

2024 年能登半島地震により地震地すべりが群発した山地斜面の地震観測  
—輪島市町野町鈴屋の事例—

Seismic observations on mountain slopes where many coseismic landslides occurred by the 2024 Noto Peninsula Earthquake: The Case of Suzuya, Machino Town, Wajima City.

○荒井紀之・中山雅之・土井一生

○Noriyuki ARAI, Masayuki NAKAYAMA, Issei DOI

To investigate seismic amplification characteristics on mountain slopes, seismic observations and surface wave surveys were conducted in Suzuya, Machino Town, Wajima City, where large-scale seismic landslides occurred during the 2024 Noto Peninsula Earthquake. Seismic observations were conducted by installing a velocity-type three-component seismometer on a ridge. Seismic motion amplification characteristics were determined by calculating the Fourier spectrum of the S-wave for each observed earthquake and computing the horizontal-to-vertical motion ratio (HVSr). The results showed an amplification factor of approximately 4 times at 2 Hz on the ridge, with the vibration direction predominantly perpendicular to the ridge.

## 1. はじめに

2024 年能登半島地震では、震度 6 弱から 7 の強震域を中心として多数の地震地すべりが発生し、斜面下の家屋を埋設するとともに、国道や上下水道等のライフラインを寸断し甚大な被害を与えた。

地震地すべりによる災害に対処するために、①どのような地震動が作用した場合に、②どのような地形・地質条件の場所で、③どのような地震地すべりが発生するのかを知る必要である。

本研究は、能登半島で大規模な地震地すべりが多発した山地斜面において地震観測を行い、地震波の増幅特性を調べ、先の問い②へ答えようとする試みである。

## 2. 方法

研究域は、珪質シルト岩分布域で中から大規模崩壊が多発した輪島市町野町鈴屋に選定した。

Fig. 1 に、研究域周辺の傾斜量図を示す。

速度型高感度 3 成分地震計を、大規模崩壊が発生した北西向き斜面の尾根 (No. 1 地点) に設置した。サンプリング間隔は 0.004 秒である。SN 比が 10dB 以上の波形データを解析対象とした。得られた速度波形の S 波部を 6 秒切り出し、平均値処理と  $\cos 2\theta$  による端部処理を行った後、フーリエスペクトルを求めた。増幅特性を調べるために、水平動と上下動のスペクトル比 HVSr を計算した。

研究域の尾根沿いには線状凹地が存在し、その内部構造を調べるために表面波探査を行った。No. 1 地震計周辺の尾根と斜交する方向 (Line1)

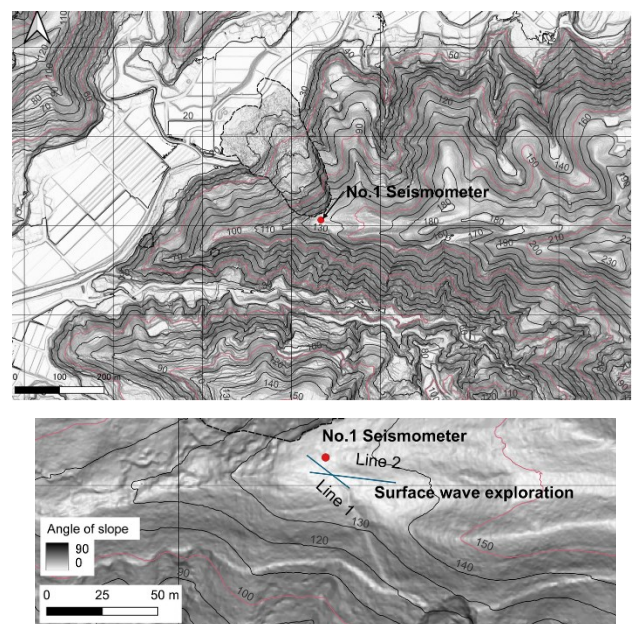


Fig.1 研究域の傾斜量図

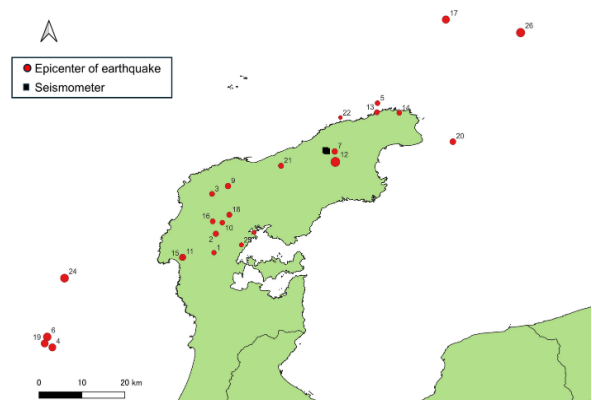


Fig.2 観測地震の震央分布図

と、尾根と平行で線状凹地内 (Line2) に測線を設定した。表面波探査では、カケヤで起振した表面波を多数の地震計で記録し、位相シフト法により、2次元断面のS波速度構造を得た。地震計間隔は2mから4mとし、測線長は20mから40mである。

### 3. 結果

Fig.2 に、2025 年 8 月 5 日から 11 月 15 日間に観測された地震の震央分布を示す。同図中に示されていないが、11 月 9 日 17 時 3 分に発生した三陸沖地震 (M6.9) も含まれている。

Fig.3 に HVSr を示す。解析した 19 個の相乗平均である。2Hz で 3.6 倍、4Hz で 3 倍となった。また、Fig4 に方位増幅特性の解析例を示す。解析方法は荒井ら (2023) による。2Hz では卓越方位として N-S 方向が多い。

Fig.5 に表面波探査により得られた S 波速度断面を示す。LINE1 では、表層から深度 8m にかけて  $V_s$ 180~240 m/s の風化岩盤からなると推定される。線状凹地沿いの LINE2 では、表層から深度 9~10m に  $V_s$ 180~300 m/s で、その下部に  $V_s$ 330 m/s の比較的均一な岩盤からなると推定される。

### 4. 考察

既往研究により、地形効果により尾根に直交する方向に地震波が増幅されることが指摘されている。Panzera ら (2011) によると、その卓越周波数は経験的に地山の S 波速度を尾根幅で除した値となることが報告されている。林らが No.1 地点で行った微動アレイ探査によると、地表から深度 40m にかけて  $V_s$  が 200m/s から 800m/s に徐々に増加し、深度 200m まで 800m/s である結果が得られている。尾根を構成する地山の  $V_s$  を 800m/s とし、No.1 地点の尾根幅 400m で卓越周波数を求めると 2Hz となり、観測結果にほぼ一致する。

線状凹地の表面波探査結果から、深度 10m まで S 波速度が 300m/s 以下の低速度帯からなり、これ以深には連続していない。線状凹地の成因が、地震時に尾根沿いに生じた開口割れ目に由来するものと考えた場合、深度 10m 以深では北と南の谷側に向かってせん断帯として分岐している可能性が考えられるが、さらなる調査が必要である。

### 謝辞

本研究は、令和 7 年度京都大学防災研究所萌芽共同研究「2024 年能登半島地震により地震地すべりが群発した山地斜面の地震観測」研究代表者荒井紀之の助成を受けました。林宏一教授より No.1 地点の微動アレイ探査結果を共有していた

いただきました。フーリエスペクトルの計算に、大崎順彦博士の解析プログラム FAST, SPAC と SWIN を使用しました。以上の方々に謝意を申し上げます。

### 参考文献

荒井紀之, 山崎新太郎, 土井一生 (2023) 三波川帯における深層崩壊斜面の地震動計測—高知県大豊町トウジ山に地すべりを事例として—, 日本地すべり学会誌, 60(6), pp. 265–273.

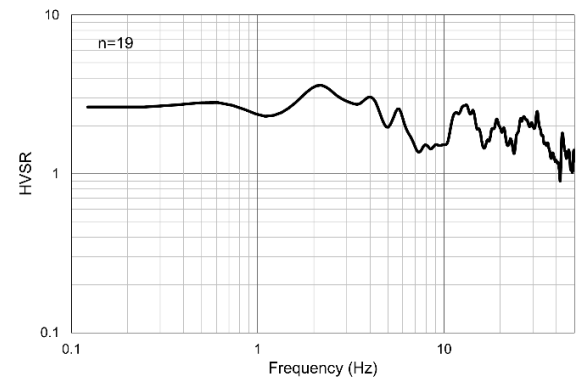


Fig.3 HVSr

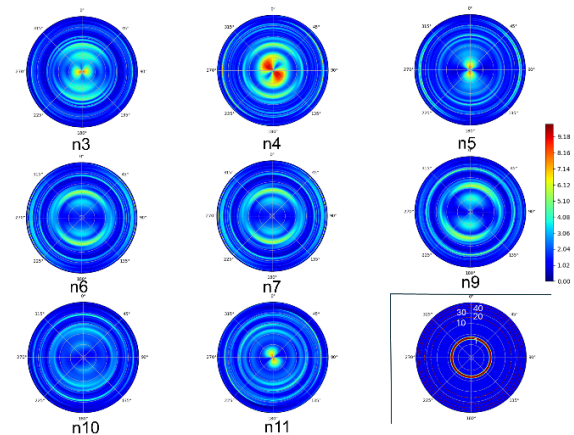


Fig.4 方位増幅特性

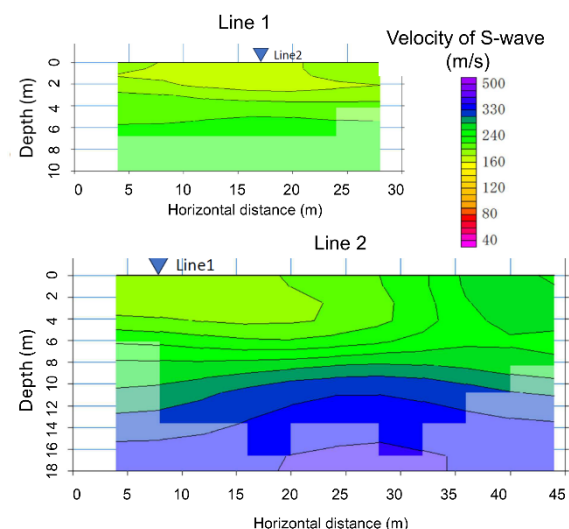


Fig.5 表面波探査による S 波速度断面