

(1) 実施機関名：

拠点間連携共同研究

(2) 研究課題（または観測項目）名：

邑知潟平野の推定地盤速度構造の非線形地盤応答を考慮した強震動予測

(3) 関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究

(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化

イ. 内陸地震

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

(1) 地震・火山噴火の災害誘因の事前評価手法の高度化

ア. 強震動の事前評価手法

(4) その他関連する建議の項目：

5 計画を推進するための体制の整備

(1) 推進体制の整備

(5) 総合的研究との関連：

(6) 令和3年度の計画の概要：

本研究では、まず、2020年度までの地盤構造調査で十分に把握出来なかった平野南東部の基盤構造を含む地盤構造を推定することを試みる。このため、年度の早い時期に長時間の微動観測または臨時地震観測を行う。併せて、表層地盤の詳細な推定の為、ボーリングデータの収集や極小の微動アレイ観測などを実施する。推定された地盤構造から、地震基盤から表層地盤までを含む三次元地盤構造モデルを作成する。一方、邑知潟断層帯で発生する地震の断層モデルについては、地震調査研究推進本部の長期評価および地震動予測のための断層モデルを参考に、推定した地盤構造と整合する断層モデルを構築する。

次に、推定した地盤構造と構築した断層モデルを組み合わせ、強震動予測を行う。その際、地震基盤から工学的基盤までは震源の断層モデルの不均質性を考慮した線形の三次元波動伝播解析を行い、さらに、工学的基盤から地表までは非線形の地盤応答解析を行うことで、非線形強震動予測を実施する。

新型コロナウイルス感染症対策のために府県をまたぐ移動が制限された期間が長かったため、地盤構造の推定のための微動観測を実施する時期が秋口までずれ込んでしまい、地盤構造モデルを確定する時期が予想以上にずれ込んでしまった。このため、本報告現時点では強震動予測は工学的基盤相当までにとどまり、工学的基盤から地表までの非線形地盤応答解析は未実施である。

(7) 令和3年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

邑知潟平野の地盤構造を推定するため、図1に示す地点において常時微動観測を行い、3地点で常時微動アレイ観測を行った。アレイ半径はLLL：400m、LL：135m、L：45m、M：15m、S：5m、SS：1.5m、SSS：0.5mの7サイズとし、LL～Mは60分、S～SSSは30分の同時観測とした。また、盆地を横切る方向に測線O1～O7の7測線を、盆地に沿う方向に測線O8の1測線を設定し、計99地点で独立した30分の常時微動単点観測を行った。さらに、南東側の山中でも同様に14地点の単点観測を行った。

常時微動アレイ解析には微動解析プログラムBIDO (Tada et al., 2010) を用い、全アレイサイズ

のRayleigh波位相速度分散曲線を求めた。そして各アレイサイズに応じた周波数帯を接続したものを最終的なRayleigh波位相分散曲線とみなした。常時微動単点観測点での解析は以下の手順で行った。まず、観測によって得られた30分間分の加速度時刻歴データを50%オーバーラップさせ、40.96秒の小区間に切り出す。次に、切り出した各小区間でNS、EW、UD成分のフーリエスペクトルを計算し、NS/UD、EW/UDの微動フーリエスペクトル比（MHVR）を算出する。算出された小区間ごとのスペクトル比の平均を各地点のMHVRとした。ただし交通振動などのノイズの影響を取り除くため、ノイズの大きい区間を30~80%除外している。

防災科学技術研究所の強震観測網（K-NET）4)のK-NET七尾（ISK007）とK-NET羽咋（ISK008）の土質データおよび地震ハザードステーション（J-SHIS）の深部地盤データを参考に全地点共通の層構造の物性値を定めた。次に、アレイ観測地点で観測されたMHVRと位相速度分散曲線に理論値が近づくように各層の層厚を合わせ、それを推定モデルとした。理論MHVRの計算には拡散波動場理論に基づき理論MHVRを計算し、理論位相速度分散曲線の計算には成層地盤におけるグリーン関数及び正規モード解を計算する公開プログラム（Hisada, 1995）を用いた。そして、アレイ地点での推定モデルを基準とし、単点微動観測点において理論MHVRが観測MHVRに近づくように層厚を決め、地盤構造を推定した。強震動シミュレーション用の地盤構造モデルは、推定した地盤構造における第4層~第10層の下面深さを補間することで、三次元地盤構造モデルを作成した。ただし、邑知瀉平野の南東側では盆地端部から約10kmの範囲を最表層が $V_s=1100\text{m/s}$ の山地部と想定し、平野と山地部以外の地域はJ-SHIS深部地盤構造をそのまま用いた。

微動観測により得られた推定地盤構造モデルをもとに、防災科学技術研究所公開の差分法プログラムGMSを用いて強震動シミュレーションを行った。計算の簡略化のため、推定地盤構造のうち層4~層10の7層をモデルとして計算に用い、各層の物性値はJ-SHIS深部地盤構造モデルv3.2と同一とした。強震動シミュレーションには、地震調査研究推進本部の公開する邑知瀉断層帯の想定地震ケース2を用いた。その結果、推定地盤構造モデルを用いたシミュレーションでは、J-SHISモデルに比べて、邑知瀉平野内でモデル最上面での最大速度（PGV）が大きくなる範囲が広くなり、特に邑知瀉平野の中部から南西部の盆地南東端に沿ってPGVが大きくなることが分かった。推定地盤構造モデルは邑知瀉平野の盆地境界部の構造についてより詳しい調査結果に基づいてモデル化したことで、J-SHISモデルと比べて盆地による地盤増幅特性がより確からしいものとなったと考えられる。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況

邑知瀉平野の地盤構造を詳細に調査してモデル化することで、内陸地殻内地震が発生した際に平野内で生じる強震動について高精度化することが出来ることを示した。地震発生 of 物理の解明だけではなく、断層破壊過程、伝播経路、地盤増幅が地震動に与える影響に関する研究が重要であることが改めて示された。

(8) 令和3年度の成果に関連の深いもので、令和3年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

松島信一・吾妻崇・市村強・野澤貴・中山智貴・中嶋唯貴,2022,邑知瀉平野の推定地盤速度構造の非線形地盤応答を考慮した強震動予測,拠点間連携共同研究実施報告書（研究実績報告書）

・学会・シンポジウム等での発表

中山智貴・松島信一,2022,邑知瀉平野の地盤構造推定とそれを用いた強震動予測に関する研究,京都大学防災研究所令和3年度研究発表講演会,B118

中山智貴・松島信一,2021,常時微動を用いた邑知瀉平野の地盤構造推定,日本地震工学会・大会-2021,B-4-7

(9) 令和3年度に実施した調査・観測や開発したソフトウェア等のメタ情報：

項目：地震：地盤：微動探査・弾性波探査・速度検層

概要：微動観測を実施した

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：石川県中能登町石動山 36.96143 136.97474

調査・観測期間：2021/10/21-2021/10/24

公開状況：公開留保中（協議のうえ共同研究として提供可）

(10) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

松島信一（京都大学防災研究所）,市村強（東京大学地震研究所）
他機関との共同研究の有無：有
吾妻崇（産業技術総合研究所）,野澤貴（鹿島建設）

(11) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：京都大学 防災研究所
電話：0774-38-4080
e-mail：matsushima@sds.dpri.kyoto-u.ac.jp
URL：

(12) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：松島 信一
所属：京都大学 防災研究所

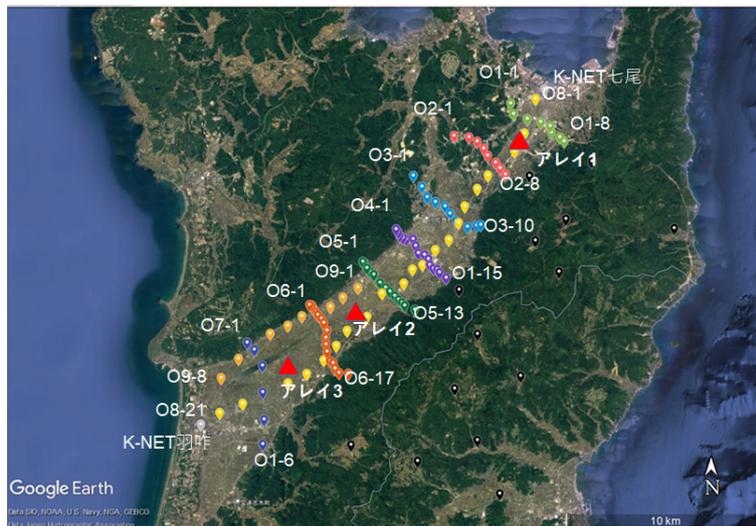


図1 微動観測点配置(Google Mapに加筆)

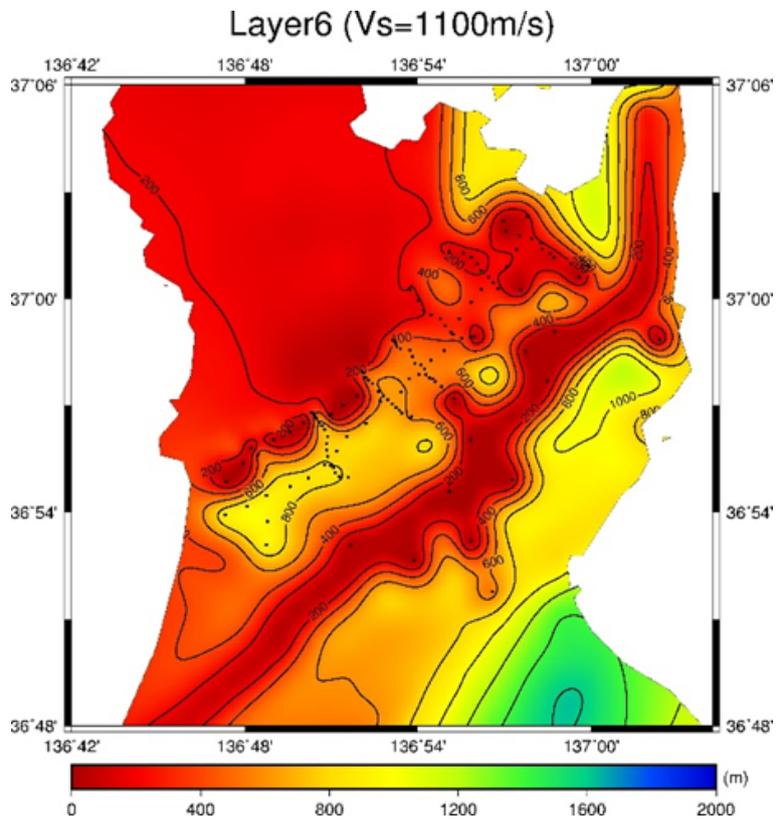


図2 推定地盤構造モデル (Vs=1100m/s上面深さ)

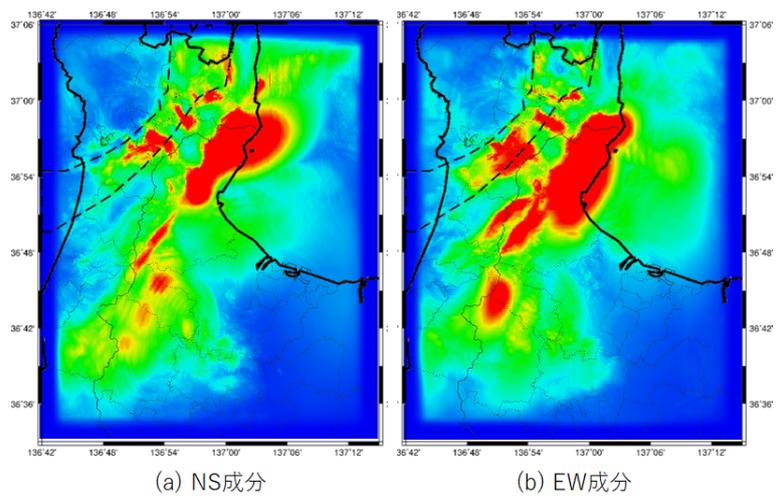


図3 邑知潟断層帯の想定地震ケース2によるモデル最上面最大速度分布