

「最近の南海トラフ周辺の地殻活動」について

平成30年2月26日に気象庁において第4回南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会、第382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p19～p38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

2月19日に豊後水道の深さ約40kmを震源とするM5.0の地震がほぼ同時刻に2回発生しました。最初の地震は北西・南東方向に張力軸を持つ正断層型で、いずれもフィリピン海プレート内で発生した地震です。

主な深部低周波地震(微動)として、2月11日から15日にかけて奈良県を中心とした紀伊半島南部、また、2月21日から愛媛県のプレート境界付近を震源とする深部低周波地震(微動)を観測しています。

2. 地殻変動の観測状況

2月11日から14日にかけて和歌山県及び三重県、2月21日から愛媛県及び高知県の複数のひずみ観測点でわずかな地殻変動を観測しています。

GNS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

上記の深部低周波地震(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。

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。

〔「最近の南海トラフ周辺の地殻活動」についての頁で使われる用語〕

・「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。「本震とその後に起きる余震」、「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、通常の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)*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。

*Hirose, F., J. Nakajima, and A. Hasegawa (2008), Three-dimensional seismic velocity structure and configuration of the Philippine Sea slab in southwestern Japan estimated by double-difference tomography, J. Geophys. Res., 113, B09315, doi:10.1029/2007JB005274.

平成30年1月1日～平成30年2月26日09時までの主な地震活動

○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:秒	震央地名	深さ (km)	M	最大 震度	発生場所
1/21	15:15:28	静岡県中部	25	3.7	2	フィリピン海プレート内部
1/26	07:59:32	愛媛県南予	39	3.5	1	フィリピン海プレート内部
2/19	03:31:36	豊後水道	40	5.0	4	フィリピン海プレート内部
2/19	03:31:40	豊後水道	39	5.0		フィリピン海プレート内部

○深部低周波地震（微動）活動期間

四国	紀伊半島	東海
1月2日～4日 1月7日	1月3日～5日 1月7日	
1月22日～23日 1月25日 1月31日	1月21日	
2月16日 2月17日 2月19日 2月21日～（継続中）	2月11日～15日	

※深部低周波地震（微動）活動の活動期間は、気象庁一元化震源による。

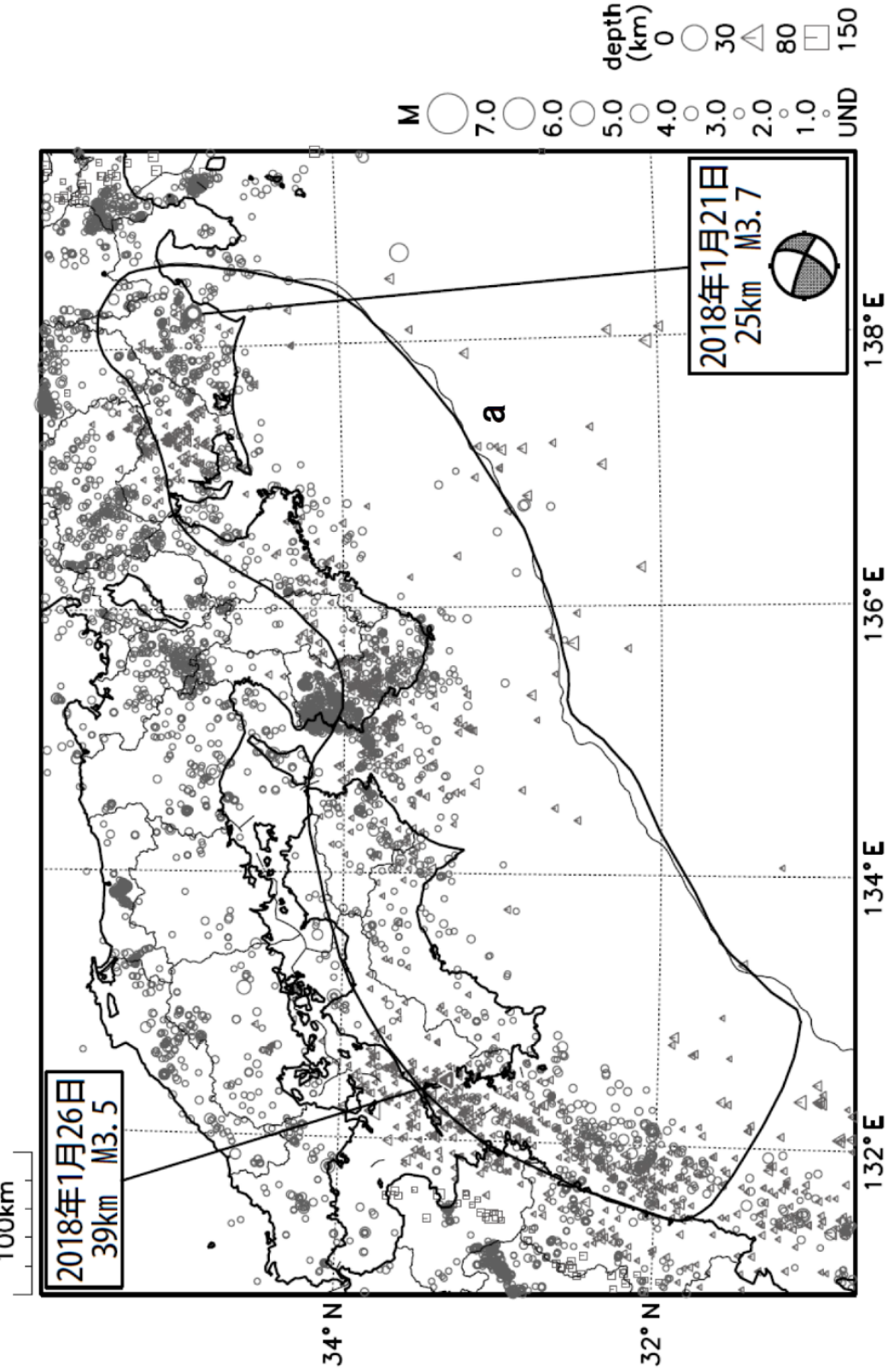
※深部低周波地震（微動）活動期間は特定の場所での一連の活動期間を記載する。

※深部低周波地震（微動）活動と同期してひずみ変化が観測された活動を赤字で示している。

※深部低周波地震（微動）活動の地域は、次々頁の震央分布図に示している。

気象庁作成

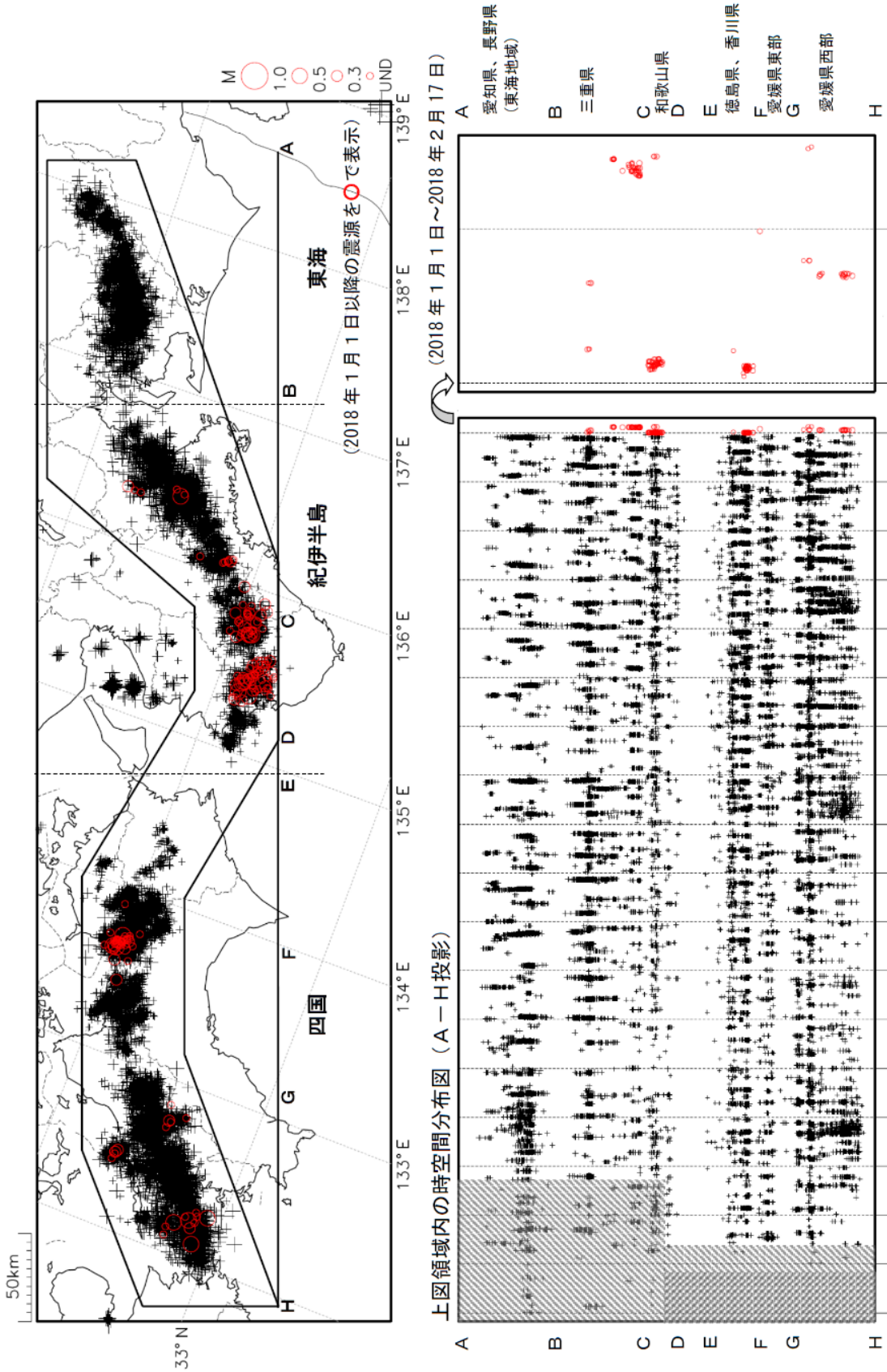
南海トラフ沿いとその周辺の広域地震活動(2018年1月1日～2018年2月17日)



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

気象庁作成

深部低周波地震活動 (2000年1月1日～2018年2月17日)
 深部低周波地震は、「短期的ゆっく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。



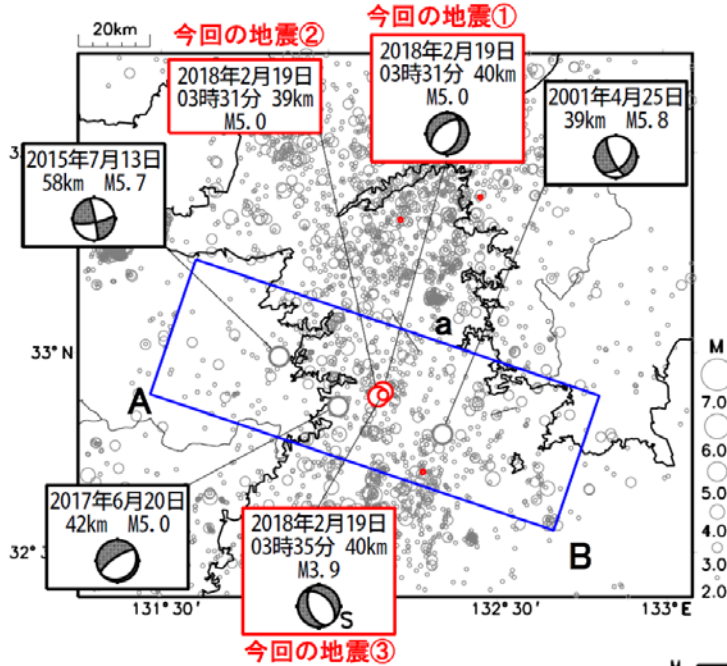
気象庁作成

※時空間分布図中、網掛けした期間は現在と比較して十分な検知能力がなかったことを示す。

2月19日 豊後水道の地震

震央分布図

(1997年10月1日～2018年2月20日、M \geq 2.0、深さ0～100km)
2018年2月1日以降の地震を赤く表示

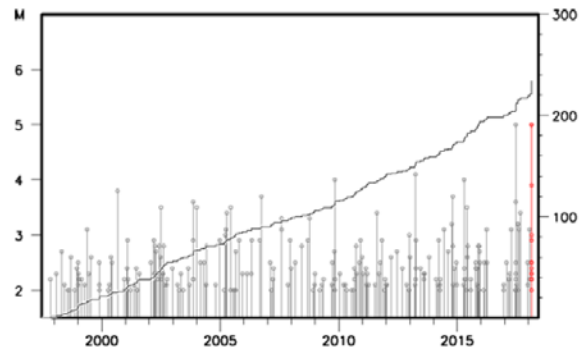


2月19日03時31分に豊後水道の深さ40kmでM5.0の地震(今回の地震①)が発生した。ほぼ同時刻(今回の地震①の約4秒後)にほぼ同じ場所でM5.0の地震(今回の地震②)が発生した。これらの地震により、愛媛県、高知県、大分県で震度4を観測した。今回の地震①の発震機構解は北西-南東方向に張力軸を持つ正断層型である。これらの地震は、フィリピン海プレート内部で発生した。

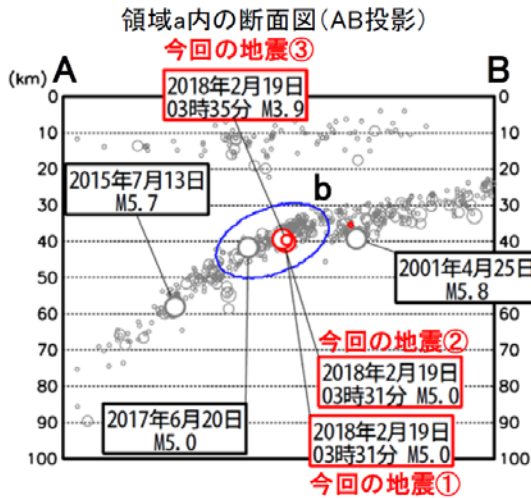
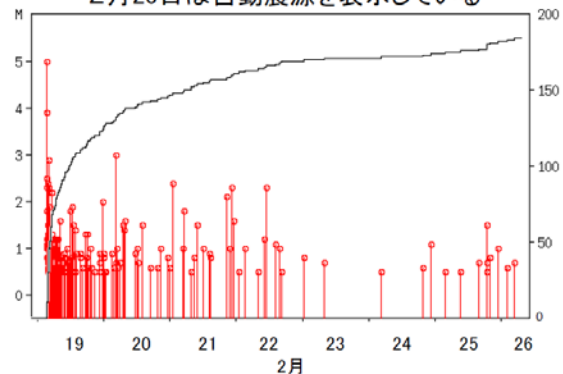
また、同日03時35分にM3.9の地震(最大震度2、今回の地震③)が発生するなど、地震活動が継続している(2月26日07時現在)。

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内)は、定常的に地震活動の見られる場所で、2017年6月20日にM5.0の地震(最大震度5強)が発生した。

領域b内のM-T図及び回数積算図



領域b内のM-T図・回数積算図
(2018年2月19日00時～2月26日07時、M \geq 0.5)
2月26日は自動震源を表示している



<資料の利用上の留意点>

- ・2月19日以降のMT図・回数積算図では、2月26日は自動震源を表示しています。
- ・自動震源には、発破等の地震以外のものや、震源決定時の計算誤差の大きなものが表示されることがあります。
- ・個々の震源の規模ではなく、活動の盛衰に着目して地震活動の把握にご利用ください。

気象庁作成

伊勢湾から紀伊半島の深部低周波地震(微動)活動と 短期的ゆっくりすべり

1月3日から5日にかけて、和歌山県を震央とする深部低周波地震(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、1月4日から5日にかけて、和歌山県と三重県に設置されている複数のひずみ計に変化が現れた。これらの現象は、「短期的ゆっくりすべり」に起因すると推定される。

2月11日から14日にかけて、奈良県付近(奈良県・和歌山県・三重県境付近)を震央とする深部低周波地震(微動)を観測した。また、2月14日夜から15日にかけて奈良県付近の活動の北東(奈良県・三重県境付近)、15日には同活動の南西(和歌山県)で、深部低周波地震(微動)を観測した。2月11日から14日にかけての深部低周波地震(微動)活動とほぼ同期して、和歌山県と三重県に設置されている複数のひずみ計に変化が現れた。これらの現象は、「短期的ゆっくりすべり」に起因すると推定される。

また、1月7日と21日に三重県で深部低周波地震(微動)を観測した。これらの活動期間には、ひずみ計に変化は現れていない。

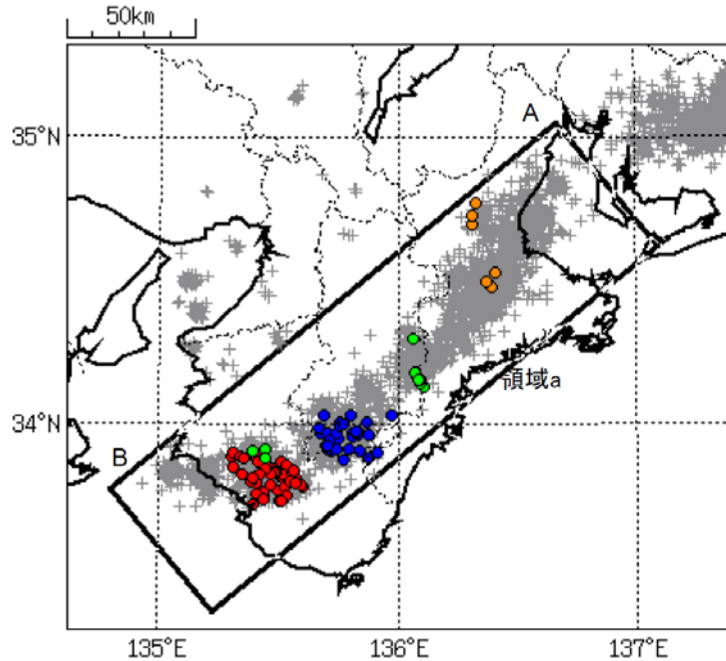
深部低周波地震(微動)活動

震央分布図

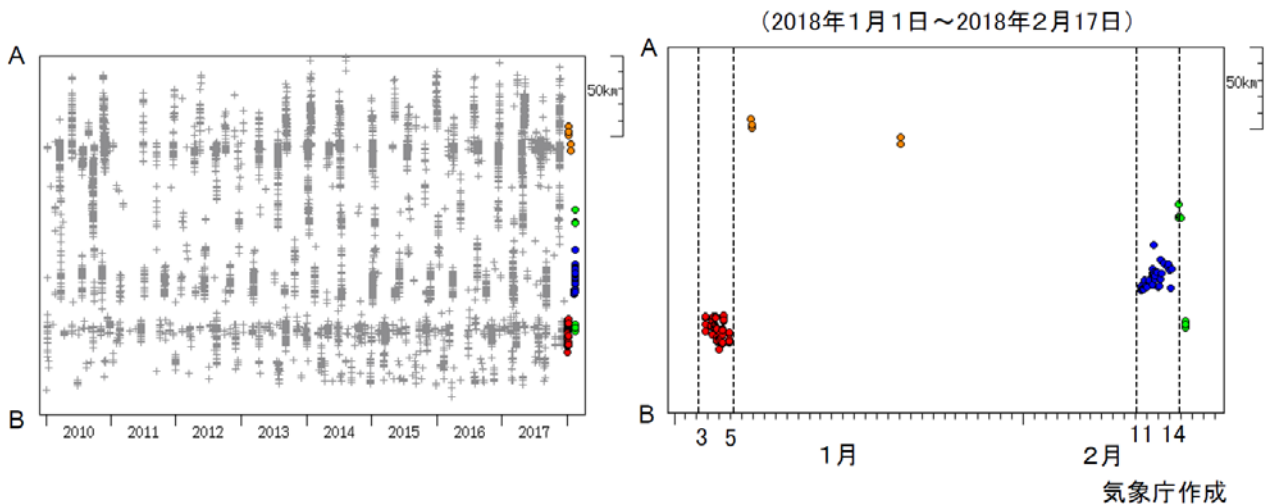
(2010年1月1日～2018年2月17日、深さ0～60km、Mすべて)

赤色:2018年1月3日～1月5日、

橙色:1月6日～1月31日、青色:2月1日～2月14日12時、緑色:2月14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)



気象庁作成

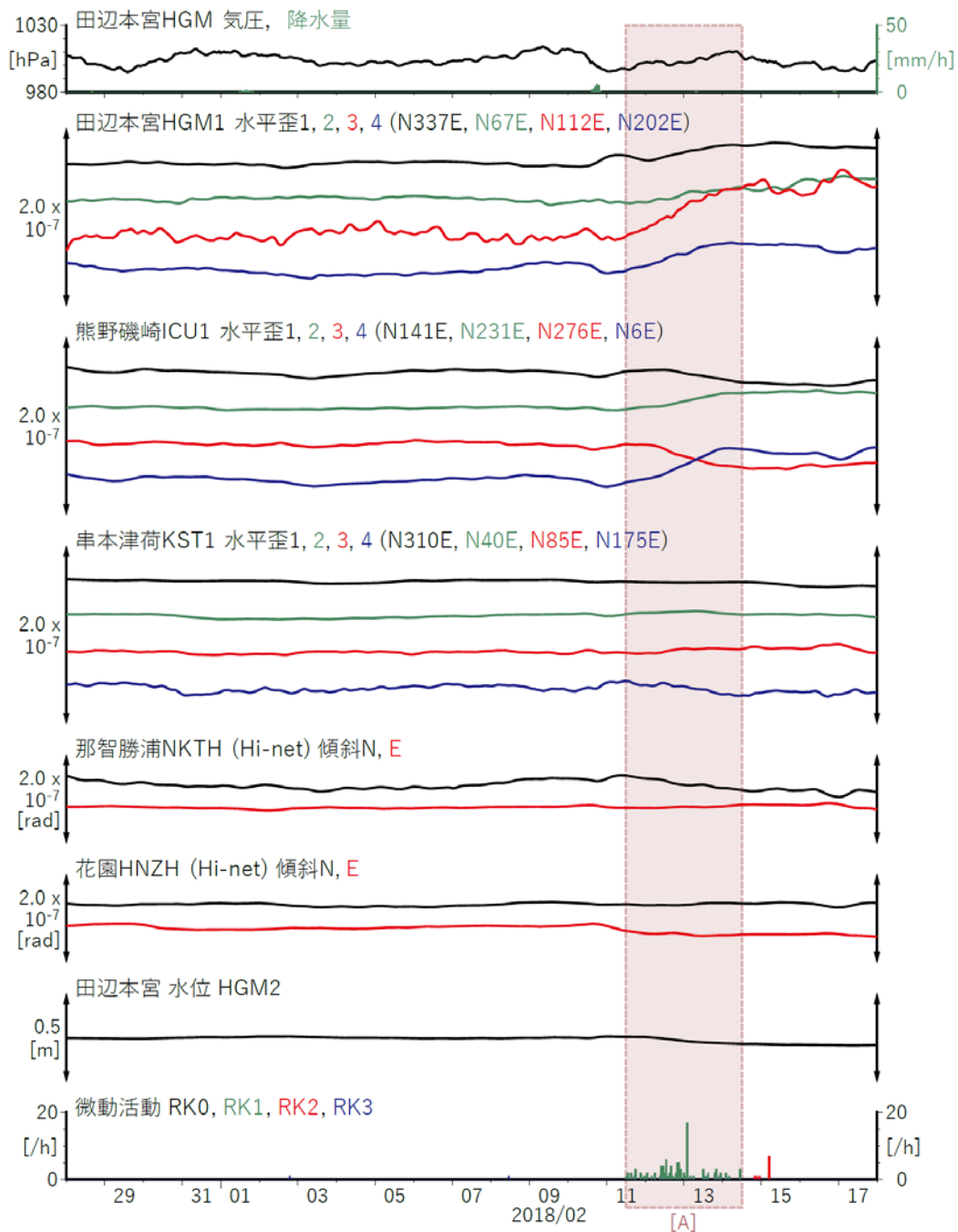
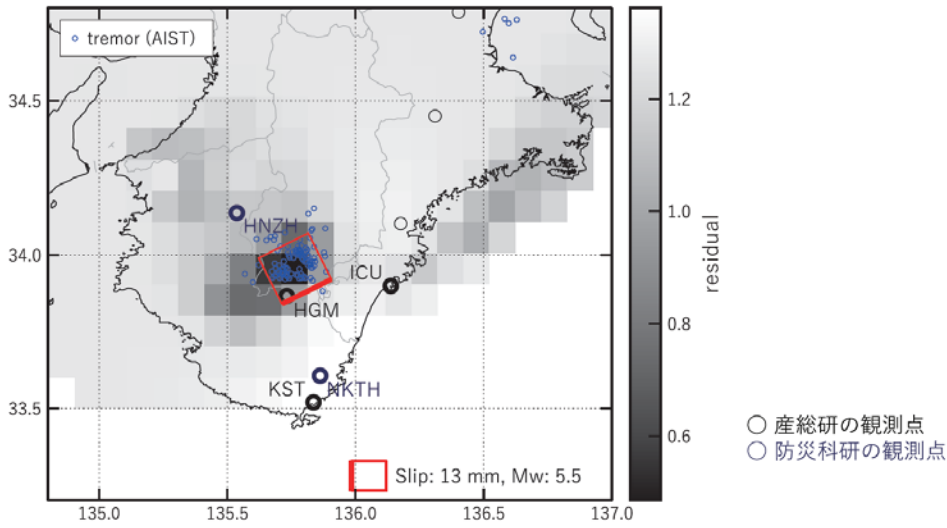


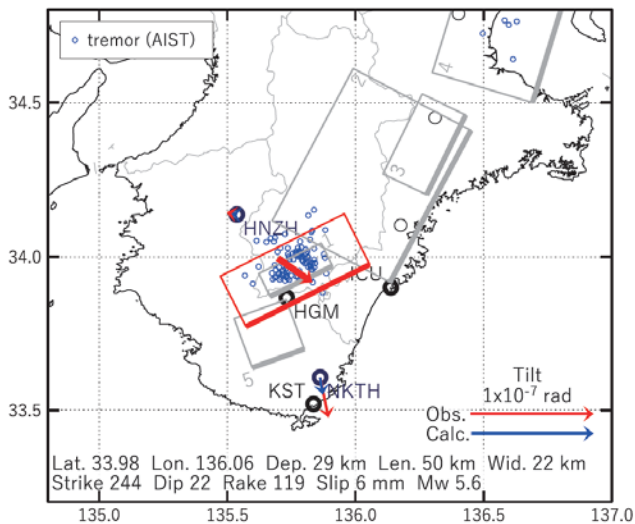
図2 歪・傾斜・地下水位の時間変化 (2018/1/28 00:00 - 2018/2/18 00:00 (JST))

[A]2018/02/11PM-14AM

(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
地下水圧から換算
 $\times 10^{-8}$

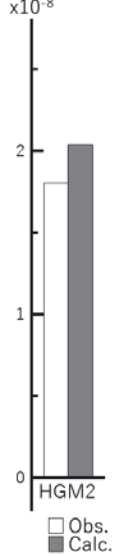


図3 2018/02/11PM-14AM の歪・傾斜・地下水位変化 (図2[A]) を説明する断層モデル

(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: 2017/09/03-05 (Mw5.5), 2: 2017/11/15-17 (Mw5.8), 3: 2017/11/18-19 (Mw5.6), 4: 2017/11/20-23AM (Mw6.1)
5: 2018/01/04-05 (Mw5.3)

(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。

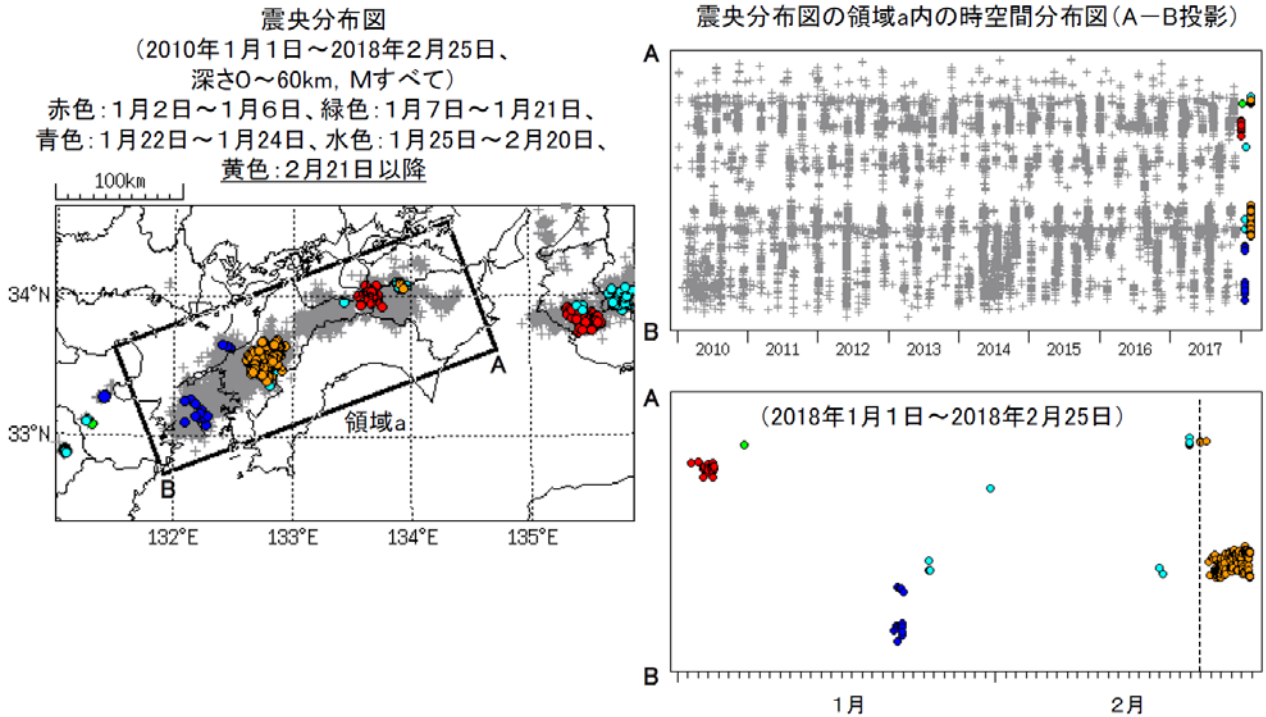
(b3) 体積歪の観測値と(b1)に示した断層モデルから求めた計算値との比較。

徳島県から豊後水道の深部低周波地震(微動)活動

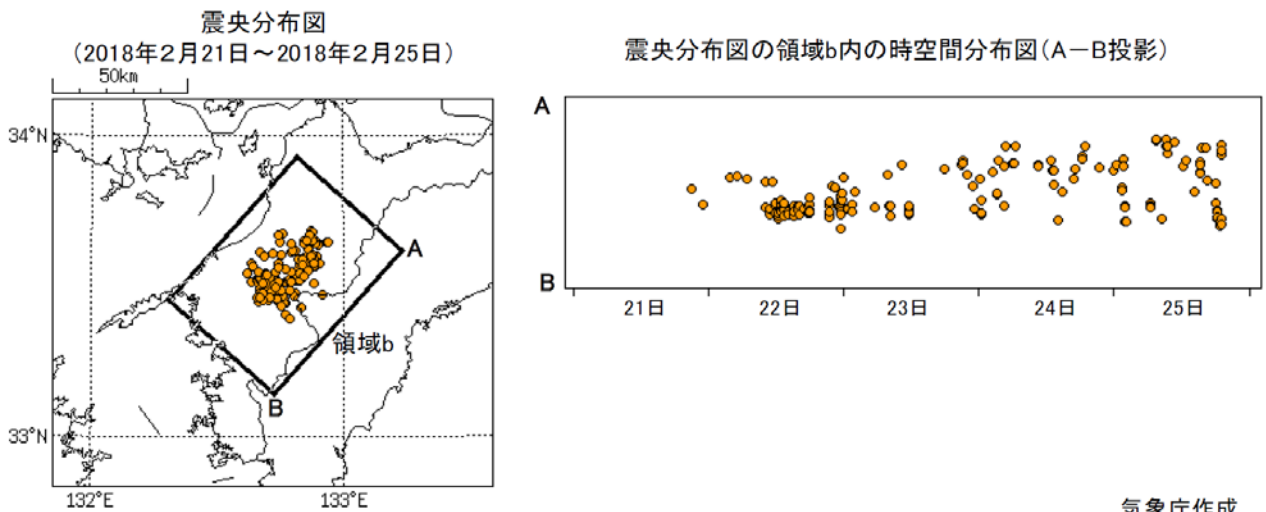
2月21日以降、愛媛県を震央とする深部低周波地震(微動)を観測している。深部低周波地震(微動)活動とほぼ同期して、愛媛県と高知県に設置されている複数のひずみ計に変化が現れている。これらの現象は、「短期的ゆっくりすべり」に起因すると推定される。

この他、1月2日から4日にかけて、及び7日に四国東部(愛媛県、香川県、徳島県県境)付近、1月22日から23日にかけて伊予灘及び豊後水道付近、25日に高知県、愛媛県県境付近、31日に愛媛県、2月16日と17日に愛媛県、2月19日から21日にかけて徳島県を震央とする深部低周波地震(微動)を観測した。これらの活動時期には、ひずみ計では特段の変化は観測されなかった。

深部低周波地震(微動)活動



2月21日からの愛媛県の活動



気象庁作成

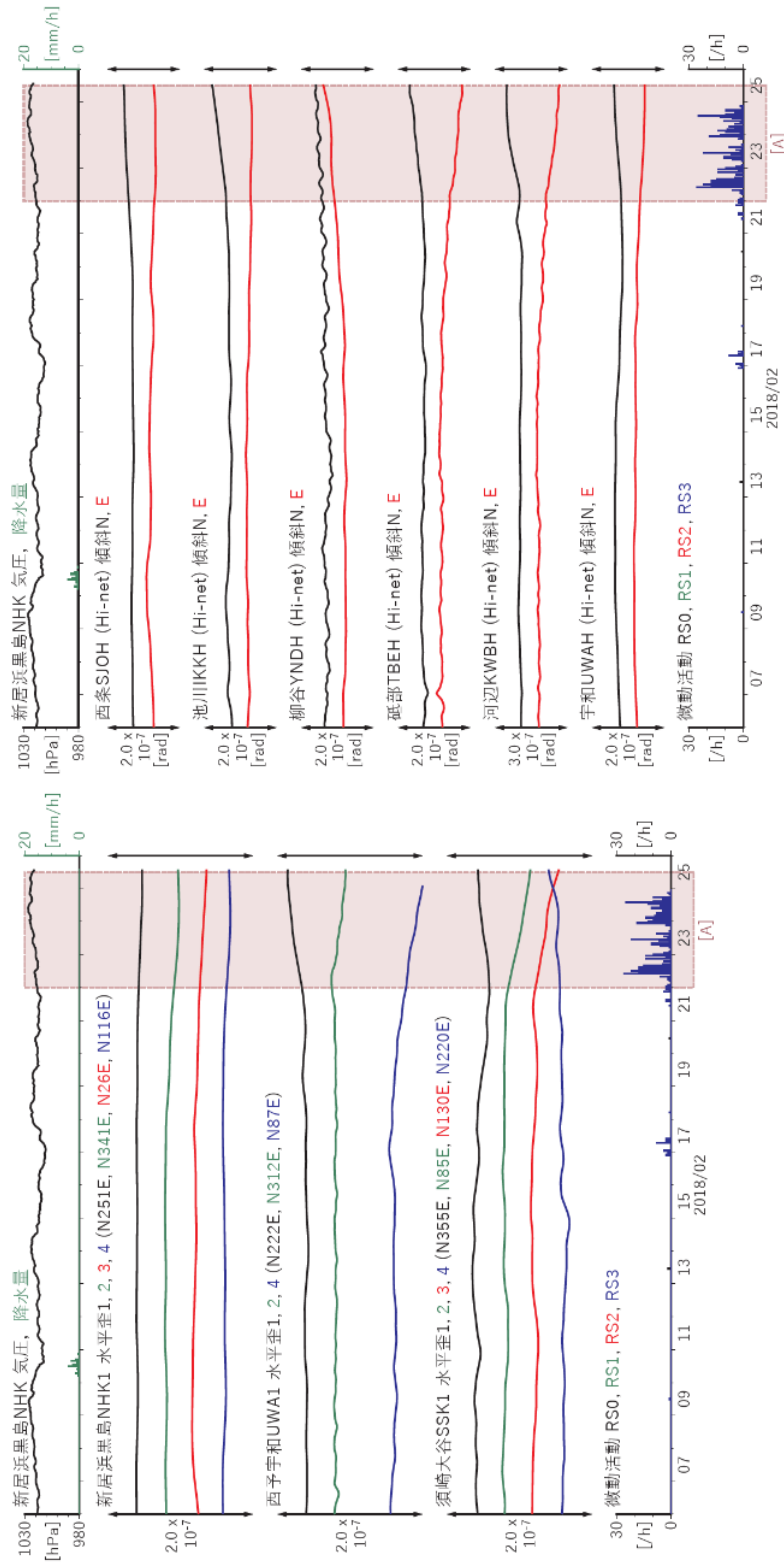
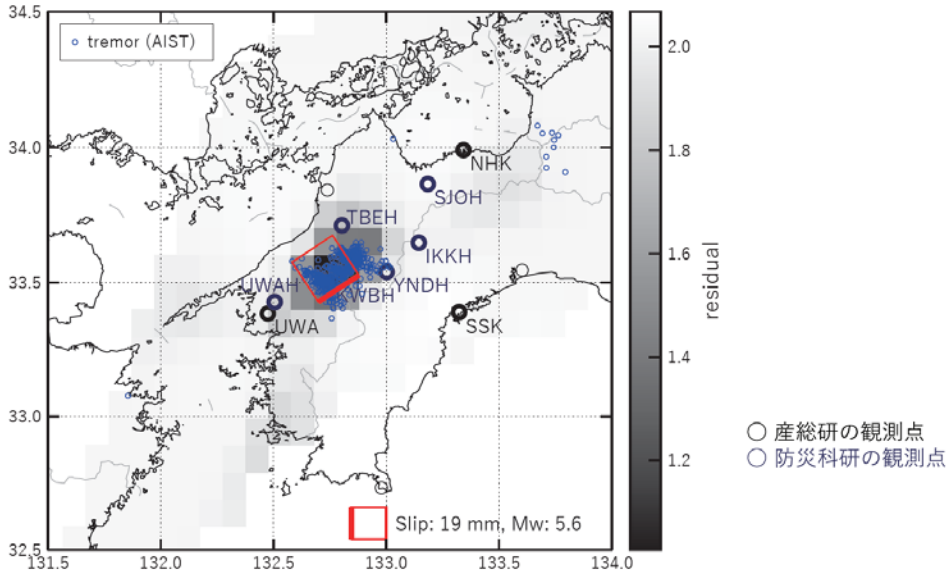


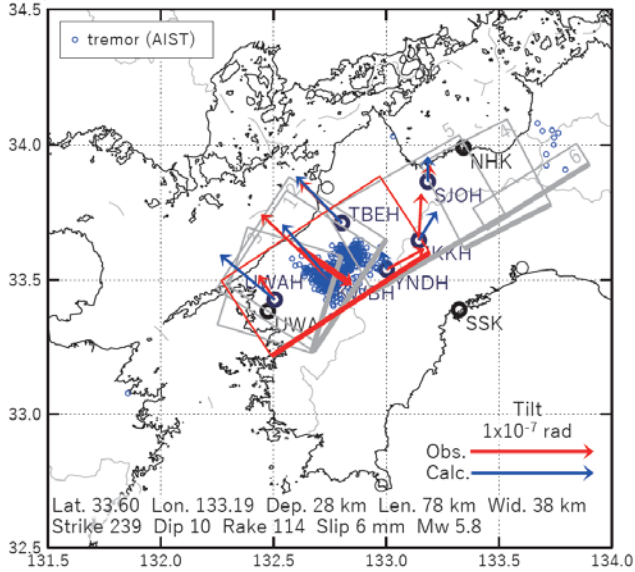
図5 四国における歪・傾斜観測結果 (2018/02/06 00:00 - 2018/02/25 14:00 (JST))

[A]2018/2/22-25AM

(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

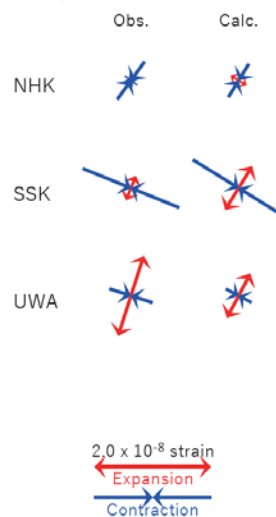


図6 2018/2/22-25AM の歪・傾斜変化(図5[A])を説明する断層モデル

(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。

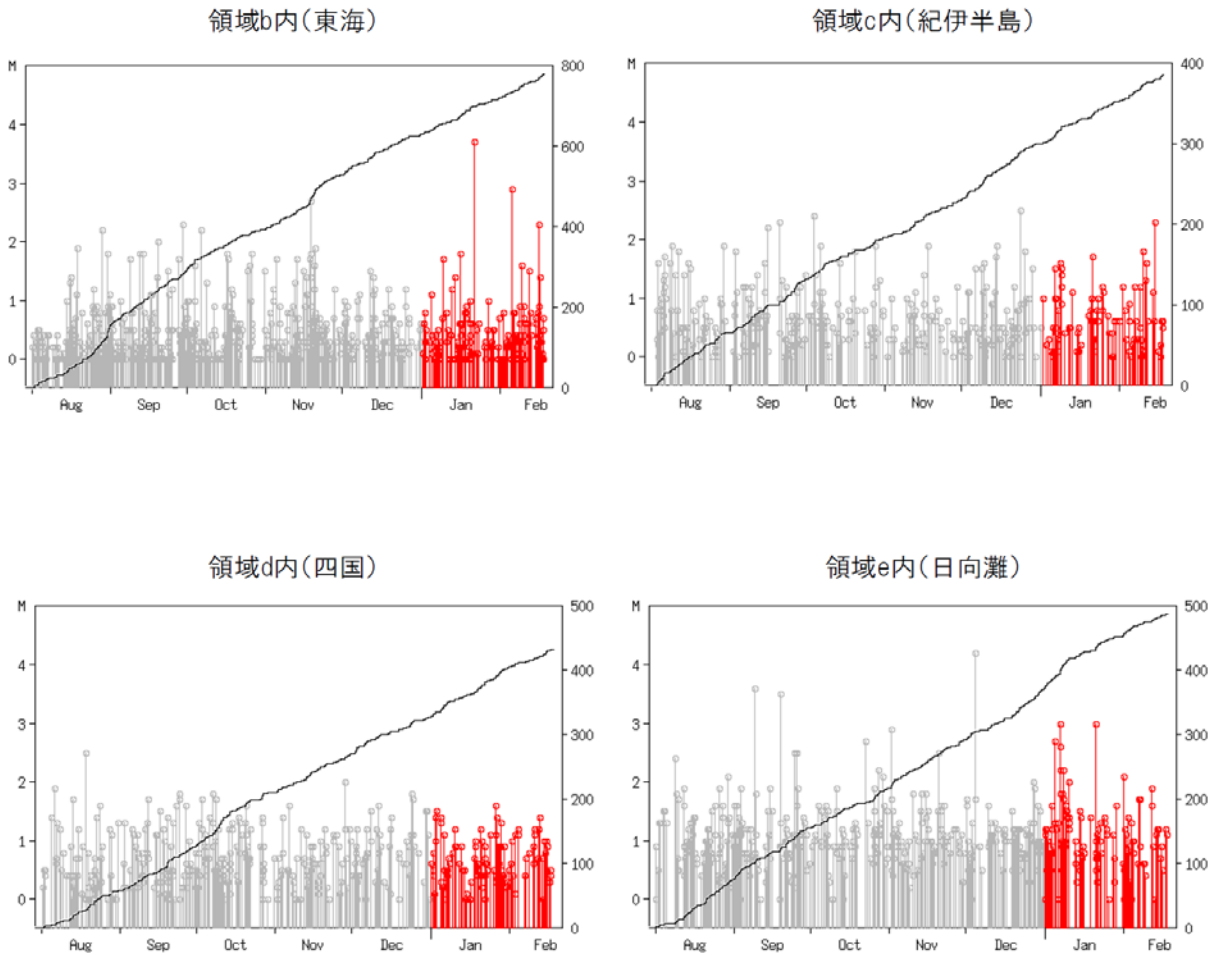
- 1: 2017/5/30 - 6/2 (Mw5.4), 2: 2017/7/20 - 21(Mw5.8), 3: 2017/7/22 - 24(Mw5.8),
- 4: 2017/9/9 - 11(Mw5.7), 5: 2017/9/12 - 16(Mw5.8), 6: 2017/11/3 - 5(Mw5.4)

(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。

プレート境界とその周辺の地震活動

Hirose et al.(2008)による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。

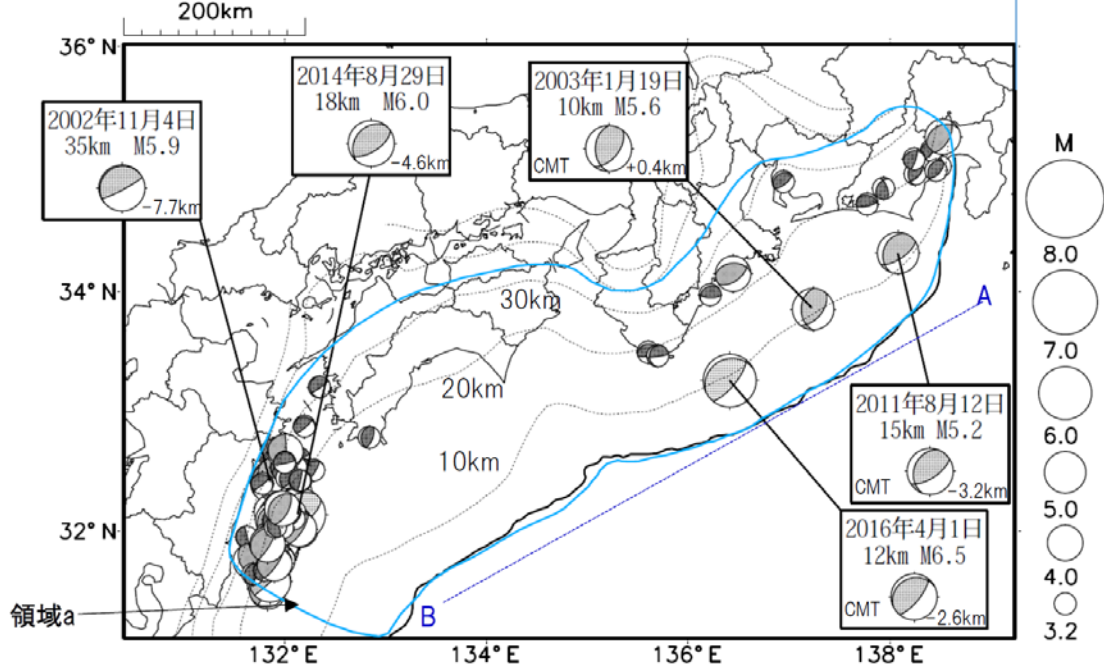
震央分布図の各領域内のMT図・回数積算図



※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。

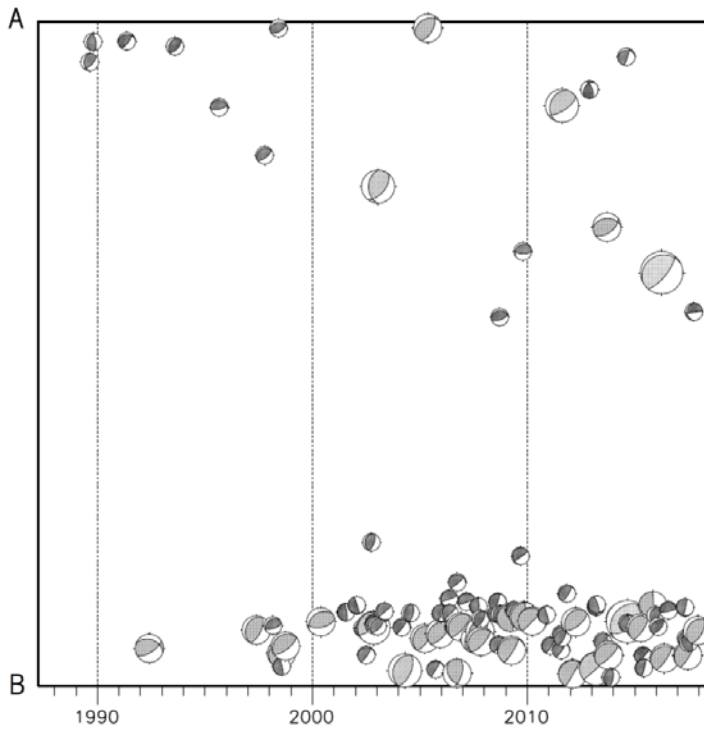
想定南海トラフ地震の発震機構解と類似の型の地震

震央分布図(1987年9月1日~2018年2月17日、M \geq 3.2、2018年1月以降を赤く表示)



- ・震央分布図中の点線は、Hirose et al.(2008)によるフィリピン海プレート上面の深さを示す。
- ・今期間に発生した地震(赤)、日向灘のM5.5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。
- ・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。

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メカニズム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
- ・メカニズム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
- ・メカニズムは、CMT解と初動解の両方で検索をした。
- ・Hirose et al.(2008)による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。CMT解はセントロイドの深さを使用した。
- ・同一の地震で、CMT解と初動解の両方で上記の条件を満たした場合はCMT解を選択している。

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2月17日

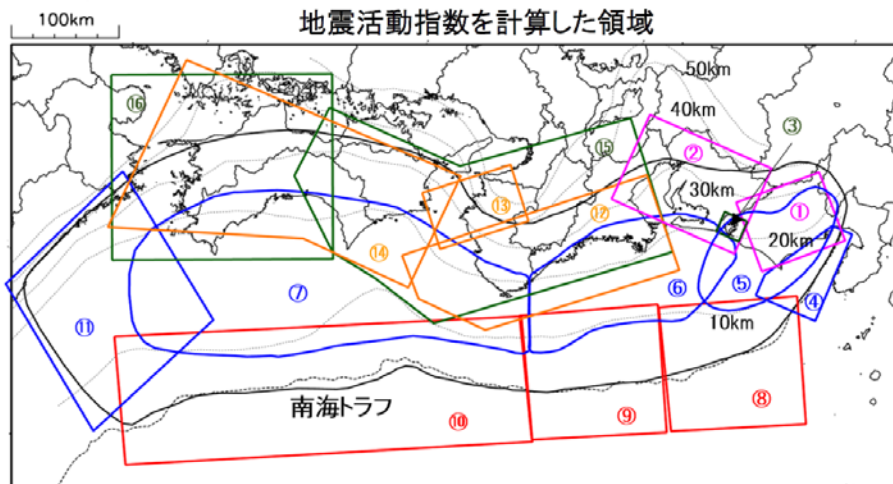
領域	①静岡県 中西部		②愛知県		③浜名湖 周辺	④駿河 湾	⑤東海	⑥東南 海	⑦南海
	地	ブ	地	ブ	ブ	全	全	全	全
地震活動指数	3	4	4	3	1	4	3	4	4
平均回数	16.1	18.3	26.4	13.6	13.1	13.5	18.1	19.8	21.5
MLきい値	1.1		1.1		1.1	1.4	1.5	2.0	2.0
クラスタ 除去	距離	3km		3km		3km	10km	10km	10km
	日数	7日		7日		7日	10日	10日	10日
対象期間	60日	90日	60日	30日	360日	180日	90日	360日	90日
深さ	0~ 30km	0~ 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	全	全	地	地	地	ブ	ブ
地震活動指数	4	4	4	2	3	4	3	4
平均回数	11.6	15.1	20.6	23.1	42.5	30.1	27.5	28.1
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～2018年2月17日

* 領域欄の「地」は地殻内、「ブ」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	ほぼ平常
4	40	
3	15	やや少ない
2	10	
1	4	少ない
0	1	

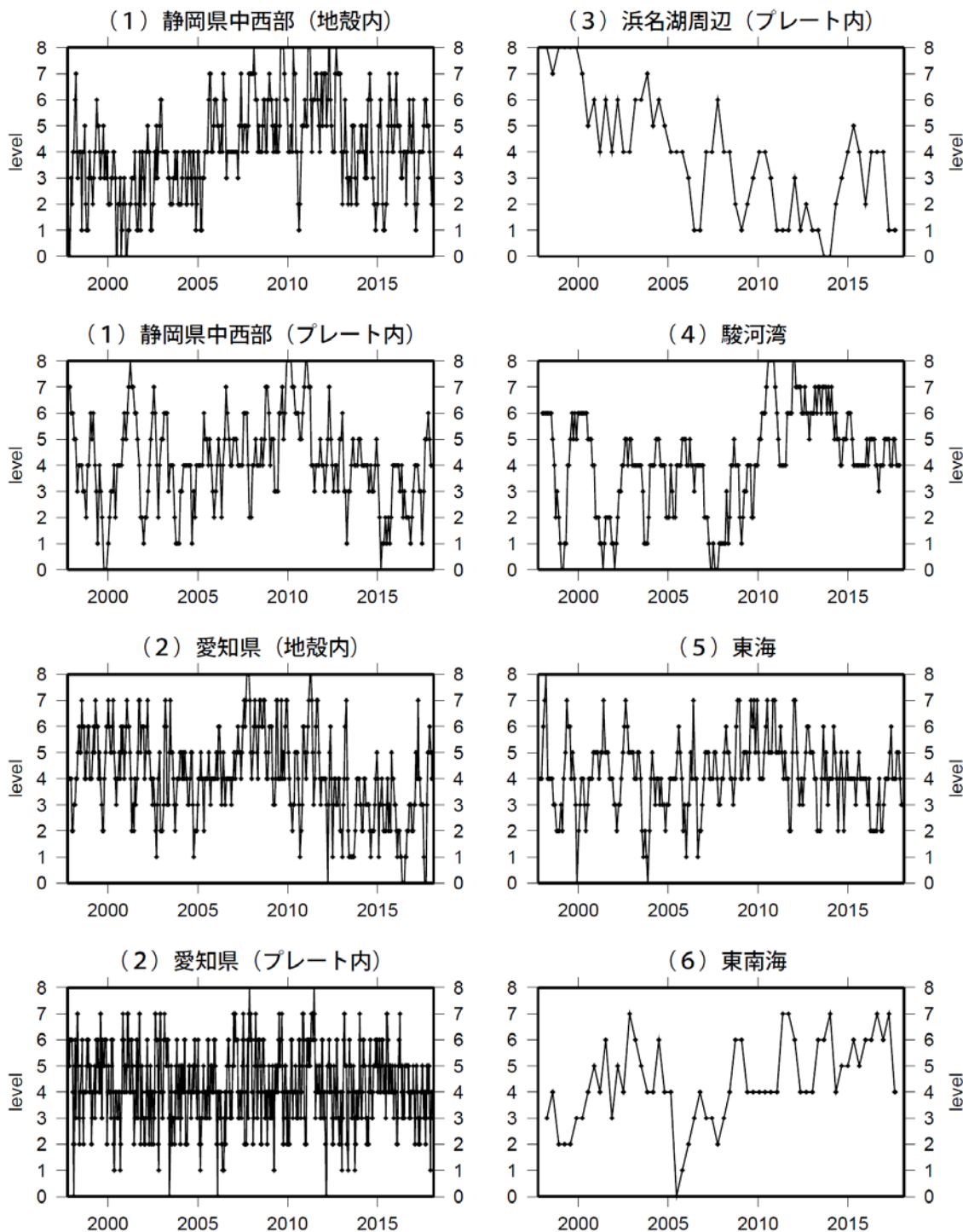
* 黒色実線は、南海トラフ巨大地震の想定震源域を示す。

* Hirose et al.(2008)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02月17日

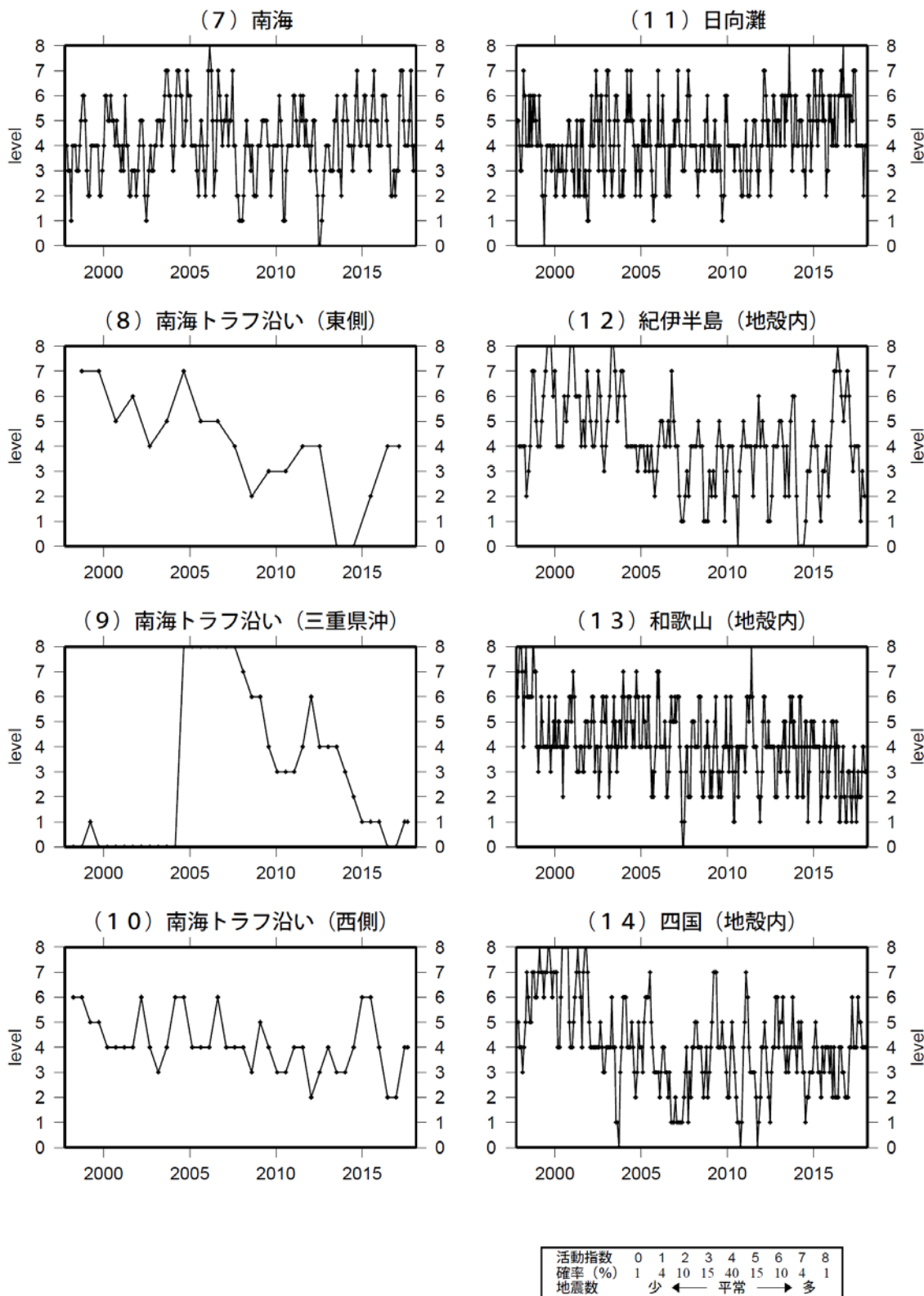


活動指数	0	1	2	3	4	5	6	7	8
確率 (%)	1	4	10	15	40	15	10	4	1
地震数	←		←		←	←	←	←	←
	少		←		←	←	←	←	多

気象庁作成

地震活動指数一覧

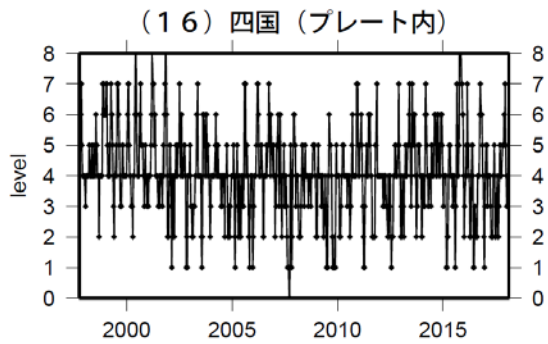
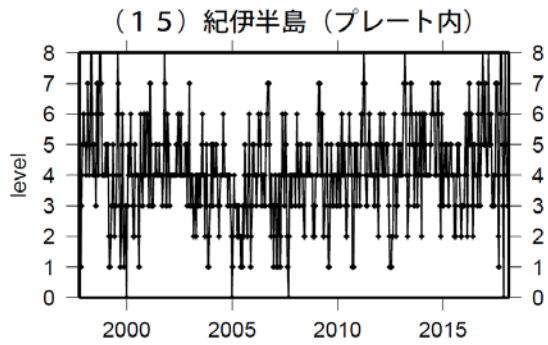
2018年02月17日



気象庁作成

地震活動指数一覧

2018年02月17日



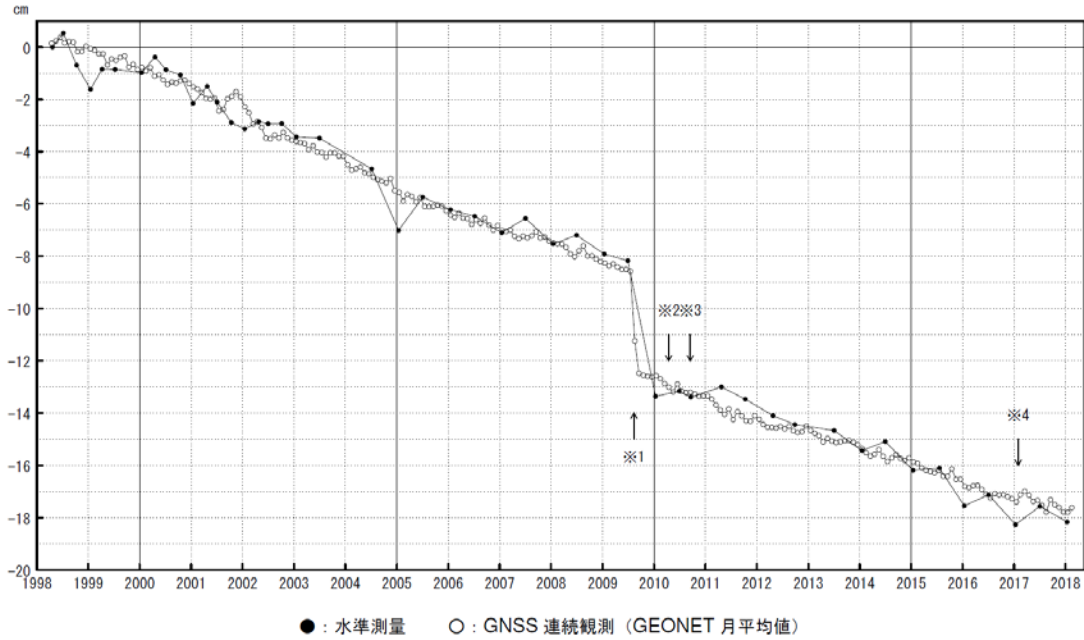
活動指数	0	1	2	3	4	5	6	7	8
確率 (%)	1	4	10	15	40	15	10	4	1
地震数	少		← 平常 →				多		

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

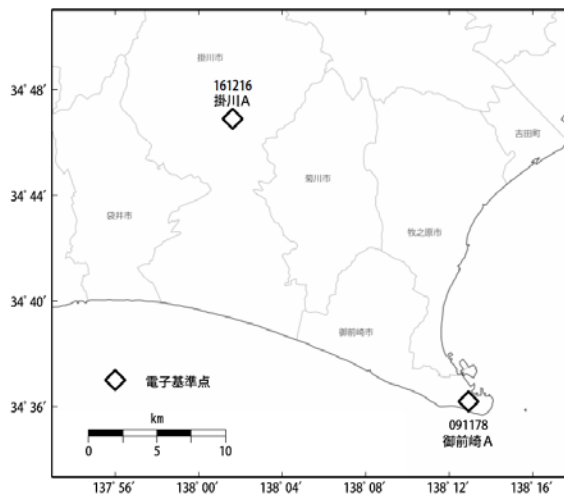
掛川に対して、御前崎が沈降する長期的な傾向が続いている。

掛川 A (161216) - 御前崎 A (091178)



・ 最新のプロット点は 02/01～02/03 の平均。

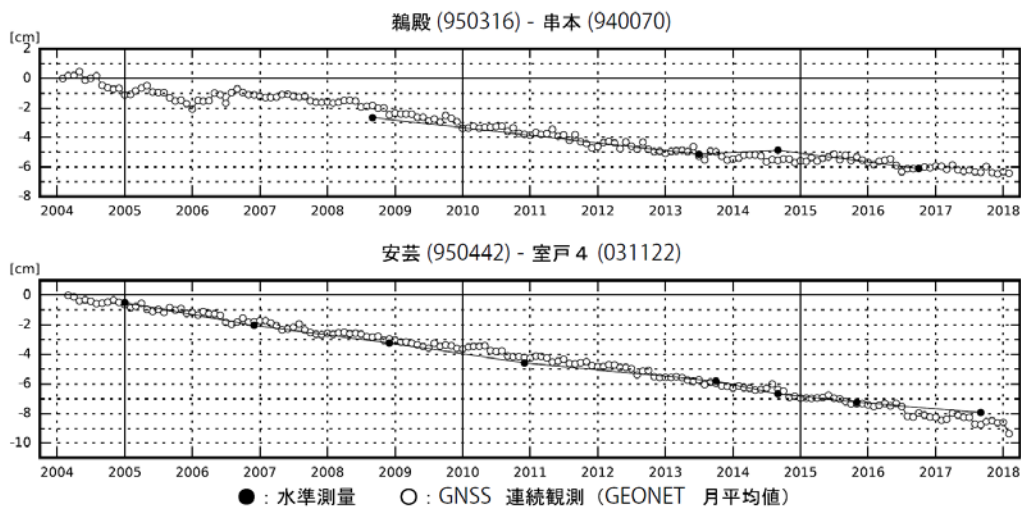
- ※1 電子基準点「御前崎」は 2009 年 8 月 11 日の駿河湾の地震 (M6.5) に伴い、地表付近の局所的な変動の影響を受けた。
- ※2 2010 年 4 月以降は、電子基準点「御前崎」をより地盤の安定している場所に移転し、電子基準点「御前崎 A」とした。上記グラフは電子基準点「御前崎」と電子基準点「御前崎 A」のデータを接続して表示している。
- ※3 水準測量の結果は移転後初めて変動量が計算できる 2010 年 9 月から表示している。
- ※4 2017 年 1 月 30 日以降は、電子基準点「掛川」は移転し、電子基準点「掛川 A」とした。上記グラフは電子基準点「掛川」と電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



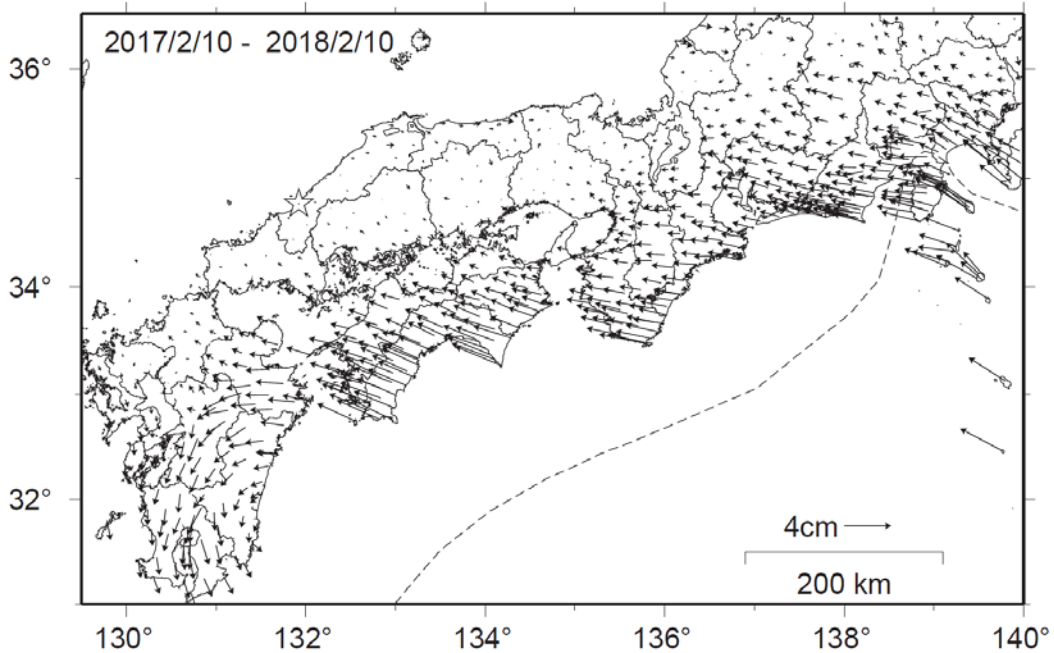
- ・ 最新のプロット点は 2/1~2/3 の平均。
- ・ 水準測量による結果については、最寄りの一等水準点の結果を表示している。



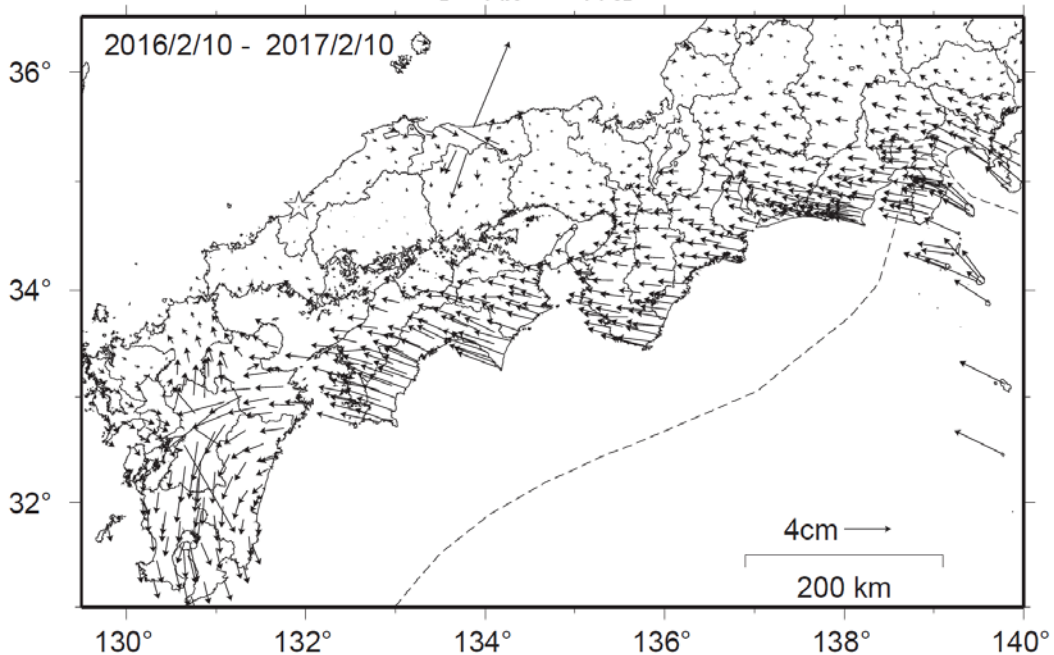
国土地理院

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】



国土地理院