

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係する現象)

4月17日23時14分に豊後水道の深さ39kmを震源とするM6.6(モーメントマグニチュードMw6.3)の地震が発生しました。この地震は、発震機構が東西方向に張力軸を持つ正断層型で、フィリピン海プレート内部で発生しました。

(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) 四国中部：3月22日から4月4日
- (2) 四国西部：4月8日から4月29日

2. 地殻変動の観測状況

(顕著な地震活動に関係する現象)

4月17日の豊後水道の地震に伴い、GNSS観測でごくわずかな地殻変動を観測しました。

(ゆっくりすべりに関係する現象)

上記(1)、(2)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ています。周辺の傾斜データでも、わずかな変化が見られています。

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、2023年秋頃から一時的に鈍化していましたが、最近も継続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。

(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。

(その他の現象)

これらとは別に、4月17日の豊後水道の地震の後、四国西部に設置されているひずみ計でごくわずかな変化を観測しました。

3. 地殻活動の評価

(顕著な地震活動に関する現象)

4月17日に発生した豊後水道の地震は、フィリピン海プレート内部で発生した地震で、その規模から南海トラフ沿いのプレート境界の固着状態の特段の変化をもたらすものではないと考えられます。

(ゆっくりすべりに関係する現象)

上記(1)(2)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。

また、4月17日に発生した豊後水道の地震の震央付近で、深部低周波地震(微動)活動やひずみ計データにプレート境界の固着状態の変化を示すような特段の変化は観測されていません。

2019年春頃からの四国中部の地殻変動及び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は、それぞれ四国中部周辺及び渥美半島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、2023年秋頃から一時的に鈍化していましたが、最近は継続しています。

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。

(その他の現象)

4月17日の豊後水道の地震の後、四国西部のひずみ計で観測されたごくわずかな変化は、地震の揺れによって生じる観測点周辺の地下の状態変化(例えば地下水流動の変化)に起因するものであったと考えられます。

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6年4月5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 武田
電話 03-6758-3900（内線 5244）

令和6年4月1日～令和6年5月7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
4/8	10:25	大隅半島東方沖	39	5.1	5弱	フィリピン海プレート内部
4/8	13:57	日向灘	28	4.5	2	
4/17	23:14	豊後水道	39	6.6	6弱	フィリピン海プレート内部
	・上記の地震とほぼ同じ場所で、4月17日23時14分以降、M3.5以上の地震が16回（上記の地震を含む）発生している（5月7日24時現在）。					
4/20	02:51	和歌山南方沖	33	3.7	2	
4/25	00:26	日向灘	40	4.1	2	
5/1	18:16	三重県南部	36	3.5	2	
5/3	09:10	和歌山県北部	46	3.8	2	

※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
■四国東部 4月4日 4月8日～9日 4月14日～22日 5月3日～4日 ■四国中部 <u>3月22日～4月4日</u> ……(1) 4月12日 4月15日～16日 4月18日 4月28日 5月6日 ■四国西部 3月31日～4月2日 4月4日 <u>4月8日～4月29日</u> ……(2) 5月1日～6日	■紀伊半島北部 4月7日 4月19日～22日 ■紀伊半島中部 4月8日 ■紀伊半島西部 4月9日 4月16日～18日 4月23日 5月3日～5日	4月22日 5月6日

※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。

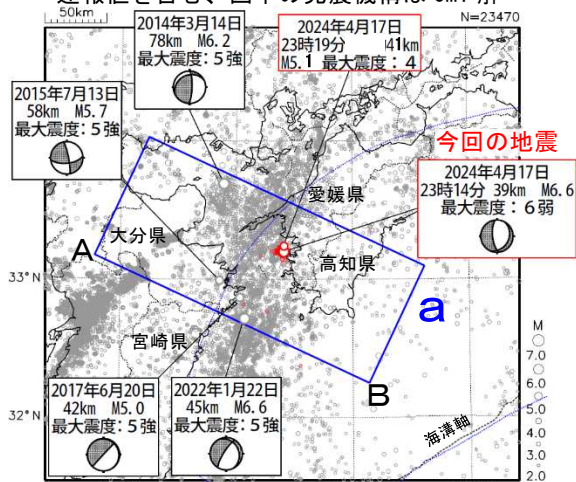
※上の表中（1）、（2）を付した活動は、今期間、主な深部低周波地震（微動）活動として取り上げたものの。

4月17日 豊後水道の地震

震央分布図

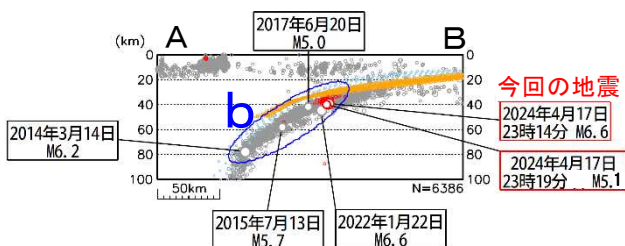
(1997年10月1日～2024年4月18日09時00分、深さ0～100km、 $M \geq 2.0$)

2024年4月17日以降の地震を赤色で表示、速報値を含む、図中の発震機構はCMT解



青色の点線は南海トラフ巨大地震の想定震源域を示す。

領域 a 内の断面図 (A-B 投影)

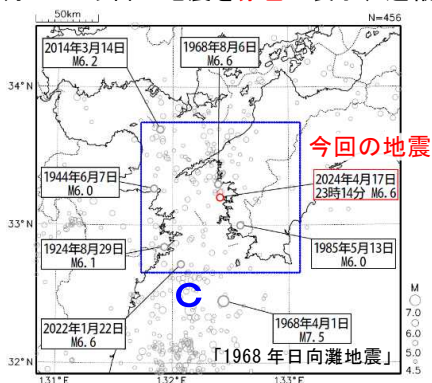


※断面図中の水色の点線は Baba et al. (2002)、Hirose et al. (2008)、Nakajima and Hasegawa (2007)、オレンジ色の点線は内閣府 (2011) によるフィリピン海プレート上面のおおよその深さを示す。

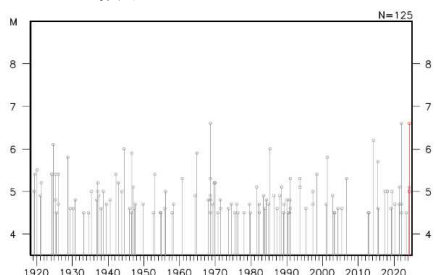
震央分布図

(1919年1月1日～2024年4月18日09時00分、深さ0～100km、 $M \geq 4.5$)

2024年4月17日以降の地震を赤色で表示、速報値を含む



領域 c 内の M-T 図



2024年4月17日23時14分に豊後水道の深さ39kmでM6.6の地震(最大震度6弱)が発生し、愛媛県愛南町及び高知県宿毛市で震度6弱を観測したほか、中部地方から九州地方にかけて及び伊豆諸島で震度5強～1を観測した。また、高知県西部で長周期地震動階級2を観測したほか、四国地方、九州地方及び鳥取県で長周期地震動階級1を観測した。この地震はフィリピン海プレート内部で発生した。発震機構(CMT解)は東西方向に張力軸を持つ正断層型である。

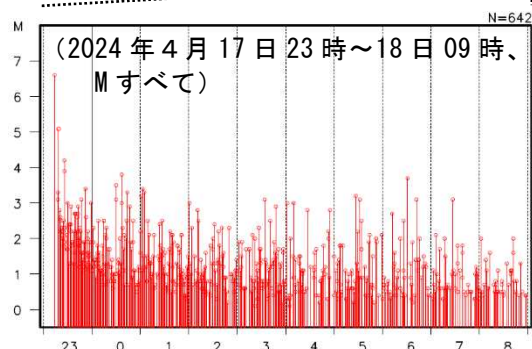
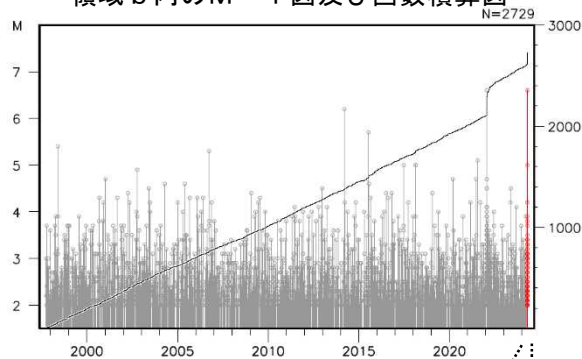
今回の地震の発生以降、同日23時19分にM5.1の地震が発生するなど、18日15時までに震度1以上を観測した地震が29回(震度6弱:1回、震度4:1回、震度3:1回、震度2:7回、震度1:19回)発生した。

今回の地震により、軽傷9人などの被害が生じた(2024年4月18日14時00分現在、総務省消防庁による)。

1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近(領域b)では、M5.0以上の地震が時々発生している。2022年1月22日にはM6.6の地震(最大震度5強)が発生し、重傷3人、軽傷10人、住家半壊2棟、一部破損599棟などの被害が生じた(被害は総務省消防庁による)。

1919年以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺(領域c)では、M6.0以上の地震が時々発生している。1968年8月6日に発生したM6.6の地震(最大震度5)では、愛媛県を中心に負傷者22人、また宇和島の重油タンクのパイプ破損により、重油170klが海上に流出するなどの被害が生じた(被害は「日本被害地震総覧」による)。

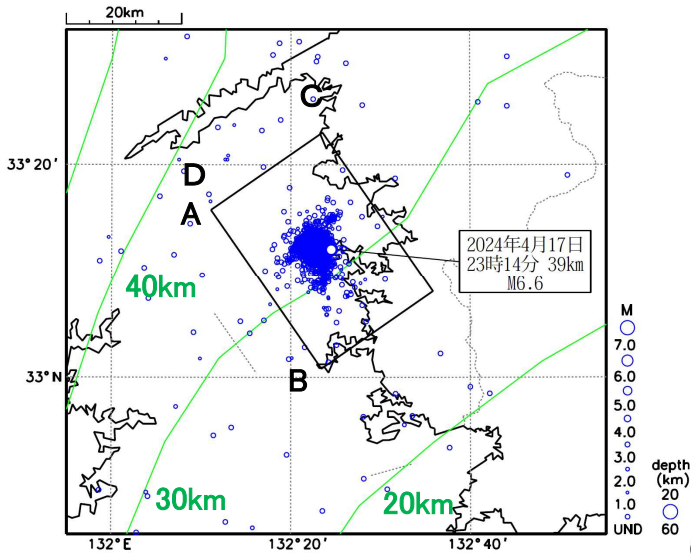
領域 b 内の M-T 図及び回数積算図



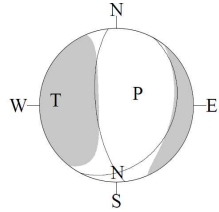
気象庁作成

2024年4月17日豊後水道 地震活動の状況

震央分布図
(4月17日～4月30日、Mすべて、深さ20～60km)

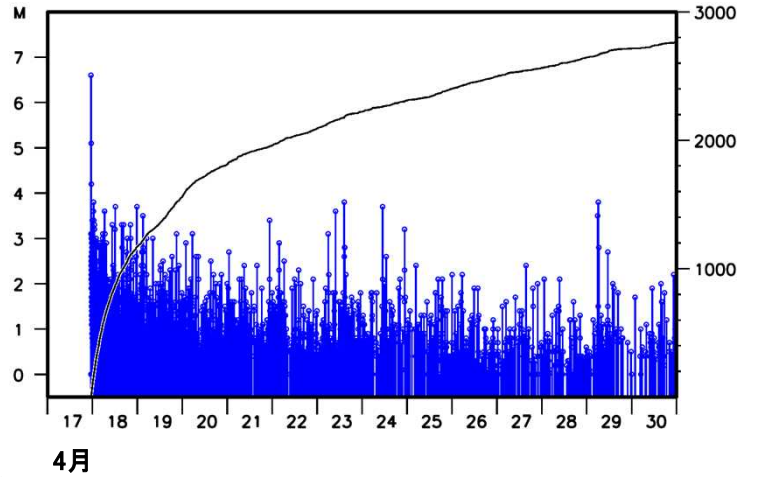


4月17日M6.6の地震の
発震機構解 (CMT解)

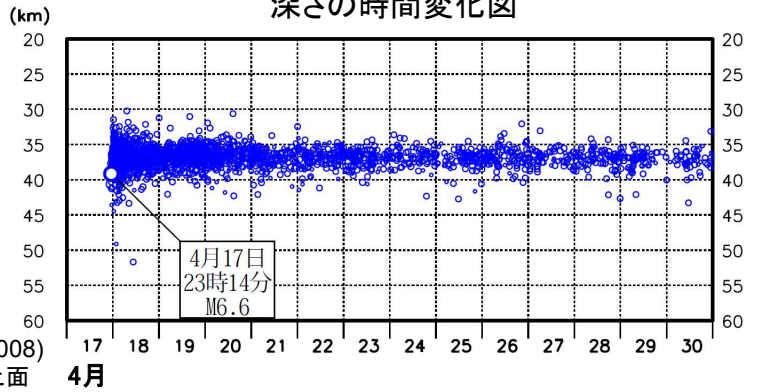


震央分布図中の緑色実線は、Baba et al. (2002)、Hirose et al. (2008) 及び Nakajima and Hasegawa (2007) によるフィリピン海プレート上面のおおよその深さを示す。

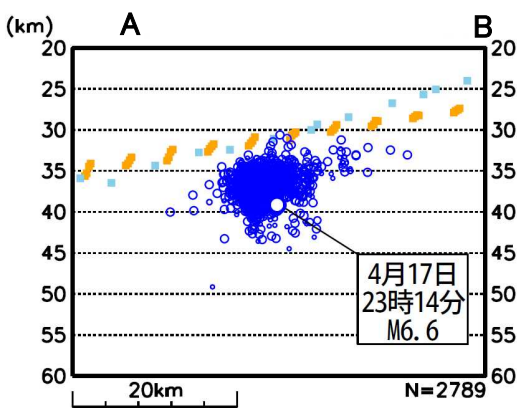
震央分布図の四角形領域内の
M-T図及び回数積算図



震央分布図の四角形領域内の
深さの時間変化図

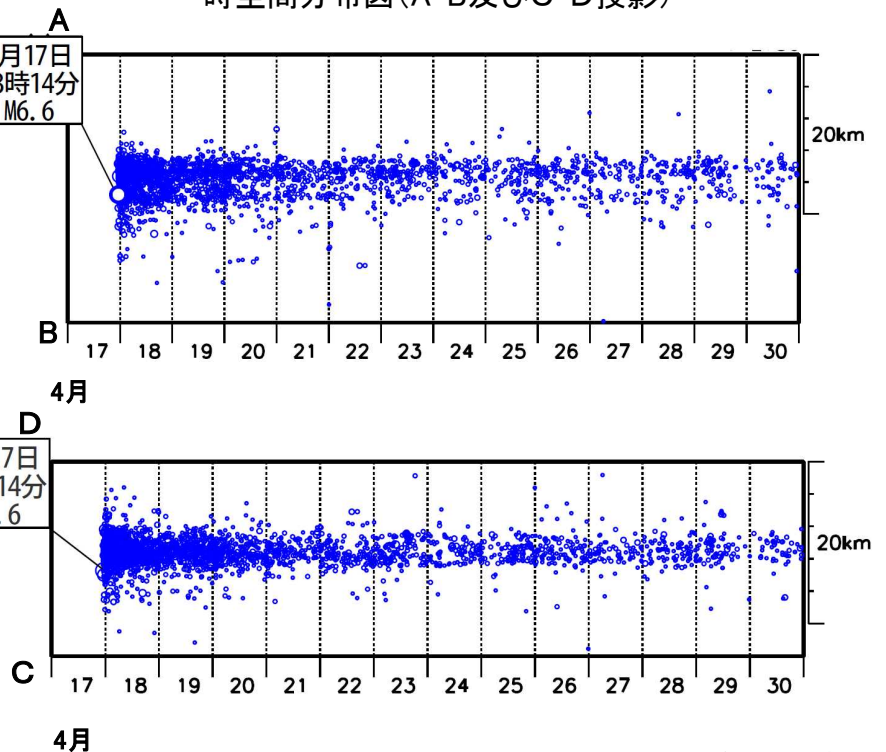


震央分布図の四角形領域内の
断面図 (A-B投影)



※断面図中の水色の点線はBaba et al. (2002)、Hirose et al. (2008)、Nakajima and Hasegawa (2007)、オレンジ色の点線は内閣府 (2011) によるフィリピン海プレート上面のおおよその深さを示す。

震央分布図の四角形領域内の
時空間分布図 (A-B及びC-D投影)



気象庁作成

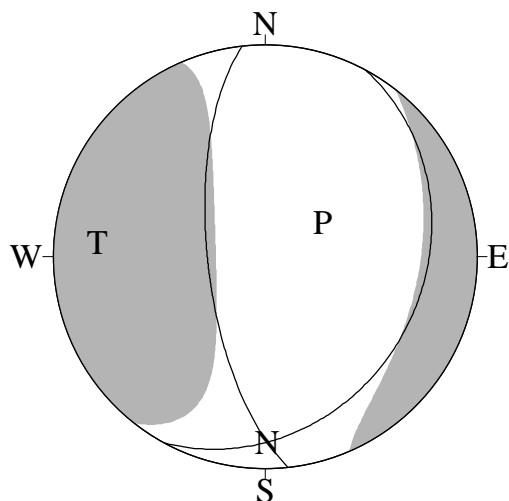
4月17日豊後水道 地震の発震機構

04172314

東西方向に張力軸を持つ正断層型

[CMT解]

Mw=6.3



下半球等積投影法で描画

P：圧力軸の方向

T：張力軸の方向

セントロイドの位置

北緯 33度14分

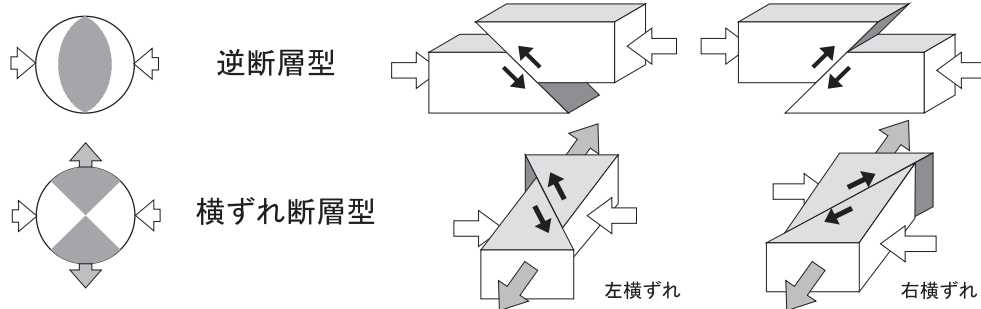
東経 132度24分

深さ 約35km

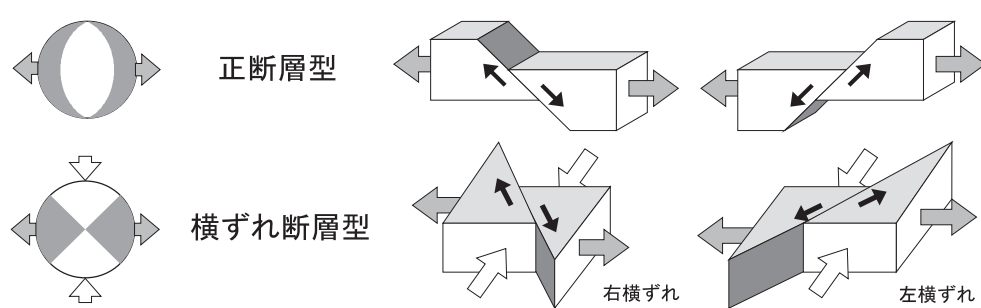
セントロイドの位置とは、地震の断層運動を1点で代表させた場合の位置。

発震機構解 [CMT解] について

圧力軸に注目した場合の例



張力軸に注目した場合の例



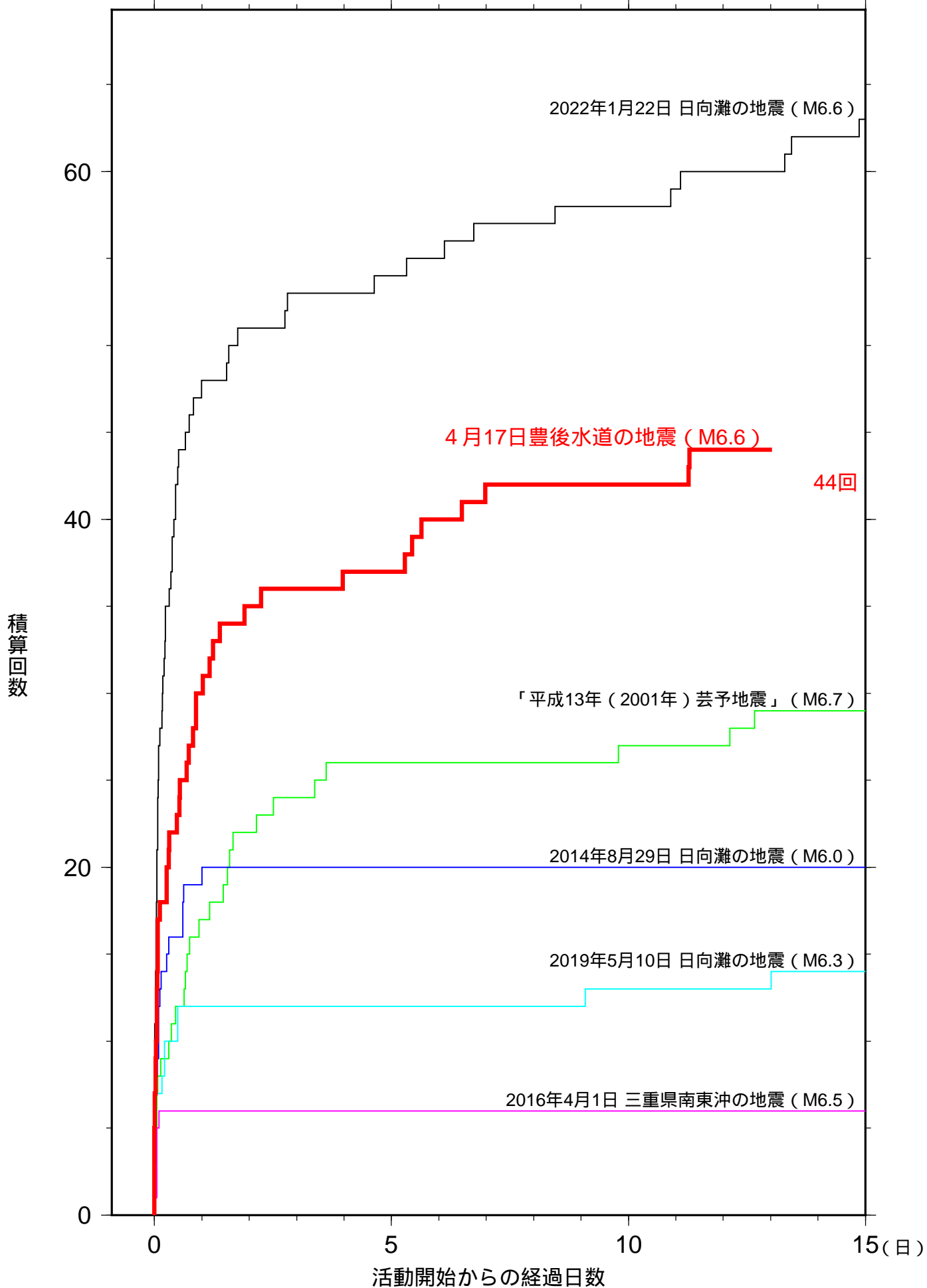
⇨ ⇩ 圧力 (押し力) ⇨ ⇩ 張力 (引く力) ⇨ ⇩ 断層がずれる方向

気象庁作成

フィリピン海プレートの沈み込みに伴うM6クラスの主な地震活動の地震回数比較 (マグニチュード3.0以上)

(回)

2024年04月30日24時00分現在



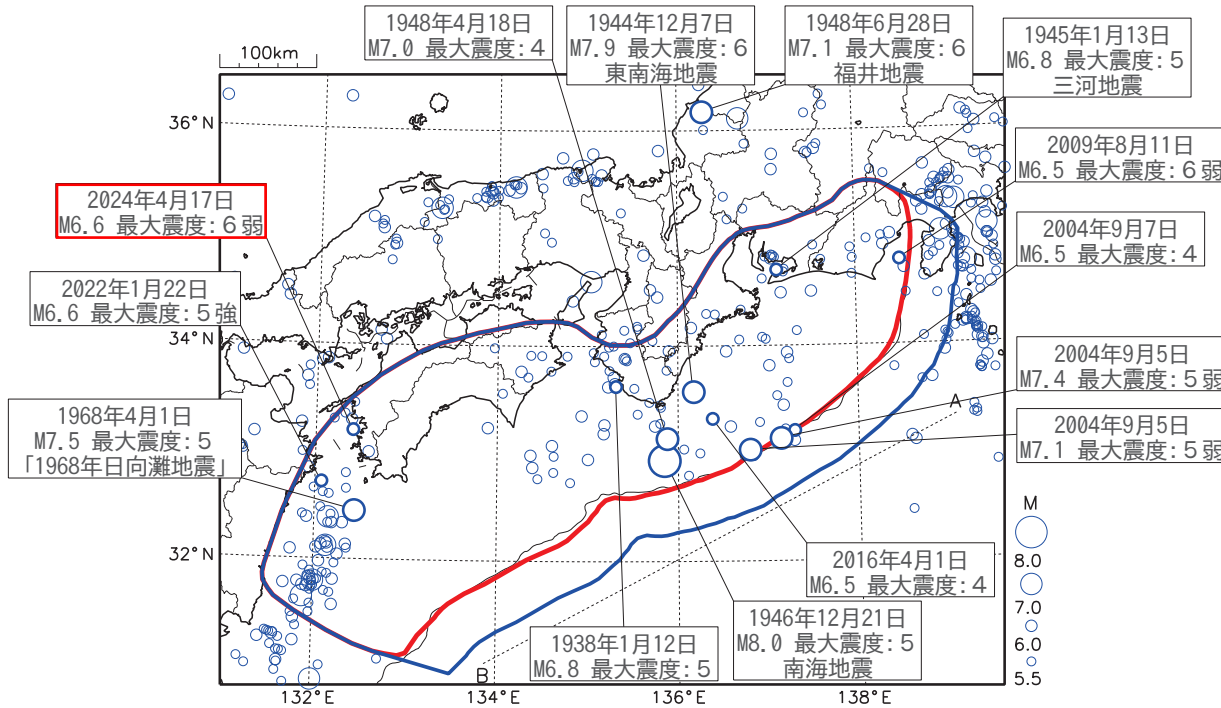
この資料は速報値であり、後日の調査で変更することがある。
今回の地震のマグニチュードについては、これまでの最大を示している。

気象庁作成

南海トラフ沿いの過去の地震活動（1919年以降）

1919年01月01日 ~ 2024年04月24日15時20分
M5.5以上、深さ0 ~ 100km

震央分布図



赤線は想定震源域、青線は南海トラフ地震臨時情報発表に係る地震活動の監視領域

[図の説明]

- ・表示している震源は速報値を含む
 - ・丸の大きさはマグニチュードの大きさを表す
- (震央分布図)
- ・以下の地震に吹き出しを付けた
- 1999年以前
- 想定震源域（日向灘を除く）で発生したM6.8以上の地震
 - 想定震源域（日向灘）で発生したM7.5以上の地震
 - 図中で1946年南海地震から3年以内に発生したM7.0以上の地震
- 2000年以降
- 想定震源域で発生したM6.5以上の地震

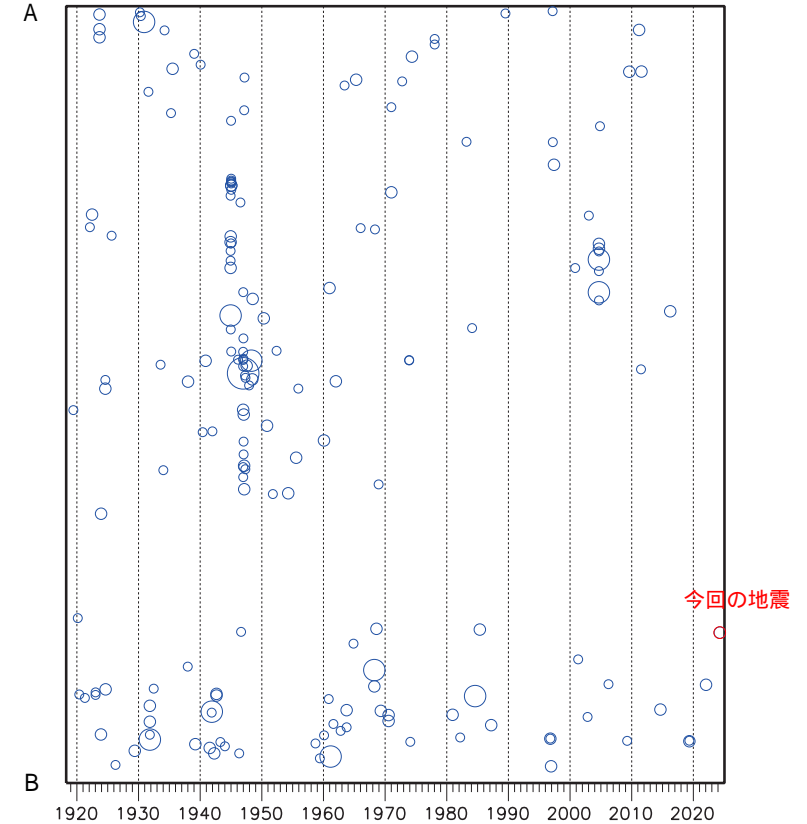
(時空間分布図)

- ・発生した時刻にマグニチュードの大きさに対応した丸を示す

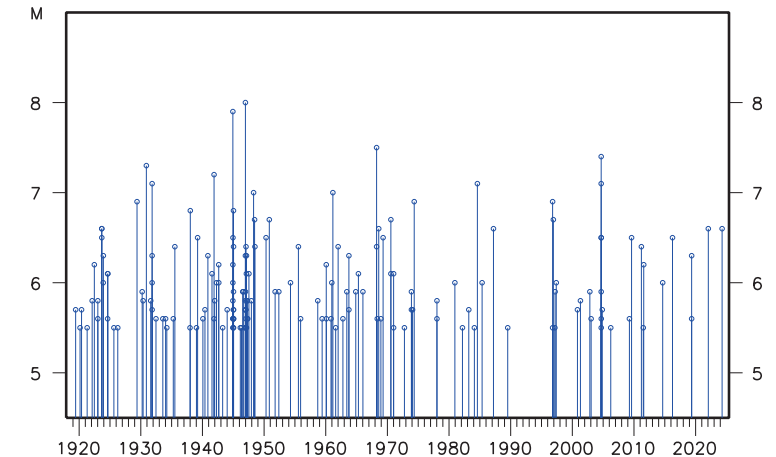
(地震活動経過図)

- ・横軸は時間、縦軸はマグニチュード、縦棒のついた丸は地震発生時刻とマグニチュードの大きさを表す

監視領域（青線）内の時空間分布図（A-B投影）



監視領域（青線）内の地震活動経過図

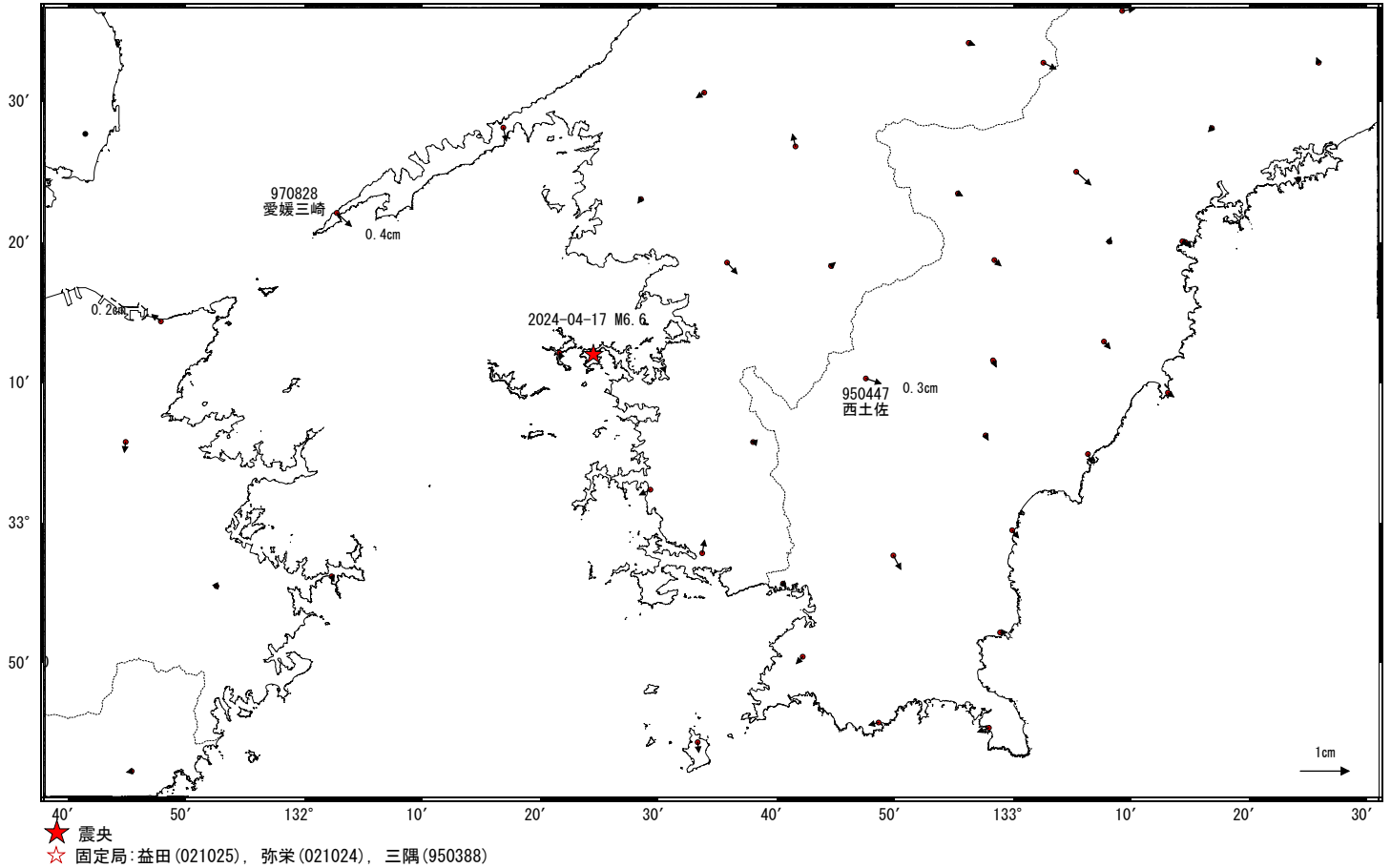


豊後水道の地震活動(最大地震4月17日 M6.6)前後の観測データ (暫定)

この地震に伴いごくわずかな地殻変動が観測された。

基準期間: 2024-04-14~2024-04-16 [F5: 最終解]
比較期間: 2024-04-18~2024-04-20 [F5: 最終解]

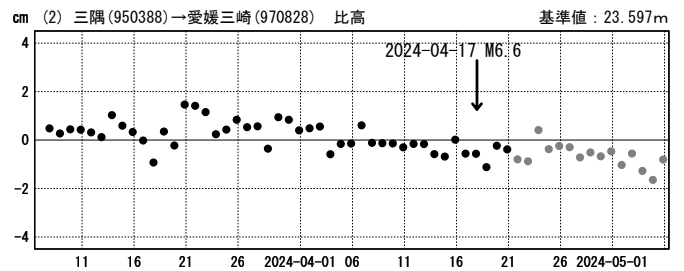
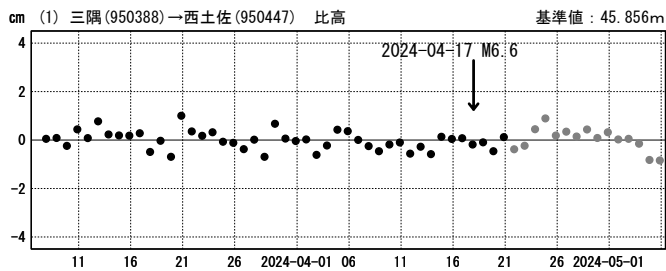
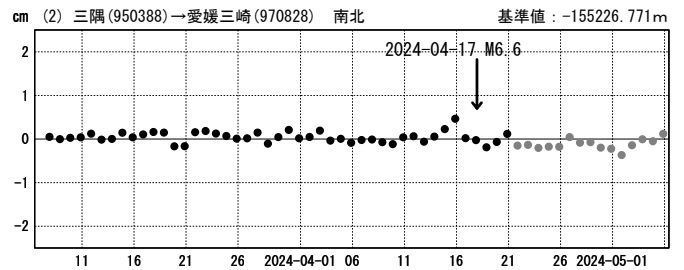
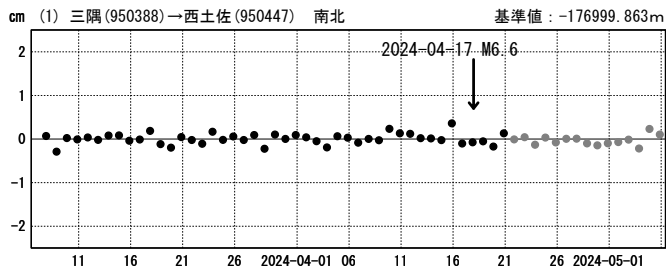
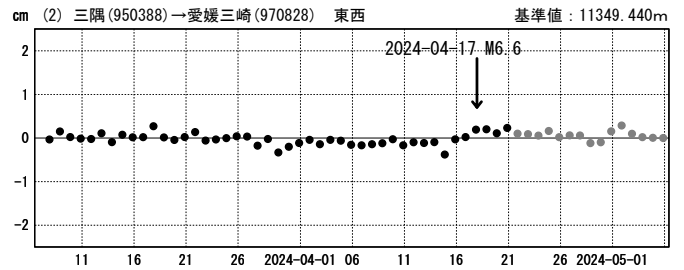
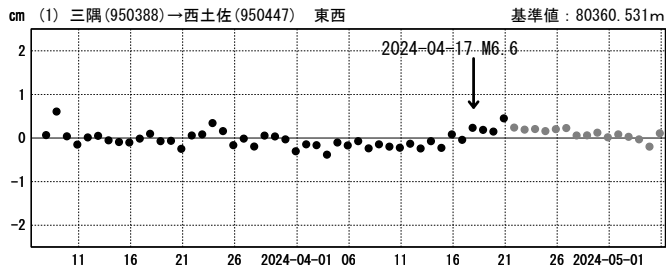
地殻変動 (水平)



成分変化グラフ

期間: 2024-03-07~2024-05-05 JST

期間: 2024-03-07~2024-05-05 JST

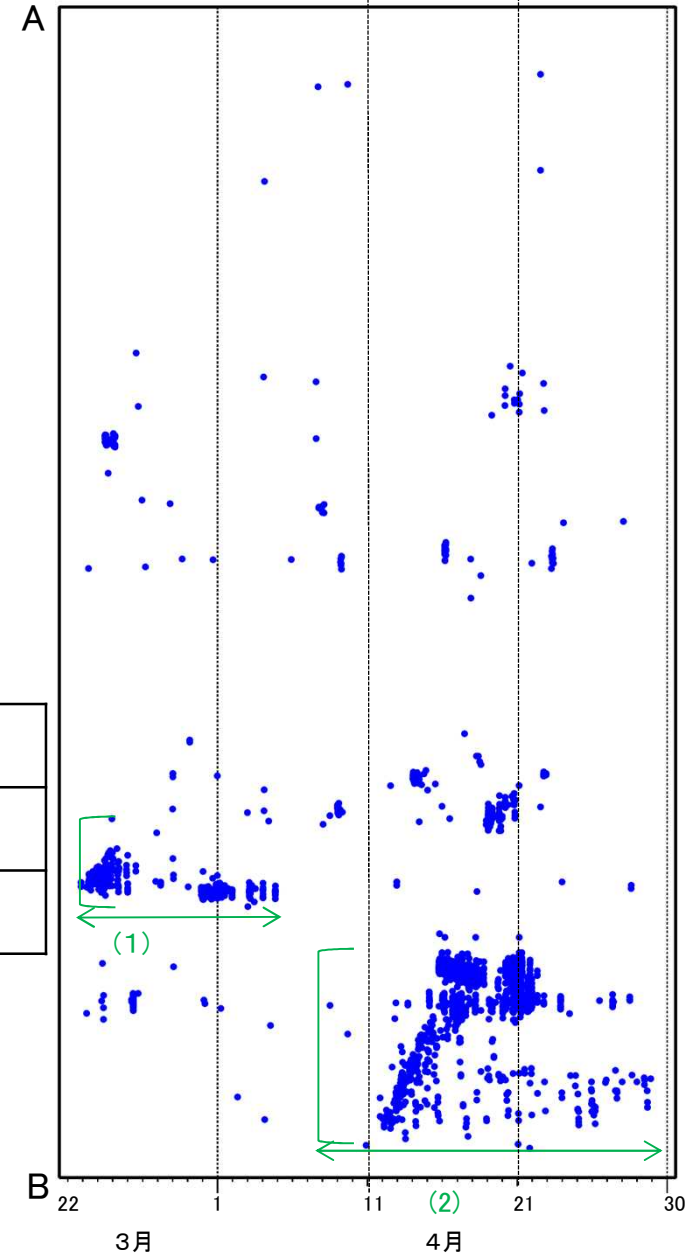
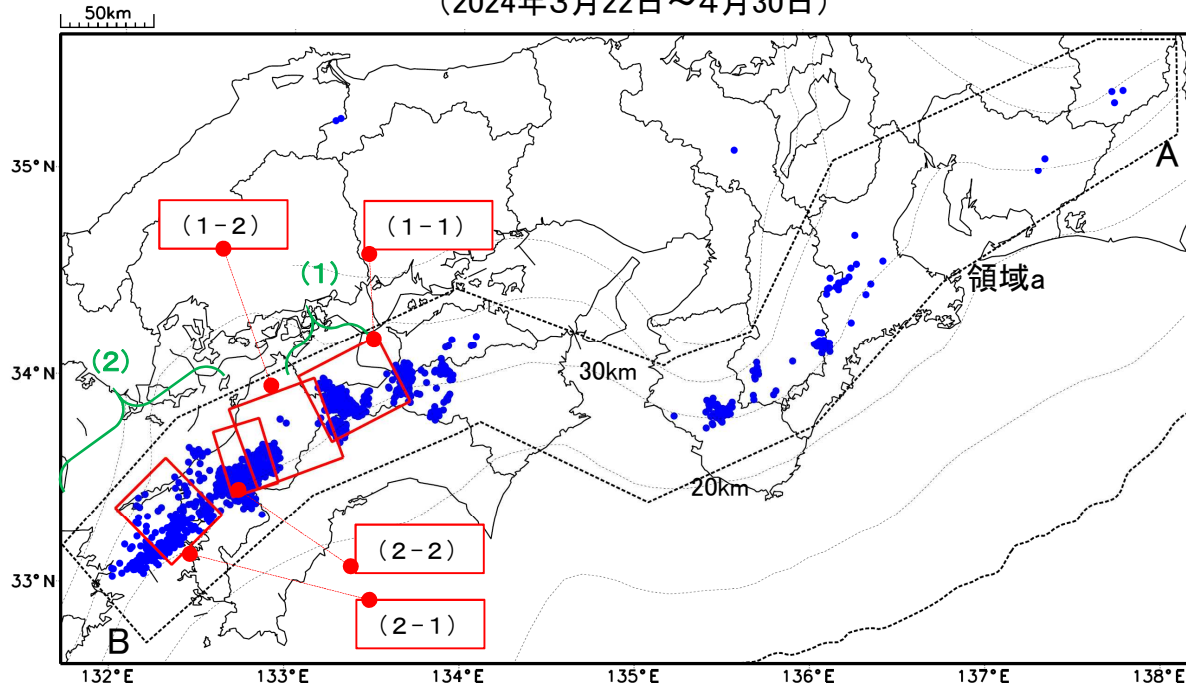


●— [F5: 最終解] ●— [R5: 速報解]

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
(2024年3月22日～4月30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)	四国中部	3月22日～4月4日	(1-1) 3月23日12時～3月25日12時 : Mw5.7 (1-2) 3月30日12時～4月5日12時 : Mw5.8
(2)	四国西部	4月8日～4月29日	(2-1) 4月12日00時～4月17日12時 : Mw5.9 (2-2) 4月20日00時～4月22日00時 : Mw5.8

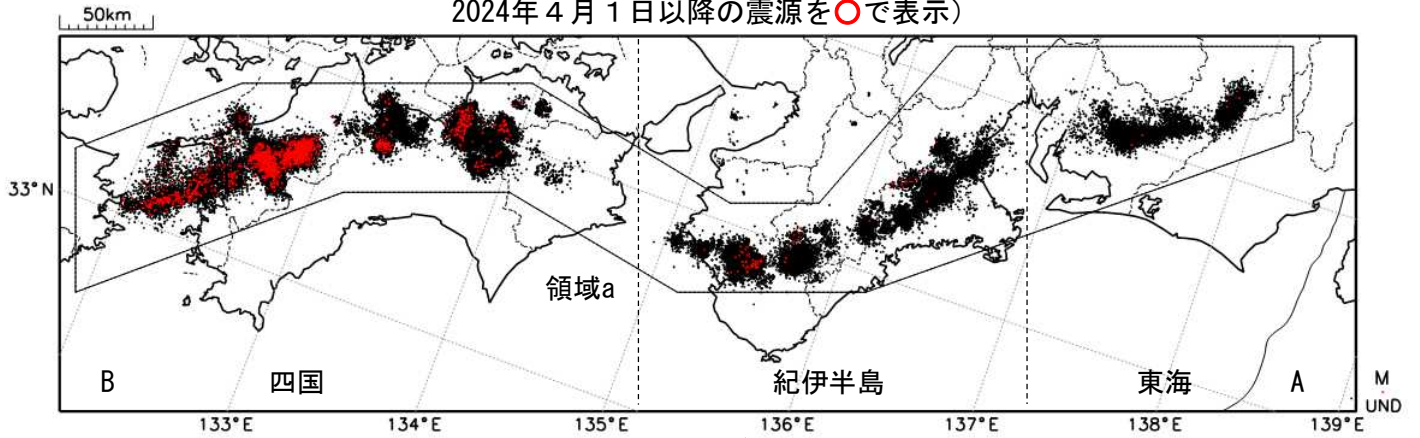
●: 深部低周波地震(微動)の震央(気象庁の解析結果を示す)
 □: 短期的ゆっくりすべりの断層モデル(四国中部、四国西部(2-2): 気象庁の解析結果を示す。四国西部(2-1): 産業技術総合研究所の解析結果を示す。)
 点線は、Baba et al.(2002)、Hirose et al.(2008)、Nakajima and Hasegawa(2007)によるフィリピン海プレート上面の深さ(10kmごとの等深線)を示す。

気象庁作成

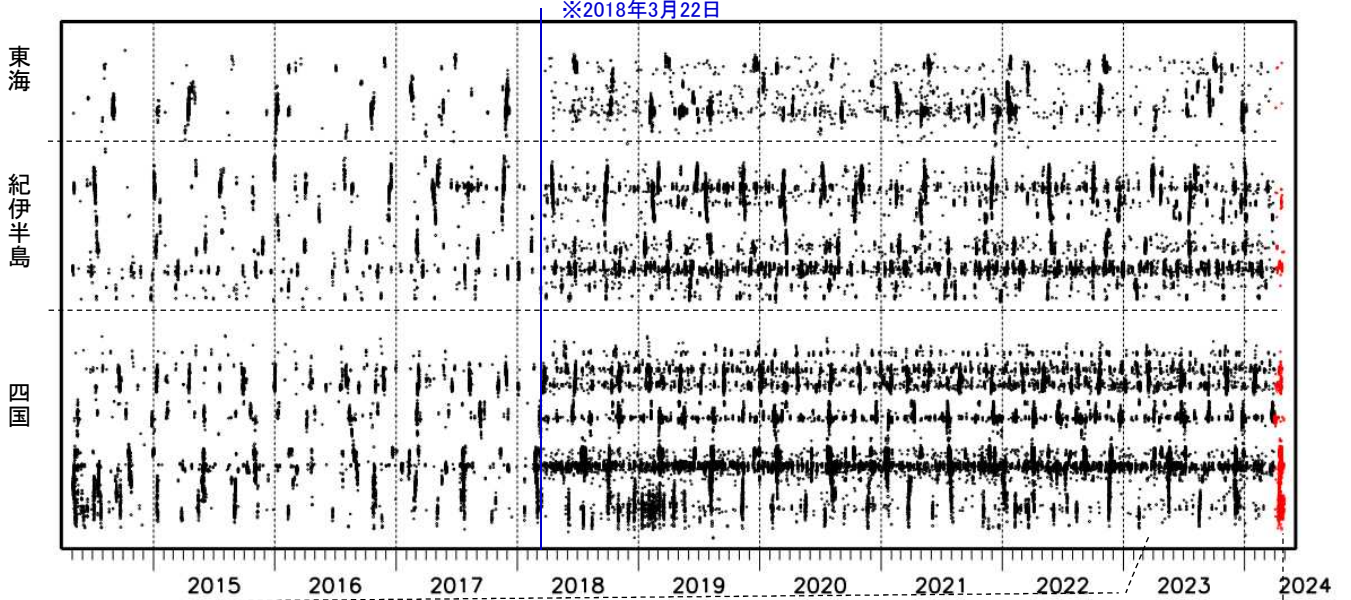
深部低周波地震（微動）活動（2014年5月1日～2024年4月30日）

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。

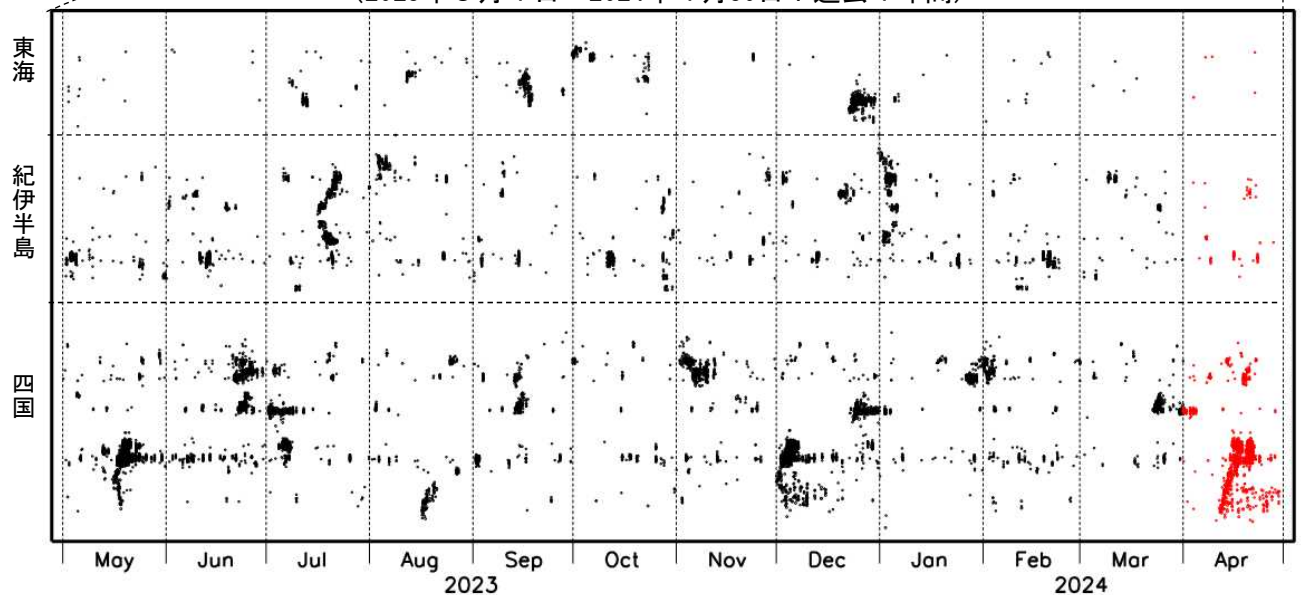
震央分布図（2014年5月1日～2024年4月30日：過去10年間
2024年4月1日以降の震源を○で表示）



上図領域a内の時空間分布図（A-B投影）



(2023年5月1日～2024年4月30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。

気象庁作成

紀伊半島・東海地域の深部低周波微動活動状況 (2024年4月)

● 顕著な活動は、とくにみられなかった。

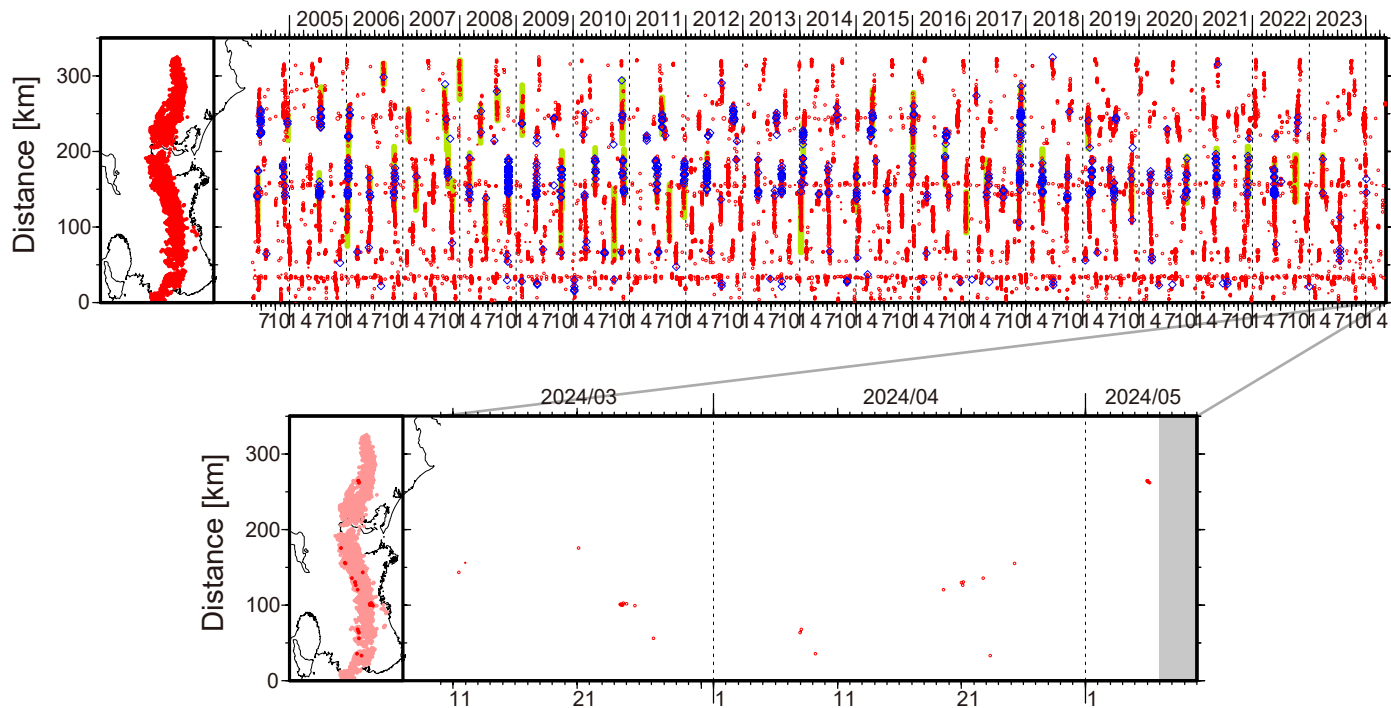


図1. 紀伊半島・東海地域における2004年5月～2024年5月6日までの深部低周波微動の時空間分布（上図）。赤丸はエンベロープ相関・振幅ハイブリッド法 (Maeda and Obara, 2009) およびクラスター処理 (Obara et al., 2010) によって1時間毎に自動処理された微動分布の重心である。青菱形は周期20秒に卓越する超低周波地震 (Ito et al., 2007) である。黄緑色の太線はこれまでに検出された短期的スロースリップイベント (SSE) を示す。下図は2024年4月を中心とした期間の拡大図である。4月以降の期間において、顕著な活動はみられなかったものの、4月7～8日頃には奈良県南部において、4月21日頃には三重・奈良県境付近において、それぞれごく小規模な微動活動がみられた。また5月5日頃からは、愛知・岐阜県境付近において微動活動がみられる。

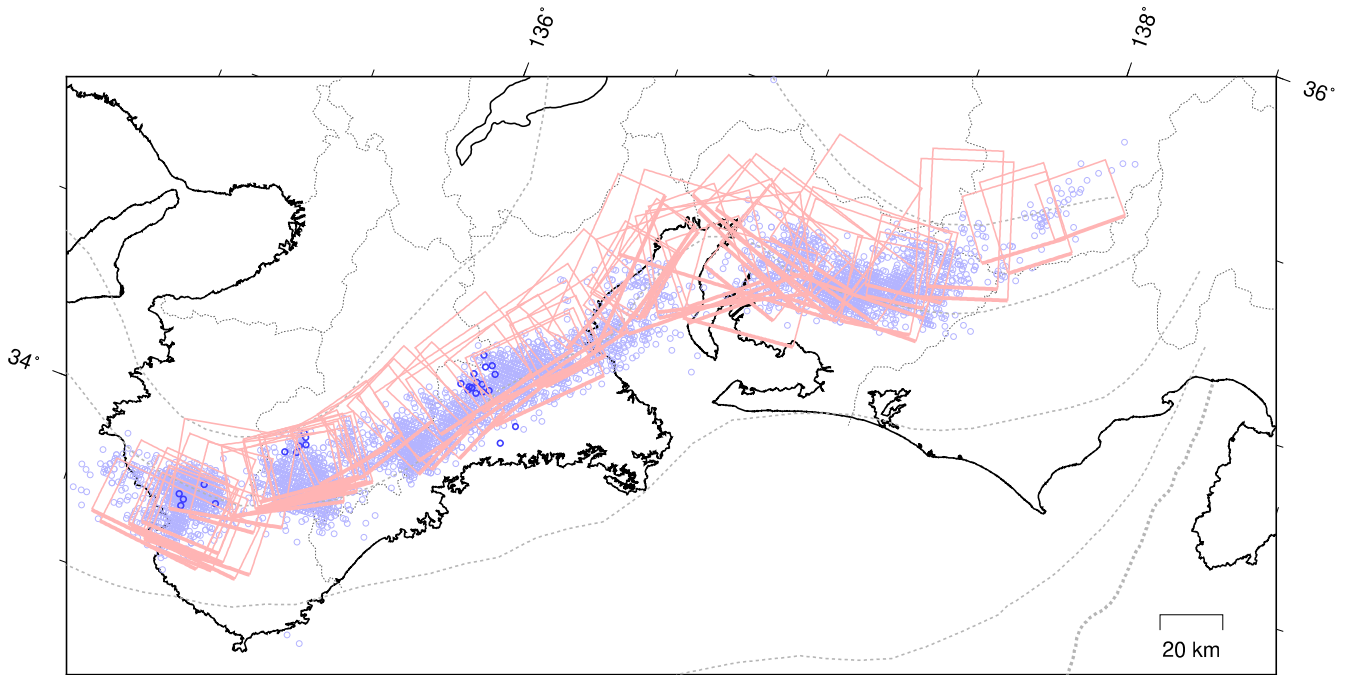


図2. 各期間に発生した微動（赤丸）の分布。灰丸は、図1の拡大図で示した期間における微動分布を示す。

東海～紀伊半島 短期的ゆっくりすべりの活動状況

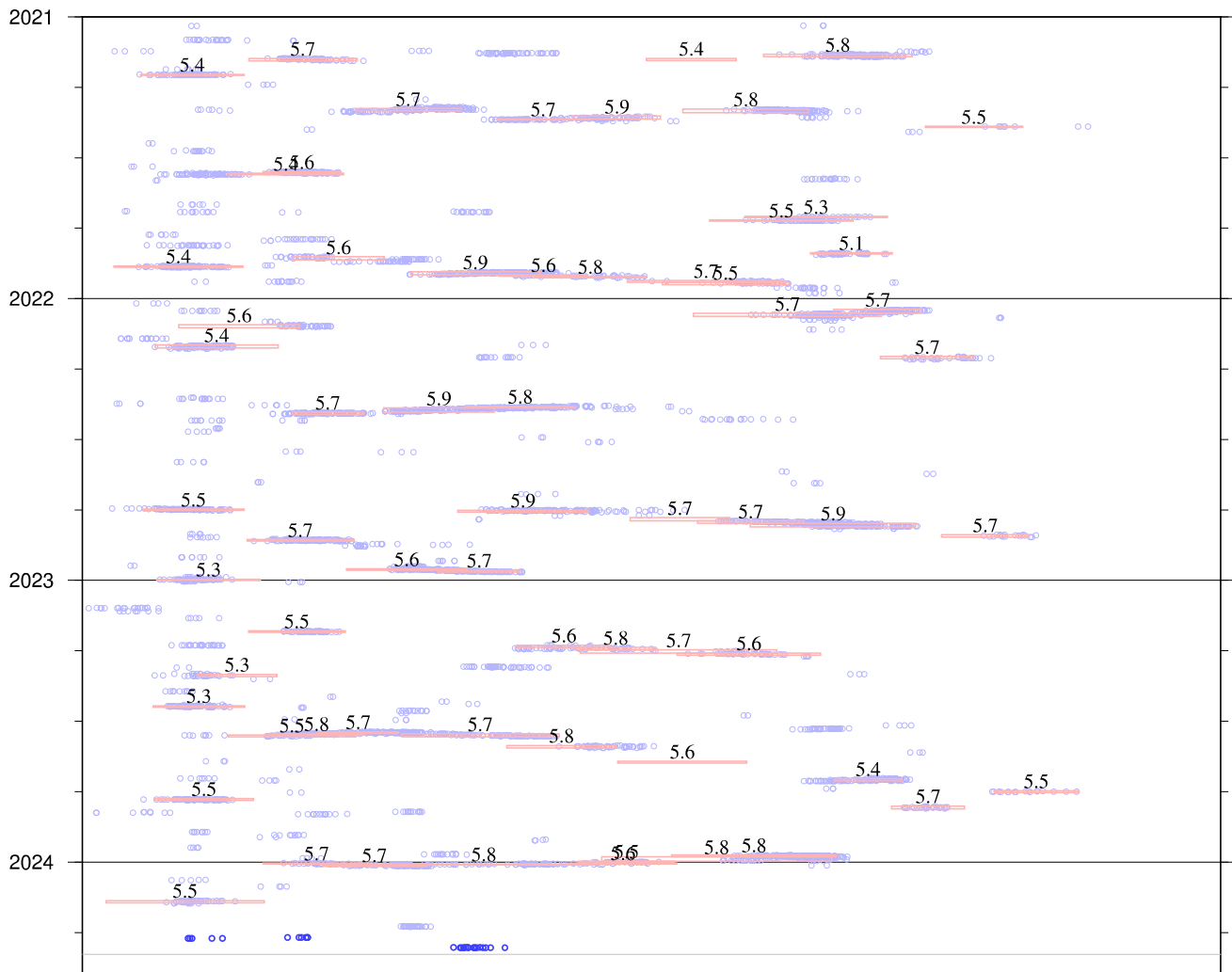
2021年1月1日～2024年4月30日

(2024年4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データ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。

気象庁作成

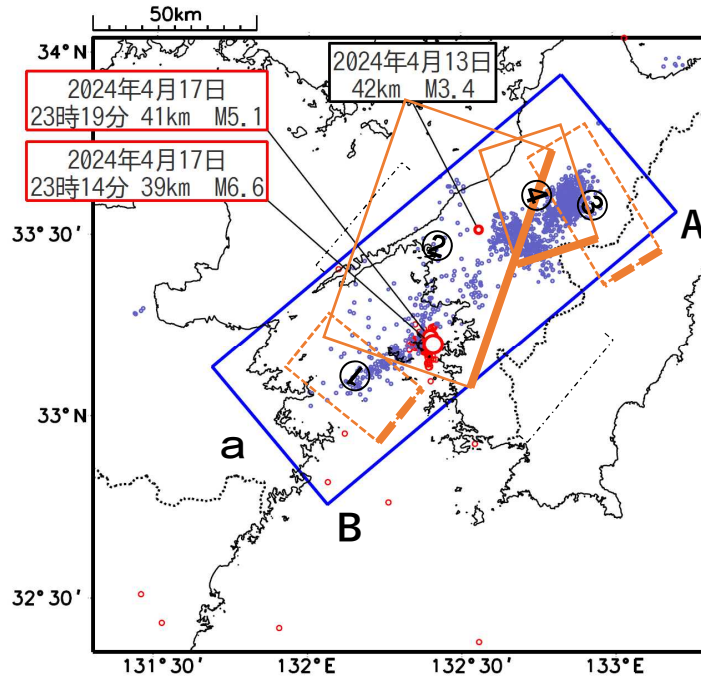
豊後水道の地震発生前後の深部低周波地震（微動）と短期的ゆっくりすべりの活動状況

震央分布図

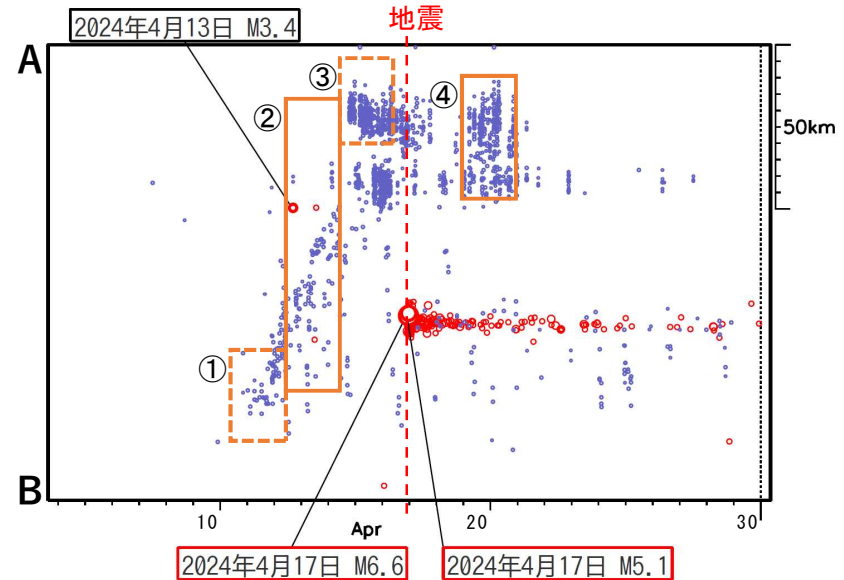
(2024年4月5日 ~ 4月30日、深さ0~100km)

通常の地震 (M \geq 2.0) を赤色○で

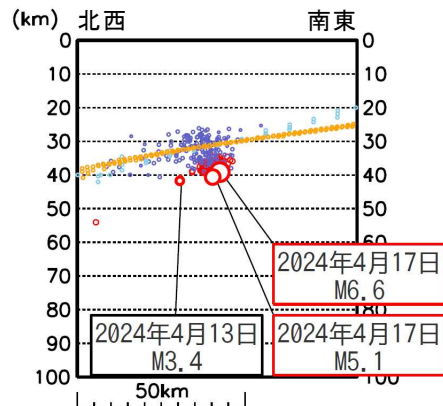
深部低周波地震（微動） (M全て) を青色○で表示



領域 a 内の時空間分布図 (A-B投影)



今回の地震の震央周辺※の断面図



※ 震央分布図中の一点鎖線内の領域

震央分布図および時空間分布図中の四角形は短期的ゆっくりすべりの断層モデルを示す。このうち、破線のものとは十分な解析精度が得られていないことを示す。

また豊後水道の地震 (M6.6) 発生後、活発な地震活動のために深部低周波地震（微動）の検出能力が一時的に低下していたことに留意。

気象庁作成

- 3月22日～4月3日頃に四国中部において、活発な微動活動。
- 4月10～26日頃に豊後水道から四国西部において、活発な微動活動。

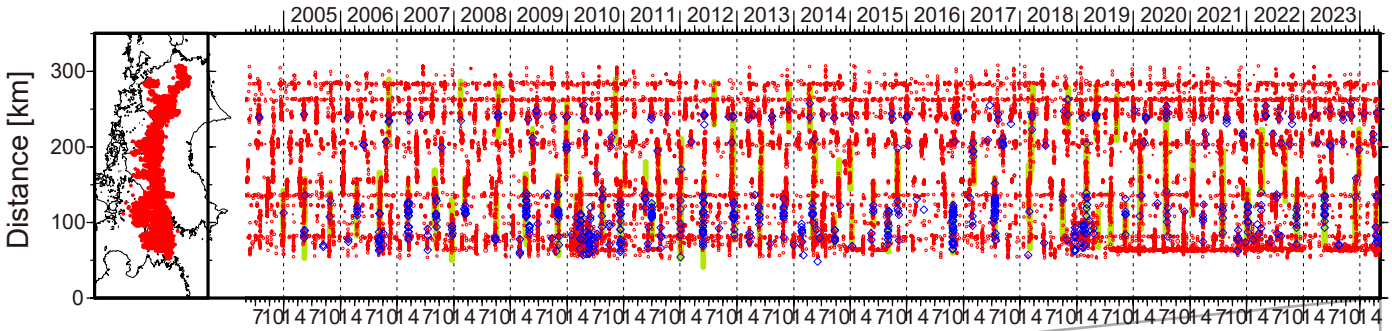


図1. 四国における2004年5月～2024年5月7日までの深部低周波微動の時空間分布(上図). 赤丸はエンベロープ相関・振幅ハイブリッド法 (Maeda and Obara, 2009) およびクラスタ処理 (Obara et al., 2010) によって1時間毎に自動処理された微動分布の重心

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2024年4月を中心とした期間の拡大図である. 3月22日～4月3日頃に愛媛県東部で、活発な微動活動がみられた. この活動では、やや東方向への活動域の拡大がみられたのち、26日頃からは活動が散発的となった. 4月10～26日頃には豊後水道から愛媛県中部で活発な微動活動がみられた. この活動は豊後水道西部で開始し、15日頃まで東方向への活動域の移動がみられ、愛媛県中部での活動は21日までで低調となった. 17日23:14頃に豊後水道で発生した $M_{JA}6.6$ の地震後、本カタログには同地域での余震活動が含まれるものの、地震波形と併せて確認したところ、26日頃まで豊後水道で微動活動がみられた. 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. 4月9～10日頃および4月18～21日頃には愛媛・香川・徳島県境付近で、4月14～15日頃には香川・徳島県境付近で、5月4～5日頃には豊後水道で、それぞれ小規模な活動がみられた. 5月6日頃からは愛媛県東部で微動活動がみられる.

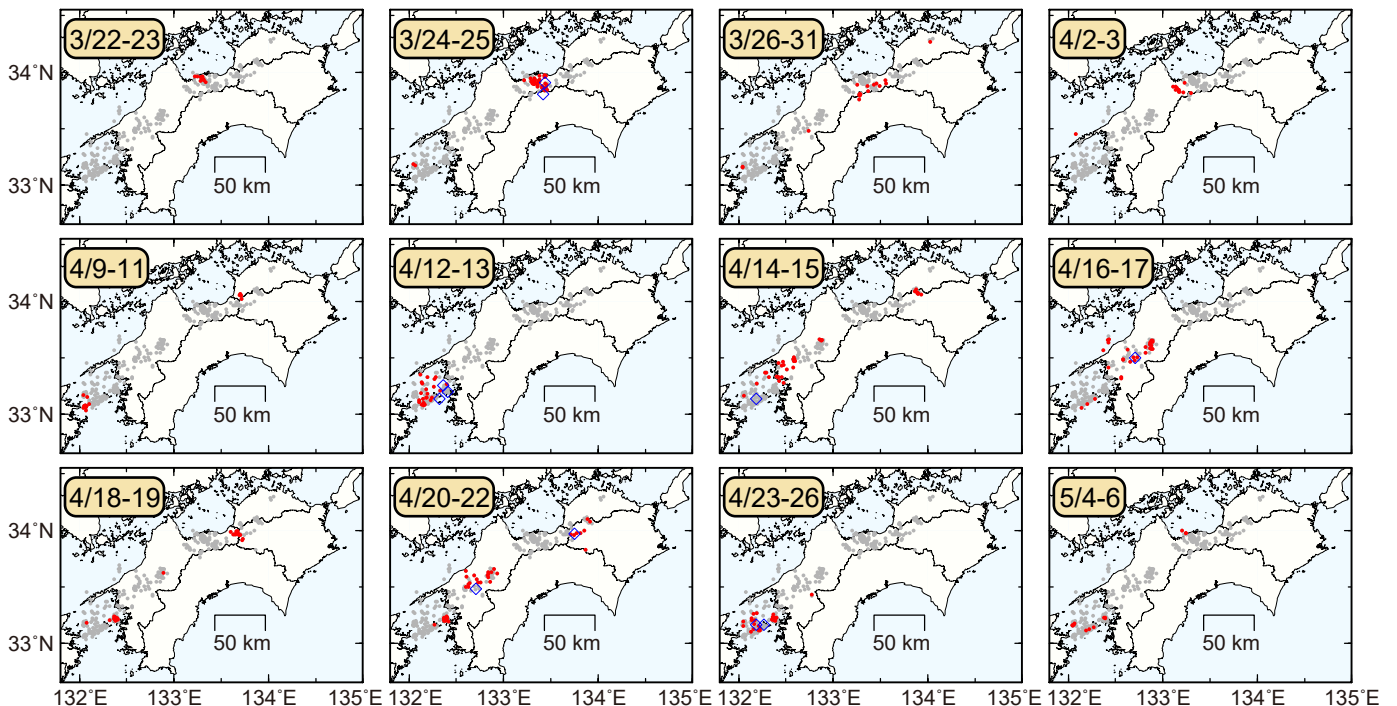
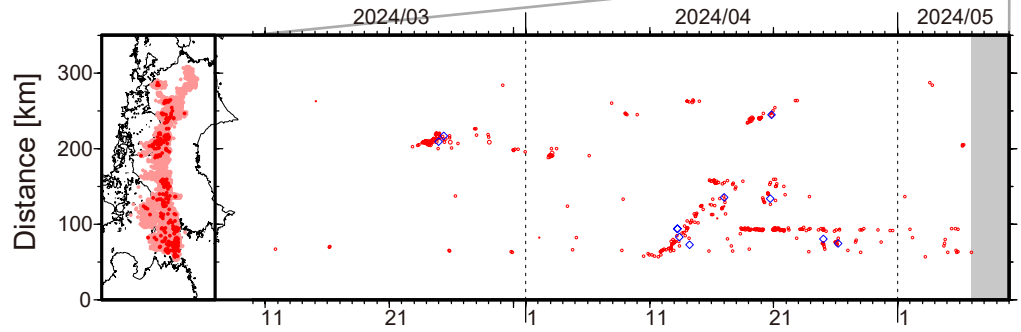


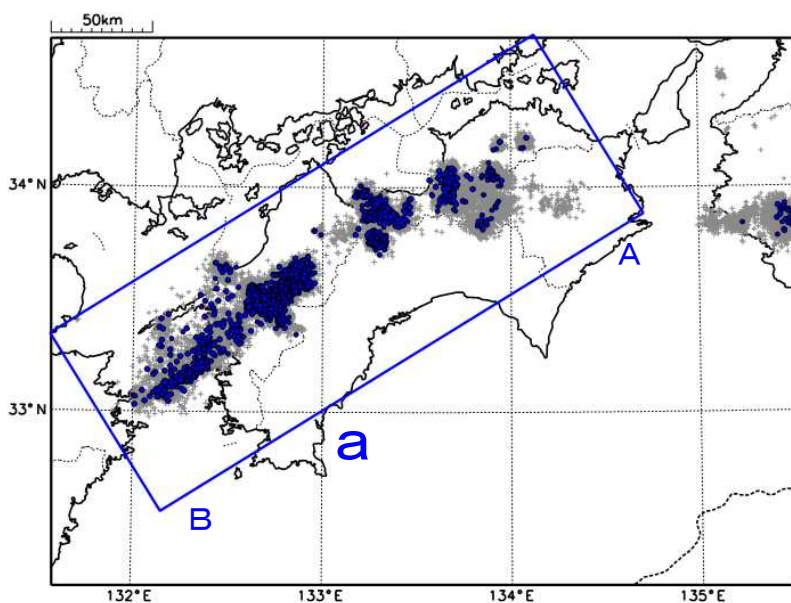
図2. 各期間に発生した微動(赤丸)および超低周波地震(青菱形)の分布. 灰丸は、図1の拡大図で示した期間における微動分布を示す.

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

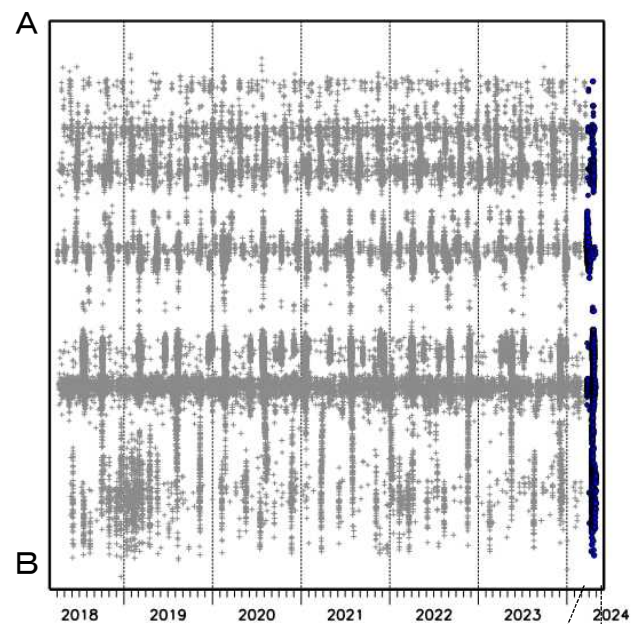
3月22日から4月4日にかけて、四国中部で深部低周波地震(微動)を観測した。深部低周波地震(微動)活動とほぼ同期して、周辺に設置されている複数のひずみ・傾斜計で地殻変動を観測している。これらは、短期的ゆっくりすべりに起因すると推定される。

深部低周波地震(微動)活動

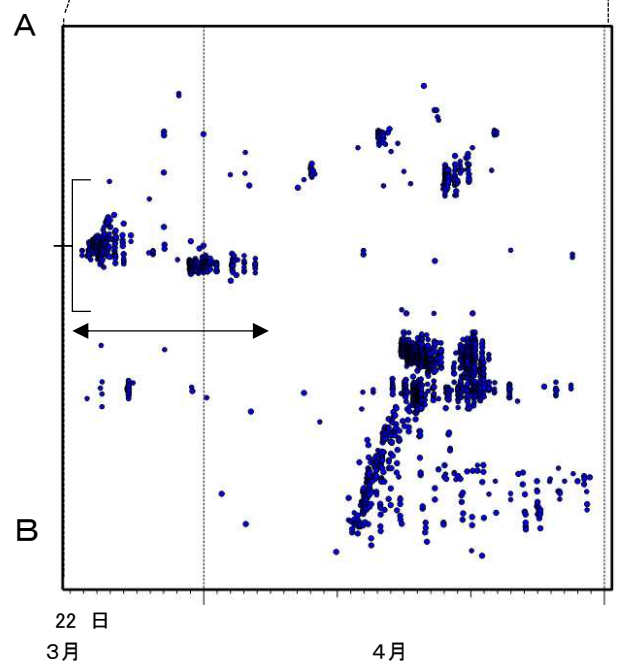
震央分布図(2018年4月1日～2024年4月30日24時、
深さ0～60km、Mすべて)
灰: 2018年4月1日～2024年4月30日、
青: 2024年3月22日以降



震央分布図の領域a内の時空間分布図(A-B投影)



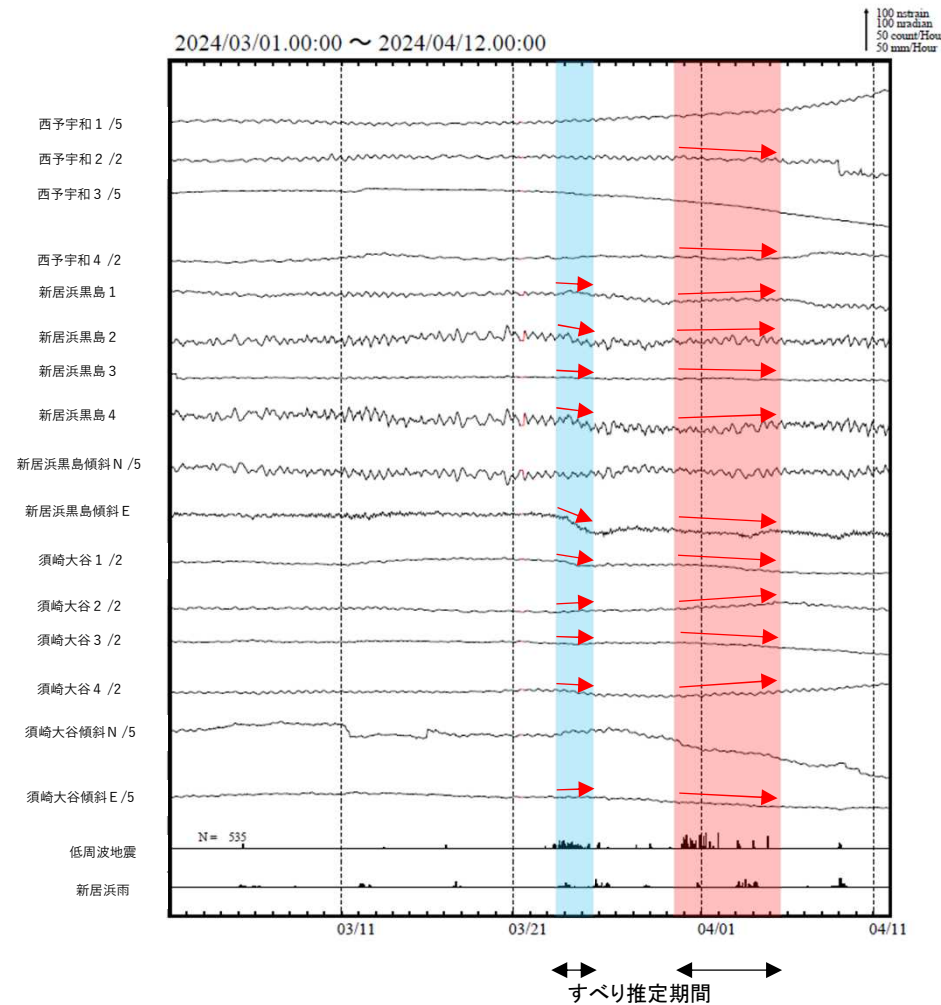
2024年3月22日～4月30日24時



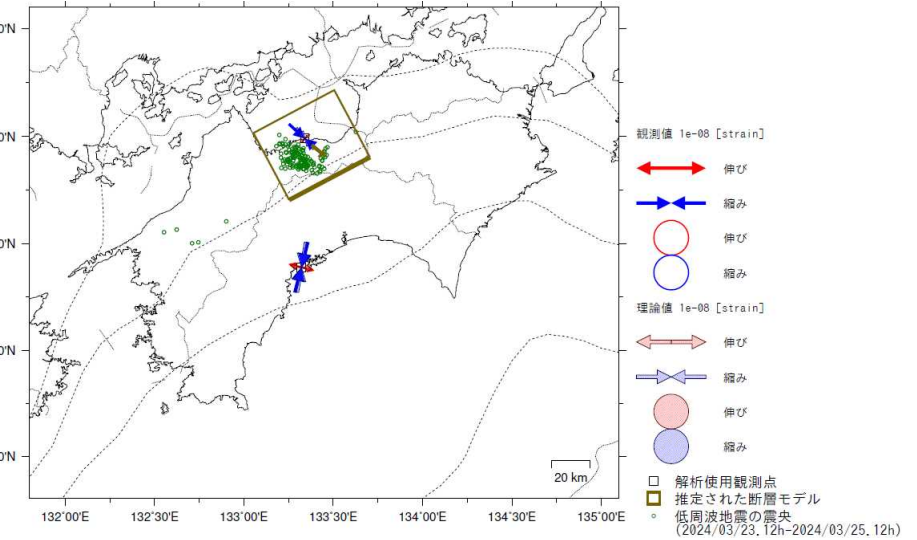
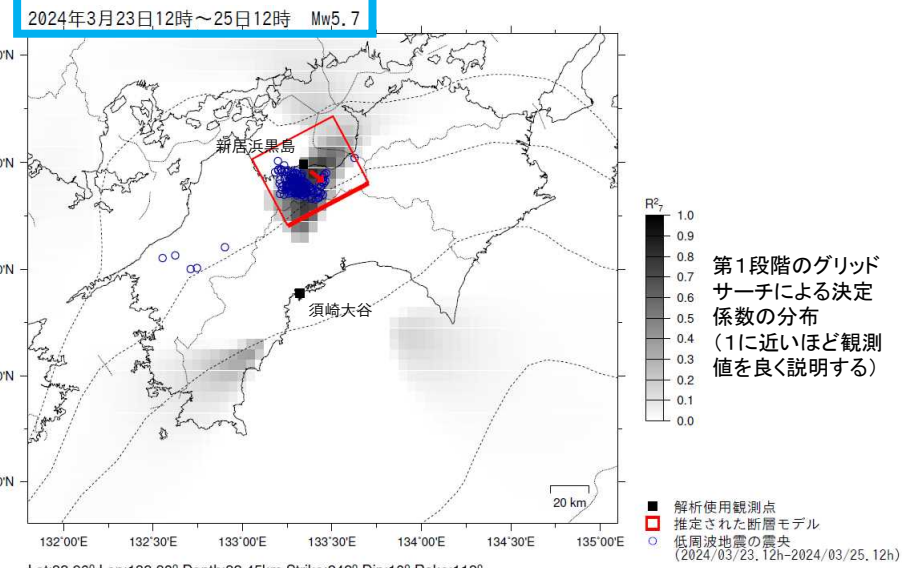
気象庁作成

四国中部で観測した短期的ゆっくりすべり(3月23日~4月5日)

愛媛県から高知県で観測されたひずみ・傾斜変化



西予宇和、新居浜黒島及び須崎大谷は産業技術総合研究所のひずみ・傾斜計である。

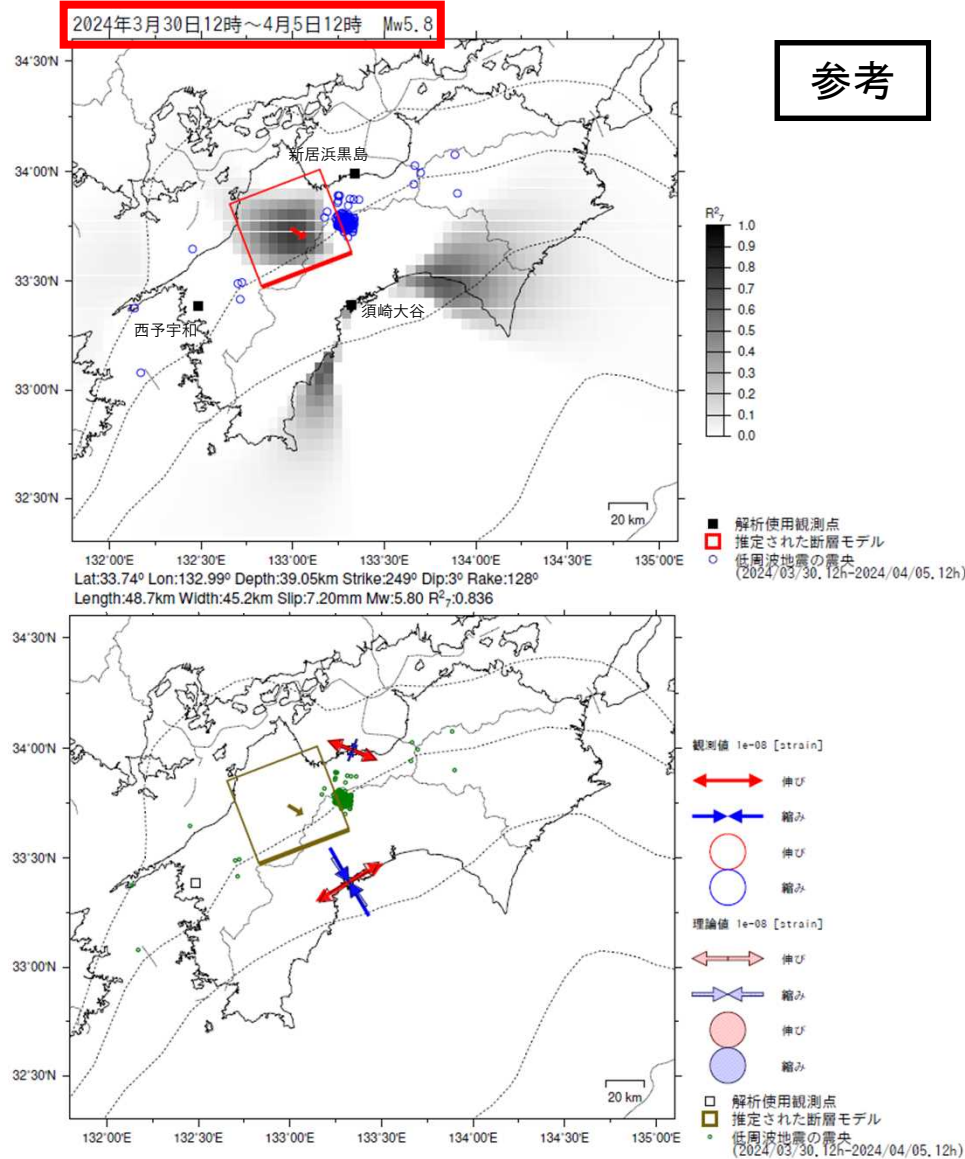


左図に示す観測点での変化量を元にすべり推定を行ったところ、図の場所にすべり域が求まった。

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。

気象庁作成

四国中部で観測した短期的ゆっくりすべり(3月23日~4月5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。

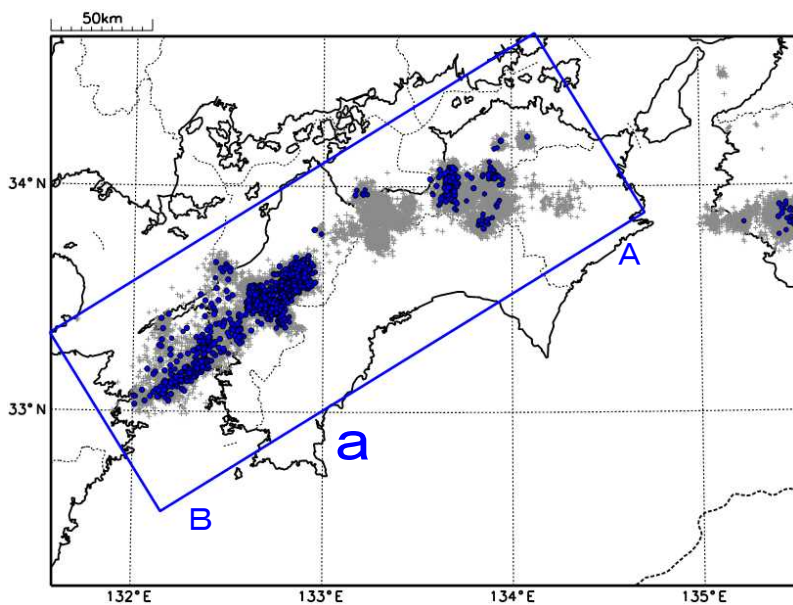
断層モデルの推定は、産総研の解析方法(板場ほか, 2012)を参考に以下の2段階で行う。
 ・断層サイズを20km×20kmに固定し、位置を0.05度単位でグリッドサーチにより推定する。
 ・その位置を中心にして、他の断層パラメータの最適解を求める。

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

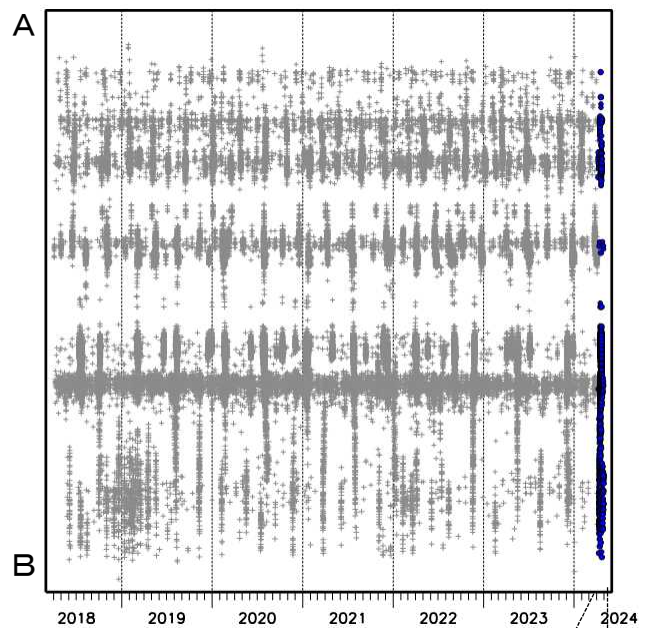
4月8日から4月29日にかけて、四国西部で深部低周波地震(微動)を観測した。深部低周波地震(微動)活動とほぼ同期して、周辺に設置されている複数のひずみ・傾斜計で地殻変動を観測している。これらは、短期的ゆっくりすべりに起因すると推定される。

深部低周波地震(微動)活動

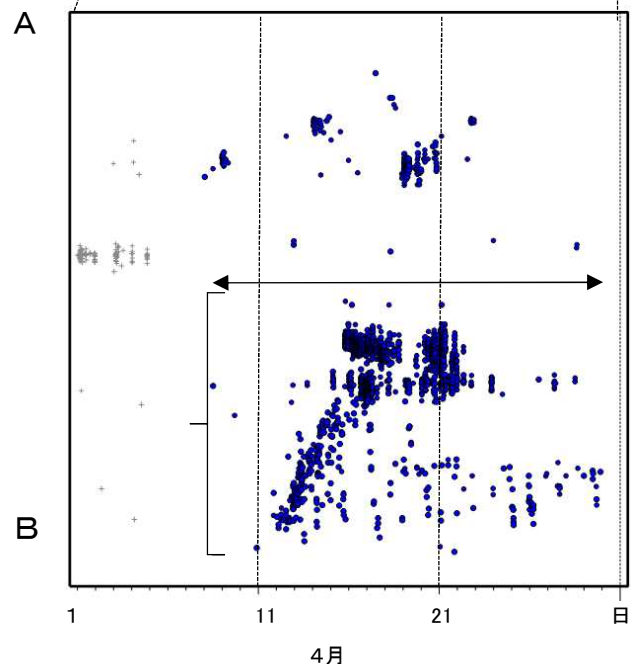
震央分布図(2018年4月1日~2024年4月30日24時、
深さ0~60km、Mすべて)
灰:2018年4月1日~2024年4月30日、
青:2024年4月8日以降



震央分布図の領域a内の時空間分布図(A-B投影)



2024年4月1日~4月30日24時



気象庁作成

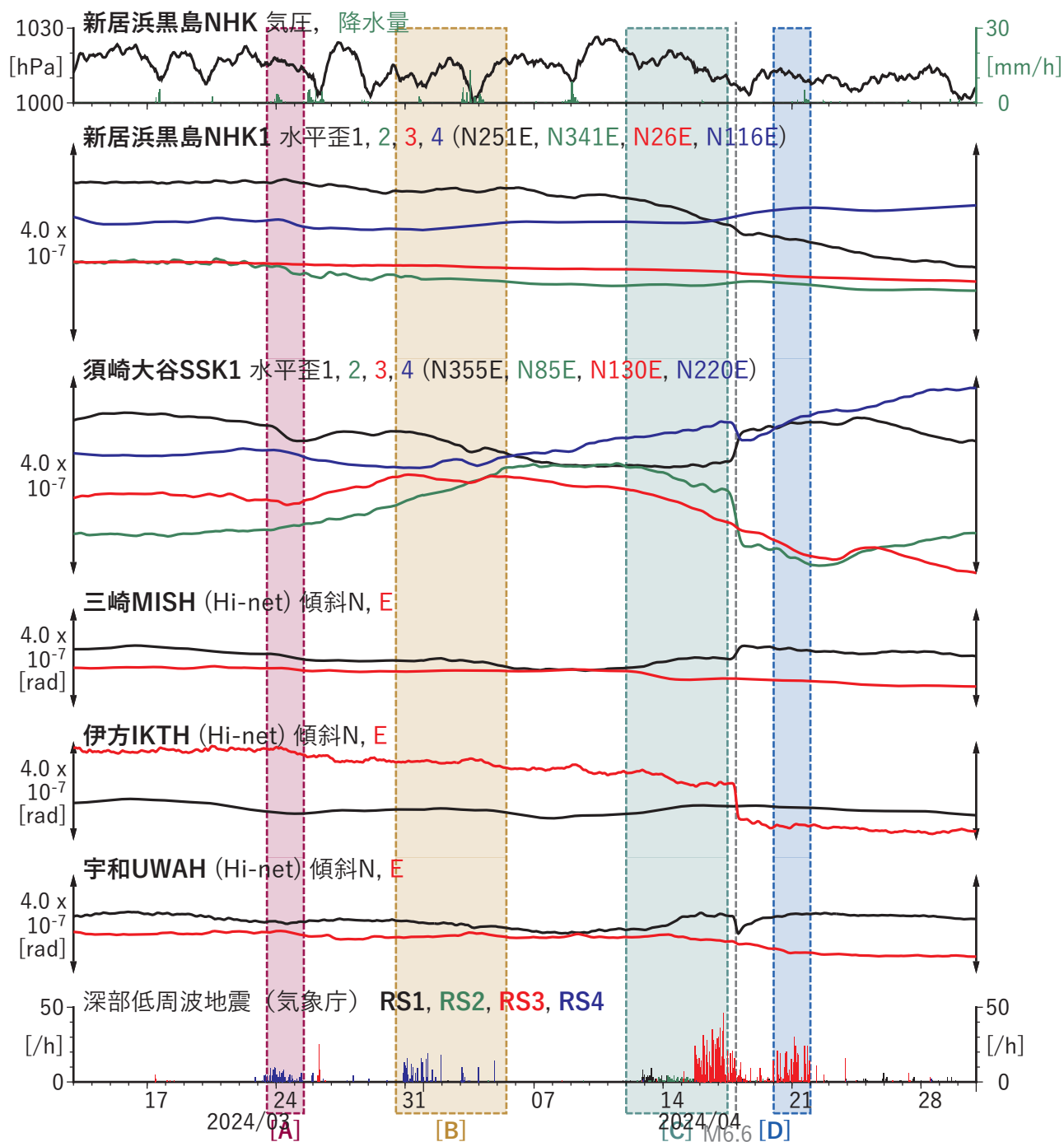
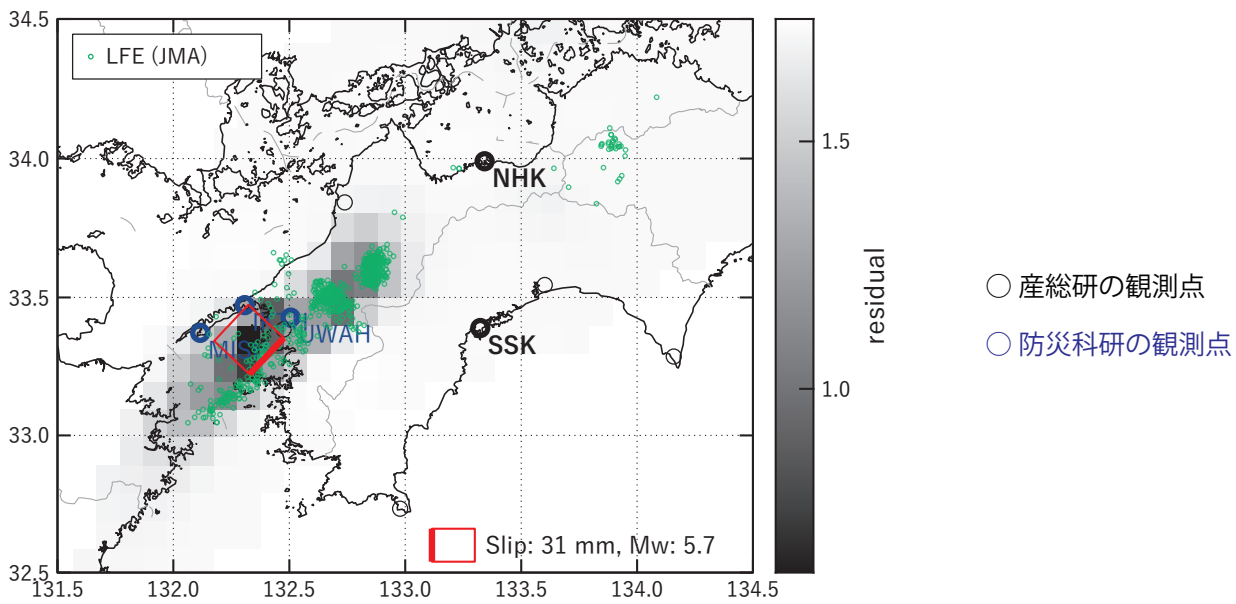


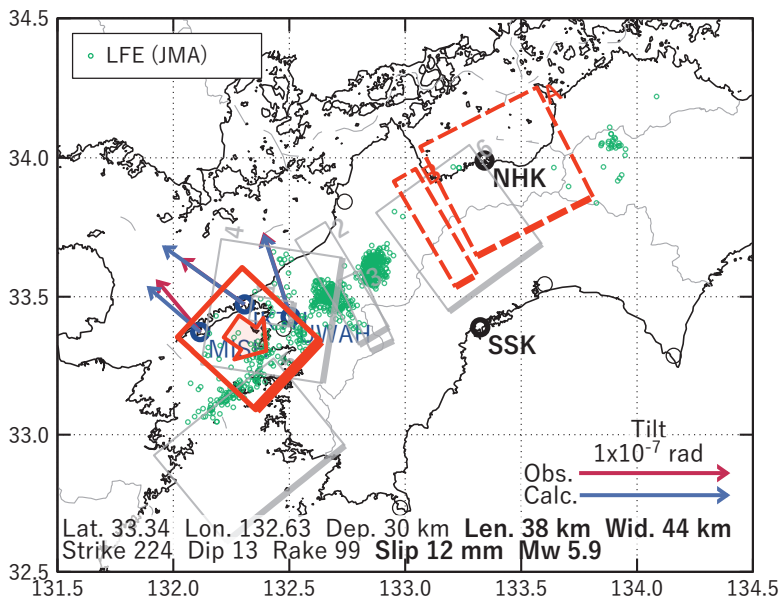
図2 四国地方における歪・傾斜の時間変化
(2024/03/13 00:00 - 2024/05/01 00:00 (JST))

[C] 2024/04/12-17AM

(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

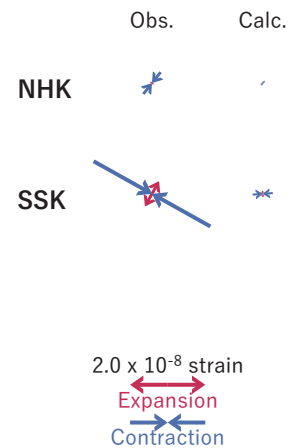


図5 2024/04/12-17AM の歪・傾斜変化 (図2 [C]) を説明する断層モデル。

(a) プレート境界面に沿って分布させた20×20kmの矩形断層面を移動させ、各位置で残差の総和を最小とするすべり量を選んだ時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: 2023/11/30PM-12/02 (Mw5.6), 2: 2023/12/03-04 (Mw5.6), 3: 2023/12/05-06 (Mw5.5),

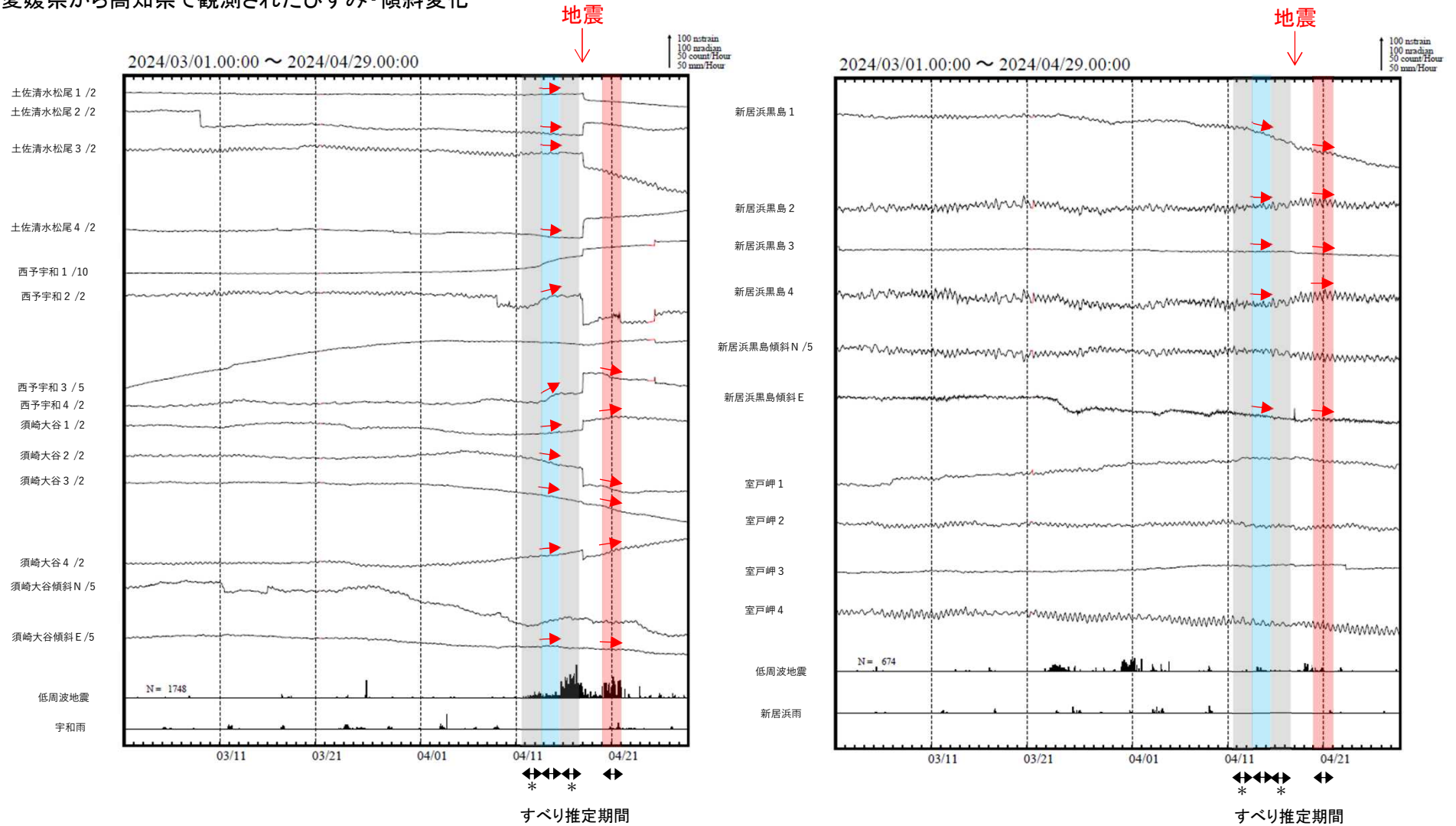
4: 2023/12/03-04 (Mw5.8), 5: 2023/12/05-06 (Mw6.0), 6: 2023/12/24-31AM (Mw6.0),

A: 2024/03/23PM-25AM (Mw5.8), B: 2024/03/03PM-04/05AM (Mw5.6)

(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。

四国西部で観測した短期的ゆっくりすべり(4月11日～21日)

愛媛県から高知県で観測されたひずみ・傾斜変化

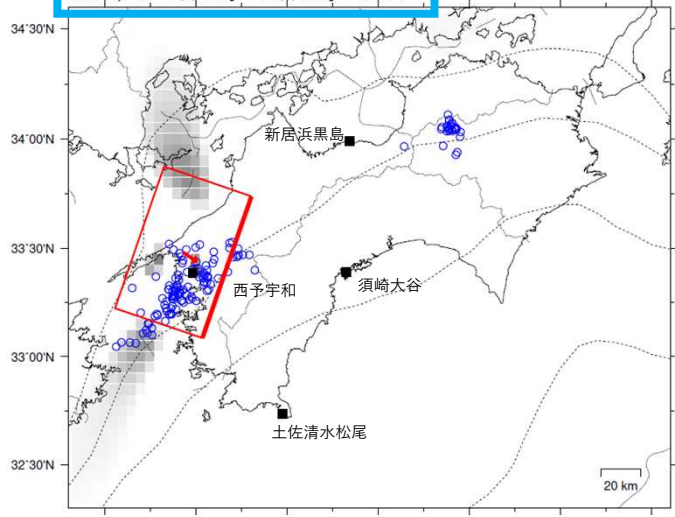


土佐清水松尾、西予宇和、須崎大谷、新居浜黒島及び室戸岬は産業技術総合研究所のひずみ・傾斜計である。
*の期間にひずみの変化はみられるものの、断層モデルを精度よく求めることができない。

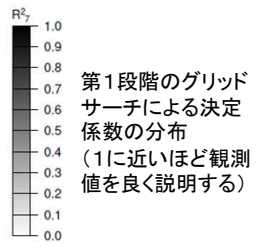
気象庁作成

四国西部で観測した短期的ゆっくりすべり(4月11日~4月21日)

2024年4月13日12時~15日12時 Mw6.1

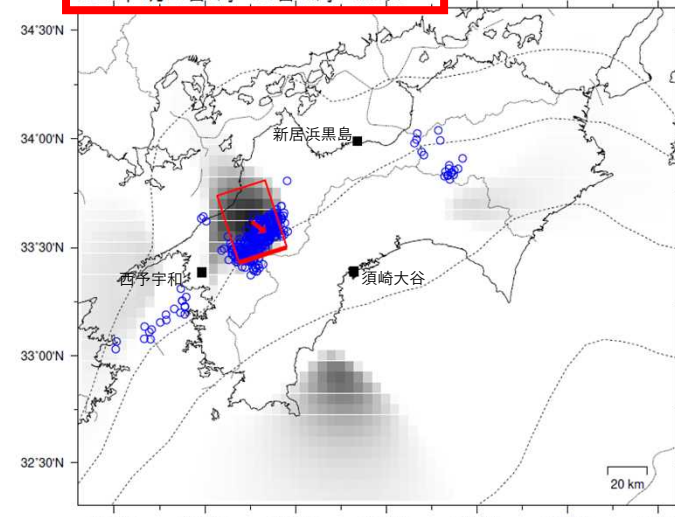


Lat:33.48° Lon:132.43° Depth:28.30km Strike:199° Dip:12° Rake:75°
Length:76.6km Width:48.0km Slip:12.30mm Mw:6.11 R²:0.847

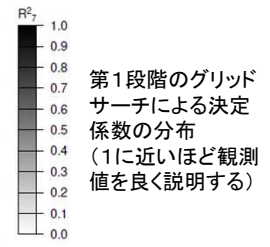


■ 解析使用観測点
■ 推定された断層モデル
○ 低周波地震の震央
(2024/04/13, 12h~2024/04/15, 12h)

2024年4月20日0時~21日24時 Mw5.8

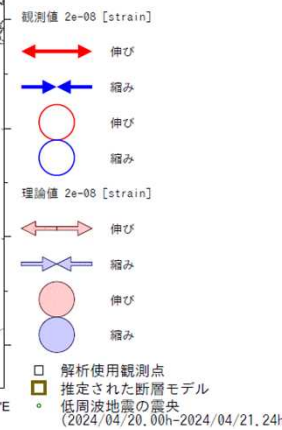
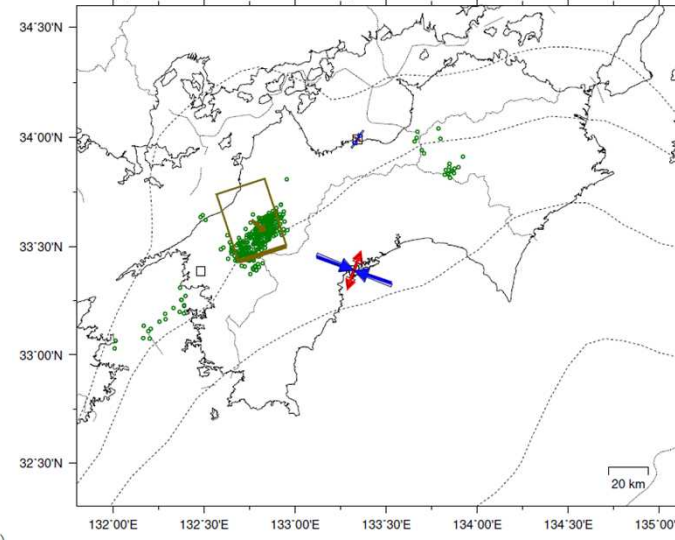
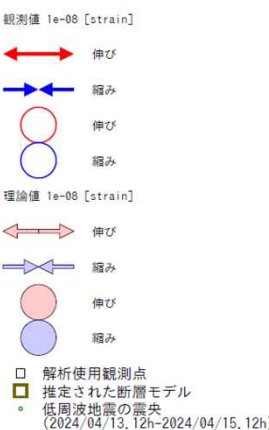
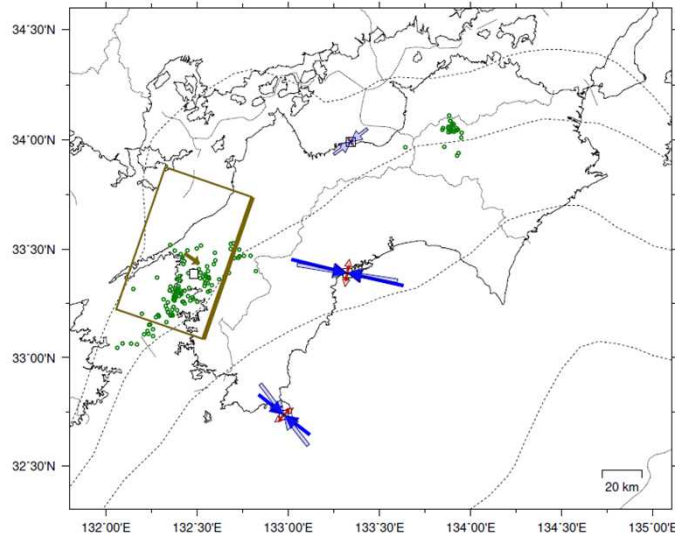


Lat:33.62° Lon:132.76° Depth:25.78km Strike:252° Dip:5° Rake:124°
Length:25.7km Width:36.2km Slip:17.60mm Mw:5.81 R²:0.962



■ 解析使用観測点
■ 推定された断層モデル
○ 低周波地震の震央
(2024/04/20, 00h~2024/04/21, 24h)

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。

豊後水道の短期的スロースリップ活動状況 (2024年4月)

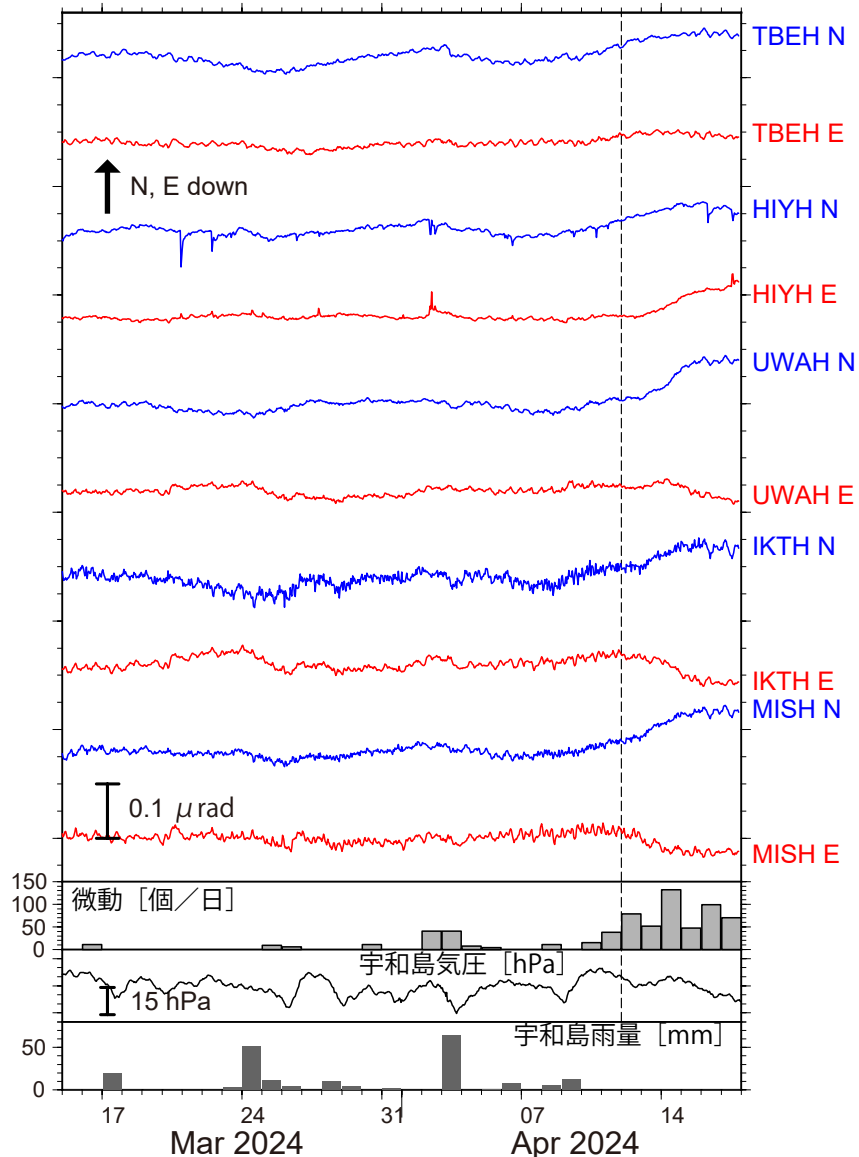


図1: 2024年3月15日~4月17日の傾斜時系列。上方向への変化が北・東下がりの傾斜変動を表し、BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答成分を除去した。4月12日~17日21時(4月17日の豊後水道の地震の影響を含まない)の傾斜変化ベクトルを図2に示す。四国西部での微動活動度・気象庁宇和島観測点の気圧・雨量をあわせて示す。

- ・豊後水道を活動域とする短期的スロースリップイベント (M_w 6.0)
- ・2023年11~12月 (M_w 6.1) 以来約5ヶ月ぶり

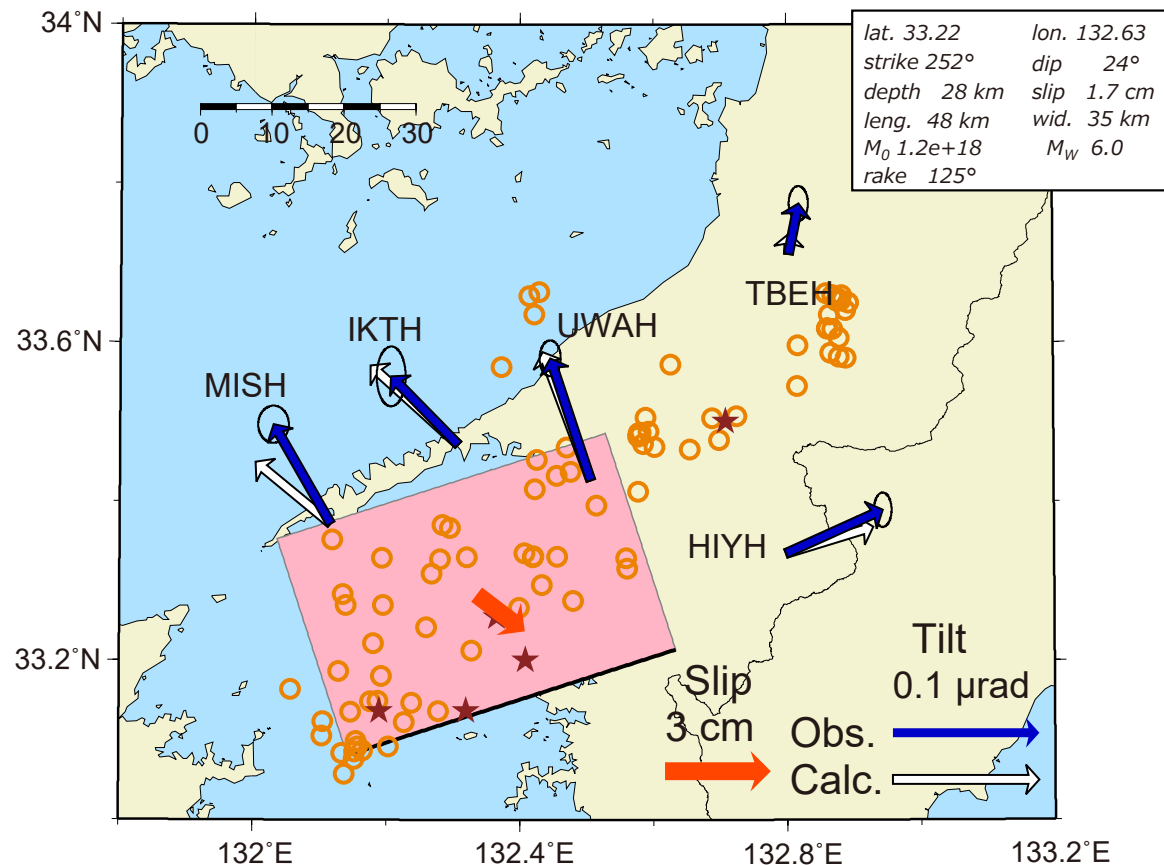


図2: 4月12日~17日21時に観測された傾斜変化ベクトル(青矢印)、推定されたスロースリップイベントの断層モデル(赤矩形・矢印)、モデルから計算される傾斜変化ベクトル(白抜き矢印)を示す。1時間ごとの微動エネルギーの重心位置(橙丸)、深部超低周波地震(茶星印)もあわせて示す。すべり角はプレート相対運動方向に固定している。

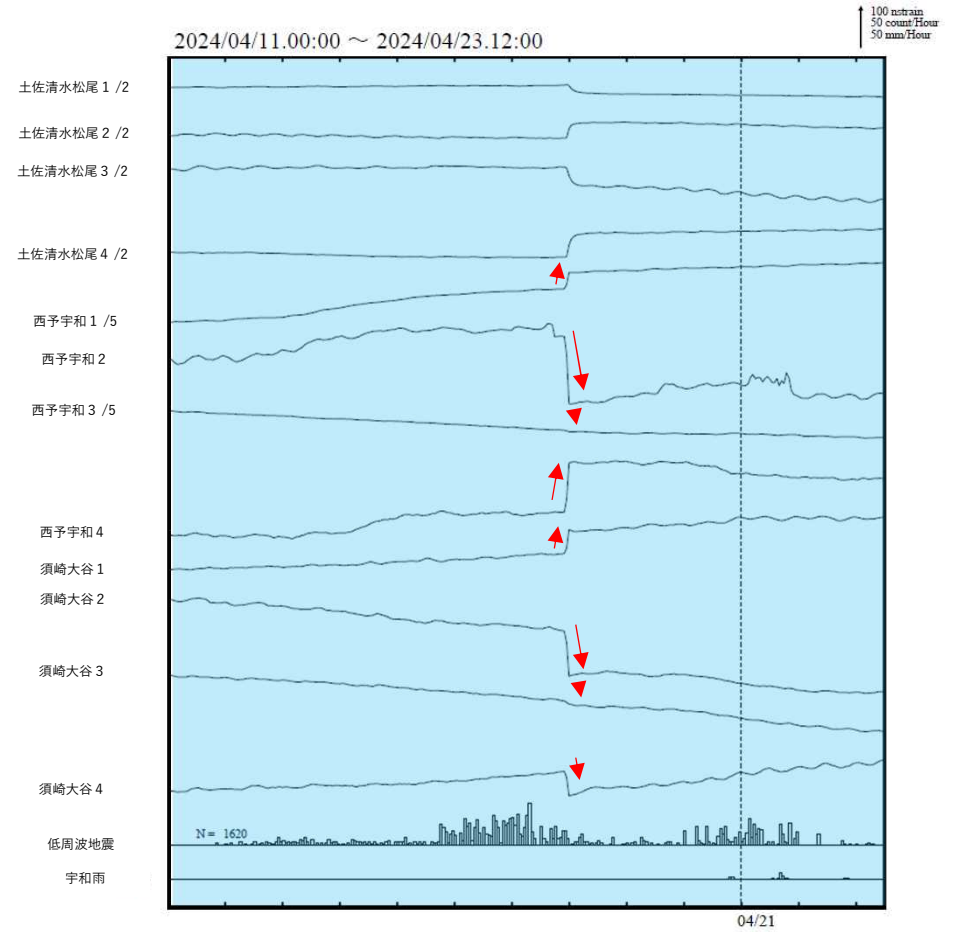
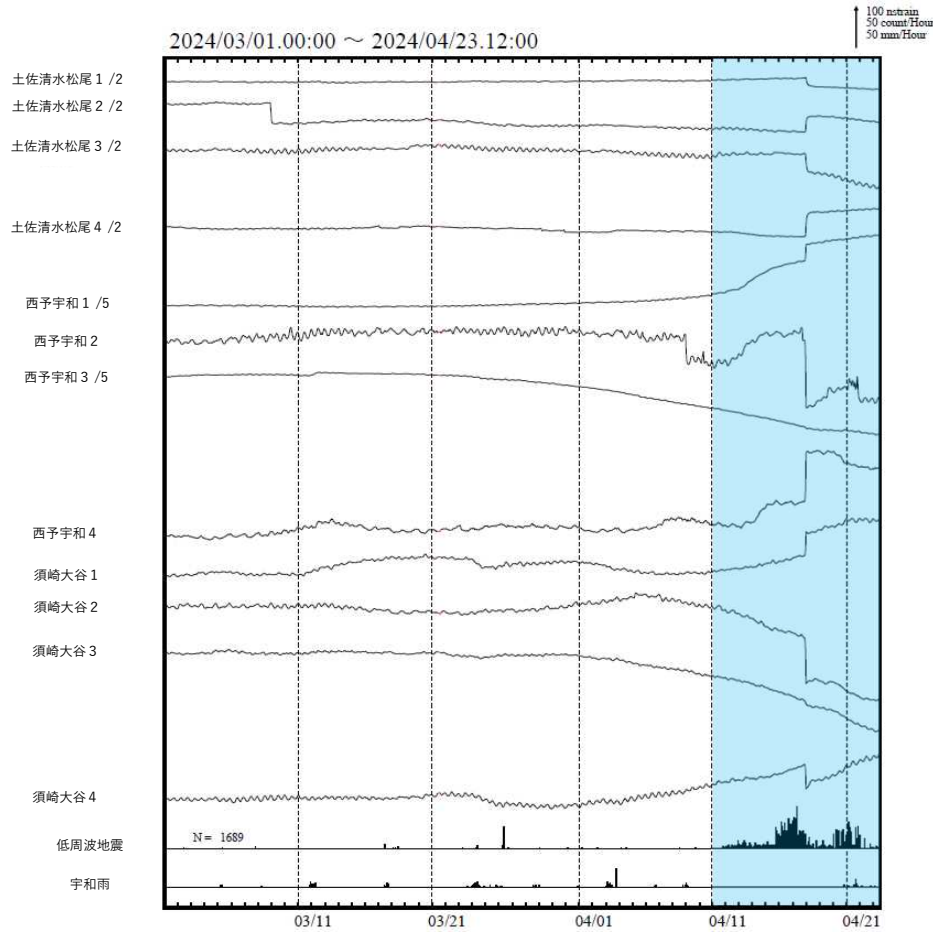
謝辞

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。

豊後水道を震源とする地震で観測したひずみ波形変化

地震時の変化

愛媛県から高知県で観測されたひずみ変化



↑
地震時の
ひずみ波形変化

土佐清水松尾、西予宇和及び須崎大谷は産業技術総合研究所のひずみ計である。

気象庁作成

2024年4月17日豊後水道の地震（M6.6）前後の四国のひずみ変化

産業技術総合研究所

2024年4月17日に豊後水道にてM6.6の地震が発生した。地震前後の四国の観測点3地点（図1）のひずみ変化を報告する。

★西予宇和 UWA（愛媛県西予市）：図2

地震時のひずみにステップ状の大きい変化が認められる。地震時のひずみ4成分のステップは整合するが、地震のメカニズム解から計算されるひずみ場とは一致しない（図5）。地震後のひずみのトレンドについては変化していない（地震時のステップを除く）。地震後（地震時）に孔2の水位が低下した。

★土佐清水松尾 TSS（高知県土佐清水市）：図3

地震時のひずみにステップ状の小さい変化が認められる。地震時のひずみ4成分のステップは整合せず、地震のメカニズム解から計算されるひずみ場とも一致しない（図5）。地震後のひずみには変化が見られたが、1日以内で終息した。ひずみの伸び縮みパターンは過去に観測された地震後の変化と同様である（図6）。その継続時間（過去の事例では1日前後）も前例の範囲内である。地震の震源距離とマグニチュードの関係からも前例の範囲内である（図7）。地震後に孔2の水位が低下しているが、過去に観測された地震後の変化と同様である。地震後に孔1と孔3の水位にも変化が見られる。

地震後の土佐清水松尾のひずみ変化については、広域の地殻変動ではなく、土佐清水松尾観測点周辺での環境変化（地下水流動や応力場の変化等）の可能性が高いと考えている。

★須崎大谷 SSK（高知県須崎市）：図4

地震時のひずみにステップ状の大きい変化が認められる。地震後のひずみのトレンドについては変化していない（地震時のステップを除く）。地震後に孔1、孔2、孔3の水位に変化が見られる。

以上を踏まえ、地震後にプレート境界付近の動き（すべり）はなかったと考えている。

西予宇和の歪・水位
(2024/04/10 00:00 - 2024/04/25 00:00 (JST))

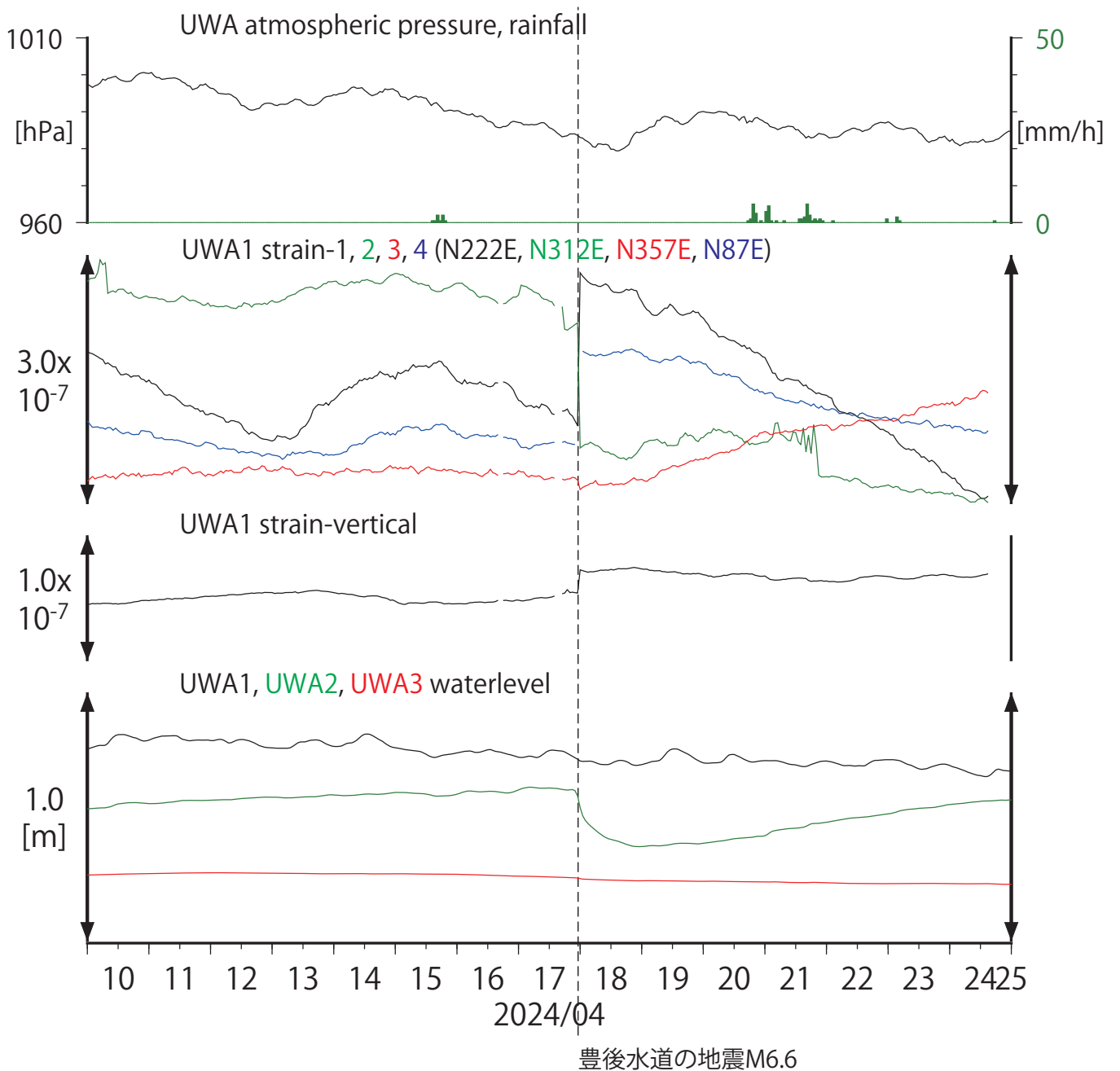


図2 西予宇和観測点のひずみ・水位

土佐清水松尾の歪・水位
(2024/04/10 00:00 - 2024/04/25 00:00 (JST))

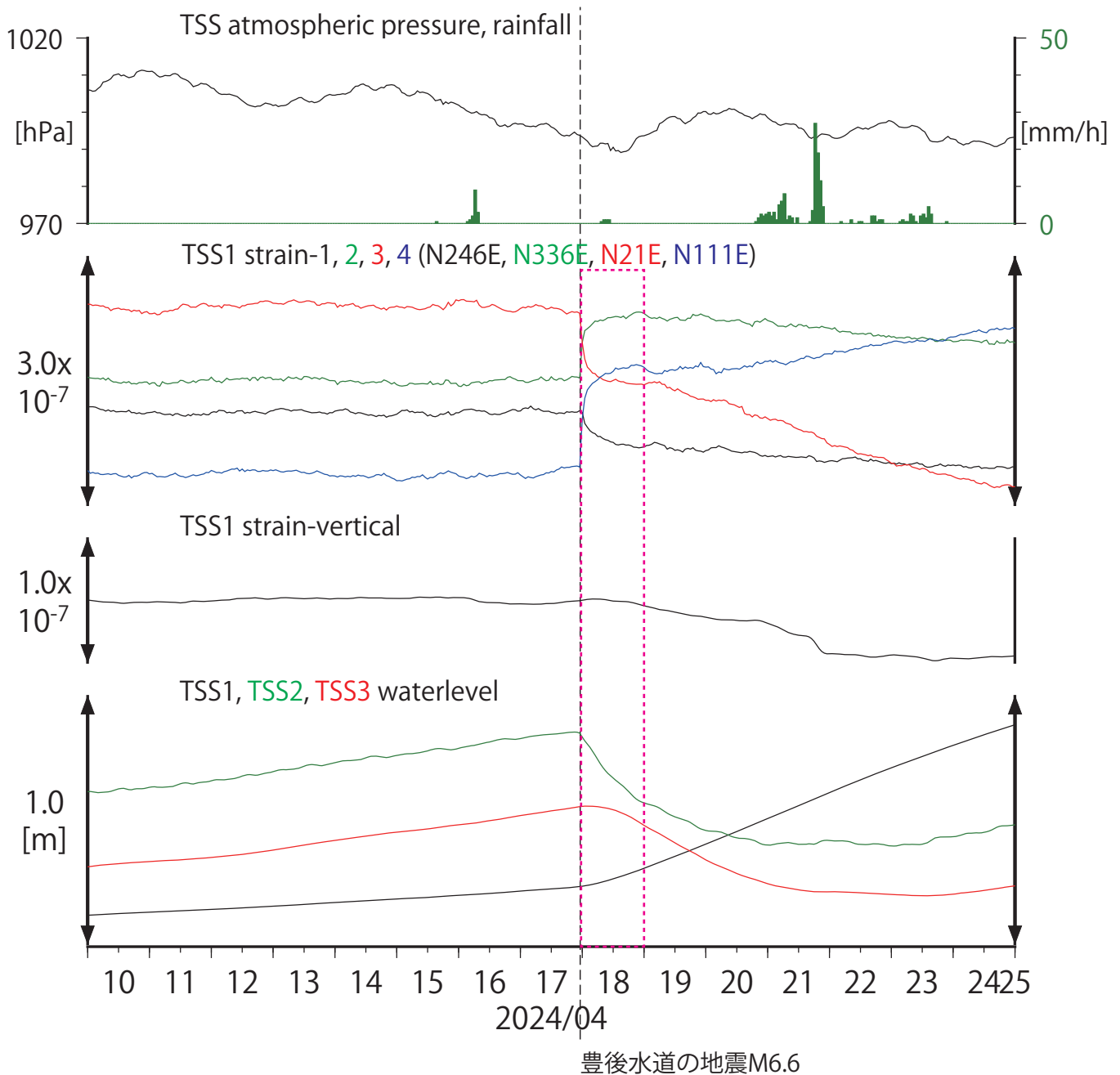


図3 土佐清水松尾観測点のひずみ・水位

須崎大谷の歪・水位
(2024/04/10 00:00 - 2024/04/25 00:00 (JST))

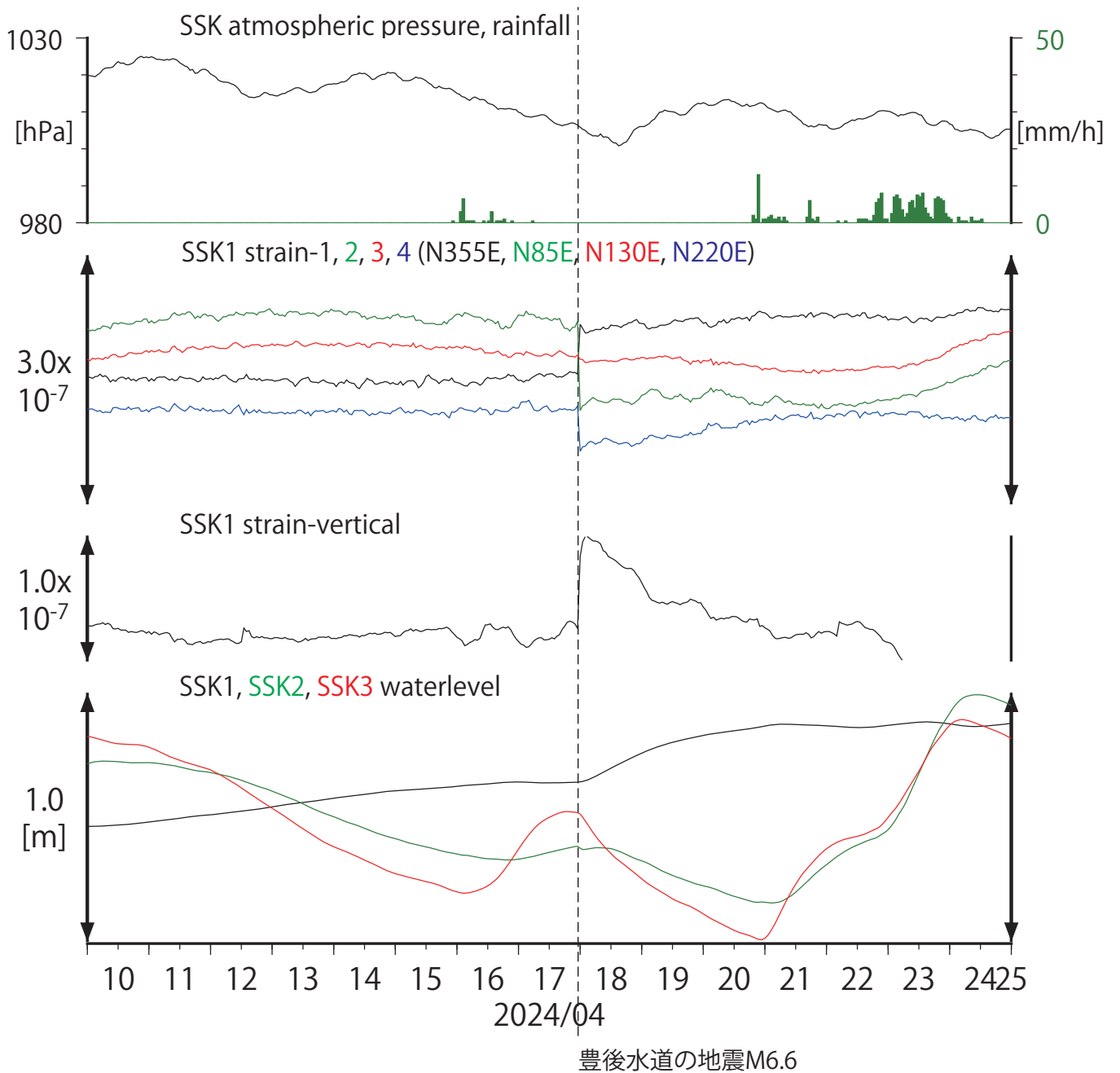


図4 須崎大谷観測点のひずみ・水位

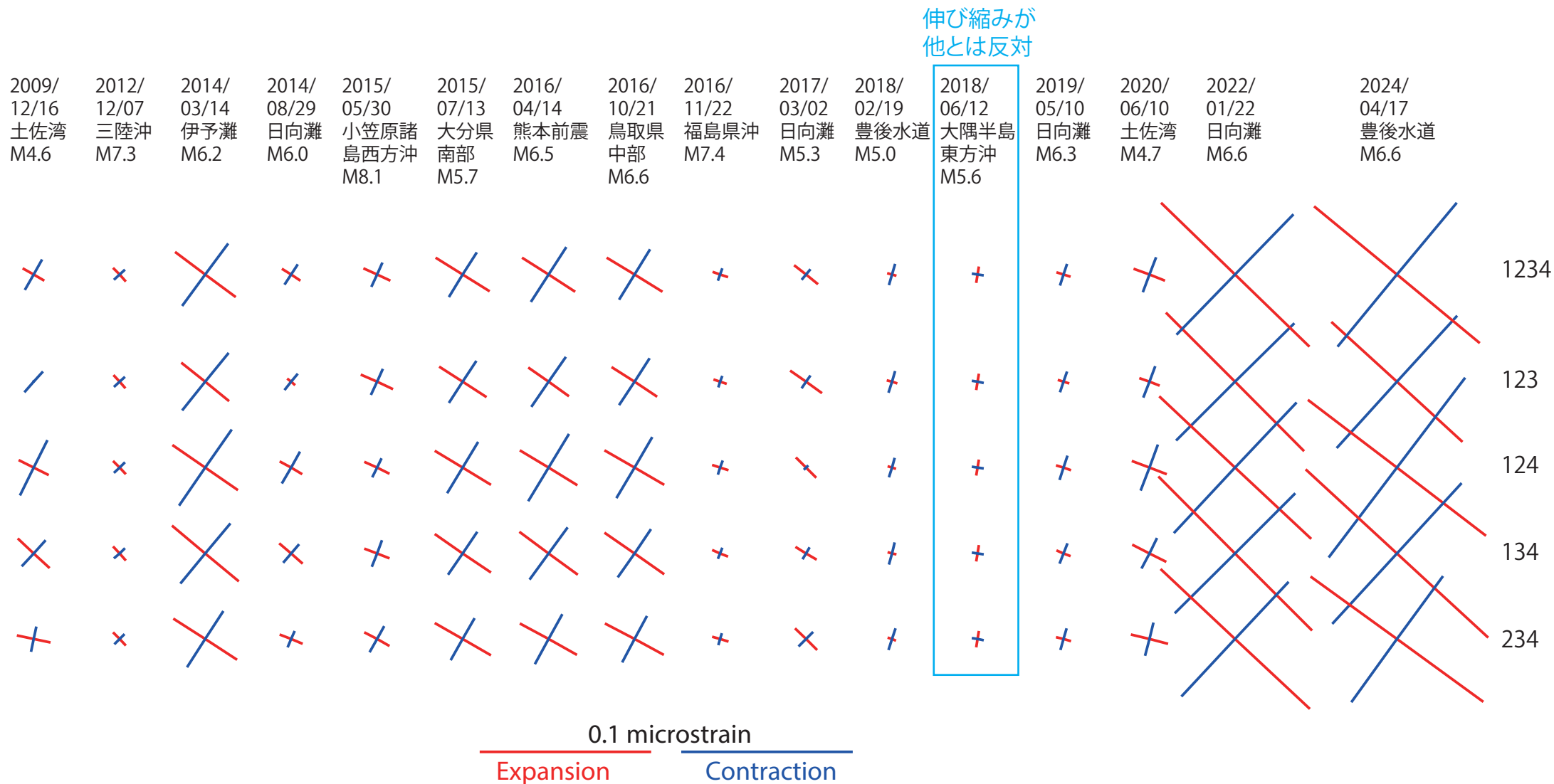
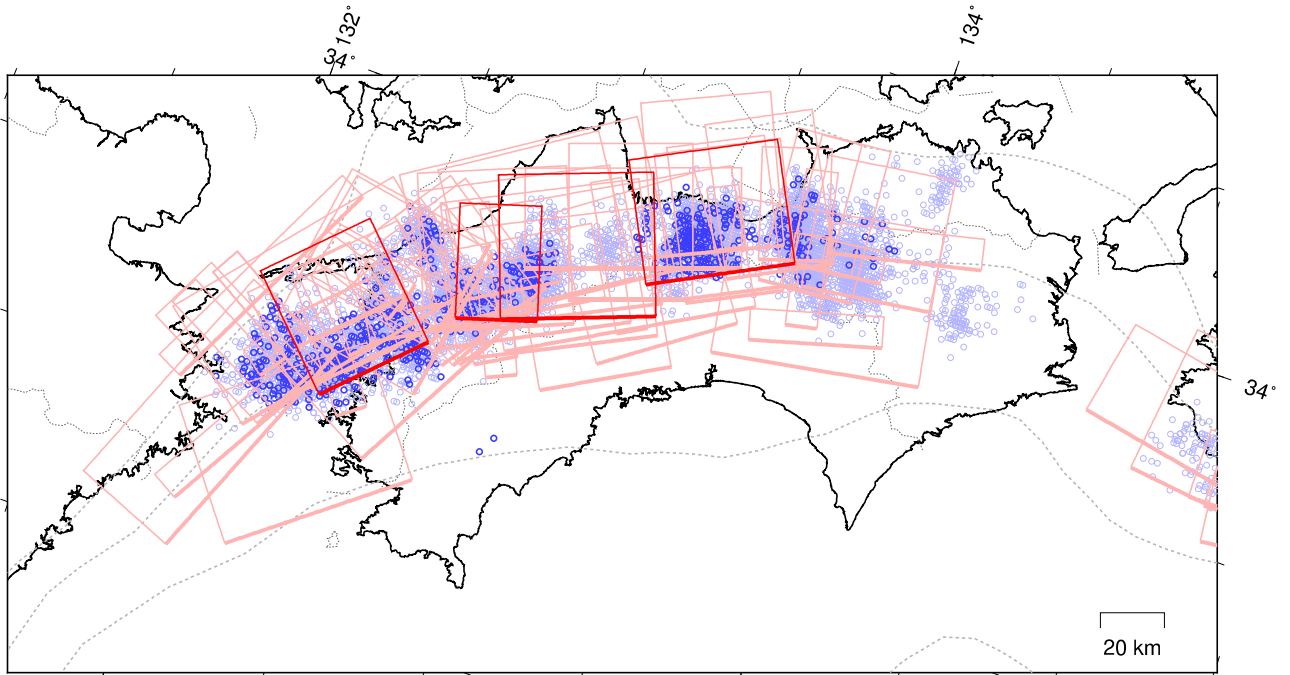


図6 地震後1日間の土佐清水松尾のひずみ変化の主歪場(16例)
地震時のステップは除去済み

四国 短期的ゆっくりすべりの活動状況

2021年1月1日～2024年4月30日

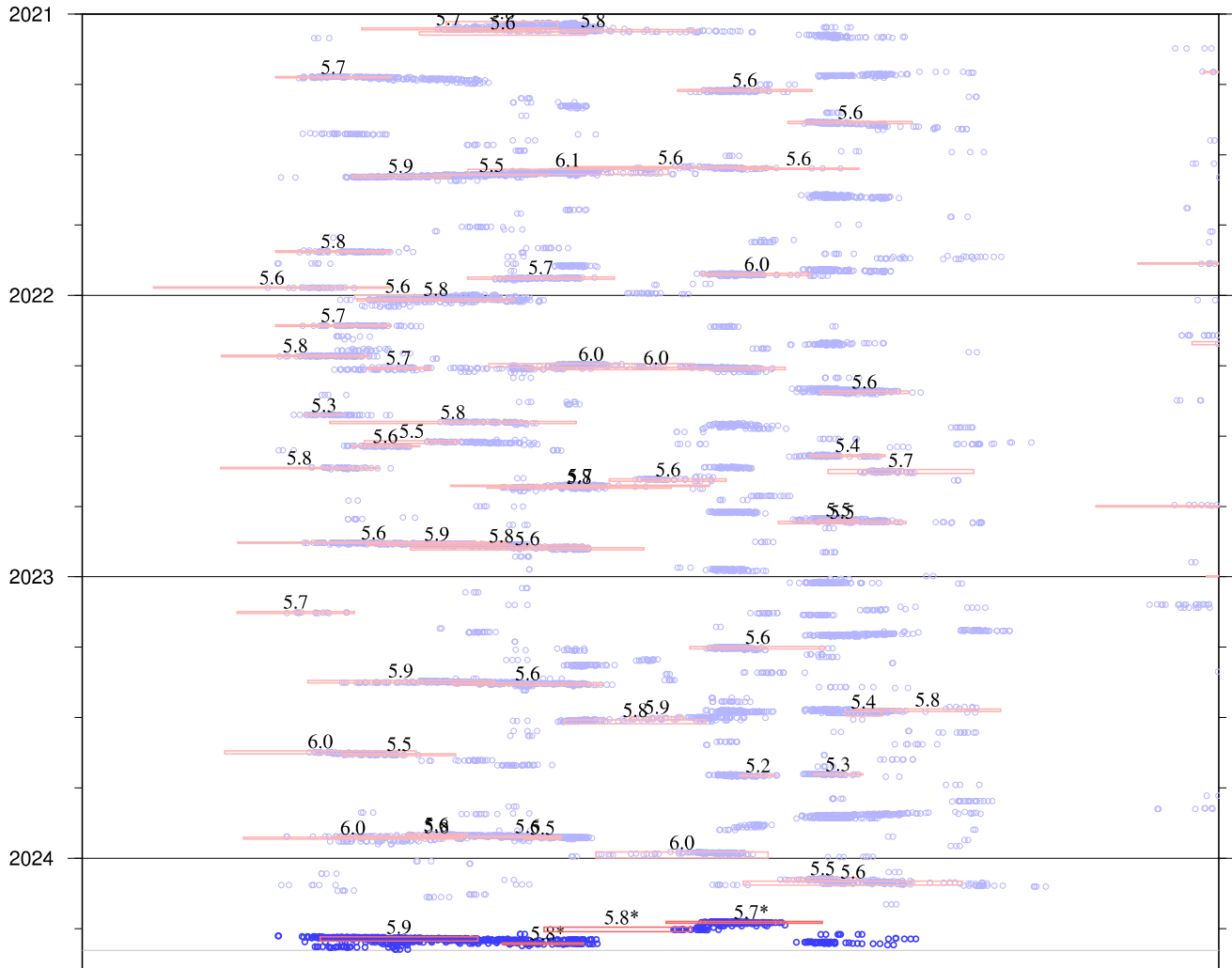
(2024年3月22日以降を濃く表示)



※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 ※2024年3月以降の*付き矩形は、気象庁による短期的ゆっくりすべりの断層モデルを示す。



※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。

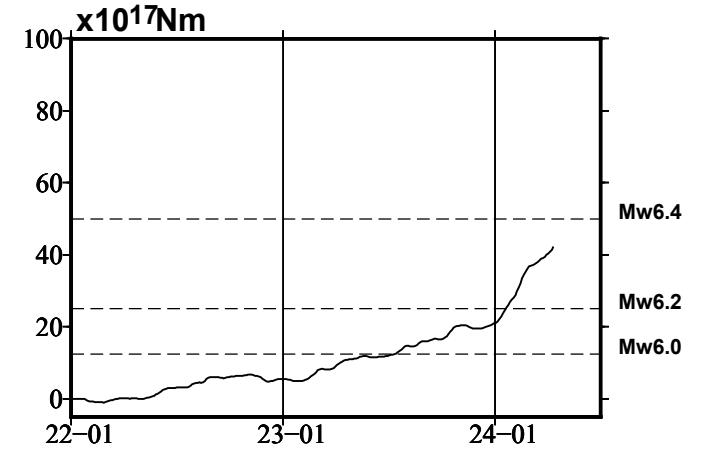
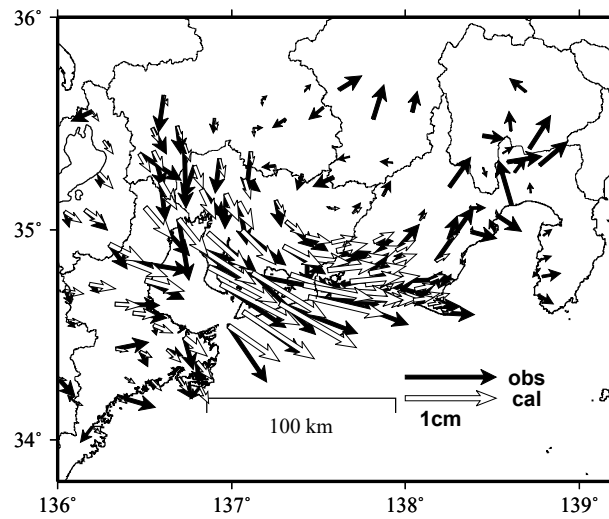
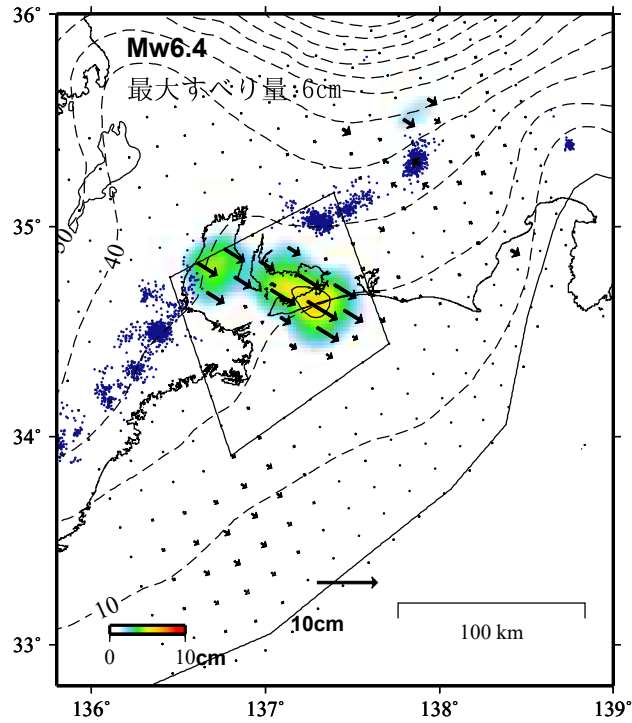
気象庁作成

GNSSデータから推定された東海地域の長期的ゆっくりすべり（暫定）

推定すべり分布
(2022-01-01/2024-04-11)

観測値（黒）と計算値（白）の比較
(2022-01-01/2024-04-11)

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(2021-07-01/2024-03-23)+R5解(2024-03-24/2024-04-11)

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: 2022-01-01/2024-04-11)

固定局: 三陽

*電子基準点の保守等による変動は補正している。

*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)の短期的ゆっくりすべりを補正している。

*共通誤差成分を推定している。

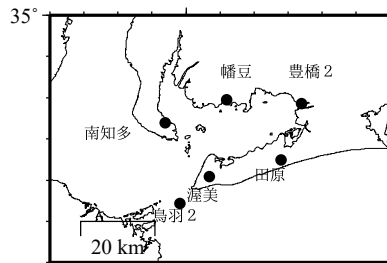
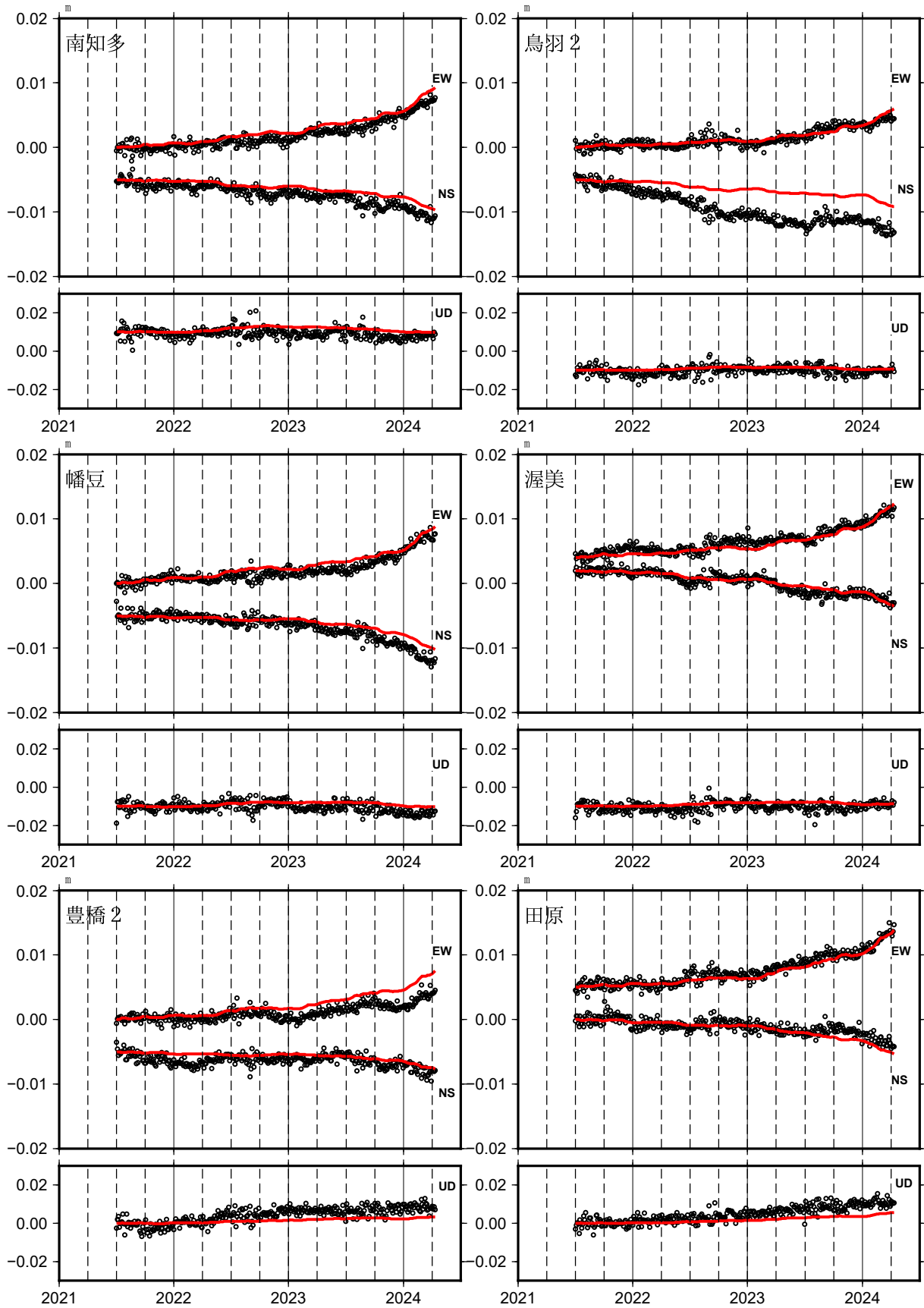
*令和6年能登半島地震に伴う地殻変動は補正している。

*モーメント: 断層運動のエネルギーの目安となる量。

国土地理院

東海地域の観測点の座標時系列(黒丸)と計算値(赤線)

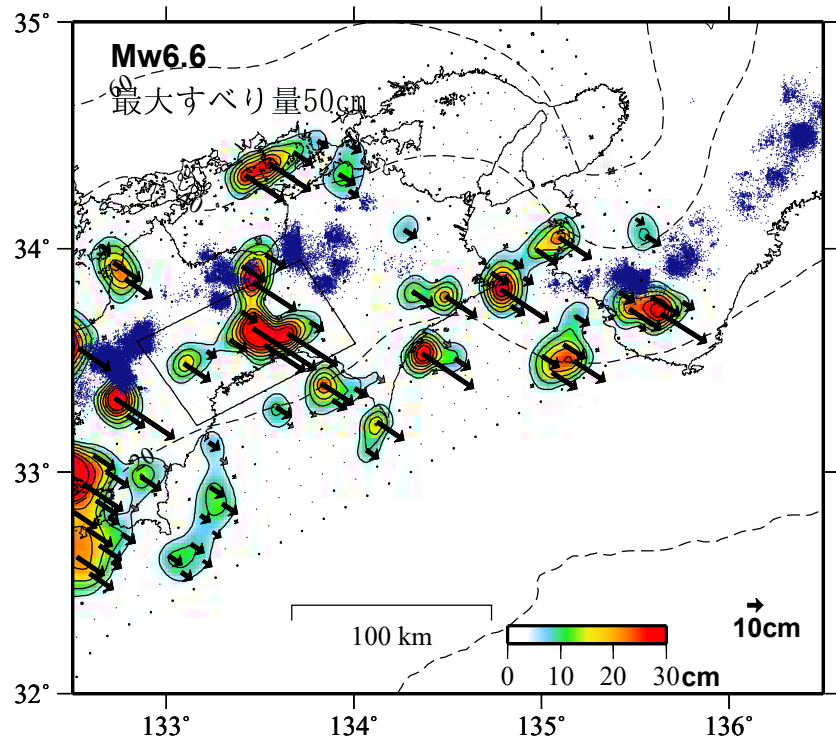
時間依存のインバージョン



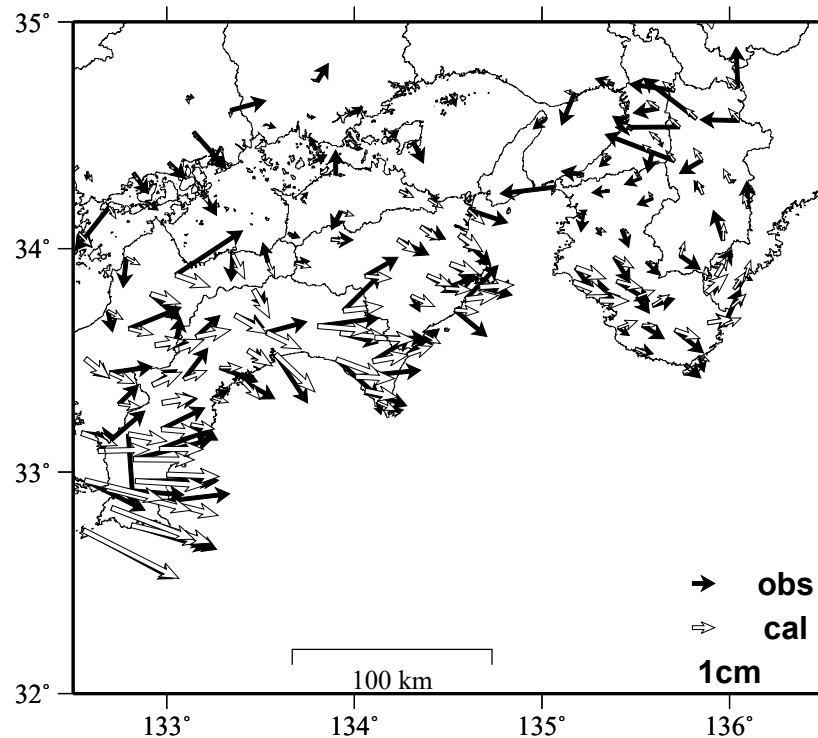
EW, NS, UD: 東西、南北、上下変動

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)

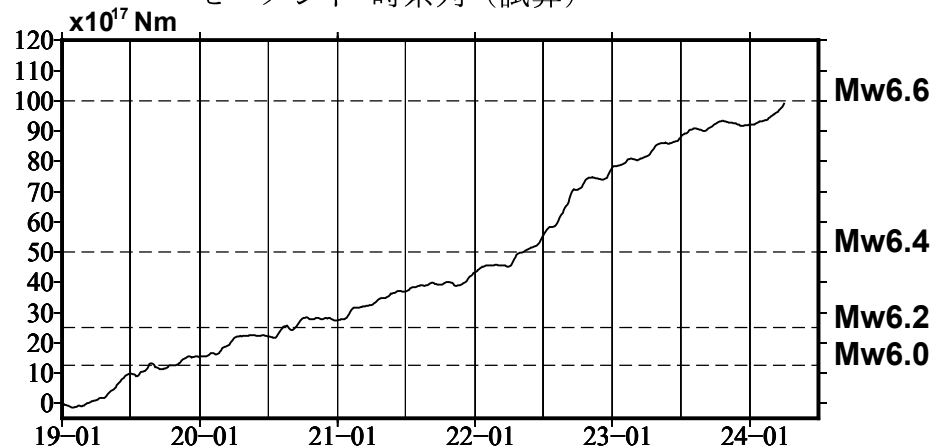
推定すべり分布
(2019-01-01/2024-04-02)



観測値 (黒) と計算値 (白) の比較
(2019-01-01/2024-04-02)



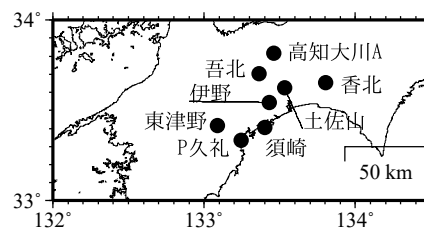
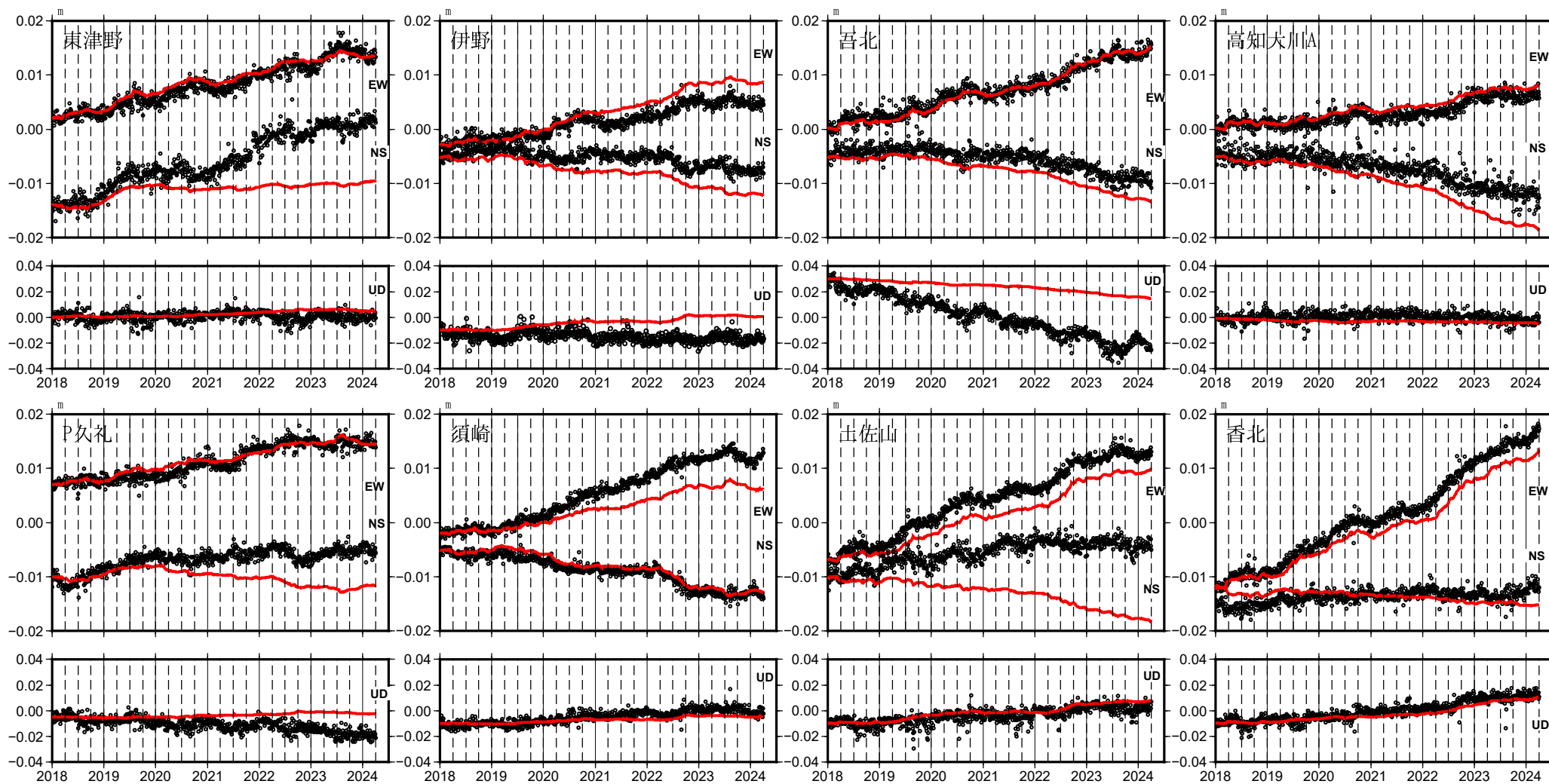
モーメント*時系列 (試算)



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 (2019-01-01/2024-03-23) + R5解 (2024-03-24/2024-04-02)
 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: 2019-01-01/2024-04-02)
 固定局: 上対馬
 *電子基準点の保守等による変動は補正している。
 *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)の短期的ゆっくりすべりを補正している。
 *共通誤差成分を推定している。
 *令和6年能登半島地震に伴う地殻変動は補正している。
 *モーメント: 断層運動のエネルギーの目安となる量。

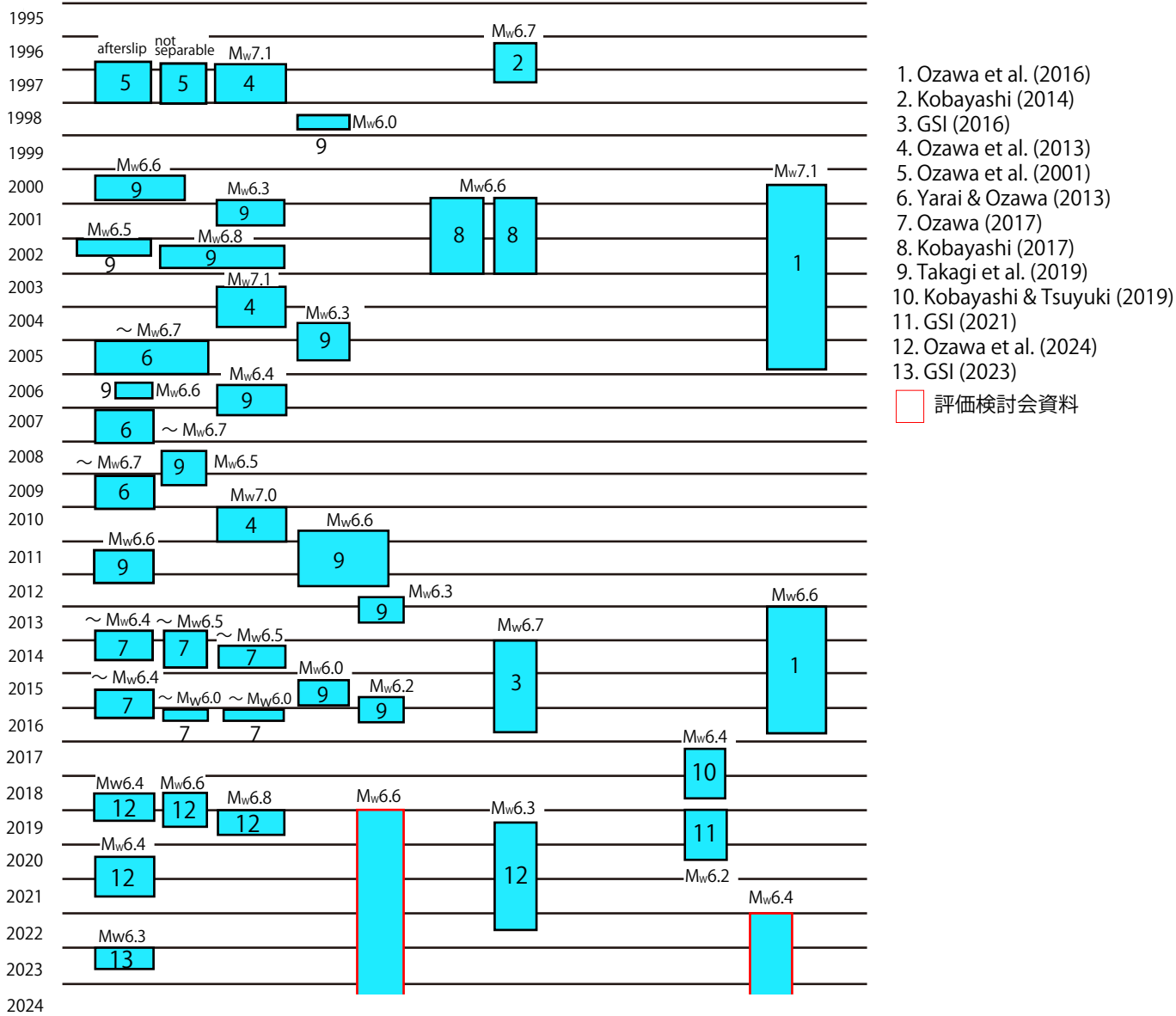
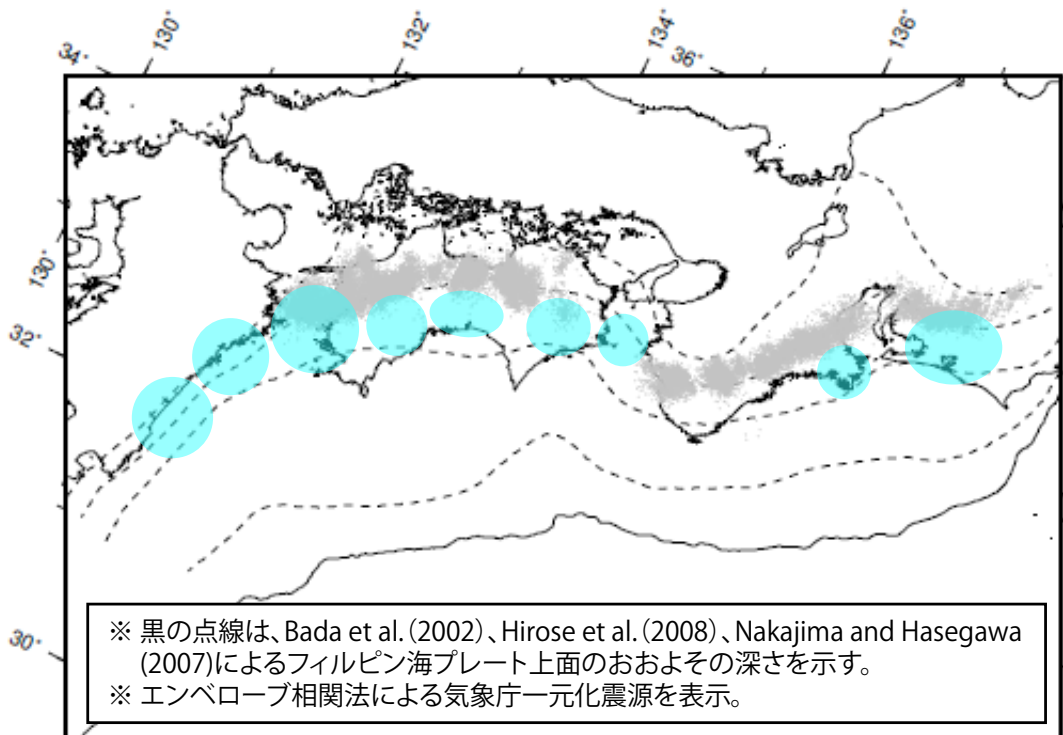
四国中部の観測点の座標時系列(黒丸)と計算値(赤線)

時間依存のインバージョン



EW, NS, UD: 東西、南北、上下変動

長期的ゆっくりすべりの全体概要



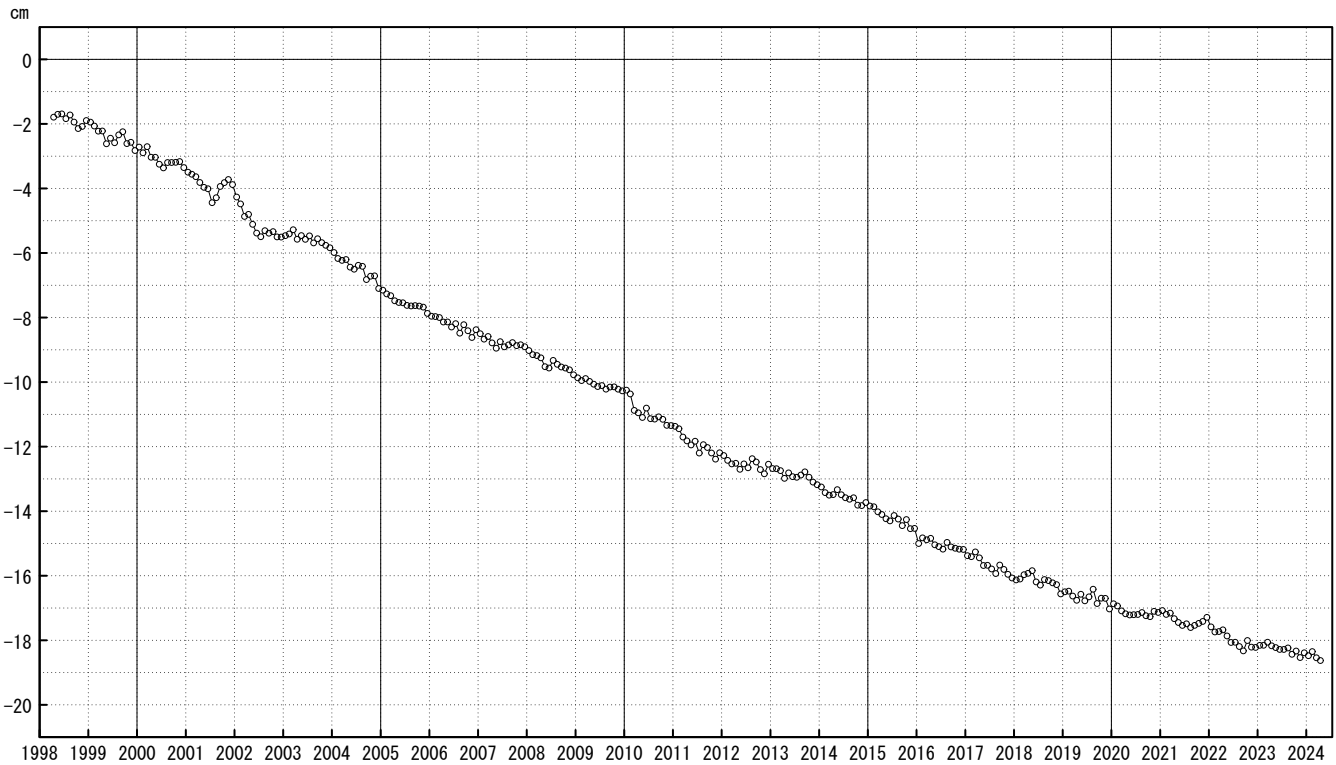
※ 本資料は、評価検討会における評価結果やOzawa et al.(2024)をもとに、長期的ゆっくりすべりの発生場所と時期を模式的に示した図である。それぞれのゆっくりすべりの詳細については、各文献等を参照願います。

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 (GEONET 月平均値)

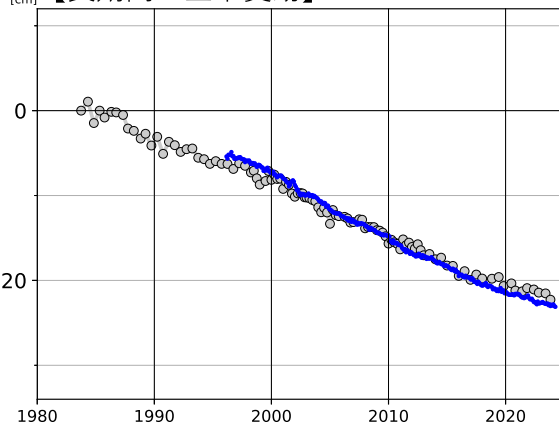
・ GNSS 連続観測のプロット点は、GEONET による日々の座標値 (F5: 最終解) から計算した値の月平均値。最新のプロット点は 4 月 1 日～4 月 6 日の平均。

※ 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。

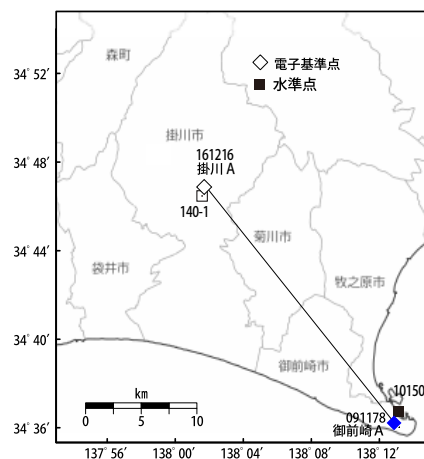
※ 2 電子基準点「御前崎 A」については、2010 年 3 月 23 日まで電子基準点「御前崎」のデータを使用。

※ 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)」



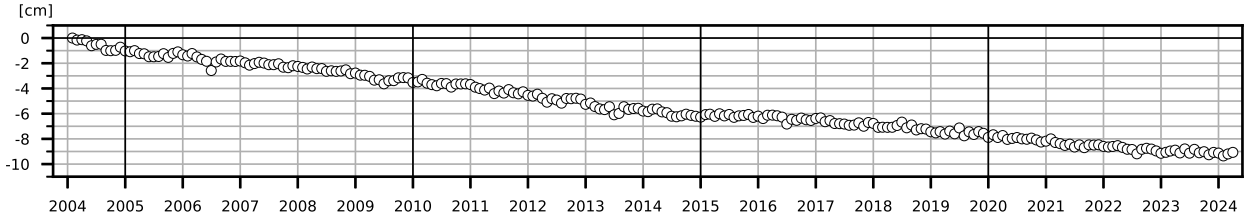
・ 青色のプロットは上記の GEONET による日々の座標値の月平均値。
・ 灰色のプロットは電子基準点の最寄りの水準点「10150」の水準測量結果を示している (固定：140-1)。

国土地理院

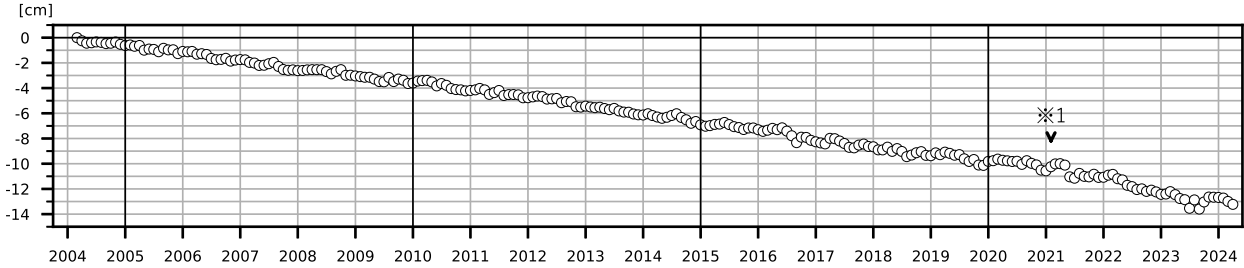
紀伊半島及び室戸岬周辺 電子基準点の上下変動

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。

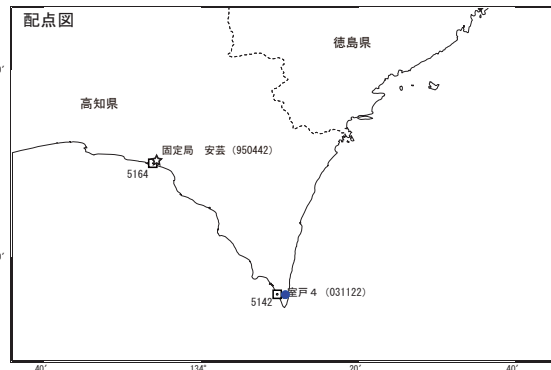
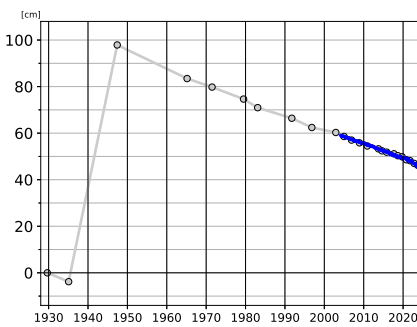
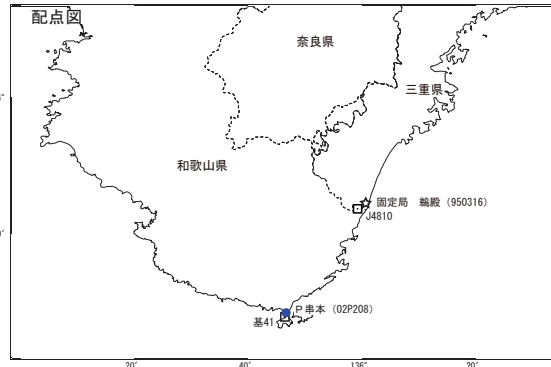
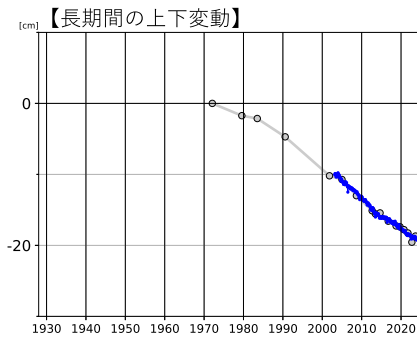
鵜殿 (950316) - P串本 (02P208)



安芸 (950442) - 室戸 4 (031122)



○ : GNSS 連続観測 (GEONET 月平均値)



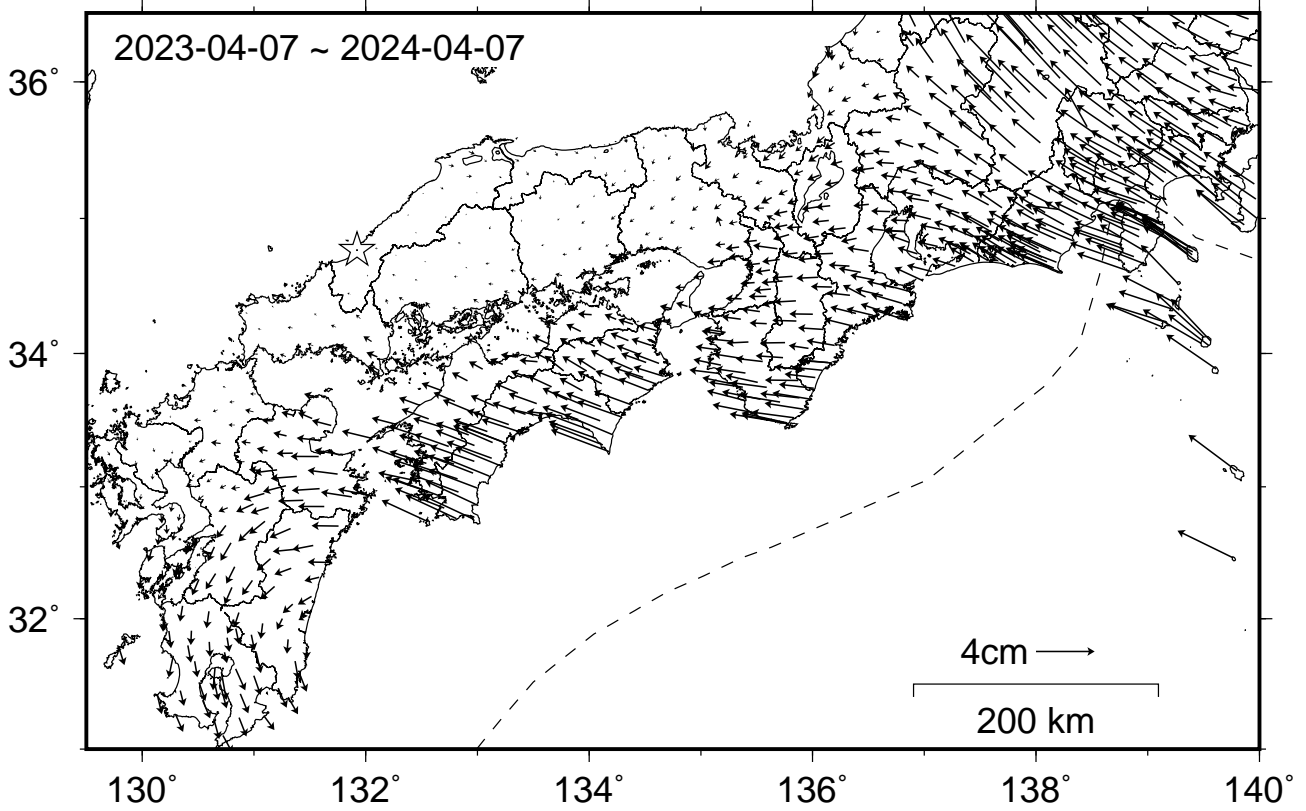
- GNSS 連続観測のプロット点は、GEONET による日々の座標値 (F5：最終解) から計算した値の月平均値である。(最新のプロット点：4月1日～4月6日の平均値)
- 灰色のプロットは電子基準点の最寄りの水準点の水準測量結果を示している (固定：J4810、5164)。

※ 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。

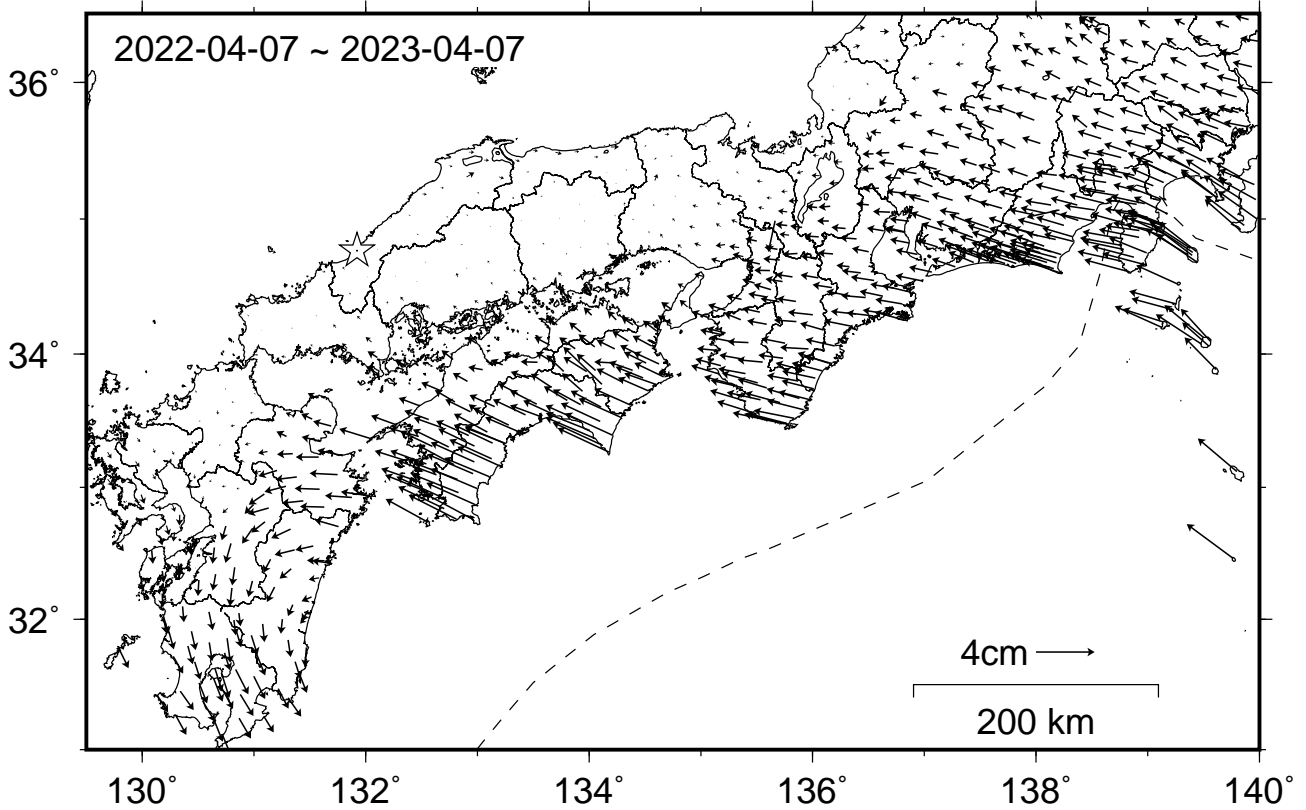
国土地理院

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】



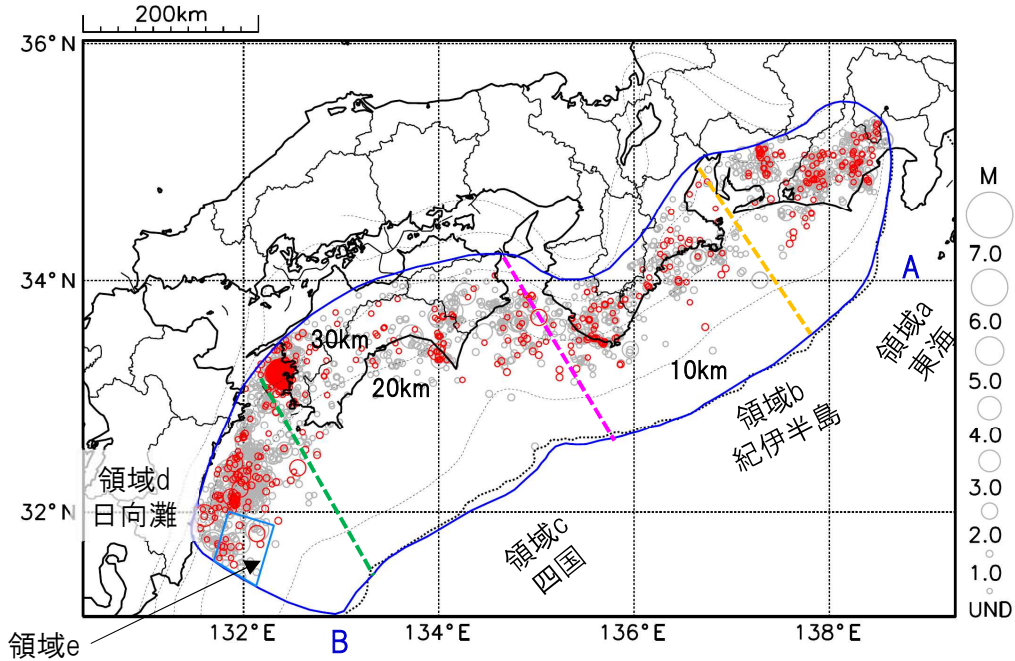
・各日付 ± 6日の計13日間の変動量の中央値をとり、その差から1年間の変動量を表示している。

プレート境界とその周辺の地震活動

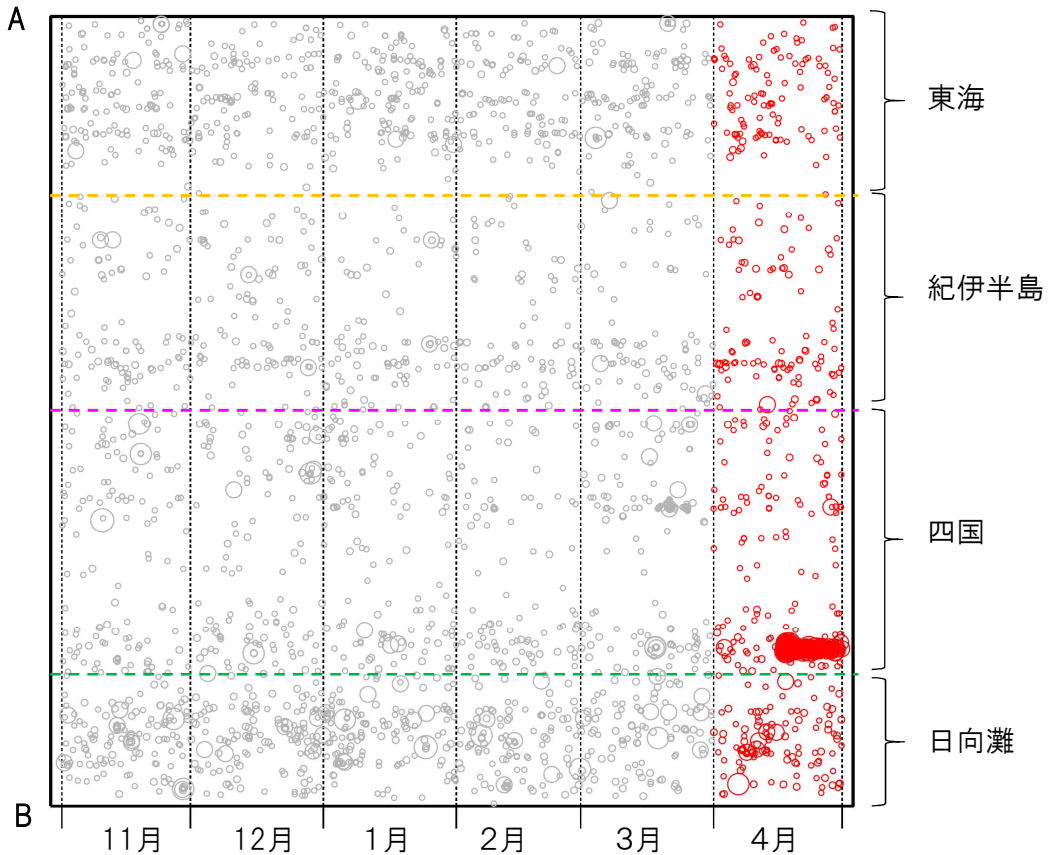
フィリピン海プレート上面の深さから±8km未満の地震を表示している。
日向灘の領域e内のみ、深さ20km～30kmの地震を追加している。

震央分布図

(2023年11月1日～2024年4月30日、M全て、2024年4月の地震を赤く表示)



南海トラフ巨大地震の想定震源域内の時空間分布図(A-B投影)



- ・フィリピン海プレート上面の深さは、Baba et al.(2002)、Hirose et al.(2008)、Nakajima and Hasegawa(2007)による。震央分布図中の点線は10kmごとの等深線を示す。
- ・今期間の地震のうち、M3.2以上の地震で想定南海トラフ地震の発震機構解と類似の型の地震に吹き出しを付している。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(+は浅い、-は深い)を示す。
- ・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。

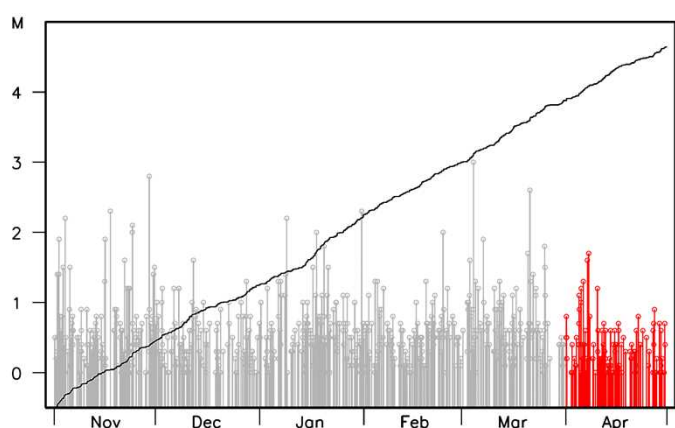
気象庁作成

プレート境界とその周辺の地震活動

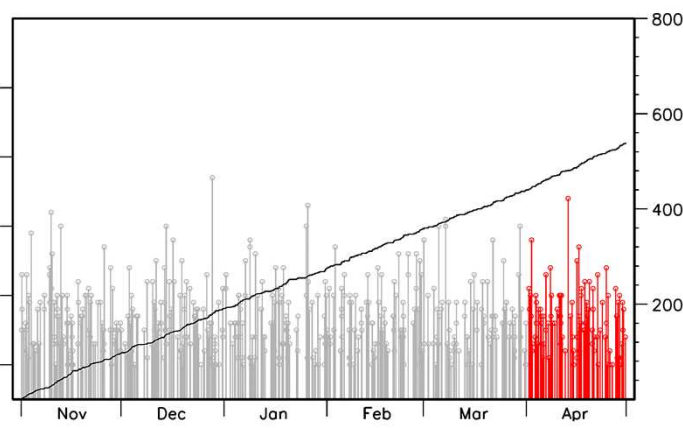
フィリピン海プレート上面の深さから±8km未満の地震を表示している。

震央分布図の各領域内のMT図・回数積算図
(2023年11月1日～2024年4月30日、M全て、2024年4月の地震を赤く表示)

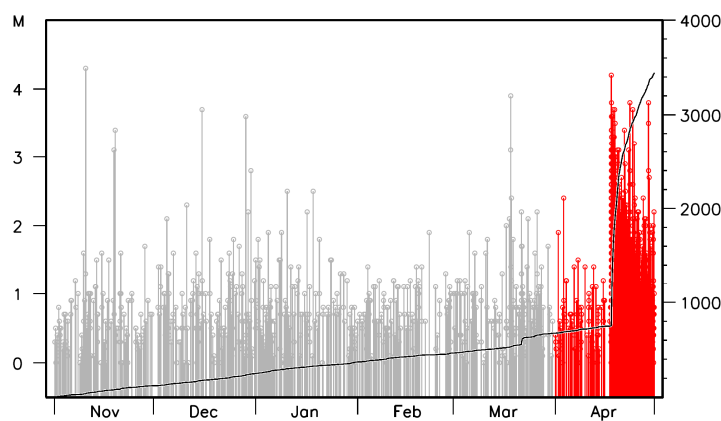
領域a内(東海)



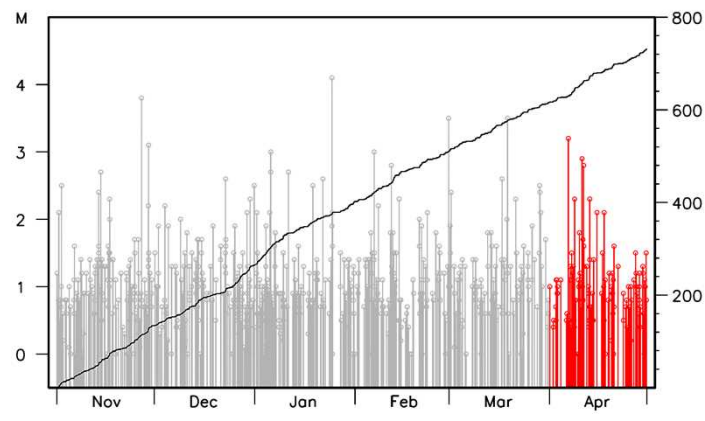
領域b内(紀伊半島)



領域c内(四国)



領域d内(日向灘)

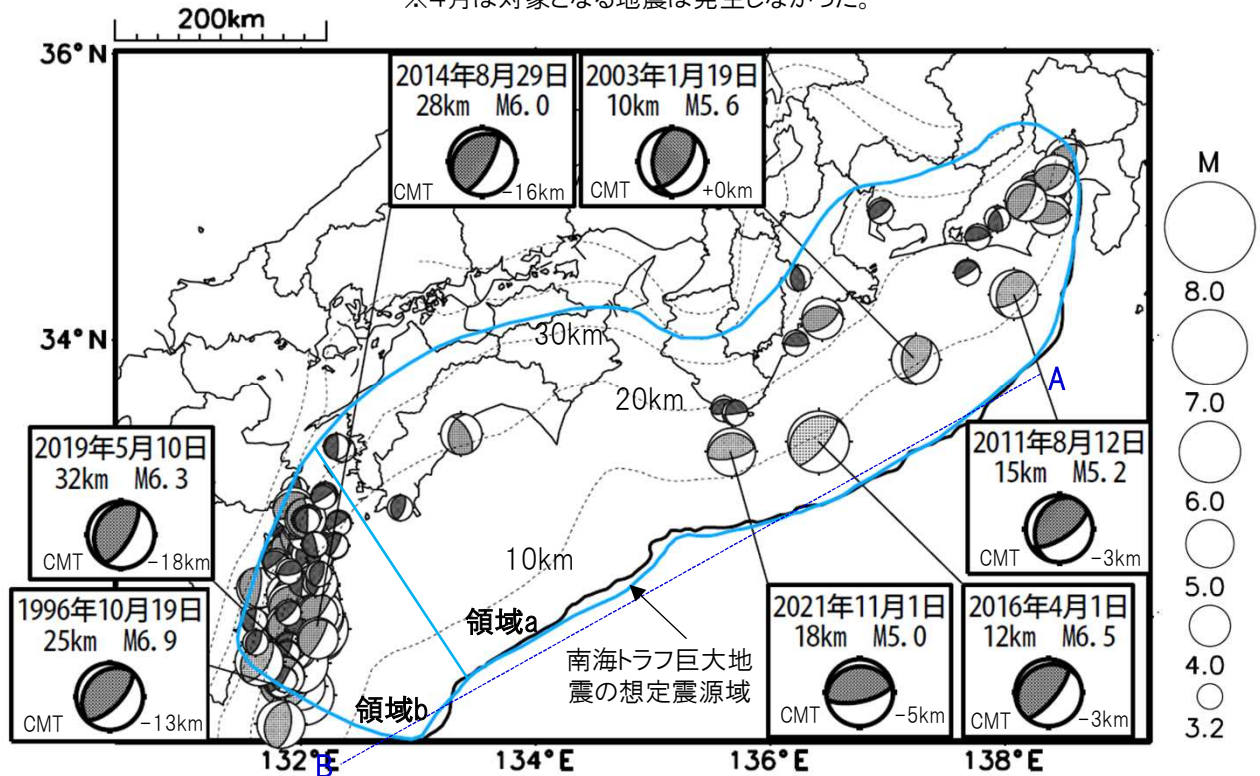


※M全ての地震を表示していることから、検知能力未満の地震も表示しているため、回数積算図は参考として表記している。

想定南海トラフ地震の発震機構解と類似の型の地震

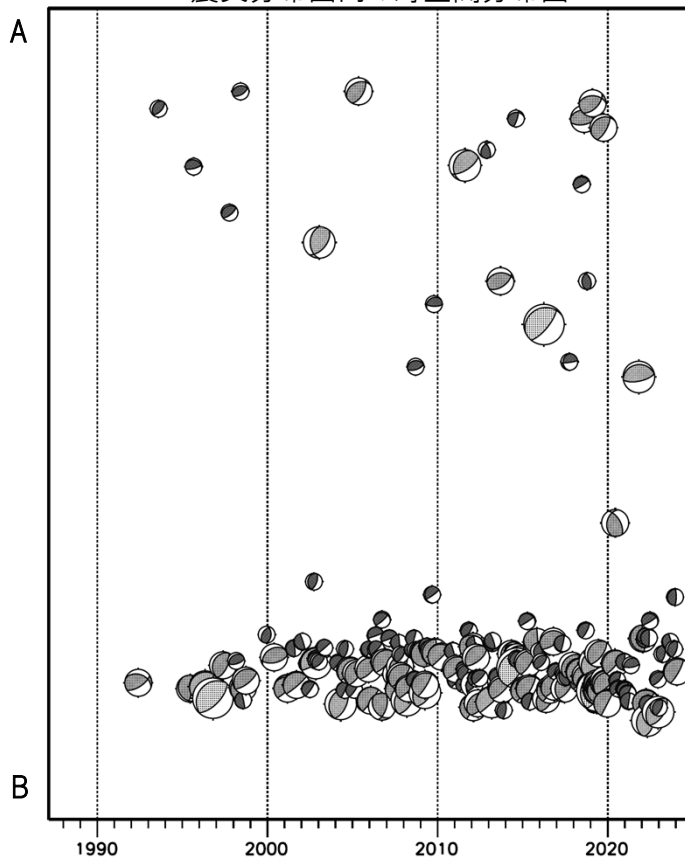
震央分布図(1987年9月1日～2024年4月30日、M \geq 3.2、2024年4月の地震を赤く表示)

※4月は対象となる地震は発生しなかった。



- ・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

2024年4月30日

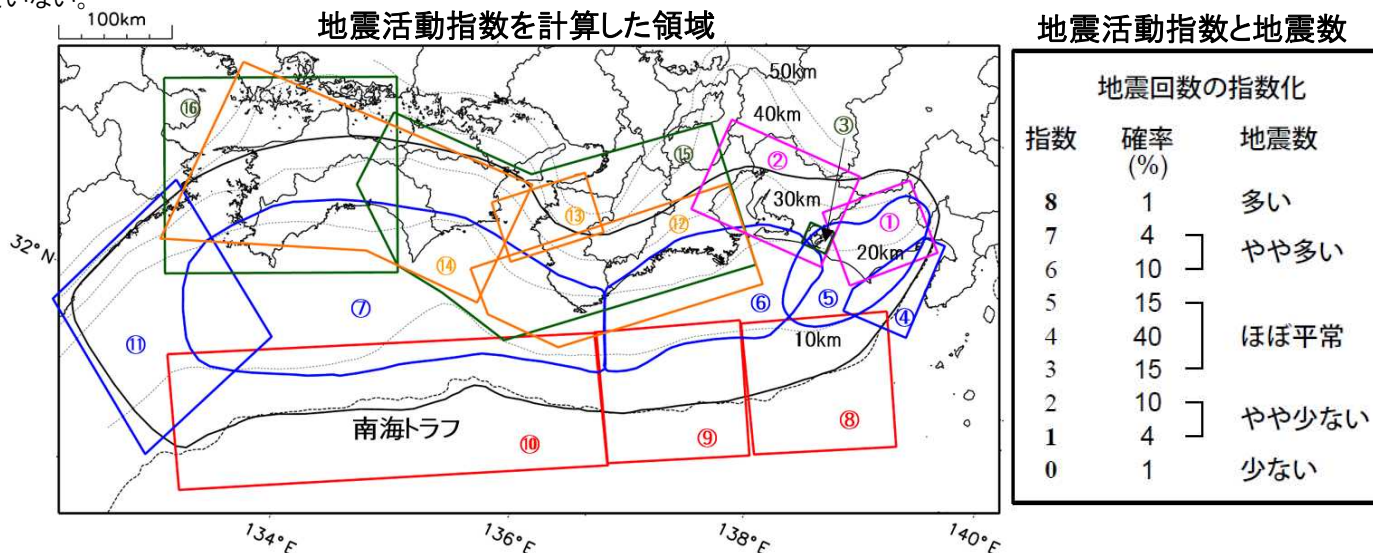
領域	①静岡県 中西部		②愛知県		③浜名湖 周辺	④駿河 湾	⑤東海	⑥南海	⑦南海
	地	プ	地	プ	プ	全	全	全	全
地震活動指数	1	2	3	4	2	4	3	4	4
平均回数	16.4	18.1	26.7	13.8	13.0	13.2	17.9	19.6	21.7
MLきい値	1.1		1.1		1.1	1.4	1.5	2.0	2.0
クラスタ 除去	距離	3km		3km		3km	10km	10km	10km
	日数	7日		7日		7日	10日	10日	10日
対象期間	60日	90日	60日	30日	360日	180日	90日	360日	90日
深さ	0~ 30km	0~ 60km	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	6	4	6	2	4	4	4	4
平均回数	13.0	14.4	21.0	22.8	41.3	31.3	27.9	28.5
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～2024年2月29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。



* 黒色実線は、南海トラフ巨大地震の想定震源域を示す。

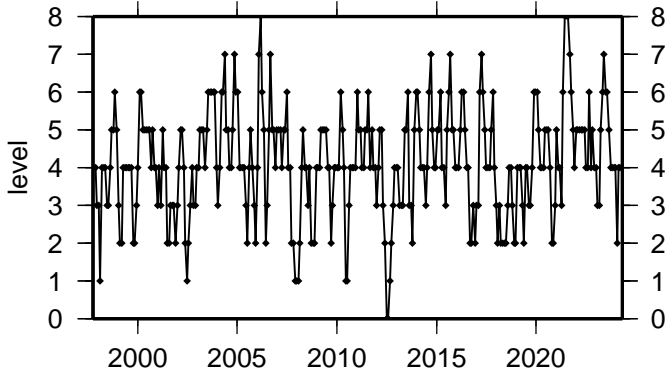
* Baba et al.(2002)、Hirose et al.(2008)、Nakajima and Hasegawa(2007)によるプレート境界の等深線を破線で示す。

気象庁作成

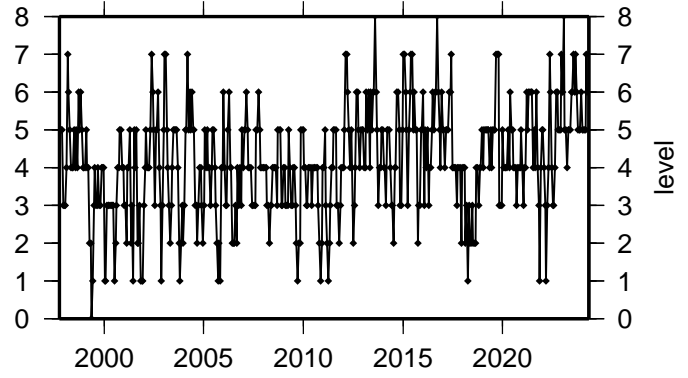
地震活動指数一覽

2024年04月30日

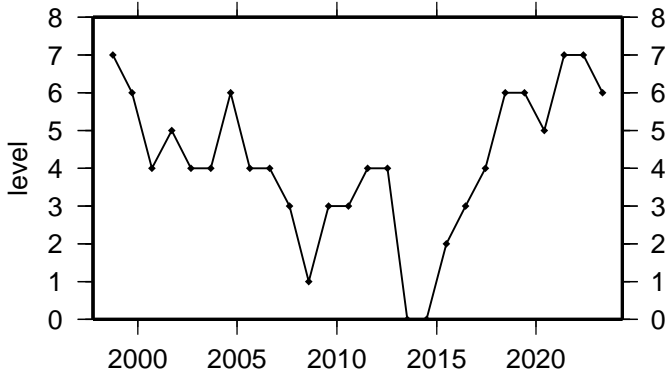
(7) 南海



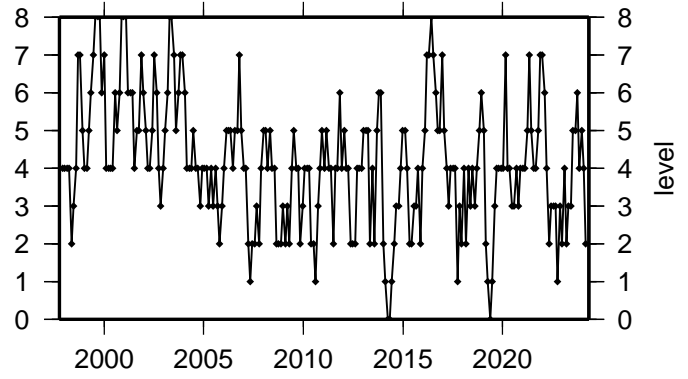
(11) 日向灘



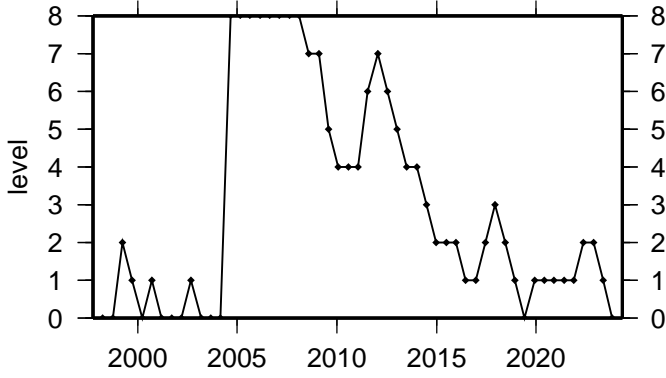
(8) 南海トラフ沿い(東側)



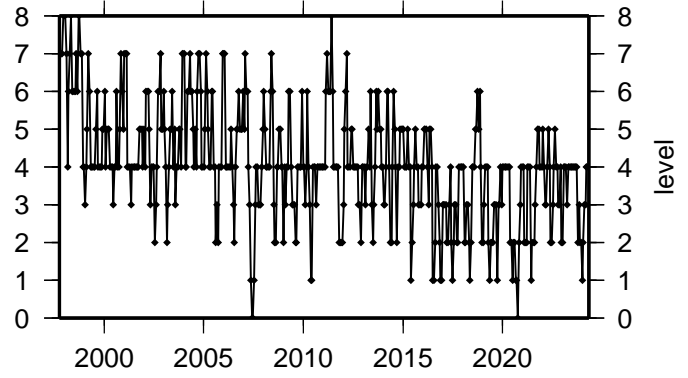
(12) 紀伊半島(地殻内)



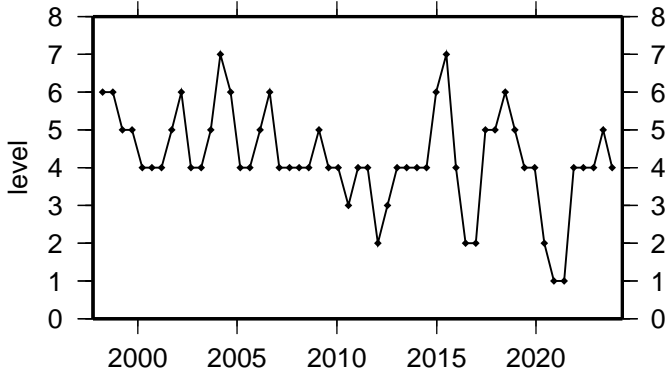
(9) 南海トラフ沿い(三重県沖)



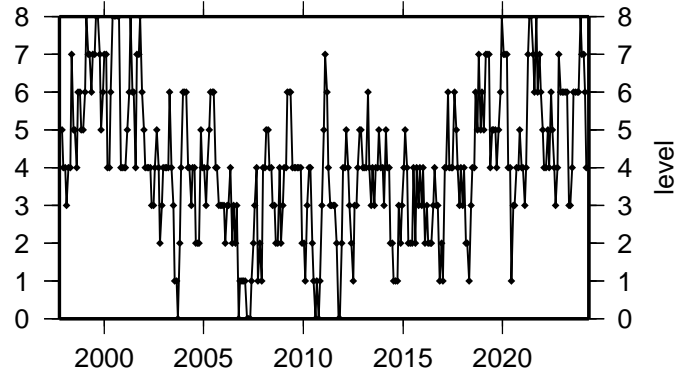
(13) 和歌山(地殻内)



(10) 南海トラフ沿い(西側)

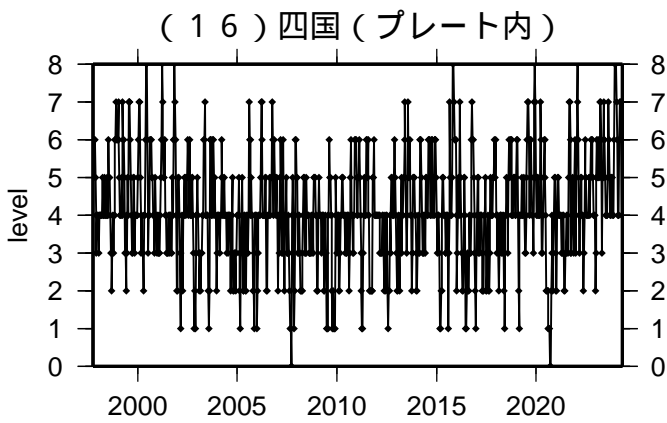
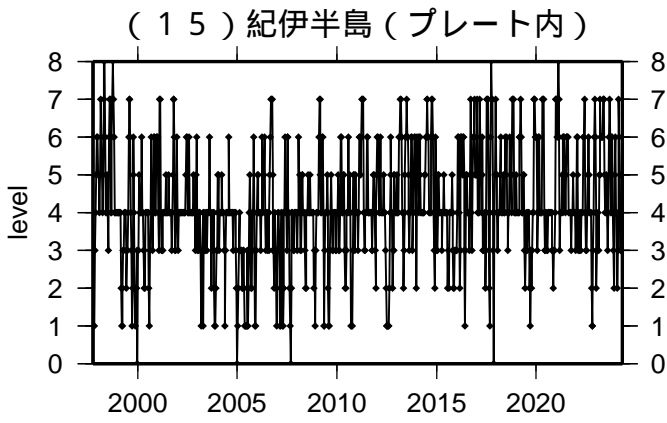


(14) 四国(地殻内)



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

気象庁作成



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					