

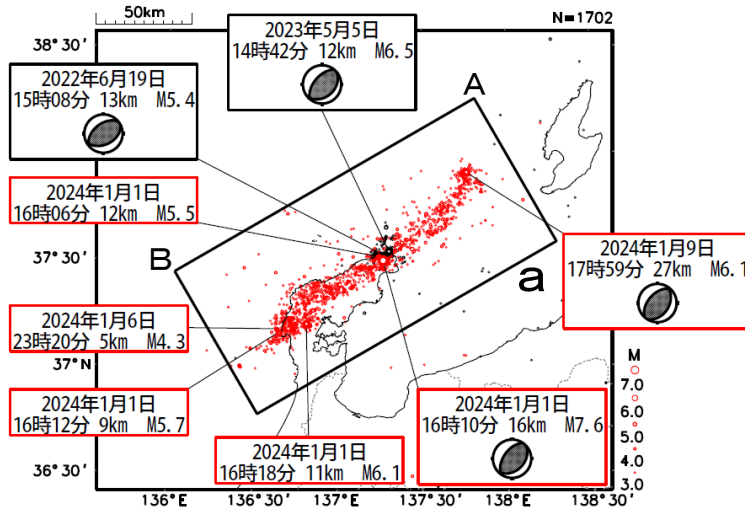
(2) 地震活動

ア. 石川県能登地方の地震活動

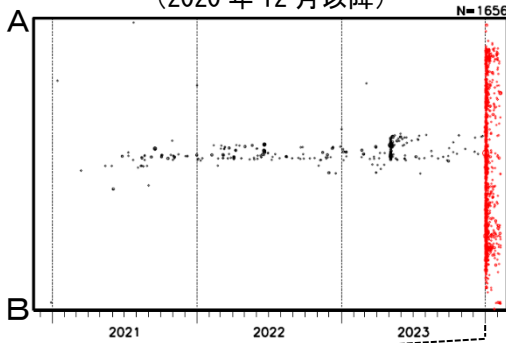
石川県能登地方では、2018年頃から地震回数が増加傾向にあり、2020年12月から地震活動が活発になり、2021年7月頃からさらに活発になっていた。2023年5月5日にはM6.5の地震（最大震度6強）が発生し、以降、地震活動がさらに活発になっていたが、時間の経過とともに地震の発生数は減少していた。

このような中で、2024年1月1日16時10分に石川県能登地方の深さ16kmでM7.6の地震（最大震度7）が発生した。この地震は活動の全期間を通じて最大規模の地震である。発震機構（CMT解）は北西－南東方向に圧力軸を持つ逆断層型である。この地震の震央周辺では、M7.6の地震の約4分前の同日16時06分にM5.5の地震（最大震度5強）が発生し、また、M7.6の地震発生後には、同日16時12分にM5.7の地震（最大震度6弱）、16時18分にM6.1の地震（最大震度5強）、6日23時20分にM4.3の地震（最大震度6弱）、9日17時59分にM6.1の地震（最大震度5弱）が発生するなど活発な地震活動が継続しており、地震活動域は能登半島及びその北東側の海域を中心とする北東－南西に延びる150km程度の範囲に広がっている（図2-1）。これらの地震は地殻内で発生した。

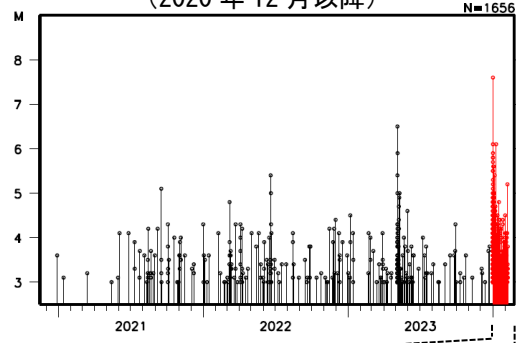
震央分布図  
 (2020年12月1日～2024年2月8日08時00分、  
 深さ0～30km、M3.0以上)  
 2024年1月1日以降の地震を赤く表示。速報値を含む。  
 吹き出しは、最大震度6弱以上の地震又はM6.0以上の地震及び2024年1月1日16時06分の地震



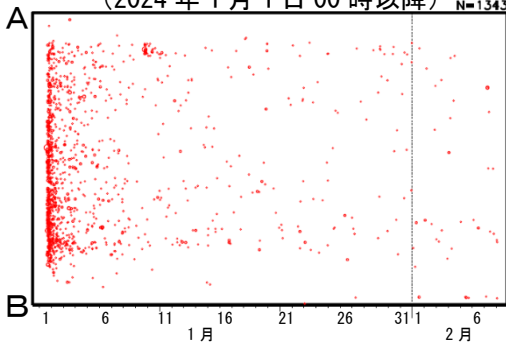
領域 a 内の時空間分布図 (A-B 投影)  
 (2020年12月以降)



領域 a 内のM-T 図  
 (2020年12月以降)



(2024年1月1日00時以降)



(2024年1月1日00時以降)

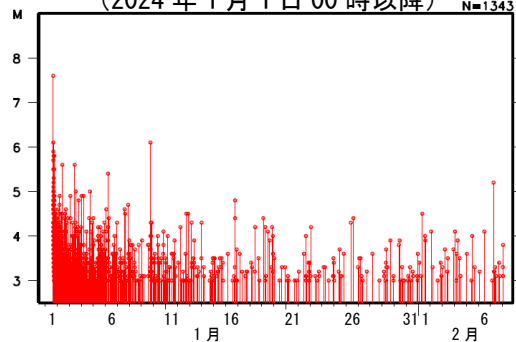


図2-1 震央分布図、時空間分布図及びM-T図  
 図中の発震機構はCMT解。

# 「令和6年能登半島地震」(M7.6発生後の詳細な震源分布、既存の断層モデルとの比較)

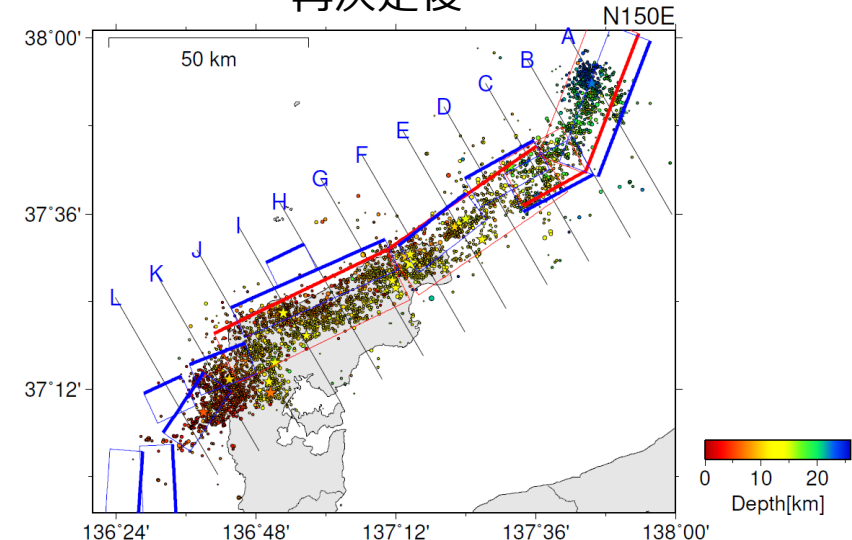
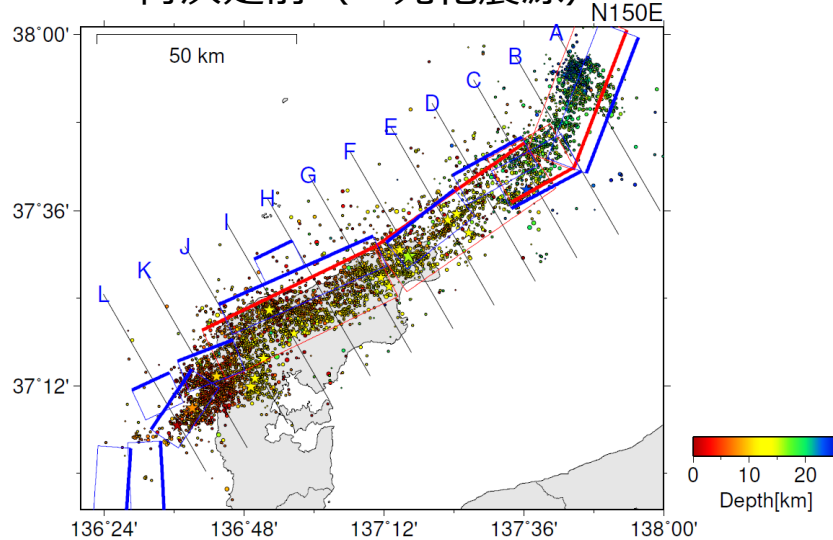
波形相関DD法により再決定した震源データ：2024年1月1日～1月10日、深さ0～40km、M $\geq$ 2.0

- ・Mが大きい震源を手前に表示
- ・M5.0以上の震源を前面に☆で大きく表示

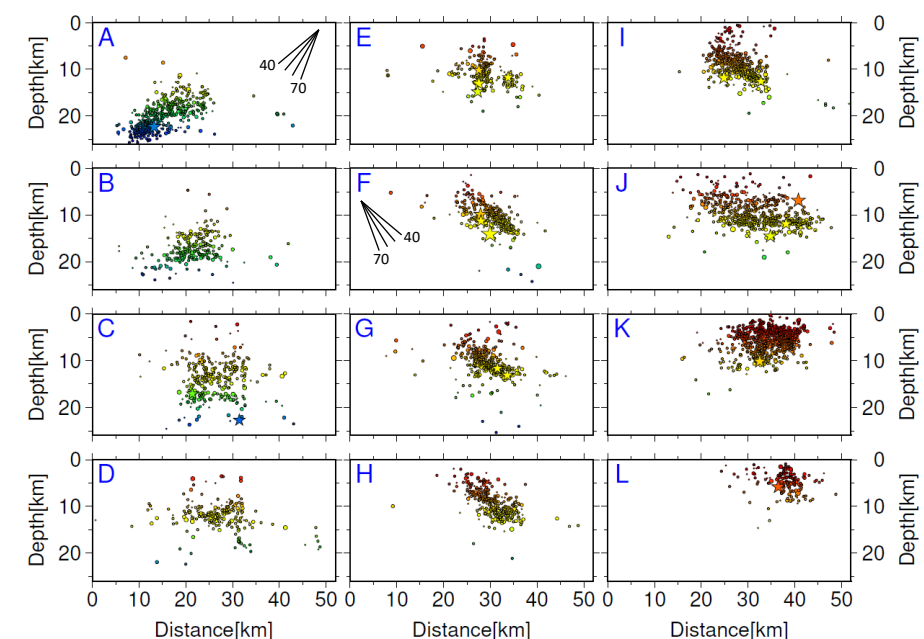
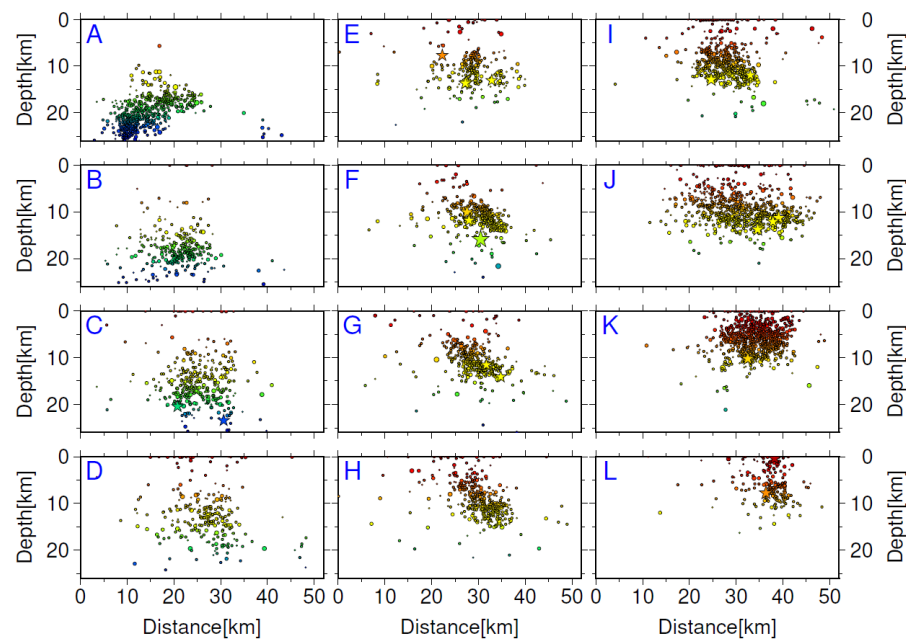
再決定前 (一元化震源)

再決定後

震央分布図



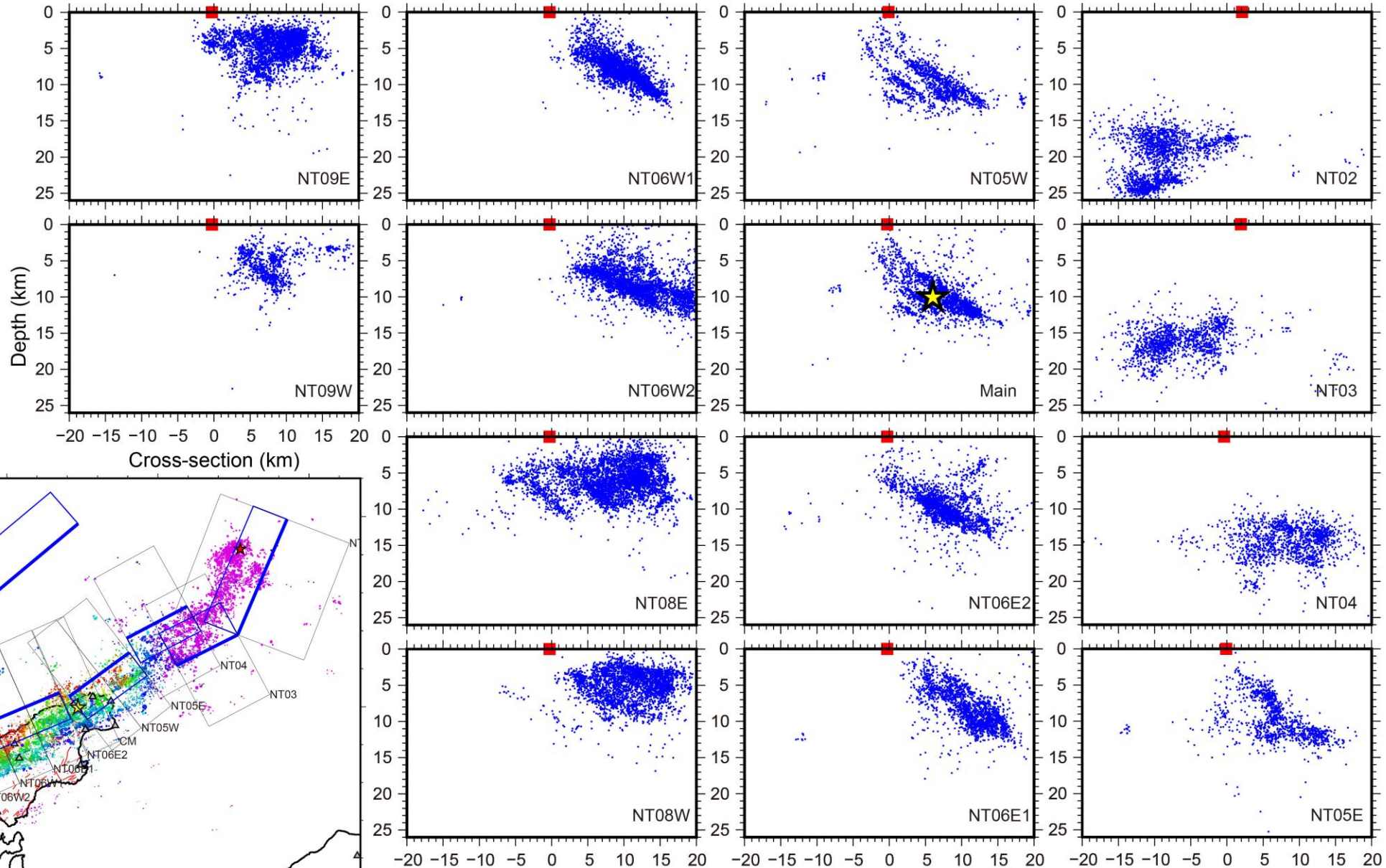
各投影面の断面図



震央分布図中の赤と青の矩形及び断面図内の赤と青の線はそれぞれ、赤は「日本海における大規模地震に関する調査報告会」、青は「日本海地震・津波調査プロジェクト」の断層モデルを示す。

# 2024年1月1日M7.6地震後の地震活動

解析対象期間:  
2024年1月1日~1月27日

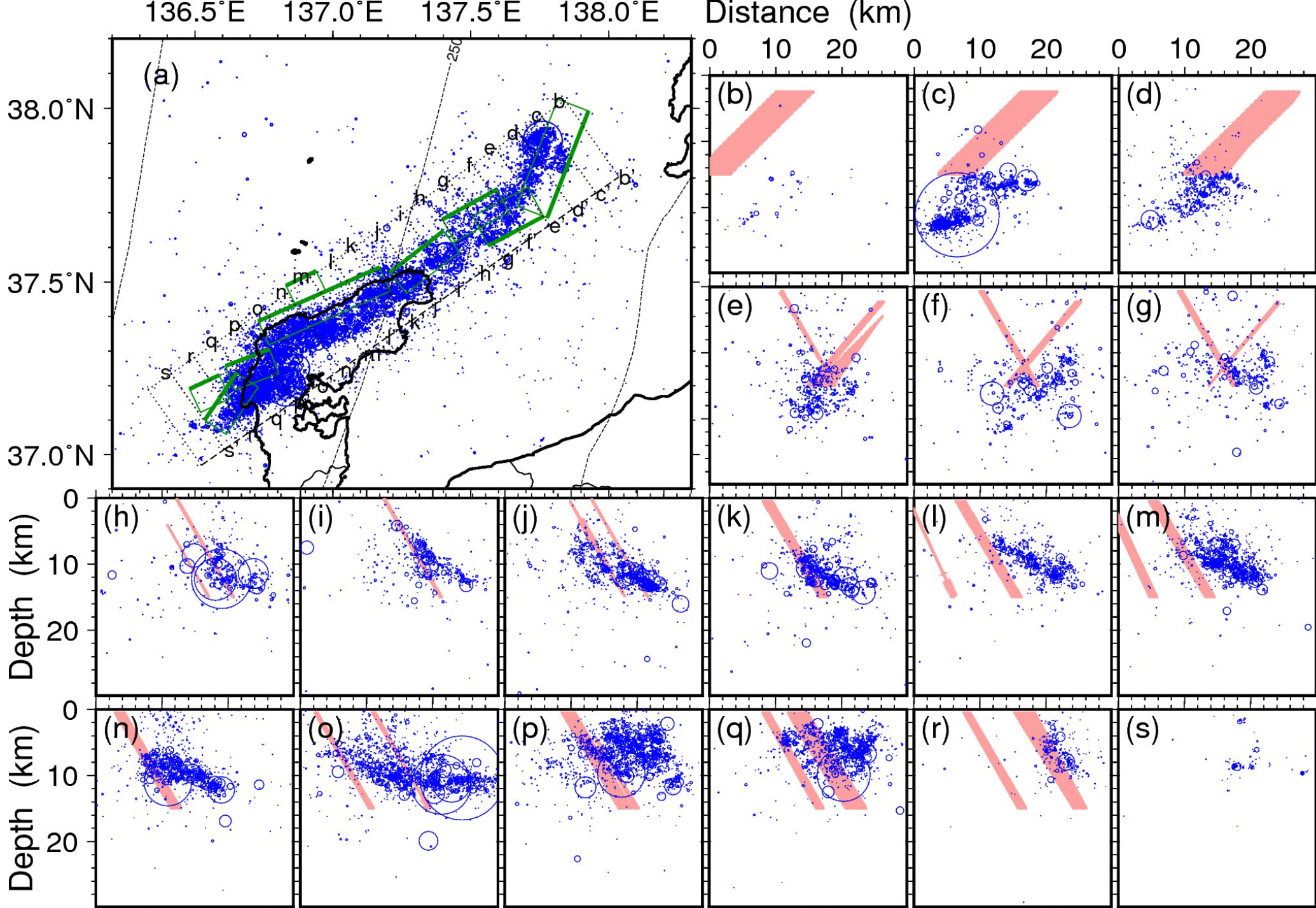


東京大学

■: 震源断層モデル(日本海プロジェクト)の地表トレース位置

# 再決定 震源

16536個  
( $M > 1$ )の地震を再決定

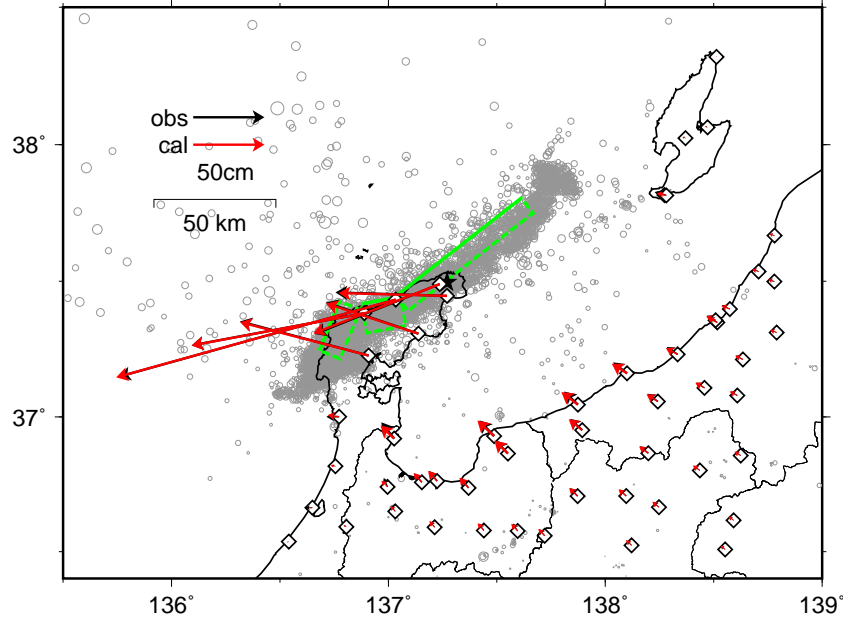


# 令和6年能登半島地震の震源断層モデル

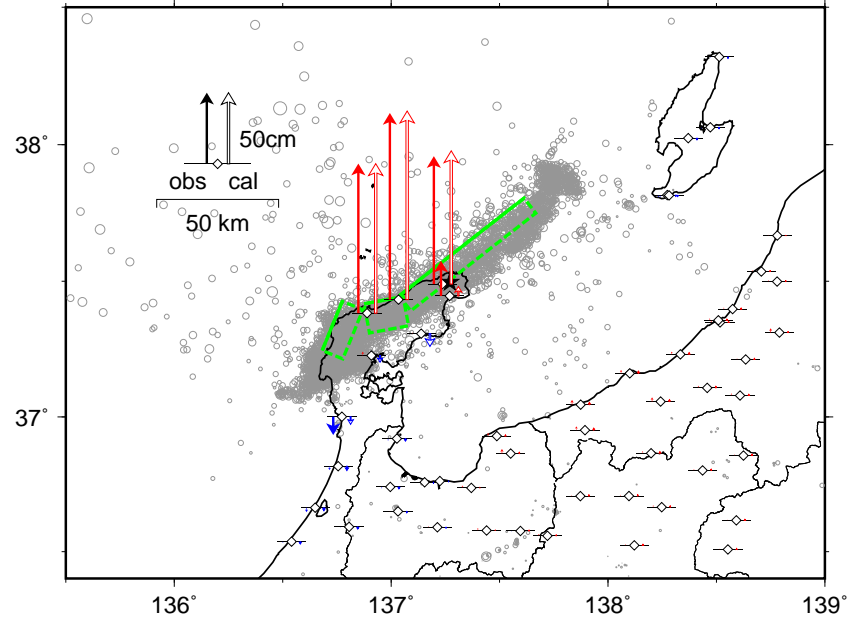
基準期間：2023年12月25日～2023年12月31日 (F5解) JST

比較期間：2024年1月2日～2024年1月6日 (F5解) JST

【水平変動の観測値と計算値の比較】



【上下変動の観測値と計算値の比較】



- ・ 黒色の星は1月1日のMj7.6の震央、灰色丸は震央分布（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。

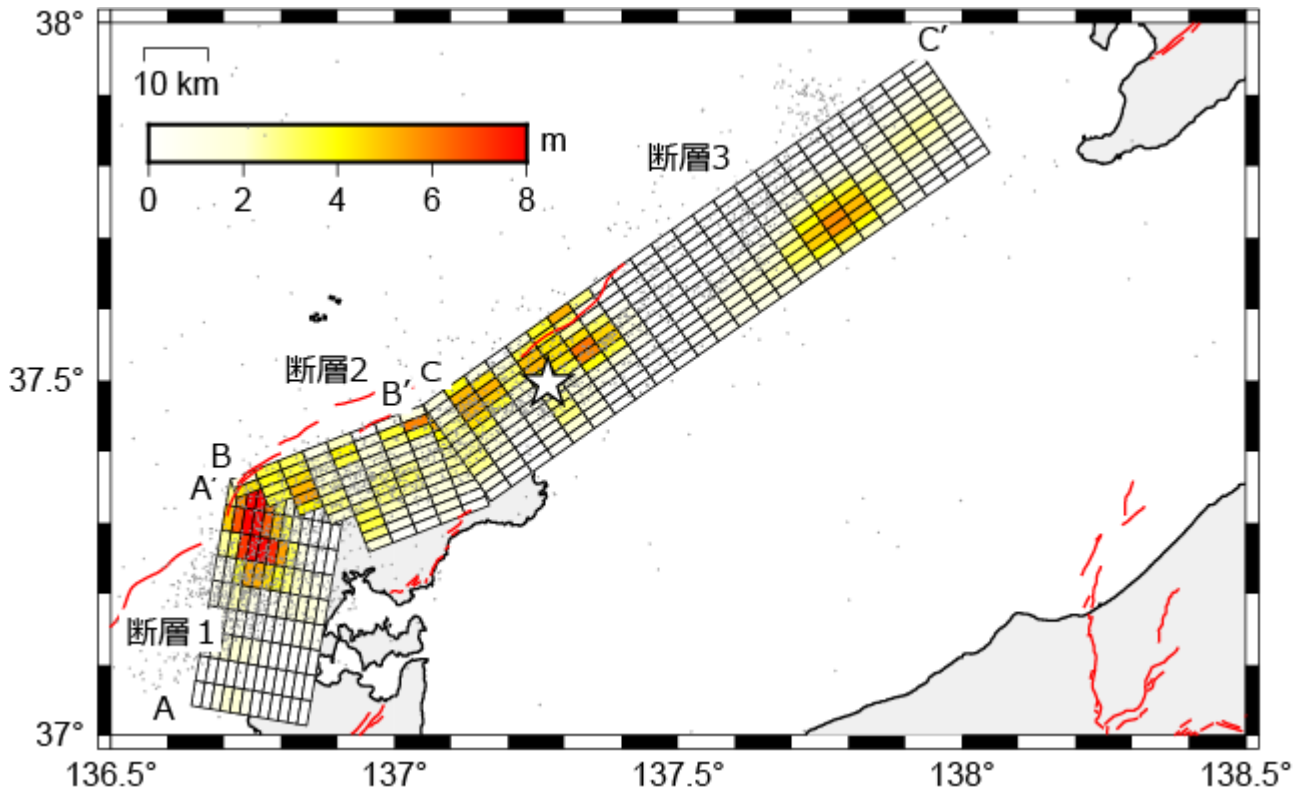
【推定された震源断層パラメータ】

	経度	緯度	上端深さ	長さ	幅	走向	傾斜	すべり角	すべり量	$M_w$
			km	km	km				m	
断層1	136.682	37.245	0.1	21.7	11.9	22.6	40.2	83.6	6.69	7.08
	(0.002)	(0.002)	(0.0)	(0.3)	(0.2)	(1.0)	(0.4)	(1.4)	(0.13)	(0.01)
断層2	136.875	37.417	0.0	16.2	20.8	79.7	54.4	140.7	2.95	6.92
	(0.003)	(0.002)	(0.0)	(0.5)	(0.5)	(0.9)	(0.7)	(0.8)	(0.07)	(0.01)
断層3	137.037	37.446	0.0	64.6	11.9	51.9	49.7	114.1	4.57	7.28
	(0.001)	(0.002)	(0.0)	(1.4)	(0.2)	(0.5)	(0.2)	(0.2)	(0.06)	(0.00)

- ・ 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 ( $1\sigma$ ) 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。3枚の断層の合計の  $M_w$  は 7.45。

## 令和6年能登半島地震のすべり分布モデル

2024年1月1日に発生した令和6年能登半島地震について、電子基準点GNSS解析およびSAR解析（ピクセルオフセット法）で得られた地殻変動をもとに、矩形断層の推定結果を参考に3枚の断層を仮定して、小断層に分割したうえで地震時すべり分布を決定した。



☆印は震央、点は震源分布（気象庁一元化震源）、2024年1月1日16時10分～1月2日23時59分。赤線は産業技術総合研究所による活断層トレース。

- ・  $M_w$  の計算においては、剛性率を 30 GPa と仮定した。
- ・ 断層長は約 4km、断層幅は約 2km となるよう調整した。
- ・ 最大すべり量は約 9.4m である。
- ・ 合計の  $M_w$  は 7.45 である。

### 断層 1

経度 [°]	緯度 [°]	上端深さ [km]	長さ [km]	幅 [km]	走向 [°]	傾斜 [°]
136.642	37.041	0	35.9	22	10	40

### 断層 2

経度 [°]	緯度 [°]	上端深さ [km]	長さ [km]	幅 [km]	走向 [°]	傾斜 [°]
136.710	37.361	0	32.2	22	68	40

### 断層 3

経度 [°]	緯度 [°]	上端深さ [km]	長さ [km]	幅 [km]	走向 [°]	傾斜 [°]
137.050	38.036	0	110	22	55	40

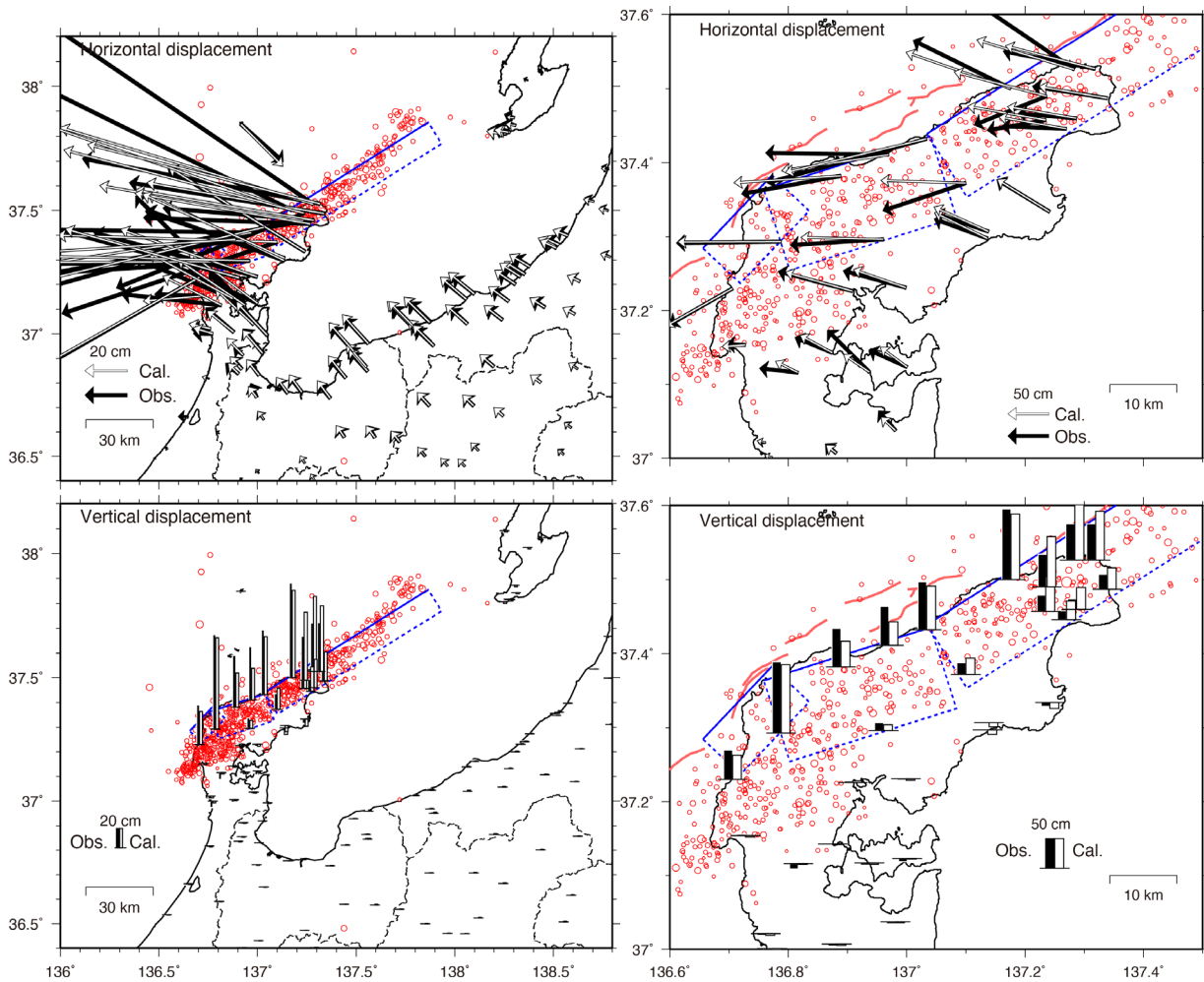


図2 GNSS観測データから推定した震源断層モデル。3枚の矩形断層を仮定。右側の図は左側の図の能登半島付近の拡大図。赤丸は気象庁一元化震源(2024年1月1日)。青の矩形が断層位置で実線が浅い方の辺を表す。赤実線は海底活断層の位置(井上・岡村, 2010)。

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。

領域	緯度 Lat.(°)	経度 Long.(°)	上端深さ Depth(km)	長さ Length(km)	幅 Width(km)	走向 Strike(°)	傾斜 Dip(°)	滑り角 Rake(°)	滑り量 Slip(m)	$M_w$
#1	37.285	136.656	0.1	15.0	10.0	44	45	95	8.74	7.02*
#2	37.364	136.759	0.1	26.2	19.6	72	49	146	2.40	6.98*
#3	37.439	137.034	0.1	86.8	14.9	57	41	109	3.68	7.37*

\*剛性率は30GPa。合計した $M_w$ は7.51。

## ウ. 遠地実体波を用いた震源過程解析

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（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](https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/world/about_srcproc.html) を参照。

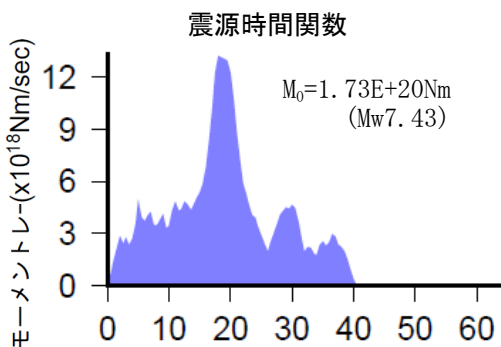


図2-5 破壊開始からの経過時間

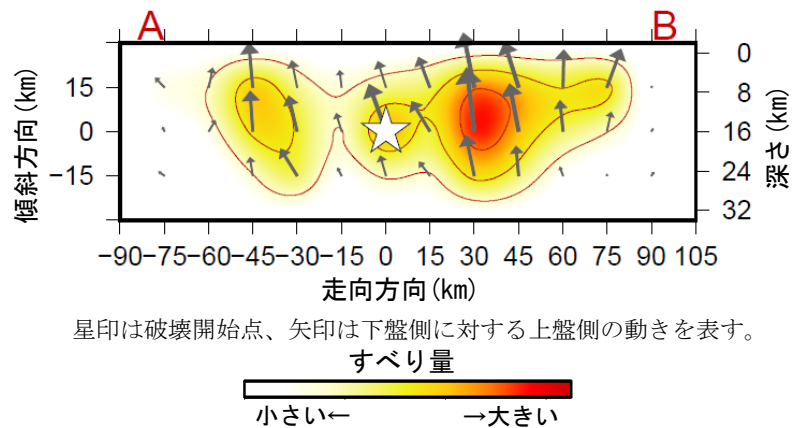


図2-6 断層面上でのすべり量分布

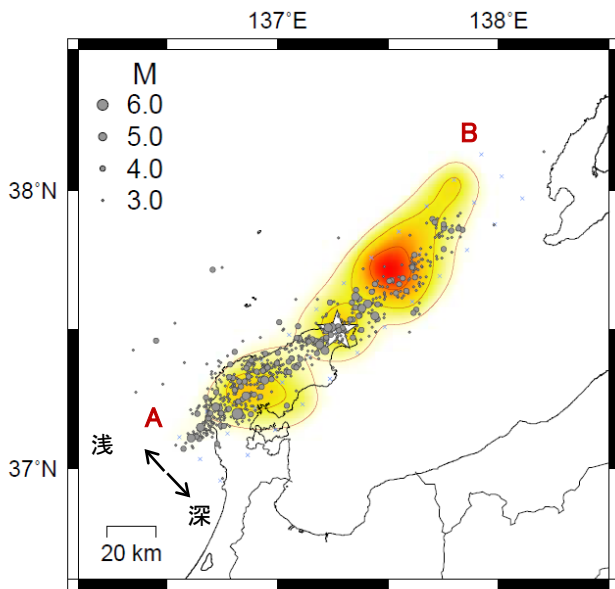


図2-7 地図上での位置関係

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）。

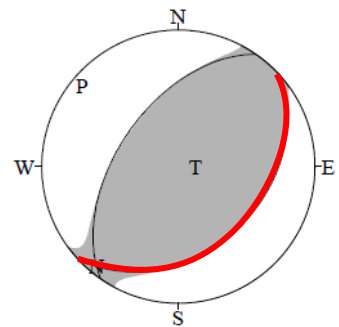


図2-8 解析に用いた断層パラメータ  
走向47°、傾斜37°、すべり角100°  
（気象庁 CMT 解の値を用いた。）  
解析に用いた断層パラメータを震源球の赤線で示す。

（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/>



令和6年能登半島地震（Mj 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30観測点における速度波形三成分のS波部分（0.025–0.25 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：マルチタイムウィンドウ線形波形インバージョン  
（小断層6 km×6 km、2.8秒幅のタイムウィンドウを1.4秒ずらして20個並べる）
- 断層面設定：余震の空間分布やメカニズム解、地殻変動記録を参考に、三つの矩形断層面で構成  
断層面①：走向55°、傾斜50°、大きさ54 km×24 km、Vftw 2.4 km/s  
断層面②：走向60°、傾斜50°、大きさ42 km×24 km、破壊開始点（Hi-net震源位置、深さ12.09 km）を含む  
断層面③：走向30°、傾斜50°、大きさ30 km×24 km、Vftw 2.8 km/s
- 推定結果： $M_0=3.6 \times 10^{20}$  Nm ( $M_w$  7.6)、最大すべり量5.3 m

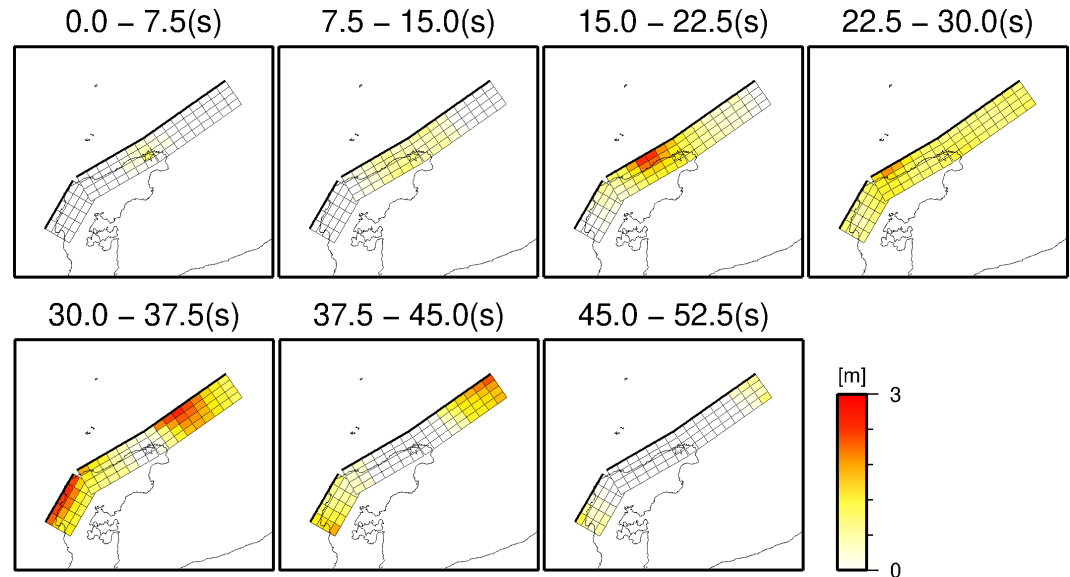
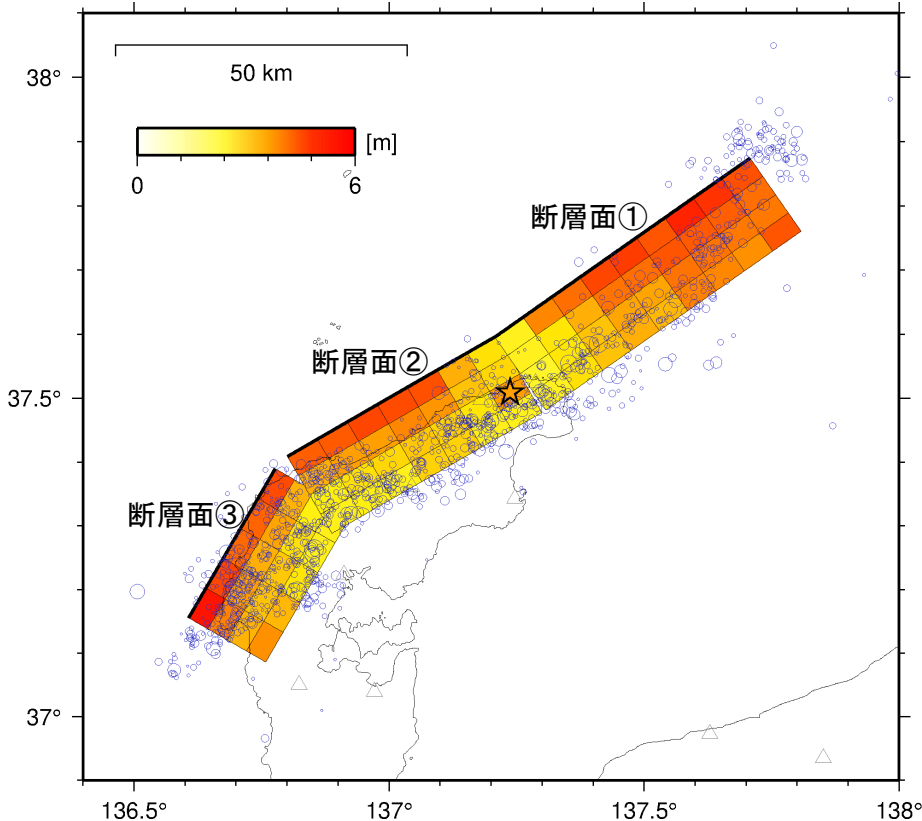
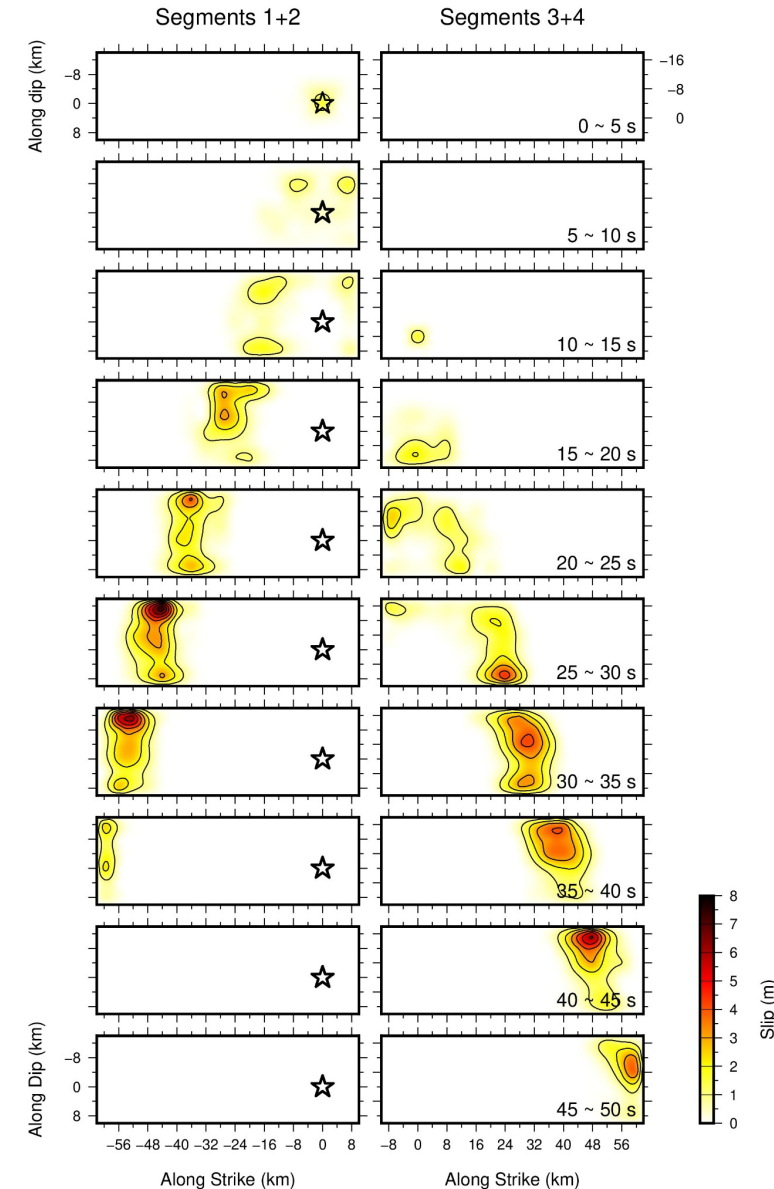
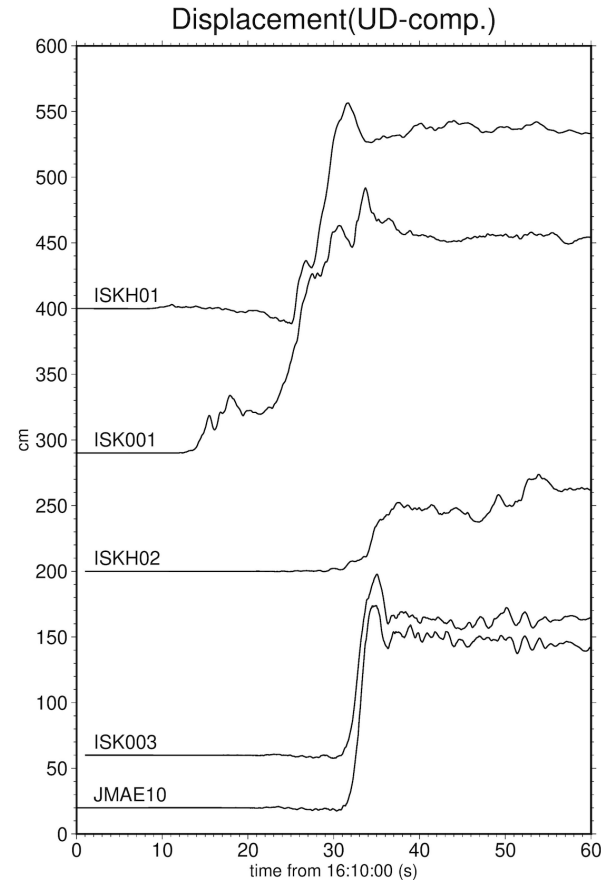
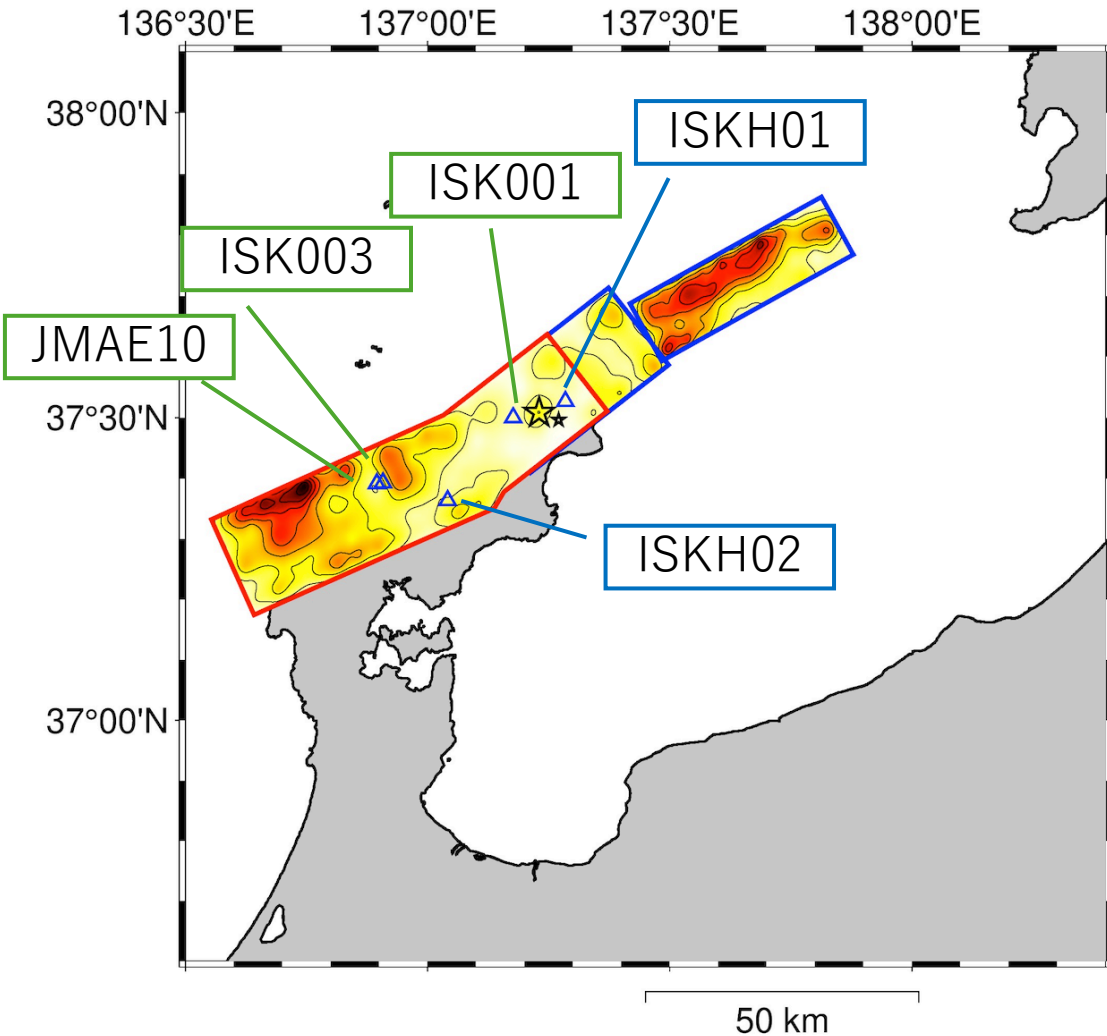


図2：破壊の時間進展過程。  
7.5秒ごとのすべり分布を地表投影している。

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、破壊開始点を星で、同地震発生後1日間の余震（M2以上、Hi-net震源情報）の空間分布を青丸で示す。

# 令和6年能登半島地震 ～震源断層上の地動上下動変位と震源過程～ 京都大学



震源域の強震加速度記録に基線補正を施し、地動上下動変位を並べた。地動変位であることに注意する必要があるが、破壊開始点に近いISKH01(KiK-net珠洲)の大きい上昇は16:10:25くらいからはじまっていて、これはSegments3+4(青い枠の断層面、Segments1+2の下にある)の破壊の影響が大きい。また、ISK001には、2段階の上昇が見られ、それぞれSegment1+2、Segment3+4の破壊に関係しているとみることができる。一方、輪島は16:10:32くらいから上昇がはじまるが、この時刻はすべりモデル・スナップショットの20-25秒に対応し、破壊が輪島の下を進んでいくことと対応している。ISKH02をのぞけば、上昇には10秒もかかっていない。なお、ISK001(珠州市大谷)と輪島のISK003とJMAE10は、波形インバージョンには使っていない。

調395-(3)-7-2京都大学資料の再掲。  
Segments1+2の破壊開始時刻は16:10:09。