

第409回

地震調査委員会 資料

～ 令和6年能登半島地震に関する資料 ～

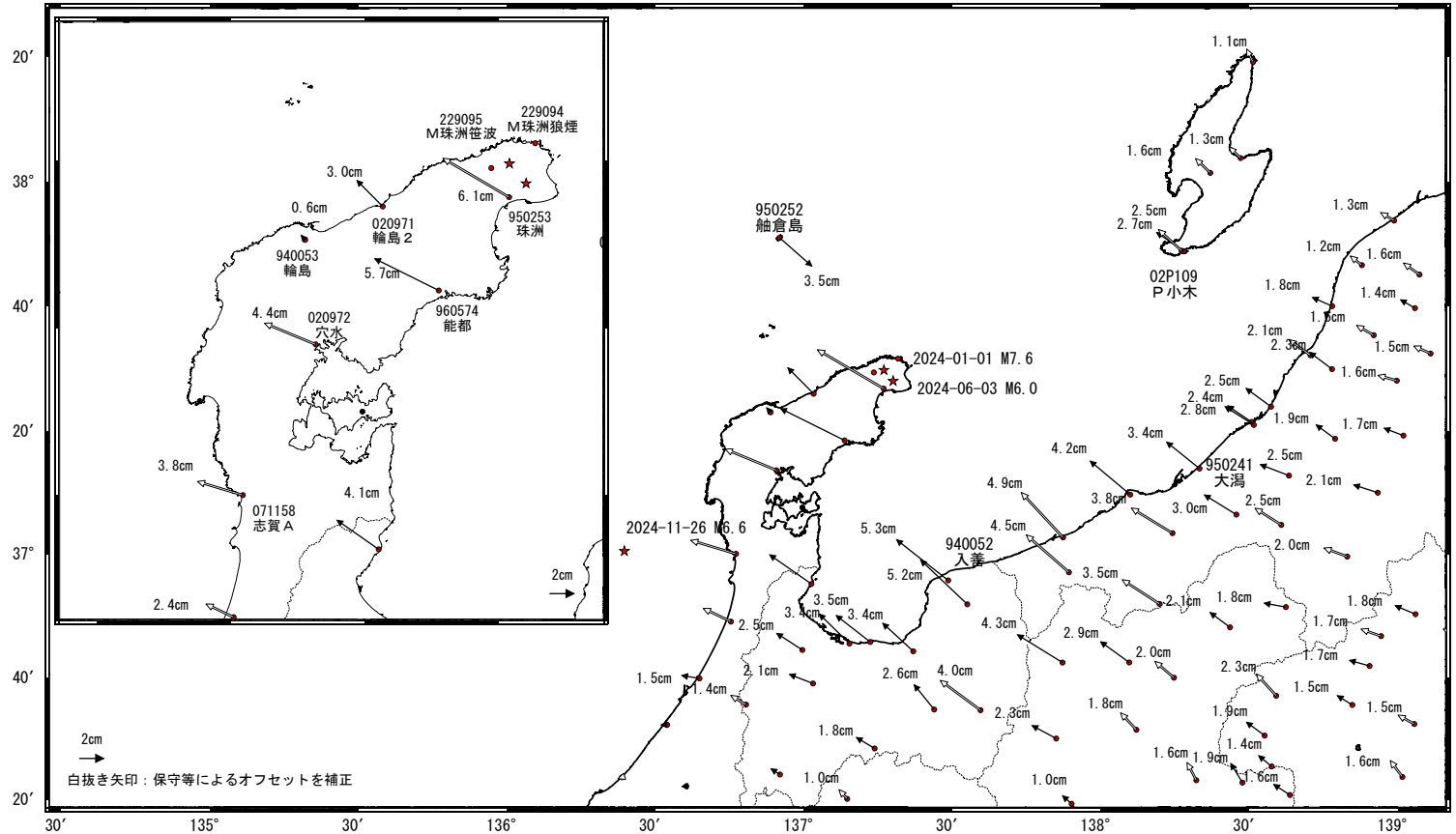
2025年1月15日

令和6年能登半島地震(2024年1月1日 M7.6)後の観測データ (暫定)

地殻変動(水平) (1次トレンド・年周成分・半年周成分除去後)

基準期間: 2024-01-02~2024-01-02 [F5: 最終解]
比較期間: 2024-12-15~2024-12-21 [R5: 速報解]

計算期間: 2019-09-01~2020-09-01

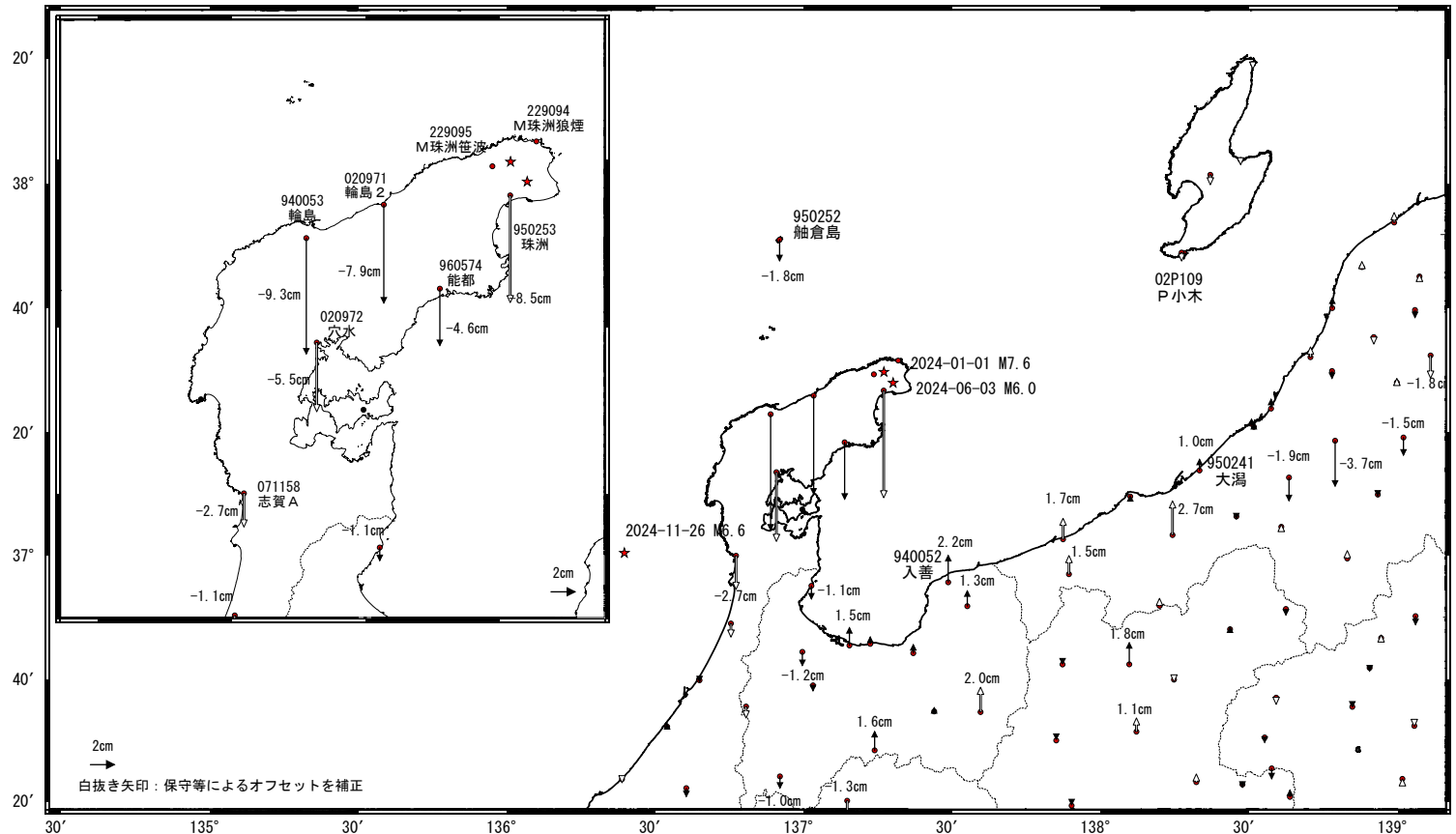


★ 固定局: 三隅(950388) (島根県) ★ 震央

地殻変動(上下) (1次トレンド・年周成分・半年周成分除去後)

基準期間: 2024-01-02~2024-01-02 [F5: 最終解]
比較期間: 2024-12-15~2024-12-21 [R5: 速報解]

計算期間: 2019-09-01~2020-09-01



★ 固定局: 三隅(950388) (島根県) ★ 震央

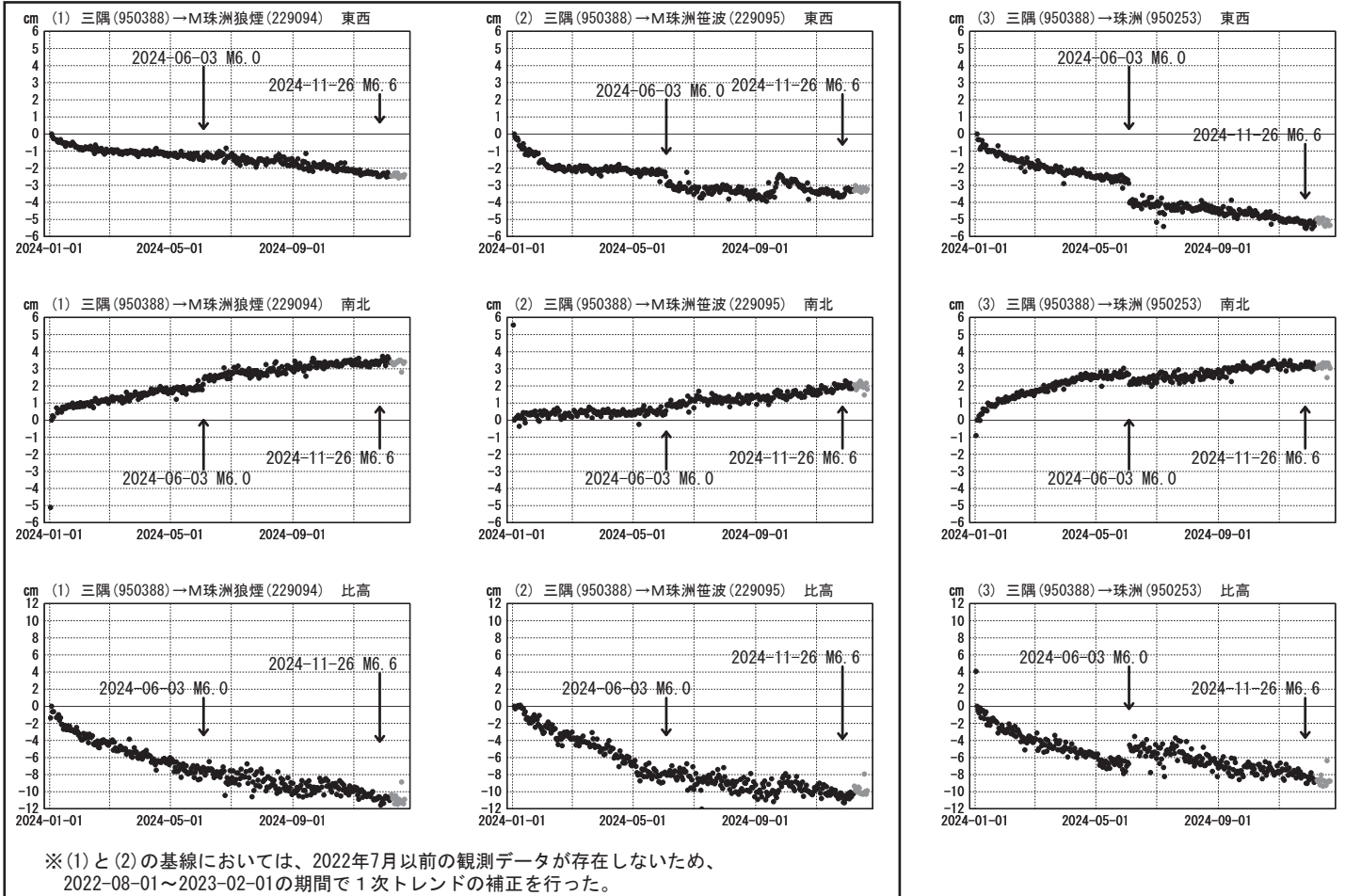
※M珠洲狼煙(229094)とM珠洲笹波(229095)は、計算期間の観測データが存在しない。

令和6年能登半島地震(2024年1月1日 M7.6)後の観測データ (暫定)

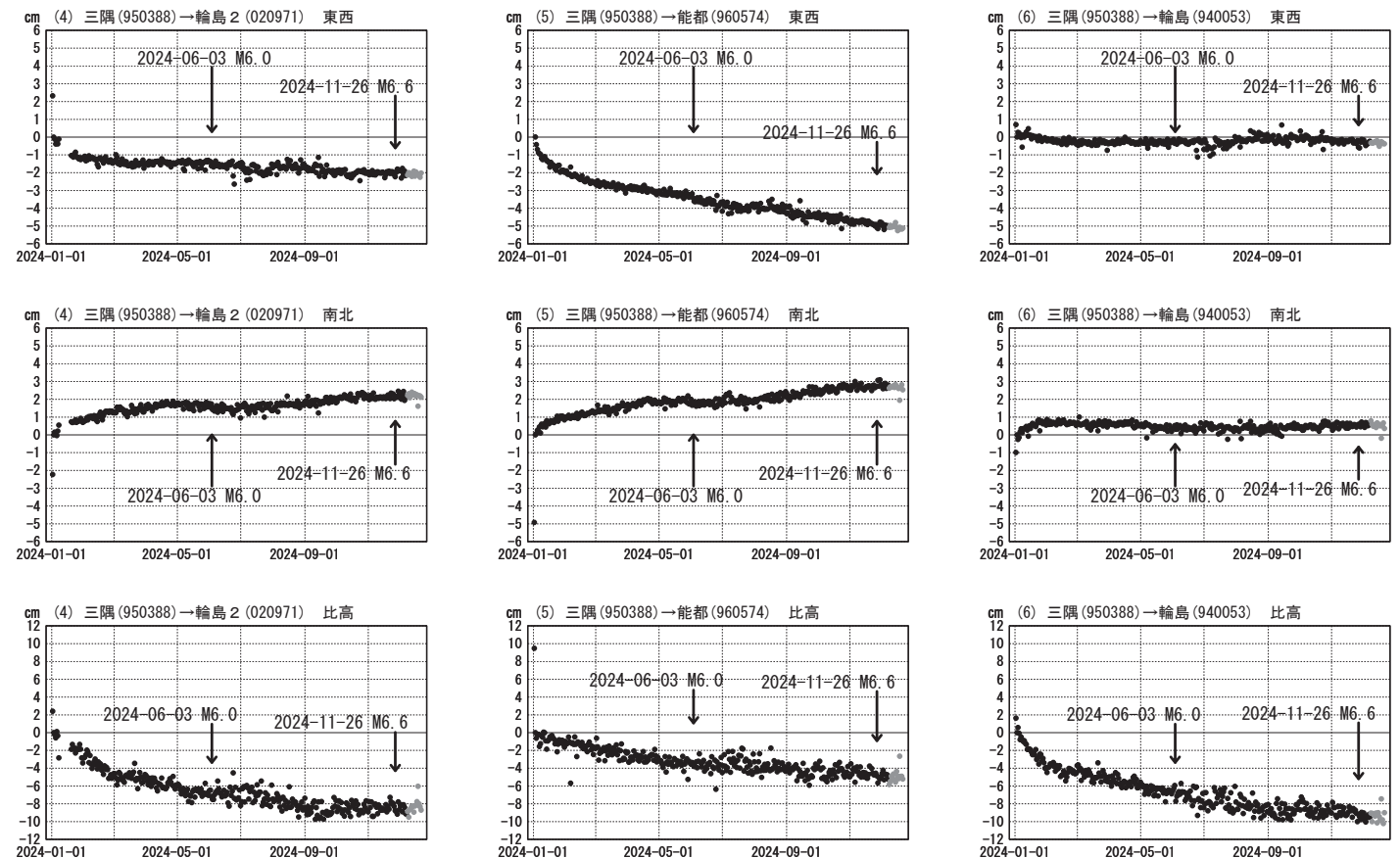
1次トレンド・年周成分・半年周成分除去後グラフ

計算期間: 2019-09-01~2020-09-01

期間: 2024-01-01~2024-12-21 JST



期間: 2024-01-01~2024-12-21 JST



●---[F5:最終解] ●---[R5:速報解]

※M珠洲笹波(229095)については、2024年9月の能登地方の大雨等に伴う局所的な変動があった可能性がある。

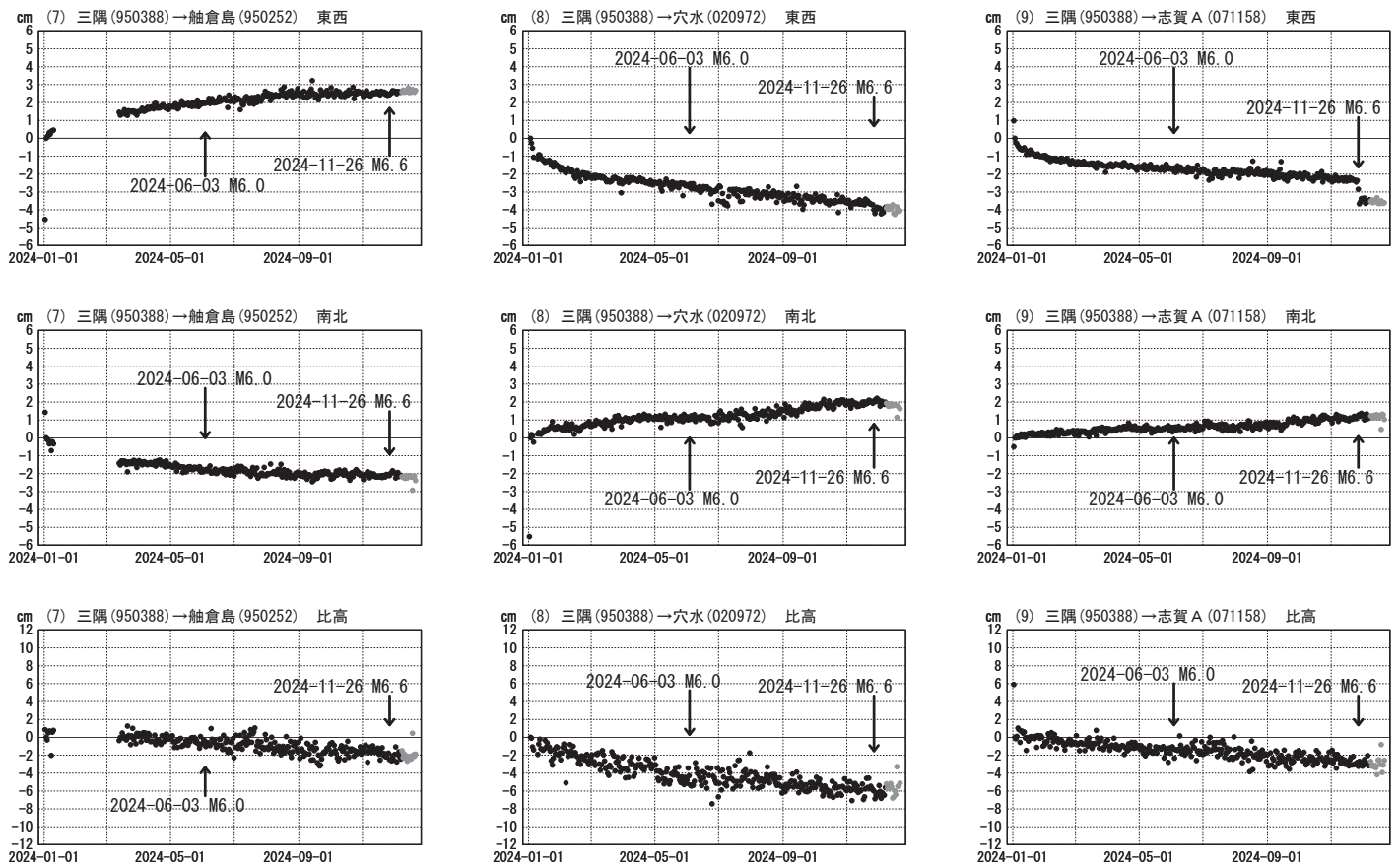
国土地理院

令和6年能登半島地震(2024年1月1日 M7.6)後の観測データ (暫定)

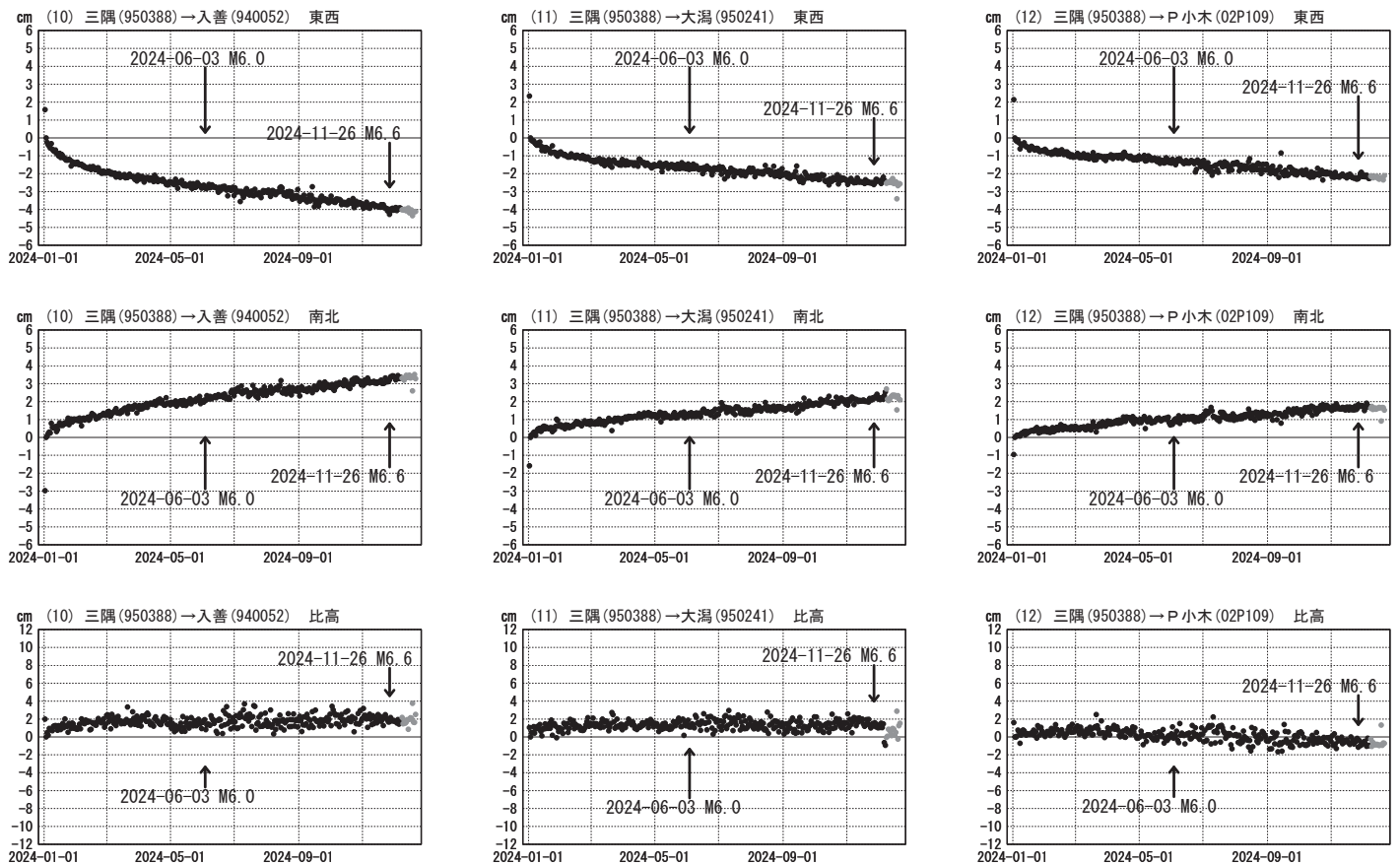
1次トレンド・年周成分・半年周成分除去後グラフ

計算期間: 2019-09-01~2020-09-01

期間: 2024-01-01~2024-12-21 JST



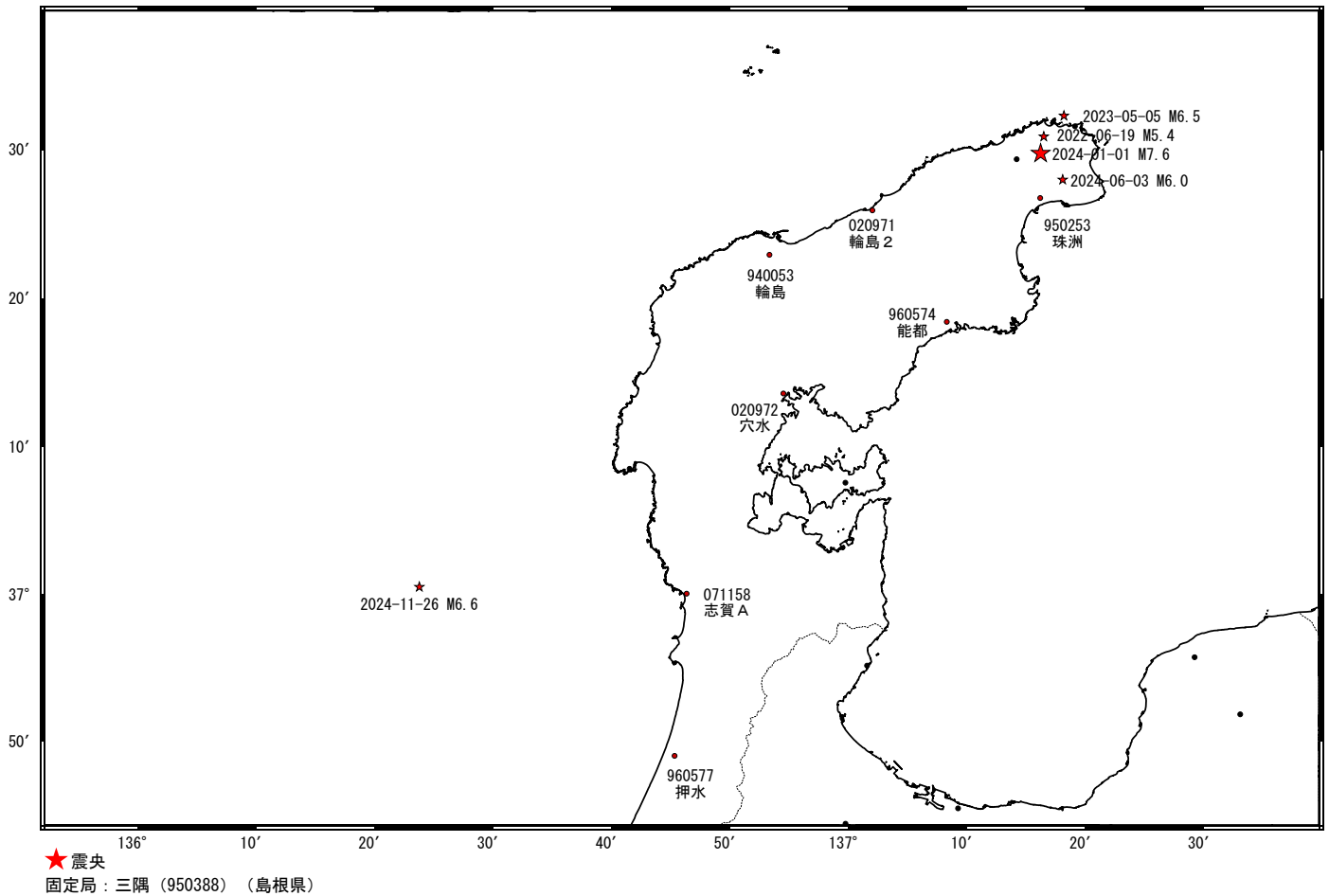
期間: 2024-01-01~2024-12-21 JST



●---[F5:最終解] ●---[R5:速報解]

令和6年能登半島地震（2024年1月1日 M7.6）の地震前と地震後の地殻変動（暫定）

配点図

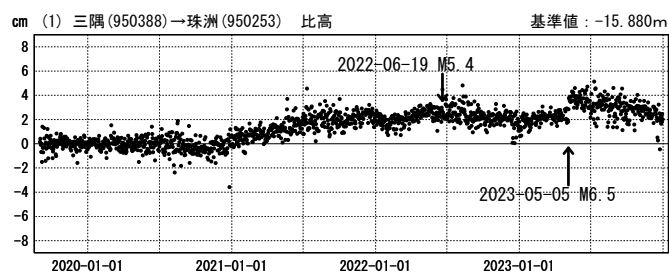
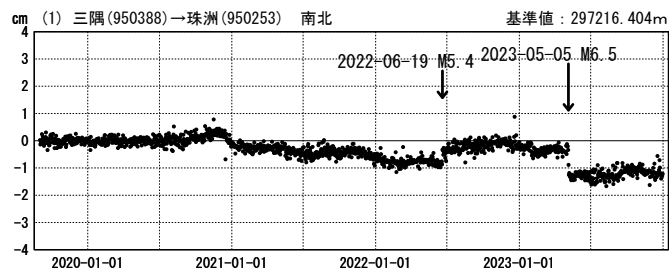
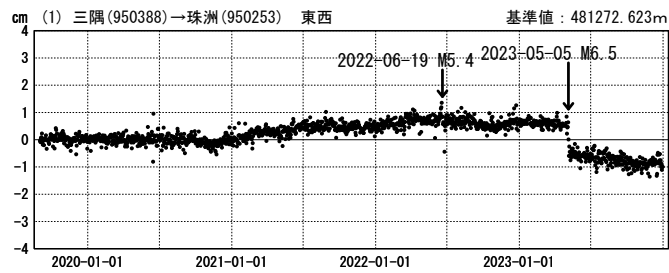


1次トレンド・年周成分・半年周成分除去後グラフ

計算期間：2019-09-01～2020-09-01

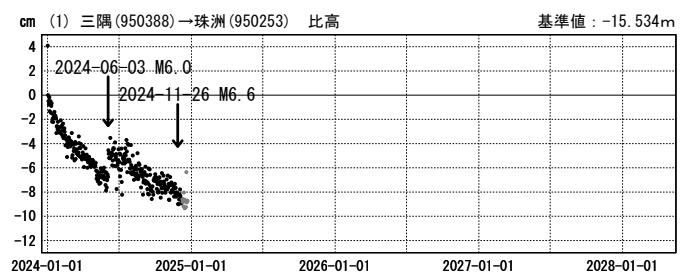
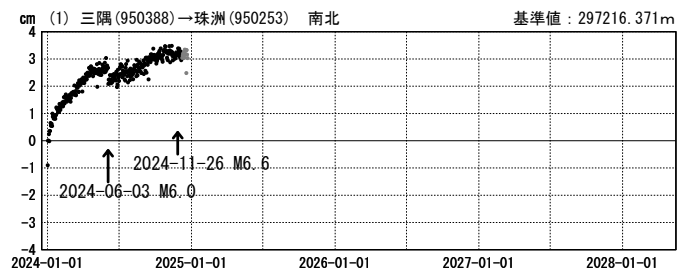
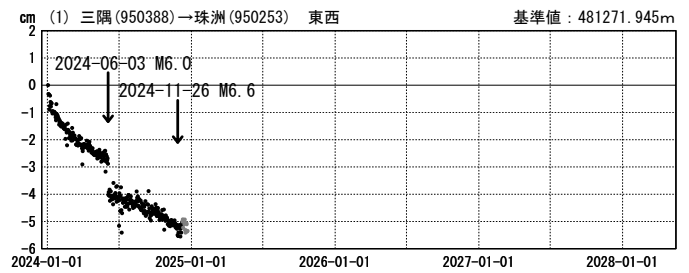
地震前の地殻変動

期間：2019-09-01～2023-12-31 JST



地震後の地殻変動

期間：2024-01-01～2028-04-30 JST



●—[F5:最終解] ●—[R5:速報解]

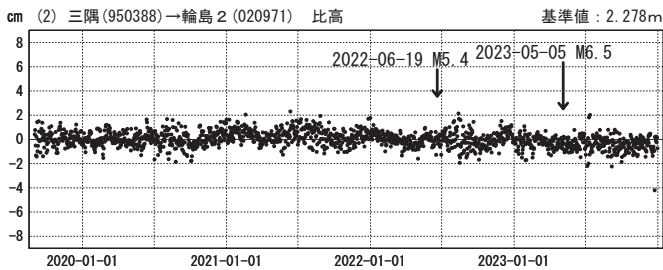
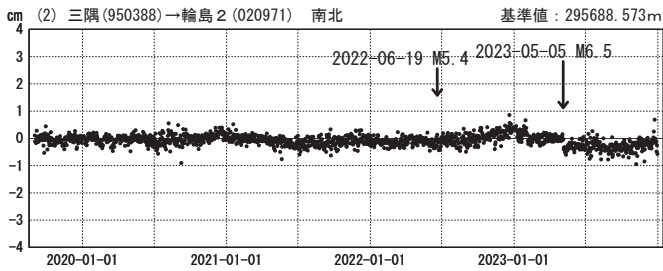
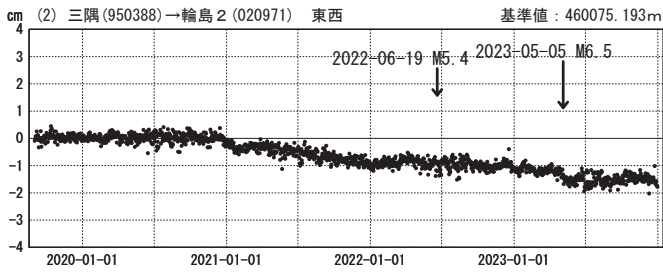
令和6年能登半島地震（2024年1月1日 M7.6）の地震前と地震後の地殻変動（暫定）

1次トレンド・年周成分・半年周成分除去後グラフ

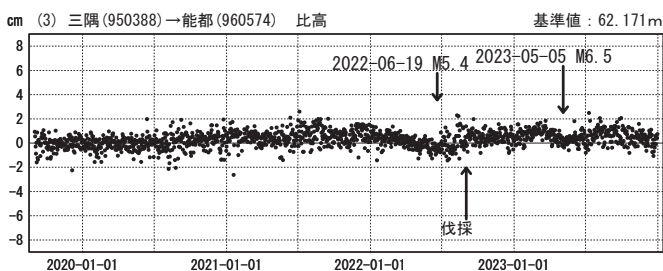
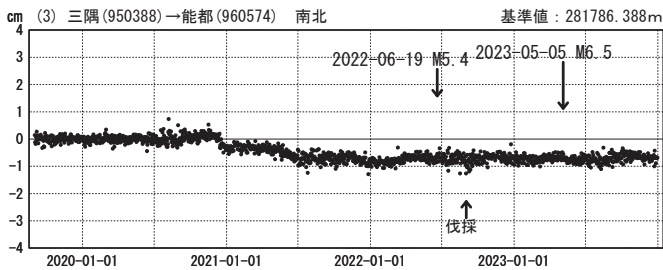
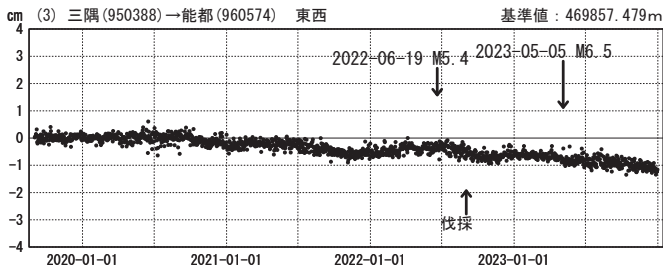
計算期間：2019-09-01～2020-09-01

地震前の地殻変動

期間：2019-09-01～2023-12-31 JST

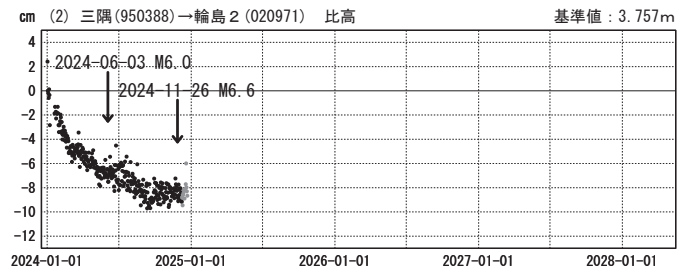
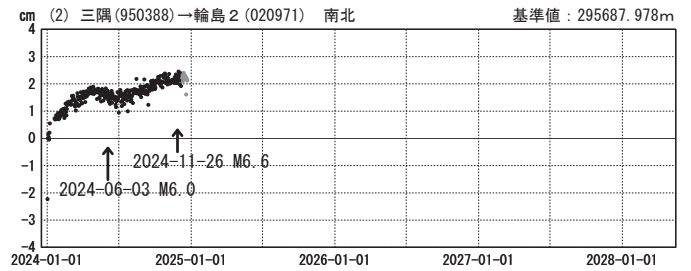
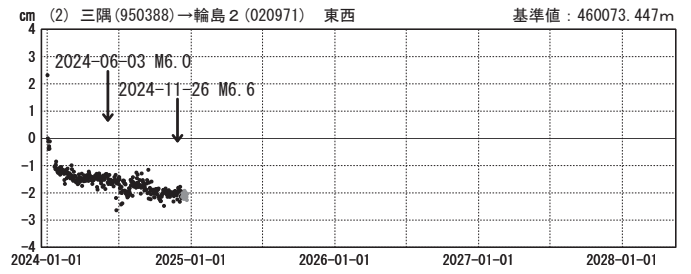


期間：2019-09-01～2023-12-31 JST

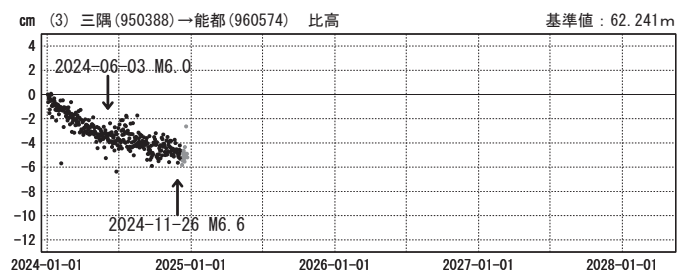
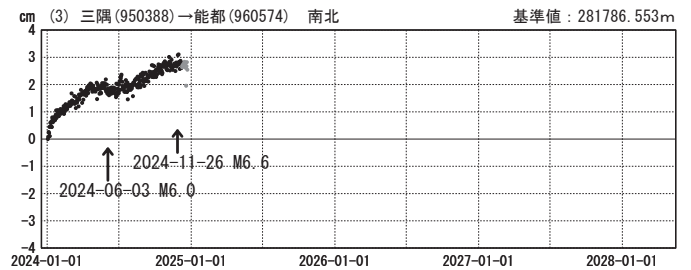
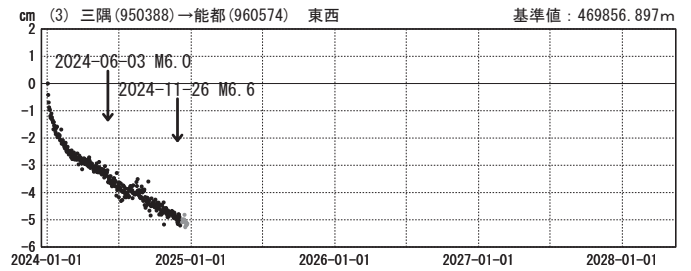


地震後の地殻変動

期間：2024-01-01～2028-04-30 JST



期間：2024-01-01～2028-04-30 JST



●---[F5:最終解] ●---[R5:速報解]

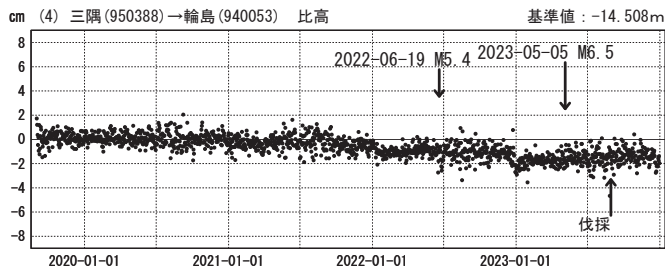
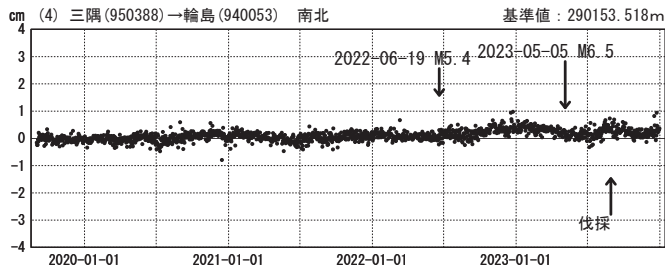
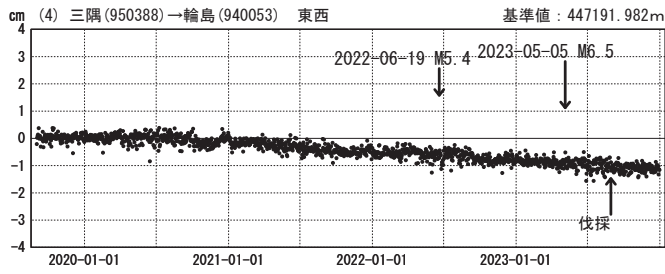
令和6年能登半島地震（2024年1月1日 M7.6）の地震前と地震後の地殻変動（暫定）

1次トレンド・年周成分・半年周成分除去後グラフ

計算期間：2019-09-01～2020-09-01

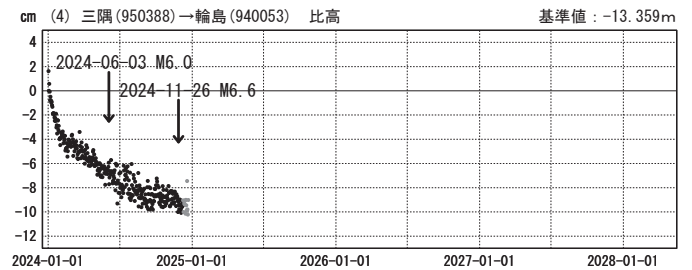
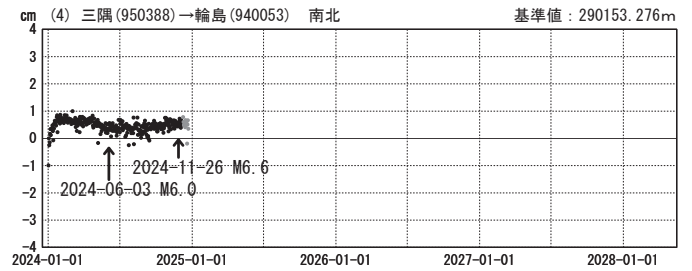
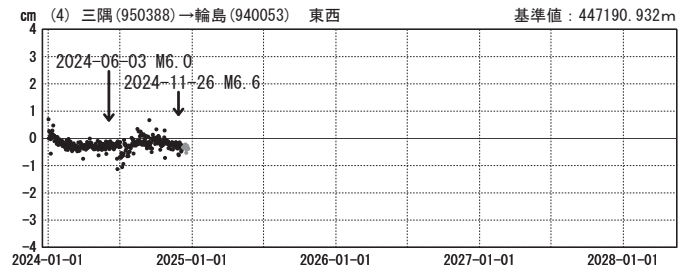
地震前の地殻変動

期間：2019-09-01～2023-12-31 JST

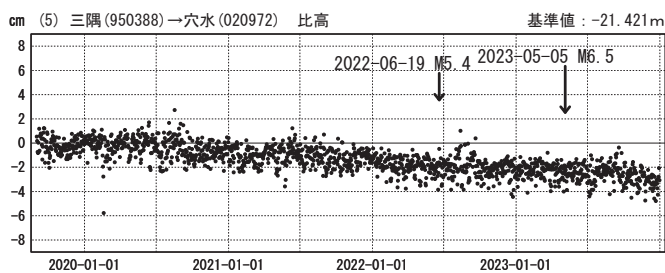
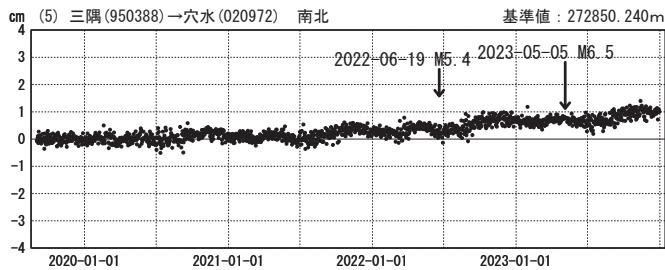
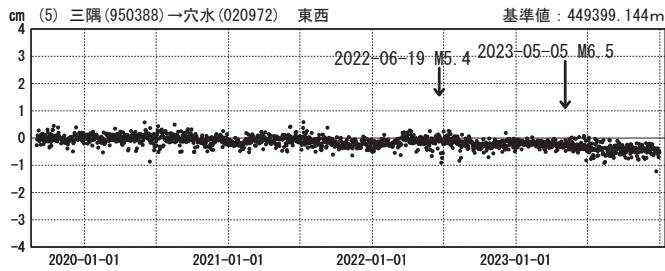


地震後の地殻変動

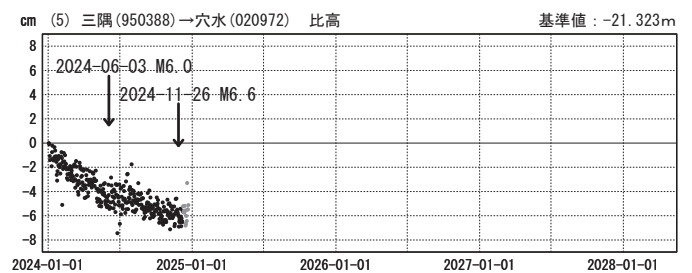
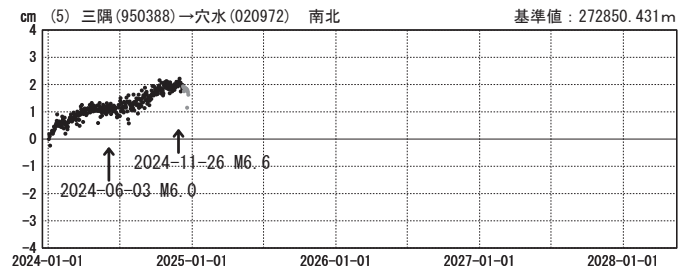
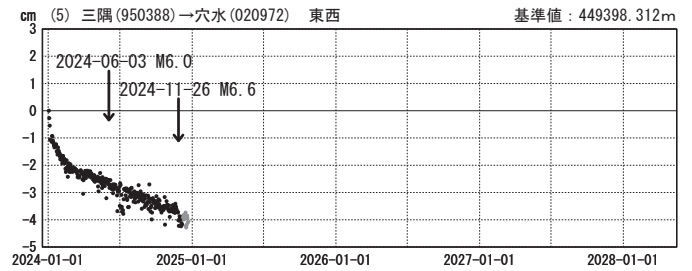
期間：2024-01-01～2028-04-30 JST



期間：2019-09-01～2023-12-31 JST



期間：2024-01-01～2028-04-30 JST



●---[F5:最終解] ●---[R5:速報解]

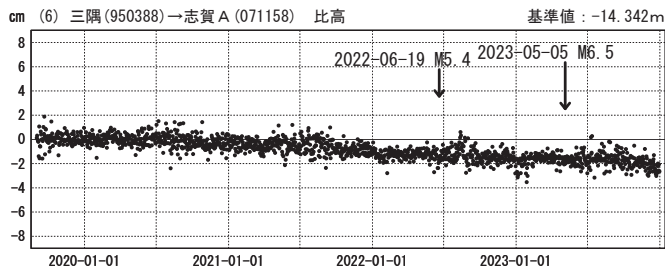
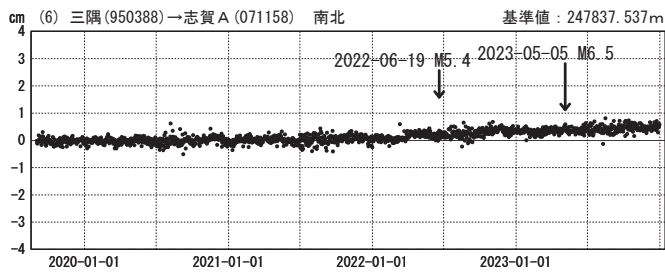
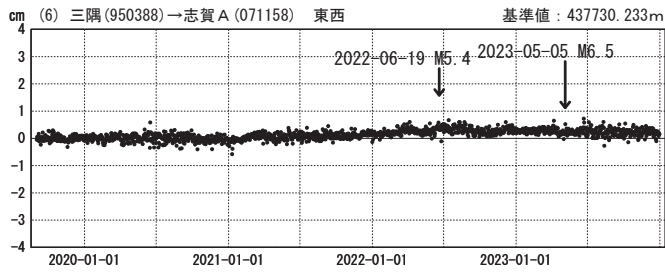
令和6年能登半島地震（2024年1月1日 M7.6）の地震前と地震後の地殻変動（暫定）

1次トレンド・年周成分・半年周成分除去後グラフ

計算期間：2019-09-01～2020-09-01

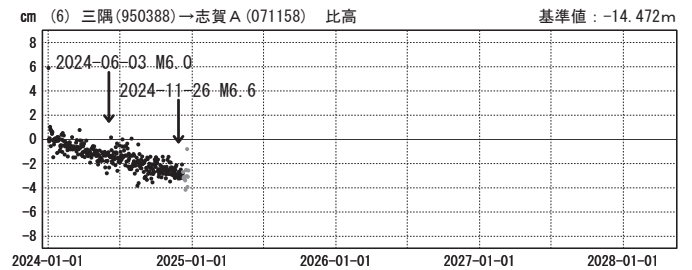
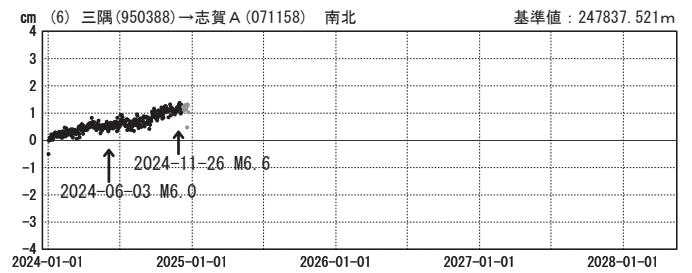
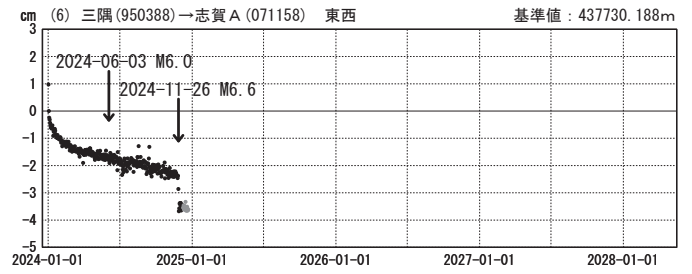
地震前の地殻変動

期間：2019-09-01～2023-12-31 JST

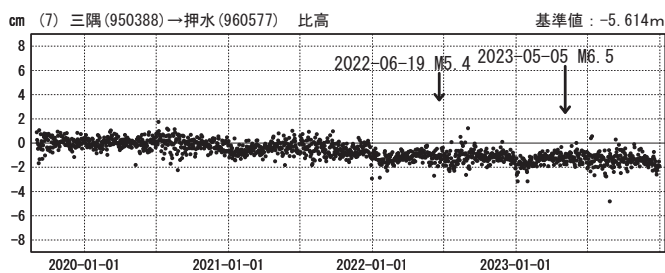
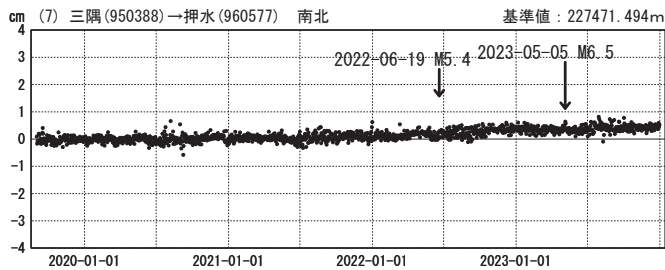
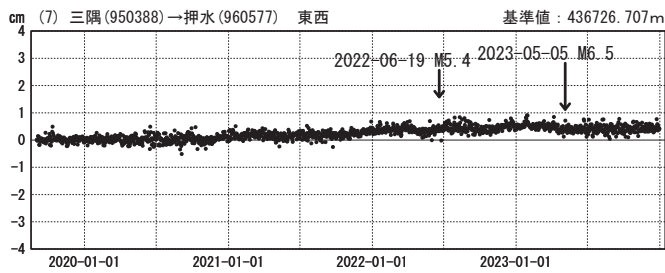


地震後の地殻変動

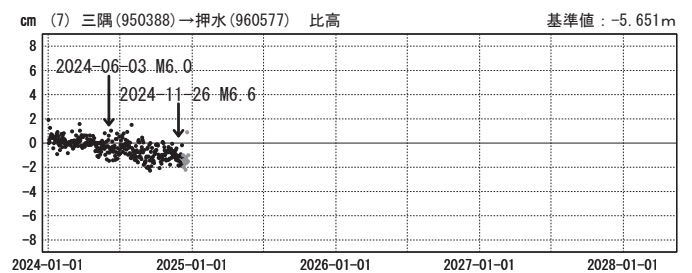
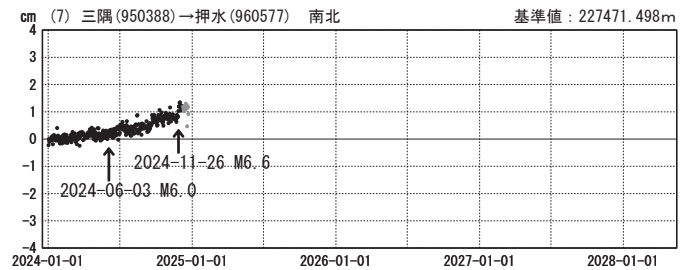
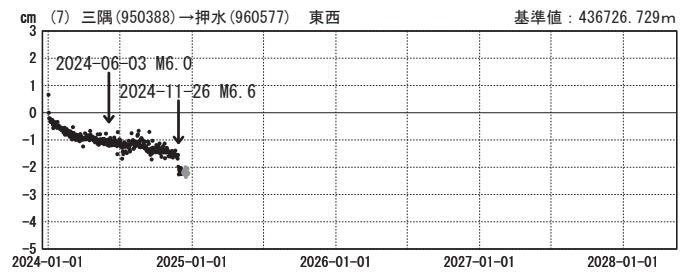
期間：2024-01-01～2028-04-30 JST



期間：2019-09-01～2023-12-31 JST



期間：2024-01-01～2028-04-30 JST



●---[F5:最終解] ●---[R5:速報解]

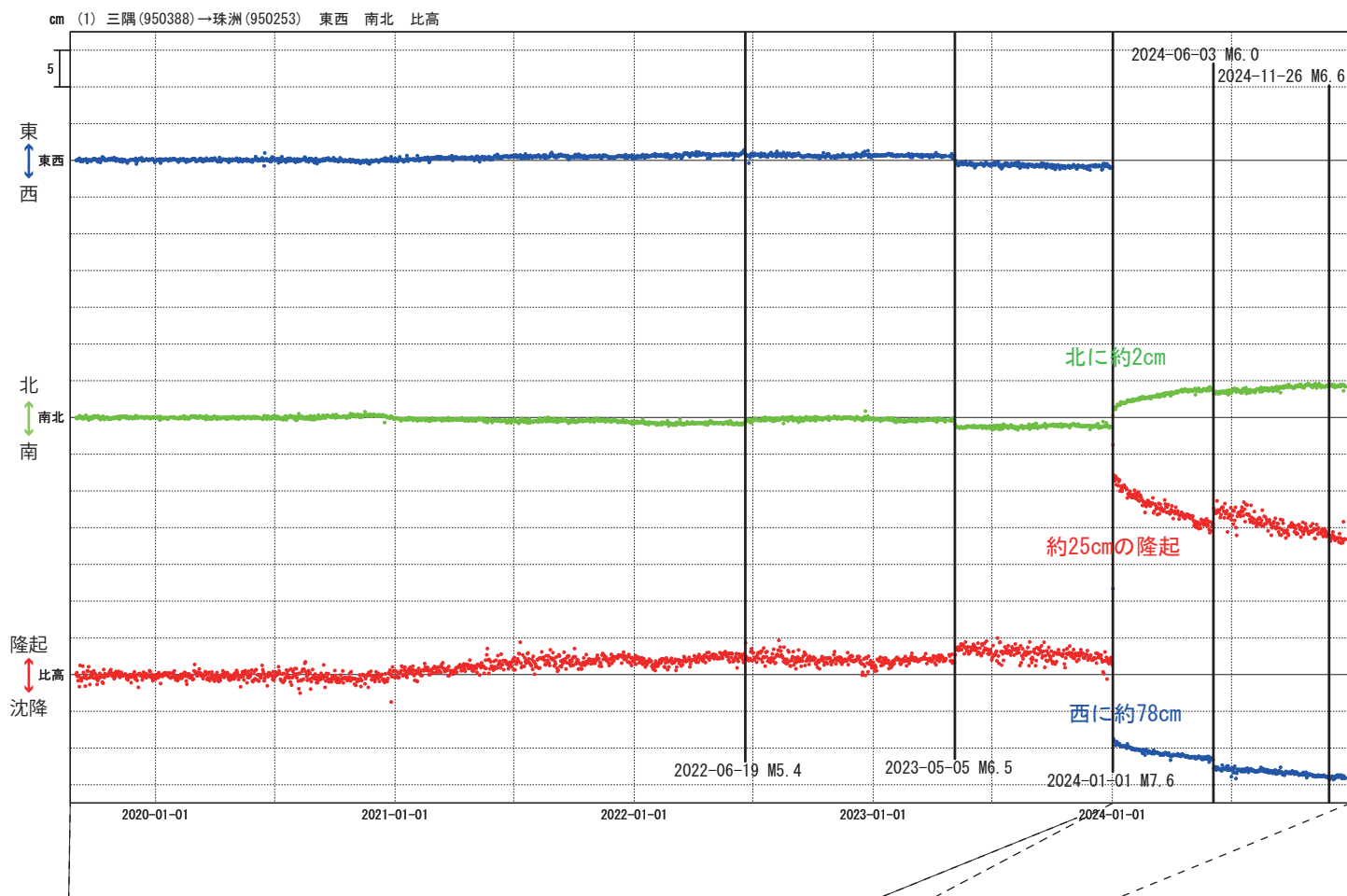
令和6年能登半島地震（2024年1月1日 M7.6）の地殻変動と地震前後の地殻変動の比較（暫定）

1次トレンド・年周成分・半年周成分除去後グラフ

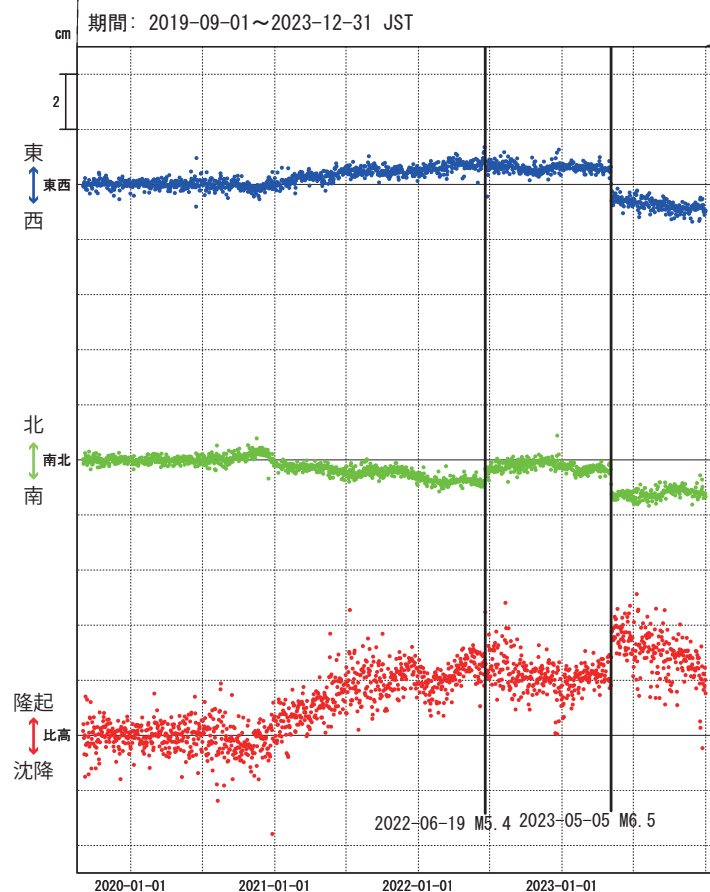
計算期間：2019-09-01～2020-09-01

長期間の地殻変動（M7.6の地震を含む）

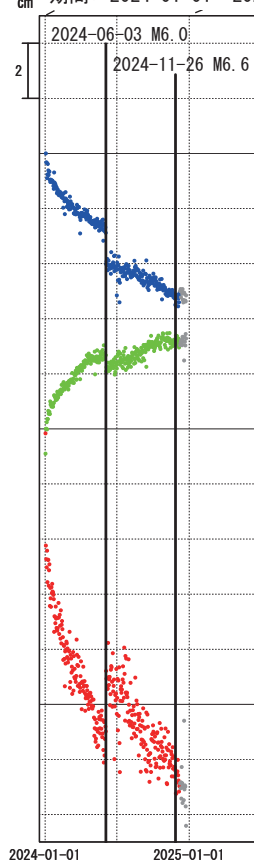
期間：2019-09-01～2024-12-21 JST



縦軸のスケールを拡大（5cm → 2cm）



cm 期間：2024-01-01～2026-06-30 JST



凡例

- [東西]
- [南北]
- [比高]

位置図



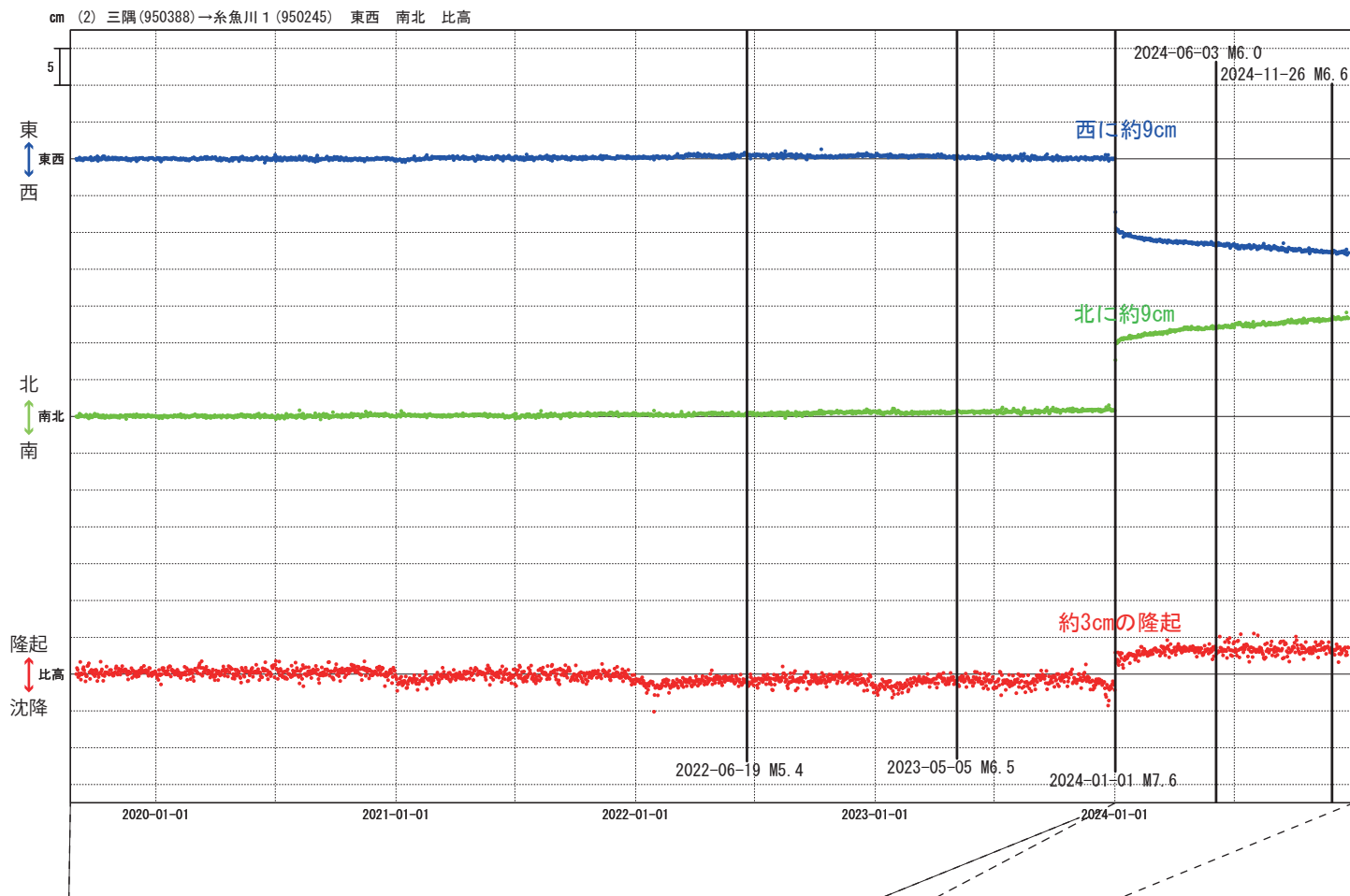
令和6年能登半島地震（2024年1月1日 M7.6）の地殻変動と地震前後の地殻変動の比較（暫定）

1次トレンド・年周成分・半年周成分除去後グラフ

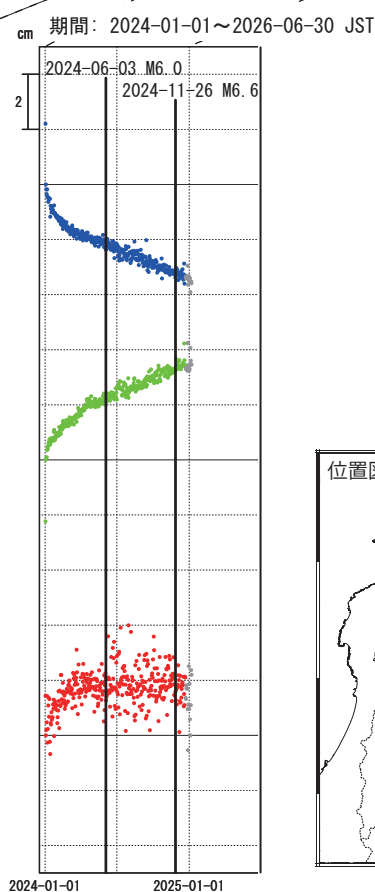
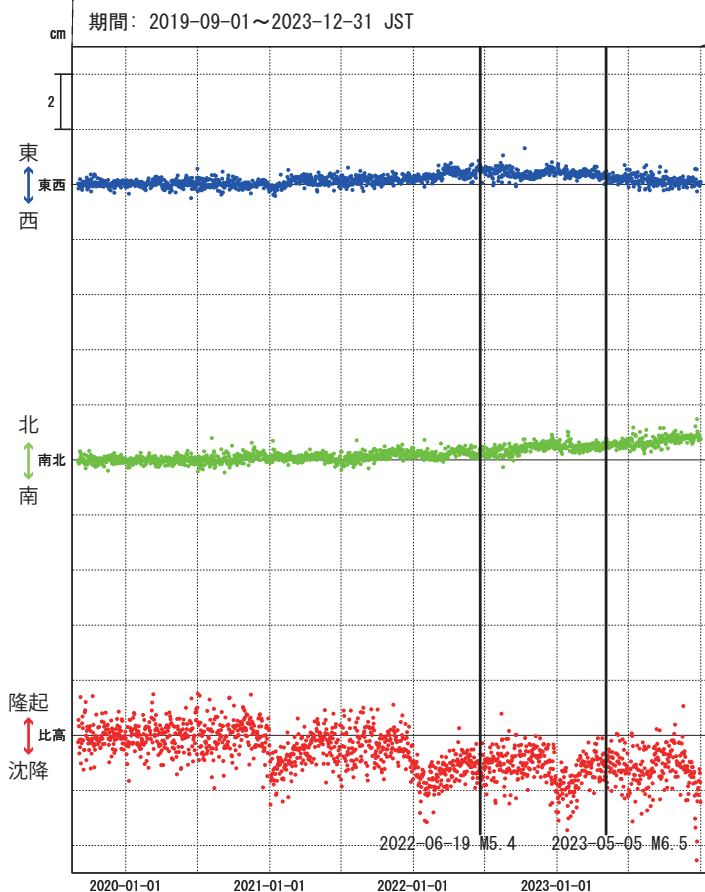
計算期間：2019-09-01～2020-09-01

長期間の地殻変動（M7.6の地震を含む）

期間：2019-09-01～2024-12-21 JST



縦軸のスケールを拡大（5cm → 2cm）



凡例

- [東西]
- [南北]
- [比高]



国土地理院

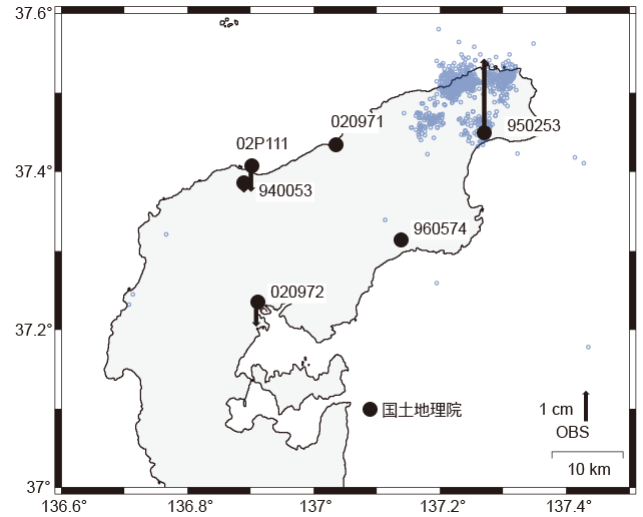
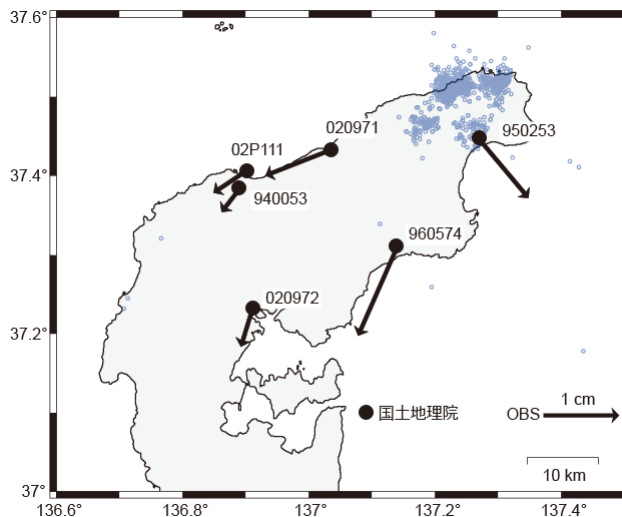
石川県能登地方の非定常地殻変動のモデルについて（その１）

2020 年 12 月頃から石川県能登地方で観測されている非定常地殻変動について、１）球状圧力源、２）開口割れ目、３）逆断層を仮定した地殻変動モデル推定を行った。その結果、いずれのメカニズムでも観測データをある程度説明できることが分かった。

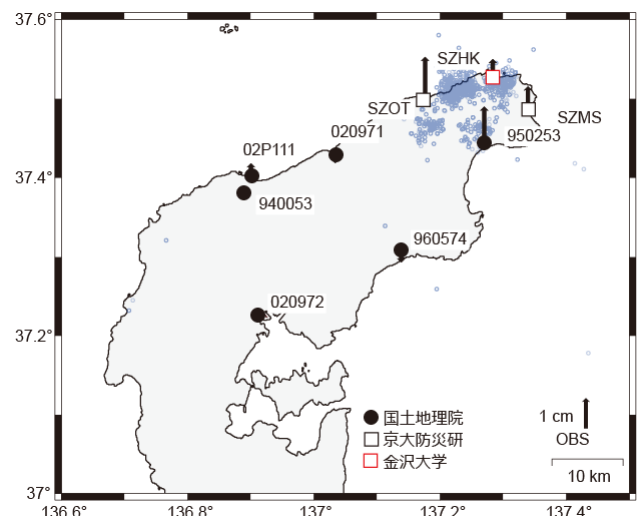
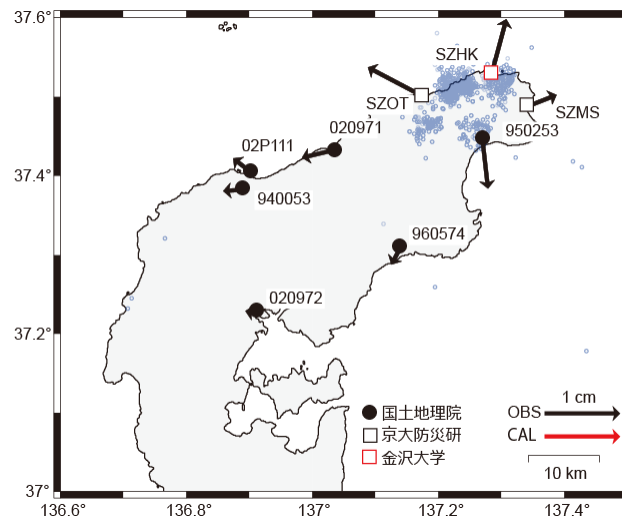
【使用データ】

- ・ 国土地理院 電子基準点
 - ・ 電子基準点日々の座標値 (F5：最終解)
 - ・ 2017/09/01～2020/09/01 のデータを用いて推定された変位速度によるトレンド補正
 - ・ 京都大学防災研究所・金沢大学 GNSS 観測点
 - ・ GIPSYX Ver1.4 による PPP 解析
 - ・ 周辺の電子基準点の変位速度をスプライン補間して得られた変位速度によるトレンド補正
- 固定点：舳倉島 (950252)

【期間 1】 基準期間：2020/11/10～11/20 比較期間：2021/09/06～9/16



【期間 2】 基準期間：2021/09/08～09/18 比較期間：2022/05/06～5/16

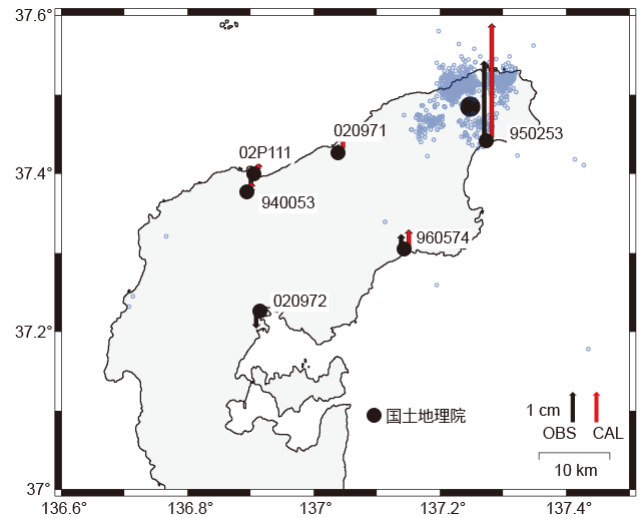
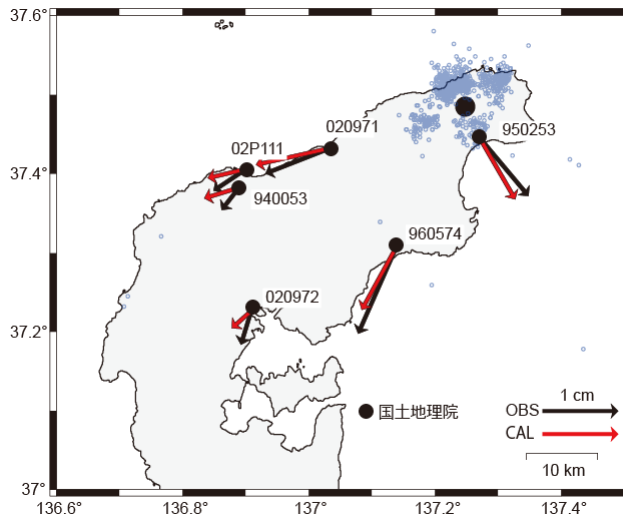


変動ベクトル図。青丸は 2020 年 11 月 1 日～2021 年 5 月 31 日までの気象庁一元化震源 (M>=1、深さ 20km 以浅; リサンプル 1/10)

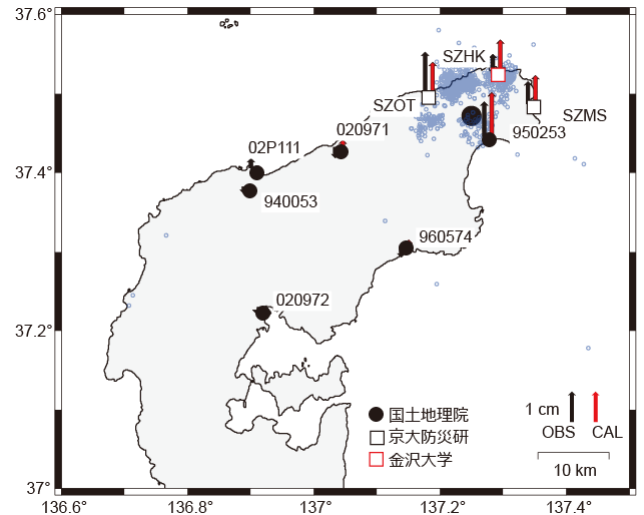
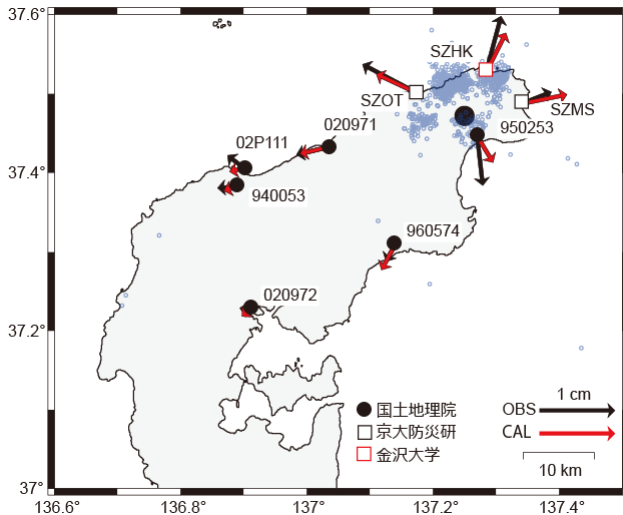
国土地理院

1) 球状圧力源 (AIC=93)

【期間 1】 基準期間：2020/11/10～11/20 比較期間：2021/09/06～9/16



【期間 2】 基準期間：2021/09/08～09/18 比較期間：2022/05/06～5/16



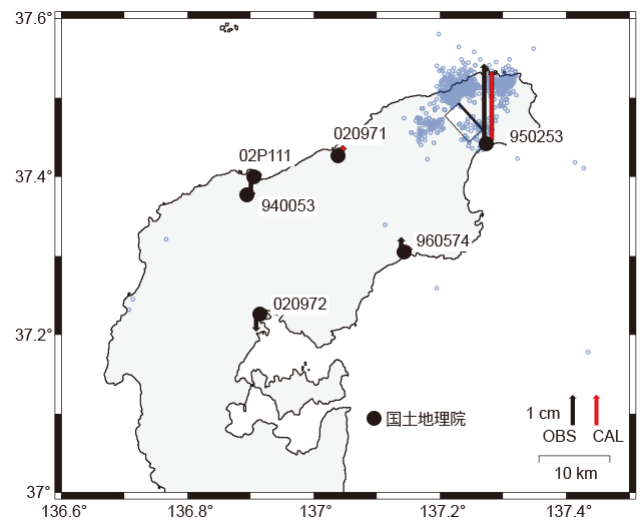
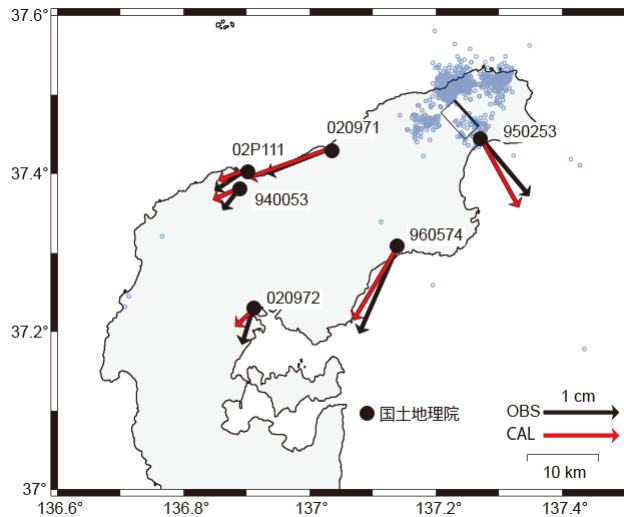
推定した地殻変動モデル（球状圧力源）と観測・計算値の比較。黒丸が推定された球状圧力源位置を表す。

経度(°)	緯度(°)	深さ(km)	期間 1 dV (10 ⁶ m ³)	期間 2 dV (10 ⁶ m ³)
137.250	37.472	12.2	26.1	10.1
0.003	0.003	0.7	2.4	1.3

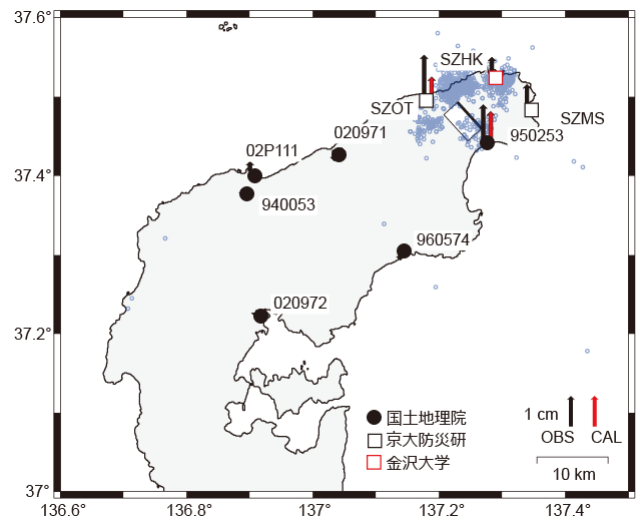
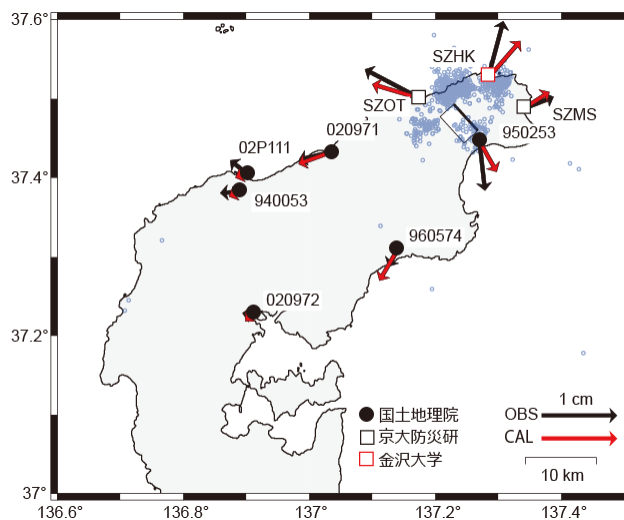
*下段は誤差(1sigma)

2) 開口割れ目 (AIC=87)

【期間 1】 基準期間：2020/11/10～11/20 比較期間：2021/09/06～9/16



【期間 2】 基準期間：2021/09/08～09/18 比較期間：2022/05/06～5/16



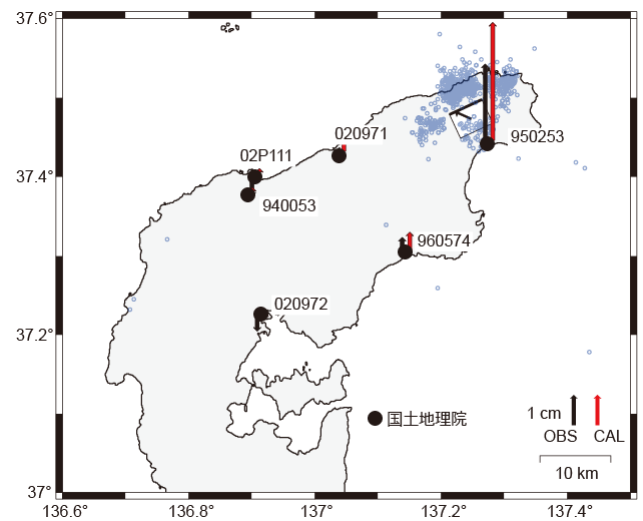
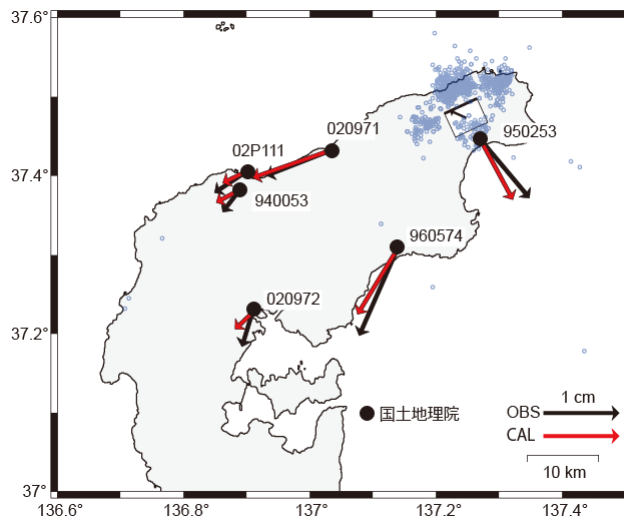
推定した地殻変動モデル（開口割れ目）と観測・計算値の比較。矩形領域は推定された開口割れ目の位置を表す。

経度(°)	緯度(°)	深さ(km)	長さ(km)	幅(km)	走向(°)	傾斜(°)	期間 1 開口量(m)	期間 2 開口量(m)
137.236	37.469	4.1	5	5	136	59	0.56	0.22
0.004	0.003	0.4	—	—	2	2	0.03	0.02

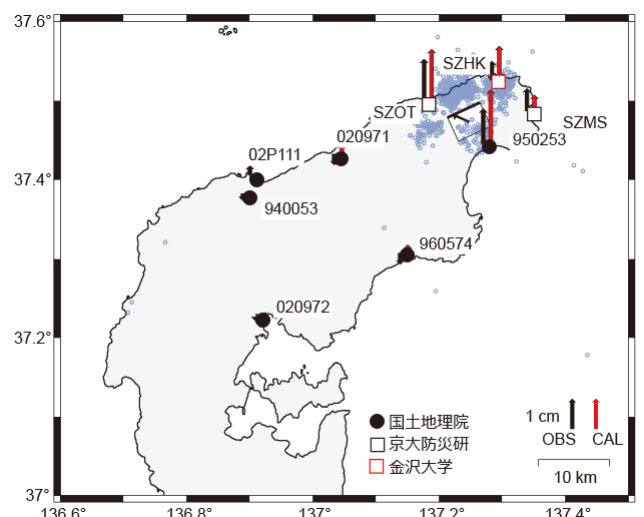
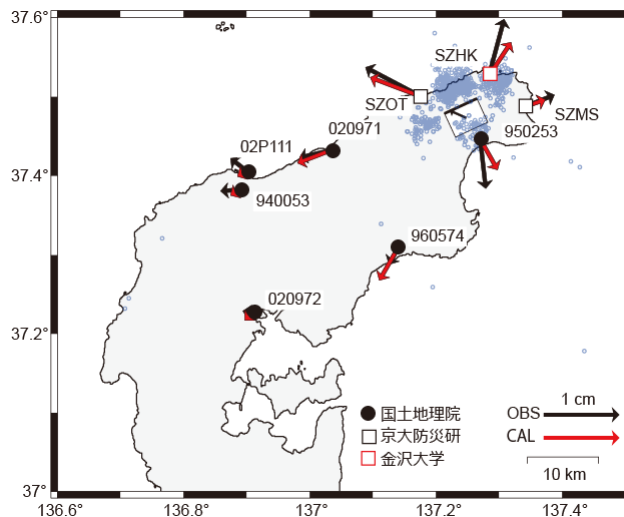
*太字は固定値、下段は誤差(1sigma)

3) 逆断層 1 (AIC=98)

【期間 1】 基準期間：2020/11/10～11/20 比較期間：2021/09/06～9/16



【期間 2】 基準期間：2021/09/08～09/18 比較期間：2022/05/06～5/16



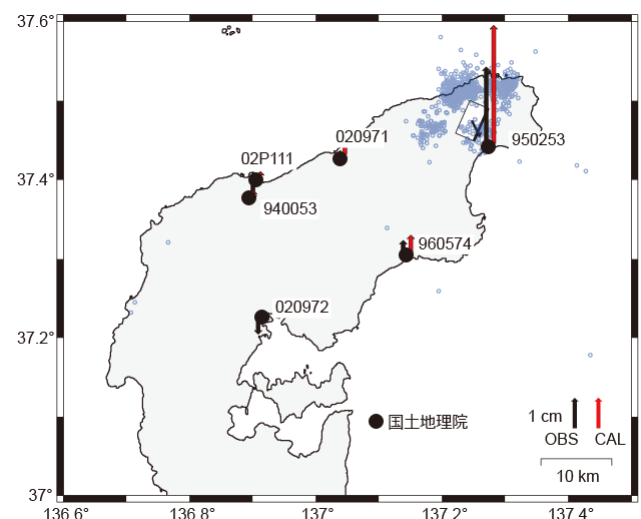
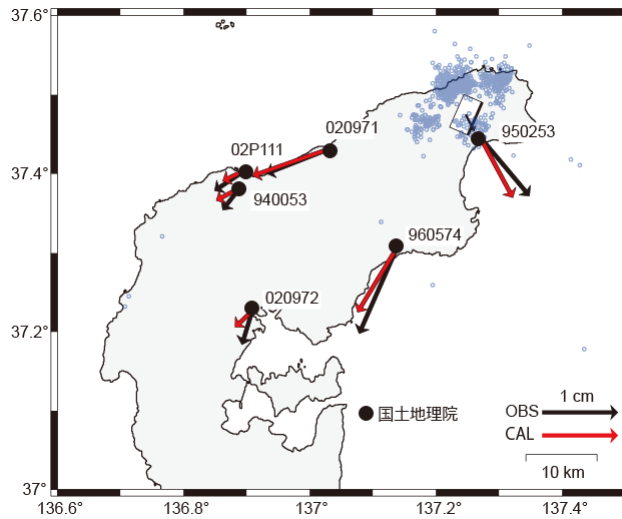
推定した地殻変動モデル（逆断層）と観測・計算値の比較。矩形領域は推定された断層位置を表す。

経度(°)	緯度(°)	深さ(km)	長さ(km)	幅(km)	走向(°)	傾斜(°)	滑り角(°)	期間 1 滑り量(m)	期間 2 滑り量(m)
137.245	37.476	14.3	5	5	62	44	121	2.04	0.94
0.004	0.004	1.1	—	—	6	4	5	0.22	0.10

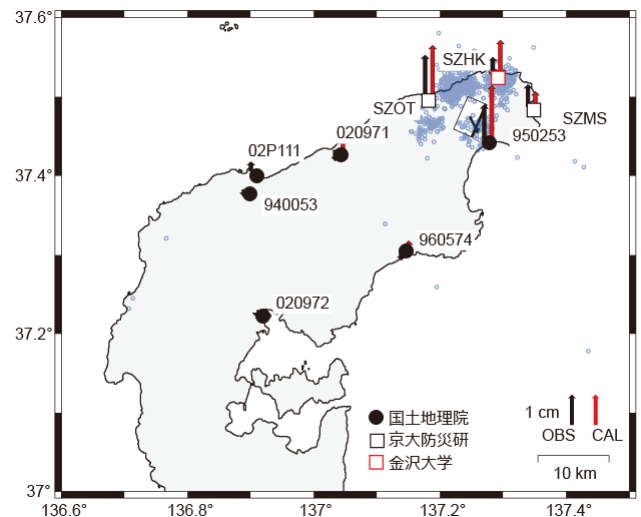
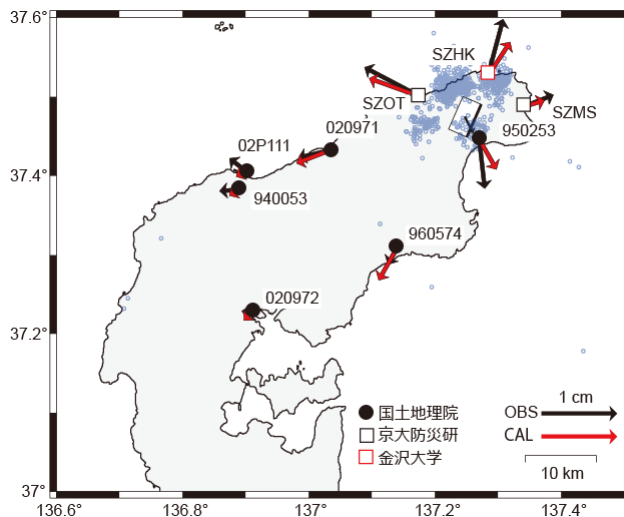
*太字は固定値、下段は誤差(1sigma)

4) 逆断層 2 (AIC=99)

【期間 1】 基準期間：2020/11/10～11/20 比較期間：2021/09/06～9/16



【期間 2】 基準期間：2021/09/08～09/18 比較期間：2022/05/06～5/16



推定した地殻変動モデル（逆断層）と観測・計算値の比較。矩形領域は推定された断層位置を表す。

経度(°)	緯度(°)	深さ(km)	長さ(km)	幅(km)	走向(°)	傾斜(°)	滑り角(°)	期間 1 滑り量(m)	期間 2 滑り量(m)
134.244	37.477	14.7	5	5	201	55	65	2.11	0.96
0.004	0.005	1.1	—	—	4	3	6	0.23	0.11

*太字は固定値、下段は誤差(1sigma)

【謝辞】

本解析では、京都大学防災研究所、金沢大学が設置した GNSS 観測点のデータを使用させていただいた。関係者に感謝を申し上げる。

石川県能登地方の非定常地殻変動のモデルについて（その2）

2020年12月頃から石川県能登地方で観測されている非定常地殻変動について、逆断層のすべり面を仮定してすべり分布を推定した。その結果、前半(2020/11～2021/09)では、広い範囲ですべりが見られるのに対し、後半(2021/09～2022/05)では、領域の一部にすべりが限定されていることが分かった。

【使用データ】

- ・ 国土地理院 電子基準点
 - ・ 電子基準点日々の座標値 (F5：最終解)
 - ・ 2017/09/01～2020/09/01 のデータを用いて推定された変位速度によるトレンド補正
 - ・ 京都大学防災研究所・金沢大学 GNSS 観測点
 - ・ GIPSYX Ver1.4 による PPP 解析
 - ・ 周辺の電子基準点の変位速度をスプライン補間して得られた変位速度によるトレンド補正
- 固定点：舳倉島(950252)

【解析について】

すべり面は、(その1) 3) で推定された逆断層を含む面上で、長さ 20km、深さ 10～20km の範囲で、1km×1km の矩形小断層群を発生させることで生成。また、解析にあたってすべり角は(その1) 3) で推定された値に固定。

【期間1】基準期間：2020/11/10～11/20 比較期間：2021/09/06～9/16 【期間2】基準期間：2021/09/08～09/18 比較期間：2022/05/06～5/16

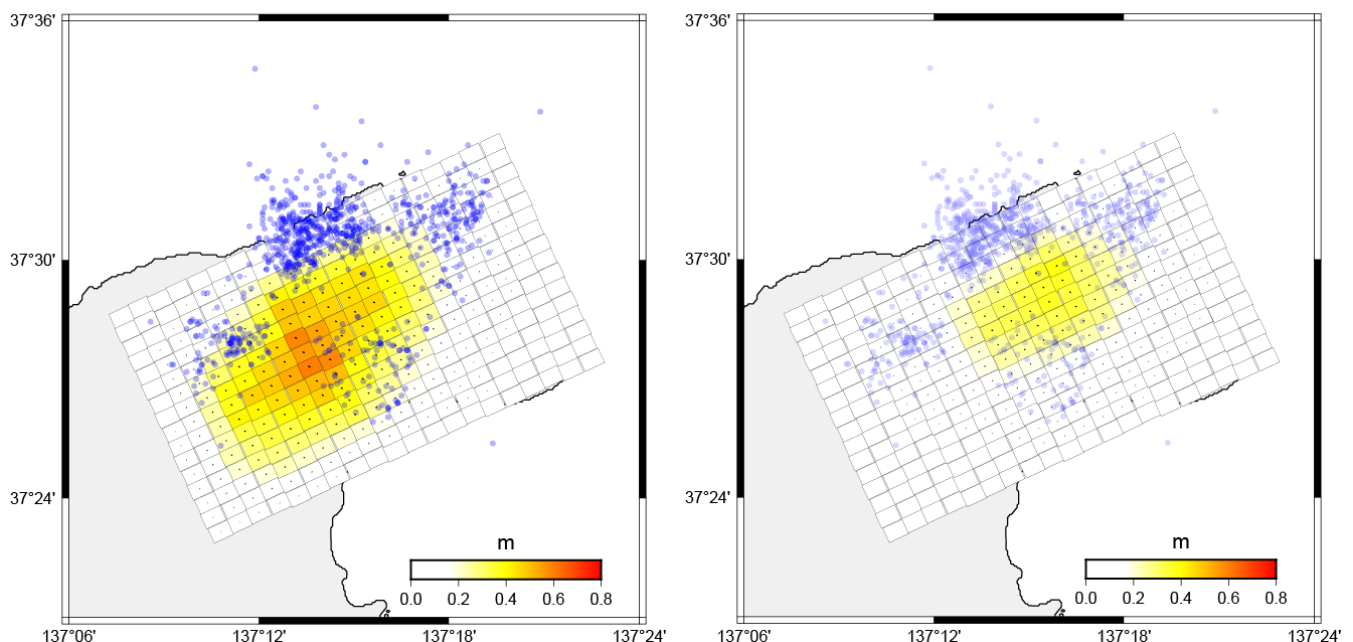
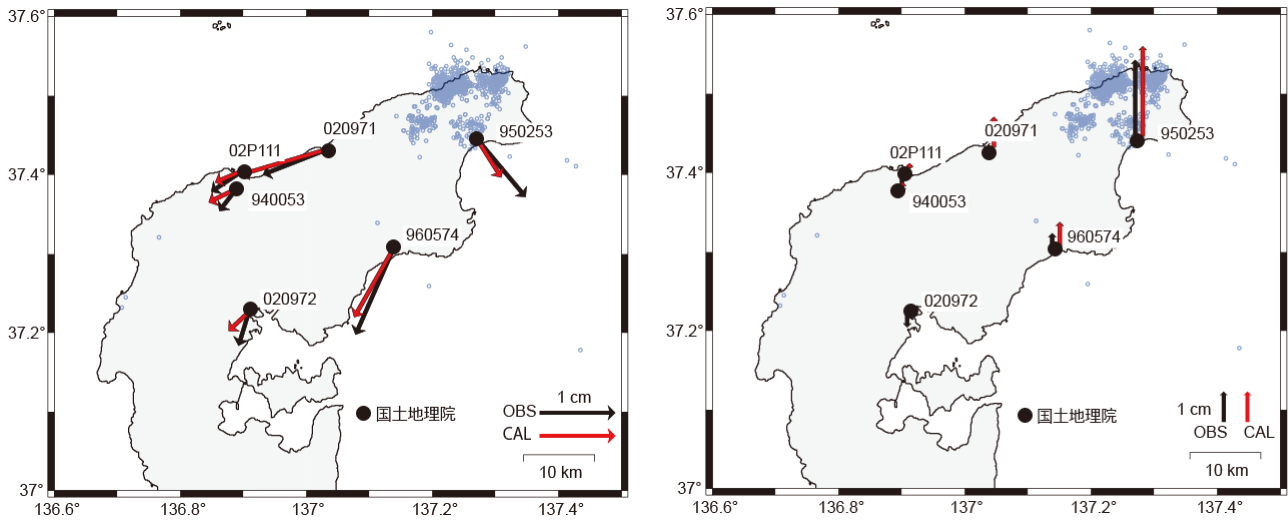


図1 推定されたすべり量分布。青丸は2020年11月1日～2021年5月31日までの気象庁一元化震源 ($M \geq 1$ 、深さ 20km 以浅; リサンプル 1/10)

【期間 1】 基準期間：2020/11/10～11/20 比較期間：2021/09/06～9/16



【期間 2】 基準期間：2021/09/08～09/18 比較期間：2022/05/06～5/16

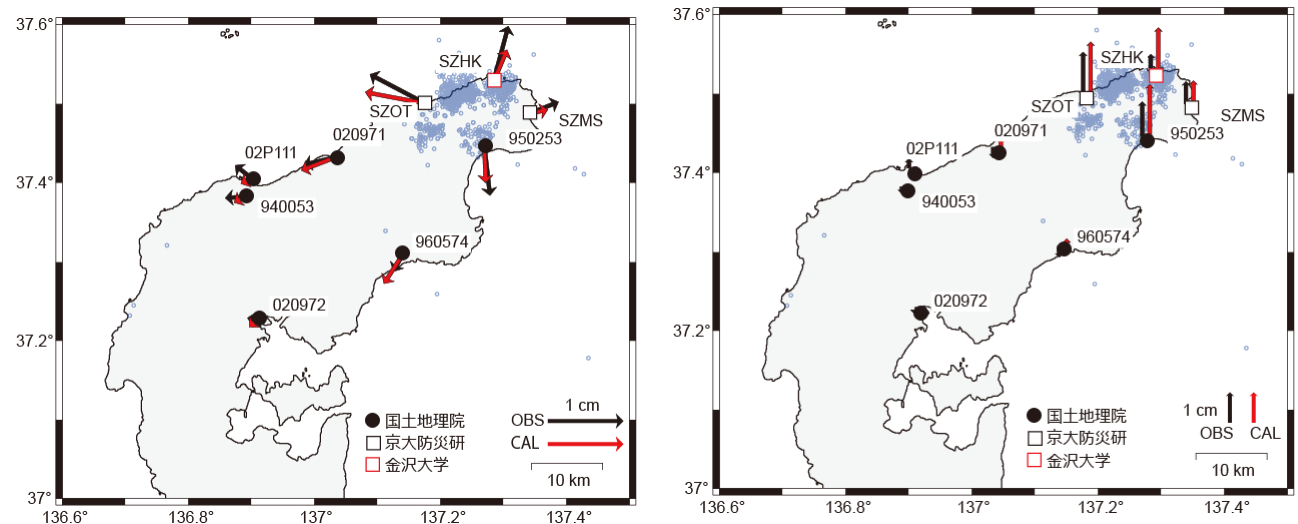


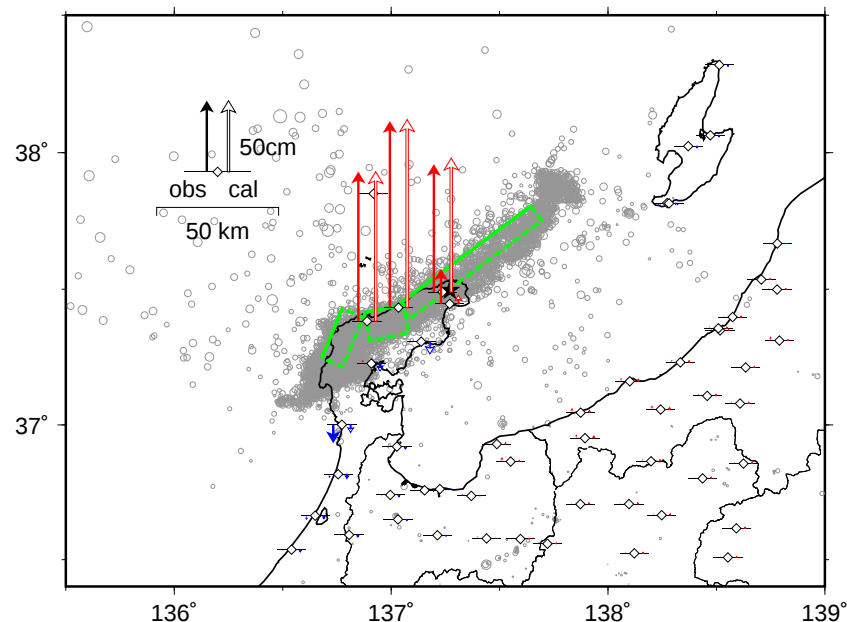
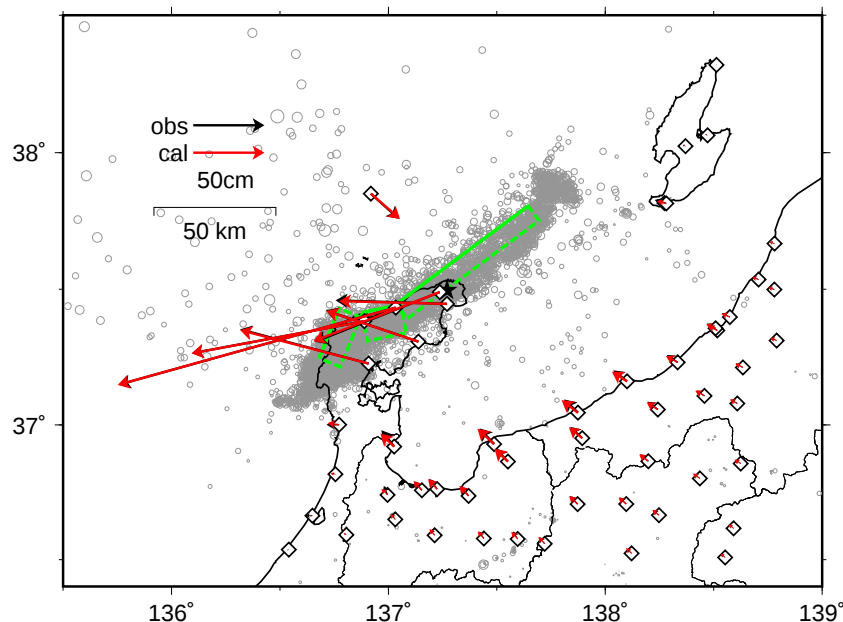
図 2 観測・計算値の比較。

【謝辞】

本解析では、京都大学防災研究所、金沢大学が設置した GNSS 観測点のデータを使用させていただいた。関係者に感謝を申し上げる。

比較期間：2024 年 1 月 2 日 ~ 2024 年 1 月 6 日 (F5 解) JST

【上下変動の観測値と計算値の比較】



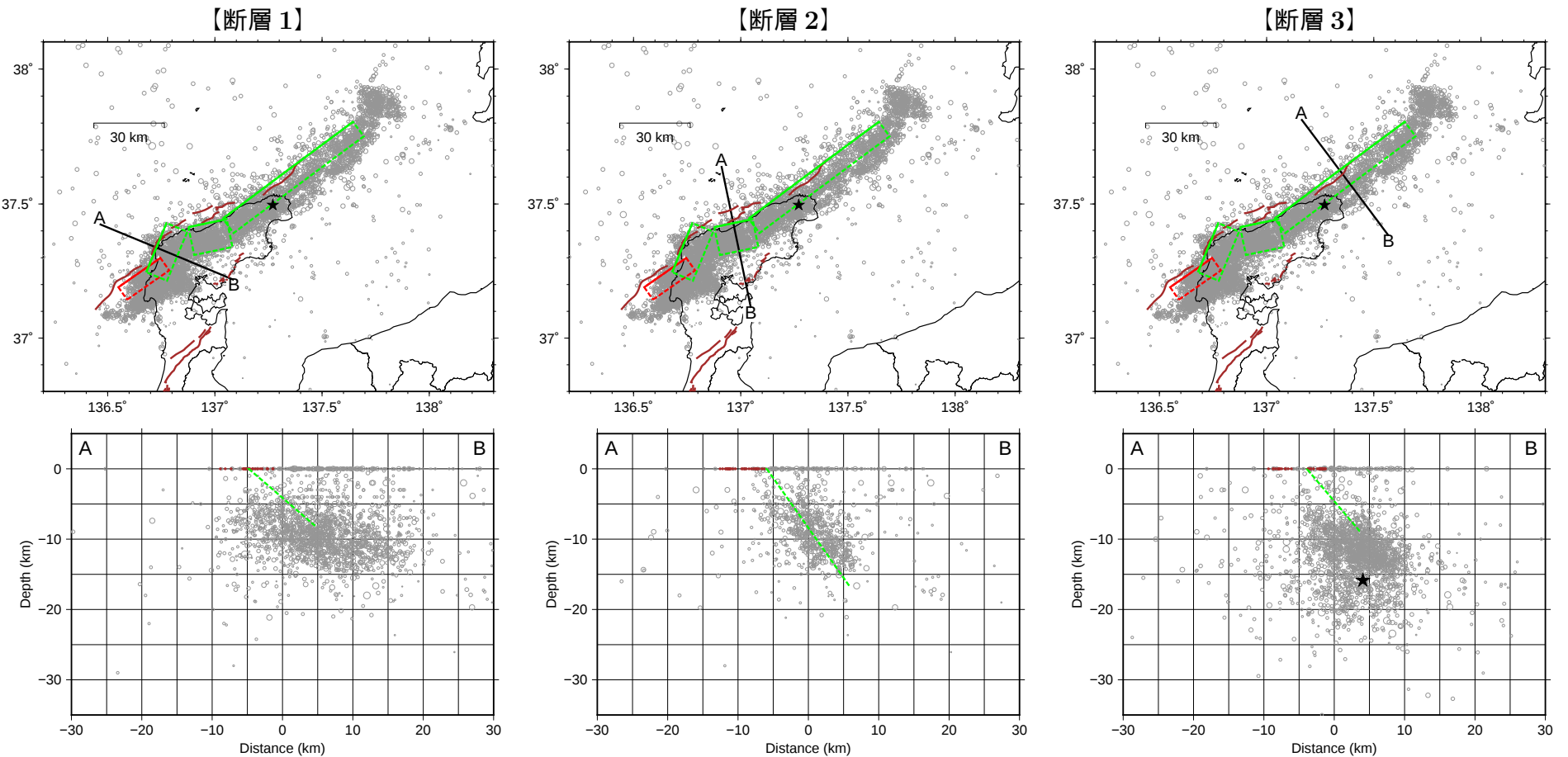
- ・ 黒色の星は 1 月 1 日の Mj7.6 の震央、灰色丸は震央分布（気象庁一元化震源（気象庁）を使用）、2024 年 1 月 1 日 16 時 10 分～1 月 3 日 23 時 59 分。
・ 黄緑色の矩形は震源断層モデルを地表面に投影した位置で、実線が断層上端。

【推定された震源断層パラメータ】

	経度 °	緯度 °	上端深さ km	長さ km	幅 km	走向 °	傾斜 °	すべり角 °	すべり量 m	M_w
断層 1	136.680 (0.002)	37.246 (0.002)	0.1 (0.1)	22.0 (0.3)	12.2 (0.2)	22.7 (1.0)	40.6 (0.4)	84.4 (1.3)	6.79 (0.11)	7.09 (0.01)
断層 2	136.876 (0.003)	37.414 (0.001)	0.0 (0.0)	16.2 (0.4)	20.4 (0.5)	78.3 (0.6)	54.9 (0.6)	140.2 (0.7)	2.83 (0.05)	6.90 (0.01)
断層 3	137.037 (0.001)	37.445 (0.002)	0.1 (0.1)	66.8 (1.1)	11.5 (0.1)	53.3 (0.4)	49.7 (0.3)	114.6 (0.2)	4.42 (0.04)	7.27 (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 (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 30 GPa と仮定。3 枚の断層の合計の M_w は 7.44。

令和6年能登半島地震の震源断層モデルと震源分布の比較



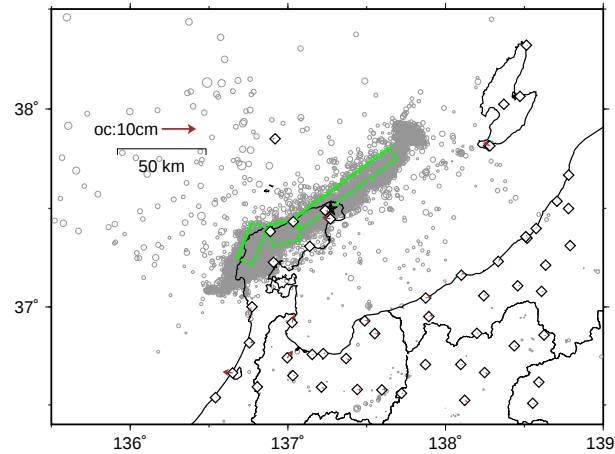
- ・ 黒色の星は1月1日のMj7.6の震源、灰色丸は震源分布（気象庁一元化震源（気象庁）を使用）、2024年1月1日16時10分～1月3日23時59分。
- ・ 黄緑色の矩形は震源断層モデルを地表面に投影した位置で、実線が断層上端。
- ・ 赤色の矩形は平成19年（2007年）能登半島地震の震源断層モデルを地表面に投影した位置で、実線が断層上端。
- ・ 茶色線は、産業技術総合研究所の活断層データベースの活断層トレース。

令和6年能登半島地震の震源断層モデル

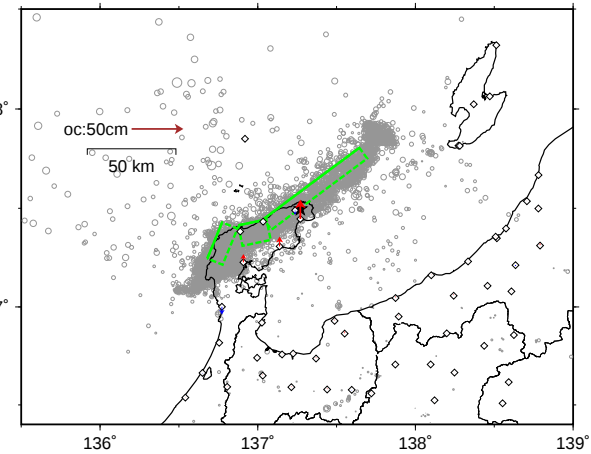
基準期間：2023年12月25日～2023年12月31日 (F5解) JST

比較期間：2024年1月2日～2024年1月6日 (F5解) JST

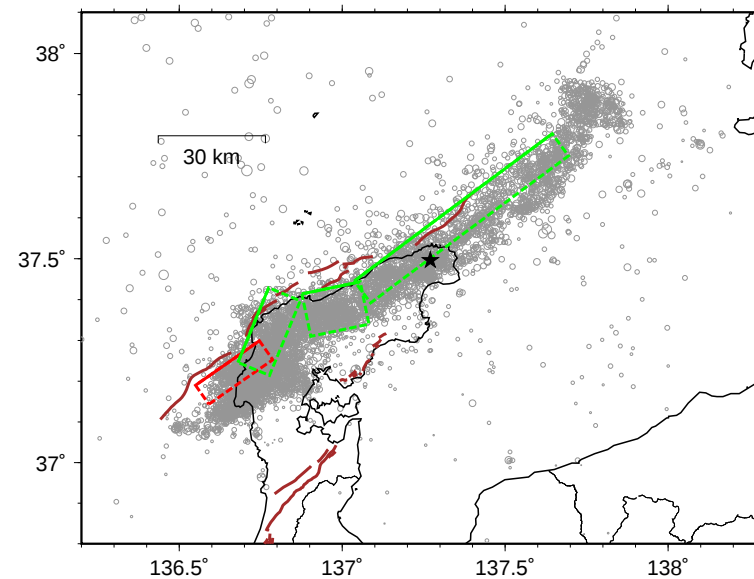
【水平変動の残差】



【上下変動の残差】



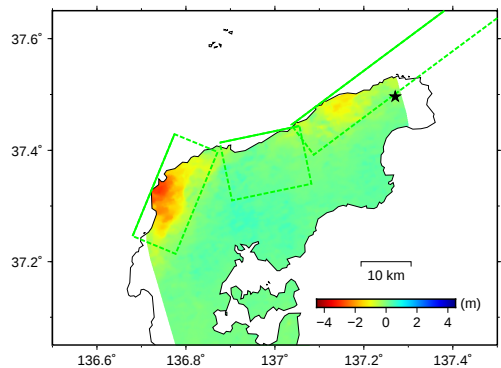
【産総研の活断層DBのトレースとの比較】



- ・ 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。
- ・ 赤色の矩形は平成19年（2007年）能登半島地震の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。
- ・ 茶色線は、産業技術総合研究所の活断層データベースの活断層トレース。

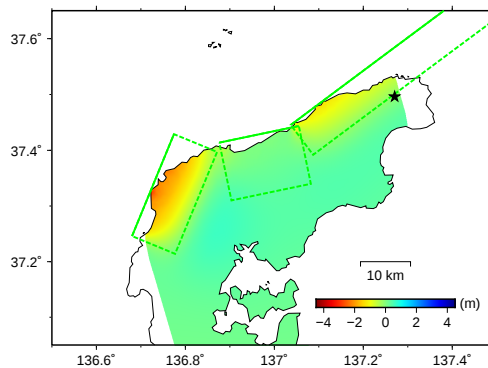
令和6年能登半島地震の震源断層モデルとSARによる地殻変動

【観測値】

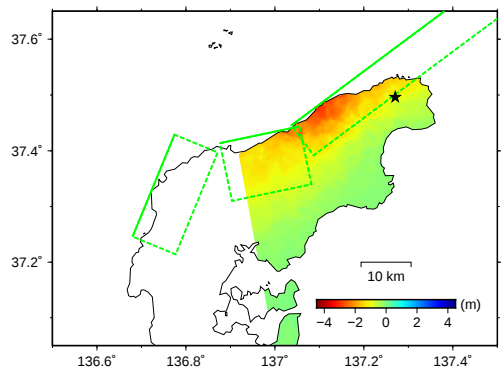
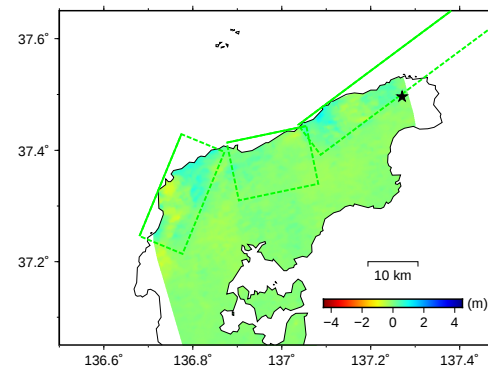


・ 第一回観測日：2022-09-26、第二回観測日：2024-01-01、衛星進行方向：北行、電波照射方向：左

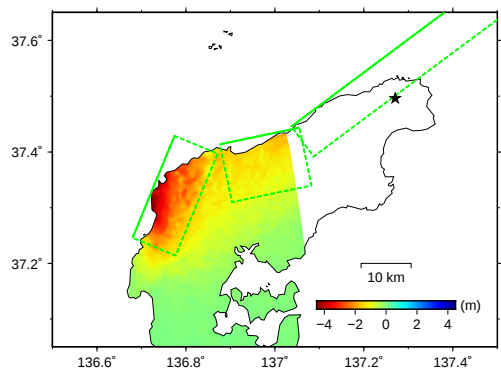
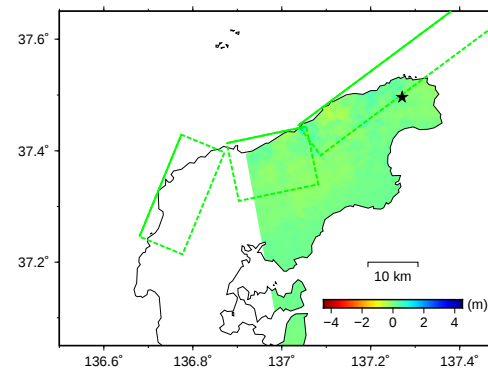
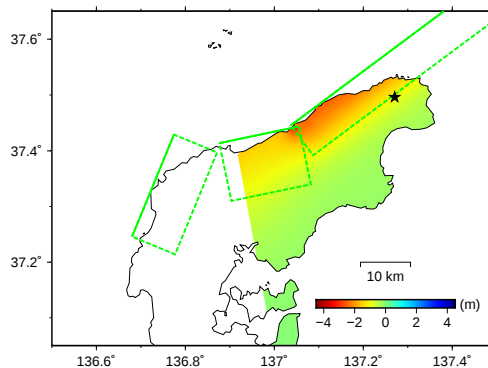
【計算値】



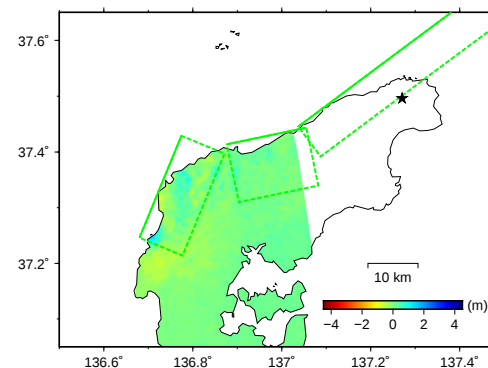
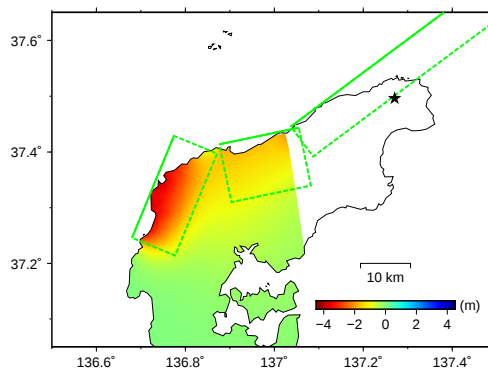
【残差】



・ 第一回観測日：2023-11-03、第二回観測日：2024-01-12、衛星進行方向：北行、電波照射方向：右

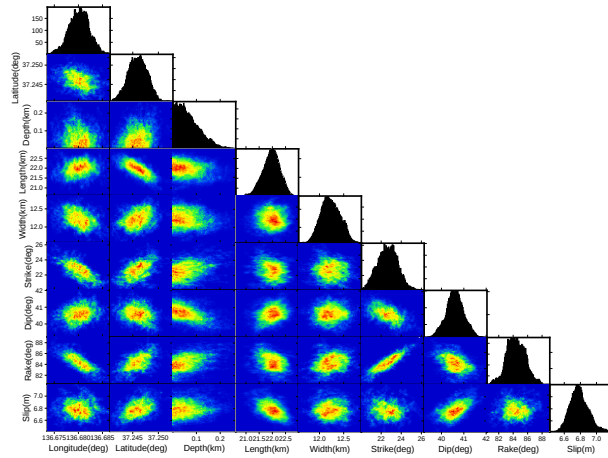


・ 第一回観測日：2023-12-06、第二回観測日：2024-01-03、衛星進行方向：北行、電波照射方向：右

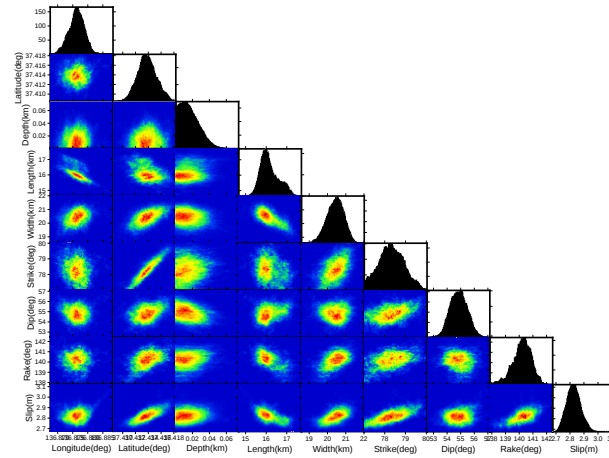


令和6年能登半島地震の震源断層モデルの事後確率分布 (コーナープロット)

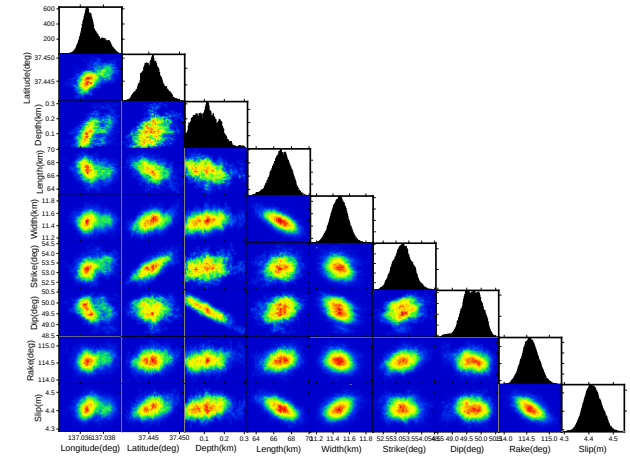
【断層1】



【断層2】



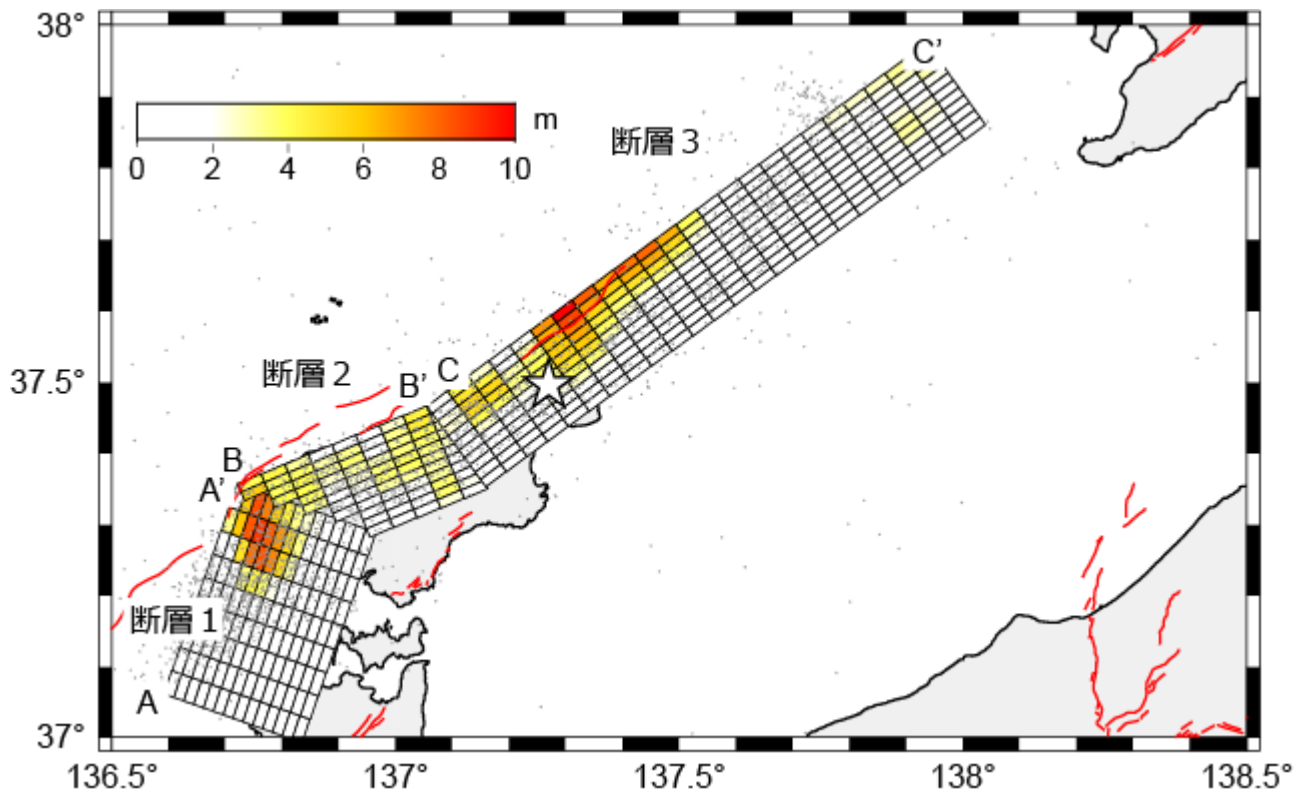
【断層3】



国土地理院

令和6年能登半島地震のすべり分布モデル（暫定）

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 10.1m である。
- ・ 合計の M_w は 7.48 である。

断層 1

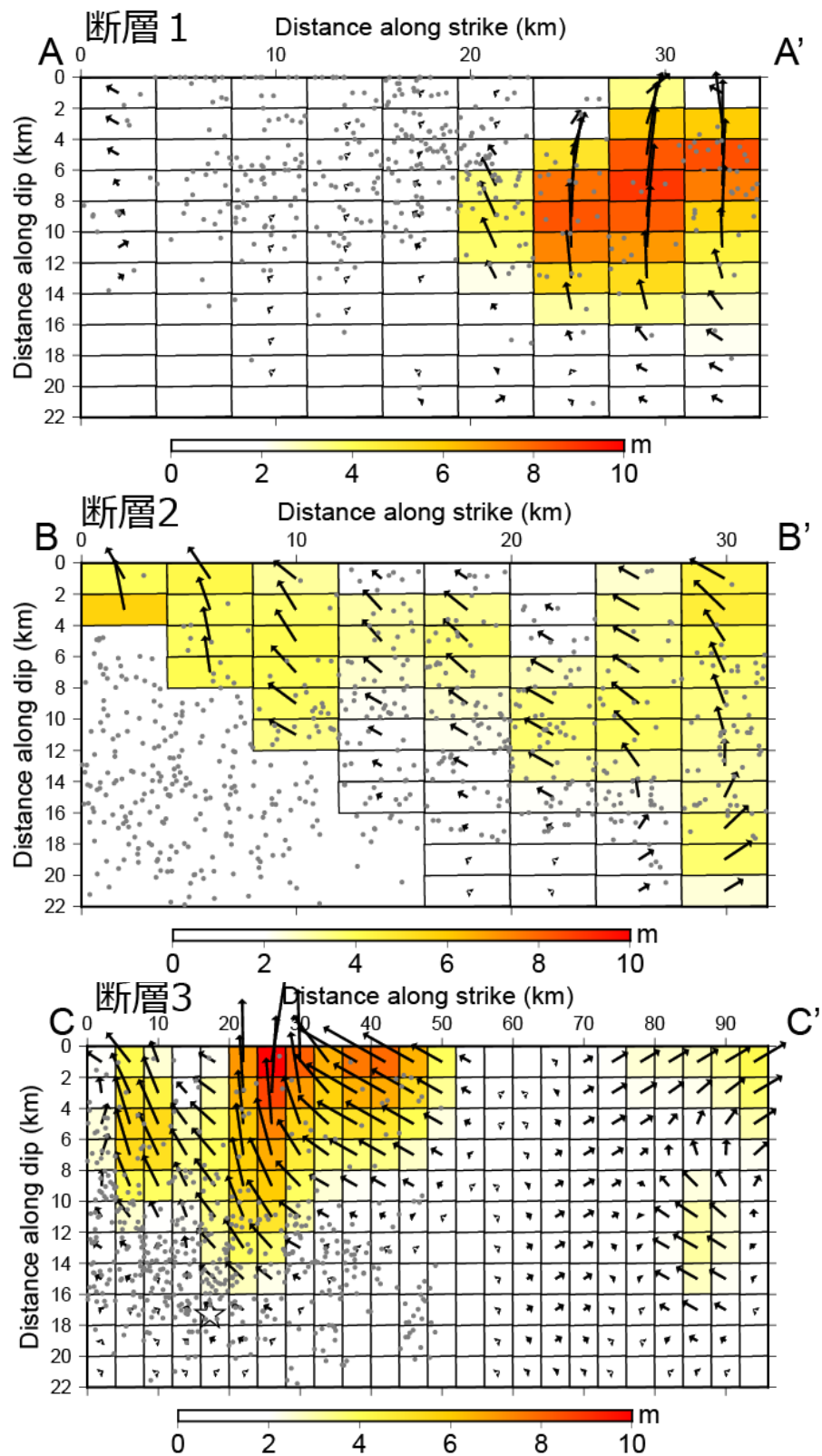
経度 [°]	緯度 [°]	上端深さ [km]	長さ [km]	幅 [km]	走向 [°]	傾斜 [°]
136.592	37.061	0	34.9	22	19.3	35

断層 2

経度 [°]	緯度 [°]	上端深さ [km]	長さ [km]	幅 [km]	走向 [°]	傾斜 [°]
136.722	37.358	0	31.9	22	67.6	45

断層 3

経度 [°]	緯度 [°]	上端深さ [km]	長さ [km]	幅 [km]	走向 [°]	傾斜 [°]
137.055	37.466	0	96	22	53.8	45

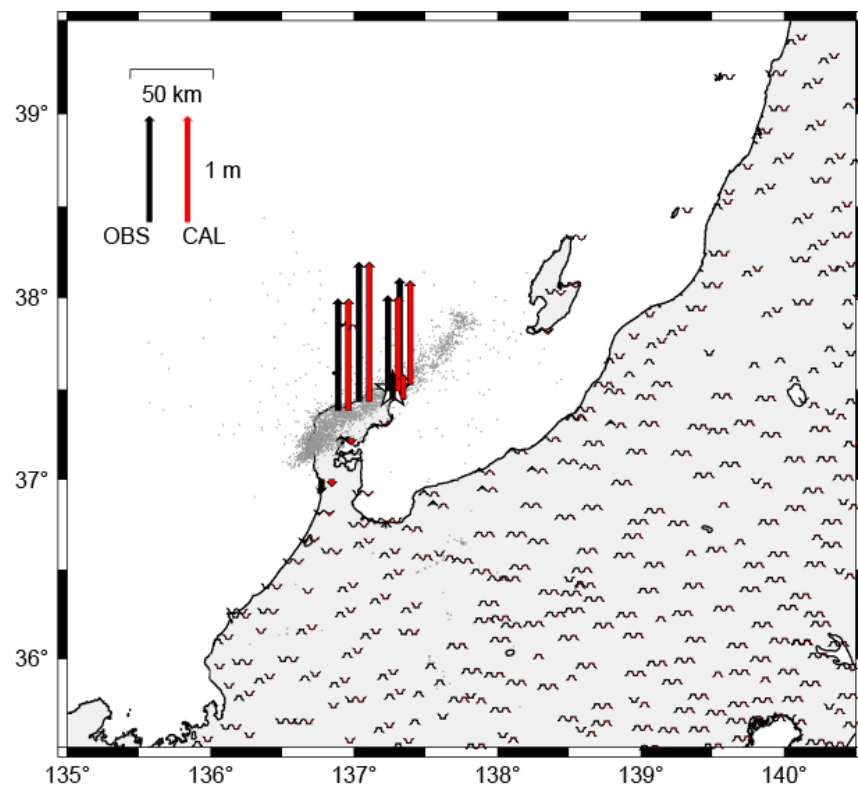
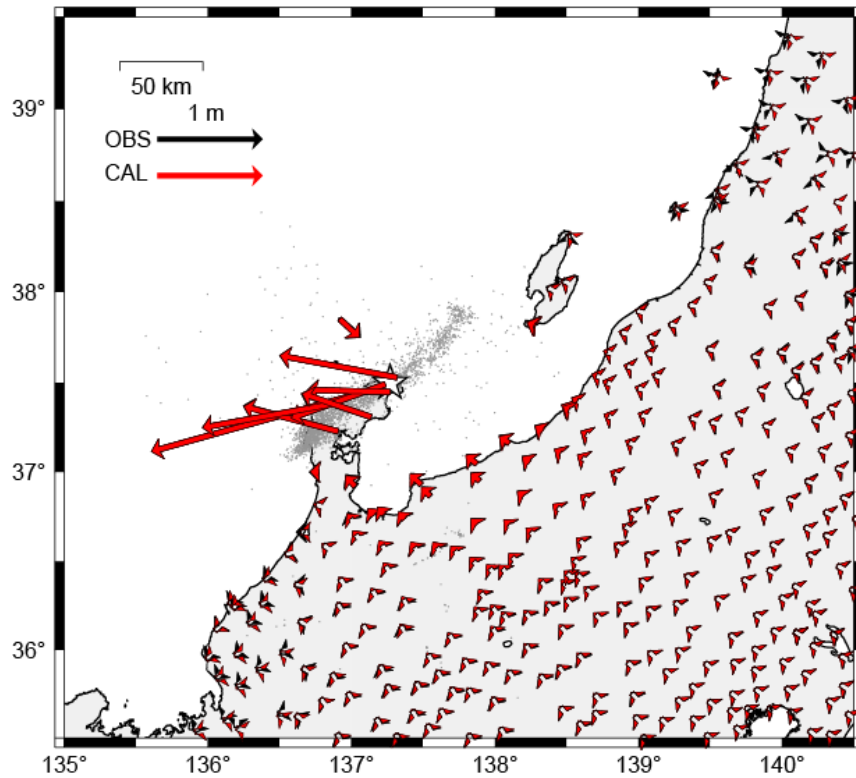


【参考】GNSS

基準期間: 2023/12/25~2023/12/31 [F5:最終解]JST

比較期間: 2024/01/02~2024/01/06 [F5:最終解]JST

固定局:三隅(950388)



矢印は観測値（黒）及び計算値（赤）を表す。

☆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。

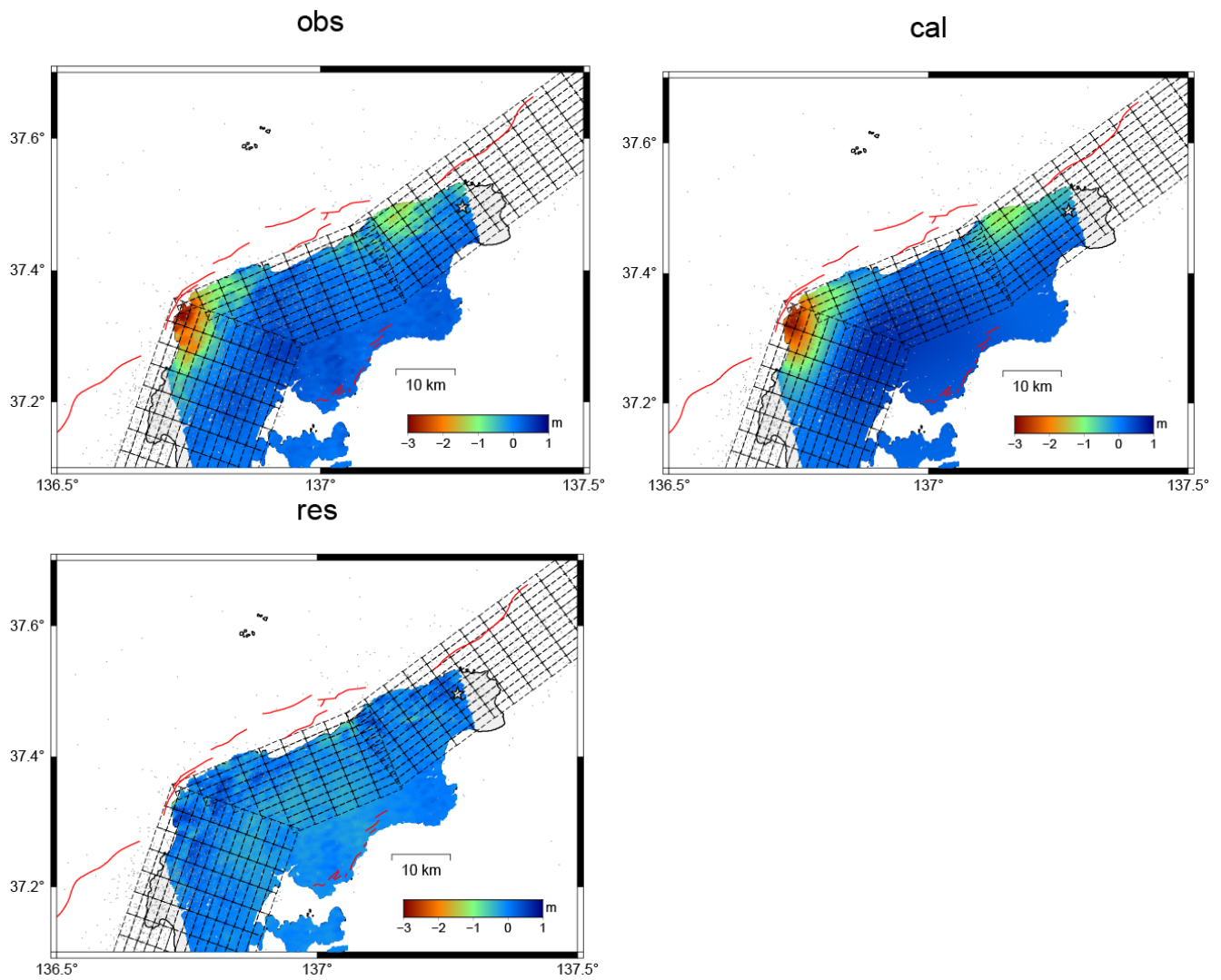
【参考】 SAR

第一回観測日: 2022/09/26

第二回観測日: 2024/01/01

衛星進行方向: 北行

電波照射方向: 左



【参考】 SAR

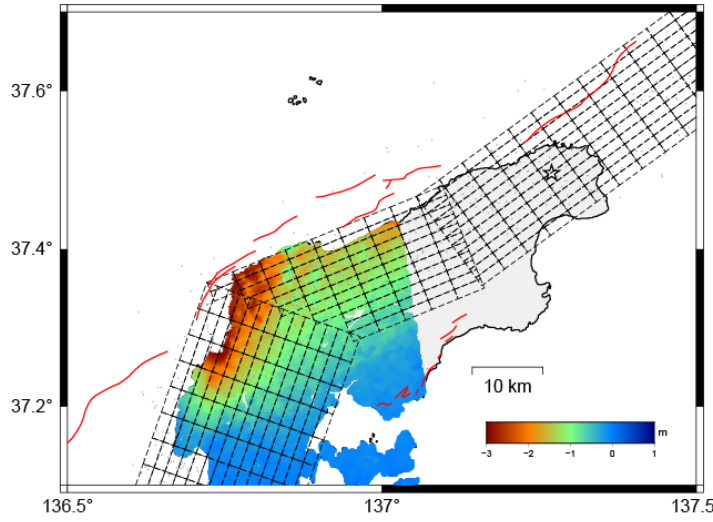
第一回観測日: 2023/12/06

第二回観測日: 2024/01/03

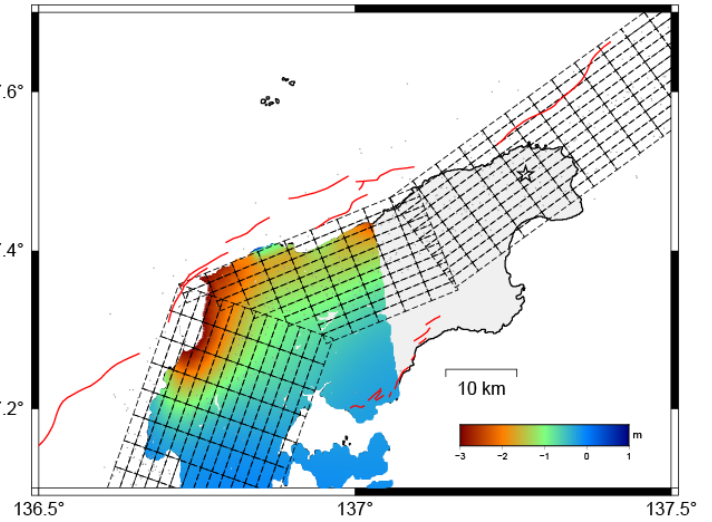
衛星進行方向: 北行

電波照射方向: 右

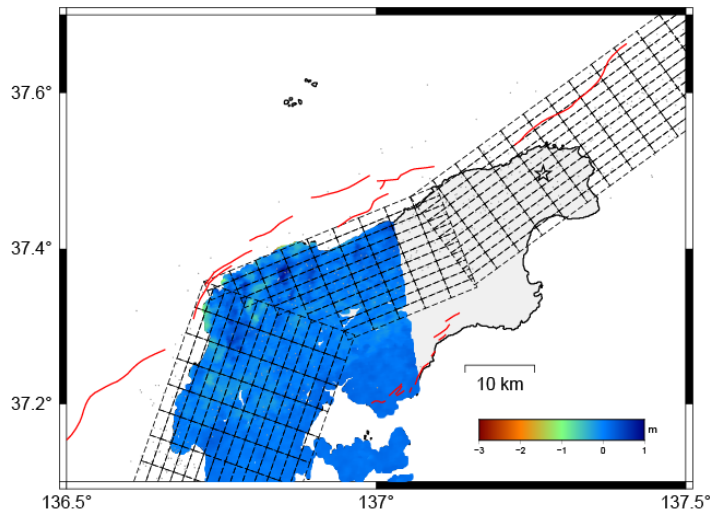
obs



cal



res



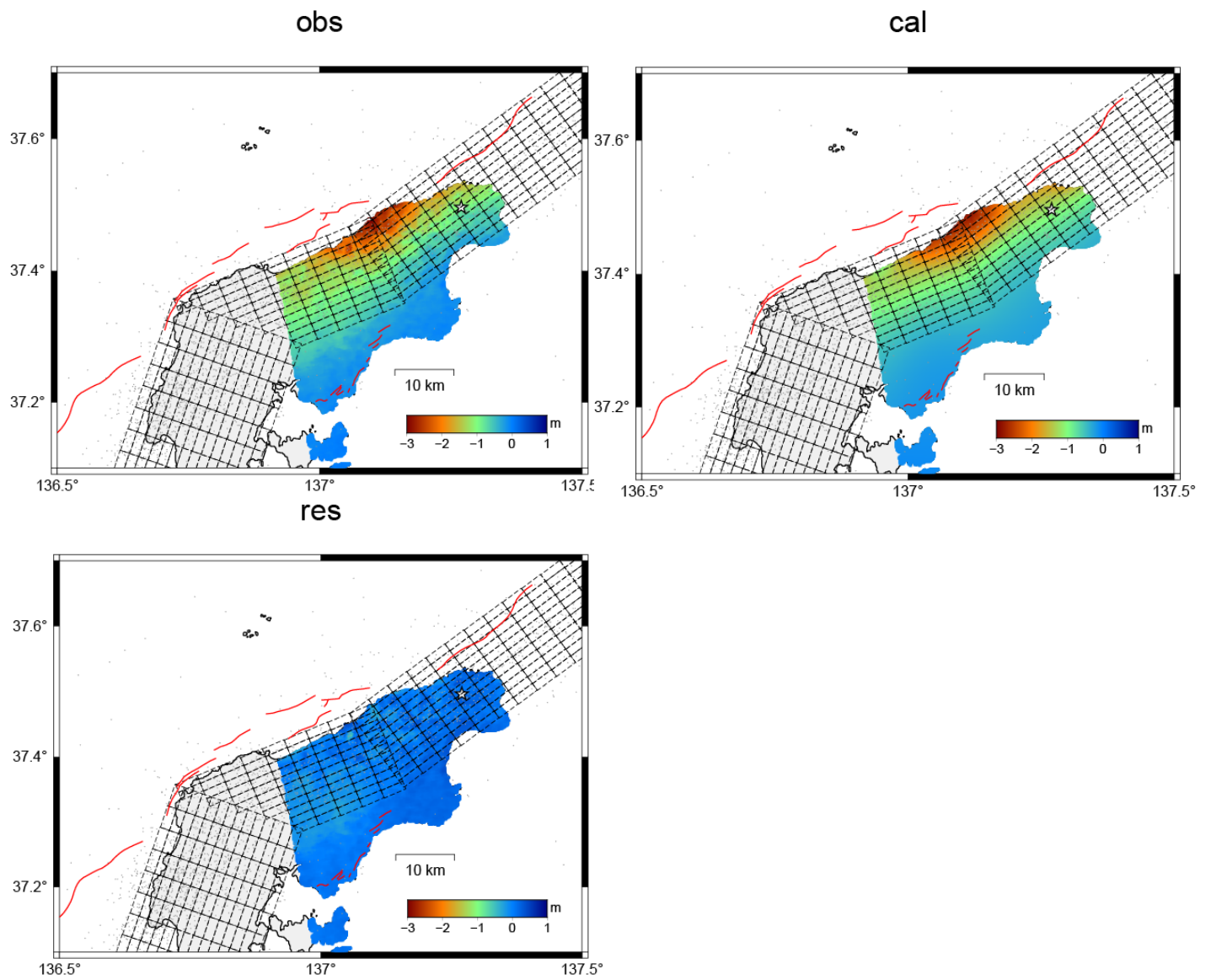
【参考】 SAR

第一回観測日: 2023/11/03

第二回観測日: 2024/01/12

衛星進行方向: 北行

電波照射方向: 右



【参考】 SAR

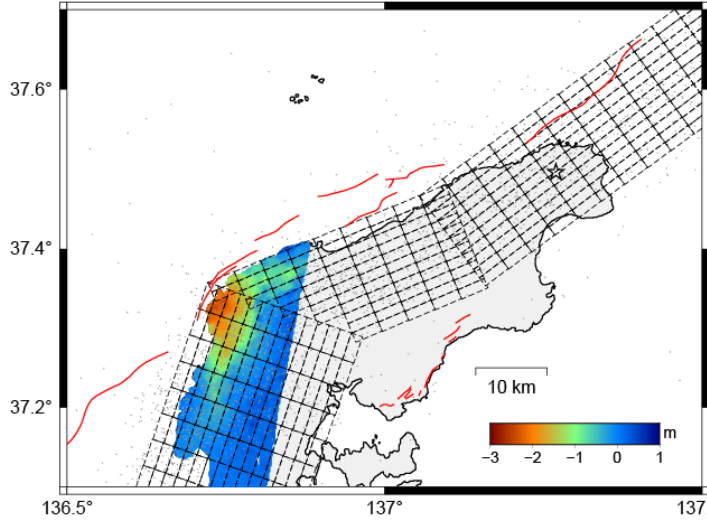
第一回観測日: 2023/12/31

第二回観測日: 2024/01/14

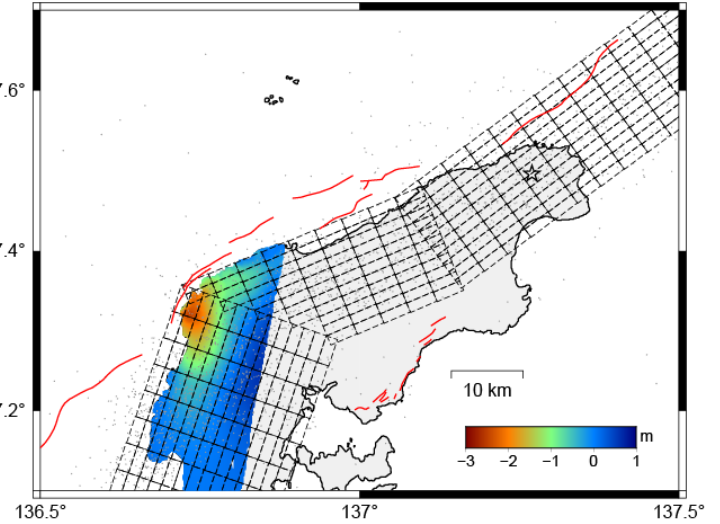
衛星進行方向: 南行

電波照射方向: 右

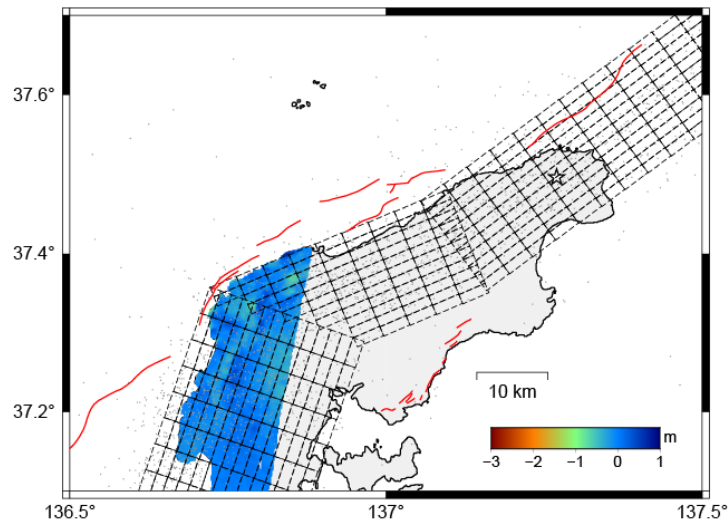
obs



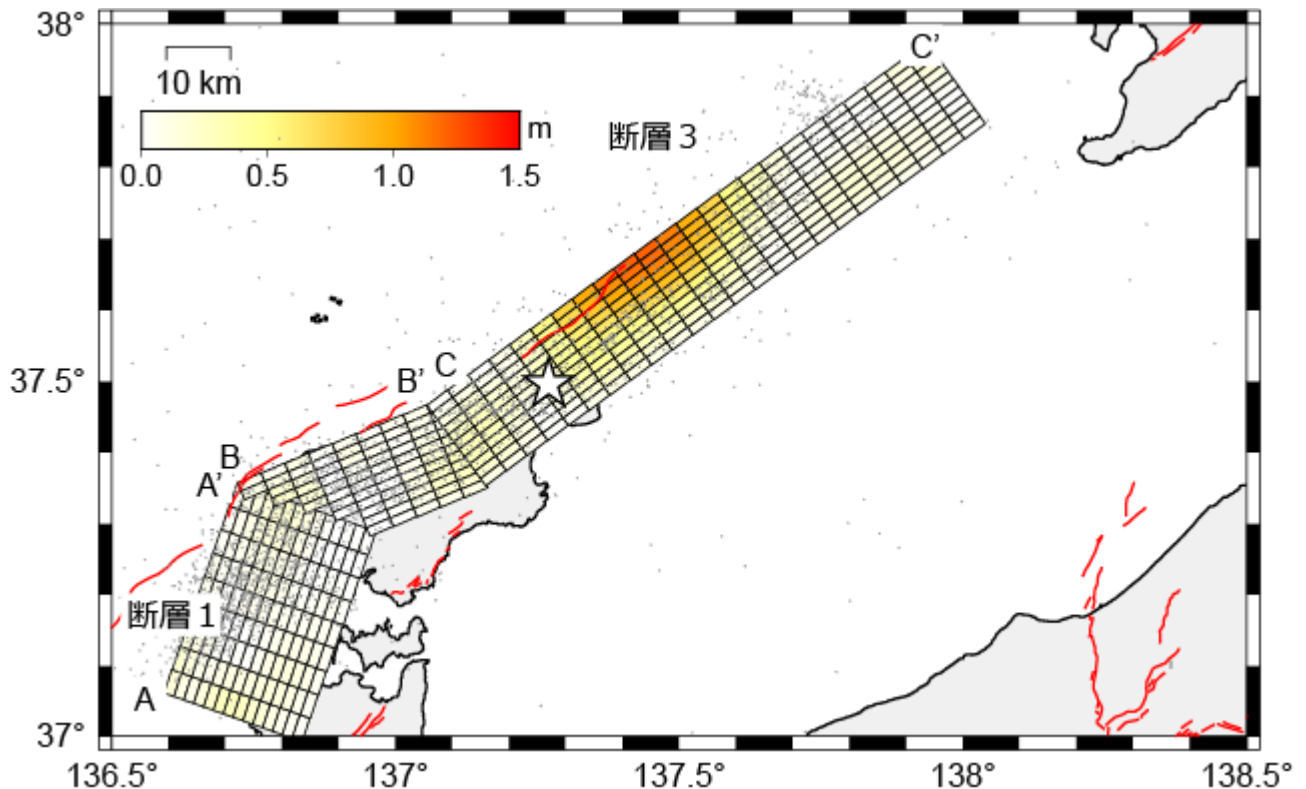
cal



res



令和6年能登半島地震の余効すべり分布モデル(暫定)



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後約1月の余効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 1.2m である。
- ・ 合計の M_w は 6.82 である。

断層 1

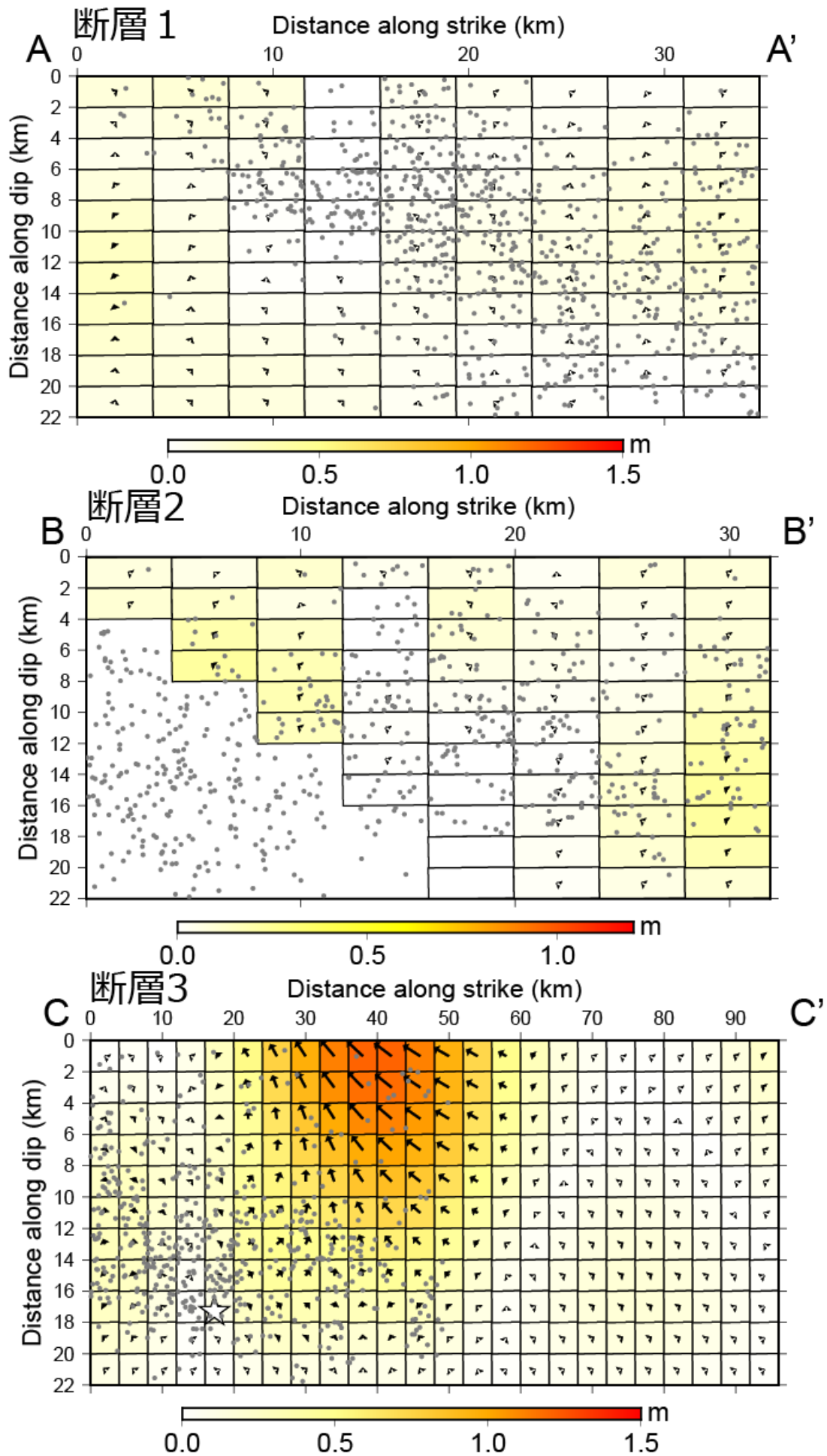
経度 [°]	緯度 [°]	上端深さ [km]	長さ [km]	幅 [km]	走向 [°]	傾斜 [°]
136.592	37.061	0	34.9	22	19.3	35

断層 2

経度 [°]	緯度 [°]	上端深さ [km]	長さ [km]	幅 [km]	走向 [°]	傾斜 [°]
136.722	37.358	0	31.9	22	67.6	45

断層 3

経度 [°]	緯度 [°]	上端深さ [km]	長さ [km]	幅 [km]	走向 [°]	傾斜 [°]
137.055	37.466	0	96	22	53.8	45

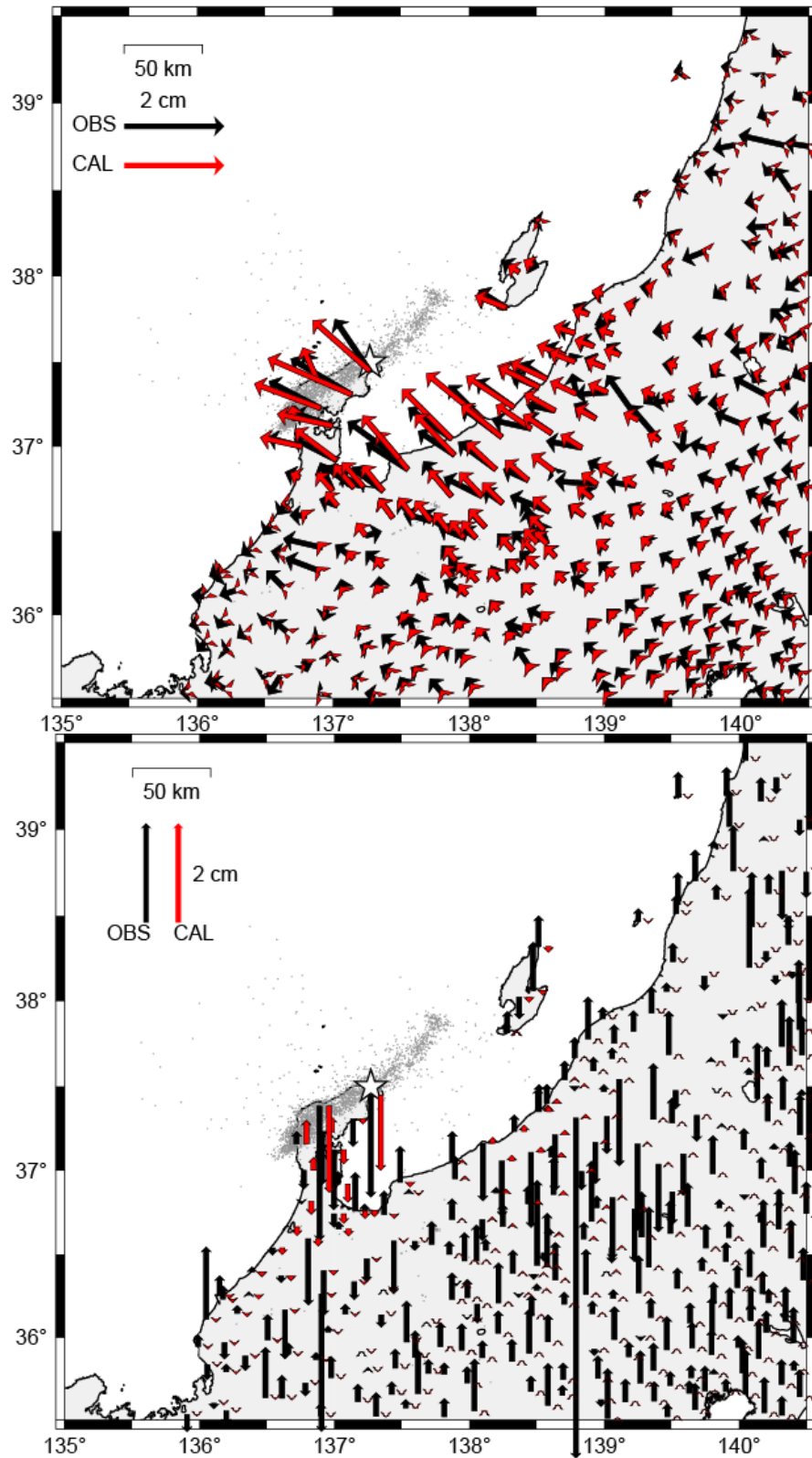


【参考】 GNSS

基準期間: 2024/01/02~2024/01/06 [F5:最終解]JST

比較期間: 2024/01/24~2024/01/28 [F5:最終解]JST

固定局:三隅(950388)

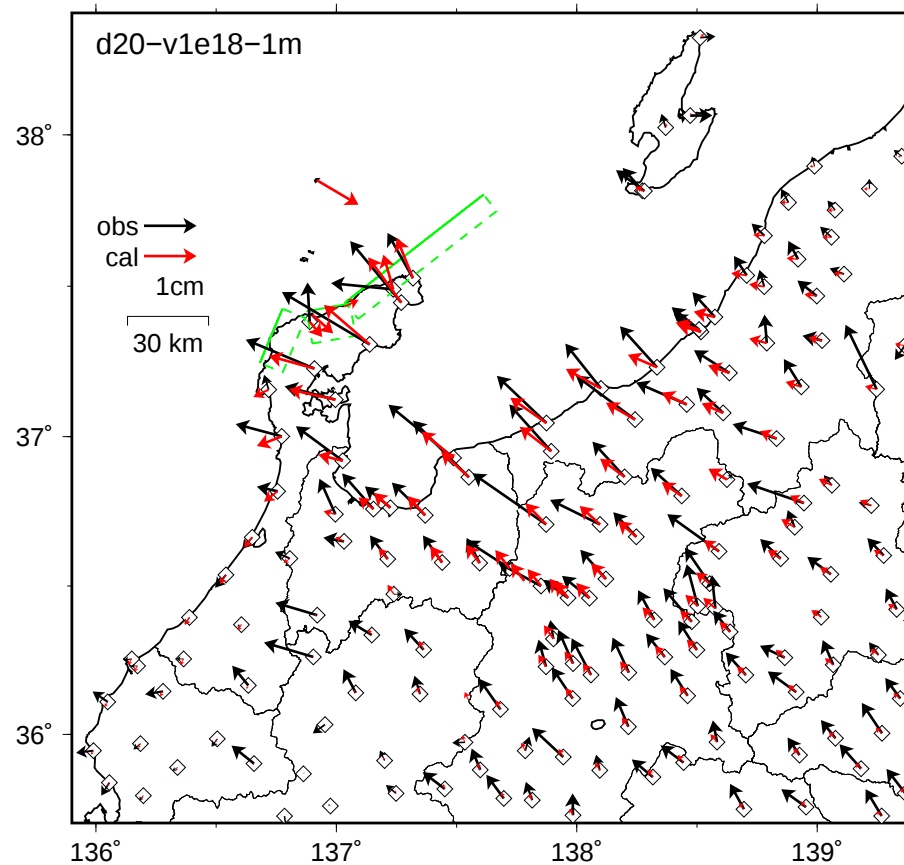


矢印は観測値（黒）及び計算値（赤）を表す。

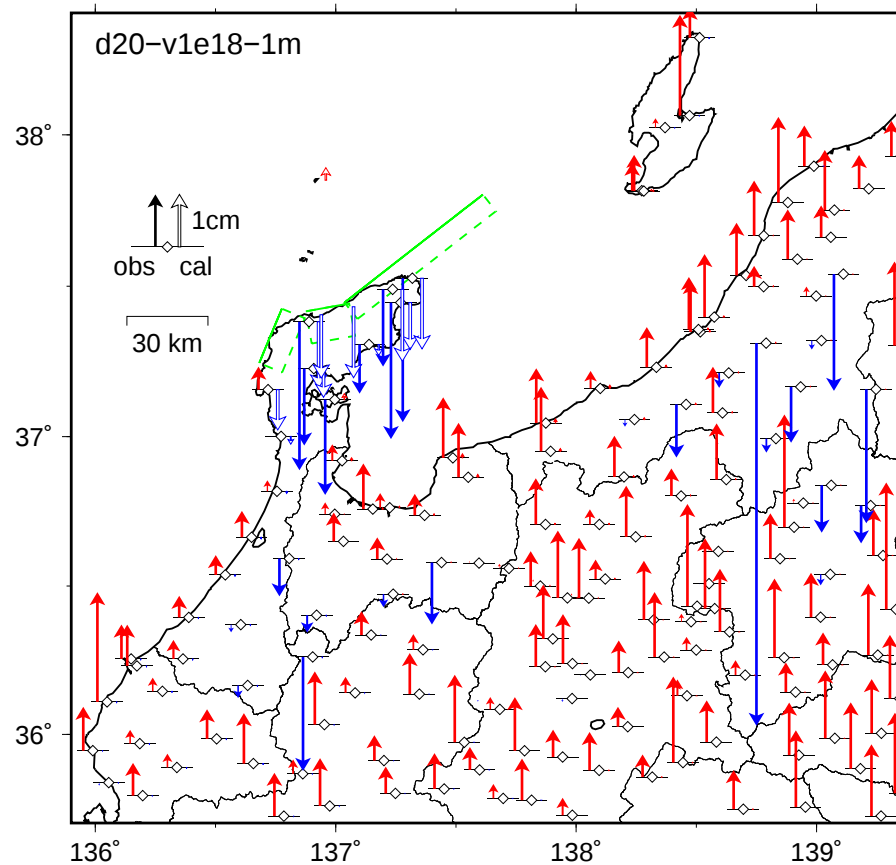
☆印は震央、点は震源分布（気象庁一元化震源）、2024年1月1日16時10分～1月2日23時59分。

令和6年能登半島地震の粘性緩和による変動（地震後1か月間）暫定

【水平変動】



【上下変動】



- ・Fukahata and Matsu'ura (2005) のプログラムを使用。
- ・表層が弾性体、基盤層がマクスウェル粘弾性体の半無限二層構造。弾性層の厚さは 20km、粘性率は $1.0 \times 10^{18} \text{Pa} \cdot \text{s}$
- ・断層モデルは3枚の矩形断層モデル。
- ・基準期間 2024 年 1 月 2 日～1 月 2 日、比較期間：2024 年 1 月 25 日～1 月 27 日、固定局：三隅