

(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7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。

令和6年度は、上記のような奥能登地域に多く存在する平野の一つとして、地震観測記録が多くある輪島市街地を対象に、余震観測や微動観測を実施し、地下構造モデルや地盤増幅特性などの検討を行った。これを踏まえ、令和7年度は、奥能登東部（輪島市東部、能登町、珠洲市など）の堆積平野を対象として、前年度同様、様々な観測結果の多角的な分析に基づいて地下構造モデルを構築する。また、このモデルと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7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年度の研究では、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おいて、2つの常設の地震観測点における地震動特性の差異、市内の被害分布の偏りの原因、また市街地とその周辺の地形等の地震動に対する影響について検討するため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。令和7年度は、当初研究対象地域を奥能登地方東部に移し、令和6年度と同様の取り組みを実施する予定であったが、令和6年度の結果を踏まえ、輪島市街地での地盤モデルの高度化とそれに基づく地盤震動特性評価を引き続き行う必要があるとの判断から、本年度は輪島市街地の余震観測点近傍における微動アレイ観測や表面波探査等の地下構造調査を充実させ、加えて、より大きな半径での微動アレイ観測を実施することとした。

2. 観測および解析の概要

図1に地震観測点位置ならびに微動アレイ探査地点を示す。JMA輪島とISK003を含む32点の地震観測

点周辺では、前年度に観測を実施した分を含めて、NT06とNT15を除く30点で浅部地盤による地震動の増幅特性の検討のための小さな微動アレイ探査（小アレイ、半径40 m～極小）を行った。またこれに加えて12点（JMA輪島、ISK003、NT01、15～17、HU01、03～05、QU01～02）で表面波探査を実施した。さらに、地震基盤からの地盤増幅特性を把握するための半径580～50 mの微動アレイ探査も平野内の数地点で実施した。

微動アレイ探査は、正三角形の頂点とその重心位置の計4点を基本とし、半径の異なる複数の正三角形を組み合わせた配置とした。機材は、Trillium Compact 20s（Nanometrics）、LE-3D/5s

（Lennartz Electronic、現在はREFTEK）、JEP-6A3-10（Mitutoyo、現在は日本システム工業、感度：10V/G）のそれぞれのセンサーと収録器としてDATAMARK LS-8800（白山工業）、VSE-15D

（東京測振）とDATAMARK LS-7000XT（白山工業）、GeophoneとLR8431（HIOKI）を組み合わせた。なお、個々のアレイでは全て同一の組み合わせを使用している。サンプリング周波数は100Hz、あるいは200 Hzとした。輪島市街地では各所で復旧工事が行われていたため、半径200 m以上のアレイは夜間または夕方に実施した。観測された記録の上下動成分に空間自己相関法を適用し、Rayleigh波の位相速度を求めた。なお、解析長、平滑化のバンド幅はアレイ半径毎に設定した。

表面波探査では、受信機にGS-11D Geophone（Geospace、固有振動数：4.5 Hz）を24個、収録器にGeode（Geometrics）を用いて、ハンマー起振による上下動を測定した。サンプリング周波数は8 kHz、時間長は2秒とした。測線の端部および中央においてそれぞれ5回起振し、スタッキングして解析に用いた。解析にはF-K法（Beam forming法）を用い、求めたRayleigh波の位相速度を微動アレイ探査の結果と接続した。

3. Rayleigh波の位相速度

輪島市役所の東側に位置するHU04では約0.3～30 Hzの広帯域でRayleigh波の位相速度が得られた。得られた位相速度は3 Hz付近より低周波数側で速くなり、0.4 Hzで2.7 km/sに達する。

平野の北西部、東側の段丘上やその麓、平野の南東側の地域の一部における位相速度は10 Hz以上の高周波数帯域で200 m/s程度以上だが、JMA輪島の周辺や輪島市役所の東側の平野部、鳳至川沿いの平野南西部等における位相速度は、最も遅い位相速度として約100 m/s程度の速度が検出されており、軟弱な堆積層の存在が伺える。しかし、位相速度が速くなる周波数は観測点によって異なり、その層厚にはばらつきがあると考えられる。K-NET輪島に近いHU05の高周波数側の位相速度は約400 m/sでおおよそ一定値に収束しており、K-NET輪島よりも速い。これは、中小地震の強震観測記録の比較においてもHU05よりK-NET輪島でスペクトルの振幅が10 Hz以上で大きいことと矛盾しておらず、K-NET輪島では極表層に軟弱な層が存在する一方で、HU05の表層は切り土地盤であると考えられる。

4. おわりに

本地域では既往研究により2、3次元の波動伝播を影響とした地震動の増幅が指摘されているが、今後はさらに検討を行い、地盤増幅特性の違い等の検討を進める。

・「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7年度の成果に関連の深いもので、令和7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

青井優太郎, 高井伸雄, 重藤迪子, 神野達夫, 2025, 2024年能登半島地震の余震観測に基づく石川県輪島市街地の地盤震動特性, 2025年度日本建築学会大会梗概集, 21236.

安部魁人, 神野達夫, 重藤迪子, 高井伸雄, 2025, 微動観測に基づく輪島市街地の地盤震動特性の検討, 2025年度日本建築学会大会梗概集, 21237.

津野靖士, 山中浩明, 是永将宏, 三宅弘恵, 大野登羽, 2025, 石川県輪島市西部の余震観測データを用いた地盤震動特性評価, 2025年度日本建築学会大会梗概集, 21238.

重藤迪子, 高井伸雄, 津野靖士, 山中浩明, 是永将宏, 三宅弘恵, 小阪宏之, 浅野公之, 地元孝輔, 神野達夫, 2025, 石川県輪島市における2024年能登半島地震の臨時余震観測点での微動アレイ探査および表面波探査, 2025年度日本地震工学会年次大会講演論文集, 20250330.

神野達夫, 重藤迪子, 高井伸雄, 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, 2025, 高密度余震観測と微動観測に基づく輪島市街地の地盤震動特性評価, 日本建築学会第53回地盤震動シンポジウム, pp. 3-8.

神野達夫, 重藤迪子, 高井伸雄, 津野靖士, 山中浩明, 小阪宏之, 浅野公之, 地元孝輔, 是永将宏, 三宅弘恵, 山田伸之, 松島信一, 2026, 輪島市内の2024年能登半島地震の臨時余震観測点における地下構造探査, 令和7年度京都大学防災研究所研究発表講演会, P67

(8) 令和7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: 微動アレイ探査および表面波探査を行った。

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: 2025/9/26-2025/9/27

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), 津野靖士 (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)

(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

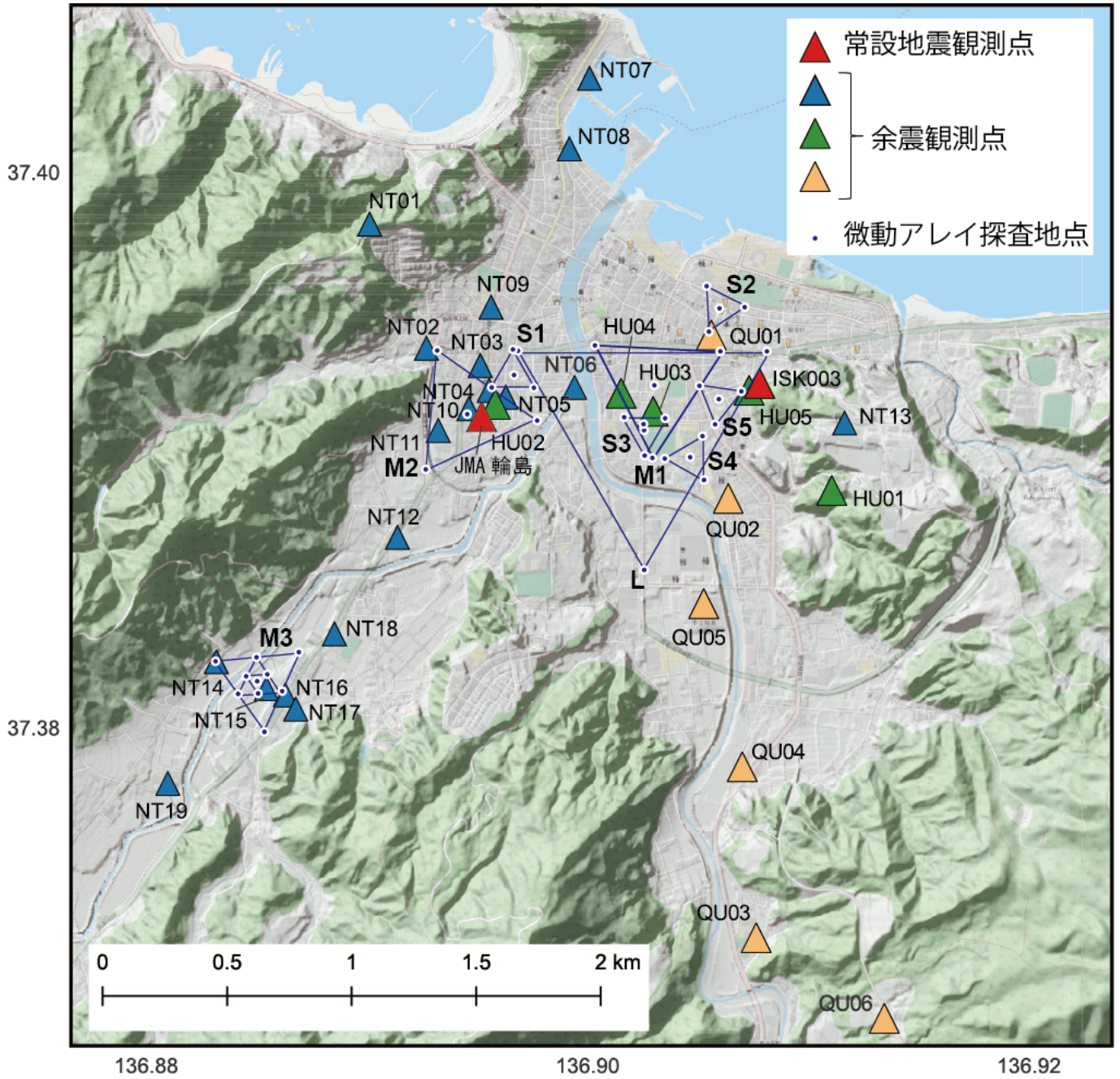


図1 地震観測点および微動アレイ探索地点（背景は地理院地図およびOpen Street Map）