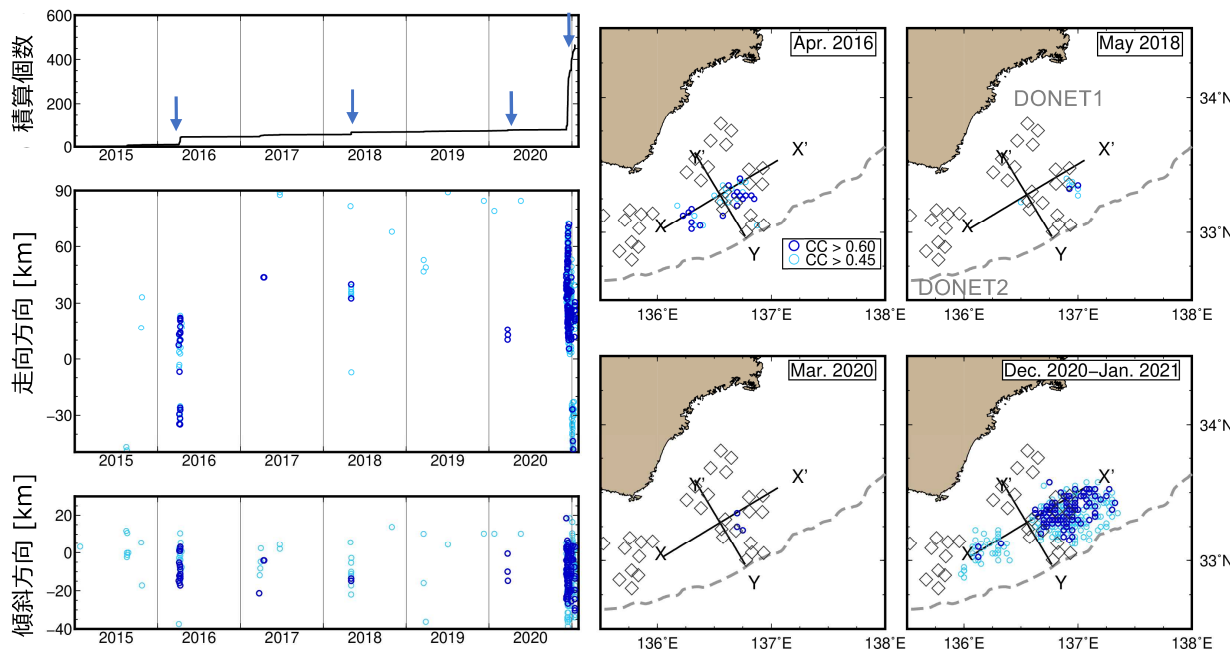


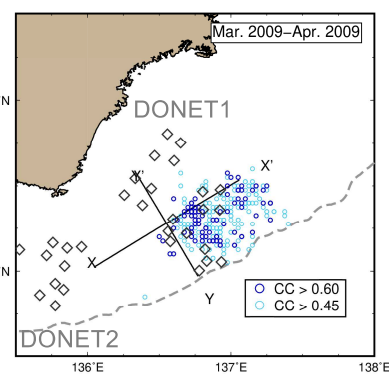
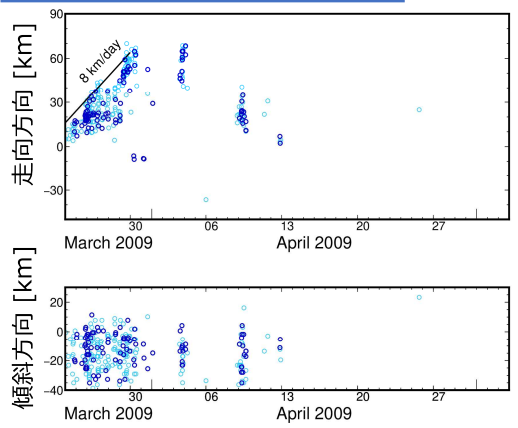
2020年12月～2021年1月に紀伊半島南東沖で発生した浅部超低周波地震活動

- 広帯域地震観測網F-netの連続記録を利用した相互相関解析により紀伊半島南東沖で発生する浅部超低周波地震の検知・震央再推定を行った。気象庁カタログにより通常の地震を排除した。
- 2020年12月6日に東経137.0°付近で開始後、東西へ約4 km/dayで拡大し、潮岬の南南東沖まで至り、2021年1月14日まで活動が継続した（詳細は2枚目）。



東京大学地震研究所・防災科学技術研究所資料

2009年3月～2009年4月

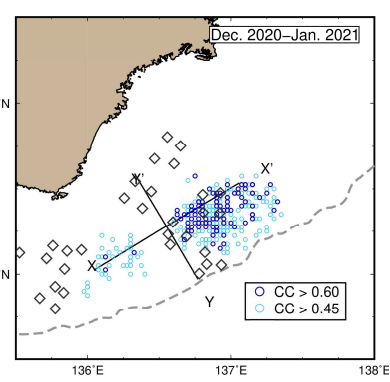
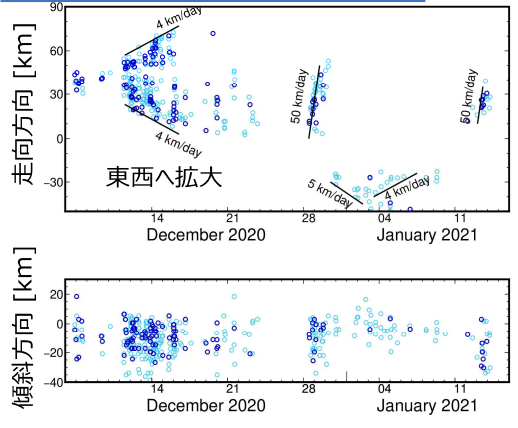


2009年3～4月に同地域で発生した浅部超低周波地震活動（Takemura, Noda et al., 2019）と比較

走向方向震源移動性（左図）

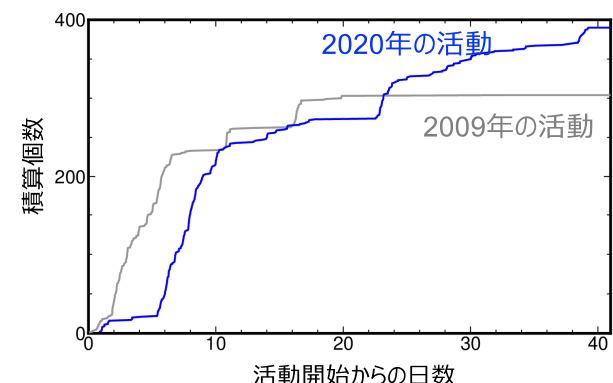
- 2009年3月に開始した活動では東経136.7°付近で開始し、約8 km/dayで東へ移動。
- 2020年12月に開始した活動では東経137.0°付近で開始し、約4 km/dayで東西へ拡大。

2020年12月～2021年1月



積算個数の時間変化（下図）

- 積算個数の時間変化は2009年の活動（下図灰色線）と似た傾向を持つ。



東京大学地震研究所・防災科学技術研究所資料

紀伊半島南東沖における孔内地殻変動観測

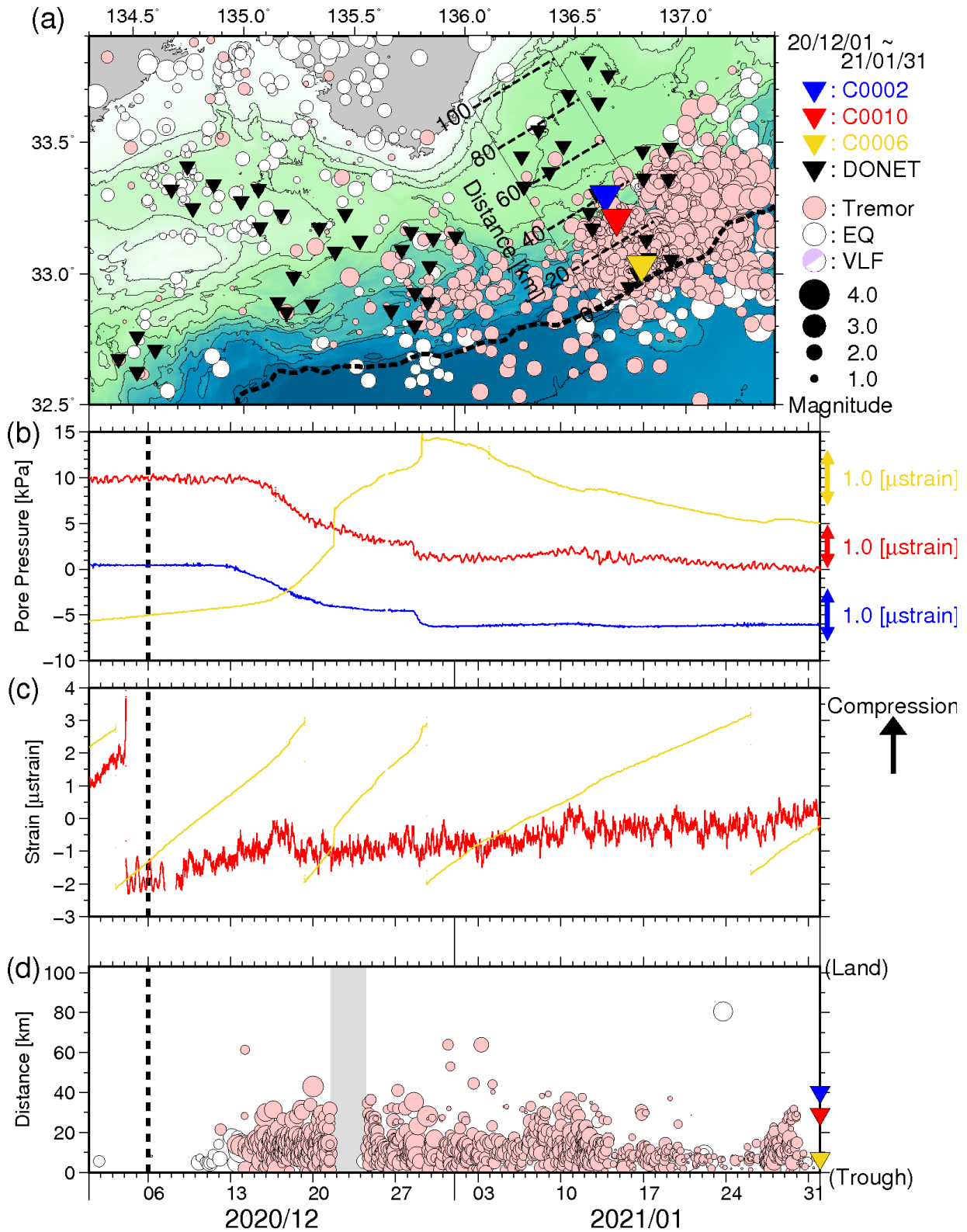


図3 直近2ヶ月間のSSE・低周波微動モニタリング(2020年12月1日~2021年1月31日)。
 (a) 低周波微動と通常の地震の震央分布図(●:低周波微動、○:通常の地震)。それぞれの震源深さが、0~15 km及び0~60 kmの範囲に決まったイベントのみを示す。▼(青)・▼(赤)・▼(黄)・▼(黒)は、それぞれC0002・C0010・C0006・DONET観測点を示す。破線はトラフ軸を示す。(b) 長期孔内観測点における間隙水圧変化(—(青):C0002、—(赤):C0010、—(黄):C0006)。(c) 長期孔内観測点における体積歪変化(—(赤):C0010、—(黄):C0006)。(d) 低周波微動と通常地震の時空間分布。図3a中に実線で示した矩形領域内において発生したイベントについて示す。縦軸は、トラフ軸からの距離(km)を示す。12月21日以降、サーバ入替のため微動と地震カタログの照合は未処理である(灰色部分は未収録)。

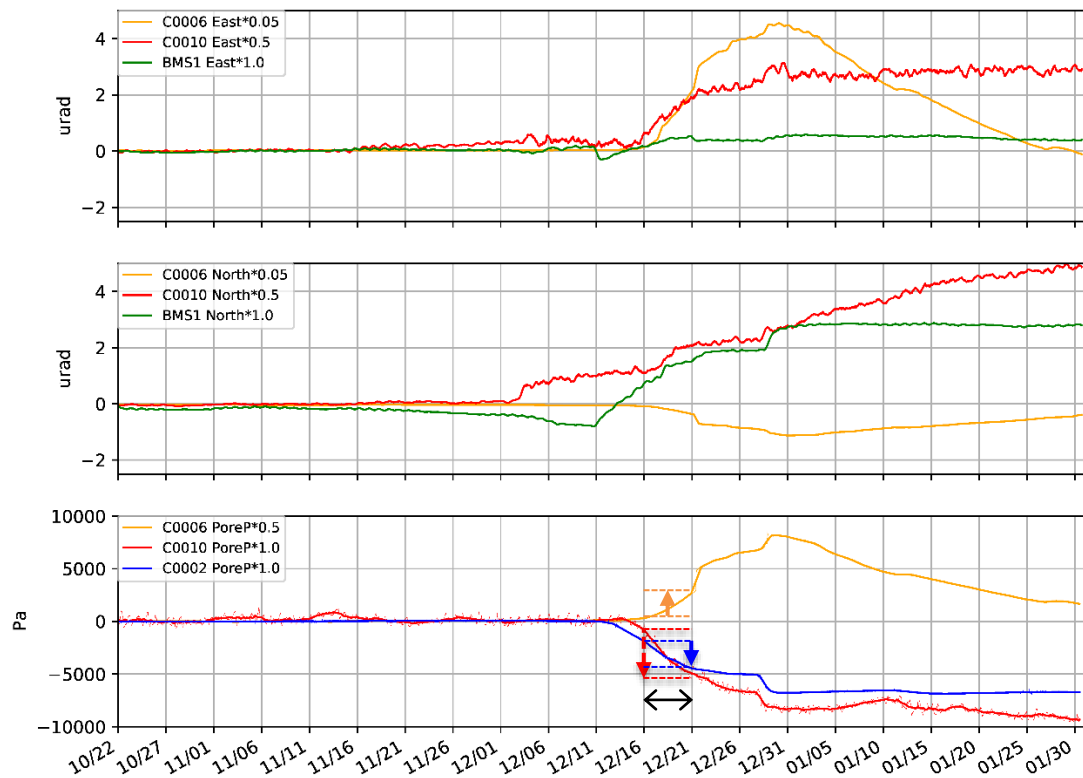


図8 熊野灘に設置された掘削孔内の間隙水圧、孔内傾斜計、また海底傾斜計に見られたゆっくりとした変動。上段：東傾斜 中段：北傾斜（各単位 μrad ）下段：孔内間隙水圧(単位Pa)。孔内観測点 C0002(青線), C0010（赤線）, C0006（橙線）、海底傾斜観測点 BMS1(緑線)。観測点位置は、図9に示す。下段の矢印は図9の断層モデルの検討期間を示している。観測点間で観測振幅が大きく異なるため、図に示す通りのスケーリングを行っている。

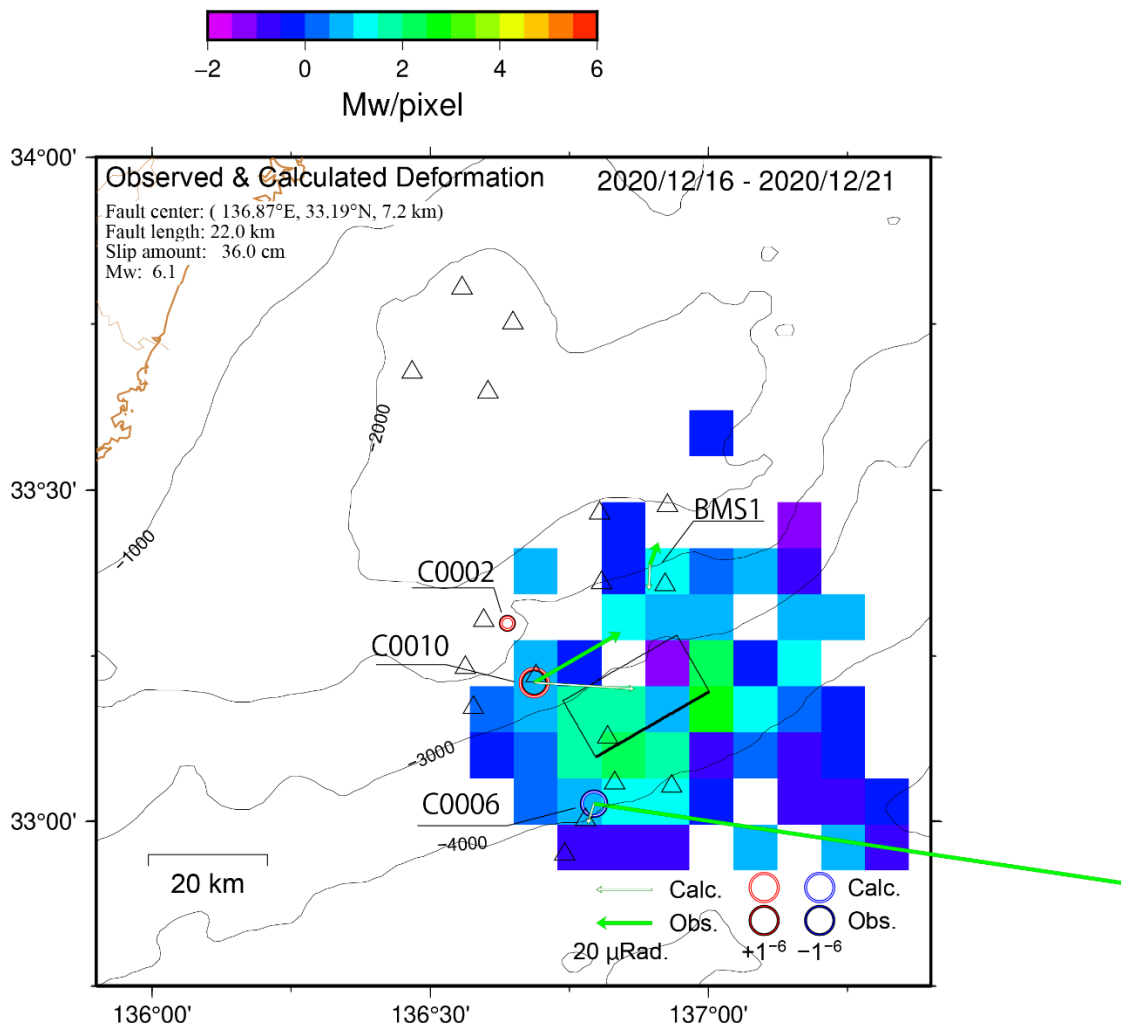


図9 2020/12/16-2020/12/21 の期間についてのC0002, C0010, C0006点の孔内間隙水圧、孔内傾斜、およびBMS1点の海底傾斜変動を説明しうる断層モデル（矩形：プレート境界面、Mw6.1）。○は孔内間隙水圧による体積歪変化、矢印（緑）は傾斜変動をそれぞれモデル(Calc)と観測(Obs.)について示した。DONET観測点位置（△）を参考のため示した。また、図10-1に示した低周波微動の積算モーメントの対応する期間を重ねて表示している。

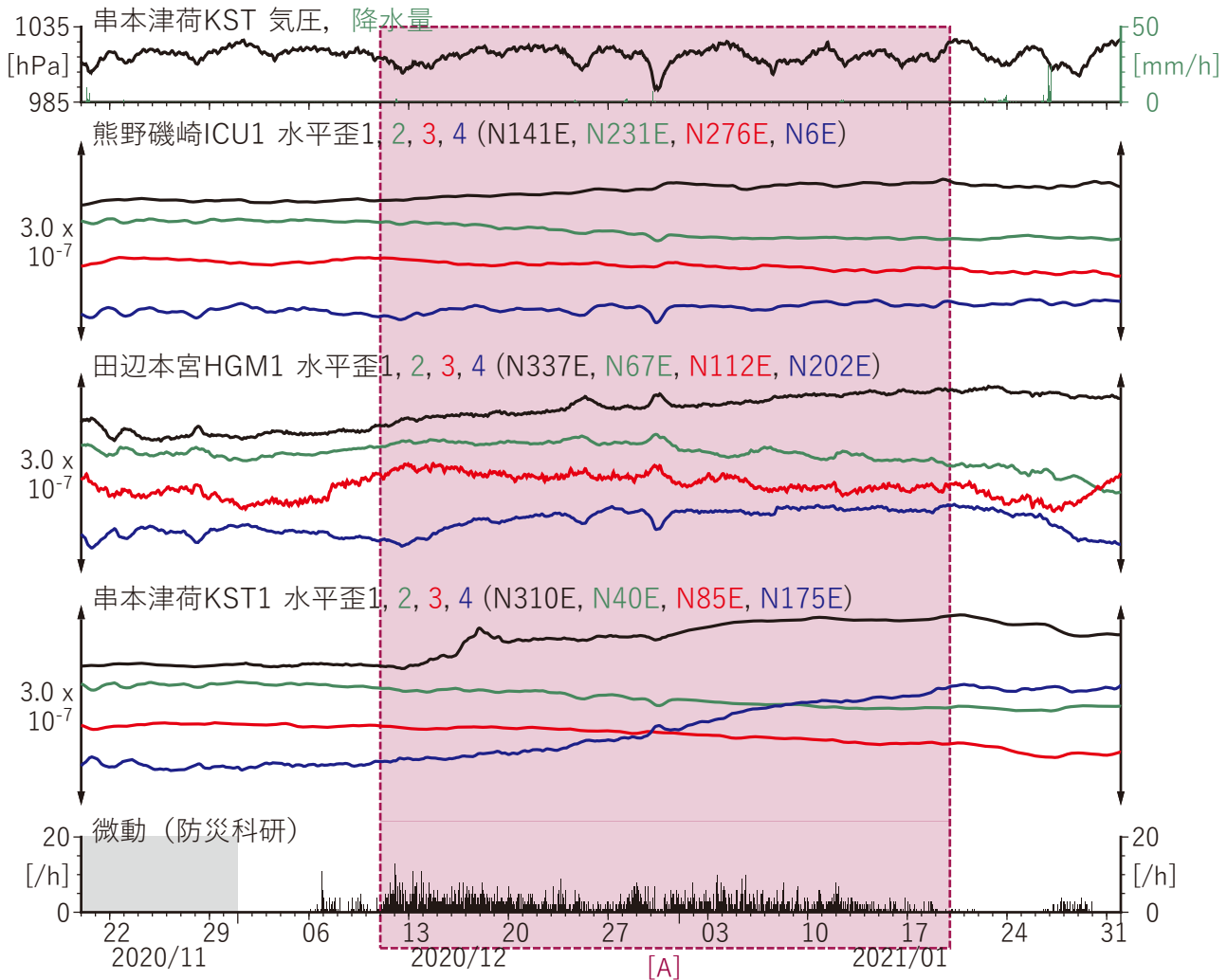


図8 紀伊半島における歪観測結果 (2020/11/20 00:00 - 2021/02/01 00:00 (JST)).
 微動データは防災科学技術研究所提供 (2020/12/01以降).
 歪データは気圧応答・潮位偏差応答・1次トレンド除去. 潮位偏差データは気象庁提供.

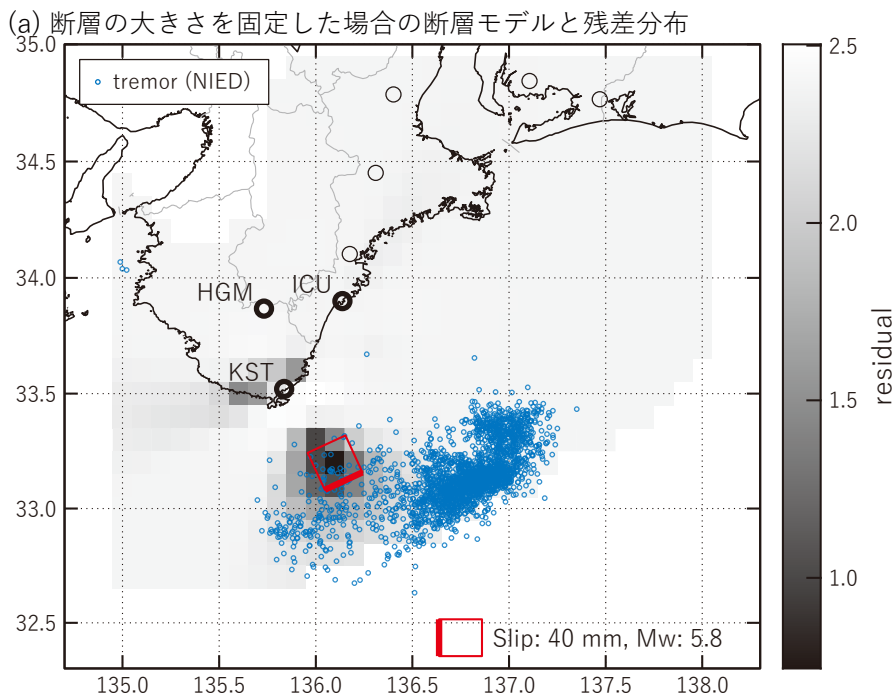
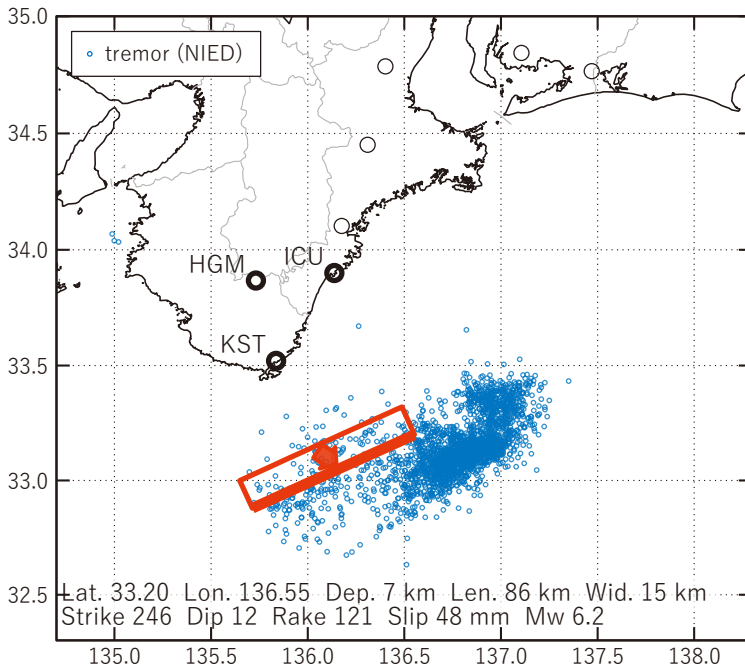


図9 2020/12/11-2021/01/19の歪変化 (図8[A]) を説明する断層モデル.
 微動データは防災科学技術研究所提供.

(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) 推定した断層モデル



(b2) 主歪

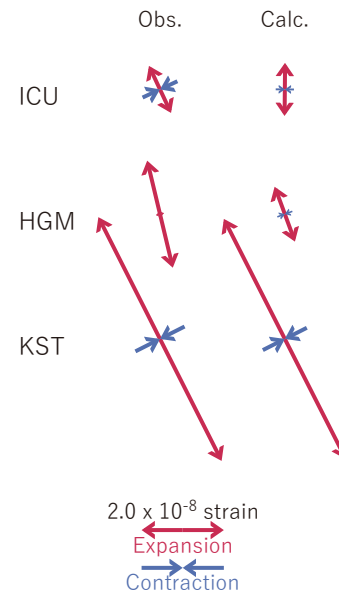


図9 2020/12/11-2021/01/19の歪変化 (図8[A]) を説明する断層モデル。

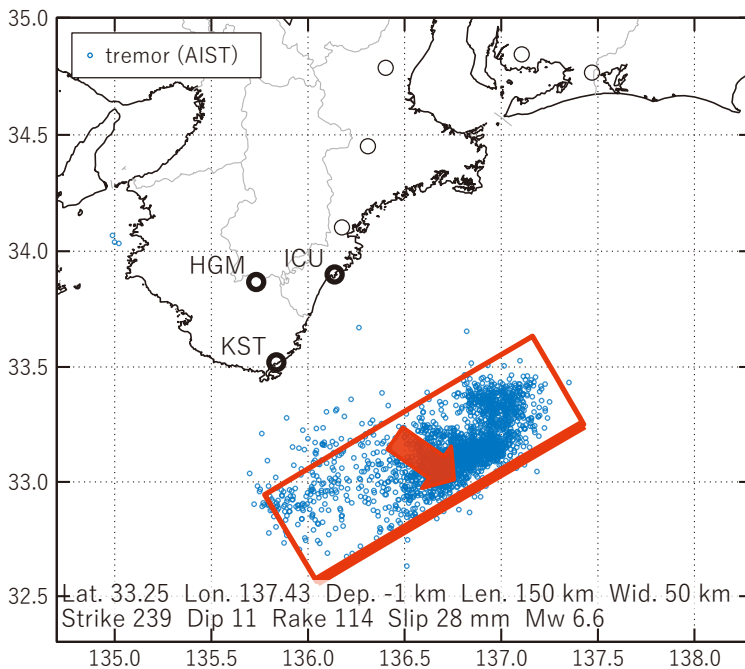
微動データは防災科学技術研究所提供。

(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。

(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。

[微動発生域に限定して解析]

(b1) 推定した断層モデル



(b2) 主歪

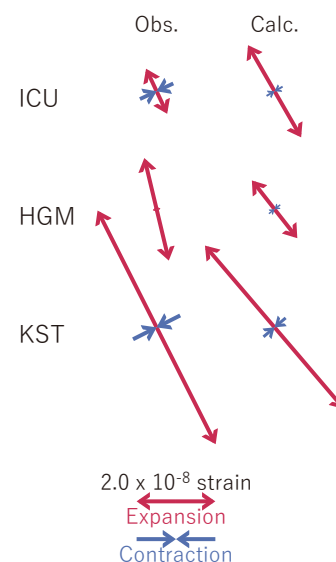


図10 2020/12/11-2021/01/19の歪変化 (図8[A]) を説明する断層モデル。

微動データは防災科学技術研究所提供。

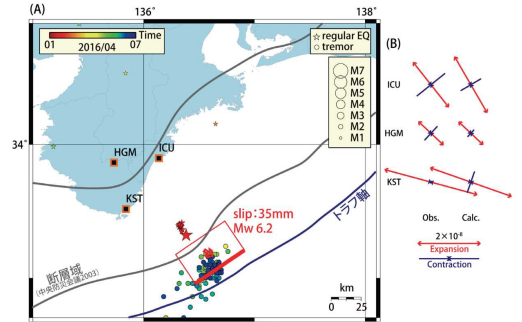
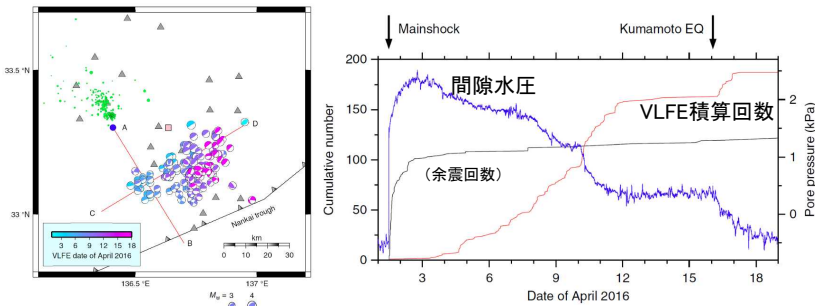
(b1) 微動発生域周辺をグリッドサーチして推定した断層面 (赤色矩形) と断層パラメータ。灰色矩形は最近周辺で発生した短期的SSEの推定断層面。

(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。

紀伊半島南東沖のプレート境界浅部における活動

参考

浅部プレート境界すべりによる地殻変動と超低周波地震活動（2016年の活動の解析結果）

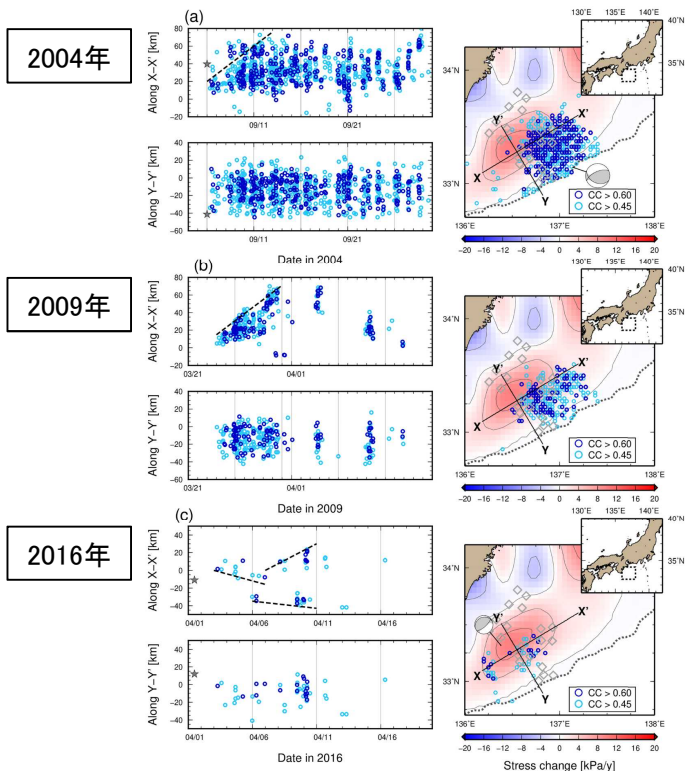


地殻変動(間隙水圧変化:青)と浅部超低周波地震活動(VLFE積算回数:赤)は同様な時間変化を示している。間隙水圧はプレート境界のすべりを反映していること(Araki et al., 2016)、また超低周波地震のメカニズム解は低角逆断層であることから、両者はプレート境界における同一の断層面でのゆっくりすべりによるものと考えられる。

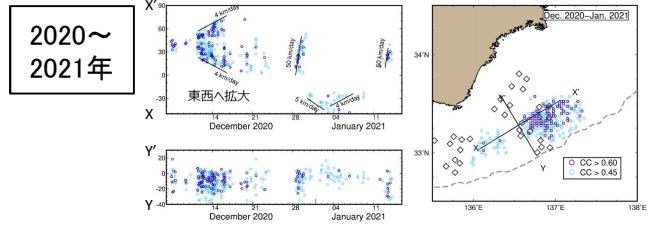
陸域のひずみ計の変化から推定された浅部ゆっくりすべりの断層モデル(Mw6.2)
(板場, 2018)

(Nakano et al., 2018 に加筆)

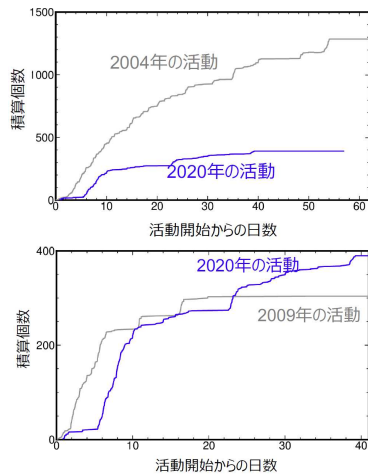
過去にも超低周波地震活動が繰り返し発生



(Takemura et al., 2019)



過去の活動での超低周波地震積算回数との比較



2004年は、今回よりも活発な活動

今回の活動は2009年と同程度

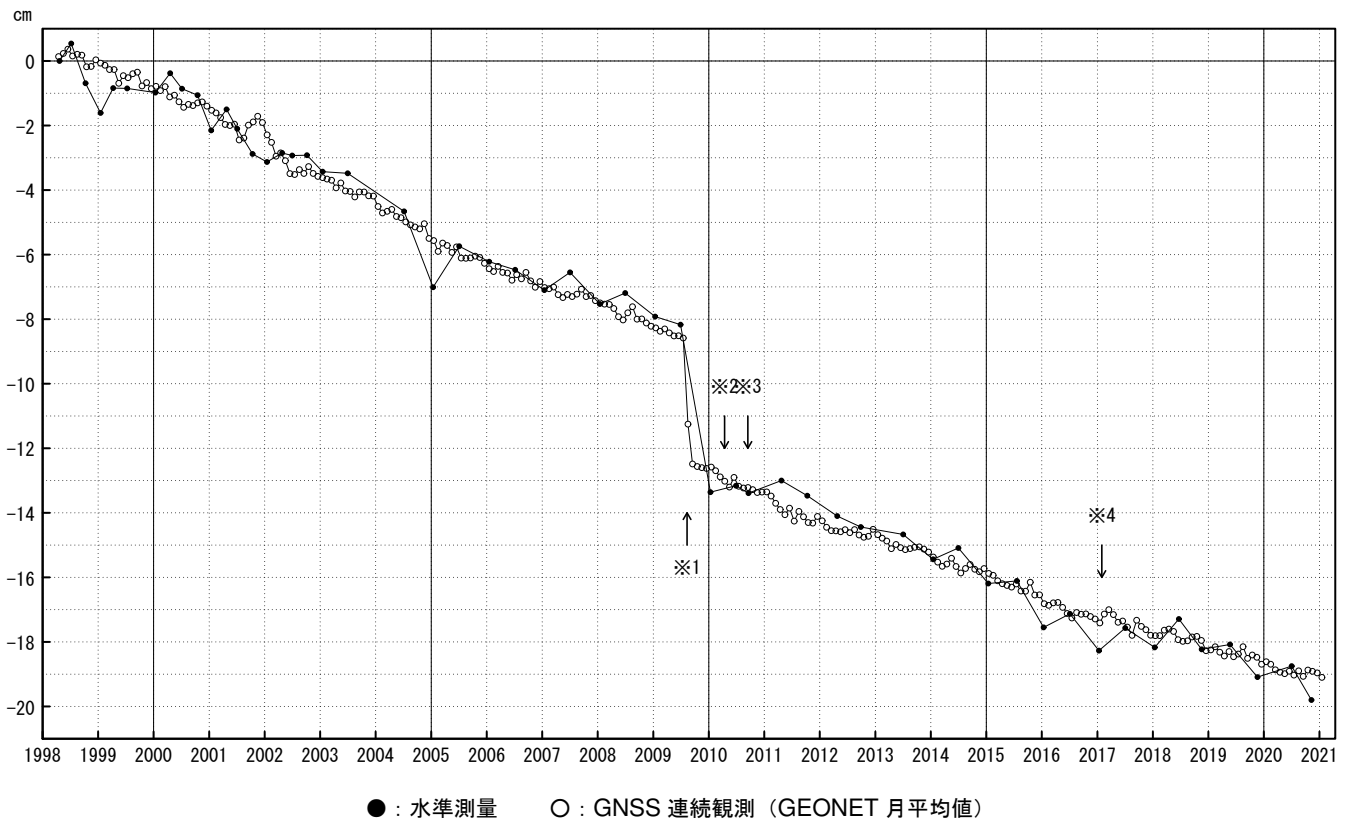
(東京大学地震研究所・防災科学技術研究所資料に加筆)

御前崎 電子基準点の上下変動

水準測量と GNSS 連続観測

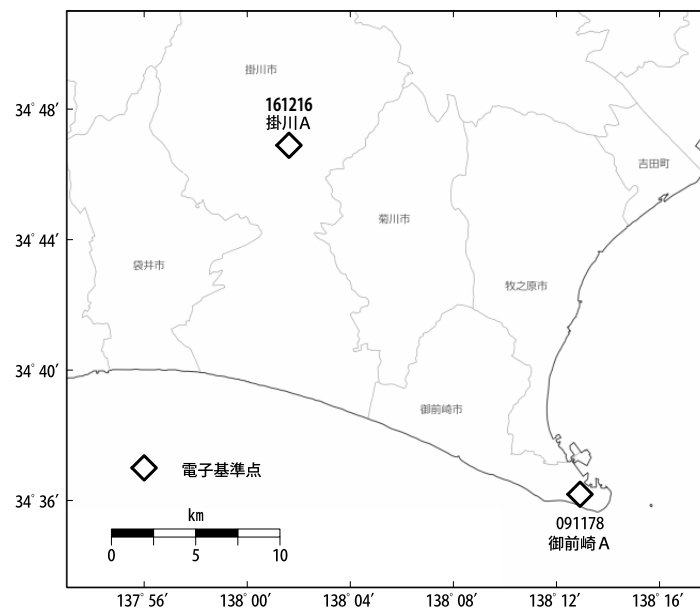
掛川に対して、御前崎が沈降する長期的な傾向が続いている。

掛川 A (161216) - 御前崎 A (091178)



・最新のプロット点は 01/01~01/09 の平均。

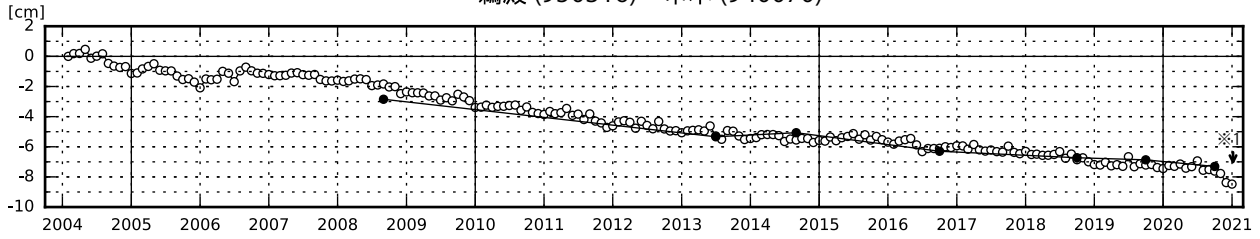
- ※1 電子基準点「御前崎」は 2009 年 8 月 11 日の駿河湾の地震 (M6.5) に伴い、地表付近の局所的な変動の影響を受けた。
- ※2 2010 年 4 月以降は、電子基準点「御前崎」をより地盤の安定している場所に移転し、電子基準点「御前崎 A」とした。上記グラフは電子基準点「御前崎」と電子基準点「御前崎 A」のデータを接続して表示している。
- ※3 水準測量の結果は移転後初めて変動量が計算できる 2010 年 9 月から表示している。
- ※4 2017 年 1 月 30 日以降は、電子基準点「掛川」は移転し、電子基準点「掛川 A」とした。上記グラフは電子基準点「掛川」と電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



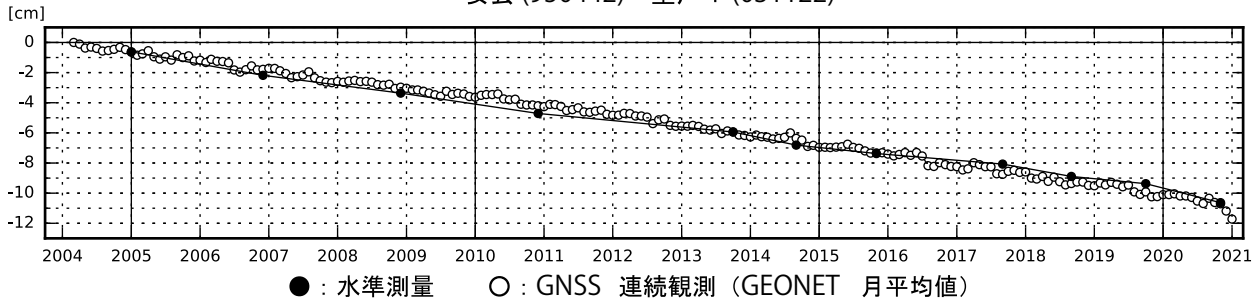
紀伊半島及び室戸岬周辺 電子基準点の上下変動

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) - 串本 (940070)

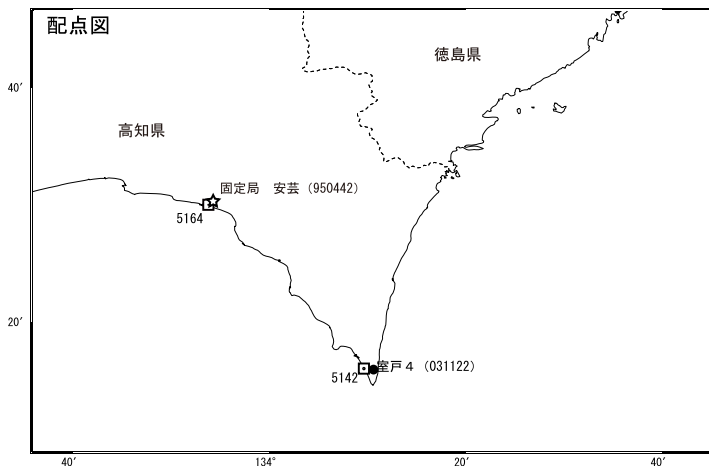
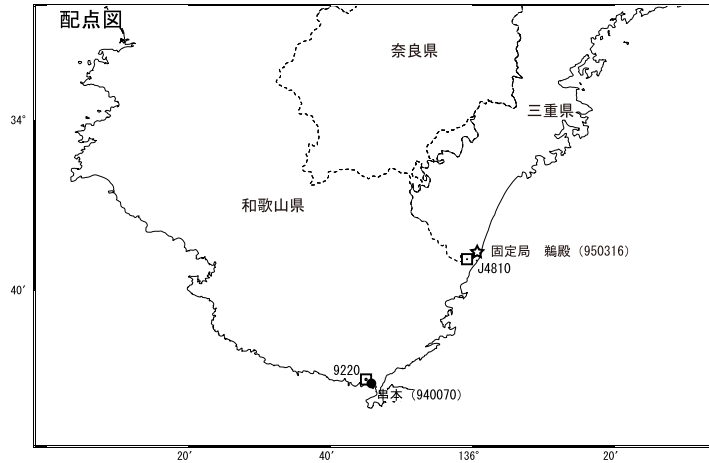


安芸 (950442) - 室戸 4 (031122)



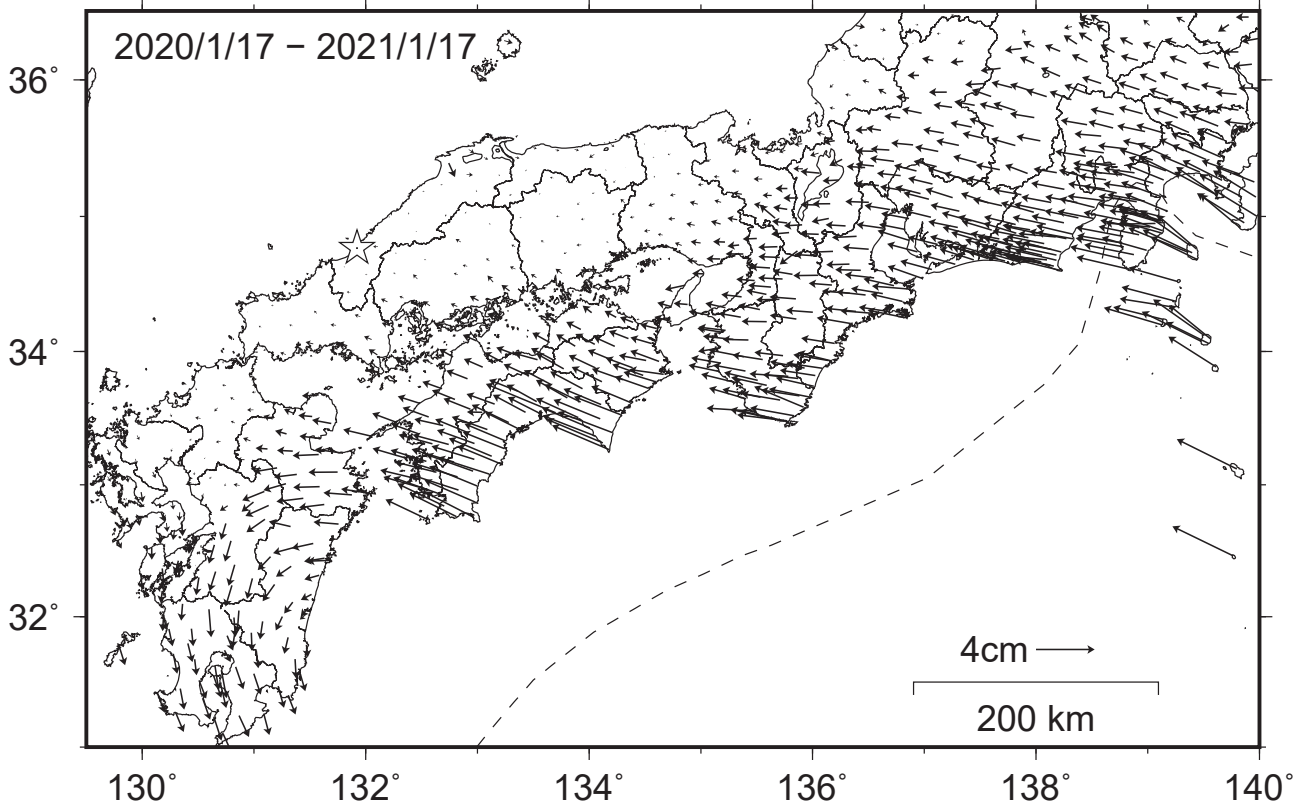
- ・ 最新のプロット点は 1/1~1/9 の平均。
- ・ 水準測量による結果については、最寄りの一等水準点の結果を表示している。

※ 1 2021/1/9に電子基準点「串本」のアンテナ更新及びレドーム交換を実施した。

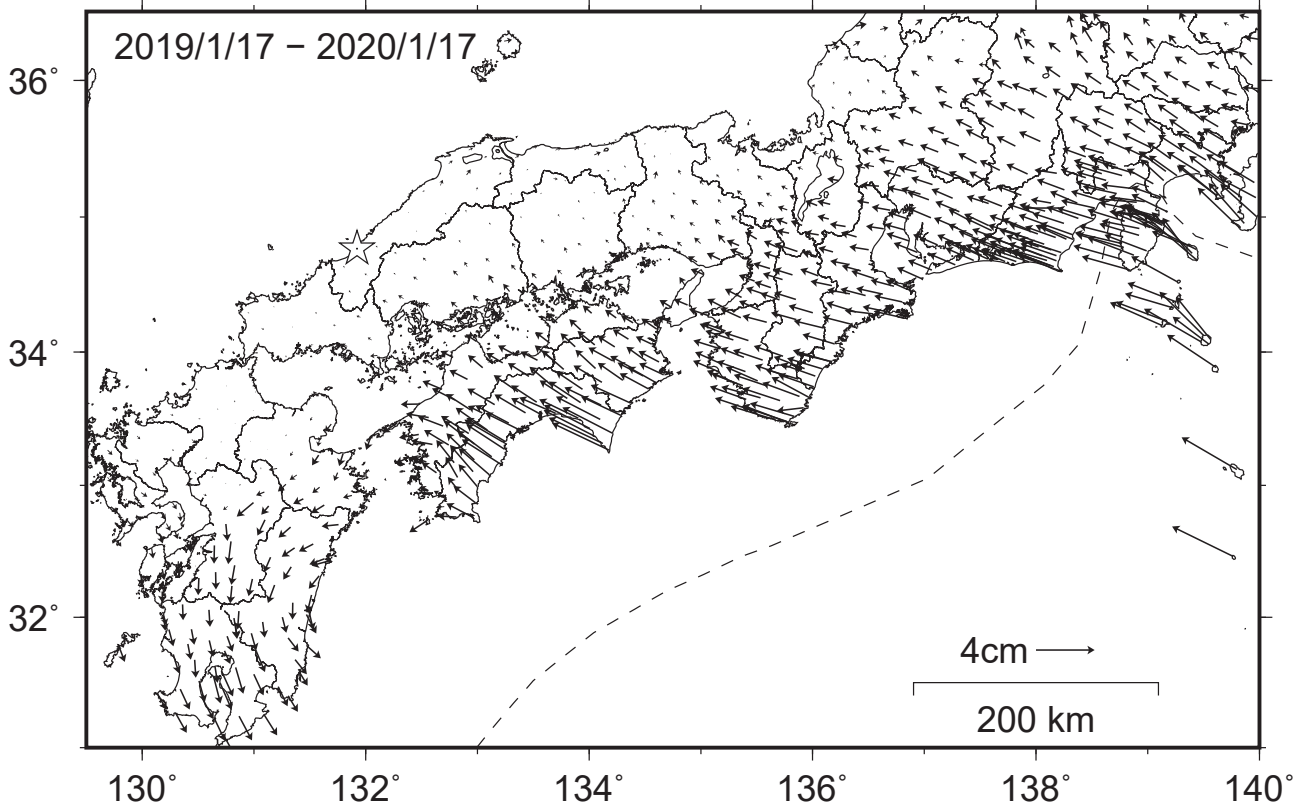


南海トラフ沿いの水平地殻変動【固定局：三隅】

【最近1年間】



【1年前の1年間】



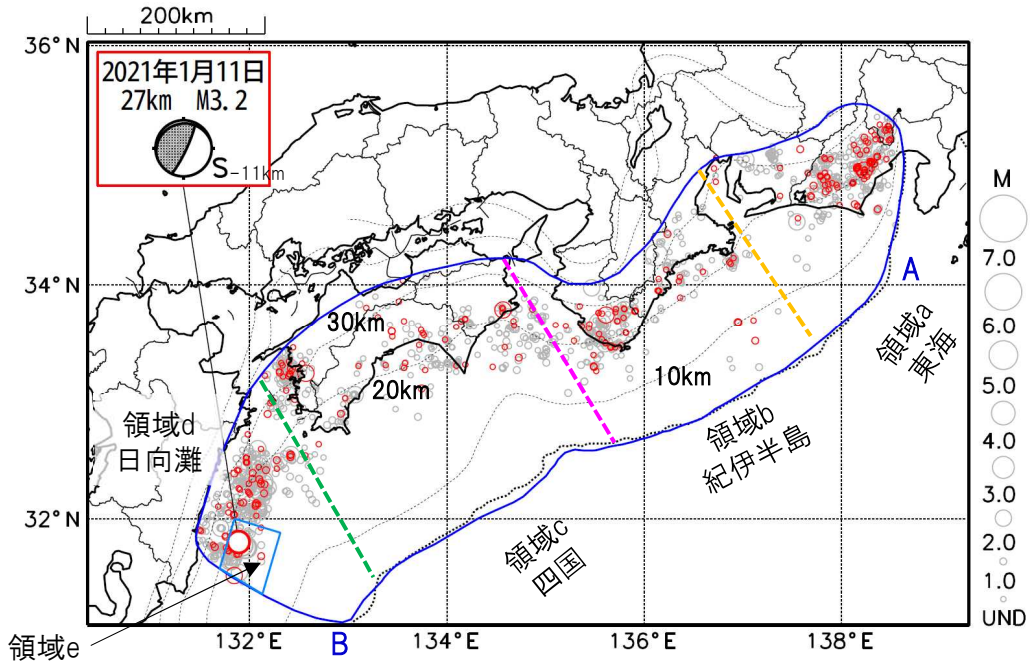
・各日付 ± 6日の計 13 日間の変動量の中央値をとり、その差から1年間の変動量を表示している。

プレート境界とその周辺の地震活動

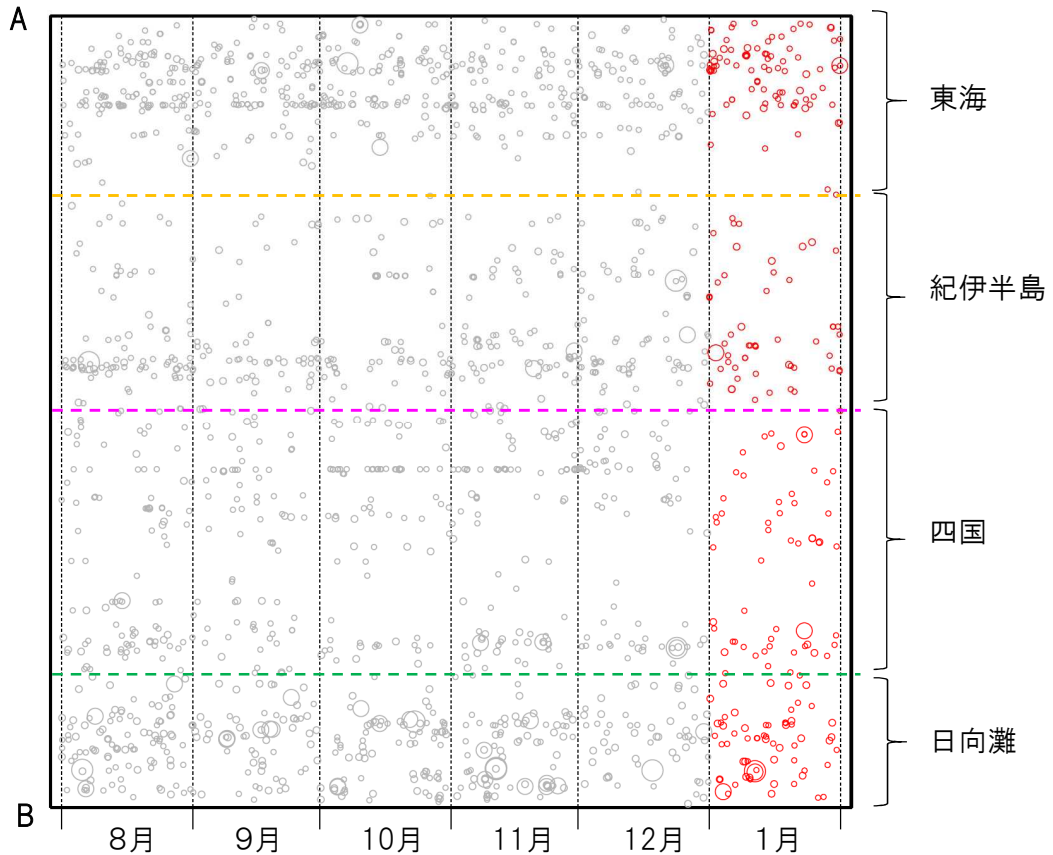
フィリピン海プレート上面の深さから±6km未満の地震を表示している。
日向灘の領域e内のみ、深さ20km～30kmの地震を追加している。

震央分布図

(2020年8月1日～2021年1月31日、M全て、2021年1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、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。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。

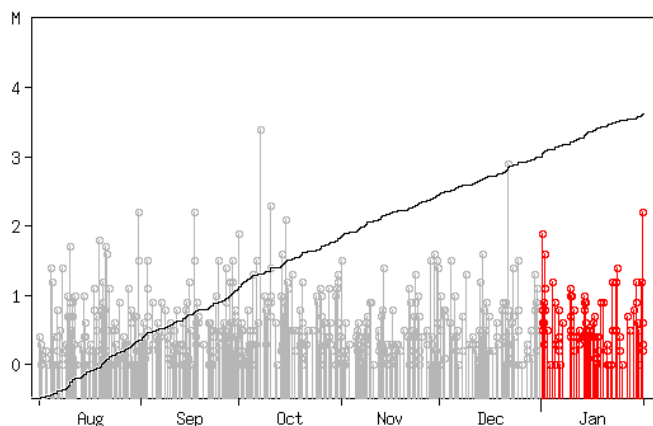
気象庁作成

プレート境界とその周辺の地震活動

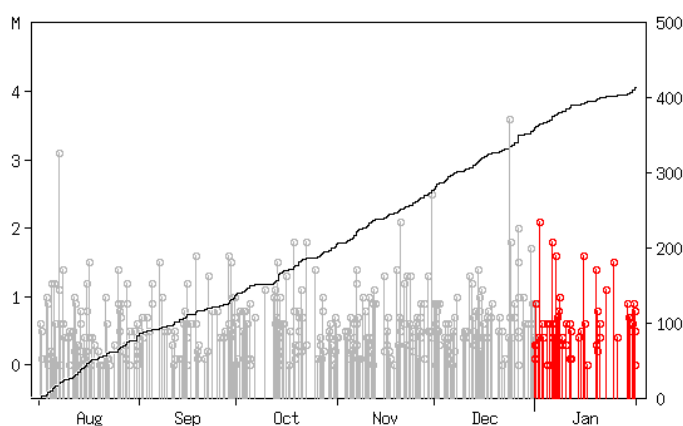
フィリピン海プレート上面の深さから±6km未満の地震を表示している。

震央分布図の各領域内のMT図・回数積算図

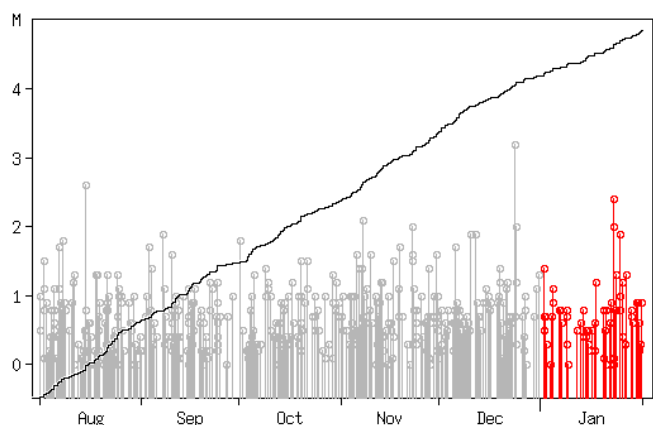
領域a内(東海)



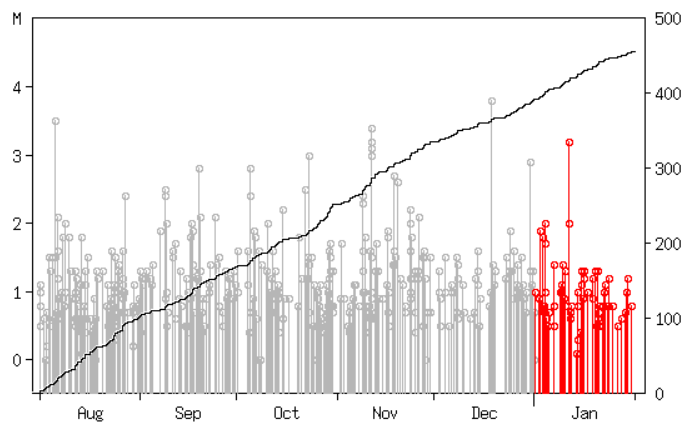
領域b内(紀伊半島)



領域c内(四国)



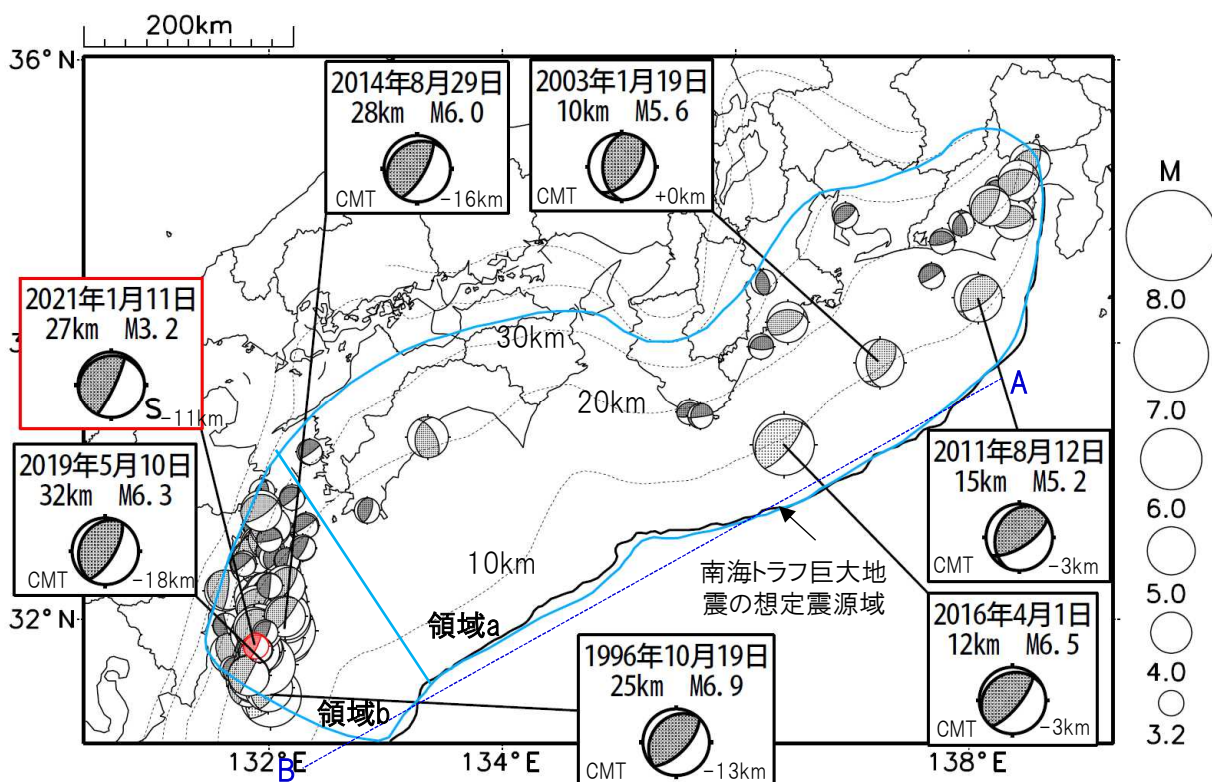
領域d内(日向灘)



※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。

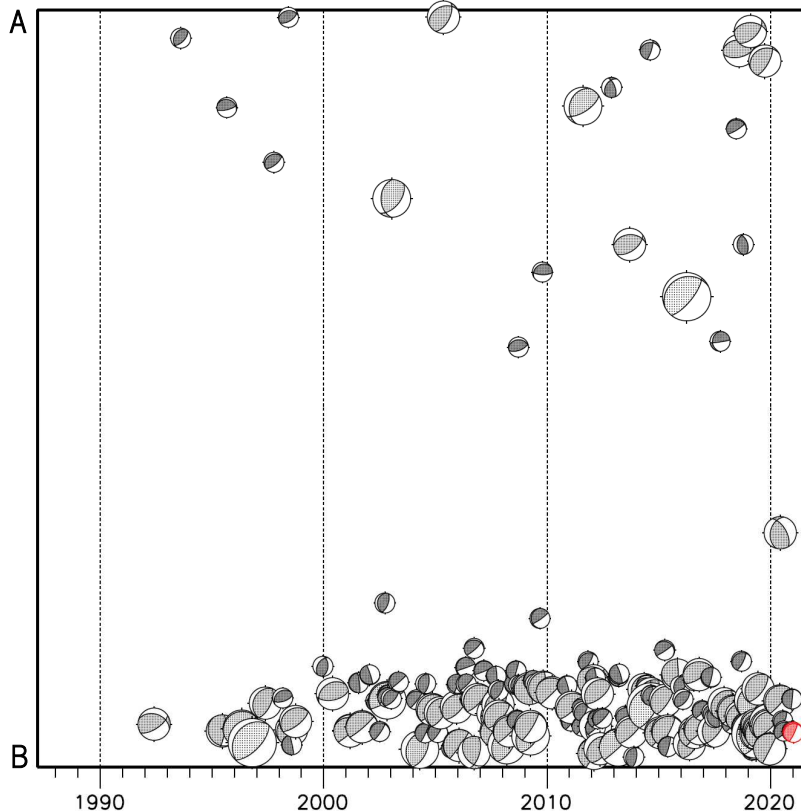
想定南海トラフ地震の発震機構解と類似の型の地震

震央分布図(1987年9月1日~2021年1月31日、M \geq 3.2、2021年1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。

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。

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

2021年1月31日

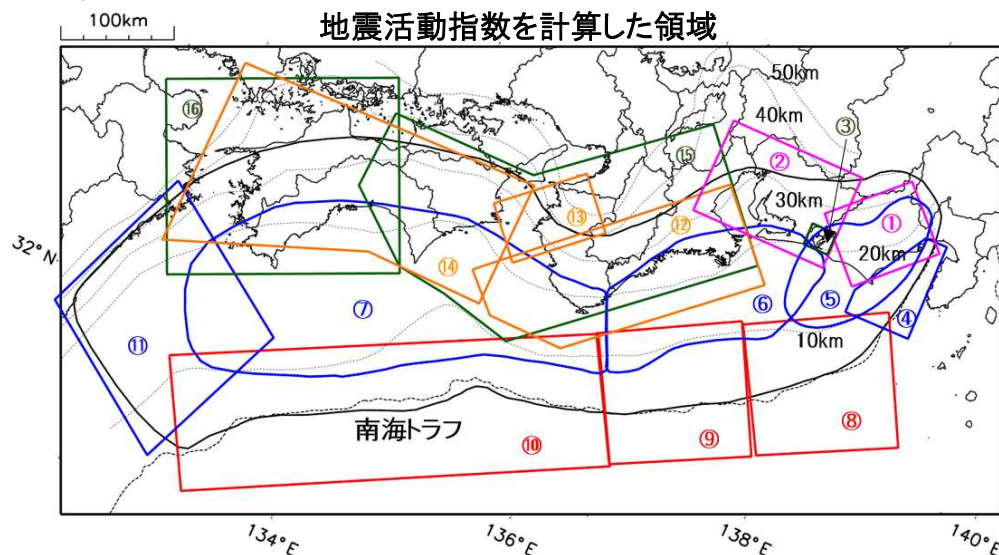
領域	①静岡県 中西部		②愛知県		③浜名湖 周辺	④駿河 湾	⑤東海	⑥南海	⑦南海
	地	プ	地	プ	プ	全	全	全	全
地震活動指数	4	5	2	4	7	4	3	3	3
平均回数	16.5	18.5	26.5	13.7	13.5	13.2	18.2	19.5	21.3
MLきい値	1.1		1.1		1.1	1.4	1.5	2.0	2.0
クラスタ 除去	距離	3km		3km		3km	10km	10km	10km
	日数	7日		7日		7日	10日	10日	10日
対象期間	60日	90日	60日	30日	360日	180日	90日	360日	90日
深さ	0~ 30km	0~ 60km	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	5	2	4	4	4	4	6	4
平均回数	12.1	14.7	20.6	22.8	41.8	30.4	27.7	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～2021年1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	
6	10	やや多い
5	15	
4	40	ほぼ平常
3	15	
2	10	やや少ない
1	4	
0	1	少ない

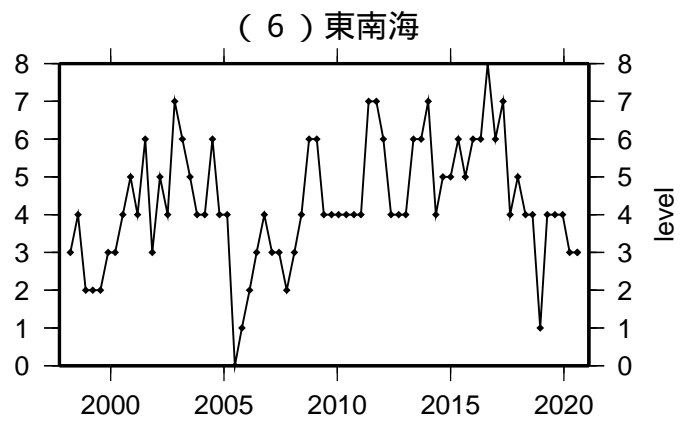
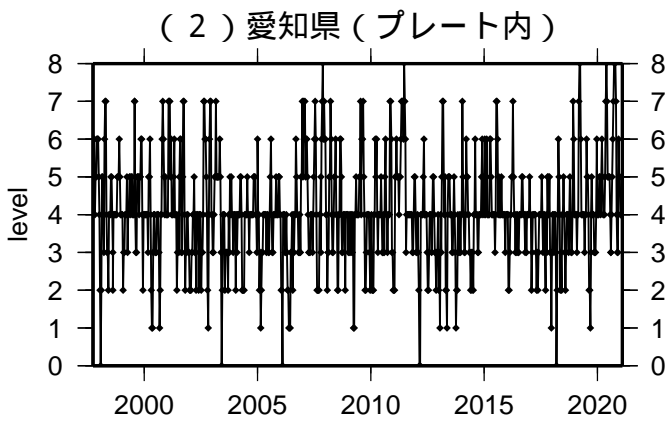
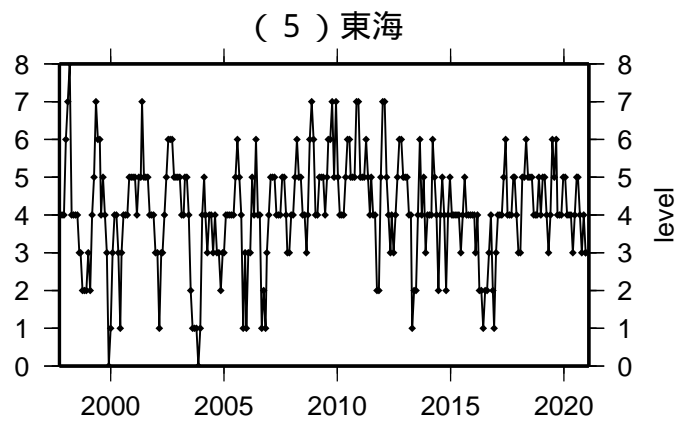
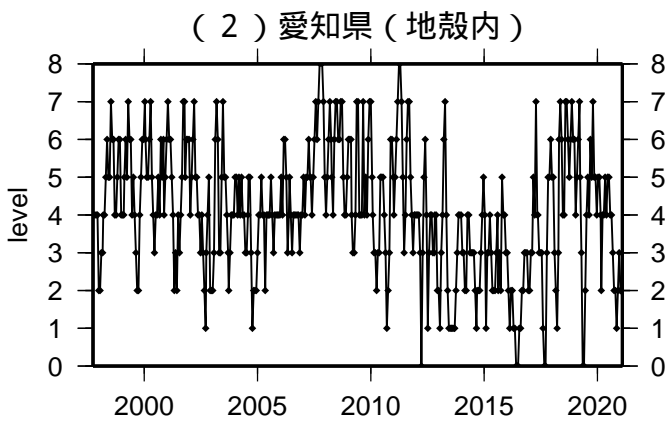
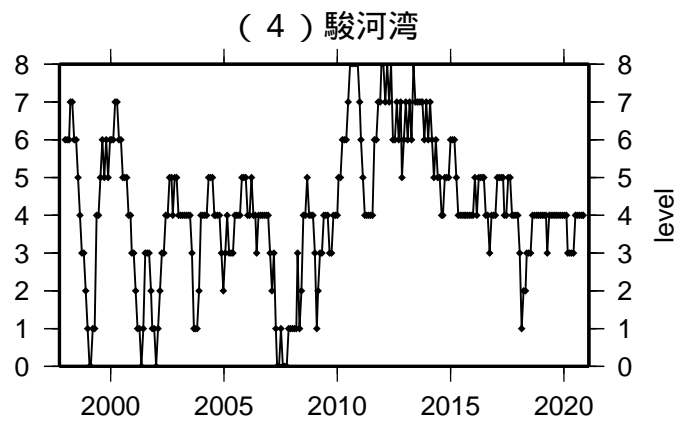
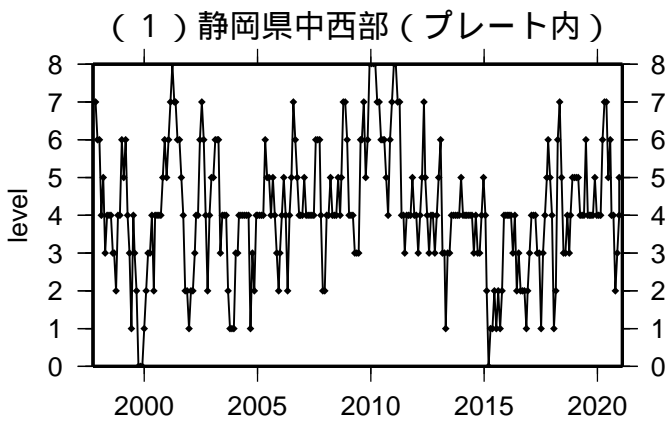
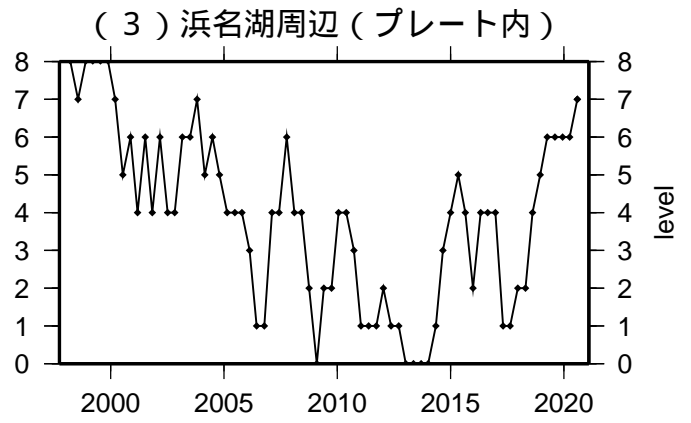
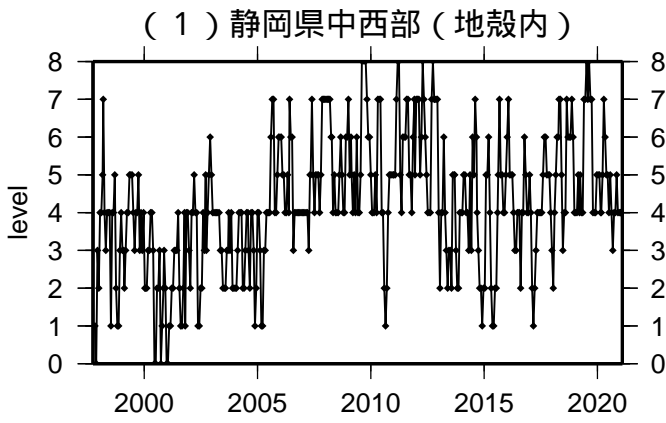
* 黒色実線は、南海トラフ巨大地震の想定震源域を示す。

* 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

2021年01月31日

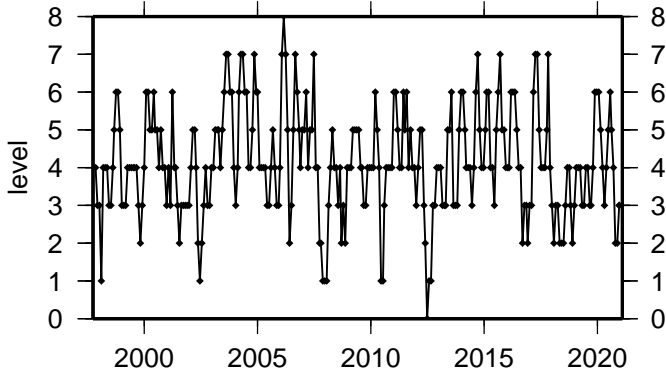


活動指数	0	1	2	3	4	5	6	7	8
確率 (%)	1	4	10	15	40	15	10	4	1
地震数	少	←	←	←	←	←	←	←	多

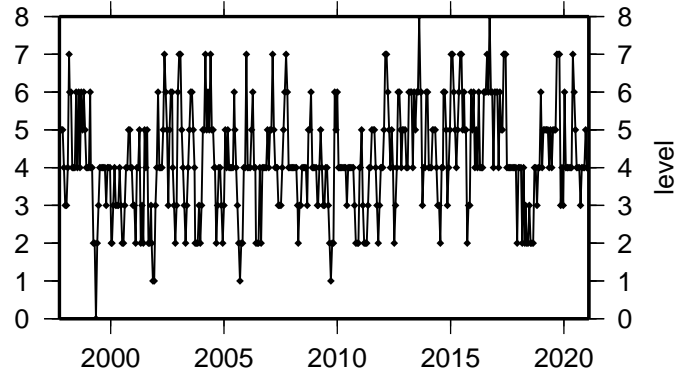
地震活動指数一覽

2021年01月31日

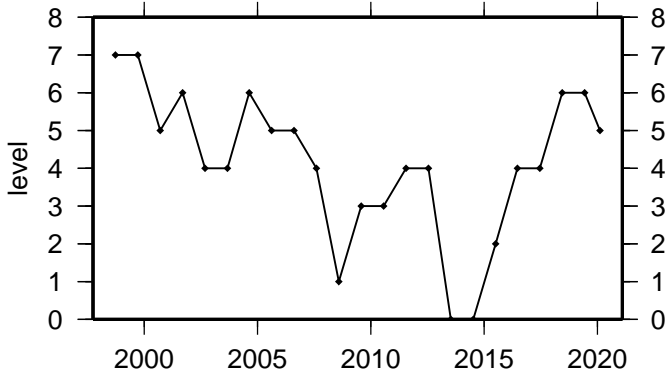
(7) 南海



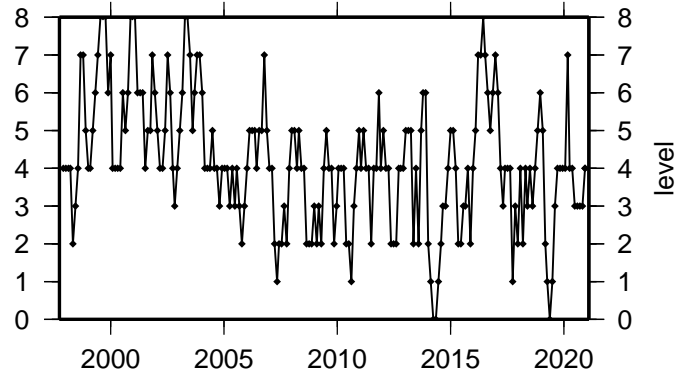
(11) 日向灘



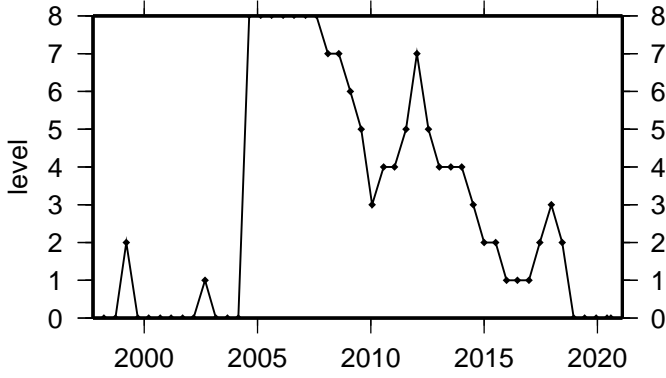
(8) 南海トラフ沿い (東側)



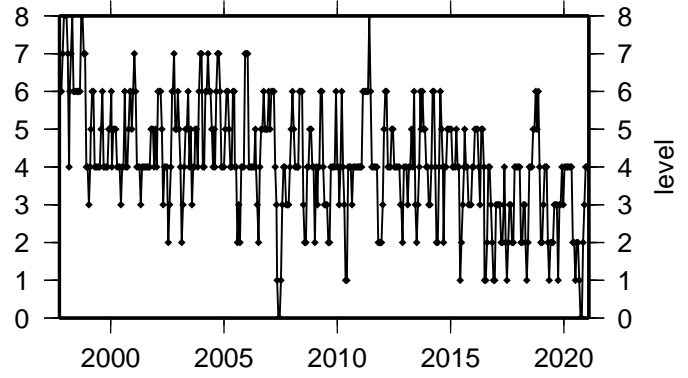
(12) 紀伊半島 (地殻内)



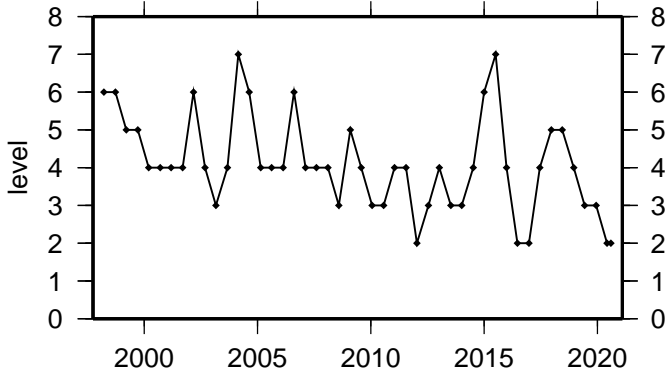
(9) 南海トラフ沿い (三重県沖)



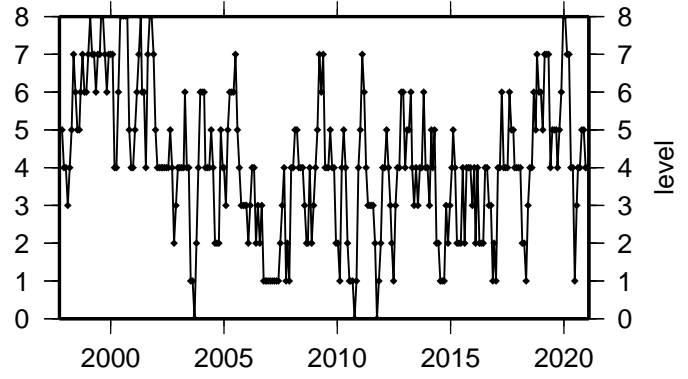
(13) 和歌山 (地殻内)



(10) 南海トラフ沿い (西側)



(14) 四国 (地殻内)

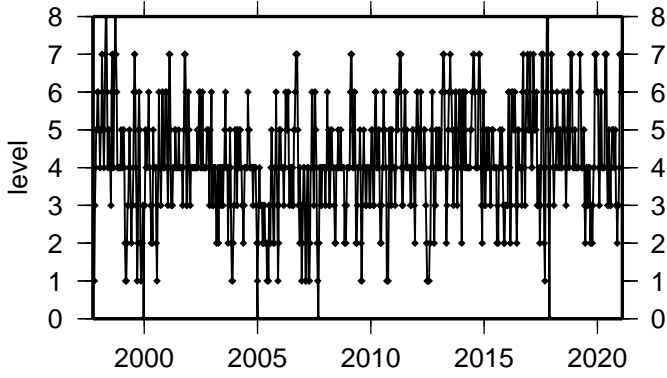


活動指数	0	1	2	3	4	5	6	7	8
確率 (%)	1	4	10	15	40	15	10	4	1
地震数	少	←	←	←	←	←	←	←	多

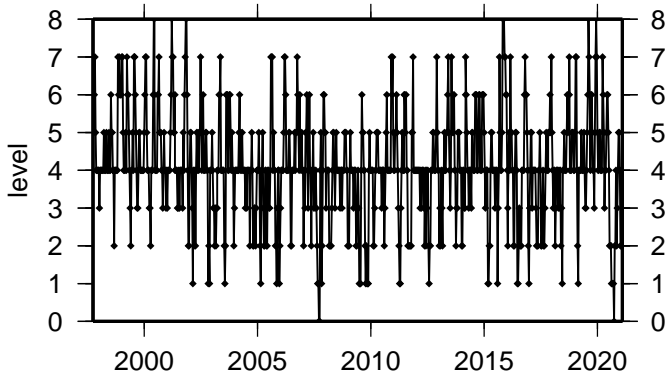
地震活動指数一覧

2021年01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					