

南海トラフ地震関連解説情報について

－最近の南海トラフ周辺の地殻活動－

現在のところ、南海トラフ沿いの大規模地震の発生の可能性が平常時^(注)と比べて相対的に高まったと考えられる特段の変化は観測されていません。

(注) 南海トラフ沿いの大規模地震(M8からM9クラス)は、「平常時」においても今後30年以内に発生する確率が70から80%であり、昭和東南海地震・昭和南海地震の発生から約80年が経過していることから切迫性の高い状態です。

1. 地震の観測状況

(顕著な地震活動に関する現象)

南海トラフ周辺では、特に目立った地震活動はありませんでした。

(ゆっくりすべりに関係する現象)

プレート境界付近を震源とする深部低周波地震(微動)のうち、主なものは以下のとおりです。

- (1) 四国西部：11月30日から12月22日
- (2) 東海から紀伊半島中部：12月22日から1月6日
- (3) 四国中部：12月23日から1月2日

2. 地殻変動の観測状況

(ゆっくりすべりに関係する現象)

上記(1)から(3)の深部低周波地震(微動)とほぼ同期して、周辺に設置されている複数のひずみ計でわずかな地殻変動を観測しました。周辺の傾斜データでも、わずかな変化が見られました。また、上記(1)の期間に同地域及びその周辺のGNSSのデータでも、わずかな地殻変動を観測しました。

GNSS観測によると、2019年春頃から四国中部で観測されている、それまでの傾向とは異なる地殻変動は、最近は鈍化しているように見えます。また、2022年初頭から、静岡県西部から愛知県東部にかけて、それまでの傾向とは異なる地殻変動が観測されています。さらに、2023年初頭から九州南部で観測されている、それまでの傾向とは異なる地殻変動は、収束したと見られます。

(長期的な地殻変動)

GNSS観測等によると、御前崎、潮岬及び室戸岬のそれぞれの周辺では長期的な沈降傾向が継続しています。

3. 地殻活動の評価

(ゆっくりすべりに関係する現象)

上記(1)から(3)の深部低周波地震(微動)と地殻変動は、想定震源域のプレート境界深部において発生した短期的ゆっくりすべりに起因するものと推定しています。

2019年春頃からの四国中部の地殻変動、2022年初頭からの静岡県西部から愛知県東部にかけての地殻変動及び2023年初頭からの九州南部の地殻変動は、それぞれ四国中部周辺、渥美半島周辺及び日向灘南部周辺のプレート境界深部における長期的ゆっくりすべりに起因するものと推定しています。このうち、四国中部周辺の長期的ゆっくりすべりは、最近は鈍化しています。また、日向灘南部周辺の長期的ゆっくりすべりは、すでに停止していると考えられます。

これらの深部低周波地震(微動)、短期的ゆっくりすべり、及び長期的ゆっくりすべりは、それぞれ、従来からも繰り返し観測されてきた現象です。

(長期的な地殻変動)

御前崎、潮岬及び室戸岬のそれぞれの周辺で見られる長期的な沈降傾向はフィリピン海プレートの沈み込みに伴うもので、その傾向に大きな変化はありません。

上記観測結果を総合的に判断すると、南海トラフ地震の想定震源域ではプレート境界の固着状況に特段の変化を示すようなデータは得られておらず、南海トラフ沿いの大規模地震の発生の可能性が平常時と比べて相対的に高まったと考えられる特段の変化は観測されていません。

以上を内容とする「南海トラフ地震関連解説情報」を本日17時00分に発表しました。

添付の説明資料は、気象庁、国土地理院、防災科学技術研究所及び産業技術総合研究所の資料から作成。
気象庁の資料には、防災科学技術研究所、産業技術総合研究所、東京大学、名古屋大学等のデータも使用。
産業技術総合研究所の資料には、防災科学技術研究所及び気象庁のデータも使用。

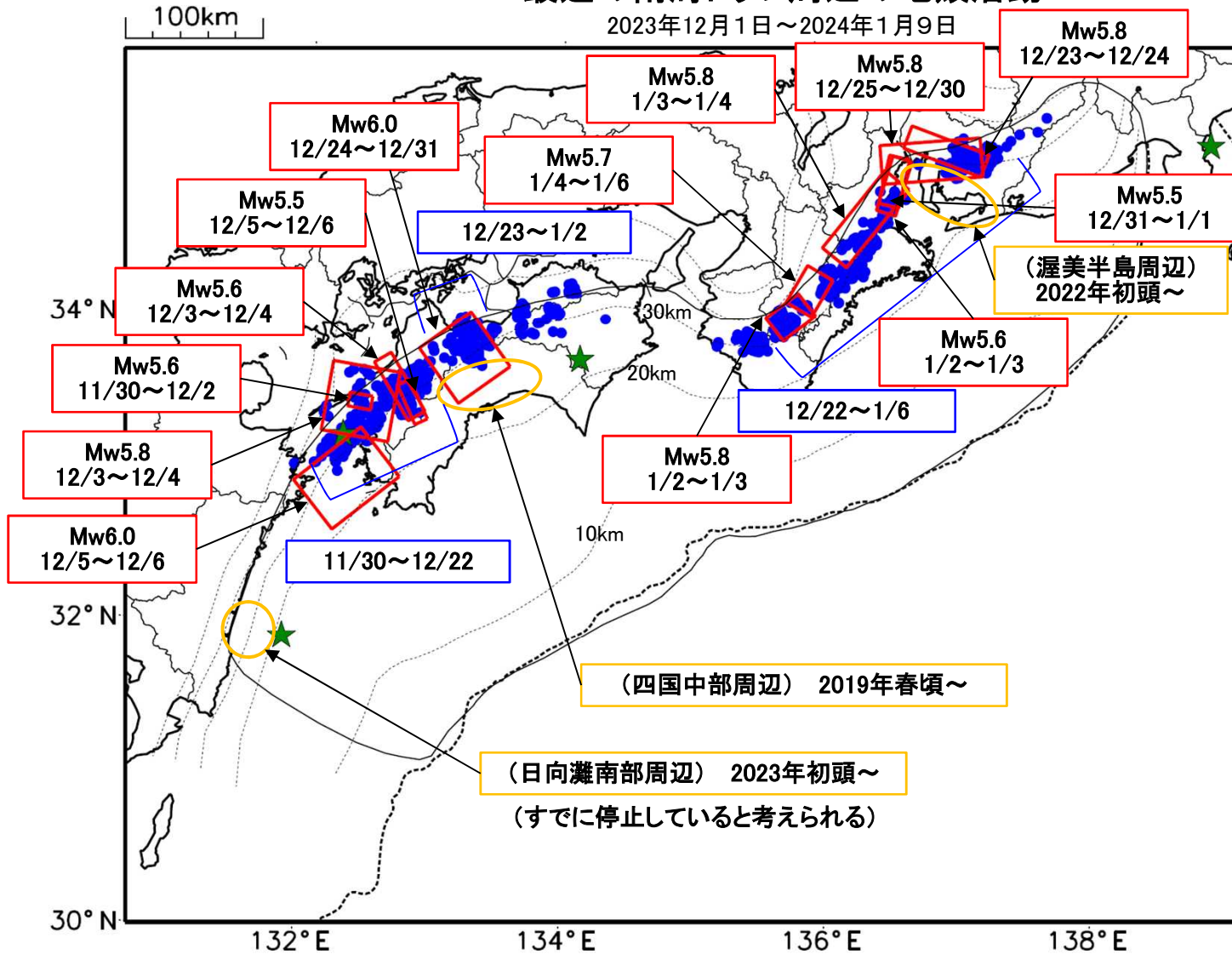
気象庁では、大規模地震の切迫性が高いと指摘されている南海トラフ周辺の地震活動や地殻変動等の状況を定期的に評価するため、南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会、地震防災対策強化地域判定会を毎月開催しています。本資料は本日開催した評価検討会、判定会で評価した、主に前回(令和5年12月7日)以降の調査結果を取りまとめたものです。

なお、日時のデータなど、精査後修正することがあります。

問合せ先：地震火山部 地震火山技術・調査課 大規模地震調査室 担当 青木
電話 03-6758-3900 (内線 5244)

最近の南海トラフ周辺の地殻活動

2023年12月1日～2024年1月9日



- 緑(★)
通常の地震(最大震度3以上もしくはM3.5以上)
- 青(●)
深部低周波地震(微動)
- 赤(□)
短期的ゆっくりすべり
- 黄(○)
長期的ゆっくりすべり

※地図中の点線は、Hirose et al.(2008), Baba et al.(2002)によるフィリピン海プレート上面の深さを示す。

※M5.0以上の地震に吹き出しを付けている。

※深部低周波地震(微動)及び短期的ゆっくりすべりは、11月30日以降のものを示す。

通常の地震(最大震度3以上もしくはM3.5以上).....気象庁の解析結果による。
 深部低周波地震(微動).....(震源データ)気象庁の解析結果による。(活動期間)気象庁の解析結果による。
 短期的ゆっくりすべり.....【東海から紀伊半島中部】気象庁の解析結果を示す。【四国中部、四国西部】産業技術総合研究所の解析結果を示す。
 長期的ゆっくりすべり.....【渥美半島周辺、四国中部周辺、日向灘南部周辺】国土地理院の解析結果を元におおよその場所を表示している。

令和5年12月1日～令和6年1月9日の主な地震活動

○南海トラフ巨大地震の想定震源域およびその周辺の地震活動：

【最大震度3以上を観測した地震もしくはM3.5以上の地震及びその他の主な地震】

月/日	時:分	震央地名	深さ (km)	M	最大 震度	発生場所
12/1	19:01	日向灘	37	3.6	1	フィリピン海プレート内部
12/4	11:21	伊豆半島東方沖	7	3.9	3	フィリピン海プレートの地殻内
12/15	18:04	豊後水道	39	3.7	2	フィリピン海プレート内部
12/29	00:47	徳島県南部	20	3.6	1	

※震源の深さは、精度がやや劣るものは表記していない。

※太平洋プレートの沈み込みに伴う震源が深い地震は除く。

○深部低周波地震（微動）活動期間

四国	紀伊半島	東海
<p>■四国東部</p> <p>12月2日～8日 12月16日～18日 12月23日～25日 12月27日～28日 12月30日～31日 1月4日～5日</p> <p>■四国中部</p> <p>12月4日～5日 12月23日～1月2日 . . . (3) 1月4日</p> <p>■四国西部</p> <p>11月30日～12月22日 . . . (1) 12月24日～29日 12月31日～1月2日 1月5日 1月7日～8日</p>	<p>■紀伊半島北部</p> <p>12月3日～5日 12月19日～24日 12月26日 12月31日～1月6日 . . . (2)</p> <p>■紀伊半島中部</p> <p>12月2日～3日 12月26日～28日 1月2日～5日 . . . (2) 1月7日～8日</p> <p>■紀伊半島西部</p> <p>12月11日～13日 12月22日～26日 12月28日～29日 12月31日～1月2日 1月4日～5日</p>	<p>12月22日～31日 . . . (2) 1月5日～6日</p>

※深部低周波地震（微動）活動は、気象庁一元化震源を用い、地域ごとの一連の活動（継続日数2日以上または活動日数1日の場合で複数個検知したもの）について、活動した場所ごとに記載している。

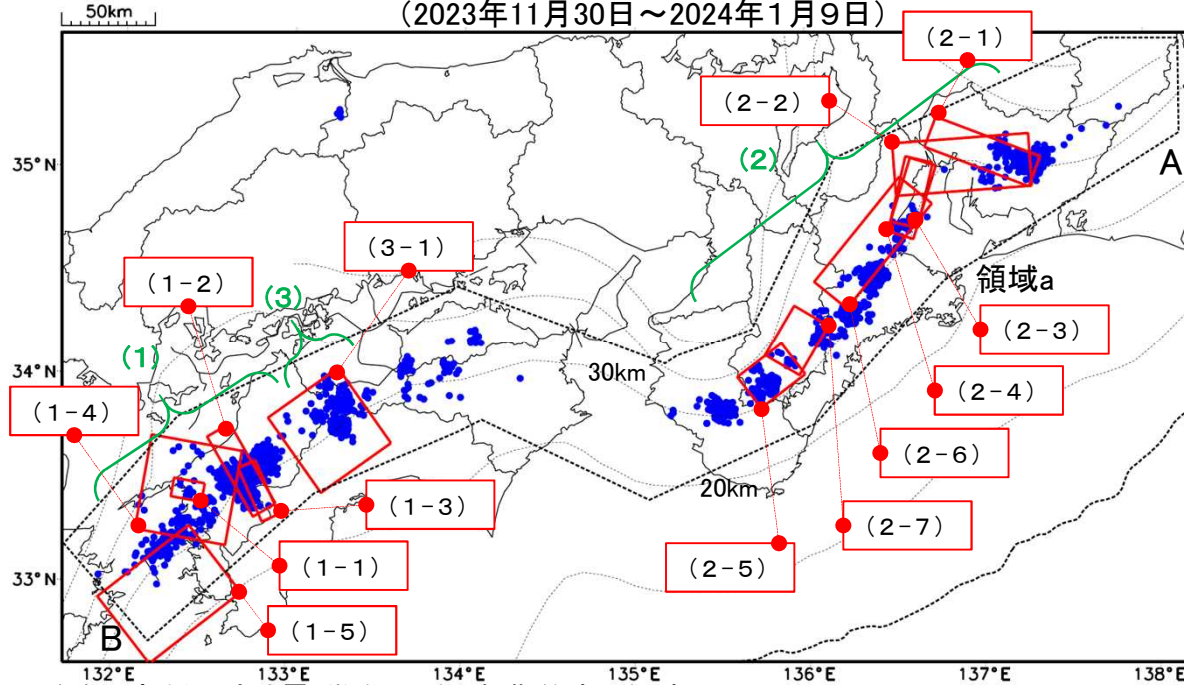
※ひずみ変化と同期して観測された深部低周波地震（微動）活動を赤字で示す。

※上の表中（1）～（3）を付した活動は、今期間、主な深部低周波地震（微動）活動として取り上げたもの。

深部低周波地震(微動)活動と短期的ゆっくりすべりの全体概要

深部低周波地震(微動)の震央分布図と短期的ゆっくりすべりの断層モデル
(2023年11月30日~2024年1月9日)

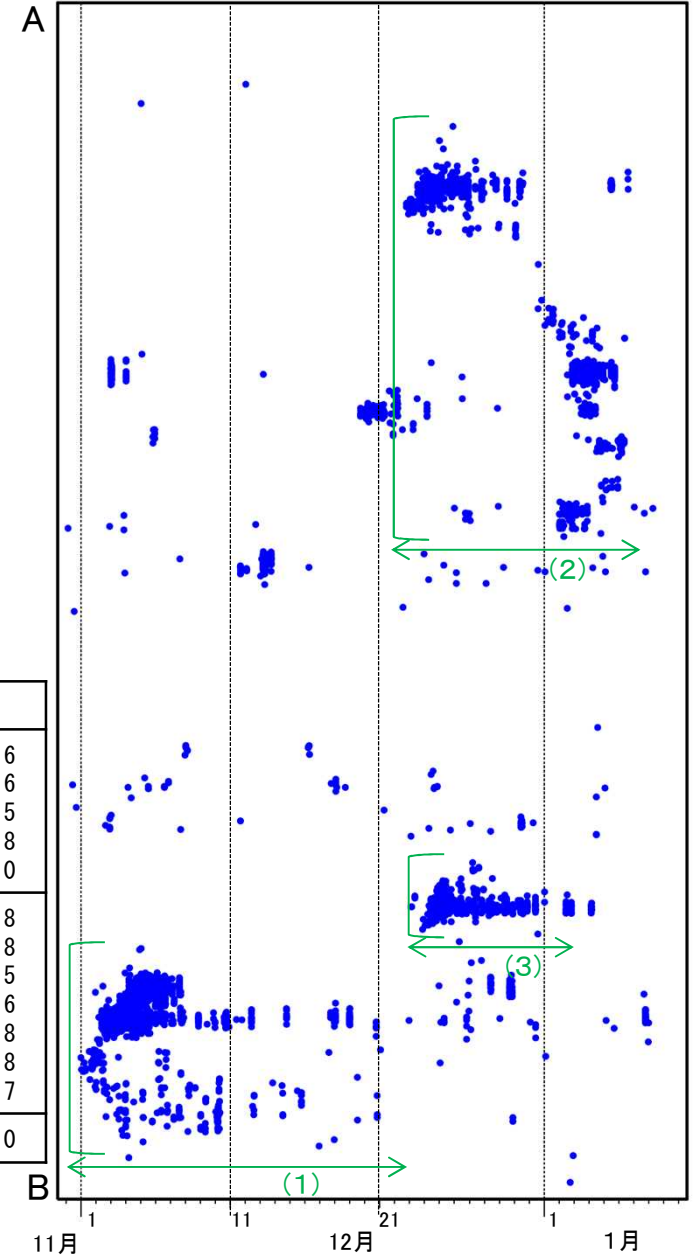
領域a(点線矩形)内の深部低周波地震(微動)の時空間分布図(A-B投影)



主な深部低周波地震(微動)活動と短期的ゆっくりすべり

活動場所	深部低周波地震(微動)活動の期間	短期的ゆっくりすべりの期間と規模
(1) 四国西部	11月30日~12月22日	(1-1) 11月30日12時~12月2日24時: Mw5.6 (1-2) 12月3日00時~12月4日24時: Mw5.6 (1-3) 12月5日00時~12月6日24時: Mw5.5 (1-4) 12月3日00時~12月4日24時: Mw5.8 (1-5) 12月5日00時~12月6日24時: Mw6.0
(2) 東海から紀伊半島中部	12月22日~1月6日	(2-1) 12月23日00時~12月24日24時: Mw5.8 (2-2) 12月25日00時~12月30日24時: Mw5.8 (2-3) 12月31日00時~1月1日12時: Mw5.5 (2-4) 1月2日00時~1月3日12時: Mw5.6 (2-5) 1月2日00時~1月3日24時: Mw5.8 (2-6) 1月3日12時~1月4日12時: Mw5.8 (2-7) 1月4日12時~1月6日12時: Mw5.7
(3) 四国中部	12月23日~1月2日	(3-1) 12月24日00時~12月31日12時: Mw6.0

●: 深部低周波地震(微動) 震央(気象庁の解析結果を示す) 期間(気象庁の解析結果を示す)
 □: 短期的ゆっくりすべりの断層モデル(東海から紀伊半島中部: 気象庁の解析結果を示す。四国中部、四国西部: 産業技術総合研究所の解析結果を示す。)
 点線は、Hirose et al.(2008)、Baba et al.(2002)によるフィリピン海プレート上面の深さ(10kmごとの等深線)を示す。

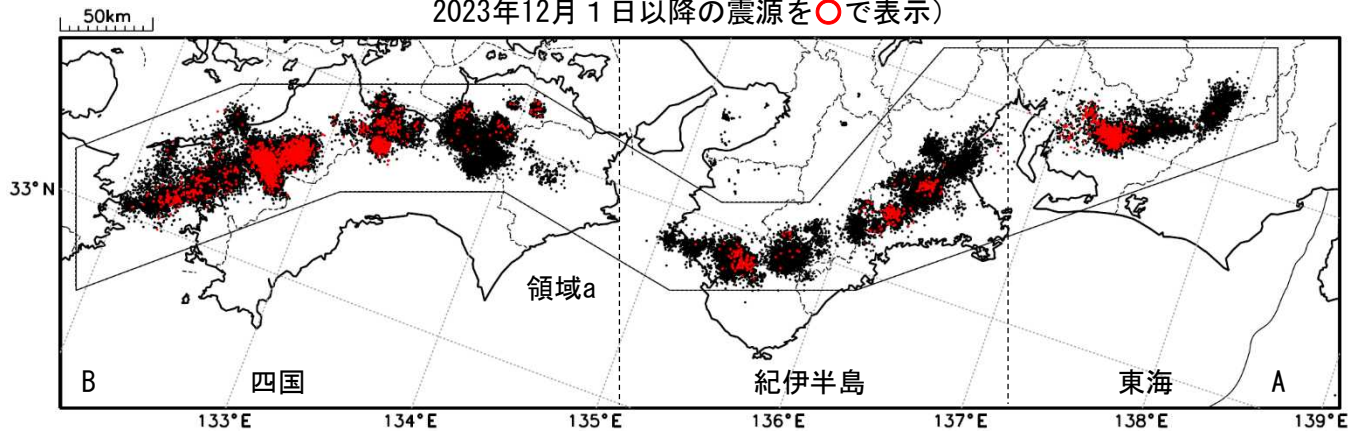


気象庁作成

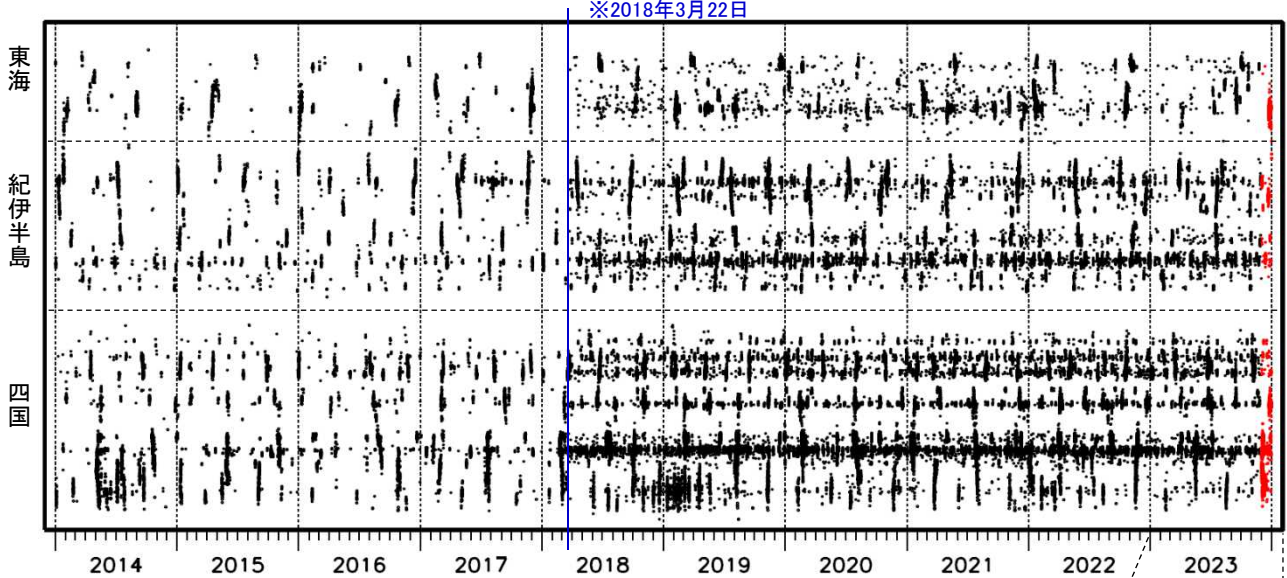
深部低周波地震（微動）活動（2014年1月1日～2023年12月31日）

深部低周波地震（微動）は、「短期的ゆっくりすべり」に密接に関連する現象とみられており、プレート境界の状態の変化を監視するために、その活動を監視している。

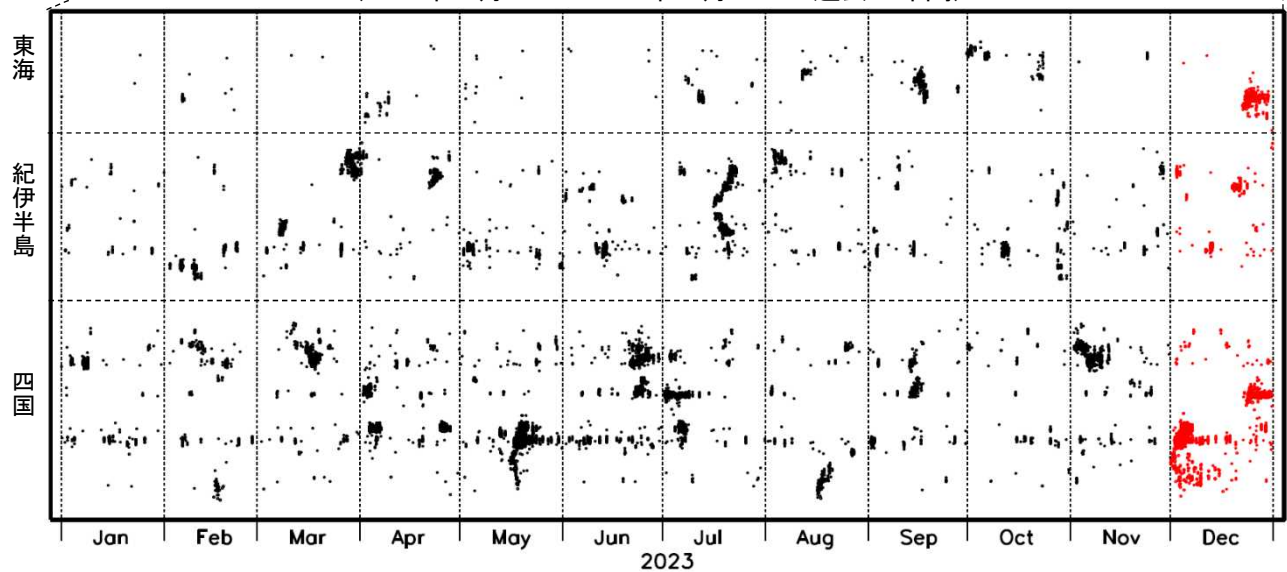
震央分布図（2014年1月1日～2023年12月31日：過去10年間
2023年12月1日以降の震源を○で表示）



上図領域a内の時空間分布図（A-B投影）



（2023年1月1日～2023年12月31日：過去1年間）



※2018年3月22日から、深部低周波地震（微動）の処理方法の変更（Matched Filter法の導入）により、それ以前と比較して検知能力が変わっている。

紀伊半島・東海地域の深部低周波微動活動状況 (2023年12月)

- 12月22日～1月6日頃に東海地方から紀伊半島南部において、活発な微動活動。

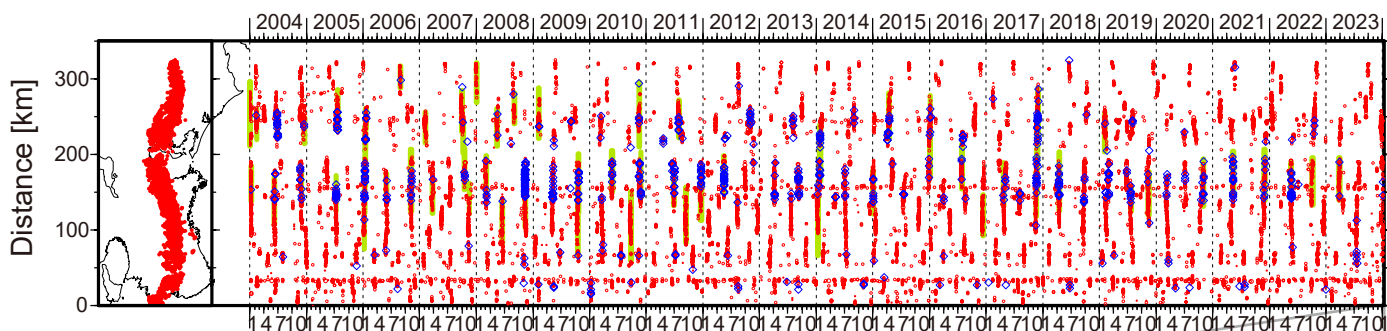


図1. 紀伊半島・東海地域における2004年1月～2024年1月8日までの深部低周波微動の時空間分布(上図). 赤丸はエンベロープ相関・振幅ハイブリッド法(Maeda and Obara, 2009)およびクラスタ処理(Obara et al., 2010)によって1時間毎に自動処理された微動分布の重心である. 青菱形は周期20秒に卓越する超低周波地震(Ito et al., 2007)である. 黄緑色の太線はこれまでに検出された短期的スロースリップイベント(SSE)を示す. 下図は2023年12月を中心とした期間の拡大図である.

12月22日～1月6日頃には、愛知県中部から奈良県南部において活発な活動がみられた。この活動は愛知県中部での開始後、東西方向への活動域の拡大がややみられたのち、27日頃からいったん低調となった。その後12月30日頃から伊勢湾付近で活動が開始し南西方向への活動域の移動がみられた。またこの活動に対し、1月2日頃から奈良県南部で開始した活動が北東方向に移動し、1月4日頃に合流した。12月20～22日頃には三重県南部で小規模な活動がみられた。12月13日頃には和歌山中部において、ごく小規模な活動がみられた。12月2日23:37頃(JST)ミンダナオ島付近で発生したM7.6(USGS)の地震後、クラスタリング処理結果でも1時台に微動源が推定されている。

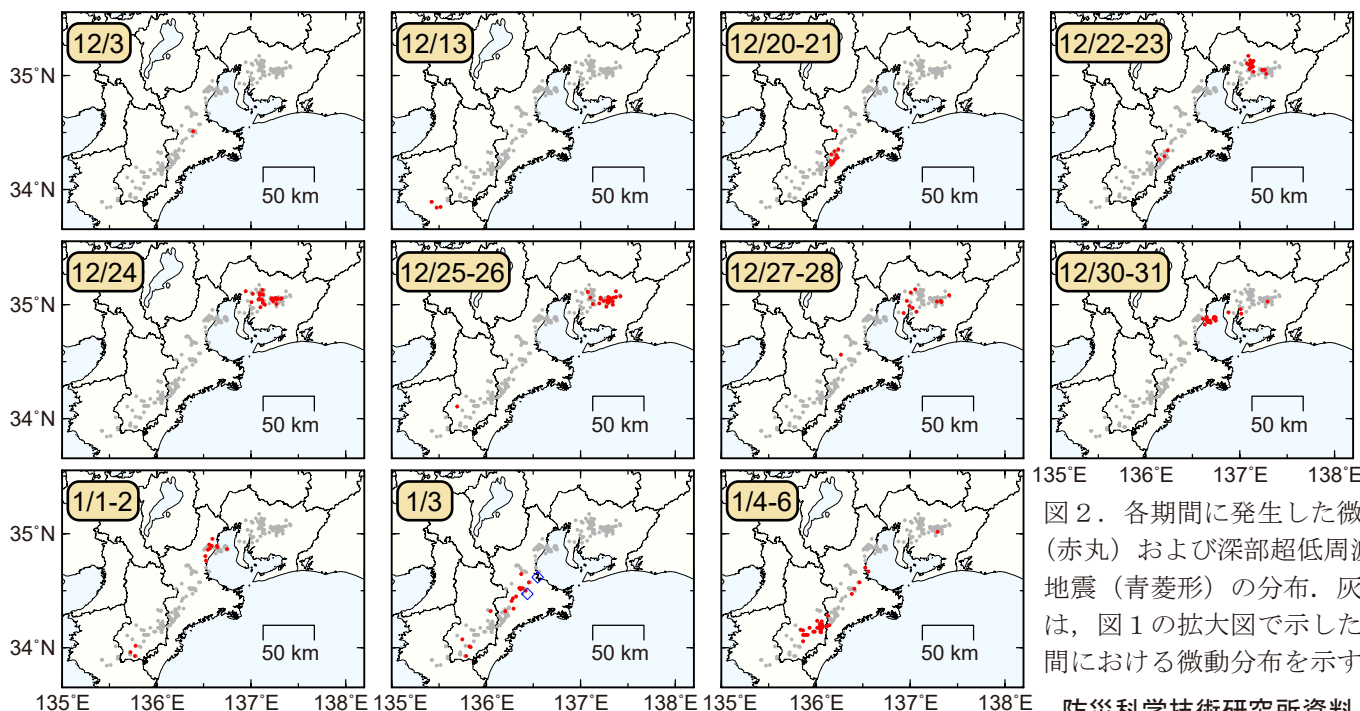


図2. 各期間に発生した微動(赤丸)および深部超低周波地震(青菱形)の分布. 灰丸は、図1の拡大図で示した期間における微動分布を示す.

東海から紀伊半島中部の深部低周波地震(微動)活動と短期的ゆっくりすべり

2023年12月22日から31日にかけて東海で、2023年12月31日から2024年1月6日にかけて紀伊半島北部で深部低周波地震(微動)を観測した。

また、2024年1月2日から5日にかけて、紀伊半島中部で深部低周波地震(微動)を観測した。

深部低周波地震(微動)活動とほぼ同期して、周辺に設置されている複数のひずみ計・傾斜計で地殻変動を観測した。これらは、短期的ゆっくりすべりに起因すると推定される。

深部低周波地震(微動)活動

震央分布図(2018年4月1日~2024年1月9日、

深さ0~60km、Mすべて)

灰:2018年4月1日~2023年12月21日、

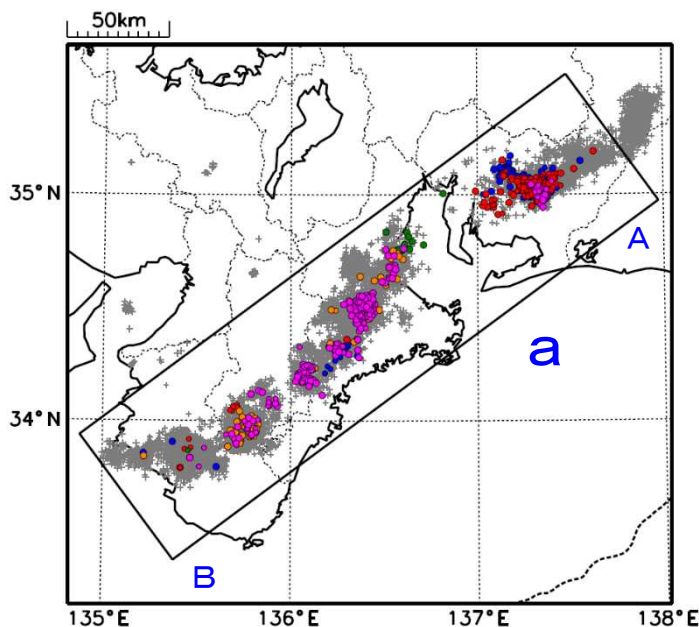
青:2023年12月22日~24日

赤:2023年12月25日~30日

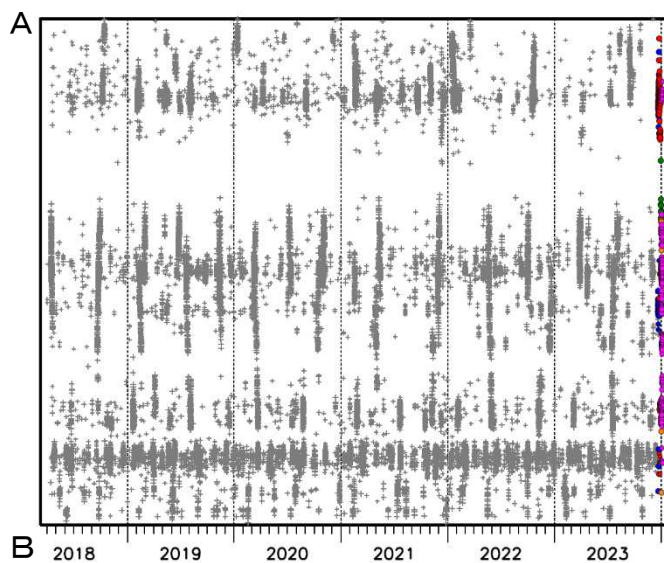
緑:2023年12月31日~2024年1月1日

黄:2024年1月2日~3日12時

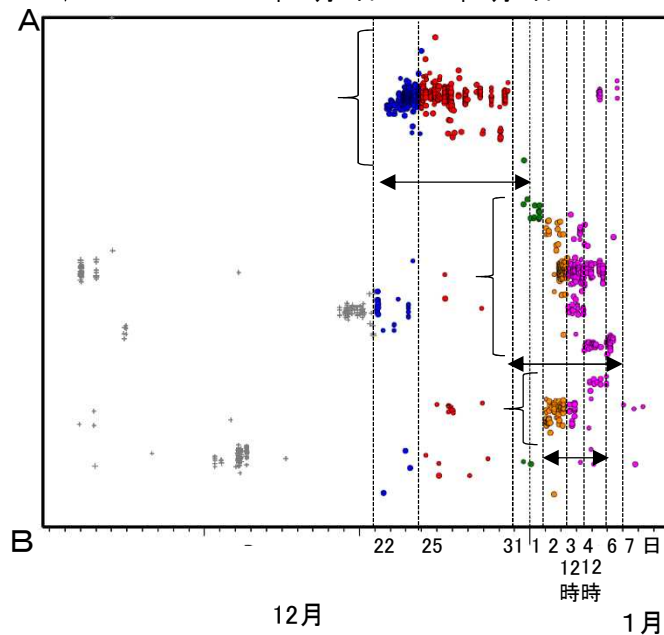
桃:2024年1月3日12時以降



領域a内の時空間分布図(A-B投影)

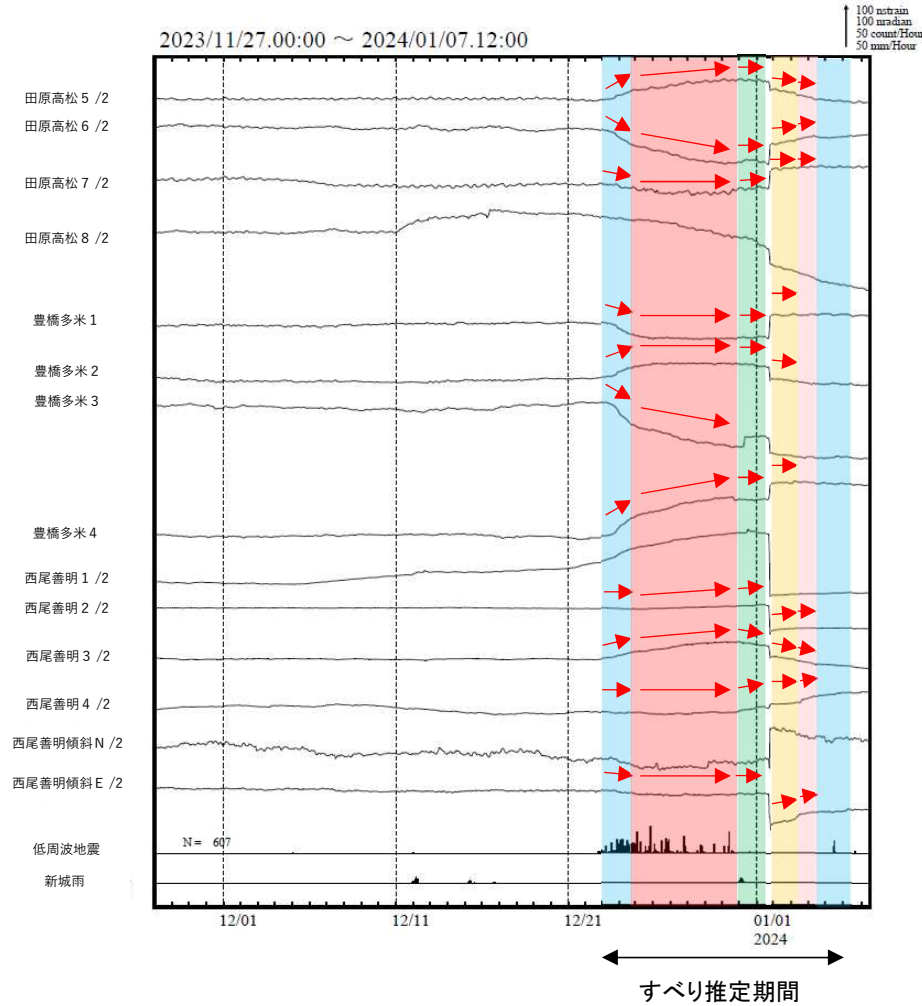


2023年12月1日~2024年1月9日

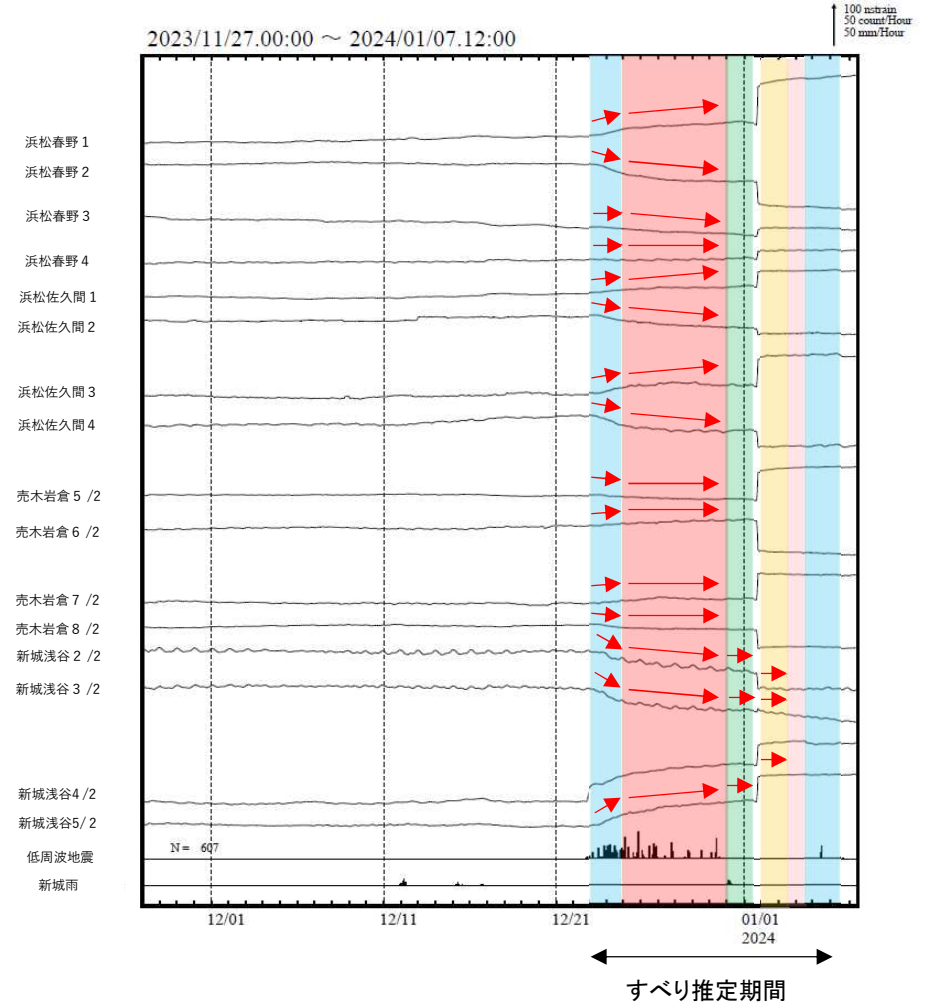


東海から紀伊半島北部で観測した短期的ゆっくりすべり(12月23日～1月6日)

長野県から和歌山県で観測されたひずみ・傾斜変化



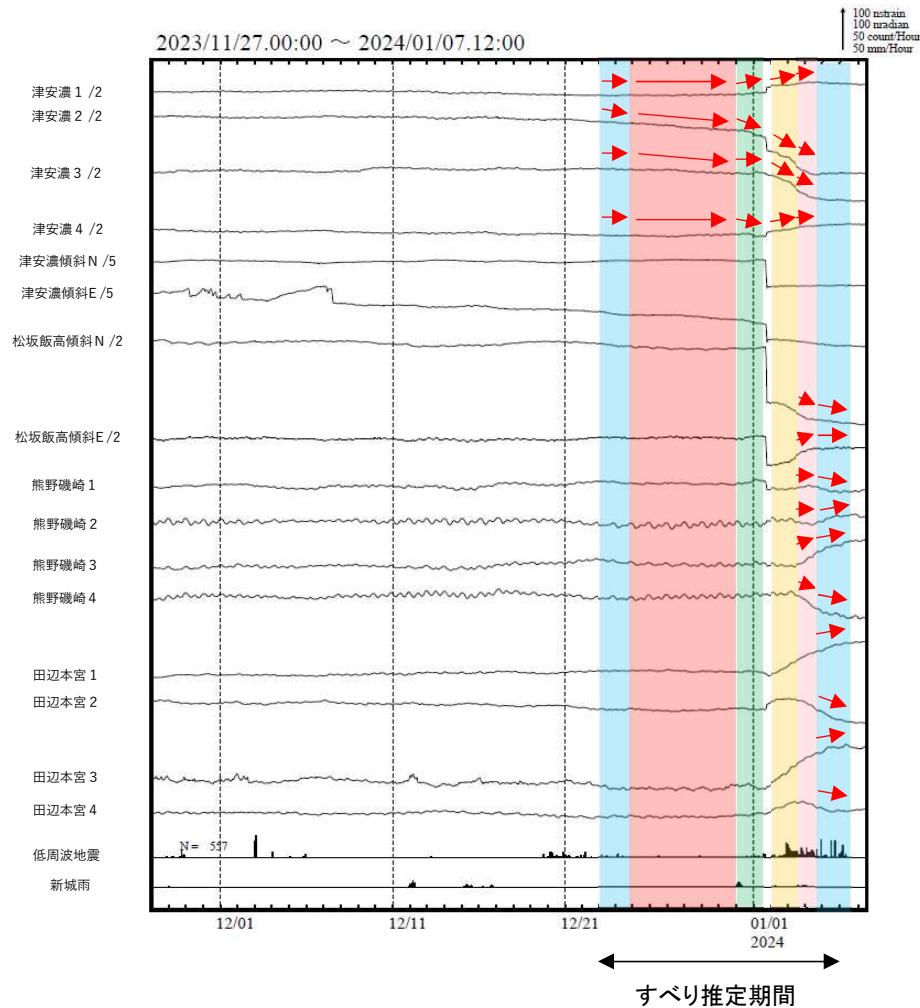
豊橋多米及び西尾善明は産業技術総合研究所のひずみ・傾斜計である。



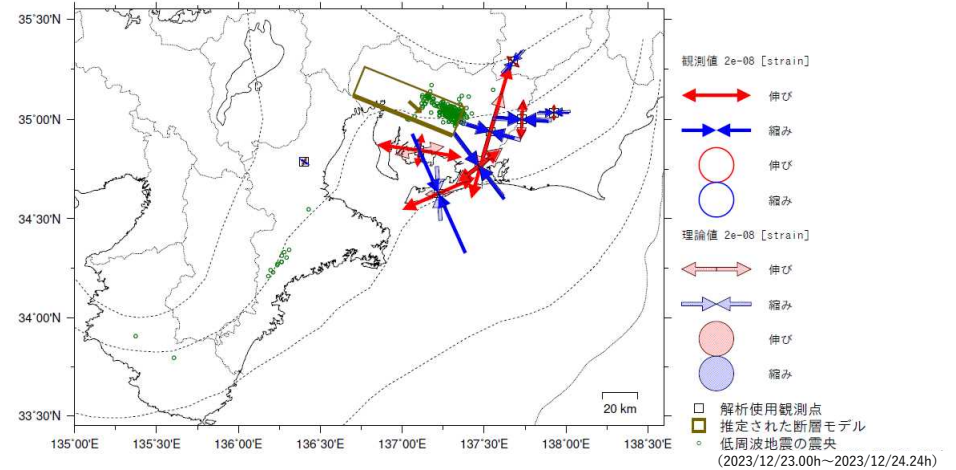
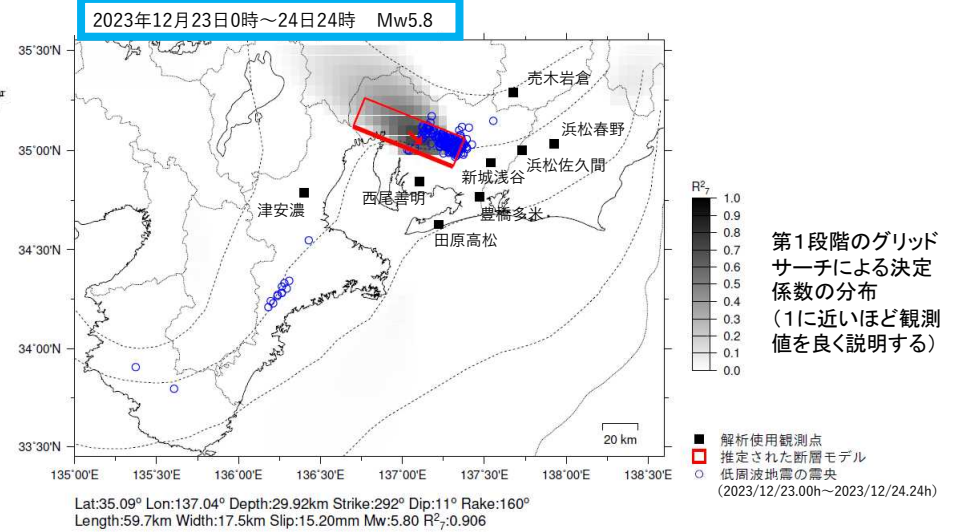
浜松春野は静岡県のひずみ計である。

東海から紀伊半島北部で観測した短期的ゆっくりすべり(12月23日～1月6日)

長野県から和歌山県で観測されたひずみ・傾斜変化



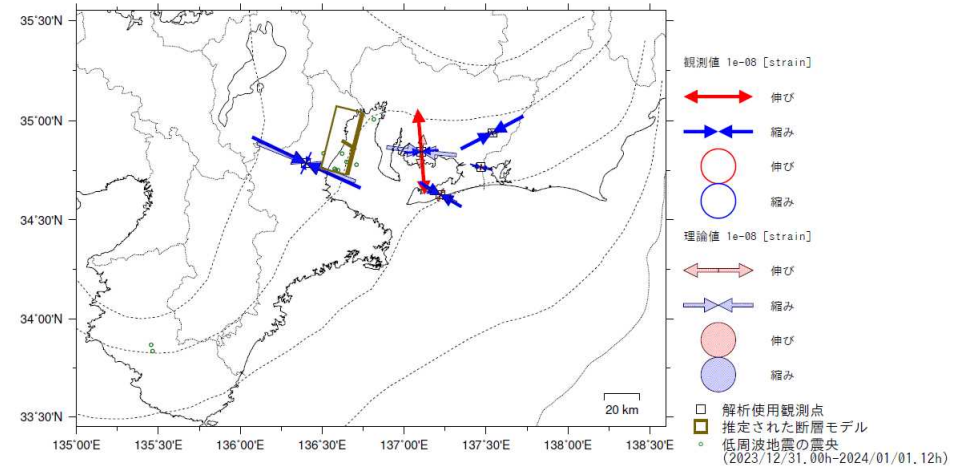
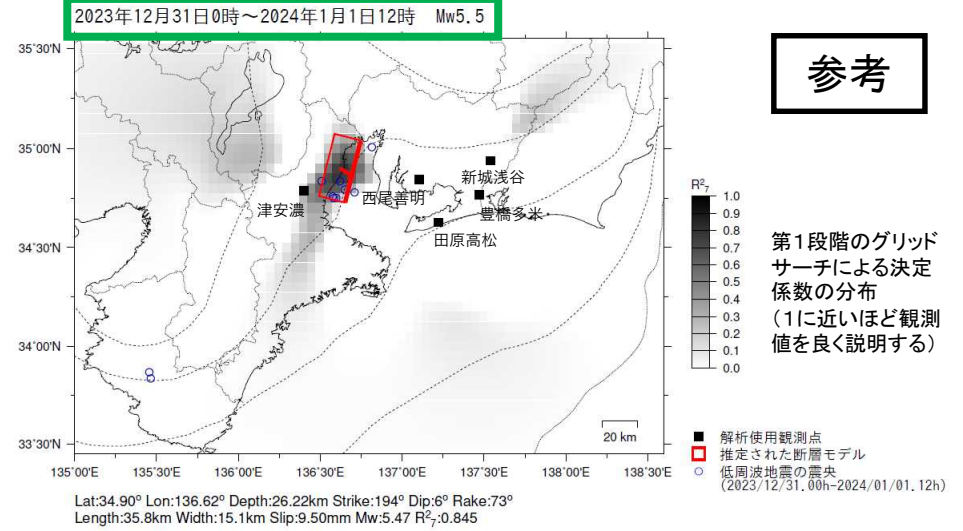
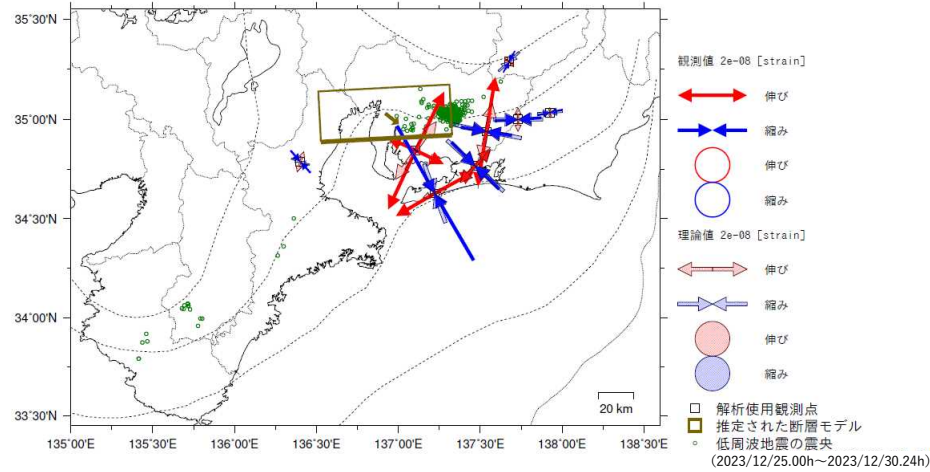
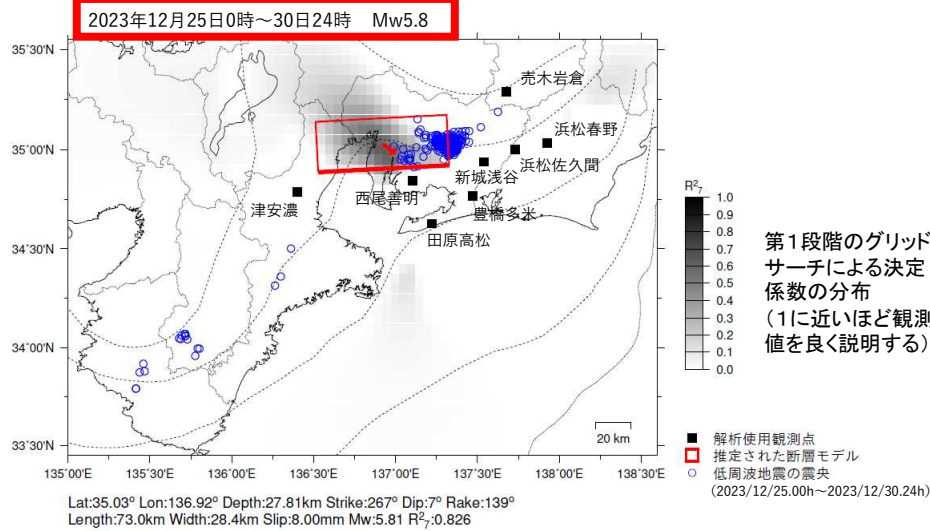
津安濃、松坂飯高、熊野磯崎及び田辺本宮は産業技術総合研究所のひずみ・傾斜計である。



前図に示す観測点での変化量を元にすべり推定を行ったところ、図の場所にすべり域が求まった。

断層モデルの推定は、産総研の解析方法(板場ほか, 2012)を参考に以下の2段階で行う。
 ・断層サイズを20km×20kmに固定し、位置を0.05度単位でグリッドサーチにより推定する。
 ・その位置を中心にして、他の断層パラメータの最適解を求める。

東海から紀伊半島北部で観測した短期的ゆっくりすべり(12月23日~1月6日)

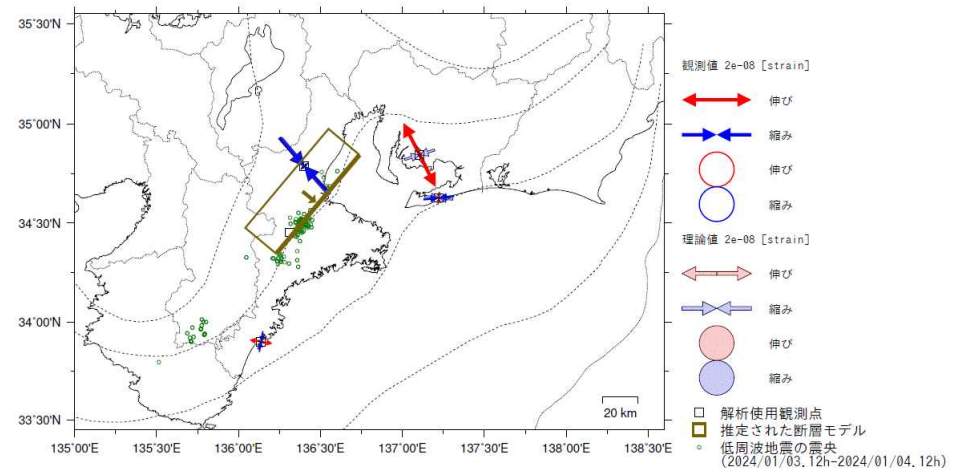
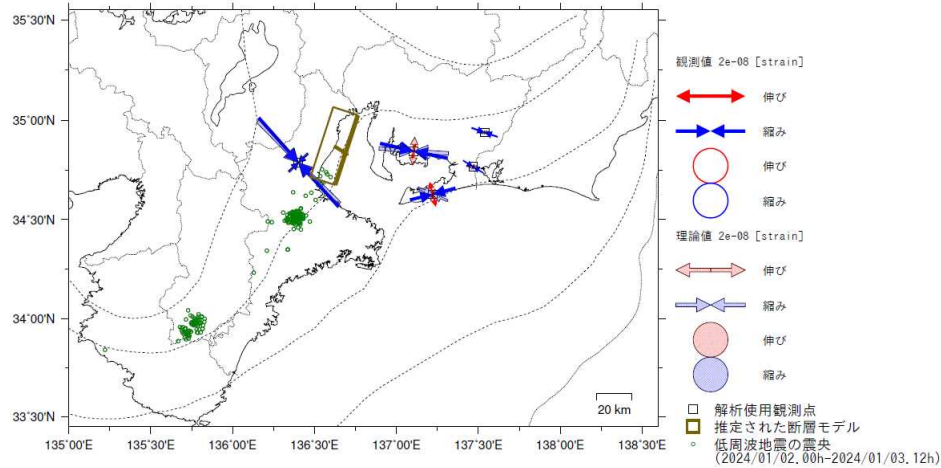
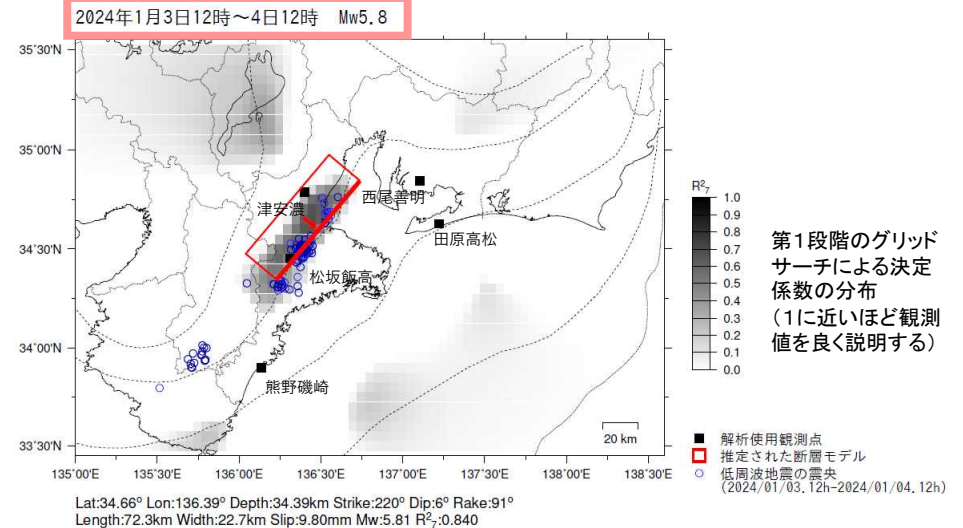
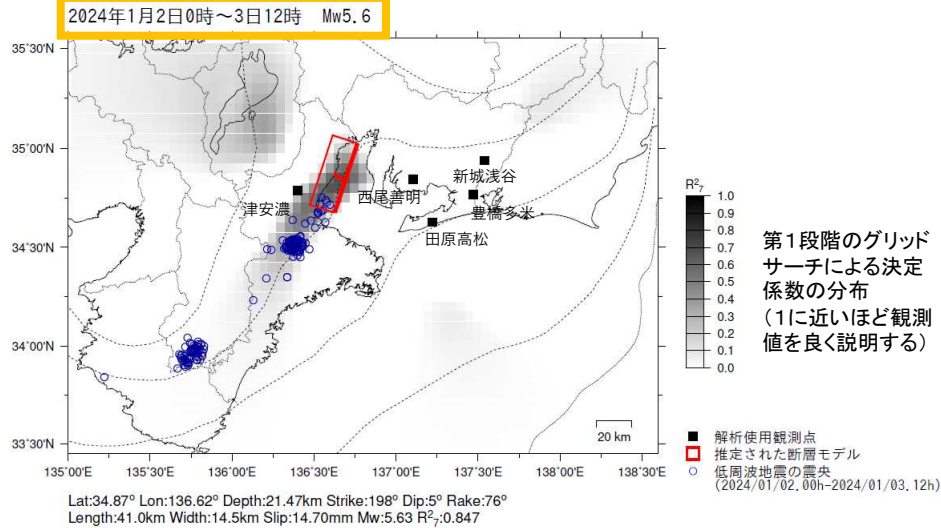


参考

前図に示す観測点での変化量を元にすべり推定を行ったところ、図の場所にすべり域が求まった。

- 断層モデルの推定は、産総研の解析方法(板場ほか, 2012)を参考に以下の2段階で行う。
- ・断層サイズを20km×20kmに固定し、位置を0.05度単位でグリッドサーチにより推定する。
 - ・その位置を中心にして、他の断層パラメータの最適解を求める。

東海から紀伊半島北部で観測した短期的ゆっくりすべり(12月23日～1月6日)



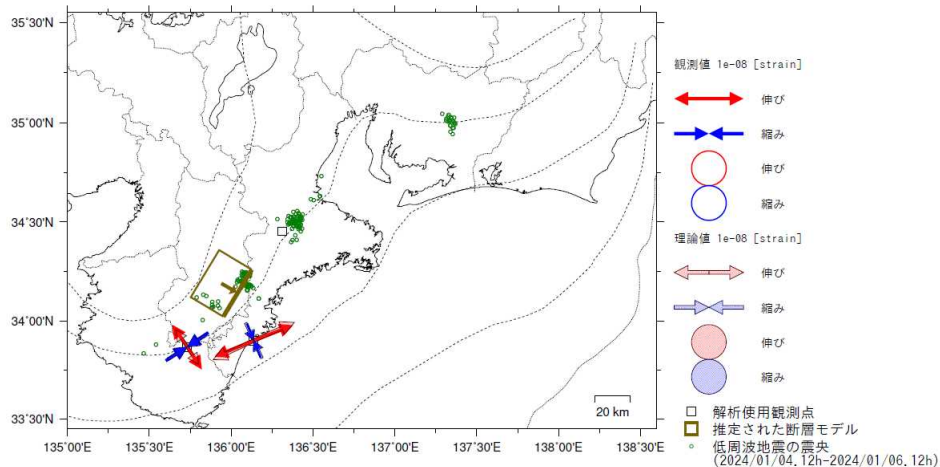
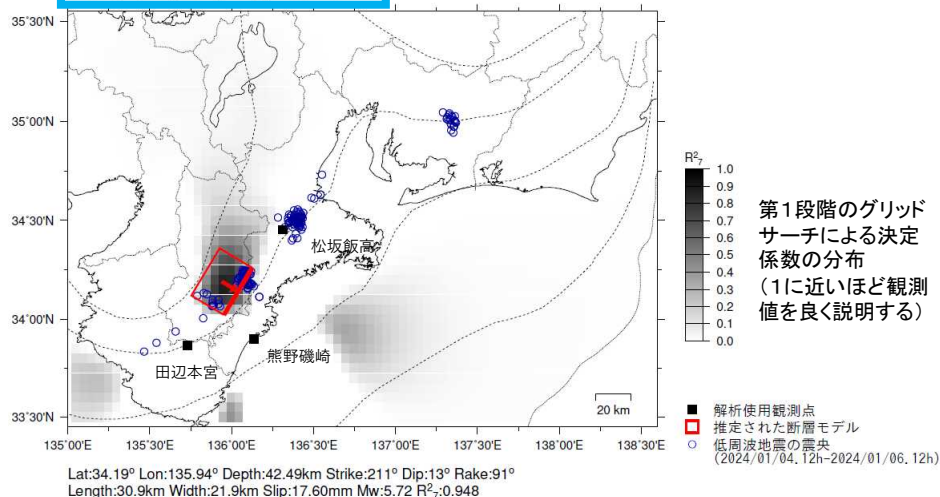
前図に示す観測点での変化量を元にすべり推定を行ったところ、図の場所にすべり域が求まった。

断層モデルの推定は、産総研の解析方法(板場ほか, 2012)を参考に以下の2段階で行う。

- 断層サイズを20km×20kmに固定し、位置を0.05度単位でグリッドサーチにより推定する。
- その位置を中心にして、他の断層パラメータの最適解を求める。

東海から紀伊半島北部で観測した短期的ゆっくりすべり(12月23日～1月6日)

2024年1月4日12時～6日12時 Mw5.7



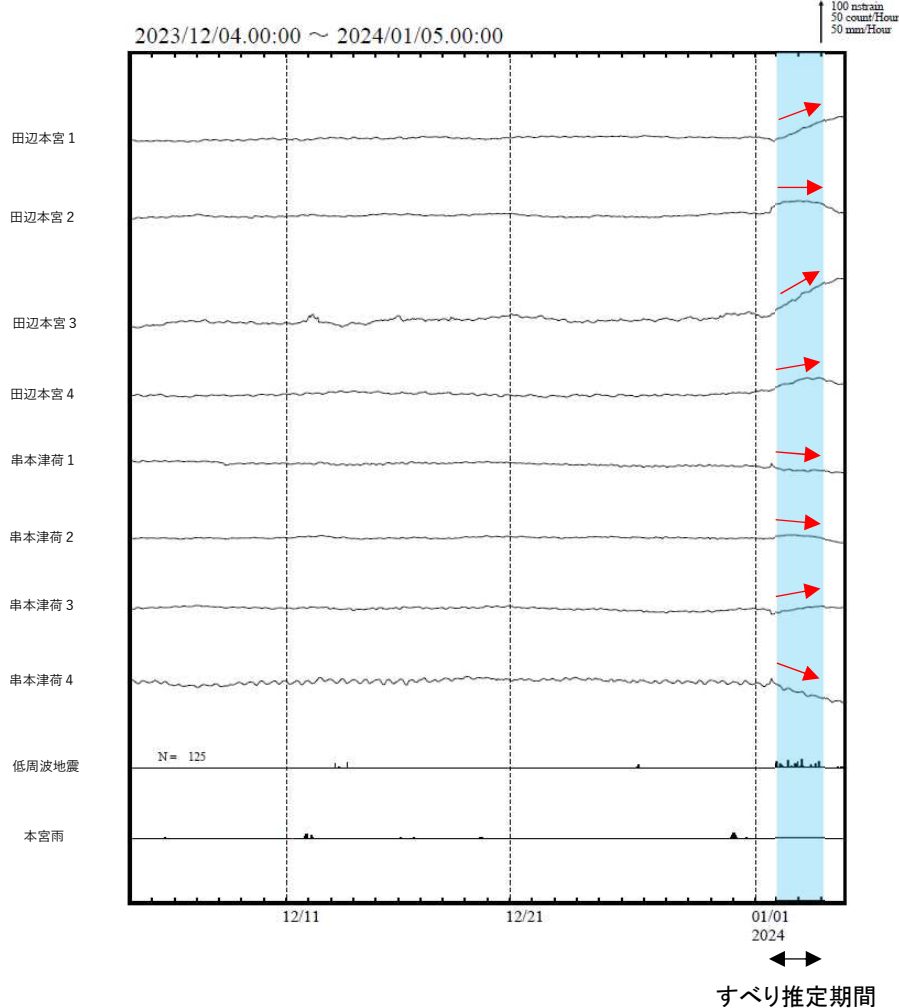
前図に示す観測点での変化量を元にすべり推定を行ったところ、図の場所にすべり域が求まった。

断層モデルの推定は、産総研の解析方法(板場ほか, 2012)を参考に以下の2段階で行う。

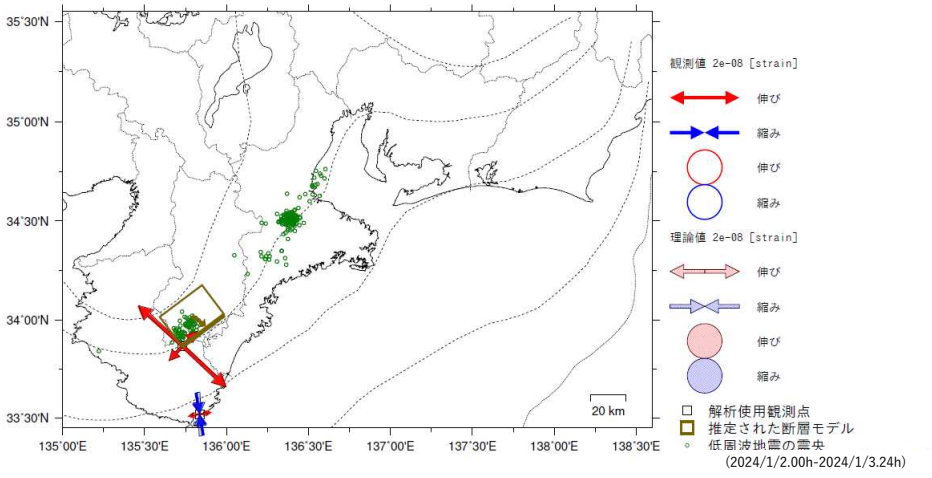
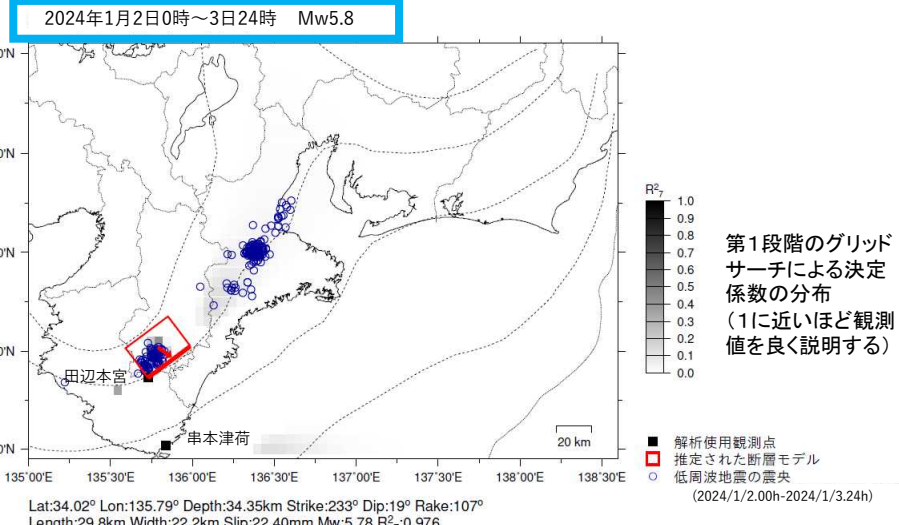
- ・断層サイズを20km×20kmに固定し、位置を0.05度単位でグリッドサーチにより推定する。
- ・その位置を中心にして、他の断層パラメータの最適解を求める。

紀伊半島中部で観測した短期的ゆっくりすべり(1月2日~3日)(速報)

和歌山県で観測されたひずみ変化



田辺本宮及び串本津荷は産業技術総合研究所のひずみ計である。



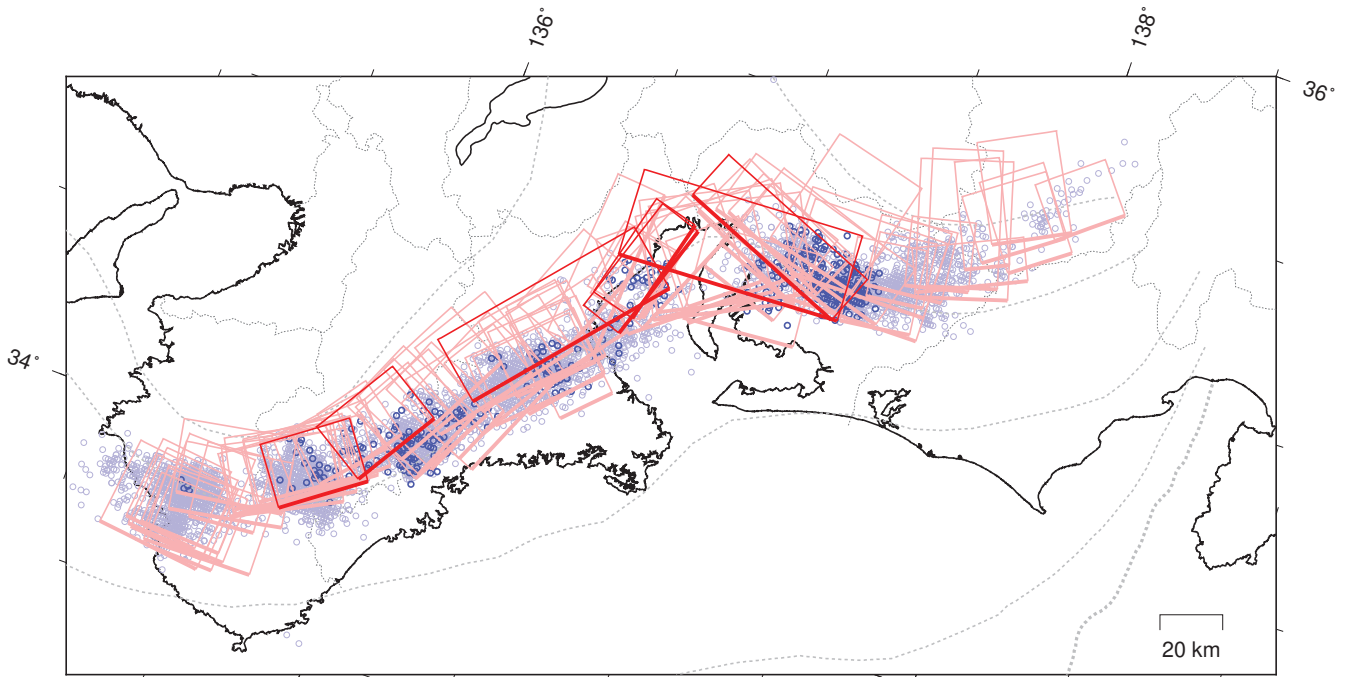
左図に示す観測点での変化量を元にすべり推定を行ったところ、図の場所にすべり域が求まった。

断層モデルの推定は、産総研の解析方法(板場ほか, 2012)を参考に以下の2段階で行う。
 ・断層サイズを20km×20kmに固定し、位置を0.05度単位でグリッドサーチにより推定する。
 ・その位置を中心にして、他の断層パラメータの最適解を求める。

東海～紀伊半島 短期的ゆっくりすべりの活動状況

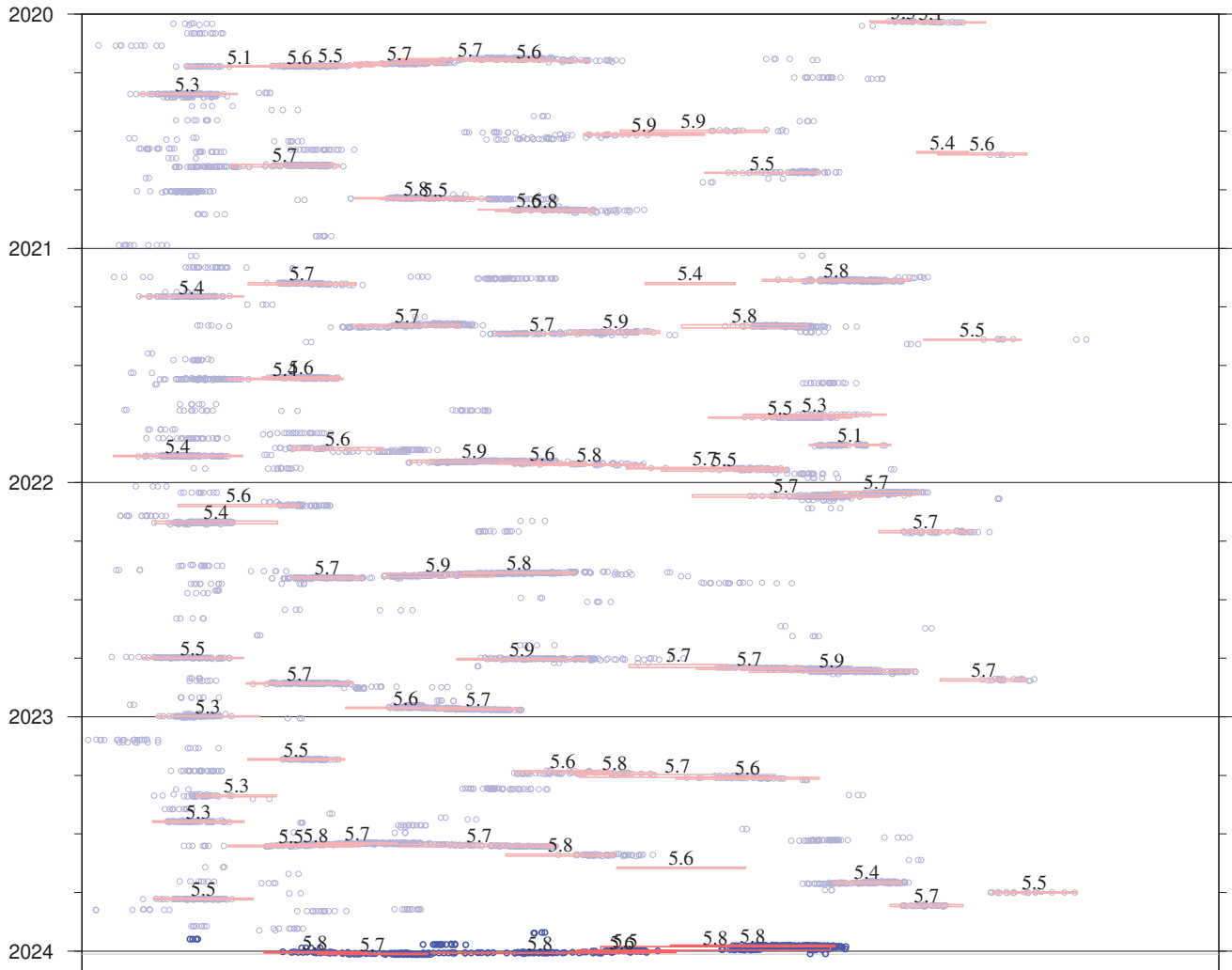
2020年1月1日～2024年1月6日

(2023年12月1日以降を濃く表示)



※破線は、フィリピン海プレート上面の等深線を示す。
 ※赤矩形は、気象庁による短期的ゆっくりすべりの断層モデル（参考解を含む）を示す。

上図の時空間分布図



※短期的ゆっくりすべりの解析には、気象庁、産業技術総合研究所及び静岡県のデータを用いている。
 ※赤矩形の上に表示されている数字は解析されたMwを示す。
 ※青丸はエンベロープ相関法（防災科学技術研究所、東京大学地震研究所との共同研究による成果）で得られた低周波微動の震央を示す。
 ※時空間分布図中の灰色線は最新データ日を示す。

- 11月30日～12月13日頃に四国西部から豊後水道において、活発な微動活動。
- 12月23日～1月2日頃に四国中部から西部において、活発な微動活動。

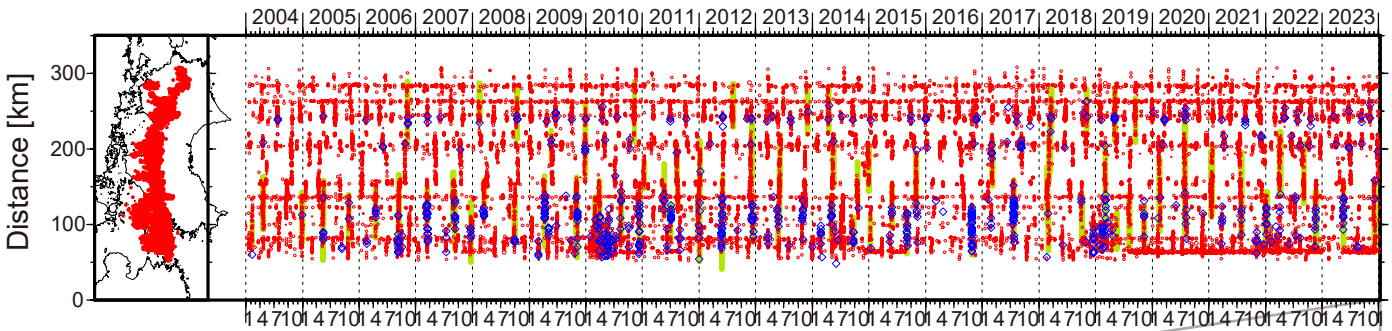


図1. 四国における2004年1月～2024年1月8日までの深部低周波微動の時空間分布(上図). 赤丸はエンベロープ相関・振幅ハイブリッド法 (Maeda and Obara, 2009) およびクラスタ処理 (Obara et al., 2010) によって1時間毎に自動処理された微動分布の重心である. 青菱形は周期20秒

に卓越する超低周波地震 (Ito et al., 2007) である. 黄緑色太線は、これまでに検出された短期的スロースリップイベント (SSE) を示す. 下図は2023年12月を中心とした期間の拡大図である. 11月30日～12月13日頃に愛媛県中部から豊後水道において活発な微動活動がみられた. この活動は愛媛県西部で開始した後、東方向への活動域の移動がみられた. この地域の活動は12月7日頃から低調となる一方、豊後水道では12月6～13日頃まで活動がみられた. この活動に際し、傾斜変動から短期的SSEの断層モデルも推定されている. 12月23日～1月2日頃には愛媛・香川・徳島県境付近から愛媛県中部において、活発な活動がみられた. この活動は愛媛県中部で開始した後、東西両方向にやや活動域の拡大がみられた. 12月30日頃に愛媛・香川・徳島県境付近で活動がみられたのち、活動は低調となった. 12月16日頃には香川県付近において、ごく小規模な活動がみられた.

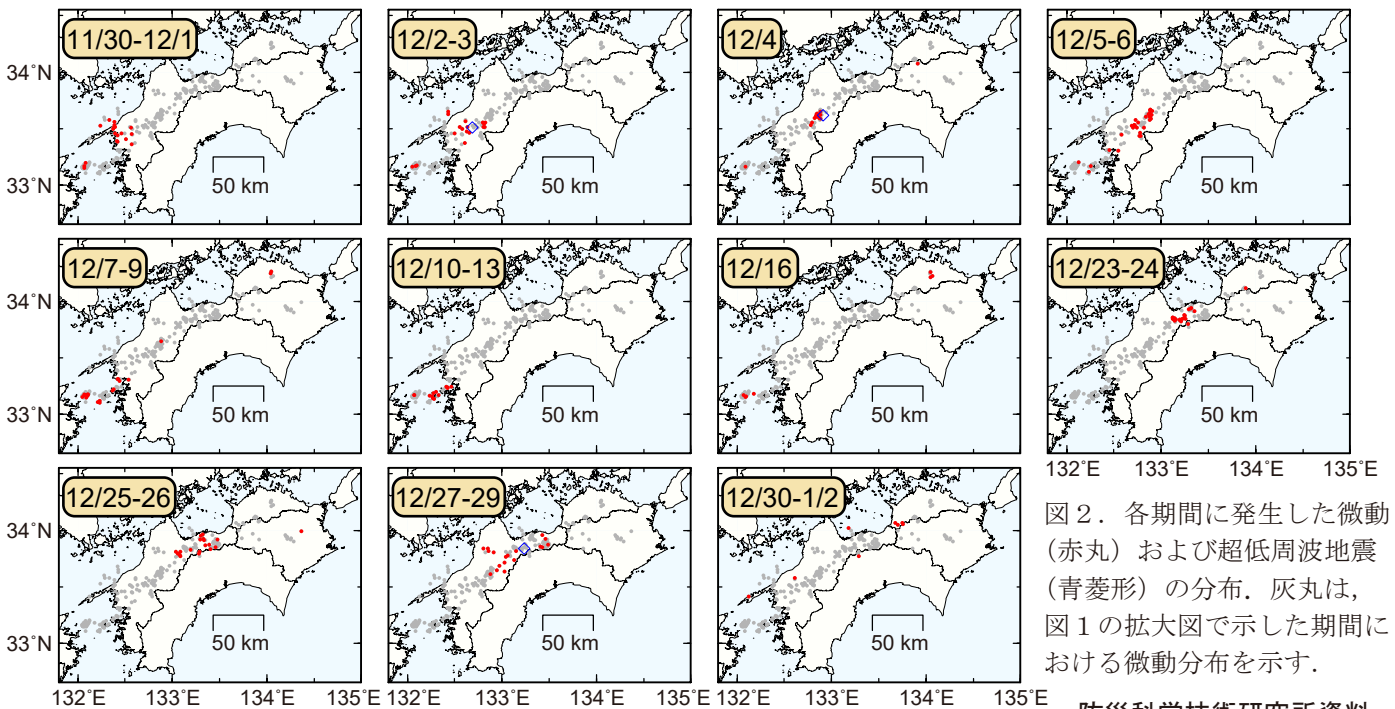


図2. 各期間に発生した微動(赤丸)および超低周波地震(青菱形)の分布. 灰丸は、図1の拡大図で示した期間における微動分布を示す.

四国西部の深部低周波地震(微動)活動と短期的ゆっくりすべり

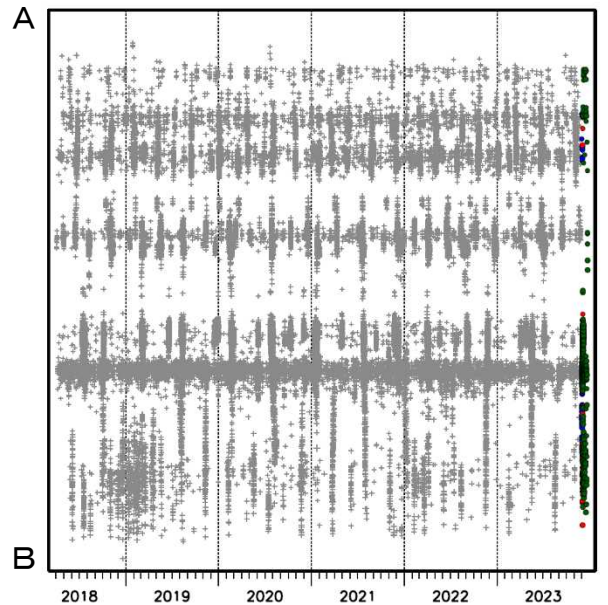
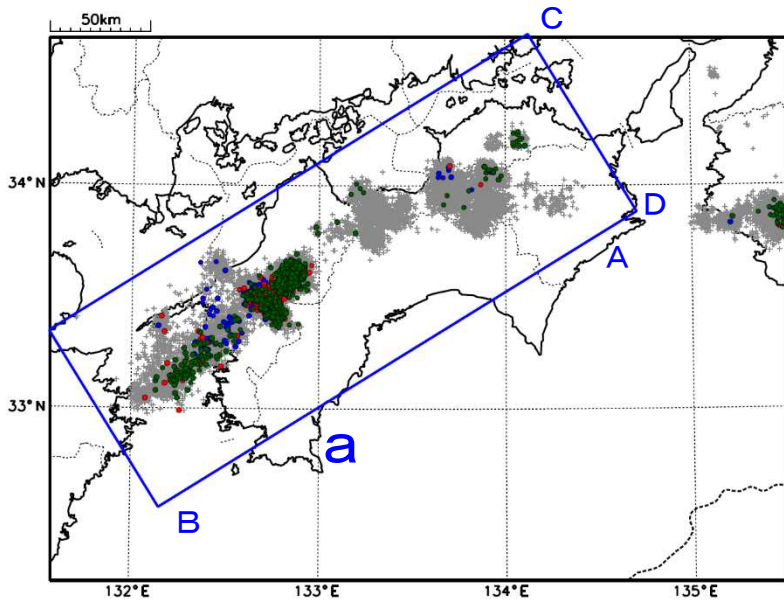
11月30日から12月22日にかけて、四国西部で深部低周波地震(微動)を観測した。深部低周波地震(微動)活動とほぼ同期して、周辺に設置されている複数のひずみ・傾斜計で地殻変動を観測した。これらは、短期的ゆっくりすべりに起因すると推定される。

深部低周波地震(微動)活動

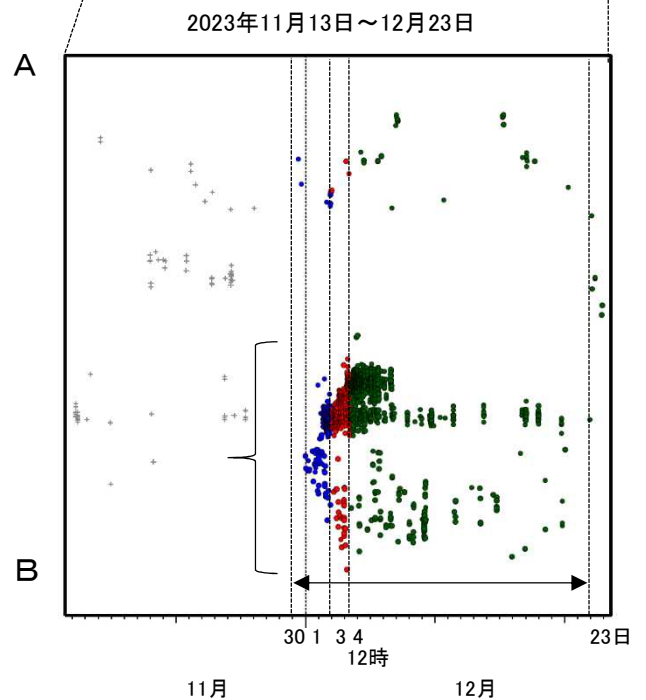
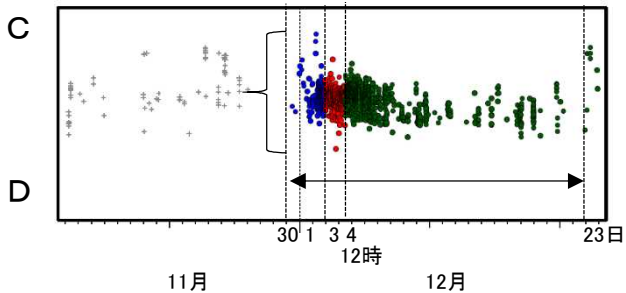
震央分布図(2018年4月1日~2023年12月23日、
深さ0~60km、Mすべて)

灰: 2018年4月1日~2023年11月29日、
青: 2023年11月30日~12月2日
赤: 2023年12月3日~4日12時
緑: 2023年12月4日12時以降

震央分布図の領域a内の時空間分布図(A-B投影)



震央分布図の領域a内の時空間分布図
(C-D投影、2023年11月13日~12月23日)



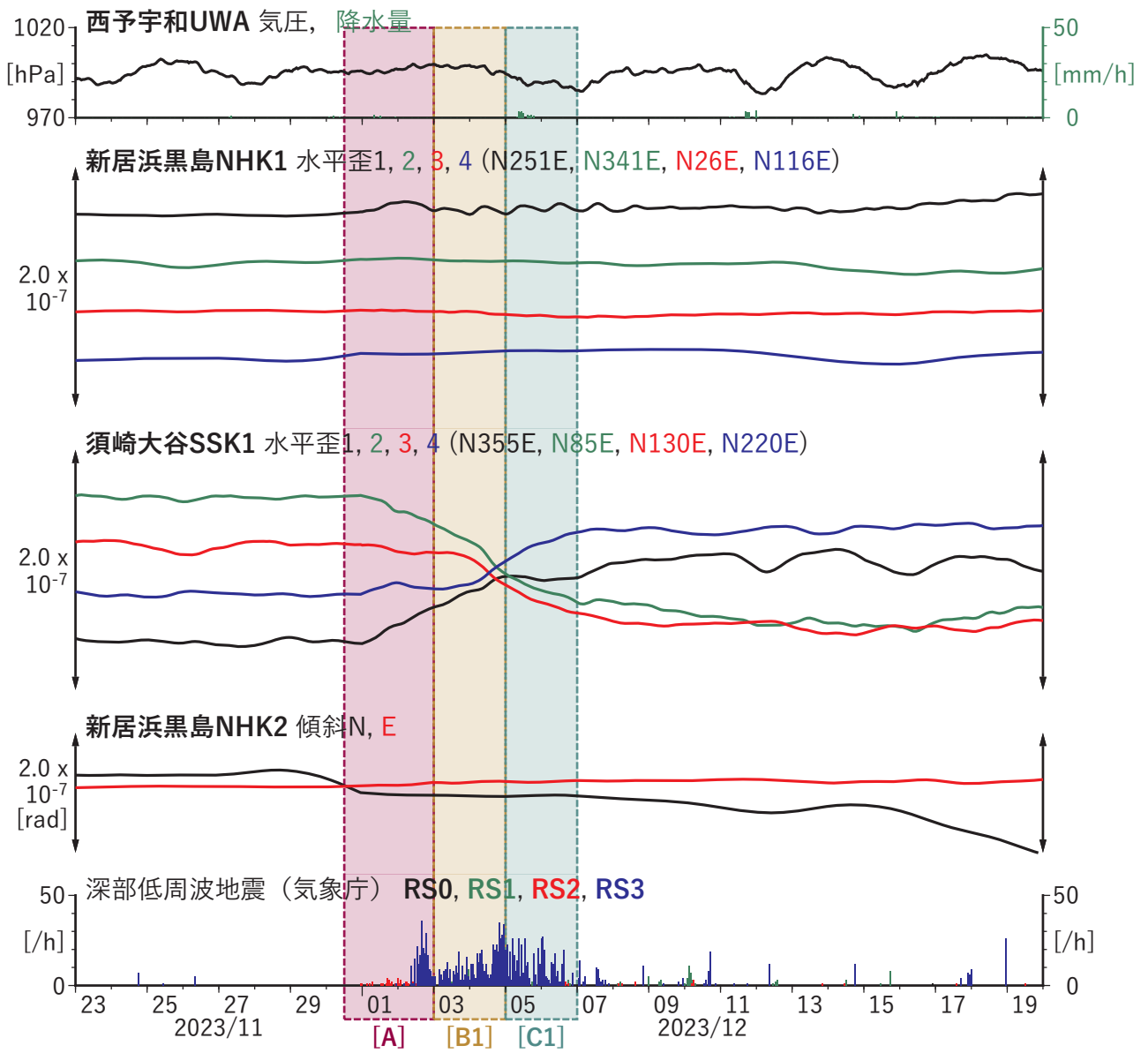


図6 歪・傾斜の時間変化(1) (2023/11/23 00:00-2023/12/20 00:00 (JST))

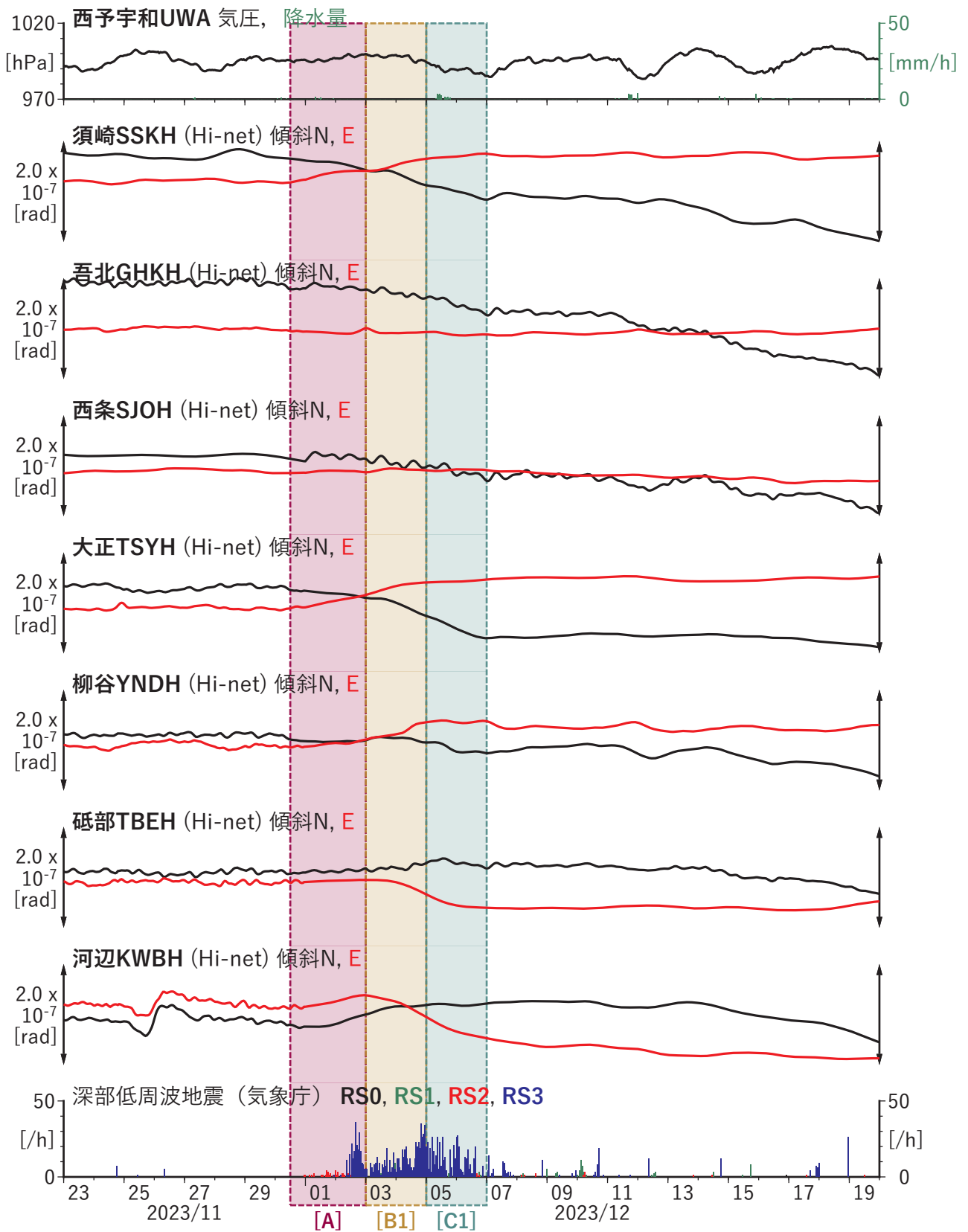


図6 歪・傾斜の時間変化(2) (2023/11/23 00:00-2023/12/20 00:00 (JST))

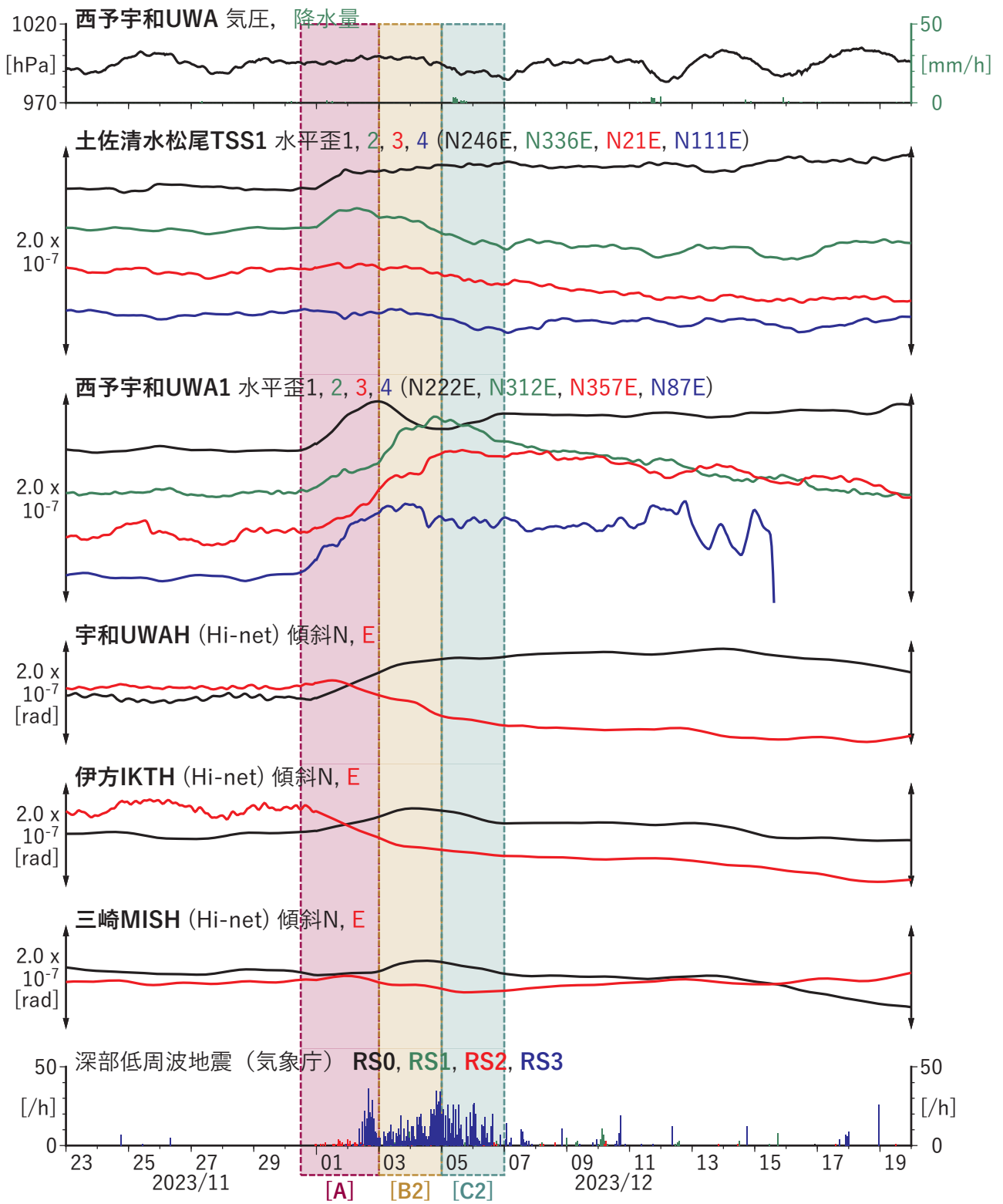
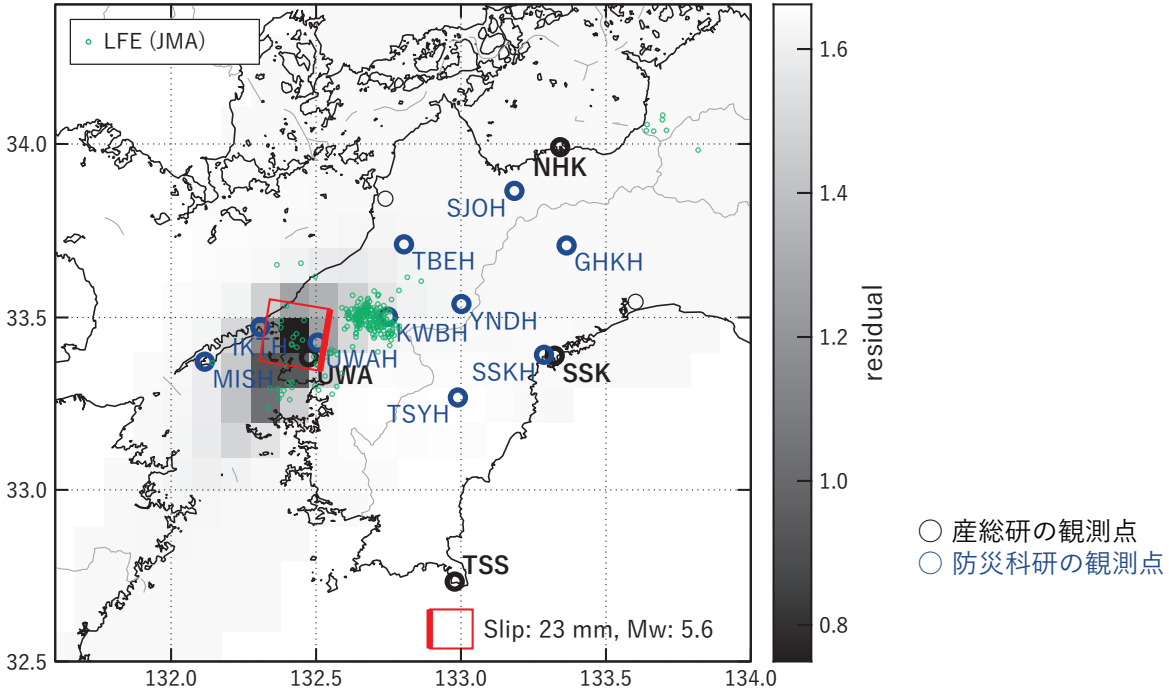


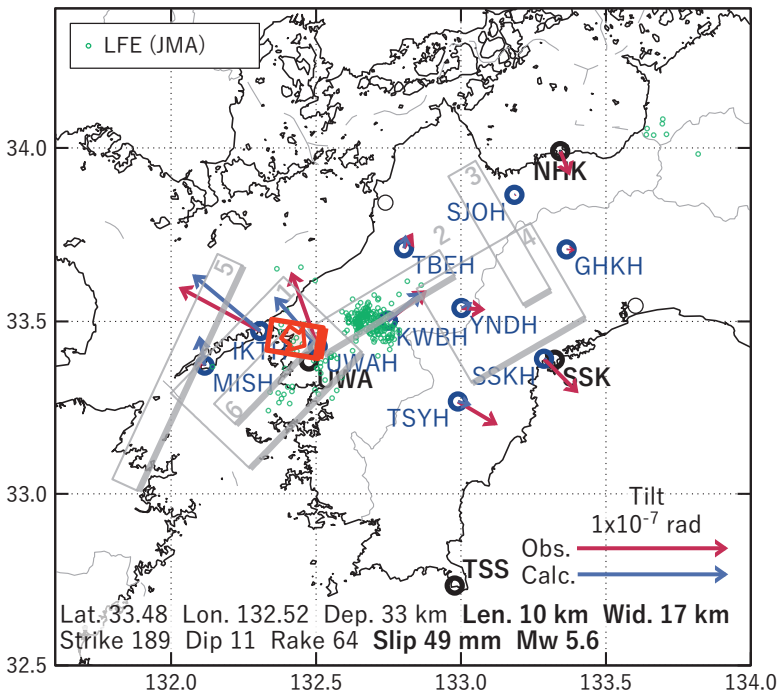
図6 歪・傾斜の時間変化(3) (2023/11/23 00:00-2023/12/20 00:00 (JST))

[A] 2023/11/30PM-12/02

(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布



(b1) 推定した断層モデル



(b2) 主歪

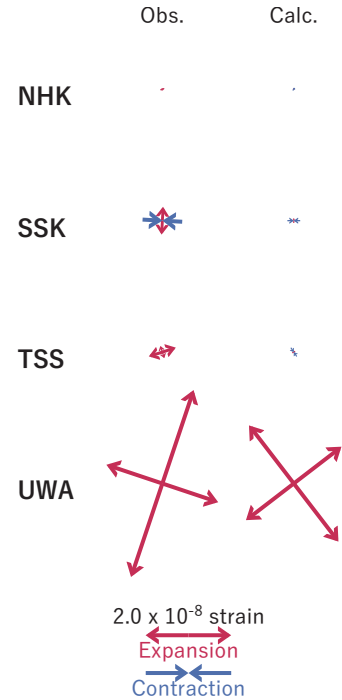
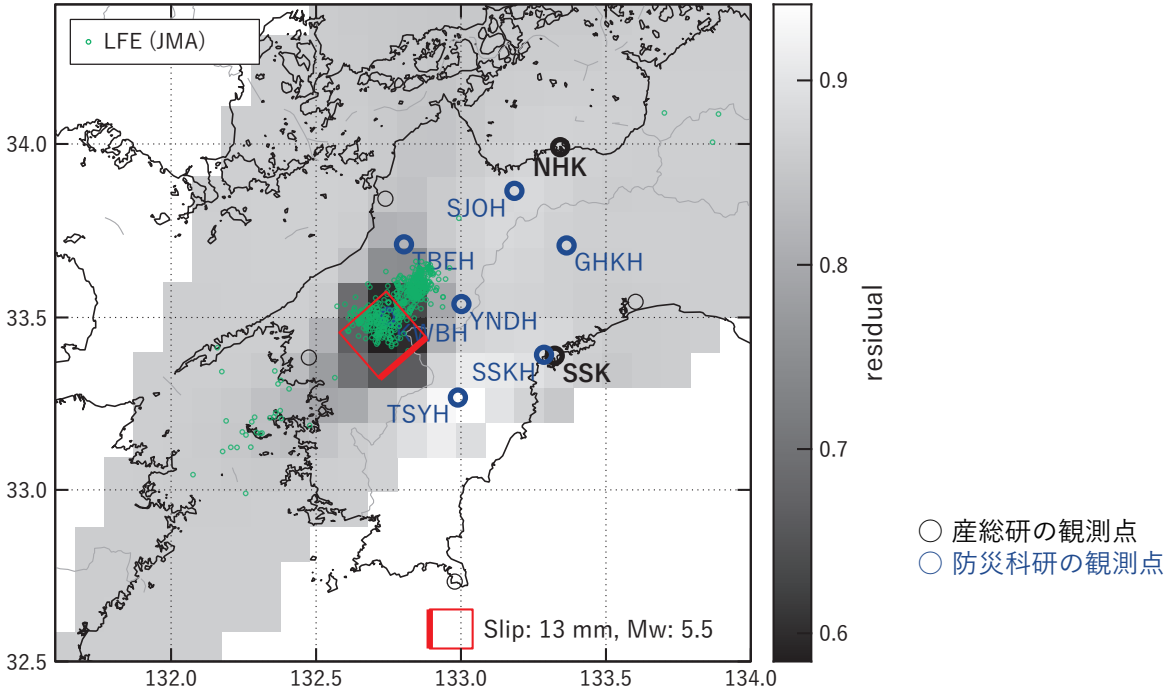


図7 2023/11/30PM-12/02の歪・傾斜変化(図6[A])を説明する断層モデル。

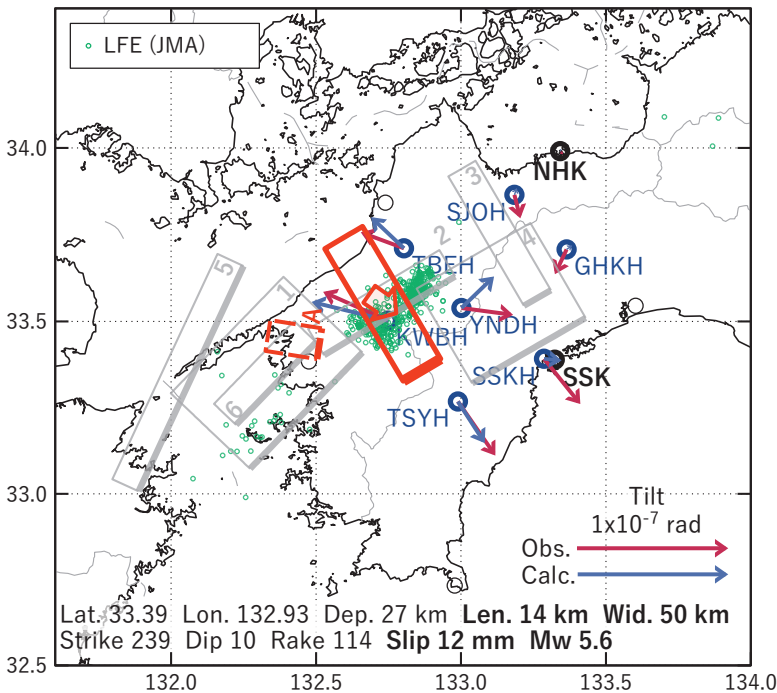
- (a) プレート境界面に沿って20 x 20 kmの矩形断層面を移動させ、各位置で残差の総和を最小にするすべり量を選んだときの残差の総和の分布。赤色矩形が残差の総和が最小となる断層面の位置。
- (b1) (a)の位置付近をグリッドサーチして推定した断層面(赤色矩形)と断層パラメータ。灰色矩形は最近周辺で発生したイベントの推定断層面。
 1: 2023/05/15PM-18AM (Mw 5.9), 2: 2023/05/18PM-21AM (Mw 5.6), 3: 2023/07/01PM-05AM (Mw 5.9),
 4: 2023/07/05PM-10AM (Mw 5.8), 5: 2023/08/15-18AM (Mw 6.0), 6: 2023/08/18PM-20 (Mw 5.5)
- (b2) 主歪の観測値と(b1)に示した断層モデルから求めた計算値との比較。

[B1] (東側) 2023/12/03-04

(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布



(b1) 推定した断層モデル



(b2) 主歪

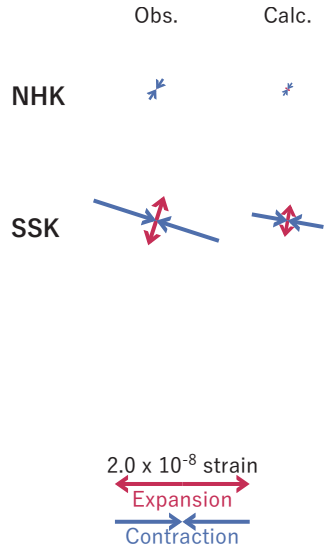
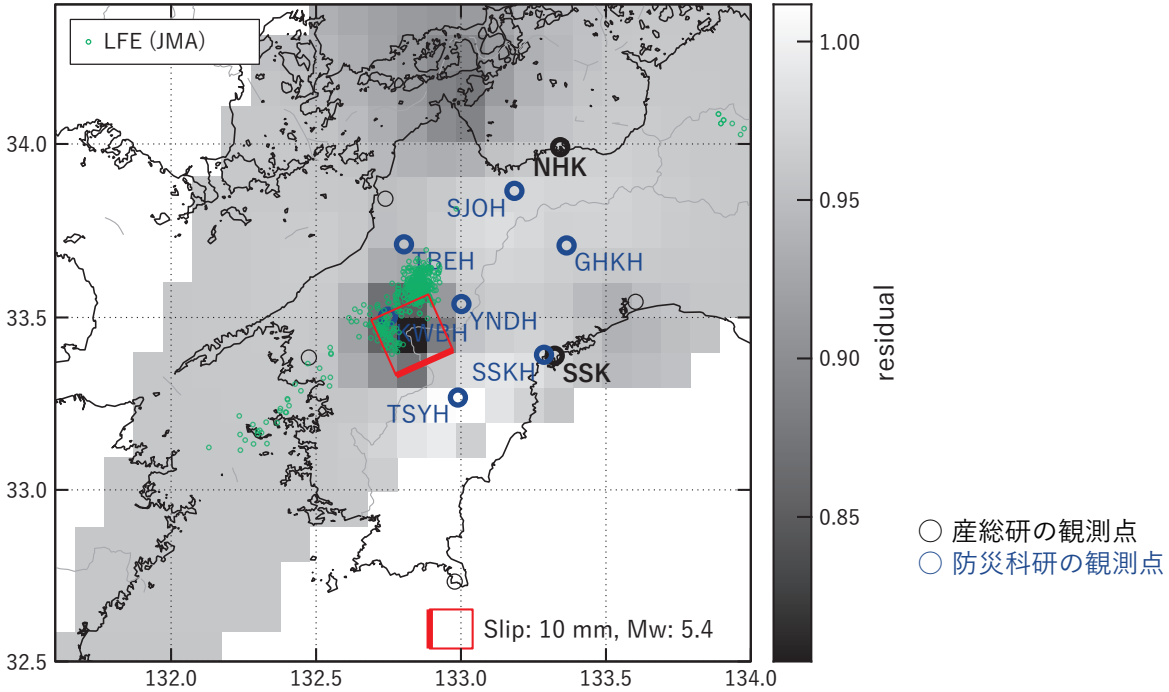


図8 2023/12/03-04 (東側) の歪・傾斜変化 (図6[B1]) を説明する断層モデル。

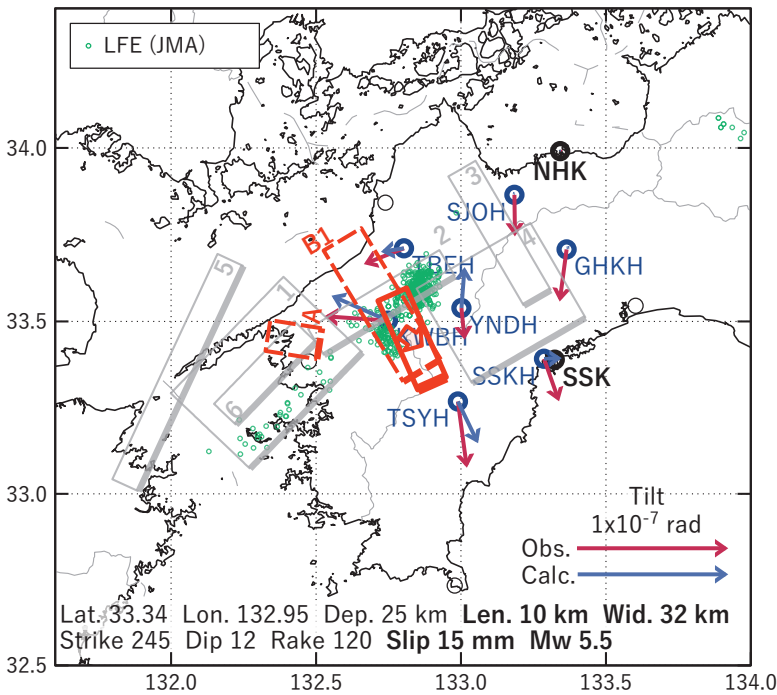
- (a) プレート境界面に沿って20 x 20 kmの矩形断層面を移動させ、各位置で残差の総和を最小にするすべり量を選んだときの残差の総和の分布。赤色矩形が残差の総和が最小となる断層面の位置。
- (b1) (a)の位置付近をグリッドサーチして推定した断層面 (赤色矩形) と断層パラメータ。灰色矩形は最近周辺で発生したイベントの推定断層面。赤色破線矩形は今回の一連のイベント。
 1: 2023/05/15PM-18AM (Mw 5.9), 2: 2023/05/18PM-21AM (Mw 5.6), 3: 2023/07/01PM-05AM (Mw 5.9),
 4: 2023/07/05PM-10AM (Mw 5.8), 5: 2023/08/15-18AM (Mw 6.0), 6: 2023/08/18PM-20 (Mw 5.5),
 A: 2023/11/30PM-12/02 (Mw 5.6)
- (b2) 主歪の観測値と(b1)に示した断層モデルから求めた計算値との比較。

[C1] (東側) 2023/12/05-06

(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布



(b1) 推定した断層モデル



(b2) 主歪

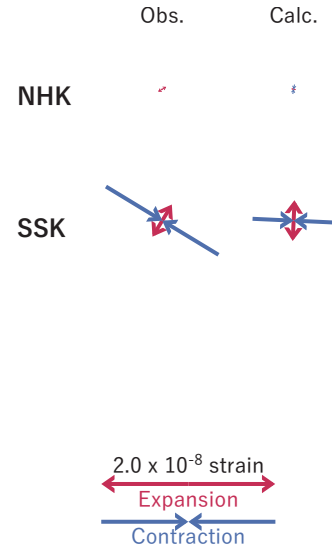
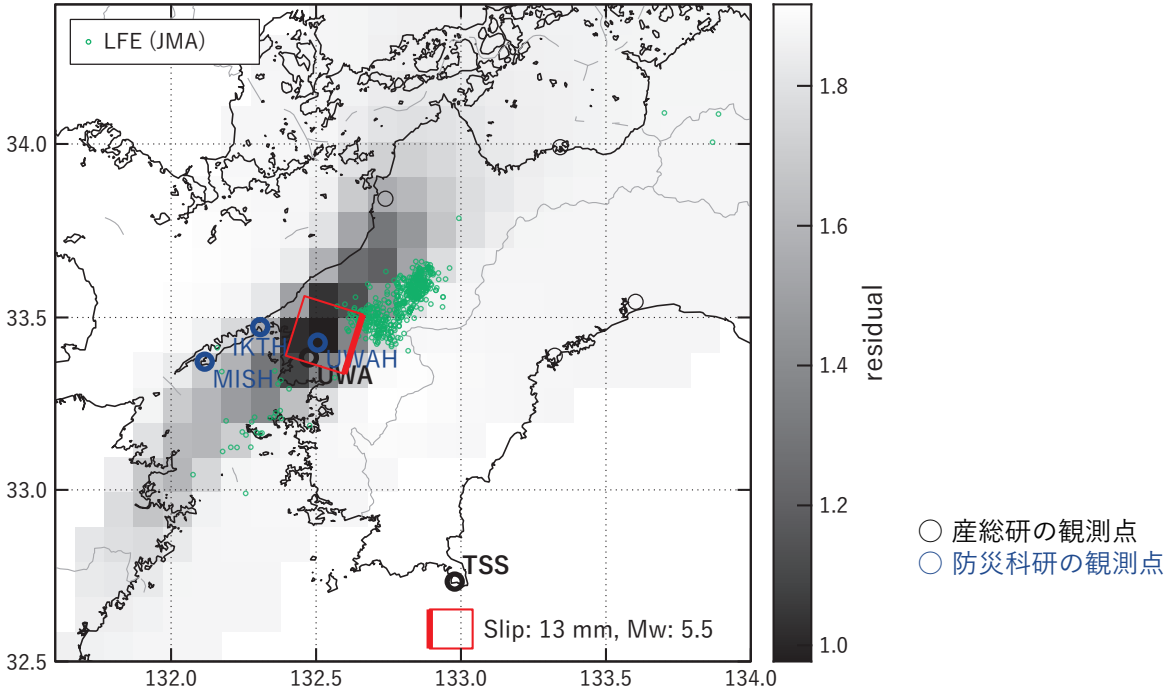


図9 2023/12/05-06 (東側) の歪・傾斜変化 (図6[C1]) を説明する断層モデル。

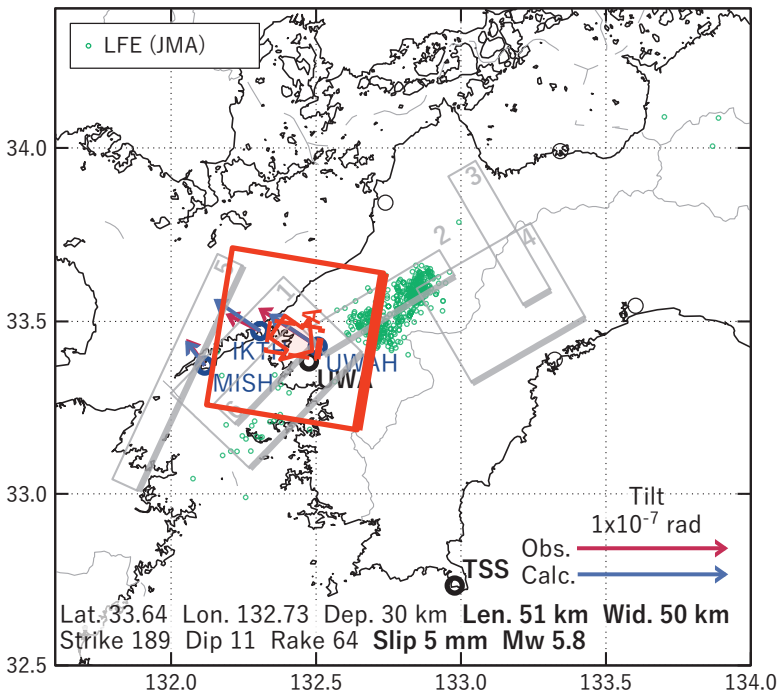
- (a) プレート境界面に沿って20 x 20 kmの矩形断層面を移動させ、各位置で残差の総和を最小にするすべり量を選んだときの残差の総和の分布。赤色矩形が残差の総和が最小となる断層面の位置。
- (b1) (a)の位置付近をグリッドサーチして推定した断層面 (赤色矩形) と断層パラメータ。灰色矩形は最近周辺で発生したイベントの推定断層面。赤色破線矩形は今回の一連のイベント。
 1: 2023/05/15PM-18AM (Mw 5.9), 2: 2023/05/18PM-21AM (Mw 5.6), 3: 2023/07/01PM-05AM (Mw 5.9),
 4: 2023/07/05PM-10AM (Mw 5.8), 5: 2023/08/15-18AM (Mw 6.0), 6: 2023/08/18PM-20 (Mw 5.5),
 A: 2023/11/30PM-12/02 (Mw 5.6), B1: 2023/12/03-04 (Mw 5.6)
- (b2) 主歪の観測値と(b1)に示した断層モデルから求めた計算値との比較。

[B2] (西側) 2023/12/03-04

(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布



(b1) 推定した断層モデル



(b2) 主歪

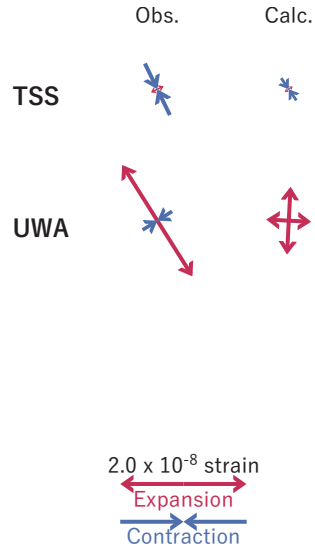
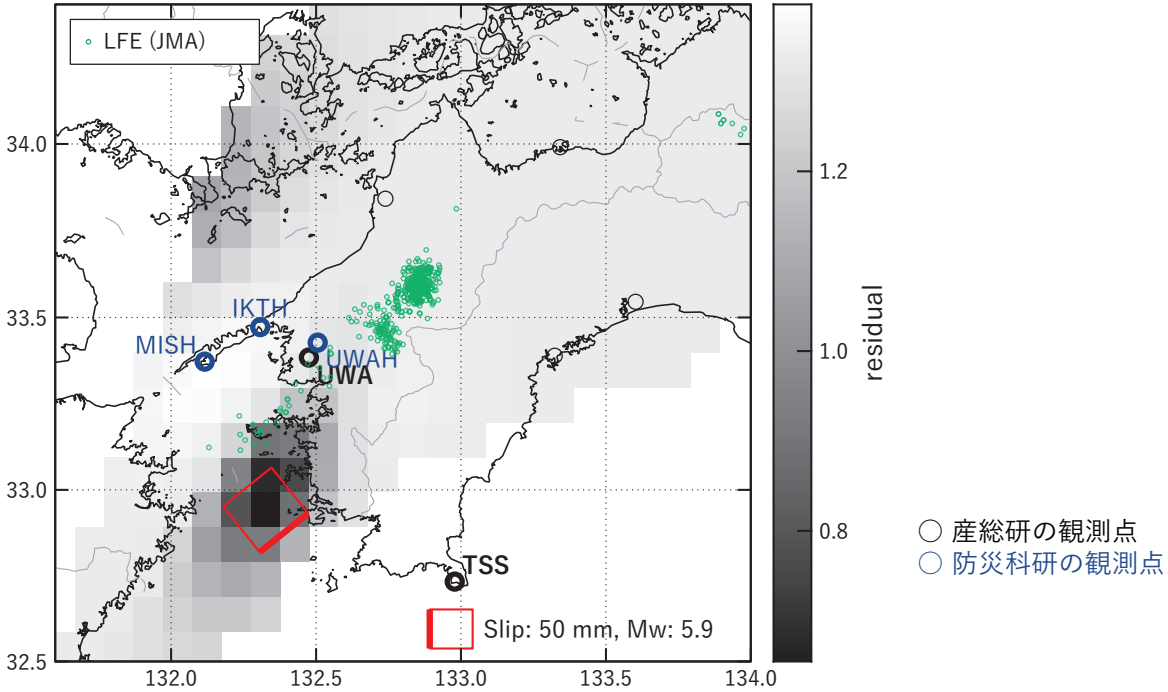


図10 2023/12/03-04 (西側) の歪・傾斜変化 (図6[B2]) を説明する断層モデル。

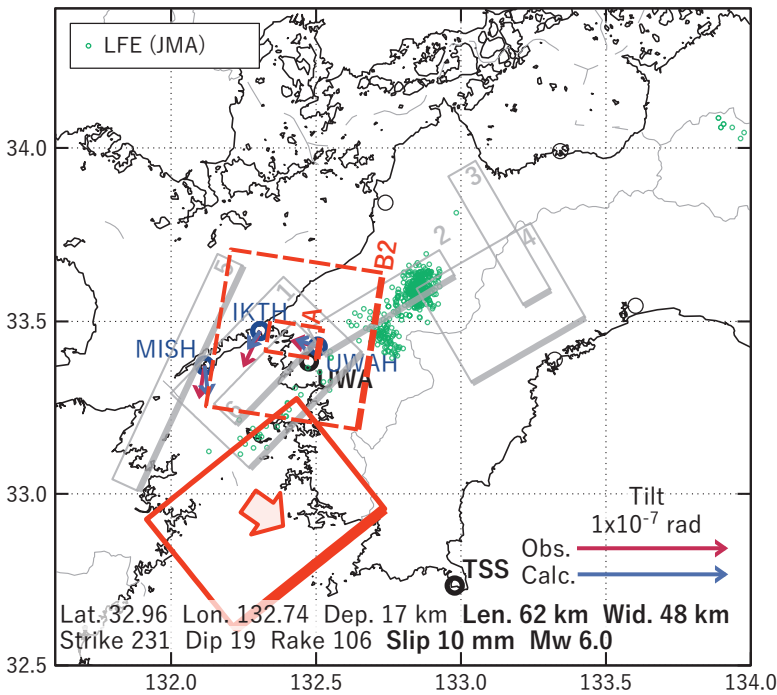
- (a) プレート境界面に沿って20 x 20 kmの矩形断層面を移動させ、各位置で残差の総和を最小にするすべり量を選んだときの残差の総和の分布。赤色矩形が残差の総和が最小となる断層面の位置。
- (b1) (a)の位置付近をグリッドサーチして推定した断層面 (赤色矩形) と断層パラメータ。灰色矩形は最近周辺で発生したイベントの推定断層面。赤色破線矩形は今回の一連のイベント。
 1: 2023/05/15PM-18AM (Mw 5.9), 2: 2023/05/18PM-21AM (Mw 5.6), 3: 2023/07/01PM-05AM (Mw 5.9),
 4: 2023/07/05PM-10AM (Mw 5.8), 5: 2023/08/15-18AM (Mw 6.0), 6: 2023/08/18PM-20 (Mw 5.5),
 A: 2023/11/30PM-12/02 (Mw 5.6)
- (b2) 主歪の観測値と(b1)に示した断層モデルから求めた計算値との比較。

[C2] (西側) 2023/12/05-06

(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布



(b1) 推定した断層モデル



(b2) 主歪

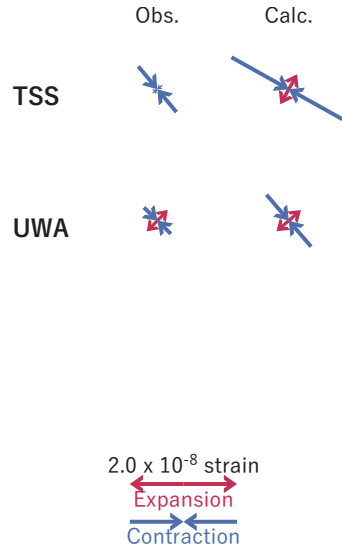


図11 2023/12/05-06 (西側) の歪・傾斜変化 (図6[C2]) を説明する断層モデル。

(a) プレート境界面に沿って20 x 20 kmの矩形断層面を移動させ、各位置で残差の総和を最小にするすべり量を選んだときの残差の総和の分布。赤色矩形が残差の総和が最小となる断層面の位置。

(b1) (a)の位置付近をグリッドサーチして推定した断層面 (赤色矩形) と断層パラメータ。灰色矩形は最近周辺で発生したイベントの推定断層面。赤色破線矩形は今回の一連のイベント。

1: 2023/05/15PM-18AM (Mw 5.9), 2: 2023/05/18PM-21AM (Mw 5.6), 3: 2023/07/01PM-05AM (Mw 5.9),

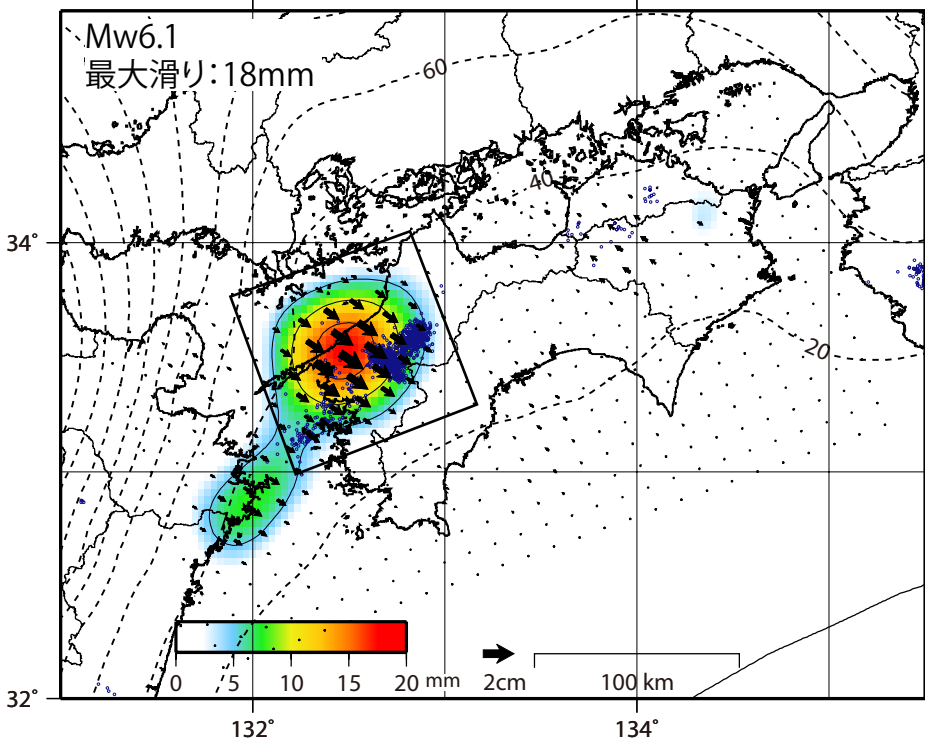
4: 2023/07/05PM-10AM (Mw 5.8), 5: 2023/08/15-18AM (Mw 6.0), 6: 2023/08/18PM-20 (Mw 5.5),

A: 2023/11/30PM-12/02 (Mw 5.6), B2: 2023/12/03-04 (Mw 5.8)

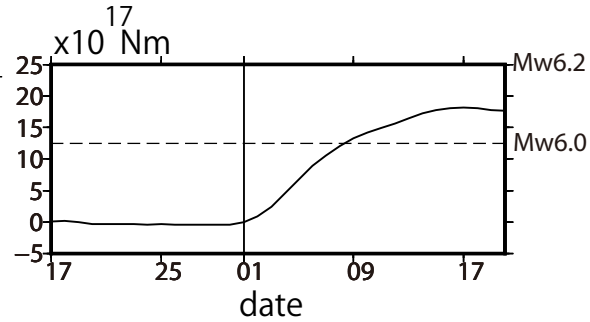
(b2) 主歪の観測値と(b1)に示した断層モデルから求めた計算値との比較。

GNSSデータから推定された
四国西部の深部低周波地震(微動)と同期したスロースリップ(暫定)

2023-11-26/2023-12-16



モーメント * 時系列 (試算)

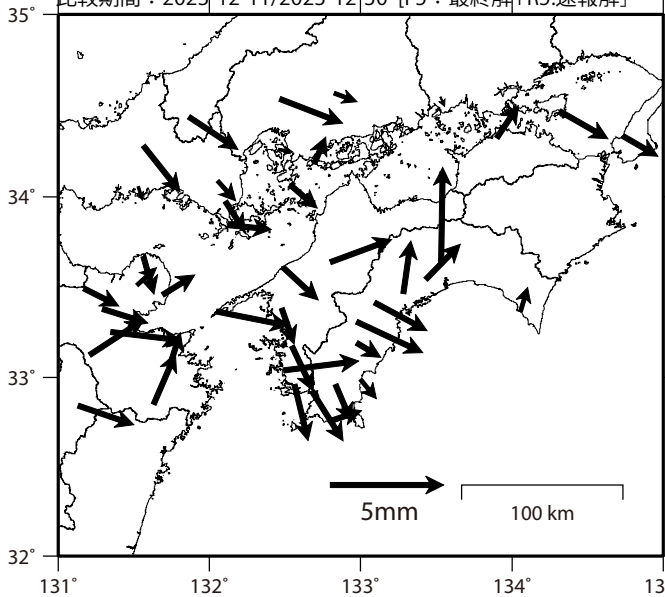


*モーメント断層運動のエネルギーの目安となる量。

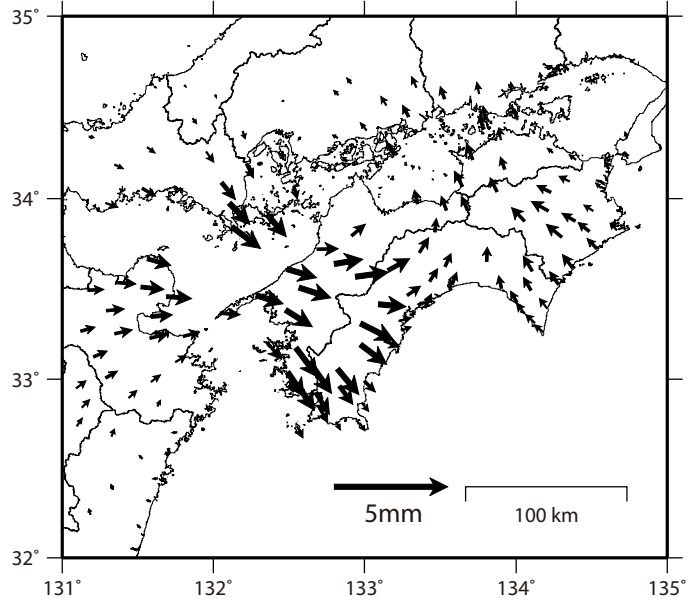
Mw及び最大すべり量はプレート面に沿って評価した値を記載。
すべり量(カラー)及びすべりベクトルは水平面に投影したものを示す。
推定したすべり量が標準偏差(σ)の3倍以上のグリッドを黒色表示している。

観測

基準期間: 2023-11-20/2023-11-30 [F5:最終解]
比較期間: 2023-12-11/2023-12-30 [F5:最終解+R5:速報解]



計算



解析に使用した全観測点の座標時系列から、共通に含まれる時間変化成分は取り除いている。

また、基準期間と比較期間の間のオフセットをRamp関数で推定し、東西、南北のAICを合わせたAICで有意でない観測点及び北向き成分を含む観測点は除外している。

解析に使用した観測点の範囲: 概ね北緯32~34.6°、東経131~134.8°

使用データ: GEONETによる日々の座標値(F5解、R5解)

F5解(2023-11-1/2023-12-20)+R5解(2023-12-21/2023-12-30) *電子基準点の保守等による変動は補正済み

トレンド期間: 2017-01-01/2018-01-01 (年周・半年周は2017-01-01/2023-08-01のデータで補正)

モーメント計算範囲: 図の黒枠内側

黒破線: フィリピン海プレートの上面の等深線(Hirose et al., 2008)

すべり方向: プレートの沈み込み方向に拘束

青丸: 低周波地震(気象庁一元化震源)(期間:2023-11-26/2023-12-30)

コンター間隔: 5mm

固定局: 三隅

四国西部の短期的スロースリップ活動状況 (2023年11~12月)

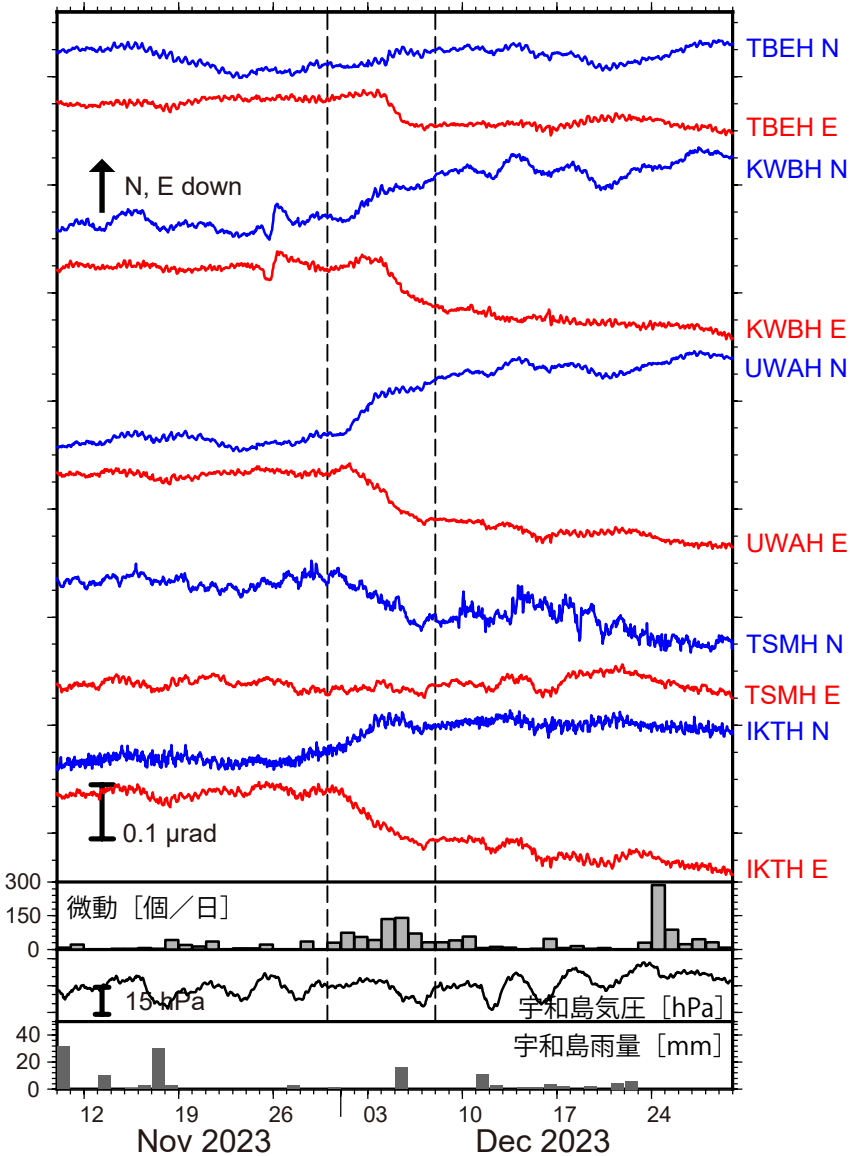


図1: 2023年11月10日~12月29日の傾斜時系列。上方向への変化が北・東下がり傾斜変動を表し、BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答成分を除去した。11月30日~12月7日の傾斜変化ベクトルを図2に示す。四国西部~中部での微動活動度・気象庁宇和島観測点の気圧・雨量をあわせて示す。

- ・ 四国西部を活動域とする短期的スロースリップイベント (M_w 6.1)
- ・ 2023年5月 (M_w 6.2) 以来約6ヶ月ぶり

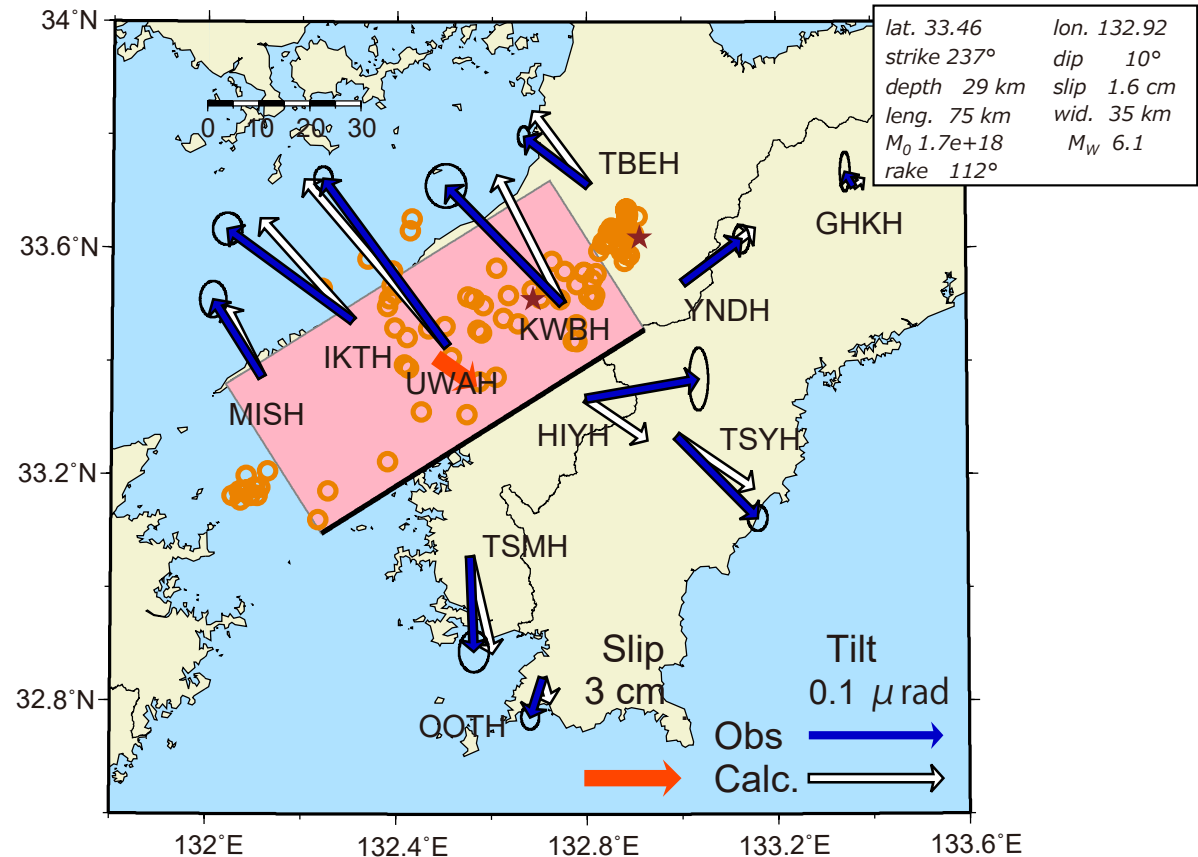


図2: 11月30日~12月7日に観測された傾斜変化ベクトル (青矢印), 推定されたスロースリップイベントの断層モデル (赤矩形・矢印), モデルから計算される傾斜変化ベクトル (白抜き矢印) を示す。1時間ごとの微動エネルギーの重心位置 (橙丸), 深部超低周波地震 (茶星印) もあわせて示す。すべり角はプレート相対運動方向に固定している。

謝辞

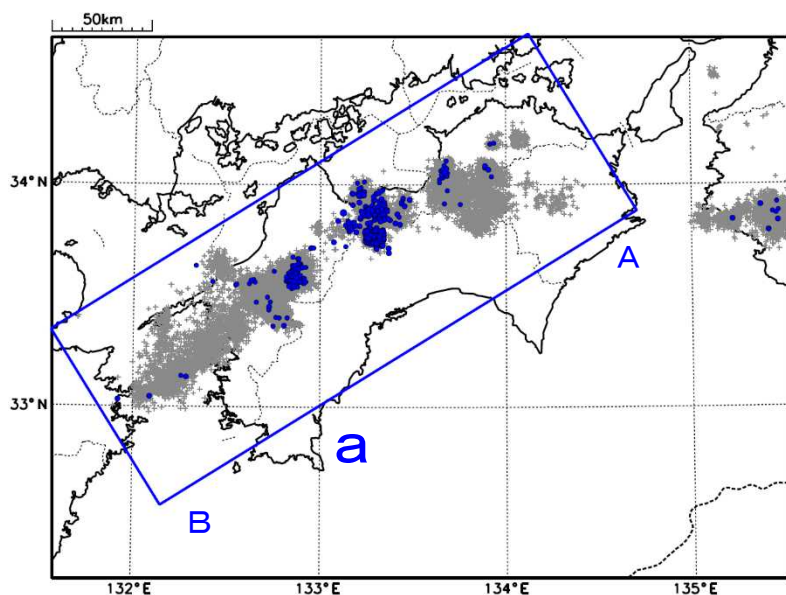
気象庁のWEBページで公開されている気象データを使用させて頂きました。記して感謝いたします。

四国中部の深部低周波地震(微動)活動と短期的ゆっくりすべり

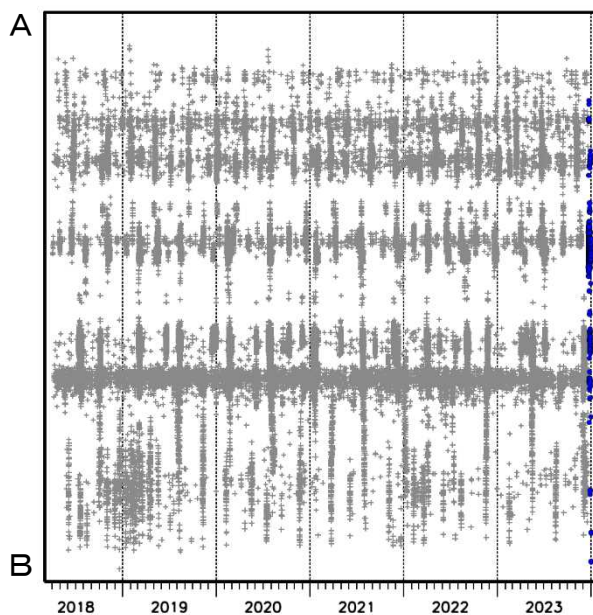
2023年12月23日から2024年1月2日にかけて、四国中部で深部低周波地震(微動)を観測した。深部低周波地震(微動)活動とほぼ同期して、周辺に設置されている複数のひずみ・傾斜計で地殻変動を観測した。これらは、短期的ゆっくりすべりに起因すると推定される。

深部低周波地震(微動)活動

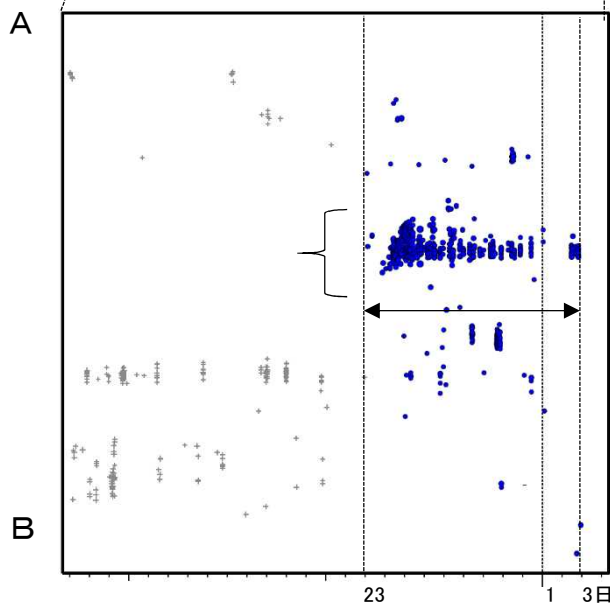
震央分布図(2018年4月1日~2024年1月3日、
深さ0~60km、Mすべて)
灰: 2018年4月1日~2023年12月22日、
青: 2023年12月23日以降



震央分布図の領域a内の時空間分布図(A-B投影)



2023年12月8日~2024年1月3日



12月

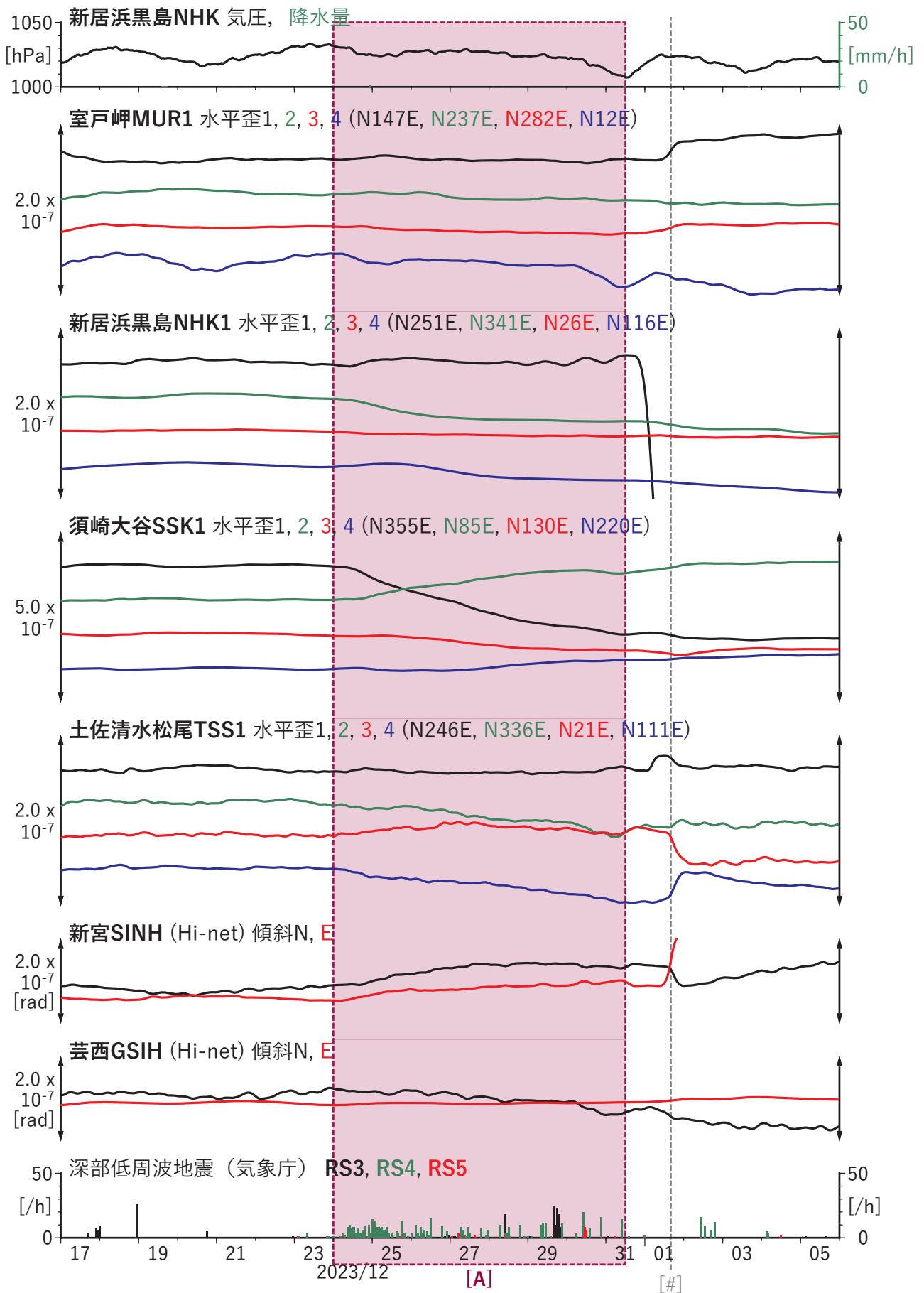


図13 歪・傾斜の時間変化(1) (2023/12/17 00:00-2024/01/06 00:00 (JST))

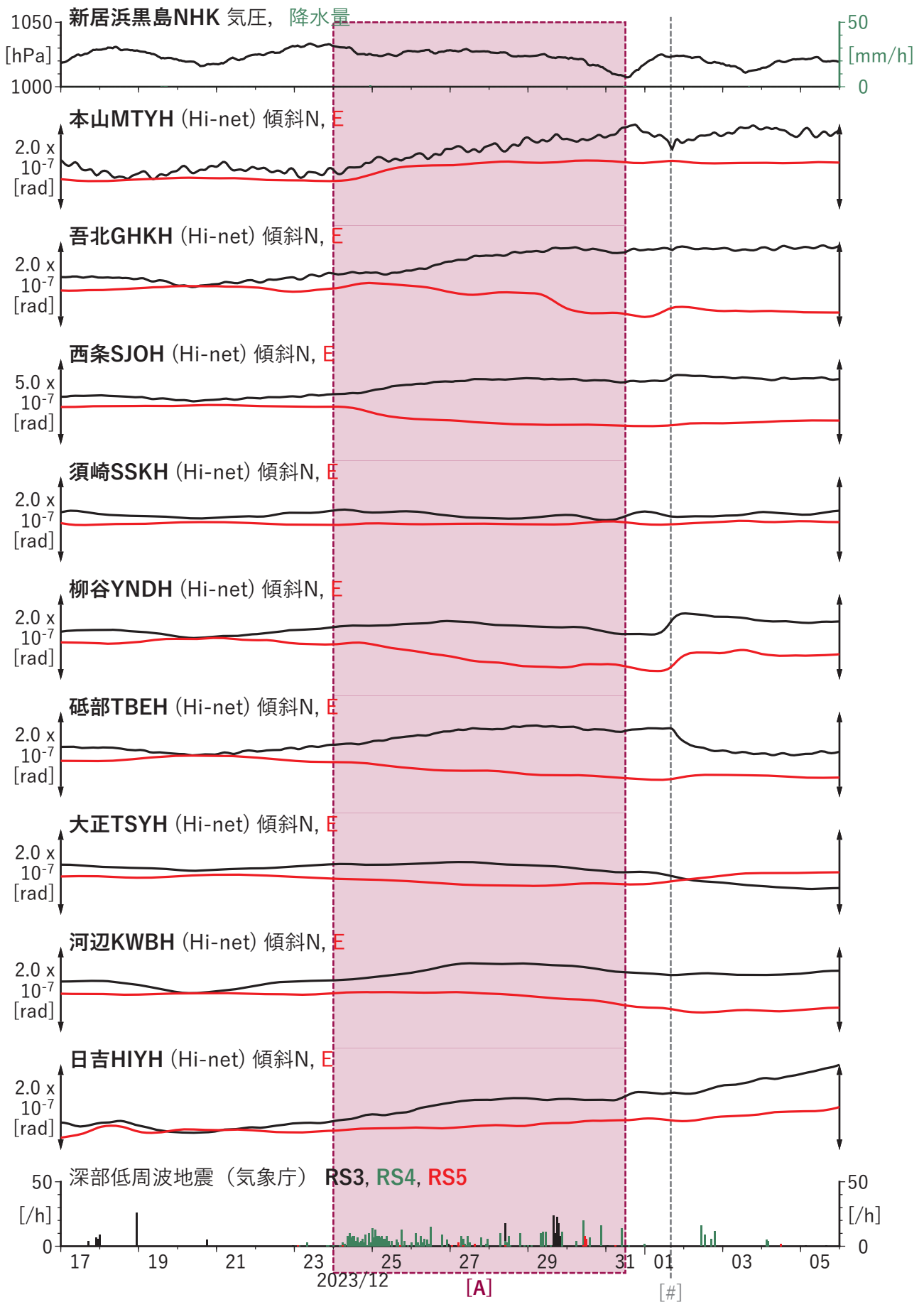
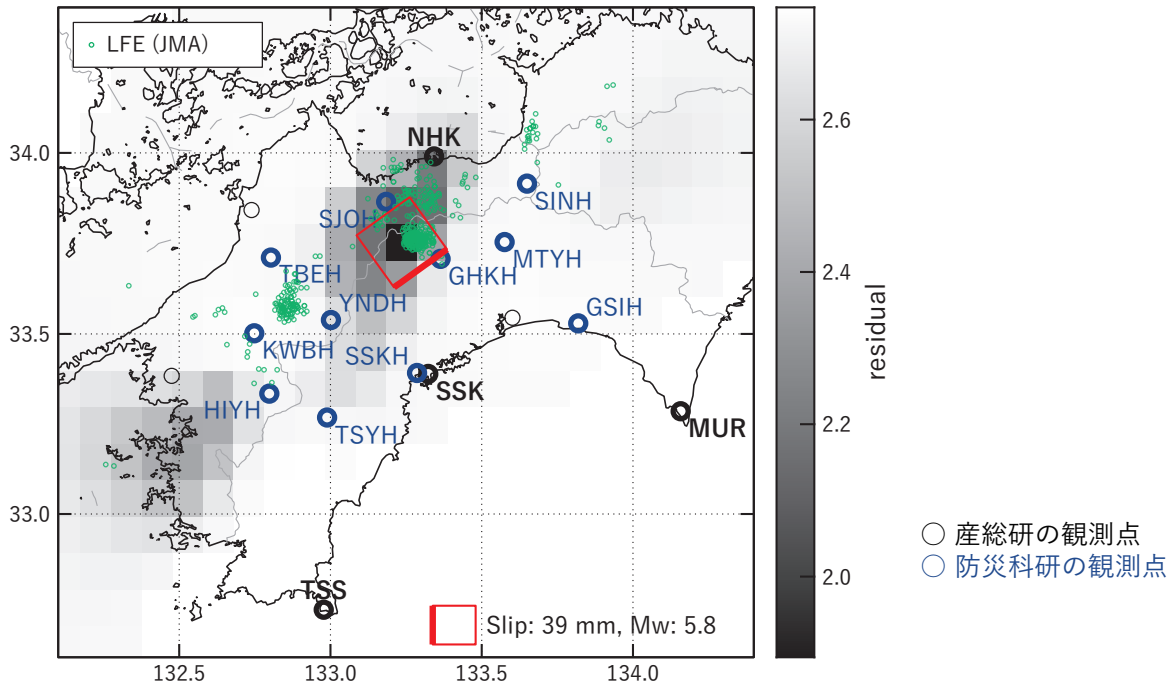


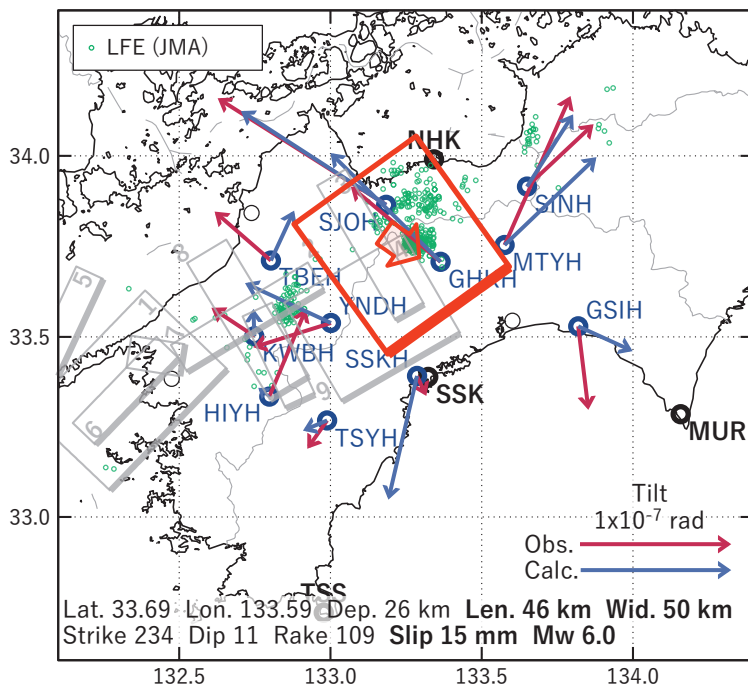
図13 歪・傾斜の時間変化(2) (2023/12/17 00:00-2024/01/06 00:00 (JST))

[A] 2023/12/24-31AM

(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布



(b1) 推定した断層モデル



(b2) 主歪

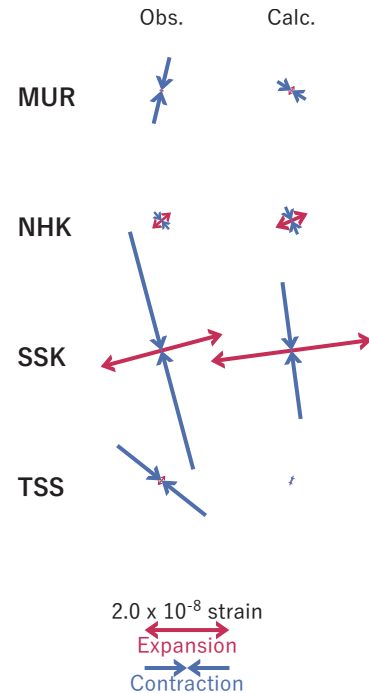


図14 2023/12/24-31AMの歪・傾斜変化(図13[A])を説明する断層モデル。

(a) プレート境界面に沿って20 x 20 kmの矩形断層面を移動させ、各位置で残差の総和を最小にするすべり量を選んだときの残差の総和の分布。赤色矩形が残差の総和が最小となる断層面の位置。

(b1) (a)の位置付近をグリッドサーチして推定した断層面(赤色矩形)と断層パラメータ。灰色矩形は最近周辺で発生したイベントの推定断層面。

1: 2023/05/15PM-18AM (Mw 5.9), 2: 2023/05/18PM-21AM (Mw 5.6), 3: 2023/07/01PM-05AM (Mw 5.9),

4: 2023/07/05PM-10AM (Mw 5.8), 5: 2023/08/15-18AM (Mw 6.0), 6: 2023/08/18PM-20 (Mw 5.5),

7: 2023/11/30PM-12/02 (Mw 5.6), 8: 2023/12/03-4 (Mw 5.6), 9: 2023/12/05-06 (Mw 5.5)

(b2) 主歪の観測値と(b1)に示した断層モデルから求めた計算値との比較。

四国中部の短期的スロースリップ活動状況 (2023年12月)

- ・ 四国中部を活動域とする短期的スロースリップイベント (M_w 6.1)
- ・ 2022年9月 (M_w 5.8, 四国中西部) 以来約1年3ヶ月ぶり

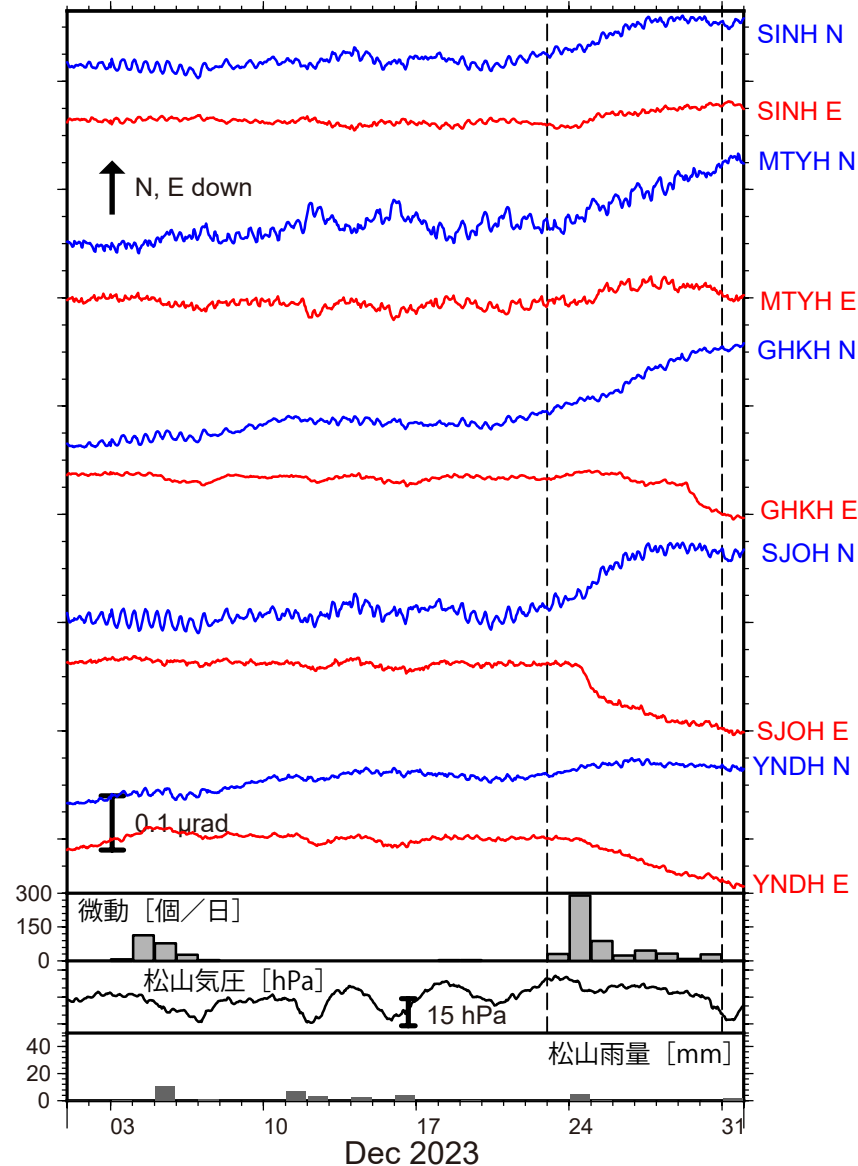


図1: 2023年12月1日~12月31日の傾斜時系列. 上方向への変化が北・東下がり傾斜変動を表し, BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答成分を除去した. 12月23日~12月30日の傾斜変化ベクトルを図2に示す. 四国中部での微動活動度・気象庁松山観測点の気圧・雨量をあわせて示す.

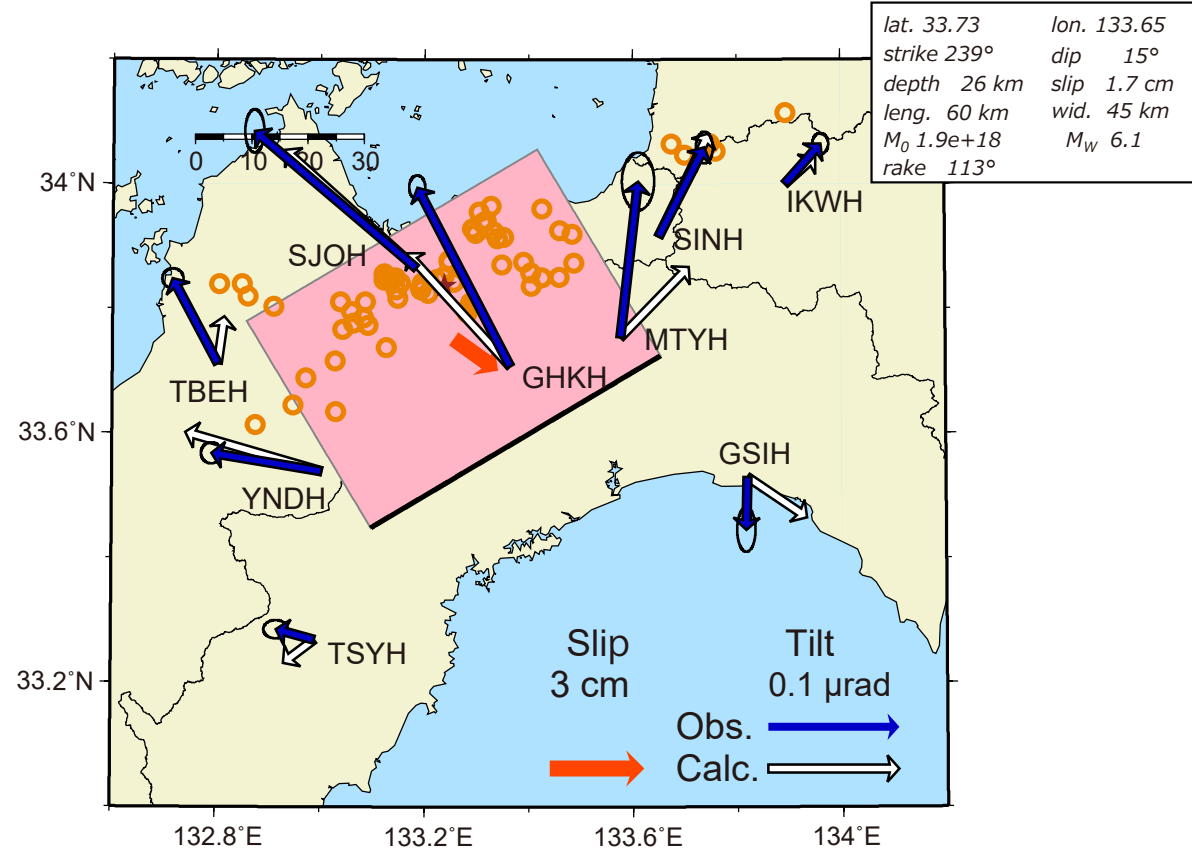


図2: 12月23日~12月30日に観測された傾斜変化ベクトル (青矢印), 推定されたスロースリップイベントの断層モデル (赤矩形・矢印), モデルから計算される傾斜変化ベクトル (白抜き矢印) を示す. 1時間ごとの微動エネルギーの重心位置 (橙丸), 深部超低周波地震 (茶星印) もあわせて示す. すべり角はプレート相対運動方向に固定している.

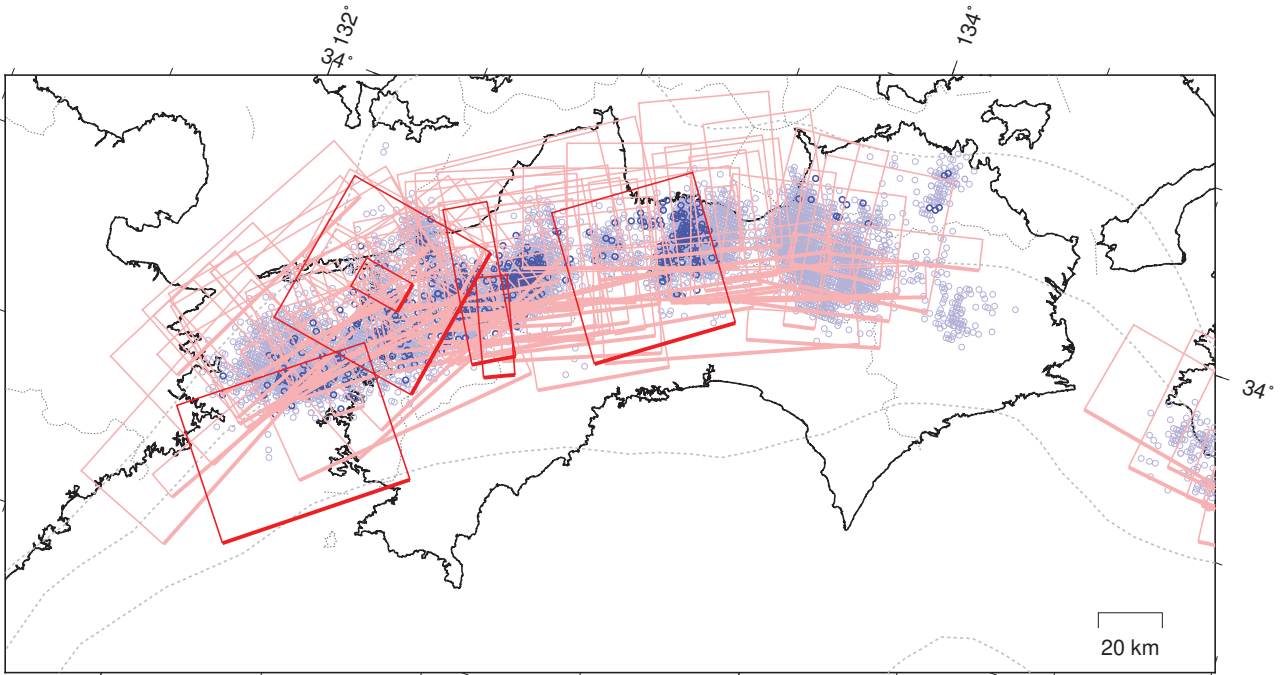
謝辞

気象庁のWEBページで公開されている気象データを使用させて頂きました. 記して感謝いたします.

四国 短期的ゆっくりすべりの活動状況

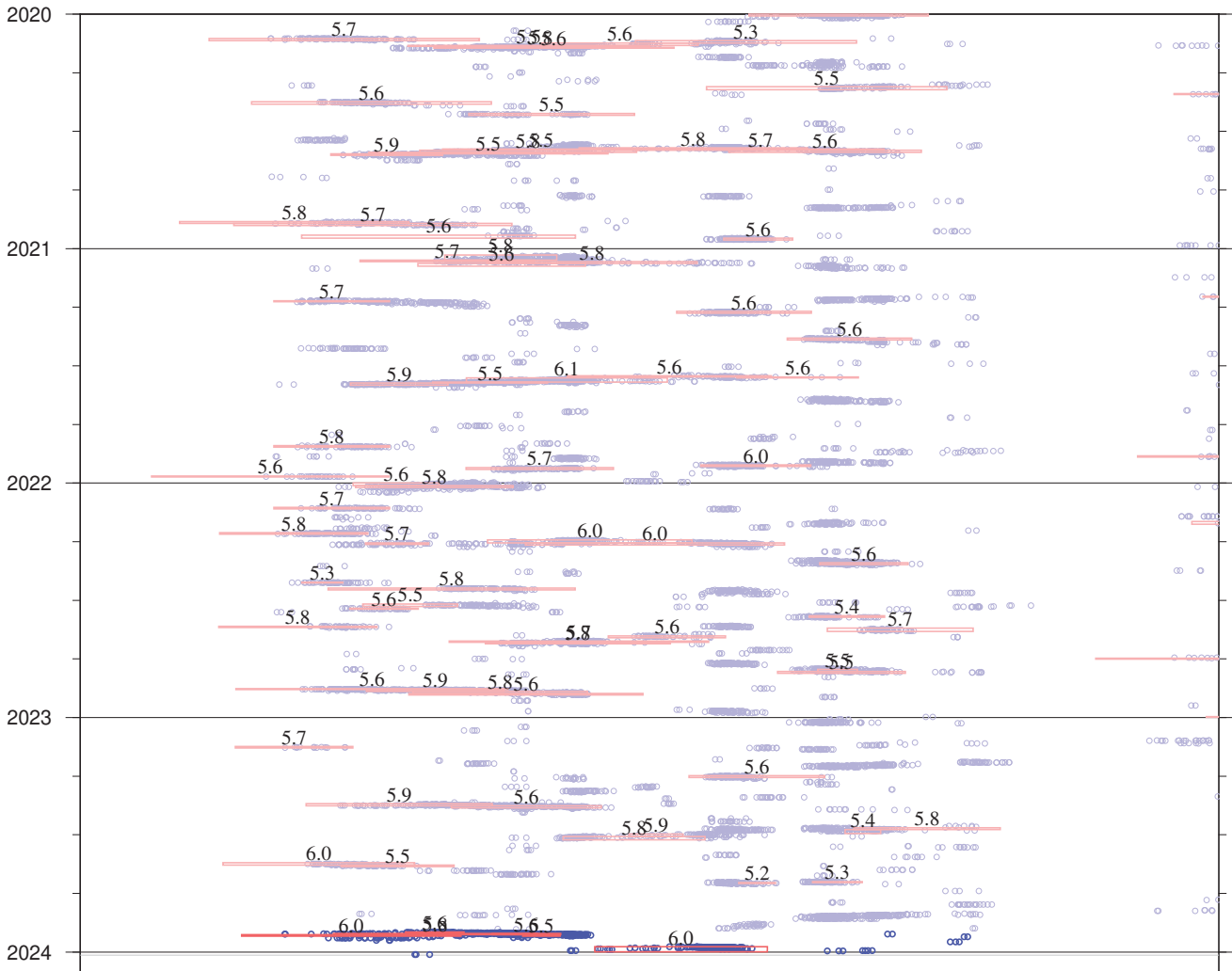
2020年1月1日～2024年1月6日

(2023年12月1日以降を濃く表示)



※破線は、フィリピン海プレート上面の等深線を示す。
※赤矩形は、産業技術総合研究所による短期的ゆっくりすべりの断層モデルを示す。

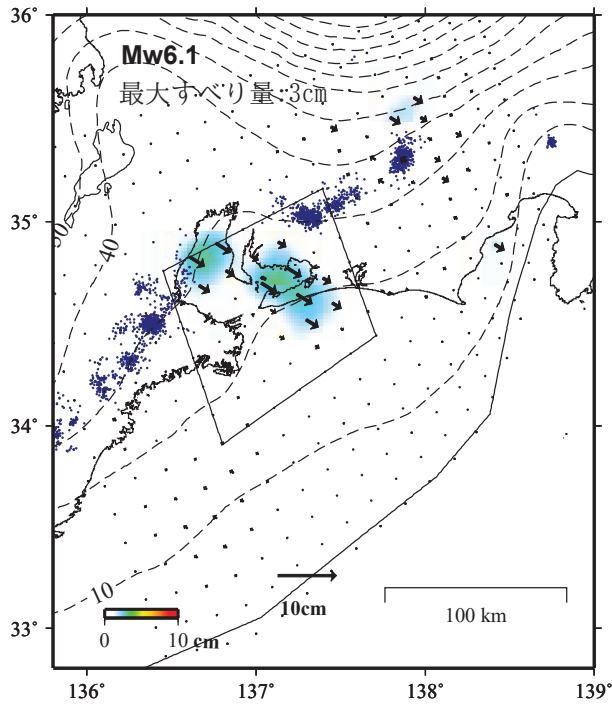
上図の時空間分布図



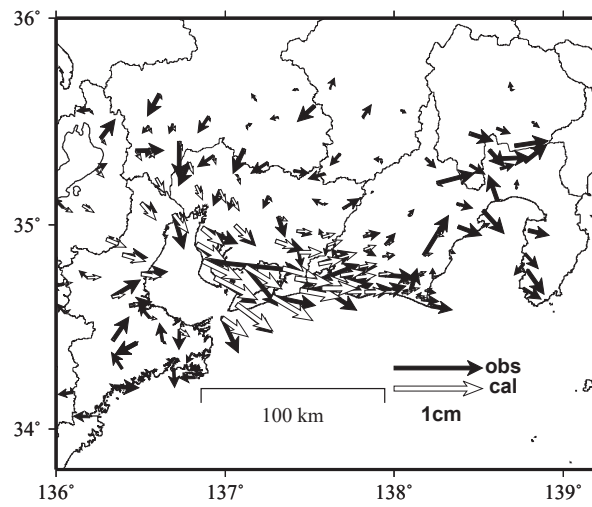
※短期的ゆっくりすべりの解析には、産業技術総合研究所及び防災科学技術研究所のデータを用いている。
※赤矩形の上に表示されている数字は解析されたMwを示す。
※青丸はエンベロープ相関法（防災科学技術研究所、東京大学地震研究所との共同研究による成果）で得られた低周波微動の震央を示す。
※時空間分布図中の灰色線は最新データ日を示す。

GNSSデータから推定された東海の長期的ゆっくりすべり（暫定）

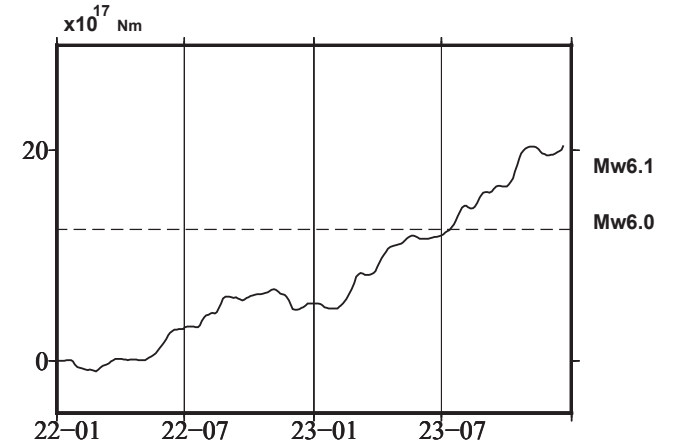
推定すべり分布
(2022-01-01/2023-12-21)



観測値（黒）と計算値（白）の比較
(2022-01-01/2023-12-21)



モーメント*時系列（試算）



Mw及び最大すべり量はプレート面に沿って評価した値を記載。
すべり量（カラー）及びすべりベクトルは水平面に投影したものを示す。
推定したすべり量が標準偏差(σ)の3倍以上のグリッドを黒色で表示している。

使用データ: GEONETによる日々の座標値(F5解、R5解)

F5解(2021-07-01/2023-12-02)+R5解(2023-12-03/2023-12-21)

トレンド期間: 2020-01-01/2022-01-01 (年周・半年周成分は補正なし)

モーメント計算範囲: 左図の黒枠内側

観測値: 3日間の平均値をカルマンフィルターで平滑化した値

黒破線: フィリピン海プレート上面の等深線(Hirose et al., 2008)

すべり方向: プレートの沈み込み方向に拘束

青丸: 低周波地震(気象庁一元化震源) (期間: 2022-01-01/2023-12-21)

固定局: 三隅

*電子基準点の保守等による変動は補正済み

*平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の粘弾性変形は補正している(Suito 2017)

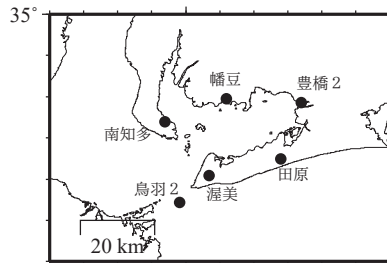
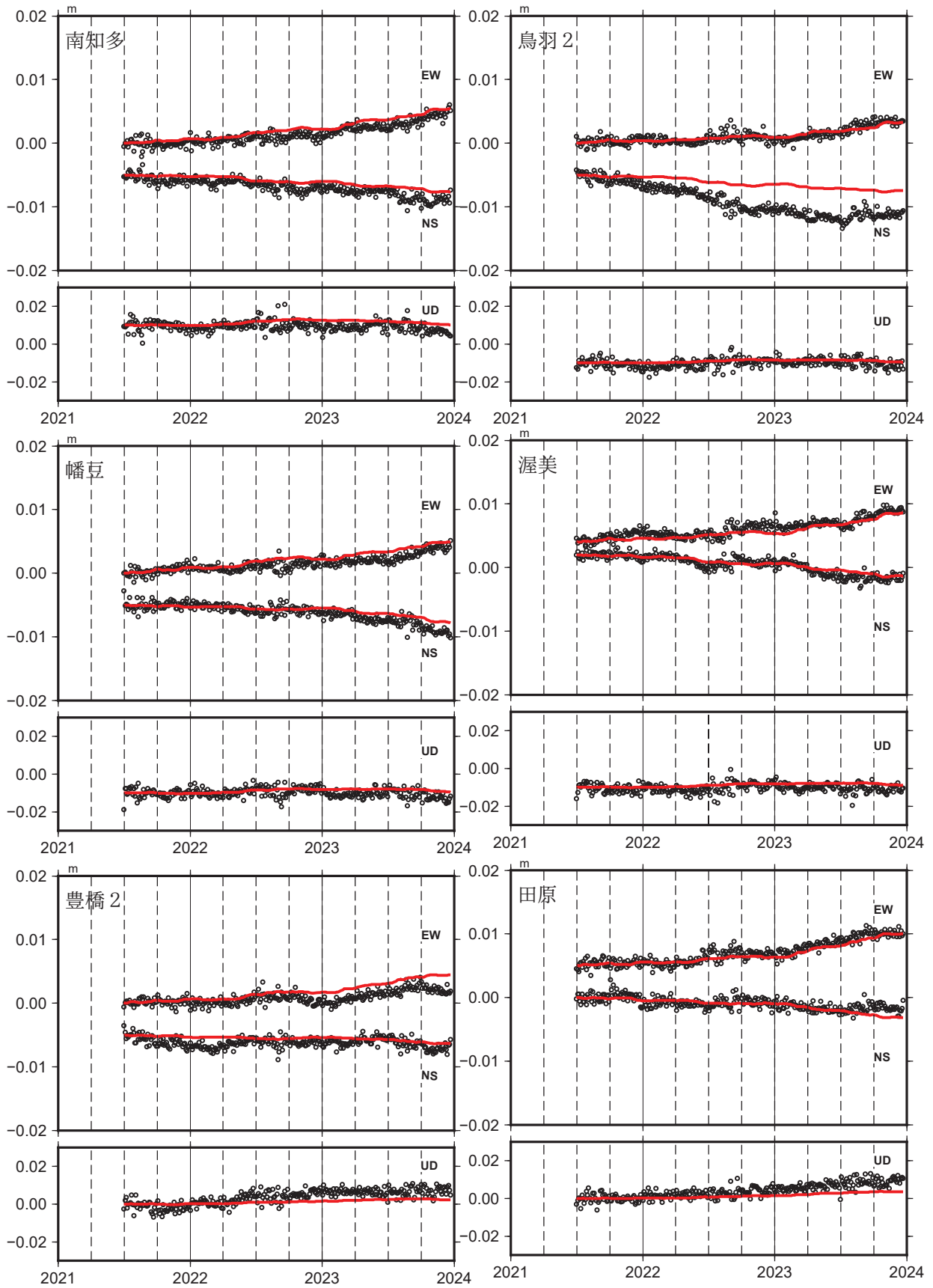
*気象庁カタログ(2017年以降)の短期的SSEを補正している。

*共通誤差成分を推定している。

*モーメント: 断層運動のエネルギーの目安となる量。

東海地域の観測点の座標時系列(黒丸)と計算値(赤線)

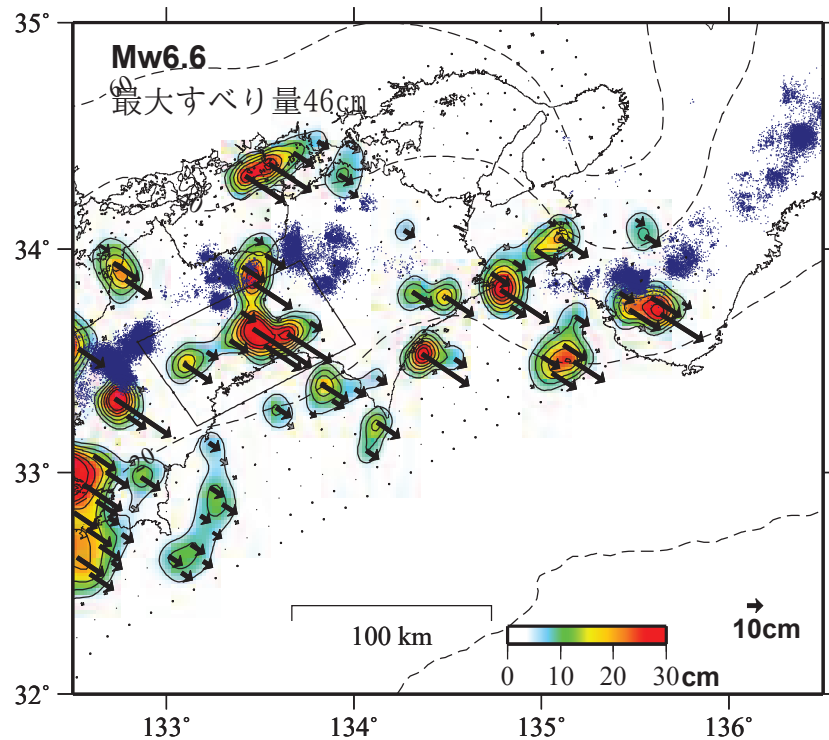
時間依存のインバージョン



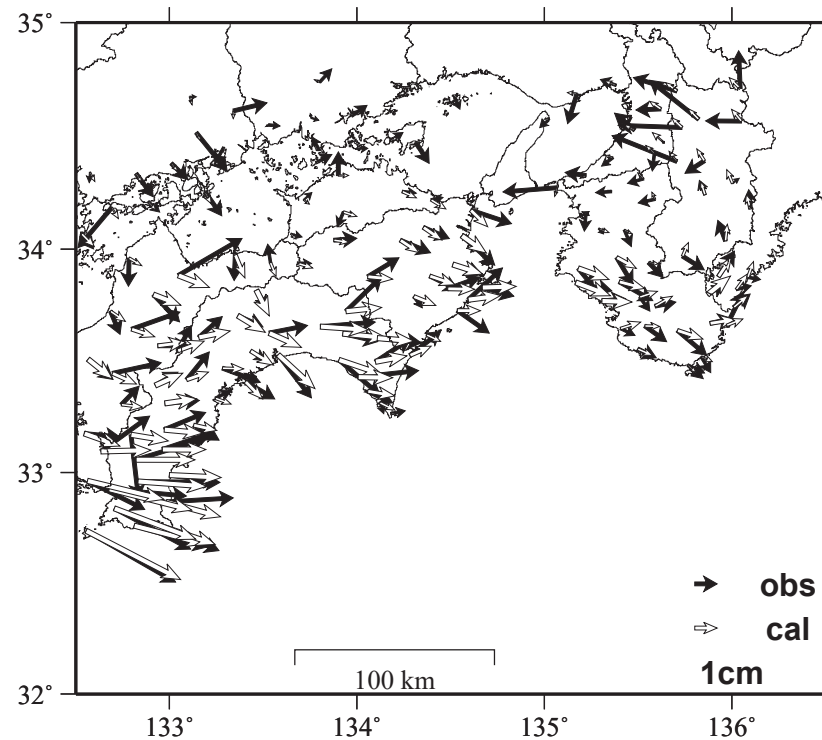
EW, NS, UD: 東西、南北、上下変動

GNSSデータから推定された四国中部の長期的ゆっくりすべり（暫定）

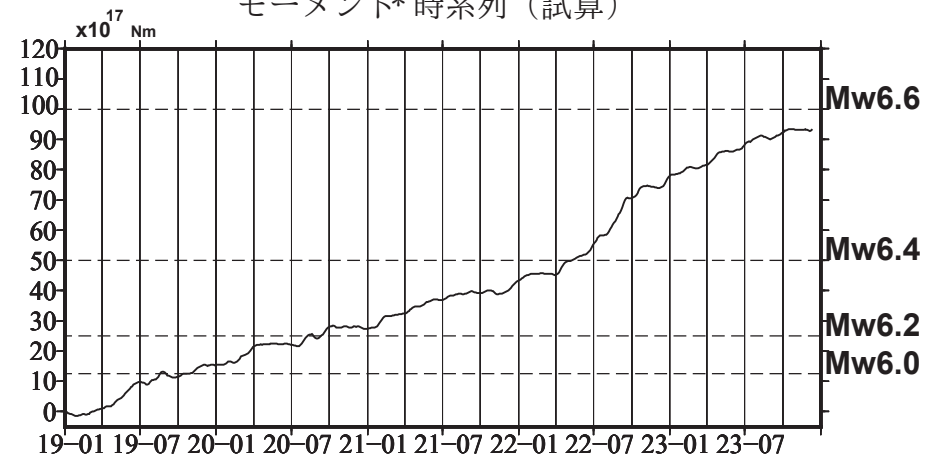
推定すべり分布
(2019-01-01/2023-12-12)



観測値（黒）と計算値（白）の比較
(2019-01-01/2023-12-12)



モーメント*時系列（試算）

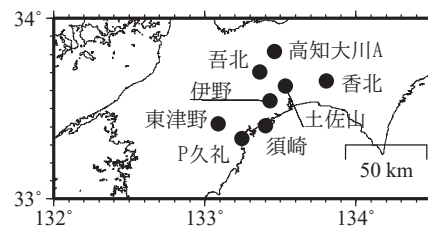
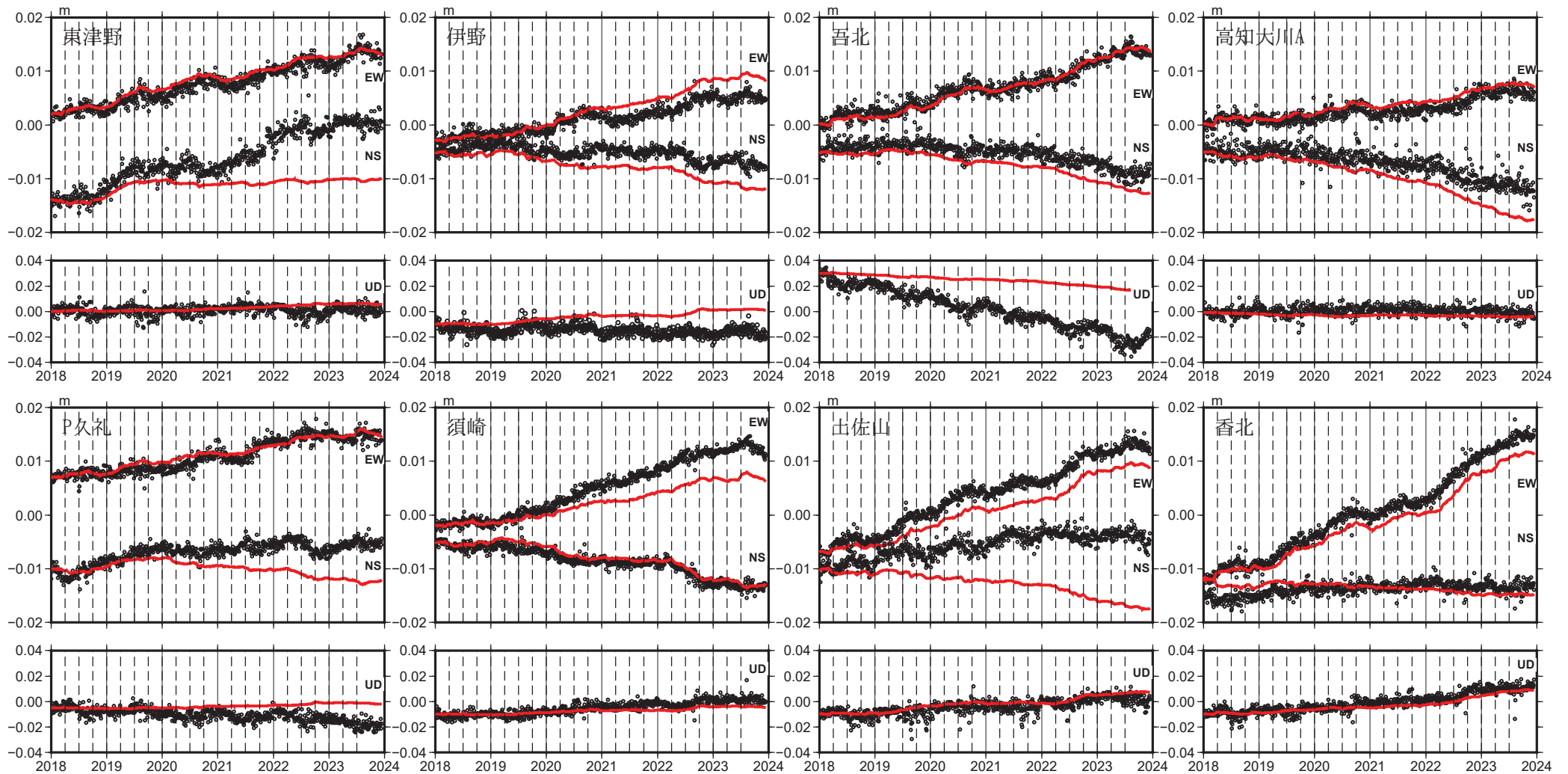


Mw及び最大すべり量はプレート面に沿って評価した値を記載。
すべり量（カラー）及びすべりベクトルは水平面に投影したものを示す。
推定したすべり量が標準偏差(σ)の3倍以上のグリッドを黒色で表示している。
使用データ: GEONETによる日々の座標値(F5解、R5解)
F5解(2019-01-01/2023-11-25)+R5解(2023-11-26/2023-12-12)
トレンド期間: 2017-04-01/2018-04-01(年周・半年周成分は補正なし)
モーメント計算範囲: 左図の黒枠内側
観測値: 3日間の平均値をカルマンフィルターで平滑化した値
黒破線: フィリピン海プレート上面の等深線(Hirose et al., 2008)
すべり方向: プレートの沈み込み方向に拘束
青丸: 低周波地震(気象庁一元化震源)(期間: 2019-01-01/2023-12-12)
固定局: 上対馬

- *電子基準点の保守等による変動は補正済み
- *平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震及び平成28年(2016年)熊本地震の粘弾性変形は補正している (Suito, 2017, 水藤, 2017)。
- *気象庁カタログ(2017年以降)の短期的SSEを補正している。
- *共通誤差成分を推定している。
- *モーメント: 断層運動のエネルギーの目安となる量。

四国中部の観測点の座標時系列(黒丸)と計算値(赤線)

時間依存のインバージョン



EW, NS, UD: 東西、南北、上下変動

GNSSデータから推定された日向灘南部の長期的ゆっくりすべり（暫定）

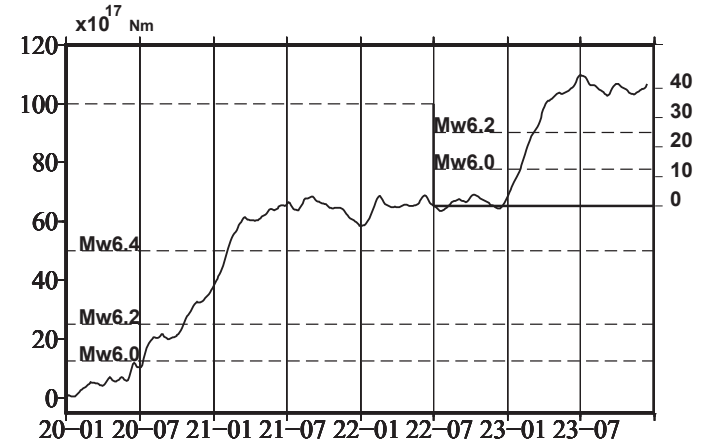
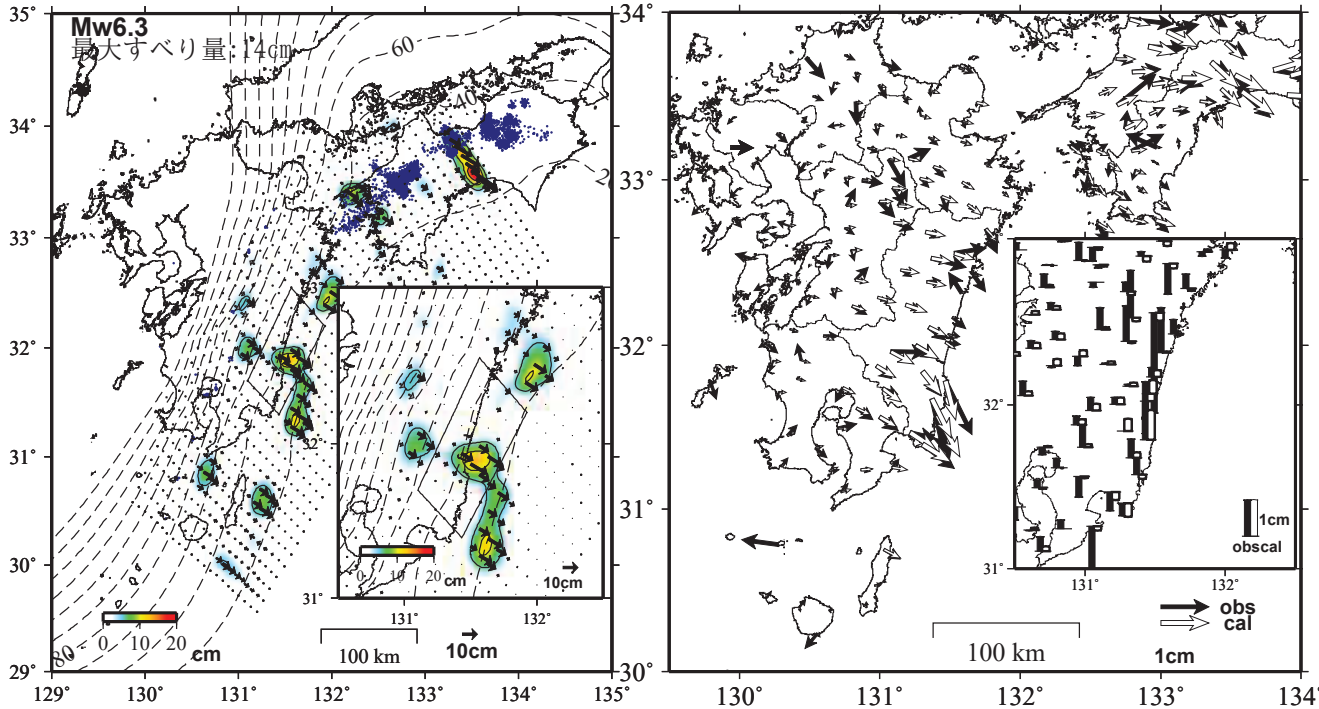
推定すべり分布

(2022-07-01/2023-12-14)

観測値（黒）と計算値（白）の比較

(2022-07-01/2023-12-14)

モーメント * 時系列（試算）



Mw及び最大すべり量はプレート面に沿って評価した値を記載。
すべり量（カラー）及びすべりベクトルは水平面に投影したものを示す。
推定したすべり量が標準偏差(σ)の3倍以上のグリッドを黒色で表示している。

使用データ: GEONETによる日々の座標値(F5解、R5解)

F5解(2020-01-01/2023-11-25) + R5解(2023-11-26/2023-12-14) * 電子基準点の保守等による変動は補正済み

トレンド期間: 2006-01-01/2009-01-01 (年周・半年周成分は補正なし)

* 日向灘の地震(2022-01-22, M6.6)の地震時変動を除去している。

日向灘附近: 2007-10-01/2009-03-01

* 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震及び平成28年(2016年)熊本地震の粘弾性変形は補正している(Suito, 2017; 水藤, 2017)。

モーメント計算範囲: 左図の黒枠内側

* 共通誤差成分を推定している。

観測値: 3日間の平均値をカルマンフィルターで平滑化した値

* モーメント: 断層運動のエネルギーの目安となる量。

黒破線: フィリピン海プレート上面の等深線(Hirose et al., 2008)

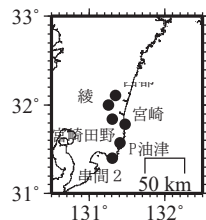
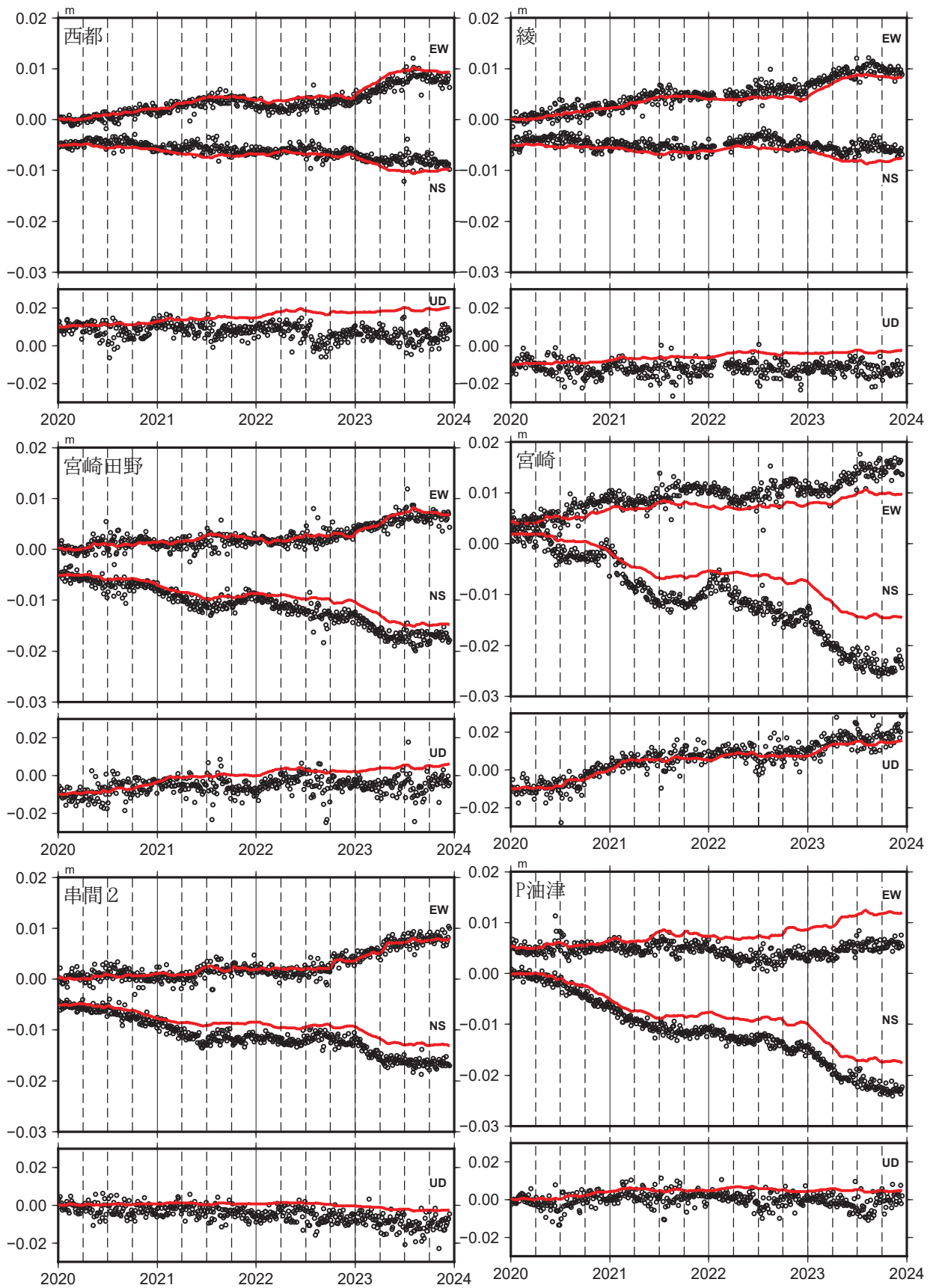
すべり方向: プレートの沈み込み方向に拘束

青丸: 低周波地震(気象庁一元化震源) (期間: 2022-07-01/2023-12-14)

固定局: 三隅

九州地域の観測点の座標時系列(黒丸)と計算値(赤線)

時間依存のインバージョン



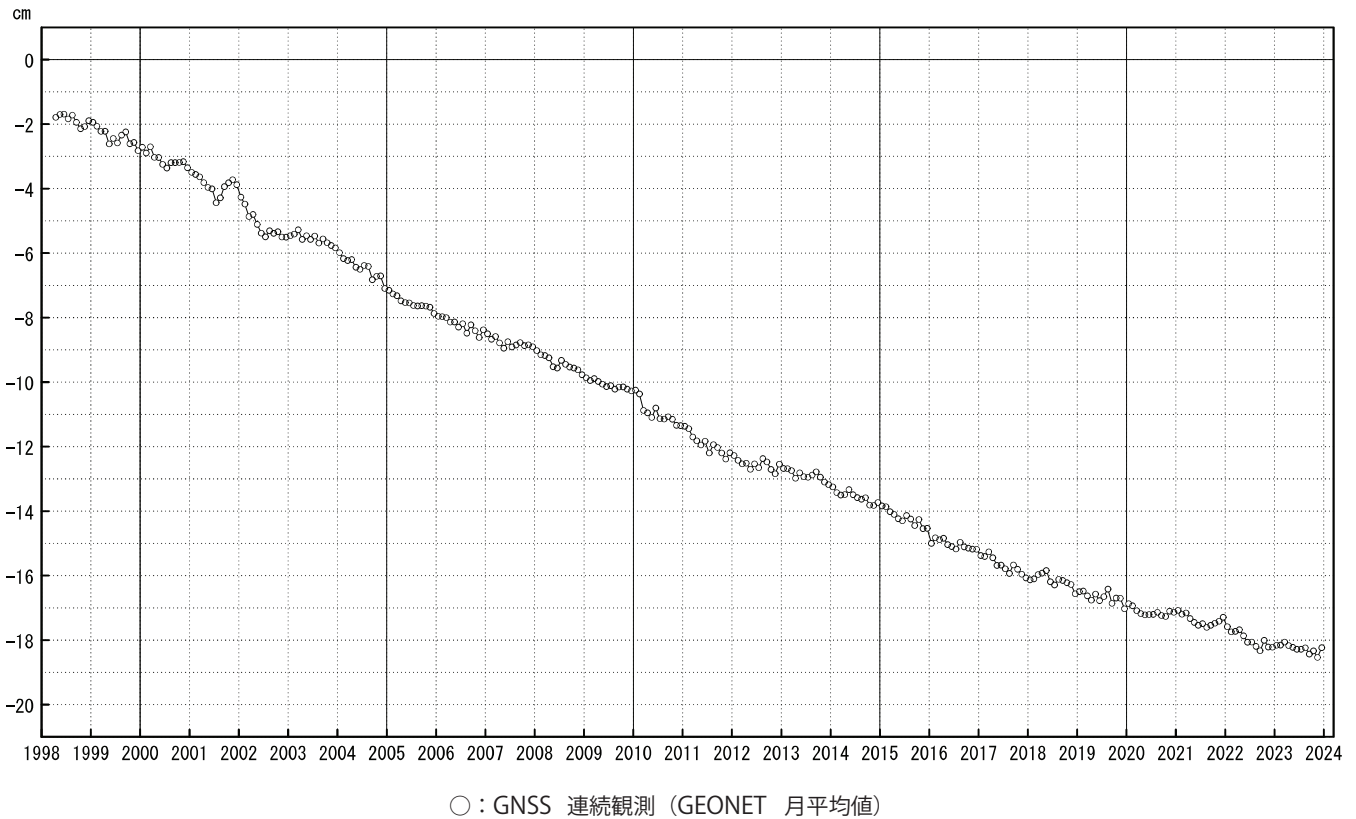
EW, NS, UD: 東西、南北、上下変動

御前崎 電子基準点の上下変動

水準測量と GNSS 連続観測

掛川に対して、御前崎が沈降する長期的な傾向が続いている。

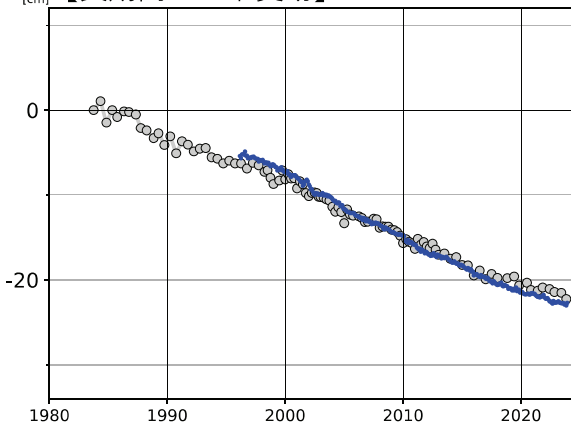
掛川A (161216) - 御前崎A (091178)



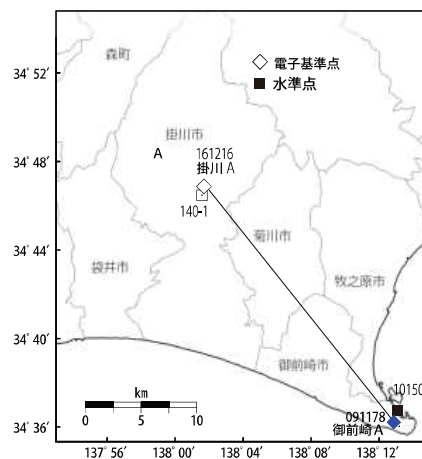
・ GNSS 連続観測のプロット点は、GEONET による日々の座標値 (F5:最終解) から計算した値の月平均値。最新のプロット点は12月1日~12月9日の平均。

- ※ 1 2009年8月11日の駿河湾の地震に伴う電子基準点「御前崎」の局所的な変動について、地震前後の水準測量で得られた「御前崎」周辺の水準点との比高の差を用いて補正を行った。
- ※ 2 電子基準点「御前崎A」については、2010年3月23日まで電子基準点「御前崎」のデータを使用。
- ※ 3 電子基準点「掛川A」については、2017年1月29日まで電子基準点「掛川」のデータを使用。

【長期間の上下変動】



「固定局：掛川A (161216)」

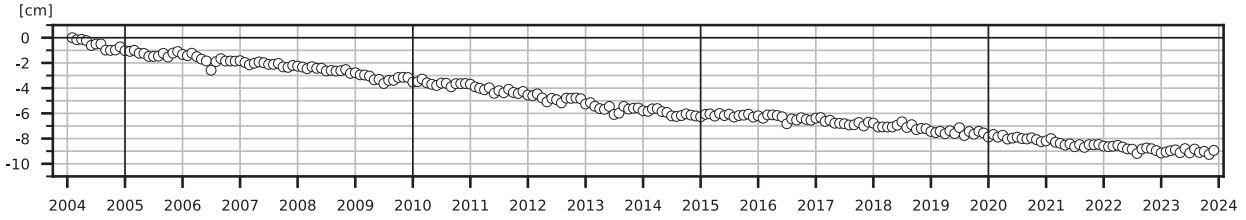


・ 灰色のプロットは電子基準点の最寄りの水準点「10150」の水準測量結果を示している (固定：140-1)。

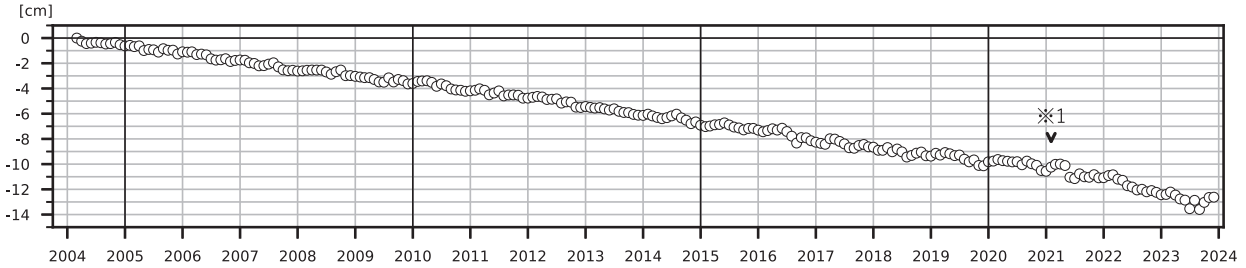
紀伊半島及び室戸岬周辺 電子基準点の上下変動

潮岬周辺及び室戸岬周辺の長期的な沈降傾向が続いている。

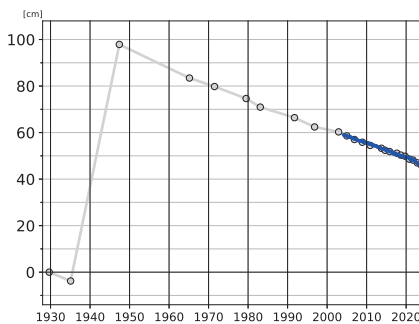
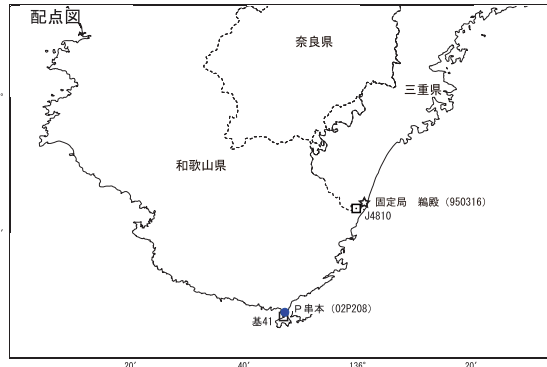
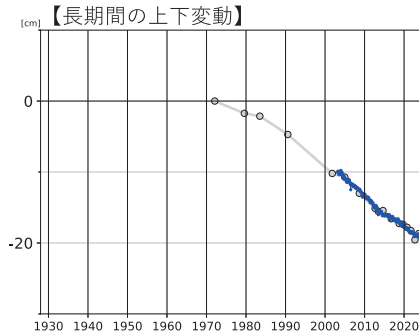
鵜殿 (950316) - P串本 (02P208)



安芸 (950442) - 室戸 4 (031122)



○ : GNSS 連続観測 (GEONET 月平均値)

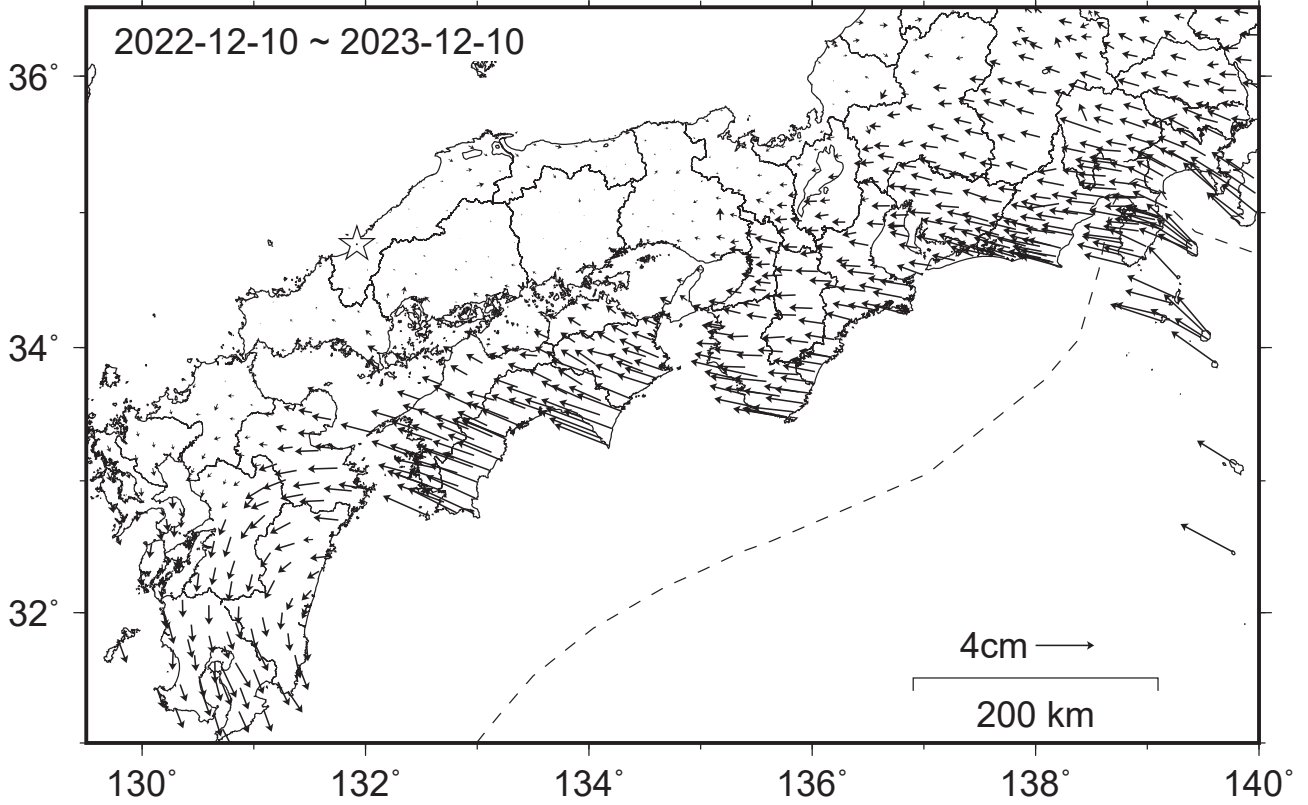


- GNSS 連続観測のプロット点は、GEONET による日々の座標値 (F5 : 最終解) から計算した値の月平均値である。(最新のプロット点 : 12月1日~12月9日の平均値)
- 灰色のプロットは電子基準点の最寄りの水準点の水準測量結果を示している (固定 : J4810、5164)。

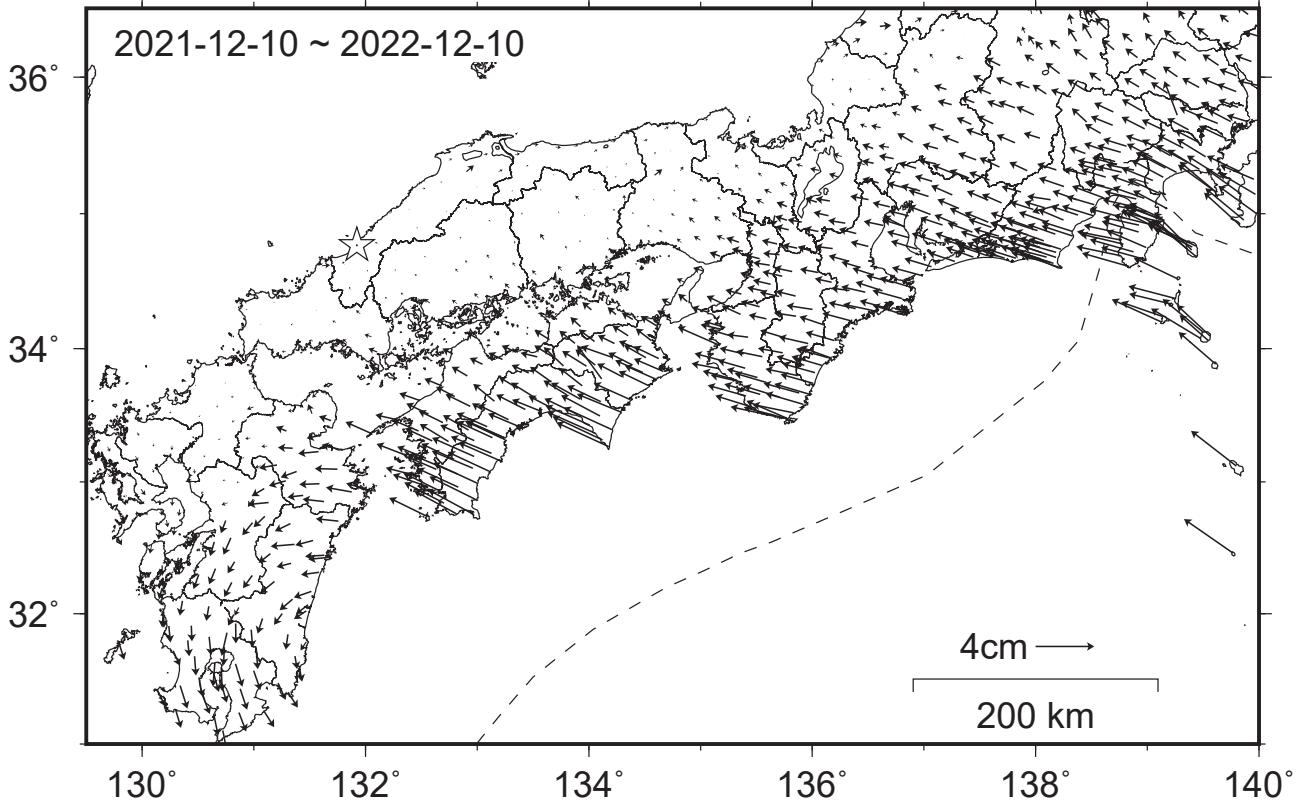
※ 1 2021 年 2 月 2 日に電子基準点「安芸」のアンテナ更新及びレドーム交換を実施した。

南海トラフ沿いの水平地殻変動【固定局：三隅】

【最近1年間】



【1年前の1年間】



・各日付 ± 6日の計13日間の変動量の中央値をとり、その差から1年間の変動量を表示している。

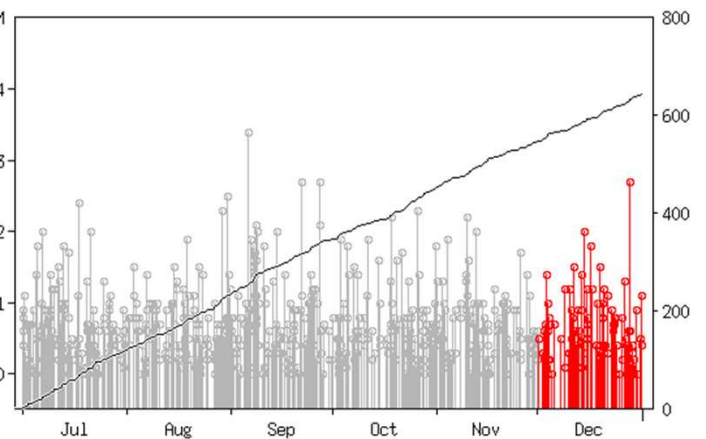
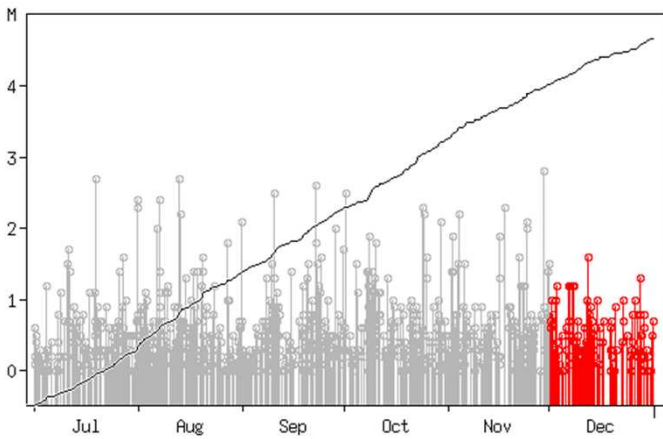
プレート境界とその周辺の地震活動

フィリピン海プレート上面の深さから±8km未満の地震を表示している。

震央分布図の各領域内のMT図・回数積算図
(2023年7月1日～2023年12月31日、M全て、2023年12月の地震を赤く表示)

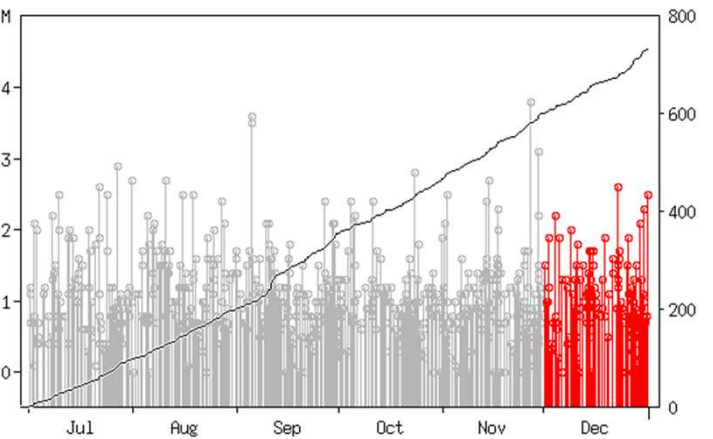
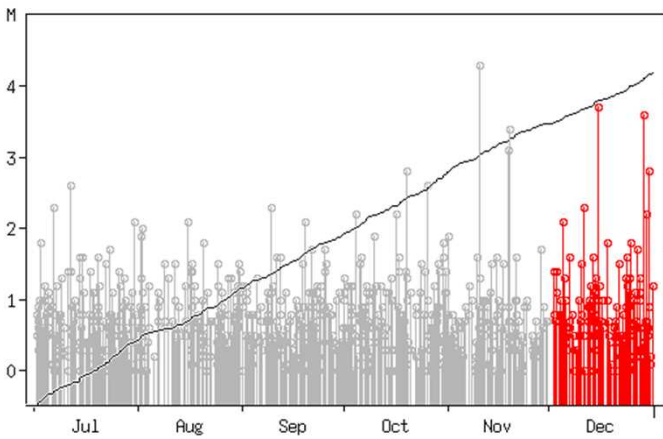
領域a内(東海)

領域b内(紀伊半島)



領域c内(四国)

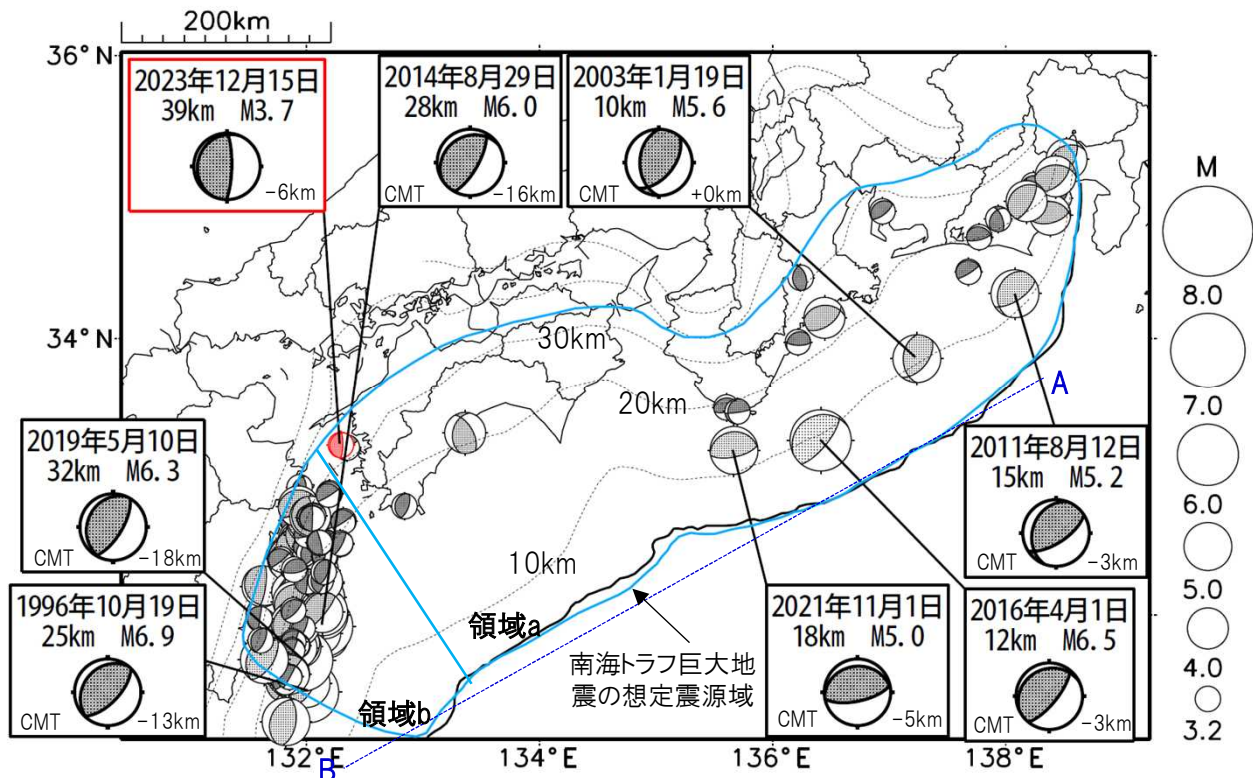
領域d内(日向灘)



※M全ての地震を表示していることから、検知能力未満の地震も表示しているため、回数積算図は参考として表記している。

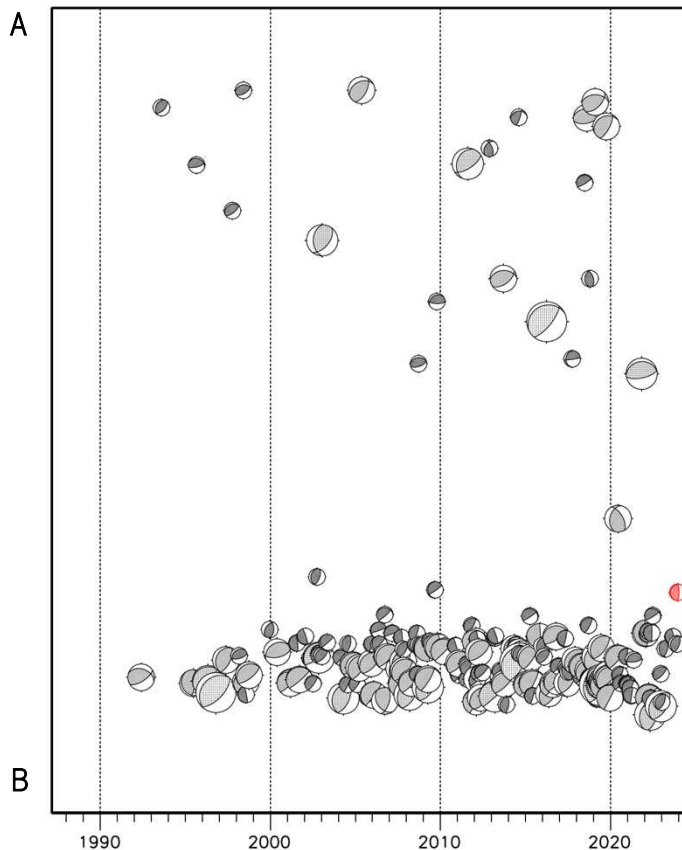
想定南海トラフ地震の発震機構解と類似の型の地震

震央分布図(1987年9月1日～2023年12月31日、M \geq 3.2、2023年12月の地震を赤く表示)



- ・フィリピン海プレート上面の深さは、Hirose et al.(2008)、Baba et al.(2002)による。震央分布図中の点線は10kmごとの等深線を示す。
- ・今期間に発生した地震(赤)、日向灘のM6.0以上、その他の地域のM5.0以上の地震に吹き出しを付けている。
- ・発震機構解の横に「S」の表記があるものは、精度がやや劣るものである。
- ・吹き出しの右下の数値は、フィリピン海プレート上面の深さからの差を示す。+は浅い、-は深いことを示す。
- ・吹き出しに「CMT」と表記した地震は、発震機構解と深さはCMT解による。Mは気象庁マグニチュードを表記している。
- ・発震機構解の解析基準は、解析当時の観測網等に応じて変遷しているため一定ではない。

震央分布図内の時空間分布図



プレート境界型の地震と類似の型の発震機構解を持つ地震は以下の条件で抽出した。

【抽出条件】

- ・M3.2以上の地震
- ・領域a内(南海トラフの想定最大規模の想定震源域内)で発生した地震
- ・発震機構解が以下の条件を全て満たしたものを抽出した。
 - P軸の傾斜角が45度以下
 - P軸の方位角が65度以上180度以下(※)
 - T軸の傾斜角が45度以上
 - N軸の傾斜角が30度以下
- ※以外の条件は、東海地震と類似の型を抽出する条件と同様
- ・発震機構解は、CMT解と初動解の両方で検索をした。
- ・同一の地震で、CMT解と初動解の両方がある場合はCMT解を選択している。
- ・東海地方から四国地方(領域a)は、フィリピン海プレート上面の深さから±10km未満の地震のみ抽出した。日向灘(領域b)は、+10km～-20km未満の震源を抽出した。CMT解はセントロイドの深さを使用した。

気象庁作成

南海トラフ巨大地震の想定震源域とその周辺の地震活動指数

2023年12月31日

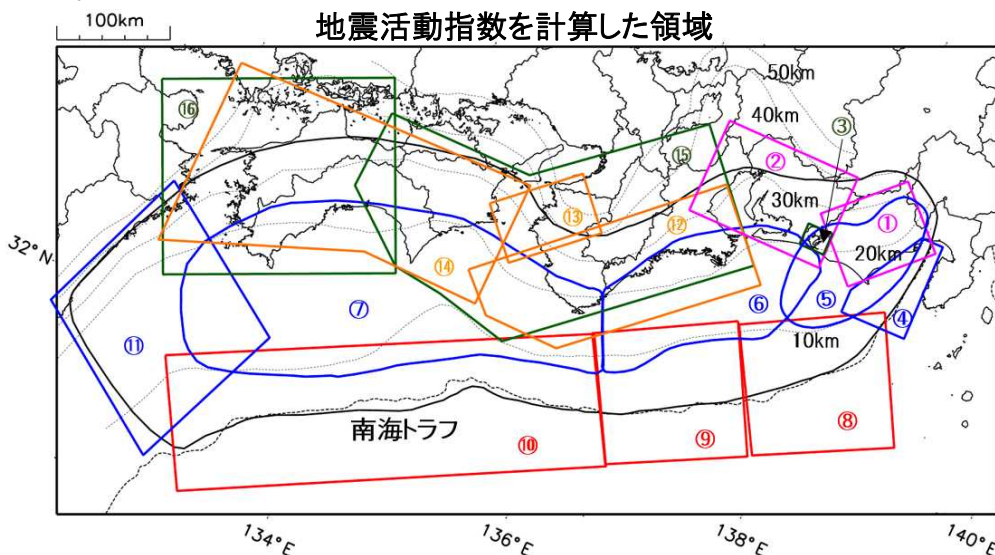
領域	①静岡県 中西部		②愛知県		③浜名湖 周辺	④駿河 湾	⑤ 東海	⑥東南 海	⑦南海
	地	プ	地	プ	プ	全	全	全	全
地震活動指数	4	3	8	3	2	6	4	4	4
平均回数	16.4	18.2	26.7	13.8	13.1	13.2	18.0	19.7	21.7
MLきい値	1.1		1.1		1.1	1.4	1.5	2.0	2.0
クラスタ 除去	距離	3km		3km		3km	10km	10km	10km
	日数	7日		7日		7日	10日	10日	10日
対象期間	60日	90日	60日	30日	360日	180日	90日	360日	90日
深さ	0~ 30km	0~ 60km	0~ 30km	0~ 60km	0~ 60km	0~ 60km	0~ 60km	0~ 100km	0~ 100km

領域	南海トラフ沿い		⑪日向 灘	⑫紀伊 半島	⑬和歌 山	⑭四国	⑮紀伊半 島	⑯四国
	⑧東側	⑩西側	全	地	地	地	プ	プ
	全	全	全	地	地	地	プ	プ
地震活動指数	7	6	5	5	2	8	6	8
平均回数	13.0	14.6	21.0	22.8	41.4	31.2	27.9	28.4
MLきい値	2.5	2.5	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
クラスタ 除去	距離	10km	10km	10km	3km	3km	3km	3km
	日数	10日	10日	10日	7日	7日	7日	7日
対象期間	720日	360日	60日	120日	60日	90日	30日	30日
深さ	0~ 100km	0~ 100km	0~ 100km	0~ 20km	0~ 20km	0~ 20km	20~ 100km	20~ 100km

* 基準期間は、全領域1997年10月1日～2023年12月31日

* 領域欄の「地」は地殻内、「プ」はフィリピン海プレート内で発生した地震であることを示す。ただし、震源の深さから便宜的に分類しただけであり、厳密に分離できていない場合もある。「全」は浅い地震から深い地震まで全ての深さの地震を含む。

* ⑨の領域(三重県南東沖)は、2004年9月5日以降の地震活動の影響で、地震活動指数を正確に計算できないため、掲載していない。



地震活動指数を計算した領域

地震活動指数と地震数

地震回数の指数化		
指数	確率 (%)	地震数
8	1	多い
7	4	やや多い
6	10	
5	15	
4	40	ほぼ平常
3	15	
2	10	やや少ない
1	4	
0	1	少ない

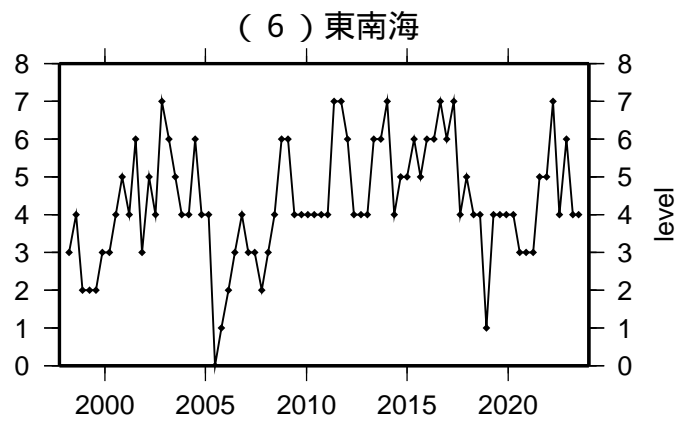
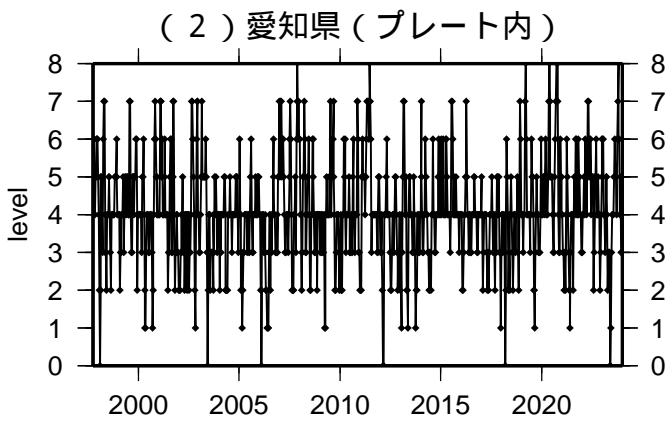
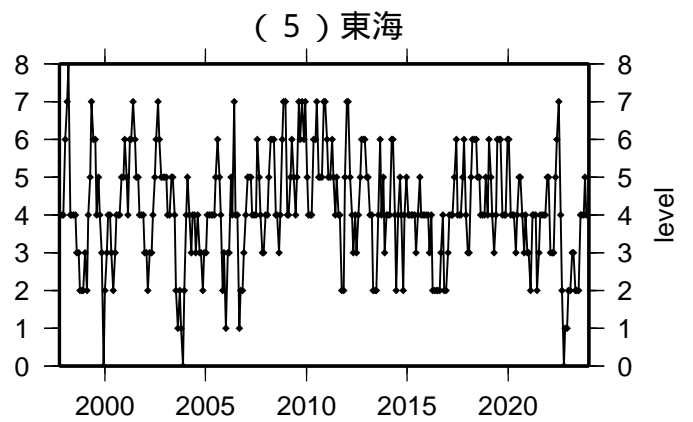
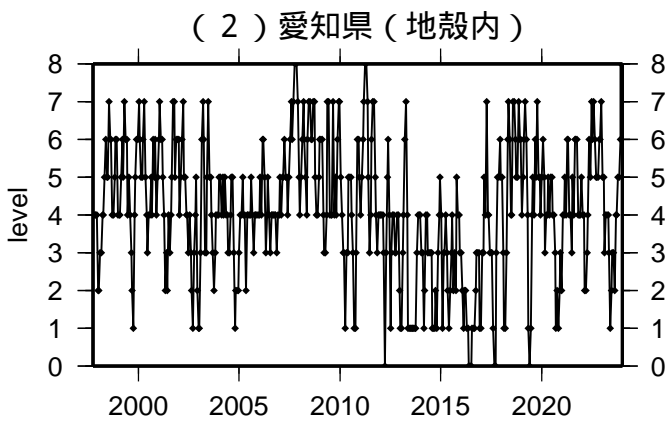
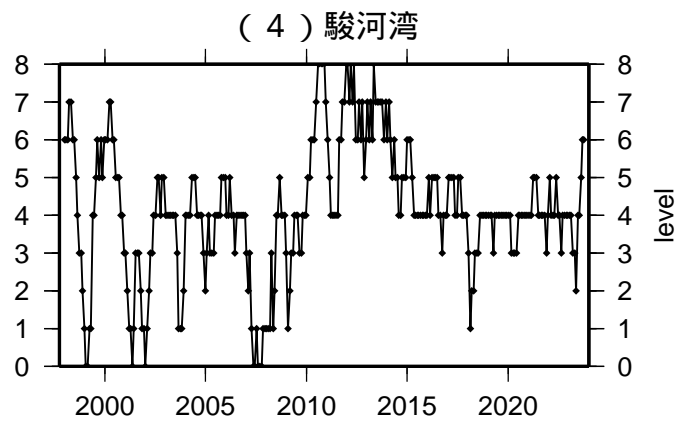
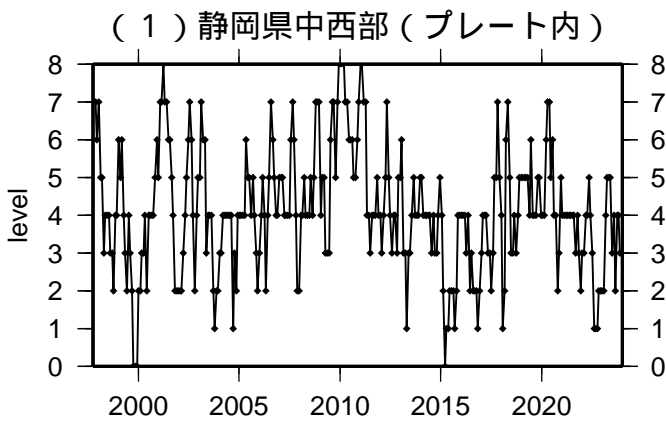
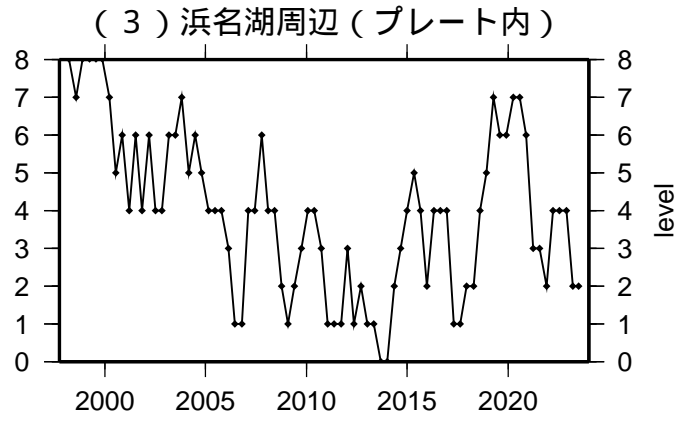
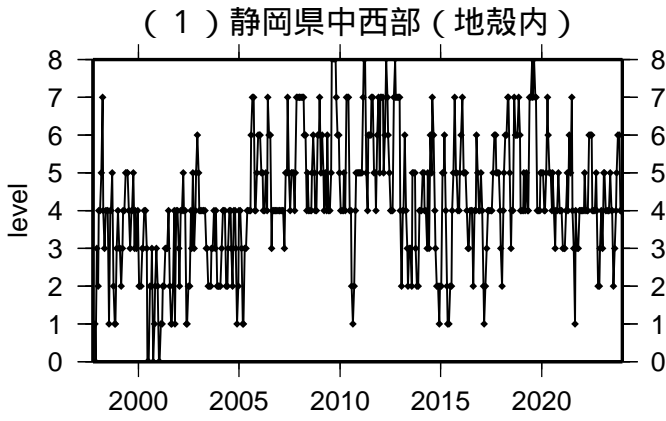
* 黒色実線は、南海トラフ巨大地震の想定震源域を示す。

* Hirose et al.(2008)、Baba et al.(2002)によるプレート境界の等深線を破線で示す。

気象庁作成

地震活動指数一覧

2023年12月31日

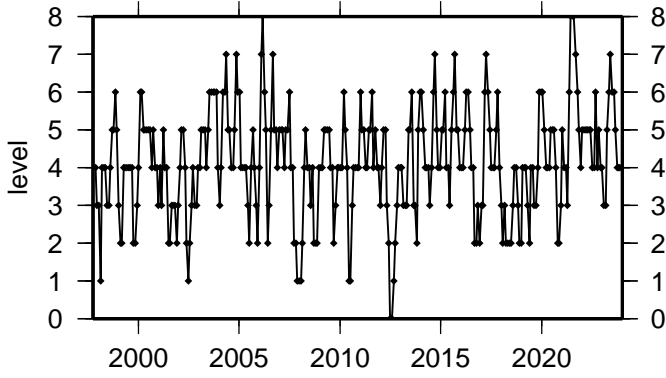


活動指数	0	1	2	3	4	5	6	7	8
確率 (%)	1	4	10	15	40	15	10	4	1
地震数	少	←		平常	→		多		

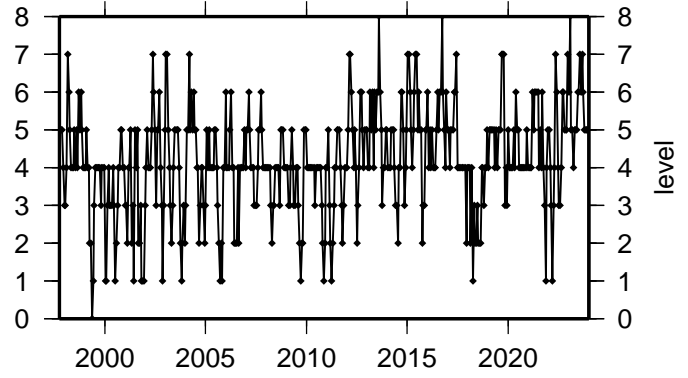
地震活動指数一覽

2023年12月31日

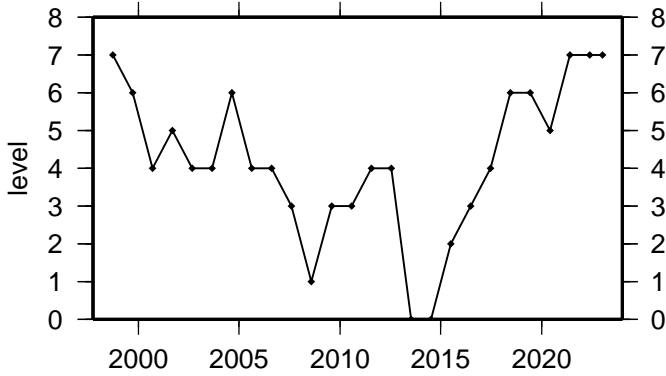
(7) 南海



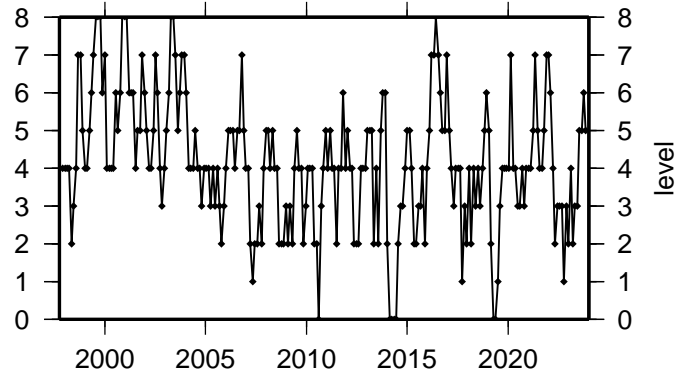
(11) 日向灘



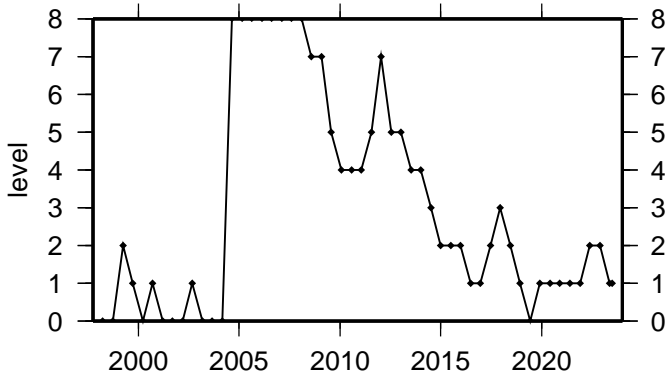
(8) 南海トラフ沿い(東側)



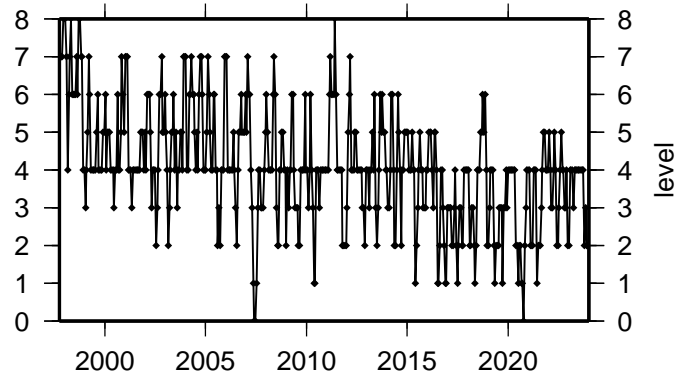
(12) 紀伊半島(地殻内)



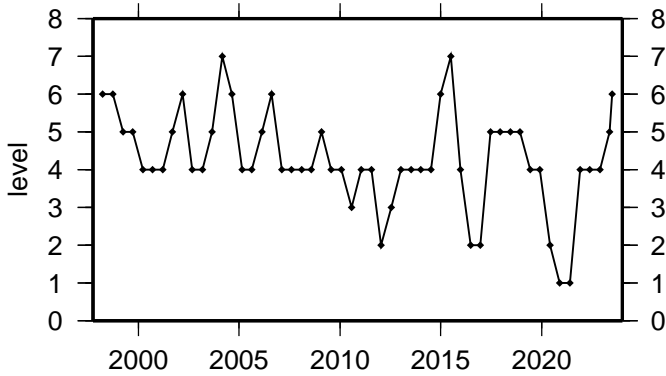
(9) 南海トラフ沿い(三重県沖)



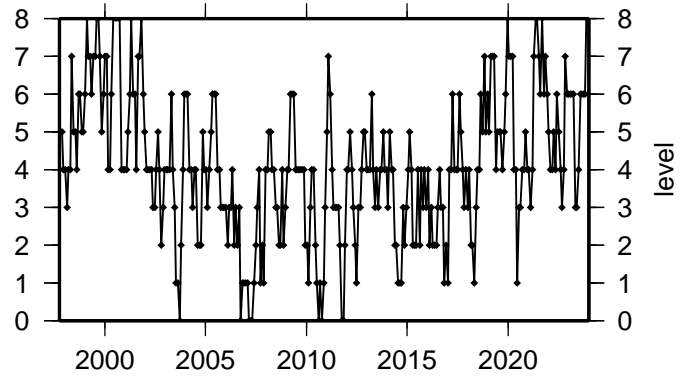
(13) 和歌山(地殻内)



(10) 南海トラフ沿い(西側)



(14) 四国(地殻内)

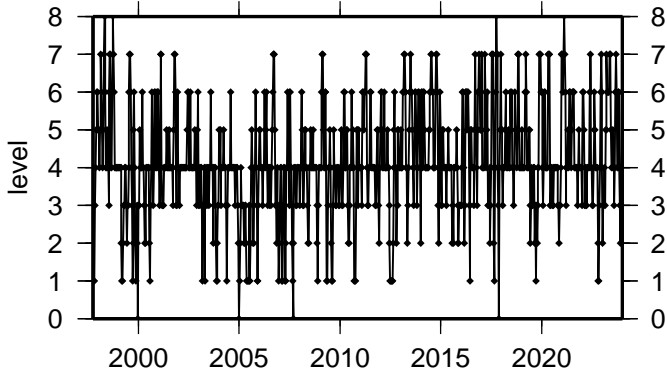


活動指数	0	1	2	3	4	5	6	7	8
確率(%)	1	4	10	15	40	15	10	4	1
地震数	少	←	←	←	←	←	←	←	多

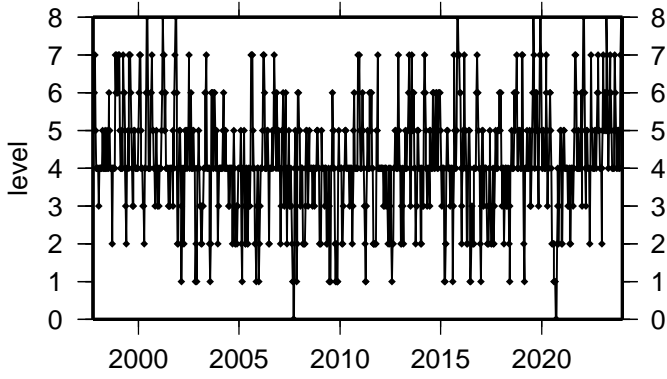
地震活動指数一覧

2023年12月31日

(1 5) 紀伊半島 (プレート内)



(1 6) 四国 (プレート内)



活動指数	0	1	2	3	4	5	6	7	8
確率 (%)	1	4	10	15	40	15	10	4	1
地震数	少	← 平常		多					