

# 日本海地震・津波調査

## 3. 津波および強震動の予測

### 3-1：津波予測

#### 東京大学地震研究所

##### <研究目的>

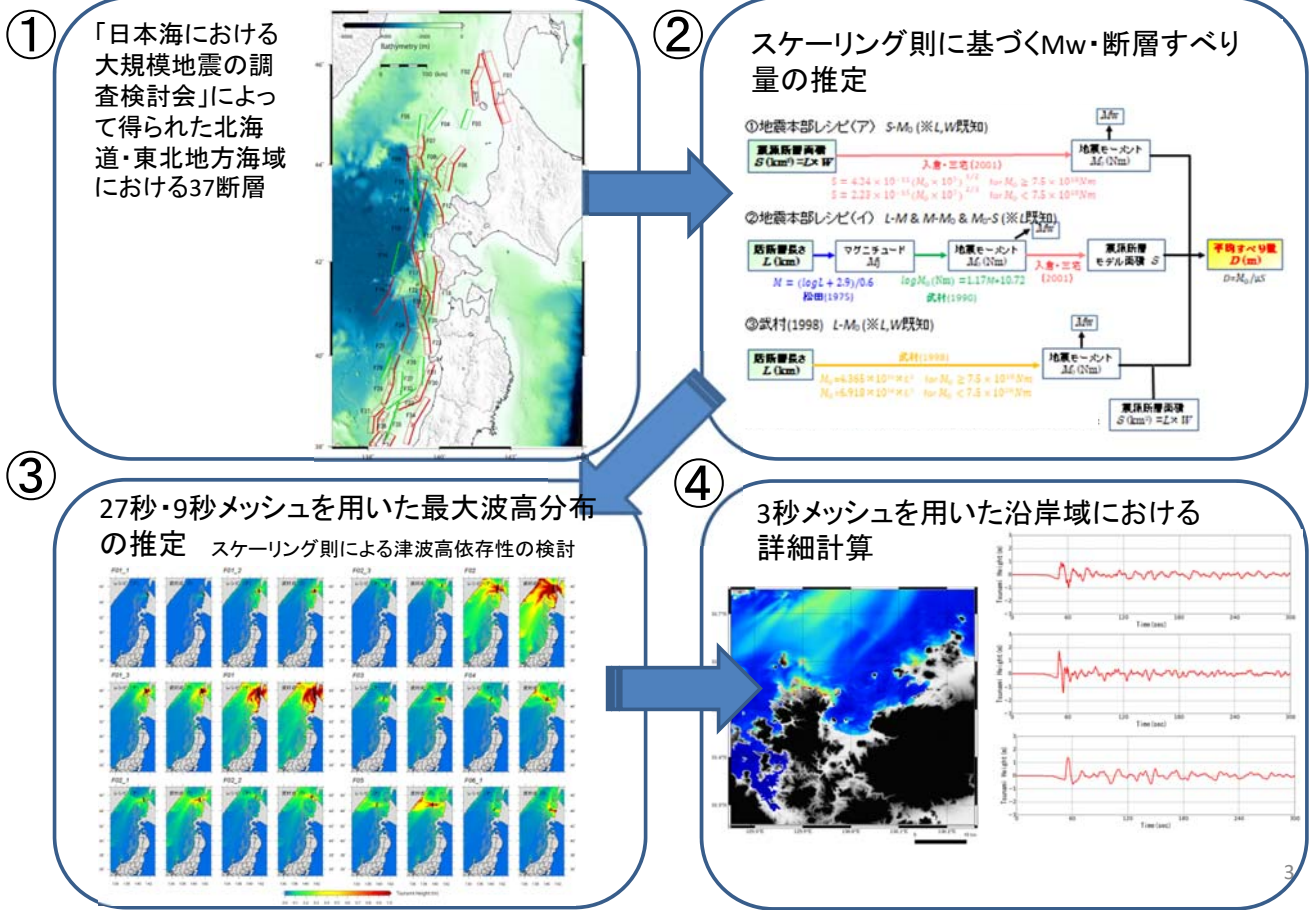
陸域・海域での構造調査や古地震・古津波・活構造調査などに基づいて得られた断層モデルから、日本海沿岸における津波シミュレーションにより、沿岸での津波波高を予測する。個々の断層モデルに基づく確定論的シナリオモデルの他に、各地に影響を及ぼす可能性のある断層からのシナリオを組み合わせた確率論的な津波予測も行う。なお、本サブテーマでは日本海沿岸の全域について、沿岸での津波の高さを予測し、特定の港湾における浸水・遡上・構造物の影響については、波の分散性も考慮してサブテーマ(1)で実施する。

#### 業務計画(平成25年度～平成32年度)

	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31	H32
北海道・東北沖周辺	地形データ・計算コード整備・検証					断層のリストアップ シナリオ型津波シミュレーション	確率論的な津波波高予測	想定連動シミュレーション 低頻度巨大地震による津波波高評価
北陸沖周辺		断層のリストアップ シナリオ型津波シミュレーション	確率論的な津波波高予測					
山陰・九州沖周辺				断層のリストアップ シナリオ型津波シミュレーション	確率論的な津波波高予測			
平成30年度業務計画								

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う。また、当該沿岸に影響を及ぼす断層をリストアップする。

# 平成30年度の実施内容



## ① 津波断層モデル

日本海大規模地震に関する調査検討会による北海道・東北地方海域 (F01~F37) の断層モデルに対して、スケーリング則の違いによるすべり量の検討を実施

### 連動モデル

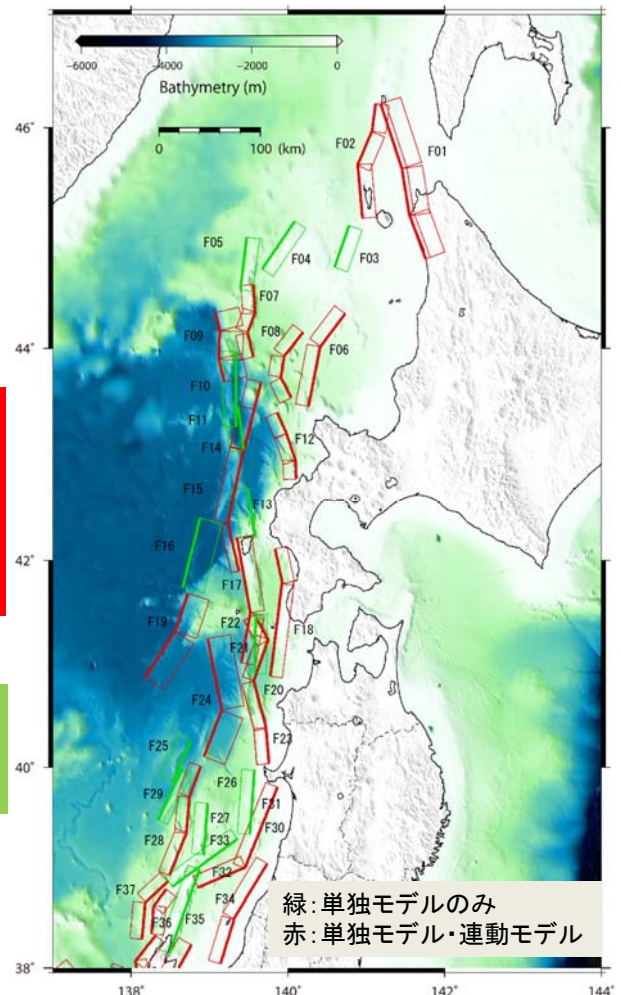
日本海大規模地震に関する調査検討会による北海道・東北地方海域 (F01~F37) のうち、複数枚の断層から構成される21断層モデル (e.g., F02-1+F02-2, F02-1+F02-2+F02-3)

※日本海大規模地震に関する調査検討会による断層区分を超えた連動破壊 (e.g., F16+F19) は考慮しない

### 単独モデル

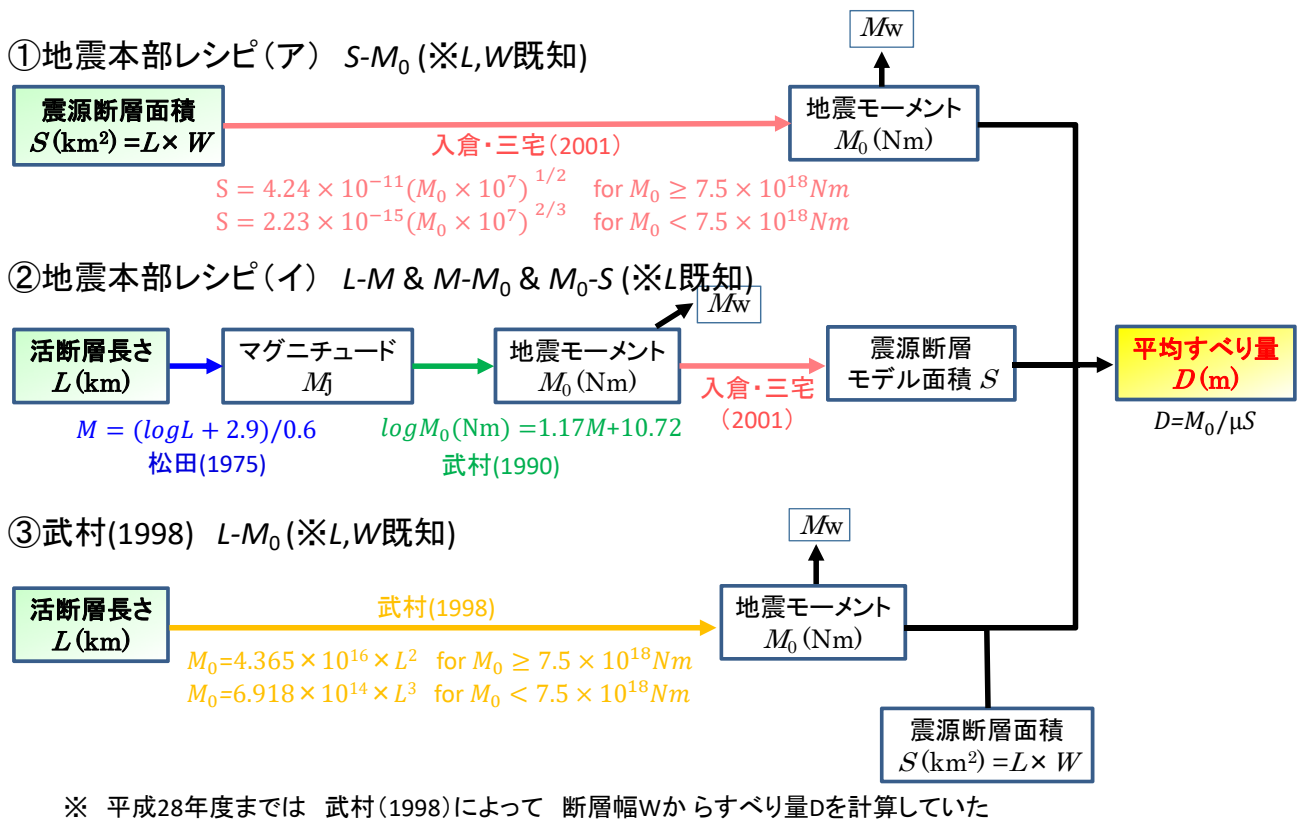
日本海大規模地震に関する調査検討会による北海道・東北地方海域 (F01~F37) を構成する59断層モデル (e.g., F02-1, F02-2, F02-3, F3)

※ 断層長が20 km未満のものは対象外とした

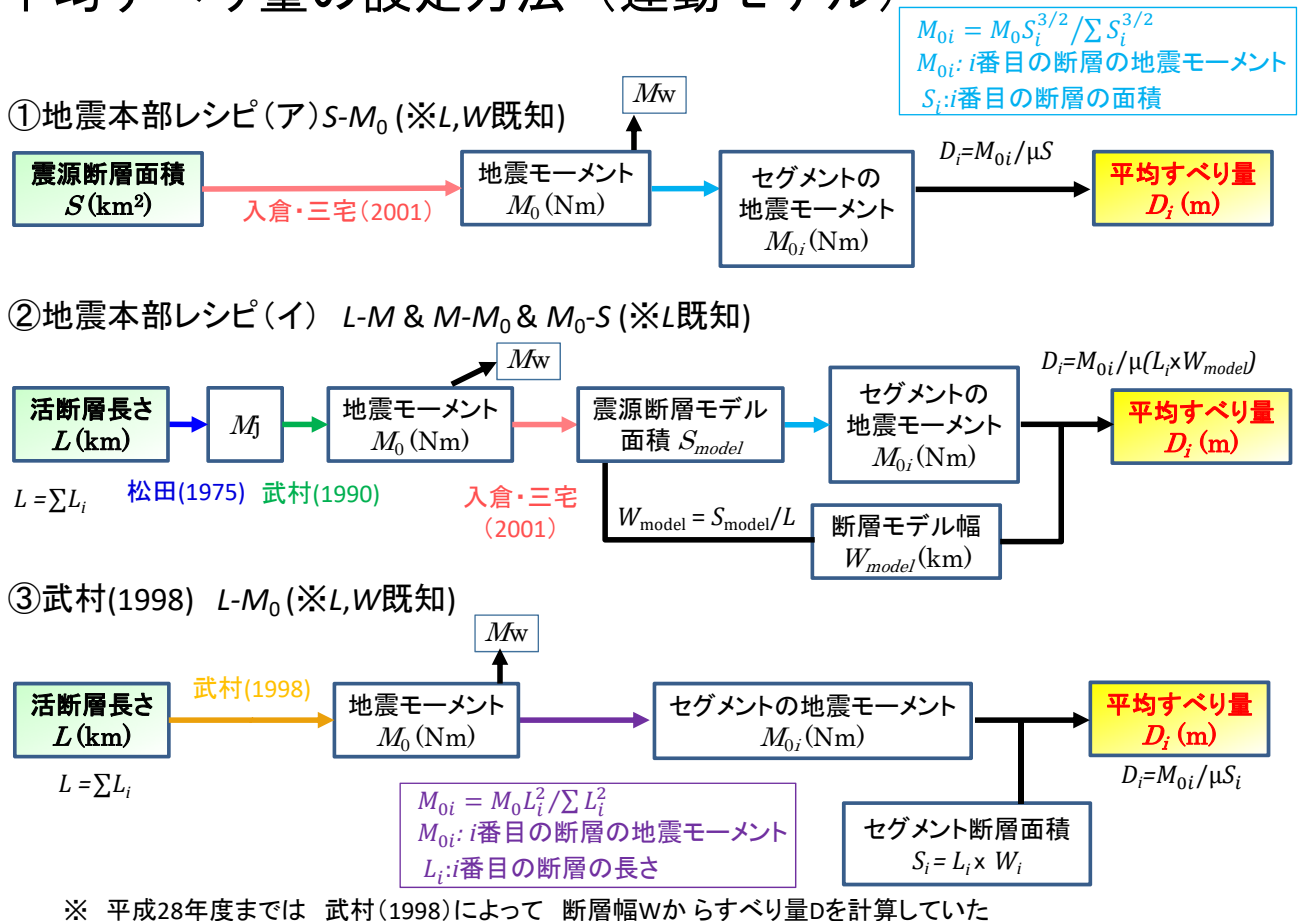


# スケーリング則に基づくMw・断層すべり量の推定

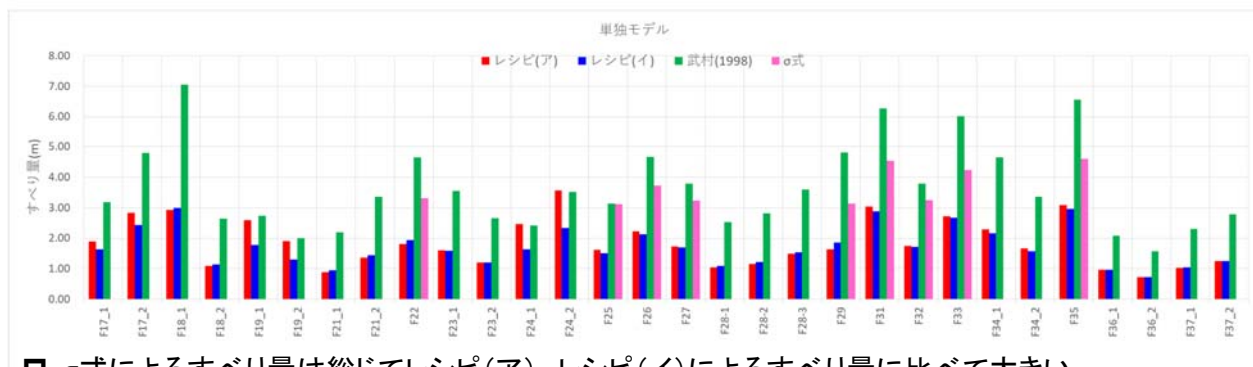
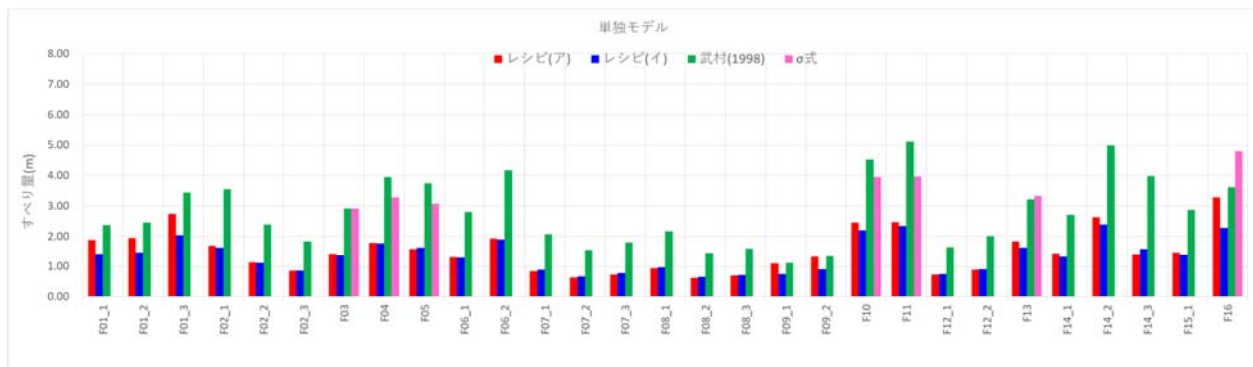
## 平均すべり量の設定方法（単独モデル）



## 平均すべり量の設定方法（連動モデル）

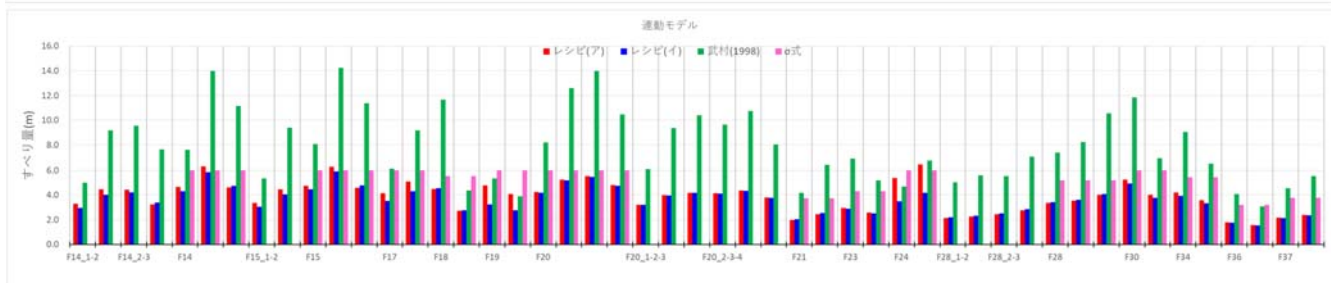
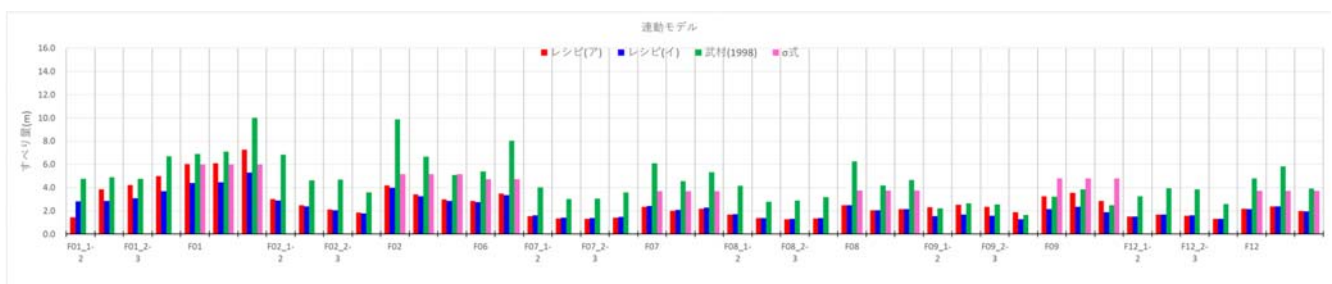


## スケーリング則による断層すべり量の相違(単独モデル)



- $\sigma$ 式によるすべり量は総じてレスピ(ア)、レスピ(イ)によるすべり量に比べて大きい  
(※  $\sigma$ 式はレスピ(ア)によるすべり量+1.5 m)
- 多くの場合、日本海における大規模地震に関する調査検討会による $\sigma$ 式(レスピ(ア)によるすべり量+1.5 m)よりも、武村式によるすべり量のほうが大きい

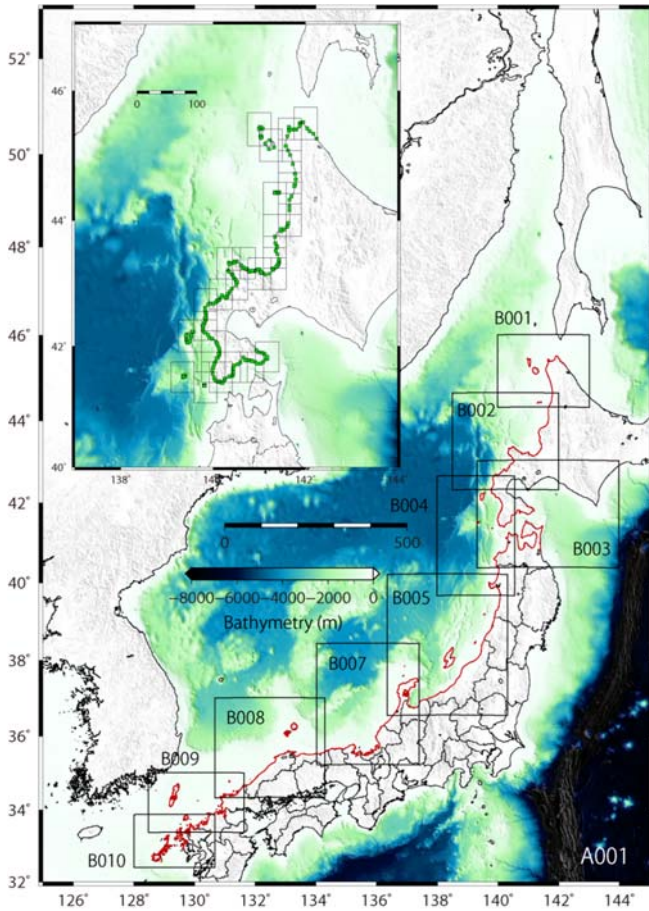
## スケーリング則による断層すべり量の相違(連動モデル)



- $\sigma$ 式によるすべり量は総じてレスピ(ア)、レスピ(イ)によるすべり量に比べて大きい  
(※  $\sigma$ 式はレスピ(ア)によるすべり量+1.5 m)
- 多くの場合、日本海における大規模地震に関する調査検討会による $\sigma$ 式(レスピ(ア)によるすべり量+1.5 m)よりも、武村式によるすべり量のほうが大きい

レスピ(ア)によるすべり量は概ねレスピ(イ)によるすべり量と同程度になり、また昨年度までの結果から津波高についても同程度になることから、本年度はレスピ(ア)ならびに武村式によるすべり量を用いたシミュレーションを実施した。

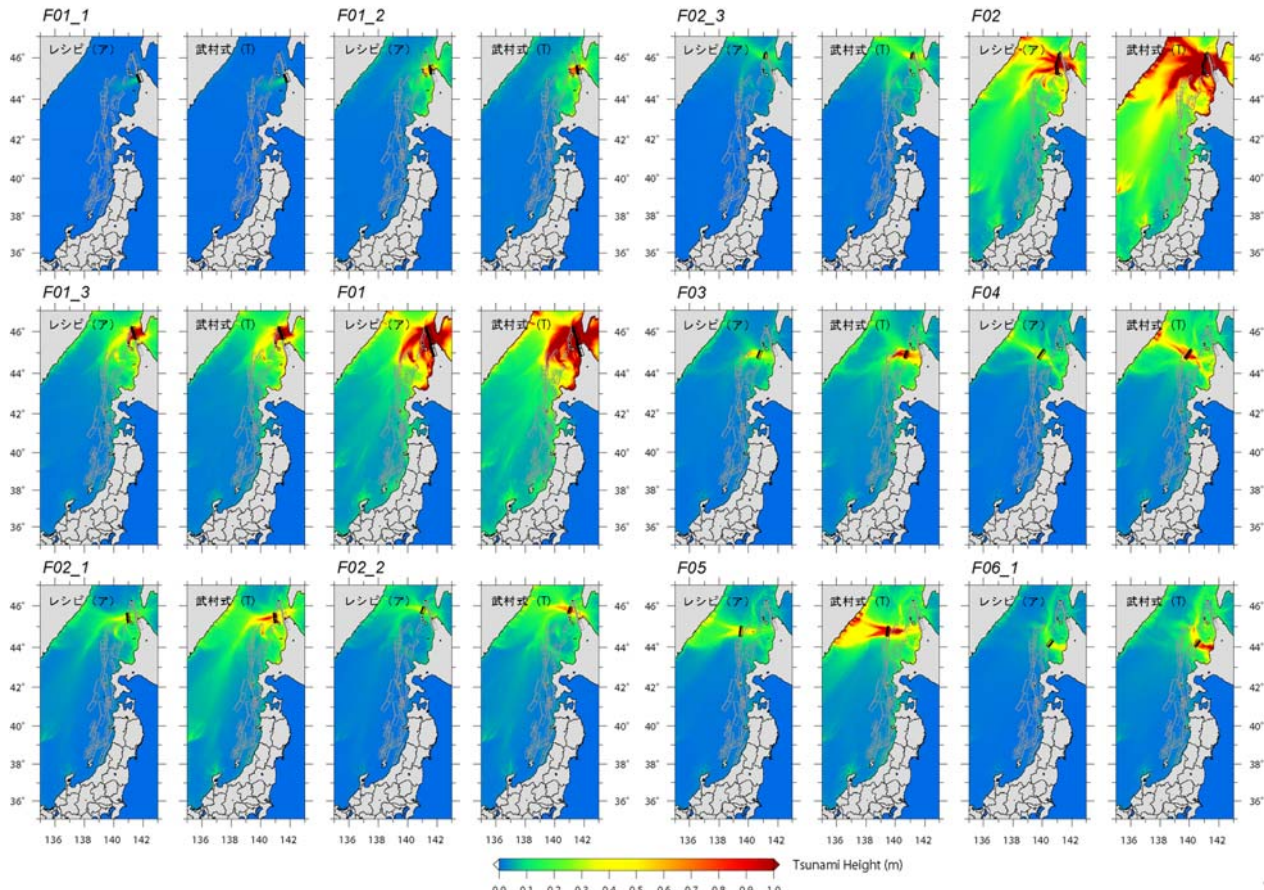
### ③ 27秒・9秒メッシュを用いた最大津波高分布の推定



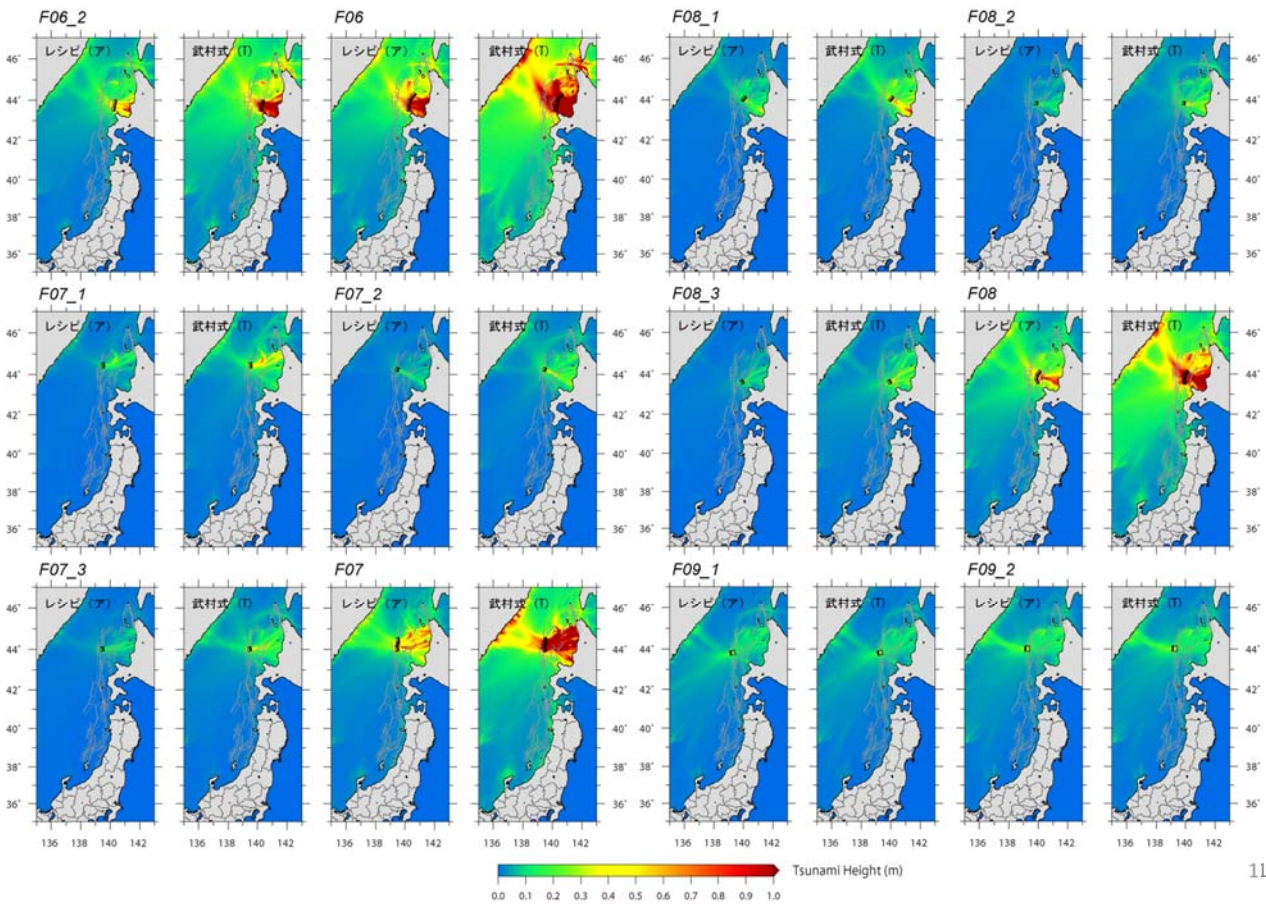
項目	設定値
空間格子間隔	9秒
時間格子間隔	0.5秒
基礎方程式	非線形長波式
境界条件	海域のみの津波伝播を考慮し、陸域遡上は考慮しない
初期条件	Okada(1985)の方法を用いて設定
海底摩擦係数	Manning粗度係数 $n=0.025\text{m}^{-1/3}/\text{s}$ (後藤・佐藤(1993)、土木学会(2002))
現象再現時間	地震発生後5時間

➤ 解析対象領域: 27秒メッシュ領域(A001)及び9秒メッシュ領域(B001~B010(但しB006は除く))。

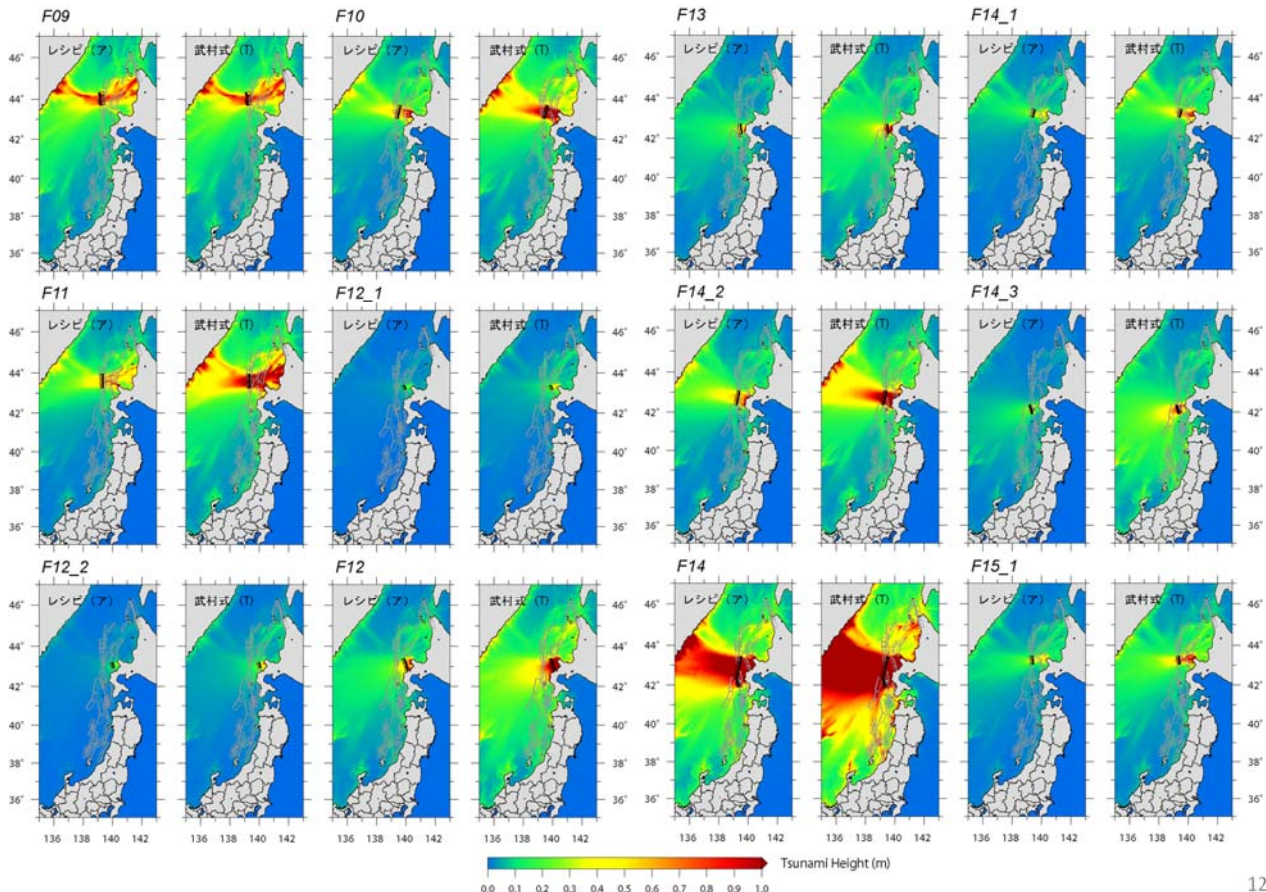
### スケーリング則依存性の検討



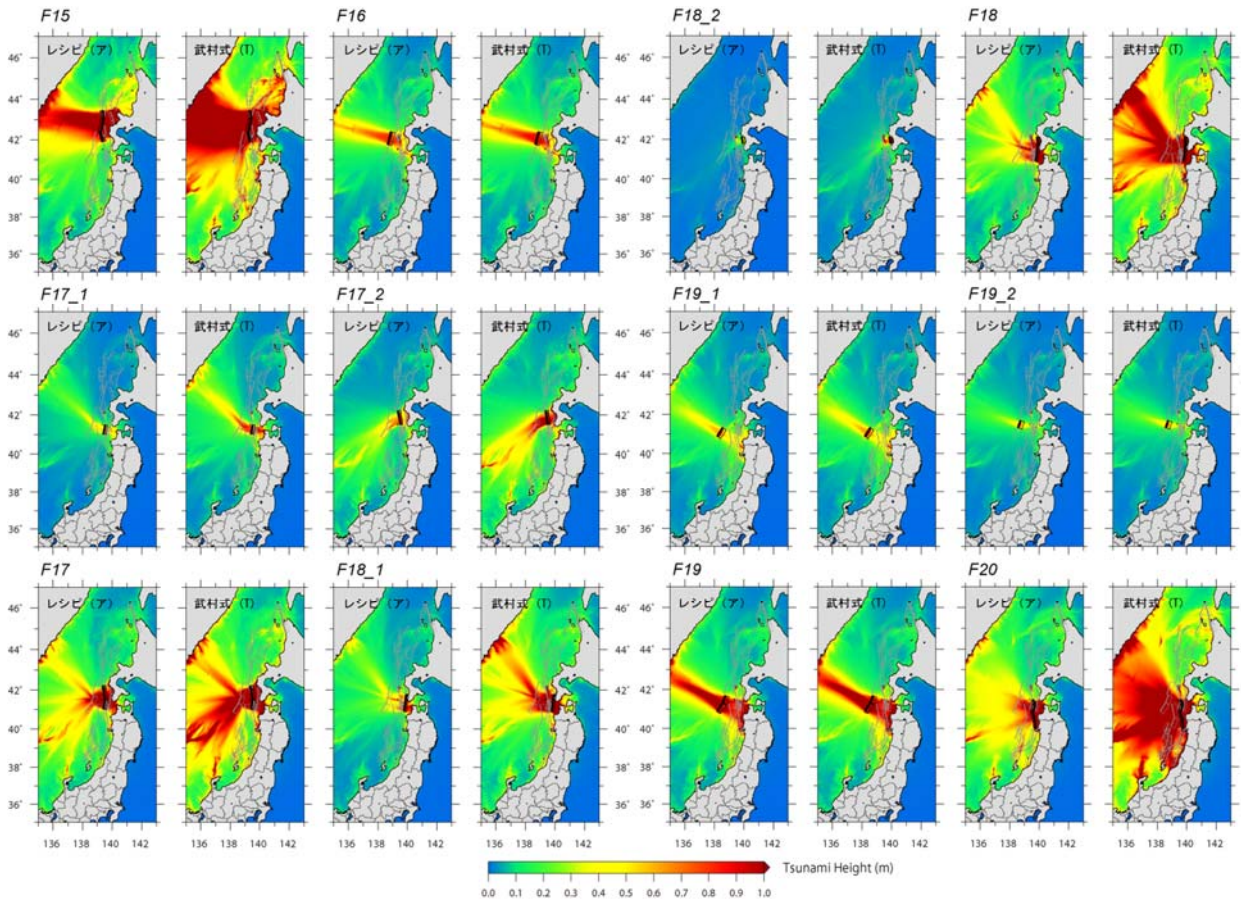
# スケーリング則依存性の検討



# スケーリング則依存性の検討

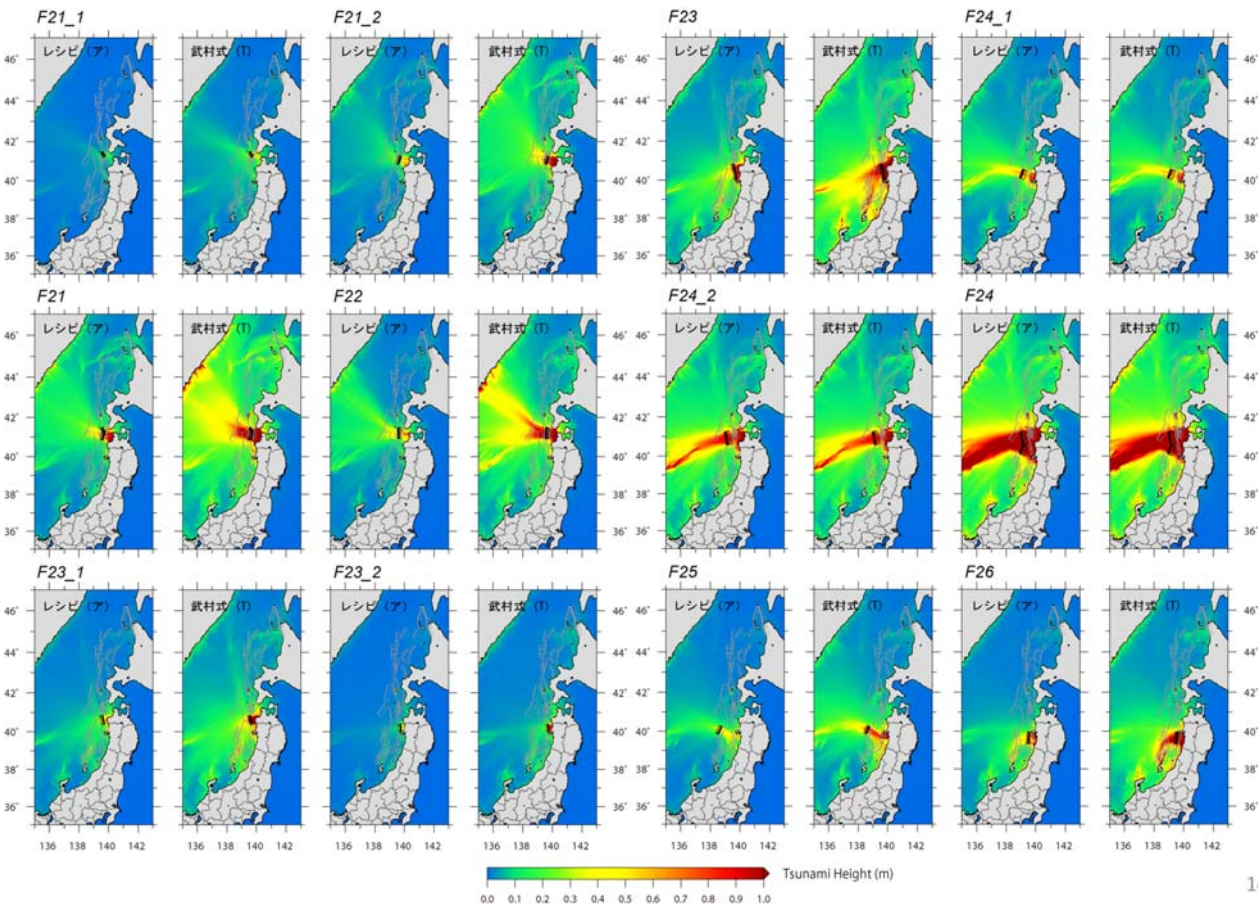


## スケーリング則依存性の検討



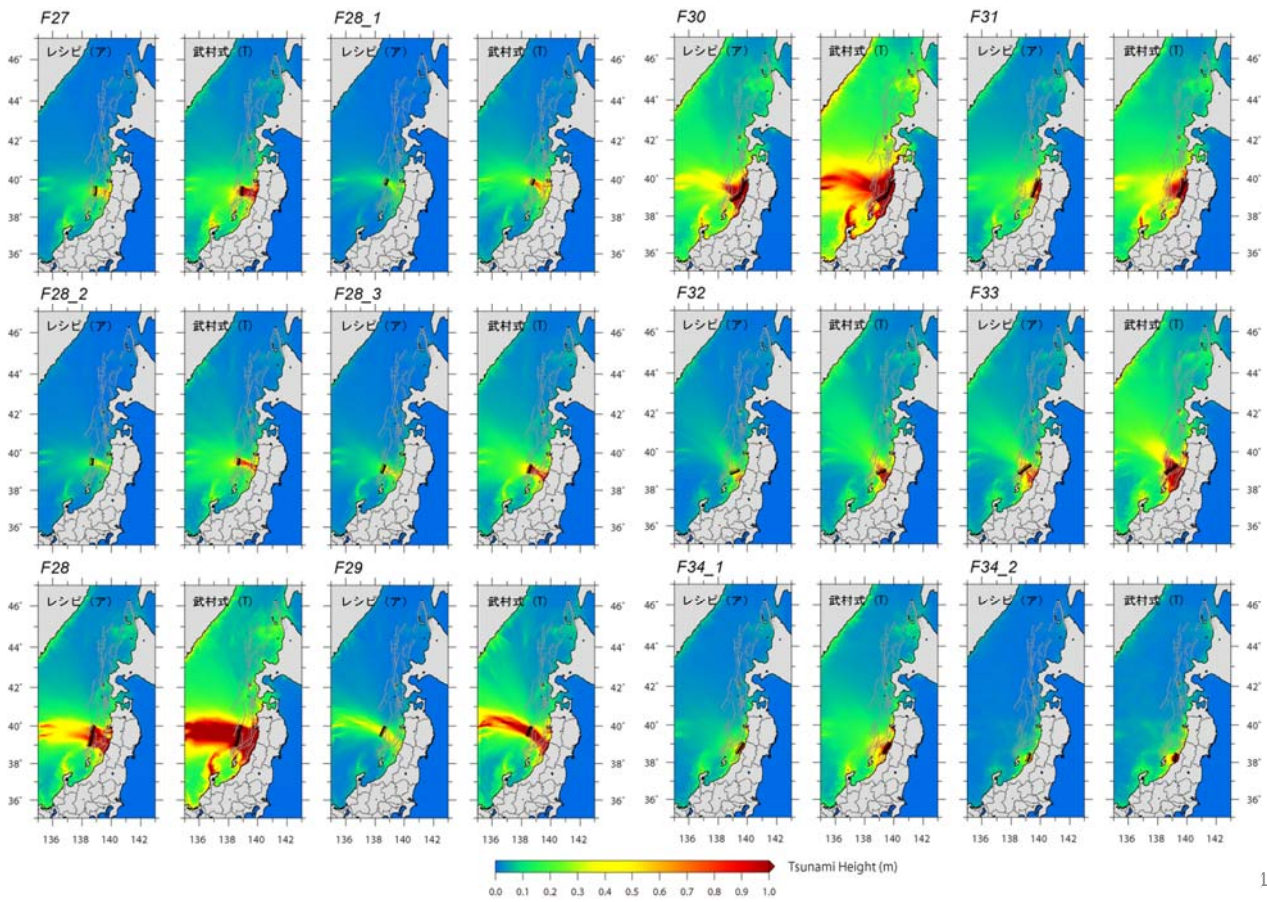
13

## スケーリング則依存性の検討



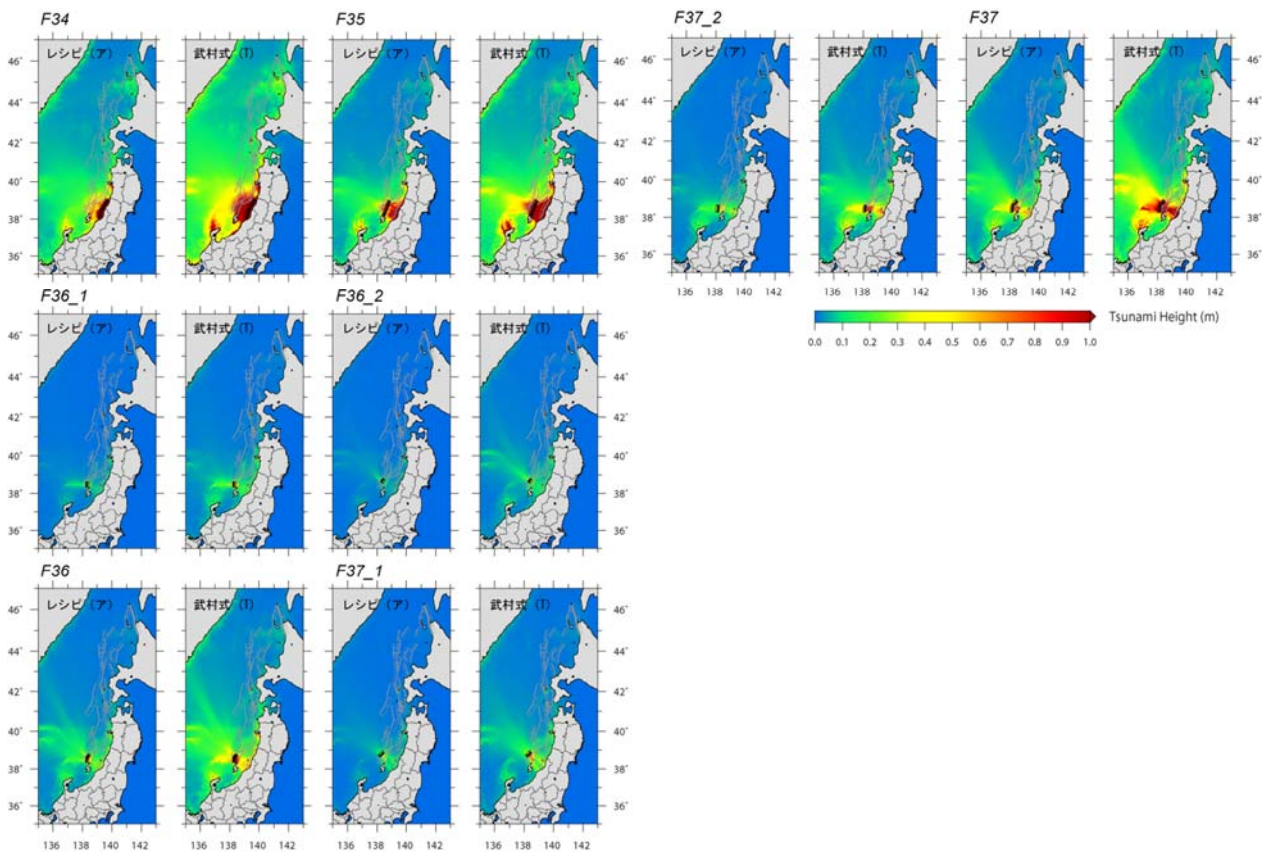
14

## スケーリング則依存性の検討



15

## スケーリング則依存性の検討



16





# 9秒計算における3秒メッシュ領域内の最大水位上昇量(武村式)

断層モデル

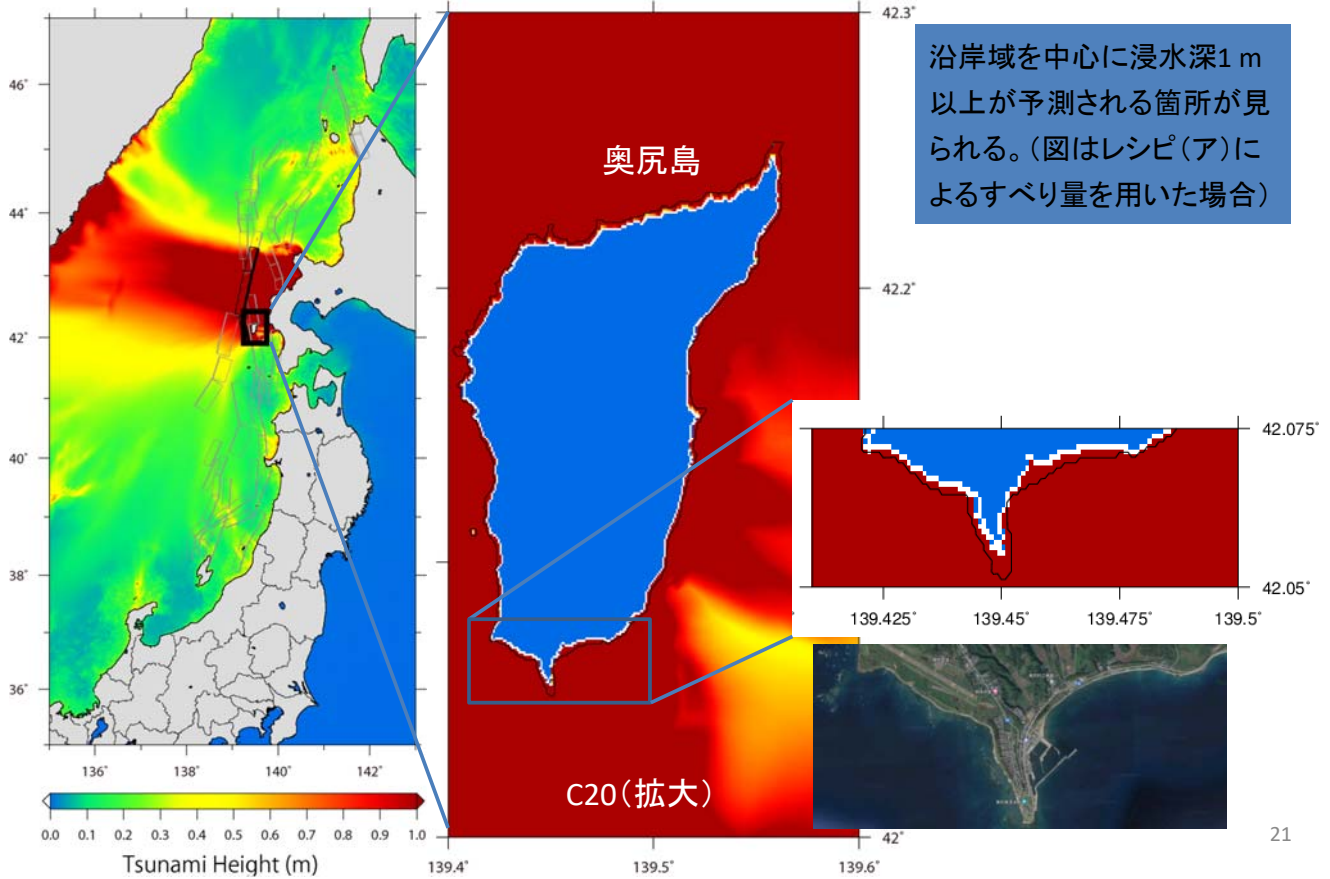
赤色は最大水位上昇量1.8 m以上

断層名	F0.1	F0.2	F0.3	F0.4	F0.5	F0.6	F0.7	F0.8	F0.9	F1.0	F1.1	F1.2	F1.3	F1.4	F1.5	F1.6	F1.7	F1.8																							
C001	0.09	1.34	0.89	0.81	1.22	1.42	0.87	0.30	0.29	0.27	1.08	0.34	0.27	0.27	0.81	0.92	1.11	0.23	0.25	0.70	0.40	0.40	0.66	0.36	0.92	0.39	1.93	0.44	0.31	0.91											
C002	0.38	1.90	2.24	0.81	1.76	1.38	1.07	0.54	0.80	1.15	0.88	1.16	1.53	2.49	0.77	0.88	0.45	0.39	0.40	1.46	0.38	1.11	1.44	1.45	0.30	0.31	1.10	0.68	0.77	0.55	1.90	0.74	1.35	0.61	0.76	0.67					
C003	0.16	0.72	0.69	1.43	0.76	0.87	0.95	0.76	0.90	0.96	0.96	1.35	1.98	1.30	0.49	0.71	0.83	0.70	0.37	0.33	1.76	0.37	0.38	1.33	1.50	1.50	0.27	0.36	0.61	0.61	0.61	0.59	1.75	0.59	1.09	0.62	0.70	0.58			
C004	0.24	0.76	1.61	1.18	0.88	0.81	0.37	0.41	0.70	0.84	0.88	1.15	0.86	0.83	1.11	1.40	0.93	0.77	0.26	0.33	1.02	0.85	1.16	2.13	0.75	0.76	0.68	0.69	0.84	0.79	0.37	0.68	0.84	0.88	1.58	0.60	0.60	0.61			
C005	1.52	0.61	1.29	1.32	1.03	0.64	0.36	0.31	1.75	1.01	0.89	0.84	1.06	2.43	1.34	0.70	0.84	1.52	0.76	0.38	1.55	0.58	1.11	1.40	0.92	0.92	1.14	0.75	0.81	0.83	2.96	0.70	0.56	0.64	0.64	0.64	0.64				
C006	0.34	0.85	1.52	1.28	1.03	0.61	0.36	2.44	1.58	1.03	1.06	0.96	1.34	2.56	0.92	0.44	0.57	4.50	0.44	0.34	0.32	1.12	0.30	0.42	2.00	1.24	2.01	0.30	0.29	0.58	0.41	0.64	0.78	0.34	1.83	0.56	1.98	0.44	0.34	0.51	
C007	0.10	0.89	1.20	1.40	1.57	0.63	0.36	4.02	1.02	1.28	1.56	1.95	2.46	3.30	0.74	0.63	0.95	4.58	0.99	0.76	0.90	2.60	0.40	1.08	3.09	1.48	1.48	0.29	0.33	0.95	0.45	0.50	0.79	0.76	2.66	0.95	2.51	0.44	1.03	0.63	
C008	0.04	0.36	0.71	1.24	1.03	0.33	0.27	2.69	1.04	1.37	1.76	1.01	1.24	3.09	0.43	0.41	0.80	4.61	0.66	0.48	0.57	1.59	0.30	0.86	2.40	1.12	2.66	0.26	0.27	0.87	0.35	0.63	0.67	0.32	1.36	0.64	1.58	0.44	0.30	0.41	
C009	0.09	1.16	2.24	0.69	1.74	0.71	0.64	3.51	1.31	2.09	1.82	3.87	3.23	4.14	0.54	0.61	0.81	3.52	1.09	0.78	0.77	4.70	0.41	0.80	2.36	1.41	3.88	0.45	0.50	1.57	0.88	1.24	0.46	2.44	1.12	2.80	0.51	0.41	0.81		
C010	0.08	0.71	1.65	0.85	1.32	0.93	0.40	4.11	0.92	2.36	1.92	2.75	4.89	11.54	0.93	0.83	0.77	2.32	1.29	0.81	0.78	5.67	0.40	0.67	1.67	1.30	3.21	0.34	0.48	1.30	0.55	0.67	1.05	0.45	2.31	0.92	2.42	0.47	0.48	0.58	
C011	0.04	0.64	0.74	2.27	0.62	0.40	0.23	2.41	0.82	1.51	1.22	1.49	5.82	8.73	0.68	0.50	0.51	3.43	2.18	1.03	0.92	6.58	0.28	0.42	1.39	1.87	3.88	0.48	0.40	1.33	0.40	0.40	0.40	2.21	1.09	3.40	0.46	0.28	0.58		
C012	0.07	0.78	1.05	2.77	1.25	0.79	0.69	2.53	2.44	1.55	1.24	3.50	4.82	0.67	0.68	0.72	2.64	1.68	0.89	0.89	3.45	0.58	0.58	0.58	0.58	2.97	0.50	0.68	1.72	0.86	1.04	1.41	0.60	2.09	1.20	3.16	0.56	0.92	0.62		
C013	0.06	0.62	0.90	0.45	0.88	0.58	0.29	2.30	0.93	1.10	1.30	1.93	3.33	0.58	0.44	0.74	1.11	1.40	0.93	0.78	2.60	0.31	0.36	1.28	1.59	3.04	0.15	0.28	1.53	0.89	0.95	0.91	0.88	2.37	1.20	3.65	0.61	0.32	0.57		
C014	0.05	0.39	1.03	0.48	0.88	0.41	0.38	2.00	0.95	1.26	1.22	1.85	3.01	1.85	0.74	0.63	0.53	2.02	1.19	0.80	1.48	4.44	0.26	0.26	1.51	5.33	0.53	0.61	0.86	3.76	0.21	0.45	0.74	0.74	1.44	1.10	0.99	0.58	0.58		
C015	0.11	0.33	1.37	0.33	0.71	1.02	0.51	1.52	1.10	1.47	1.32	1.56	3.11	0.71	0.83	0.80	2.88	1.72	0.92	1.26	5.14	0.92	0.73	2.40	0.13	0.43	0.25	1.36	1.18	1.44	4.71	4.71	1.17	1.69	5.00	0.28	1.44	0.61	0.88		
C016	0.07	0.37	0.94	2.05	0.90	0.62	0.31	2.38	1.24	0.93	1.14	0.65	1.46	2.72	0.53	0.49	0.73	0.82	0.50	1.01	2.60	0.55	0.41	1.33	4.18	4.56	1.35	3.87	0.45	1.62	4.70	3.73	1.38	19.20	3.04	16.35	1.66	0.55	1.59		
C017	0.08	0.35	0.75	1.88	0.58	0.61	0.25	1.64	1.09	0.68	1.00	0.70	1.46	2.46	0.44	0.34	0.36	1.49	0.56	0.41	0.94	2.17	0.43	0.41	1.33	4.96	2.95	1.14	2.06	6.16	2.51	3.00	0.68	1.59	28.18	2.10	27.45	1.61	0.61	1.46	
C018	0.05	0.16	0.71	1.61	0.43	0.31	0.25	1.22	0.63	0.89	0.81	0.45	0.90	1.20	0.30	0.28	0.32	0.44	0.35	0.70	2.43	0.32	0.27	2.27	1.82	0.90	1.52	2.15	0.58	1.72	2.26	2.48	26.08	1.74	26.30	2.30	0.68	0.78			
C019	0.06	0.15	0.46	1.39	0.63	0.48	0.18	1.89	0.70	0.44	0.62	0.45	0.94	1.62	0.30	0.28	0.28	0.89	0.37	0.24	0.48	1.32	0.31	0.36	1.08	2.09	1.83	0.64	1.24	4.41	7.69	1.46	9.77	1.16	27.32	1.21	27.59	3.17	2.98	0.71	
C020	0.05	0.12	0.89	0.81	0.69	0.46	0.22	2.13	0.89	0.97	0.51	0.26	0.82	1.14	0.55	0.31	0.39	1.28	0.33	0.23	0.61	1.56	0.64	0.45	1.15	1.75	1.79	0.63	1.26	5.38	4.80	1.14	4.50	7.07	20.78	1.33	20.39	6.17	2.98	0.71	
C021	0.03	0.11	0.45	1.10	0.46	0.28	0.12	1.45	0.68	0.32	0.45	0.23	0.57	0.27	0.17	0.18	0.64	0.18	0.16	0.24	0.64	0.24	0.26	0.57	1.03	1.09	0.28	0.55	2.62	2.27	0.60	2.17	5.88	0.25	0.62	3.94	3.67	1.05	0.58		
C022	0.02	0.08	0.25	0.21	0.11	0.07	0.32	0.25	0.34	0.22	0.23	0.35	0.14	0.10	0.12	0.13	0.13	0.11	0.17	0.15	0.13	0.11	0.17	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	
C023	0.00	0.02	0.09	0.22	0.09	0.08	0.03	0.27	0.11	0.07	0.16	0.06	0.18	0.29	0.07	0.05	0.08	0.23	0.07	0.07	0.10	0.09	0.09	0.28	0.53	0.13	0.10	0.11	0.34	0.32	0.42	0.56	0.46	0.24	0.37	2.76	4.58	8.96	1.74	0.58	0.58
C024	0.02	0.08	0.25	0.56	0.22	0.20	0.08	0.36	0.36	0.21	0.33	0.14	0.37	0.57	0.13	0.10	0.12	0.14	0.12	0.10	0.16	0.14	0.16	0.14	0.16	0.14	0.16	0.14	0.16	0.14	0.16	0.14	0.16	0.14	0.16	0.14	0.16	0.14	0.16	0.14	0.16
C025	0.01	0.08	0.13	0.28	0.10	0.10	0.04	0.44	0.16	0.11	0.14	0.08	0.24	0.32	0.06	0.04	0.06	0.22	0.07	0.05	0.08	0.24	0.07	0.06	0.22	0.40	0.30	0.09	0.14	0.38	0.19	0.14	0.45	1.33	0.19	1.36	1.16	1.24	1.23		
C026	0.01	0.08	0.16	0.34	0.10	0.07	0.03	0.44	0.12	0.10	0.14	0.07	0.18	0.30	0.05	0.04	0.04	0.22	0.09	0.06	0.04	0.06	0.23	0.06	0.23	0.06	0.21	0.32	0.30	0.07	0.16	0.43	0.41	0.17	0.39	0.45	1.01	1.06	1.74	0.84	1.12
C027	0.00	0.01	0.03	0.08	0.03	0.02	0.01	0.09	0.04	0.03	0.06	0.02	0.07	0.13	0.02	0.02	0.02	0.08	0.03	0.02	0.02	0.08	0.02	0.03	0.11	0.11	0.11	0.03	0.04	0.15	0.15	0.06	0.20	0.17	0.46	0.06	0.47	0.44	0.38	0.57	
全断層最大	1.52	0.75	0.99	1.43	0.99	1.42	1.07	3.09	1.69	0.93	0.96	1.87	4.01	13.88	1.34	1.00	0.95	4.82	2.18	1.02	1.48	6.58	0.62	0.68	1.96	5.08	8.93	3.23	4.67	11.30	5.09	11.80	10.60	20.77	28.16	0.67	27.50	3.57	8.00	0.67	

3秒メッシュ領域

断層名	F17	F18	F19	F20	F21	F22	F23	F24	F25	F26	F27	F28	F29	F30	F31	F32	F33	F34	F35	F36	F37	F38	F39	F40	F41	F42	F43	F44	F45	F46	F47	F48	F49	F50	F51	F52	F53	F54	F55	F56	F57	F58	F59	F60	F61	F62	F63	F64	F65	F66	F67	F68	F69	F70	F71	F72	F73	F74	F75	F76	F77	F78	F79	F80	F81	F82	F83	F84	F85	F86	F87	F88	F89	F90	F91	F92	F93	F94	F95	F96	F97	F98	F99	F100	F101	F102	F103	F104	F105	F106	F107	F108	F109	F110	F111	F112	F113	F114	F115	F116	F117	F118	F119	F120	F121	F122	F123	F124	F125	F126	F127	F128	F129	F130	F131	F132	F133	F134	F135	F136	F137	F138	F139	F140	F141	F142	F143	F144	F145	F146	F147	F148	F149	F150	F151	F152	F153	F154	F155	F156	F157	F158	F159	F160	F161	F162	F163	F164	F165	F166	F167	F168	F169	F170	F171	F172	F173	F174	F175	F176	F177	F178	F179	F180	F181	F182	F183	F184	F185	F186	F187	F188	F189	F190	F191	F192	F193	F194	F195	F196	F197	F198	F199	F200	F201	F202	F203	F204	F205	F206	F207	F208	F209	F210	F211	F212	F213	F214	F215	F216	F217	F218	F219	F220	F221	F222	F223	F224	F225	F226	F227	F228	F229
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

## 3秒メッシュを用いた詳細解析 (F14断層によるC20領域における詳細計算)

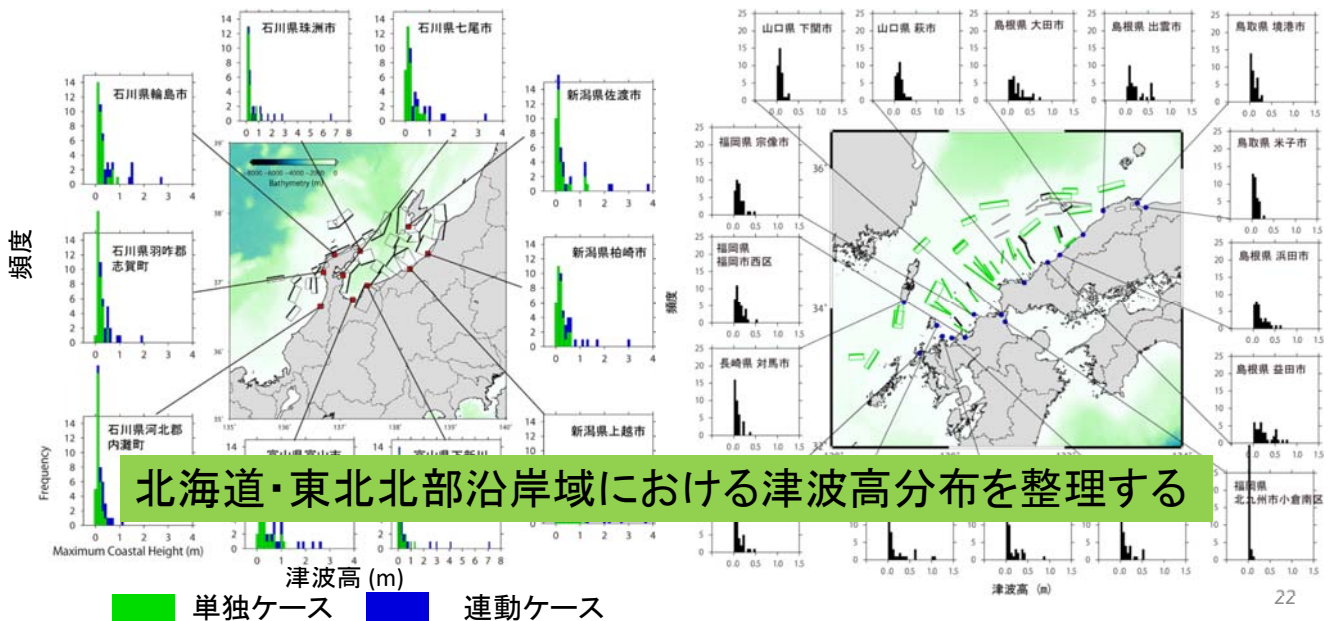


## 平成31年度実施計画

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

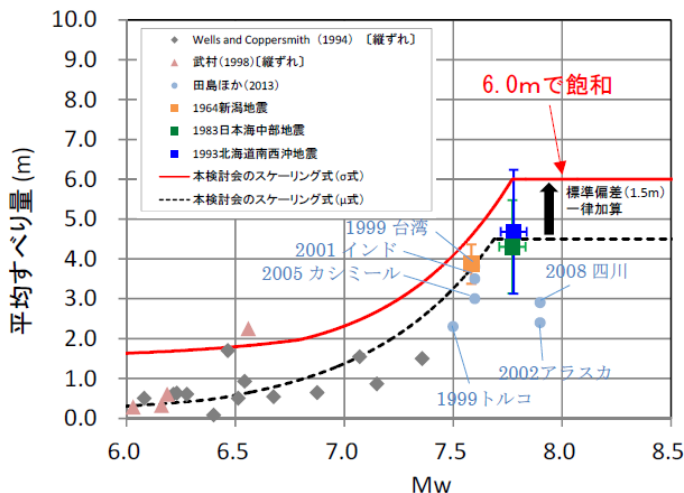
北陸沖海域の断層モデルによる日本海沿岸域(新潟県～石川県)における津波高の頻度分布(H27)

山陰～九州沖の断層モデルによる日本海沿岸域(鳥取県～長崎県)における津波高の頻度分布(H29)



# 『日本海における大規模地震に関する調査検討会』 による平均すべり量の設定(σ式)

平均すべり量の設定



- ◆ 既往研究による過去の地震の平均すべり量にはばらつきがみられるため、日本海側で解析結果のある最大規模の地震として1983年日本海中部地震及び1993年北海道南西沖地震の既往断層モデルのすべり量のばらつきを考慮し、平均すべり量 ( $D_\mu$ ) にばらつきの標準偏差 ( $\sigma = 1.5\text{ m}$ ) を加えた。
- ◆ 最大規模のマグニチュード ( $M_w 7.7$ ) に対応する標準偏差 ( $\sigma = 1.5\text{ m}$ ) を  $M_w 7.7$  以下の断層に対しても一律加算している。

日本海における最大クラスの津波断層モデルおよびすべり量について  
(平成28年3月)

$$M_o = (2.23 \times 3.43 \times 10^{10} \times D_\mu)^3 \times 10^{-13} \quad (M_w < 6.5) \quad (3-1 \text{ 式})$$

$$M_o = (4.24 \times 3.43 \times 10^{10} \times D_\mu)^2 \times 10^{-3} \quad (6.5 \leq M_w < 7.7) \quad (3-2 \text{ 式})$$

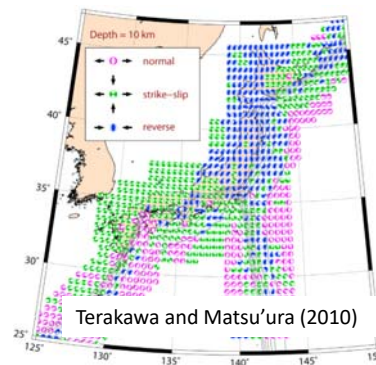
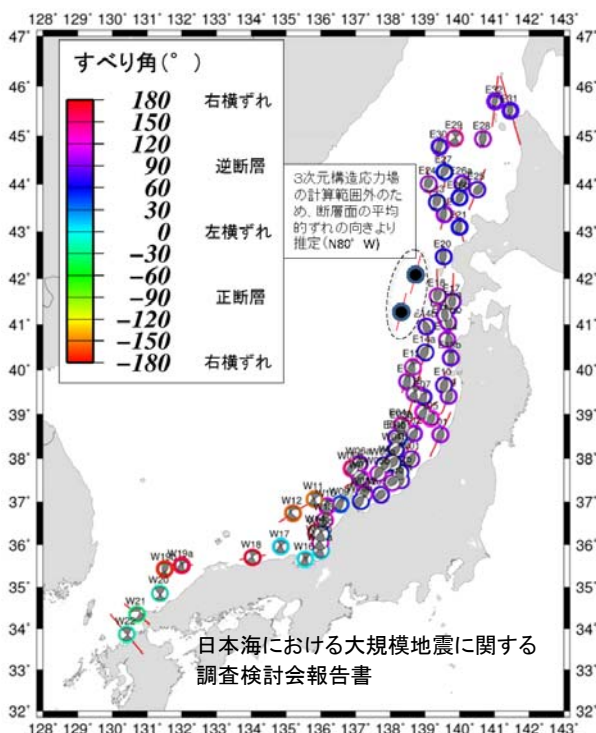
$$D_\mu = 4.5 \quad (7.7 \leq M_w) \quad (3-3 \text{ 式})$$

日本海における最大クラスの津波断層モデルの平均すべり量

$$D_\sigma = D_\mu + 1.5 \quad (4 \text{ 式})$$

『日本海における大規模地震に関する調査検討会報告書』による

# 『日本海における大規模地震に関する調査検討会』によるすべり角の設定



- ◆ 断層面上の最大せん断応力の方向と一致すると仮定して、すべり角を推定することを基本としている。応力の方向は、セントロイドモーメントテンソル (CMT) 解データに基づいて推定した日本島弧全域三次元構造応力場 (Terakawa and Matsu'ura, 2010) の結果を使用している。
- ◆ 西日本の日本海側の横ずれ断層の地震である1943年鳥取地震での地表地震断層の露頭における垂直・水平変位量から求めたすべり角の値を参考に、横ずれ断層において低角のすべり角を考慮する場合の値を  $35^\circ$  ( $145^\circ$ ) とし、津波への影響を検討している。