

3. 地震及び地震動の特徴

3.1 地震の概要と特徴

(1) 地震諸元

気象庁が決定した2007年能登半島地震の本震の諸元は表-3.1の通りである^{3.1)}。

表-3.1 地震諸元

発震時:	2007年3月25日 09時41分57.9秒
マグニチュード	6.9
震源深さ	11 km
緯度	37° 13.2' N
経度	136° 41.1' E

震央位置を図-3.1に★印で示す。図の左上の震源球は、気象庁による初期発震機構解である^{3.1)}。発震機構解はこの地震の断層が、横ずれを含む逆断層であることを示している。

震源の破壊過程の解析結果がいくつか公表されている。ここでは気象庁の解析結果^{3.1)}と八木の解析結果^{3.2)}を参照して、断層破壊の大きな領域を地図上にプロットしている。気象庁の解析によってすべり量が0.3m以上とされた領域を破線で、八木の解析ですべり量が0.32m以上とされた領域を点線で示す。両者の傾向はよく似ており、断層の破壊は気象庁の震源から主に北東方向へ広がったものと解釈できる。

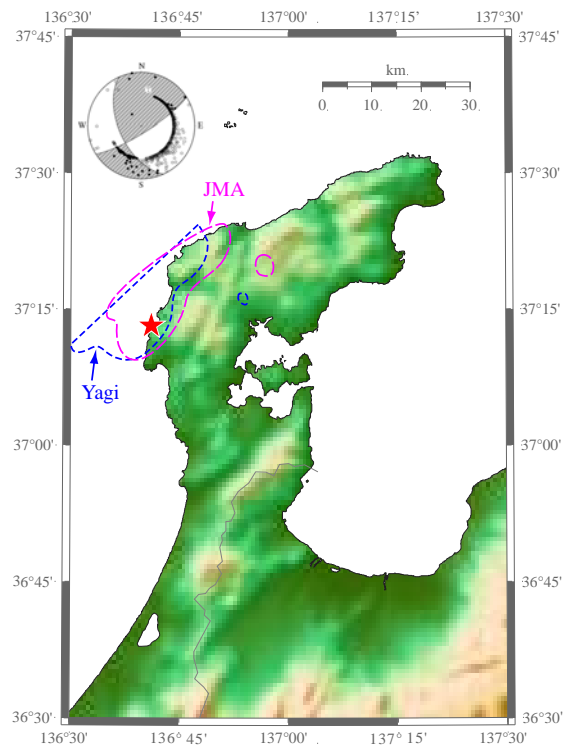


図-3.1 本震の震央位置と断層破壊領域

(2) 震度分布

この地震によって観測された各地の震度を表-3.2 に示す^{3.1)}。表中の*は K-NET^{3.3)}の観測地点を、**は石川県震度情報ネットワークの観測地点を表し、印のないものは気象庁の震度観測地点である。これらの地点の震度に、KiK-net^{3.4)}の観測地点の震度を加えて地図上にプロットしたものが図-3.2 である。大きな震度が観測された地点は、断層上及び断層に近い地点となっている。

表-3.2 各地の震度(震度5強以上)^{3.1)}

震度	観測地点
6強	七尾市田鶴浜町**、輪島市鳳至町、輪島市門前町走出**、穴水町大町*
6弱	輪島市河井町*、志賀町富来領家町、志賀町香能*、志賀町末吉千古**、中能登町末坂**、中能登町能登部下**、能登町宇出津、能登町松波*
5強	七尾市本府中町、七尾市袖ヶ江町*、珠洲市正院町*

注) *K-NET、**石川県震度情報ネットワーク

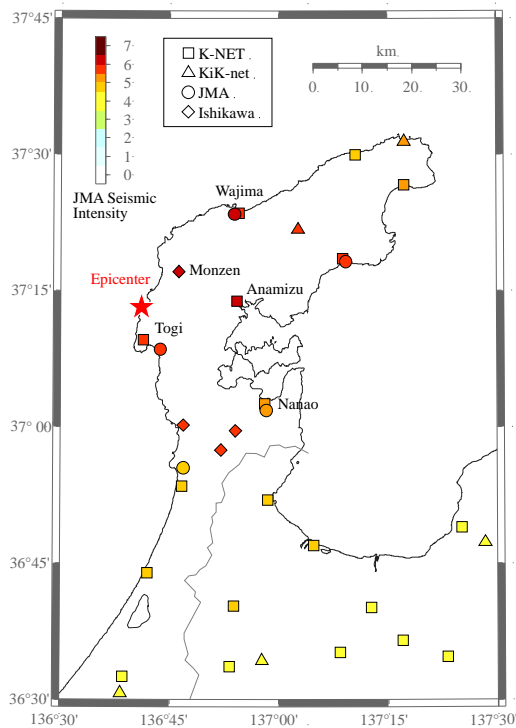


図-3.2 各地の震度

3.2 被災地の地形及び地質

日本海に突出する能登半島は、北西側から能登山地、能登丘陵、邑知瀧低地帯、石動一宝達山地からなる^{3.5)}。被害の大きかった能登半島北部は、能登山地と能登丘陵で、新第三系の火山岩や堆積岩が広く分布している。その中を流れる河川に沿って、沖積堆積物が分布している^{3.5)}。

3.4 で述べる余震観測を実施した輪島市役所輪島庁舎のある輪島市街は、周囲を前期中新世—中期中新世の山地に囲まれ、その中を流れる鳳至川と河原田川流域に後期更新世—完新世の沖積堆積物が分布している。

輪島市街には、気象庁と K-NET の地震観測点がそれぞれ 1 点ある。輪島市河井町の K-NET 輪島

(ISK003) は、中期から後期の中新世の丘陵部にあり^{3.5)}、図-3.3の土質データによると、厚さ10cmの表土の下に岩盤と分類される層が現れ、深さ0.2~20mの間にせん断波速度は230m/s~790m/sに増大している^{3.3)}。輪島測候所のある輪島地方合同庁舎（輪島市鳳至町畠田99-3）では、深さ35mまでのボーリング柱状図が得られており^{3.6)}、それらのN値と、地盤の土質・堆積年代や深さに基づいて経験式により換算されるせん断波速度^{3.7)}（換算Vs）を、図-3.4に示す。この図から、深さ24mまでは粘性土と砂質土が互層を成し、せん断波速度はVs60m/s程度から200m/s程度にほぼ深さに応じて増加している。その下、深さ34mまではVs250m/s程度から350m/s程度の砂礫層が続いて、深さ35mで工学的基盤と考えられる砂岩が現れる。余震観測を実施した輪島市役所輪島庁舎（輪島市二ツ屋町2字29番地）においても、深さ30mまでのボーリング柱状図が得られている^{3.8)}。同地点のN値と換算Vsを、図-3.5に示す。せん断波速度は、深さ2~4m程度にVs200m/s程度の砂礫層があり、その下は深さ5~26mにVs100m/sから220m/sのシルト質層、27m以深でVs300m/s以上の砂礫層が存在する。29m以深については、市役所の深さ27mが合同庁舎の深さ28mに対応するものと仮定して、輪島測候所の30m以深の情報を付加している。

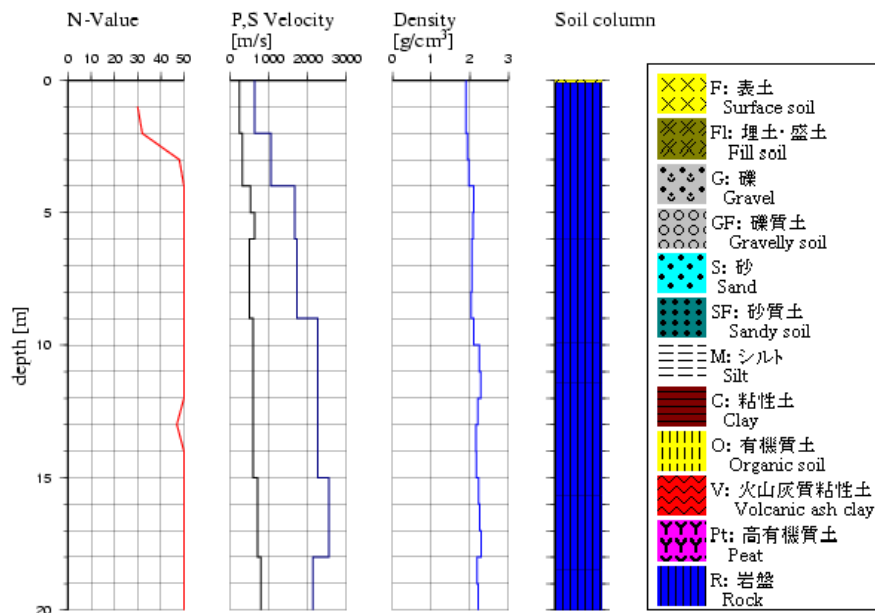


図-3.3 K-NET 輪島 (ISK003) の地盤情報^{3.3)}

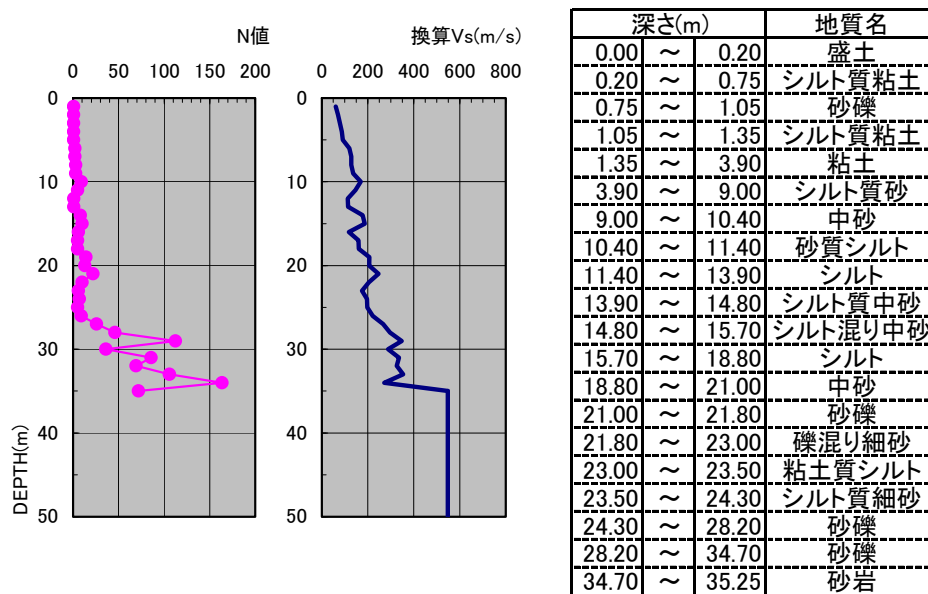


図-3.4 輪島測候所の N 値と換算したせん断波速度^{3.6)}

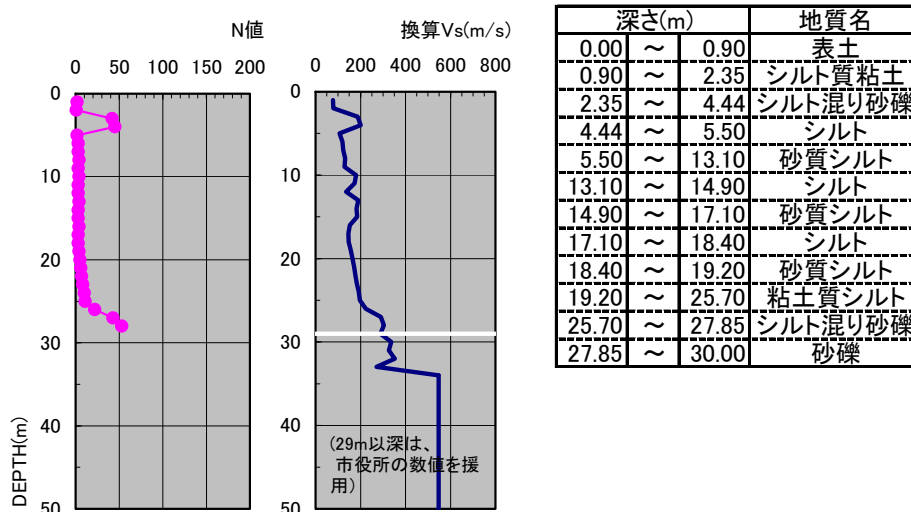


図-3.5 輪島市役所の N 値と換算したせん断波速度^{3.8)}

3.3 本震の地震動特性

3月29日現在、K-NET 及び KiK-net、及び震度 5 弱以上の気象庁震度計の強震記録が公開されている。これらのうち、震度 5(計測震度 4.5)以上を観測した地点の震央距離(Δ)、計測震度(I_{MA})、最大加速度(PGA)及び最大速度(PGV)を表-3.3 に示す。また、図-3.6 では地図上に各地点の最大加速度(3成分のうち最大の値)を色分けしてプロットしている。

強震記録が得られている地点で震度 6 強は気象庁の輪島市鳳至町(輪島測候所)と K-NET 穴水町宇大町(ISK005)の 2 地点であった。震度 6 弱を記録したのは気象庁の志賀町富来領家町と能登町宇出津、K-NET の富来(ISK006)、輪島(ISK003)、柳田(ISKH02)、能登(ISK004)の計 6 地点である。以下、主要な記録の特徴を見る。

表-3.3 本震の強震観測記録一覧(震央距離 100km 以内のもの)

記号	観測地点	Δ (km)	I_{JMA}	PGA (cm/s ²)			PGV (cm/s)			備考
				NS	EW	UD	NS	EW	UD	
ISK005	穴水町字大町	19.4	6.3	473	780	556	37.1	102.9	23.0	
JMA-E10	輪島市鳳至町	26.7	6.1	464	439	190	93.7	82.5	17.1	
ISK006	志賀町香能	6.6	5.9	717	849	462	47.3	38.4	18.8	
JMA-914	志賀町富来領家町	9.6	5.6	276	507	452	27.3	55.0	18.0	
ISK004	能登町宇出津	42.0	5.6	622	589	147	28.6	20.5	8.4	
JMA-915	能登町宇出津	42.5	5.6	235	147	118	50.2	21.5	6.2	
ISK003	輪島市河井町	27.5	5.5	519	396	142	41.6	24.6	11.4	
ISKH02	柳田	35.5	5.5	274	359	204	28.0	25.6	19.1	
ISK007	七尾市袖ヶ江町	31.9	5.3	203	183	168	28.8	31.3	7.3	
JMA-535	七尾市本府中町	33.1	5.3	197	257	92	24.0	35.9	6.7	
ISK002	珠洲市正院町	58.8	5.1	174	159	138	24.7	22.3	9.7	
ISKH01	珠洲市折戸町	63.0	5.1	359	123	94	21.3	11.0	5.3	
ISK008	羽咋市旭町	37.4	4.9	229	381	298	21.1	21.7	8.5	
TYM002	氷見市加納	47.0	4.9	158	146	84	13.7	19.4	5.6	
ISK001	珠洲市大谷町	53.4	4.8	166	170	82	14.7	9.8	4.8	
TYM006	小矢部市水牧	63.8	4.6	144	186	36	9.1	8.4	2.7	
JMA-CCB	羽咋市柳田町	33.9	4.5	115	221	110	11.1	16.7	4.8	
ISK009	かほく市浜北	54.3	4.5	171	172	83	6.5	8.3	4.6	
TYM005	射水市本町	60.0	4.5	166	119	64	8.5	10.4	4.4	

Δ : 震央距離, I_{JMA} : 計測震度, PGA : 最大加速度, PGV : 最大速度

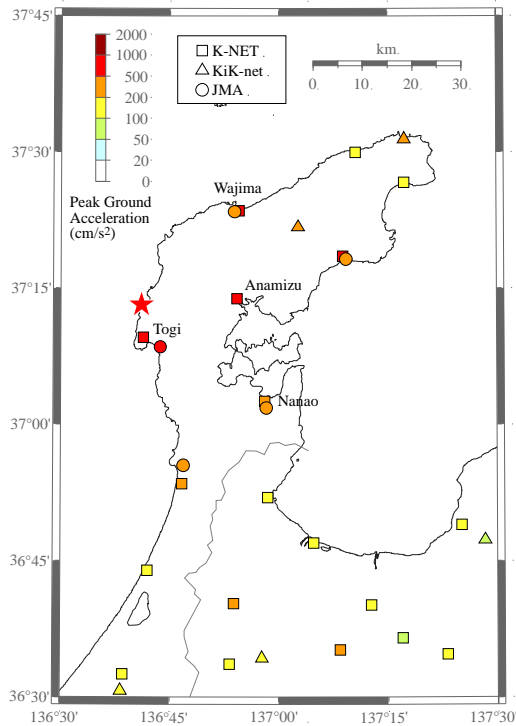


図-3.6 最大加速度分布

(1) K-NET 富来 (ISK006) の記録と JMA 志賀町富来領家町の記録

震央距離が 7 km 弱と震源に最も近い K-NET 富来 (ISK006) の加速度記録と減衰定数 5% の擬似速度応答スペクトルを図-3.7 に示す。加速度記録を見ると、比較的短周期成分が優勢で、激しい揺れが 7 秒間ほど続いている。応答スペクトルを見ると、1 秒以下の短周期成分の応答が 80 cm/s から 100 cm/s と大きく、1 秒以上の周期成分は相対的に劣勢である。

気象庁の志賀町富来領家町の震度観測地点は、K-NET 富来の観測地点より 3 km ほど南東に位置する。加速度記録と応答スペクトルを図-3.8 に示す。K-NET 富来の記録と比べると短周期成分が少なく最大加速度は小さいが、応答スペクトルの 0.5 秒から 0.8 秒位の成分は大きく、100 cm/s を超えている。K-NET 富来の観測地点は山中にあり深さ 5 m 程で岩盤が確認されているが、気象庁の観測地点は富来川河口の堆積層の上にあり、表層地盤の影響が表れていると推察される。

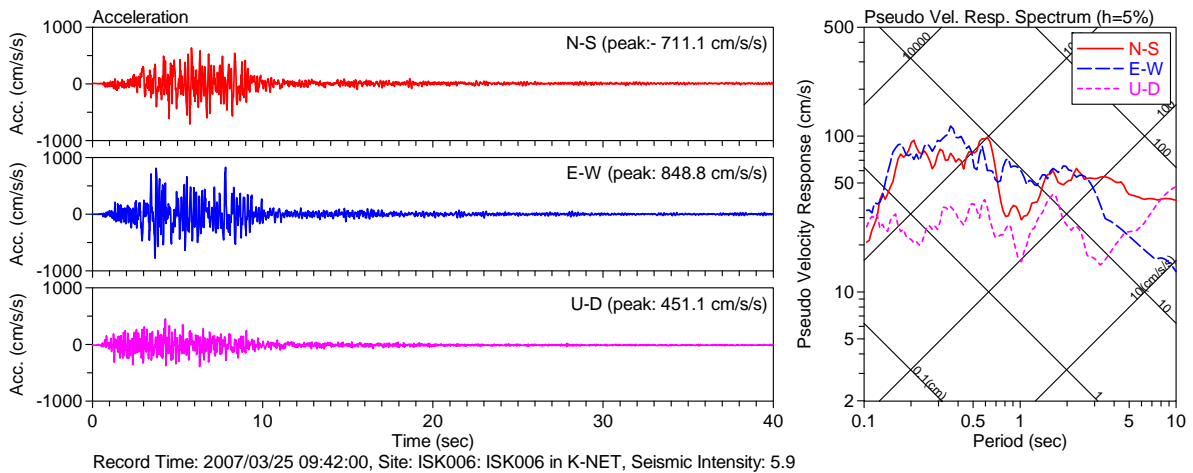


図-3.7 強震記録(K-NET ISK006: 富来)

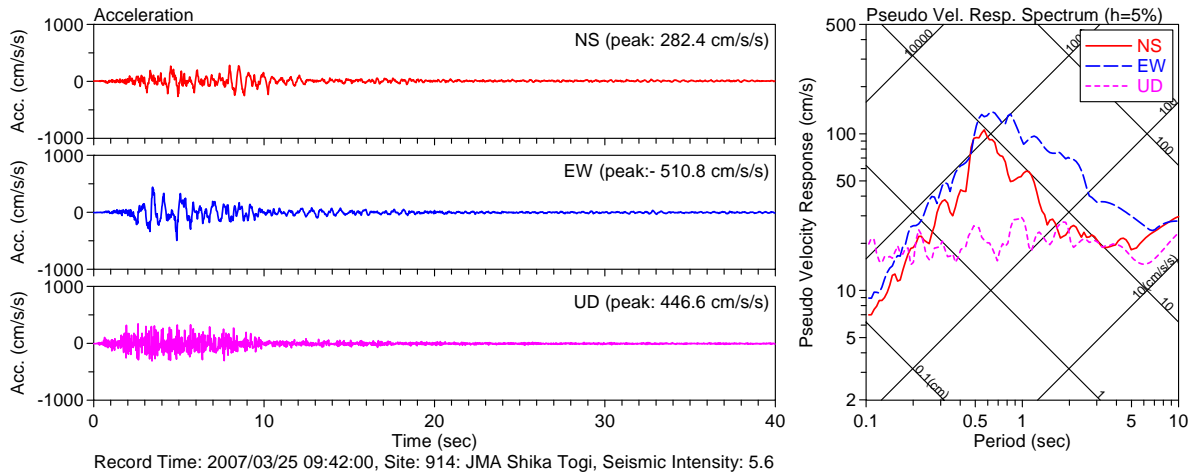


図-3.8 強震記録(JMA 志賀町富来領家町)

(2) K-NET 穴水 (ISK005) の記録

震央から 19 km 離れた K-NET 穴水 (ISK005) の記録を図-3.9 に示す。加速度記録を見ると比較的長周期の成分が優勢となっている。特に EW 成分では最大加速度も 780 cm/s^2 とかなり大きな値である。応答スペクトルを見ると、NS 成分で 1 秒程度、EW 成分で 1 秒から 2 秒の応答が際立っており、EW 成分の最大速度応答は 300 cm/s を超える。K-NET 穴水観測地点の地盤は軟らかく、深さ 16 m 程度まで $V_s=60 \text{ m/s}$ から 130 m/s のピート層が堆積し、その下に岩盤が表れる。

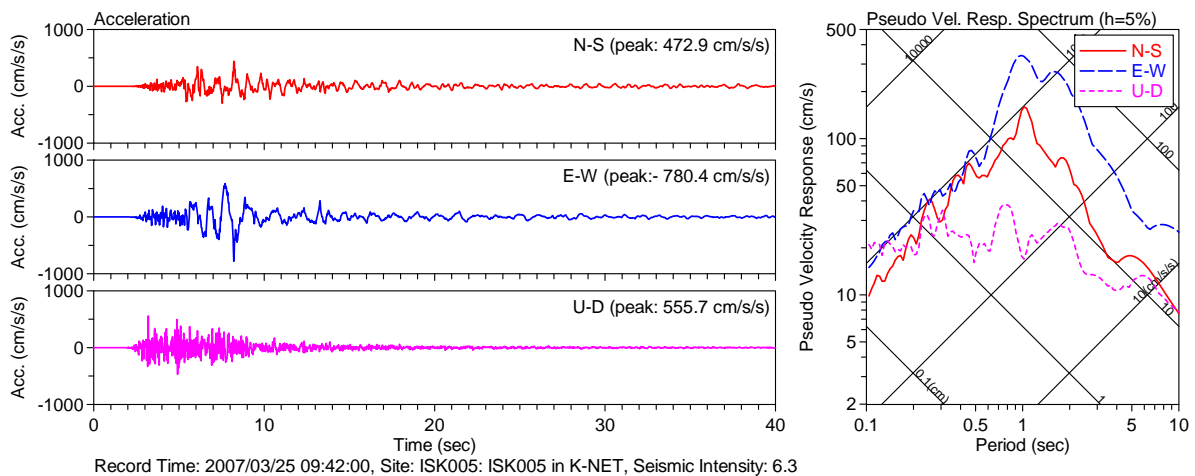


図-3.9 強震記録(K-NET ISK005: 穴水)

(3) JMA 輪島市鳳至町の記録と K-NET 輪島 (ISK003) の記録

JMA 輪島市鳳至町(以下 JMA 輪島)の記録を図-3.10 に示す。最大加速度こそ 500 cm/s^2 に満たないものの、応答スペクトルを見ると 1.7 秒から 1.8 秒の応答が 400 cm/s を超える。一方、JMA 輪島から東へ約 1 km 離れた K-NET 輪島 (ISK003) の記録を図-3.11 に示す。最大加速度は JMA 輪島の記録と同程度であるが応答スペクトルの形状は大きく異なる。K-NET の観測地点は岩盤上にあり、JMA 輪島は表層地盤の増幅特性の影響を大きく受けているものと考えられる。

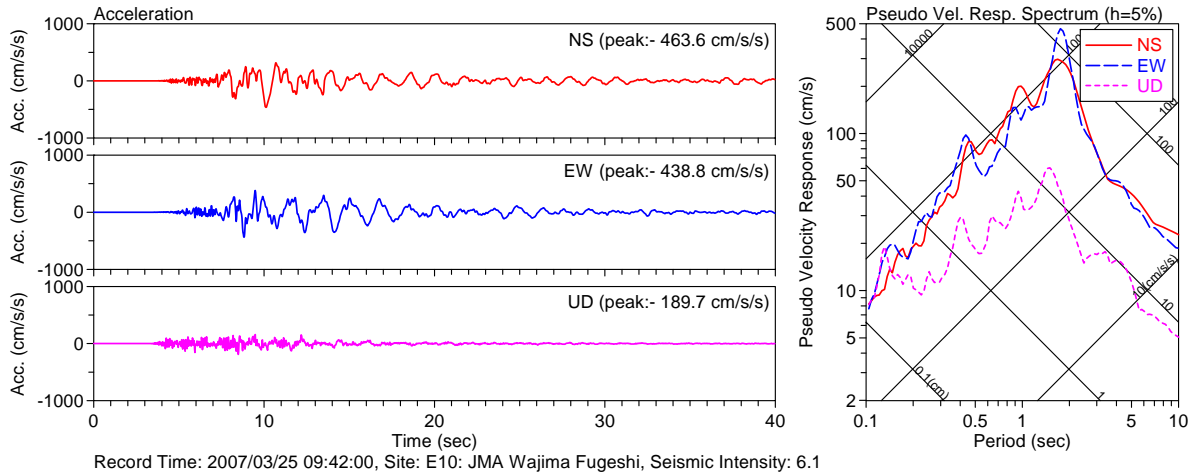


図-3.10 強震記録(JMA 輪島市鳳至町)

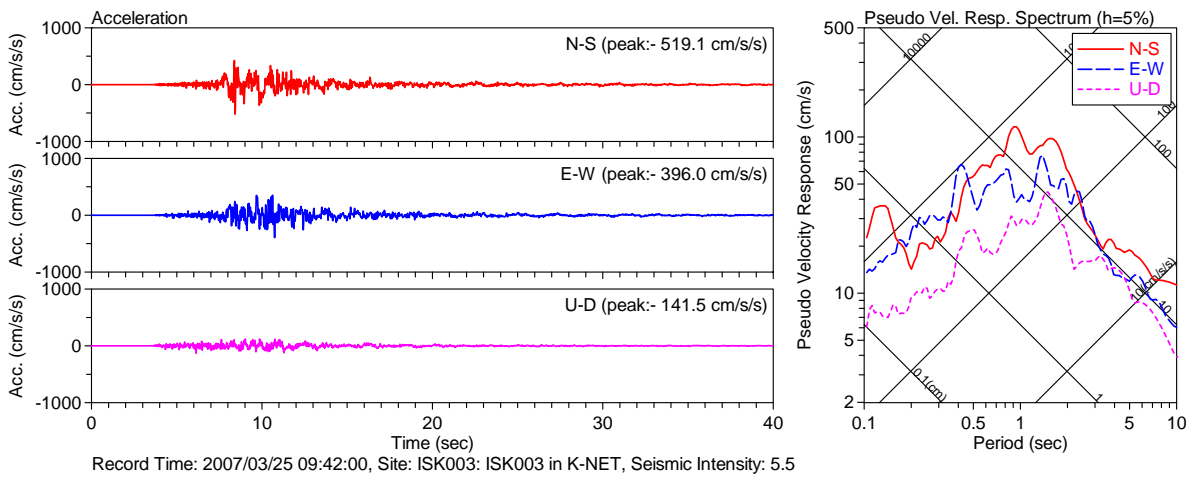


図-3.11 強震記録(K-NET ISK003: 輪島)

3.4 余震観測

建築研究所は主な被災地の地震動の特性と、建物の地震入力及び地震応答を調査するために、輪島市役所及び輪島市門前総合支所を対象として余震観測を行った。以下に観測の概要と観測記録、及びその分析結果をまとめる。

(1) 輪島市役所

(a) 観測状況

輪島市役所は輪島市市街地の中心部、河原田川と鳳至川の合流地点付近に位置する、RC造4階建ての建物である(写真-3.1、写真-3.2)。市役所の平面形状はコの字型となっており、強震計(Etna)2台を建物の南西端の1階(1F)機械室と4階(4F)議場裏側に設置した(図-3.12、図-3.13、写真-3.3、写真-3.4)。観測期間は2007年3月28日より5月1日までである。



写真-3.1 輪島市役所概観(北東から)



写真-3.2 輪島市役所概観(南東から)

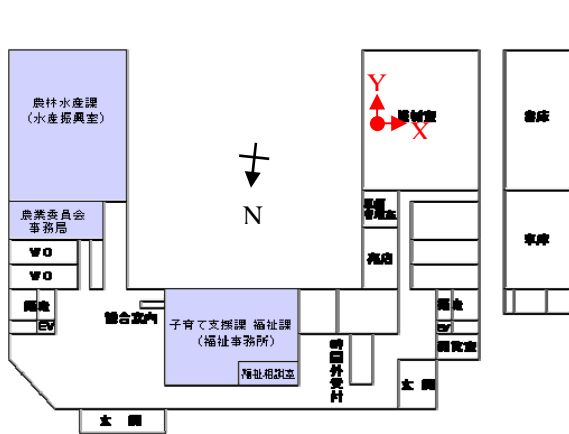


図-3.12 輪島市役所 1階設置位置(見取り図は輪島市役所のホームページより)

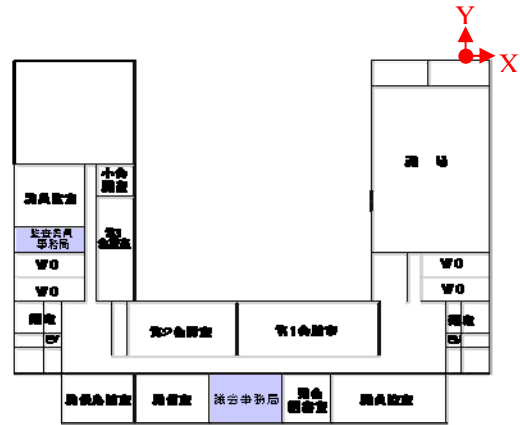


図-3.13 輪島市役所 4階設置位置(見取り図は輪島市役所のホームページより)



写真-3.3 輪島市役所 1階強震計設置状況



写真-3.4 輪島市役所 4階強震計設置状況

(b) 市街地の地震動

輪島市役所の余震観測地点では、3月28日の設置から5月1日の撤収までに、9つの余震記録が得られた。余震記録の1階(1F)の最大加速度と1Fの記録から算出した計測震度を、輪島測候所(JMA 輪

島)及びK-NET 輪島の最大加速度及び計測震度とともに表-3.4に示す。なお、輪島市役所の強震計は建物の軸に合わせて設置してあるため、設置方位は東西南北とずれているが、ここでは比較のためNS(北南)、EW(東西)に方位変換した波形を扱う。

全体的な傾向として、輪島市役所1Fの最大加速度や計測震度は、K-NET 輪島より大きく、JMA 輪島よりは小さい。輪島市役所は建物の中に強震計が設置されており、K-NET 輪島やJMA 輪島のような地盤上の観測地点に比して入力損失が想定されることを考慮すれば、輪島市役所の地震動の大きさはJMA 輪島に近いと推察される。

表-3.4 輪島市街地の余震記録

Time	h	M	輪島測候所(JMA 輪島)			K-NET 輪島 (K-NET)			輪島市役所 1F (WJM)								
			Δ	I_s	PGA (cm/s ²)			Δ	I_s	PGA (cm/s ²)			Δ	I_s	PGA (cm/s ²)		
					NS	EW	UD			NS	EW	UD			NS	EW	UD
2007/03/28 13:05	7	4.7	23	3.5	32	42	9	24	2.3	26	13	6	23	3.3	19	20	10
2007/03/31 08:09	13	4.4	21	2.6	17	37	5	22	1.5	16	13	5	21	1.8	11	13	6
2007/04/02 08:01	7	4.1	30	2.4	16	29	4	31	0.8	4	4	1	30	1.2	4	4	3
2007/04/02 21:49	8	3.3	18	2.5	22	29	3	19	1.1	14	8	2	18	1.4	5	9	4
2007/04/04 08:18	7	3.9	20	2.9	33	50	6	21	1.3	8	7	2	20	1.8	9	9	6
2007/04/06 15:18	12	4.3	17	2.4	16	21	5	18	1.6	11	17	6	17	1.7	5	14	6
2007/04/06 21:42	7	4.7	53	2.2	6	7	1	54	1.1	3	2	1	53	2.2	5	5	1
2007/04/14 23:08	6	3.5	21	1.8	9	13	2	22	0.5	4	2	1	21	0.8	2	3	2
2007/04/15 06:38	5	3.8	22	2.1	16	20	3	22	0.5	5	3	1	22	1.0	3	5	2

h : 震源深さ(km), M : マグニチュード, Δ : 震央距離(km), I_s : 計測震度, PGA : 最大加速度(cm/s²)

観測された余震のうち最も規模の大きな3月28日13時05分の地震について、JMA 輪島、K-NET 輪島、及び輪島市役所1Fで観測された加速度記録を図-3.14から図-3.16に示す。K-NET 輪島の記録波形(図-3.15)を見ると、短周期成分の波が数秒間で収束しているが、JMA 輪島の記録波形(図-3.14)では、より周期の長い後続波が、20秒から30秒間に渡って励起されている。輪島市役所の記録波形(図-3.16)は、JMA 輪島の記録波形によく似ている。

図-3.17は、3月28日の地震について、3地点で得られた加速度記録のフーリエスペクトルを成分毎にプロットしたもので、左からNS成分、EW成分及びUD成分となっている。各図の中の実線が輪島市役所1F、破線がJMA 輪島、点線がK-NET 輪島を表す。NS及びEWの水平成分に着目すると、輪島市役所の記録のフーリエスペクトルは1.5Hz以下の低振動数領域ではJMA 輪島のフーリエスペクトルに近似しており、1.5Hz以上の高振動数領域ではK-NET 輪島のフーリエスペクトルによく似ている。上下(UD)成分では3箇所(UD)成分では3箇所のフーリエスペクトルの違いは極めて小さい。

各地点間のフーリエスペクトル比を図-3.18に示す。K-NET 輪島に比して、輪島市役所やJMA 輪島の水平成分では1Hz辺りの卓越が特徴的である。

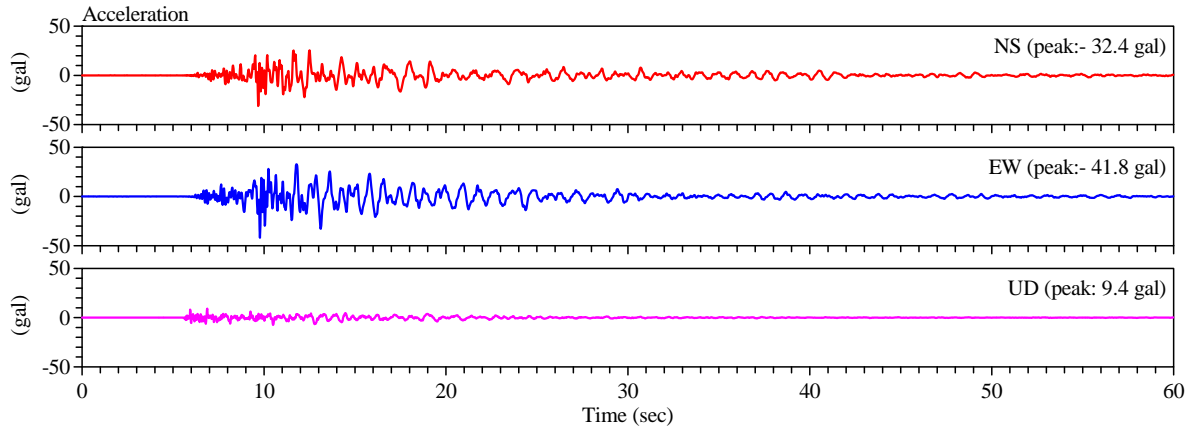


図-3.14 2007/03/28 13:05 ($h=7$ km, $M_A.7$)の地震のJMA 輪島の記録

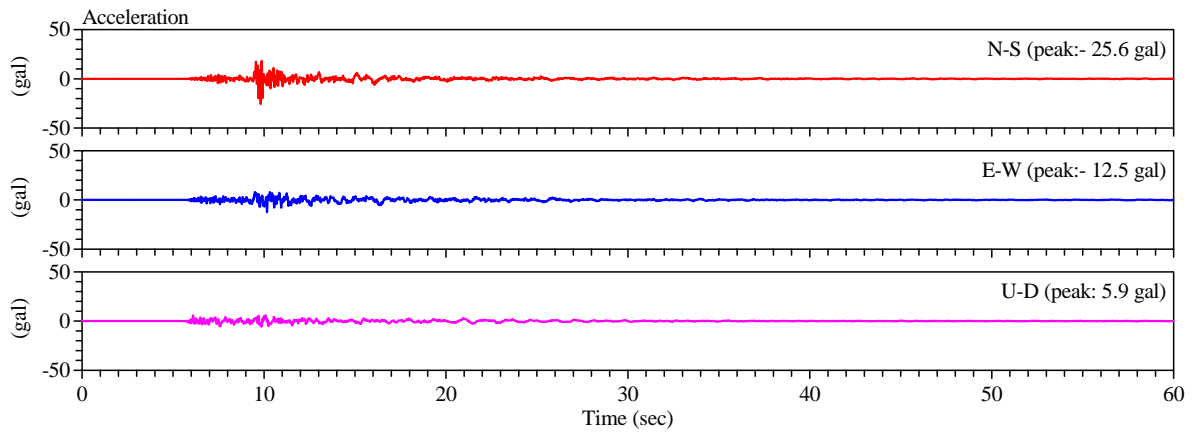


図-3.15 2007/03/28 13:05 ($h=7$ km, $M_A.7$)の地震のK-NET 輪島の記録

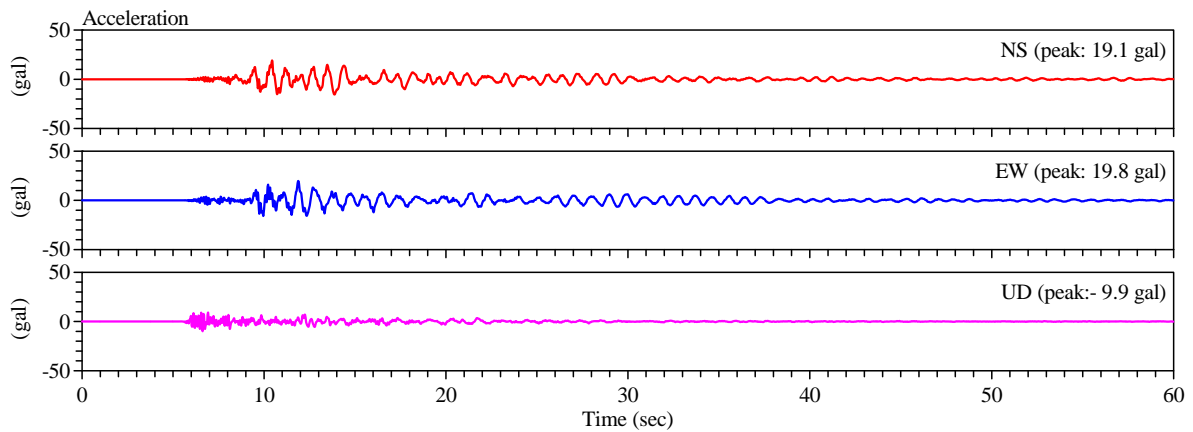
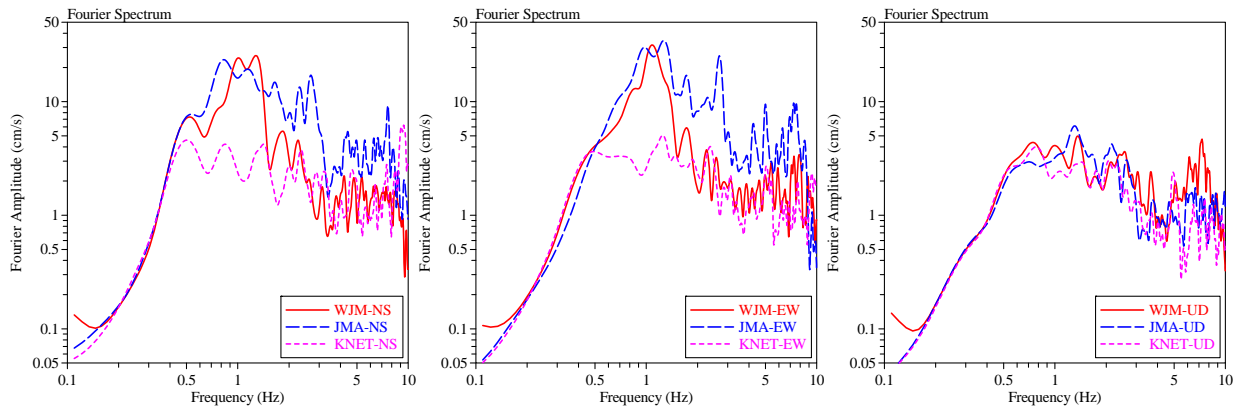


図-3.16 2007/03/28 13:05 ($h=7$ km, $M_A.7$)の地震の輪島市役所1Fの記録

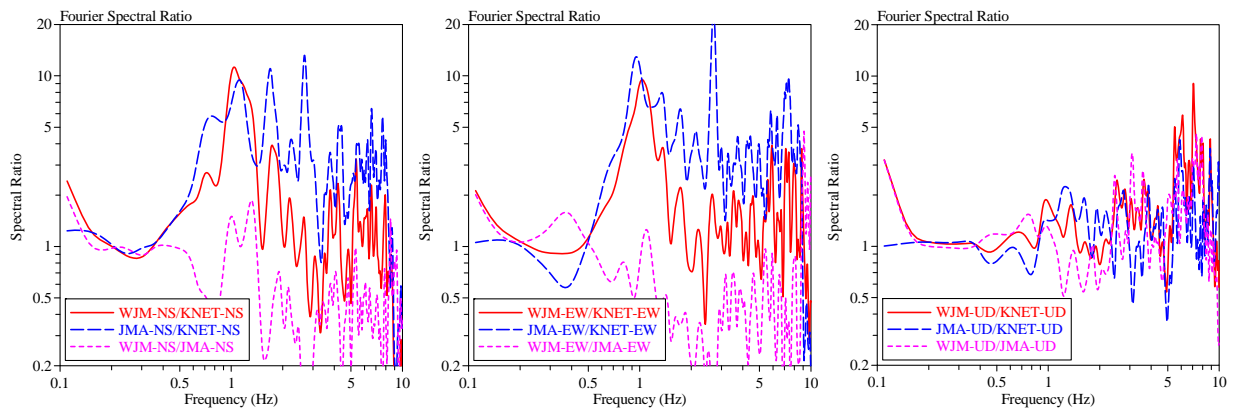


(a) NS 成分

(b) EW 成分

(c) UD 成分

図-3.17 2007/03/28 13:05 の余震のフーリエスペクトル(WJM, JMA and K-NET)



(a) NS 成分

(b) EW 成分

(c) UD 成分

図-3.18 2007/03/28 13:05 の余震のフーリエスペクトル比(WJM/K-NET, JMA/K-NET, WJM/JMA)

(c) 建物の振動特性

輪島市役所で観測された余震記録を表-3.5 に再掲する。表中計測震度 (I_s) は 1 階 (1F) の 3 成分の加速度記録から算出しており、最大加速度 (PGA) は 1F の 3 成分の最大加速度のうち最も大きな値を採っている。なお、ここでの方位は強震計の設置方位をそのまま採用し、図-3.12 及び図-3.13 に示した建物軸を X 及び Y として扱っている。

表-3.5 輪島市役所で観測された余震記録一覧

#	日時	震央地名	h (km)	M	Δ (km)	I_s	PGA
1	2007/03/28 13:05	Off Noto Pen.	7	4.7	23	3.3	19.6
2	2007/03/31 08:09	Noto, Ishikawa Pref.	13	4.4	21	1.8	13.8
3	2007/04/04 08:18	Noto, Ishikawa Pref.	7	3.9	20	1.8	9.7
4	2007/04/06 15:18	Noto, Ishikawa Pref.	12	4.3	17	1.7	13.4
5	2007/04/06 21:42	W Off Ishikawa Pref.	7	4.7	53	2.2	5.1
6	2007/04/14 23:08	Off Noto Pen.	6	3.5	21	0.8	3.3
7	2007/04/15 06:38	Off Noto Pen.	5	3.8	22	1.0	4.5
8	2007/04/17 21:16	Noto, Ishikawa Pref.	6	2.0	2	1.0	19.1
9	2007/04/18 08:24	Noto, Ishikawa Pref.	5	3.2	8	1.3	8.1

h : 震源深さ(km), M : マグニチュード, Δ : 震央距離(km), I_s : 計測震度(1Fの記録から算出), PGA : 最大加速度((1Fの3成分の最大のもの cm/s^2)

3月28日の余震記録について、1F及び4Fで得られた加速度記録を図-3.19に示す。水平成分の最大加速度は1Fで 18 cm/s^2 から 20 cm/s^2 、4Fで 27 cm/s^2 から 30 cm/s^2 と、ほぼ1.5倍に増幅している。

図-3.20は各加速度記録のフーリエスペクトルを表す。X方向とY方向に大きな違いは見られず、1F及び4Fとも1Hz辺りに卓越を有する。加えて4Fの水平成分のフーリエスペクトルには2Hz強の振動数成分が優勢となっている。

図-3.21は4Fの1Fに対するフーリエスペクトル比である。実線がX方向、破線がY方向、点線がZ方向に対応する。X方向では2.4Hzに、Y方向では2.7Hzにピークが見られ、これが建物の固有一次振動数と考えられる。

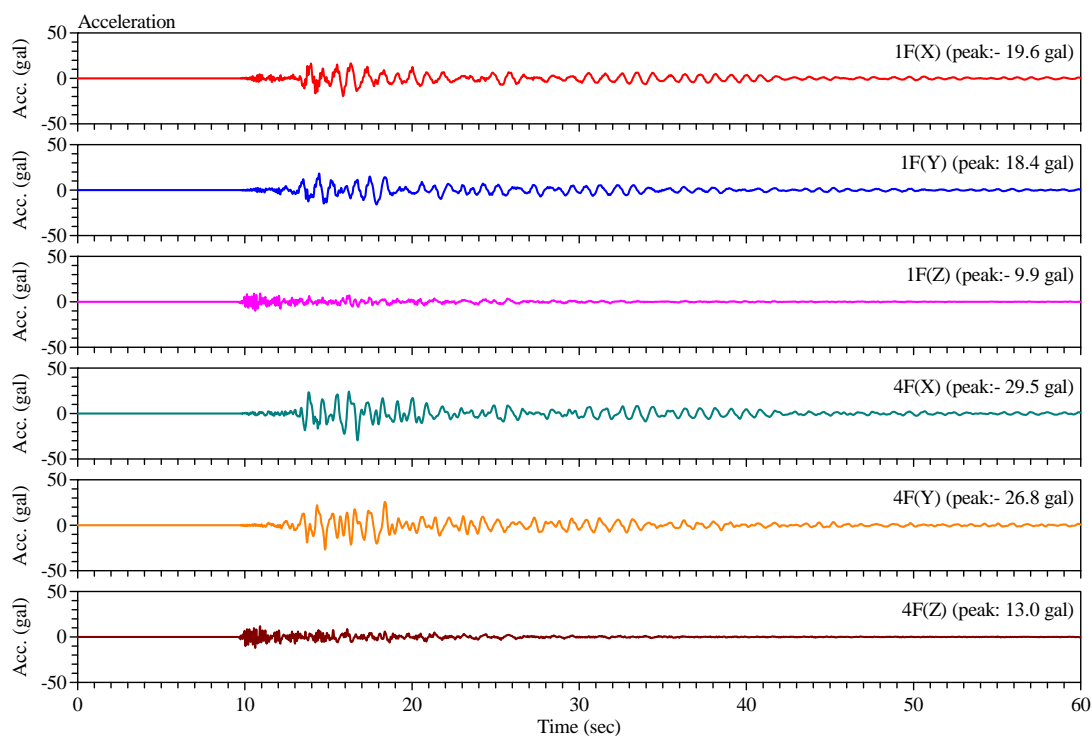


図-3.19 2007年3月28日13時05分の地震の強震記録

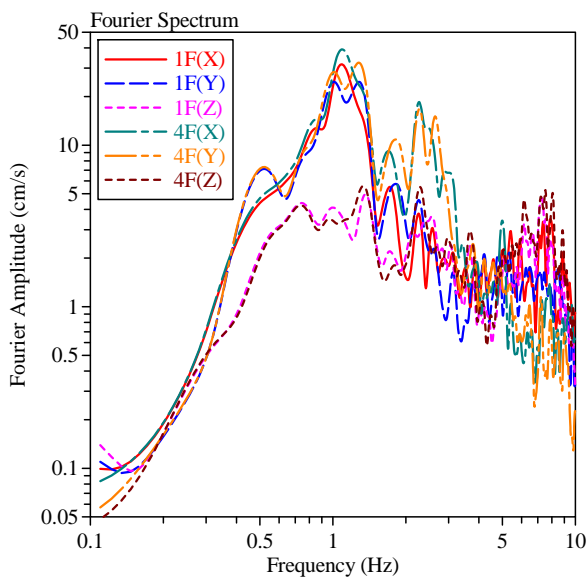


図-3.20 フーリエスペクトル

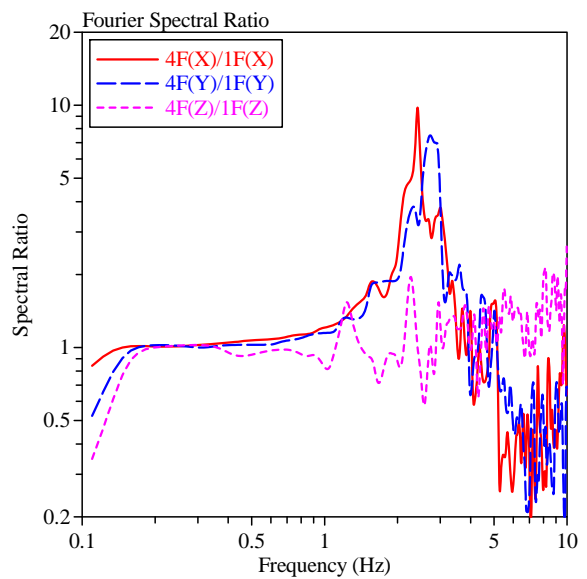


図-3.21 フーリエスペクトル比(4F/1F)

(2) 輪島市門前総合支所

(a) 観測状況

輪島市役所門前総合支所は輪島市門前走出の總持寺祖院参道脇に建つ RC3 階建、一部地下 1 階の建物である(写真-3.5、写真-3.6)。門前支所は L 字型の平面形状をしており、エクステンションジョイントにより 2 つの部分に分かれている。強震計は、東側の庁舎の地下 1 階(B1F)機械室、及び 3 階(3F)南端の議場避難用バルコニーに、計 2 台設置した(図-3.22、図-3.23、写真-3.7、写真-3.8)。観測期間は 2007 年 3 月 29 日より 5 月 1 日までである。



写真-3.5 門前支所概観(東から)



写真-3.6 門前支所概観(南東から)

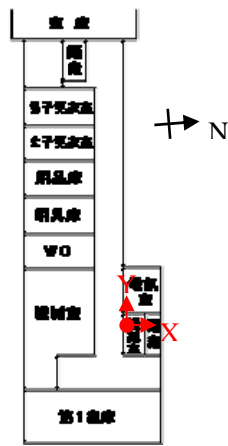


図-3.22 門前支所地下1階設置位置(見取り図は輪島市役所のホームページより)

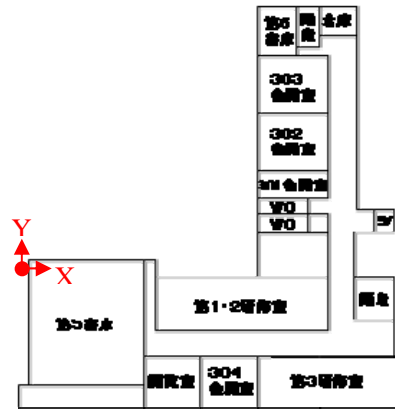


図-3.23 門前支所3階設置位置(見取り図は輪島市役所のホームページより)



写真-3.7 門前支所地下1階強震計設置状況



写真-3.8 門前支所3階強震計設置状況

(b) 観測記録

表-3.6 に、門前庁舎で観測された余震記録の一覧を示す。表中計測震度(I_s)は地下1階(B1F)の3成分の加速度記録から算出しており、最大加速度(PGA)はB1Fの3成分の最大加速度のうち最も大きな値を採っている。3月30日から4月28日の約1ヶ月間に観測された地震は34に及ぶ。このうち最大の加速度は3月31日08時09分の地震の 36 cm/s^2 、最大の計測震度は4月6日21時42分の地震の3.0であった。これらの地震も含め、8つの地震で震度3を観測した。

表-3.6 輪島市門前総合支所で観測された余震記録一覧

#	日時	震央地名	h (km)	M	Δ (km)	I_s	PGA
1	2007/03/30 02:05	Noto, Ishikawa Pref.	11	3.5	8	1.0	4.4
2	2007/03/30 04:18	Off Noto Pen.	8	3.1	3	1.5	10.5
3	2007/03/30 14:04	Off Noto Pen.	8	3.7	15	1.0	2.6
4	2007/03/31 01:30	Noto, Ishikawa Pref.	10	2.9	2	1.0	4.7
5	2007/03/31 08:09	Noto, Ishikawa Pref.	13	4.4	6	2.9	36.1
6	2007/03/31 15:34	Off Noto Pen.	6	3.3	9	1.5	5.6
7	2007/04/02 02:51	Off Noto Pen.	12	4.2	11	1.9	12.0
8	2007/04/02 08:01	Off Noto Pen.	7	4.1	14	2.4	20.1
9	2007/04/02 13:50	Noto, Ishikawa Pref.	8	3.2	0	1.2	7.9
10	2007/04/02 17:25	Off Noto Pen.	5	3.2	13	1.2	3.3
11	2007/04/02 21:49	Off Noto Pen.	8	3.3	4	2.7	22.1
12	2007/04/04 08:18	Noto, Ishikawa Pref.	7	3.9	4	2.6	18.2
13	2007/04/05 15:14	W Off Ishikawa Pref.	8	4.3	38	1.9	5.8
14	2007/04/05 22:43	Noto, Ishikawa Pref.	11	3.5	2	1.2	6.5
15	2007/04/06 15:18	Noto, Ishikawa Pref.	12	4.3	2	2.8	22.5
16	2007/04/06 21:42	W Off Ishikawa Pref.	7	4.7	37	3.0	16.9
17	2007/04/06 23:55	W Off Ishikawa Pref.	7	4.3	37	2.5	8.8
18	2007/04/07 18:28	Noto, Ishikawa Pref.	3	2.8	5	1.3	2.7
19	2007/04/08 00:15	Noto, Ishikawa Pref.	3	3.0	3	1.6	9.7
20	2007/04/10 16:50	Noto, Ishikawa Pref.	11	3.4	10	1.3	6.1
21	2007/04/11 22:11	W Off Ishikawa Pref.	8	4.3	39	1.6	3.7
22	2007/04/12 03:37	Off Noto Pen.	5	3.5	11	1.6	6.5
23	2007/04/14 00:28	Off Noto Pen.	3	3.5	8	1.8	5.2
24	2007/04/14 23:08	Off Noto Pen.	6	3.5	5	2.8	26.0
25	2007/04/14 23:45	Off Noto Pen.	6	2.7	5	1.7	9.4
26	2007/04/15 06:38	Off Noto Pen.	5	3.8	5	2.7	28.1
27	2007/04/16 07:24	Off Noto Pen.	5	2.8	8	1.0	4.5
28	2007/04/16 15:29	Off Noto Pen.		4.0	22	2.1	6.2
29	2007/04/24 16:24	Off Noto Pen.	6	2.7	2	1.9	27.6
30	2007/04/26 11:30	Noto, Ishikawa Pref.	11	3.9	6	2.4	14.7
31	2007/04/26 20:15	Off Noto Pen.	6	3.3	2	2.0	20.9
32	2007/04/27 09:06	Noto, Ishikawa Pref.	9	2.9	2	1.2	7.7
33	2007/04/28 03:15	Off Noto Pen.	5	3.8	9	2.1	13.2
34	2007/04/28 17:55	Noto, Ishikawa Pref.	4	3.2	5	1.7	9.2

h : 震源深さ(km), M : マグニチュード, Δ : 震央距離(km)、 I_s : 計測震度(B1Fの記録から算出), PGA : 最大加速度(B1Fの3成分の最大のもの cm/s^2)

これらの余震記録のうち、3月31日08時09分の地震で得られたB1F及び3階(3F)の加速度記録を図-3.24に示す。B1Fで 29 cm/s^2 から 36 cm/s^2 であった水平成分の最大加速度は3Fで 59 cm/s^2 から 89 cm/s^2 と2倍以上に増幅している。

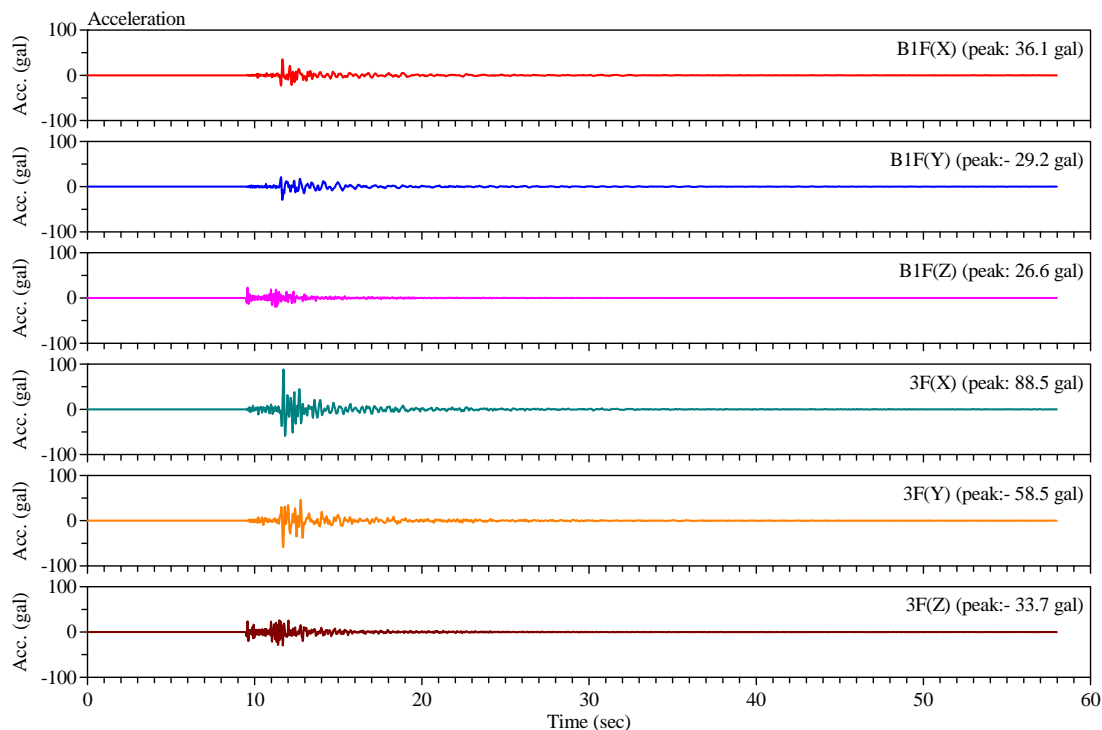


図-3.24 2007年3月28日13時05分の地震の強震記録

図-3.24の各加速度記録のフーリエスペクトルを図-3.25に表す。2 Hz程度までの低振動数成分では、X方向とY方向のB1F及び3Fともに大きな違いは見られず1 Hz前後にピークが観察できる。2 Hz以上の高振動数領域ではB1Fと3Fのフーリエスペクトルに違いが生じてきている。

図-3.26は3FのB1Fに対するフーリエスペクトル比である。実線がX方向、破線がY方向、点線がZ方向に対応する。輪島市役所の例ほど明瞭なピークとはなっていないが、最も高いピークの振動数はX方向で4.2 Hz、Y方向で4.7 Hzとなっている。上下動にもピークが表れる複雑な形状をしていることから、振動特性の特定には更に検討が必要である。

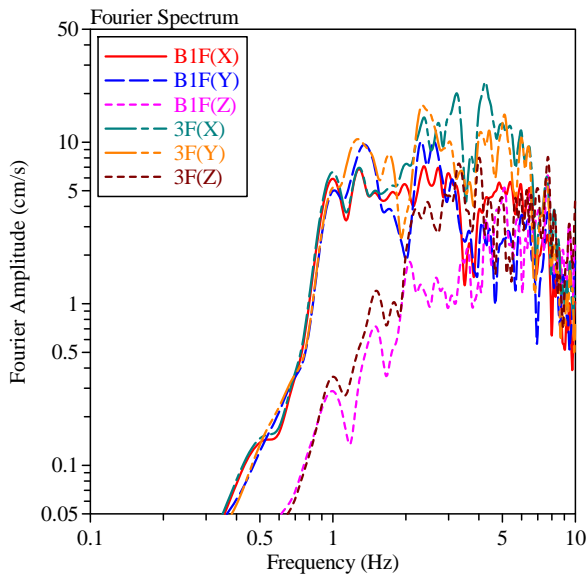


図-3.25 フーリエスペクトル

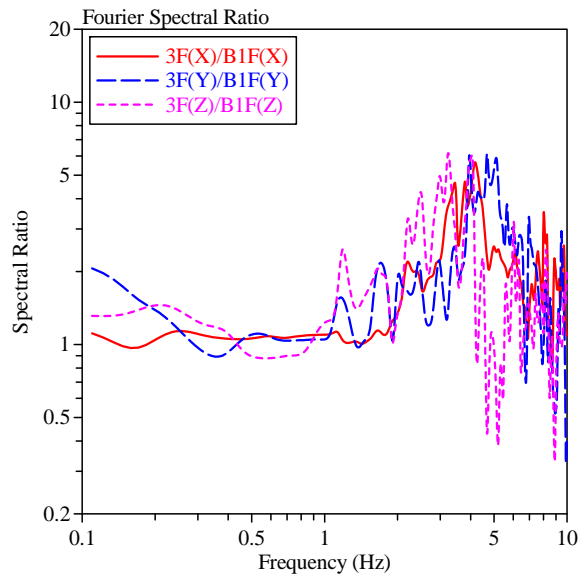


図-3.26 フーリエスペクトル比 (3F/B1F)

3.5 まとめ

2007年3月25日9時41分に発生した能登半島地震は、能登半島の西側の深さ11 kmを震源とする気象庁マグニチュード6.9の地震であった。発震機構は横ずれを含む逆断層で、震源から北東方向に約30 kmほど破壊が伝播したものと考えられる。

この地震によって、気象庁、石川県、及び防災科学技術研究所K-NETの震度観測地点のうち、七尾市田鶴浜町、輪島市鳳至町、輪島市門前町走出、穴水町大町の4箇所で震度6強を、能登半島中央部の9箇所で震度6弱を観測した。震度の大きな地域は概ね震源域の近傍となっている。

震度観測地点のうち気象庁及び防災科学技術研究所K-NETは強震記録が収録され、公開されている。このうち最も近い観測地点は震央距離が6.6 kmのK-NETの志賀町(ISK006)で最大加速度は 849 cm/s^2 (計測震度5.9)であった。また最も大きな計測震度は、震央距離19.4 kmのK-NET穴水(ISK005)で記録された6.3であった。

志賀町富来や輪島市ではそれぞれ気象庁(JMA)とK-NETの2つの観測地点が設置されている。いずれもK-NETは岩盤上に、JMAは堆積地盤上に観測地点があり、堆積層の増幅効果を反映した地震動特性の違いが観察された。特にJMA輪島の記録は1.8秒程度の周期成分の卓越が顕著なものであった。

建築研究所は地震発生の3日後の3月28日から輪島市役所及び輪島市門前支所を対象として余震観測を実施した。約1ヶ月の観測期間中に輪島市役所で9地震、門前支所で34地震の余震記録を得ることができた。

輪島市役所の1階の記録をJMA輪島やK-NET輪島の記録と比較したところ、輪島市役所の地震動の特性は30 m程度の堆積層のあるJMA輪島の特性に近いと判断できる。3月28日の余震記録では輪島市役所1F及びJMA輪島のいずれの記録にも1 Hz程度に表層地盤増幅に起因すると思われる卓越が観察できる。なお輪島市役所建物の固有1次振動数はX方向2.4 Hz、Y方向2.7 Hz程度と思われる。

門前支所の余震記録からは、建物3階で4 Hz強の振動の増幅が観察されたが、その挙動は複雑で、建物の振動特性の特定にはより詳細な検討が必要である。余震記録はある程度収集できたので、今後

地盤資料などの収集を行い、本震時の地震動の特性を推定する必要がある。

【参考文献/参照サイト】

- 3.1) 気象庁: 「平成 19 年 (2007 年) 能登半島地震」の特集, http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2007_03_25_noto/index.html
- 3.2) 八木勇治: 2007 年 3 月 25 日能登半島沖の地震, http://www.geo.tsukuba.ac.jp/press_HP/yagi/EQ/20070325/
- 3.3) 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/>
- 3.4) 防災科学技術研究所基盤強震観測網 KiK-net: <http://www.kik.bosai.go.jp/>
- 3.5) 日本地質図大系中部地方, 朝倉書店, 1991
- 3.6) 輪島地方合同庁舎地盤調査報告書, 建設省関東地方建設局金沢営繕工事事務所, 1983
- 3.7) 太田裕, 後藤典俊: 横波速度を推定するための実験式とその物理的背景, 物理探鉱, 第 31 巻第 1 号, pp.8-17, 1978
- 3.8) 輪島市役所建設部より入手