

発表場所：国土交通省記者会（資料配付）
国土交通省建設専門紙記者会（資料配付）
国土交通省交通運輸記者会（資料配付）
気象庁記者クラブ（資料配付）

令和2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228回定例会（2020年8月）－

地震予知連絡会は8月28日、第228回定例会を開催し、令和2年5月～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「日本列島モニタリングの将来像」についての検討を実施しました。

本定例会はWEB会議形式で実施されました。通常開催の場合では、定例会開催後に記者会見を実施いたしますが、新型コロナウイルスの感染拡大防止対応のため、資料配付といたします。

添付資料を含む一式の資料については、以下のURLからご確認下さい。

<https://cais.gsi.go.jp/YOCHIREN/activity/228/228.html>

■地殻変動モニタリングの検討結果

1. 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2020年5月から2020年7月までの3か月間に発生したM5以上の地震は51回であった。このうち19回は、6月14日から一時的に活発になった与那国島近海の地震活動（期間中の最大M5.9、震度1～2を9回観測）による（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

日向灘で7月下旬以降に超低周波地震活動を検出した。波形記録から、一部は種子島の東方沖で発生した可能性がある（防災科学技術研究所・資料3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及び、九州北部・四国西部のスロースリップの地震の影響が見られる（国土地理院・資料4頁）。

1. 2 プレート境界の固着状態とその変化

(1) 駿河トラフ・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を伴う顕著な微動活動が四国東部から西部において、7月22日～8月11日頃に発生した。これ以外の主な深部低周波微動活動は、東海地方から紀伊半島北部(6月29日～7月14日頃)、豊後水道(5月17～23日頃および7月14～18日頃)で観測された。(防災科学技術研究所・資料5-7頁)。

GNSS連続観測により、6月下旬から7月中旬頃にかけて紀伊半島北部で、7月下旬から8月上旬頃にかけて四国西部で短期的スロースリップが検出された。プレート間のすべりを推定した結果、紀伊半島北部で最大15mmのすべりが、四国西部で最大1cmのすべりが推定された(国土地理院・資料8-9頁)。

○紀伊水道の非定常的な地殻変動

2019年春頃から紀伊水道で観測されていた非定常的な地殻変動は、すでに停止していると考えられる(国土地理院・資料10頁)。

○志摩半島の非定常的な地殻変動

2019年中頃から志摩半島で観測されていた非定常的な地殻変動は、最近は鈍化している(国土地理院・資料11頁)。

○四国中部の非定常的な地殻変動

GNSS連続観測により、2019年春頃から四国中部で非定常的な地殻変動が観測されている。プレート間のすべりを推定した結果、四国中部で最大11cm程度のすべりが推定された(国土地理院・資料12頁)。

1. 3 その他

(1) 長野・岐阜県境付近(長野県中部、岐阜県飛騨地方)の地震活動

2020年4月から地殻内で活発な地震活動がみられる長野・岐阜県境付近では、今期間も、5月19日にM5.4、5月29日にM5.3の地震(いずれも最大震度4)が発生するなど、一連の活動は消長を繰り返しながら継続している。これまでの最大規模の地震は4月23日のM5.5の地震(最大震度4)である。(気象庁・資料13頁)。

(2) 千葉県東方沖の地震(6月25日 M6.1)

2020年6月25日04時47分に千葉県東方沖の深さ36kmでM6.1の地震(最大震度5弱)が発生した。この地震の発震機構は南北方向に圧力軸を持つ逆断層型である。(気象庁・資料14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 228 回定例会 重点検討課題>

課題名 「日本列島モニタリングの将来像」について（資料 16 頁）

コンビーナ 小原 一成 副会長（東京大学地震研究所）

報告課題、報告者

1. 陸域地殻変動モニタリング展望 （資料 18 頁）

畑中 雄樹（国土地理院）

2. MOWLAS をはじめとする地震観測の現状と展望 （資料 19 頁）

青井 真（防災科学技術研究所）

3. 海域地震・地殻変動観測の将来像 （資料 20 頁）

篠原 雅尚（東京大学地震研究所）

4. 内陸地震発生場解明のための稠密地震観測（0.1 満点地震観測からわかったこと）
（資料 21 頁）

松本 聡（九州大学）

5. 光ファイバーケーブルを用いた DAS 観測 –地震学での利用– （資料 22 頁）

江本 賢太郎（東北大学）

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）

○気象庁資料について

気象庁地震火山部地震予知情報課 担当：宮岡

Tel：03-3212-8341（内線 4576） Fax：03-3212-2807

○防災科学技術研究所資料について

防災科学技術研究所企画部広報・ブランディング推進課 担当：菊地、江東

Tel：029-863-7798（直通） Fax：029-863-7699

○国土地理院資料について

国土地理院地理地殻活動研究センター 地殻変動研究室長 宗包（むねかね）浩志

Tel：029-864-6925（直通） Fax：029-864-2655

○重点検討課題について・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 矢来 博司

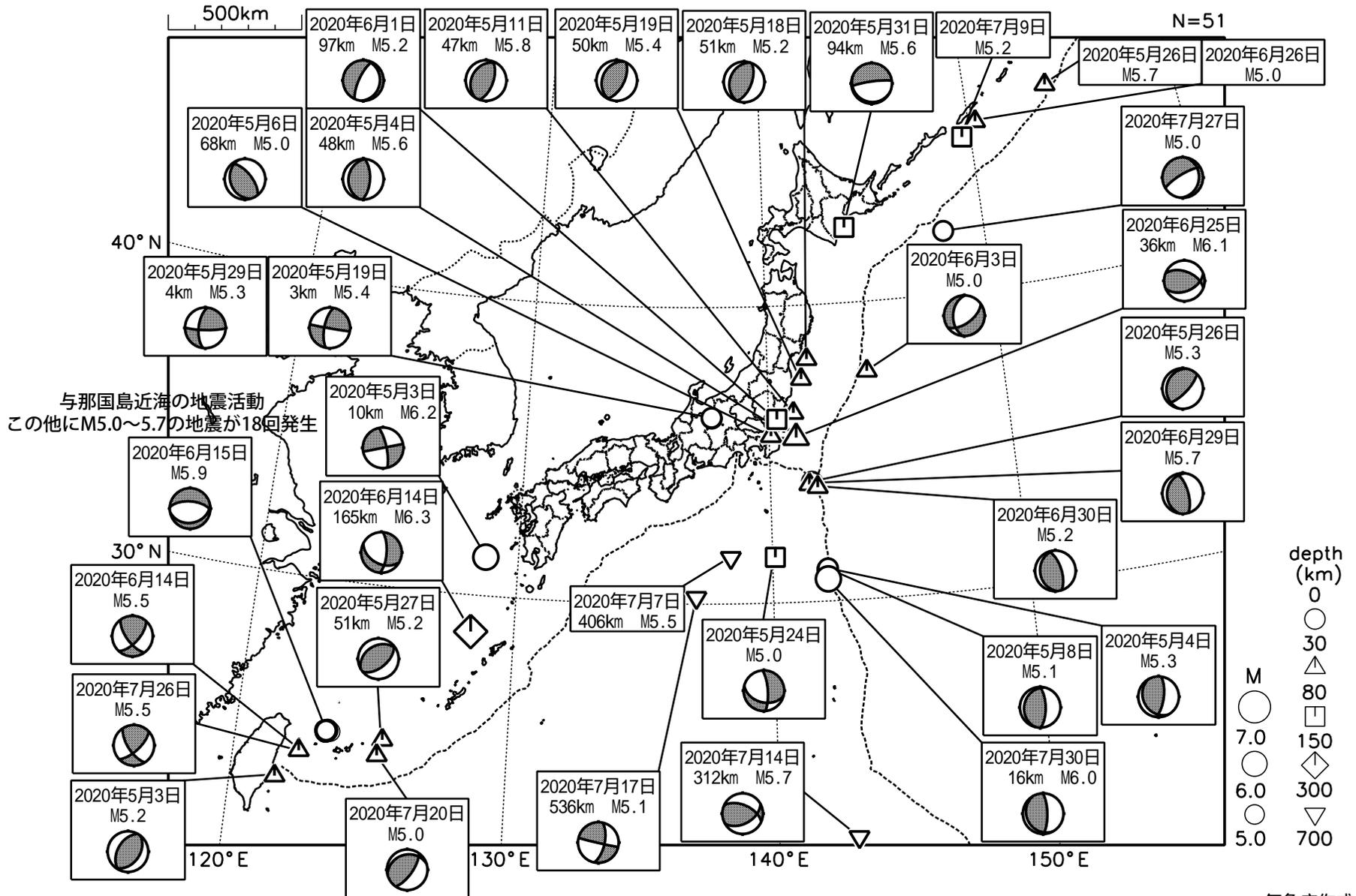
Tel：029-864-5969（直通） Fax：029-864-2655



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（2020年5月～7月、M 5.0）

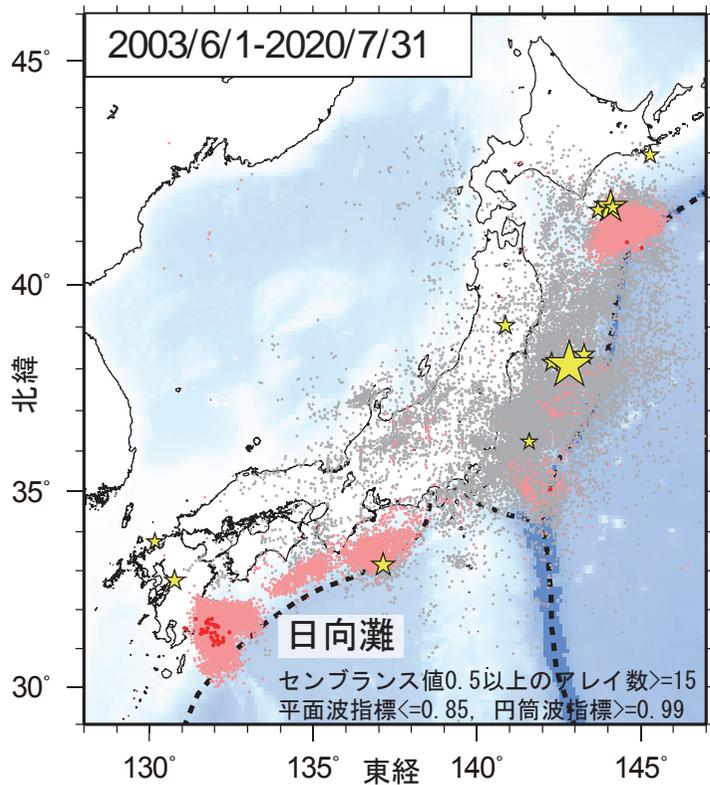
2020 05 01 00:00 -- 2020 07 31 24:00



発震機構は気象庁によるCMT解
※深さはCMT解による

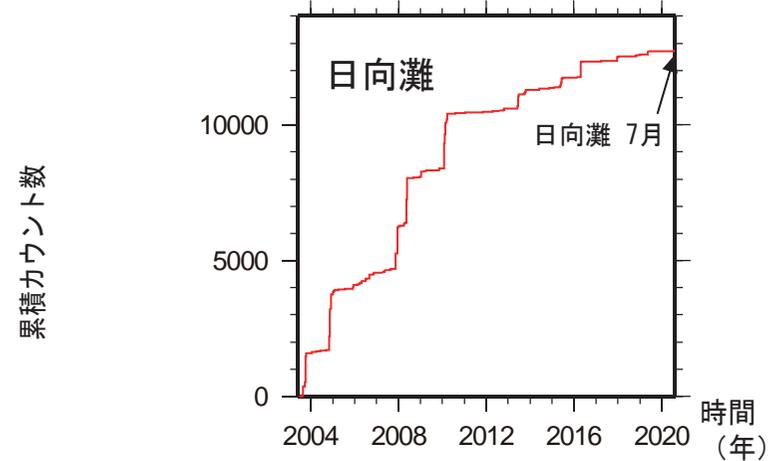
気象庁作成

日本周辺における浅部超低周波地震活動（2020年5月～7月）

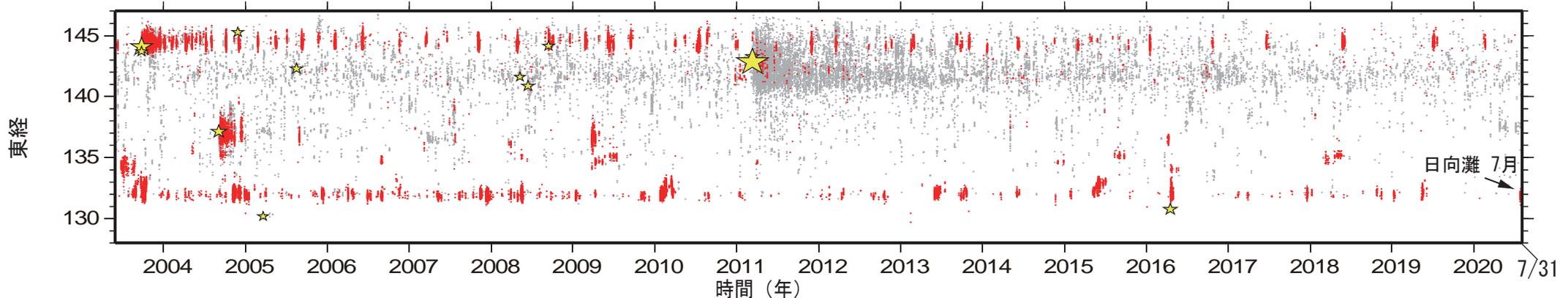


- 日向灘で7月下旬から超低周波地震活動が発生（一部は種子島の東方沖で発生か）
- 他に目だった活動なし

第1図. 2003年6月1日から2020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 (2020年4月30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の地震を含む. 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. 日向灘における検出イベントの累積カウント数の時間変化. 幅60秒間の解析時間窓を15秒毎に設定し, それぞれの解析時間窓内にイベントが検出される度に1カウントと数えるよう定義した.



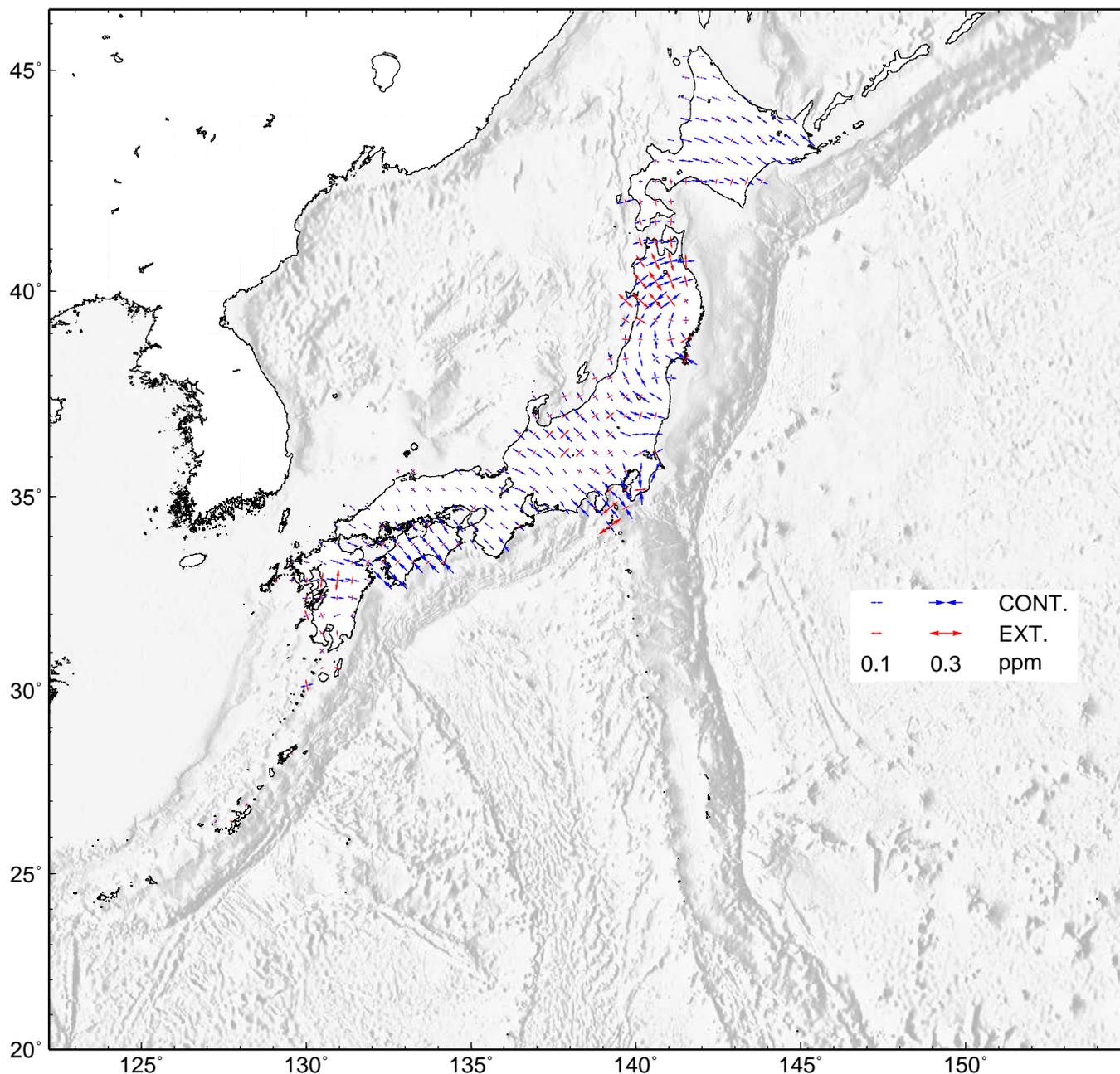
第3図. 2003年6月1日から2020年7月31日までの期間に検出されたイベントの時空間分布. 検出されたイベントを防災科研 Hi-net 手動または自動検測震源と照合し, 対応する地震が見出されたイベントを灰色で, それ以外を赤色の点でそれぞれ示す. その他は第1図に同じ.

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。
- 四国西部では、2018 年春頃から始まったプレート間のゆっくりすべり（スロースリップ現象）の影響によるひずみが見られる。

基準期間：2019/07/11 - 2019/07/25 [F 3：最終解]

比較期間：2020/07/11 - 2020/07/25 [F 3：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。

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 (2020年5月～7月) その1

- 短期的スロースリップイベントを伴う顕著な微動活動：四国東部から西部，7月22日～8月11日頃。
- 上記以外の主な微動活動：東海地方から紀伊半島北部，6月29日～7月14日頃。豊後水道，5月17～23日頃および7月14～18日頃。

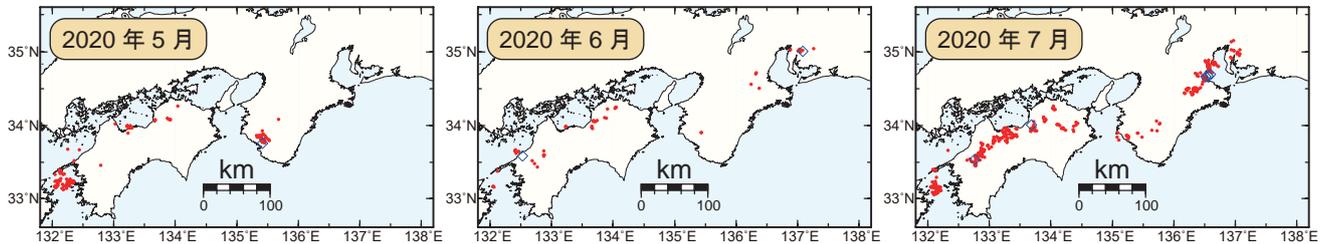


図1. 西南日本における2020年5月～7月の月毎の深部低周波微動活動。赤丸はエンベロープ相関・振幅ハイブリッド法 (Maeda and Obara, 2009) およびクラスタ処理 (Obara et al., 2010) において，1時間毎に自動処理された微動分布の重心である。青菱形は周期20秒に卓越する深部超低周波地震 (Ito et al., 2007) である。

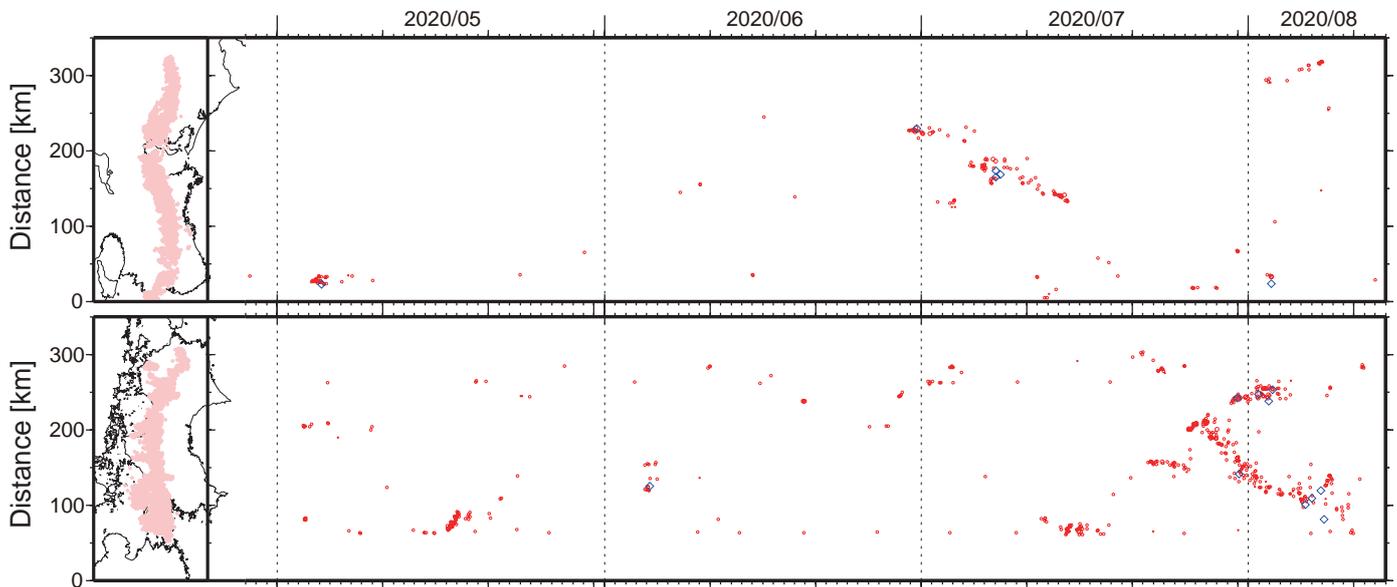


図2. 2020年4月28日～8月13日の深部低周波微動 (赤) および，深部超低周波地震 (青菱形) の時空間分布。

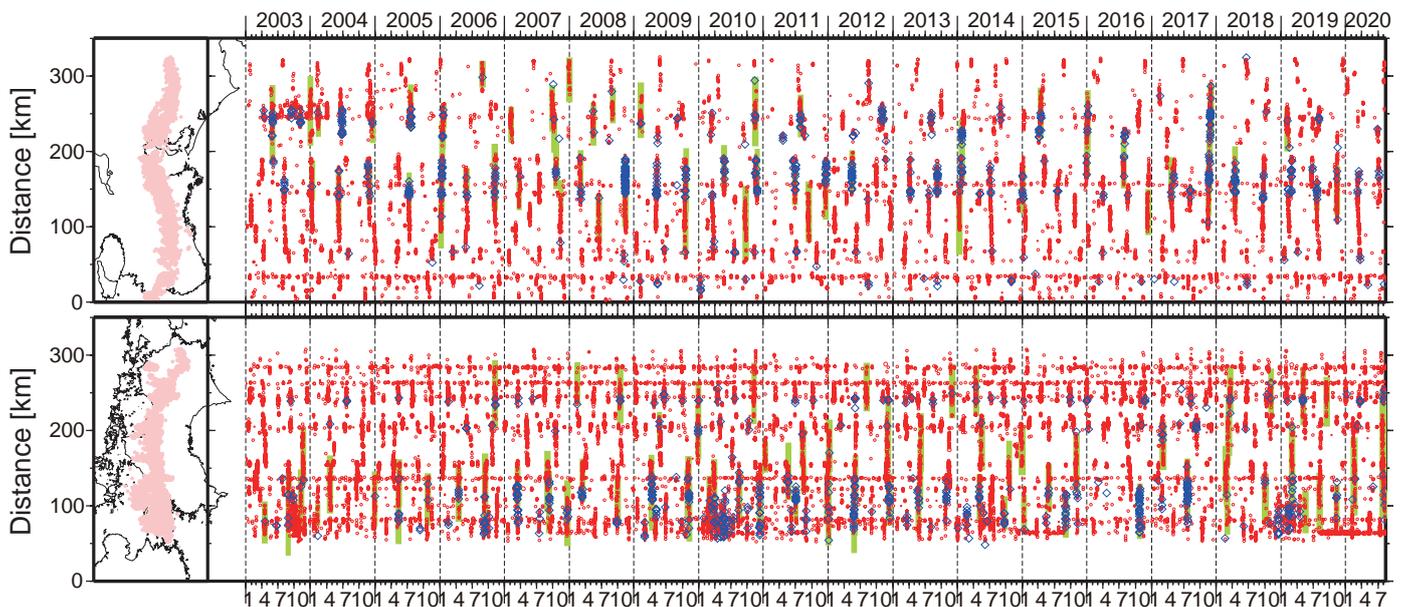


図3. 2003年1月～2020年8月13日までの深部低周波微動 (赤) および，深部超低周波地震 (青菱形) の時空間分布。緑太線は，傾斜変動から検出された短期的スロースリップイベント。

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（2020年5月～7月）その2



防災科研

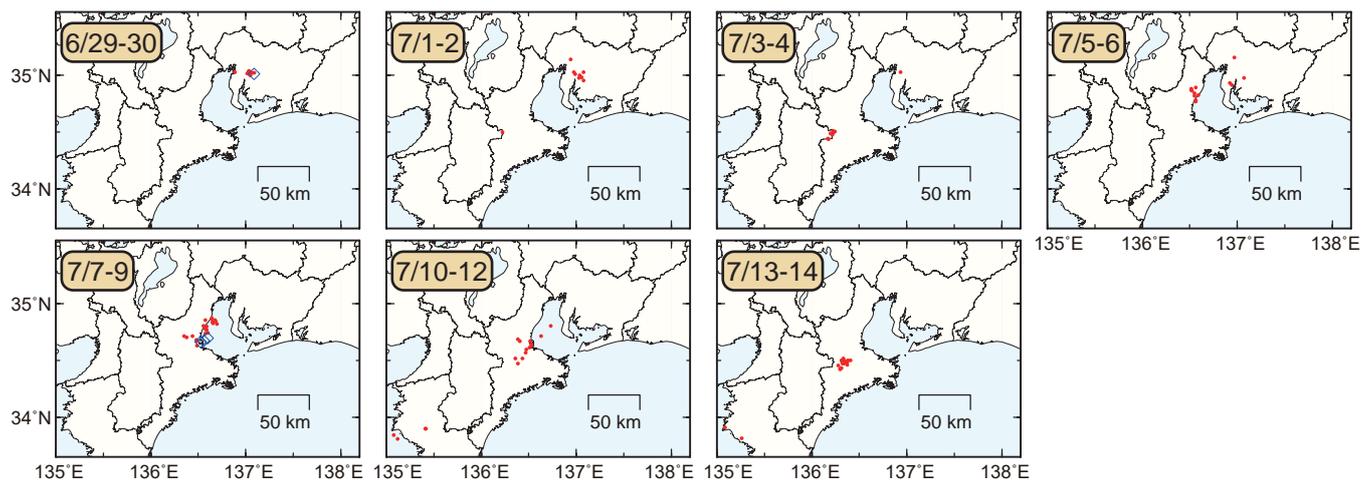


図1. 紀伊半島・東海地域で活発化した微動活動（赤丸）と深部超低周波地震（青菱形）の期間毎の分布. 6月29日～7月14日頃の愛知県西部から三重県中部における活動は愛知県西部で開始し、7月3日頃よりこの領域では活動が徐々に低調になった. 7月5日頃からは三重県北部において活動が活発化し、南西方向への活動域の移動がみられた.

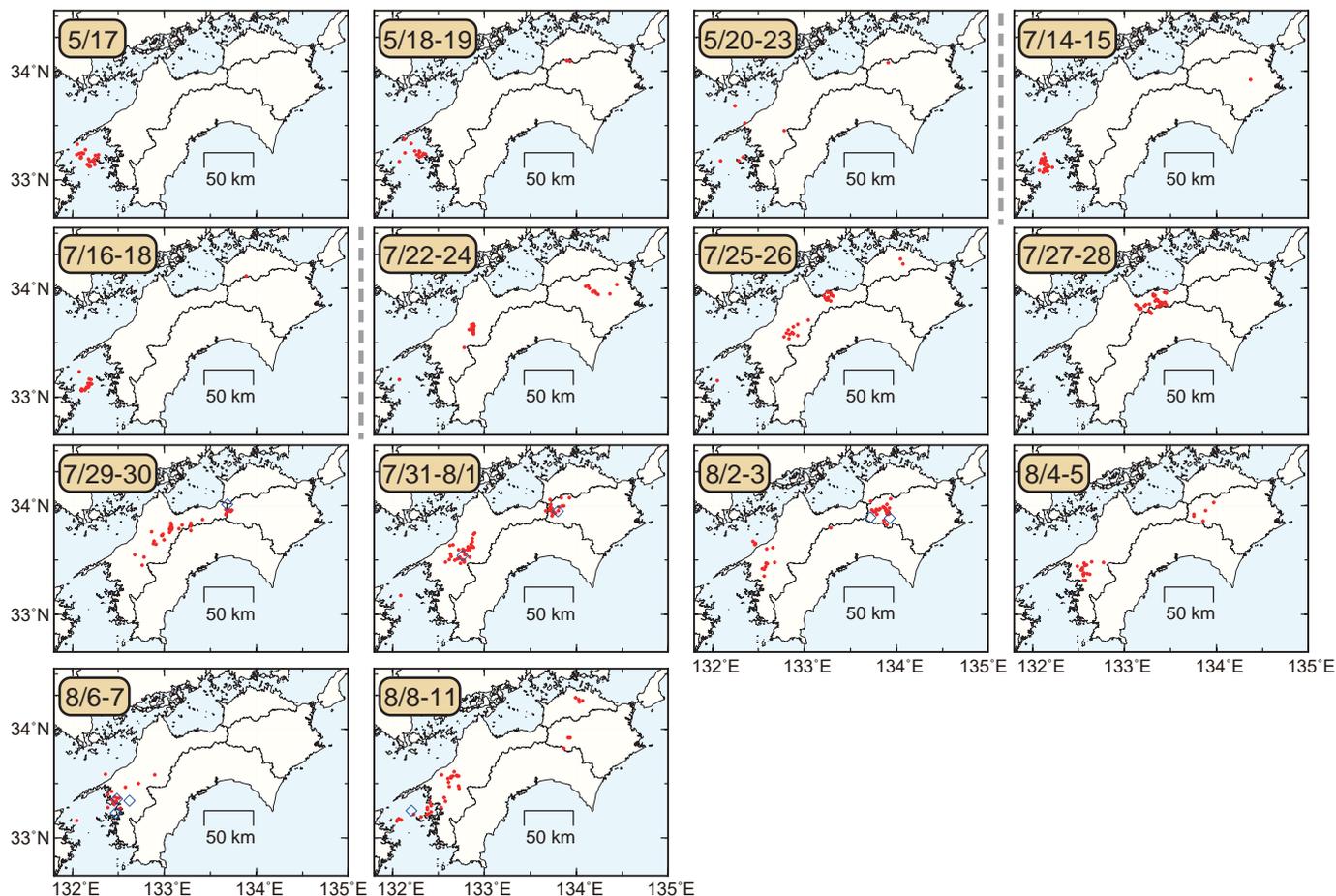


図2. 四国地域で活発化した微動活動（赤丸）と深部超低周波地震（青菱形）の期間毎の分布. 5月17～23日頃の豊後水道における活動では、開始後やや東方向への活動域の移動がみられた. 20日頃以降は活動が散発的となった. 7月14～18日頃の豊後水道における活動では、やや南方向への活動域の移動がみられた. 7月22日～8月11日頃の徳島県西部から豊後水道における活動は、愛媛県中部で開始した後、7月26日頃から愛媛県東部で活発化し、西方向への活動域の移動が8月10日頃にかけてみられた. 7月30日頃からは愛媛・徳島県境付近でも活動が活発化し、やや東方向への活動域の移動がみられ、8月4日以降はこの領域における活動は低調となった.

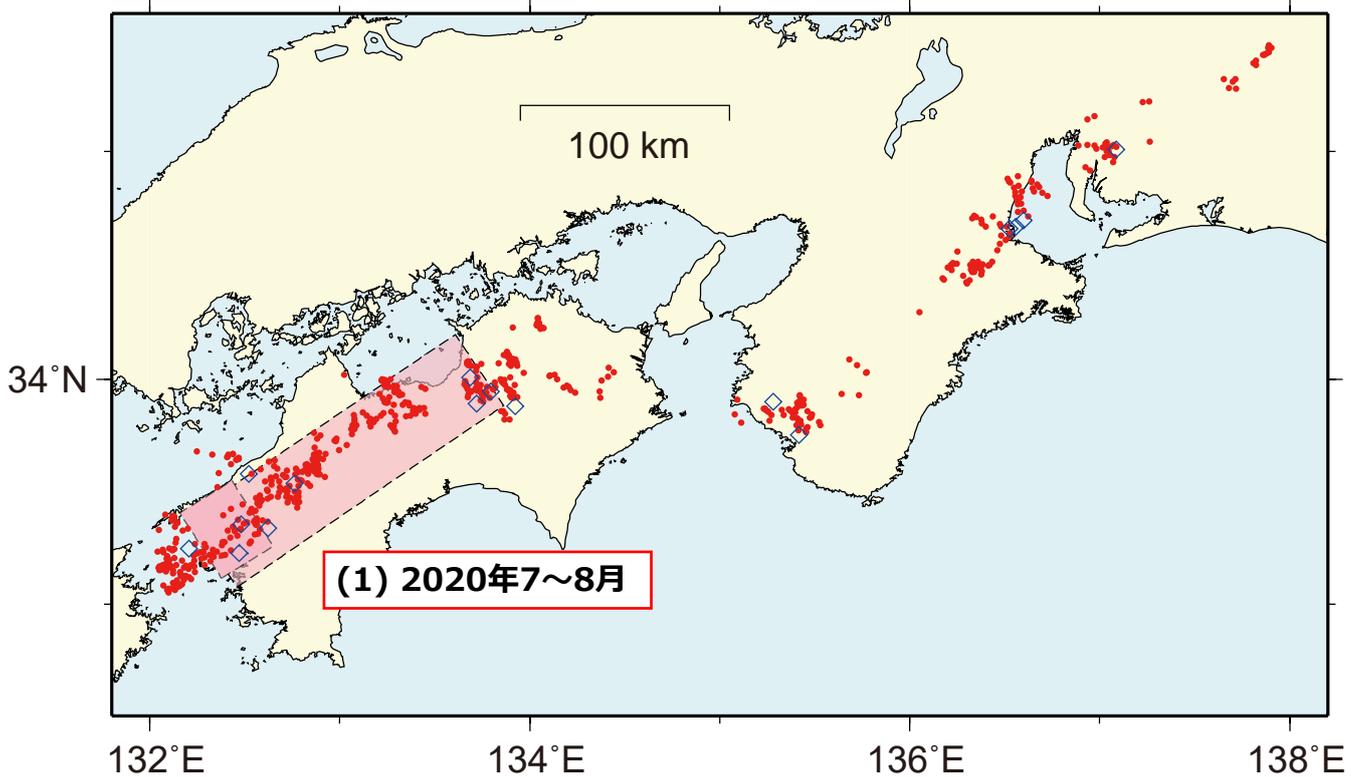


図1：2020年5月1日～2020年8月11日の深部低周波微動（赤点），深部超低周波地震（青菱形），短期的スロースリップイベント（SSE：ピンク四角）。

1. 2020年7～8月 四国中西部（Mw 6.3）2020年2月（Mw6.1）以来約5ヶ月ぶり

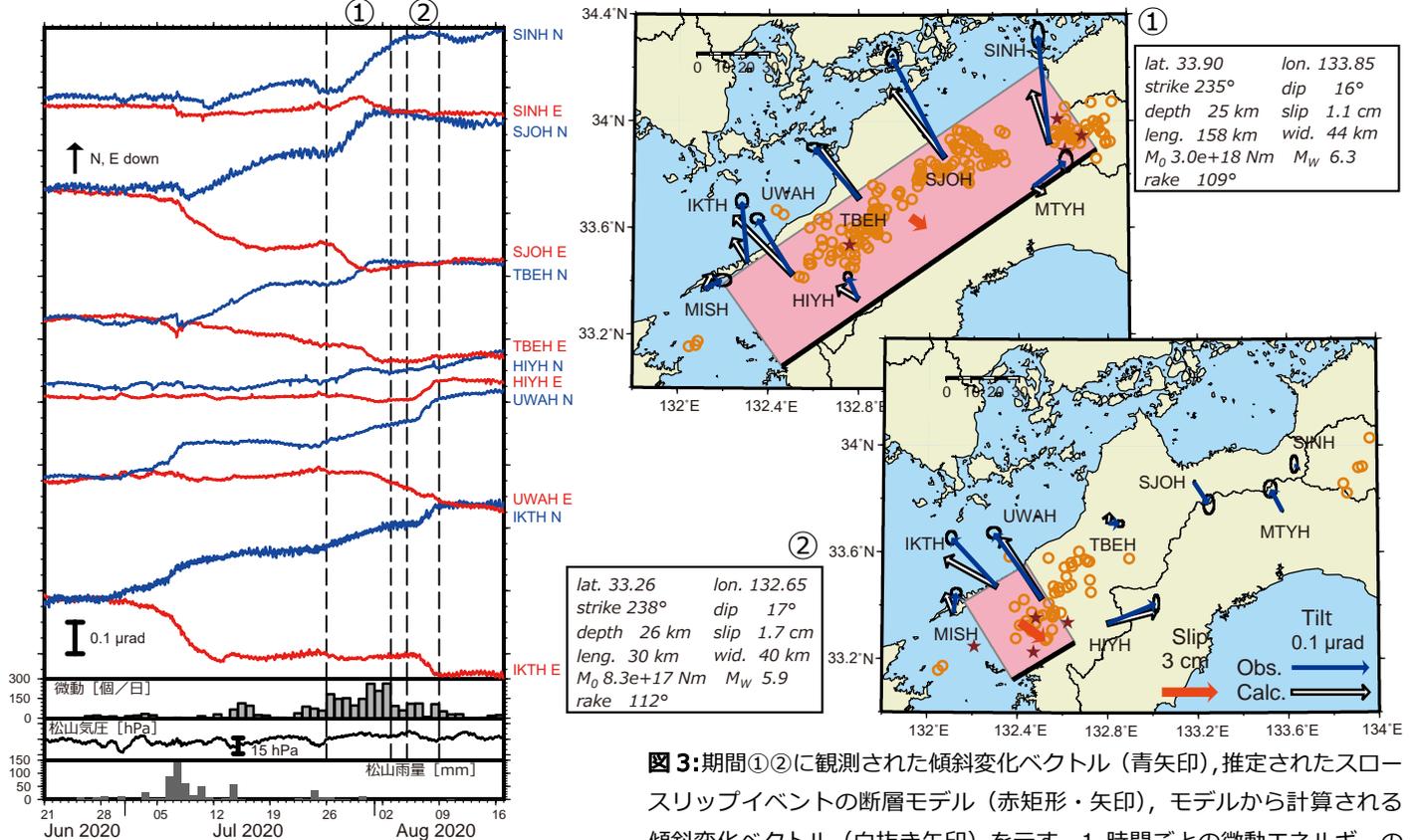


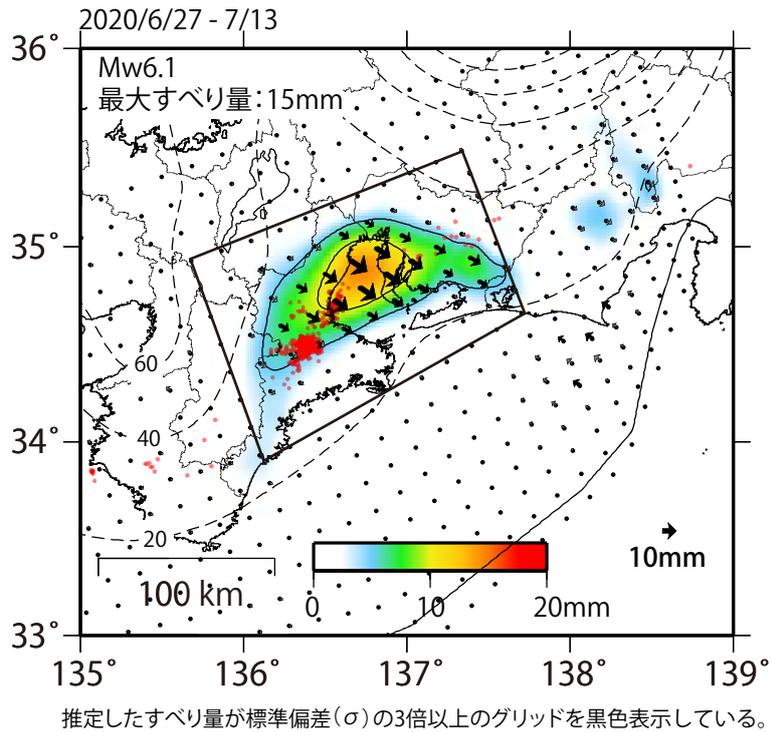
図2：2020年6月21日～8月16日の傾斜時系列。上方への変化が北・東下がりの傾斜変動を表し，BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答成分を除去した。期間①②の傾斜変化ベクトルを図3に示す。四国中西部での微動活動度・気象庁松山観測点の気圧・雨量をあわせて示す。

図3：期間①②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）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

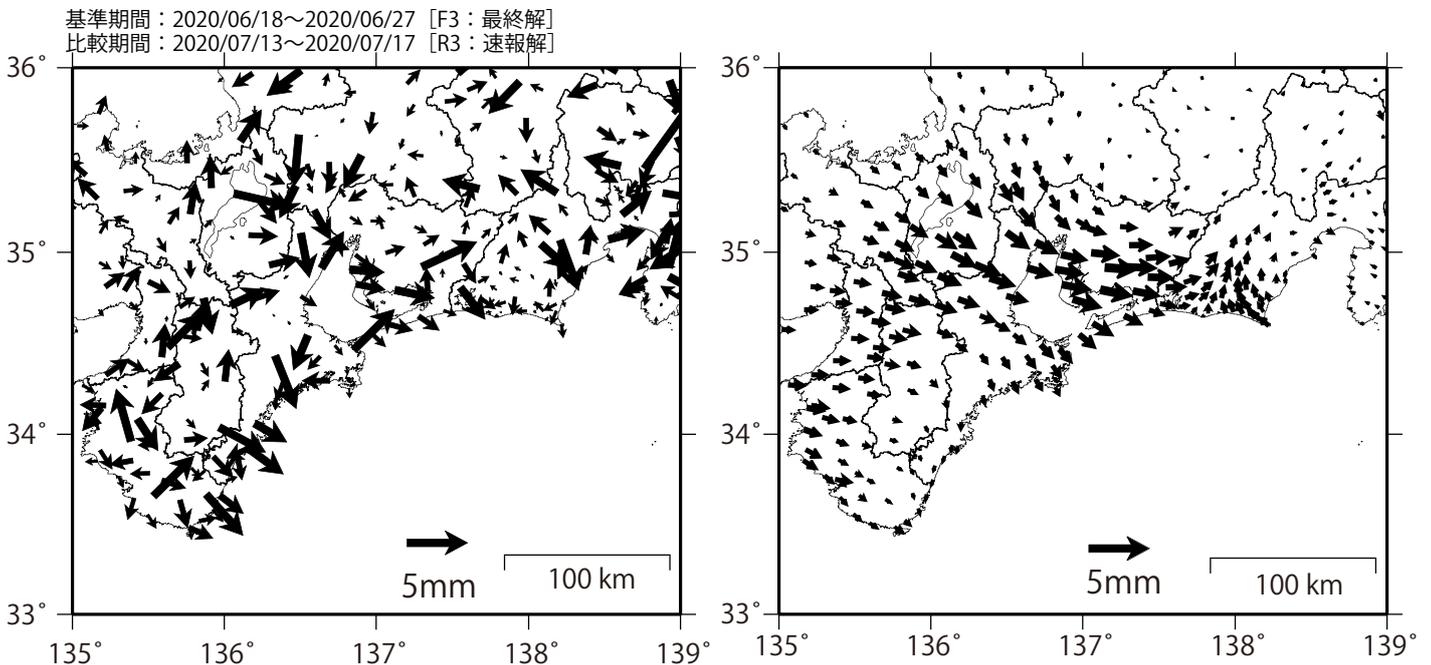
気象庁のWEBページで公開されている気象データを使用させて頂きました。記して感謝いたします。

GNSSデータから推定された
紀伊半島北部の深部低周波微動と同期したスロースリップ(暫定)



観測

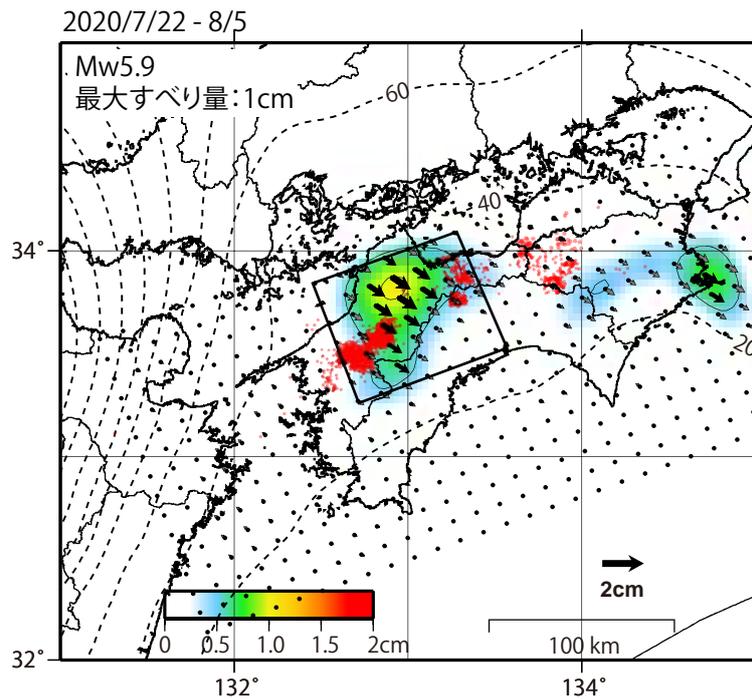
計算



解析に使用した全観測点の座標時系列から
共通に含まれる時間変化成分は取り除いている。
基準期間と比較期間の間のオフセットをRamp関数で推定

解析に使用した観測点の範囲: 概ね北緯33.4~36°、東経135~139°
使用データ: F3解(2020/6/1 - 2020/7/4)+R3解(2020/7/5 - 2020/7/17)
トレンド期間: 2018/1/1 - 2019/1/1
モーメント計算範囲: 上段の図の黒枠内側
黒破線: フィリピン海プレート上面の等深線(弘瀬・他、2007)
赤丸: 低周波地震(気象庁一元化震源)
コンター間隔: 5mm
固定局: 三隅

GNSSデータから推定された
四国西部の深部低周波微動と同期したスロースリップ(暫定)

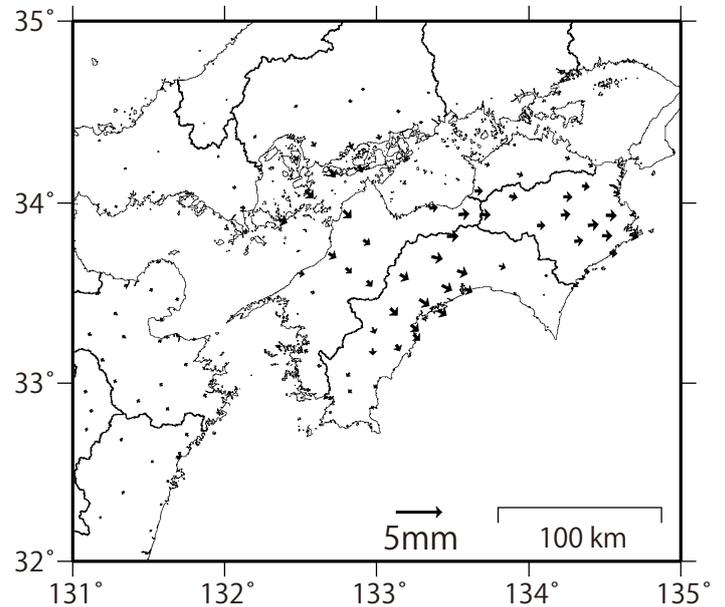
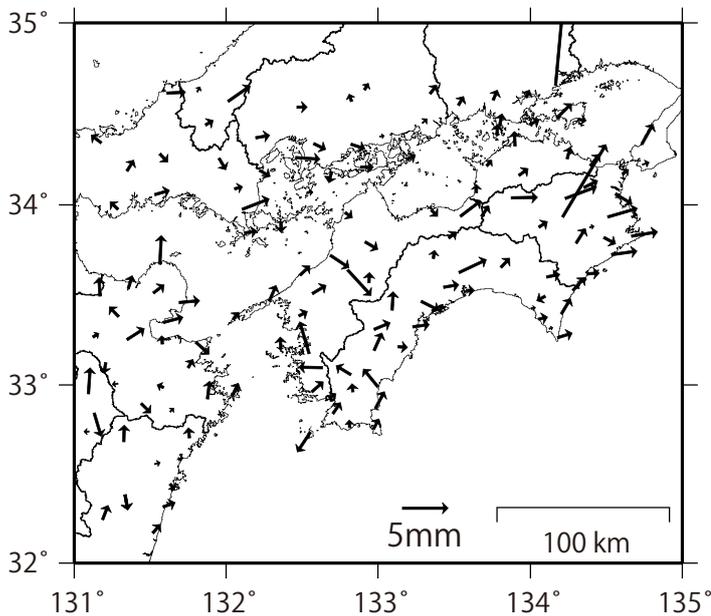


推定したすべり量が標準偏差(σ)の3倍以上のグリッドを黒色表示している。

観測

計算

基準期間：2020/07/01～2020/07/22 [F3：最終解]
比較期間：2020/08/05～2020/08/10 [R3：速報解]

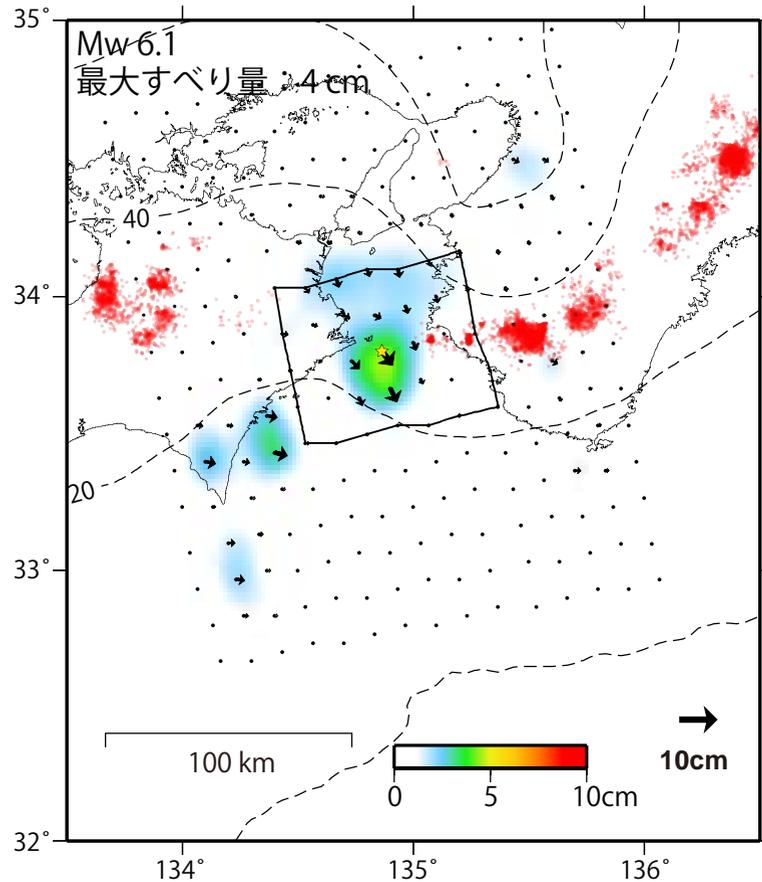


解析に使用した全観測点の座標時系列から
共通に含まれる時間変化成分は取り除いている。
基準期間と比較期間の間のオフセットをRamp関数で推定

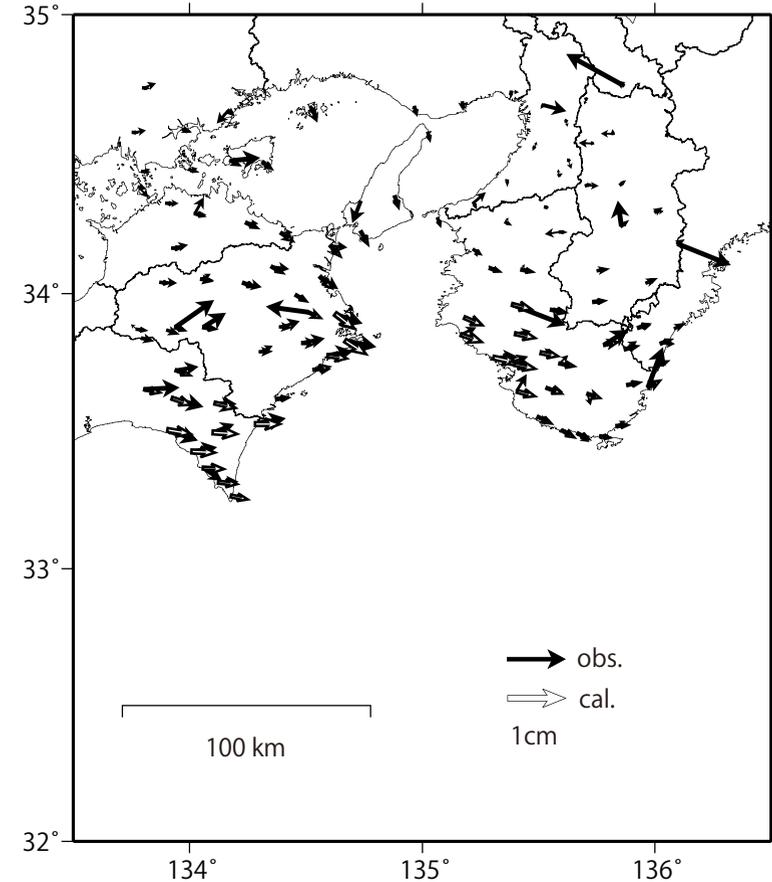
解析に使用した観測点の範囲：概ね北緯32～34.6°、東経131～134.8°
使用データ：F3解(2020/7/1 - 2020/7/25)+R3解(2020/7/26 - 2020/8/10)
トレンド期間：2019/6/1 - 2020/6/1
モーメント計算範囲：上段の図の黒枠内側
黒破線：フィリピン海プレート上面の等深線(弘瀬・他、2007)
赤丸：低周波地震(気象庁一元化震源)
コンター間隔：5mm
固定局：三隅

GNSSデータから推定された
紀伊水道の長期的ゆっくりすべり（暫定）

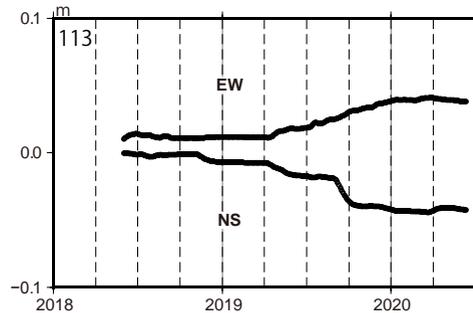
推定すべり分布
(2019/4/1 - 2020/6/11)



観測値（黒）と計算値（白）の比較
(2019/4/1 - 2020/6/11)



グリッド（★）におけるすべりの時間変化
時間依存のインバージョン



使用データ：F3解 (2018/1/1 - 2020/5/31) + R3解 (2020/6/1 - 2020/6/11)

※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：2017/1/1 - 2018/1/1（年周・半年周成分は2017/1/1 - 2020/6/11のデータで補正）

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（弘瀬・他、2007）

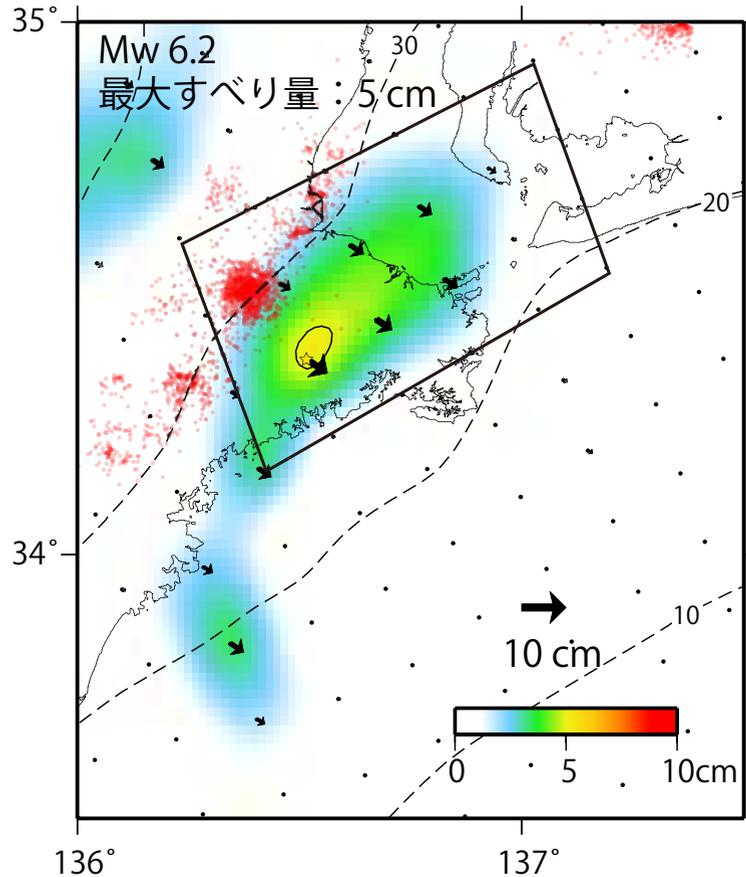
すべり方向：東向きから南向きの範囲に拘束

赤丸：低周波地震（気象庁一元化震源）

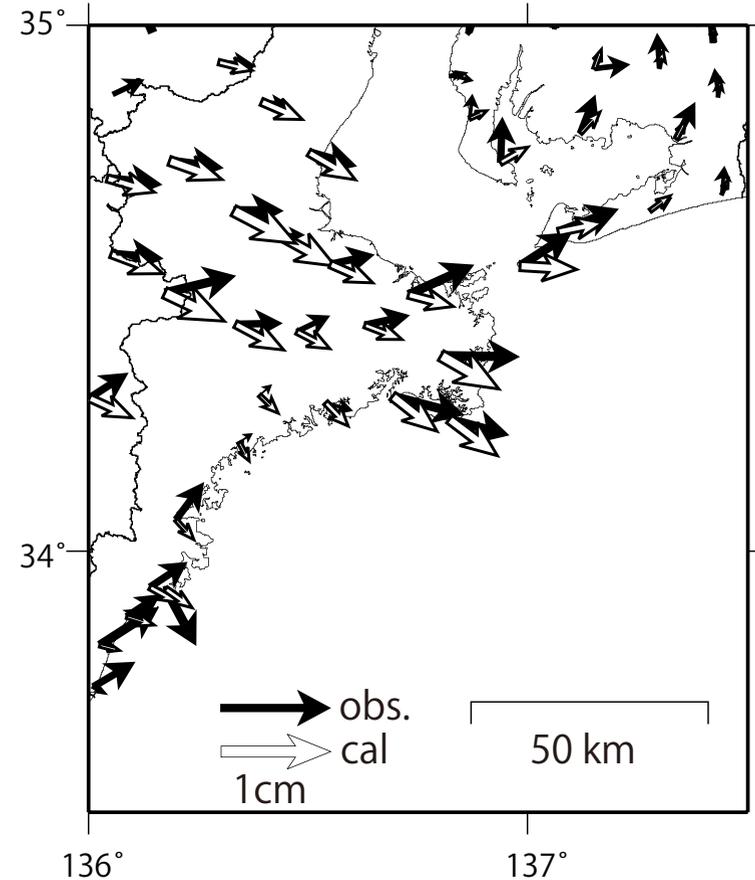
固定局：網野

GNSSデータから推定された
志摩半島の長期的ゆっくりすべり（暫定）

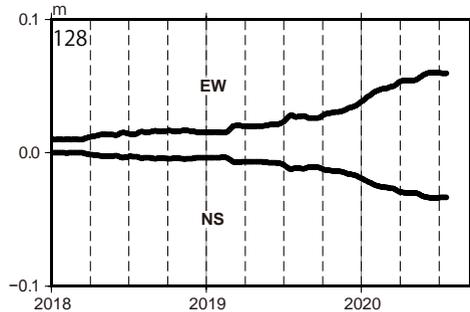
推定すべり分布
(2019/1/1 - 2020/7/19)



観測値（黒）と計算値（白）の比較
(2019/1/1 - 2020/7/19)



グリッド（★）におけるすべりの時間変化
時間依存のインバージョン



使用データ：F3解 (2018/1/1 - 2020/7/4) + R3解 (2020/7/5 - 2020/7/19)

※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：2016/3/1 - 2017/3/1（年周・半年周成分は2017/1/1 - 2020/7/19のデータで補正）

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 (弘瀬・他、2007)

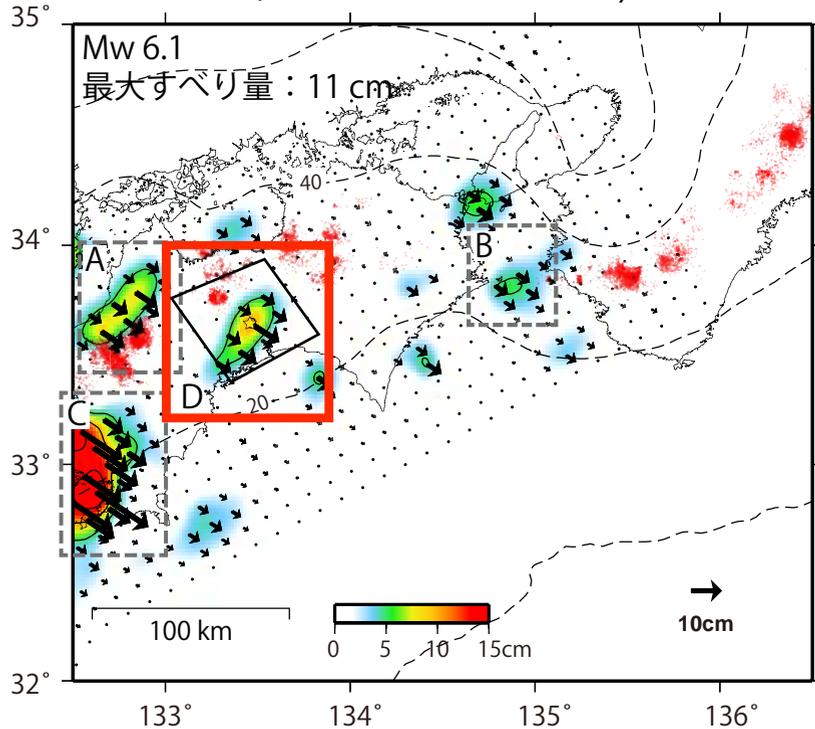
すべり方向：プレートの沈み込み方向と平行な方向に拘束

赤丸：低周波地震（気象庁一元化震源）

固定局：網野

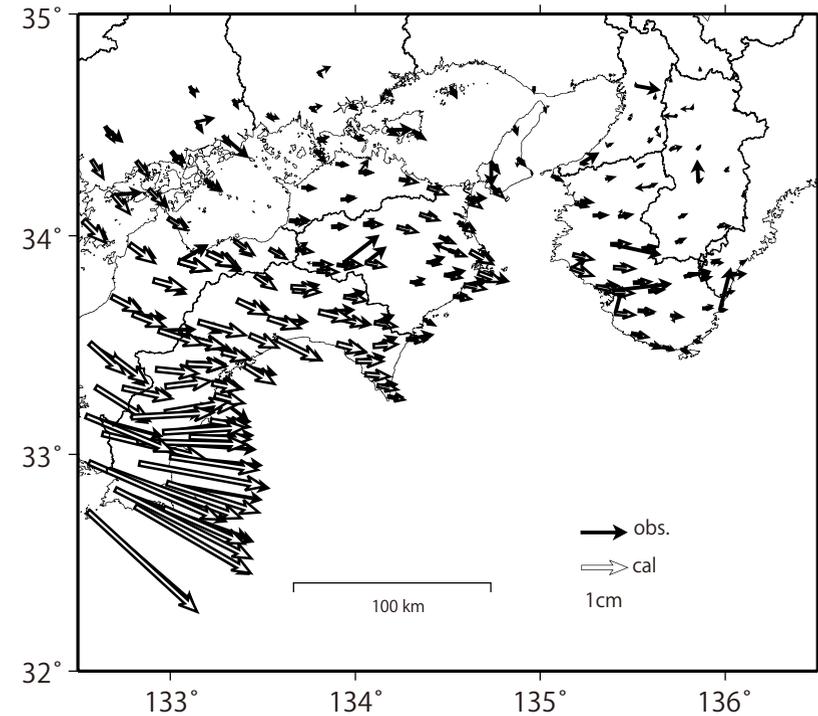
GNSSデータから推定された
四国中部の長期的ゆっくりすべり（暫定）

推定すべり分布
(2019/1/1 - 2020/7/19)

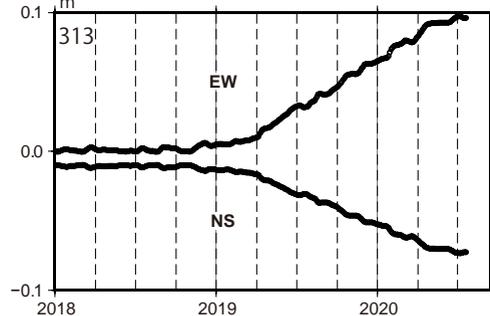


- A 四国西部の短期的ゆっくりすべり
- B 紀伊水道の長期的ゆっくりすべり
- C 豊後水道の長期的ゆっくりすべり
- D 四国中部の長期的ゆっくりすべり**

観測値（黒）と計算値（白）の比較
(2019/1/1 - 2020/7/19)



グリッド（★）におけるすべりの時間変化
時間依存のインバージョン



使用データ：F3解(2019/1/1 - 2020/7/4) + R3解(2020/7/5 - 2020/7/19)

※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：2017/1/1 - 2018/1/1（年周・半年周成分は2017/1/1 - 2020/7/19のデータで補正）

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（弘瀬・他、2007）

すべり方向：プレートの沈み込み方向と平行な方向に拘束

赤丸：低周波地震（気象庁一元化震源）

固定局：網野

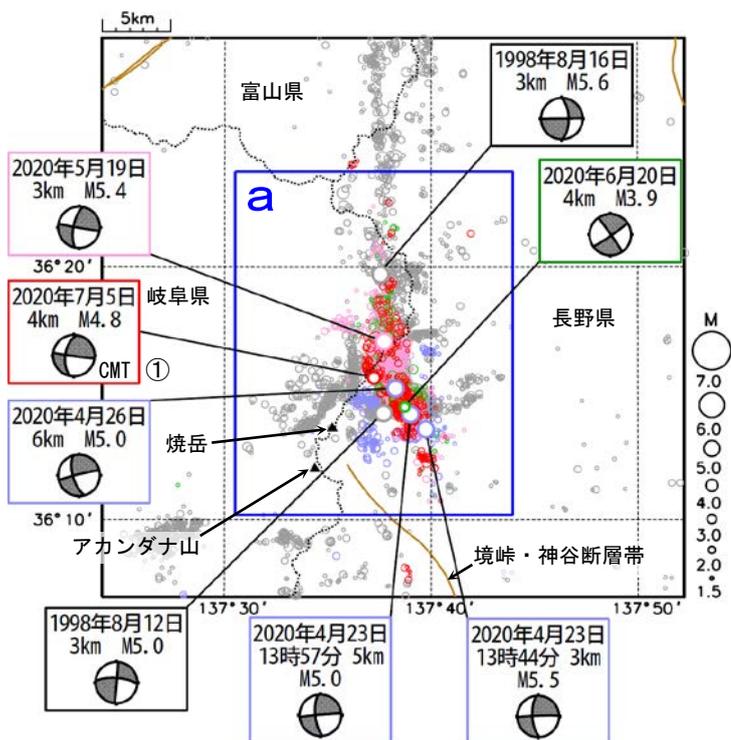
長野・岐阜県境付近（長野県中部、岐阜県飛騨地方）の地震活動

長野・岐阜県境付近（長野県中部、岐阜県飛騨地方）の地殻内（領域a）では、5月19日に発生したM5.4の地震（最大震度4）をはじめとして、今期間も一連の活動は消長を繰り返しながら継続している。これまでの最大規模の地震は4月23日のM5.5の地震（最大震度4）である。最大震度1以上を観測する地震が7月は43回（最大震度3：3回、最大震度2：9回、最大震度1：31回）発生した。領域a内で7月に発生した地震の内、最大規模の地震は7月5日15時09分に発生した長野県中部の地震（M4.8、最大震度3；図中の①の地震）であった。

震央分布図

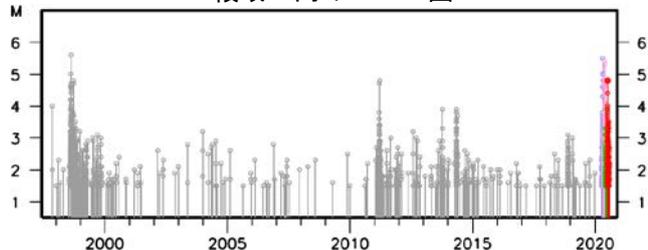
(1997年10月1日～2020年7月31日、
深さ0～30km、M≥1.5)

地震は2020年3月以前が灰色、4月が薄青、
5月が薄赤、6月が緑、7月が赤で色分けして表示

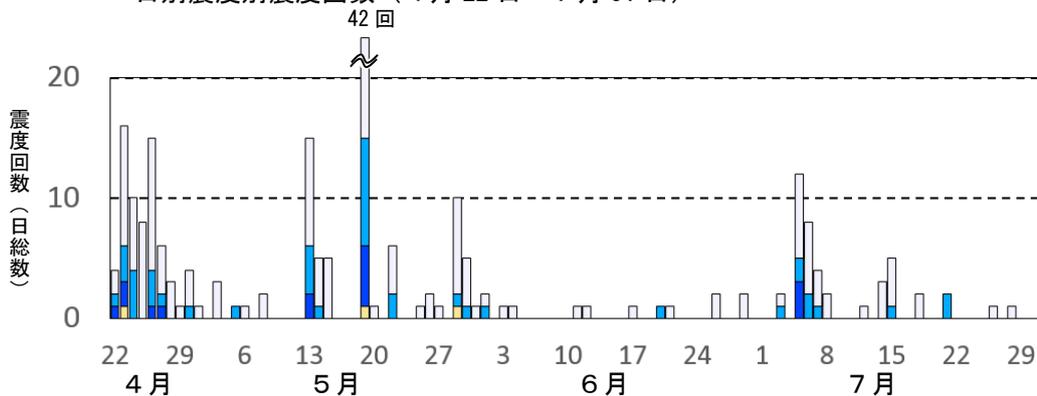


茶線は地震調査研究推進本部の長期評価による活断層を示す。

領域a内のM-T図



日別震度別震度回数（4月22日～7月31日）



気象庁作成

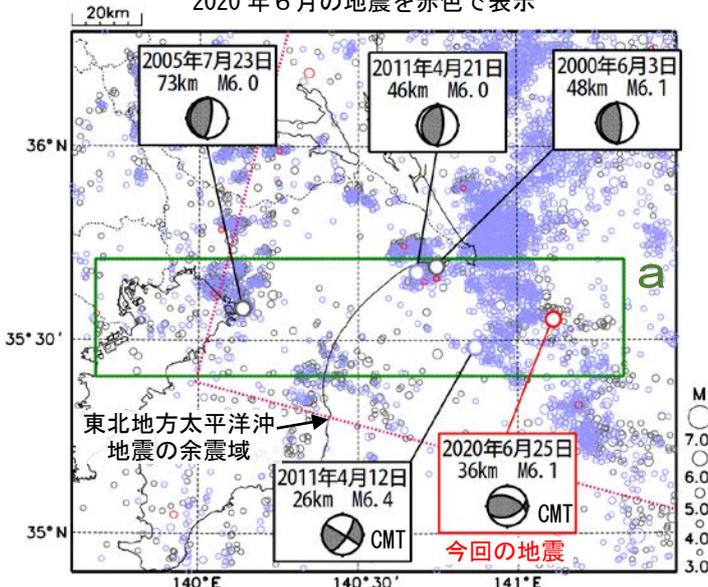
日別震度別回数表
(2020年4月22日～7月31日)

月日	震度1	震度2	震度3	震度4	合計
4月合計	48	13	5	1	67
5月合計	74	19	7	2	102
6月合計	11	2	0	0	13
7/1	0	0	0	0	0
7/2	0	0	0	0	0
7/3	1	1	0	0	2
7/4	0	0	0	0	0
7/5	7	2	3	0	12
7/6	6	2	0	0	8
7/7	3	1	0	0	4
7/8	2	0	0	0	2
7/9	0	0	0	0	0
7/10	0	0	0	0	0
7/11	0	0	0	0	0
7/12	1	0	0	0	1
7/13	0	0	0	0	0
7/14	3	0	0	0	3
7/15	4	1	0	0	5
7/16	0	0	0	0	0
7/17	0	0	0	0	0
7/18	2	0	0	0	2
7/19	0	0	0	0	0
7/20	0	0	0	0	0
7/21	0	2	0	0	2
7/22	0	0	0	0	0
7/23	0	0	0	0	0
7/24	0	0	0	0	0
7/25	0	0	0	0	0
7/26	1	0	0	0	1
7/27	0	0	0	0	0
7/28	1	0	0	0	1
7/29	0	0	0	0	0
7/30	0	0	0	0	0
7/31	0	0	0	0	0
合計	164	43	15	3	225

6月25日 千葉県東方沖の地震

震央分布図

(1997年10月1日～2020年6月30日、
深さ0～100km、 $M \geq 3.0$)
2011年3月11日14時46分以降を薄青色で、
2020年6月の地震を赤色で表示

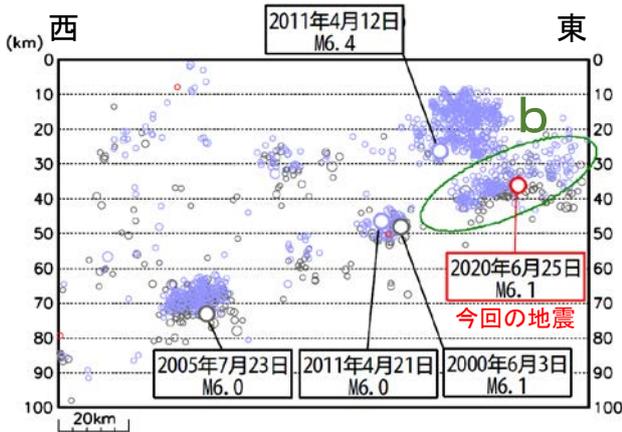


2020年6月25日04時47分に、千葉県東方沖の深さ36kmで $M 6.1$ の地震(最大震度5弱)が発生した。この地震の発震機構(CMT解)は、南北方向に圧力軸を持つ逆断層型である。この地震により、重傷者1人、軽傷者1人の被害が生じた(7月2日現在、総務省消防庁による)。

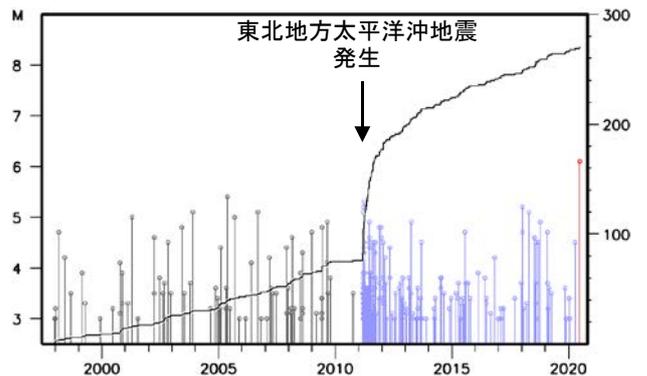
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近(領域b)では、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」(以下、東北地方太平洋沖地震)以降、活動が活発であった。領域bの近傍では、2011年4月12日に $M 6.4$ の地震(最大震度5弱)が発生している。

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、 $M 6.0$ 以上の地震が時々発生しており、1923年6月2日には $M 7.1$ の地震が発生した。なお、その7日前の5月26日に $M 6.2$ の地震が、2日前の5月31日に $M 6.1$ の地震が発生している。

領域a内の断面図(東西投影)

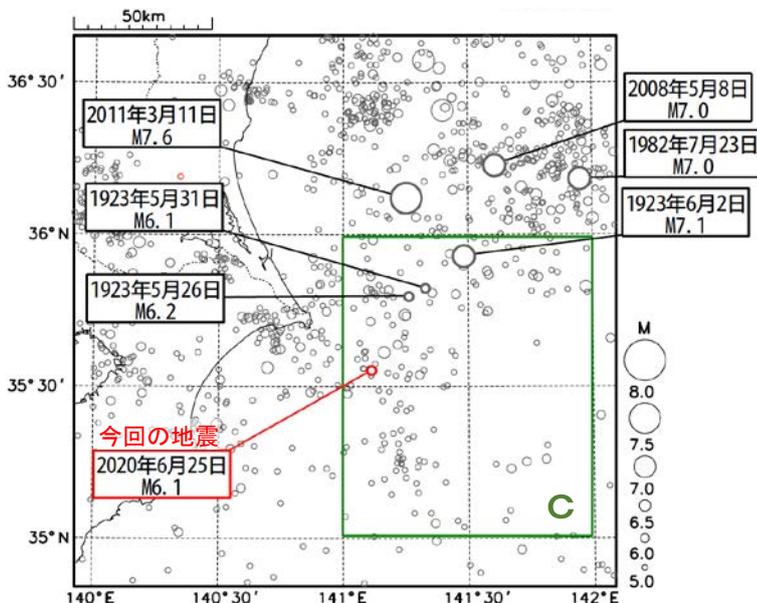


領域b内のM-T図及び回数積算図

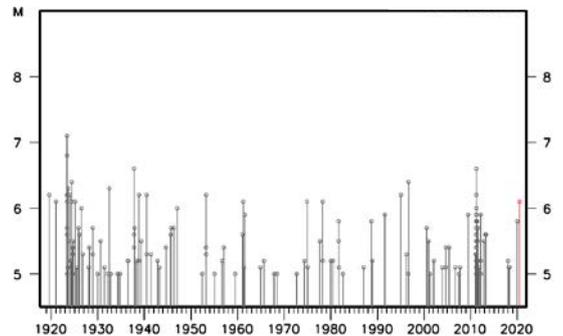


震央分布図

(1919年1月1日～2020年6月30日、
深さ0～150km、 $M \geq 6.0$)
2020年6月の地震を赤く表示



領域c内のM-T図



気象庁作成

重点検討課題の検討

「日本列島モニタリングの将来像」について

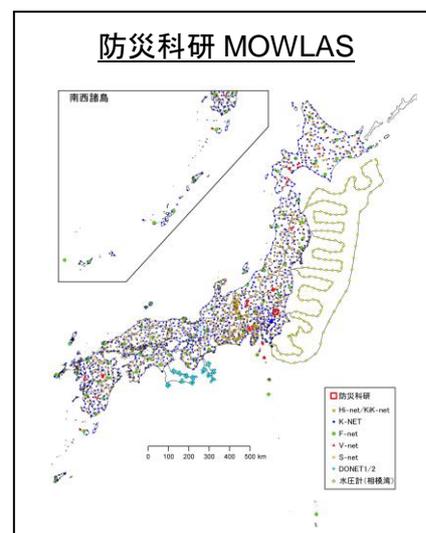
第228回地震予知連絡会 重点検討課題

「日本列島モニタリングの将来像」について

コンビーナ 東京大学地震研究所 小原一成

1. 背景

日本列島周辺では、度重なる地震・火山・津波災害を教訓として、これらの地球現象を正確に把握し、災害予測の評価に資するため、防災科研の MOWLAS に代表されるような世界屈指の広範囲で稠密な地殻活動観測網を整備してきた。その結果、当初の目的を達成しつつ、深部及び海溝付近の低周波微動をはじめとする様々なスロー地震の発見など、サイエンス面でも多大なる貢献を果たしてきている。一方、近年の技術開発により、これまでと比べると格段に超稠密な観測データなどが得られつつある。



2. 課題と論点

2-1. 現状の課題の整理

- ・ 日本列島周辺における地殻活動モニタリングに関する現状の課題は何か、その課題解決のために何が必要か。
- ・ 現在のモニタリングは有効に機能しているか、どこまで継続可能か、その後の継続のために何が必要か。

2-2. 新たなモニタリング

- ・ 今後、どのようなモニタリングを行うべきか、そのモニタリングを実現するためにはどのような技術が必要か、その実現に向けた見通しはあるか。
- ・ 今後のモニタリングを支える体制、仕組みはどうあるべきか。
- ・ 新たに開発される観測技術を定常観測に取り入れるためには何が必要か。

3. 報告

- ① 陸域地殻変動モニタリング展望 国土地理院 畑中雄樹
- ② MOWLAS をはじめとする地震観測の現状と展望
防災科学技術研究所 青井真
- ③ 海域地震・地殻変動観測の将来像 東京大学地震研究所 篠原雅尚
- ④ 内陸地震発生場解明のための稠密地震観測 (0.1 満点地震観測からわかったこと)
九州大学 松本聡
- ⑤ 光ファイバーケーブルを用いた DAS 観測ー地震学での利用ー
東北大学院理学研究科 江本賢太郎

話題提供者〔敬称略〕

1. 陸域地殻変動モニタリング展望

国土地理院 畑中 雄樹

2. MOWLAS をはじめとする地震観測の現状と展望

防災科学技術研究所 青井 真

3. 海域地震・地殻変動観測の将来像

東京大学地震研究所 篠原 雅尚

4. 内陸地震発生場解明のための稠密地震観測（0.1 満点地震観測からわかったこと）

九州大学大学院理学研究院 松本 聡

5. 光ファイバーケーブルを用いたDAS観測－地震学での利用－

東北大学大学院理学研究科 江本 賢太郎

陸域地殻変動モニタリング展望
畑中雄樹（国土地理院）

- ・これまで：宇宙測地技術（GNSS や干渉 SAR 等）が地殻変動観測の主役になった。
 - 地震時変動から SSE・プレート間固着、津波予測支援まで
- ・GEONET の新たな解析戦略 (F5)
 - モデルの改良、座標系の更新：（相対座標だけでは無く）絶対座標の安定性が向上
 - GLONASS による GPS 補完(予定) ⇒上下成分の精度向上に期待
- ・GEONET の今後の課題・可能性
 - 安定運用の継続と座標解の長期安定性が最重要
 - GNSS の近代化、マルチ GNSS への対応の更なる推進
⇒リアルタイム解析 (REGARD) の精度向上に期待
 - 衛星軌道・時計推定+精密単独測位法 (PPP-AR)
 - 国内 GNSS 観測点の連携基盤
絶対座標に基づく変動情報の共有には、座標系の統一方法が課題

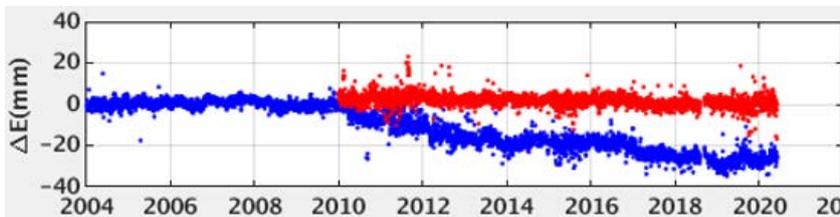


図1 F3 解 (青) および F5 試験解(赤)の座標時系列 (東西成分)

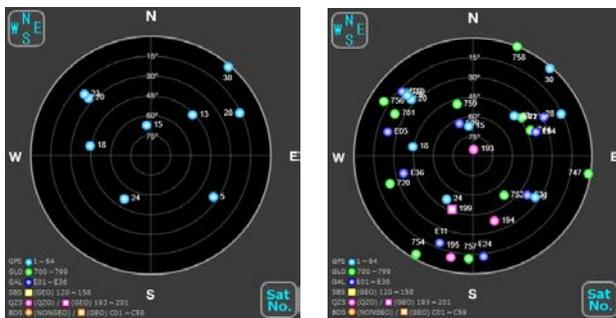


図2 東京上空の衛星配置の比較。(左)GPS のみ(右)マルチ GNSS。 (<https://app.qzss.go.jp/GNSSView/gnssview.html> を使用)

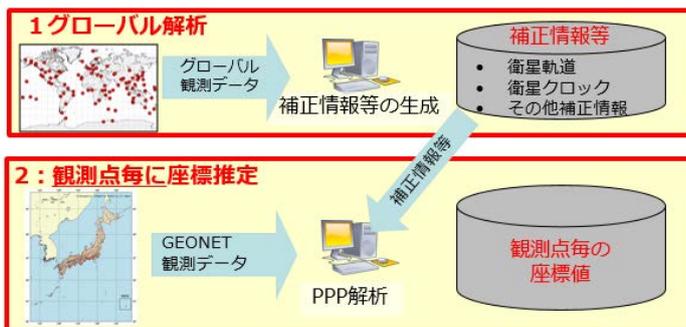


図3 精密単独測位法(PPP)

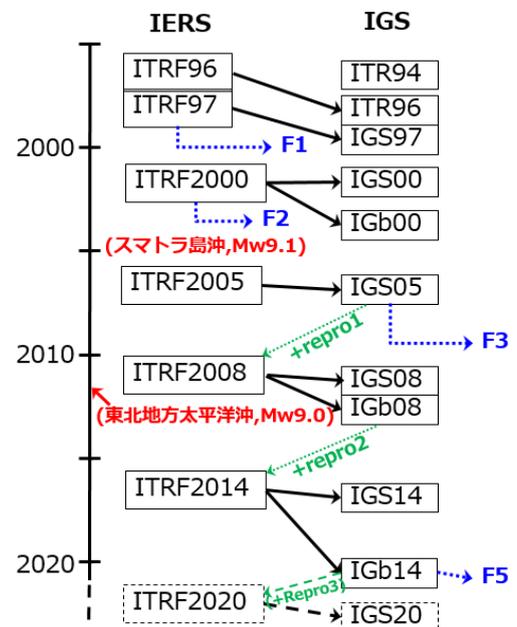


図4 国際地球基準座標系 (ITRF) の更新履歴 (最近 25 年間)

MOWLASをはじめとする地震観測の現状と展望

青井真（防災科学技術研究所 地震津波火山ネットワークセンター）

現状

- ・日本における各機関の地震観測網を概観するとともに、防災科研が構築・運用する陸海統合地震津波火山観測網 MOWLAS の現状やこれまでに蓄積されたデータについて紹介。
- ・首都圏地震観測網 MeSO-net や民間が取得しているデータ、小型地震計やスマホ地震計のデータを統合し、データ利活用協議会などとも連携し利活用を進めている。

今後の展望

- ・安定した観測の継続：安定した高精度で高稼働率の観測の継続を担う人材と予算、修理、定期的なシステム更新、観測施設のメンテナンス。
- ・新たな観測網の構築：N-net の構築&増設機器を含む新たな観測システムの開発。基盤観測網の完成：島嶼部や密度の薄い地域。断層極近傍での観測や都市域の超稠密観測。
- ・新たな観測技術・システムの開発、技術の継承：陸海の新たな観測、より稠密な観測、安価な観測、データ伝送方式。
- ・ユーザーニーズ：データの統合。ユーザーごとの様々なニーズ。学術・研究と防災・社会実装のバランス。

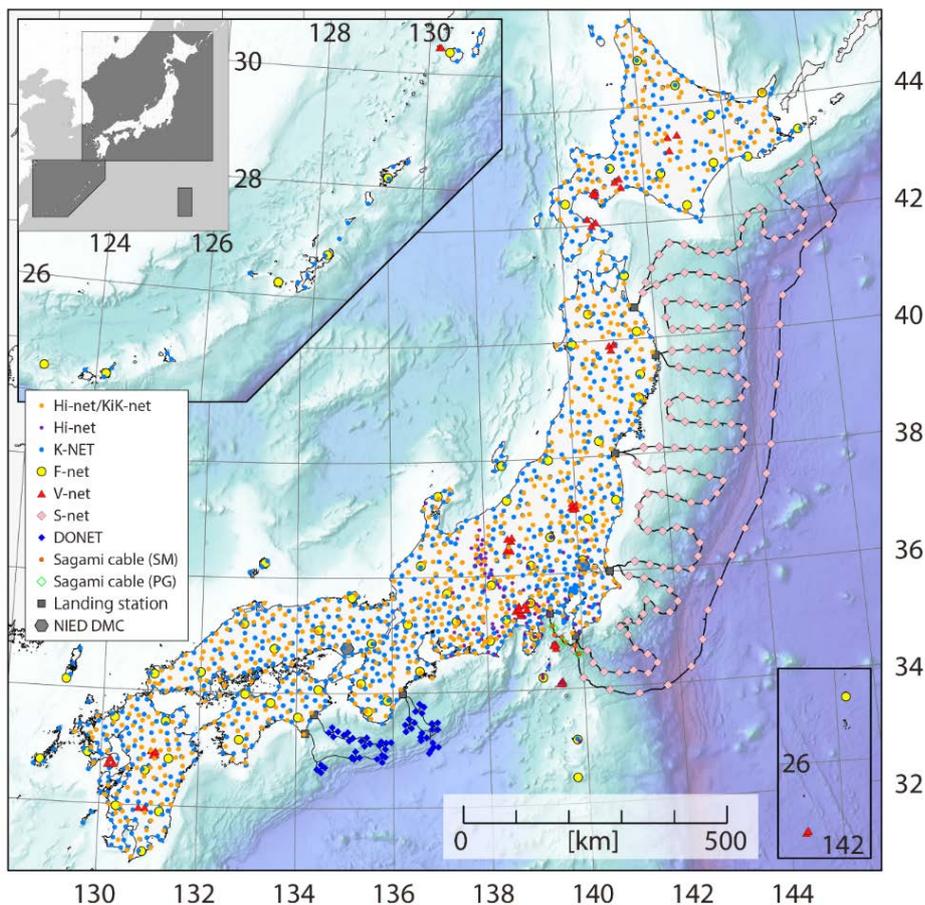


図 1：2100 観測点あまりからなる陸海統合地震津波火山観測網 MOWLAS の観測点分布

海域地震・地殻変動観測の将来像

篠原 雅尚(東京大学地震研究所)

現在の海域におけるモニタリング観測システム

- 海底地殻変動観測
 - GNSS 音響結合方式地殻変動観測システム(準リアルタイム) (図1)
 - 自己浮上式海底水圧計(海底上下変動観測)(オフライン)
- 地震・津波観測
 - 海底ケーブル式地震・津波計(リアルタイム) (図2)
 - 自己浮上式海底地震計(オフライン)

次期海域観測網(図3)

- 測地帯域から地震帯域までの広帯域の観測を実施
- 従来を大きく超える空間的密度を確保する
- リアルタイム観測が基本である

ケーブルシステムを基幹とした観測網の展開

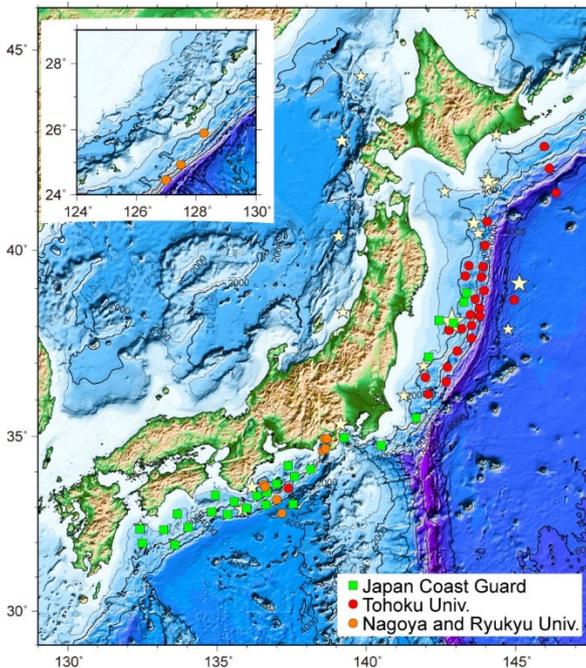


図1 2020年8月時点におけるGNSS音響海底地殻変動観測海底局の位置。色は設置機関を表す。

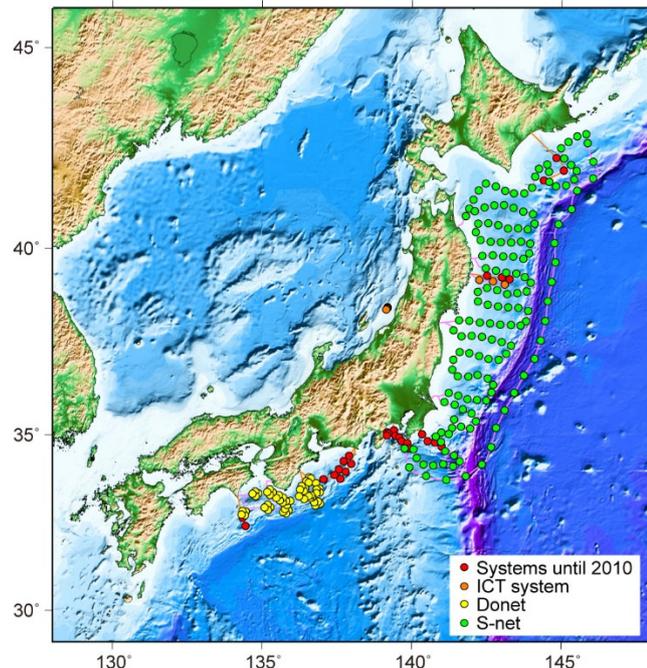


図2 2020年8月時点における海底ケーブル式観測点の位置。色はシステムの違いを示している。南海トラフ西域にも、設置計画が進行している。

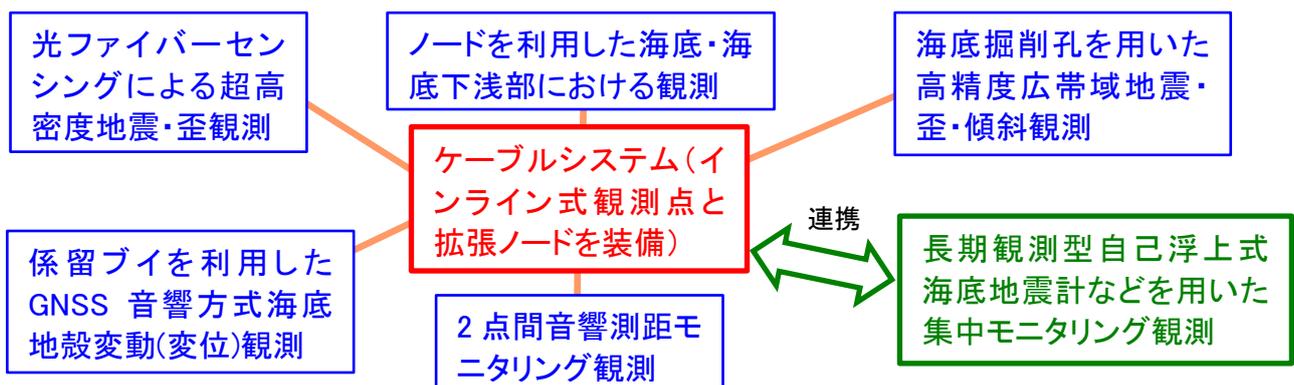


図3 ケーブルシステムを基幹とする海底地震・地殻変動・津波観測システム

内陸地震発生場解明のための稠密地震観測（0.1満点地震観測からわかったこと）

松本 聡（九州大学大学院理学研究院）

- 2000年鳥取県西部地震余震域で1000カ所の地震観測を行った。
（京都大，東京大，九州大を中心として多くの研究者と共同）
 - 地方自治体，地元住民（ボランティア）の多大な協力で実施。
 - 発生からおよそ17年経過した2017年から1年間の観測でマグニチュード0より小さい地震を多数検出。
 - 小さい地震の断層の向きを高い精度で推定。
 - 地震断層に伴って割れ目が開く小地震の発見。
 - 地震活動と流体の関係を示唆
- 今後，大地震の断層周りで詳しく調べることでM7クラスの地震の起こる場所の特性を見出される可能性。

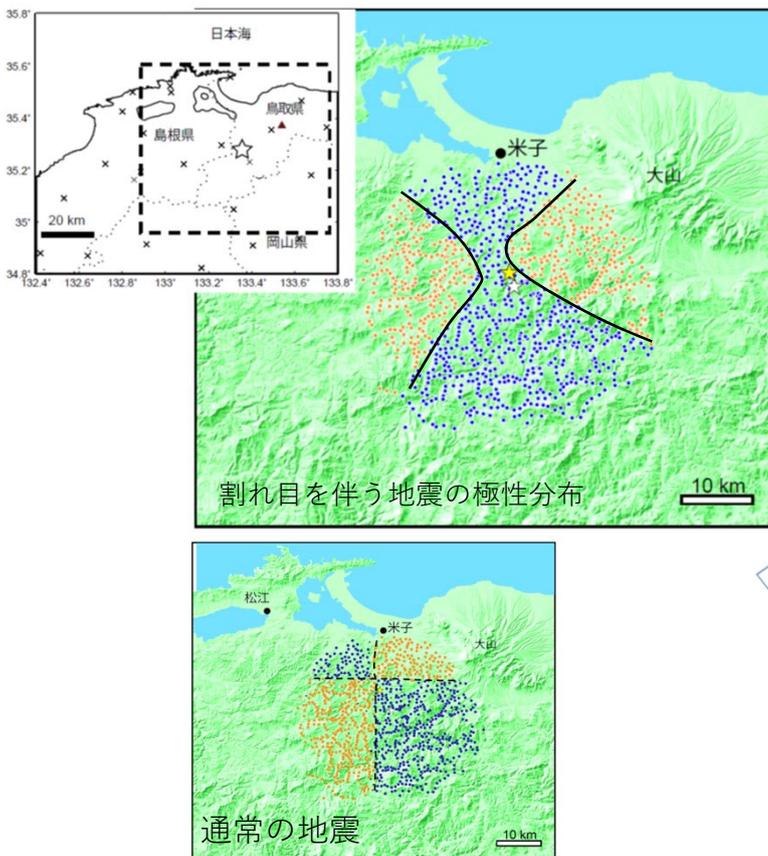


図1. 地表に置いた地震計でとらえた自然地震のP波の初めの揺れ（極性分布）
●：上に，●：下に動く。動きのパターンが違うところが断層の方向を示している。今回の観測で高い精度で方向が求められた。さらに，今まで火山・地熱地帯でしか見られていなかった，割れ目の開口を伴う地震が発見された。通常地震（左下図）と比べて真ん中に青い部分が多い。下図にこれらのタイプの地震の模式図を示す。

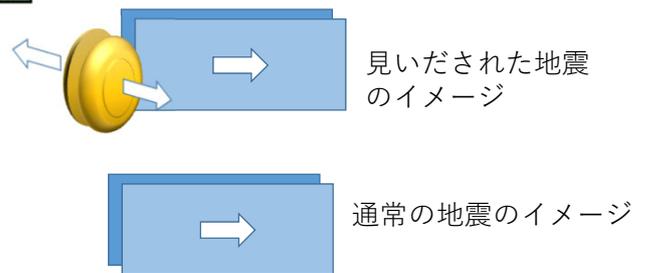


図2. 大地震の断層の状態を示す模式図。今回の発見によって，鳥取県西部地震断層では流体が供給されやすく，すべりやすくなっている可能性が分かった。このように大地震，余震活動，流体のかかわりを求めることが今後の内陸地震発生場の理解とポテンシャルを評価するうえで大切。

九州大学 松本 聡 資料

光ファイバーケーブルを用いたDAS観測 —地震学での応用—

江本賢太郎, 西村太志, 中原恒, 三浦哲, 山本希, 杉村俊輔, 植田尚大, 石川歩 (東北大)
木村恒久 (シュルンベルジェ)

ポイント

- 光ファイバーケーブル全体をセンサーとしたDAS (分散型音響計測) により, 飛躍的に高密度な観測 (数m間隔, 全長数十km) が行えるようになった.
- 既存の通信用光ファイバーケーブルが利用でき, 浅部構造の推定や地震活動モニタリングでの利用が期待されている
- この数年で地震学においてDASの利用が急速に増えている
- 従来の地震観測がDASに置き換わるのではなく, 観測手法の一つとして定着すると思われる.
- 課題
 - 既存ケーブルの設置状況 (地面に設置されているか? DASの利用を想定した敷設はされていない)
 - 大量のデータ (1TB/日) の取り扱い (目的によってはオーバースペック)
 - 交通ノイズの多い道路沿いのケーブル → データ処理の自動化 (機械学習)
 - 強震動 ← 計測装置自体が揺れてしまう (防振台に設置)
 - 出力されるひずみ (変形) を解析する手法開発

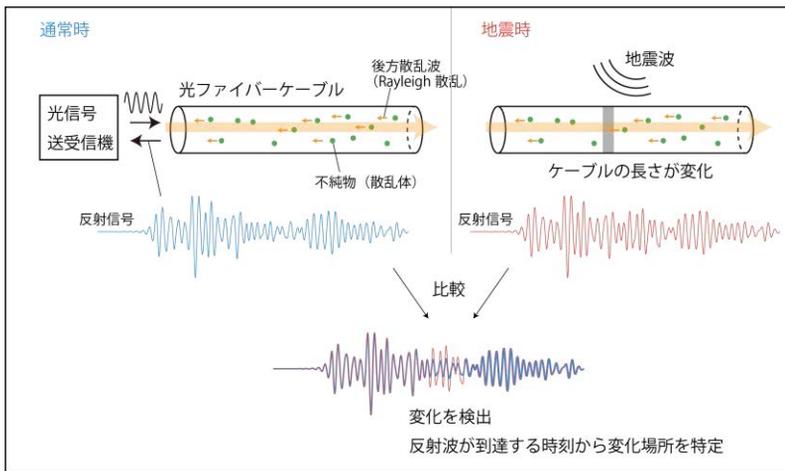


図1 光ファイバーケーブルを用いた DAS計測原理のイメージ図。
光パルスが光ファイバー中のわずかな不純物で散乱される信号の変化からケーブルのひずみ (変形) を検出する。

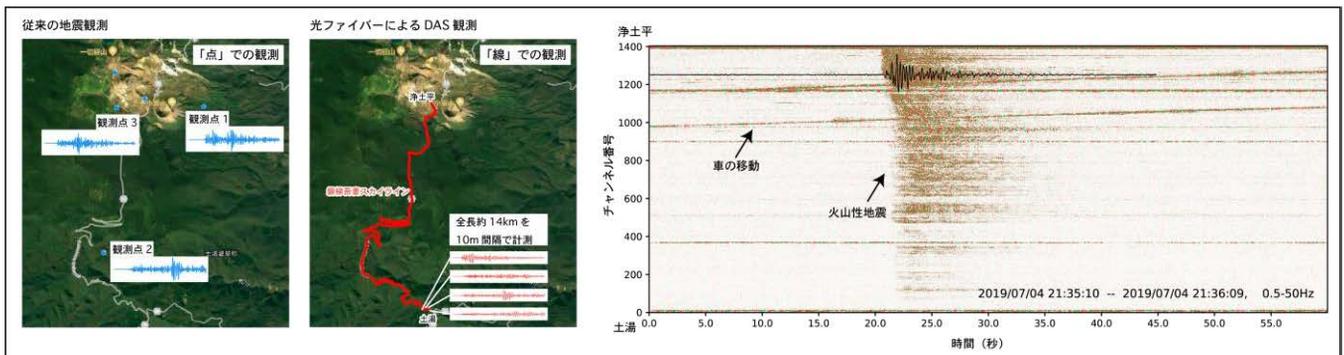


図2 吾妻山における DAS観測例. 磐梯吾妻スカイライン沿いに敷設してある国土交通省所有の光ファイバーケーブルを使用し, 全長14kmを10m間隔で計1400チャンネルにおいて火山性地震を捉えた.

第 229 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 (07) ー地震活動予測の検証ー」について

コンビーナ 東北大学災害科学国際研究所 遠田晋次

1. 背景

地震予知連絡会の役割の 1 つは、地震発生の予知・予測に関する研究の現状を正しく社会に伝えることにある。そのためには、既往レビュー論文のように過去に遡及して予測能力を評価するだけではなく、明確にルール化されたフレームワークのもとで将来を予測し、その後の観測結果と比較して客観的・定量的に評価する必要がある (プロスペクティブテスト)。予知連では、2015 年 8 月以降 6 回にわたって「予測実験の試行について」と題して、プロスペクティブテストの考え方にしたがって、地殻活動・地震活動予測に関する多様なモデルや確率利得等の客観的評価軸を提示・検討してきた (下表)。

実施回	予知連実施回	実施日	コンビーナ	発表者
第 0 回	第 207 回地震予知連絡会	2015 年 05 月	堀 高峰	尾形・田中・鴨川・堀
第 1 回	第 208 回地震予知連絡会	2015 年 08 月	今給黎哲郎	鶴岡・橋本・前田・飛田・今給黎
第 2 回	第 210 回地震予知連絡会	2016 年 02 月	今給黎哲郎	鶴岡・橋本・前田・飛田・林
第 3 回	第 214 回地震予知連絡会	2017 年 02 月	松澤 暢	鶴岡・前田・橋本・藤原・今給黎
第 4 回	第 217 回地震予知連絡会	2017 年 11 月	堀 高峰	野村・尾形・弘瀬・楠城・勝俣・中谷
第 5 回	第 221 回地震予知連絡会	2018 年 11 月	橋本徹夫	橋本・鶴岡・加藤・矢来・堀
第 6 回	第 225 回地震予知連絡会	2019 年 11 月	尾形良彦	前田・野村・近江・澤崎・西川・熊澤・尾形
第 7 回	第 229 回地震予知連絡会	2020 年 11 月	遠田晋次	

2. 課題

過去 6 回の報告では、半年～1 年間毎に次回までの予測とその後の観測結果が比較検証され、モデルや評価法の改善につながる提案がなされた。また、物理モデルや新手法の提案などの発表もあった。しかし、準定期的に報告される性質ゆえ、地殻活動モニタリングと重なる内容も散見されることになり、地味でインパクトに欠ける側面も生じた。また、予知連メンバーにさえ難解なモデルもあり、「予測実験の試行」内容が社会に広く正確に伝わっているとは言い難い。そのことから、最初の試行から約 5 年経った現在、まずは地震活動予測のみに焦点をあて、各種モデルの長所・短所などの総括と今後の展開をわかりやすい形で公表する時期に来ている。

3. 報告 (予定)

① 気象庁震度データベースを用いた地震予測、過去 5 年間の振り返って

- ② b 値にもとづく大地震発生予測のモデルのレビュー
- ③時空間 ETAS モデルによる短期・中期予測と結果、今後の展開
- ④経験則から期待される大地震発生の確率：相場のレビュー

4. 論 点 (予定)

- 震源そのものではなく、一般に馴染みのある震度情報のデータを用いるだけで、どの程度将来を適確に予測できるのか。このような容易なモデルでも巷の地震予知と一線を画すことができるか。
- 1970 年代より大地震の予測モデルに使われてきた地震のサイズ分布の変化 (Δb 値)、静穏化現象などは、小地震の検知能力が向上した昨今、どのように予測へ最適化され、その能力が評価されているのか。
- 群発地震、前震-本震-余震、本震-余震、それらを総括できる ETAS モデルなど、時空間クラスタリングを説明する経験則・統計則は、どのマグニチュード (M) 範囲で予測を可能とするのか。短時間での検証には予測 M を小さくする必要があるが、予測 M を大きくすれば、全地球規模でしか検証できず、さまざまな問題が生じる。
- 確率利得や情報量利得など、定量的かつ客観的なモデル検証手法はどこまで進んだか。
- 複数の異常現象や長期・中期・短期予測をかけあわせて確率を評価するなど、既往モデルの組み合わせはどの程度有効か。

令和2年度 第1回重点検討課題運営部会報告

1. 令和3年度前期重点検討課題の選定

令和3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231回(2021/05)	干場 委員	地震・津波即時予測技術の高度化 －東北地方太平洋沖地震から10年でどこまで進展したか－(仮)
第232回(2021/08)	堀 委員	沈み込み帯の地震発生物理モデル構築 (仮)

2. 重点検討課題の検討延期に伴う変更

第227回の重点検討課題の検討を延期したため、以後の検討課題を以下の通り変更した。

地震予知連絡会	コンビーナ	課 題 名	備考
第227回(2020/05)		※重点検討課題の検討なし	
第228回(2020/08)	小原 委員	日本列島モニタリングの将来像 (仮)	当初227回予定
第229回(2020/11)	遠田 委員	予測実験の試行 (07) －地震活動予測の検証－	当初予定通り
第230回(2021/02)	松澤 委員	東北地方太平洋沖地震から10年 －この10年で何が起きたか、何がわかったか－	当初予定通り
第232回(2021/08)	堀 委員	沈み込み帯の地震発生物理モデル構築 (仮)	当初228回予定