

平成19年(2007年)新潟県中越沖地震(Mj6.8)の強震動について

2003年07月16日10時13分頃、新潟県上中越沖でマグニチュード6.8(気象庁発表暫定値)の地震が発生し、新潟県長岡市、柏崎市、刈羽村、長野県飯綱町で震度6強を、新潟県上越市、小千谷市、出雲崎町で震度6弱を観測したほか、北陸地方を中心に東北地方から近畿・中国地方にかけて震度5強～1を観測している^[1]。また、柏崎市などで弱い津波を観測している。この地震により、死者11名、重軽傷者1927名の人的被害が出たほか、全壊1024棟、半壊1441棟、一部損壊16933棟の住家被害、道路などの土木構造物に被害が発生している(数字は7月29日消防庁発表^[2])。気象庁では、この地震に、「平成19年(2007年)新潟県中越沖地震」と命名している^[3]。

1. 震源

表1.1に、気象庁による震源の諸元^[4]を、図1.1に防災科研Hi-netによる震央位置^[5]を示す。

図1.2に、防災科研F-netによるメカニズム解^[6]を示す。

今回の地震は、北西-南東方向の張力軸を持つ逆断層型の地震であったと考えられている^[1]。断層の傾斜方向について、地震発生直後の菊地^[7]や八木^[8]の解析では、南東傾斜の断層と考えられていた。その後、堀川^[9]は南東傾斜の主断層に分岐断層を導入したモデルを提案しているほか、佐藤・加藤^[10]や国土地理院^[11]は、北西傾斜の断層であるとしている。

表1.1 気象庁による震源の諸元 (気象庁^[4]より)

発震日時	震央位置		震源深さ [km]	マグニ チュード
	緯度	経度		
2007/07/16 10:13	37.557	138.608	17	6.8

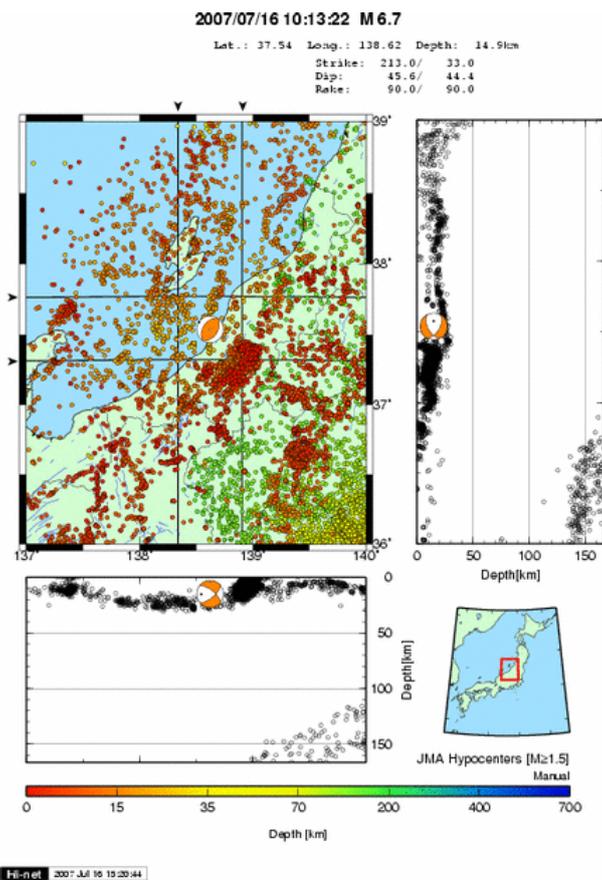


図1.1 震央位置 (防災科研Hi-net^[5]を引用)

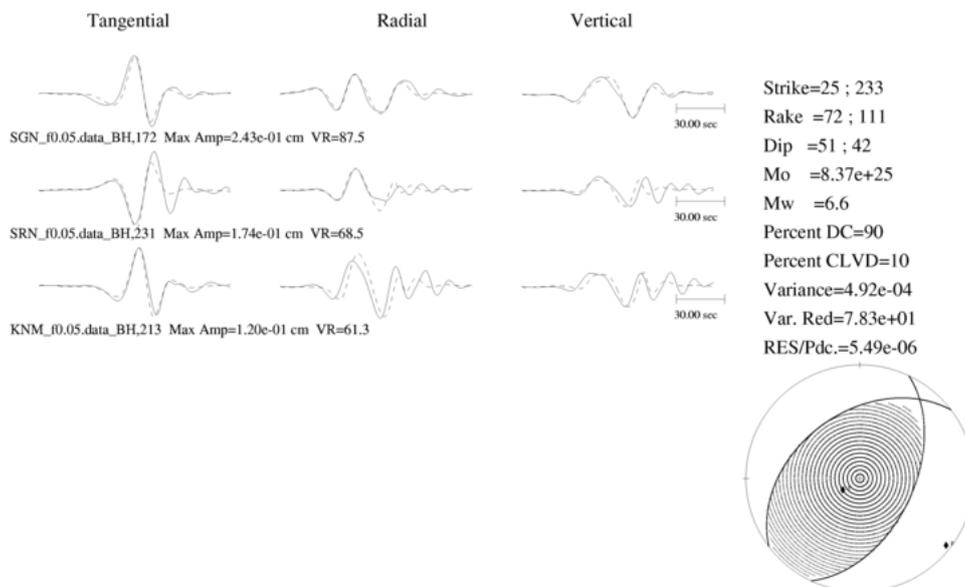


図1.2 防災科研F-netによるメカニズム解 (防災科研F-net^[6]を引用)

2. 各機関での観測値

ここでは、各機関によって観測され、現時点で公表されている情報から、観測値の分布を整理する。

震度観測点での震度階級^{[12][13]}は表2.1、図2.1の通りである。

防災科研K-NET、KiK-net、港湾地域強震観測の強震観測点および一部の気象庁震度観測点については、得られた強震波形データがウェブサイトで公開されている^{[14][15][16][17]}。また、国土交通省の強震観測点では最大加速度とSI値が、建築研究所の強震観測点と一部の地方公共団体震度観測点では最大加速度と計測震度がウェブサイトで公表されている^{[18][19][20]}。

各機関の観測点での観測値(最大加速度、最大速度、SI値、計測震度)の分布を図2.2～2.5に示す。

なお、強震波形が公開されている観測点のうち震度6弱(相当)以上となった地点での地震動の加速度時刻歴波形とフーリエスペクトル、減衰5%の加速度応答スペクトルは付図1～3に示す。

表2.1 震度4以上を観測した気象庁震度発表地点(気象庁^[7]より)

震度	震度発表地点		
震度6強	長岡市小国町法坂* 刈羽村割町新田*	柏崎市中央町* 飯綱町芋川*	柏崎市西山町池浦*
震度6弱	上越市柿崎区柿崎* 長岡市中之島* 柏崎市高柳町岡野町* 出雲崎町川西*	上越市吉川区原之町* 長岡市上岩井* 小千谷市土川*	上越市三和区井ノ口* 長岡市山古志竹沢* 出雲崎町米田
震度5強	上越市大手町 上越市蒲川原区釜淵* 上越市頸城区百間町* 長岡市浦* 三条市新堀* 十日町市千歳町* 燕市分水桜町* 信濃町柏原東裏*	上越市五智* 上越市牧区柳島* 上越市大島区岡* 長岡市与板町与板* 小千谷市城内 十日町市松代* 中野市豊津* 飯綱町牟礼*	上越市安塚区安塚* 上越市大潟区土底浜* 長岡市千手* 長岡市小島谷* 十日町市高山* 南魚沼市六日町* 飯山市飯山福寿町*
震度5弱	上越市中ノ俣 上越市清里区荒牧* 長岡市寺泊一里塚* 加茂市幸町* 見附市昭和町* 南魚沼市塩沢庁舎* 弥彦村矢作* 輪島市鳳至町 長野市戸隠*	上越市木田* 上越市名立区名立大町* 長岡市寺泊上田町* 十日町市水口沢* 川口町川口* 燕市吉田日之出町* 新潟西蒲区役所 珠洲市正院町*	上越市板倉区針* 長岡市幸町 三条市西裏館* 十日町市松之山* 魚沼市堀之内* 五泉市太田* 新潟西蒲区巻甲* 能登町宇出津
震度4	糸魚川市一の宮 糸魚川市青海* 妙高市栄町* 長岡市金町* 田上町原ヶ崎新田* 魚沼市今泉* 南魚沼市塩沢小学校* 新発田市住田* 五泉市愛宕甲* 神林村今宿* 新潟山北町府屋* 阿賀野市保田* 阿賀町鹿瀬中学校* 新潟中央区幸西 新潟江南区泉町* 新潟南区白根* 佐渡市岩谷口* 佐渡市千種* 佐渡市畑野* 佐渡市羽茂本郷* 須坂市須坂* 長野高山村高井* 信州新町新町* 栄村北信* 松本市丸の内* 諏訪市湖岸通り 佐久市甲* 下諏訪町役場* 東御市大日向* 七尾市田鶴浜町 輪島市河井町* 宝達志水町子浦* 能登町松波* 中山町長崎* 山形小国町岩井沢 飯豊町中津川* 壬生町通町* 都賀町家中* 羽生市東* 上里町七本木* 菖蒲町新堀* 幸手市東* さいたま大宮区天沼町* つくばみらい市福田* 喜多方市高郷町* 西会津町登世島* 会津坂下町市中三番甲* 南会津町田島 沼田市白沢町* 片品村鎌田* 渋川市北橋町*	糸魚川市大野* 上越市中郷区藤沢* 妙高市関川* 三条市荻堀* 津南町下船渡* 魚沼市須原* 南魚沼市浦佐* 燕市白山町* 聖籠町諏訪山* 新潟朝日村岩沢* 阿賀野市畑江 阿賀野市姥ヶ橋* 阿賀町津川* 新潟中央区関屋* 新潟秋葉区程島 新潟西区寺尾上* 佐渡市両津湊* 佐渡市河原田本町* 佐渡市真野新町* 長野市箱清水 中野市三好町* 木島平村往郷* 小川村高府* 千曲市上山田温泉* 上田市大手 諏訪市高島* 立科町芦田* 麻績村麻* 木曾町開田高原西野* 七尾市袖ヶ江町* 志賀町末吉千古* 中能登町末坂* 上山市河崎* 西川町大井沢* 山形小国町小国小坂町* 小山市神鳥谷* 野木町丸林* 高根沢町石末* 久喜市下早見 北川辺町麦倉* 栗橋町間鎌* 宮代町笠原* 取手市藤代* 会津若松市古川町* 只見町只見* 猪苗代町城南 湯川村笈川* 沼田市西倉内町 六合村小雨* 太田市西本町* 群馬明和町新里*	糸魚川市能生* 妙高市田町* 妙高市関山* 十日町市上山* 魚沼市大沢* 魚沼市穴沢* 新発田市乙次* 五泉市村松乙 関川村下関* 新潟山北町寒川* 阿賀野市岡山町* 阿賀野市山崎* 新潟北区葛塚* 新潟中央区新潟市役所* 新潟秋葉区新津東町* 佐渡市相川三町目 佐渡市松ヶ崎* 佐渡市新穂瓜生屋* 佐渡市小木町* 長野市鶴賀緑町* 小布施町小布施* 野沢温泉村豊郷* 中条村中条* 千曲市戸倉* 上田市役所* 茅野市葛井公園* 青木村田沢青木* 東御市県* 七尾市本府中町 輪島市門前町走出 穴水町大町* 中能登町能登部下* 山辺町緑ヶ丘* 山形川西町上小松* 白鷹町荒砥* 小山市中央町* 岩舟町静* 加須市下三俣* 久喜市青葉* 大利根町北下新井* 春日部市中央* 白岡町千駄野* 阿見町中央* 喜多方市塩川町* 西会津町野沢 猪苗代町千代田* 福島昭和村下中津川* 沼田市下久屋町* 片品村東小川 太田市浜町* 群馬千代田町赤岩*

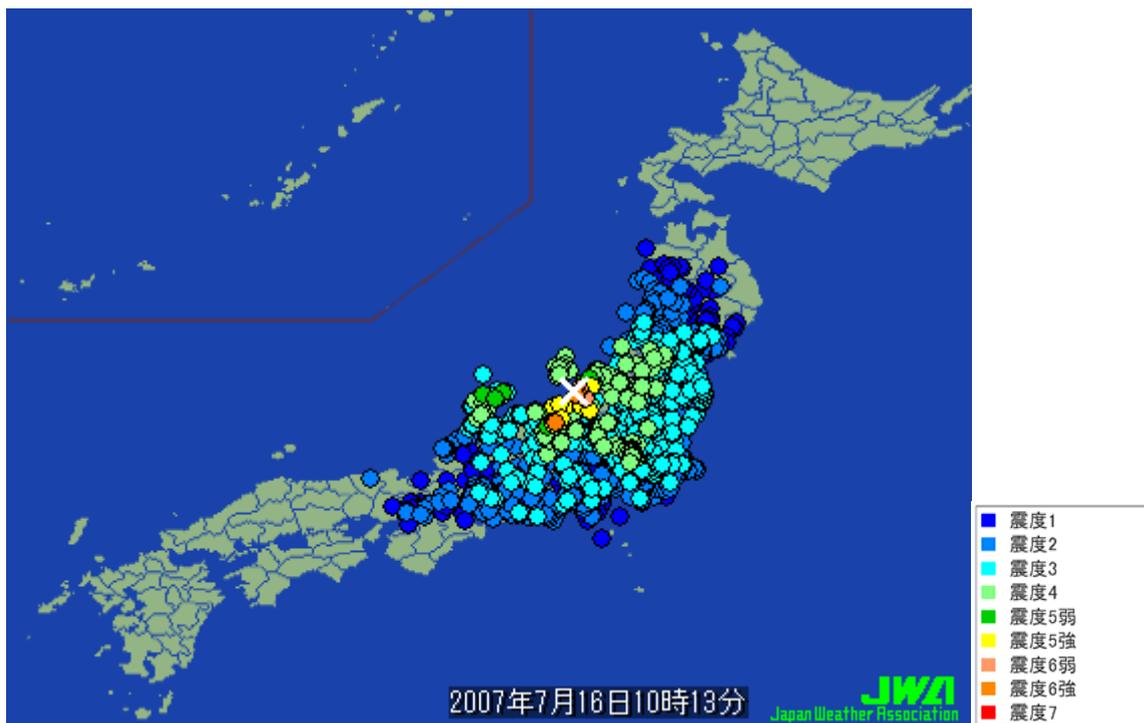


図2.1 気象庁震度発表地点での震度分布(日本気象協会^[8]を引用)

表2.2 強震波形が公開されている観測点における地震動指標(震度4以上)

No.	観測点 コード	観測点名称 [観測機関]	経度 [deg]	緯度 [deg]	PGA [gal]	PGV [kine]	SI値 [kine]	計測 震度	震度 階級
1	NIG018	柏崎[K-NET]	138.5611	37.3694	812.69	126.06	131.26	6.37	6強
2	CB5	出雲崎町米田[気象庁]	138.7095	37.5317	700.99	55.42	63.08	5.93	6弱
3	NIG019	小千谷[K-NET]	138.7930	37.3027	526.53	47.12	51.66	5.58	6弱
4	E1C	上越市大手町[気象庁]	138.2500	37.1050	364.17	34.82	42.98	5.36	5強
5	NIG025	直江津[K-NET]	138.2266	37.1577	225.53	29.37	35.01	5.26	5強
6	NIGH13	牧[KiK-net]	138.3997	37.0514	292.30	33.44	30.34	5.26	5強
7	532	小千谷市内[気象庁]	138.7950	37.3100	398.20	28.24	26.63	5.14	5強
8	NGN001	飯山[K-NET]	138.3691	36.8483	175.07	24.12	28.81	5.08	5強
9	NIG021	十日町[K-NET]	138.7500	37.1250	301.91	18.11	20.68	5.06	5強
10	NIG017	長岡[K-NET]	138.8463	37.4386	256.62	20.83	26.36	5.04	5強
11	90F	南魚沼市六日町[気象庁]	138.8783	37.0617	133.19	21.25	27.53	5.02	5強
12	NGN002	信濃[K-NET]	138.2100	36.8038	232.90	16.41	17.92	5.00	5強
13	CB6	上越市中ノ俣[気象庁]	138.1630	37.1030	194.69	15.78	21.58	4.92	5弱
14	NIG014	三条[K-NET]	138.9591	37.6380	117.30	20.29	21.52	4.86	5弱
15	NIGH11	川西[KiK-net]	138.7472	37.1697	163.76	26.28	22.81	4.85	5弱
16	NIG024	安塚[K-NET]	138.4472	37.1238	229.77	20.86	20.24	4.85	5弱
17	NIG013	巻[K-NET]	138.8866	37.7608	150.73	19.74	19.30	4.80	5弱
18	530	長岡市幸町[気象庁]	138.8417	37.4333	214.71	15.08	20.54	4.76	5弱
19	90E	新潟西蒲区役所[気象庁]	138.8917	37.7583	160.68	14.42	17.11	4.70	5弱
20	NIG016	寺泊[K-NET]	138.7708	37.6391	364.17	14.92	14.59	4.69	5弱
21	E10	輪島市鳳至町[気象庁]	136.8983	37.3900	105.85	12.69	16.68	4.67	5弱
22	ISK002	正院[K-NET]	137.2908	37.4413	105.20	14.29	14.56	4.58	5弱
23	NIGH01	長岡[KiK-net]	138.8908	37.4242	156.65	12.16	12.99	4.58	5弱
24	NIGH06	加茂[KiK-net]	139.0708	37.6497	163.28	9.24	10.98	4.58	5弱
25	NIG028	長岡支所[K-NET]	138.8894	37.4231	162.73	11.58	12.29	4.57	5弱
26	IBRH07	江戸崎[KiK-net]	140.3334	35.9489	61.60	16.43	19.35	4.54	5弱
27	NIG022	塩沢[K-NET]	138.8494	37.0333	156.60	13.43	16.64	4.48	4
28	NIGH18	妙高[KiK-net]	138.2625	36.9394	105.56	10.83	10.61	4.45	4
29	ISKH03	内浦[KiK-net]	137.2467	37.3428	122.78	7.74	9.72	4.36	4
30	NIG012	鹿瀬[K-NET]	139.4805	37.6833	155.71	7.99	10.16	4.34	4
31	ISK005	六水[K-NET]	136.9069	37.2277	79.71	7.76	9.50	4.29	4
32	NIG026	新井[K-NET]	138.2538	37.0197	129.13	11.49	10.45	4.24	4
33	NIGH12	湯之谷[KiK-net]	138.9853	37.2208	197.15	7.07	9.46	4.23	4
34	NIG020	小出[K-NET]	138.9652	37.2302	161.91	8.18	9.56	4.19	4
35	NGN015	諏訪[K-NET]	138.1147	36.0422	51.43	8.64	10.73	4.18	4
36	NIG003	佐和田[K-NET]	138.3258	37.9947	206.89	8.36	7.86	4.17	4
37	NGNH29	野沢温泉[KiK-net]	138.4439	36.9072	107.92	8.38	7.62	4.12	4
38	ISK004	能都[K-NET]	137.1500	37.3050	76.25	7.90	6.96	4.12	4
39	NIGH14	塩沢[KiK-net]	138.8553	37.0272	100.03	6.49	8.76	4.11	4
40	FKS020	猪苗代[K-NET]	140.1111	37.5444	56.26	7.84	9.13	4.10	4
41	GNM003	沼田[K-NET]	139.0816	36.6547	83.98	7.05	8.83	4.07	4
42	NIGH09	下田[KiK-net]	139.1311	37.5356	128.02	5.91	5.86	4.06	4
43	NGNH07	中野[KiK-net]	138.3792	36.7403	64.73	6.28	8.64	4.04	4
44	TCG009	今市[K-NET]	139.7188	36.7227	113.88	4.83	5.72	4.04	4
45	NIG004	小木[K-NET]	138.2827	37.8175	114.08	4.22	4.68	4.02	4
46	NIGH19	湯沢[KiK-net]	138.7881	36.8083	130.54	6.64	7.85	4.01	4
47	NIG027	糸魚川[K-NET]	137.8655	37.0205	117.29	5.47	6.34	4.01	4
48	FKS028	只見[K-NET]	139.3177	37.3461	68.60	7.57	8.03	4.00	4
49	NGN008	上田[K-NET]	138.2522	36.3991	46.01	7.17	7.78	3.96	4
50	NGNH26	上山田[KiK-net]	138.1505	36.4632	59.07	4.40	4.89	3.95	4
51	NIG005	松ヶ崎[K-NET]	138.5013	37.9175	201.54	8.36	7.21	3.93	4
52	FKSH21	只見[KiK-net]	139.3179	37.3392	114.38	5.06	6.06	3.93	4
53	NIGH05	聖籠[KiK-net]	139.2819	37.9731	82.13	6.77	5.52	3.93	4
54	TCG012	小山[K-NET]	139.8080	36.2827	40.31	6.36	7.62	3.92	4
55	ISKH01	珠洲[KiK-net]	137.2875	37.5236	54.57	5.44	6.24	3.91	4
56	NGNH27	信州新[KiK-net]	138.0510	36.5739	40.70	5.91	6.75	3.89	4
57	SIT003	久喜[K-NET]	139.7000	36.0688	29.65	10.93	8.06	3.88	4
58	TYM002	氷見[K-NET]	136.9777	36.8630	47.33	5.45	6.67	3.83	4
59	YMTH02	山形[KiK-net]	140.2617	38.2664	68.18	4.87	6.37	3.83	4
60	GNM13	水上2[KiK-net]	139.0659	36.8589	106.20	3.63	3.89	3.83	4
61	IBRH10	石下[KiK-net]	139.9919	36.1078	32.20	5.78	6.54	3.80	4
62	NIG006	寒川[K-NET]	139.4994	38.4472	62.95	3.57	4.03	3.80	4
63	YMT011	上山[K-NET]	140.2708	38.1472	54.59	4.31	5.64	3.77	4
64	NIG023	津南[K-NET]	138.6561	37.0116	52.86	5.15	6.21	3.76	4
65	NIG001	岩谷口[K-NET]	138.4369	38.2555	75.97	4.12	5.30	3.76	4
66	NIGH16	糸魚川[KiK-net]	137.8511	36.9347	75.65	5.46	5.52	3.75	4
67	NIG011	新津[K-NET]	139.1475	37.7983	57.40	5.16	5.38	3.75	4
68	FKS023	会津若松[K-NET]	139.9327	37.4744	56.72	3.60	4.13	3.75	4
69	ISK007	七尾[K-NET]	136.9711	37.0397	40.22	5.33	6.51	3.73	4
70	NGNH28	戸隠[KiK-net]	138.0995	36.7044	44.84	5.90	5.35	3.73	4
71	NIGH10	上川[KiK-net]	139.3681	37.5408	105.29	3.85	4.29	3.72	4
72	ISK003	輪島[K-NET]	136.9113	37.3889	42.04	4.67	6.45	3.71	4
73	YMT008	中村[K-NET]	139.9955	38.3827	35.18	4.56	5.16	3.69	4
74	YMTH14	西川西[KiK-net]	139.9950	38.3831	34.91	4.54	5.14	3.68	4
75	NIGH04	関川[KiK-net]	139.5461	38.1283	67.74	3.48	3.75	3.62	4
76	NIG010	新潟[K-NET]	139.0140	37.9116	53.21	9.82	5.37	3.61	4
77	FKS022	西会津[K-NET]	139.6500	37.5972	53.26	3.46	3.77	3.60	4
78	GNM001	片品[K-NET]	139.2280	36.7691	128.20	2.44	2.80	3.60	4
79	GNM011	太田[K-NET]	139.3641	36.2883	46.45	4.01	5.32	3.59	4
80	SIT008	春日部[K-NET]	139.7558	35.9713	36.04	5.30	4.80	3.58	4
81	NIG002	両津[K-NET]	138.4430	38.0716	45.28	5.30	4.32	3.58	4

注) PGA, PGVは3成分合成値、

SI値は減衰20%速度応答スペクトルの周期0.1~2.5秒での積分値が最大となる方向を採用

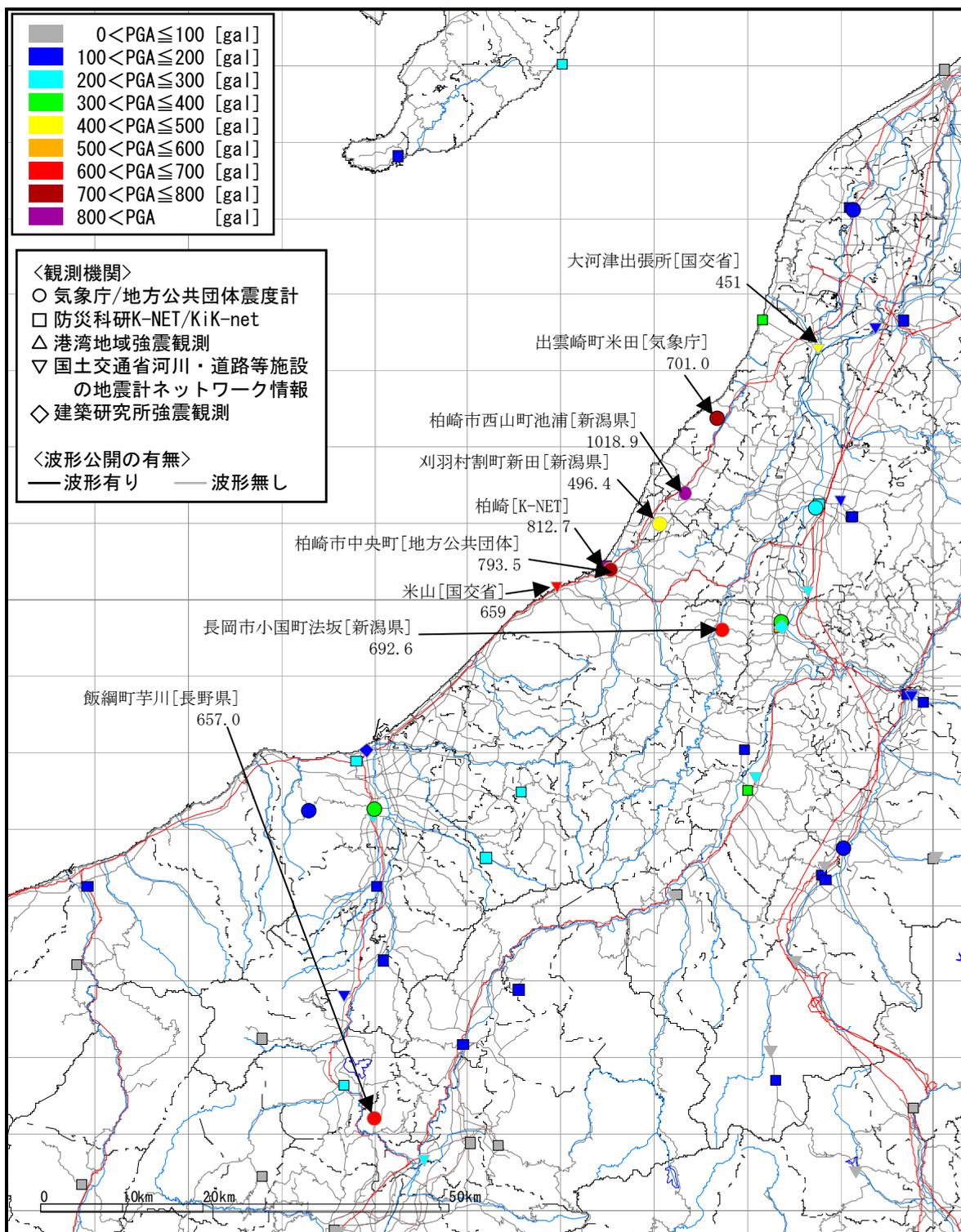


図2.2 強震観測点での最大加速度分布

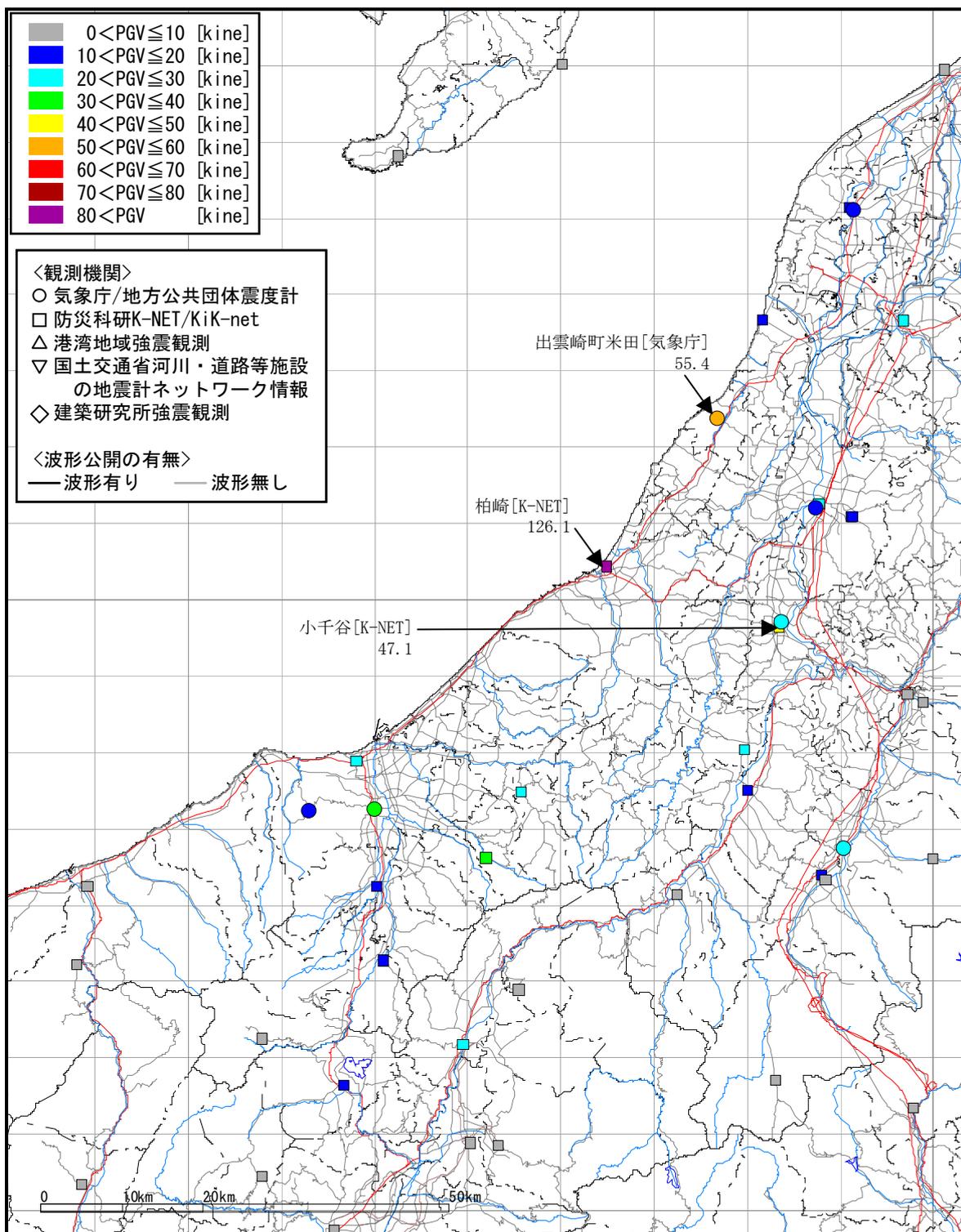


図2.3 強震観測点での最大速度分布

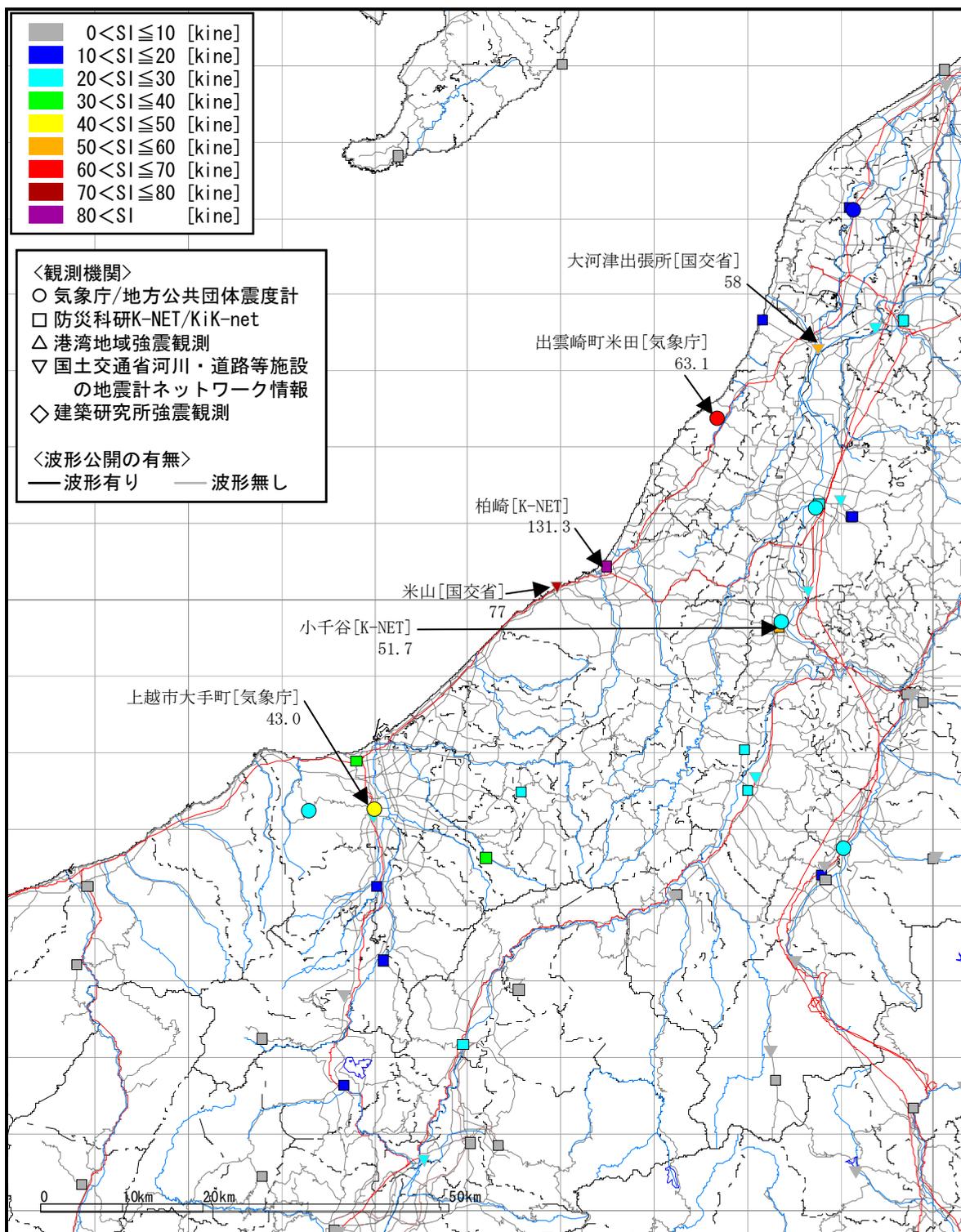


図2.4 強震観測点でのSI値分布

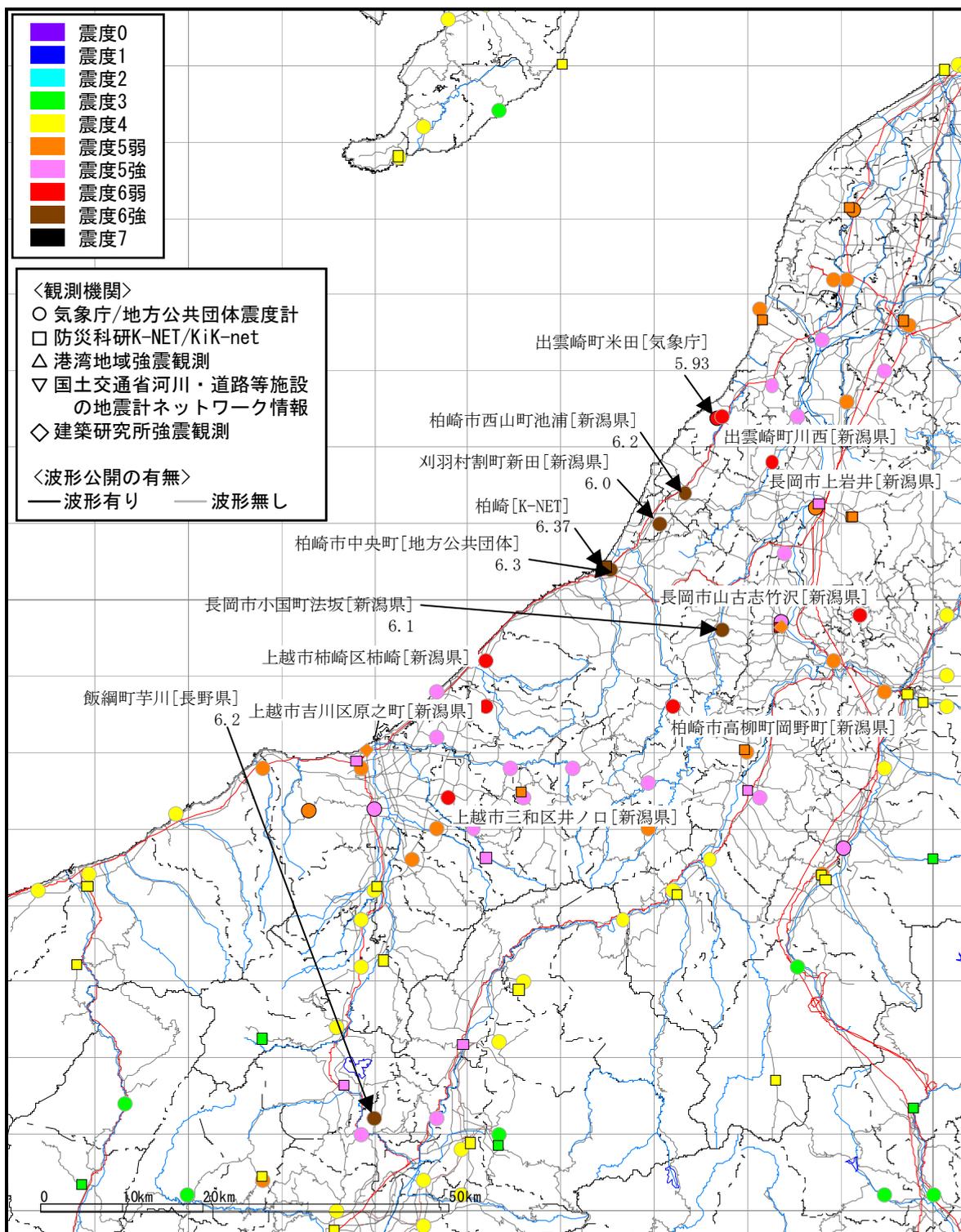


図2.5 強震観測点での震度分布

3. 観測値の補間による面的地震動分布推定

2. で整理した新潟県中越沖地震本震で得られた観測値の空間補間により、面的な地震動分布推定を行う。

面的な地震動分布推定を行う上では、表層地盤の増幅特性を考慮することが必要となる。表層地盤の増幅度を評価する方法としては、地形分類に基づく方法とボーリングデータに基づく方法とに大別されるが、末富ほかは、両者を統合する方法を提案し、2004年新潟県中越地震に適用している^[21]。

そこで、末富ほか^[21]が2004年新潟県中越地震について行ったデータ作成範囲を拡大し、同じ方法で深さ30mまでの平均S波速度Vs30を評価したが、長岡市より西側では明らかにボーリングデータが欠如しており、現状では柏崎市のボーリングデータが整備されていないことから、松岡による推定^[22]と同様に、地形分類に基づくVs30分布を用いる。これを図3.1に示す。

Vs30分布から地震動指標の増幅度への変換は、最大速度については翠川ほか^[23]、SI値と計測震度については末富ほか^[24]の式を用いる。

強震観測点での地表面地震動指標を工学的基盤に引き戻し、基盤位置で250mメッシュ単位で空間補間した後、各250mメッシュについて再び増幅度を考慮することにより、地表面における250m単位の地震動分布が作成できる。ここで、単純な補間方法では震源からの距離の影響を考慮できないので、Shabestari and Yamazakiの距離減衰式^[25]をトレンド成分(平均値)としたsimple Kriging法を用いている。以上により推定された250mメッシュ単位の最大速度分

布、SI値分布および計測震度分布をそれぞれ図3.2～図3.4に示す。補間に用いた観測点の中では、K-NET柏崎(NIG018)の観測値が図抜けて大きく、断層面に近いため、補間結果は柏崎を中心に同心円に近い分布となっている。

今後、柏崎市付近のボーリングデータの整備などを行うことにより、推定精度を高める必要があると考えられる。

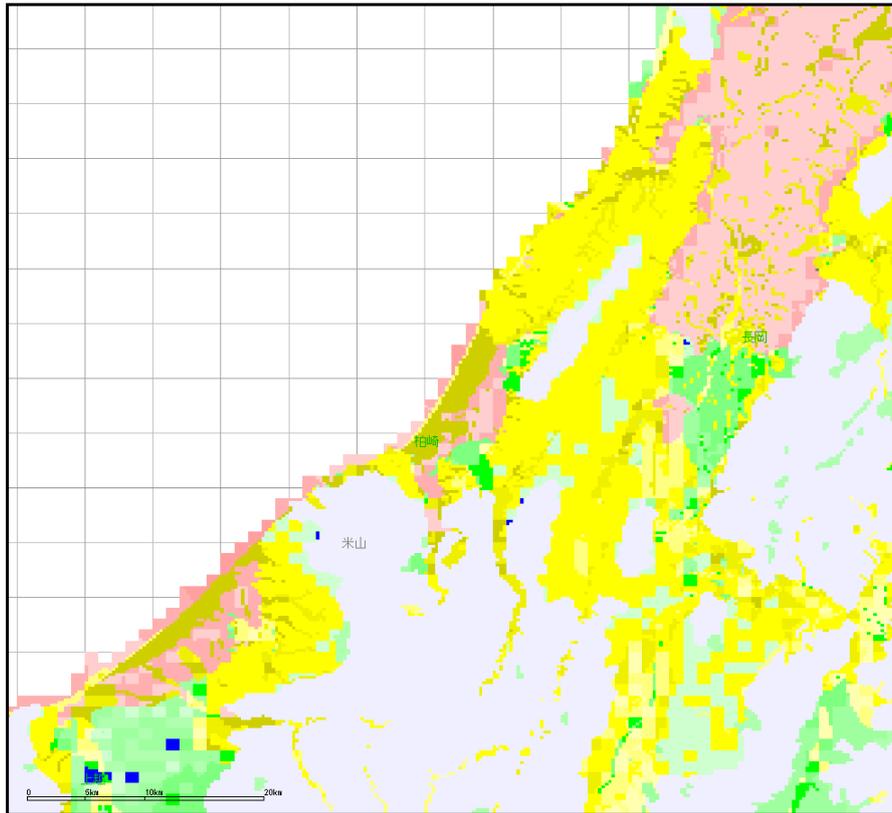


図3.1 地形分類から評価したVs30分布

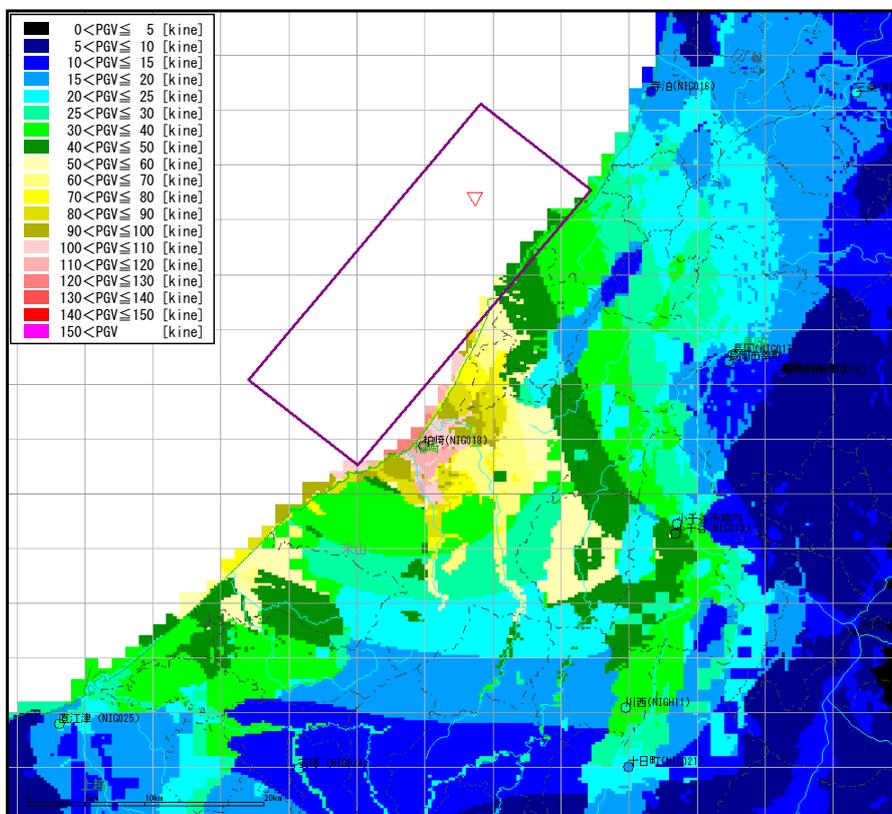


図3.2 最大速度の補間推定結果

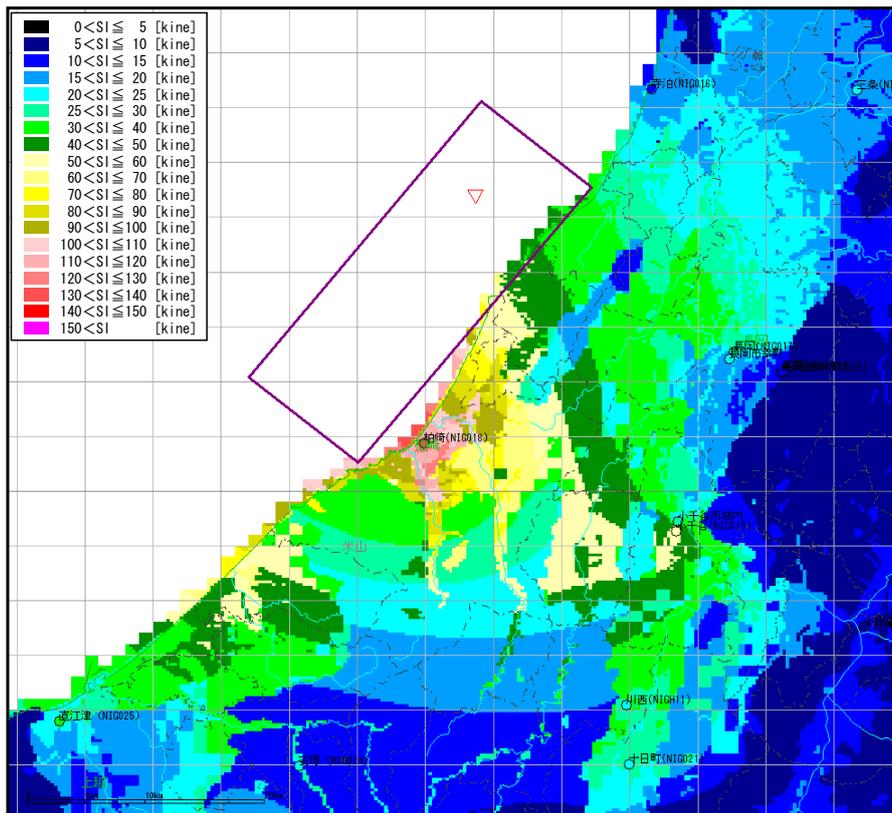


図3.3 SI値の補間推定結果

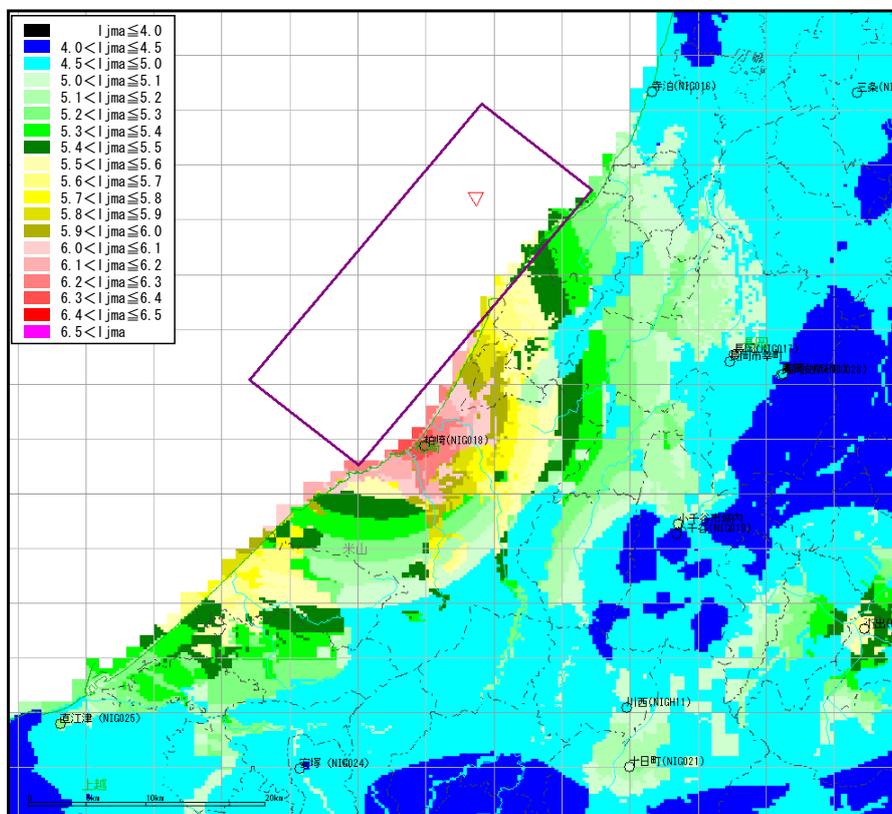


図3.4 計測震度の補間推定結果

4. K-NET柏崎での強震記録

ここでは、新潟県中越沖地震本震で最も強い揺れを観測した防災科研K-NET柏崎強震観測点(NIG018, 以下K-NET柏崎と記す)での強震記録について示す。

図4.1はK-NET柏崎の位置図である。柏崎市役所に隣接する柏崎市市民会館敷地の隅に設置されている。同じ敷地内の50m程度離れたところには、新潟県の震度計(柏崎市中央町)が設置されており、現時点では波形は公開されていないものの、本震において計測震度6.3を観測している。図4.2は、K-NET柏崎でのボーリング柱状図^[14]である。

図4.3には、K-NET柏崎での本震記録の加速度時刻歴波形、速度時刻歴波形(0.1~10Hz)を示す。比較のため、図4.4には、気象庁の出雲崎町米田震度観測点(CB5, 以下JMA出雲崎と記す)での加速度時刻歴波形、速度時刻歴波形(0.1~10Hz)を示す。JMA出雲崎に比べ、K-NET柏崎では長周期成分に富んでいる。また、継続時間を比較するとJMA出雲崎よりK-NET柏崎のほうが短くなっている。K-NET柏崎での加速度時刻歴波形は急激に減衰し、速度時刻歴波形には矩形のパルスが見られるが、液状化地点特有の特徴を示している。現地調査の結果、K-NET柏崎周辺で噴砂などの液状化の痕跡は見られなかったが、地盤が強い非線形応答を示したものと考えられる。

図4.5には、K-NET柏崎での本震記録の速度時刻歴(0.1~10Hz)の水平動粒子軌跡を示す。水平動粒子軌跡は、速度時刻歴で最大値をとる前後各3秒について示している。北西-南東方向に卓越しているが、概ね北東-南西方向の断層走向と直交している断層すべりの方向と一致している。

図4.6には、K-NET柏崎での本震記録の応答スペクトル(減衰5%)を示す。卓越周期は2.5秒と非常に長いものとなっている。過去の被害地震における代表的な強震記録と比較して示しているが、建物被害に影響を及ぼす1~2秒の周期帯においては、1995兵庫県南部地震のJR鷹取駅や2004年新潟県中越地震の川口町ほどのパワーは持っていないことが分かる。

図4.7にはK-NET柏崎での本震記録の、神山の非定常パワースペクトル^[26]を示す。長周期成分の到達時間が早く、表面波が含まれていると考えられる。

図4.8には、K-NET柏崎での強震記録のH/Vスペクトル比を示す。図は、2004年新潟県中越地震本震、2007年新潟県中越沖地震本震を境に色分けしている。新潟県中越沖地震本震では、地盤の非線形応答により0.3Hz程度まで低下しているが、多くの地震において、0.6~0.7Hz付近が卓越していること、後藤ほかの初動調査時の常時微動観測による卓越周波数が0.8Hzとの報告^[27]より、K-NET柏崎は、1秒以上という長い固有周期を有する地盤にあり、新潟県中越沖地震本震では、地盤の非線形応答によりさらに長周期化したと考えられる。



図4.1 K-NET柏崎の位置

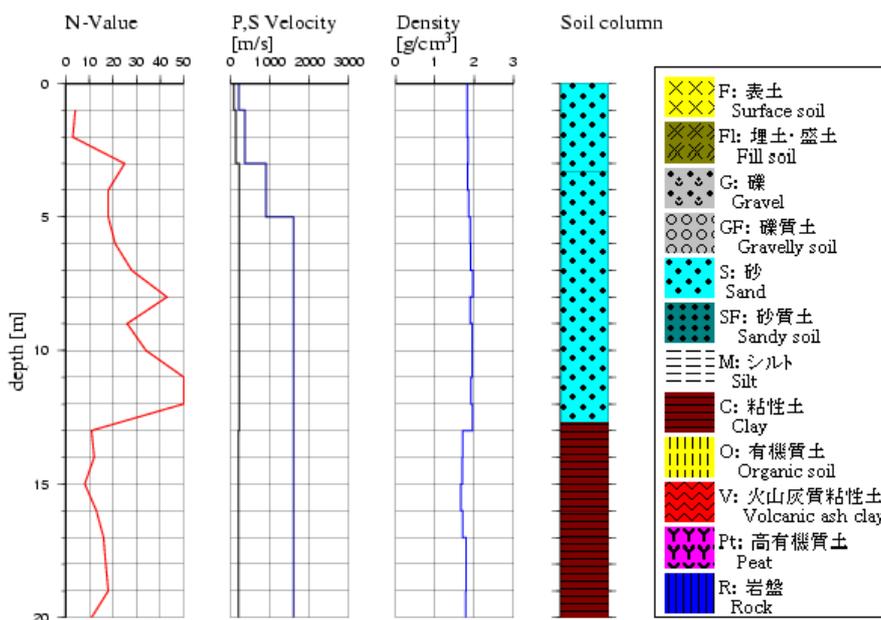


図4.2 K-NET柏崎のボーリング柱状図(防災科研^[14]を引用)

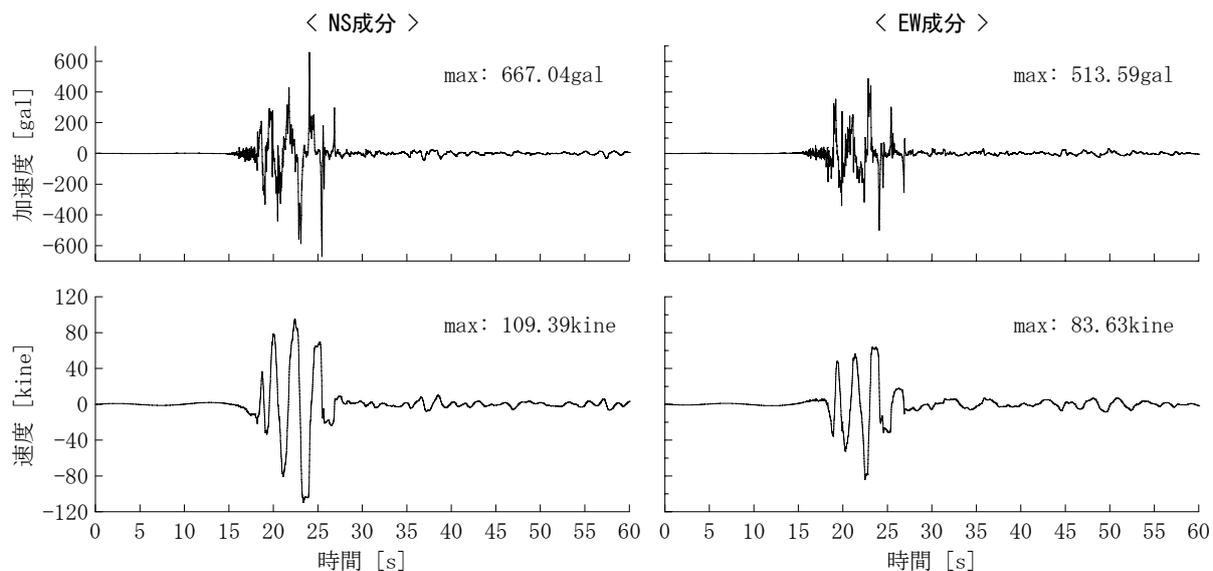


図4.3 K-NET柏崎での本震時刻歴波形

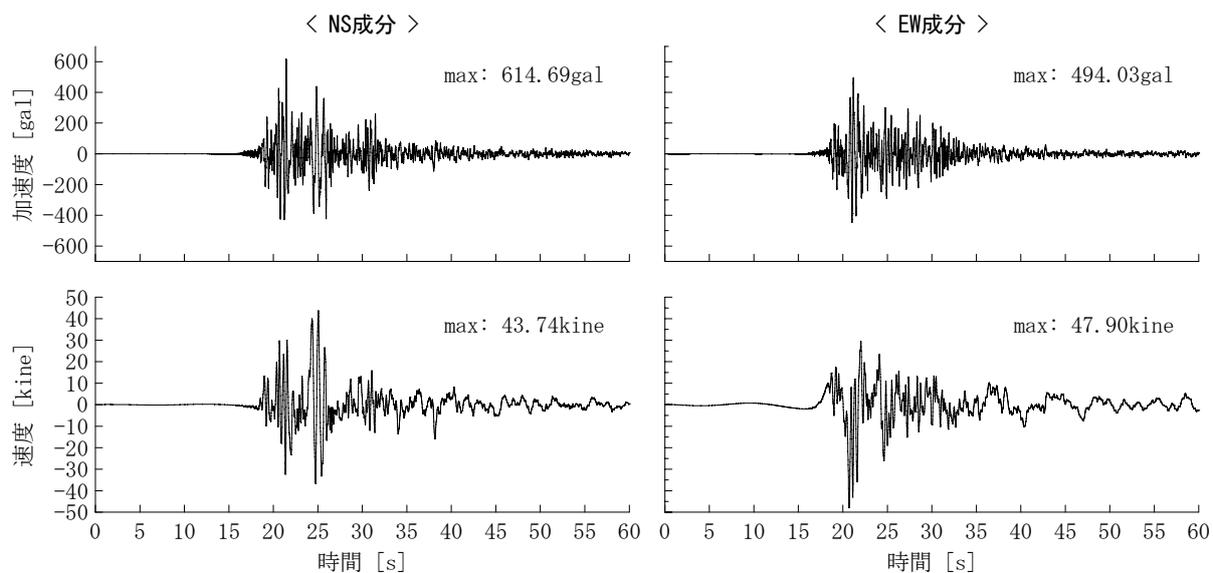


図4.4 JMA出雲崎での本震時刻歴波形

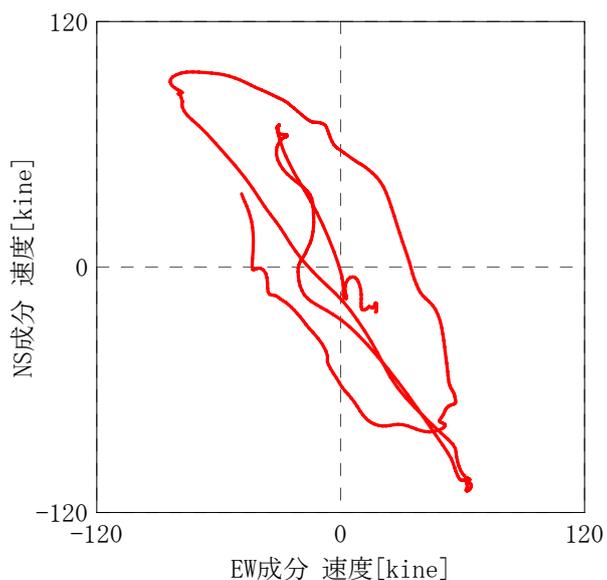


図4.5 K-NET柏崎での本震速度時刻歴の水平動粒子軌跡

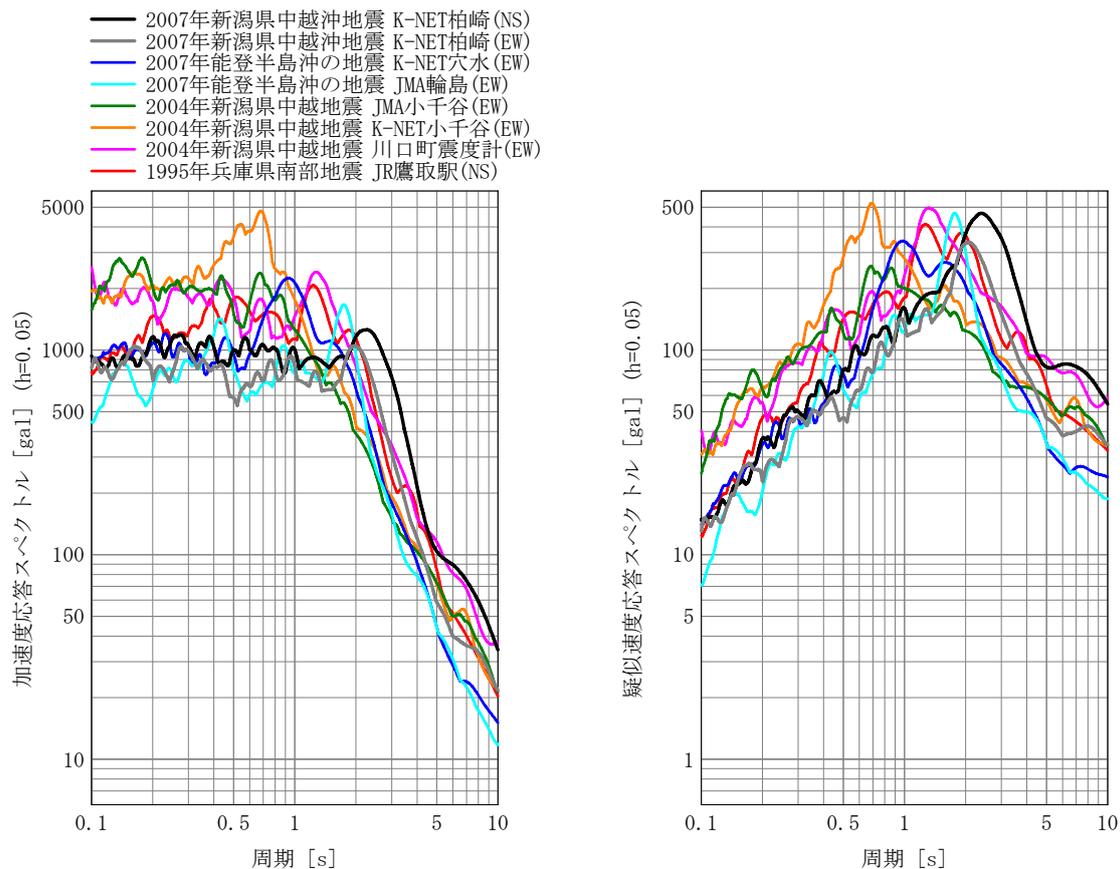


図4.6 K-NET柏崎の本震記録の応答スペクトルと過去の被害地震における代表的な強震記録の応答スペクトルとの比較

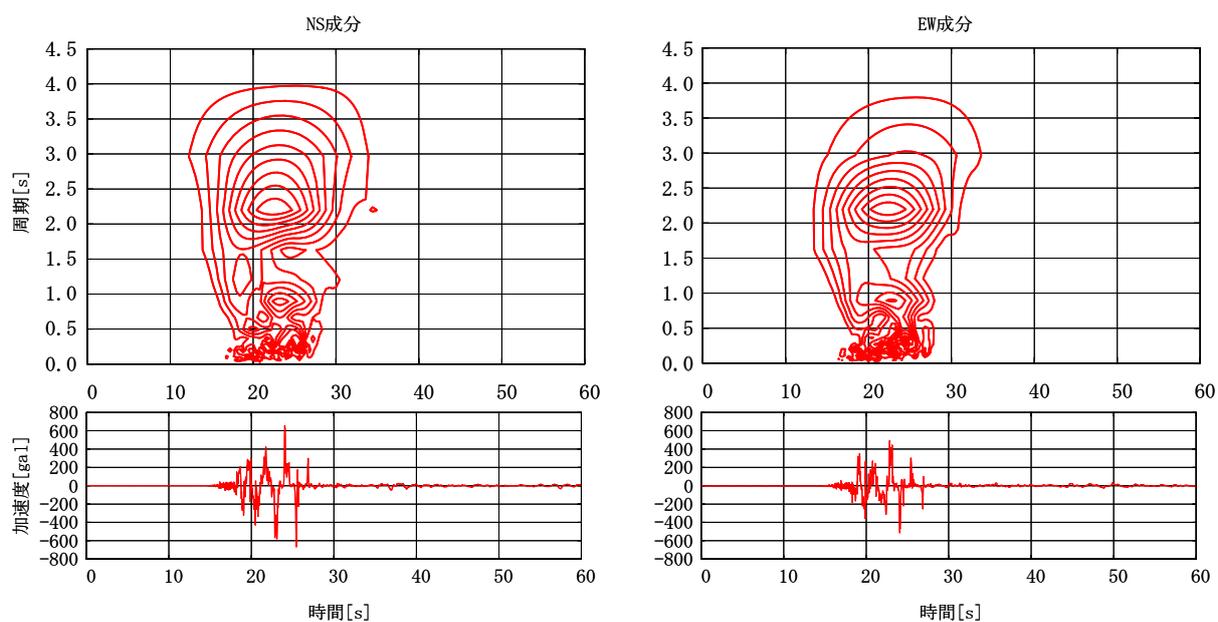


図4.7 K-NET柏崎での本震記録の非正常パワースペクトル

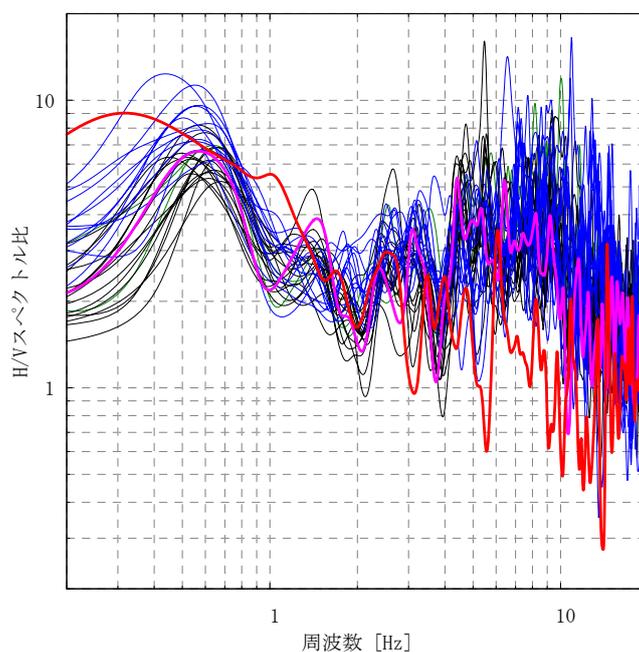


図4.8 K-NET柏崎での強震記録のH/Vスペクトル比

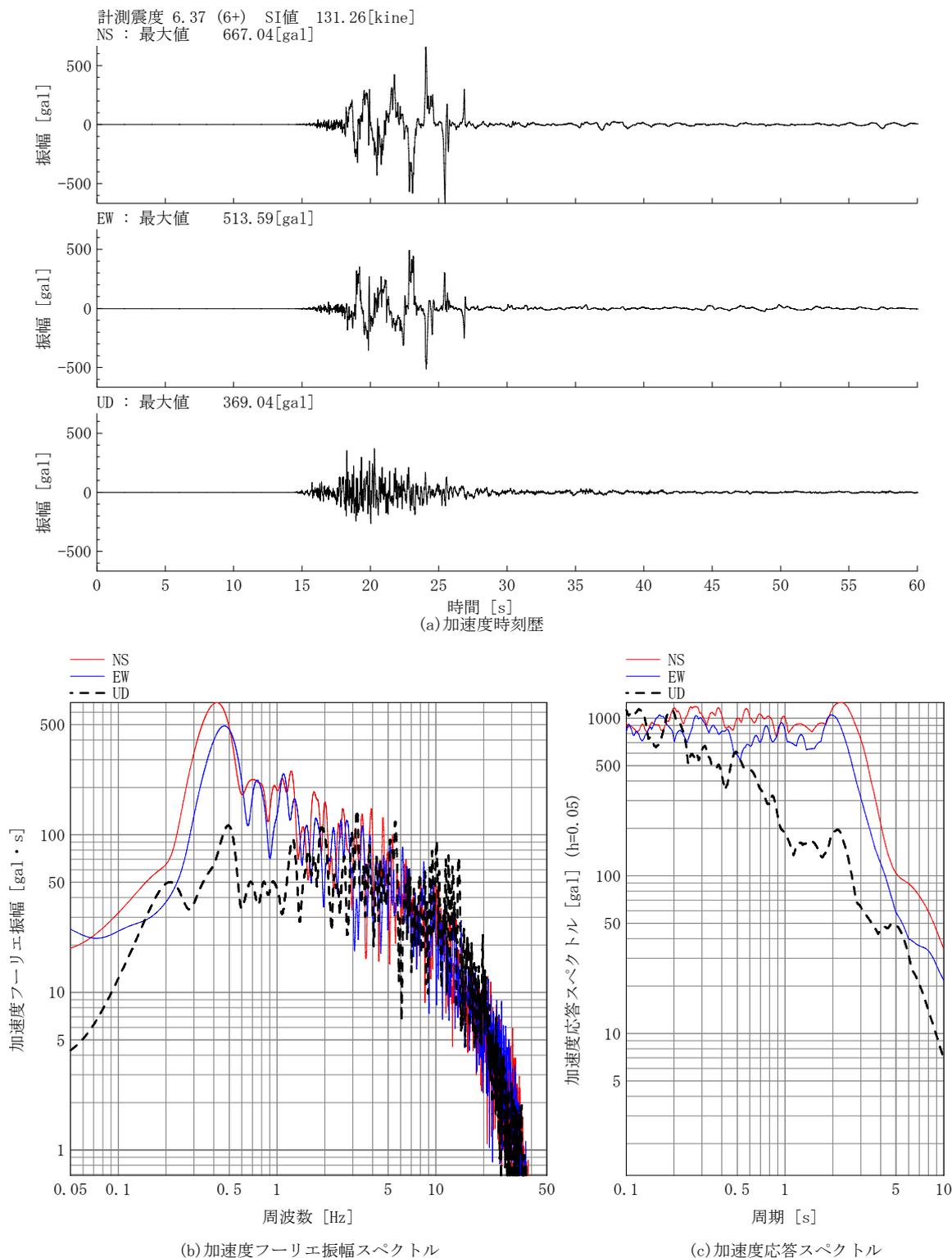
謝辞

気象庁震度計、防災科研K-NET、KiK-net、港湾地域強震観測の強震観測記録および国土交通省、新潟県、建築研究所の観測地震動指標を使用しました。記して謝意を表します。

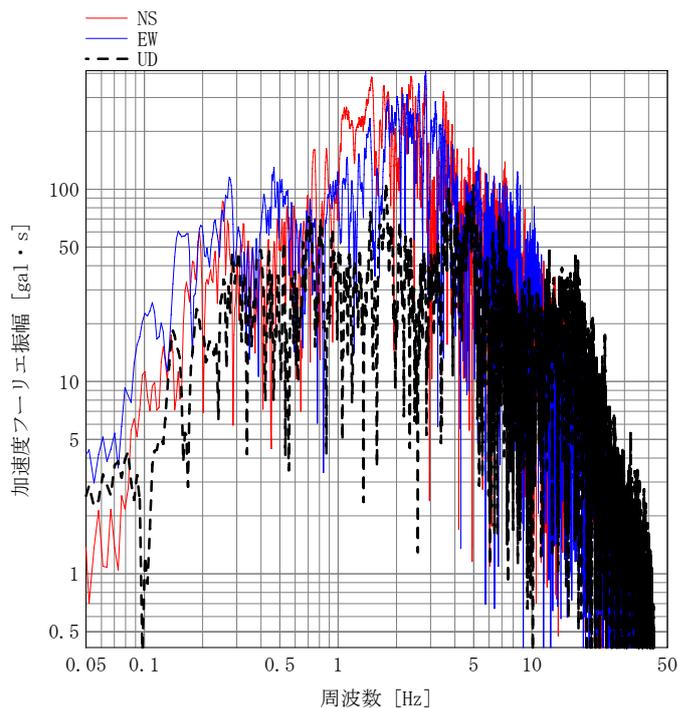
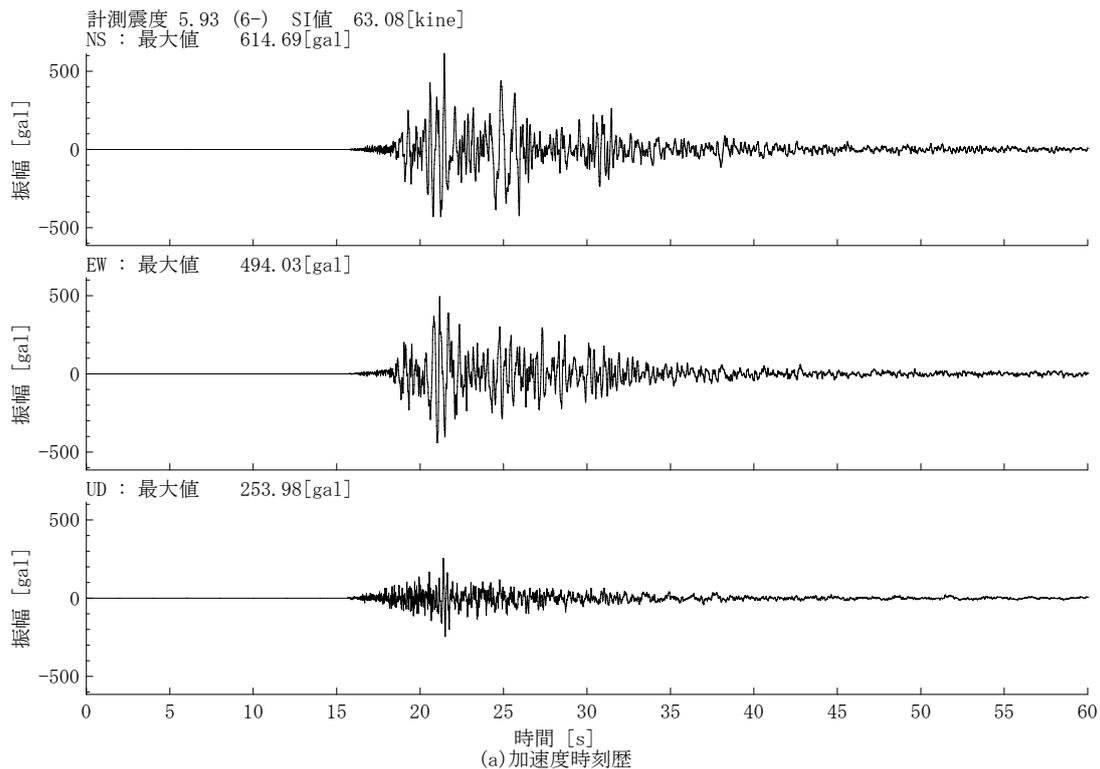
参考文献

- [1] 気象庁：2007年7月16日10時13分ころ新潟県上中越沖で発生した地震について，報道発表資料，<http://www.jma.go.jp/jma/press/0707/16a/kaisetsu20070716.pdf>，2007.
- [2] 消防庁：平成19年(2007年)新潟県中越沖地震(第32報)，災害情報，2007.
- [3] 気象庁：2007年7月16日10時13分ころ新潟県上中越沖で発生した地震について(第2報)，報道発表資料，<http://www.jma.go.jp/jma/press/0707/16b/kaisetsu200707161450.pdf>，2007.
- [4] 気象庁：地震情報(顕著な地震の震源要素更新のお知らせ)，<http://www.jma.go.jp/jp/quake/16120000387.html>，2007.
- [5] 防災科学技術研究所：高感度地震観測網 Hi-net，<http://www.hinet.bosai.go.jp/>
- [6] 防災科学技術研究所：広帯域観測網 F-net，<http://www.fnet.bosai.go.jp/freesia/index-j.html>
- [7] 山中佳子：7月16日新潟県中越沖地震(M6.6)，NGY地震学ノートNo.2，http://www.seis.nagoya-u.ac.jp/sanchu/Seismo_Note/2007/NGY2.html
- [8] 八木勇治：2007年7月16日新潟県上越沖の地震の震源過程(改訂ver.1)，http://www.geo.tsukuba.ac.jp/press_HP/yagi/EQ/2007niigata/
- [9] 堀川晴央：2007年7月中越沖地震の断層モデル(第一報)，産業技術総合研究所活断層研究センター平成19年(2007年)新潟県中越沖地震のページ，http://unit.aist.go.jp/actfault/katsudo/jishin/niigata070716/report/horikawa/index01_070724.html，2007.
- [10] 佐藤比呂志，加藤直子：新しい余震観測データに基づく2007年新潟県中越沖地震の地質学的解釈，東京大学地震研究所 平成19年新潟県中越沖地震特集ページ，<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/topics/niigata20070716/satow2.htm>
- [11] 国土地理院：「平成19年(2007年)新潟県中越沖地震」の震源断層モデルを推定，報道発表資料，<http://www.gsi.go.jp/WNEW/PRESS-RELEASE/2007/0726.htm>，2007.
- [12] 日本気象協会：地震情報，<http://www.tenki.jp/qua/index.html>
- [13] 気象庁：震度データベース検索，http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/shindo_db/shindo_index.html
- [14] 防災科学技術研究所：強震ネットワーク K-NET，<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/k-net/>
- [15] 防災科学技術研究所：基盤強震観測網 KiK-net，<http://www.kik.bosai.go.jp/kik/>
- [16] 港湾空港技術研究所ほか：港湾地域強震観測システム，<http://www.eq.ysk.nilim.go.jp/>
- [17] 気象庁：強震波形(平成19年(2007年)新潟県中越沖地震)，地震の詳細資料，「平成19年(2007年)新潟県中越沖地震」の特集，http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2007_07_16_chuetsu-oki/EVENT1/nigata_kyosin.html，2007.
- [18] 国土交通省：国土交通省河川・道路等施設の地震計ネットワーク情報，<http://www.nilim.go.jp/japanese/database/nwdb/index.htm>
- [19] 地震調査研究推進本部：主な震度観測点における最大加速度値(気象庁資料)，平成19年(2007年)新潟県中越沖地震の評価，http://www.jishin.go.jp/main/chousa/07jul_chuetsu_oki/p04.htm，2007.
- [20] 建築研究所：建築研究所強震観測，http://iisee.kenken.go.jp/smo/index_ja.html
- [21] 末富岩雄，石田栄介，福島康宏，磯山龍二，澤田純男：地形分類とボーリングデータの統合処理による地盤増幅度評価と2004年新潟県中越地震における地震動分布の推定，日本地震工学会論文集，第7巻第3号，pp.1-12，2007.
- [22] 松岡昌志：2007年新潟県中越沖地震の地震動分布推定，産業技術総合研究所グリッド研究センター平成19年(2007年)新潟県中越沖地震のページ，<http://staff.aist.go.jp/m.matsuoka/zoning2/20070716NiigataChuetsuOki/20070716.html>，2007.
- [23] 翠川三郎，松岡昌志，作川孝一：1987年千葉県東方沖地震の最大加速度，最大速度にみられる地盤特性の評価，日本建築学会構造系論文集，第442号，pp.71-78，1994.
- [24] 末富岩雄，石田栄介，磯山龍二：空間補間による地震動分布推定の高精度化のための一検討，第28回地震工学研究発表会，土木学会，2005.
- [25] Shabestari, K. T. & Yamazaki, F.: Attenuation relation of strong ground motion indices using K-NET records，第25回地震工学研究発表会講演論文集，pp.137-140，1999.
- [26] 神山真：強震地震動の非定常スペクトル特性とその波動論的考察，土木学会論文報告集，第284号，pp.35~48，1979.
- [27] 後藤浩之：震源地域における地震動特性－2007年新潟県中越沖地震調査報告，土木学会・地盤工学会 平成19年(2007年)新潟県中越沖地震災害緊急調査団速報会，http://www.jsce.or.jp/report/43/files/070720_03goto.pdf2007.

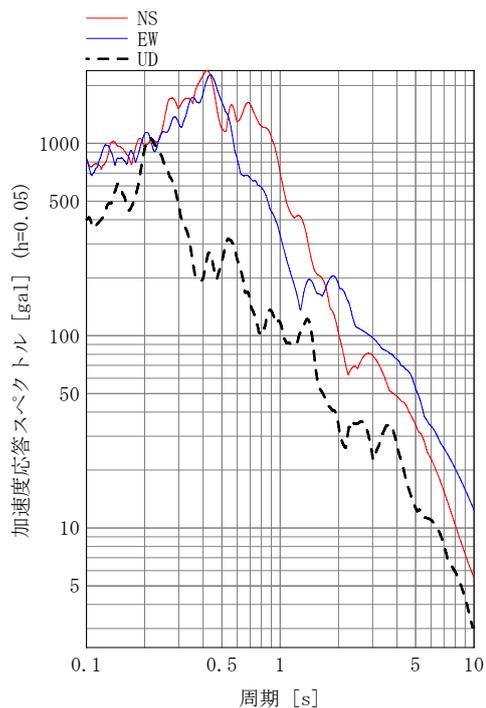
付図 能登半島地震 強震記録の加速度時刻歴波形とスペクトル



付図1 K-NET柏崎(NIG018)

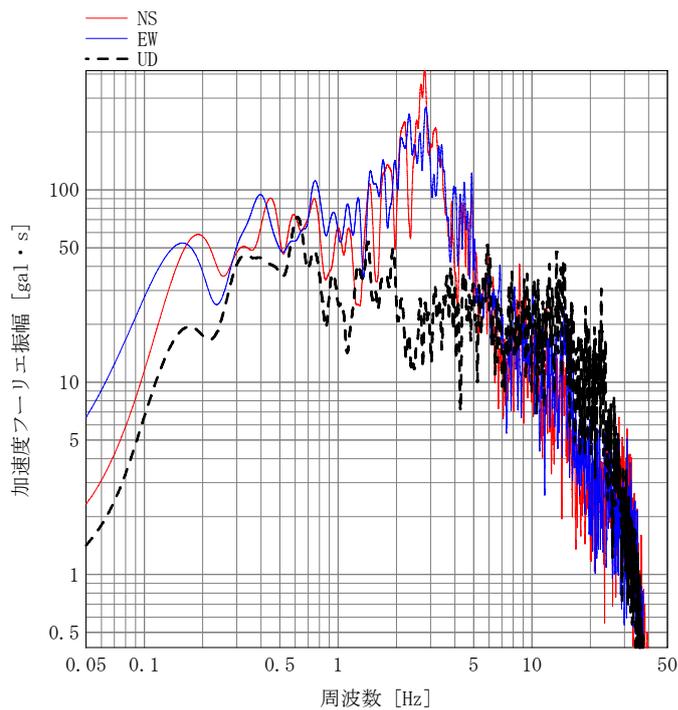
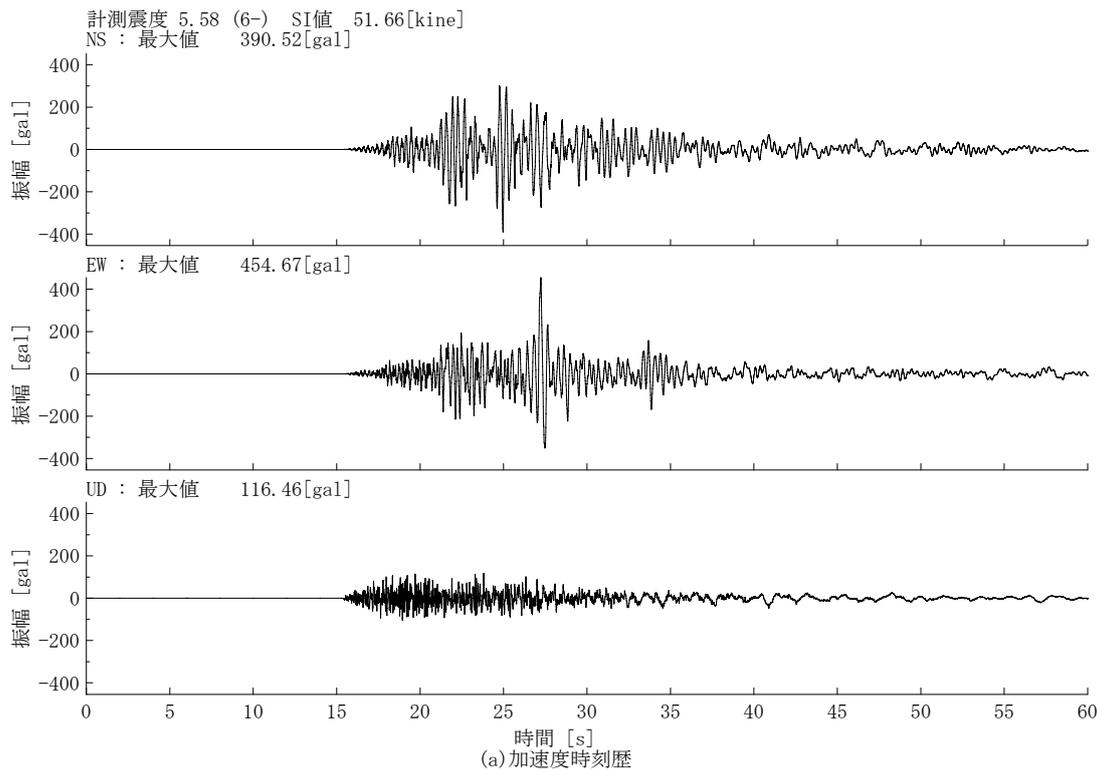


(b) 加速度フーリエ振幅スペクトル

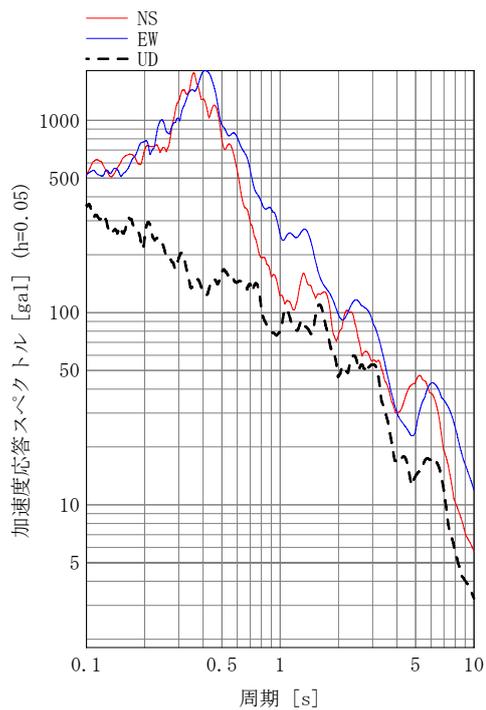


(c) 加速度応答スペクトル

付図2 JMA出雲崎 (CB5, 出雲崎町米田)



(b) 加速度フーリエ振幅スペクトル



(c) 加速度応答スペクトル

付図3 K-NET小千谷(NIG019)