

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

3. 津波および強震動の予測

3-1：津波予測

＜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。

平成26年度実施概要：

- 日本海全域において、「日本海における大規模地震に関する調査検討会」の60断層モデルについて、各沿岸市町村沖合で計算した津波高の分布と、各地点での断層ごとの津波高の分布を調べた。
- 主に北陸沖海域において、沿岸と沖合での津波高を比較し、その増幅率を検討した。また、津波堆積物の痕跡が確認された地域を対象として、いくつかの断層について津波浸水シミュレーションを行った。

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、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、確率論的な津波波高予測を行う。

平成26年度

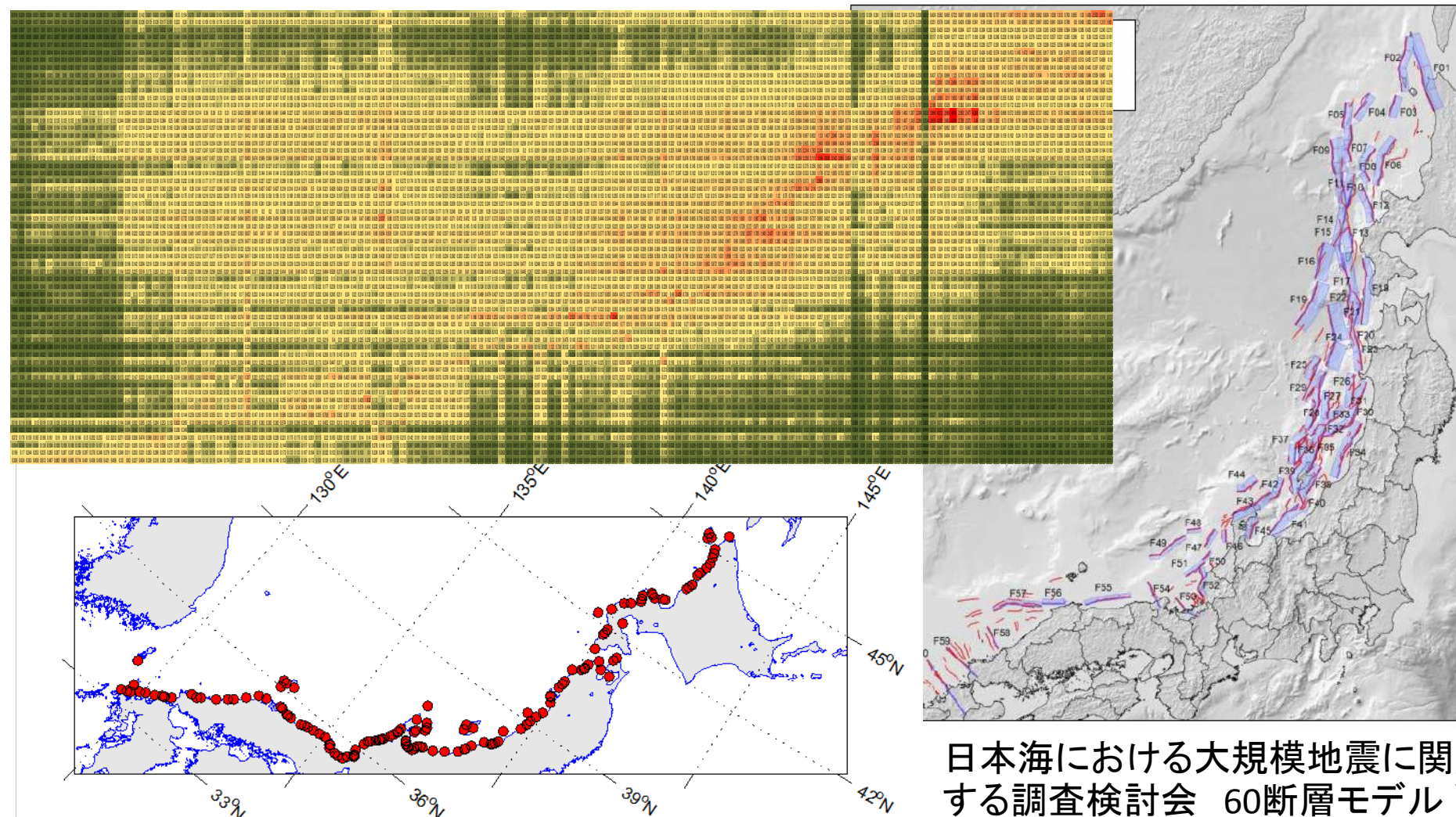
日本海沿岸に影響を及ぼす津波断層モデル

日本海における大規模地震に関する調査検討会の60断層モデルから計算した、沿岸156市町村沖合(水深50m)地点での最大津波波高

南 ←

→ 北

津波高(m)



日本海における大規模地震に関する調査検討会 60断層モデル³

平成26年度

東北～北陸沖での堆積物調査

調査地点	優先
飛島	堆積物あり
岩船	堆積物あり
相川・春日崎	堆積物あり
大野亀・願	堆積物あり
加茂湖	堆積物あり
黒部	
足洗潟・放生津潟	
高岡・氷見	
勝尾崎	堆積物？あり
鰐崎	堆積物？あり

調査地点	優先
野々江・三崎	堆積物？あり
赤崎・鵜飼	堆積物？あり
舩倉島	堆積物？あり
三国	堆積物？あり
敦賀	
美浜	
小浜・大飯	
高浜	堆積物あり

※本プロジェクトを含め、過去堆積物調査が行われた主な地点

平成26年度

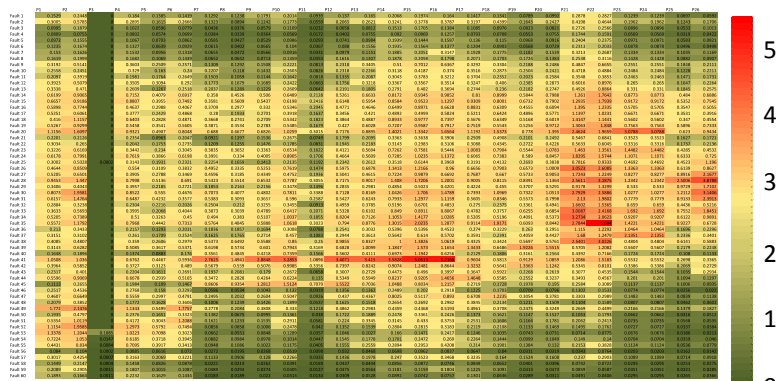
南 ←

Locations

→ 北

北陸地方沿岸26地点での最大津波高とヒストグラム

Fault models



津波高 (m)

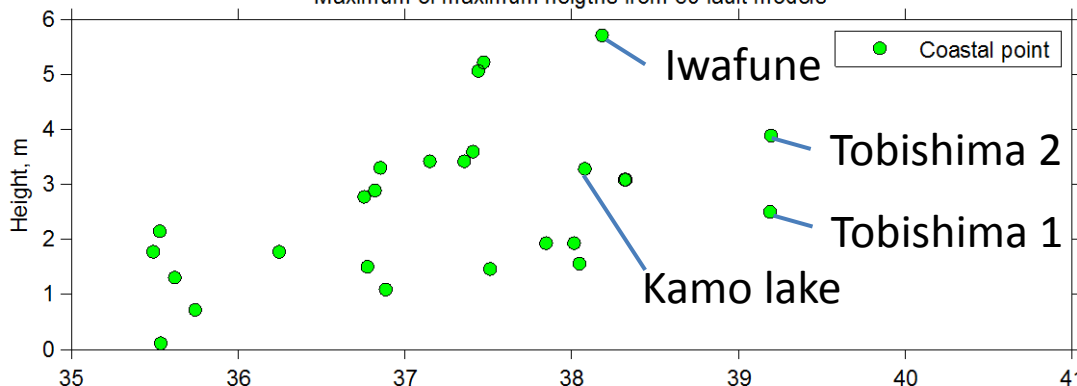
岩船
P22



加茂湖
P21

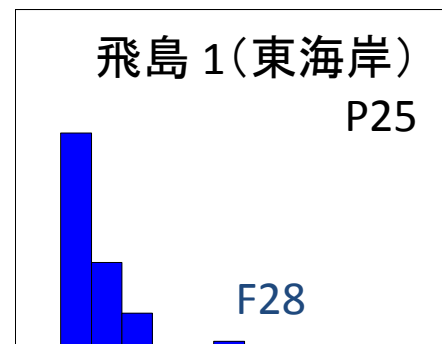


Maximum of maximum heights from 60 fault models

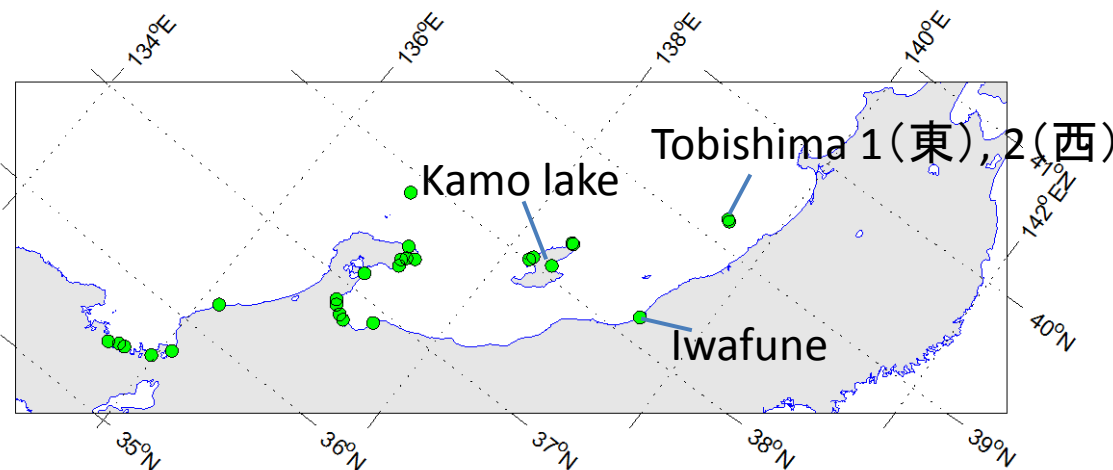
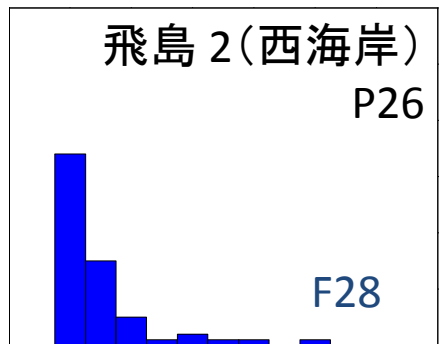


Grid size 30''
Linear tsunami
simulation

飛島 1(東海岸)
P25



飛島 2(西海岸)
P26



平成26年度

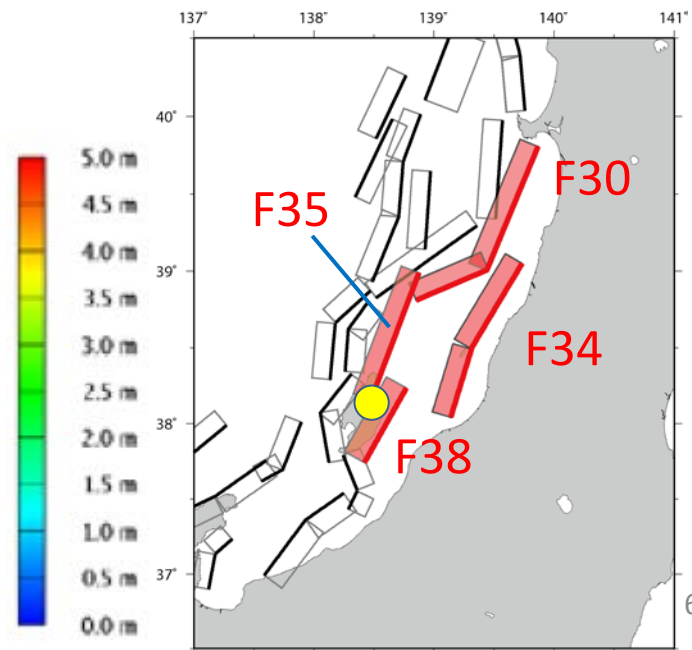
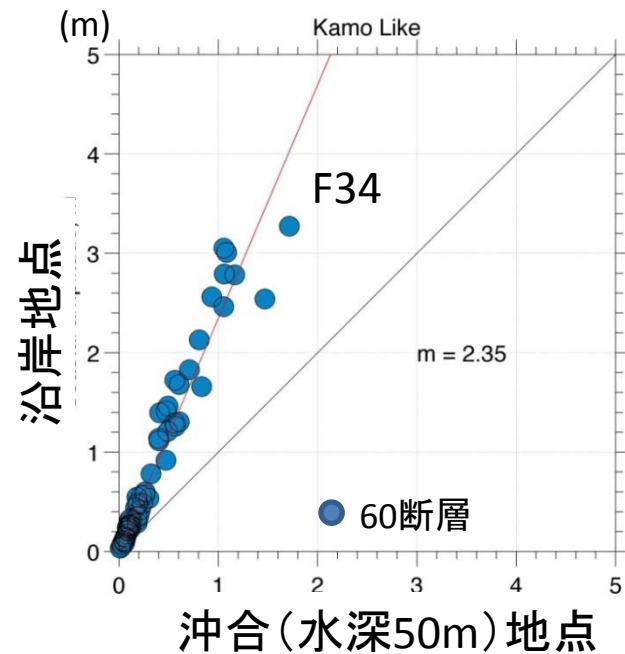
加茂湖におけるシミュレーション

F30

F34

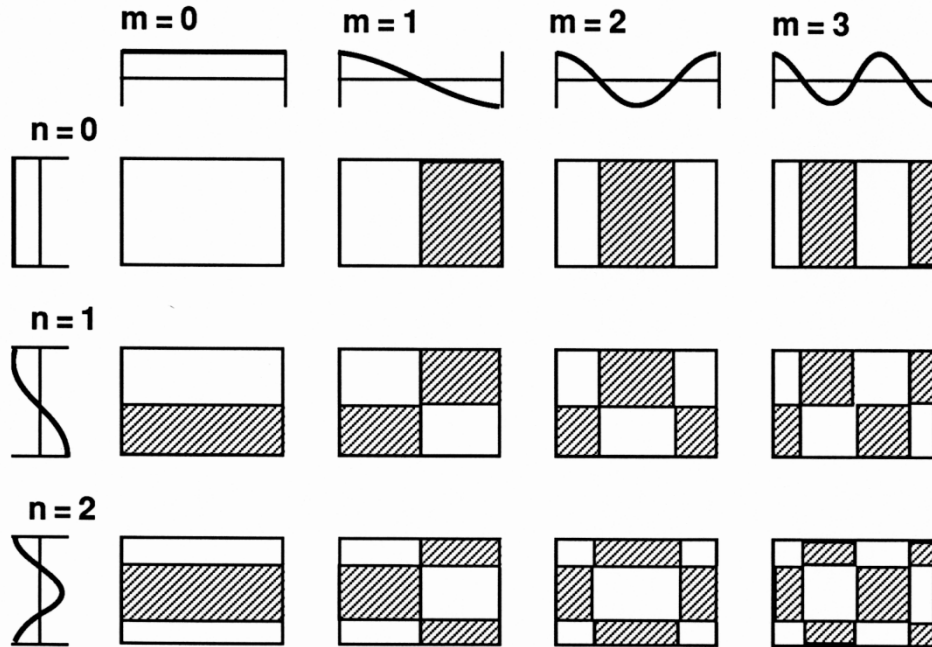
F35

F38



ノーマルモード(基準振動)

矩形の水盆(湖)のノーマルモード

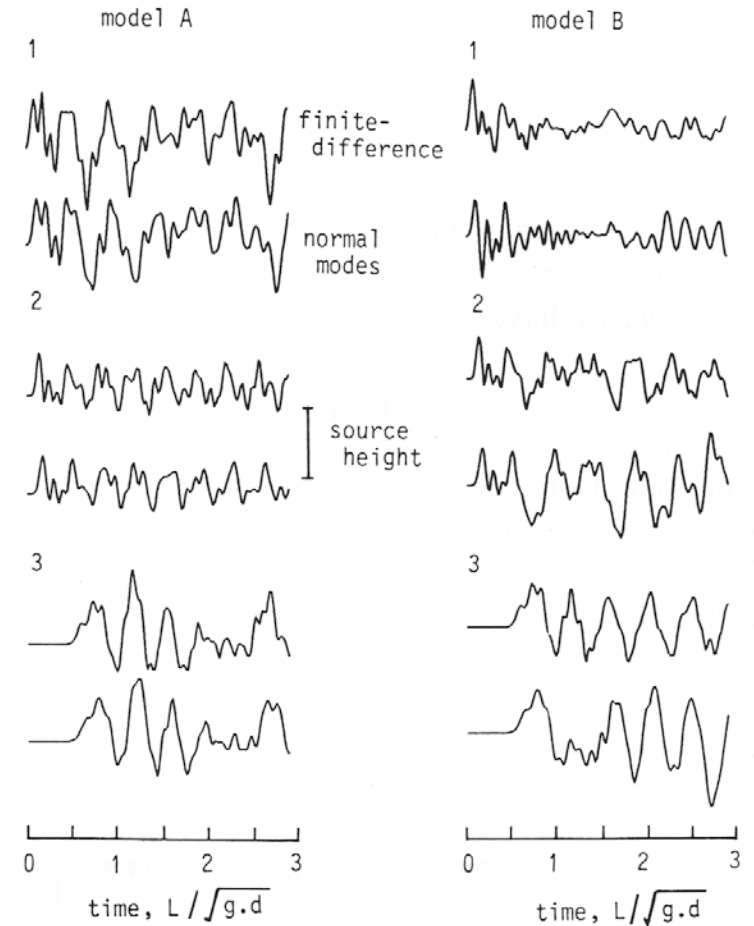


津波をモードの重ねあわせで表現

$$\eta(x, t) = \sum_m C_m h_m(x) \cos \omega_m t$$

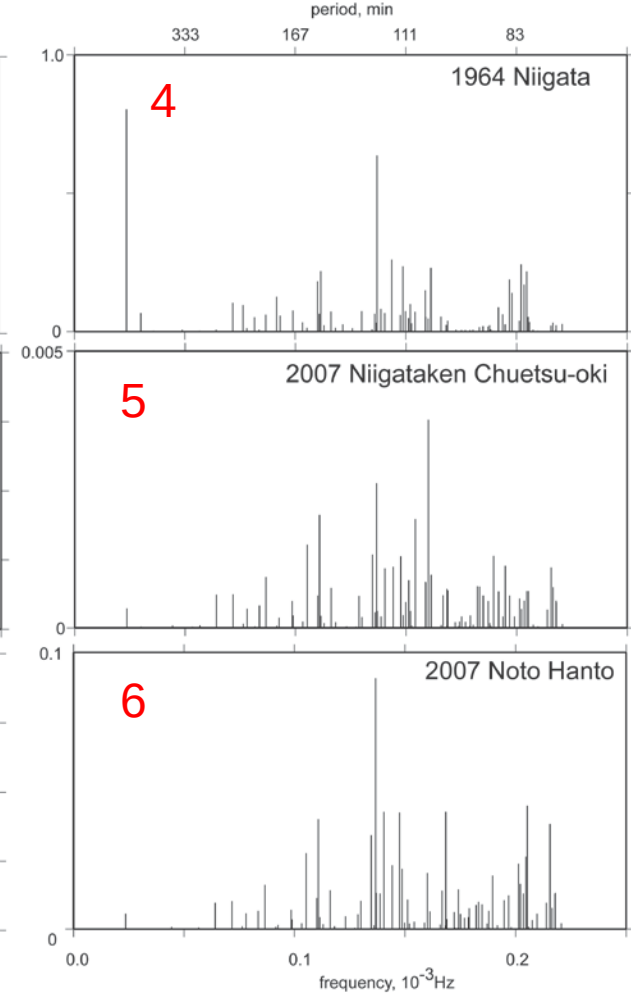
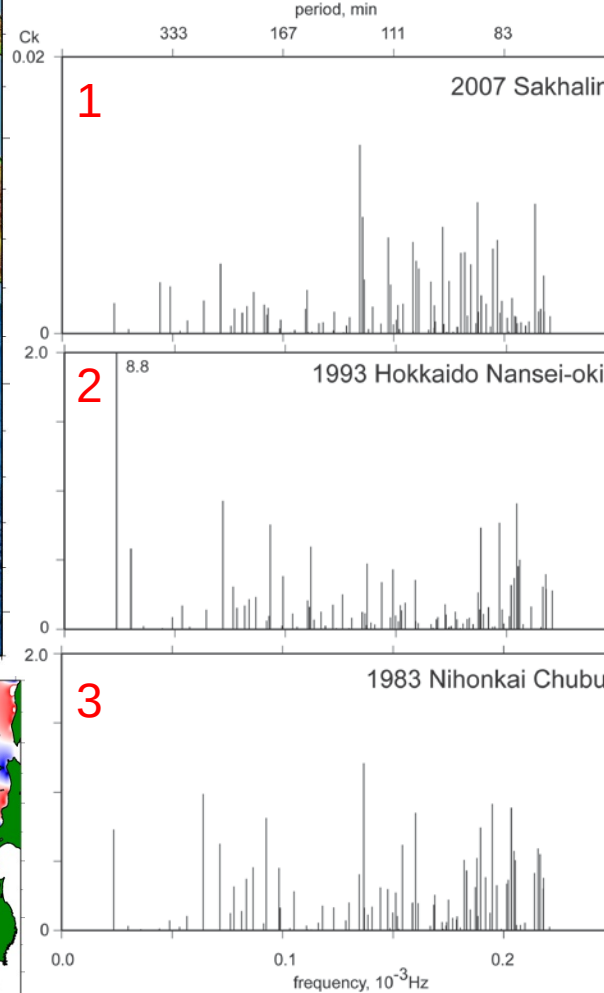
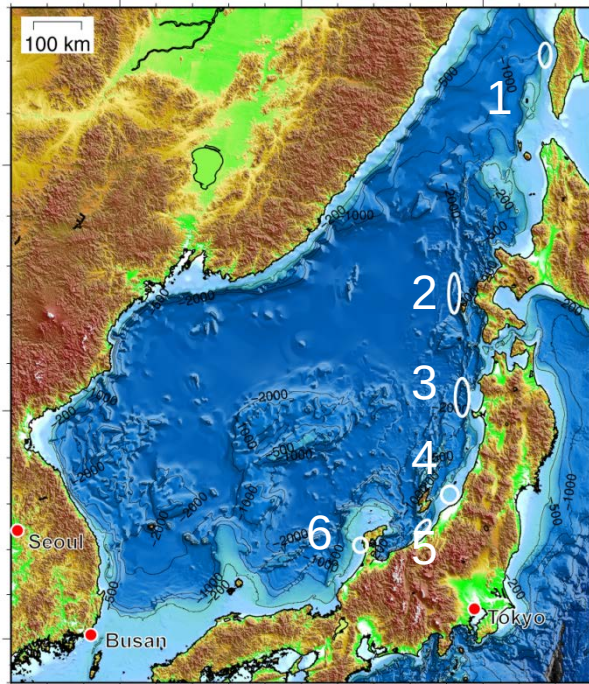
各モードの係数 $C_k = \int \eta_0(x) h_k(x) dx$

差分法との比較



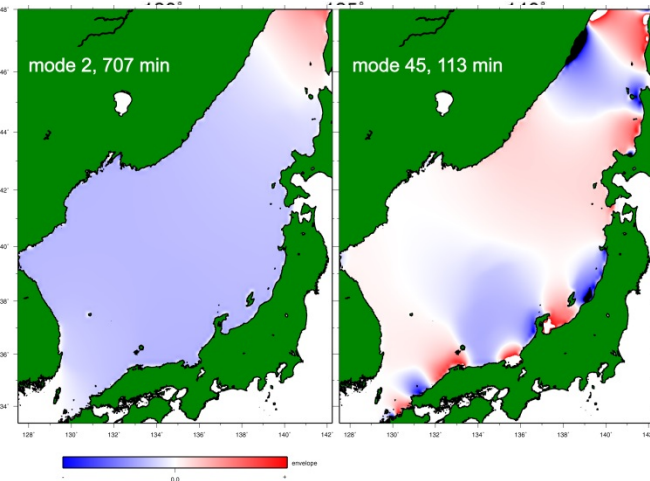
Satake and Shimazaki (1987)

日本海のモード解

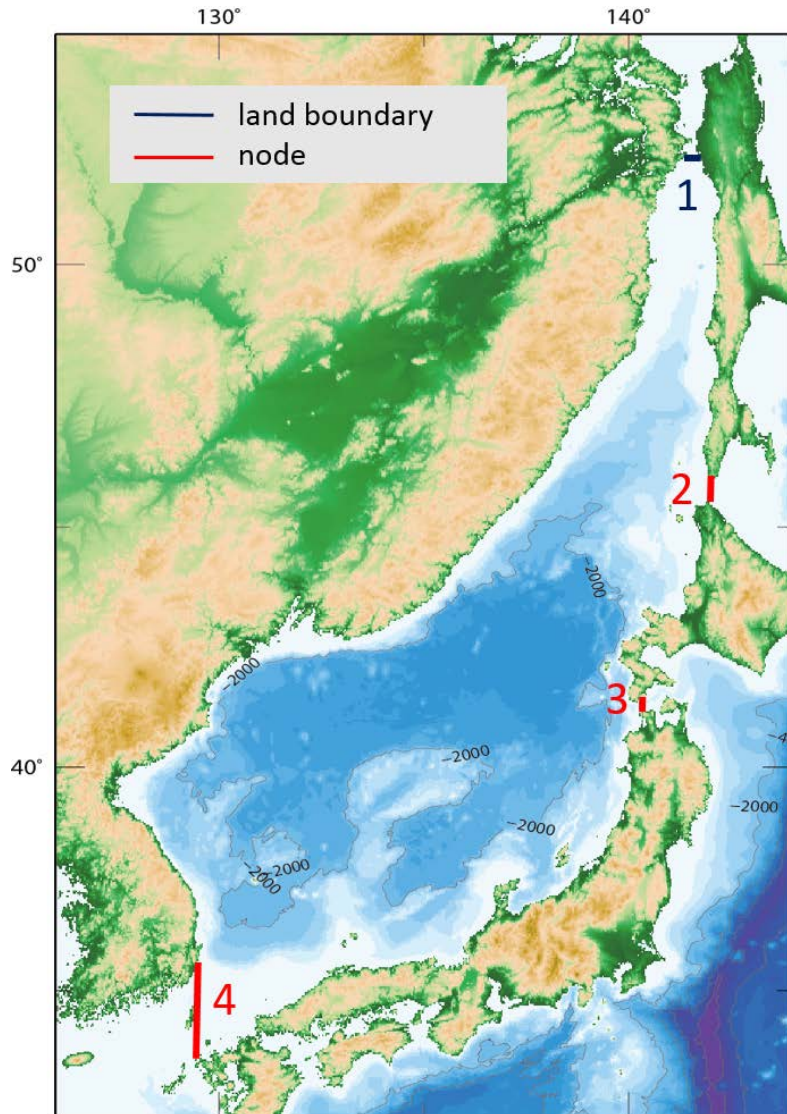


水深が深い波源は
どのモードも同様に励起

波源が大陸棚にあるとき
は100-120 分のモードが
大きく励起

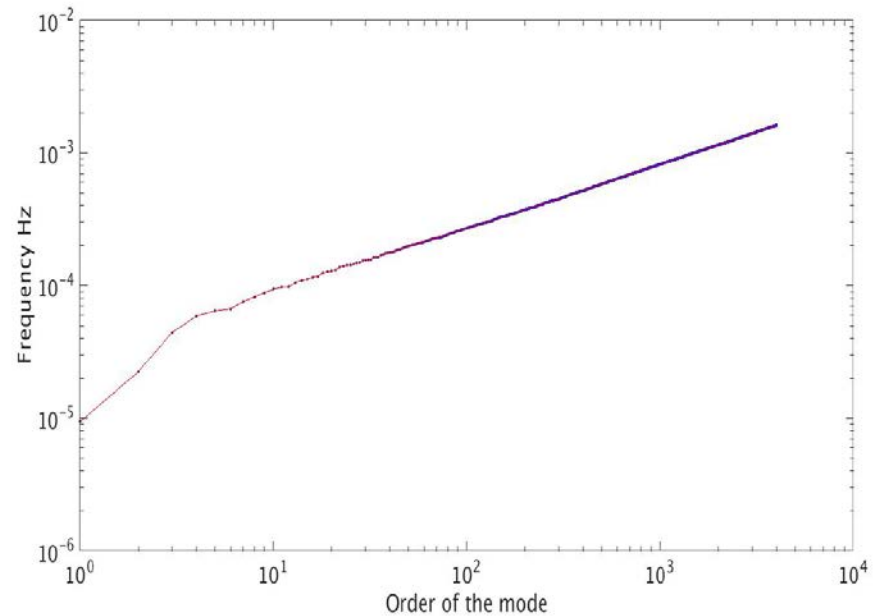


日本海のモード解（新しい計算）



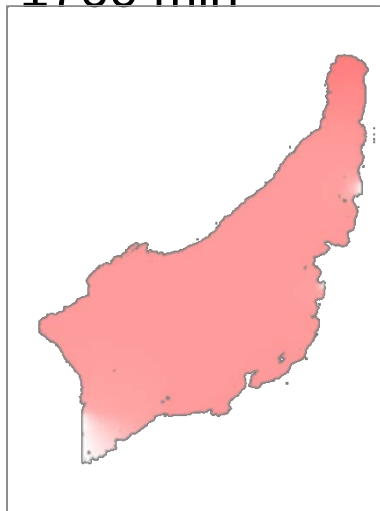
格子サイズ 2 min (~3.5 km)
海の格子数 約100,000

2000モード（周期>約10分）

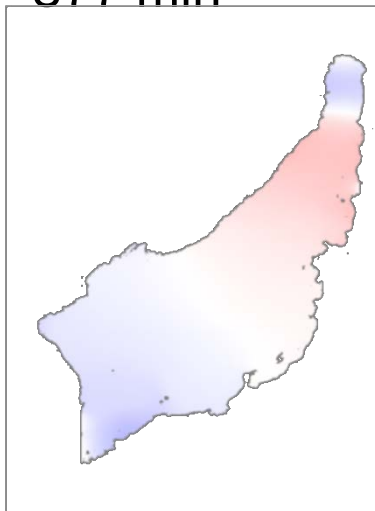


日本海のモード解

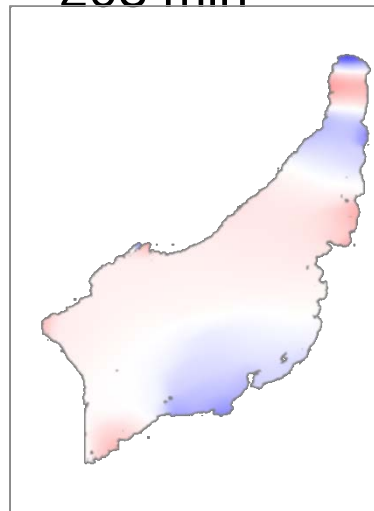
Mode1
1760 min



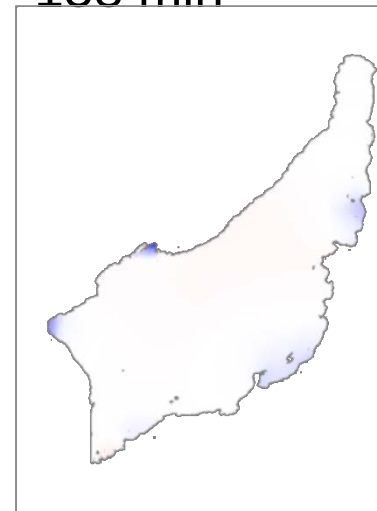
Mode3
377 min



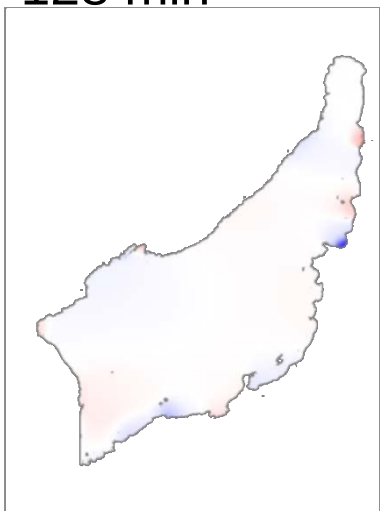
Mode8
203 min



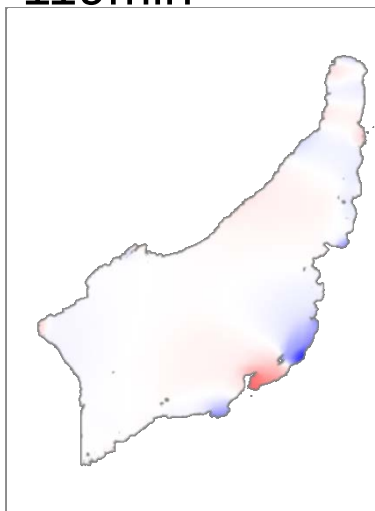
Mode13
158 min



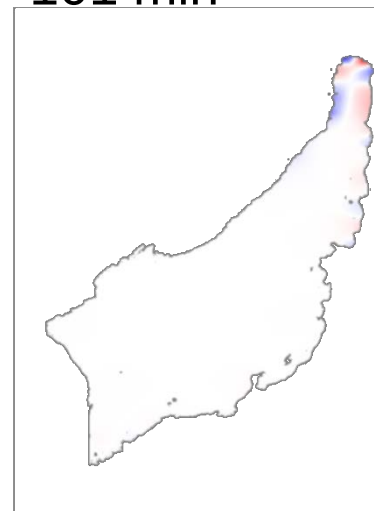
Mode20
128 min



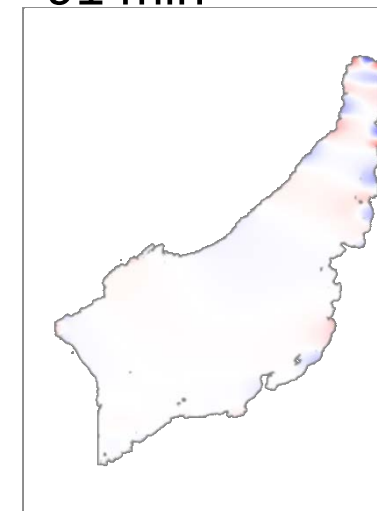
Mode23
119min



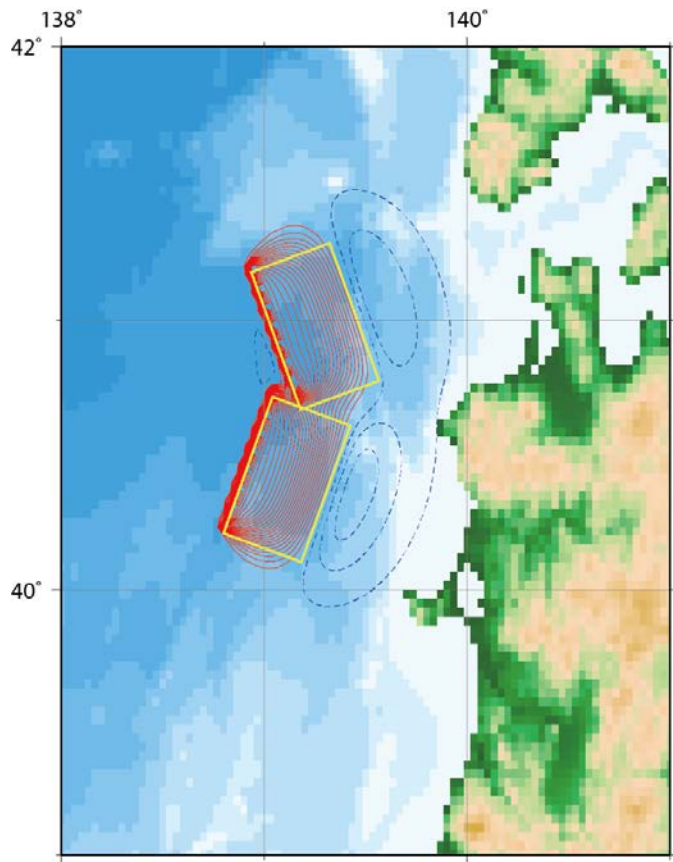
Mode35
101 min



Mode43
91 min



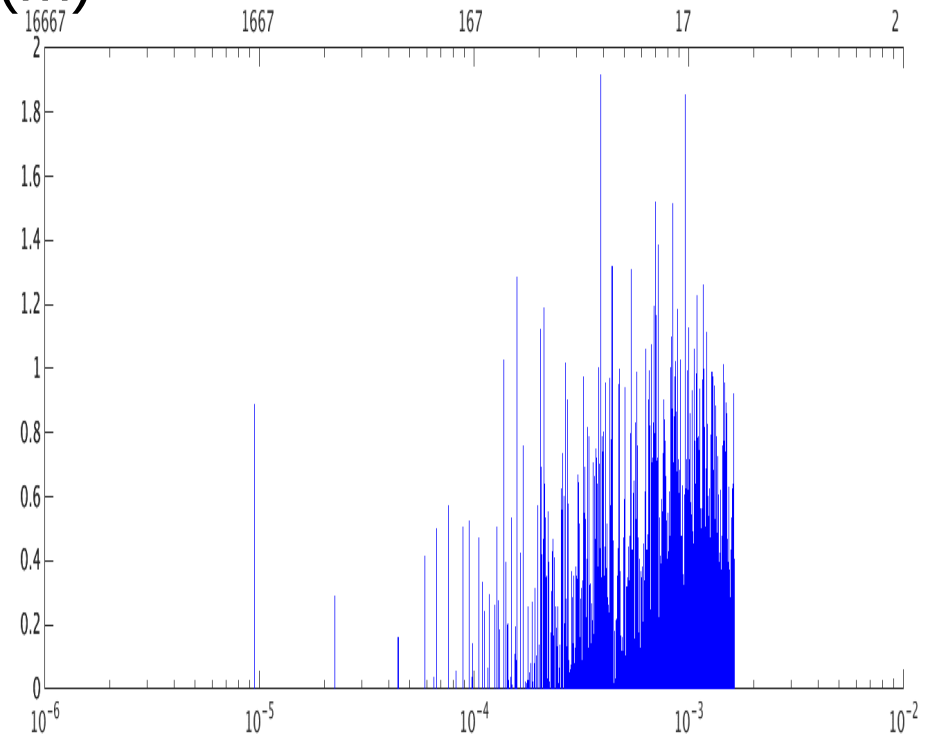
日本海中部地震



Satake (1985)

係数
(m)

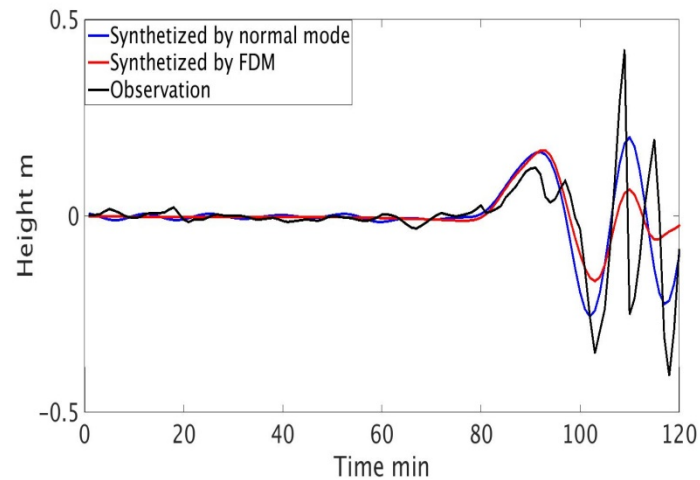
周期(分)



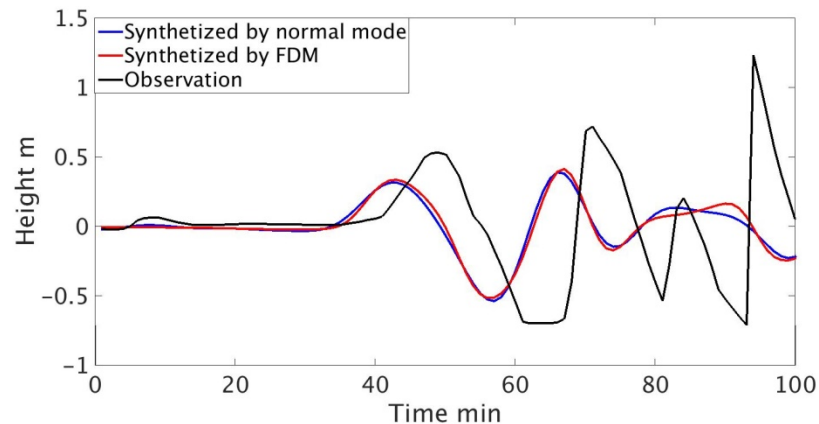
周波数 (Hz)

津波波形の計算

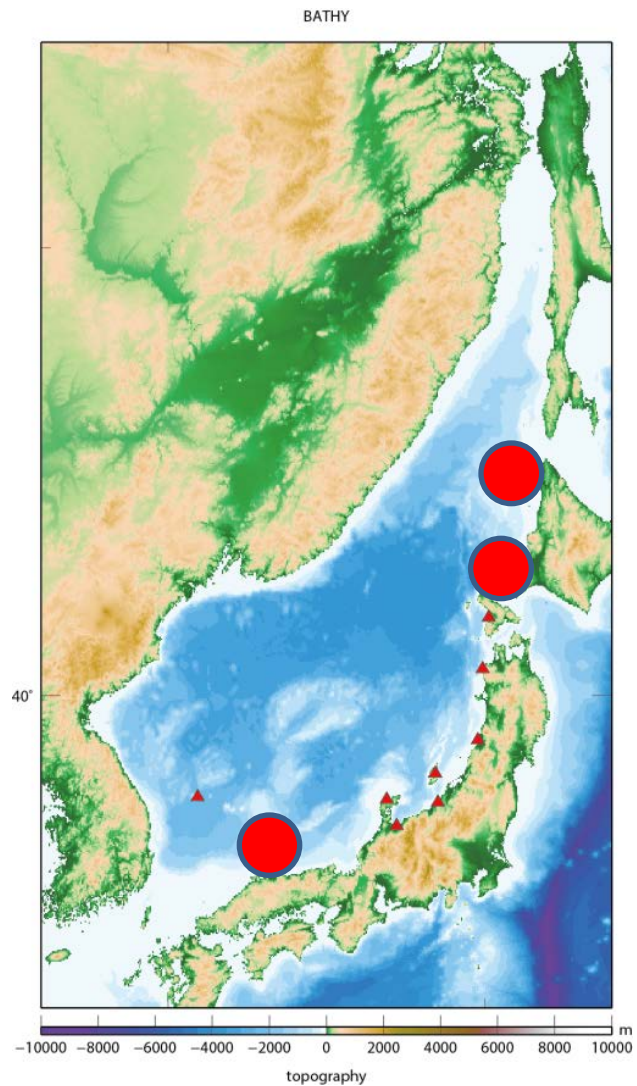
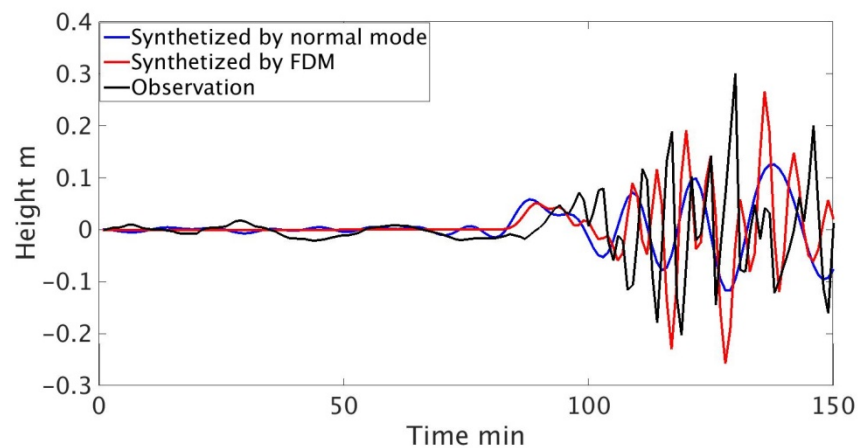
沓形



岩内

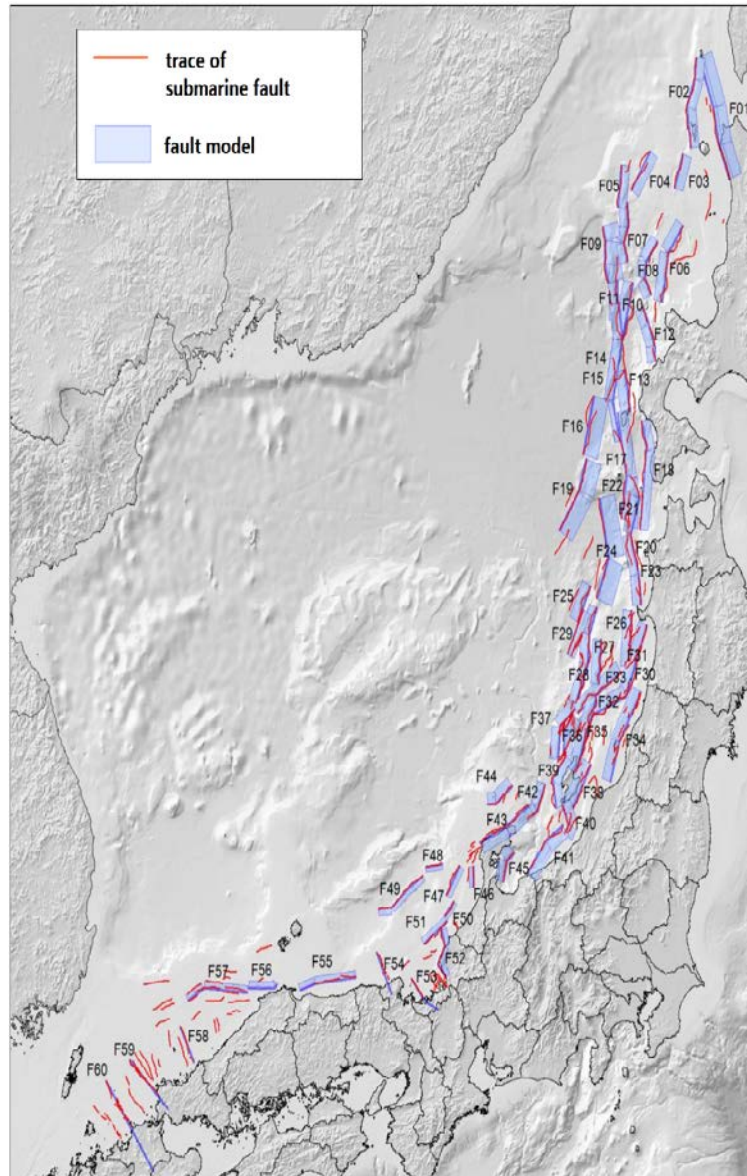


西郷



日本海における大規模地震に関する調査検討会

60断層モデル



断層ごとの各モードの係数

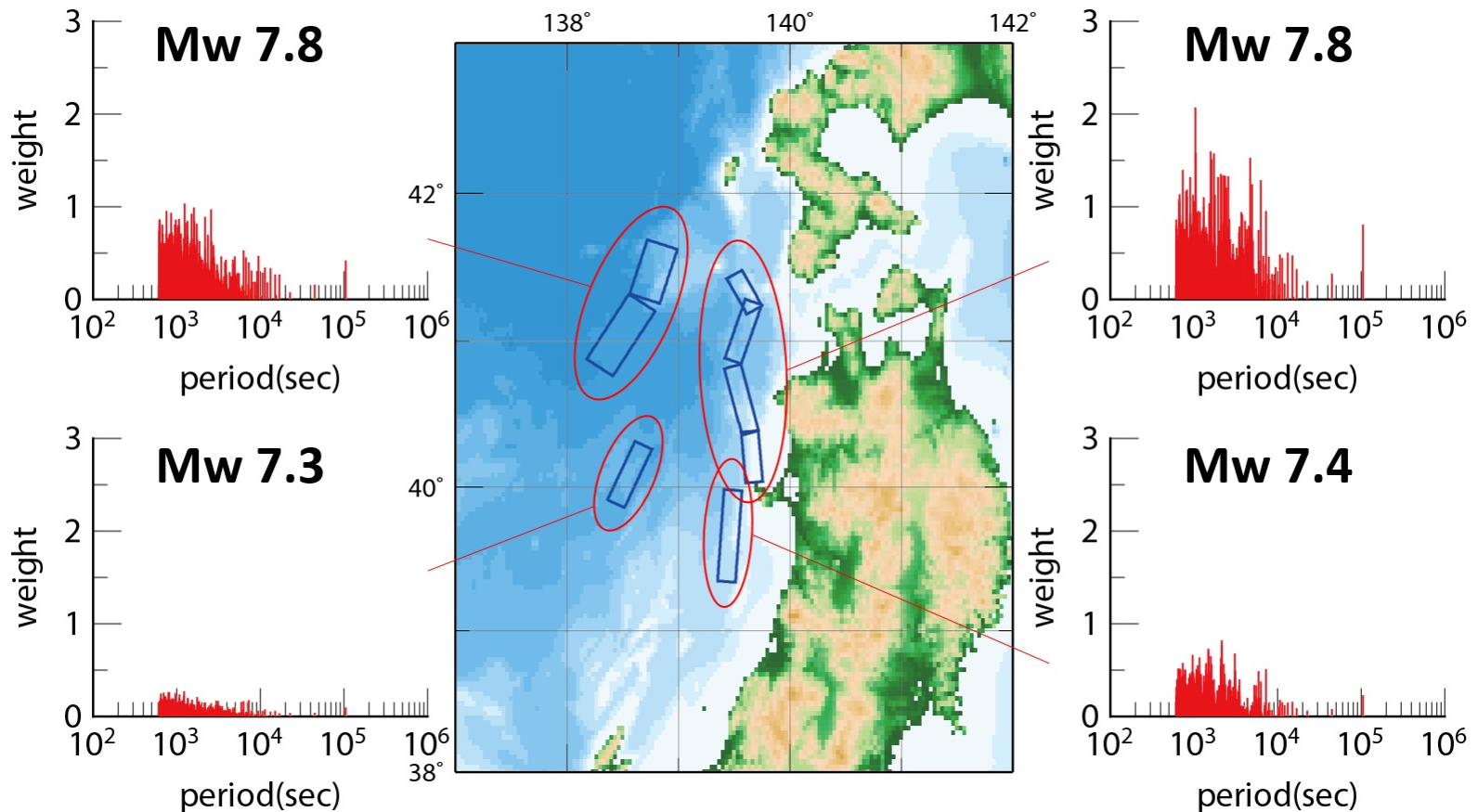
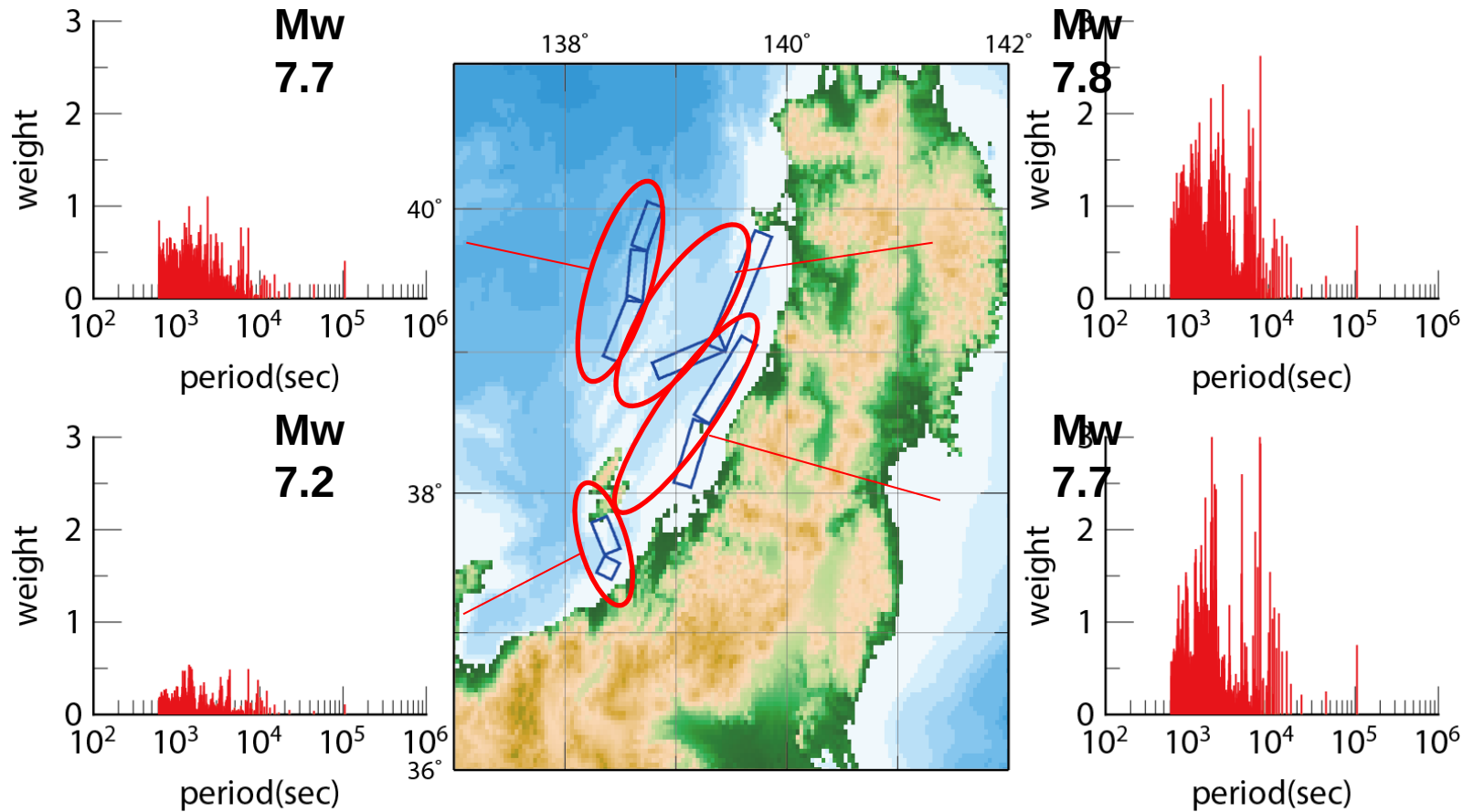
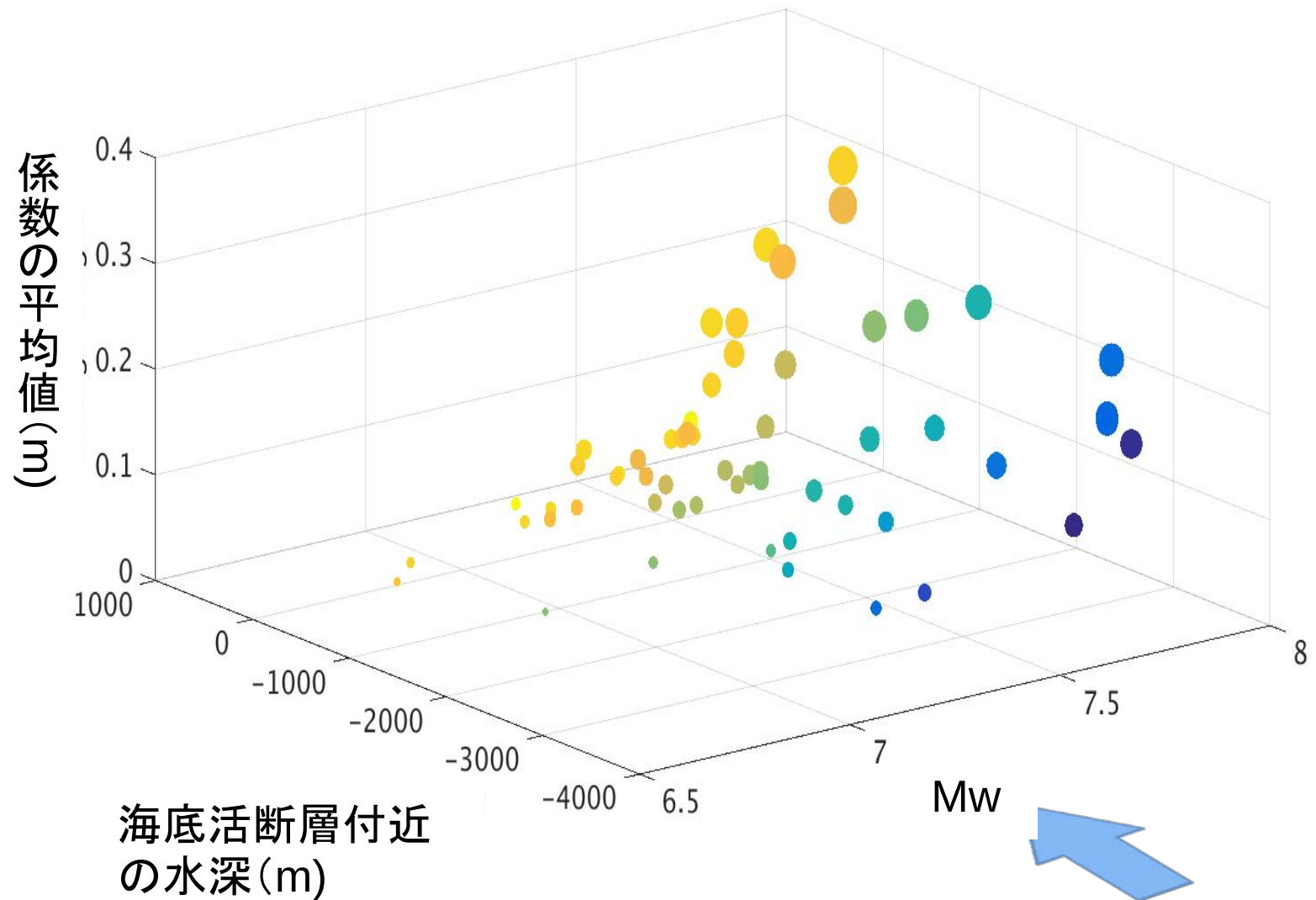


Fig. 1 Calculated excitation weight of four selected faults. The right two faults are located at shallower part, thus have larger weight. And the upper two faults have larger magnitude, thus have larger weight.

断層ごとの各モードの係数

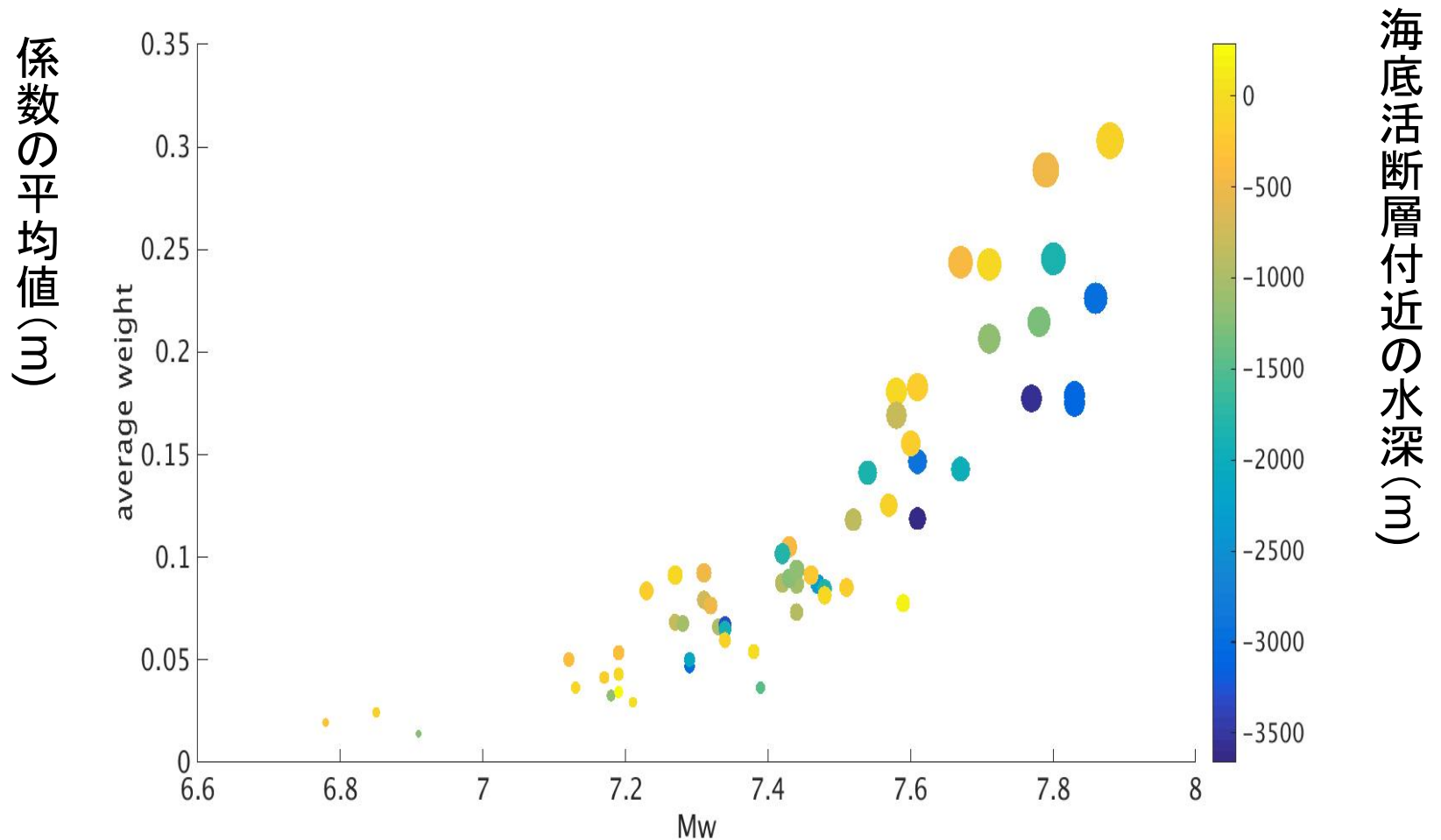


各モードの係数の平均値



Wu and Satake (2015)

各モードの係数の平均値



Mwが大きいほど、係数が大きい

同じMwでは水深が小さいほど係数が大きい

Wu and Satake (2015)

ロシアで記録された津波

RUSSIA

1	Posiet
2	Vladivostok
3	Bolshoy Kamen
4	Nakhodka
5	Rudnaya Pristan
6	Nevelsk
7	Kholmsk
8	Uglegorsk

Sea of Okhotsk

Sakhalin Island

Kuril Islands

Hokkaido Island

Japan Sea

Honshu Island

KOREA

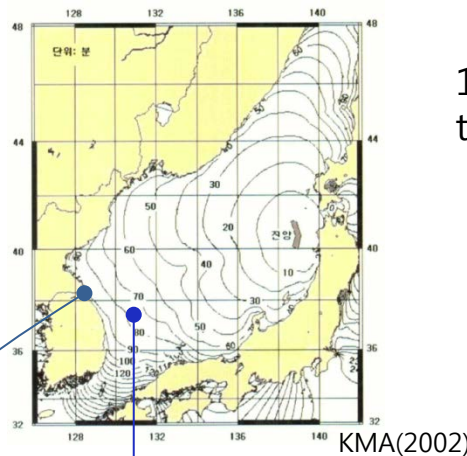
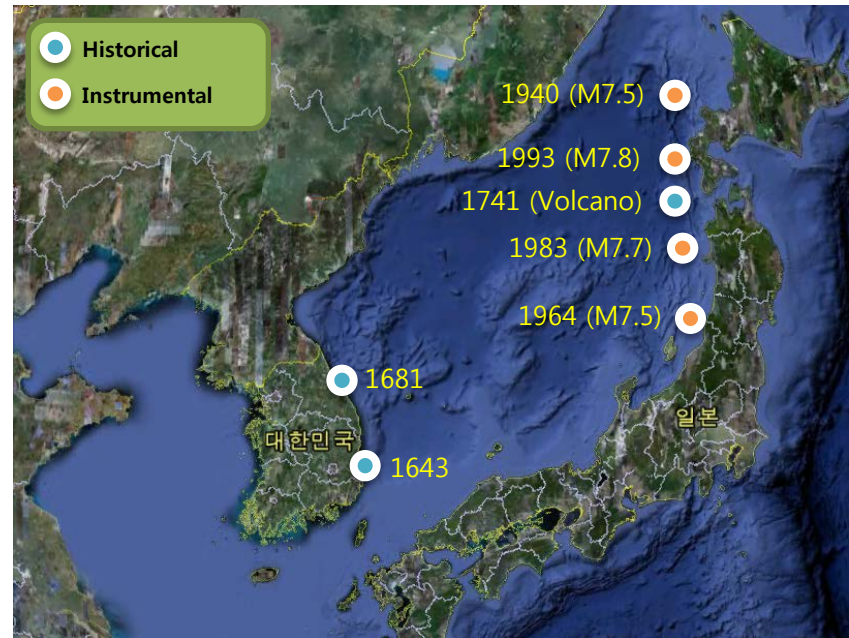
JAPAN

PACIFIC OCEAN

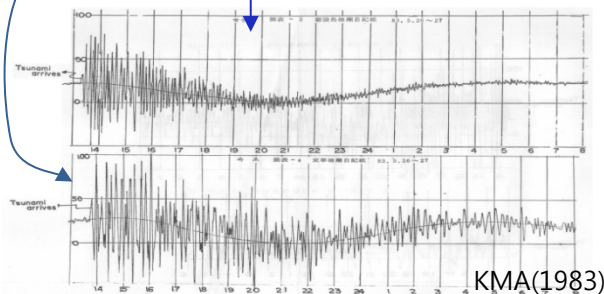


A	1-Aug-1940	7.5
B	16-Jun-1964	7.5
C	5-Sep-1971	7.1
D	26-May-1983	7.8
E	12-Jul-1993	7.7
F	11-Mar-2011	9

韓国に影響を与えた津波



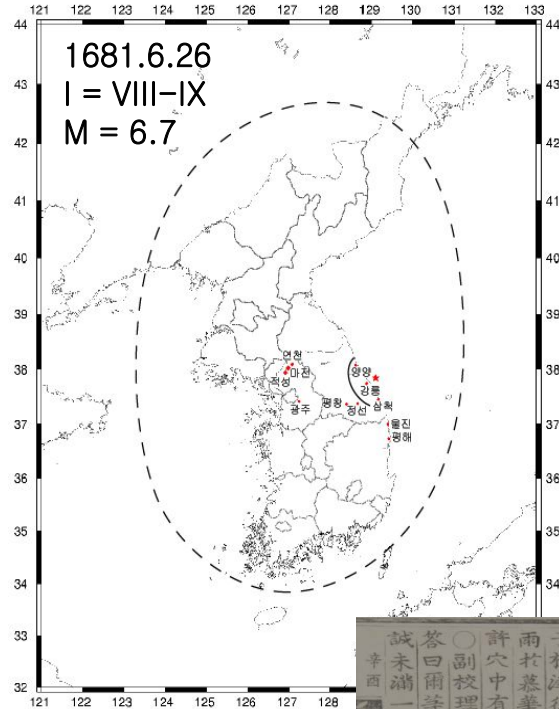
1983
tsunami



Date	M	Tsunami height in Korea
1741.8.29	volcano	3-4m
1940.8.2	7.5	~2m
1964.6.16	7.5	~0.5m
1983.5.26	7.7	2~5m
1993.7.12	7.8	0.5~3m

岡田 & 中村(1994), 地震の事典(2001), Satake(2007), 해일재해(2009)

韓国に影響を与えた津波



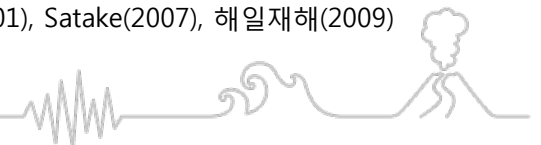
慶源府趙邊寧古塔次將華清胡二十餘名自厚春下去使通事問其來由則
 答以爲搜得採參人未無一人捉得還歸本穴云又曰上辛夏間宇羅部落清
 人多數下來掘地累處此何意耶答以宇羅將胡率採銀唐人欲得銀穴到處
 掘地而無他意云又問具三桂死生則答以至今生存持角交戰等事與前無
 異云○癸亥江原道地震聲如雷牆壁傾圮屋瓦飄落襄陽海水震蕩聲如沸
 雪岳山神興寺及繼祖窟巨巖俱崩頽三陟府西頭陀山層巖自古稱以動石
 者蓋崩府東波臺水中十餘丈石中折海水若潮退之狀平日水滿處露出
 百餘步或五六六十步平昌旌善亦有山岳掀動巖石墜落之變是後江陵襄陽
 三陟蔚珍平海旌善等邑地動殆十餘次是時八道皆地震○甲子行祈雨祭
 于楊津德津五冠紺岳松岳山遠近臣致祭于西郊慈惠壇又行蜥蜴童子祈
 雨於慈華館池邊設屏柳三日○黃海道平山縣安民坊田中地陷穴深九尺
 許穴中有水深五尺五寸○領敦寧金萬基固玉堂劉陳辭劉上優批不許
 ○副校理吳道一副修撰宋光淵獻納林泳以劉子批辭上疏乞被妄言之罪
 答曰爾等浮薄之輩莫慮國勢之多艱不合兩臣之勲勞級級侵攻猶恐不及
 誠未滿一哂也政院啓請還收未安之教答曰以浮薄爲教乃指年少輩之例

1681년 6월(조선 숙종 7년 5월)
 ≪조선왕조실록≫



Date	M	Tsunami height in Korea
1741.8.29	volcano	3-4m
1940.8.2	7.5	~2m
1964.6.16	7.5	~0.5m
1983.5.26	7.7	2~5m
1993.7.12	7.8	0.5~3m

岡田 & 中村(1994), 地震の事典(2001), Satake(2007), 해일재해(2009)



韓国でのワークショップ

日本・ロシア・韓国から参加

동해 지진해일 세미나 발표집

Seminar on Tsunami Risk in East Sea

날짜 : 2015.9.14(월)~9.15(화)

장소 : 강릉 썬크루즈 호텔

Date : 2015.9.14(Mon)~9.15(Tue)

Place : Gangneung Sun Cruise Resort



일정

일시	내용	세부계획
9월 14일 (월)	10:00~11:00	등록 및 개회
	11:00~12:00	주제발표 1 Earthquakes and tsunamis in the Sea of Japan (East Sea) - Past history and future assessments (Satake 교수, 도쿄대학교)
	12:00~13:30	점심
	13:30~14:10	주제발표 2 Seismic and tsunami waveforms analysis for large earthquakes occurred in the Sea of Japan (East Sea) (Murotani 박사, 일본 국립과학박물관)
	14:10~14:50	주제발표 3 Tsunamis in the Sea of Japan (East Sea) recorded in Russia (Loskutov 박사, 러시아 해양지질 지구물리연구소)
	14:50~15:30	주제발표 4 Tsunami Risk Assessment of Nuclear Power Plant (김민규 박사, 한국원자력연구원)
	15:30~15:50	휴식
	15:50~16:30	주제발표 5 Tsunami propagation over varying water depths (하태민 교수, 강원대학교)
	16:30~17:10	주제발표 6 Seismicity in the Youngduk Offshore Area, East Sea, Korea (김광희 교수, 부산대학교)
	17:10~18:00	자유 토론
9월 15일 (화)	18:00~20:00	만찬
	8:30~15:00	과거 지진해일 피해지역 답사 - 임원항 - 묵호항

정동지구 지진해일(津波 Tsunami) 대피 안내



■ 긴급대피소

대피소	위치	수용인원	연락처
정동아트센터	강동면 현화로 923	260	642-8200
정동초등학교	강동면 현화로 1055	160	644-5051
고성산	강동면 청동길리 267-6	120	

■ 지진해일 [] 발생시 이동 소요시간

대피소	거리 (도보/KM/H/도로)	소요 시간
정동아트센터	700M	11분
정동초등학교	700M	11분
고성산	1.4KM	22분

■ 지진해일 발생시 행동요령

- 주변교통이 원활하여 대피 여유시간이 20~30분 이내일 경우 긴급대피소로 이동
- 긴급대피소 이용이 불가할 경우 인근고지대로 대피(시간이 없다면 건물의 3층이상으로 대피)
- 지진해일 특보가 해제되기 전까지 해안의 낮은 지역으로 이동 금지
- 강릉시 재난안전 대책본부 : T.0331640-4949

강릉시 재난안전 대책본부 장

今後の計画（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 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、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、確率論的な津波波高予測を行う。