

# 日本海地震・津波プロジェクト で作成した能登半島北部の震源 断層モデル

説明：佐藤比呂志（東京大学名誉教授）

日本海地震・津波プロジェクト（東京大学地震研究所・海洋研究  
開発機構・防災科学技術研究所・横浜国立大学・新潟大学）

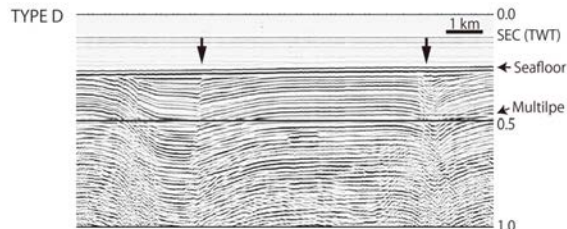
# 日本海における大規模地震に関する調査検討会報告（2014）

日本海沿岸の最大規模の津波を評価

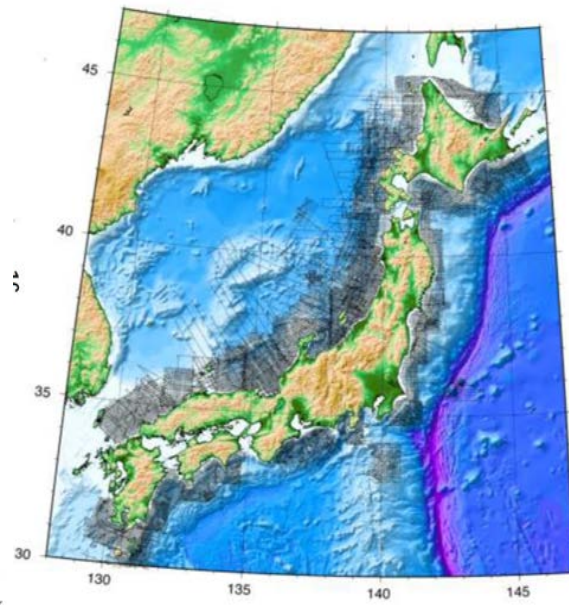
長さ40 km以上の断層を抽出

産業総合研究所・石油公団・  
「ひずみ集中帯の重点的調査・観測プロジェクト」の  
データを使用

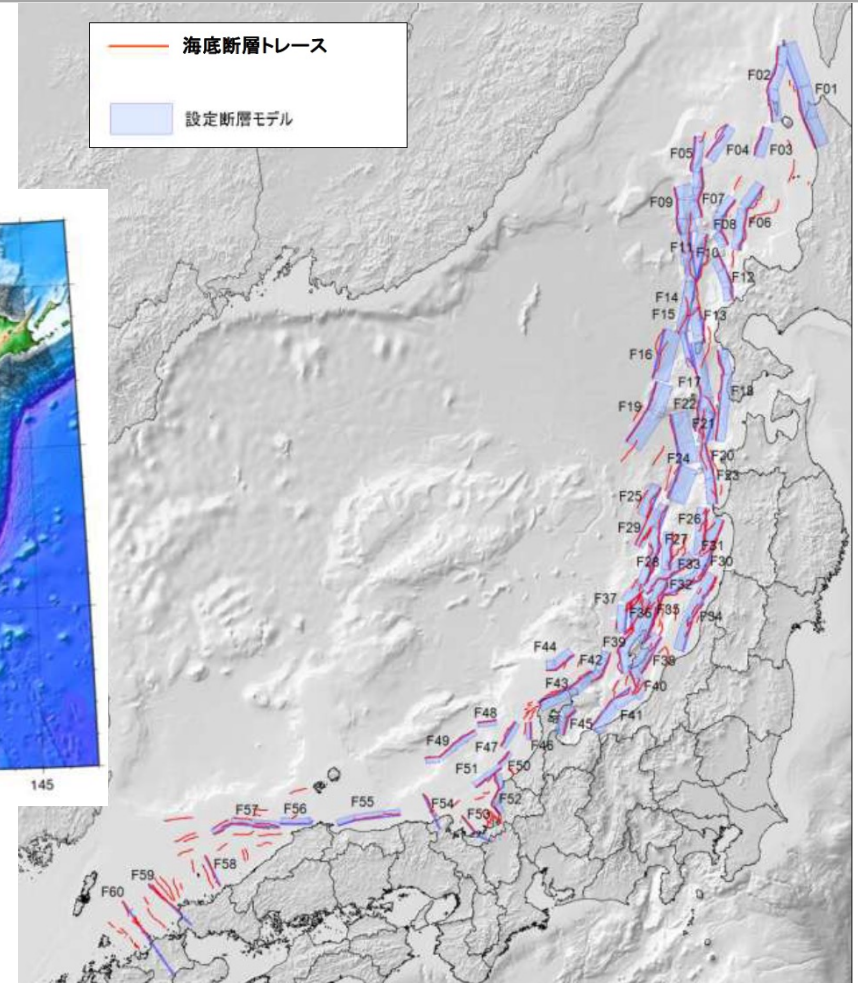
浅層高分解能データによる  
→深部データは不足

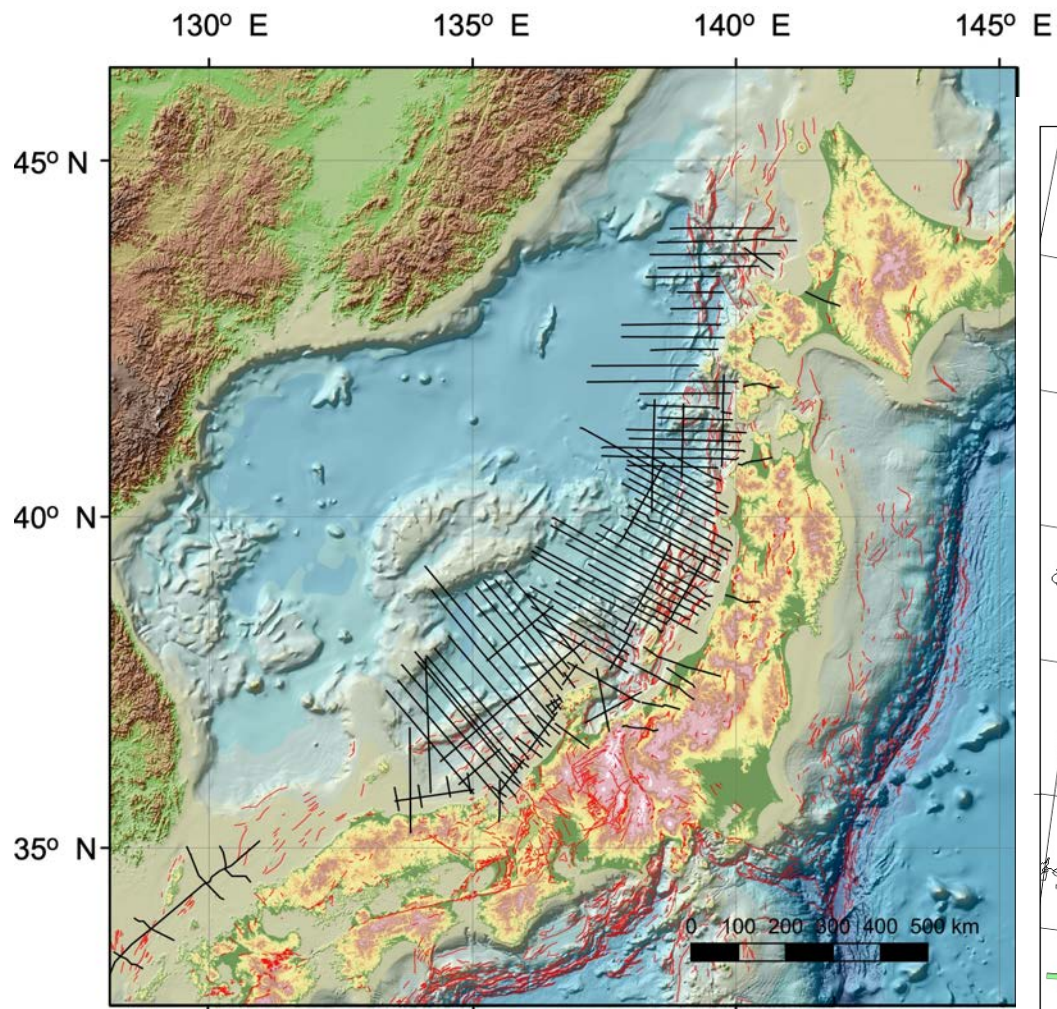


岡村他 (2013)



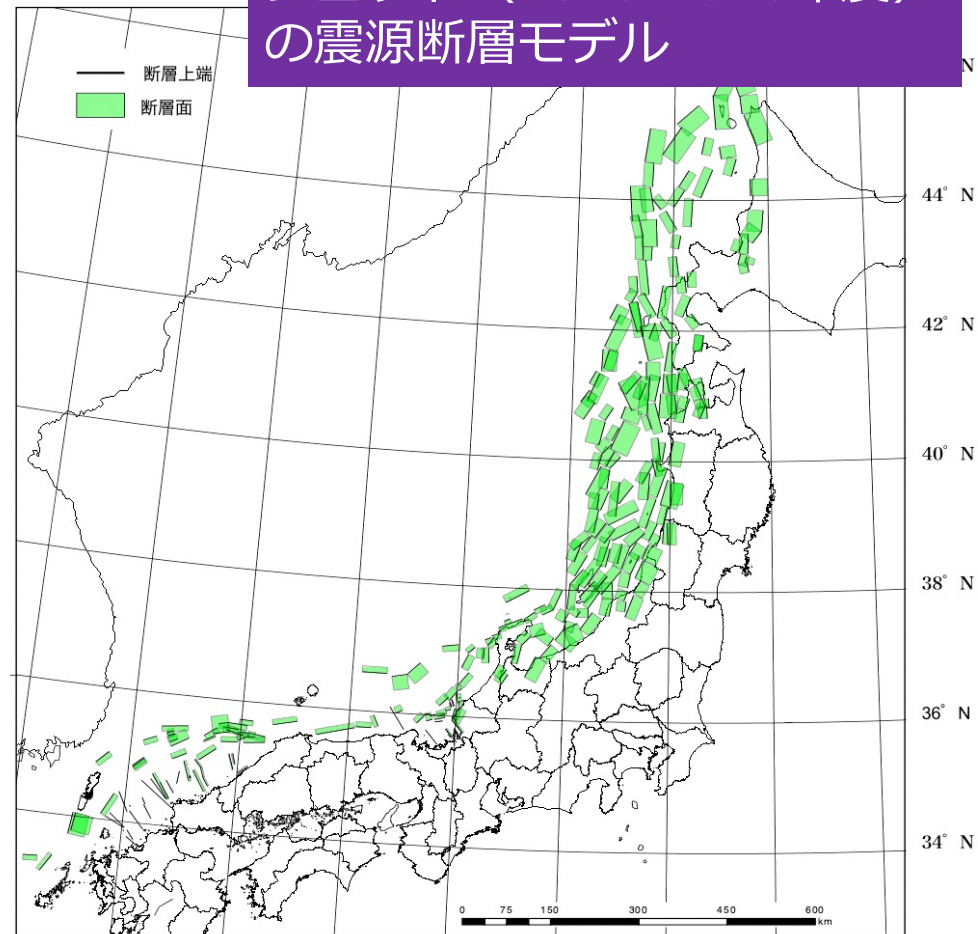
浅層高分解能測線





ひずみ集中帯の重点的調査観測PJと日本海地震津波PJでの探査測線位置

日本海地震・津波調査プロジェクト (2013-2020年度) の震源断層モデル

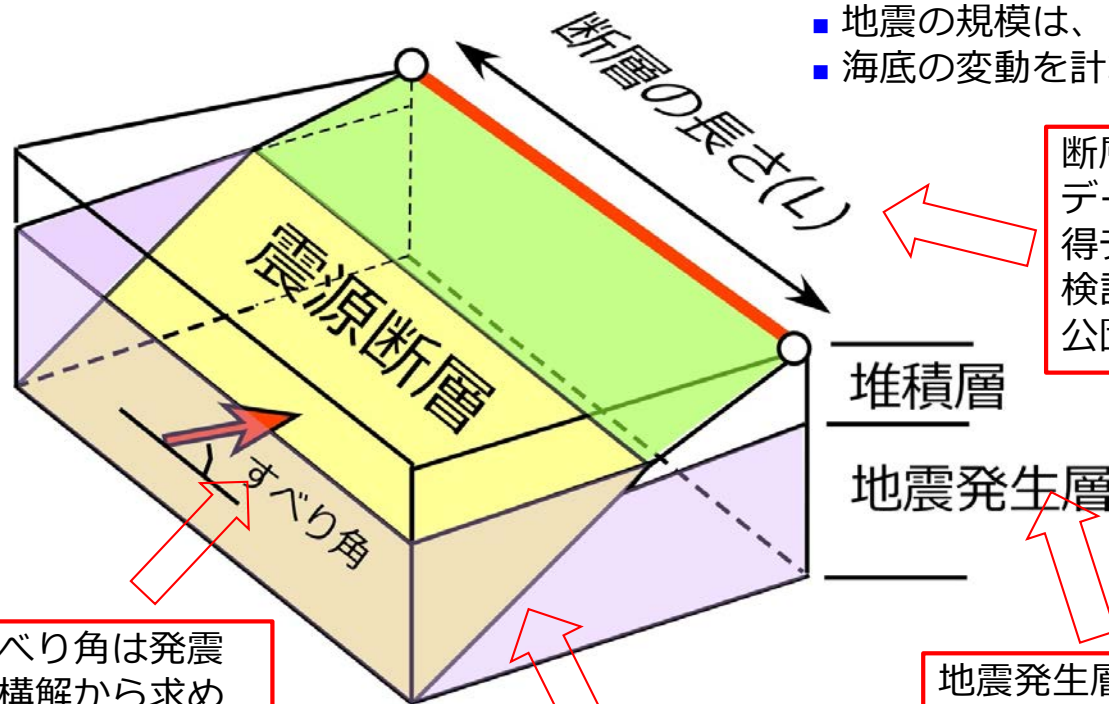


佐藤ほか (2021)

# 断層モデル の構築

震源断層モデル：震源断層面は矩形  
矩形（断層面）の位置、長さ、幅、走向、傾斜、  
発生時の滑り方向

- 地震の規模は、断層の面積に比例
- 海底の変動を計算（津波）



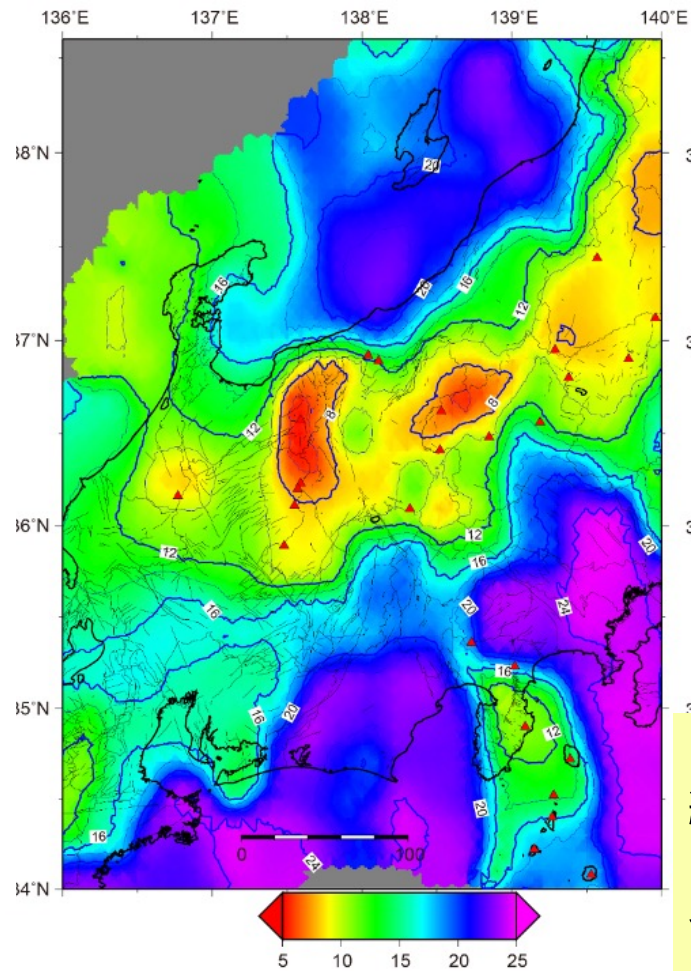
断層の地表位置：既存  
データを含め検討（取  
得データ以外に日本海  
検討会・産総研・石油  
公団などからの情報）

すべり角は発震  
機構解から求め  
たテンソルと断  
層形状から推定

断層面の傾斜は、反射法地  
震探査データから推定。

地震発生層の厚さは、微小地  
震の発生深度・岩石の物理特  
性から判断

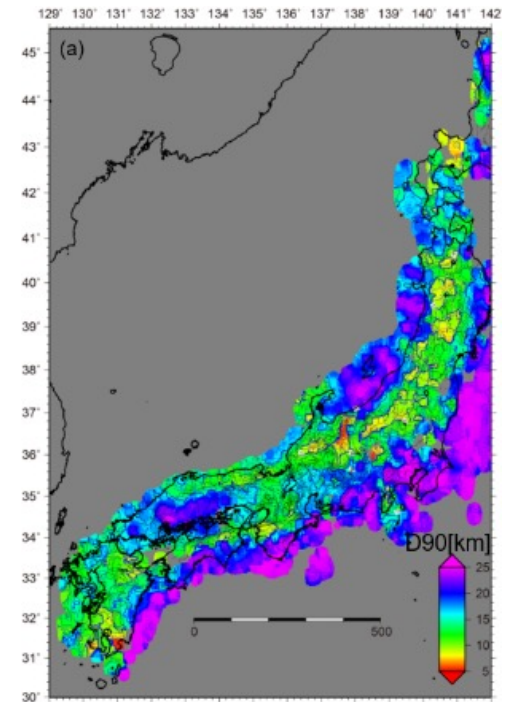
# 地震発生層の下限深さの推定（松原ほか，2021）



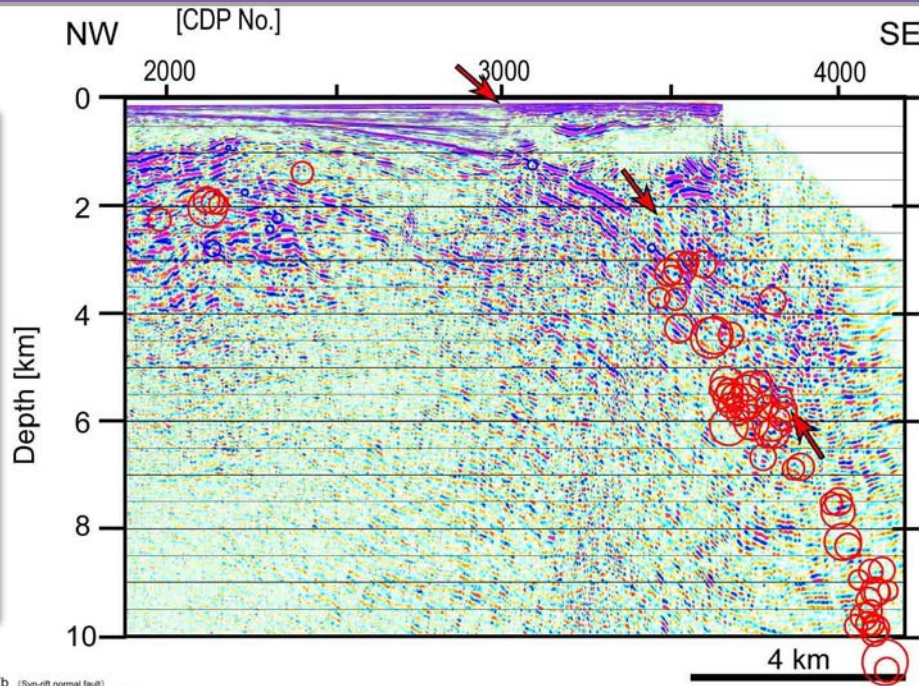
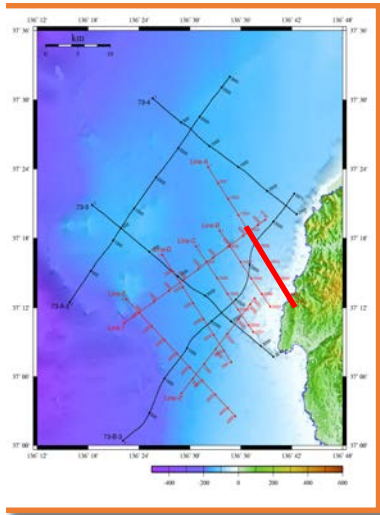
防災科学技術研究所による地震発生層の下限深度 (D90) ( $\pm 0.2^\circ$ 表示)

海洋研究開発機構のエアガン発震のデータも利用し沿岸海域の速度構造を更新

防災科学技術研究所の地震観測網で求めた三次元速度構造により震源を再決定。9割の地震が含まれる下限 (D90) を推定。

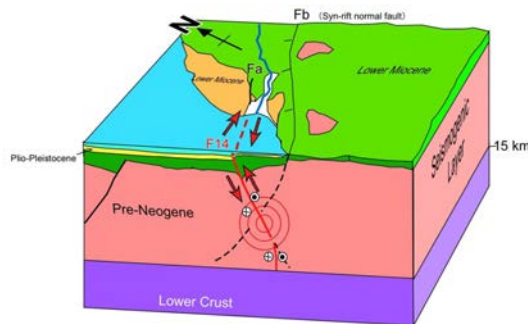
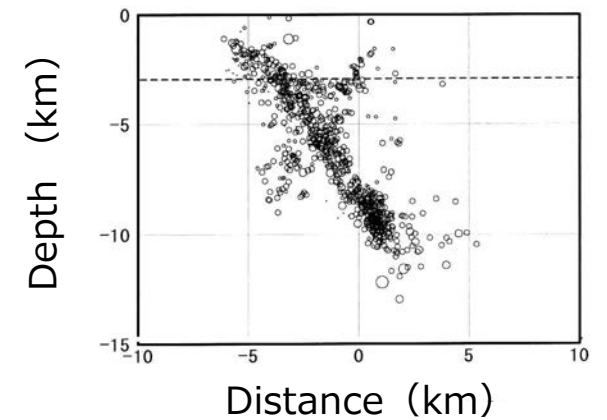


# 2007年能登半島沖地震の震源断層の形状



震源断層の傾斜は60度  
正断層で一般的な傾斜  
日本海形成時の正断層の再活動

断層面に直交する余震分布

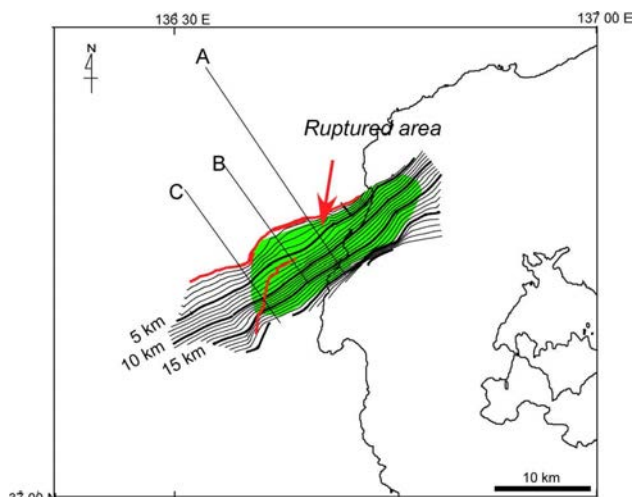


佐藤ほか (2007)

酒井ほか (2007)

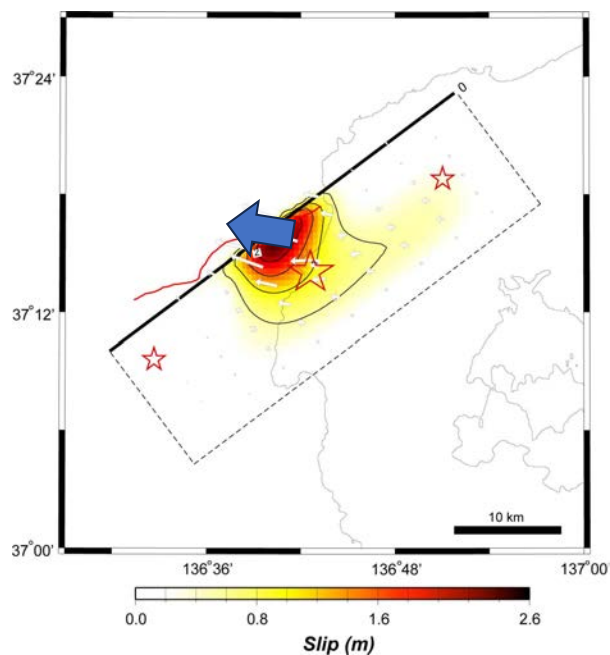
# 2007年能登半島地震 正断層の右横ずれ+逆断層運動

## 震源断層の三次元形状



余震分布から推定

## 断層面上のすべり量分布

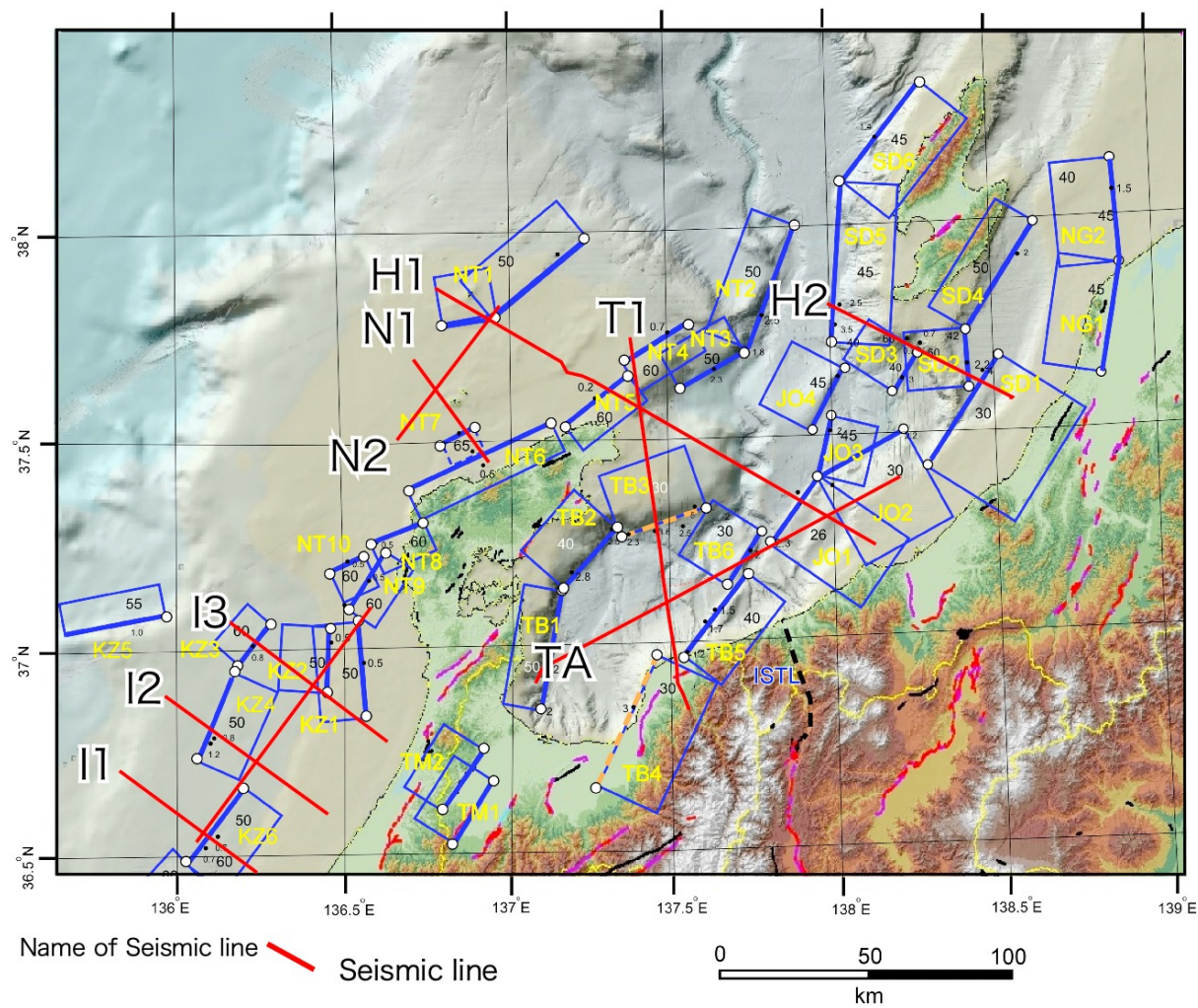


南方に約60° 傾斜した日本海形成期の正断層が、右横ずれと逆断層成分を伴って運動

GPS, SAR, 航空測量による地殻変動データに基づく

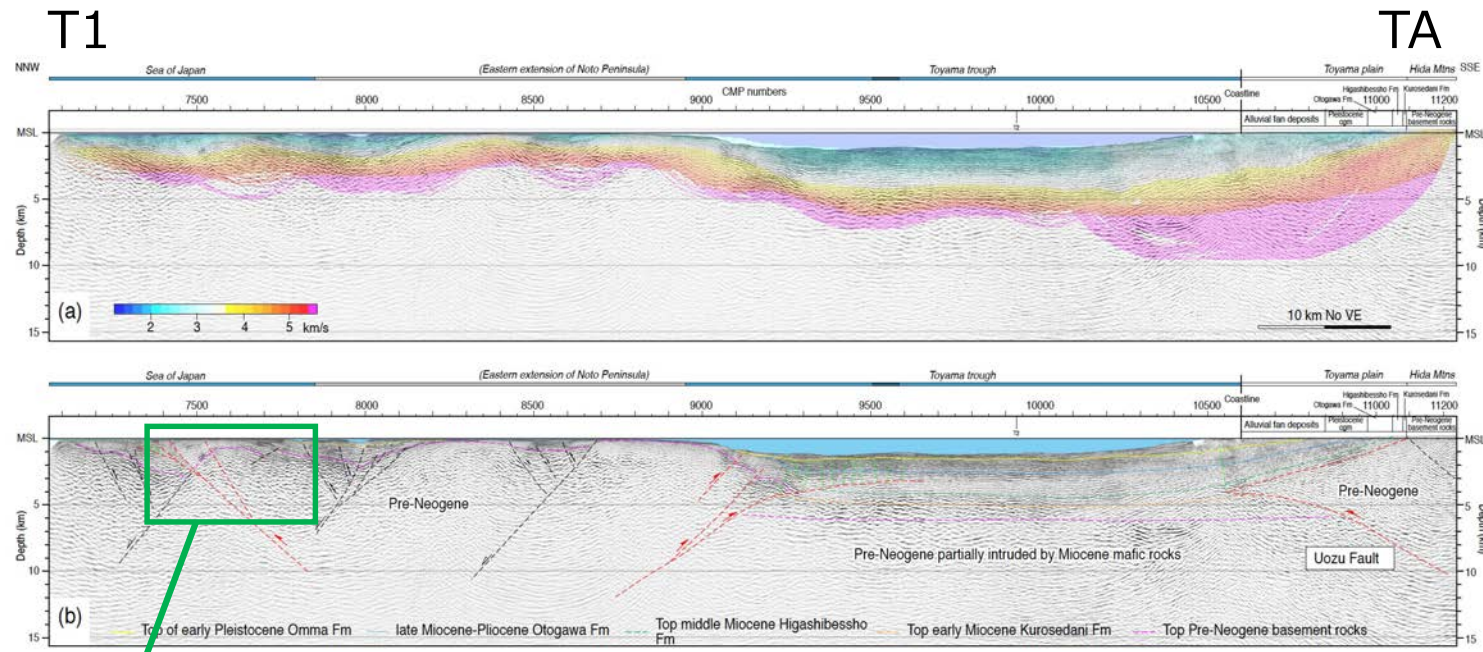
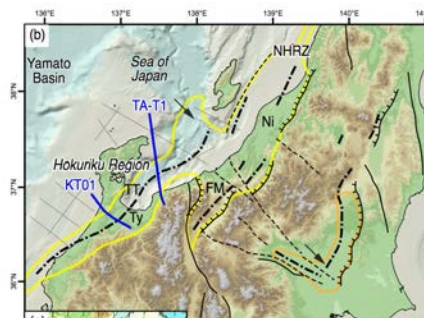
佐藤ほか (2007)

# 中越沖～金沢沖の震源断層の矩形モデルと探査測線



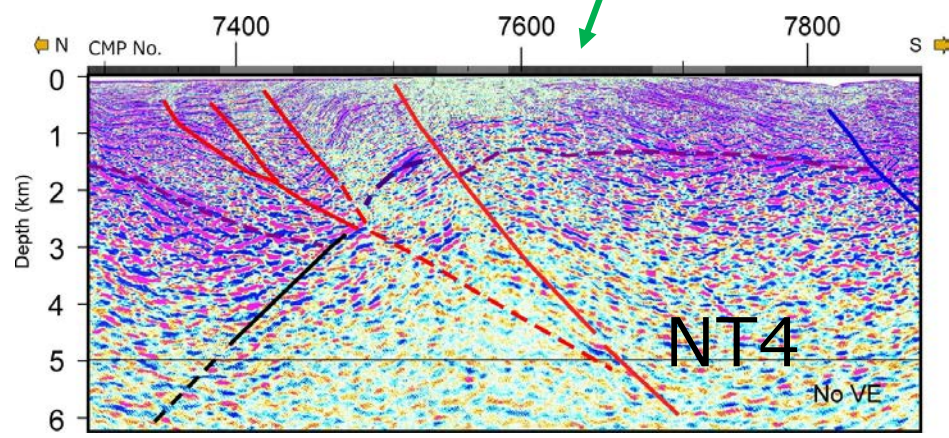
黄色: 断層名



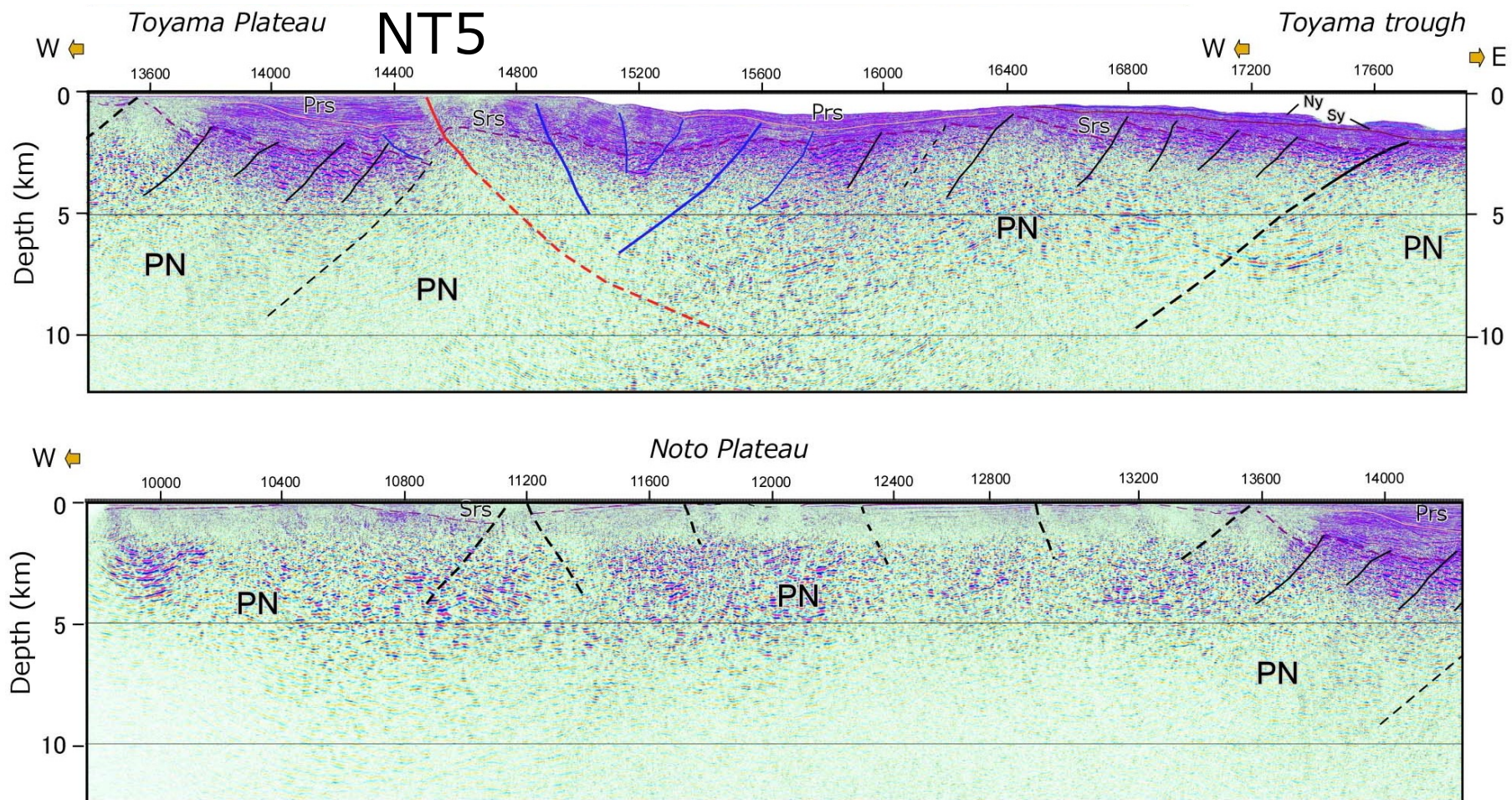


Ishiyama et al. (2017)

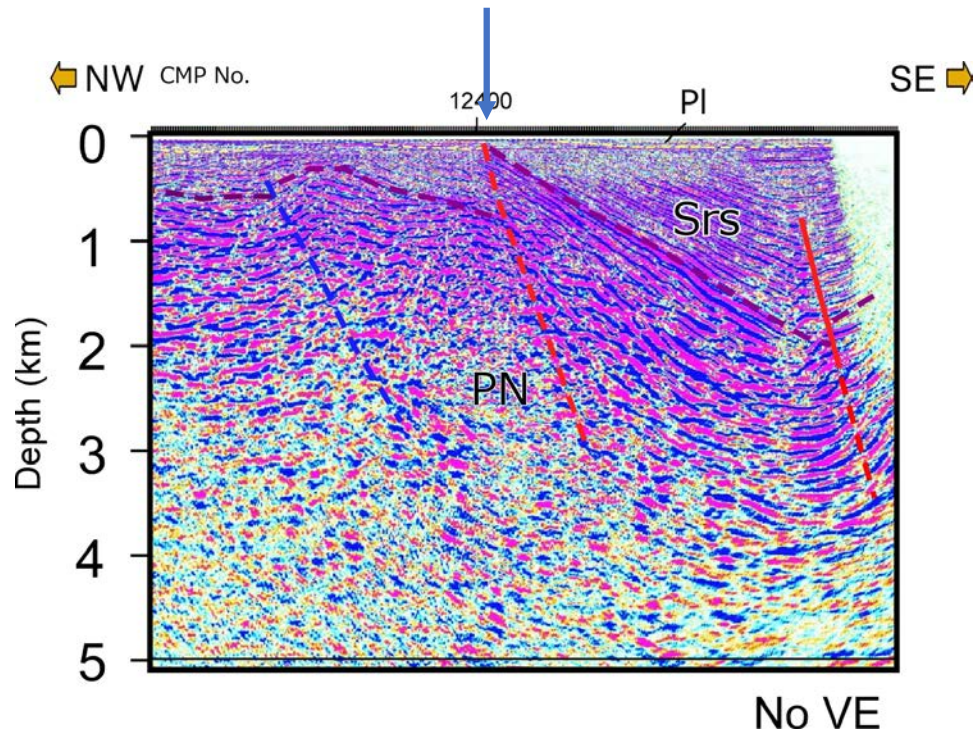
反射法地震探査深度断面



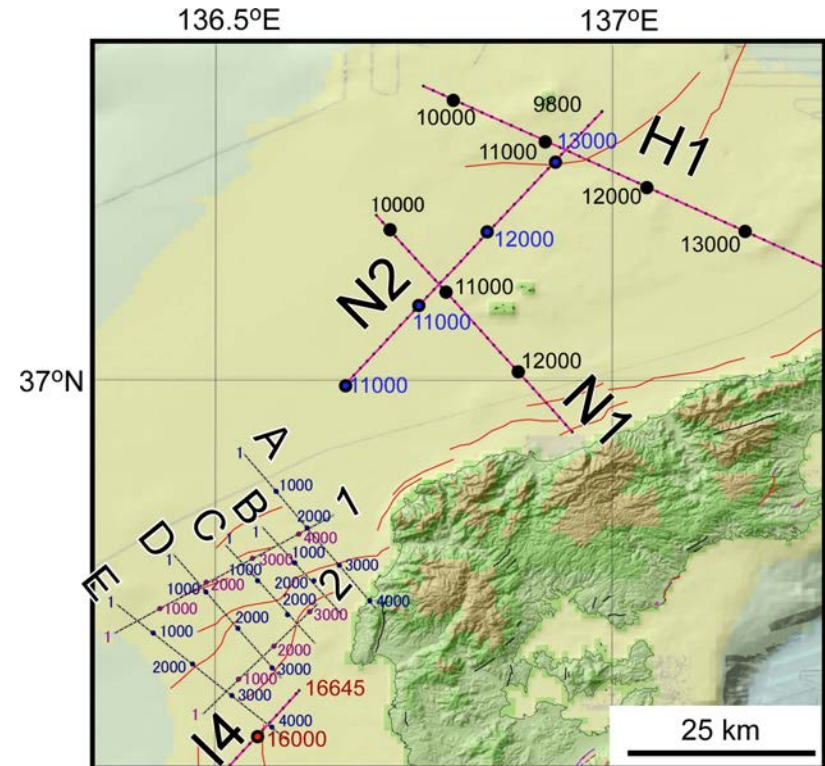
# 測線H1沿いの深度変換断面



## 測線N1沿いの深度変換断面

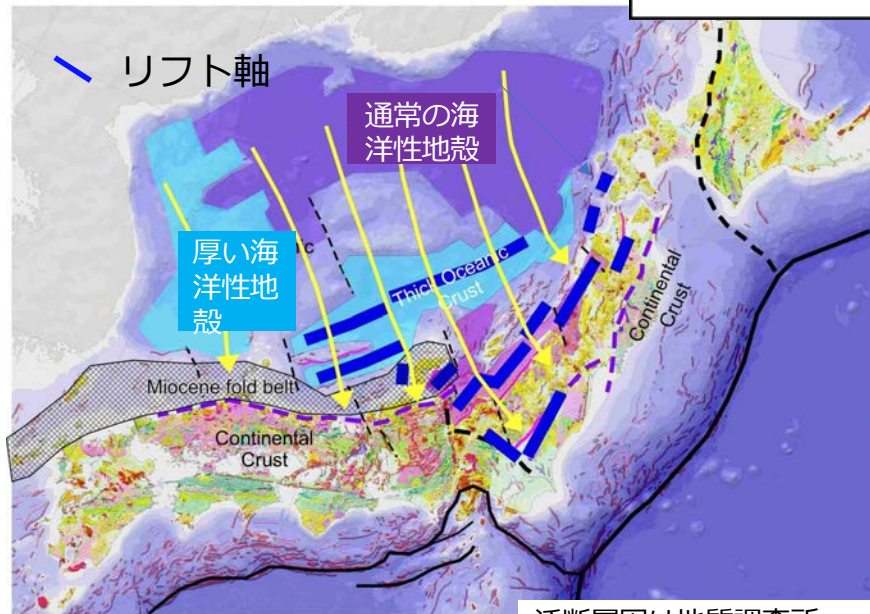
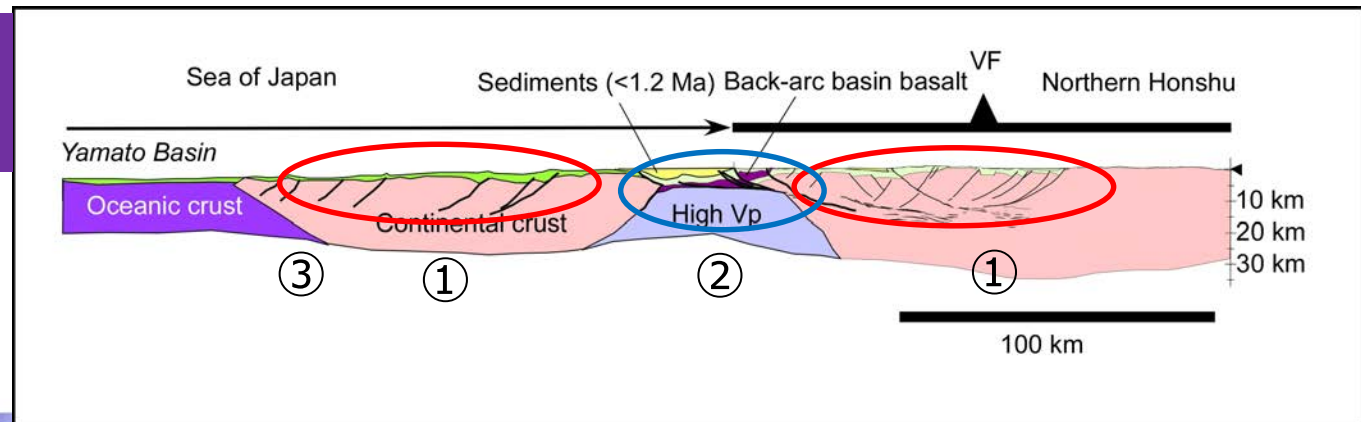


珠洲沖セグメントを横切る区間の拡大。Srs: リフト期を主体とする堆積物。PI: 鮮新世以降の地層。



# 東北日本背弧域の震源断層のタイプ

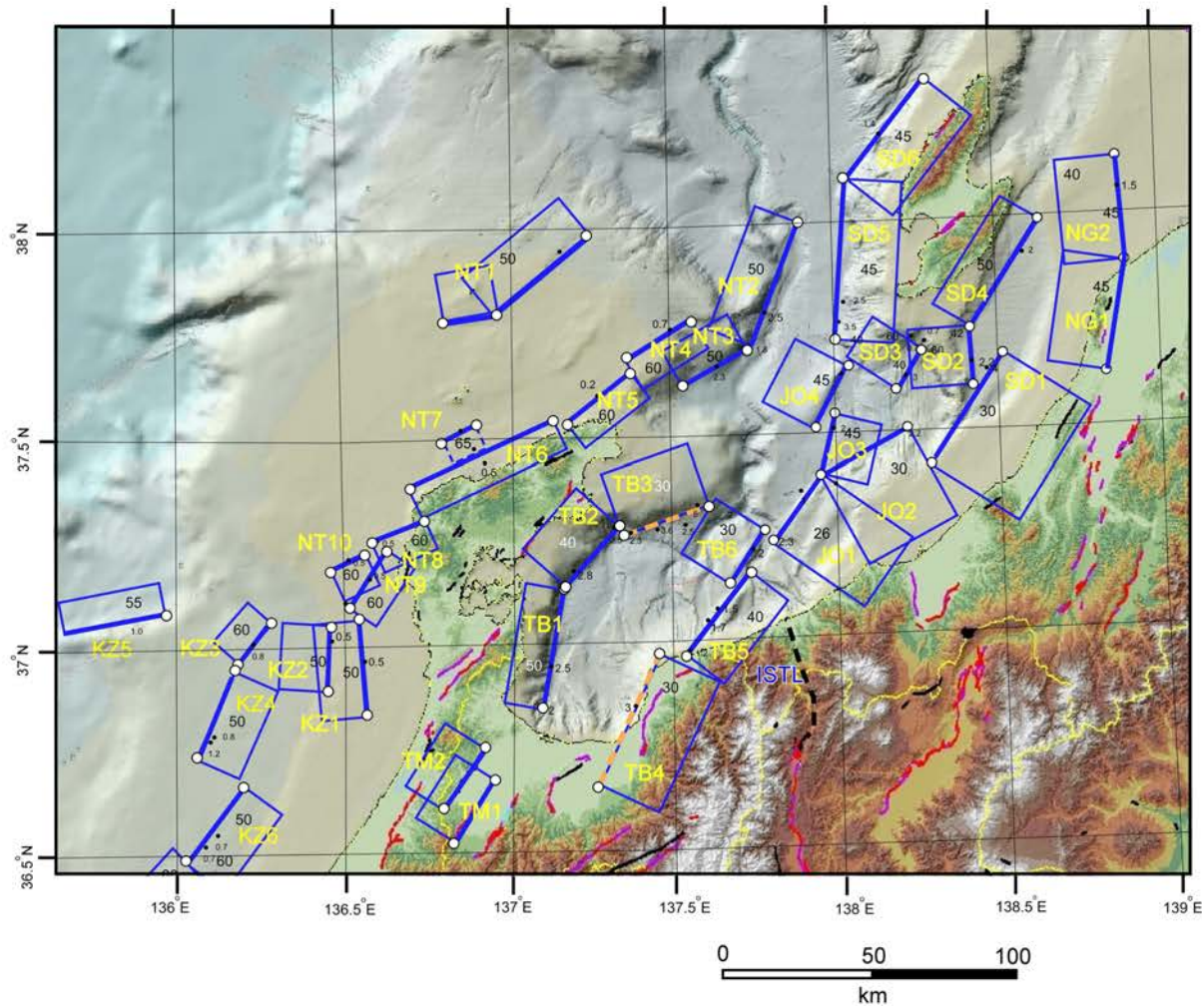
日本海拡大期の造構運動の影響を大きく受ける



活断層図は地質調査所 (1992)

- ① 伸展した大陸地殻 正断層の逆断層としての反転運動 (傾斜: 40-50度、地震発生層15 km)
- ② 背弧中絶リフト  
厚いポストリフト堆積物→褶曲断層帯  
リフト軸の外側に傾斜する逆断層 (傾斜: 30度、地震発生層 17 km)
- ③ 背弧海盆の海洋性地殻と大陸地殻の境界部  
拡大期の物質境界に大規模なスラストが形成 (傾斜: 25-30度、地震発生層 17 km)

# 中越沖～金沢沖の震源断層の矩形モデル



## 中越沖～金沢沖の震源断層のパラメーター表

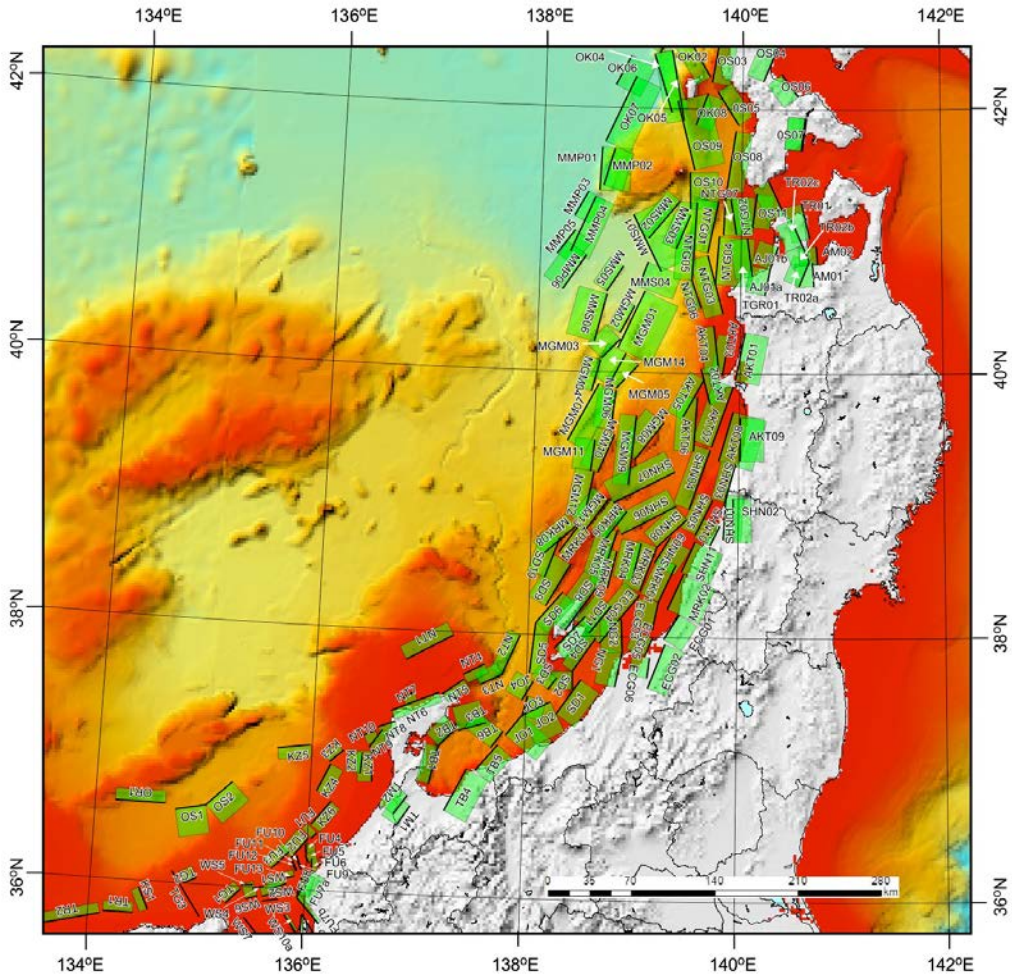
断層名	始点座標		終点座標		上端深さ (km, TP-)	走向 (度)	傾斜 (度)	断層長さ (km)	断層幅 (km)	断層下 限深さ (km)	すべり角 (度)	断層タイプ	確実性
	緯度	経度	緯度	経度									
	JGD2000 (度)	JGD2000 (度)	JGD2000 (度)	JGD2000 (度)									
TB1	37.1303	137.1842	36.8450	137.1074	2.5	191	50	32.4	16.3	15	55	IBB	A
TB2	37.2795	137.3565	37.1353	137.1889	2.8	222	40	21.9	19.0	15	95	IBB	A
TB3	37.3195	137.6292	37.2557	137.3691	3.5	251	30	24.1	23.0	15	120	IBB	B
TB4	36.6482	137.2625	36.9683	137.4615	3.0	25	30	39.7	24.0	15	50	IBB	B
TB5	36.9595	137.5430	37.1579	137.7467	1.5	38	40	28.5	21.0	15	76	IBB	B
TB6	37.2594	137.7937	37.1353	137.6825	2.0	214	30	17.0	32.0	18	94	IF	A
NT1	37.9813	137.2359	37.7961	136.9565	0.5	229	50	32.0	18.9	15	101	IF	C
	37.7961	136.9565	37.7782	136.7912	0.5	261	50	14.7	18.9	15	148	IF	C
NT2	37.9928	137.9269	37.6895	137.7640	2.5	201	50	36.6	16.3	15	78	IBB	B
NT3	37.6895	137.7640	37.6086	137.5618	2.3	242	50	20.0	16.6	15	117	IF	B
NT4	37.6808	137.3973	37.7642	137.5963	0.7	61	60	19.8	16.5	15	122	IF	B
NT5	37.5278	137.2075	37.6426	137.4050	0.2	52	60	21.6	17.1	15	108	IF	A
NT6	37.3867	136.7296	37.5366	137.1731	0.5	66	60	42.6	16.7	15	124	IF	B
NT7	37.4895	136.8300	37.5307	136.9397	0.1	64	65	10.7	16.4	15	126	IF	A
NT8	37.2569	136.6106	37.3045	136.7705	0.5	69	60	15.1	16.7	15	128	IF	A
NT9	37.1002	136.5354	37.2369	136.6530	0.5	34	60	18.4	16.7	15	94	IF	A
NT10	37.1905	136.4806	37.2294	136.5887	0.5	65	60	10.5	16.7	15	125	IF	B
KZ1	37.0738	136.5621	36.8412	136.5746	0.5	177	60	25.8	16.7	15	42	IF	B
KZ2	37.0575	136.4775	36.9016	136.4618	0.5	184	60	17.4	16.7	15	52	IF	B
KZ3	37.0719	136.2988	36.9764	136.1693	0.8	228	60	16.0	16.4	15	131	IF	B
KZ4	36.7516	136.0611	36.9595	136.1828	1.0	25	50	25.5	18.3	15	95	IF	B
KZ5	37.0155	135.5071	37.0549	135.8180	1.0	81	60	28.0	14.7	15	215	IF	B
KZ6	36.4959	136.0230	36.6778	136.2023	0.7	38	55	25.8	17.5	15	122	IF	B

説明は文献を参照

[https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/project/Japan\\_Sea/JSR2Report/15\\_R2JSPJ-C2.2.5.1.pdf](https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/project/Japan_Sea/JSR2Report/15_R2JSPJ-C2.2.5.1.pdf)

文献

佐藤 比呂志, 石山達也, 橋間昭徳, 加藤直子, 野 徹雄, 石川正弘, 松原 誠, 越谷 信, 豊島剛志, 小林健太, 小菅正裕: 断層モデルの構築, 令和2年「日本海地震・津波調査プロジェクト」成果報告書, 275-303, 2021.

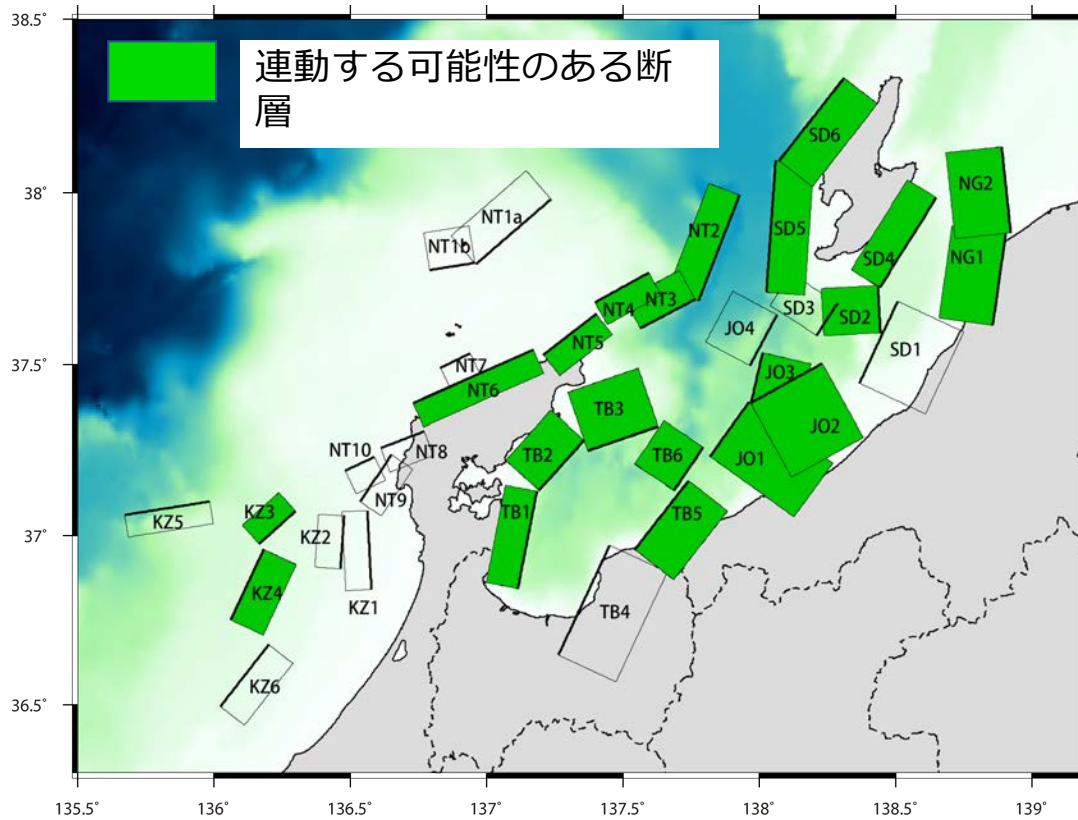


船名	船名座標		船名座標		上端深さ (m)	定向	傾斜 (度)	距離長さ (m)	距離下 端深さ (m)	すべり角 (度)	距離タイプ	確実性
	緯度 (°N)	経度 (°E)	緯度 (°N)	経度 (°E)								
NT001	41.2949	139.7669	40.9145	139.6673	2.0	192	40	43.1	23.3	17	99	FC A
NT002	41.0538	139.9504	41.1195	139.6924	0.3	351	45	29.9	20.8	15	98	FC B
NT003	40.9959	139.6869	40.6267	139.6372	1.5	195	45	51.0	21.9	17	100	FC A
NT004	40.6747	139.7472	41.0368	139.7606	0.9	5	25	40.5	33.4	15	81	FC B
NT005	41.2505	139.5548	40.7058	139.5134	1.6	164	45	65.0	21.6	17	96	FC A
NT006	40.7065	139.5124	40.4043	139.6039	1.8	162	55	24.8	16.6	17	95	FC A
NT007	41.0487	139.6218	41.3447	139.6384	0.9	3	30	32.9	26.2	15	90	FC A
TG001	41.0273	140.0903	40.7360	140.1148	0.4	173	45	32.7	20.6	15	91	FC B
MGM01	40.1821	138.7927	40.1896	139.6905	2.7	18	25	53.2	33.8	17	69	COB A
MGM02	40.5002	138.6499	40.3009	138.6138	3.0	309	50	25.5	19.3	17	101	FC A
MGM03	40.2509	138.6178	40.1025	138.6329	2.8	225	40	22.8	22.1	17	140	FC A
MGM04	40.0925	138.6768	39.6228	138.5448	3.1	196	45	27.5	19.7	17	101	FC A
MGM05	40.0075	138.6968	39.8765	138.7669	2.6	224	50	28.8	19.1	17	140	FC A
MGM06	39.8598	138.7859	39.5865	138.7441	2.0	188	45	32.8	21.2	17	91	FC A
MGM07	39.4786	138.5241	39.6066	138.6173	2.2	29	40	54.5	23.0	17	103	FC A
MGM08	39.6330	139.2821	39.3414	138.8644	0.8	219	40	39.3	25.2	17	130	FC A
MGM09	39.6744	138.9925	39.1479	138.8263	0.5	167	50	58.7	21.5	17	83	FC B
MGM10	39.5279	138.7836	39.2384	138.6277	0.9	204	45	34.8	22.8	17	121	IF A
MGM11	39.4638	138.5924	39.2482	138.5071	0.9	168	45	26.5	22.6	17	98	IF A
MGM12	39.2451	138.9918	39.0901	138.9097	1.0	192	45	40.1	22.6	17	92	IF A
MGM13	39.0398	138.7403	38.8115	138.5330	0.6	217	45	51.1	23.2	17	122	IF A
MGM14	40.1422	138.8760	39.9017	138.7128	2.5	209	40	30.1	22.6	17	120	IF A
AKT01	39.9001	139.8665	40.3152	140.6883	0.0	12	40	41.3	24.4	17	88	IF B
AKT02	39.7696	139.7109	40.0390	139.6181	0.0	348	51	30.9	19.3	15	63	IF B
AKT03	40.2881	139.6918	39.9609	139.6285	0.1	190	60	33.2	19.5	17	101	IF C
AKT04	40.3818	139.6219	40.0506	139.5417	0.1	174	55	58.2	26.4	17	65	IF A
AKT05	39.9560	139.6498	39.6521	139.4352	0.8	308	50	38.4	21.1	17	105	IF A
AKT06	39.8183	139.3810	39.4114	139.3549	0.3	184	45	45.3	23.6	17	85	IF A
AKT07	39.6912	139.2687	39.4461	139.2504	0.1	200	45	33.5	23.9	17	98	IF B
AKT08	39.3280	139.6627	39.1950	139.4850	0.1	17	20	39.9	21.7	17	95	IF B
AKT09	39.3293	140.0103	39.6875	140.0095	0.1	1	40	38.6	26.3	17	76	IF B
SHN01	38.7448	139.9073	38.8505	139.6068	0.9	4	5	27.8	21.2	15	18	IF A
SHN02	38.7355	139.5585	39.0551	139.5484	0.0	358	45	36.6	21.2	15	74	IF A
SHN03	39.3137	139.9858	39.0270	139.9884	0.3	195	50	32.9	19.2	15	94	FC B
SHN04	39.4381	139.2557	38.8854	139.1325	0.4	100	50	31.9	21.7	17	89	IF B
SHN05	39.0451	139.7491	38.7815	139.5888	0.3	208	50	32.2	21.8	17	103	IF B
SHN06	38.9935	139.2864	38.7246	138.8738	0.6	243	45	51.4	23.2	17	119	IF A
SHN07	39.2329	139.7391	39.0114	138.5698	0.5	244	40	57.8	25.7	17	130	IF A
SHN08	38.8955	139.5032	38.9836	139.2177	0.5	228	45	34.2	23.3	17	112	IF A
SHN09	38.5850	139.1967	38.7575	139.3472	0.3	33	40	25.1	26.0	17	95	IF A
SHN10	38.6880	139.2265	38.8718	138.9129	0.2	167	45	35.8	23.7	17	94	IF A
SHN11	38.4949	139.4587	38.7262	139.2652	0.1	24	30	27.6	29.8	15	98	FC C
S007	37.8999	139.2538	38.1478	139.5451	0.0	44	45	37.6	21.2	15	98	FC B
S008	38.4196	139.8580	38.1935	139.416	0.4	216	45	51.5	23.6	17	97	FC C
S009	38.5391	138.3902	38.2203	138.1614	0.4	211	45	40.7	23.5	17	113	IF B
S010	38.7448	139.2759	38.4000	139.1310	1.3	202	45	38.1	22.2	17	106	IF B
S011	38.2927	139.3515	38.0503	139.3628	0.5	200	45	38.3	23.9	17	104	IF B
MKN01	38.5490	139.4035	38.2874	139.2410	0.3	208	45	34.3	23.8	17	103	IF B
MKN02	38.2132	139.2292	38.4602	139.4799	0.1	25	30	32.4	33.8	17	87	FC C
MKN03	38.6538	139.1177	38.4486	139.0399	0.8	201	45	35.2	23.2	17	87	IF A
MKN04	38.7100	139.0854	38.4253	138.9841	0.6	194	45	32.4	23.2	17	91	IF A
MKN05	38.7992	138.9201	38.4461	138.8924	0.6	199	45	40.7	23.2	17	95	IF A
MKN06	38.8478	138.8195	38.7342	138.7190	0.8	218	45	29.3	23.2	17	111	IF A
MKN07	38.8375	138.2868	38.8545	138.4600	0.7	37	35	29.4	19.9	17	111	IF A
MKN08	38.8492	138.4289	38.6134	138.1241	0.6	230	50	35.7	21.1	17	131	IF A
MKN09	38.6478	138.6332	38.7003	138.7693	1.0	195	45	31.4	22.4	15	62	IF B
EO01	37.8888	139.2995	38.1730	139.4438	0.0	33	40	24.0	23.3	15	95	IF B
EO02	37.8137	139.1522	37.9490	139.2112	0.0	22	40	29.7	23.3	15	81	IF B
EO03	38.2974	139.8419	38.0958	139.3894	0.1	192	45	23.9	23.9	17	92	FC B
EO04	38.3175	139.0591	37.9444	138.6835	0.4	320	45	52.7	23.5	17	103	IF B
EO05	37.9988	139.1929	37.9572	139.1221	0.1	203	45	18.8	23.9	17	91	FC C
EO06	37.8497	139.1889	37.6917	139.1444	0.6	188	45	17.0	21.6	15	62	IF A
NG1	37.8823	138.9043	37.6160	138.5481	0.5	188	45	30.1	24.7	18	82	FC A
NK2	38.1328	138.8687	37.8622	138.9659	0.0	174	45	27.4	25.5	18	78	FC A
S01	37.6039	138.2903	37.6913	138.5160	0.9	32	30	36.4	22.0	15	81	IF B
S02	37.7201	138.4348	37.6919	138.4378	2.0	177	40	15.4	23.9	18	96	FC A
S03	37.8179	138.2813	37.8889	138.2099	3.0	213	40	12.4	23.0	18	128	FC B
S04	37.8955	138.6489	37.7294	138.6322	2.0	212	40	34.7	17.0	15	96	IF B
S05	37.7101	138.6959	38.0925	138.6713	2.8	4	45	49.7	17.5	15	69	IF B
S06	38.0905	138.6729	38.1142	138.6205	1.4	38	45	33.8	19.2	15	73	FC B
J01	37.2301	37.8186	37.8711	37.8677	2.3	36	25	21.6	37.1	18	125	IF A
J02	37.2871	37.9977	37.8449	37.8236	2.2	61	30	28.6	31.6	18	111	IF B
J03	37.8888	138.3722	37.8878	138.3722	2.8	13	45	18.8	23.6	18	110	IF A
J04	37.6455	138.0848	37.8995	137.8980	1.8	208	45	18.7	22.9	18	83	IF B
T01	37.1302	137.1842	38.8490	137.1074	2.5	191	50	32.4	16.3	15	95	IF B
T02	37.2395	137.2655	37.5908	137.1889	2.5	222	40	21.9	15.0	15	62	IF B
T03	37.2195	137.6292	37.2557	137.3691	3.5	251	30	24.1	23.0	15	120	IF B
T04	38.6462	137.2623	38.8682	137.4615	3.0	25	30	39.7	24.0	15	90	IF B
T05	38.9592	137.4426	37.7378	137.4827	1.5	18	40	38.3	21.0	15	74	IF B
T06	37.2384	137.7937	37.1353	137.6823	2.0	214	30	17.0	32.0	18	94	IF A
NT1	37.9913	137.2309	37.7961	136.9683	0.5	229	50	32.0	18.9	15	101	IF B
NT2	37.7941	136.6445	37.7162	136.5912	0.5	61	40	19.4	18.9	15	122	IF A
NT3	37.8928	137.9269	37.6895	137.7640	2.5	201	50	38.6	16.3	15	78	IF B
NT4	37.8895	137.7840	37.6988	137.5618	2.3	242	50	20.0	16.6	15	107	IF B
N75	37.5578	137.3075	37.6426	137.4050	0.2	82	60	21.6	17.1	15	108	IF A
N76	37.3887	138.7298	37.3368	137.1331	0.5	46	60	42.6	16.7	15	124	IF A
N77	37.4999	138.6390	37.6907	138.6987	0.1	64	45	19.7	16.4	15	124	IF A
N78	37.2569	138.6106	37.3045	138.7305	0.5	89	60	15.1	16.7	15	128	IF A
N79	37.1002	138.5354	37.2269	138.6530	0.5	34	60	18.4	16.7	15	94	IF A
NT9	37.1909	138.4908	37.2214	138.6982	0.5	65	60	15.9	16.2	15	125	IF A
K21	37.0738	138.5821	38.6412	138.5748	0.5	177	60	25.8	16.7	15	42	IF B
K20	37.0575	138.4715	38.6618	138.4618	0.5	184	60	17.4	16.7	15	52	IF B
K23	37.0719	138.2888	38.7064	138.2883	0.9	228	60	16.4	16.4	15	131	IF A
K												

# 津波断層モデル

平成27年度「日本海地震・津波調査プロジェクト」成果報告書

[https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/project/Japan\\_Sea/JSH27Report/PDF/20\\_H27JSPJ-C3.3.1.pdf](https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/project/Japan_Sea/JSH27Report/PDF/20_H27JSPJ-C3.3.1.pdf)

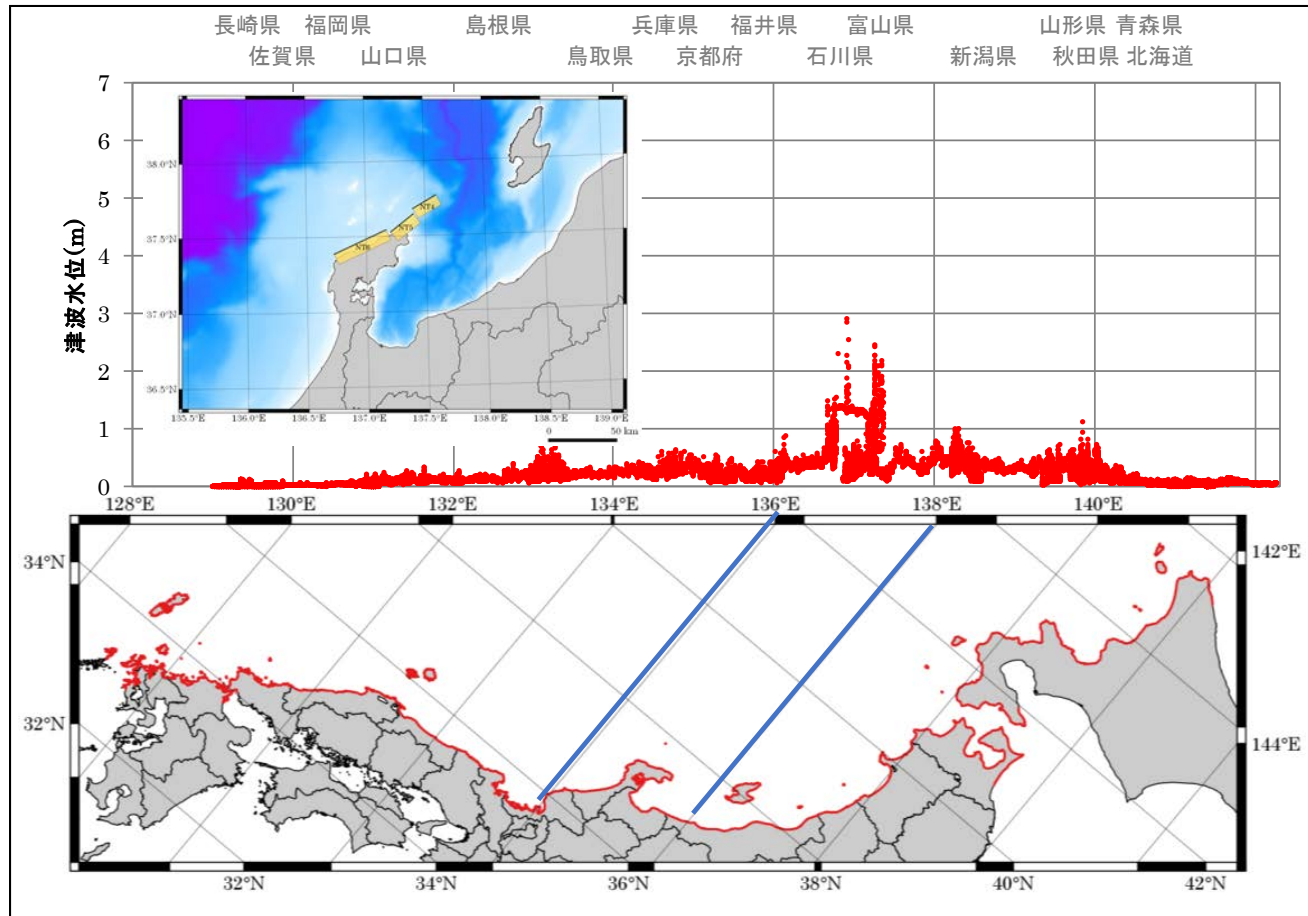


1. NG1-NG2
2. SD2-SD4
3. SD5-SD6
4. JO1-JO2
5. JO1-JO3
6. TB1-TB2
7. TB2-TB3
8. TB1-TB2-TB3
9. NT2-NT3
10. NT4-NT5
11. KZ3-KZ4
12. NT4-NT5-NT6
13. JO1-JO2-TB5-TB6



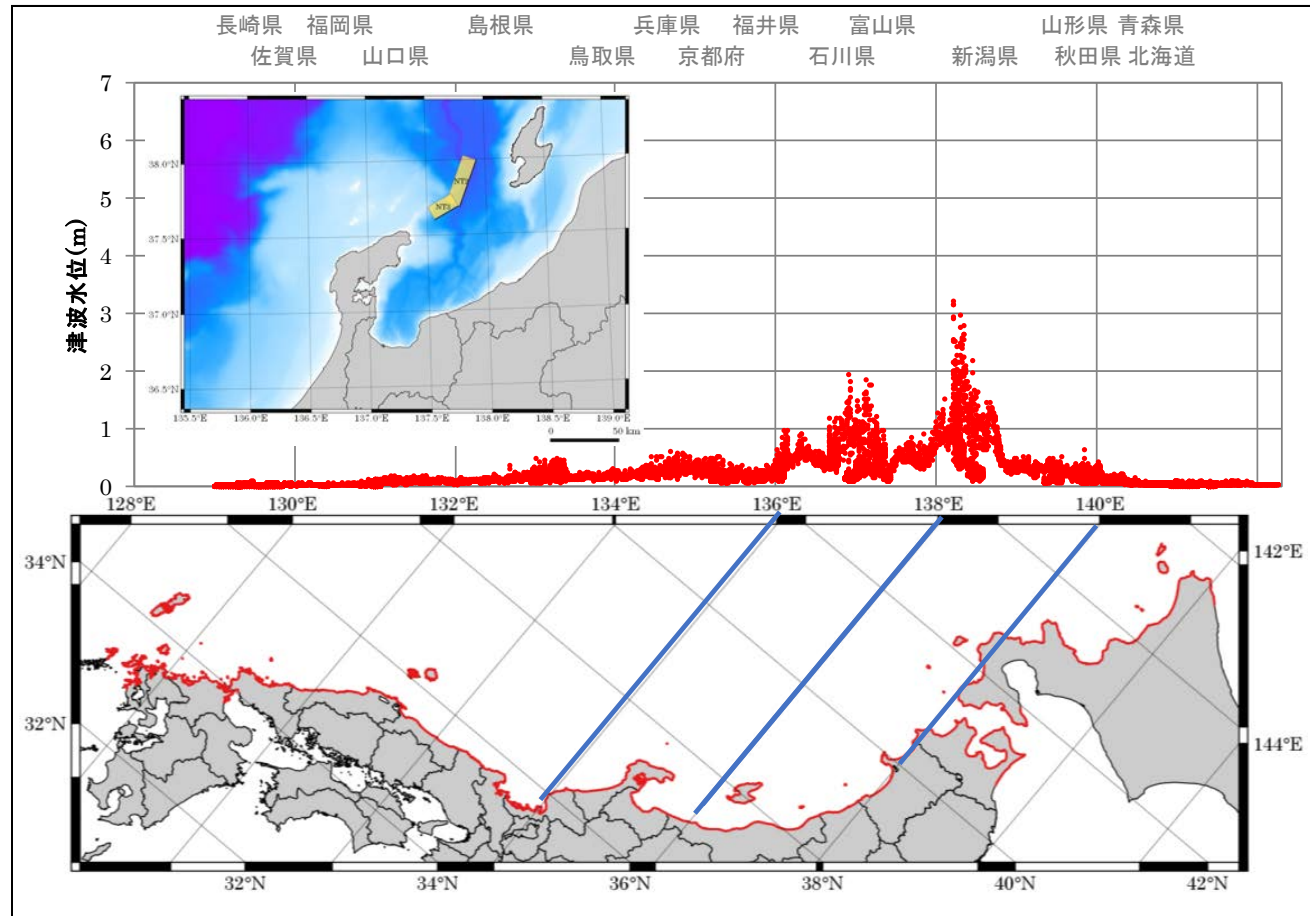
# 津波断層モデル (NT4-NT5-NT6連動)

## 沿岸最大水位上昇量



# 津波断層モデル (NT2-NT3連動)

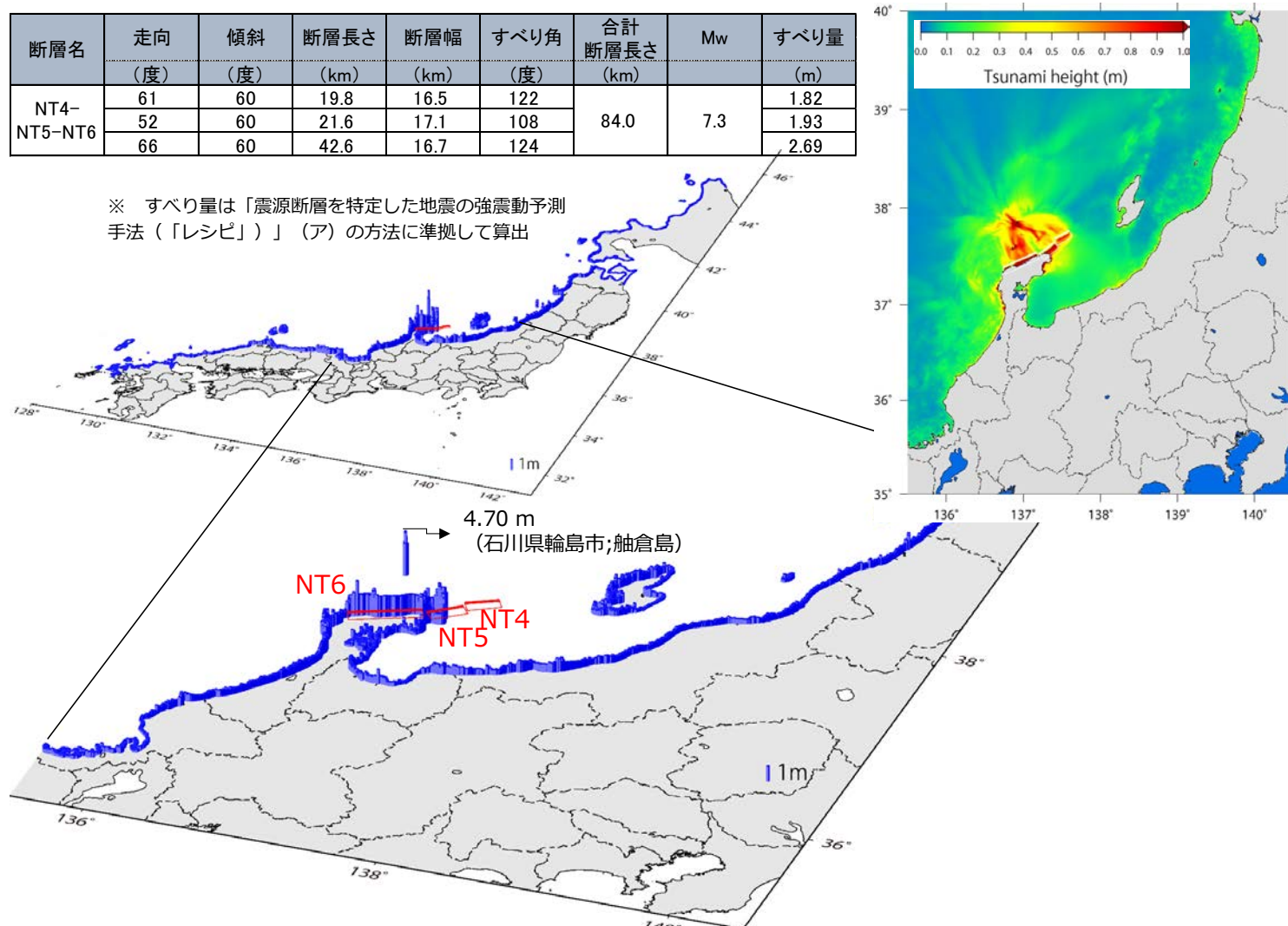
## 沿岸最大水位上昇量



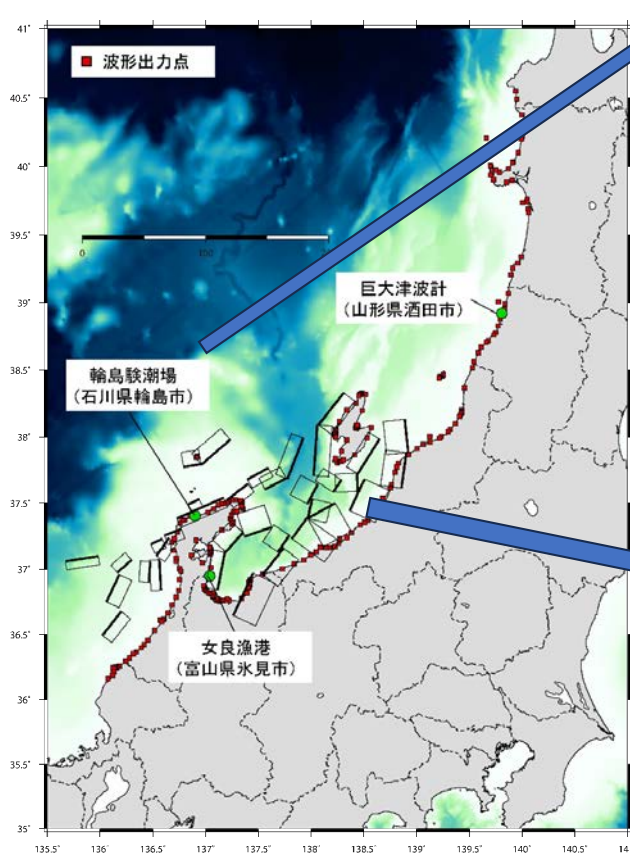
## 連動モデル (NT4+NT5+NT6) による沿岸津波高分布

断層名	走向	傾斜	断層長さ	断層幅	すべり角	合計 断層長さ (km)	Mw	すべり量 (m)
	(度)	(度)	(km)	(km)	(度)			
NT4- NT5-NT6	61	60	19.8	16.5	122	84.0	7.3	1.82
	52	60	21.6	17.1	108			1.93
	66	60	42.6	16.7	124			2.69

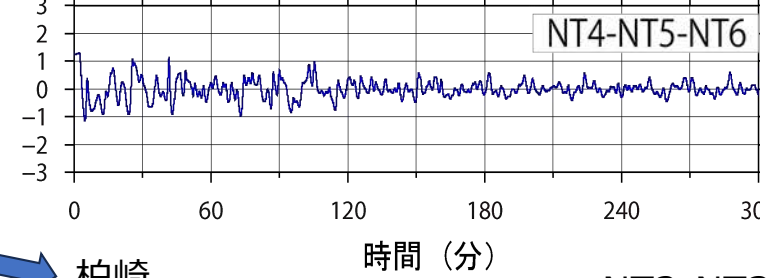
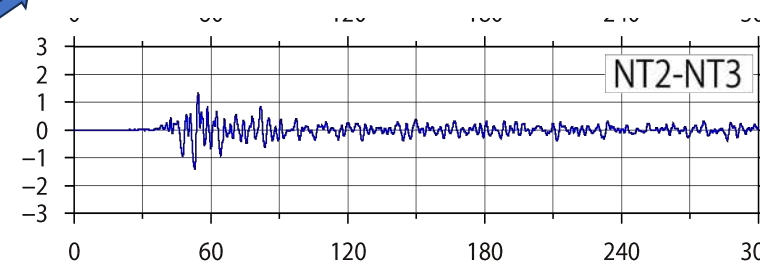
※ すべり量は「震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）」（ア）の方法に準拠して算出



# 計算された津波波形



輪島



柏崎

