２．３　津波及び強震動の予測

２．３．１．　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ヵ年の年次実施計画（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（令和元年度）
8)　令和２年度
(e) 令和２年度業務目的
(2)　令和 2 年度の成果
(a) 業務の要約
(b) 業務の成果
1) スケーリング則に基づくモーメントマグニチュード・断層すべり量の算定
2) スケーリング則による津波高のばらつきの検討
3) 日本海沿岸域に顕著な津波を伴った地震に対する既往断層モデルによる津波伝播シミュレーション
4) 歴史時代ならびに計器観測時代に発生した顕著津波による津波遡上高とシミュレーション結果との比較
5) 日本海沿岸に影響を及ぼす断層についての確率論的な津波高予測
6) 3 秒メッシュを用いた津波遡上計算
(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、ソフトウエア開発、仕様・標準等の策定
(3)　8ヵ年の成果
(a) 業務の成果
(b) 結論ならびに今後の課題

(c) 引用文献

(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	Iyan E. Mulia
	特任研究員	五島 朋子
国立科学博物館	研究主幹	室谷 智子
地震予知総合研究振興会	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ヵ年の年次実施計画（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事が分かった。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：

海域構造調査や海陸統合構造調査により得られた山陰～九州沖の海底活断層・沿岸伏在断層を用いて、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 31 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 6 モデルを含めて合計 37 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 秒メッシュを用いて陸上遡上も含めた詳細津波シミュレーションを実施した。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、津波高予測を行った。

6）平成 30 年度：

主に北海道・東北地方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った。また、当該沿岸に影響を及ぼす断層をリストアップした。

7）平成 31 年度（令和元年度）：

海域構造調査や海陸統合構造調査により得られた北海道海域を中心とする海底活断層・沿岸伏在断層ならびに津波波形インバージョンによって得られた 1940 年積丹半島沖地震に対する断層モデルを用いて、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 41 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 28 モデルを含めた合計 69 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。計算にあたり、2 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。これらの断層モデルに対する津波シミュレーション結果と、1940 年積丹半島沖地震ならびに 1993 年北海道南西沖地震に対して実測された津波遡上高とを比較し、これらの地震に対する震源断層に関する考察を行った。また、当該沿岸域に影響を及ぼす断層を対象に、3 秒メッシュを用いて陸上遡上も含めた詳細津波シミュレーションを実施した。さらに、当該沿岸に影響を及ぼす断層について確率論的な津波波高予測を行った。

8）令和 2 年度：

海域構造調査や海陸統合構造調査により得られた東北沖海域を中心とする海底活断層・沿岸伏在断層ならびに津波波形インバージョン等によって得られた 1833 年天保庄内沖地震、1940 年積丹半島沖地震、1964 年新潟地震、1983 年日本海中部地震ならびに 1993 年北海道南西沖地震に対する断層モデルを用いて、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 67 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 123 モデルを含めた合計 190 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。計算にあたり、2 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。これらの断層モデルに対する津波シミュレーション結果と、上記の地震に対して実測された津波遡上高とを比較し、これらの地震に対する震源断層に関する考察を行った。また、当該沿岸域に影響を及ぼす断層を対象に、3 秒メッシュを用いて陸上遡上も含めた詳細津波シミュレーションを実施した。さらに、当該沿岸に影響を及ぼす断層について確率論的な津波波高予測を行った。

(e) 令和 2 年度業務目的

主に東北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、単独及び連動破壊のシナリオ型津波シミュレーションを実施する。本プロジェクトで再検討した断層モデルを用いて、日本海沿岸における津波高の確率論的な評価を行う。

(2) 令和 2 年度の成果

(a) 業務の要約

サブサブテーマ 2.5.1「断層モデルの構築」によって得られた東北沖海域に分布する海底活断層・沿岸伏在断層ならびに津波波形インバージョン等によって得られた 1833 年天保庄内沖地震、1940 年積丹半島沖地震、1964 年新潟地震、1983 年日本海中部地震ならびに 1993 年北海道南西沖地震に対する断層モデルを用いたシナリオ型津波シミュレーションを実施した。サブサブテーマ 2.5.1「断層モデルの構築」によって得られた東北沖海域に分布する海底活断層・沿岸伏在断層のうち、個別の断層が単独で破壊するモデル（単独モデル）では断層長が 20 km 以上かつ震源断層が海域にある 67 断層を対象とした。一方で、北海道西方海域に分布する断層との連動も含め、連動する可能性のある断層の組み合わせを考慮した 123 断層モデル（連動モデル）についても同様に解析を実施した。また、隠岐トラフ周辺の波源断層の矩形モデルに対する 4 断層モデル(単独 3 モデル､連動 1 モデル)についても実施した。これらの計算にあたり、2 つのスケーリング則に基づく手法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。

地震調査研究推進本部地震調査委員会による、「震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）」[1] は､「日本海地震・津波調査プロジェクト」の実施期間中に改訂され、断層面積が 1,800（km^2）以上となる断層に対して、第 3 ステージのスケーリング則（Murotani et al., 2015[2]）が導入された。そのため、過年度に遡って該当する断層モデル（単独 4 モデル、連動 23 モデル）を対象に津波伝播解析を実施した。

また、1833 年天保庄内沖地震、1940 年積丹半島沖地震、1964 年新潟地震、1983 年日本海中部地震ならびに 1993 年北海道南西沖地震を対象に、実測された、あるいは史資料から推定された津波痕跡高と津波伝播計算の結果の比較を行った。さらに、当該沿岸に影響を及ぼす断層について、3 秒メッシュを用いて陸域への遡上も含めた詳細津波シミュレーションを実施するとともに、確率論的な津波波高予測を行った。

(b) 業務の成果

1) スケーリング則に基づくモーメントマグニチュード・断層すべり量の算定

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、北海道海域（図 1）、東北沖海域（図 2）ならびに、隠岐トラフ周辺海域（図 3）に分布する海底活断層・沿岸伏在断層ならびに 1833 年天保庄内沖地震、1940 年積丹半島沖地震、1964 年新潟地震、1983 年日本海中部地震ならびに 1993 年北海道南西沖地震に対する既往モデルを用いたシナリオ型津波シミュレーションを実施した。

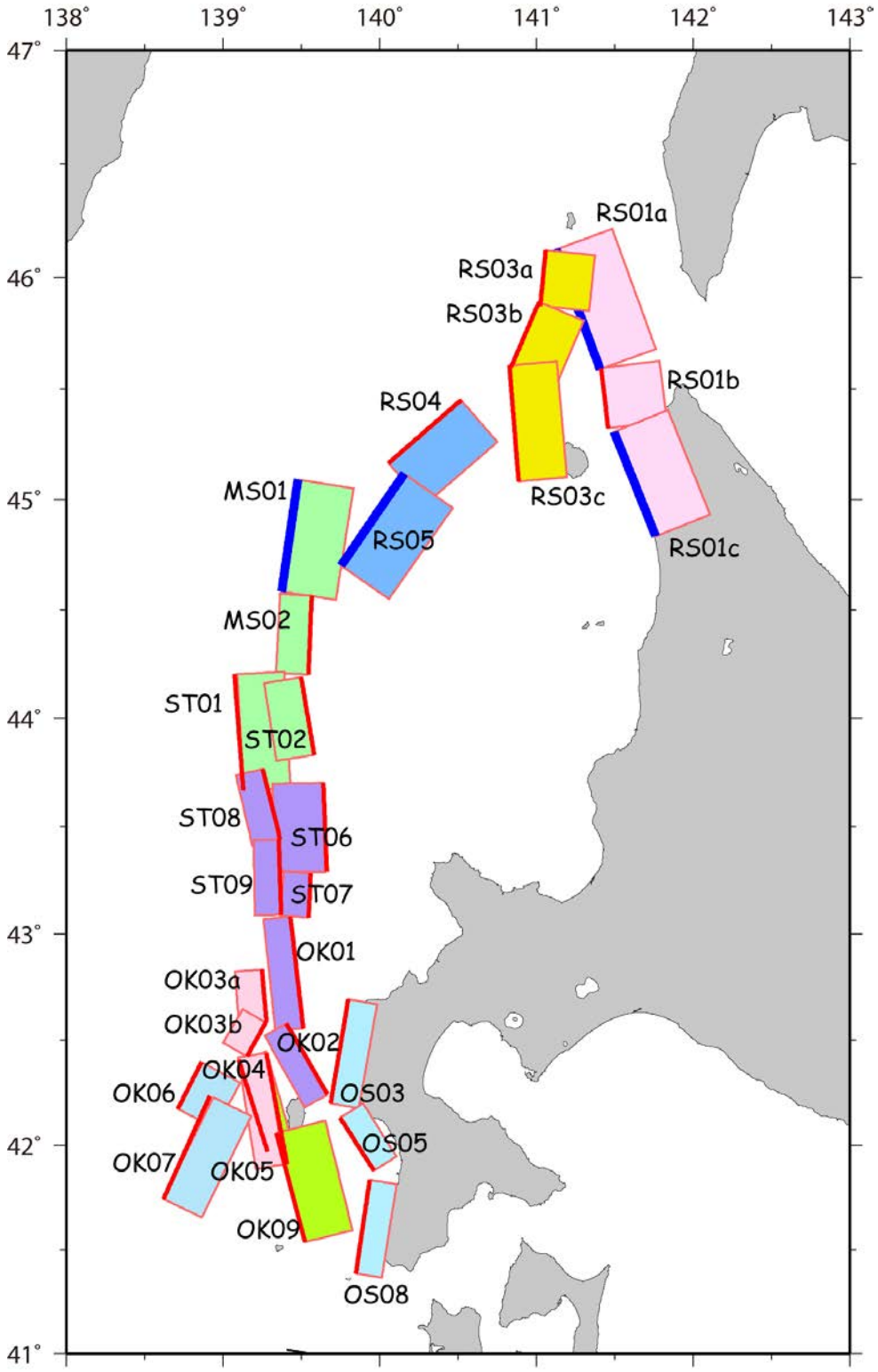


図１　「日本海地震・津波調査プロジェクト」のサブサブテーマ 2.5.1「断層モデルの構築」によって得られた北海道海域における断層モデルのうち、第 3 ステージのスケーリング則に該当する断層（モデル）。連動するもので色分けして表示している。断層上端が太線のものは、単独 1 枚で第 3 ステージに該当するもの。

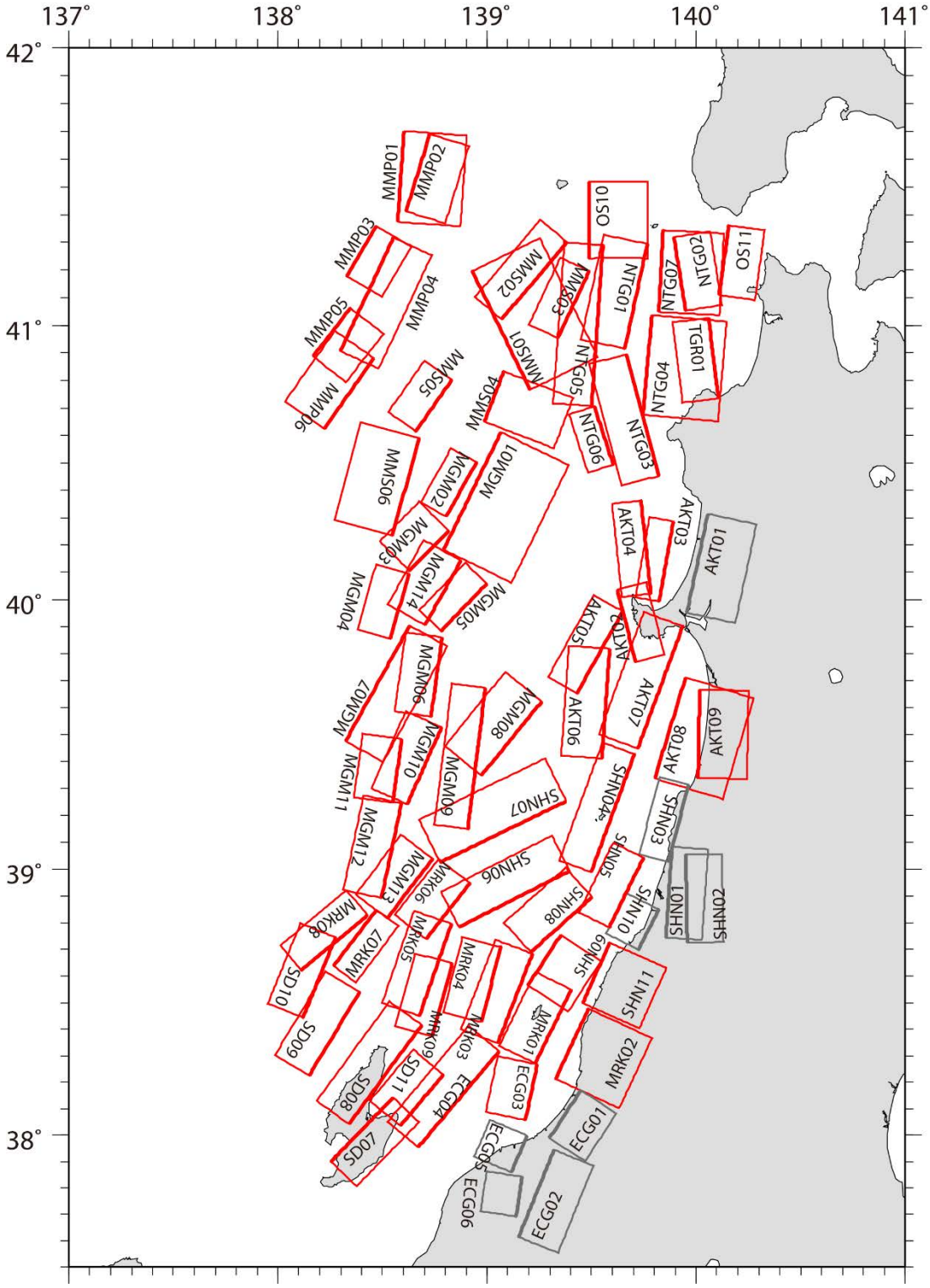


図 2　サブサブテーマ 2.5.1「断層モデルの構築」によって令和元年度に得られた東北地方西方沖の断層モデル。灰色は断層長が 20 km 未満あるいは震源断層が陸域に分布する断層を表す。

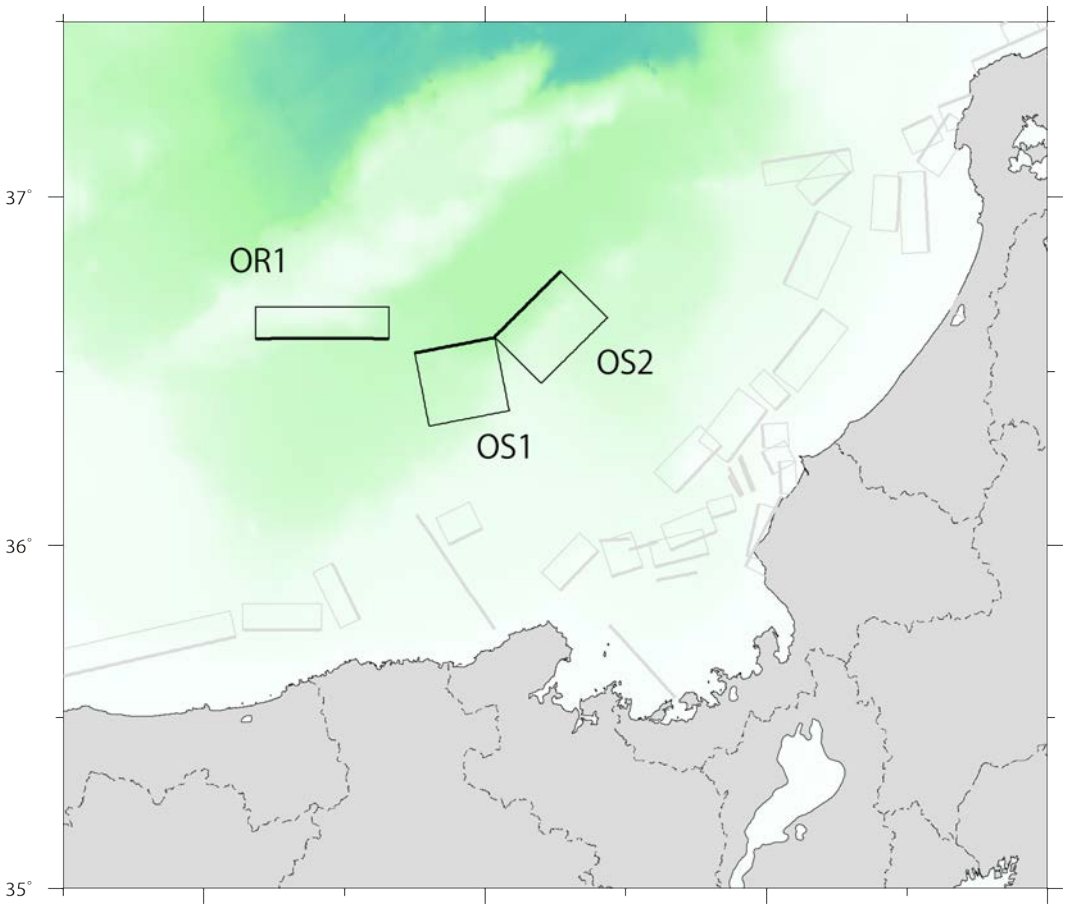


図 3　サブサブテーマ 2.5.1「断層モデルの構築」によって得られた隠岐トラフ周辺海域の断層モデル。灰色は過年度に津波計算の検討を実施した断層モデルを示す。

表 1　1833 年天保庄内沖地震、1940 年積丹半島沖地震、1964 年新潟地震、1983 年日本海中部地震ならびに 1993 年北海道南西沖地震に対する断層モデル

対象地震	断層モデル
1833 年天保庄内沖地震	相田（1989）[3]、今井・他（2015）[4]
1940 年積丹半島沖の地震	Ohsumi and Fujiwara (2017) [5]
1964 年新潟地震	Abe (1975)[6]、Satake and Abe (1983)[7]
1983 年日本海中部地震	相田（1984)[8]、Satake (1989)[9]
1993 年北海道南西沖地震	Tanioka et al. (1995) [10]、高橋・他（1995)[11]

東北沖海域の海底活断層・沿岸伏在断層に対しては、断層長が 20 km 以上かつ震源断層が海域にある断層に対して、それぞれの断層が単独で活動すると想定した 67 モデル（以下単独モデルと呼ぶ)、長さ 20 km 以下の断層も含めて複数の断層・セグメントが連動する 123 モデル（以下連動モデルと呼ぶ）の合計 190 モデルに対して津波伝播解析を実施した（図 4)。また、隠岐トラフ周辺海域に分布する 4 断層モデル（単独 3 モデル、

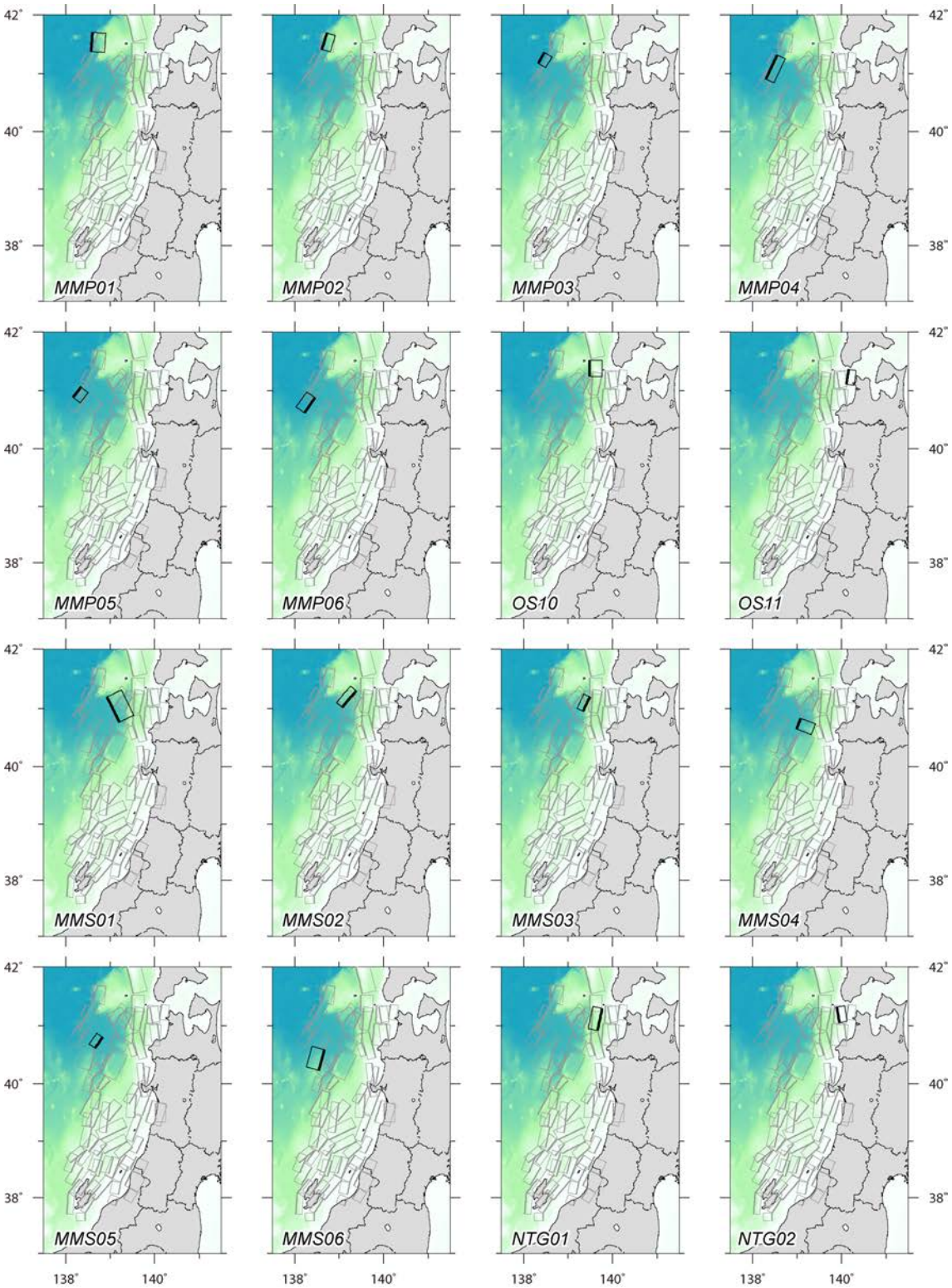


図 4　東北地方西方沖の断層に対して本年度に実施したシナリオ型津波シミュレーションの断層モデル（単独 67 モデル＋連動 123 モデル）

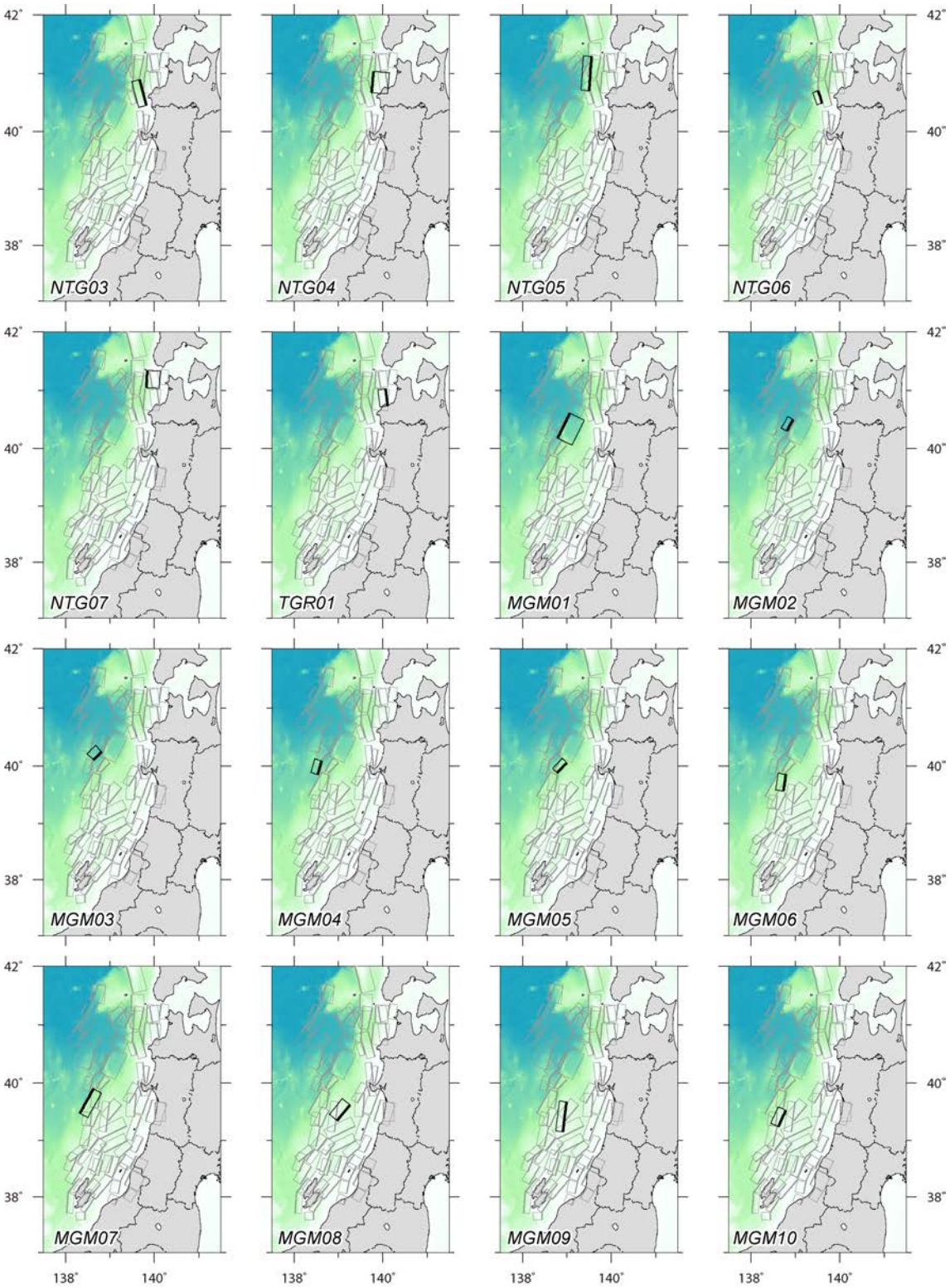

NTG03
NTG04
NTG05
NTG06
NTG07
TGR01
MGM01
MGM02
MGM03
MGM04
MGM05
MGM06
MGM07
MGM08
MGM09
MGM10
42°
40°
38°
138°
140°

図 4　（続き）

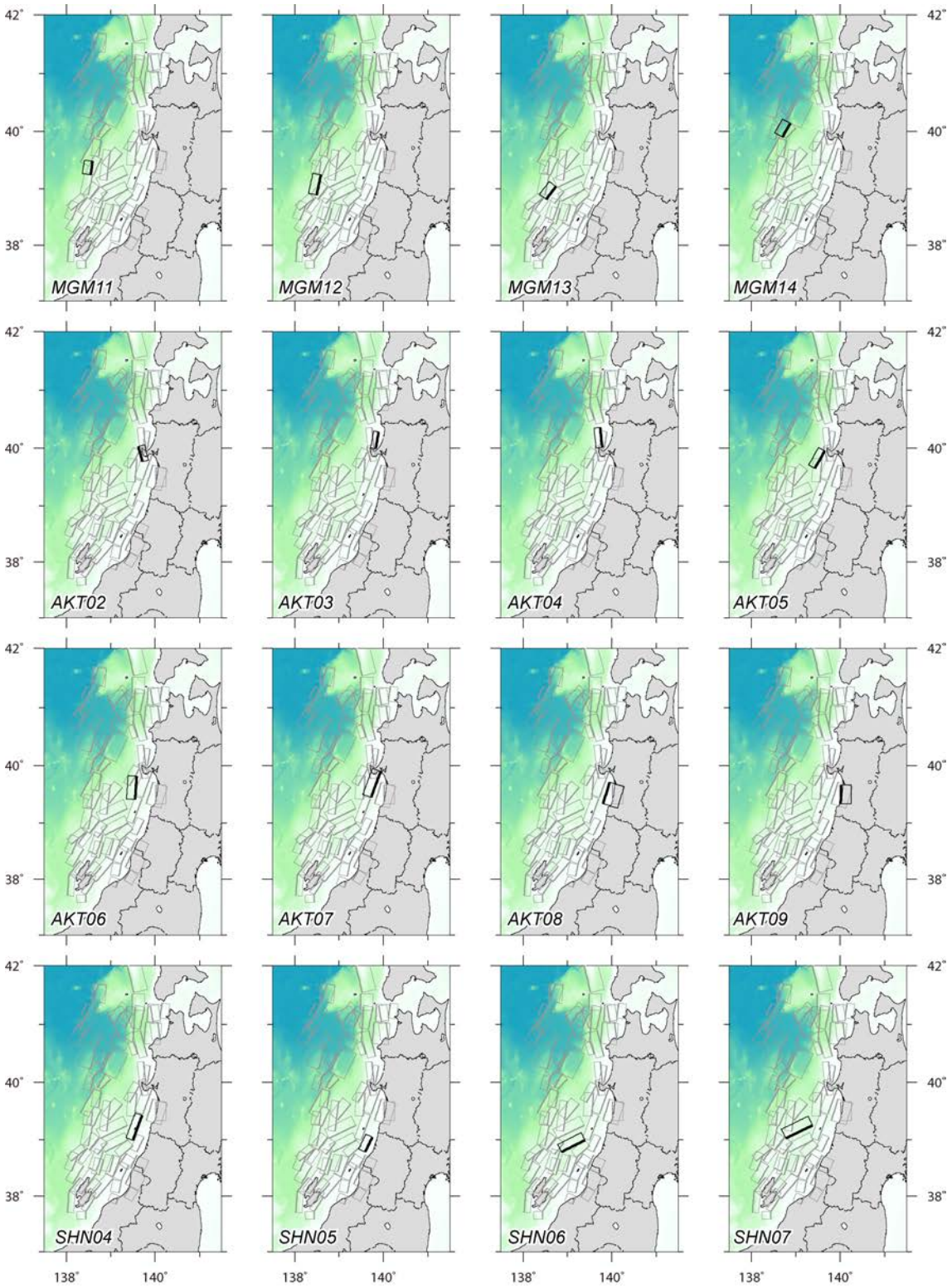

MGM11
MGM12
MGM13
MGM14
AKT02
AKT03
AKT04
AKT05
AKT06
AKT07
AKT08
AKT09
SHN04
SHN05
SHN06
SHN07
42°
40°
38°
138°
140°

図 4　（続き）

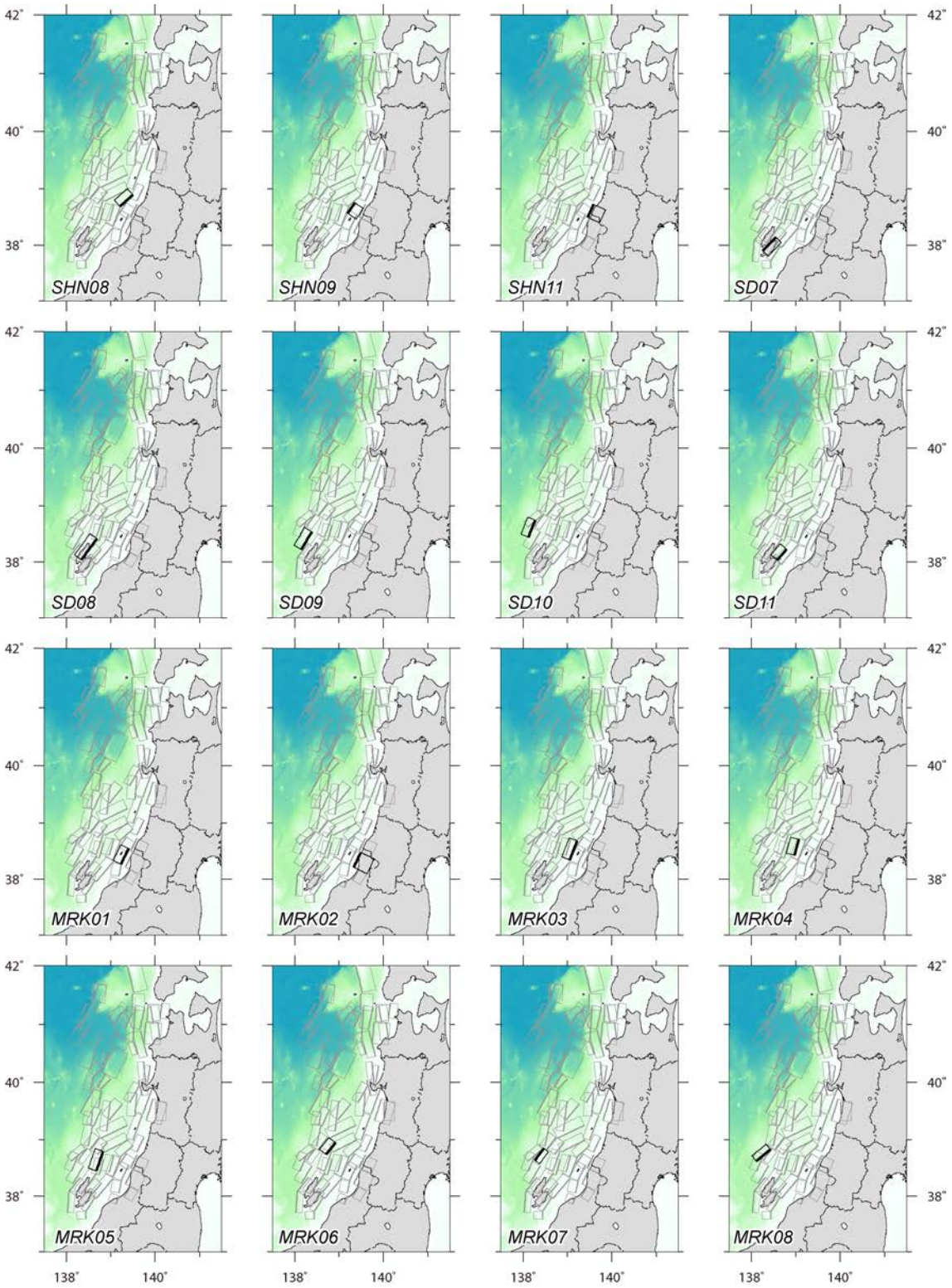

SHN08
SHN09
SHN11
SD07
SD08
SD09
SD10
SD11
MRK01
MRK02
MRK03
MRK04
MRK05
MRK06
MRK07
MRK08
42°
40°
38°
138°
140°

図 4　（続き）

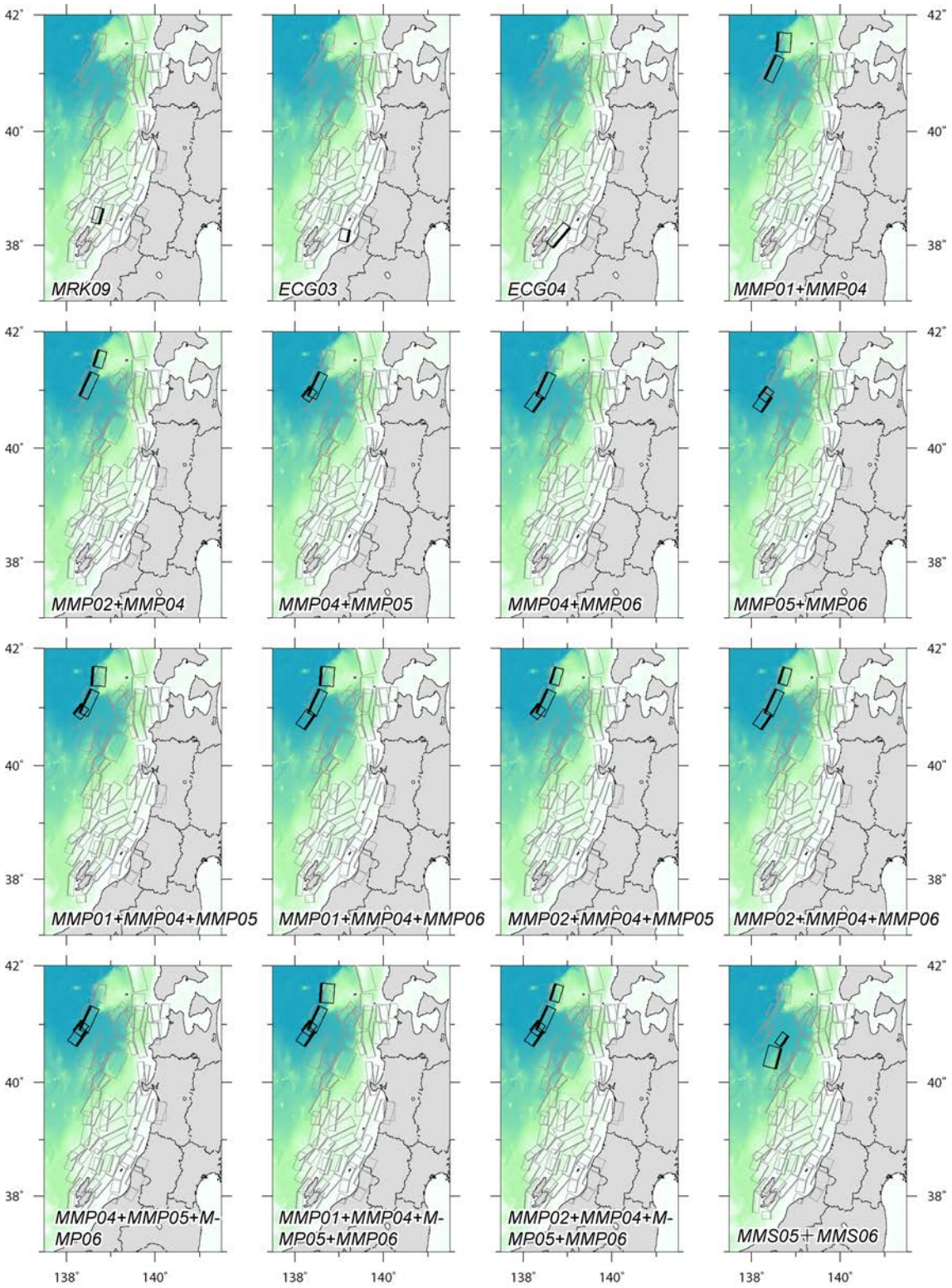

MRK09
ECG03
ECG04
MMP01+MMP04
MMP02+MMP04
MMP04+MMP05
MMP04+MMP06
MMP05+MMP06
MMP01+MMP04+MMP05
MMP01+MMP04+MMP06
MMP02+MMP04+MMP05
MMP02+MMP04+MMP06
MMP04+MMP05+M-
MP06
MMP01+MMP04+M-
MP05+MMP06
MMP02+MMP04+M-
MP05+MMP06
MMS05＋MMS06
42°
40°
38°
138°
140°

図 4　（続き）

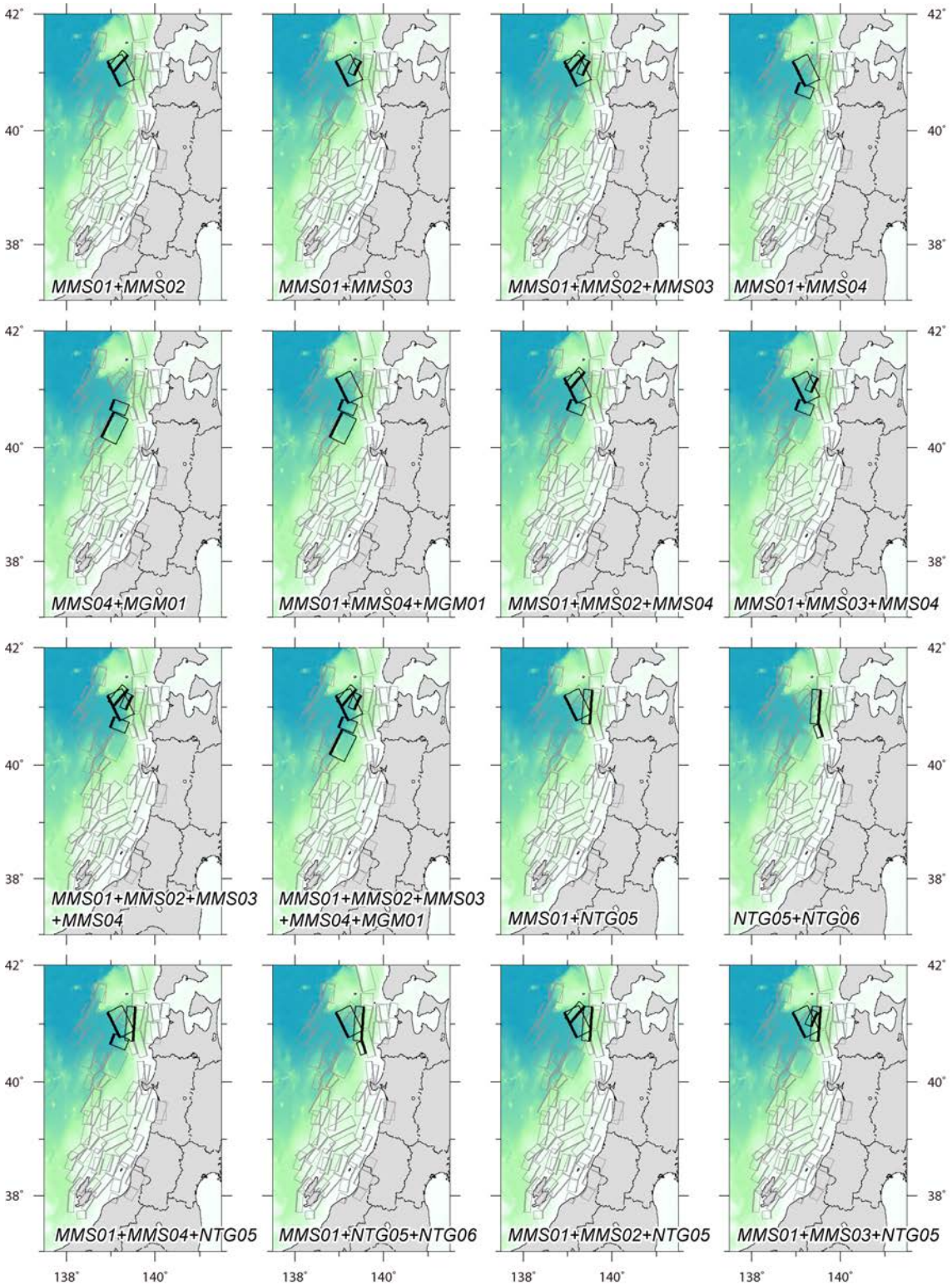

MMS01+MMS02
MMS01+MMS03
MMS01+MMS02+MMS03
MMS01+MMS04
MMS04+MGM01
MMS01+MMS04+MGM01
MMS01+MMS02+MMS04
MMS01+MMS03+MMS04
MMS01+MMS02+MMS03
+MMS04
MMS01+MMS02+MMS03
+MMS04+MGM01
MMS01+NTG05
NTG05+NTG06
MMS01+MMS04+NTG05
MMS01+NTG05+NTG06
MMS01+MMS02+NTG05
MMS01+MMS03+NTG05
42°
40°
38°
138°
140°

図 4　（続き）

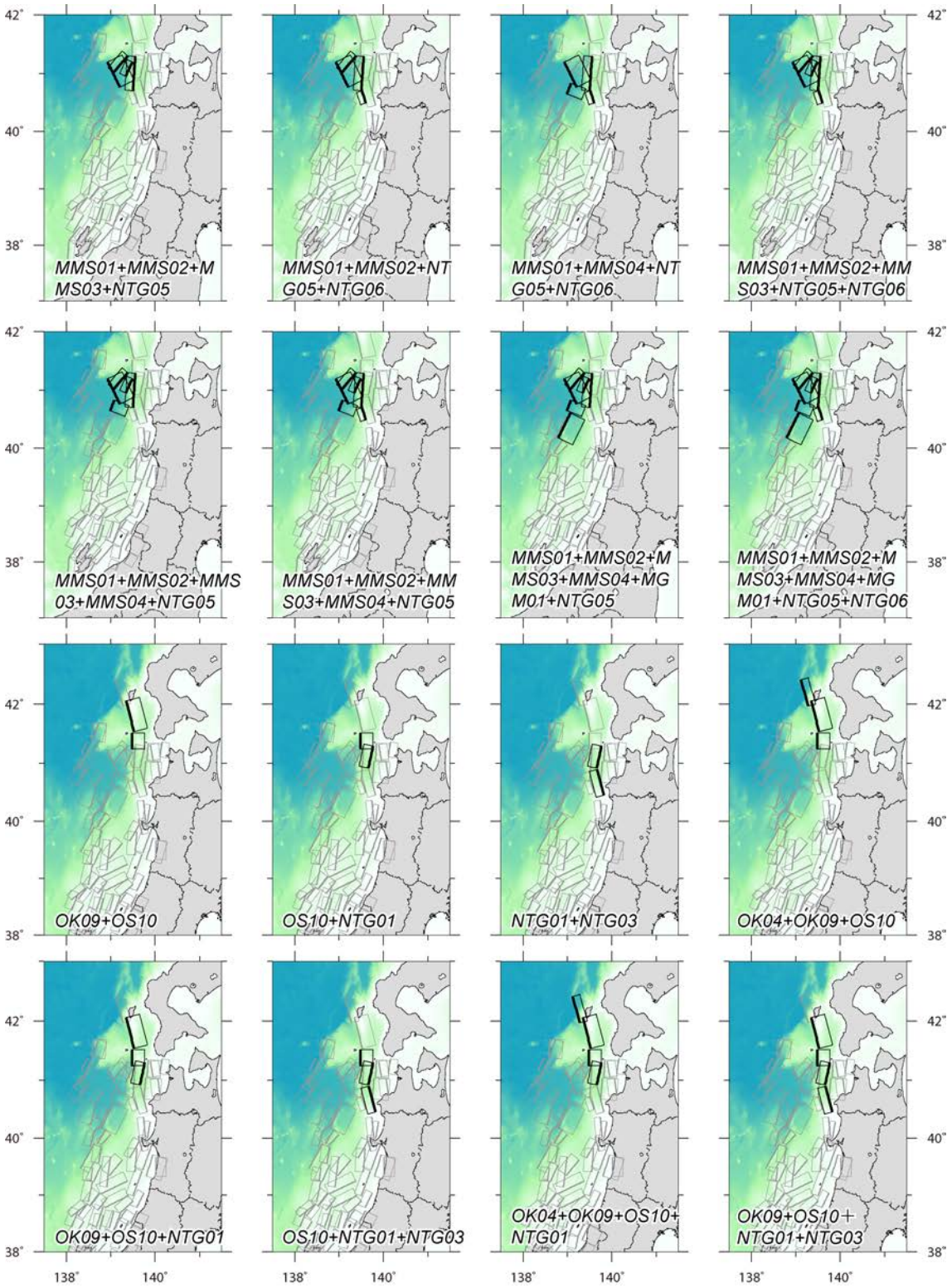

MMS01+MMS02+MMS03+NTG05
MMS01+MMS02+NTG05+NTG06
MMS01+MMS04+NTG05+NTG06
MMS01+MMS02+MMS03+NTG05+NTG06
MMS01+MMS02+MMS03+MMS04+NTG05
MMS01+MMS02+MMS03+MMS04+NTG05
MMS01+MMS02+MMS03+MMS04+MGM01+NTG05
MMS01+MMS02+MMS03+MMS04+MGM01+NTG05+NTG06
OK09+OS10
OS10+NTG01
NTG01+NTG03
OK04+OK09+OS10
OK09+OS10+NTG01
OS10+NTG01+NTG03
OK04+OK09+OS10+NTG01
OK09+OS10＋NTG01+NTG03
42°
40°
38°
138°
140°

図 4　（続き）

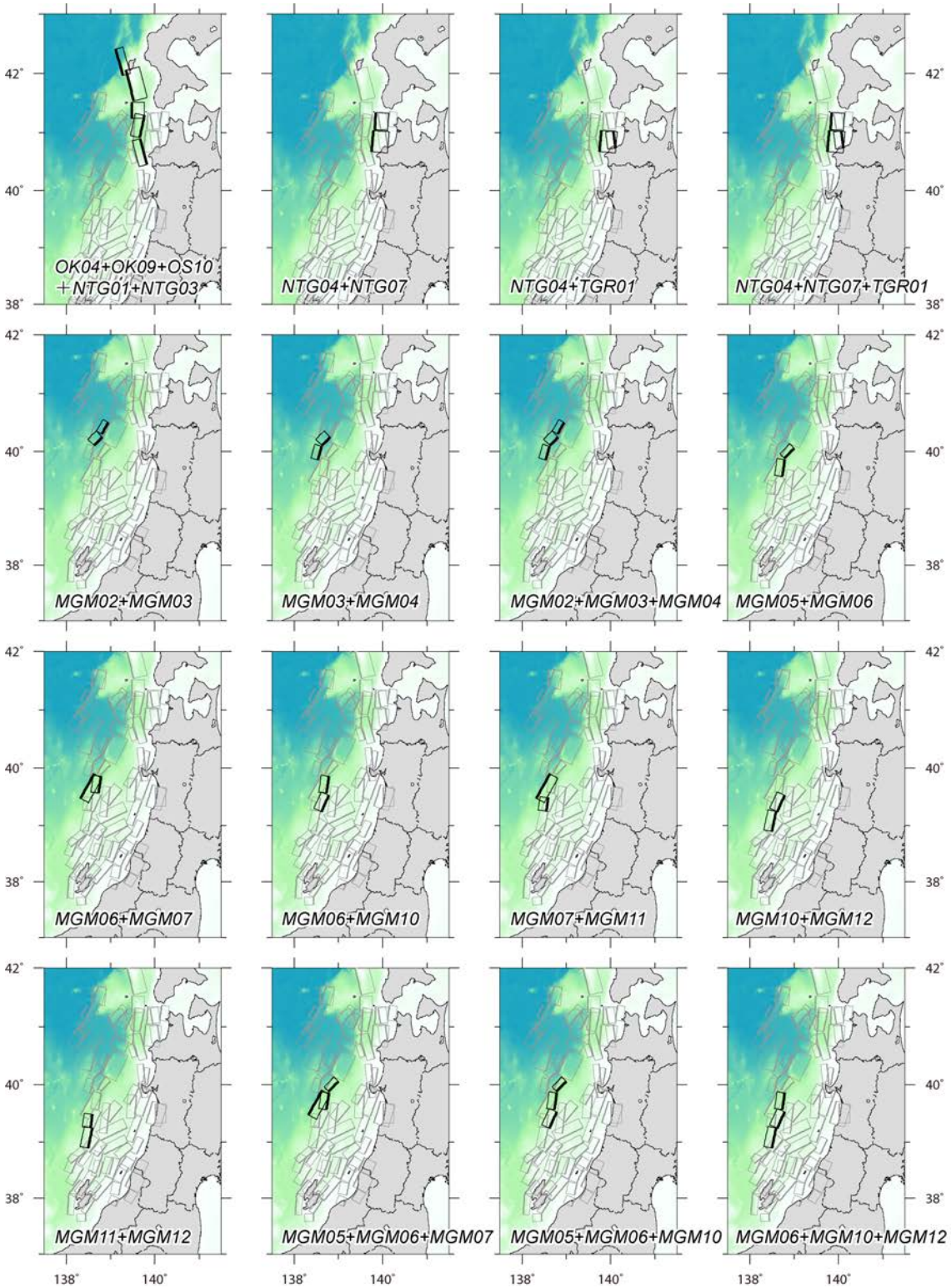

OK04+OK09+OS10
＋NTG01+NTG03
NTG04+NTG07
NTG04+TGR01
NTG04+NTG07+TGR01
MGM02+MGM03
MGM03+MGM04
MGM02+MGM03+MGM04
MGM05+MGM06
MGM06+MGM07
MGM06+MGM10
MGM07+MGM11
MGM10+MGM12
MGM11+MGM12
MGM05+MGM06+MGM07
MGM05+MGM06+MGM10
MGM06+MGM10+MGM12
42°
40°
38°
138°
140°

図 4　（続き）

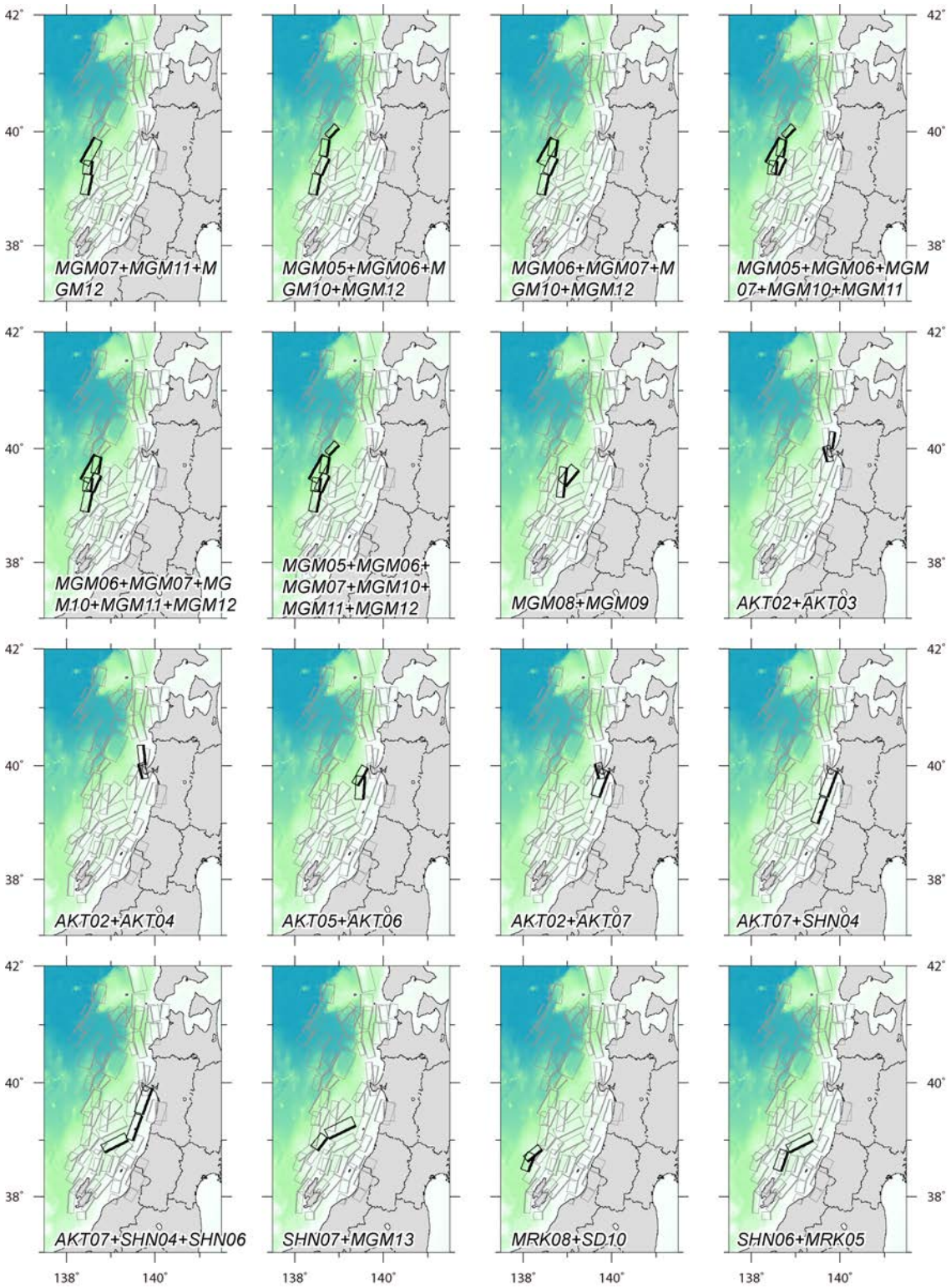

MGM07+MGM11+MGM12
MGM05+MGM06+MGM10+MGM12
MGM06+MGM07+MGM10+MGM12
MGM05+MGM06+MGM07+MGM10+MGM11
MGM06+MGM07+MGM10+MGM11+MGM12
MGM05+MGM06+MGM07+MGM10+MGM11+MGM12
MGM08+MGM09
AKT02+AKT03
AKT02+AKT04
AKT05+AKT06
AKT02+AKT07
AKT07+SHN04
AKT07+SHN04+SHN06
SHN07+MGM13
MRK08+SD10
SHN06+MRK05
42°
40°
38°
138°
140°

図 4　（続き）

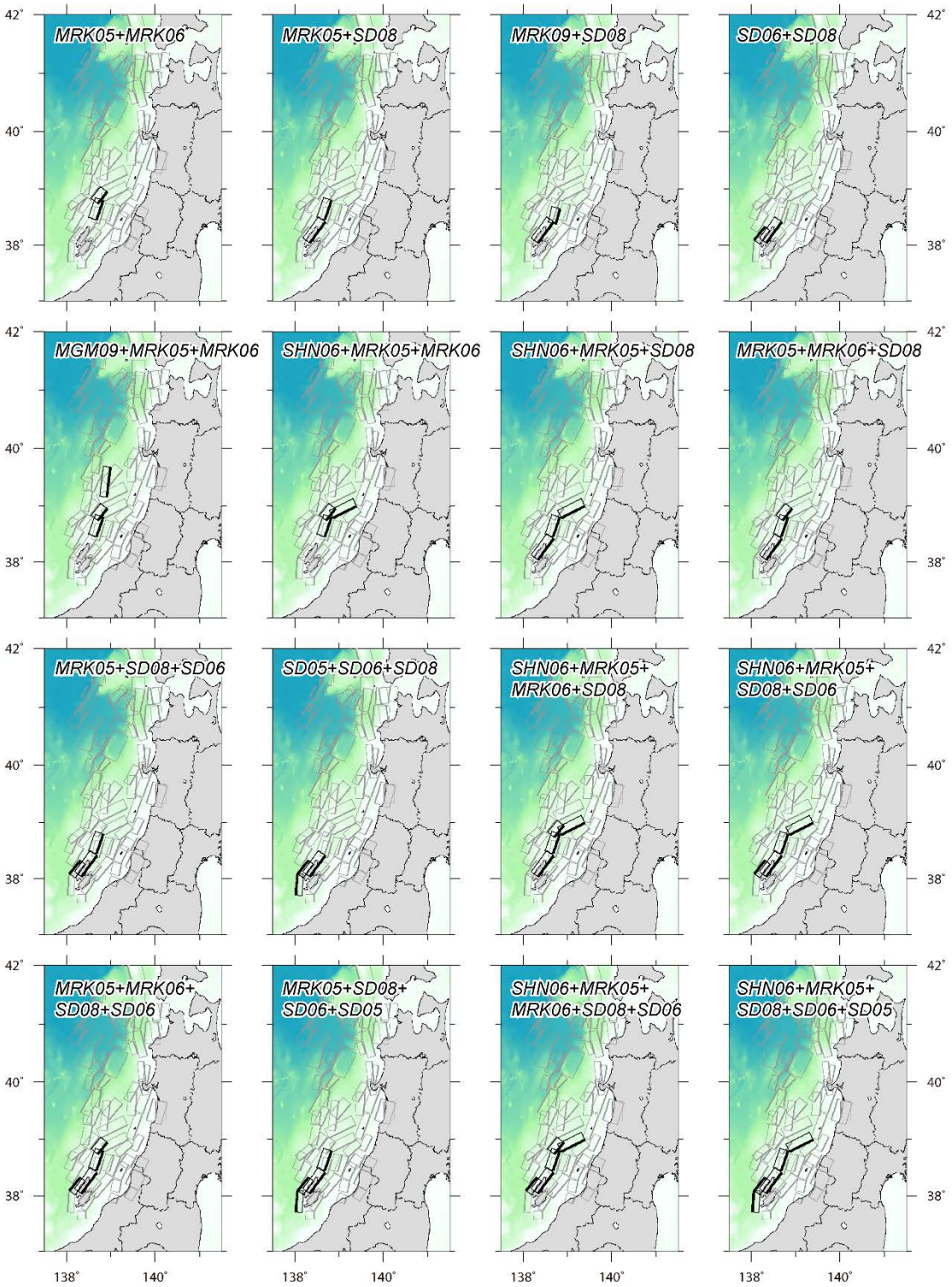

MRK05+MRK06
MRK05+SD08
MRK09+SD08
SD06+SD08
MGM09+MRK05+MRK06
SHN06+MRK05+MRK06
SHN06+MRK05+SD08
MRK05+MRK06+SD08
MRK05+SD08+SD06
SD05+SD06+SD08
SHN06+MRK05+
MRK06+SD08
SHN06+MRK05+
SD08+SD06
MRK05+MRK06+
SD08+SD06
MRK05+SD08+
SD06+SD05
SHN06+MRK05+
MRK06+SD08+SD06
SHN06+MRK05+
SD08+SD06+SD05
42°
40°
38°
138°
140°

図 4　（続き）

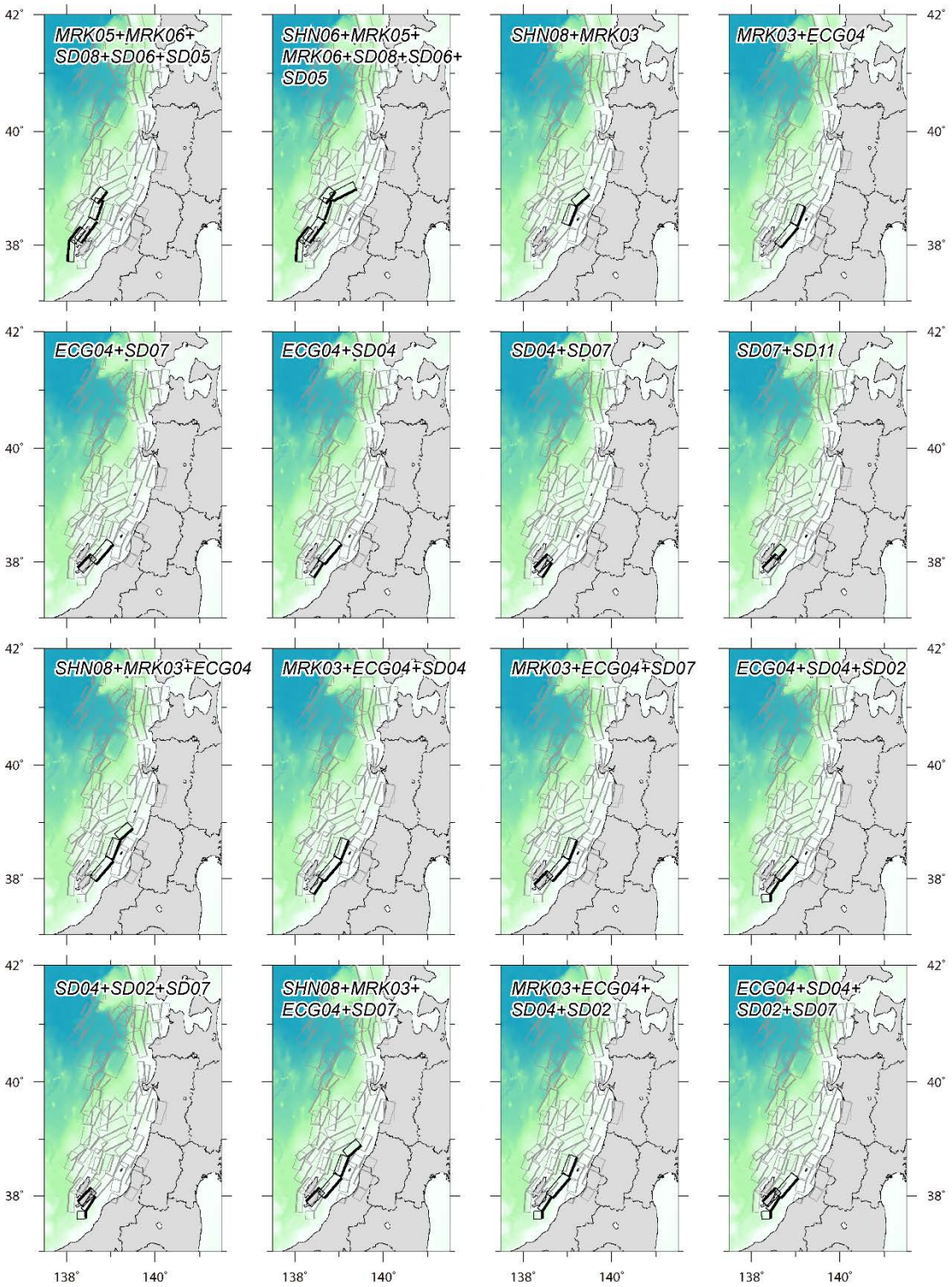

MRK05+MRK06+
SD08+SD06+SD05
SHN06+MRK05+
MRK06+SD08+SD06+
SD05
SHN08+MRK03
MRK03+ECG04
ECG04+SD07
ECG04+SD04
SD04+SD07
SD07+SD11
SHN08+MRK03+ECG04
MRK03+ECG04+SD04
MRK03+ECG04+SD07
ECG04+SD04+SD02
SD04+SD02+SD07
SHN08+MRK03+
ECG04+SD07
MRK03+ECG04+
SD04+SD02
ECG04+SD04+
SD02+SD07
42°
40°
38°
138°
140°

図 4　（続き）

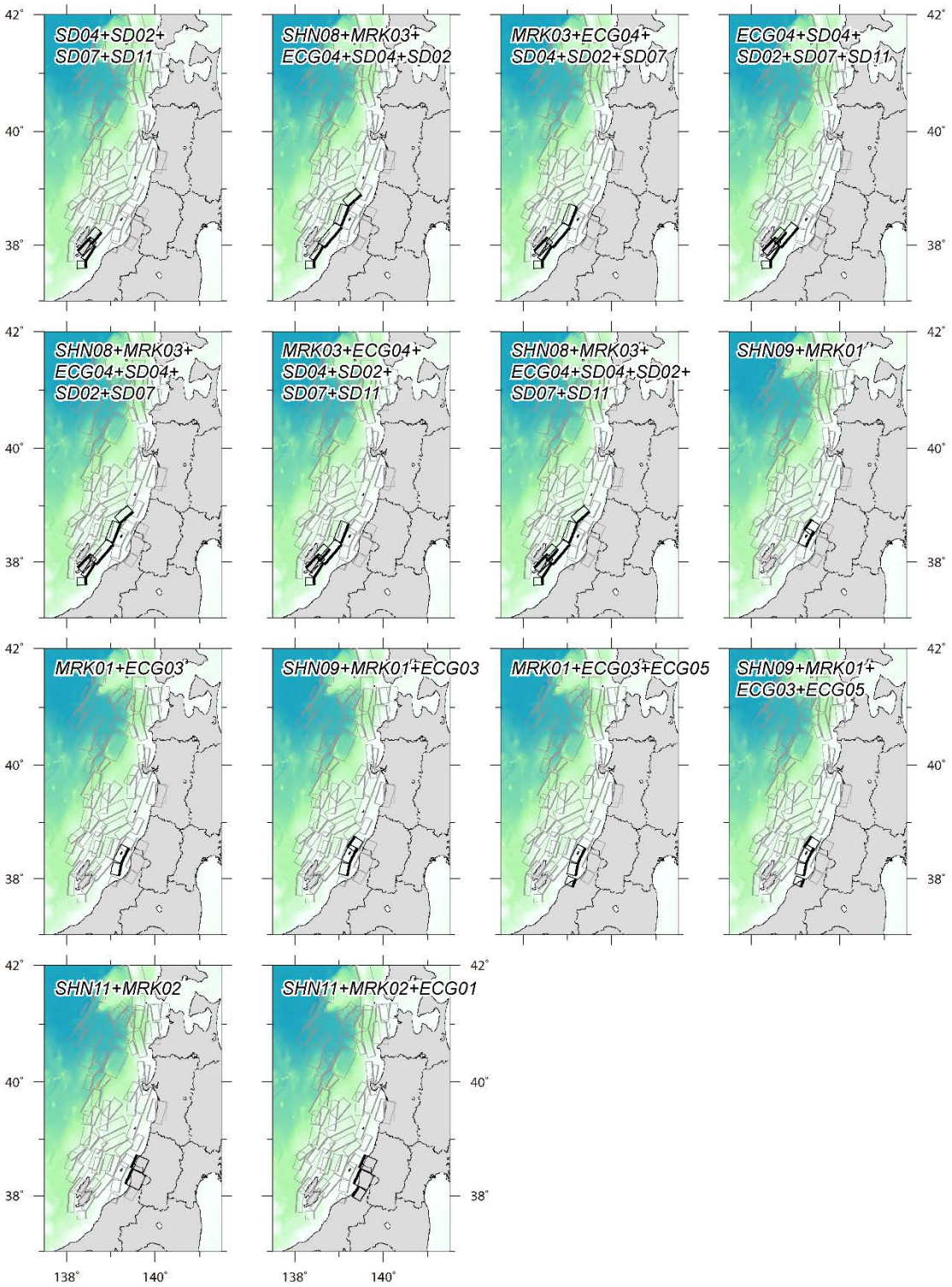

SD04+SD02+
SD07+SD11
SHN08+MRK03+
ECG04+SD04+SD02
MRK03+ECG04+
SD04+SD02+SD07
ECG04+SD04+
SD02+SD07+SD11
SHN08+MRK03+
ECG04+SD04+
SD02+SD07
MRK03+ECG04+
SD04+SD02+
SD07+SD11
SHN08+MRK03+
ECG04+SD04+SD02+
SD07+SD11
SHN09+MRK01
MRK01+ECG03
SHN09+MRK01+ECG03
MRK01+ECG03+ECG05
SHN09+MRK01+
ECG03+ECG05
SHN11+MRK02
SHN11+MRK02+ECG01
42°
40°
38°
138°
140°

図 4　（続き）

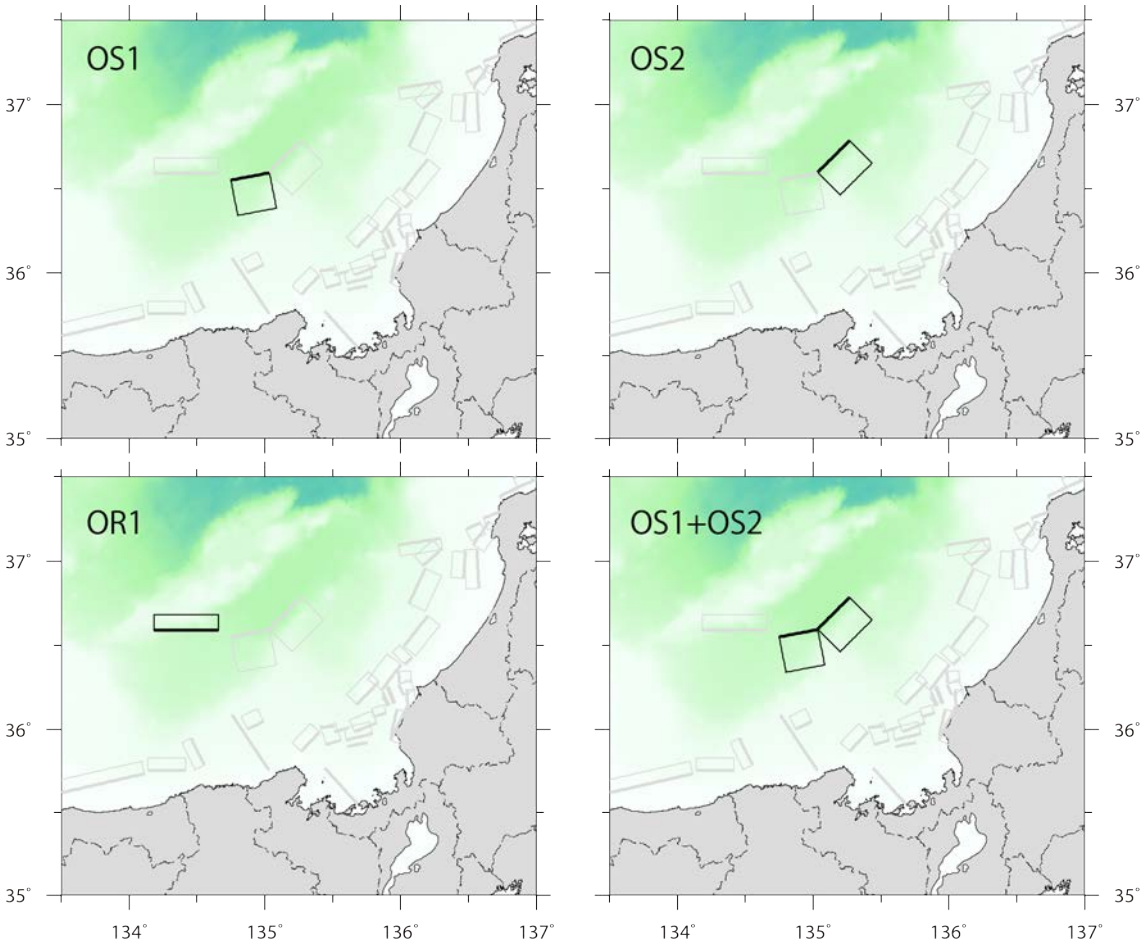


図 5　隠岐トラフ周辺海域の断層に対して本年度に実施したシナリオ型津波シミュレーションの断層モデル（単独 3 モデル＋連動 1 モデル）

連動 1 モデル ; 図 5）と 1833 年天保庄内沖地震、1940 年積丹半島沖地震、1964 年新潟地震、1983 年日本海中部地震ならびに 1993 年北海道南西沖地震に対する既往断層モデル（表 1）に対しても実施した。

本検討では、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」）」[1] で用いられ、後述の松田（1975）[12] や武村（1998）[13] に比べ多くの地震データに基づき得られた、入倉・三宅（2001）[14] によるスケーリング則を用いた手法（以下、レシピ（ア）と略記する）を基本とした。ただし、松田（1975）[12] ならびに武村（1990）[15] による式を用いた手法（以下、レシピ（イ）と略記する）、武村（1998）[13] のスケーリング則を用いた手法（以下、武村式と略記する）からも断層すべり量を算定し、このうち武村式から算定した断層すべり量を用いた場合についても津波伝播解析を実施することで、スケーリング則の相違が津波高に与える影響について検討した（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では、インバージョン等から断層すべり量が推定されている既往地震に対する断層モデルを除いた 194 断層モデルそれぞれに対して、2 種類のスケーリング則によって算定されたすべり量を用いた、合計 388 ケースについて津波伝播解析を実施した。

レシピ（ア）、レシピ（イ）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 6 に示す。レシピ（ア）による手法では、合計断層面積が 1,800（km^2）以下の断層モデルに対しては、入倉・三宅（2001）[14]・Somerville *et al.*（1999）[16] のスケーリング式を用いて断層面積 S（km^2）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、Mw と略記する）ならびに地震モーメントを剛性率と断層面積で除することにより平均すべり量を設定した。一方で、合計断層面積が 1,800（km^2）以上となる断層に対しては、入倉・三宅（2001）[14] の代わりに Murotani et al.（2015）[2] によるスケーリング則を用いて、平均すべり量を算出した。

一方で武村式による手法では、レシピ（ア）の手法との整合性を取るため、地震モーメントを剛性率と断層面積で除することにより平均すべり量を算出する流れとした（図 6）。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」[17]（以下、調査検討会と略記する）と同じ 34.3 GPa を仮定した。なお、調査検討会 [17] では、沿岸域における津波高の計算の際に大すべり域のある不均質すべりを仮定し、スケーリング則から得られたすべり量 [14] に 1.5 m を加算する σ 式（但し 6.0 m で飽和するように設定）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一覧を表 2 ならびに表 3 に、単独 70 モデル（東北沖海域 67 モデル、隠岐トラフ周辺海域 3 モデル）に対するスケーリング則毎のすべり量を図 7 に、それぞれ示す。なお同表中に記載された上端深さは、海抜 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 7 には参考のため、調査検討会 [17] による σ 式によって算定し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、レシピ（ア）を用いた場合とレシピ（イ）による手法を用いた場合ではこれまでと同様に、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、特に長大な断層ある

いは傾斜が高角な断層に対して、レシピ（ア）、レシピ（イ）による手法に比べて大きく算定される傾向にある。一方で、断層の傾斜が緩やかで断層幅が広い断層に対しては、レシピ（ア）によるすべり量の方が武村式に比べて大きくなる。

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 124 モデル（東北沖海域 123 モデル、隠岐トラフ周辺海域 1 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、スケーリング則から全地震モーメント M_0（Nm）を求めた。レシピ（ア）による手法では、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。既往地震に対する断層モデルに対してはインバージョンによって推定されたすべり量を用いた。

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

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

本プロジェクトの平成 28 年度までの検討では、武村式によるスケーリング則を用いた連動モデルについて、各セグメントの断層の長さを幅と剛性率で除することによって平均すべり量を算定した。しかしながらこの方法では、各セグメントの平均すべり量はカスケードモデルとして得られる事になり、連動した場合に地震規模が大きくなる事によって平均すべり量も大きくなるというスケーリング則からは外れる。他の 2 つのスケーリング則との整合性を取るため、セグメントごとの地震モーメントに対して、剛性率と断層面積で除する事により平均すべり量を算出した。また各セグメントへの地震モーメントの分配は、活断層長さの 2 乗の重みで配分した。

レシピ（ア）による手法は、「日本海地震・津波調査プロジェクト」の実施期間中に改訂され、上述の通り、合計断層面積が 1,800 (km^2) 以上となる断層に対しては、第 3 ステージのスケーリング則（Murotani et al., 2015[2)]）が導入された。そこで過年度に遡って該当する断層モデルを対象に改訂後のレシピ（ア）により断層すべり量を算定し、津波伝播シミュレーションを実施した。該当する断層モデルは北海道西方沖海域に分布する 27 断層モデル（単独 4 モデル、連動 23 モデル）である（図 8）。これらの断層モデルに対してレシピ（ア）ならびに旧レシピ（ア）によって算出されたすべり量の比較を表 4 に示す。断層すべり量の飽和を考慮した第 3 ステージのスケーリング則を導入したレシピ（ア）による断層すべり量は、旧レシピ（ア）に比べ総じて小さい。レシピ（ア）とレシピ（イ）によるすべり量には武村式に比べ顕著な相違が見られなかった事から、レシピ（ア）ならびに武村式から算定した断層すべり量を用いた場合について、スケーリング則パラメータスタディを実施した。

表 2　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一覧（東北沖海域）

解析ケース名	断層名	緯度 (°)	経度 (°)	長さ (km)	幅 (km)	上端深さ (km)	走向角 (°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	すべり量 (m) レシピ（ア）	すべり量 (m) 武村 (1998)
MMP01	MMP01	41.3738	138.5729	36.4	29.0	2.5	4	30	113	1.71	1.60
MMP02	MMP02	41.4119	138.6133	32.3	21.3	3.3	17	40	111	1.12	1.93
MMP03	MMP03	41.1776	138.3306	23.4	21.3	3.3	30	40	102	0.81	1.40
MMP04	MMP04	40.9070	138.2996	50.4	22.1	2.8	25	40	102	1.81	2.90
MMP05	MMP05	40.8880	138.1671	24.6	20.6	3.2	38	35	98	0.82	1.52
MMP06	MMP06	40.8817	138.4598	34.9	23.5	3.5	215	35	132	1.33	1.89
OS10	OS10	41.2429	139.4882	30.6	27.0	1.5	360	30	100	1.34	1.44
OS11	OS11	41.1099	140.1104	28.3	20.5	0.5	8	45	96	0.94	1.76
MMS01	MMS01	40.7663	139.2065	53.2	33.4	2.9	334	25	69	2.88	2.03
MMS02	MMS02	41.3014	139.3833	40.6	18.2	3.3	220	40	130	1.20	2.84
MMS03	MMS03	41.1966	139.4891	29.7	18.0	2.3	205	45	108	0.86	2.10
MMS04	MMS04	40.6502	138.9880	21.8	33.1	3.0	21	25	89	1.17	0.84
MMS05	MMS05	40.8023	138.8321	25.3	19.1	3.5	215	45	129	0.78	1.68
MMS06	MMS06	40.5907	138.6744	41.1	28.2	2.9	195	30	100	1.88	1.86
NTG01	NTG01	41.2949	139.7669	43.1	23.3	2.0	192	40	99	1.63	2.35
NTG02	NTG02	41.0536	139.9504	29.9	20.8	0.3	351	45	88	1.01	1.83
NTG03	NTG03	40.8959	139.6669	51.0	21.9	1.5	165	45	103	1.81	2.96
NTG04	NTG04	40.6747	139.7472	40.5	33.4	0.9	5	25	91	2.19	1.54
NTG05	NTG05	41.2905	139.5548	65.0	21.8	1.6	184	45	96	2.30	3.80
NTG06	NTG06	40.7058	139.5134	24.8	18.6	1.8	162	55	95	0.75	1.70
NTG07	NTG07	41.0487	139.8218	32.9	28.2	0.9	3	30	90	1.50	1.48
TGR01	TGR01	41.0273	140.0603	32.7	20.6	0.4	173	45	91	1.09	2.01
MGM01	MGM01	40.1821	138.7927	53.2	33.8	2.7	26	25	69	2.92	2.00
MGM02	MGM02	40.5022	138.9499	25.2	18.3	3.0	209	50	101	0.75	1.75
MGM03	MGM03	40.2509	138.8178	22.8	22.1	2.8	225	40	140	0.82	1.31
MGM04	MGM04	40.0925	138.6268	27.5	19.7	3.1	196	45	101	0.88	1.78
MGM05	MGM05	40.0575	138.9998	26.9	19.1	2.4	224	50	145	0.83	1.80
MGM06	MGM06	39.8598	138.7859	32.8	21.2	2.0	188	45	91	1.13	1.97
MGM07	MGM07	39.4760	138.3241	54.3	23.0	2.2	29	40	103	2.03	3.00
MGM08	MGM08	39.6230	139.2621	39.3	25.2	0.8	219	40	120	1.61	1.99
MGM09	MGM09	39.6744	138.9925	58.7	21.5	0.5	187	50	83	2.05	3.47
MGM10	MGM10	39.5279	138.7836	34.8	22.8	0.9	204	45	121	1.29	1.95
MGM11	MGM11	39.4838	138.5924	26.5	22.8	0.9	188	45	98	0.98	1.48
MGM12	MGM12	39.2451	138.5916	40.1	22.6	1.0	192	45	99	1.47	2.26
MGM13	MGM13	39.0398	138.7402	31.1	23.2	0.6	217	45	122	1.17	1.71
MGM14	MGM14	40.1422	138.8760	30.1	22.6	2.5	209	40	120	1.10	1.70
AKT02	AKT02	39.7696	139.7109	30.5	19.3	0.0	346	51	63	0.95	2.01
AKT03	AKT03	40.2861	139.8916	33.2	19.5	0.1	190	60	101	1.05	2.17
AKT04	AKT04	40.3618	139.7371	38.2	20.6	0.1	174	55	85	1.28	2.35
AKT05	AKT05	39.9560	139.6498	38.4	21.1	0.8	209	50	105	1.32	2.31
AKT06	AKT06	39.8183	139.5870	45.3	23.6	0.3	184	45	85	1.73	2.44
AKT07	AKT07	39.9012	139.9367	53.5	23.9	0.1	200	45	98	2.07	2.85
AKT08	AKT08	39.3380	139.8027	43.5	33.8	0.1	17	30	90	2.38	1.64
AKT09	AKT09	39.3393	140.0103	36.4	26.3	0.1	1	40	76	1.55	1.76
SHN04	SHN04	39.4281	139.7057	51.9	21.7	0.4	200	50	97	1.82	3.05
SHN05	SHN05	39.0431	139.7491	32.2	21.8	0.3	206	50	103	1.14	1.88
SHN06	SHN06	38.9935	139.3964	51.4	23.2	0.6	243	45	119	1.93	2.82
SHN07	SHN07	39.2529	139.3791	57.8	25.7	0.5	244	40	130	2.41	2.87
SHN08	SHN08	38.8955	139.5032	34.2	23.3	0.5	228	45	112	1.29	1.86

表 2　（つづき）

解析ケース名	断層名	緯度 (°)	経度 (°)	長さ (km)	幅 (km)	上端深さ (km)	走向角 (°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	すべり量 (m) レシピ（ア）	すべり量 (m) 武村 (1998)
SHN09	SHN09	38.5650	139.1967	25.1	26.0	0.3	33	40	95	1.06	1.23
SHN11	SHN11	38.4986	139.4587	27.6	29.8	0.1	24	30	86	1.33	1.18
SD07	SD07	37.8999	138.2538	37.6	21.2	0.0	44	45	98	1.29	2.25
SD08	SD08	38.4166	138.6880	51.5	23.5	0.4	216	45	97	1.96	2.79
SD09	SD09	38.5391	138.3902	40.7	23.5	0.4	211	45	113	1.55	2.20
SD10	SD10	38.7448	138.2759	36.1	22.2	1.3	202	45	106	1.30	2.07
SD11	SD11	38.2287	138.7915	28.1	23.3	0.5	220	45	101	1.06	1.53
MRK01	MRK01	38.5490	139.4038	34.3	23.6	0.3	206	45	103	1.32	1.85
MRK02	MRK02	38.2132	139.3292	32.4	33.8	0.1	25	30	87	1.78	1.22
MRK03	MRK03	38.6836	139.2177	40.1	23.2	0.6	201	45	97	1.51	2.20
MRK04	MRK04	38.7100	139.0654	32.4	23.2	0.6	194	45	91	1.22	1.78
MRK05	MRK05	38.7963	138.8301	40.7	23.2	0.6	199	45	95	1.53	2.23
MRK06	MRK06	38.9478	138.9190	29.5	23.2	0.6	218	45	111	1.11	1.62
MRK07	MRK07	38.6375	138.2669	29.4	19.9	0.7	37	55	111	0.95	1.88
MRK08	MRK08	38.8283	138.4288	35.7	21.1	0.8	230	50	131	1.22	2.15
MRK09	MRK09	38.6478	138.8332	31.6	22.6	1.0	195	45	92	1.16	1.78
ECG03	ECG03	38.2674	139.2410	23.9	23.9	0.1	192	45	93	0.93	1.27
ECG04	ECG04	38.3175	139.0591	52.7	23.5	0.4	220	45	101	2.01	2.86
MMP01+MMP04	MMP01	41.3738	138.5729	36.4	29.0	2.5	4	30	113	2.88	3.12
	MMP04	40.9070	138.2996	50.4	22.1	2.8	25	40	102	2.95	5.66
MMP02+MMP04	MMP02	41.4119	138.6133	32.3	21.3	3.3	17	40	111	2.50	3.68
	MMP04	40.9070	138.2996	50.4	22.1	2.8	25	40	102	3.17	5.54
MMP04+MMP05	MMP04	40.9070	138.2996	50.4	22.1	2.8	25	40	102	2.92	5.19
	MMP05	40.8880	138.1671	24.6	20.6	3.2	38	35	98	1.97	2.72
MMP04+MMP06	MMP04	40.9070	138.2996	50.4	22.1	2.8	25	40	102	3.10	5.62
	MMP06	40.8817	138.4598	34.9	23.5	3.5	215	35	132	2.66	3.66
MMP05+MMP06	MMP05	40.8880	138.1671	24.6	20.6	3.2	38	35	98	1.84	2.96
	MMP06	40.8817	138.4598	34.9	23.5	3.5	215	35	132	2.35	3.67
MMP01+MMP04 +MMP05	MMP01	41.3738	138.5729	36.4	29.0	2.5	4	30	113	3.06	4.44
	MMP04	40.9070	138.2996	50.4	22.1	2.8	25	40	102	3.14	8.06
	MMP05	40.8880	138.1671	24.6	20.6	3.2	38	35	98	2.12	4.23
MMP01+MMP04 +MMP06	MMP01	41.3738	138.5729	36.4	29.0	2.5	4	30	113	2.98	4.66
	MMP04	40.9070	138.2996	50.4	22.1	2.8	25	40	102	3.06	8.46
	MMP06	40.8817	138.4598	34.9	23.5	3.5	215	35	132	2.63	5.51
MMP02+MMP04 +MMP05	MMP02	41.4119	138.6133	32.3	21.3	3.3	17	40	111	2.65	5.30
	MMP04	40.9070	138.2996	50.4	22.1	2.8	25	40	102	3.37	7.98
	MMP05	40.8880	138.1671	24.6	20.6	3.2	38	35	98	2.27	4.19
MMP02+MMP04 +MMP06	MMP02	41.4119	138.6133	32.3	21.3	3.3	17	40	111	2.55	5.56
	MMP04	40.9070	138.2996	50.4	22.1	2.8	25	40	102	3.24	8.36
	MMP06	40.8817	138.4598	34.9	23.5	3.5	215	35	132	2.78	5.44
MMP04+MMP05 +MMP06	MMP04	40.9070	138.2996	50.4	22.1	2.8	25	40	102	3.29	8.04
	MMP05	40.8880	138.1671	24.6	20.6	3.2	38	35	98	2.22	4.22
	MMP06	40.8817	138.4598	34.9	23.5	3.5	215	35	132	2.83	5.23
MMP01+MMP04 +MMP05+MMP0 6	MMP01	41.3738	138.5729	36.4	29.0	2.5	4	30	113	3.11	6.02
	MMP04	40.9070	138.2996	50.4	22.1	2.8	25	40	102	3.20	10.93
	MMP05	40.8880	138.1671	24.6	20.6	3.2	38	35	98	2.16	5.73
	MMP06	40.8817	138.4598	34.9	23.5	3.5	215	35	132	2.75	7.11
MMP02+MMP04 +MMP05+MMP0 6	MMP02	41.4119	138.6133	32.3	21.3	3.3	17	40	111	2.65	7.21
	MMP04	40.9070	138.2996	50.4	22.1	2.8	25	40	102	3.38	10.86
	MMP05	40.8880	138.1671	24.6	20.6	3.2	38	35	98	2.28	5.70
	MMP06	40.8817	138.4598	34.9	23.5	3.5	215	35	132	2.90	7.07

表 2　（つづき）

解析ケース名	断層名	緯度 (°)	経度 (°)	長さ (km)	幅 (km)	上端深さ (km)	走向角 (°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	すべり量 (m) レシピ（ア）	すべり量 (m) 武村 (1998)
MMS05+MMS06	MMS05	40.8023	138.8321	25.3	19.1	3.5	215	45	129	1.92	3.19
	MMS06	40.5907	138.6744	41.1	28.2	2.9	195	30	100	2.97	3.51
MMS01+MMS02	MMS01	40.7663	139.2065	53.2	33.4	2.9	334	25	69	3.25	3.99
	MMS02	41.3014	139.3833	40.6	18.2	3.3	220	40	130	2.10	5.58
MMS01+MMS03	MMS01	40.7663	139.2065	53.2	33.4	2.9	334	25	69	3.26	3.76
	MMS03	41.1966	139.4891	29.7	18.0	2.3	205	45	108	1.78	3.89
MMS01+MMS02+MMS03	MMS01	40.7663	139.2065	53.2	33.4	2.9	334	25	69	3.49	5.77
	MMS02	41.3014	139.3833	40.6	18.2	3.3	220	40	130	2.25	8.08
	MMS03	41.1966	139.4891	29.7	18.0	2.3	205	45	108	1.91	5.99
MMS01+MMS04	MMS01	40.7663	139.2065	53.2	33.4	2.9	334	25	69	3.26	3.45
	MMS04	40.6502	138.9880	21.8	33.1	3.0	21	25	89	2.08	1.43
MMS04+MGM01	MMS04	40.6502	138.9880	21.8	33.1	3.0	21	25	89	2.06	1.43
	MGM01	40.1821	138.7927	53.2	33.8	2.7	26	25	69	3.26	3.40
MMS01+MMS04+MGM01	MMS01	40.7663	139.2065	53.2	33.4	2.9	334	25	69	3.09	5.44
	MMS04	40.6502	138.9880	21.8	33.1	3.0	21	25	89	1.98	2.25
	MGM01	40.1821	138.7927	53.2	33.8	2.7	26	25	69	3.12	5.36
MMS01+MMS02+MMS04	MMS01	40.7663	139.2065	53.2	33.4	2.9	334	25	69	3.48	5.47
	MMS02	41.3014	139.3833	40.6	18.2	3.3	220	40	130	2.25	7.67
	MMS04	40.6502	138.9880	21.8	33.1	3.0	21	25	89	2.22	2.26
MMS01+MMS03+MMS04	MMS01	40.7663	139.2065	53.2	33.4	2.9	334	25	69	3.49	5.31
	MMS03	41.1966	139.4891	29.7	18.0	2.3	205	45	108	1.92	5.51
	MMS04	40.6502	138.9880	21.8	33.1	3.0	21	25	89	2.23	2.19
MMS01+MMS02+MMS03+MMS04	MMS01	40.7663	139.2065	53.2	33.4	2.9	334	25	69	3.66	7.34
	MMS02	41.3014	139.3833	40.6	18.2	3.3	220	40	130	2.36	10.28
	MMS03	41.1966	139.4891	29.7	18.0	2.3	205	45	108	2.00	7.61
	MMS04	40.6502	138.9880	21.8	33.1	3.0	21	25	89	2.33	3.03
MMS01+MMS02+MMS03+MMS04+MGM01	MMS01	40.7663	139.2065	53.2	33.4	2.9	334	25	69	3.37	9.23
	MMS02	41.3014	139.3833	40.6	18.2	3.3	220	40	130	2.18	12.92
	MMS03	41.1966	139.4891	29.7	18.0	2.3	205	45	108	1.85	9.57
	MMS04	40.6502	138.9880	21.8	33.1	3.0	21	25	89	2.15	3.81
	MGM01	40.1821	138.7927	53.2	33.8	2.7	26	25	69	3.39	9.10
MMS01+NTG05	MMS01	40.7663	139.2065	53.2	33.4	2.9	334	25	69	3.06	4.02
	NTG05	41.2905	139.5548	65.0	21.8	1.6	184	45	96	2.73	7.52
NTG05+NTG06	NTG05	41.2905	139.5548	65.0	21.8	1.6	184	45	96	3.26	6.33
	NTG06	40.7058	139.5134	24.8	18.6	1.8	162	55	95	1.86	2.84
MMS01+MMS04+NTG05	MMS01	40.7663	139.2065	53.2	33.4	2.9	334	25	69	3.26	5.28
	MMS04	40.6502	138.9880	21.8	33.1	3.0	21	25	89	2.08	2.18
	NTG05	41.2905	139.5548	65.0	21.8	1.6	184	45	96	2.91	9.89
MMS01+NTG05+NTG06	MMS01	40.7663	139.2065	53.2	33.4	2.9	334	25	69	3.25	5.41
	NTG05	41.2905	139.5548	65.0	21.8	1.6	184	45	96	2.90	10.13
	NTG06	40.7058	139.5134	24.8	18.6	1.8	162	55	95	1.66	4.54
MMS01+MMS02+NTG05	MMS01	40.7663	139.2065	53.2	33.4	2.9	334	25	69	3.26	5.88
	MMS02	41.3014	139.3833	40.6	18.2	3.3	220	40	130	2.10	8.23
	NTG05	41.2905	139.5548	65.0	21.8	1.6	184	45	96	2.91	11.01
MMS01+MMS03+NTG05	MMS01	40.7663	139.2065	53.2	33.4	2.9	334	25	69	3.26	5.59
	MMS03	41.1966	139.4891	29.7	18.0	2.3	205	45	108	1.79	5.80
	NTG05	41.2905	139.5548	65.0	21.8	1.6	184	45	96	2.91	10.47

表 2　（つづき）

解析ケース名	断層名	緯度 (°)	経度 (°)	長さ (km)	幅 (km)	上端深さ (km)	走向角 (°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	すべり量 (m) レシピ（ア）	すべり量 (m) 武村 (1998)
MMS01+MMS02+MMS03+NTG05	MMS01	40.7663	139.2065	53.2	33.4	2.9	334	25	69	3.42	7.52
	MMS02	41.3014	139.3833	40.6	18.2	3.3	220	40	130	2.21	10.53
	MMS03	41.1966	139.4891	29.7	18.0	2.3	205	45	108	1.87	7.80
	NTG05	41.2905	139.5548	65.0	21.8	1.6	184	45	96	3.05	14.08
MMS01+MMS02+NTG05+NTG06	MMS01	40.7663	139.2065	53.2	33.4	2.9	334	25	69	3.41	7.34
	MMS02	41.3014	139.3833	40.6	18.2	3.3	220	40	130	2.20	10.28
	NTG05	41.2905	139.5548	65.0	21.8	1.6	184	45	96	3.05	13.75
	NTG06	40.7058	139.5134	24.8	18.6	1.8	162	55	95	1.74	6.16
MMS01+MMS04+NTG05+NTG06	MMS01	40.7663	139.2065	53.2	33.4	2.9	334	25	69	3.41	6.77
	MMS04	40.6502	138.9880	21.8	33.1	3.0	21	25	89	2.18	2.80
	NTG05	41.2905	139.5548	65.0	21.8	1.6	184	45	96	3.05	12.67
	NTG06	40.7058	139.5134	24.8	18.6	1.8	162	55	95	1.74	5.68
MMS01+MMS02+MMS03+NTG05+NTG06	MMS01	40.7663	139.2065	53.2	33.4	2.9	334	25	69	3.55	9.05
	MMS02	41.3014	139.3833	40.6	18.2	3.3	220	40	130	2.29	12.68
	MMS03	41.1966	139.4891	29.7	18.0	2.3	205	45	108	1.95	9.38
	NTG05	41.2905	139.5548	65.0	21.8	1.6	184	45	96	3.17	16.95
	NTG06	40.7058	139.5134	24.8	18.6	1.8	162	55	95	1.81	7.60
MMS01+MMS02+MMS03+MMS04+NTG05	MMS01	40.7663	139.2065	53.2	33.4	2.9	334	25	69	3.54	8.92
	MMS02	41.3014	139.3833	40.6	18.2	3.3	220	40	130	2.29	12.49
	MMS03	41.1966	139.4891	29.7	18.0	2.3	205	45	108	1.94	9.25
	MMS04	40.6502	138.9880	21.8	33.1	3.0	21	25	89	2.26	3.68
	NTG05	41.2905	139.5548	65.0	21.8	1.6	184	45	96	3.16	16.70
MMS01+MMS02+MMS03+MMS04+NTG05+NTG06	MMS01	40.7663	139.2065	53.2	33.4	2.9	334	25	69	3.65	10.50
	MMS02	41.3014	139.3833	40.6	18.2	3.3	220	40	130	2.36	14.71
	MMS03	41.1966	139.4891	29.7	18.0	2.3	205	45	108	2.00	10.89
	MMS04	40.6502	138.9880	21.8	33.1	3.0	21	25	89	2.33	4.34
	NTG05	41.2905	139.5548	65.0	21.8	1.6	184	45	96	3.26	19.67
	NTG06	40.7058	139.5134	24.8	18.6	1.8	162	55	95	1.86	8.82
MMS01+MMS02+MMS03+MMS04+MGM01+NTG05	MMS01	40.7663	139.2065	53.2	33.4	2.9	334	25	69	3.35	10.93
	MMS02	41.3014	139.3833	40.6	18.2	3.3	220	40	130	2.16	15.31
	MMS03	41.1966	139.4891	29.7	18.0	2.3	205	45	108	1.84	11.33
	MMS04	40.6502	138.9880	21.8	33.1	3.0	21	25	89	2.14	4.51
	MGM01	40.1821	138.7927	53.2	33.8	2.7	26	25	69	3.37	10.77
	NTG05	41.2905	139.5548	65.0	21.8	1.6	184	45	96	2.99	20.46
MMS01+MMS02+MMS03+MMS04+MGM01+NTG05+NTG06	MMS01	40.7663	139.2065	53.2	33.4	2.9	334	25	69	3.44	12.49
	MMS02	41.3014	139.3833	40.6	18.2	3.3	220	40	130	2.22	17.49
	MMS03	41.1966	139.4891	29.7	18.0	2.3	205	45	108	1.88	12.95
	MMS04	40.6502	138.9880	21.8	33.1	3.0	21	25	89	2.19	5.16
	MGM01	40.1821	138.7927	53.2	33.8	2.7	26	25	69	3.46	12.31
	NTG05	41.2905	139.5548	65.0	21.8	1.6	184	45	96	3.07	23.38
	NTG06	40.7058	139.5134	24.8	18.6	1.8	162	55	95	1.75	10.48
OK09+OS10	OK09	41.5377	139.5239	60.0	30.0	2.0	346	30	127	3.24	4.60
	OS10	41.2429	139.4882	30.6	27.0	1.5	360	30	100	2.20	2.61
OS10+NTG01	OS10	41.2429	139.4882	30.6	27.0	1.5	360	30	100	2.76	2.80
	NTG01	41.2949	139.7669	43.1	23.3	2.0	192	40	99	3.04	4.57
NTG01+NTG03	NTG01	41.2949	139.7669	43.1	23.3	2.0	192	40	99	2.83	4.66
	NTG03	40.8959	139.6669	51.0	21.9	1.5	165	45	103	2.99	5.88
OK04+OK09+OS10	OK04	41.9701	139.2838	50.9	19.8	3.0	344	45	28	2.55	9.19
	OK09	41.5377	139.5239	60.0	30.0	2.0	346	30	127	3.40	7.15
	OS10	41.2429	139.4882	30.6	27.0	1.5	360	30	100	2.31	4.05

表 2　（つづき）

解析ケース名	断層名	緯度 (°)	経度 (°)	長さ (km)	幅 (km)	上端深さ (km)	走向角 (°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	すべり量 (m) レシピ（ア）	すべり量 (m) 武村 (1998)
OK09+OS10+NTG01	OK09	41.5377	139.5239	60.0	30.0	2.0	346	30	127	3.40	7.11
	OS10	41.2429	139.4882	30.6	27.0	1.5	360	30	100	2.31	4.03
	NTG01	41.2949	139.7669	43.1	23.3	2.0	192	40	99	2.54	6.56
OS10+NTG01+NTG03	OS10	41.2429	139.4882	30.6	27.0	1.5	360	30	100	2.66	4.15
	NTG01	41.2949	139.7669	43.1	23.3	2.0	192	40	99	2.93	6.77
	NTG03	40.8959	139.6669	51.0	21.9	1.5	165	45	103	3.09	8.54
OK04+OK09+OS10+NTG01	OK04	41.9701	139.2838	50.9	19.8	3.0	344	45	28	2.62	12.40
	OK09	41.5377	139.5239	60.0	30.0	2.0	346	30	127	3.50	9.65
	OS10	41.2429	139.4882	30.6	27.0	1.5	360	30	100	2.37	5.47
	NTG01	41.2949	139.7669	43.1	23.3	2.0	192	40	99	2.62	8.91
OK09+OS10+NTG01+NTG03	OK09	41.5377	139.5239	60.0	30.0	2.0	346	30	127	3.47	9.65
	OS10	41.2429	139.4882	30.6	27.0	1.5	360	30	100	2.35	5.47
	NTG01	41.2949	139.7669	43.1	23.3	2.0	192	40	99	2.59	8.91
	NTG03	40.8959	139.6669	51.0	21.9	1.5	165	45	103	2.73	11.24
OK04+OK09+OS10+NTG01+NTG03	OK04	41.9701	139.2838	50.9	19.8	3.0	344	45	28	2.65	15.67
	OK09	41.5377	139.5239	60.0	30.0	2.0	346	30	127	3.54	12.19
	OS10	41.2429	139.4882	30.6	27.0	1.5	360	30	100	2.40	6.91
	NTG01	41.2949	139.7669	43.1	23.3	2.0	192	40	99	2.64	11.25
	NTG03	40.8959	139.6669	51.0	21.9	1.5	165	45	103	2.79	14.20
NTG04+NTG07	NTG04	40.6747	139.7472	40.5	33.4	0.9	5	25	91	3.13	3.06
	NTG07	41.0487	139.8218	32.9	28.2	0.9	3	30	90	2.60	2.94
NTG04+TGR01	NTG04	40.6747	139.7472	40.5	33.4	0.9	5	25	91	3.23	3.05
	TGR01	41.0273	140.0603	32.7	20.6	0.4	173	45	91	2.28	3.98
NTG04+NTG07+TGR01	NTG04	40.6747	139.7472	40.5	33.4	0.9	5	25	91	3.32	4.59
	NTG07	41.0487	139.8218	32.9	28.2	0.9	3	30	90	2.75	4.41
	TGR01	41.0273	140.0603	32.7	20.6	0.4	173	45	91	2.34	5.98
MGM02+MGM03	MGM02	40.5022	138.9499	25.2	18.3	3.0	209	50	101	1.53	3.50
	MGM03	40.2509	138.8178	22.8	22.1	2.8	225	40	140	1.60	2.62
MGM03+MGM04	MGM03	40.2509	138.8178	22.8	22.1	2.8	225	40	140	1.66	2.60
	MGM04	40.0925	138.6268	27.5	19.7	3.1	196	45	101	1.72	3.53
MGM02+MGM03+MGM04	MGM02	40.5022	138.9499	25.2	18.3	3.0	209	50	101	2.33	5.23
	MGM03	40.2509	138.8178	22.8	22.1	2.8	225	40	140	2.44	3.92
	MGM04	40.0925	138.6268	27.5	19.7	3.1	196	45	101	2.53	5.31
MGM05+MGM06	MGM05	40.0575	138.9998	26.9	19.1	2.4	224	50	145	1.79	3.56
	MGM06	39.8598	138.7859	32.8	21.2	2.0	188	45	91	2.08	3.89
MGM06+MGM07	MGM06	39.8598	138.7859	32.8	21.2	2.0	188	45	91	2.39	3.70
	MGM07	39.4760	138.3241	54.3	23.0	2.2	29	40	103	3.21	5.66
MGM06+MGM10	MGM06	39.8598	138.7859	32.8	21.2	2.0	188	45	91	2.33	3.93
	MGM10	39.5279	138.7836	34.8	22.8	0.9	204	45	121	2.49	3.89
MGM07+MGM11	MGM07	39.4760	138.3241	54.3	23.0	2.2	29	40	103	3.24	5.37
	MGM11	39.4838	138.5924	26.5	22.8	0.9	188	45	98	2.25	2.65
MGM10+MGM12	MGM10	39.5279	138.7836	34.8	22.8	0.9	204	45	121	2.66	3.87
	MGM12	39.2451	138.5916	40.1	22.6	1.0	192	45	99	2.84	4.49
MGM11+MGM12	MGM11	39.4838	138.5924	26.5	22.8	0.9	188	45	98	2.16	2.84
	MGM12	39.2451	138.5916	40.1	22.6	1.0	192	45	99	2.65	4.33
MGM05+MGM06+MGM07	MGM05	40.0575	138.9998	26.9	19.1	2.4	224	50	145	2.19	4.92
	MGM06	39.8598	138.7859	32.8	21.2	2.0	188	45	91	2.55	5.38
	MGM07	39.4760	138.3241	54.3	23.0	2.2	29	40	103	3.42	8.22
MGM05+MGM06+MGM10	MGM05	40.0575	138.9998	26.9	19.1	2.4	224	50	145	2.53	5.34
	MGM06	39.8598	138.7859	32.8	21.2	2.0	188	45	91	2.94	5.83
	MGM10	39.5279	138.7836	34.8	22.8	0.9	204	45	121	3.14	5.78

表 2　（つづき）

解析ケース名	断層名	緯度 (°)	経度 (°)	長さ (km)	幅 (km)	上端深さ (km)	走向角 (°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	すべり量 (m) レシピ（ア）	すべり量 (m) 武村 (1998)
MGM06+MGM10+MGM12	MGM06	39.8598	138.7859	32.8	21.2	2.0	188	45	91	2.71	5.85
	MGM10	39.5279	138.7836	34.8	22.8	0.9	204	45	121	2.89	5.80
	MGM12	39.2451	138.5916	40.1	22.6	1.0	192	45	99	3.09	6.72
MGM07+MGM11+MGM12	MGM07	39.4760	138.3241	54.3	23.0	2.2	29	40	103	3.30	8.35
	MGM11	39.4838	138.5924	26.5	22.8	0.9	188	45	98	2.29	4.12
	MGM12	39.2451	138.5916	40.1	22.6	1.0	192	45	99	2.81	6.27
MGM05+MGM06+MGM10+MGM12	MGM05	40.0575	138.9998	26.9	19.1	2.4	224	50	145	2.41	7.06
	MGM06	39.8598	138.7859	32.8	21.2	2.0	188	45	91	2.81	7.71
	MGM10	39.5279	138.7836	34.8	22.8	0.9	204	45	121	3.00	7.64
	MGM12	39.2451	138.5916	40.1	22.6	1.0	192	45	99	3.21	8.85
MGM06+MGM07+MGM10+MGM12	MGM06	39.8598	138.7859	32.8	21.2	2.0	188	45	91	2.50	7.54
	MGM07	39.4760	138.3241	54.3	23.0	2.2	29	40	103	3.35	11.51
	MGM10	39.5279	138.7836	34.8	22.8	0.9	204	45	121	2.67	7.47
	MGM12	39.2451	138.5916	40.1	22.6	1.0	192	45	99	2.85	8.65
MGM05+MGM06+MGM07+MGM10+MGM11	MGM05	40.0575	138.9998	26.9	19.1	2.4	224	50	145	2.29	8.30
	MGM06	39.8598	138.7859	32.8	21.2	2.0	188	45	91	2.66	9.07
	MGM07	39.4760	138.3241	54.3	23.0	2.2	29	40	103	3.57	13.85
	MGM10	39.5279	138.7836	34.8	22.8	0.9	204	45	121	2.84	8.98
	MGM11	39.4838	138.5924	26.5	22.8	0.9	188	45	98	2.48	6.83
MGM06+MGM07+MGM10+MGM11+MGM12	MGM06	39.8598	138.7859	32.8	21.2	2.0	188	45	91	2.57	9.25
	MGM07	39.4760	138.3241	54.3	23.0	2.2	29	40	103	3.45	14.14
	MGM10	39.5279	138.7836	34.8	22.8	0.9	204	45	121	2.75	9.17
	MGM11	39.4838	138.5924	26.5	22.8	0.9	188	45	98	2.40	6.97
	MGM12	39.2451	138.5916	40.1	22.6	1.0	192	45	99	2.94	10.62
MGM05+MGM06+MGM07+MGM10+MGM11+MGM12	MGM05	40.0575	138.9998	26.9	19.1	2.4	224	50	145	2.27	10.10
	MGM06	39.8598	138.7859	32.8	21.2	2.0	188	45	91	2.64	11.03
	MGM07	39.4760	138.3241	54.3	23.0	2.2	29	40	103	3.54	16.85
	MGM10	39.5279	138.7836	34.8	22.8	0.9	204	45	121	2.82	10.92
	MGM11	39.4838	138.5924	26.5	22.8	0.9	188	45	98	2.46	8.31
	MGM12	39.2451	138.5916	40.1	22.6	1.0	192	45	99	3.02	12.66
MGM08+MGM09	MGM08	39.6230	139.2621	39.3	25.2	0.8	219	40	120	2.72	3.82
	MGM09	39.6744	138.9925	58.7	21.5	0.5	187	50	83	3.07	6.68
AKT02+AKT03	AKT02	39.7696	139.7109	30.5	19.3	0.0	346	51	63	1.96	4.02
	AKT03	40.2861	139.8916	33.2	19.5	0.1	190	60	101	2.05	4.32
AKT02+AKT04	AKT02	39.7696	139.7109	30.5	19.3	0.0	346	51	63	2.05	3.97
	AKT04	40.3618	139.7371	38.2	20.6	0.1	174	55	85	2.37	4.65
AKT05+AKT06	AKT05	39.9560	139.6498	38.4	21.1	0.8	209	50	105	2.69	4.59
	AKT06	39.8183	139.5870	45.3	23.6	0.3	184	45	85	3.09	4.85
AKT02+AKT07	AKT02	39.7696	139.7109	30.5	19.3	0.0	346	51	63	2.20	3.74
	AKT07	39.9012	139.9367	53.5	23.9	0.1	200	45	98	3.24	5.30
AKT07+SHN04	AKT07	39.9012	139.9367	53.5	23.9	0.1	200	45	98	3.00	5.70
	SHN04	39.4281	139.7057	51.9	21.7	0.4	200	50	97	2.82	6.09
AKT07+SHN04+SHN06	AKT07	39.9012	139.9367	53.5	23.9	0.1	200	45	98	3.01	8.55
	SHN04	39.4281	139.7057	51.9	21.7	0.4	200	50	97	2.82	9.14
	SHN06	38.9935	139.3964	51.4	23.2	0.6	243	45	119	2.91	8.47
SHN07+MGM13	SHN07	39.2529	139.3791	57.8	25.7	0.5	244	40	130	3.24	5.26
	MGM13	39.0398	138.7402	31.1	23.2	0.6	217	45	122	2.26	3.13
MRK08+SD10	MRK08	38.8283	138.4288	35.7	21.1	0.8	230	50	131	2.48	4.29
	SD10	38.7448	138.2759	36.1	22.2	1.3	202	45	106	2.56	4.14
SHN06+MRK05	SHN06	38.9935	139.3964	51.4	23.2	0.6	243	45	119	3.07	5.57
	MRK05	38.7963	138.8301	40.7	23.2	0.6	199	45	95	2.73	4.41

表 2　（つづき）

解析ケース名	断層名	緯度 (°)	経度 (°)	長さ (km)	幅 (km)	上端深さ (km)	走向角 (°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	すべり量 (m) レシピ（ア）	すべり量 (m) 武村 (1998)
MRK05+MRK06	MRK05	38.7963	138.8301	40.7	23.2	0.6	199	45	95	2.82	4.35
	MRK06	38.9478	138.9190	29.5	23.2	0.6	218	45	111	2.40	3.16
MRK05+SD08	MRK05	38.7963	138.8301	40.7	23.2	0.6	199	45	95	2.72	4.41
	SD08	38.4166	138.6880	51.5	23.5	0.4	216	45	97	3.07	5.50
MRK09+SD08	MRK09	38.6478	138.8332	31.6	22.6	1.0	195	45	92	2.45	3.37
	SD08	38.4166	138.6880	51.5	23.5	0.4	216	45	97	3.19	5.28
SD06+SD08	SD06	38.0925	138.0729	33.8	19.2	1.4	38	45	73	2.36	4.30
	SD08	38.4166	138.6880	51.5	23.5	0.4	216	45	97	3.22	5.35
MGM09+MRK05+MRK06	MGM09	39.6744	138.9925	58.7	21.5	0.5	187	50	83	3.26	9.65
	MRK05	38.7963	138.8301	40.7	23.2	0.6	199	45	95	2.82	6.21
	MRK06	38.9478	138.9190	29.5	23.2	0.6	218	45	111	2.40	4.50
SHN06+MRK05+MRK06	SHN06	38.9935	139.3964	51.4	23.2	0.6	243	45	119	3.22	8.07
	MRK05	38.7963	138.8301	40.7	23.2	0.6	199	45	95	2.87	6.39
	MRK06	38.9478	138.9190	29.5	23.2	0.6	218	45	111	2.44	4.63
SHN06+MRK05+SD08	SHN06	38.9935	139.3964	51.4	23.2	0.6	243	45	119	3.00	8.37
	MRK05	38.7963	138.8301	40.7	23.2	0.6	199	45	95	2.67	6.62
	SD08	38.4166	138.6880	51.5	23.5	0.4	216	45	97	3.02	8.28
MRK05+MRK06+SD08	MRK05	38.7963	138.8301	40.7	23.2	0.6	199	45	95	2.86	6.39
	MRK06	38.9478	138.9190	29.5	23.2	0.6	218	45	111	2.43	4.63
	SD08	38.4166	138.6880	51.5	23.5	0.4	216	45	97	3.23	7.98
MRK05+SD08+SD06	MRK05	38.7963	138.8301	40.7	23.2	0.6	199	45	95	2.87	6.50
	SD08	38.4166	138.6880	51.5	23.5	0.4	216	45	97	3.24	8.13
	SD06	38.0925	138.0729	33.8	19.2	1.4	38	45	73	2.38	6.53
SD05+SD06+SD08	SD05	37.7101	138.0259	42.7	17.5	2.6	4	45	69	2.63	9.03
	SD06	38.0925	138.0729	33.8	19.2	1.4	38	45	73	2.45	6.53
	SD08	38.4166	138.6880	51.5	23.5	0.4	216	45	97	3.34	8.14
SHN06+MRK05+MRK06+SD08	SHN06	38.9935	139.3964	51.4	23.2	0.6	243	45	119	3.12	10.81
	MRK05	38.7963	138.8301	40.7	23.2	0.6	199	45	95	2.77	8.55
	MRK06	38.9478	138.9190	29.5	23.2	0.6	218	45	111	2.36	6.20
	SD08	38.4166	138.6880	51.5	23.5	0.4	216	45	97	3.14	10.69
SHN06+MRK05+SD08+SD06	SHN06	38.9935	139.3964	51.4	23.2	0.6	243	45	119	3.12	10.98
	MRK05	38.7963	138.8301	40.7	23.2	0.6	199	45	95	2.78	8.68
	SD08	38.4166	138.6880	51.5	23.5	0.4	216	45	97	3.14	10.85
	SD06	38.0925	138.0729	33.8	19.2	1.4	38	45	73	2.30	8.71
MRK05+MRK06+SD08+SD06	MRK05	38.7963	138.8301	40.7	23.2	0.6	199	45	95	2.96	8.54
	MRK06	38.9478	138.9190	29.5	23.2	0.6	218	45	111	2.52	6.19
	SD08	38.4166	138.6880	51.5	23.5	0.4	216	45	97	3.35	10.67
	SD06	38.0925	138.0729	33.8	19.2	1.4	38	45	73	2.46	8.57
MRK05+SD08+SD06+SD05	MRK05	38.7963	138.8301	40.7	23.2	0.6	199	45	95	2.94	8.74
	SD08	38.4166	138.6880	51.5	23.5	0.4	216	45	97	3.33	10.91
	SD06	38.0925	138.0729	33.8	19.2	1.4	38	45	73	2.44	8.77
	SD05	37.7101	138.0259	42.7	17.5	2.6	4	45	69	2.62	12.11
SHN06+MRK05+MRK06+SD08+SD06	SHN06	38.9935	139.3964	51.4	23.2	0.6	243	45	119	3.21	13.48
	MRK05	38.7963	138.8301	40.7	23.2	0.6	199	45	95	2.86	10.66
	MRK06	38.9478	138.9190	29.5	23.2	0.6	218	45	111	2.43	7.73
	SD08	38.4166	138.6880	51.5	23.5	0.4	216	45	97	3.23	13.32
	SD06	38.0925	138.0729	33.8	19.2	1.4	38	45	73	2.37	10.70
SHN06+MRK05+SD08+SD06+SD05	SHN06	38.9935	139.3964	51.4	23.2	0.6	243	45	119	3.20	13.79
	MRK05	38.7963	138.8301	40.7	23.2	0.6	199	45	95	2.85	10.91
	SD08	38.4166	138.6880	51.5	23.5	0.4	216	45	97	3.22	13.63
	SD06	38.0925	138.0729	33.8	19.2	1.4	38	45	73	2.36	10.94
	SD05	37.7101	138.0259	42.7	17.5	2.6	4	45	69	2.53	15.12

表 2　（つづき）

解析ケース名	断層名	緯度 (°)	経度 (°)	長さ (km)	幅 (km)	上端深さ (km)	走向角 (°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	すべり量 (m) レシピ（ア）	すべり量 (m) 武村 (1998)
MRK05+MRK06+SD08+SD06+SD05	MRK05	38.7963	138.8301	40.7	23.2	0.6	199	45	95	3.01	10.77
	MRK06	38.9478	138.9190	29.5	23.2	0.6	218	45	111	2.56	7.81
	SD08	38.4166	138.6880	51.5	23.5	0.4	216	45	97	3.41	13.46
	SD06	38.0925	138.0729	33.8	19.2	1.4	38	45	73	2.50	10.81
	SD05	37.7101	138.0259	42.7	17.5	2.6	4	45	69	2.68	14.93
SHN06+MRK05+MRK06+SD08+SD06+SD05	SHN06	38.9935	139.3964	51.4	23.2	0.6	243	45	119	3.27	16.30
	MRK05	38.7963	138.8301	40.7	23.2	0.6	199	45	95	2.91	12.89
	MRK06	38.9478	138.9190	29.5	23.2	0.6	218	45	111	2.48	9.35
	SD08	38.4166	138.6880	51.5	23.5	0.4	216	45	97	3.29	16.11
	SD06	38.0925	138.0729	33.8	19.2	1.4	38	45	73	2.41	12.94
	SD05	37.7101	138.0259	42.7	17.5	2.6	4	45	69	2.59	17.88
SHN08+MRK03	SHN08	38.8955	139.5032	34.2	23.3	0.5	228	45	112	2.69	3.71
	MRK03	38.6836	139.2177	40.1	23.2	0.6	201	45	97	2.90	4.37
MRK03+ECG04	MRK03	38.6836	139.2177	40.1	23.2	0.6	201	45	97	2.68	4.32
	ECG04	38.3175	139.0591	52.7	23.5	0.4	220	45	101	3.09	5.61
ECG04+SD07	ECG04	38.3175	139.0591	52.7	23.5	0.4	220	45	101	3.16	5.56
	SD07	37.8999	138.2538	37.6	21.2	0.0	44	45	98	2.54	4.39
ECG04+SD04	ECG04	38.3175	139.0591	52.7	23.5	0.4	220	45	101	3.24	5.47
	SD04	37.9853	138.6489	34.2	17.0	2.0	212	50	96	2.22	4.91
SD04+SD07	SD04	37.9853	138.6489	34.2	17.0	2.0	212	50	96	2.03	5.12
	SD07	37.8999	138.2538	37.6	21.2	0.0	44	45	98	2.38	4.50
SD07+SD11	SD07	37.8999	138.2538	37.6	21.2	0.0	44	45	98	2.46	4.42
	SD11	38.2287	138.7915	28.1	23.3	0.5	220	45	101	2.23	3.00
SHN08+MRK03+ECG04	SHN08	38.8955	139.5032	34.2	23.3	0.5	228	45	112	2.59	5.41
	MRK03	38.6836	139.2177	40.1	23.2	0.6	201	45	97	2.79	6.38
	ECG04	38.3175	139.0591	52.7	23.5	0.4	220	45	101	3.22	8.30
MRK03+ECG04+SD04	MRK03	38.6836	139.2177	40.1	23.2	0.6	201	45	97	2.84	6.38
	ECG04	38.3175	139.0591	52.7	23.5	0.4	220	45	101	3.28	8.30
	SD04	37.9853	138.6489	34.2	17.0	2.0	212	50	96	2.25	7.45
MRK03+ECG04+SD07	MRK03	38.6836	139.2177	40.1	23.2	0.6	201	45	97	2.79	6.44
	ECG04	38.3175	139.0591	52.7	23.5	0.4	220	45	101	3.22	8.38
	SD07	37.8999	138.2538	37.6	21.2	0.0	44	45	98	2.59	6.61
ECG04+SD04+SD02	ECG04	38.3175	139.0591	52.7	23.5	0.4	220	45	101	3.47	7.15
	SD04	37.9853	138.6489	34.2	17.0	2.0	212	50	96	2.38	6.41
	SD02	37.7301	138.4346	15.4	23.9	2.0	177	42	98	1.89	2.04
SD04+SD02+SD07	SD04	37.9853	138.6489	34.2	17.0	2.0	212	50	96	2.73	6.92
	SD02	37.7301	138.4346	15.4	23.9	2.0	177	42	98	2.17	2.20
	SD07	37.8999	138.2538	37.6	21.2	0.0	44	45	98	3.20	6.08
SHN08+MRK03+ECG04+SD07	SHN08	38.8955	139.5032	34.2	23.3	0.5	228	45	112	2.65	7.25
	MRK03	38.6836	139.2177	40.1	23.2	0.6	201	45	97	2.86	8.54
	ECG04	38.3175	139.0591	52.7	23.5	0.4	220	45	101	3.30	11.11
	SD07	37.8999	138.2538	37.6	21.2	0.0	44	45	98	2.65	8.76
MRK03+ECG04+SD04+SD02	MRK03	38.6836	139.2177	40.1	23.2	0.6	201	45	97	2.98	7.69
	ECG04	38.3175	139.0591	52.7	23.5	0.4	220	45	101	3.44	10.00
	SD04	37.9853	138.6489	34.2	17.0	2.0	212	50	96	2.36	8.98
	SD02	37.7301	138.4346	15.4	23.9	2.0	177	42	98	1.87	2.86
ECG04+SD04+SD02+SD07	ECG04	38.3175	139.0591	52.7	23.5	0.4	220	45	101	3.51	9.99
	SD04	37.9853	138.6489	34.2	17.0	2.0	212	50	96	2.41	8.97
	SD02	37.7301	138.4346	15.4	23.9	2.0	177	42	98	1.91	2.86
	SD07	37.8999	138.2538	37.6	21.2	0.0	44	45	98	2.82	7.88

表 2　（つづき）

解析ケース名	断層名	緯度 (°)	経度 (°)	長さ (km)	幅 (km)	上端深さ (km)	走向角 (°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	すべり量 (m) レシピ（ア）	すべり量 (m) 武村 (1998)
SD04+SD02+SD07+SD11	SD04	37.9853	138.6489	34.2	17.0	2.0	212	50	96	2.80	9.45
	SD02	37.7301	138.4346	15.4	23.9	2.0	177	42	98	2.22	3.01
	SD07	37.8999	138.2538	37.6	21.2	0.0	44	45	98	3.28	8.30
	SD11	38.2287	138.7915	28.1	23.3	0.5	220	45	101	2.97	5.64
SHN08+MRK03+ECG04+SD04+SD02	SHN08	38.8955	139.5032	34.2	23.3	0.5	228	45	112	2.79	8.35
	MRK03	38.6836	139.2177	40.1	23.2	0.6	201	45	97	3.01	9.84
	ECG04	38.3175	139.0591	52.7	23.5	0.4	220	45	101	3.48	12.80
	SD04	37.9853	138.6489	34.2	17.0	2.0	212	50	96	2.38	11.49
	SD02	37.7301	138.4346	15.4	23.9	2.0	177	42	98	1.89	3.66
MRK03+ECG04+SD04+SD02+SD07	MRK03	38.6836	139.2177	40.1	23.2	0.6	201	45	97	3.01	9.88
	ECG04	38.3175	139.0591	52.7	23.5	0.4	220	45	101	3.48	12.85
	SD04	37.9853	138.6489	34.2	17.0	2.0	212	50	96	2.38	11.53
	SD02	37.7301	138.4346	15.4	23.9	2.0	177	42	98	1.89	3.67
	SD07	37.8999	138.2538	37.6	21.2	0.0	44	45	98	2.79	10.13
ECG04+SD04+SD02+SD07+SD11	ECG04	38.3175	139.0591	52.7	23.5	0.4	220	45	101	3.59	12.63
	SD04	37.9853	138.6489	34.2	17.0	2.0	212	50	96	2.46	11.33
	SD02	37.7301	138.4346	15.4	23.9	2.0	177	42	98	1.96	3.61
	SD07	37.8999	138.2538	37.6	21.2	0.0	44	45	98	2.88	9.96
	SD11	38.2287	138.7915	28.1	23.3	0.5	220	45	101	2.61	6.76
SHN08+MRK03+ECG04+SD04+SD02+SD07	SHN08	38.8955	139.5032	34.2	23.3	0.5	228	45	112	2.81	10.21
	MRK03	38.6836	139.2177	40.1	23.2	0.6	201	45	97	3.03	12.04
	ECG04	38.3175	139.0591	52.7	23.5	0.4	220	45	101	3.50	15.66
	SD04	37.9853	138.6489	34.2	17.0	2.0	212	50	96	2.40	14.05
	SD02	37.7301	138.4346	15.4	23.9	2.0	177	42	98	1.91	4.48
	SD07	37.8999	138.2538	37.6	21.2	0.0	44	45	98	2.81	12.35
MRK03+ECG04+SD04+SD02+SD07+SD11	MRK03	38.6836	139.2177	40.1	23.2	0.6	201	45	97	3.07	11.90
	ECG04	38.3175	139.0591	52.7	23.5	0.4	220	45	101	3.54	15.48
	SD04	37.9853	138.6489	34.2	17.0	2.0	212	50	96	2.43	13.89
	SD02	37.7301	138.4346	15.4	23.9	2.0	177	42	98	1.93	4.43
	SD07	37.8999	138.2538	37.6	21.2	0.0	44	45	98	2.84	12.21
	SD11	38.2287	138.7915	28.1	23.3	0.5	220	45	101	2.58	8.29
SHN08+MRK03+ECG04+SD04+SD02+SD07+SD11	SHN08	38.8955	139.5032	34.2	23.3	0.5	228	45	112	2.86	11.94
	MRK03	38.6836	139.2177	40.1	23.2	0.6	201	45	97	3.08	14.08
	ECG04	38.3175	139.0591	52.7	23.5	0.4	220	45	101	3.56	18.31
	SD04	37.9853	138.6489	34.2	17.0	2.0	212	50	96	2.44	16.43
	SD02	37.7301	138.4346	15.4	23.9	2.0	177	42	98	1.94	5.24
	SD07	37.8999	138.2538	37.6	21.2	0.0	44	45	98	2.85	14.44
	SD11	38.2287	138.7915	28.1	23.3	0.5	220	45	101	2.59	9.80
SHN09+MRK01	SHN09	38.5650	139.1967	25.1	26.0	0.3	33	40	95	2.23	2.40
	MRK01	38.5490	139.4038	34.3	23.6	0.3	206	45	103	2.49	3.61
MRK01+ECG03	MRK01	38.5490	139.4038	34.3	23.6	0.3	206	45	103	2.40	3.59
	ECG03	38.2674	139.2410	23.9	23.9	0.1	192	45	93	2.02	2.47
SHN09+MRK01+ECG03	SHN09	38.5650	139.1967	25.1	26.0	0.3	33	40	95	2.83	3.58
	MRK01	38.5490	139.4038	34.3	23.6	0.3	206	45	103	3.16	5.40
	ECG03	38.2674	139.2410	23.9	23.9	0.1	192	45	93	2.66	3.71
MRK01+ECG03+ECG05	MRK01	38.5490	139.4038	34.3	23.6	0.3	206	45	103	3.28	5.13
	ECG03	38.2674	139.2410	23.9	23.9	0.1	192	45	93	2.76	3.53
	ECG05	37.9986	139.1920	16.8	23.9	0.1	203	45	91	2.31	2.49

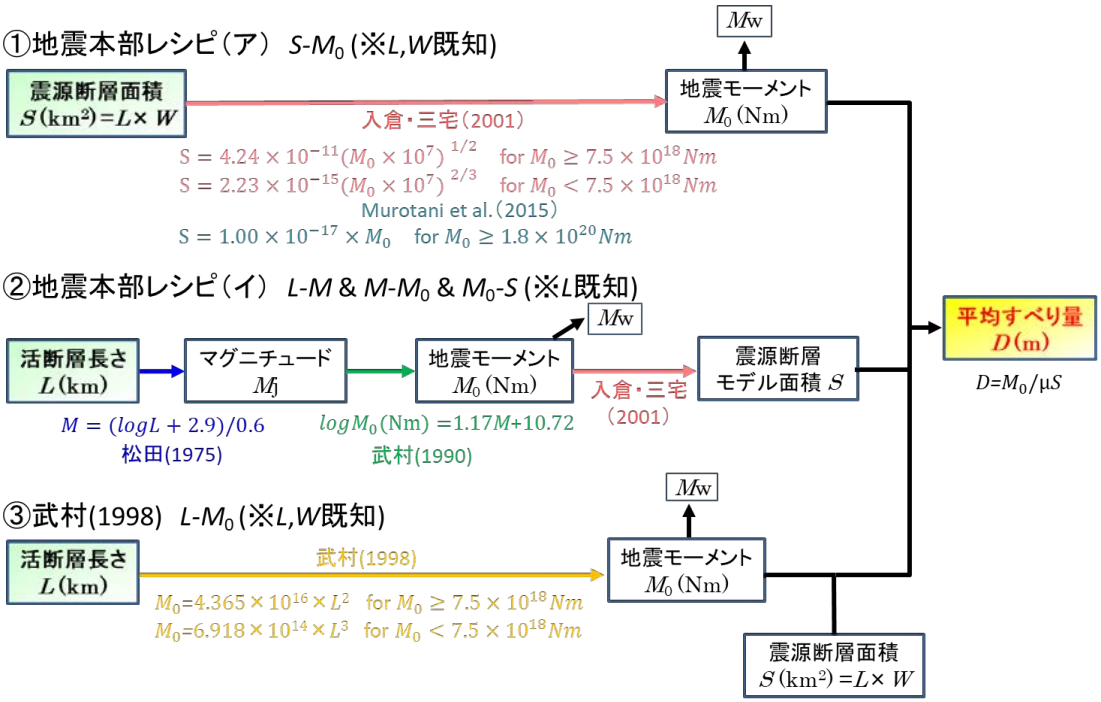
表 2　（つづき）

解析ケース名	断層名	緯度 (°)	経度 (°)	長さ (km)	幅 (km)	上端深さ (km)	走向角 (°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	すべり量 (m) レシピ（ア）	すべり量 (m) 武村 (1998)
SHN09+MRK01+ECG03+ECG05	SHN09	38.5650	139.1967	25.1	26.0	0.3	33	40	95	2.95	4.62
	MRK01	38.5490	139.4038	34.3	23.6	0.3	206	45	103	3.29	6.97
	ECG03	38.2674	139.2410	23.9	23.9	0.1	192	45	93	2.76	4.80
	ECG05	37.9986	139.1920	16.8	23.9	0.1	203	45	91	2.32	3.38
SHN11+MRK02	SHN11	38.4986	139.4587	27.6	29.8	0.1	24	30	86	2.68	2.34
	MRK02	38.2132	139.3292	32.4	33.8	0.1	25	30	87	3.09	2.43
SHN11+MRK02+ECG01	SHN11	38.4986	139.4587	27.6	29.8	0.1	24	30	86	2.83	3.48
	MRK02	38.2132	139.3292	32.4	33.8	0.1	25	30	87	3.27	3.61
	ECG01	37.9888	139.2995	24.0	23.3	0.0	33	40	95	2.34	3.88

表 3　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一覧（隠岐トラフ周辺海域）

解析ケース名	断層名	緯度 (°)	経度 (°)	長さ (km)	幅 (km)	上端深さ (km)	走向角 (°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	すべり量 (m) レシピ（ア）	すべり量 (m) 武村(1998)
OR1	OR1	36.5941	134.6573	42.2	17.7	0.5	270	55	−135	1.21	3.03
OS1	OS1	36.5526	134.7499	25.9	29.1	0.3	79	35	−61	1.22	1.13
OS2	OS2	36.5989	135.0334	29.7	25.6	0.3	45	35	−79	1.23	1.47
OS1+OS2	OS1	36.5526	134.7499	25.9	29.1	0.3	79	35	−61	2.45	2.25
	OS2	36.5989	135.0334	29.7	25.6	0.3	45	35	−79	2.46	2.93

(a) 単独モデル



(b) 連動モデル

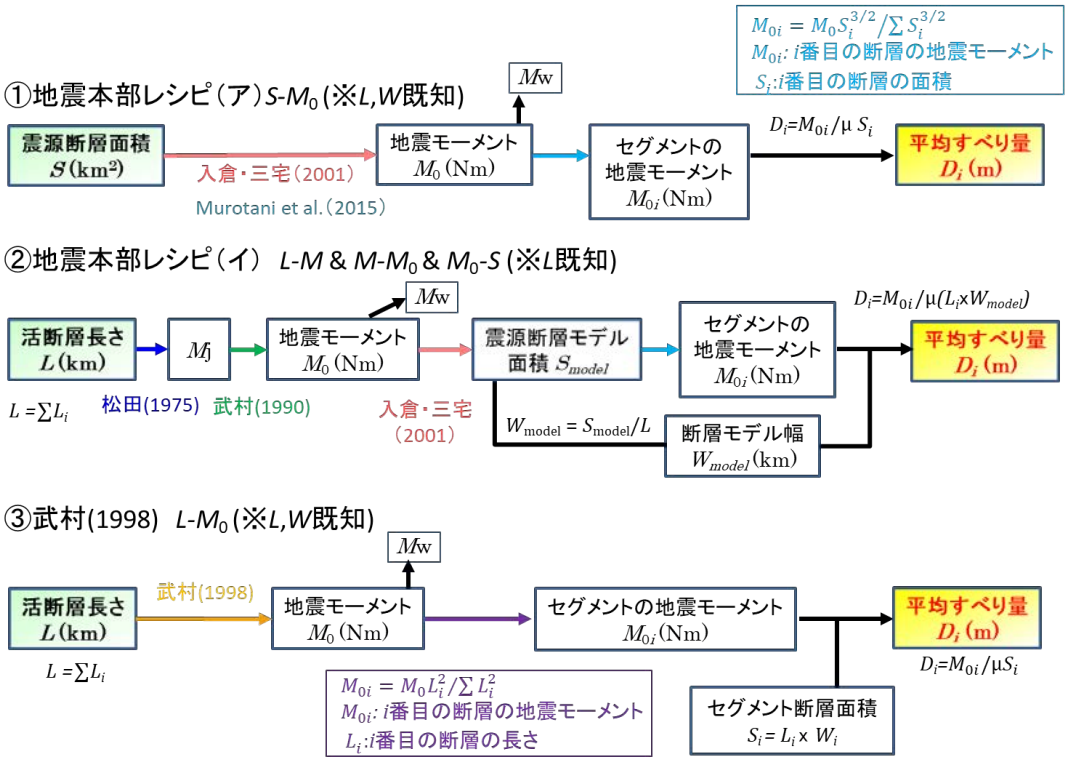
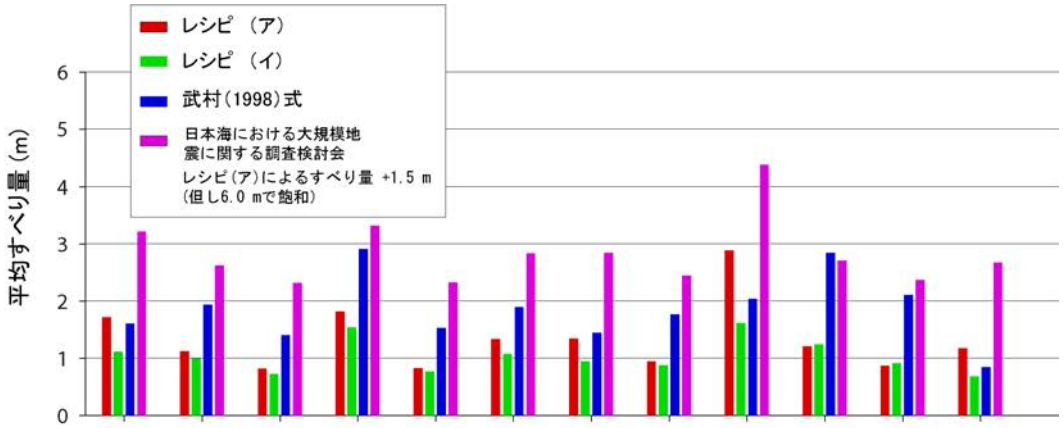
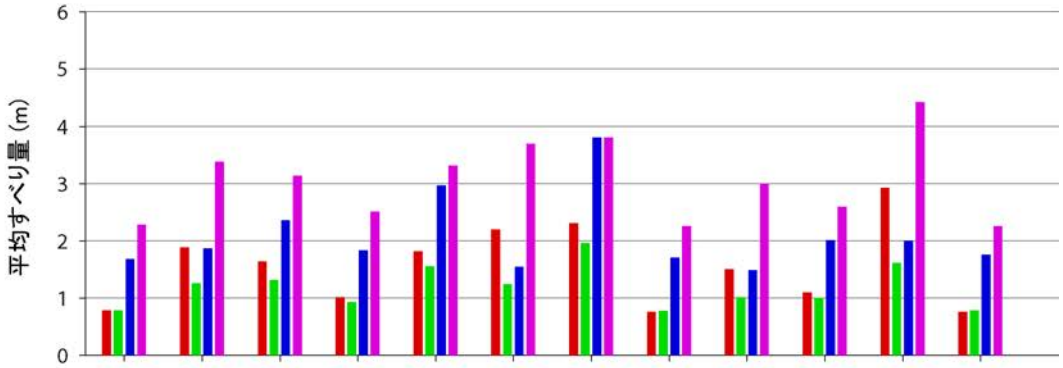


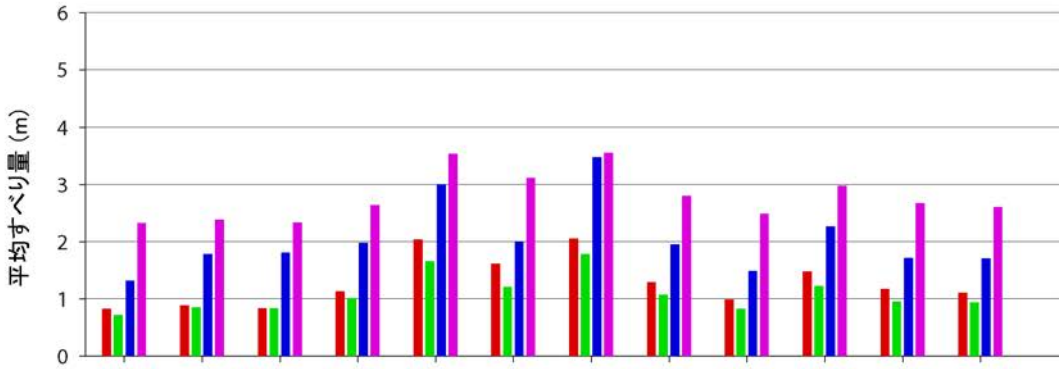
図 6 (a) 単独モデル、(b) 連動モデルに対する各スケーリング則における平均すべり量の算定に関するフローチャート



断層名	MMP01	MMP02	MMP03	MMP04	MMP05	MMP06	OS10	OS11	MMS01	MMS02	MMS03	MMS04
長さ (km)	36.4	32.3	23.4	50.4	24.6	34.9	30.6	28.3	53.2	40.6	29.7	21.8
幅 (km)	29.0	21.3	21.3	22.1	20.6	23.5	27.0	20.5	33.4	18.2	18.0	33.1
傾斜角（度）	30	40	40	40	35	35	30	45	25	40	45	25

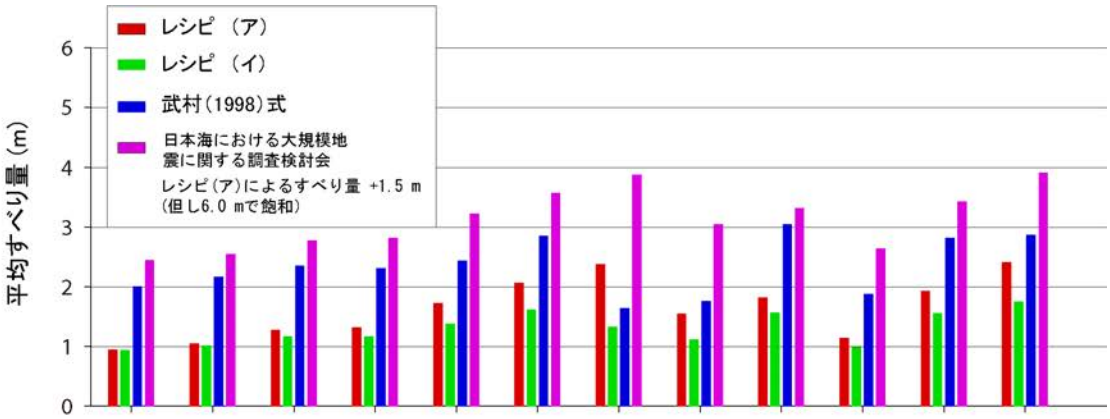


断層名	MMS05	MMS06	NTG01	NTG02	NTG03	NTG04	NTG05	NTG06	NTG07	TGR01	MGM01	MGM02
長さ (km)	25.3	41.1	43.1	29.9	51.0	40.5	65.0	24.8	32.9	32.7	53.2	25.2
幅 (km)	19.1	28.2	23.3	20.8	21.9	33.4	21.8	18.6	28.2	20.6	33.8	18.3
傾斜角（度）	45	30	40	45	45	25	45	55	30	45	25	50

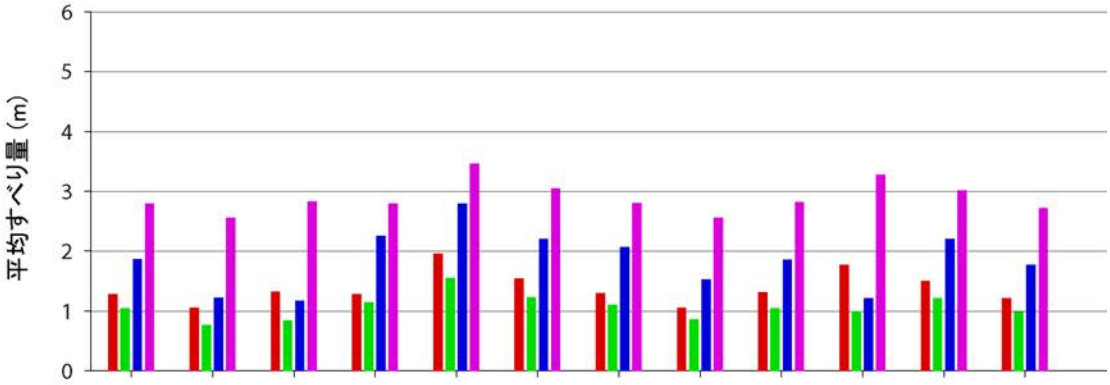


断層名	MGM03	MGM04	MGM05	MGM06	MGM07	MGM08	MGM09	MGM10	MGM11	MGM12	MGM13	MGM14
長さ (km)	22.8	27.5	26.9	32.8	54.3	39.3	58.7	34.8	26.5	40.1	31.1	30.1
幅 (km)	22.1	19.7	19.1	21.2	23.0	25.2	21.5	22.8	22.8	22.6	23.2	22.6
傾斜角（度）	40	45	50	45	40	40	50	45	45	45	45	40

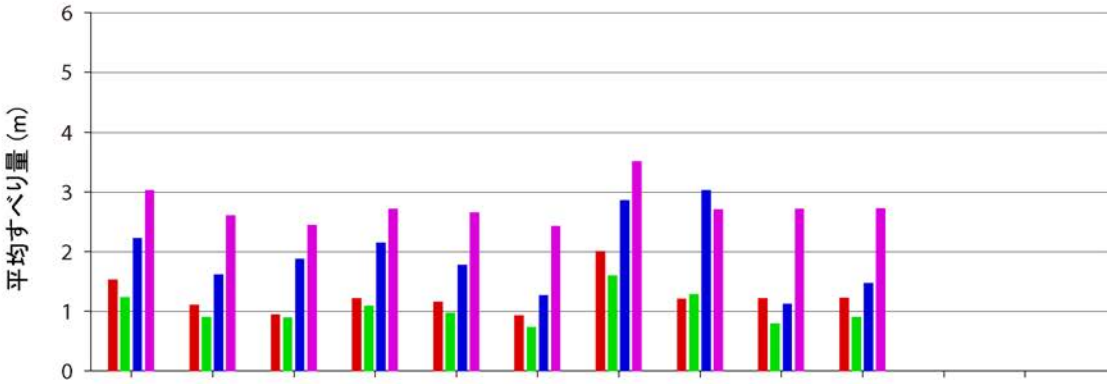
図 7　東北沖ならびに隠岐トラフ周辺海域に分布する単独 70 モデルに対して、3 つの異なるスケーリング則により算定された平均すべり量の比較。桃色は調査検討会 [17] の σ 式による断層すべり量を表す。



断層名	AKT02	AKT03	AKT04	AKT05	AKT06	AKT07	AKT08	AKT09	SHN04	SHN05	SHN06	SHN07
長さ (km)	30.5	33.2	38.2	38.4	45.3	53.5	43.5	36.4	51.9	32.2	51.4	57.8
幅 (km)	19.3	19.5	20.6	21.1	23.6	23.9	33.8	26.3	21.7	21.8	23.2	25.7
傾斜角（度）	51	60	55	50	45	45	30	40	50	50	45	40



断層名	SHN08	SHN09	SHN11	SD07	SD08	SD09	SD10	SD11	MRK01	MRK02	MRK03	MRK04
長さ (km)	34.2	25.1	27.6	37.6	51.5	40.7	36.1	28.1	34.3	32.4	40.1	32.4
幅 (km)	23.3	26.0	29.8	21.2	23.5	23.5	22.2	23.3	23.6	33.8	23.2	23.2
傾斜角（度）	45	40	30	45	45	45	45	45	45	30	45	45



断層名	MRK05	MRK06	MRK07	MRK08	MRK09	ECG03	ECG04	OR1	OS1	OS2
長さ (km)	40.7	29.5	29.4	35.7	31.6	23.9	52.7	42.2	25.9	29.7
幅 (km)	23.2	23.2	19.9	21.1	22.6	23.9	23.5	17.7	29.1	25.6
傾斜角（度）	45	45	55	50	45	45	45	55	35	35

図 7（続き）

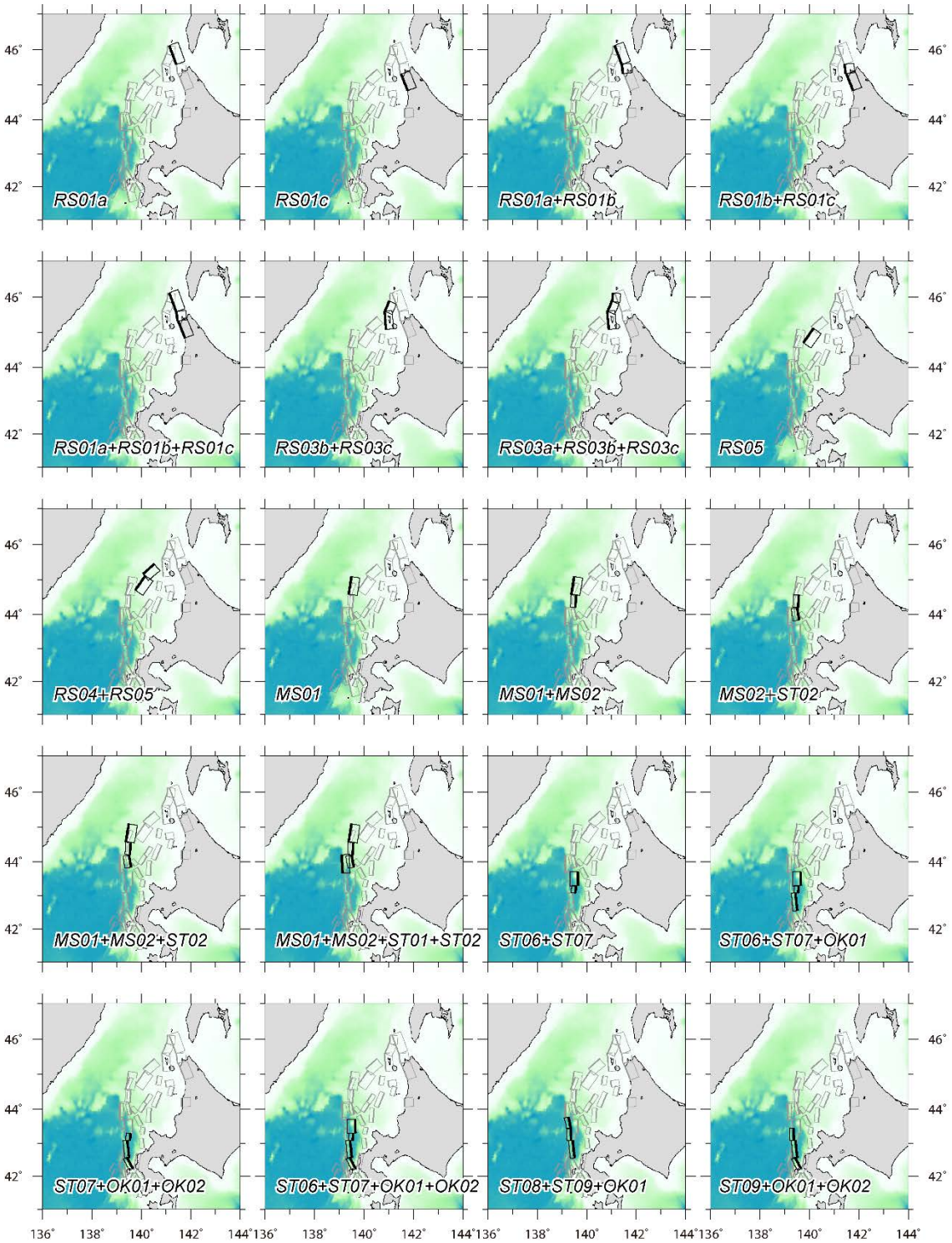


図 8　北海道西方沖の断層に対して本年度に実施したシナリオ型津波シミュレーションの断層モデル（単独 4 モデル＋連動 23 モデル）

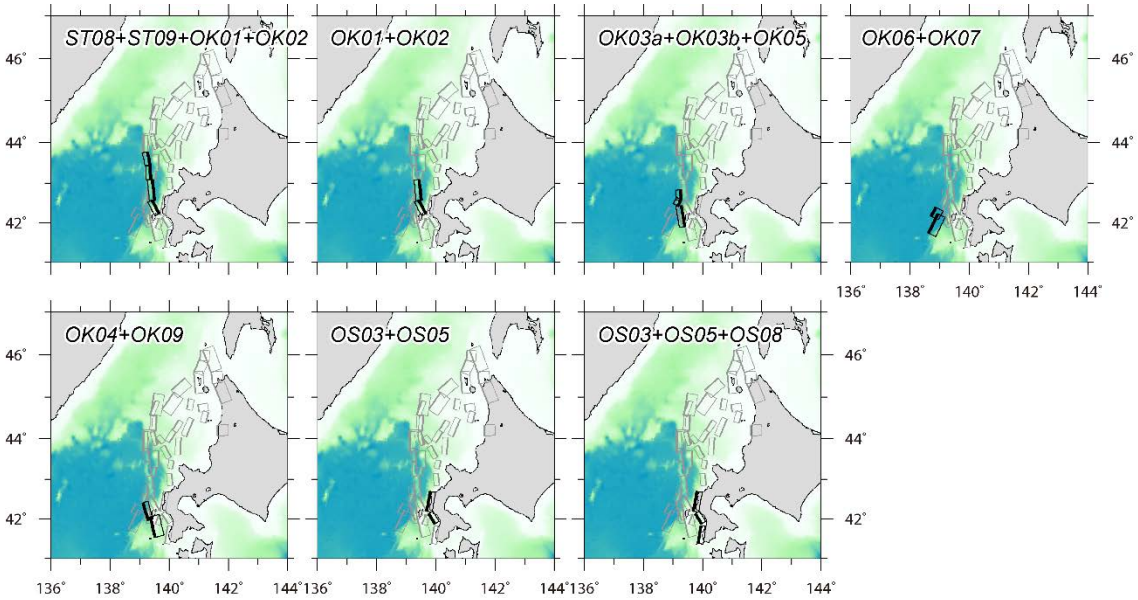

ST08+ST09+OK01+OK02
OK01+OK02
OK03a+OK03b+OK05
OK06+OK07
OK04+OK09
OS03+OS05
OS03+OS05+OS08
46°
44°
42°
136°
138°
140°
142°
144°

図 8（続き）

表 4　第 3 ステージのスケーリング則に該当する断層モデルに対する新旧レシピによるすべり量の相違

断層モデル	始点座標		終点座標		上端深さ	走向	傾斜	断層長さ	断層幅	地震発生層の深さ	すべり角	合計断層長さ	旧レシピ（ア）すべり量	レシピ（ア）すべり量
	緯度 JGD2000	経度 JGD2000	緯度 JGD2000	経度 JGD2000										
	（度）	（度）	（度）	（度）	（km, TP−）	（度）	（度）	（km）	（km）	（km）	（度）	（km）	（m）	（m）
RS01a	45.5883	141.4063	46.1233	141.1257	0.0	340	30	63.3	34.0	17	55	63.3	3.49	2.92
RS01c	44.8340	141.7615	45.3069	141.4953	0.0	338	30	56.6	34.0	17	46	56.6	3.12	2.92
RS01a+RS01b	45.5883	141.4063	46.1233	141.1257	0.0	340	30	63.3	34.0	17	55	93.5	5.73	3.24
	45.3239	141.4582	45.5937	141.4118	0.0	353	30	30.2	34.0	17	65		3.96	2.24
RS01b+RS01c	45.3239	141.4582	45.5937	141.4118	0.0	353	30	30.2	34.0	17	65	86.8	3.86	2.35
	44.8340	141.7615	45.3069	141.4953	0.0	338	30	56.6	34.0	17	46		5.28	3.22
RS01a+RS01b+RS01c	45.5883	141.4063	46.1233	141.1257	0.0	340	30	63.3	34.0	17	55	150.1	9.02	3.18
	45.3239	141.4582	45.5937	141.4118	0.0	353	30	30.2	34.0	17	65		6.23	2.20
	44.8340	141.7615	45.3069	141.4953	0.0	338	30	56.6	34.0	17	46		8.53	3.00
RS03b+RS03c	45.5991	140.8384	45.8900	141.0174	1.0	23	30	35.2	28.0	15	85	93.4	3.60	2.47
	45.0834	140.8871	45.6054	140.8274	1.0	355	30	58.2	28.0	15	64		4.63	3.18
RS03a+RS03b+RS03c	45.8722	141.0247	46.1193	141.0595	1.0	6	30	27.6	28.0	15	73	121.0	4.38	2.32
	45.5991	140.8384	45.8900	141.0174	1.0	23	30	35.2	28.0	15	85		4.94	2.62
	45.0834	140.8871	45.6054	140.8274	1.0	355	30	58.2	28.0	15	64		6.35	3.37
RS05	44.7009	139.7535	45.1178	140.1557	0.0	35	30	56.2	34.0	17	137	56.2	3.10	2.92
RS04＋RS05	45.1655	140.0562	45.4500	140.5191	1.0	49	30	48.1	32.0	17	77	104.3	5.26	2.74
	44.7009	139.7535	45.1178	140.1557	0.0	35	30	56.2	34.0	17	137		5.86	3.05
MS01	44.5834	139.3745	45.0920	139.4784	1.0	9	30	57.1	32.0	17	53	57.1	2.96	2.92
MS01+MS02	44.5834	139.3745	45.0920	139.4784	1.0	9	30	57.1	32.0	17	53	97.4	4.92	3.23
	44.5645	139.5662	44.2017	139.5452	1.0	183	45	40.3	22.6	17	82		3.48	2.28
MS02＋ST02	44.5645	139.5662	44.2017	139.5452	1.0	183	45	40.3	22.6	17	82	80.8	3.03	2.84
	44.1905	139.4983	43.8318	139.5828	1.0	171	40	40.4	24.9	17	94		3.18	2.98
MS01+MS02+ST02	44.5834	139.3745	45.0920	139.4784	1.0	9	30	57.1	32.0	17	53	137.9	7.07	3.39
	44.5645	139.5662	44.2017	139.5452	1.0	183	45	40.3	22.6	17	82		5.00	2.40
	44.1905	139.4983	43.8318	139.5828	1.0	171	40	40.4	24.9	17	94		5.25	2.52
MS01+MS02+ST01+ST02	44.5834	139.3745	45.0920	139.4784	1.0	9	30	57.1	32.0	17	53	197.5	9.88	3.28
	44.5645	139.5662	44.2017	139.5452	1.0	183	45	40.3	22.6	17	82		6.98	2.32
	43.6691	139.1295	44.2040	139.0732	3.0	357	30	59.6	28.0	17	45		9.44	3.13
	44.1905	139.4983	43.8318	139.5828	1.0	171	40	40.4	24.9	17	94		7.33	2.43
ST06+ST07	43.7036	139.6400	43.2894	139.6632	2.0	179	30	46.0	30.0	17	66	69.2	3.34	3.26
	43.2833	139.5595	43.0753	139.5463	3.0	184	45	23.1	19.8	17	99		1.92	1.88
ST06+ST07+OK01	43.7036	139.6400	43.2894	139.6632	2.0	179	30	46.0	30.0	17	66	128.0	5.39	3.23
	43.2833	139.5595	43.0753	139.5463	3.0	184	45	23.1	19.8	17	99		3.10	1.86
	43.0807	139.4299	42.5547	139.5124	3.0	174	45	58.8	19.8	17	97		4.95	2.96
ST07+OK01+OK02	43.2833	139.5595	43.0753	139.5463	3.0	184	45	23.1	19.8	17	99	125.0	2.82	2.10
	43.0807	139.4299	42.5547	139.5124	3.0	174	45	58.8	19.8	17	97		4.49	3.34
	42.5772	139.4046	42.2421	139.6683	2.0	151	45	43.1	18.4	15	49		3.70	2.76
ST06+ST07+OK01+OK02	43.7036	139.6400	43.2894	139.6632	2.0	179	30	46.0	30.0	17	66	171.1	7.05	3.34
	43.2833	139.5595	43.0753	139.5463	3.0	184	45	23.1	19.8	17	99		4.06	1.92
	43.0807	139.4299	42.5547	139.5124	3.0	174	45	58.8	19.8	17	97		6.47	3.07
	42.5772	139.4046	42.2421	139.6683	2.0	151	45	43.1	18.4	15	49		5.34	2.53
ST08+ST09+OK01	43.7669	139.2522	43.4401	139.3649	3.0	167	45	37.4	19.8	17	47	135.2	3.84	2.63
	43.4392	139.3562	43.0882	139.3710	4.0	179	45	39.0	18.4	17	85		3.78	2.59
	43.0807	139.4299	42.5547	139.5124	3.0	174	45	58.8	19.8	17	97		4.81	3.30
ST09+OK01+OK02	43.4392	139.3562	43.0882	139.3710	4.0	179	45	39.0	18.4	17	85	140.9	3.82	2.57
	43.0807	139.4299	42.5547	139.5124	3.0	174	45	58.8	19.8	17	97		4.87	3.27
	42.5772	139.4046	42.2421	139.6683	2.0	151	45	43.1	18.4	15	49		4.02	2.70
ST08+ST09+OK01+OK02	43.7669	139.2522	43.4401	139.3649	3.0	167	45	37.4	19.8	17	47	178.3	5.08	2.67
	43.4392	139.3562	43.0882	139.3710	4.0	179	45	39.0	18.4	17	85		4.99	2.63
	43.0807	139.4299	42.5547	139.5124	3.0	174	45	58.8	19.8	17	97		6.36	3.35
	42.5772	139.4046	42.2421	139.6683	2.0	151	45	43.1	18.4	15	49		5.25	2.76
OK01+OK02	43.0807	139.4299	42.5547	139.5124	3.0	174	45	58.8	19.8	17	97	101.9	3.41	3.14
	42.5772	139.4046	42.2421	139.6683	2.0	151	45	43.1	18.4	15	49		2.82	2.59
OK03a+OK03b+OK05	42.8315	139.2484	42.5838	139.2779	3.0	176	45	27.6	19.8	17	100	107.5	2.82	2.29
	42.5827	139.2735	42.4224	139.1527	3.0	210	45	20.4	19.8	17	112		2.43	1.97
	42.4385	139.2762	41.9114	139.4083	2.0	171	45	59.6	21.2	17	95		4.29	3.49
OK06+OK07	42.1742	138.7122	42.3952	138.8625	4.0	28	30	27.5	26.0	17	162	87.4	2.78	2.20
	41.7443	138.6209	42.2366	138.9170	4.0	26	30	59.9	26.0	17	165		4.10	3.24
OK04+OK09	41.9701	139.2838	42.4072	139.0996	3.0	344	45	50.9	19.8	17	28	110.8	3.74	2.40
	41.5377	139.5239	42.0601	139.3412	2.0	346	30	60.0	30.0	17	127		5.00	3.21
OS03+OS05	42.2005	139.6874	42.6925	139.7994	0.0	10	45	55.4	21.2	15	116	88.6	3.27	3.21
	41.8800	139.9628	42.1320	139.7467	1.0	328	45	33.2	19.8	15	123		2.44	2.40
OS03+OS05+OS08	42.2005	139.6874	42.6925	139.7994	0.0	10	45	55.4	21.2	15	116	139.0	5.02	3.19
	41.8800	139.9628	42.1320	139.7467	1.0	328	45	33.2	19.8	15	123		3.76	2.39
	41.3870	139.8480	41.8358	139.9364	1.0	9	45	50.4	19.8	15	114		4.63	2.94

表 5　解析領域情報一覧

解析領域名	計算格子間隔（sec）	南西端		北東端		計算格子数	
		緯度（°）	経度（°）	緯度（°）	経度（°）	東西方向	南北方向
A001	27	32.0550	125.1150	52.9500	144.9750	2648	2786
B001	9	44.3175	139.9800	46.0125	143.0025	678	1209
B002	9	42.3150	138.4875	44.6550	141.9900	936	1401
B003	9	40.3725	139.3050	43.0200	143.9775	1059	1869
B004	9	39.6750	137.9850	42.6525	140.5425	1191	1023
B005	9	36.5500	136.3500	40.2125	140.3125	1465	1585
B007	9	35.2250	134.0200	38.4400	137.4000	1286	1352
B008	9	34.3275	130.6650	37.0125	134.2950	1074	1452
B009	9	33.3750	128.4825	35.0100	131.6250	654	1257
B010	9	32.4000	128.0025	33.8700	130.6650	588	1065

2) スケーリング則による津波高のばらつきの検討

長さ 20 km 以上かつ震源断層が海域にある断層に対して、それぞれの断層が個別に活動すると想定した単独 70 モデル（東北沖海域 67 モデル、隠岐トラフ周辺海域 3 モデル）、長さ 20 km 以下の断層も含め連動する可能性のある断層の組合せを考慮した連動 124 モデル（東北沖海域 123 モデル、隠岐トラフ周辺海域 1 モデル）の合計 194 モデルを対象に、2 通りのスケーリング則を用いた場合の合計 388 ケースを対象にシナリオ型津波伝播シミュレーションを実施した。また過年度に実施した断層モデルのうち、第 3 ステージのスケーリング則に該当する北海道西方沖の断層モデル（単独 4 モデル、連動 23 モデル）に対しては、旧レシピによる結果との比較を行った。

津波計算にあたり、津波高分布、沿岸域における津波高および波形出力点（図 9）における津波波形を出力した。津波高分布の計算には格子領域 A001（27 秒メッシュ）を、沿岸域における津波高には格子領域（B001~B010 : 9 秒メッシュ）をそれぞれ用いた（図 9、表 5）。基礎方程式には非線形長波式を用い、27 秒、9 秒メッシュを用いた計算では陸域への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往研究[18),19)]に基づき $n=0.025\ m^{-1/3}\cdot s$ を与えた。また、平均潮位面を基準面として仮定した。初期条件となる海底地殻変動は Okada（1985）[20)]により計算した。なお、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」、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」とそれぞれ定義する。

東北沖海域に分布する断層モデル（単独 67 モデル、連動 123 モデル）ならびに隠岐トラフ周辺海域（単独 3 モデル、連動 1 モデル）に対して計算された津波高分布を図 10 ならびに図 11 に示す。また図 12 には、青森県（MMS01+MMS02+MMS03+MMS04+NTG05+NTG06）、秋田県（AKT05+AKT06）、山形県（MGM05+MGM06+MGM07+MGM10+MGM11+MGM12）ならびに新潟県（SHN06+MRK05+SD08+SD06+SD05）の沿岸で最大津波高となった断層モデルによる津波高を示す。また、それぞれの断層モデルによる北海道～長崎県沿岸の各市区町村における最大津波高を整理した。表 6 には、レシピ（ア）から算定されたすべり量を用いた場合の一部断層モデルに対する青森県～石川県の各市区町村における最大津波高（単位はメートル）を示す。

東北地方西方沖海域には北海道西方沖と同様に主に逆断層が分布しており、横ずれ断層が卓越する西南日本に比べると同一のすべり量に対しても鉛直地殻変動量が大きくなり、結果として総じて大きな津波高となった。また、平成31年度（令和元年度）に実施した北海道西方沖海域に分布する断層と同様に、断層モデルによっては、津波高は東北地方沿岸域だけでなく、能登半島沿岸域や隠岐諸島さらにはその背後の島根半島においても高くなる傾向が見られた。1983年日本海中部地震など、近年に発生した地震津波に対して実測された津波高も、能登半島や隠岐諸島において高くなっており（例えば、渡辺、1998[21)]）、これは大和堆の浅海域に達した津波のエネルギーが、レンズ効果ならびに大和堆・隠岐諸島を結ぶ湾曲した海嶺がエネルギーを誘導する効果によって、集中するためと考えられる。さらには、特に連動モデルに対して顕著であるが、ロシア沿岸域にも高い津波が到達する断層モデルが見られた。このことは、当該海域で過去に発生した大地震の断層モデルの構

築やその発生頻度に関する研究に対して、ロシア沿岸域における津波記録の重要性を示唆している（例えば、室谷・他、2019[22]）。

図 13 にはレシピ（ア）ならびに武村式から算出された断層すべり量を用いた、連動モデル SHN09+MRK01+ECG03+ECG05 に対する北海道～長崎県沿岸域における最大津波高ならびに日本海全域における津波高の分布を示す。連動モデル SHN09+MRK01+ECG03+ECG05 に対しては、武村式により算定されたすべり量の方がレシピ（ア）の手法によって算定されたすべり量に比べて大きく、その結果津波高も大きくなった。

2 種類のスケーリング則による津波高への影響を日本海沿岸全域について大局的に概観するため、レシピ（ア）と武村式による津波高の幾何平均[23] を計算した。

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

n：地点数

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

R_i： i 番目の地点でのレシピ(ア)によるすべり量を用いた場合の津波高

H_i： i 番目の地点での武村式によるすべり量を用いた場合の津波高

ここで、幾何平均が 1 より大きい場合は武村式による津波高が大きく、逆に 1 よりも小さい場合にはレシピ（ア）による津波高が大きい事を意味する。連動モデル SHN09+MRK01+ECG03+ECG05 に対して計算された幾何平均は 1.74 である。すべての断層モデルに対して計算された幾何平均 K の分布は 0.70～4.3 となり、スケーリング則が津波高にもたらす影響は断層モデルによって大きく異なる結果となった（図 14 ならびに図 15）。断層傾斜が低角で幅が比較的大きい（アスペクト比が小さい）、断層面積が大きい断層モデルに対しては、レシピ（ア）による断層すべり量の方が大きくなり（図 7）、その結果として津波も高くなる。一方で、断層傾斜が中角で幅が小さい（アスペクト比が大きい）断層や連動モデルに対しては、武村式によるすべり量の方が大きく、津波も高くなる傾向が見られた。

過年度に旧レシピ（ア）を用いた実施した津波伝播シミュレーションと、レシピ（ア）を用いた 27 断層モデル（単独 4 モデル、連動 23 モデル）に対して計算された津波高分布の比較を図 16 に示す。第 3 ステージのスケーリング則を導入したレシピ（ア）の方が、旧レシピ（ア）に比べて総じて断層すべり量が小さくなり、その結果津波高も小さくなった。

表 6　レシピ（ア）から算定されたすべり量を用いた場合の各市区町村における最大津波高（単位はメートル）の例（一部断層モデルに対する青森県～石川県を抜粋）

地域＼断層		MRK03 +ECG04 +SD07	ECG04 +SD04 +SD02	SD04 +SD02 +SD07	SHN08 +MRK03 +ECG04 +SD07	MRK03 +ECG04 +SD04 +SD02	ECG04 +SD04 +SD02 +SD07	SD04 +SD02 +SD07 +SD11	SHN08 +MRK03 +ECG04 +SD04 +SD02	MRK03 +ECG04 +SD04 +SD02 +SD07	ECG04 +SD04 +SD02 +SD07 +SD11	SHN08 +MRK03 +ECG04 +SD04 +SD02 +SD07	MRK03 +ECG04 +SD04 +SD02 +SD07 +SD11	SHN08 +MRK03 +ECG04 +SD04 +SD02 +SD07 +SD11	SHN09 +MRK01	MRK01 +ECG03
青森県	三沢市	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.01	0.01
	上北郡六ケ所村	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
	下北郡東通村	0.09	0.12	0.06	0.09	0.10	0.14	0.12	0.10	0.11	0.20	0.10	0.15	0.14	0.06	0.04
	むつ市	0.17	0.18	0.11	0.16	0.17	0.19	0.18	0.16	0.19	0.30	0.19	0.22	0.23	0.07	0.08
	下北郡風間浦村	0.16	0.09	0.04	0.15	0.15	0.11	0.07	0.14	0.16	0.13	0.15	0.15	0.14	0.05	0.06
	下北郡大間町	0.20	0.16	0.07	0.21	0.21	0.15	0.14	0.21	0.22	0.21	0.22	0.22	0.24	0.09	0.09
	下北郡佐井村	0.21	0.20	0.11	0.23	0.22	0.23	0.19	0.24	0.22	0.32	0.25	0.26	0.30	0.09	0.09
	上北郡横浜町	0.12	0.16	0.05	0.11	0.13	0.18	0.14	0.10	0.14	0.25	0.12	0.21	0.19	0.04	0.04
	上北郡野辺地町	0.11	0.12	0.05	0.08	0.09	0.13	0.08	0.07	0.10	0.18	0.07	0.16	0.13	0.04	0.04
	東津軽郡平内町	0.20	0.15	0.08	0.21	0.20	0.17	0.13	0.20	0.21	0.21	0.22	0.21	0.22	0.07	0.06
	青森市	0.17	0.23	0.09	0.16	0.17	0.25	0.18	0.16	0.19	0.34	0.18	0.28	0.26	0.07	0.09
	東津軽郡蓬田村	0.15	0.15	0.07	0.17	0.15	0.16	0.14	0.17	0.17	0.21	0.18	0.20	0.22	0.07	0.07
	東津軽郡外ヶ浜町	0.34	0.27	0.14	0.36	0.35	0.29	0.26	0.36	0.37	0.29	0.39	0.35	0.40	0.19	0.14
	東津軽郡今別町	0.40	0.37	0.16	0.51	0.38	0.41	0.27	0.54	0.42	0.44	0.56	0.45	0.64	0.20	0.20
	北津軽郡中泊町	1.00	0.68	0.52	1.01	0.96	0.75	0.69	1.08	1.14	0.85	1.20	1.19	1.20	0.58	0.59
	五所川原市	0.71	0.83	0.44	0.78	0.79	0.94	0.57	0.81	0.80	0.97	0.92	0.99	1.00	0.63	0.37
	つがる市	0.72	0.67	0.43	0.78	0.70	0.75	0.53	0.76	0.83	0.71	0.87	0.81	0.93	0.37	0.38
	西津軽郡鰺ヶ沢町	0.80	0.55	0.42	0.84	0.76	0.63	0.52	0.84	0.90	0.82	0.90	1.02	1.10	0.34	0.35
	西津軽郡深浦町	0.93	0.85	0.42	1.01	0.95	0.94	0.52	1.05	1.02	0.96	1.11	1.04	1.12	0.53	0.34
秋田県	山本郡八峰町	1.02	0.71	0.42	1.00	1.16	0.81	0.62	1.08	1.18	0.91	1.17	1.37	1.21	0.43	0.52
	能代市	1.51	1.39	0.64	1.75	1.60	1.55	1.17	1.86	1.76	2.00	1.96	1.82	2.00	0.82	0.86
	山本郡三種町	0.61	0.61	0.29	0.72	0.59	0.66	0.58	0.76	0.63	0.86	0.77	0.72	0.81	0.35	0.35
	男鹿市	2.31	1.70	1.16	2.63	2.69	1.91	1.55	2.94	2.72	2.22	3.08	2.73	3.04	1.48	1.06
	潟上市	1.32	1.23	1.09	1.47	1.47	1.37	1.48	1.54	1.49	1.93	1.64	1.80	1.90	1.00	0.70
	秋田市	1.99	1.96	1.27	1.78	2.07	2.13	1.64	1.93	2.17	2.09	1.92	2.15	1.98	1.04	0.99
	由利本荘市	1.69	1.54	0.82	1.68	1.48	1.58	1.06	1.51	1.58	1.80	1.60	1.70	1.74	0.86	0.82
	にかほ市	2.55	2.22	1.31	2.47	2.66	2.46	1.39	2.67	2.68	2.45	2.66	2.55	2.47	1.30	0.96
山形県	飽海郡遊佐町	1.94	1.98	1.42	2.07	2.23	2.23	1.77	2.22	2.20	2.15	2.24	1.94	2.12	0.97	1.04
	酒田市	2.99	3.68	2.47	3.18	3.23	3.57	2.73	3.20	3.05	3.18	3.23	3.12	3.10	1.54	1.26
	鶴岡市	3.30	2.05	1.40	5.59	3.50	2.25	2.29	5.87	3.52	2.46	5.90	3.57	6.01	1.72	1.37
新潟県	村上市	4.39	2.55	1.97	6.22	4.66	2.56	2.79	6.47	4.69	3.20	6.49	4.77	6.61	3.87	3.40
	岩船郡粟島浦村	5.00	2.44	1.26	5.12	5.32	2.51	2.81	5.36	5.35	2.72	5.38	5.44	5.46	2.27	1.89
	胎内市	3.15	3.45	1.75	3.21	3.33	3.46	2.15	3.36	3.33	3.46	3.34	3.32	3.33	1.19	2.40
	新発田市	3.45	3.79	1.30	3.52	3.65	3.80	1.49	3.69	3.66	3.81	3.67	3.64	3.66	1.00	1.96
	北蒲原郡聖籠町	4.18	4.54	1.61	4.26	4.42	4.56	1.70	4.46	4.43	4.62	4.45	4.43	4.46	1.62	1.48
	新潟市北区	4.17	4.45	1.53	4.26	4.42	4.46	2.36	4.46	4.43	4.52	4.45	4.46	4.48	2.28	1.90
	新潟市東区	5.26	5.57	2.33	5.37	5.53	5.61	5.04	5.59	5.57	5.61	5.60	5.54	5.57	2.21	2.10
	新潟市中央区	4.48	4.76	2.15	4.58	4.72	4.79	6.76	4.77	4.76	6.22	4.78	6.15	6.17	1.67	1.67
	新潟市西区	4.75	5.04	4.00	4.85	5.00	5.60	6.46	5.04	5.55	5.89	5.59	5.83	5.85	1.47	1.44
	新潟市西蒲区	2.62	5.03	5.15	2.68	4.99	5.65	5.20	5.04	5.60	5.63	5.63	5.57	5.59	1.17	1.01
	長岡市	1.29	4.22	5.20	1.37	4.19	4.50	5.20	4.22	4.45	4.53	4.49	4.47	4.49	1.26	1.10
	佐渡市	4.09	3.36	3.93	4.17	3.61	4.52	4.77	3.32	4.48	5.53	4.50	4.62	4.64	2.27	2.13
	三島郡出雲崎町	1.56	2.35	2.73	1.56	2.33	2.40	2.74	2.35	2.38	2.42	2.40	2.39	2.40	1.05	0.97
	柏崎市	1.18	1.95	2.33	1.25	1.96	2.01	2.46	1.98	2.01	2.11	2.02	2.11	2.12	1.00	1.15
	上越市	1.59	1.79	2.21	1.80	1.91	1.82	1.89	1.86	1.93	1.81	2.05	1.92	1.93	1.17	1.17
	糸魚川市	0.95	1.46	1.33	1.13	1.44	1.25	1.28	1.47	1.23	1.33	1.27	1.30	1.38	0.76	0.64
富山県	下新川郡朝日町	0.53	0.92	0.79	0.65	0.86	0.88	0.90	0.88	0.82	0.95	0.85	0.87	0.86	0.32	0.30
	下新川郡入善町	0.49	0.75	0.72	0.65	0.68	0.81	0.85	0.71	0.66	0.91	0.69	0.71	0.70	0.35	0.31
	黒部市	0.29	0.39	0.36	0.34	0.41	0.41	0.41	0.43	0.42	0.46	0.44	0.49	0.52	0.18	0.15
	魚津市	0.33	0.35	0.34	0.38	0.41	0.37	0.39	0.46	0.42	0.43	0.46	0.47	0.52	0.18	0.15
	滑川市	0.40	0.39	0.39	0.47	0.50	0.37	0.40	0.54	0.47	0.46	0.51	0.55	0.59	0.19	0.15
	富山市	0.51	1.12	0.94	0.47	1.07	1.18	1.06	1.08	1.12	1.26	1.14	1.22	1.24	0.35	0.24
	射水市	0.76	0.78	0.87	0.62	0.81	1.03	0.80	0.66	0.89	0.96	0.79	0.92	0.82	0.93	0.65
	高岡市	0.73	0.76	0.85	0.57	0.79	1.00	0.79	0.64	0.87	0.93	0.78	0.90	0.81	0.89	0.64
	氷見市	0.67	0.57	0.69	0.70	0.71	0.72	0.78	0.66	0.68	0.78	0.67	0.73	0.71	0.64	0.60
石川県	七尾市	0.81	0.78	0.80	0.95	0.95	1.05	0.87	0.96	1.10	1.10	1.08	1.14	1.11	1.16	0.78
	鳳珠郡穴水町	0.86	0.87	0.93	0.79	0.96	1.13	0.99	0.87	1.21	1.19	1.12	1.26	1.17	1.27	0.88
	鳳珠郡能登町	1.16	1.64	1.81	0.89	1.62	1.59	1.71	1.67	1.62	1.61	1.63	1.58	1.64	0.54	0.49
	珠洲市	1.25	1.30	1.25	1.29	1.51	1.45	1.36	1.55	1.78	1.60	1.82	1.95	2.00	0.56	0.60
	輪島市	1.33	1.04	0.74	1.46	1.43	1.07	0.89	1.48	1.49	1.05	1.54	1.51	1.62	1.03	0.89
	羽咋郡志賀町	0.78	0.55	0.45	0.82	0.75	0.58	0.50	0.77	0.82	0.64	0.83	0.85	0.88	0.63	0.44
	羽咋市	0.55	0.37	0.38	0.62	0.69	0.46	0.40	0.63	0.73	0.46	0.67	0.68	0.71	0.46	0.37
	羽咋郡宝達志水町	0.48	0.38	0.36	0.57	0.57	0.45	0.44	0.61	0.58	0.46	0.60	0.58	0.62	0.47	0.28
	かほく市	0.46	0.32	0.38	0.55	0.51	0.40	0.36	0.61	0.54	0.45	0.64	0.55	0.64	0.40	0.29
	河北郡内灘町	0.56	0.36	0.36	0.55	0.66	0.41	0.40	0.62	0.72	0.48	0.66	0.72	0.69	0.34	0.24
	金沢市	0.48	0.35	0.35	0.53	0.46	0.43	0.41	0.54	0.55	0.46	0.55	0.58	0.59	0.39	0.26
	白山市	0.56	0.51	0.32	0.62	0.56	0.58	0.37	0.60	0.60	0.60	0.66	0.69	0.75	0.30	0.21
	能美市	0.48	0.40	0.33	0.52	0.48	0.47	0.42	0.49	0.54	0.56	0.55	0.55	0.60	0.30	0.16
	小松市	0.45	0.34	0.33	0.42	0.49	0.41	0.34	0.49	0.55	0.44	0.54	0.57	0.53	0.25	0.20
	加賀市	0.57	0.42	0.36	0.54	0.56	0.42	0.39	0.71	0.60	0.46	0.76	0.64	0.79	0.28	0.16

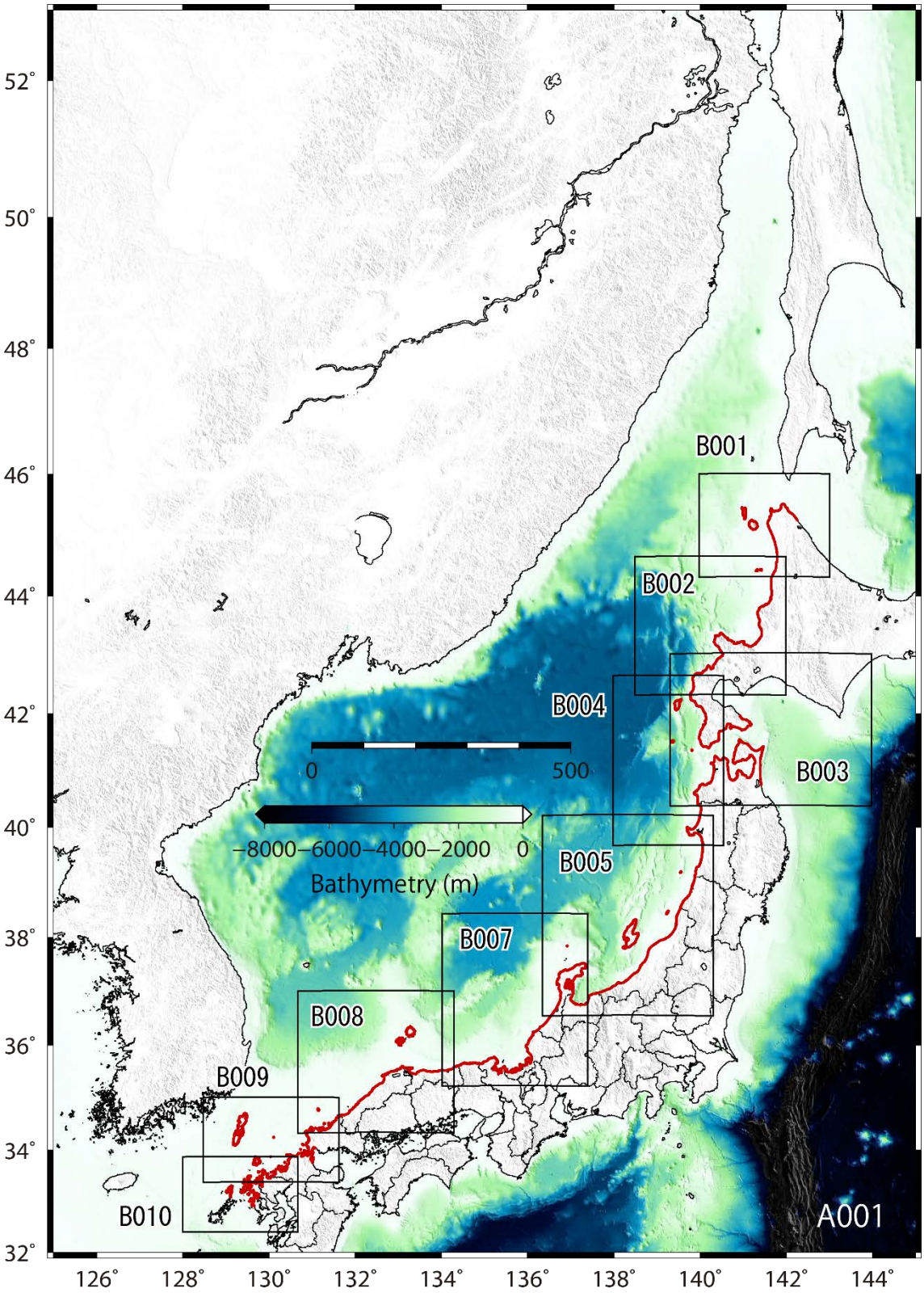


図 9　計算領域（A001：27 秒メッシュ、B001~B010（実線の矩形領域：B006 は除く）：9 秒メッシュ）ならびに 9 秒メッシュを用いた計算における津波高の出力点（赤）

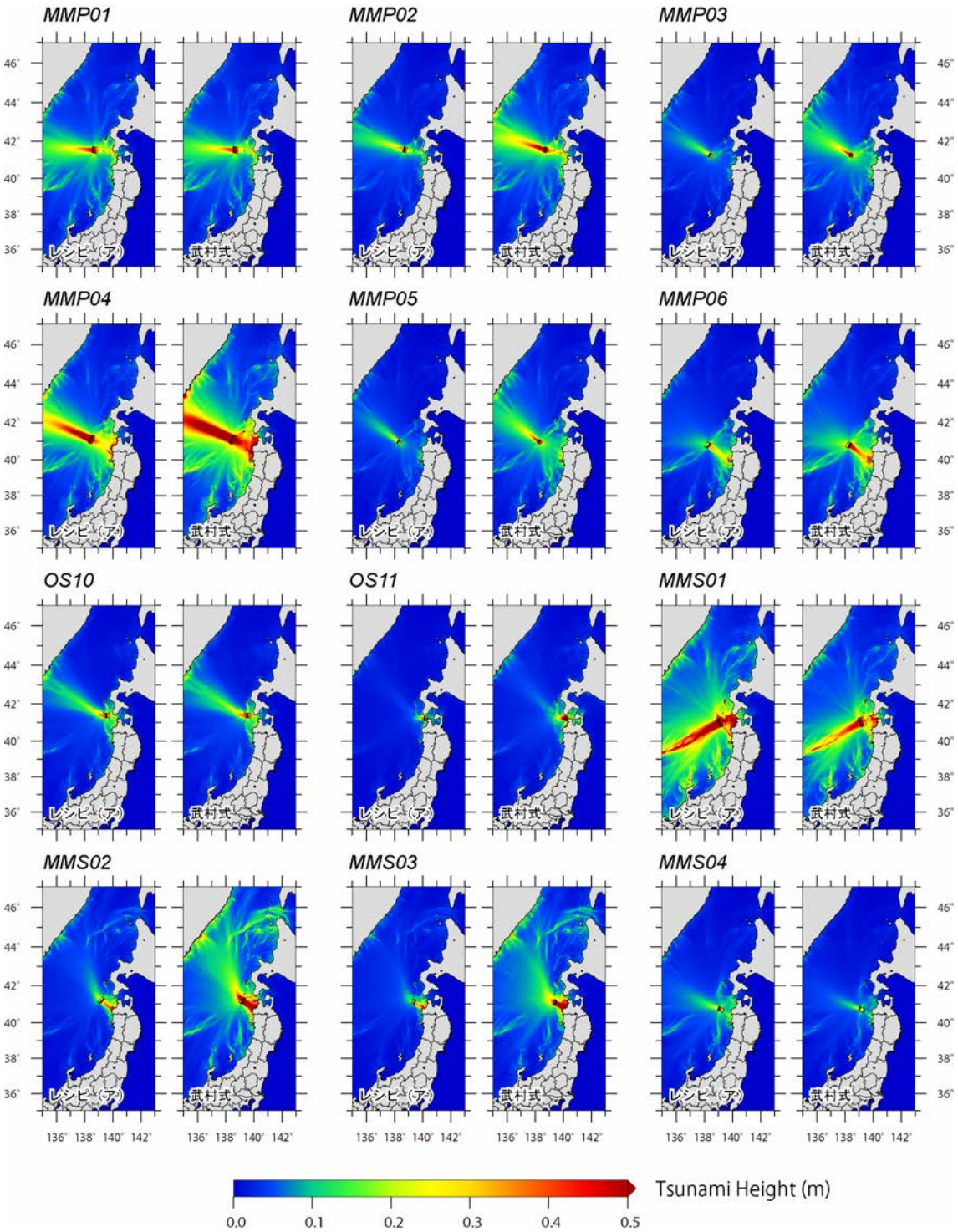


図 10　東北沖海域に分布する断層モデル（単独 67 モデル、連動 123 モデル）に対して計算された津波高分布

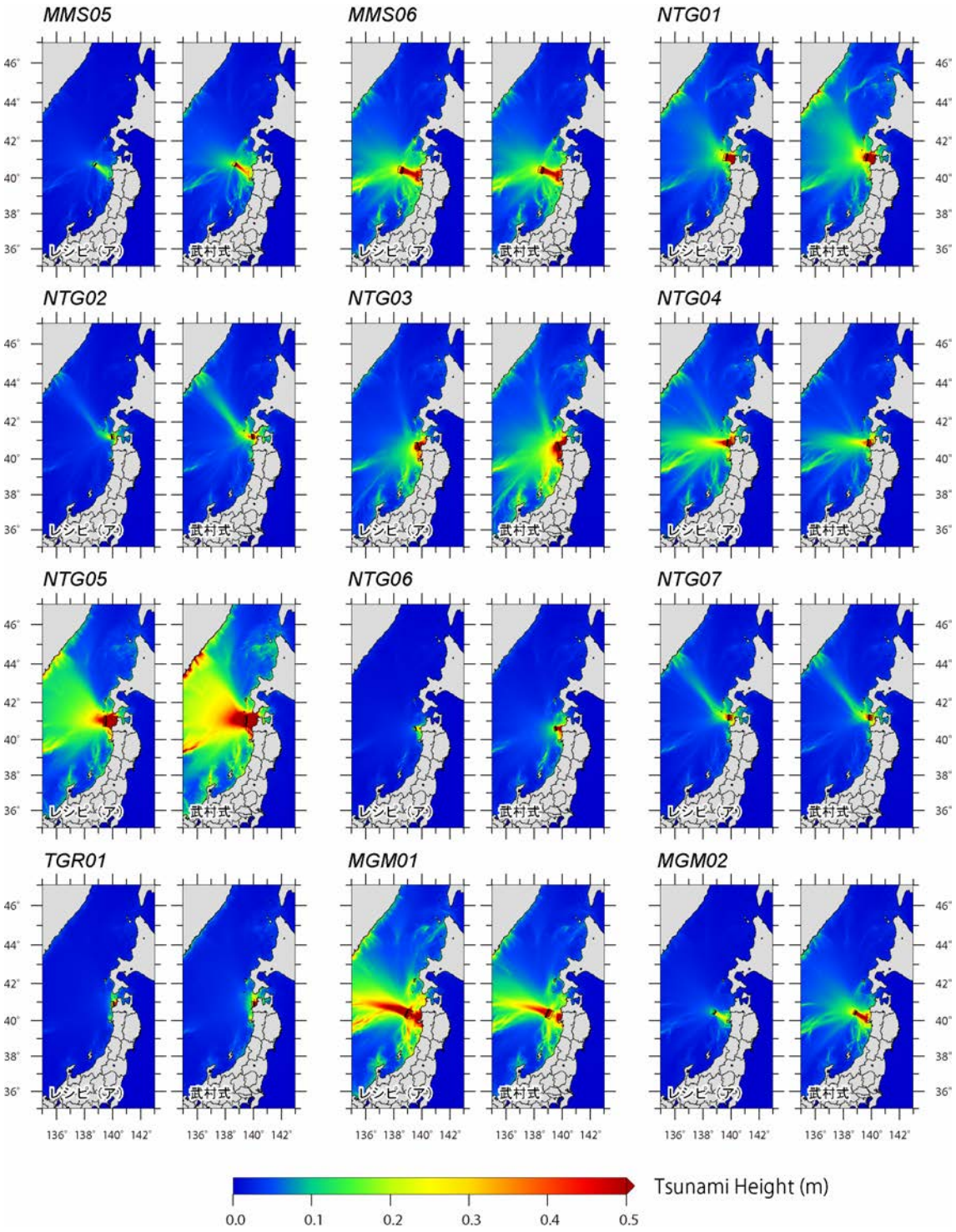

MMS05
MMS06
NTG01
NTG02
NTG03
NTG04
NTG05
NTG06
NTG07
TGR01
MGM01
MGM02
レシピ（ア）
武村式
46°
44°
42°
40°
38°
36°
136° 138° 140° 142°
Tsunami Height (m)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5

図 10（続き）

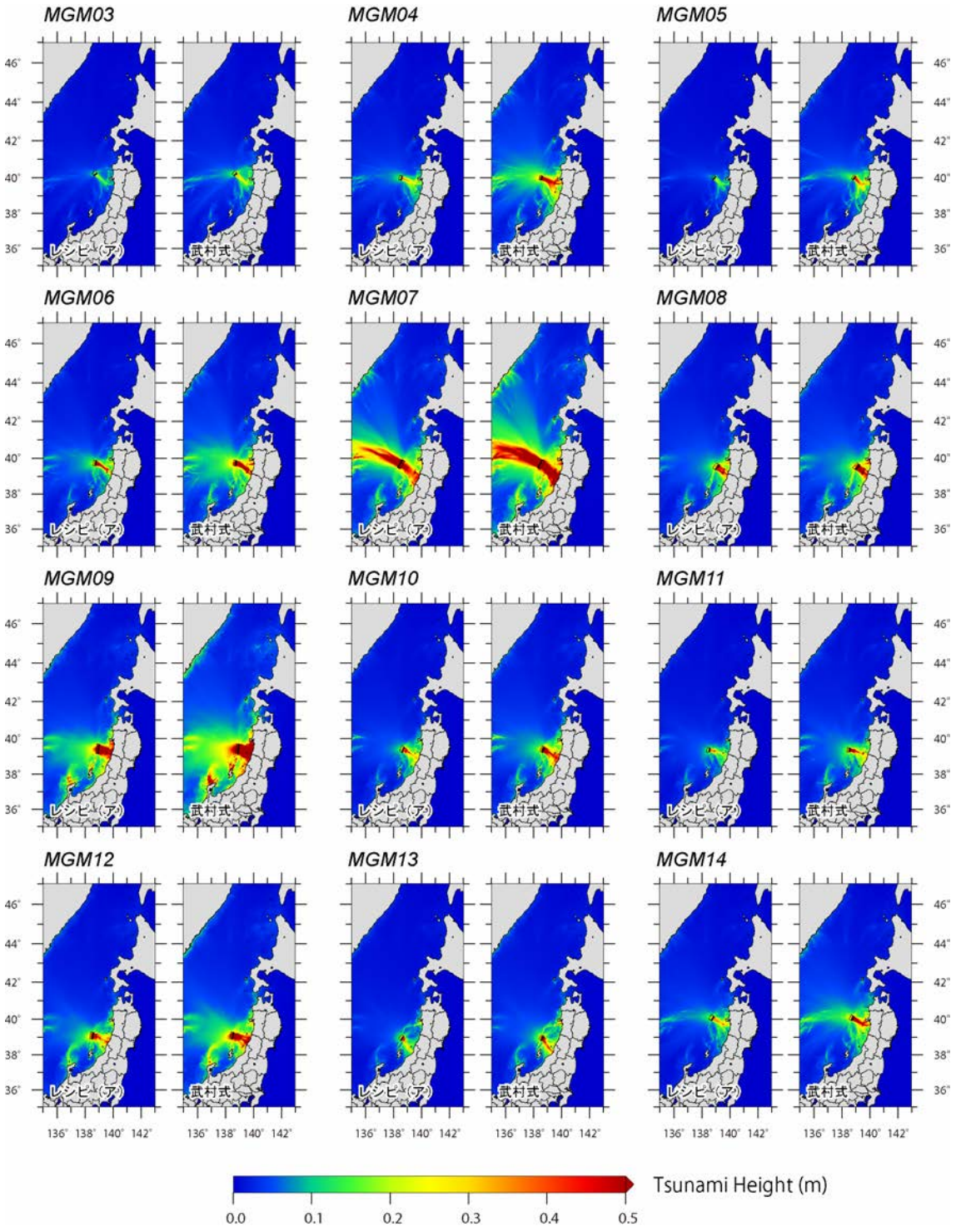

MGM03
MGM04
MGM05
MGM06
MGM07
MGM08
MGM09
MGM10
MGM11
MGM12
MGM13
MGM14
レシピ（ア）
武村式
46°
44°
42°
40°
38°
36°
136° 138° 140° 142°
Tsunami Height (m)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5

図 10（続き）

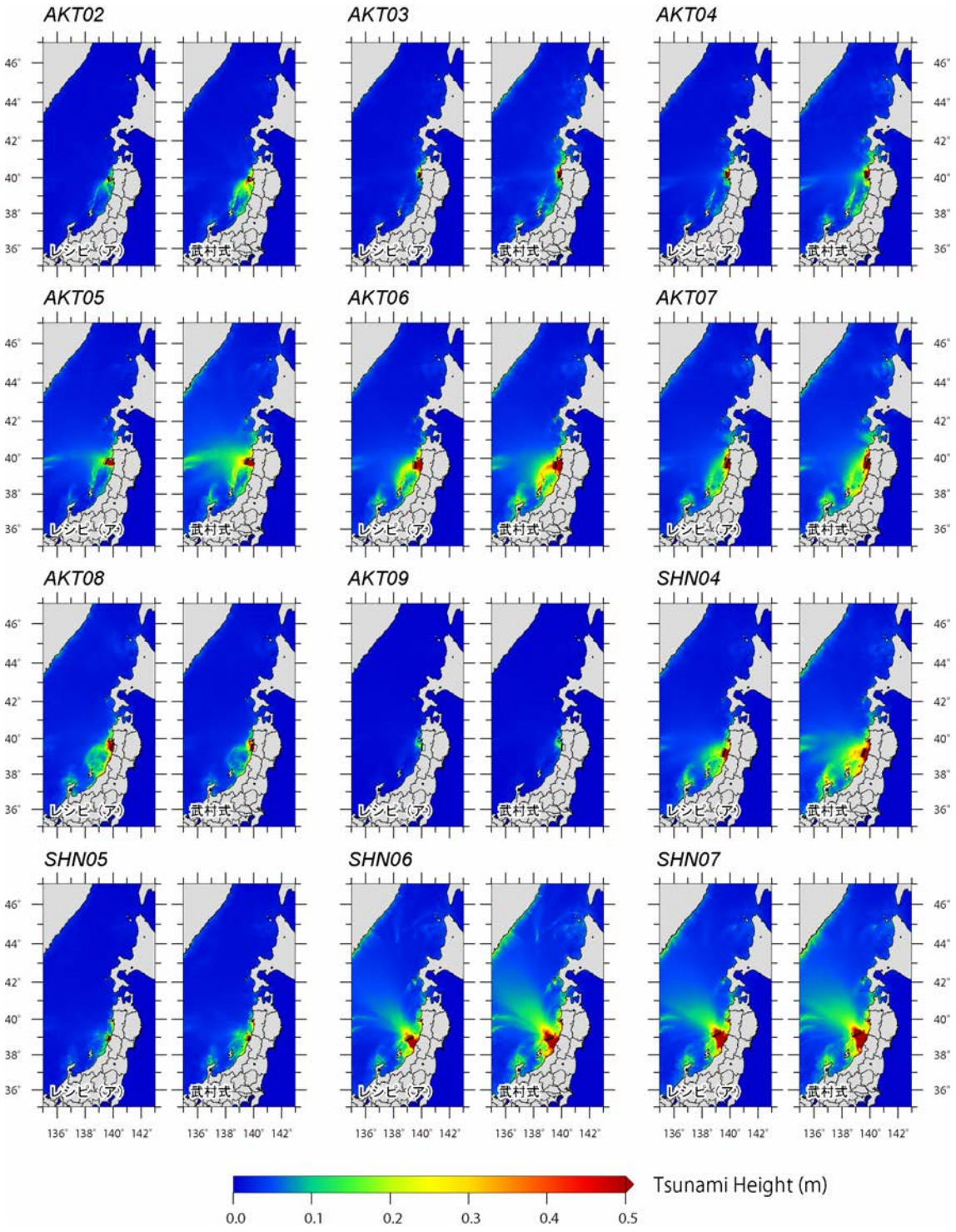

AKT02
AKT03
AKT04
AKT05
AKT06
AKT07
AKT08
AKT09
SHN04
SHN05
SHN06
SHN07
レシピ（ア）
武村式
46°
44°
42°
40°
38°
36°
136° 138° 140° 142°
Tsunami Height (m)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5

図 10（続き）

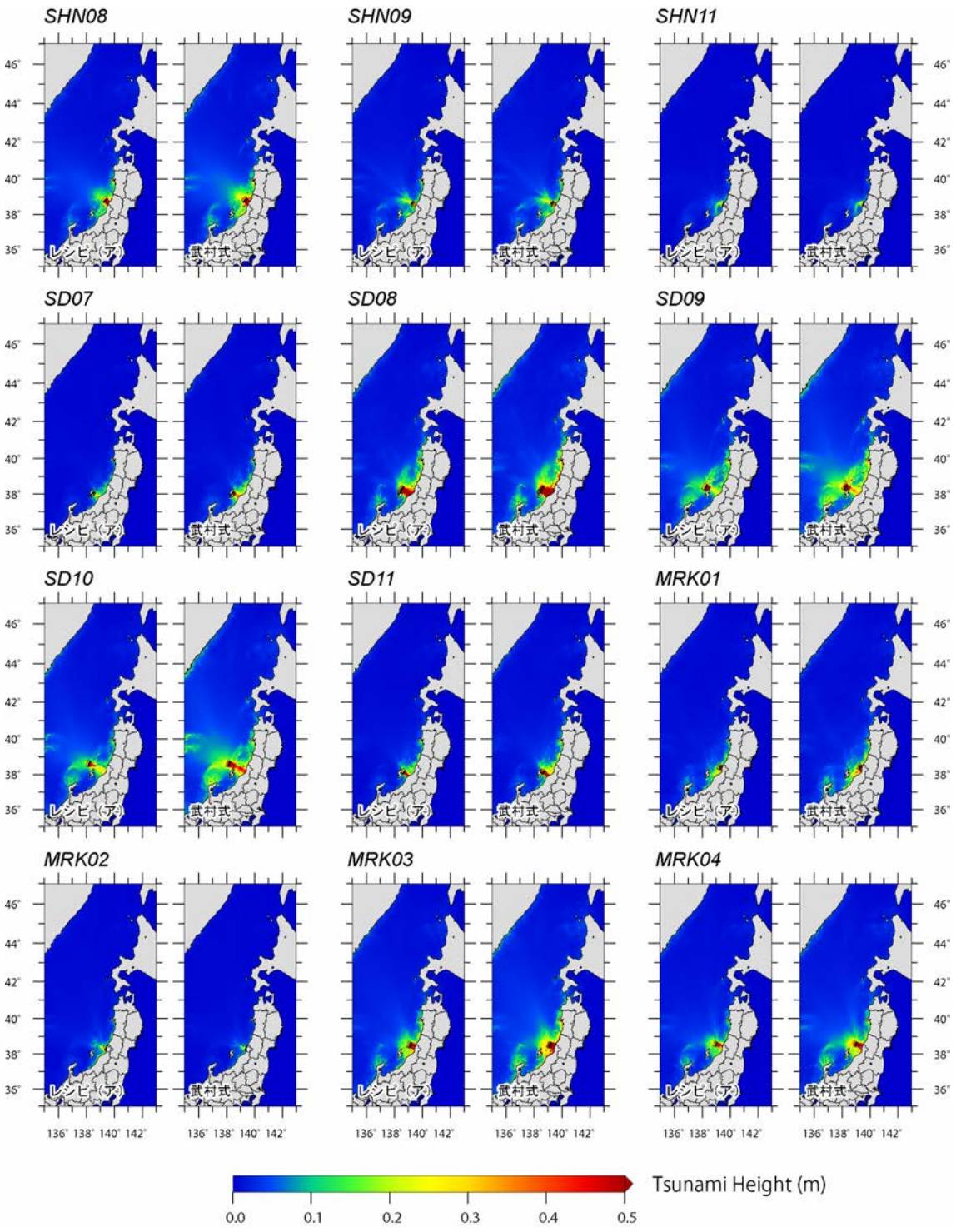

SHN08
SHN09
SHN11
SD07
SD08
SD09
SD10
SD11
MRK01
MRK02
MRK03
MRK04
レシピ（ア）
武村式
46°
44°
42°
40°
38°
36°
136° 138° 140° 142°
Tsunami Height (m)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5

図 10（続き）

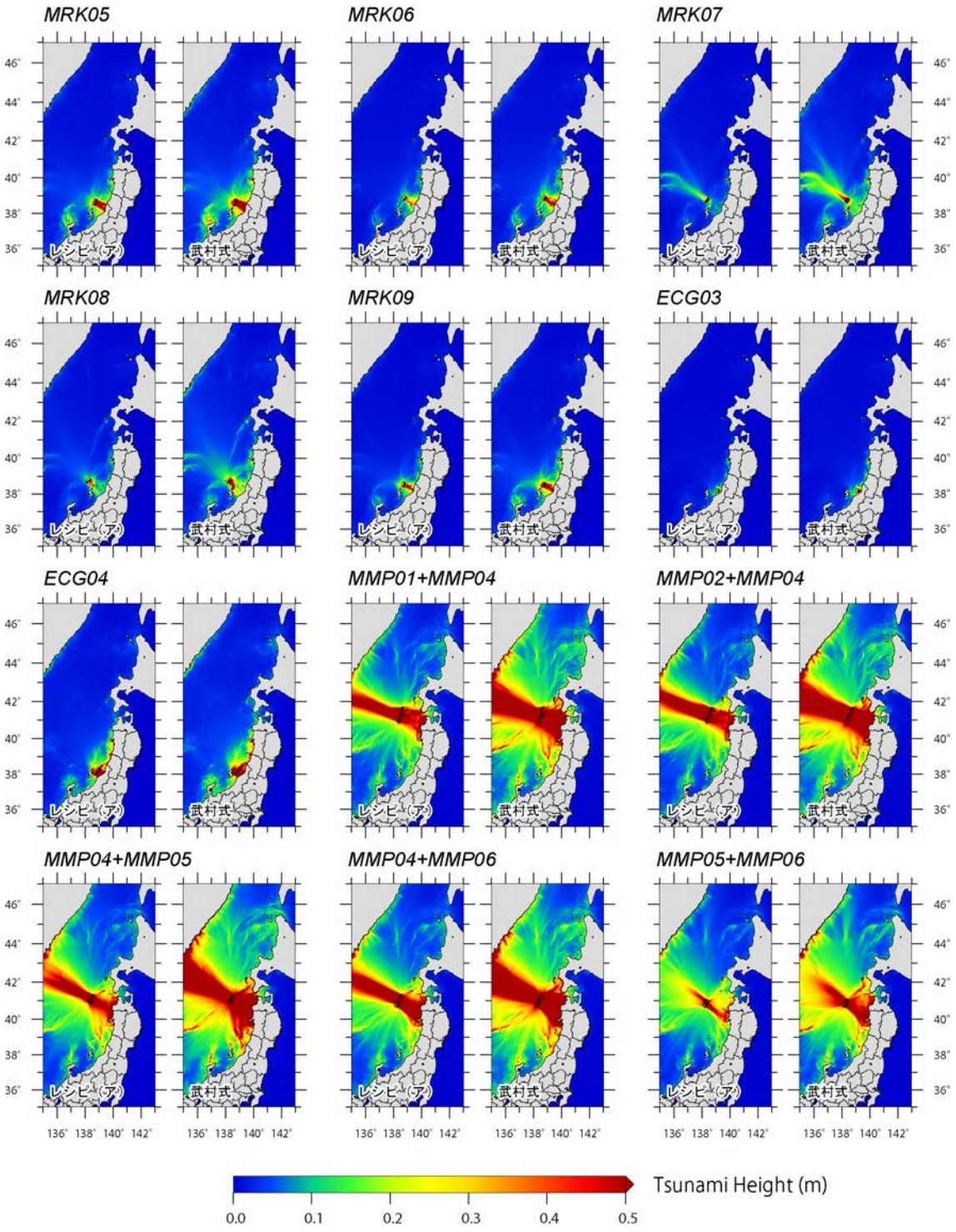

MRK05
MRK06
MRK07
MRK08
MRK09
ECG03
ECG04
MMP01+MMP04
MMP02+MMP04
MMP04+MMP05
MMP04+MMP06
MMP05+MMP06
レシピ（ア）
武村式
46°
44°
42°
40°
38°
36°
136° 138° 140° 142°
Tsunami Height (m)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5

図 10（続き）

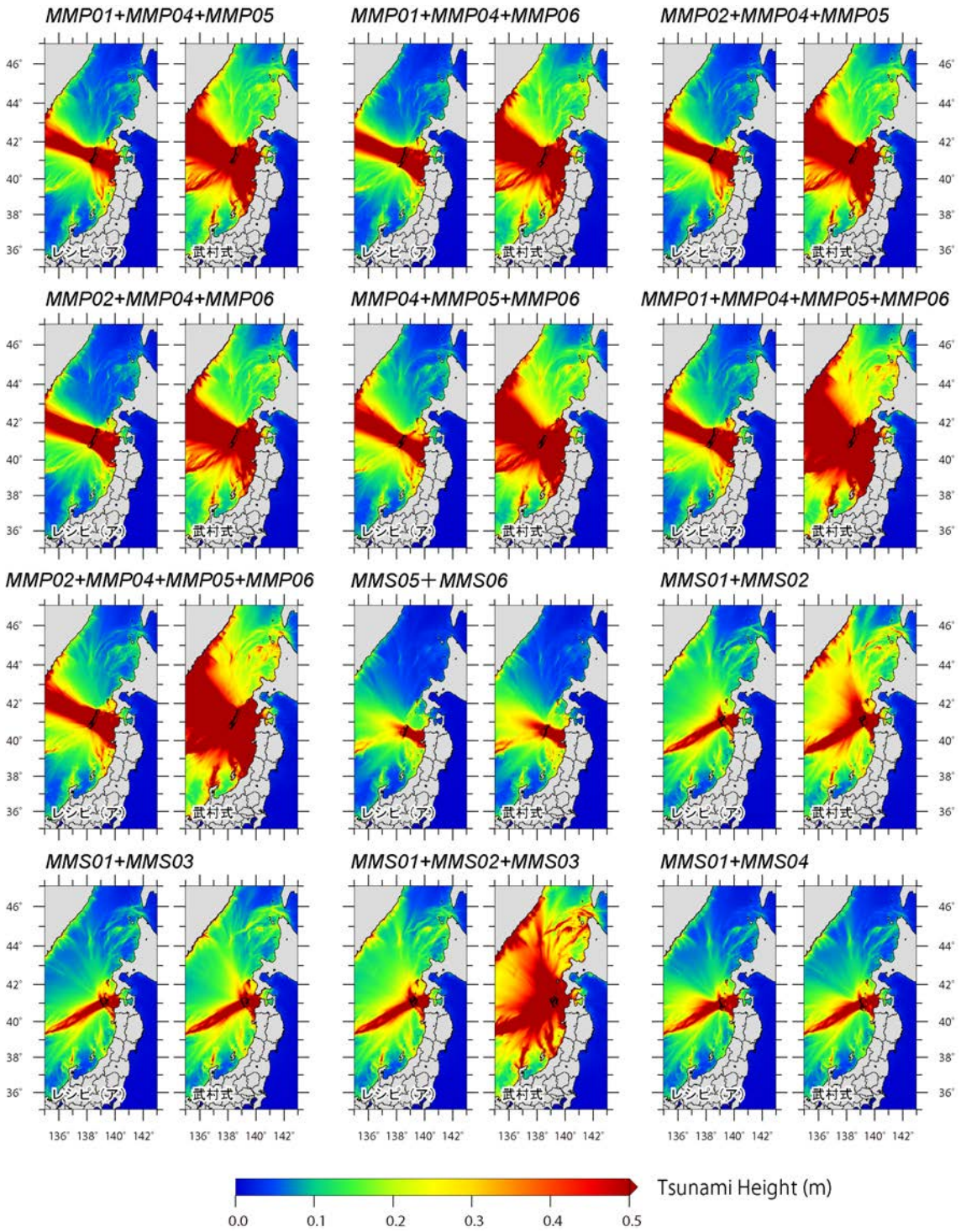

MMP01+MMP04+MMP05
MMP01+MMP04+MMP06
MMP02+MMP04+MMP05
MMP02+MMP04+MMP06
MMP04+MMP05+MMP06
MMP01+MMP04+MMP05+MMP06
MMP02+MMP04+MMP05+MMP06
MMS05＋MMS06
MMS01+MMS02
MMS01+MMS03
MMS01+MMS02+MMS03
MMS01+MMS04
レシピ（ア）
武村式
46°
44°
42°
40°
38°
36°
136° 138° 140° 142°
Tsunami Height (m)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5

図 10（続き）

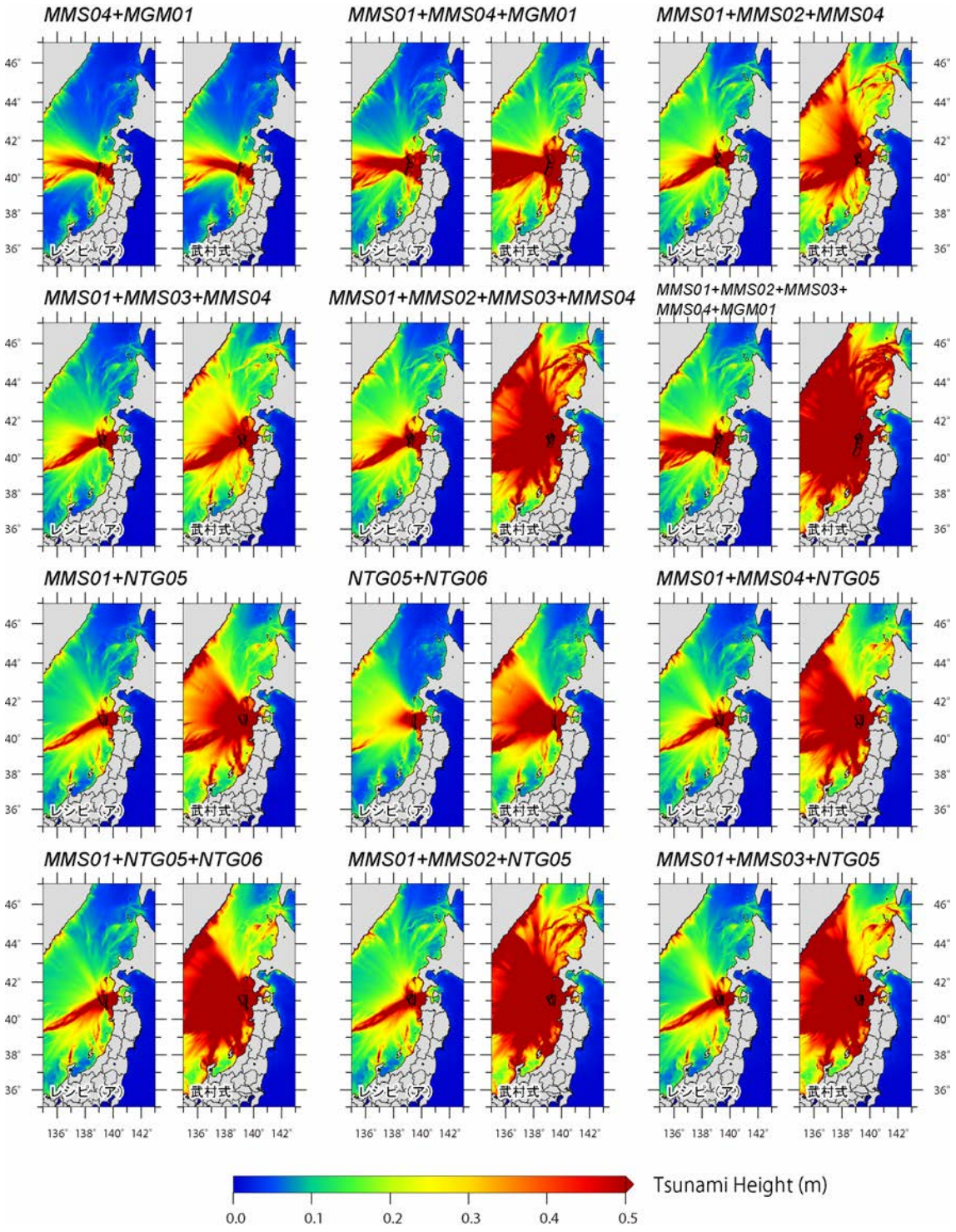

MMS04+MGM01
MMS01+MMS04+MGM01
MMS01+MMS02+MMS04
MMS01+MMS03+MMS04
MMS01+MMS02+MMS03+MMS04
MMS01+MMS02+MMS03+
MMS04+MGM01
MMS01+NTG05
NTG05+NTG06
MMS01+MMS04+NTG05
MMS01+NTG05+NTG06
MMS01+MMS02+NTG05
MMS01+MMS03+NTG05
レシピ（ア）
武村式
46°
44°
42°
40°
38°
36°
136° 138° 140° 142°
Tsunami Height (m)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5

図 10（続き）

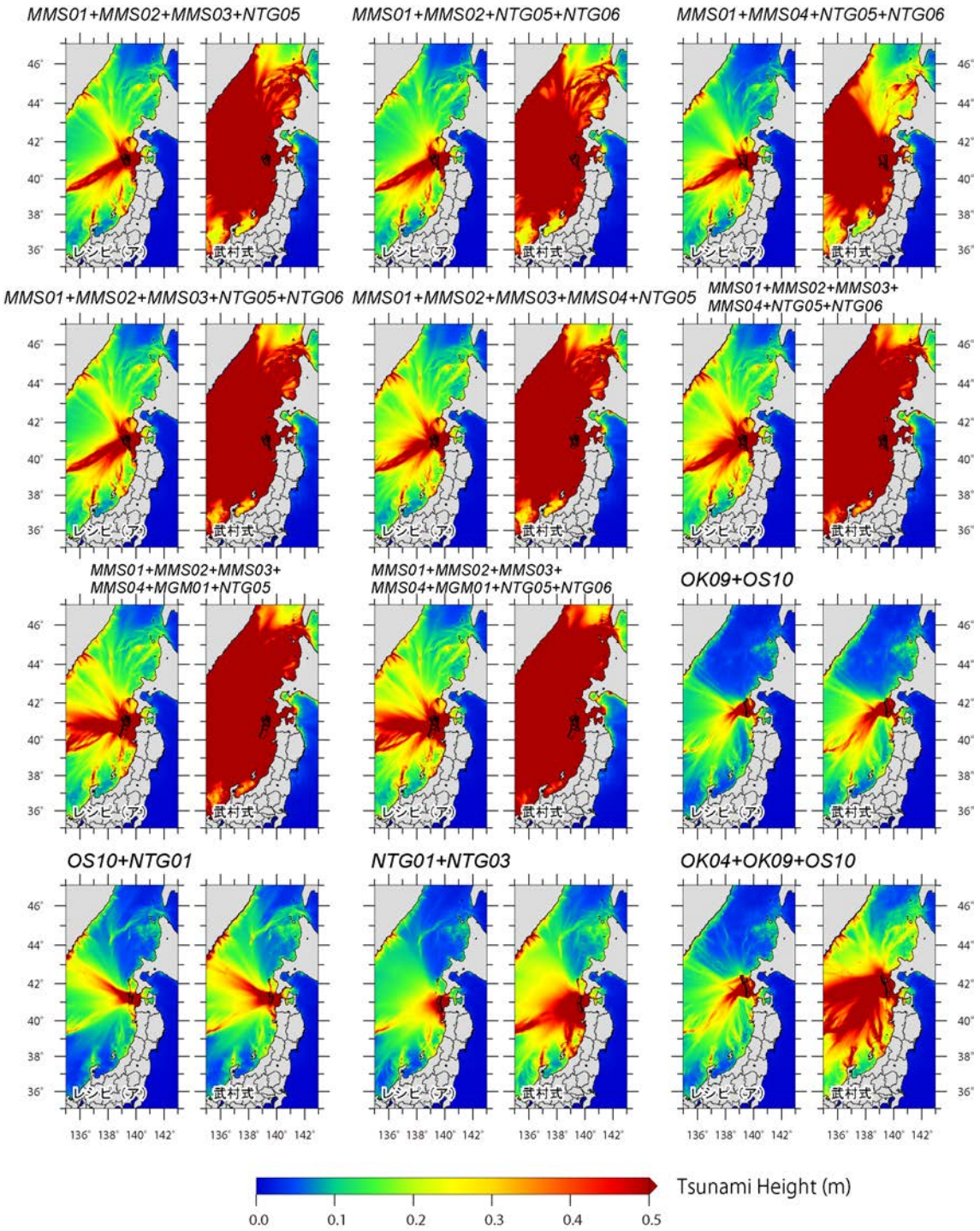

MMS01+MMS02+MMS03+NTG05
MMS01+MMS02+NTG05+NTG06
MMS01+MMS04+NTG05+NTG06
MMS01+MMS02+MMS03+NTG05+NTG06
MMS01+MMS02+MMS03+MMS04+NTG05
MMS01+MMS02+MMS03+
MMS04+NTG05+NTG06
MMS01+MMS02+MMS03+
MMS04+MGM01+NTG05
MMS01+MMS02+MMS03+
MMS04+MGM01+NTG05+NTG06
OK09+OS10
OS10+NTG01
NTG01+NTG03
OK04+OK09+OS10
レシピ（ア）
武村式
46°
44°
42°
40°
38°
36°
136° 138° 140° 142°
Tsunami Height (m)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5

図 10（続き）

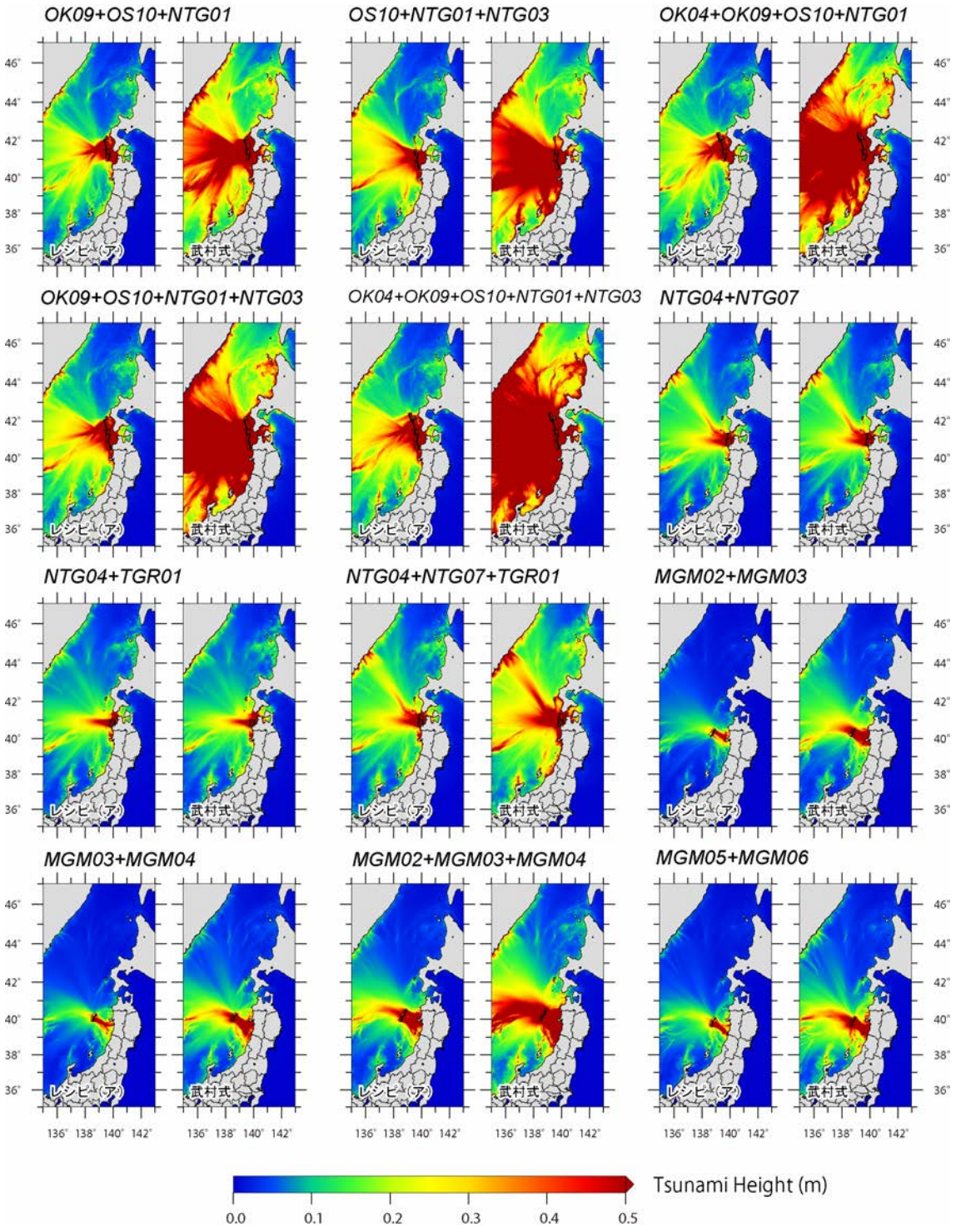

OK09+OS10+NTG01
OS10+NTG01+NTG03
OK04+OK09+OS10+NTG01
OK09+OS10+NTG01+NTG03
OK04+OK09+OS10+NTG01+NTG03
NTG04+NTG07
NTG04+TGR01
NTG04+NTG07+TGR01
MGM02+MGM03
MGM03+MGM04
MGM02+MGM03+MGM04
MGM05+MGM06
レシピ（ア）
武村式
46°
44°
42°
40°
38°
36°
136° 138° 140° 142°
Tsunami Height (m)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5

図 10（続き）

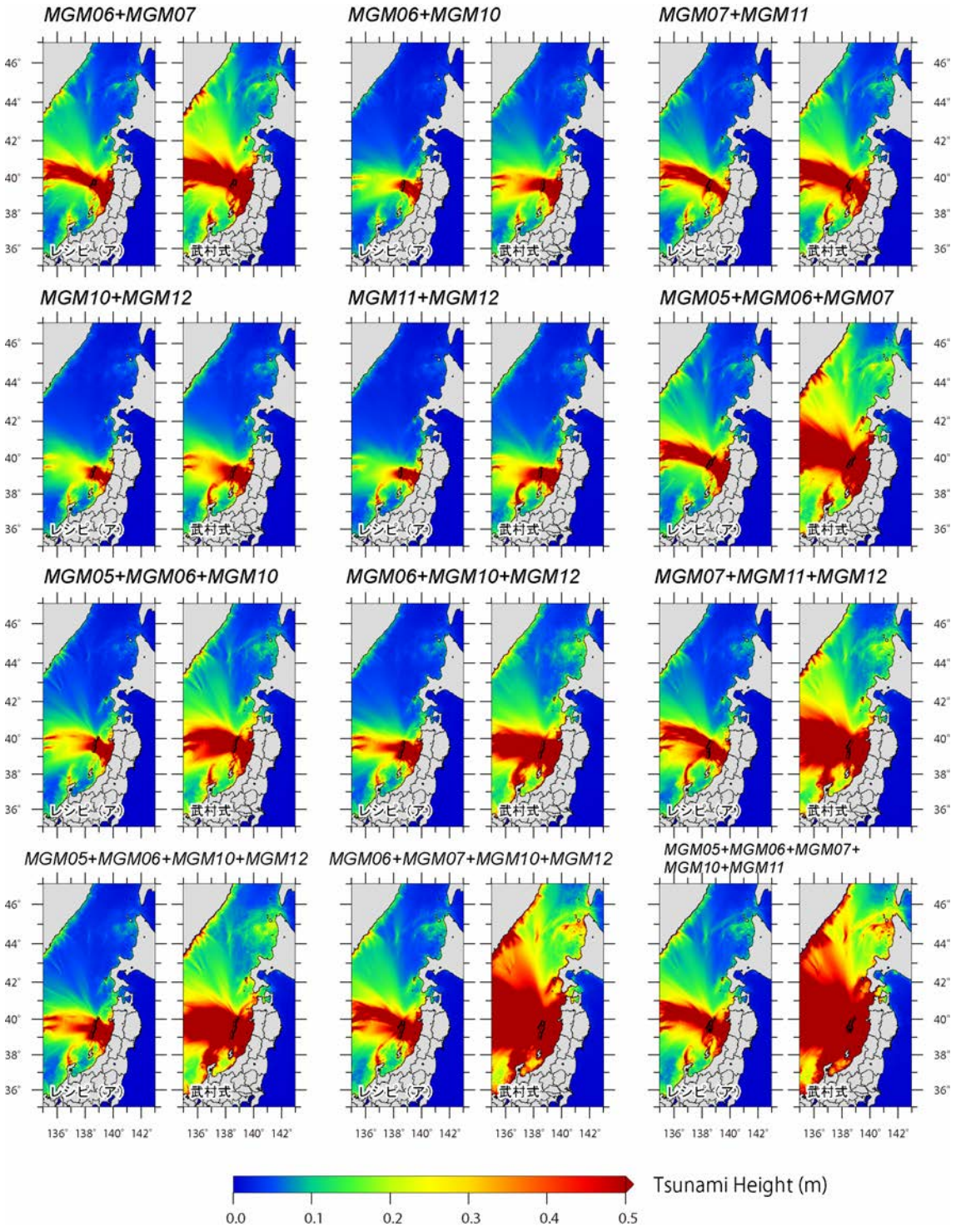

MGM06+MGM07
MGM06+MGM10
MGM07+MGM11
MGM10+MGM12
MGM11+MGM12
MGM05+MGM06+MGM07
MGM05+MGM06+MGM10
MGM06+MGM10+MGM12
MGM07+MGM11+MGM12
MGM05+MGM06+MGM10+MGM12
MGM06+MGM07+MGM10+MGM12
MGM05+MGM06+MGM07+
MGM10+MGM11
レシピ（ア）
武村式
46°
44°
42°
40°
38°
36°
136° 138° 140° 142°
Tsunami Height (m)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5

図 10（続き）

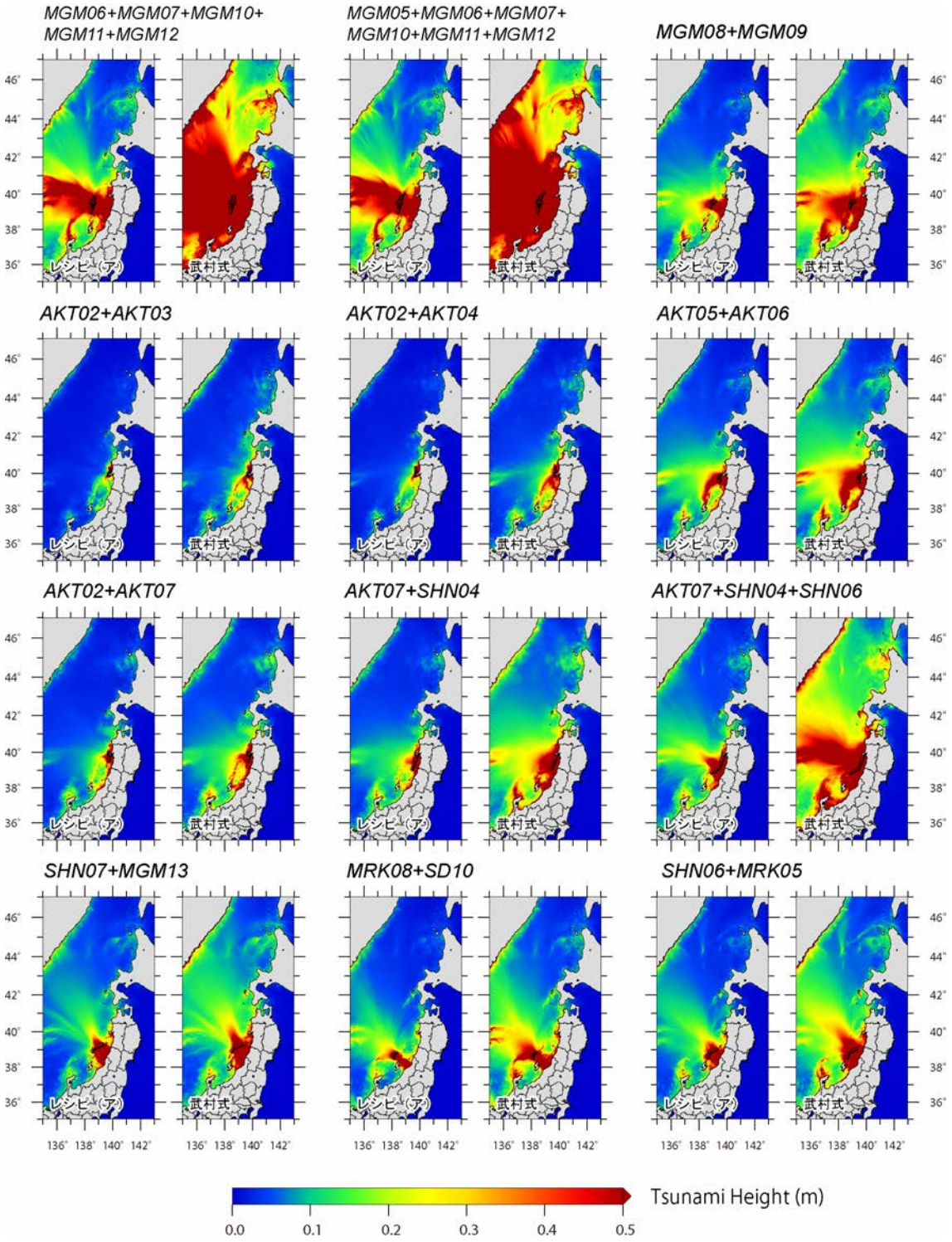

MGM06+MGM07+MGM10+
MGM11+MGM12
MGM05+MGM06+MGM07+
MGM10+MGM11+MGM12
MGM08+MGM09
AKT02+AKT03
AKT02+AKT04
AKT05+AKT06
AKT02+AKT07
AKT07+SHN04
AKT07+SHN04+SHN06
SHN07+MGM13
MRK08+SD10
SHN06+MRK05
レシピ（ア）
武村式
46°
44°
42°
40°
38°
36°
136° 138° 140° 142°
Tsunami Height (m)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5

図 10（続き）

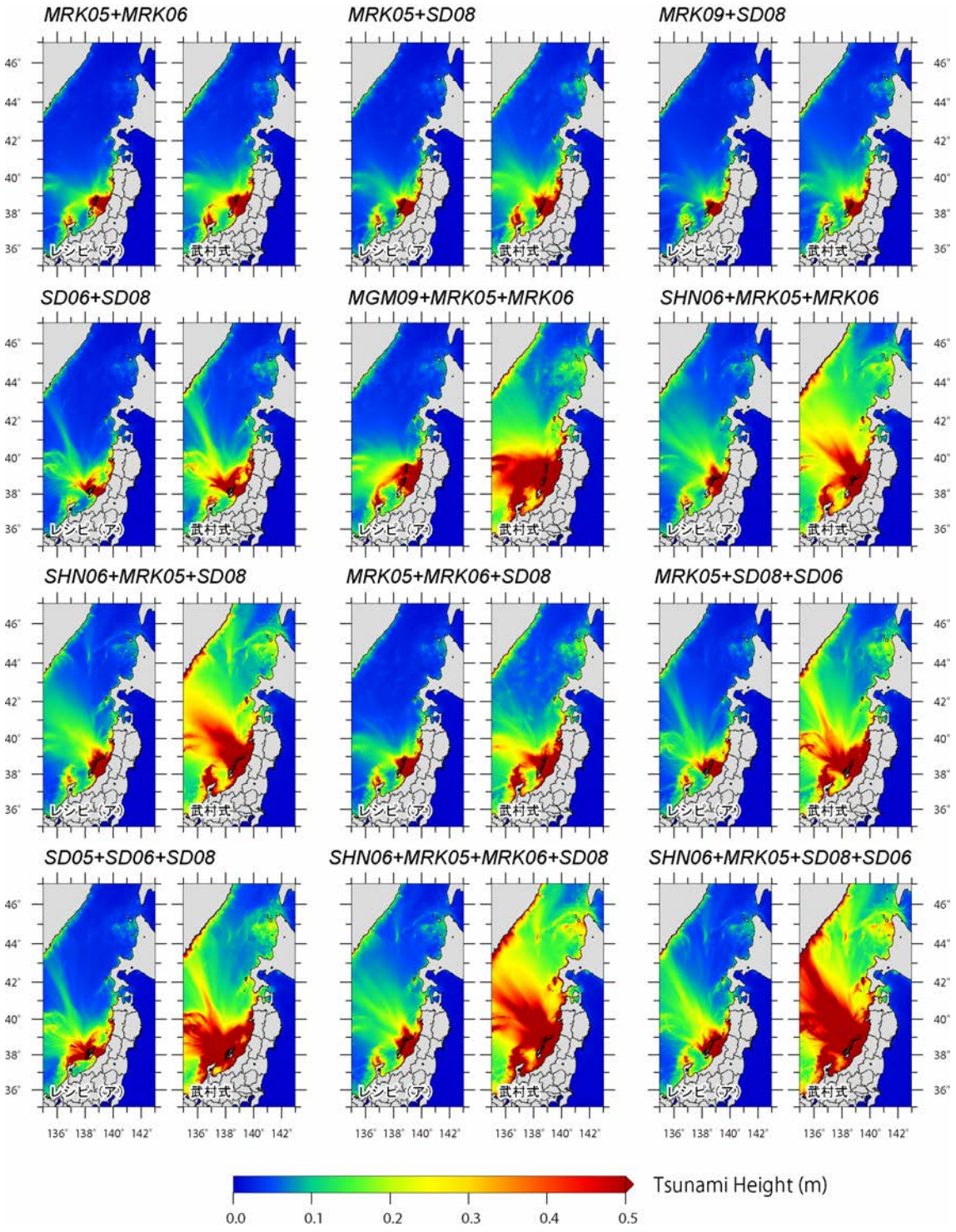

MRK05+MRK06
MRK05+SD08
MRK09+SD08
SD06+SD08
MGM09+MRK05+MRK06
SHN06+MRK05+MRK06
SHN06+MRK05+SD08
MRK05+MRK06+SD08
MRK05+SD08+SD06
SD05+SD06+SD08
SHN06+MRK05+MRK06+SD08
SHN06+MRK05+SD08+SD06
レシピ（ア）
武村式
46°
44°
42°
40°
38°
36°
136° 138° 140° 142°
Tsunami Height (m)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5

図 10（続き）

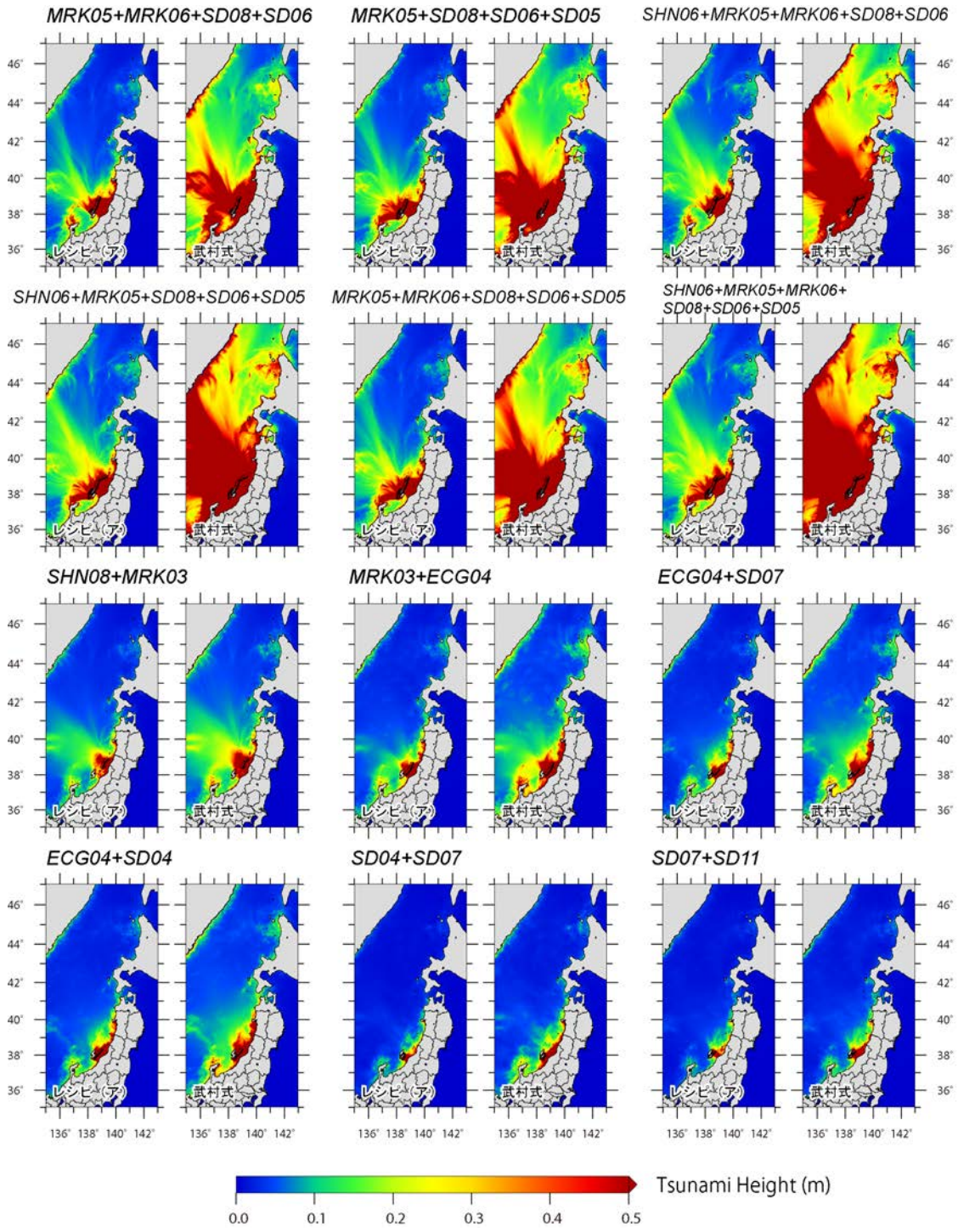

MRK05+MRK06+SD08+SD06
MRK05+SD08+SD06+SD05
SHN06+MRK05+MRK06+SD08+SD06
SHN06+MRK05+SD08+SD06+SD05
MRK05+MRK06+SD08+SD06+SD05
SHN06+MRK05+MRK06+
SD08+SD06+SD05
SHN08+MRK03
MRK03+ECG04
ECG04+SD07
ECG04+SD04
SD04+SD07
SD07+SD11
レシピ（ア）
武村式
46°
44°
42°
40°
38°
36°
136° 138° 140° 142°
Tsunami Height (m)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5

図 10（続き）

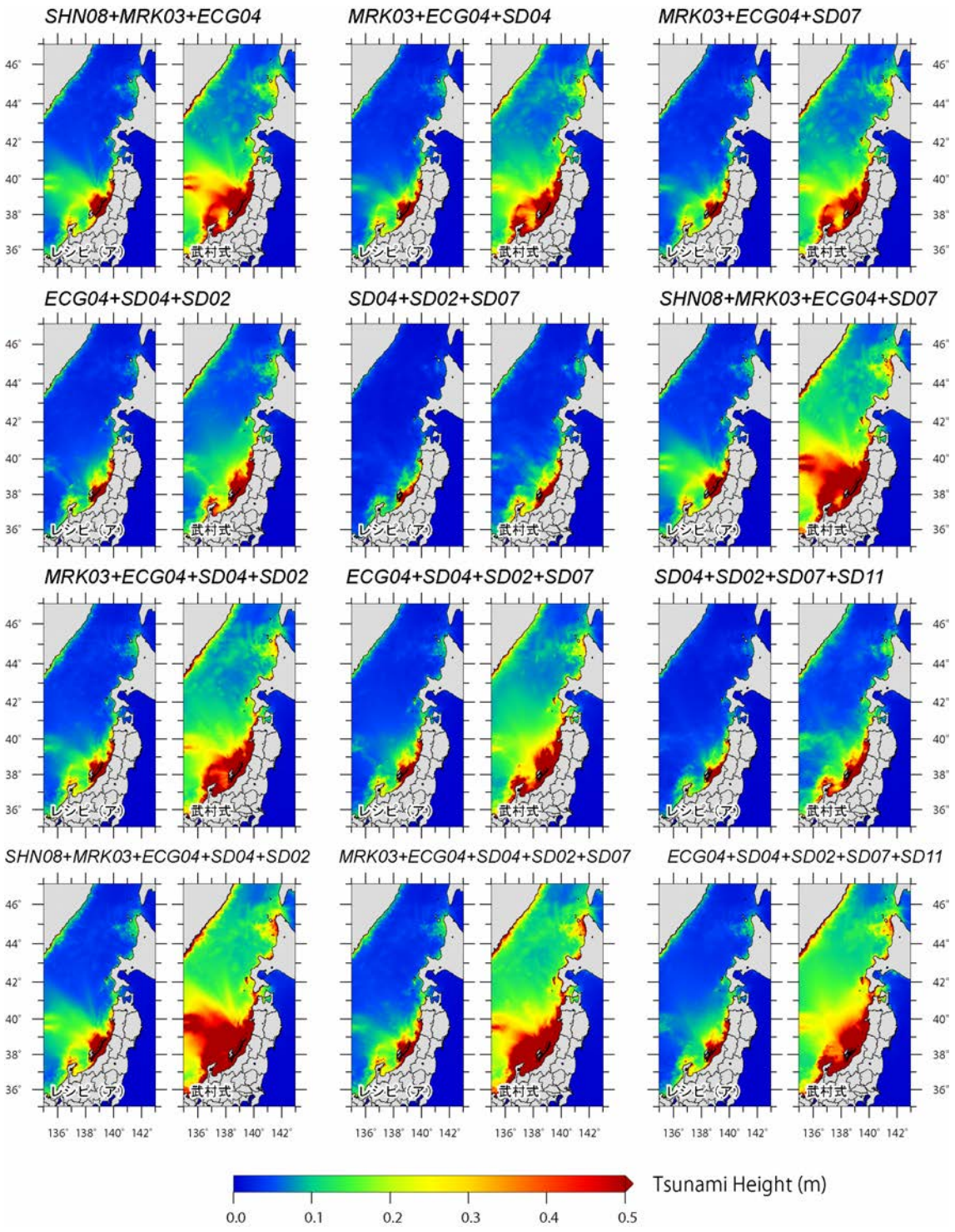

SHN08+MRK03+ECG04
MRK03+ECG04+SD04
MRK03+ECG04+SD07
ECG04+SD04+SD02
SD04+SD02+SD07
SHN08+MRK03+ECG04+SD07
MRK03+ECG04+SD04+SD02
ECG04+SD04+SD02+SD07
SD04+SD02+SD07+SD11
SHN08+MRK03+ECG04+SD04+SD02
MRK03+ECG04+SD04+SD02+SD07
ECG04+SD04+SD02+SD07+SD11
レシピ（ア）
武村式
46°
44°
42°
40°
38°
36°
136° 138° 140° 142°
Tsunami Height (m)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5

図 10（続き）

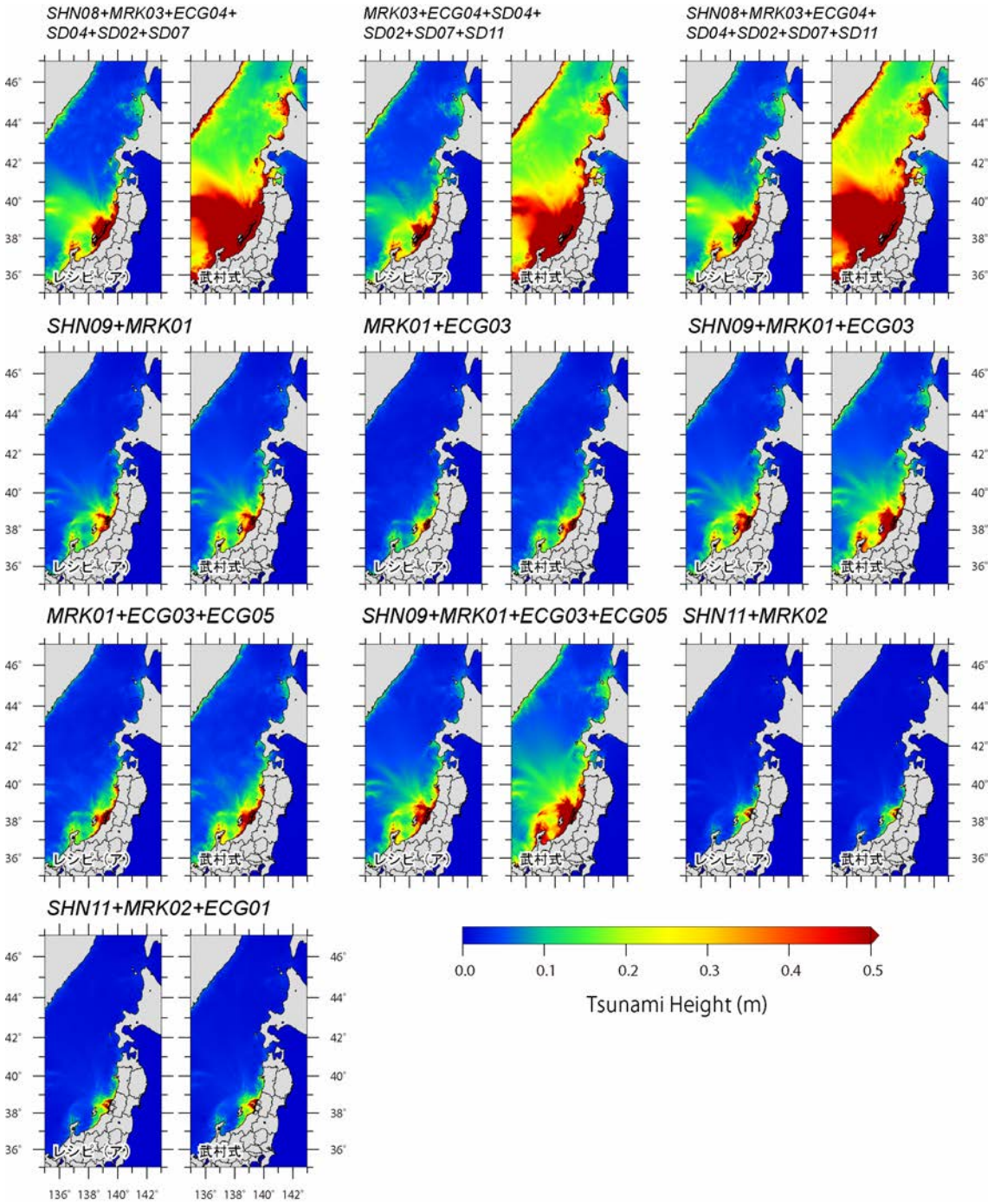

SHN08+MRK03+ECG04+
SD04+SD02+SD07
MRK03+ECG04+SD04+
SD02+SD07+SD11
SHN08+MRK03+ECG04+
SD04+SD02+SD07+SD11
SHN09+MRK01
MRK01+ECG03
SHN09+MRK01+ECG03
MRK01+ECG03+ECG05
SHN09+MRK01+ECG03+ECG05
SHN11+MRK02
SHN11+MRK02+ECG01
レシピ（ア）
武村式
46°
44°
42°
40°
38°
36°
136° 138° 140° 142°
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
Tsunami Height (m)

図 10（続き）

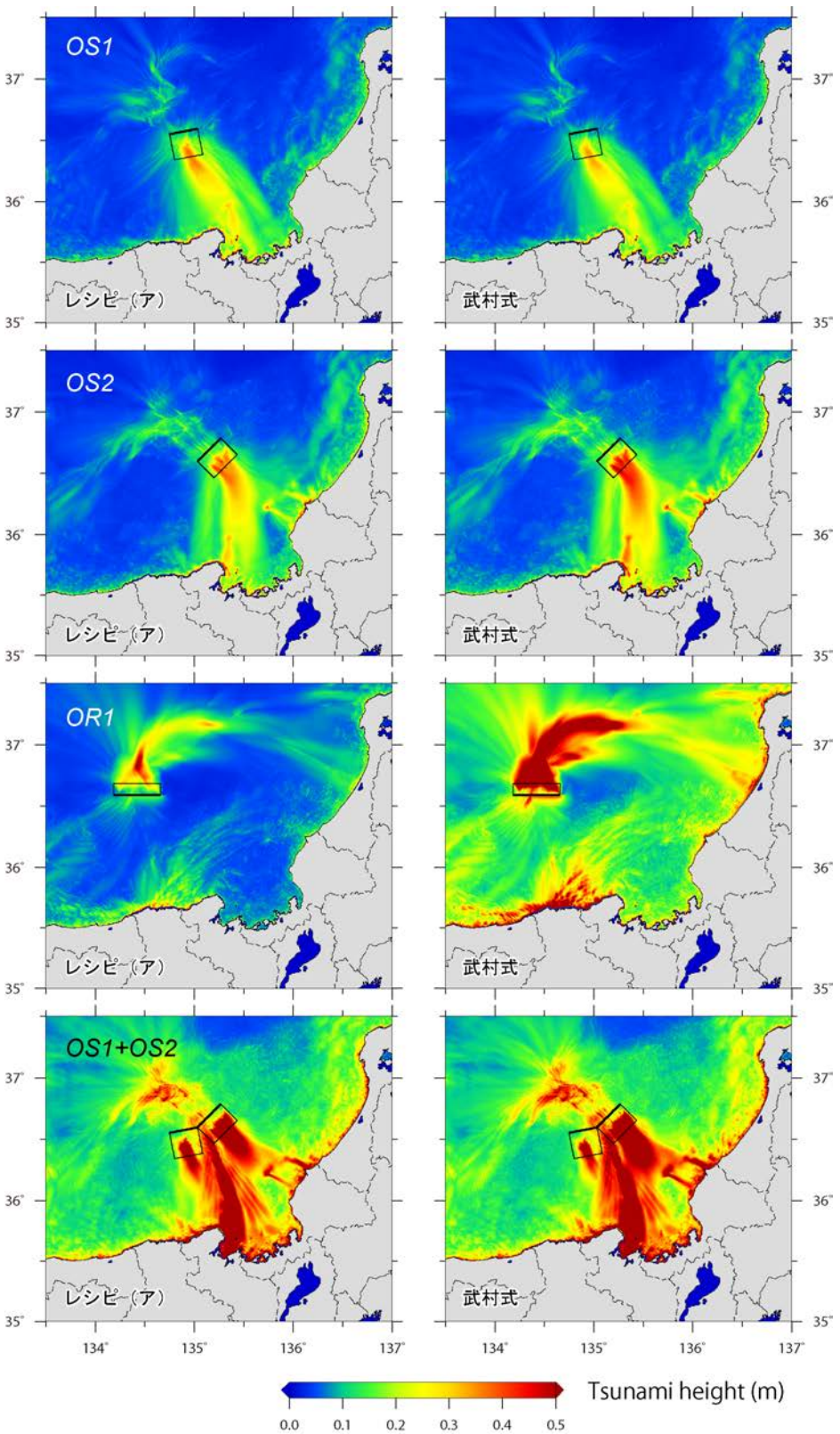


図 11　隠岐トラフ周辺海域の断層モデル（単独 3 モデル、連動 1 モデル）に対して計算された津波高分布

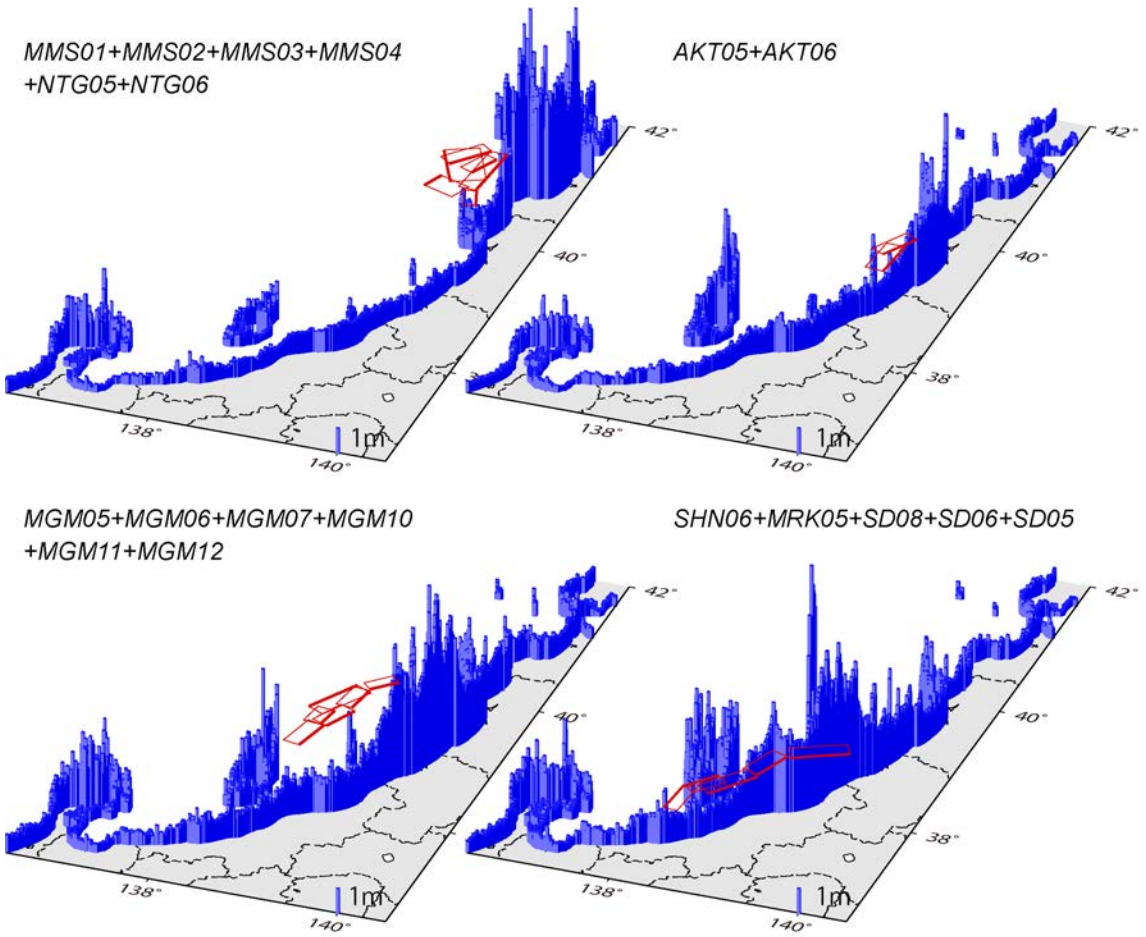


図 12　連動モデル（MMS01+MMS02+MMS03+MMS04+NTG05+NTG06、AKT05+AKT06、MGM05+MGM06+MGM07+MGM10+MGM11+MGM12 ならびに SHN06+MRK05+SD08+SD06+SD05）による沿岸における津波高の分布。断層すべり量はレシピ（ア）による。

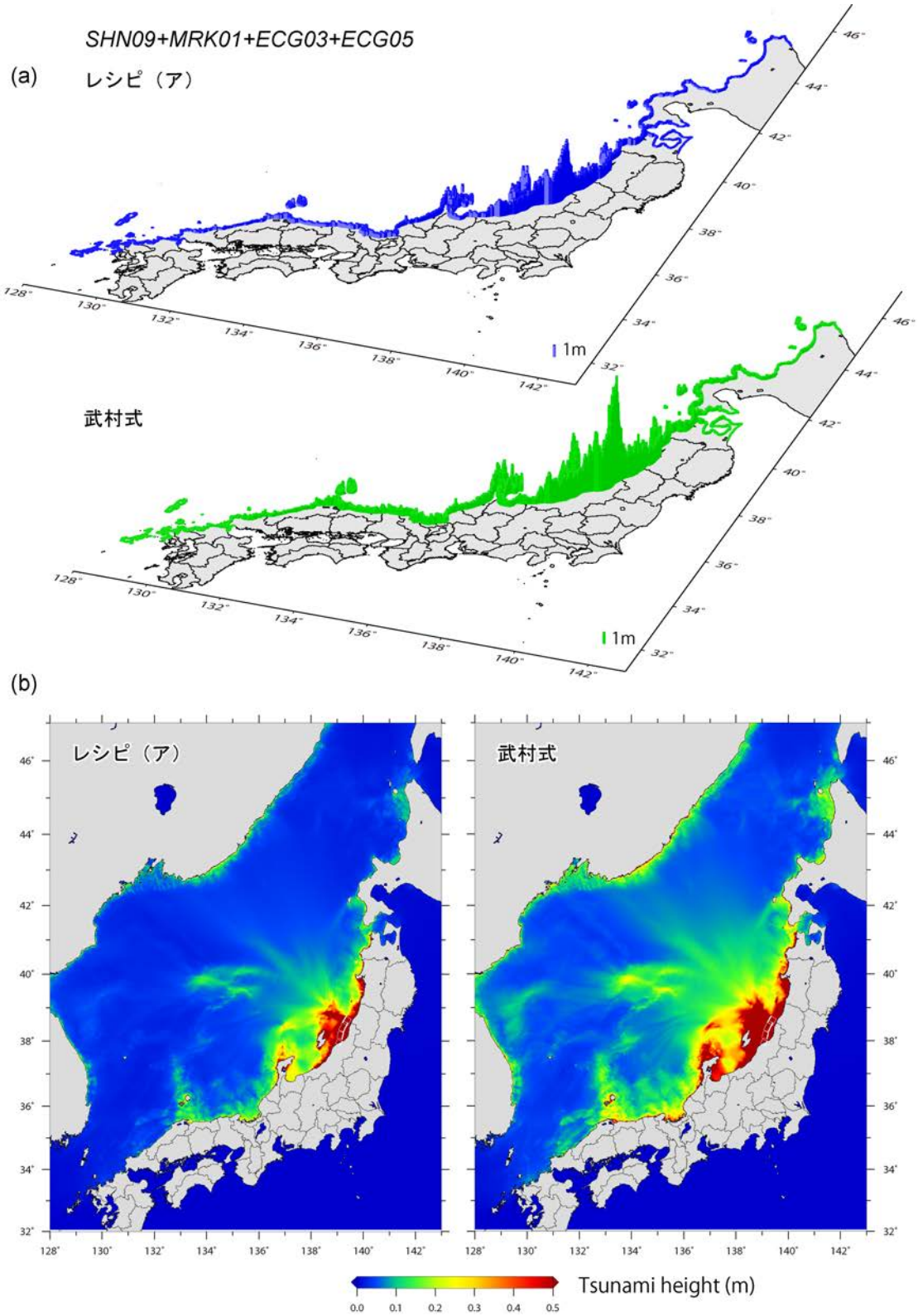


図 13　レシピ（ア）ならびに武村式から算出された断層すべり量を用いた、(a) 連動モデル SHN09+MRK01+ECG03+ECG05 に対する北海道～長崎県沿岸域における最大津波高ならびに (b) 日本海全域における津波高の分布。

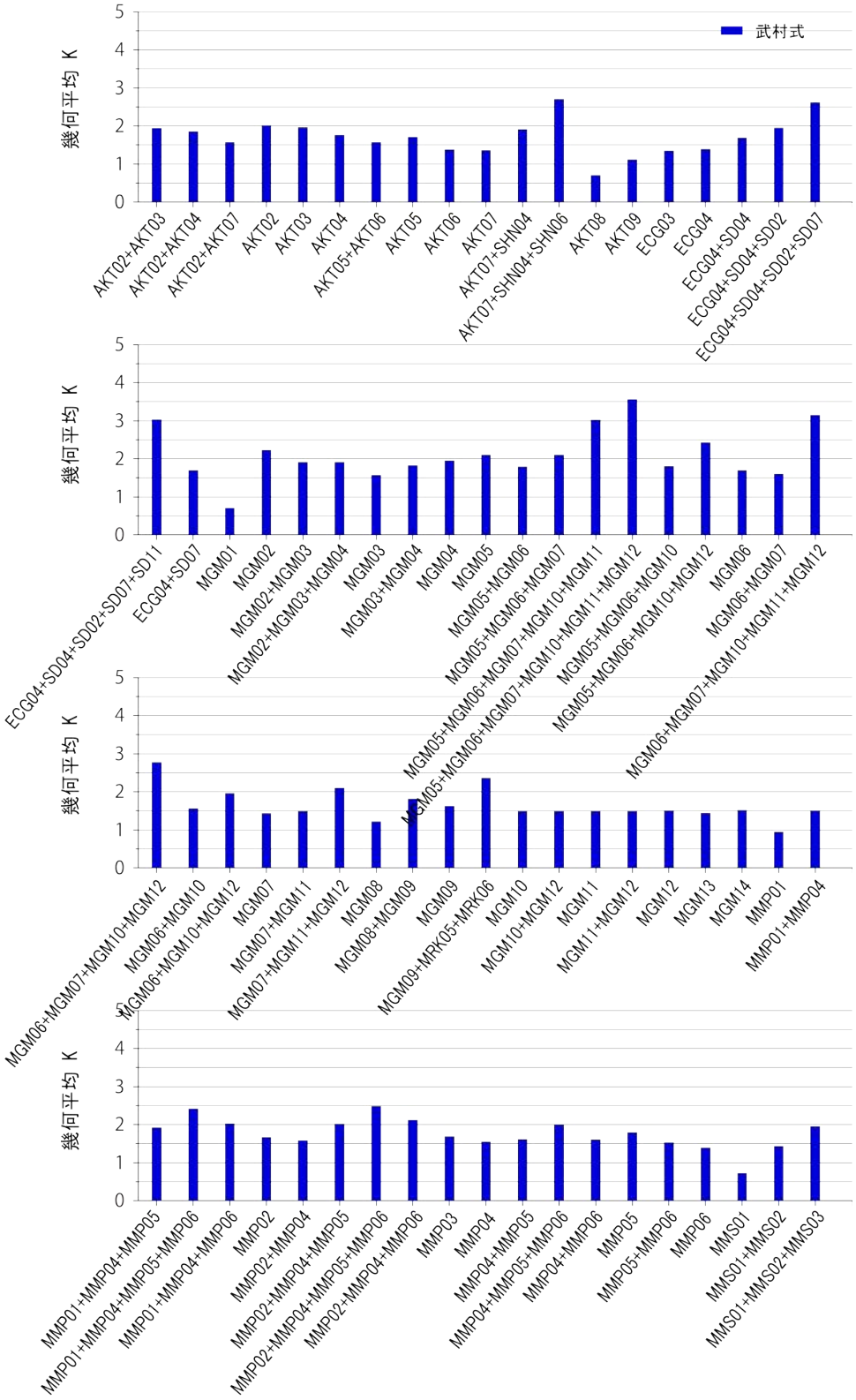


図 14　レシピ（ア）による津波高を基準とした場合の、武村式による津波高の幾何平均。幾何平均が 1 より大きい場合は武村式の方が、1 よりも小さい場合にはレシピ（ア）による津波高の方が大きい。

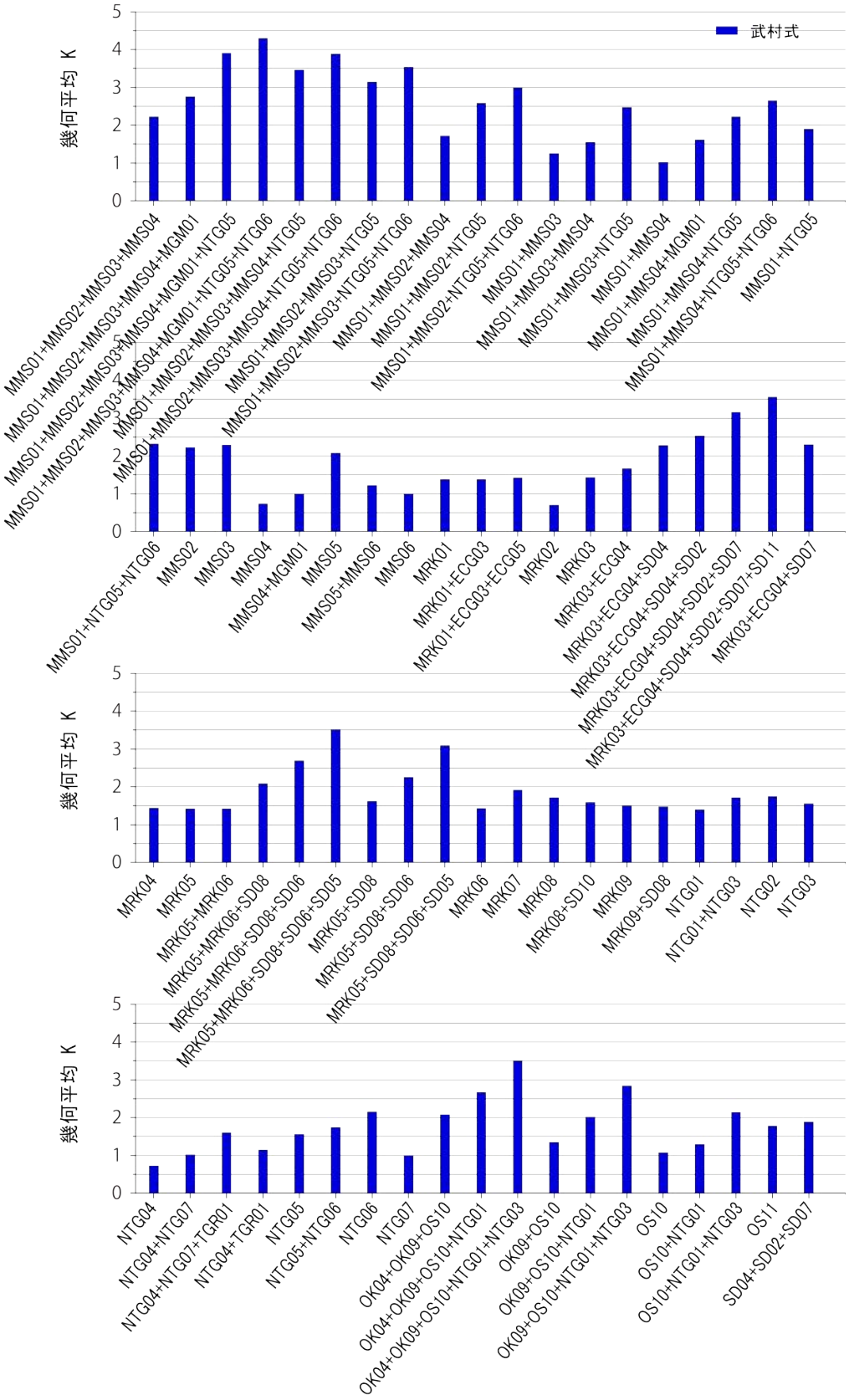

武村式
幾何平均 K
0
1
2
3
4
5
MMS01+MMS02+MMS03+MMS04
MMS01+MMS02+MMS03+MMS04+MGM01
MMS01+MMS02+MMS03+NTG05
MMS01+MMS02+MMS03+MMS04+MGM01+NTG05+NTG06
MMS01+MMS02+MMS03+MMS04+MGM01+NTG05+NTG06
MMS01+MMS02+MMS03+MMS04+NTG05+NTG06
MMS01+MMS02+MMS03+NTG05+NTG06
MMS01+MMS02+MMS04
MMS01+MMS02+NTG05
MMS01+MMS02+NTG05+NTG06
MMS01+MMS03
MMS01+MMS03+MMS04
MMS01+MMS03+NTG05
MMS01+MMS04
MMS01+MMS04+MGM01
MMS01+MMS04+NTG05
MMS01+MMS04+NTG05+NTG06
MMS01+NTG05
MMS01+NTG05+NTG06
MMS02
MMS03
MMS04
MMS04+MGM01
MMS05
MMS05+MMS06
MMS06
MRK01
MRK01+ECG03
MRK01+ECG03+ECG05
MRK02
MRK03
MRK03+ECG04
MRK03+ECG04+SD04
MRK03+ECG04+SD04+SD02
MRK03+ECG04+SD04+SD02+SD07
MRK03+ECG04+SD04+SD02+SD07+SD11
MRK03+ECG04+SD07
幾何平均 K
0
1
2
3
4
5
MRK04
MRK05
MRK05+MRK06
MRK05+MRK06+SD08
MRK05+MRK06+SD08+SD06
MRK05+MRK06+SD08+SD06+SD05
MRK05+SD08
MRK05+SD08+SD06
MRK05+SD08+SD06+SD05
MRK06
MRK07
MRK08
MRK08+SD10
MRK09
MRK09+SD08
NTG01
NTG01+NTG03
NTG02
NTG03
幾何平均 K
0
1
2
3
4
5
NTG04
NTG04+NTG07
NTG04+NTG07+TGR01
NTG04+TGR01
NTG05
NTG05+NTG06
NTG06
NTG07
OK04+OK09+OS10
OK04+OK09+OS10+NTG01
OK04+OK09+OS10+NTG01+NTG03
OK09+OS10
OK09+OS10+NTG01
OK09+OS10+NTG01+NTG03
OS10
OS10+NTG01
OS10+NTG01+NTG03
OS11
SD04+SD02+SD07

図 14（続き）

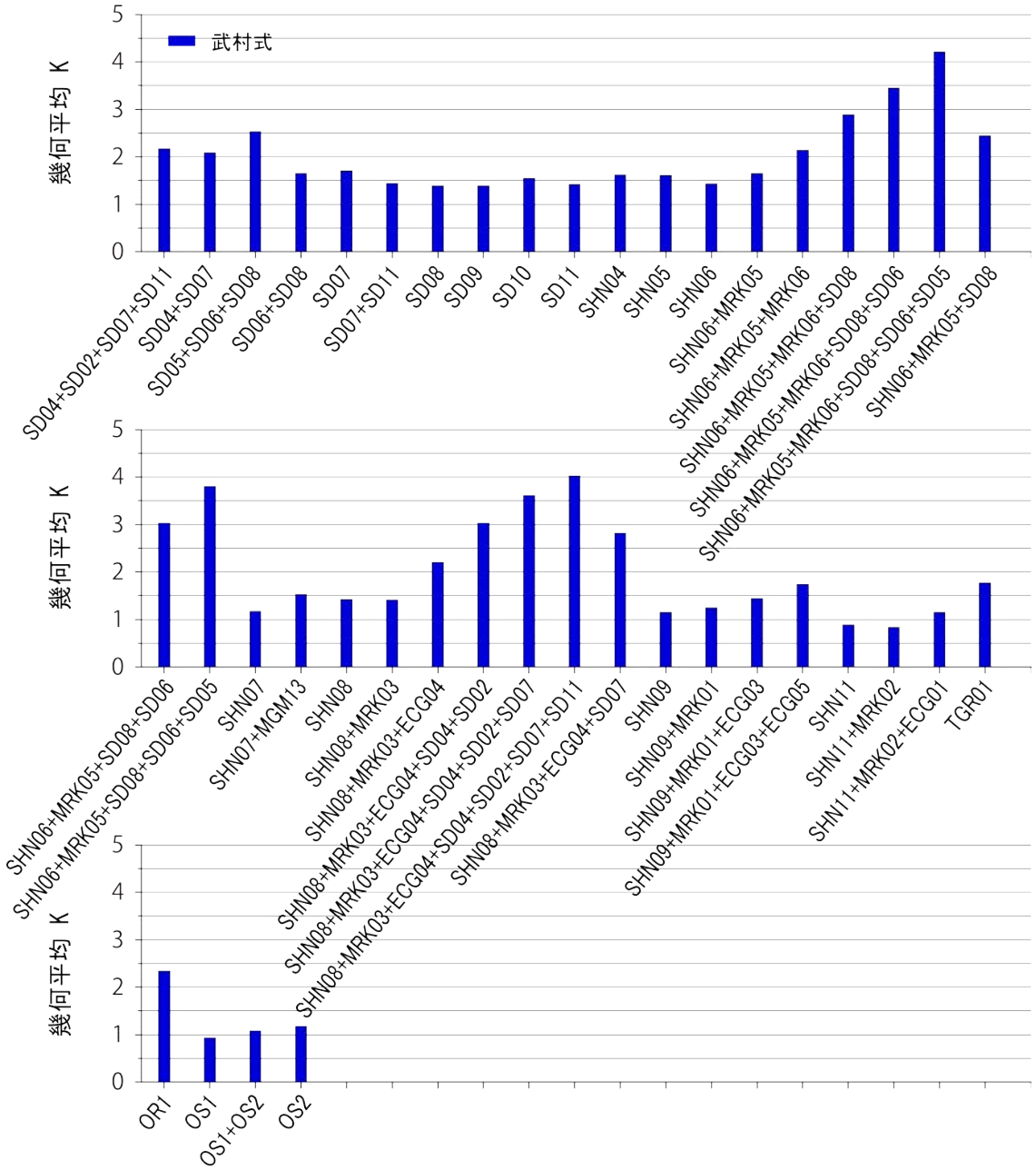

武村式
幾何平均 K
0
1
2
3
4
5
SD04+SD02+SD07+SD11
SD04+SD07
SD05+SD06+SD08
SD06+SD08
SD07
SD07+SD11
SD08
SD09
SD10
SD11
SHN04
SHN05
SHN06
SHN06+MRK05
SHN06+MRK05+MRK06
SHN06+MRK05+MRK06+SD08
SHN06+MRK05+MRK06+SD08+SD06
SHN06+MRK05+MRK06+SD08+SD06+SD05
SHN06+MRK05+SD08
SHN06+MRK05+SD08+SD06
SHN06+MRK05+SD08+SD06+SD05
SHN07
SHN07+MGM13
SHN08
SHN08+MRK03
SHN08+MRK03+ECG04
SHN08+MRK03+ECG04+SD04+SD02
SHN08+MRK03+ECG04+SD04+SD02+SD07
SHN08+MRK03+ECG04+SD04+SD02+SD07+SD11
SHN08+MRK03+ECG04+SD07
SHN09
SHN09+MRK01
SHN09+MRK01+ECG03
SHN09+MRK01+ECG03+ECG05
SHN11
SHN11+MRK02
SHN11+MRK02+ECG01
TGR01
OR1
OS1
OS1+OS2
OS2

図 14（続き）

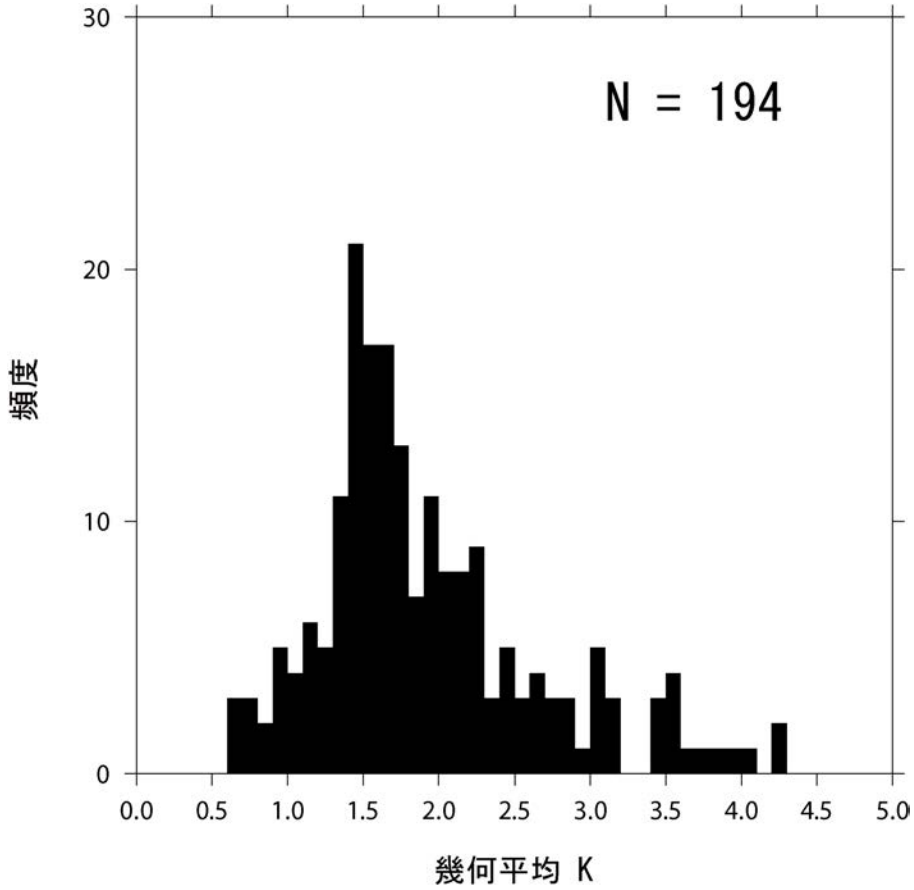


図 15　レシピ（ア）による沿岸津波高を基準とした場合の、武村式による沿岸津波高の幾何平均のヒストグラム。東北沖海域ならびに隠岐トラフ周辺海域の断層モデルによる。

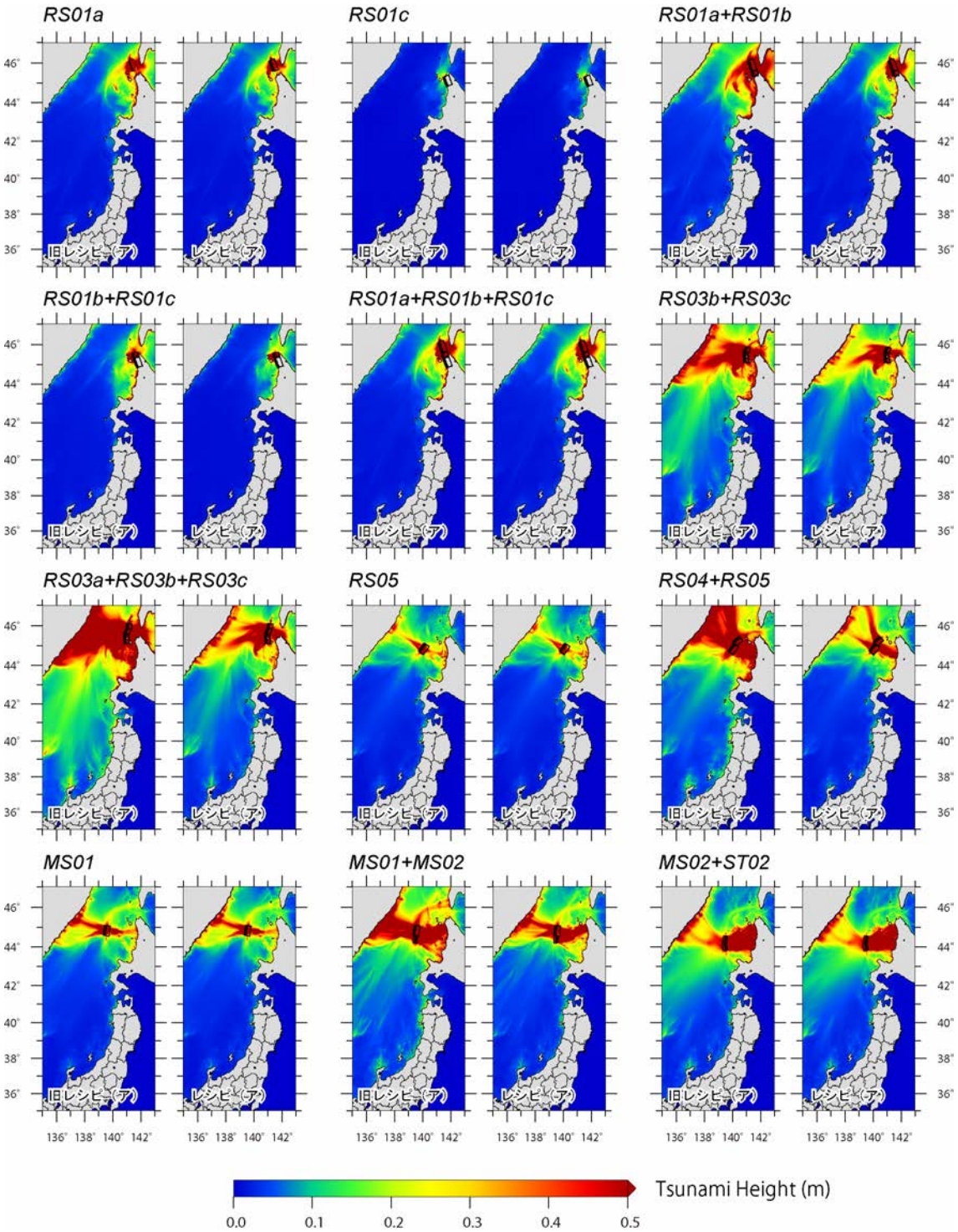


図 16　過年度に旧レシピ（ア）によって算定されたすべり量を用いて実施した津波伝播シミュレーションと、第 3 ステージのスケーリング則を導入した改訂後のレシピ（ア）によるすべり量を用いて計算された津波高分布との比較。

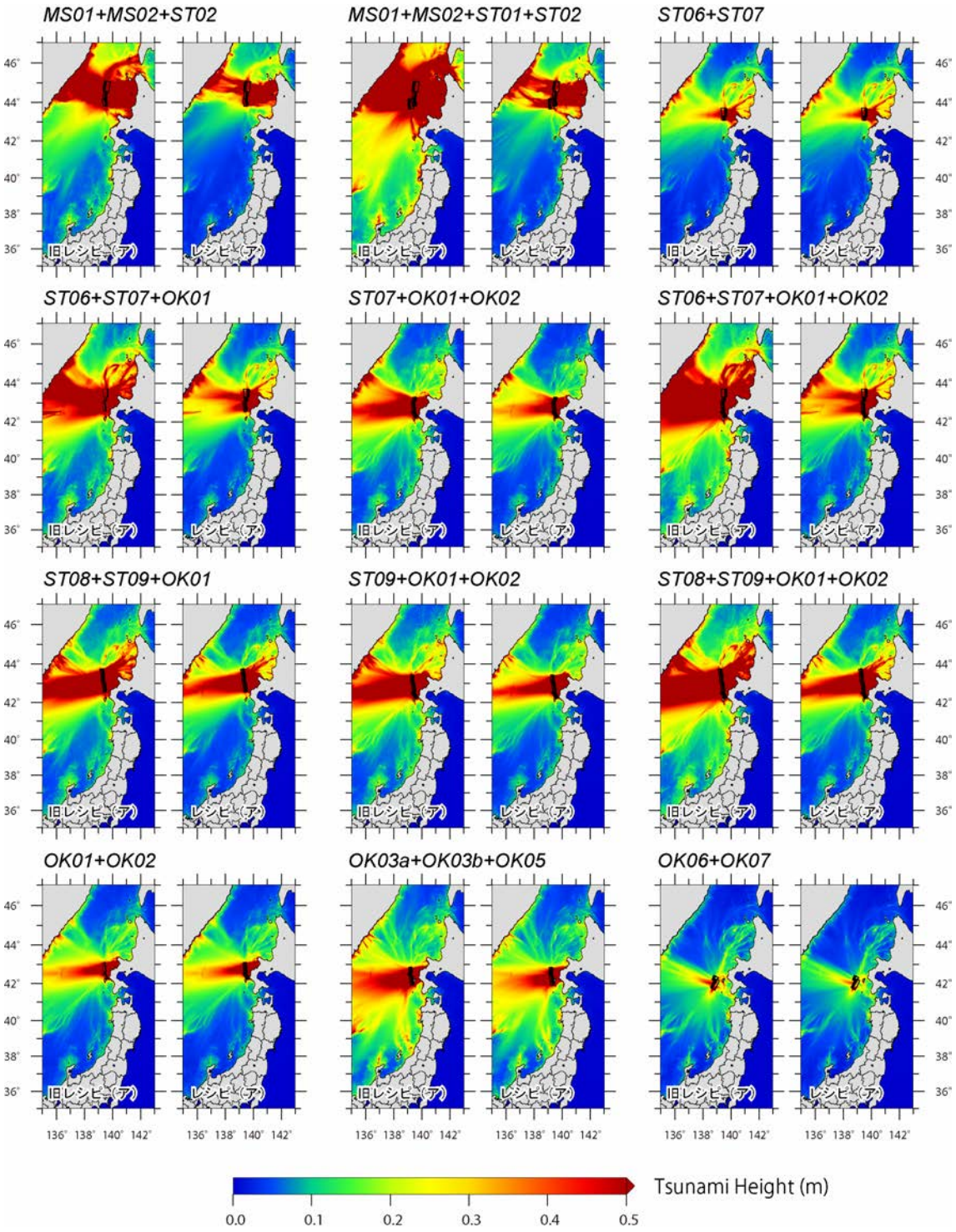

MS01+MS02+ST02
MS01+MS02+ST01+ST02
ST06+ST07
ST06+ST07+OK01
ST07+OK01+OK02
ST06+ST07+OK01+OK02
ST08+ST09+OK01
ST09+OK01+OK02
ST08+ST09+OK01+OK02
OK01+OK02
OK03a+OK03b+OK05
OK06+OK07
旧レシピ（ア）
レシピ（ア）
46°
44°
42°
40°
38°
36°
136° 138° 140° 142°
Tsunami Height (m)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5

図 16（つづき）

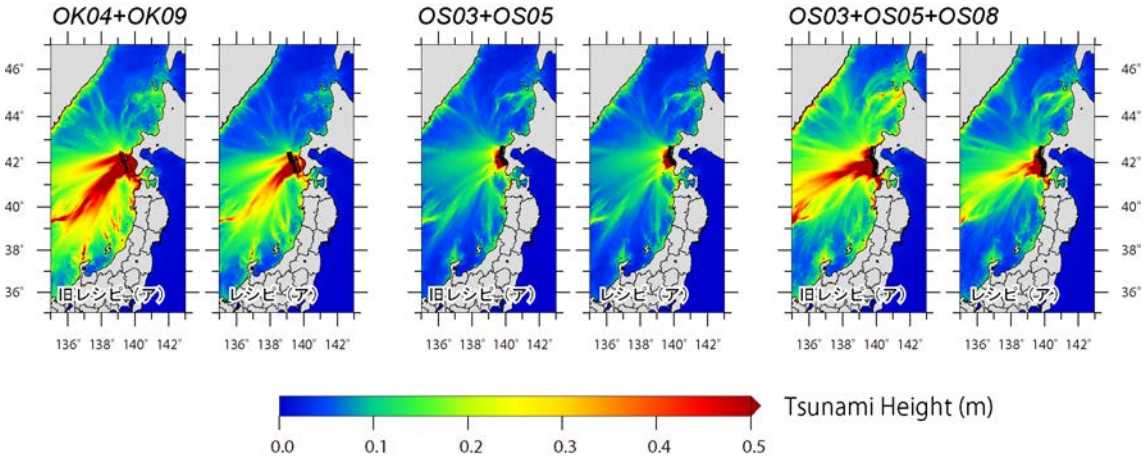


図 16（つづき）

3）日本海沿岸域に顕著な津波を伴った地震に対する既往断層モデルによる津波伝播シミュレーション

歴史時代ならびに計器観測時代に東北沖ならびに北海道西方沖に顕著な津波を伴った地震として、1833 年天保庄内沖地震、1940 年積丹半島沖地震、1964 年新潟地震、1983 年日本海中部地震ならびに 1993 年北海道南西沖地震が挙げられる。

1833 年天保庄内沖地震は、天保四年十月二十六日に庄内沖を震源として発生した M7.5 ±1/4 の地震であるとされている（例えば、宇佐美・他、2013[24]）。この地震により、家屋の倒潰や土蔵や寺社への被害に加え、地震に伴った津波は山形県沿岸をはじめ新潟県沿岸や佐渡を襲い、多数の死傷者が生じたことが史資料に記録されている。この史資料に記録された被害や津波高の分布に基づき、これまで様々な断層モデルが提案されてきたが、本研究では、相田（1989）[3] ならびに今井・他（2015）[4] による断層モデルを用い、津波伝播シミュレーションを実施した。

1940 年積丹半島沖地震は、8 月 2 日 0 時 8 分頃に北海道西方沖の深さ 0 km 付近で発生した気象庁マグニチュード（Mjma）7.5 の地震であり、死者 10 名、負傷者 24 名、家屋全壊 26 棟などの被害が生じた。この地震によって、天塩川河口から積丹半島にかけての日本海沿岸で震度 4 が観測されたが、地震動による被害は殆ど生じなかった。この地震に伴い、手塩・羽幌において約 2 m、利尻に約 3 m の津波が到達した [25]。過年度に実施した Okamura et al. (2005)[26] による断層モデルに加え、本年度は Ohsumi and Fujiwara (2017)[5] による断層モデルを用いた津波伝播シミュレーションを実施した。

1964 年新潟地震（Mjma7.5）は、6 月 16 日 13 時 1 分頃に新潟県沖の深さ 34 km を震源として発生した地震であり、最大震度は 5、被害は新潟・山形県を中心として 9 県に及び死者 26 名、家屋全潰 1960 棟等の被害が生じた。家屋の全壊が多かったのは新潟県新潟市・村上市・中条町・水原町と山形県酒田・鶴岡・遊佐・温海の各市町であった。石油タンクの火災が発生し、新潟市や酒田市などの低湿地を中心に液状化現象が発生した。津波が発生し、新潟県岩船で 4.9 m、府屋で 3.5 m などの津波が観測された。サブサブテーマ 2.5.1「断層モデルの構築」によって得られた東北沖海域に分布する海底活断層・沿岸伏在断層に加え、この地震に対して推定された断層モデル（Abe (1975)[6] ならびに Satake and

Abe (1983)[7]）に対しても津波伝播シミュレーションを実施した。

1983 年日本海中部地震（Mjma7.7）は、5 月 26 日 12 時 0 分頃に秋田県西方沖約 100 km の深さ 14 km を震源として発生した地震であり、その最大震度は 5 である。この地震に伴い顕著な津波が日本海沿岸各地を襲い、特に秋田県、青森県および北海道南西部を中心に死者 104 名（うち津波による死者 100 名）をはじめとする甚大な被害が発生した。サブサブテーマ 2.5.1「断層モデルの構築」によって得られた東北沖海域に分布する海底活断層・沿岸伏在断層に加え、この地震に対して津波波形インバージョン等から推定された断層モデル（相田（1984)[8]、Satake (1989)[9]）を用い、津波伝播シミュレーションを実施した。

1993 年北海道南西沖地震は、7 月 12 日 22 時 17 分頃に北海道南西沖の深さ 35 km 付近で発生した Mjma 7.8 の地震であり、死者・行方不明者 230 名、負傷者 323 名、家屋全壊 601 棟などの被害が生じた。この地震による最大震度は北海道寿都町・江差町・小樽市、青森県深浦市において観測された震度 5 であるが、最も被害が大きかったとされる奥尻島には測候所がなく、当時は震度計も設置されていなかった。この地震に伴い、奥尻島は数 10 cm～1 m 以上沈降し、渡島半島では地盤の液状化現象や亀裂による被害が生じた。震源域に近い奥尻島には発生後 4～5 分で津波が押し寄せ、津波の高さは奥尻島で数 m～10 数 m（南西岸で最大約 30 m）に、また渡島半島西岸でも 7～8 m に達し、多くの人が犠牲となった [25]。この地震に対して推定された断層モデル（Tanioka et al. (1995)[10] ならびに高橋・他(1995)[11]）に対しても津波伝播シミュレーションを実施した。

4) 歴史時代ならびに計器観測時代に発生した顕著津波による津波遡上高とシミュレーション結果との比較

本年度は、第 3 ステージのスケーリング則を導入したレシピ（ア）から算定された断層すべり量を用いた北海道西方沖の断層モデル、東北西方沖の断層モデルならびに上記の歴史・計器観測時代に発生した顕著地震に対する既往断層モデルから計算された津波高と、津波痕跡高とを比較し、その整合性について調査した。津波痕跡高として、東北大学（災害科学国際研究所津波工学研究分野）および原子力安全基盤機構（現 原子力規制庁）による津波痕跡データベース（岩渕・他、2012[27]）を用いた。

1964 年新潟地震、1983 年日本海中部地震ならびに 1993 年北海道南西沖地震の 3 地震については、痕跡の種別や精度を考慮して、比較に用いるデータを以下のように選別し、痕跡値を取得した。

1.「tp_痕跡高」の値があればそれを使い、なければ「文献記載_痕跡高」を用いた。なお、上限、下限に「以上、以下」があるものは用いなかった。
2. 痕跡高_上限と下限の値が異なっていた場合、平均値を用いた。
3. 文献記載_痕跡パターンが遡上高、浸水高の場合にはその値を痕跡値として用い、全振幅の場合には半分の値を痕跡値とした。浸水深は当時の地盤高さが不明であるため、比較に用いなかった。
4. 痕跡値が 0.5 m 以上かつ信頼度が A の痕跡データを用いた。

一方で、1833 年天保庄内沖地震に対しては、痕跡データ数が少なく浸水深のデータが多か

ったため、上記の条件の下で現在の浸水深と現在の地盤高から求めた浸水高を用いた。1940 年積丹半島沖地震に対しては痕跡データが少なく、また信頼度 A のデータが少ないことから、信頼度 B または C のデータも使うこととし、取得した痕跡値が 0.5 m 以下のデータも比較に使用した。痕跡データと計算結果の比較は、9 秒メッシュの地形データの沿岸（海域メッシュ）で行うこととし、 痕跡地点の緯度経度から、最も近い沿岸地点を探して比較した。

上記の 5 地震に対する痕跡高データと、本年度に実施した北海道西方沖あるいは東北地方西方沖に分布する断層モデルによる計算津波高を比較し、相田の指標（幾何平均 K、幾何標準偏差 κ）を算出した。表 7～表 11 には、それぞれの地震に対して推定されている震源域あるいはその近傍に位置する断層モデルに対して計算された幾何平均ならびに幾何標準偏差の一覧を示す。なお表中において I_は、これらの地震に対する既往断層モデルを用いた場合、R_ならびに T_はレシピ（ア）から算定されたすべり量、武村式から算定されたすべり量を用いた場合を意味する。

1833 年天保庄内沖地震に対しては、既往研究による断層モデルに加えて武村式による断層すべり量を用いた場合の MGM09+MRK05+MRK06 モデル（K=1.03、κ=1.63）や AKT07+SHN04+SHN06 モデル（K=1.15、κ=1.32）、MGM06+MGM07+MGM10+MGM12 モデル（K=1.21、κ=1.37）において痕跡高と比較的良い一致を示した（図 17）。

1940 年積丹半島沖地震に対しては、津波痕跡高と比較的良い一致を示す断層モデルが多く存在し、中でも MS01+MS02+ST01+ST02 モデルにおいて K=1.01、κ=2.27 となり、ばらつきは大きいものの、幾何平均は 1 に非常に近い値となった（図 18）。また ST08+ST09+OK01 モデルや MS02+ST02 モデルにおいても痕跡高よりも若干低い計算津波高となった。

1964 年新潟地震津波に対して実測された津波痕跡高と良い一致を示した 3 モデルに対する結果を図 19 に示す。1964 年新潟地震に対しては、今回解析対象としたモデル群の中では、連動モデル（SHN08+MRK03+ECG04、SHN09+MRK01+ECG03 ならびに SHN09+MRK01+ECG03+ECG05）が良い一致を示した。連動モデル（SHN08+MRK03+ECG04）は、全体的な津波高分布の大局的な特徴を再現するものの、新潟県北部沿岸域における津波高を過大に評価しており、K も 0.96 と若干 1 を下回った。これに比べて、連動モデル（SHN09+MRK01+ECG03）ならびに連動モデル（SHN09+MRK01+ECG03+ECG05）は大局的な津波高分布の特徴を良く再現するとともに、連動モデル（SHN08+MRK03+ECG04）で見られた新潟県北部沿岸における過大も解消されており、K 値もそれぞれ 1.02、0.99 と非常に良い一致を示した。

1983 年日本海中部地震に対しては、レシピ（ア）によるすべり量を用いた場合には、基本的に痕跡高よりも小さな津波高となり、連動モデル（MMS01+MMS02+MMS03+MMS04+MGM01+NTG05+NTG06）で K=1.50 となった（図 20）。武村式から算定されたすべり量を用いた連動モデル（MMS01+MMS02+MMS03+MMS04、MMS01+MMS04+NTG05+NTG06）に対しては K が 1.10、0.96 と平均としては痕跡高と良い一致を示したが、その幾何標準偏差 κ はそれぞれ 2.23、2.29 といずれも 2 を大きく超える値となった。

1993 年北海道南西沖地震に対しては、今年度に実施した第 3 ステージのスケーリング則の対象となった断層モデルに対する殆どの断層モデルについて計算結果が痕跡値を大きく下回り（K が 1 を大きく上回り）、特に奥尻島における 20 m を超える津波高を再現する断層モデルはなかった。なお令和元年度に実施した OK03a+OK03b+OK05 モデル（武村式によるすべり量を用いた場合）では K=1.09、κ=1.56 となり、奥尻島における津波高を除いて計算結果が痕跡値と概ね同程度になることが確認されている。

表 7　1833 年天保庄内沖地震に対する津波痕跡高とシミュレーション結果との比較

断層モデル	K	κ
I_Aida_1989	1.16	1.38
I_Imai_2015_case1	1.36	1.59
I_Imai_2015_case2	1.32	1.44
R_AKT07+SHN04+SHN06	3.02	1.33
R_MGM05+MGM06+MGM07+MGM10+MGM11+MGM12	2.60	1.29
R_MGM06+MGM07+MGM10+MGM12	2.92	1.37
R_MGM06+MGM10+MGM12	3.18	1.37
R_MGM08	10.79	1.38
R_MGM08+MGM09	3.37	1.56
R_MGM09	4.92	1.58
R_MGM09+MRK05+MRK06	2.19	1.61
R_MGM10+MGM12	3.52	1.40
R_MGM11+MGM12	3.55	1.46
R_MRK03+ECG04	3.48	1.96
R_MRK05+MRK06	2.73	1.64
R_SHN06	7.04	1.55
R_SHN06+MRK05+MRK06	2.72	1.63
R_SHN07	5.64	1.33
R_SHN07+MGM13	3.72	1.62
R_SHN08+MRK03	3.75	1.41
R_SHN08+MRK03+ECG04	2.84	1.66
R_SHN09+MRK01+ECG03	3.57	2.15
T_AKT07+SHN04+SHN06	1.15	1.32
T_MGM05+MGM06+MGM07+MGM10+MGM11+MGM12	0.83	1.33
T_MGM06+MGM07+MGM10+MGM12	1.21	1.37
T_MGM06+MGM10+MGM12	1.75	1.34
T_MGM08	8.91	1.38
T_MGM08+MGM09	1.91	1.68
T_MGM09	3.23	1.58

表 7（つづき）

断層モデル	K	κ
T_MGM09+MRK05+MRK06	1.03	1.63
T_MGM10+MGM12	2.46	1.38
T_MGM11+MGM12	2.41	1.46
T_MRK03+ECG04	2.16	2.04
T_MRK05+MRK06	1.94	1.66
T_SHN06	4.93	1.55
T_SHN06+MRK05+MRK06	1.39	1.57
T_SHN07	4.83	1.33
T_SHN07+MGM13	2.56	1.58
T_SHN08+MRK03	2.68	1.44
T_SHN08+MRK03+ECG04	1.34	1.78
T_SHN09+MRK01+ECG03	2.44	2.13

表 8　1940 年積丹半島沖地震に対する津波痕跡高とシミュレーション結果との比較

断層モデル	K	κ
I_Ohsumi_2017	1.29	2.32
R_MS01	2.09	2.40
R_MS01+MS02	1.57	2.40
R_MS01+MS02+ST01+ST02	1.01	2.27
R_MS01+MS02+ST02	1.23	2.24
R_MS02+ST02	1.26	2.33
R_ST06+ST07	1.35	2.50
R_ST08+ST09+OK01	1.21	2.70

表 9　1964 年新潟地震に対する津波痕跡高とシミュレーション結果との比較

断層モデル	K	κ
I_Abe_1975	0.75	1.58
I_Satake_Abe_1983	0.80	1.54
R_MRK01+ECG03	1.46	1.63
R_MRK01+ECG03+ECG05	1.13	1.66
R_SHN08+MRK03	1.54	1.57
R_SHN08+MRK03+ECG04	0.96	1.80
R_SHN09+MRK01	1.39	1.62
R_SHN09+MRK01+ECG03	1.02	1.52
R_SHN09+MRK01+ECG03+ECG05	0.99	1.52
T_MRK01+ECG03	1.09	1.68
T_MRK01+ECG03+ECG05	0.81	1.66
T_SHN08+MRK03	1.09	1.55
T_SHN08+MRK03+ECG04	0.44	1.79
T_SHN09+MRK01	1.09	1.61
T_SHN09+MRK01+ECG03	0.71	1.52
T_SHN09+MRK01+ECG03+ECG05	0.58	1.49

表 10　1983 年日本海中部地震に対する津波痕跡高とシミュレーション結果との比較

ケース名	K	κ
I_Aida_1984	1.13	1.63
I_Satake_1989	1.98	1.63
R_MMS01+MMS02+MMS03+MMS04	2.30	2.12
R_MMS01+MMS02+MMS03+MMS04+MGM01	1.66	1.72
R_MMS01+MMS02+MMS03+MMS04+MGM01+NTG05	1.53	1.73
R_MMS01+MMS02+MMS03+MMS04+MGM01+NTG05+NTG06	1.50	1.76
R_MMS01+MMS02+MMS03+NTG05+NTG06	2.01	2.26
R_MMS01+MMS02+NTG05+NTG06	2.23	2.30
R_MMS01+MMS04+MGM01	1.95	1.67
R_MMS01+MMS04+NTG05+NTG06	2.25	2.13
T_MMS01+MMS02+MMS03+MMS04	1.10	2.23
T_MMS01+MMS02+MMS03+MMS04+MGM01	0.65	1.76
T_MMS01+MMS02+MMS03+MMS04+MGM01+NTG05	0.46	1.85
T_MMS01+MMS02+MMS03+MMS04+MGM01+NTG05+NTG06	0.41	1.88
T_MMS01+MMS02+MMS03+NTG05+NTG06	0.64	2.31
T_MMS01+MMS02+NTG05+NTG06	0.83	2.34
T_MMS01+MMS04+MGM01	1.22	1.66
T_MMS01+MMS04+NTG05+NTG06	0.96	2.29

表 11　1993 年北海道南西沖地震に対する津波痕跡高とシミュレーション結果との比較

断層モデル	K	κ
I_Tanioka_1995	1.52	1.58
I_Takahashi_1995	1.03	1.43
R_OK01+OK02	3.85	2.01
R_OK03a+OK03b+OK05	2.26	1.54
R_OK04+OK09	3.31	1.87
R_OK04+OK09+OS10	3.04	1.97
R_ST06+ST07+OK01	4.32	2.31
R_ST06+ST07+OK01+OK02	3.37	2.12
R_ST07+OK01+OK02	3.62	2.03
R_ST08+ST09+OK01	4.41	2.35
R_ST08+ST09+OK01+OK02	3.40	2.18
R_ST09+OK01+OK02	3.56	2.12
T_OK04+OK09+OS10	1.41	1.89

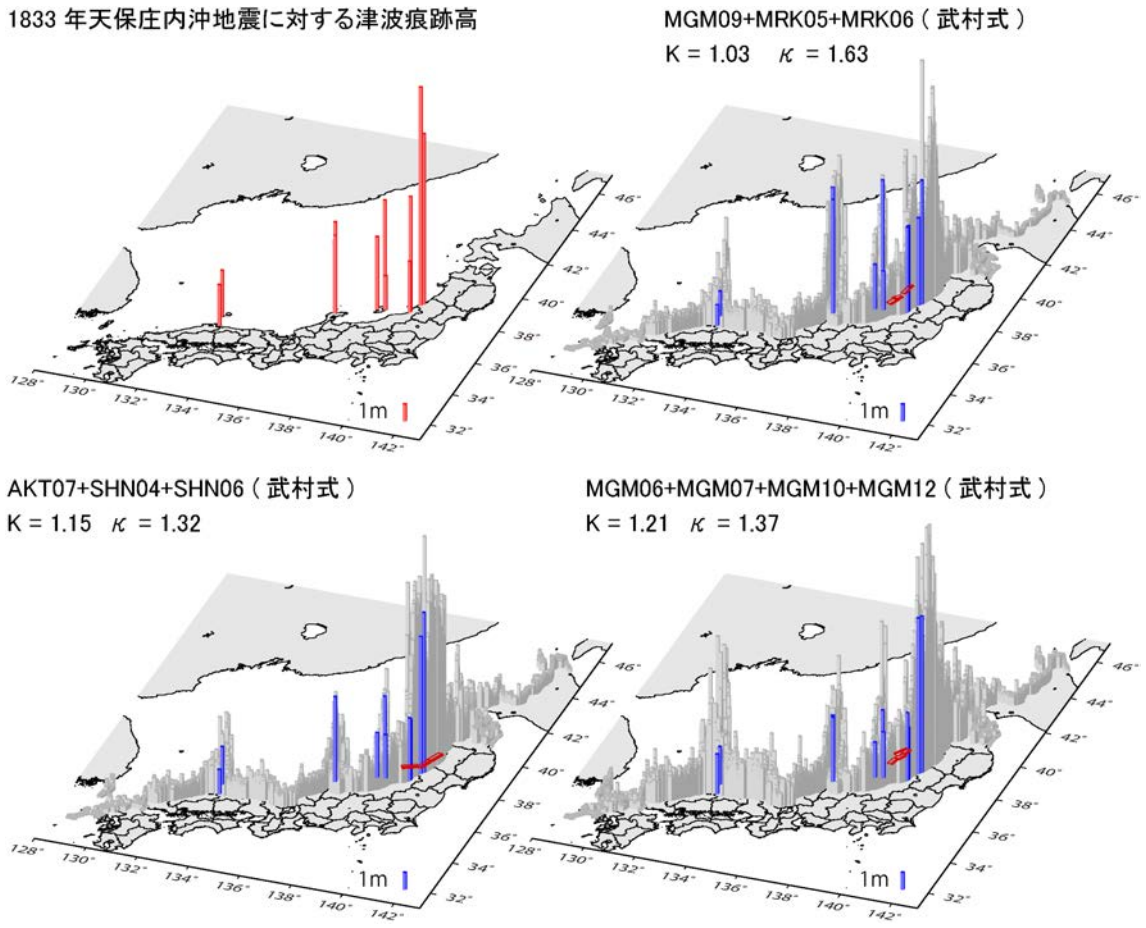


図 17　1833 年天保庄内沖地震に対する津波痕跡高との比較

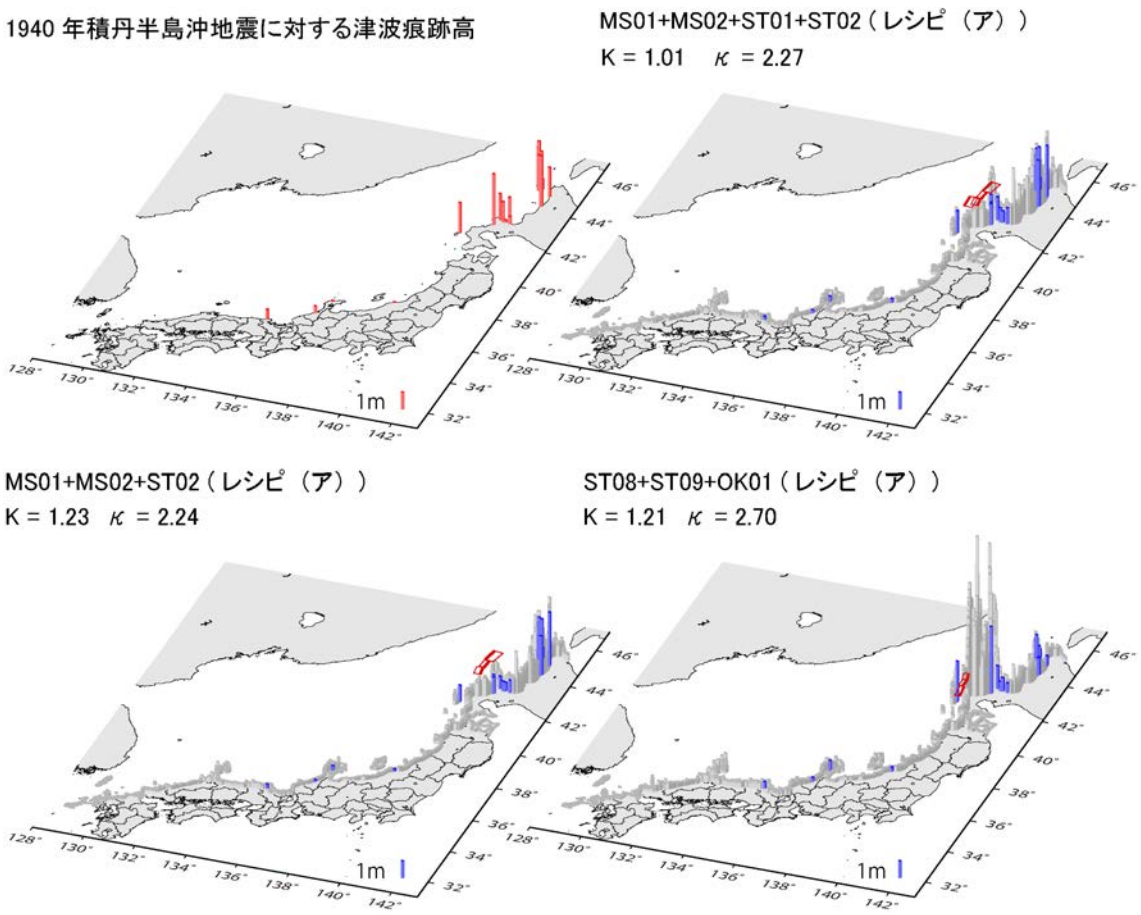


図 18　1940 年積丹半島沖地震に対して実測された津波痕跡高との比較

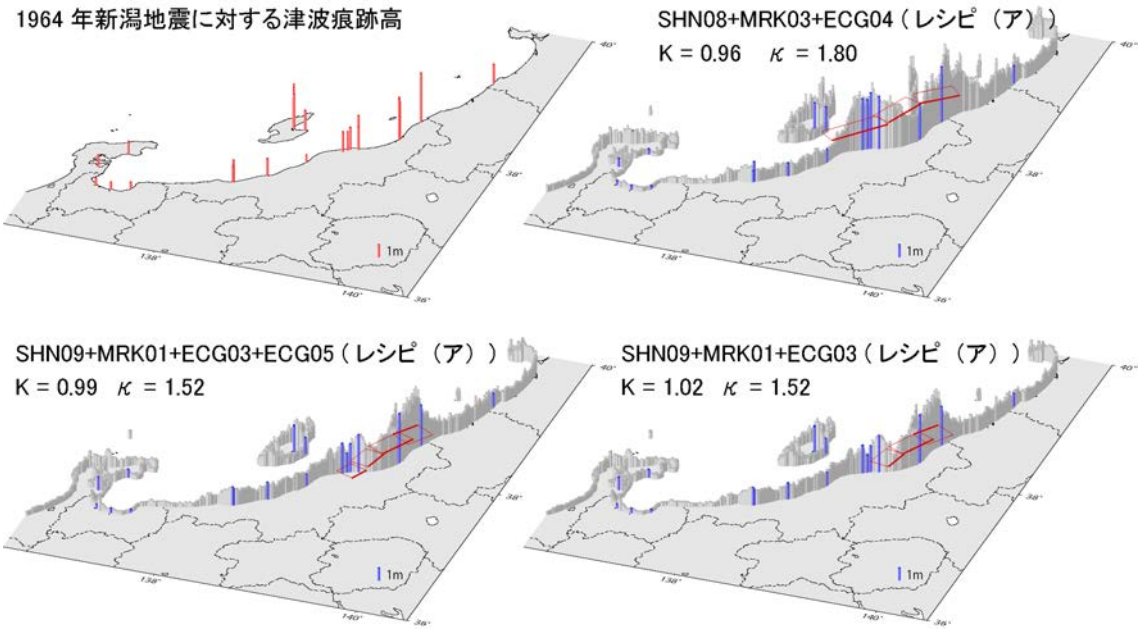


図 19　1964 年新潟地震に対して実測された津波痕跡高との比較

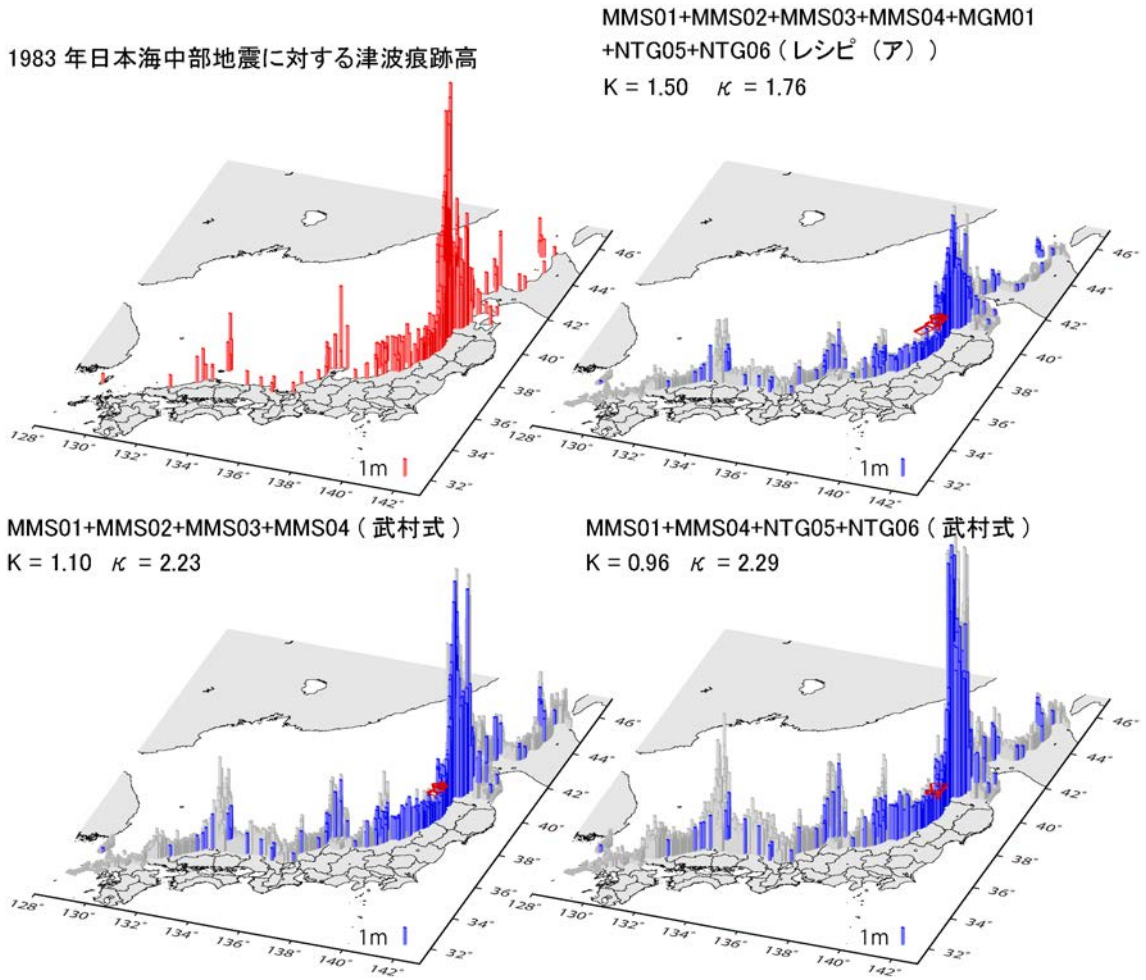


図 20　1983 年日本海中部地震に対して実測された津波痕跡高との比較

5）日本海沿岸に影響を及ぼす断層についての確率論的な津波高予測

東北地方沿岸域の 9 秒メッシュ出力点において、東北地方西方沖の断層モデル（単独 67 モデル、連動 123 モデル）による津波高を整理し、津波高予測に資するデータを作成した。図 21・図 22 にそれぞれレシピ（ア）および武村式から算定した断層すべり量を用いた場合の東北地方沿岸域における津波高分布を示す。これらの断層における地震の発生確率が全て同じであれば、これらの頻度分布は各地点での津波高の頻度、あるいは確率分布を示すが、津波高の確率論的予測には、それぞれの断層の発生頻度（平均再来間隔）や最新活動時期に関する情報が必要である。

本年度はまた、調査検討会[17]による 60 断層モデルを用いた津波ハザードの確率論的津波予測を行った。手法ならびに結果の詳細については Mulia et al. (2020)[28] に述べられているが、ここではその概要について記述する。

検討会の 60 断層について、Mai and Beroza（2002）[29] による確率論的断層すべりモデルに基づき 1 km×1 km のグリッド間隔でランダムなすべりを計算し、76,685 通りの不均質なすべり分布のシナリオ（Mw の下限は 6.5、上限は検討会による規模）を想定した。一方で 60 断層を 10 km×10 km の小断層（合計で 994 個）に分け、それぞれに 1 m の単位すべり量を与えた際の津波波形をグリーン関数として、これらの組み合わせとしてそれぞれのシナリオから津波計算を行い、日本海沿岸に位置する 150 の市区町村の役場に最も近い 50 m 等深線地点における津波波形を記録し、グリーンの法則に従って水深 1 m における津波高を計算した。

それぞれの断層における地震の再来間隔は、観測された地震活動から推定した。気象庁一元化震源カタログ（1997 年～2017 年、深さ 50 km 以浅）を用い、断層の地域毎にグーテンベルクーリヒター則の a 値ならびに b 値を推定した。確率論的津波ハザード評価における偶然的ばらつきの大きさ β は、この領域で観測された歴史津波との比較から推定し、ハザード評価に取り込んだ。

それぞれの地域に対するハザード曲線を図 23 に、様々な再来期間に対するハザードマップを図 24 ならびに図 25 にそれぞれ示す。今後 100 年間に想定される津波高さは最大 3.7 m、500 年だと最大 7.7 m、今後 1,000 年間では最大 11.5 m と高くなる。また、津波ハザードは日本海沿岸部に沿って南西部から北東部に向かって増加することがわかる。これは、調査検討会の断層が西日本では少なく、またそれらのほとんどが横ずれであることに起因すると考えられる。また、ハザードの再分解（図 26）からは、九州～近畿における津波ハザードは遠方の活断層による寄与が大きく、中部～北海道地方では近傍の活断層による寄与が大きいことがわかった。

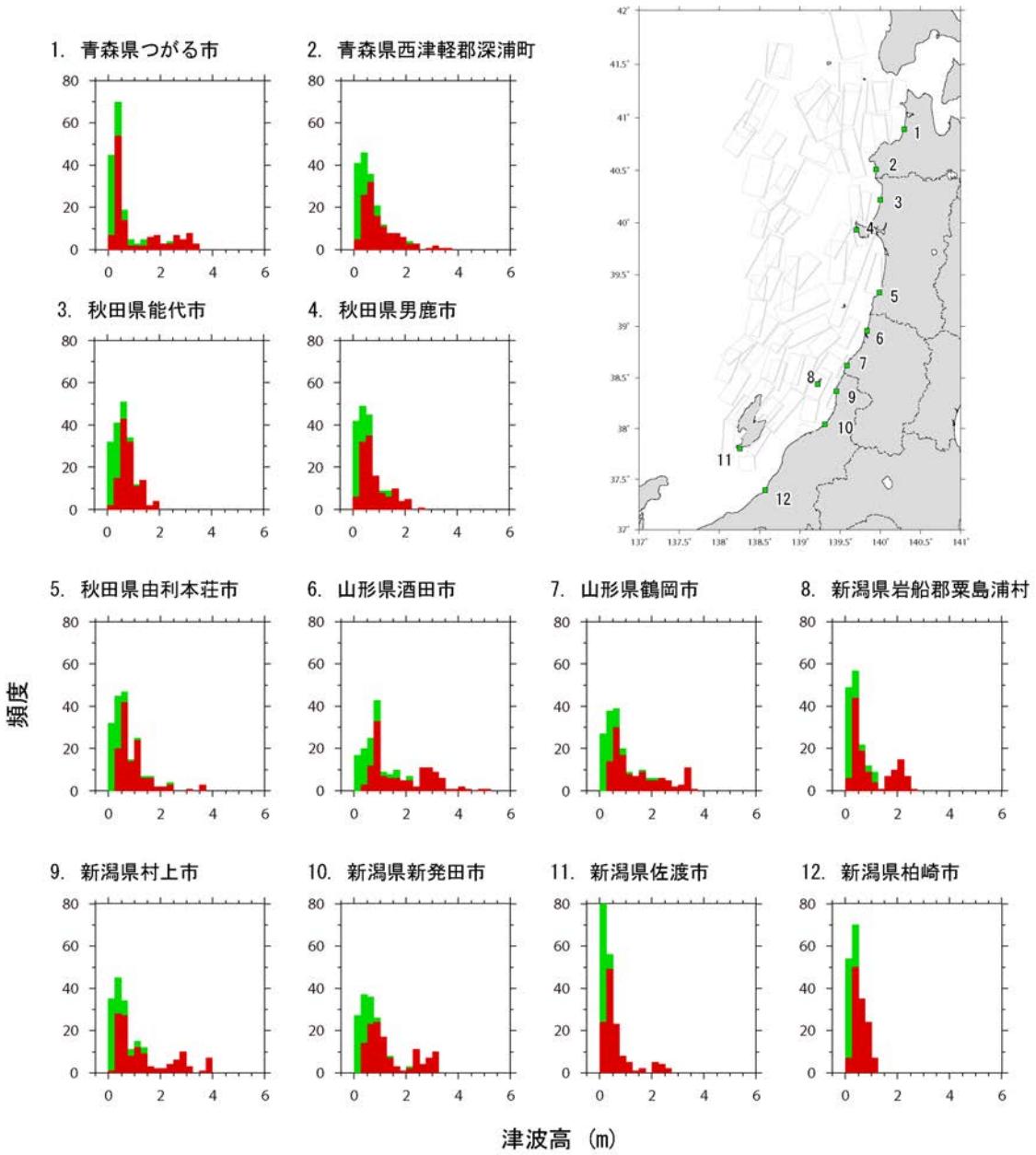


図 21　レシピ（ア）によるすべり量を用いた場合の、東北沖海域 190 断層モデル（単独 67 モデル、連動 123 モデル）による東北地方沿岸における津波高の頻度分布。緑は単独モデル、赤は連動モデルによる。

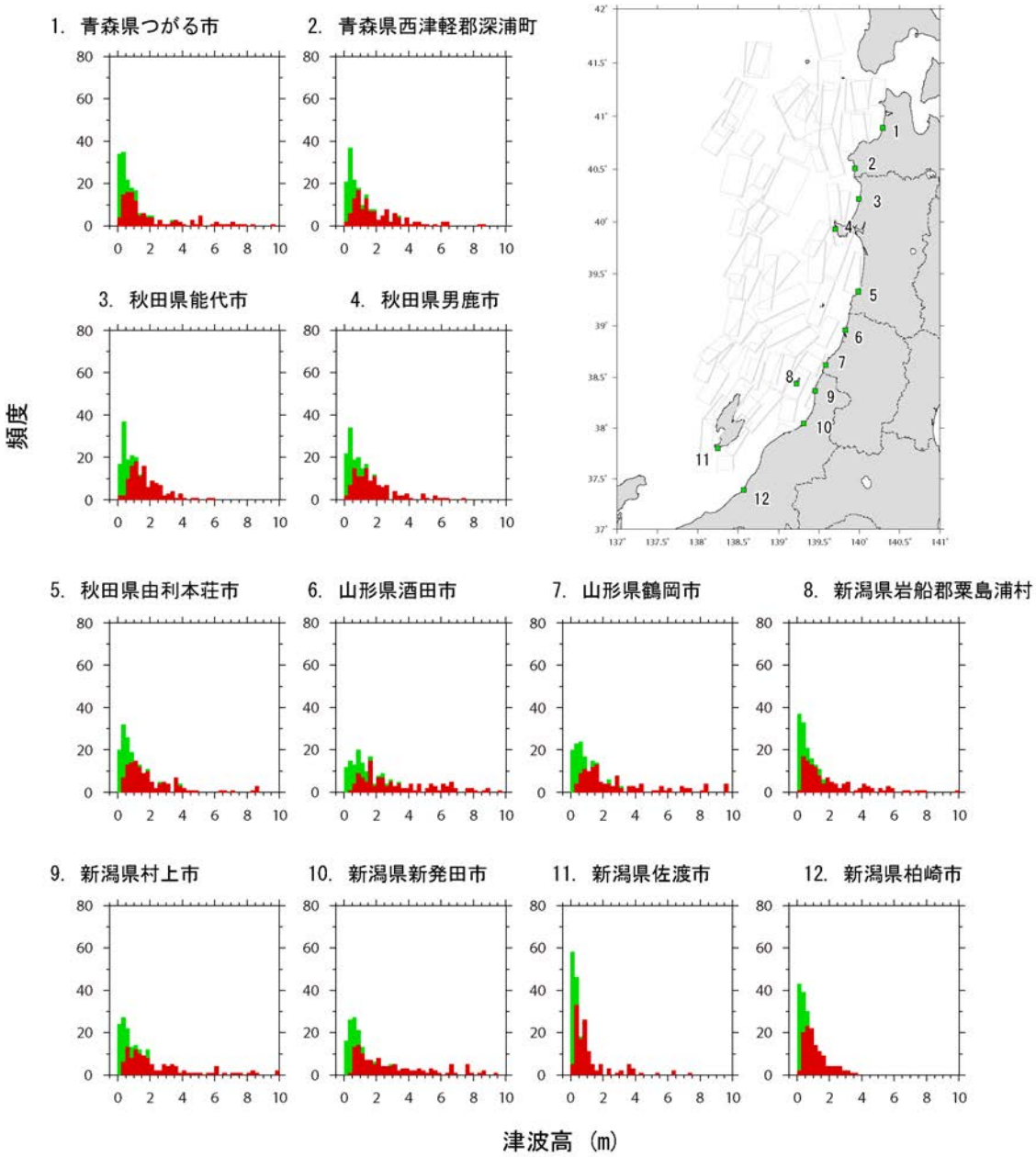
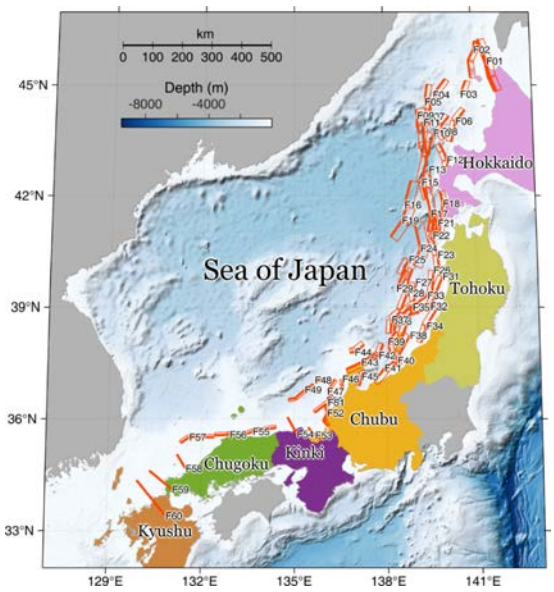


図 22　武村式によるすべり量を用いた場合の、東北沖海域 190 断層モデル（単独 67 モデル、連動 123 モデル）による東北地方沿岸における津波高の頻度分布。緑は単独モデル、赤は連動モデルによる。



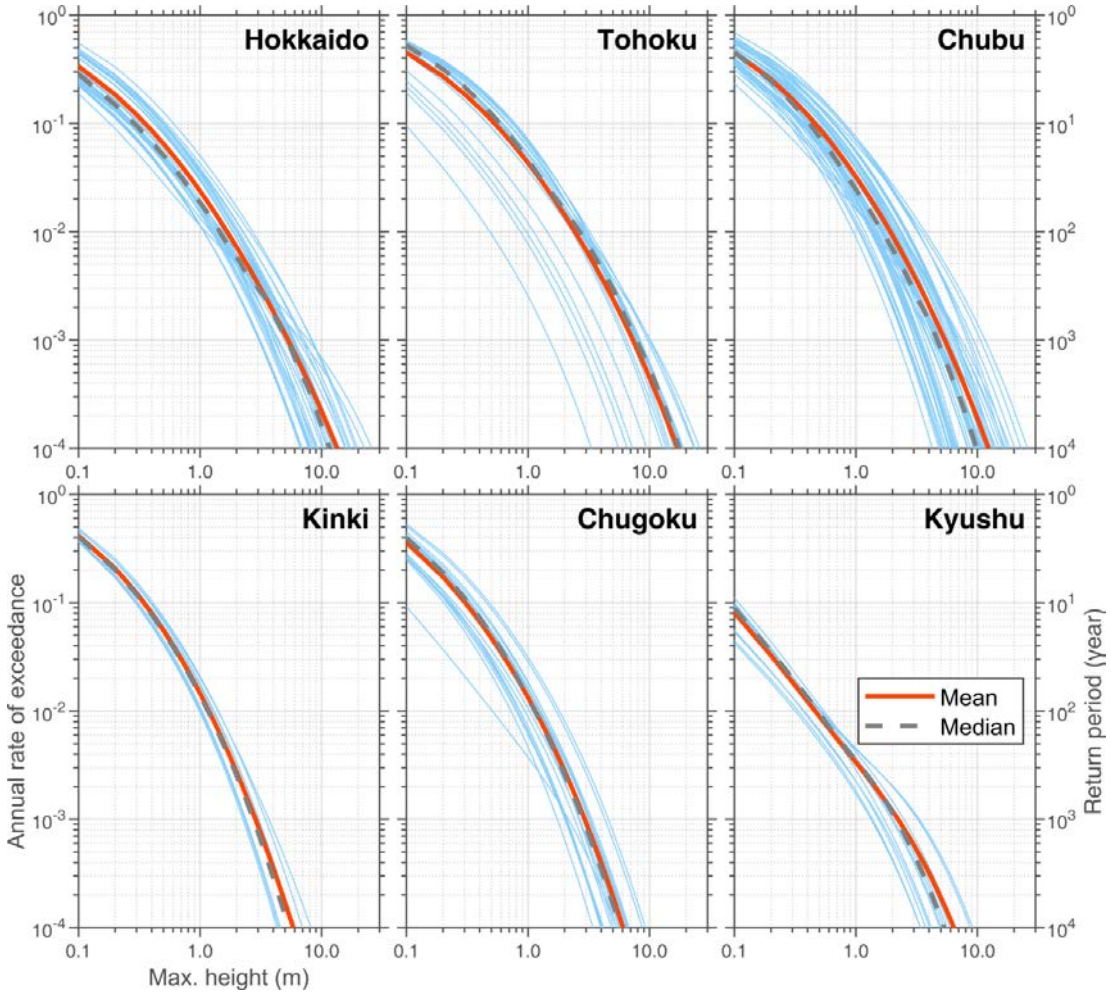


図 23　確率論的津波高予測における各地域のハザードカーブ。赤実線ならびに灰色破線はそれぞれ平均値ならびに中央値をそれぞれ表す。

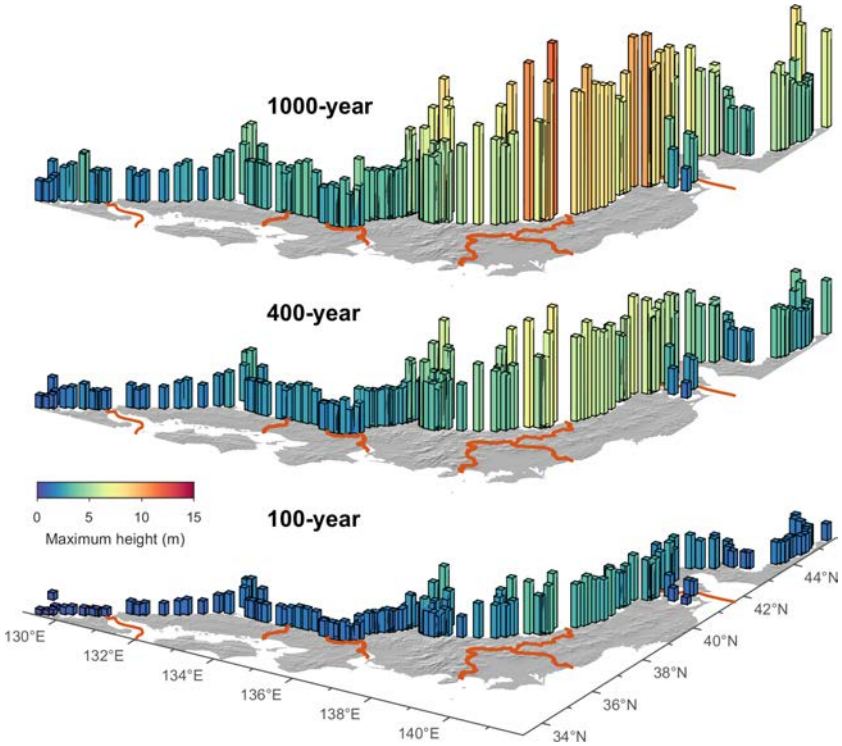


図 24　100 年（下）、400 年（中）、1,000 年（上）の再来期間における最大津波高

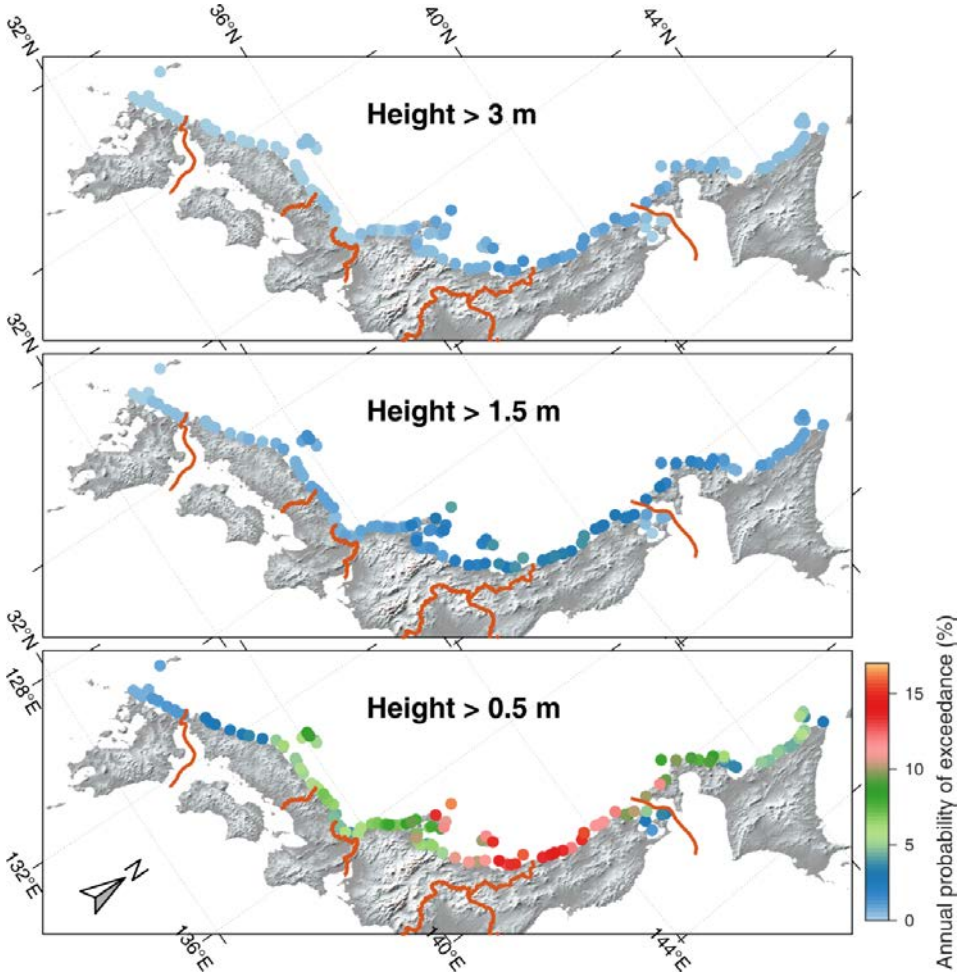


図 25　津波高が 0.5 m（下）、1.5 m（中）、3 m（上）を超える年超過確率

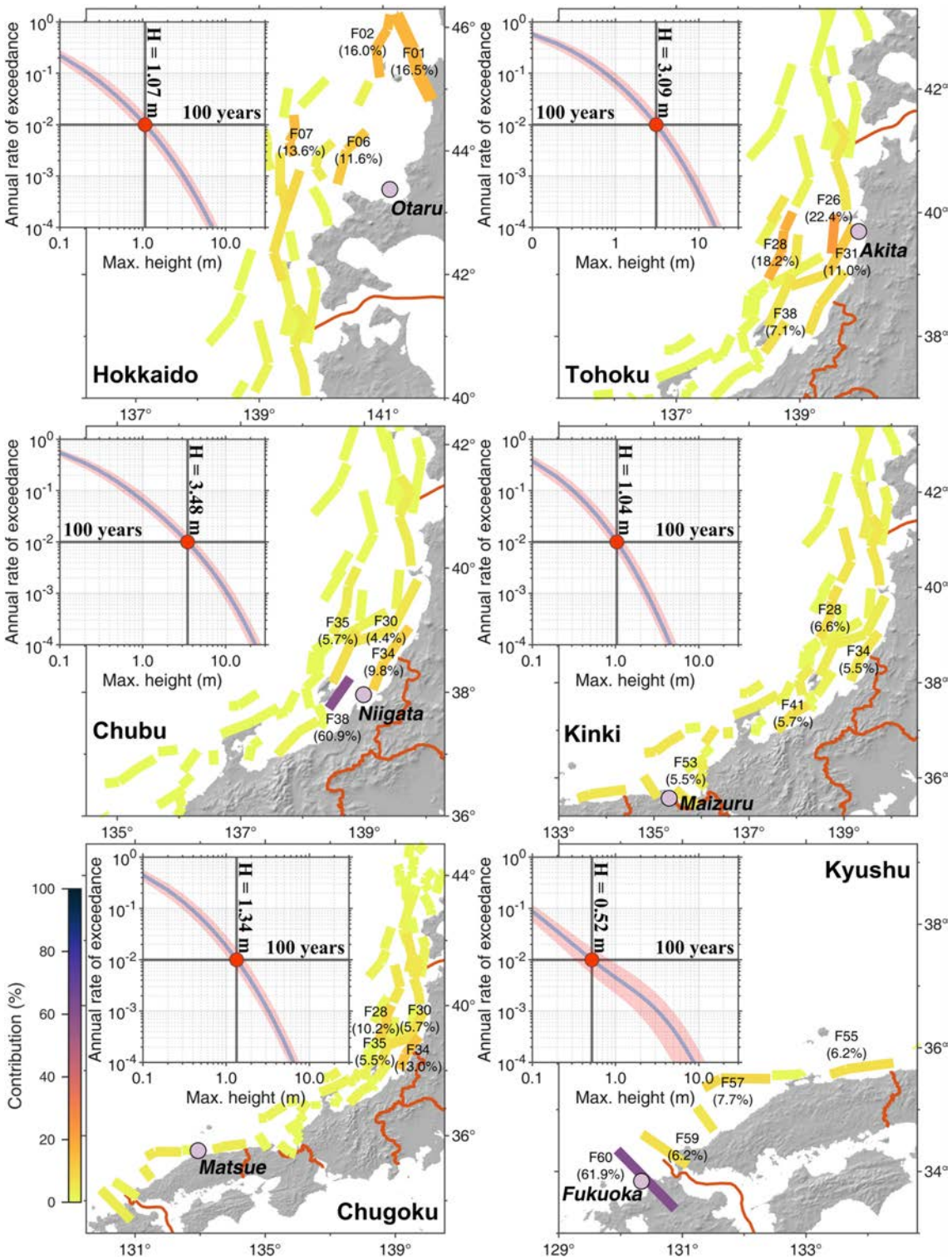


図 26　北海道小樽市、秋田県秋田市、新潟県新潟市、京都府舞鶴市、島根県松江市ならびに福岡県福岡市におけるハザード再分解の結果。断層の色はそれぞれの地点におけるハザードに寄与する割合（%）を表す。

6) 3 秒メッシュを用いた津波遡上計算

9 秒メッシュを用いた概略津波伝播解析の結果を踏まえ、浸水する可能性が考えられる領域を中心に、選択した波源モデルならびに 3 秒メッシュの地形モデルを用いて、陸域への遡上を考慮した詳細津波伝播解析を実施した（図 27）。レシピ（ア）ならびに武村式による断層すべり量を用いた場合ならびに過去に発生した地震に対する既往断層モデルについて計 195 ケースについて計算を実施した。津波遡上計算の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 秒メッシュにおける計算と同様に $n=0.025\ m^{-1/3}\cdot s$ ならびに 5 時間とした。なお、詳細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 28 には連動モデル（MGM05+MGM06+MGM07+MGM10+MGM11+MGM12）に、レシピ（ア）によるすべり量を用いた場合の C42 領域ならびに C44 領域における津波高分布ならびに浸水域の分布を示す。多くの断層モデルに対して陸域への顕著な浸水は見られず、一部の沿岸域でのみ浸水する結果となった。

(c) 結論ならびに今後の課題

本年度はサブサブテーマ 2.5.1「断層モデルの構築」によって得られた、東北沖海域に分布する海底活断層・沿岸伏在断層ならびに津波波形インバージョン等によって得られた 1833 年天保庄内沖地震、1940 年積丹半島沖地震、1964 年新潟地震、1983 年日本海中部地震ならびに 1993 年北海道南西沖地震に対する既往断層モデルを用いたシナリオ型津波シミュレーションを実施した。これらのうち、単独破壊モデルでは、断層長が 20 km 以上かつ震源断層が海域にある 67 断層を対象とした。一方で、連動する可能性のある断層の組み合わせを考慮した 123 断層モデルについても同様に解析を実施した。これらの計算にあたり、2 つのスケーリング則に基づく手法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。その結果、スケーリング則が津波高に及ぼす影響は断層の幾何形状によって異なる結果が得られた。またこれらの断層モデルによる北海道～長崎県沿岸域の各市町村における最大津波高を整理するとともに、過去に顕著な津波を伴った大地震（1833 年天保庄内沖地震、1940 年積丹半島沖地震、1964 年新潟地震、1983 年日本海中部地震ならびに 1993 年北海道南西沖地震）による津波痕跡高との比較を行った。さらに、9 秒メッシュを用いた概略津波伝播解析の結果を踏まえ、浸水する可能性が考えられる領域を中心に、選択した波源モデルならびに 3 秒メッシュの地形モデルを用いて、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詳細津波伝播解析を実施した。その結果、沿岸域の一部の領域で浸水がみられたものの、内陸奥深くまで浸水するケースは見られなかった。

本年度は、上述の確定論的津波予測に加えて、日本海における大規模地震に関する調査検討会（2014）[17] による 60 断層モデルを用いた津波ハザードの確率論的津波予測を実施した。得られた津波ハザードは日本海沿岸部に沿って南西部から北東部に向かって増加する傾向にあり、これは調査検討会 [17] の断層が西日本では少なく、またそれらのほとんどが横ずれであることに起因すると考えられる。

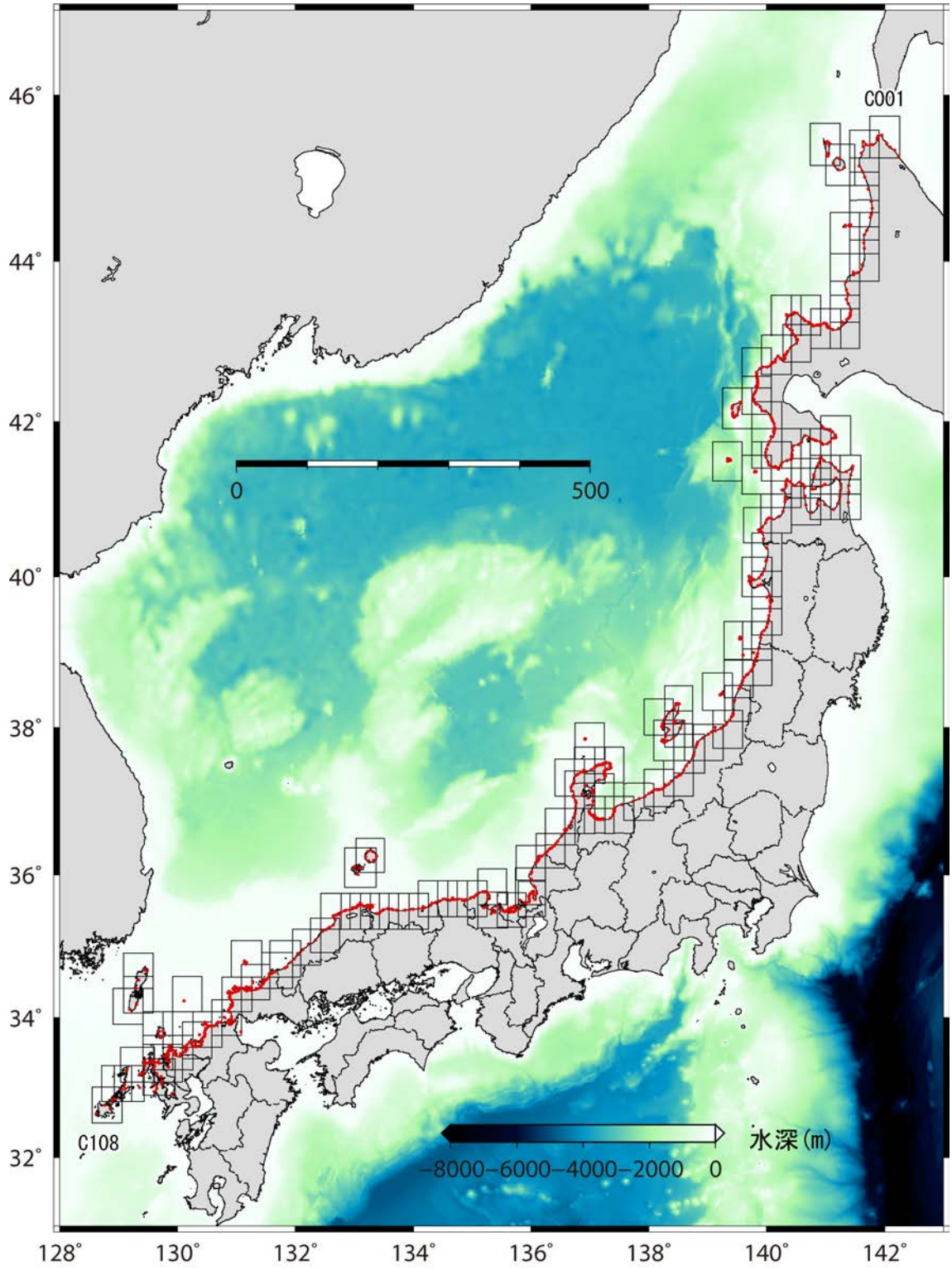


図 27　3 秒メッシュの計算領域（C001～C108）ならびに 3 秒メッシュを用いた津波伝播計算における波形出力点（赤丸）

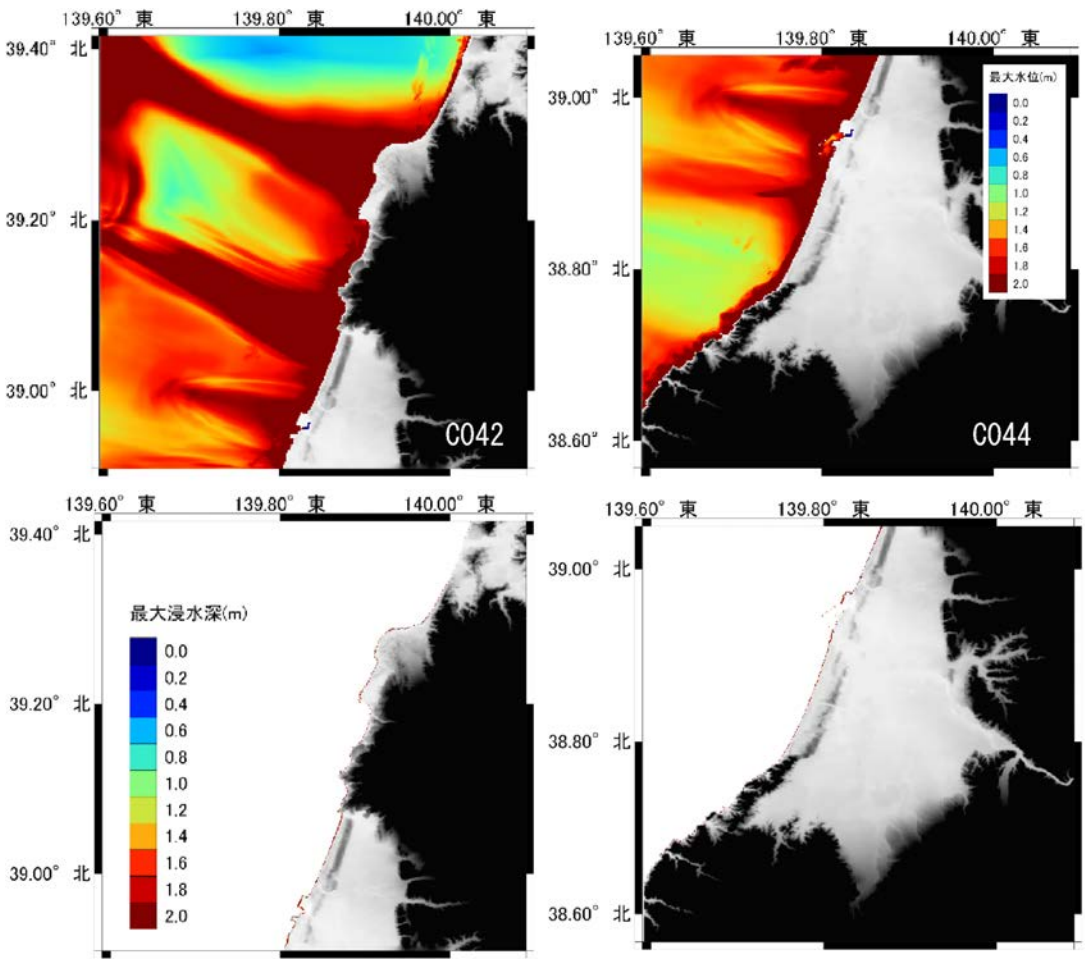


図 28　連動モデル(MGM05+MGM06+MGM07+MGM10+MGM11+MGM12)による C042 領域ならびに C044 領域における（上）最大水位（m)ならびに（下）最大浸水深（m)。

なお、連動する断層の組み合わせについては可能な限りの検討をしたが、断層の組み合わせなど活動範囲の不確定性に関する理解は必ずしも十分ではなく、本年度計算したものがすべてを網羅しているとは限らない。また、断層すべり量の算定に用いるスケーリング則や断層すべり角の不確定性が津波高に及ぼす影響についても検討を実施したが、今後もこれらについて引き続き検討を進め、断層モデルやスケーリング則の追加・修正に伴い、必要に応じてシナリオ型津波シミュレーションを検討していく事が重要である。

(d) 引用文献

1) 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（「レシピ」），平成 29 年 4 月, 51 ページ.

2) Murotani, S., S. Matsushima, T. Azuma, K. Irikura, and S. Kitagawa,: 2015. Scaling relations of source parameters of earthquakes occurring on inland crustal mega-fault systems. Pure Appl. Geophys., 172:1371-1381. doi:10.1007/s00024-014-1010-9.

3) 相田勇：天保 4 年の庄内地震による津波に関する数値実験，続古地震－実像と虚像，萩

原尊禮編著, 東京大学出版会, 204-214, 1989.
4) 今井健太郎, 高橋成実, 大林凉子, 馬場俊孝:1833 年天保出羽沖地震の波源像に関する考察, 日本地震学会 2015 年秋季大会, S10-P02, 神戸国際会議場, 2015.
5) Ohsumi, T., and Fujiwara, H.: Investigation of offshore fault modeling for a source region related to the Shakotan-Oki Earthquake. Journal of Disaster Research, 12(5), 891-898, 2017.
6) Abe, K.: Re-examination of the fault model for the Niigata earthquake of 1964, J. Phys. Earth, 23, 349-366, 1975.
7) Satake, K. and K. Abe: A fault model for the Niigata, Japan, earthquake of June 16, 1964, J. Phys. Earth, 31, 217-223, 1983.
8) 相田勇：1983 年日本海中部地震津波の波源数値モデル,東京大学地震研究所彙報, 59, 93-104, 1984.
9) Satake, K.: Inversion of tsunami waveforms for the estimation of heterogeneous fault motion of large submarine earthquakes: 1968 Tokachi-oki and 1983 Japan Sea earthquakes, J. Geophys. Res., 94, 5627-5636, 1989.
10) Tanioka, Y., Satake, K., and Ruff, L.: Total analysis of the 1993 Hokkaido Nansei-oki earthquake using seismic wave, tsunami, and geodetic data, Geophys. Res. Lett., 22, 9-12, 1995.
11) 高橋武之, 高橋智幸, 今村文彦, 首藤伸夫：北海道南西沖地震津波の波源の再検討, 土木学会東北支部技術研究発表会概要集, pp.180-181, 1995.
12) 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.
13) 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.
14) 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.
15) 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.
16) 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.
17) 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, 2014.
18) 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.
19) 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.
20) Okada, Y.: Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space,

Bulettin of the Seismological Society of America, Vol.75, No.4, pp.1135-1154, 1985.
21) 渡辺偉夫：日本被害津波総覧（第 2 版），東京大学出版会, 238pp., 1998.
22) 室谷智子, 佐竹健治, 石辺岳男：日本海東縁部の北海道沖・東北沖で 20 世紀に発生した地震の津波断層モデルの検証, 日本地震学会 2019 年度秋季大会, 2019.
23) 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.
24) 宇佐美龍夫, 石井寿, 今村隆正, 武村雅之, 松浦律子：日本被害地震総覧 599－2012, 東京大学出版会, 724pp., 2013.
25) 地震調査研究推進本部：日本海東縁部の地震活動の長期評価について（平成 15 年 6 月 20 日公表）, https://www.jishin.go.jp/main/chousa/03jun_nihonkai/index.html.
26) Okamura, Y., Satake, K., Ikehara, K., Takeuchi, A., and Arai, K.: Paleoseismology of deep - sea faults based on marine surveys of northern Okushiri ridge in the Japan Sea, Journal of Geophysical Research Solid Earth, Vol. 110, B09105, 2005.
27) 岩渕洋子, 杉野英治, 今村文彦, 都司嘉宣, 松岡祐也, 今井健太郎, 首藤伸夫：信頼度を考慮した津波痕跡データベースの構築,土木学会論文集 B2 (海岸工学), 68(2), I_1326-I_1330, 2012.
28) Mulia, I.E., T. Ishibe, K. Satake, A.R. Gusman, and S. Murotani: Regional probabilistic tsunami hazard assessment associated with active faults along the eastern margin of the Sea of Japan, Earth Planets Space, 72:123, doi:10.1186/s40623-020-01256-5, 2020.
29) Mai, P. M., and Beroza, G.C.: A spatial random field model to characterize complexity in earthquake slip. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 107(B11), ESE 10-1-ESE 10-21, 2002.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
Probabilistic tsunami hazard assessment for the Japan Sea region (HDS08-06)（口頭発表）	Mulia I.E., T. Ishibe, K. Satake, and A.R. Gusman	JpGU-AGU Joint Meeting 2020（オンライン）	令和2年7月12日－16日,	国内
日本海側の海域活断層による日本海沿岸部の津波高（ポスター発表）	佐竹健治, I.E. Mulia, 五島朋子, 室谷智子, 石辺岳男	日本地震学会2020年度秋季大会（オンライン）	令和2年10月29－31日	国内
Regional probabilistic tsunami hazard	Mulia, I.E., T. Ishibe,	日本地震学会2020年度秋季大会	令和2年10月29－31	国内

assessment for the Sea of Japan（ポスター発表）	K. Satake, A.R. Gusman, and S. Murotani	（オンライン）	日	
Regional probabilistic tsunami hazard assessment for the Sea of Japan（ポスター発表）	Mulia, I.E., T. Ishibe, K. Satake, A.R. Gusman, and S. Murotani	AGU fall meeting 2020（オンライン）	令和2年12月1-17日	国外

2) 学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載した論文（発表題目）	発表者氏名	発表した場所（学会誌・雑誌等名）	発表した時期	国内・外の別
Regional probabilistic tsunami hazard assessment associated with active faults along the eastern margin of the Sea of Japan	Mulia, I.E., T. Ishibe, K. Satake, A.R. Gusman, and S. Murotani	Earth Planets Space	令和2年9月3日	国外

(f) 特許出願、ソフトウエア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウエア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 8ヵ年の成果

(a) 業務の成果

サブサブテーマ 2.5.1「断層モデルの構築」によって得られた日本海海域に分布する海底活断層・沿岸伏在断層ならびに津波波形インバージョン等によって得られた 1833 年天保庄内沖地震、1940 年積丹半島沖地震、1964 年新潟地震、1983 年日本海中部地震ならびに 1993 年北海道南西沖地震に対する断層モデルを用いてシナリオ型津波シミュレーションを実施した。

サブサブテーマ 2.5.1「断層モデルの構築」によって得られた海底活断層・沿岸伏在断層のうち、個別の断層が単独で破壊するモデル（単独モデル）では短い断層や陸域に分布する断層を除いた 185 断層モデルを対象とした。一方で、複数の断層が一括して活動する、連動する可能性のある断層の組み合わせを考慮した 177 断層モデル（連動モデル）についても同様に解析を実施した。図 29 には、本課題でシナリオ型津波シミュレーションを実施した断層モデルの分布図ならびに各海域における断層モデル数と断層モデルの規模（モーメントマグニチュード）の分布を示す。計算にあたっては、断層すべり量の算定に用いるスケーリング則による違いや断層すべり角の不確定性による影響についても検討した。さらに、浸水の可能性がある断層モデルを対象に詳細津波計算を実施し、浸水高や浸水範囲について検討した。個々の断層モデルに基づく上記の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についても実施し、その特徴について論じた。

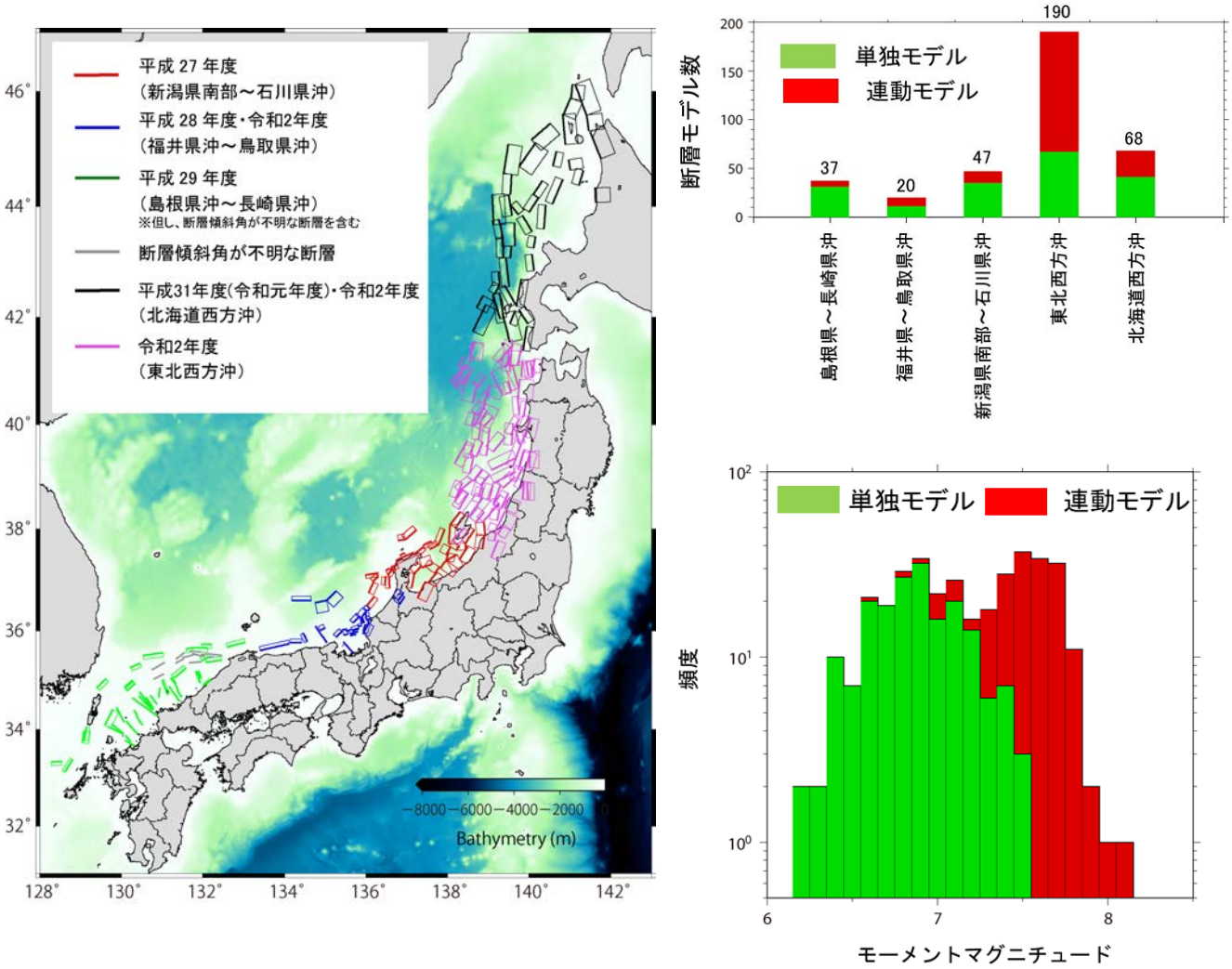


図 29　（左）本課題でシナリオ型津波シミュレーションに用いた断層モデル（サブサブテーマ 2.5.1「断層モデルの構築」による）（右）各海域における断層モデル数ならびに地震規模（モーメントマグニチュード）の分布。

(b) 結論ならびに今後の課題

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とともに、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とした、本課題の目的は概ね達成された。しかしながら断層の組み合わせなど、活動範囲の不確定性に関する理解は必ずしも十分ではない。また、断層すべり量の算定に用いるスケーリング則や断層すべり角の不確定性が津波高に及ぼす影響についても検討を実施したが、今後も引き続き検討を進めていく必要があるものと思われる。

(c) 引用文献

なし