

3. 3 津波及び強震動の予測

3. 3. 1 津波予測

目 次

(1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 8か年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）
 - 1) 平成25年度
 - 2) 平成26年度
 - 3) 平成27年度
 - 4) 平成28年度
 - 5) 平成29年度
 - 6) 平成30年度
 - 7) 平成31年度
 - 8) 平成32年度
- (e) 平成28年度業務目的

(2) 平成28年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の成果
 - 1) 山陰～九州沖における「日本海における大規模地震に関する調査検討会」によるF54～F60断層を用いた津波シミュレーション
 - 2) スケーリング則に基づくモーメントマグニチュードならびに断層すべり量の算定
 - 3) 27秒、9秒メッシュを用いたスケーリング則による津波高のばらつきの検討
 - 4) 27秒、9秒メッシュを用いた津波高の断層すべり角に対する依存性の検討
 - 5) 3秒メッシュを用いた詳細解析
- (c) 結論ならびに今後の課題
- (d) 引用文献
- (e) 成果の論文発表・口頭発表等
- (f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

(3) 平成29年度業務計画案

(1) 業務の内容

(a) 業務題目

3.1 津波予測

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
東京大学地震研究所	教授	佐竹健治
	特任研究員	Gusman Aditya Riadi
国立科学博物館	研究員	室谷智子
地震予知総合研究振興会	副主任研究員	石辺岳男

(c) 業務の目的

陸域・海域での構造調査や古地震・古津波・活構造調査などに基づいて得られた断層モデルから日本海沿岸における津波シミュレーションにより日本沿岸での津波波高を予測する。個々の断層モデルに基づく確定論的シナリオモデルの他に、各地に影響を及ぼす可能性のある断層からのシナリオを組み合わせた確率論的な津波予測も行う。

(d) 8か年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

1) 平成25年度：

2011年東北地方太平洋沖地震による日本海で観測された津波波形を用いて、日本海沿岸での津波波形の再現を行い、日本海側での津波シミュレーションを行う上での解析手法や地形データの検証を行った。

津波予測シミュレーションを行うため、海底地形データ（日本海全域は30秒（900 m）メッシュ、M7000シリーズの海底地形データが存在する日本周辺の領域は10秒（300 m）メッシュ、日本沿岸域は2秒（60 m）メッシュと1秒メッシュ（30 m））、陸域地形データ（1秒メッシュ）の整備と、これらのデータを用いるための計算コードの整備を行った。以上の地形データと計算コードを用いて、1983年日本海中部地震と1993年北海道南西沖地震の日本海沿岸の津波痕跡高とシミュレーション値との比較、検証を行った。

他業務等との連携を図り、日本海東縁部における既知の断層や津波波源モデルなどを収集・検討し、本プロジェクトで津波危険度評価の対象とする海底活断層・沿岸伏在断層などを選定し、津波波源モデルの検討を開始した。

2) 平成26年度：

日本海における大規模地震に関する調査検討会が平成26年9月にまとめた60個の断層モデルを用い、主に北陸地方で津波堆積物調査などが行われている26か所の地点における沿岸での津波高を計算した。各地点における津波高の頻度分布を作成して、確率論的津波予測のための基礎資料としたほか、沿岸での津波高が1 mを超える断層を抽出した。これらのモデルについては、細かい海底・陸上の地形データを用いて、陸上の浸水まで考慮

したシミュレーションを行い、津波堆積物をもたらす可能性のある断層モデルの検討を行った。

3) 平成 27 年度：

北陸沖海域を中心とする海底活断層・沿岸伏在断層について、海域構造調査や海陸統合構造調査により得られた断層モデルに基づき、シナリオ型津波シミュレーションを実施した。それぞれの断層が個別に活動すると想定した 35 ケースに加え、連動する可能性がある断層の組合せを考慮した 13 モデルを含めて、合計 48 ケースの津波伝播解析を実施し、沿岸域における津波高を計算した。9 秒メッシュを用いた沿岸域における最大津波高は、単独ケースではいずれも 2 m 未満であった。一方で連動ケースでは、単独ケースに比べて総じて高い最大波高が推定され、場合によっては 7 m を超える場所があることが分かった。また、当該沿岸に影響を及ぼす断層について、津波発生確率の推定を行い、確率論的な津波高予測を行った。

4) 平成 28 年度：

「日本海における大規模地震に関する調査検討会」の断層モデルのうち、山陰～九州沖の F54～F60 について (1) 津波高の断層のすべり角依存性の検討、(2) スケーリング則による津波高への影響の検討、ならびに (3) Nested grid を用いた津波シミュレーションを実施した。海域構造調査や海陸統合構造調査により得られた福井県沖から鳥取県沖の海底活断層・沿岸伏在断層ならびに「日本海における大規模地震に関する調査検討会」による F49 断層(3 セグメントに区分される)を用いて、シナリオ型津波シミュレーションを実施した。断層長が 20 km 以上の断層・セグメントが個別に活動すると想定した 11 モデルに加え、連動する可能性がある断層・セグメントの組合せを考慮した 9 モデルを含めて合計 20 モデルの津波伝播解析を実施し、沿岸域における津波高を計算した。また、3 通りのスケーリング則から断層すべり量を算定し、その影響について調査した。さらに、すべり角を ± 15 度、 ± 30 度にした場合についても津波シミュレーションを実施し、断層のすべり角に対する津波高の依存性を検討した。沿岸域に影響を及ぼす断層を対象に 3 秒メッシュを用いた詳細津波シミュレーションを実施した。

5) 平成 29 年度：

九州沖海域を中心とする海底活断層・沿岸伏在断層について、海域構造調査や海陸統合構造調査により得られた断層モデルに基づき、引き続きシナリオ型津波シミュレーションを行う。また、当該沿岸に影響を及ぼす断層について、津波発生確率の推定を行い、確率論的な津波波高予測を行う。

6) 平成 30 年度：

北海道・東北北部海域を中心とする海底活断層・沿岸伏在断層について、海域構造調査や海陸統合構造調査により得られた断層モデルに基づき、シナリオ型津波シミュレーションを行う。また、当該沿岸に影響を及ぼす断層をリストアップする。

7) 平成 31 年度 :

北海道・東北部海域を中心とする海底活断層・沿岸伏在断層について、海域構造調査や海陸統合構造調査により得られた断層モデルに基づき、引き続きシナリオ型津波シミュレーションを実施する。また、当該沿岸に影響を及ぼす断層について、津波発生確率の推定を行い、確率論的な津波波高予測を行う。

8) 平成 32 年度 :

本プロジェクトで再検討した断層モデルを用いて、近接する海底活断層あるいは沿岸伏在断層の連動破壊を想定した津波シミュレーションを行い、低頻度の巨大地震も想定した沿岸津波高の評価を行う。

(e) 平成 28 年度業務目的

九州沖海域を中心とする海底活断層・沿岸伏在断層について、海域構造調査や海陸統合構造調査により得られた断層モデルに基づき、シナリオ型津波シミュレーションを行う。また、当該沿岸に影響を及ぼす断層をリストアップする。

(2) 平成 28 年度の成果

(a) 業務の要約

「日本海における大規模地震に関する調査検討会」¹⁾の断層モデルのうち、山陰～九州沖の F54～F60 についてすべり角や用いるスケーリング則による津波高への影響を調査し、Nested grid を用いた津波シミュレーションを実施した。

平成 27 年度にサブサブテーマ 2.5.1「断層モデルの構築」によって得られた、福井県沖～鳥取県沖の 28 の海底活断層・沿岸伏在断層ならびに「日本海における大規模地震に関する調査検討会」による F49 断層（3 セグメントに区分）を用いたシナリオ型津波シミュレーションを実施した。断層長が 20 km 以上の断層・セグメントに対して、それぞれの断層・セグメントが個別に活動すると想定した 11 モデル、ならびに連動する可能性がある断層・セグメントの組合せを考慮した 9 モデルを含めて、合計 20 モデルの津波伝播解析を実施した。これらの計算にあたり、3 つのスケーリング則を用いて断層すべり量を算定し、そのばらつきについて検討した。また、すべり角を ± 15 度、 ± 30 度にした場合について津波シミュレーションを実施し、断層すべり角に対する津波高の依存性について検討した。27 秒ならびに 9 秒メッシュを用いて津波高分布ならびに沿岸域における津波高を計算した結果、浸水する可能性が高い 65 ケースについて 3 秒メッシュを用いた陸上遡上を考慮した詳細計算を実施し、沿岸域における詳細な挙動を調査した。

(b) 業務の成果

1) 山陰～九州沖における「日本海における大規模地震に関する調査検討会」による F54～F60 断層を用いた津波シミュレーション

「日本海における大規模地震に関する調査検討会」¹⁾の断層モデルのうち、山陰～九州

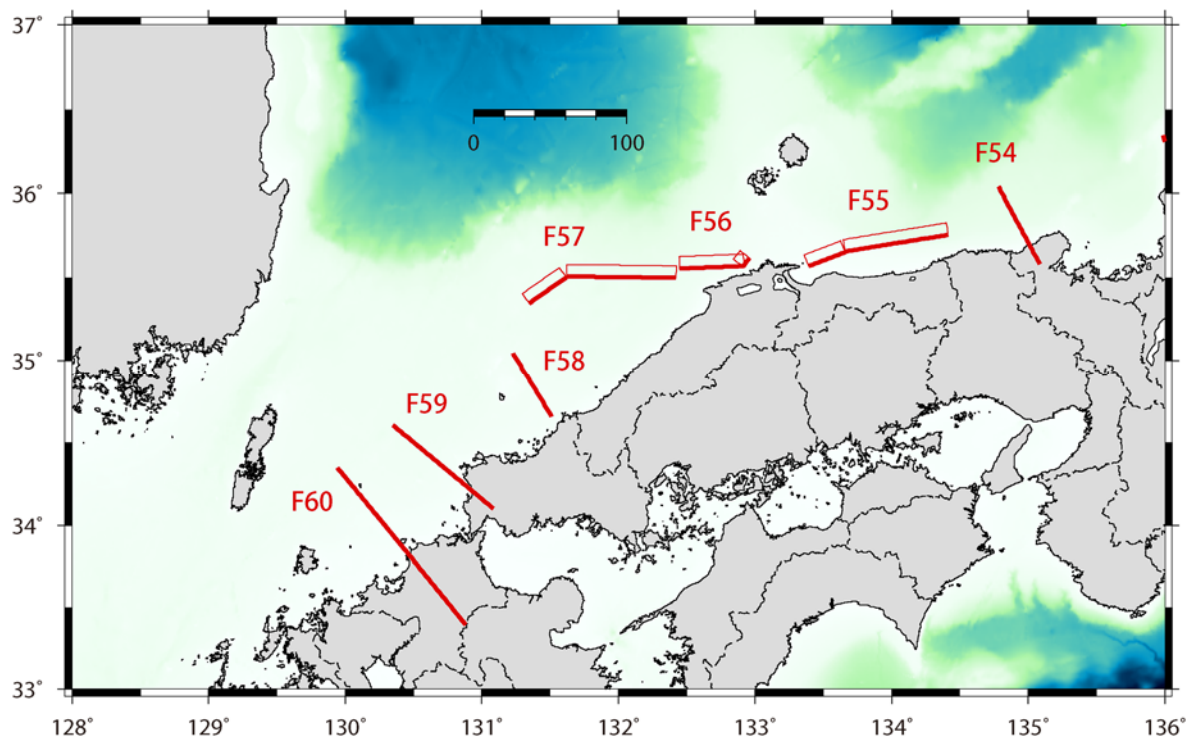


図 1 山陰～九州沖における「日本海における大規模地震に関する調査検討会」¹⁾の断層モデル (F54～F60)。

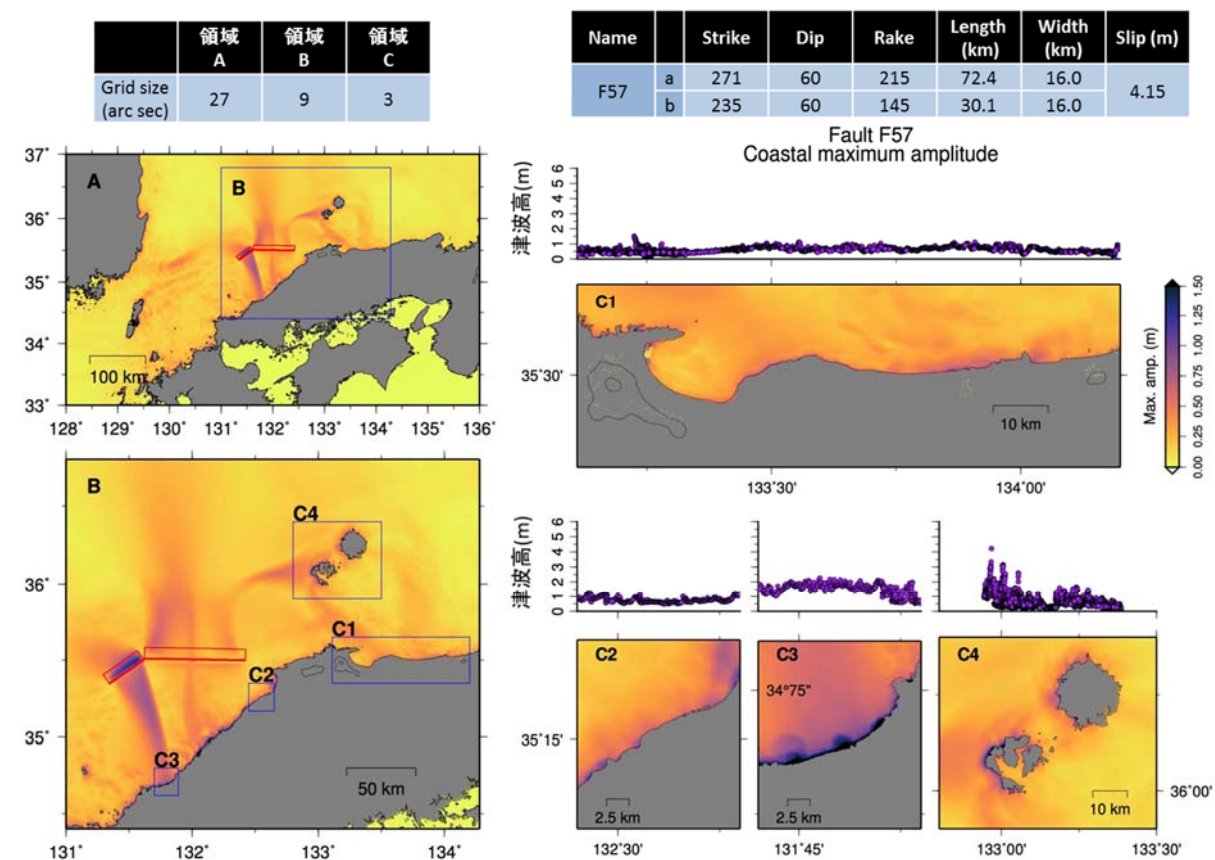


図 2 「日本海における大規模地震に関する調査検討会」¹⁾の断層モデル (F57) に対する Nested grid を用いた津波シミュレーションから推定された津波高の分布。

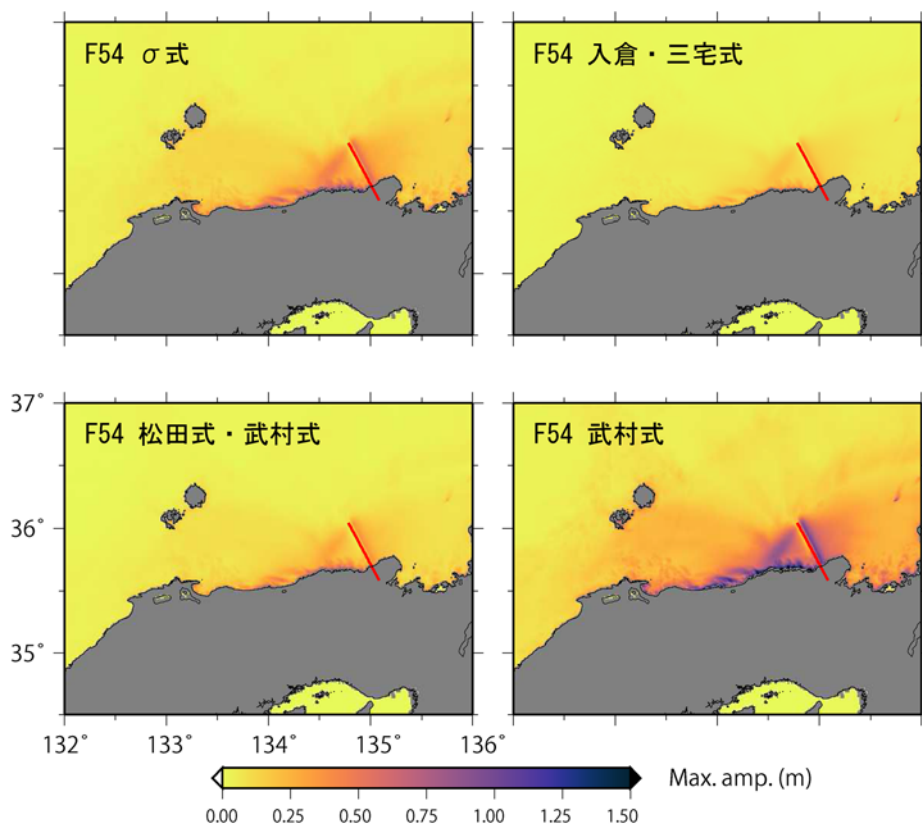


図 3 断層モデル F54¹⁾ のすべり量に対する異なるスケールリング則によるすべり量を用いた津波シミュレーションから推定された津波高の分布。

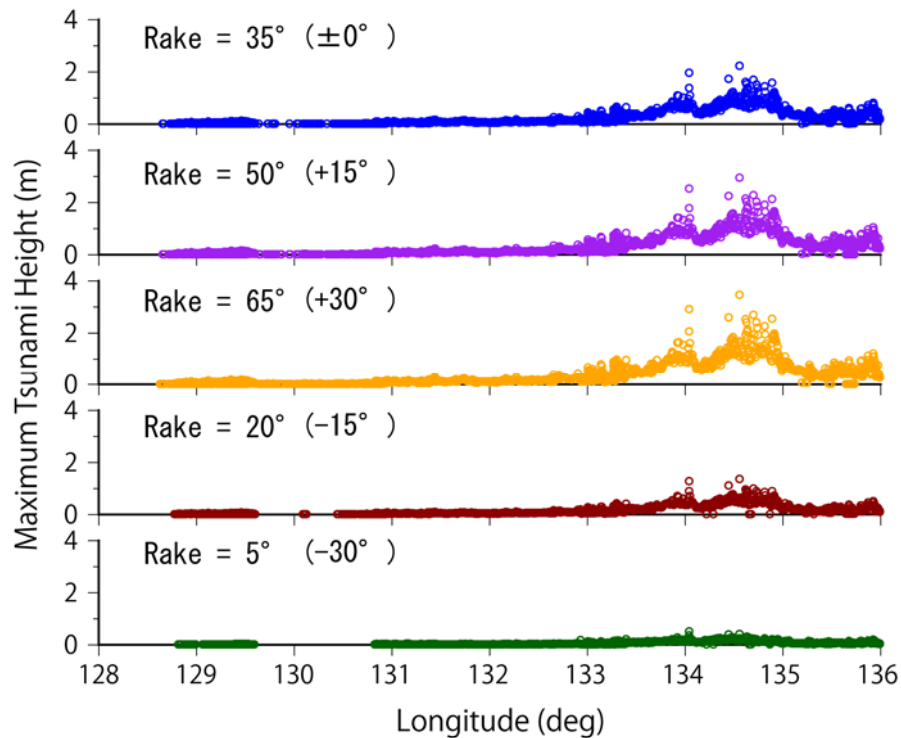
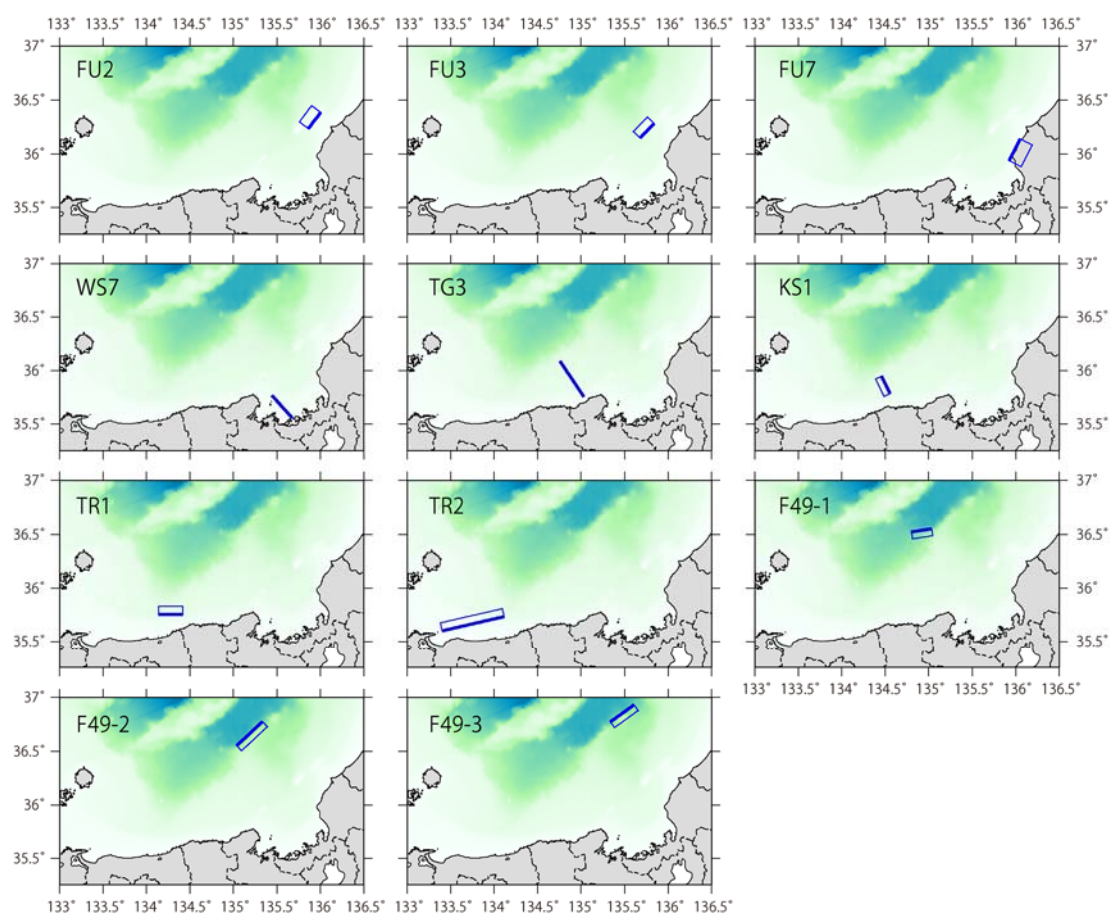


図 4 断層モデル F54¹⁾ (すべり角 35°) に対する津波高のすべり角依存性。

単独 11 モデル



連動 9 モデル

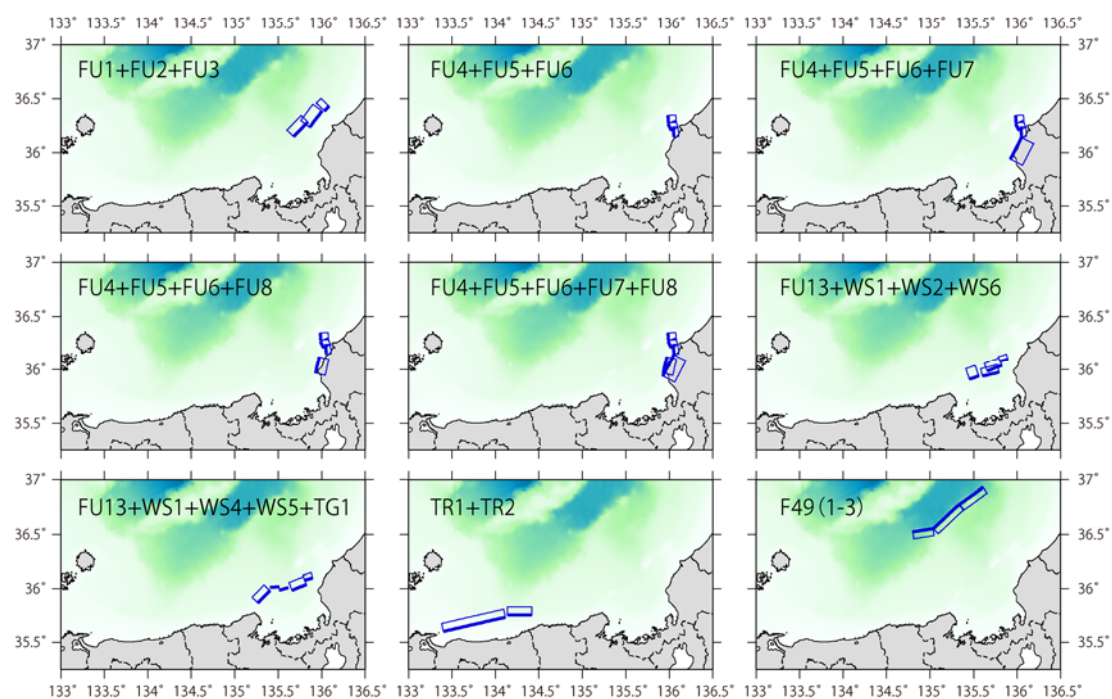
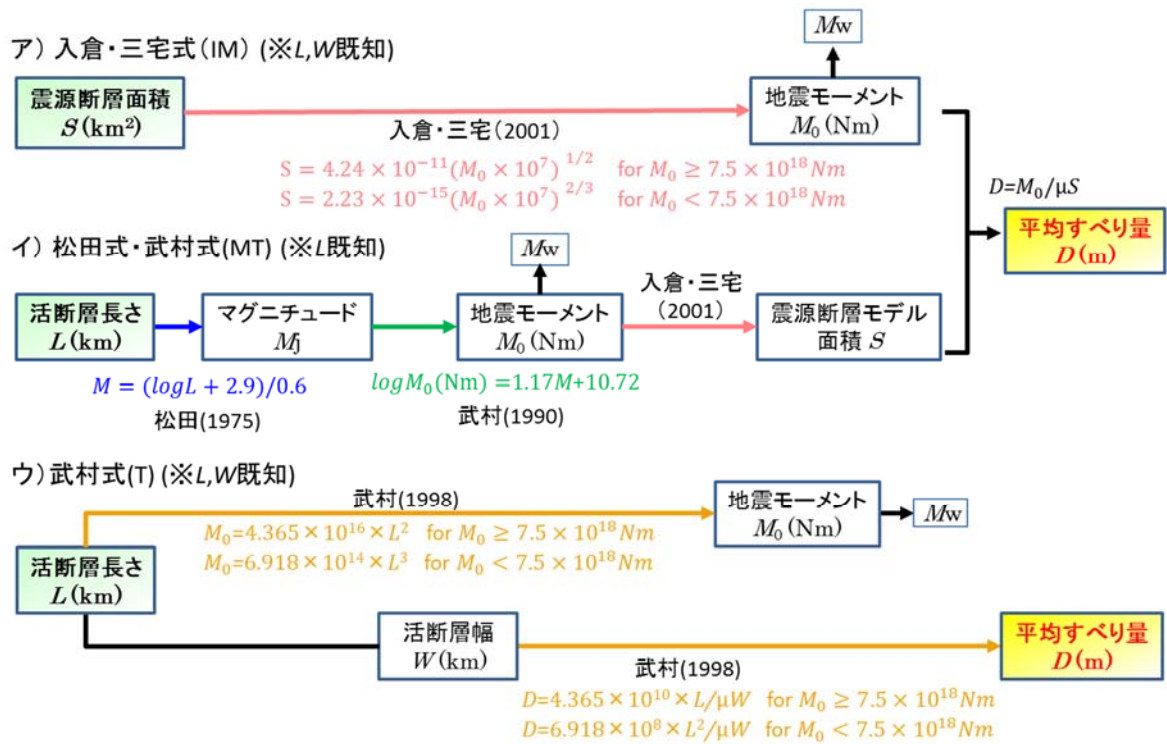


図 6 本年度に実施したシナリオ型津波シミュレーション（単独 11 モデル＋連動 9 モデル）。

(a) 単独モデルの場合



$$M_{0i} = M_0 S_i^{3/2} / \sum S_i^{3/2}$$

(b) 連動モデルの場合

M_{0i} : i 番目の断層の地震モーメント

S_i : i 番目の断層の面積

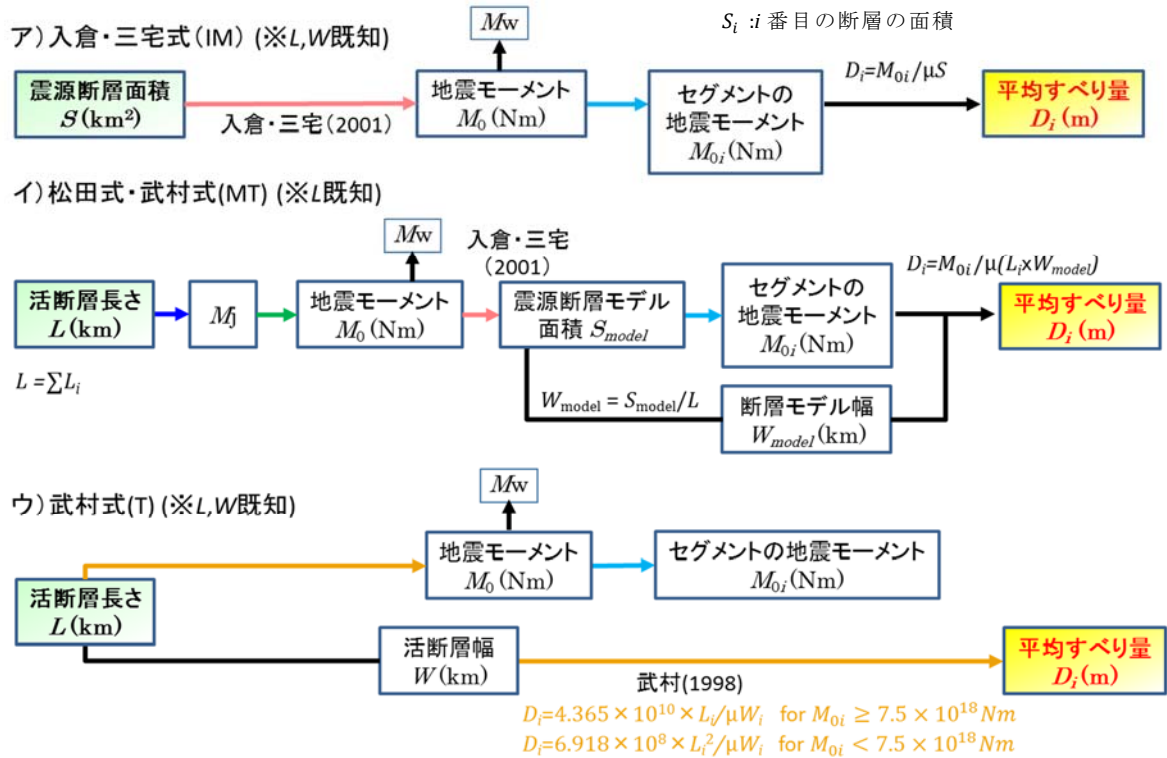


図7 (a) 単独モデル、(b) 連動モデルに対する各スケーリング則における平均すべり量の設定に関するフローチャート。

表 1 本年度に津波伝播解析を実施した 20 断層モデルと異なるスケーリング則から算定されたすべり量

解析ケース名	断層名	緯度 (°)	経度 (°)	長さ (km)	幅 (km)	上端深さ (km)※1	走向角 (°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	すべり量 (m)※2	すべり量 (m)※3	すべり量 (m)※4
FU2	FU2	36.388	136.004	21.08	18.01	1.05	217	50	150	0.62	0.65	1.49
FU3	FU3	36.285	135.840	20.92	16.85	1.00	224	55	158	0.52	0.65	1.58
FU1+FU2+FU3	FU1	36.433	136.084	6.67	18.01	1.00	224	50	156	0.84	0.89	0.47
	FU2	36.388	136.004	21.08	18.01	1.05	217	50	150	1.50	1.58	1.49
	FU3	36.285	135.840	20.92	16.85	1.00	224	55	158	1.44	1.57	1.49
FU7	FU7	35.939	135.925	25.18	19.66	1.04	27	45	107	0.80	0.78	1.63
FU4+FU5+FU6	FU4	36.279	135.990	7.46	16.05	0.99	356	60	54	0.61	0.73	0.59
	FU5	36.205	136.024	7.66	16.05	1.00	333	60	31	0.61	0.74	0.61
	FU6	36.148	136.052	10.16	14.79	1.03	357	70	53	0.68	0.85	0.87
FU4+FU5+FU6+FU7	FU4	36.279	135.990	7.46	16.05	0.99	356	60	54	0.90	1.05	0.59
	FU5	36.205	136.024	7.66	16.05	1.00	333	60	31	0.91	1.07	0.61
	FU6	36.148	136.052	10.16	14.79	1.03	357	70	53	1.01	1.23	0.87
	FU7	35.939	135.925	25.18	19.66	1.04	27	45	107	1.83	1.94	1.63
FU4+FU5+FU6+FU8	FU4	36.279	135.990	7.46	16.05	0.99	356	60	54	0.85	1.03	0.59
	FU5	36.205	136.024	7.66	16.05	1.00	333	60	31	0.86	1.05	0.61
	FU6	36.148	136.052	10.16	14.79	1.03	357	70	53	0.95	1.21	0.87
	FU8	35.967	135.930	17.38	11.80	0.97	13	30	64	1.11	1.58	1.87
FU4+FU5+FU6+FU7+FU8	FU4	36.279	135.990	7.46	16.05	0.11	356	60	54	1.15	1.39	0.59
	FU5	36.205	136.024	7.66	16.05	0.06	333	60	31	1.16	1.41	0.61
	FU6	36.148	136.052	10.16	14.79	0.04	357	70	53	1.29	1.62	0.87
	FU7	35.939	135.925	25.18	19.66	0.75	27	45	107	2.33	2.55	1.63
	FU8	35.967	135.930	17.38	11.80	0.78	13	30	64	1.50	2.12	1.87
WS7	WS7	35.556	135.677	31.80	14.80	0.06	318	90	5	0.76	0.98	2.73
FU13+WS1+WS2+WS6	FU13	36.100	135.895	8.51	15.64	0.04	253	70	175	1.08	1.24	0.69
	WS1	36.040	135.824	16.01	16.97	0.04	248	60	180	1.54	1.70	1.20
	WS2	35.976	135.794	17.72	16.17	0.02	256	60	-176	1.58	1.79	1.39
	WS6	35.938	135.561	10.26	18.28	0.42	252	50	173	1.28	1.36	0.71
FU13+WS1+WS4+WS5+TG1	FU13	36.100	135.895	8.51	15.64	0.07	253	70	175	1.26	1.50	0.69
	WS1	36.040	135.824	16.01	16.97	0.04	248	60	180	1.80	2.06	1.20
	WS4	36.009	135.616	9.88	14.93	0.11	255	90	178	1.33	1.62	0.84
	WS5	36.018	135.515	9.86	14.70	0.06	267	90	174	1.31	1.61	0.85
	TG1	35.983	135.403	17.59	16.63	0.04	224	60	152	1.87	2.16	1.35
TG3	TG3	35.755	135.034	44.67	14.70	0.75	326	90	9	1.06	1.36	3.87
KSI	KSI	35.948	134.457	19.98	16.22	0.78	154	65	9	0.50	0.62	1.57
TR1	TR1	35.754	134.419	25.28	17.00	0.05	270	60	-147	0.70	0.78	1.89
TR2	TR2	35.734	134.114	66.00	17.09	0.10	257	60	-166	1.83	1.99	4.91
TR1+TR2	TR1	35.754	134.419	25.28	17.00	0.05	270	60	-147	1.74	1.89	1.89
	TR2	35.734	134.114	66.00	17.09	0.10	257	60	-166	2.82	3.05	4.91
F49-1	F49-1	36.524	134.801	21.06	14.52	1.09	81	60	264	0.48	0.65	0.62
F49-2	F49-2	36.555	135.037	36.28	14.52	1.05	47	60	145	0.85	1.11	3.18
F49-3	F49-3	36.775	135.337	29.93	14.52	1.02	54	60	215	0.70	0.92	2.62
F49	F49-1	36.524	134.801	21.06	14.52	1.09	81	60	264	1.72	2.19	1.84
	F49-2	36.555	135.037	36.28	14.52	1.05	47	60	145	2.26	2.87	3.18
	F49-3	36.775	135.337	29.93	14.52	1.02	54	60	215	2.05	2.61	2.62

※1 「上端深さ (km)」は海底面からの深さ ※2 入倉・三宅式より算出されたすべり量

※3 松田式・武村式より算出されたすべり量 ※4 武村式より算出されたすべり量

ルに対応するものがないため、F49 断層を含めた。これらのうち、断層長が 20 km 以上の断層に対してそれぞれの断層が単独で活動すると想定した 11 モデル（以下単独モデルと呼ぶ）、ならびに長さ 20 km 以下の断層も含めて複数断層・セグメントが連動する可能性のある 9 モデル（以下連動モデルと呼ぶ）を含めた合計 20 モデルの津波伝播解析を実施した（図 6）。サブサブテーマ 2.5.1「断層モデルの構築」による海底活断層・沿岸伏在断

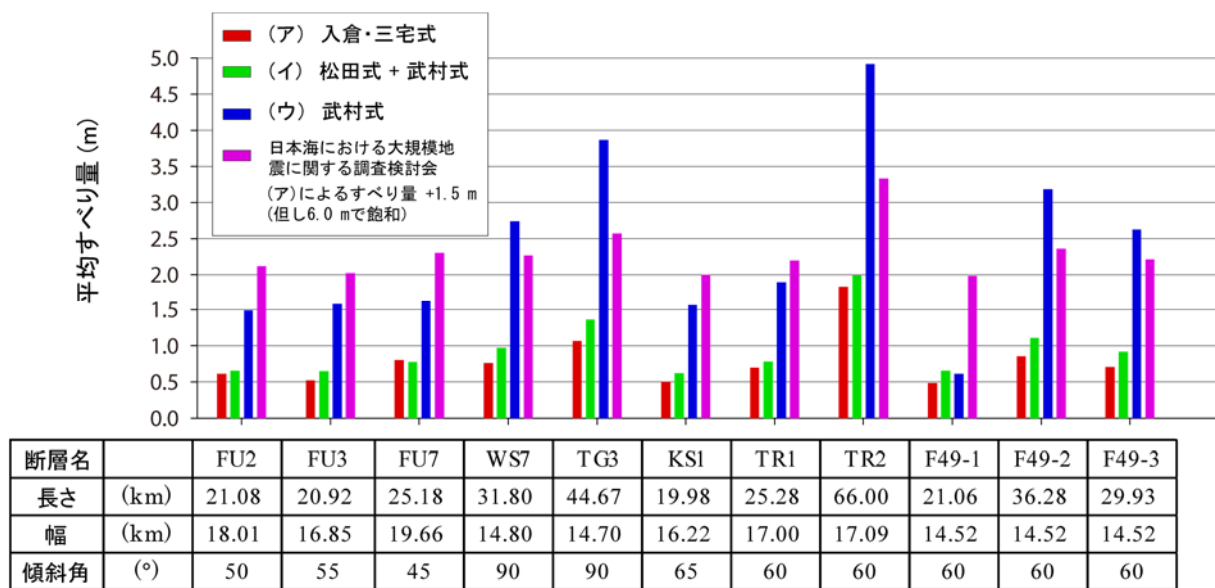


図 8 単独 11 モデルに対して、3 つの異なるスケーリング則により算定された平均すべり量の比較。桃色は「日本海における大規模地震に関する調査委員会」¹⁾ の σ 式による断層すべり量。

層にはすべり量の情報がないため、上記の 20 断層モデルについて、スケーリング則を用いて地震モーメント（モーメントマグニチュード）ならびに断層すべり量を算定した。本課題では、地震調査研究推進本部における「震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）」²⁾ や、「日本海における大規模地震に関する調査委員会」¹⁾ で用いられ、後述の松田（1975）³⁾ や武村（1998）⁴⁾ に比べ最も多くの地震データに基づき得られた、入倉・三宅（2001）⁵⁾ によるスケーリング則を用いた手法（以下、入倉・三宅式と略記する）を基本とする。ただし、松田（1975）³⁾ ならびに武村（1990）⁶⁾ による式を用いた手法（以下、松田式・武村式と略記する）、ならびに武村（1998）⁴⁾ のスケーリング則を用いた手法（以下、武村式と略記する）から算定した断層すべり量についても津波伝播解析を実施し、スケーリング則の相違が津波高に与える影響を検討した（以下、スケーリング則パラメータスタディと呼ぶ）。スケーリング則パラメータスタディについては、20 断層モデルそれぞれに対して 3 種類のスケーリング則によるすべり量を与えた合計 60 ケースについて津波伝播解析を実施した。

入倉・三宅式、松田式・武村式ならびに武村式によるすべり量算定のフローチャートを図 7 に示す。入倉・三宅式による手法では、入倉・三宅（2001）⁵⁾・Somerville *et al.*（1999）⁷⁾ のスケーリング式を用いて断層面積 S (km²) から地震モーメント M_0 (Nm) を算定し、モーメントマグニチュード（以下、 M_w と略記する）ならびに平均すべり量を設定した。松田式・武村式による手法では、松田（1975）³⁾ による活断層調査から得られた地表の活断層長さ L (km) から地震規模 (M , M_0) を算定し、武村（1990）⁶⁾ による気象庁マグニチュードから地震モーメントへの変換式を用いて地震モーメントを算定した。続いて算定された地震モーメントからスケーリング則²⁾ により断層面積を算定し、平均すべり量を算出した。武村式による手法では、武村（1998）⁴⁾ による活断層の長さから地震モーメントならびにモーメントマグニチュードを算出し、また活断層幅ならびに剛性率で割ることで

平均すべり量を算定した。なお、ここでは剛性率として「日本海における大規模地震に関する調査検討会」¹⁾と同じ 34.3 GPa を仮定した。「日本海における大規模地震に関する調査検討会」¹⁾では、沿岸域における津波高の計算の際に 60 断層モデルについて大すべり域のある不均質すべりを仮定し、スケーリング則⁵⁾に 1.5 m を加算する σ 式を適用しているが、本検討では一様すべりを仮定し、 σ 式は適用していない。

スケーリング則パラメータスタディのために設定した波源断層モデルのパラメーター一覧を表 1 に、単独 9 モデルに対するスケーリング則毎のすべり量を図 8 にそれぞれ示す。なお同表中に記載された上端深さは、海拔 0 m 基準の上端深さから断層上端部の平均水深を差し引き、海底面基準に変換した値である。図 8 には参考のため、「日本海における大規模地震に関する調査検討会」¹⁾による σ 式によって算定されたすべり量についても示している。単独モデルに対して算定されたすべり量の傾向として、入倉・三宅式を用いた場合と松田式・武村式による手法を用いた場合では基本的に同程度のすべり量が算定された。一方で、武村式による手法から算定されたすべり量は入倉・三宅式、松田式・武村式による手法に比べて突出して大きく算定される傾向にあり、特に長大な断層あるいは傾斜が高角な断層を対象とした場合には、平均すべり量としては「日本海における大規模地震に関する調査検討会」¹⁾による σ 式よりも大きいすべり量となった。

連動する可能性が考えられ、沿岸域にある程度の高さの津波が来襲する可能性が考えられる 9 モデルについては、まずは個々の面積の総和を震源断層面積とし、スケーリング則^{3), 5)}から全地震モーメント M_0 (Nm) を求めた (表 1)。個々の断層への地震モーメントの配分は、全ての断層で平均応力降下量が一定となるように各面積の 1.5 乗の重みで配分した。

$$M_{0i} = M_0 S_i^{3/2} / \sum S_i^{3/2}$$

M_{0i} : i 番目の断層の地震モーメント、 S_i : i 番目の断層の面積

3) 27 秒、9 秒メッシュを用いたスケーリング則による津波高のばらつきの検討

それぞれのスケーリング則を用いた場合について、表 1 に示される断層パラメータを用いて、断層長が 20 km 以上の断層に対してそれぞれの断層が個別に活動すると想定した 11 モデル、ならびに長さ 20 km 以下の断層も含めて連動する可能性がある断層の組合せを考慮した 9 モデルを含めた 20 モデルずつ、合計 60 ケースに対してシナリオ型津波伝播シミュレーションを実施した。

計算にあたり津波高の分布ならびに沿岸域における津波高、ならびに波形出力点 (図 9) における津波波形を計算した。津波高分布の計算には格子領域 A0001 (27 秒メッシュ: 図 9) を、沿岸域における津波高には格子領域 (B001~B010 但し B006 を除く: 9 秒メッシュ) をそれぞれ用いた。基礎方程式には非線形長波式を用い、ここでは陸上遡上は考慮しなかった。時間格子間隔は 0.5 秒とし、マニングの粗度係数は既存研究^{8), 9)}に基づき、 $n=0.025 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ を与えた。なお、本課題では地震発生後 5 時間まで計算を行い、計算時間内の最高水位を「津波高」として、市区町村毎や断層モデル毎の津波高の最大値を「最大津波高」として、それぞれ定義した。また、平均潮位面を基準面として仮定した。初期条

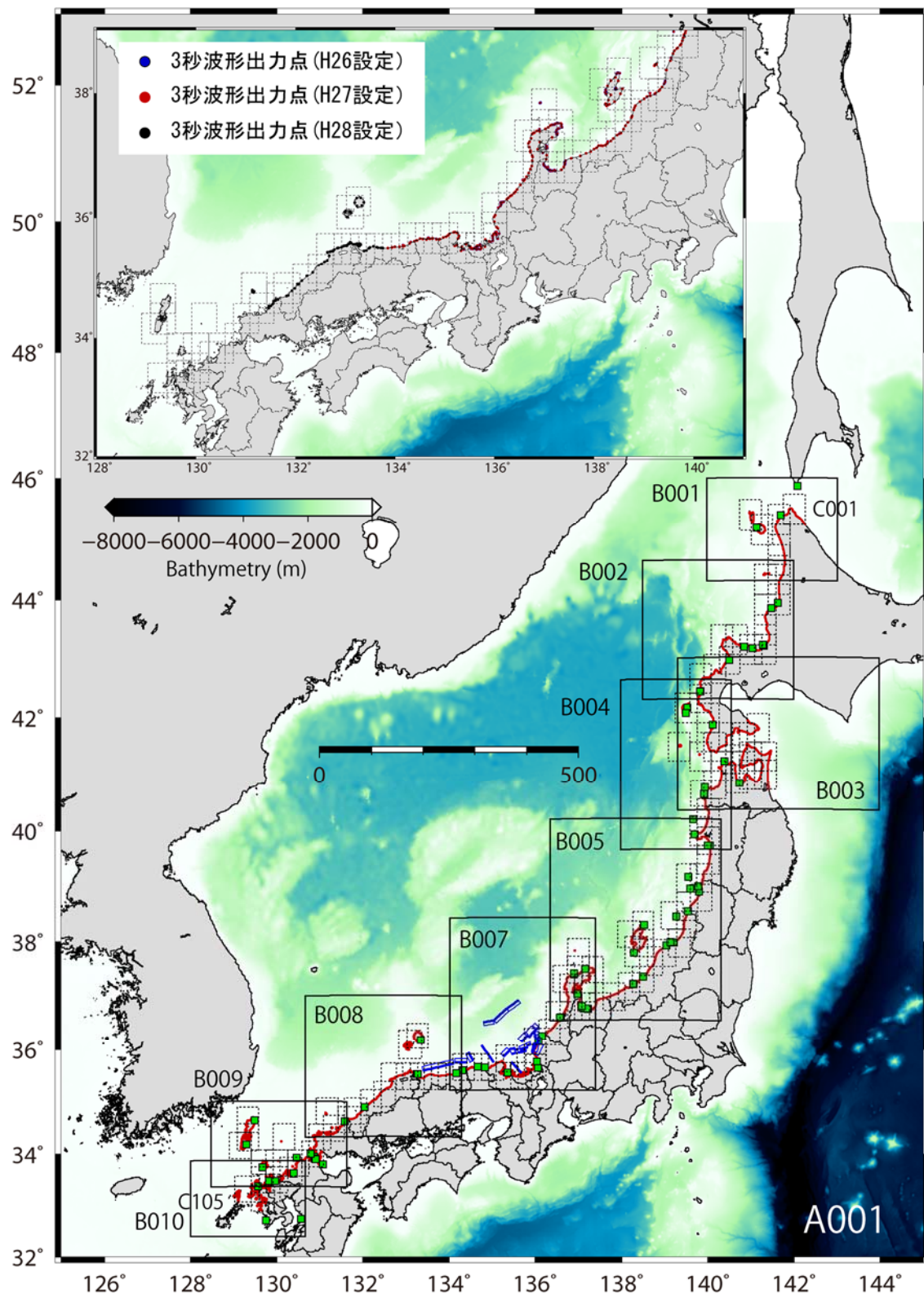


図 9 本課題で設定した計算領域（A001：27 秒メッシュ、B001~B010 但し B006 を除く（実線の矩形領域）：9 秒メッシュ、C001~C105（破線の矩形領域）：3 秒メッシュ）ならびに 9 秒メッシュを用いた計算における津波高の出力点（赤）。緑四角は 9 秒メッシュを用いた津波伝播計算における波形出力点。

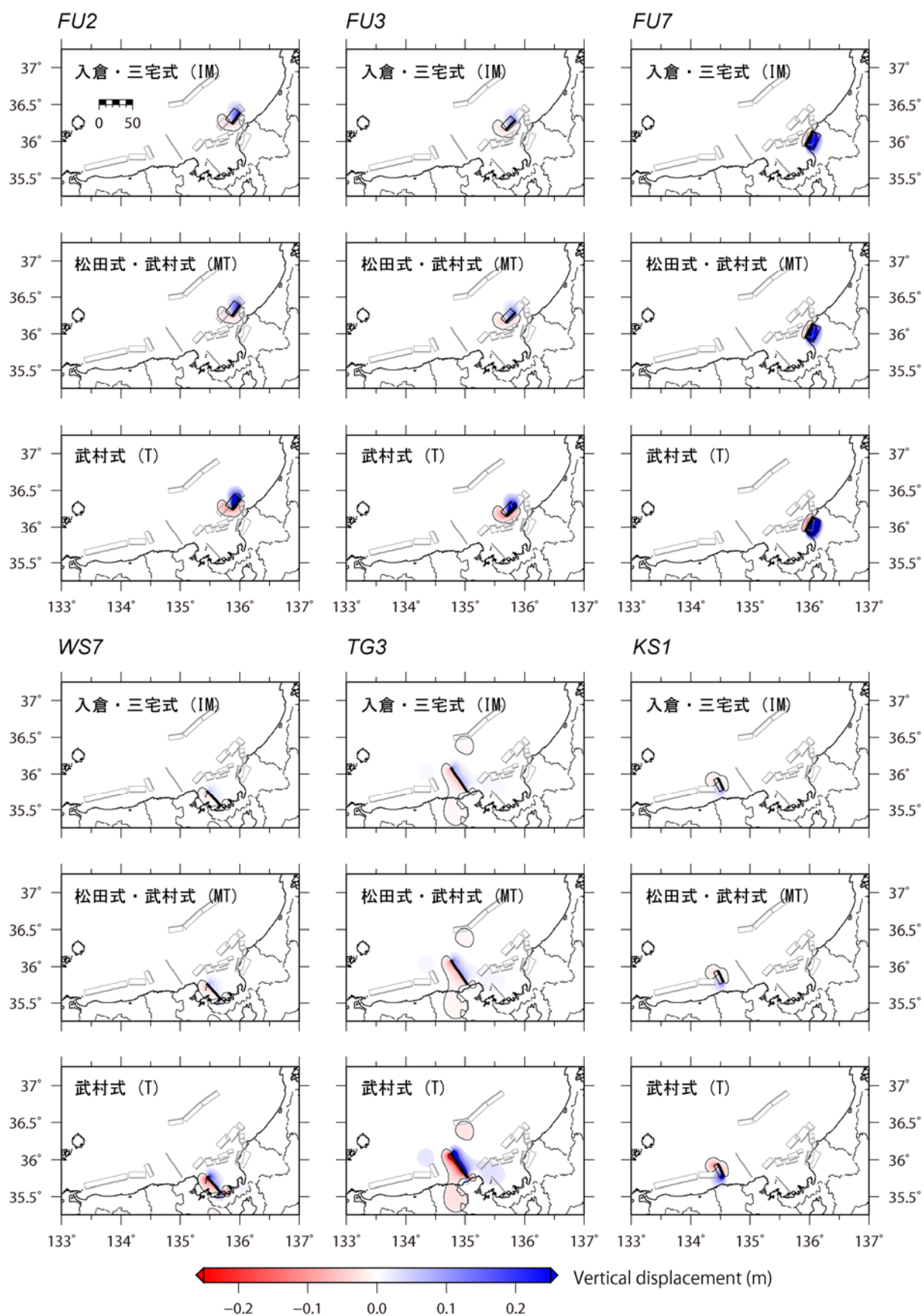


図 10 スケーリング則によりすべり量を変化させた場合の地殻変動量の分布。

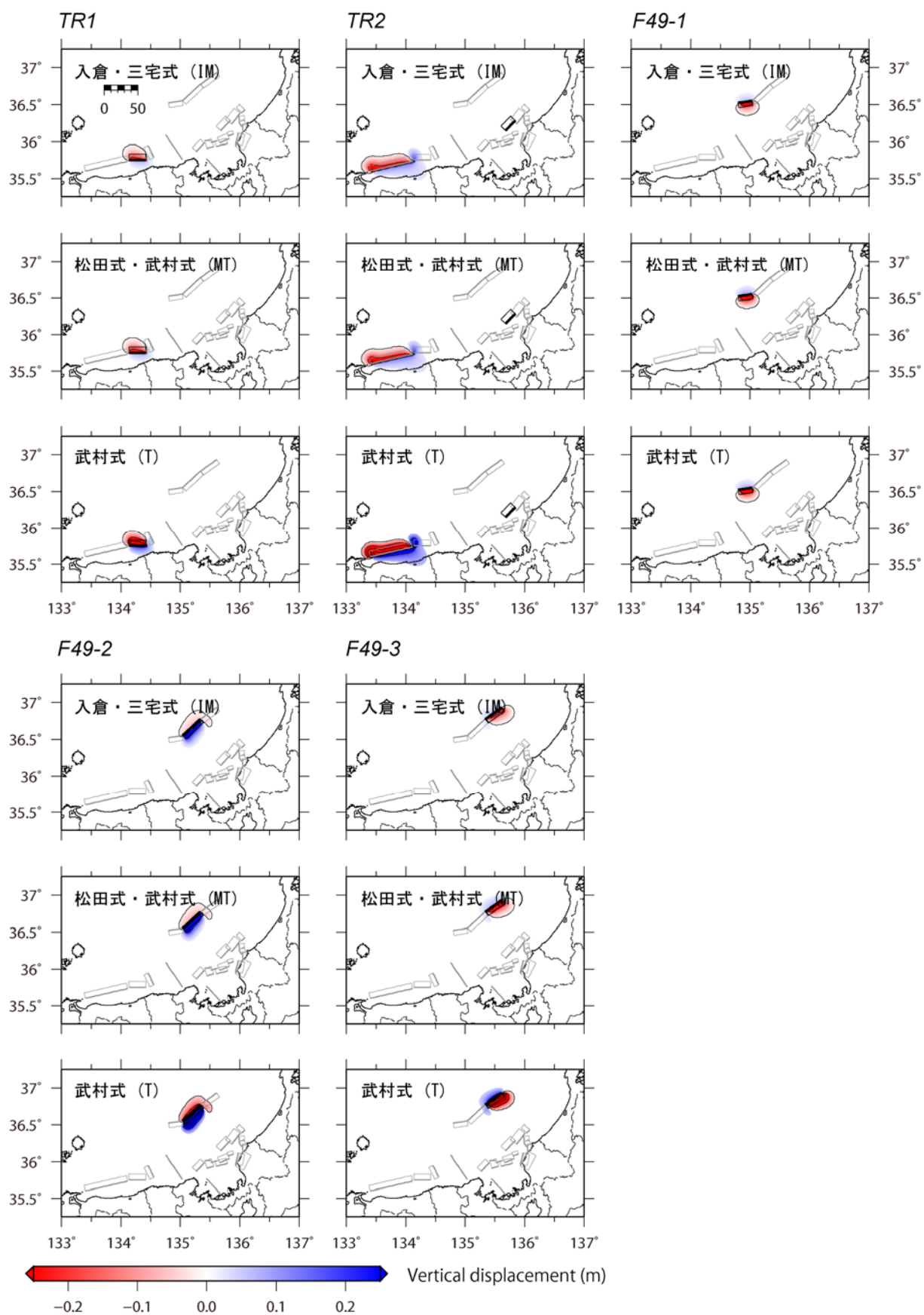


図 10 (続き)

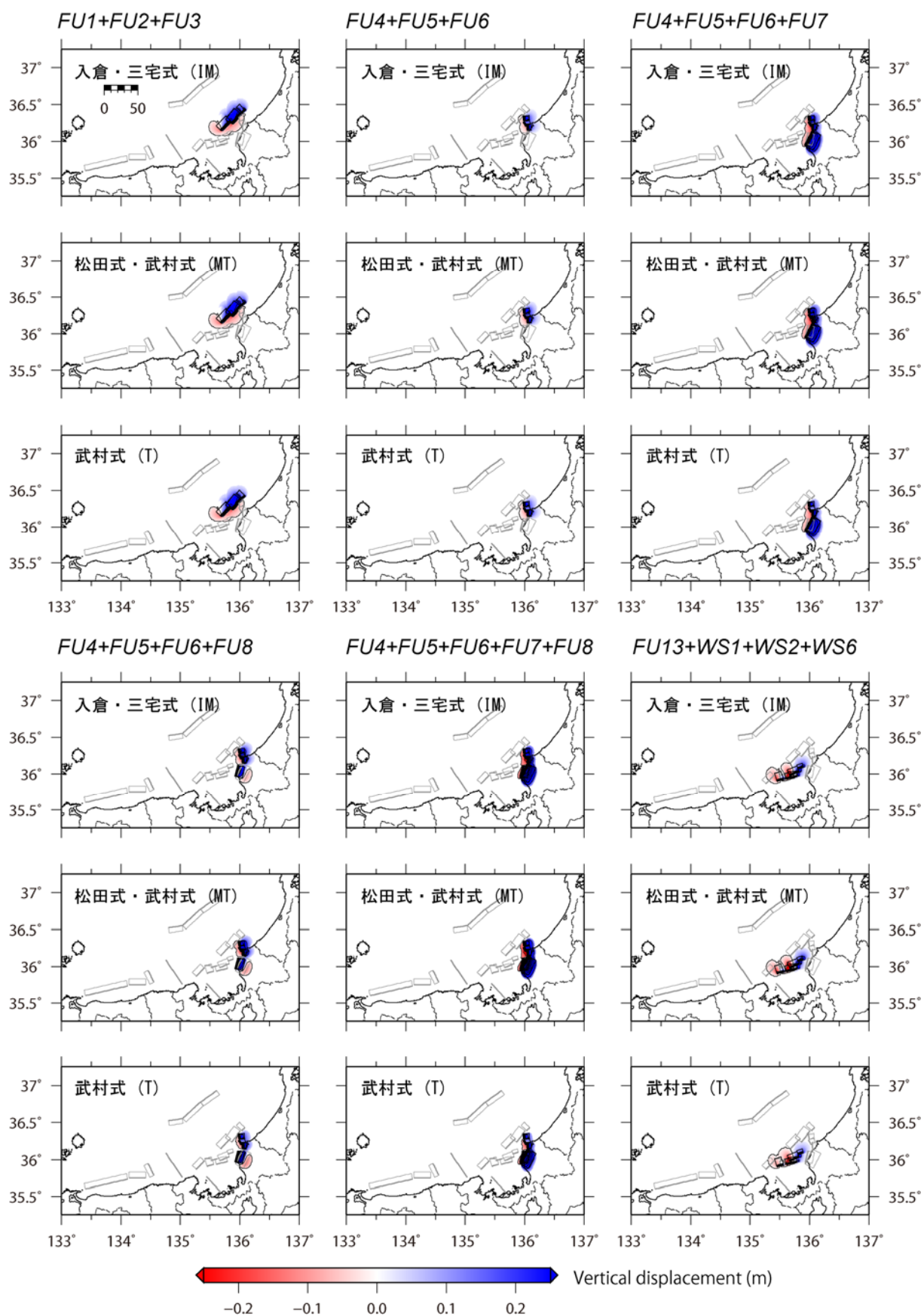


図 10 (続き)

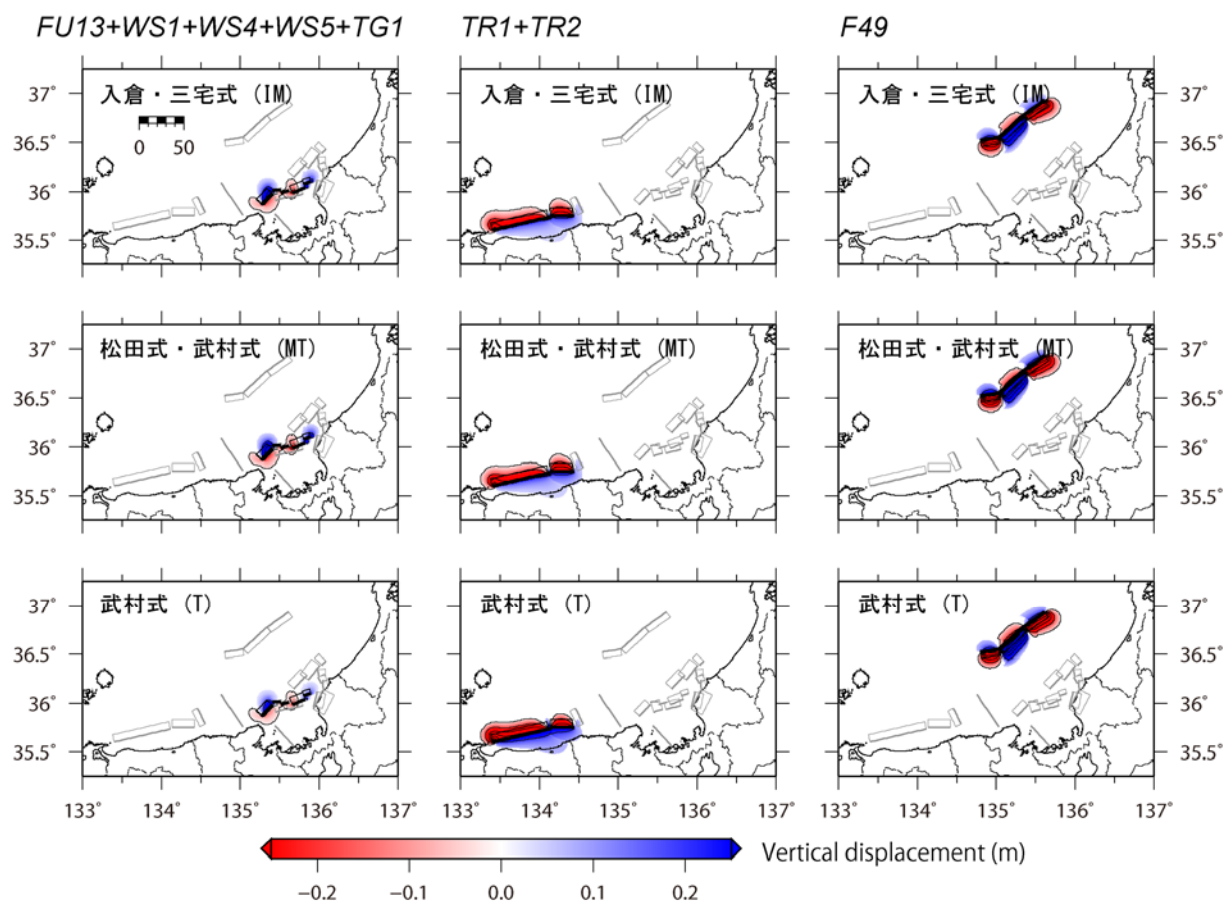


図 10 (続き)

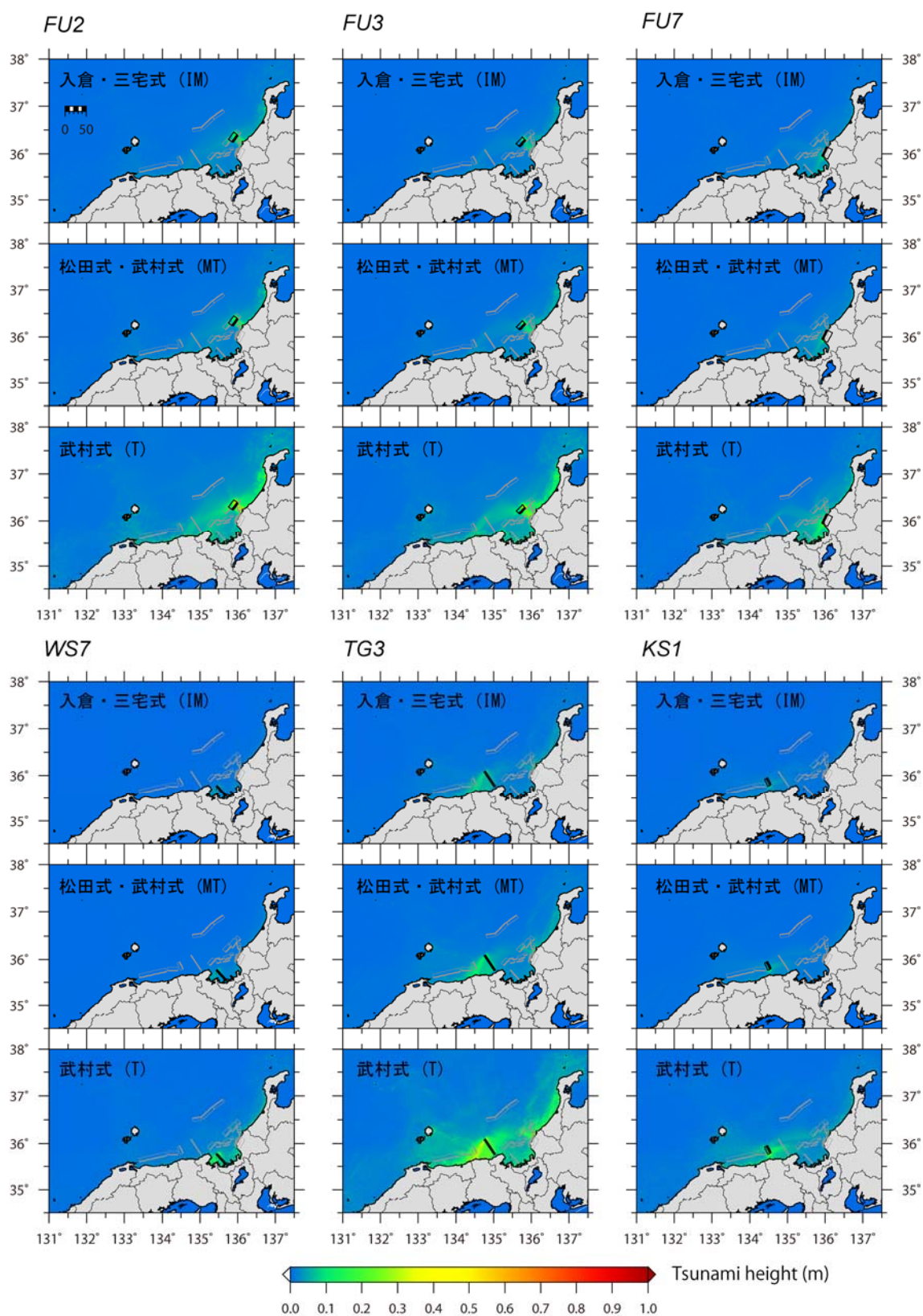


図 11 スケーリング則によりすべり量を変化させた場合の単独モデル・連動モデルにおける津波高の分布。

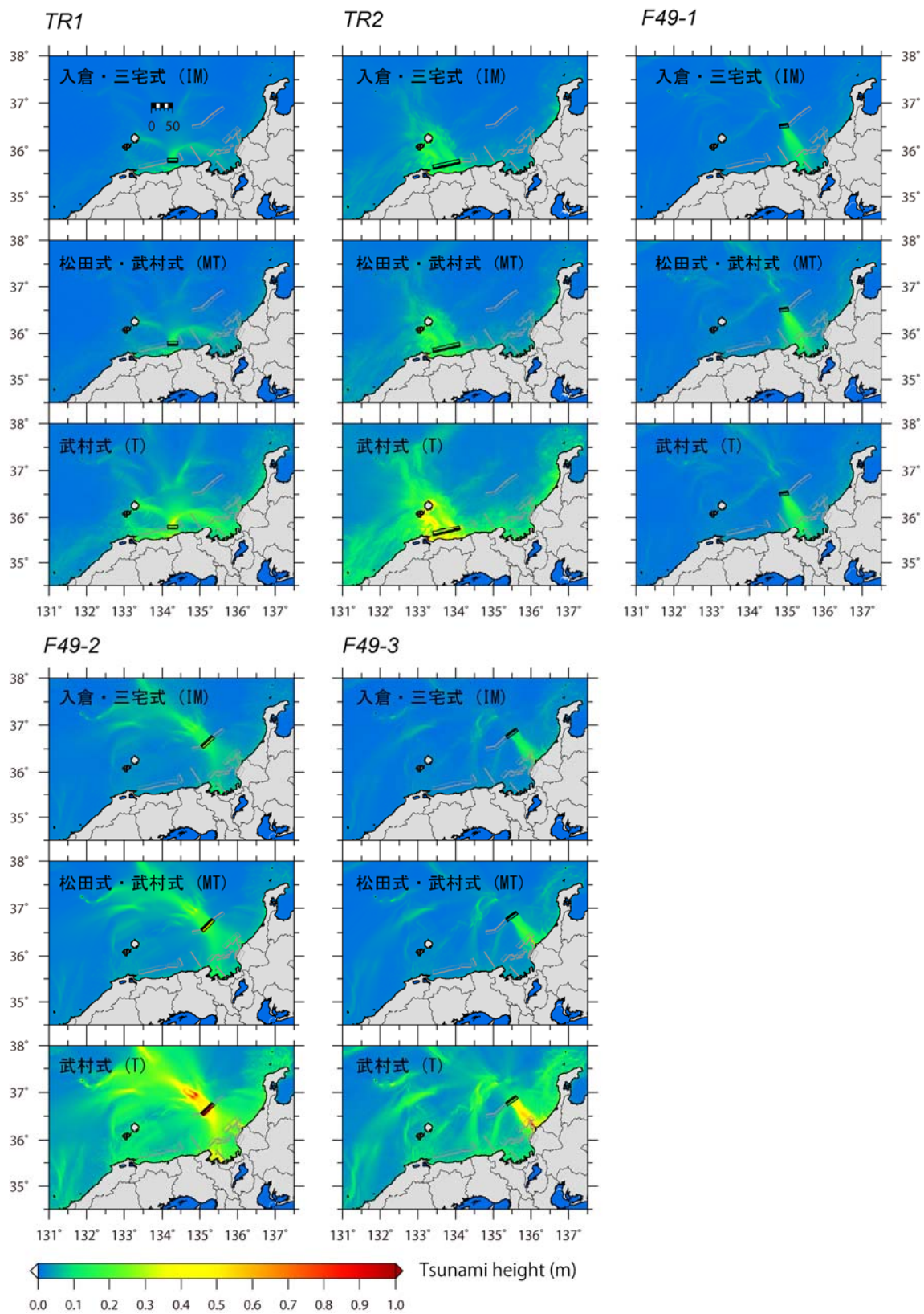


図 11 (続き)

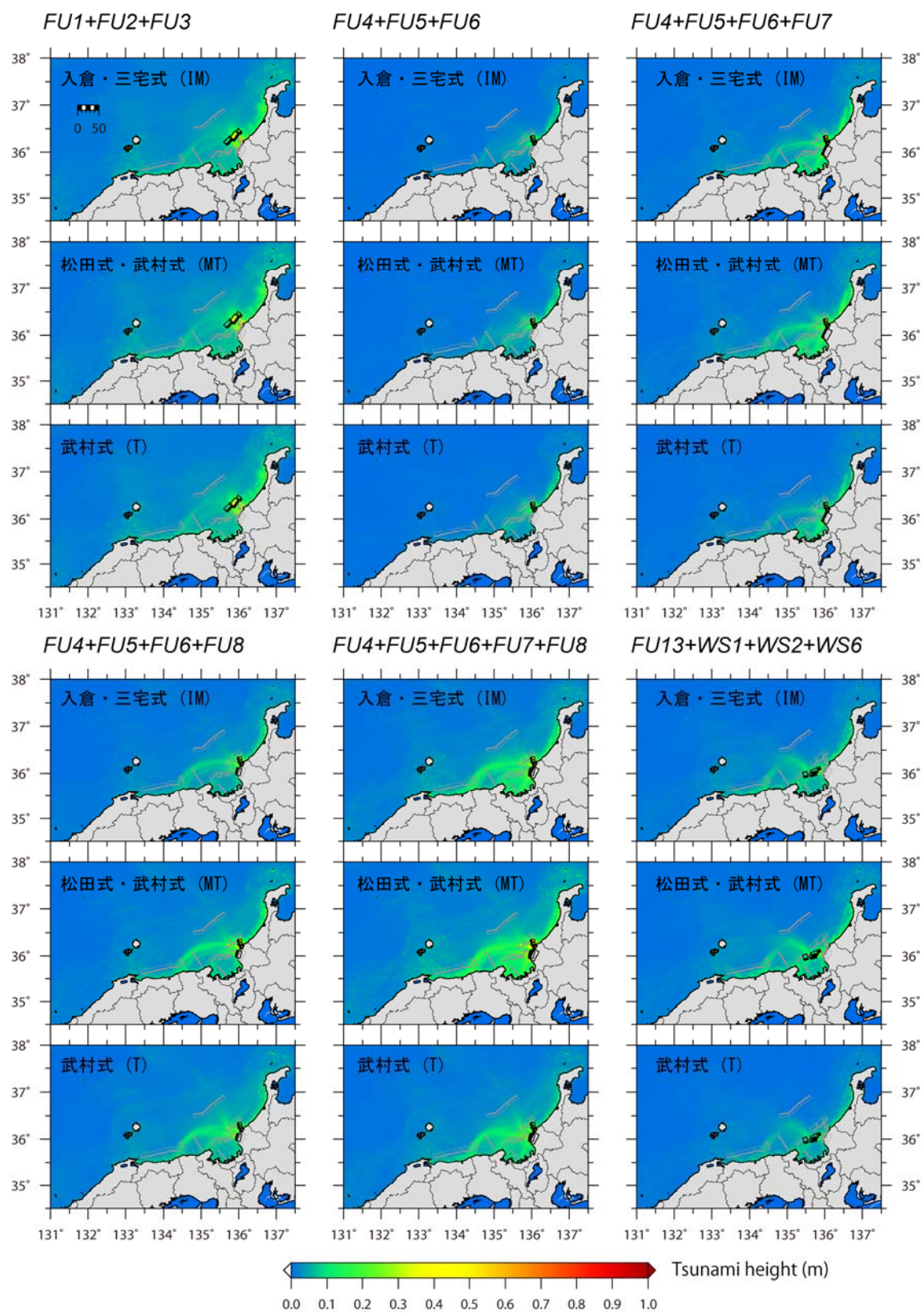


図 11 (続き)

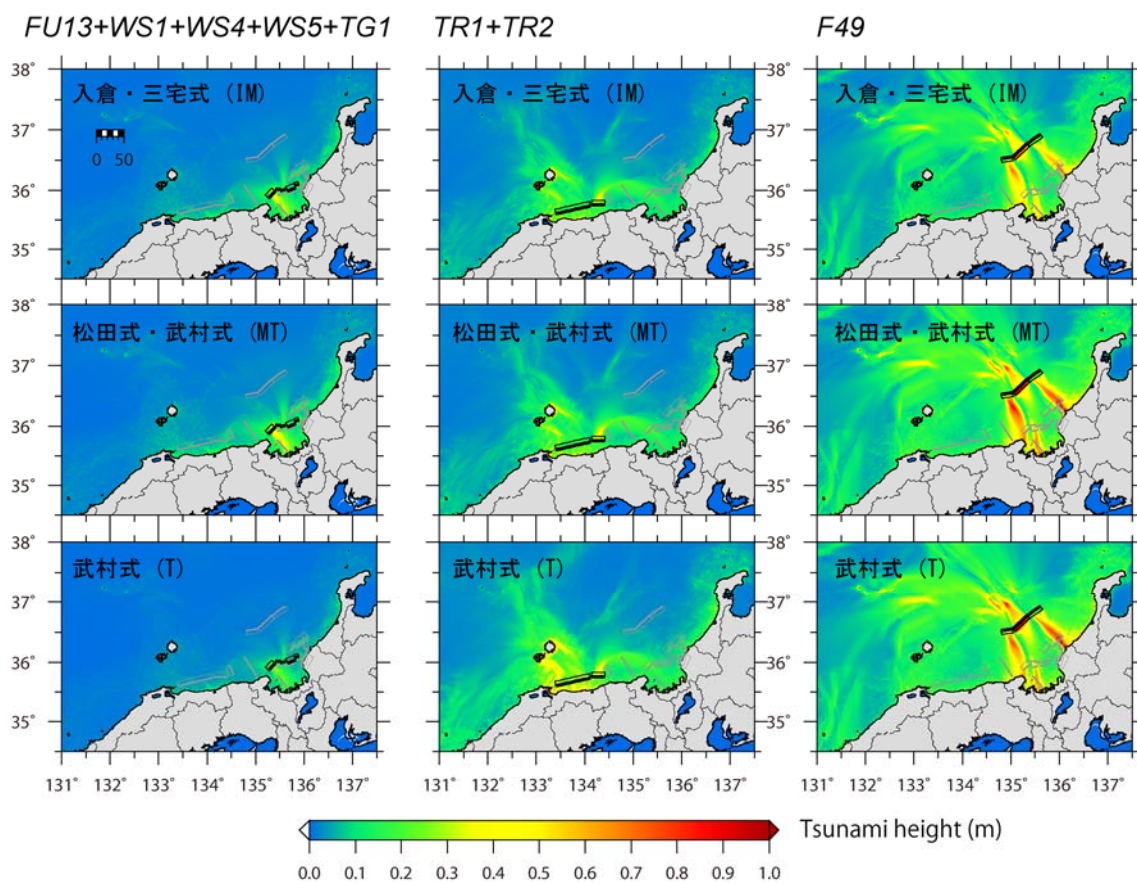


図 11 (続き)

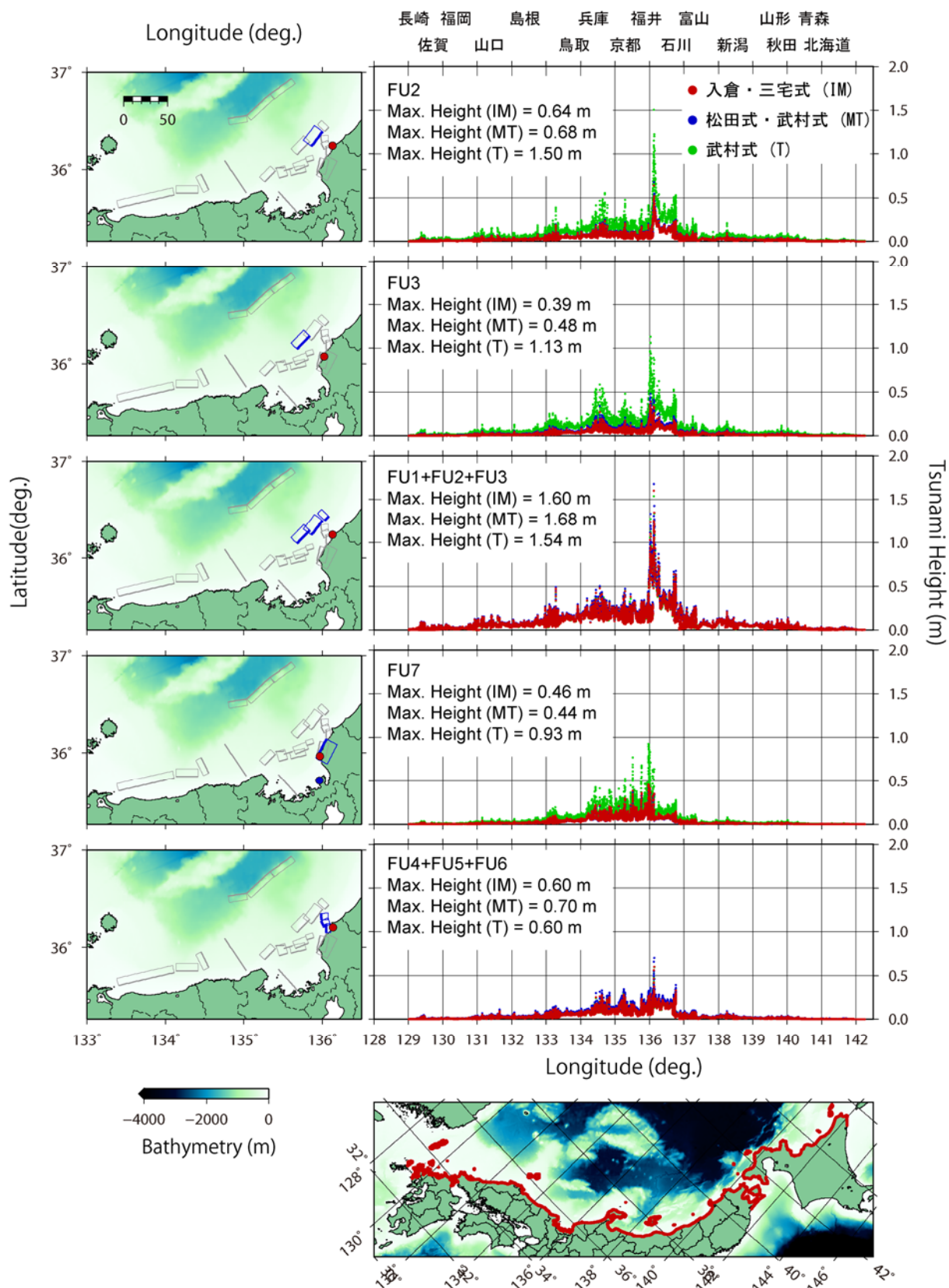


図 12 沿岸域における津波高の分布 (9 秒メッシュ)。左側の地図における赤丸・緑丸・青丸はそれぞれ入倉・三宅式、松田式・武村式、ならびに武村式を用いた場合における最大津波高が出力された点を表す。

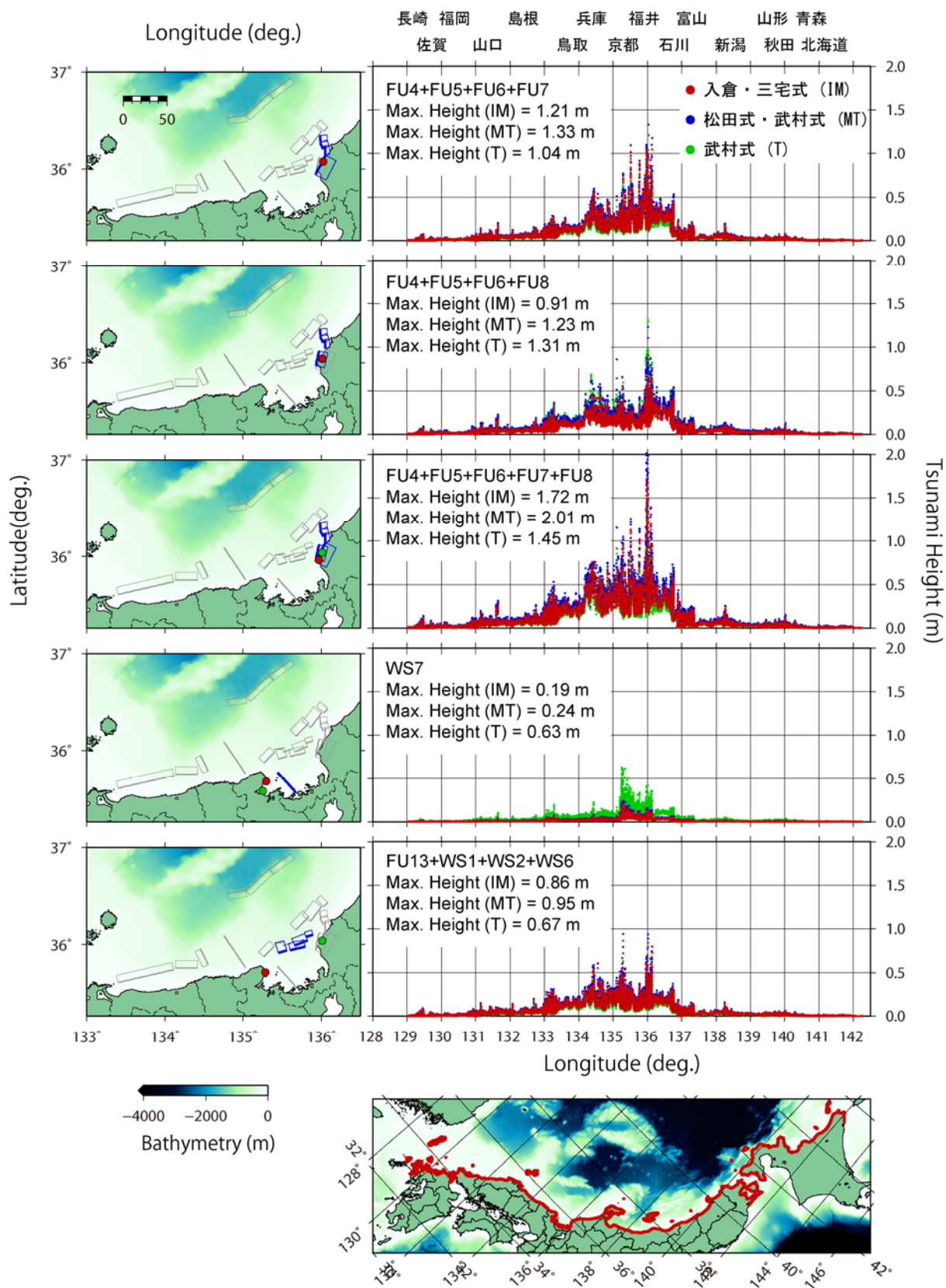


図 12 (続き)

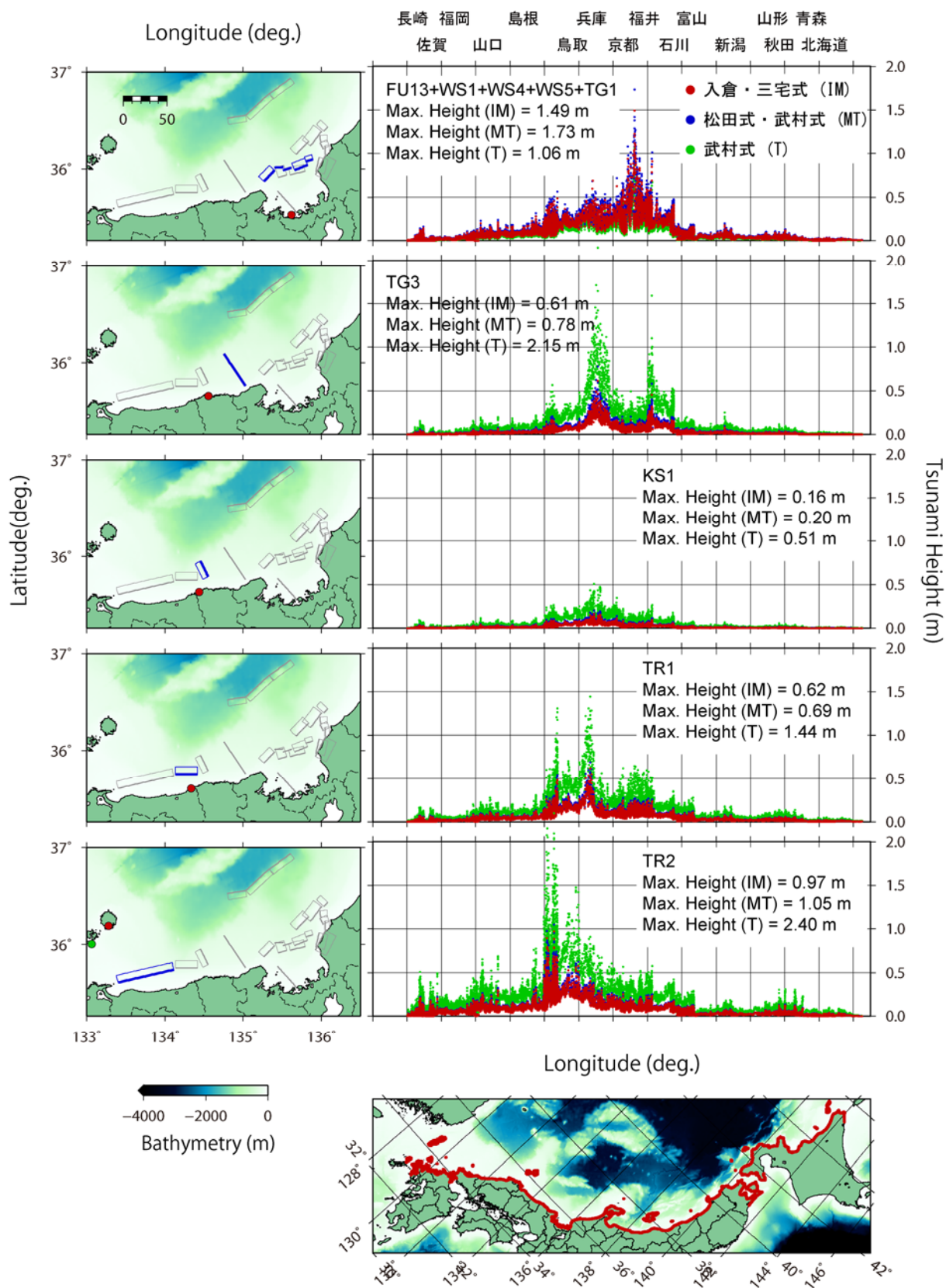


図 12 (続き)

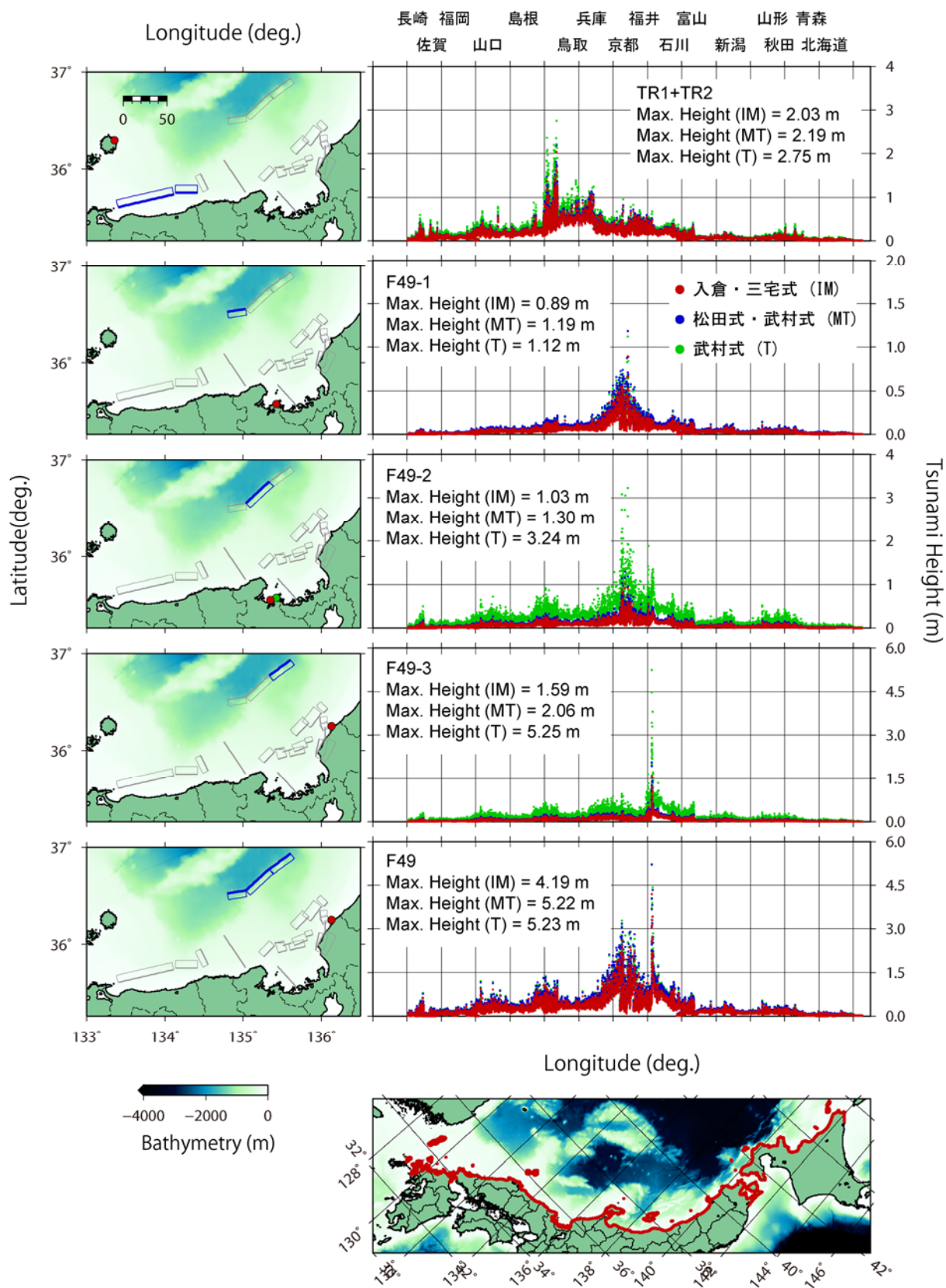


図 12 (続き)

表2 異なるスケーリング則を用いた場合の石川県～山口県沿岸域における市区町村毎の最大津波高（9秒メッシュ）。

(a) 入倉・宅三式

地域／市層		FU2	FU3	FU1 FU2 FU3	FU7	FU4 FU6 FU6	FU4 FU6 FU7	FU4 FU6 FU8	FU4 FU6 FU7 FU8	W87	FU18 WS1 WS2 WS6	FU18 WS1 WS4 WS6 TG1	TG8	KS1	TR1	TR2	TR1 TR2	F49-1	F49-2	F49-3	F49	全断面 最大
石川県	七尾市	0.07	0.07	0.10	0.05	0.04	0.06	0.08	0.09	0.02	0.03	0.04	0.08	0.02	0.11	0.12	0.12	0.05	0.16	0.19	0.31	0.31
	鳳鳴郡穴水町	0.08	0.05	0.10	0.04	0.03	0.06	0.07	0.02	0.02	0.05	0.07	0.02	0.10	0.11	0.11	0.07	0.21	0.19	0.28	0.28	
	鳳鳴郡能登町	0.26	0.22	0.21	0.07	0.09	0.09	0.20	0.20	0.06	0.05	0.11	0.12	0.06	0.20	0.20	0.23	0.10	0.35	0.39	0.53	0.53
	珠洲市	0.20	0.15	0.26	0.11	0.09	0.15	0.17	0.20	0.06	0.11	0.11	0.20	0.08	0.28	0.29	0.32	0.16	0.50	0.67	0.78	0.78
	輪島市	0.30	0.34	0.36	0.17	0.13	0.19	0.32	0.35	0.10	0.19	0.18	0.34	0.10	0.25	0.32	0.39	0.19	0.51	0.68	0.81	0.81
	羽咋郡志賀町	0.06	0.06	0.08	0.27	0.25	0.34	0.34	0.34	0.16	0.28	0.30	0.18	0.28	0.31	0.31	0.26	0.78	0.68	1.17	1.17	
	羽咋市	0.53	0.40	0.56	0.26	0.34	0.34	0.44	0.42	0.16	0.21	0.28	0.44	0.12	0.35	0.39	0.48	0.20	0.55	0.68	0.87	0.87
	羽咋郡室蘭水町	0.38	0.44	0.42	0.24	0.25	0.28	0.40	0.44	0.16	0.19	0.19	0.37	0.11	0.23	0.30	0.38	0.15	0.47	0.62	0.83	0.83
	かほく市	0.35	0.32	0.36	0.20	0.20	0.27	0.35	0.34	0.14	0.21	0.20	0.37	0.11	0.24	0.36	0.35	0.14	0.51	0.70	0.84	0.84
	河北郡内田町	0.08	0.32	0.08	0.23	0.21	0.25	0.35	0.31	0.16	0.19	0.23	0.31	0.12	0.26	0.38	0.16	0.26	0.68	0.82	0.82	0.82
	金沢市	0.36	0.33	0.43	0.21	0.19	0.30	0.32	0.31	0.13	0.19	0.23	0.37	0.12	0.23	0.37	0.30	0.16	0.50	0.60	0.84	0.84
	白山市	0.35	0.34	0.37	0.22	0.20	0.29	0.44	0.42	0.12	0.17	0.22	0.40	0.10	0.21	0.34	0.36	0.12	0.50	0.62	1.03	1.03
	能美市	0.43	0.26	0.44	0.17	0.20	0.24	0.37	0.37	0.14	0.20	0.18	0.29	0.09	0.18	0.24	0.30	0.12	0.51	0.66	1.08	1.08
	小松市	0.40	0.34	0.43	0.17	0.23	0.30	0.29	0.23	0.13	0.19	0.20	0.33	0.12	0.28	0.33	0.11	0.54	0.84	1.15	1.15	
	加賀市	0.54	0.02	0.82	0.25	0.24	0.32	0.50	0.50	0.14	0.21	0.31	0.62	0.13	0.22	0.28	0.31	0.13	0.57	1.33	1.75	1.75
福井県	あわら市	0.06	0.57	0.67	0.17	0.23	0.26	0.33	0.31	0.13	0.20	0.18	0.60	0.10	0.35	0.27	0.34	0.13	0.98	0.98	1.73	1.73
	坂井市	1.50	0.89	1.54	0.63	0.59	0.79	0.82	0.69	0.35	0.66	0.67	1.50	0.27	0.51	0.56	0.67	0.20	1.36	1.33	2.34	2.34
	丹生郡美穂町	0.05	1.13	1.28	0.83	0.35	1.04	1.31	1.45	0.18	0.67	0.36	0.92	0.21	0.45	0.47	0.56	0.23	1.89	1.65	1.37	1.89
	南条郡南越前町	0.15	0.36	0.34	0.20	0.20	0.93	0.88	1.14	0.19	0.42	0.30	0.44	0.15	0.44	0.25	0.40	0.18	0.79	0.84	1.03	1.44
	敦賀市	0.16	0.19	0.18	0.42	0.11	0.40	0.28	0.34	0.22	0.31	0.31	0.36	0.12	0.32	0.29	0.30	0.22	0.90	0.32	0.75	0.75
	三方郡美浜町	0.30	0.35	0.30	0.63	0.19	0.75	0.49	1.05	0.43	0.39	0.44	0.41	0.17	0.60	0.50	0.50	0.27	0.73	0.44	1.14	1.14
	三方上中郡若狭町	0.18	0.22	0.31	0.32	0.21	0.33	0.28	0.39	0.23	0.21	0.38	0.44	0.42	0.38	0.40	0.29	0.95	0.25	1.47	1.47	
	小浜市	0.37	0.44	0.34	0.68	0.26	0.77	0.39	0.74	0.33	0.26	0.61	0.70	0.33	0.48	0.48	0.50	0.33	1.08	0.76	1.18	1.18
	大飯郡おおい町	0.17	0.20	0.21	0.38	0.13	0.35	0.23	0.44	0.22	0.18	1.06	0.30	0.15	0.64	0.32	0.62	0.31	1.11	0.41	2.06	2.06
	大飯郡高浜町	0.24	0.24	0.31	0.77	0.19	0.89	0.34	0.80	0.40	0.33	0.70	0.40	0.16	0.50	0.40	0.83	0.50	1.81	0.50	2.88	2.88
京都府	舞鶴市	0.27	0.33	0.36	0.44	0.18	0.48	0.38	0.62	0.61	0.42	0.68	0.29	0.16	0.48	0.39	0.55	1.12	0.34	0.67	2.80	2.80
	宮津市	0.24	0.30	0.27	0.30	0.25	0.37	0.30	0.63	0.63	0.35	0.32	0.12	0.35	0.40	0.40	0.35	1.55	0.55	1.44	1.55	
	与謝郡伊根町	0.27	0.33	0.37	0.30	0.23	0.65	0.66	0.74	0.63	0.37	0.63	0.22	0.35	0.40	0.40	0.35	1.55	0.55	1.44	1.55	
	京丹波市	0.27	0.31	0.27	0.44	0.25	0.39	0.86	0.85	0.17	0.34	0.45	0.84	0.35	0.40	0.60	0.67	0.69	1.58	0.87	2.14	2.14
兵庫県	豊岡市	0.41	0.38	0.33	0.39	0.27	0.38	0.37	0.52	0.13	0.27	0.34	1.12	0.25	0.43	0.53	0.54	0.33	0.92	0.79	1.56	1.56
	美作市	0.55	0.82	0.49	0.44	0.28	0.44	0.54	0.75	0.15	0.40	0.30	2.15	0.48	0.54	0.69	0.71	0.29	0.91	0.75	1.41	2.15
	美作郡美作町	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
	鳥取市	0.24	0.25	0.33	0.24	0.11	0.26	0.47	0.53	0.10	0.24	0.32	0.73	0.30	1.22	1.42	1.24	0.15	0.54	0.43	0.85	1.42
鳥取県	倉吉郡湯原浜町	0.22	0.14	0.28	0.11	0.09	0.14	0.22	0.30	0.07	0.14	0.22	0.33	0.23	0.50	1.48	1.39	0.14	0.46	0.37	0.63	1.48
	東伯耆郡北栄町	0.13	0.14	0.16	0.11	0.09	0.13	0.19	0.21	0.07	0.17	0.20	0.35	0.16	0.63	1.18	1.20	0.11	0.43	0.30	0.60	1.20
	東伯耆郡等々力町	0.16	0.16	0.17	0.11	0.09	0.16	0.21	0.25	0.09	0.17	0.23	0.35	0.20	0.70	1.18	1.18	0.11	0.46	0.26	0.70	1.18
	西伯耆郡大山町	0.19	0.20	0.19	0.13	0.12	0.18	0.25	0.26	0.09	0.15	0.27	0.34	0.23	0.57	0.86	0.90	0.20	0.53	0.30	0.68	0.90
	西伯耆郡日南町	0.12	0.13	0.14	0.06	0.05	0.11	0.14	0.16	0.06	0.09	0.17	0.20	0.11	0.39	0.50	0.66	0.08	0.28	0.32	0.41	0.66
	米子市	0.17	0.15	0.19	0.10	0.09	0.14	0.23	0.27	0.08	0.15	0.20	0.27	0.15	0.61	1.17	1.17	0.12	0.41	0.37	0.65	1.17
	境港市	0.16	0.21	0.26	0.16	0.10	0.18	0.26	0.33	0.10	0.19	0.28	0.28	0.24	1.40	1.40	1.40	0.29	0.76	0.64	1.28	1.40
	鳥取郡鳥取市の鳥町	0.38	0.21	0.46	0.14	0.14	0.15	0.34	0.37	0.19	0.17	0.35	0.44	0.23	1.20	1.20	1.20	0.20	0.71	0.58	1.20	1.20
	鳥取郡湯郷土町	0.17	0.19	0.26	0.15	0.10	0.13	0.25	0.27	0.13	0.21	0.23	0.28	0.16	0.47	0.45	0.48	0.16	0.38	0.39	0.74	0.48
	鳥取郡西ノ島町	0.16	0.12	0.16	0.07	0.08	0.13	0.17	0.18	0.06	0.14	0.19	0.18	0.15	0.36	1.50	1.44	0.14	0.67	0.38	0.94	1.50
	鳥取郡知夫村	0.13	0.15	0.19	0.13	0.08	0.14	0.22	0.24	0.13	0.20	0.26	0.35	0.24	0.60	1.40	1.40	0.17	0.65	0.45	0.80	1.40
島根県	松江市	0.24	0.26	0.27	0.20	0.13	0.23	0.19	0.11	0.11	0.22	0.33	0.20	0.44	1.11	1.15	1.17	0.12	0.92	0.67	1.28	1.17
	出雲市	0.18	0.13	0.16	0.08	0.09	0.11	0.17	0.19	0.07	0.14	0.20	0.22	0.12	0.31	0.77	0.87	0.12	0.73	0.63	1.17	0.87
	大田市	0.08	0.07	0.10	0.05	0.04	0.07	0.08	0.11	0.03	0.07	0.12	0.13	0.07	0.19	0.44	0.46	0.09	0.40	0.26	0.76	0.76
	江津市	0.07	0.06	0.08	0.04	0.03	0.07	0.07	0.09	0.03	0.05	0.07	0.12	0.05	0.15	0.31	0.31	0.07	0.36	0.22	0.52	0.52
	浜田市	0.10	0.12	0.11	0.06	0.07	0.08	0.11	0.09	0.06	0.11	0.18	0.09	0.20	0.33	0.39	0.09	0.42	0.22	0.56	0.56	
	津和野市	0.05	0.05	0.09	0.04	0.03	0.05	0.09	0.09	0.03	0.06	0.11	0.10	0.07	0.16	0.16	0.16	0.31	0.39	0.09	0.90	0.90
	阿武郡阿武町	0.09	0.09	0.11	0.04	0.05	0.07	0.10	0.09	0.03	0.07	0.08	0.13	0.05	0.20	0.52	0.44	0.08	0.73	0.50	1.17	1.17
山口県	萩市	0.15	0.13	0.17	0.07	0.10	0.14	0.23	0.21	0.10	0.12	0.15	0.20	0.12	0.28	0.60	0.77	0.08	0.65	0.51	1.21	1.21
	山門町	0.12	0.07	0.14	0.03	0.04	0.06	0.13	0.12	0.04	0.06	0.09	0.16	0.07	0.19	0.65	0.68	0.07	0.48	0.35	0.70	0.70
	下関市	0.10	0.07	0.12	0.02	0.03	0.04	0.10	0.09	0.02	0.07	0.07	0.16	0.08	0.09	0.16	0.16	0.06	0.31	0.22	0.46	0.46
	山陽小野田市	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.04	0.00	0.01	0.01	0.01	0.04
	山陽門司市	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.04	0.00	0.01	0.01	0.01	0.04

(b) 松田式・武村式

地域／市層		FU2	FU3	FU1 FU2 FU3	FU7	FU4 FU6 FU6	FU4 FU6 FU7	FU4 FU6 FU8	FU4 FU6 FU7 FU8	W87	FU13 WS1 WS2 WS6	FU13 WS1 WS4 WS6 TG1
-------	--	-----	-----	-------------------	-----	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------------	-----	---------------------------	----------------------------------

表 2 (続き)

(c) 武村式

地域・階層		FU2	FU3	FU1 FU2 FU3	FU7	FU4 FU5 FU6	FU4 FU5 FU6 FU7	FU4 FU5 FU6 FU7 FU8	FU4 FU5 FU6 FU7 FU8	W87	FU18 W81 W82 W86	FU13 W81 W84 W86 TG1	TG3	KS1	TR1	TR2	TR1 TR2	F49-1	F49-2	F49-3	F49	全断層 最大	
石川 県	七尾市	0.07	0.07	0.10	0.05	0.04	0.06	0.08	0.09	0.02	0.03	0.04	0.08	0.02	0.11	0.12	0.12	0.05	0.16	0.19	0.31	0.31	
	鳳珠郡穴水町	0.08	0.05	0.10	0.04	0.03	0.06	0.06	0.07	0.02	0.02	0.05	0.07	0.02	0.10	0.11	0.11	0.07	0.21	0.19	0.28	0.28	
	鳳珠郡能登町	0.26	0.22	0.21	0.07	0.09	0.09	0.20	0.20	0.06	0.05	0.11	0.12	0.06	0.20	0.20	0.23	0.10	0.35	0.39	0.55	0.55	
	珠洲市	0.20	0.15	0.26	0.11	0.09	0.15	0.17	0.20	0.06	0.11	0.11	0.20	0.08	0.28	0.29	0.42	0.16	0.59	0.67	0.78	0.78	
	能登町	0.30	0.34	0.36	0.17	0.13	0.19	0.32	0.35	0.10	0.19	0.16	0.34	0.10	0.25	0.32	0.39	0.19	0.44	0.57	1.08	1.08	
	羽咋市	0.53	0.53	0.63	0.27	0.25	0.34	0.53	0.50	0.16	0.28	0.30	0.53	0.18	0.28	0.32	0.35	0.26	0.78	0.68	1.17	1.17	
	羽咋郡志賀町	0.38	0.41	0.42	0.24	0.25	0.28	0.40	0.48	0.16	0.19	0.19	0.37	0.11	0.23	0.30	0.38	0.15	0.47	0.62	0.83	0.83	
	かほく市	0.35	0.32	0.36	0.20	0.20	0.27	0.35	0.34	0.14	0.21	0.20	0.37	0.11	0.24	0.36	0.35	0.14	0.54	0.50	0.84	0.84	
	河北郡内藤町	0.32	0.32	0.40	0.23	0.21	0.25	0.35	0.31	0.16	0.19	0.23	0.31	0.12	0.26	0.38	0.38	0.16	0.55	0.60	0.82	0.82	
	金沢市	0.36	0.33	0.43	0.21	0.19	0.30	0.32	0.31	0.13	0.19	0.23	0.37	0.12	0.23	0.37	0.46	0.16	0.50	0.60	0.84	0.84	
	白山市	0.35	0.34	0.37	0.22	0.20	0.29	0.43	0.42	0.12	0.17	0.22	0.43	0.10	0.21	0.34	0.36	0.12	0.52	0.62	1.03	1.03	
	能美市	0.43	0.26	0.43	0.17	0.20	0.24	0.37	0.37	0.14	0.20	0.18	0.29	0.09	0.18	0.24	0.30	0.12	0.51	0.66	1.08	1.08	
	小松市	0.40	0.34	0.43	0.17	0.23	0.30	0.29	0.23	0.13	0.19	0.20	0.44	0.13	0.22	0.28	0.33	0.11	0.54	0.84	1.15	1.15	
	加賀市	0.51	0.62	0.82	0.25	0.24	0.32	0.50	0.45	0.14	0.21	0.31	0.62	0.13	0.22	0.28	0.31	0.13	0.57	1.33	1.75	1.75	
	福井 県	あわら市	0.66	0.67	0.67	0.17	0.23	0.26	0.53	0.51	0.13	0.20	0.18	0.66	0.10	0.35	0.27	0.34	0.13	0.98	0.98	1.73	1.73
坂井市		1.50	0.80	1.54	0.63	0.66	0.70	0.82	0.80	0.35	0.66	0.66	1.50	0.27	0.61	0.58	0.67	0.20	1.36	0.88	1.45	1.45	
越前市		0.65	1.13	1.28	0.83	0.35	1.04	1.31	1.45	0.18	0.67	0.36	0.92	0.21	0.35	0.47	0.56	0.23	1.80	1.65	1.37	1.80	
丹生郡越前町		0.16	0.36	0.34	0.93	0.20	0.93	0.88	1.44	0.19	0.42	0.30	0.44	0.15	0.44	0.25	0.40	0.18	0.79	0.84	1.03	1.44	
南条郡南越前町		0.15	0.19	0.18	0.42	0.11	0.40	0.28	0.52	0.22	0.31	0.31	0.36	0.12	0.32	0.29	0.40	0.22	0.50	0.32	0.75	0.75	
越前市		0.30	0.35	0.30	0.63	0.19	0.75	0.49	1.05	0.42	0.39	0.41	0.41	0.17	0.69	0.50	0.50	0.27	0.73	0.44	1.14	1.14	
三方郡奥浜町		0.36	0.35	0.69	0.48	0.30	0.74	0.61	0.62	0.35	0.27	0.34	0.41	0.19	0.57	0.46	0.54	0.25	0.95	0.88	1.47	1.47	
三方上中郡若狭町		0.18	0.22	0.31	0.22	0.21	0.23	0.28	0.39	0.23	0.21	0.38	0.44	0.14	0.42	0.38	0.40	0.29	1.06	0.39	1.02	1.06	
小浜市		0.37	0.41	0.34	0.68	0.26	0.77	0.39	0.74	0.33	0.26	0.41	0.43	0.18	0.60	0.52	0.70	0.33	1.08	0.50	1.75	1.75	
大飯郡おおい町		0.17	0.20	0.21	0.38	0.13	0.35	0.23	0.40	0.22	0.18	1.06	0.30	0.15	0.64	0.32	0.62	0.51	1.11	0.41	2.66	2.66	
大飯郡高浜町		0.24	0.24	0.31	0.77	0.19	0.89	0.34	0.80	0.40	0.33	0.70	0.49	0.16	0.56	0.46	0.83	0.55	1.81	0.50	2.88	2.88	
京都 府		舞鶴市	0.27	0.33	0.36	0.44	0.18	0.48	0.38	0.62	0.61	0.42	0.68	0.29	0.16	0.48	0.39	0.55	1.12	0.24	0.67	2.80	3.21
		京都市	0.24	0.30	0.37	0.30	0.25	0.37	0.30	0.63	0.29	0.35	0.32	0.12	0.35	0.46	0.36	0.35	1.55	0.68	1.44	1.55	
		与謝郡伊根町	0.35	0.48	0.46	0.53	0.63	0.66	0.74	0.61	0.63	0.45	0.65	0.22	0.62	0.56	0.95	0.70	3.00	0.95	0.88	3.00	
		京丹波市	0.27	0.31	0.27	0.41	0.25	0.39	0.86	0.85	0.17	0.34	0.45	0.84	0.35	0.40	0.60	0.67	0.69	1.58	0.87	2.44	2.44
兵庫 県	豊岡市	0.41	0.38	0.33	0.39	0.27	0.38	0.37	0.52	0.13	0.27	0.34	1.12	0.25	0.43	0.53	0.54	0.33	0.92	0.79	1.56	1.56	
	美祿郡美祿町	0.55	0.82	0.49	0.44	0.28	0.41	0.52	0.57	0.15	0.40	0.30	2.15	0.48	0.56	0.69	0.71	0.29	0.91	0.75	1.41	2.15	
	美祿郡新温泉町	0.41	0.53	0.43	0.43	0.24	0.45	0.61	0.78	0.22	0.43	0.51	1.71	0.51	1.28	0.80	1.24	0.22	0.66	0.64	0.83	1.71	
鳥取 県	岩手郡岩手町	0.29	0.36	0.31	0.28	0.14	0.35	0.69	0.69	0.11	0.26	0.30	0.94	0.44	1.44	0.91	1.13	0.15	0.40	0.50	0.68	1.44	
	鳥取市	0.24	0.25	0.33	0.24	0.11	0.26	0.67	0.76	0.10	0.24	0.32	0.73	0.30	1.22	1.42	1.24	0.15	0.64	0.65	0.85	1.42	
	東伯耆郡東伯耆町	0.22	0.14	0.28	0.11	0.09	0.14	0.22	0.30	0.07	0.14	0.22	0.33	0.23	0.53	1.48	1.39	0.14	0.46	0.37	0.63	1.48	
	東伯耆郡北栄町	0.13	0.14	0.16	0.11	0.09	0.13	0.19	0.21	0.07	0.17	0.20	0.35	0.16	0.63	1.18	1.20	0.11	0.43	0.30	0.50	1.20	
	東伯耆郡境町	0.16	0.16	0.17	0.11	0.09	0.16	0.21	0.25	0.09	0.17	0.23	0.35	0.20	0.70	1.18	1.08	0.11	0.52	0.26	0.70	1.18	
	西伯郡大山町	0.19	0.20	0.19	0.13	0.12	0.18	0.25	0.26	0.09	0.15	0.27	0.34	0.23	0.57	0.86	0.99	0.20	0.53	0.30	0.68	0.99	
	西伯郡日吉津村	0.12	0.13	0.14	0.06	0.05	0.11	0.14	0.16	0.08	0.09	0.17	0.20	0.11	0.39	0.66	0.62	0.08	0.28	0.32	0.41	0.66	
	米子市	0.17	0.15	0.19	0.10	0.09	0.14	0.23	0.27	0.08	0.15	0.20	0.27	0.15	0.61	1.17	1.17	0.12	0.41	0.37	0.65	1.17	
	境港市	0.16	0.21	0.25	0.16	0.10	0.18	0.26	0.33	0.10	0.19	0.28	0.28	0.24	0.61	1.49	1.49	0.13	0.41	0.29	0.50	1.49	
	境港市	0.38	0.21	0.46	0.14	0.14	0.15	0.34	0.37	0.19	0.17	0.35	0.44	0.23	1.30	2.54	2.75	0.20	0.73	0.50	1.20	2.75	
	境港市	0.17	0.19	0.26	0.15	0.10	0.13	0.25	0.27	0.13	0.21	0.33	0.28	0.16	0.47	2.16	2.08	0.16	0.48	0.39	0.74	2.16	
鳥取 県	境港市	0.16	0.12	0.16	0.07	0.08	0.13	0.17	0.18	0.06	0.14	0.19	0.18	0.15	0.36	1.50	1.44	0.14	0.67	0.38	0.94	1.50	
	境港市	0.13	0.15	0.19	0.13	0.08	0.14	0.22	0.24	0.13	0.20	0.26	0.35	0.24	0.60	2.40	2.40	0.17	0.65	0.45	0.93	2.40	
	境港市	0.24	0.26	0.27	0.20	0.13	0.22	0.31	0.30	0.11	0.22	0.33	0.67	0.27	0.64	1.12	1.15	0.17	0.92	0.67	1.38	1.38	
	出雲市	0.18	0.13	0.16	0.08	0.09	0.11	0.17	0.19	0.07	0.14	0.20	0.22	0.12	0.31	0.77	0.87	0.12	0.73	0.51	1.17	1.17	
	大田市	0.08	0.07	0.10	0.05	0.04	0.07	0.08	0.11	0.03	0.07	0.12	0.13	0.07	0.19	0.43	0.45	0.09	0.49	0.26	0.76	0.76	
	江津市	0.07	0.06	0.08	0.04	0.03	0.07	0.07	0.09	0.03	0.05	0.07	0.12	0.05	0.15	0.31	0.31	0.07	0.36	0.22	0.52	0.52	
	浜田市	0.10	0.12	0.11	0.06	0.07	0.08	0.11	0.09	0.06	0.10	0.11	0.18	0.09	0.20	0.33	0.39	0.09	0.42	0.22	0.55	0.55	
	大田市	0.08	0.06	0.09	0.04	0.03	0.05	0.09	0.09	0.03	0.06	0.11	0.10	0.07	0.16	0.31	0.39	0.09	0.49	0.31	0.50	0.50	
	山口 県	阿武郡阿武町	0.09	0.09	0.11	0.04	0.05	0.07	0.10	0.09	0.03	0.07	0.08	0.13	0.05	0.20	0.32	0.44	0.08	0.73	0.50	1.17	1.17
		萩市	0.15	0.13	0.17	0.07	0.10	0.14	0.23	0.21	0.10	0.12	0.15	0.20	0.12	0.28	0.69	0.77	0.08	0.65	0.51	1.21	1.21
長門市		0.12	0.07	0.14	0.03	0.04	0.06	0.13	0.12	0.04	0.06	0.09	0.16	0.07	0.19	0.65	0.68	0.07	0.48	0.35	0.79	0.79	
下関市		0.10	0.07	0.12	0.02	0.03	0.04	0.10	0.09	0.02	0.07	0.07	0.16	0.08	0.20	0.44	0.41	0.06	0.31	0.22	0.50	0.50	
山陽小野田市		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.04	0.00	0.01	0.01	0.01	0.04.0	

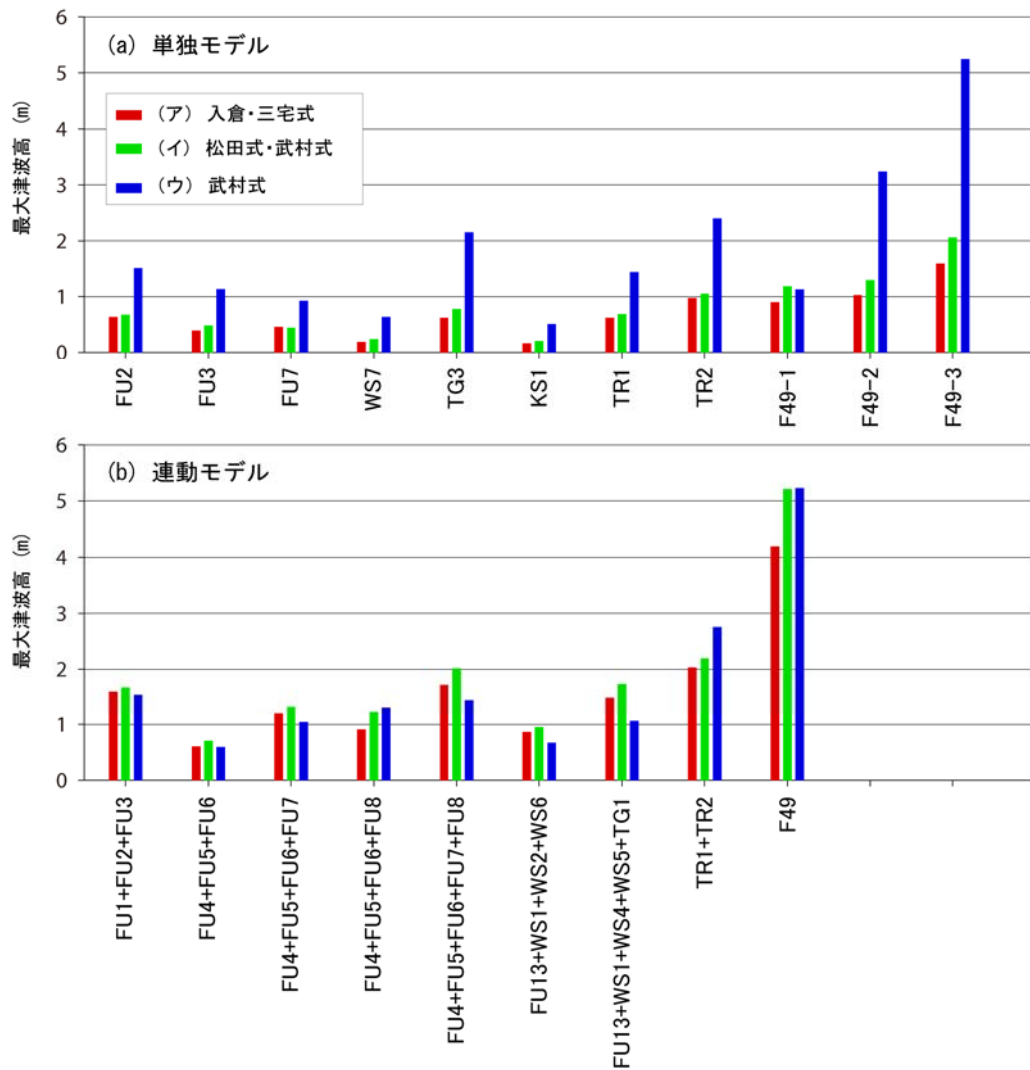


図 13 (a) 単独モデル、(b) 連動モデルに対して異なるスケーリング則から算定された断層すべり量を用いた場合の最大津波高。なお、最大津波高を示した地点はスケーリング則毎に異なる場合がある。

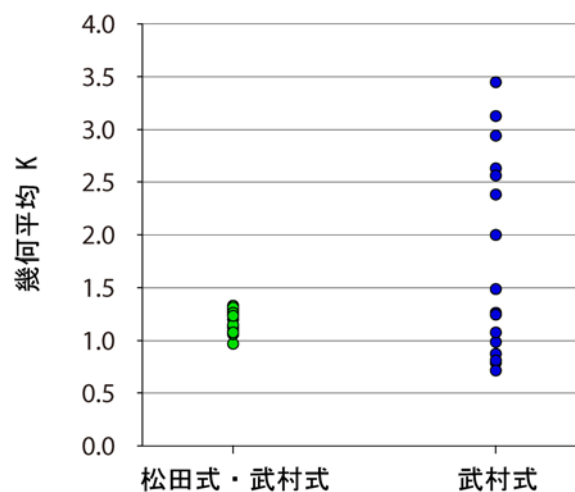


図 14 入倉・三宅式によるすべり量を用いた津波シミュレーションによる津波高を基準とした場合の、松田式・武村式ならびに武村式による津波高の幾何平均。

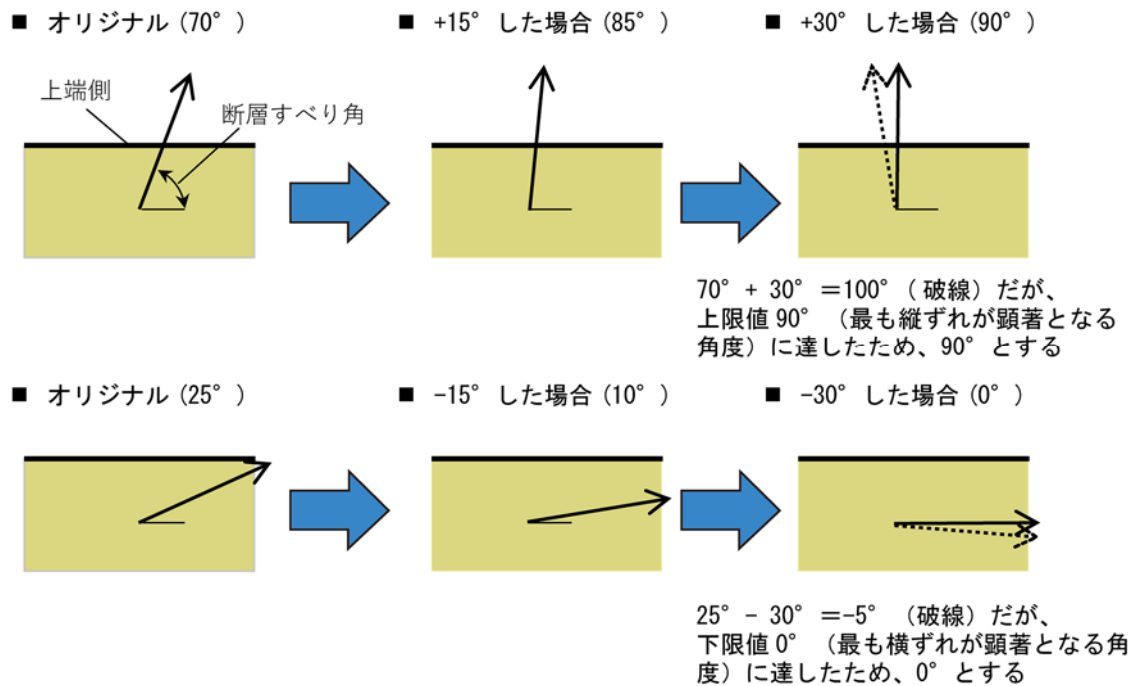


図 15 断層すべり角の設定手順の概要

n: 地点数

$$K_i = \frac{H_i}{R_i}$$

R_i : i 番目の地点での入倉・三宅式による津波高

H_i : i 番目の地点での対象スケーリング則(松田式・武村式または武村式)
による津波高

図 14 では、幾何平均が 1 より大きい場合には入倉・三宅式を用いた場合よりも対象のスケーリング則を用いた場合の方が、津波高が大きく、逆に 1 よりも小さい場合には入倉・三宅式の方が大きいことを意味する。図 13 では単独モデルの場合、すべり量の相違を反映して入倉・三宅式と松田式・武村式を用いた場合が同程度であるのに対し、武村式を用いた場合には入倉・三宅式ならびに松田式・武村式を用いた場合に比べて総じて高い津波高となった。その一方で連動モデルの場合にはスケーリング則による相違は小さく、いずれのスケーリング則を用いた場合でもほぼ同程度となった。これは、入倉・三宅式ならびに松田式が断層長とともにすべり量が大きくなるのに対し、武村式は断層長と断層幅からすべり量を求めているため、連動してもすべり量が大きくならないカスケードモデルであることに起因すると考えられる。

4) 27秒、9秒メッシュを用いた津波高の断層すべり角に対する依存性の検討

スケーリング則が津波高に与える感度の分析と同様に、すべり角が津波高に与える感度を調査した。設定したすべり角の条件は断層走向方向に15°、30°と横ずれセンスが卓越するように変化させた場合(以下、-15°、-30°と呼ぶ)と、傾斜方向に15°、30°と縦ずれセンスが卓越するように変化させた場合(以下、+15°、+30°と呼ぶ)の4通りである。

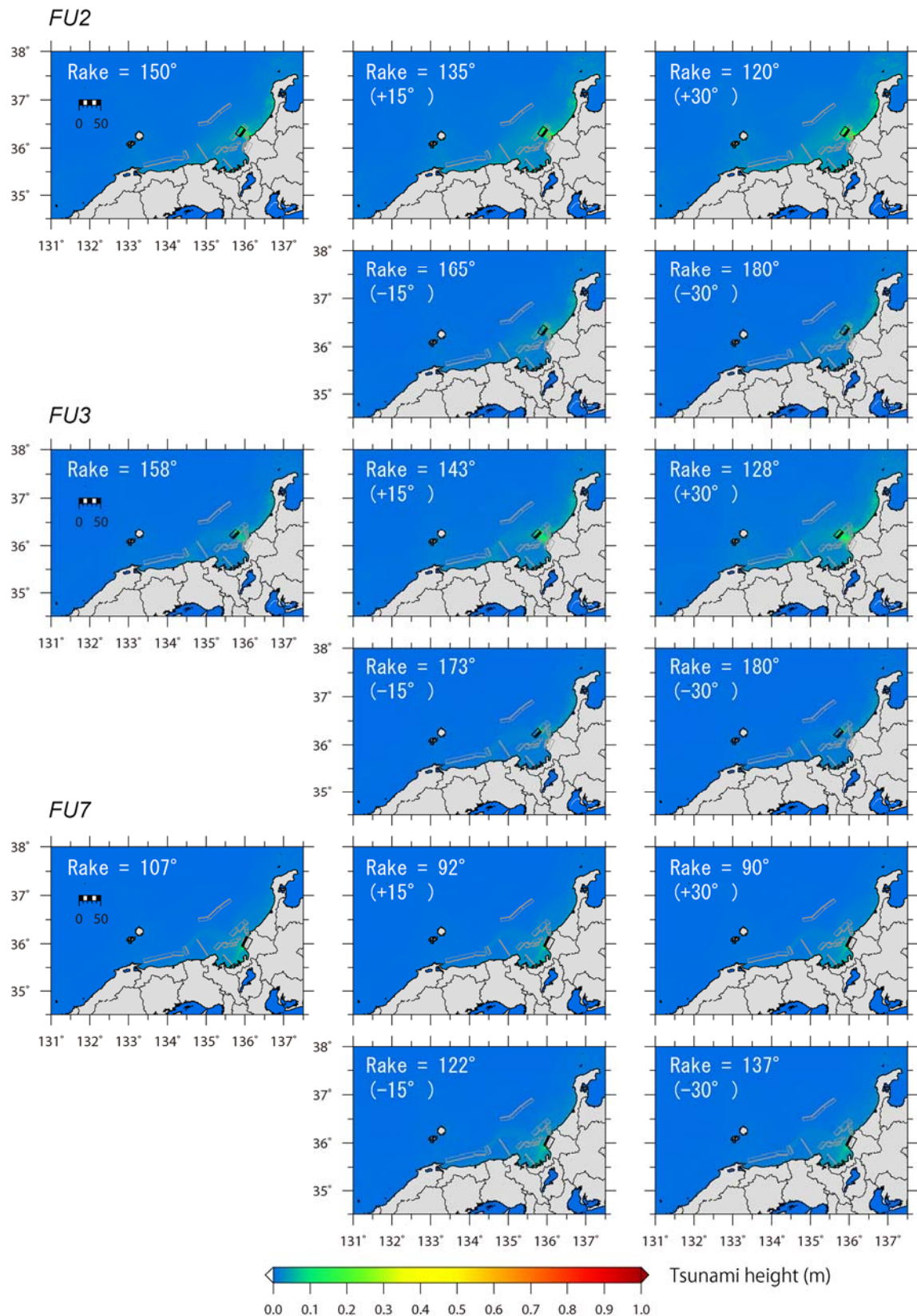


図 16 すべり角を変化させた場合の単独 11 モデルに対する津波高の分布（9 秒メッシュ）。スケーリング則は入倉・三宅式による。

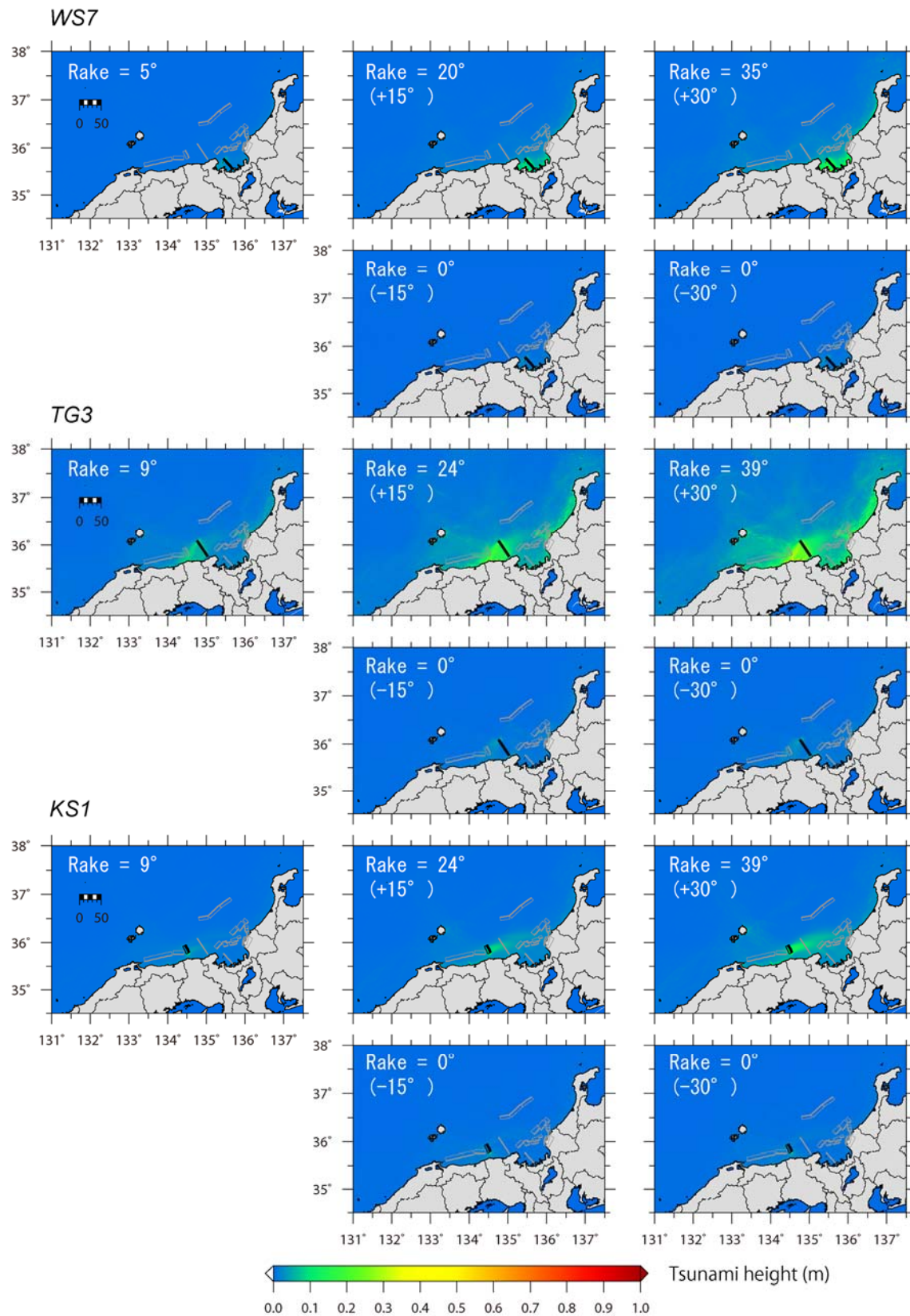


図 16 (続き)

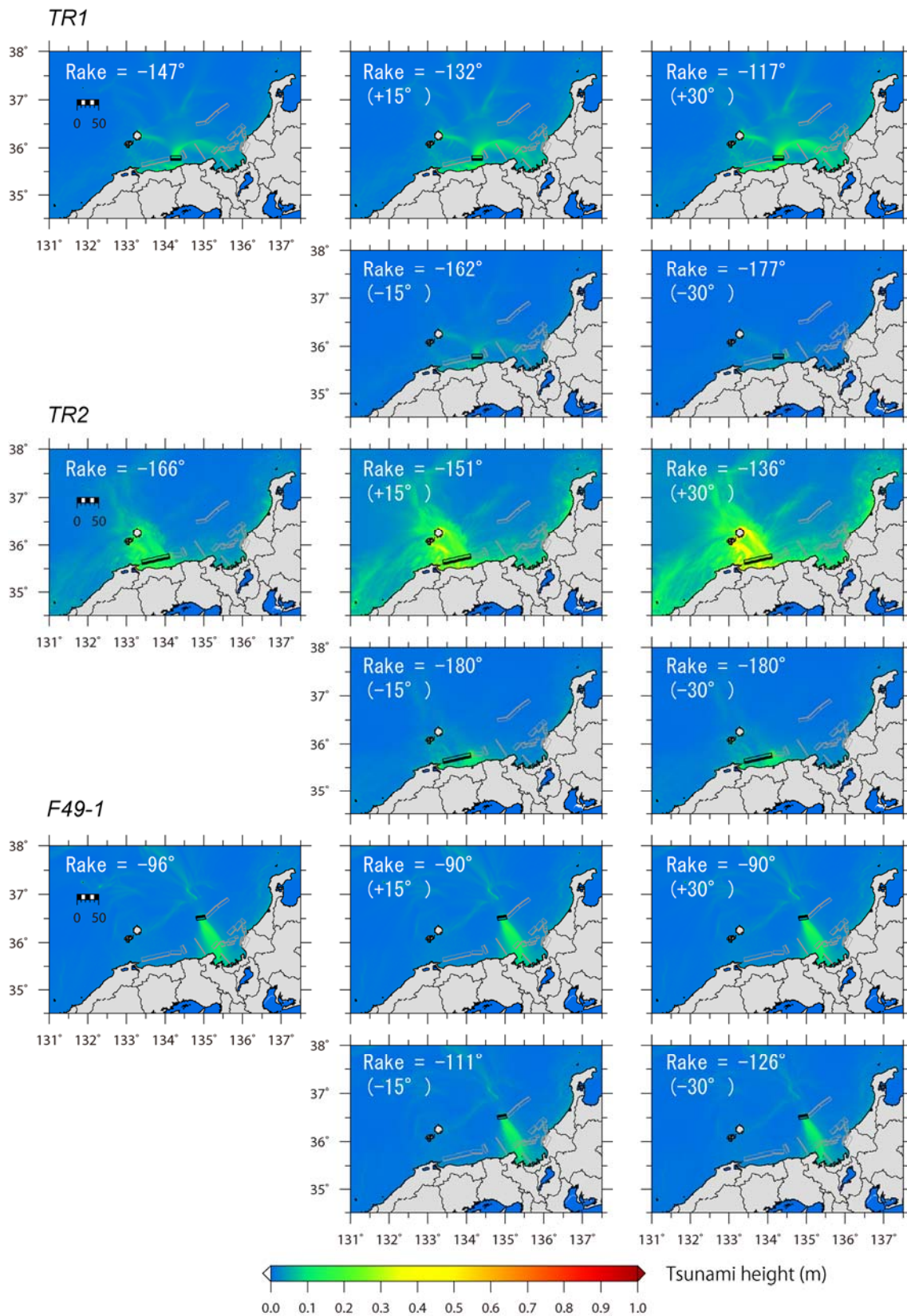


図 16 (続き)

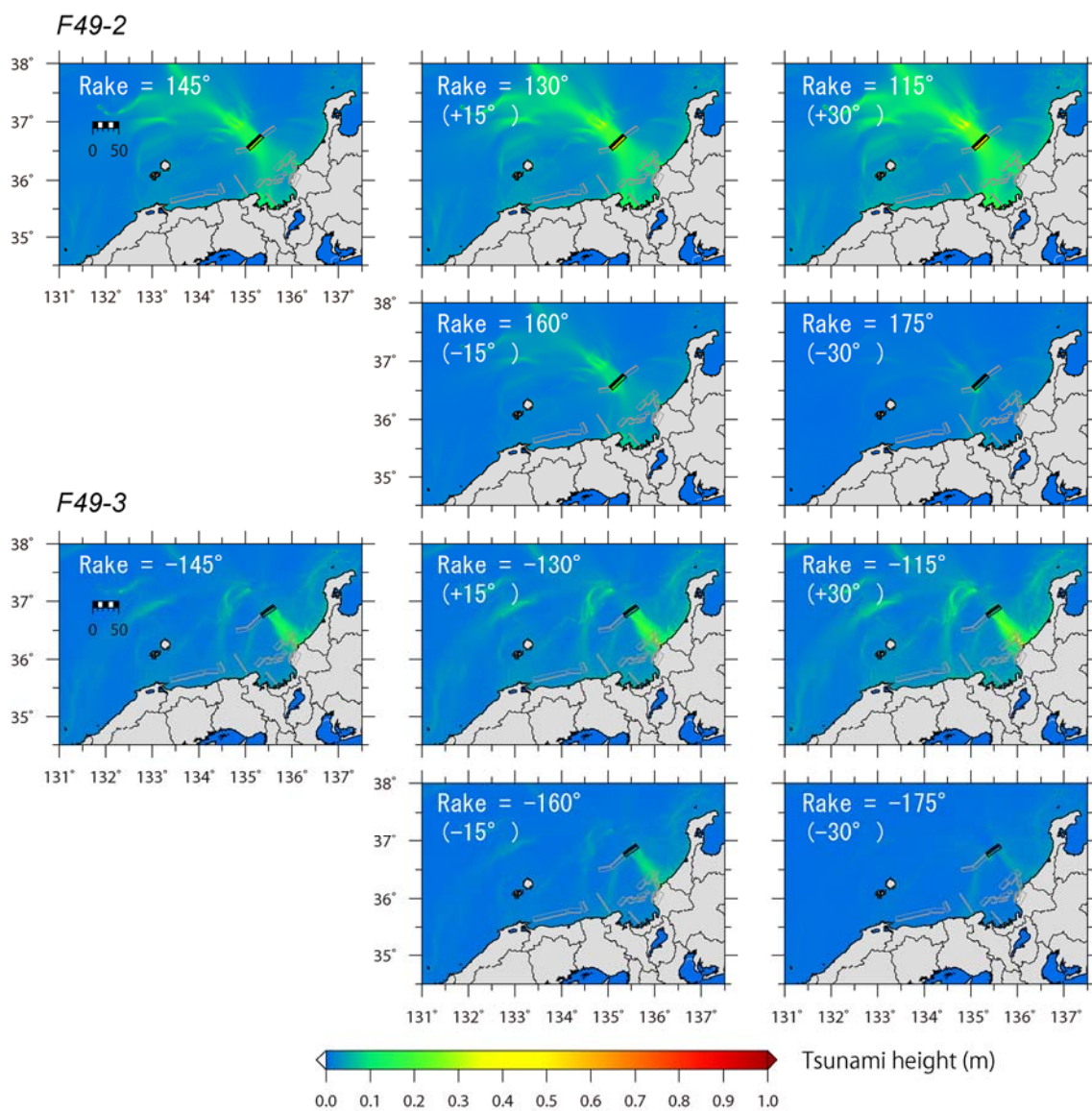


図 16 (続き)

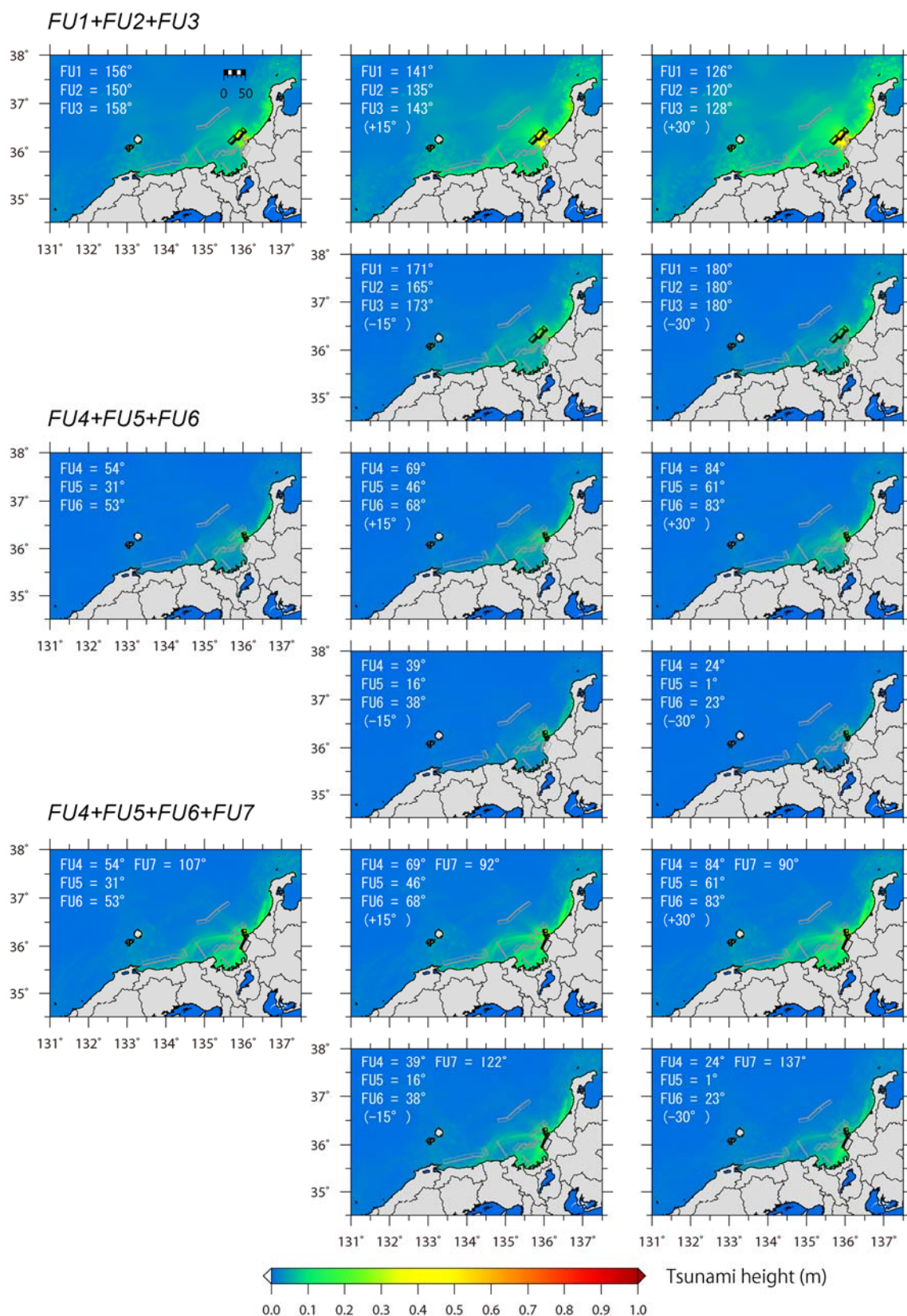


図 17 連動 9 モデルに対してすべり角を変化させた場合の津波高の分布（9 秒メッシュ）。スケーリング則は入倉・三宅式による。数字はそれぞれの断層におけるすべり角を表す。

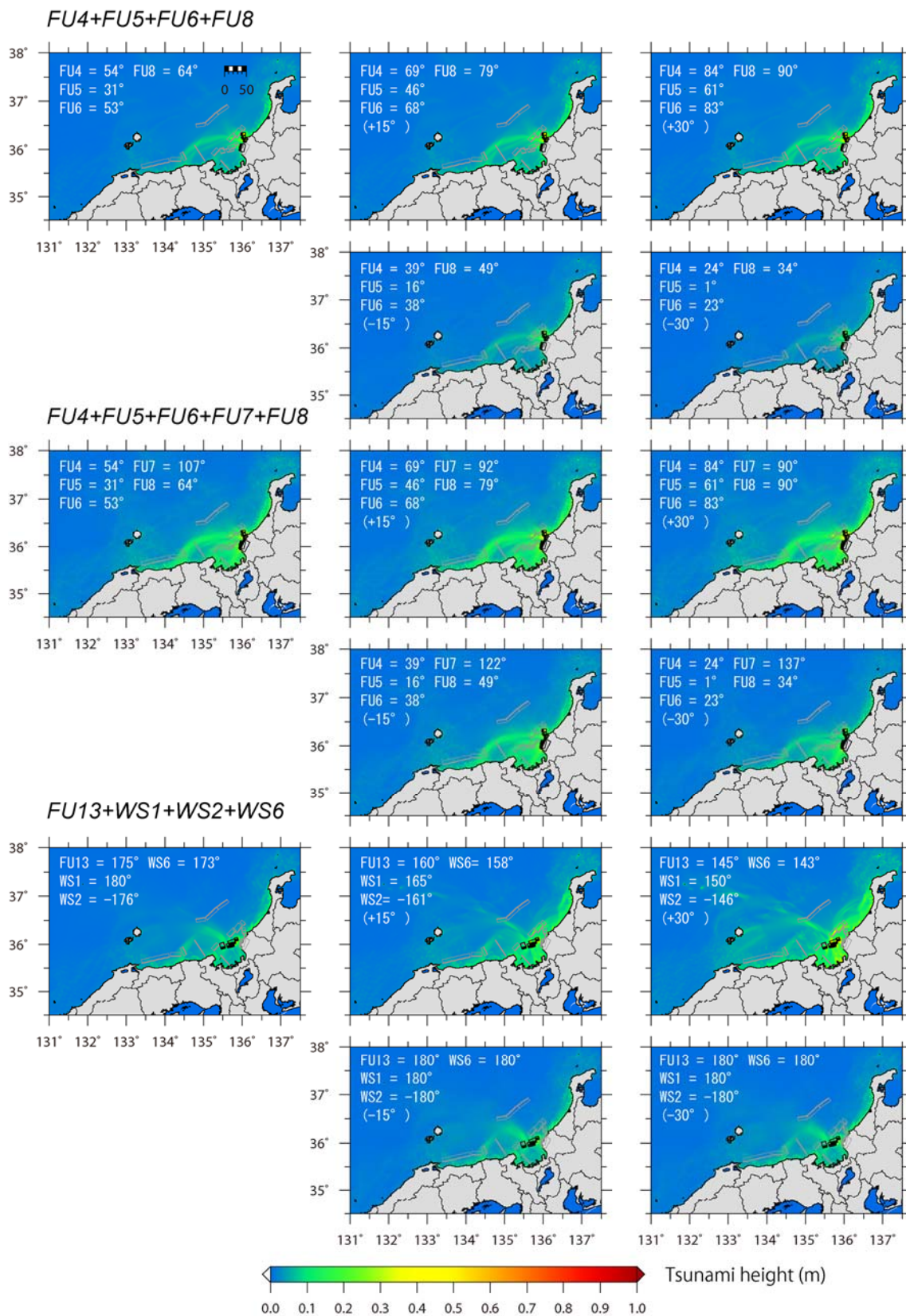
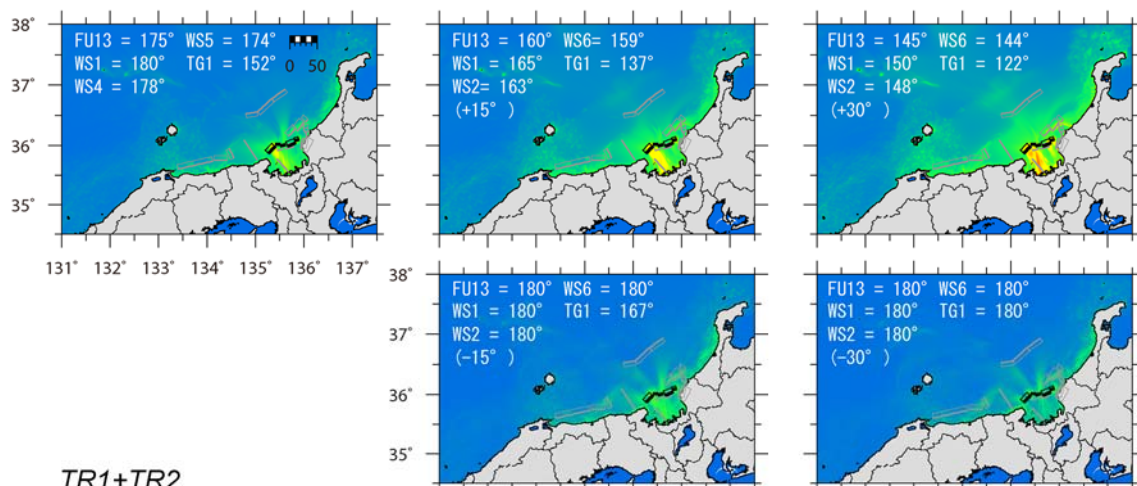
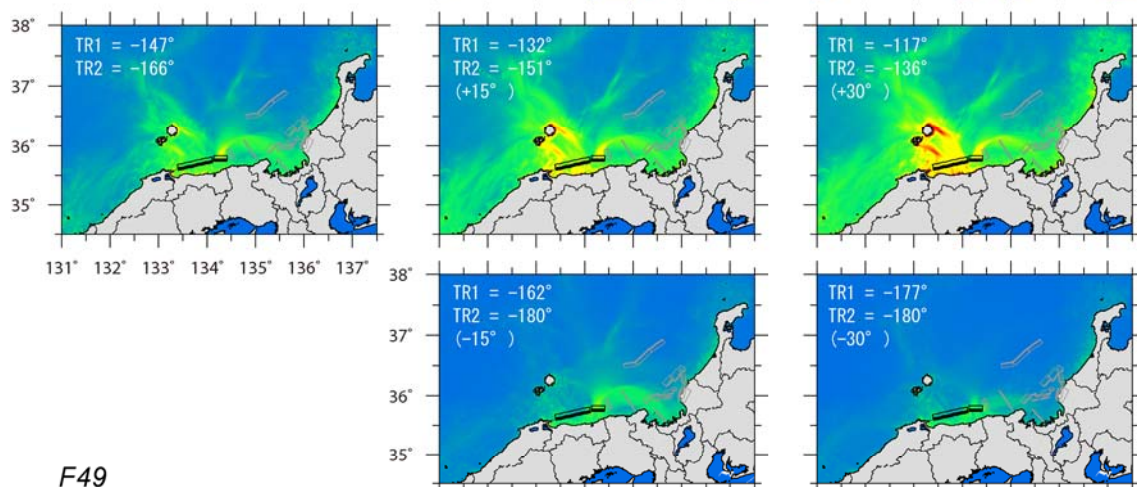


図 17 (続き)

FU13+WS1+WS4+WS5+TG1



TR1+TR2



F49

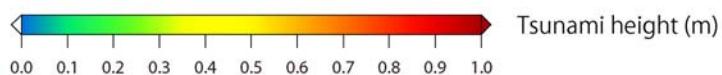
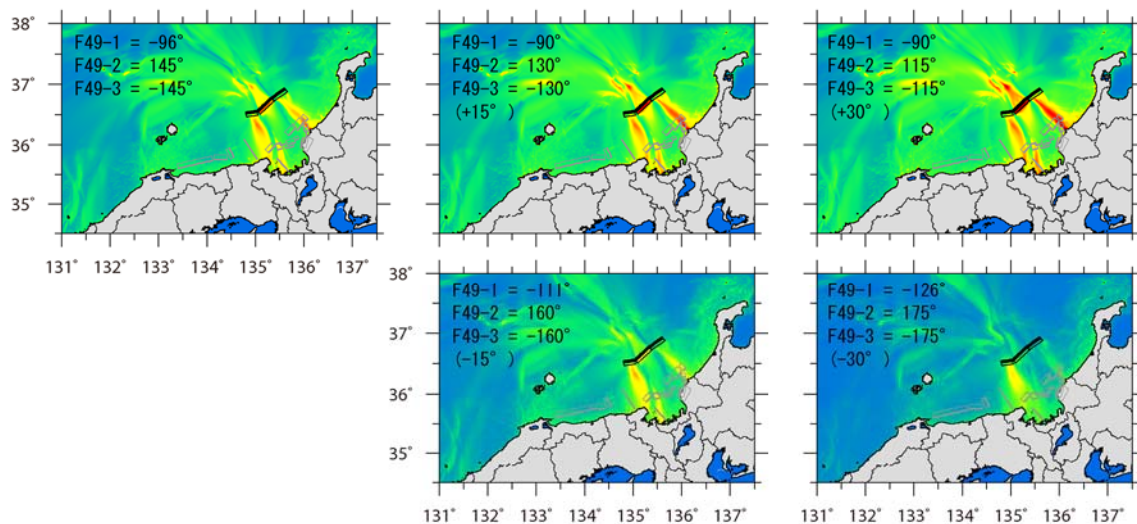


図 17 (続き)

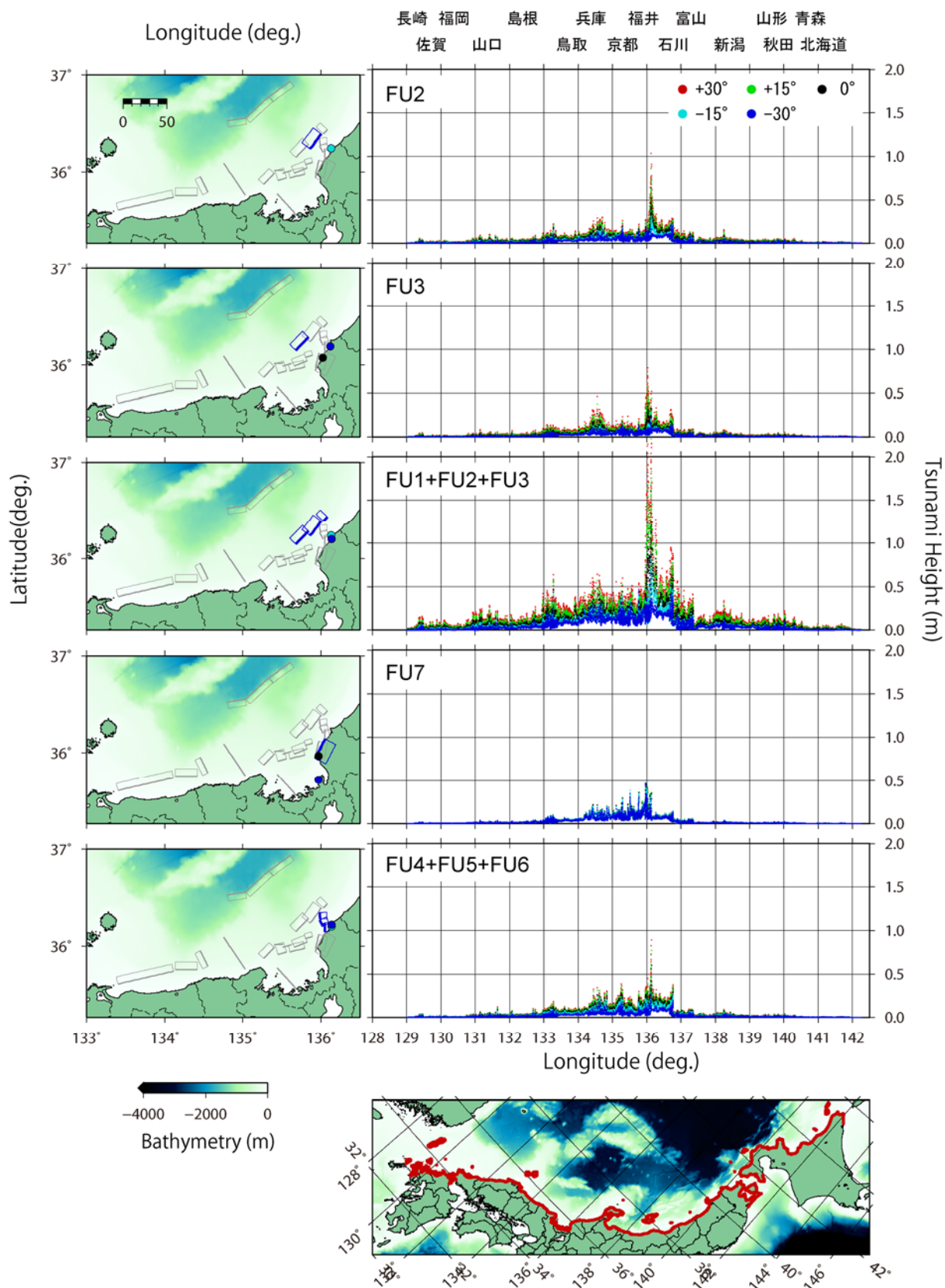


図 18 すべり角を変化させた場合の津波高分布の変化（9 秒メッシュ）。左側の地図における黒丸は基準のすべり角を用いた場合、赤丸・緑丸・水色丸・青丸はすべり角を +30°、+15°、-15°、-30° にした場合における最大津波高の出力点を表す。

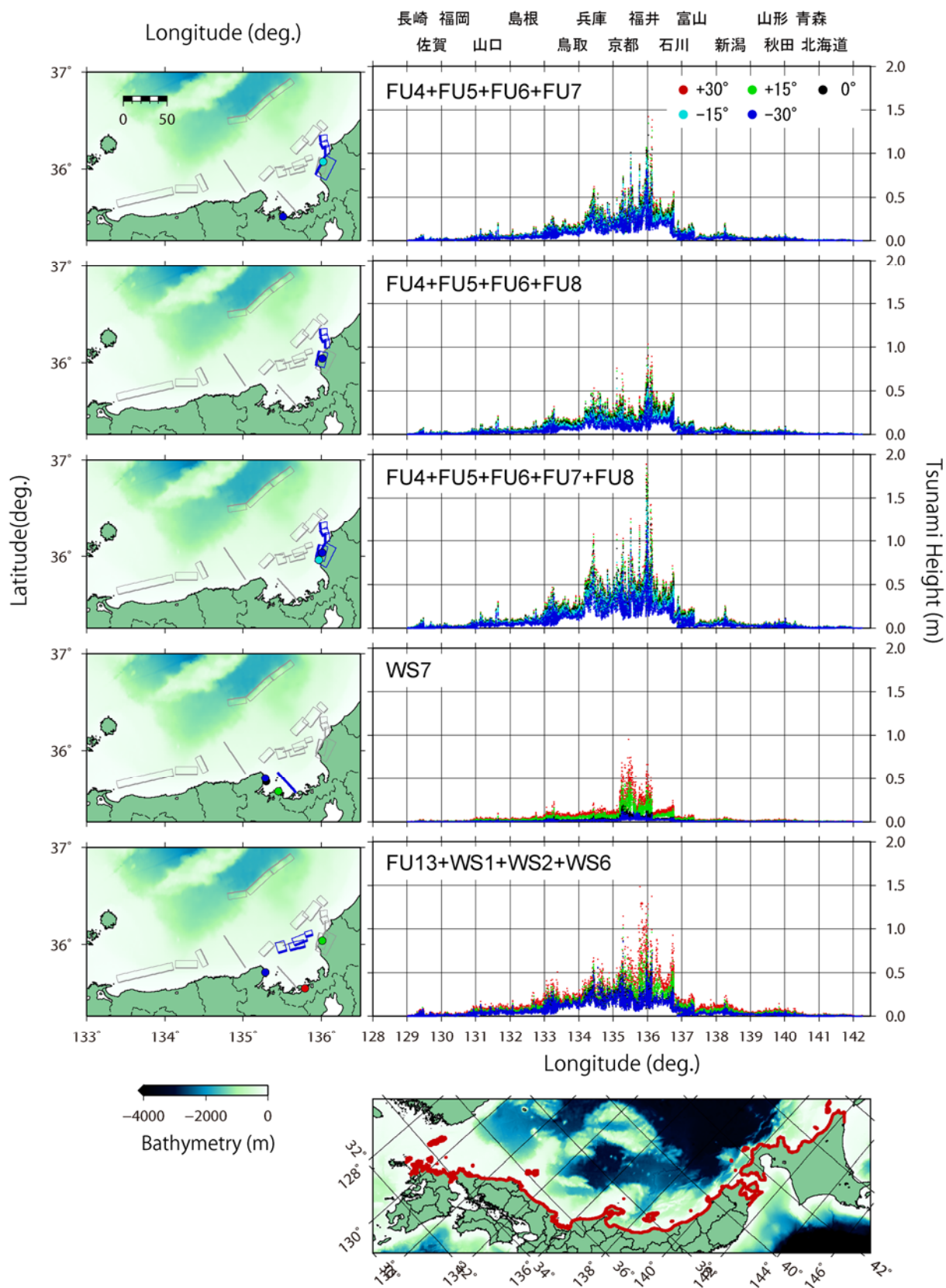


図 18 (続き)

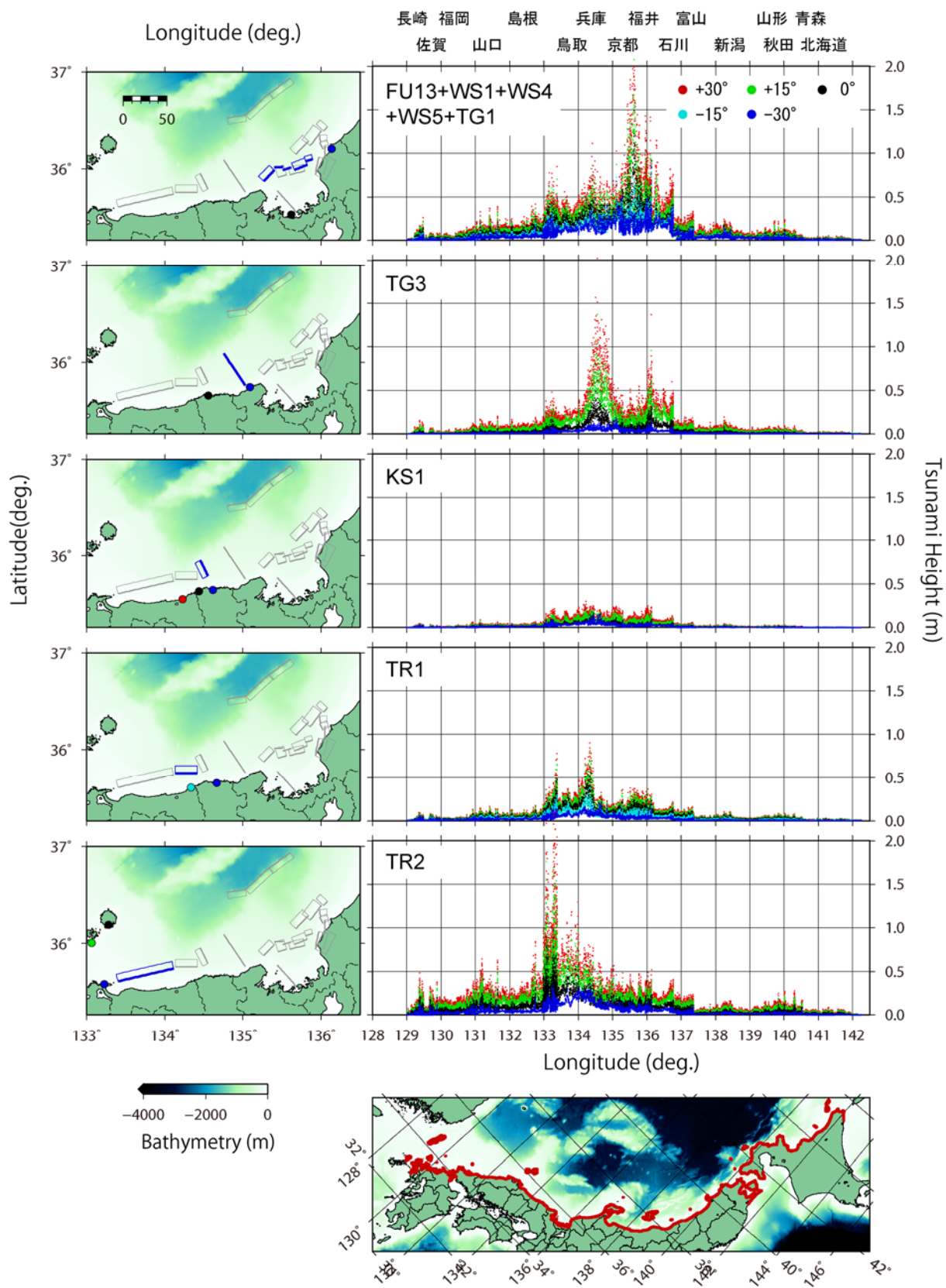


図 18 (続き)

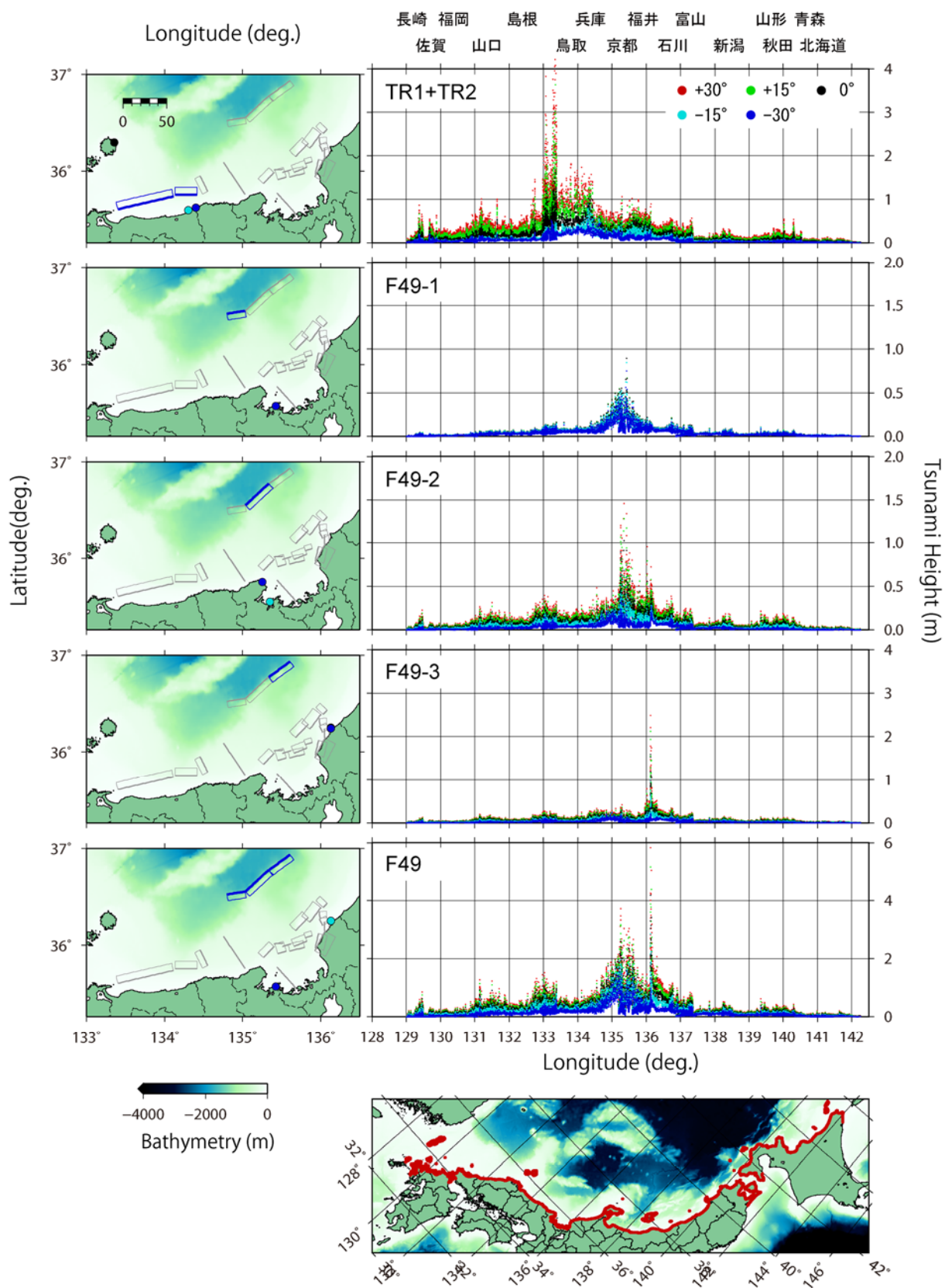


図 18 (続き)

表3 すべり角を変化させた場合の石川県～山口県沿岸域における市区町村毎の最大津波高(9秒メッシュ)。

地域・市町村		FU2	FU3	FU1 FU2 FU3	FU7	FU4 FU5 FU6	FU4 FU5 FU6 FU7	FU4 FU5 FU6 FU7 FU8	FU4 FU5 FU6 FU7 FU8	W87	FU18 W81 W82 W86	FU18 W81 W84 W86 T01	T08	K81	T81	T82	T81 T82	F49-1	F49-2	F49-3	F49	全断面 最大	
石川 県	七尾市	0.02	0.02	0.07	0.02	0.03	0.07	0.06	0.09	0.00	0.04	0.05	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.06	0.04	0.04	0.04	0.22	0.22
	鳳凰郡大町	0.02	0.01	0.06	0.02	0.02	0.06	0.05	0.08	0.00	0.03	0.05	0.01	0.01	0.02	0.03	0.05	0.05	0.03	0.04	0.19	0.19	
	鳳凰郡池田町	0.10	0.06	0.12	0.03	0.07	0.11	0.12	0.15	0.01	0.09	0.14	0.02	0.02	0.06	0.05	0.13	0.07	0.07	0.11	0.35	0.35	
	鳳凰郡市街	0.06	0.04	0.20	0.05	0.07	0.16	0.12	0.20	0.00	0.13	0.23	0.03	0.03	0.07	0.09	0.13	0.12	0.12	0.19	0.13	0.15	
	鳳凰郡島市	0.11	0.08	0.24	0.09	0.09	0.19	0.18	0.31	0.03	0.23	0.21	0.04	0.03	0.06	0.08	0.18	0.14	0.13	0.13	0.74	0.74	
	羽咋郡志賀町	0.21	0.14	0.34	0.14	0.20	0.33	0.34	0.52	0.04	0.31	0.35	0.08	0.04	0.09	0.09	0.21	0.19	0.17	0.21	0.74	0.74	
	羽咋郡室置池田町	0.22	0.11	0.40	0.13	0.27	0.37	0.38	0.64	0.03	0.26	0.39	0.05	0.03	0.08	0.08	0.20	0.15	0.13	0.15	1.68	1.68	
	羽咋郡室置池田町	0.13	0.11	0.31	0.12	0.21	0.31	0.33	0.46	0.08	0.32	0.43	0.06	0.06	0.06	0.06	0.19	0.12	0.12	0.19	0.44	0.44	
	穴水市	0.09	0.09	0.29	0.10	0.17	0.28	0.27	0.38	0.03	0.27	0.28	0.05	0.03	0.07	0.08	0.17	0.11	0.13	0.12	0.54	0.54	
	河北郡内郷町	0.13	0.10	0.31	0.11	0.15	0.28	0.25	0.32	0.03	0.21	0.26	0.05	0.03	0.08	0.08	0.22	0.12	0.14	0.12	0.44	0.44	
福井 県	金沢市	0.12	0.09	0.32	0.10	0.14	0.31	0.25	0.32	0.03	0.26	0.28	0.05	0.03	0.06	0.08	0.20	0.12	0.15	0.13	0.68	0.68	
	白山市	0.12	0.10	0.27	0.11	0.16	0.32	0.27	0.38	0.03	0.19	0.23	0.04	0.03	0.06	0.10	0.17	0.09	0.12	0.14	0.54	0.54	
	鯖江市	0.13	0.08	0.35	0.09	0.16	0.26	0.24	0.34	0.09	0.27	0.32	0.05	0.05	0.06	0.13	0.12	0.12	0.05	0.03	0.41	0.41	
	小松市	0.13	0.08	0.31	0.08	0.18	0.36	0.22	0.28	0.03	0.22	0.29	0.04	0.03	0.06	0.07	0.14	0.09	0.11	0.16	0.56	0.56	
	加賀市	0.16	0.12	0.30	0.12	0.19	0.38	0.33	0.44	0.03	0.27	0.39	0.06	0.03	0.06	0.07	0.18	0.10	0.14	0.24	0.81	0.81	
	あわら市	0.19	0.12	0.38	0.08	0.18	0.29	0.29	0.44	0.03	0.23	0.22	0.03	0.03	0.08	0.06	0.21	0.10	0.19	0.23	0.85	0.85	
	敦賀市	0.07	0.28	0.36	0.03	0.39	0.68	0.58	0.78	0.03	0.32	0.47	0.16	0.07	0.14	0.19	0.35	0.25	0.25	0.49	0.84	0.84	
	越前市	0.11	0.15	0.28	0.36	0.19	1.03	0.72	1.47	0.03	0.74	0.86	0.10										

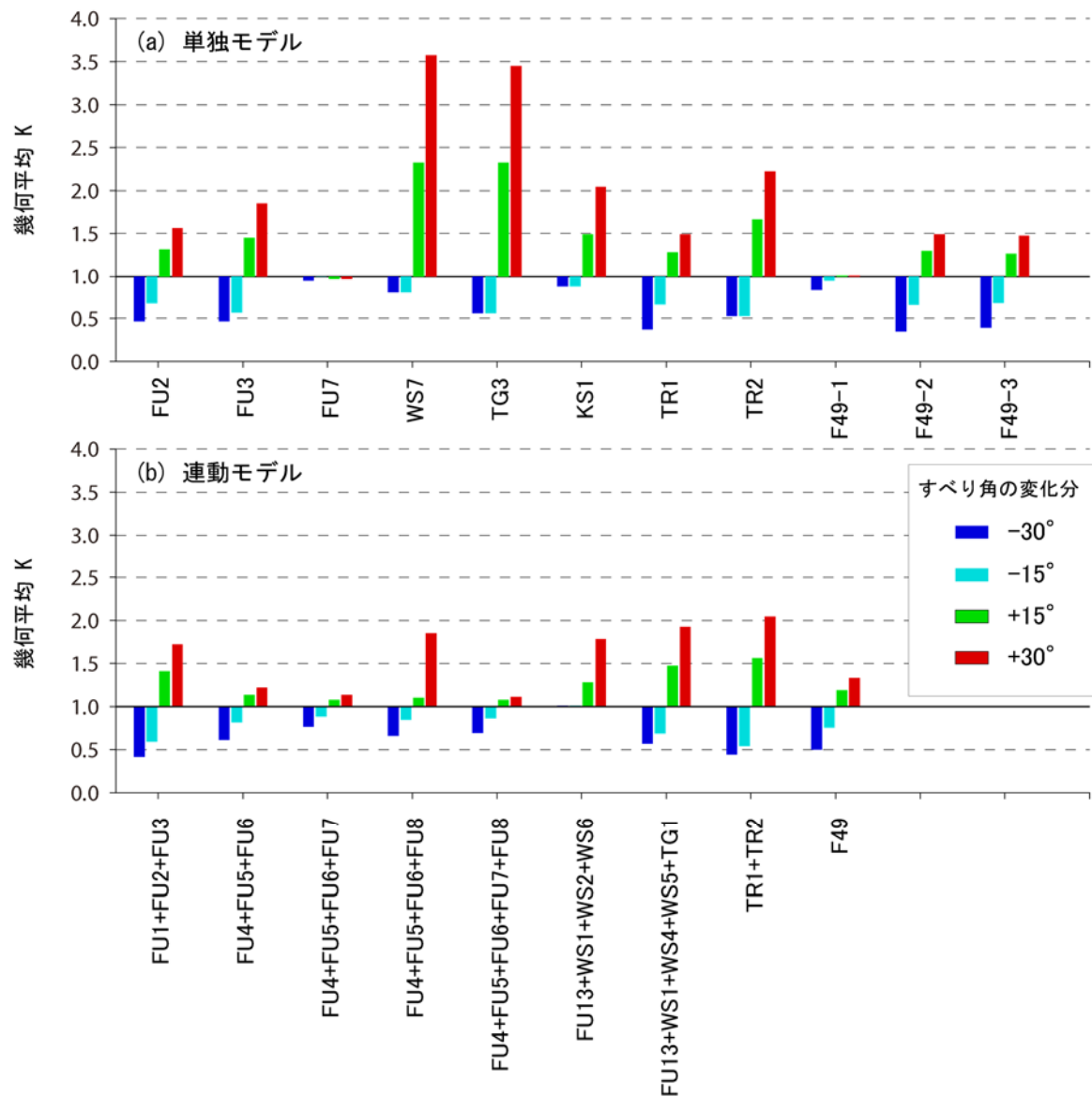


図 19 (a) 単独 11 モデル、(b) 連動 9 モデルにおいて断層すべり角を基準すべり角から変化させた場合の津波高の増幅度の幾何平均。

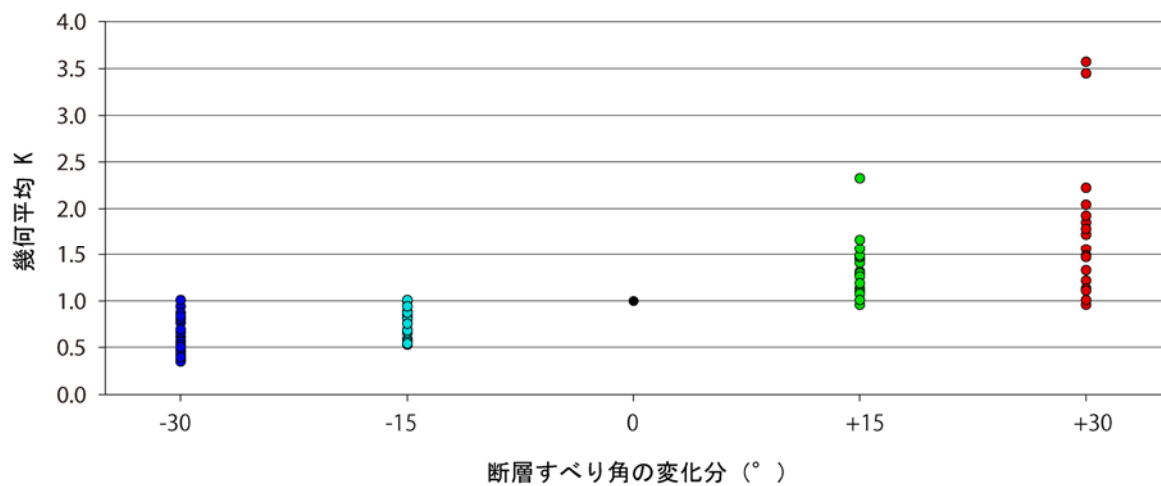


図 20 断層すべり角を変化させた場合の幾何平均の分布。

ただし、横ずれセンスが卓越するようにすべり角を変化させたときは、 $\pm 180^\circ$ 、 0° を上限とし、縦ずれセンスが卓越するようにすべり角を変化させたときは $\pm 90^\circ$ を上限とした（図15）。そのため、いくつかの断層では $\pm 15^\circ$ 変化させた際に上限に達し、 $\pm 30^\circ$ 変化させたケースと同様の条件、解析結果となるものがある点に留意する必要がある。

図16・図17に単独11モデルならびに連動9モデルに対してすべり角を変化させた場合の津波高分布の変化を、図18に沿岸域における津波高分布の変化をそれぞれ示す。表3にはすべり角を変化させた場合の石川県～山口県沿岸域における津波高の変化を示す。すべり角を断層傾斜方向に変化させた場合に津波高が大きくなり、逆に走向方向（横ずれ）に変化させた場合に小さくなる傾向が明瞭であり、スケーリング則の相違と同様にすべり角の不確定性も津波予測に大きく影響を及ぼすことが分かる。またスケーリング則パラメータスタディでは、多くのケース（20ケース中16ケース）で津波が最も高くなる出力点は変わらなかったが、すべり角の設定を変化させた場合には津波が最も高くなる出力点が変わるケースが多かった（20ケース中15ケース）。

上記のパラメータによる影響を日本海沿岸全域について大局的に確認できるように、スケーリング則パラメータスタディと同様に次式で定義される基準すべり角を用いた場合の津波高に対して、すべり角を変化させた場合の津波高の幾何平均¹¹⁾を用いて沿岸域における津波高の増幅度を概観した（図19・図20）。

$$\log K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log K_i$$

n：地点数

$$K_i = \frac{H_i}{R_i}$$

R_i ：i番目の地点における基準すべり角を用いた場合の津波高

H_i ：i番目の地点におけるすべり角を変化させた場合の津波高

その結果、基準となる断層すべり角に対して、傾斜方向に $+30^\circ$ 変化させた場合の幾何平均は最大で3.57となり、スケーリング則パラメータスタディにおける幾何平均の最大3.45を上回り、スケーリング則の影響を上回る感度を持つ断層があることが分かった。

5) 3秒メッシュを用いた詳細解析

9秒メッシュの地形モデルを用いた津波解析による結果で浸水し得る波源断層・領域について、津波遡上を再現できる3秒メッシュの地形モデルを用いた詳細津波伝播解析を実施した。波源断層モデルについては、入倉・三宅式を用いて断層すべり量を算出した結果のうち、複数の断層が連動するモデルを対象とした。また、解析対象領域（地域）については、入倉・三宅式を用いて算定したすべり量による津波伝播解析結果のうち、1ケースでも最大津波高が1.0 m以上となった領域を対象とした。

以上の選定の結果、波源断層5モデル（FU1+FU2+FU3、FU4+FU5+FU6+FU7+FU8、FU13+WS1+WS4+WS5+TG1、TR1+TR2、F49）、解析対象領域13領域（C68～C77、C81

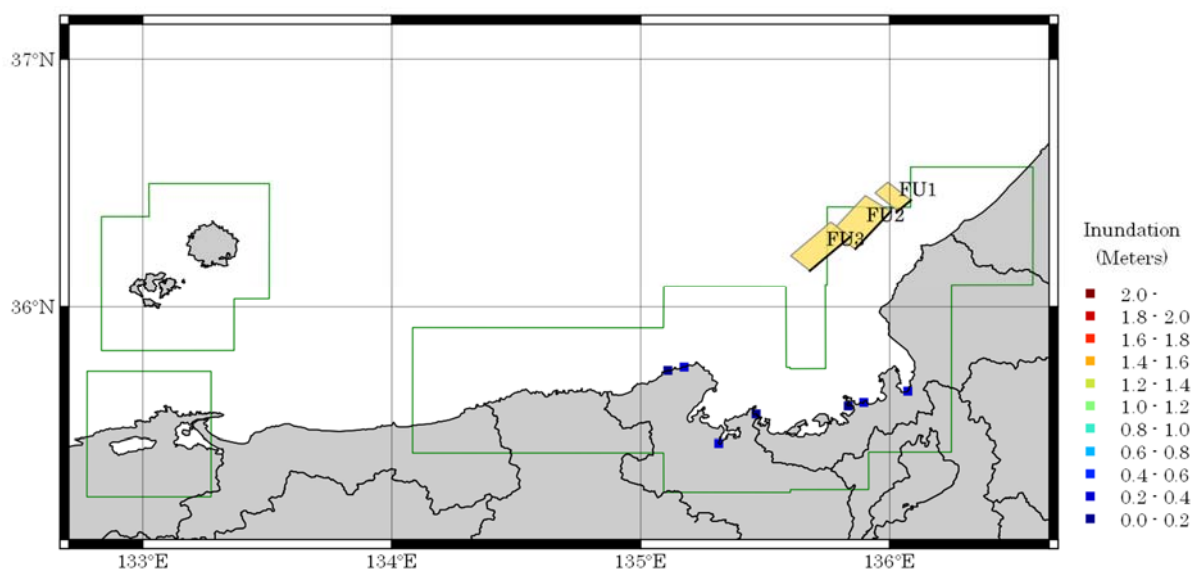
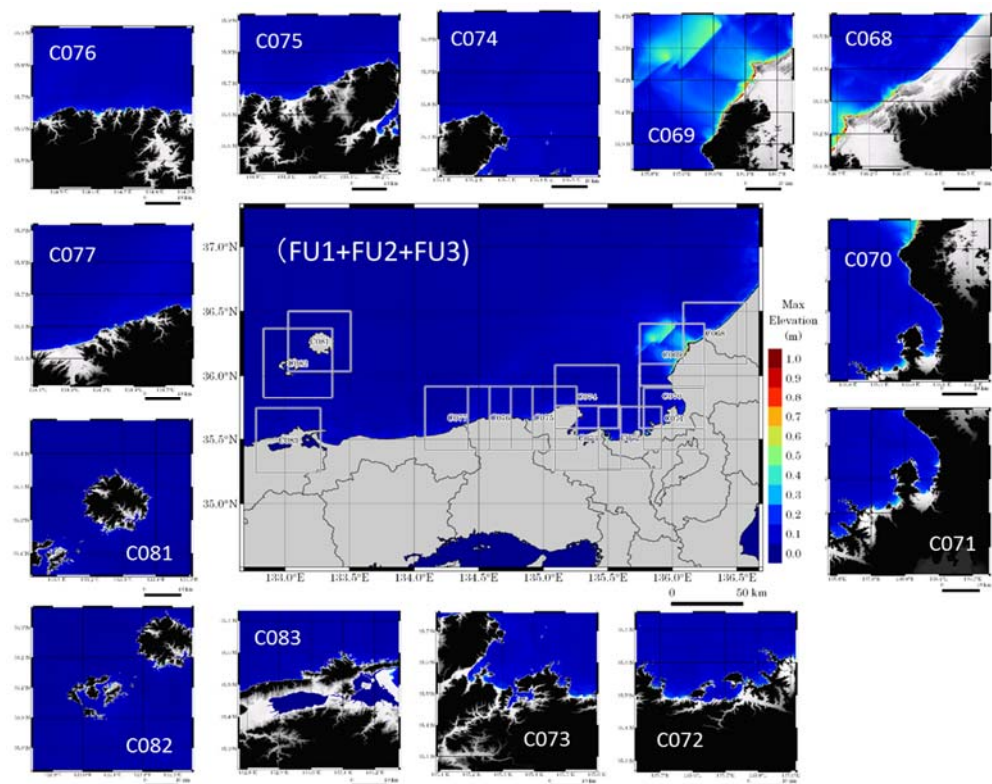


図 21 連動モデル (FU1+FU2+FU3) に対する 3 秒メッシュを用いた詳細解析による
 (上) 津波高の分布ならびに (下) 浸水した計算格子の位置。

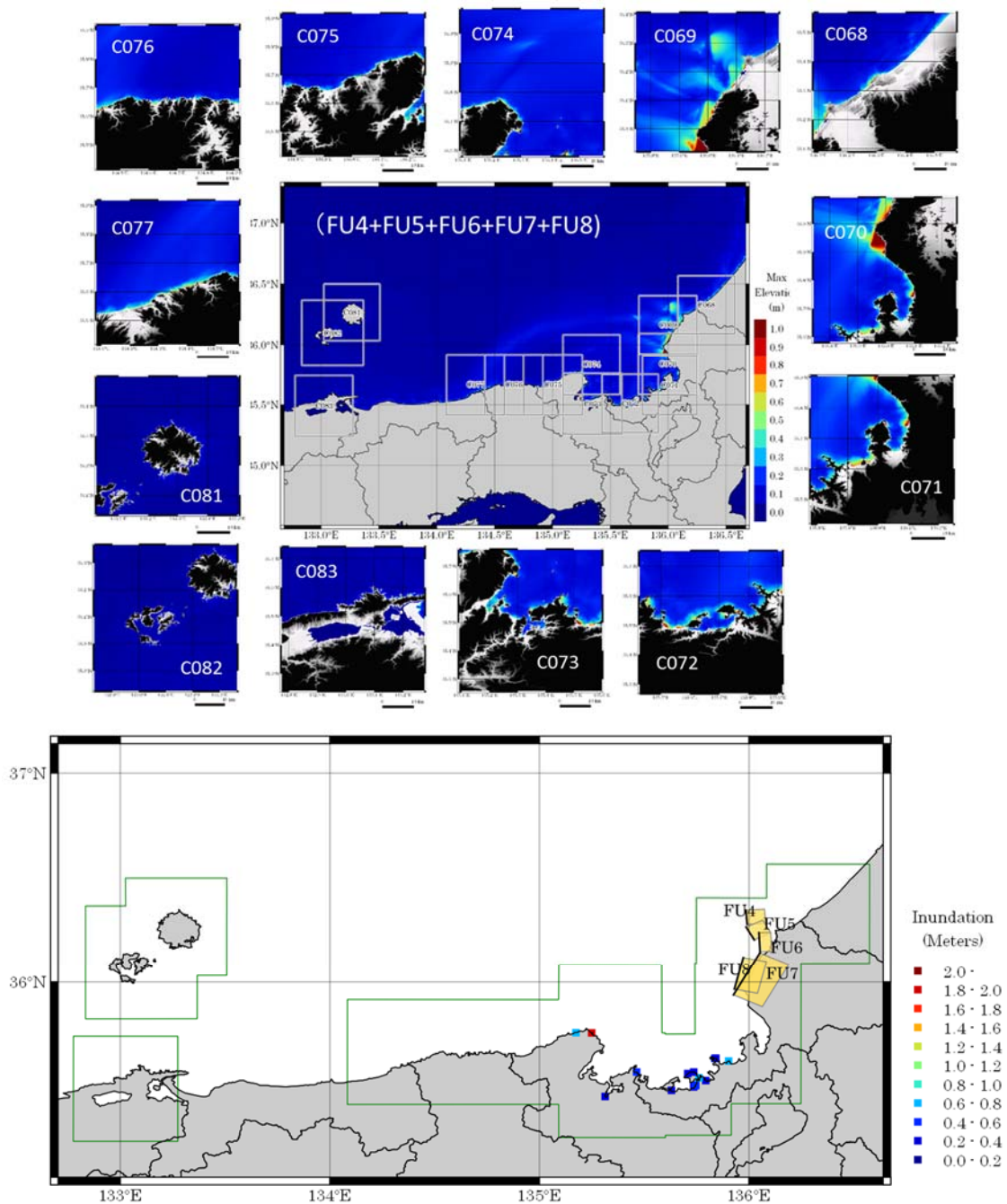


図 22 連動モデル (FU4+FU5+FU6+FU7+FU8) に対する 3 秒メッシュを用いた詳細解析による (上) 津波高の分布ならびに (下) 浸水した計算格子の位置。

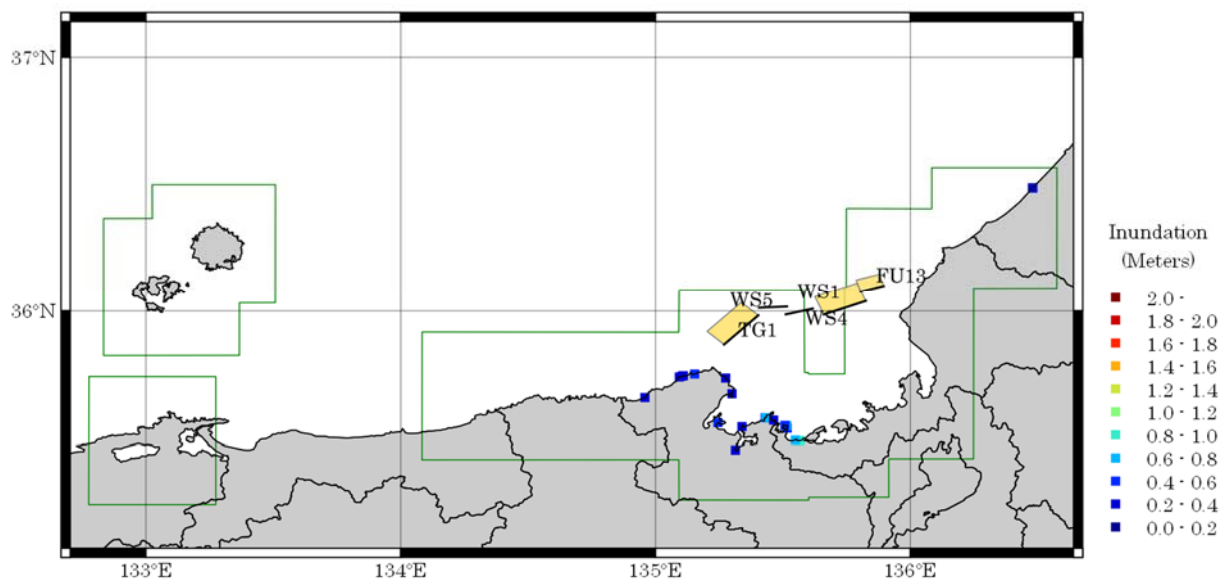
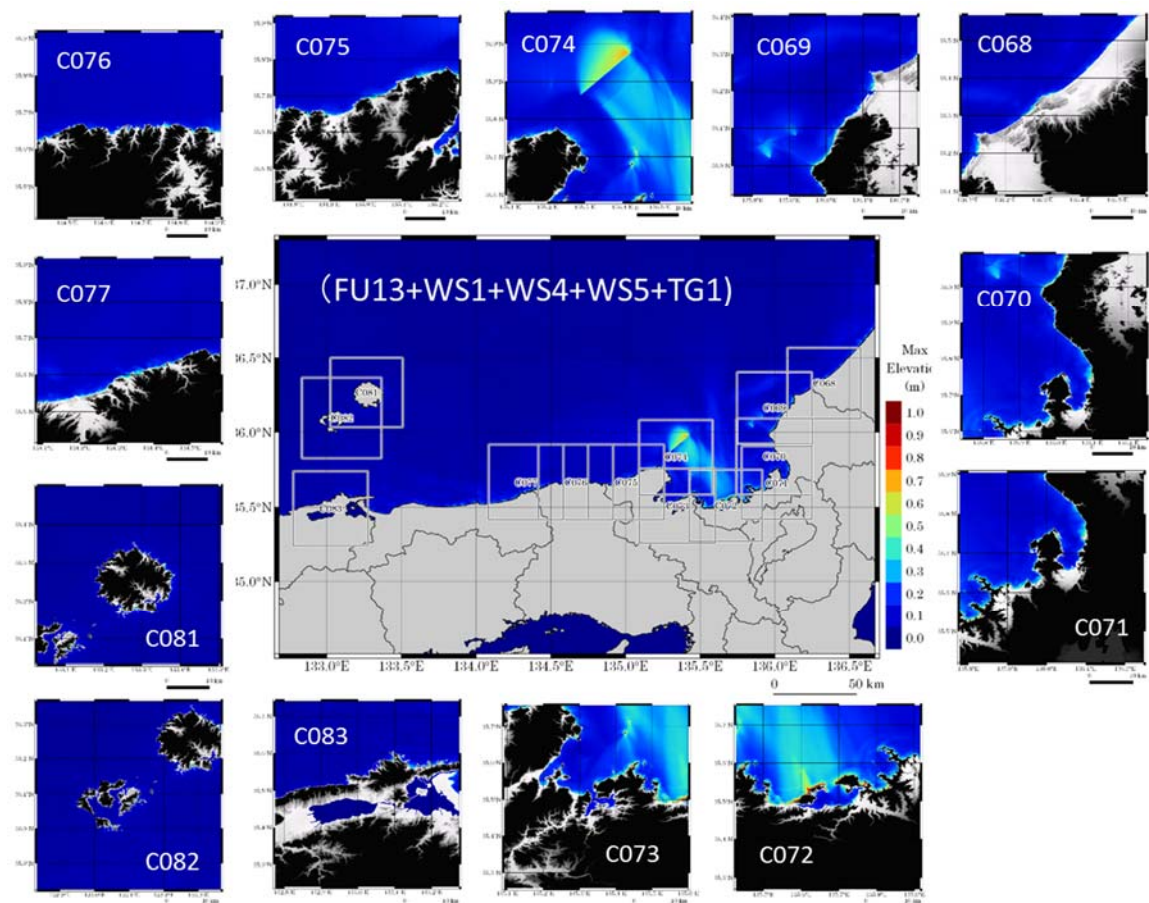


図 23 連動モデル (FU13+WS1+WS4+WS5+TG1) に対する 3 秒メッシュを用いた詳細解析による (上) 津波高の分布ならびに (下) 浸水した計算格子の位置。

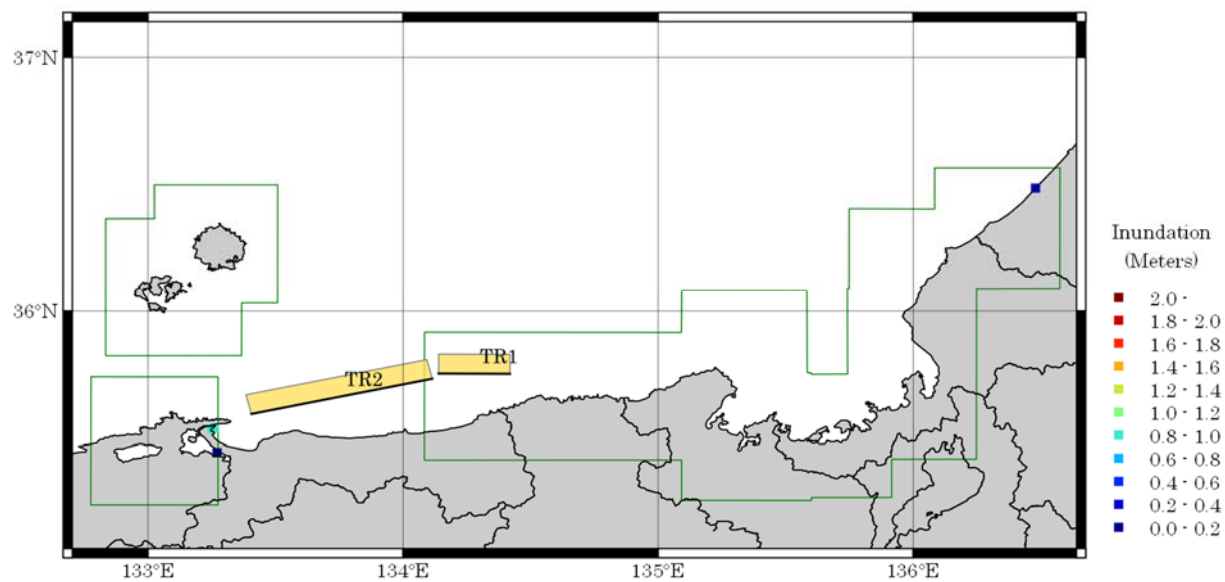
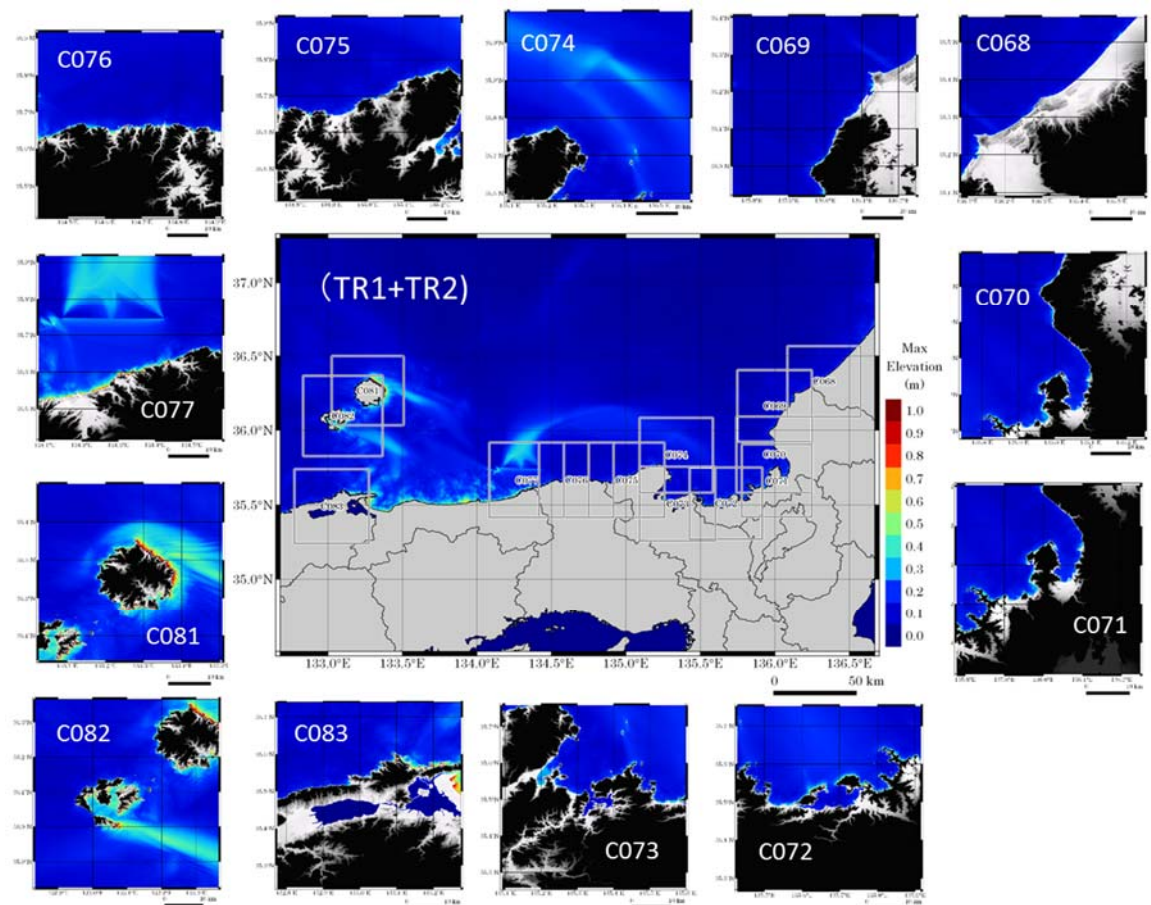


図 24 連動モデル (TR1+TR2) に対する 3 秒メッシュを用いた詳細解析による (上) 津波高の分布ならびに (下) 浸水した計算格子の位置。

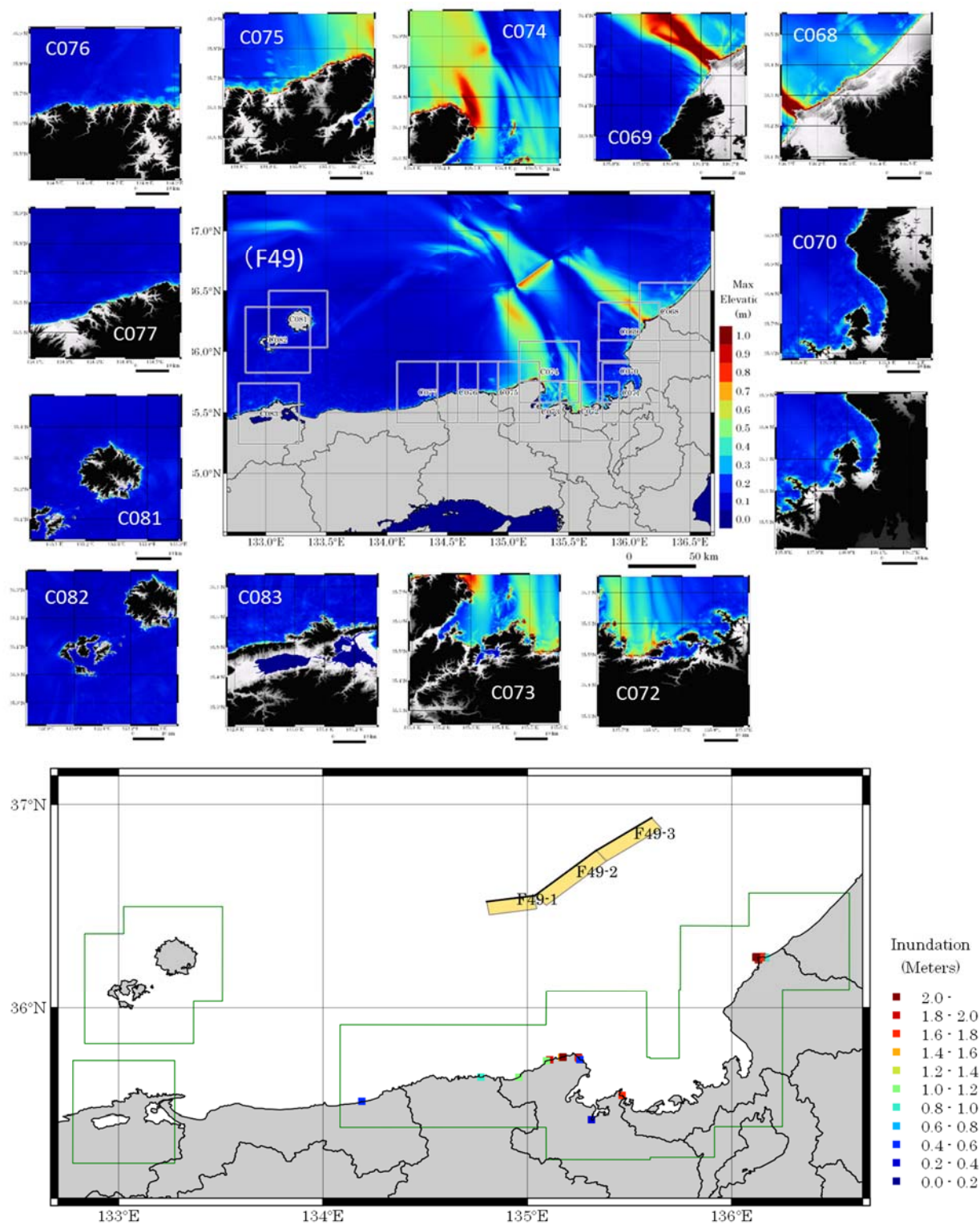
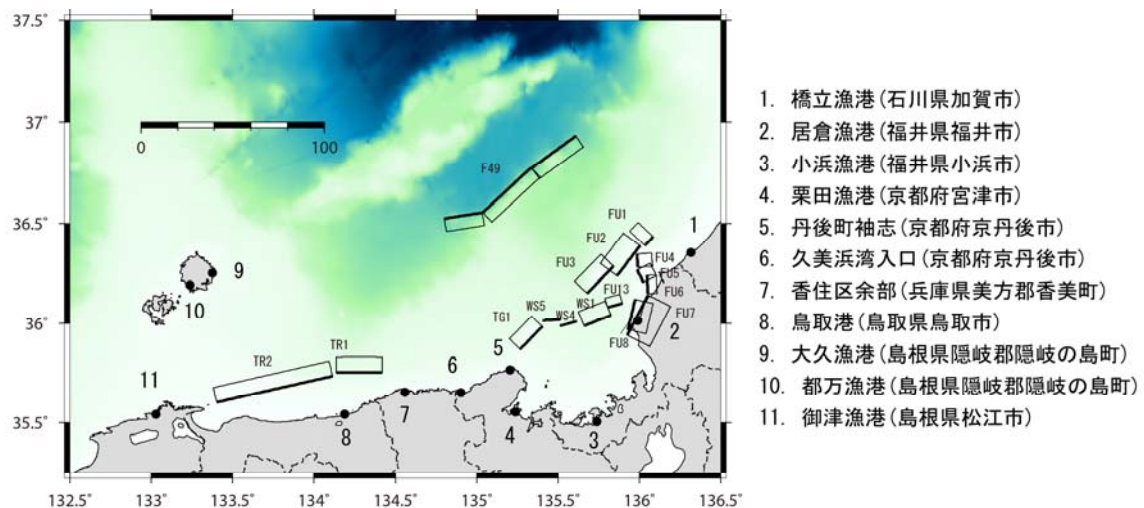
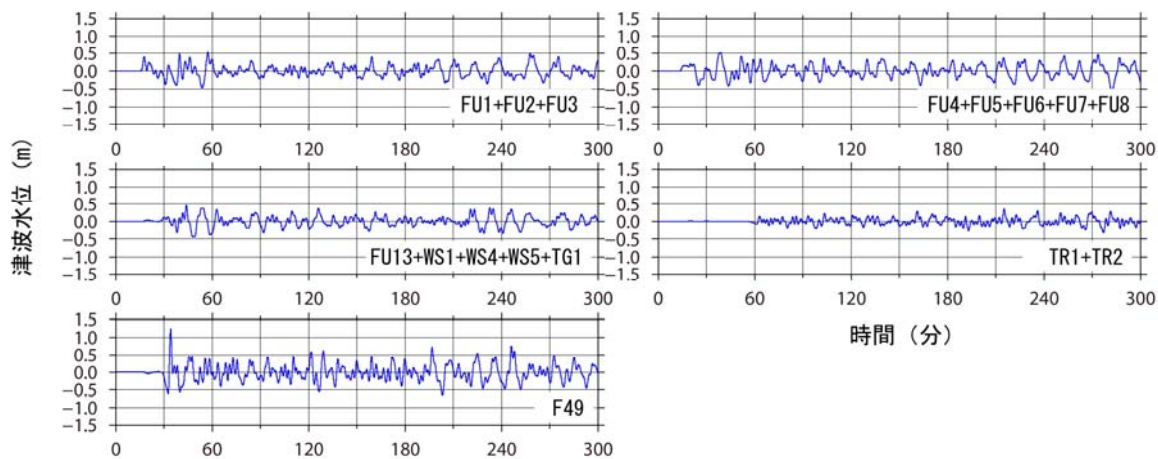


図 25 連動モデル (F49) に対する 3 秒メッシュを用いた詳細解析による (上) 津波高の分布ならびに (下) 浸水した計算格子の位置。



1. 橋立漁港 (石川県加賀市)



2. 居倉漁港 (福井県福井市)

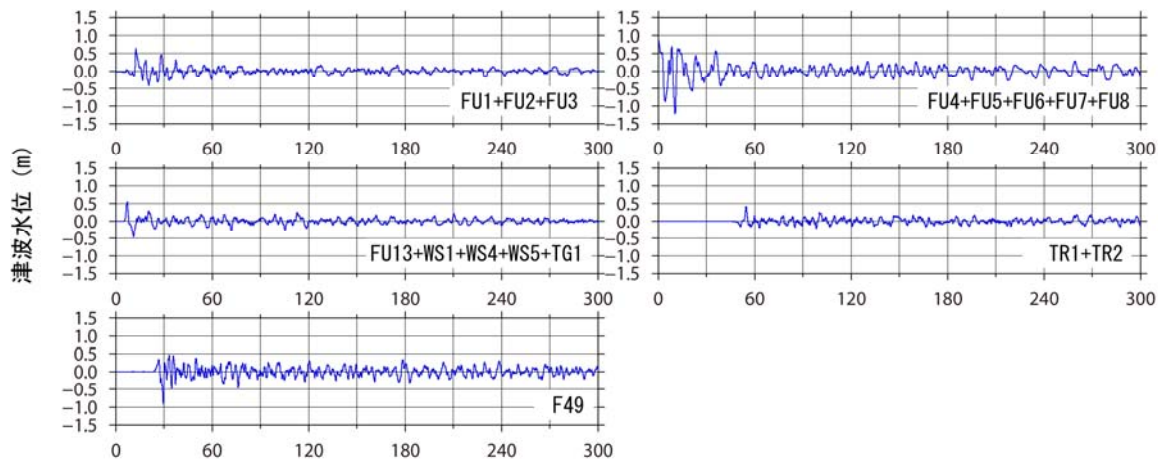
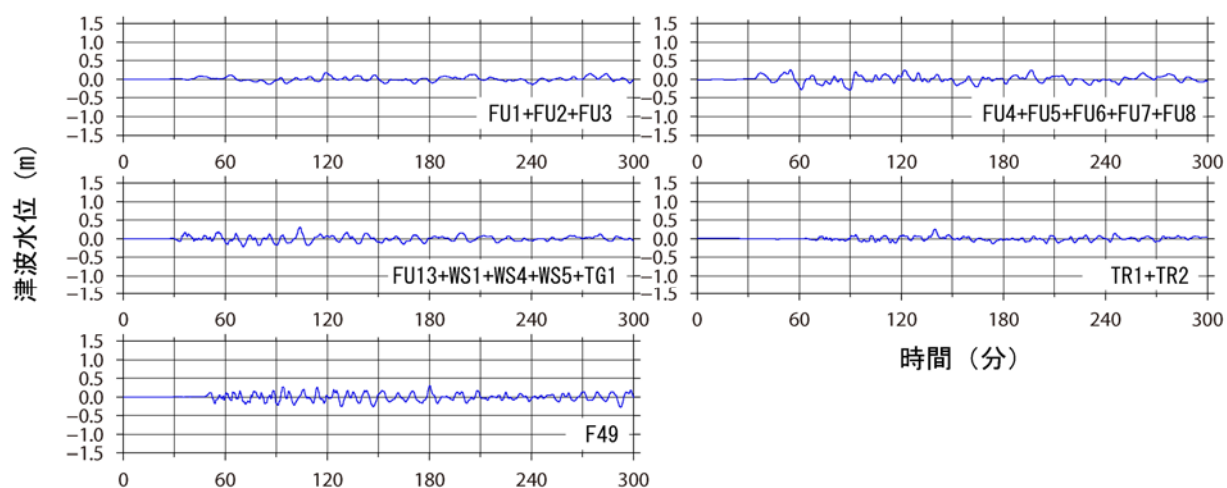
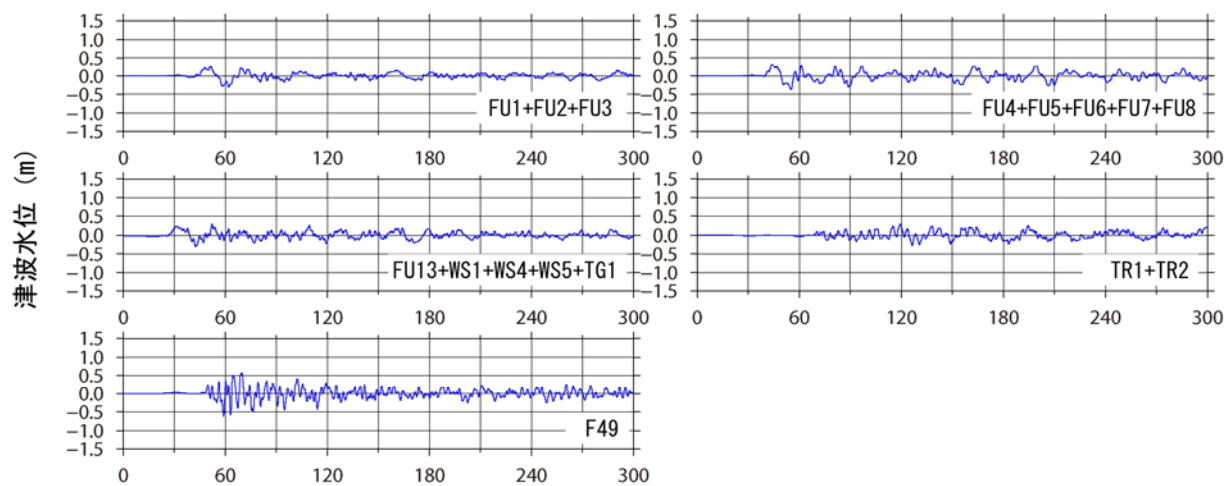


図 26 石川県から島根県沿岸域の出力点における、3 秒メッシュを用いた詳細解析による計算波形。

3. 小浜漁港(福井県小浜市)



4. 栗田漁港(京都府宮津市)



5. 丹後町袖志(京都府京丹後市)

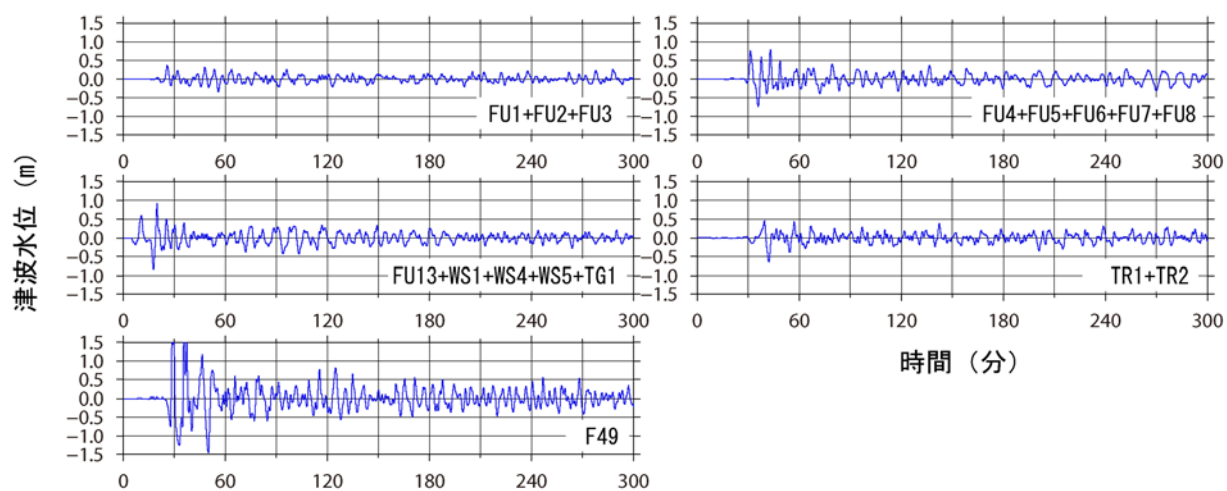
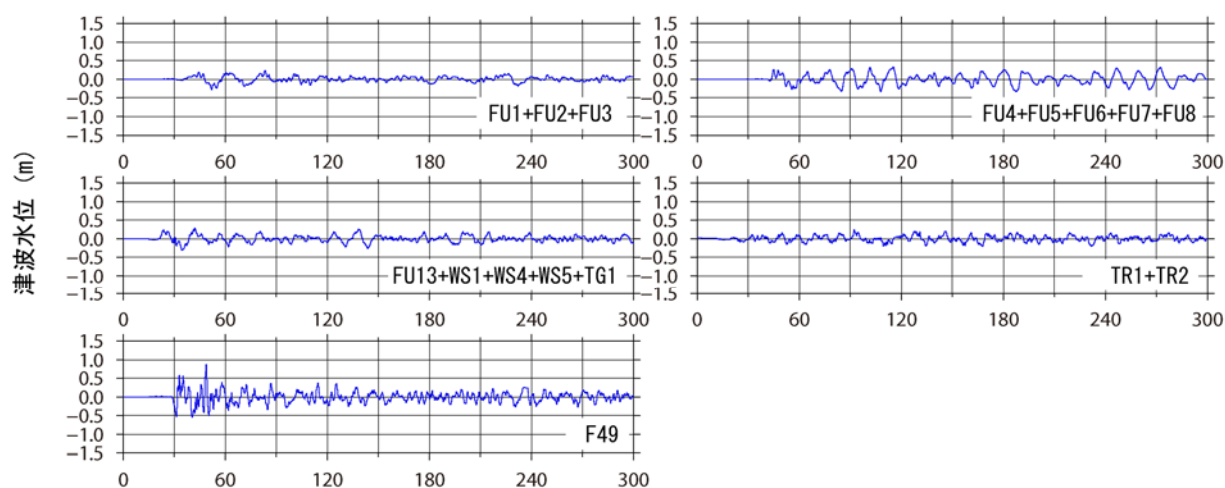
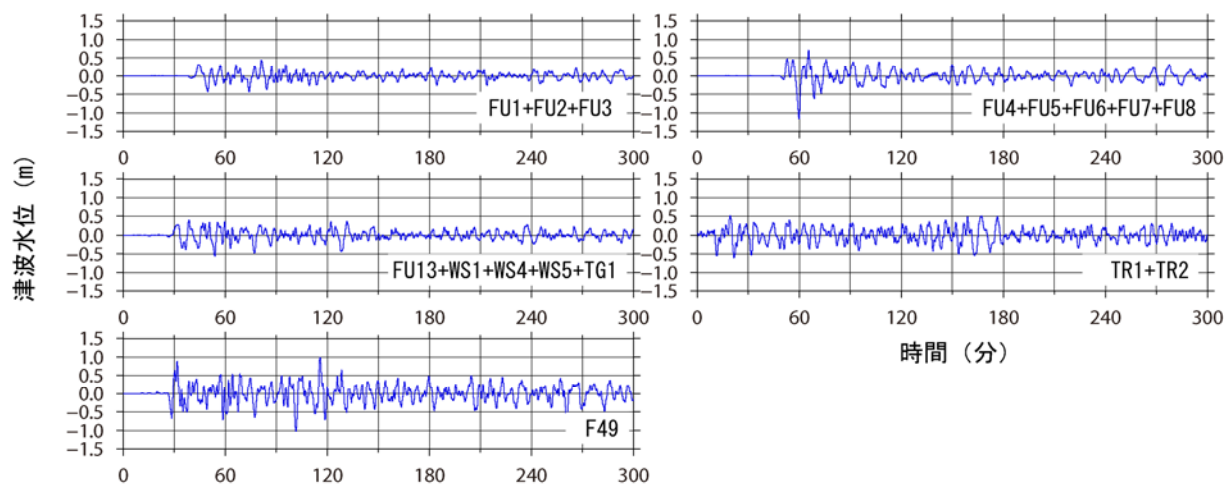


図 26 (続き)

6. 久美浜湾入口(京都府京丹後市)



7. 香住区余部(兵庫県美方郡香美町)



8. 鳥取港(鳥取県鳥取市)

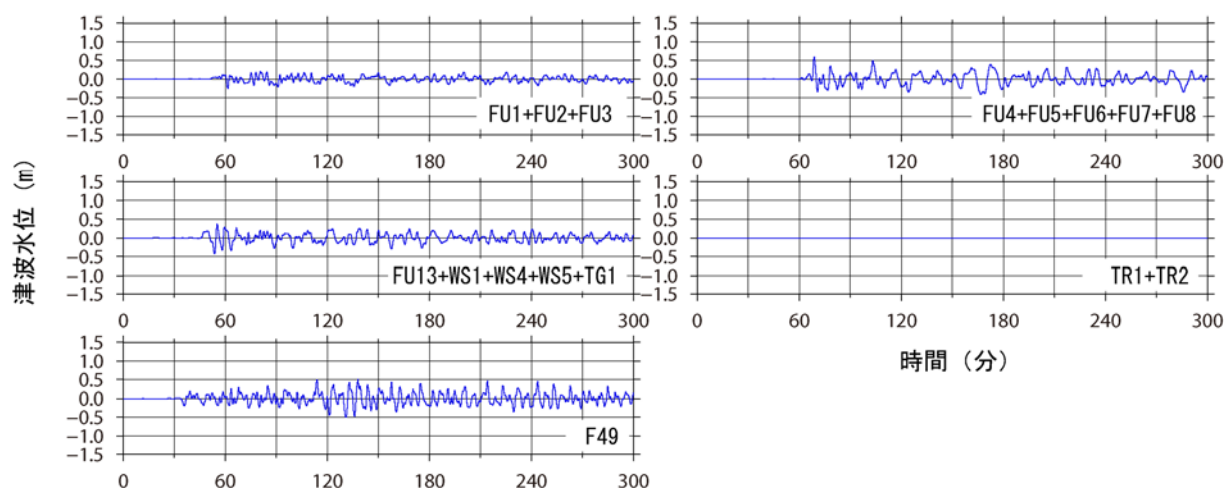
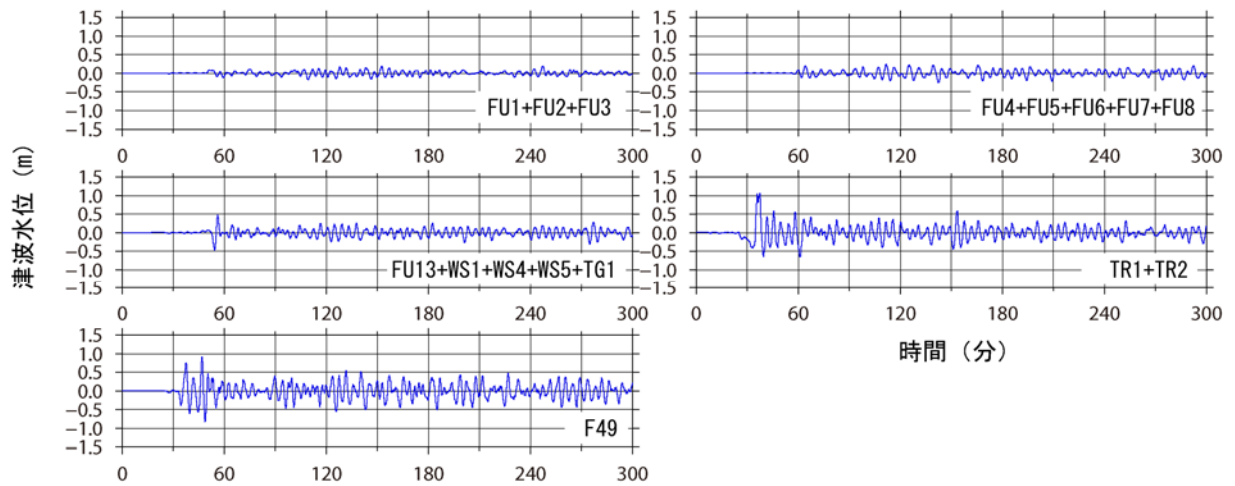
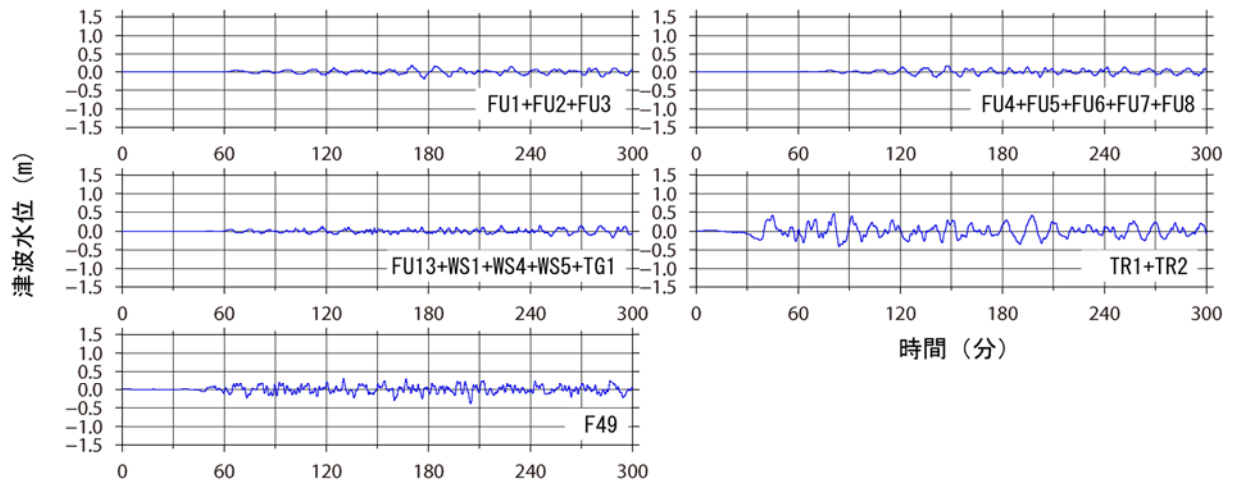


図 26 (続き)

9. 大久漁港(島根県隠岐郡隠岐の島町)



10. 都万漁港(島根県隠岐郡隠岐の島町)



11. 御津漁港(島根県松江市)

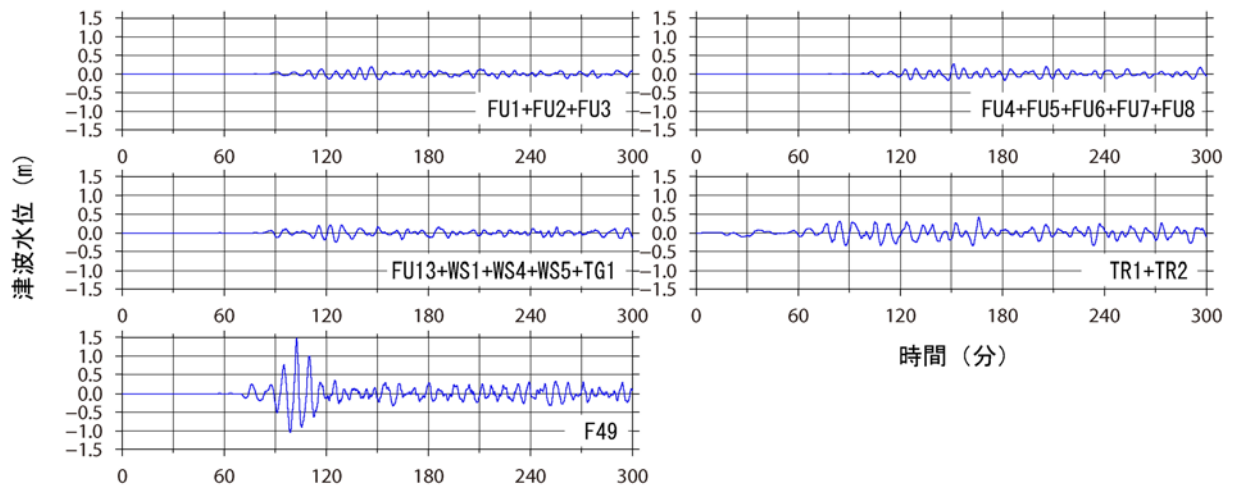


図 26 (続き)

～C83) の合計 65 ケースを対象とした。基礎方程式には非線形長波式を用い、時間格子間隔は 0.25 秒とし、マニングの粗度係数や現象再現時間は 9 秒メッシュを用いた津波伝播シミュレーションと同様に $n=0.025 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ ならびに 5 時間とした。なお、計算では日本海沿岸の主な構造物（堤防等）を設定し、考慮した。

図 21～25 に、連動 5 モデル（FU1+FU2+FU3、FU4+FU5+FU6+FU7+FU8、FU13+WS1+WS4+WS5+TG1、TR1+TR2、F49）に対して 3 秒メッシュを用いた詳細解析を実施した結果をそれぞれ示す。また図 26 に、連動 5 モデルに対する日本海沿岸域の 3 秒波形出力点における津波波形の例を示す。FU1+FU2+FU3、FU4+FU5+FU6+FU7+FU8 ならびに FU13+WS1+WS4+WS5+TG1 では若狭湾沿岸域を中心に局所的に浸水が認められ、その最大浸水深はそれぞれ、0.35 m、1.87 m、0.85 m であった。TR1+TR2 では、石川県白山市ならびに鳥取県境港市、米子市のごく一部が浸水する結果となり、最大浸水深は 0.89 m であった。F49 の場合には、福井県坂井市周辺から鳥取県鳥取市周辺に至る広範な領域の一部が浸水する結果となり、最大浸水深は 5.39 m となった。

(c) 結論ならびに今後の課題

本年度は、「日本海における大規模地震に関する調査検討会」¹⁾ の断層モデルのうち、山陰～九州沖の F54～F60 についてすべり角や用いるスケーリング則による津波高への影響を調査し、Nested grid を用いた津波シミュレーションを実施した。また、サブサブテーマ 2.5.1 「断層モデルの構築」によって平成 27 年度に得られた福井県沖～鳥取県沖海域を中心とする海底活断層・沿岸伏在断層の 28 断層モデル、ならびに「日本海における大規模地震に関する調査検討会」¹⁾ による F49 断層を用いたシナリオ型津波シミュレーションを実施した。それぞれの断層・セグメントが個別に活動すると想定した 11 モデルに加え、連動する可能性がある断層の組合せを考慮した 9 モデルを対象にして、3 つのスケーリング則を用いた場合について合計 60 ケースの津波伝播解析を実施した。また、用いるスケーリング則に加えて断層すべり角の不確定性が津波高に与える影響についても見積もった。

単独断層・セグメントが活動する断層モデルでは、入倉・三宅式あるいは松田式・武村式を用いた場合に比べて武村式を用いた場合の方が総じて高い津波高となる一方で、複数の断層・セグメントが連動する断層モデルの場合には用いるスケーリング則による相違は小さいことが分かった。またすべり角の設定が津波高に与える影響は、特に設定されているすべり角が横ずれ断層に近く比較的沿岸域における津波高が低い断層を中心に、 $\pm 30^\circ$ を想定した場合にスケーリング則の影響と同程度以上に大きくなる可能性が明らかとなった。「日本海における大規模地震に関する調査検討会」¹⁾ では断層面上の最大せん断応力の方向と一致すると仮定し、すべり角を算定することを基本としている。その応力の方向はセントロイドモーメントテンソル解データに基づいて算定した日本島弧全域三次元構造応力場 (Terakawa and Matsu'ura, 2010)¹²⁾ の結果を使用している。また、西日本の日本海側の横ずれ断層の地震である 1943 年鳥取地震での地表地震断層の露頭における垂直・水平変位量から求めたすべり角の値を参考に、横ずれ断層において低角のすべり角を考慮する場合の値を 35° (145°) とし、津波への影響を検討している。一方で、サブサブテーマ 2.5.1 「断層モデルの構築」においては、サブサブテーマ 2.5.2 「沿岸域における地震活動の把握」による地震活動から推定されている応力状態をもとに断層面のすべり角を求め

ている。津波高のすべり角依存性の検討結果は、スケーリング則の検討とともに地震観測等に基づく応力場の詳細な解析が津波予測に対して重要であることを示しており、断層すべり角の精度向上には地震学的な観測の継続が必要である。

入倉・三宅式を用いて算定した断層すべり量による 9 秒メッシュを用いた津波シミュレーションから、沿岸域における最大津波高が 1 m を超えた連動モデルを対象に、のべ 65 ケースに対して沿岸域における主な構造物ならびに陸上遡上を考慮した 3 秒メッシュを用いた詳細計算を実施した。その結果ほとんどの領域は浸水しなかったが、ごく一部の領域が沿岸域の 1 メッシュ (90 m 四方程度) が数十 cm 浸水する結果となった。

連動する断層の組み合わせについては、必ずしも本年度で計算したものが網羅しているとは限らない可能性がある。また、サブサブテーマ 2.5.1「断層モデルの構築」による断層モデルは今後の調査研究によって変更される可能性も考えられ、必要に応じてシナリオ型シミュレーションを追加していくことが重要である。

(d) 引用文献

- 1) 日本海における大規模地震に関する調査検討会：日本海における大規模地震に関する調査検討会報告書，平成 26 年 9 月，470 ページ。
- 2) 地震調査研究推進本部 地震調査委員会：震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシビ」），平成 29 年 4 月，51 ページ。
- 3) 松田時彦：活断層から発生する地震の規模と周期について，地震第 2 輯，第 28 巻，pp.269-283, 1975.
- 4) 武村雅之：日本列島における地殻内地震のスケーリング則—地震断層の影響および地震被害との関連—，地震第 2 輯，第 51 巻，pp.211-228, 1998.
- 5) 入倉孝次郎・三宅弘恵：シナリオ地震の強震動予測，地学雑誌，第 110 巻，第 6 号，pp.849-875, 2001.
- 6) 武村雅之：日本列島およびその周辺地域に起こる浅発地震のマグニチュードと地震モーメントの関係，地震第 2 輯，第 43 巻，pp.257-265, 1990.
- 7) Somerville, P. G., K. Irikura, R. Graves, S. Sawada, D. Wald, N. Abrahamson, Y. Iwasaki, T. Kagawa, N. Smith, A. Kowada: Characterizing crustal earthquake slip models for the prediction of strong ground motion, Seismological Research Letters, Vol. 70, pp. 59-80, 1999.
- 8) 後藤智明・佐藤一央：三陸海岸を対象とした津波計算システムの開発，港湾技術研究所報告，第 32 巻，第 2 号，pp.3-44, 1993.
- 9) 社団法人土木学会原子力土木委員会津波評価部会：原子力発電所の津波評価技術，2002.
- 10) Okada, Y.: Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.75, No.4, pp.1135-1154, 1985.
- 11) 相田勇：三陸沖の古い津波のシミュレーション，地震研究所彙報，52, 71-101, 1977.
- 12) Terakawa, T. and Matsu'ura, M.: The 3-D tectonic stress fields in and around Japan inverted from centroid moment tensor data of seismic events, Tectonics, Vol.29, TC6008, 2010.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
Aditya GUSMAN, Anne F. SHEEHAN, Kenji SATAKE, Mohammad HEIDARZADEH, Iyan MULIA, Takuto MAEDA	Data Assimilation of High-Density Pressure Gauge Observations Off Cascadia from the 2012 Haida Gwaii Earthquake (口頭発表)	Asia Oceania Geosciences Society 2016 meeting	平成 28 年 8 月 1-5 日
Gusman, A.R., 佐竹健治, 室谷智子, 石辺岳男	北陸沖海域の活断層による日本海沿岸部の津波高 (ポスター発表)	日本地震学会 2016 年度秋季大会	2016 年 10 月 5~7 日
Aditya Riadi Gusman, Kenji Satake, Tomoya Harada	Join inversion of teleseismic body waves and tsunami waveforms for the 2016 strike-slip earthquake in the Wharton basin (口頭発表)	日本地震学会 2016 年度秋季大会	平成 28 年 10 月 7 日
Aditya Riadi Gusman, Kenji Satake, Tomoko Goto, Tomoyuki Takahashi	Modeling of Grain Size Distribution of Tsunami Sand Deposits in V-shaped Valley of Numanohama During the 2011 Tohoku Tsunami (ポスター発表)	AGU 2016 fall meeting	平成 28 年 12 月 15 日

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

- 1) 特許出願：なし
- 2) ソフトウェア開発：なし
- 3) 仕様・標準等の策定：なし

(3) 平成 29 年度業務計画案

引き続き、九州沖海域を中心とする海底活断層・沿岸伏在断層について、海域構造調査や海陸統合構造調査により得られた断層モデルに基づき、シナリオ型津波シミュレーションを行う。また、当該沿岸に影響を及ぼす断層をリストアップし、確率論的津波高予測を行う。