



写真2 今回の地震に伴う隆起で離水した波食棚（鹿磯漁港の北）。



写真3 隆起した波食棚前面の崖の様子（鹿磯漁港の北）。

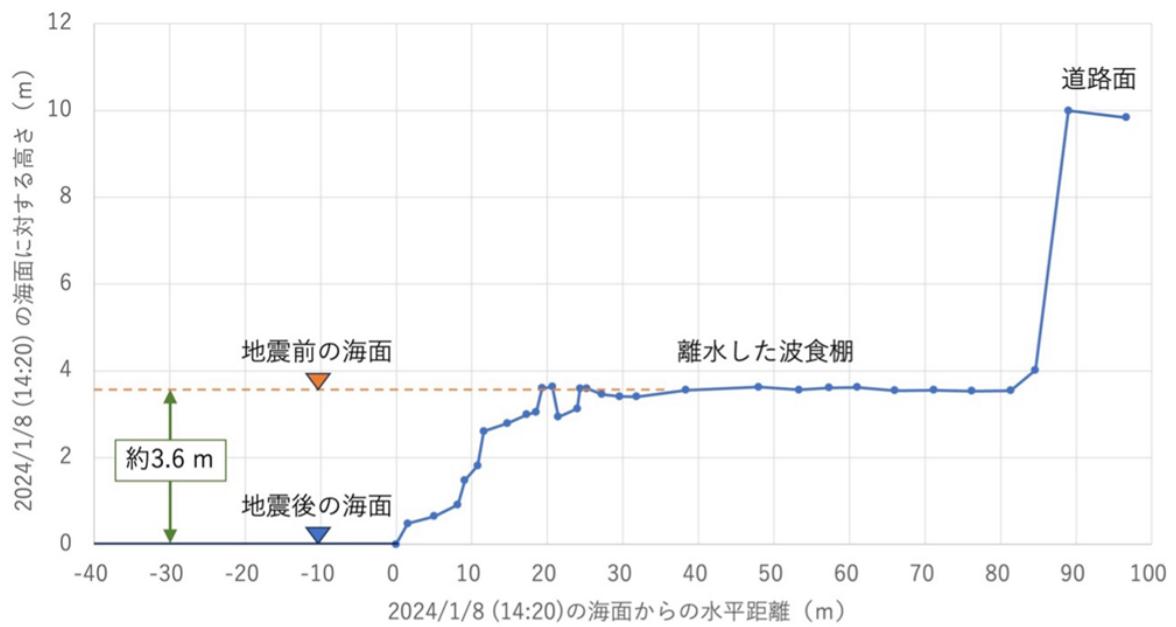


図9 今回の地震による隆起で形成された海成段丘の地形断面（青線）。

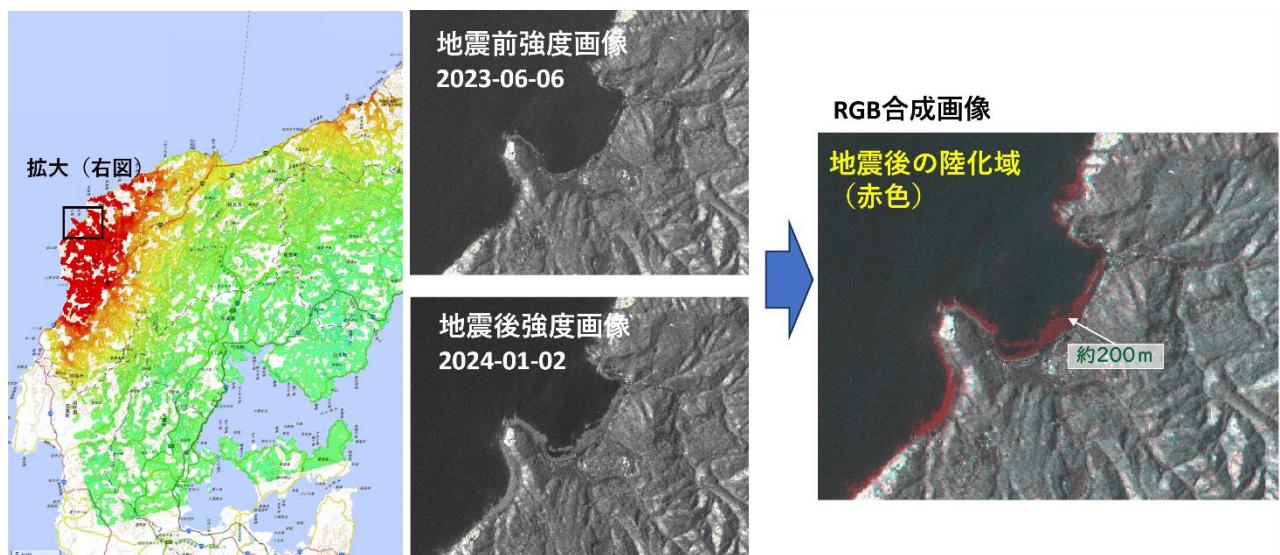
国土地理院 地殻変動情報（衛星SAR）

「だいち2号」観測データの解析による 令和6年能登半島地震に伴う海岸線の変化

地震に伴う隆起が検出された地域の沿岸では、陸化した地域が見られます。
約4mの隆起が検出された輪島市皆月湾周辺では、約200mの海岸線の変化が見られます。

比較方法

地震前後のSAR強度画像を用いてRGB合成画像を作成することで、地震後に生じた陸化した地域（赤色）を抽出。



沿岸域の陸化域



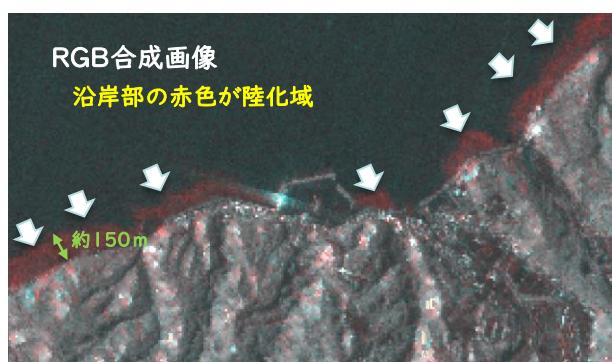
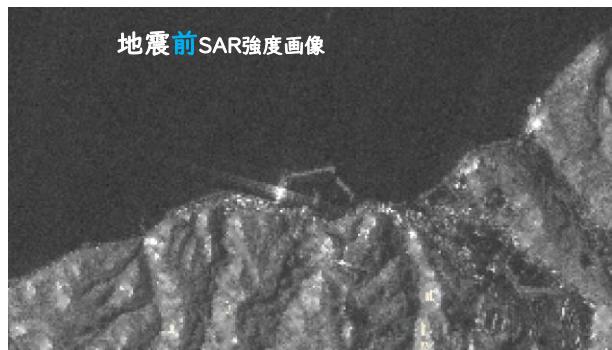
本解析で使用したデータの一部は、地震予知連絡会SAR解析ワーキンググループの活動を通して得られたものです。

国土地理院

解析結果

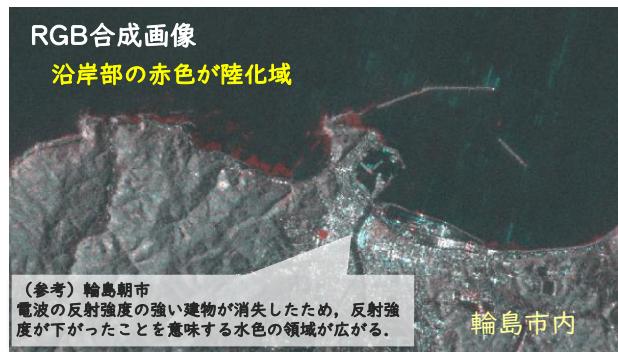


① 名舟漁港付近

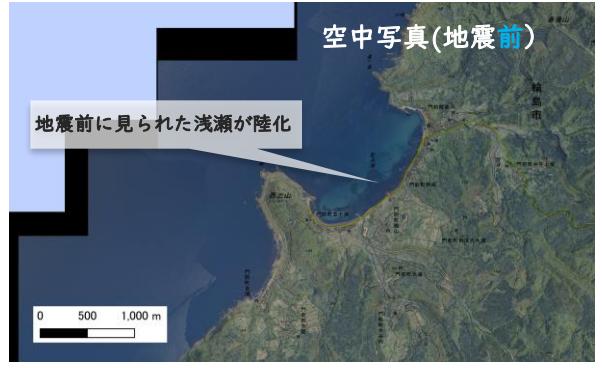
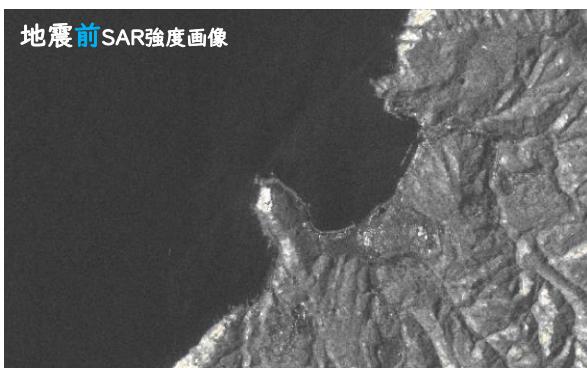


国土地理院 地殻変動情報（衛星SAR）

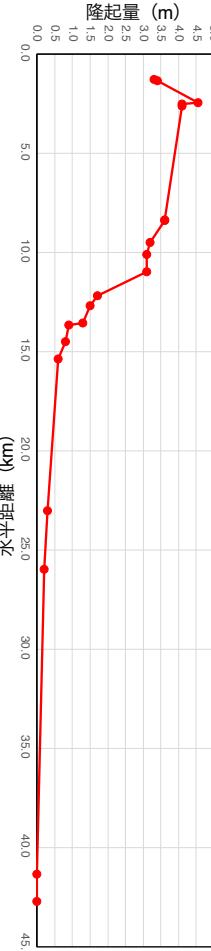
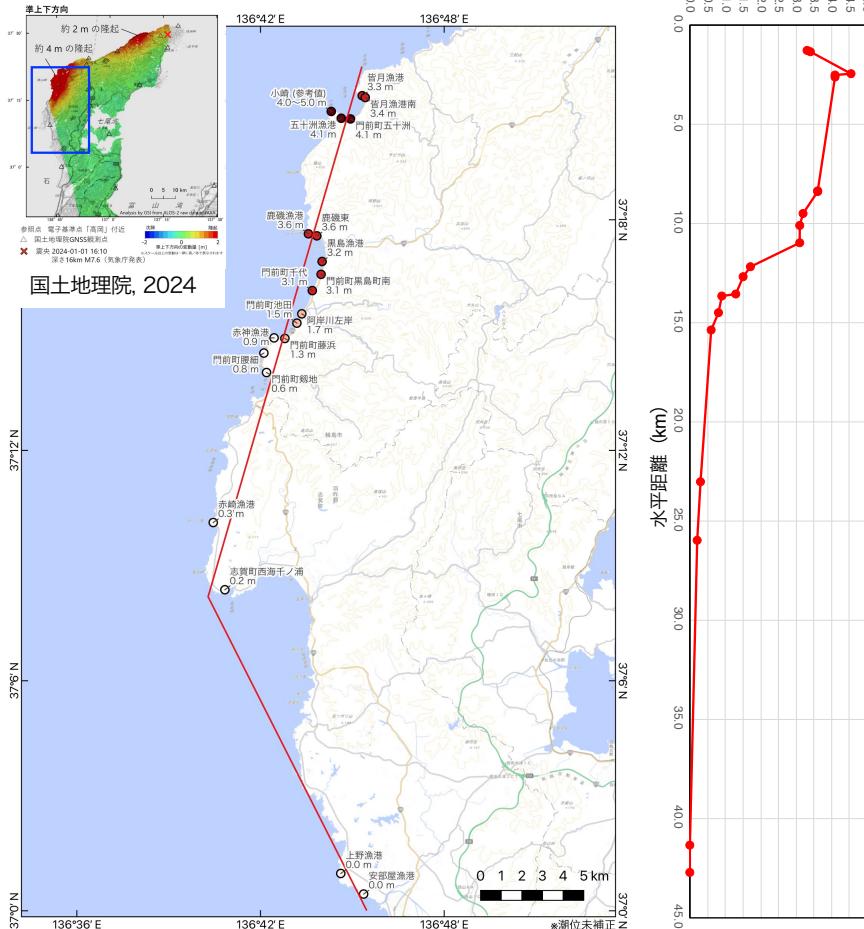
② 輪島市周辺



③ 皆月湾周辺



令和6年能登半島地震震源域西部の海岸隆起



輪島市門前町五十洲漁港（左）および皆月漁港で見られた海岸隆起（2024年1月4日撮影）



輪島市門前町鹿磯漁港東の地震前（左：高畠金子さん提供、2016年9月4日13時02分撮影）
および地震後（右：2024年1月3日11時49分撮影）の写真。

- ・2024年震源域北西部にて海岸地形調査を行い、海岸地形・生物遺骸等の分布高度等から地震時の海岸隆起量を推定
- ・最大約4.1mの隆起量や南に減少する傾向など、測地学的解析による隆起量の推定（国土地理院, 2024）と概ね整合的

東京大学地震研究所・富山大学・信州大学・岡山大学作成

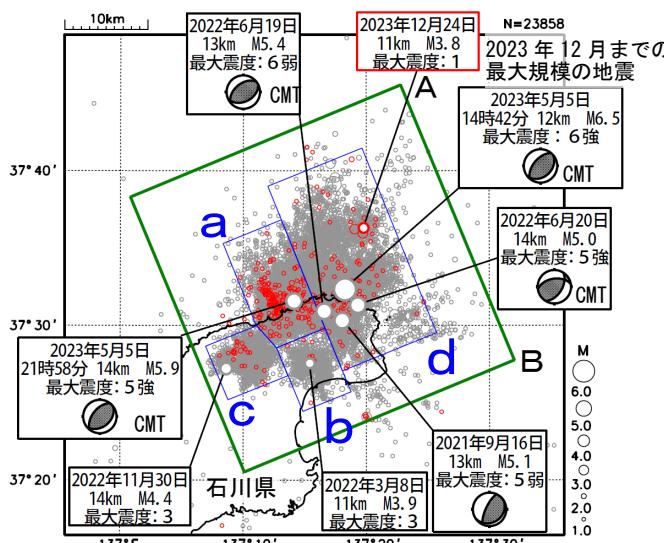
石川県能登地方の地震活動（12月以前の地震活動）

震央分布図

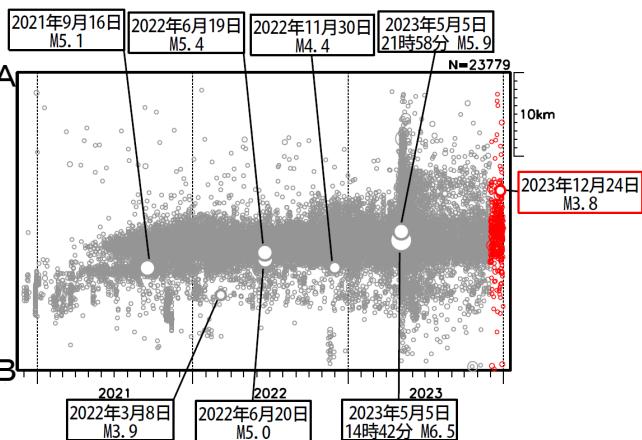
(2020年12月1日～2023年12月31日、
深さ0～25km、M≥1.0)

2023年12月の地震を赤色で表示

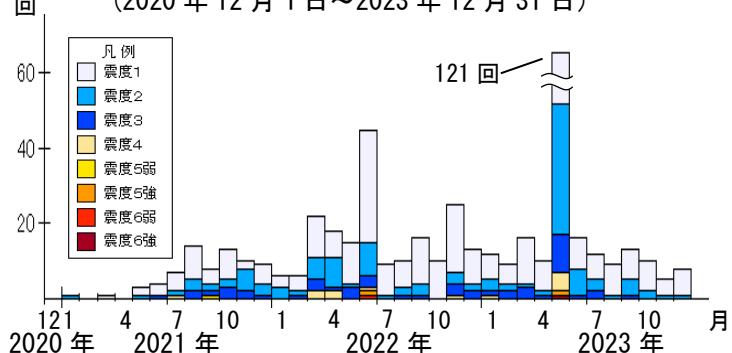
- 黒色の吹き出し：領域a～dの各領域内で最大規模の地震及び最大震度5弱以上の地震
- 赤色の吹き出し：緑色矩形内で2023年12月中の最大規模の地震



上図緑色矩形内の時空間分布図（A～B投影）



上図緑色矩形内の地震の月別震度別発生回数
(2020年12月1日～2023年12月31日)

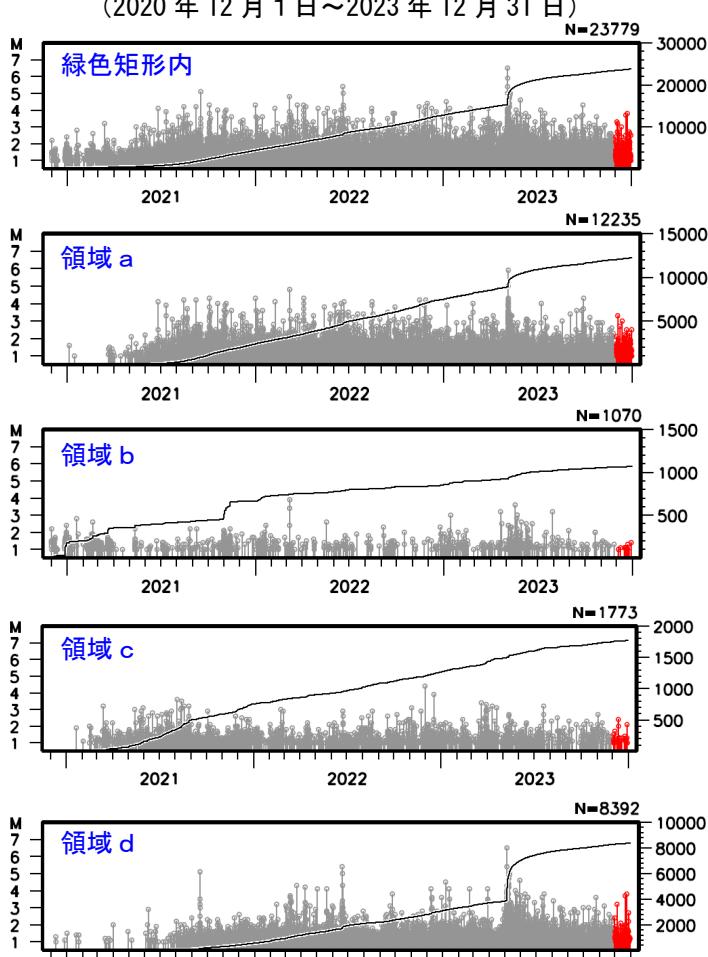


石川県能登地方（震央分布図の緑色矩形内）では、2018年頃から地震回数が増加傾向にあり、2020年12月から地震活動が活発になり、2021年7月頃からさらに活発になっている。2023年12月中も活発な状態が継続していた。2023年12月中の最大規模の地震は、24日に発生したM3.8の地震（最大震度1）である。なお、2023年12月までの最大規模の地震は、2023年5月5日14時42分に発生したM6.5の地震（最大震度6強）である。

2023年5月5日にM6.5の地震（最大震度6強）が発生した後、地震活動がさらに活発になっていたが、時間の経過とともに地震の発生数は減少していく。

緑色矩形領域内で震度1以上を観測した地震の回数は、期間別・震度別地震発生回数のグラフ及び表のとおり。

左図緑色矩形内及び領域a～d内の
M-T図及び回数積算図
(2020年12月1日～2023年12月31日)



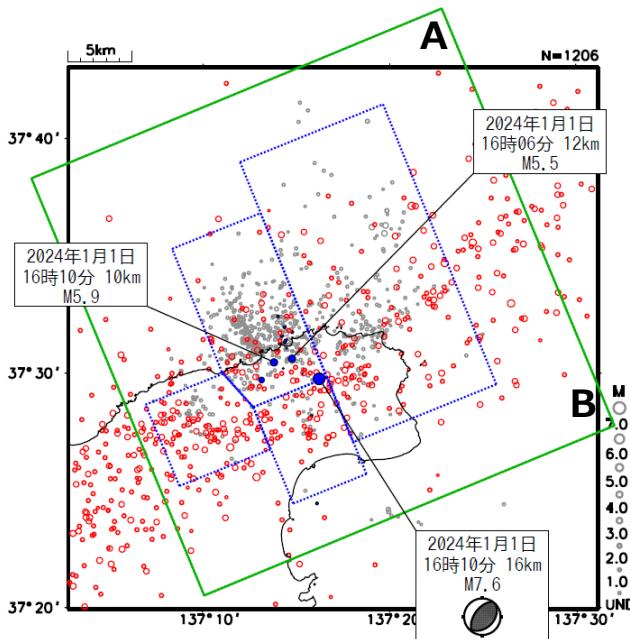
期間別・震度別の地震発生回数表

期間	最大震度別回数								
	1	2	3	4	5弱	5強	6弱	6強	計
2020年12月1日 ～2023年11月30日	313	118	49	13	1	2	1	1	498
2023年12月1日～31日	7	1	0	0	0	0	0	0	8
計	320	119	49	13	1	2	1	1	506

「令和6年能登半島地震」 (2023年12月の地震活動と、M7.6発生前後の地震活動の位置関係)

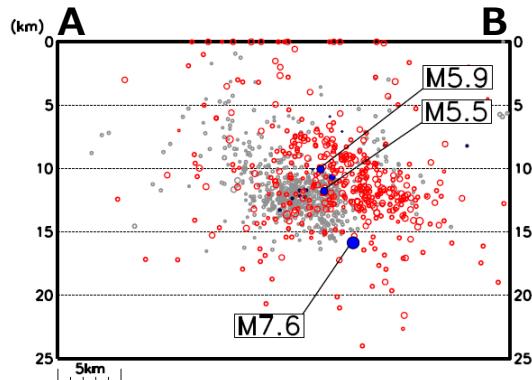
震央分布図

(2023年12月1日～2024年1月2日16時00分、
深さ0～25m、M全て)



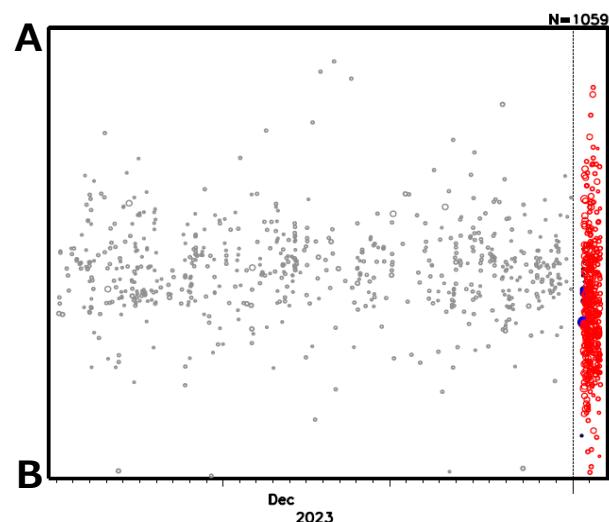
※青色矩形はM7.6発生前までの地震活動域の領域分け

緑色矩形内の断面図 (A-B投影)

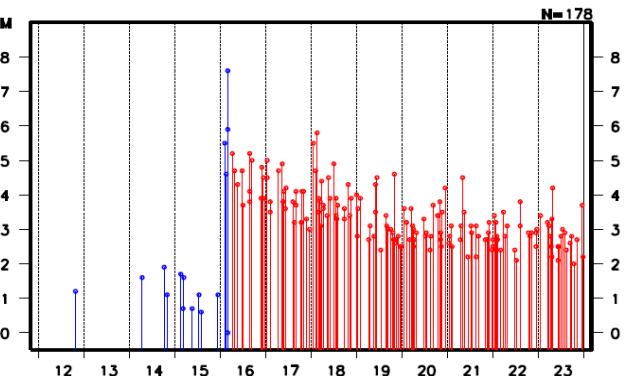
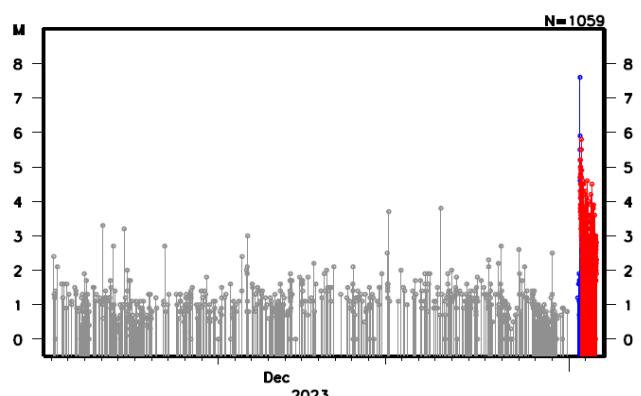
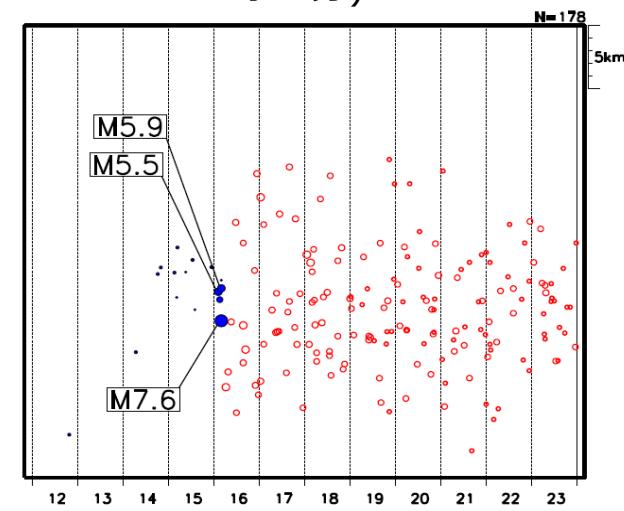


緑色矩形内の時空間分布図 (上段) 及びM-T図 (下段)

(2023年12月1日～
2024年1月2日16時00分)

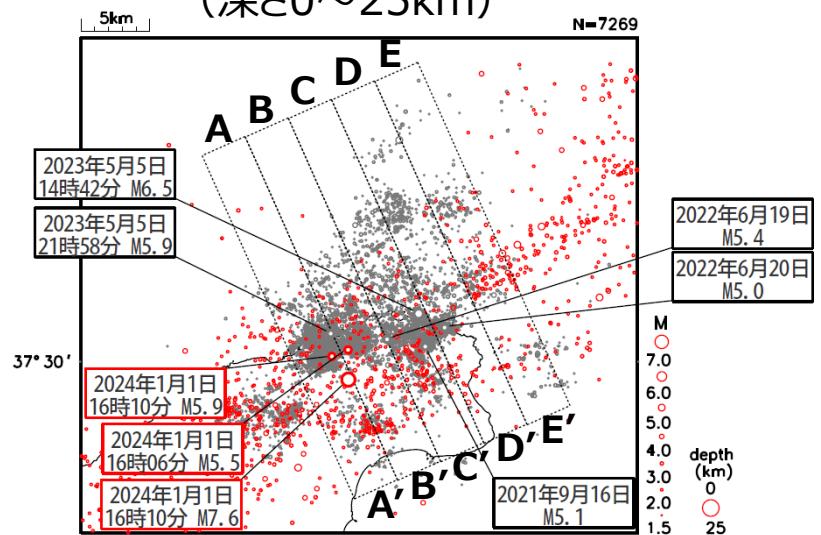


(2024年1月1日12時00分～24
時00分)



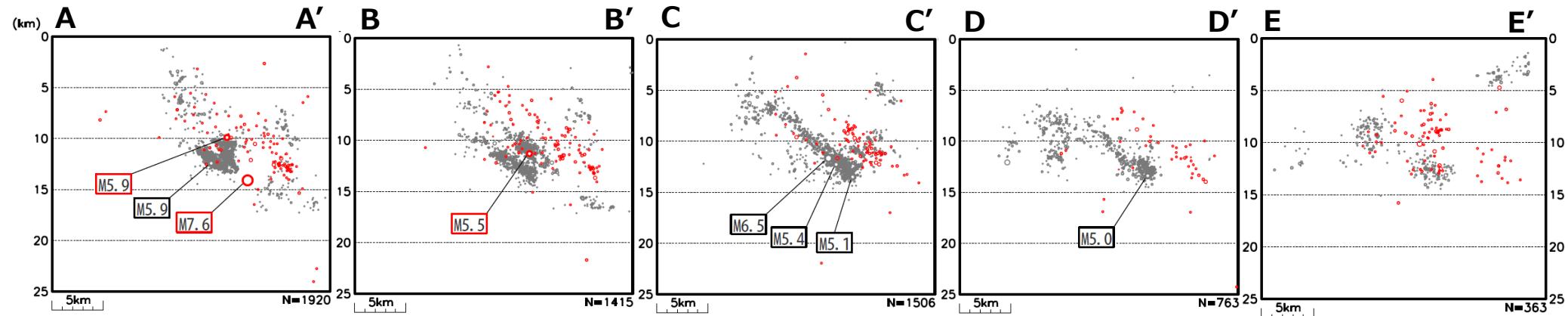
「令和6年能登半島地震」 (M7.6発生前後の地震活動域の比較)

震央分布図 (深さ0~25km)



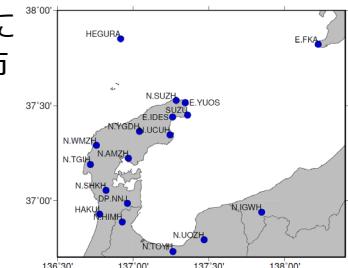
※主な地震に吹き出しをつけた。赤枠はM7.6とその直前に発生したM5.0以上の地震。

震央分布図内の各矩形内の断面図

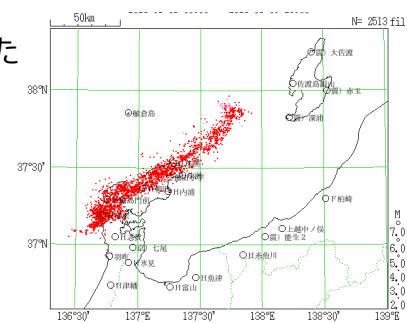


活動図内の地震は、波形相関DD法により再決定した震源
○：M1.5以上、2020年12月1日～2023年8月23日
○：M2.0以上、2024年1月1日～10日

○の震源再決定に
使った観測点分布



○の再決定に使った 観測点分布

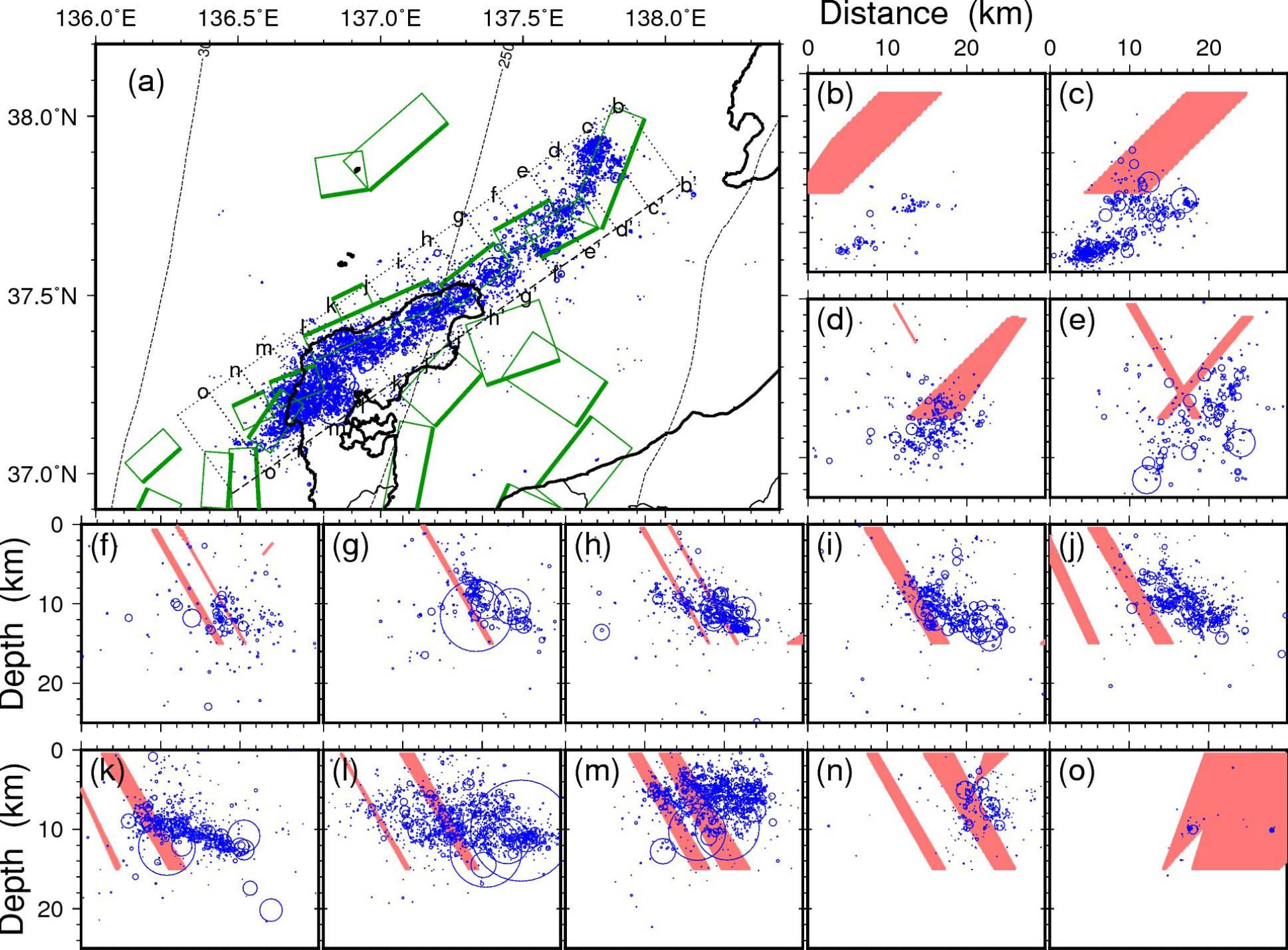


再決定震源 の分布 (2024/1/1- 2024/1/7)

赤：日本海 PJ
モデル断層

大局的構造には、
大きな変化はみ
られなかった

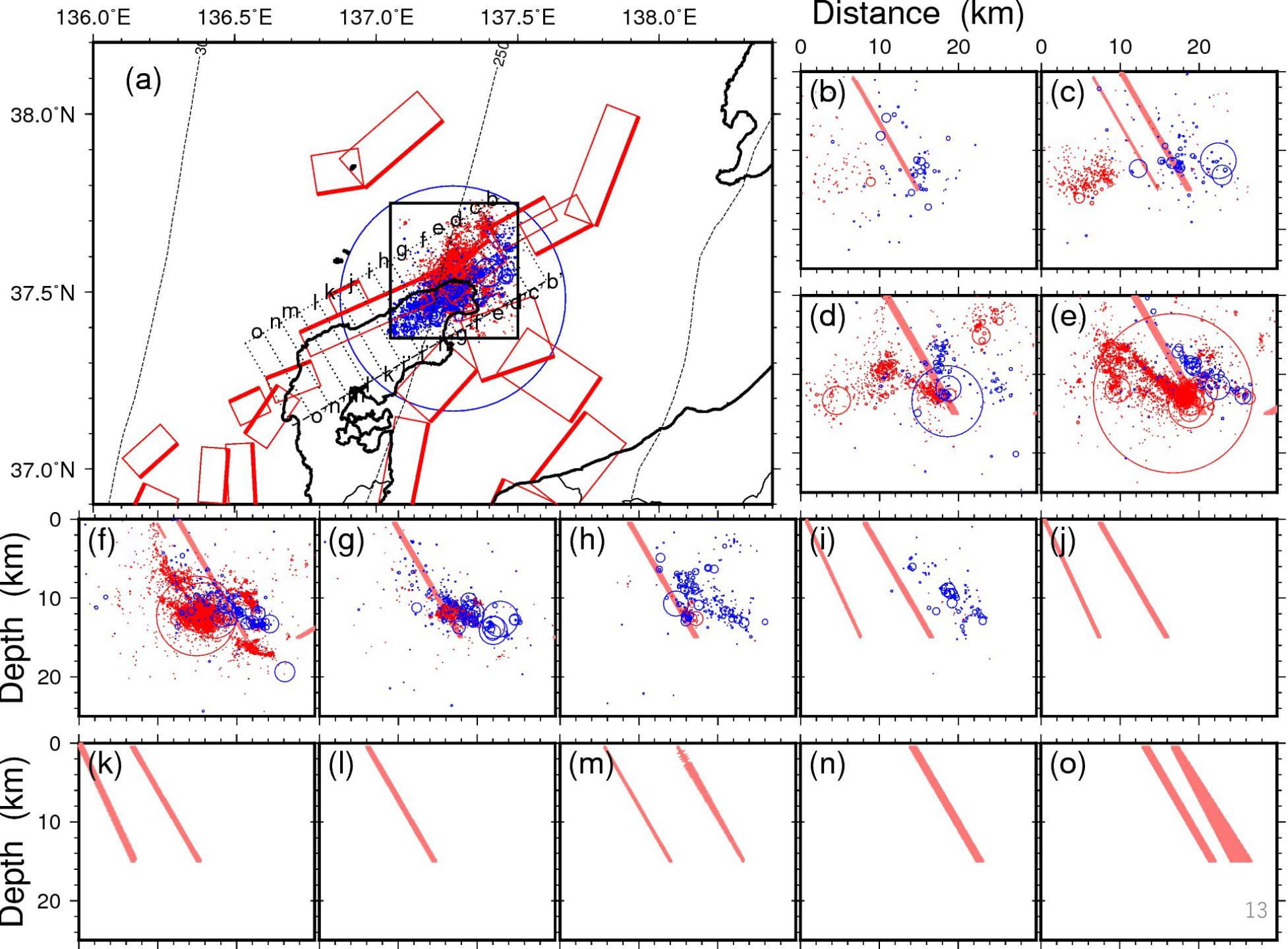
- 微細構造の解像
度は向上



珠洲周辺の再決定震源 (全期間： 2003 – 2024/1/7) **赤：本震前** **青：本震後**

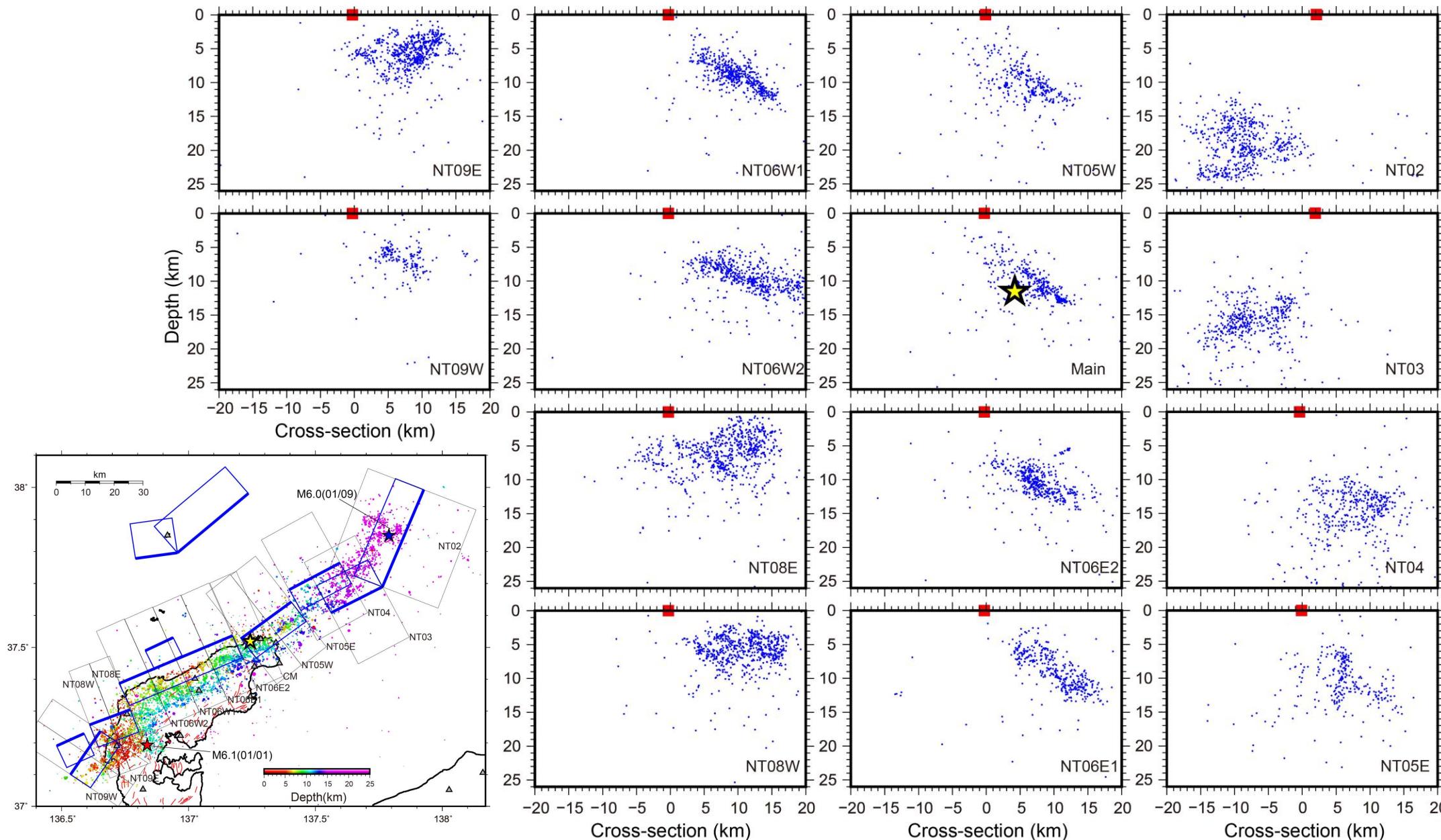
本震後、それ以前の活動よりも浅部側の異なる断層で地震が活発化。
これまでの断層ではほとんど地震が起こらなくなつた

東北大学



M7.6地震後の地震活動

2024年1月1日～1月3日



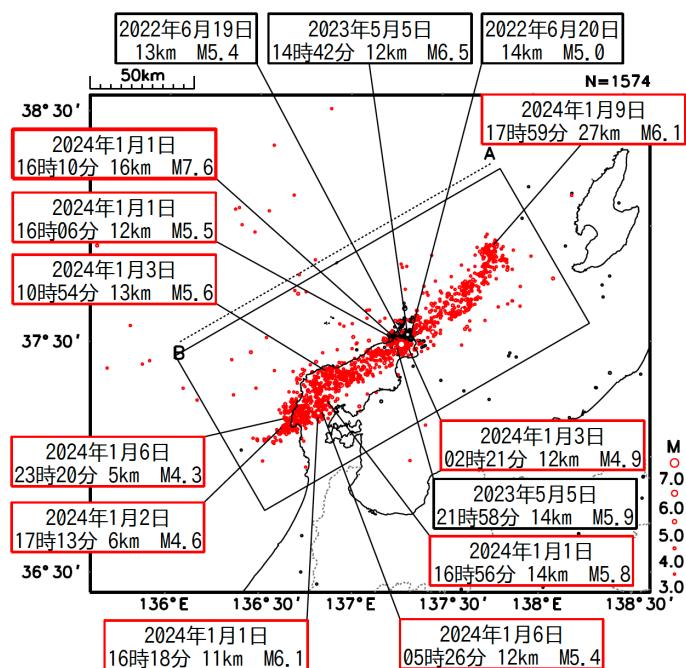
「令和6年能登半島地震」の地震活動

震央分布図

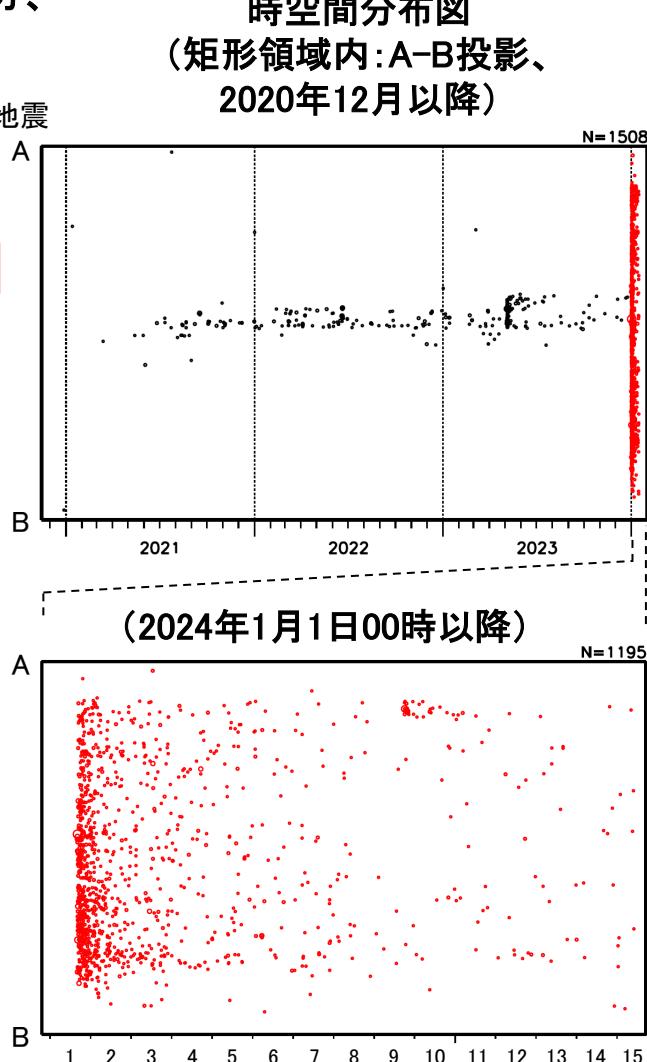
(2020年12月1日～2024年1月15日12時00分、
深さ0～30km、M3.0以上)

2024年1月1日以降の地震を赤く表示

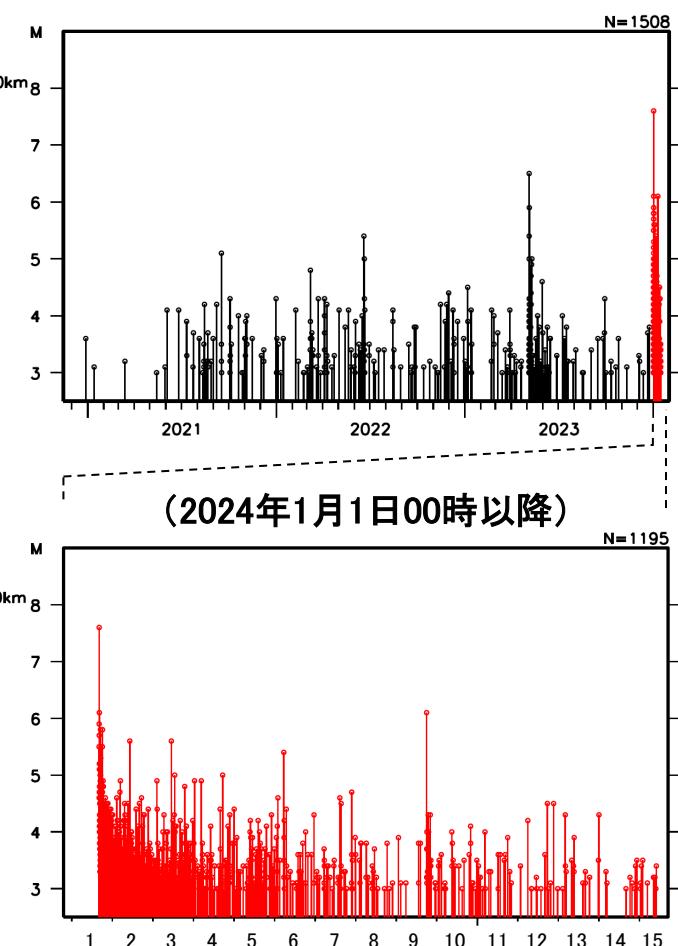
吹き出しへは、最大震度5強以上の地震又はM6.0以上の地震



時空間分布図
(矩形領域内:A-B投影、
2020年12月以降)



矩形領域内の地震活動経過図
(2020年12月以降)

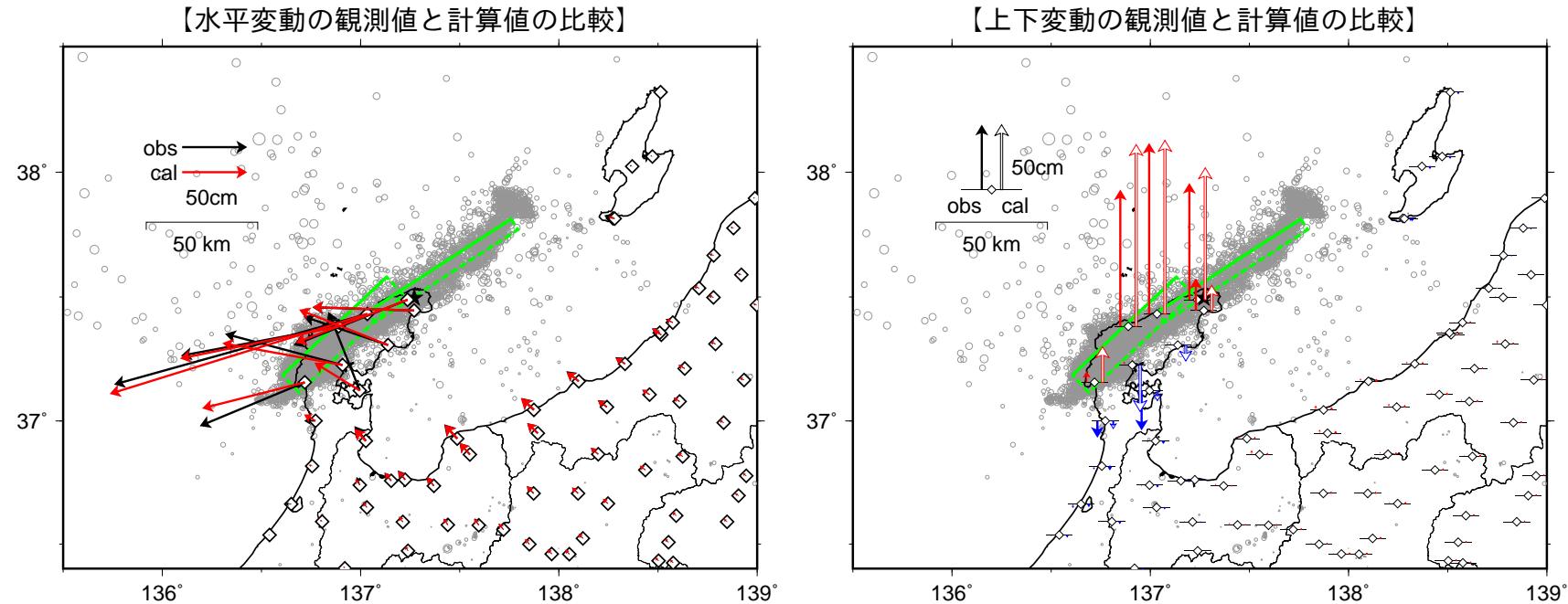


丸の大きさはマグニチュードの大きさを表す。

表示している震源のうち、1月15日00時以降のものは速報値。

令和6年能登半島地震の震源断層モデル（暫定）

基準期間：2023年12月25日～2023年12月31日 (R5解) JST
 比較期間：2024年1月2日～2024年1月5日 (R5解) JST



- ・黒色の星は01-01 Mj7.6 の震源、灰色丸は震源分布（気象庁一元化震源（気象庁）を使用）、2024年1月1日16時10分～1月3日23時59分。
- ・黄緑色の矩形は震源断層モデルを地表面に投影した位置で、実線が断層上端。

【推定された震源断層パラメータ】

経度 °	緯度 °	上端深さ km	長さ km	幅 km	走向 °	傾斜 °	すべり角 °	すべり量 m	M_w
136.608 (0.001)	37.185 (0.001)	1.8 (0.2)	63.8 (0.3)	11.9 (0.2)	46.9 (0.4)	26.0 (1.0)	124.4 (0.7)	3.85 (0.08)	7.23 (0.00)
137.037 (0.002)	37.439 (0.010)	1.2 (0.1)	76.0 (1.1)	10.8 (0.5)	56.9 (2.2)	59.0 (0.6)	99.3 (0.6)	4.31 (0.06)	7.28 (0.01)

・マルコフ連鎖モンテカルロ (MCMC) 法を用いてモデルパラメータを推定。括弧内は誤差 (1σ) を示す。

・ M_w と断層面積をスケーリング則 (Strasser et al., 2010) に近づくように拘束。

・ M_w の計算においては、剛性率を 30GPa と仮定。2枚の断層の合計の M_w は 7.46。

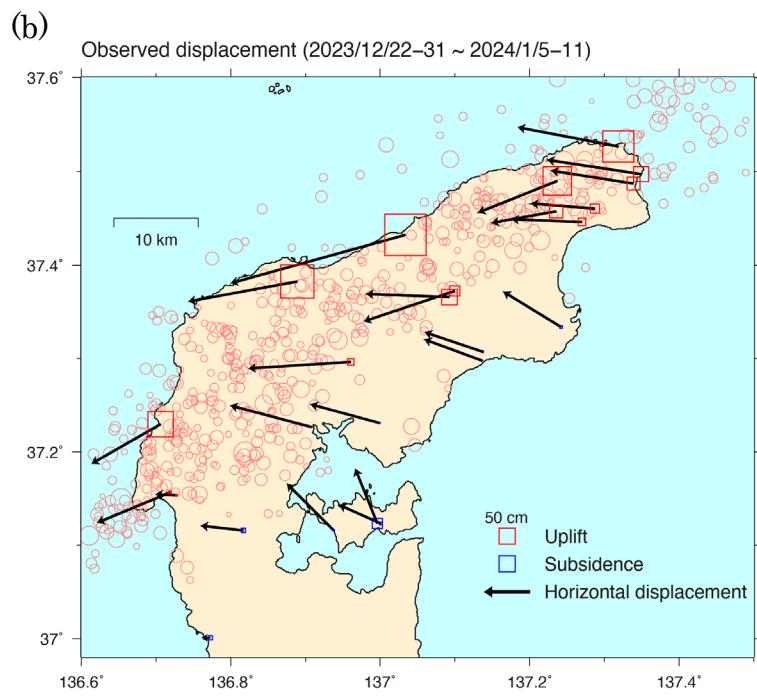
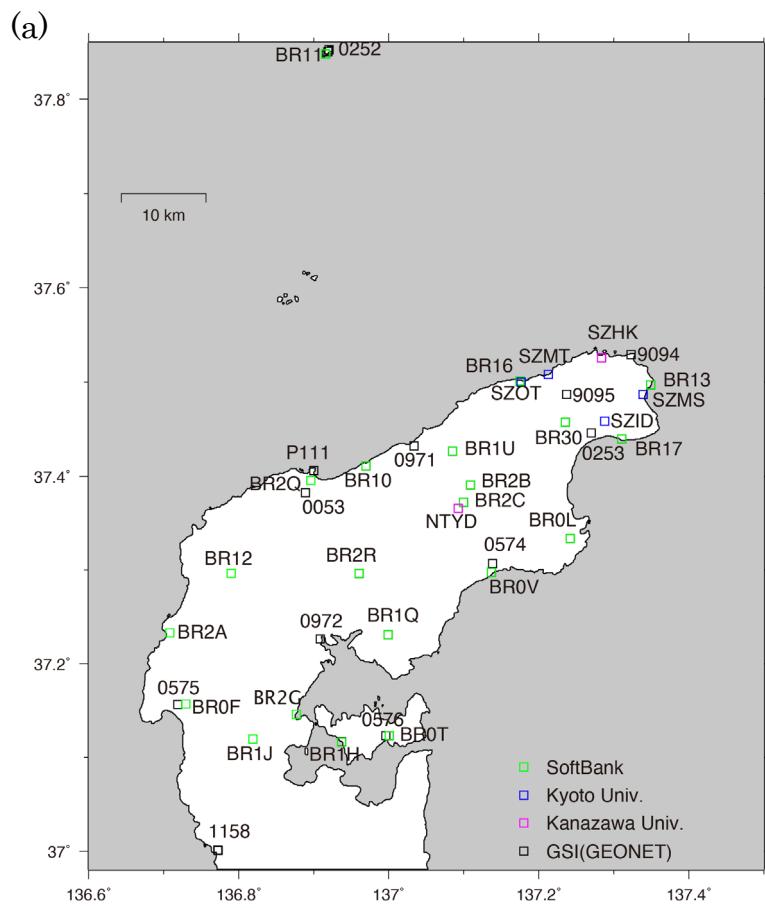


図1 各機関のGNSS観測網の観測点ID(a)と令和6年能登半島地震(M7.6)の地震時地殻変動(b)。赤丸は1月1日の気象庁一元化震源。地震時地殻変動は、2023年12月22-31日と2024年1月5-11日の平均座標値の差から計算した。固定点はGEONET三隅(950388)。

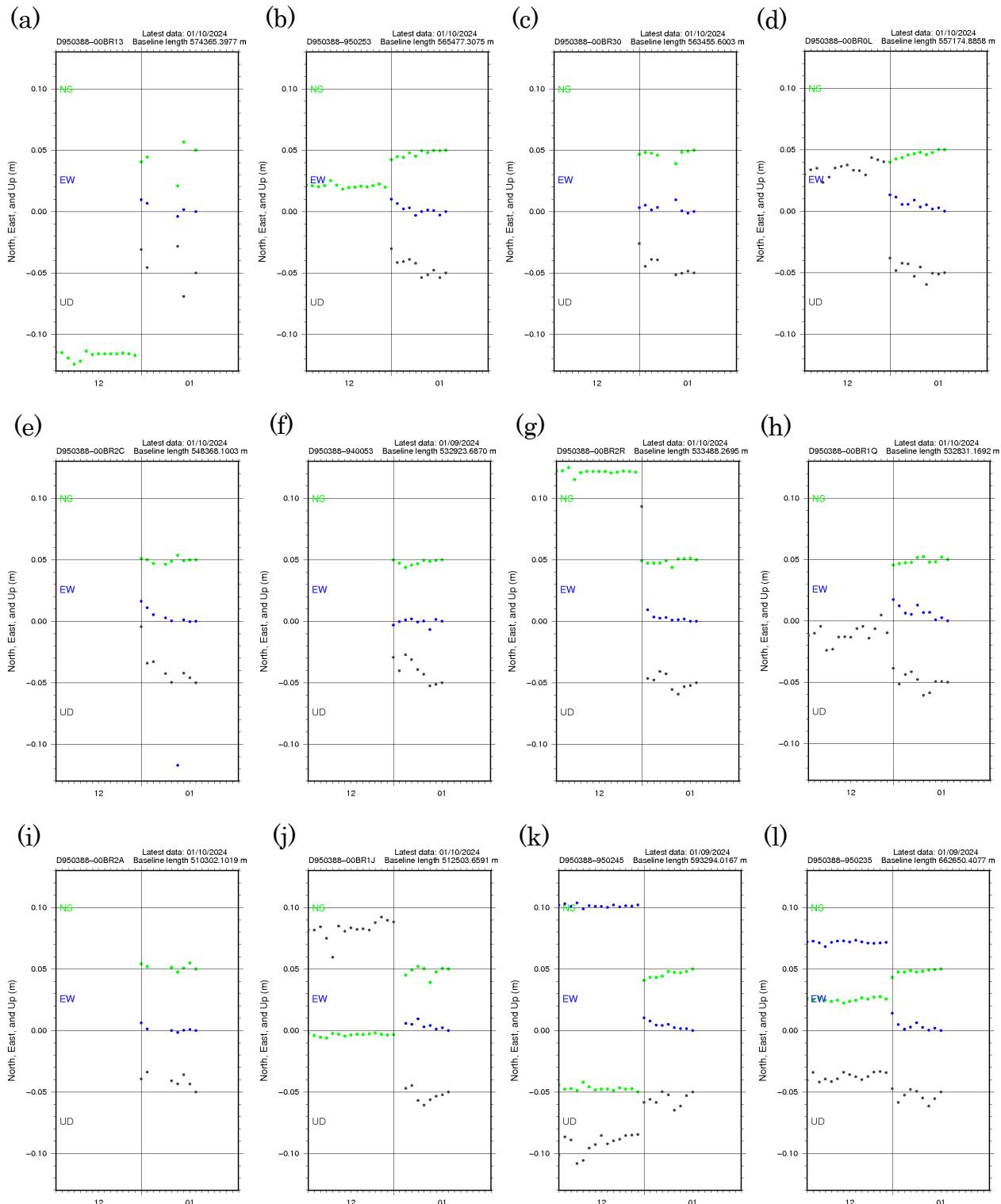


図3 令和6年能登半島地震前後の地殻変動時系列（日座標値、速報暦使用）。参照点は950388(島根県三隅) (a) BR13。 (b) 950253。 (c) BR30。 (d) BR0L。 (e) BR2C。 (f) 940053。 (g) BR2R。 (h) BR1Q。 (i) BR2A。 (j) BR1J。 (k) 950245 (糸魚川)。 (l) 950235 (佐渡小木)。

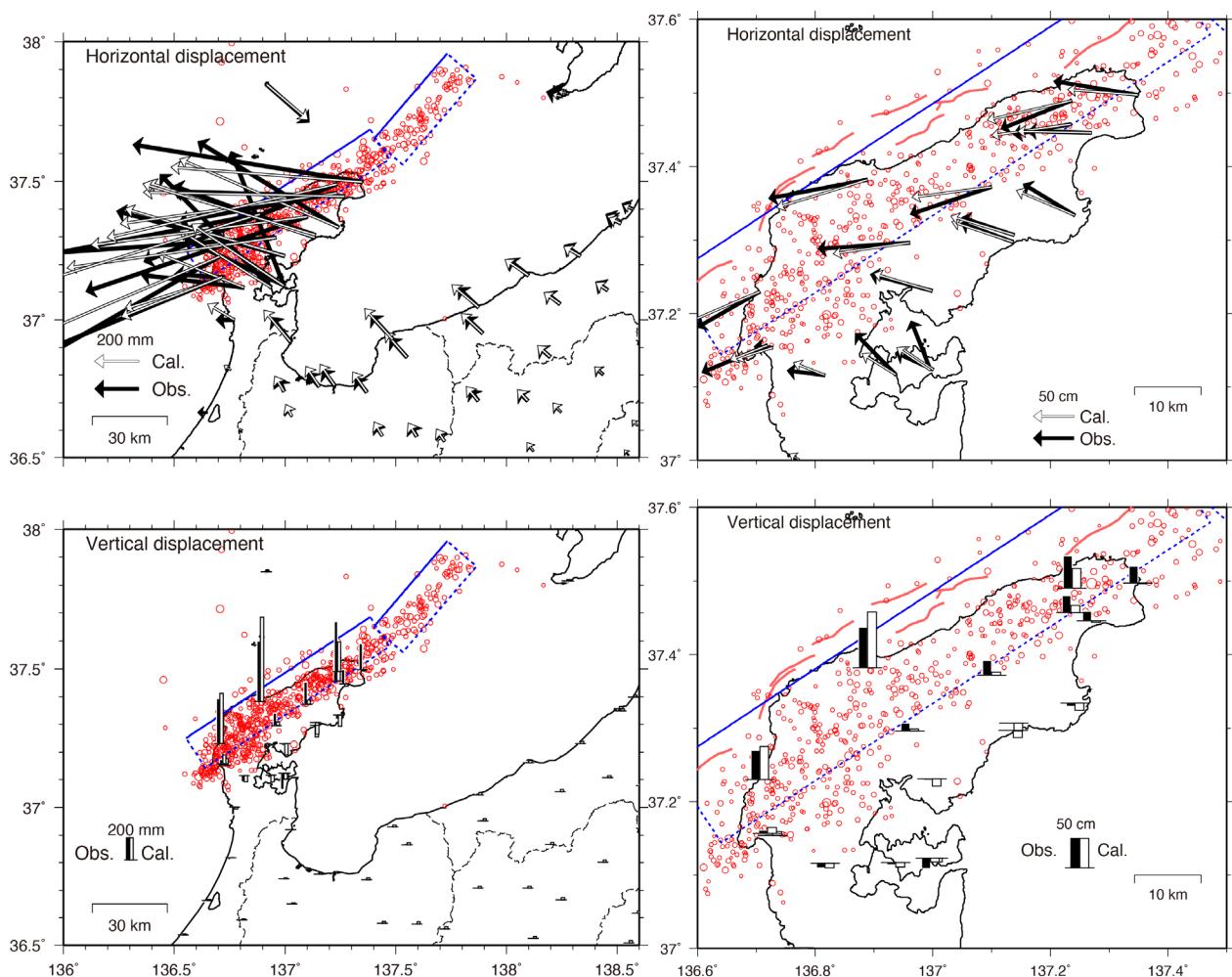


図4 GNSS観測データから推定した震源断層モデル。2枚の一樣滑り矩形断層からなるモデル。右側の図は左側の図の能登半島付近の拡大図。赤丸は気象庁一元化震源。青の矩形が断層位置で実線が浅い方の辺を表す。赤実線は海底活断層の位置（井上・岡村, 2010）。

表1 GNSSデータから推定した令和6年能登半島地震の震源断層モデルのパラメータ。位置は矩形断層の西上端を示す。剛性率は30GPaを仮定。

領域	緯度	経度	上端深さ	長さ	幅	走向	傾斜	滑り角	滑り量	M_w
域	Lat.(°)	Long.(°)	Depth(km)	Length(km)	Width(km)	Strike(°)	Dip(°)	Rake(°)	slip(m)	
#1	37.250	136.553	4.0	88.0	16.8	56	33	125	4.49	7.47*
#2	37.650	137.400	5.0	45.0	20.0	40	40	83	1.11	6.91*

*合計した M_w は 7.51。

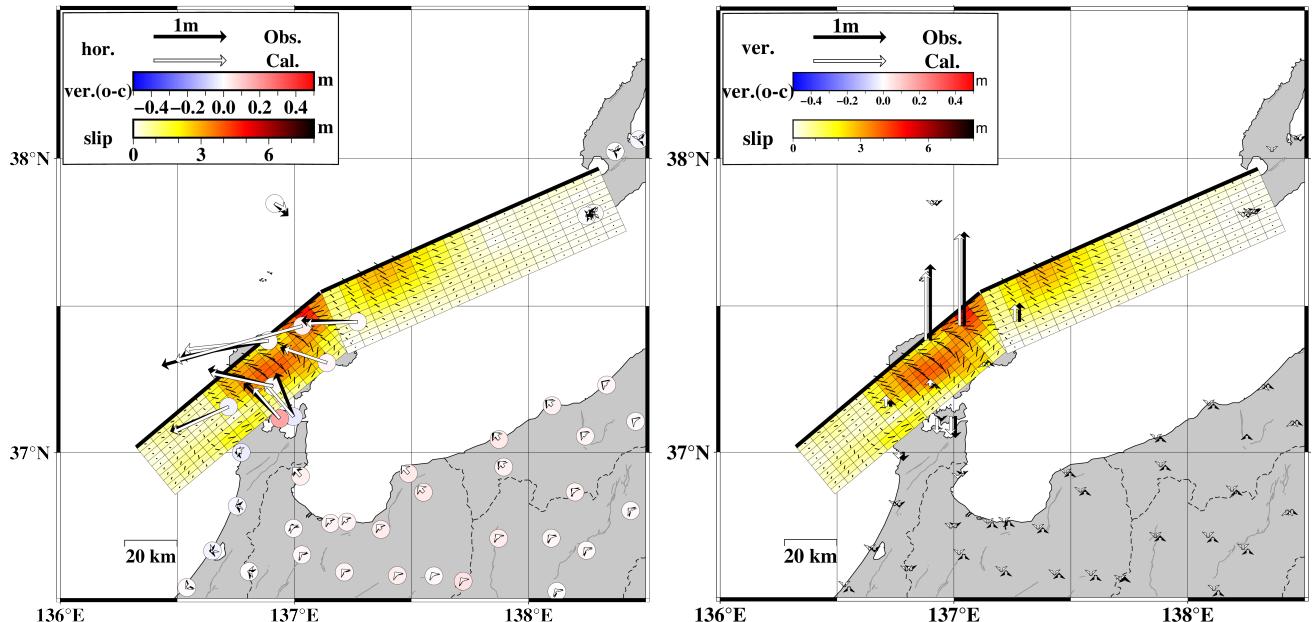


図1(左図): 2023年12月31日と2024年1月2日の日座標値の差分から推定した地震時すべり分布を示す。断層すべり分布は、MCMC法で推定された事後確率分布の平均値を用いて描画した。黒矢印が水平変位ベクトルの観測値、白矢印が推定された水平変位ベクトルを示す。なお、GEONET輪島2(020971)は、1月2日段階では欠測であったが、変位量が大きいことから、復旧後のデータとの差分から得られた変位をすべり推定に用いている。各色付の丸印は、上下変位量の観測値から推定値を差し引いた残差分布を示す。同図におけるVRは98.67%、推定されたMwは7.51である。(右図): 上下成分を示す。黒矢印が上下変位量の観測値、白矢印が推定された上下変位量を示す。

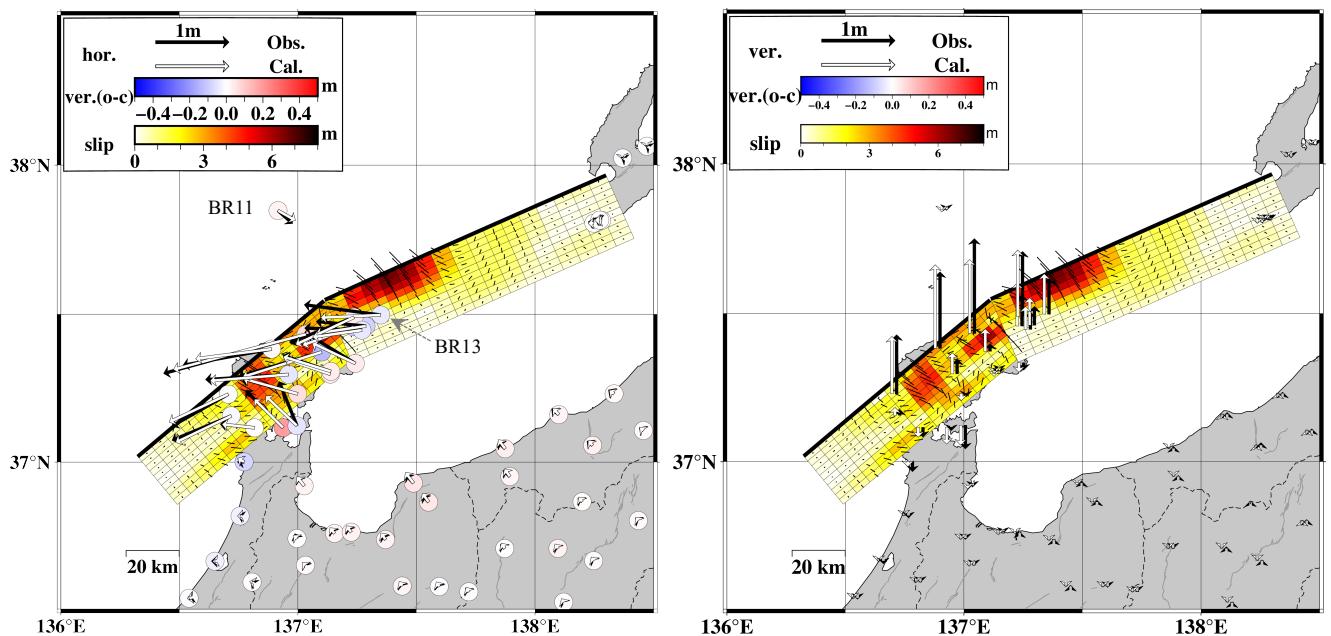


図2(左図): 2023年12月22-31日と、2024年1月6-8日の平均の差分から推定した地震時すべり分布を示す。断層すべり分布は、MCMC法で推定された事後確率分布の平均値を用いて描画した。黒矢印が水平変位ベクトルの観測値、白矢印が推定された水平変位ベクトルを示す。各色付の丸印は、上下変位量の観測値から推定値を差し引いた残差分布を示す。推定同図におけるVRは98.04%、推定されたMwは7.61である。(右図): 上下成分を示す。黒矢印が上下変位量の観測値、白矢印が推定された上下変位量を示す。

2024年1月1日 石川県能登地方の地震「令和6年能登半島地震」 — 遠地実体波による震源過程解析（暫定）—

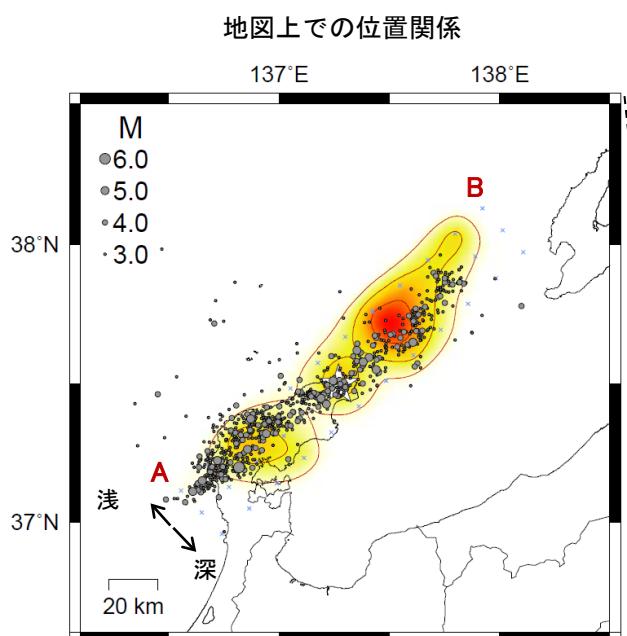
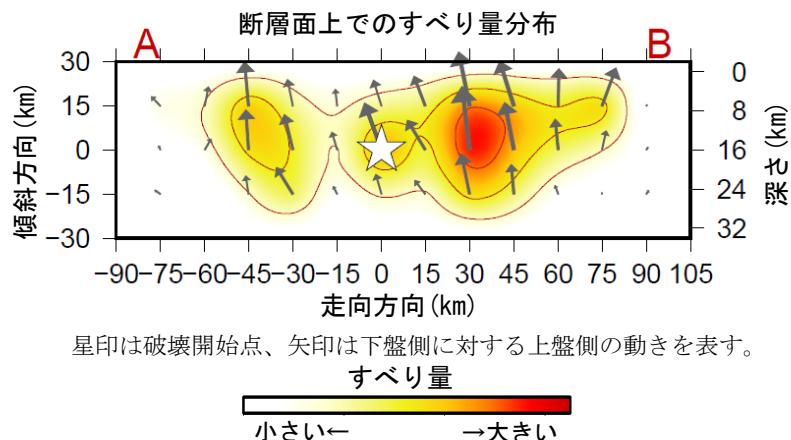
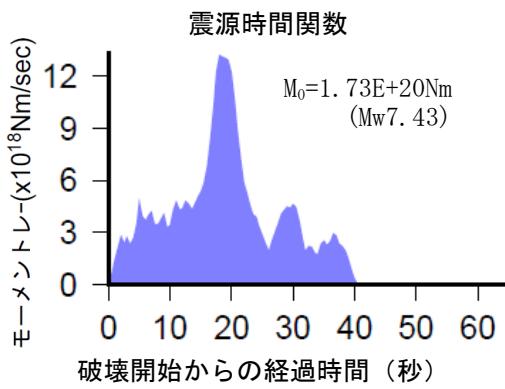
2024年1月1日16時10分（日本時間）に石川県能登地方で発生した地震「令和6年能登半島地震」（Mj7.6）について、米国大学間地震学研究連合（IRIS）のデータ管理センター（DMC）より広帯域地震波形記録を取得し、遠地実体波を用いた震源過程解析（注1）を行った。

破壊開始点は、気象庁による震源の位置（37° 29.8' N, 137° 16.2' W、深さ16km）とした。断層面は、気象庁CMT解の2枚の節面のうち、北東–南西走向の南東傾斜の節面（走向47°、傾斜37°、すべり角100°）を仮定して解析した。最大破壊伝播速度は2.4km/sとした。理論波形の計算にはCRUST2.0 (Bassin et al., 2000) および IASP91 (Kennett and Engdahl, 1991) の地下構造モデルを用いた。

主な結果は以下のとおり（この結果は暫定であり、今後更新することがある）。

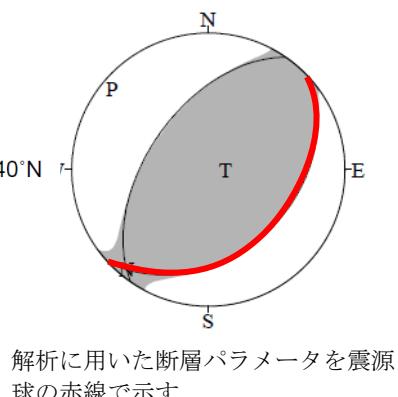
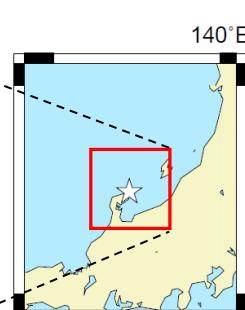
- ・主な破壊領域は走向方向に約120km、傾斜方向に約30kmであった。
- ・主なすべりは、破壊開始点から北東方向へ約45kmの範囲、及び破壊開始点から南西方向へ約45kmの範囲に広がり、最大すべり量は1.7mであった（周辺の構造から剛性率を30GPaとして計算）。
- ・主な破壊継続時間は約40秒であった。
- ・モーメントマグニチュード（Mw）は7.4であった。

結果の見方は、https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/world/about_srcproc.html を参照。



星印は破壊開始点を示す。灰色の丸は1月1日16時06分から1月2日16時10分までの地震の震央を示す（M3.0以上）。

解析に用いた断層パラメータ：
走向47°、傾斜37°、すべり角100°
(気象庁CMT解の値を用いた。)



（注1）解析に使用したプログラム

M. Kikuchi and H. Kanamori, Note on Teleseismic Body-Wave Inversion Program,
<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/ETAL/KIKUCHI/>

作成日：2024/01/05

気象庁作成

		破壊時刻	地震モーメント	平均すべり量	最大すべり量
地震①	セグメント 1+2	16:10:09	1.1×10^{20} Nm (Mw 7.3)	1.9 m	7.7 m
地震②	セグメント 3+4	16:10:22	1.3×10^{20} Nm (Mw 7.3)	2.2 m	6.2 m
全体			2.4×10^{20} Nm (Mw 7.5)	2.1 m	7.7 m

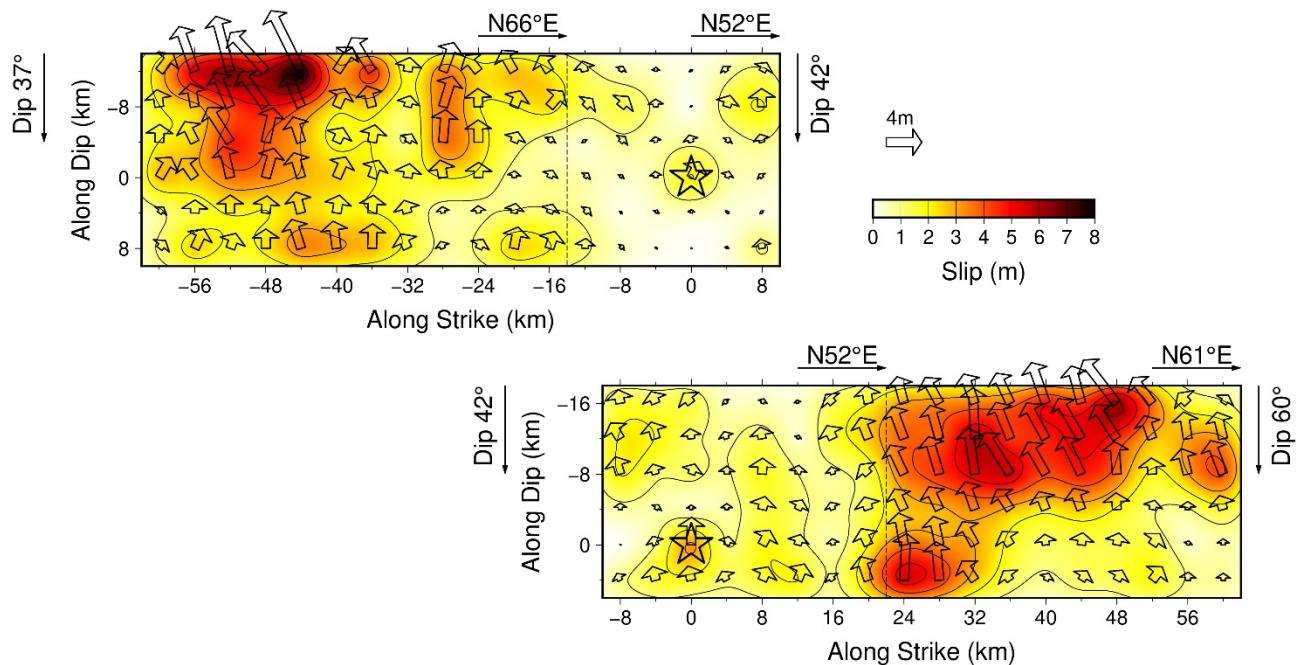
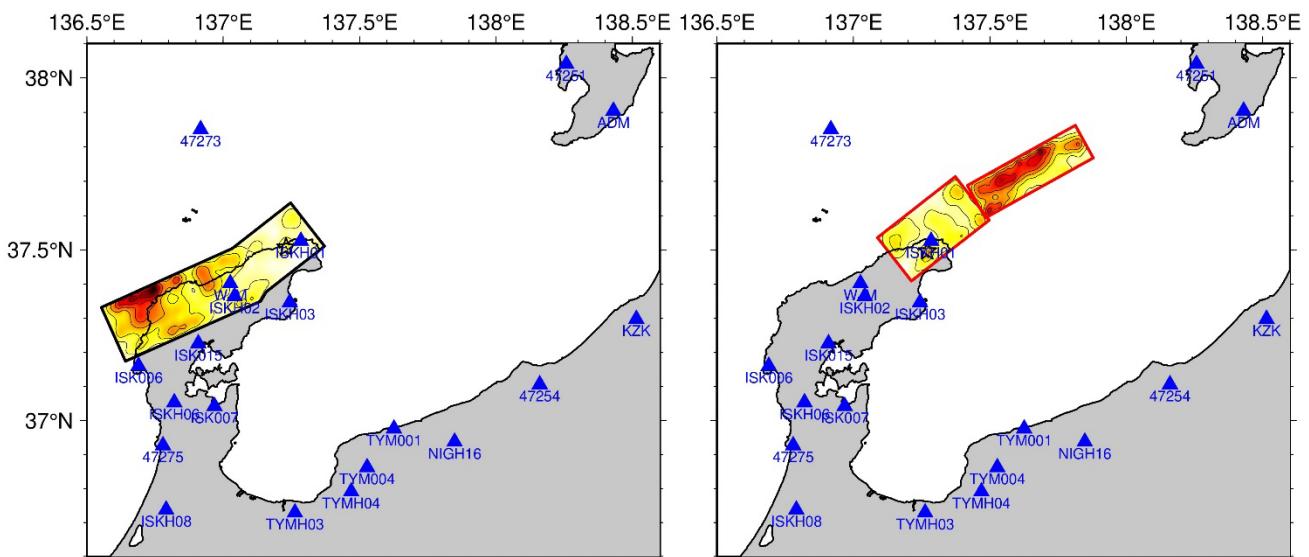


図1：断層面上の最終すべり分布(上：セグメント1+2、下：セグメント3+4)
☆はそれぞれ地震①と地震②の破壊開始点



2024年1月1日16時10分頃に石川県能登半島地方で発生した地震（M_j 7.6; 気象庁）について、強震波形記録を用いた震源インバージョン解析を行った。

- 記録：K-NET・KiK-net・F-netの24観測点における速度波形三成分のS波部分（0.02–0.2 Hz）
 - * 気象庁一元化震源記載の発震時刻より約13秒前の地震を含めて一連のイベントとして解析を実施
- 解析手法：マルチタイムウインドウ線形波形インバージョン
 - （小断層8 km × 6 km、5秒幅のタイムウインドウを2.5秒ずらして10個並べる）
- 断層面設定：走向47°・傾斜46°（AQUA CMT解による）、大きさ144 km × 24 km、
 - 破壊開始点はHi-net震源位置（深さ12.1 km）、V_{ftw} 2.4 km/s
 - * ここで設定した断層面は解析の都合上仮定したものであり、必ずしも実際の断層面を反映しているわけではないことに留意
- 推定結果： $M_0 = 4.4 \times 10^{20}$ Nm (M_w 7.7)、最大すべり量8.6 m

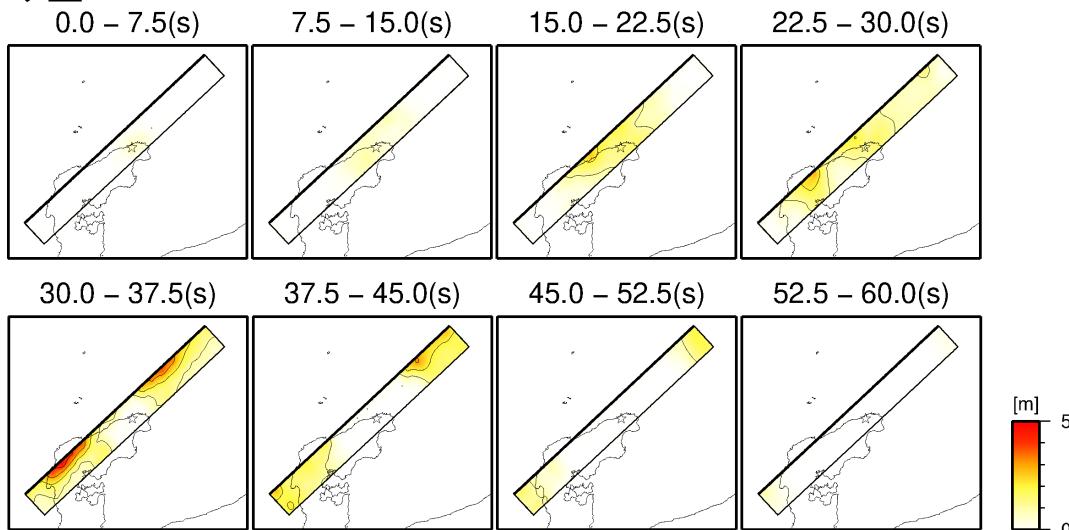
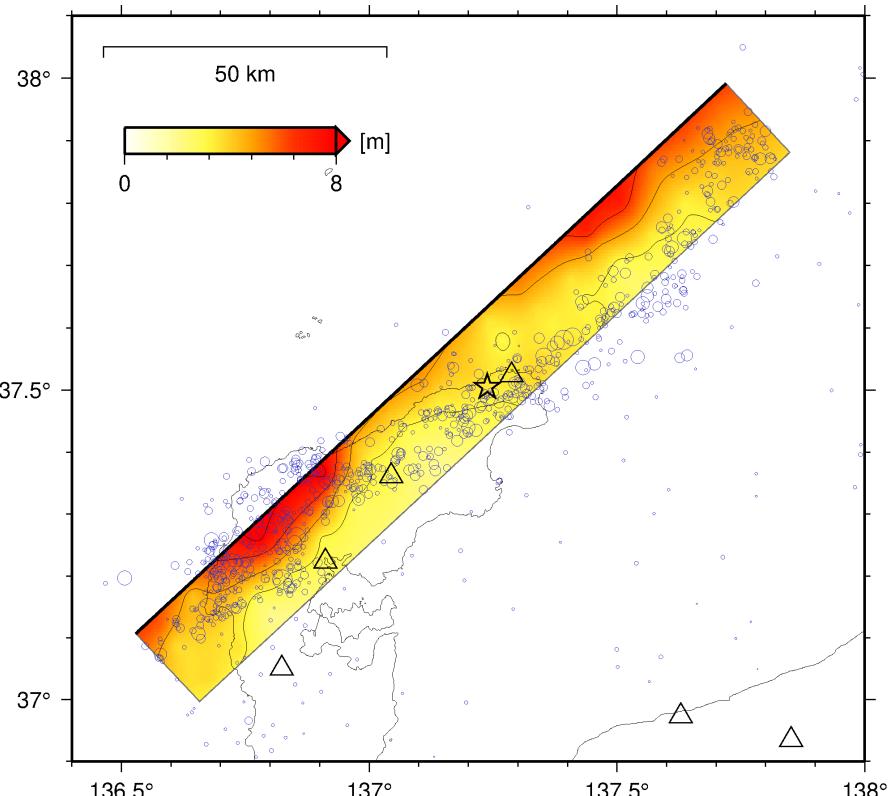


図2：破壊の時間進展過程。
7.5秒ごとのすべり分布を地表投影している。

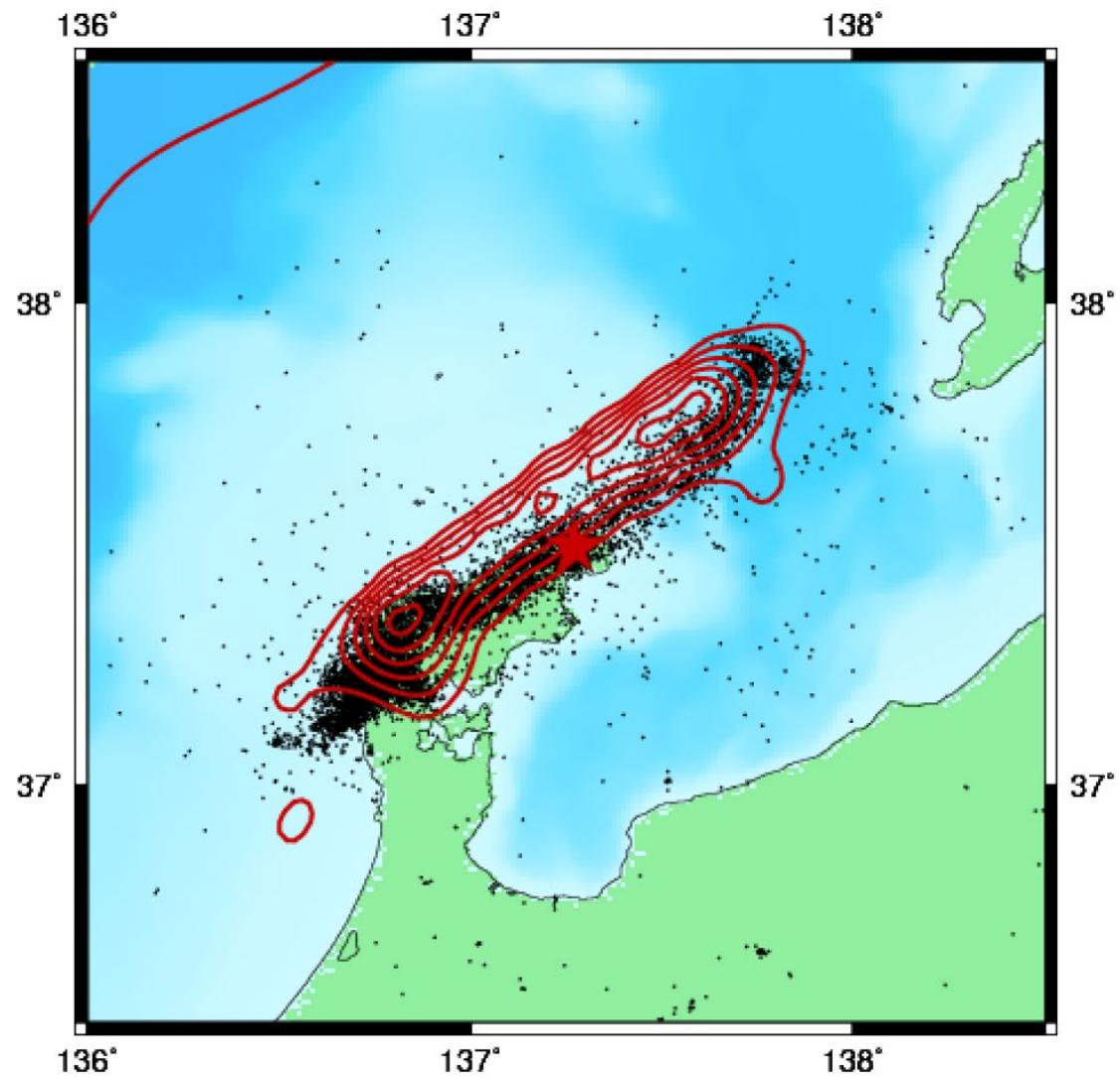
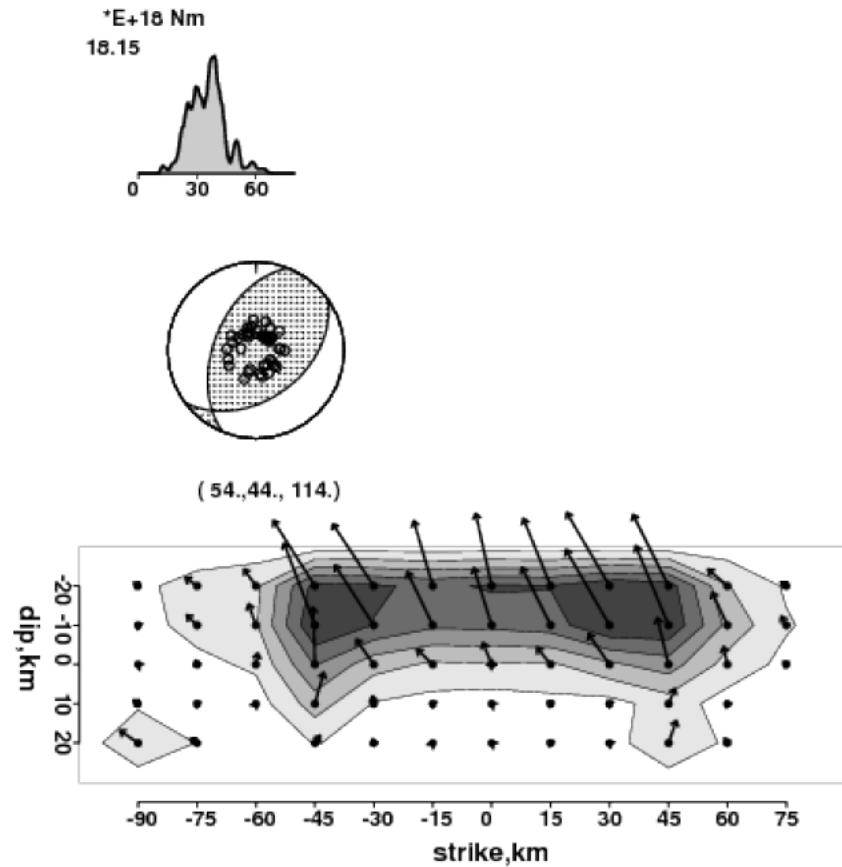
図1：令和6年能登半島地震のすべり分布の地表投影をカラーで、破壊開始点を灰色星で、同地震発生後1日間の地震の震央分布を青丸で示す。

2401010710 Noto

$M_0 = 0.244E+21 \text{ Nm}$ $M_w = 7.52$

$H = 14.0 \text{ km}$ $T = \text{s}$ var. = 0.3119

$t_1 = 2.0 \text{ s}$ $T = 2.0 \text{ s}$ nw = 5 Vr = 2.0 km/s



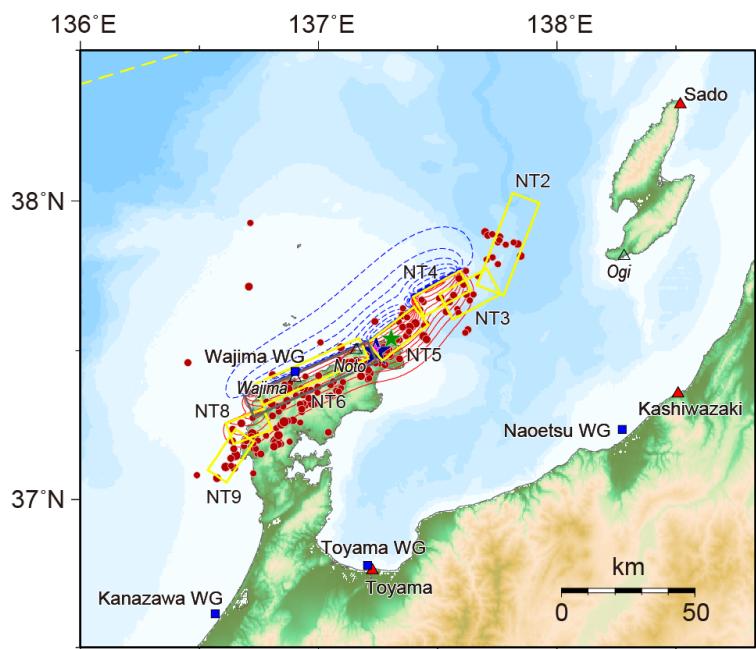
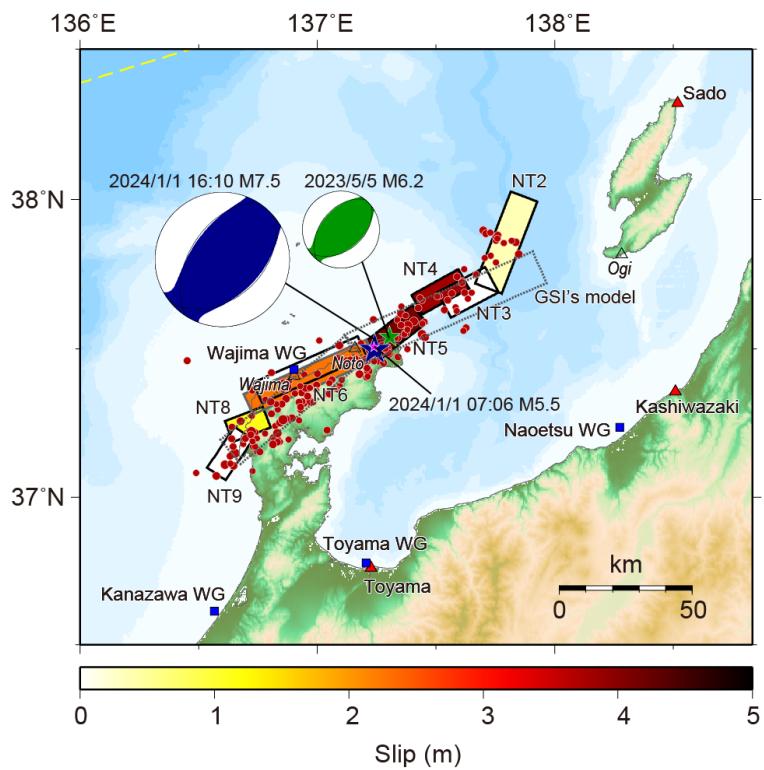


図2 (上) 小断層の位置とすべり量. 赤丸は1月1日～11日までのM4以上の震央(気象庁による). 灰色の点線は国土地理院の断層モデル. (下) 計算された上下変動量. コンタ一間隔は隆起(赤実線)0.2m, 沈降(青破線)0.1m.

沿岸の津波第一波到達時刻から推定した津波波源域 —「令和6年 能登半島地震」2024年1月1日16:10 M7.6—

気象研究所
気象庁

- ①津波波源域の長さは約100 kmにわたり、能登半島の東北東方向の沖合まで及ぶ
- ②富山検潮所の早い到達時刻は、その近傍にも波源が存在する可能性を示唆する

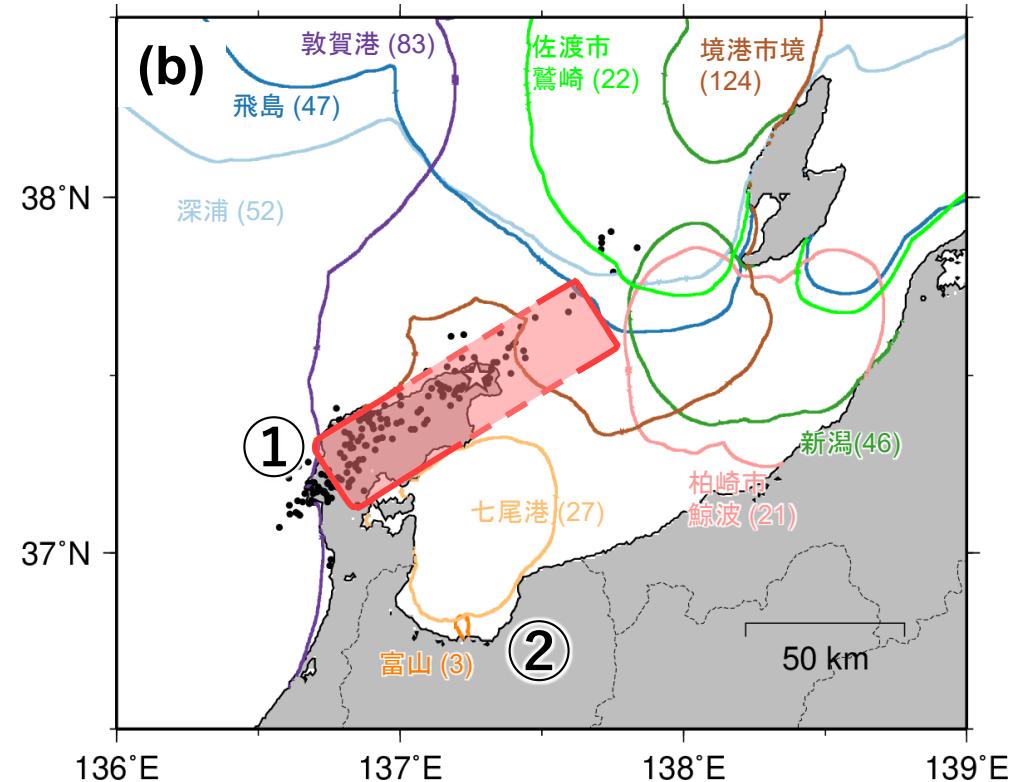
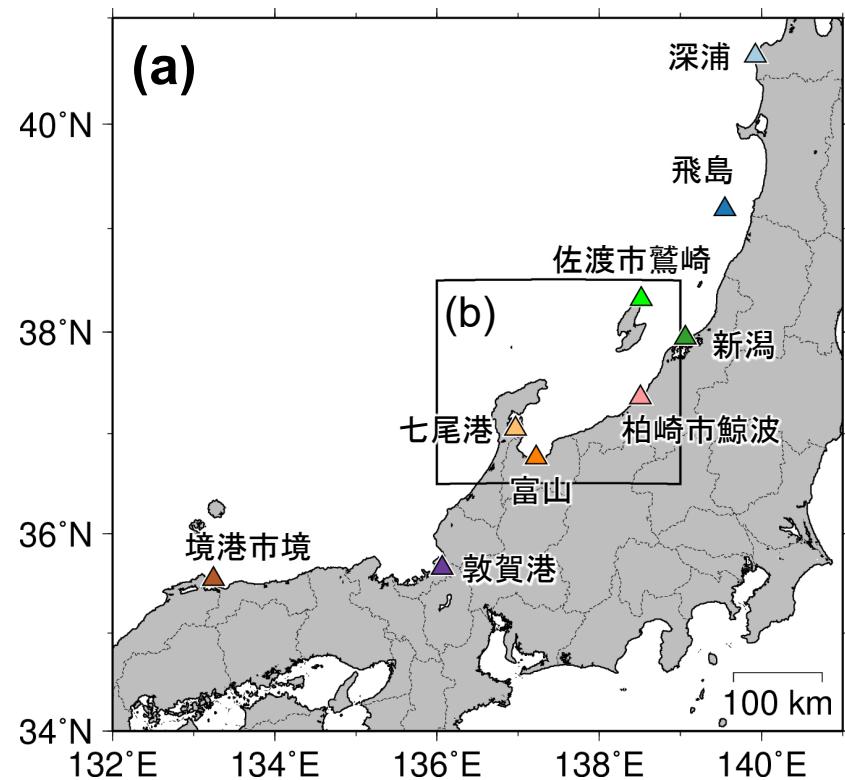


図 津波の逆伝播解析結果. (a) 解析に用いた沿岸の津波観測点の分布. (b) 推定された津波の波源域(赤色の網掛け領域). 曲線は各観測点からの逆伝播波面を示し、観測点名及び津波第一波の観測走時(単位: 分)を併記した。星印は2024年1月1日16時10分のM7.6、黒丸印は同日16時以降1日間の地震の震央をそれぞれ示す。逆伝播解析には、GEBCO2023(英国海洋データセンター)に海図(日本水路協会)の水深値を一部反映した地形モデル、津波走時計算ソフトウェアTTT v3.2(Geoware)、津波第一波到達時刻の検測値(気象庁の速報値、令和6年1月2日調査委員会資料に掲載)を用いた。

津波から推定される
2024能登半島地震による地殻変動隆起域東端

