

令和 5 年 8 月 31 日

地震予知連絡会

地殻活動モニタリングに関する検討結果等について

－ 地震予知連絡会 第240回定例会（2023年 8 月） －

地震予知連絡会は 8 月 31 日、第 240 回定例会を開催し、令和 5 年 5 月から令和 5 年 7 月の地殻活動を主としたモニタリング結果に対する検討を実施しました。

また、重点検討課題「関東地震 100 周年」についての検討も実施しました。

本定例会はオンライン会議併用形式で実施されました。記者会見につきましても、オンライン会議併用形式で実施いたします。

添付資料を含む一式の資料については、後日以下の URL に掲載いたします。

< <https://cais.gsi.go.jp/YOCHIREN/activity/240/240.html> >



■地殻活動モニタリングの検討結果

1. 地殻活動の概況

(1) 全国の地震活動について

日本とその周辺で2023年5月から7月までの3か月間に発生したM5.0以上の地震は54回であった。このうち、5月に発生した地震は28回と発生回数が多いものの、これまでも1～2年に一度程度の頻度で観測されている。日本国内で震度5弱以上を観測した地震は7回発生した（気象庁・資料2頁）。

(2) 日本周辺における浅部超低周波地震活動

4月中旬以降、種子島東方沖、大隅半島南東沖、日向灘及び宮崎県東方はるか沖で超低周波地震活動を観測した。5月には足摺岬の南に到達した活動は、6月中旬に収束した（防災科学技術研究所・資料3-4頁）。

(3) 日本列島のひずみ変化

GNSS連続観測によると、最近1年間の日本列島のひずみには、東北地方太平洋沖地震及び熊本地震の余効変動の影響が見られる。また、石川県能登地方で2020年12月から活発になっている地震活動とほぼ同期した地殻変動の影響によるひずみが見られる（国土地理院・資料5頁）。

2. プレート境界の固着状態とその変化

(1) 日本海溝・千島海溝周辺

○千葉県東方沖の地震（5月26日 M6.2）

2023年5月26日19時03分に千葉県東方沖の深さ50kmでM6.2の地震（最大震度5弱）が発生した。この地震により、住家一部損壊1棟の被害が生じた（2023年6月5日17時00分現在、総務省消防庁による）。また、6月16日21時24分に千葉県北東部の深さ49kmでM4.9の地震（最大震度4）が発生した。これらの地震は発震機構が東西方向の圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートとフィリピン海プレートの境界で発生した（気象庁・資料6頁）。この地震に伴い、GNSS連続観測点でごくわずかな地殻変動が観測された（国土地理院・資料7頁）。

(2) 南海トラフ・南西諸島海溝周辺

○西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

短期的スロースリップイベントを伴う顕著な微動活動が、四国西部において5月18日～22日に発生した。これ以外の主な深部微動活動は、紀伊半島中部から西部（7月15日～22日）、四国東部（7月19日～22日）、四国東部から西部（6月18日～7月9日）において観測された（防災科学技術研究所・資料8-9頁）。

○四国中部の非定常的な地殻変動

GNSS連続観測により、四国中部で2019年春頃から南東向きの非定常的な地殻変動が見られている。2019年1月1日～2023年7月18日の期間では、すべり量の最大値は43cm、モーメントマグニチュードは6.6と求まった（国土地理院・資料10頁）。

○九州地域の非定常的な地殻変動

GNSS連続観測により、九州南部で2023年初頭から南向きの非定常的な地殻変動が見られている。2022年7月1日～2023年7月20日の期間では、日向灘南部のすべり量の最大値は12cm、モーメントマグニチュードは6.4と求まった（国土地理院・資料11頁）。

3. その他

(1) 苫小牧沖の地震（6月11日 M6.2）

2023年6月11日18時54分に苫小牧沖の深さ136kmでM6.2の地震（最大震度5弱）が発生した。この地震は太平洋プレート内部（二重地震面の下面）で発生した。発震機構は太平洋プレートの傾斜方向に張力軸を持つ型である。この地震により、軽傷1人の被害が生じた（2023年6月19日17時00分現在、総務省消防庁による）（気象庁・資料12頁）。

(2) 石川県能登地方の地震活動（最大規模の地震：2023年5月5日 M6.5）

石川県能登地方では、2018年頃から地震回数が増加傾向にあり、2020年12月から地震活動が活発になり、2021年7月頃からさらに活発になっている。2023年5月～7月も活発な状態が継続しており、活動の全期間を通じた最大規模であるM6.5の地震（最大震度6強）が2023年5月5日14時42分に発生した。M6.5の地震発生後、地震活動はさ

らに活発になっていたが、時間の経過とともに地震の発生数は減少している（気象庁・資料13頁）。2023年5月5日の地震により、2022年7月下旬に臨時に設置した2点の可搬型GNSS連続観測装置（REGMOS）で特に顕著な地殻変動が検出され、M珠洲笹波観測点で南西方向に9cm程度の水平変位、震央の東側のM珠洲狼煙で13cm程度の隆起など、能登半島北東部で地殻変動が観測された。5月5日の地震後、M珠洲狼煙で約0.5cmの東向きの水平変動及びわずかな沈降、M珠洲笹波で約0.7cmの西南西方向の水平変動及び約1cmの沈降など、震源域近傍で地殻変動が見られている。7月以降は地震後のゆっくりとした変動が小さくなり、5月5日の地震前の傾向にほぼ戻っているように見える（国土地理院・資料14-22頁）。また、オンライン早期予測を目的とするために、敢えて検出された余震データの全てを考慮して、5月5日のM6.5の地震直後の余震活動について解析を試みた（統計数理研究所・資料23-24頁）。

（3）千葉県南部の地震（5月11日 M5.2）

2023年5月11日04時16分に千葉県南部の深さ40kmでM5.2の地震（最大震度5強）が発生した。この地震はフィリピン海プレート内部で発生した。この地震の発震機構は北西－南東方向に張力軸を持つ型である。この地震により、軽傷9人、住家一部破損17棟の被害が生じた（2023年5月18日17時00分現在、総務省消防庁による）（気象庁・資料25頁）。

（4）新島・神津島近海の地震活動（5月22日 M5.3）

新島・神津島近海では、2023年5月22日から地震活動が活発となった。5月22日16時42分には深さ11kmでM5.3の地震（最大震度5弱）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横ずれ断層型である。これらの地震はフィリピン海プレートの地殻内で発生した（気象庁・資料26頁）。この地震に伴い、GNSS連続観測点でわずかな地殻変動が観測された（国土地理院・資料27頁）。

（5）トカラ列島近海の地震活動（口之島・中之島付近）（5月13日 M5.1）

トカラ列島近海（口之島・中之島付近）では、2023年4月1日頃からややまとまった地震活動があり、5月11日以降、地震活動が活発となった。このうち最大規模の地震は、5月13日16時10分に発生したM5.1の地震（最大震度5弱）である。この地震は陸のプレート内で発生した。発震機構（CMT解）は、南北方向に張力軸を持つ正断層型である（気象庁・資料28-29頁）。

（6）沖縄本島近海の地震活動（2023年5月1日 M6.4）

この地震に伴い、沖縄本島のGNSS連続観測点でごくわずかな地殻変動が観測された（国土地理院・資料30頁）。

（7）硫黄島近海の地震（5月30日 M6.5）

2023年5月30日09時52分に硫黄島近海の深さ12km（CMT解による）でM6.5の地震（震度1以上を観測した地点はなし）が発生した。この地震の発震機構（CMT解）は北北東－南南西方向に圧力軸を持つ逆断層型である（気象庁・資料31頁）。

(8) 日本海北部の地震 (6月28日 M6.3)

2023年6月28日08時38分に日本海北部の深さ518kmでM6.3の地震 (最大震度3) 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 (CMT解) は太平洋プレートが沈み込む方向に圧力軸を持つ型である。今回の地震では、震央から離れた北海道や東北地方の太平洋側でも震度3~1の揺れを観測しており、この現象は「異常震域」と呼ばれている (気象庁・資料32頁)。

4. 地殻活動の予測

(1) 地殻変動予測：東北地方太平洋沖地震の余効変動

東北地方太平洋沖地震の余効変動について時空間モデルを構築し、その予測精度を定量的に評価した結果について報告する (国土地理院・資料34頁)。

■重点検討課題の検討 概要

モニタリング手法の高度化の検討を目的に、地震予知研究にとって興味深い現象や問題等を「重点検討課題」として選定し、集中的な検討を行っています。

<第240回定例会 重点検討課題>

課題名 「関東地震100周年」について (資料36頁)

コンビーナ 佐竹 健治 委員 (東京大学地震研究所)

報告課題、報告者

1. 関東地方のプレート構造と地震活動 (資料38頁)

平田 直 様 (東京大学名誉教授)

2. 測地観測による1923年関東地震とその後の地殻変動

—地震時すべり、プレート間固着及びスロースリッパ— (資料39頁)

西村 卓也 様 (京都大学防災研究所)

3. 1923年関東大震災と南関東の強震動 (資料40頁)

諸井 孝文 様 (J-POWER設計コンサルタント)

4. 津波から見える1923年関東地震の震源過程 (資料41頁)

谷岡 勇市郎 様 (北海道大学)

5. 関東地震の履歴の再評価 (資料42頁)

穴倉 正展 様 (産業技術総合研究所)

<次回重点検討課題>

課題名 予測実験の試行 (09) 地震活動の中期予測の検証 (資料43-44頁)

コンビーナ 遠田 晋次 委員 (東北大学災害科学国際研究所)

共同コンビーナ 堀 高峰 委員 (海洋研究開発機構)

■運営検討部会報告

令和6年度前期の重点検討課題名が選定され、第243回は「トルコ地震（仮）」、第244回は「スラブ内地震（仮）」について、それぞれ議論を行う予定であることが報告された（運営検討部会・資料45頁）。

議論概要については、地震予知連絡会ウェブサイトの活動報告に掲載いたします。

地震予知連絡会 <<https://cais.gsi.go.jp/YOCHIREN/>>

（問い合わせ先）

○地震予知連絡会事務局

国土地理院地理地殻活動研究センター 研究管理課長補佐 宮本 純一

Tel：029-864-5954（直通）

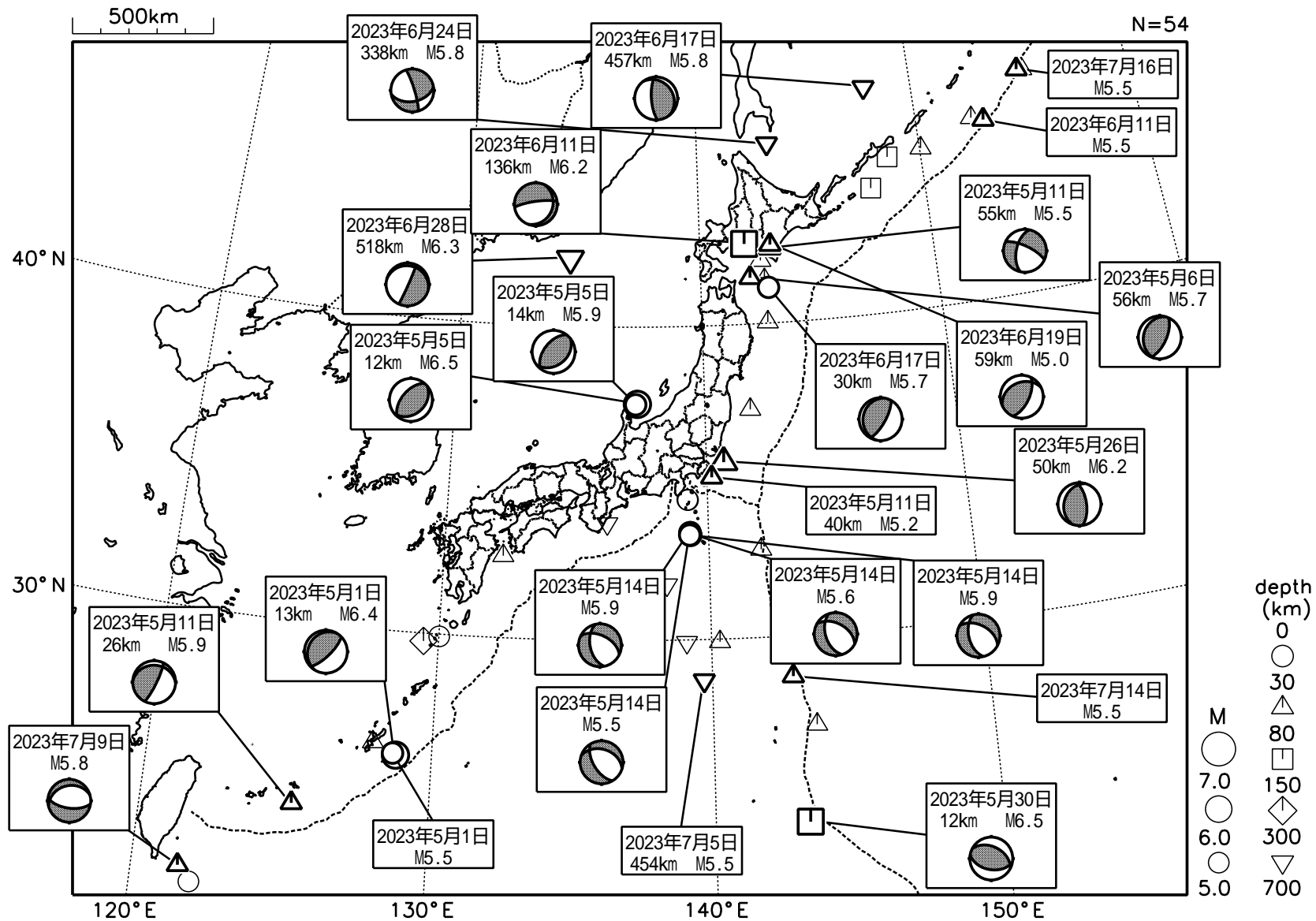


地殻活動モニタリングに 関する検討

日本とその周辺の地震活動（2023年5月～2023年7月、M 5.0）

2023 05 01 00:00 -- 2023 07 31 24:00

N=54



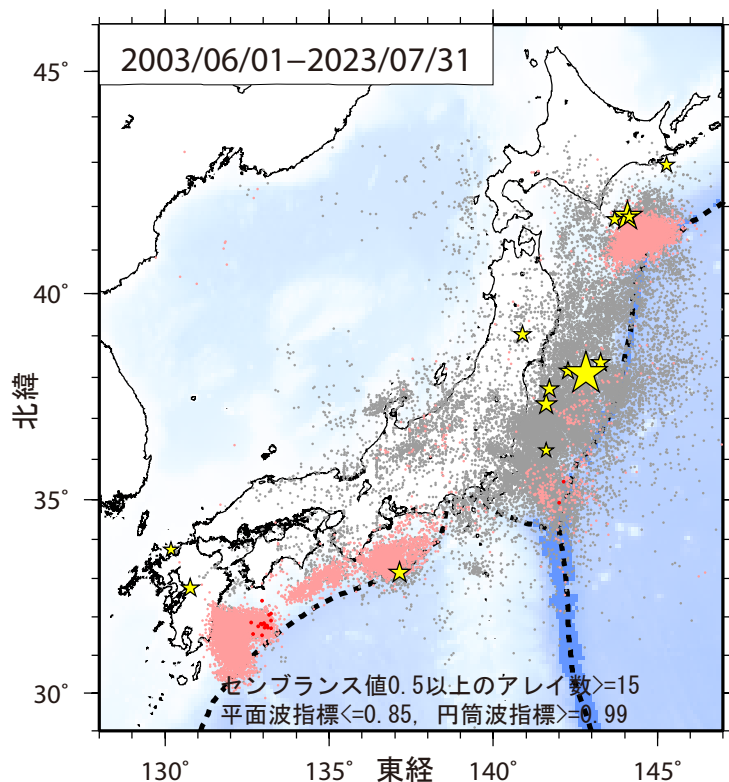
発震機構は気象庁によるCMT解

深さはCMT解による

図中の吹き出しは、陸域M5.0以上・海域M5.5以上（ただし、台湾付近はM5.5以上）

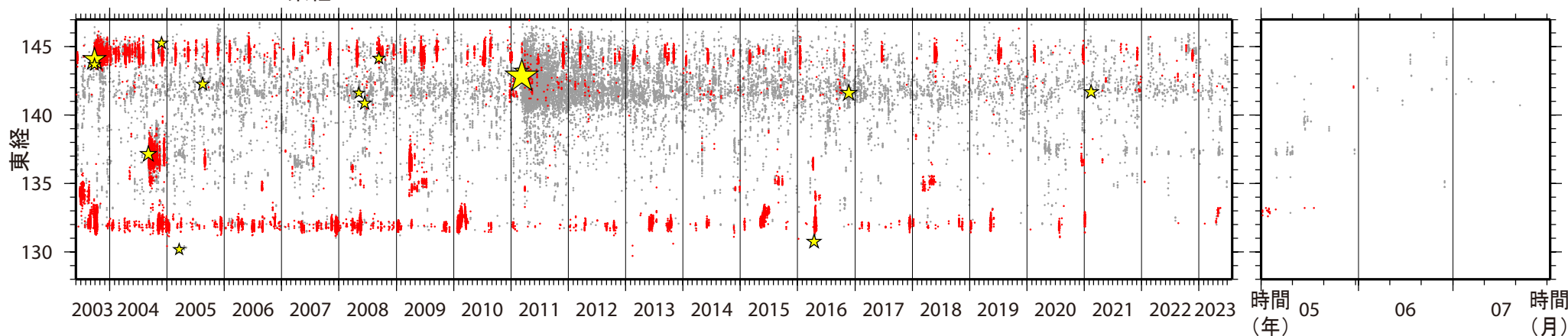
気象庁作成

日本周辺における浅部超低周波地震活動（2023年5月～7月）



- 日向灘及びその周辺域で4月中旬に始まった超低周波地震活動、5月上旬には足摺岬の南に到達。
- 本アレイ解析では5月下旬以降は検出されず。

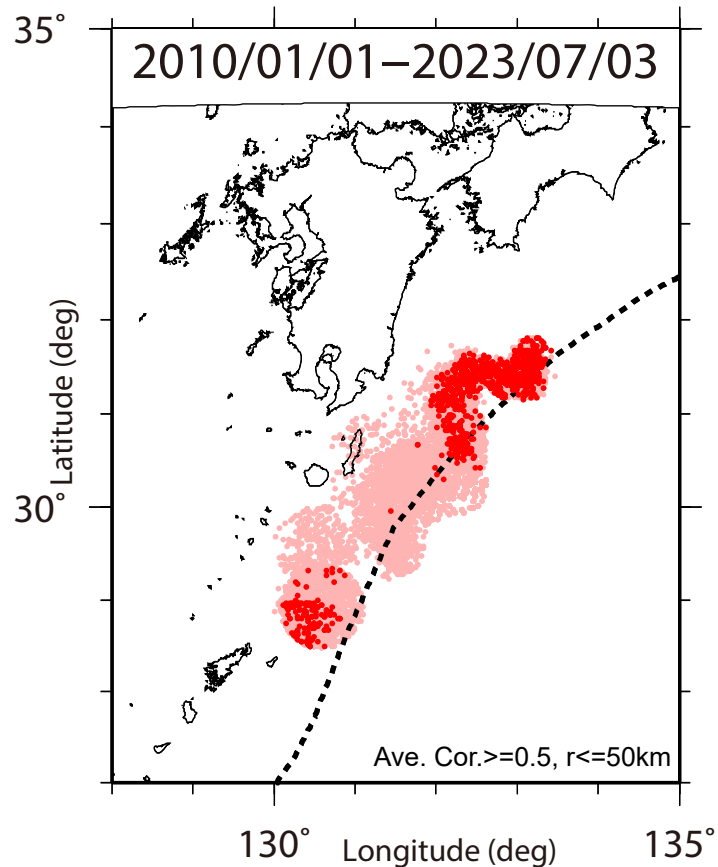
第1図. 2003年6月1日から2023年7月31日までの期間にアレイ解析によって検出されたイベントの震央分布. 検出イベントを防災科研 Hi-net の手動または自動検測震源と照合し, 対応する地震が見出されたイベントを灰色で, それ以外を桃色 (2023年1月31日以前), および赤色 (5月1日以降) の点でそれぞれ示す. これらは主として周期10秒以上に卓越する超低周波地震を表すが, 東北地方太平洋沖地震の発生以降は, 除去しきれない通常地震を含む. 期間内に発生したM7以上の地震 (ただし, 2011年~2015年の期間は東北地方太平洋沖地震の本震のみ) の震央を黄色星印で示す.



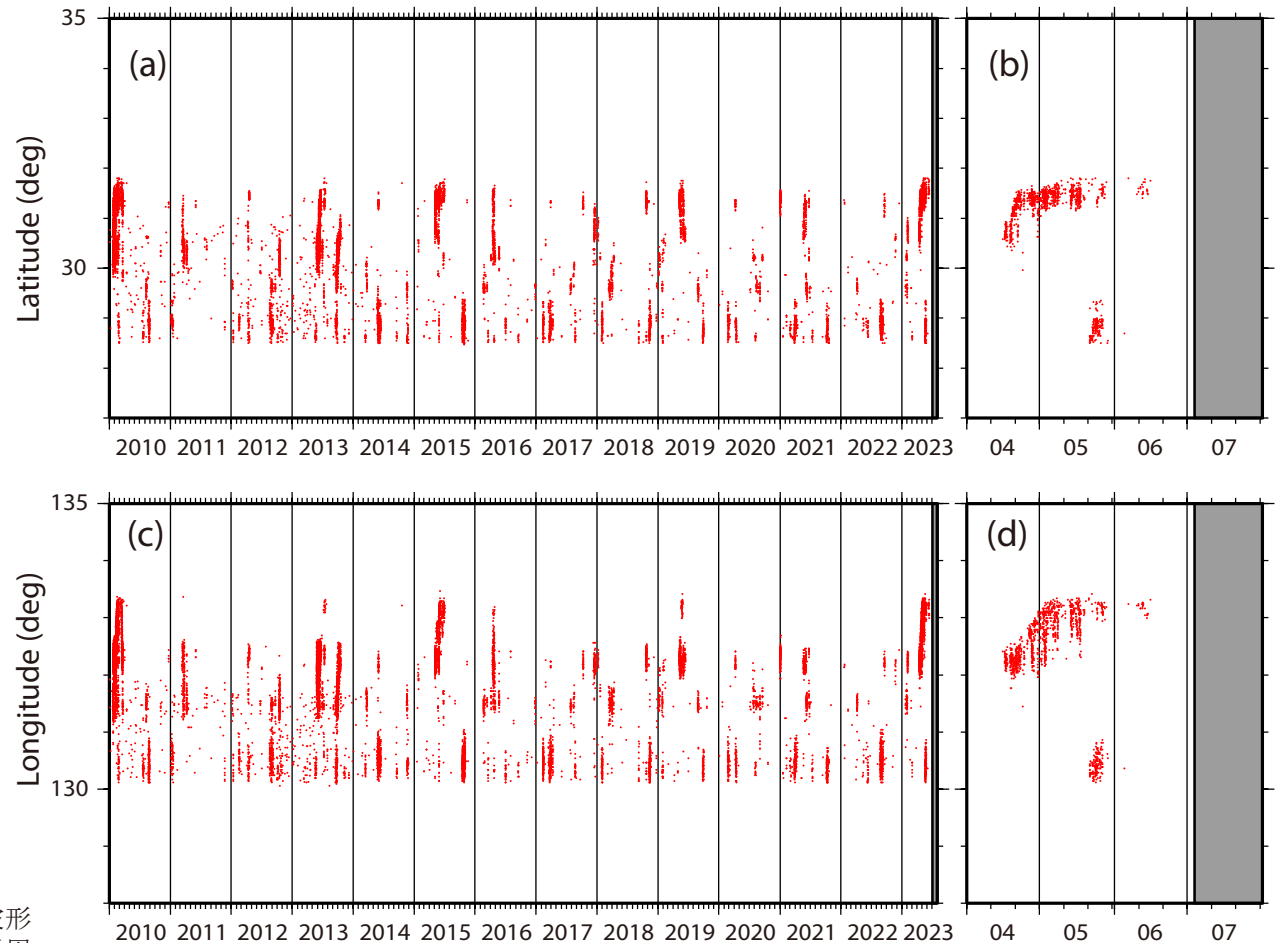
第2図. 2003年6月1日から2023年5月7日までの期間 (左), 及びそのうちの2023年5月1日以降 (右) に検出されたイベントの時空間分布. 検出されたイベントを防災科研 Hi-net 手動または自動検測震源と照合し, 対応する地震が見出されたイベントを灰色で, それ以外を赤色の点でそれぞれ示す. その他は第1図に同じ.

日本周辺における浅部超低周波地震活動（2023年5月～7月） つづき

- 波形相関解析 [Asano et al. (2015)] によって既知の地震・超低周波地震の類似イベントを検出。
- 4月中旬以降、種子島東方沖、大隅半島南東沖、日向灘及び宮崎県東方はるか沖で超低周波地震活動。
- 5月には足摺岬の南に到達した活動は、6月中旬には収束。



第3図. 2010年1月1日から2023年7月3日までの期間内に波形相関解析 [Asano et al. (2015)] によって検出された超低周波イベントの震央分布. 検出イベントを防災科研 Hi-net の手動または自動検測震源と照合して通常の地震を除去した後、それ以外を超低周波イベントとして桃色（2023年3月31日以前）、および赤色（4月1日以降）の点でそれぞれ示す。



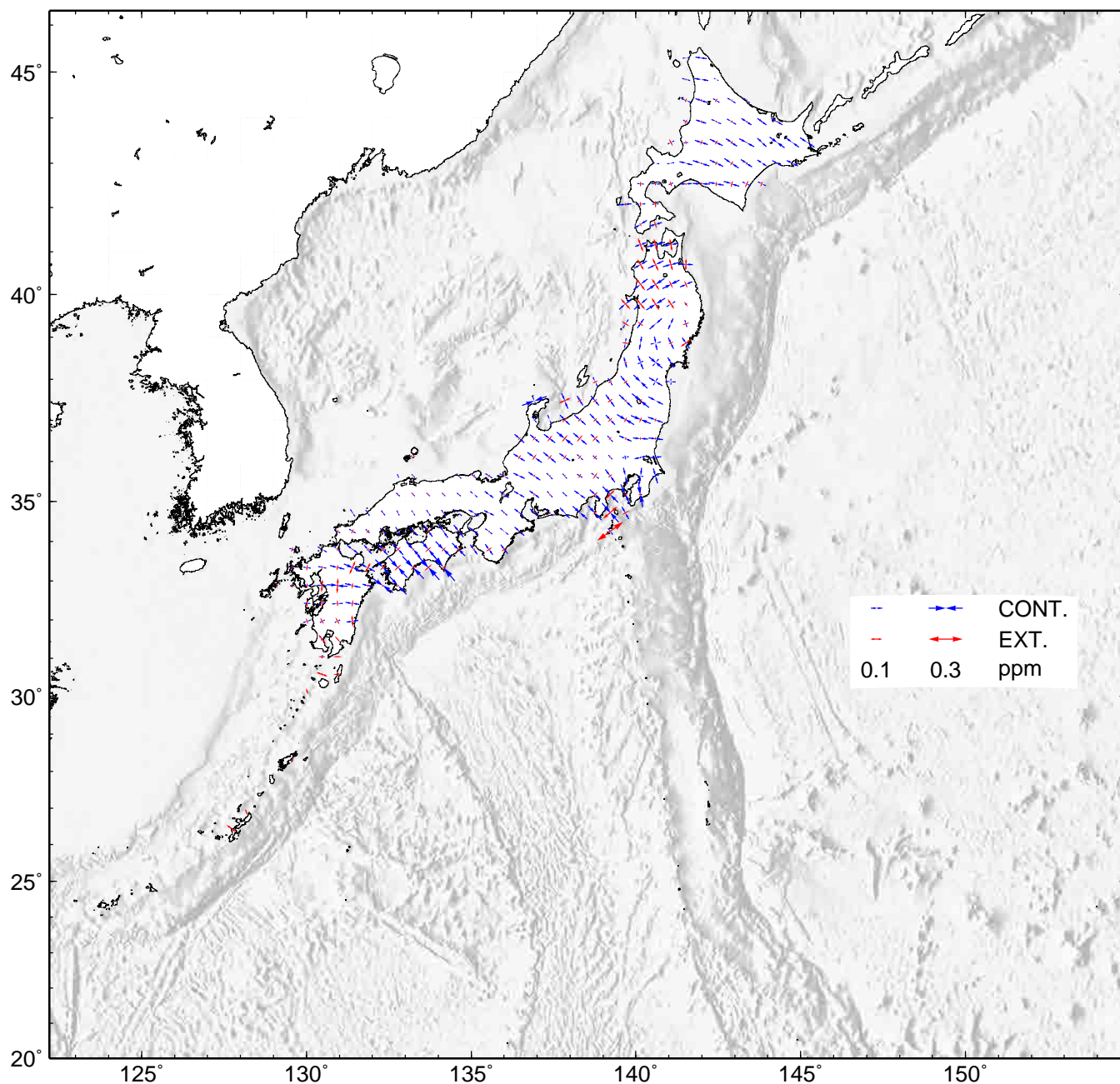
第4図. 第1図と同じ期間内に検出された超低周波イベントの時空間分布. 超低周波イベントを赤色の点で示す. (a)および(b)に緯度分布の、(c)および(d)に経度分布の時間変化をそれぞれ示す. また、(a)および(c)に2010年1月1日以降、(b)および(d)には2023年4月1日以降の分布をそれぞれ示す。

GNSS 連続観測から推定した日本列島のひずみ変化

- ・平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震の余効変動の影響によるひずみが見られる。
- ・平成 28 年（2016 年）熊本地震の余効変動の影響によるひずみが見られる。
- ・石川県能登地方で 2020 年 12 月から活発になっている地震活動とほぼ同期した地殻変動の影響によるひずみが見られる。

基準期間：2022/06/24 - 2022/07/08 [F 5：最終解]

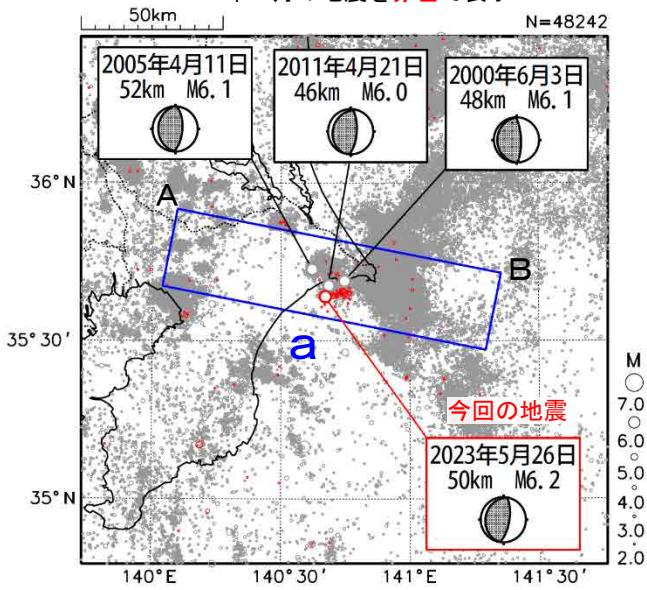
比較期間：2023/06/24 - 2023/07/08 [F 5：最終解]



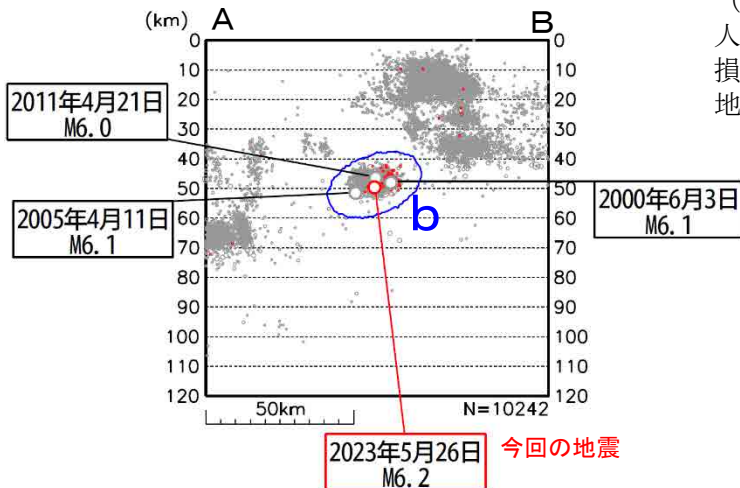
- ・GNSS 連続観測による変位ベクトルからひずみ変化図を作成した。
- ・海底地形データは ETOPO1 (Amante, C.&B.W.Eakins, 2009) を使用した。

5月26日 千葉県東方沖の地震

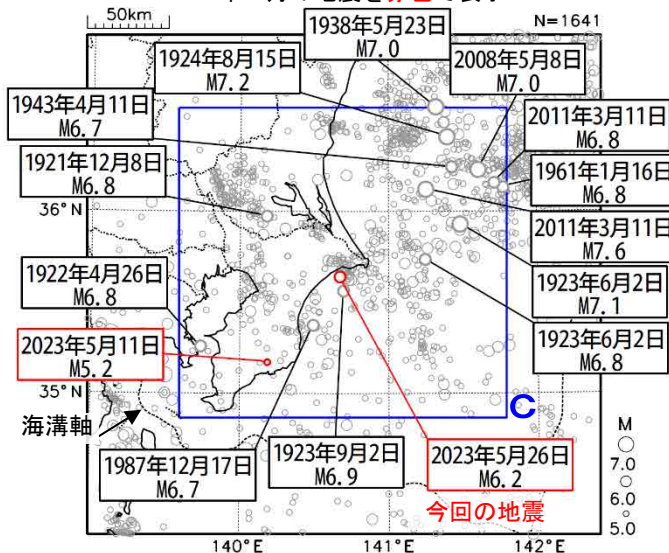
震央分布図
(1997年10月1日～2023年5月31日、
深さ0～120km、M \geq 2.0)
2023年5月の地震を赤色で表示



領域 a 内の断面図 (A-B 投影)



震央分布図
(1919年1月1日～2023年5月31日、
深さ0～120km、M \geq 5.0)
2023年5月の地震を赤色で表示

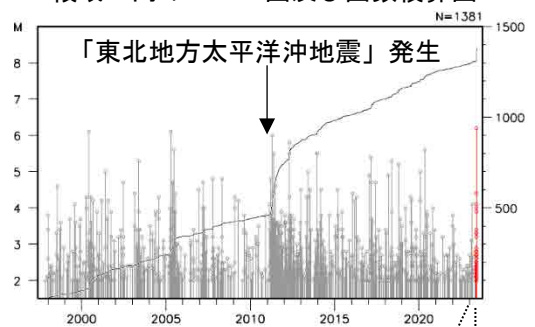


2023年5月26日19時03分に千葉県東方沖の深さ50kmでM6.2の地震(最大震度5弱)が発生した。この地震により長周期地震動階級2を観測した。この地震は、発震機構が東西方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートとフィリピン海プレートの境界で発生した。この地震により、住家一部破損1棟などの被害が生じた(2023年6月5日17時00分現在、総務省消防庁による)。今回の地震以降、千葉県東方沖では震度1以上を観測した地震が26日から31日までに今回の地震を含めて8回(震度5弱:1回、震度2:3回、震度1:4回)発生した。

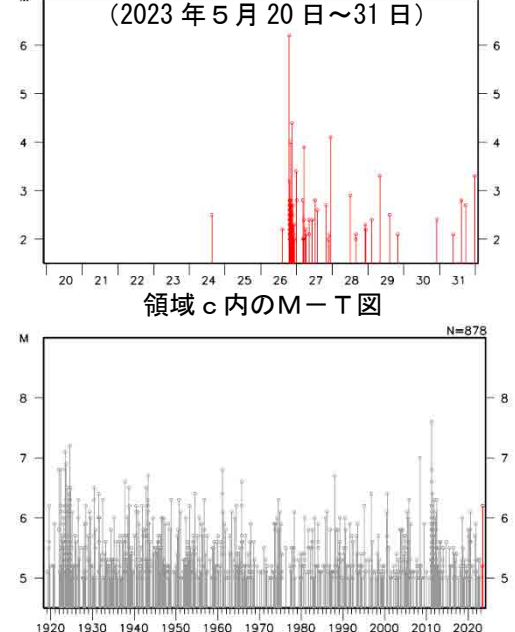
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近(領域b)では、M5.0以上の地震が時々発生している。また、「平成以23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」(以下、「東北地方太平洋沖地震」)発生以降、地震活動が活発であった。2011年4月21日にはM6.0の地震(最大震度5弱)が発生した。

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M6.0以上の地震が時々発生している。1987年12月17日の千葉県東方沖の地震(M6.7、最大震度5)では、死者2人、負傷者161人、住家全壊16棟、住家半壊102棟、住家一部破損7万余棟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 b 内の M-T 図及び回数積算図



領域 c 内の M-T 図



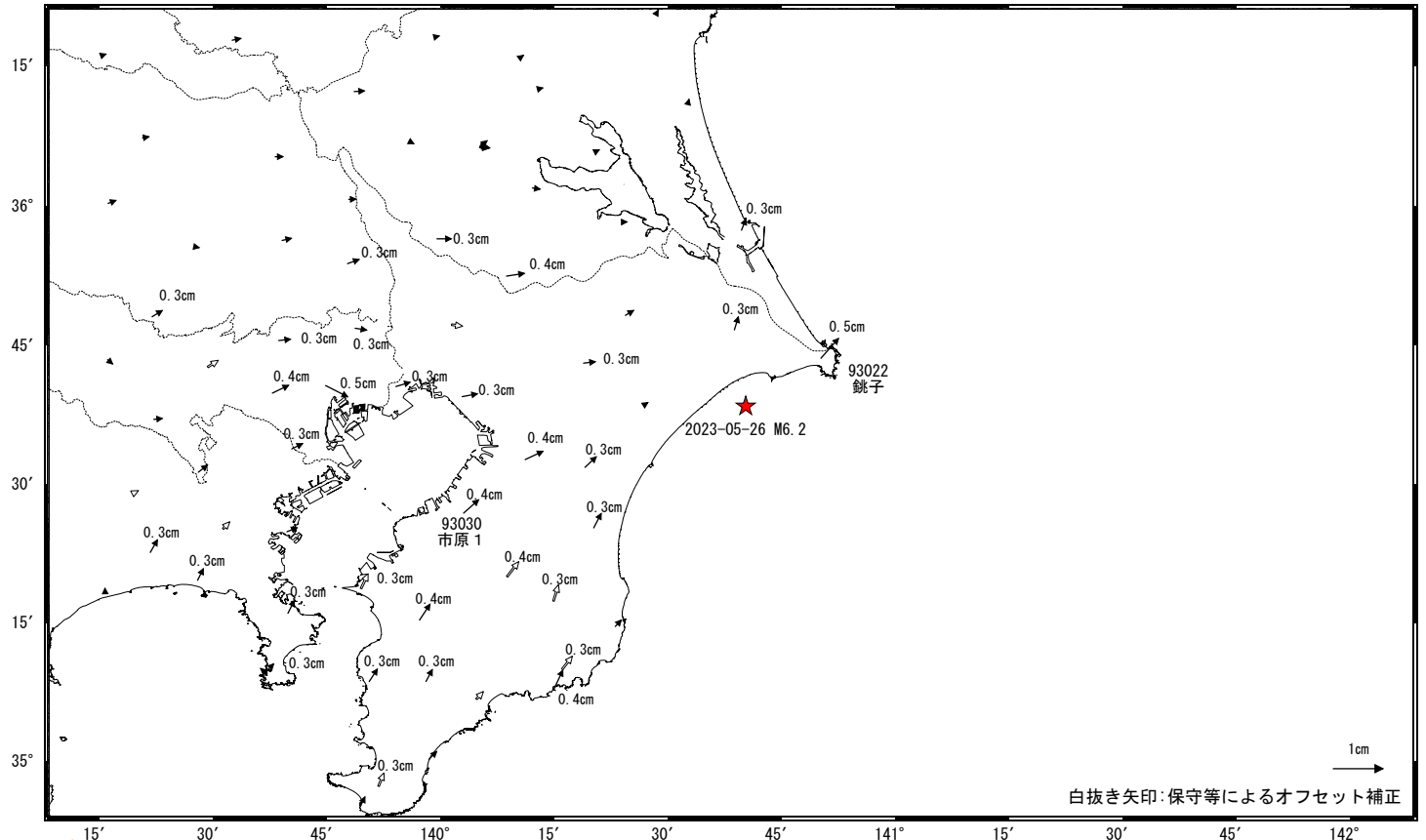
千葉県東方沖の地震(5月26日 M6.2) 前後の観測データ

この地震に伴いごくわずかな地殻変動が観測された。

地殻変動 (水平) (一次トレンド・年周成分・半年周成分除去後)

基準期間: 2023-05-19~2023-05-25 [F5:最終解]
比較期間: 2023-06-04~2023-06-10 [F5:最終解]

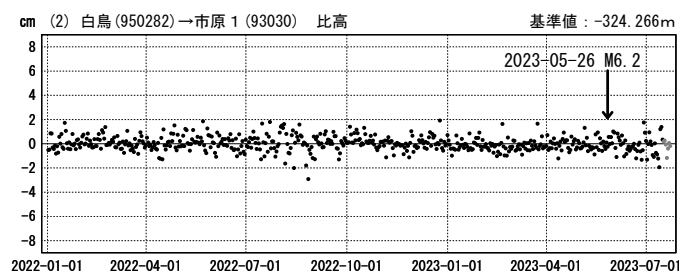
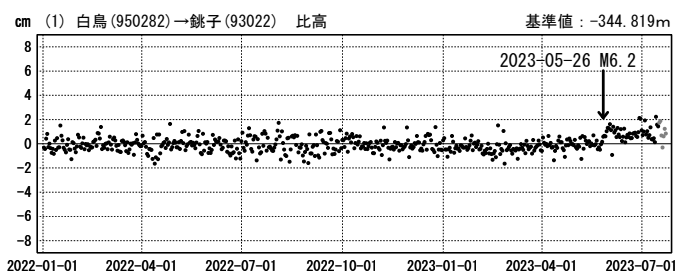
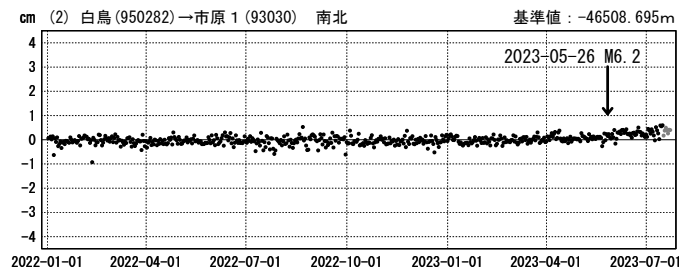
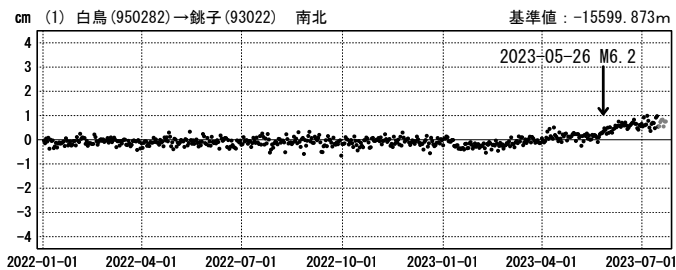
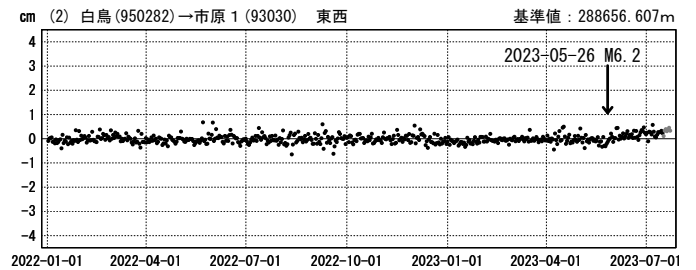
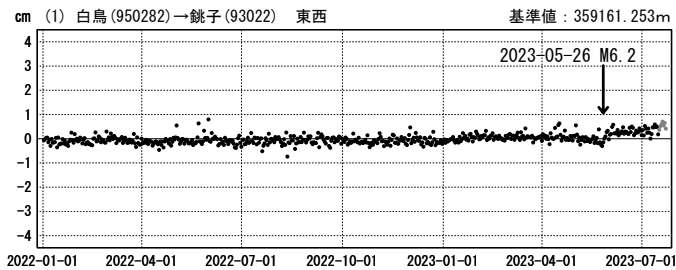
計算期間: 2022-01-01~2022-12-31



★ 震央
★ 固定局: 白鳥 (950282)

成分変化グラフ (一次トレンド・年周成分・半年周成分除去後)

期間: 2022-01-01~2023-07-22 JST 計算期間: 2022-01-01~2022-12-31



●—[F5:最終解] ●—[R5:速報解]

西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況 (2023年5月～7月) その1



防災科研



- 短期的スロースリップイベントを伴う顕著な微動活動：
四国西部，5月18日～22日。
- 上記以外の主な微動活動：紀伊半島中部から西部，7月15日～22日。
四国東部，7月19日～22日。四国東部から西部，6月18日～7月9日。

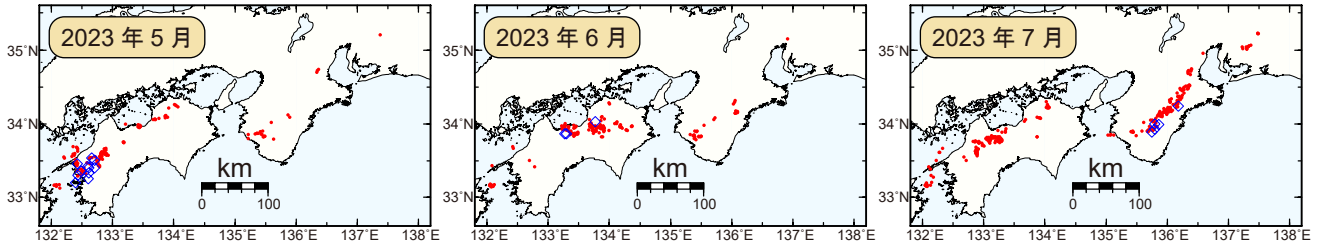


図1. 西南日本における2023年5月～7月の毎月の深部低周波微動活動。赤丸はエンベロープ相関・振幅ハイブリッド法 (Maeda and Obara, 2009) およびクラスタ処理 (Obara et al., 2010) において、1時間毎に自動処理された微動分布の重心である。青菱形は周期20秒に卓越する深部超低周波地震 (Ito et al., 2007) である。

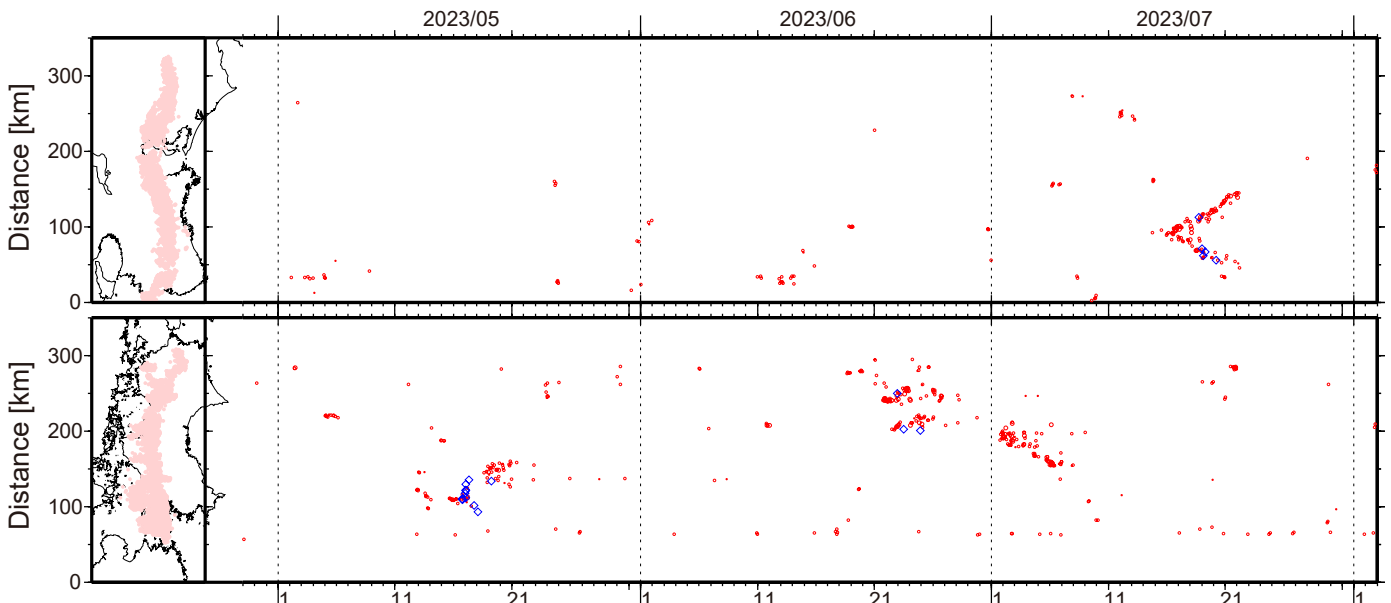


図2. 2023年4月28日～8月2日の深部低周波微動 (赤) および、深部超低周波地震 (青菱形) の時空間分布。

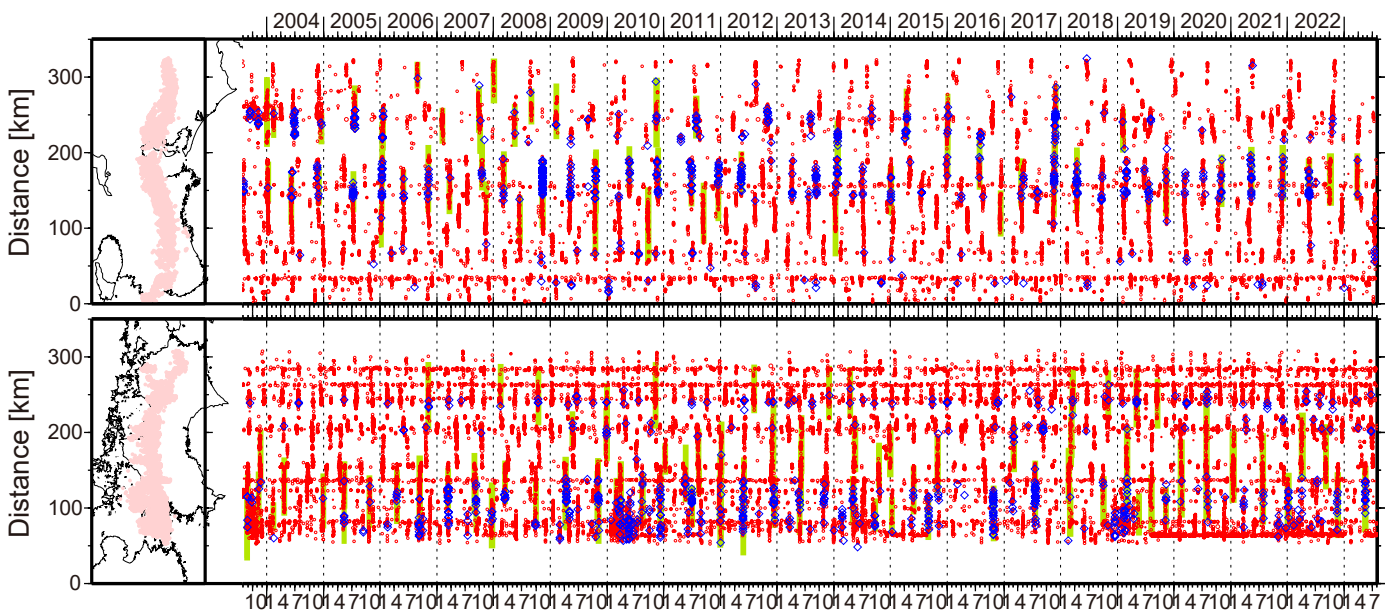


図3. 2003年8月～2023年8月2日までの深部低周波微動 (赤) および、深部超低周波地震 (青菱形) の時空間分布。緑太線は、傾斜変動から検出された短期的スロースリップイベント。

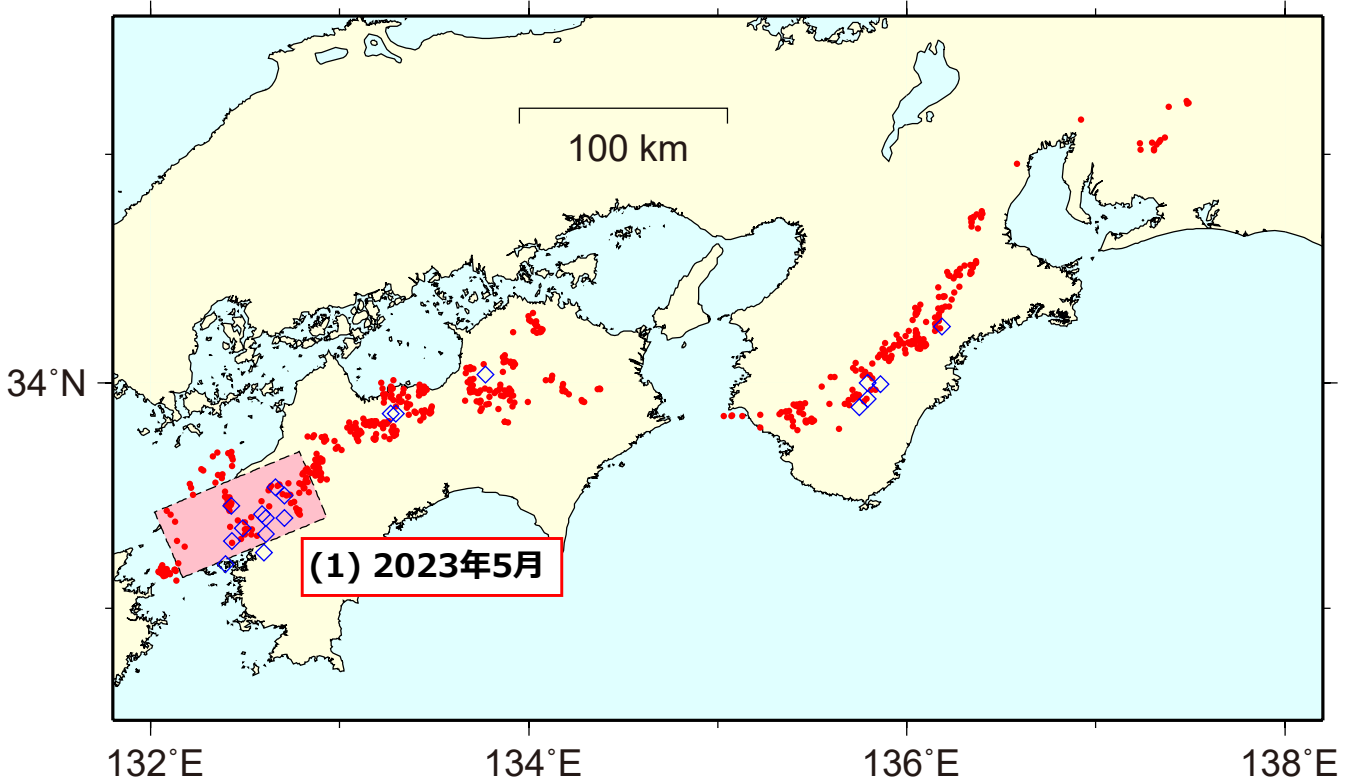


図1：2023年5月1日～2023年7月31日の深部低周波微動（赤点），深部超低周波地震（青菱形），短期的スロースリップイベント（SSE：ピンク四角）。

1. 2023年5月 四国西部（M_w 6.2） 2022年11月（M_w 6.2）以来約6ヶ月ぶり

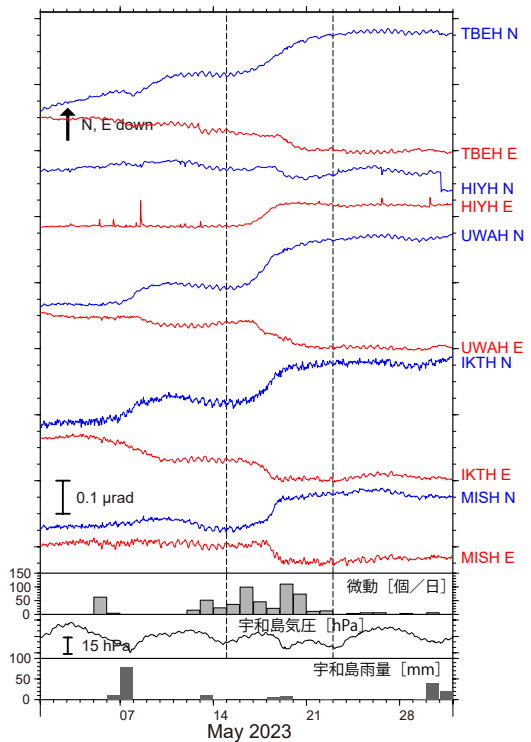


図2：2023年5月1日～5月31日の傾斜時系列。上方方向への変化が北・東下がりの傾斜変動を表し、BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答成分を除去した。5月15日～22日の傾斜変化ベクトルを図3に示す。四国西部～中部の微動活動度・気象庁宇和島観測点の気圧・雨量をあわせて示す。

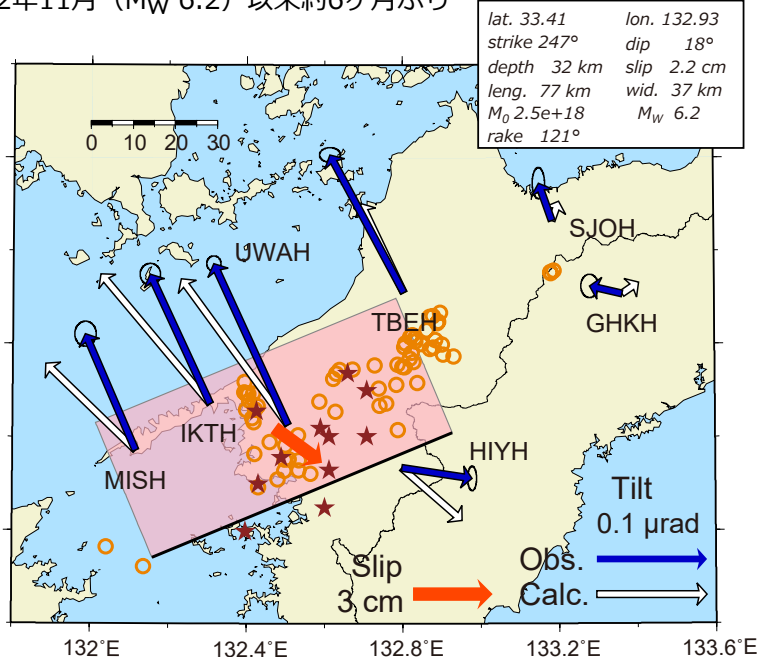


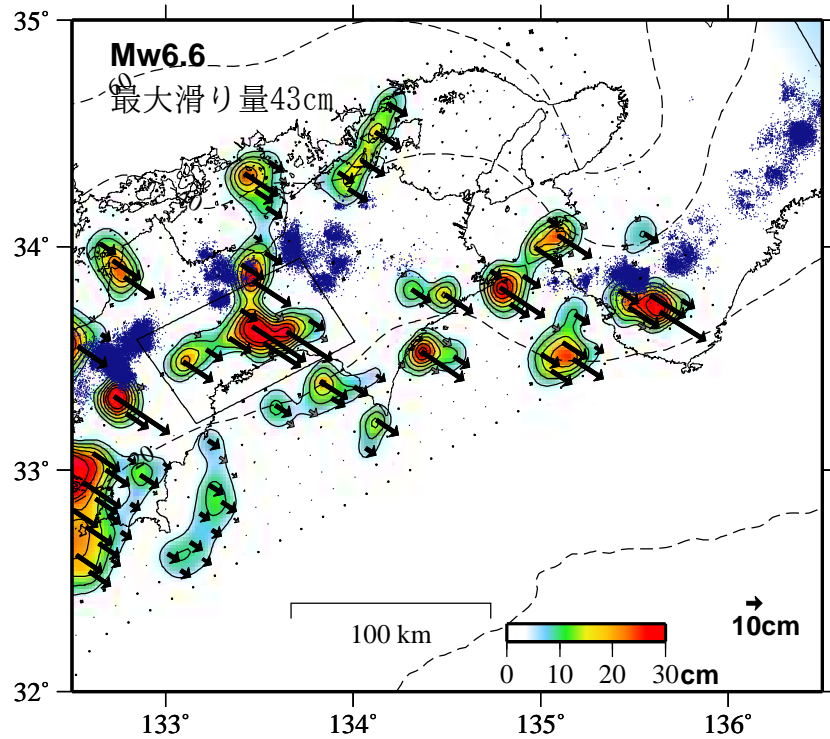
図3：2023年5月15日～22日に観測された傾斜変化ベクトル（青矢印），推定されたスロースリップイベントの断層モデル（赤矩形・矢印），モデルから計算される傾斜変化ベクトル（白抜き矢印）を示す。1時間ごとの微動エネルギーの重心位置（橙丸），深部超低周波地震の震央（茶星印）もあわせて示す。すべり角はプレート相対運動方向に固定している。

謝辞

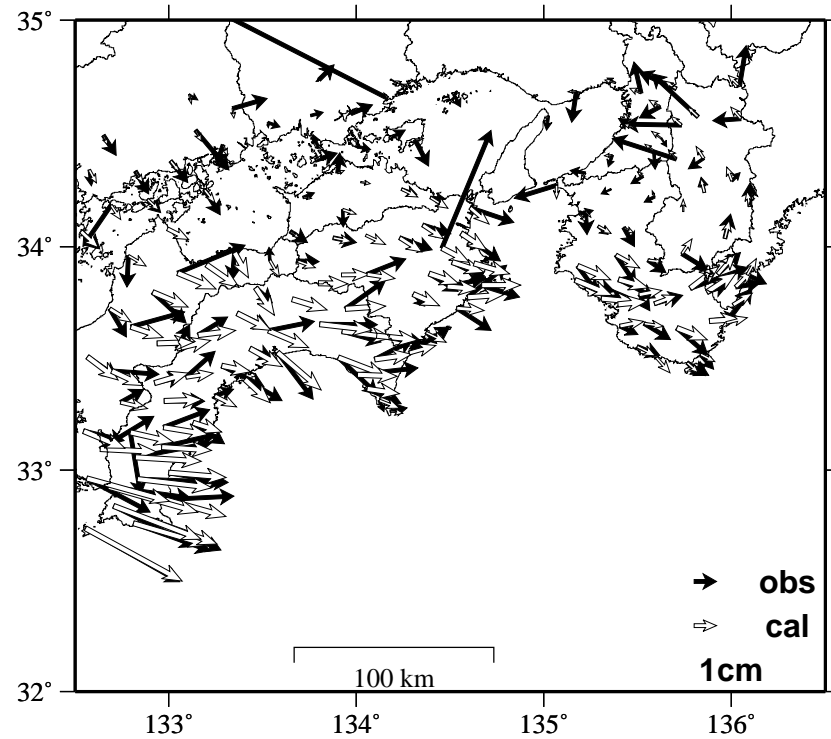
気象庁のWEBページで公開されている気象データを使用させて頂きました。記して感謝いたします。

GNSSデータから推定された四国中部の長期的ゆっくりすべり (暫定)

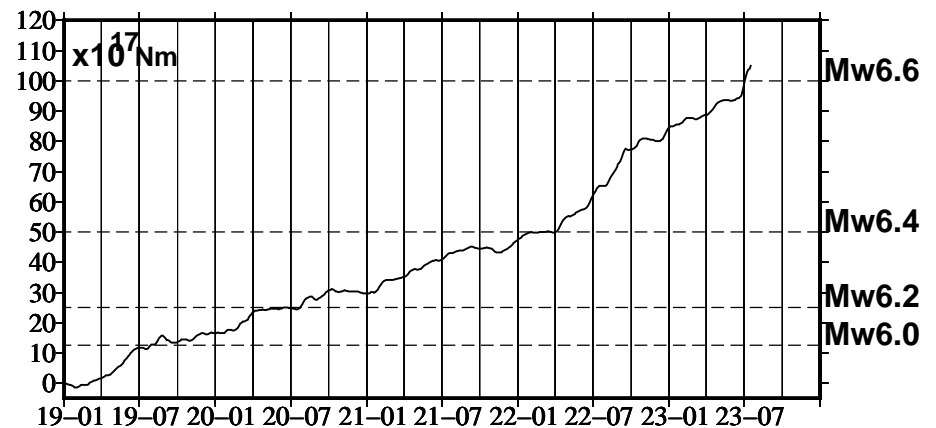
推定すべり分布
(2019-01-01/2023-07-18)



観測値 (黒) と計算値 (白) の比較
(2019-01-01/2023-07-18)



四国中部のSSEモーメント



Mw及び最大すべり量はプレート面に沿って評価した値を記載。
すべり量 (カラー) 及びすべりベクトルは水平面に投影したものを示す。
推定したすべり量が標準偏差 (σ) の3倍以上のグリッドを黒色で表示している。

使用データ: GEONETによる日々の座標値 (F5解、R5解)
F5解 (2019-01-01/2023-07-01) + R5解 (2023-07-02/2023-07-18)

トレンド期間: 2017-04-01/2018-04-01 (年周・半年周成分は補正なし)

モーメント計算範囲: 左図の黒枠内側

観測値: 3日間の平均値をカルマンフィルターで平滑化した値

黒破線: フィリピン海プレート上面の等深線 (Hirose et al., 2008)

すべり方向: プレートの沈み込み方向に拘束

青丸: 低周波地震 (気象庁一元化震源) (期間: 2019-01-01/2023-07-18)

固定局: 上対馬

* 電子基準点の保守等による変動は補正済み

* 平成23年 (2011年) 東北地方太平洋沖地震及び平成28年 (2016年) 熊本地震の粘弾性変形は補正している (Suito, 2017, 水藤, 2017)。

* 気象庁カタログ (2017年以降) の短期的SSEを補正している。

* 共通誤差成分を推定している。

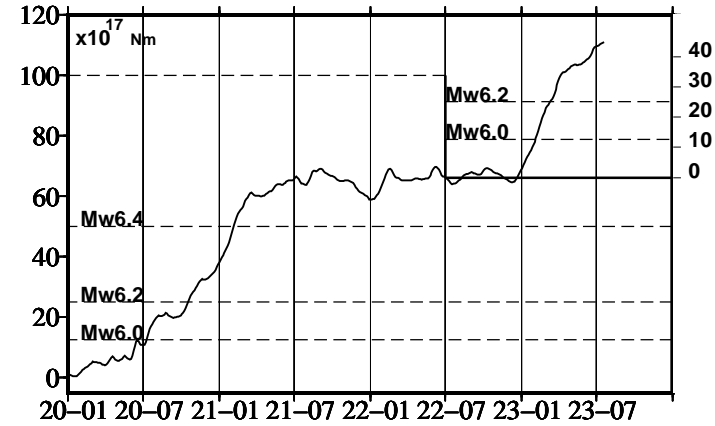
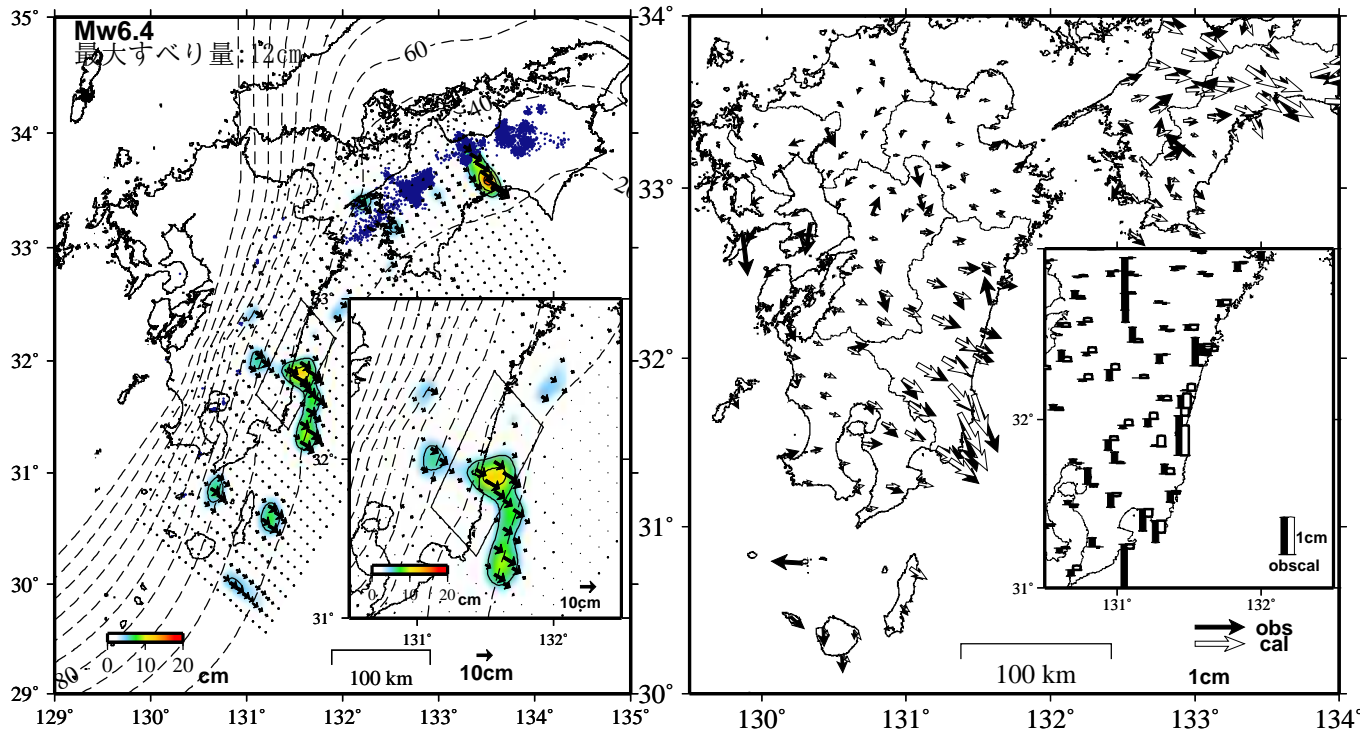
* モーメント: 断層運動のエネルギーの目安となる量。

GNSSデータから推定された日向灘南部の長期的ゆっくりすべり（暫定）

推定すべり分布
(2022-07-01/2023-07-20)

観測値（黒）と計算値（白）の比較
(2022-07-01/2023-07-20)

モーメント*時系列（試算）



Mw及び最大すべり量はプレート面に沿って評価した値を記載。
すべり量（カラー）及びすべりベクトルは水平面に投影したものを示す。
推定したすべり量が標準偏差(σ)の3倍以上のグリッドを黒色で表示している。

使用データ: GEONETによる日々の座標値(F5解、R5解)

F5解(2020-01-01/2023-07-01)+R5解(2023-07-02/2023-07-20)*電子基準点の保守等による変動は補正済み

トレンド期間: 2006-01-01/2009-01-01 (年周・半年周成分は補正なし)

*日向灘の地震(2022-01-22, M6.6)の地震時変動を除去している。

日向灘附近: 2007-10-01/2009-03-01

*平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震及び平成28年(2016年)熊本地震の粘弾性変形は補正している(Suito, 2017; 水藤, 2017)。

モーメント計算範囲: 左図の黒枠内側

*モーメント: 断層運動のエネルギーの目安となる量。

観測値: 3日間の平均値をカルマンフィルターで平滑化した値

黒破線: フィリピン海プレート上面の等深線(Hirose et al., 2008)

すべり方向: プレートの沈み込み方向に拘束

青丸: 低周波地震(気象庁一元化震源) (期間: 2022-07-01/2023-07-20)

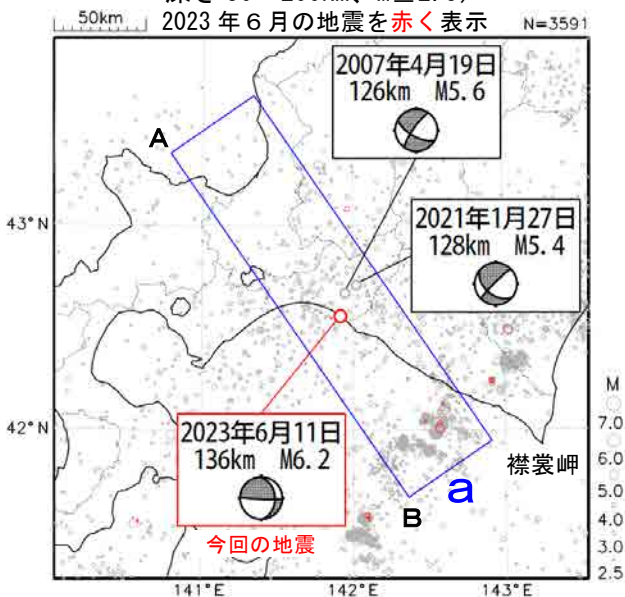
固定局: 三隅

国土地理院

6月11日 苫小牧沖の地震

情報発表に用いた震央地名は〔浦河沖〕である。

震央分布図
(2001年10月1日～2023年6月30日、
深さ50～200km、 $M \geq 2.5$)

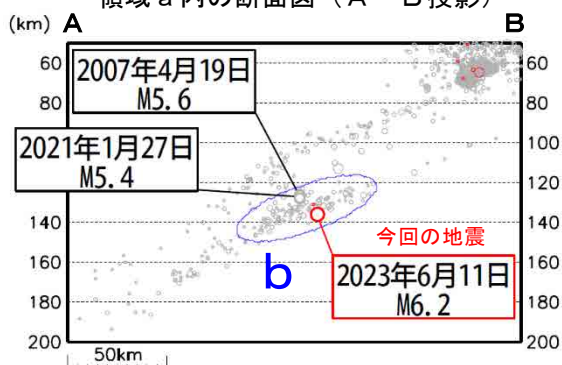


2023年6月11日18時54分に苫小牧沖の深さ136kmで $M6.2$ の地震(最大震度5弱)が発生した。この地震は太平洋プレート内部(二重地震面の下面)で発生した。発震機構は太平洋プレートの傾斜方向に張力軸を持つ型である。この地震により、軽傷1人の被害が生じた(2023年6月19日17時00分現在、総務省消防庁による)。

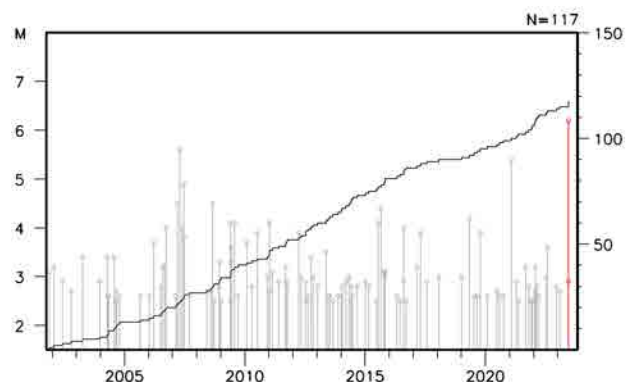
2001年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近(領域b)では、 $M5.0$ 以上の地震は今回を含めて3回発生している。

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、 $M6.0$ 以上の地震が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、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)。

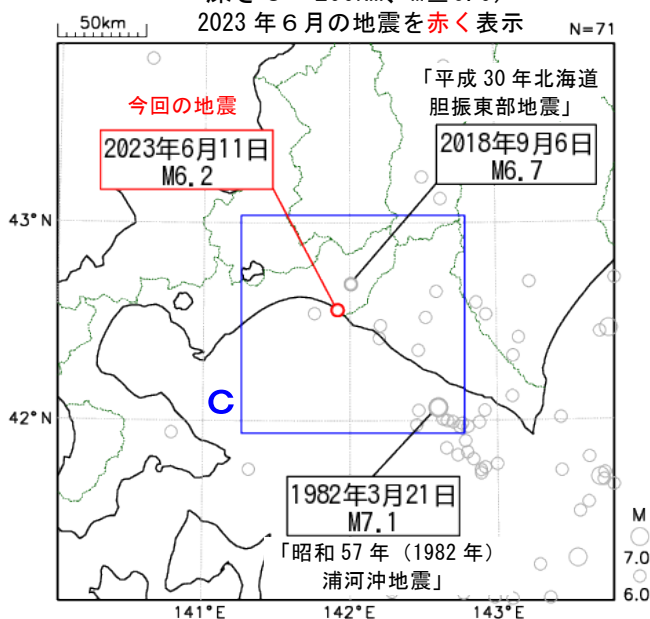
領域a内の断面図(A-B投影)



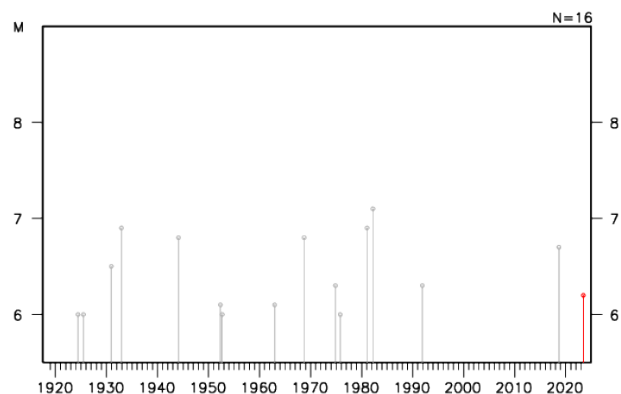
領域b内のM-T図及び回数積算図



震央分布図
(1919年1月1日～2023年6月30日、
深さ0～200km、 $M \geq 6.0$)



領域c内のM-T図



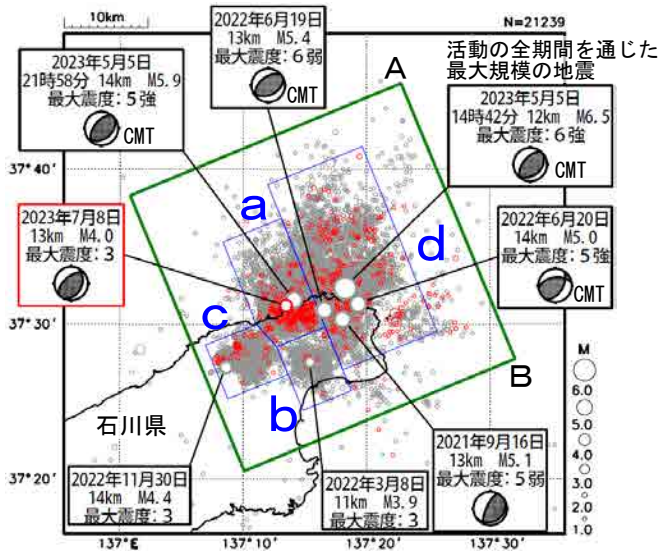
石川県能登地方の地震活動

震央分布図

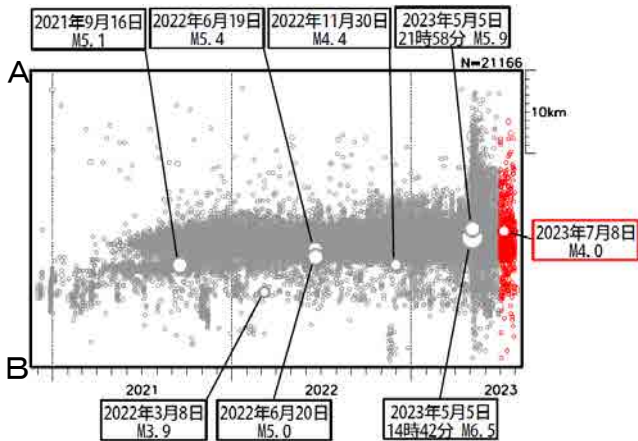
(2020年12月1日～2023年7月31日、
深さ0～25km、M \geq 1.0)

2023年7月の地震を赤色で表示

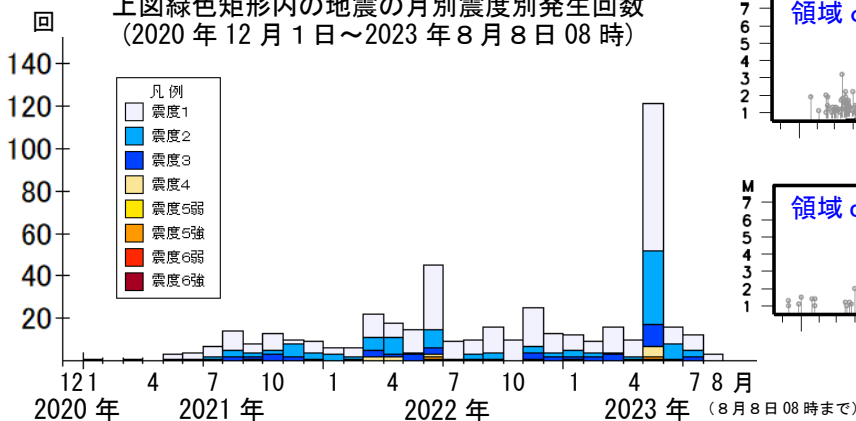
- ・ 黒色の吹き出し：領域a～dの各領域内で最大規模の地震及び最大震度5弱以上の地震
- ・ 赤色の吹き出し：緑色矩形内で2023年7月中の最大規模の地震



上図緑色矩形内の時空間分布図 (A-B投影)



上図緑色矩形内の地震の月別震度別発生回数
(2020年12月1日～2023年8月8日08時)



期間別・震度別の地震発生回数表

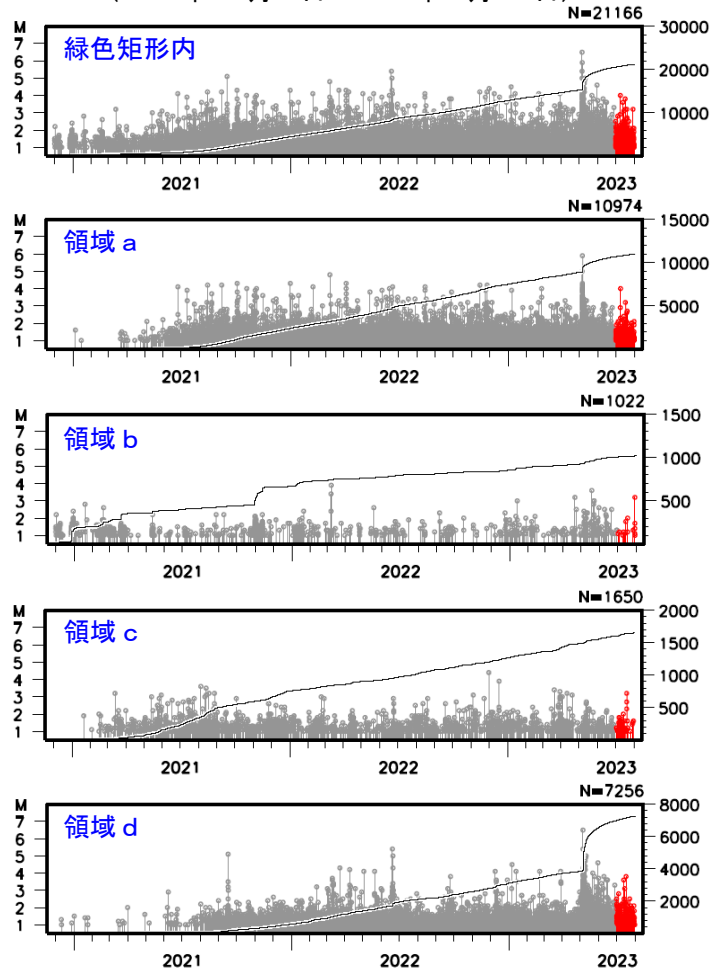
期間	最大震度別回数								計
	1	2	3	4	5弱	5強	6弱	6強	
2020年12月1日 ～2023年6月30日	278	107	46	13	1	2	1	1	449
2023年7月1日～31日	7	3	2	0	0	0	0	0	12
2023年8月1日～8日08時	3	0	0	0	0	0	0	0	3
計	288	110	48	13	1	2	1	1	464

石川県能登地方 (震央分布図の緑色矩形内) では、2018年頃から地震回数が増加傾向にあり、2020年12月から地震活動が活発になり、2021年7月頃からさらに活発になっている。2023年7月中も活発な状態が継続している。2023年7月中の最大規模の地震は、8日に能登半島沖で発生したM4.0の地震 (最大震度3) である。なお、活動の全期間を通じた最大規模の地震は、2023年5月5日14時42分に発生したM6.5の地震 (最大震度6強) である。

2023年5月5日にM6.5の地震 (最大震度6強) が発生した後、地震活動がさらに活発になっていたが、時間の経過とともに地震の発生数は減少している。

緑色矩形領域内で震度1以上を観測した地震の回数は、期間別・震度別地震発生回数のグラフ及び表のとおり。

左図緑色矩形内及び領域a～d内の
M-T図及び回数積算図
(2020年12月1日～2023年7月31日)

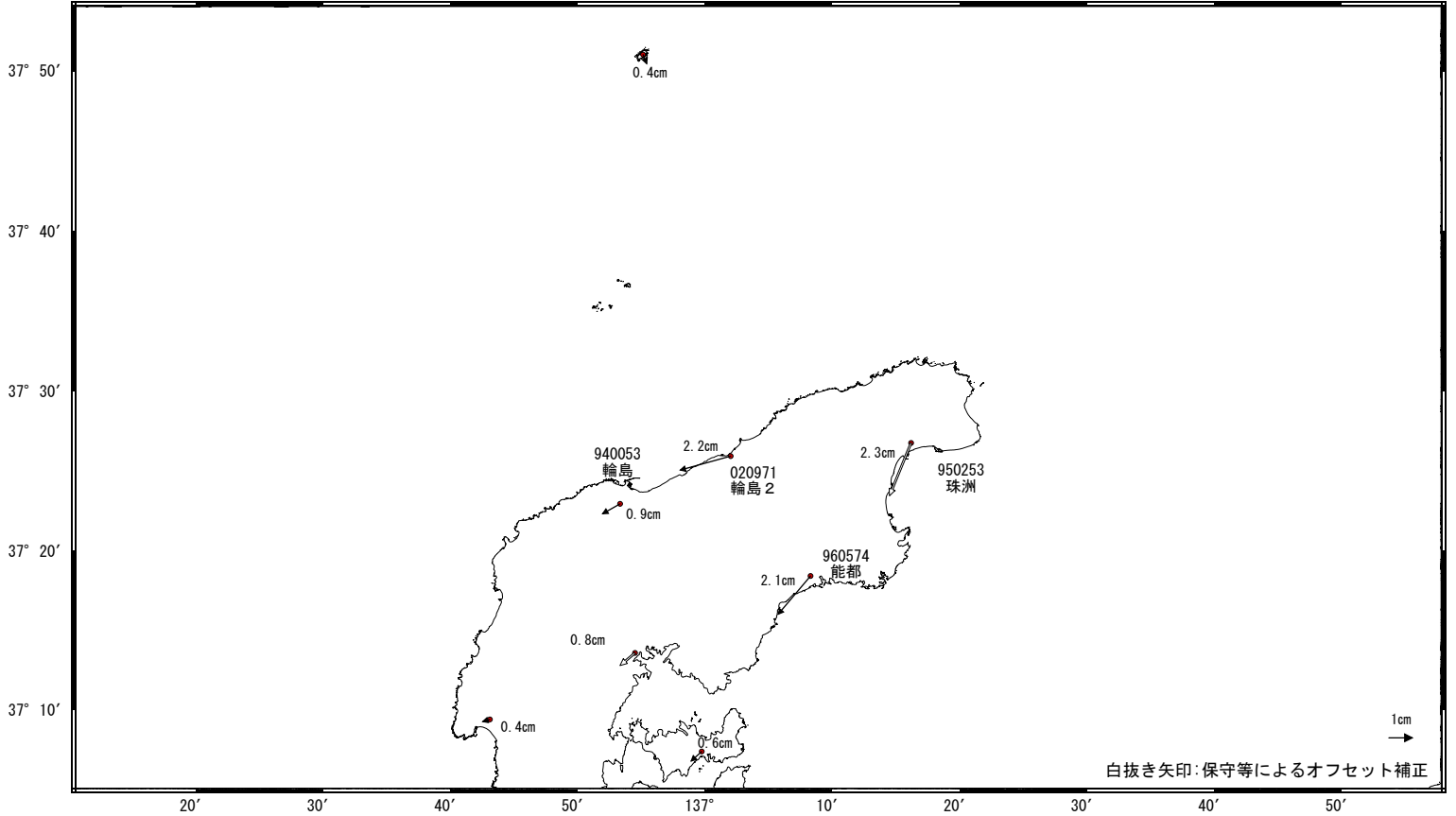


石川県能登地方の地殻変動（暫定）

ベクトル図（水平） （一次トレンド・年周成分・半年周成分除去後）

基準期間：2020-11-01～2020-11-07 [F5: 最終解]
比較期間：2023-07-16～2023-07-22 [R5: 速報解]

計算期間：2017-09-01～2020-09-01

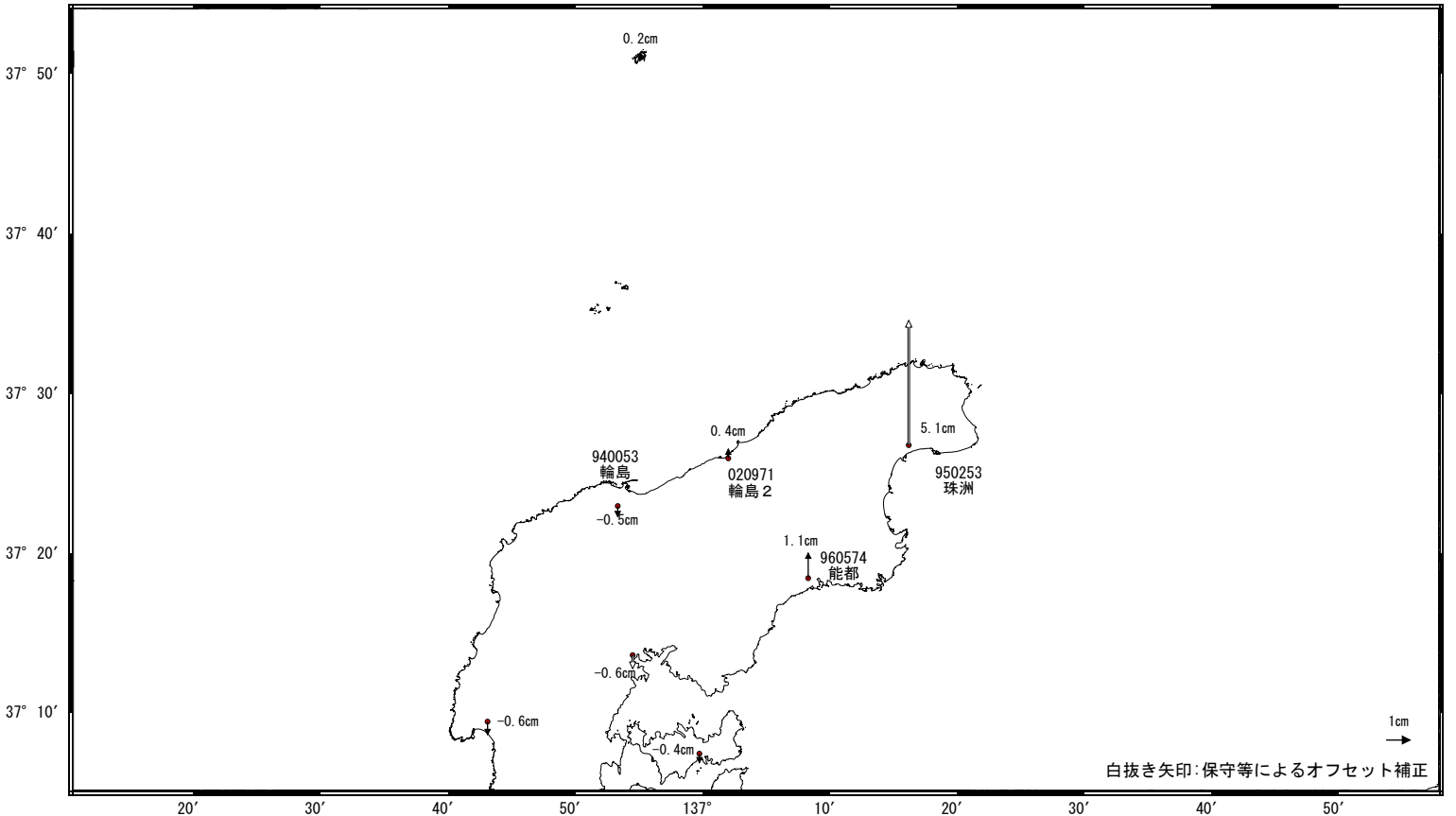


☆ 固定局：白鳥 (950282)

ベクトル図（上下） （一次トレンド・年周成分・半年周成分除去後）

基準期間：2020-11-01～2020-11-07 [F5: 最終解]
比較期間：2023-07-16～2023-07-22 [R5: 速報解]

計算期間：2017-09-01～2020-09-01



☆ 固定局：白鳥 (950282)

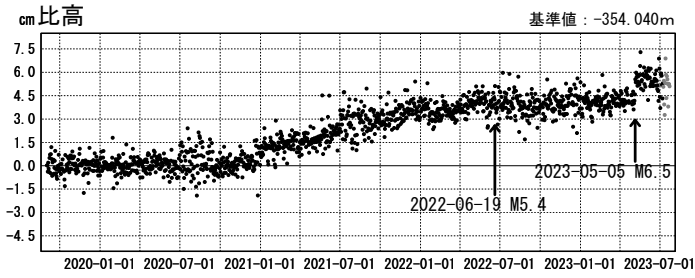
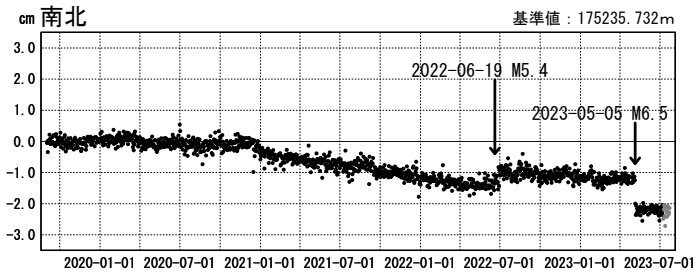
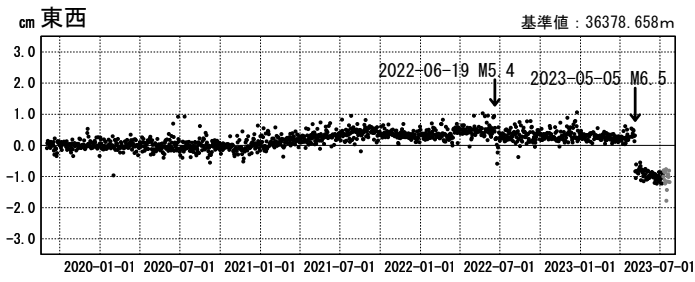
※電子基準点「珠洲」の位置が、地震（2022-06-19 M5.4）に伴いごくわずかに変化した可能性がある。

石川県能登地方の地殻変動（暫定）

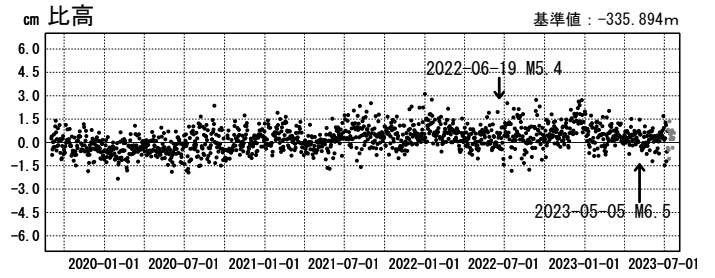
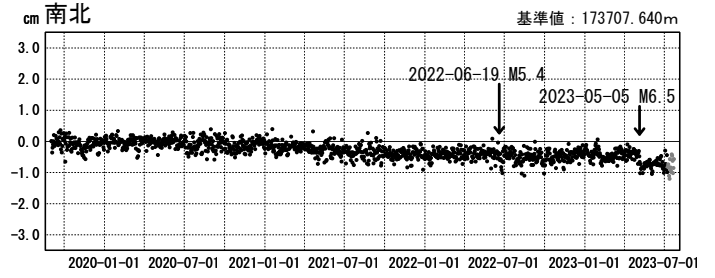
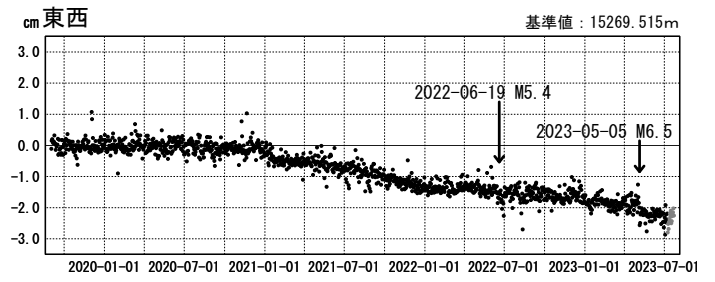
成分変化グラフ（一次トレンド・年周成分・半年周成分除去後）

期間：2019-09-01～2023-07-22 JST 計算期間：2017-09-01～2020-09-01

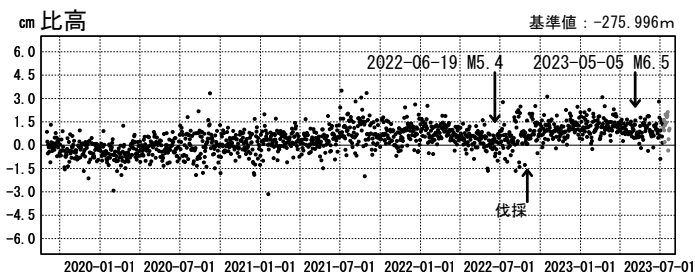
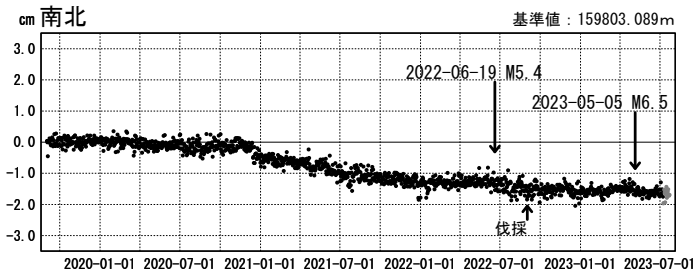
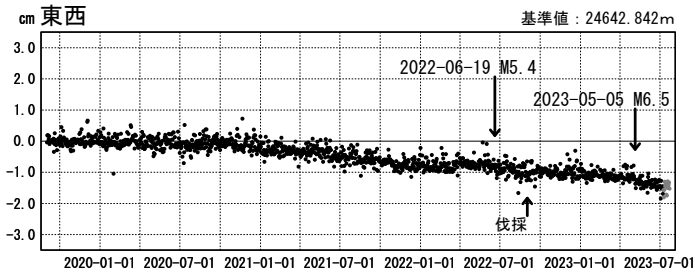
(1) 白鳥 (950282) → 珠洲 (950253)



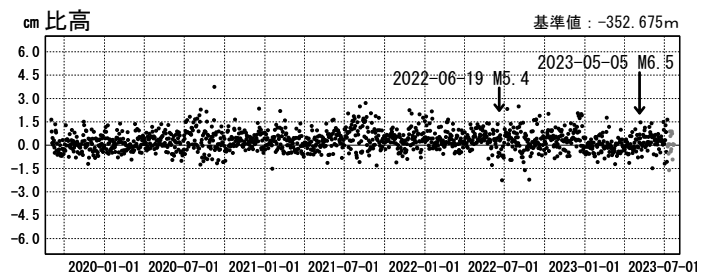
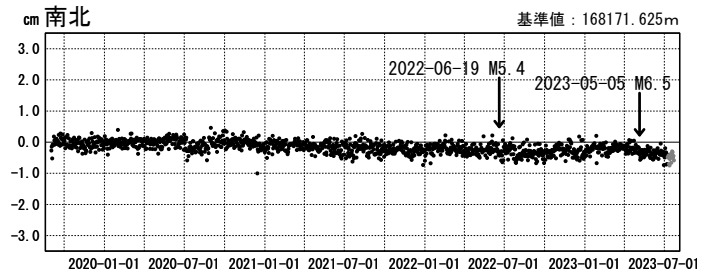
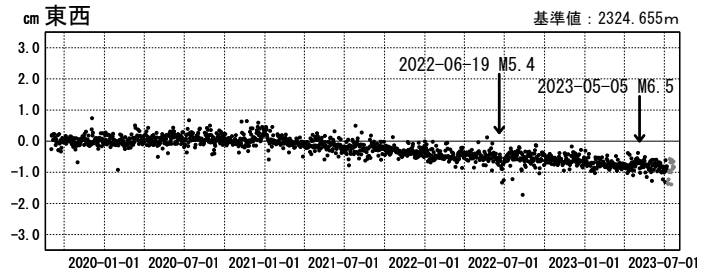
(2) 白鳥 (950282) → 輪島 2 (020971)



(3) 白鳥 (950282) → 能都 (960574)



(4) 白鳥 (950282) → 輪島 (940053)



●---[F5:最終解] ●---[R5:速報解]

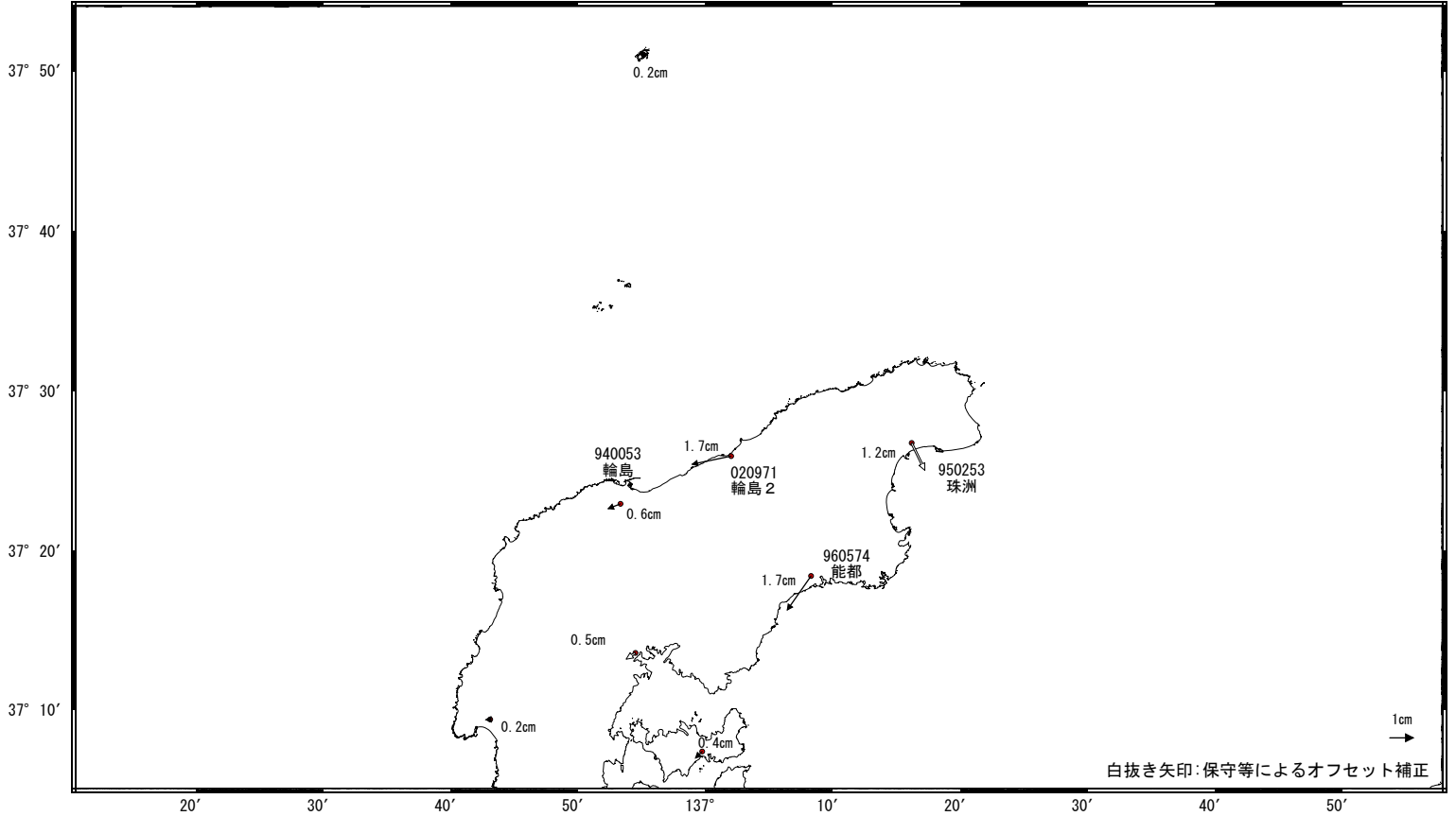
※電子基準点「珠洲」の位置が、地震（2022-06-19 M5.4）に伴いごくわずかに変化した可能性がある。

石川県能登地方の地震（5月5日 M6.5）前の観測データ

ベクトル図（水平） （一次トレンド・年周成分・半年周成分除去後）

基準期間：2020-11-01～2020-11-07 [F5:最終解]
比較期間：2023-04-28～2023-05-04 [F5:最終解]

計算期間：2017-09-01～2020-09-01

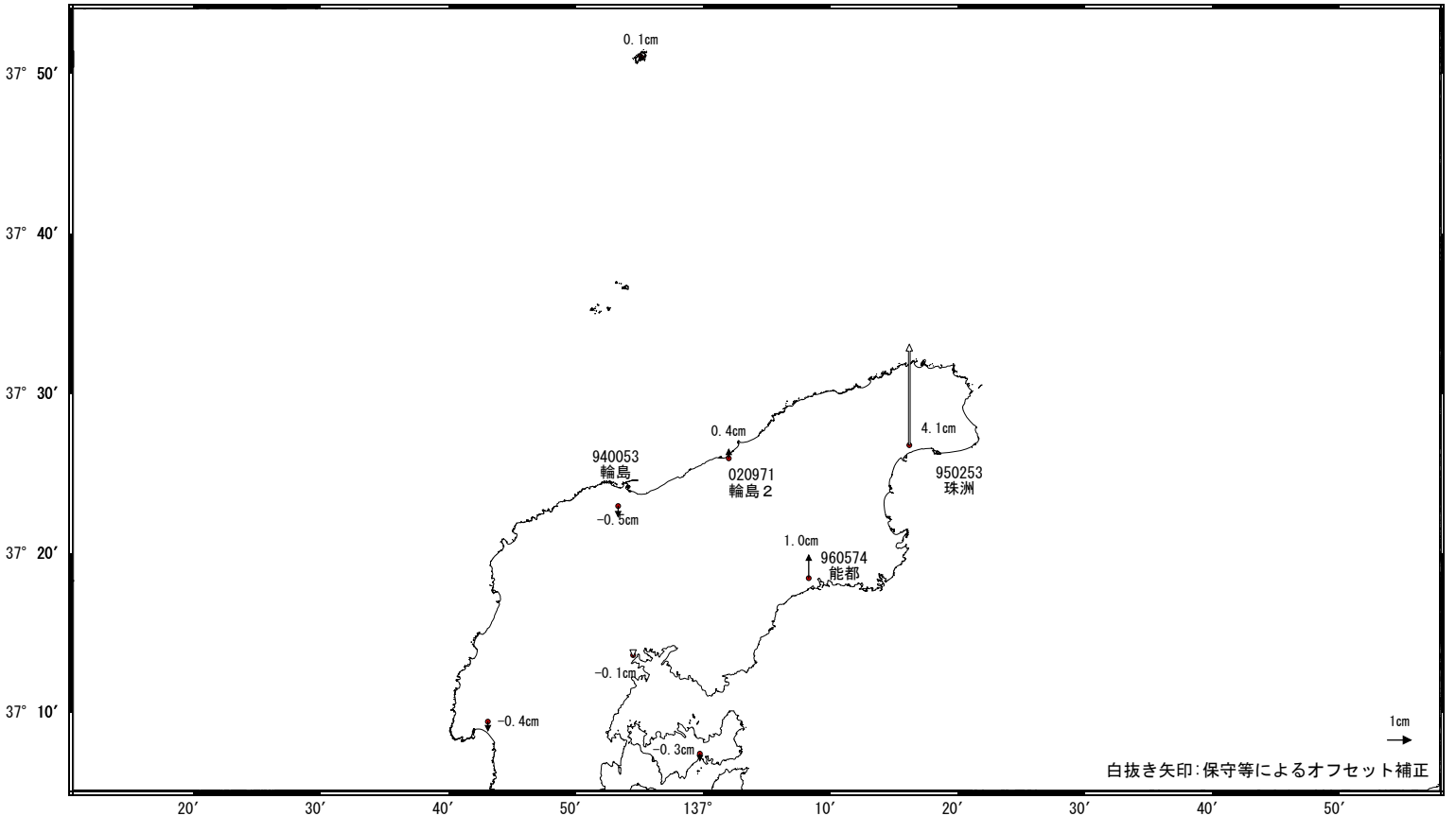


☆ 固定局：白鳥 (950282)

ベクトル図（上下） （一次トレンド・年周成分・半年周成分除去後）

基準期間：2020-11-01～2020-11-07 [F5:最終解]
比較期間：2023-04-28～2023-05-04 [F5:最終解]

計算期間：2017-09-01～2020-09-01



☆ 固定局：白鳥 (950282)

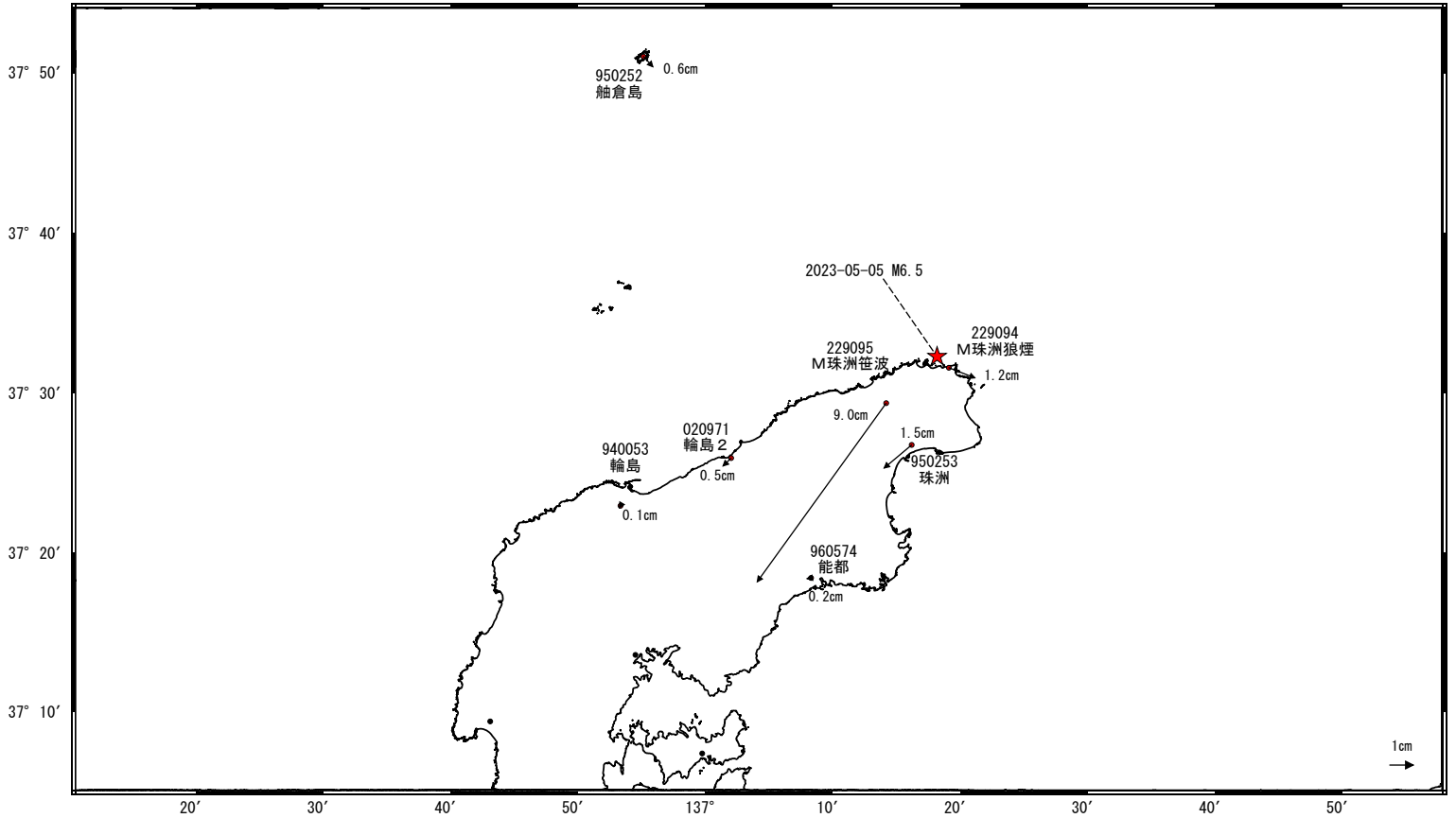
※電子基準点「珠洲」の位置が、地震（2022-06-19 M5.4）に伴いごくわずかに変化した可能性がある。

石川県能登地方の地震(5月5日 M6.5)前後の観測データ(暫定)

この地震に伴い地殻変動が観測された。

地殻変動(水平)

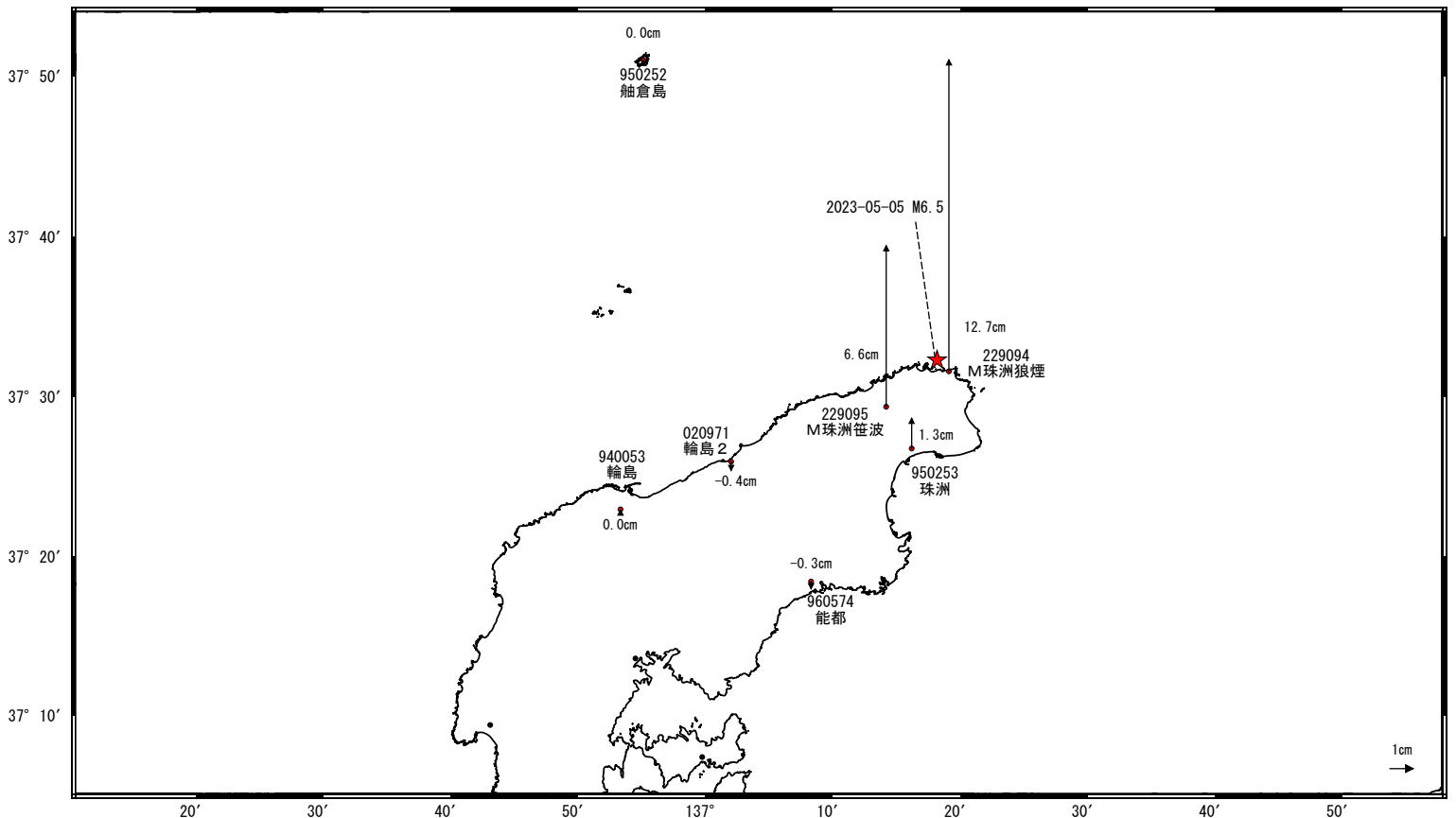
基準期間: 2023-04-26~2023-05-03 [F5: 最終解]
比較期間: 2023-05-06~2023-05-12 [F5: 最終解]



☆ 固定局: 小松 (950255) ★ 震央

地殻変動(上下)

基準期間: 2023-04-26~2023-05-03 [F5: 最終解]
比較期間: 2023-05-06~2023-05-12 [F5: 最終解]

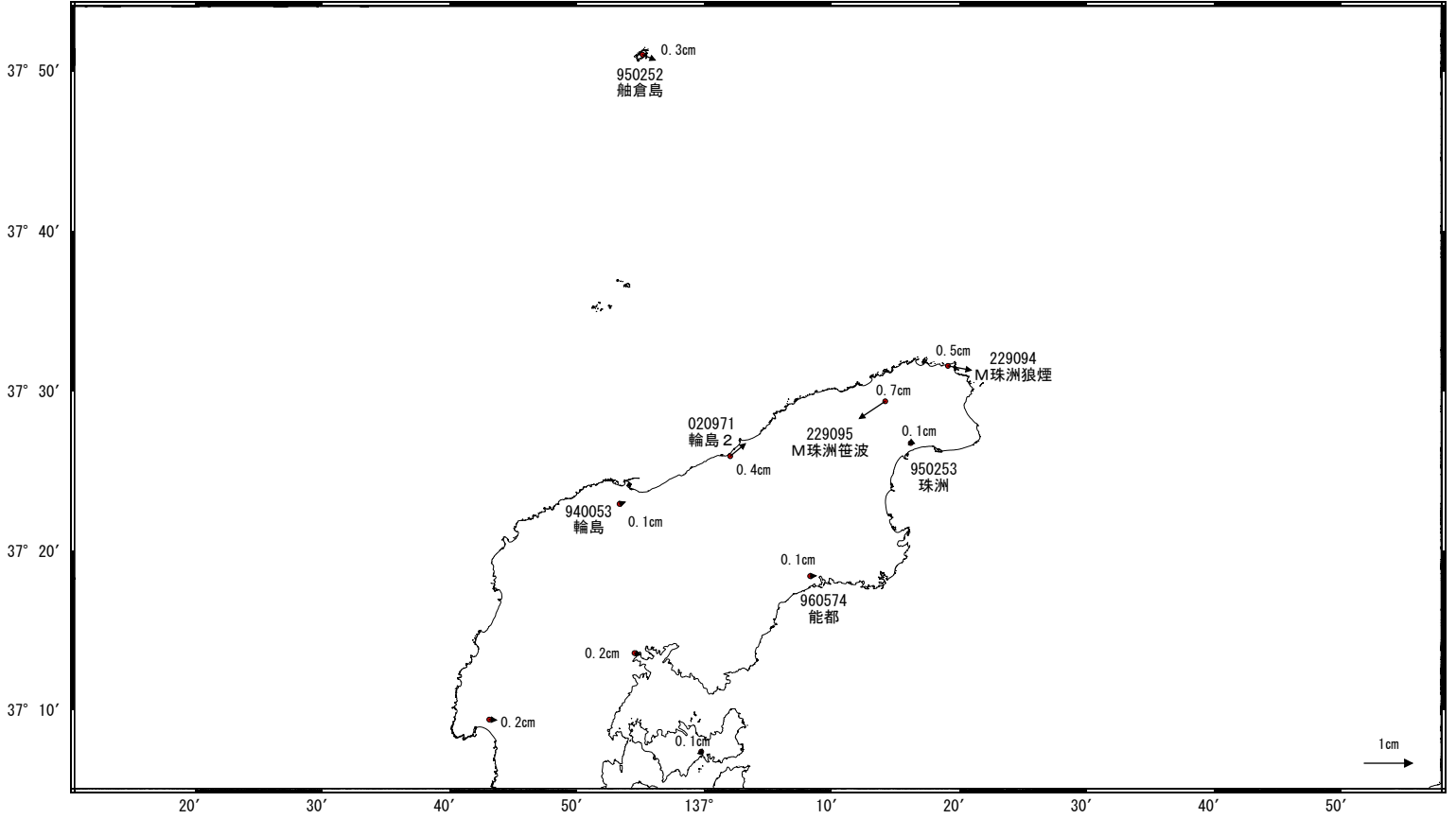


☆ 固定局: 小松 (950255) ★ 震央

石川県能登地方の地震(2023年5月5日)後の観測データ(暫定)

ベクトル図(水平)

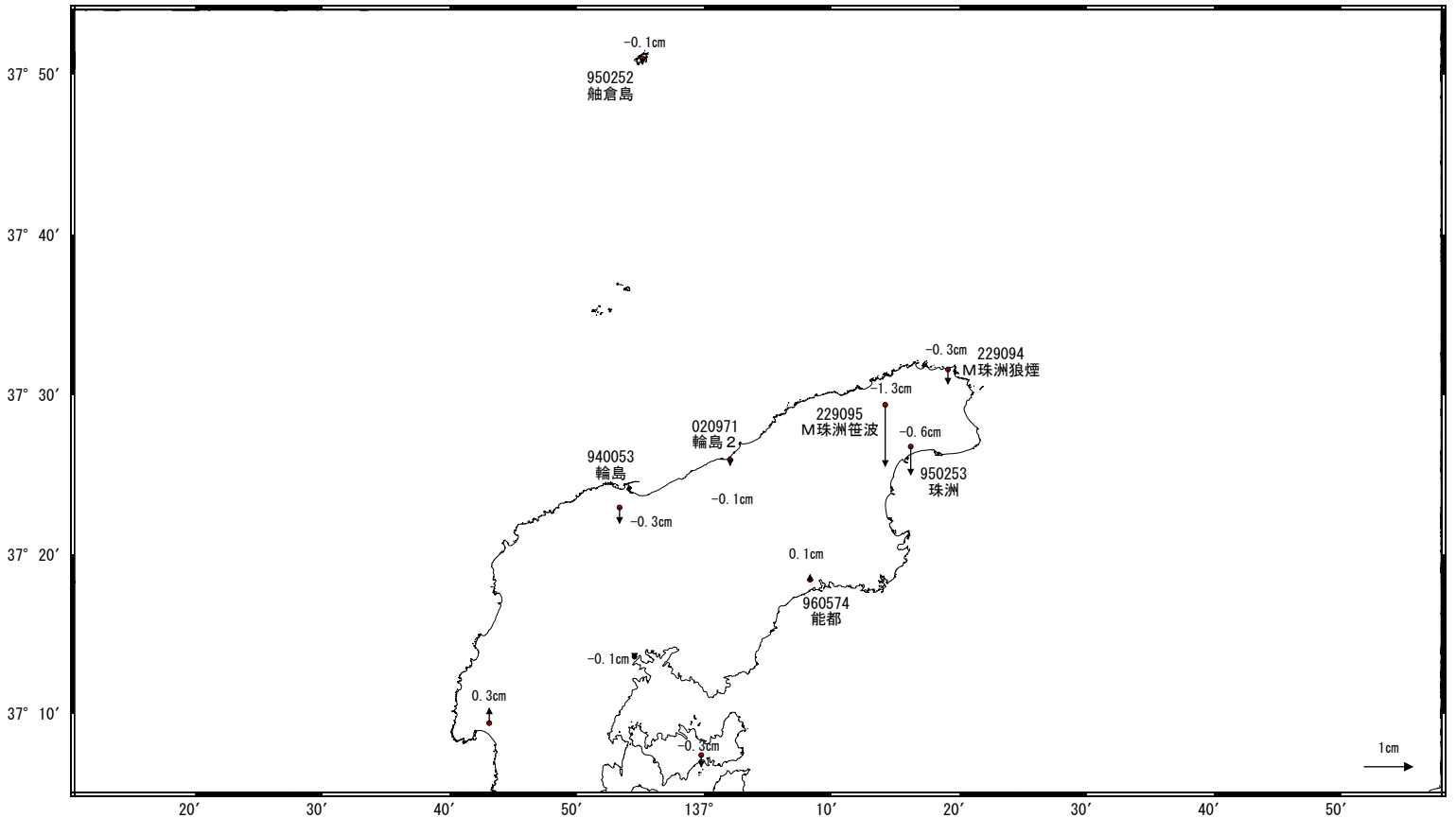
基準期間: 2023-05-07~2023-05-09 [F5: 最終解]
 比較期間: 2023-07-16~2023-07-22 [R5: 速報解]



☆ 固定局: 小松 (950255)

ベクトル図(上下)

基準期間: 2023-05-07~2023-05-09 [F5: 最終解]
 比較期間: 2023-07-16~2023-07-22 [R5: 速報解]

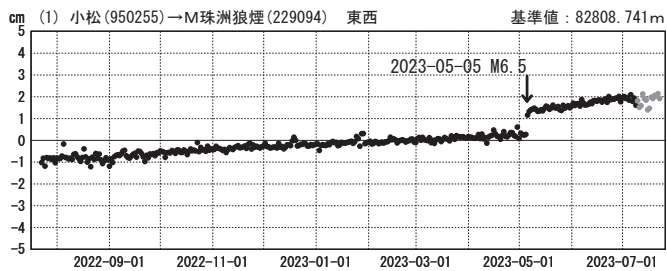


☆ 固定局: 小松 (950255)

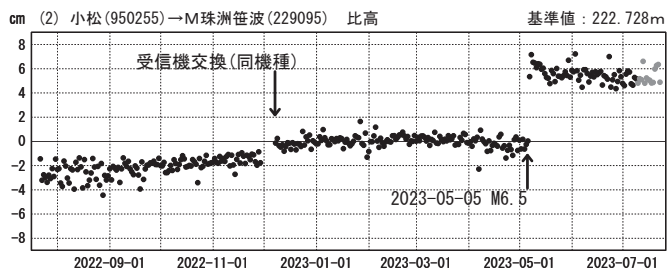
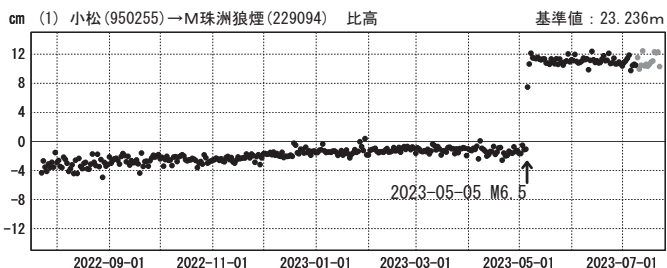
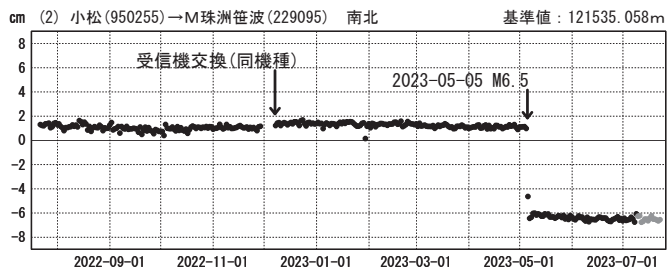
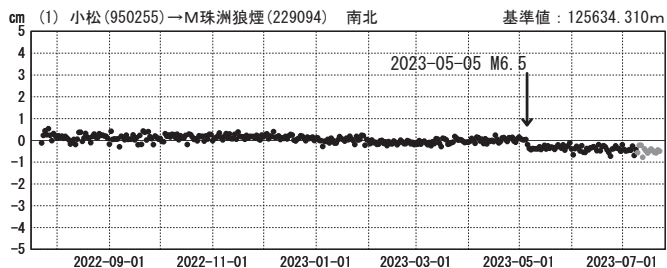
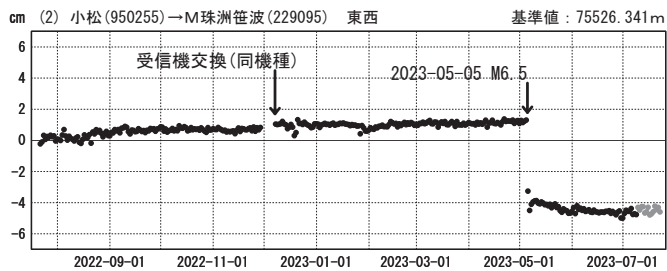
石川県能登地方の地殻変動（暫定）

成分変化グラフ

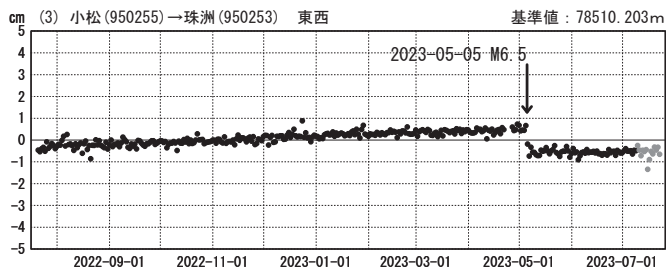
期間：2022-07-20～2023-07-22 JST



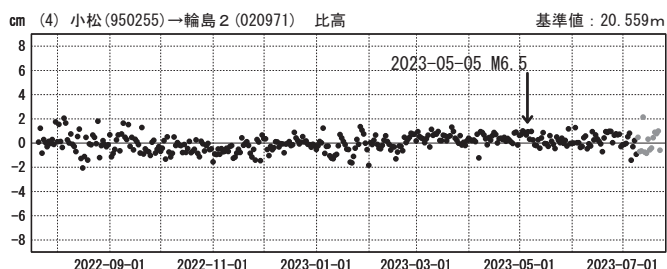
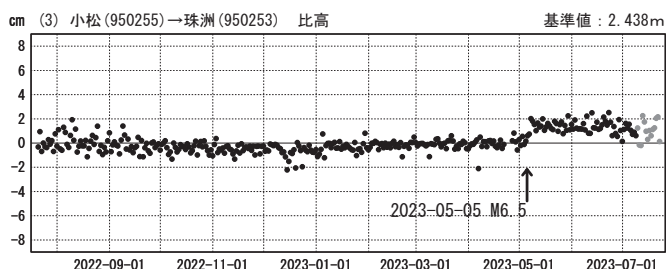
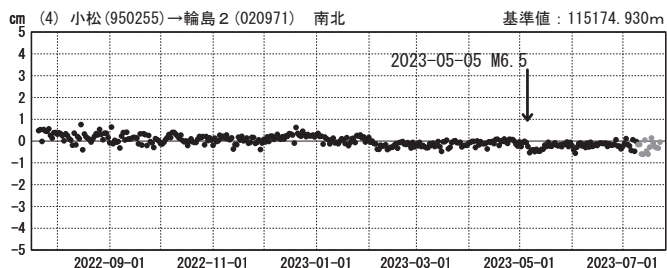
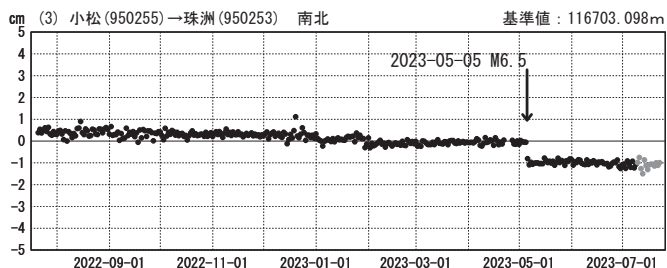
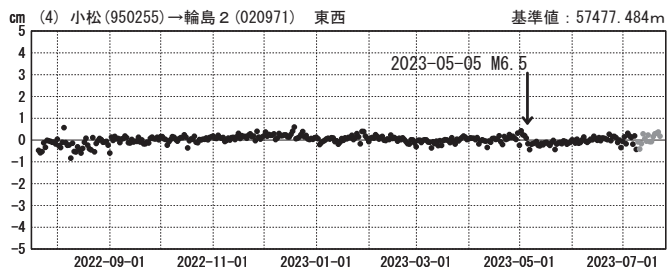
期間：2022-07-20～2023-07-22 JST



期間：2022-07-20～2023-07-22 JST



期間：2022-07-20～2023-07-22 JST

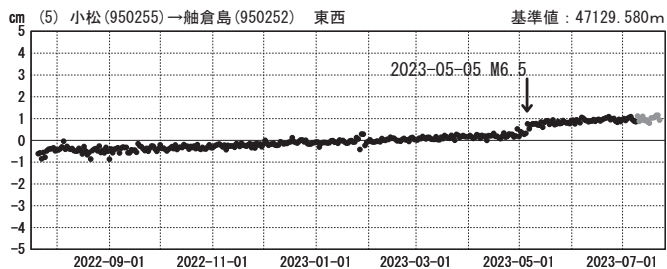


●---[F5:最終解] ●---[R5:速報解]

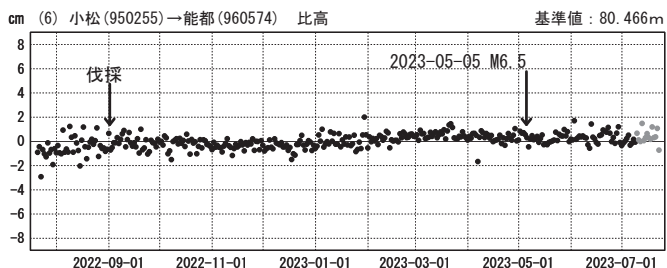
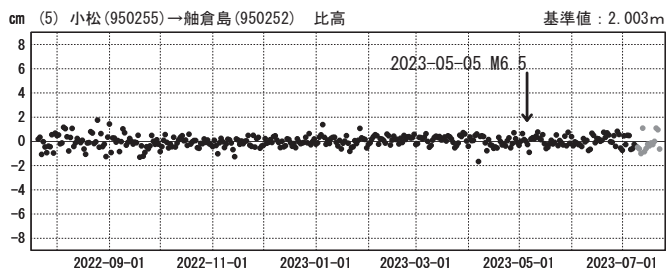
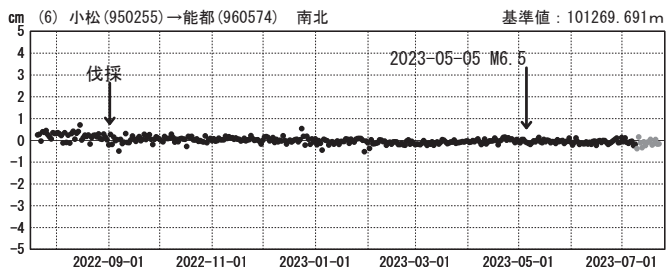
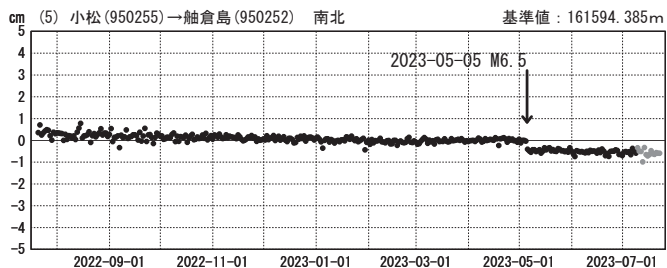
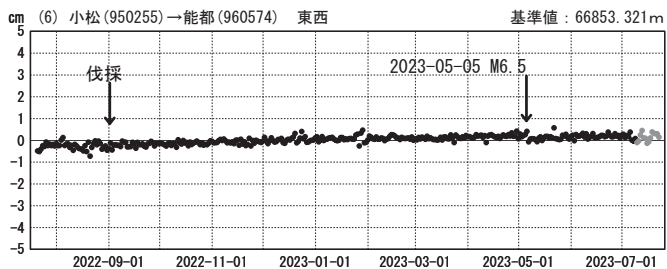
石川県能登地方の地殻変動（暫定）

成分変化グラフ

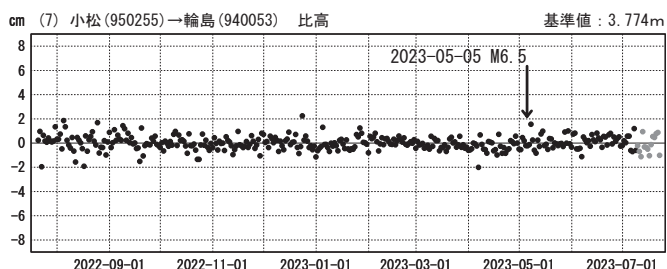
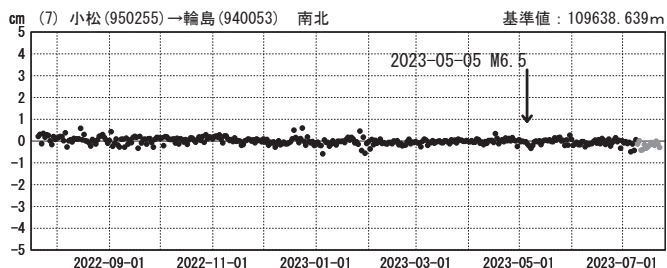
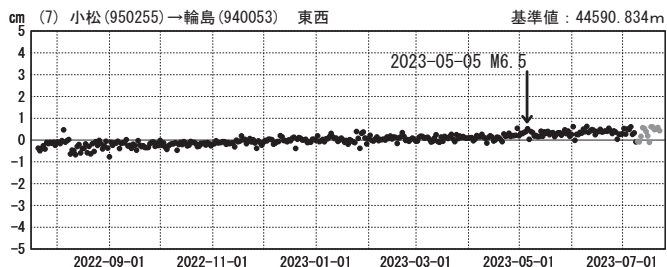
期間：2022-07-20～2023-07-22 JST



期間：2022-07-20～2023-07-22 JST



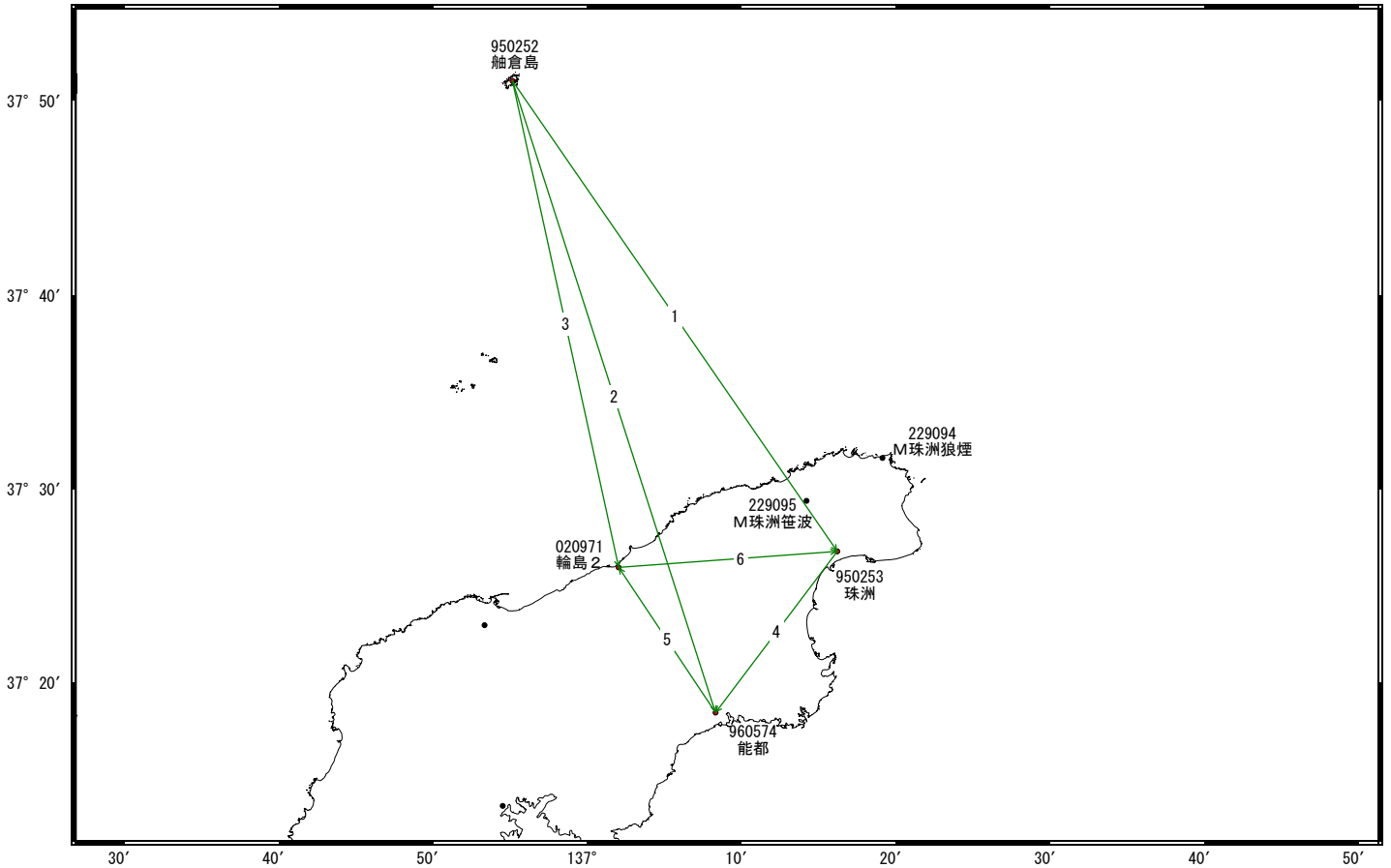
期間：2022-07-20～2023-07-22 JST



●---[F5:最終解] ●---[R5:速報解]

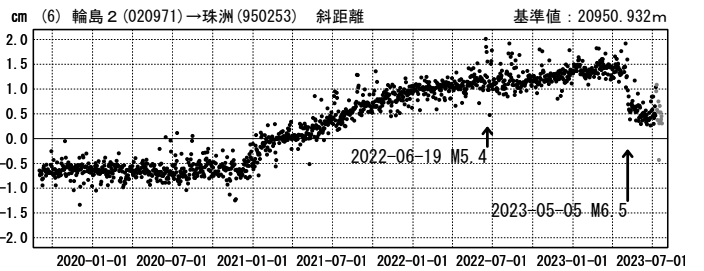
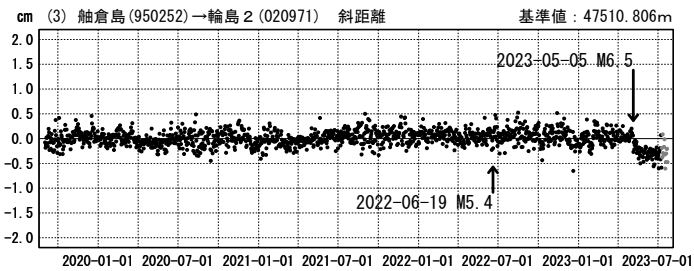
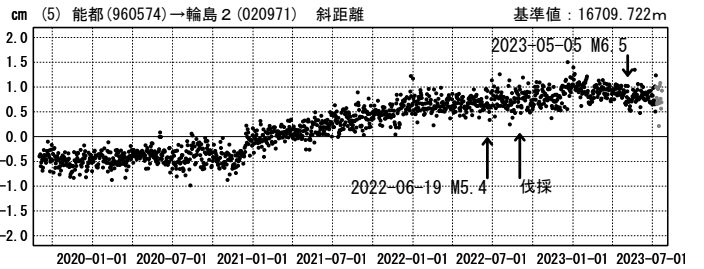
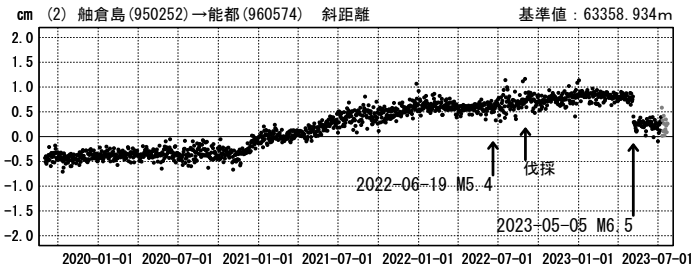
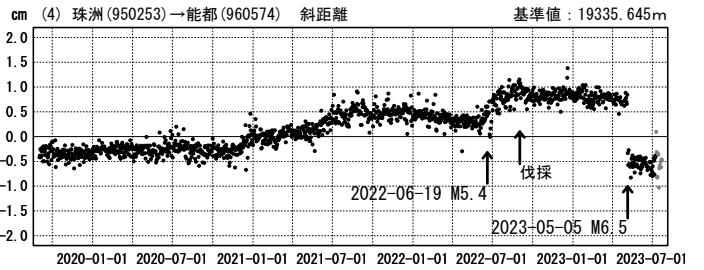
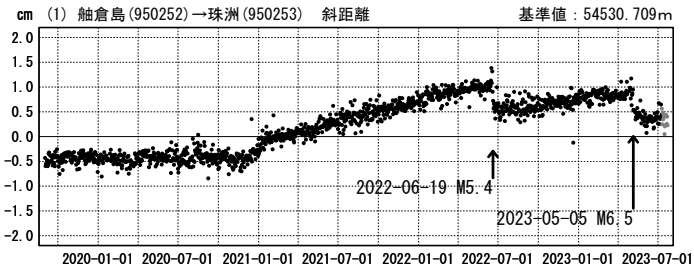
石川県能登地方の地殻変動（暫定）

基線図



基線変化グラフ（一次トレンド・年周成分・半年周成分除去後）

期間：2019-09-01～2023-07-22 JST 計算期間：2017-09-01～2020-09-01



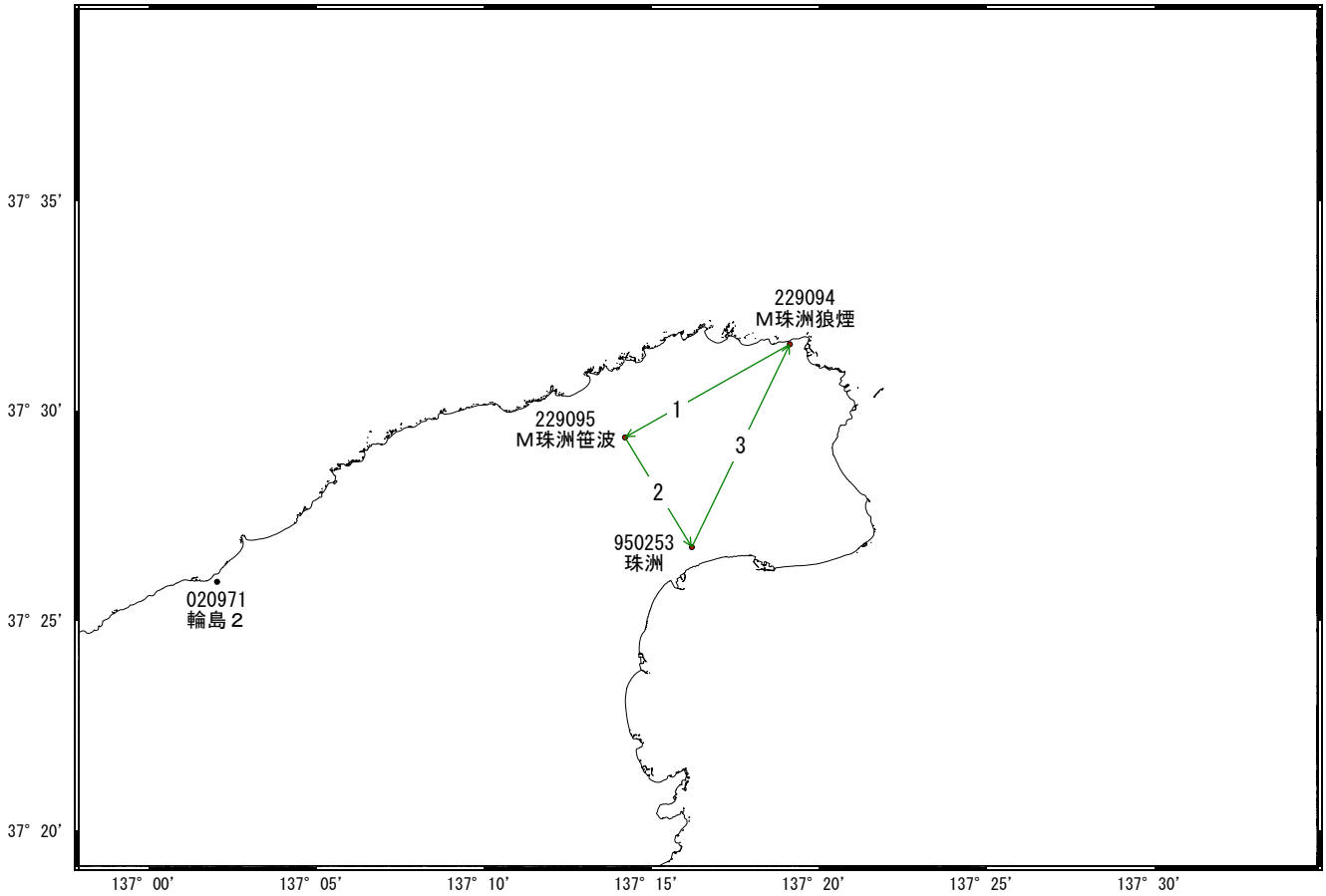
●—[F5:最終解] ●—[R5:速報解]

※電子基準点「珠洲」の位置が、地震（2022-06-19 M5.4）に伴いごくわずかに変化した可能性がある。

石川県能登地方の地殻変動（暫定）

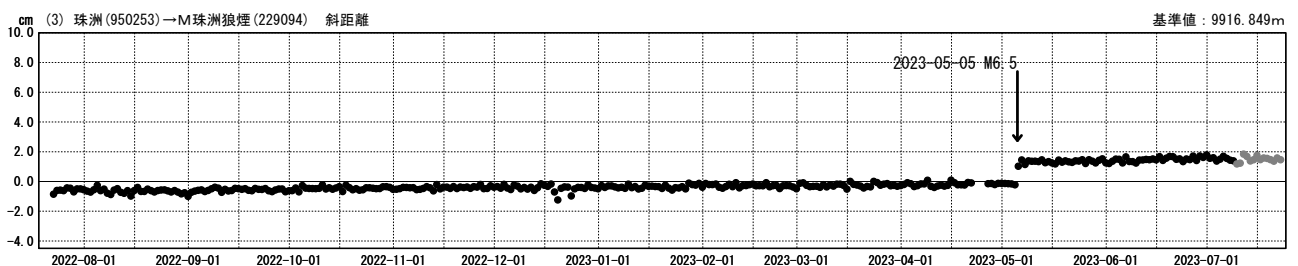
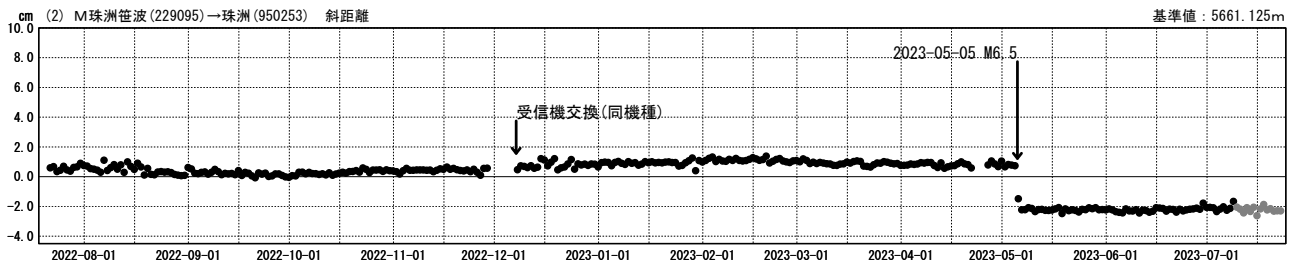
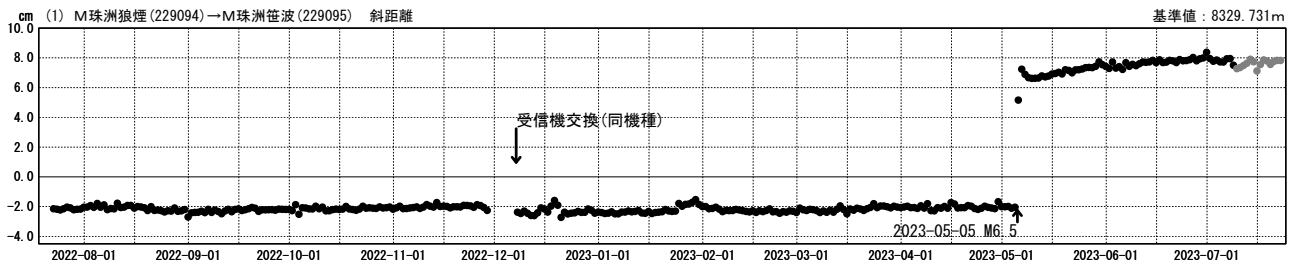
— 可搬型GNSS連続観測装置（REGMOS）による観測結果 —

基線図



基線変化グラフ

期間：2022-07-20～2023-07-22 JST



●— [F5:最終解] ●— [R5:速報解]

系統的な欠測を伴う地震カタログから実際の活動率変化の推定：

M6.5 能登半島地震の余震活動について

尾形良彦 熊澤貴雄（統計数理研究所）

- ・余震の最大のものは、本震と同等かそれ以上に破壊的または致命的なものになる可能性がある。それらは本震直後に発生する可能性がある。本報告では、即時的予測を目的とするために、検出マグニチュードデータの統計的特徴から各地震の検出確率を推定し、定常 ETAS モデルや非定常 ETAS モデルの推定方法を示した。
- ・群発地震活動が発生している領域の北辺で今年 5 月 5 日に M6.5 の地震が発生した。群発地震活動と余震活動の詳細を前記のモデルを使用して、本震以降の数か月間の活動について、約 1 万 5 千の検出地震に基づいて調べてみた。
- ・参考のため、欠測効果を考慮しないで $M \geq 1.5$ の余震に対して、従来の非定常 ETAS モデルを当て嵌めた結果と比べ、定性的に似た結果を得ている。

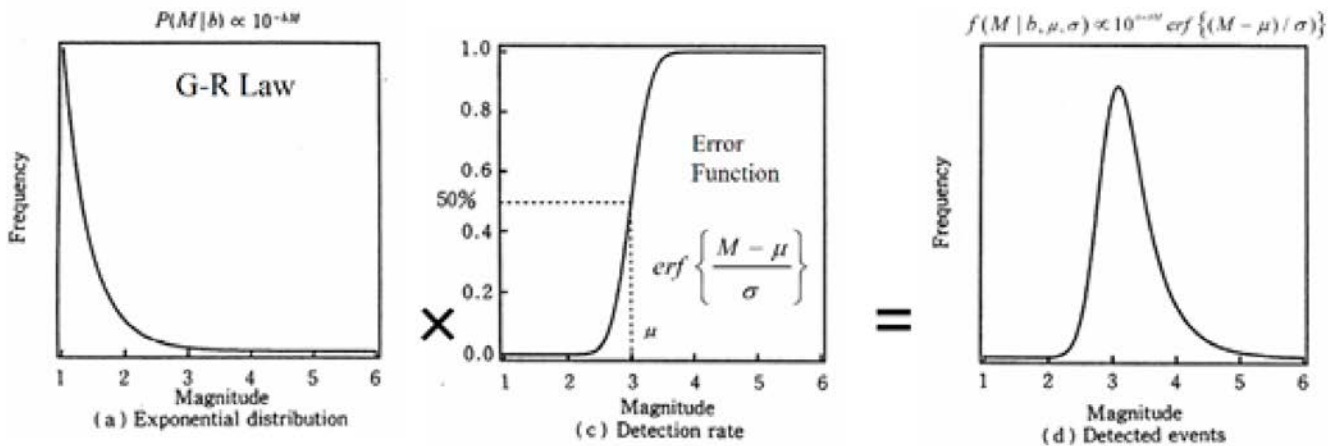


図 1. 検出マグニチュード分布モデルの模式図。

以下の図 2 - 図 4 では、本震直後を詳しく見るために、余震の順番についての变化図もならべた。

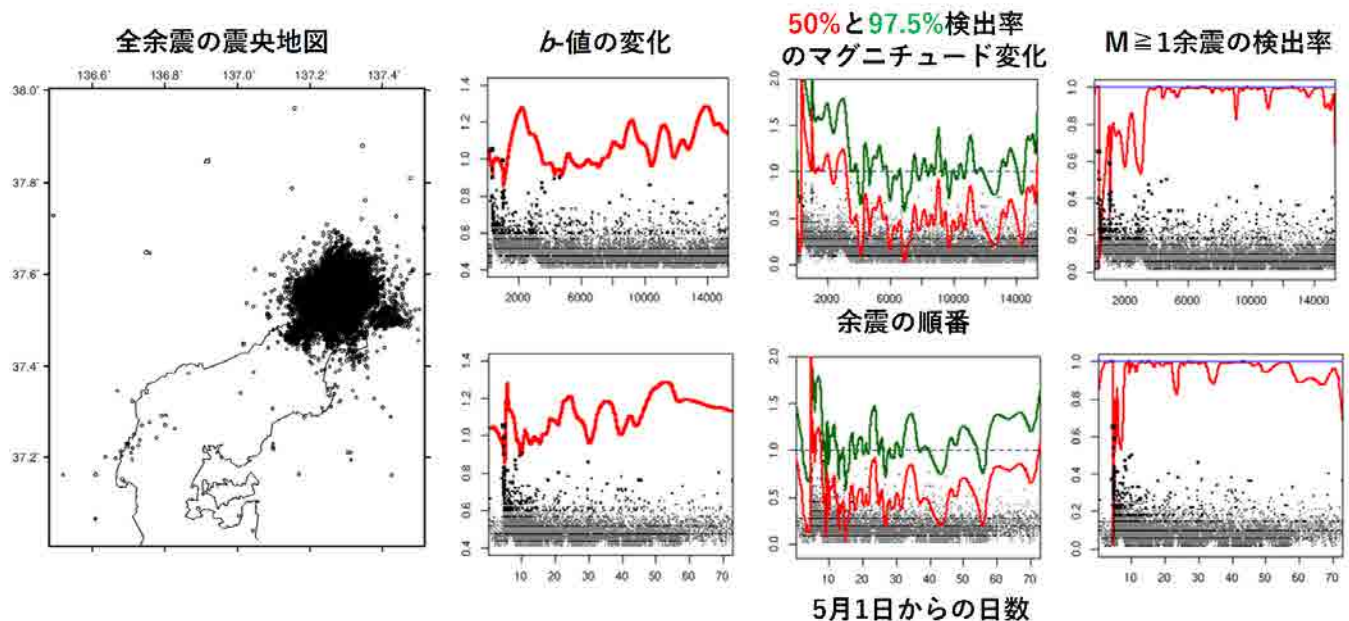


図2。2023年5月 能登半島 M6.5の余震とそれらの検出率。

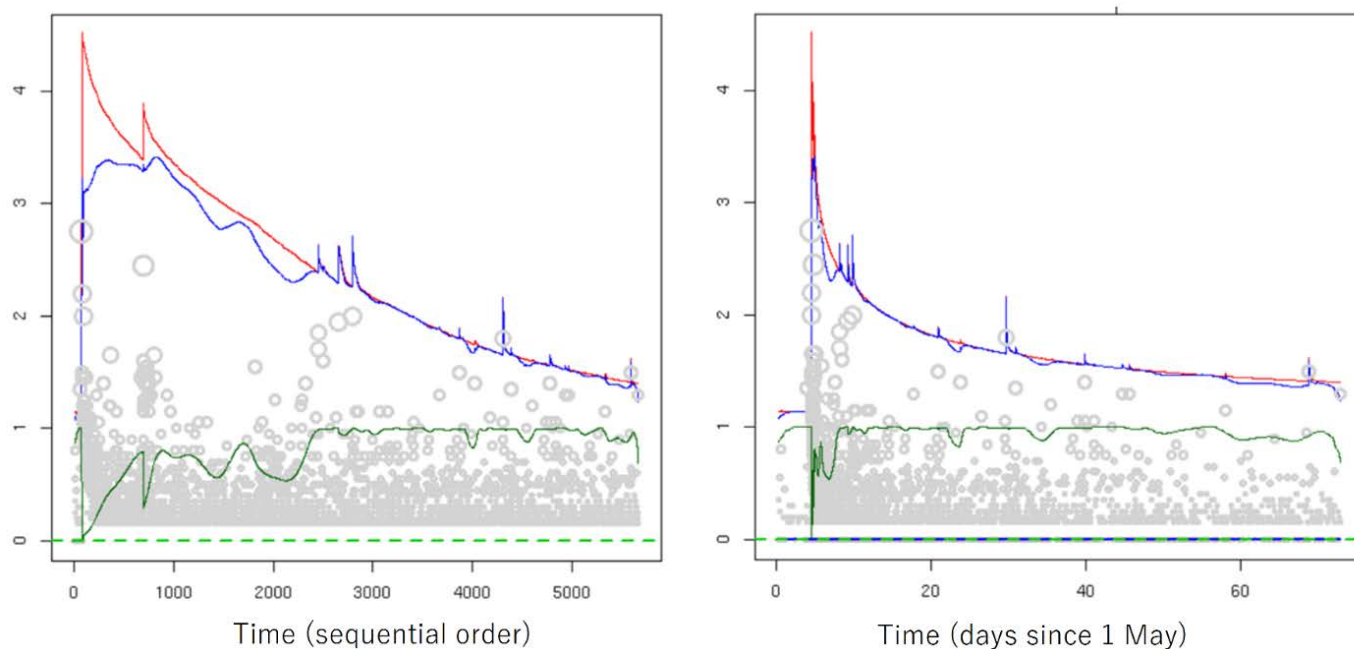


図3。2023年5月 能登半島 M6.5の余震： 定常ETASモデル適合

赤色曲線は $M \geq 1$ 余震の基本活動率の推定値（常用対数）、青色曲線は活動率の観測値（常用対数）、緑色曲線は $M \geq 1$ 余震の検出率（線形スケール）、灰色の円は $M \geq 1$ 余震のマグニチュード（線形スケール）。平軸は、左図が地震の順番で右図が5月1日からの日数。

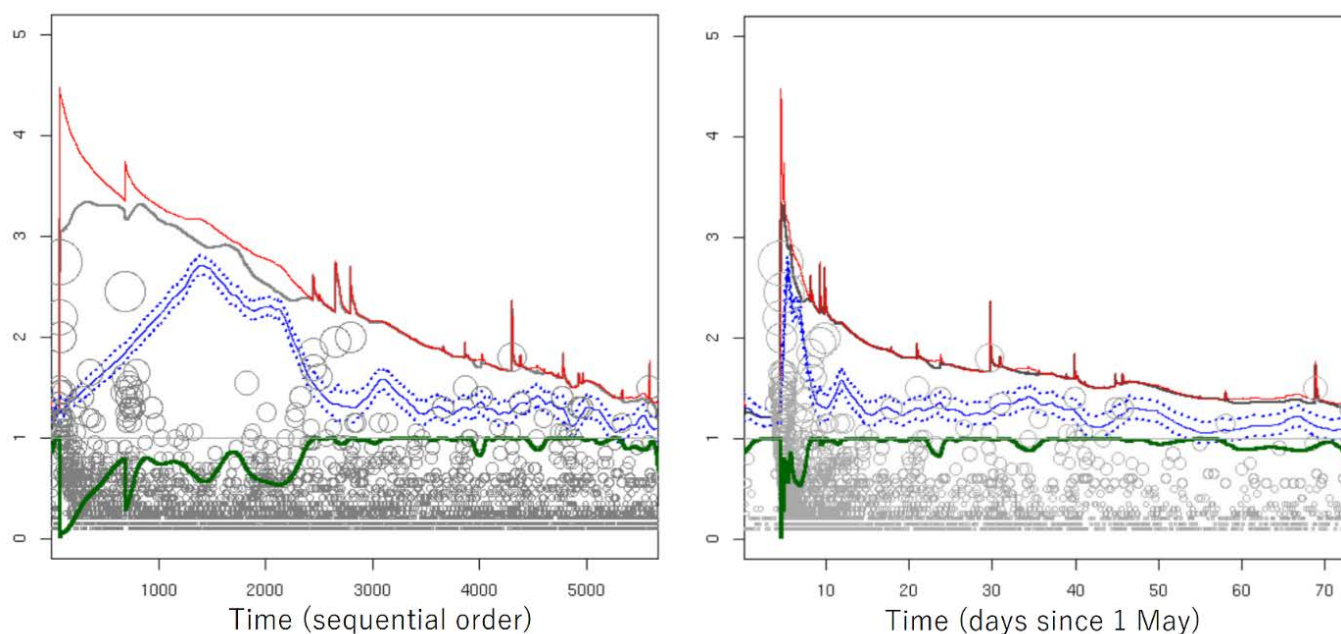


図4。2023年5月 能登半島 M6.5の余震： 非定常ETASモデル適合

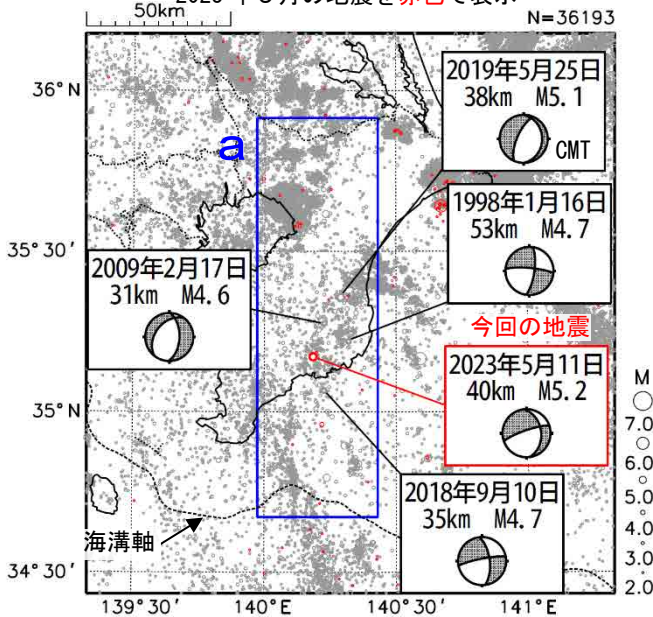
赤色曲線は $M \geq 1$ 余震の基本活動率の推定値（常用対数）、灰色曲線は活動率の観測値（常用対数）、誤差付き青色曲線はバックグラウンド発生率（常用対数）、緑色曲線は $M \geq 1$ 余震の検出率（線形スケール）、灰色の円は $M \geq 1$ 余震のマグニチュード（線形スケール）。水平軸は、左図が地震の順番で右図が5月1日からの日数。

5月11日 千葉県南部の地震

震央分布図

(1997年10月1日～2023年5月31日、
深さ0～120km、M≥2.0)

2023年5月の地震を赤色で表示

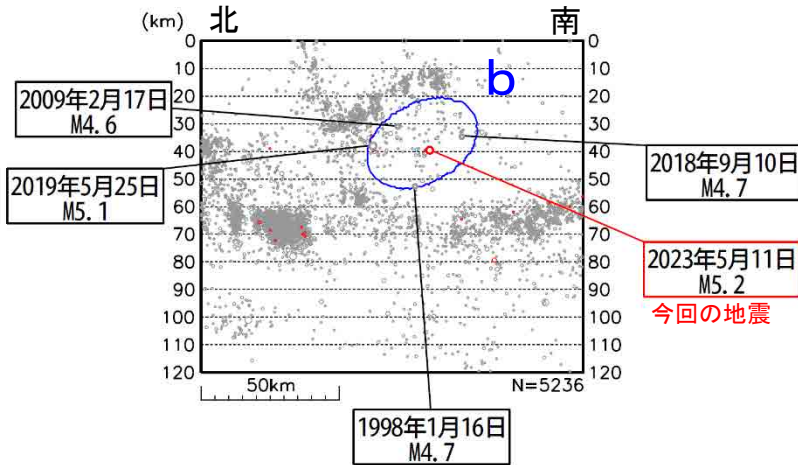


2023年5月11日04時16分に千葉県南部の深さ40kmでM5.2の地震(最大震度5強)が発生した。この地震はフィリピン海プレート内部で発生した。この地震の発震機構は北西-南東方向に張力軸を持つ型である。この地震により、軽傷9人、住家一部破損17棟の被害が生じた(2023年5月18日17時00分現在、総務省消防庁による)。

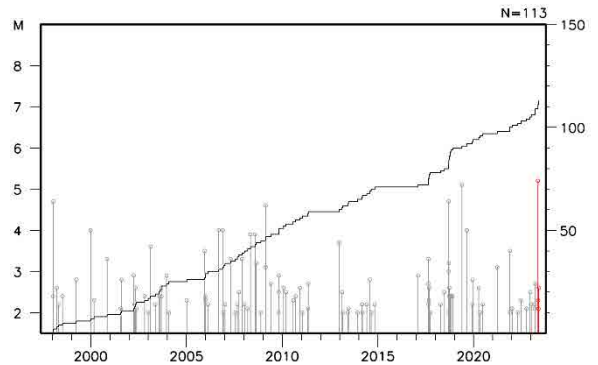
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近(領域b)では、M5程度の地震が時々発生している。2019年5月25日にはM5.1の地震(最大震度5弱)が発生した。

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1923年9月1日の関東地震の余震のほか、M6.0以上の地震が時々発生している。1987年12月17日の千葉県東方沖の地震(M6.7、最大震度5)では、死者2人、負傷者161人、住家全壊16棟、住家半壊102棟、住家一部破損7万余棟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a内の断面図(南北投影)



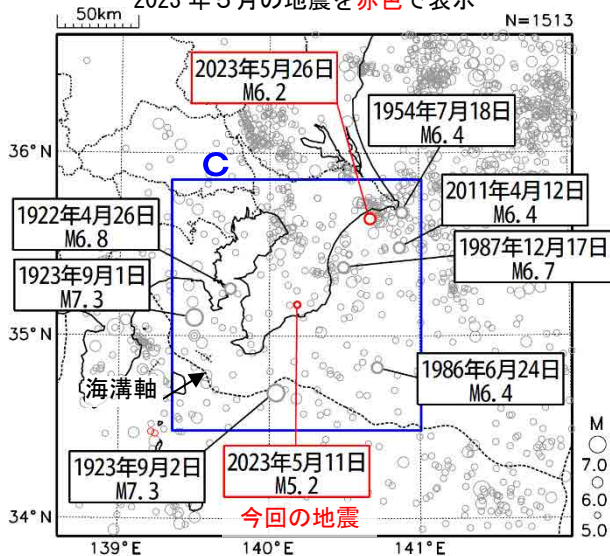
領域b内のM-T図及び回数積算図



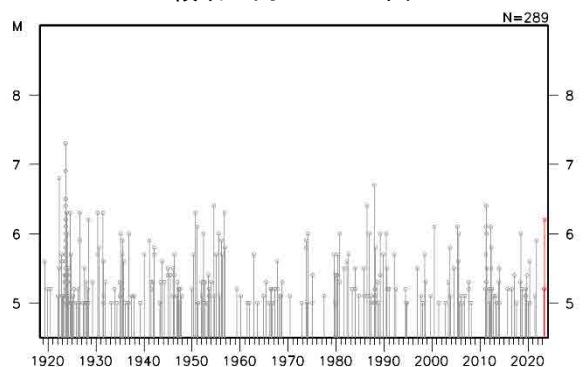
震央分布図

(1919年1月1日～2023年5月31日、
深さ0～120km、M≥5.0)

2023年5月の地震を赤色で表示

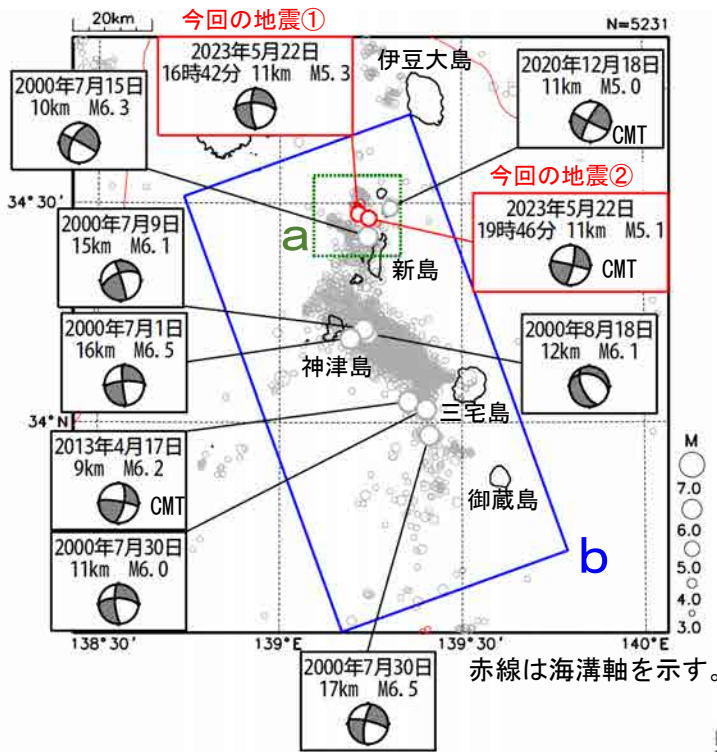


領域c内のM-T図



新島・神津島近海の地震活動

震央分布図
(1997年10月1日～2023年5月31日、
深さ0～30km、 $M \geq 3.0$)
2023年5月の地震を赤色で表示

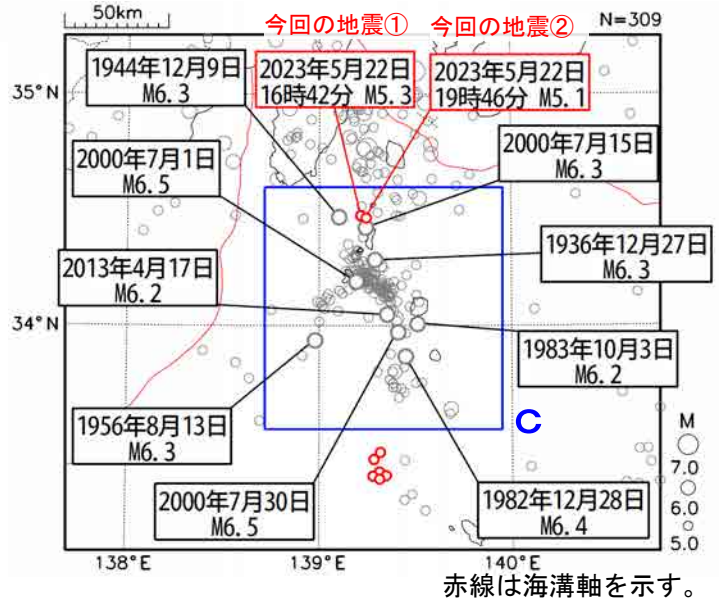


新島・神津島近海の領域 a では、2023年5月22日から地震活動が活発となっており、31日までに震度1以上を観測した地震が61回（震度5弱：1回、震度4：1回、震度3：4回、震度2：13回、震度1：42回）発生している。5月22日16時42分には深さ11kmでM5.3の地震（最大震度5弱、今回の地震①）が、同日19時46分には深さ11kmでM5.1の地震（最大震度4、今回の地震②）が発生した。これらの地震はフィリピン海プレートの地殻内で発生した。今回の地震①の発震機構は北西-南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型である。今回の地震②の発震機構（CMT解）は北北西-南南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型である。

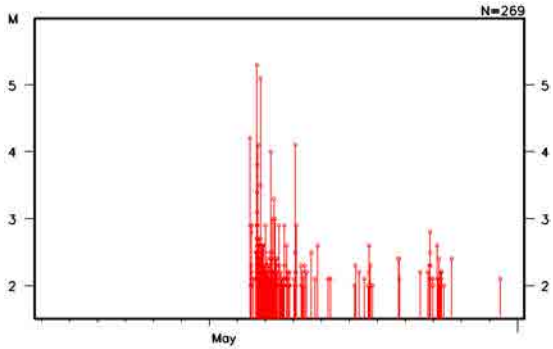
1997年10月以降の活動をみると、新島・神津島から三宅島にかけての領域 b で、三宅島の火山活動が活発であった2000年の7月から8月にかけてM6.0以上の地震が6回発生した。このうち7月1日に発生したM6.5の地震により、死者1名などの被害が生じた（総務省消防庁による）。

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M6.0以上の地震が時々発生している。

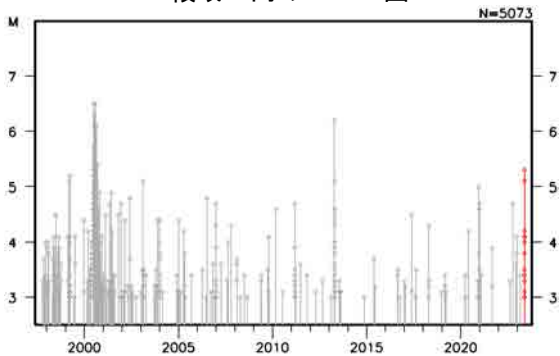
震央分布図
(1919年1月1日～2023年5月31日、
深さ0～30km、 $M \geq 5.0$)



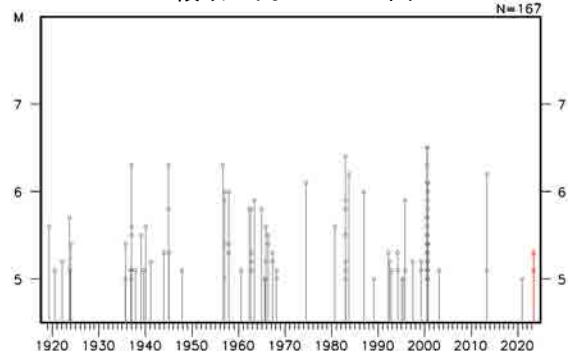
領域 a 内のM-T図
(2023年5月15日～31日、 $M \geq 2.0$)



領域 b 内のM-T図



領域 c 内のM-T図

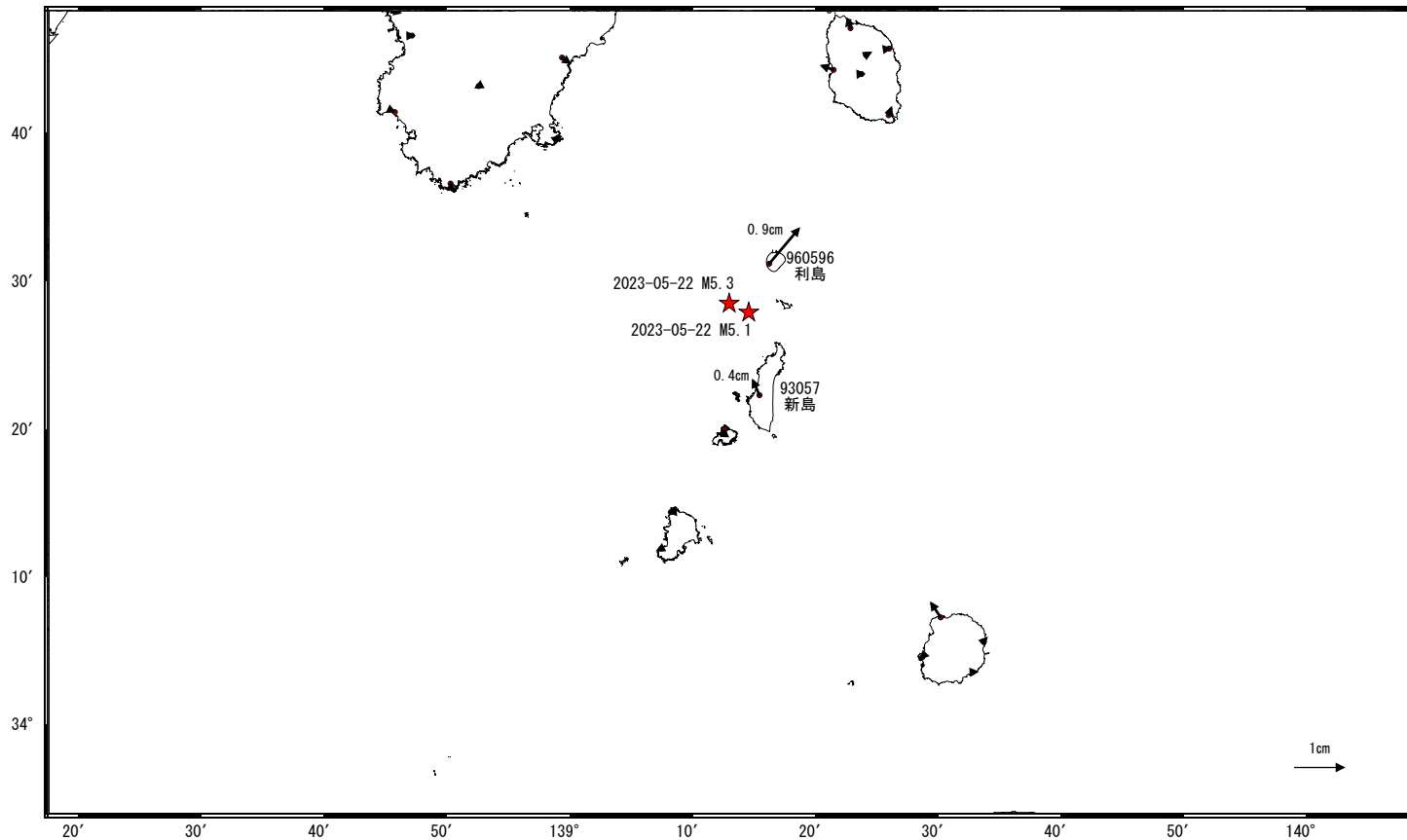


新島・神津島近海の地震活動(最大地震 5月22日 M5.3)の観測データ

この地震に伴わずかな地殻変動が観測された。

地殻変動 (水平)

基準期間: 2023-05-13~2023-05-20 [F5: 最終解]
比較期間: 2023-05-23~2023-05-30 [F5: 最終解]

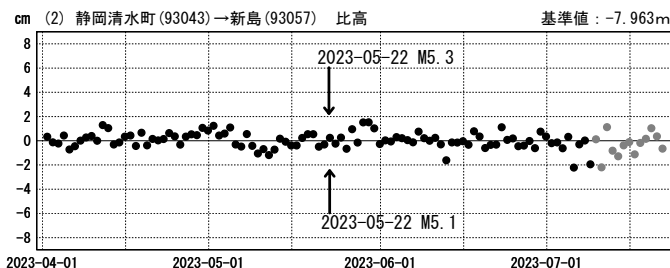
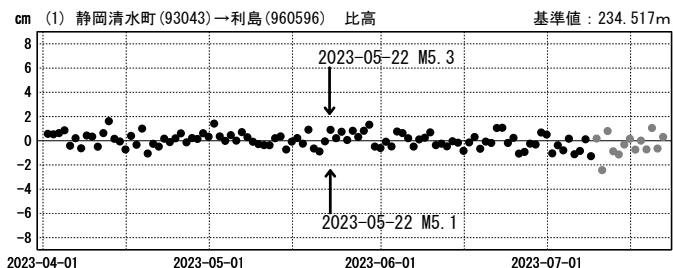
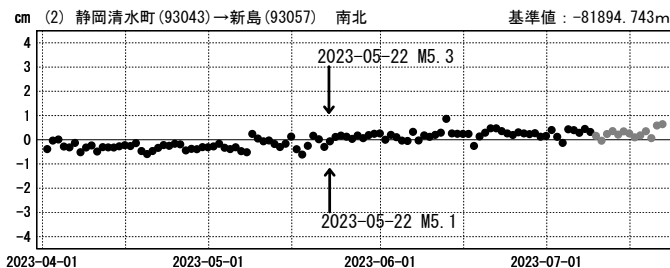
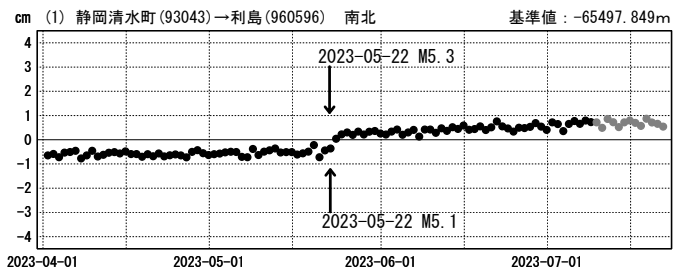
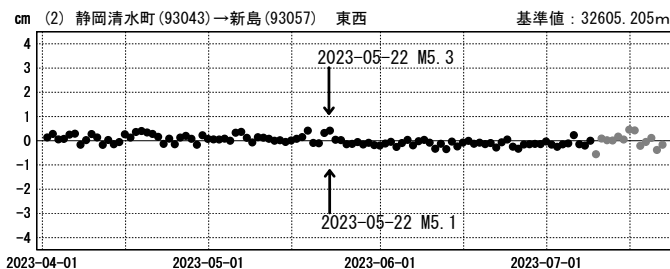
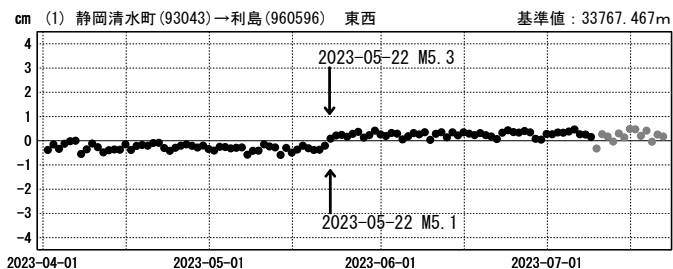


★ 震央
☆ 固定局: 静岡清水町 (93043)

成分変化グラフ

期間: 2023-04-01~2023-07-22 JST

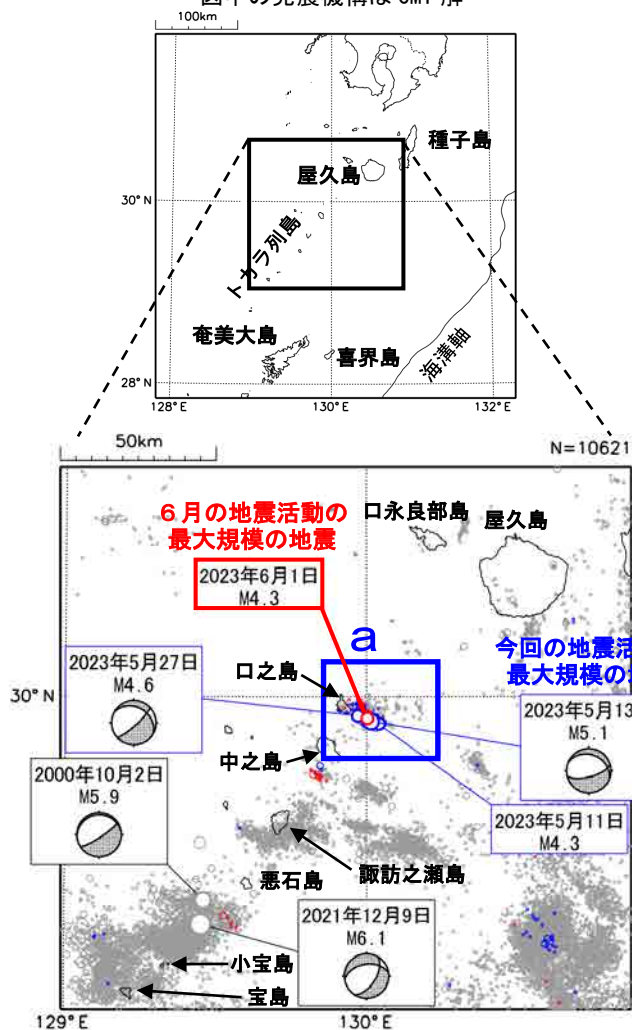
期間: 2023-04-01~2023-07-22 JST



●— [F5: 最終解] ●— [R5: 速報解]

トカラ列島近海の地震活動（口之島・中之島付近）

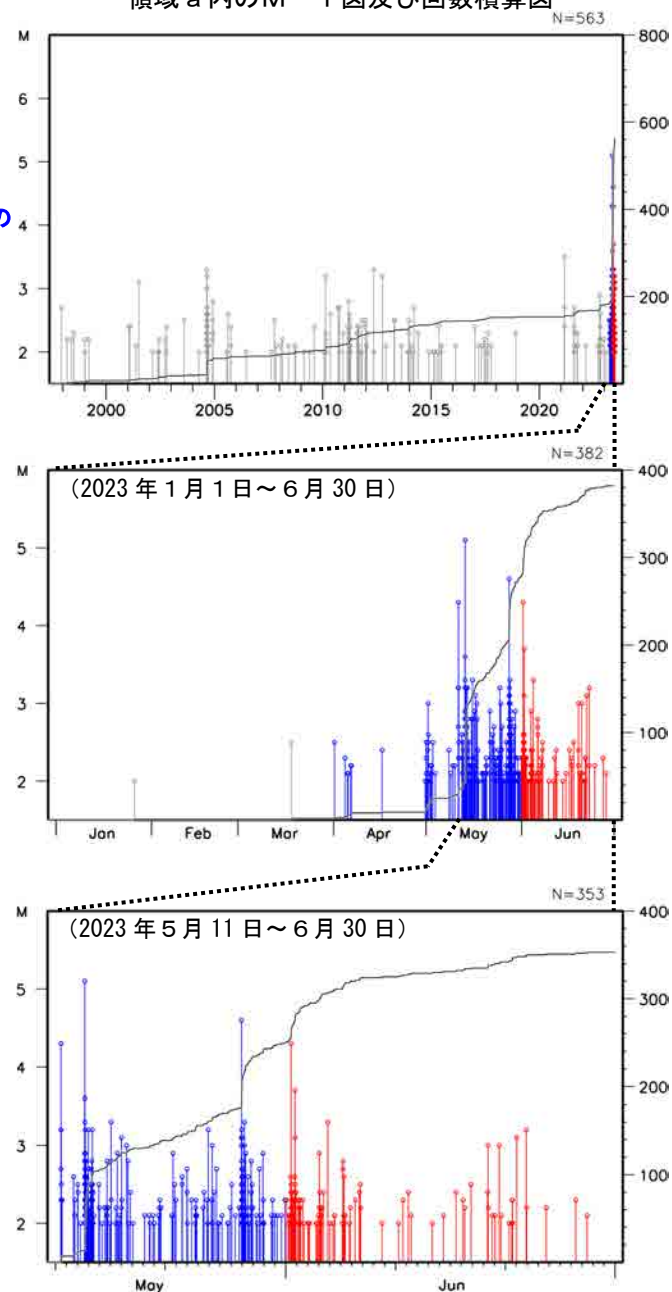
震央分布図
 (1997年10月1日～2023年6月30日、
 深さ0～30km、 $M \geq 2.0$)
 2023年4月～5月の地震を青色○、
 2023年6月の地震を赤色○で表示
 図中の発震機構はCMT解



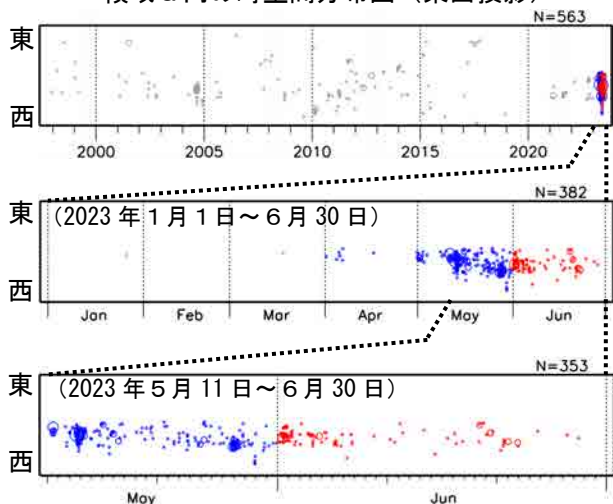
トカラ列島近海(口之島・中之島付近)では、2023年4月1日頃からややまとまった地震活動があり、5月11日以降、地震活動が活発となった。4月1日から6月30日までに震度1以上を観測した地震が132回(震度5弱:1回、震度4:3回、震度3:6回、震度2:33回、震度1:89回)発生した。このうち、6月に震度1以上を観測した地震は、31回(震度4:1回、震度3:1回、震度2:7回、震度1:22回)発生した。6月に発生した最大規模の地震は、1日11時28分に発生したM4.3の地震(最大震度4)である。この地震は陸のプレート内で発生した。

1997年10月以降の活動をみると、今回の地震活動付近(領域a)は、時々まとまった活動があるが、M4.0以上の地震は発生していなかった。

領域a内のM-T図及び回数積算図



領域a内の時空間分布図(東西投影)

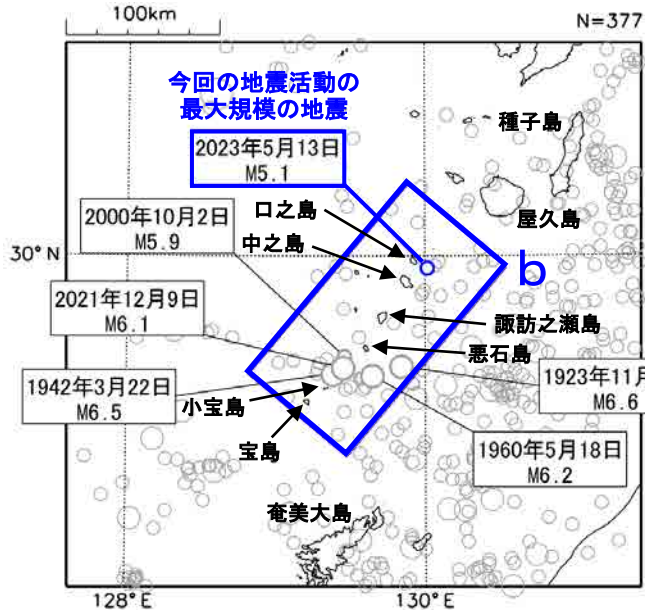


震央分布図

(1919年1月1日～2023年6月30日、
深さ0～100km、 $M \geq 5.0$)

2023年4月～5月の地震を青色○で表示
今回の地震活動の最大規模の地震と
2000年10月2日のM5.9の地震と

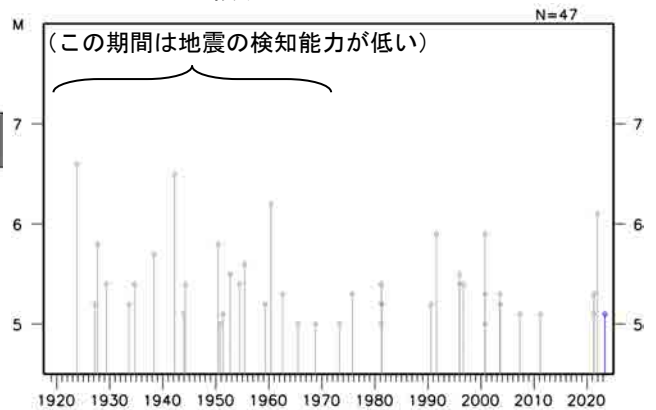
領域b内のM6.0以上の地震に吹き出しを付加



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以上の地震が時々発生している。2021年12月には地震活動が活発となり震度1以上を観測した地震が308回発生した。このうち、最大規模の地震は、2021年12月9日に発生したM6.1の地震(最大震度5強)で、鹿児島県十島村(悪石島)でがけ崩れなどの被害が生じた(被害は鹿児島県による)。

また、2000年10月2日にはM5.9の地震(最大震度5強)が発生するなど、地震活動が活発となった。この地震活動により、水道管破損1箇所等の被害が生じた(総務省消防庁による)。

領域b内のM-T図

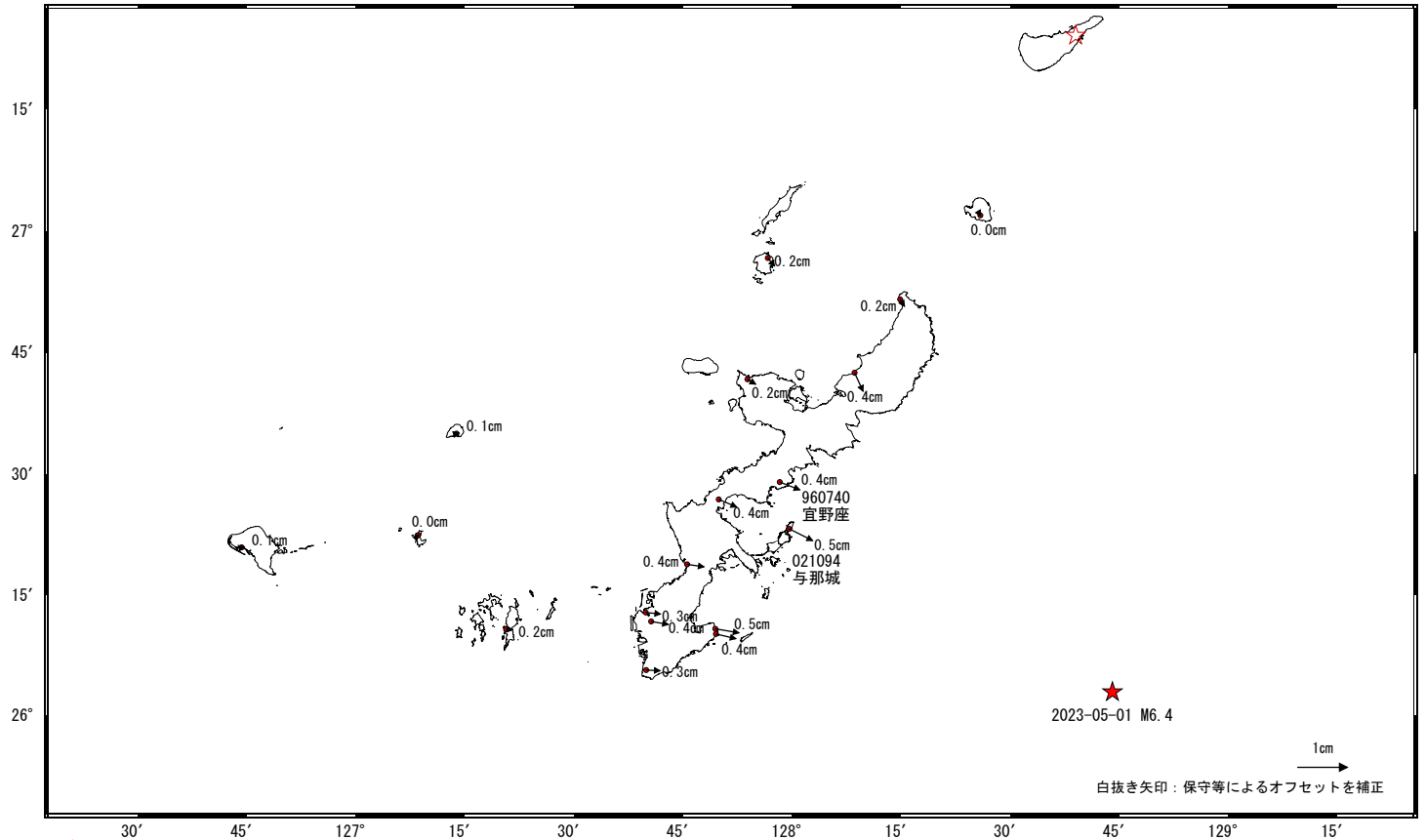


沖縄本島近海の地震活動(最大地震 5月1日 M6.4)の観測データ

この地震活動に伴いごくわずかな地殻変動が観測された。

地殻変動 (水平)

基準期間: 2023-04-15~2023-04-30 [F5: 最終解]
比較期間: 2023-05-02~2023-05-12 [F5: 最終解]

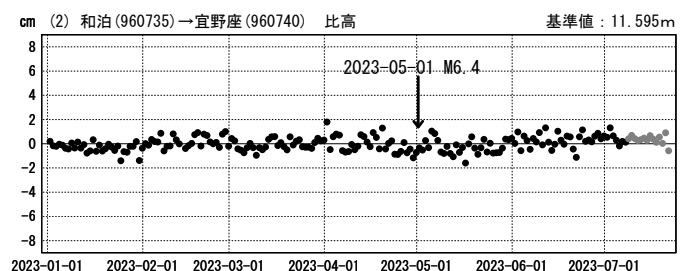
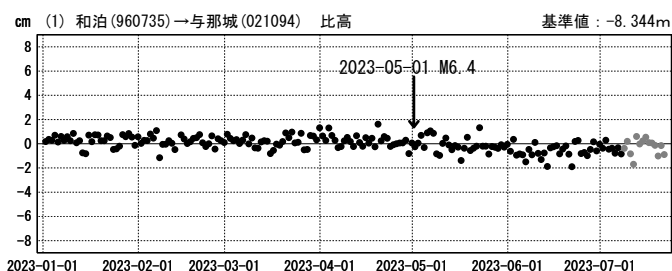
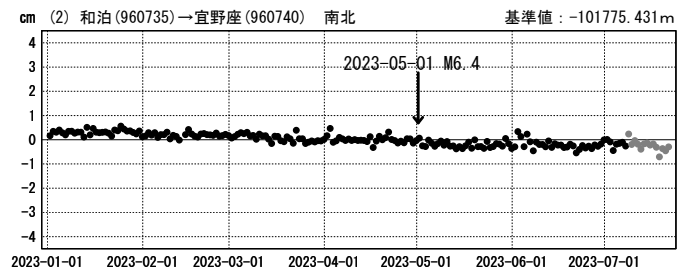
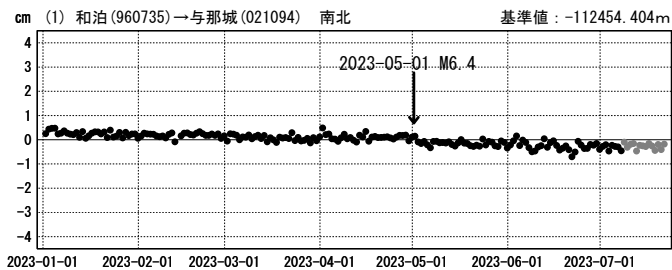
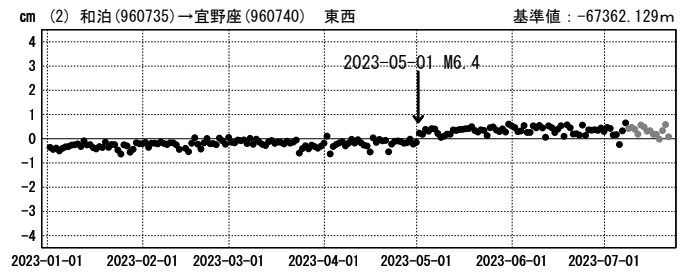
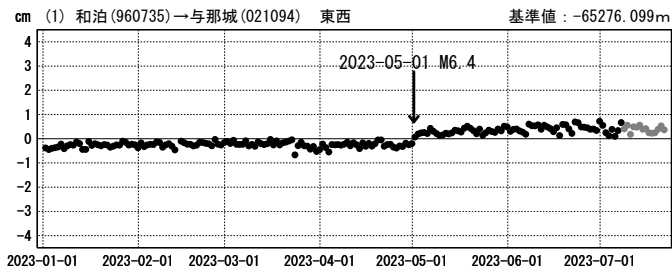


★ 震央
☆ 固定局: 和泊 (960735)

成分変化グラフ

期間: 2023-01-01~2023-07-22 JST

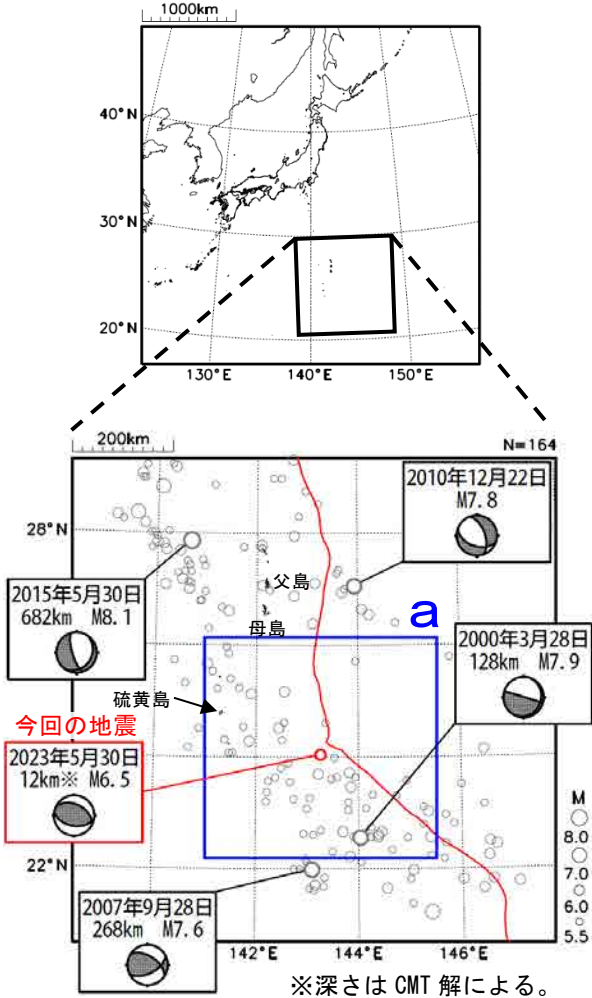
期間: 2023-01-01~2023-07-22 JST



●— [F5: 最終解] ●— [R5: 速報解]

5月30日 硫黄島近海の地震

震央分布図
 (2000年1月1日～2023年5月31日、
 深さ0～700km、 $M \geq 5.5$)
 2023年5月の地震を赤色で表示
 図中の発震機構はCMT解

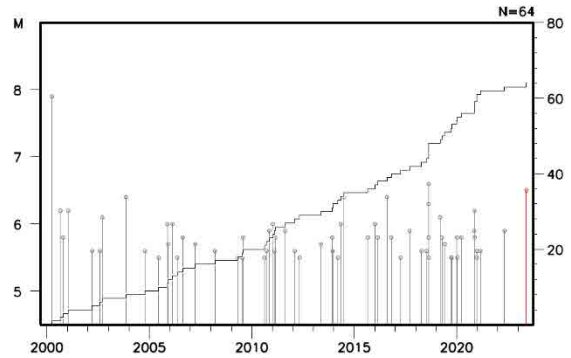


2023年5月30日09時52分に硫黄島近海の深さ12km (CMT解による) で $M6.5$ の地震 (震度1以上を観測した地点はなし) が発生した。この地震の発震機構 (CMT解) は北北東-南南西方向に圧力軸を持つ逆断層型である。

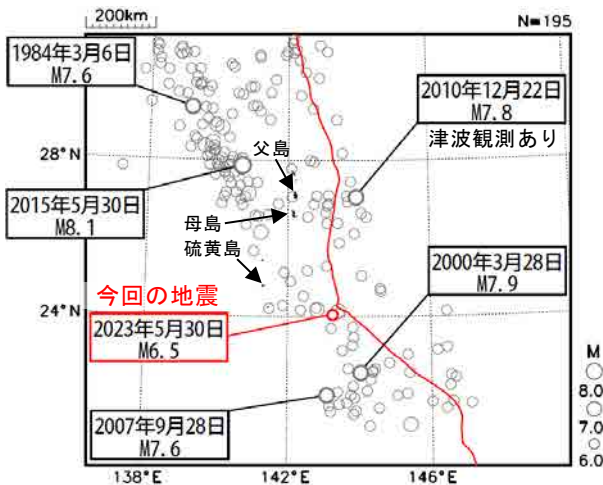
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺 (領域a) では、 $M6.0$ 以上の地震が時々発生している。

1919年以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺では、 $M7.5$ 以上の地震が時々発生している。2010年12月22日には父島近海で $M7.8$ の地震 (最大震度4) が発生し、八丈島八重根で0.5mの津波など、東北地方から沖縄地方にかけて津波を観測した。

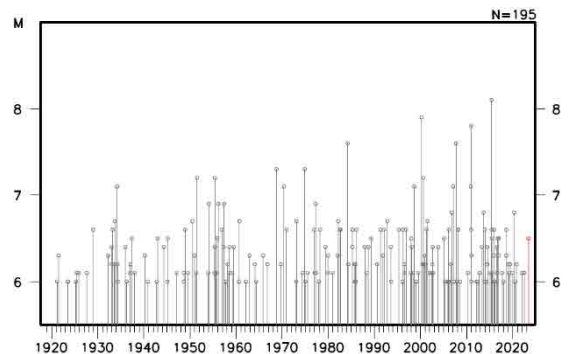
領域a内のM-T図及び回数積算図



震央分布図
 (1919年1月1日～2023年5月31日、
 深さ0～700km、 $M \geq 6.0$)
 2023年5月の地震を赤色で表示

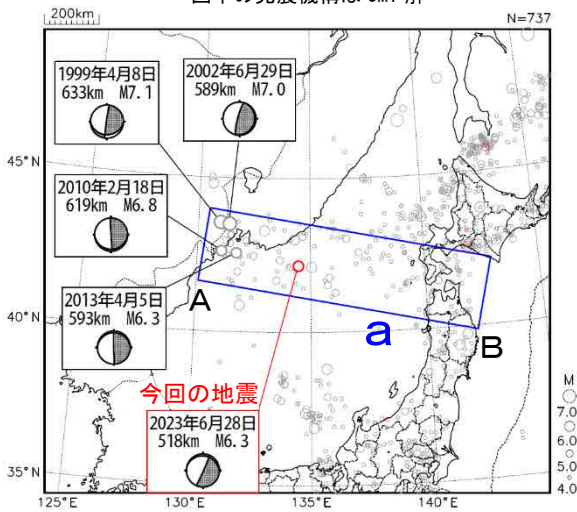


左図の領域内のM-T図

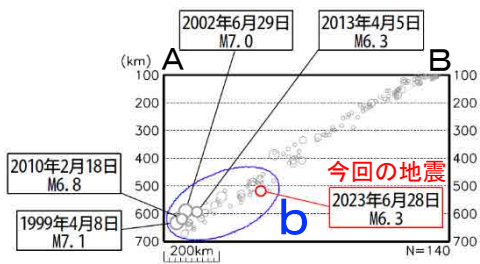


6月28日 日本海北部の地震

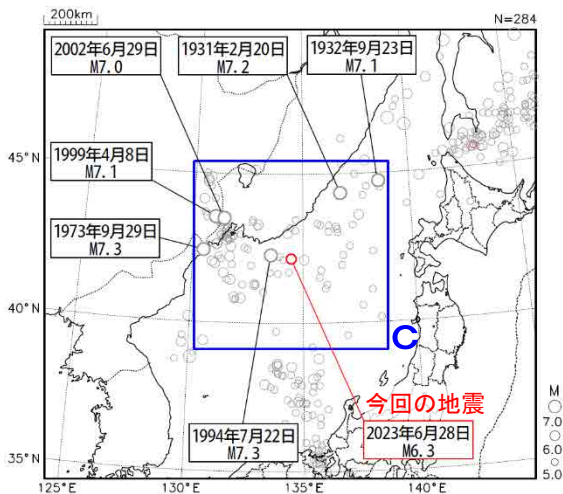
震央分布図
(1997年10月1日～2023年6月30日、
深さ100～700km、 $M \geq 4.0$)
2023年6月の地震を赤色で表示
図中の発震機構はCMT解



領域a内の断面図 (A-B投影)



震央分布図
(1919年1月1日～2023年6月30日、
深さ300～700km、 $M \geq 5.0$)
2023年6月の地震を赤色で表示

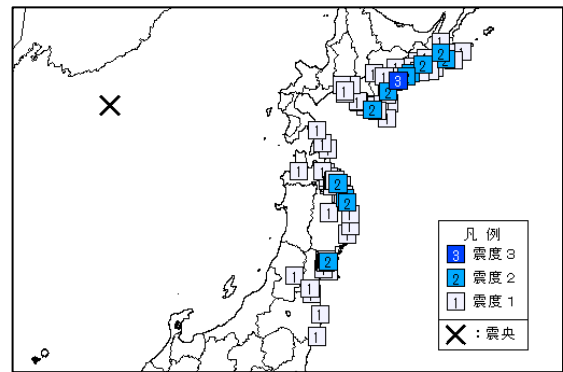


2023年6月28日08時38分に日本海北部の深さ518kmでM6.3の地震(最大震度3)が発生した。この地震は太平洋プレート内部で発生した。発震機構(CMT解)は太平洋プレートが沈み込む方向に圧力軸を持つ型である。今回の地震では、震央から離れた北海道や東北地方の太平洋側でも震度3～1の揺れを観測しており、この現象は「異常震域」と呼ばれている。

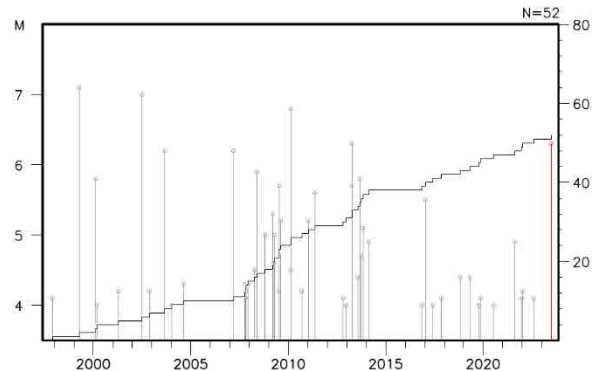
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近(領域b)は、M6.0以上の地震が時々発生している。

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、M6.0以上の地震が時々発生しており、1994年7月22日に発生したM7.3の地震では、東日本を中心に広い範囲で震度3～1を観測した。

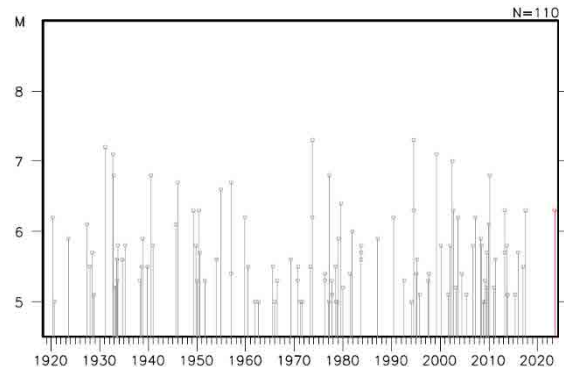
今回の地震の震度分布図



領域b内のM-T図及び回数積算図



領域c内のM-T図



地殻活動モニタリングに 関する検討

地殻活動の予測に関する報告

地殻変動予測：東北地方太平洋沖地震の余効変動

国土地理院

ポイント

- ・東北地方太平洋沖地震の余効変動は、時間的・空間的に滑らかであり、簡単な関数モデル（時空間モデル）で表現できる。
- ・電子基準点で観測された地殻変動について、Fujiwara et al. (2022)の手法に基づき、2020年12月30日までのデータから時空間モデルを構築した。
- ・予測期間として2年を取り、2021年1月1日～10日を基準とした2023年1月1日～10日におけるずれを計算した結果、予測値からのずれは平均で11mm（水平成分）であった。
- ・予測値からのずれをプレート境界でのすべりによるものと解釈した場合、牡鹿半島の南側にすべりが推定された。

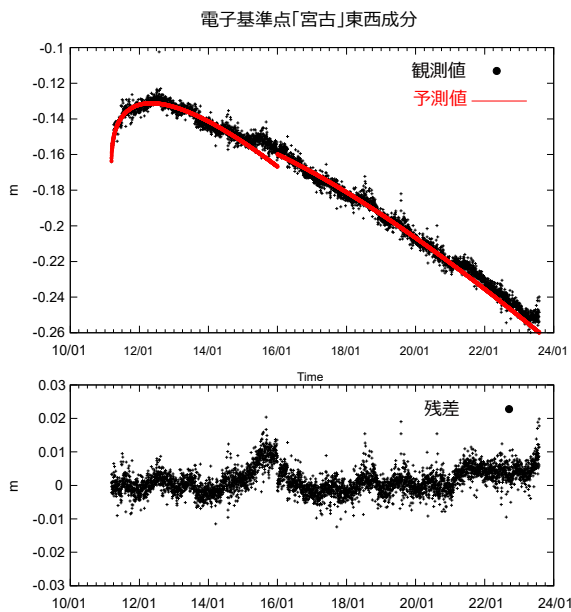


図1 電子基準点「宮古」における座標時系列(東西成分) (黒) と時空間モデルによる予測値 (赤) . 下段は残差を示す.

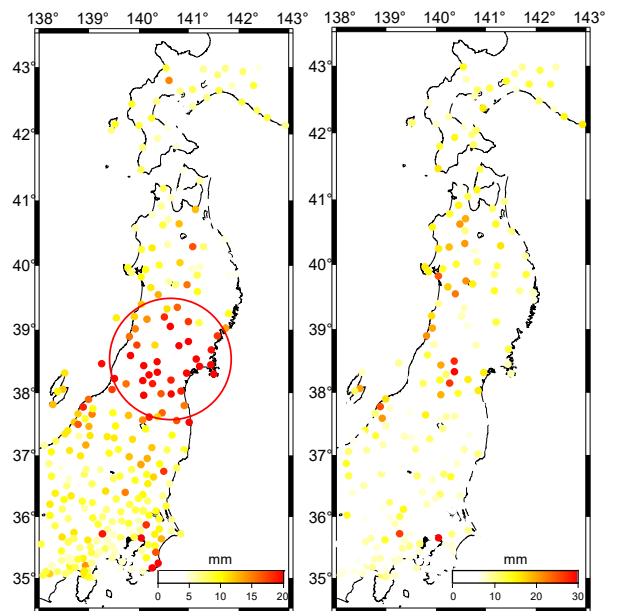


図2 予測値からのずれの空間分布. (左) 水平成分 (右) 鉛直成分.

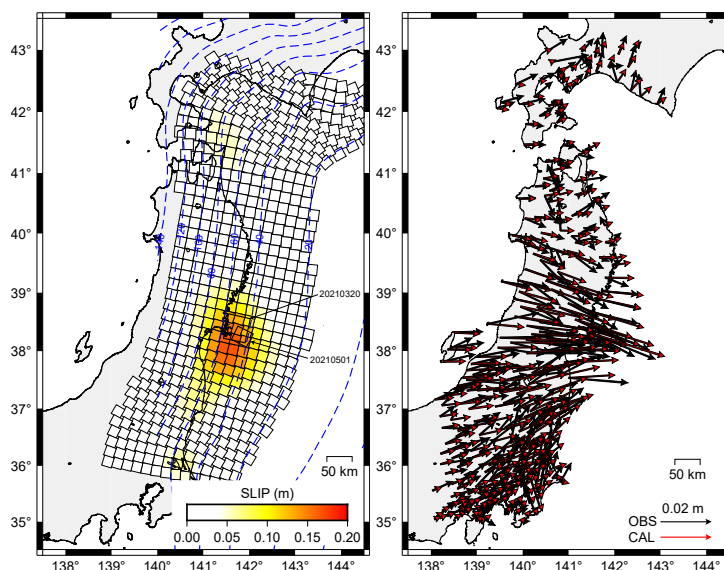


図3 (左) 予測値からのずれから推定したプレート間滑り. (右) 観測値と計算値の比較.

* GNSS時系列として、国土地理院 電子基準点日々の座標解 (F5解) を使用した.

重点検討課題の検討

「関東地震100周年」について

第 240 回地震予知連絡会 重点検討課題 趣旨説明

「関東地震 100 周年」 “Centennial of Kanto earthquake”

コンビーナ 東京大学地震研究所 佐竹 健治

1. 背景

本年は、我が国史上最悪の地震災害であった 1923 年関東大震災から 100 周年である。この震災を契機に東京大学に地震研究所が設置され、我が国の地震科学は発展してきた。関東地方の地下構造や地震活動についても、最近では、首都圏地震観測網 (MeSO-net) などの稠密な観測や大規模な探査が行われている。

1923 年関東地震については、地震・測地・津波などの地球物理学的データや、地震動・津波・火災による被害データも残されており、これらの解析から 1923 年関東地震の実態が明らかになってきた。さらには、歴史記録・地形 (海岸段丘) との比較から 1923 年以前の関東地震の履歴が明らかになってきており、地震調査委員会の長期評価に反映されている。

2. 課題

関東地方の地下には、太平洋プレートとフィリピン海プレートが沈み込み、たいへん複雑な構造をしている。過去及び将来の関東地震 (フィリピン海プレートとのプレート間地震) やその他のタイプの地震に規模や強震動などを推定するためには、地下構造やプレート間カップリングやスロー地震について調べる必要がある。

関東地震は 1923 年大正型と 1703 年元禄型に分類され、それぞれの繰り返し間隔が数百年と数千年とされていたが、この二種類以外のタイプの大地震は発生しないのか? 将来の発生確率や規模を推定するには、最新の歴史地震学・古地震学の研究に基づき、過去の関東地震の履歴を明らかにする必要がある。

3. 報告

- ① 関東地方のプレート構造と地震活動 平田直委員 (東京大学名誉教授)
- ② 測地観測による 1923 年関東地震とその後の地殻変動—地震時すべり、プレート間固着及びスロースリッパ— 西村卓也委員 (京都大学防災研究所)
- ③ 1923 年関東大震災と南関東の強震動 諸井孝文 (J-POWER 設計コンサルタント)
- ④ 津波から見える 1923 年関東地震の震源過程 谷岡勇市郎 (北海道大学)
- ⑤ 関東地震の履歴の再評価 宋倉正展 (産業技術総合研究所)

4. 論点

関東地震を含むプレート間・内地震の発生場である関東地方の地下構造やカップリングについては、どの程度わかってきたか?

1923 年及びそれ以前の関東地震について、その実態はどの程度わかっているのか?

これらを今後の将来予測や被害想定にどのように活かすべきか?

話題提供者〔敬称略〕

1. 関東地方のプレート構造と地震活動

東京大学 平田 直

2. 測地観測による 1923 年関東地震とその後の地殻変動

－地震時すべり、プレート間固着及びスロースリッパ－

京都大学防災研究所 西村 卓也

3. 1923年関東大震災と南関東の強震動

J-POWER 設計コンサルタント 諸井 孝文

4. 津波から見える 1923 年関東地震の震源過程

北海道大学大学院理学研究院 谷岡 勇市郎

5. 関東地震の履歴の再評価

産業技術総合研究所 宍倉 正展

関東地方のプレート構造と地震活動

The tectonic plate structure and seismicity beneath the Kanto region

東京大学 名誉教授 平田直

1923 年関東地震 (M7.9) のような M8 クラスの巨大地震や、南関東で発生する M7 クラスの地震の発生を理解して予測するためには、首都圏の地殻とマンツルの構造を理解することが必要である。南関東では、陸のプレートの下に、フィリピン海プレートと太平洋プレートが沈みこむことによって、プレート境界とプレート内部で地震が発生する (図 1)。このような概念モデルは、1970 年代には既に関東下の地震の分布などの情報によって知られていた (津村、1973)。一方、その後の観測網の進展によって、新しい定量的なプレート形状モデルが提案され、中央防災会議の首都直下地震被害

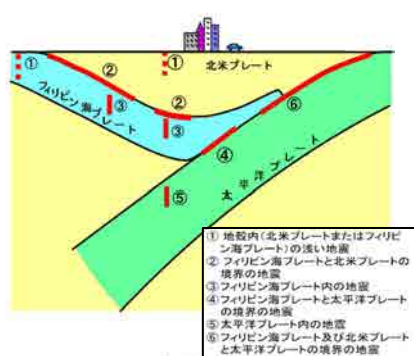


図 1. 南関東地域で発生する地震のタイプ。

震源域は、1923 年関東地震の時に同時に破壊されたと考えられた。この地震が起きるのは、次の関東地震タイプの地震が発生する時であり、M7 クラスの想定地震としては、スラブ内地震の「都心南部直下地震」などが想定された。現在の地震学では、次に発生する巨大地震の位置を予測することは難しいが、大地震がどのような仕組みで発生するかを理解するためには、プレートの形状の知見が基本的に重要である。

近年の観測網の発達によって良質なデータが大量に利用できるようになってきた。この結果、より詳細なモデル、例えば、地震波の伝播速度異方性を取り入れたトモグラフィー解析が可能となり、新しいプレートモデルが提案されている (Ishise, *et al.*, 2021)。地震波速度異方性の分布を用いると、従来は速度の分布だけから推定していたプレート境界の位置が変わる場合がある。フィリピン海プレートの形状については、新知見が得られ、従来よりもプレート境界深度が浅い可能性が指摘されている (図 2)。

こうした知見は、プレート境界付近での地震発生の仕組みを理解し、強震動の発生を予測することに貢献する。

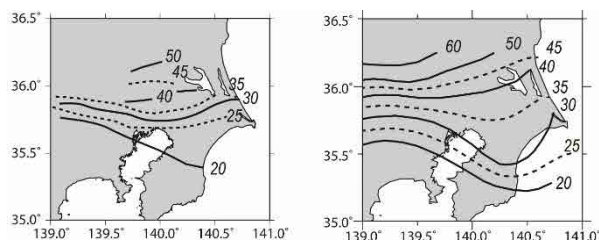


図 2. フィリピン海プレート上面の深度モデル (Ishise *et al.*, 2021)。(左) 最新モデル。(右) 従来モデル (Nakajima *et al.*, 2009)。

測地観測による 1923 年関東地震とその後の地殻変動 - 地震時すべり、プレート間固着及びスロースリップ -

西村卓也 (京都大学防災研究所)

ポイント

- 1923 年の関東地震に伴う地殻変動は、当時として最高精度の測地観測 (震災復興測量) によって詳細に把握され、約 50 年後に断層モデルの推定等の地震像の解明に役立てられた。
- 地震後の 100 年間で地震時地殻変動の約 1/4 が回復し、現在の GNSS データからは関東地震の震源域は強く固着していると推定される。
- 房総半島南東沖では、 $M_w6.5$ を超える SSE (房総 SSE) が準周期的に発生しており、さらに沖合でも大規模な SSE が発生している。一方、これらの SSE 発生領域と 1923 年関東地震の震源域の間には複数のギャップがあり、これらの地域の地震発生ポテンシャルは現在のところ不明。

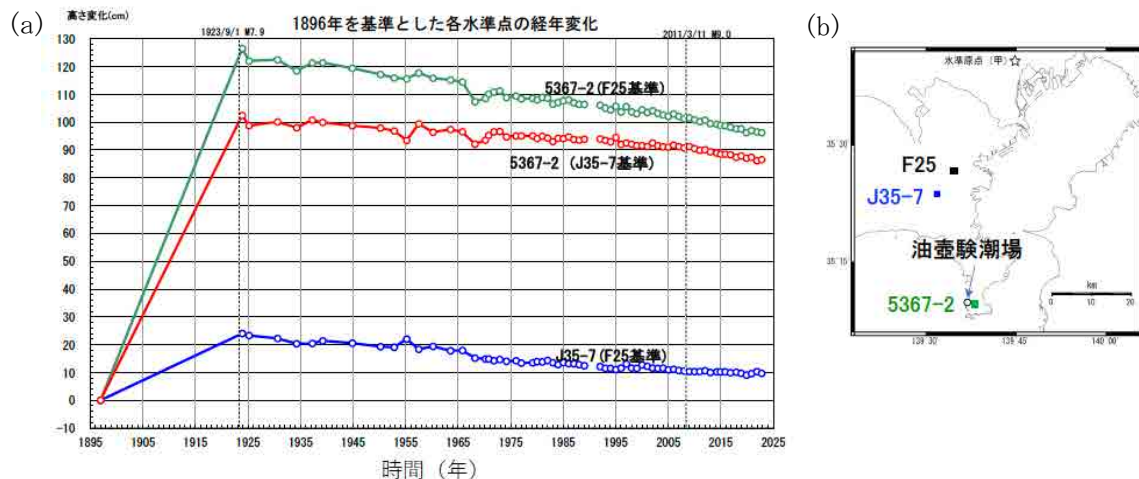


図1 水準測量による三浦半島の上下変動。(a)時系列グラフ。(b)水準点の位置図。

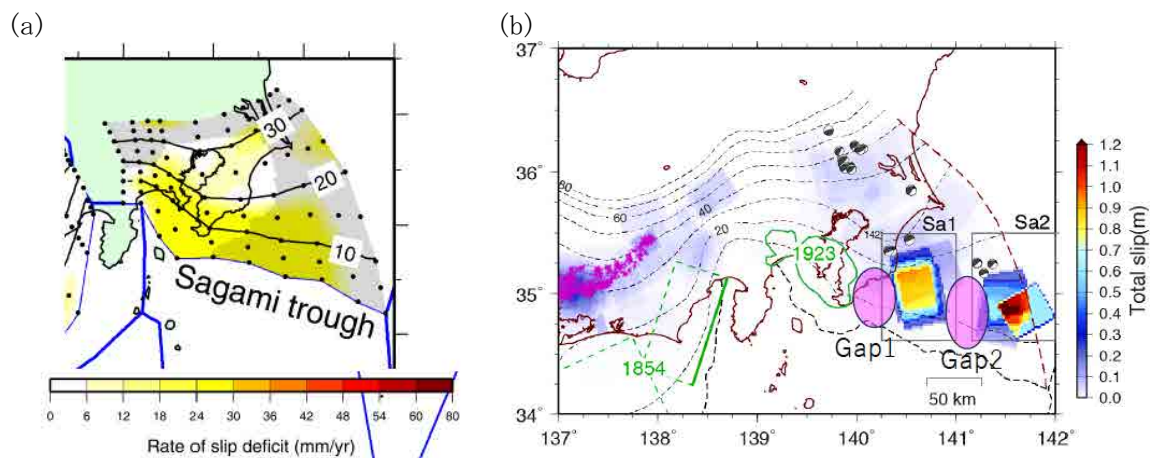


図2 GNSS データに基づく (a)プレート間カップリング分布 (2005年4月-2009年12月) と (b)短期的 SSE の累積すべり量(1994年7月~2019年11月)。

1923 年関東大震災と南関東の強震動

諸井 孝文 (株式会社 J-POWER 設計コンサルタント)

住家被害と人的被害のデータベースの作成 (表 1)

- 被害数の単位をそろえた統一的な指標のデータベースを作成した

関東大震災の特徴 (表 1)

- 住家被害の 57%, 死者数の 87% をもたらした大火災を関東大震災の中心と見て間違いはない
- 一方で揺れ・津波・山崩れ等の被害も小さい規模ではなく、関東大震災はあらゆる震災が首都圏を含む南関東全域で一度に発生した歴史的な災害と言える

住家全壊率から推定される強震動 (図 1, 図 2)

- 震源域直上から埼玉県東部の沖積低地に震度 6 弱から震度 7 に至る強震動が生じ、地形や地質等の地盤条件が地震動の大きさに影響している可能性が高い

火災による大震災の再来 (図 3)

- 大火災の主要因は台風の余波による風速 10~15m/s の強風であった
- この程度の強風は特殊な気象条件と言えず、大地震との同時発生も想定すべき事象であろう

表 1 被害データベースに基づく住家被害棟数及び死者数の集計

府 県	住家被害棟数						死者数(行方不明者含む)					
	全壊	(うち)非焼失	半壊	(うち)非焼失	焼失	流失埋没	合計	住家全壊	火災	流失埋没	工場等の被害	合計
神奈川県	63577	46621	54035	43047	35412	497	125577	5795	25201	836	1006	32838
東京府	24469	11842	29525	17231	176505	2	205580	3546	66521	6	314	70387
千葉県	13767	13444	6093	6030	431	71	19976	1255	59	0	32	1346
埼玉県	4759	4759	4086	4086	0	0	8845	315	0	0	28	343
山梨県	577	577	2225	2225	0	0	2802	20	0	0	2	22
静岡県	2383	2309	6370	6214	5	731	9259	150	0	171	123	444
茨城県	141	141	342	342	0	0	483	5	0	0	0	5
長野県	13	13	75	75	0	0	88	0	0	0	0	0
栃木県	3	3	1	1	0	0	4	0	0	0	0	0
群馬県	24	24	21	21	0	0	45	0	0	0	0	0
合 計	109713	79733	102773	79272	212353	1301	372659	11086	91781	1013	1505	105385
(うち)												
東京市	12192	1458	11122	1253	166191	0	168902	2758	65902	0	0	68660
横浜市	15537	5332	12542	4380	25324	0	35036	1977	24646	0	0	26623
横須賀市	7227	3740	2514	1301	4700	0	9741	495	170	0	0	665

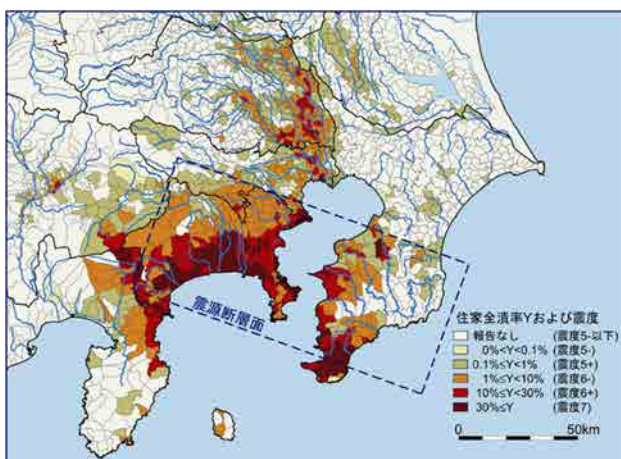


図 1 市区町村別の住家全壊率及び震度の分布

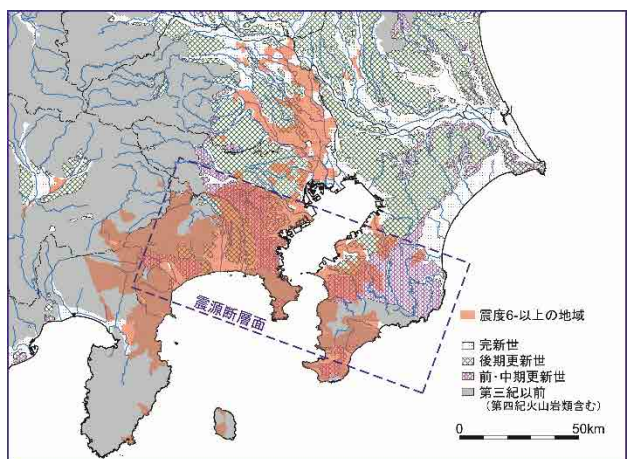


図 2 南関東の表層地質と震度 6 弱以上の関係

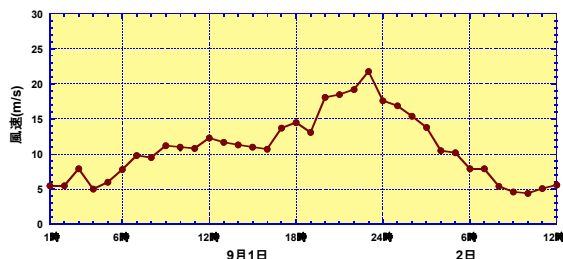


図 3 東京元衛町(大手町)の中央气象台における風速の変化。大火災の原因となった風速は、火災旋風によって風速が急激に強まる 18 時以前の 10~15m/s と考えられている

津波から見える 1923 年関東地震の震源過程

谷岡勇市郎 (北海道大学)

ポイント

- 1923 年関東地震のすべり量分布を震源近傍の検潮所で記録された津波波形と地殻変動データから推定した。
- これまでに地殻変動データや地震波形データから推定された結果とよく似た 2 つの大すべり域が推定された。ただ、一部トラフ沿いにこれまでの結果とは異なる大きなすべり約 9m が推定された。
- 推定されたすべり分布を用いて、伊豆半島沿岸の津波遡上計算を実施した。これまで説明できないとされてきた。伊豆半島沿岸の大きな津波調査結果と整合的な津波となった。

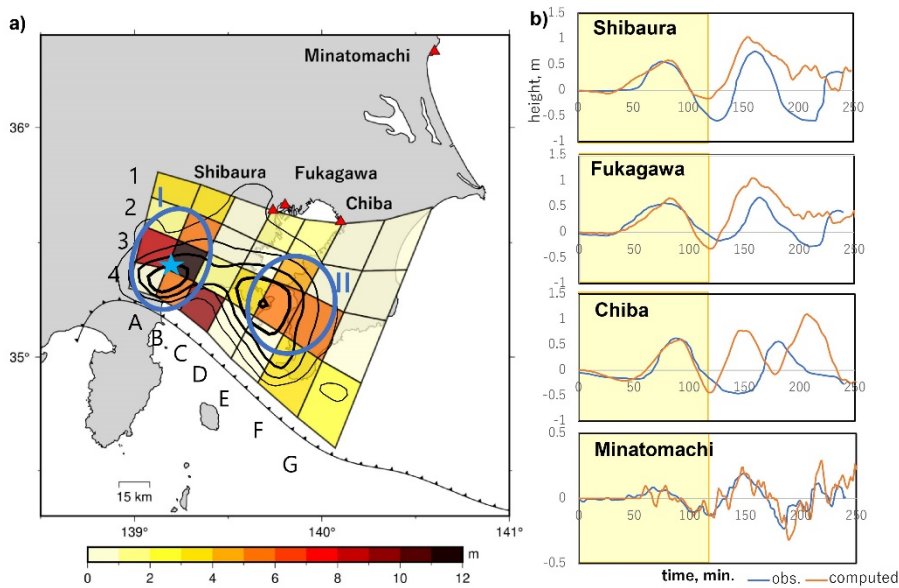


図 1 推定されたすべり量分布と Mitsuura et al. (2007) によるすべり量分布の比較。右) 観測津波波形と計算津波波形の比較。

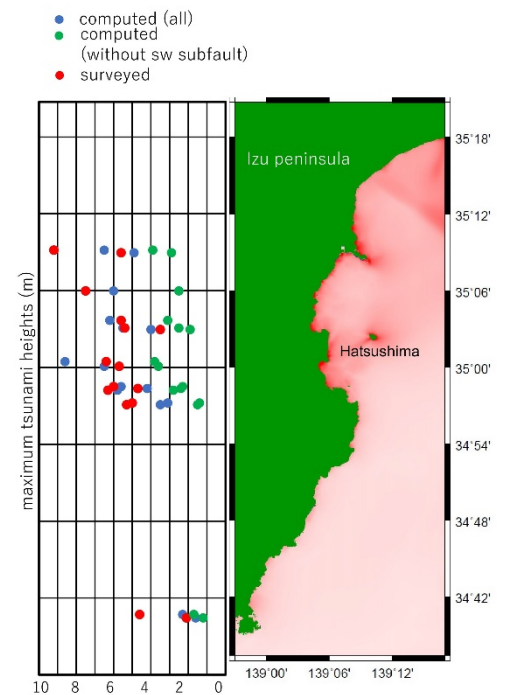


図 2 伊豆半島沿岸での津波調査結果と計算津波波高との比較

文献

Nakadai, Y., Y. Tanioka, Y. Yamanaka, T. Nakagaki, (2023) Re-Estimating a Source Model for the 1923 Kanto Earthquake by Joint Inversion of Tsunami Waveforms and Coseismic Deformation Data, Bull. Sei. Soc. Am., doi:[10.1785/0120230050](https://doi.org/10.1785/0120230050)

関東地震の履歴の再評価

宍倉正展（産業技術総合研究所）

ポイント

- 元禄型関東地震の再評価
 - 従来：7,200年前, 5,000年前, 3,000年前に発生（平均2300年間隔）
 - 再評価：5,700年前, 3,200年前, 2,000年前に発生（発生間隔は1200~2500年でばらつく）。毎回の隆起パターンと規模はほぼ同じことを確認。
- 歴史上の関東地震と多様性の評価
 - 1293年正応（永仁）地震は津波、隆起ともに地質痕跡あり、国府津-松田断層帯も同時に活動した可能性。
 - 878年元慶地震は候補となる隆起痕跡があるも不明な点多い。
 - 15世紀（1433永享, 1495明応）の地震は候補となる津波痕跡あり、ただし隆起痕跡は未確認。伊東で同時期に隆起痕跡があるがマグマ活動を示す可能性。
 - 1703年元禄地震は相模湾西側にはあまり影響していない可能性。

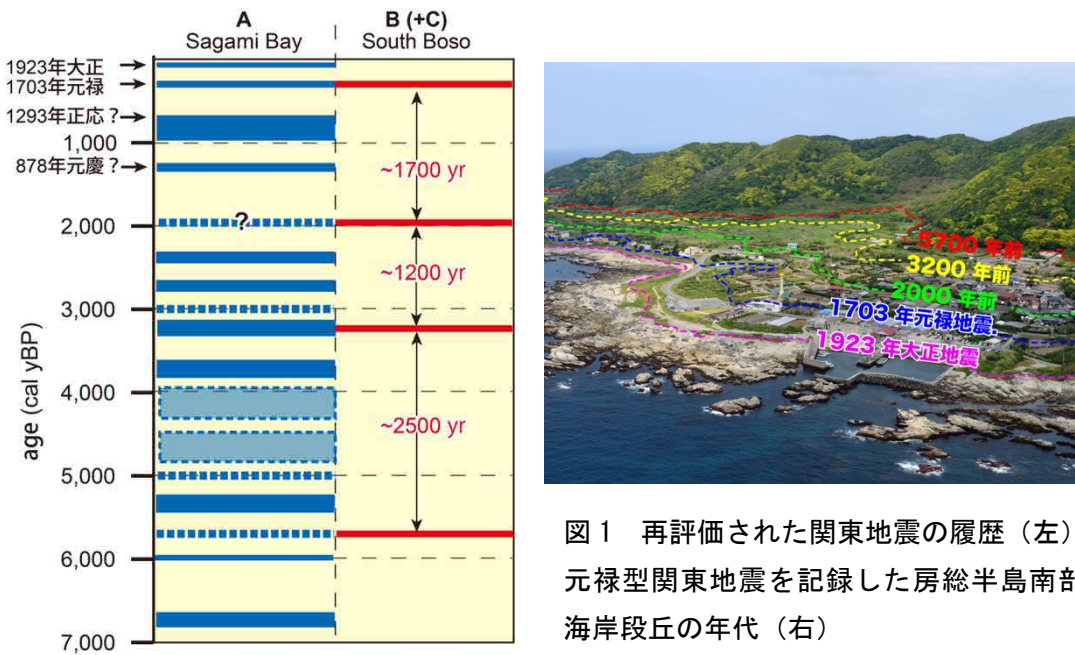


図1 再評価された関東地震の履歴（左）と元禄型関東地震を記録した房総半島南部の海岸段丘の年代（右）

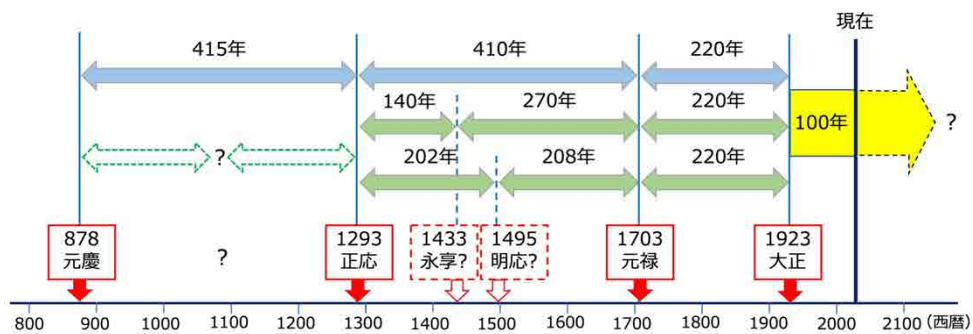


図2 歴史上の関東地震（候補を含む）の時系列と発生間隔

第 241 回地震予知連絡会 重点検討課題 趣旨説明

「予測実験の試行 (09) - 地震活動の中期予測の検証」について

Trials of experimental forecasts of crustal deformation and seismicity #9:
Validation of intermediate-term seismicity forecasts

コンビーナ 東北大学災害科学国際研究所 遠田晋次
共同コンビーナ 海洋研究開発機構 堀 高峰
予測実験 WG

1. 背景

当重点検討課題は、「地殻活動・地震活動のモニタリングとして何が重要かを検討し、今の予測能力の実力を把握・提示するために、今後、予測実験の試行を行うことが有効である」という平成 25 年度将来検討 WG の提言から始まった。その後、約 7 年間に 8 回にわたって重点検討課題に取りあげられ、延べ 45 名による発表が行われた。前震・群発地震、余震・ETAS、検証・評価法、物理モデル・発生メカニズム、東北沖余効変動・地殻変動、 b 値変化、静穏化、震度予測、異常組み合わせなど、多岐にわたる研究成果が示された。そのなかでも、軸となったのが相応に確立された予測手法に関する半年～1 年間の予測と観測結果の比較検証である。最新の第 233 回地震予知連絡会で、これらの予測手法の一部 (下記 4 手法) については「試行」から「実施」に踏み出すこととなった。これを受けて、令和 4 年 5 月に運営検討部会の傘下に「予測実験 WG」が設置され、1) 定例会における報告方法、2) 報告する予測事項の選定、3) 報告された予測の評価・とりまとめ、4) 新たな予測実験項目の提案・選定、の検討が始まった。その後、WG からの提案・本会議での承認を経て、第 238 回 (令和 5 年 2 月) より「地殻活動モニタリングに関する検討」枠の最後に「地殻活動の予測に関する報告」として 1 課題ずつの報告が実施されることとなった。

- 1) 階層的時空間 ETAS モデルなどによる短期・中期の地震確率予測と検証評価 (第 238 回)
- 2) 気象庁震度データベースを用いた地震予測 (第 239 回)
- 3) 地殻変動予測：東北沖地震の余効変動 (第 240 回)
- 4) 群発的地震活動を前震活動と仮定して行う本震の発生予測手法

2. 課題

予測実験 WG における検討項目の 1 つに「新たな予測実験項目の提案・選定」がある。

現状の定期報告は、数ヵ月～1 年にターゲットを絞ったものであり、例えば 5 年～10 年といった、より長期の検証が必要な予測手法もある。ここでは、数年程度の期間を中期予測と定義し、中期的視点でなければ議論できない、今回は 5 年前の重点検討課題 (2018 年、第 221 回予知連) で扱った地震サイズ分布 (b 値) の時空間変化、大地震に先行する地震活

動静穏化、広域余震の時空間変化などを中心に中期予測の予測能力の検証と課題整理を行う。

3. 報 告 (予定)

- 1) 5年前の重点検討課題の検証
- 2) 日本海溝の繰り返し地震に関するレビュー
- 3) 能登半島群発地震の ETAS モデルによる 2 年半の予測と検証

4. 論 点 (予定)

- M5・6 程度までの予測や、地震活動の全体傾向は、「地殻活動の予測に関する報告」で 1 年ごとに検証を行うことができる。しかし、世の中が求める地震予知・予測のターゲットは被害をもたらす大地震であるが、きわめて低頻度であり、数カ月～数年といった予測期間では実際のところ検証不能である (図 1)。予測 M を大きくすれば、そのような短期では全地球規模でしか検証できず、現実的な地域毎の予測とは言い難い。そのため、今回の数年規模の中期予測について、時折総括し検討を行う必要がある。特に、大地震に先行する静穏化については、今後も長期的モニタリングが必要である。
- 中期予測に関しては、手法改良にあたって短期間の前向き予測 (prospective) だけではなく、過去の長期間のデータを用いた後ろ向き評価 (retrospective forecast) も話題として重要である。
- 今回取りあげた中期変動とモニタリングで採用されている短期予測との組み合わせや、複数の異常現象を考慮するなど、既往モデルの組み合わせも今後検討すべきでは。

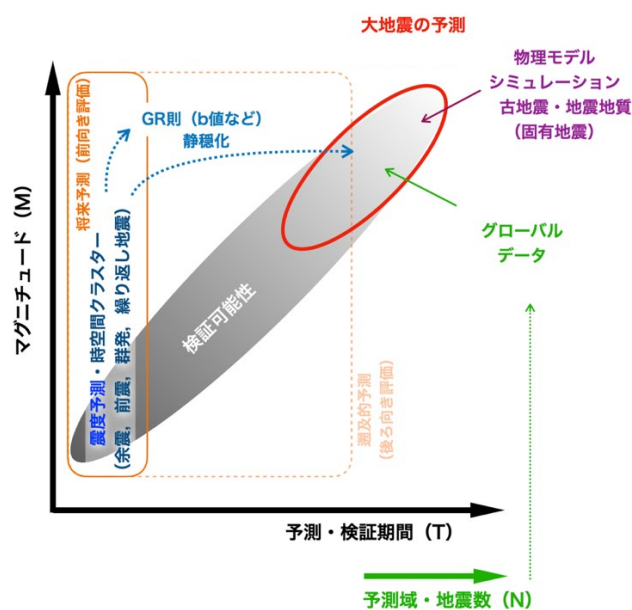


図 1. 地震活動予測と検証可能性に関する概念図

令和5年度第1回 運営検討部会報告

1. 令和6年度前期重点検討課題の選定

令和6年度前期の重点検討課題名（予定）を以下のとおり選定した。

地震予知連絡会	コンビーナ	課 題 名
第243回(2024/05)	汐見 委員	トルコ地震（仮）
第244回(2024/08)	岡田 委員	スラブ内地震（仮）