令和６年度年次報告

課題番号：CTOC10

（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：

（和文）高精度な地盤増幅特性評価のための多様な地盤構造調査結果の統合化に関する共同研究

（英文）Collaborative Research on Integration of Various Underground Structure Survey Results for Highly Accurate Evaluation of Soil Amplification Characteristics

（3）関連の深い建議の項目：

３ 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

(1) 地震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）令和６年度の計画の概要：

令和6年能登半島地震（2024/1/1，Mj7.6）では、石川県志賀町と輪島市門前町において震度7を記録し、奥能登地域を中心に甚大な被害が生じた。観測された強震記録は様々な周期特性を持ち、特に穴水や輪島などにおける周期1～2秒付近の地震動の卓越は顕著であり、建物の甚大な被害に影響を及ぼしたと考えられる。このような地震動の生成には、震源特性はもとより、地盤による地震動の増幅特性が強く影響しており、その生成要因を解明するためには、地盤構造の把握が重要な鍵となる。

そこで令和6年度は、奥能登西部を対象として、余震観測を実施し、これまでの観測記録を含めて地盤増幅特性の検討を行うとともに、余震観測や微動観測の結果の分析、ならびに表面波探査や電気探査などの様々な探査から地下構造を推定し、これらの結果を多角的に検討することで地下構造モデルを構築する。また、このモデルと過去の研究で得られた地下構造モデルやJ-SHISなどの全国レベルの既存の地下構造モデルとの関係や構築された地下構造モデルに基づく地盤増幅特性と建物被害との関係などから、モデルの妥当性について検討する。さらに、年に1回、研究会を開催し、現地調査の結果を共有するとともに、各種検討結果について意見交換を行い、様々な手法によって推定された地下構造を統合する際の課題の明確化、その課題の解決方法など今後のESG研究の課題も含めて議論する。

（6）令和６年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

1．はじめに

令和6年能登半島地震で甚大な被害を受けた地域の一つである輪島市街地には、常設の地震観測点として、防災科学技術研究所のK-NET輪島観測点（ISK003）と気象庁の輪島観測点（JMA輪島）が東西に約1 km離れて存在している。本震時の震度は両地点とも6強であったが、その振幅や周期特性には大きな違いが認められた。また、輪島市街地内での被害の分布には偏りがあることに加え、市街地が山地に囲まれた川沿いに広がる細長い沖積平野にあることから、同地域の地震動特性は直下の構造による地盤増幅特性の違いだけでなく、地形や2・3次元的な地盤構造の影響も受けていると考えられる。

そこで令和6年度は、輪島市街地を対象に余震観測を実施し、さらにこれらの観測点周辺で微動観測を実施し、対象地域の地盤震動特性について検討した。

2．余震観測

余震観測は、平野全体をカバーし、地盤震動特性の変化を把握できる高密度なアレイ配置を念頭に、市街地の東側を流れる河原田川に沿った測線とそれにおおよそ直交しISK003とJMA輪島を結ぶ測線、西側を流れる鳳至川に沿った測線とそれに直交する２つの測線の計5つの測線を設け、合計30点で行わ

れた。観測点の間隔は50～800 m程度であった（図1）。
　余震観測期間中に観測された2024年11月26日22:47の石川県西方沖の地震（Mj 6.6）の速度波形によると、被害が大きかった市街地北部のISK003からJMA輪島を結ぶ測線の周辺の観測点の最大速度は、比較的標高が高い地域やISK003の近傍などの他の地点に比べて大きく、加えて後続波の振幅も大きく、継続時間も長くなることが明らかになった。
さらに、いくつかの余震観測点において、ISK003で共通して記録が得られた地震のS波Transverse成分を対象に、ISK003の記録とのスペクトル比の観測点ごとの平均を求めた。被害が大きかった地域では、周期1 Hz付近に明確なピークが見られた。一方、市街地の南側の地域では3～6 Hzにピークを持ち、2 Hzよりも低周波数側では倍率は1以下となり、ISK003に近接する点では増幅率が1程度以下になるなど、平野全体での地盤増幅特性に大きな変化があることが明らかになった。
3．微動アレイ観測
　余震観測点の周辺において浅部の地盤構造を推定するために微動アレイ観測を行った。河原田川に沿った測線とそれに直交する測線の観測点における微動アレイ観測（正三角形の辺長を6 m、3 mとした7点アレイ）によると、被害の大きかった地域における高周波数側の帯域の位相速度は100 m/s程度で、本観測で検出された位相速度はほぼ平坦なものであり、表層は非常に軟弱であることが想定された。一方、それ以外の観測点は、高周波数側の位相速度は被害が大きかった地域よりも速い地点が多く、本観測で位相速度が検出された周波数範囲内で位相速度が増加する様子も見られるなど、平野内の表層地盤にも様々な変化があることが分かった。
4．単点微動観測
　ISK003のごく近傍では被害が全く生じていなかったが、西側や北西側に100～200 m程度離れると甚大な被害が生じていた。これは本震時の地震動がISK003とその周辺で異なっていたことを示唆している。そこで、ISK003を通る南北測線とISK003からJMA輪島に向かう東西測線の２つの測線を設け、単点微動観測を行った。観測点間隔は60～100 m程度であった。両測線ともH/Vスペクトル比の形状は系統的に変化しており、特に被害が大きかった地域は1 Hz付近で非常に明確なピークを持ち、H/Vスペクトル比の特徴と建物被害は概ね良い対応を示した。
5．おわりに
　令和6年度は、対象地域を輪島市街地に限定して余震観測の実施に注力し、得られた一部の記録の基本的な分析と観測点周辺の浅部の地盤構造の評価を目的とした微動観測記録の分析に留まり、当初計画されていた地下構造モデルの関する様々な分析結果の多角的な検討には至っていない。今後、得られた余震記録の詳細な分析とともに、ごく表層の詳細な地下構造やより深い地下構造の把握のための調査を行い、多角的な検討を深める予定である。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望
【「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況】
　本研究の成果は、輪島市街地における観測記録から本震時の強震動の成因解明に資する地盤構造の情報を提供している。観測事実による知見を地盤構造のモデル化に還元することは、地盤構造モデルの精緻化や精度の検証にとって不可欠であり、強震動評価の高度化に貢献している。
【「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望】
　地震災害の軽減に必要な強震動予測では、震源特性、伝播経路特性、地盤増幅特性を明らかにする必要があるが、本研究はこの内の特に地盤増幅特性の観点から強震動予測の高精度化に貢献するものである。今後、観測されたデータの詳細な分析等を通して、地盤による地震動の増幅特性に大きな影響を与える地盤構造モデルの高度化に資する知見を蓄積していく予定である。

（7）令和６年度の成果に関連の深いもので、令和６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

・学会・シンポジウム等での発表

神野達夫・重藤迪子・髙井伸雄・津野靖士・山中浩明・是永将宏・三宅弘恵・安部魁人・中川尚郁・青井優太朗・Fredrick Ouma・Bilal Ozaslan・松田大幹・大野登羽, 2024, 輪島市街地におけ

る2024年能登半島地震余震の臨時高密度強震観測, 日本地震学会2024年度秋季大会, S22P-02

津野靖士・山中浩明・是永将宏・三宅弘恵・福元俊一, 2024, 2024年能登半島地震の石川県鳳珠郡穴水町における地震動特性, 日本地震工学会年次大会梗概集, 20240191

神野達夫・重藤迪子・髙井伸雄・津野靖士・山中浩明・是永将宏・三宅弘恵・松島信一・浅野公之・山田伸之・地元孝輔・安部魁人・中川尚郁・青井優太朗・Ouma FREDRICK・中村愛彩・Ozaslan BILAL・松田大幹・大野登羽, 2025, 輪島市街地における2024年能登半島地震の高密度余震観測および微動観測, 令和6年度京都大学防災研究所研究発表講演会, P02

（8）令和６年度に実施した調査・観測や開発したソフトウエア等のメタ情報：

項目：地震：地震：強震動地震観測
概要：臨時強震観測を行った。
既存データベースとの関係：
調査・観測地域：石川県輪島市 37.3917504 136.895926
調査・観測期間：2024/6/14-2024/12/21
公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

（9）実施機関の参加者氏名または部署等名：

神野達夫（九州大学）,重藤迪子（九州大学）,松島信一（京都大学防災研究所）,浅野公之（京都大学防災研究所）,三宅弘恵（東京大学地震研究所）
他機関との共同研究の有無：有
山中浩明（東京科学大学）,山田伸之（高知大学）,高井伸雄（北海道大学）,地元孝輔（香川大学）,是永将宏（鉄道総合技術研究所）,津野靖士（東京科学大学）

（10）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：九州大学大学院人間環境学研究院
電話：
e-mail：kanno@arch.kyushu-u.ac.jp
URL：

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：神野達夫
所属：九州大学大学院人間環境学研究院

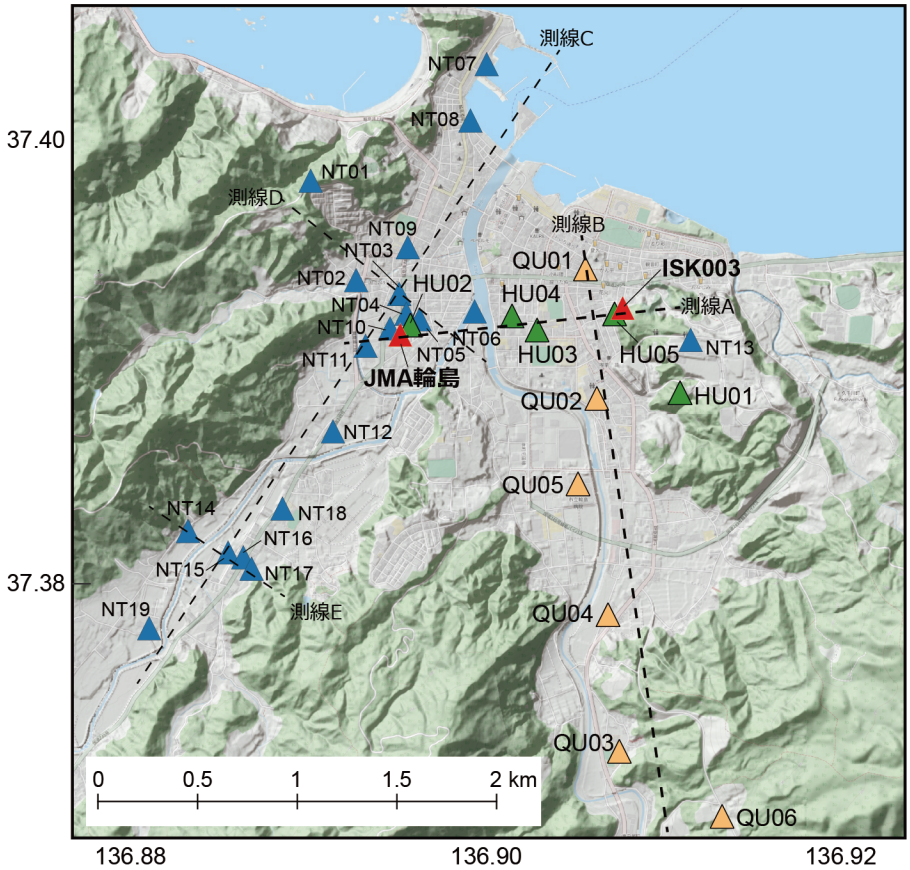
測線C
NT07
NT08
37.40
NT01
測線D
NT09
NT03
測線B
QU01
ISK003
NT02
HU02
HU04
測線A
NT04
NT10
NT06
HU03
HU05
NT13
NT11
NT05
JMA輪島
QU02
HU01
NT12
QU05
NT14
NT18
NT16
NT15
NT17
37.38
測線E
NT19
QU04
QU03
0
0.5
1
1.5
2 km
QU06
136.88
136.90
136.92

図1　余震観測点の分布