

日本海地震・津波調査プロジェクト 平成27年度第2回運営委員会

(3) 津波及び強震動の予測 3-2 強震動予測

京都大学防災研究所

3-2 強震動予測

業務の目的

サブテーマ(2)で構築された沿岸地域の断層形状モデルにもとづいて、強震動予測のための震源断層モデルに必要なパラメータを検討し、震源モデルの特性化を行う。従来の速度構造モデルや必要な微動観測などを行って、対象地域の地下速度構造モデルの高度化をすすめる。これらの情報を組み合わせて、対象断層帯が活動した場合の強震動予測を行い、地震動分布の特徴を調べる。

平成27年度の計画

強震動予測に資する地下速度構造モデルの集約情報に基づき、探査が必要な地域(富山等の北陸地方)において微動アレイ探査、単点微動調査を行う。対象地域における地震波形記録の収集を継続し、観測サイトの地盤震動特性を分析する。対象地域における震源断層モデルに基づいて、強震動予測の試算のための準備をすすめ、前年度までに収集した震源モデル特性化に基づいたシナリオ地震想定と予測を行う。

研究グループ

業務参加者

岩田知孝・関口春子・浅野公之(京都大学防災研究所)

業務協力者

山中浩明・地元孝輔(東京工業大学 大学院総合理工学研究科)

香川敬生・野口竜也(鳥取大学 大学院工学研究科)

三宅弘恵(東京大学 大学院情報学環／地震研究所)

大堀道広(福井大学 附属国際原子力工学研究所)

森川信之・藤原広行((国研)防災科学技術研究所)

堀川晴央((国研)産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門)

平成27年度の業務計画

(1)地下速度構造モデルの高度化

- ・S波速度探査情報が不足している地域での微動アレイ探査
- ・J-SHISモデル等との比較・検証

(2)自治体震度計データの収集

- ・北陸地方の自治体震度計波形データ収集 地震波サイト増幅特性評価
- ・J-SHISモデル等との検証

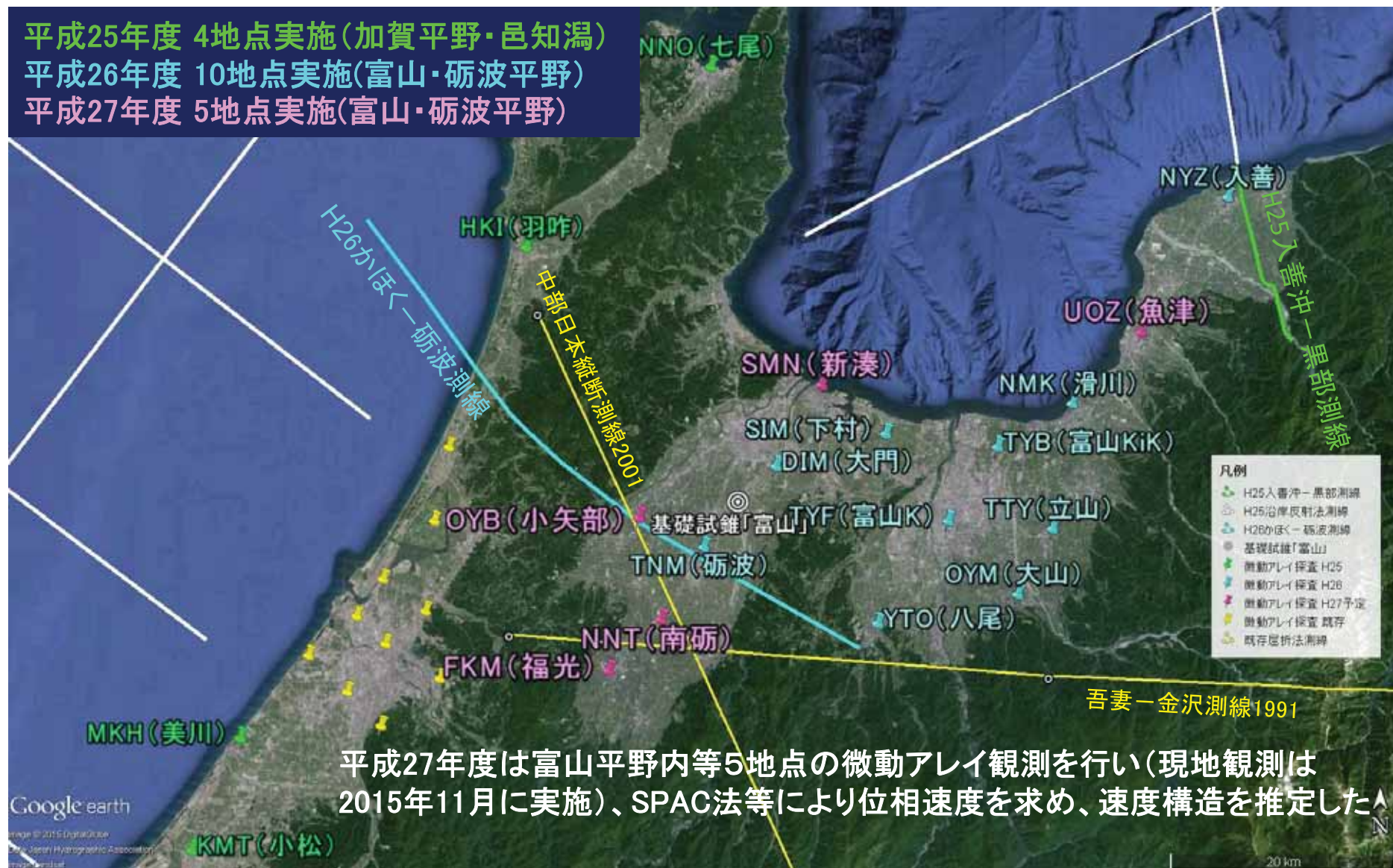
(3)シナリオ地震に基づく強震動予測

(1) 地下速度構造モデルの高度化

H27成果

地下速度構造情報の不足している地域において、微動アレイ探査を実施

平成25年度 4地点実施(加賀平野・邑知潟)
平成26年度 10地点実施(富山・砺波平野)
平成27年度 5地点実施(富山・砺波平野)



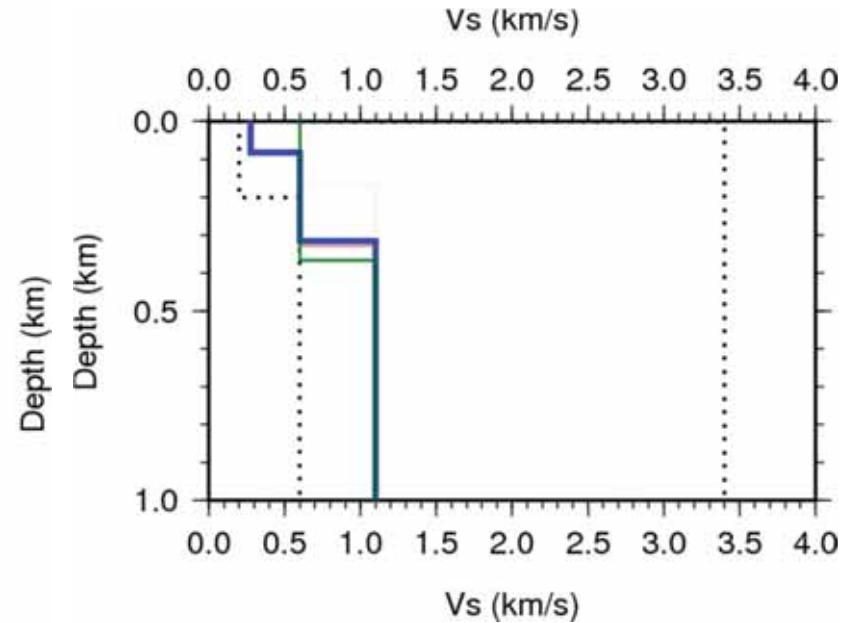
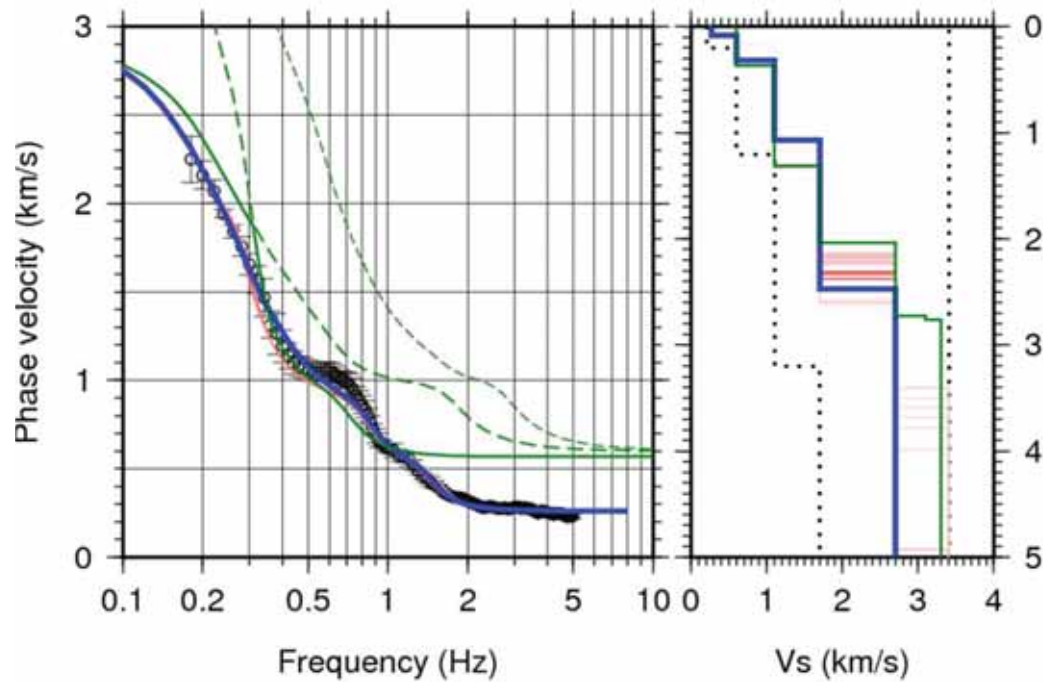
(1) 地下速度構造モデルの高度化



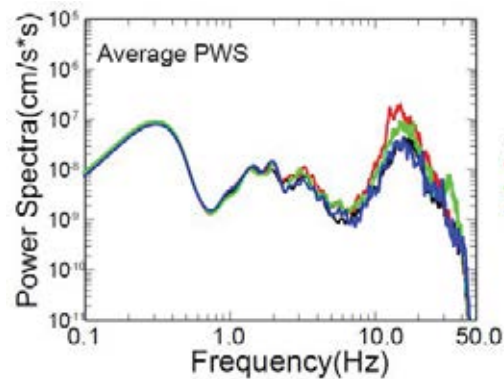
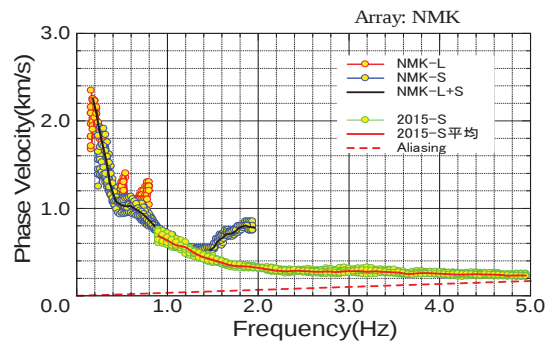
(1) 地下速度構造モデルの高度化

NMK

nmk

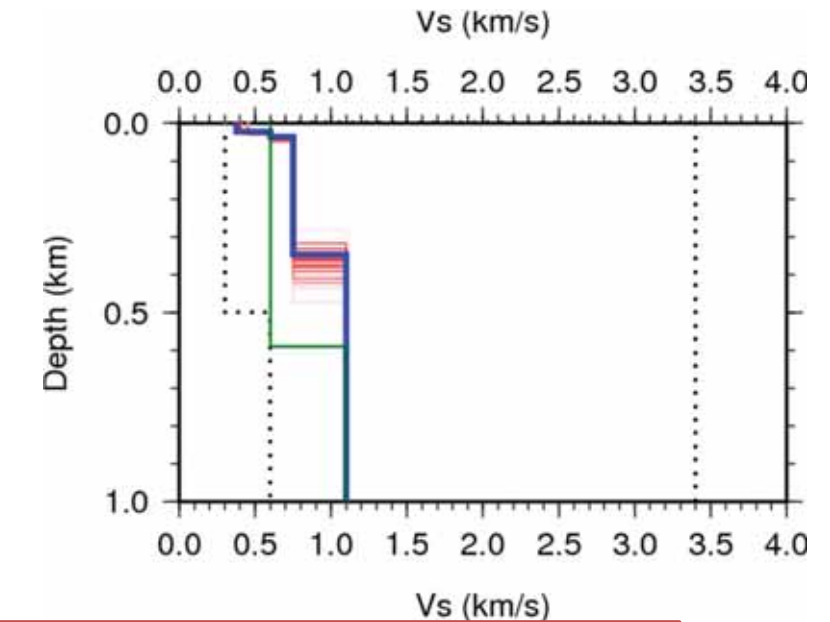
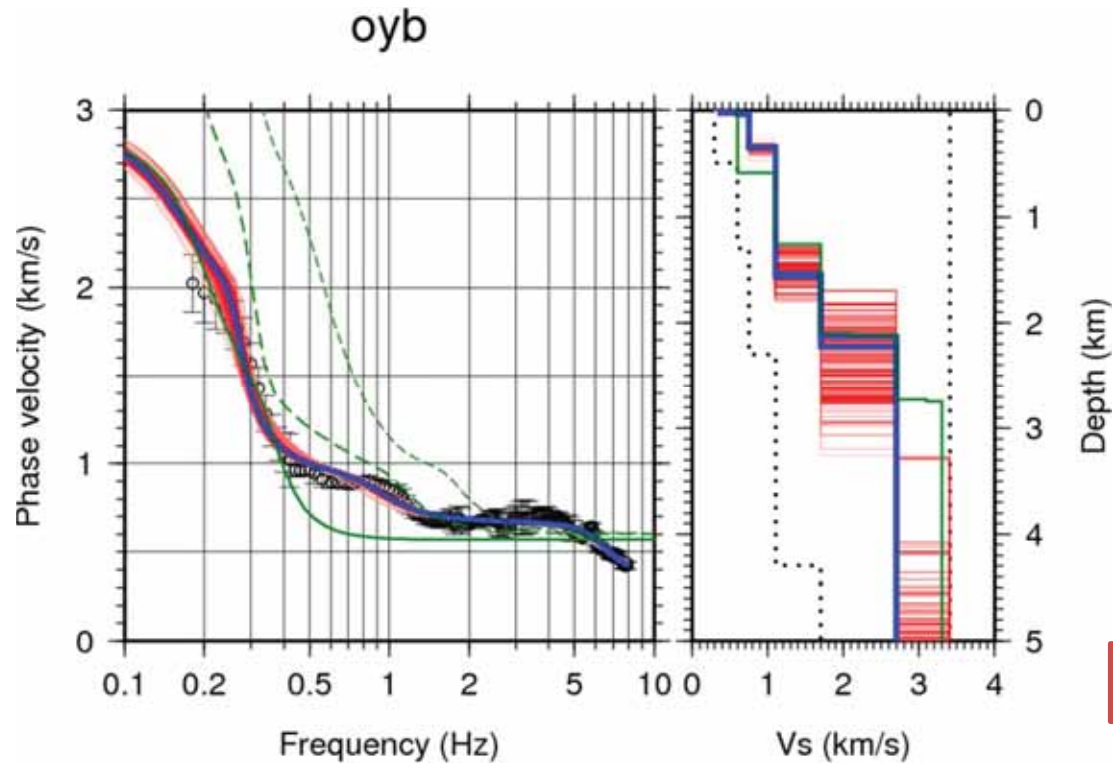


-1.0 Hz: 昨年度測定値
1.0 Hz: 今年度測定値

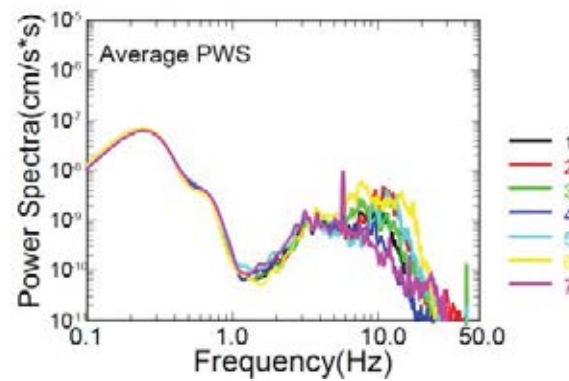
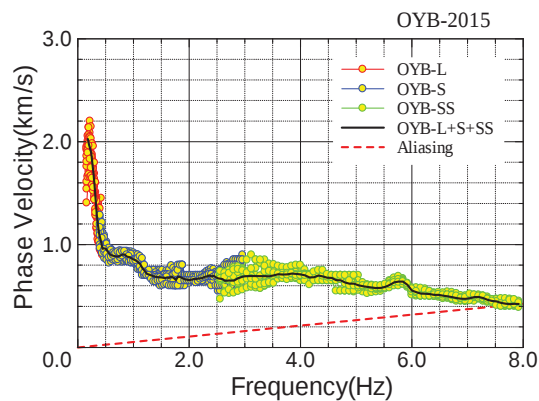


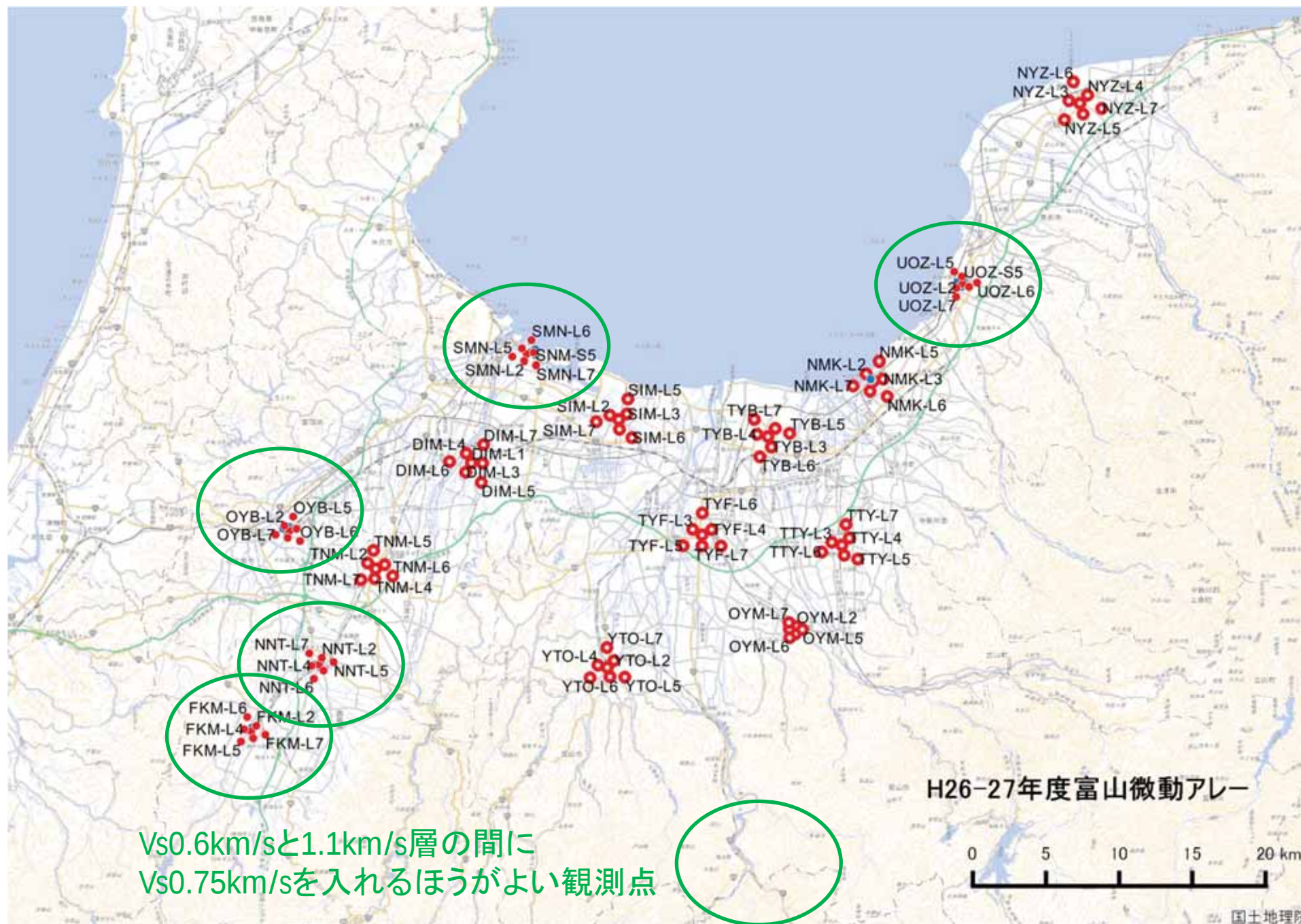
(1) 地下速度構造モデルの高度化

OYB



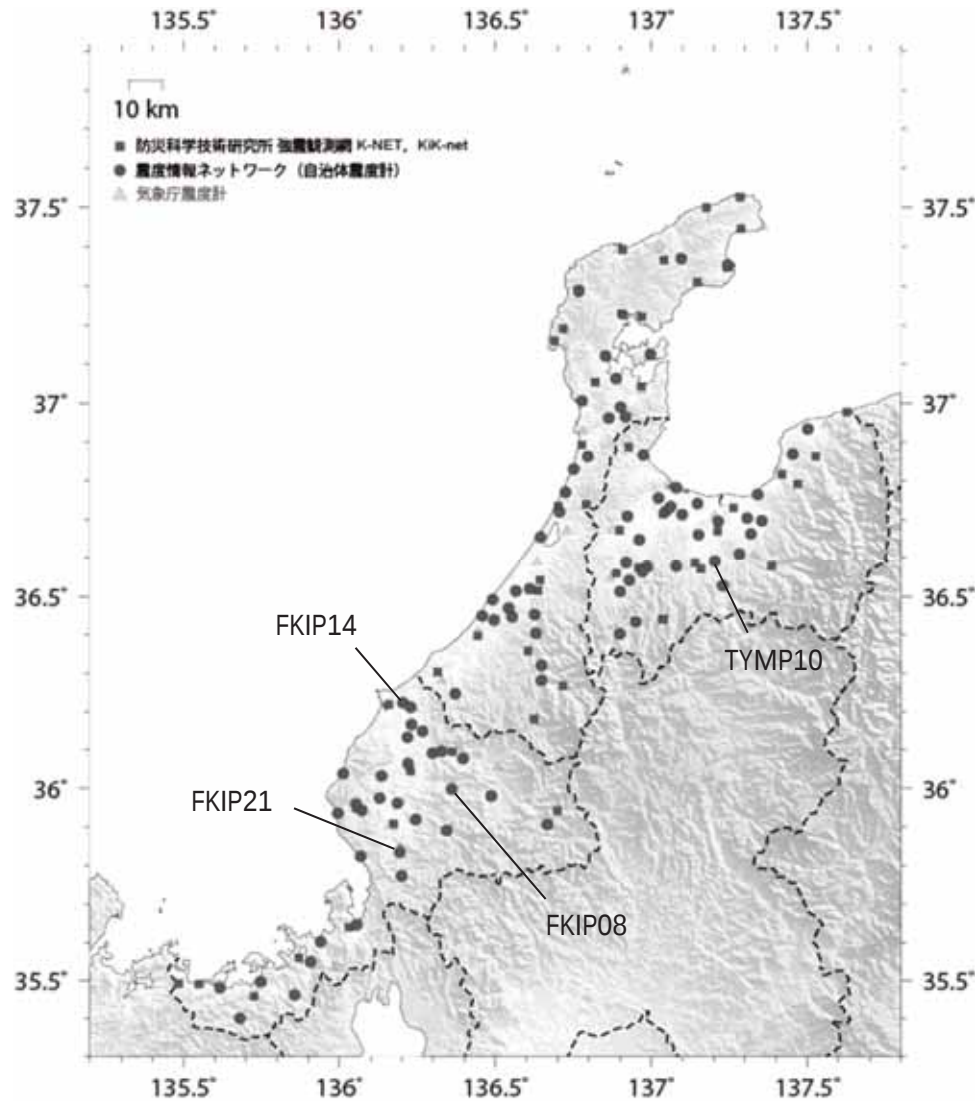
表層とVs=750 m/sの層を設定



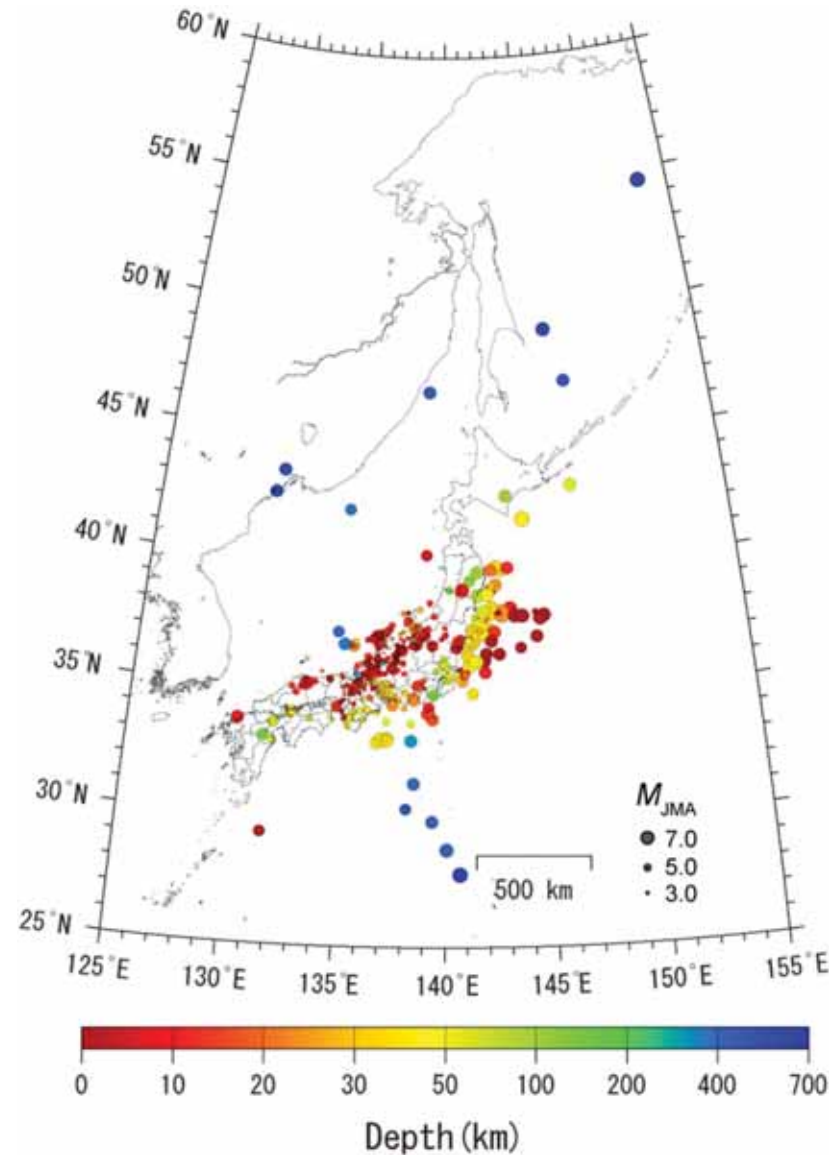


(2) 自治体震度計波形データの収集とサイト増幅特性解析

観測点の分布 ※観測点コードのある地点は2015年度新規収集地点



北陸3県で1地点以上収集された地震の震源分布
1996年7月～2015年11月：1041地震



(2) 自治体震度計波形データの収集とサイト増幅特性解析

記録収集期間（2015年度まで収集分）：1041地震，173地点

	福井県（ 56 地点）	石川県（62地点）	富山県（ 55 地点）
防災科研 （61地点）	1996年7月～ ～ 2015年11月	1996年7月～ ～ 2015年11月	1996年10月～ ～ 2015年11月
自治体 （ 86 地点）	2010年2月～ ～ 2015年10月	2010年7月～ ～ 2015年9月	2010年10月～ ～ 2014年11月
気象庁 （26地点）	1997年12月～ ～2013年8月	1997年12月～ ～2013年10月	1997年12月～ ～2013年4月

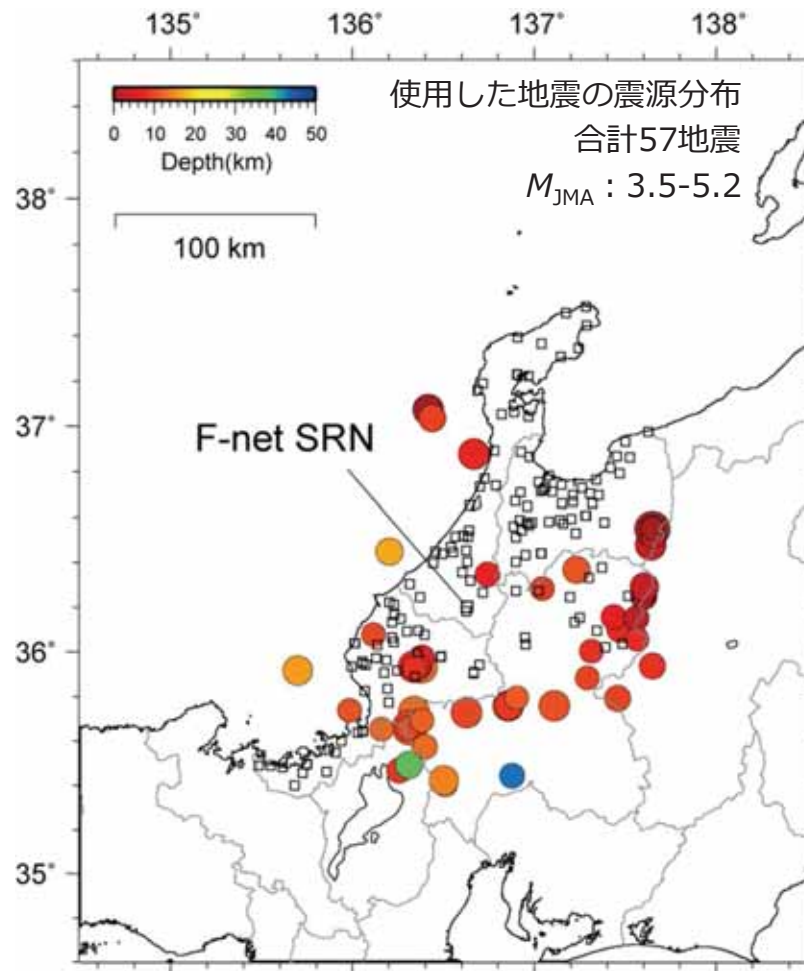
(2) 自治体震度計波形データの収集とサイト増幅特性解析

検索条件

震源日時：2004年4月1日－2016年2月1日

M_{JMA} ：3.5-6.5

震源距離：100 km以下（SRNからの距離）

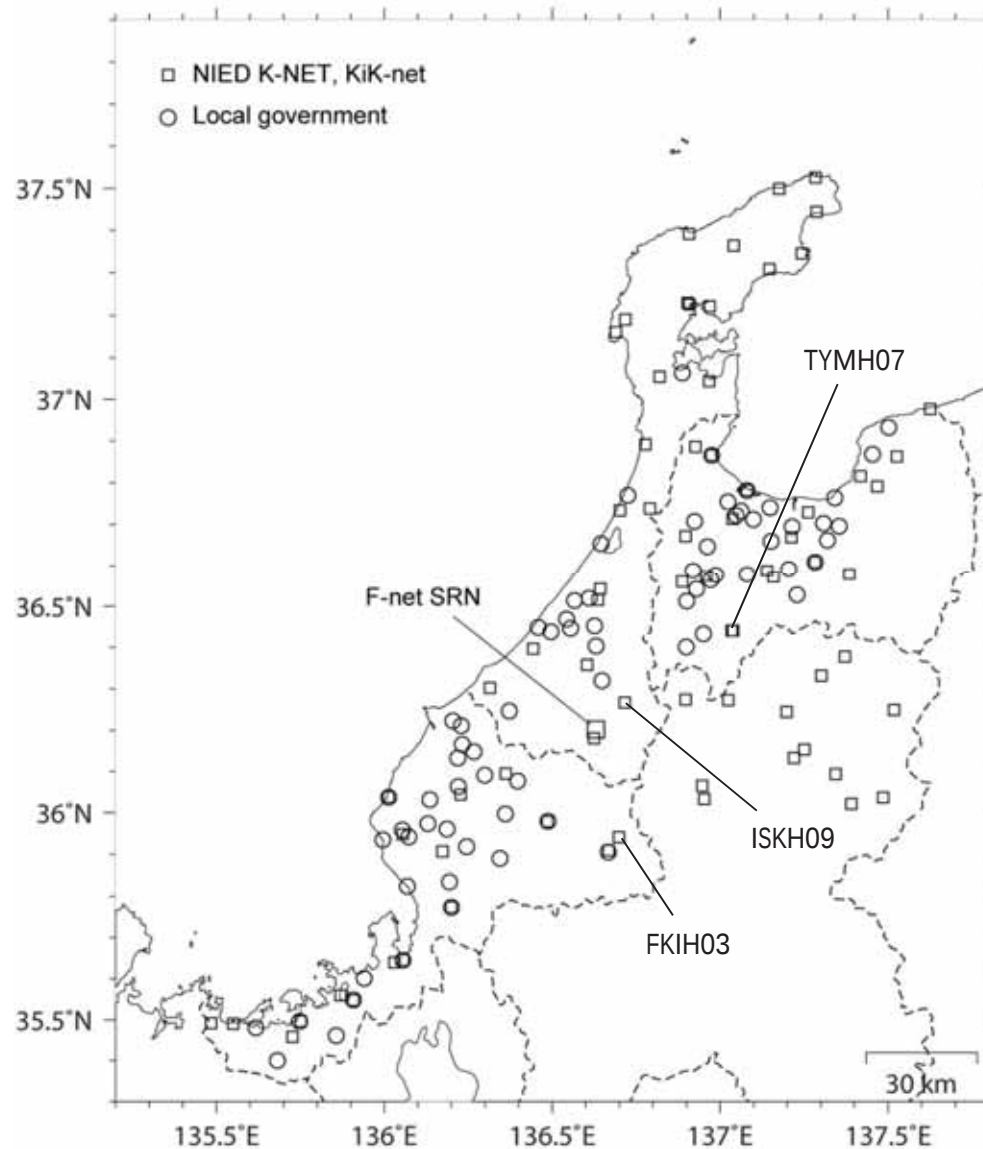


使用した57地震の震源情報

No.	Org. time (JST)	Lat. deg.	Long. deg.	Depth km	MJMA	Mw	Code
1	2004/06/30/16:35:8.60	36.0023	137.3125	8.37	3.5	3.5	0406301635
2	2004/07/27/00:54:56.65	35.7583	137.1080	10.82	4.2	4.5	0407270055
3	2004/10/05/08:33:51.49	35.9333	136.3782	12.38	4.4	4.8	0410050833
4	2005/03/24/20:07:45.75	36.3667	137.2303	11.02	3.8	4.1	0503242007
5	2005/06/20/14:04:28.03	35.7578	136.8563	9.16	4.5	4.6	0506201404
6	2005/06/20/21:38:24.83	35.7588	136.8568	8.96	3.9	4.3	0506202138
7	2006/06/24/23:10:45.76	35.7928	137.4557	9.42	3.7	3.9	0606242310
8	2007/01/22/02:16:7.80	35.7337	136.3372	12.57	4.3	4.5	0701220216
9	2007/04/28/09:27:24.67	35.7287	136.6257	9.94	4.1	4.6	0704280927
10	2007/05/05/01:11:12.95	37.0737	136.4170	0.00	4.0	4.5	0705050111
11	2007/06/22/03:34:14.36	36.8780	136.6677	7.50	4.5	4.6	0706220334
12	2007/06/29/23:46:22.89	35.4027	136.5092	15.78	3.3	3.5	0706292346
13	2007/07/20/08:58:45.49	37.0372	136.4387	9.29	4.0	4.1	0707200858
14	2007/08/31/23:36:57.22	35.9163	135.6970	16.04	4.0	4.4	0708312336
15	2007/09/22/11:44:20.04	35.4657	136.2545	8.77	3.7	3.8	0709221144
16	2007/12/21/14:22:54.50	35.9395	136.3493	6.64	4.3	4.5	0712211423
17	2007/12/21/16:01:8.63	35.9392	136.3495	6.85	3.8	4.2	0712211601
18	2008/08/31/14:33:0.66	35.9753	136.3820	6.60	3.5	3.8	0808311433
19	2008/10/01/09:24:58.74	35.4240	136.5020	14.26	3.9	4.4	0810010925
20	2009/02/18/06:47:7.06	35.6620	136.3145	9.46	4.8	5.2	0902180647
21	2009/02/21/07:17:22.29	35.6585	136.3065	9.93	3.5	3.6	0902210717
22	2009/02/22/12:40:48.68	35.5740	136.3957	12.55	3.4	3.7	0902221240
23	2009/10/06/07:49:30.84	35.9375	137.6488	8.44	4.0	3.9	0910060749
24	2010/01/09/11:12:25.36	35.7372	135.9825	10.89	3.3	3.6	1001091112
25	2010/02/23/22:03:25.24	35.6925	136.3827	11.84	3.3	3.5	1002232203
26	2010/09/05/22:06:19.76	35.6548	136.1583	12.44	3.4	3.6	1009052206
27	2010/10/20/20:26:24.74	35.7955	136.9027	11.56	3.4	3.5	1010202026
28	2011/05/17/03:05:2.80	36.4798	137.6392	2.32	4.6	4.5	1105170305
29	2011/06/06/19:24:16.34	36.1038	137.4728	7.64	4.0	4.1	1106061924
30	2011/06/09/13:33:36.84	36.3473	136.7415	7.00	4.0	3.7	1106091333
31	2011/06/18/04:48:24.46	36.1552	137.4365	6.51	3.7	3.8	1106180448
32	2011/10/03/01:52:28.27	36.5420	137.6477	0.52	4.4	3.9	1110030152
33	2011/10/05/19:06:10.19	36.5488	137.6473	0.00	5.2	5.2	1110051906
34	2011/10/05/19:13:7.41	36.5552	137.6492	1.52	4.3	3.6	1110051913
35	2011/10/06/06:55:31.24	36.5148	137.6535	2.29	4.2	3.6	1110060655
36	2011/10/06/19:38:32.13	36.5528	137.6468	0.38	4.5	3.6	1110061938
37	2011/11/17/19:09:47.34	35.9343	136.3378	7.63	3.6	3.7	1111171909
38	2011/11/18/03:57:56.24	35.9347	136.3373	7.19	4.5	4.8	1111180358
39	2011/11/22/02:38:51.92	35.9300	136.3400	8.24	3.4	3.6	1111220238
40	2012/02/26/04:12:49.87	36.2842	137.0447	9.12	3.5	3.6	1202260412
41	2012/04/12/22:07:40.63	35.8842	137.2905	9.57	3.6	3.6	1204122207
42	2012/08/12/22:06:2.40	36.1502	137.5602	2.35	4.0	3.7	1208122206
43	2013/07/17/20:32:3.98	35.4430	136.8758	43.00	3.9	3.8	1307172032
44	2014/05/03/10:02:47.43	36.2690	137.6002	3.83	4.3	3.8	1405031002
45	2014/05/03/10:45:38.72	36.2748	137.6030	3.22	3.9	3.5	1405031045
46	2014/05/03/11:20:48.31	36.2618	137.6030	3.18	4.3	3.5	1405031120
47	2014/05/03/14:42:21.60	36.2548	137.6030	3.21	4.1	3.5	1405031442
48	2014/05/03/15:07:9.67	36.2557	137.5980	3.48	4.1	3.6	1405031507
49	2014/05/03/15:10:7.51	36.2477	137.5963	3.57	3.9	3.5	1405031510
50	2014/05/03/15:26:57.92	36.2482	137.6007	2.75	4.6	3.9	1405031527
51	2014/05/03/16:20:21.84	36.2558	137.5977	3.93	4.4	3.8	1405031620
52	2014/05/04/09:20:59.33	36.2693	137.6042	3.18	4.3	3.6	1405040921
53	2014/05/16/13:00:5.54	36.2912	137.6048	2.39	3.7	4.2	1405161300
54	2014/09/14/15:57:40.01	35.4927	136.3092	37.78	4.1	4.0	1409141557
55	2015/08/21/04:32:54.28	36.0582	137.5635	7.99	3.8	3.6	1508210432
56	2015/09/06/11:04:28.15	36.4475	136.2035	16.74	4.3	4.1	1509061104
57	2015/10/29/11:56:26.66	36.0772	136.1153	9.86	3.5	3.6	1510291156

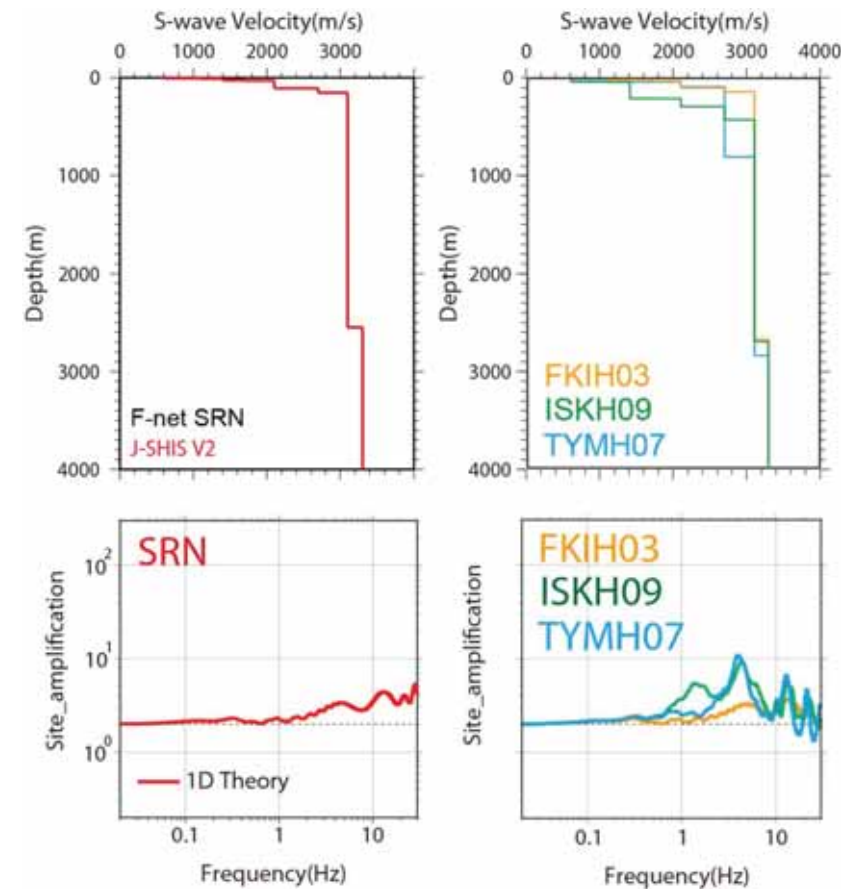
(2) 自治体震度計波形データの収集とサイト増幅特性解析

使用した148観測点の分布（防災科研 77 地点，自治体 71 地点）
※岐阜県の防災科研15地点を含む



基準観測点の設定

対象とする領域で，比較的硬質な岩盤観測点である
F-net SRN（白峰）観測点を「基準観測点」とする。
F-net 強震記録（VSE）を使用する。



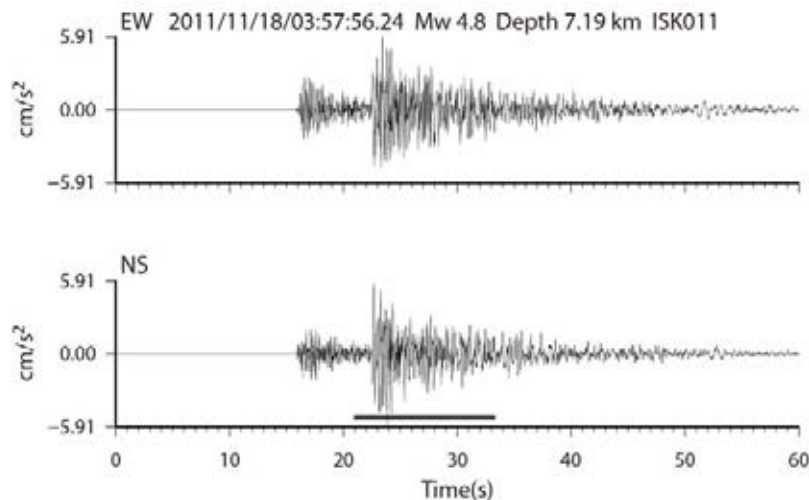
※地震57，観測点148に対して，地震－観測点の使用記録数は，合計で1576記録。

(2) 自治体震度計波形データの収集とサイト増幅特性解析

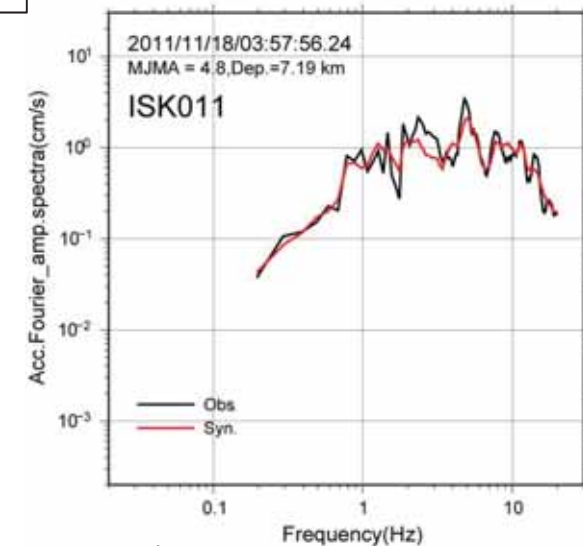
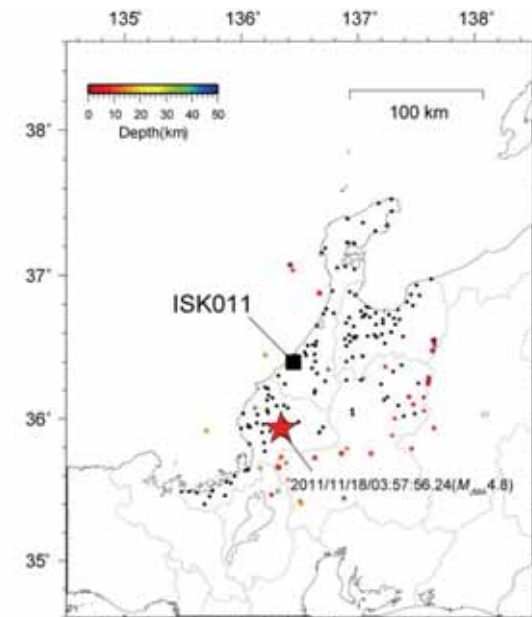
解析の手順

1. 観測波形のS波を含む10.24秒間を切り出す
2. 区間の開始, 終了の各0.5秒間に余弦関数型のテーパ処理を適用し, 加速度 Fourier 振幅スペクトルを計算する.
3. 加速度 Fourier 振幅スペクトルに対して, 各周波数の $\pm 5\%$ の移動平均をとることで平滑化処理を施す.
4. 水平動2成分の二乗和平方根を観測スペクトルとする.
5. 0.2-20 Hzを対象として, スペクトルインバージョン手法(Iwata and Irikura, 1988)により, 観測スペクトルを震源, 伝播経路, サイトの各特性に分離する. ※伝播経路項のS波速度は, 3.4 km/s とした.

対象とした地震数は57 (震源特性), 観測点数は148 (サイト特性), Q値 (伝播経路特性) を入れて, $57+148+1(-1 \times \text{基準観測点})$ の未知数を最小二乗法 (Lawson and Hanson, 1974) で求める.

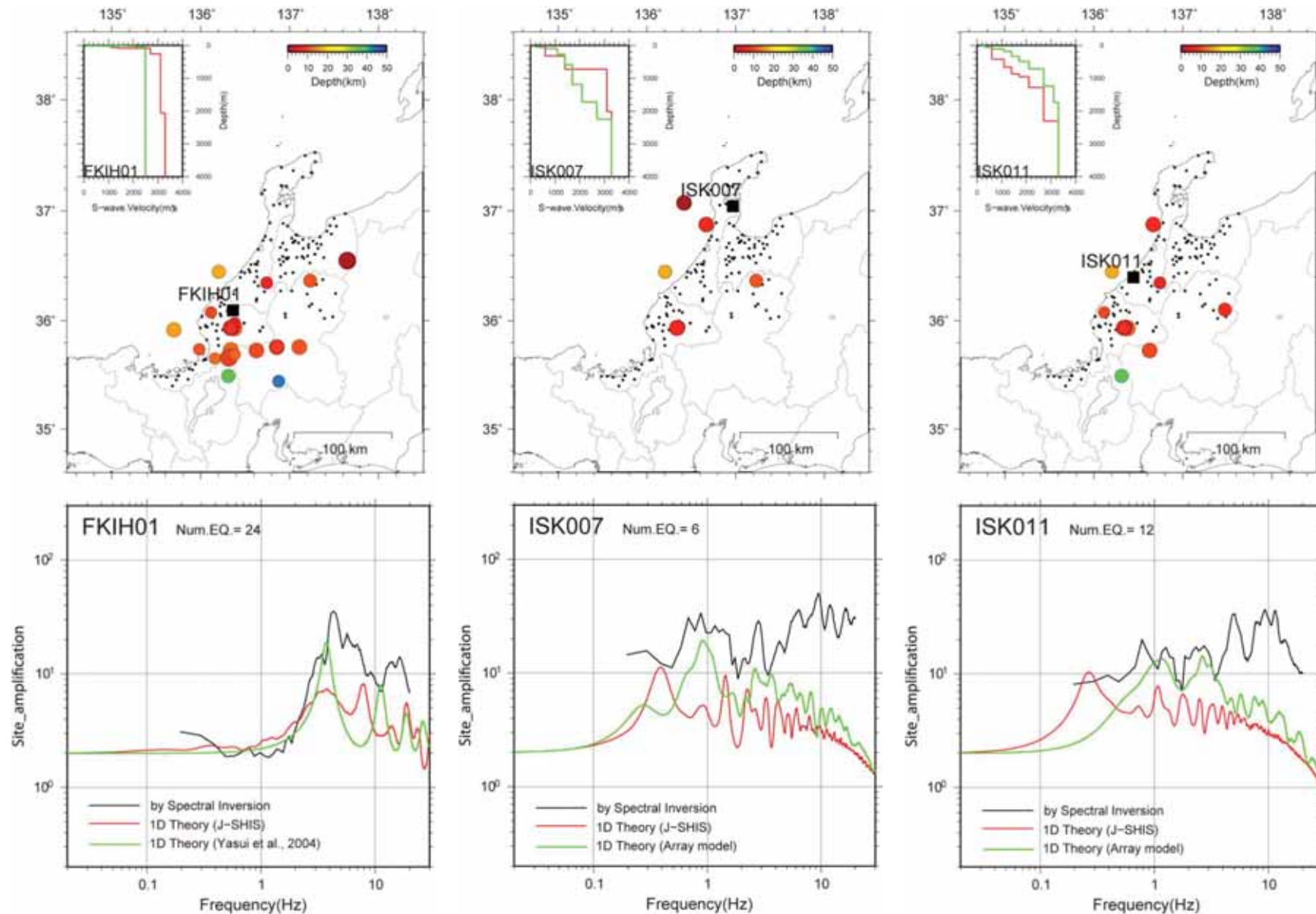


観測加速度波形の例



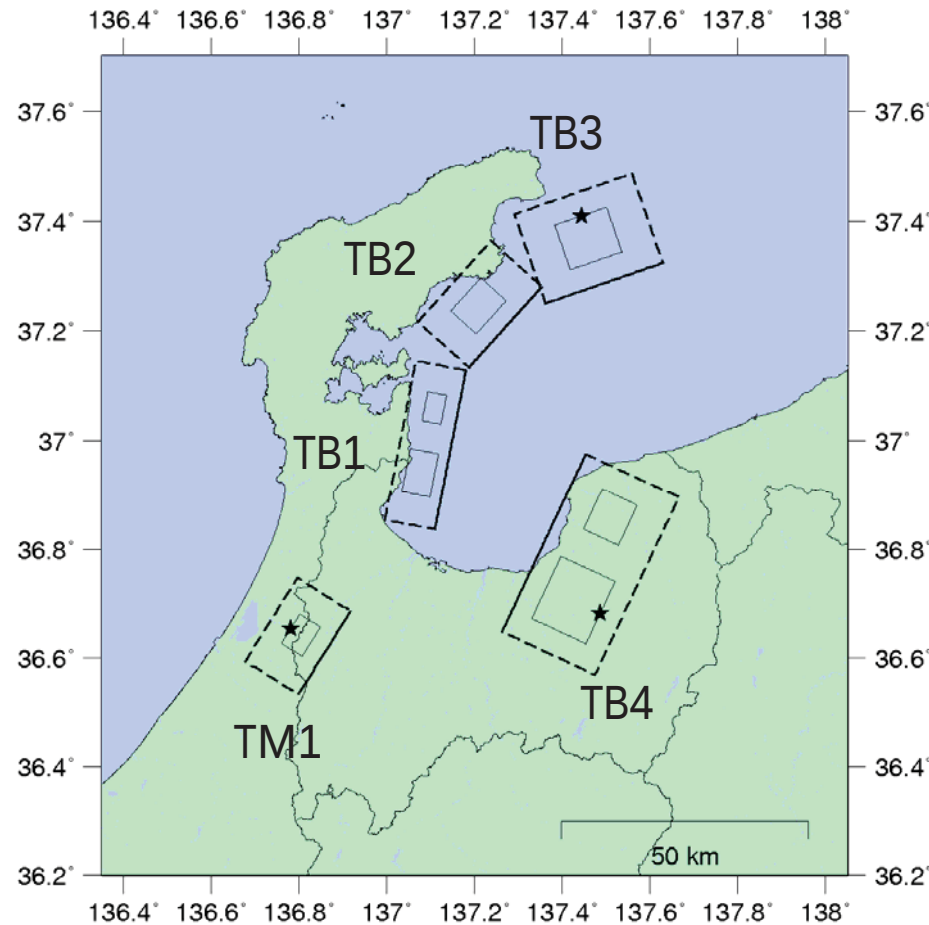
観測スペクトルの例

(2) 自治体震度計波形データの収集とサイト増幅特性解析



得られたサイト増幅特性と地盤モデルによる増幅特性の比較(赤: JSHIS、緑: 本業務の微動アレイ解析等で得られたモデル)

(3)シナリオ地震想定と強震動予測



○シナリオ地震イベント

- TB1+TB2+TB3(Mw7.3)
- TB4(Mw7.1)
- TM1(Mw6.5)

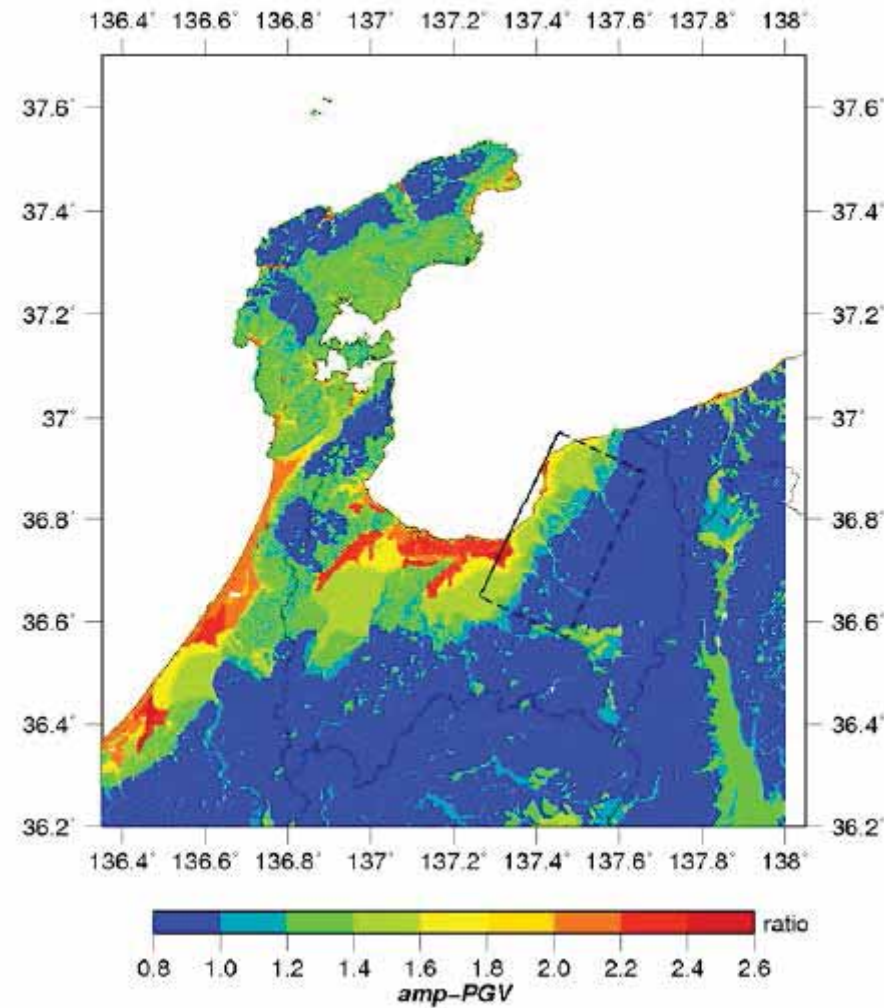
○強震動予測レシピに基づいた断層モデル設定

○地震動計算は統計的グリーン関数法

○深部地盤モデルはJ-SHISの構造で1次元重複反射理論による増幅特性を与える。

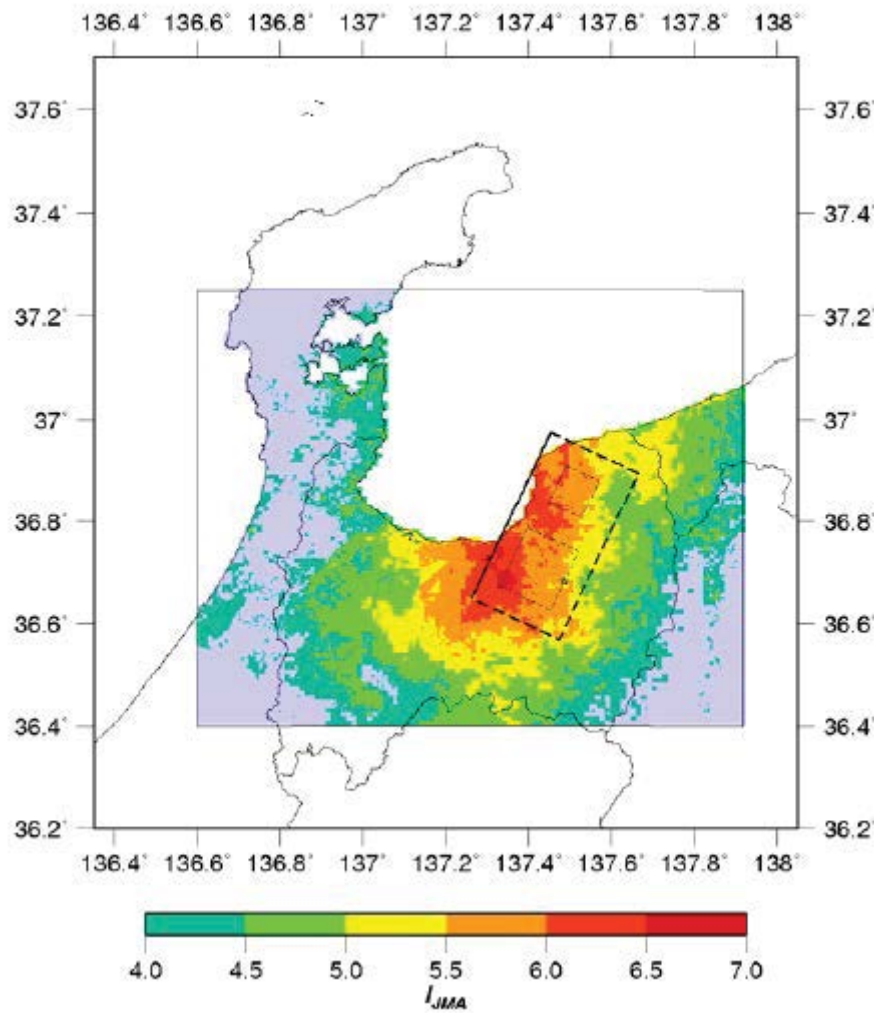
○浅い地盤モデル(工学的基盤面相当以浅)については、微地形区分(若松・松岡、2007)とAVS30の関係(松岡・他、2005)、AVS30と最大速度の増幅率の関係(Midorikawa et al., 1994)によって地表の最大速度値を求め、最大速度値と計測震度の関係(藤本・翠川、2005)により計測震度を求める。

(3) シナリオ地震想定と強震動予測

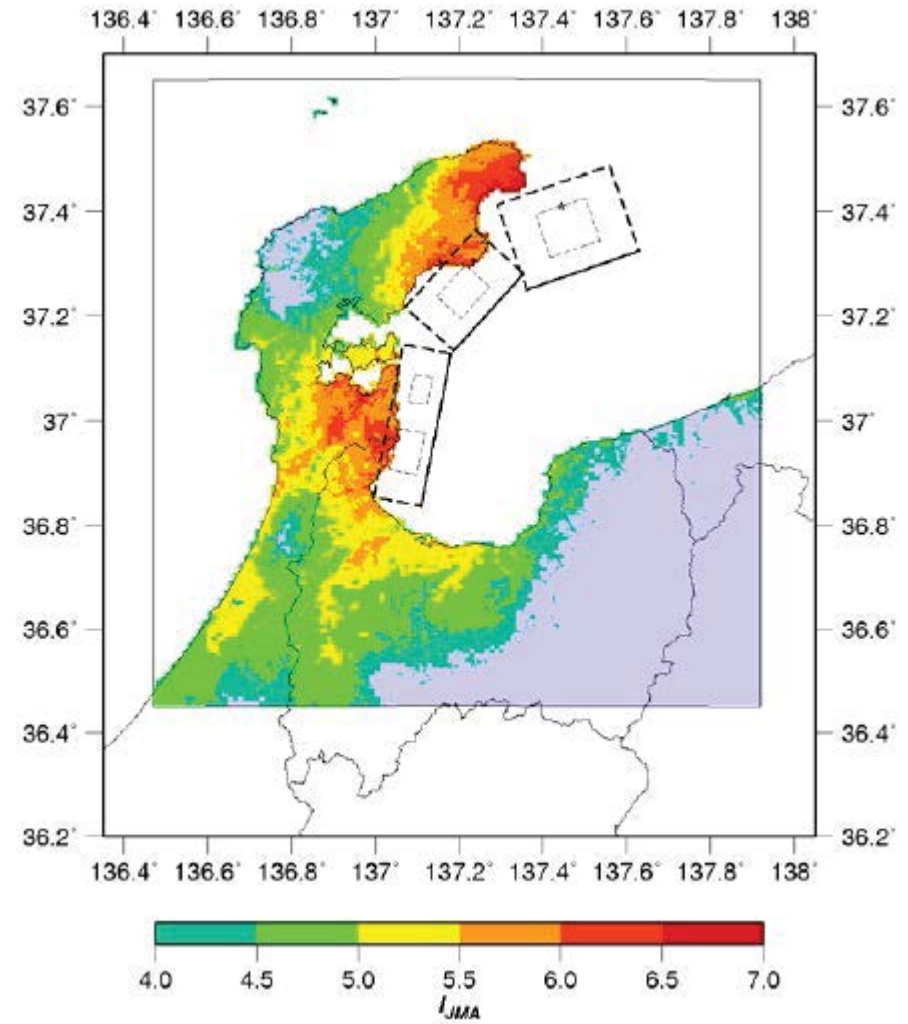


Midorikawa et al. (1994)によるAVS30に基づく表層地盤の
最大速度増幅率分布 (AVS30=600m/sに対する増幅率)

(3)シナリオ地震想定と強震動予測

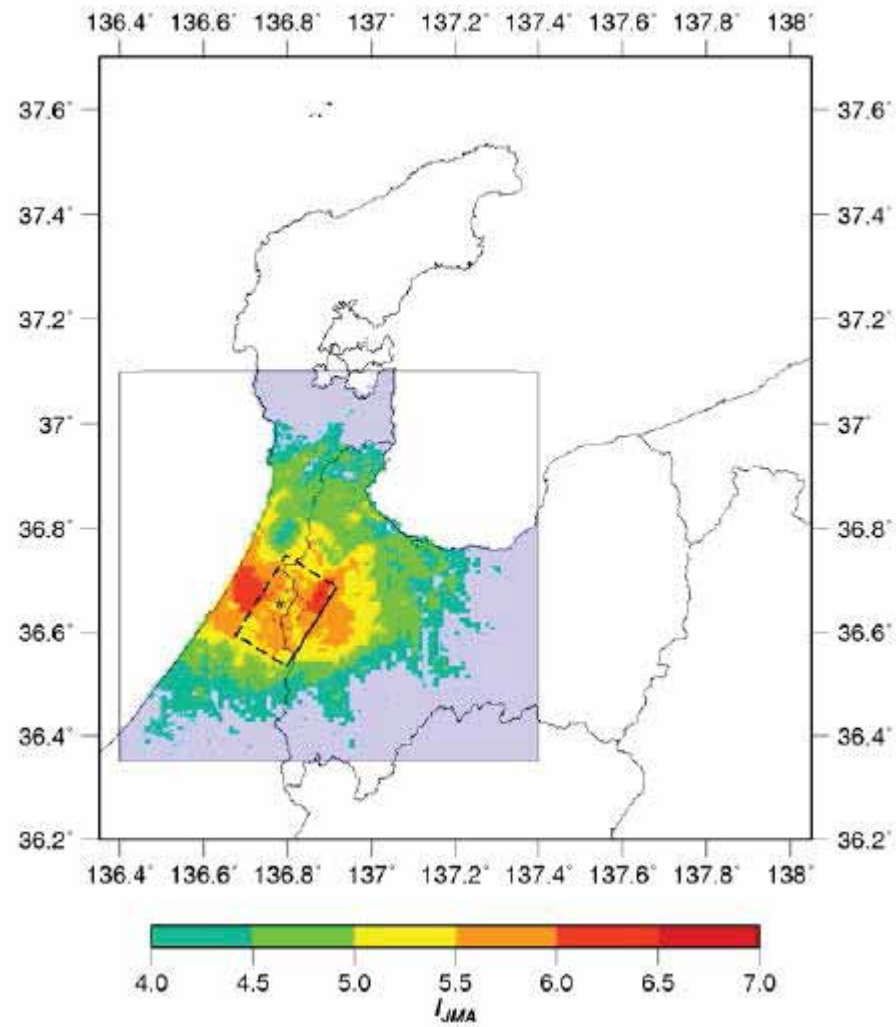


TB4 (Mw7.1)



TB1+TB2+TB3 (Mw7.3)

(3) シナリオ地震想定と強震動予測



TM1(Mw6.5)

3-2 強震動予測

平成28年度の計画

強震動予測に資する地下速度構造モデルの集約を進めるとともに、北陸地方から山陰地方にかけての日本海沿岸地域のうち地下速度構造モデル情報の不足している地域において微動アレイ探査などの地下構造調査を行う。

対象地域における地震波形記録の収集を継続し、観測サイトの地盤震動特性を分析する。対象地域における震源断層モデルに基づいて、シナリオ地震想定と強震動予測を行う。

(1) 地下速度構造モデルの高度化

H28計画

山陰地方において、地盤速度構造情報の不足している地域での微動探査を実施



山陰地方～九州北部における既存の微動アレイ探査(深部地盤構造を対象としたもの)

鳥取平野	Noguchi et al. (2002)、野口・他(2003) など
倉吉平野	野口・他(2003, 2012)、野口・香川(2014)
米子平野、弓ヶ浜半島	長尾・他(2001)、吉川・他(2002)、坂井・他(2006)
松江平野、出雲平野	足立・他(2007, 2009)
浜田平野	野口・他(2009)
福岡平野、筑紫平野	山田・竹中(2014)、警固断層重点H23-H25