

第 29 回 南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会
第 407 回 地震防災対策強化地域判定会

気 象 庁 資 料



令和 2 年 3 月 6 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2年2月1日～令和2年2月29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 |
|------|-------|------|------------|-----|----------|------|
| 2/9 | 06:58 | 遠州灘 | - | 3.7 | 1 | |
| 2/22 | 20:47 | 遠州灘 | - | 3.7 | 1 | |
| 2/28 | 05:41 | 日向灘 | 20 | 4.0 | 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 2月5日～8日 2月14日～16日 2月21日～24日 ■四国中部 <u>2月10日～24日</u> ・・・(2) ■四国西部 2月3日～4日 <u>2月6日～10日</u> ・・・(1) <u>2月18日～(継続中)</u> ・・・(2) | ■紀伊半島北部 2月5日 2月8日 ■紀伊半島中部 2月5日～6日 2月9日 2月23日～24日 ■紀伊半島西部 1月30日～2月1日 2月12日～14日 2月16日～19日 2月22日～23日 2月25日 | 2月20日～23日 2月26日～27日 |

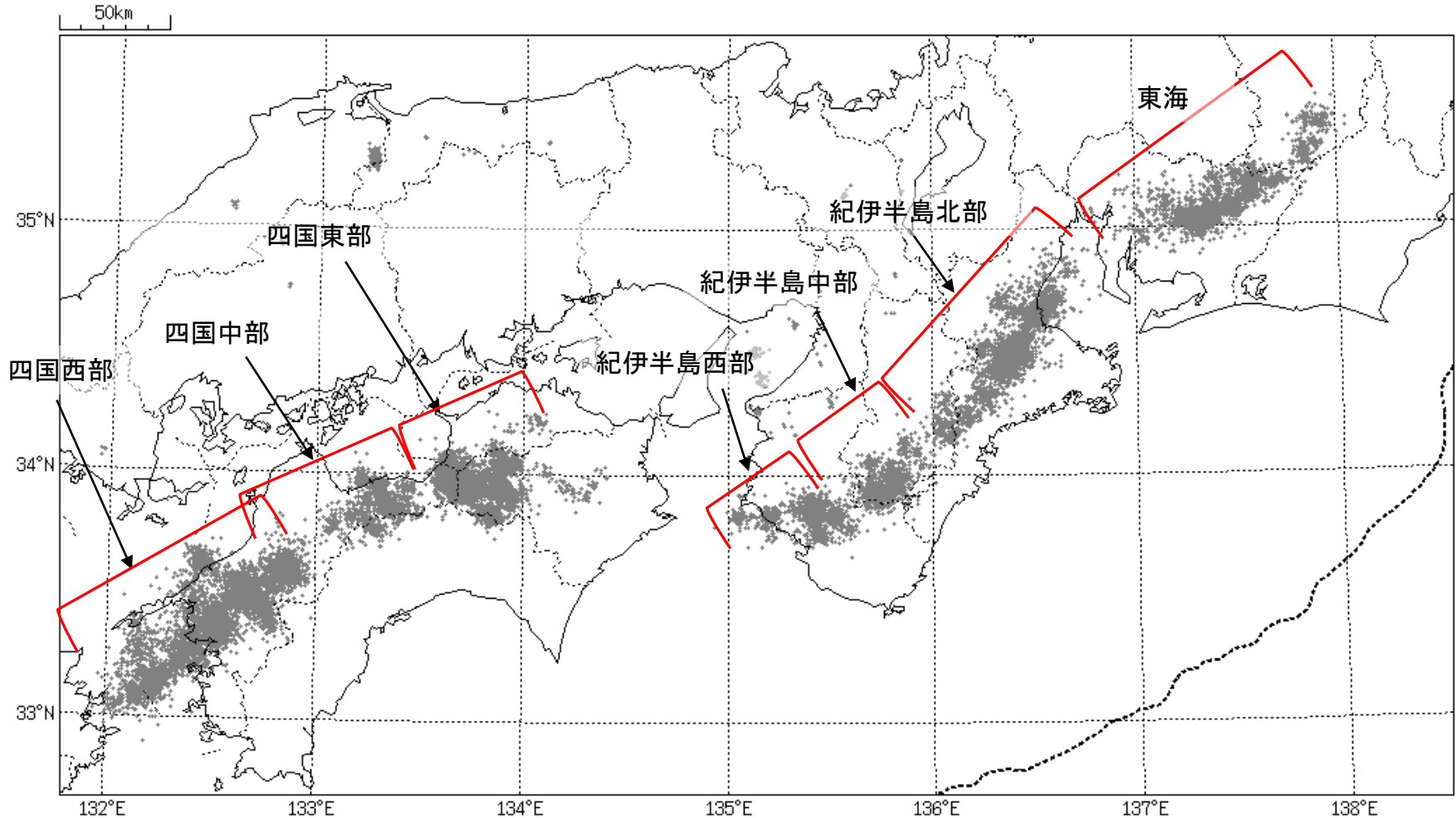
※深部低周波地震（微動）活動は、気象庁一元化震源を用い、地域ごとの一連の活動（継続日数2日以上または活動日数1日の場合で複数個検知したもの）について、活動した場所ごとに記載している。

※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。

気象庁作成

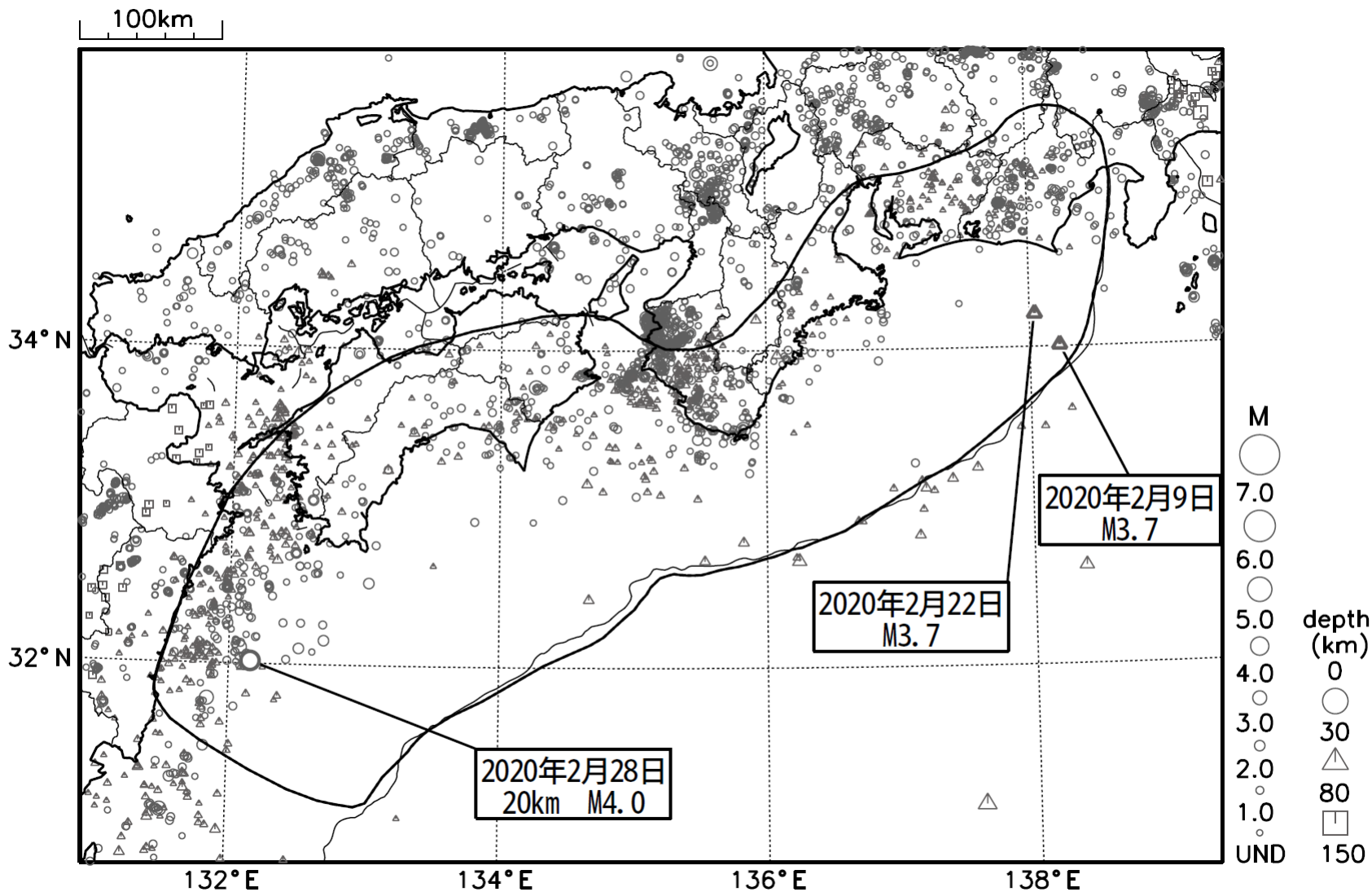
概況に記載している深部低周波地震(微動)の活動の場所



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(2020年2月1日~2019年2月29日)



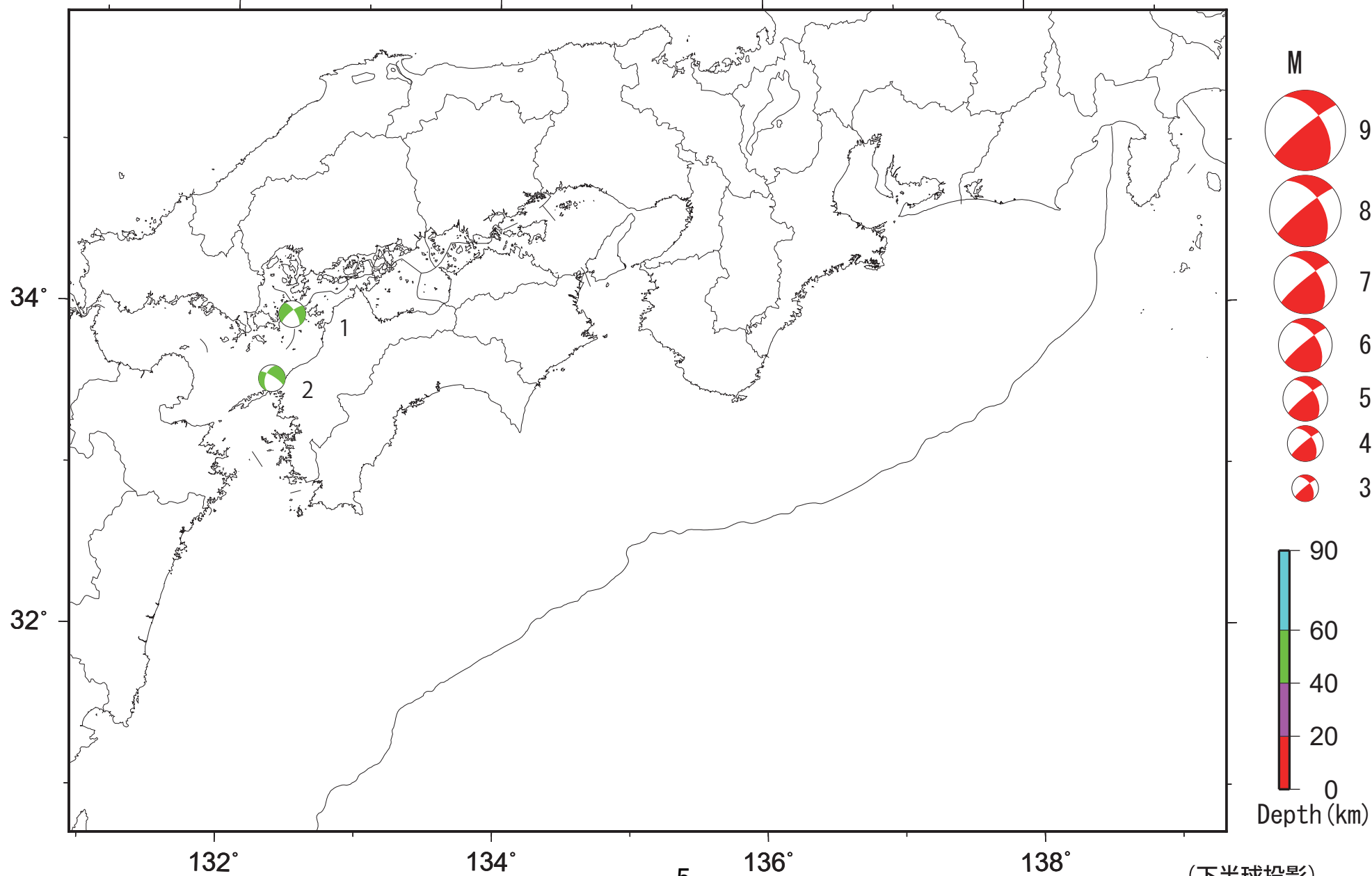
・図中の吹き出しは、南海トラフ巨大地震の想定震源域とその周辺で最大震度3以上を観測した地震もしくはM3.5以上の地震、それ以外の陸域M5.0以上・海域M6.0以上とその他の主な地震。

・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。

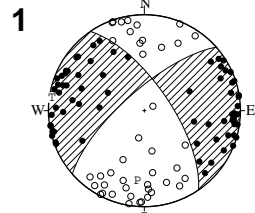
南海トラフ沿いとその周辺の発震機構解

Period: 2020/02/01 00:00—2020/02/29 24:00



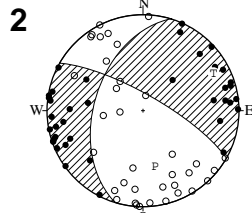
南海トラフ沿いとその周辺の発震機構解 (2)

2020/02/16 23:31:58.5
安芸灘
33°57.2'N 132°27.8'E
H: 50KM M:3.4



| STR. | DIP | SLIP | AZM | PLG |
|------|------|------|-------|------------|
| NP1 | 326° | 68° | -162° | P 186° 28° |
| NP2 | 229° | 73° | -23° | T 278° 3° |
| | | | N | 14° 62° |

2020/02/17 14:32:35.4
伊予灘
33°33.1'N 132°19.5'E
H: 46KM M:3.2



| STR. | DIP | SLIP | AZM | PLG |
|------|------|------|-------|------------|
| NP1 | 197° | 48° | -19° | P 168° 40° |
| NP2 | 300° | 76° | -136° | T 62° 18° |
| | | | N | 313° 44° |

(下半球投影)
[気象庁作成]

2月28日 日向灘の地震

2月28日05時41分に、日向灘でM4.0の地震(深さ20km、最大震度2)が発生した。日向灘では、2019年3月27日にM5.4の地震が2回、2019年5月10日にM6.3の地震が発生したが、今回の地震は、いずれの地震活動域からも離れた場所で発生した。

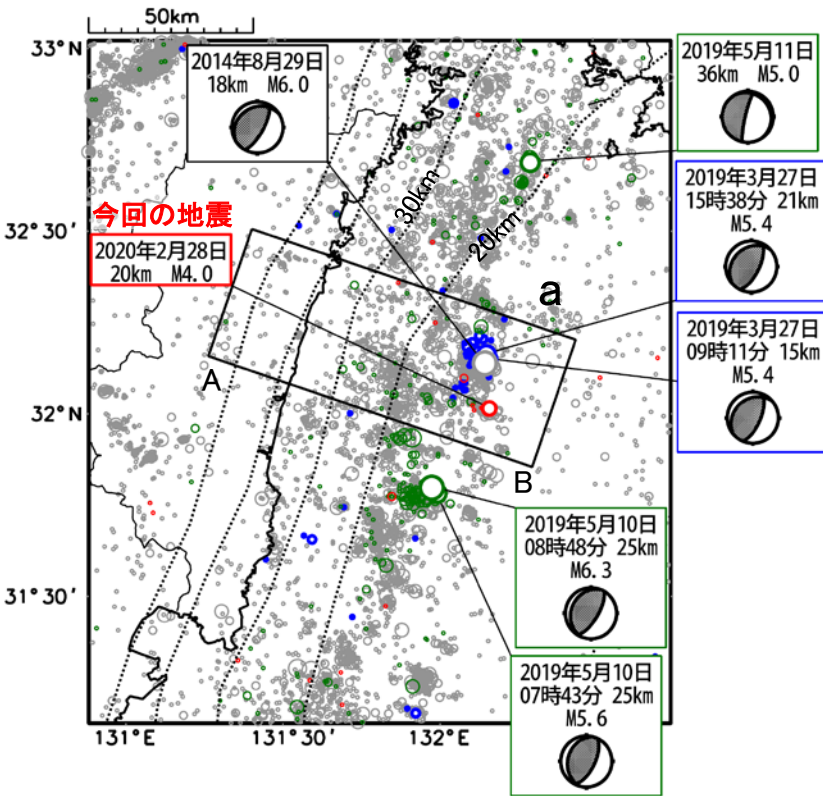
1997年10月以降の活動を見ると、今回の地震の震源付近(領域b内)は、定常的に地震活動がみられ、M4.0以上の地震が時々発生している。2014年8月29日にはM6.0の地震(最大震度4)が発生した。

震央分布図

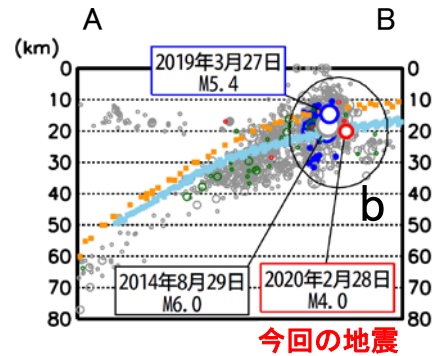
(1997年10月1日～2020年3月1日、 $M \geq 2.0$ 、深さ0～80km)

青: 2019年3月27日～5月9日、緑: 2019年5月10日～2020年1月31日、
赤: 2020年2月1日～)

図中の発震機構はCMT解

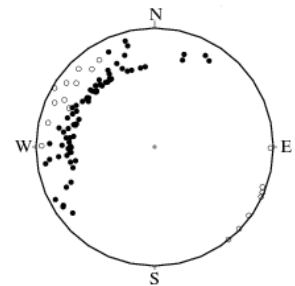


領域a内の断面図(A-B投影)



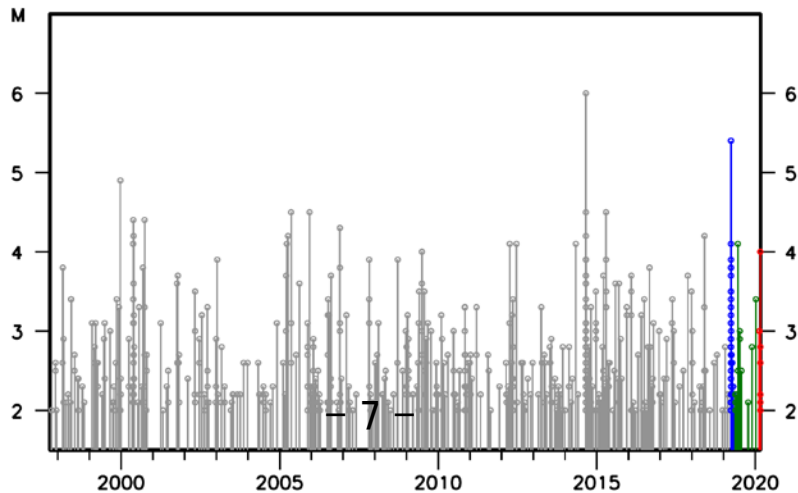
※断面図中の橙色点線はHirose et al.(2008)、Baba et al.(2002)による、水色点線は内閣府(2011)によるフィリピン海プレート上面の深さを示す。

今回の地震の初動の分布



※震央分布図中の点線は、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を示す。

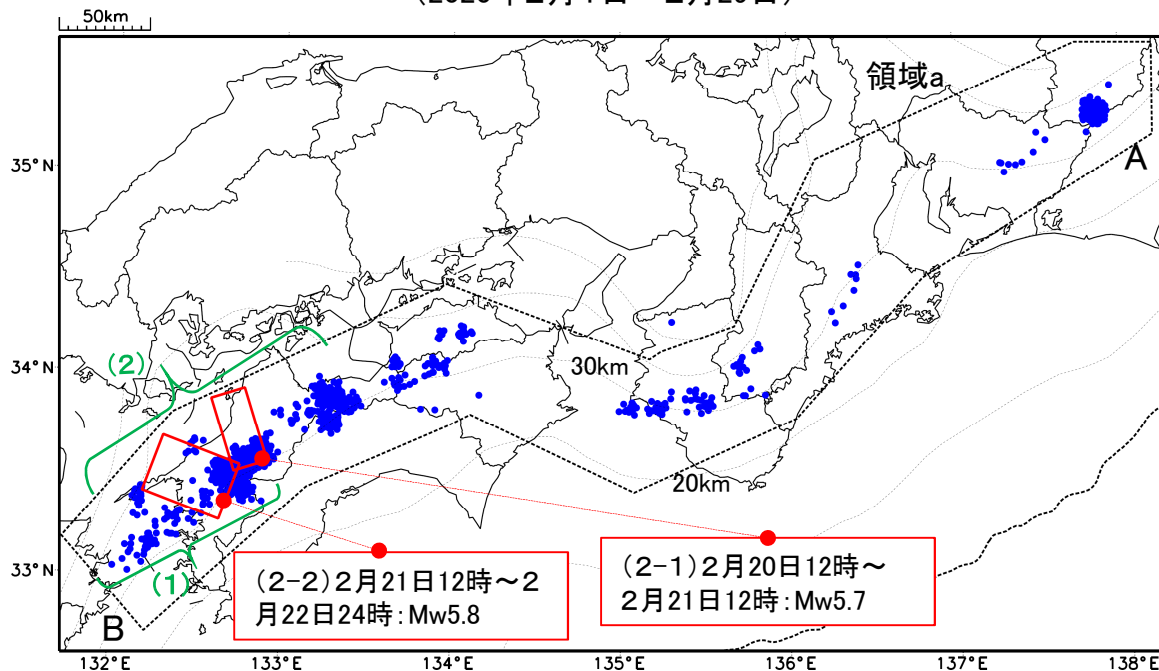
領域b内のM-T図



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
(2020年2月1日~2月29日)

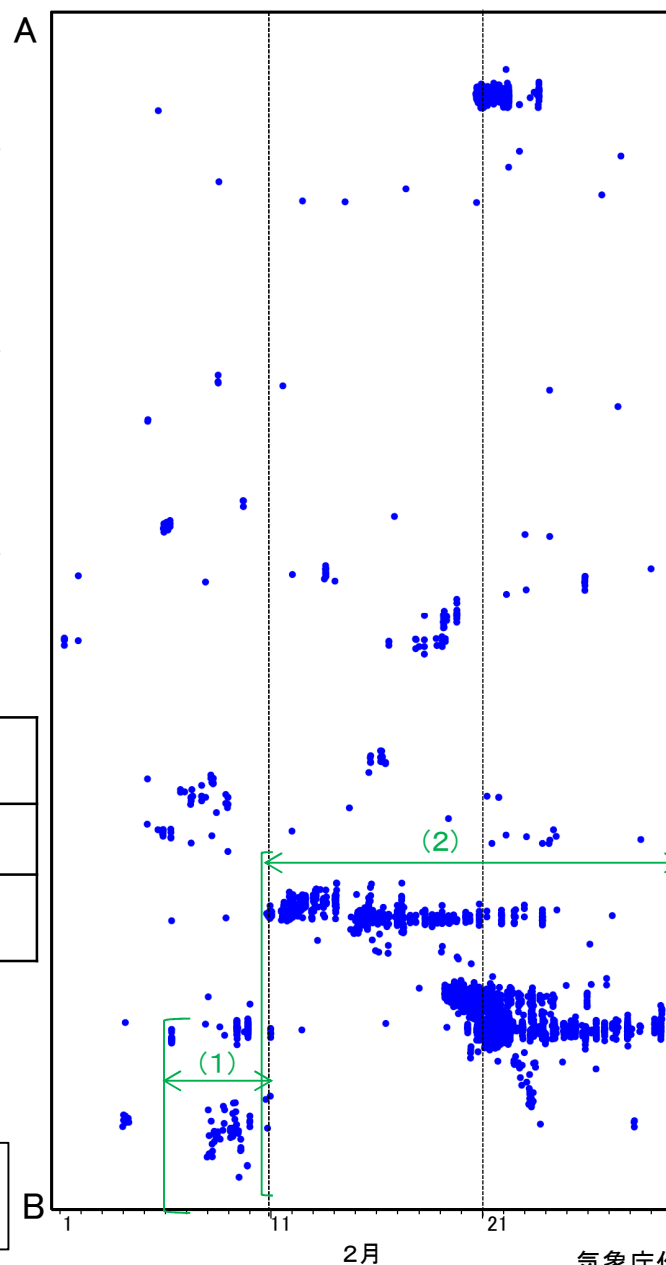
領域a(点線矩形)内の深部低周波地震(微動)の時空間分布図(A-B投影)



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)活動の活動の期間 | 短期的ゆっくりすべりの期間と規模 |
|------|------------|---------------------|--|
| (1) | 四国西部 | 2月6日~2月10日 | (精度良く解析できない) |
| (2) | 四国中部から四国西部 | 2月10日~(継続中) | (2-1)2月20日12時~2月21日12時: Mw5.7 (2-2)2月21日12時~2月22日24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(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。

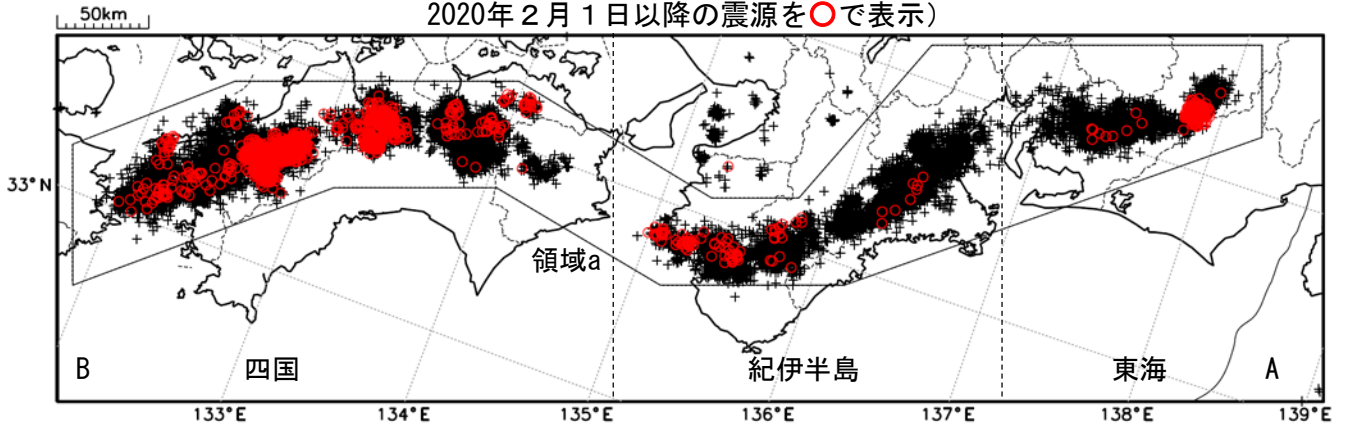


気象庁作成

深部低周波地震（微動）活動（2010年3月1日～2020年2月29日）

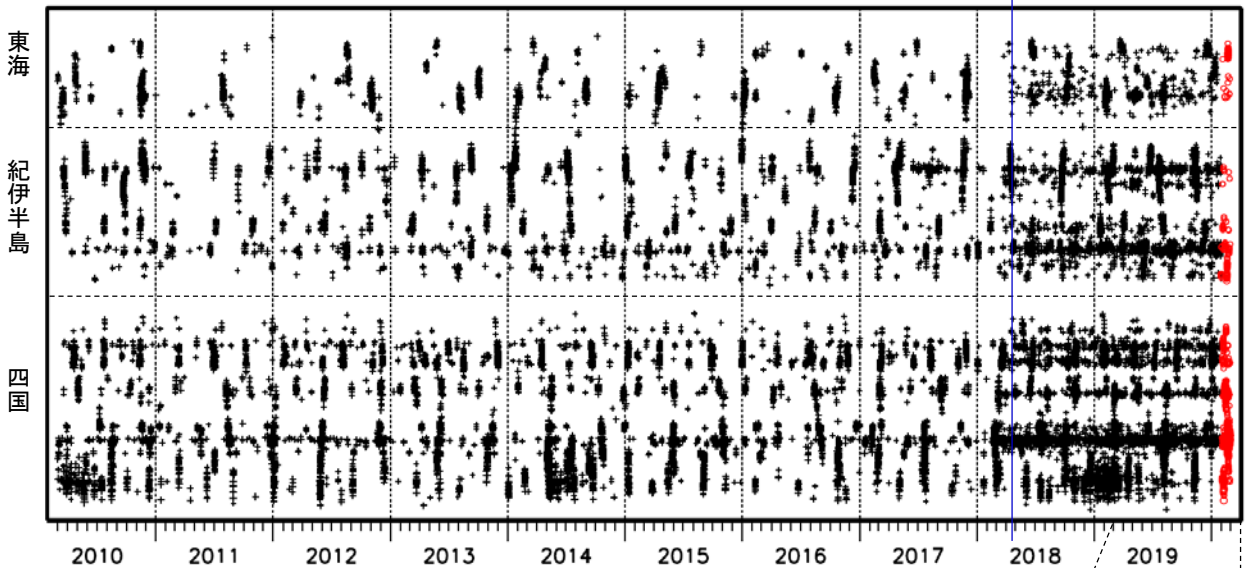
深部低周波地震（微動）は、「短期的ゆっくりすべり」に密接に関連する現象とみられており、プレート境界の状態の変化を監視するために、その活動を監視している。

震央分布図（2010年3月1日～2020年2月29日：過去10年間
2020年2月1日以降の震源を○で表示）

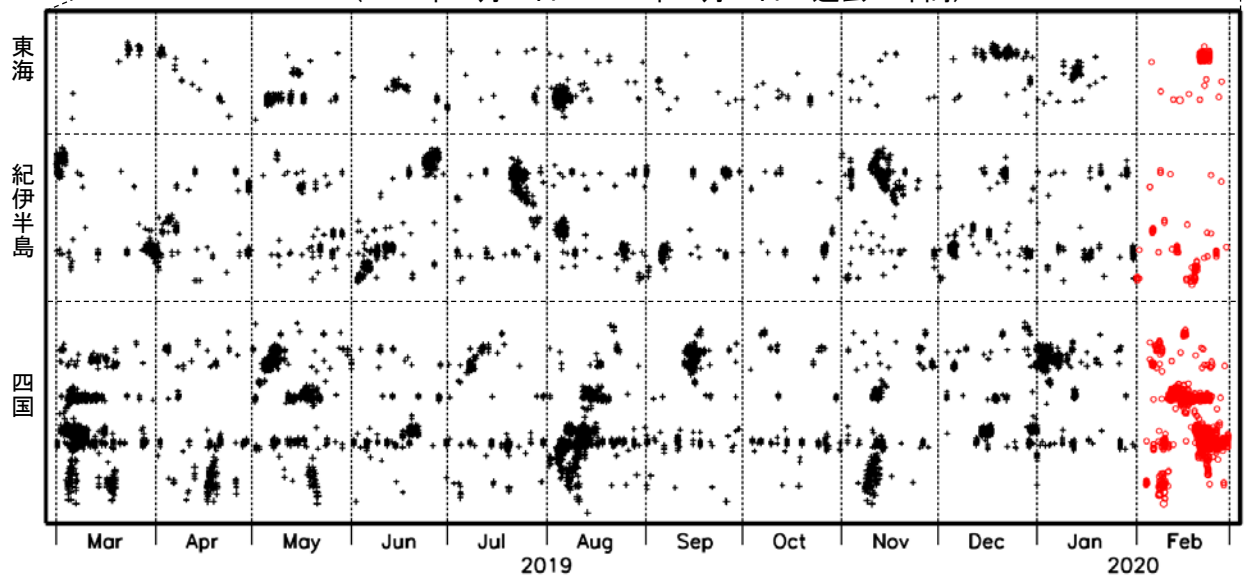


上図領域a内の時空間分布図（A-B投影）

※2018年3月22日



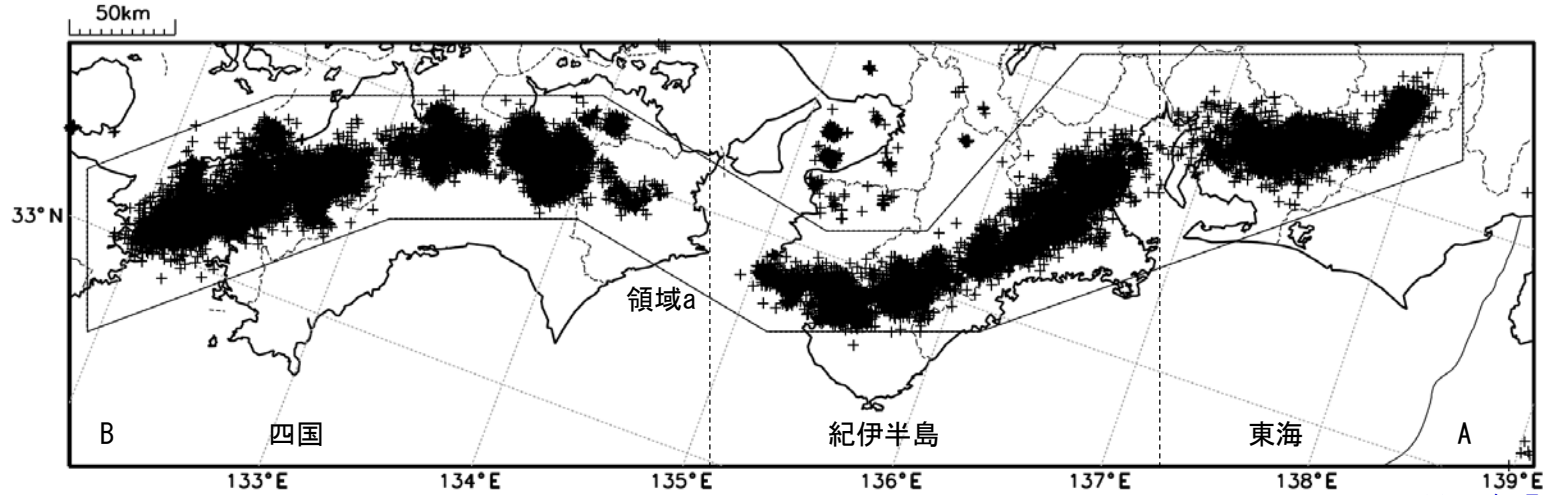
（2019年3月1日～2020年2月29日：過去1年間）



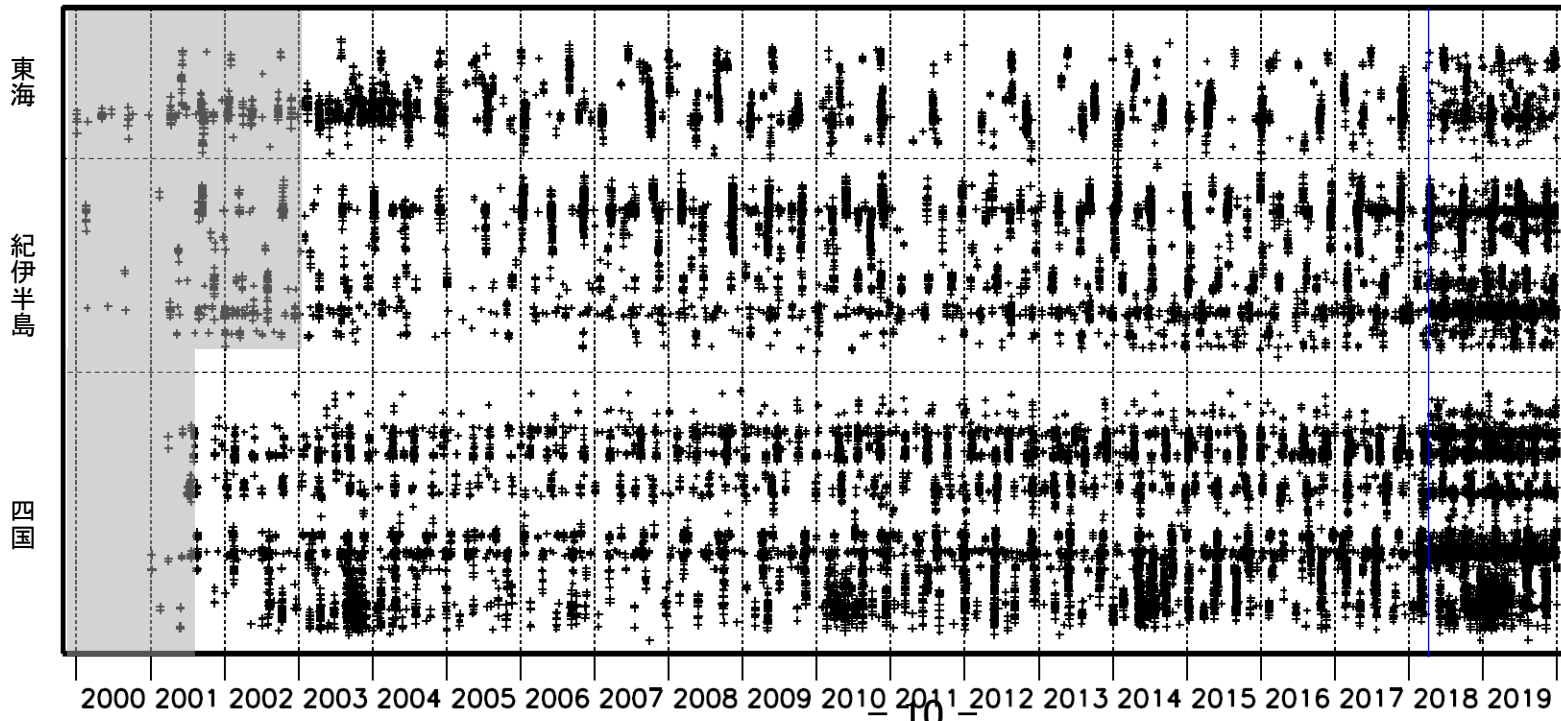
※2018年3月22日から、深部低周波地震（微動）の処理方法の変更（Matched Filter法の導入）により、それ以前と比較して検知能力が変わっている。

深部低周波地震（微動）活動（2000年1月1日～2019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



※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。

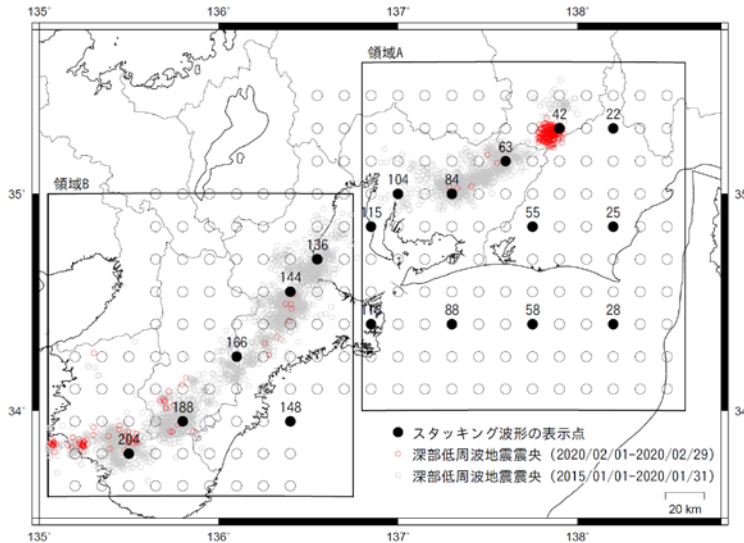
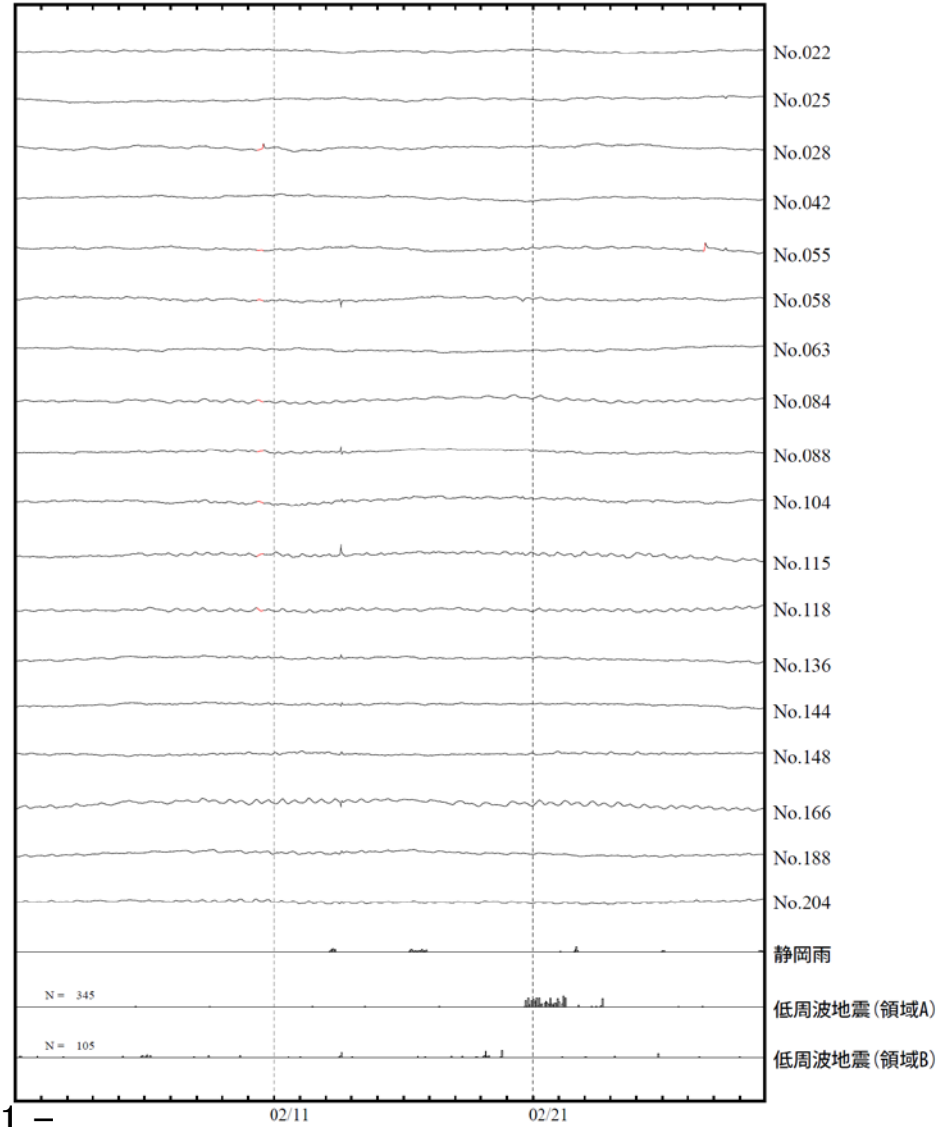
スタッキング波形によるプレート境界のすべりの監視

2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、有意な変化を検出しなかった。

スタッキング波形

表示期間： 2020/02/01.00:00 - 2020/02/29.23:00

↑ 200 nstrain
50 mm/hour
50 回/hour



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。

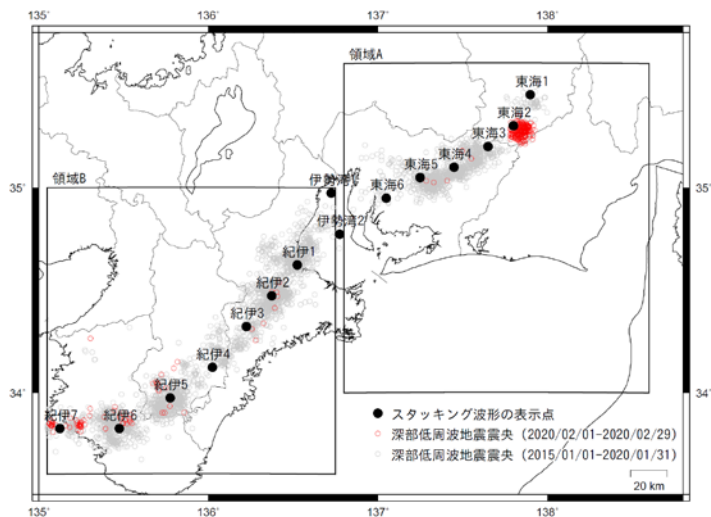
(参考)

・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, 駿震時報,81,5.

スタッキング波形による短期的ゆっくりすべりの監視

2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できなかった。



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。

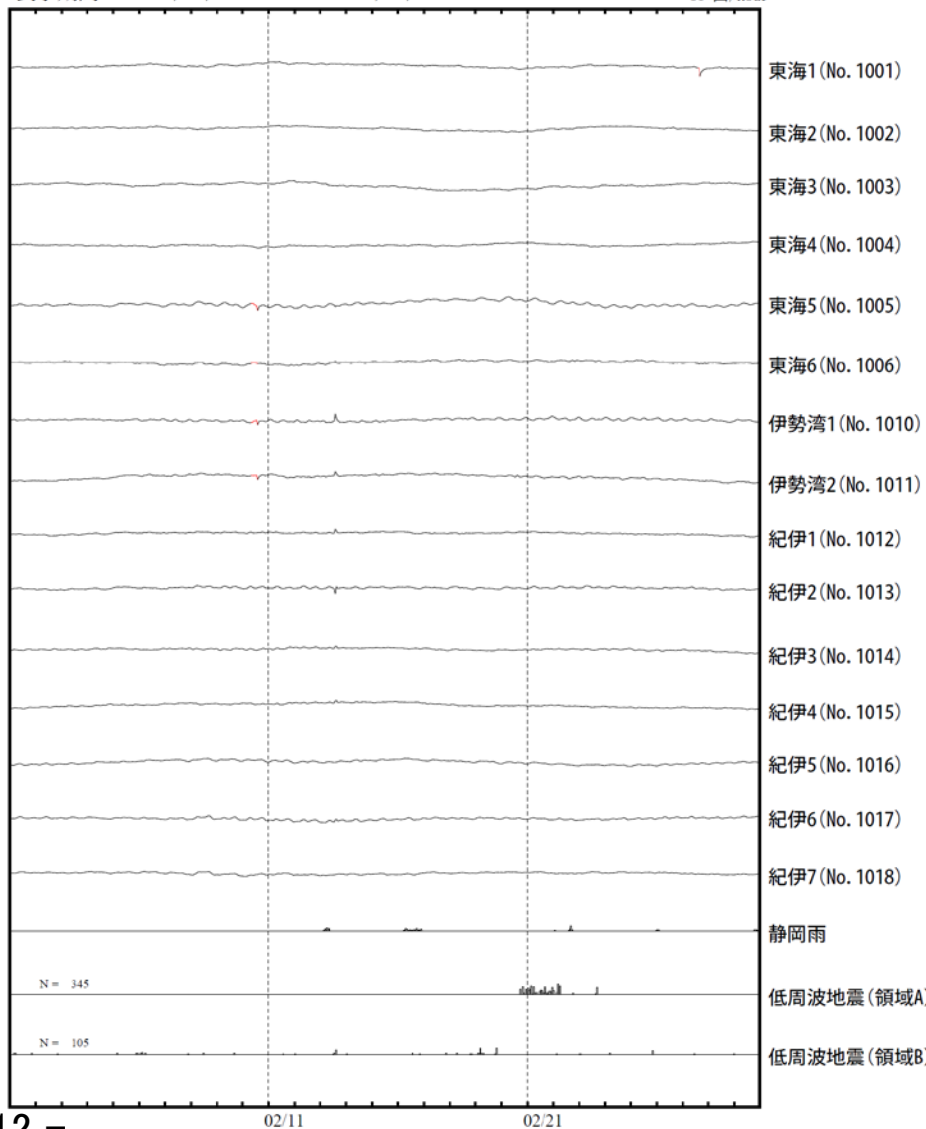
(参考)

- ・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: 2020/02/01.00:00 - 2020/02/29.23:00

↑ 200 nstrain
50 mm/hour
50 回/hour



四国の深部低周波地震(微動)活動とゆっくりすべり

【四国西部】

(A)2月6日から10日にかけて、四国西部で深部低周波地震を観測した。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た。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。

【四国中部から四国西部】

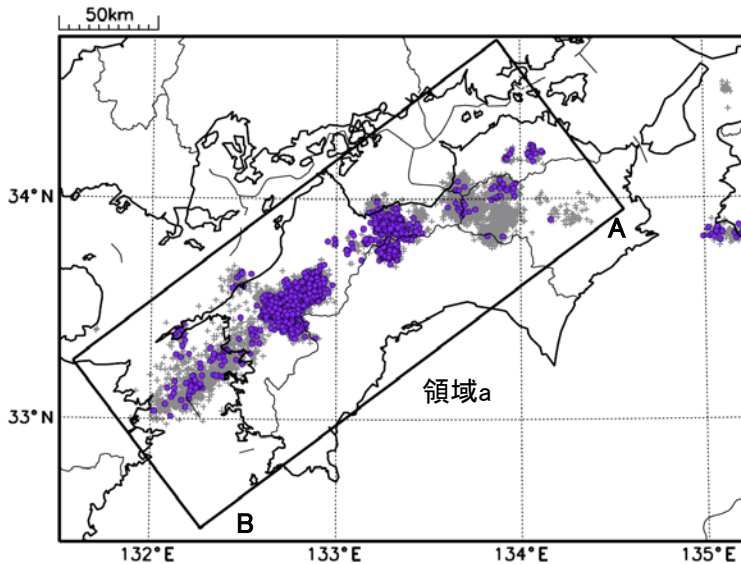
(B)2月10日以降、四国中部から四国西部で深部低周波地震(微動)を観測している。10日に四国中部で始まった活動は、14日頃から次第に南西へと拡大し、19日頃からは四国西部で主に活動がみられている。深部低周波地震(微動)活動とほぼ同期して、周辺に設置されている複数のひずみ計で地殻変動を観測している。これらは、短期的ゆっくりすべりに起因すると推定される。

震央分布図

(2018年4月1日～2020年2月29日、深さ0～60km、Mすべて)

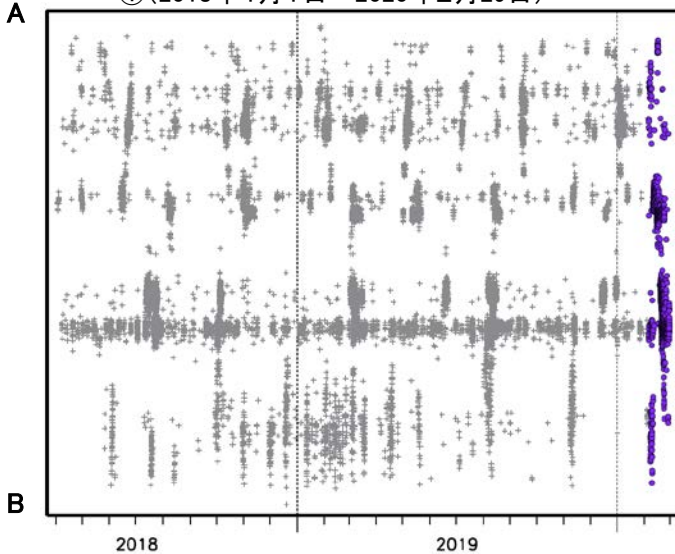
灰:2018年4月1日～2020年2月5日、紫:2020年2月6日～

※活動期間が長く、また広範囲であるため、本頁では2月6日以降の活動を一色で示している。次頁に、2月6日から10日にかけての四国西部の活動、2月10日以降の四国中部から四国西部にかけての活動に分けて、活動域・活動期間の詳細を示す。

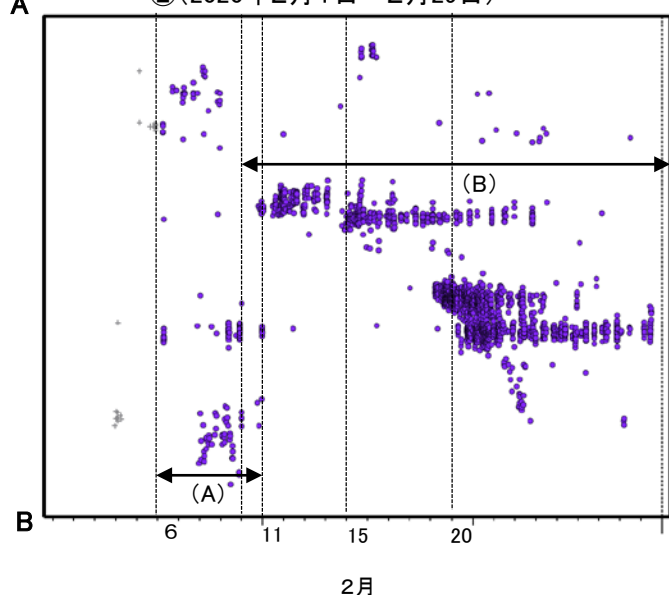


震央分布図の領域a内の時空間分布図(A-B投影)

①(2018年4月1日～2020年2月29日)



②(2020年2月1日～2月29日)

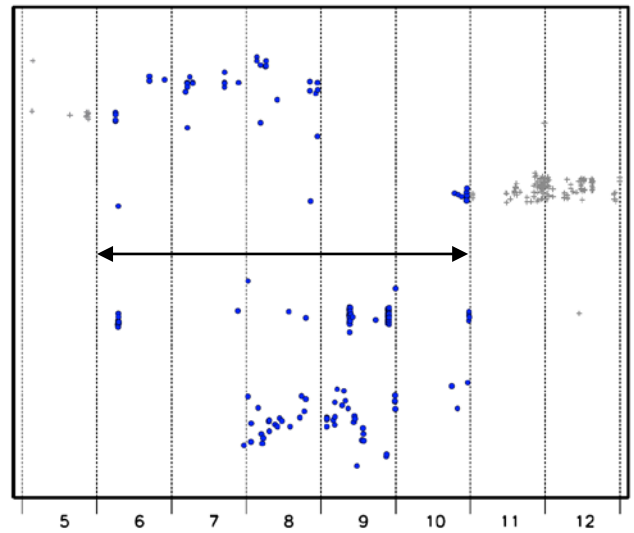
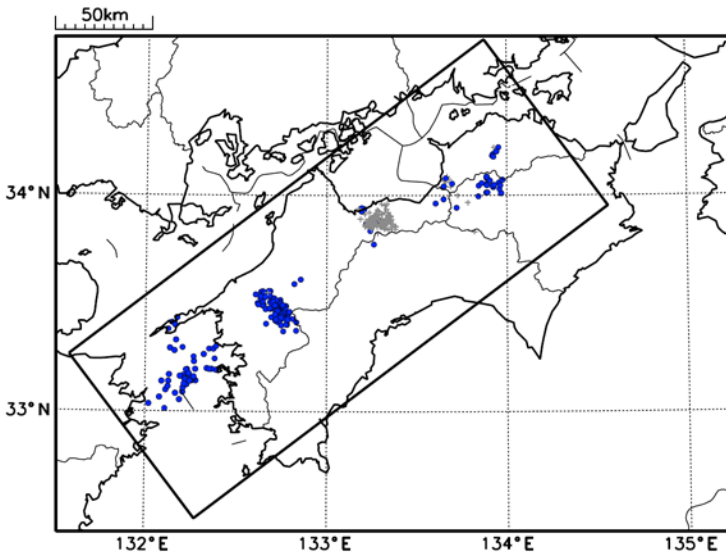


2月6日から10日にかけての四国西部の活動

震央分布図

(2020年2月5日～2020年2月12日、深さ0～60km、Mすべて)

灰: 2020年2月5日、2月11日～12日、青: 2020年2月6日～2月10日



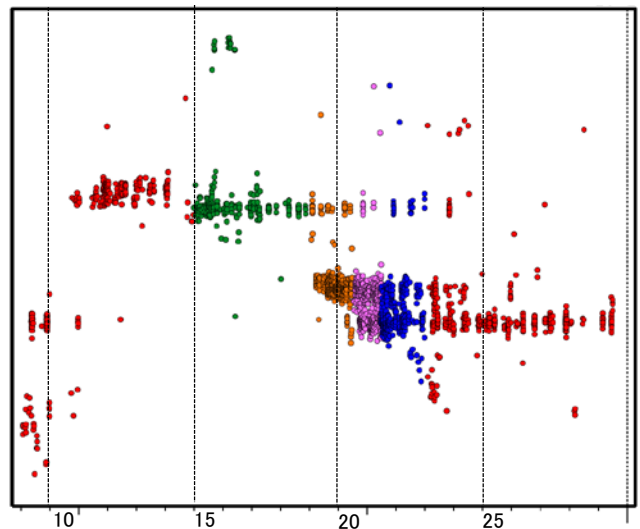
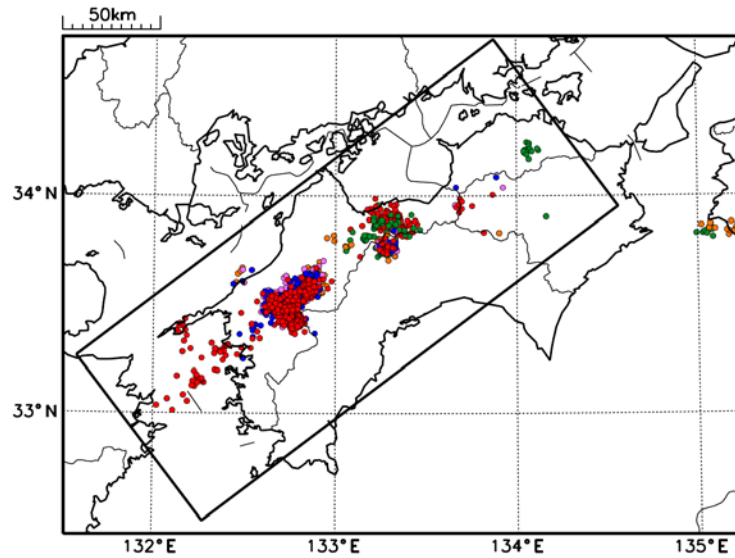
2月10日以降の四国中部から四国西部にかけての活動

震央分布図

(2020年2月9日～2020年2月29日、深さ0～60km、Mすべて)

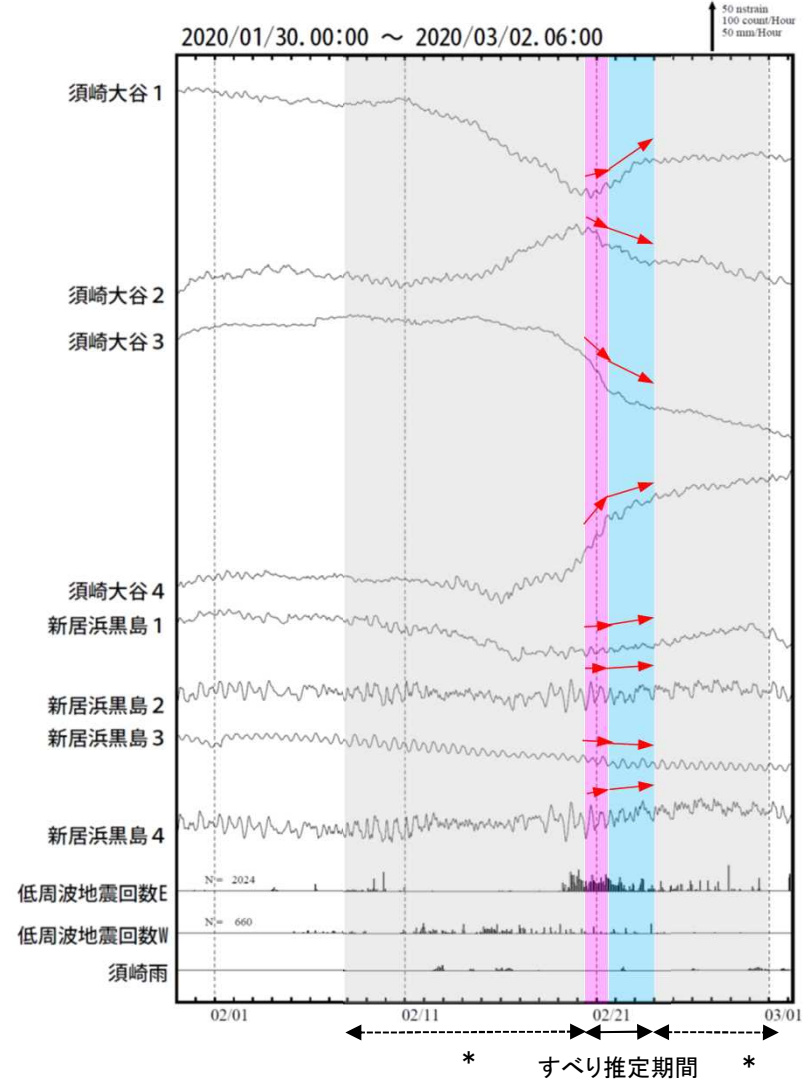
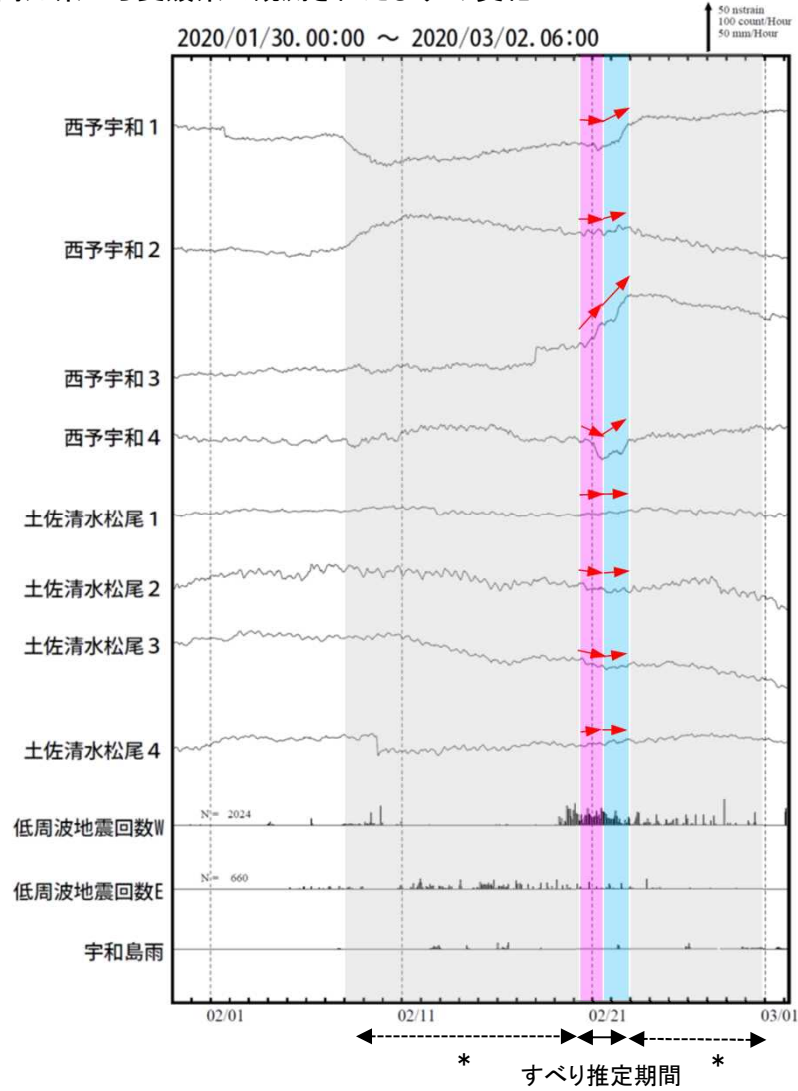
赤: 2月9日～2月14日、2月23日～、緑: 2月15日～2月18日、

橙: 2月19日～2月20日12時、桃: 2月20日12時～2月21日12時、青: 2月21日12時～2月22日



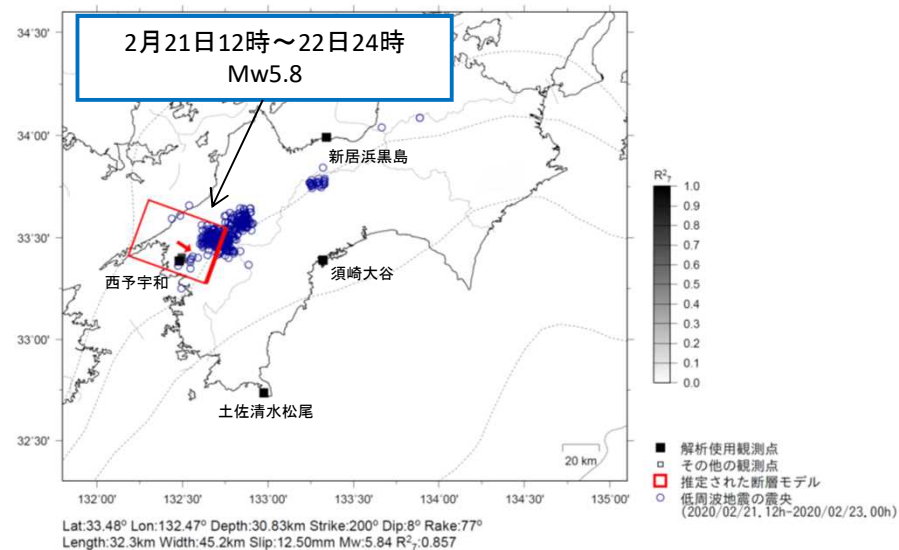
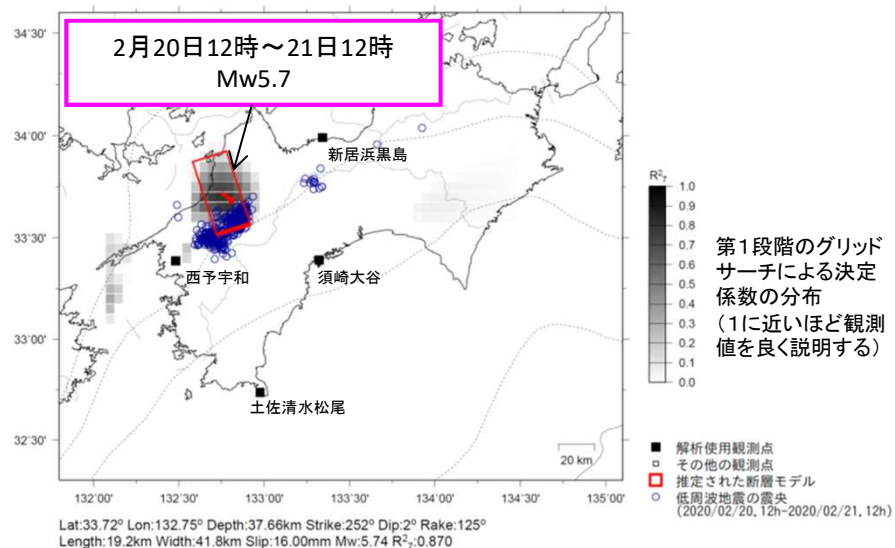
四国西部から中部で発生した短期的ゆっくりすべり(2月20日～22日)

高知県から愛媛県で観測されたひずみ変化



* 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。
西予宇和、土佐清水松尾、須崎大谷及び新居浜黒島は産業技術総合研究所のひずみ計である。

四国西部から中部で発生した短期的ゆっくりすべり(2月20日～22日)



前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、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。

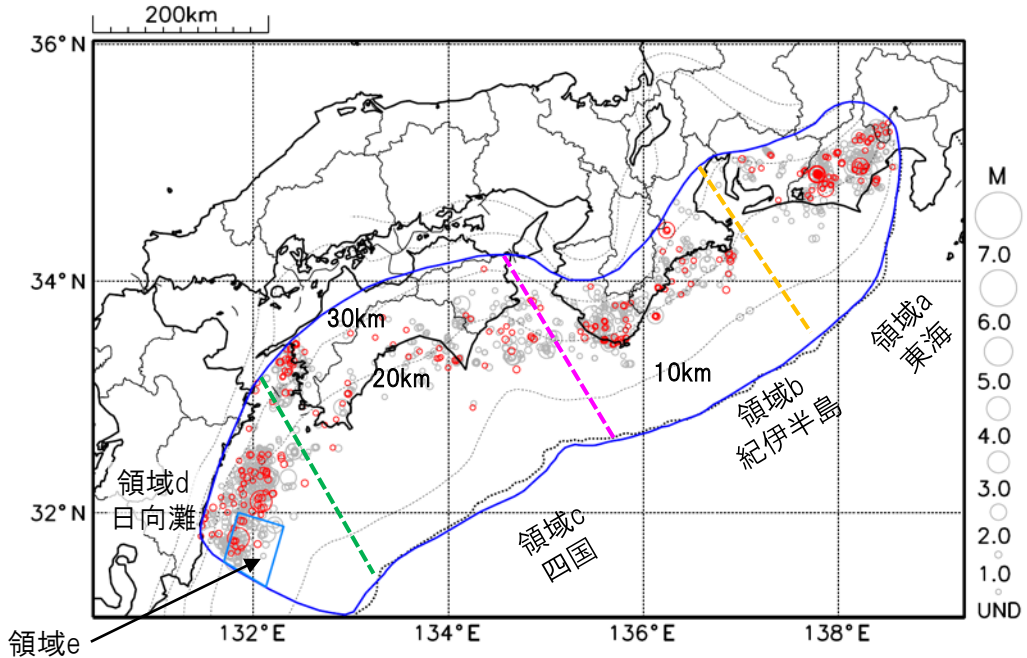
- ・断層サイズを20km×20kmに固定し、位置を0.05度単位でグリッドサーチにより推定する。
- ・その位置を中心にして、他の断層パラメータの最適解を求める。

プレート境界とその周辺の地震活動

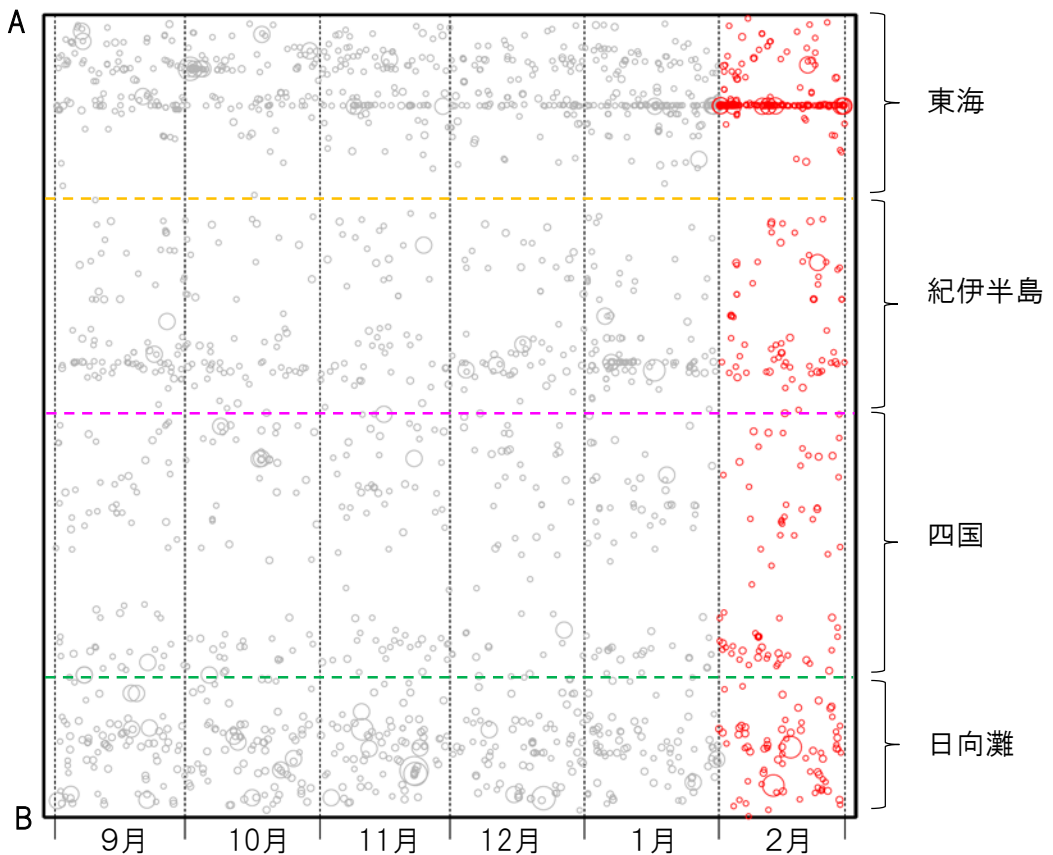
フィリピン海プレート上面の深さから±6km未満の地震を表示している。
日向灘の領域e内のみ、深さ20km～30kmの地震を追加している。

震央分布図

(2019年9月1日～2020年2月29日、M全て、2020年2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

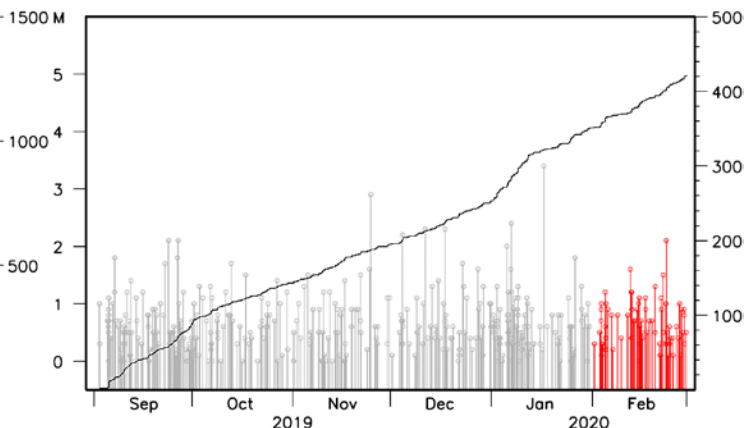
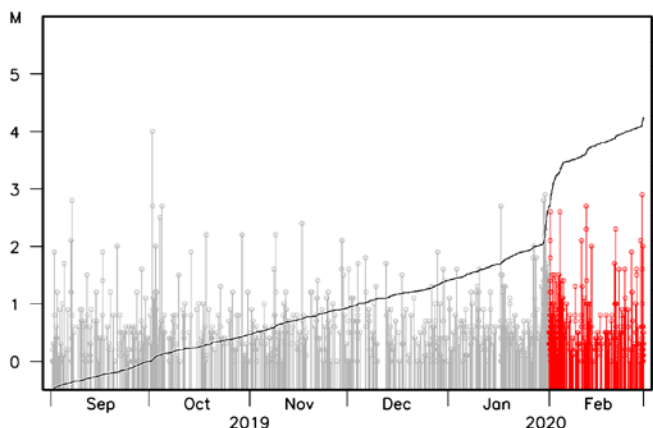
プレート境界とその周辺の地震活動

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

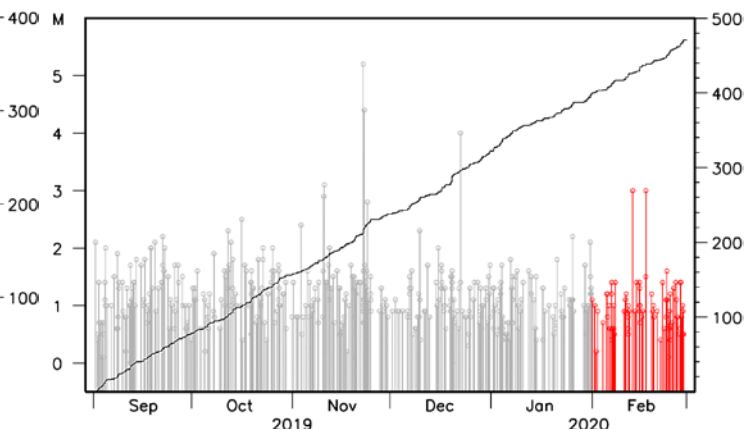
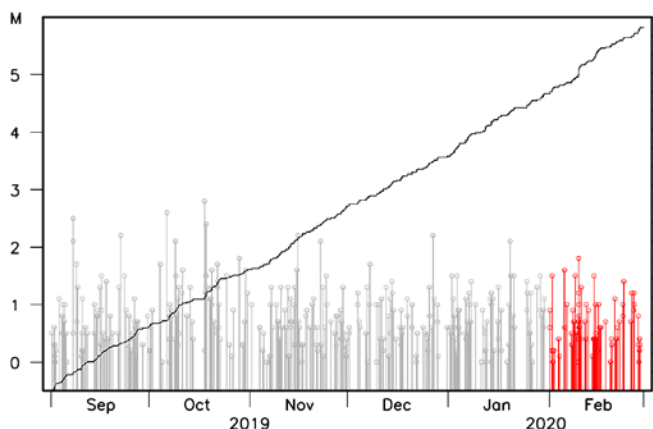
領域a内(東海)

領域b内(紀伊半島)



領域c内(四国)

領域d内(日向灘)

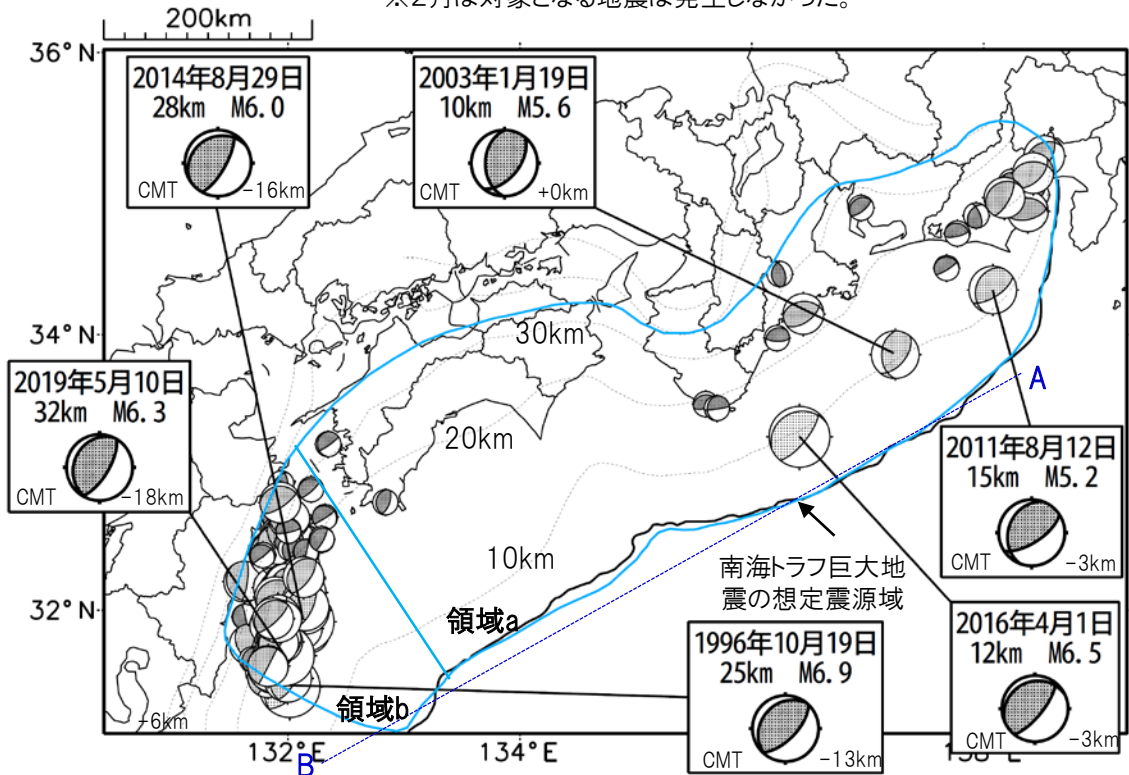


※M全ての地震を表示していることから、検知能力未満の地震も表示しているため、回数積算図は参考として表記している。

想定南海トラフ地震の発震機構解と類似の型の地震

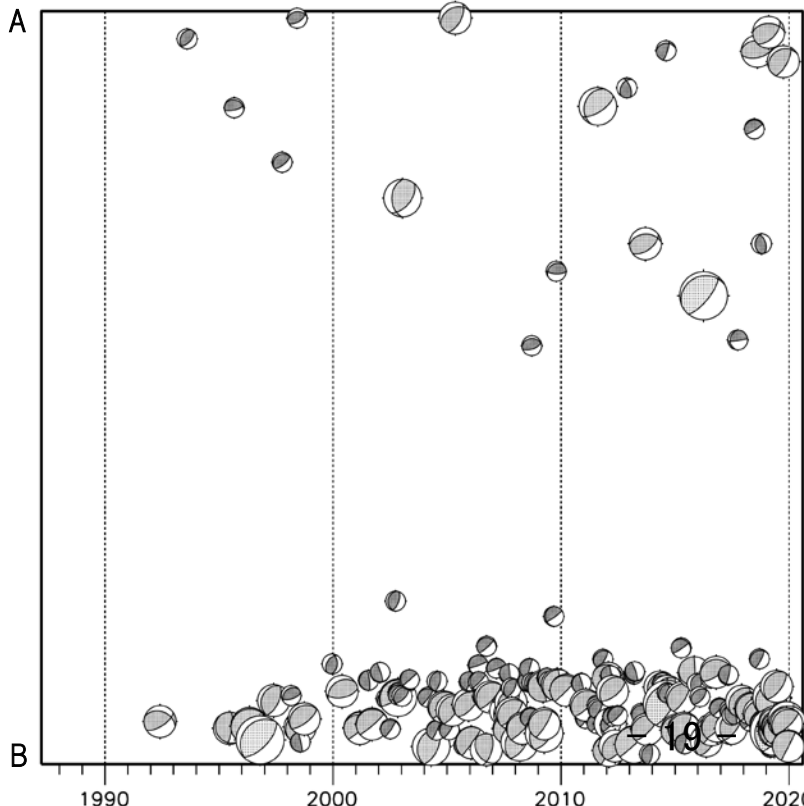
震央分布図(1987年9月1日～2020年2月29日、M \geq 3.2、2020年2月の地震を赤く表示)

※2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。

南海トラフ巨大地震の想定震源域内の時空間分布図



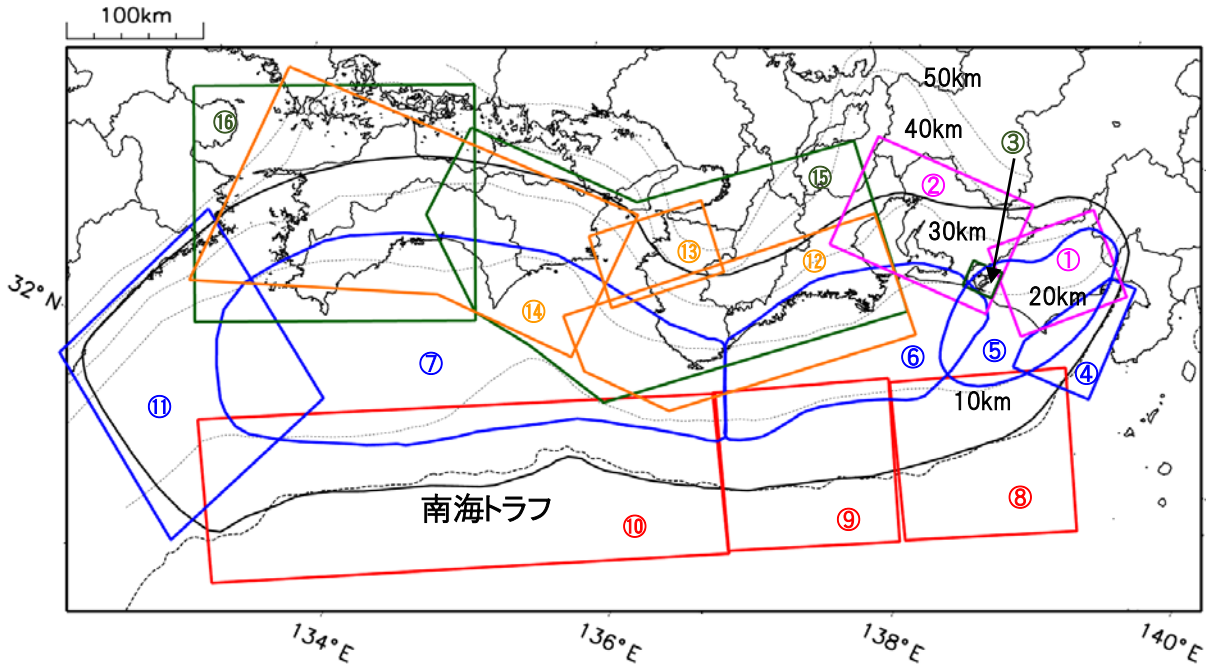
プレート境界型の地震と類似の型の発震機構解を持つ地震は以下の条件で抽出した。

【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

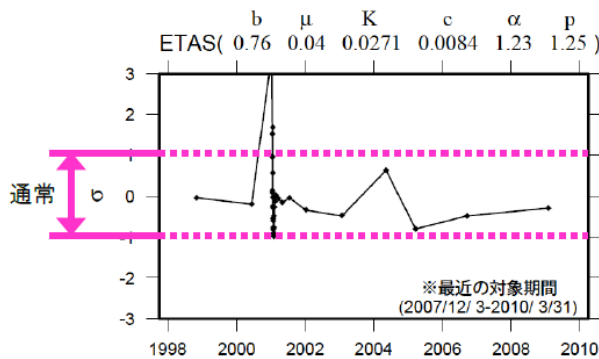
◆地震活動状況の監視・評価を行っている領域



- * 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

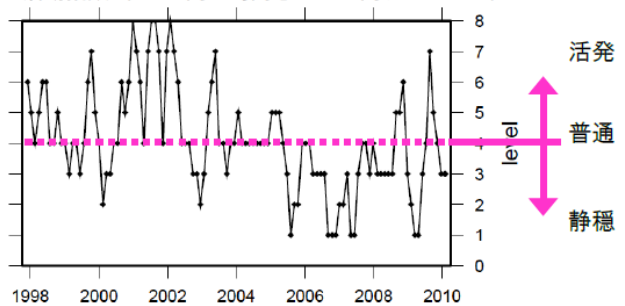
ETAS(σ 値) …理論上の地震活動からのずれ



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

活動指数 (120日間の時間窓を40日間ずつシフト)



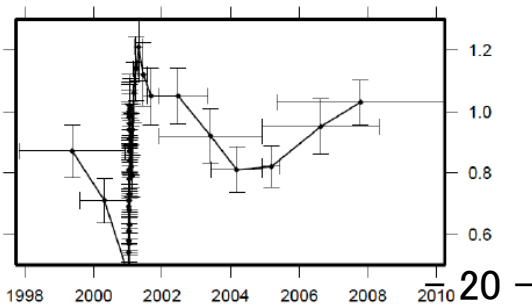
b値 …地震の規模 (M) の相対分布

小さい地震 多
大きい地震 少

b value

大きい地震 多
小さい地震 少

b値 (地震数100個を50個ずつシフト)



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 | |

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

2020年02月29日

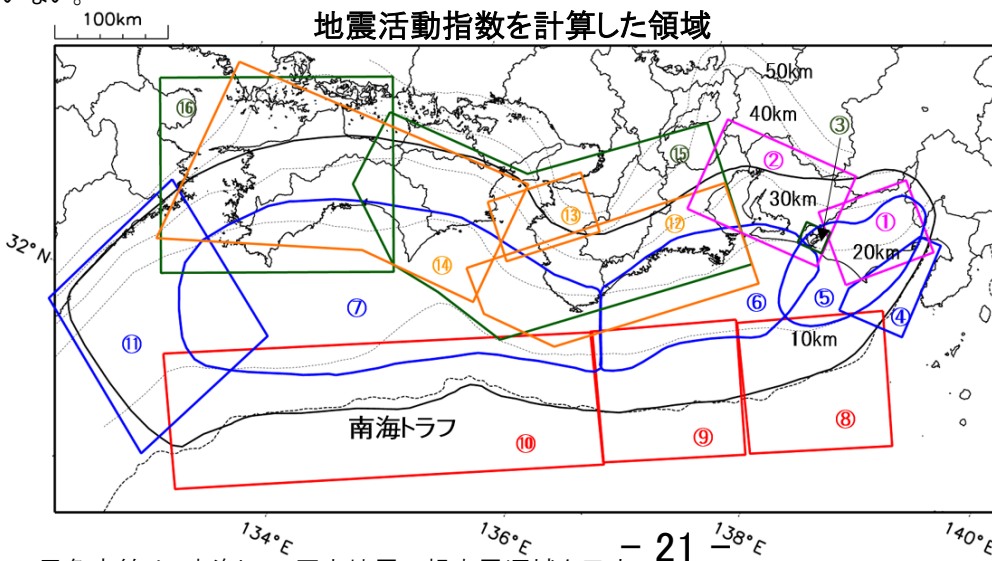
| 領域 | ①静岡県 中西部 | | ②愛知県 | | ③浜名湖 周辺 | ④駿河 湾 | ⑤東海 | ⑥東南 海 | ⑦南海 |
|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| | 地 | プ | 地 | プ | プ | 全 | 全 | 全 | 全 |
| 地震活動指数 | 5 | 3 | 5 | 4 | 5 | 4 | 6 | 4 | 7 |
| 平均回数 | 16.5 | 18.4 | 26.6 | 13.6 | 13.1 | 13.3 | 18.3 | 19.7 | 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 | 全 | | | | | | |
| 地震活動指数 | 6 | 4 | 5 | 4 | 4 | 8 | 5 | 4 |
| 平均回数 | 12.0 | 15.0 | 20.6 | 22.9 | 42.1 | 30.5 | 27.7 | 28.2 |
| 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～2020年02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。



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 |

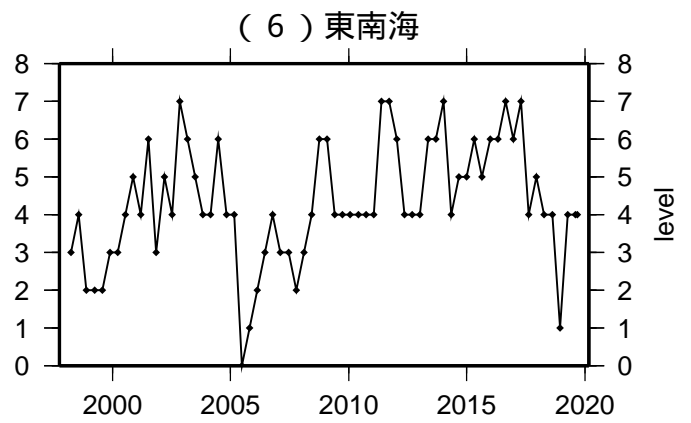
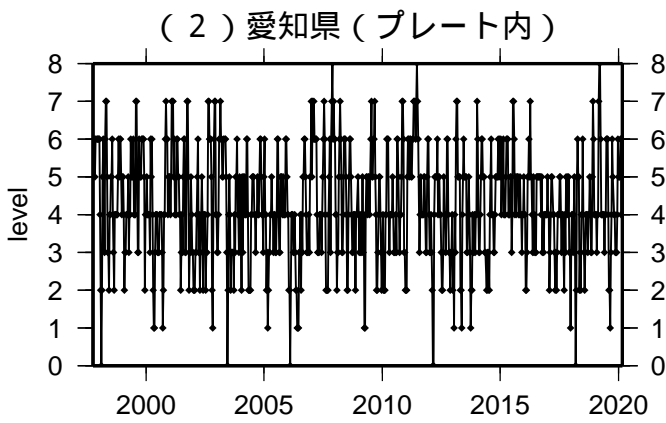
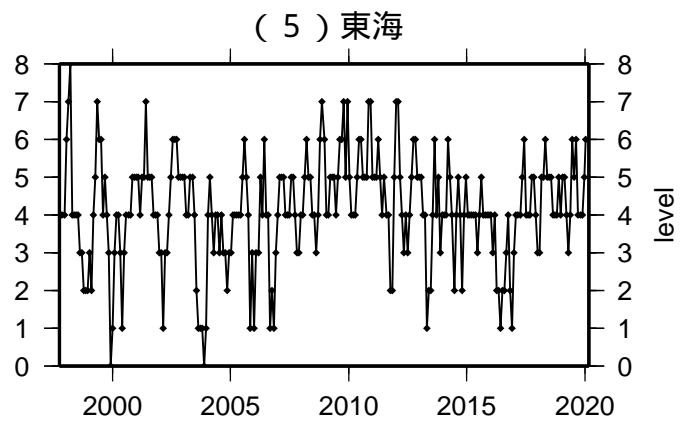
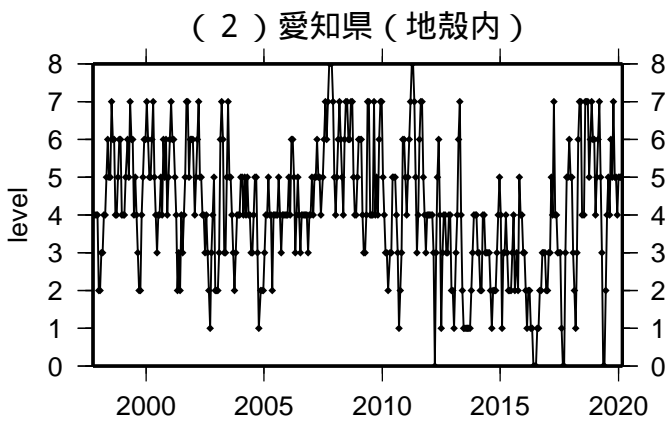
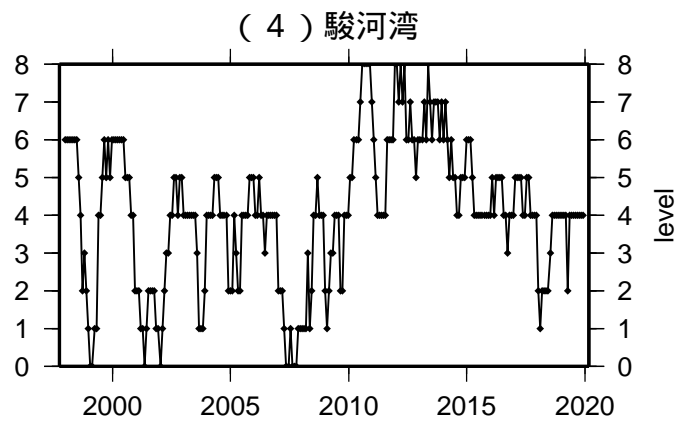
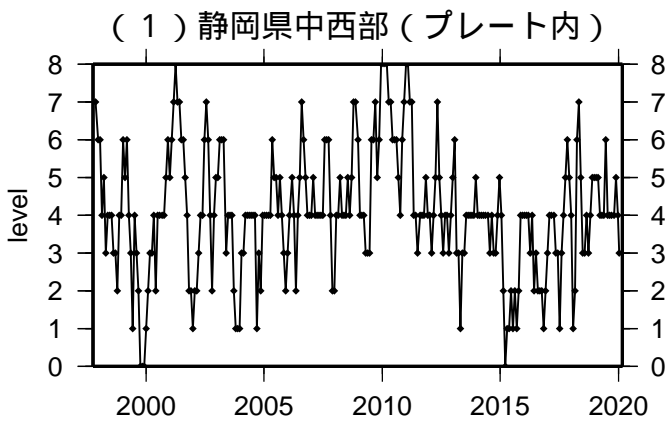
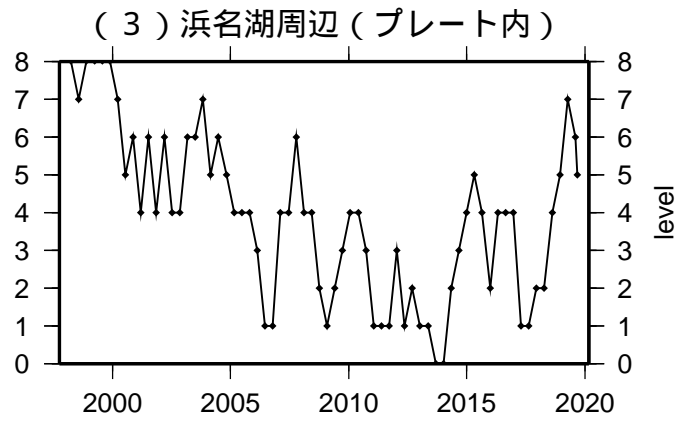
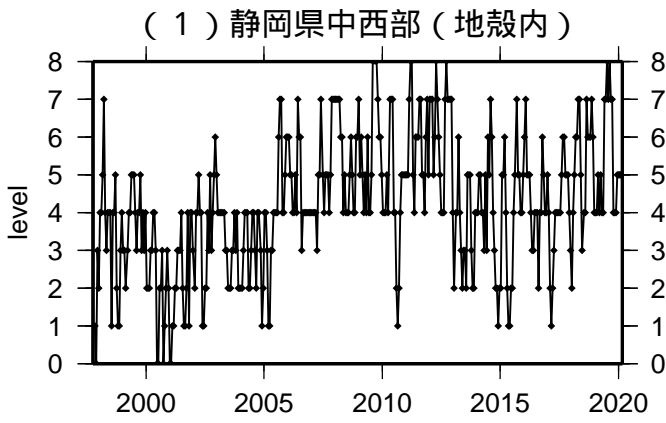
* 黒色実線は、南海トラフ巨大地震の想定震源域を示す。

* 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

2020年02月29日

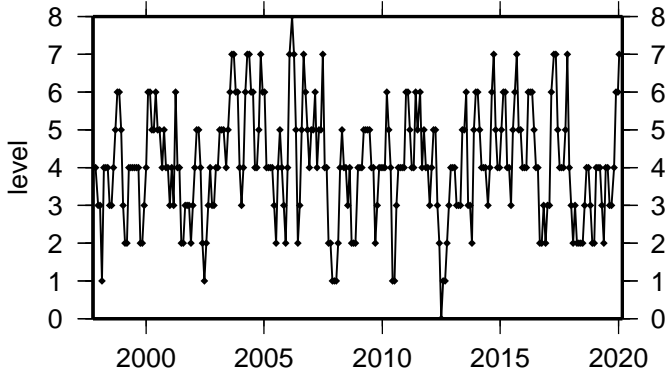


| | | | | | | | | | |
|--------|---|---|----|----|----|----|----|---|---|
| 活動指数 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 確率 (%) | 1 | 4 | 10 | 15 | 40 | 15 | 10 | 4 | 1 |
| 地震数 | 少 | ← | ← | ← | ← | ← | ← | ← | 多 |

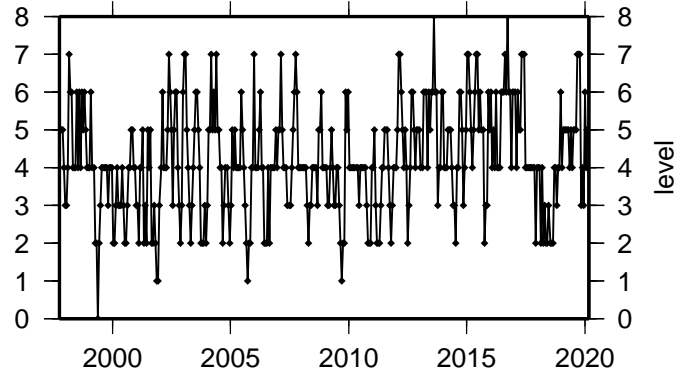
地震活動指数一覽

2020年02月29日

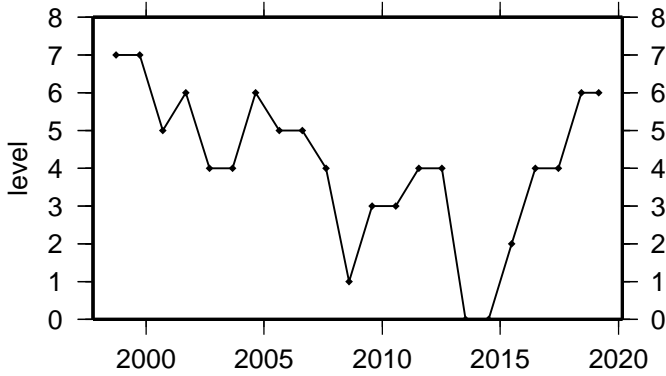
(7) 南海



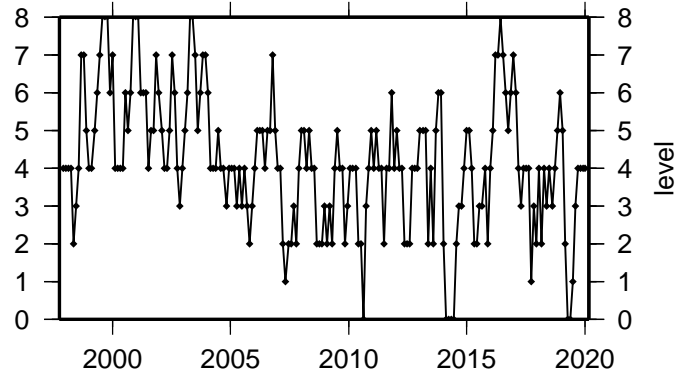
(11) 日向灘



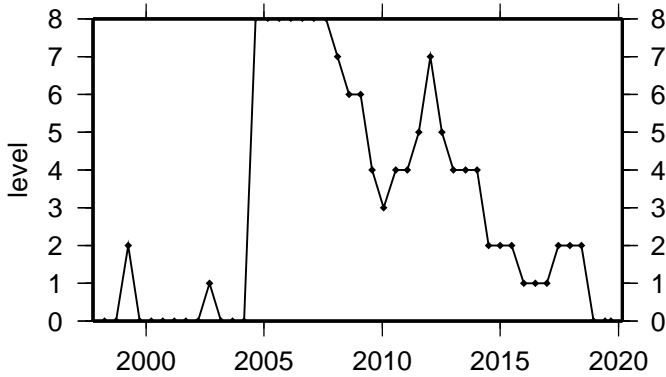
(8) 南海トラフ沿い(東側)



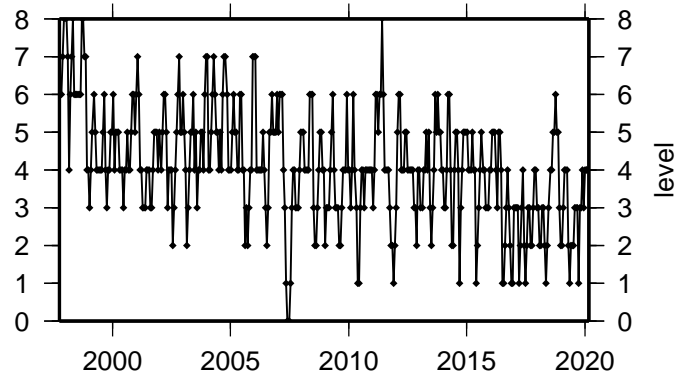
(12) 紀伊半島(地殻内)



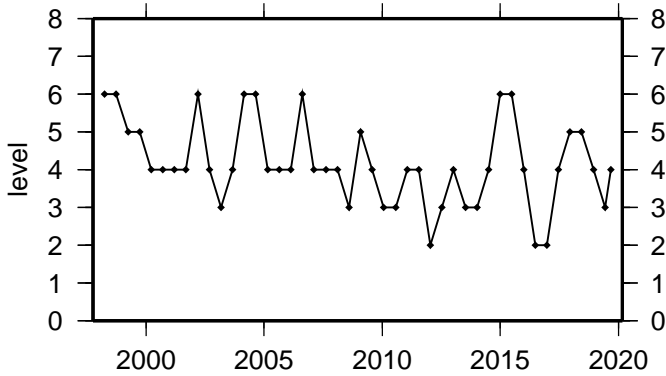
(9) 南海トラフ沿い(三重県沖)



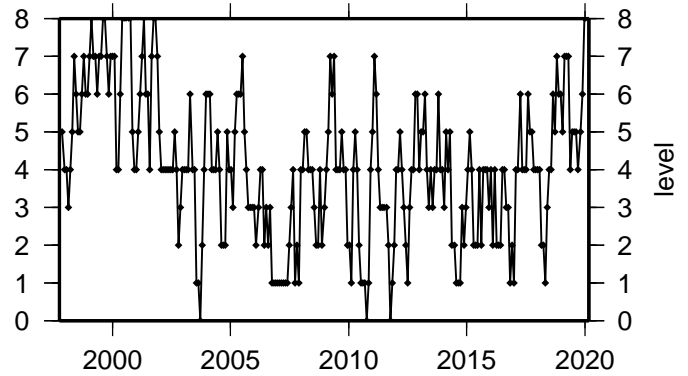
(13) 和歌山(地殻内)



(10) 南海トラフ沿い(西側)

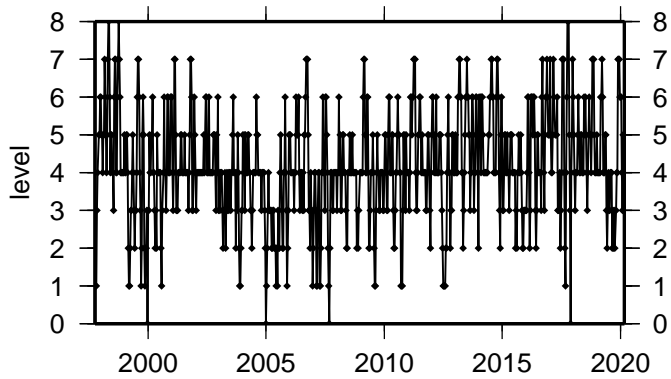


(14) 四国(地殻内)

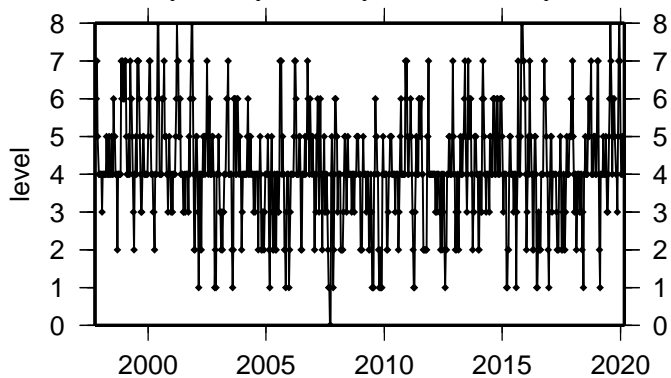


| | | | | | | | | | |
|-------|---|---|----|----|----|----|----|---|---|
| 活動指数 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 確率(%) | 1 | 4 | 10 | 15 | 40 | 15 | 10 | 4 | 1 |
| 地震数 | 少 | ← | | 平常 | → | | 多 | | |

(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 | | | | | |