源断層モデル，右下：南海トラフ沿いの波源断層モデルに対する結果。

11.4 結果の検証

6.3.3 項, 8.1.4 項で述べた通り, 本研究資料(第一部本編)では平均応力降下量を 3.0 MPa として構築した波源断層モデルに対して計算された海岸の最大水位上昇量を, 本章で求めた平均応力降下量比と最大水位上昇量の変化率の準線形関係(式(11.3-5))を用いて補正することで平均応力降下量を 2.6 MPa とした時の海岸の最大水位上昇量を求めている. 本節では, 平均応力降下量を 3.0 MPa とした波源断層モデルと 2.6 MPa とした波源断層モデルを南海トラフ沿いに設定して津波伝播遡上計算を行い, 計算結果から求めた最大水位上昇量の比と式(11.3-5)から算出される変化率とを比較した.

ここでは, 図 11.4-1 に示した 2 つの波源断層モデルを検討対象とした. 津波伝播遡上計算結果に基づいて算出した, 平均応力降下量を 3.0 MPa とした場合に対する平均応力降下量を 2.6 MPa とした場合の海岸の最大水位上昇量の比の幾何平均値は,

- NK_BEall_TYPE2Eh_30L1_s3+SL_02: **0.8868**
- NK_ZBall_TYPE2Eh_30L1_s2+SL_02: **0.8859**

となった. 一方, 平均応力降下量を 3.0 MPa から 2.6 MPa に変える場合, 式(11.3-5)から求められる最大水位上昇量の変化率は

$$\log r = 0.856 \times \log(2.6/3.0)$$

$$r = 0.885$$

となり, 津波伝播遡上計算から求められる最大水位上昇量比の幾何平均値と整合的な結果であることが分かった.

実際に, 図 11.3-7 に津波伝播遡上計算から求められた最大水位上昇量比の幾何平均値をプロットすると近似直線と重なっていることが確認できる.

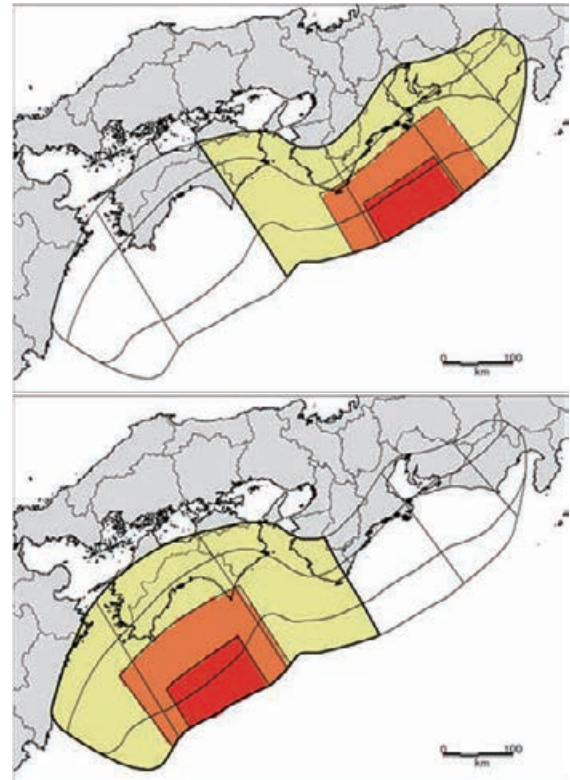


図 11.4-1 使用した波源断層モデル
(上: NK_BEall_TYPE2Eh_30L1_s3+SL_02 (M_w 8.9),
下: NK_ZBall_TYPE2Eh_30L1_s2+SL_02 (M_w 9.0)).
黄色は背景すべり領域, 橙色は大すべり域, 赤色は超大すべり域を示す.

11 章の参考文献

- 1) 藤原広行・平田賢治・中村洋光・長田正樹・森川信之・河合伸一・大角恒雄・青井真・松山尚典・遠山信彦・鬼頭直・村嶋陽一・村田泰洋・井上拓也・斎藤龍・秋山伸一・是永眞理子・阿部雄太・橋本紀彦(2015): 日本海溝に発生する地震による確率論的津波ハザード評価の手法の検討, 防災科学技術研究所研究資料, 第 400 号.
- 2) 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2017): 波源断層を特性化した津波の予測手法(津波レシピ), https://www.jishin.go.jp/main/tsunami/17jan_tsunami-recipe.pdf.

12. まとめと今後の課題

12.1 まとめ

本研究資料(第一部本編)は、地震調査委員会(2020)が公表した「南海トラフ沿いで発生する大地震の確率論的津波評価」の考え方とその評価結果についてその詳細を説明することとともに、その評価から除外された最大クラスの地震の影響および超大すべり域を持った特性化波源断層モデルの影響を考慮した場合の確率論的津波評価を試算することを目的として作成された。そのため、最大クラスの地震および超大すべり域を持った特性化波源断層モデルの影響をどのように考慮したかに関する情報を追加した。また、資料全体としては地震調査委員会(2020)の公表資料でカバーしきれなかった多数の情報・項目もなるべく平易に、かつ漏らさず、掲載することに努めた。

本研究資料(第一部本編)で説明してきた南海トラフ沿いの地震によって発生する津波に対する確率論的ハザード評価の流れは、要点を抜粋すると、以下ようになる。

- ① 本確率論的津波ハザード評価は、「南海トラフの地震活動の長期評価」(地震調査委員会, 2013)に基づき、次の地震サイクル中に起こり得る大地震($M9$ を超える最大クラスの地震を含む)の発生規模・様式に多様性を考えることにより、同地震によって発生する津波を確率論的に評価することを目的とする(5.2 節)。
- ② 次の地震サイクルの大地震の発生規模・様式の多様性を表現するため、津波レシピ(地震調査委員会, 2017)に基づき、83 種類の震源域および 3,480 種類の特性化波源断層モデル(6.3 節)、ならびに、180 通りの震源域パターンおよび 916,669 通りの地震パターン(8.2 節)を設定する。
- ③ 3,480 種類の特性化波源断層モデルそれぞれに対して、最小 50 m 間隔のネスティング・グリッドで表現された陸海の地形モデルを与え、非線形長波方程式を差分法で解いて、津波伝播遡上計算を実施する(7 章, 11.1 節も参照)。
- ④ 南海トラフ沿いで過去発生した地震の発生履歴等を参考に、180 通りの震源域パターンおよび 916,669 通りの地震パターンに重み(相対的発生確率)を設定する(8.2 節および 8.3 節)。
- ⑤ 本研究資料(第一部本編)の確率論的津波ハザード

ド評価では、津波伝播遡上の(決定論的な)計算値には偶然的不確実性が伴い、その偶然的不確実性は対数正規分布にしたがう確率変数で表現できると考える(5.3 節)。ここでは、地震調査委員会(2020)の考え方をそのまま採用し、その不確実性は、実際の地震断層を特性化波源断層モデルで近似したことで生じる誤差および津波伝播遡上計算等が持つ誤差に起因すると考える。そして、津波痕跡高と計算高の比較から、その不確実性にエルゴート性を仮定することにより、最終的に、常用対数標準偏差 $\sigma = 0.15$ を有する対数正規分布で与えられると考える(5.3 節)(地震調査委員会, 2020)。なお、超大すべり域を持った特性化波源断層モデルも考慮した場合(本研究資料(第一部本編)のケース)、地震調査委員会(2020)の考え方に従えば、偶然的不確実性の指標である常用対数標準偏差 σ は 0.15 以外の値が相応しいと判断される可能性がある。しかし、本研究資料(第一部本編)では、本研究資料(第一部付録編)と同様に、常用対数標準偏差の値として $\sigma = 0.15$ を採用することとした。これにより、本研究資料(第一部付録編)の評価結果との比較によって、最大クラスの地震等を考慮した場合と除外した場合に、津波ハザード評価にどのような差が生じるか検討可能とした。

- ⑥ 津波伝播遡上計算によって得られた、3,480 通りの海岸での津波の最大水位上昇量分布それぞれの空間的ばらつき(偶然的不確実性)が独立であると仮定し、これらを常用対数標準偏差 $\sigma = 0.15$ の対数正規分布で表現された不確かさとともに確率論的に統合することにより、ハザード評価点毎に 916,669 通りのハザードカーブ要素を計算する(8.1 節)。
- ⑦ 916,669 通りのハザードカーブ要素に対して、④で設定した重み(相対的発生確率)および長期評価(地震調査委員会, 2013)が推定した 30 年発生確率を適用する。
- ⑧ 次の地震サイクル中に起こり得る大地震の発生規模・様式の多様性を表現するために設定された 916,669 通りの地震パターンはお互いに排他的に発生する(すなわち、916,669 通りの地震パターンのうち 1 つだけが実際に発生し、残り 916,668 通りは起こらない)と考え、(8.1.3-1)式を用いて

(8.1 節)、海岸線に設けられたすべてのハザード評価点 (357,437 点) において最終的なハザードカーブを計算する (8.4 節)。

- ⑨ 確率論的な津波ハザード評価の結果を第三者にわかりやすく伝えるために、すべてのハザード評価点 (357,437 点) の最終的なハザードカーブから、30 年超過確率分布図 (9.1 節) および確率論的な最大水位上昇量分布図 (9.2 節) などを作成する。

①から⑨の流れに沿って行われた本研究資料 (第一部本編) の確率論的な津波ハザード評価結果の要点を、以下に抜粋する。なお、(i) から (iv) までは、地震調査委員会 (2020) の公表資料の留意点と同じである。

- (i) 今後 30 年以内に南海トラフ沿いで大地震が発生し、海岸の津波高が 3 m 以上になる超過確率 (9.1 節) は、
- ・ 広い範囲で 26% 以上となる、
 - ・ 津波波源から少し離れた伊豆諸島や九州などでも局所的に超過確率が高くなる場所がある。
- (ii) 今後 30 年以内に南海トラフ沿いで大地震が発生し、海岸の津波高が 5 m 以上になる超過確率 (9.1 節) は、
- ・ 九州地方から東海地方にかけての太平洋側を中心に広い範囲で 6% 以上となる、
 - ・ 震源域となり得る領域に近い地域では 26% 以上となる。
- (iii) 今後 30 年以内に南海トラフ沿いで大地震が発生し、海岸の津波高が 10 m 以上になる超過確率 (9.1 節) は、
- ・ 震源域となり得る領域に近い地域では 6% 以上 26% 未満となる地域がある。
- (iv) すべての津波高に共通する特徴として、
- ・ 外洋に面したリアス式海岸の湾奥や直線海岸など一般的に津波が高くなる特徴を持つ地形の場所では周辺と比較して確率が高くなる傾向が見られる (9.1 節)。
- (v) 最大クラスの地震等を考慮した本研究資料 (第一部本編) の津波ハザード評価によって推定された 30 年超過確率は、基本的に最大クラスの地震等を除外した本研究資料 (第一部付録編) のそれと空間的な分布が類似しているが、最大ク

ラスの地震等を除外した場合 (本研究資料 (第一部付録編) のケース) に比べて、最大で数 % 程度大きくなる。例えば、最大クラスの地震等を考慮すると、3 m を超える 30 年超過確率は、平均で約 1%、最大で約 3% 大きくなる (9.3 節)。

- (vi) 最大クラスの地震等を考慮した場合の 30 年超過確率分布 (本研究資料 (第一部本編)) から、最大クラスの地震等を除外した場合のそれ (本研究資料 (第一部付録編)) を差し引いた 30 年超過確率の差分は、九州地方から東海地方にかけての太平洋側および伊豆・小笠原諸島のある特定の地域で極大化する傾向が認められる (9.3 節)。
- (vii) 最大クラスの地震に対する重み配分は、地震調査委員会 (2014) の考え方を採用し設定したが、その根拠は弱いと言わざるを得ない (8.5.1 項)。最大クラスの地震に対する重み配分に認識論的不確定性を設定しハザードカーブに与える影響を検討した結果、最大クラスの地震に対する重み配分が及ぼす影響は無視できないほど大きいと考えられる (8.5.2 項)。
- (viii) 震源域パターンの傾斜方向の拡がり方および走向方向の拡がり方と組合せに対する重み配分は、科学的根拠に基づき決められたわけでは無い。これらは地震調査委員会 (2020) が主観で決めた重み配分という性格を有している (8.5.1 項)。これらに対する重み配分に認識論的不確定性を設定しハザードカーブに与える影響を検討したところ、その影響はある程度の差として認められるものの、最大クラスの地震に対する重み配分の影響よりは小さいと考えられる (8.5.3 項)。

12.2 今後の課題

前節で述べたとおり、本研究資料 (第一部本編) は、地震調査委員会 (2020) が公表した「南海トラフ沿いで発生する大地震の確率論的津波評価」の考え方とその評価結果についてその詳細を説明することとともに、その評価から除外された最大クラスの地震の影響および超大すべり域を持った特性化波源断層モデルの影響を考慮した場合の確率論的津波評価を試算することを目的としている。このため本節では、まず地震調査委員会 (2020) の公表資料で述べられた留意点に沿った形で、次に本研究資料 (第一部本編)

の検討結果に基づき科学的あるいは技術的な観点で重要と思われる項目を、今後の課題として以下に列挙しておく。

- ① 本研究資料(第一部本編)には、日向灘で単独で発生する地震の津波評価は含まれていない。これについては、日向灘沿いの地震活動の長期評価に基づいて別途津波評価を行う予定である。
- ② 本研究資料(第一部本編)では、南海トラフ沿いの地震の長期評価(地震調査委員会, 2013)で推定された大地震発生の確率の評価に含まれる不確さを考慮していない。今後検討する必要がある。
- ③ 本研究資料(第一部本編)では、特性化波源断層モデルの設定で考慮していない不確さ(セグメントの区分け方, 分岐断層など)が存在する。今後検討する必要がある。
- ④ 本津波評価がより広く有効的に津波防災対策に活用されるためには、確率論的評価の意義・有効性と同時に評価の仮定や限界をわかりやすくユーザーに示し、また、ユーザー側からのコメントを参考に、さらなる研究や検討が必要である。
- ⑤ 今後南海トラフの長期評価が更新された場合には、それを取り込んで評価を更新する必要がある。特に以下の点が更新された場合には、津波評価を更新する必要がある。
 - ・新たな知見に基づいて、大地震の発生確率・震源域・規模が相当程度変更された場合、
 - ・大すべり域等の重みの配分方法について、新たな知見が得られた場合、
 - ・分岐断層を伴う地震に関する新たな知見が得られた場合。
- ⑥ 本研究資料(第一部本編)では、本研究資料(第一部付録編)で除外した最大クラスの地震について、地震調査委員会(2014)と同様の考え方を採用し重み配分を設定したが、その重み配分に強い根拠はない(8.5.1 項)。さらなる研究や検討が必要である。
- ⑦ 本研究資料(第一部本編)では、震源域パターンの傾斜方向の拡がり方および走向方向の拡がり方と組合せに対する重み配分として、本研究資料(第一部付録編)と同じ重み配分を採用したが、これらは科学的根拠に基づき決められたわけで

は無い。さらなる研究や検討が必要である。

- ⑧ 本津波評価で評価したのは浸水深ではなくて海岸での最大水位上昇量であり、これらを混同してはならない。浸水深を対象とした評価については、さらなる研究や検討が必要である。

12 章の参考文献

- 1) 地震調査推進研究本部地震調査委員会(2013) : 南海トラフの地震活動の長期評価(第二版)について, https://www.jishin.go.jp/main/chousa/13may_nankai/index.htm.
- 2) 地震調査推進研究本部地震調査委員会(2014) : 全国地震動予測地図 2014 年版～全国の地震動を概観して～, https://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic_hazard_map/shm_report/shm_report_2.
- 3) 地震調査推進研究本部地震調査委員会(2017) : 波源断層を特性化した津波の予測手法(津波レシピ), https://www.jishin.go.jp/main/tsunami/17jan_tsunami-recipe.pdf.
- 4) 地震調査推進研究本部地震調査委員会(2020) : 南海トラフ沿いで発生する大地震の確率論的津波評価, https://www.jishin.go.jp/main/chousa/20jan_tsunami/nankai_tsunami.pdf.

謝辞

本研究は防災科学技術研究所の研究プロジェクト「ハザード・リスク評価に関する研究」の一環として実施したものである。一部の内容については、地震調査研究推進本部地震調査委員会津波評価部会（2013 年～現在、部会長：東北大学災害科学国際研究所 今村文彦教授）による検討の結果を反映している。また、防災科学技術研究所が設置した「津波ハザード情報の利活用に関する委員会」（2013 年～2016 年、委員長：東京大学地震研究所 佐竹健治教授）および「津波ハザード・リスク情報の高度利用に関する委員会」（2017 年～2018 年、委員長：東京大学地震研究所 佐竹健治教授；2019 年～現在、岐阜大学工学部社会基盤工学科 能島暢呂教授）から貴重なご意見をいただいた。使用した地形データは内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告）」および内閣府「日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会」からご提供いただいたデータをもとに作成した。プレート形状データは内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」からご提供いただいたデータをもとに作成した。一部の図の作成には Wessel and Smith (1998) の GMT (Generic Mapping Tools) を用いた。また、2 章、6 章、7 章の初期の頃の取りまとめには長田正樹氏関わっているほか、藤原ほか (2015) の内容を多用した。8 章のハザードカーブ図のレイアウト調整作業は当研究所の小倉理氏によって繰り返し行われた。ここに記して感謝いたします。

謝辞の参考文献

- 1) 藤原広行・平田賢治・中村洋光・長田正樹・森川信之・河合伸一・大角恒雄・青井真・松山尚典・遠山信彦・鬼頭直・村嶋陽一・村田泰洋・井上拓也・斎藤龍・秋山伸一・是永真理子・阿部雄太・橋本紀彦 (2015) : 日本海溝に発生する地震による確率論的津波ハザード評価の手法の検討, 防災科学技術研究所研究資料, **400**, 216pp.
- 2) Wessel, P. and W. H. F. Smith (1998) : New, improved version of the Generic Mapping Tools released, EOS Trans. AGU, **79**, 579.

編集後記

今回刊行した研究資料第 439 号第一部本編および付録編は、一昨年秋頃にパワーポイント 1 ページ程度の大まかな編集方針を決め、昨年 2 月から足かけ 1 年 1 カ月をかけ、防災科研の研究者 3 名(平田, 前田, 土肥)が執筆・編集を担当してきた。ちなみに、3 名の執筆・編集分担は以下のとおりとした。

- ・ 平田 1 章, 8 章, 12 章,
- ・ 前田 3 章, 7 章, 9 章～11 章, DVD 資料 4,
- ・ 土肥 2 章, 4 章～6 章, 巻末資料, 残りの DVD 資料。(土肥は編集チームのログも担当した。)

編集打合せは、初めの半年間くらいの間は毎月 1 回程度、後半は毎週 1 回の頻度で行い、編集チーム内で相談・協議をくり返してきた。ある時は用語の統一や用語使用の是非に関して議論されたし、他のある時は図面や表の引用の仕方、また、ある時は科学的考察が欠落している部分があるなど内容に立ち入った深い議論も幾度も行ってきた。

昨年晩秋以降は、3 人が章分担しつつ、それぞれが執筆したドラフト原稿を他の 2 人がクロスチェックを行い、その結果に基づき、執筆担当者が原稿に校正を加えるという作業を、最低でも 1, 2 回、多い場合は 5, 6 回以上行った。したがって、今回の報告書 2 分冊の内容は全編に亘り、編集チーム 3 人の努力の結晶と呼んでも差し支えない。

編集チーム 3 人それぞれ他にも仕事を抱える中、その総労力は相当のものになったが、「科学技術報告書として質の高いものを創る」という目標を掲げ、編集チーム 3 人はそれぞれに奮闘してきた。最終版には、防災科研内外の共著者にもクロスチェックを依頼したので、報告書としての完成度はかつてないほど高まったと信じたい。

地震調査研究推進本部ベースの確率論的津波ハザード評価を説明した研究資料第 439 号第一部本編および付録編は今回無事発刊することができた。1 年以上頑張ってきた 3 人で一緒に、1 泊 2 日で温泉にでも入りにいきたいところだが、残念ながら新型コロナのせいでそうもいかない。

今年中には、南海トラフ沿いの地震を対象とした、防災科研の完全オリジナル版の確率論的津波ハザード評価について、研究資料第 439 号第二部としてまとめる作業が控えている。編集チームの拡充も検討せねばいけないかもしれない。(K.H.)