

鳥取大学 学生会員 ○ 石田勇介
 鳥取大学 正会員 野口竜也
 鳥取大学 正会員 香川敬生

1 はじめに

1943年(昭和18年)9月10日に鳥取県東部を震源として発生した鳥取地震(M7.2)の際、鳥取平野内において局所的な被害集中が起きていたと報告されている¹⁾。現存する波形記録等の各種記録が数少ないこともあり、未だに科学的根拠に基づいた明確な被害原因の究明はなされていない。しかし、建物被害との関連から地盤増幅特性による影響が大きいと推測される。

鳥取平野では、これまで各種物理探査法を用いた地盤の調査研究が数多く実施されており、それらの結果に基づいた地下構造モデルが多数推定されている²⁻⁵⁾。常時微動探査を用いた地下構造推定では、レイリー波の分散特性を利用することにより地震動解析の際に重要となるS波速度構造モデルが多地点で推定されている。また、重力探査も精力的に実施されており、観測から得られる重力異常から2層モデルを仮定して2次元、3次元の密度構造モデルが推定されている。3次元地下構造モデルに関しては、2004年に鳥取県により鳥取県全土を対象として一律500mメッシュ間隔で作成されている⁶⁾。しかし、500mメッシュ間隔では、平野部における地下構造の不均質性を表現しきれていない可能性があり、必ずしも十分なモデルとはいえない。そこで、本研究では鳥取平野を対象に最新の地盤調査データに基づきより細かい間隔で表層地盤から地震基盤までを包括した3次元地下構造モデルの構築を目的とする。さらに、作成した地下構造モデルを用いて、1943年鳥取地震を想定した地震動シミュレーションを試みる。

地震動解析に際して、より実現現象に則したシミュレーション結果を得るためには従来の重複反射理論を用いた1次元の解析ではなく、2次元、3次元地下構造モデルを用いて不整形地盤における波動伝播を考慮に入れた地震動解析をおこなうことが最良であると考えられる。したがって、本研究では3次元差分法に基づいた地震動計算をおこなう。また、国が公開しているJ-SHISモデル⁷⁾および鳥取県により作成された鳥取県モデル⁶⁾による地震動解析結果との比較をおこなうことにより、本研究モデルの有用性の検証をおこなう。

2 物理探査結果に基づいた3次元地下構造モデルの構築

本研究のモデル化対象領域をFig.1に示す。北部を日本海に面する東西18km、南北18kmで囲まれる範囲である。鳥取平野では主に常時微動探査および重力探査を用いた地下構造モデル推定が多くの地点でおこなわれている²⁻⁵⁾。そこで、これまでに蓄積された常時微動探査および重力探査

データを総合的に解釈することにより3次元地下構造モデルの構築を試みる。3次元地下構造モデルを構築するための基礎データとして、常時微動探査により得られる位相速度データを用いる。これまでに推定されている1次元S波速度構造モデルでは、各地点毎に固有の層構造を用いて解釈されている。しかし、地震動解析に用いるモデルでは堆積層媒質モデルが統一されていることが望ましいため、既存の位相速度データを用いた再インバージョン解析により統一堆積層媒質モデルに則した各層厚を再決定する。その際に堆積層媒質モデルにおけるS波速度構造を既存研究²⁾により得られた知見により、325m/s、700m/s、1500m/s、2500m/sの4層に設定した。常時微動探査はS波速度構造が推定できる利点はあるが、地震基盤までの深部情報を取得することは容易ではない。そこで、 $V_S = 2500\text{m/s}$ の下面深度については、野口(2008)により重力探査に基づいて推定されたモデルを参照することにする。常時微動アレー探査および重力探査は、平野内において不等間隔で離散的に実施されている。そのため、差分計算にそのまま適用できるモデルを作成するために、2次元3次Bスプライン関数を用いて空間微分値が連続したモデル作成をおこなった。得られた各層境界面深度分布をFig.2に示す。ただし、Fig.2は、標高をプラス、深度をマイナスとして表示している。

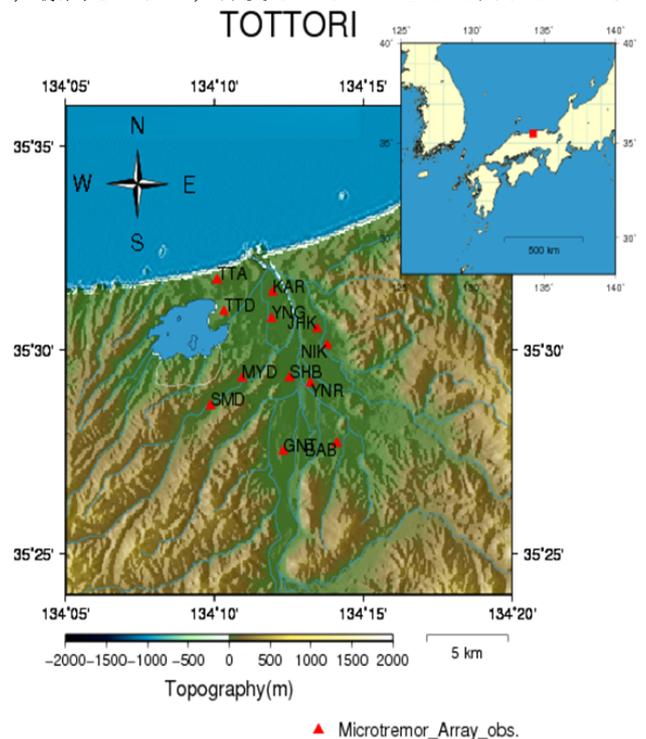


Figure. 1: モデル化対象領域

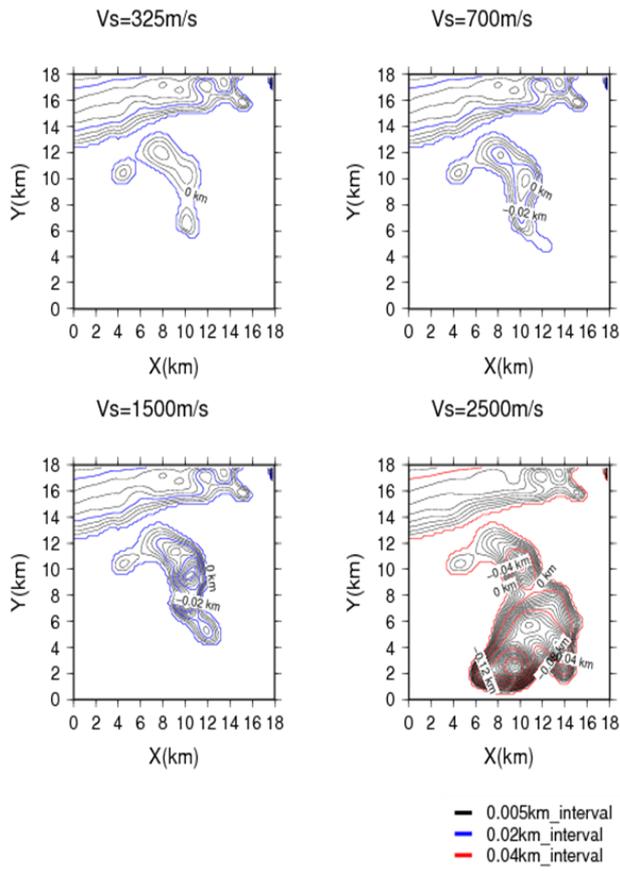


Figure. 2: 各層境界面深度分布

3 鳥取地震を想定した地震動シミュレーション

地震動の計算は3次元差分法に基づいておこなう。ここでは1943年鳥取地震を引き起こしたと考えられている吉岡・鹿野断層の震源を鳥取県の作成した震源モデルを与え、同地震を想定した地震動シミュレーションをおこなう。計算に際して、地下構造モデルを最小格子間隔40mの食い違い格子に離散化した。また、1波長を5グリッドで表現し、計算上限周波数を1.5Hzとして空間4次・時間2次の精度で計算をおこなった。計算ステップ間隔は、100Hzと十分に小さくすることで計算が安定するように考慮した。全ステップ数は4000ステップ(40秒間)としている。Fig.3には、本研究モデル、J-SHISモデルおよび鳥取県モデルのそれぞれのモデルから計算された時系列速度波形を示している(本研究モデル-黒線、J-SHISモデル-赤線、鳥取県モデル-青線)。ただし、鳥取県モデルによる計算結果は鳥取県が独自におこなったものであり、統計的グリーン関数法および等価線形法を用いることにより地表面での地震動を得ている。そのため、計算手法の差異が結果に及ぼす影響をできる限り除去するために、Fig.3に示す波形全てに周波数0.1Hz~1.5Hzのバンドパスフィルターを施している。

Fig.3の観測点は、Fig.1の赤い三角印で示した地点と対応する。本研究モデルによる結果について、平野東部のJHKおよびNIKにおいて最大振幅が100m/sを超える比較的大

きな振幅を持つNS成分の波が計算されている。また、BAB, JHK, MYD, NIK, TTAにおいて、振幅値50m/s前後で継続時間の長いEW成分の波が到来している。これは震源に吉岡・鹿野断層を想定し、既往研究⁹⁾を参考にして横ずれ型の破壊挙動をするように設定したことによるディレクティビティ効果であると考えられる。J-SHISモデルおよび鳥取県モデルによる計算結果をみると、全体的に本研究モデルよりも振幅が小さく、継続時間も短い。最大振幅値に差が出た観測点について $V_S = 700\text{m/s}$ までの堆積層の深度を比較したところ、本研究モデルが最も深い構造となっていた。したがって、振幅値の大小はモデルにおける浅部の堆積層厚に起因した結果であると考えられる。

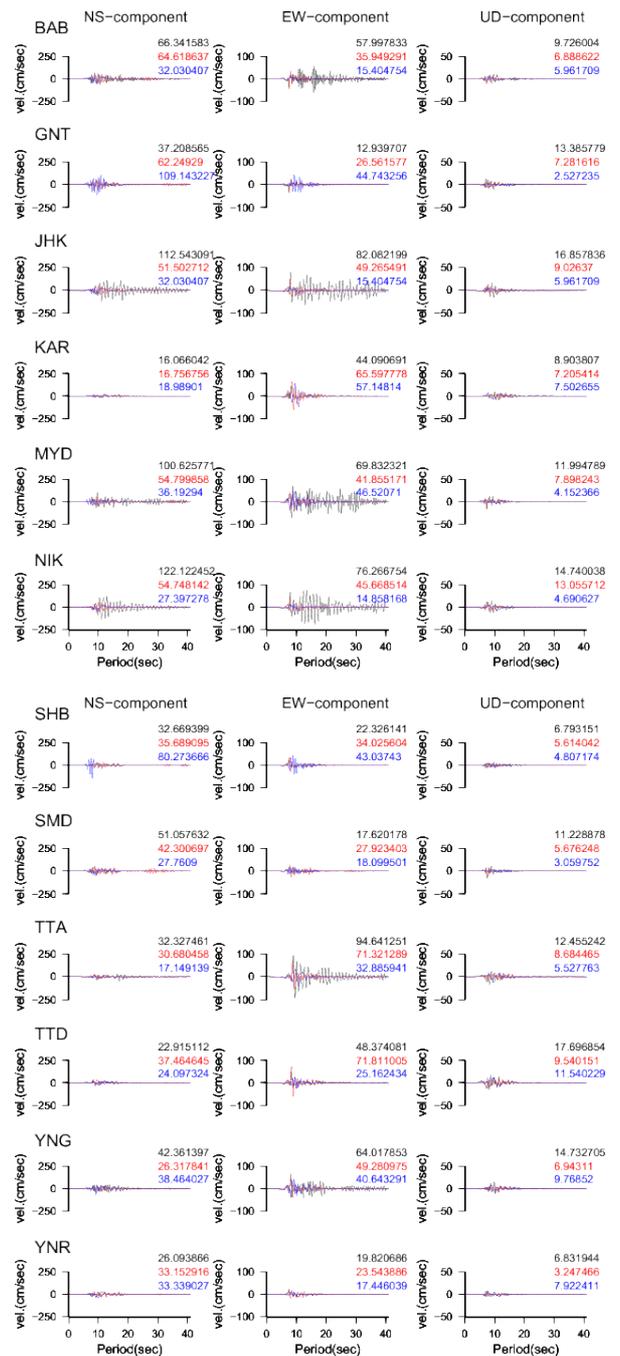


Figure. 3: 地表面での地震動速度波形

4 まとめ

本研究は、鳥取平野において地震動評価のための3次元地下構造モデルの構築を目的としておこなった。以下に、本研究により得られた成果をまとめる。

- 3次元地下構造モデルを構築する上で必要となる堆積層媒質モデルについて、地質構造とこれまでにおこなわれた物理探査により得られている知見をもとに堆積層を4分割するモデルを再設定した。なお、4層のS波速度構造は、それぞれ $V_S=325\text{m/s}$, $V_S=700\text{m/s}$, $V_S=1500\text{m/s}$, $V_S=2500\text{m/s}$ とした。
- 既存の位相速度データを用いてインバージョン解析をおこなうことにより得られた結果と野口ほか (2009) により推定された重力モデルのデータを用いて、2次元3次Bスプライン関数による3次元地下構造モデルを作成した。
- 本研究により作成したモデルを用いて1943年鳥取地震を想定した地震動シミュレーションをおこなった。また、J-SHISモデルおよび鳥取県モデルによる結果と比較することで堆積層が地震動波形に及ぼす影響を確認した。

今後、さらにデータを追加することでモデルの精度を高める必要がある。また、モデルの妥当性の検証について平野内における中小地震観測記録を蓄積するなど、より多角的に検討を進める必要がある。

参考文献

- [1] 日本建築学会 (1994) : 鳥取県震災調査報告, 建築雑誌, 2, 3月合併号
- [2] 野口竜也 (2002) : 微動および重力異常を用いた鳥取平野の地盤構造推定に関する研究, 鳥取大学博士論文, 7-82.
- [3] 野口竜也 (2003) : 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, 第27回土木学会地震工学論文集, No. 197, 1-7.
- [4] 野口竜也 (2008) : 微動探査データに基づく鳥取平野の3次元地盤構造モデルの構築, 土木学会第62回年次学術講演会講演
- [5] 野口竜也・杉原優太・杉浦慎一・香川敬生 (2009) : 微動および重力観測による鳥取平野南部の地盤構造推定, 土木学会第64回年次学術講演会講演, I-330
- [6] 鳥取県 (2005) : 鳥取県地震防災調査研究報告書, Web ページ (<http://www.pref.tottori.lg.jp/jishinbousaichousa/>) 5-14.
- [7] 独立行政法人防災科学技術研究所 (2011) : 統合化地下構造データベースの構築, 地下構造構築ワーキンググループ報告書, Vol. 361, Web ページ (http://dil.bosai.go.jp/publication/nied_tech_note/PDF/n361.pdf)
- [8] 地震調査研究推進本部 (2010) : 全国地震動予測地図 2010年版, 手引き・解説編, 31., Web ページ (http://www.jishin.go.jp/main/chousa/10_yosokuchizu/index.htm)
- [9] Kanamori, H. (1972) : DETERMINATION OF EFFECTIVE TECTONIC STRESS ASSOCIATED WITH EARTHQUAKE FAULTING. THE TOTTORI EARTHQUAKE OF 1943, Phys. Earth Planet., Interiors 5, 426-434.
- [10] Wessel, P. and W. H. F. Smith (1991) : Free software helps map and display data, EOS Trans. AGU, 72, 441.