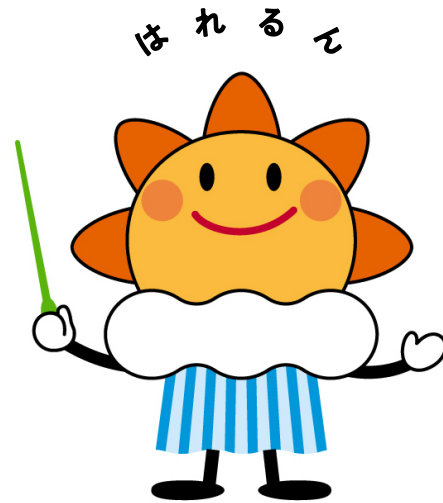


第367回 地震調査委員会資料



令和4年1月13日

気 象 庁



※ 本資料中のデータについて

気象庁では、平成9年11月10日より、国・地方公共団体及び住民が一体となった緊急防災対応の迅速かつ円滑な実施に資するため、気象庁の震度計の観測データに合わせて地方公共団体*及び国立研究開発法人防災科学技術研究所から提供されたものも震度情報として発表している。

また、気象庁では、地震防災対策特別措置法の趣旨に沿って、平成9年10月1日より、大学や国立研究開発法人防災科学技術研究所等の関係機関から地震観測データの提供を受け**、文部科学省と協力してこれを整理し、整理結果等を、同法に基づいて設置された地震調査研究推進本部地震調査委員会に提供するとともに、気象業務の一環として防災情報として適宜発表する等活用している。

注* 令和3年12月31日現在：北海道、青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県、福島県、茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、新潟県、富山県、石川県、福井県、山梨県、長野県、岐阜県、静岡県、愛知県、三重県、滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県、鳥取県、島根県、岡山県、広島県、山口県、徳島県、香川県、愛媛県、高知県、福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県、大分県、宮崎県、鹿児島県、沖縄県、札幌市（北海道）、仙台市（宮城県）、千葉市（千葉県）、横浜市（神奈川県）、川崎市（神奈川県）、相模原市（神奈川県）、名古屋市（愛知県）、京都市（京都府）の47都道府県、8政令指定都市。

注** 令和3年12月31日現在：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る。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る。

※ 本資料中の図について

本資料中の地図は、『数値地図 25000（行政界・海岸線）』（国土地理院）を加工して作成した。

また、一部の図版作成には GMT (Generic Mapping Tool [Wessel, P., and W. H. F. Smith, New, improved version of Generic Mapping Tools released, *EOS Trans. Amer. Geophys. U.*, vol. 79 (47), pp. 579, 1998]) を使用した。

※ 本資料利用上の注意

・資料中の語句について

M：マグニチュード（通常、揺れの最大振幅から推定した気象庁マグニチュードだが、気象庁 CMT 解のモーメントマグニチュードの場合がある。）

Mw：モーメントマグニチュード（特にことわりがない限り、気象庁 CMT 解のモーメントマグニチュードを表す。）
depth：深さ（km）

UND：マグニチュードの決まらない地震が含まれていることを意味する。

N = xx, yy/ZZ：図中に表示している地震の回数を表す（通常図の右上に示してある）。ZZ は回数の総数を表し、xx, yy は期間別に表示色を変更している場合に、期間毎の回数を表す。

・発震機構解について

発震機構解の図は下半球投影である。また、特にことわりがない限り、P波初動による発震機構解である。

・M-T図について

縦軸にマグニチュード（M）、横軸に時間（T）を表示した図で、地震活動の経過を見るために用いる。

・震央地名について

本資料での震央地名は、原則として情報発表時に使用したものをを用いるが、震央を精査した結果により、情報発表時とは異なる震央地名を用いる場合がある。なお、情報発表時の震央地名及びその領域については、各年の「地震・火山月報（防災編）」1月号の付録「地震・火山月報（防災編）で用いる震央地名」を参照のこと。

・震源と震央について

震源とは地震の発生原因である地球内部の岩石の破壊が開始した点であり、震源の真上の地点を震央という。

・地震の震源要素等について

2016年4月1日以降の震源では、Mの小さな地震は、自動処理による震源を表示している場合がある。自動処理による震源は、震源誤差の大きなものが表示されることがある。

2020年9月以降に発生した地震を含む図については、2020年8月以前までに発生した地震のみによる図と比較して、日本海溝海底地震津波観測網（S-net）や紀伊水道沖の地震・津波観測監視システム（DONET2）による海域観測網の観測データの活用、震源計算処理における海域速度構造の導入及び標高を考慮した震源決定等それまでのデータ処理方法との違いにより、震源の位置や決定数に見かけ上の変化がみられることがある。

2022年1月12日現在、次の期間の地震について、暫定的に震源精査の基準を変更しているため、その前後の期間と比較して微小な地震での震源決定数の変化（増減）が見られる。

①2020年9月1日から10月23日まで、②2021年1月9日から3月7日まで、③2021年4月19日から12月5日まで

震源の深さを「CMT 解による」とした場合は、気象庁 CMT 解のセントロイドの深さをを用いている。

地震の震源要素、発震機構解、震度データ等は、再調査後、修正することがある。確定した値、算出方法については地震月報（カタログ編）[気象庁ホームページ：<https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/bulletin/index.html>]に掲載する。

なお、本誌で使用している震源位置・マグニチュードは世界測地系（Japanese Geodetic Datum 2000）に基づいて計算したものである。

・火山の活動解説の火山性地震回数等について

火山性地震や火山性微動の回数等は、再調査後、修正することがある。確定した値については、火山月報（カタログ編）[気象庁ホームページ：https://www.data.jma.go.jp/vois/data/tokyo/STOCK/bulletin/index_vcatalog.html]に掲載する。

令和3年12月の主な地震活動^{注1)}

番号	月 日	時 分	震央地名	深さ (km)	M	Mw	最大 震度	備考/コメント
1	12月2日	01時58分	茨城県南部	65	5.1	4.9	4	フィリピン海プレート内部で発生した地震
2	12月3日	02時17分	山梨県東部・富士五湖	21	4.1	-	4	
		06時37分		19	4.8	4.5	5弱	
3	12月3日	09時28分	紀伊水道	18	5.4	5.1	5弱	緊急地震速報(警報)発表 地殻内で発生した地震 被害: 負傷者5人など(12月13日09時30分 現在、総務省消防庁による)
4	12月5日	11時14分	トカラ列島近海	19	4.9	5.0	4	緊急地震速報(警報)発表 (12月9日11時05分の地震に対して発表) 12月中に震度1以上を観測する地震が308回 (震度5強: 1回、震度4: 2回、震度 3: 15回、震度2: 85回、震度1: 205回) 発生し、このうち最大規模の地震は、9日 11時05分に発生したM6.1の地震(最大震度 5強) 陸のプレート内で発生した地震 被害: がけ崩れなど(12月23日現在、鹿児 島県による)
	12月8日	22時44分		20	4.0	-	4	
	12月9日	11時05分		14	6.1	5.9	5強	
5	12月8日	02時29分	福島県沖	17	5.2	4.9	3	陸のプレートの地殻内で発生した地震
6	12月8日	16時22分	福島県沖	53	5.0	4.8	3	太平洋プレート内部で発生した地震
7	12月12日	12時30分	茨城県南部	50	5.0	5.0	4	フィリピン海プレートと陸のプレートの境 界で発生した地震
8	12月21日	01時05分	日高地方中部	39	4.8	4.8	3	陸のプレート内で発生した地震
9	12月21日	11時53分	国後島付近	96	5.0	4.9	3	太平洋プレート内部で発生した地震
10	12月26日	17時26分	宮古島近海	24 ^{注2)}	6.1	5.9	4	陸のプレート内で発生した地震
11			石川県能登地方の地震活動 ^{注3)}				3	12月中に震度1以上を観測する地震が9回 (震度3: 1回、震度2: 3回、震度1: 5回)発生し、このうち最大規模の地震 は、31日14時52分に発生したM4.3の地震 (最大震度3) 地殻内で発生した地震
12			伊豆大島近海の地震活動				2	12月4日から17日に震度1以上を観測する 地震が25回(震度2: 7回、震度1: 18 回)発生し、このうち最大規模の地震は、 6日13時46分及び7日10時48分に発生した M3.2の地震(ともに最大震度2) フィリピン海プレートの地殻内で発生した 地震

注1) 「主な地震活動」とは、①震度4以上の地震、②M6.0以上の地震、③陸域でM4.5以上かつ震度3以上の地震、
④海域でM5.0以上かつ震度3以上の地震、⑤前に取り上げた地震活動で活動が継続しているもの、⑥その他、
注目すべき活動。なお、掲載した震源要素については、後日修正されることがある。

注2) 気象庁のCMT解による。

注3) 3日03時41分、7日20時41分、20時43分、22日18時41分に発生した能登半島沖の地震を含む。

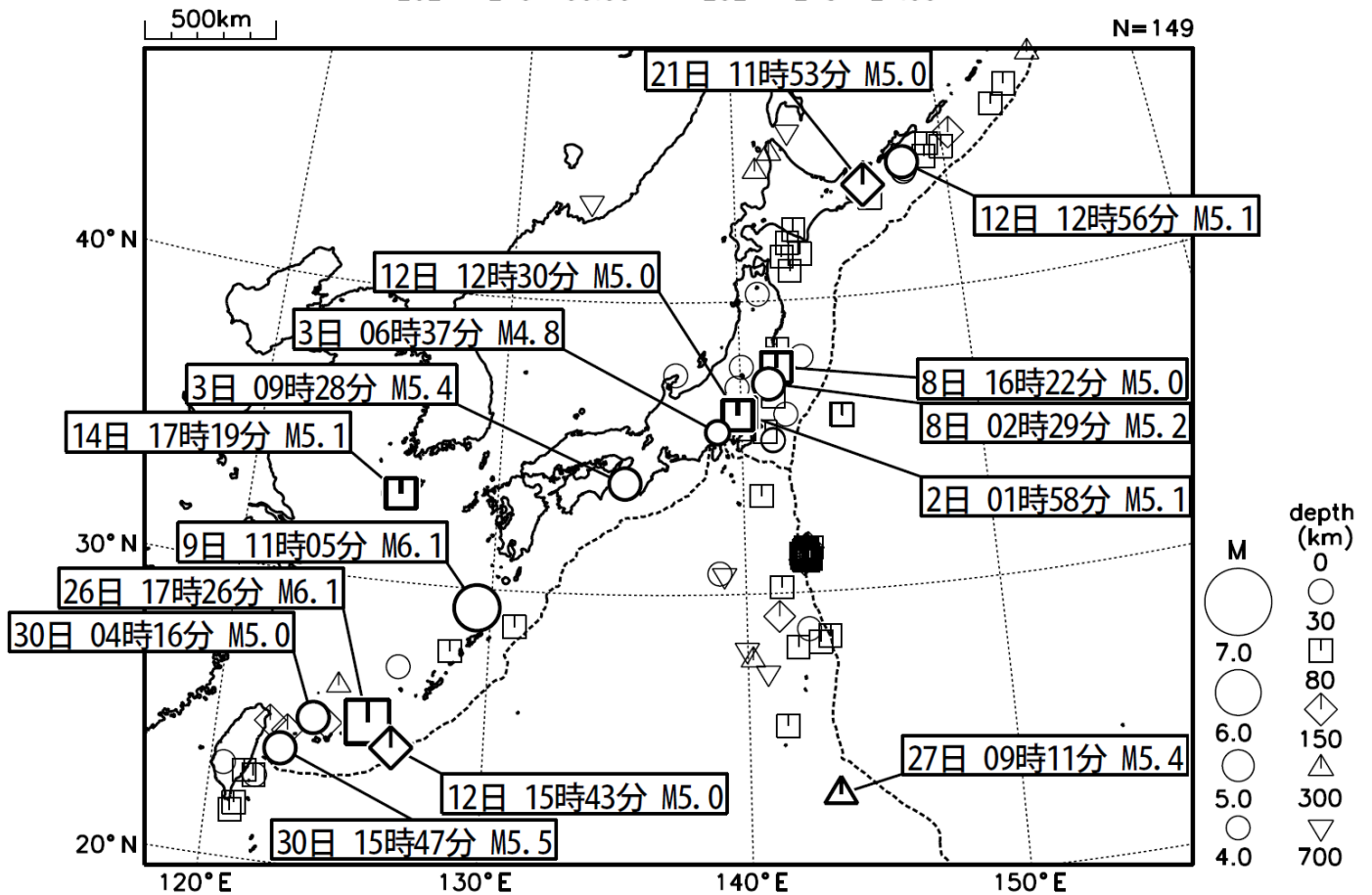
期間外の活動^{注4)}

番号	月 日	時 分	震央地名	深さ (km)	M	Mw	最大 震度	備考/コメント
1	1月3日	18時46分	台湾付近	27	6.3	6.2	2	
2	1月4日	06時08分	父島近海	63 ^{注2)}	6.1	5.8	5強	緊急地震速報(警報)発表 長周期地震動階級1を観測 太平洋プレート内部で発生した地震

注4) 注1)の主な地震活動の基準に該当する地震で令和4年1月中に発生したものの。

2021年12月の全国の地震活動 (マグニチュード4.0以上)

2021 12 01 00:00 -- 2021 12 31 24:00



- ・ 12月3日に山梨県東部・富士五湖でM4.8の地震（最大震度5弱）が発生した。
- ・ 12月3日に紀伊水道でM5.4の地震（最大震度5弱）が発生した。
- ・ 12月9日にトカラ列島近海でM6.1の地震（最大震度5強）が発生した。
- ・ 12月26日に宮古島近海でM6.1の地震（最大震度4）が発生した。

(上記期間外)

- ・ 1月3日に台湾付近でM6.3の地震（日本国内で観測された最大の揺れは震度2）が発生した。
- ・ 1月4日に父島近海でM6.1の地震（最大震度5強）が発生した。

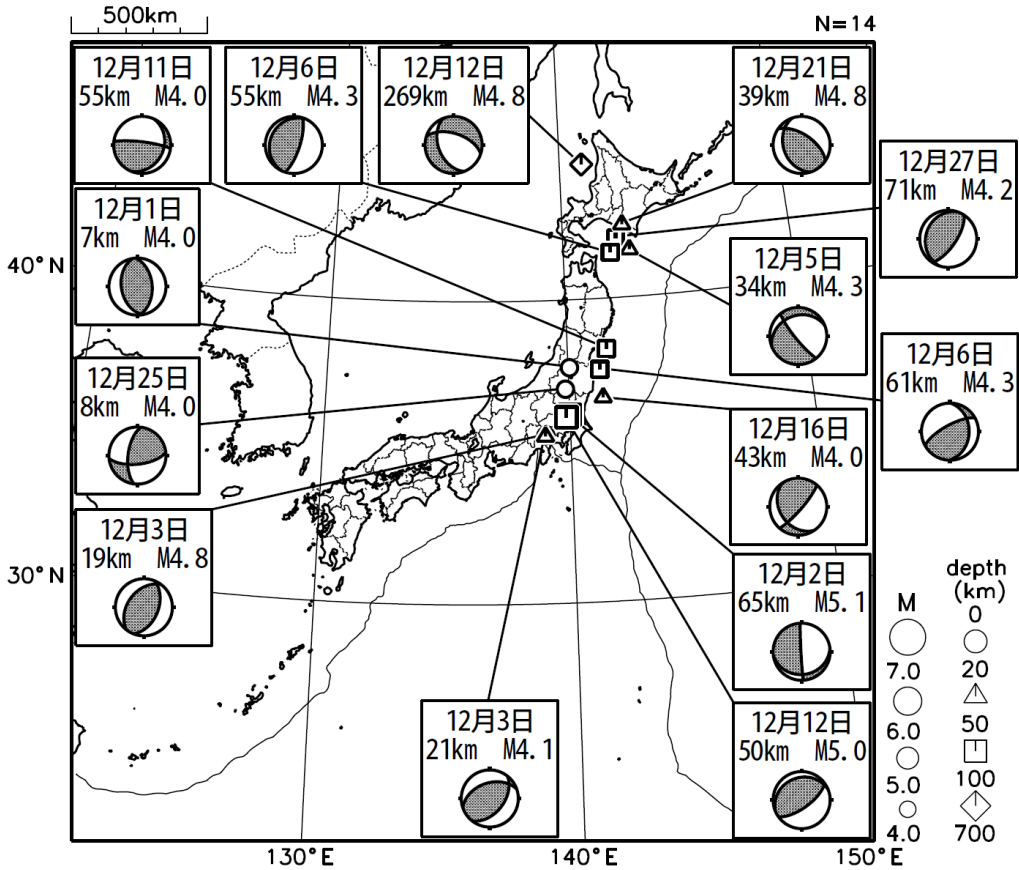
[図中に日時分、マグニチュードを付した地震はM5.0以上の地震、またはM4.0以上で最大震度5弱以上を観測した地震である。
また、上に表記した地震はM6.0以上、またはM4.0以上で最大震度5弱以上を観測した地震である。]

気象庁・文部科学省（気象庁作成資料には、防災科学技術研究所や大学等関係機関のデータも使われています）

主な地震の発震機構 (2021年12月)

2021 12 01 00:00 -- 2021 12 31 24:00

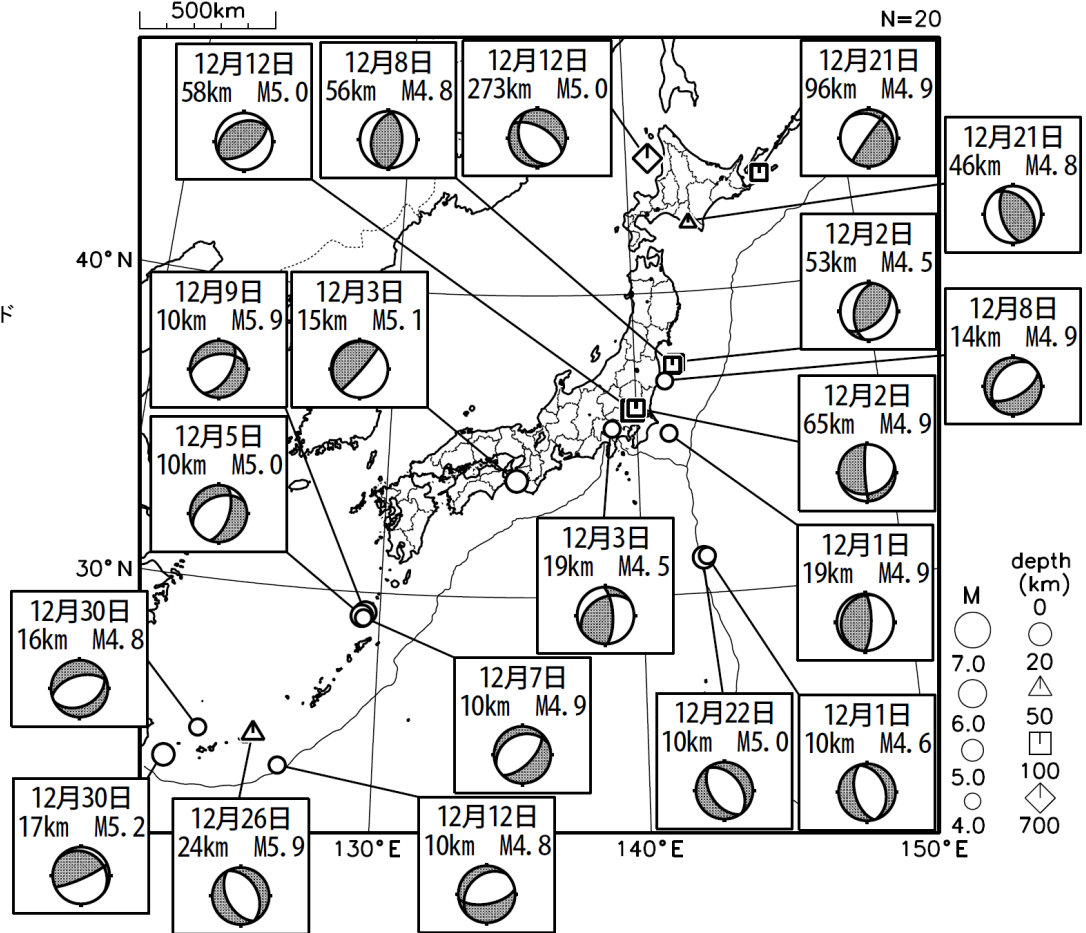
P波初動解



2021 12 01 00:00 -- 2021 12 31 24:00

CMT解

MはMwの値、
深さはセントロイド

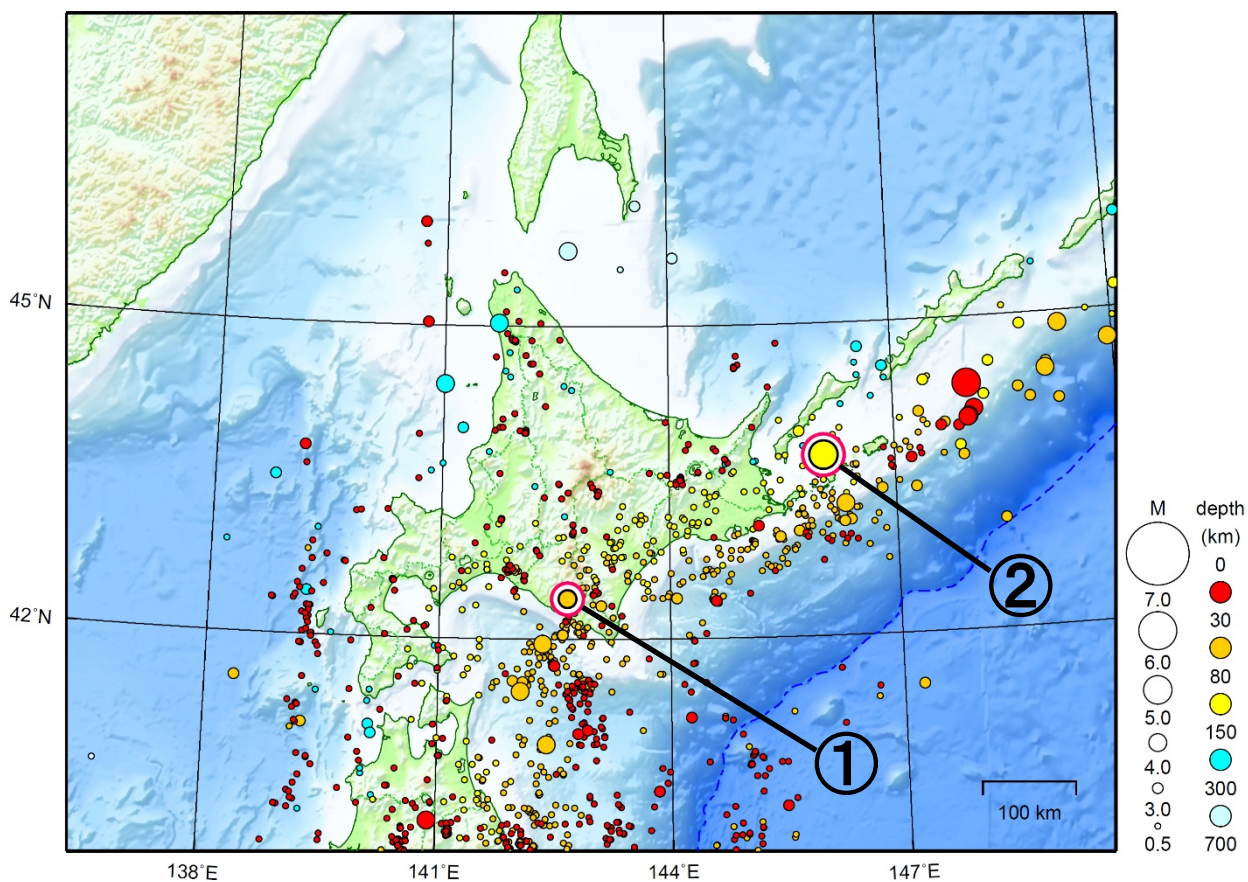


次ページ以降、資料中に発震機構が示されている場合は、特段の断りがない限り「P波初動解」を示す。

気象庁作成

北海道地方

2021/12/01 00:00 ~ 2021/12/31 24:00



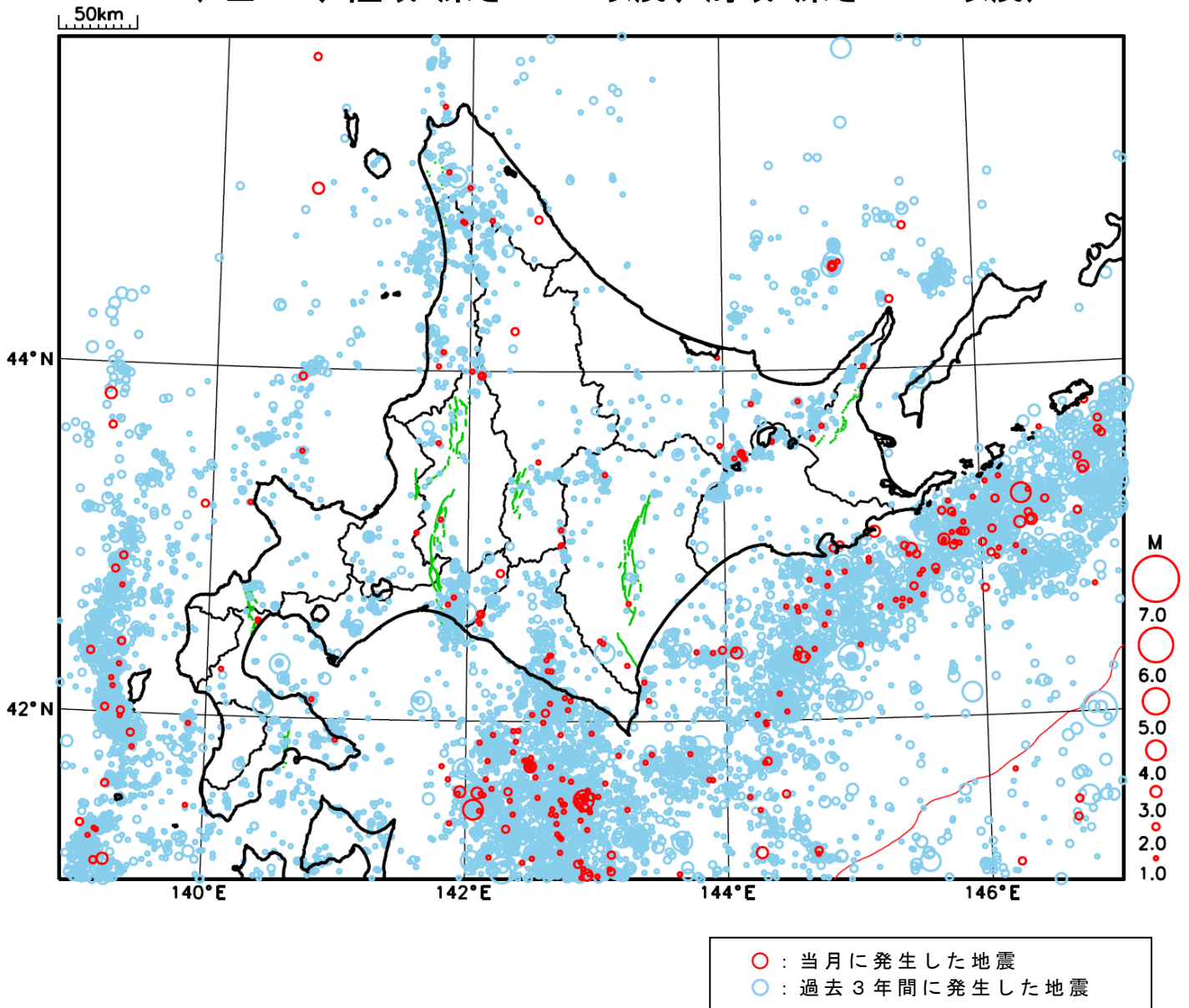
地形データは日本海洋データセンターのJ-EGG500、米国地質調査所のGTOP030、及び米国国立地球物理データセンターのETOPO2v2を使用

- ① 12月21日に日高地方中部でM4.8の地震（最大震度3）が発生した。
- ② 12月21日に国後島付近でM5.0の地震（最大震度3）が発生した。

[上述の地震はM6.0以上または最大震度4以上、陸域でM4.5以上かつ最大震度3以上、海域でM5.0以上かつ最大震度3以上、その他、注目すべき活動のいずれかに該当する地震。]

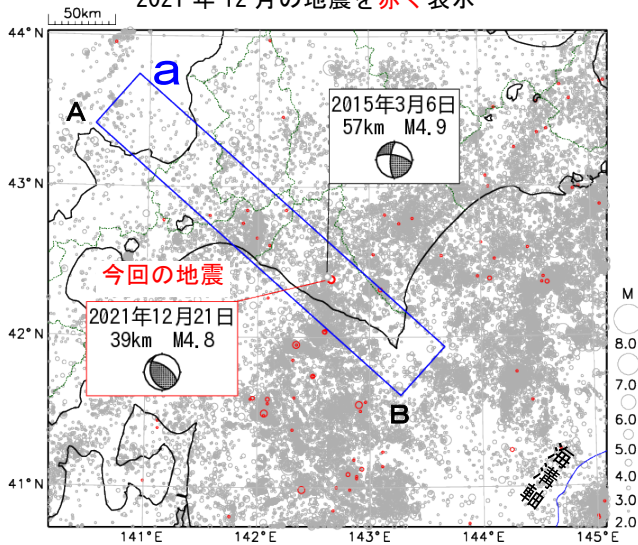
気象庁・文部科学省

北海道地方における 2021 年 12 月の地震活動 ($M \geq 1.0$ 、陸域 深さ 30km 以浅、海域 深さ 60km 以浅)



12月21日 日高地方中部の地震

震央分布図
(1997年10月1日～2021年12月31日、
深さ0～200km、M \geq 2.0)
2021年12月の地震を赤く表示

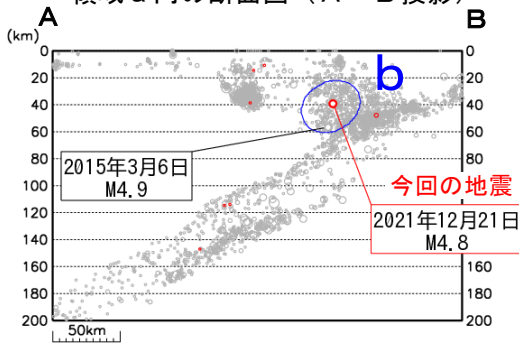


2021年12月21日01時05分に日高地方中部の深さ39kmでM4.8の地震 (最大震度3) が発生した。この地震は、陸のプレート内で発生した。発震機構は北東-南西方向に圧力軸を持つ逆断層型である。

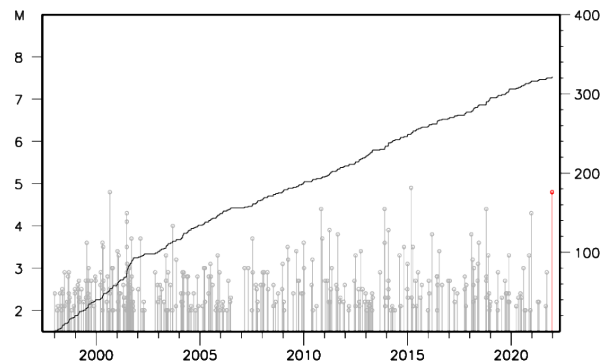
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近 (領域b) では、M4.0以上の地震がしばしば発生している。

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、M6.0以上の地震はしばしば発生している。2018年9月6日の「平成30年北海道胆振東部地震」(M6.7、最大震度7) により、北海道では死者43人、負傷者782人、住家全半壊2,129棟などの被害が生じた (総務省消防庁による)。

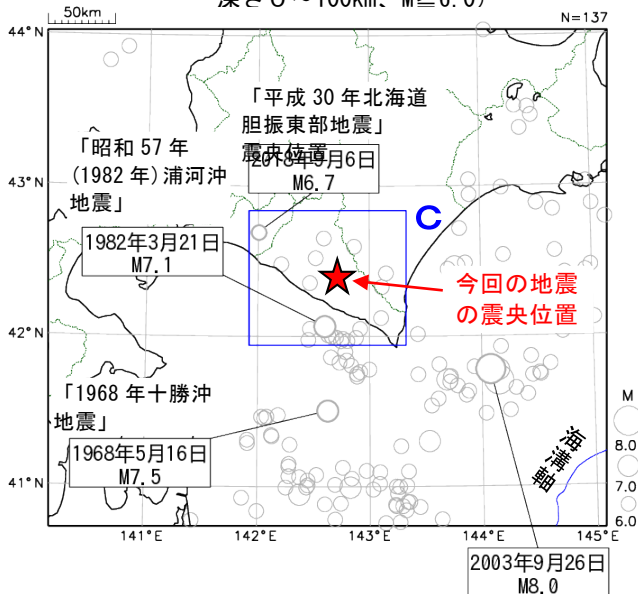
領域a内の断面図 (A-B投影)



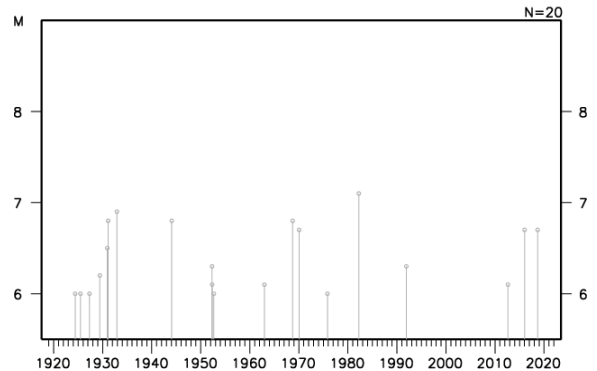
領域b内のM-T図及び回数積算図



震央分布図
(1919年1月1日～2021年12月31日、
深さ0～100km、M \geq 6.0)



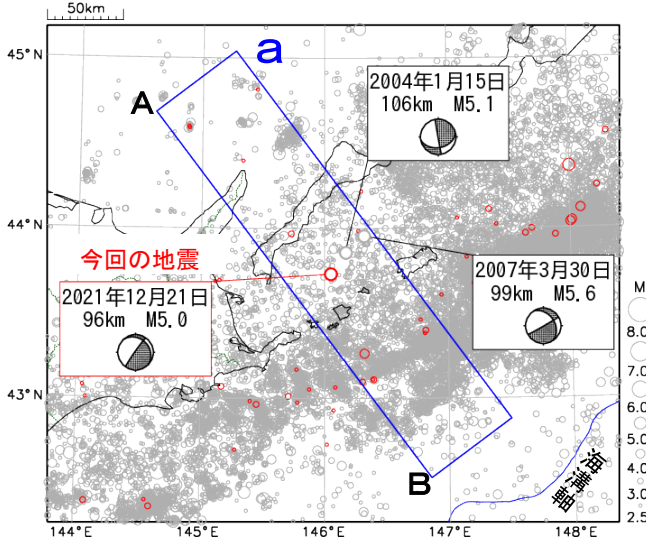
領域c内のM-T図



「平成15年(2003年)十勝沖地震」

12月21日 国後島付近の地震

震央分布図
(2001年10月1日～2021年12月31日、
深さ0～200km、 $M \geq 2.5$)
2021年12月の地震を赤く表示
図中の発震機構はCMT解

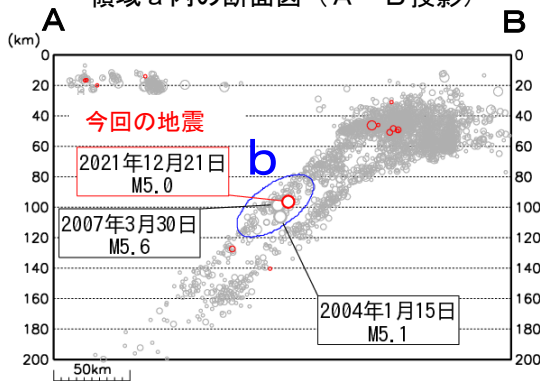


2021年12月21日11時53分に国後島付近の深さ96kmでM5.0の地震(最大震度3)が発生した。この地震は、発震機構(CMT解)が太平洋プレートの沈み込む方向に圧力軸を持つ型で、太平洋プレート内部(二重地震面の上面)で発生した。

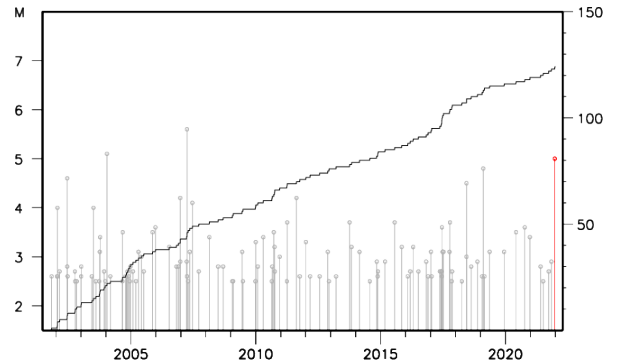
2001年10月以降の活動を見ると、今回の地震の震源付近(領域b)では、M5.0以上の地震が今回の地震を含め3回発生している。

1919年以降の活動を見ると、今回の地震の震央周辺のやや深い領域(領域c)では、M6.0以上の地震が時々発生している。最大は1964年6月23日(最大震度4)と1965年10月26日(最大震度4)のM6.8の地震で、1964年の地震では負傷者1人の被害を生じた(「日本被害震総覧」による)。

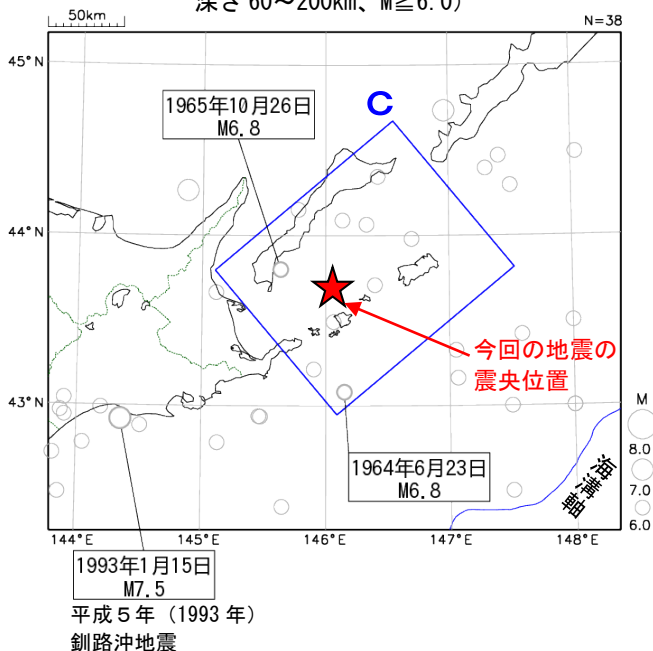
領域a内の断面図(A-B投影)



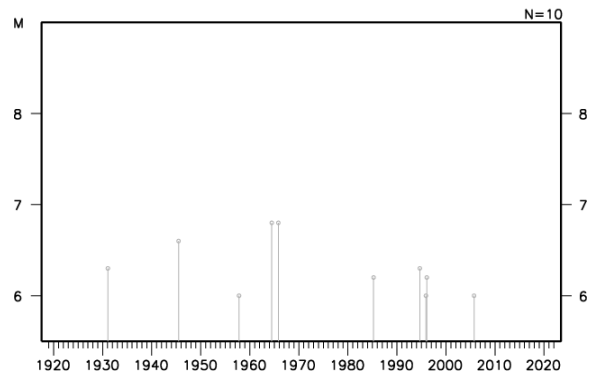
領域b内のM-T図及び回数積算図



震央分布図
(1919年1月1日～2021年12月31日、
深さ60～200km、 $M \geq 6.0$)

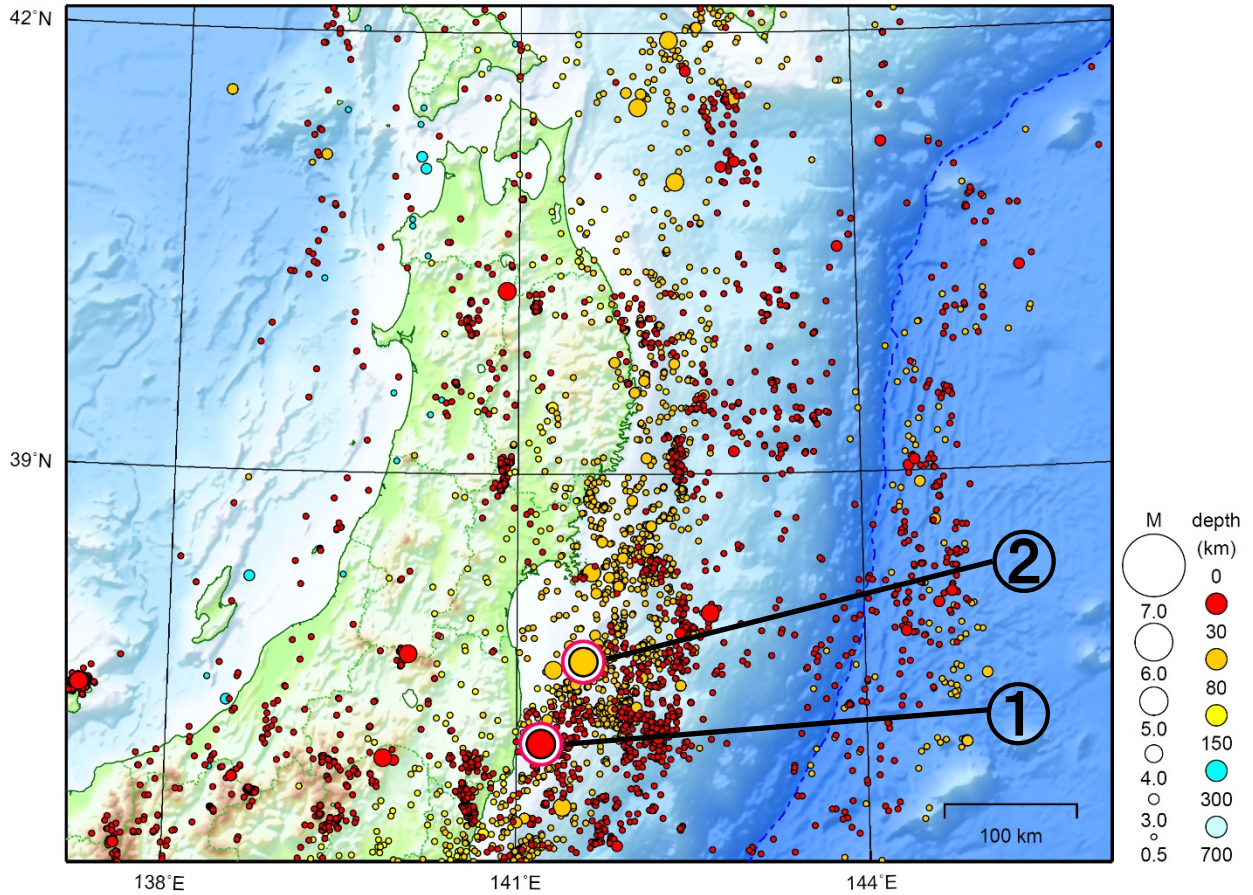


領域c内のM-T図



東北地方

2021/12/01 00:00 ~ 2021/12/31 24:00



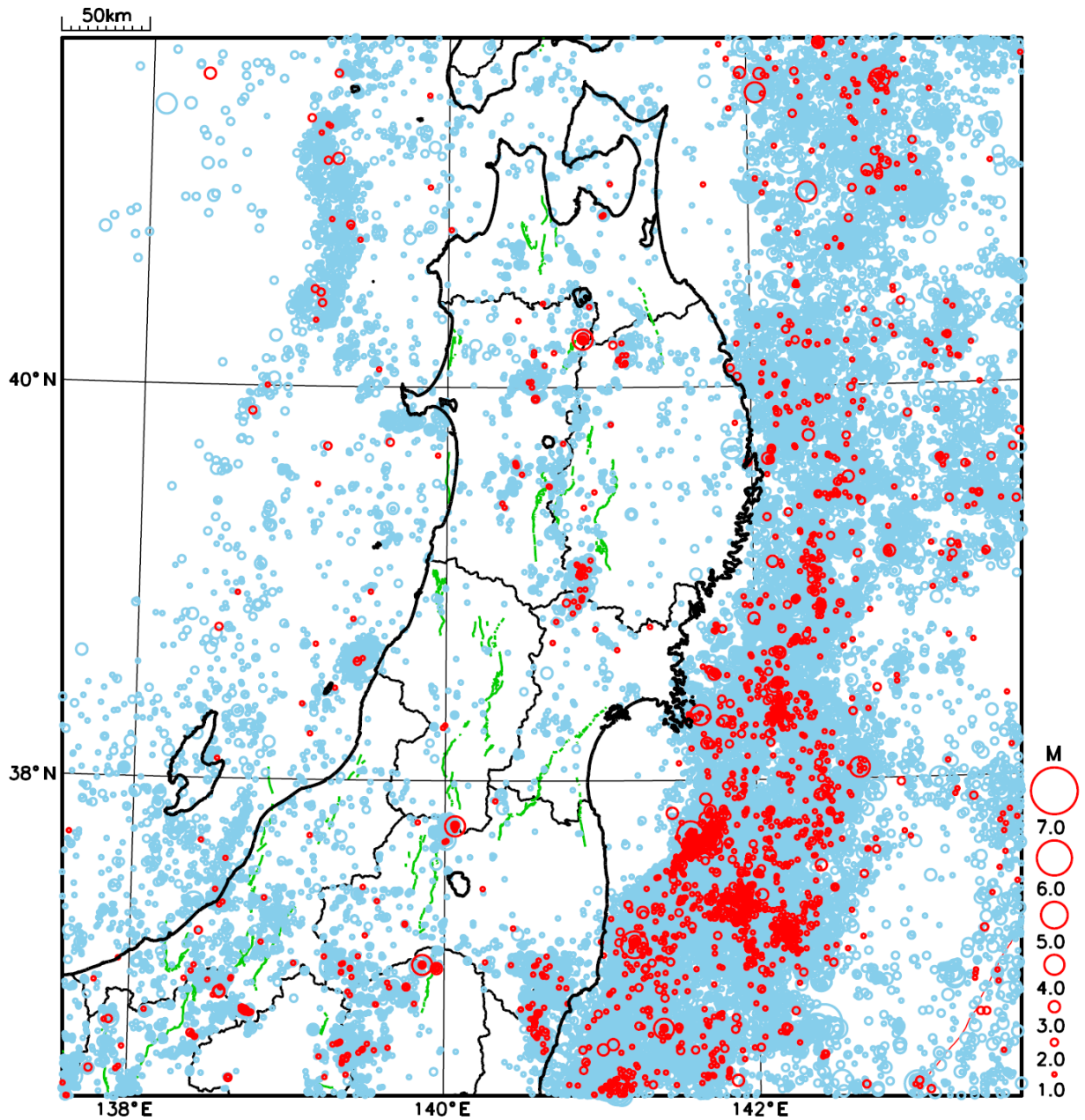
地形データは日本海洋データセンターのJ-EGG500、米国地質調査所のGTOP030、及び米国国立地球物理データセンターのETOP02v2を使用

- ① 12月8日に福島県沖でM5.2の地震（最大震度3）が発生した。
- ② 12月8日に福島県沖でM5.0の地震（最大震度3）が発生した。

[上述の地震はM6.0以上または最大震度4以上、陸域でM4.5以上かつ最大震度3以上、海域でM5.0以上かつ最大震度3以上、その他、注目すべき活動のいずれかに該当する地震。]

気象庁・文部科学省

東北地方における 2021 年 12 月の地震活動 ($M \geq 1.0$ 、陸域 深さ 30km 以浅、海域 深さ 60km 以浅)



○ : 当月に発生した地震
○ : 過去3年間に発生した地震

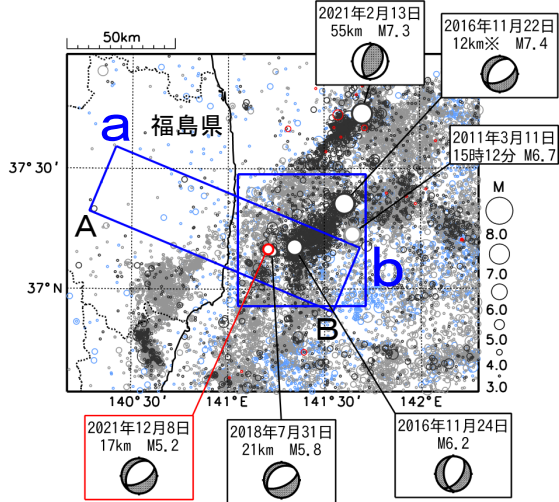
12月8日02時29分 福島県沖の地震

震央分布図

(1997年10月1日～2021年12月31日、
深さ0～120km、 $M \geq 3.0$)

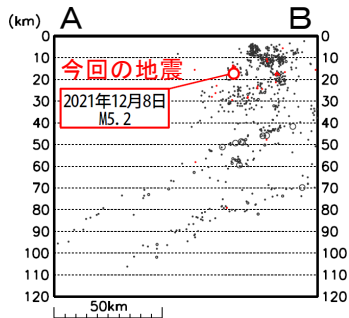
2011年3月10日以前の地震を青色、
2011年3月11日以降の地震を灰色、
2016年11月22日以降の地震を黒色、
2021年12月の地震を赤色で表示

図中の発震機構はCMT解



今回の地震 ※深さはCMT解による

領域 a 内の断面図 (A-B 投影、
2020年9月1日～2021年12月31日、 $M \geq 1.5$)

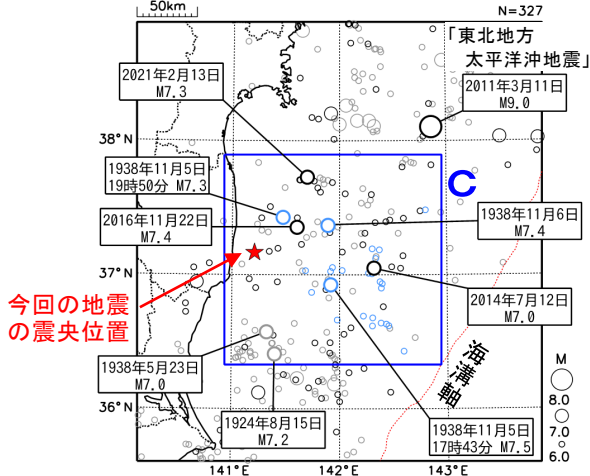


震央分布図

(1919年1月1日～2021年12月31日、
深さ0～120km、 $M \geq 6.0$)

1938年11月5日～11月30日の地震を青色、
2011年3月11日以降の地震を黒色、
上記以外の地震を灰色で表示

上記以外の地震を灰色で表示



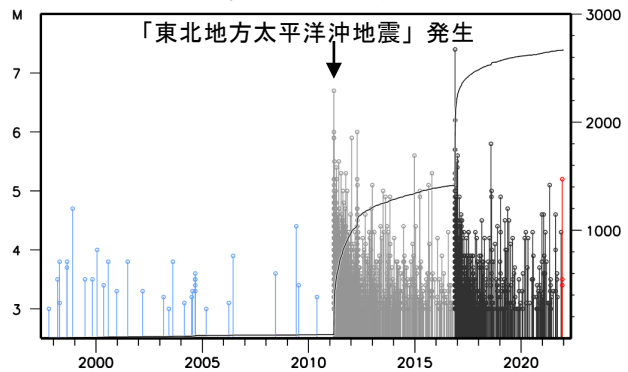
今回の地震
の震央位置

2021年12月8日02時29分に福島県沖の深さ17kmでM5.2の地震(最大震度3)が発生した。この地震は、発震機構(CMT解)が北西-南東方向に張力軸を持つ正断層型で、陸のプレートの地殻内で発生した。

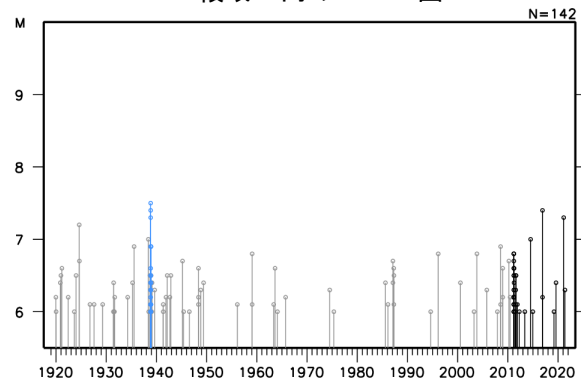
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震央付近(領域b)では、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」(以下、「東北地方太平洋沖地震」)の発生以降、地震の発生数が増加し、M5.0以上の地震が時々発生している。このうち、2016年11月22日に発生したM7.4の地震(最大震度5弱)では、仙台港で144cmの津波を観測した。この地震により、負傷者21人、住家一部破損9棟などの被害が生じた(総務省消防庁による)。

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、1938年11月5日17時43分にM7.5の地震(最大震度5)が発生した。この地震により、宮城県花淵で113cm(全振幅)の津波を観測した。この地震の後、福島県沖で地震活動が活発となり、この地震を含め同年11月5日から11月30日までにM6.0以上の地震が26回発生し、このうち7回は津波を観測した。これらの地震により、死者1人、負傷者9人、住家全壊4棟、半壊29棟などの被害が生じた(「日本被害地震総覧」による)。

領域 b 内の M-T 図及び回数積算図 (深さ0～40km)



領域 c 内の M-T 図



12月8日 福島県沖の地震 (2016年11月22日M7.4の地震活動との位置関係)

S-net検測なし
一元化震源

(2016年11月22日～2020年8月31日、
深さ0～100km、M≥2.5)

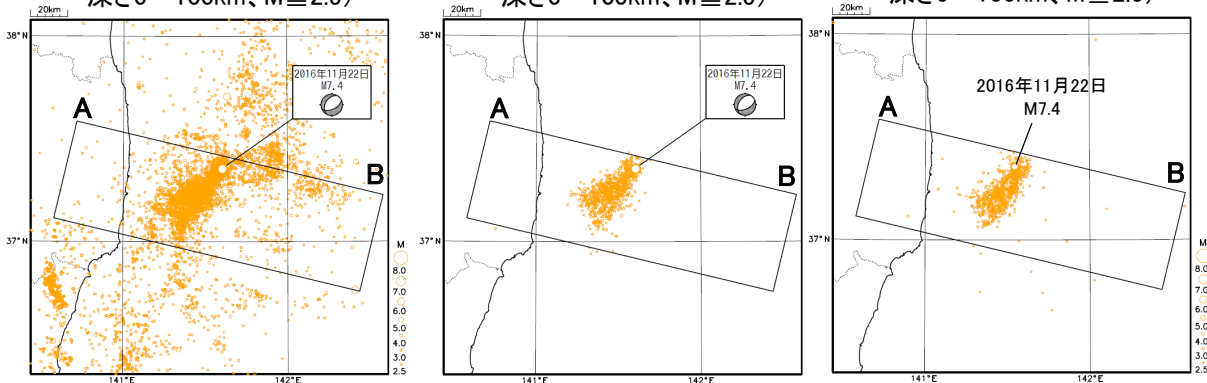
S-net検測なし
一元化震源

(2016年11月22日、
深さ0～100km、M≥2.5)

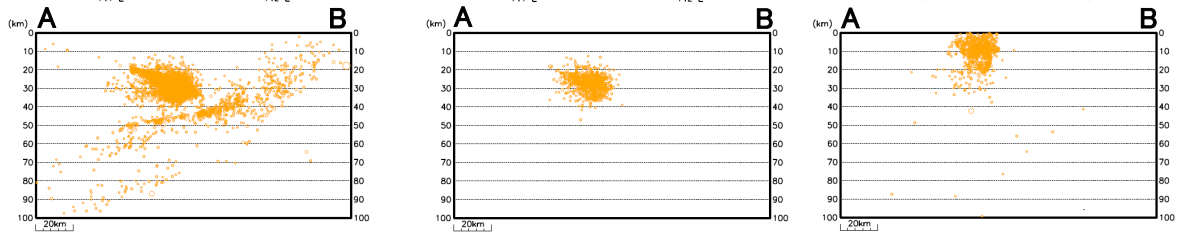
S-net検測あり
自動震源※1

(2016年11月22日、
深さ0～100km、M≥2.5)

震央分布図



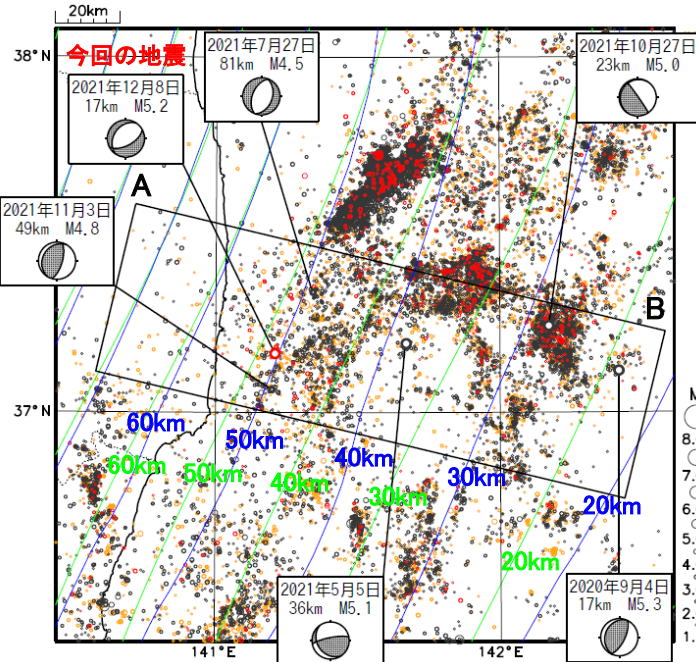
上図矩形内の
断面図
(A-B投影)



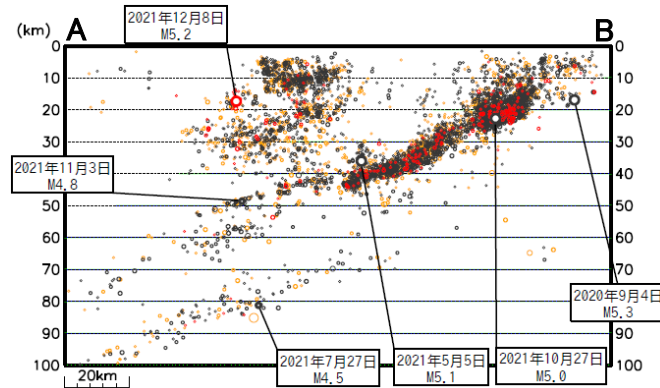
S-net検測あり
自動震源※1(2020年1月～8月)＋一元化震源(2020年9月以降：S-net活用以降)

震央分布図

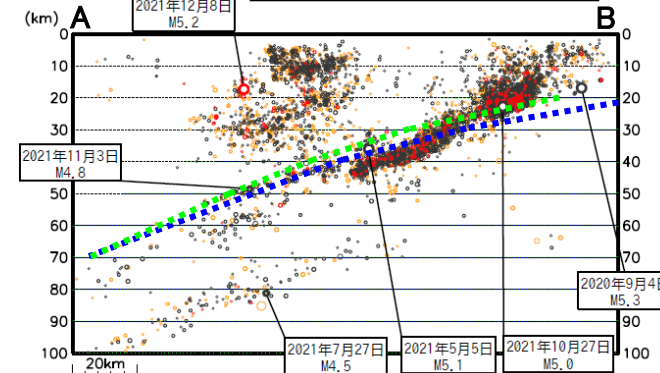
(2020年1月1日～2022年1月4日、深さ0～100km、M≥1.5)



今回の地震 左図矩形内の断面図(A-B投影)



今回の地震 左図矩形内の断面図(A-B投影)
太平洋プレート上面の位置入り



- ・橙丸: 2020年1月1日～2020年8月31日 (S-net検測あり自動震源※1)
- ・黒丸: 2020年9月1日～2021年11月30日 (S-net検測あり一元化震源)
- ・赤丸: 2021年12月1日～2022年1月4日 (S-net検測あり一元化震源)
- ・発震機構は気象庁CMT
- ・青線(Nakajima et al., 2009)と緑線(Iwasaki et al., 2015, Lindquist et al., 2004)は太平洋プレート上面モデルの等深線を示す。断面図中の点線は、その等深線の深さ20km～70kmの概ねの位置を示す。

※1) S-net検測ありの自動震源データはTamaribuchi et al. 2021 (<https://doi.org/10.1186/s40623-021-01411-6>)より引用

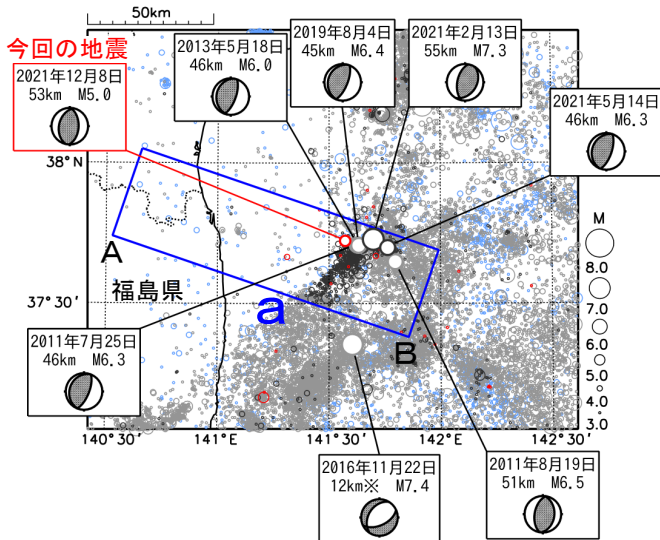
12月8日16時22分 福島県沖の地震

震央分布図

(1997年10月1日～2021年12月31日、
深さ0～120km、 $M \geq 3.0$)

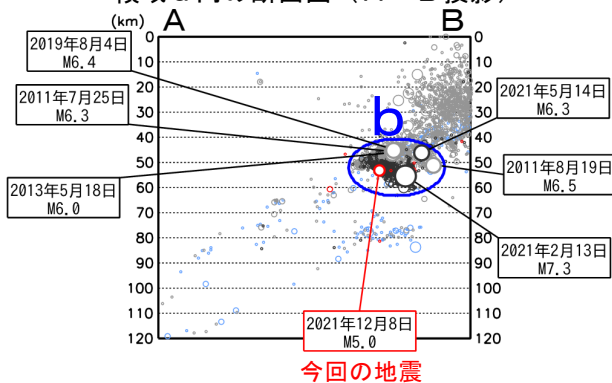
2011年3月10日以前の地震を青色、
2011年3月11日以降の地震を灰色、
2021年2月13日以降の地震を黒色、
2021年12月の地震を赤色で表示

図中の発震機構はCMT解



※深さはCMT解による

領域 a 内の断面図 (A-B 投影)



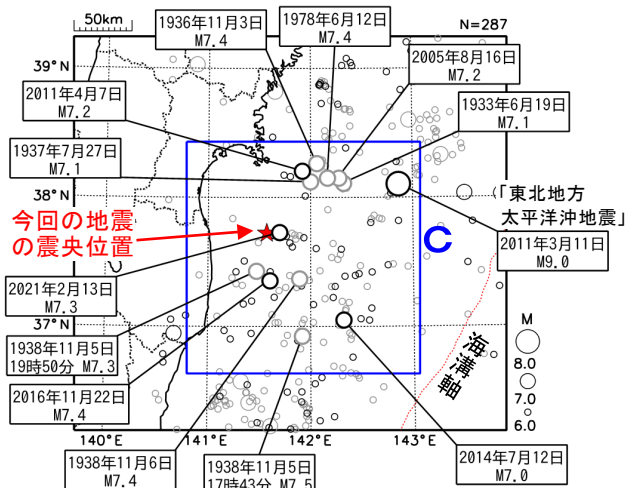
今回の地震

震央分布図

(1919年1月1日～2021年12月31日、
深さ0～120km、 $M \geq 6.0$)

2011年3月10日以前の地震を灰色、
2011年3月11日以降の地震を黒色で表示

「1978年宮城県沖地震」



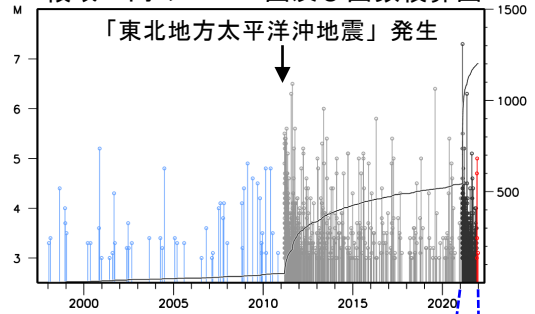
今回の地震
の震央位置

2021年12月8日16時22分に福島県沖の深さ53kmでM5.0の地震 (最大震度3) が発生した。この地震は、発震機構 (CMT解) が東西方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレート内部で発生した。

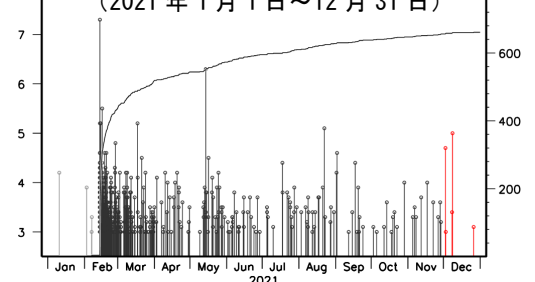
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近 (領域b) では、「平成23年 (2011年) 東北地方太平洋沖地震」 (以下、「東北地方太平洋沖地震」) の発生以降、地震の発生数が増加し、M5.0以上の地震がしばしば発生している。このうち、2021年2月13日に発生したM7.3の地震 (最大震度6強) では、死者2人、負傷者186人、住家全壊123棟、半壊1,937棟、一部破損34,239棟などの被害が生じた (総務省消防庁による)。

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、「東北地方太平洋沖地震」の発生以前からM7.0以上の地震が時々発生している。このうち、1978年6月12日に発生した「1978年宮城県沖地震」 (M7.4、最大震度5) では、気仙沼漁港で120cm (全振幅) の津波を観測した。この地震により、死者28人、負傷者1,325人、住家全壊1,183棟、半壊5,574棟などの被害が生じた (「日本被害地震総覧」による)。

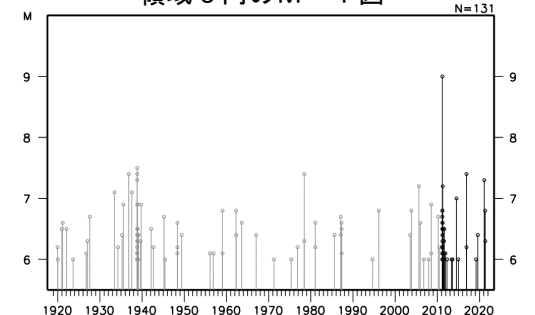
領域 b 内の M-T 図及び回数積算図



(2021年1月1日～12月31日)



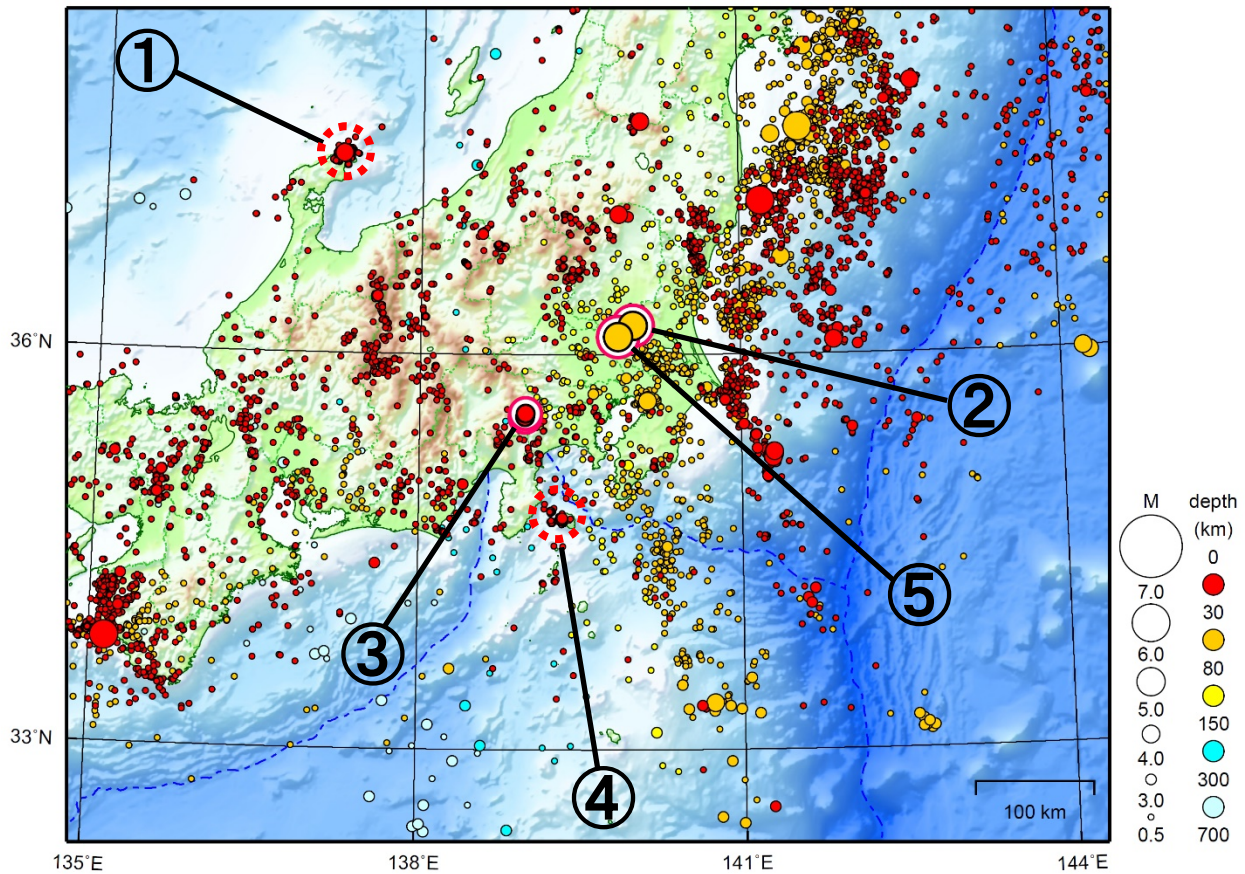
領域 c 内の M-T 図



気象庁作成

関東・中部地方

2021/12/01 00:00 ~ 2021/12/31 24:00



地形データは日本海洋データセンターのJ-EGG500、米国地質調査所のGTOPO30、及び米国国立地球物理データセンターのETOPO2v2を使用

- ① 石川県能登地方では12月中に最大震度1以上を観測した地震が9回（震度3：1回、震度2：3回、震度1：5回）発生した。
能登半島沖で発生した地震4回を含む。
- ② 12月2日に茨城県南部でM5.1の地震（最大震度4）が発生した。
- ③ 12月3日に山梨県東部・富士五湖でM4.1の地震（最大震度4）及びM4.8の地震（最大震度5弱）が発生した。
- ④ 12月4日から17日にかけて、伊豆大島近海で最大震度1以上を観測した地震が25回（震度2：7回、震度1：18回）発生した。
- ⑤ 12月12日に茨城県南部でM5.0の地震（最大震度4）が発生した。

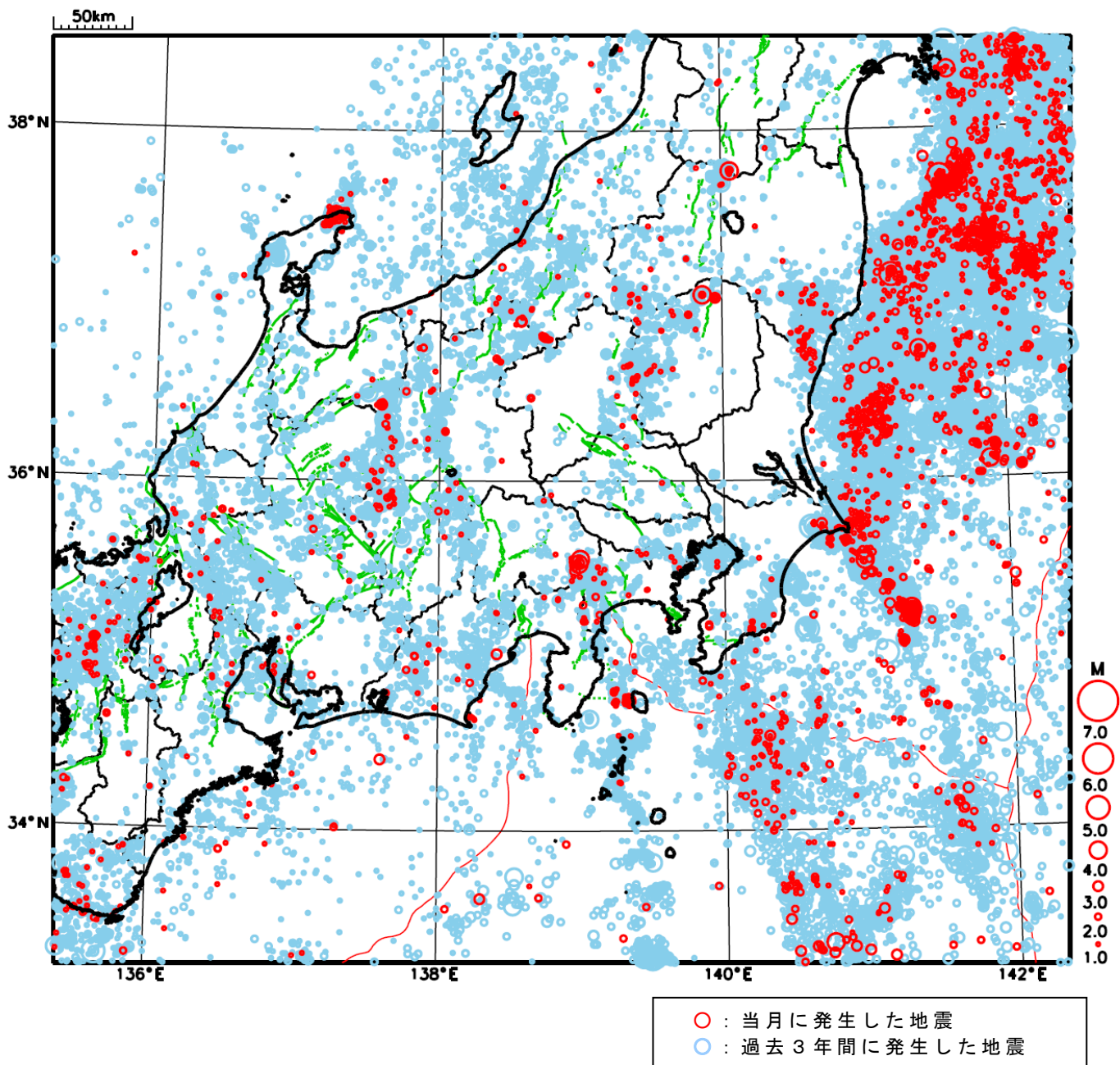
（上記期間外）

令和4年1月4日に父島近海でM6.1の地震（最大震度5強）が発生した。

[上述の地震はM6.0以上または最大震度4以上、陸域でM4.5以上かつ最大震度3以上、海域でM5.0以上かつ最大震度3以上、その他、注目すべき活動のいずれかに該当する地震。]

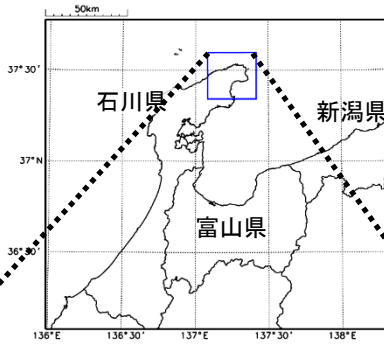
気象庁・文部科学省

関東・中部地方における 2021 年 12 月の地震活動 ($M \geq 1.0$ 、陸域 深さ 30km 以浅、海域 深さ 60km 以浅)



石川県能登地方の地震活動

震央分布図
 (2020年12月1日～2021年12月31日、
 深さ0～25km、M \geq 1.0)
 吹き出しは、各領域(a～d)内で最大規模の地震
 及び12月中の最大規模の地震
 2021年12月の地震を赤色で表示

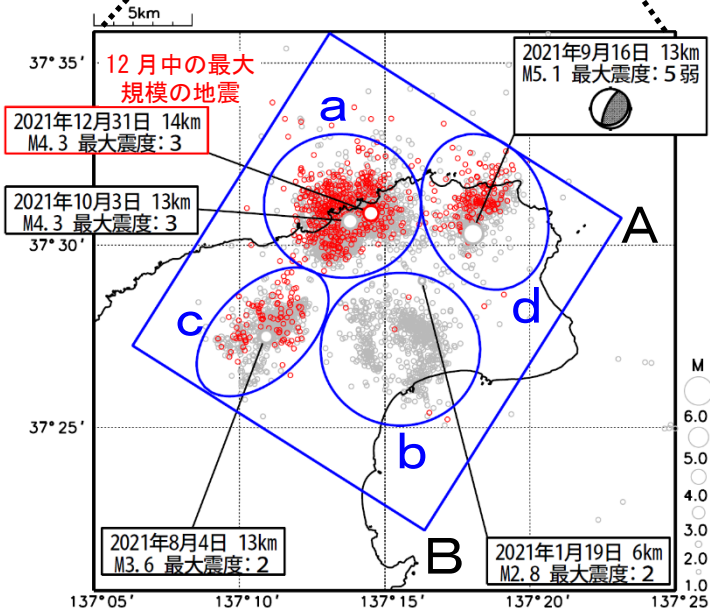


石川県能登地方(拡大図の矩形内)では、2018年頃から地震回数が増加傾向となり、2020年12月から地震活動が活発になった。2021年12月中もその傾向は継続している。2021年12月中に発生した地震の中で最大規模の地震は、12月31日に発生したM4.3の地震(最大震度3)である。なお、活動の全期間を通じて最大規模の地震は、2021年9月16日に発生したM5.1の地震(最大震度5弱)である。

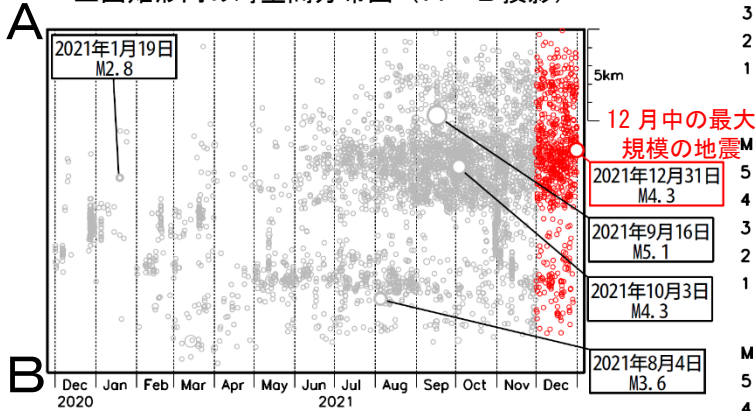
2020年12月以降の領域別の地震活動をみると、最初に活発化した領域bの活動は、2021年4月以降鈍化傾向であるが、2021年10月末から11月中頃まで一時的に活発になった。領域bに続き活発化した領域cの活動も一旦鈍化がみられたが、2021年12月はやや活発になった。一方、遅れて活発化した領域a及び領域dの活動は依然活発である。矩形領域内で震度1以上を観測した地震の回数は以下の表のとおり。

期間別・震度別の地震発生回数表

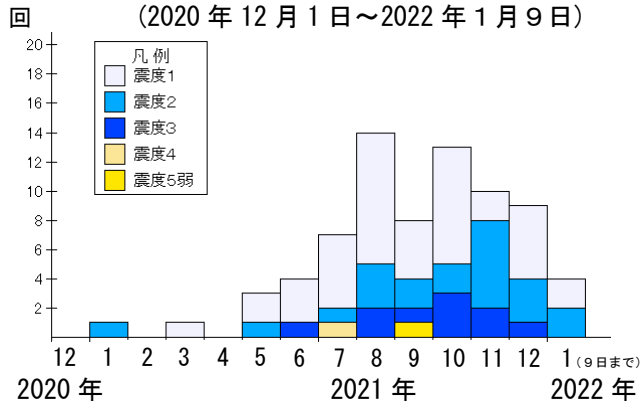
期間	震度					計
	1	2	3	4	5弱	
2020年12月1日 ～2021年11月30日	34	16	9	1	1	61
2021年12月1～31日	5	3	1	0	0	9
2022年1月1～9日	2	2	0	0	0	4
計	41	21	10	1	1	74



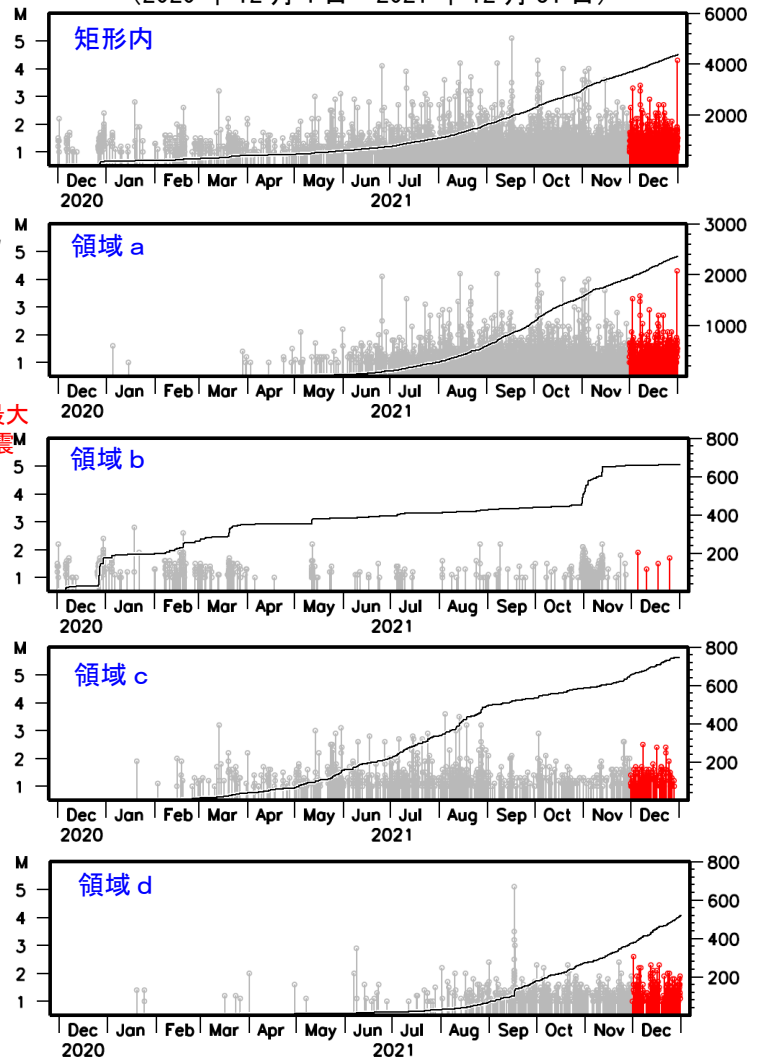
上図矩形内の時空間分布図 (A-B投影)



矩形内の地震の月別震度別発生回数
 (2020年12月1日～2022年1月9日)



左図矩形内及び領域a～d内の
 M-T図及び回数積算図
 (2020年12月1日～2021年12月31日)

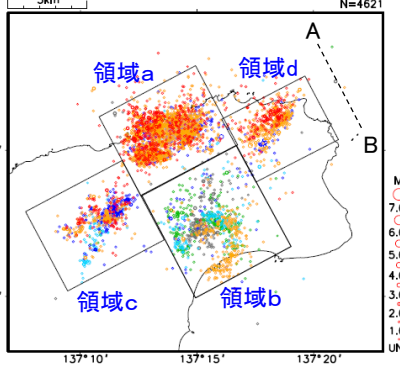


気象庁作成

石川県能登地方の地震活動(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

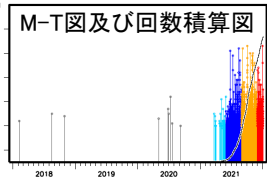
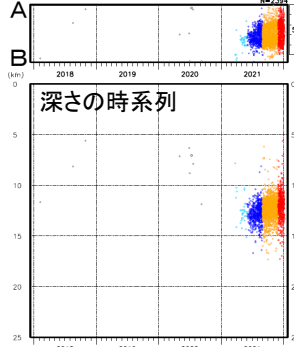
(2018年1月1日～2022年1月3日、
深さ0～25km、 $M \geq 1.0$)



2018年1月～2020年11月: 灰色
2020年12月～2021年2月: 緑色
2021年3月～2021年5月: 水色
2021年6月～2021年8月: 青色
2021年9月～2021年11月: 紫色
2021年12月以降: 赤色

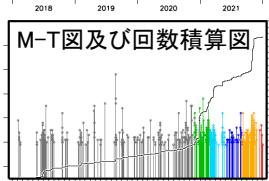
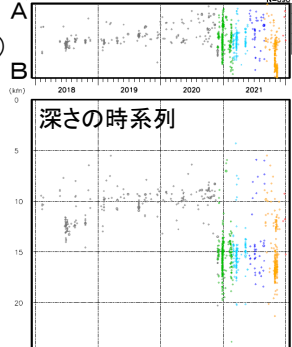
領域 a 内

時空間分布図(A-B投影)



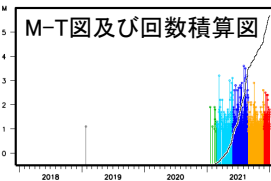
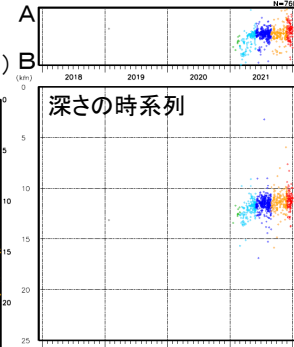
領域 b 内

時空間分布図(A-B投影)



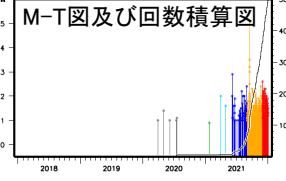
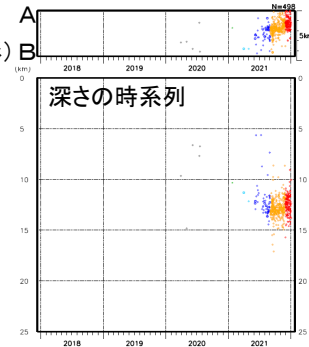
領域 c 内

時空間分布図(A-B投影)



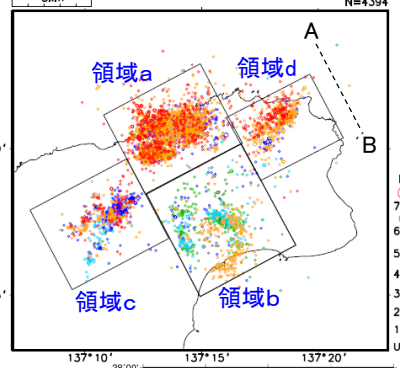
領域 d 内

時空間分布図(A-B投影)



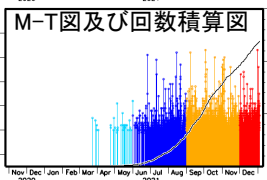
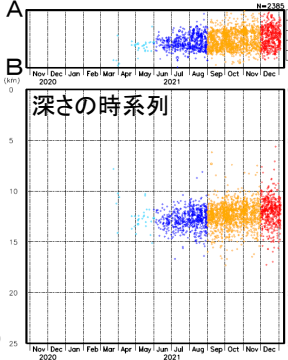
震央分布図

(2020年11月1日～2022年1月3日、
深さ0～25km、 $M \geq 1.0$)



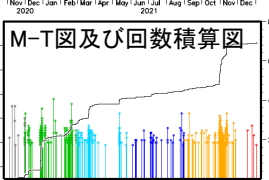
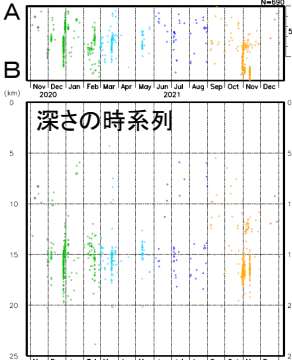
領域 a 内

時空間分布図(A-B投影)



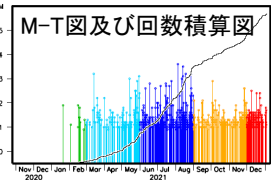
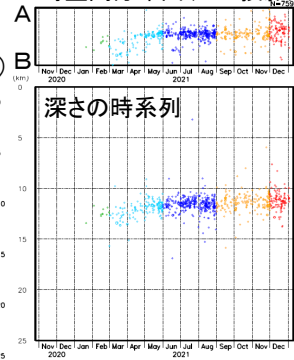
領域 b 内

時空間分布図(A-B投影)



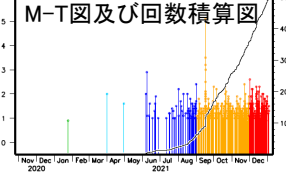
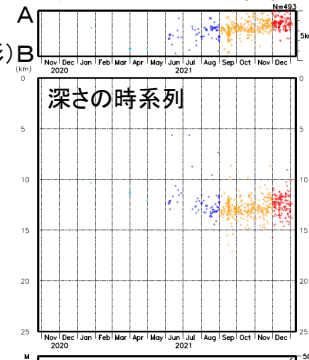
領域 c 内

時空間分布図(A-B投影)

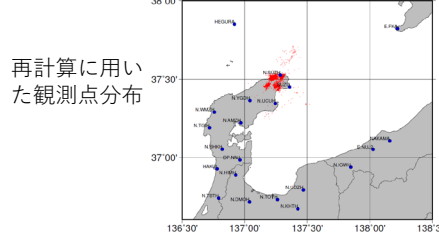


領域 d 内

時空間分布図(A-B投影)



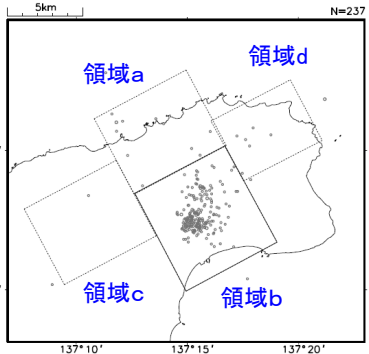
再計算に用いた観測点分布



石川県能登地方の地震活動(b値、ETAS解析)

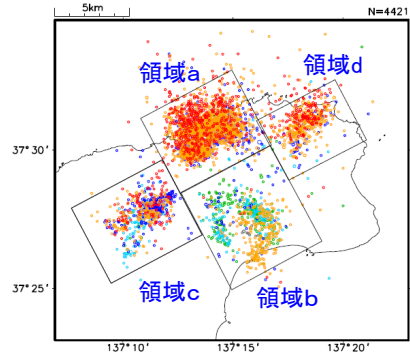
領域bで震源が深くなる前
震央分布図

(2018年1月1日～2020年11月29日、
深さ0～25km、 $M \geq 1.0$)

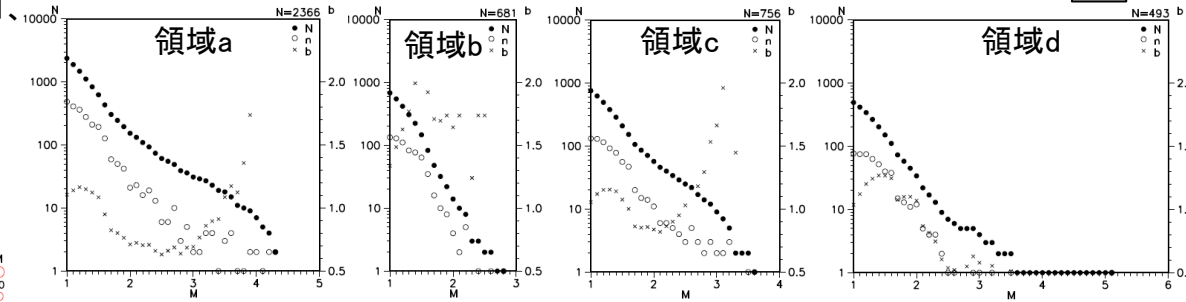


領域bで震源が深くなった後
震央分布図

(2020年11月30日～2022年1月2日、
深さ0～25km、 $M \geq 1.0$)

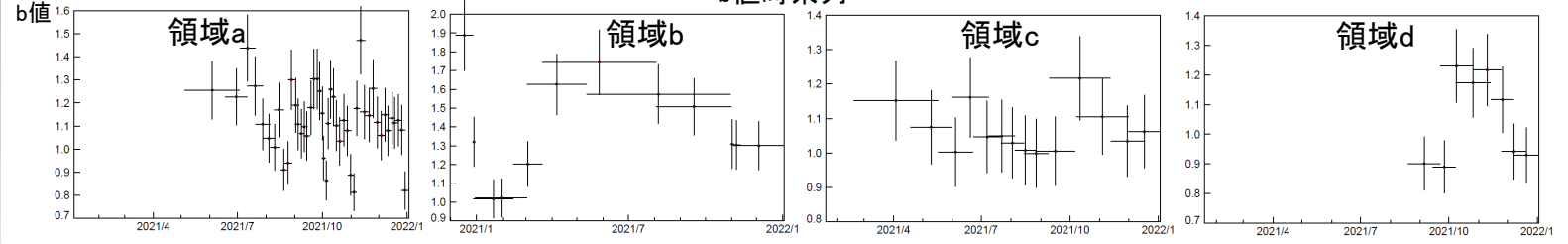
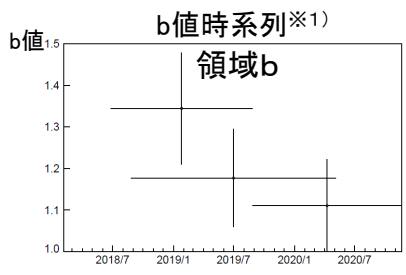


各領域のM別頻度分布及びb値

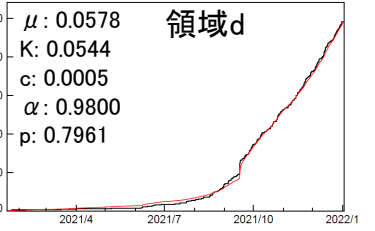
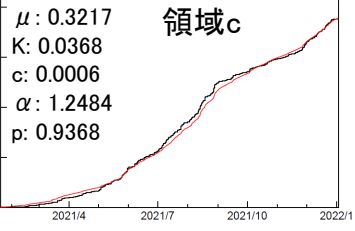
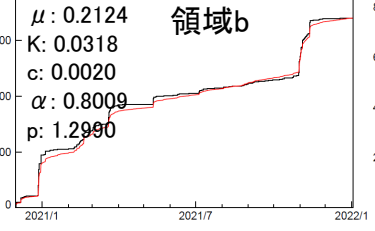
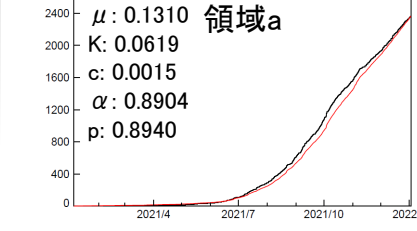
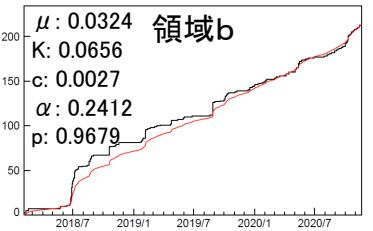


2018年1月～2020年11月: 灰色
2020年12月～2021年2月: 緑色
2021年3月～2021年5月: 水色
2021年6月～2021年8月: 青色
2021年9月～2021年11月: 紫色
2021年12月以降: 赤色

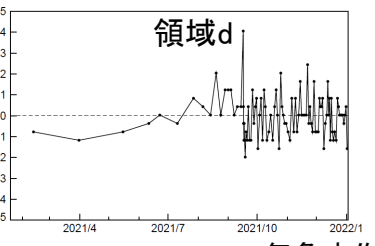
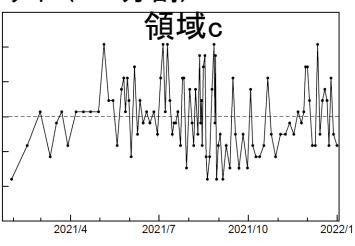
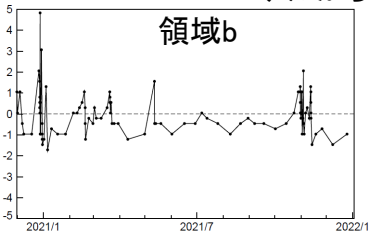
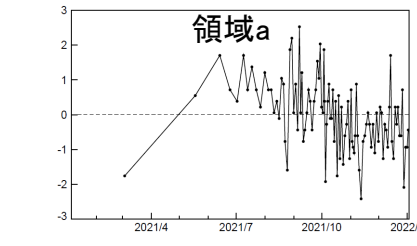
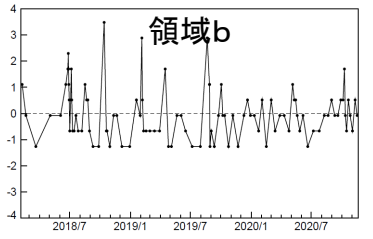
※1) b値時系列は、M1.0以上の地震100個でb値計算。期間の終わりから50個ずつずらしてb値を計算してプロット。縦棒は標準誤差、横棒は用いた震源データの期間



ETAS解析 (黒: 観測、赤: モデル)



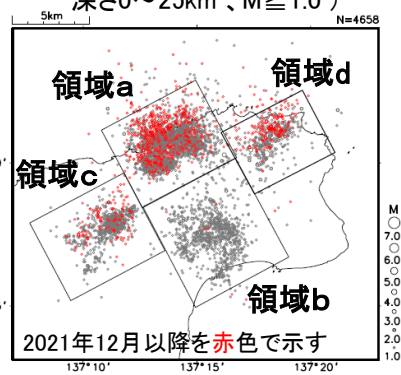
ETASモデルからのずれ(100分割)



石川県能登地方の地震活動(非定常ETAS解析)

震央分布図

(2018年1月1日~2022年1月2日、
深さ0~25km、M_≥1.0)



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

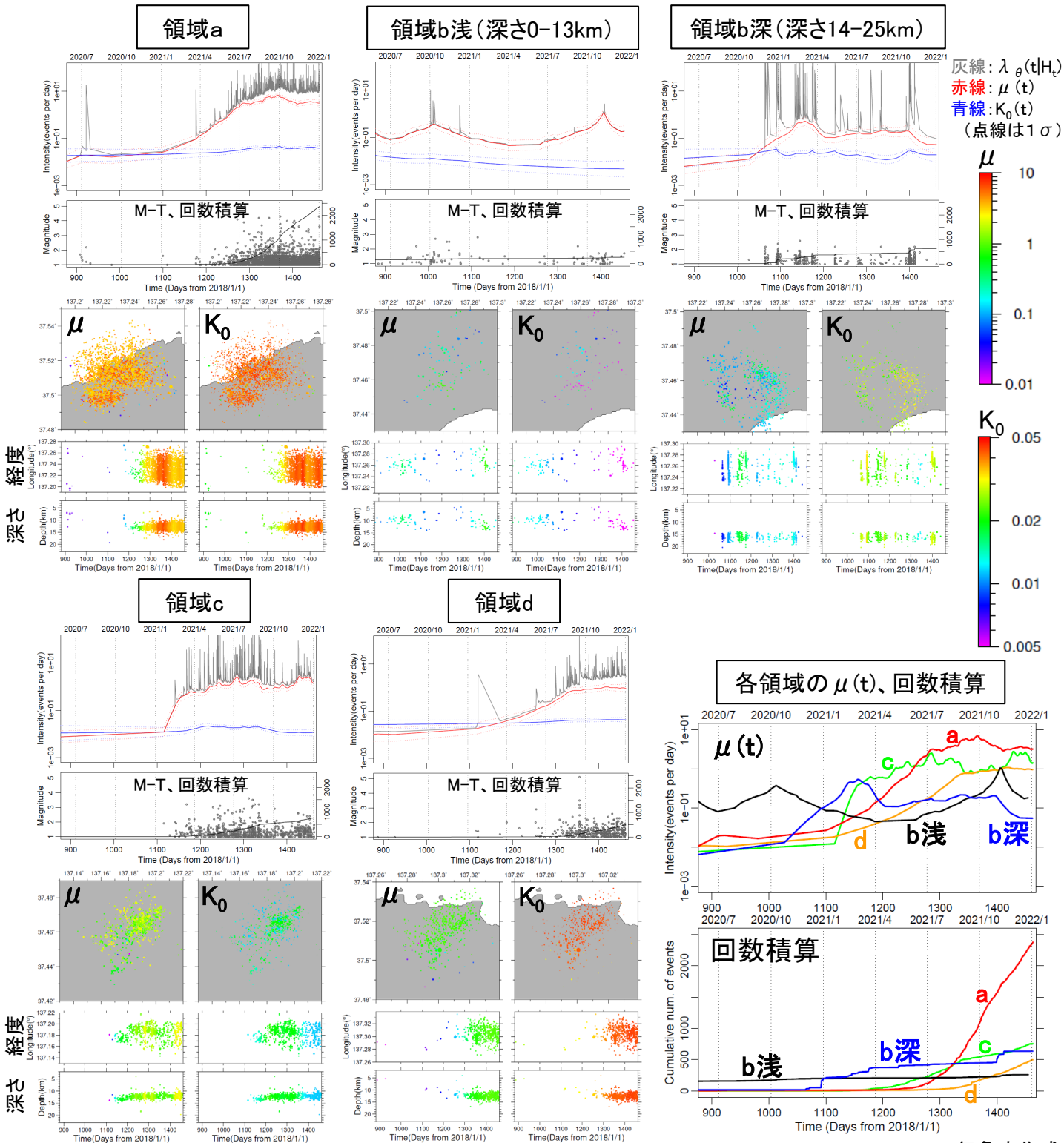
$$\lambda_{\theta}(t|H_t) = \mu(t) + \sum_{\{i:t_i < t\}} \frac{K_0(t_i)e^{\alpha(M_i - M_c)}}{(t - t_i + c)^p}$$

$\lambda_{\theta}(t|H_t)$: 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.

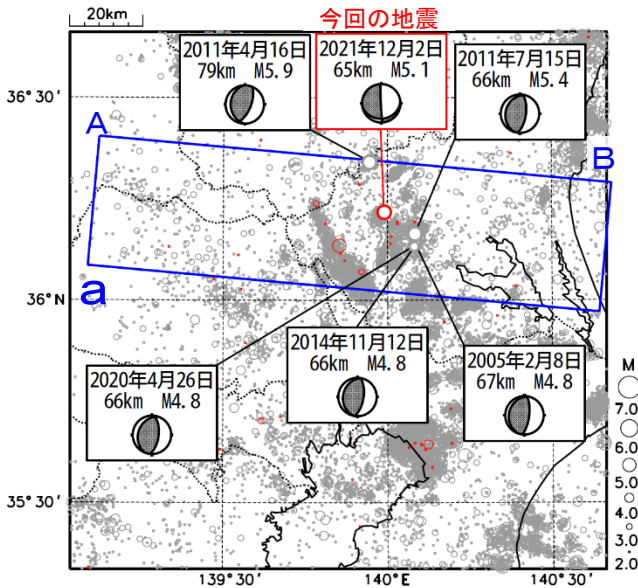
○右図の震央分布図中の各領域a~dで、M1.0以上の震源データ(2018年1月1日~2022年1月2日、深さ25km以浅)を使用して非定常ETAS解析を行った。領域bは深さを2つに分割した。非定常ETAS解析に用いる μ 、 K_0 の初期値及び α 、 c 、 p は定常ETAS解析により領域毎に求めた。

○下の各グラフ・図は2020年6月1日~2022年1月2日を表示。



12月2日 茨城県南部の地震

震央分布図
(1997年10月1日～2021年12月31日、
深さ0～120km、 $M \geq 2.0$)
2021年12月の地震を赤色で表示

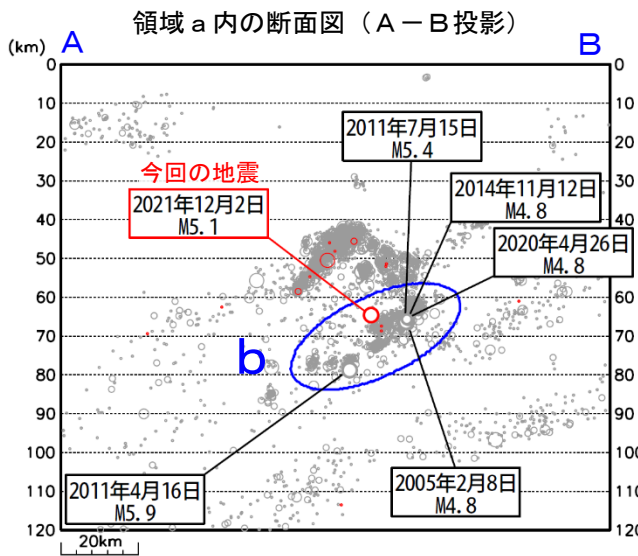
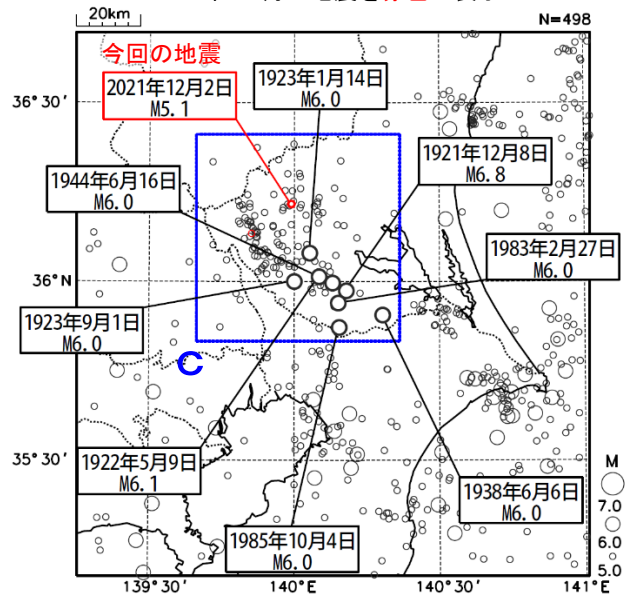


2021年12月2日01時58分に、茨城県南部の深さ65kmでM5.1の地震 (最大震度4) が発生した。この地震は、発震機構が西北西-東南東方向に張力軸を持つ型で、フィリピン海プレート内部で発生した。この地震の後、同日08時58分にもほぼ同じ場所でM3.5の地震 (最大震度2) が発生している。

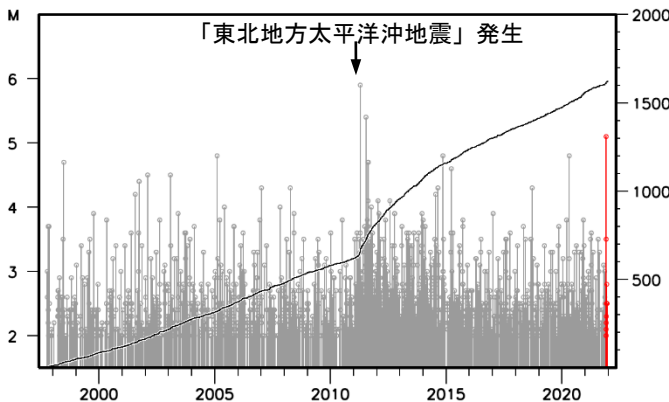
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近 (領域b) では、M4.0以上の地震が時々発生している。この領域では「平成23年 (2011年) 東北地方太平洋沖地震」 (以下、「東北地方太平洋沖地震」) 発生以降、地震活動がより活発になっており、2011年4月16日にはM5.9の地震 (最大震度5強) が発生している。

1919年1月以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺 (領域c) では、M6.0程度の地震が時々発生している。

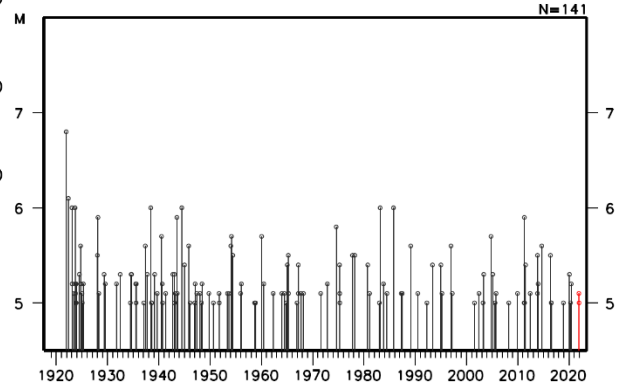
震央分布図
(1919年1月1日～2021年12月31日、
深さ0～120km、 $M \geq 5.0$)
2021年12月の地震を赤色で表示



領域b内のM-T図及び回数積算図

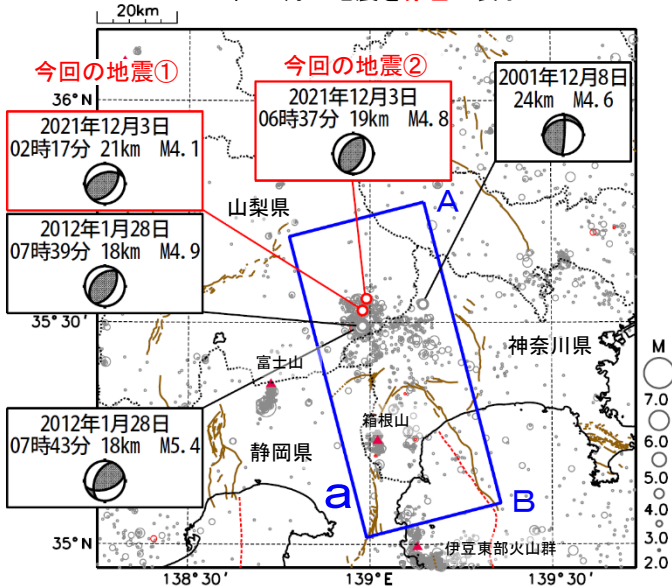


領域c内のM-T図



12月3日 山梨県東部・富士五湖の地震

震央分布図
(1997年10月1日～2021年12月31日、
深さ0～60km、 $M \geq 2.0$)
2021年12月の地震を赤色で表示

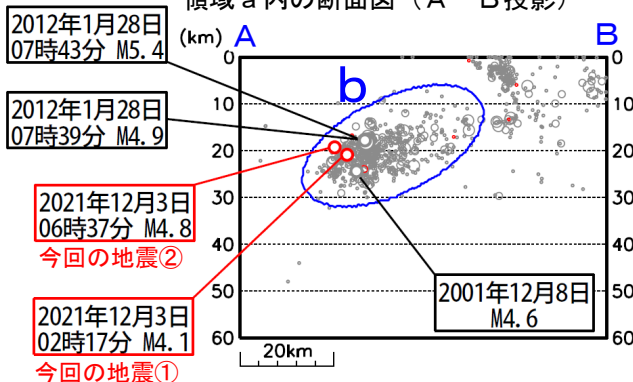


2021年12月3日02時17分に山梨県東部・富士五湖の深さ21kmでM4.1の地震（最大震度4、図中の①）が発生した。この地震の発震機構は、北西－南東方向に圧力軸を持つ逆断層型である。その後、同日06時37分に深さ19kmでM4.8の地震（最大震度5弱、図中の②）が発生した。この地震の発震機構は、西北西－東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型である。

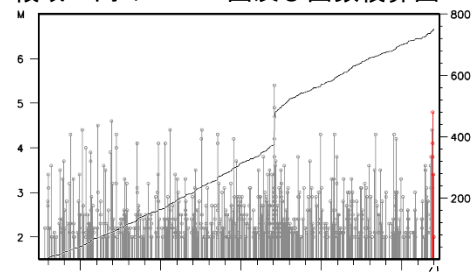
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近（領域b）では、M4.0以上の地震が時々発生している。2012年1月28日にはM4.9の地震（最大震度4）が発生した4分後にM5.4の地震（最大震度5弱）が発生した。

1919年1月以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺（領域c）では、M6.0以上の地震が時々発生している。今回の地震の震央の近傍では、1983年8月8日に発生したM6.0の地震により丹沢山地で落石があり、死者1人、負傷者8人の被害があったほか、負傷者25人、家屋全半壊2棟などの被害が生じた。（「日本被害地震総覧」による）。

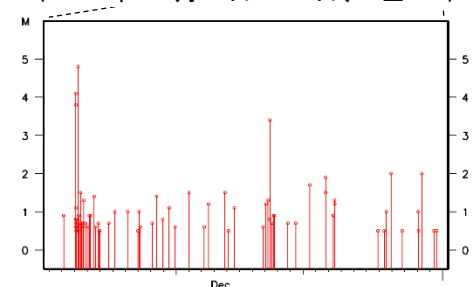
領域a内の断面図（A－B投影）



領域b内のM-T図及び回数積算図

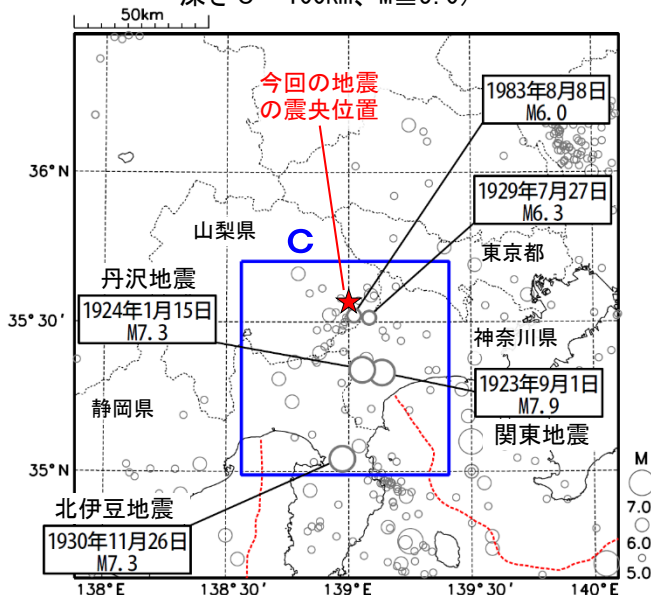


(2021年12月1日～31日、 $M \geq 0.5$)

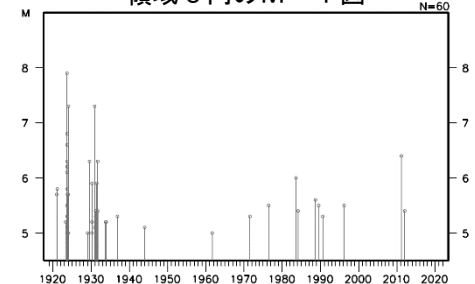


震央分布図

(1919年1月1日～2021年12月31日、
深さ0～100km、 $M \geq 5.0$)



領域c内のM-T図

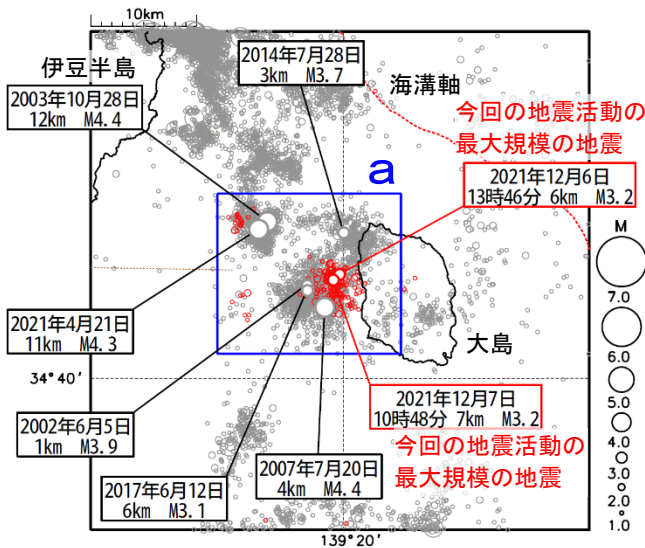


本資料の図中、赤色の破線は海溝軸、茶色の実線は地震調査研究推進本部の長期評価による活断層、赤色の三角は活火山を示す。

気象庁作成

伊豆大島近海の地震活動

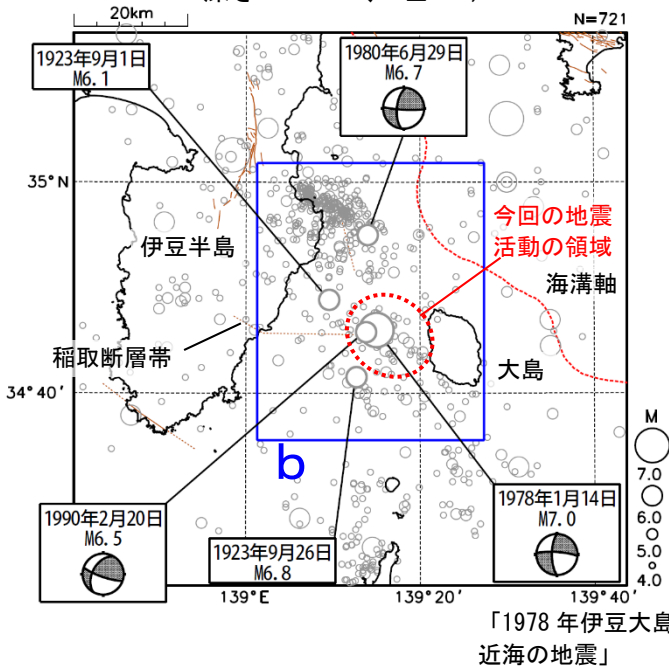
震央分布図
(1997年10月1日～2021年12月31日、
深さ0～30km、M \geq 1.0)
2021年12月4日以降の地震を赤色で表示



領域 a 内で発生した地震による
日別・震度別地震発生回数

	震度 1	震度 2	計
12月4日	1	0	1
12月5日	1	3	4
12月6日	16	2	18
12月7日	0	1	1
12月17日	0	1	1
合計	18	7	25

震央分布図
(1919年1月1日～2021年12月31日、
深さ0～50km、M \geq 4.0)



「1978年伊豆大島
近海の地震」

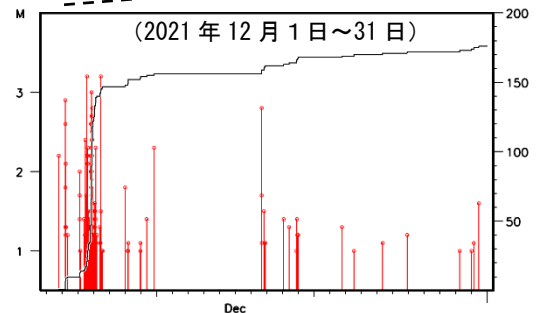
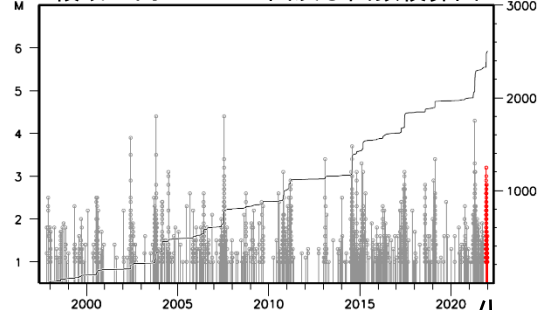
本資料の図中、赤色の破線は海溝軸、茶色の実線は地震調査研究推進本部の長期評価による活断層を示す。

2021年12月4日から伊豆大島近海(領域 a)でまとまった地震活動がみられ、震度1以上を観測する地震が、12月17日までに25回(震度2:7回、震度1:18回)発生した。いずれの地震も、フィリピン海プレート of 地殻内で発生した。

このうち、最大規模の地震は、6日13時46分に深さ6kmで発生したM3.2の地震(最大震度2)及び7日10時48分に深さ7kmで発生したM3.2の地震(最大震度2)である。

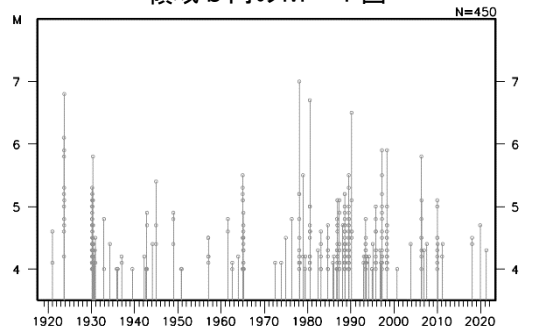
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震活動の領域付近(領域 a)では、時々まとまった地震活動がみられる。最近では、2021年3月から5月にかけて、まとまった地震活動があり、震度1以上を観測した地震が21回(震度3:3回、震度2:2回、震度1:13回)あった。

領域 a 内のM-T図及び回数積算図



1919年以降の活動をみると、今回の地震活動の領域の周辺(領域 b)では、1978年1月14日にM7.0の地震(最大震度5、「1978年伊豆大島近海の地震」)が発生し、死者25人、負傷者211人、住家全壊96棟などの被害が生じた(「日本被害地震総覧」による)。また、この地震により、伊豆大島岡田で70cm(全振幅)の津波を観測した。

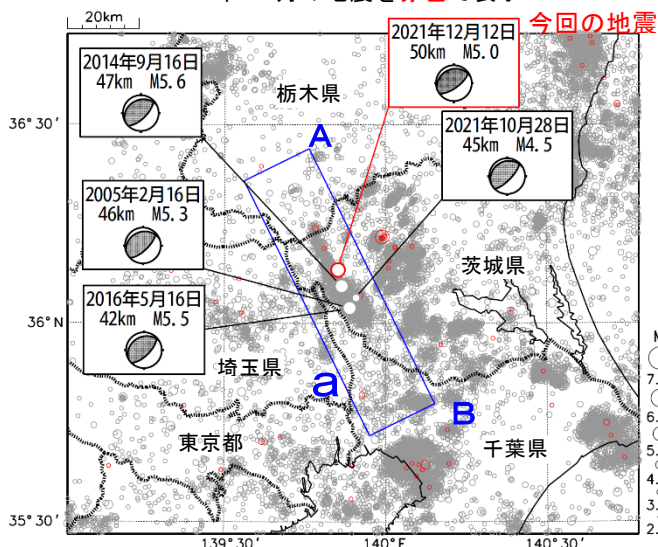
領域 b 内のM-T図



気象庁作成

12月12日 茨城県南部の地震

震央分布図
(1997年10月1日～2021年12月31日、
深さ0～120km、 $M \geq 2.0$)
2021年12月の地震を赤色で表示

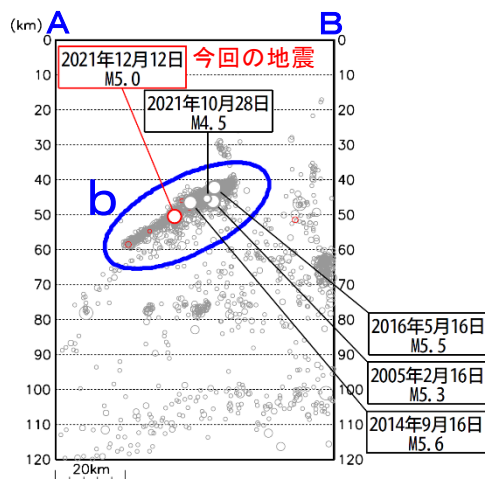


2021年12月12日12時30分に茨城県南部の深さ50kmでM5.0の地震(最大震度4)が発生した。この地震は、発震機構が北北西-南南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、フィリピン海プレートと陸のプレートの境界で発生した。

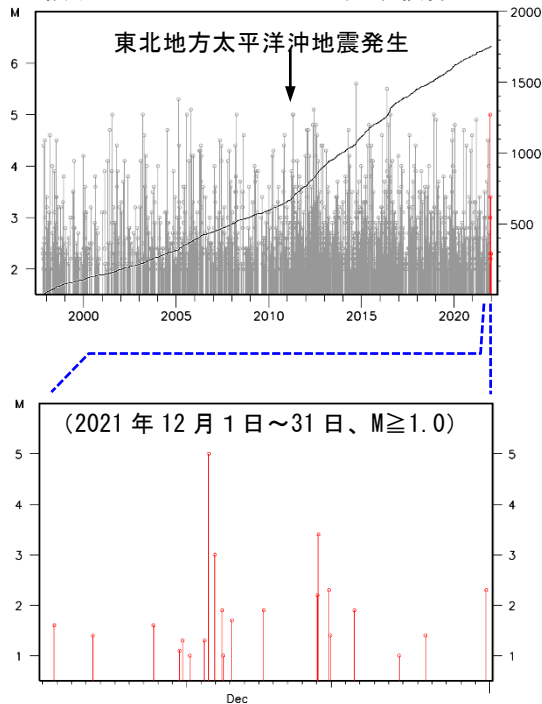
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近(領域b)は活動が活発な領域で、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」発生以降、地震活動がより活発になった。最近では2021年10月28日にM4.5の地震(最大震度4)が発生した。また、2014年9月16日にM5.6の地震(最大震度5弱)が発生し、負傷者10人、住家一部破損1,060棟等の被害を生じた(総務省消防庁による)。

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、M6.0以上の地震が時々発生している。

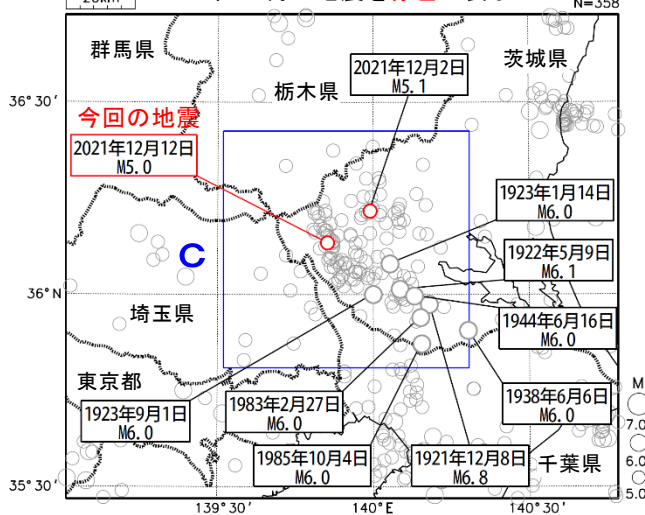
領域a内の断面図(A-B投影)



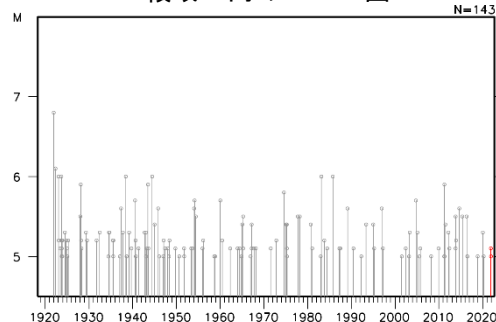
領域b内のM-T図及び回数積算図



震央分布図
(1919年1月1日～2021年12月31日、
深さ0～120km、 $M \geq 5.0$)
2021年12月の地震を赤色で表示



領域c内のM-T図



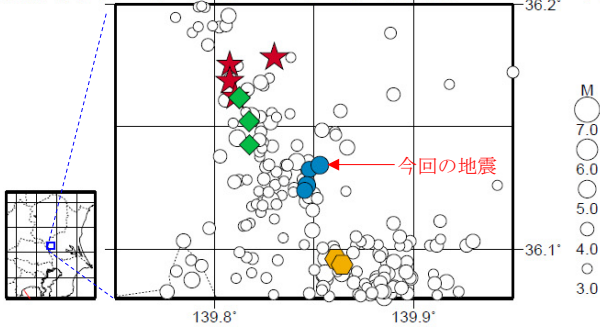
12月12日 茨城県南部の地震（相似地震）

2021年12月12日の茨城県南部の地震(M5.0、最大震度4)について強震波形による相関解析を行った結果、既往相似地震グループの最新の地震として検出された(グループB: 今回の地震を含めM4.6~5.0の4地震)^{※1}。

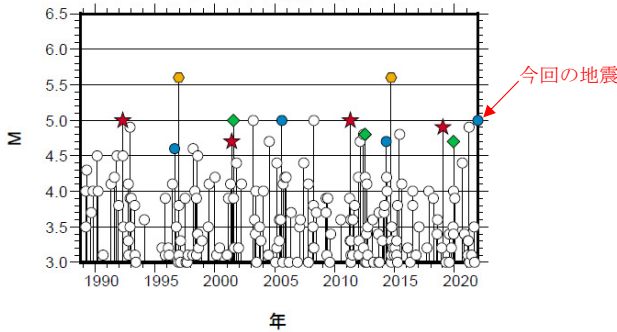
発生間隔と推定年平均すべり量^{※2}

グループ	回数	平均M	震度		発生間隔			平均すべり量 (cm/年)
			最大	最小	平均	最短	最大	
★ A	4	4.90	4	4	8.92	7.74	9.88	4.64
● B	4	4.83	4	3	8.44	7.65	8.95	4.95
◆ C	3	4.83	4	4	9.19	7.38	10.99	4.17
● D	2	5.60	A	A	17.74	17.74	17.74	3.60

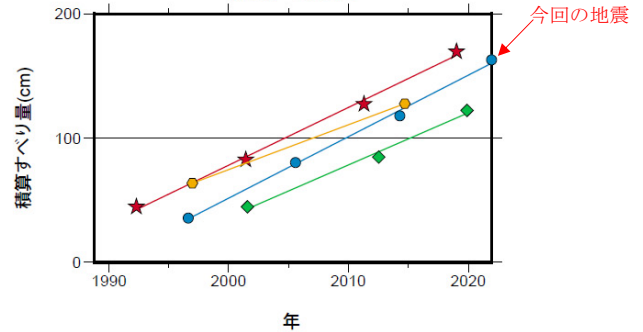
震央分布図 (1988年10月1日~2021年12月12日、深さ0~100km、M≥3.0)



M-T図 (上図内)



積算すべり量図



※1 各観測点の波形の比較で得られたコヒーレンスの中央値が0.95以上の場合に相似地震として検出し、相似地震のグループ分けはコヒーレンスを用いて機械的に行っている[溜瀧ほか、2014]。
 ※2 すべり量推定には、モーメントマグニチュードと地震モーメントの関係式[Hanks and Kanamori(1979)]及び地震モーメントとすべり量の関係式[Nadeau and Johnson(1998)]を使用。得られた積算すべり量と経過時間から最小自乗法を用いてグループ毎の年平均すべり量を求めた。

気象庁作成

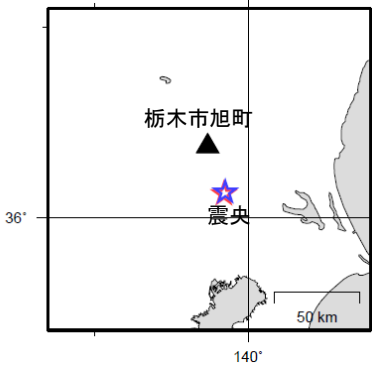
● 波形例

強震波形 相関解析

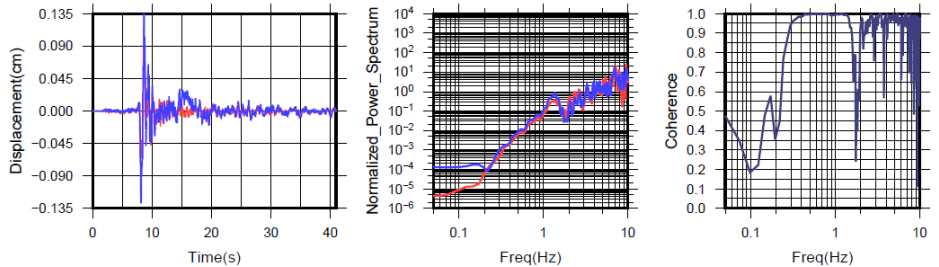
観測点名: 栃木市旭町(518)

2005/07/28 19:15:35 M5.0

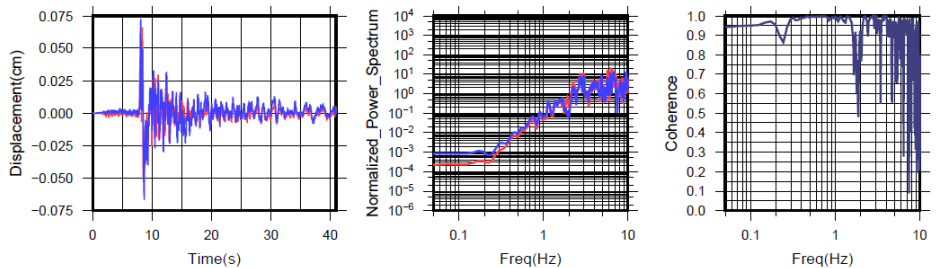
2021/12/12 12:30:58 M5.0



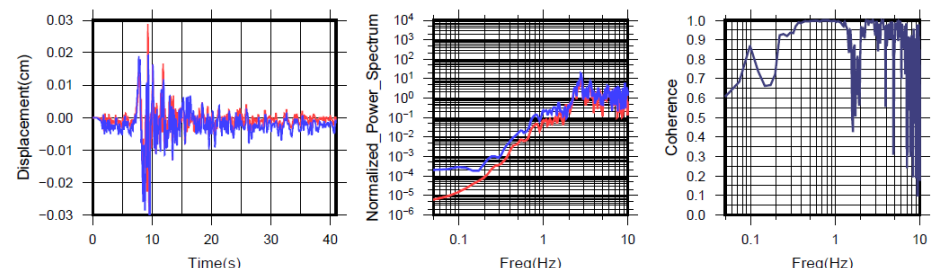
N S成分: Cohr=0.99 (0.29 - 1.20 Hz)



E W成分: Cohr=0.99 (0.29 - 1.20 Hz)



U D成分: Cohr=0.99 (0.29 - 1.20 Hz)

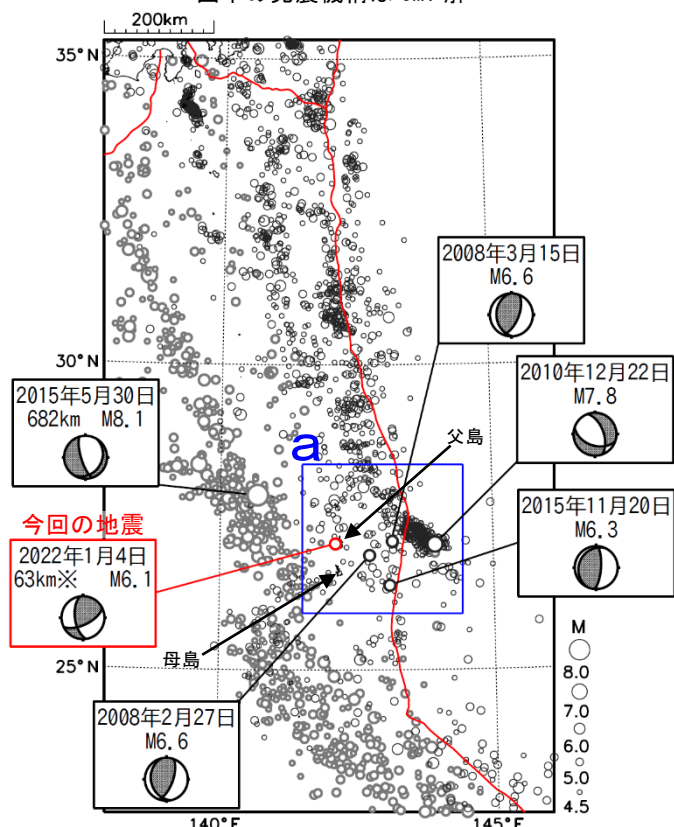


※変位波形は加速度記録を気象庁59型地震計相当に変換したものの

気象庁作成

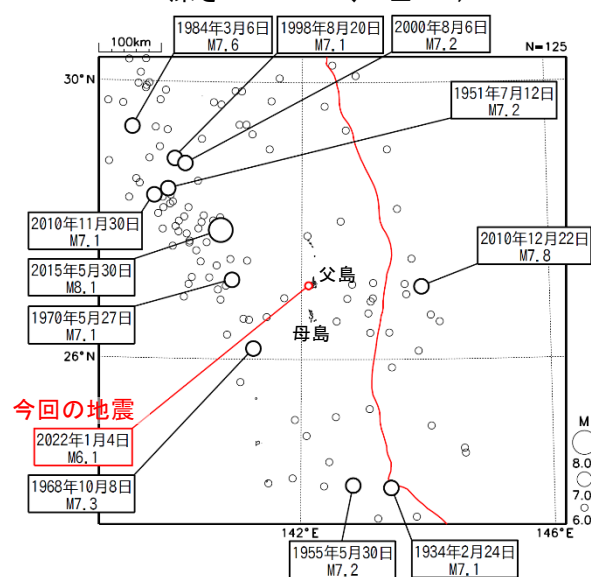
1月4日 父島近海の地震

震央分布図
(1997年10月1日～2022年1月4日、
深さ0～700km、 $M \geq 4.5$)
2022年1月の地震を赤く表示
100kmより浅い地震を濃く表示
図中の発震機構はCMT解



※今回の地震の深さはCMT解による
赤線は海溝軸を示す。

震央分布図
(1919年1月1日～2022年1月4日、
深さ0～700km、 $M \geq 6.0$)

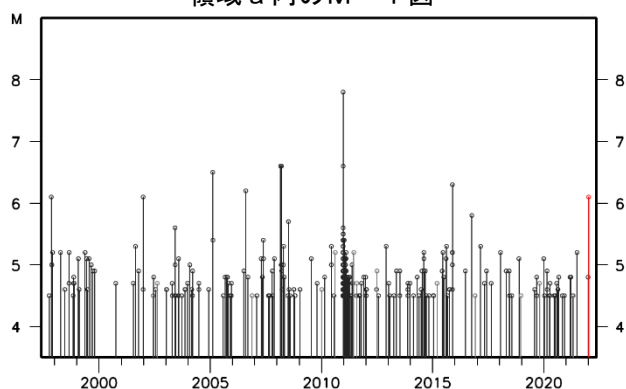


赤線は海溝軸を示す。

2022年1月4日06時08分に父島近海の深さ63km (CMT解による) で $M 6.1$ の地震 (最大震度5強) が発生した。この地震は太平洋プレート内部で発生した。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。

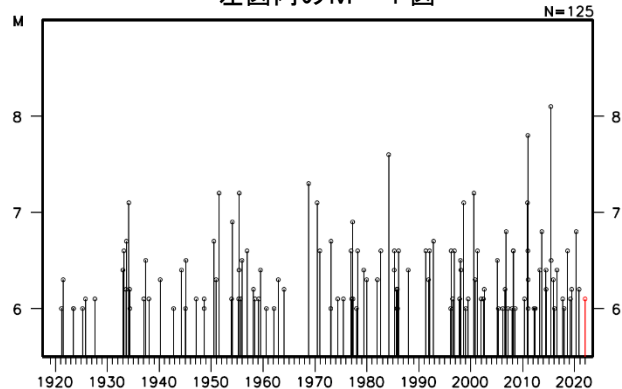
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺 (領域a) では、 $M 6.0$ 以上の地震が時々発生している。2010年12月22日の $M 7.8$ の地震 (最大震度4) では、この地震により津波が発生し、八丈島八重根で50cmの津波を観測したほか、東北地方の一部、及び関東地方南部から沖縄地方にかけての太平洋沿岸で津波を観測した。

領域a内のM-T図



1919年以降の活動をみると、小笠原諸島周辺では、 $M 6.0$ 以上の地震が時々発生している。2015年5月30日の深さ682kmで発生した $M 8.1$ の地震 (最大震度5強) では、この地震により関東地方で軽傷者8人等の被害が生じた (総務省消防庁による)。また、1984年3月6日の $M 7.6$ の地震 (最大震度4) では、この地震により関東地方を中心に死者1人、負傷者1人等の被害が生じた (「日本被害地震総覧」による)。

左図内のM-T図



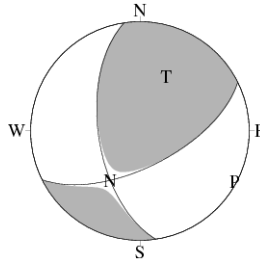
1月4日 父島近海の地震(各機関のMT解)

気象庁CMT

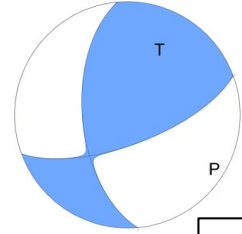
防災科研
(F-net)

USGS
(W-phase)

一元化震源
M6.1
深さ77km



(掲載なし)



Mw
深さ

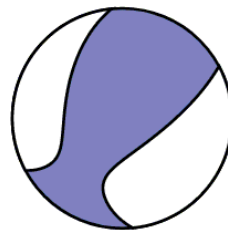
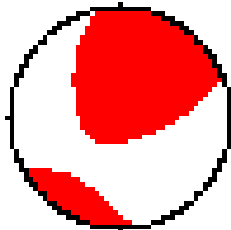
5.8
63km

5.8
60.5km

USGS震源
深さ43km

Global CMT

GEOFON



Mw
深さ

5.8
57.5km

5.7
70km

防災科研 (F-net) : <https://www.fnet.bosai.go.jp/event/joho.php?LANG=ja>

USGS (W-phase) : <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/>

Global CMT : <https://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>

GEOFON MT : <https://geofon.gfz-potsdam.de/eqinfo/list.php?mode=mt>

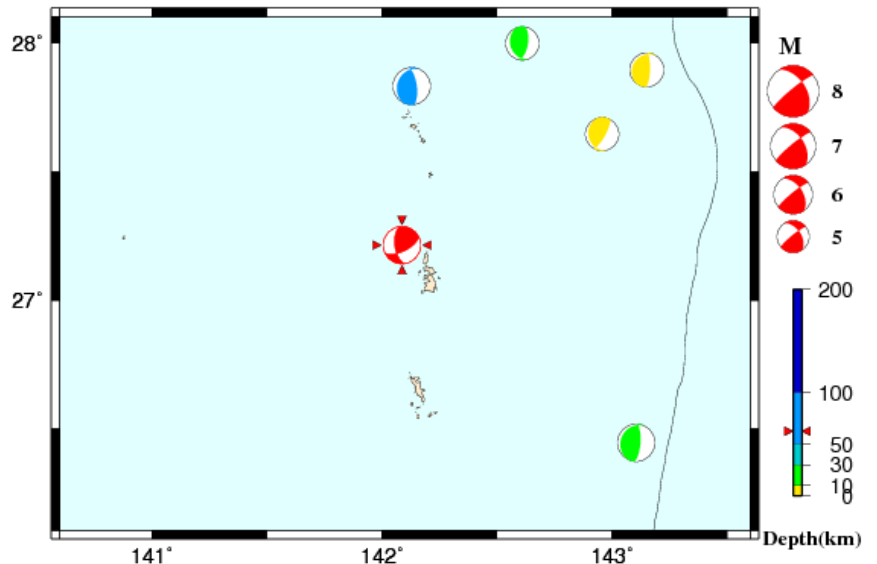
防災科研 (AQUA) : https://www.hinet.bosai.go.jp/AQUA/aqua_catalogue.php?LANG=ja

防災科研 (AQUA)

周辺の気象庁CMT解の分布図

Period:2012/01/04 00:00--2022/01/04 06:08

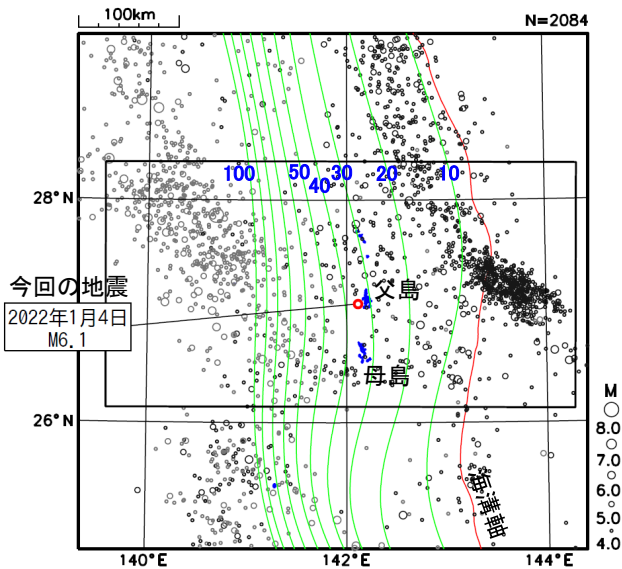
(掲載なし)



1月4日 父島近海の地震(太平洋プレート上面の位置)

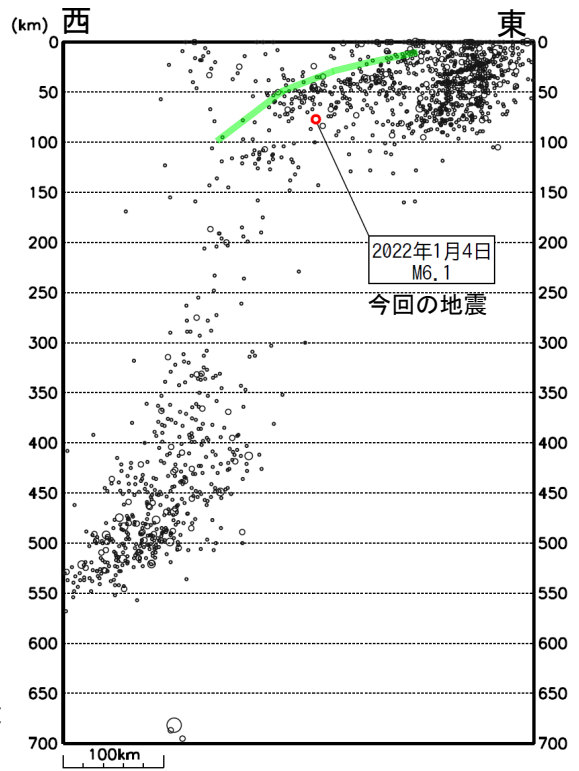
震央分布図

(1997年10月1日~2022年1月4日、
深さ0~700km、M \geq 4.0)



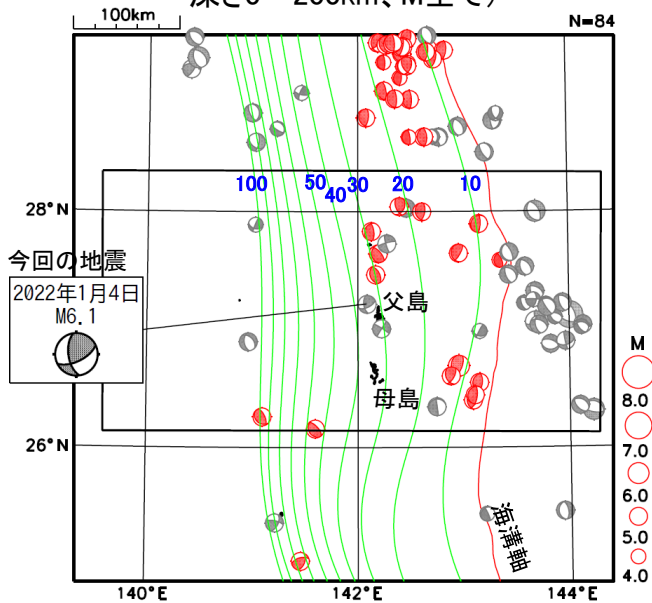
震央分布図中の緑線は、太平洋プレート上面の等深線 (Iwasaki et al., 2015, Lindquist et al., 2004) を10kmから100kmまで10km間隔 (青色の数値) で示す。断面図中の緑線は、その概ねの位置を示す。

左図矩形内の断面図 (東西投影)



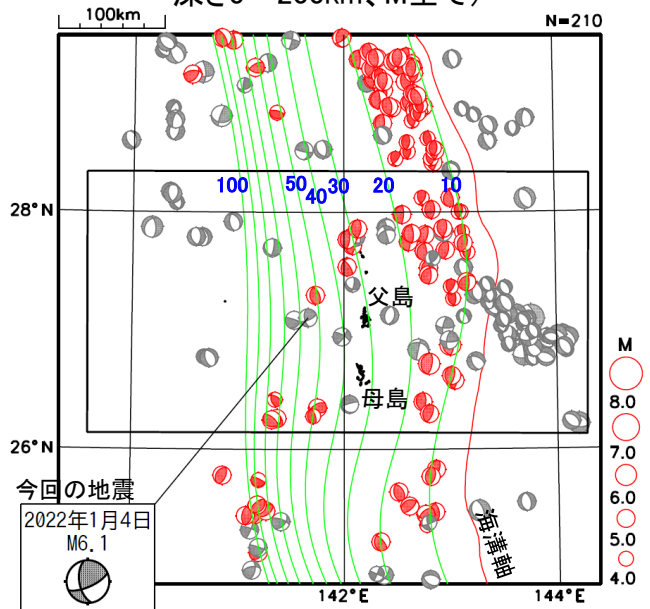
気象庁CMT

(1994年9月1日~2022年1月4日、
深さ0~200km、M全て)

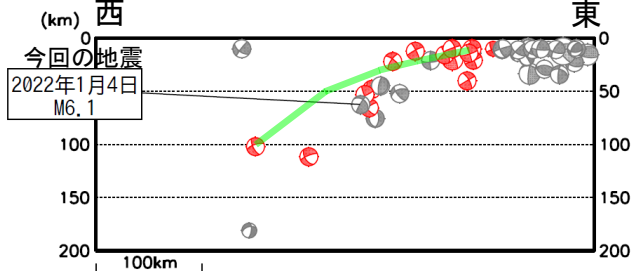


GCMT

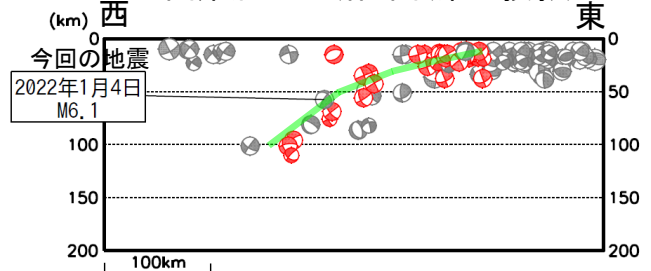
(1976年1月1日~2022年1月4日、
深さ0~200km、M全て)



上図矩形内の断面図 (東西投影)



上図矩形内の断面図 (東西投影)

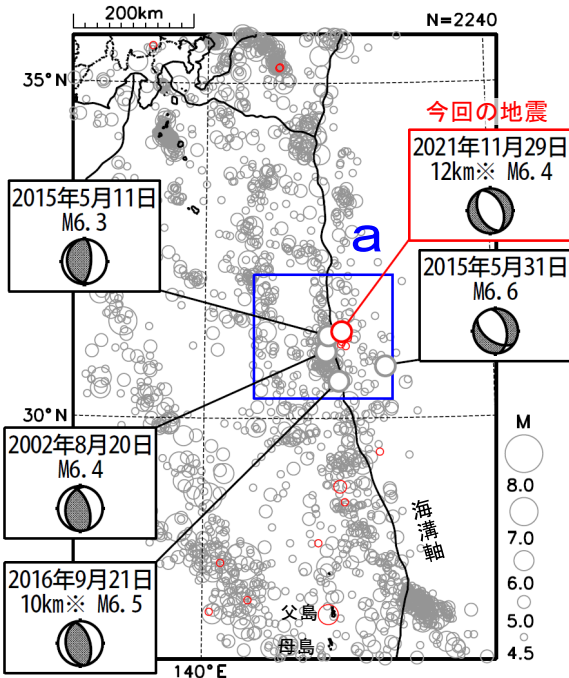


赤色の発震機構は逆断層型 (Frohlich, 2001) を示す

発震機構は、震央分布図では下半球投影、断面図では北半球投影で表示

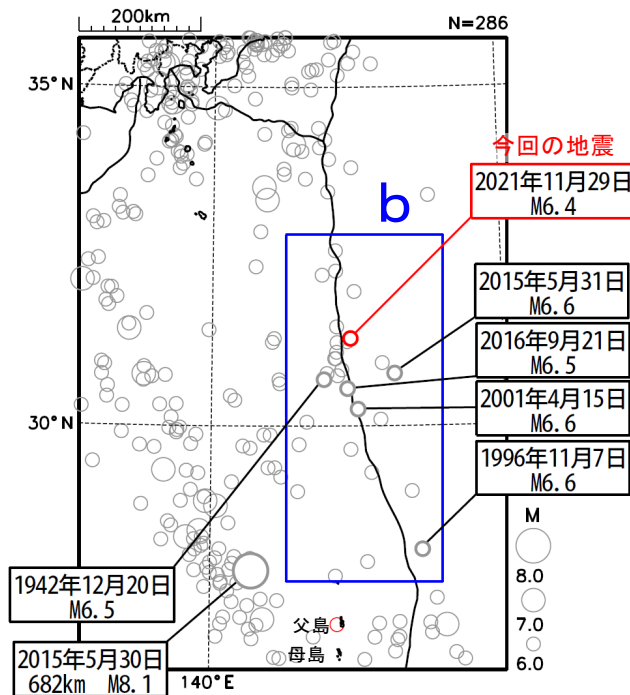
11月29日 鳥島近海の地震

震央分布図
(1997年10月1日～2022年1月6日、
深さ0～700km、 $M \geq 4.5$)
2021年11月以降の地震を赤く表示
図中の発震機構はCMT解



※深さはCMT解による

震央分布図
(1919年1月1日～2022年1月6日、
深さ0～700km、 $M \geq 6.0$)
2021年11月以降の地震を赤く表示

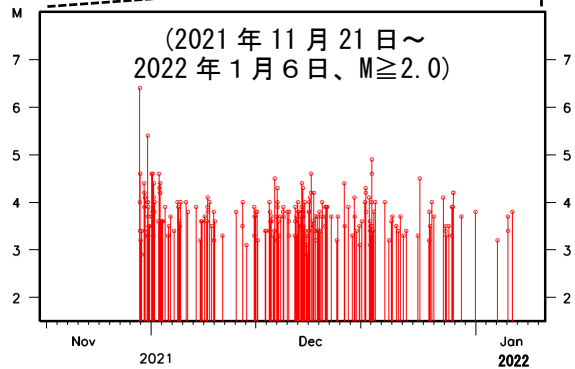
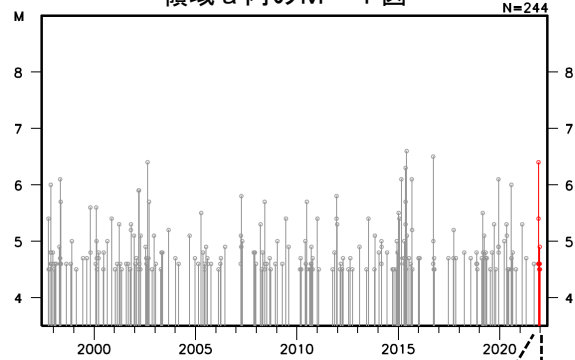


海域の黒線は海溝軸を表す

2021年11月29日21時40分に鳥島近海の深さ12km (CMT解による)でM6.4の地震(最大震度2)が発生した。この地震は太平洋プレート内部で発生した。この地震の発震機構(CMT解)は、東北東-西南西方向に張力軸を持つ正断層型であった。気象庁はこの地震に対して、同日21時49分に千葉県九十九里・外房から高知県にかけて津波予報(若干の海面変動)を発表したが、津波は観測されなかった。

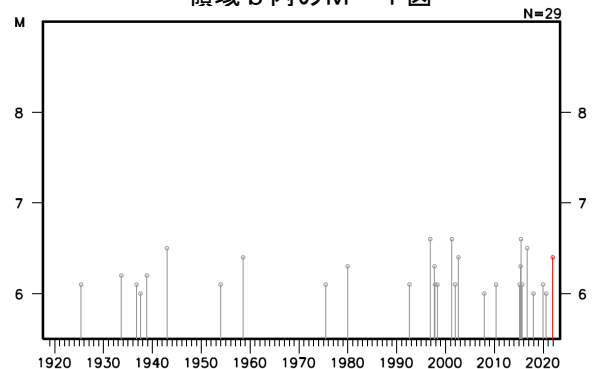
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震央付近(領域a)では、M6.0以上の地震が時々発生している。2015年には5月11日のM6.3の地震(震度1以上の観測点なし)の20日後の31日にM6.6(最大震度1)の地震が発生した。

領域a内のM-T図



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、M6.0以上の地震が時々発生しているが、被害が生じた地震は発生していない。なお、領域bより南西側では2015年5月30日に発生したM8.1の地震(深さ682km、最大震度5強)により軽傷者8人等の被害が生じた(総務省消防庁による)。

領域b内のM-T図



東海の深部低周波地震(微動)活動と短期的ゆっくりすべり

12月8日から12日にかけて、東海で深部低周波地震(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。

また、12月16日から20日にかけて、東海で深部低周波地震(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。

深部低周波地震(微動)活動

震央分布図(2018年4月1日～2021年12月31日、
深さ0～60km、Mすべて)

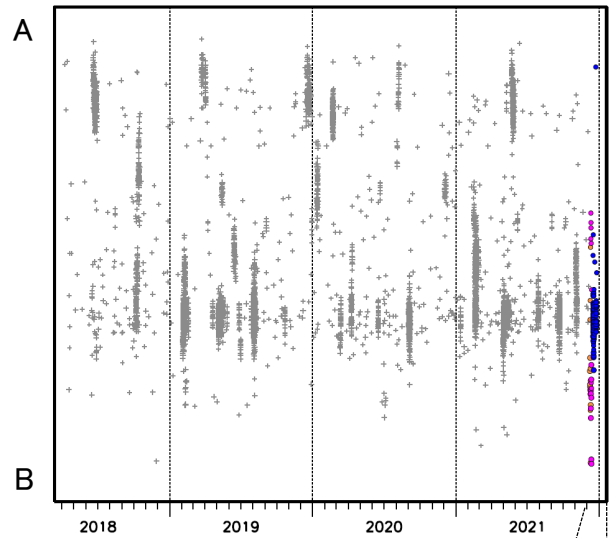
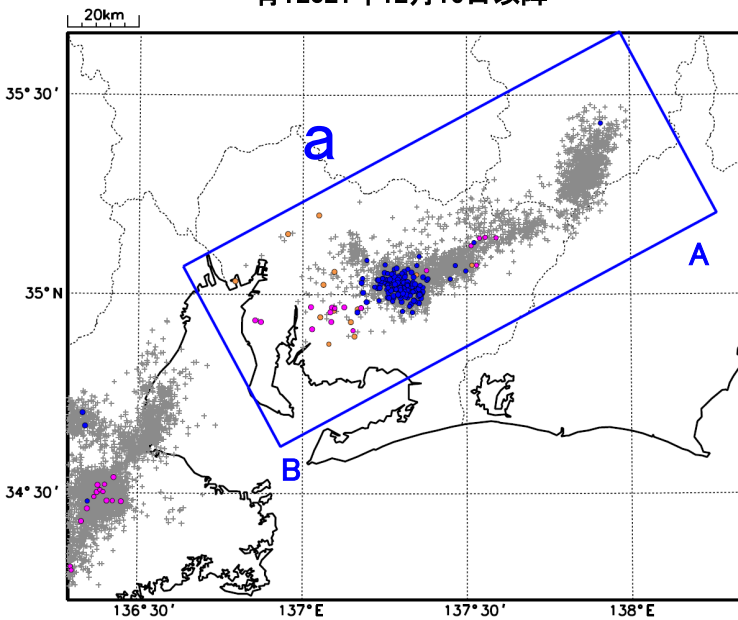
灰:2018年4月1日～2021年11月26日、

橙:2021年12月8日～12月10日、

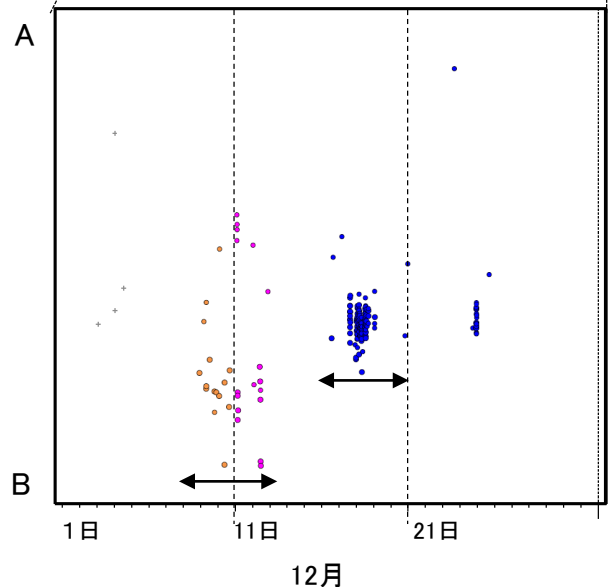
桃:2021年12月11日～12月15日、

青:2021年12月16日以降

領域a内の時空間分布図(A-B投影)

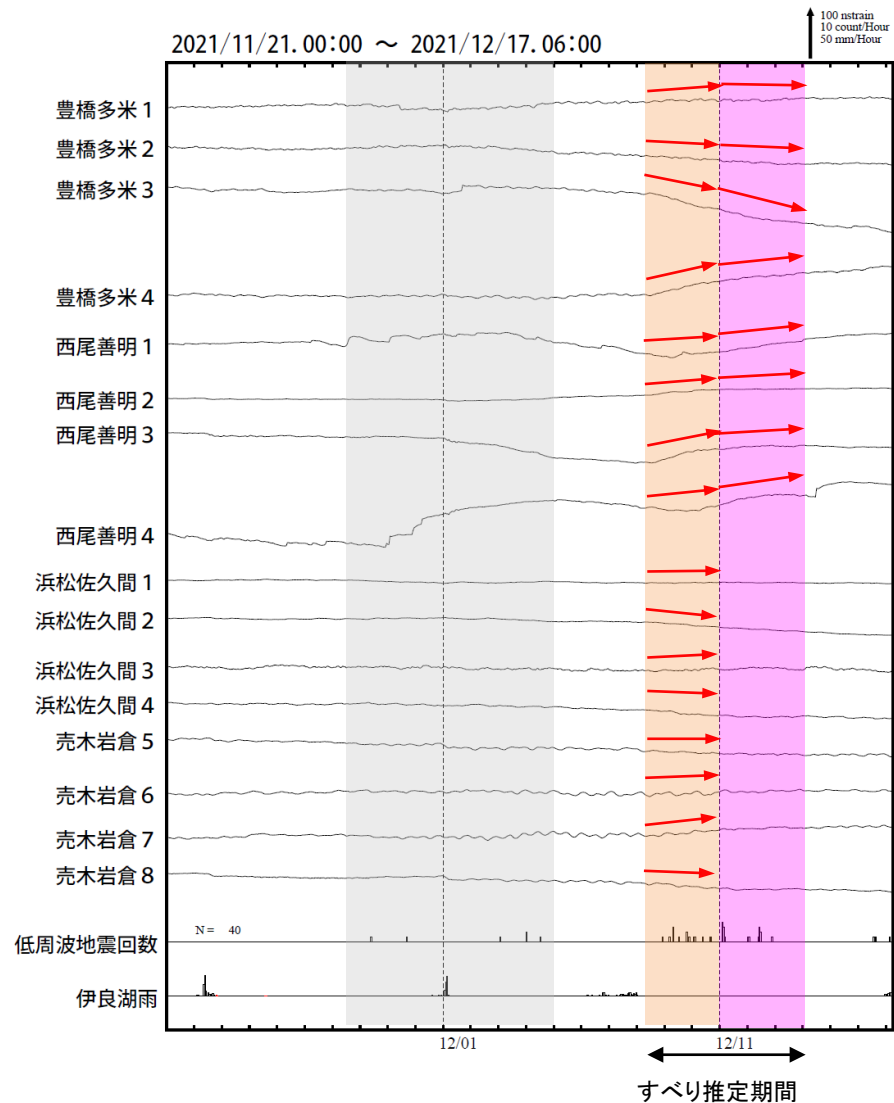
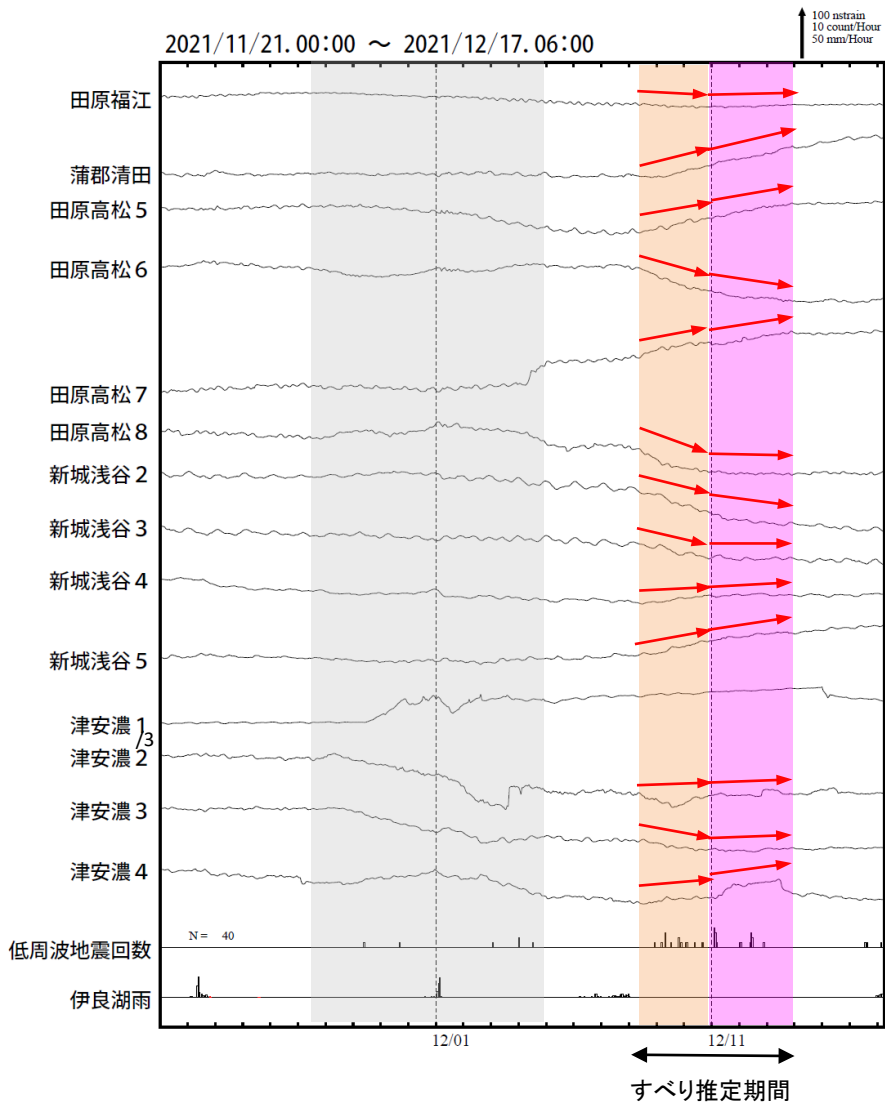


2021年12月1日～12月31日



東海で観測した短期的ゆっくりすべり(12月8日～13日)

愛知県から静岡県で観測されたひずみ変化

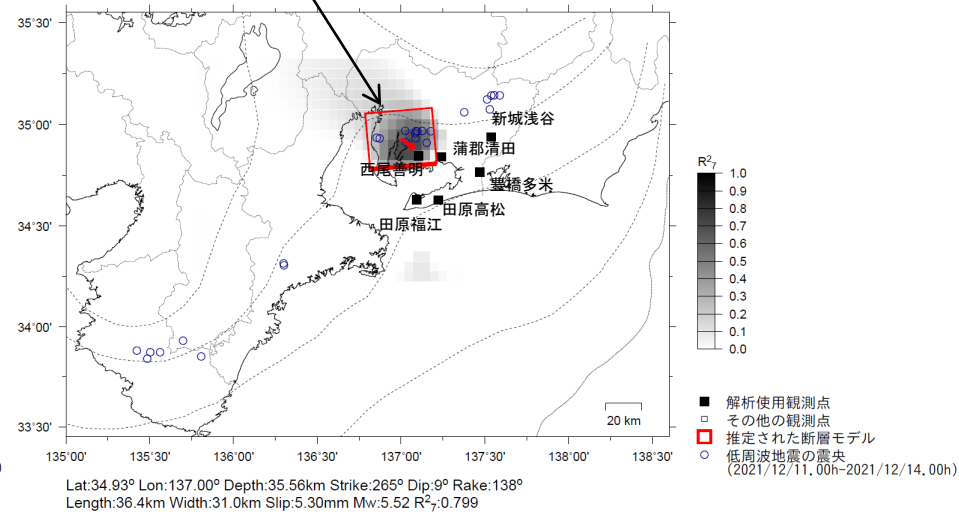
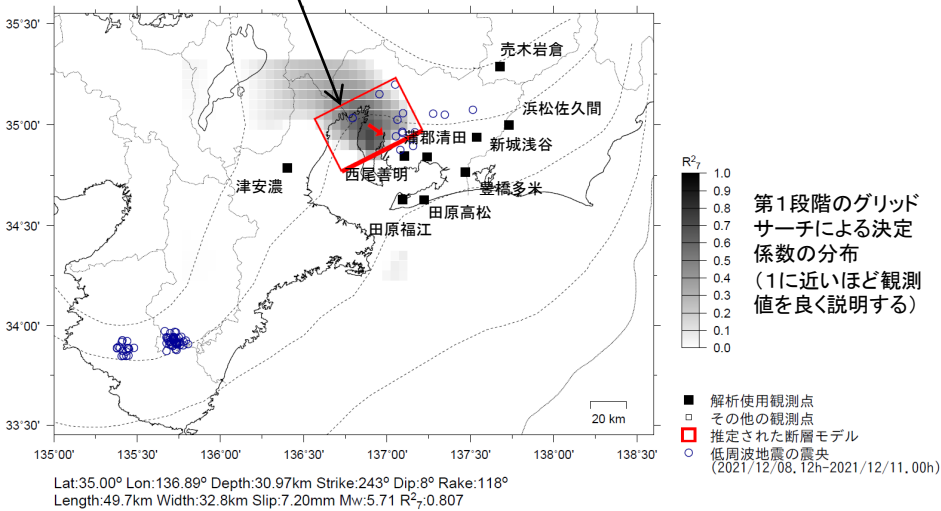


津安濃、豊橋多米及び西尾善明は産業技術総合研究所のひずみ計である。

東海で観測した短期的ゆっくりすべり(12月8日～13日)

12月8日12時～10日24時
Mw5.7

12月11日00時～13日24時
Mw5.5



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、低周波地震とほぼ同じ場所にすべり域が求まった。

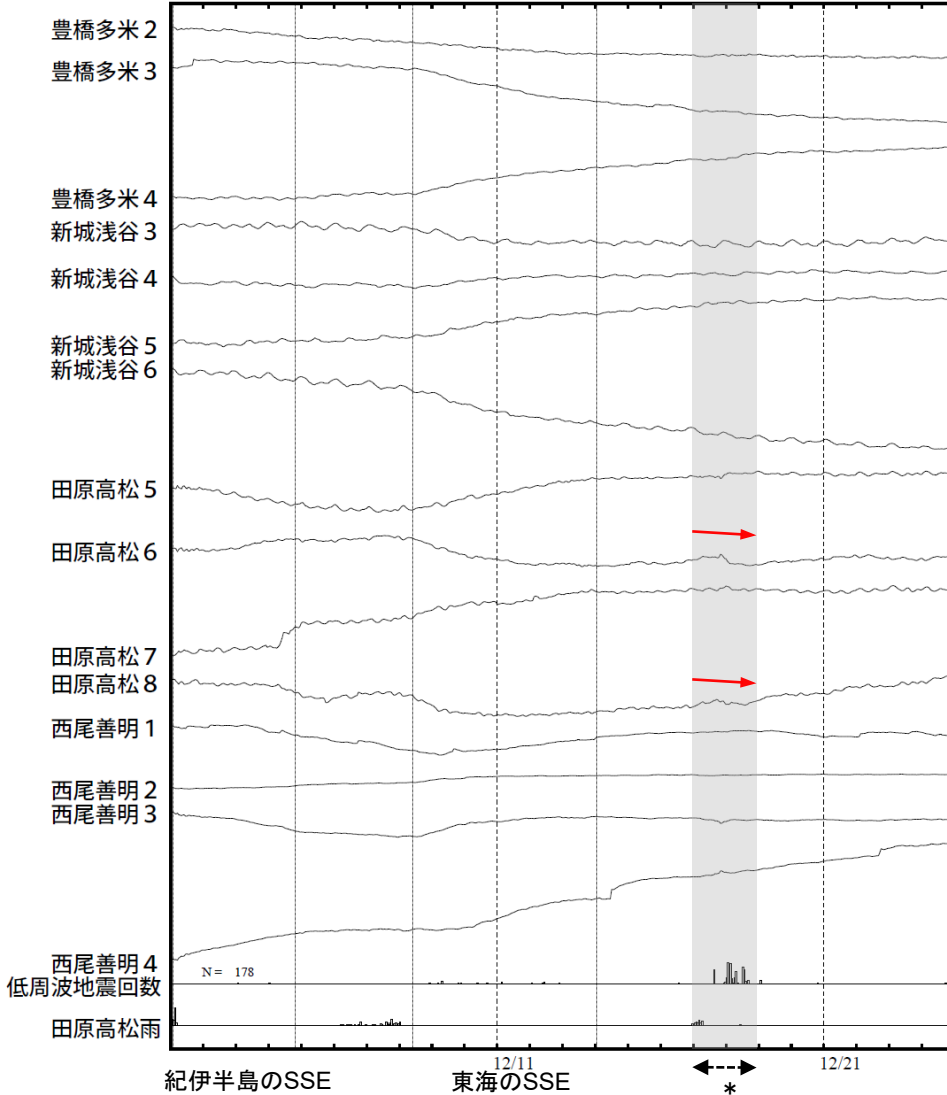
断層モデルの推定は、産総研の解析方法(板場ほか, 2012)を参考に以下の2段階で行う。
 ・断層サイズを20km×20kmに固定し、位置を0.05度単位でグリッドサーチにより推定する。
 ・その位置を中心にして、他の断層パラメータの最適解を求める。

東海で観測したひずみ変化

愛知県で観測されたひずみ変化

2021/12/01.00:00 ~ 2021/12/25.00:00

↑ 100 nstrain
50 count/Hour
50 mm/Hour



*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。

豊橋多米及び西尾善明は産業技術総合研究所のひずみ計である。

紀伊半島北部の深部低周波地震(微動)活動と短期的ゆっくりすべり

11月27日から12月6日にかけて、紀伊半島北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。

深部低周波地震(微動)活動

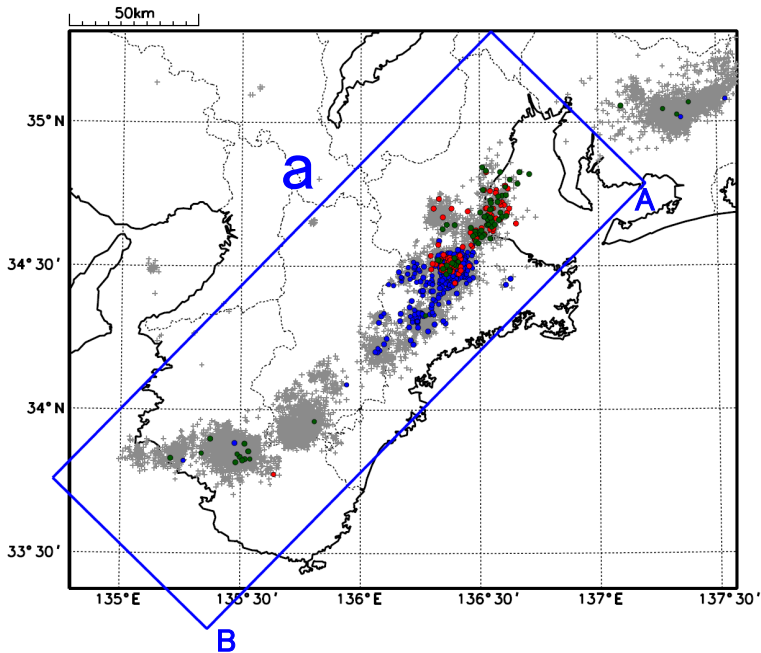
震央分布図(2018年4月1日～2021年12月8日、
深さ0～60km、Mすべて)

灰: 2018年4月1日～2021年11月26日、

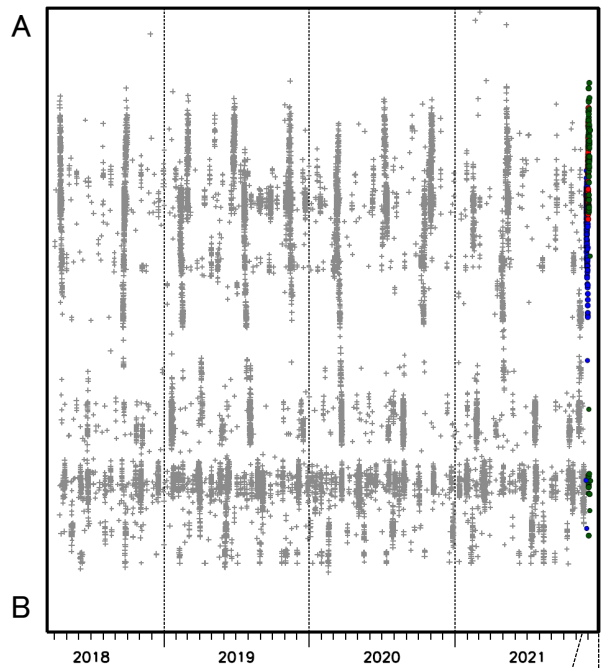
青: 2021年11月27日～11月30日、

赤: 2021年12月1日～12月2日、

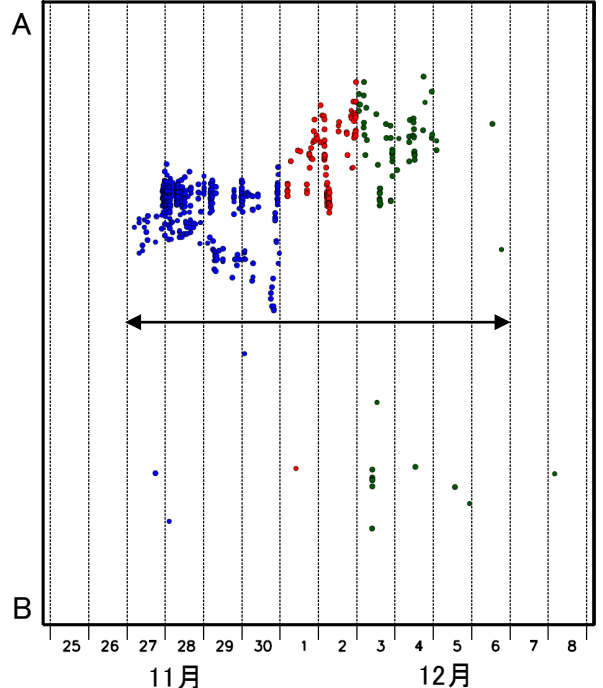
緑: 2021年12月3日以降



領域a内の時空間分布図(A-B投影)

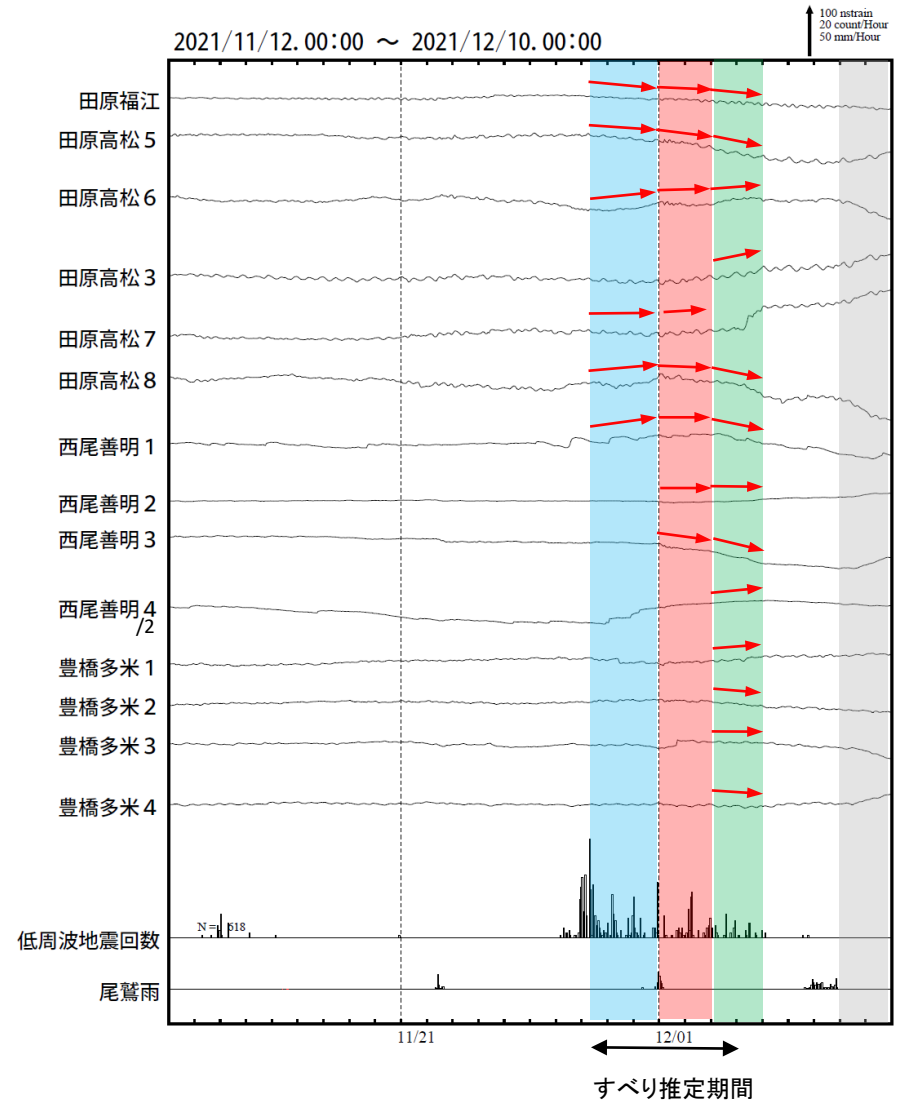
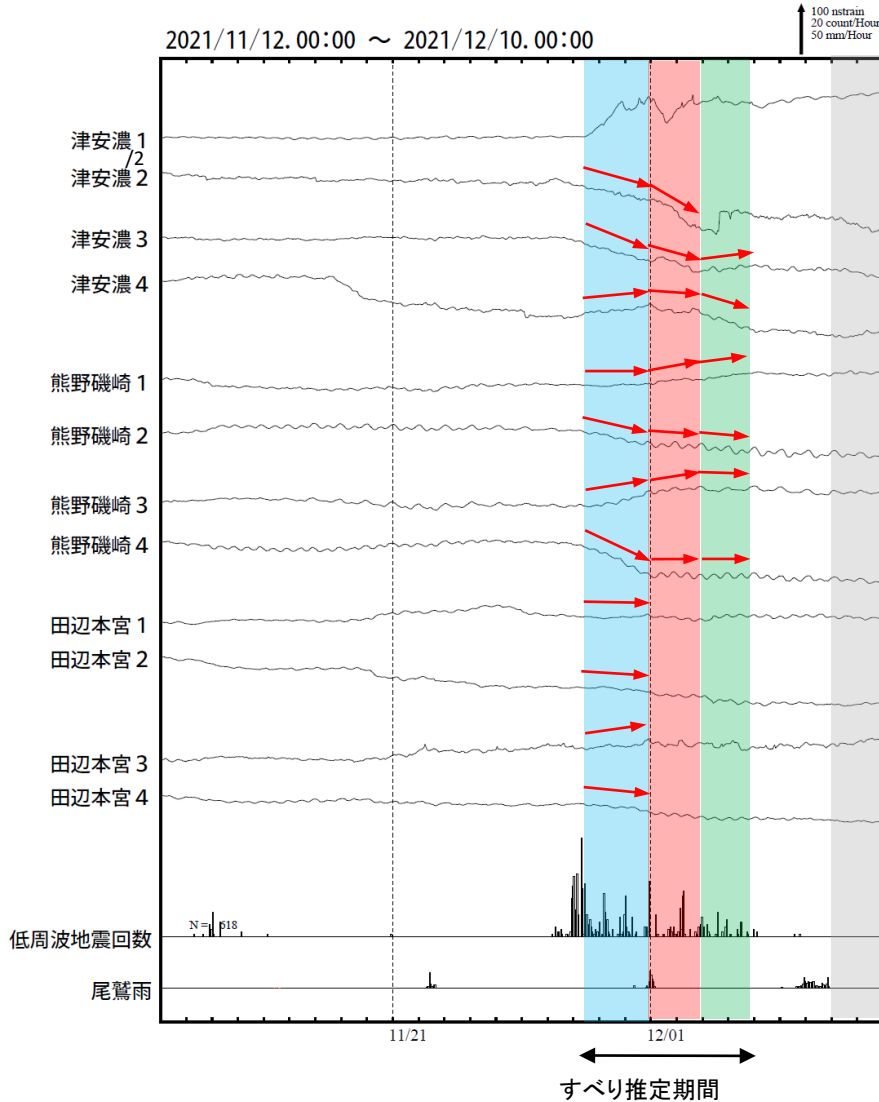


2021年11月25日～12月8日



紀伊半島北部で観測した短期的ゆっくりすべり(11月27日～12月4日)

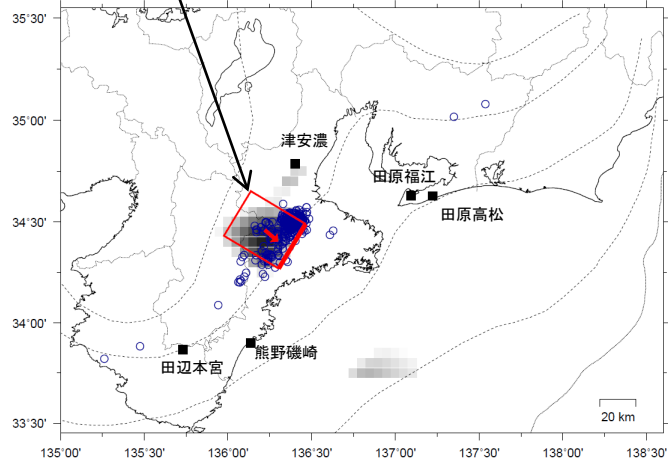
愛知県から和歌山県で観測されたひずみ変化



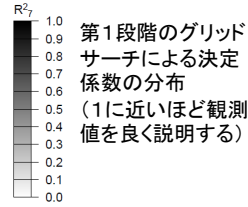
津安濃、熊野磯崎、田辺本宮、西尾善明及び豊橋多米は産業技術総合研究所のひずみ計である。

紀伊半島北部で観測した短期的ゆっくりすべり(11月27日～12月4日)

11月27日12時～30日24時
Mw5.9

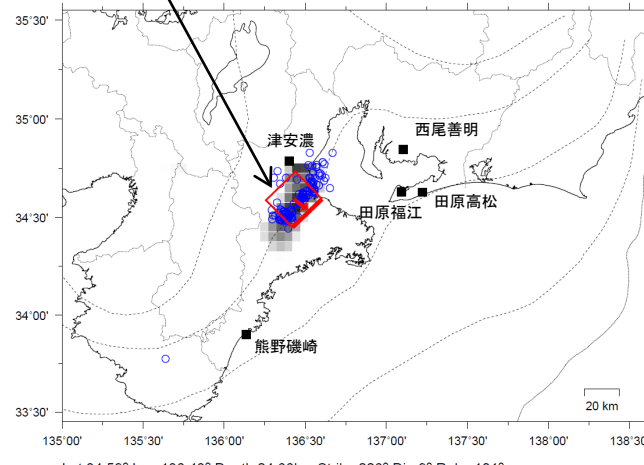


Lat:34.46° Lon:136.22° Depth:24.90km Strike:211° Dip:12° Rake:80°
Length:28.6km Width:35.7km Slip:25.40mm Mw:5.94 R₂:0.939



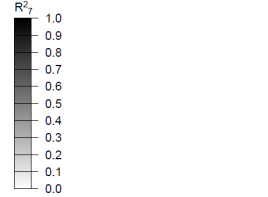
■ 解析使用観測点
□ その他の観測点
■ 推定された断層モデル
○ 低周波地震の震央
(2021/11/27, 12h-2021/12/01, 00h)

12月1日00時～2日24時
Mw5.6



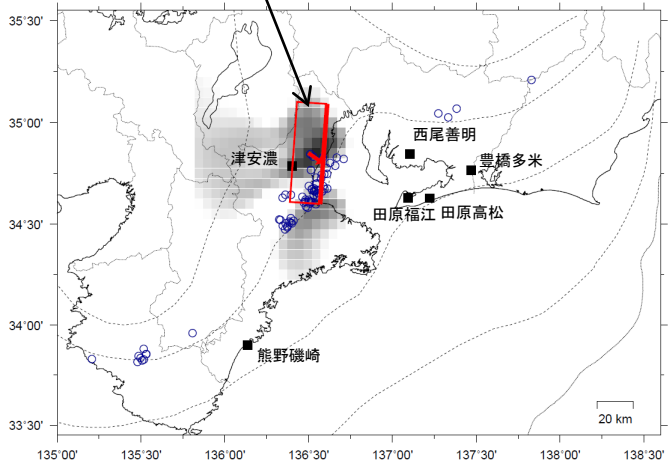
Lat:34.59° Lon:136.43° Depth:24.66km Strike:226° Dip:9° Rake:101°
Length:23.2km Width:21.8km Slip:17.50mm Mw:5.63 R₂:0.906

参考

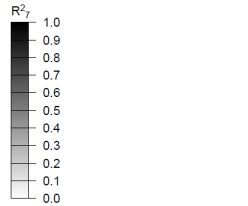


■ 解析使用観測点
□ その他の観測点
■ 推定された断層モデル
○ 低周波地震の震央
(2021/12/01, 00h-2021/12/03, 00h)

12月3日00時～4日24時
Mw5.8



Lat:34.85° Lon:136.50° Depth:33.23km Strike:184° Dip:8° Rake:59°
Length:54.8km Width:16.7km Slip:15.40mm Mw:5.77 R₂:0.889



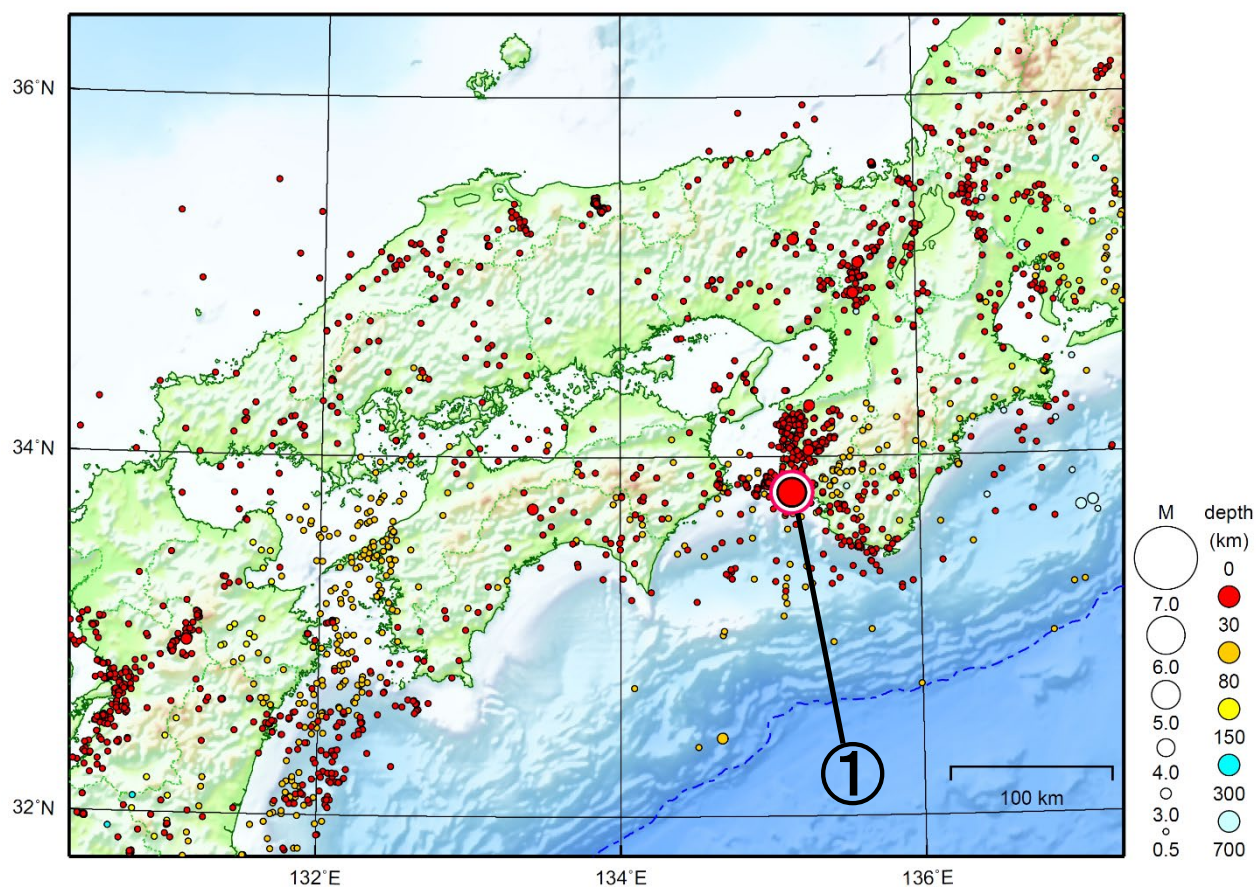
■ 解析使用観測点
□ その他の観測点
■ 推定された断層モデル
○ 低周波地震の震央
(2021/12/03, 00h-2021/12/05, 00h)

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、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。

近畿・中国・四国地方

2021/12/01 00:00 ~ 2021/12/31 24:00



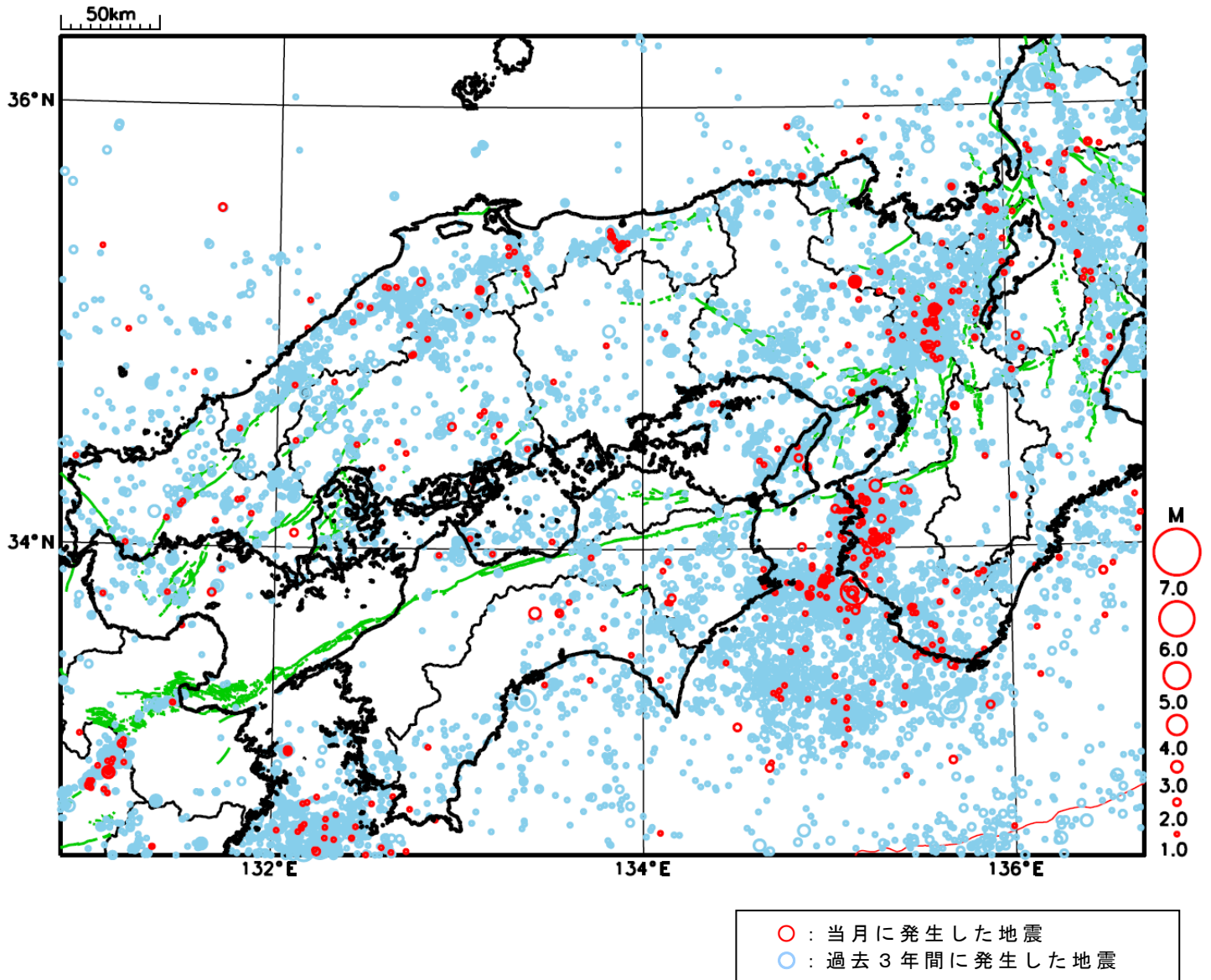
地形データは日本海洋データセンターのJ-EGG500、米国地質調査所のGTOP030、及び米国国立地球物理データセンターのETOPO2v2を使用

- ① 12月3日に紀伊水道でM5.4の地震（最大震度5弱）が発生した。

[上述の地震はM6.0以上または最大震度4以上、陸域でM4.5以上かつ最大震度3以上、海域でM5.0以上かつ最大震度3以上、その他、注目すべき活動のいずれかに該当する地震。]

気象庁・文部科学省

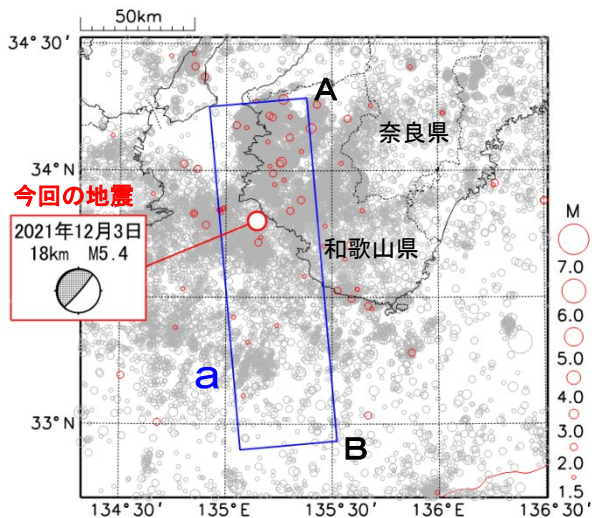
近畿・中国・四国地方における2021年12月の地震活動 ($M \geq 1.0$ 、陸域 深さ 30km 以浅、海域 深さ 60km 以浅)



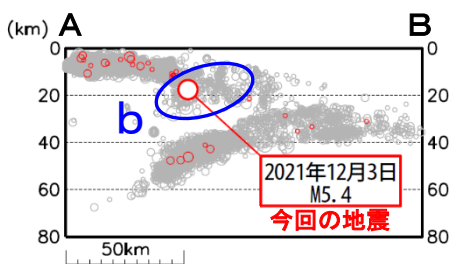
12月3日 紀伊水道の地震

震央分布図

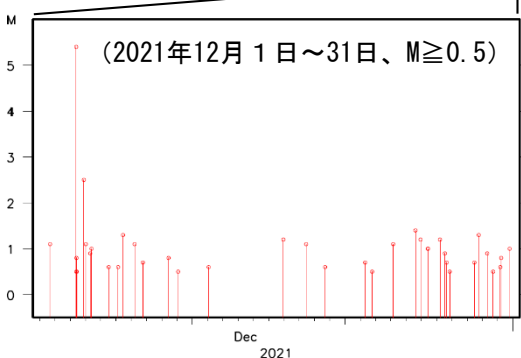
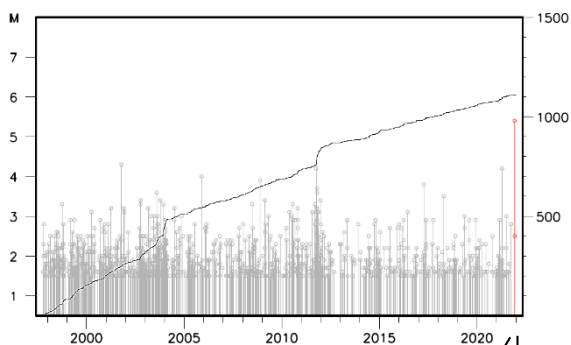
(1997年10月1日～2021年12月31日、
深さ0～80km、 $M \geq 1.5$)
2021年12月の地震を赤色で表示
図中の発震機構はCMT解



領域 a 内の断面図 (A-B 投影)



領域 b 内の M-T 図及び回数積算図



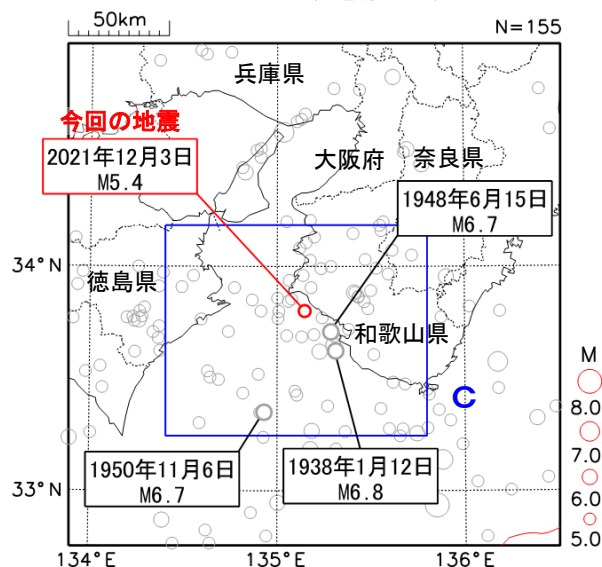
2021年12月3日09時28分に紀伊水道の深さ18kmでM5.4の地震(最大震度5弱)が発生した。この地震は地殻内で発生した。発震機構(CMT解)は、北西-南東方向に圧力軸を持つ逆断層型である。この地震により軽傷5人、住家一部破損2棟などの被害が生じた(12月13日09時30分現在、総務省消防庁による)。今回の地震後、震度1以上を観測する地震は発生していない。

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。

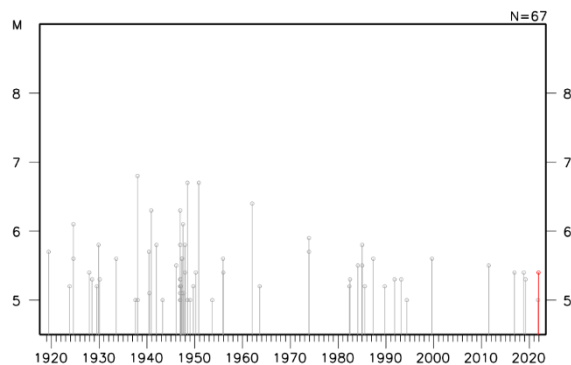
1919年以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺(領域c)では、1960年代にかけてM6.0以上の地震が時々発生していた。このうち1948年6月15日に発生したM6.7の地震では、死者2人、負傷者33人、家屋倒壊60棟などの被害が生じた(「日本被害地震総覧」による)。

震央分布図

(1919年1月1日～2021年12月31日、
深さ0～100km、 $M \geq 5.0$)
2021年12月の地震を赤色で表示



領域 c 内の M-T 図



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

- (A) 11月27日から12月14日にかけて、四国東部から四国西部で深部低周波地震(微動)を観測した。
 - (B) 12月20日から22日にかけて、四国西部(豊後水道)で深部低周波地震(微動)を観測した。
 - (C) 12月28日以降、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。

深部低周波地震(微動)活動

震央分布図

(2018年4月1日~2022年1月6日、深さ0~60km、Mすべて)

灰: 2018年4月1日~2021年11月26日、

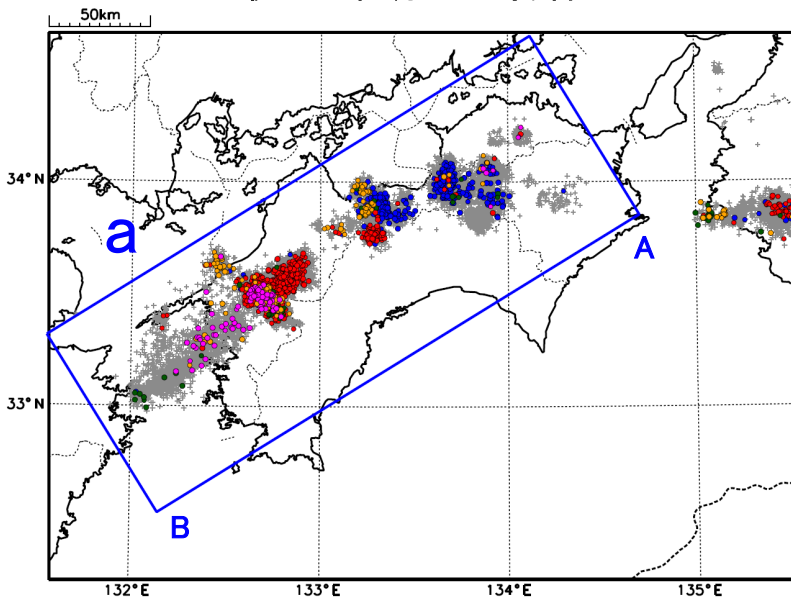
青: 2021年11月27日~12月7日、

赤: 2021年12月8日~12月19日、

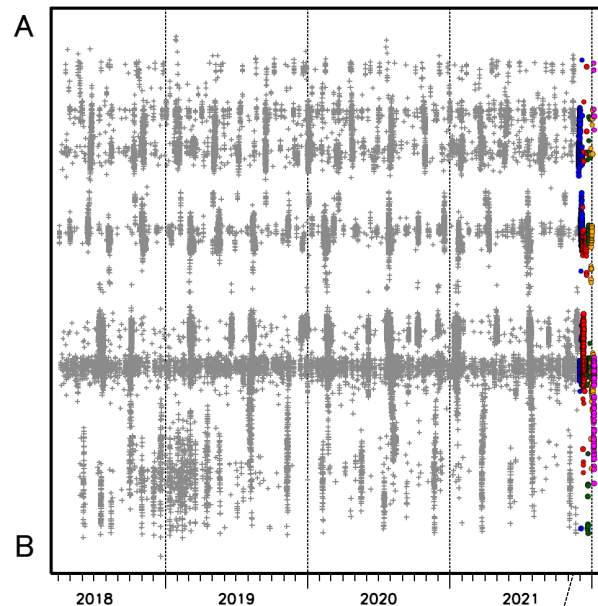
緑: 2021年12月20日~12月27日、

橙: 2021年12月28日~2022年1月5日12時、

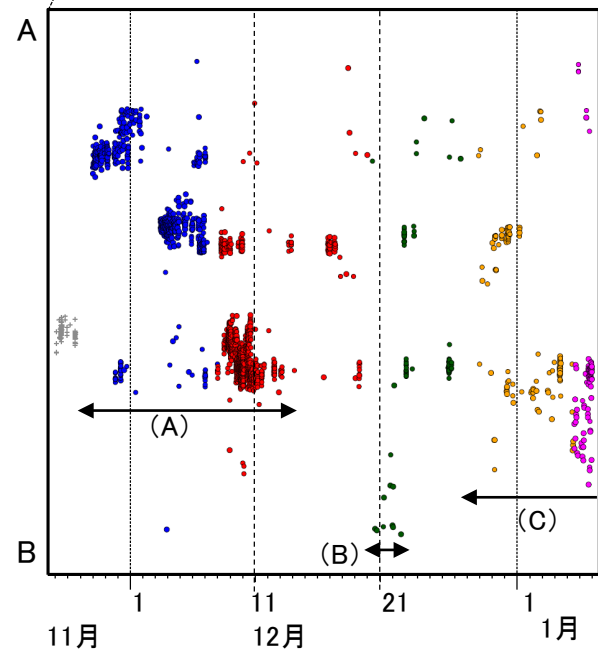
桃: 2022年1月5日12時以降



領域a内の時空間分布図(A-B投影)



2021年11月25日~2022年1月6日

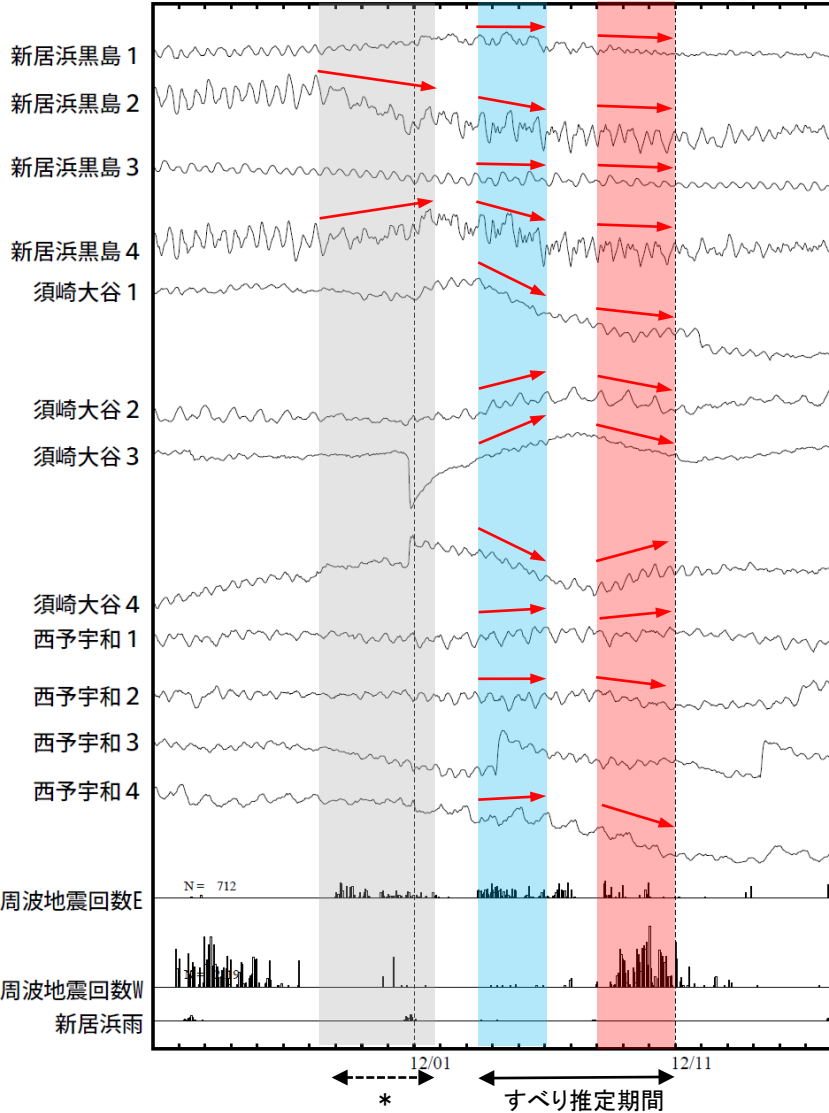


四国東部から四国中部で観測した短期的ゆっくりすべり(11月27日～12月10日)

愛媛県から高知県で観測されたひずみ変化

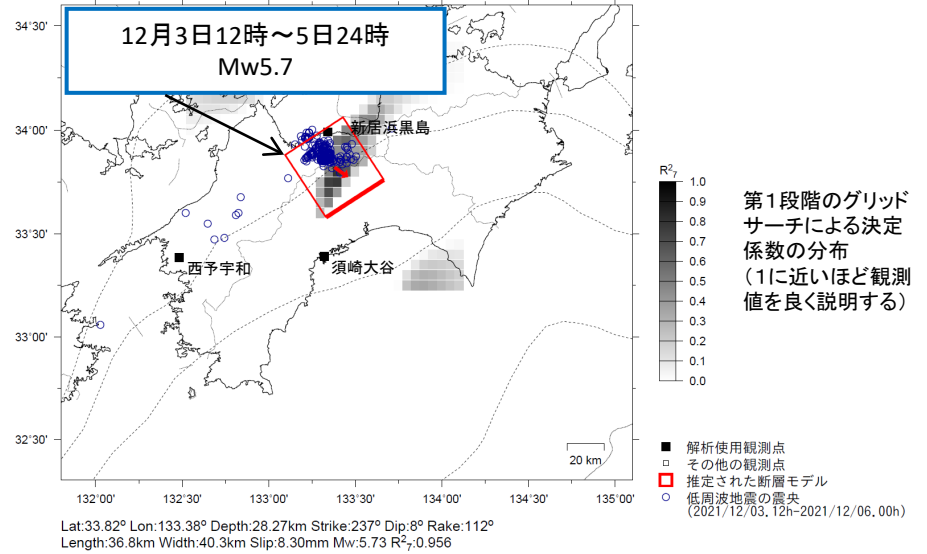
2021/11/21.00:00 ~ 2021/12/17.00:00

50 nstrain
50 count/Hour
50 mm/Hour



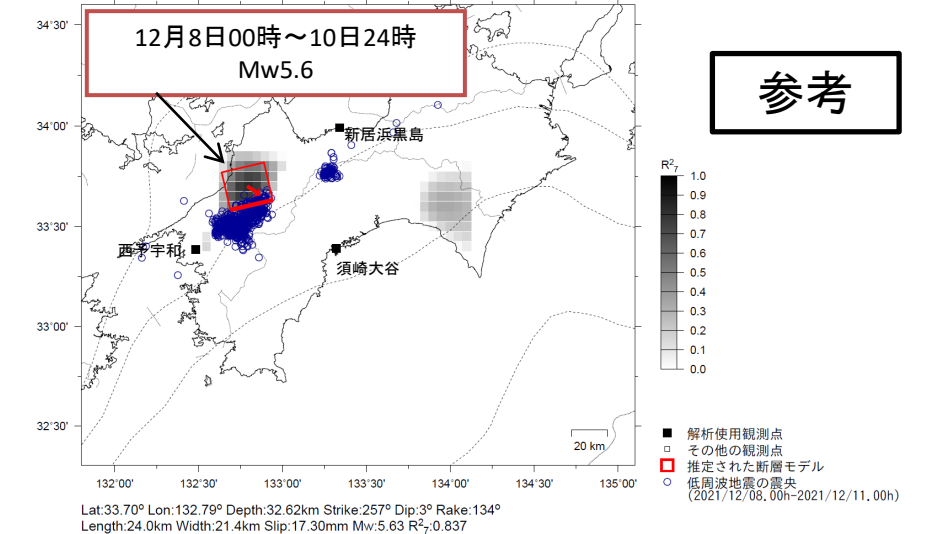
新居浜黒島、須崎大谷及び西予宇和は産業技術総合研究所のひずみ計である。

*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。



第1段階のグリッド
サーチによる決定
係数の分布
(1に近いほど観測
値を良く説明する)

■ 解析使用観測点
□ その他の観測点
□ 推定された断層モデル
○ 低周波地震の震央
(2021/12/03, 12h-2021/12/06, 00h)



参考

■ 解析使用観測点
□ その他の観測点
□ 推定された断層モデル
○ 低周波地震の震央
(2021/12/08, 00h-2021/12/11, 00h)

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。

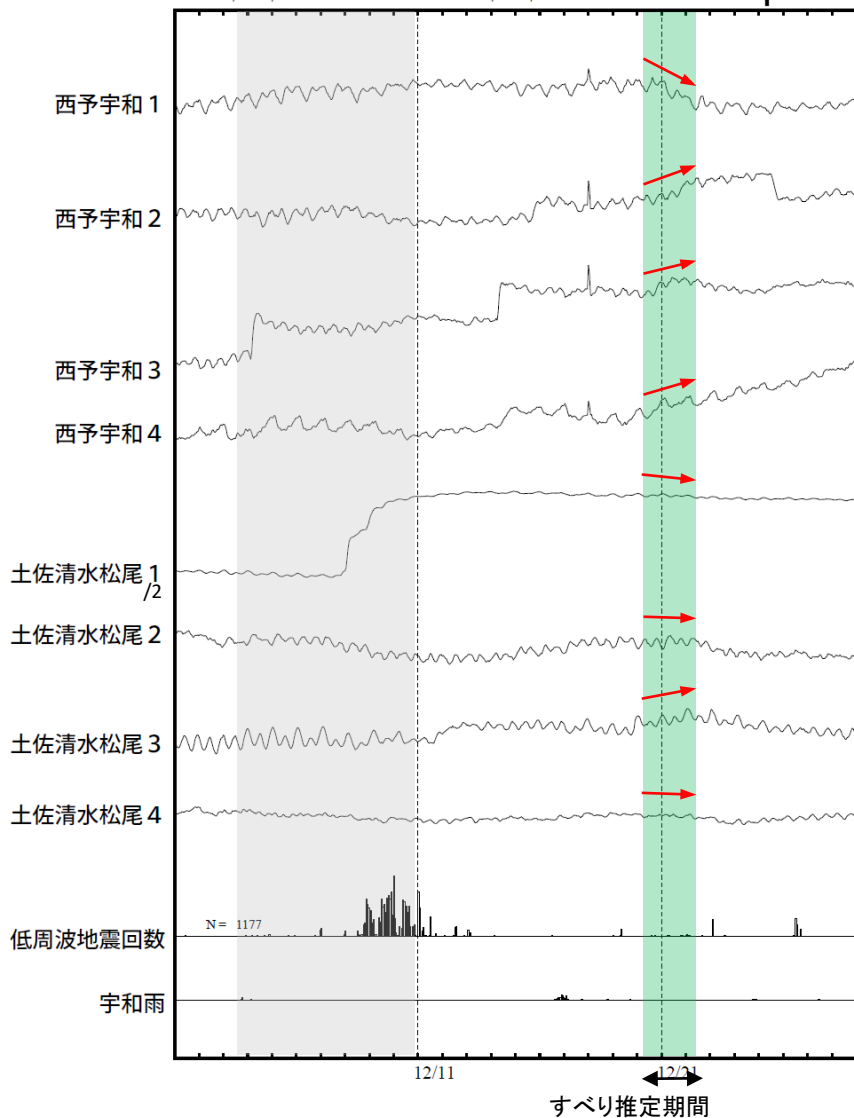
断層モデルの推定は、産総研の解析方法(板場ほか, 2012)を参考に以下の2段階で行う。
・断層サイズを20km×20kmに固定し、位置を0.05度単位でグリッドサーチにより推定する。
・その位置を中心にして、他の断層パラメータの最適解を求める。

四国西部で観測した短期的ゆっくりすべり(12月20日～22日)

愛媛県から高知県で観測されたひずみ変化

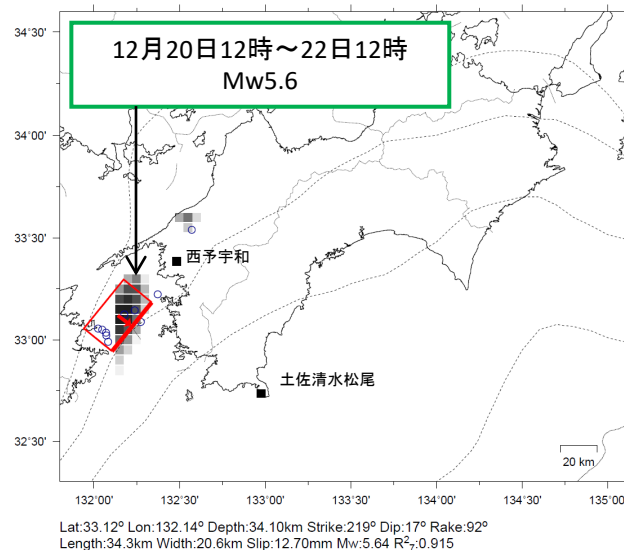
2021/12/01.00:00 ~ 2021/12/29.00:00

↑ 50 nstrain
50 count/Hour
50 mm/Hour



すべり推定期間

西予宇和及び土佐清水松尾は産業技術総合研究所のひずみ計である。



参考

R²
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0

第1段階のグリッドサーチによる決定係数の分布
(1に近いほど観測値を良く説明する)

■ 解析使用観測点
□ その他の観測点
□ 推定された断層モデル
○ 低周波地震の震央 (2021/12/20, 12h-2021/12/22, 12h)

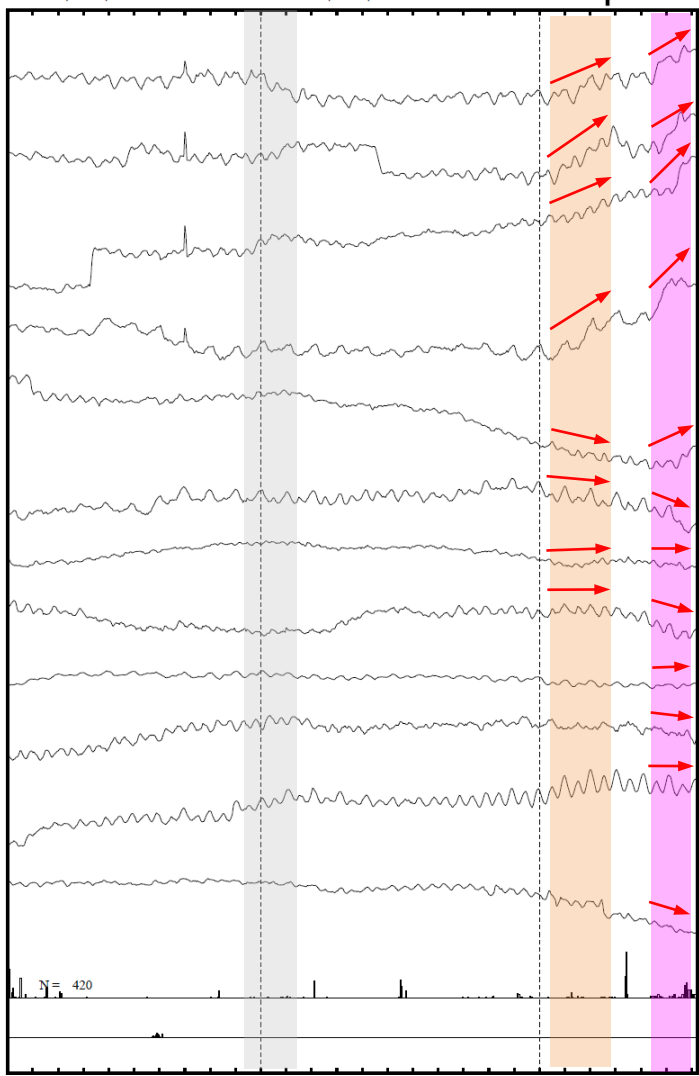
左図に観測されたひずみ観測点での変化量を元にすべり推定を行ったところ、低周波地震とほぼ同じ場所にすべり域が求まった。

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。

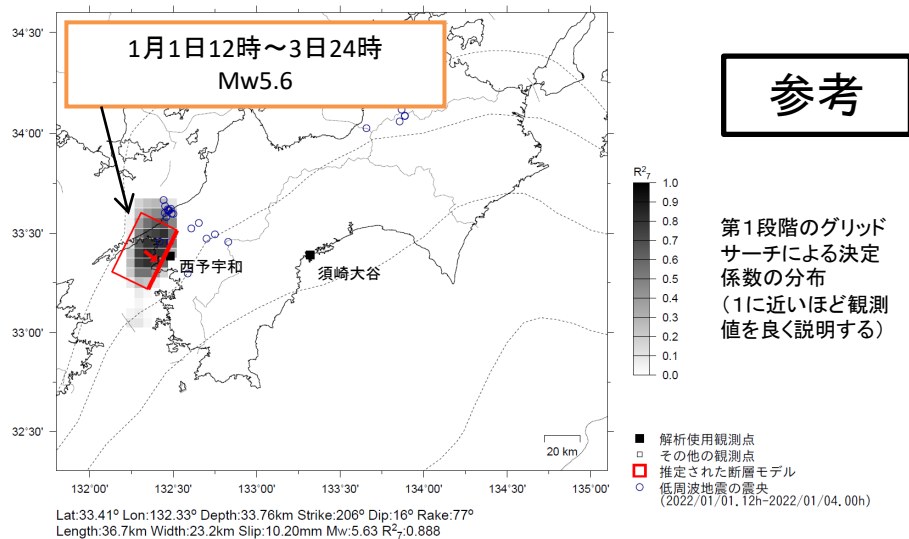
四国西部で観測した短期的ゆっくりすべり(1月1日~6日)(速報)

愛媛県から高知県で観測されたひずみ変化

2021/12/11.00:00 ~ 2022/01/07.06:00

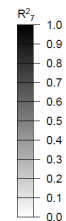


西予宇和、須崎大谷及び土佐清水松尾は産業技術総合研究所のひずみ計である。

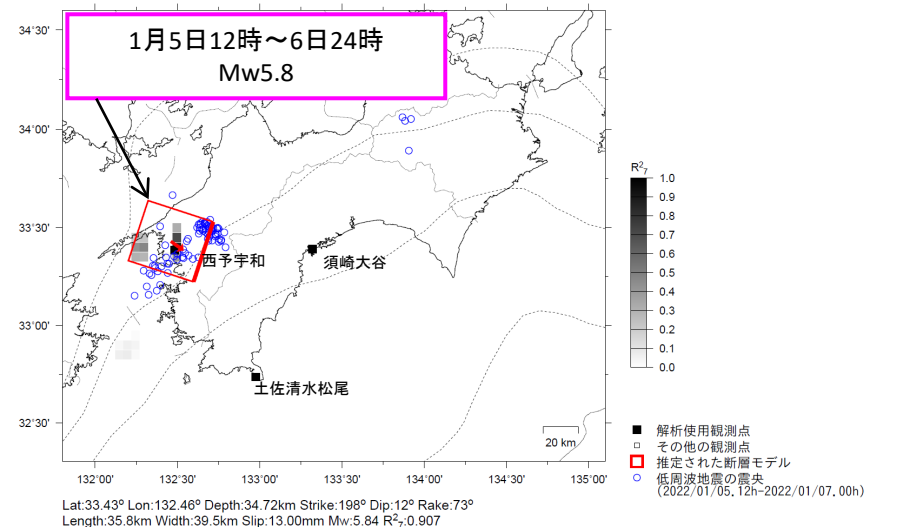


参考

第1段階のグリッドサーチによる決定係数の分布 (1に近いほど観測値を良く説明する)



- 解析使用観測点
- その他の観測点
- 推定された断層モデル
- 低周波地震の震央 (2022/01/01, 12h-2022/01/04, 00h)

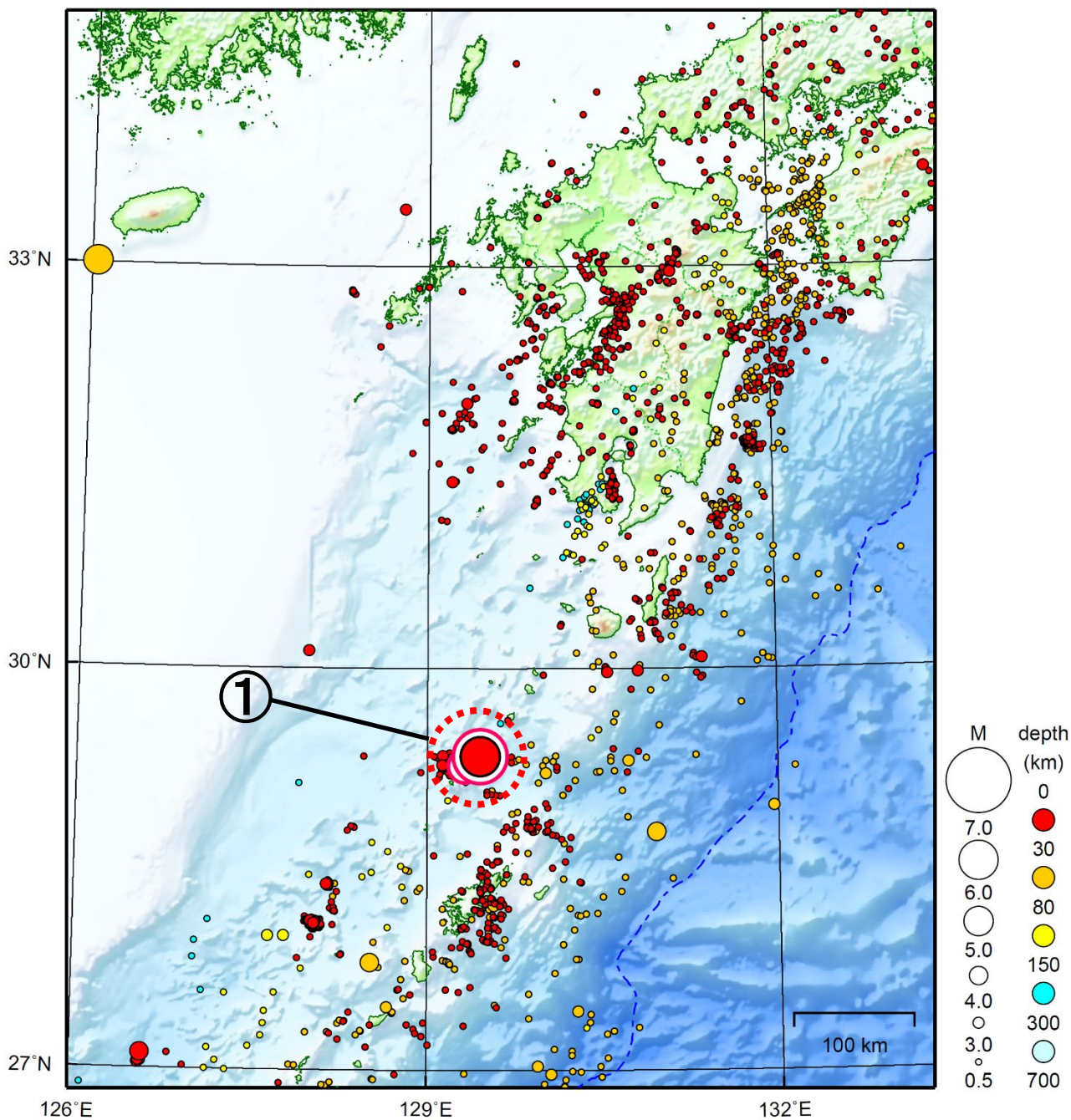


左図に観測されたひずみ観測点での変化量を元にすべり推定を行ったところ、低周波地震とほぼ同じ場所にすべり域が求まった。

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。

九州地方

2021/12/01 00:00 ~ 2021/12/31 24:00



地形データは日本海洋データセンターのJ-EGG500、米国地質調査所のGTOPO30、及び米国国立地球物理データセンターのETOPO2v2を使用

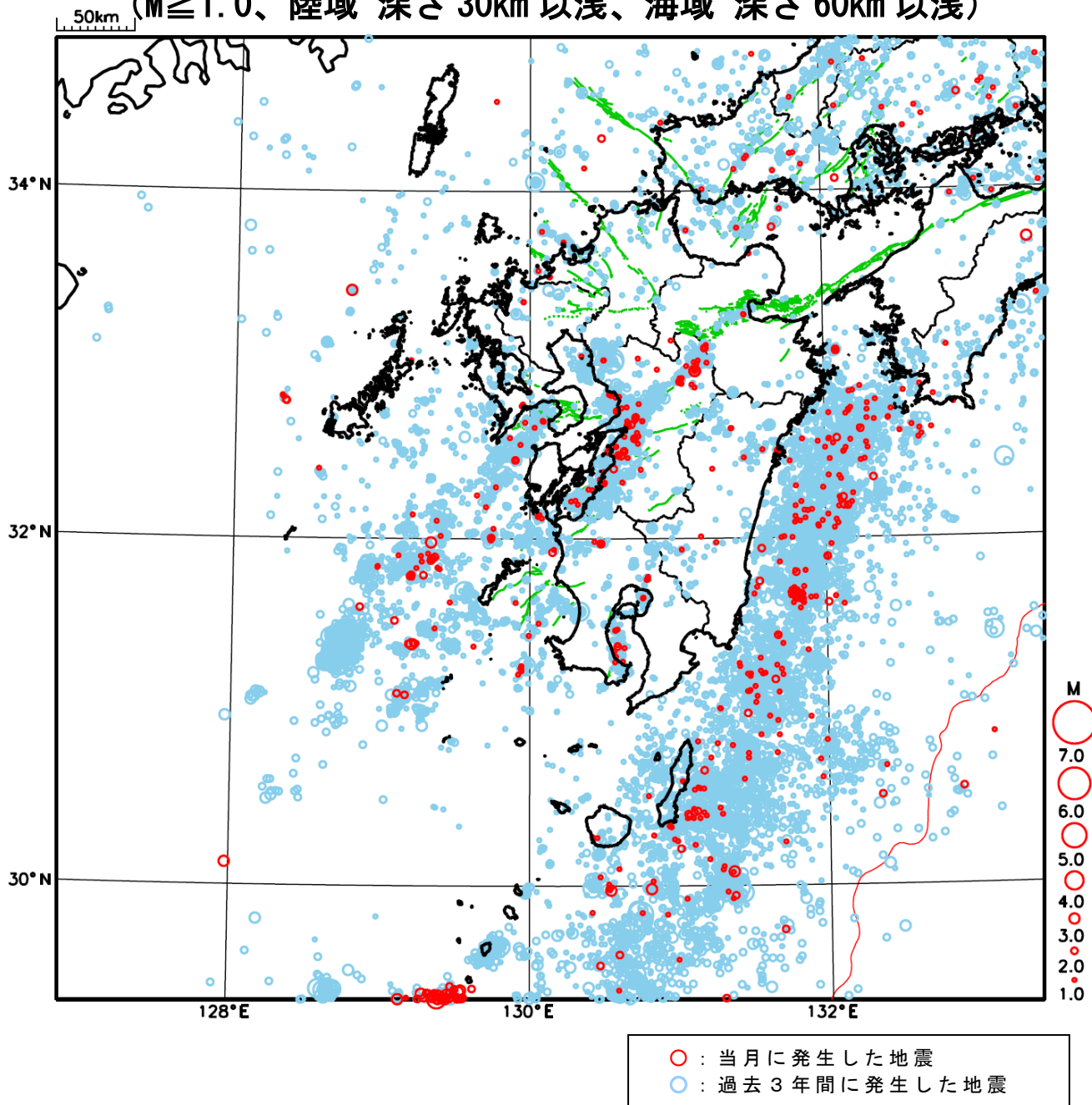
- ① 12月4日以降31日までに、トカラ列島近海（小宝島付近）で最大震度1以上を観測した地震が308回（震度5強：1回、震度4：2回、震度3：15回、震度2：85回、震度1：205回）発生した。

[上述の地震はM6.0以上または最大震度4以上、陸域でM4.5以上かつ最大震度3以上、海域でM5.0以上かつ最大震度3以上、その他、注目すべき活動のいずれかに該当する地震。]

気象庁・文部科学省

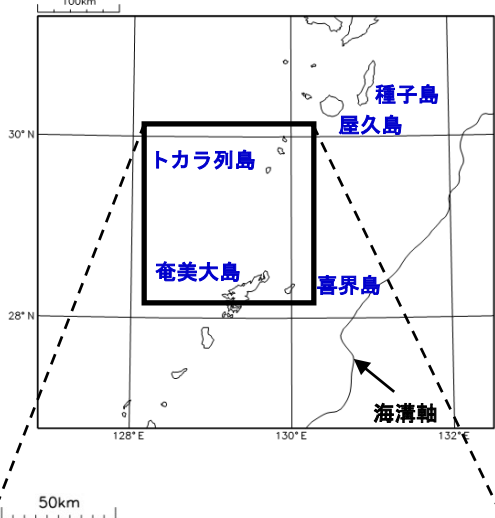
九州地方における 2021 年 12 月の地震活動

($M \geq 1.0$ 、陸域 深さ 30km 以浅、海域 深さ 60km 以浅)



トカラ列島近海の地震活動（小宝島付近）

震央分布図
 (1994年10月1日～2021年12月31日、
 深さ0～50km、 $M \geq 2.5$)
 2021年12月の地震を赤色○で表示
 図中の発震機構はCMT解

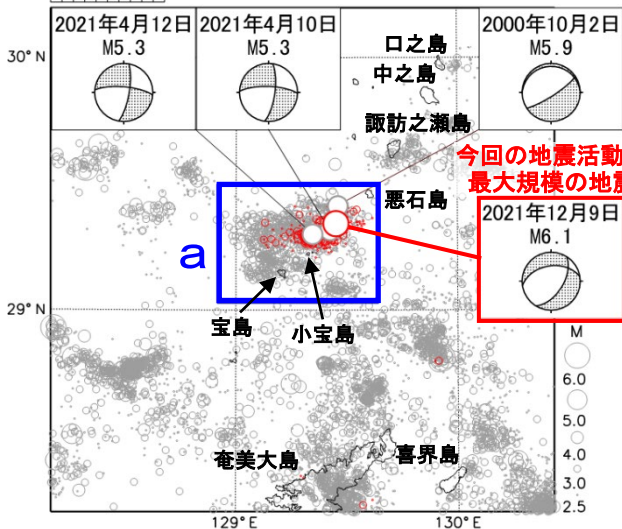


2021年12月4日12時頃からトカラ列島近海(小宝島付近)で地震活動が活発となり、12月31日24時までには震度1以上を観測した地震が308回(震度5強:1回、震度4:2回、震度3:15回、震度2:85回、震度1:205回)発生した。このうち最大規模の地震は、9日11時05分に発生したM6.1の地震(最大震度5強)で、陸のプレート内で発生した。この地震の発震機構(CMT解)は、北西-南東方向に張力軸を持つ正断層型である。

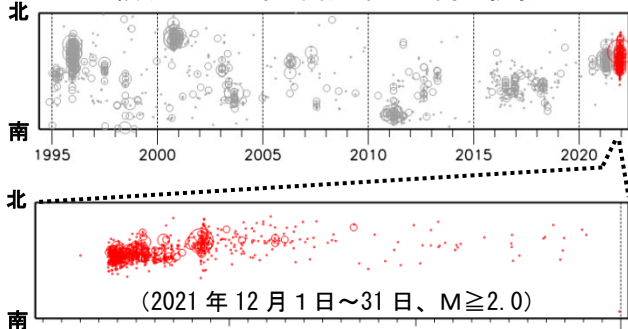
今回の地震活動により、人的被害や住家被害はなかったが、鹿児島県十島村(悪石島)でがけ崩れ等の被害が生じた(2021年12月23日現在、鹿児島県による)。また、悪石島の約半数の住民が鹿児島市や奄美市などに避難した。気象庁は「気象庁防災対応支援チーム(JETT)」を鹿児島県庁及び十島村役場に派遣し、地震活動・気象状況の解説を行うなどの支援を行った。さらに、12月14日に「気象庁機動調査班(JMA-MOT)」を派遣し、震度5強を観測した震度観測点(悪石島)について点検を実施し、観測環境が地震によって変化していないことを確認するとともに、周辺の被害や揺れの状況について確認した。

1994年10月以降の活動をみると、今回の地震活動付近(領域a)では、時々まとまった活動がある。このうち、2000年10月2日に発生したM5.9の地震(最大震度5強)を最大とする活発な地震活動により、鹿児島県十島村悪石島で水道管破損1箇所等の被害があった(総務省消防庁による)。また、最近では、2021年4月10日と同12日に発生したM5.3の地震(最大震度4)を最大とする地震活動があり、震度1以上を観測した地震が265回(震度4の地震6回を含む)発生した。

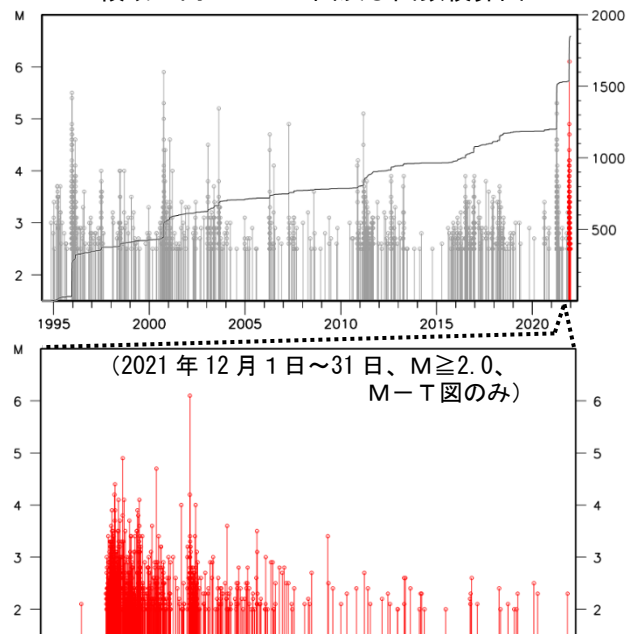
今回の地震活動と過去の主な地震活動について、震央分布図、時空間分布図、M-T図及び回数積算図を活動期間ごとに90日間の期間で比較すると多様な活動の形態が見られ、個々の地震活動の終わりの時期を特定することが難しいことがわかる(次ページ参照)。



領域a内の時空間分布図(南北投影)



領域a内のM-T図及び回数積算図

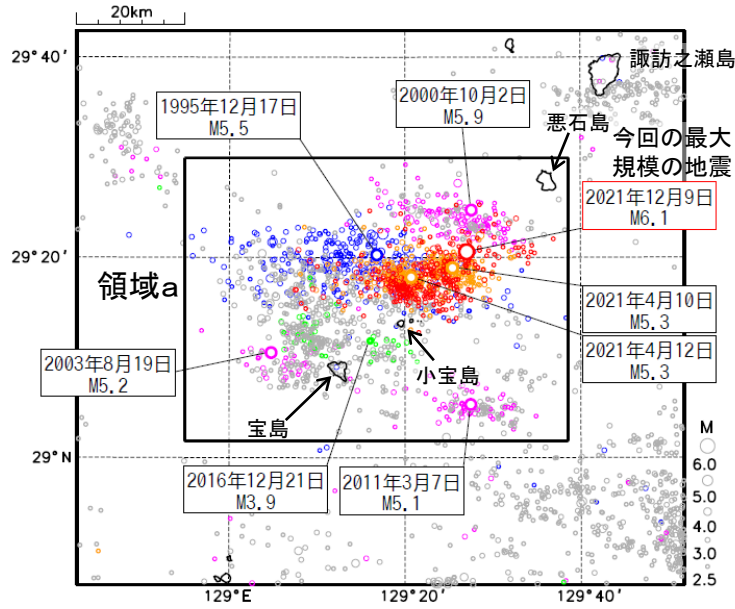


気象庁作成

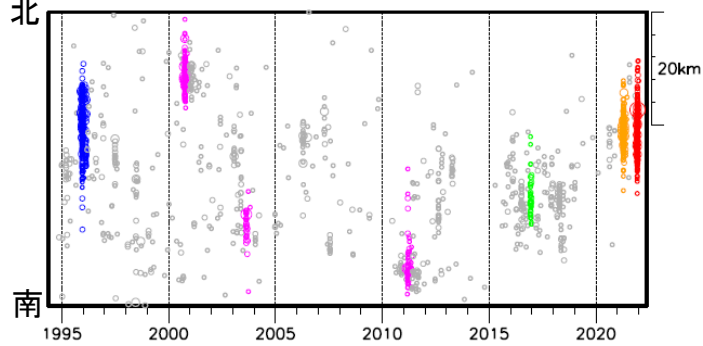
トカラ列島近海の地震活動(小宝島付近) (過去の活動状況との比較 M2.5以上)

震央分布図

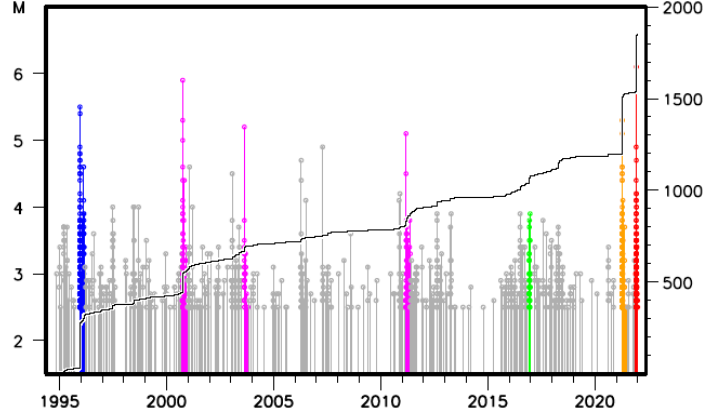
(1994年10月1日～2021年12月31日、深さ0～50km、M \geq 2.5)



領域a内の時空間分布図(南北投影)



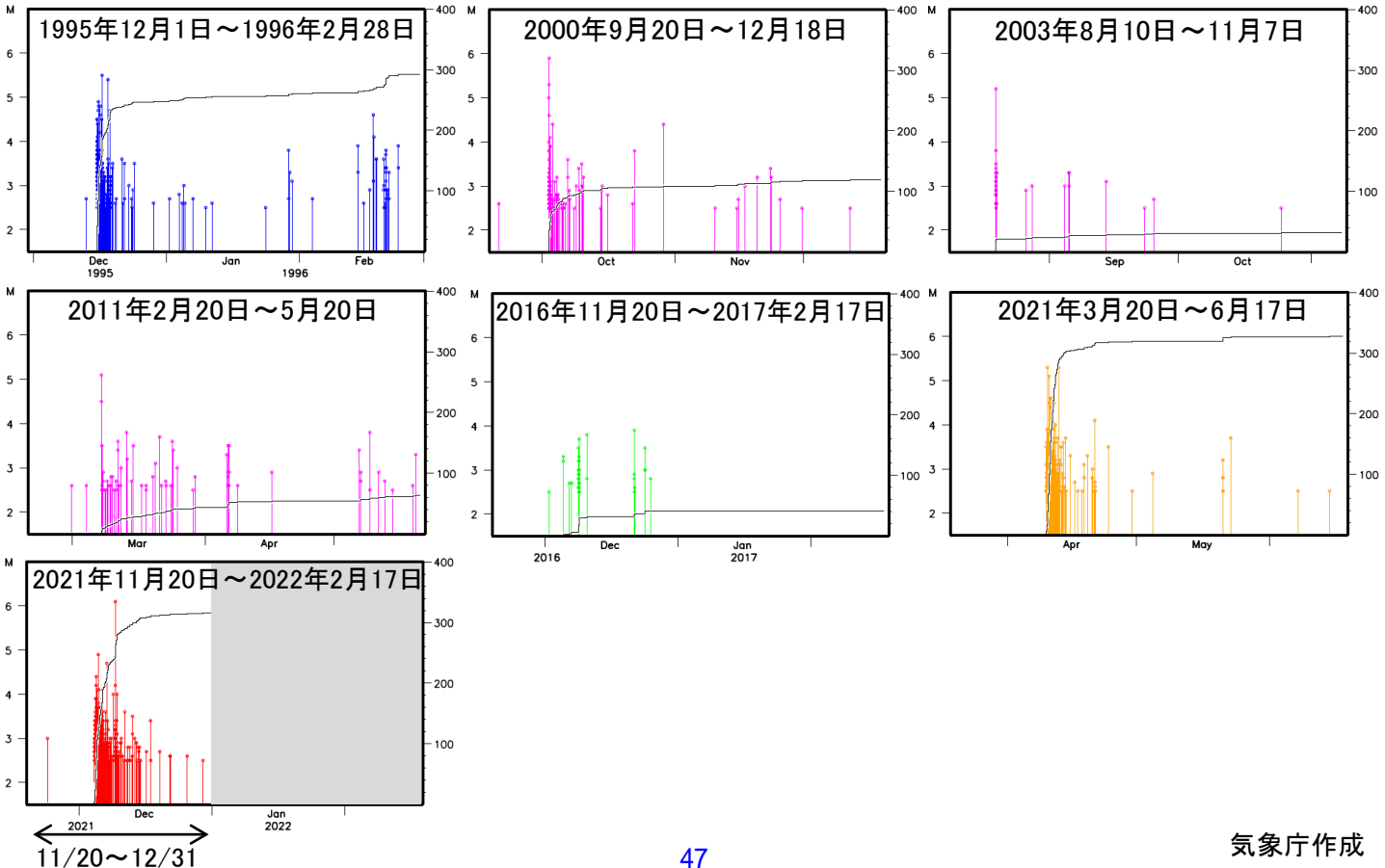
領域a内のM-T図及び回数積算図



主な地震活動について期間別(各90日間)の色分け

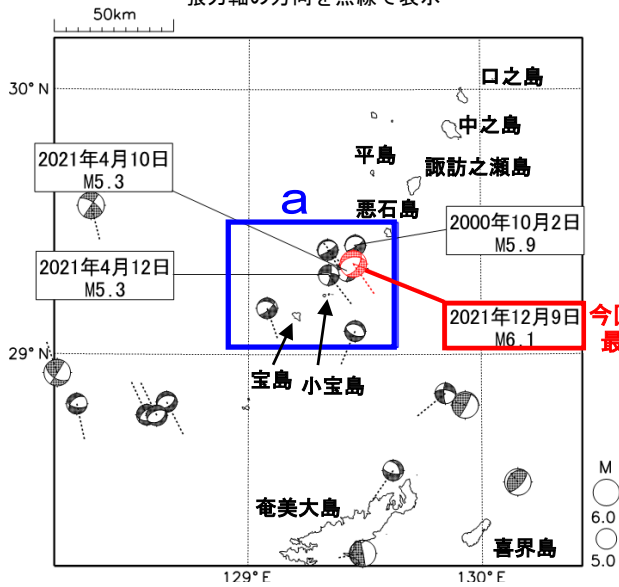
- ・1995年12月1日～1996年2月28日：青色
- ・2000年9月20日～12月18日：紫色
- ・2003年8月10日～11月7日：紫色
- ・2011年2月20日～5月20日：紫色
- ・2016年11月20日～2017年2月17日：緑色
- ・2021年3月20日～6月17日：橙色
- ・2021年11月20日～2021年12月31日：赤色
- ・上記期間以外：灰色

領域a内の期間別(各90日間)のM-T図及び回数積算図



発震機構分布図
(1994年10月1日～2021年12月31日、
深さ0～50km、 $M \geq 5.0$)

発震機構解はCMT解
張力軸の方向を点線で表示

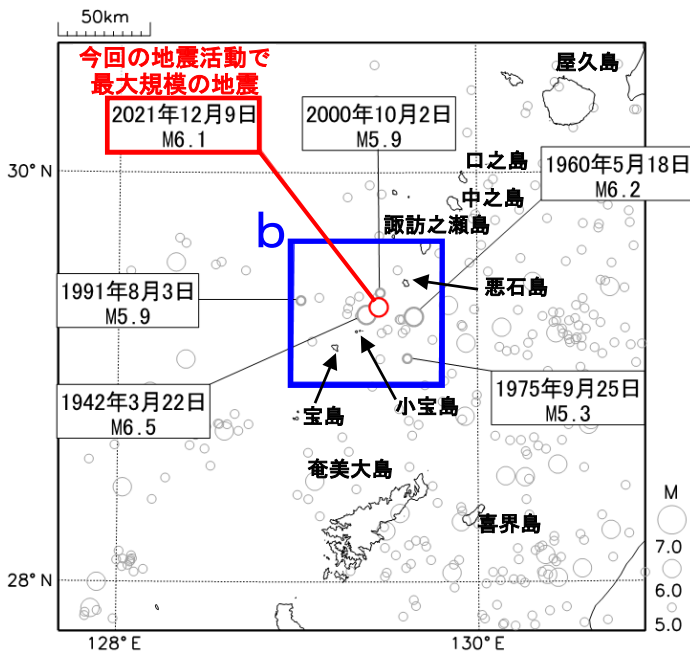


今回の地震活動付近（領域a）で求められた発震機構解（CMT解）をみると、北西-南東方向に張力軸を持つ正断層型や横ずれ断層型がほとんどである。

今回の地震活動で
最大規模の地震

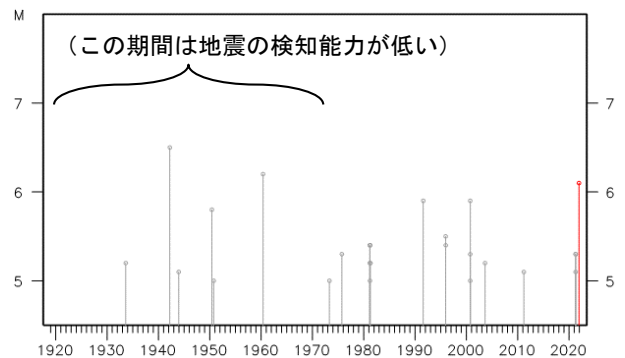
震央分布図
(1919年1月1日～2021年12月31日、
深さ0～100km、 $M \geq 5.0$)

M5.9以上の地震と1975年9月25日の地震に吹き出し



1919年以降の活動をみると、今回の地震活動周辺（領域b）では、 $M5.0$ 以上の地震が時々発生している。このうち、1975年9月25日に発生した $M5.3$ の地震により、鹿児島県十島村小宝島で地割れの被害が、1972年7月7日に発生した $M3$ クラスの地震により、鹿児島県十島村小宝島で地割れや瓦のずれの被害があった（日本被害地震総覧による）。

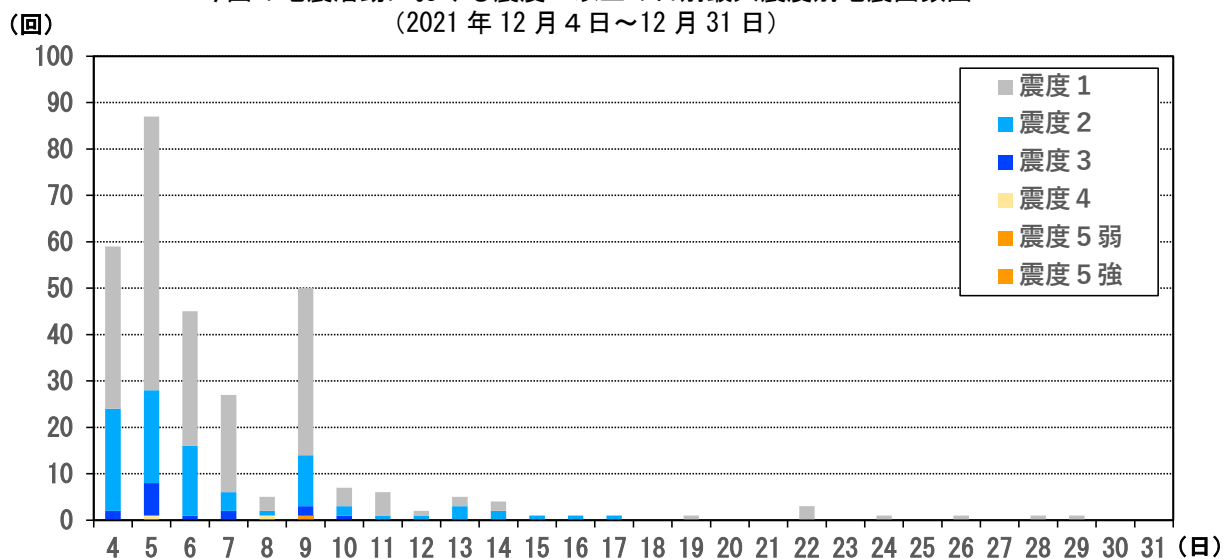
領域b内のM-T図



今回の地震活動における震度1以上の日別最大震度別地震回数表
(2021年12月4日～12月31日)

日	最大震度別回数									震度1以上を 観測した回数	
	震度1	震度2	震度3	震度4	震度5弱	震度5強	震度6弱	震度6強	震度7	回数	累計
4日	35	22	2	0	0	0	0	0	0	59	59
5日	59	20	7	1	0	0	0	0	0	87	146
6日	29	15	1	0	0	0	0	0	0	45	191
7日	21	4	2	0	0	0	0	0	0	27	218
8日	3	1	0	1	0	0	0	0	0	5	223
9日	36	11	2	0	0	1	0	0	0	50	273
10日	4	2	1	0	0	0	0	0	0	7	280
11日	5	1	0	0	0	0	0	0	0	6	286
12日	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	288
13日	2	3	0	0	0	0	0	0	0	5	293
14日	2	2	0	0	0	0	0	0	0	4	297
15日	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	298
16日	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	299
17日	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	300
18日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300
19日	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	301
20日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	301
21日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	301
22日	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	304
23日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	304
24日	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	305
25日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	305
26日	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	306
27日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	306
28日	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	307
29日	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	308
30日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	308
31日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	308
総計	205	85	15	2	0	1	0	0	0		308

今回の地震活動における震度1以上の日別最大震度別地震回数図
(2021年12月4日～12月31日)

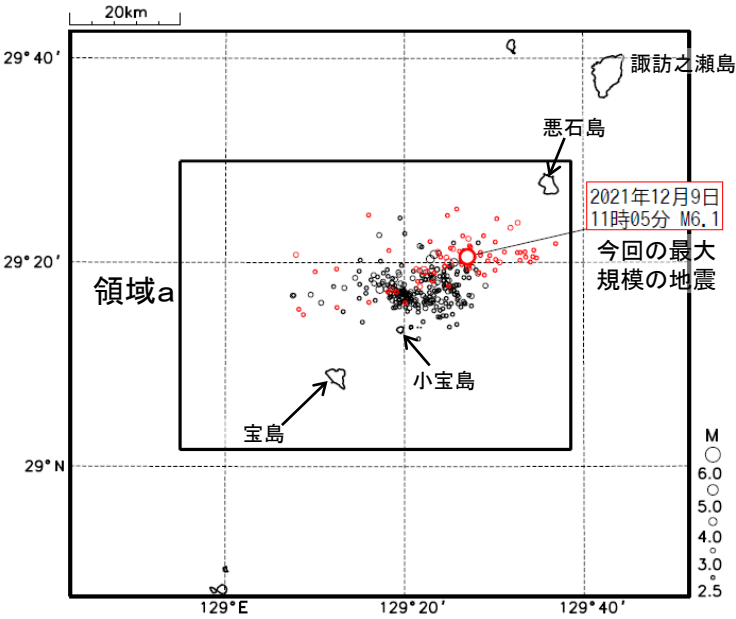


2021年12月トカラ列島近海の地震(大森・宇津式及びETASフィッティング)

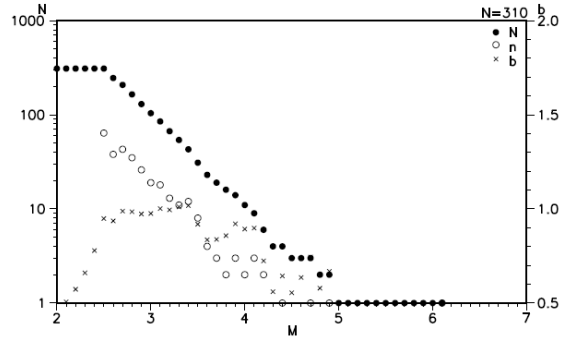
震央分布図

(2021年12月1日～12月18日、M2.5以上、50km以浅)

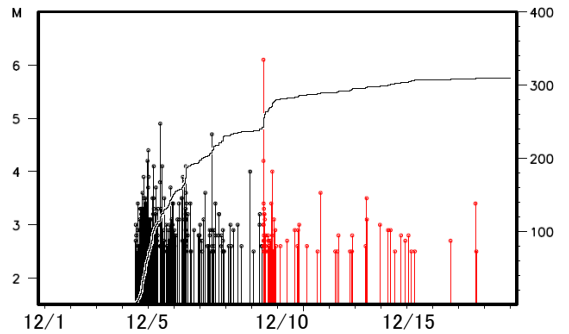
M6.1の地震発生以降の震源を赤色で表示



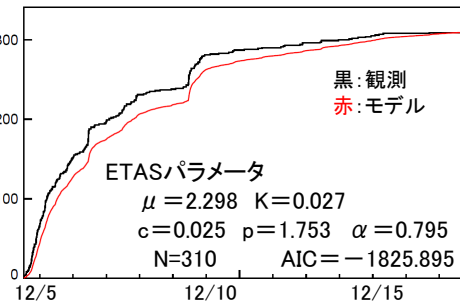
領域a内のM別度数分布・b値



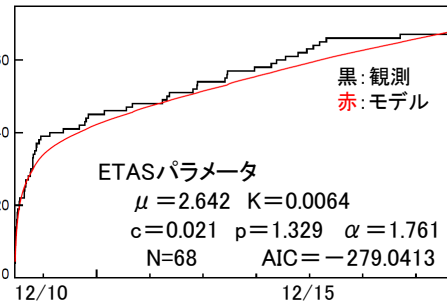
領域a内のM-T図及び回数積算図



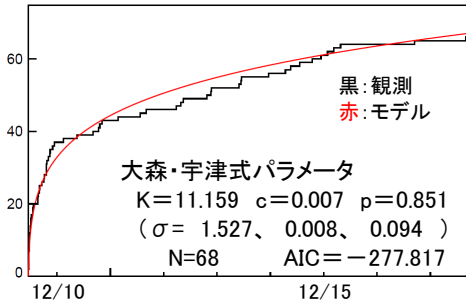
期間全体の ETASフィッティング



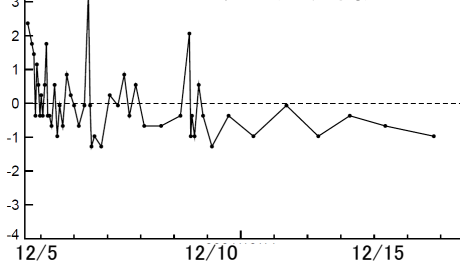
M6.1の地震発生(12/9 11:05)以降の ETASフィッティング



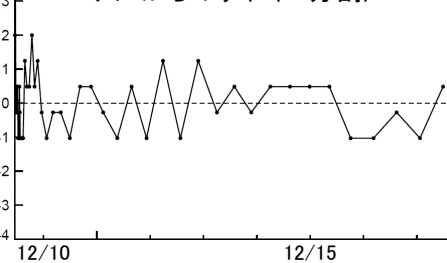
M6.1の地震発生(12/9 11:05)以降の大森・宇津式フィッティング



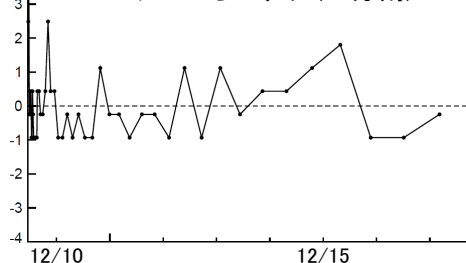
モデルからのずれ(50分割)



モデルからのずれ(50分割)

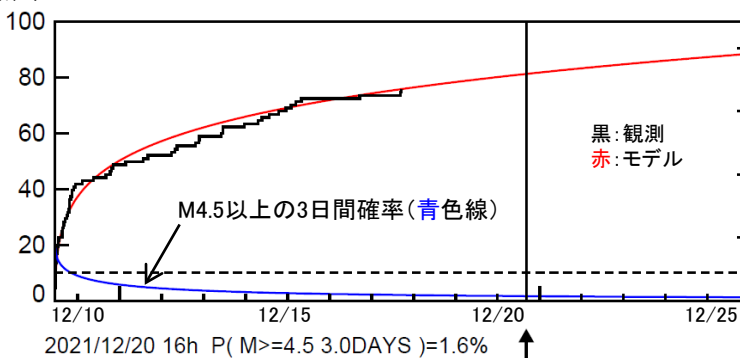


モデルからのずれ(50分割)



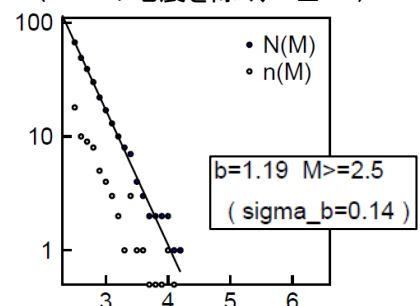
【参考】M6.1の地震発生(12/9 11:05)以降の大森・宇津式+GRによる余震発生確率

M4.5以上の3日間確率



M2.5以上の積算回数

領域a内のM別度数分布・b値 (M6.1の地震を除く、M≥2.5)



気象庁作成

トカラ列島近海の地震活動(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

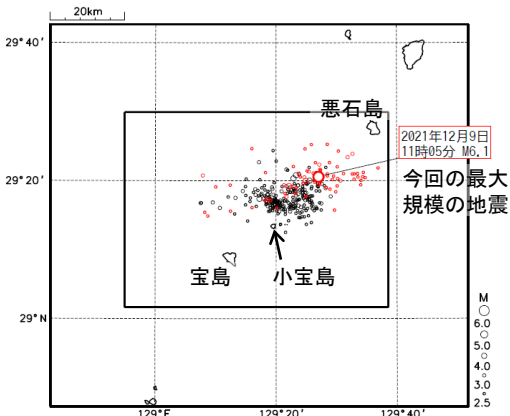
Kumazawa, T., Ogata, Y., 2013. Quantitative description of induced seismic activity before and after the 2011 Tohoku-Oki earthquake by nonstationary ETAS model. J. Geophys. Res.118, 6165-6182.

○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。非定常ETAS解析に用いる μ 、 K_0 の初期値及び α 、 c 、 p は、定常ETAS解析により求めた。

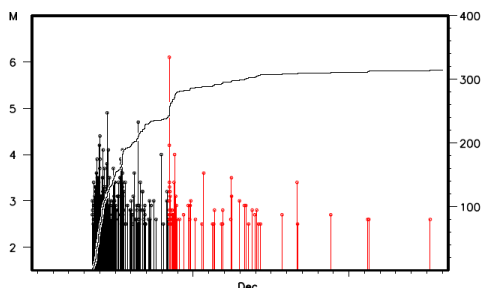
震央分布図

(2021年12月1日～12月26日、
M2.5以上、50km以浅)

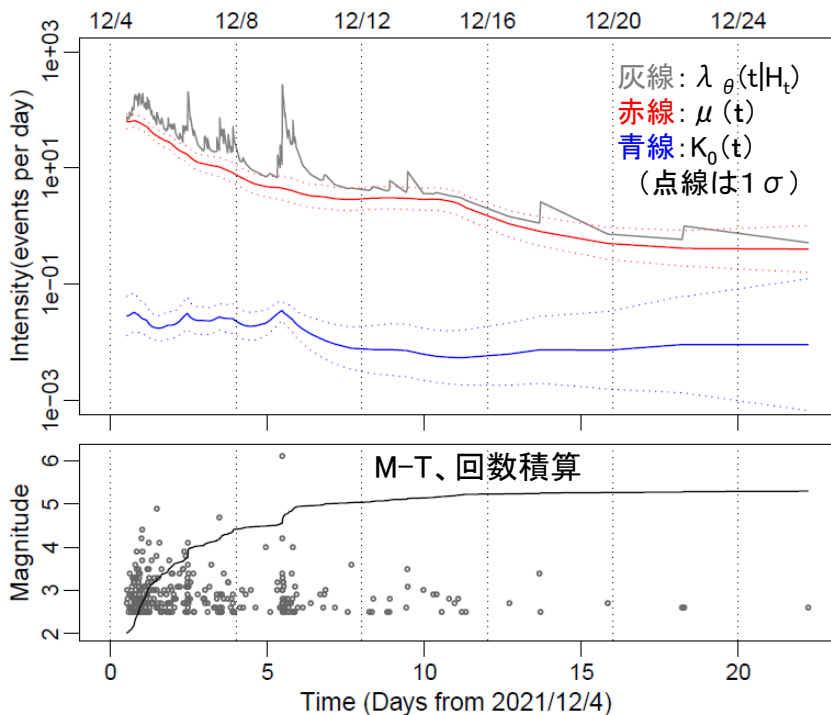
M6.1の地震発生以降の震源を赤色で表示



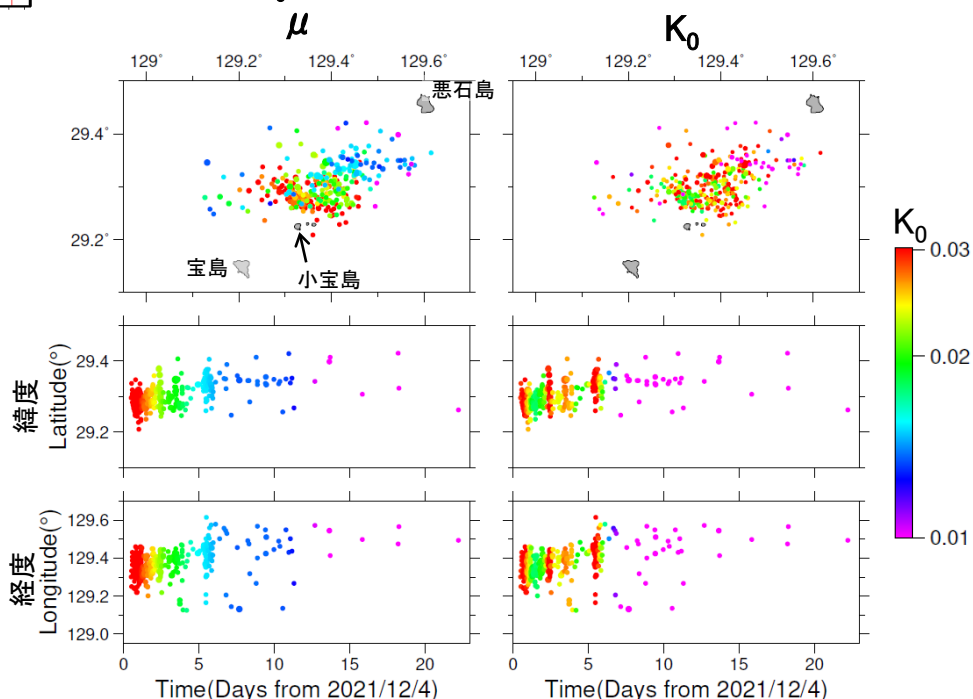
矩形内のM-T図及び回数積算図



非定常ETAS解析結果(期間:2021/12/4～12/26)

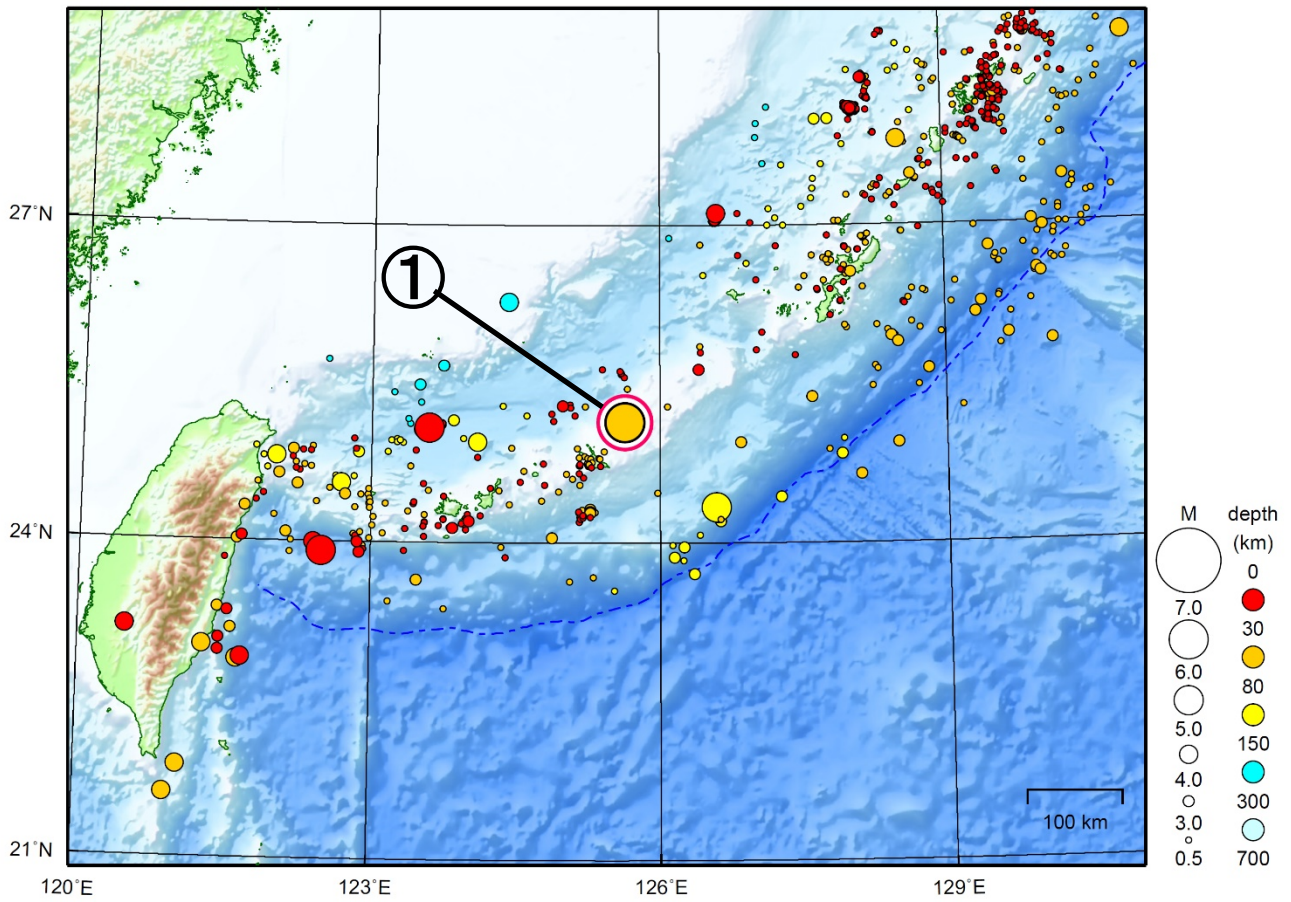


μ 及び K_0 の時空間分布(期間:2021/12/4～12/26)



沖縄地方

2021/12/01 00:00 ~ 2021/12/31 24:00



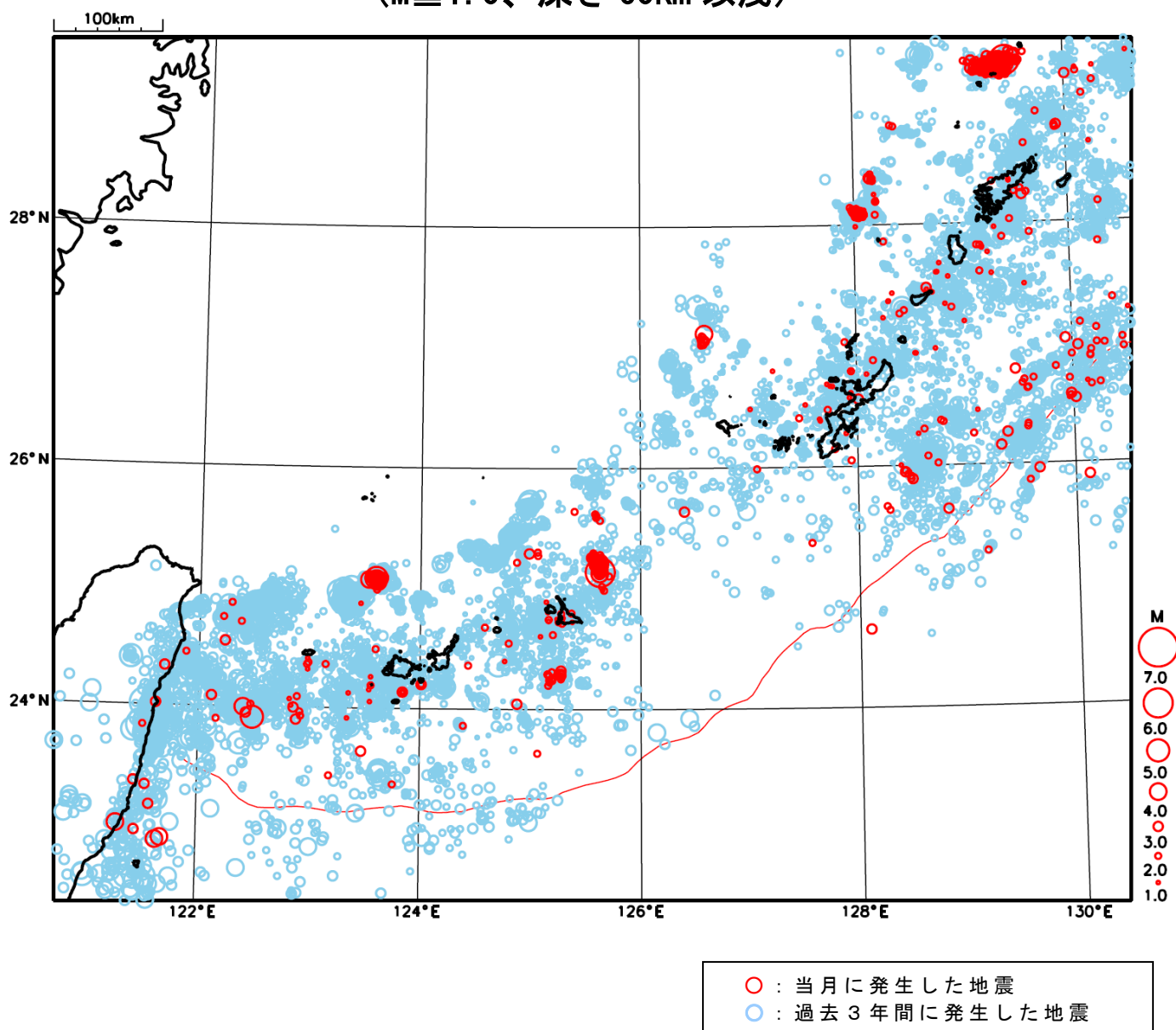
地形データは日本海洋データセンターのJ-EGG500、米国地質調査所のGTOP030、及び米国国立地球物理データセンターのETOP02v2を使用

- ① 12月26日に宮古島近海でM6.1の地震（最大震度4）が発生した。

[上述の地震はM6.0以上または最大震度4以上、陸域でM4.5以上かつ最大震度3以上、海域でM5.0以上かつ最大震度3以上、その他、注目すべき活動のいずれかに該当する地震。]

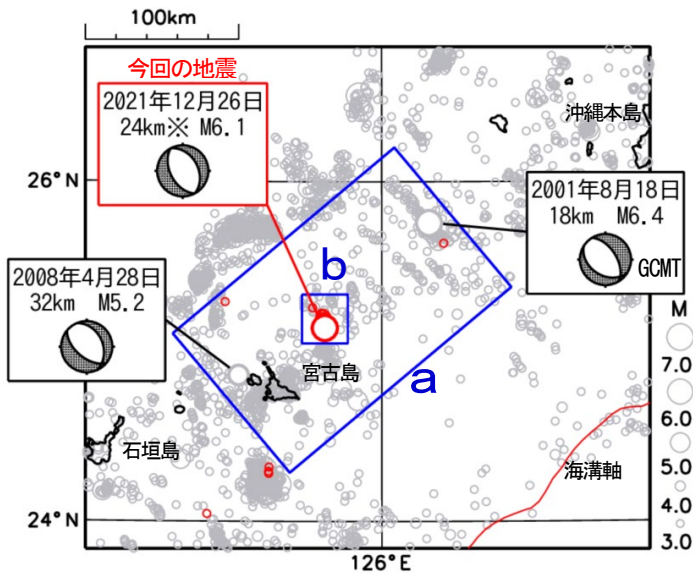
気象庁・文部科学省

沖縄地方における 2021 年 12 月の地震活動 ($M \geq 1.0$ 、深さ 60km 以浅)



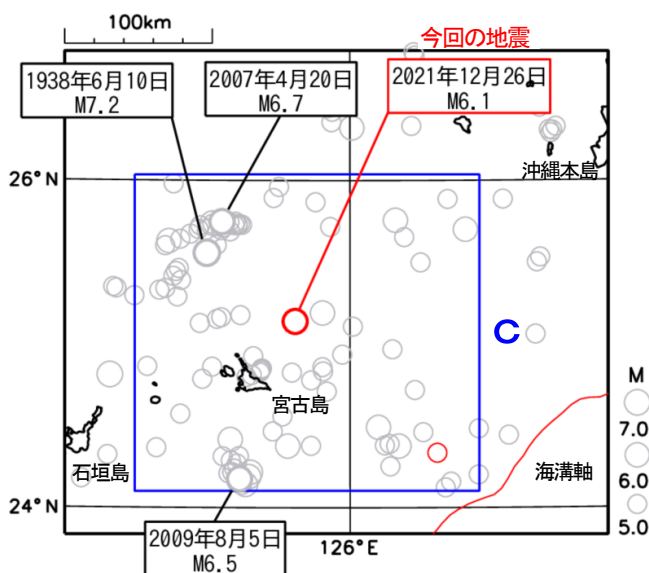
12月26日 宮古島近海の地震

震央分布図
(2000年7月1日~2021年12月31日、
深さ0km~60km、 $M \geq 3.0$)
2021年12月の地震を赤く表示
図中の発震機構はCMT解



※今回の地震の深さはCMT解による。

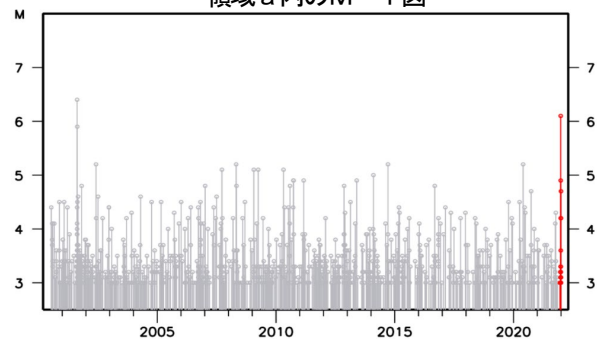
震央分布図
(1919年1月1日~2021年12月31日、
深さ0km~100km、 $M \geq 5.0$)
2021年12月の地震を赤く表示



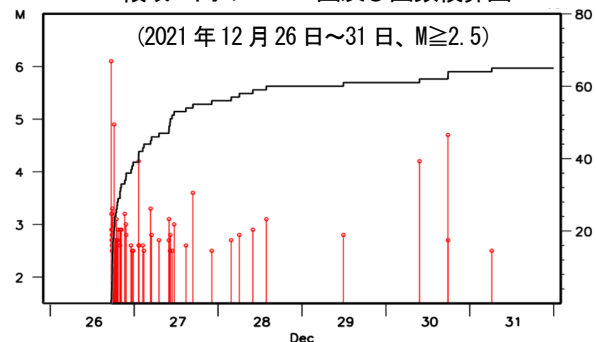
2021年12月26日17時26分に宮古島近海の深さ24km (CMT解による) でM6.1の地震 (最大震度4) が発生した。この地震は、発震機構 (CMT解) が東北東-西南西方向に張力軸を持つ正断層型で、陸のプレート内で発生した。この地震の震央付近では、31日までに震度1を観測する地震が4回発生している。

2000年7月以降の活動をみると、M5.0以上の地震が時々発生している。今回の地震の震央周辺 (領域a) では、2001年8月18日にM6.4の地震 (最大震度3)、2008年4月28日にM5.2の地震 (最大震度4) が発生している。

領域a内のM-T図

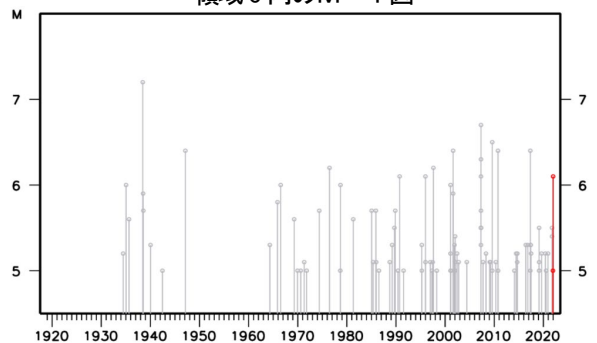


領域b内のM-T図及び回数積算図



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M6.0以上の地震が時々発生している。そのうち、1938年6月10日に発生したM7.2の地震 (最大震度4) では、宮古島平良港で1.5m程度の津波が目撃されており、栈橋の流出などの被害が生じた (被害は「日本被害地震総覧」による)。

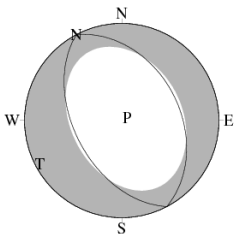
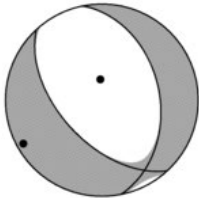
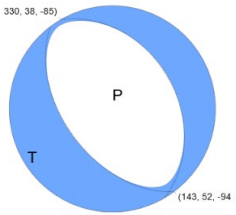
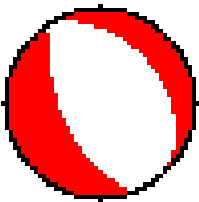
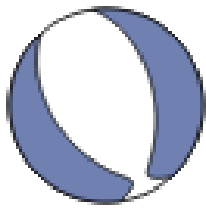
領域c内のM-T図



(この期間は検知能力が低い)

※本資料中、2001年8月18日の地震の発震機構はGlobal CMTによる。

12月26日 宮古島近海の地震(各機関のMT解)

	気象庁CMT	防災科研 (F-net)	USGS (W-phase)
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> 一元化震源 M6.1 深さ39km </div>			
Mw	5.9	5.9	5.9
深さ	24km	20km	26km
			<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> USGS震源 深さ10km </div>
	Global CMT	GEOFON	BATS
			(掲載なし)
Mw	5.9	5.8	
深さ	23km	10km	

防災科研(F-net) : <https://www.fnet.bosai.go.jp/event/joho.php?LANG=ja>

USGS(W-phase) : <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/>

Global CMT : <https://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>

GEOFON MT : <https://geofon.gfz-potsdam.de/eqinfo/list.php?mode=mt>

防災科研(AQUA) : https://www.hinet.bosai.go.jp/AQUA/aqua_catalogue.php?LANG=ja

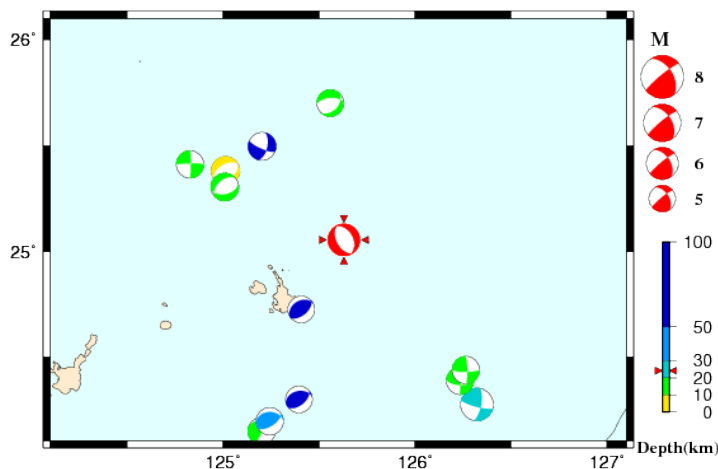
BATS CMTs : <https://bats.earth.sinica.edu.tw/>

防災科研(AQUA)

周辺の気象庁CMT解の分布図

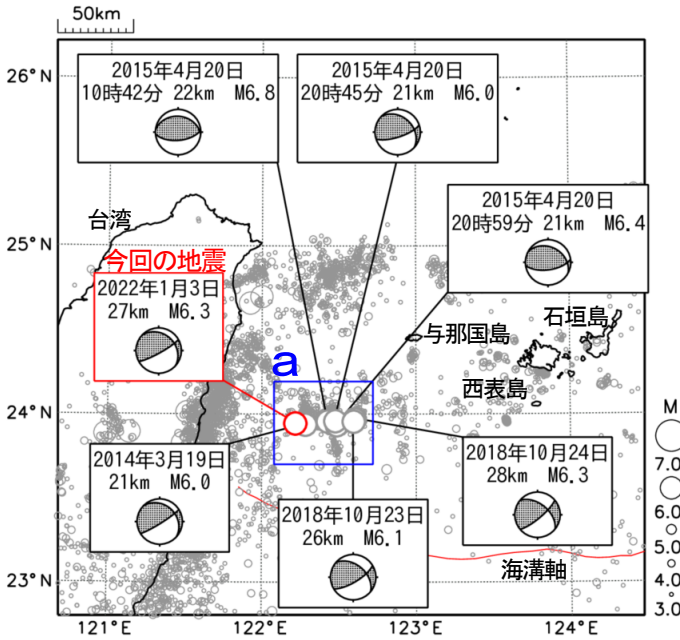
Period:2011/12/26 00:00—2021/12/26 17:26

(掲載なし)



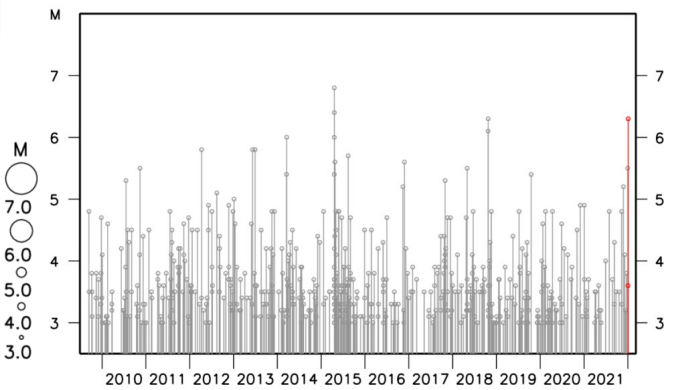
1月3日 台湾付近の地震

震央分布図
(2009年9月1日~2022年1月3日、
深さ0~50km、 $M \geq 3.0$)
2022年1月の地震を赤く表示
図中の発震機構はCMT解

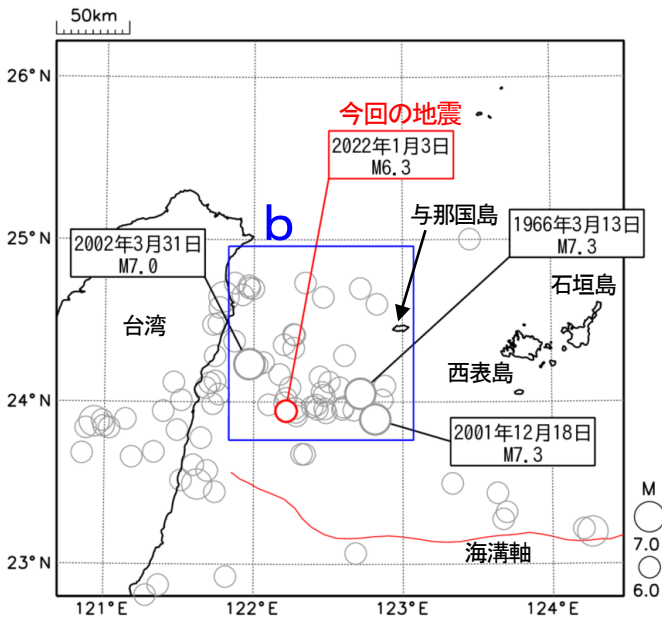


2022年1月3日18時46分に台湾付近の深さ27kmでM6.3の地震（日本国内で観測された最大の揺れは震度2）が発生した。この地震の発震機構（CMT解）は、南北方向に圧力軸を持つ型である。2009年9月以降の活動をみると、この地震の震央周辺（領域a）では、M6.0以上の地震が時々発生しており、2015年4月20日10時42分にM6.8の地震（最大震度4）、同日20時45分にM6.0の地震（最大震度3）、同日20時59分にM6.4の地震（最大震度2）が発生している。

領域a内のM-T図

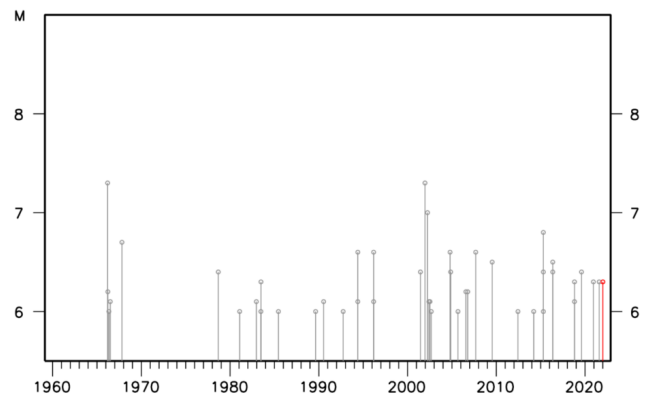


震央分布図
(1960年1月1日~2022年1月3日、
深さ0~100km、 $M \geq 6.0$)
2022年1月の地震を赤く表示



1960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、M7.0以上の地震が3回発生しており、このうち、1966年3月13日に発生したM7.3の地震（最大震度5）では、与那国島で死者2人や家屋の全半壊等の被害が発生した（被害は、「日本被害地震総覧」による）。また、2001年12月18日に発生したM7.3の地震（最大震度4）では、与那国島で12cm、石垣島で4cmの津波を観測している。

領域b内のM-T図

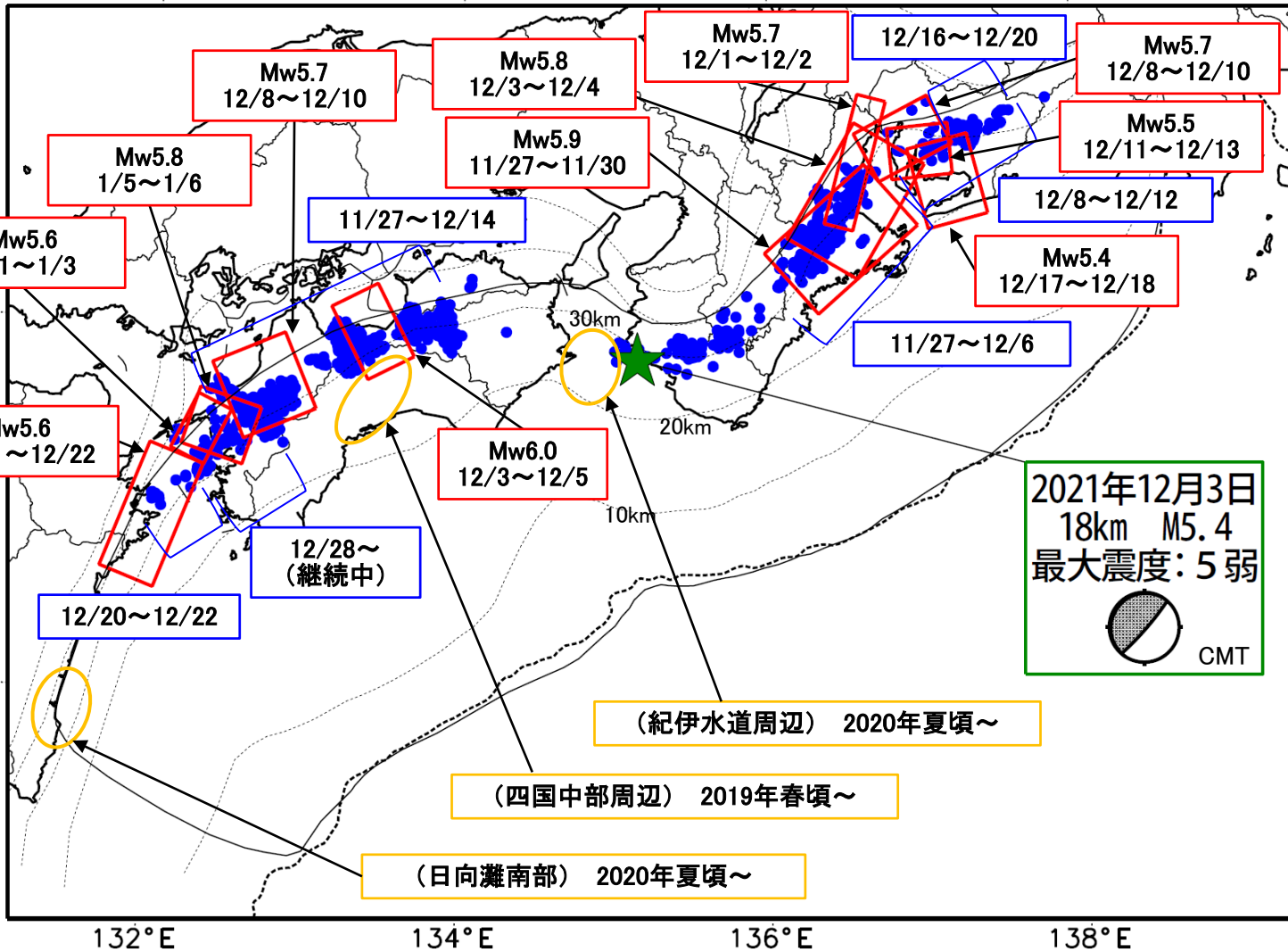


(この期間は検知能力が低い)

最近の南海トラフ周辺の地殻活動

2021年11月27日～2022年1月6日

100km



- 緑(★)
通常の地震(最大震度3以上もしくはM3.5以上)
- 青(●)
深部低周波地震(微動)
- 赤(□)
短期的ゆっくりすべり
- 黄(○)
長期的ゆっくりすべり

※地図中の点線は、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。

※M5.0以上の地震に吹き出しを付けている。

2021年12月3日
18km Mw 5.4
最大震度: 5弱

CMT

通常の地震(最大震度3以上もしくはM3.5以上)……………気象庁の解析結果による。
 深部低周波地震(微動)……………(震源データ)気象庁の解析結果による。(活動期間)気象庁の解析結果による。
 短期的ゆっくりすべり……………【東海(12/8～12/10、12/11～12/13)、四国西部(1/1～1/3、1/5～1/6)】気象庁の解析結果による。
 【東海(12/17～12/18)、紀伊半島北部、四国東部から四国西部(上記を除く)】産業技術総合研究所の解析結果を示す。
 長期的ゆっくりすべり……………【四国中部周辺、紀伊水道周辺、日向灘南部】国土地理院の解析結果を元におおよその場所を表示している。

令和3年12月1日～令和4年1月6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
12/3	09:28	紀伊水道	18	5.4	5弱	地殻内

※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>11月27日～12月2日 . . . (2)</p> <p>12月6日～7日</p> <p>12月10日～11日</p> <p>12月18日～20日</p> <p>12月23日～24日</p> <p>12月26日～29日</p> <p>1月1日～2日</p> <p>1月5日～（継続中）</p> <p>■四国中部</p> <p>12月3日～9日 . . . (2)</p> <p>12月12日～13日</p> <p>12月16日～18日</p> <p>12月22日～23日</p> <p>12月29日～1月1日</p> <p>■四国西部</p> <p>12月4日～14日 . . . (2)</p> <p>12月19日</p> <p>12月20日～22日 . . . (5)</p> <p>12月23日</p> <p>12月26日</p> <p>12月28日～（継続中） . . . (6)</p>	<p>■紀伊半島北部</p> <p>11月27日～12月6日 . . . (1)</p> <p>12月13日～15日</p> <p>12月19日</p> <p>■紀伊半島中部</p> <p>12月9日～10日</p> <p>12月12日</p> <p>12月17日～19日</p> <p>12月22日～26日</p> <p>12月29日～30日</p> <p>■紀伊半島西部</p> <p>12月3日～5日</p> <p>12月8日～10日</p> <p>12月12日～16日</p> <p>12月25日～26日</p> <p>12月28日～29日</p>	<p>12月3日～4日</p> <p>12月8日～12日 . . . (3)</p> <p>12月16日～20日 . . . (4)</p> <p>12月23日～25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。

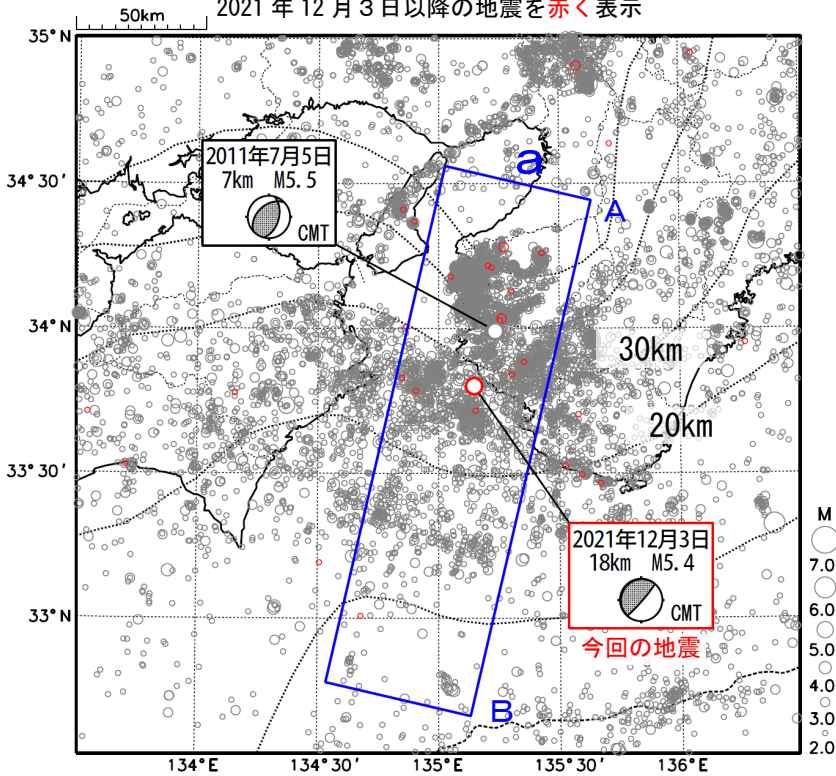
※上の表中（1）～（6）を付した活動は、今期間、主な深部低周波地震（微動）活動として取り上げたもの。

気象庁作成

12月3日 紀伊水道の地震

震央分布図

(1997年10月1日～2021年12月31日、
深さ0～60km、 $M \geq 2.0$)
2021年12月3日以降の地震を赤く表示

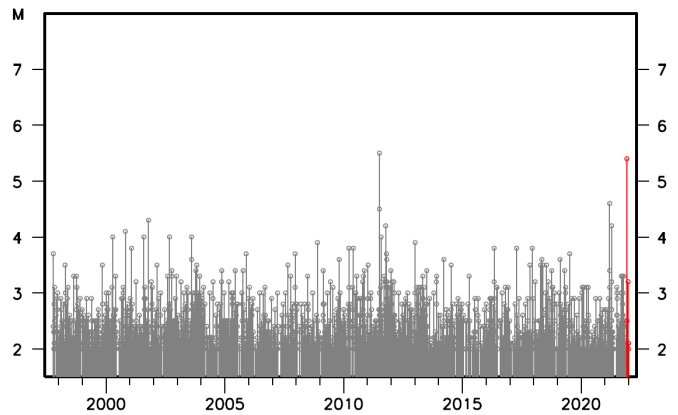


2021年12月3日09時28分に紀伊水道の深さ18kmで $M 5.4$ の地震(最大震度5弱)が発生した。この地震は、地殻内で発生した。発震機構(CMT解)は、北西-南東方向に圧力軸を持つ逆断層型であった。

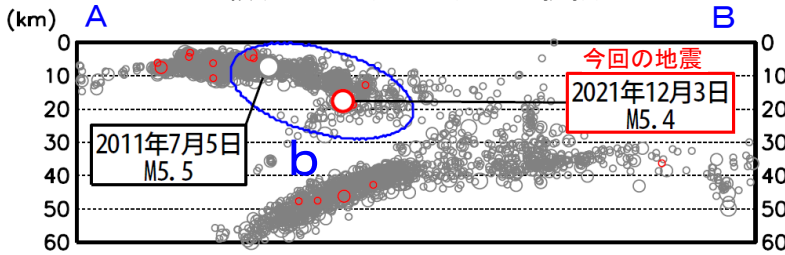
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近(領域b)では $M 4.0$ 以上の地震が時々発生している。そのうち、2011年7月5日には $M 5.5$ の地震(最大震度5強)が発生している。

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、 $M 5.5$ 以上の地震が時々発生している。

領域b内のM-T図

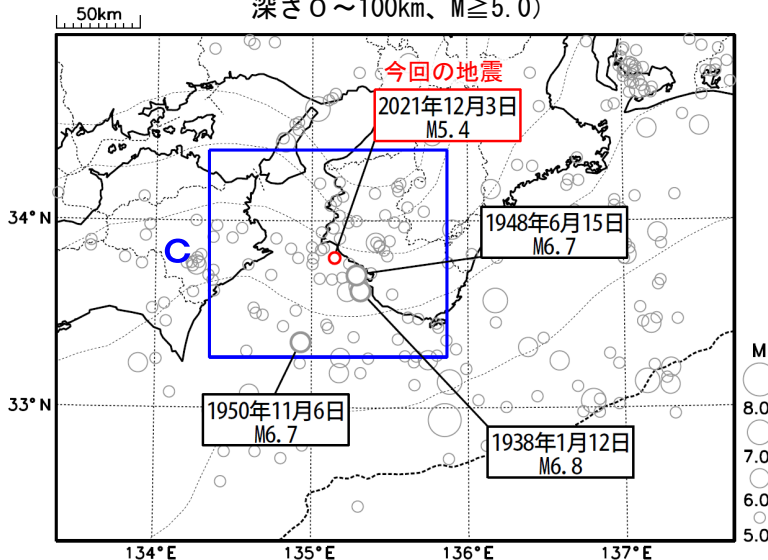


領域a内の断面図(A-B投影)

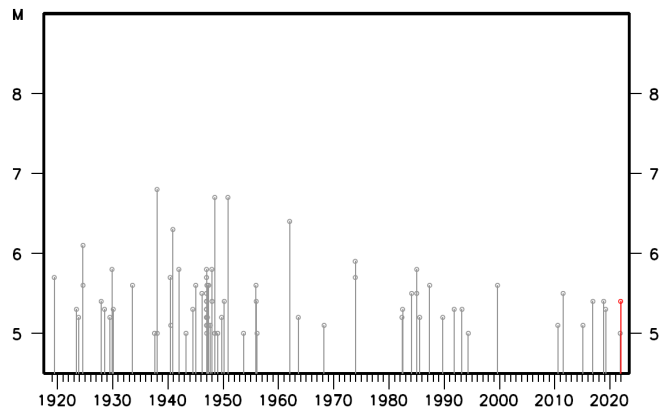


震央分布図

(1919年1月1日～2021年12月31日、
深さ0～100km、 $M \geq 5.0$)



領域c内のM-T図



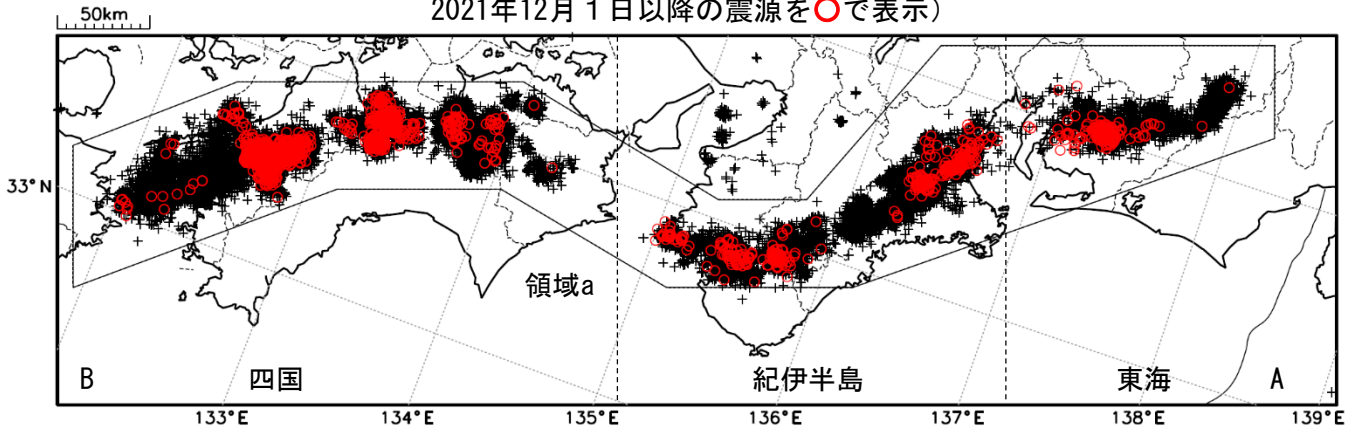
※ 震央分布図中の黒色の点線は、Hirose et al. (2008)、Baba et al. (2002)によるフィリピン海プレート上面のおおよその深さを示す。

気象庁作成

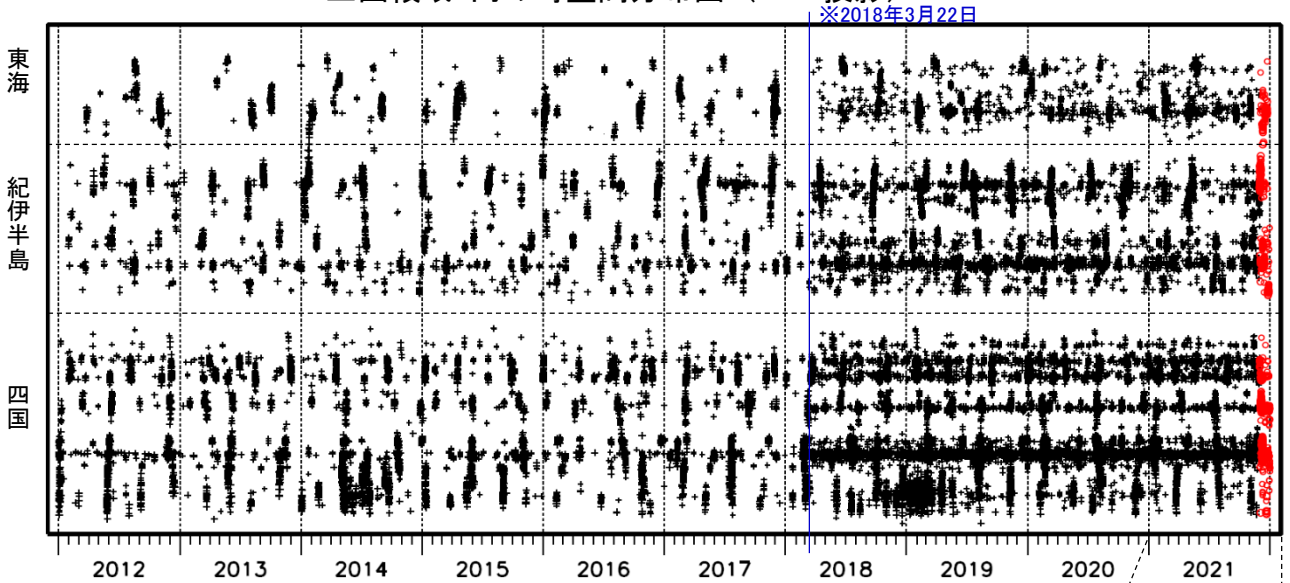
深部低周波地震（微動）活動（2012年1月1日～2021年12月31日）

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。

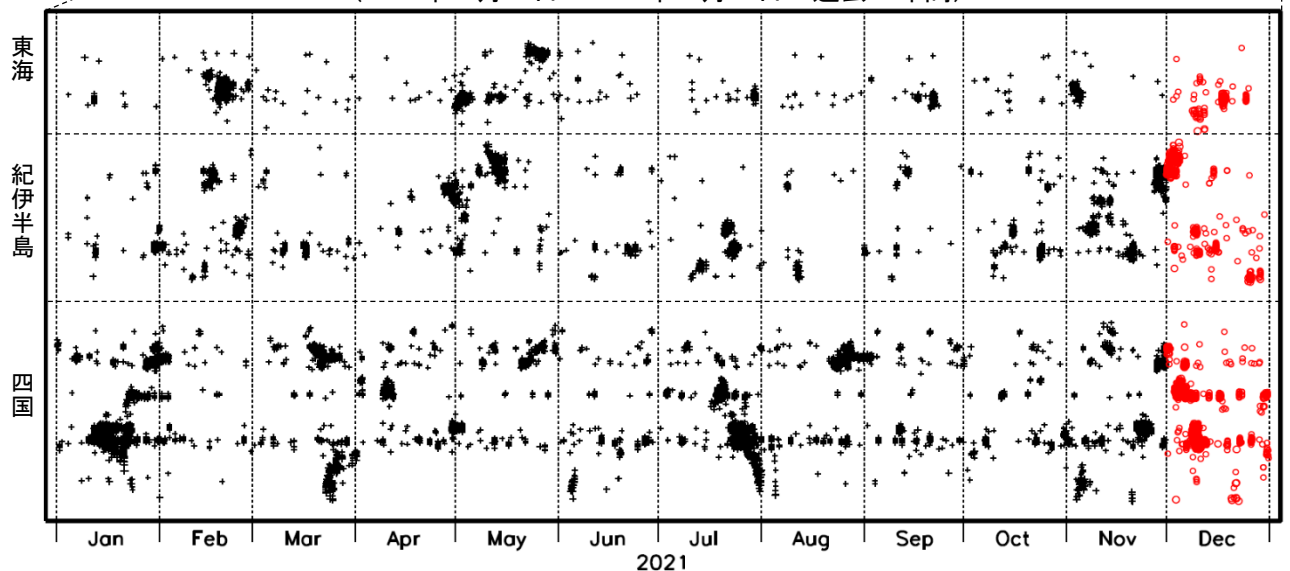
震央分布図（2012年1月1日～2021年12月31日：過去10年間
2021年12月1日以降の震源を○で表示）



上図領域a内の時空間分布図（A-B投影）



（2021年1月1日～2021年12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。

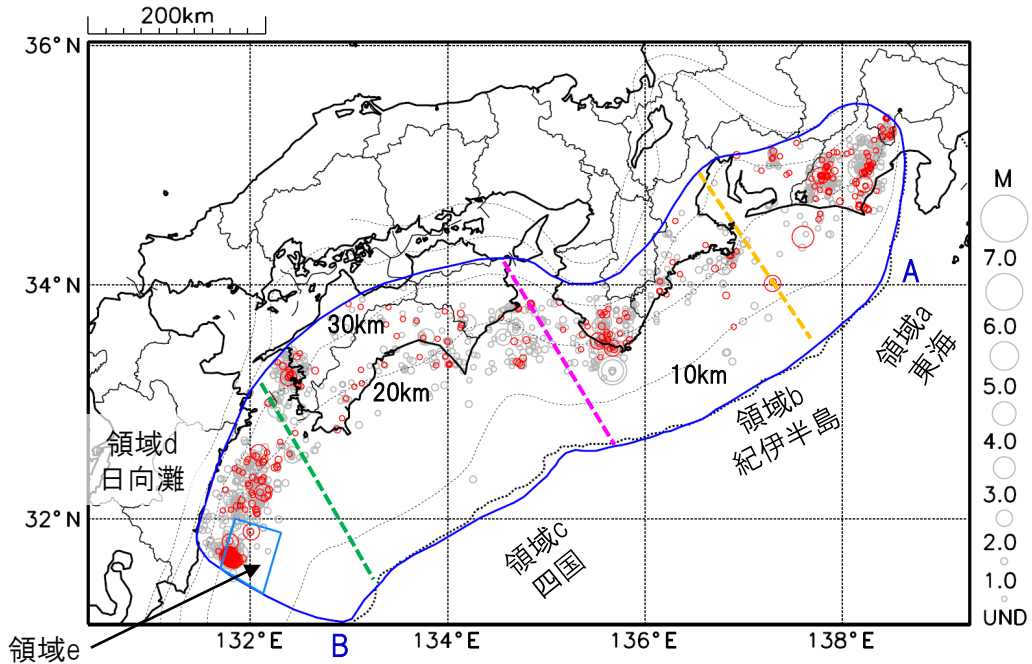
プレート境界とその周辺の地震活動

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。

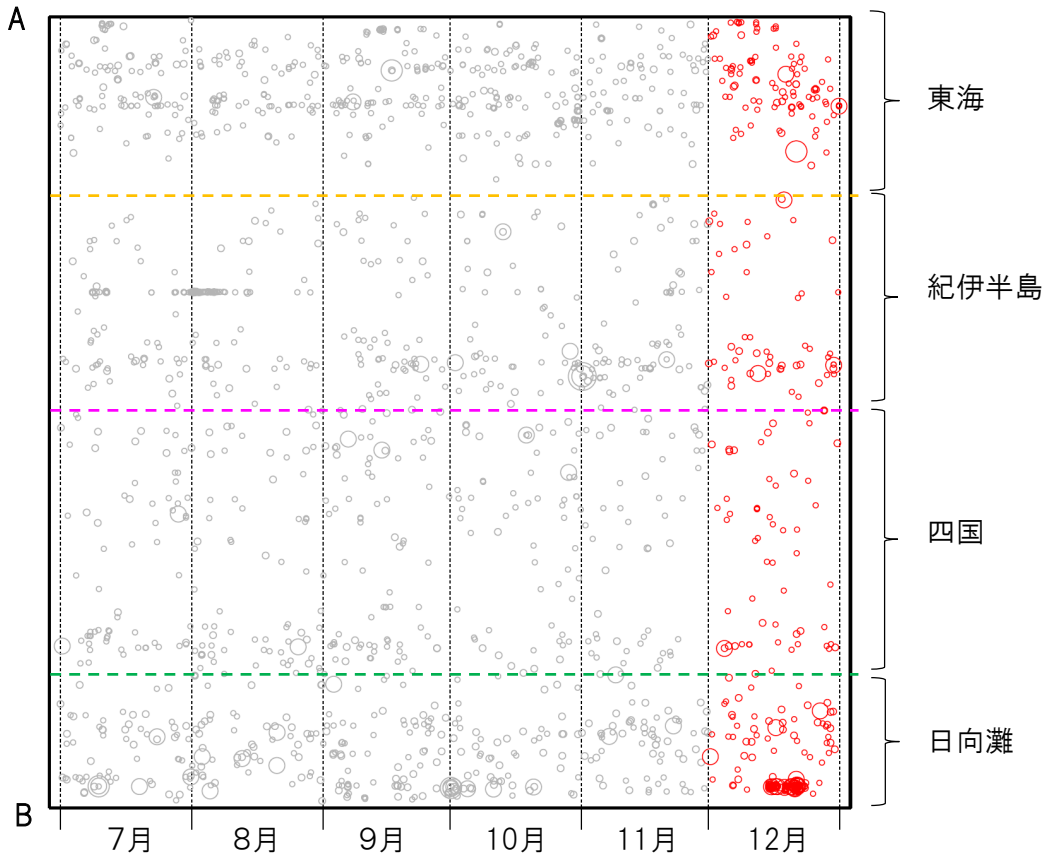
日向灘の領域e内のみ、深さ20km～30kmの地震を追加している。

震央分布図

(2021年7月1日～2021年12月31日、M全て、2021年12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。

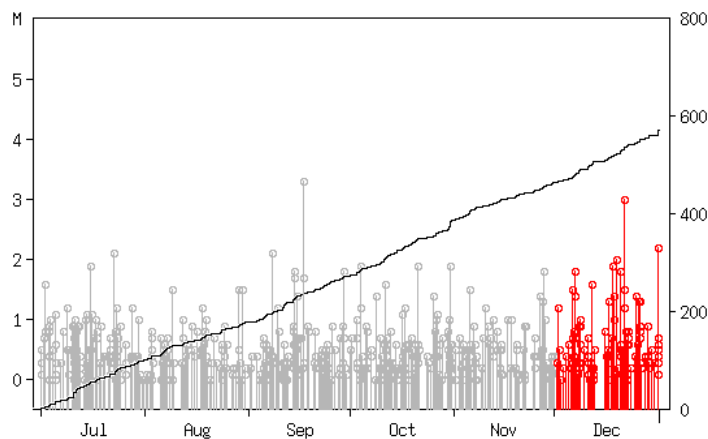
気象庁作成

プレート境界とその周辺の地震活動

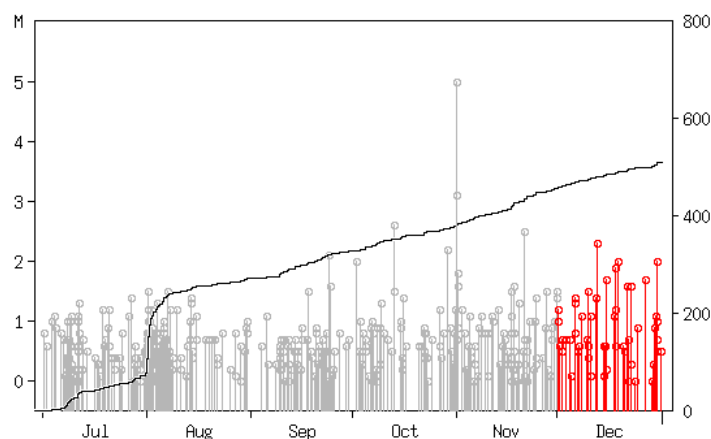
フィリピン海プレート上面の深さから±6km未満の地震を表示している。

震央分布図の各領域内のMT図・回数積算図

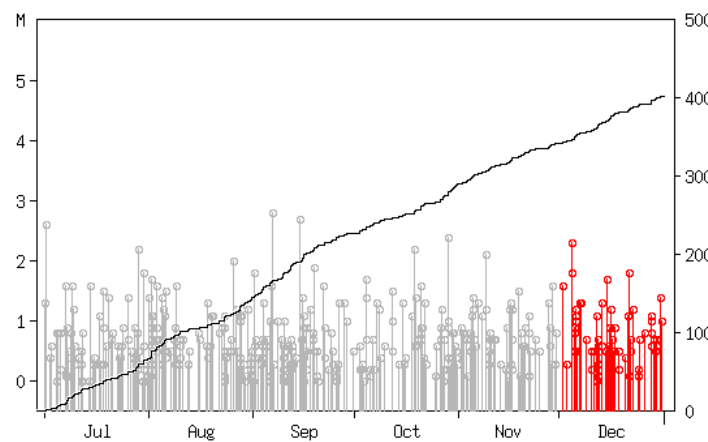
領域a内(東海)



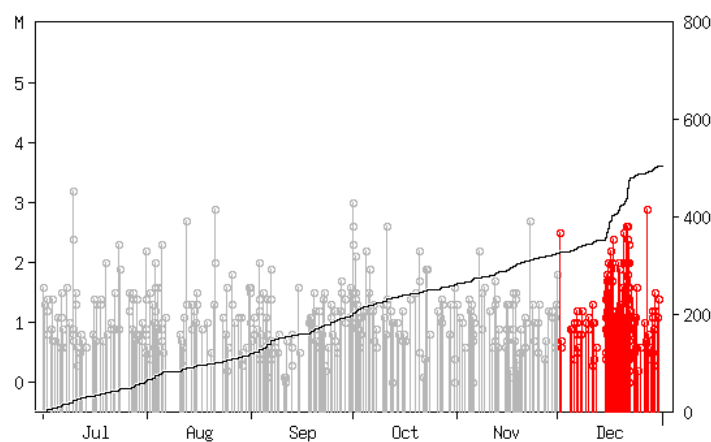
領域b内(紀伊半島)



領域c内(四国)



領域d内(日向灘)

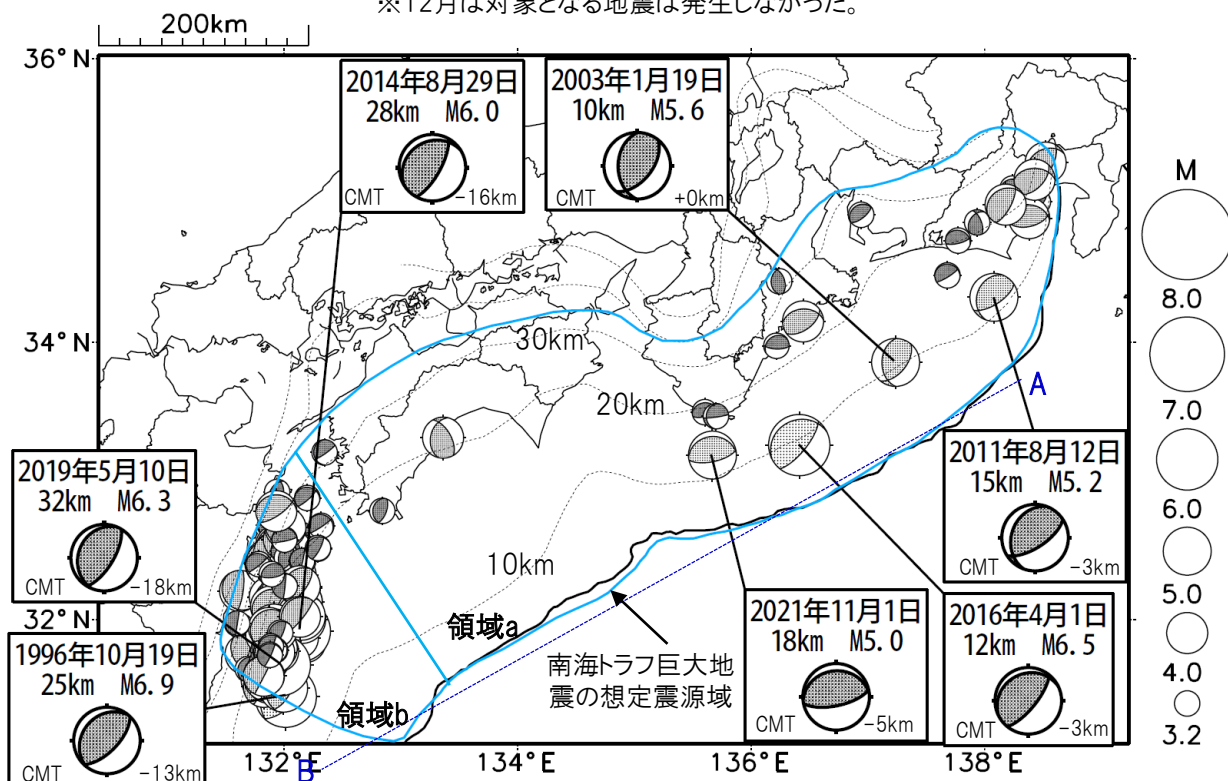


※M全ての地震を表示していることから、検知能力未満の地震も表示しているため、回数積算図は参考として表記している。

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12月31日、M \geq 3.2、2021年12月の地震を赤く表示)

※12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。

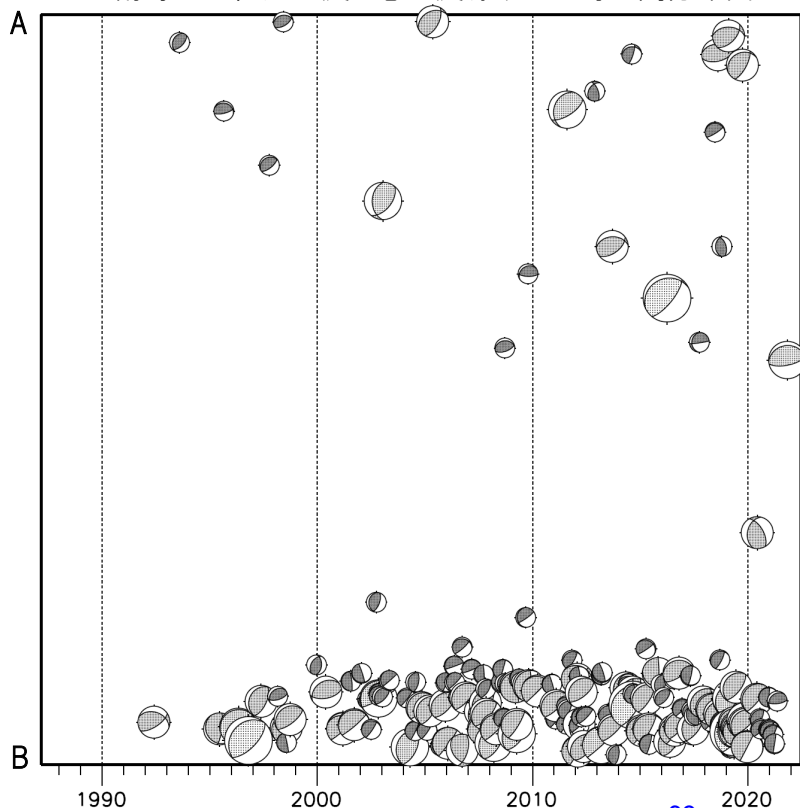
・発震機構解の横に「S」の表記があるものは、精度がやや劣るものである。

・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。

気象庁作成

12月14日 フローレス海地震

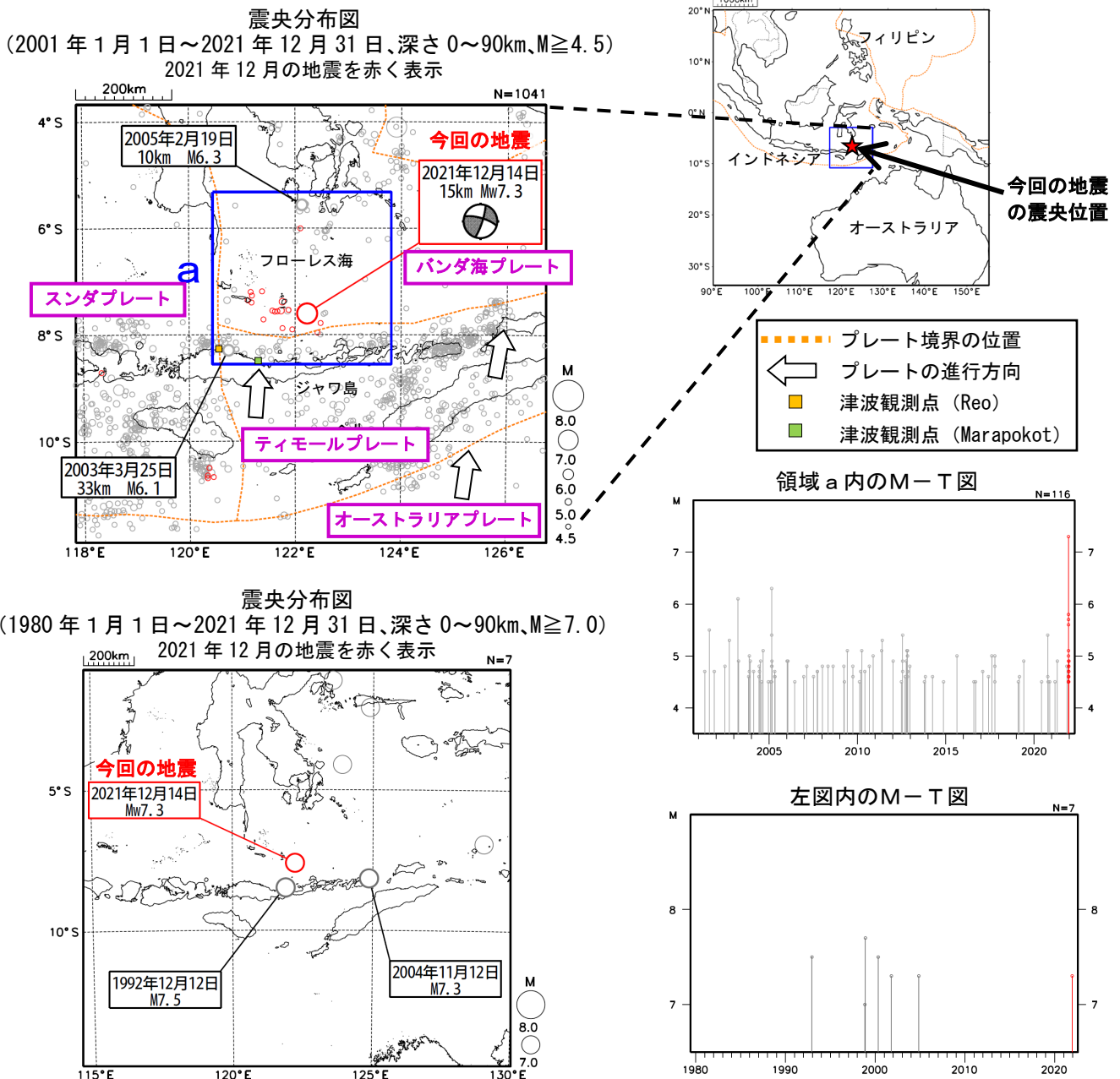
2021年12月14日12時20分（日本時間、以下同じ）にフローレス海の深さ15kmでMw7.3の地震が発生した。この地震はバンダ海プレート内で発生した。発震機構（気象庁によるCMT解）は、北北西-南南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型である。

気象庁は、この地震に対して、同日12時44分に遠地地震に関する情報（日本への津波の影響なし）を発表した。

この地震により、インドネシアのレオ(Reo)ほか1点で0.07mの津波を観測した。また、負傷者43人、住家被害1,100棟以上等の被害が生じた。

2001年以降の活動をみると、今回の地震の震央付近（領域a）では、M6.0以上の地震は今回の地震を含め3回発生している。

1980年以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺では、1990年代から2000年代にかけてM7.0以上の地震が時々発生している。1992年12月12日のM7.5の地震では、津波を伴い、死者1,740人、負傷者2,144人などの被害が生じた。また、2004年11月12日の地震では、死者34人、負傷者400人などの被害が生じた。



※本資料中、今回の地震の発震機構及びMwは気象庁による。その他の震源要素は米国地質調査所 (USGS) による (2022年1月5日現在)。プレート境界の位置と進行方向はBird (2003) より引用。1992年12月12日の地震、2004年11月12日の地震の被害は宇津の「世界の被害地震の表」による。被害状況で出典のないものはOCHA (UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs: 国連人道問題調整事務所) による。今回の地震の被害は、2021年12月18日現在の状況。津波の観測値は、米国海洋大気庁 (NOAA) による (2022年1月5日現在)。

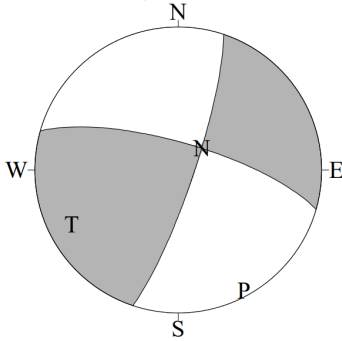
* 参考文献 Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 4(3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252.

12月14日 フローレス海の地震の発震機構解析

2021年12月14日12時20分(日本時間)にフローレス海で発生した地震についてCMT解析及びW-phaseを用いた発震機構解析を行った。

1. CMT解析

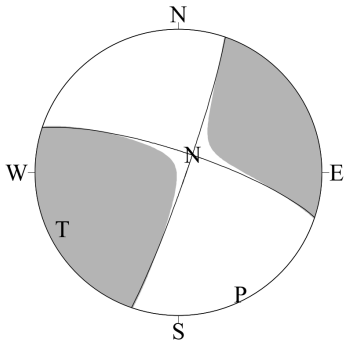
セントロイドは、南緯7.7°、東経122.2°、深さ18kmとなった。



Mw	M ₀	断層面解1 (走向/傾斜/すべり角)	断層面解2 (走向/傾斜/すべり角)
7.3	1.17×10 ²⁰ Nm	18.5° / 81.1° / 15.9°	285.9° / 74.3° / 170.7°

2. W-phaseの解析

セントロイドは、南緯7.5°、東経121.9°、深さ31kmとなった。



W-phaseの解析では、震央距離10°~90°までの45観測点の上下成分、34観測点の水平成分を用い、200~600秒のフィルターを使用した。
注) W-phaseとはP波からS波付近までの長周期の実体波を指す。

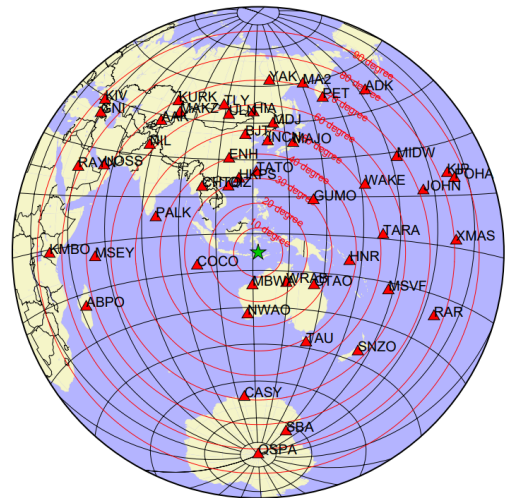
Mw	M ₀	断層面解1 (走向/傾斜/すべり角)	断層面解2 (走向/傾斜/すべり角)
7.3	1.22×10 ²⁰ Nm	19.1° / 85.8° / 11.9°	288.2° / 78.1° / 175.7°

(W-phaseに関する参考文献)

Kanamori, H and L. Rivera, 2008, Geophys. J. Int., **175**, 222-238.

解析データには、米国大学間地震学研究連合 (IRIS) のデータ管理センター (DMC) より取得した広帯域地震波形記録を使用した。

また、解析には金森博士及び Rivera 博士に頂いたプログラムを使用した。記して感謝する。



解析に使用した観測点配置

気象庁作成

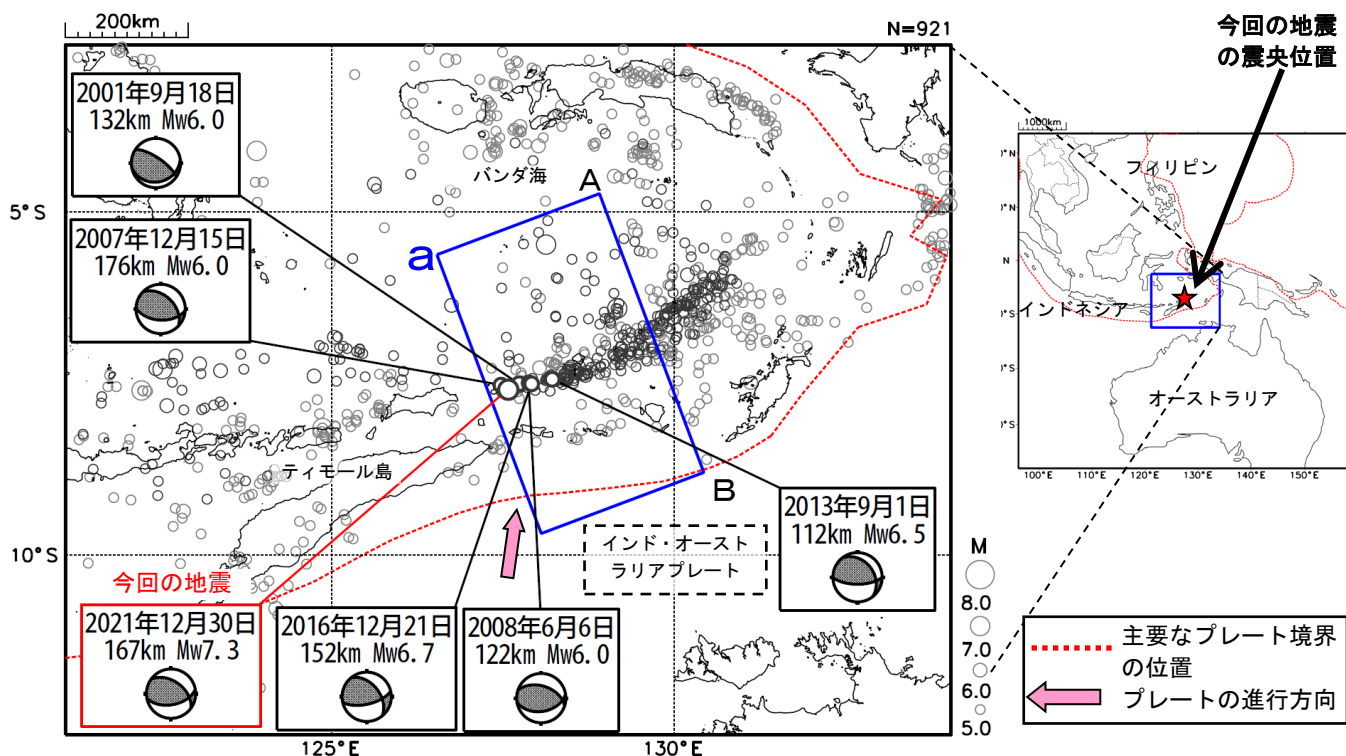
12月30日 バンダ海の地震

2021年12月30日03時25分(日本時間、以下同じ)に、バンダ海の深さ167kmでMw7.3の地震(Mwは気象庁によるモーメントマグニチュード)が発生した。この地震は、沈み込むインド・オーストラリアプレートの内部で発生した。この地震の発震機構(気象庁によるCMT解)は、インド・オーストラリアプレートの沈み込む方向に圧力軸を持つ型である。

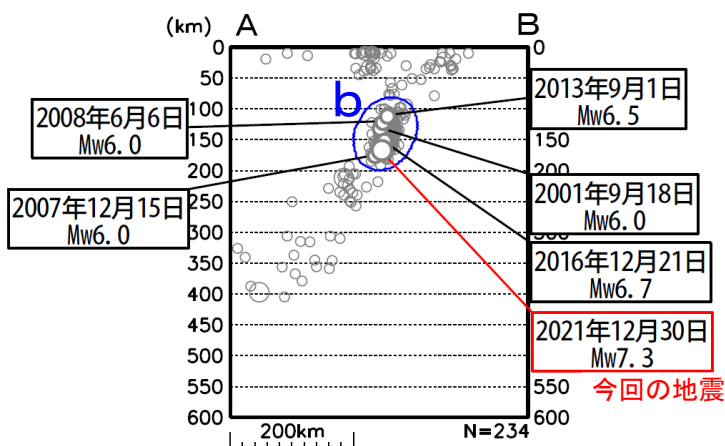
気象庁は、この地震により、同日03時55分に遠地地震に関する情報(津波の心配なし)を発表した。

2000年以降の地震活動を見ると、今回の地震の震源付近(領域b)では、M6.0以上の地震が時々発生している。

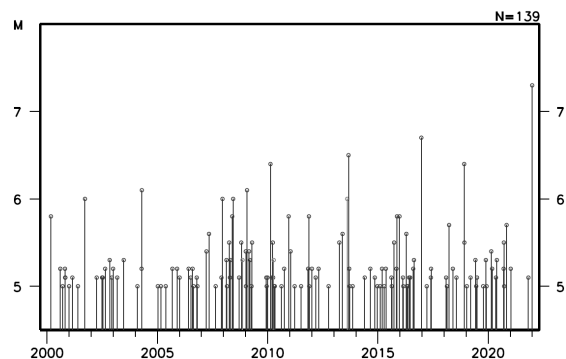
震央分布図
(2000年1月1日~2021年12月31日、深さ0~600km、M≥5.0)
深さ100km以深の地震を濃く表示



領域a内の断面図(A-B投影)



領域b内のM-T図



※本資料中、今回の地震の発震機構とMwは気象庁、また図中のその他の吹き出しの地震の発震機構とMwはGlobal CMTによる。その他の震源要素は、米国地質調査所(USGS)による。プレート境界の位置と進行方向はBird(2003)*より引用。

*参考文献

Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 4(3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252.

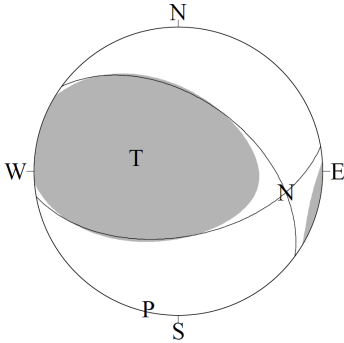
気象庁作成

12月30日 バンダ海の地震の発震機構解析

2021年12月30日03時25分（日本時間）にバンダ海で発生した地震についてCMT解析及びW-phaseを用いた発震機構解析を行った。

1. CMT解析

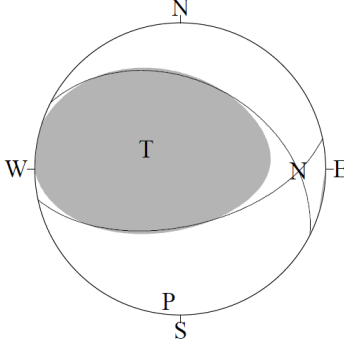
セントロイドは、南緯7.7°、東経127.6°、深さ167kmとなった。



Mw	M ₀	断層面解1 (走向/傾斜/すべり角)	断層面解2 (走向/傾斜/すべり角)
7.3	1.13×10 ²⁰ Nm	80.0° / 52.5° / 57.7°	306.2° / 47.9° / 124.9°

2. W-phaseの解析

セントロイドは、南緯7.7°、東経127.6°、深さ171kmとなった。



W-phaseの解析では、震央距離10°～90°までの34観測点の上下成分、22観測点の水平成分を用い、200～600秒のフィルターを使用した。
注) W-phaseとはP波からS波付近までの長周期の実体波を指す。

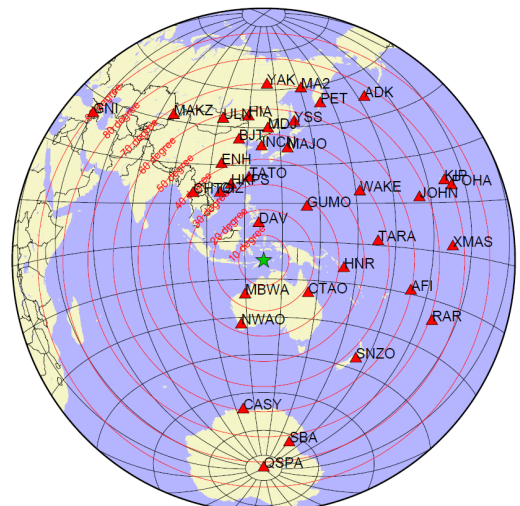
Mw	M ₀	断層面解1 (走向/傾斜/すべり角)	断層面解2 (走向/傾斜/すべり角)
7.3	1.17×10 ²⁰ Nm	77.9° / 57.7° / 66.5°	297.1° / 39.2° / 122.3°

(W-phaseに関する参考文献)

Kanamori, H and L. Rivera, 2008, Geophys. J. Int., **175**, 222-238.

解析データには、米国大学間地震学研究連合 (IRIS) のデータ管理センター (DMC) より取得した広帯域地震波形記録を使用した。

また、解析には金森博士及び Rivera 博士に頂いたプログラムを使用した。記して感謝する。



解析に使用した観測点配置

気象庁作成