

# 2018年島根県西部の地震による被害地域での 臨時余震観測および微動観測

野口 竜也<sup>1</sup>・香川 敬生<sup>2</sup>・吉田 昌平<sup>3</sup>・山口 仁<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 鳥取大学大学院助教 工学研究科 (〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南4-101)  
E-mail: noguchit@tottori-u.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 鳥取大学大学院教授 工学研究科 (〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南4-101)  
E-mail: kagawa@tottori-u.ac.jp

<sup>2</sup>学生会員 鳥取大学大学院工学研究科 (〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南4-101)  
E-mail: D16T4003B@edu.tottori-u.ac.jp

<sup>3</sup>非会員 鳥取大学工学部 (〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南4-101)  
E-mail: B14T6061Y@edu.tottori-u.ac.jp

2018年4月9日に島根県西部の大田市付近を震源とするMj6.1の地震が発生した。震源近傍の島根県大田市の一部の地域で建物被害、液状化による被害が生じた。被害が発生した地域では、狭い範囲内で局所的に被害が発生していた。そこで本研究では、被害が集中した地域で臨時余震（強震）観測および微動観測を実施した。その観測記録を用いて地盤震動特性の把握と地盤構造の推定を行い、被害との関係を調べた。被害が多く発生した波根地区の微動H/Vの特徴としては1~3秒と0.2~0.5秒付近にピークがみられ、短周期側の卓越周期と建物被害が関係している可能性がある。余震観測による地震動H/Vは0.5秒以下の周期帯域で微動H/Vよりも大きくなる特徴がみられた。表層地盤は軟弱な砂もしくは粘土層が堆積しており、微動アレイ観測記録よりS波速度は110m/s~320m/sで層厚が最大で40m程度と推定され、短周期側の卓越周期に対応し、建物や地盤の被害に影響を及ぼしていると考えられる。

**Key Words :** *aftershock, microtremor, subsurface structure, Ohada area, 2018 west Shimane Prefecture Earthquake*

## 1. はじめに

2018年4月9日に島根県西部の大田市を震源とするMj6.1の地震の地震が発生した。断層のメカニズム<sup>1</sup>は、西北西-東南東(N85W)に圧縮軸を持つ鉛直横ずれ断層であり、明瞭な活断層が確認されていない地域で地震が発生した。この地域を含む山陰地方では地震活動が活発であり、2000年鳥取県西部地震(Mj7.3)、2016年鳥取県中部の地震(Mj6.6)など大規模な地震も起きている。

記録された最大震度は大田市役所で5強、大田市の広範囲で震度5強、市街域で震度6弱が推計されている<sup>2)</sup>(図-1)。市役所近傍のK-NET大田(SMN006)では震度6弱に相当する記録が得られている。この地震による被害としては、大田市の海岸部に近い波根地区および久手地区、震源近傍の三瓶志学地区は局所的に建物被害が生じた。また、波根東港では液状化により港湾施設に大きな被害が生じた。これらの被害が集中的に発生した原因を解明することは有意義であり、今後の地震防災や減災に

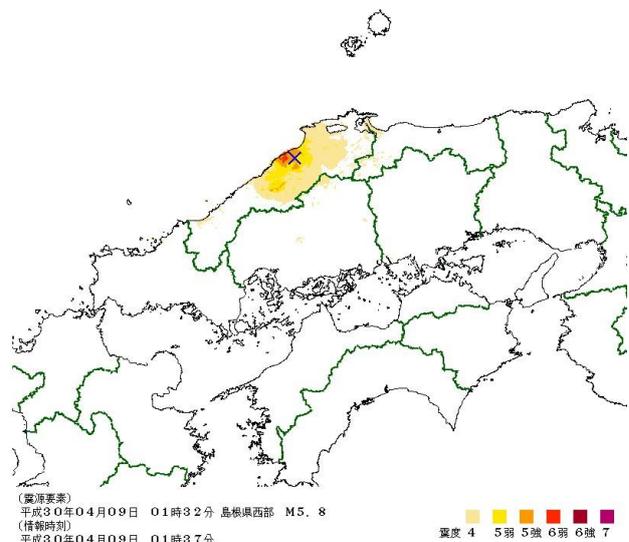


図-1 気象庁による推計震度分布図<sup>2)</sup>

対し大変重要な情報となりうる。

そこで本研究では、被害が集中した地域で臨時余

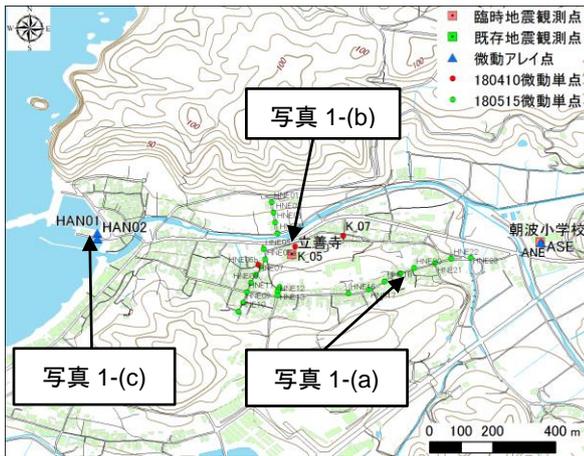


図-2 波根地区の観測点位置

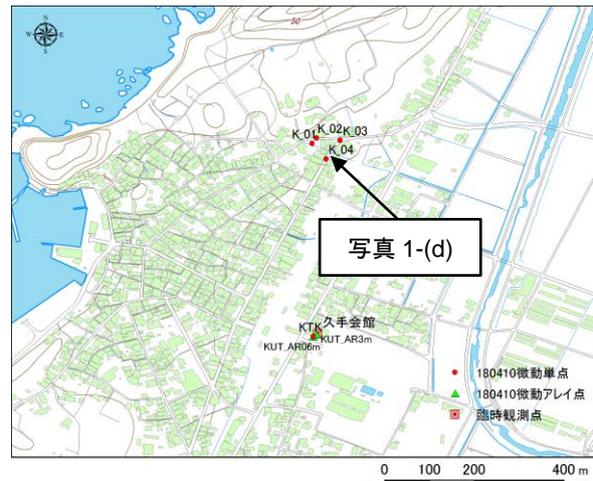


図-3 久手地区の観測点位置



図-4 三瓶志学地区の観測点位置



図-5 微動アレイの観測点位置

震（強震）観測および微動観測を実施した。その観測記録を用いて地盤震動特性の把握と地盤構造の推定を行い、被害との関係を調べた。

## 2. 観測

### (1) 被害状況

被害の概況としては、人的被害は重症2名、軽症7名、住家被害は633棟（全壊18棟、半壊57棟、一部損壊551棟）と報告されている<sup>3)</sup>。建物被害は海岸部の久手地区、波根地区、震源近傍の三瓶志学地区で局所的にみられた。現地視察では、被害建物の多くが屋根瓦の崩れ、壁の損傷が大半で、損傷の大きい建物は空き家や倉庫などの老朽化が激しいものに限定されていた。また、久手地区の被害エリアでは地盤流動・沈下による被害と思われる状況が観察された。波根東港では液状化により、港湾施設の地盤沈下とそれに伴う護岸、施設の損傷がみられた。被害状況を写真1に、写真の撮影位置を図-2、3に示す。なお、これらの図には後述の臨時余震観測点、微動観測点の位置も示している。

### (2) 対象地域の地形地質

地形および地質としては以下の通りである<sup>4)</sup>。既存の地震観測点（大田市役所、K-NET大田）がある大田市街の中新世の火山岩台地の裾に位置する。一方、被害がみられた久手地区、波根地区は、新第三紀中新世の堆積岩、火山岩で形成される山地に囲まれた平野部であり、第四紀完新世の堆積層が分布する。また、三瓶志学地区では第四紀火山の三瓶山の火山活動に伴うデイサイト溶岩、火砕堆積物や火山灰の堆積層が広がり、基盤として古第三紀の花崗岩が存在する。

### (3) 臨時余震観測

臨時余震観測点は、波根地区 2 地点（朝波小学校：Asanami、立善寺：Ryuzenji）、久手地区 1 地点（久手会館：Kute）、三瓶志学地区 1 地点（志学：Shigaku）の計 4 地点に設置した。大田市街の既設地震観測点（大田市、K-NET 大田：SMN006）および波根、久手地区における臨時観測点の位置をそれぞれ図-2、3 に三瓶志学地区の臨時観測点の位置を図-4 に示す。

設置期間は Kute と Asanami は 2018 年 4 月 10 日～7 月 4 日、Ryuzenji は 2018 年 5 月 15 日～現在



写真-1-(a) 老朽建物の被害(波根地区)



写真-1-(b) 立善寺の鐘樓の被害(波根地区)



写真-1-(c) 波根東港の液状化(波根地区)



写真-1-(d) 建物被害・地盤変動(久手地区)

(2018年8月31日時点)、Shigakuは2018年7月4日～現在(2018年8月31日時点)である。

観測機器としては加速度型地震計 JU410(白山工業製)を Kute, Asamami, Ryuzenji(5月15日～7月4日)、加速度型地震計 CV374A(東京測振製)を Ryuzenji(7月4日～現在)、Shigakuに用いた。いずれの機器とも観測方向は NS, EW, UD の3成分とし、サンプリング周波数は 100Hz、GPS クロックによる時刻校正、常時記録する仕様とした。測定レンジは JU410 では±1G(増幅倍率 5 倍)、CV374 では±2G である。設置環境としては、外部電源が確保でき、風雨を防ぐために建物内の玄関や軒先の硬質な基礎の上に設置した。また、地震時の地震計のずれ、ロッキングを防ぐために脚部をパテ等で簡易的に固定した。

#### (4) 微動観測

単点3成分観測を被害が集中的にみられた地域、臨時余震観測点など計49点で実施した。波根地区の被害が集中的にみられた地域については20～50m間隔の高密度な観測を27地点で実施している。計測機器には3成分の加速度型地震動計 JU410を用いた。JU410は長周期側で周期10秒程度までの微動が収録可能な機器とされる<sup>5)</sup>。観測方向は NS, EW, UD の3成分とし、増幅倍率は100倍に設定、サンプリング周波数100Hzもしくは200Hz、観測時間は

1地点10～15分間程度とした。

アレイ観測を既設地震観測点、臨時余震観測点、ボーリング地点、液状化被害地点など10地点(KUT, ASE, RGZ, HNK, K-NET, CTO, HAN01, HAN02, SGKpk, SGKrd)で実施した。アレイ観測の計測機器としては単点3成分観測と同じJU410を4台用いてGPSクロックにより同期させる仕様とした。地震計は円の中心に1台、円周上に3台を等間隔(内接する正三角形の各頂点)に配置させた。サンプリング周波数は200Hzとし、増幅倍率は単点3成分観測と同様に設定にした。アレイ半径は第四紀の堆積層のS波速度構造を把握することを前提として、観測場所の状況により0.6m～10mの範囲で設定した。微動観測点の位置を図-5に示す。

なお微動記録としては、全観測点において周期約0.1秒～3秒の周期帯で解析を行う上で十分な振幅レベルのものが得られていた。微動測定ではアスファルト舗装された道路上で出来るだけ水平な場所で、路肩に1m以上の段差や用水路の埋設管がないなどを確認して設置した。さらに風や日差し等の外的な影響を防止するためプラスチック容器等で地震計を覆う措置を施した。

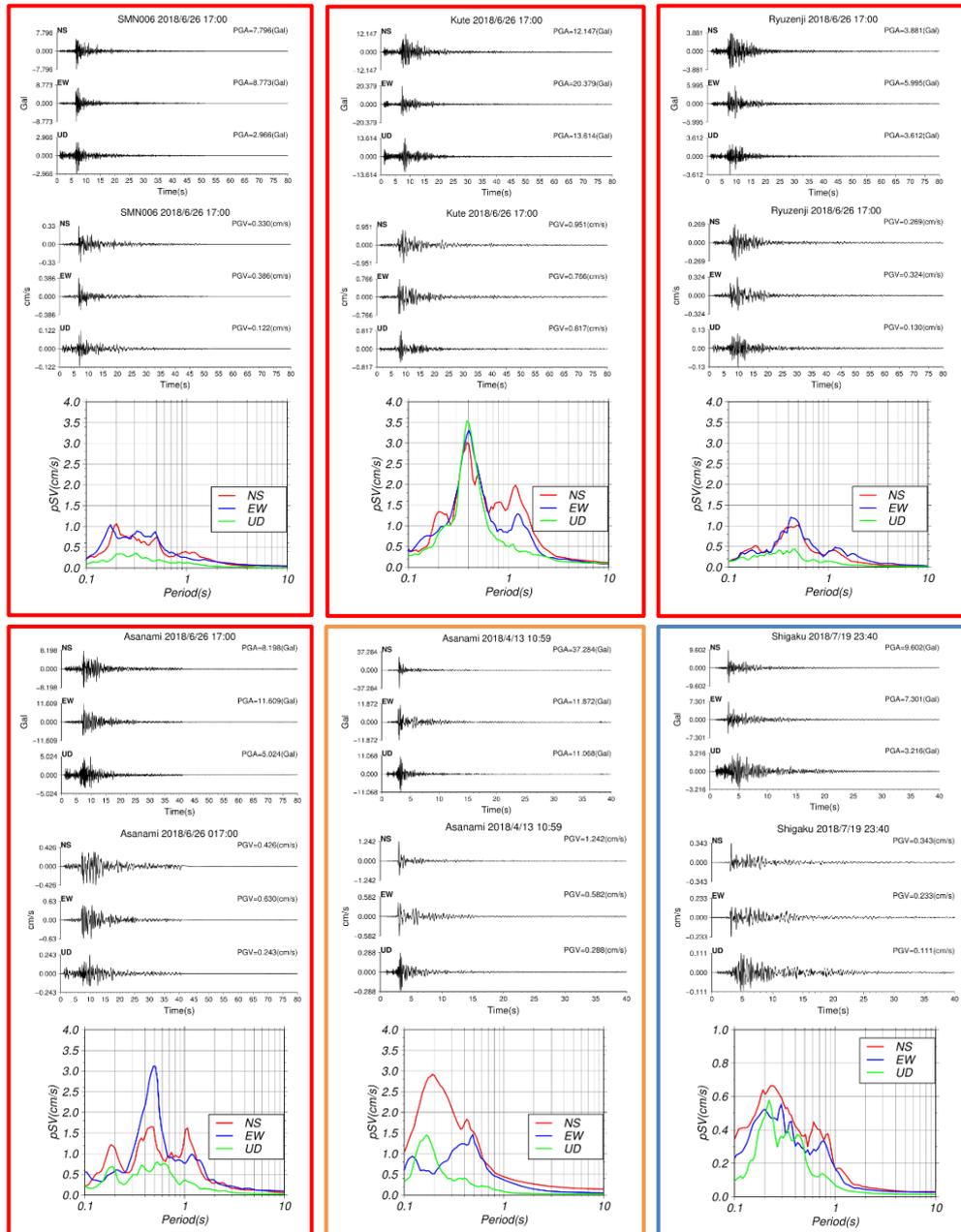


図-6 地震観測記録の例 (赤枠：2018年6月26日の地震;SMN006, Kute, Asanami, Ryuzenji)  
(橙枠：2018年4月13日の地震; Asanami, 青枠：2018年7月19日の地震; Shigaku)

### 3. 解析および結果

#### (1) 地震観測記録について

各臨時観測点とK-NET大田 (SMN006) の地震記録の例を図-6に示す。この図では上から順に、3成分の加速度、速度波形、疑似速度応答スペクトル(減衰定数5%)を示している。なお、疑似速度応答スペクトルはS波部分を含めた40.96秒間に対し、0.1~10Hzのバンドパスフィルター処理を施して、スペクトルを算出している。この図より各地点の特徴については以下の通りである。2018年6月26日の地震(赤枠)について、ピーク値がSMN006に比べKute, Asanamiが3倍程大きく、Ryuzenjiはほぼ同じであることがわかる。また、Kuteは0.3秒のピーク

ク値が3成分とも同じで1秒付近ではNSがEWより2倍程大きく、Asamamiは0.5秒付近のピーク値がEWがNSより2倍大きいという特徴がみられる。ただしAsamamiについては、他の地震(2018年4月13日発生、緑枠)では、NSがEWよりも有意に大きく、記録された多くの余震の震源域の地震では、このような関係になっている。この地点はすぐ近くに山があるため基盤の傾斜の影響が出ている可能性がある。Shgakuは0.7秒付近で水平動が上下動よりも大きく、これは他の地震でも同様であり、NSとEWはピーク周期に違いがみられるが、この関係は地震によって異なる。この地点は地質的に第四紀火山の三瓶山の火山堆積物が複雑に堆積していることが推察され、地震毎にスペクトルの特徴が変化することと関係し

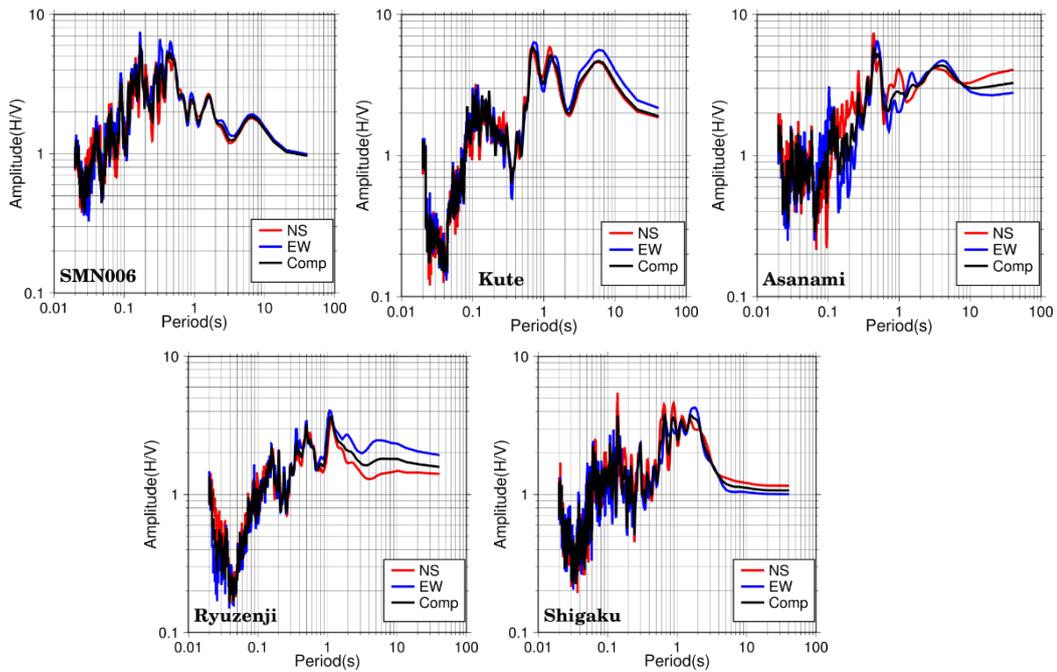


図-7 地震動のH/Vスペクトル

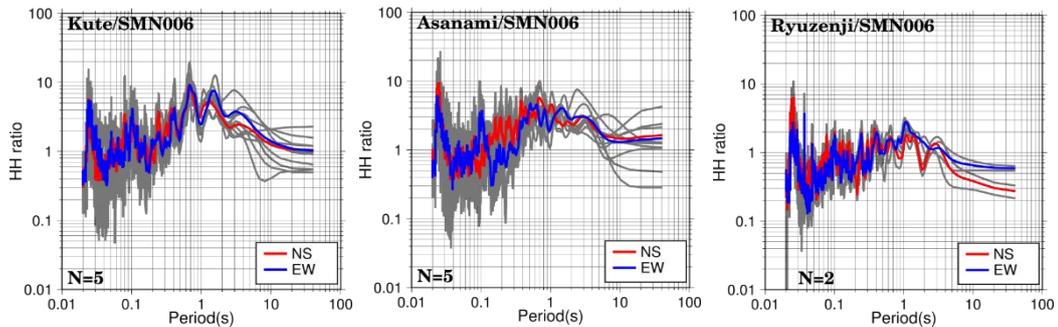


図-8 SMN006を基準としたH/Hスペクトル

表-1 計測震度の比較

観測点	4/13 10:59	4/14 07:48	4/23 01:01	6/18 07:59	6/26 17:00	平均震度差
SMN006	1.79	1.37	2.86	0.92	1.78	-
Kute	1.88	1.41	3.11	2.27	2.69	0.528
Asanami	2.42	1.68	3.35	1.92	2.24	0.578
Ryuzenji	-	-	-	0.98	1.66	-0.03

ていると思われる。

図-7には3成分のフーリエスペクトルより水平動（南北成分：NS，東西成分：EW，NS・EW成分を相乗平均で合成したもの：COMP）と上下動（UD）のスペクトル比（以下H/Vスペクトルと称す）を示している（上図）。フーリエスペクトルは、S波を含む40.96秒もしくは81.96秒の区間について、0.2HzのParzenウィンドウで平滑化し算出している。図-7より全地点の特徴として、0.5秒付近を境に短周期側と長周期側に複数のピークがみられ、特に0.5～2秒の周期帯のピークが大きい傾向がある。5秒以上のピークについては、地震によってばらつきが大きいことと、地震計の特性上十分な精度が確保出来て

いない可能性があるため注意が必要である。後述の微動H/Vと比較すると、短周期側のピークが微動よりも有意に大きい。

図-8に臨時余震観測点（Kute，Asanami，Ryuzenji）水平動のフーリエスペクトルをSMN006のもので除した比（H/Hスペクトル）を示す。なお、H/Hスペクトルを求める際に各地点の震源距離に大きな差がないため、幾何減衰の違いの補正は施していない。臨時観測点はSMN006に比べ、0.3秒以下ではほぼ同程度、それ以上の周期帯では大きく、周期0.7～1秒でピークがみられ、その値はKuteで10程度、Asanamiで7倍、Ryuzenjiで3倍程度となっている。表-1に各観測点の計測震度を示す。Kute，Asanami

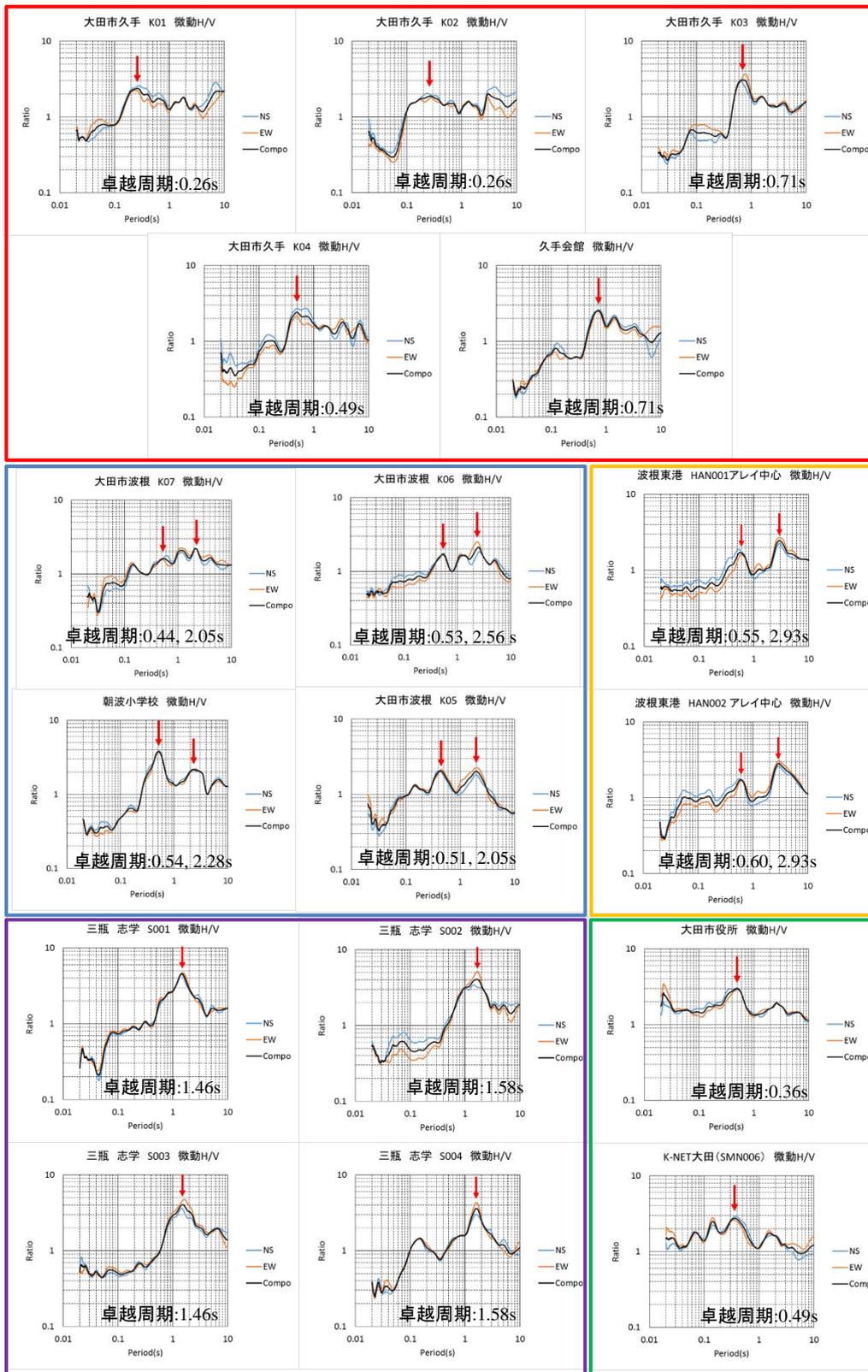


図-9 微動 H/V スペクトルの例 (久手地区：赤枠、波根地区：青枠、波根東港：橙枠、紫枠：三瓶志学地区、大田市街地区：緑枠)

ではSMN006より0.5程度（震度階級で1程度）の差で優位に大きくRyuzenjiではほぼ同程度となっている。これらのことから、SMN006に比べ、Kute、Asanamiではサイト増幅の影響が大きいことが考えられる。これは後述の微動観測による地盤構造モデ

ルより、S波速度200m/s程度以下の堆積層による地盤増幅が関係していると思われる。

(2) 微動の単点3成分観測記録について  
微動の単点3成分記録については、交通振動など

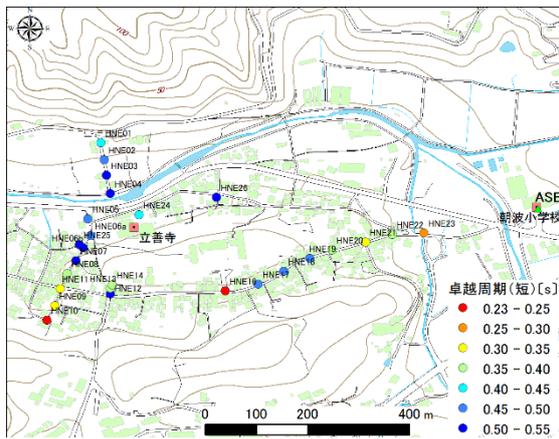


図-10 波根地区の卓越周期分布(短周期側)

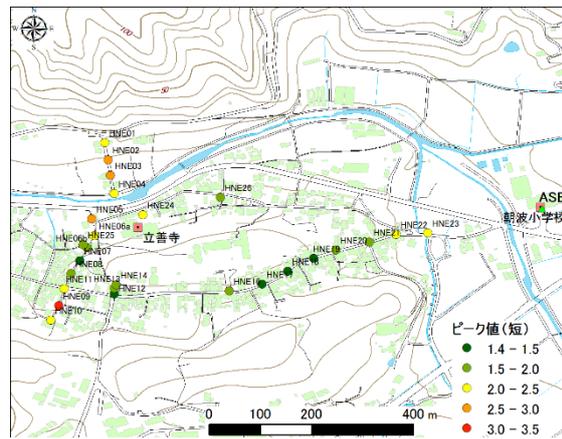


図-11 波根地区のピーク値分布(短周期側)

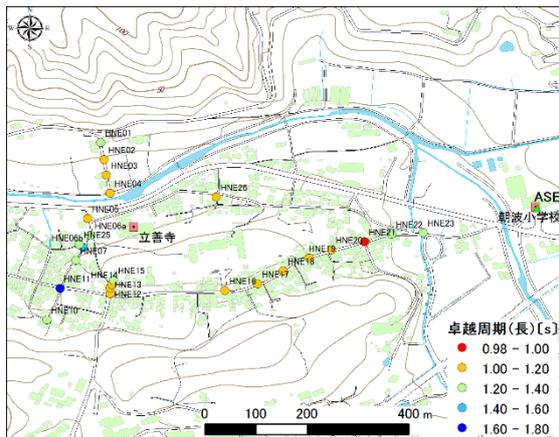


図-12 波根地区の卓越周期分布(長周期側)

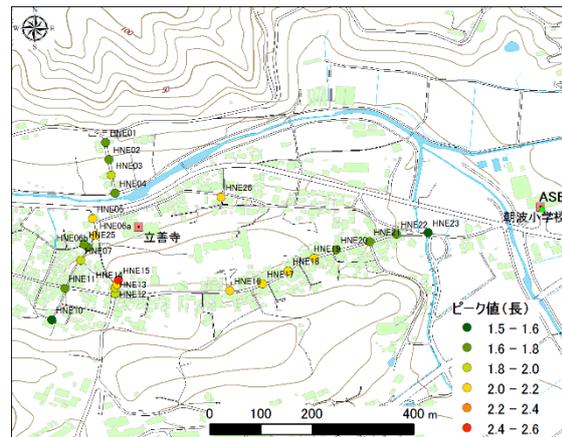


図-13 波根地区のピーク値分布(長周期側)

の非定常な波形が含まれない安定した20.48秒間の区間を目測により10区間以上選定しフーリエスペクトルを求め、係数20のLogウィンドウ<sup>6)</sup>で平滑化し、平均スペクトルを求めた。得られた3成分のフーリエスペクトルからH/Vスペクトルを求め、目視により卓越周期を読み取った。図-9にH/Vスペクトルの例を示す。全体のH/Vスペクトルの特徴としては、0.3~1秒付近に明瞭なピークがみられる。久手地区(赤枠)ではピークが一つのみ明瞭にみられる。波根地区(青枠)と波根東港(橙枠)では複数のピークがみられるが、朝波小学校では0.5秒のピークが特に明瞭で短周期側がK05~K07と比べ有意に小さくなっている。三瓶志学地区(紫枠)では、1.5秒付近に明瞭なピークがみられる。大田市街地区(緑枠)では0.4秒付近に明瞭なピークがみられる。波根、久手地区にみられた建物被害について、短周期側の卓越周期と木造建物の固有周期(0.3~0.4秒)の一致による共振により初期破壊(屋根瓦や外壁の損傷)が生じた可能性がある。ただし、被害がみられた三瓶地区については短周期側にピークがみられず、波根・久手地区とは別の要因があると思われる、今後の検討課題である。

波根地区については、高密度(23地点)でH/Vスペクトルが得られており、卓越周期とそのスペクトル比(ピーク値)の分布図を作成した。23地点の特徴としてはK05~07と同様に複数のピークがみられ

ため、卓越周期の棲み分けとしては、近接地点の位置的な連続性を考慮して、0.2~0.4秒付近の短周期側のピークと1~3秒付近の長周期側のピークに分けて、それぞれの卓越周期とそのピーク値の分布図を作成した。短周期側のピークに対する卓越周期とピーク値の分布図がそれぞれ図-10, 11, 長周期側のピークに対する卓越周期とピーク値の分布図がそれぞれ図-12, 13である。短周期側の卓越周期(図-9)について、谷地形を南北に横断する測線(HNE01~10)では谷の中央部ほど長周期となっており、谷と平行な東西方向には東ほど短周期になっている。これは後述する地盤構造モデルより、S波速度200m/s前後の軟弱な地盤の層厚に対応していると思われる。また、ピーク値分布(図-10)分布の特徴として、立善寺より北側と南側の山地境界部で大きくなる傾向がみられ、周囲よりもS波速度が遅くなっている可能性がある。長周期側の卓越周期分布(図-11)は地形とは関係なく大きな変動がみられないが、ピーク値分布(図-12)では中央付近(HNE05, 06a, 14, 15, 26, 16~18)で大きくなるような分布傾向がみられる。長周期側のピークは、地盤構造はS波速度500m/s以上の硬質な地盤の層厚に対応していると考えられる。

### (3) 微動のアレイ観測記録について

微動のアレイ観測の記録については、解析パッケ

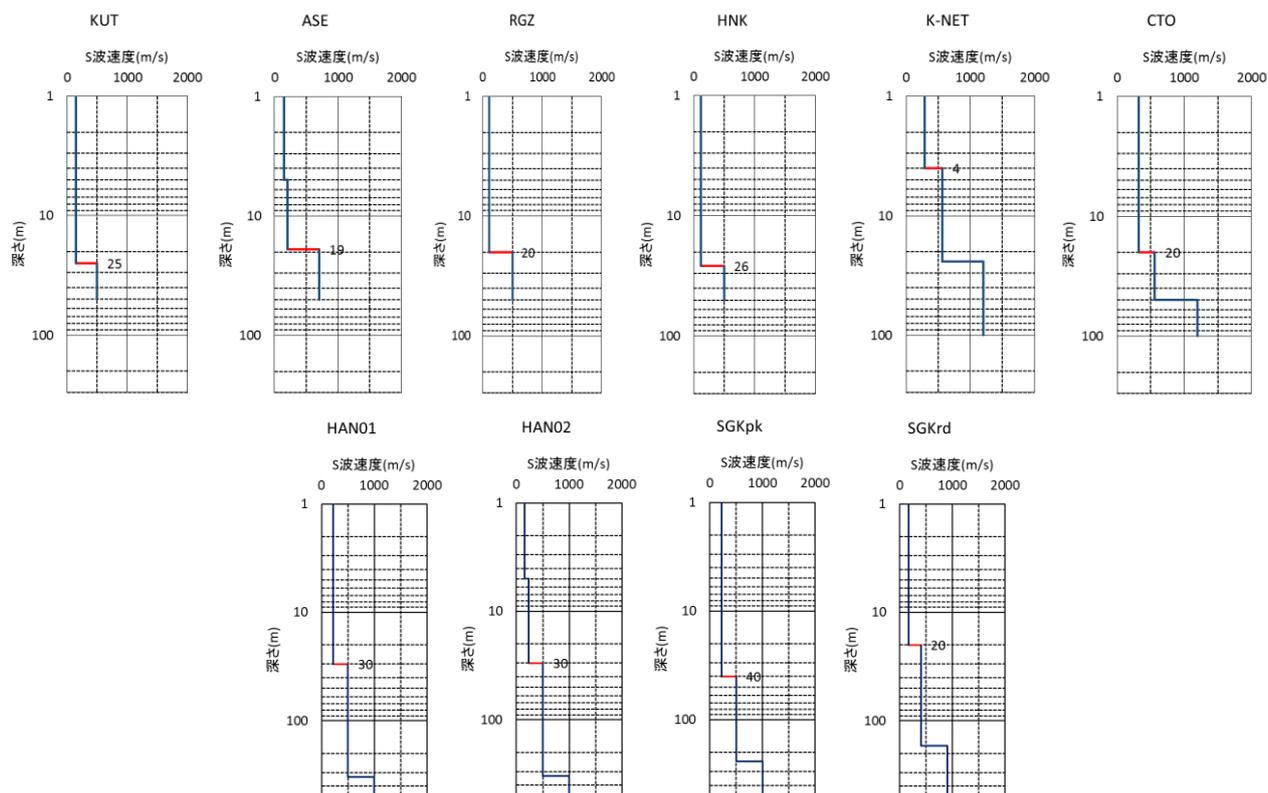


図-14 S波速度構造モデル

ージツール BIDO Ver. 2.0<sup>7)</sup> を用いることにより、CCA 法<sup>8)</sup>、nc-CCA 法<sup>9)</sup>に基づき位相速度分散曲線を推定した。主として CCA 法の結果を用いたが、一部の地点で CCA 法の結果のみでは分散曲線が十分に得られなかったり、半径毎の分散曲線が連続しない場合があり、その場合は nc-CCA 法で得られた結果を採用した。解析の設定条件として、セグメント長を 10.24 秒 (SGLpk, SGKrd では 5.12 秒) として微動記録の RMS 値を用いた自動抽出により少なくとも 5 区間以上を選択し、それらの区間のパワースペクトルをバンド幅 0.3Hz (SGLpk, SGKrd では 0.5Hz) のパーゼンウィンドウで平滑化したのち平均化し、位相速度分散曲線を求めた。各半径で得られた位相速度分散曲線を連続性を考慮して各観測点でまとめた。付録図- 1 に位相速度分散曲線を示す。

この位相速度分散曲線とアレイの中心の 3 成分記録より得られた H/V スペクトル (付録図- 2) を用いて、フォワードモデリングにより地盤構造モデルを推定した。パラメータの設定として、ボーリングデータ<sup>10)</sup>や K-NET 大田の PS 検層のデータを参考に位相速度分散曲線が説明できる S 波速度を決定し、層厚を変化させてモデリングを行った。密度は既往の研究<sup>11)</sup>を参考に、P 波速度は S 波速度の換算式<sup>12)</sup>により設定している。図-14 に S 波速度構造モデル、付録表- 1 に地盤構造モデルの地盤物性値を示す。

地盤構造としては、最上層の S 波速度は 110~320m/s であり、その層厚 (図-13 の赤線の位置、数字は層厚を示す) は KNET を除き概ね 20~40m とかなり厚い。前述の地震動 H/V スペクトルと微動

H/V スペクトルの短周期側の卓越周期がこの層の深さの地盤構造に対応していると考えられる。S 波速度は被害がみられた波根、久手、三瓶志学地区では、被害がみられなかった大田市街 (CTO, KNET) 地区に比べ小さく、それに伴い地盤増幅度が大きくなり、被害状況の差に影響していると考えられる。波根東港について、液状化で地盤沈下した地点 (HAN01) と地盤沈下していない地点 (HAN02) であり、HAN02 には存在する S 波速度 150m/s の層が HAN01 にはみられないことから、液状化により地盤が締め固められて硬質になった可能性がある。

今後はこれらの地盤構造モデルを基にして地盤応答解析を行い、その結果を用いて建物の応答特性の解析を行うなど、各種被害との関連性について詳細な検討をする予定である。

#### 4. まとめ

2018年4月9日に島根県西部の地震において、被害が発生した地域において臨時余震観測と微動観測を実施、地盤震動特性の把握と地盤構造を推定した。その結果、以下のことがわかった。

- 現地視察より、この地震による建物被害としては、屋根瓦や外壁の損壊など軽微なものが大半で、老朽化した建物で大きな損傷がみられた。また、液状化による地盤沈下や港湾施設の被害もみられた。
- 被害が多くみられた地域内において、臨時地震観測点を4地点設置し、各地点の地震観測記

付録表-1 地盤構造モデルの地盤物性値

ASE(朝波小学校)				KUT(久手会館)				RGZ(ロード銀山)			
層厚(m)	$\rho(t/m^3)$	Vp(m/s)	Vs(m/s)	層厚(m)	$\rho(t/m^3)$	Vp(m/s)	Vs(m/s)	層厚(m)	$\rho(t/m^3)$	Vp(m/s)	Vs(m/s)
5	1.5	1460	150	25	1.5	1460	150	20	1.5	1460	110
14	1.7	1510	200	$\infty$	2.1	1850	500	$\infty$	2.1	1850	500
$\infty$	2.1	2070	700								

HNK(花木センター)				CTO(大田市役所)				KNET(K-NET大田)			
層厚(m)	$\rho(t/m^3)$	Vp(m/s)	Vs(m/s)	層厚(m)	$\rho(t/m^3)$	Vp(m/s)	Vs(m/s)	層厚(m)	$\rho(t/m^3)$	Vp(m/s)	Vs(m/s)
26	1.5	1420	120	20	1.7	1650	320	4	1.5	1610	290
$\infty$	2.1	1850	500	30	2.1	1910	560	20	1.7	1910	560
				$\infty$	2.2	2620	1200	$\infty$	2.1	2620	1200

HAN01(波根東港 地盤沈下有り)				HAN02(波根東港 地盤沈下無し)			
層厚(m)	$\rho(t/m^3)$	Vp(m/s)	Vs(m/s)	層厚(m)	$\rho(t/m^3)$	Vp(m/s)	Vs(m/s)
30	1.9	1550	220	5	1.6	1460	150
330	2.0	1850	500	25	1.9	1550	230
$\infty$	2.4	2400	1000	300	2.0	1850	500
				$\infty$	2.4	2400	1000

SGKpk(志学 駐車場)				SGKrd(志学 道路上)			
層厚(m)	$\rho(t/m^3)$	Vp(m/s)	Vs(m/s)	層厚(m)	$\rho(t/m^3)$	Vp(m/s)	Vs(m/s)
40	1.9	1550	230	20	1.9	1480	170
200	2.0	1850	500	150	2.0	1730	400
$\infty$	2.4	2400	1000	$\infty$	2.4	2290	900

録より周波数特性が把握できた。どの地点も地震動のH/Vスペクトルから0.1~0.2秒付近と1~2秒付近に明瞭なピークがみられた。

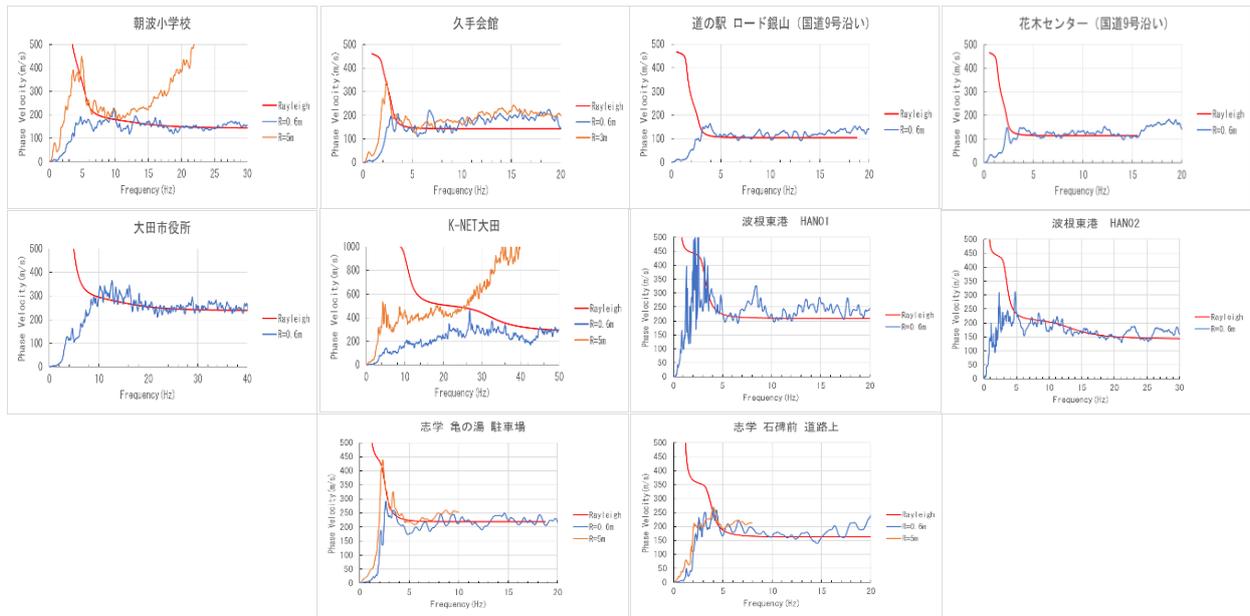
- c) 微動の単点3成分観測記録よりH/Vスペクトルが得られ、卓越周期は0.2~0.4秒付近と1~3秒付近に明瞭なピークがみられた。高密度に観測した波根地区では、地形や地盤構造の特性を反映して、H/Vスペクトルの卓越周期やピーク値が変動することがわかった。
- d) 微動のアレイ観測から地震観測点など10地点のS波速度構造が推定できた。S波速度100~1200m/sの地盤構造モデルが得られ、表層のS波速度は110~320m/sで、その層厚は最大で40m程度であった。

今後は建物・地盤被害と地盤震動特性、地盤構造との関連性について、地盤応答解析や建物の応答特性の解析など、より詳細に検討する予定である。

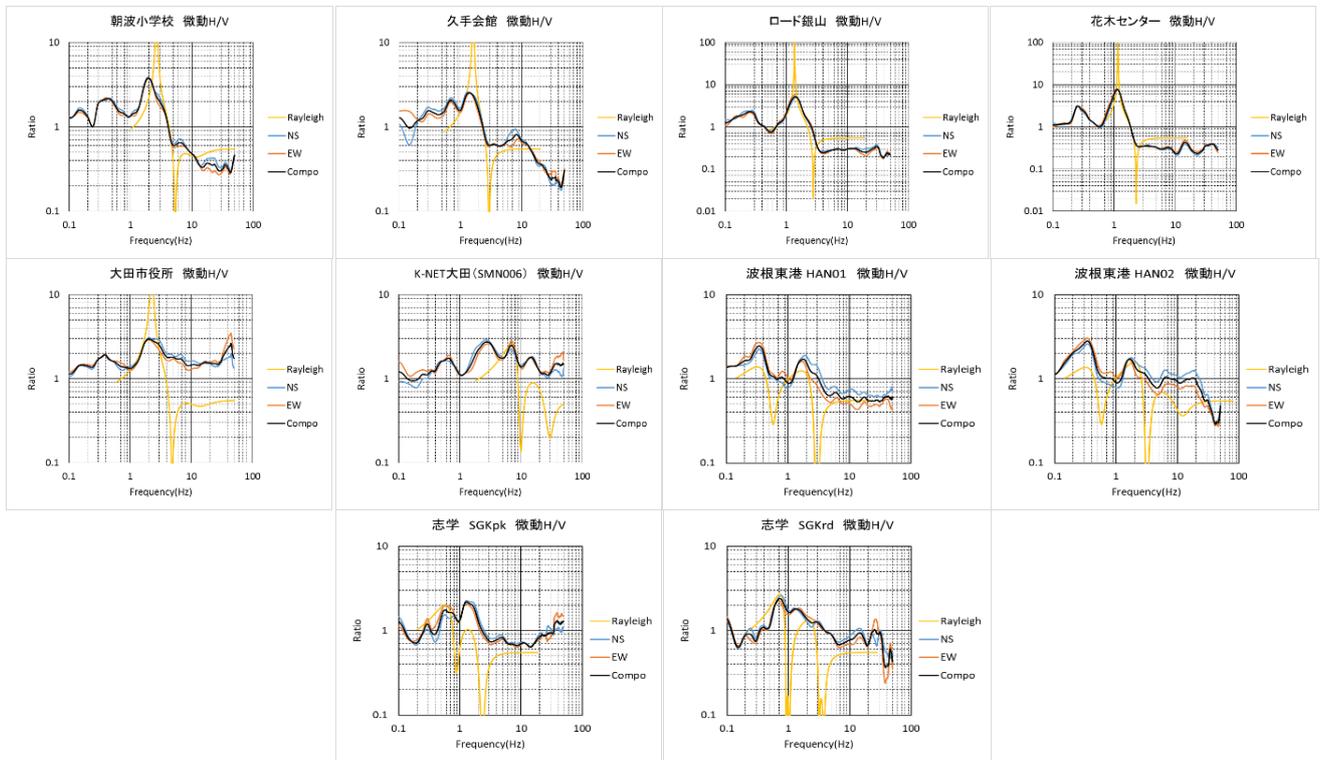
**謝辞**：本研究は防災科学技術研究所のF-netと気象庁による震度情報を使用しました。また、防災科学技術研究所のK-NETの地震記録およびPS検層の情報を使用しました。臨時地震観測点の設置にあたり大田市役所、立善寺の方々には場所の提供、電源の利用等の便宜を図って頂きました。臨時地震観測の設置・保守および微動観測では、鳥取大学工学部地圏環境工学研究室所属の学生諸君に協力して頂きました。観測点位置、結果の地図の基図には国土地理院の基盤地図情報を用いました。

## 参考文献

- 1) 福山英一, 石田瑞穂, Dougals, S.D, 河合啓廉: オンライン広帯域地震データを用いた完全自動メカニズム決定, 地震2, 第51巻, pp.149-156, 1998.
- 2) 気象庁ホームページ「推計震度分布図, 2018年04月09日01時32分島根県西部M5.8」([https://www.data.jma.go.jp/svd/eeew/data/suikai/201804090132\\_571/201804090132\\_571\\_1.html](https://www.data.jma.go.jp/svd/eeew/data/suikai/201804090132_571/201804090132_571_1.html)), 最終閲覧日2018年8月31日.
- 3) 島根県ホームページ, 「平成30年4月9日の島根県西部を震源とする地震についての情報」([https://www.pref.shimane.lg.jp/emergency/em\\_bosai/shimaneseibujishin.data/hp23.pdf](https://www.pref.shimane.lg.jp/emergency/em_bosai/shimaneseibujishin.data/hp23.pdf)), 最終閲覧日2018年8月31日.
- 4) 地質調査所: 20万分の1地質図幅「浜田」, 1988.
- 5) 先名重樹, 安達繁樹, 安藤浩, 荒木恒彦, 飯澤清典, 藤原広行: 微動探査観測システムの開発, 第115回物理探査学会学術講演会予稿集, pp.227-229, 2006.
- 6) 紺野克昭, 大町達夫: 常時微動の水平/上下スペクトル比を用いる増幅倍率の推定に適した平滑化とその適用例, 土木学会論文集, No.525/I-33, pp.247-259, 1995.
- 7) 長郁夫, 多田卓, 篠崎祐三: 一般理論が切り開く微動アレイの可能性: 解析ツールBIDOの公開, 日本地震学会講演予稿集, 2009.
- 8) Cho, I., Tada T. and Shinozaki Y.: Centerless circular array method: Inferring phase velocities of Rayleigh waves in broad wavelength ranges using microtremor records, *J. Geophys. Res.*, 111, B09315, 2006.



付録図-1 位相速度分散曲線 (橙線・青線; 各半径での観測値, 赤線; Rayleigh 波の理論値)



付録図-2 アレイ中心の H/V スペクトル

(凡例: COMP; 水平動合成, NS; 南北方向, EW; 東西方向, UD; 上下方向, 赤線; Rayleigh 波の理論値)

- 9) Tada, T., I. Cho, and Y. Shinozaki : Beyond the SPAC method: exploiting the wealth of circular-array methods for microtremor exploration, *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol.97, pp.2080-2095, 2007.
- 10) 中国地方基礎地盤研究会 : 山陰臨海平野地盤図'95, 1995.
- 11) 野口竜也, 西田良平, 岡本拓夫, 平澤孝規 : 人工地震, 微動, 重力観測による鳥取平野の地盤構造の推定, 土木学会地震工学論文集, Vol.27, No.197, 2003.
- 12) 狐崎長琅, 後藤典俊, 小林芳正, 井川猛, 堀家正則, 斉藤徳美, 黒田徹, 山根修一, 奥住宏一 : 地震動予測のための深層地盤 P・S 波速度の推定, 自然災害科学, 9-3, 4-10, 1990.

# OBSERVATION OF AFTERSHOCK DUE TO THE 2018 WESTERN SHIMANE PREFECTURE EARTHQUAKE AND MICROTREMOR OBSERVATION IN THE STRUCTURAL DAMAGE AREA OF SHIMANE PREFECTURE, JAPAN

Tatsuya NOGUCHI, Takao KAGAWA, Shohei YOSHIDA and  
Yoshito YAMAGUCHI

An earthquake (Mj6.1) occurred in vicinity Ohda city western Shimane Prefecture in Japan on April 9, 2018. We conducted aftershock (strong motion) observation at several temporary sites in this area with housing damages. Characteristics of site amplification effect of the temporary sites were understood from analysis of seismic data. Also, microtremor observations were carried out to estimate the characteristic of ground vibration in the damage area. Microtremor H/V spectra and a distribution of the predominant period were obtained from observation data. In addition, we checked the relationship between site effects S-wave velocities, H/V of microtremor and strong ground motion. As a result, it was found that maximum thickness of the weak soil subsurface layer is 40m and a short period component of predominant period about 0.2-0.4 seconds may have influenced structural damage.