

## 鳥取平野における微動探査の追加と地下構造モデルの再解析

鳥取大学 学生会員 ○谷河 直  
 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

鳥取県は地震・津波による被害想定<sup>1)</sup>を行っているが、その際に用いられた地下構造モデル(以下、鳥取県モデルとする)は、格子間隔が広く地盤の物性値の急な変化がモデルに十分反映されていない可能性がある。そこで、本研究では微動探査が多く実施されている鳥取平野を対象とし、鳥取県モデルの妥当性を検証し、再解析することで高精度化を目指すことを目的とした。

### 2.微動探査

本研究で妥当性を検証する際に用いた過去の観測記録は、アレー観測が17点、3成分単点観測が17点である。また、データ数が少ない国府町と湖山町のエリアについては、新たに観測を行った。

### 3.鳥取県モデルの検証

アレー観測に基づくアレーモデルと鳥取県モデルを比較し検証を行った。鳥取県モデルは250mメッシュで面的に構築されており、アレー観測点をその代表点として検証した。検証方法としては、それぞれのモデルから理論位相速度分散曲線と理論H/Vスペクトルを求め、観測値をどれだけ表現できているか検証した。その結果の例として、表1に観測点TTAの地下構造モデル、図2にH/Vスペクトルと位相速度分散曲線を示す。図2の赤線はアレーモデル、緑線は鳥取県モデルから得られる理論値である。また、左図の黒線はH/V、右図の灰線はアレー観測の観測値である。

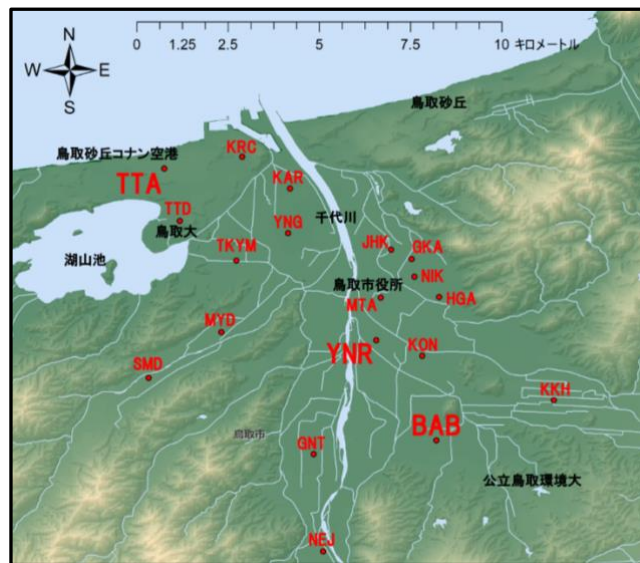


図1 本研究の対象領域と使用するアレー観測点(赤丸)

TTAのように、鳥取県モデルでは位相速度分散曲線の観測値を上手く表現できていない点が多く見られた。よって本研究の対象領域内ではレイリー波の理論値と観測値の一致度に課題があることが確認でき、鳥取県モデルには改善の余地があることが分かった。

表1 TTAの地下構造モデル

アレーモデル				鳥取県モデル			
層厚(m)	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	Vp(m/s)	Vs(m/s)	層厚(m)	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	Vp(m/s)	Vs(m/s)
33	1.6	1460	150	2.33	1.8	1274.75	250
20	1.9	1850	500	4.65	1.8	1274.75	250
100	2.1	2070	700	6	1.9	1600	400
150	2.2	2960	1500	7004	2.7	5700	3300
$\infty$	2.4	4070	2500	$\infty$	2.75	6000	3400

キーワード 微動探査 H/V スペクトル 位相速度分散曲線 サイト増幅特性

連絡先 〒680-8550 鳥取市湖山町南4-101 鳥取大学工学部 社会システム土木系学科

野口 竜也 TEL: 0857-31-6097

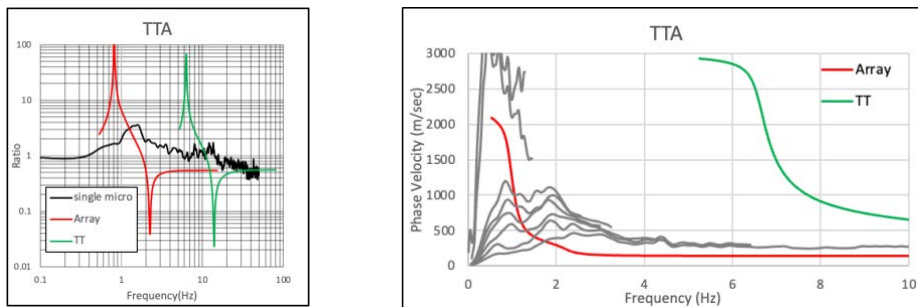


図2 TTAのH/Vスペクトル(左)と位相速度分散曲線(右)

4.微動探査に基づく再解析

鳥取県モデルを初期モデルとし、微動探査結果(H/Vスペクトル及び位相速度分散曲線)をより表現できるようにモデルの再解析を行った。以下にその手順を示す。

- ① 鳥取県モデルの第1層目をアレーモデルの第1層目に置き換え、「アレー+鳥取県モデル」を作成する。
- ② アレー+鳥取県モデルが位相速度分散曲線およびH/Vスペクトルを共に説明できるように以下の手順でチューニングを行う。
  - I) 第1層目の層厚を変化させる。
  - II) 第1層目をS波速度の異なる多層に分割する。多層に分割した各層の合計層厚は、アレー+鳥取県モデルの第1層目と同値とする。
  - III) II)で分割した各層の層厚を変化させる。
  - IV) 鳥取県モデルの浅部地盤モデルの範囲で各層のS波速度及び層厚を変化させる。

このようにして構築した地下構造モデルをNewモデルとする。Newモデルの例として、表2に観測点BABの地下構造モデル、図3にH/Vスペクトルと位相速度分散曲線を示す。図3では、図2に加えてNewモデルから得られる理論値(橙線)を示している。

表2 BABの地下構造モデル

	層厚(m)	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	Vp(m/s)	Vs(m/s)
アレーモデル	10	1.6	1420	120
	30	1.9	1850	500
	80	2.1	2070	700
	100	2.2	2960	1500
	$\infty$	2.4	4070	2500
鳥取県モデル	2.32	1.5	761.722	149.387
	1.01	1.4	684.852	134.311
	0.87	1.6	988.63	193.877
	0.66	2	1416.144	277.73
	2.53	1.6	1022.257	200.482
	4.79	1.8	1600	300
	36.44	1.9	1800	500
	350.6766	2	2200	800
	1653.506	2.3	3500	1700
	7024	2.7	5700	3300
$\infty$	2.75	6000	3400	
Newモデル	10	1.6	1420	120
	2.2	1.8	1600	300
	36.4	1.9	1800	500
	150	2	2200	800
	1653.5	2.3	3500	1700
	7024	2.7	5700	3300
	$\infty$	2.75	6000	3400

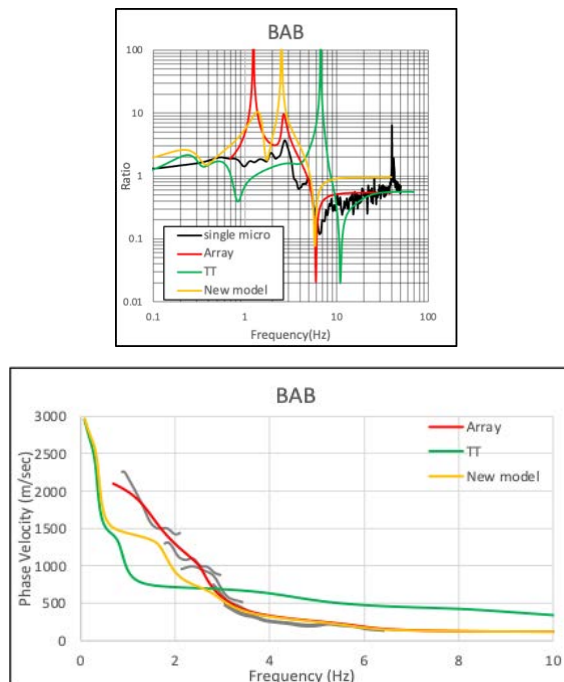


図3 BABのH/Vスペクトル(上)と位相速度分散曲線(下)

図3に示した結果について、位相速度分散曲線に注目する。NewモデルはH/Vスペクトルの低周波数側をよく表現できるモデルとなった。しかし、前述した再解析の手法では、深部地盤構造を考慮せずに浅部地盤の情報だけでH/Vスペクトルに合うようチューニングを行っている。そのため位相速度分散曲線も同時に説明できるモデルの推定が困難となった。位相速度分散曲線とH/Vスペクトルの両者を説明するには、工学的基盤以浅の浅部構造だけでは不十分である。糸井ほか<sup>2)</sup>によると、深部地盤は地震動の比較的長周期帯の特性に大きな影響を与える部分であり、工学的基盤に伝播する地震動にも影響を及ぼすため深部地盤の修正が重要となる。

5.深部地盤構造の修正

深部地盤構造の修正方法は、深部地盤(Vs=500m/s以深)の層厚及びS波速度を位相速度分散曲線に一致させ、そのうえでH/Vスペクトルをなるべく説明できるように推定する。そうして修正したモデルをNewモデルVer2とする。ここでは、鳥取市街地内の4地点の観測点に限定して修正した。また、修正を行う際に、一般的に深部地盤は浅部地盤と比べて地下構造の著しい変化は考えにくいことを考慮し、近傍の観測点のNewモデルとS波速度構造が大きく変化しないよう層厚を調整した。NewモデルVer2の例として、表3に観測点YNRの地下構造モデル、図4にH/Vスペクトルと位相速度分散曲線を示す。図4は紫線でNewモデルVer2から、橙線でNewモデルから得られる理論値を示している。

表3 YNRの地下構造モデル

	層厚(m)	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	Vp(m/s)	Vs(m/s)
Newモデル	7	1.6	1460	100
	30	1.9	1800	200
	40	1.9	1800	500
	118.8	2	2200	800
	1859.1	2.3	3500	1700
	7010	2.7	5700	3300
	$\infty$	2.75	6000	3400
NewモデルVer2	3	1.6	1460	100
	25	1.9	1800	200
	48.8	1.9	1800	500
	118.8	2	2200	800
	1859.1	2.3	3500	1700
	7010	2.7	5700	3300
	$\infty$	2.75	6000	3400

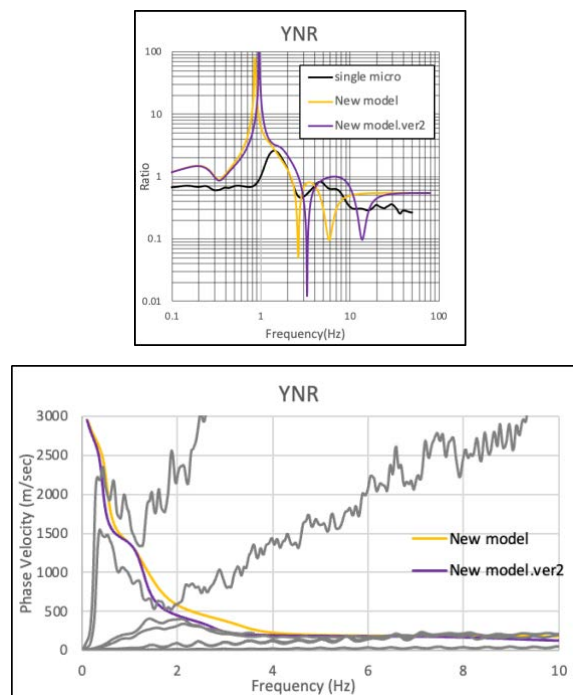


図4 YNRのH/Vスペクトル(上)と位相速度分散曲線(下)

NewモデルVer2とNewモデルを比較すると、位相速度分散曲線の4Hz以下においてNewモデルVer2の方がより観測値を説明できるモデルになった。

6.サイト増幅特性

YNR地点において、NewモデルVer2と鳥取県モデルから得られるSH波の伝達関数(理論値)を同地点に相当するTTR002(K-NET鳥取)地震記録から得られたサイト増幅特性(観測値)<sup>3)</sup>と比較し評価を行う。SH波の伝達関数は、Haskell Matrix法<sup>4)</sup>を用いた。図5にそれぞれの増幅度を重ねて示す。図5の黒線は野口ほか<sup>3)</sup>のサイト増幅特性、紫線はNewモデルVer2、緑線は鳥取県モデルから得られた伝達関数である。

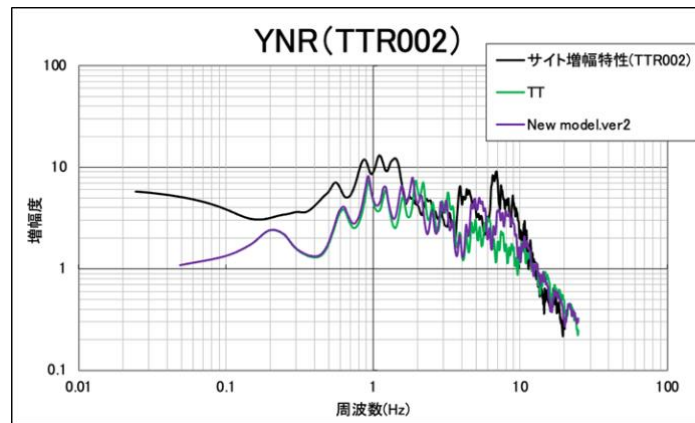


図 5 サイト増幅特性

図 5 より、New モデル.ver2 と鳥取県モデルでは 4Hz から 10Hz あたりの増幅度に違いが見られ、4Hz 以下の周波数帯では違いがあまり見られなかった。4Hz から 10Hz において、New モデル.ver2 の方がより観測値に近い値になった。また、1Hz 付近の増幅度は観測値より低い結果となった。このことから、New モデル Ver2 の深部構造の更なる見直しがまだ必要であると考えられる。

#### 7.まとめ

- 鳥取県モデルとアレーモデルによる理論値を観測値と比較し、両モデルとも H/V スペクトル及び位相速度分散曲線と一致していない点が多くみられた。
- それを改善するために、浅部地盤を修正した New モデルを作成したところ全地点で H/V スペクトルと位相速度分散曲線の両方で一致度が良くなった。
- 深部構造を再決定した New モデル Ver2 では、位相速度分散曲線の 4Hz 以下において観測値をより説明できるモデルになった。
- YNR 地点でサイト増幅特性について検証し、鳥取県モデルより New モデル Ver2 の方が地震記録に基づく既往の解析結果に近い値となった。

#### 参考文献

- 1) 鳥取県：鳥取県地震・津波被害想定調査報告書， 2018
- 2) 糸井達哉・高田毅士：深部地下構造における地震動増幅特性を考慮した内陸直下地震に対する硬質地盤上の地震動応答スペクトル予測式の簡易補正法，日本地震工学会論文集， 1. はじめに， 2012
- 3) 野口竜也・西川隼人・吉田昌平・香川敬生：鳥取県内の地震観測点における地盤構造の把握とサイト特性の評価， pp I\_651， 2016
- 4) Haskell, N. A. : Crustal reflection of plane SH waves J.Geophys. Res.pp. 65 4147-4150, 1960