

「最近の南海トラフ周辺の地殻活動」について

平成30年8月7日に気象庁において第10回南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会、第388回地震防災対策強化地域判定会(定例)を開催し、気象庁は「最近の南海トラフ周辺の地殻活動」として次の内容の南海トラフ地震に関連する情報(定例)を発表した。これに関連する資料をp26～p45に掲載する。

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。

1. 地震の観測状況

プレート境界付近を震源とする主な深部低周波地震(微動)を以下の領域で観測しました。

- (1) 愛媛県中予から愛媛県南予：7月10日から28日
- (2) 豊後水道：7月18日から20日

2. 地殻変動の観測状況

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ました。

一方、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。

なお、2018年5月まで実施したGNSS-音響測距観測によると、紀伊水道沖で通常とは異なる変化を2017年末頃から観測しています。

3. 地殻活動の評価

上記(1)、(2)の深部低周波地震(微動)及びひずみ観測点で観測した地殻変動は、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」に起因すると推定しています。

GNSS-音響測距観測で観測されている紀伊水道沖の通常とは異なる変化は、紀伊水道沖における非正常地殻変動によるものである可能性があります。

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今のところ得られておらず、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ないと考えられます。

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委員の意見提供等を受け、現在の状況を「最近の南海トラフ周辺の地殻活動」として取りまとめ南海トラフ地震に関連する情報(定例)を発表している。

・「想定震源域」

南海トラフ沿いの大規模地震発生時に、フィリピン海プレートと陸のプレートの境界が破壊されると想定される領域。「想定震源域」全体もしくは一部が破壊されると考えられている。

・「クラスタ」、「クラスタ除去」

地震は時間空間的に群(クラスタ: cluster)をなして起きることが多くある。「本震とその後起きる余震」、「群発地震」などが典型的なクラスタで、余震活動等の影響を取り除いて地震活動全体の推移を見ることを「クラスタ除去」と言う。例えば、相互の震央間の距離が3km以内で、相互の発生時間差が7日以内の地震群をクラスタとして扱い、その中の最大の地震をクラスタに含まれる地震の代表とし、地震が1つ発生したと扱う。

・「長期的ゆっくりすべり(長期的スロースリップ)」

想定震源域の深部で、フィリピン海プレートと陸のプレートの境界が数ヶ月～数年間かけてゆっくりとすべる現象で、数年～十年程度の間隔で繰り返し発生していると考えられている。例えば、東海地域では、前々回は2000年秋頃～2005年夏頃にかけて発生し、前回は2013年はじめ頃から2017年はじめ頃にかけて発生した。

・「深部低周波地震(微動)」

深さ約30km～40kmで発生する、通常地震より長周期の波が卓越する地震を「深部低周波地震」と言う。長野県南部～日向灘にかけては帯状につながる深部低周波地震の震央分布が見られる。深部低周波微動は、P波やS波が明瞭ではなく震動が継続するもので、現象的には深部低周波地震と同じであるが、解析手法に違いがあるため、深部低周波地震が観測されない場合にも観測されることがある。

・「短期的ゆっくりすべり(短期的スロースリップ)」

「短期的ゆっくりすべり」は、長期的ゆっくりすべりが発生する領域のさらに深部の、深部低周波地震(微動)の発生領域とほぼ同じ領域でのフィリピン海プレートと陸のプレートの境界のすべりと考えられている。数日～1週間程度継続する「短期的ゆっくりすべり(短期的スロースリップ)」が観測されるときは、ほぼ同時に深部低周波地震(微動)活動が観測されることが多い。短期的ゆっくりすべりは、数ヶ月から1年程度の間隔で繰り返し発生している。

注) 地震活動および地殻活動の解析には Hirose et al. (2008)、Baba et al. (2002)によるフィリピン海プレートと陸のプレートの境界データを使用している。

平成30年7月1日～平成30年8月7日09時の主な地震活動

○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
7/3	20:38	日向灘	37	4.1	3	フィリピン海プレート内部
8/3	23:38	和歌山県南方沖	-	3.9	-	

※震源の深さは、精度がやや劣るものは表記していない。

○深部低周波地震（微動）活動期間

四国	紀伊半島	東海
<p>■香川県東部、香川県西部 7月19日 8月2日～3日、8月5日～6日</p> <p>■徳島県北部 (特段の活動はなかった)</p> <p>■香川県西部、徳島県北部、愛媛県東予 7月12日～16日、7月28日～30日</p> <p>■愛媛県東予、瀬戸内海中部 7月14日、7月20日、8月3日 8月6日～(継続中)</p> <p>■愛媛県南予、伊予灘 7月3日</p> <p>■愛媛県中予、愛媛県南予 ■愛媛県南予、伊予灘 <u>7月10日～28日</u>・・・・・・・・(1) 7月30日、8月1日～2日 8月6日～(継続中)</p> <p>■愛媛県南予、豊後水道 7月10日～11日、7月15日 <u>7月18日～20日</u>・・・・・・・・(2)</p>	<p>■伊勢湾、三重県北部、三重県中部 ■三重県中部、三重県南部、奈良県 7月30日～8月1日</p> <p>■三重県中部、三重県南部、奈良県 7月2日～3日 7月20日 7月26日～27日</p> <p>■奈良県 ■和歌山県北部、和歌山県南部、紀伊水道 7月7日～8日 7月12日～13日 7月20日～22日 7月29日～30日</p> <p>■和歌山県北部、和歌山県南部、紀伊水道 8月5日～(継続中)</p>	<p>■長野県南部 (特段の活動はなかった)</p> <p>■愛知県東部、愛知県西部 7月3日～4日 7月7日～8日 7月13日～15日 7月23日 7月26日～27日</p>

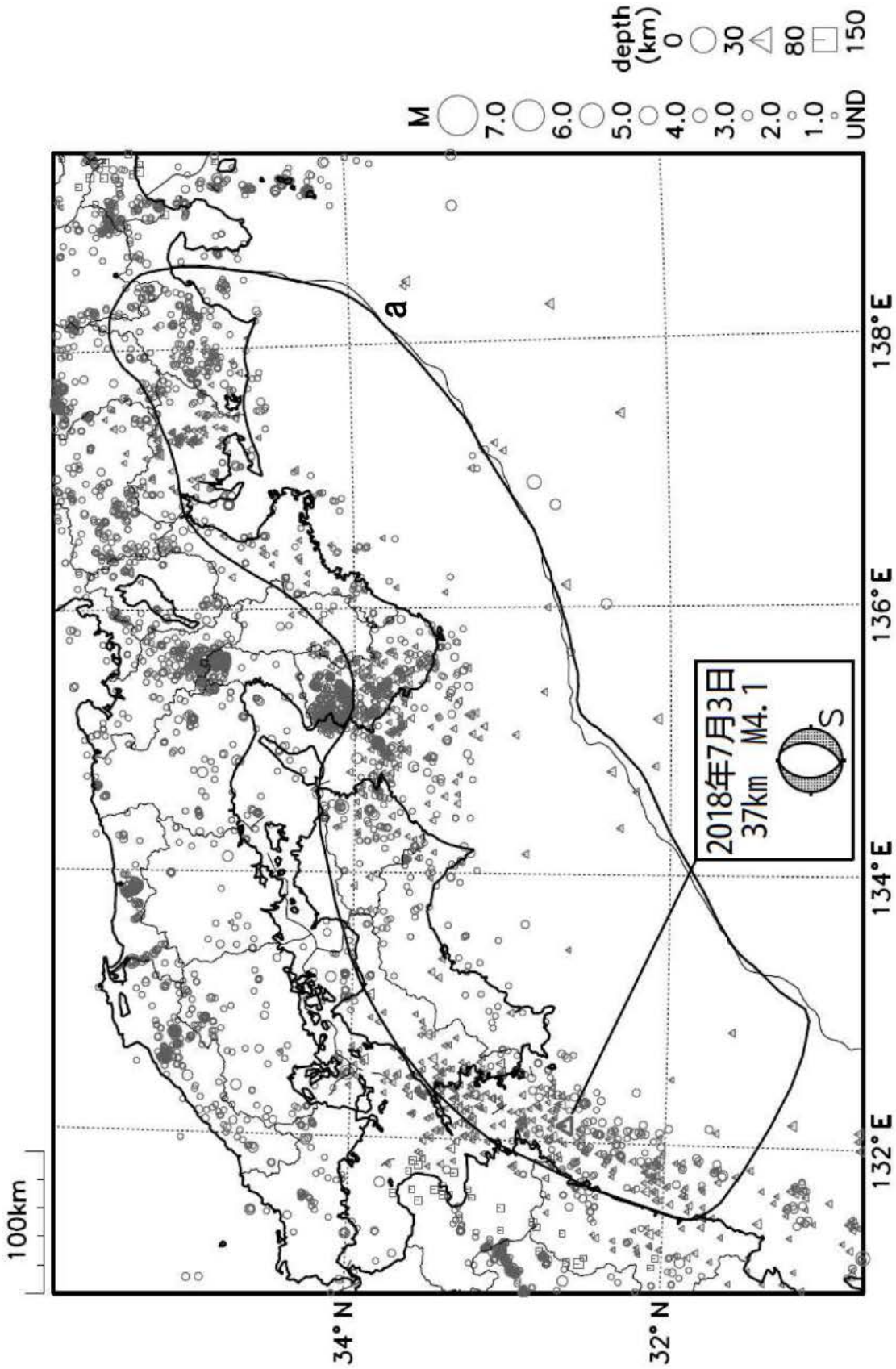
※深部低周波地震（微動）活動は、気象庁一元化震源を用い、地域ごとの一連の活動（継続日数2日以上または活動日数1日の場合で複数個検知したもの）について、活動した場所ごとに記載している。

※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)(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。

※8月6日以降の震源要素は、今後の精査で変更する場合がある。

南海トラフ沿いとその周辺の広域地震活動(2018年7月1日～2018年7月31日)

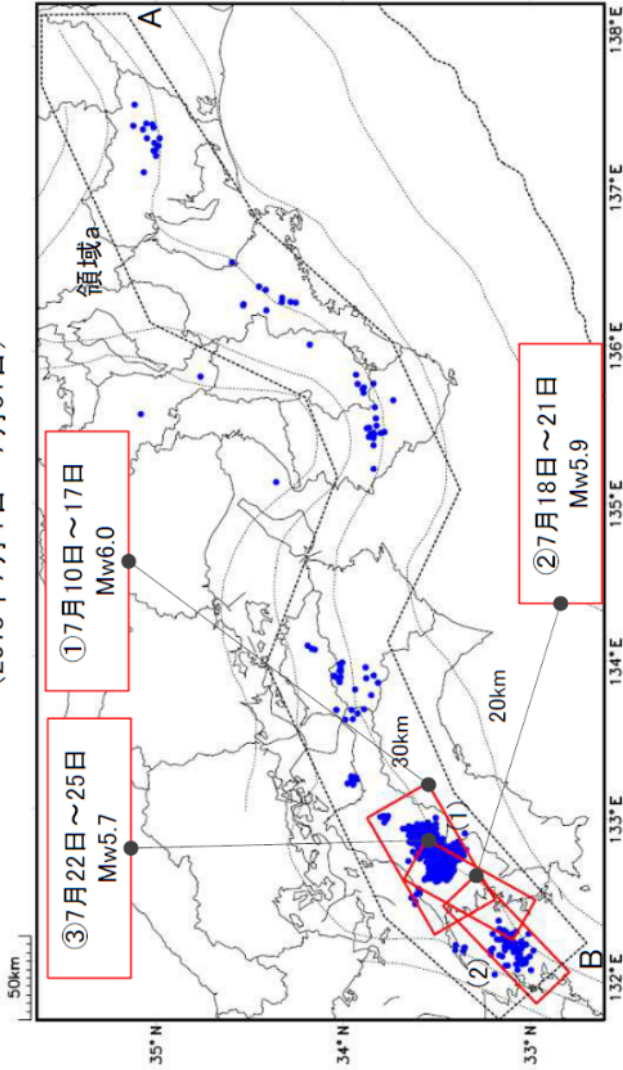


- ・ 図中の吹き出しは、南海トラフ巨大地震の想定震源域(領域a内)で最大震度3以上を観測した地震もしくはM3.5以上の地震、それ以外(領域a内以外)の陸域M5.0以上・海域M6.0以上とその他の他の主な地震。
- ・ 震源の深さは、精度がやや劣るものは表記していない。
- ・ 発震機構解の横に「S」の表記があるものは、精度がやや劣るものである。

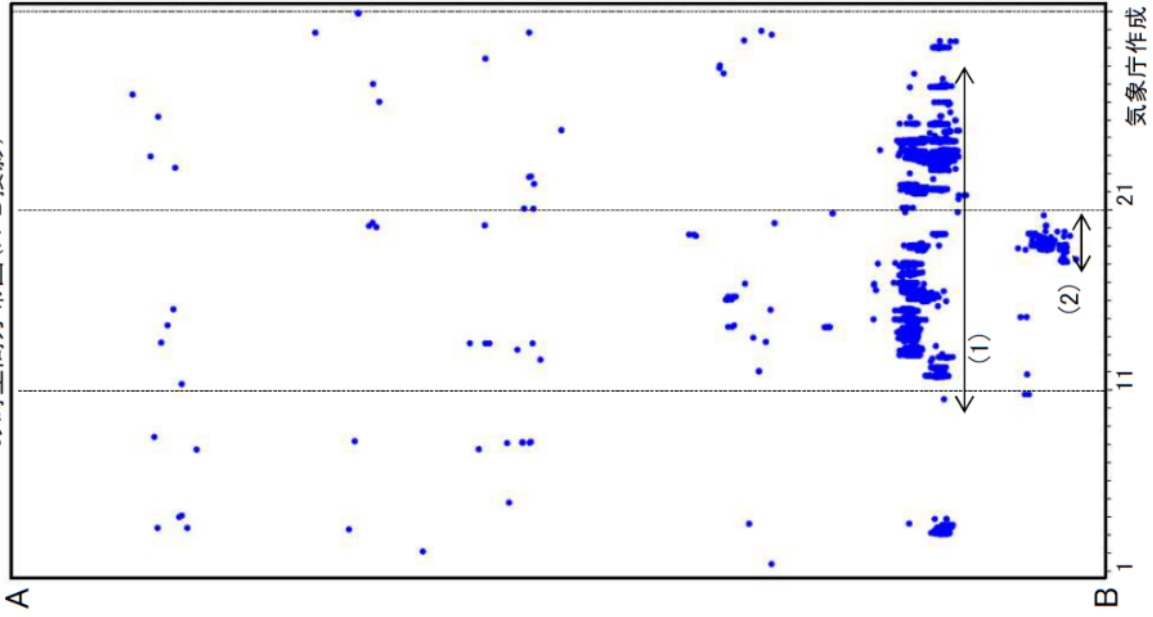
気象庁作成

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
(2018年7月1日～7月31日)



領域a(点線矩形)内の深部低周波地震(微動)の時間分布図(A-B投影)



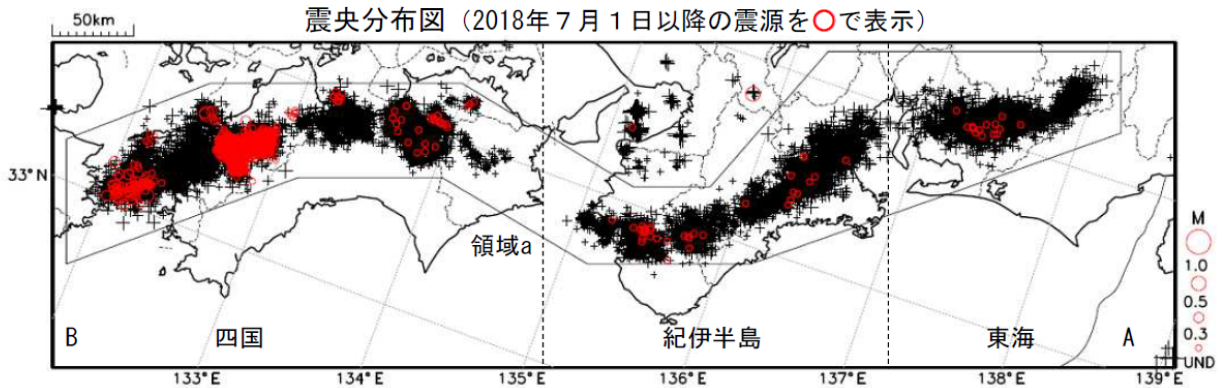
主な深部低周波地震(微動)活動と短期的ゆっくりすべり

深部低周波地震(微動)活動		地殻変動を観測した期間と短期的ゆっくりすべりの規模	
番号	活動場所	活動の期間	
(1)	愛媛県中予から 愛媛県南予	7月10日～28日	①7月10日～17日: Mw6.0 ③7月22日～25日: Mw5.7
(2)	豊後水道	7月18日～20日	②7月18日～21日: Mw5.9

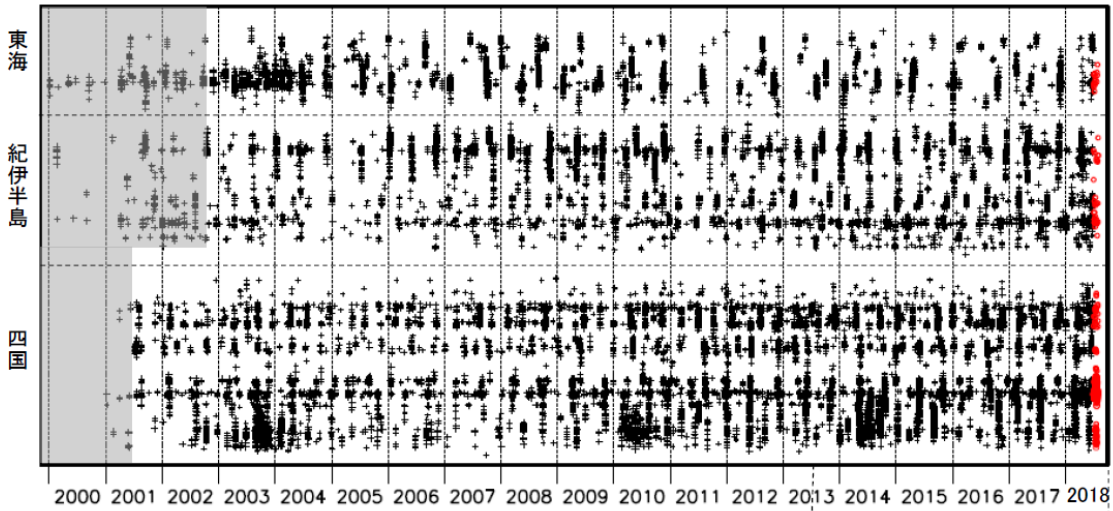
●: 深部低周波地震(微動)の震央(気象庁の解析結果を示す)
 □: 短期的ゆっくりすべりの断層モデル(産業技術総合研究所の解析結果を示す)
 点線は、Hirose et al.(2008)、Baba et al.(2002)によるフィリピン海プレート上面の深さ(10kmごとの等深線)を示す。

深部低周波地震(微動)活動(2000年1月1日~2018年7月31日)

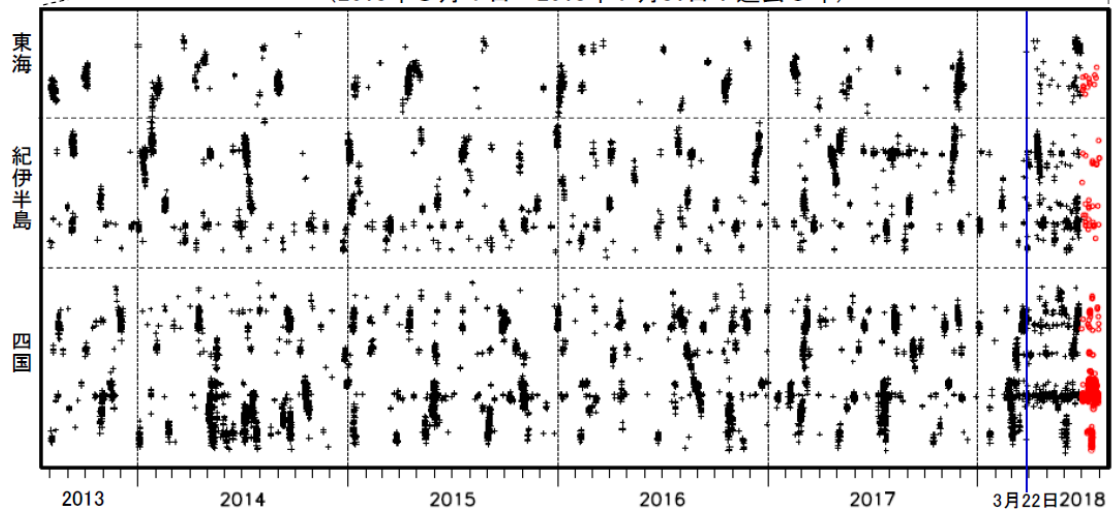
深部低周波地震(微動)は、「短期的ゆっくりすべり」に密接に関連する現象とみられており、プレート境界の状態の変化を監視するために、その活動を監視している。



上図領域a内の時空間分布図(A-B投影)
(2000年1月1日~2018年7月31日)



(2013年8月1日~2018年7月31日:過去5年)



※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。

※時空間分布図中、灰色の期間は、それ以降と比較して十分な検知能力がなかったことを示す。

気象庁作成

徳島県から豊後水道の深部低周波地震(微動)活動

7月10日から28日に、愛媛県中予から南予にかけて深部低周波地震(微動)を観測した。7月18日から20日には豊後水道でも活動がみられた。

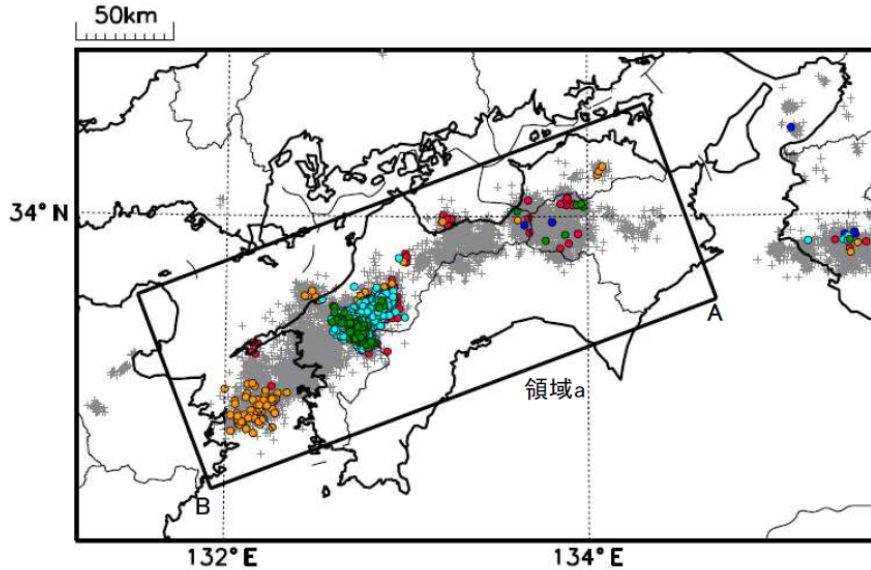
深部低周波地震(微動)活動とほぼ同期して、愛媛県と高知県に設置されている複数のひずみ計でわずかな変化を観測した。

震央分布図

(2010年1月1日～2018年7月31日、深さ0～60km、Mすべて)

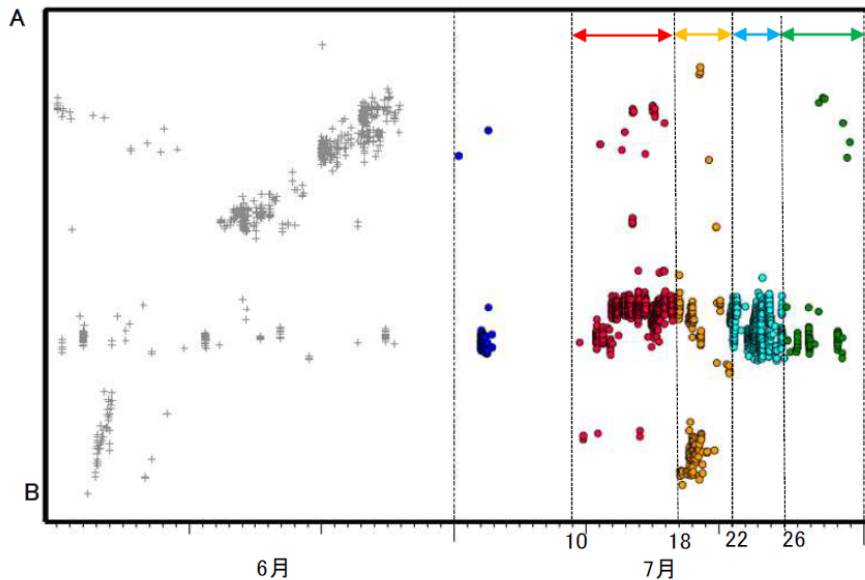
灰:2010年1月1日～2018年6月30日 青:2018年7月1日～7月9日

赤:7月10日～7月17日 黄:7月18日～7月21日、水色:7月22日～7月25日、緑:7月26日以降



震央分布図の領域a内の時空間分布図(A-B投影)

(2018年6月1日～2018年7月31日)



気象庁作成

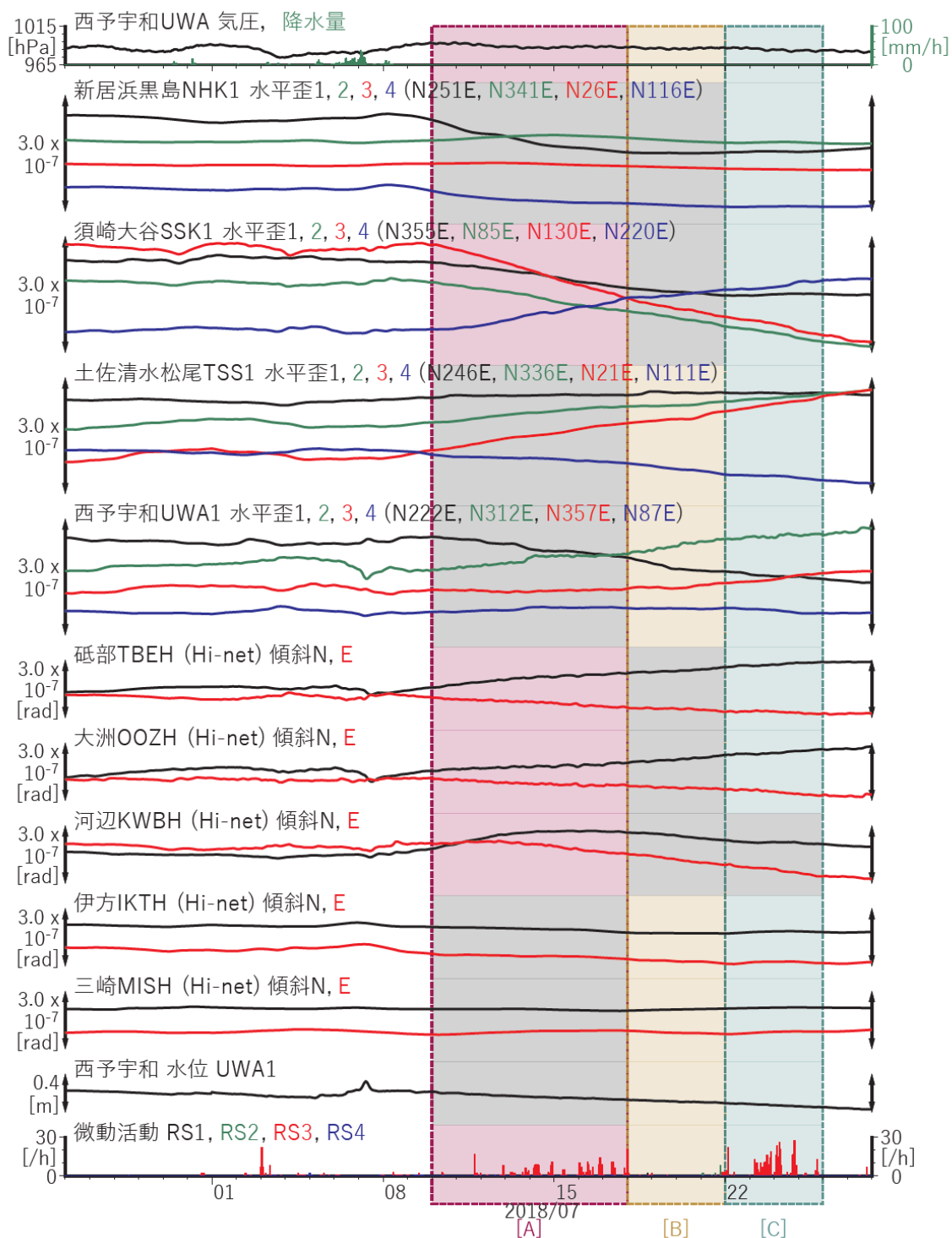
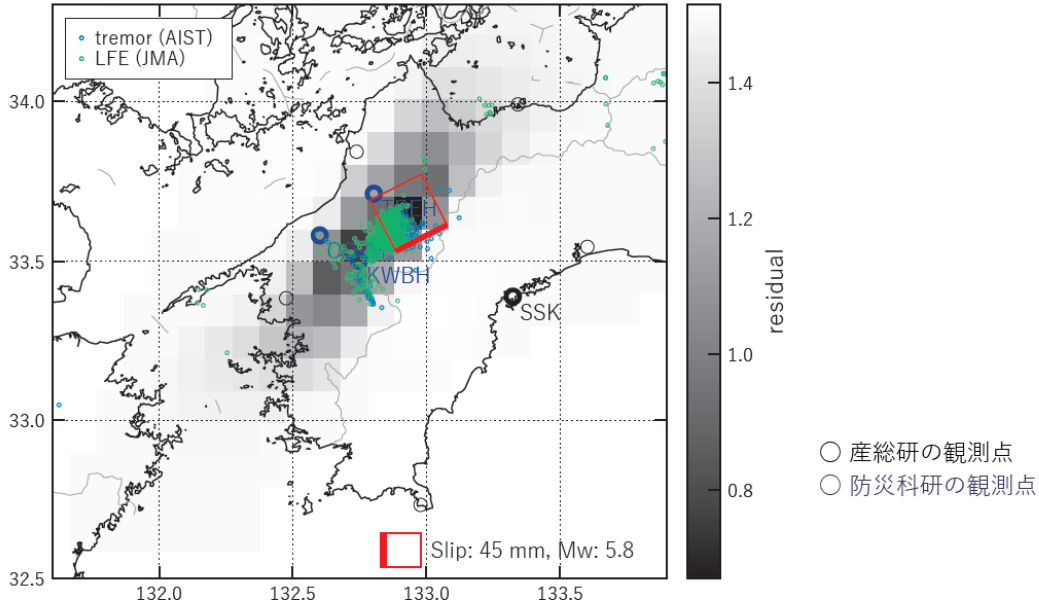


図2 四国地方における歪・傾斜・地下水観測結果 (2018/06/25 00:00 - 2018/07/28 00:00 (JST))

[A] 2018/07/10-17

(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

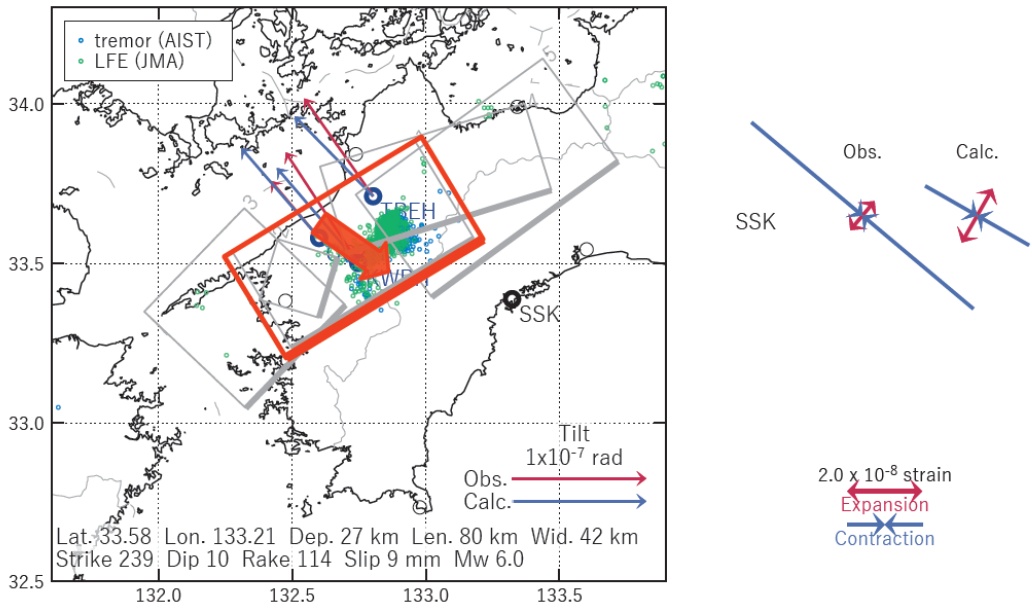
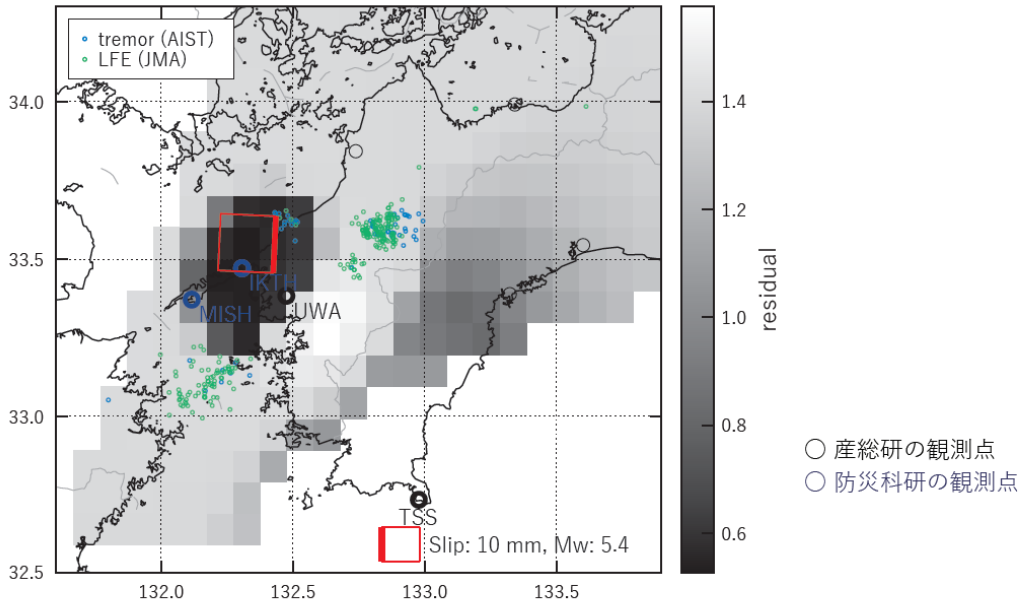


図3 2018/07/10-17の歪・傾斜変化(図2[A])を説明する断層モデル。

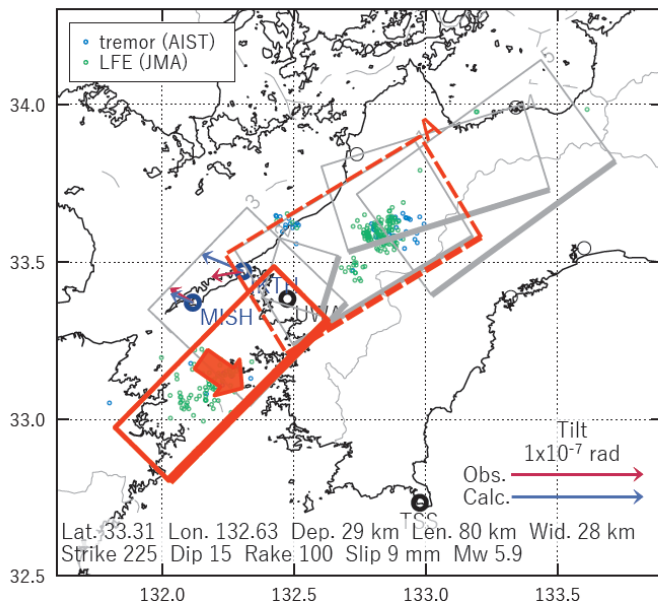
- (a) プレート境界面に沿って20 x 20 kmの矩形断層面を移動させ、各位置で残差の総和を最小にするすべり量を選んだときの、対応する残差の総和の分布。赤色矩形が残差の総和が最小となる断層面の位置。
- (b1) (a)の断層面付近をグリッドサーチして推定した断層面(赤色矩形)と断層パラメータ。灰色矩形は最近周辺で発生した短期的SSEの推定断層面。
 1: 2018/02/21-25 (Mw5.9), 2: 2018/02/26-28 (Mw5.6), 3: 2018/03/01-05 (Mw5.9), 4: 2018/03/06-09 (Mw5.9),
 5: 2018/03/10-17 (Mw6.1)
- (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。

[B] 2018/07/18-21

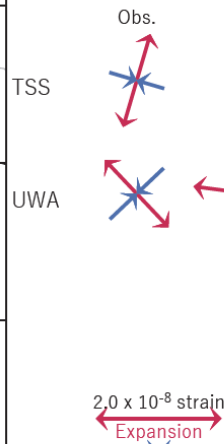
(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布



(b1) 推定した断層モデル



(b2) 主歪



(b3) 体積歪

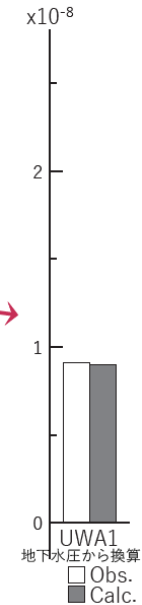
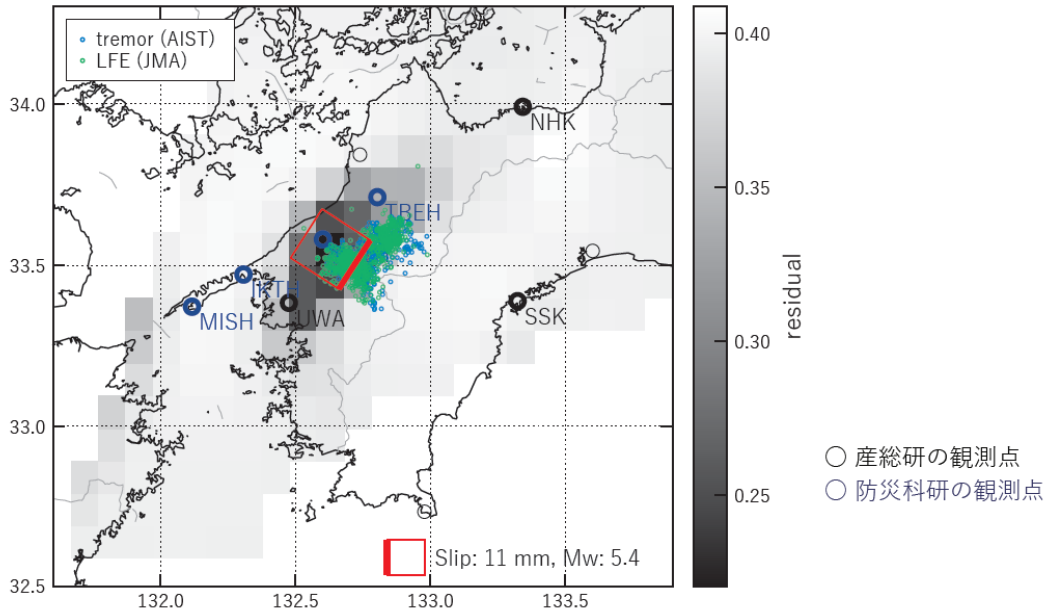


図4 2018/07/18-21の歪・傾斜・地下水変化(図2[B])を説明する断層モデル。

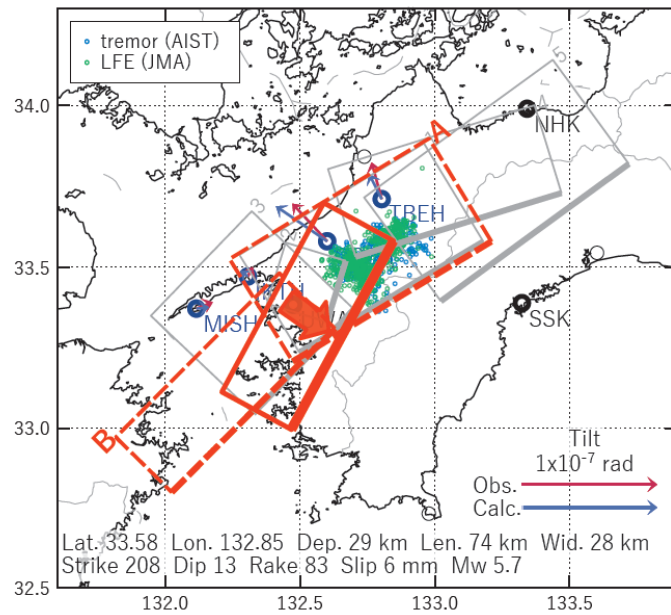
- (a) プレート境界面に沿って20 x 20 kmの矩形断層面を移動させ、各位置で残差の総和を最小にするすべり量を選んだときの、対応する残差の総和の分布。赤色矩形が残差の総和が最小となる断層面の位置。
- (b1) (a)の断層面付近をグリッドサーチして推定した断層面(赤色矩形)と断層パラメータ。赤色破線矩形Aは今回の一連のイベント、灰色矩形は最近周辺で発生した短期的SSEの推定断層面。
 1: 2018/02/21-25 (Mw5.9), 2: 2018/02/26-28 (Mw5.6), 3: 2018/03/01-05 (Mw5.9), 4: 2018/03/06-09 (Mw5.9),
 5: 2018/03/10-17 (Mw6.1), A: 2018/07/10-17 (Mw6.0)
- (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。
- (b3) 体積歪の観測値と(b1)に示した断層モデルから求めた計算値との比較。

[C] 2018/07/22-25

(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

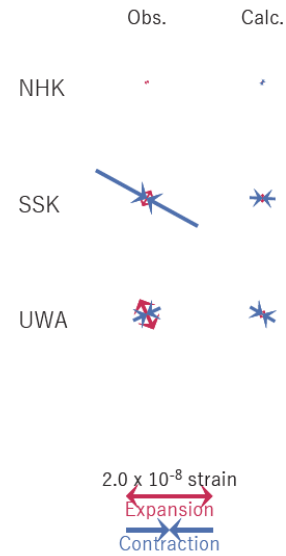
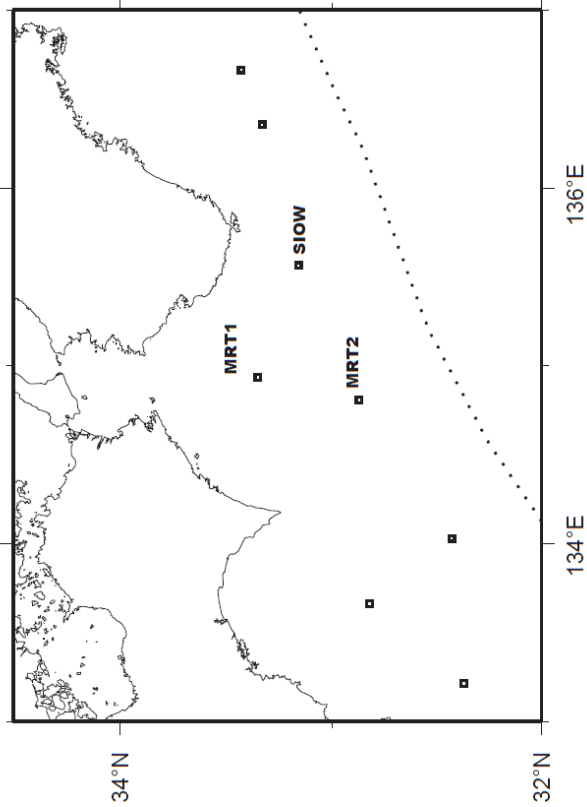
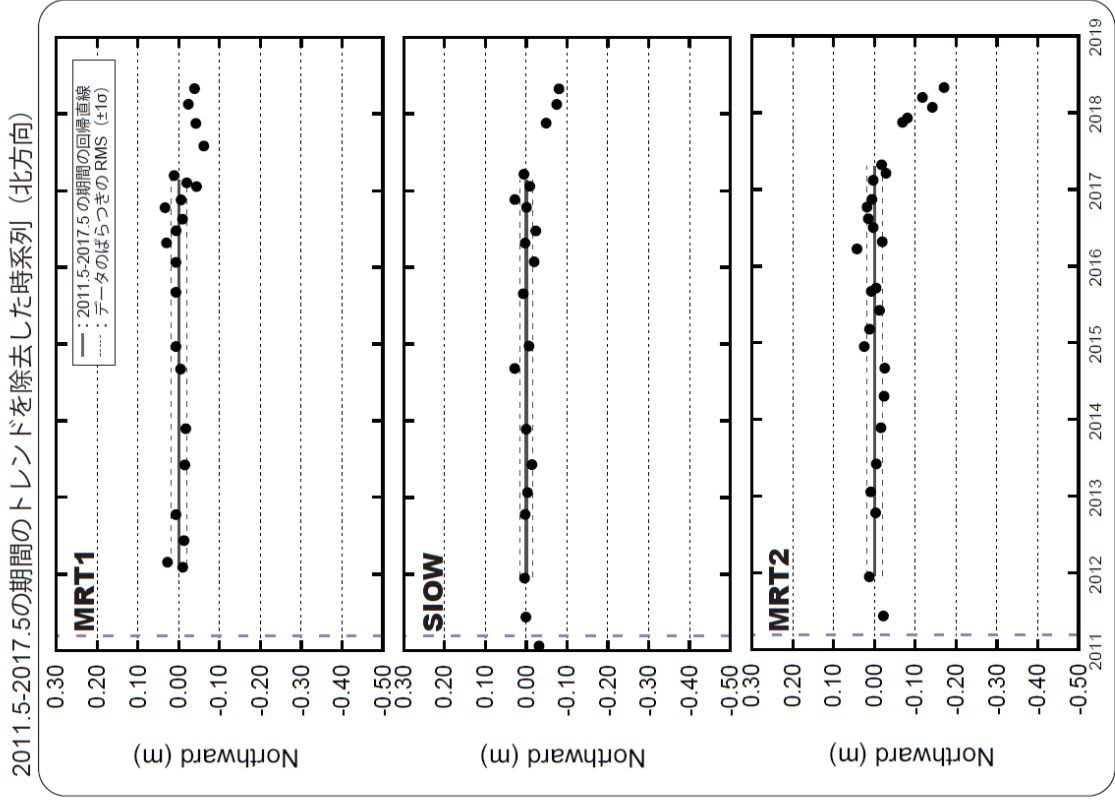


図4 2018/07/22-25 の歪・傾斜変化 (図2[C]) を説明する断層モデル。

- (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、対応する残差の総和の分布。赤色矩形が残差の総和が最小となる断層面の位置。
- (b1) (a)の断層面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。赤色破線矩形Aは今回の一連のイベント、灰色矩形は最近周辺で発生した短期的SSEの推定断層面。
 1: 2018/02/21-25 (Mw5.9), 2: 2018/02/26-28 (Mw5.6), 3: 2018/03/01-05 (Mw5.9), 4: 2018/03/06-09 (Mw5.9),
 5: 2018/03/10-17 (Mw6.1), A: 2018/07/10-17 (Mw6.0), B: 2018/07/18-21 (Mw5.9)
- (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。

<参考> 紀伊水道沖における非定常変動の可能性(暫定)



海上保安庁

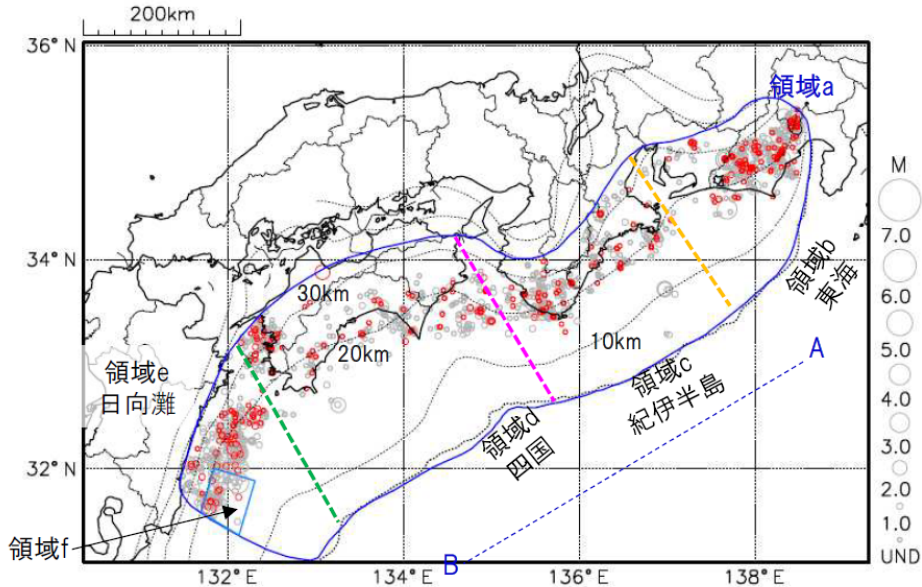
※ 「第9回南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会 (H30.7.6)」 報告資料の再掲

プレート境界とその周辺の地震活動

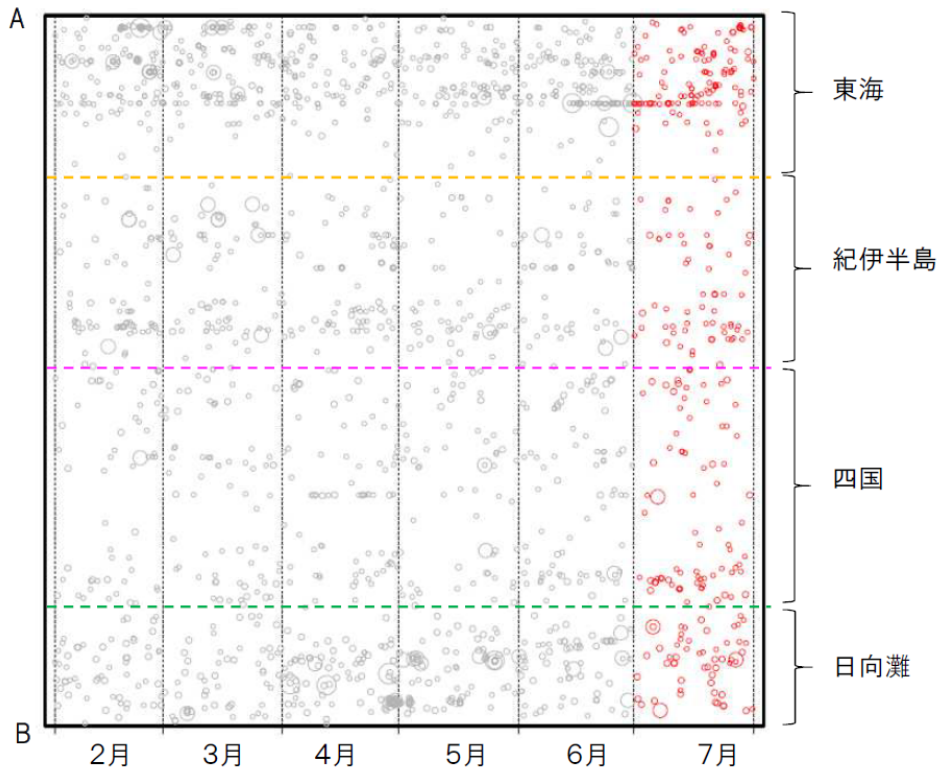
フィリピン海プレート上面の深さから±6km未満の地震を表示している。
日向灘の領域f内のみ、深さ20km~30kmの地震を追加している。

震央分布図

(2018年2月1日~2018年7月31日、M全て、2018年7月の地震を赤く表示)



領域a(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)



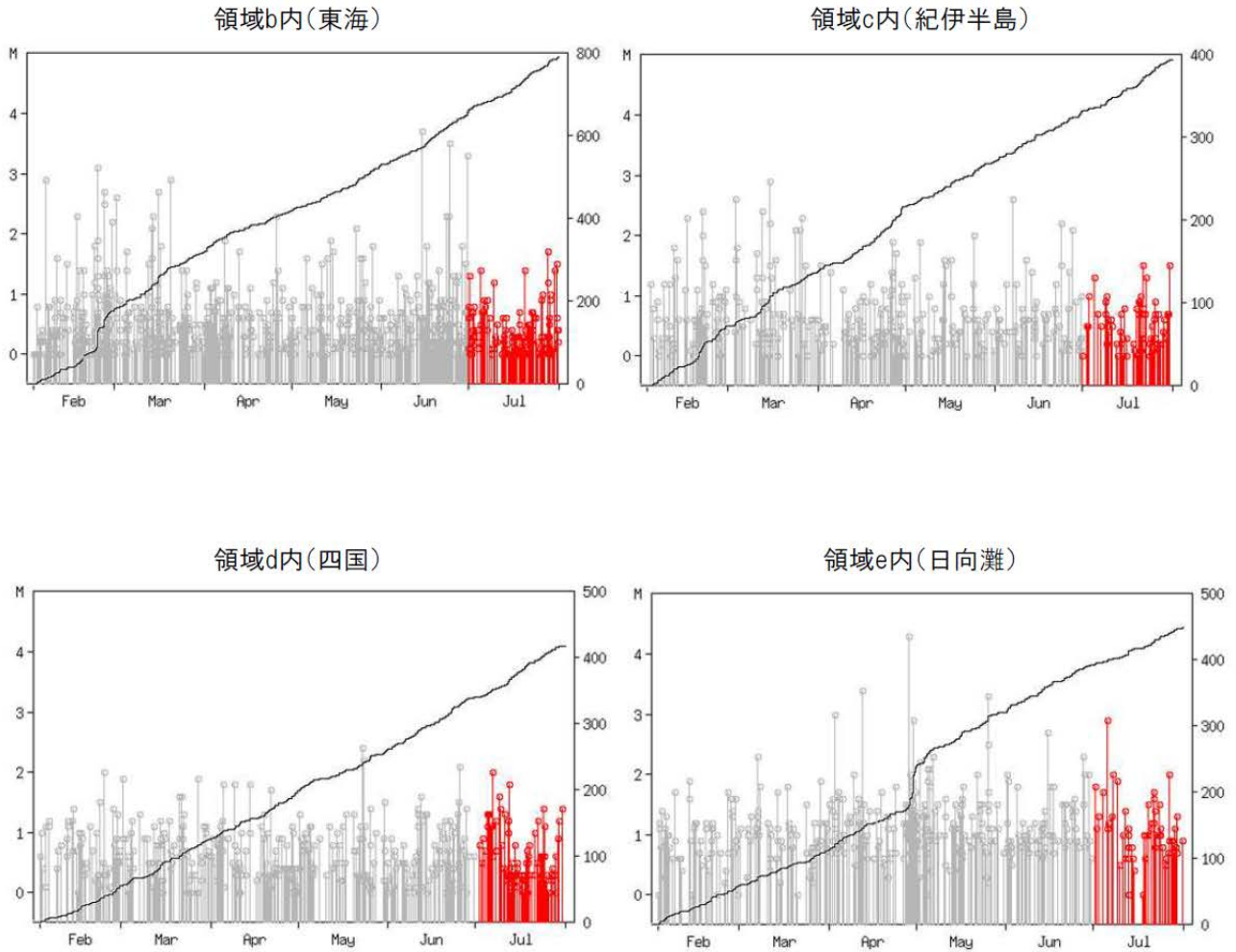
- ・フィリピン海プレート上面の深さは、Hirose et al.(2008)、Baba et al.(2002)による。震央分布図中の点線は10kmごとの等深線を示す。
- ・今期間の地震のうち、M3.2以上の地震で想定南海トラフ地震の発震機構解と類似の型の地震に吹き出しを付している。

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±6km未満の地震を表示している。
日向灘の領域f内のみ、深さ20km～30kmの地震を追加している。

震央分布図の各領域内のMT図・回数積算図

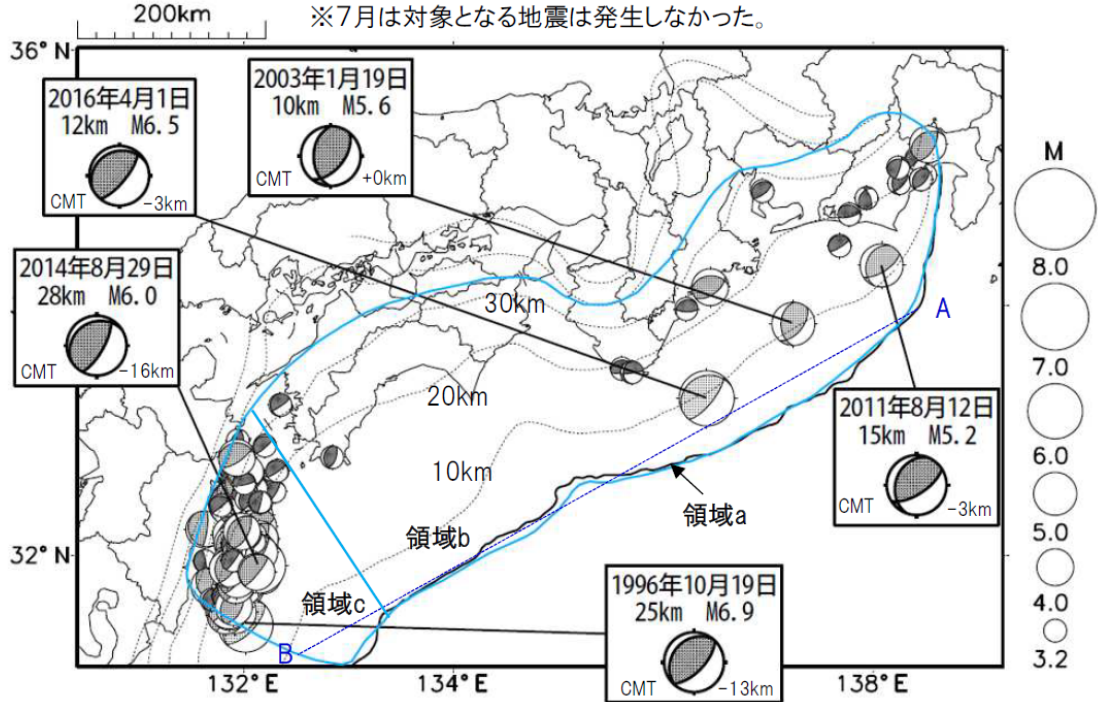


※回数積算図は参考として表記している。M全ての地震を表示していることから、検知能力未満の地震も表示しているため、回数積算図の傾きと実際の地震活動の活発化・静穏化とは必ずしも一致しないことがある。

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～2018年7月31日、M \geq 3.2、2018年7月の地震を赤く表示)

※7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。

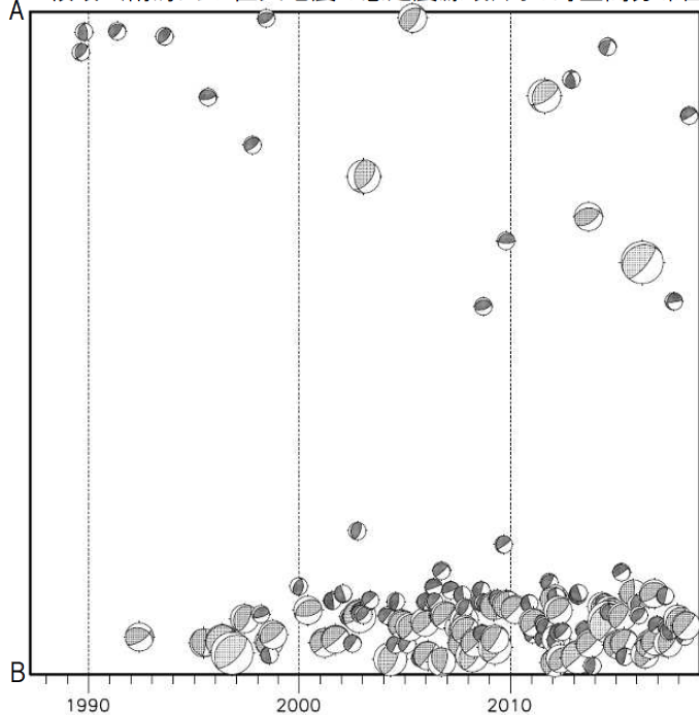
・発震機構解の横に「S」の表記があるものは、精度がやや劣るものである。

・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。

領域a(南海トラフ巨大地震の想定震源域)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b)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c)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

2018年7月31日

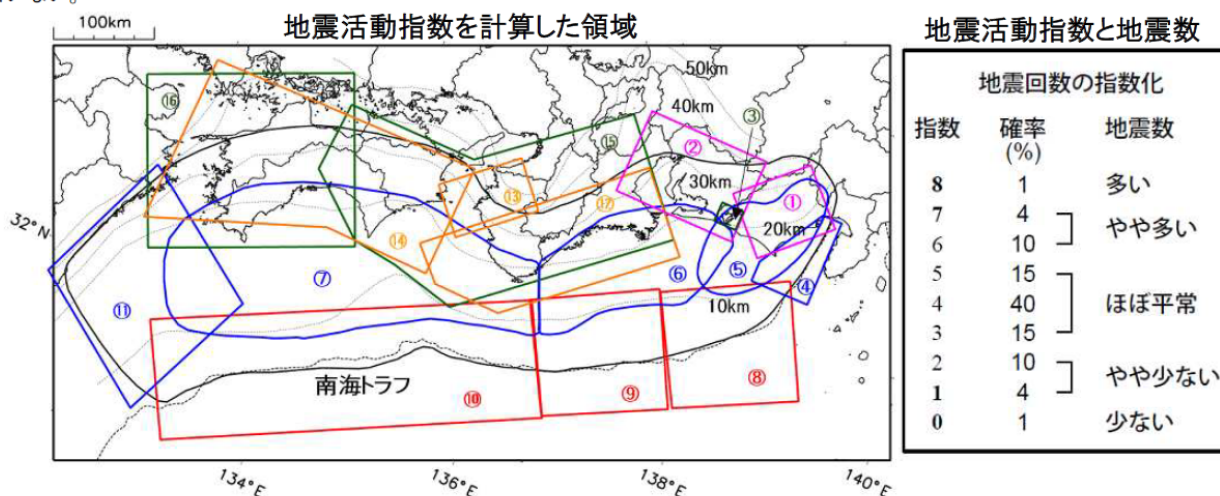
領域	①静岡県 中西部		②愛知県		③浜名湖 周辺	④駿河 湾	⑤東海	⑥東南海	⑦南海
	地	プ	地	プ	プ	全	全	全	全
地震活動指数	3	3	6	3	1	2	6	4	2
平均回数	16.2	18.3	26.4	13.6	12.9	13.3	18.2	20.0	21.4
MLきい値	1.1		1.1		1.1	1.4	1.5	2.0	2.0
クラスタ 除去	距離		3km		3km	10km	10km	10km	10km
	日数		7日		7日	10日	10日	10日	10日
対象期間	60日	90日	60日	30日	360日	180日	90日	360日	90日
深さ	0~ 30km	0~ 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	4	4	3	3	4	3	4	4
平均回数	11.4	15.1	20.5	23.0	42.4	29.9	27.6	28.0
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
	日数		10日	10日	10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～2018年7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。



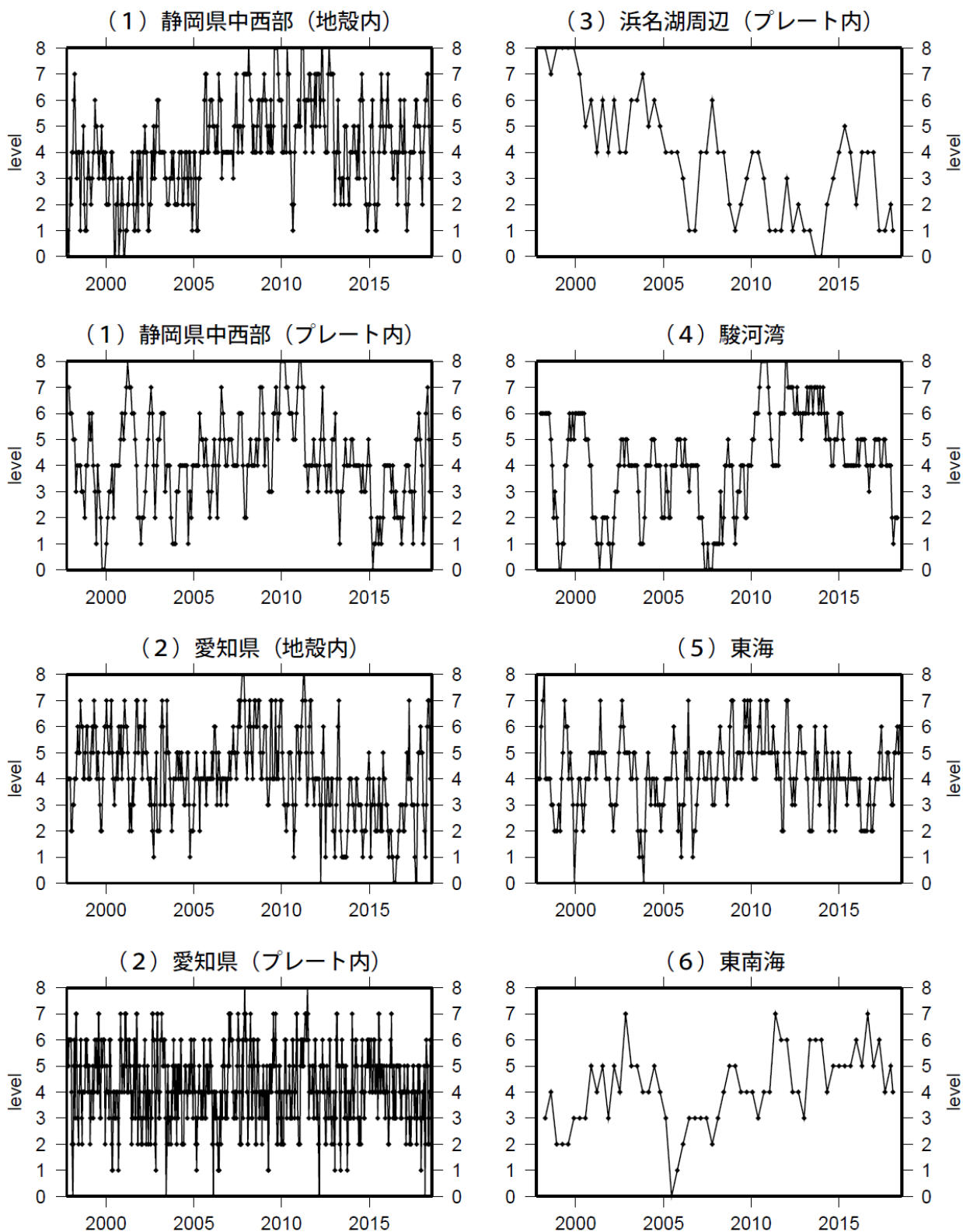
* 黒色実線は、南海トラフ巨大地震の想定震源域を示す。

* 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

2018年07月31日

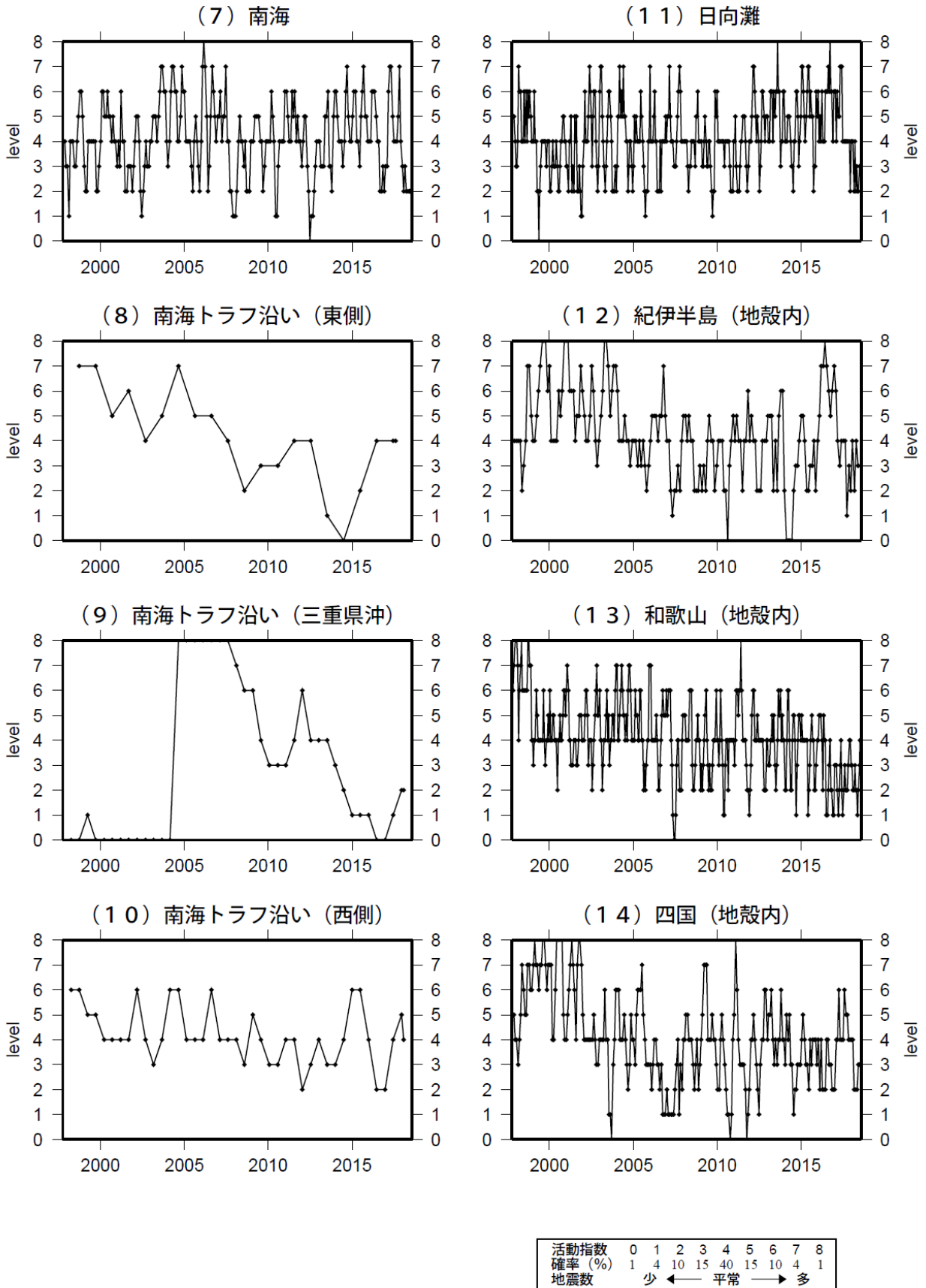


活動指数	0	1	2	3	4	5	6	7	8			
確率 (%)	1	4	10	15	40	15	10	4	1			
地震数	少	←	←	←	←	←	←	←	←	→	→	多

気象庁作成

地震活動指数一覧

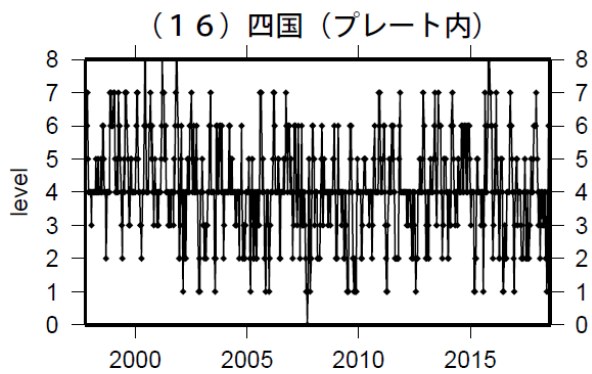
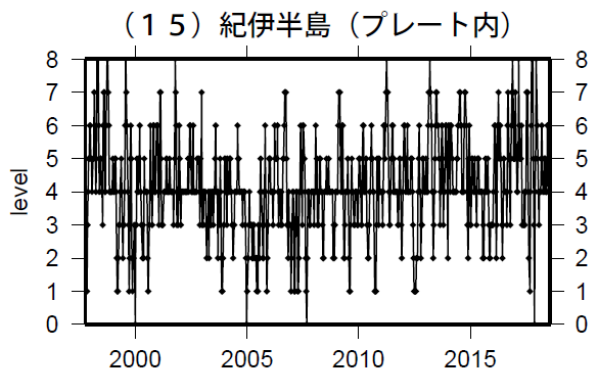
2018年07月31日



気象庁作成

地震活動指数一覧

2018年07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				

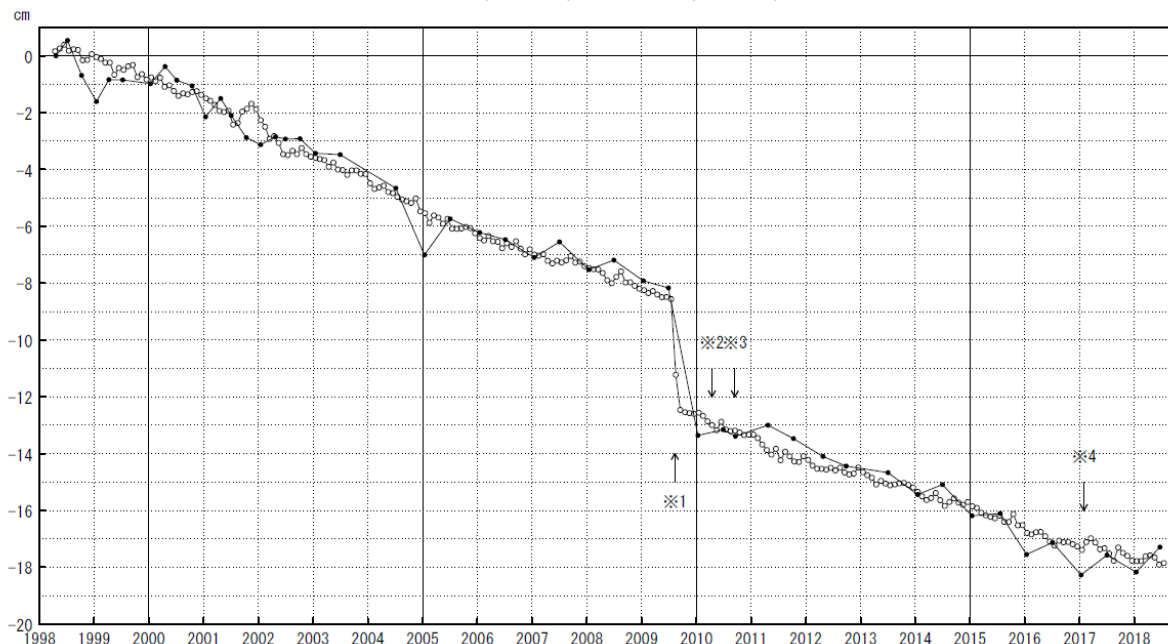
気象庁作成

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。

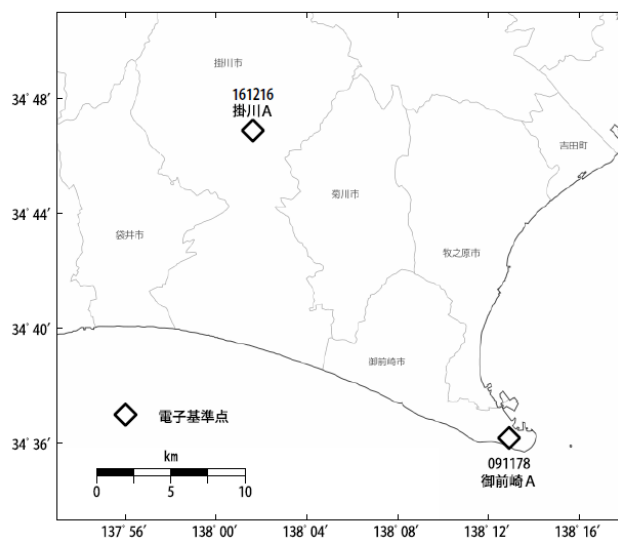
掛川 A (161216) - 御前崎 A (091178)



● : 水準測量 ○ : GNSS 連続観測 (GEONET 月平均値)

・ 最新のプロット点は 07/01~07/14 の平均。

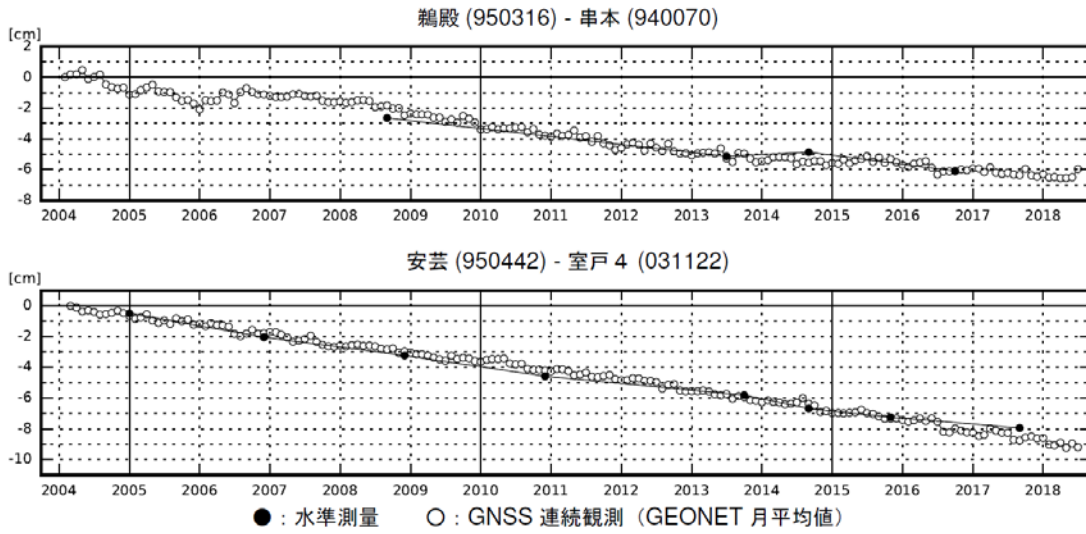
- ※ 1 電子基準点「御前崎」は2009年8月11日の駿河湾の地震 (M6.5) に伴い、地表付近の局所的な変動の影響を受けた。
- ※ 2 2010年4月以降は、電子基準点「御前崎」をより地盤の安定している場所に移転し、電子基準点「御前崎A」とした。上記グラフは電子基準点「御前崎」と電子基準点「御前崎A」のデータを接続して表示している。
- ※ 3 水準測量の結果は移転後初めて変動量が計算できる2010年9月から表示している。
- ※ 4 2017年1月30日以降は、電子基準点「掛川」は移転し、電子基準点「掛川A」とした。上記グラフは電子基準点「掛川」と電子基準点「掛川A」のデータを接続して表示している。



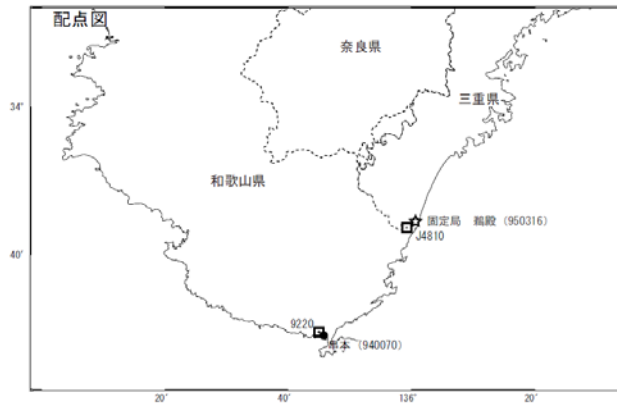
国土地理院

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。

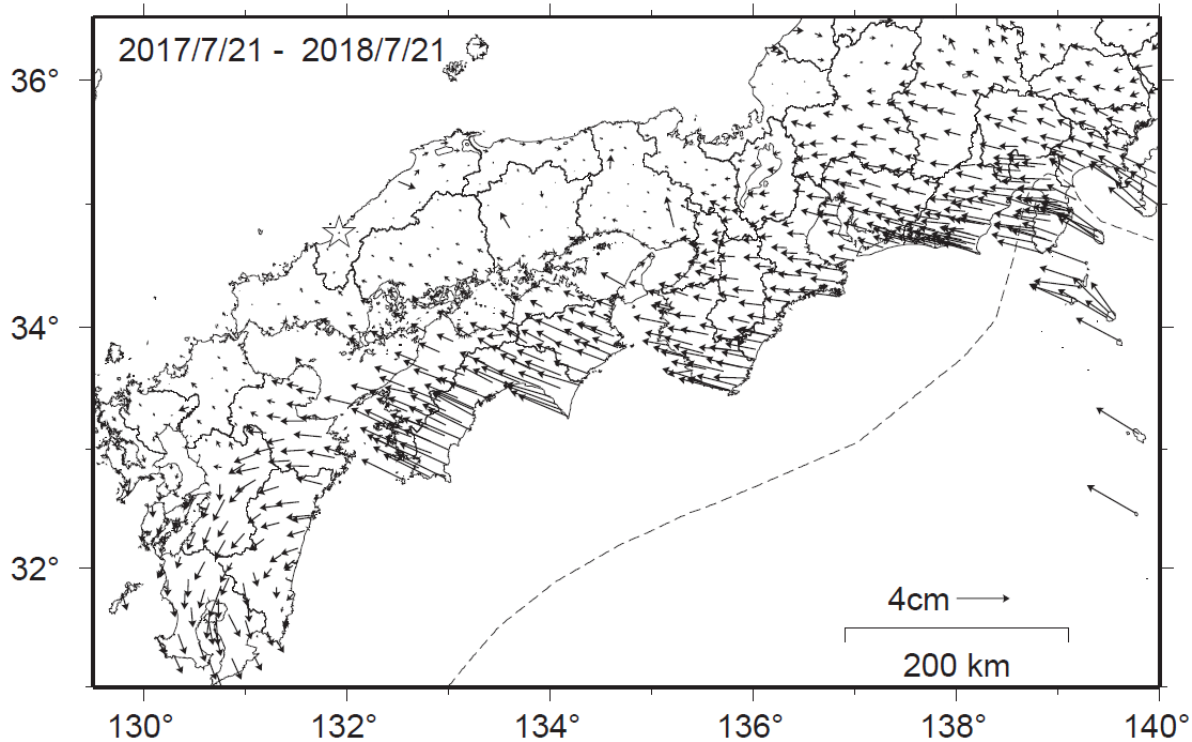


- ・ 最新のプロット点は 7/1～7/14 の平均。
- ・ 水準測量による結果については、最寄り的一等水準点の結果を表示している。

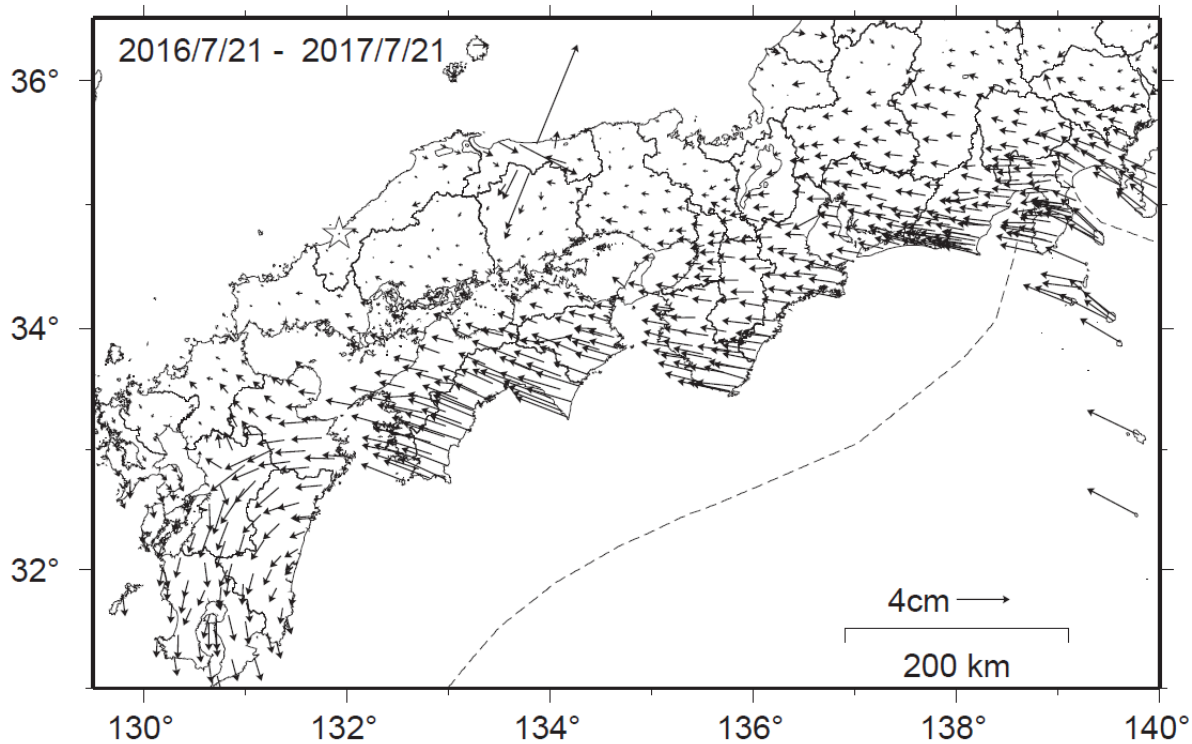


南海トラフ沿いの水平地殻変動【固定局：三隅】

【最近1年間】



【1年前の1年間】



国土地理院