

第 42 回 南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会
第 420 回 地震防災対策強化地域判定会

気 象 庁 資 料



令和 3 年 4 月 7 日

本資料は、国立研究開発法人防災科学技術研究所、北海道大学、弘前大学、東北大学、東京大学、名古屋大学、京都大学、高知大学、九州大学、鹿児島大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国土地理院、国立研究開発法人海洋研究開発機構、公益財団法人地震予知総合研究振興会、青森県、東京都、静岡県、神奈川県温泉地学研究所及び気象庁のデータを用いて作成しています。また、2016 年熊本地震合同観測グループのオンライン臨時観測点（河原、熊野座）、米国大学間地震学研究連合（IRIS）の観測点（台北、玉峰、寧安橋、玉里、台東）のデータを用いて作成しています。

以下の資料は暫定であり、後日の調査で変更されることがあります。

令和3年3月1日～令和3年3月31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
3/3	01:28	日向灘	25	3.7	1	
3/27	22:56	日向灘	27	3.6	2	
3/31	03:08	駿河湾	25	3.9	3	フィリピン海プレート内部

※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>3月5日～11日</p> <p>3月16日～25日</p> <p>3月27日～28日</p> <p>■四国中部</p> <p>3月13日</p> <p>3月18日</p> <p>■四国西部</p> <p>2月28日～3月1日</p> <p>3月3日～4日</p> <p>3月7日～8日</p> <p>3月12日～13日</p> <p><u>3月20日～（継続中）</u>・・・(2)</p>	<p>■紀伊半島北部</p> <p>3月4日～5日</p> <p>3月21日</p> <p>3月29日</p> <p>■紀伊半島中部</p> <p>（特段の活動はなかった）</p> <p>■紀伊半島西部</p> <p>3月7日</p> <p>3月9日～10日</p> <p><u>3月16日～17日</u>・・・(1)</p> <p>3月21日～22日</p> <p>3月24日</p> <p>3月29日</p>	<p>3月4日～5日</p> <p>3月7日～8日</p> <p>3月16日～18日</p> <p>3月29日～30日</p>

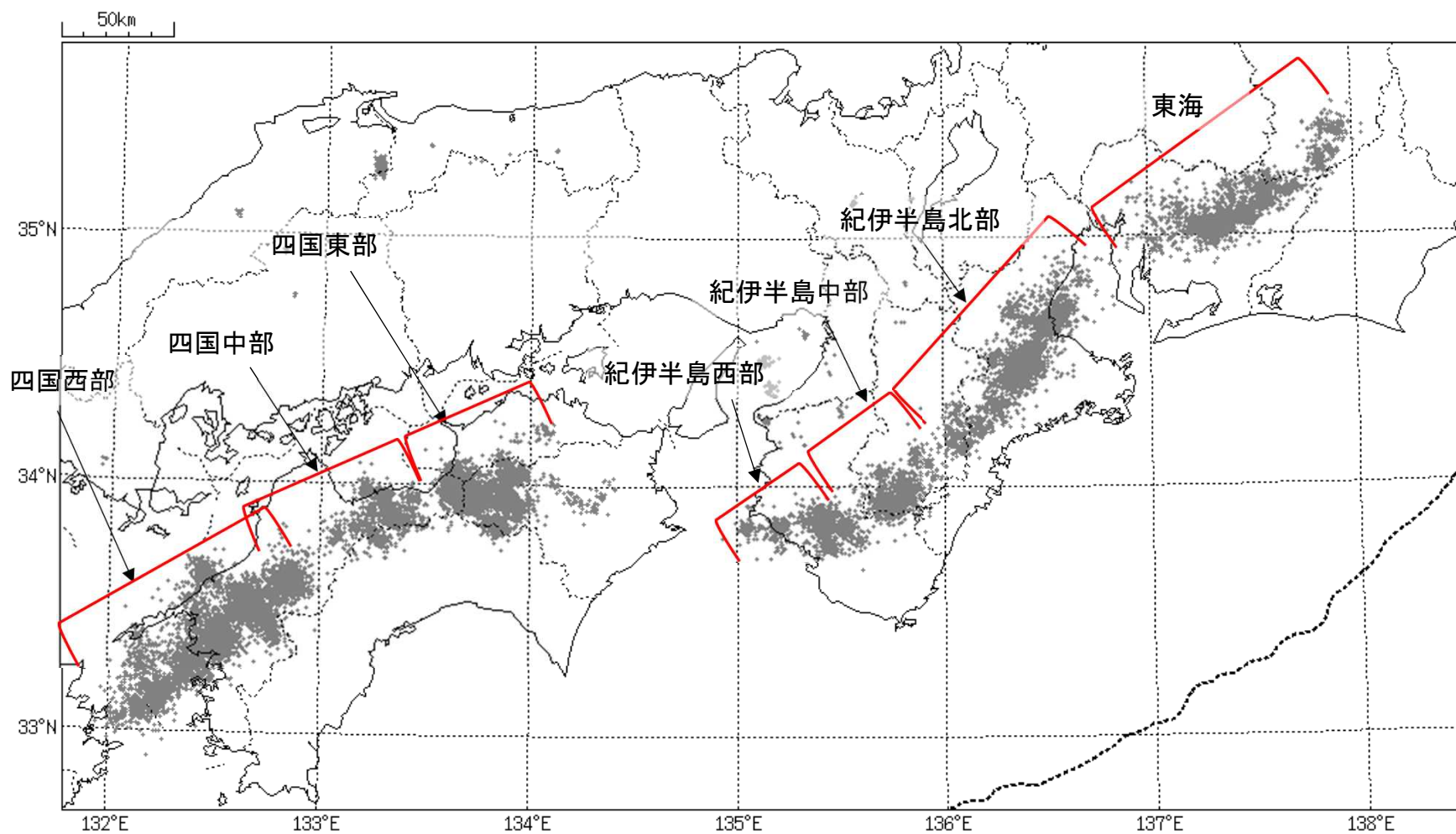
※深部低周波地震（微動）活動は、気象庁一元化震源を用い、地域ごとの一連の活動（継続日数2日以上または活動日数1日の場合で複数個検知したもの）について、活動した場所ごとに記載している。

※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の。

気象庁作成

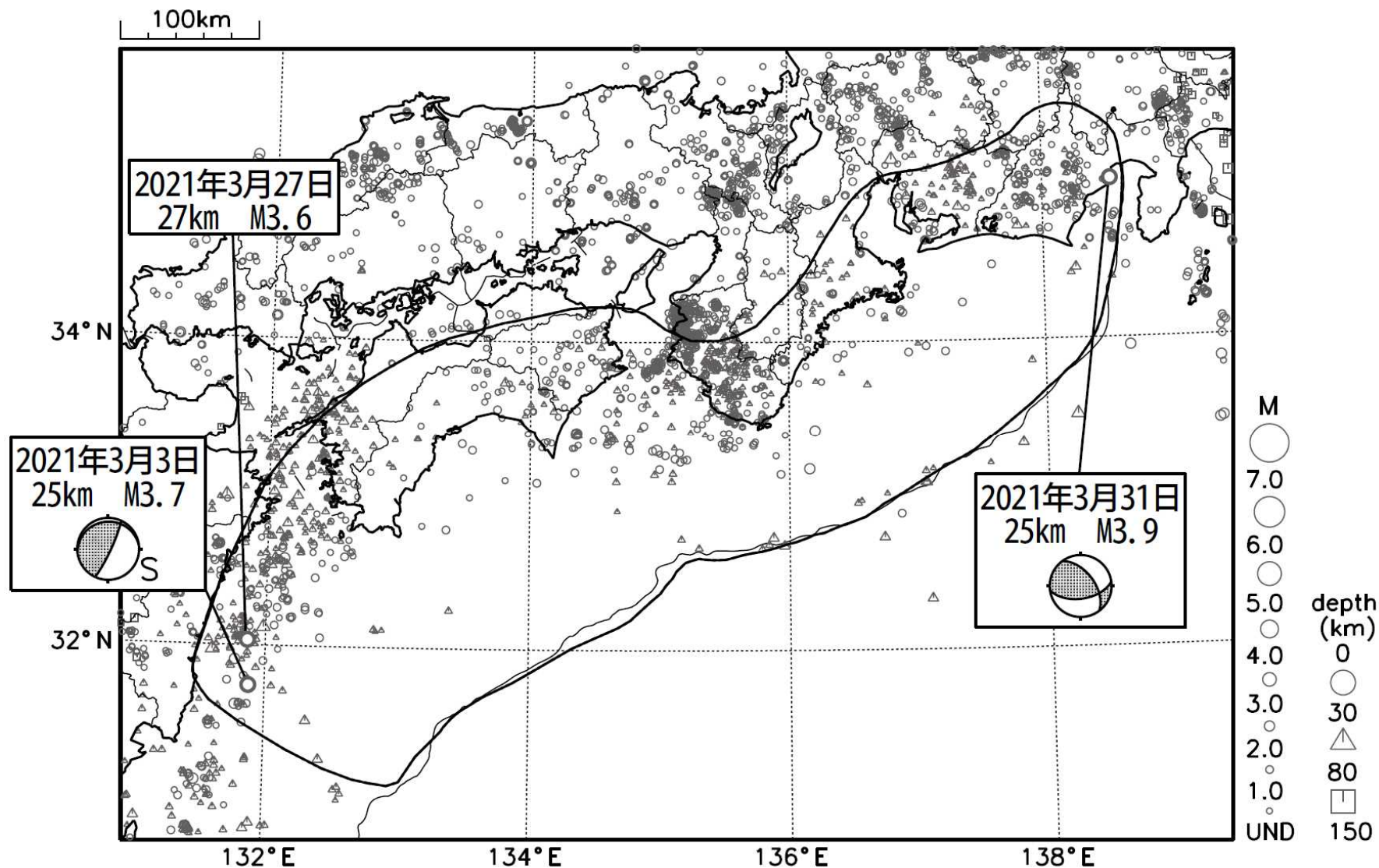
概況に記載している深部低周波地震(微動)の活動の場所



領域はObara(2010)を参考に作成。

出典 : Obara, K. (2010), Phenomenology of deep slow earthquake family in southwest Japan: Spatiotemporal characteristics and segmentation, *J. Geophys. Res.*, 115, B00A25, doi:10.1029/2008JB006048.

南海トラフ沿いとその周辺の広域地震活動(2021年3月1日~2021年3月31日)

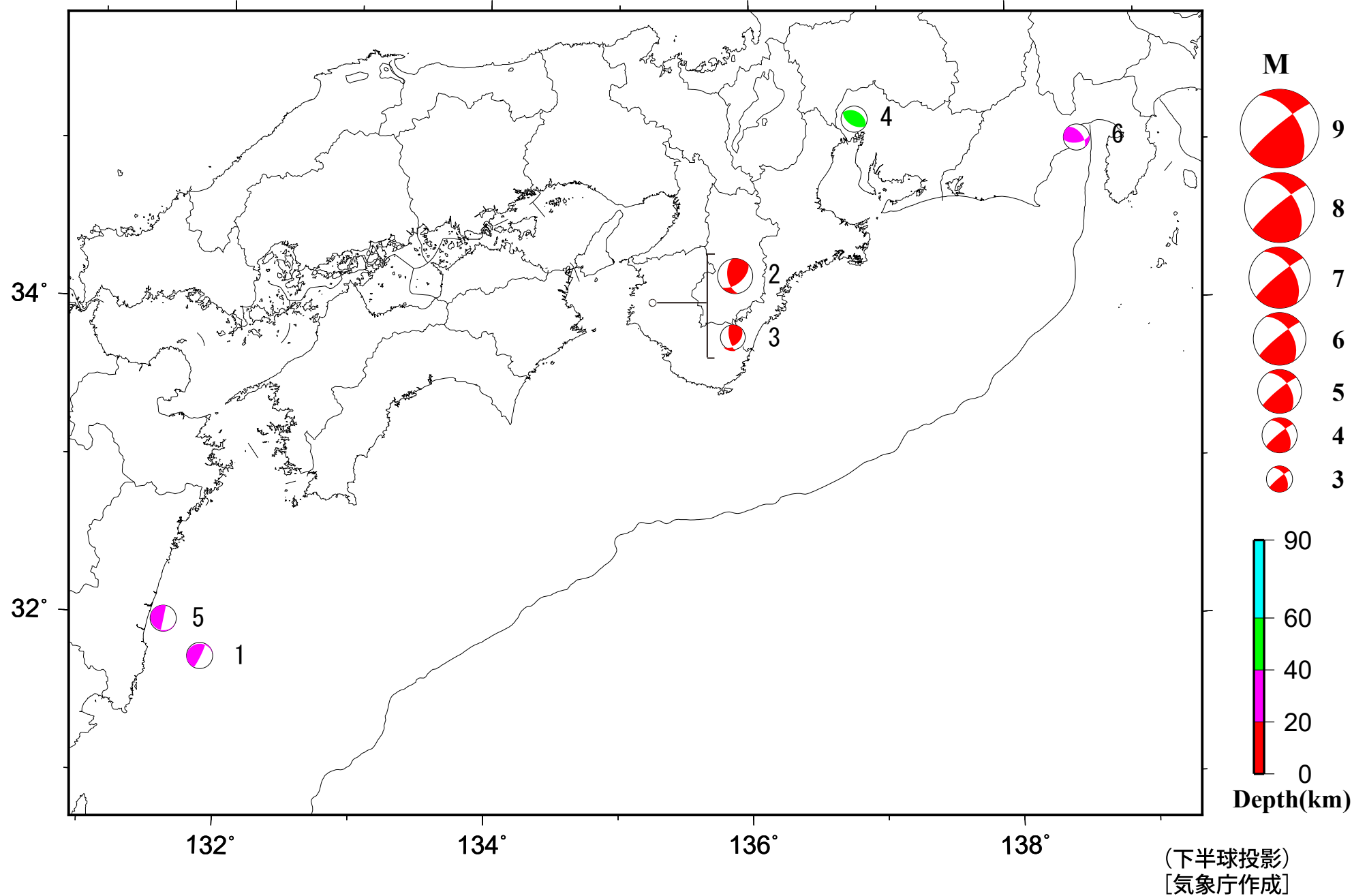


- ・図中の吹き出しは、南海トラフ巨大地震の想定震源域とその周辺で最大震度3以上を観測した地震もしくはM3.5以上の地震、それ以外の陸域M5.0以上・海域M6.0以上とその他の主な地震。
- ・震源の深さは、精度がやや劣るものは表記していない。
- ・発震機構解の横に「S」の表記があるものは、精度がやや劣るものである。

気象庁作成

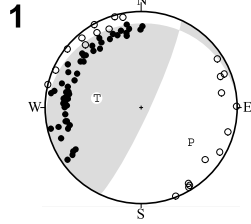
南海トラフ沿いとその周辺の発震機構解

Period:2021/03/01 00:00—2021/03/31 24:00

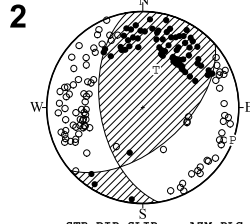


南海トラフ沿いとその周辺の発震機構解 (2)

2021/03/03 01:28:33.1
日向灘
31°44.4'N 131°52.6'E
H: 25KM M:3.7

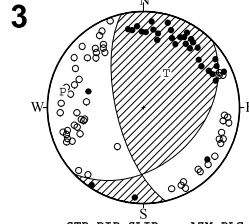


2021/03/15 00:25:59.3
和歌山県北部
34°01.7'N 135°14.8'E
H: 4KM M:4.6



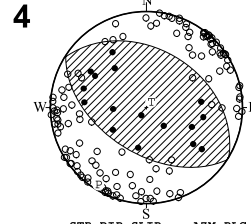
STR	DIP	SLIP	AZM	PLG
NP1	171°	53°	46°	P 110° 1'
NP2	49°	55°	133°	T 19° 56'
			N	201° 34'

2021/03/15 00:59:15.3
和歌山県北部
34°01.7'N 135°14.4'E
H: 4KM M:3.4



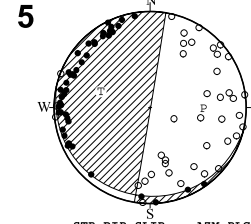
STR	DIP	SLIP	AZM	PLG
NP1	46°	40°	142°	P 281° 15'
NP2	167°	67°	56°	T 33° 55'
			N	182° 31'

2021/03/27 17:25:36.2
愛知県西部
35°10.5'N 136°49.0'E
H: 46KM M:3.2



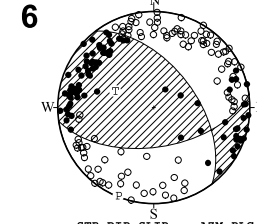
STR	DIP	SLIP	AZM	PLG
NP1	301°	39°	89°	P 212° 6'
NP2	123°	51°	91°	T 41° 84'
			N	302° 1'

2021/03/28 08:48:05.5
日向灘
31°58.1'N 131°35.9'E
H: 38KM M:3.3



STR	DIP	SLIP	AZM	PLG
NP1	103°	9°	3°	P 91° 44'
NP2	9°	89°	99°	T 288° 45'
			N	189° 9'

2021/03/31 03:08:46.9
駿河湾
35°01.7'N 138°32.1'E
H: 25KM M:3.9



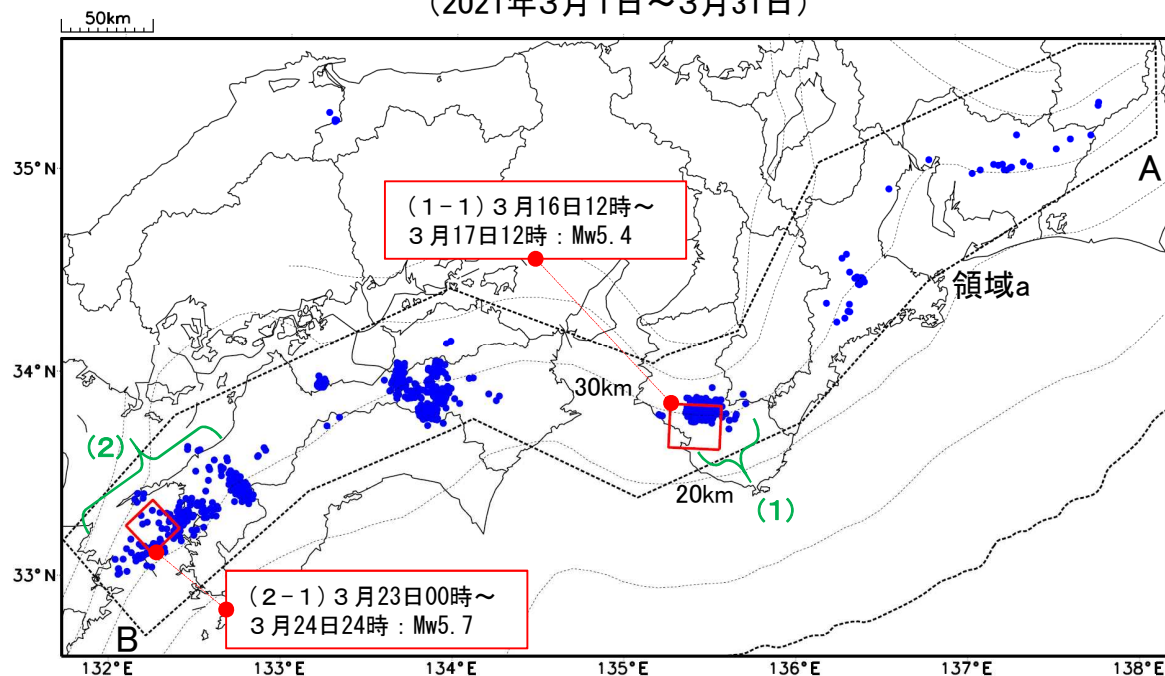
STR	DIP	SLIP	AZM	PLG
NP1	323°	54°	136°	P 202° 1'
NP2	82°	56°	45°	T 293° 54'
			N	111° 36'

(下半球投影)
[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
(2021年3月1日~3月31日)

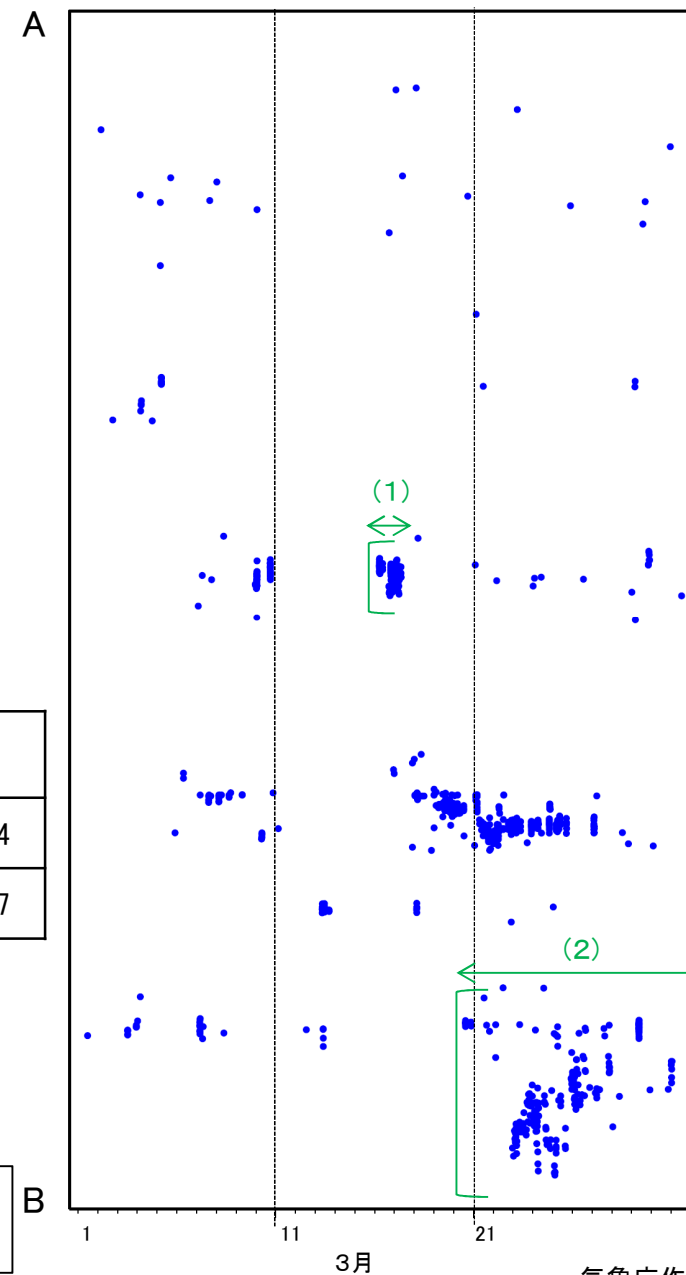
領域a(点線矩形)内の深部低周波地震(微動)の時空間分布図(A-B投影)



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)	紀伊半島西部	3月16日~17日	(1-1) 3月16日12時~3月17日12時 : Mw5.4
(2)	四国西部	3月20日~(継続中)	(2-1) 3月23日00時~3月24日24時 : Mw5.7

● : 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(気象庁の解析結果を示す)
 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。

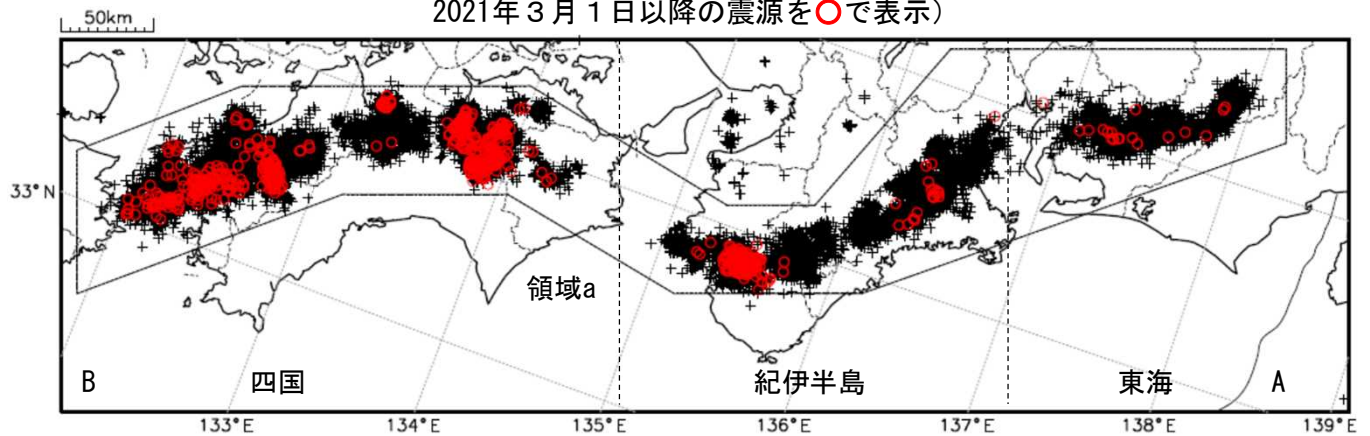


気象庁作成

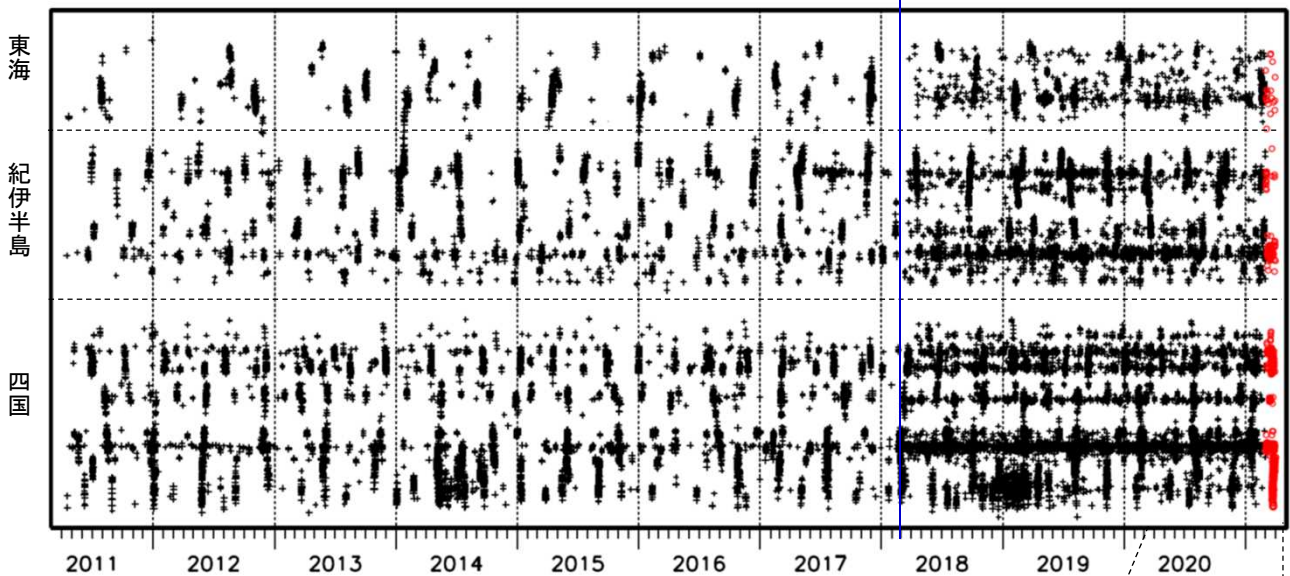
深部低周波地震（微動）活動（2011年4月1日～2021年3月31日）

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。

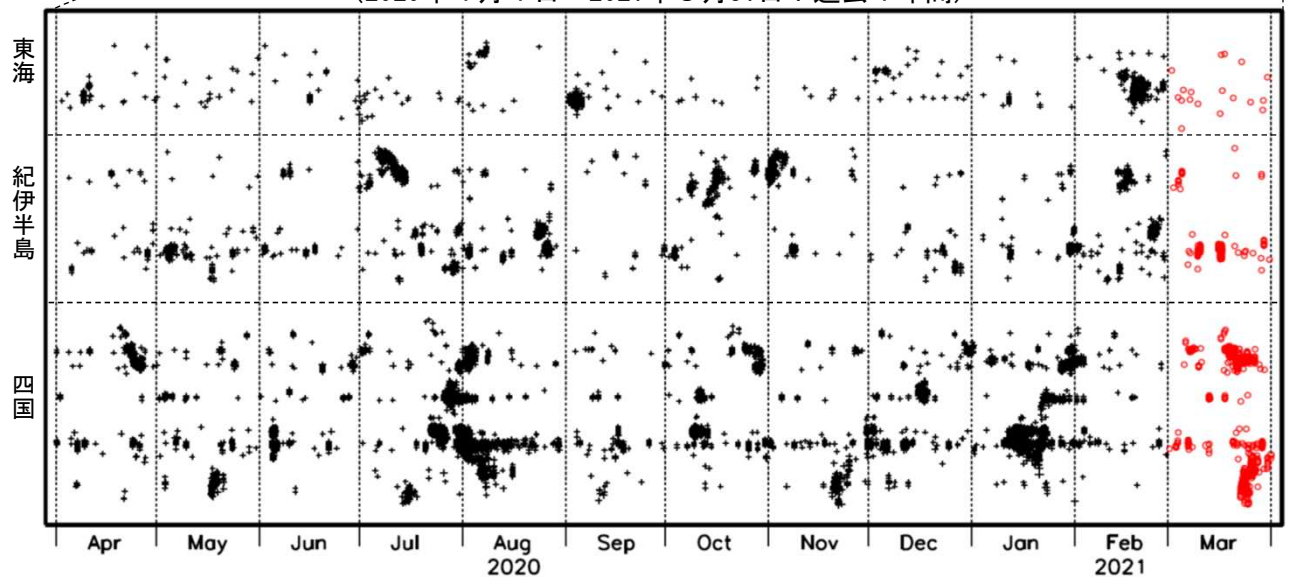
震央分布図（2011年4月1日～2021年3月31日：過去10年間
2021年3月1日以降の震源を○で表示）



上図領域a内の時空間分布図（A-B投影） ※2018年3月22日



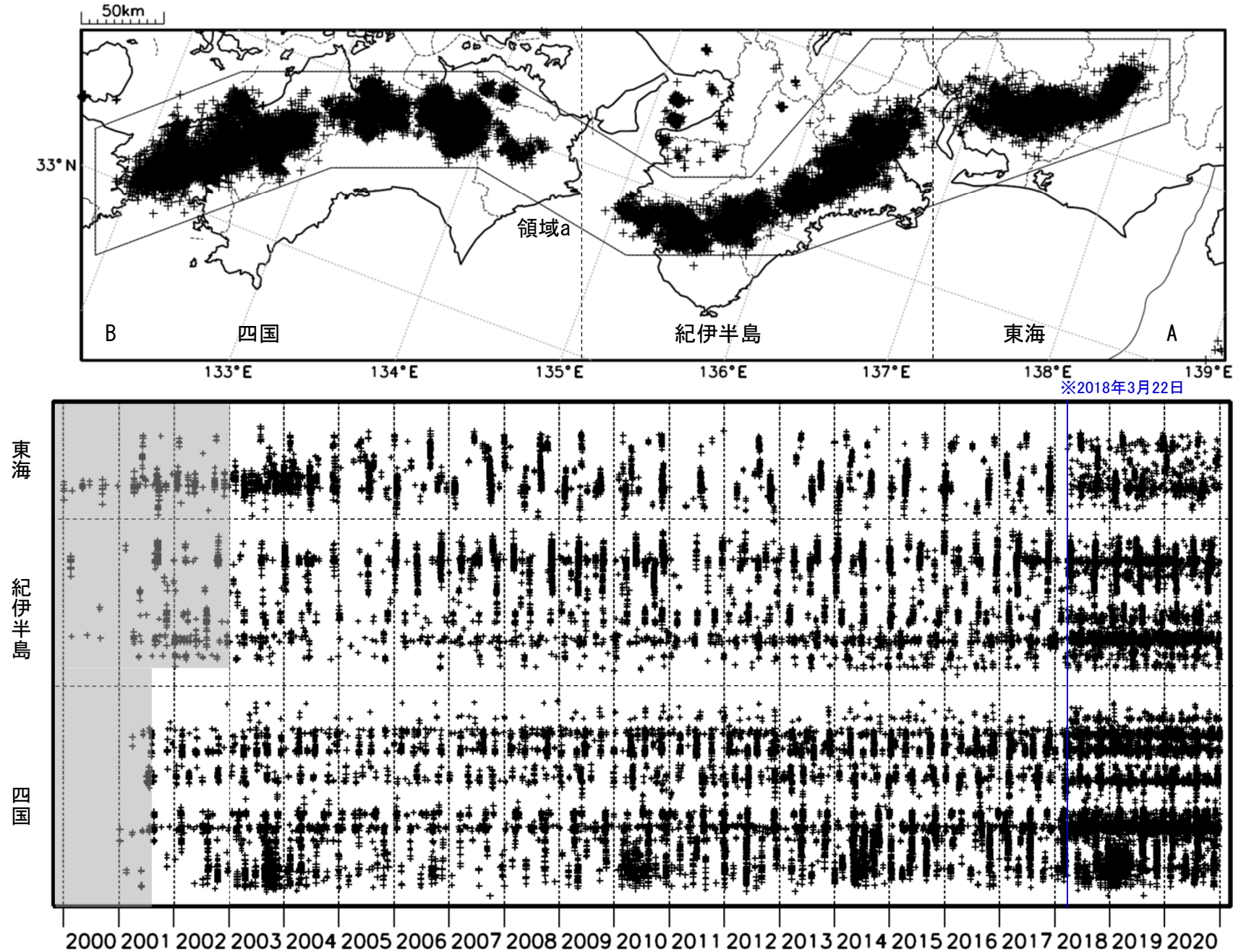
（2020年4月1日～2021年3月31日：過去1年間）



※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。

深部低周波地震（微動）活動（2000年1月1日～2020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。

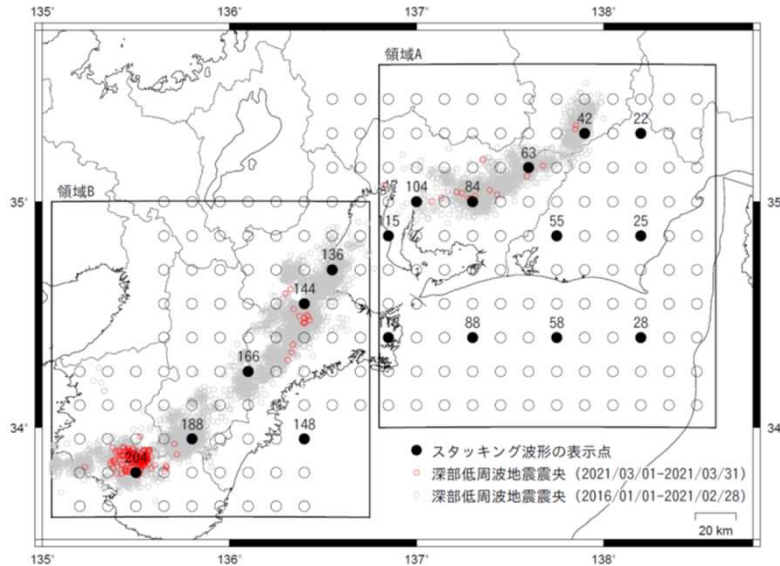


※2018年3月22日から、深部低周波地震（微動）の処理方法の変更（Matched Filter法の導入）により、それ以前と比較して検知能力が変わっている。
 ※時空間分布図中、灰色の期間は、それ以降と比較して十分な検知能力がなかったことを示す。

スタッキング波形によるプレート境界のすべりの監視

下図に示した監視点のスタッキングデータにおいて今期間に以下の点で短期的ゆっくりすべりによる有意な変化を検出した。

204番等, 3月17日~18日 Mw5.4



スタッキング波形は、上図の各監視点について、宮岡・横田(2012)の手法により、気象庁、静岡県、国立研究開発法人産業技術総合研究所のひずみ計データを基に作成している。

48時間階差のスタッキングデータのS/N比と、元データの観測値と理論値の一致度から有意な変化を検出し、規模を推定している。

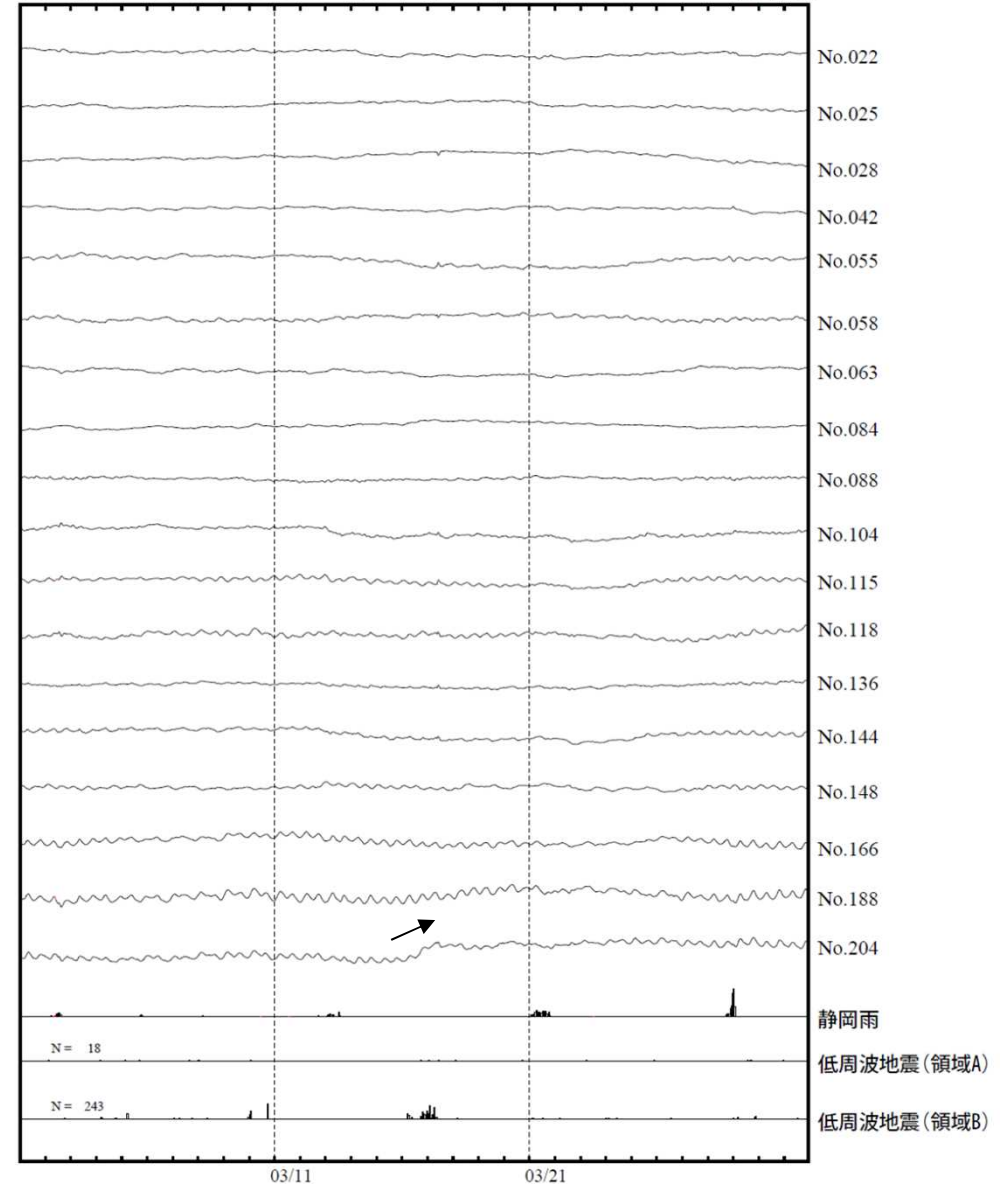
(参考)

- ・宮岡一樹・横田崇(2012): 地殻変動検出のためのスタッキング手法の開発, 地震, 2, 65, 205-218.
- ・露木貴裕・他(2017): 新しい地震活動等総合監視システム(EPOS)における地殻変動監視手法の改善, 験震時報, 81, 5.

スタッキング波形

表示期間: 2021/03/01.00:00 - 2021/03/31.23:00

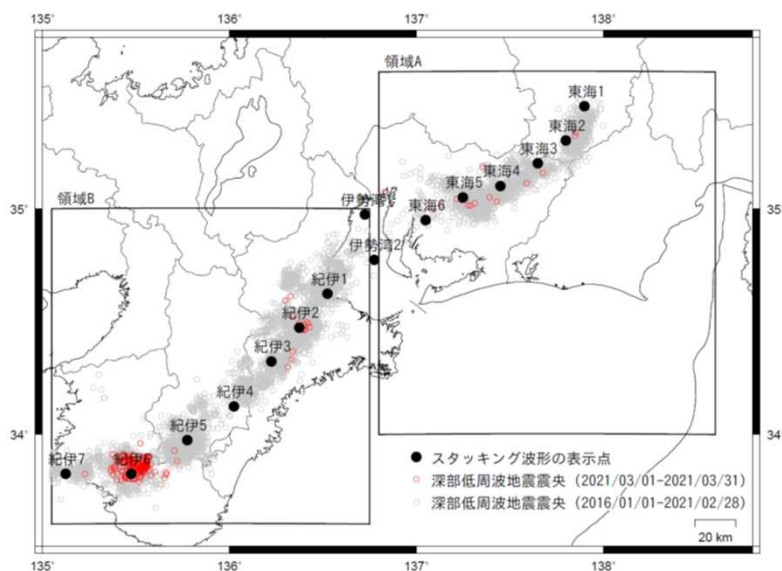
↑ 100 nstrain
50 nm/hour
50 回/hour



気象庁作成

スタッキング波形による短期的ゆっくりすべりの監視

3月は下図に示した監視点のスタッキングデータにおいて、短期的ゆっくりすべりによる有意な変化を検出しなかった。



スタッキング波形は、上図の各監視点について、宮岡・横田(2012)の手法により、気象庁、静岡県、国立研究開発法人産業技術総合研究所のひずみ計データを基に作成している。

48時間階差のスタッキングデータのS/N比と、元データの観測値と理論値の一致度から有意な変化を検出し、規模を推定している。

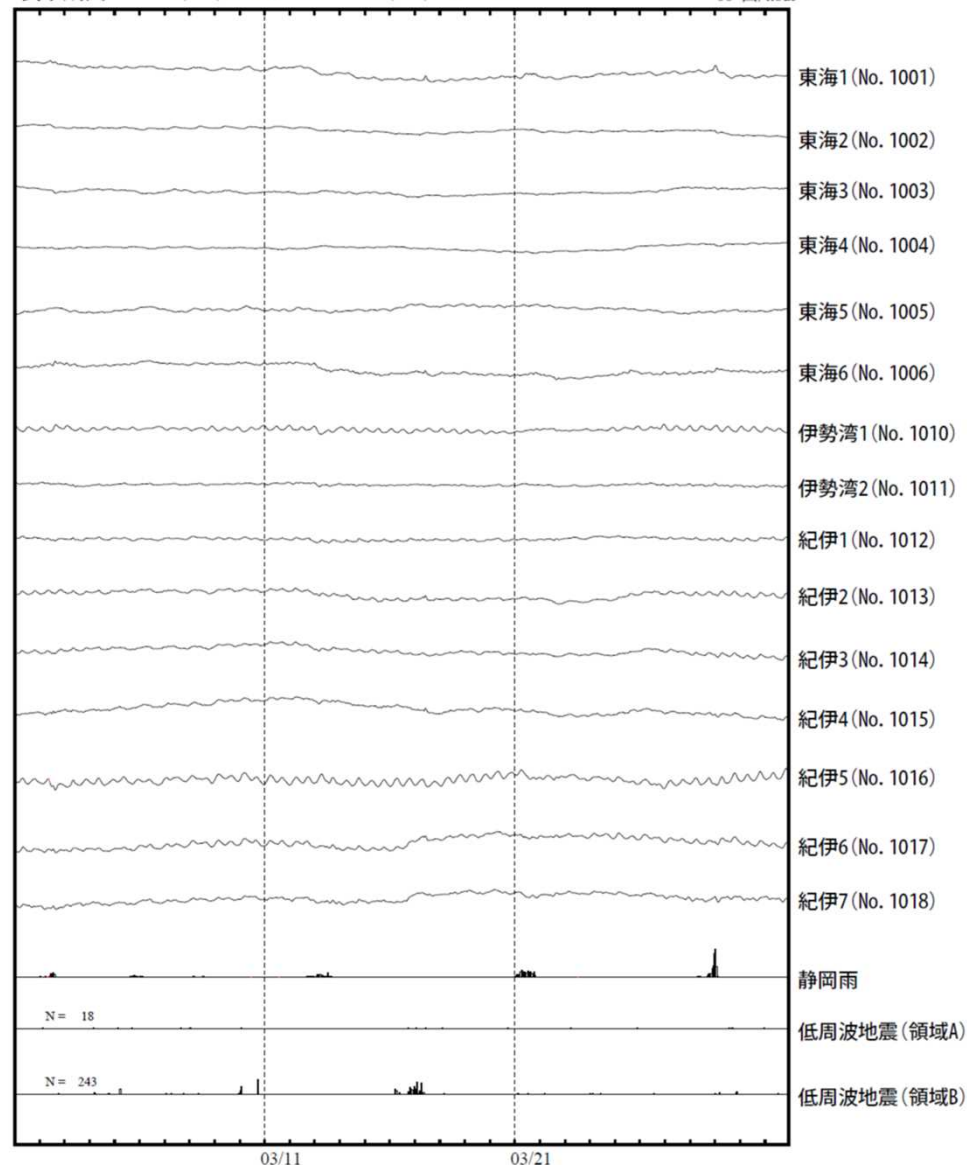
(参考)

- ・宮岡一樹・横田崇(2012): 地殻変動検出のためのスタッキング手法の開発, 地震, 2, 65, 205-218.
- ・露木貴裕・他(2017): 新しい地震活動等総合監視システム(EPOS)における地殻変動監視手法の改善, 験震時報, 81, 5.

スタッキング波形

表示期間: 2021/03/01.00:00 - 2021/03/31.23:00

↑ 100 nstrain
50 mm/hour
50 回/hour



気象庁作成

紀伊半島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

3月16日から17日にかけて紀伊半島西部で深部低周波地震(微動)を観測した。

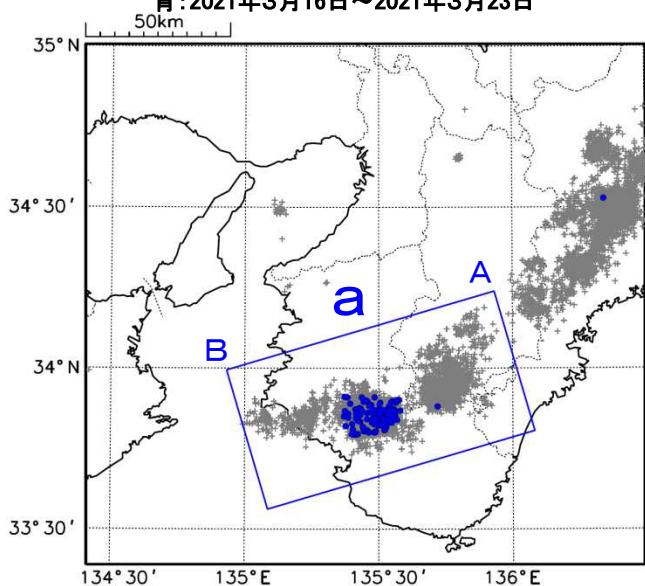
深部低周波地震(微動)活動とほぼ同期して、周辺に設置されている複数のひずみ計で地殻変動を観測している。これらは、短期的ゆっくりすべりに起因すると推定される。

深部低周波地震(微動)活動

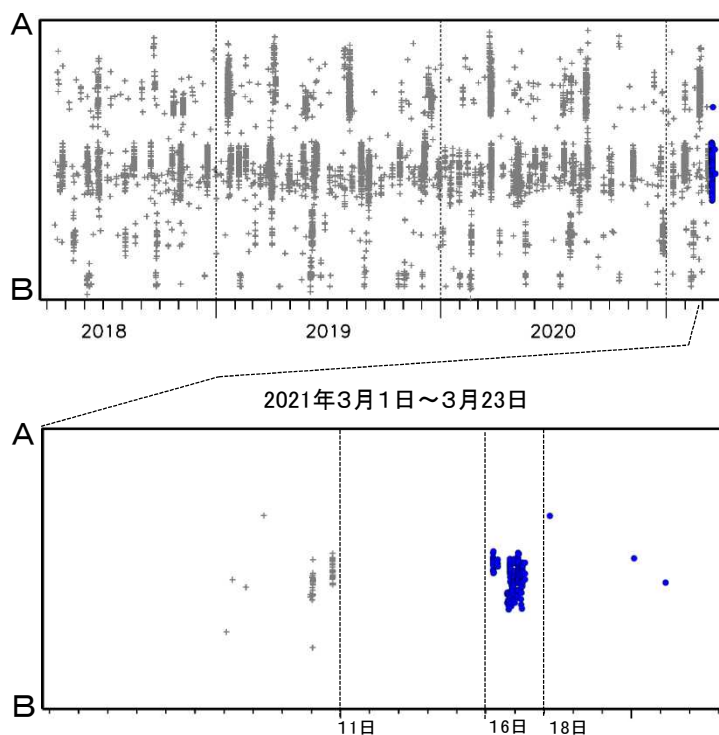
震央分布図(2018年4月1日~2021年3月23日、
深さ0~60km、Mすべて)

灰:2018年4月1日~2021年03月15日、

青:2021年3月16日~2021年3月23日

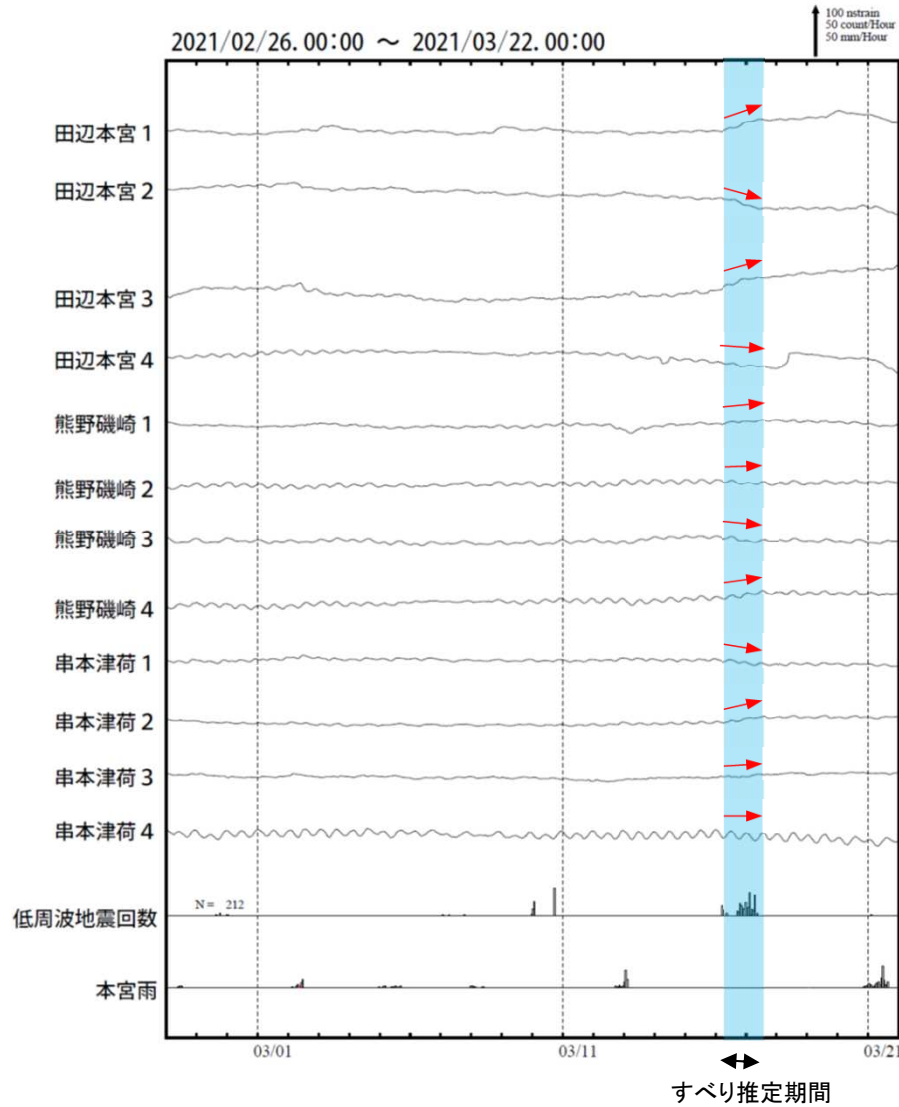


震央分布図の領域a内の時空間分布図(A-B投影)

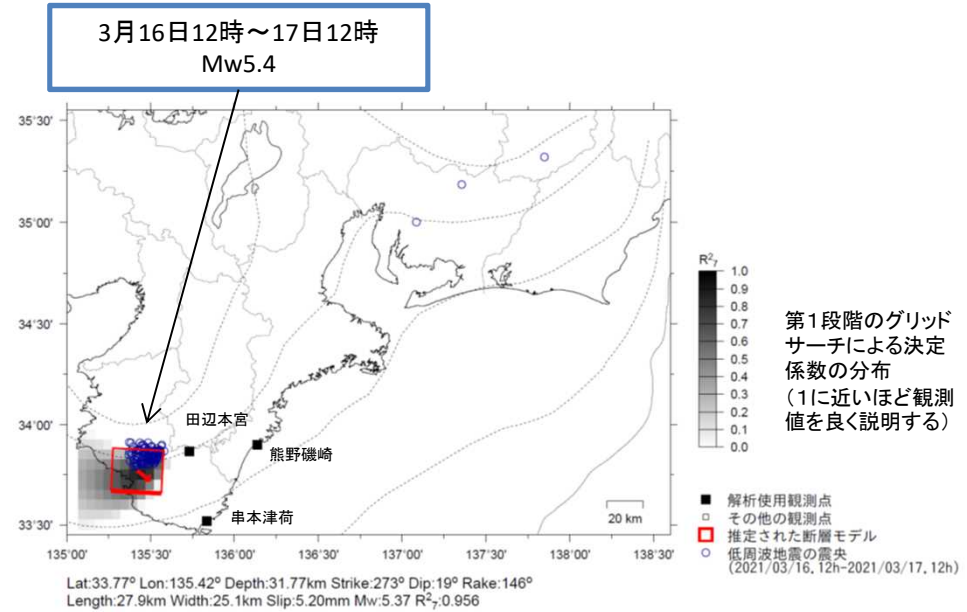


紀伊半島西部で観測した短期的ゆっくりすべり(3月16日～17日)

三重県から和歌山県で観測されたひずみ変化



田辺本宮、熊野磯崎及び串本津荷は産業技術総合研究所のひずみ計である。



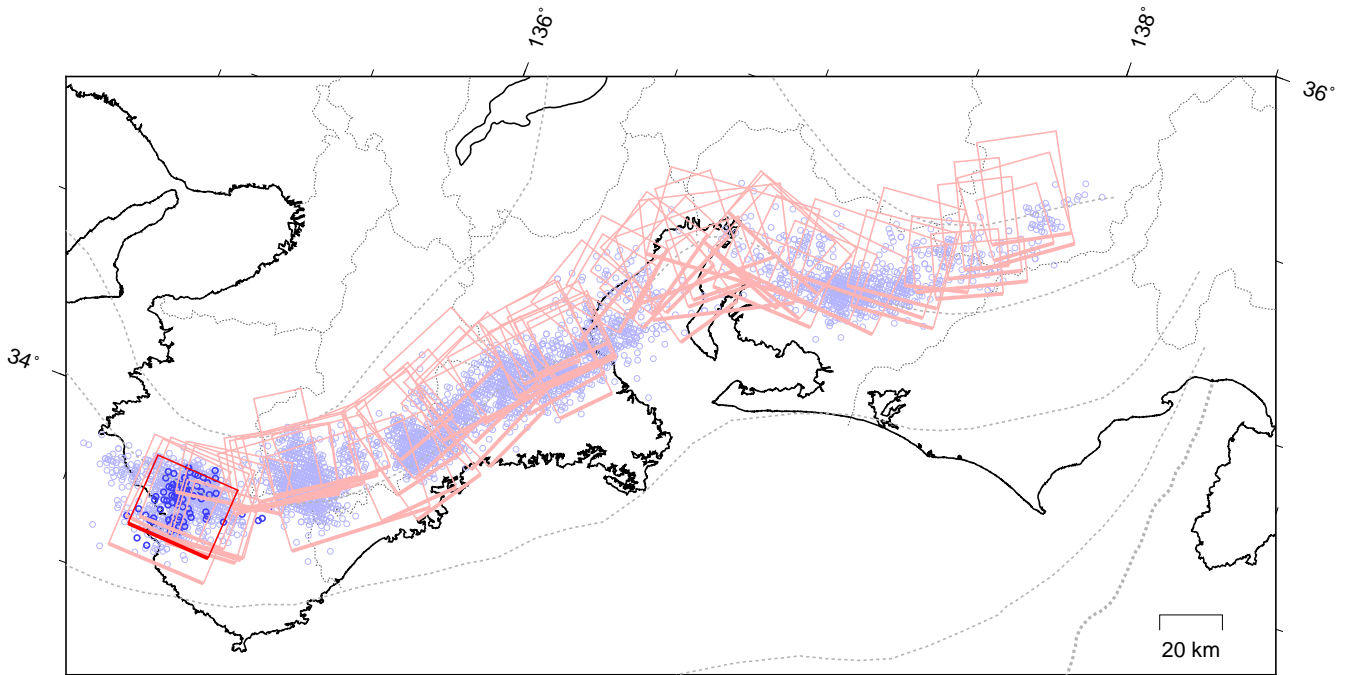
左図に観測されたひずみ観測点での変化量を元にすべり推定を行ったところ、低周波地震とほぼ同じ場所にすべり域が求まった。

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

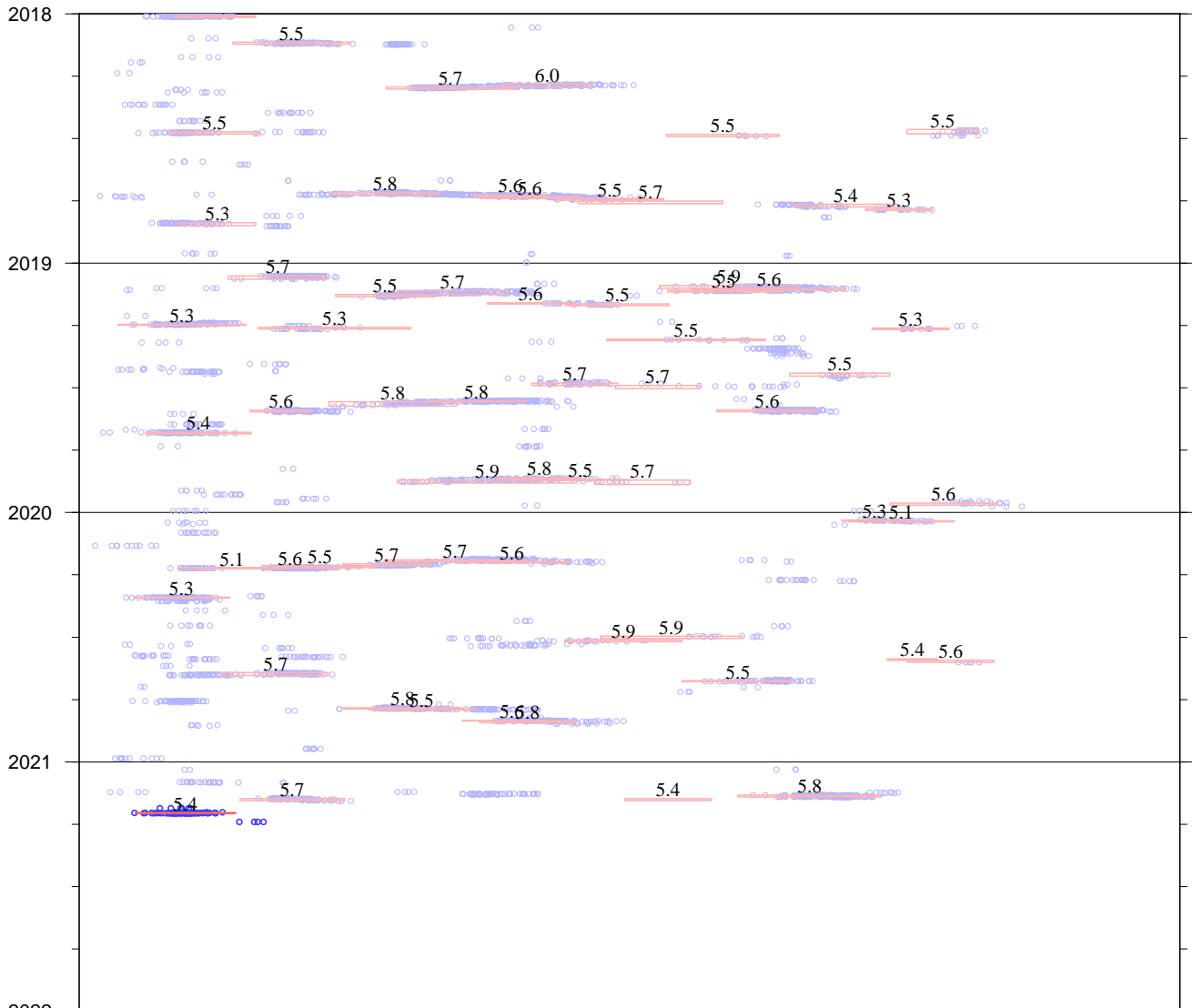
2018年1月1日～2021年3月31日

(2021年3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。

気象庁作成

四国の深部低周波地震(微動)活動と短期的ゆっくりすべり

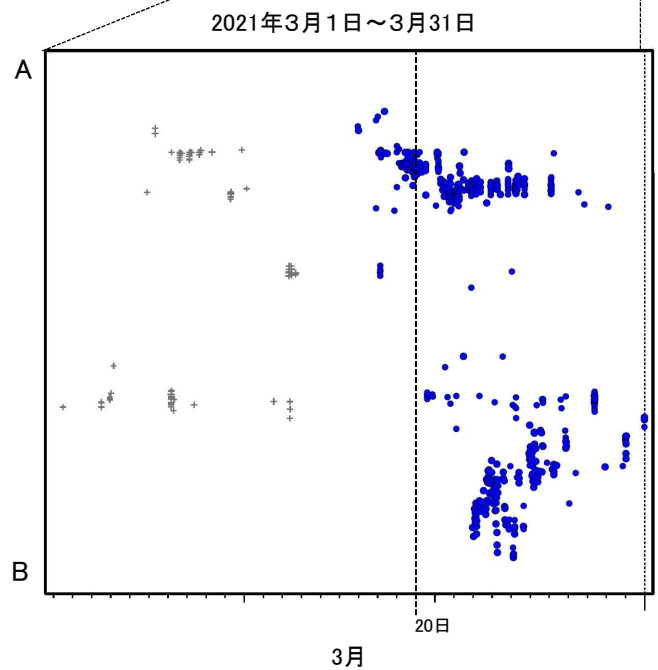
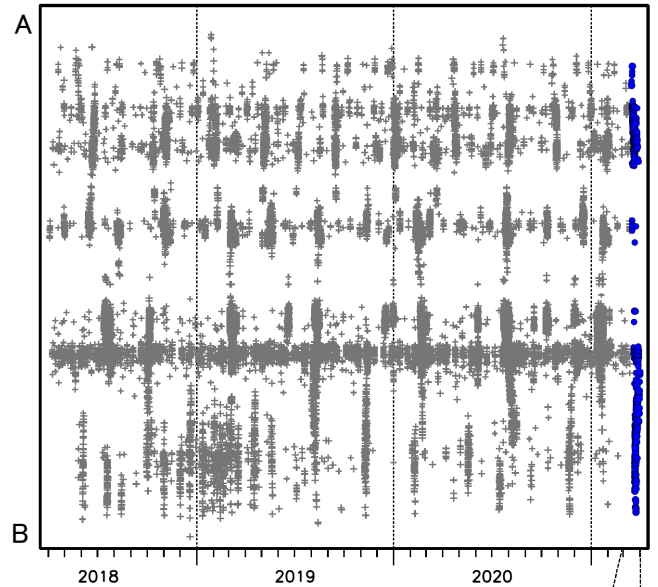
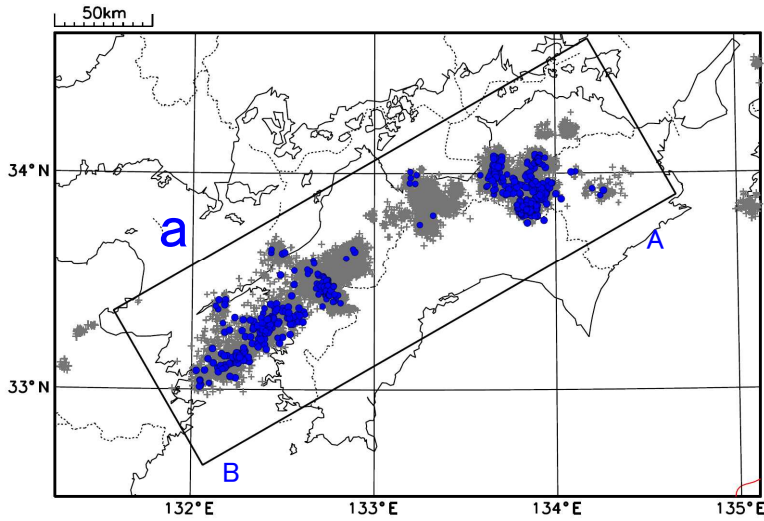
3月20日から四国西部で深部低周波地震(微動)を観測している。
深部低周波地震(微動)活動とほぼ同期して、周辺に設置されている複数のひずみ計で地殻変動を観測している。これらは、短期的ゆっくりすべりに起因すると推定される。

深部低周波地震(微動)活動

震央分布図(2018年4月1日~2021年3月31日、
深さ0~60km、Mすべて)

灰:2018年4月1日~2021年3月15日、
青:3月16日~3月31日

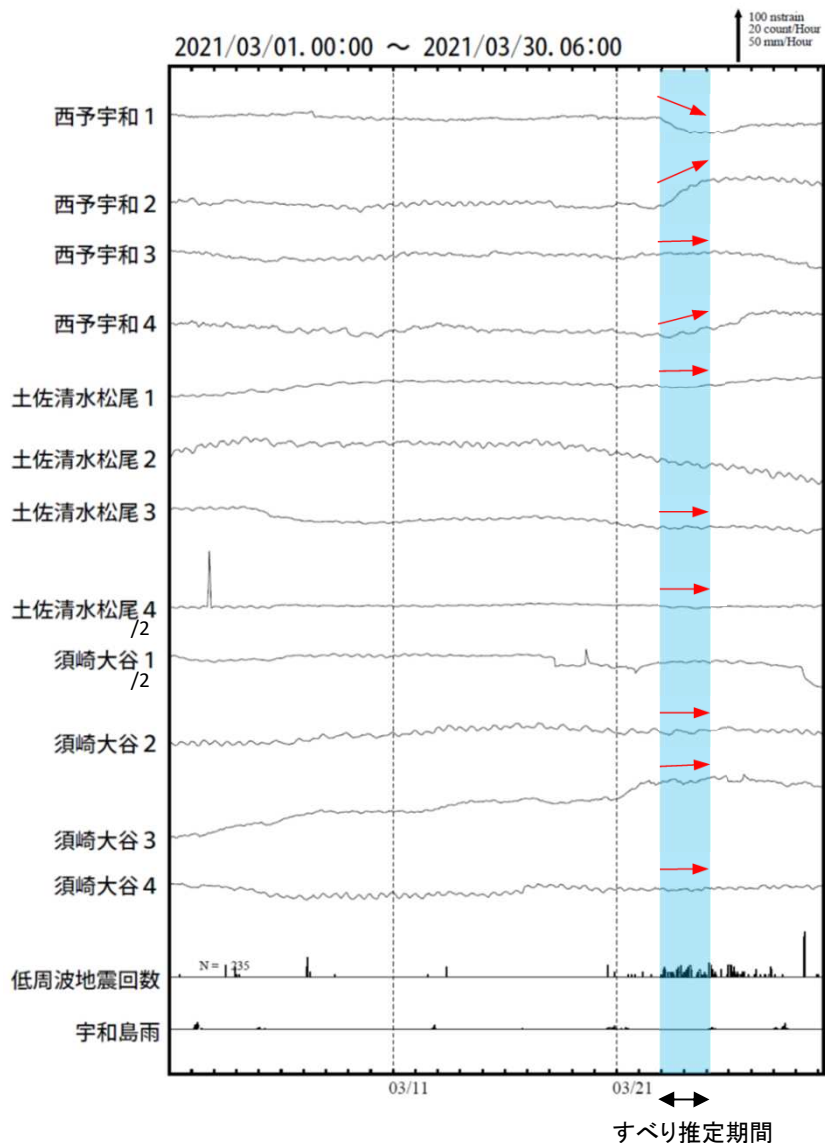
震央分布図の領域a内の時空間分布図(A-B投影)



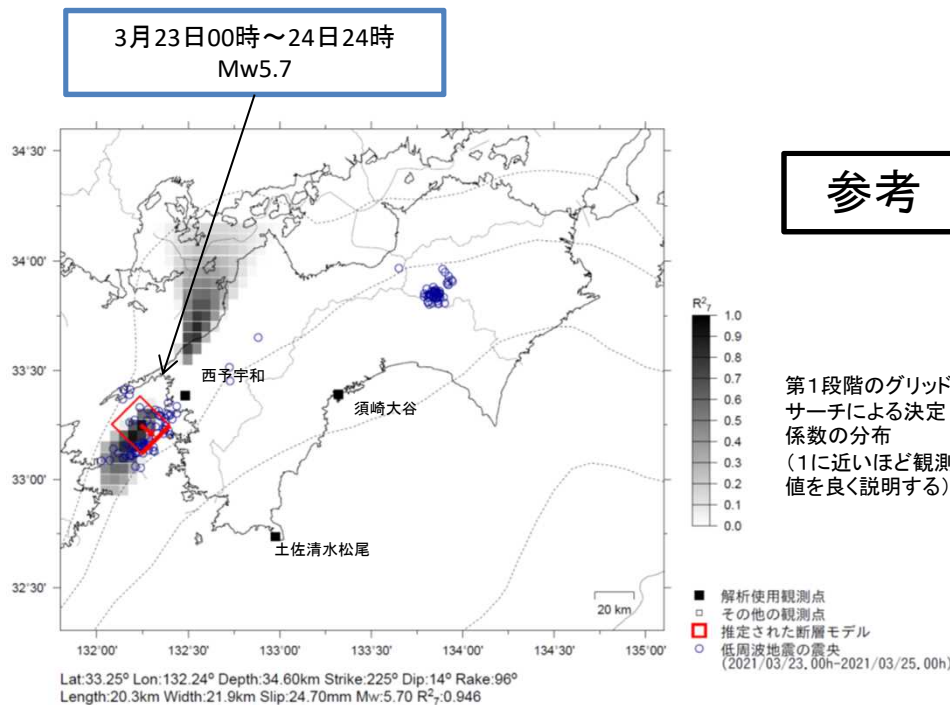
気象庁作成

四国西部で観測した短期的ゆっくりすべり(3月23日～24日)

愛媛県から高知県で観測されたひずみ変化



西予宇和、土佐清水松尾及び須崎大谷は産業技術総合研究所のひずみ計である。



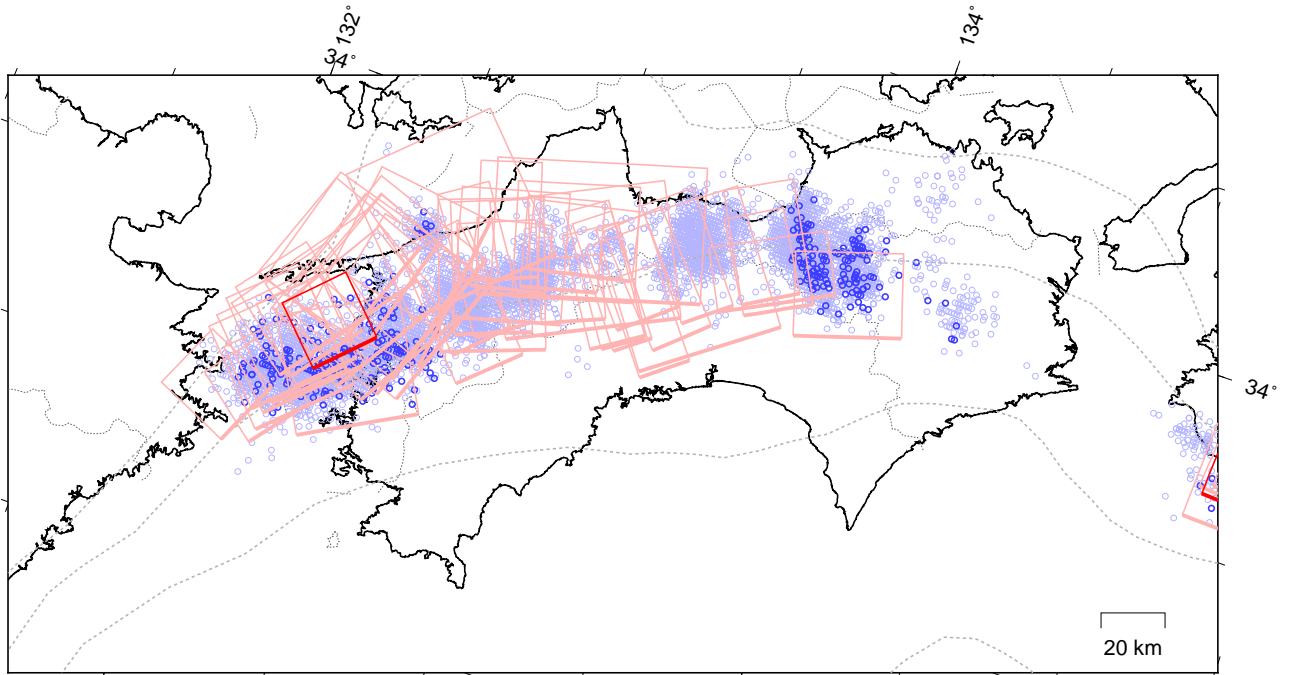
左図に観測されたひずみ観測点での変化量を元にすべり推定を行ったところ、低周波地震とほぼ同じ場所にすべり域が求まった。

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 短期的ゆっくりすべりの活動状況

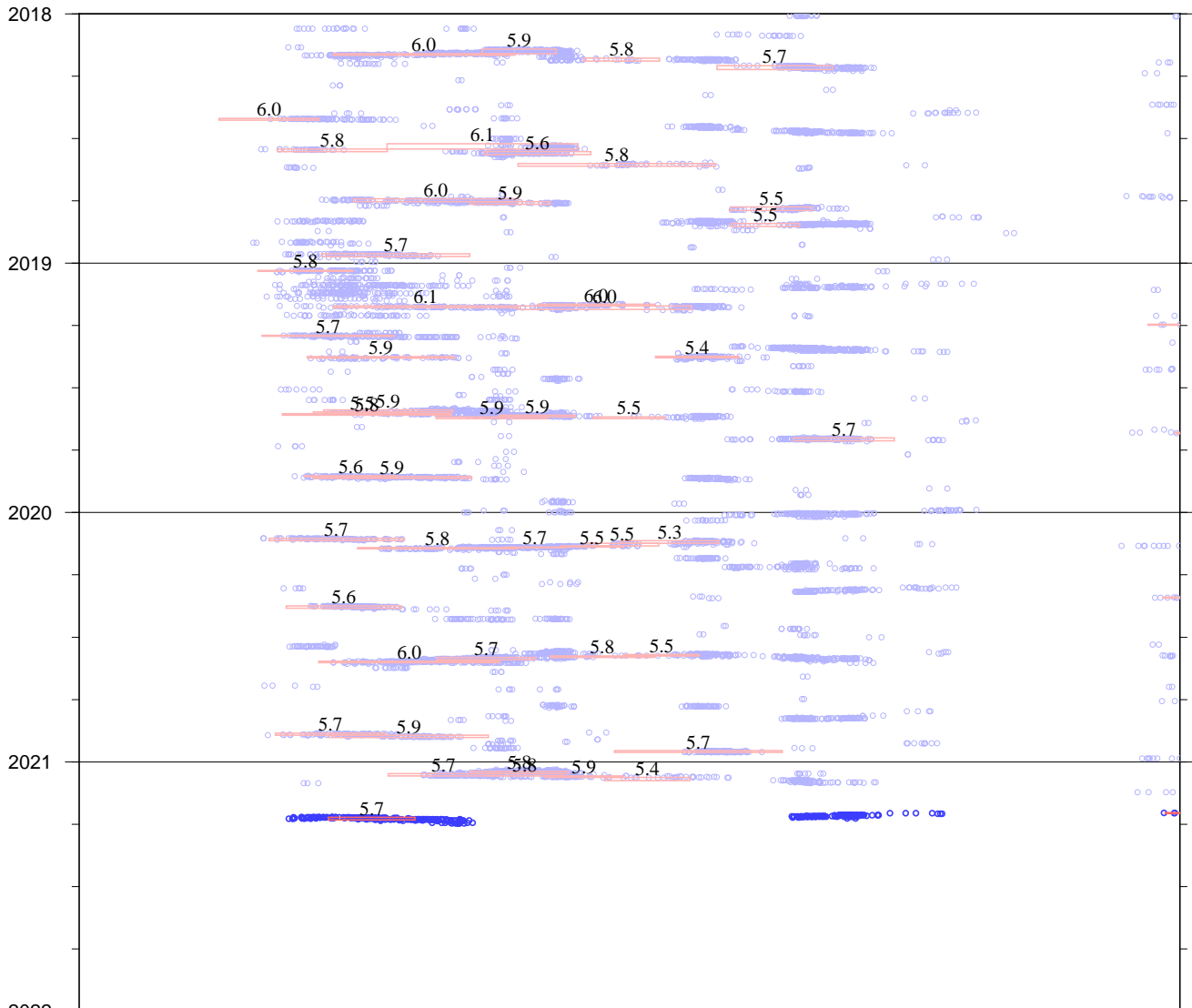
2018年1月1日～2021年3月31日

(2021年3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、産業技術総合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。

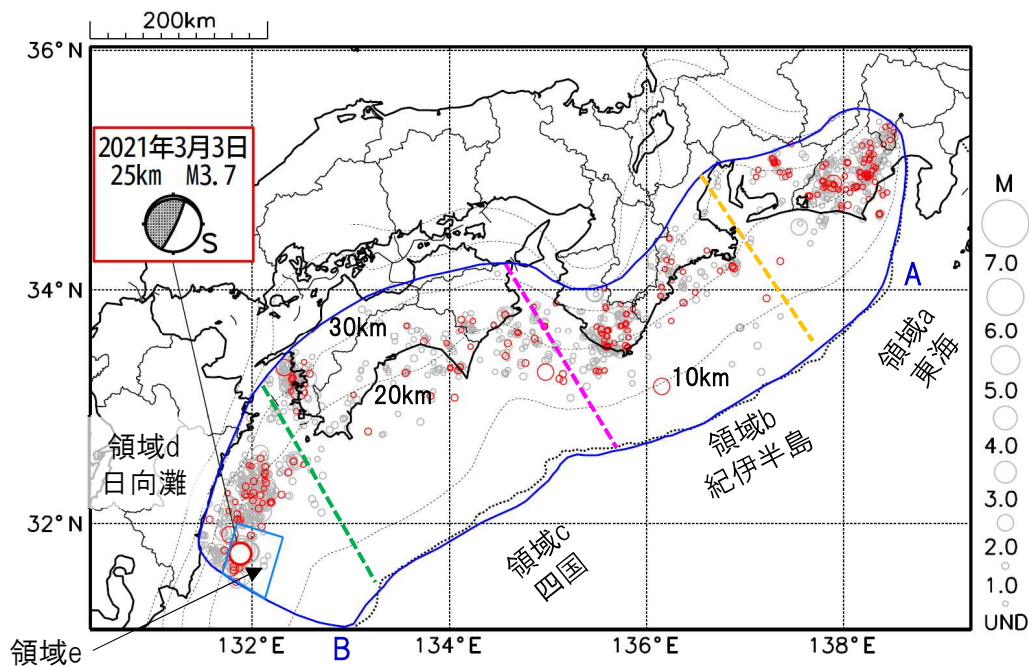
気象庁作成

プレート境界とその周辺の地震活動

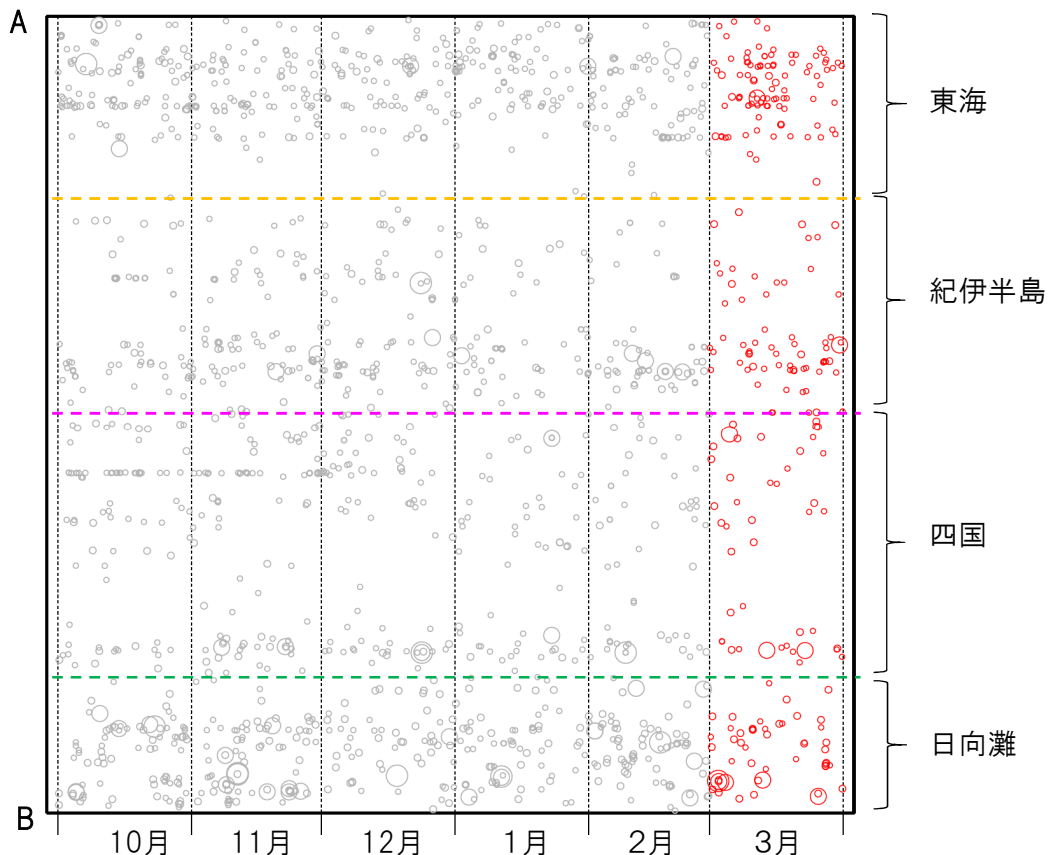
フィリピン海プレート上面の深さから±6km未満の地震を表示している。
日向灘の領域e内のみ、深さ20km～30kmの地震を追加している。

震央分布図

(2020年10月1日～2021年3月31日、M全て、2021年3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。

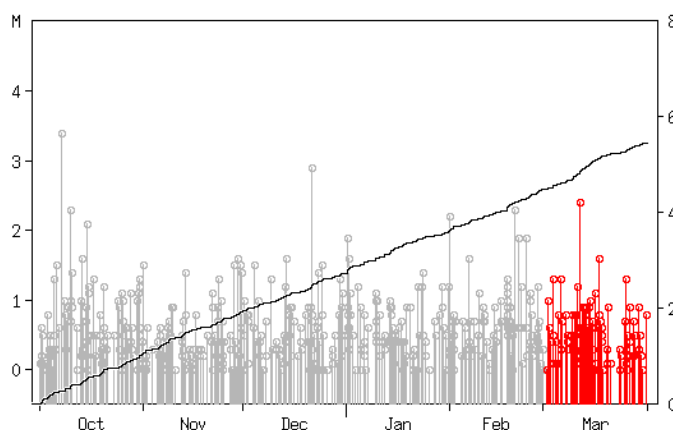
気象庁作成

プレート境界とその周辺の地震活動

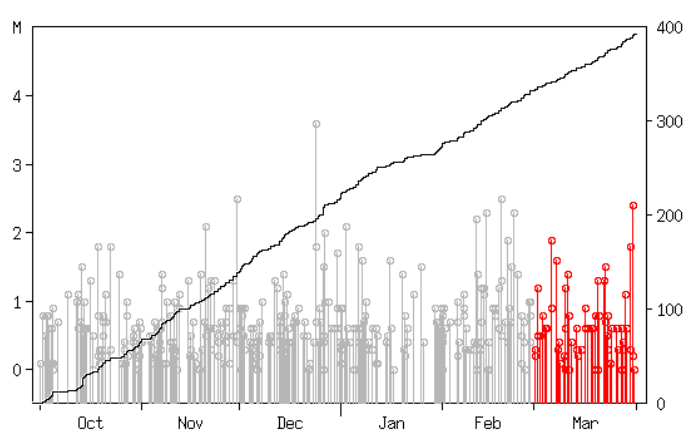
フィリピン海プレート上面の深さから±6km未満の地震を表示している。

震央分布図の各領域内のMT図・回数積算図

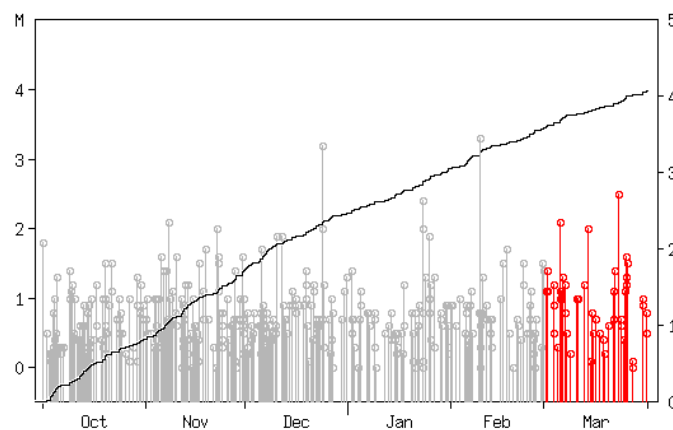
領域a内(東海)



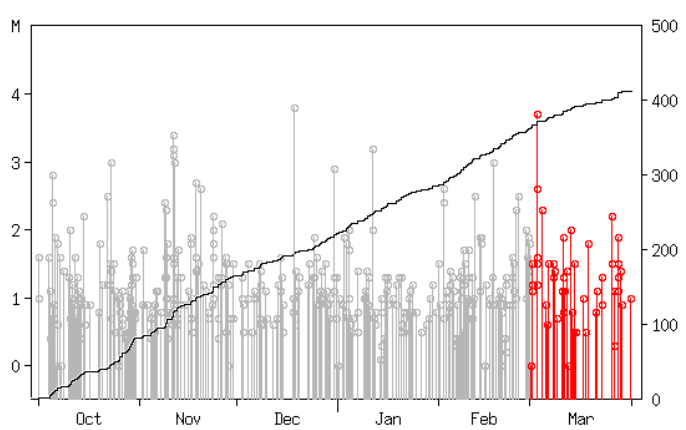
領域b内(紀伊半島)



領域c内(四国)



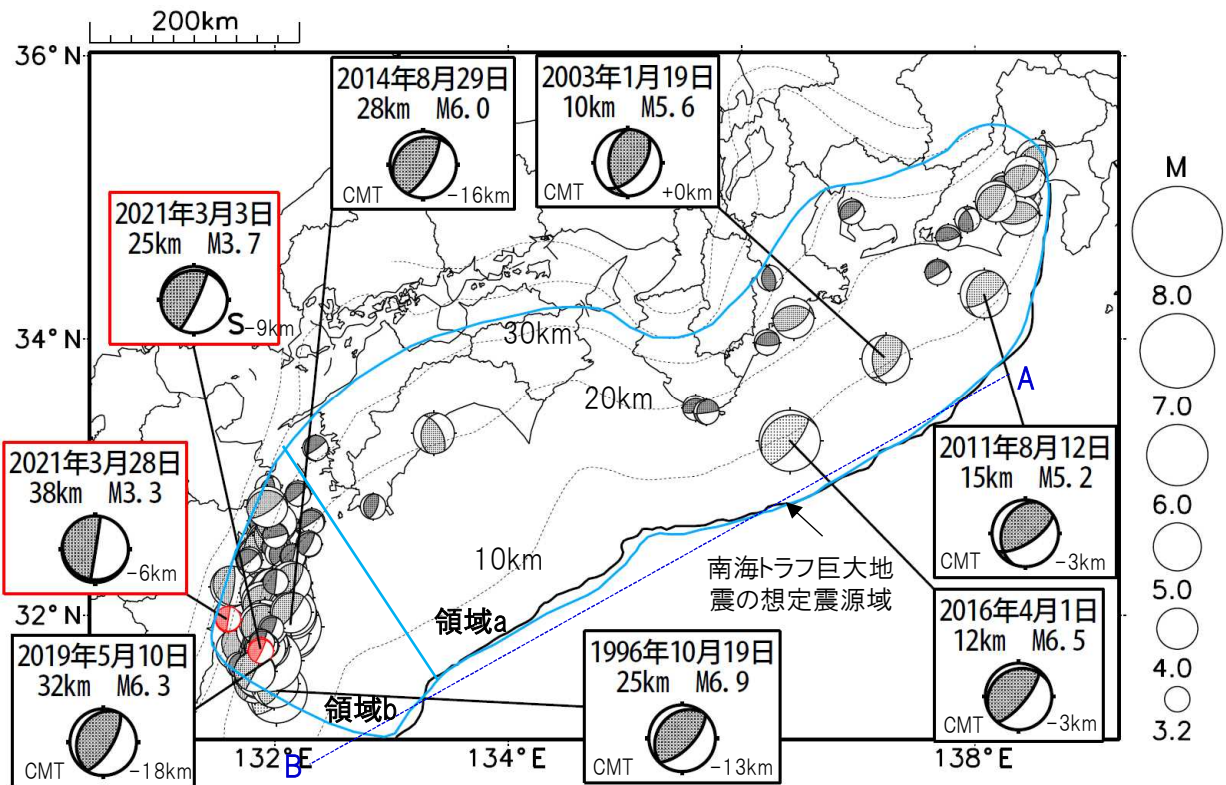
領域d内(日向灘)



※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。

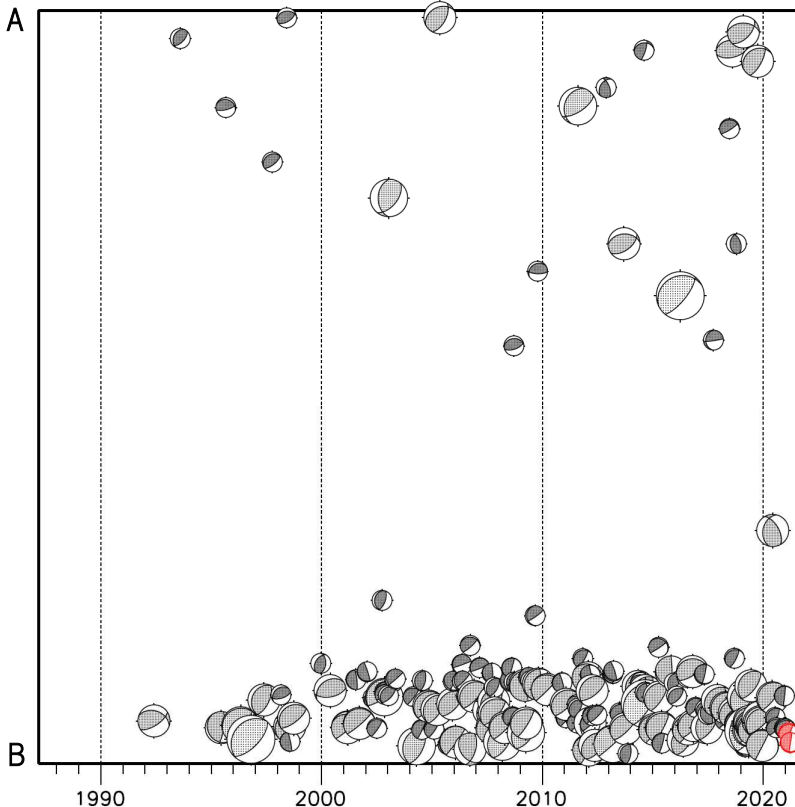
想定南海トラフ地震の発震機構解と類似の型の地震

震央分布図(1987年9月1日～2021年3月31日、M \geq 3.2、2021年3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。

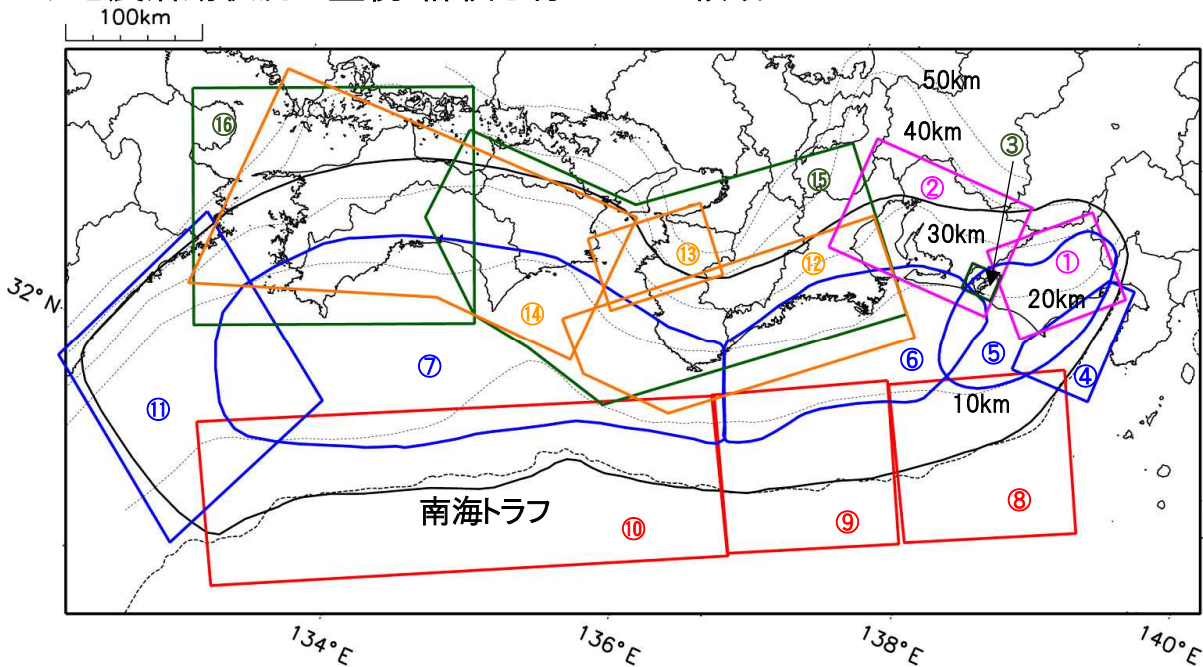
【抽出条件】

- ・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。

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状況

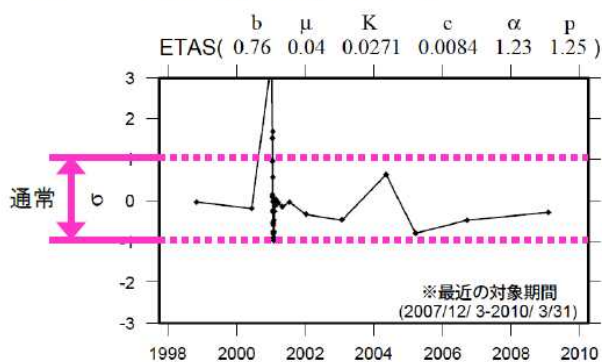
◆地震活動状況の監視・評価を行っている領域



- * 活動の監視・評価を行っている領域に番号を付している。
- * 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。
- * 黒色実線は、南海トラフ巨大地震の想定震源域を示す。

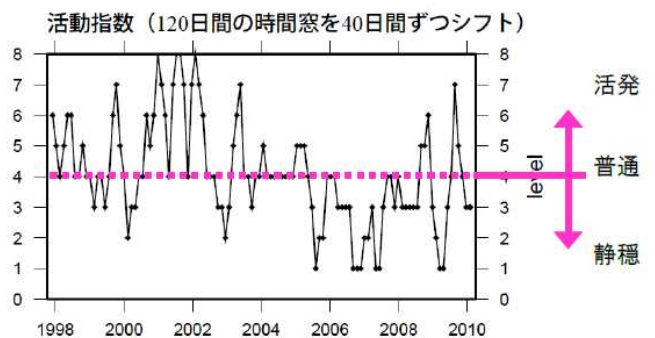
◆監視・評価に使用している指標等について

ETAS(σ 値) …理論上の地震活動からのずれ

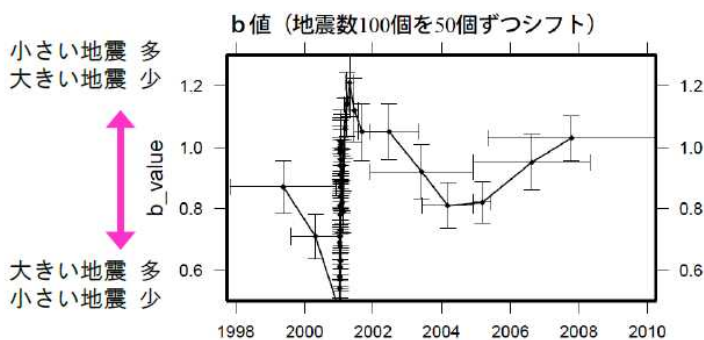


地震活動指数

…基準期間の活動と比較し、活発か静穏かを示す指標



b値 …地震の規模(M)の相対分布



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	

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

2021年3月31日

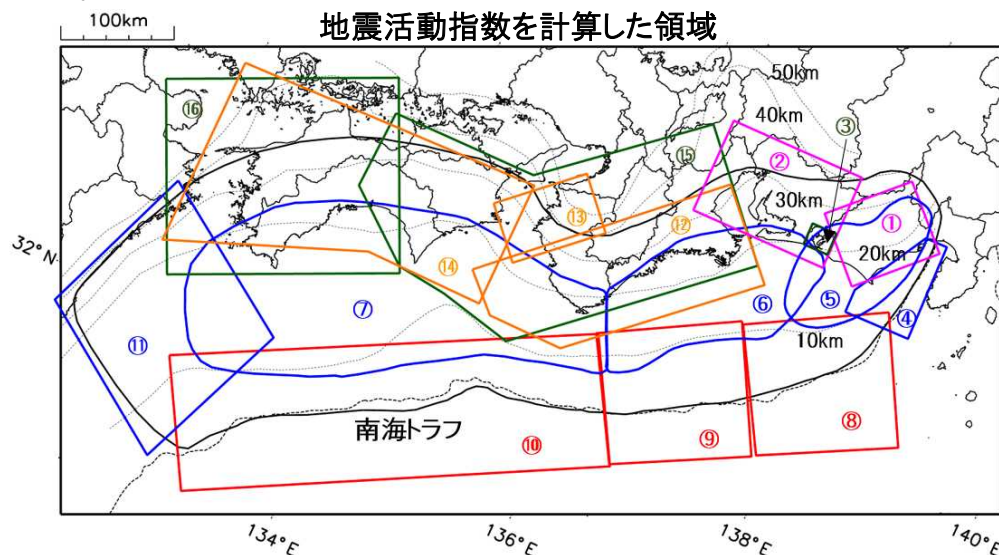
領域	①静岡県 中西部		②愛知県		③浜名湖 周辺	④駿河 湾	⑤ 東海	⑥東南 海	⑦ 南海
	地	プ	地	プ	プ	全	全	全	全
地震活動指数	3	4	6	4	6	5	2	2	4
平均回数	16.5	18.5	26.5	13.7	13.4	13.3	18.2	19.4	21.3
MLきい値	1.1		1.1		1.1	1.4	1.5	2.0	2.0
クラスタ 除去	距離	3km		3km		3km	10km	10km	10km
	日数	7日		7日		7日	10日	10日	10日
対象期間	60日	90日	60日	30日	360日	180日	90日	360日	90日
深さ	0~ 30km	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	0	5	4	2	3	3	4
平均回数	12.1	14.6	20.6	22.8	41.7	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3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

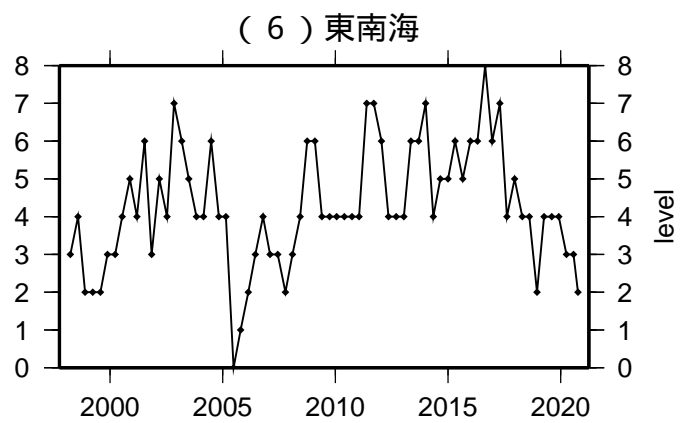
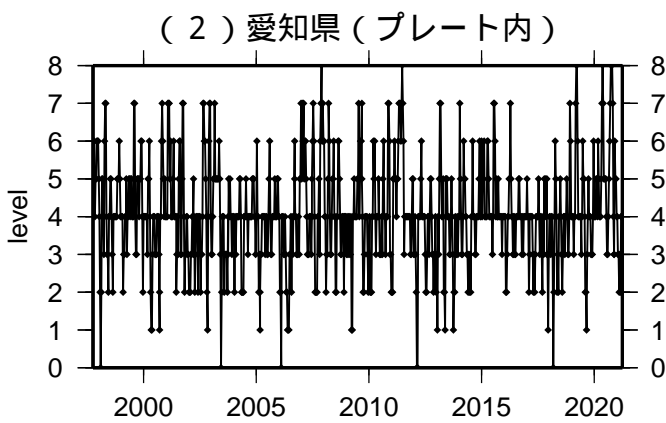
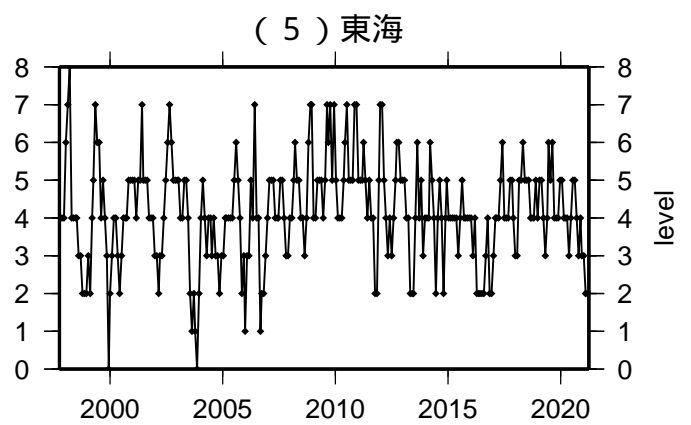
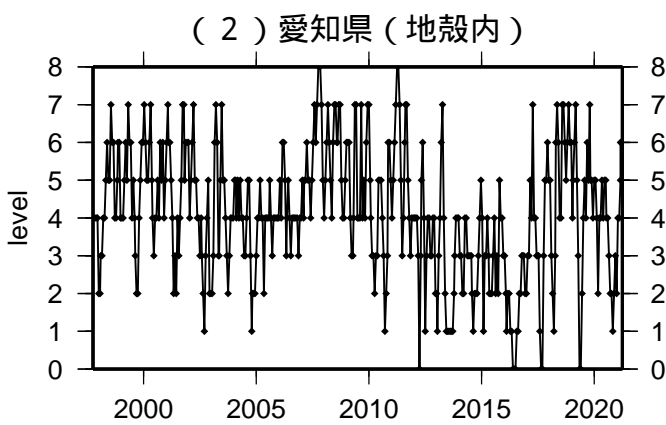
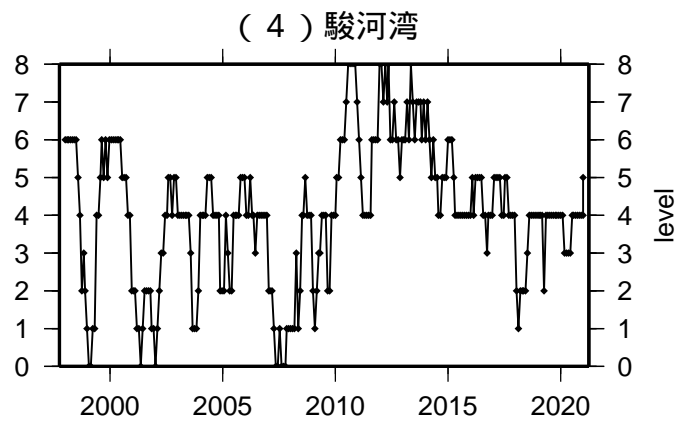
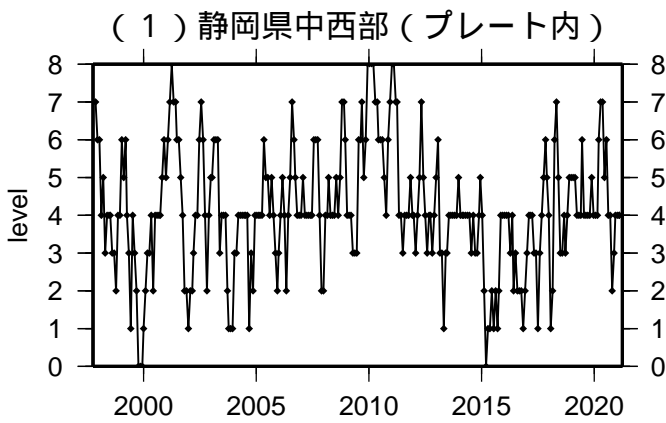
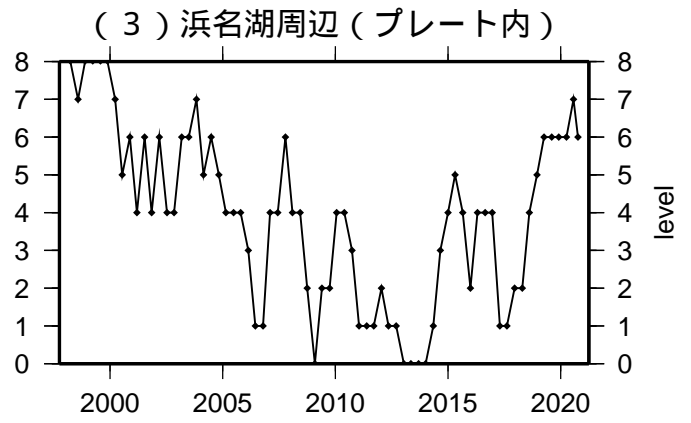
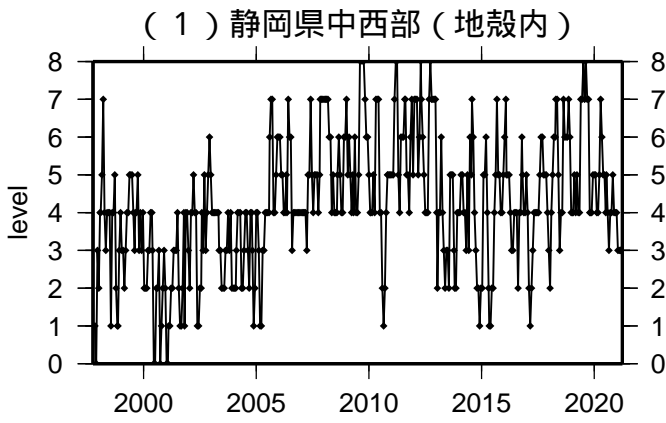
* 黒色実線は、南海トラフ巨大地震の想定震源域を示す。

* 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03月31日



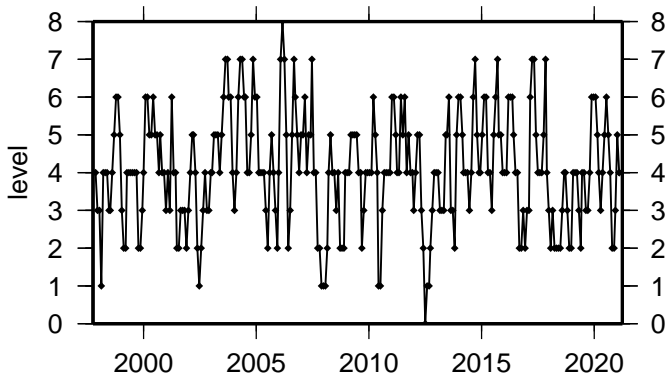
活動指数	0	1	2	3	4	5	6	7	8
確率 (%)	1	4	10	15	40	15	10	4	1
地震数	少	←	←	←	←	←	←	←	多

気象庁作成

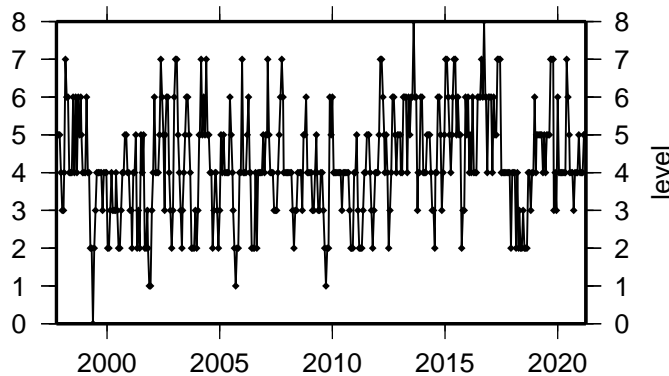
地震活動指数一覧

2021年03月31日

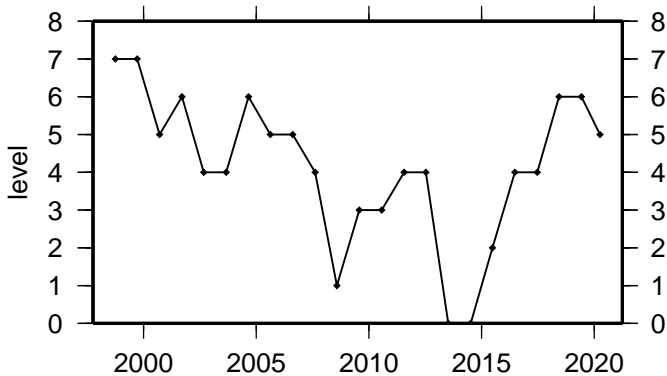
(7) 南海



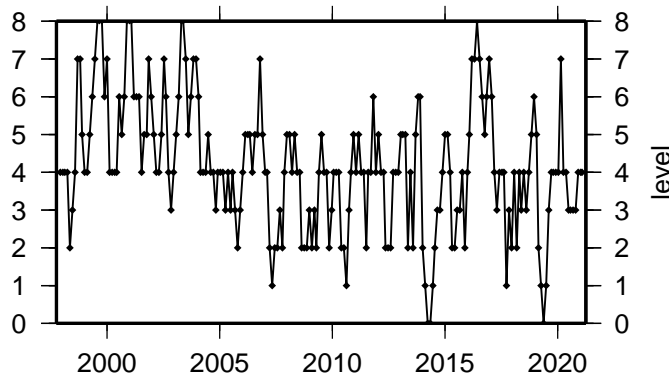
(11) 日向灘



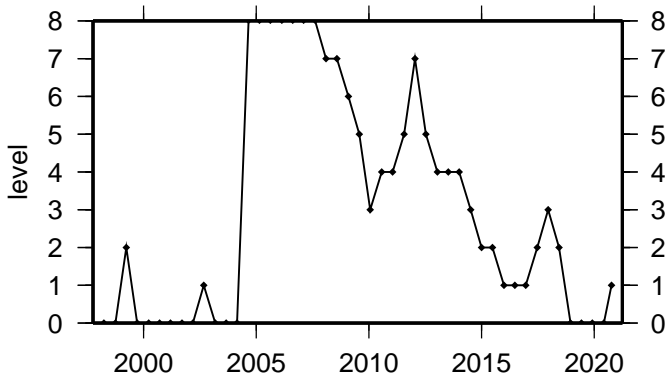
(8) 南海トラフ沿い(東側)



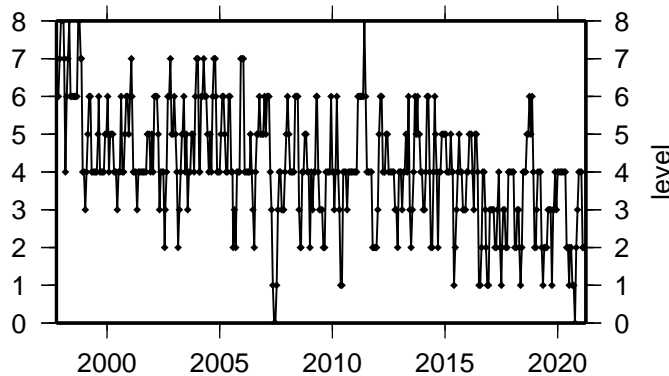
(12) 紀伊半島(地殻内)



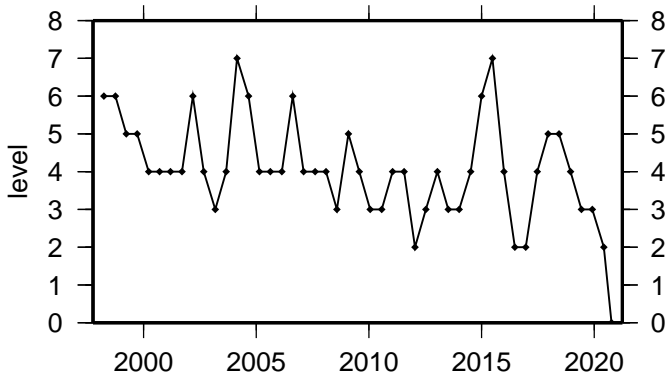
(9) 南海トラフ沿い(三重県沖)



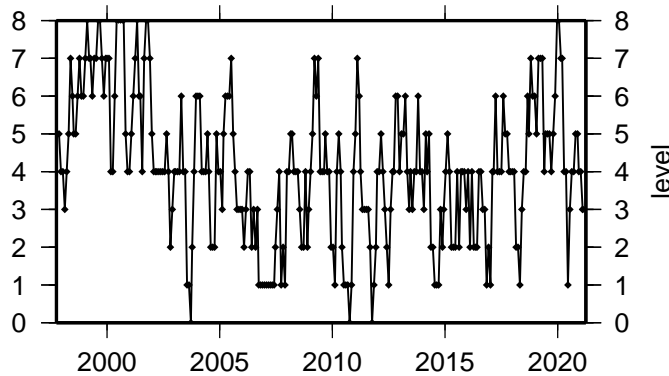
(13) 和歌山(地殻内)



(10) 南海トラフ沿い(西側)



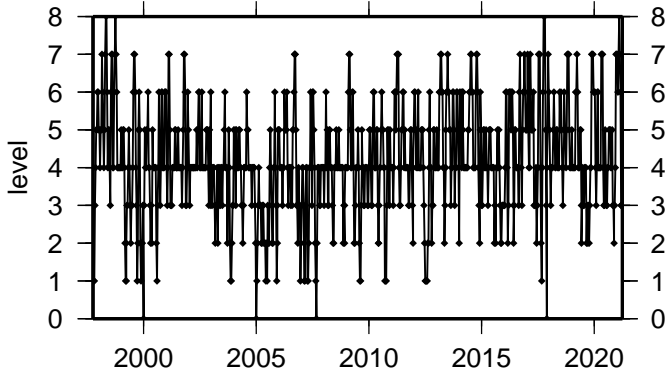
(14) 四国(地殻内)



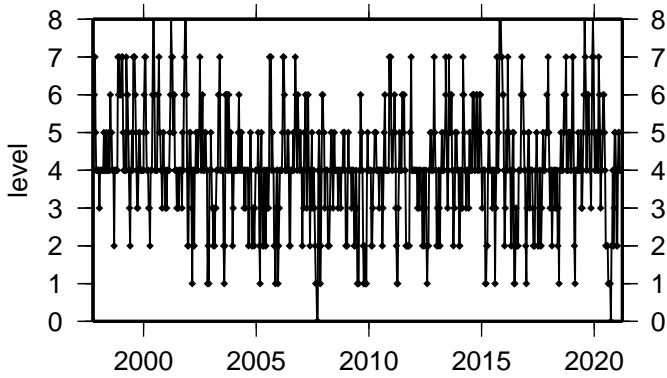
活動指数	0	1	2	3	4	5	6	7	8
確率(%)	1	4	10	15	40	15	10	4	1
地震数	少	←		平常	→		多		

気象庁作成

(15) 紀伊半島 (プレート内)



(16) 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					