

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
High-density Aftershock and Microtremor Observations
for the 2024 Noto Peninsula Earthquake in Wajima City

○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・安部魁人・中川尚郁・青井優太郎・Ouma FREDRICK・
中村愛彩・Ozaslan BILAL・松田大幹・大野登羽

○Tatsuo KANNO, Michiko SHIGEFUJI, Nobuo TAKAI, Seiji TSUNO, Hiroaki YAMANAKA,
Masahiro KORENAGA, Hiroe MIYAKE, Shinichi MATSUSHIMA, Kimiyuki ASANO, Nobuyuki
YAMADA, Kosuke CHIMOTO, Kaito ABE, Naofumi NAKAGAWA, Yutaro AOI, Ouma FREDRICK,
Aya NAKAMURA, Ozaslan BILAL, Hiroki MATSUDA, Towa OHNO

High-density aftershock observations for the 2024 Noto Peninsula earthquake were conducted at 30 points in the Wajima city area, and microtremor observations were also conducted at those observation points. These included the line connecting ISK003 and JMA Wajima. The spectral ratios of the transverse component of the S-wave part of the aftershock motions observed at each observation point to ISK003 showed a prominent peak of 4 to 7 times around 1 Hz in the heavily damaged areas, and a peak around 3 to 6 Hz in the southern areas. The microtremor array observation results also showed that the dispersion curves of Rayleigh waves differed significantly between the heavily damaged areas and other areas, suggesting that the underground structure has changed significantly.

1. はじめに

令和 6 年能登半島地震の甚大な被災地の一つである輪島市街地には、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。本震時の地震動は共に震度 6 強であったが、両地点で大きな振幅の違いや周期特性の違いが認められた。また、輪島市街地内での被害の分布には差異があることや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を考えれば、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。

本研究では、上記の 2 つの既存観測点を含み平野を横断するような測線を含み、平野全体をカバーし地盤震動特性の変化を把握できるアレイ配置で観測点を高密度に設置し、余震観測を実施した。さらにこれらの観測点周辺で微動観測を実施した。本稿では、これらの概要ならびに対象地域の地震動特性や地盤特性について報告する。

2. 余震観測

余震観測は、図 1 に示すように河原田川と鳳至川のそれぞれに沿った測線 A、C、さらに測線 A におおよそ直交し ISK003 と JMA 輪島を結ぶ測線 B、

測線 C に直交する測線 D、E において、2024 年 6 月～7 月に計 30 点を設置した。主な観測機材は、センサーに過減衰型加速度計 JEP-6A3 (1 V/G、2 V/G)、ロガーに DATAMARK LS-8800 で、電源に 12 V の車用バッテリーを用い、200 Hz サンプリングとした。なお、本観測は 9 月の豪雨災害で水没した地点を除き、2024 年 12 月に順次撤収している。

観測記録の例として図 2 に測線 A、B における 2024 年 11 月 26 日 22:47 の石川県西方沖の地震 (Mj 6.6) の速度波形を示す。HU01 は ISK003 より標高は高いが、振幅は ISK003 よりも大きい。HU05 は ISK003 から 50 m ほどの地点であるが、ISK003 よりもやや振幅が小さい。標高が高い QU06 は ISK003 よりも振幅は小さい。JMA 輪島に近い HU02 や被害が集中した地域にある HU03、QU01、QU02 では後続の振幅が大きく、継続時間も長い。QU05 はこれらに比べて、後続の振幅は小さい。

余震観測期間中に ISK003 でも記録が得られた地震を抽出し、ISK003 の記録とのスペクトル比を算出した。対象は S 波部分の Transverse 成分の 10.24 秒であり、平滑化には 0.4 Hz の Parzen window を用いた。各地震で算出されたスペクトル比の平均を図 3 に示す。被害が大きかった HU02～04、QU01、QU02 では、周期 1 Hz 付近に 4～7 倍程

度の明確なピークがあり、軟弱な地盤であることが伺える。一方、HU01 は 2 Hz 付近、QU05 は 1 Hz 強にピークを持ち、その倍率は上記の地域の観測点より小さい。HU05 は 5 Hz 付近よりも低周波数側の倍率はほぼ 1 で平坦であるが、5 Hz 付近よりも高周波数側で倍率が落ち始め、9 Hz 付近から急激に低下する。これは HU05 の表層地盤が ISK003 よりも硬質であることを示唆している。一方、市街地南部の QU03、QU04、QU06 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 以下となるなど、地盤構造の大きな変化が想定される。

3. 微動観測

余震観測点のいくつかで、単点微動観測や微動アレイ観測を実施した。ここでは測線 A、B における微動アレイ観測について述べる。観測は正三角形の辺長を 6 m、3 m とした 7 点アレイ、センサーは Trillium compact 20 s、ロガーは LS-8800、サンプリングは 200 Hz で、観測時間は 20 分以上とした。解析には SPAC 法を適用し、解析区間長は 20.48 秒で、2 Hz の Parzen window で平滑化した。

図 4 に算出された Rayleigh 波分散曲線を示す。測線 A では、HU03 と HU05、測線 B では、QU02 と QU05 の間で分散曲線が大きく変化する。HU02~04、QU01、QU02 の位相速度は 100 m/s 程度であり、表層に非常に軟弱な層が存在すると考えられる。

HU01 の位相速度は 30 Hz 付近で 200 m/s 程度であり、それよりも低周波数側で徐々に位相速度が速くなる。先述のとおり、ISK003 と HU05 は 50 m 程度しか離れていないが、分散曲線は大きく異なる。ISK003 は 20 Hz よりも高周波数側で位相速度が低下するが、HU05 はより高周波数側まで 400 m/s 以上の位相速度を保つ。これは HU05 では ISK003 に存在するごく表層の堆積層が存在しない、あるいは ISK003 よりもさらに薄いことを示している。これは地震波形や地震動のスペクトル比の傾向と矛盾しないが、今後より詳細な調査が望まれる。QU05 の位相速度は 200 m/s でほぼ平坦であり、QU03、QU04 は高周波数側で 100~150 m/s 程度とそれほ

ど速くはないが、すぐに位相速度は速くなる。QU06 の高周波数側の位相速度は 300

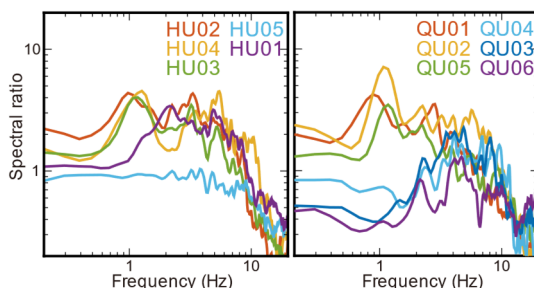


図 3 地震動の ISK003 とのスペクトル比

m/s 弱とやや速く、15 Hz 付近から低周波数側で位相速度が顕著に速くなり、より硬質な地盤であると考えられる。

4. おわりに

今後、得られた余震記録の詳細な分析とともに、ごく表層の地下構造やより深い地下構造の把握のための調査を行う予定である。

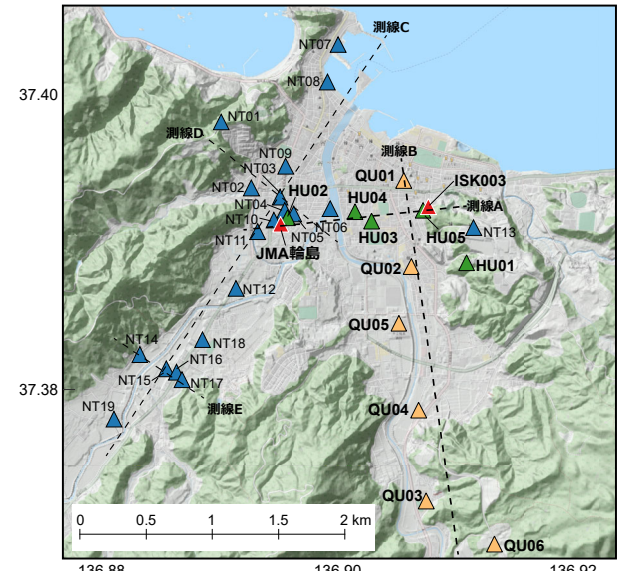


図 1 余震観測点の分布

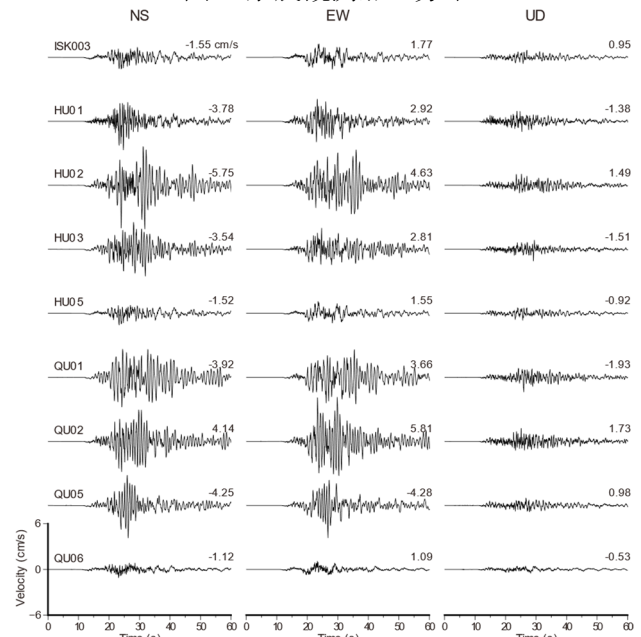


図 2 2024 年 11 月 26 日の石川県西方沖の地震の速度波形 (Low cut: 0.05 Hz)

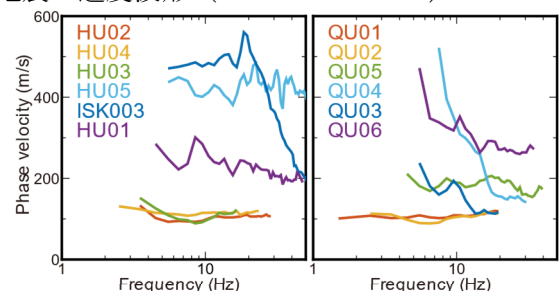


図 4 Rayleigh 波の分散曲線