

令和6年能登半島地震 地震動・地盤震動

主査：後藤浩之（京都大学）
志賀正崇（長岡技術科学大学）・栗間淳（東京大学）

謝辞

本報告では、気象庁、防災科学技術研究所 K-NET, KiK-net, および港湾地域強震観測の地震記録を利用いたしました。
感謝申し上げます。



地震の概要

令和6年能登半島地震 (M7.6, Mw7.5)

発生日時 1月1日 16:10

震源深さ 16 km

逆断層型の地殻内地震

最大震度 7

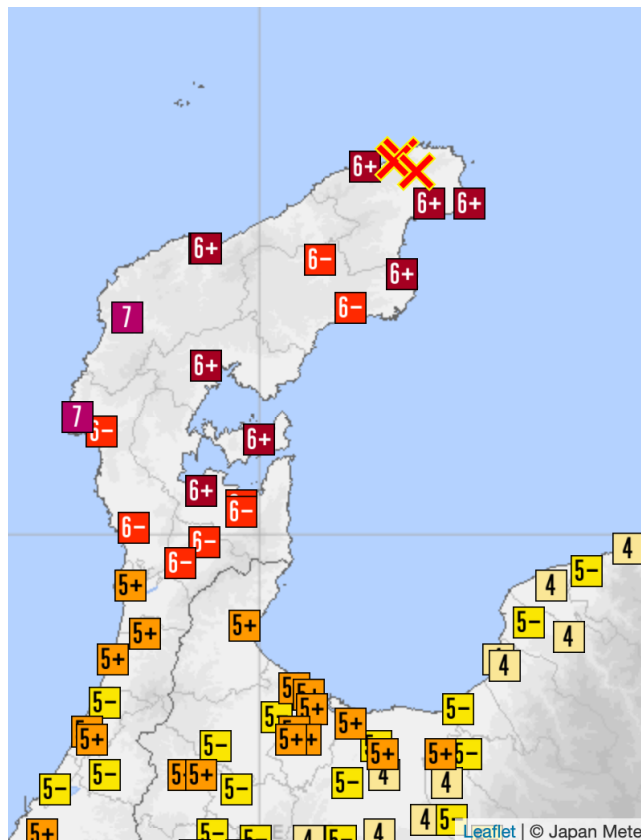
震度 7

輪島市門前町走出
志賀町香能

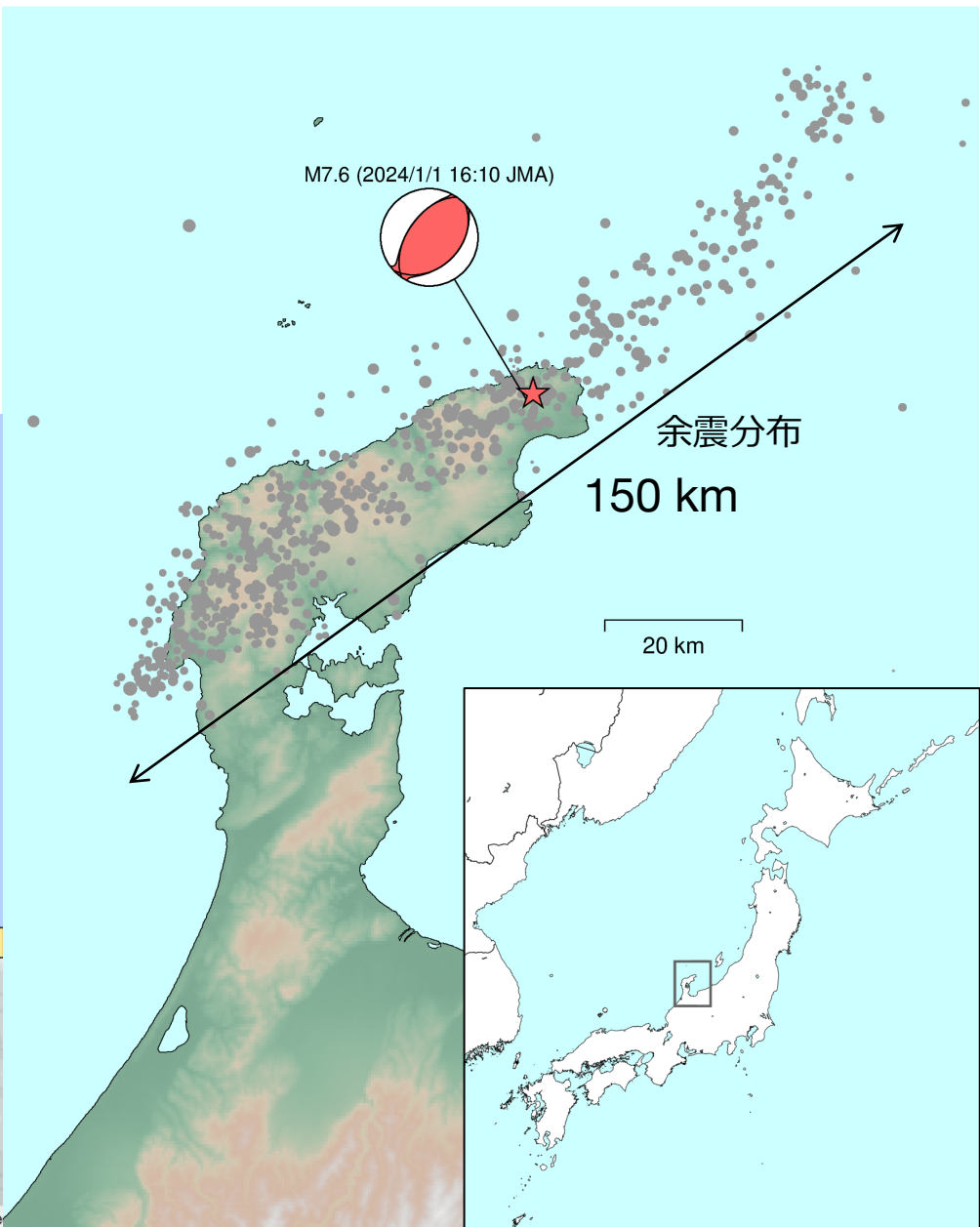
震度 6 強

七尾市 輪島市 珠州市
穴水町 能登町

気象庁 震度分布



M7.6 (2024/1/1 16:10 JMA)



地震の概要

近年の地震活動 (2007~2024)

✓ 平成19年 (2007年) 能登半島地震 (M6.9, Mw6.6)



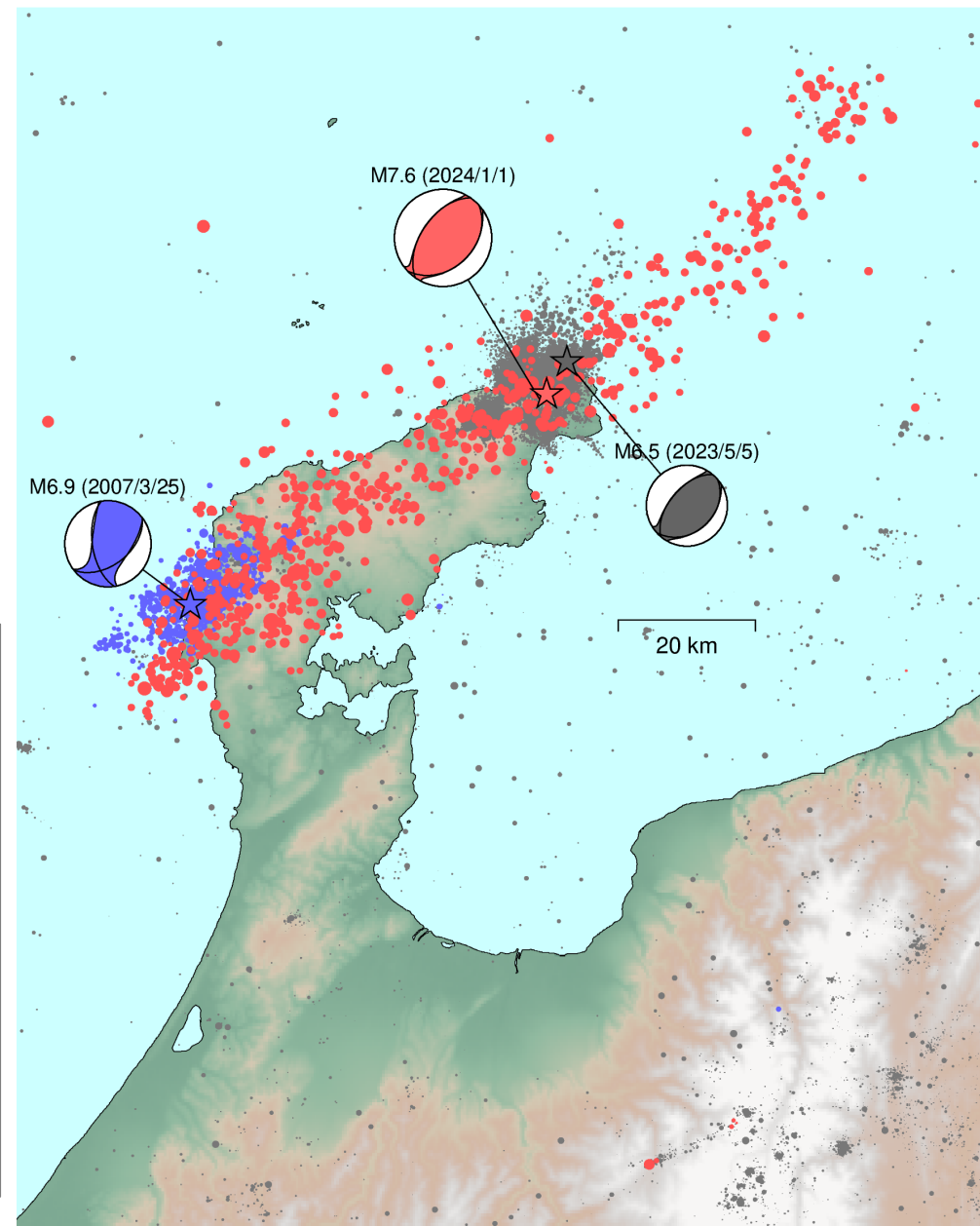
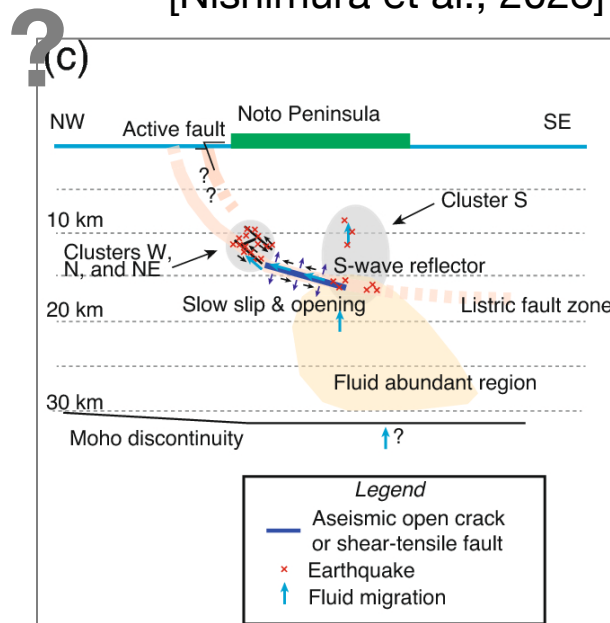
2020年より群発地震が発生

✓ 2023年5月5日に発生した地震 (M6.5, Mw6.2)



✓ 令和6年能登半島地震 (M7.6, Mw7.5)

[Nishimura et al., 2023]

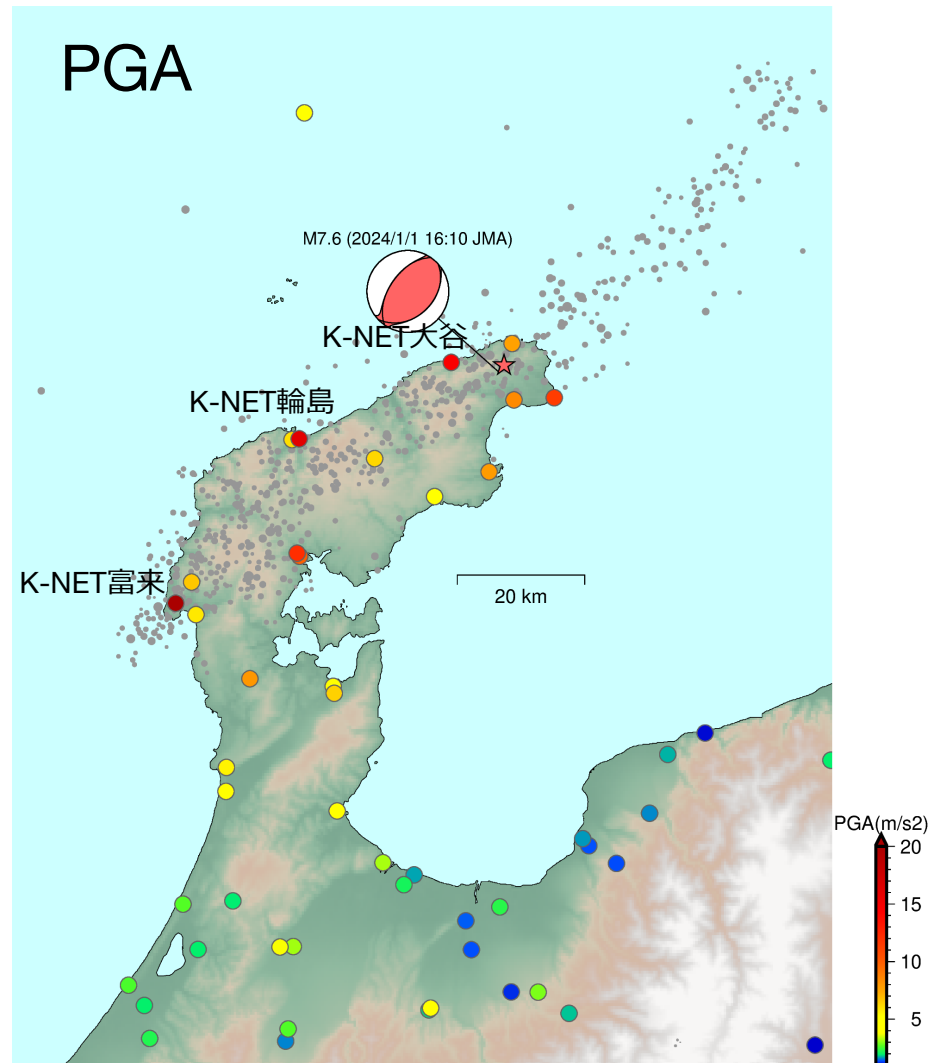


最大加速度 (PGA) と最大速度 (PGV)

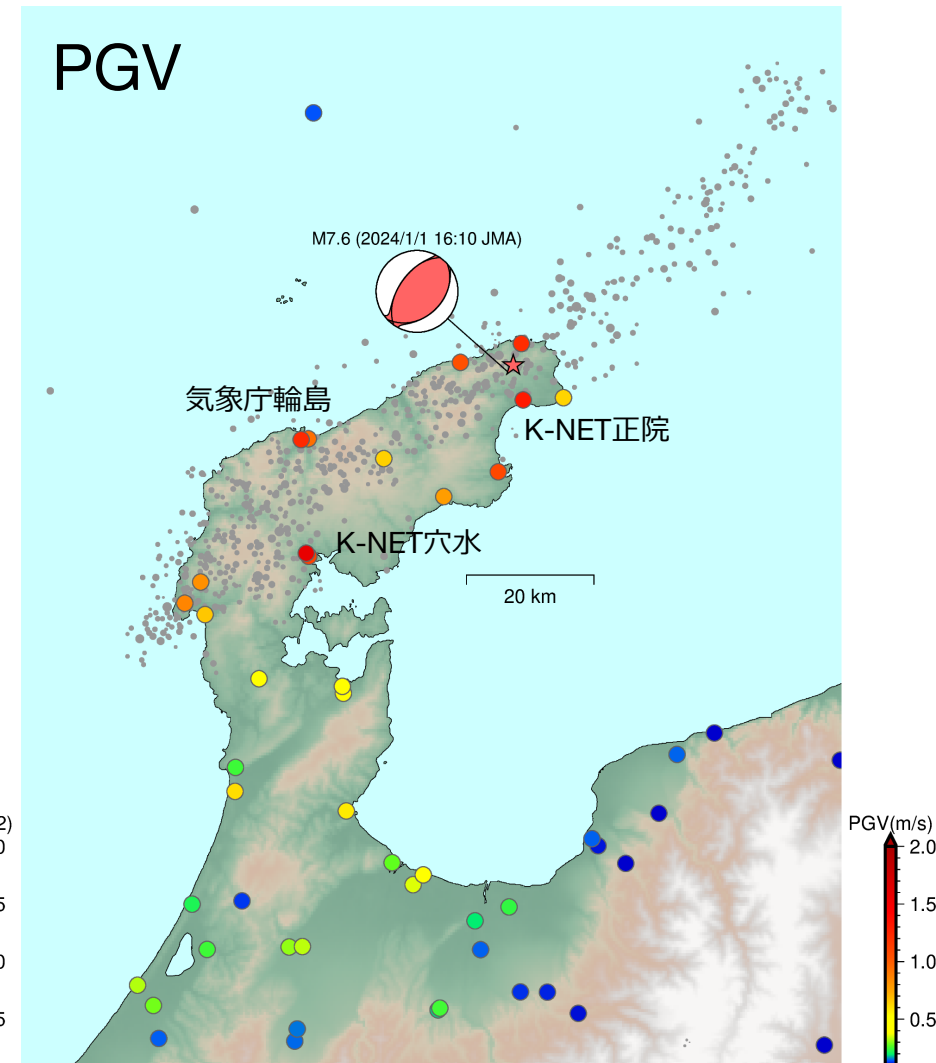
観測点	PGA
K-NET富来 (ISK006)	27.3 m/s ²
K-NET輪島 (ISK003)	16.3 m/s ²
K-NET大谷 (ISK001)	14.7 m/s ²

観測点	PGV
K-NET穴水 (ISK005)	1.59 m/s
K-NET正院 (ISK002)	1.31 m/s
気象庁輪島	1.23 m/s

最大加速度 (水平2成分合成)



最大速度 (水平2成分合成)

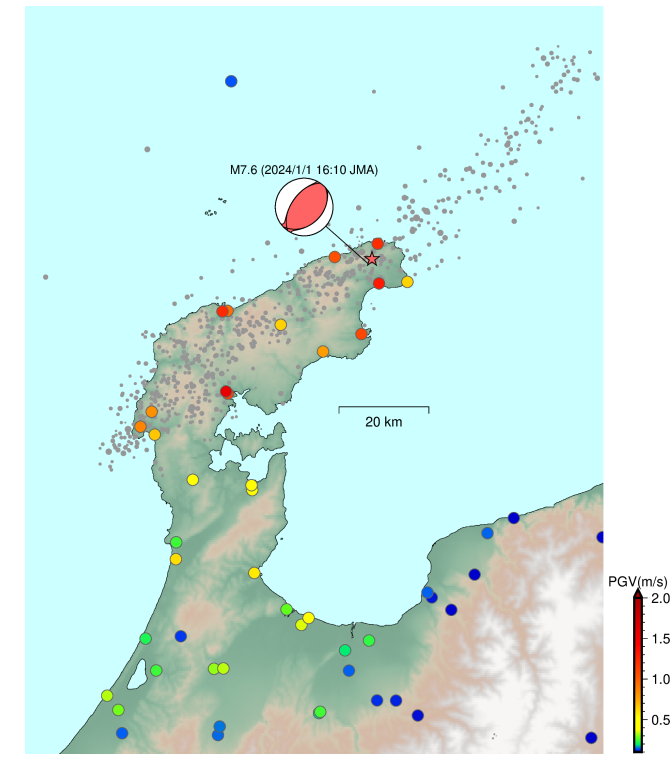
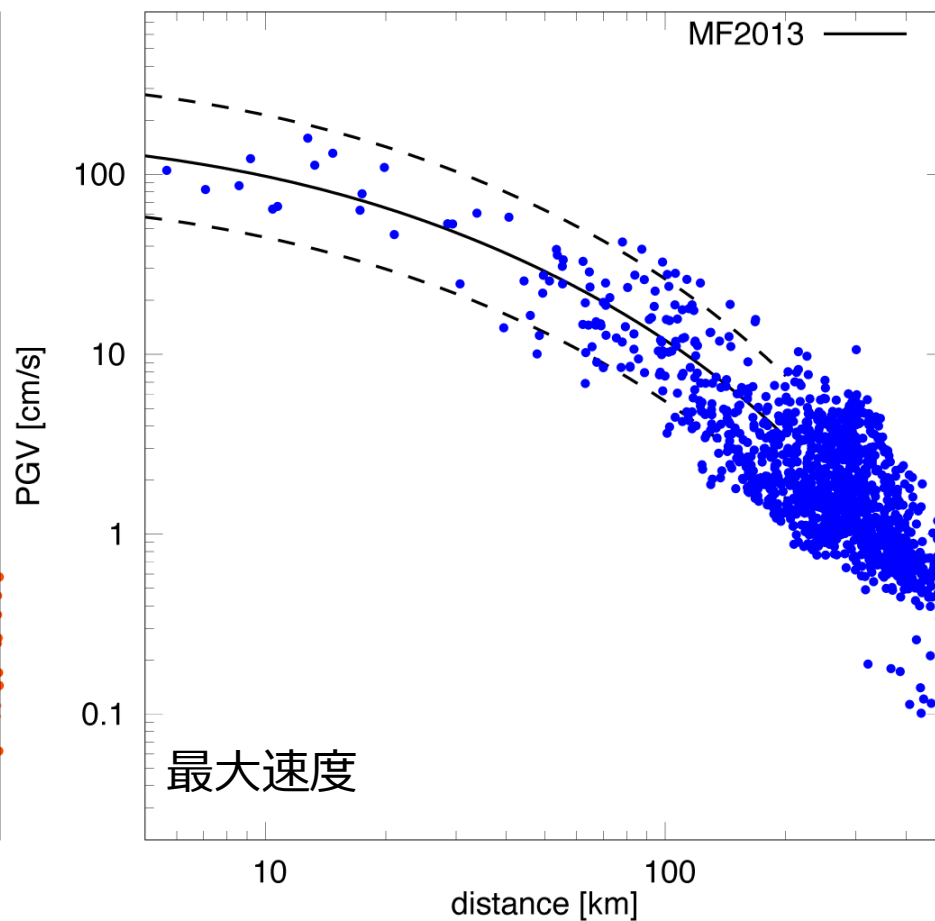
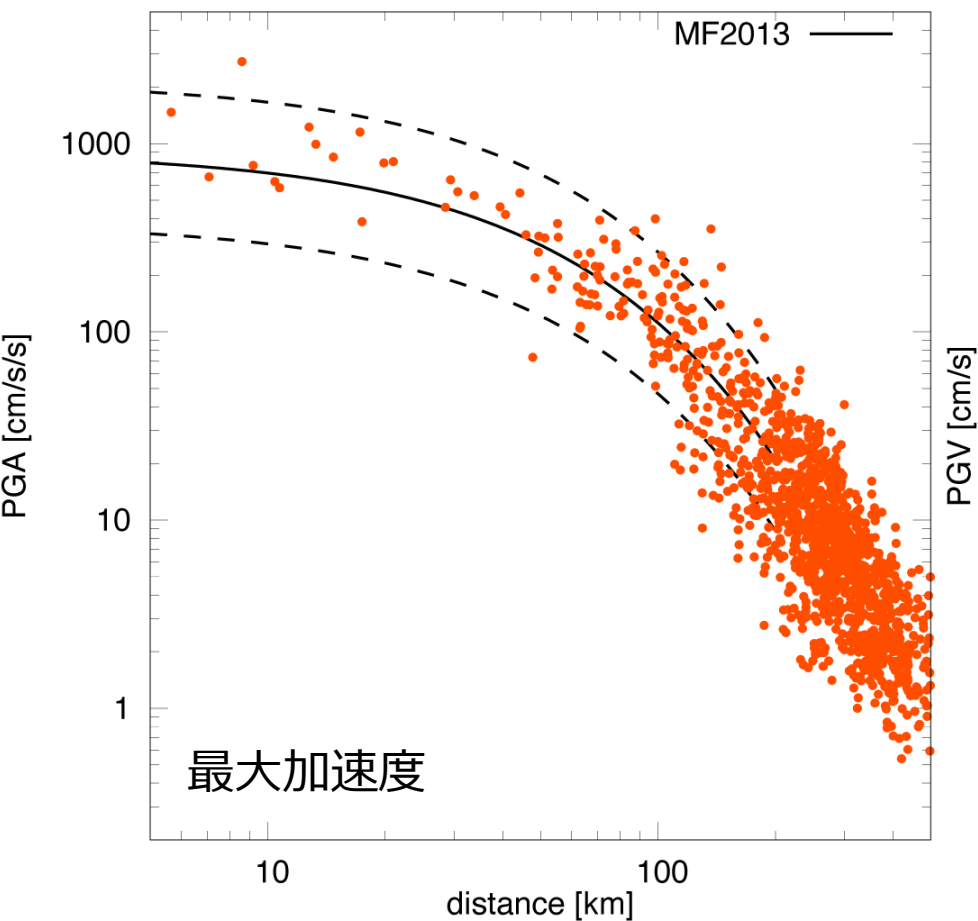


最大加速度 (PGA) と最大速度 (PGV)

観測値と既存GMMとの比較 [Morikawa and Fujiwara, 2013]

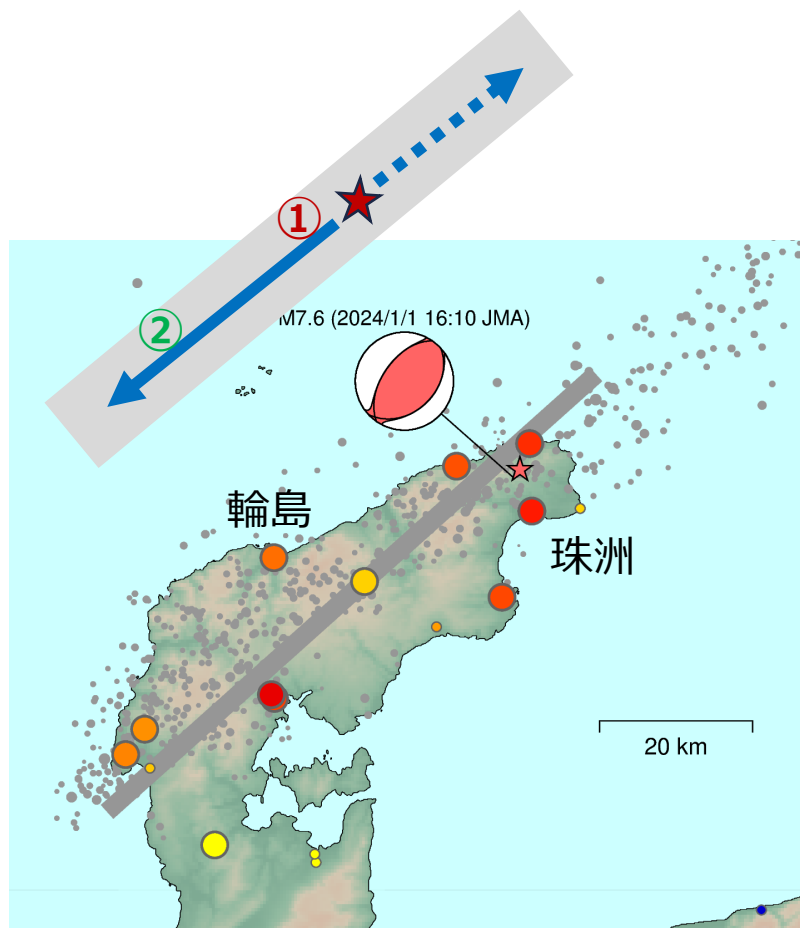
($V_{s30} = 350\text{m/s}$, $D_{1400} = 250\text{m}$, 火山フロントの補正なし)

✓ これまでに経験してきた 内陸地震 の特徴と概ね整合する

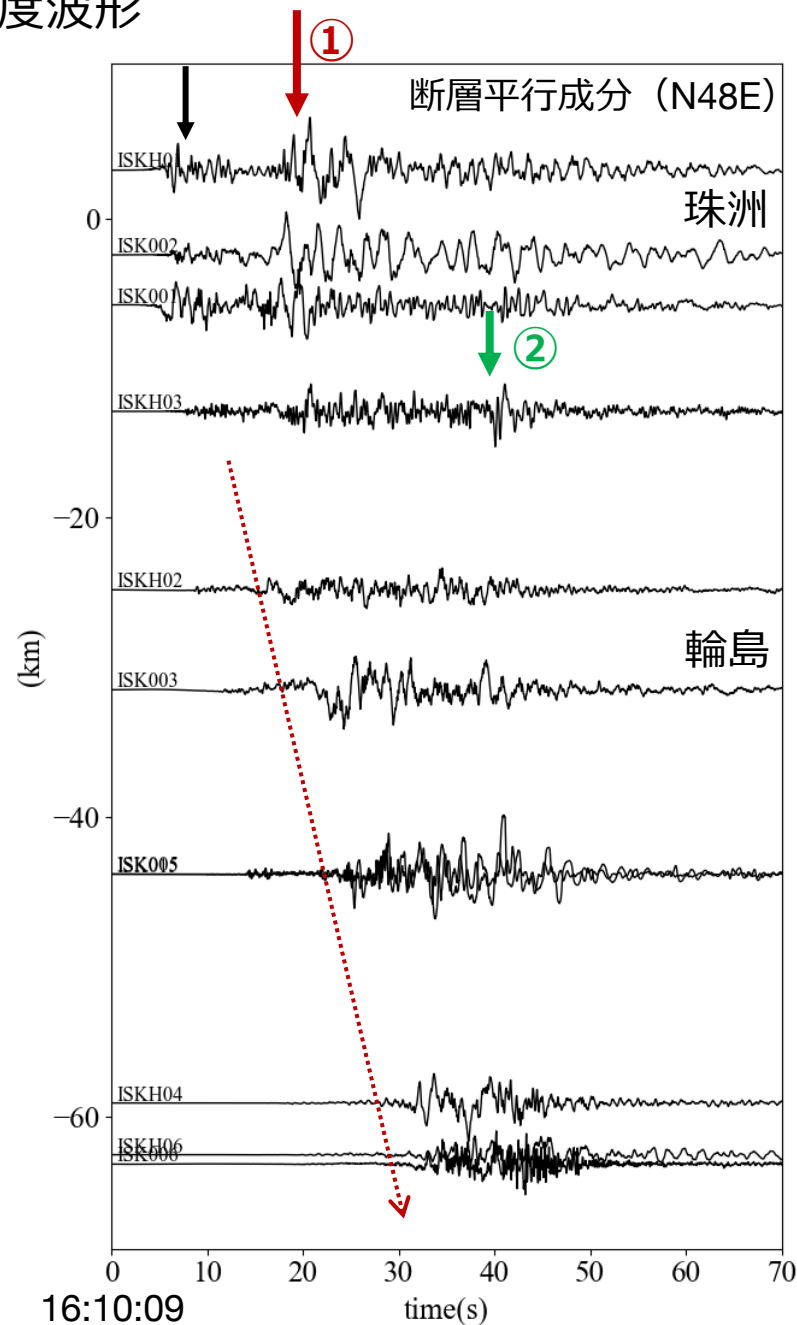
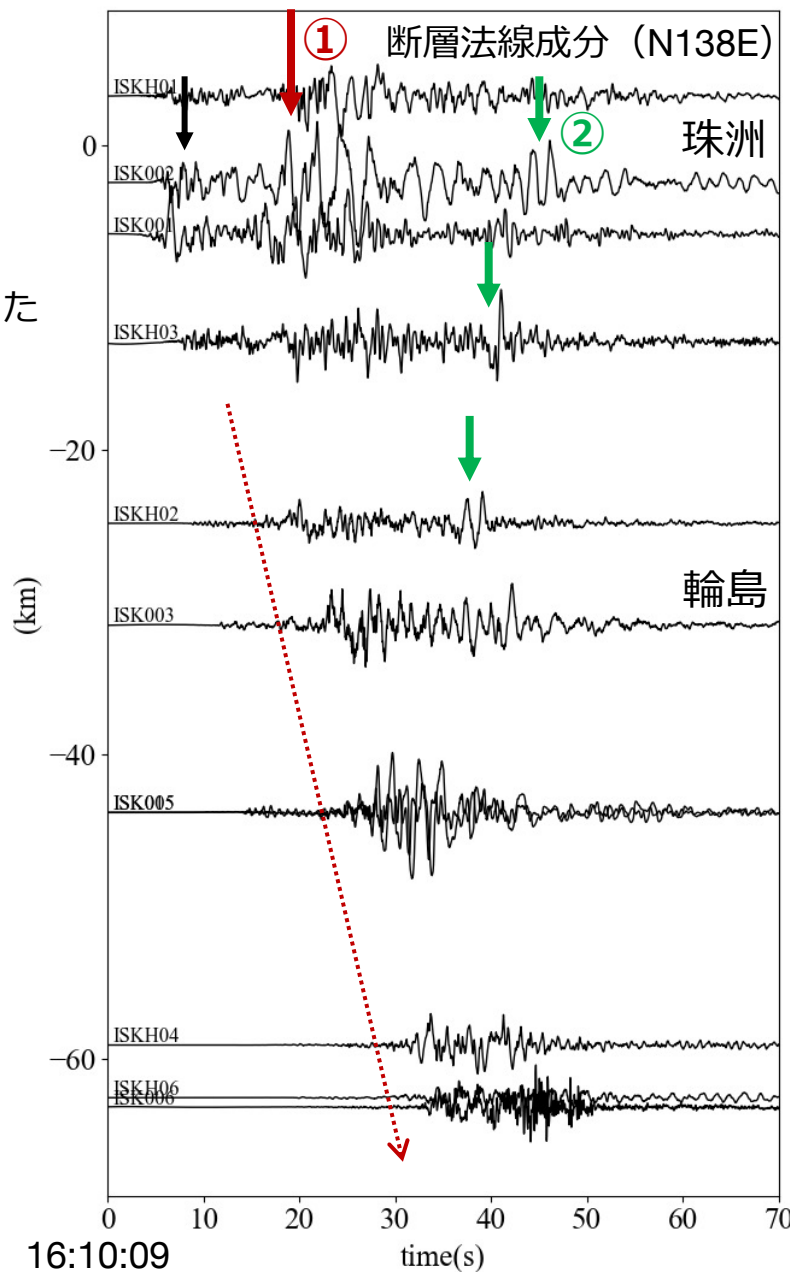


震源域の波形

- 震源からBilateralに破壊
能登半島では南西方向に破壊が伝播した
- 少なくとも2つの波群が見られる
2つ目の波群は南西方向から伝播
- 結果として珠洲市では40秒を超える揺れとなった



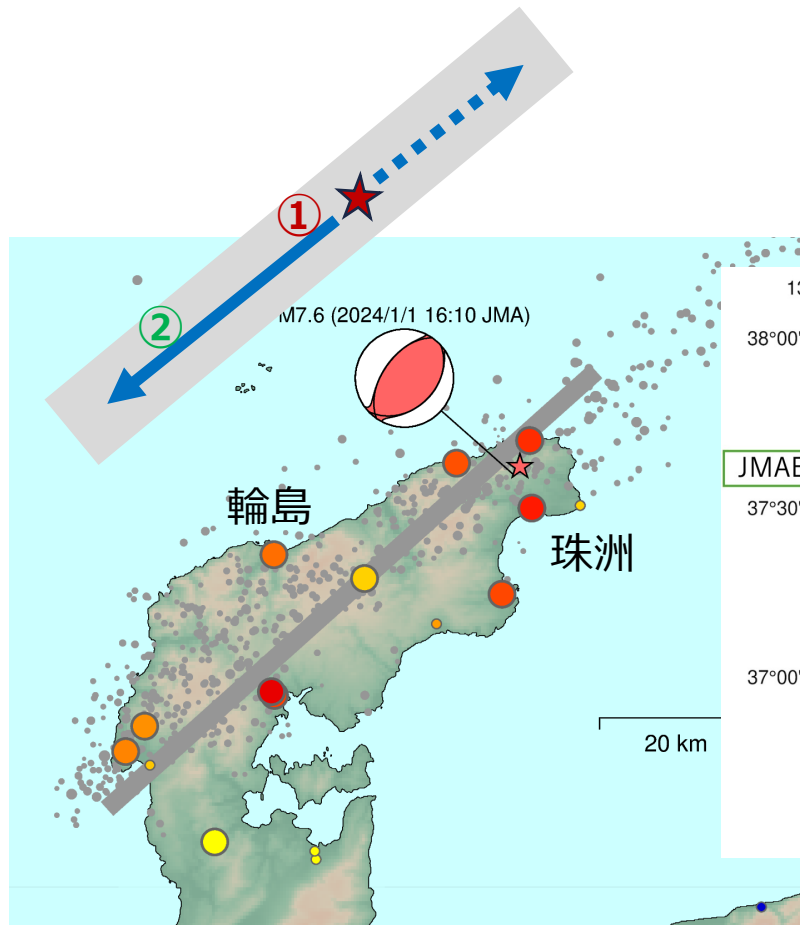
速度波形



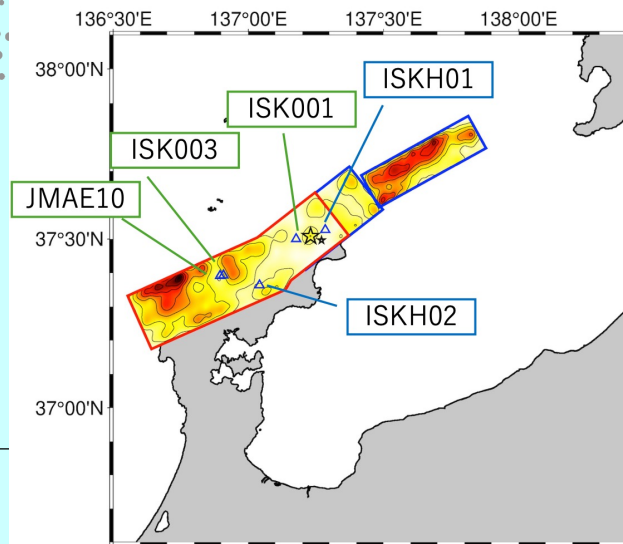
震源域の波形

- 震源からBilateralに破壊
能登半島では南西方向に破壊が伝播した
- 少なくとも2つの波群が見られる
2つ目の波群は南西方向から伝播
- 結果として珠洲市では40秒を超える揺れとなった

- 推定された震源過程によると、
輪島市の西部に大きな滑り域が認められる
- この滑り域の位置は、大きな地殻変動が見られた箇所に対応する

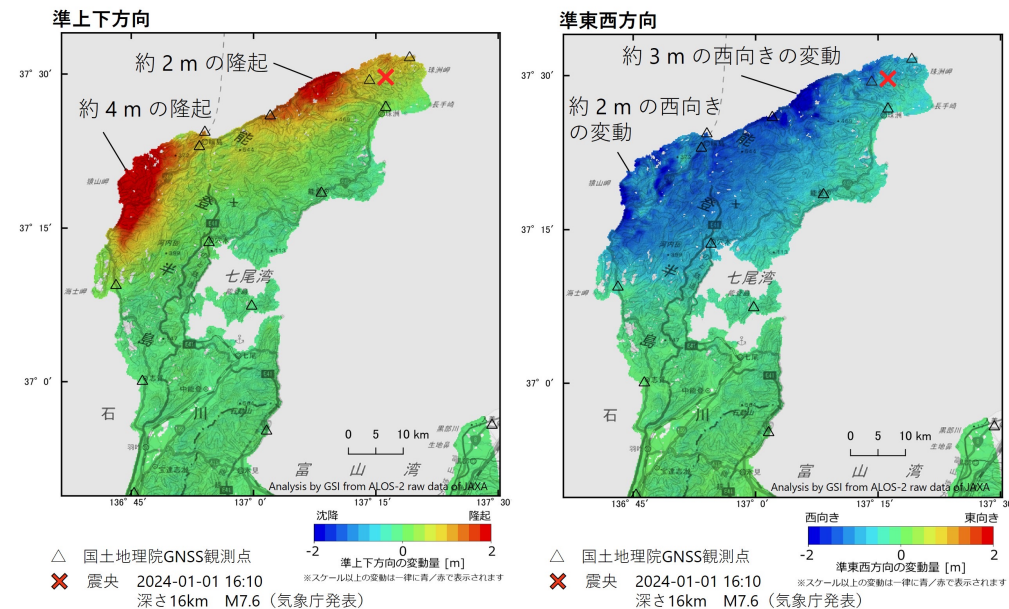


震源過程



[浅野・岩田, 2024]

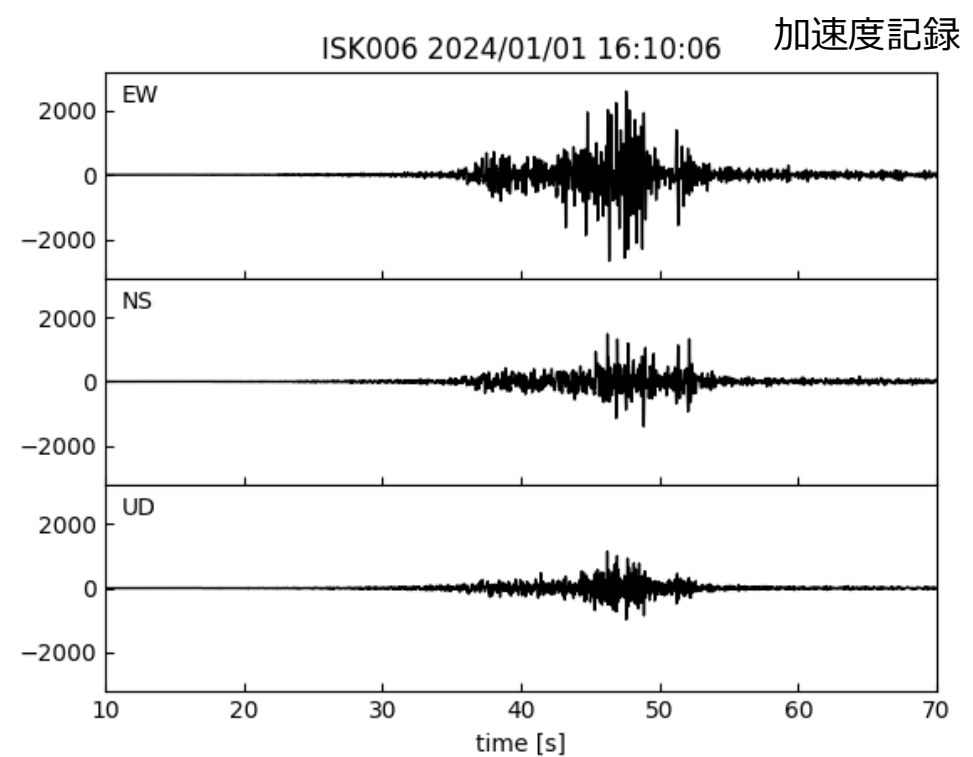
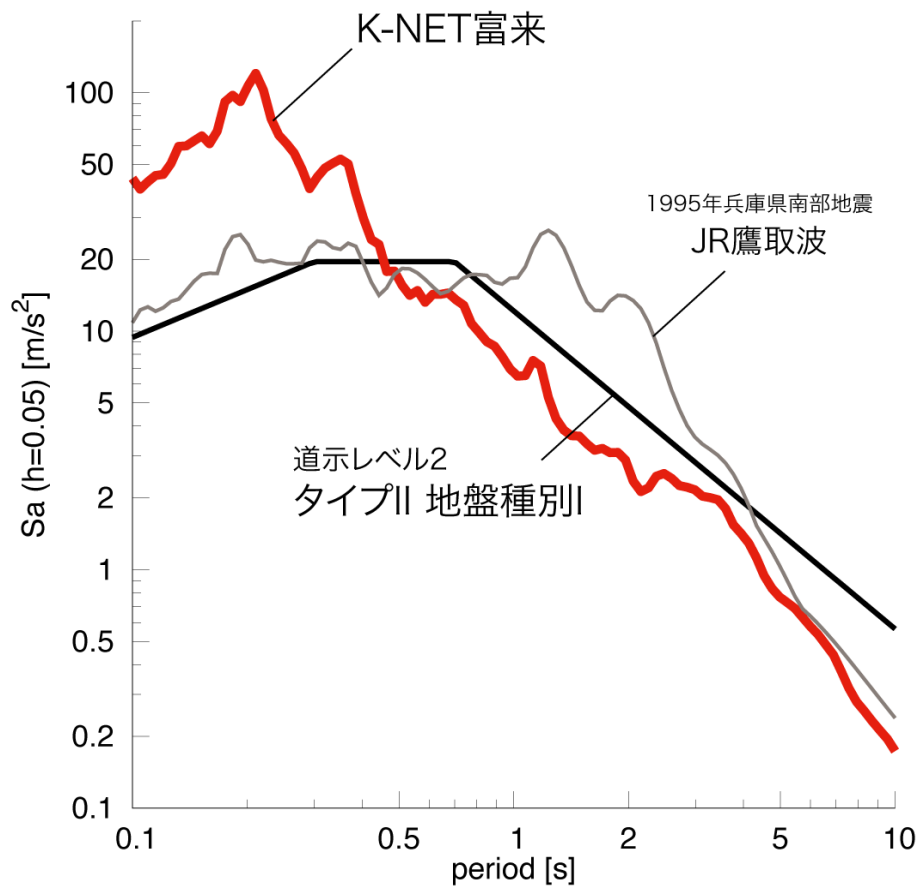
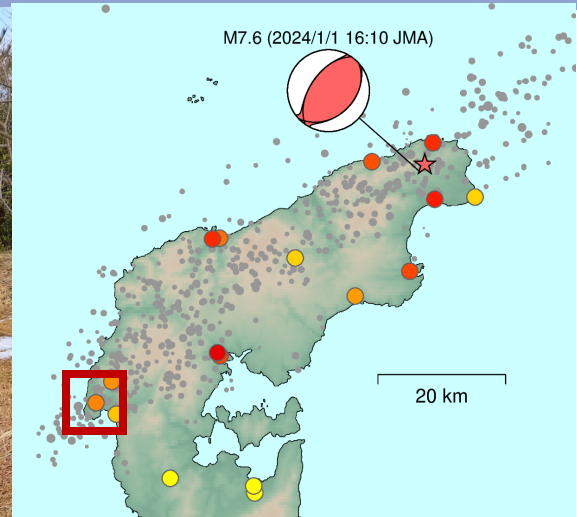
地殻変動



[国土地理院, 2024/01/19]

K-NET 富来 (ISK006)

2725cm/s²の最大水平加速度
加速度応答は0.2秒が卓越

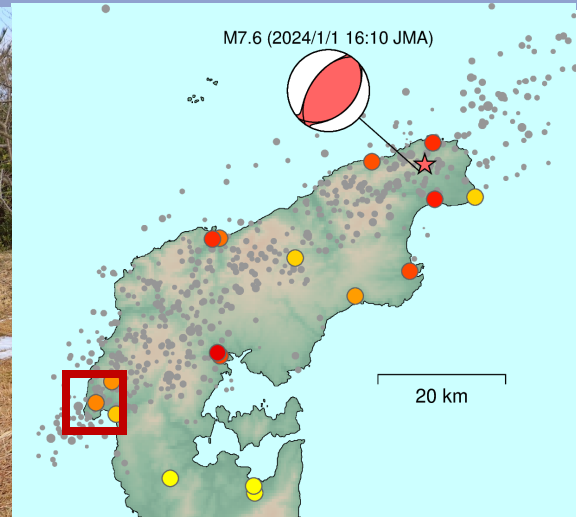


K-NET 富来 (ISK006)

2725cm/s²の最大水平加速度

加速度応答は0.2秒が卓越

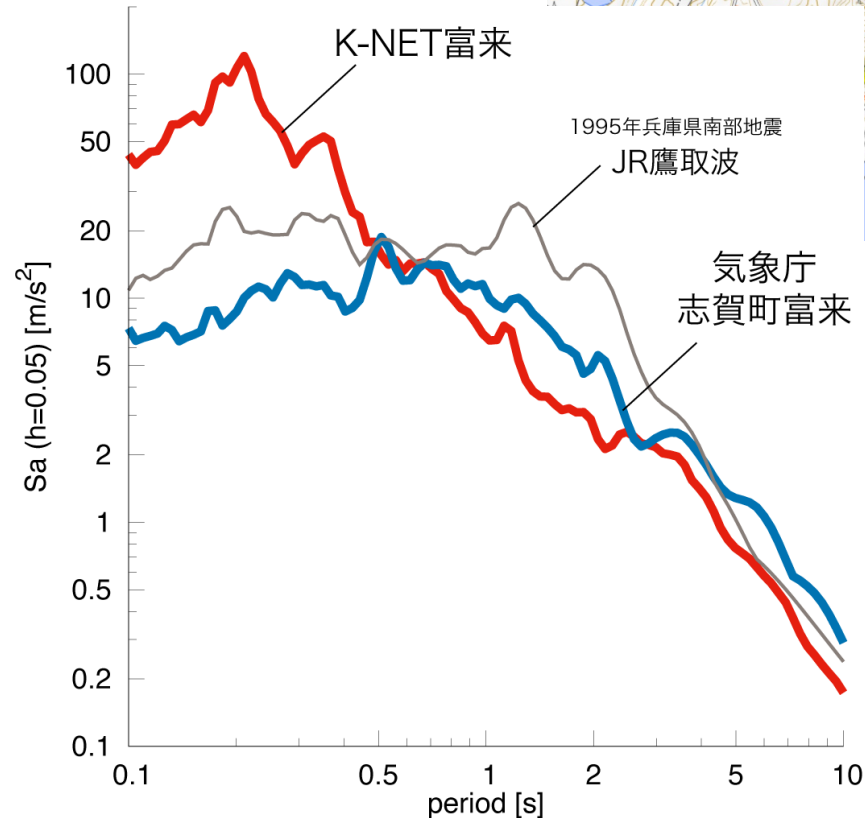
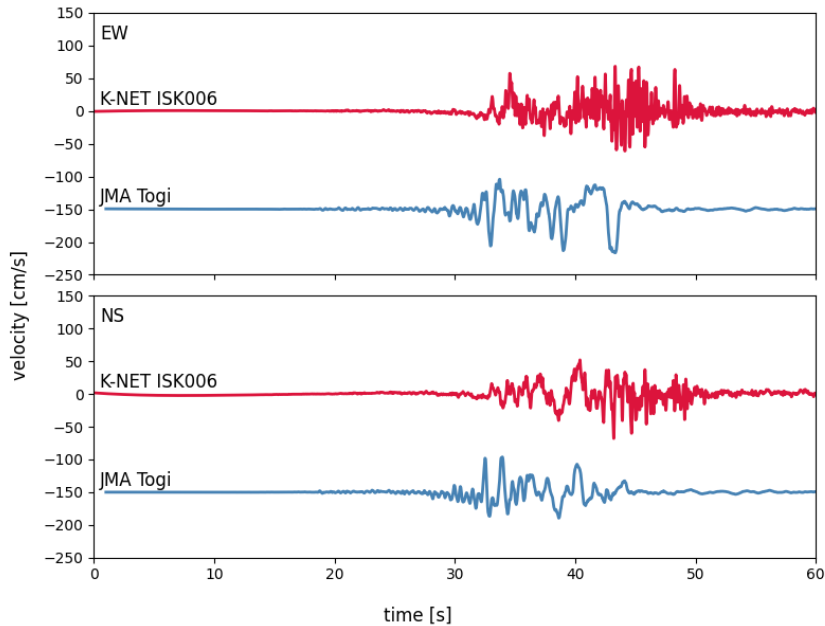
周辺に顕著な被害は見られない



富来の地盤震動

K-NET富来 は地盤の良い地点に設置されている
対して **気象庁志賀町富来** は地盤条件が異なる

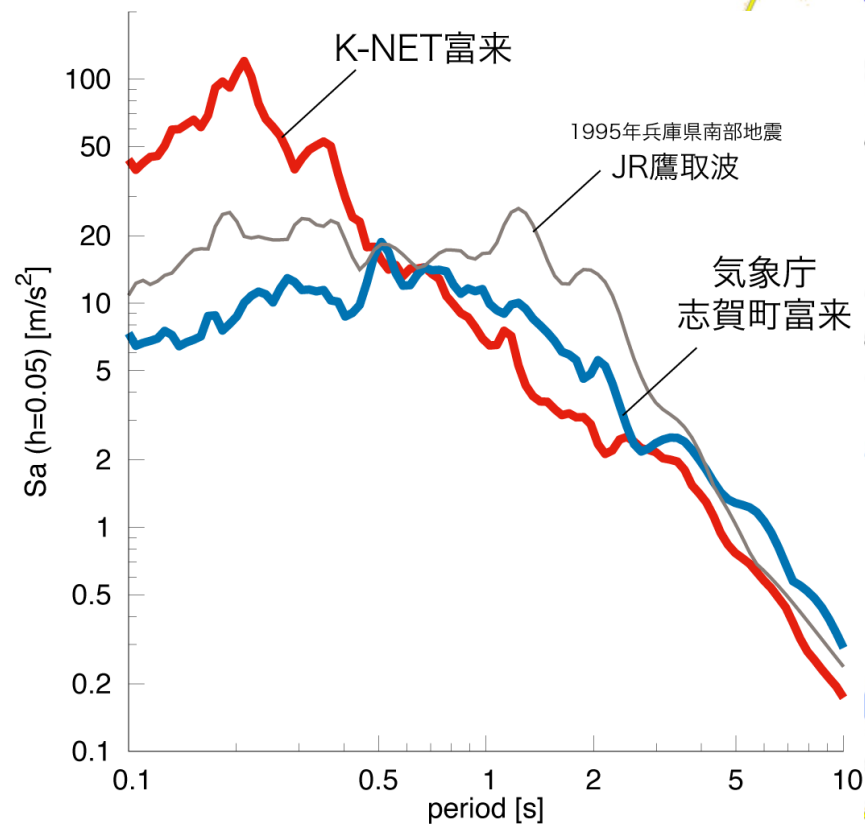
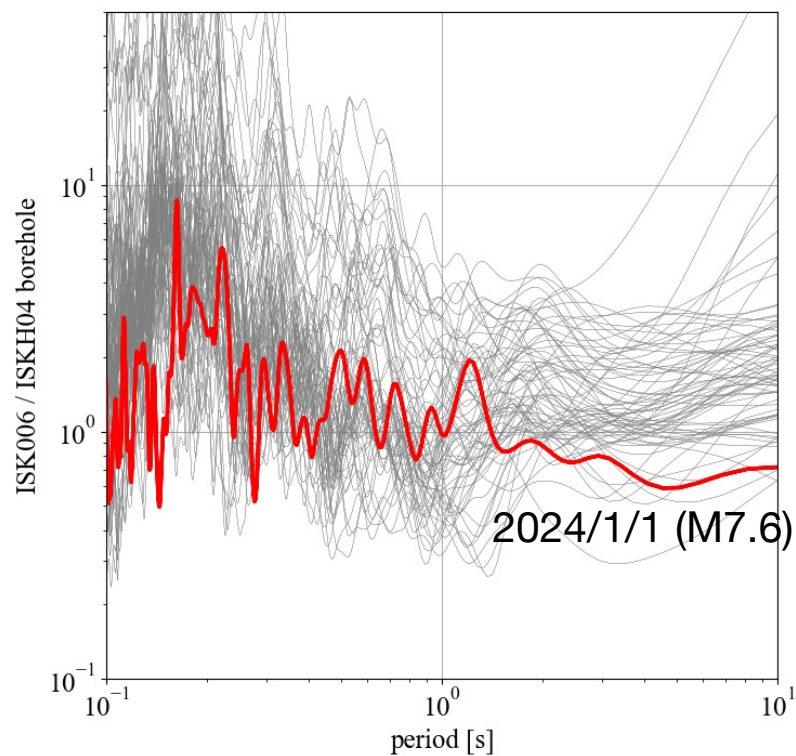
➤ 気象庁記録は0.8秒以上が大きい



富来の地盤震動

K-NET富来 は地盤の良い地点に設置されている
 対して **気象庁志賀町富来** は地盤条件が異なる

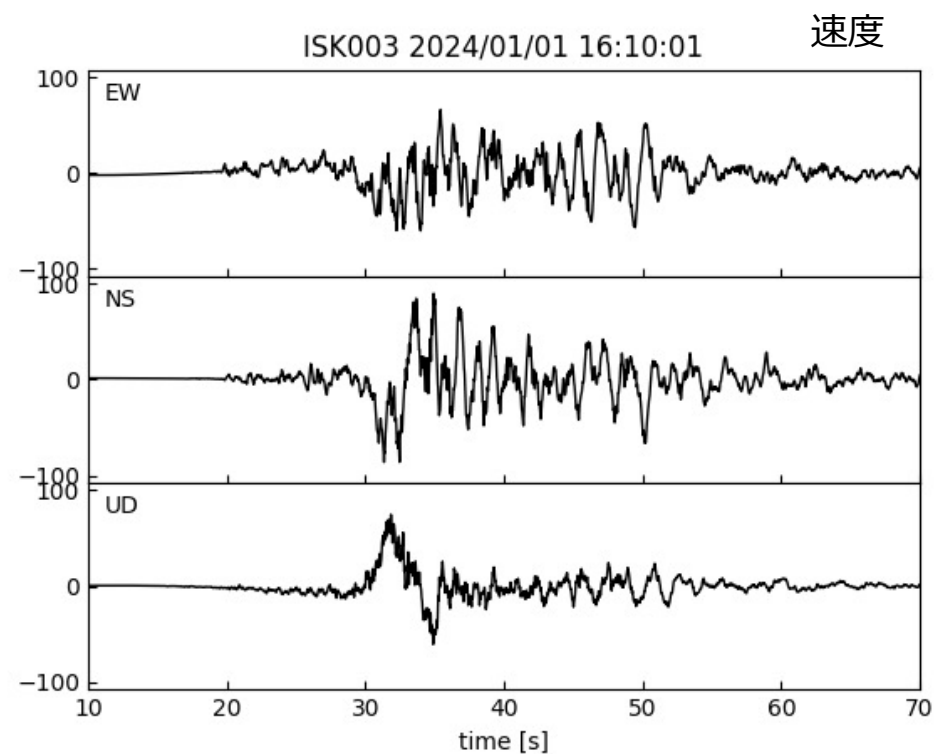
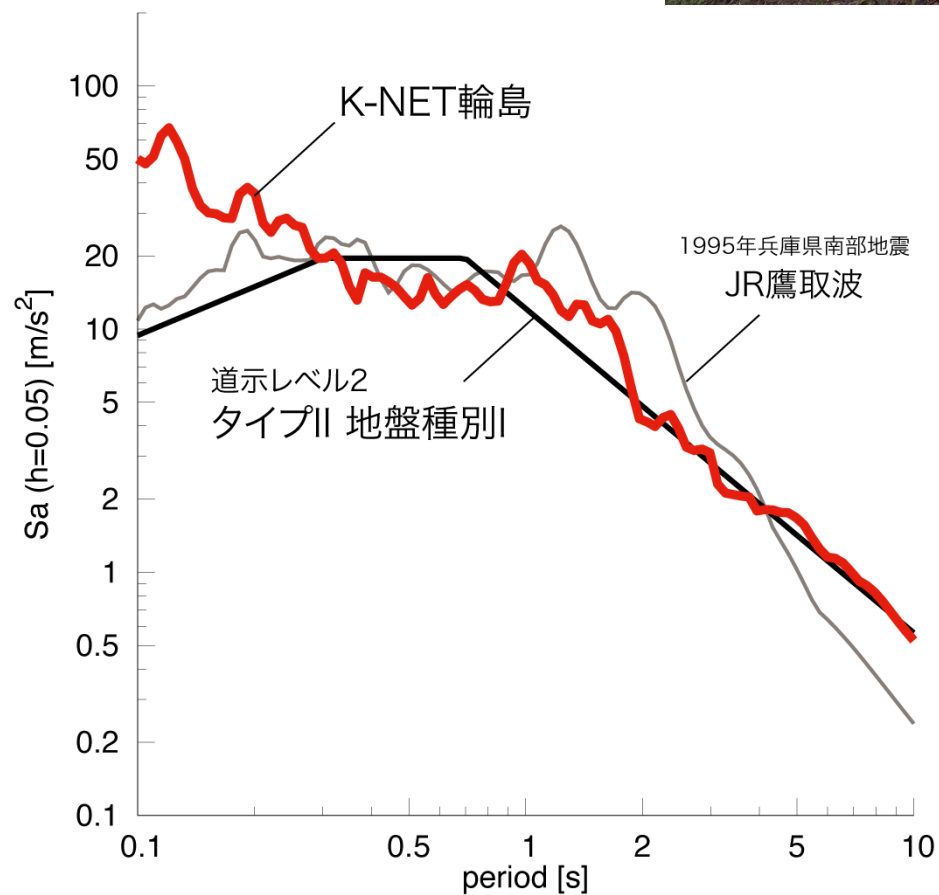
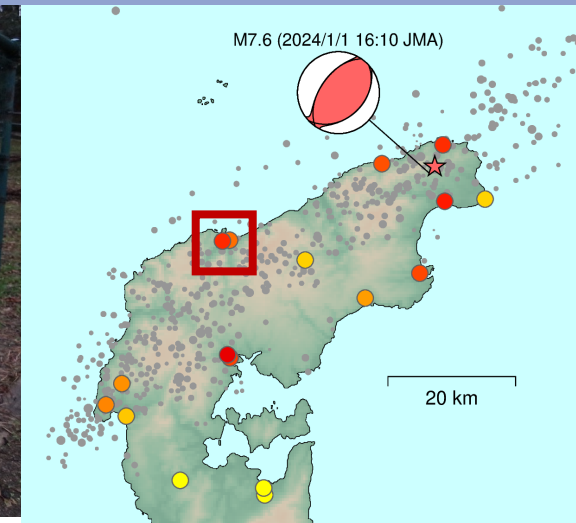
- 気象庁記録は0.8秒以上が大きい
- KiK-net富来の地中記録に対するスペクトル比は
 周期0.2秒が卓越



輪島市街地 (K-NET輪島)

大きな速度パルス

周期1-2秒で大きな加速度応答を示す

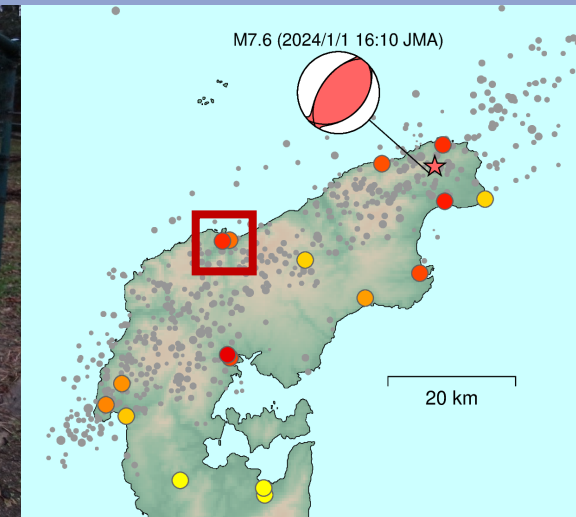


輪島市街地 (K-NET輪島)

大きな速度パルス

周期1-2秒で大きな加速度応答を示す

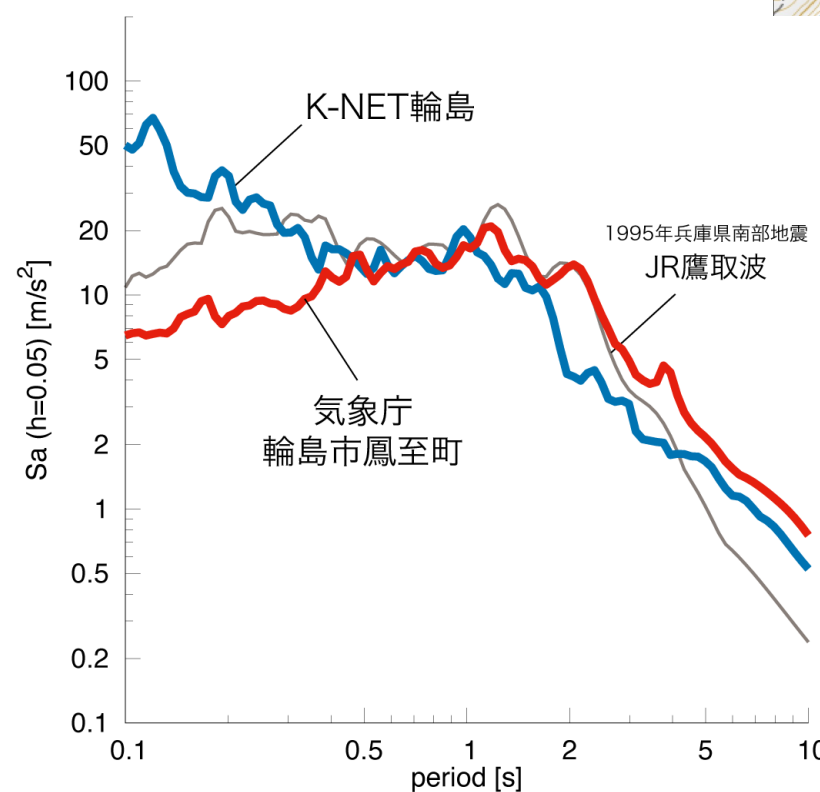
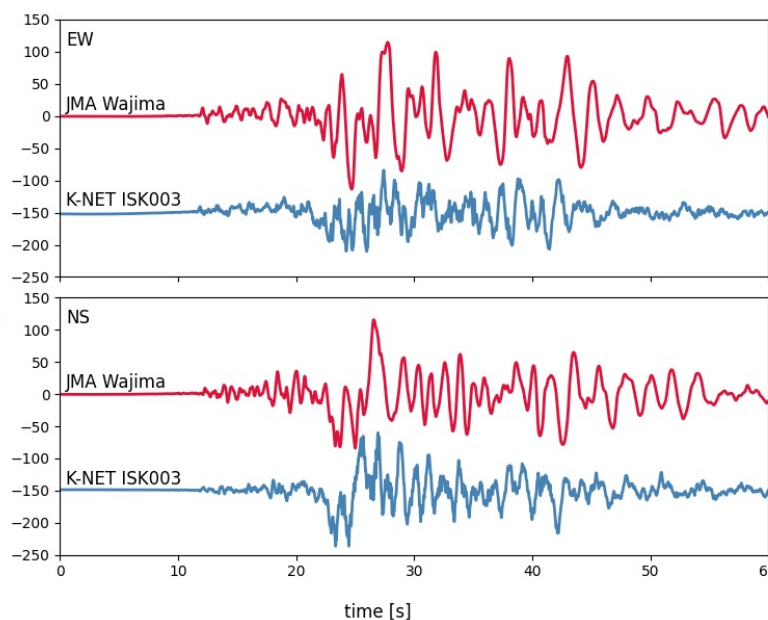
周辺で顕著な構造被害が見られる



輪島市街地の地盤震動

K-NET輪島 は比較的硬い地盤上に設置
対して **気象庁輪島市鳳至町** は柔らかい地盤

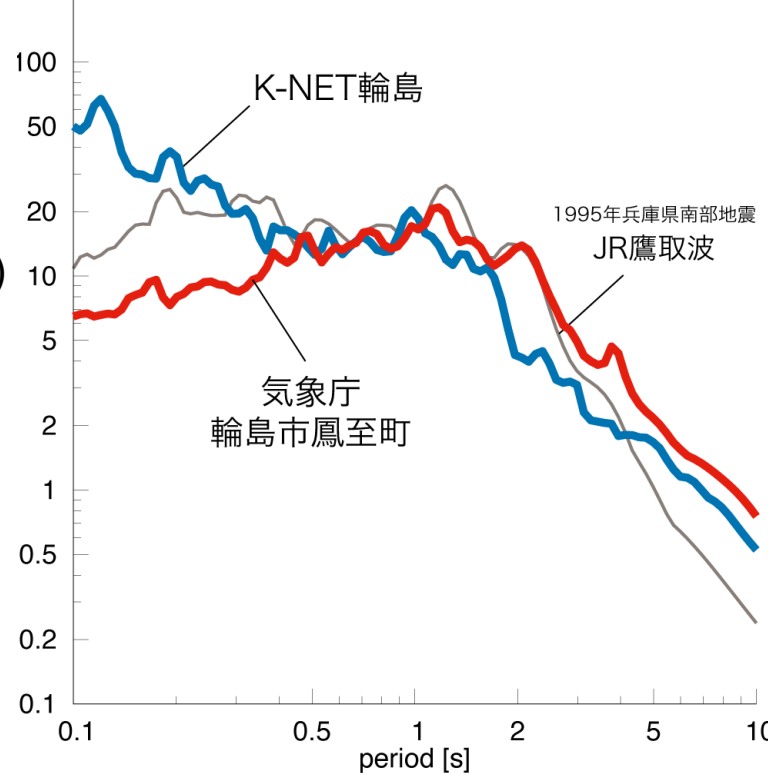
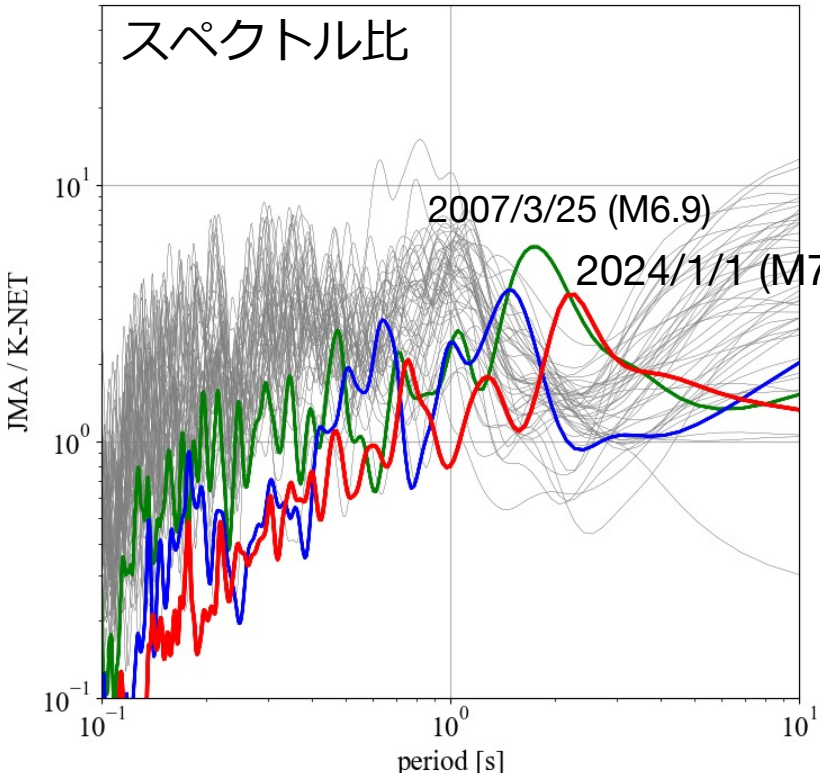
➤ 気象庁記録は1秒以上が大きい



輪島市街地の地盤震動

K-NET輪島 は比較的硬い地盤上に設置
対して **気象庁輪島市鳳至町** は柔らかい地盤

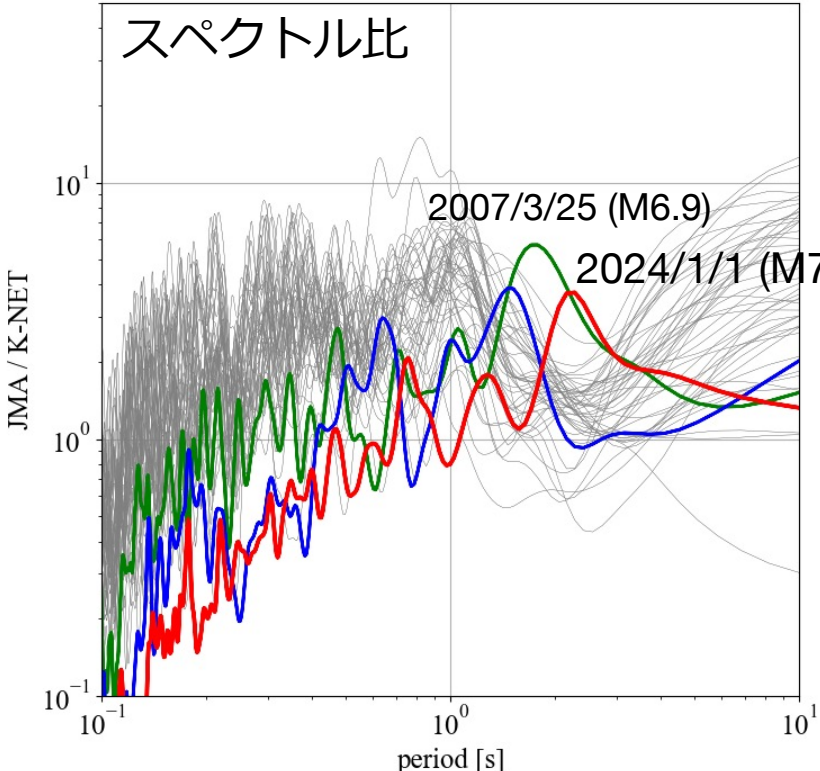
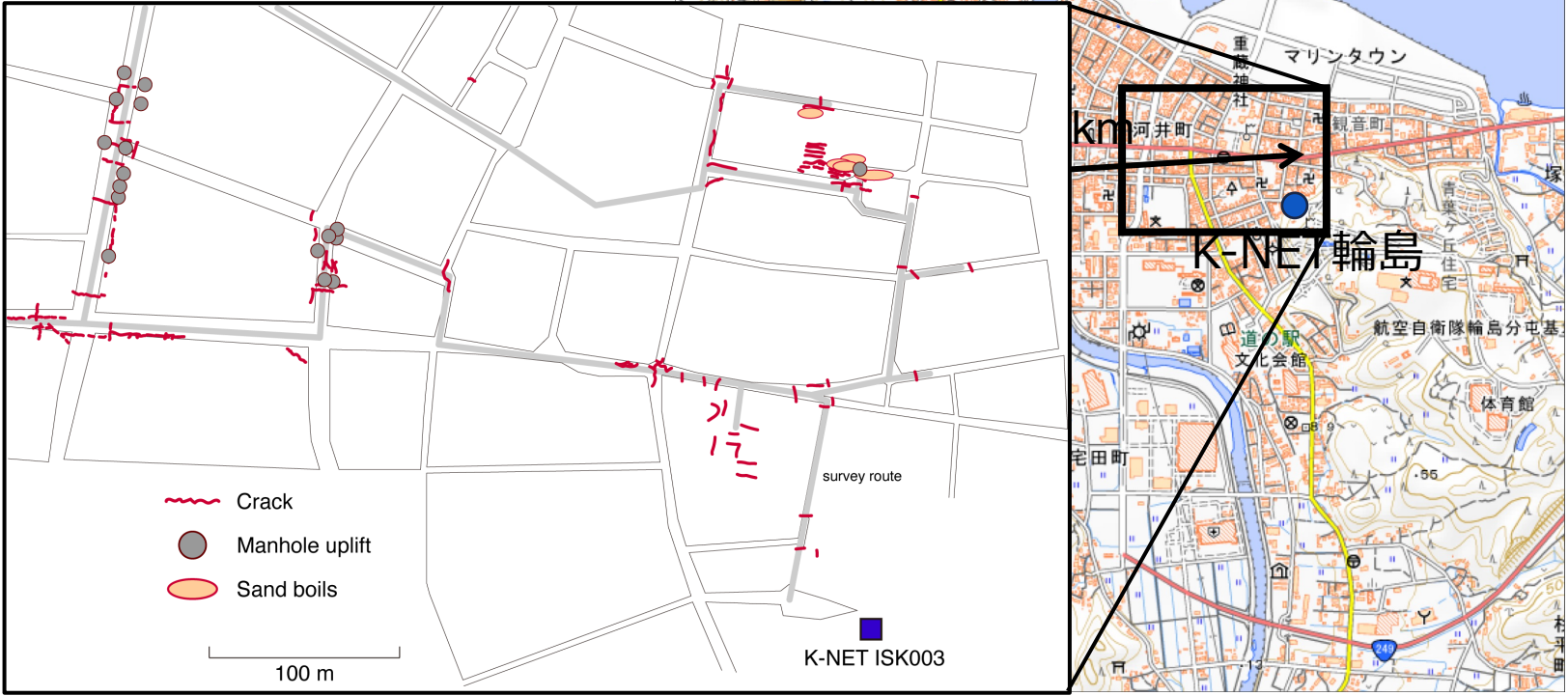
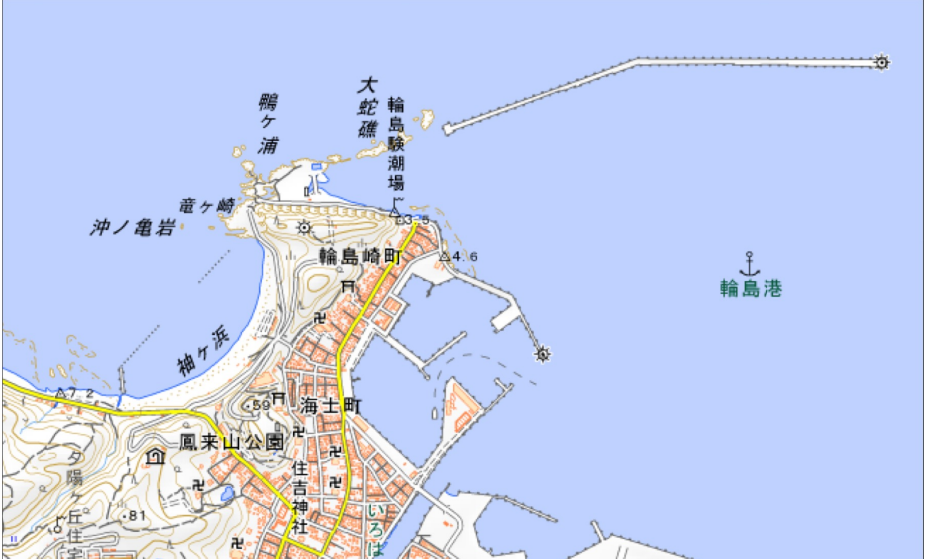
- 気象庁記録は1秒以上の応答が大きい
- 気象庁/K-NETのスペクトル比は、地盤の非線形応答を示唆



輪島市街地の地盤震動

K-NET輪島 は比較的硬い地盤上に設置
対して **気象庁輪島市鳳至町** は柔らかい地盤

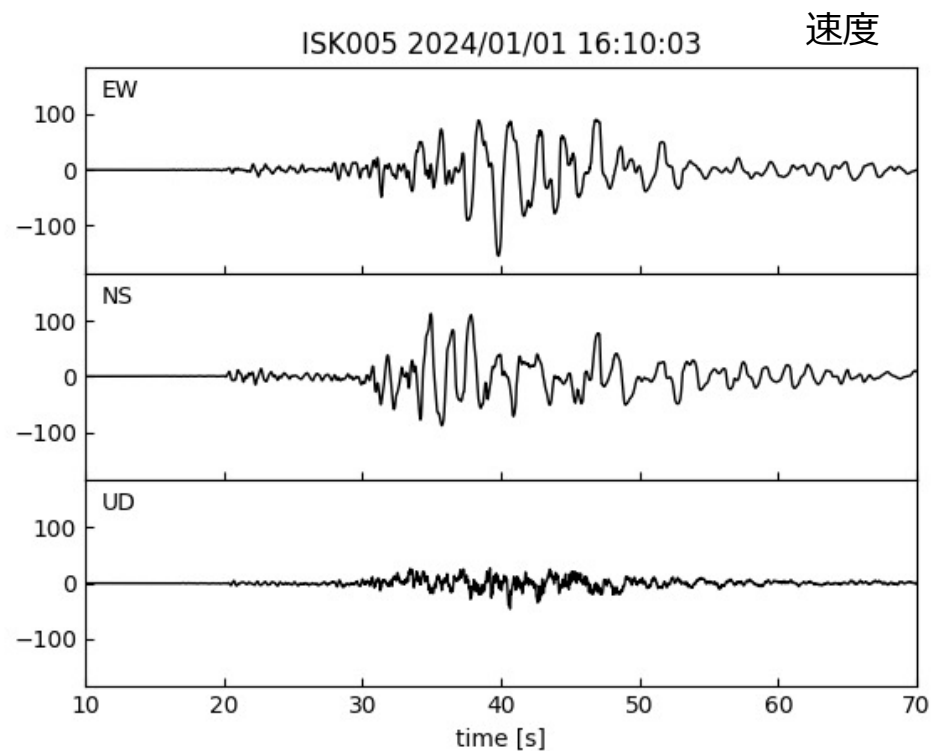
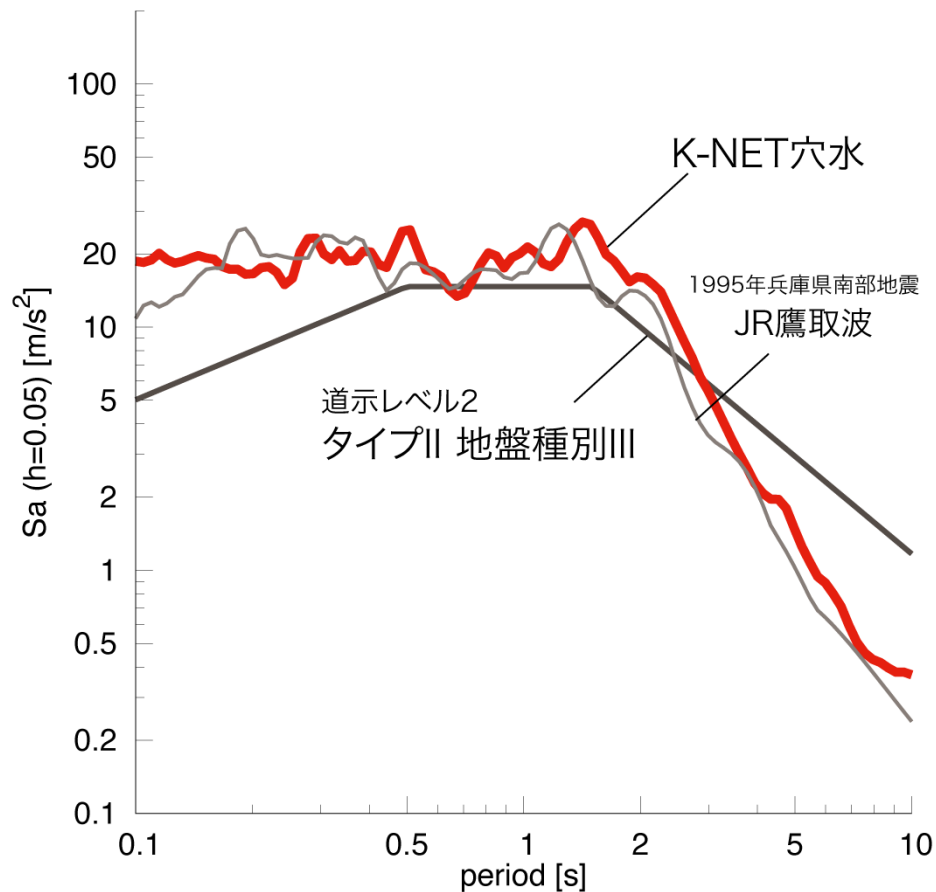
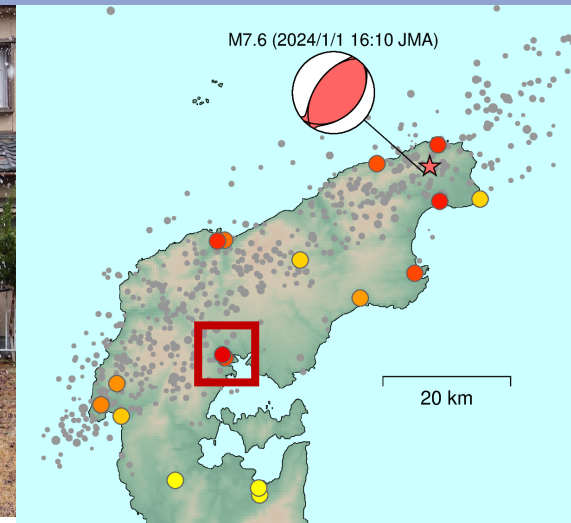
- 気象庁記録は1秒以上の応答が大きい
- 気象庁/K-NETのスペクトル比は、地盤の非線形応答を示唆



穴水市街地 (K-NET穴水)

1.59 m/s の最大水平速度

周期1-2秒で大きな加速度応答を示す

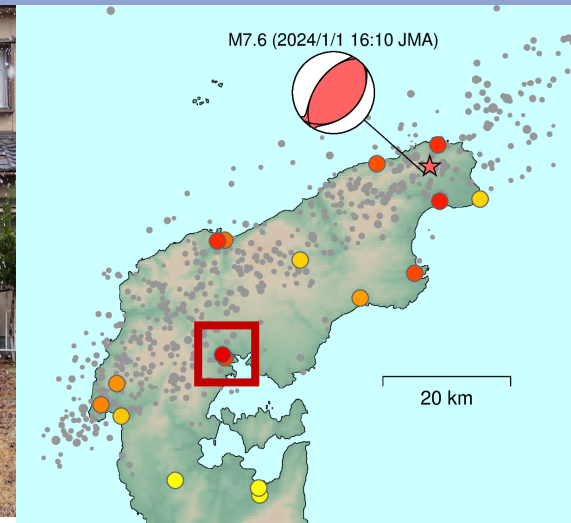


穴水市街地 (K-NET穴水)

1.59 m/s の最大水平速度

周期1-2秒で大きな加速度応答を示す

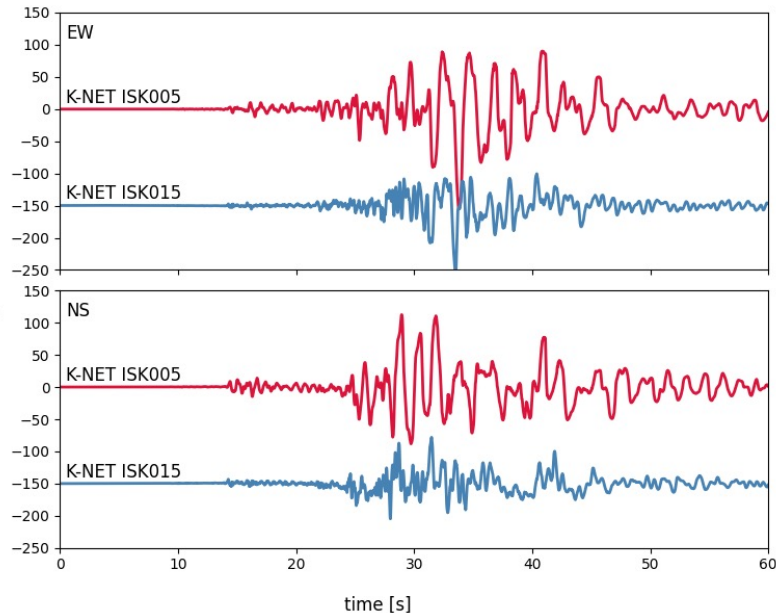
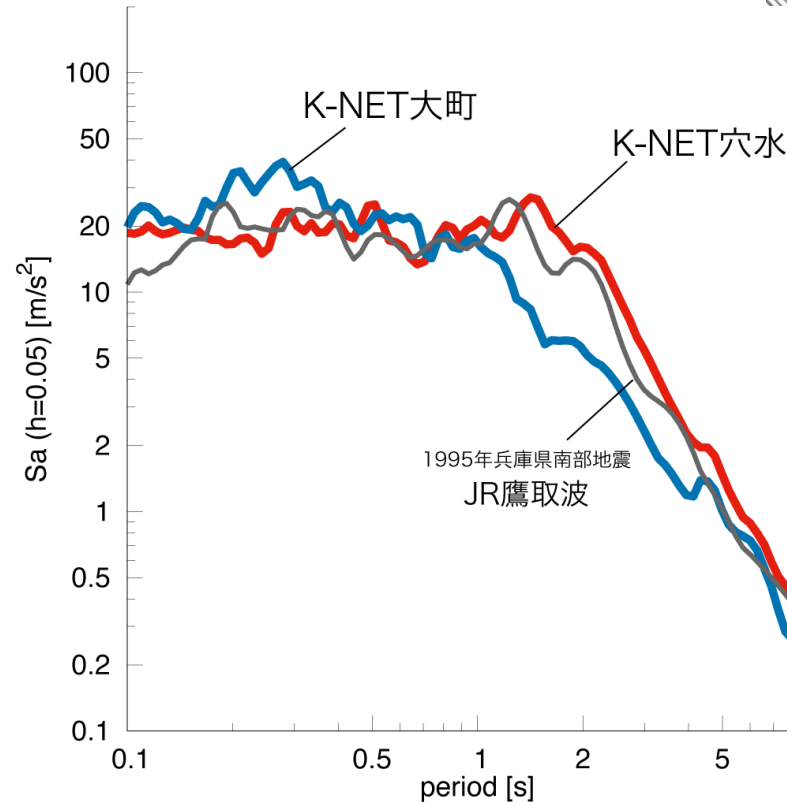
周辺で顕著な構造被害が見られる



穴水市街地の地盤震動

K-NET穴水 は柔らかい地盤上に設置
対して **K-NET大町** は比較的硬い地盤上に設置

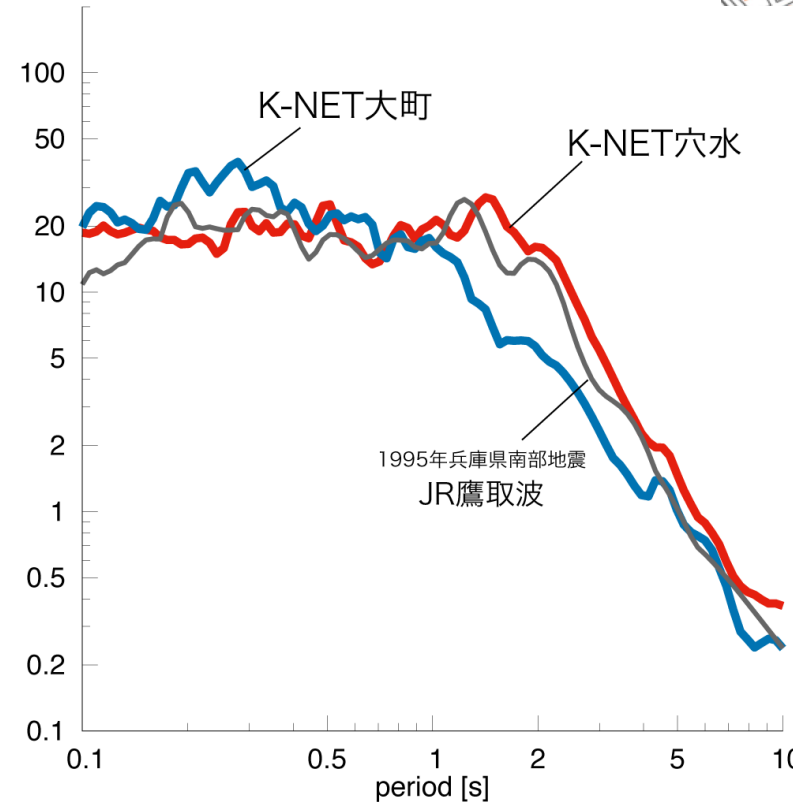
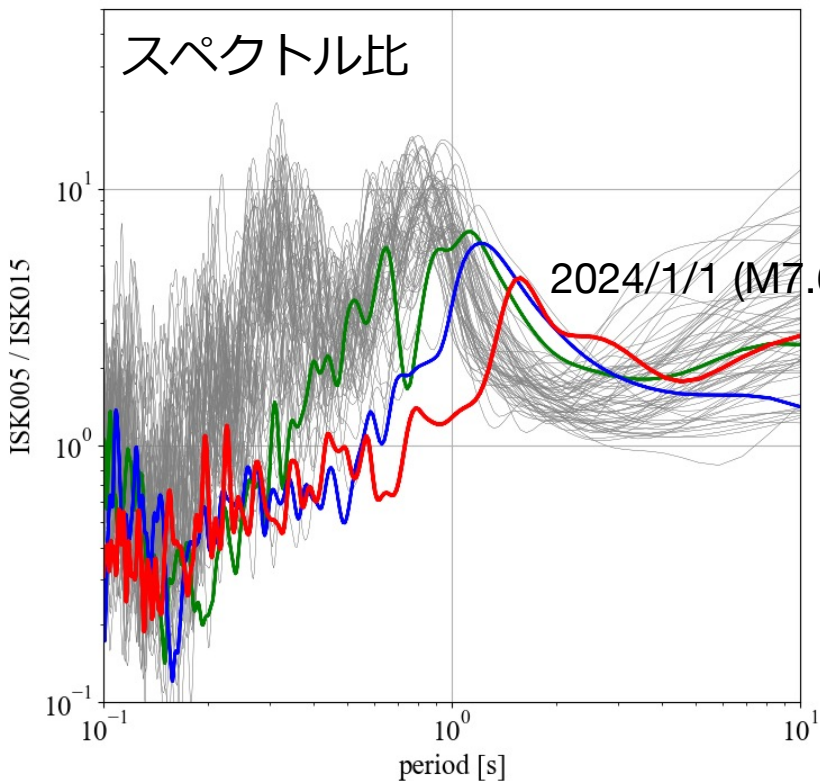
➤ K-NET穴水は1秒以上の応答が大きい



穴水市街地の地盤震動

K-NET穴水 は柔らかい地盤上に設置
対して **K-NET大町** は比較的硬い地盤上に設置

- K-NET穴水は1秒以上の応答が大きい
- 両者のスペクトル比は地盤の非線形応答を示唆



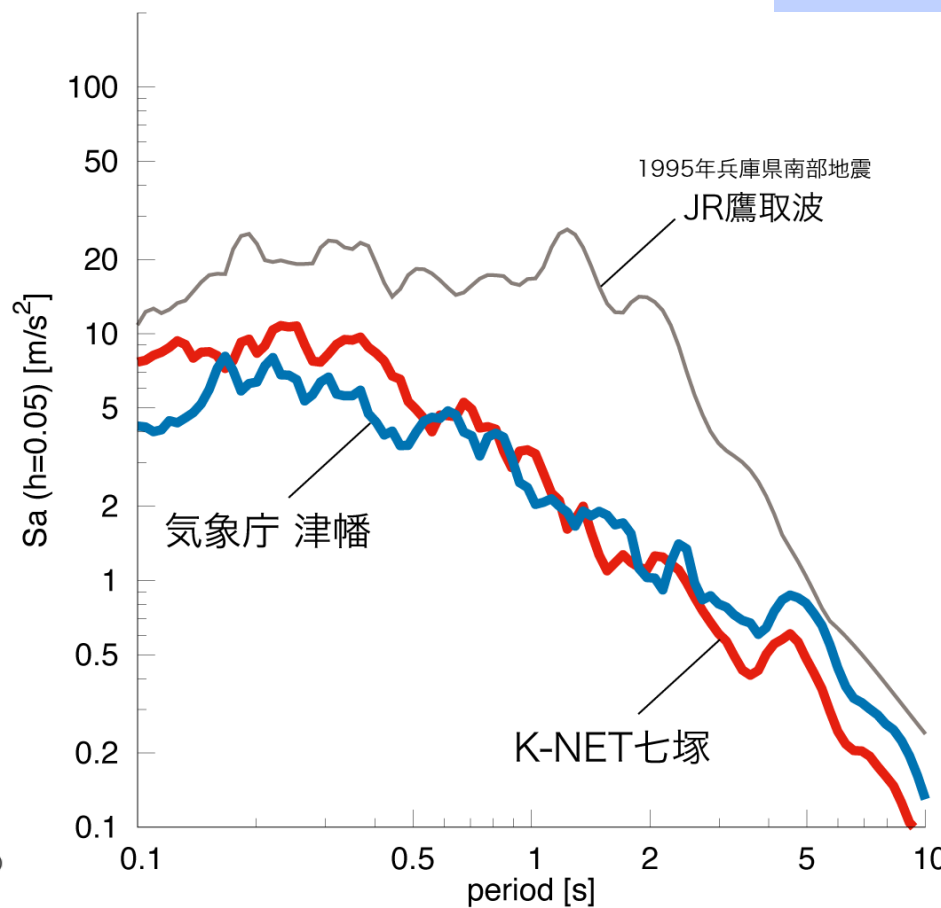
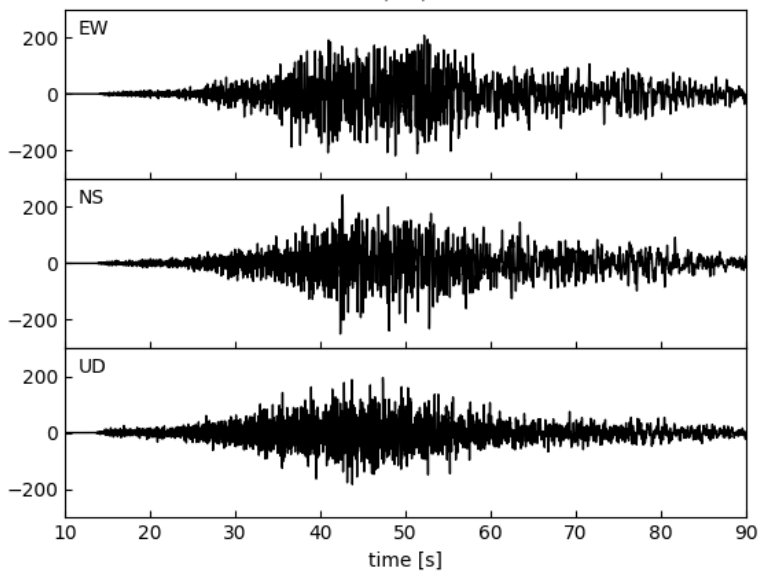
内灘町

周辺の地震計で震度5弱～震度5強を観測

200cm/s²が20秒程度, 100cm/s²が50-60秒程度継続

K-NET七塚

ISK009 2024/01/01 16:10:13



内灘町

周辺の地震計で震度5弱～震度5強を観測

200cm/s²が20秒程度, 100cm/s²が50-60秒程度継続

内灘町西荒屋付近は 0.9Hz付近が卓越 (常時微動H/V)

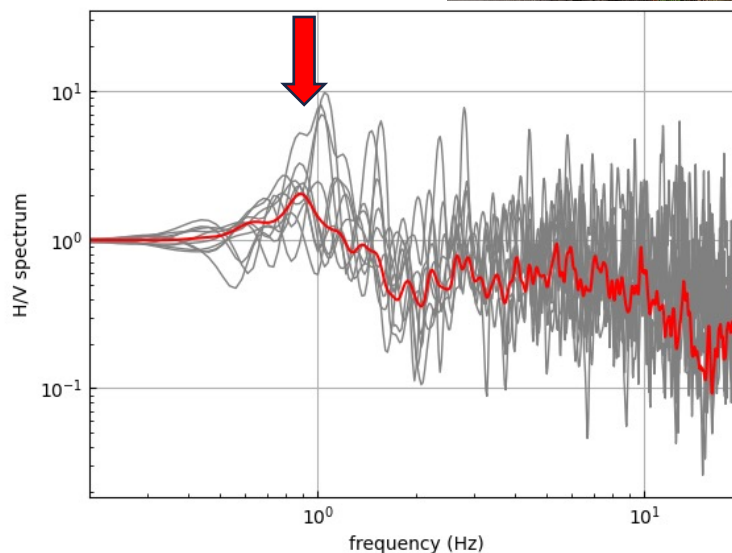
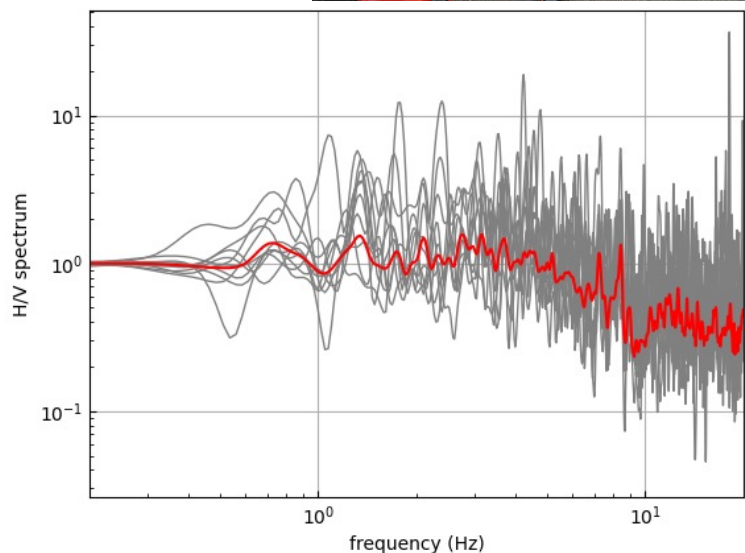
→ 本震の入力地震動は詳細な検討を要する



K-NET七塚



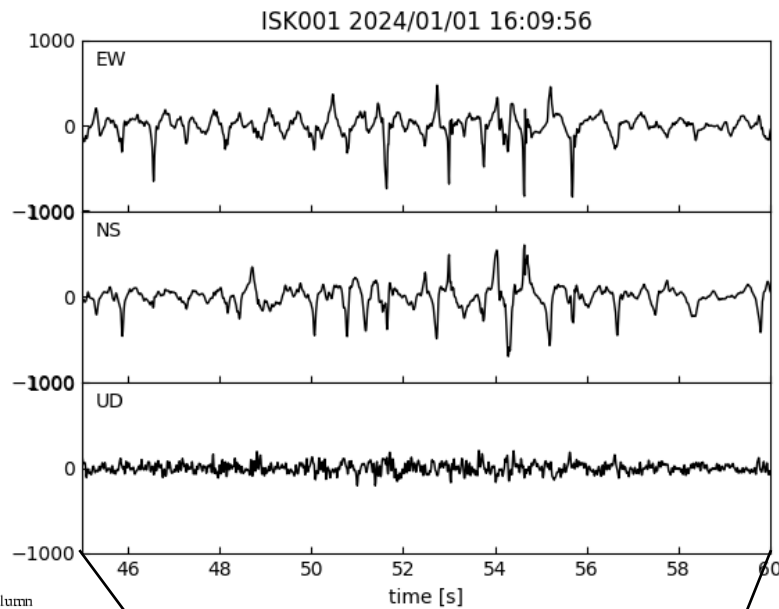
内灘町西荒屋付近



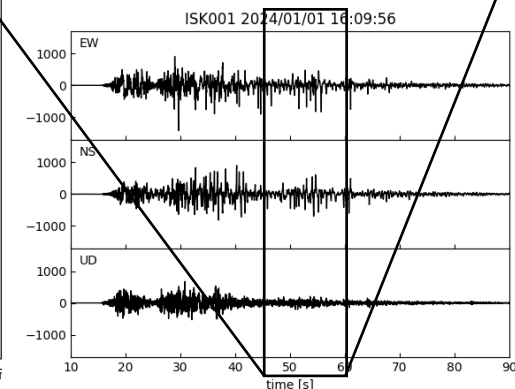
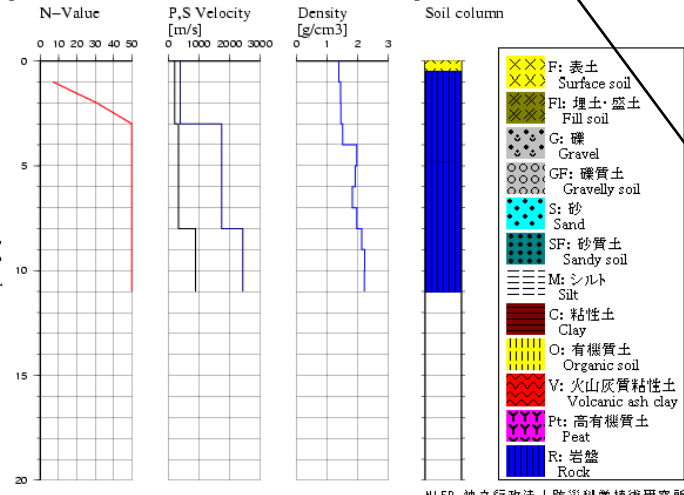
スパイク状の加速度波形

複数の地点でスパイク状の加速度が見られる

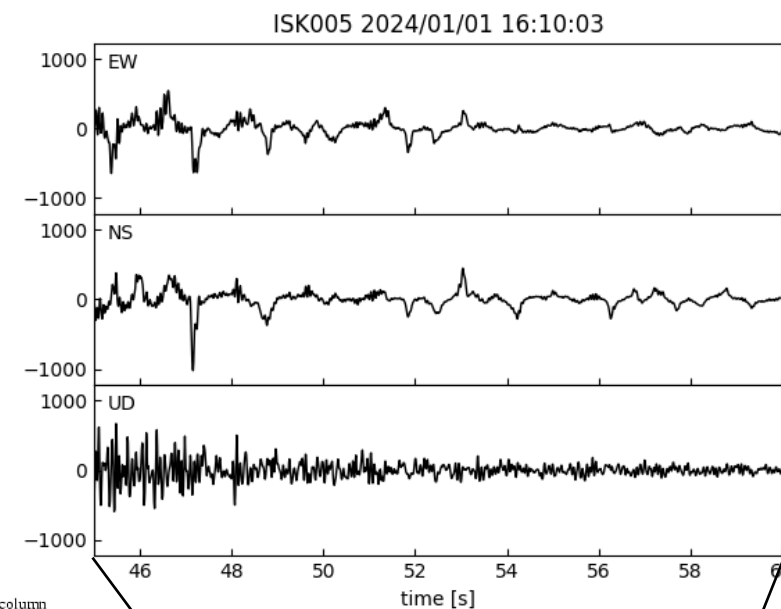
K-NET大谷
(ISK001)



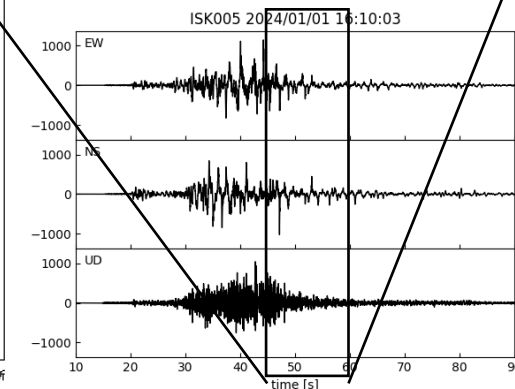
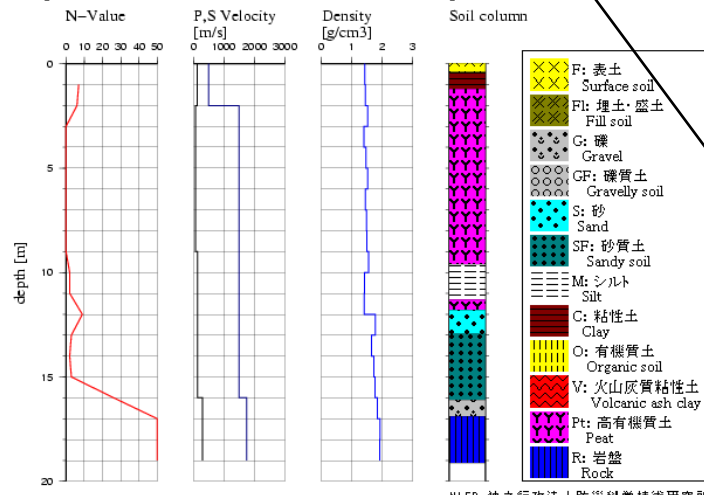
[防災科学技術研究所 強震観測網]



K-NET穴水
(ISK005)



[防災科学技術研究所 強震観測網]



暫定的結論

地震の概要

- ✓ 内陸地殻内で発生した逆断層型の地震。能登半島北部はほぼ全域が震源断層の直上。
- ✓ 震源域においても強い揺れが40秒以上継続。輪島西部の大すべりによる影響と2つのセグメントが活動したことによる。

地震動・地盤震動

- ✓ 2725cm/s^2 の最大加速度がK-NET富来で観測された。
周期0.2秒が卓越する加速度応答を示し、周辺の被害は相対的に少ない。
表層地盤による増幅と考えられる。
- ✓ 輪島市街地と穴水市街地では周期1-2秒の加速度応答が卓越。周辺で顕著な構造被害が見られる。
硬質地盤上の記録とのスペクトル比には地盤の非線形応答が明瞭に認められる。
- ✓ 内灘町周辺では震度5弱～5強を観測。ただし、常時微動H/Vから地盤震動特性が異なることが示唆されるため、入力地震動の検討が必要。
- ✓ 複数の観測点でスパイク状の加速度が記録されている。