

## 微動探査から推定される郷村断層(京都府京丹後市)近傍の地盤構造

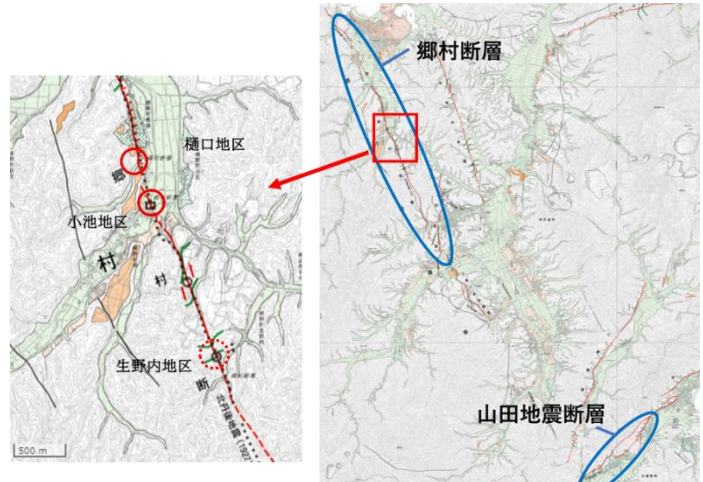
鳥取大学 学生会員 ○末久 由香子

鳥取大学 正会員 香川 敬生

鳥取大学 正会員 野口 竜也

## 1. はじめに

1927年(昭和2年)に発生した北丹後地震(M7.3)により、郷村断層と山田断層が地表地震断層として出現した。郷村断層については現在、国指定の天然記念物として樋口地区、小池地区、生野内地区で地表地震断層が保存されている<sup>1)</sup>。本研究では樋口地区と小池地区において微動探査を実施することで郷村断層近傍の地盤構造を推定することを目的とする。

図1 郷村断層、山田断層位置に加筆<sup>2)</sup>

## 2. 観測概要

微動卓越周期を得るための3成分単点観測を樋口地区で16点、小池地区で32点、合計48点で行った。地表断層の延長線上を断層の推定線とし、観測点の間隔は断層推定線直近では2m、その周辺で10m、観測時間は10~20分で実施した。速度構造を推定するためのアレイ観測を樋口地区の1地点、小池地区の2地点でアレイ半径を変えて行った。観測コードは樋口地区がGMH、小池地区が

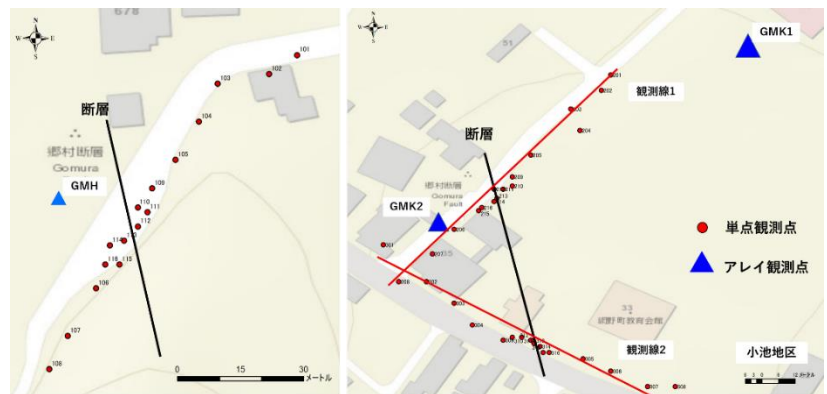


図2 3成分単点観測とアレイ観測の観測点位置

GMK1, GMK2とした。アレイ半径はGMHで1m, 3m, 5m, 10mの4展開, GMK1は1m, 3m, 5m, 10m, 20mの5展開, GMK2は1m, 3mの2展開で設置した。観測時間は10~20分で実施した。観測機器は白山工業製のJU410を使用し、サンプリング周波数は200Hzとした。

キーワード 微動探査 郷村断層 北丹後地震

連絡先 鳥取大学 工学部 社会システム土木系学科 地圏環境工学研究室

TEL : 0857-31-5641

### 3. 解析方法

3成分単点観測の解析には Tremor Data View<sup>3)</sup>を使用した。観測で得られた微動波形をフーリエ変換し、対数ウィンドウ関数<sup>4)</sup>で平滑化し、フーリエスペクトルを求めた。水平動成分のスペクトルを相乗平均し、上下動成分とのスペクトル比を取り、H/Vとした。

アレイ解析には BIDO2.0<sup>5)</sup>の CCA 法<sup>6)</sup>を用いて位相速度分散曲線を求めた。求めた位相速度分散曲線と H/V スペクトルから地盤構造モデルを推定する。地盤構造モデルを推定する際、 $V_s=600\text{m/s}$  より速い層は J-SHIS<sup>7)</sup>の深部地盤データを引用して推定を行った。また、アレイ観測により推定した位相速度と 3成分単点観測により求めた卓越周期から、4分の1波長則を用いて、各点の層厚を推定した。

### 4. 結果と考察

小池地区の 3成分単点観測の結果、アレイ観測による地盤構造モデル、層厚断面図について結果を示し考察を行う。

#### 4.1 3成分単点観測

3成分単点観測から得られた卓越周期より、小池地区では断層の西側では短周期、東側では長周期になる傾向がみられた(図3)。また、観測線2における断層東側の観測点の H/V スペクトルは他の観測点に比べピーク値が小さく、不明瞭な点がみられた。このエリアには他の観測点とは違う地盤があると考えられる。断層近傍では他の地表地震断層<sup>8)</sup>と同様に H/V スペクトルの NS 成分と EW 成分の異方性がみられた(図4)。

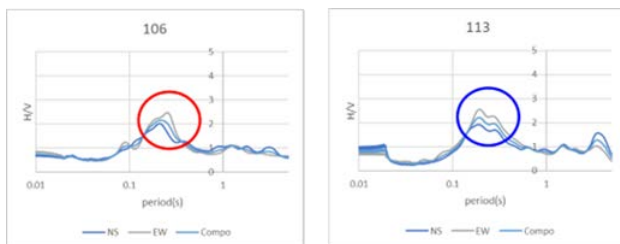


図4 NS/EW 成分の異方性の例

#### 4.2 アレイ観測

小池地区で行ったアレイ観測結果から地盤構造モデルを作成した。推定した地盤構造モデル、位相速度分散曲線に地盤構造モデルから得られた理論位相速度分散曲線を重ねた結果、及び H/V 図と地盤構造モデルから得られた H/V スペクトルを重ねた結果を図3、図4に示す。これら2つの観測結果を総合的に説明できるように地盤構造を推定している。

推定した地盤構造モデルより、全ての観測点で  $V_s=130\text{m/s}$  と推定される低速度層がみられた。また、断層東側に比べ西側の方が表層と工学的基盤層との S 波速度のコントラストが大きくなる結果となった。

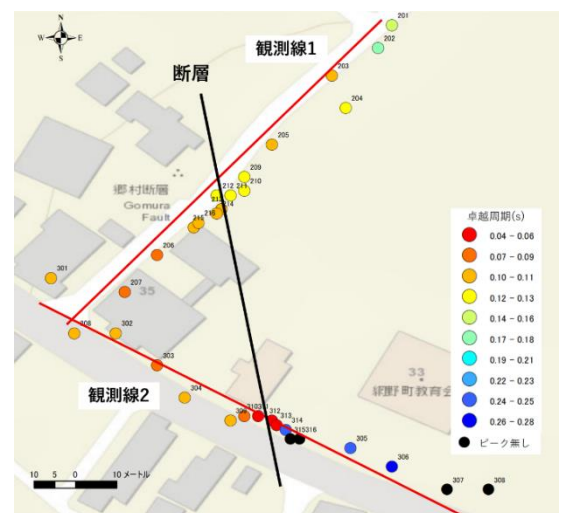


図3 卓越周期分布(小池地区)

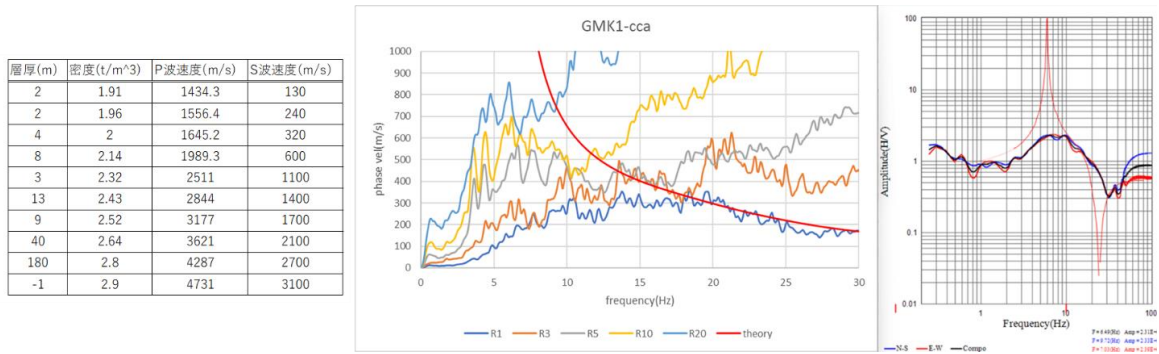


図5 地盤構造モデル，位相速度分散曲線，H/V スペクトル(GMK1)

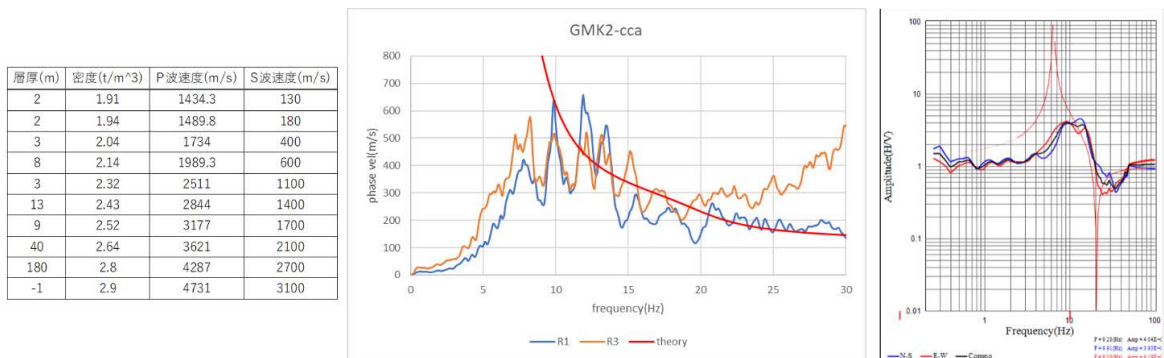


図6 地盤構造モデル，位相速度分散曲線，H/V スペクトル(GMK2)

### 4.3 層厚の推定

4分の1波長則に基づく方法により，今回のアレイ観測による表層S波速度を用いて各観測点の層厚を推定した．換算S波速度は各アレイ観測点の地盤構造モデルから重み付き平均を用いて求めた．換算S波速度を求める際，GMK1は $V_s=320\text{m/s}$ ，GMK2は $V_s=400\text{m/s}$ を工学的基盤層とした．図5，図6は各観測線の層厚断面図を示す．黒色の点線は断層推定線を示す．

小池地区では西側から東側に向かうにしたがい表層が厚くなっている．また断層付近に変化がみられ，これは北丹後地震によるものであると考えられる．観測線2の断層東側では，層厚断面図を作成する際にピークが不明瞭な点を採用しており，また他の観測点と表層地盤が異なる可能性も否めない．したがって，断層東側でアレイ観測を行い，層厚断面図を再検討する必要がある．

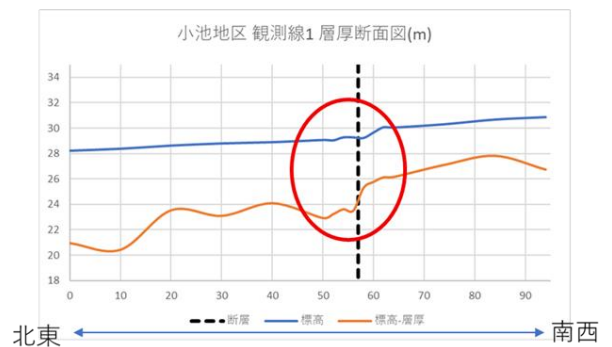


図7 層厚断面図(小池地区 観測線1)

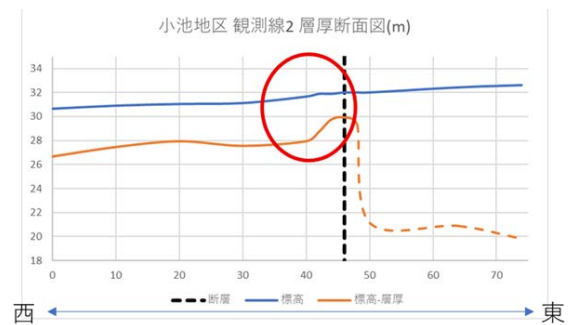


図8 層厚断面図(小池地区 観測線2)

## 5. 結論

本研究では、1927年に発生した北丹後地震で形成された郷村断層の周辺地域を対象に地盤震動特性を明らかにすることを目的として樋口地区、小池地区で常時微動の3成分単点観測とアレイ観測を行った。その結果以下のことが分かった。

- ・ 小池地区の卓越周期分布より、断層西側から東側に向かうにしたがい長周期になることが確認された。このことから西側より東側の方で堆積層が厚いと考えられる。また観測線2の断層東側で他の観測点とH/Vスペクトルの形状が大きく変わっており、このエリアでは他と違った地盤があると考えられる。
- ・ H/VスペクトルのNS成分とEW成分の振幅の差がみられた。このことは断層帯近傍における既存研究でも同様の報告があり、断層付近の破碎帯などによる影響が示唆される。
- ・ 地盤構造モデルから全ての観測点において $V_s=130\text{m/s}$ の低速度層がみられた。GMK1はGMK2に比べ、表層と工学的基盤層とのS波速度のコントラストが大きくなる結果となった。
- ・ 層厚推定を行った結果、小池地区では断層付近で北丹後地震によるものと考えられる上下変位がみられた。また、観測線2の断層東側で地盤が異なっていると考えられ、アレイ観測を追加で行い再検討する必要があると考えられる。

## 参考文献

- 1) 京丹後市：京丹後市史資料編京丹後市の災害pp.91-124, 2013
- 2) 地理院地図活断層図：<https://maps.gsi.go.jp/> (最終閲覧日：2023年3月5日)
- 3) 防災科学研究所：防災科学技術研究所研究報告第313号, 2008
- 4) 大町達夫, 紺野克昭：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, 土木学会論文集第525号, pp.247-259, 1995
- 5) 長郁夫, 多田卓, 篠崎雄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
- 6) Cho.I., T.Tada, and Y.shinozaki : Centerless circular array method, Inferring phase velocities of Rayleigh waves in broad wavelength ranges using microtremor records, J.Geophys.Res., 111, B09315, doi : 10.1029/2005JB004235, 2006
- 7) J-SHIS(地震ハザードステーション)：<https://www.j-shis.bosai.go.jp/map/> (最終閲覧日：2023年3月5日)
- 8) 吉川菜緒：吉岡断層ごく近傍—鳥取市大塚地区—における緻密微動探査を用いた地盤構造の推定および地盤震動特性の把握, 鳥取大学卒業論文, 2021