

8-1 近畿・中国・四国地方とその周辺の地震活動（2021 年 11 月～2022 年 4 月） Seismic Activity in and around the Kinki, Chugoku and Shikoku Districts (November 2021–April 2022)

気象庁 大阪管区気象台
Osaka District Meteorological Observatory, JMA

今期間、近畿・中国・四国地方とその周辺で M4.0 以上の地震は 21 回発生した。これらのうち、規模が最大の地震は、2022 年 1 月 22 日に日向灘で発生した M6.6 の地震（詳細は本巻「九州地方とその周辺の地震活動」の頁参照）であった。

2021 年 11 月～2022 年 4 月の M4.0 以上の地震の震央分布を第 1 図 (a) 及び (b) に示す。
主な地震活動は以下のとおりである。

(1) 和歌山県南方沖の地震 (M5.0, 最大震度 2, 第 2 図)

2021 年 11 月 1 日 05 時 35 分に和歌山県南方沖の深さ 20km で M5.0 の地震 (最大震度 2) が発生した。この地震の発震機構 (CMT 解) は南北方向に圧力軸を持つ逆断層型で、フィリピン海プレートと陸のプレートの境界で発生した。

(2) 紀伊水道の地震 (M5.4, 最大震度 5 弱, 第 3 図 (a), (b))

2021 年 12 月 3 日 09 時 28 分に紀伊水道の深さ 18km で M5.4 の地震 (最大震度 5 弱) が発生した。この地震は地殻内で発生した。この地震の発震機構は北西-南東方向に圧力軸を持つ逆断層型である。

(3) 京都府南部の地震活動 (最大規模 M4.4, 最大震度 4, 第 4 図 (a)～(e))

京都府南部では、2022 年 3 月 31 日から地震活動が活発となり、5 月 12 日 08 時まで震度 1 以上を観測する地震が 14 回 (震度 4:2 回, 震度 3:2 回, 震度 2:2 回, 震度 1:8 回) 発生した。このうち M4.0 以上の地震は 4 回発生しており、最大規模の地震は 2022 年 3 月 31 日 23 時 34 分及び 5 月 2 日 22 時 21 分とともに深さ 13km で発生した M4.4 の地震 (ともに最大震度 4) であった。これらの地震は地殻内で発生した。これらの地震の発震機構は東西方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型である。今回の地震活動は、3 月 31 日の M4.4 の地震以前は活動が静穏であった領域中の概ね数 km 四方の範囲で発生しており、Double-Difference 法¹⁾等による詳細な震源分布からは、東西に分布する二つの面的なクラスターを形成してみえる。このうち、西側クラスターでは震源が北西-南東方向の鉛直な面状に分布し、東側クラスターでは西側と共役な北東-南西方向の面状に震源が分布している。また、周辺には三峠・京都西山断層帯が存在するが、今回の活動とこの断層帯との関連は不明である。今回の活動域を含む京都府南部では、1999 年の活動 (最大 M4.2) のように、M4 クラスの地震が連続するなどのまとまった活動が数か月程度継続するような地震活動が時々みられている。今回の地震活動に非定常 ETAS 解析を適用すると、背景地震活動度が 3 月末において上昇し、4 月 30 日にかけて高い状態で推移する様子がみられる。

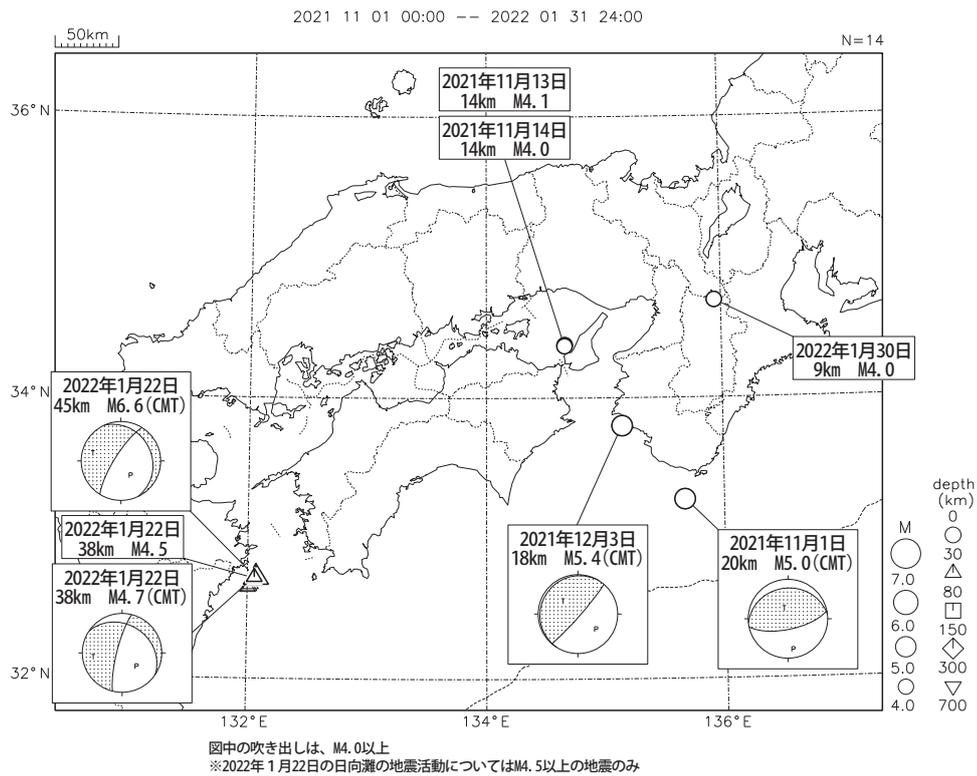
(4) 和歌山県北部の地震 (M3.6, 最大震度 4, 第 5 図)

2022 年 4 月 6 日 17 時 14 分に和歌山県北部の深さ 6km で M3.6 の地震 (最大震度 4) が発生した。この地震は地殻内で発生した。この地震の発震機構は西北西－東南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型である。

参考文献

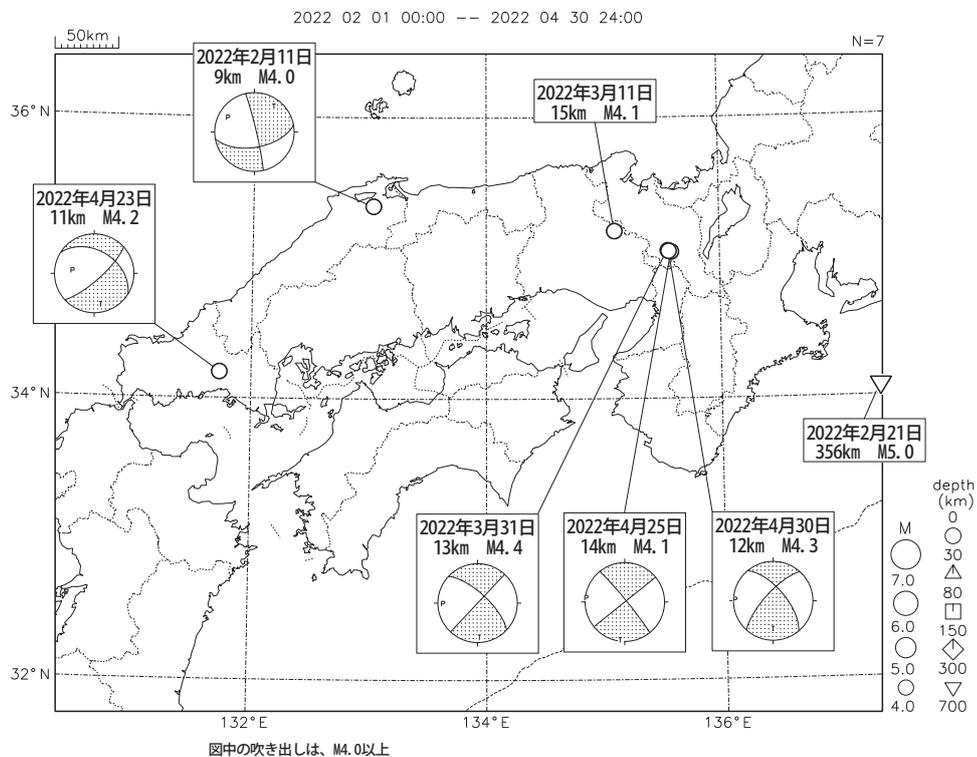
- 1) Waldhauser, F. and W. L. Ellsworth. (2000), *Bull. Seismo. Soc. AM.*, **90**, 1353-1367.
A Double-Difference Earthquake Location Algorithm: Method and Application to the Northern Hayward Fault, California.

近畿・中国・四国地方とその周辺の地震活動(2021年11月~2022年1月、 $M \geq 4.0$)



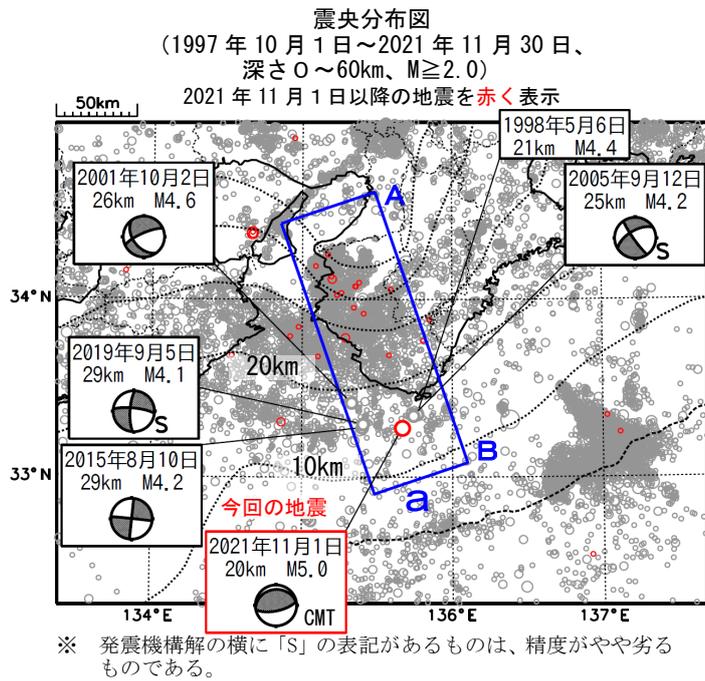
第 1 図 (a) 近畿・中国・四国地方とその周辺の地震活動 (2021 年 11 月 ~ 2022 年 1 月, $M \geq 4.0$, 深さ ≤ 700 km).
Fig. 1(a) Seismic activity in and around the Kinki, Chugoku and Shikoku districts (November 2021 – January 2022, $M \geq 4.0$, depth ≤ 700 km).

近畿・中国・四国地方とその周辺の地震活動(2022年2月~4月、 $M \geq 4.0$)



第 1 図 (b) つづき (2022 年 2 月 ~ 4 月, $M \geq 4.0$, 深さ ≤ 700 km).
Fig. 1(b) Continued (February – April 2022, $M \geq 4.0$, depth ≤ 700 km).

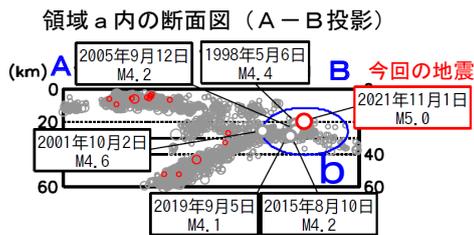
11 月 1 日 和歌山県南方沖の地震



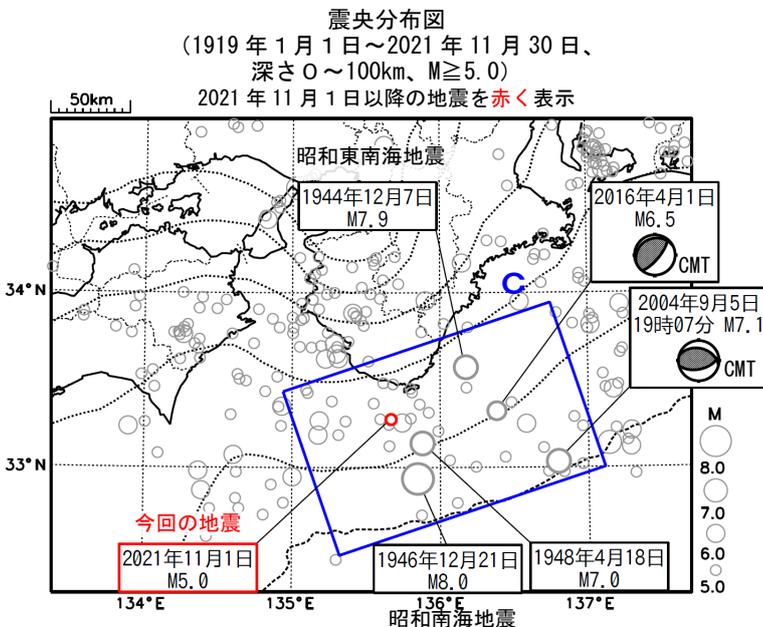
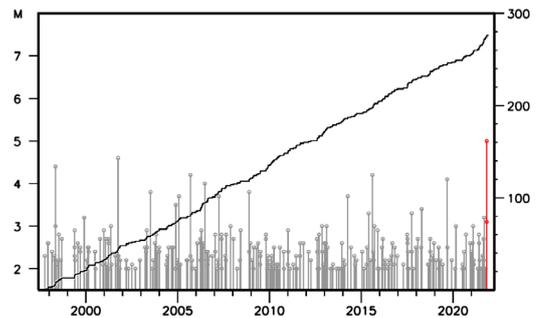
2021 年 11 月 1 日 05 時 35 分に和歌山県南方沖の深さ 20km で M5.0 の地震 (最大震度 2) が発生した。この地震は、発震機構 (CMT 解) が南北方向に圧力軸を持つ逆断層型で、フィリピン海プレートと陸のプレートの境界で発生した。

1997 年 10 月以降の活動をみると、今回の地震の震源周辺 (領域 b) では、M4.0 以上の地震が時々発生している。2001 年 10 月 2 日には M4.6 の地震 (最大震度 2) が発生した。

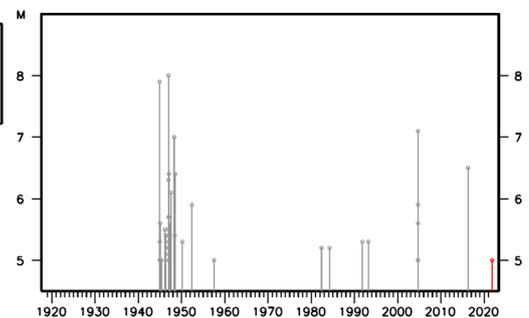
1919 年以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺 (領域 c) では、1944 年の昭和東南海地震 (M7.9) や 1946 年の昭和南海地震 (M8.0) が発生している。



領域 b 内の M-T 図及び回数積算図



領域 c 内の M-T 図

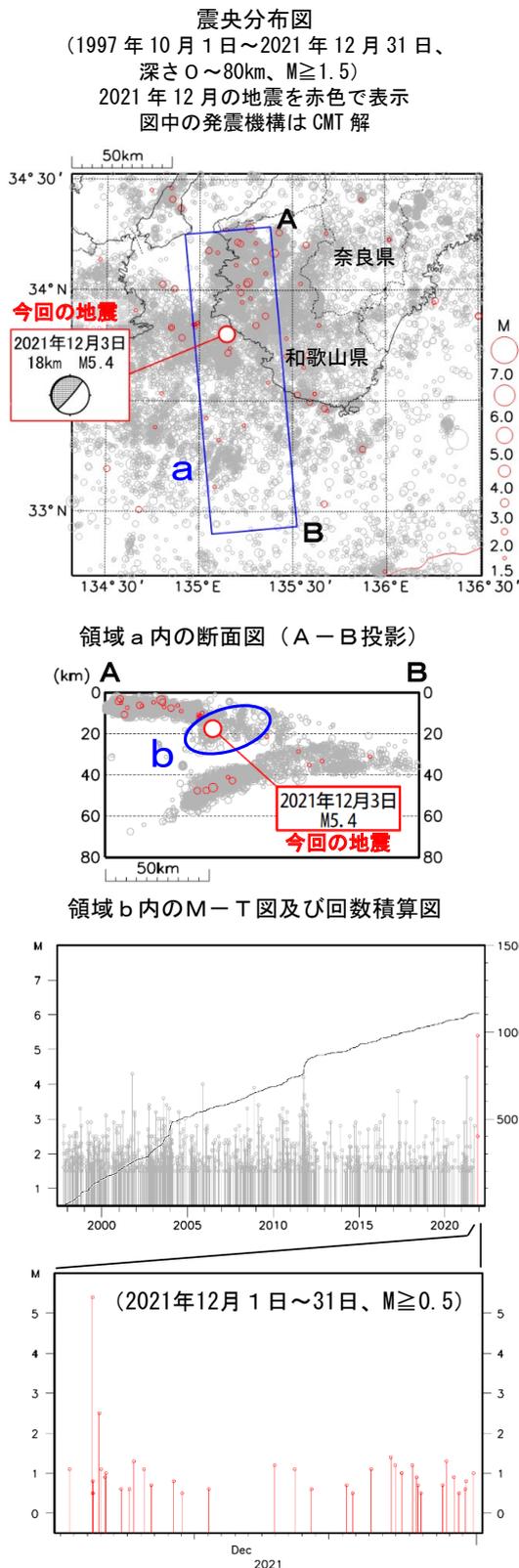


※ 震央分布図中の黒色の点線は、Hirose et al. (2008)、Baba et al. (2002) によるフィリピン海プレート上面のおおよその深さを示す。

第 2 図 2021 年 11 月 1 日の和歌山県南方沖の地震。

Fig. 2 The earthquake south off Wakayama Prefecture on November 1, 2021.

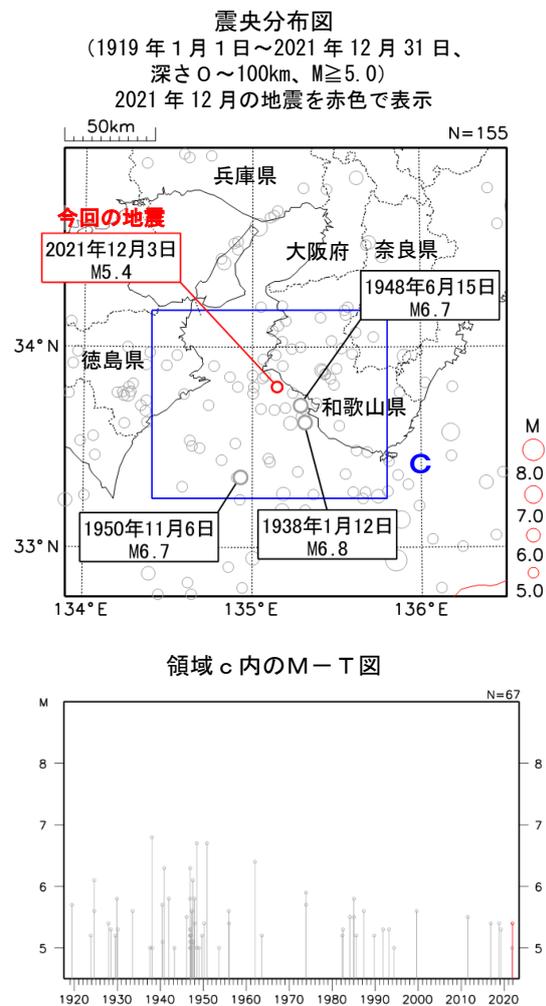
12 月 3 日 紀伊水道の地震



2021年12月3日09時28分に紀伊水道の深さ18kmでM5.4の地震(最大震度5弱)が発生した。この地震は地殻内で発生した。発震機構(CMT解)は、北西-南東方向に圧力軸を持つ逆断層型である。この地震により軽傷5人、住家一部破損2棟などの被害が生じた(12月13日09時30分現在、総務省消防庁による)。今回の地震後、震度1以上を観測する地震は発生していない。

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)では、M4.0程度の地震が時々発生している。

1919年以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺(領域c)では、1960年代にかけてM6.0以上の地震が時々発生していた。このうち1948年6月15日に発生したM6.7の地震では、死者2人、負傷者33人、家屋倒壊60棟などの被害が生じた(「日本被害地震総覧」による)。



第 3 図 (a) 2021 年 12 月 3 日の紀伊水道の地震.

Fig. 3(a) The earthquake in the Kii Channel on December 3, 2021.

2021年12月3日紀伊水道の地震によるフィリピン海プレート上面における 静的応力変化(ΔCFF)

■ソース断層:

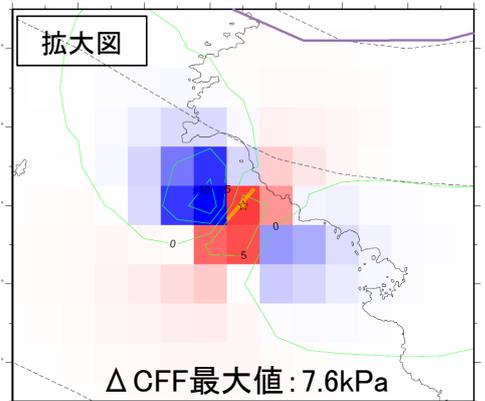
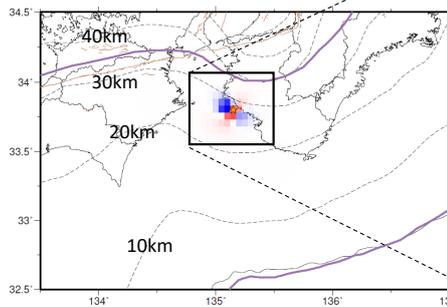
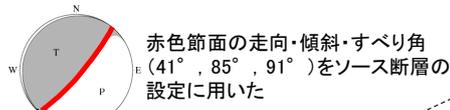
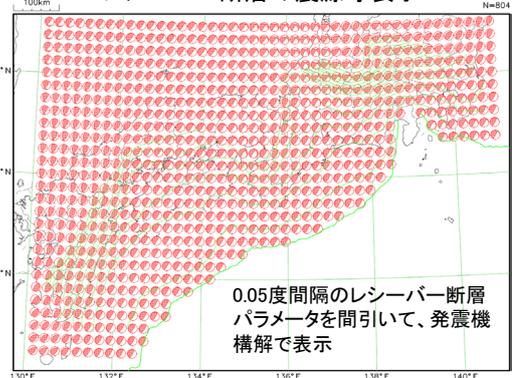
12月3日紀伊水道の地震(Mj5.4)の気象庁CMT解の2つの節面を用い、CMT解によるMw5.1に基づき、断層長5.6km・幅2.8km・すべり量0.12mを設定。一元化震源(暫定値)を断層面の中央とした。

■レシーバー断層:

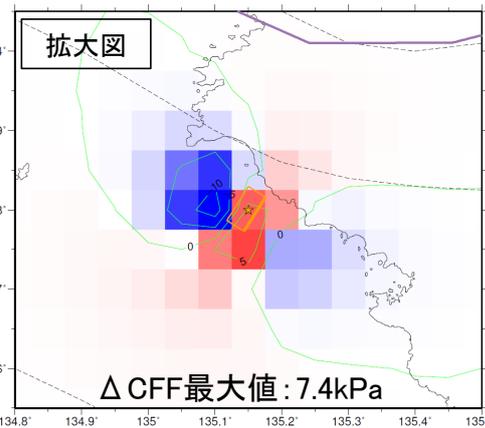
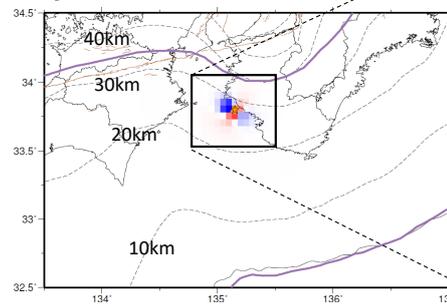
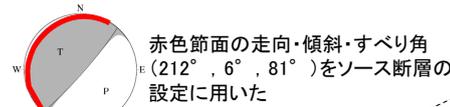
フィリピン海プレート上面の等深線データ(※1)およびプレート相対運動方向(※2)に基づき、断層パラメータを深さ40kmまで0.05度間隔でを配置(※3)した。

剛性率30GPa、摩擦係数0.4を仮定してΔCFFを計算

フィリピン海プレート上面における
レシーバー断層の震源球表示



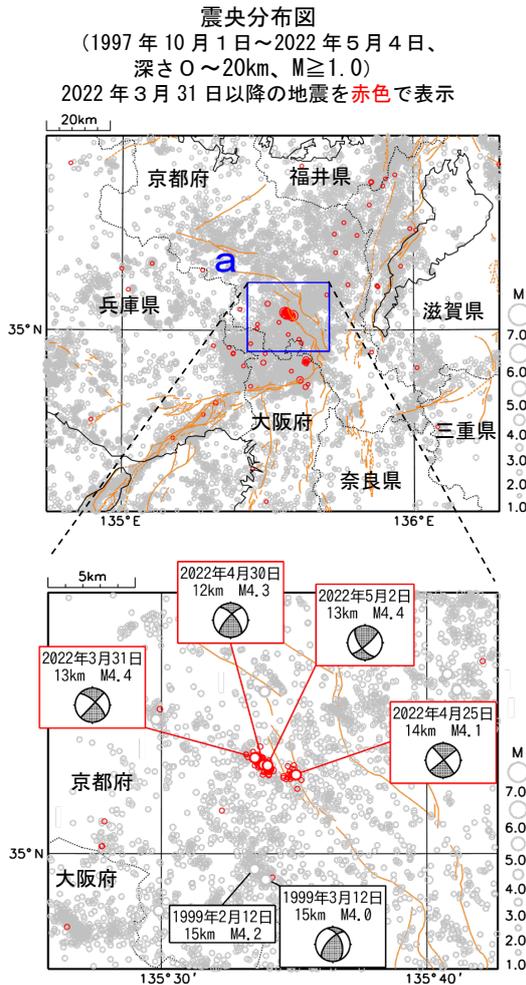
ソース断層にいずれの節面を用いても、ΔCFFは10kpa以下(潮汐応答レベル相当程度)



- ・拡大図内の緑色線はΔCFFの5kPa間隔のコンターを示す
- ・橙色星は12月3日紀伊水道の地震Mj5.4の震央、橙色矩形はソース断層モデル(太線が断層上端側)を示す
- ・紫色線は南海トラフ巨大地震の想定震源域、黒点線はフィリピン海プレートの上面の等深線データ(※1)を示す
- ・参考文献: ※1) Hirose et al.(2008), Baba et al.(2002)、※2) DeMets et al.(2010)、※3) 岩切・上田(2018)

第 3 図 (b) つづき。
Fig. 3(b) Continued.

京都府南部の地震活動



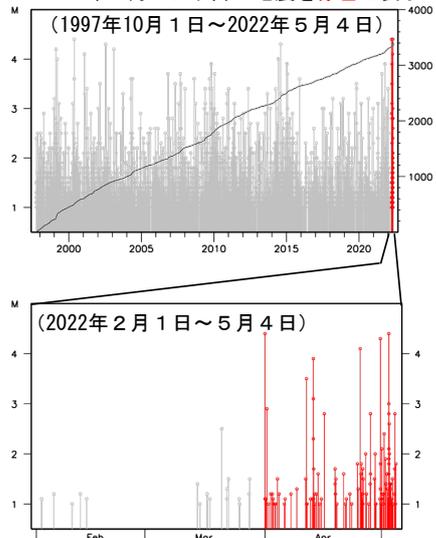
京都府南部では、2022年3月31日から地震活動が活発となり、5月12日08時までには震度1以上を観測する地震が14回（震度4：2回、震度3：2回、震度2：2回、震度1：8回）発生している。このうちM4.0以上の地震は4回発生しており、最大規模の地震は、3月31日及び5月2日とともに深さ13kmで発生したM4.4の地震（ともに最大震度4）であった。これらの地震は地殻内で発生した。これらの地震の発震機構は、東西方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型である。これらの地震の震央付近（領域 a）を拡大してみると、震源は西北西-東南東方向に分布してみえる。

1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震央付近（領域 a）では、M4.0程度の地震が時々発生している。このうち今回の活動のように、1ヶ月ほどの期間内にM4.0を超える地震が複数回発生するような活動は、今回の活動域のやや南側でも1999年2月から3月にかけて発生している。

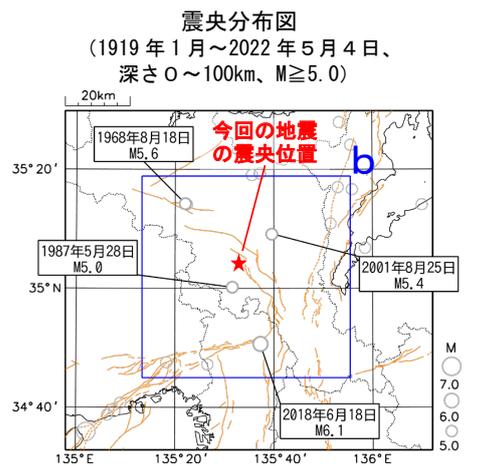
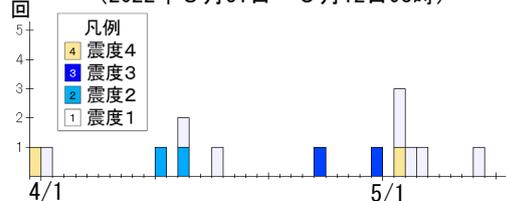
1919年以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺（領域 b）では、M5.0以上の地震も発生しており、2018年6月18日には大阪府北部の地震（M6.1）が発生し、死者6人、負傷者462人などの被害が発生した（2019年4月1日現在、総務省消防庁による）。

(上図) 領域 a 内の M-T 図及び回数積算図

(下図) 領域 a 内の M-T 図
2022 年 3 月 31 日以降の地震を赤色で表示



震度 1 以上の日別最大震度別地震回数図
(2022 年 3 月 31 日～5 月 12 日 08 時)

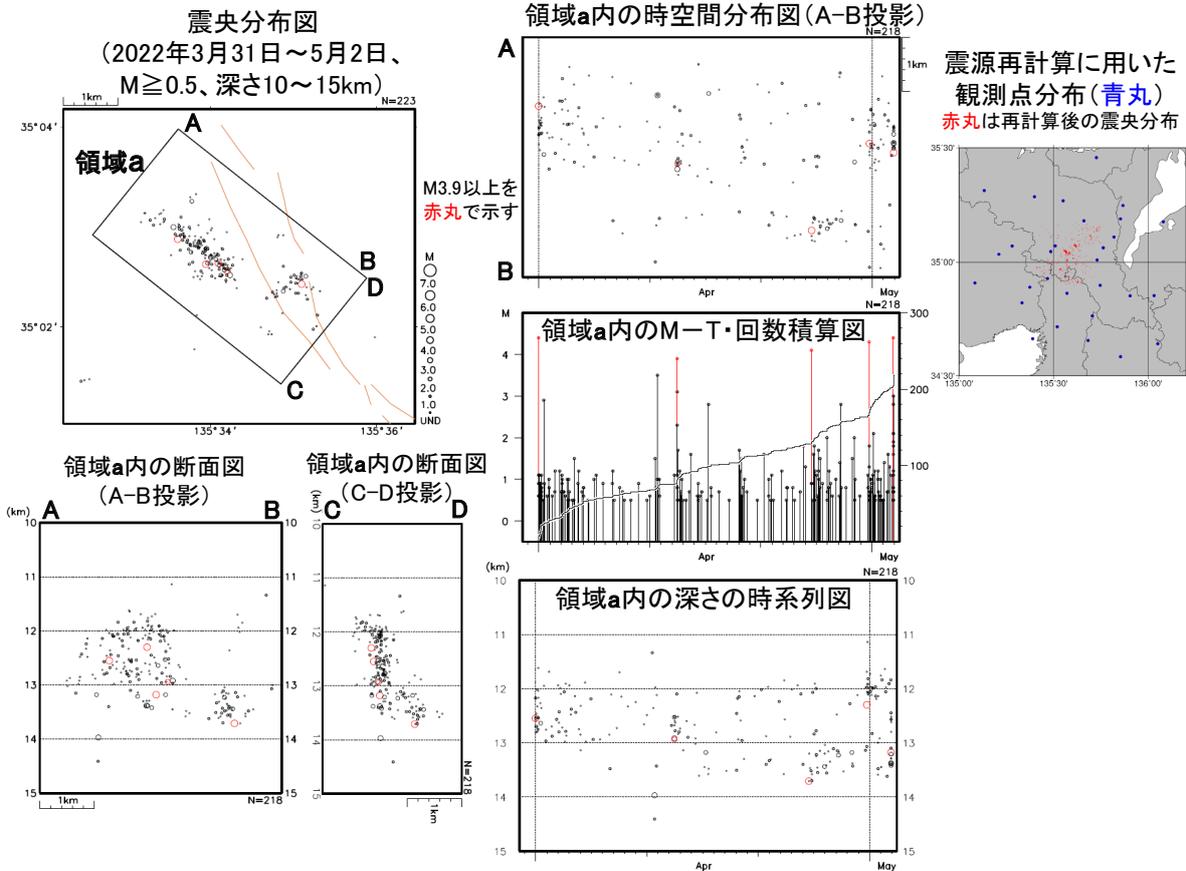
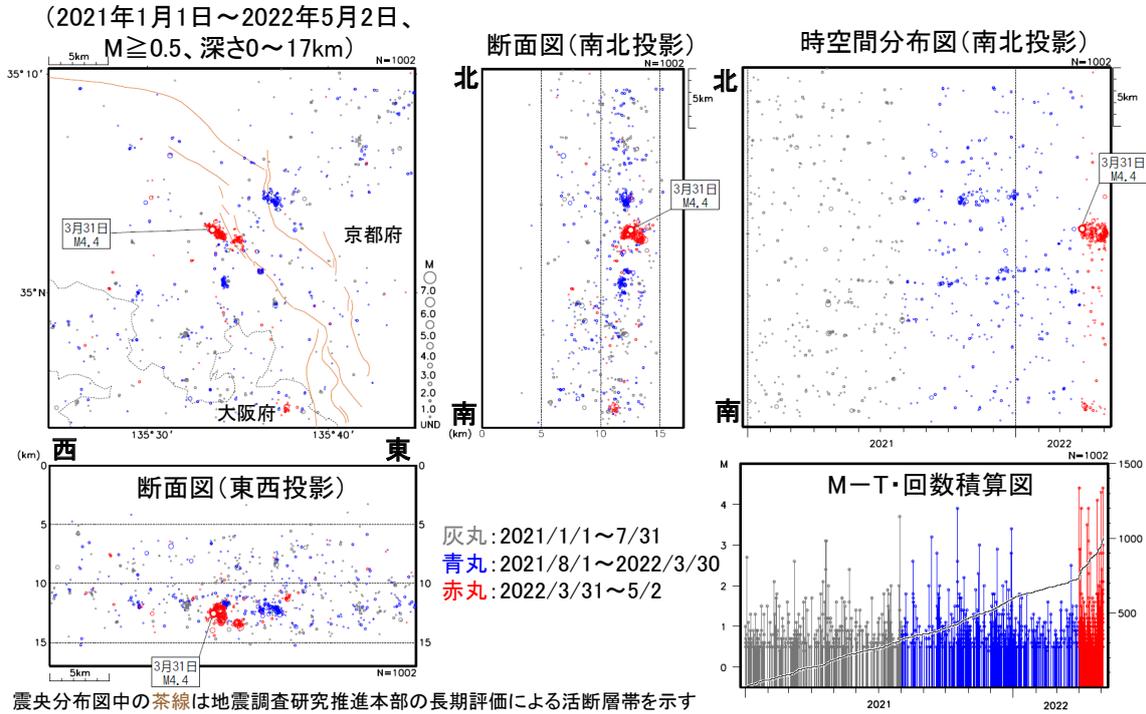


震央分布図中の橙色の実線は地震調査研究推進本部の長期評価による活断層を示す。

第 4 図 (a) 京都府南部の地震活動。

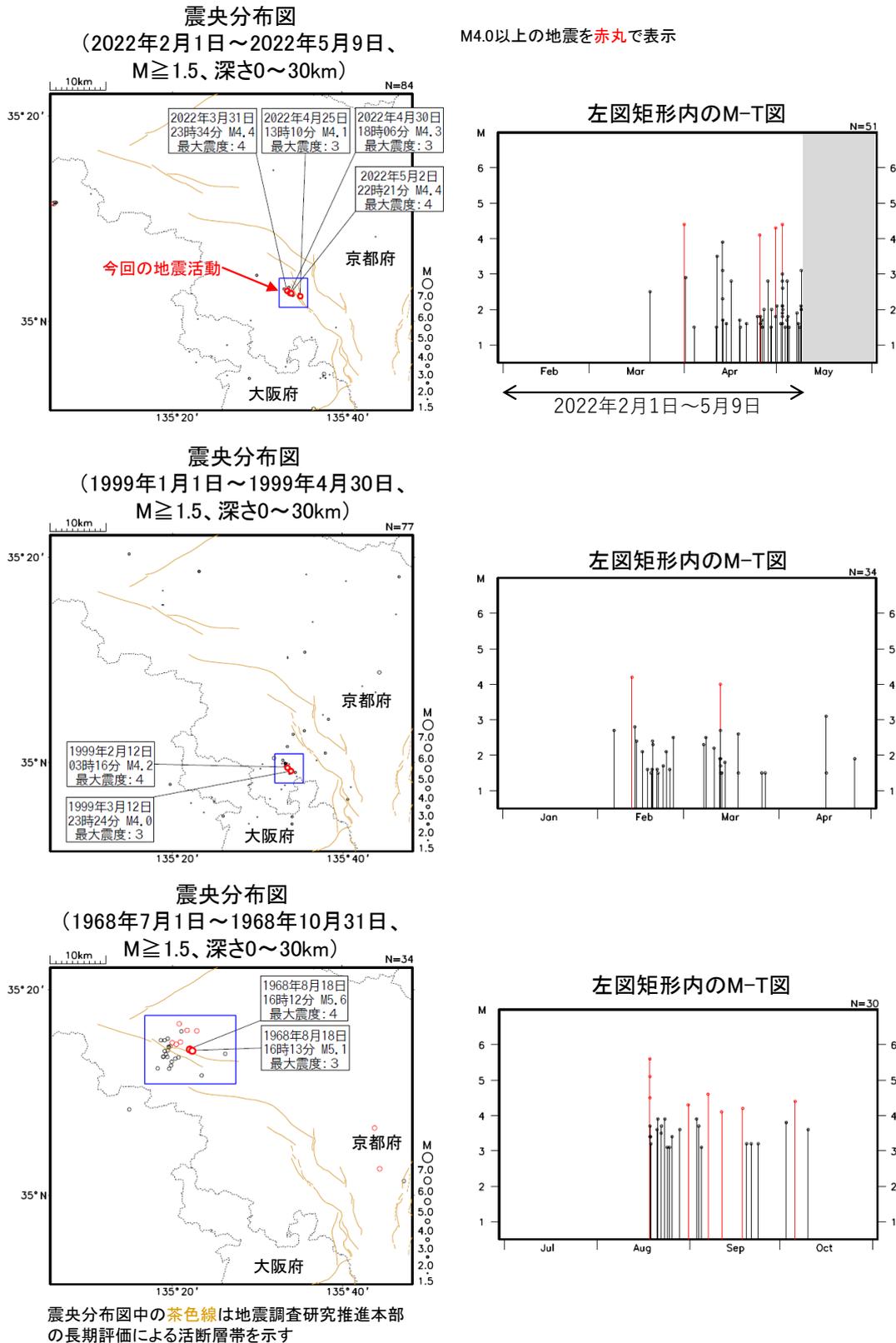
Fig. 4(a) Seismic activity in the southern part of Kyoto Prefecture.

京都府南部の地震活動 (地震活動の詳細：カタログDD法による再計算震源) 震央分布図



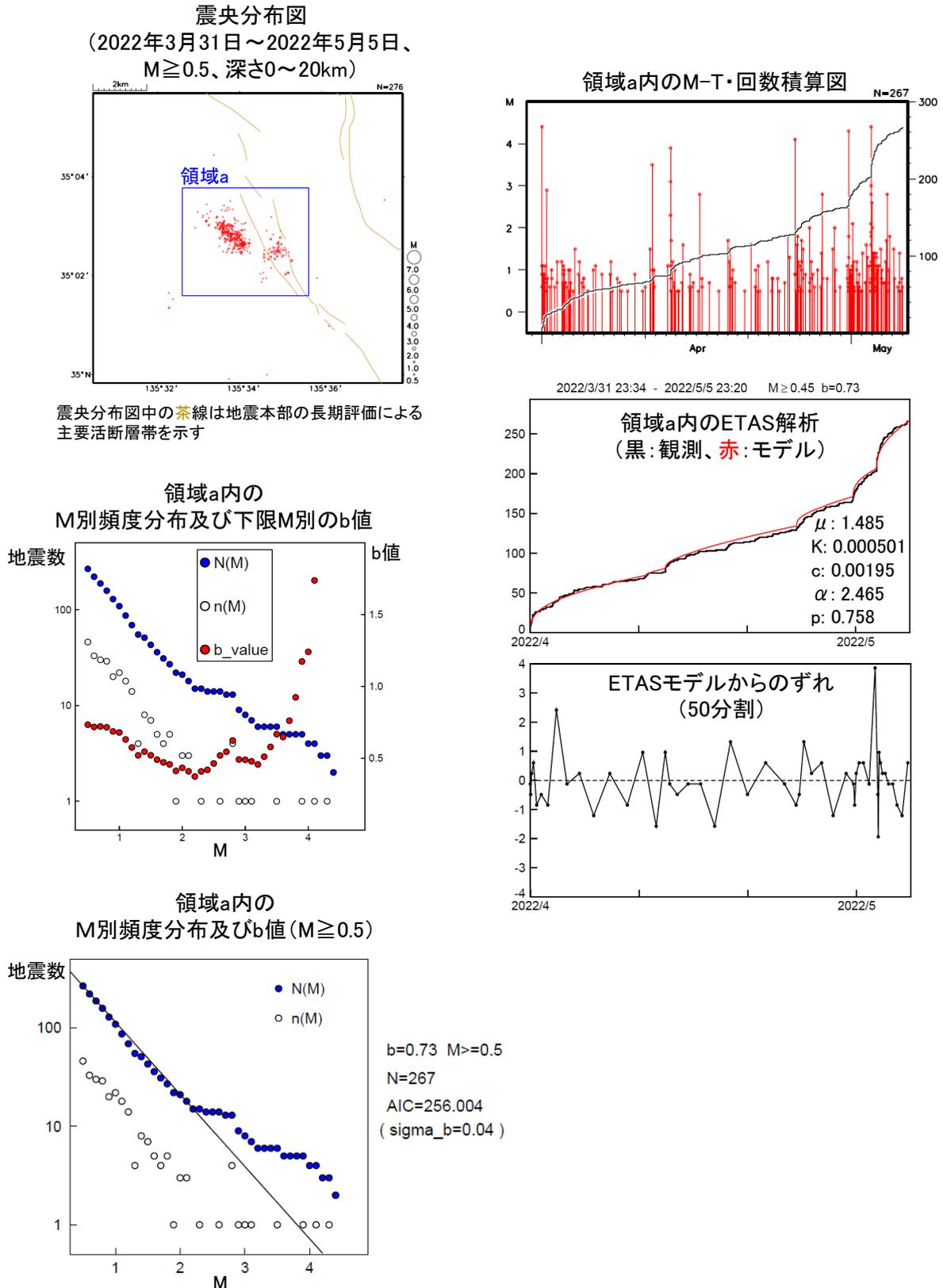
第 4 図 (b) つづき.
Fig.4(b) Continued.

京都府南部の地震活動 (周辺の続発事例)



第4図(c) つづき.
Fig.4(c) Continued.

京都府南部の地震活動 (b値、ETAS解析)



第 4 図 (d) つづき.
Fig.4(d) Continued.

京都府南部の地震活動(非定常ETAS解析)

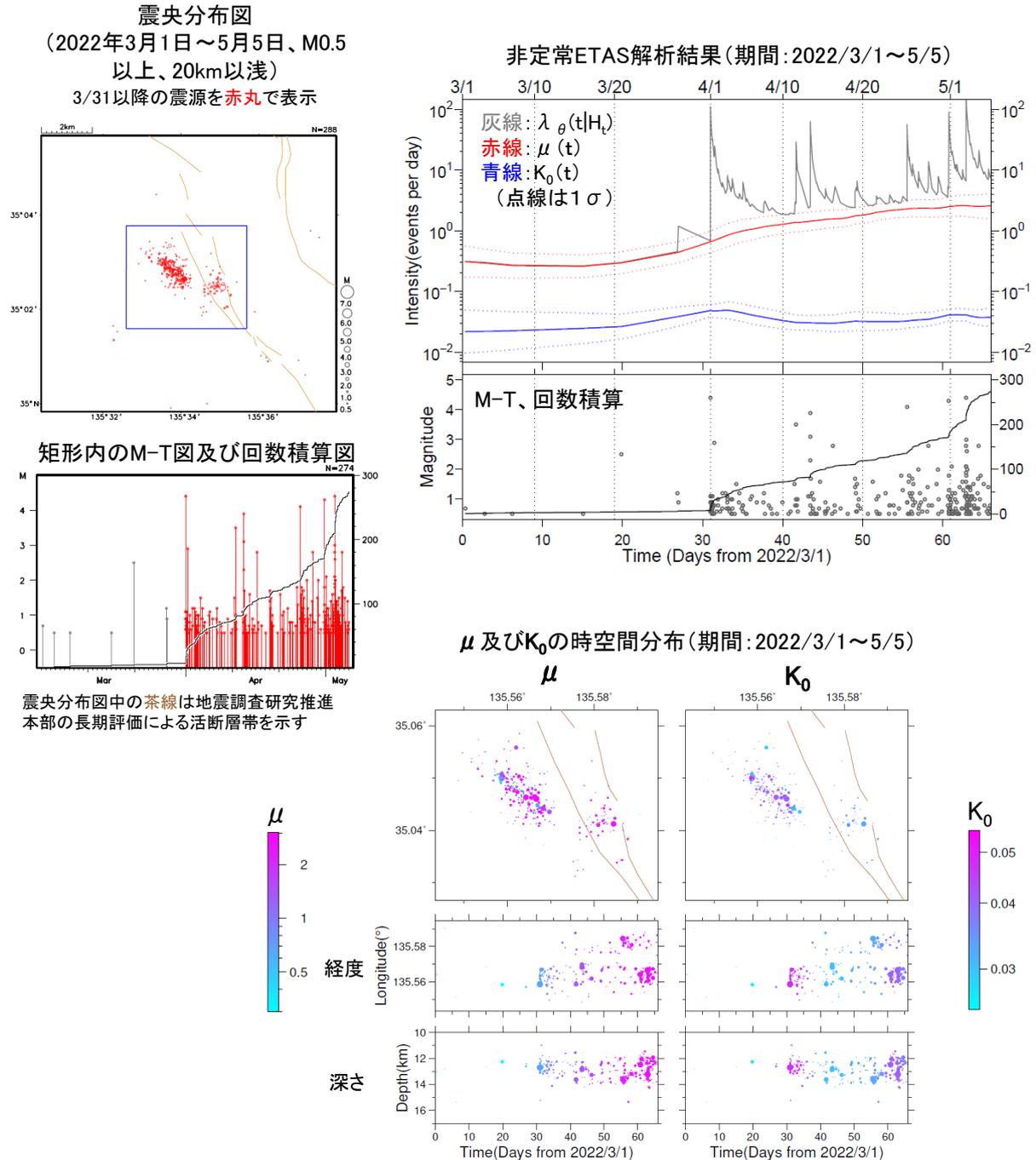
非定常ETASモデル(Kumazawa and Ogata, 2013)による背景地震活動度 $\mu(t)$ 、余震誘発強度 $K_0(t)$ を推定した

$$\lambda_{\theta}(t|H_t) = \mu(t) + \sum_{\{i:t_i < t\}} \frac{K_0(t_i)e^{\alpha(M_i - M_c)}}{(t - t_i + c)^p}$$

$\lambda_{\theta}(t|H_t)$: 強度関数、 $\mu(t)$: 背景地震強度、 $K_0(t)$: 余震誘発強度

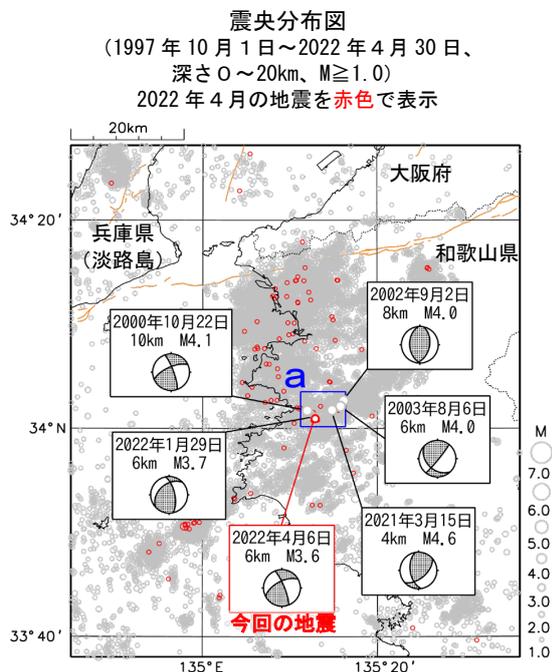
Kumazawa, T., Ogata, Y., 2013. Quantitative description of induced seismic activity before and after the 2011 Tohoku-Oki earthquake by nonstationary ETAS model. J. Geophys. Res.118, 6165-6182.

○震央分布図中の矩形内の震源データを用いて、非定常ETAS解析を行った。 μ 、 K_0 の初期値及び α 、 c 、 p は、矩形内の 2020/1/1~2022/3/30の震源データを用いて定常ETAS解析により求めた。

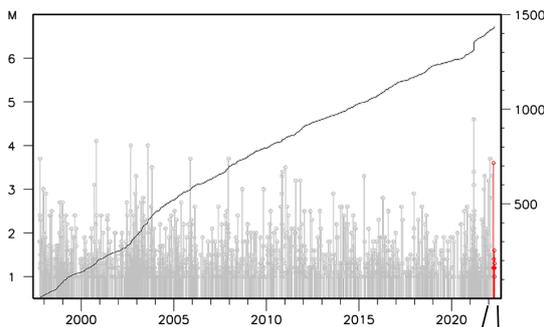


第 4 図 (e) つづき.
Fig. 4(e) Continued.

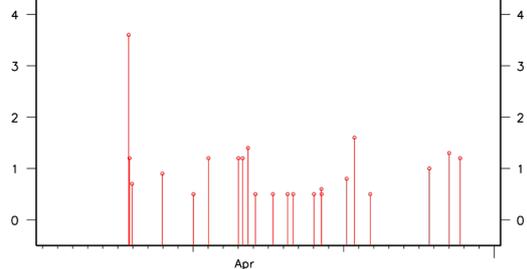
4 月 6 日 和歌山県北部の地震



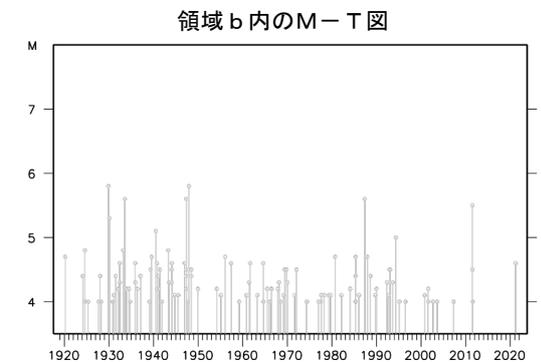
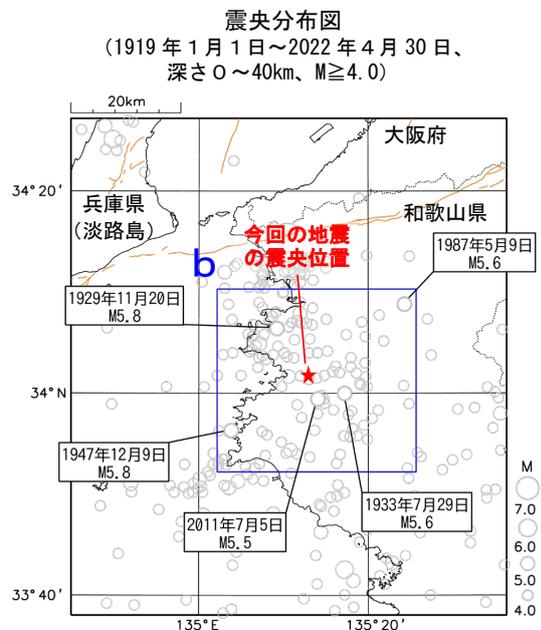
領域 a 内の M-T 図及び回数積算図



(2022 年 4 月 1 日～30 日、 $M \geq 0.5$)



領域 b 内の M-T 図



震央分布図中の橙色の実線は地震調査研究推進本部の長期評価による活断層を示す。

第 5 図 2022 年 4 月 6 日の和歌山県北部の地震。

Fig. 5 The earthquake in the northern part of Wakayama Prefecture on April 6, 2022.