

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11月27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229回定例会（2020年11月）－

地震予知連絡会は11月26日、第229回定例会を開催し、令和2年8月～10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「予測実験の試行（07）－地震活動予測の検証－」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、定例会終了後に記者会見を行っておりますが、新型コロナウイルスの感染拡大防止のため、今回は資料配付のみとさせていただきます（次回以降の本定例会に係る開催形式及び記者会見の実施の有無につきましては、定例会開催時点における感染状況等を踏まえ、その都度判断・決定いたします。）。

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/229/229.html>

■地震予知連絡会 運営検討部会の設置について

前回定例会での決議を受けて「運営検討部会」を設置し、部会長、部会委員が指名されました。（資料2-3頁）

■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8月から2020年10月までの3か月間に発生したM5以上の地震は18回であった。（気象庁・資料5頁）。

（2）日本周辺における浅部超低周波地震活動

期間内に掲載基準を満たすような超低周波地震の目だった活動はない。8月から9月にかけての日向灘以南において、掲載基準に達しない超低周波地震活動を検出した。F-net記録によると、主に種子島沖以南の活動である。（防災科学技術研究所・資料6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並びに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 7 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イベントを伴う顕著な微動活動が四国東部から西部（7 月 22～8 月 11 日頃）、紀伊半島北部（10 月 31～11 月 6 日頃）において発生した。これ以外の主な深部低周波微動活動は、東海地方（9 月 2～5 日頃）、紀伊半島北部～中部（10 月 12～17 日頃）、紀伊半島南部（8 月 23～26 日頃）、四国東部（10 月 24～30 日頃）で観測された。（防災科学技術研究所・資料 8-10 頁）。

GNSS 連続観測により、10 月中旬頃に紀伊半島北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、最大 9mm のすべりが推定された（国土地理院・資料 11 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、すでに停止していると考えられる（国土地理院・資料 12 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、最大 12cm 程度のすべりが推定された（国土地理院・資料 13 頁）。

1. 3 その他

(1) 福井県嶺北の地震（9 月 4 日 M5.0）

2020 年 9 月 4 日 09 時 10 分に福井県嶺北の深さ 7km で M5.0 の地震（最大震度 5 弱）が発生した。この地震は地殻内で発生した。この地震の発震機構（CMT 解）は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型である。今回の地震の震央周辺では、1948 年に福井地震が発生している。同地震に伴って地殻変動が生じた福井平野東縁断層帯西部からは、今回の震央は西方に約 5km 離れている。（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229回定例会 重点検討課題>

課題名 「予測実験の試行(07)－地震活動予測の検証－」について(資料16-17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)

報告課題、報告者

1. 気象庁震度データベースを用いた地震予測と2015-2020年の予測の評価
(資料19-20頁)

小泉 尚嗣(滋賀県立大学)

2. b値にもとづく大地震発生予測のモデルのレビュー(資料21頁)

楠城 一嘉(静岡県立大学)

3. 階層的時空間ETASモデルに基づく短期・中期・長期予測および背景率予測
－自動予測の開発に向けて(資料22頁)

尾形 良彦(統計数理研究所)

4. 階層的アスペリティを前提とした短期前兆のメカニズムについて(資料23頁)

中谷 正生(東京大学地震研究所)

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火山技術・調査課 担当:宮岡

Tel: 03-6758-3900(内線5244) Fax: 03-3584-8643



○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 地理地殻活動総括研究官 黒石 裕樹

Tel: 029-864-2477(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 測量新技術研究官 岡谷 隆基

Tel: 029-864-5903(直通) Fax: 029-864-2655



地震予知連絡会第26期委員名簿（令和2年11月26日現在）

会 長	山岡 耕春	名古屋大学大学院環境学研究科教授
副 会 長	松澤 暢	東北大学大学院理学研究科教授
副 会 長 運営検討部会長	小原 一成	東京大学地震研究所教授
委 員	高橋 浩晃	北海道大学大学院理学研究院教授
委 員	遠田 晋次	東北大学災害科学国際研究所教授
委 員	八木 勇治	筑波大学生命環境系教授
委 員	宮内 崇裕	千葉大学大学院理学研究科教授
委 員	佐藤 比呂志	東京大学地震研究所教授
委 員	佐竹 健治	東京大学地震研究所教授
委 員	篠原 雅尚	東京大学地震研究所教授
委 員	中島 淳一	東京工業大学理学院地球惑星科学系教授
委 員	伊藤 武男	名古屋大学大学院環境学研究科准教授
委 員	久家 慶子	京都大学大学院理学研究科教授
委 員	澁谷 拓郎	京都大学防災研究所教授
委 員	松本 聡	九州大学大学院理学研究院准教授
委 員	中尾 茂	鹿児島大学大学院理工学研究科 地球環境科学専攻教授
委 員	尾形 良彦	統計数理研究所名誉教授
委 員	青井 真	国立研究開発法人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長
委 員	汐見 勝彦	国立研究開発法人防災科学技術研究所 地震津波防災研究部門 副部門長
委 員	堀 高峰	国立研究開発法人海洋研究開発機構 海域地震火山部門・地震津波予測研究開発センター長
委 員	丸山 正	国立研究開発法人産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門活断層評価研究グループ主任研究員
委 員	平田 直	地震調査研究推進本部地震調査委員会委員長 南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会会長 地震防災対策強化地域判定会会長 国立研究開発法人防災科学技術研究所 参与
委 員	楠 勝浩	海上保安庁海洋情報部沿岸調査課長
委 員	中村 雅基	気象庁地震火山部地震火山技術・調査課長
委 員	干場 充之	気象庁気象研究所地震津波研究部長
委 員	畑中 雄樹	国土地理院地理地殻活動研究センター長
委 員	黒石 裕樹	国土地理院地理地殻活動研究センター地理地殻活動総括研究官
名 誉 委 員	茂木 清夫	東京大学名誉教授
名 誉 委 員	大竹 政和	東北大学名誉教授
名 誉 委 員	島崎 邦彦	東京大学名誉教授
名 誉 委 員	平原 和朗	京都大学名誉教授

運営検討部会の設置について

地震予知連絡会では、従前より特別の事項を検討する部会として「地域部会（東日本、中日本、西日本）」と「重点検討課題運営部会」が設置されていた。前回の地震予知連絡会において、これらの部会のあり方の見直しを行い、「地域部会」を廃止するとともに、「重点検討課題運営部会」を「運営検討部会」に名称変更し、その役割に緊急的対応への対応と地震予知連絡会本会議に諮るべき課題の検討を付与することを承認した。これを踏まえ、今般の地震予知連絡会本会議において「運営検討部会」の設置を決定した。同部会の設置目的は以下の通り。

(参考)「運営検討部会」の目的について

- (1) 「重点検討課題」の運営にかかる検討
 - i 「重点検討課題」のテーマ及びコンピナーの選定
(被害地震の発生等により急遽「重点検討課題」を選定する場合を含む)
 - ii 「重点検討課題」検討結果のモニタリング手法高度化へのフィードバックの検討
 - iii 「重点検討課題」を議論した結果のメディアへの効果的な発信（記者レク等）に関する検討
 - iv 必要に応じ、「重点検討課題」に関する運営方法の改善等の検討
- (2) 地震予知連絡会として緊急的に対応が求められる案件の対応方針の検討
- (3) 地震予知連絡会本会議に諮るべき議題についての検討

第 26 期地震予知連絡会 運営検討部会 部会委員名簿

(令和 2 年 11 月 26 日現在)

部会長：

小原 一成 東京大学地震研究所教授

部会委員：

高橋 浩晃 北海道大学大学院理学研究院教授

松澤 暢 東北大学大学院理学研究科教授

遠田 晋次 東北大学災害科学国際研究所教授

篠原 雅尚 東京大学地震研究所教授

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長

堀 高峰 海洋研究開発機構 海域地震火山部門・地震津波予測研究開発
センター長

丸山 正 産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門活断層評価研究
グループ主任研究員

中村 雅基 気象庁地震火山部 地震火山技術・調査課長

干場 充之 気象庁気象研究所 地震津波研究部長

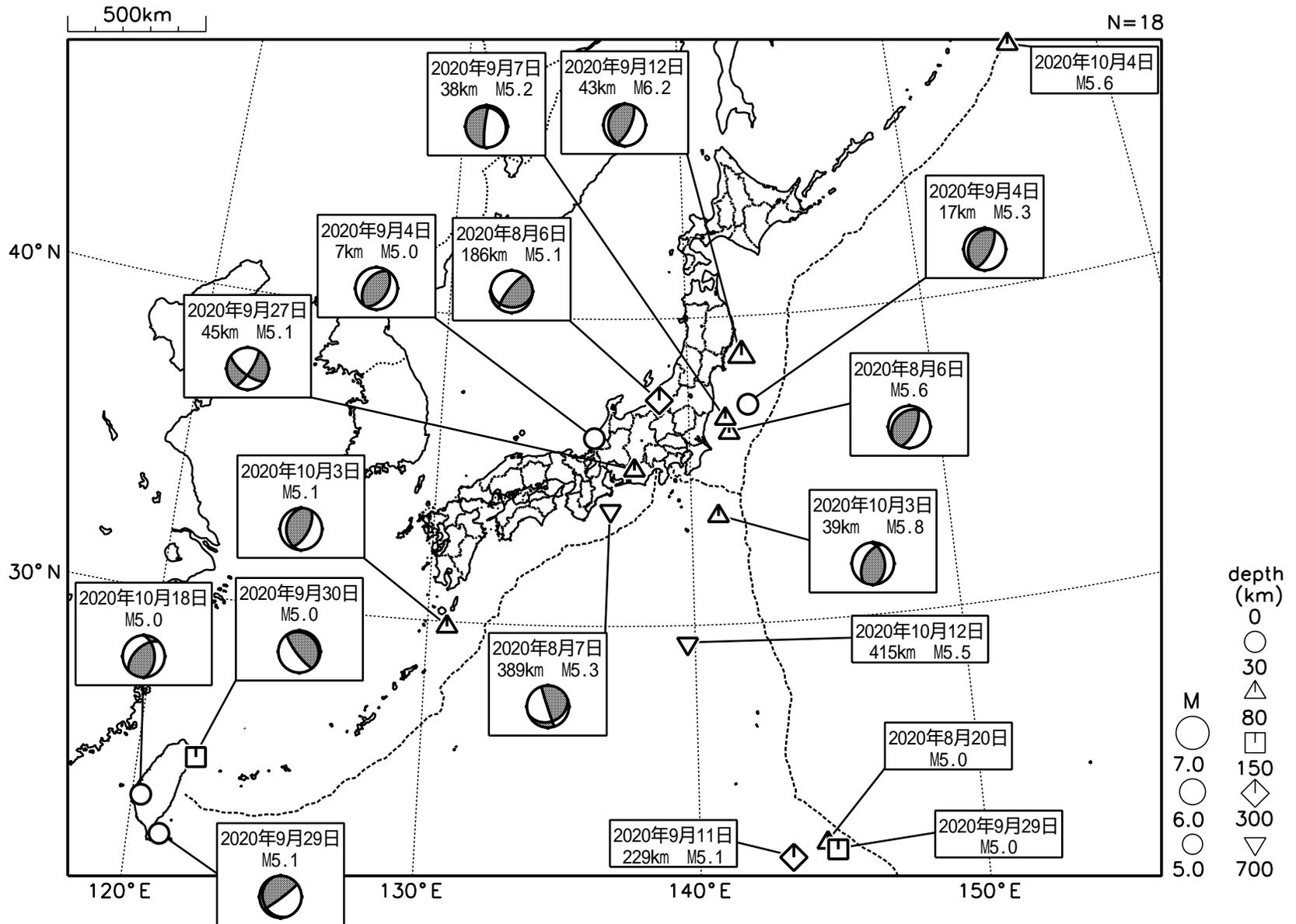
畑中 雄樹 国土地理院 地理地殻活動研究センター長

黒石 裕樹 国土地理院 地理地殻活動研究センター 地理地殻活動総括
研究官

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8月～10月、M 5.0）

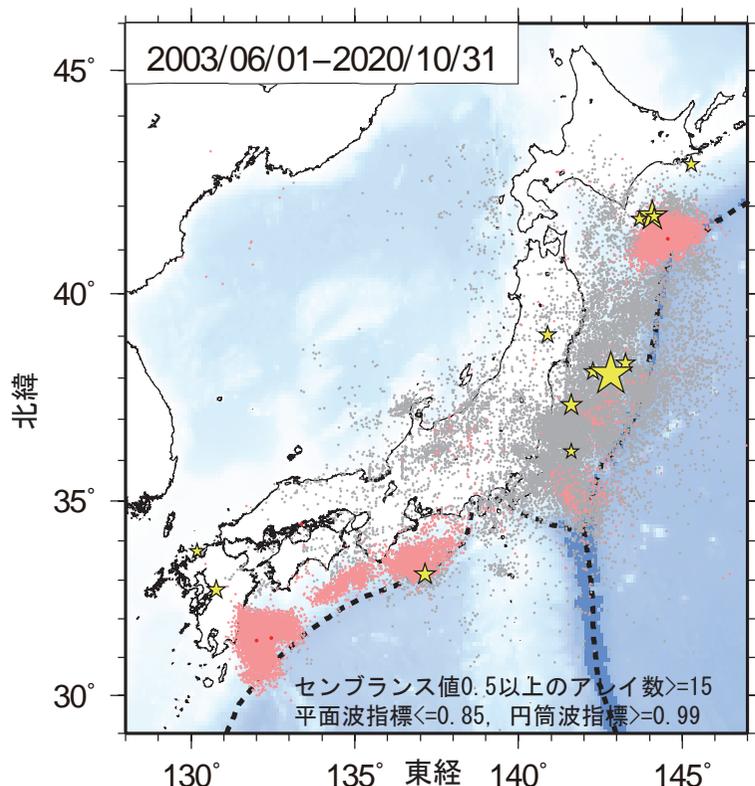
2020 08 01 00:00 -- 2020 10 31 24:00



発震機構は気象庁によるCMT解
 深さはCMT解による

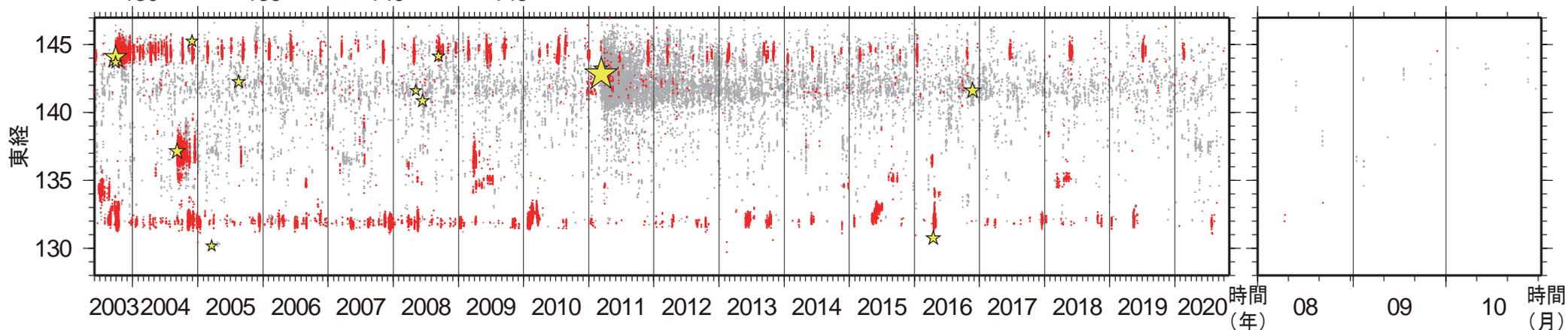
気象庁作成

日本周辺における浅部超低周波地震活動（2020年8月～10月）



- 期間内に掲載基準を満たすような超低周波地震の目だった活動はなし
- 8月から9月にかけての日向灘以南において、掲載基準に達しない超低周波地震活動を検出（F-net記録によると、主に種子島沖以南の活動）

第1図. 2003年6月1日から2020年10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.



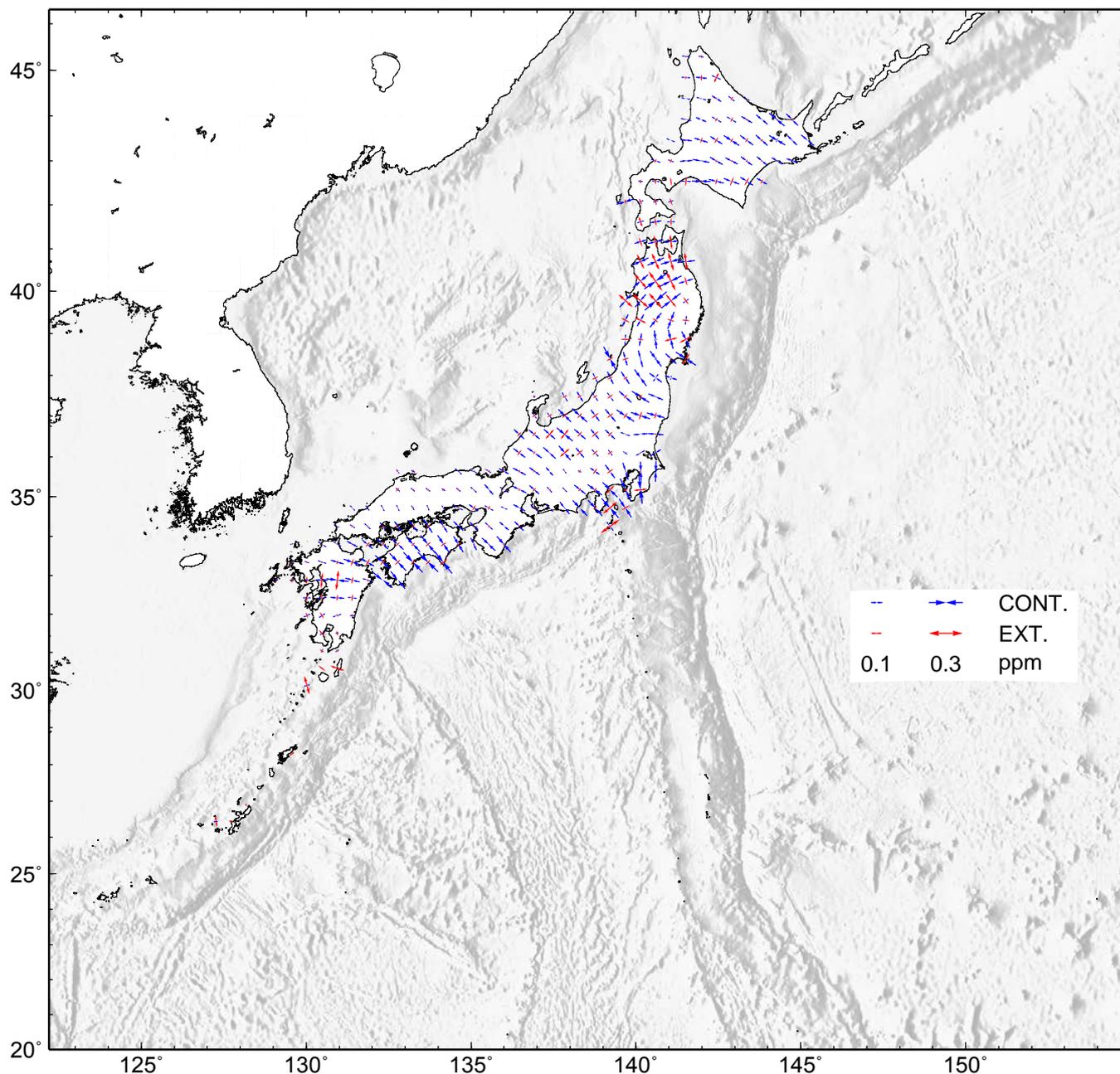
第2図. 2003年6月1日から2020年10月31日までの期間 (左) および直近3か月間 (右) に検出されたイベントの時空間分布. 検出されたイベントを防災科研 Hi-net 手動または自動検測震源と照合し, 対応する地震が見出されたイベントを灰色で, それ以外を赤色の点でそれぞれ示す. その他は第1図に同じ.

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：2019/10/10 - 2019/10/24 [F 3：最終解]

比較期間：2020/10/10 - 2020/10/24 [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 ET OPO1 (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8月～10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：
紀伊半島北部，10月31日～11月6日．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，9月2～5日頃．紀伊半島北部～中部，
10月12～17日頃．紀伊半島南部，8月23～26日頃．四国東部，10月24～30日頃．

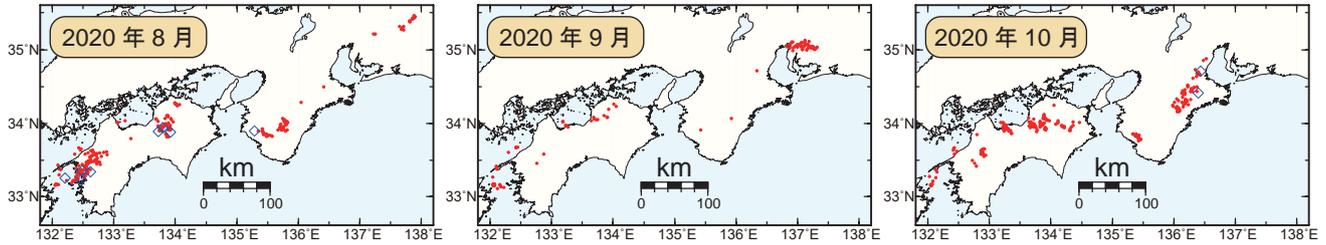


図1. 西南日本における2020年8月～10月の毎月の深部低周波微動活動．赤丸はエンベロープ相関・振幅ハイブリッド法 (Maeda and Obara, 2009) およびクラスタ処理 (Obara et al., 2010) において，1時間毎に自動処理された微動分布の重心である．青菱形は周期20秒に卓越する深部超低周波地震 (Ito et al., 2007) である．

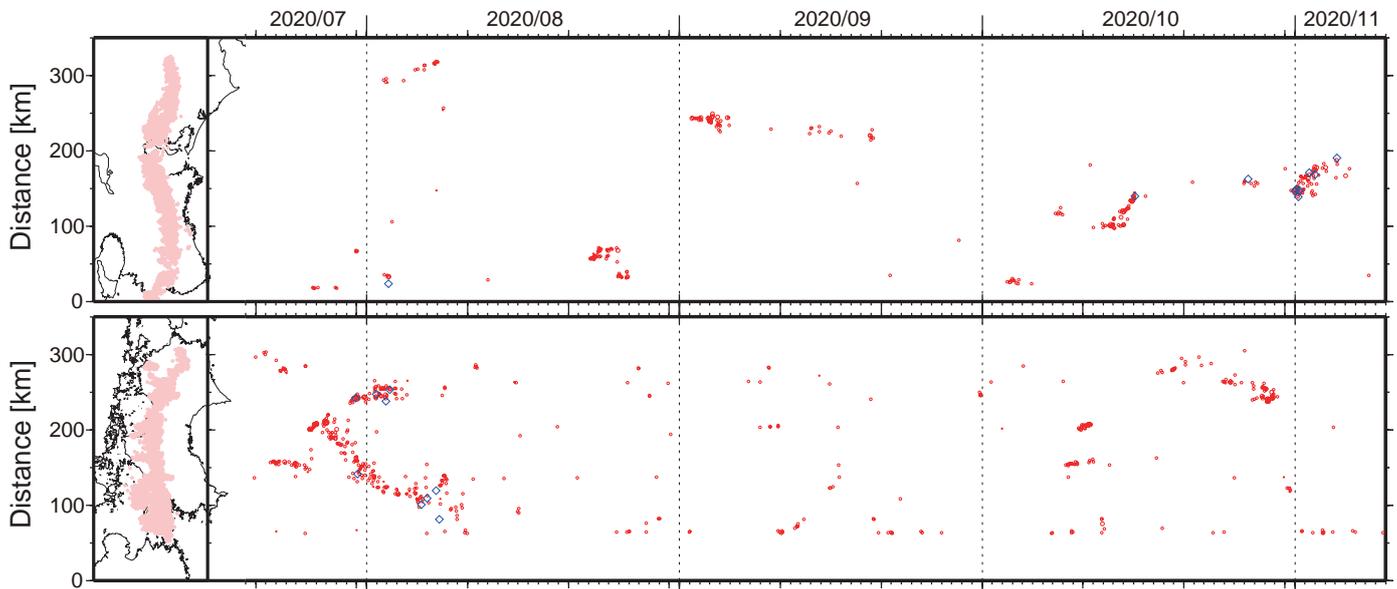


図2. 2020年7月20日～11月9日の深部低周波微動 (赤) および，深部超低周波地震 (青菱形) の時空間分布．

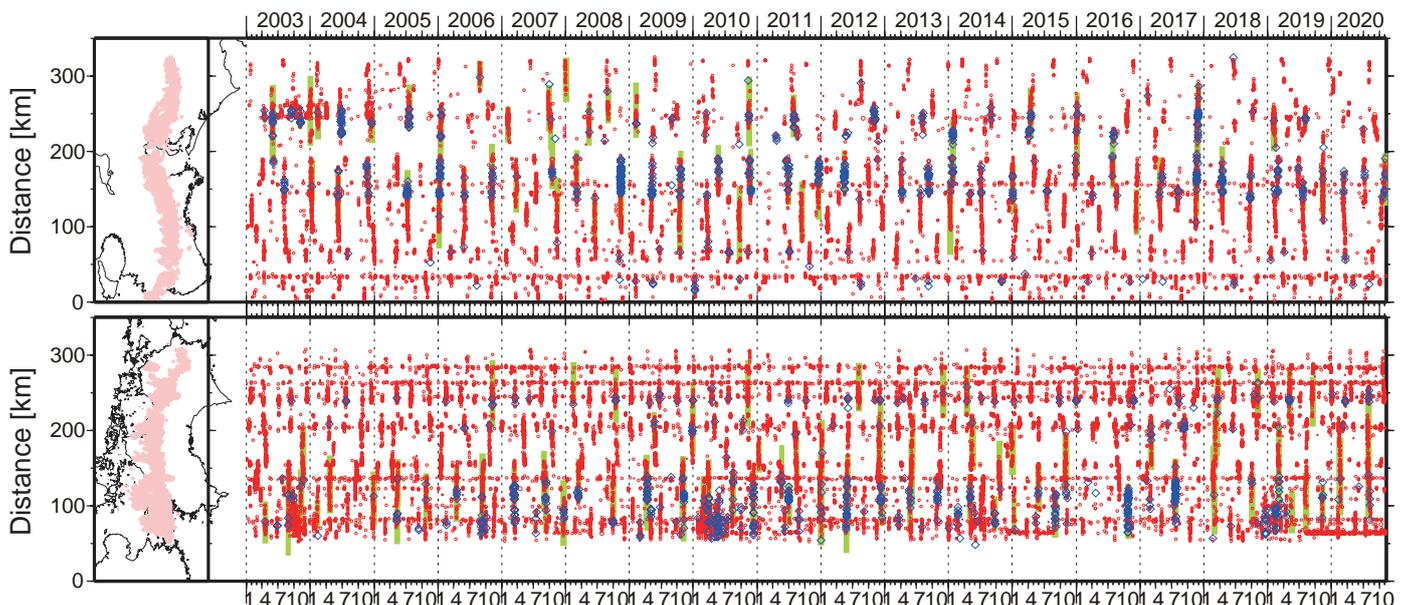


図3. 2003年1月～2020年11月9日までの深部低周波微動 (赤) および，深部超低周波地震 (青菱形) の時空間分布．緑太線は，傾斜変動から検出された短期的スロースリップイベント．

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8月～10月）その2

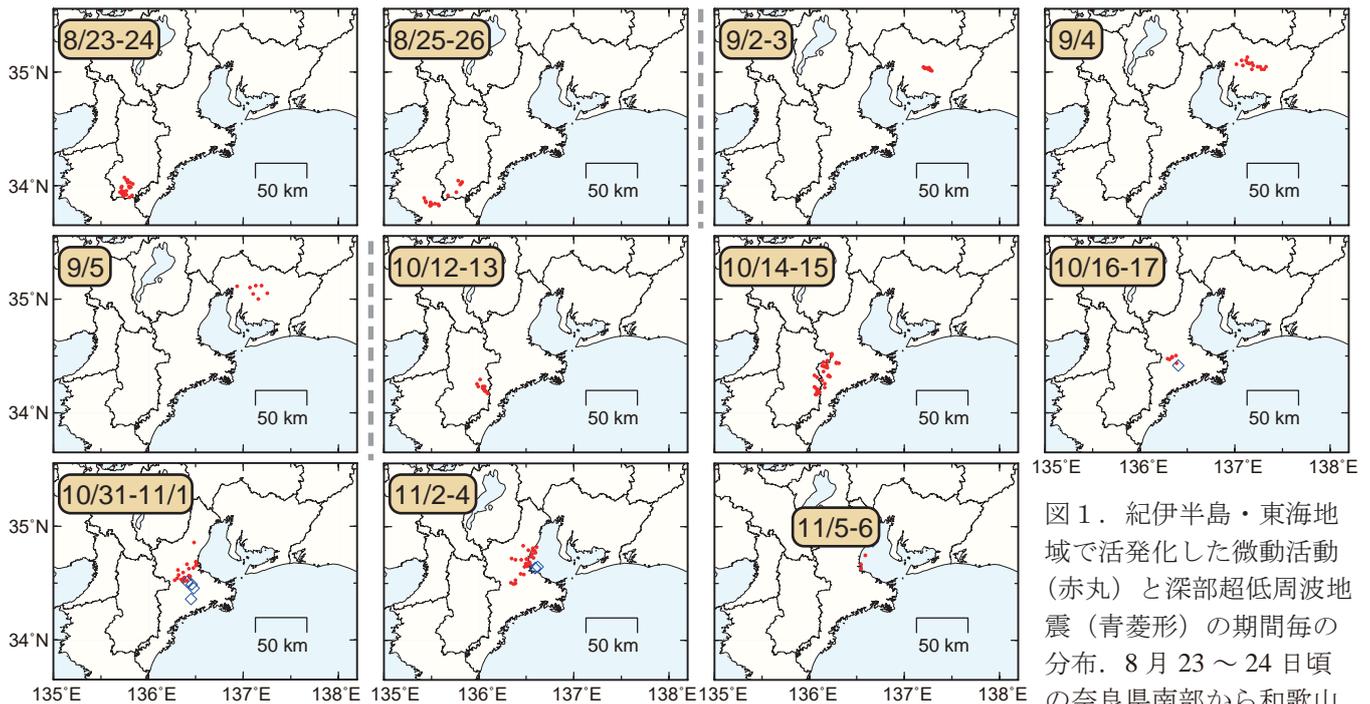


図1. 紀伊半島・東海地域で活発化した微動活動（赤丸）と深部超低周波地震（青菱形）の期間毎の分布. 8月23～24日頃の奈良県南部から和歌山

県中部の活動では、東方向への活動域の拡大がみられた. 10月12～17日頃の三重・奈良県境付近の活動では、北東方向への活動域の移動がみられた. 10月31日～11月6日頃の活動では、10月中旬の活動域の北端部付近から微動活動が開始し、北東方向への活動域の移動がみられた.

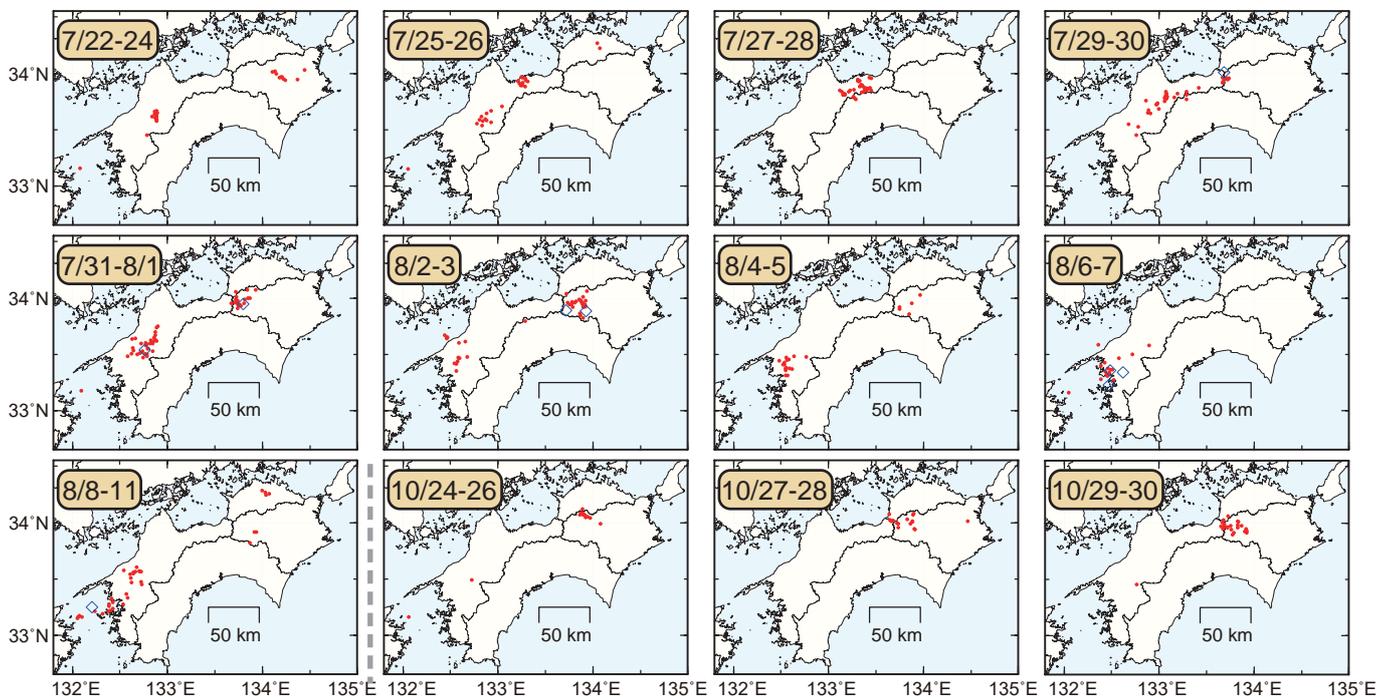


図2. 四国地域で活発化した微動活動（赤丸）と深部超低周波地震（青菱形）の期間毎の分布. 7月22日～8月11日頃の徳島県西部から豊後水道における活動は、愛媛県中部で開始した後、7月26日頃から愛媛県東部で活発化し、西方向への活動域の移動が8月10日頃にかけてみられた. 7月30日頃からは愛媛・徳島県境付近でも活動が活発化し、やや東方向への活動域の移動がみられ、8月4日以降はこの領域における活動は低調となった. 10月24～30日頃の徳島県西部から愛媛・香川・徳島県境付近の活動においては、西方向への活動域の拡大がみられた.

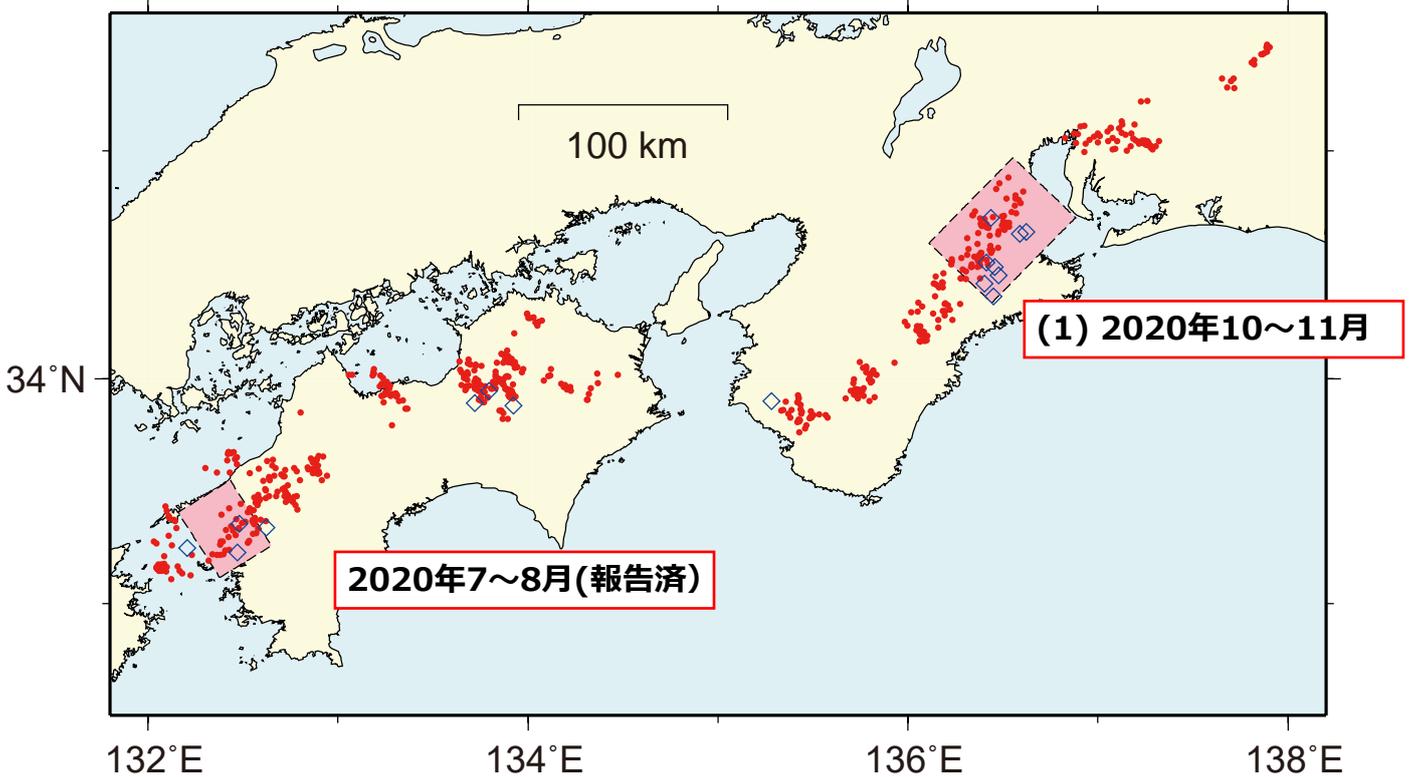


図1：2020年8月1日～2020年11月4日の深部低周波微動（赤点），深部超低周波地震（青菱形），短期的スロースリップイベント（SSE：ピンク四角）。

1. 2020年10～11月 紀伊半島北部（Mw 5.8）

2019年11月（Mw5.8）以来約1年ぶり

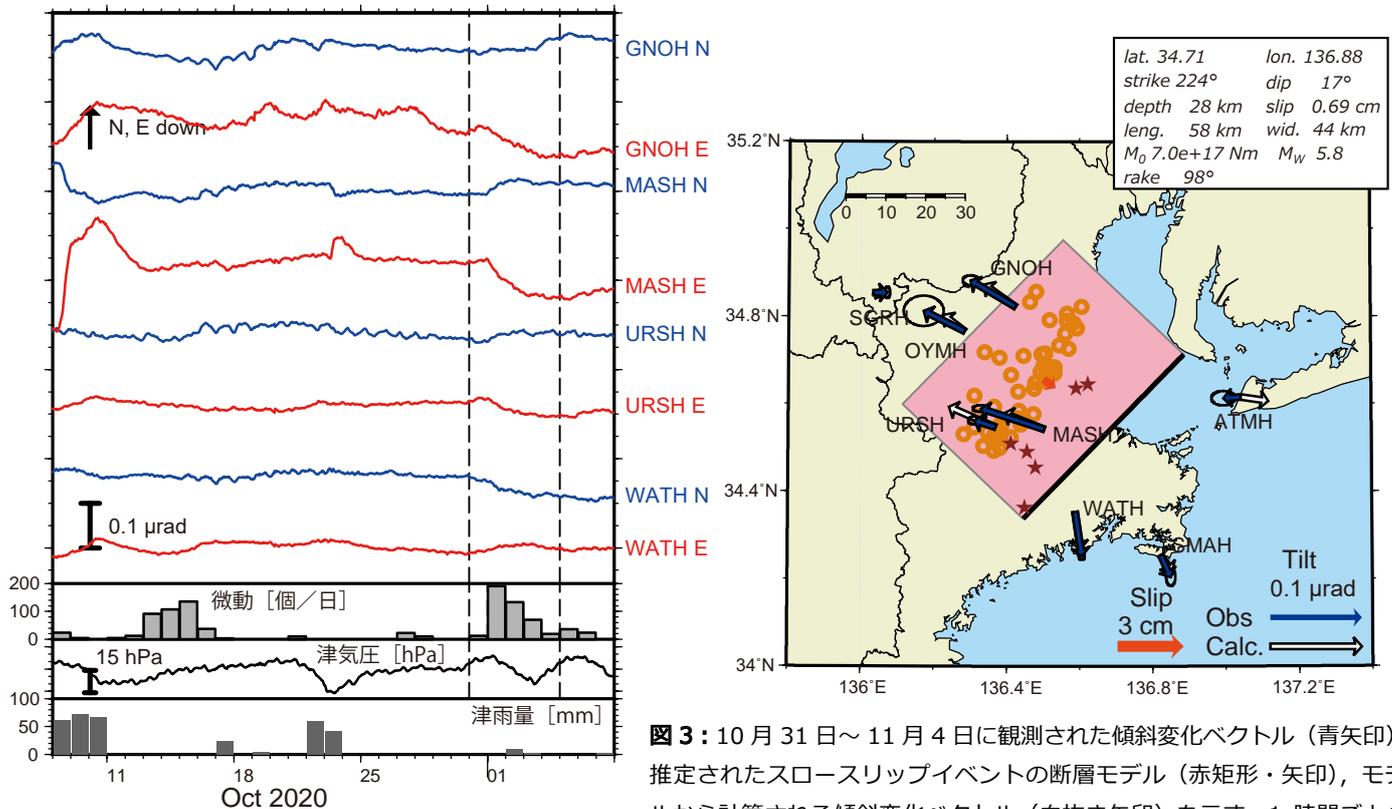
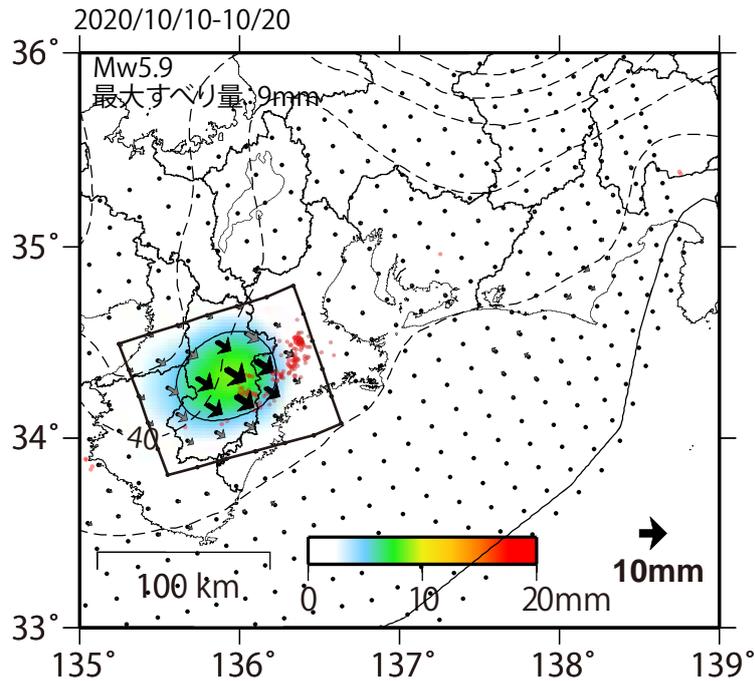


図2：2020年10月8日～11月7日の傾斜時系列。上方への変化が北・東下がり傾斜変動を表し、BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答成分を除去した。10月31日～11月4日の傾斜変化ベクトルを図3に示す。紀伊半島中北部での微動活動度・気象庁津観測点の気圧・雨量をあわせて示す。

図3：10月31日～11月4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）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)

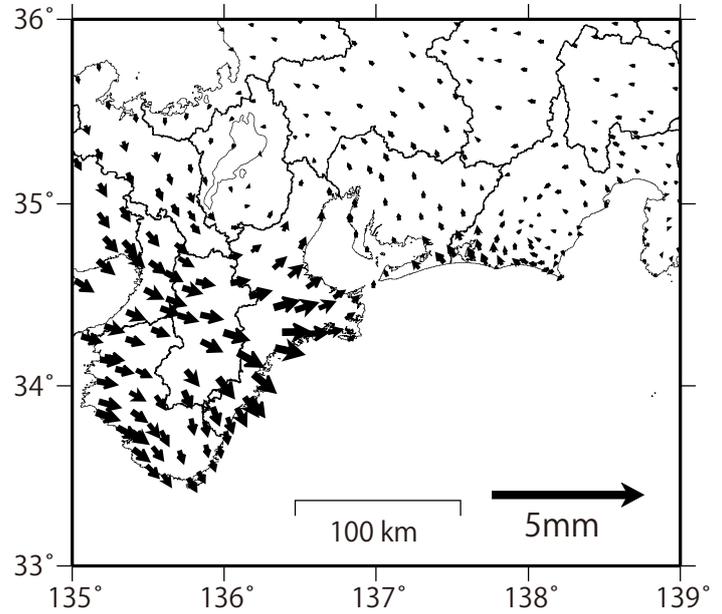
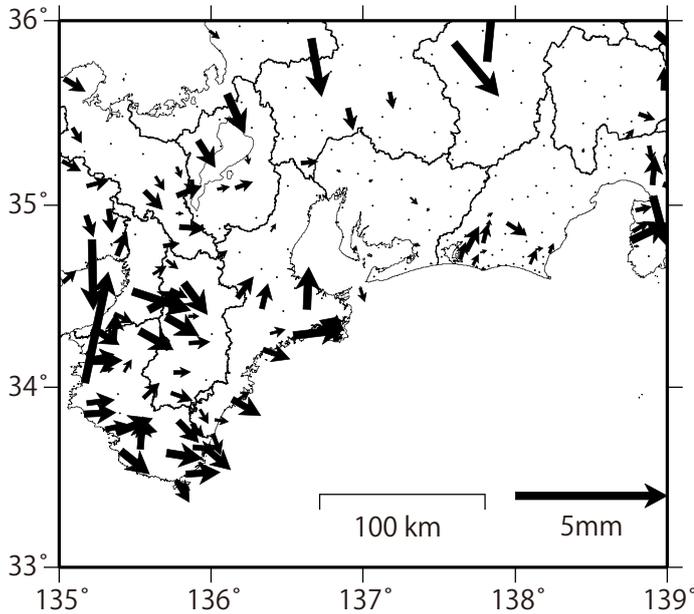


推定したすべり量が標準偏差(σ)の3倍以上のグリッドを黒色表示している。

観測

計算

基準期間: 2020/09/1~2020/10/10 [F3: 最終解]
比較期間: 2020/10/14~2020/10/20 [R3: 速報解]

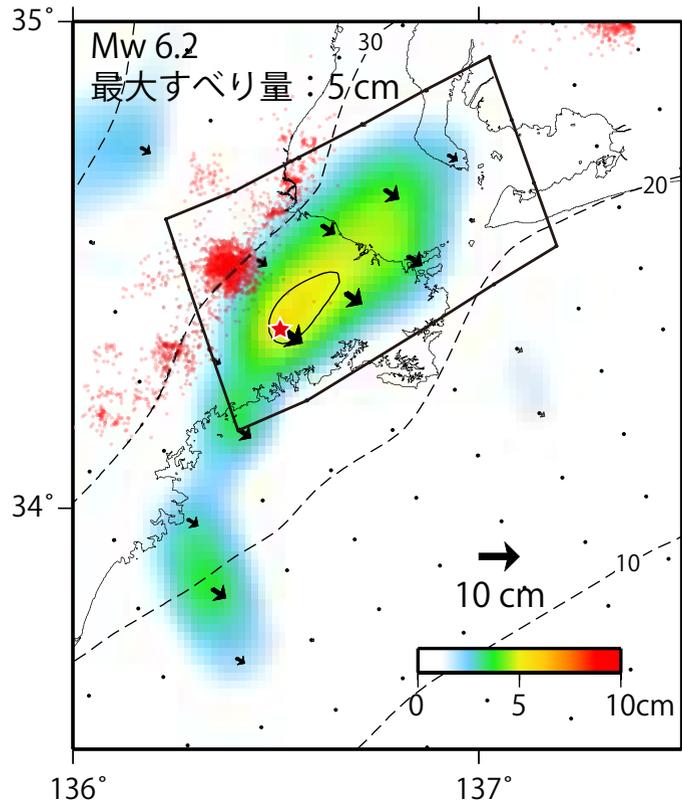


解析に使用した全観測点の座標時系列から、共通に含まれる時間変化成分は取り除いている。
また、基準期間と比較期間の間のオフセットをRamp関数で推定し、AICで有意でない成分及び西向き成分は除外している。

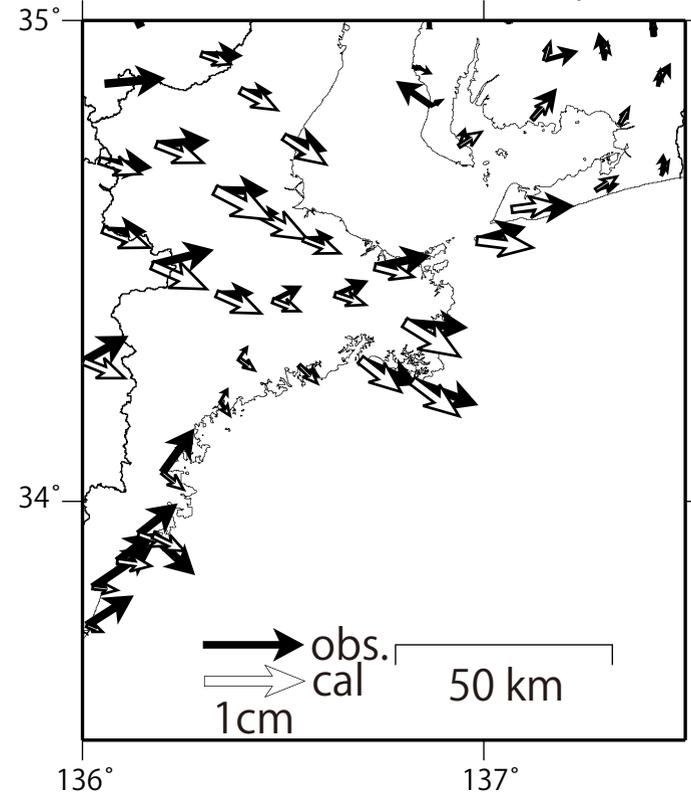
解析に使用した観測点の範囲: 概ね北緯33.4~36°、東経135~139°
使用データ: F3解(2020/9/1 - 2020/10/17)+R3解(2020/10/18 - 2020/11/1)
トレンド期間: 2017/1/1 - 2018/1/1 (年周・半年周成分は 2017/1/1 - 2020/10/31 のデータで補正)
モーメント計算範囲: 上段の図の黒枠内側
黒破線: フィリピン海プレート上面の等深線(弘瀬・他、2007)
すべり方向: プレートの沈み込む方向と平行な方向に拘束
赤丸: 低周波地震(気象庁一元化震源)
コンター間隔: 5mm
固定局: 三隅

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)

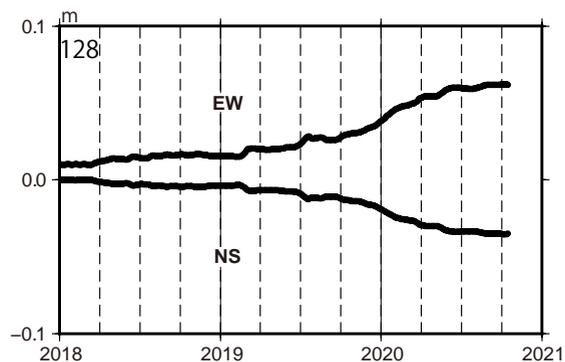
推定すべり分布
(2019/1/1 - 2020/10/14)



観測値 (黒) と計算値 (白) の比較
(2019/1/1 - 2020/10/14)



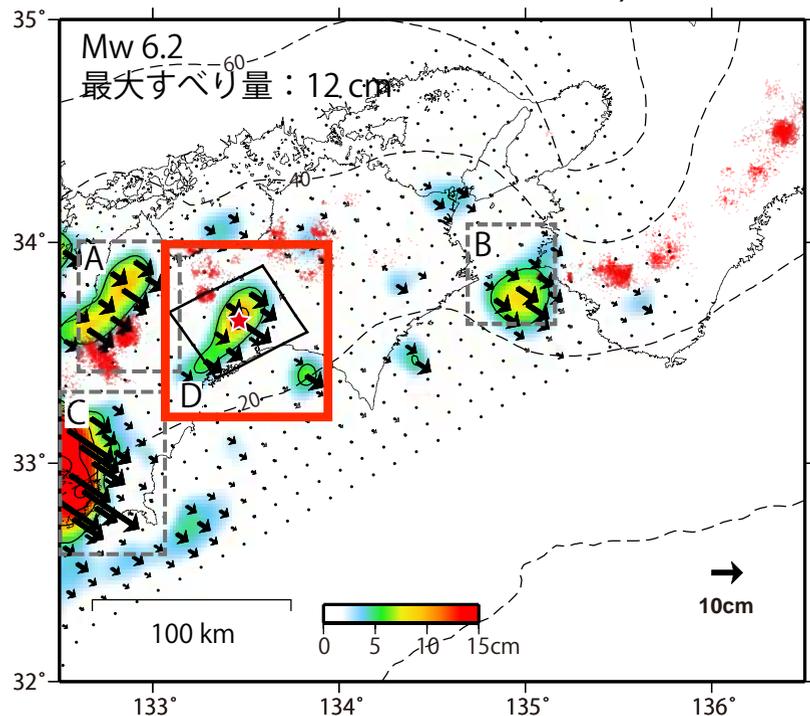
グリッド (★) におけるすべりの時間変化
— 時間依存のインバージョン —



使用データ：F3解 (2018/1/1 - 2020/10/3) + R3解 (2020/10/4 - 2020/10/14)
 ※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 - 2020/10/14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

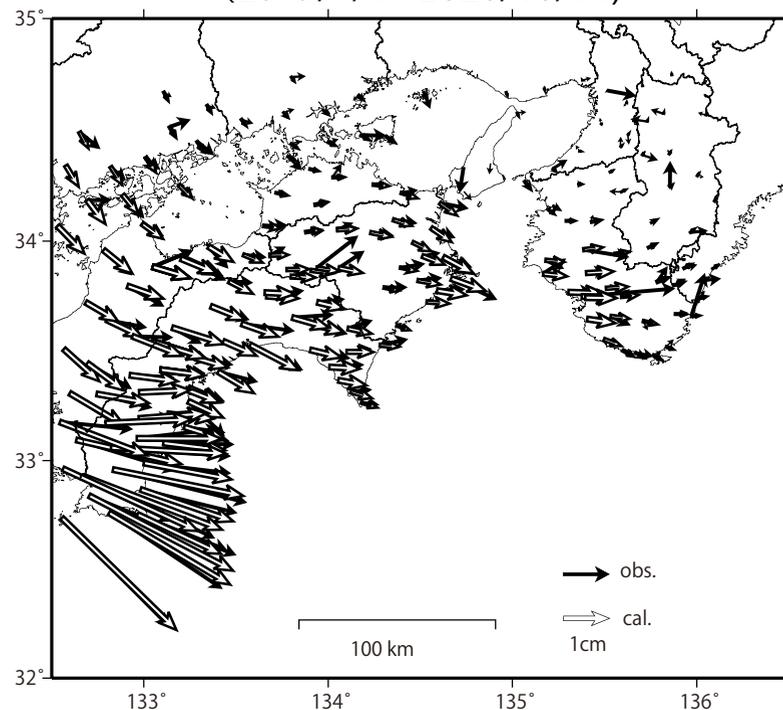
GNSSデータから推定された
四国中部の長期的ゆっくりすべり (暫定)

推定すべり分布
(2019/1/1 - 2020/10/14)

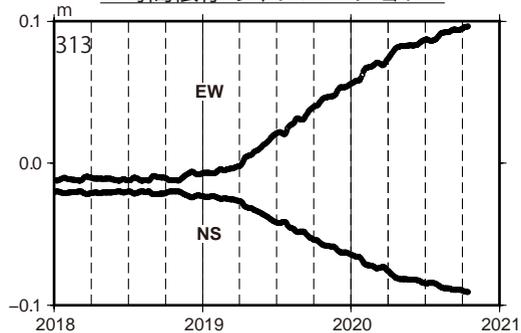


- A 四国西部の短期的ゆっくりすべり
- B 紀伊水道の長期的ゆっくりすべり
- C 豊後水道の長期的ゆっくりすべり
- D 四国中部の長期的ゆっくりすべり**

観測値 (黒) と計算値 (白) の比較
(2019/1/1 - 2020/10/14)



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 - 2020/10/3) + R3解 (2020/10/4 - 2020/10/14)

※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 - 2020/10/14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)

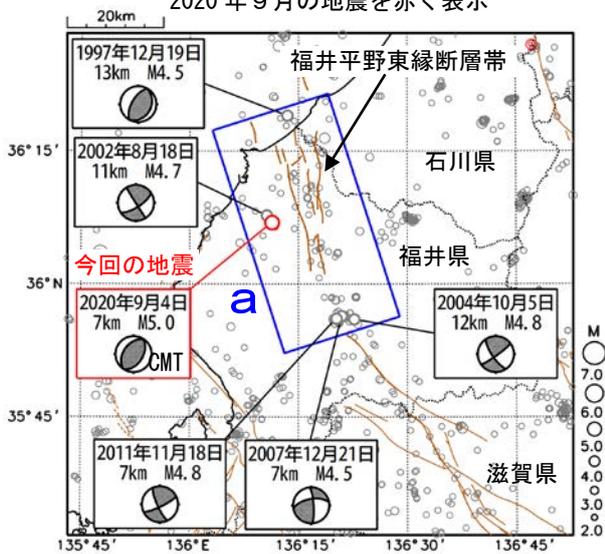
すべり方向：プレートの沈み込み方向と平行な方向に拘束

赤丸：低周波地震 (気象庁一元化震源)

固定局：網野

9月4日 福井県嶺北の地震

震央分布図
(1997年10月1日～2020年9月30日、
深さ0～30km、 $M \geq 2.0$)
2020年9月の地震を赤く表示



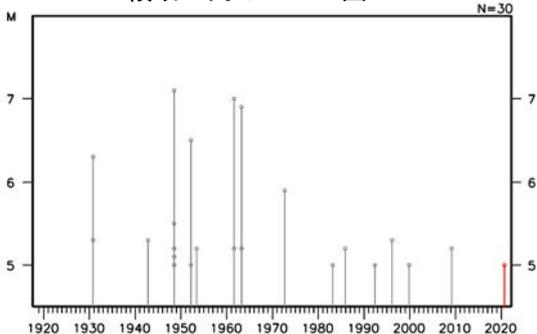
図中の茶色の細線は地震調査研究推進本部による主要活断層帯を示す。

震央分布図
(1919年1月1日～2020年9月30日、
深さ0～50km、 $M \geq 5.0$)



図中の茶色の細線は地震調査研究推進本部による主要活断層帯を示す。

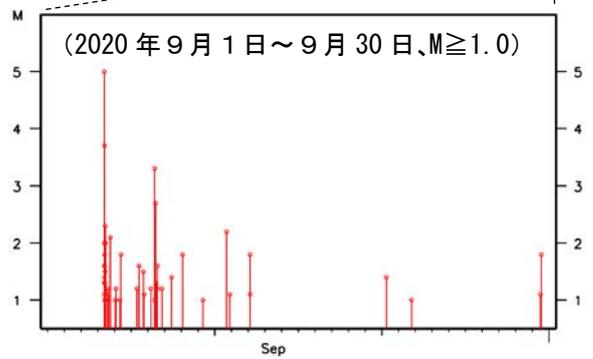
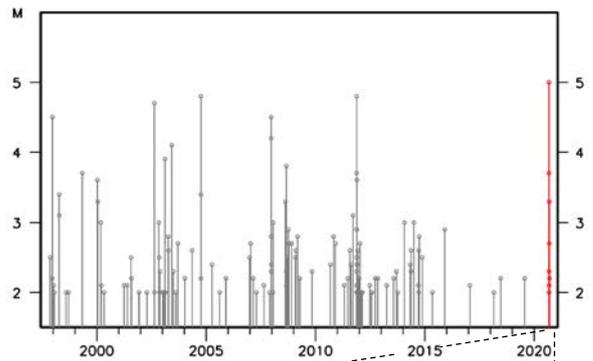
領域b内のM-T図



2020年9月4日09時10分に福井県嶺北の深さ7kmでM5.0の地震（最大震度5弱）が発生した。この地震は地殻内で発生した。この地震の発震機構（CMT解）は、西北西-東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、軽傷者13人の被害が生じた（9月11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、今回の地震の震央付近（領域a）では、M4.0以上の地震が時々発生している。

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、M5.0以上の地震が時々発生している。1948年6月28日には福井地震（M7.1、最大震度6）が発生し、死者3,769人、負傷者22,203人などの被害が生じた。この地震により福井平野東縁断層帯を構成する福井平野東縁断層帯西部に沿って地殻変動が認められた（地震調査研究推進本部）。また、1961年8月19日には「北美濃地震」が発生し、死者8人等の被害が生じた（被害は「日本被害地震総覧」による）。

重点検討課題の検討

「予測実験の試行（07）
－地震活動予測の検証－」について

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	小泉・楠城・尾形・中谷

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

①気象庁震度データベースを用いた地震予測と 2015-2020 年の予測の評価

滋賀県立大学 小泉尚嗣

② b 値にもとづく大地震発生予測のモデルのレビュー

静岡県立大学 楠城一嘉

③階層的時空間ETASモデルに基づく短期・中期・長期予測および背景率予測 — 自動予測の開発に向けて

統計数理研究所 尾形良彦

④階層的アスペリティを前提とした短期前兆のメカニズムについて

東京大学地震研究所 中谷正生

4. 論 点

- 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。

話題提供者〔敬称略〕

1. 気象庁震度データベースを用いた地震予測と 2015–2020 年の予測の評価

滋賀県立大学 小泉 尚嗣

2. b 値にもとづく大地震発生予測のモデルレビュー

静岡県立大学 楠城 一喜

3. 階層的時空間ETASモデルに基づく短期・中期・長期予測および背景率予測

－自動予測の開発に向けて

統計数理研究所 尾形 良彦

4. 階層的アスペリティを前提とした短期前兆のメカニズムについて

東京大学地震研究所 中谷 正生

気象庁震度データベースを用いた地震予測と2015-2020年の予測の評価

小泉尚嗣(滋賀県立大学環境科学部)

ポイント

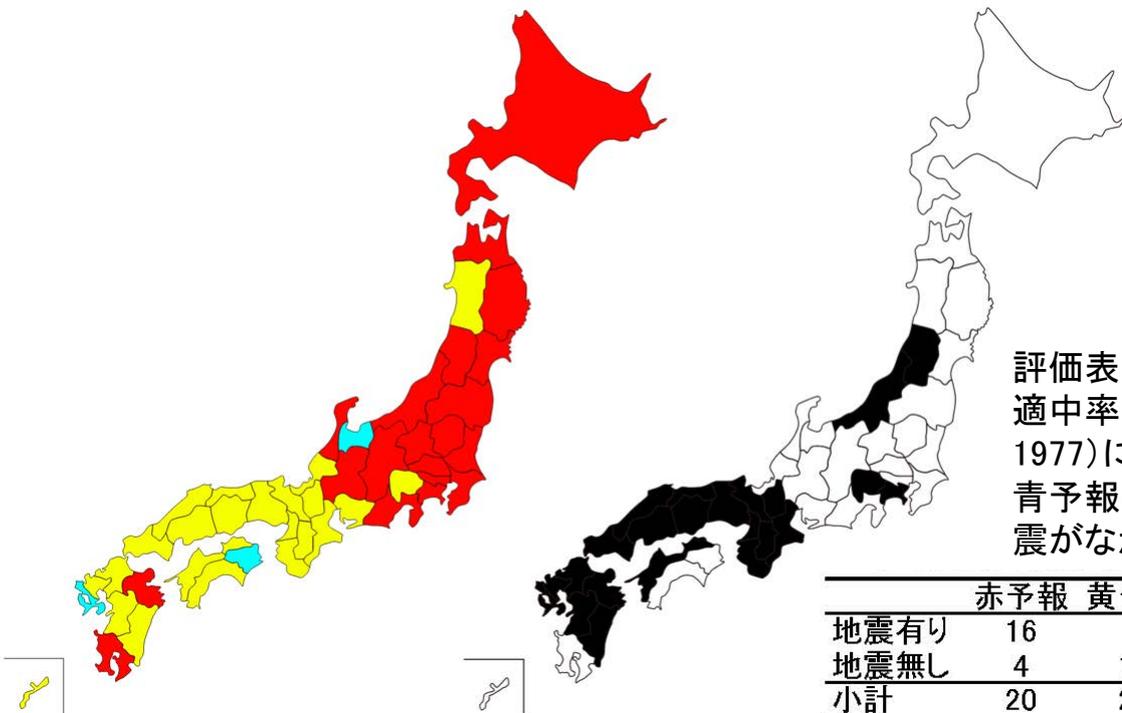
- ・目的: 通常地震活動から当然予想できる地震発生について、一般市民に「地震の相場観(どの程度の地震なら起きても当たり前という感覚)」を理解してもらうこと。また、地震予測(予知)の評価の仕方(適中率と予知率の両方の評価が必要)について知ってもらうこと。
- ・気象庁震度データベースを用いて各都道府県の震度4以上の平均的な地震発生間隔を求める。
- ・その平均発生間隔で、さいころのようにランダムに地震が発生すると考え、各都道府県における震度4以上の地震予測(1年間予報と3か月間予報)を2015年から毎年行い結果を検証。
(公表場所: 地震予知連, 固体地球雑学: <https://www.solid-earth.com/>)
- ・1年間予測では、適中率(当たった数/予報数)が80%程度、予知率(当たった数/地震数)が60%程度
- ・3か月間予測では、適中率が60%程度、予知率は15-40%。
- ・こんなに当てているが、マスコミからの取材は来ない。

2020年の結果-1

図の作成には、白地図ぬりぬり(2020)というプログラムを用いた。

2001-2010年の平均地震発生間隔を用いた1年間(365~366日間)の予報

2020年1-9月の実際の震度4の地震発生状況(右図, 白:地震有, 黒:地震無)



評価表

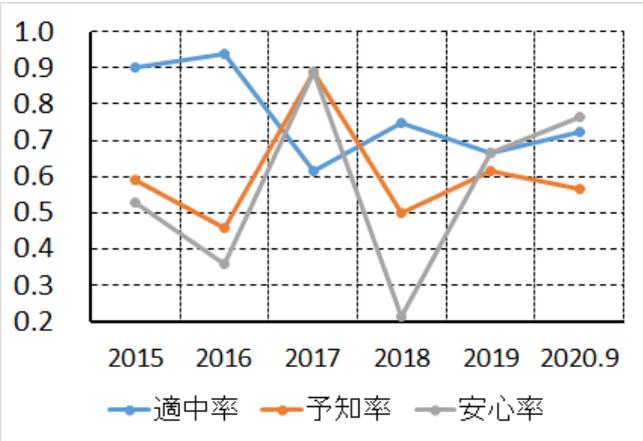
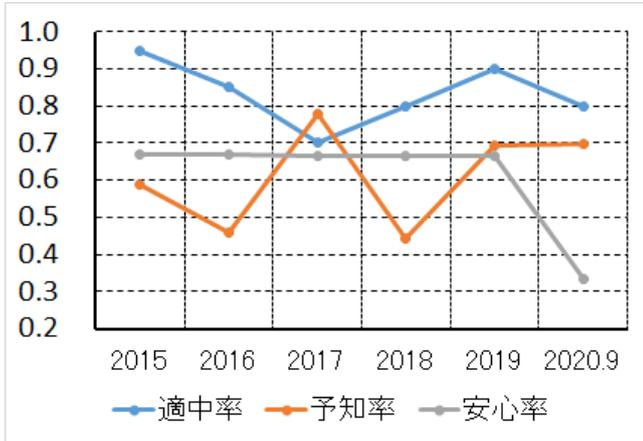
適中率・予知率は(宇津, 1977)による。安心率は、青予報の出した地域で地震がなかった地域の率。

	赤予報	黄予報	青予報	小計
地震有り	16	5	2	23
地震無し	4	19	1	24
小計	20	24	3	47

適中率	16/20	0.80
予知率	16/23	0.70
安心率	1/3	0.33

2001年～2010年の平均地震発生間隔を用いた時の1年間予報の評価

予測する年の直前3年間の平均地震発生間隔を用いた時の1年間予報の評価

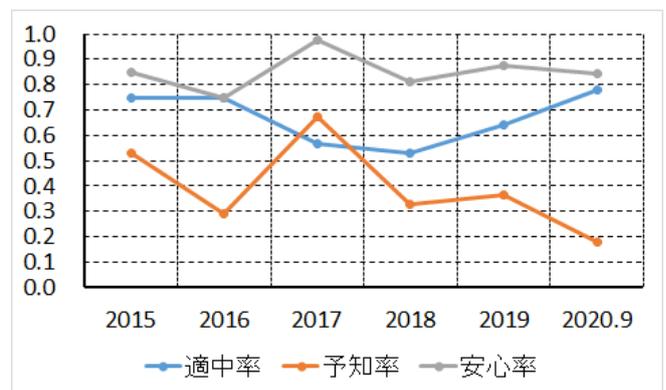
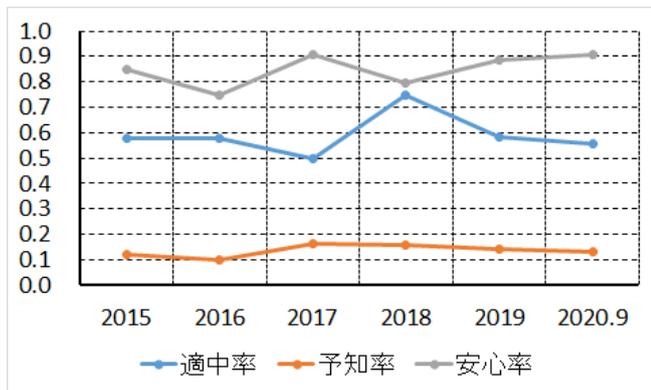


	平均	標準偏差
適中率	0.83	0.09
予知率	0.61	0.14
安心率	0.61	0.14

	平均	標準偏差
適中率	0.77	0.13
予知率	0.60	0.15
安心率	0.57	0.25

2001年～2010年の平均地震発生間隔を用いた時の3ヵ月間予報の評価

予測する年の直前3年間の平均地震発生間隔を用いた時の3ヵ月間予報の評価



	平均	標準偏差
適中率	0.59	0.09
予知率	0.14	0.02
安心率	0.85	0.07

	平均	標準偏差
適中率	0.67	0.11
予知率	0.40	0.18
安心率	0.85	0.08

b 値にもとづく大地震発生予測のモデルのレビュー

楠城一嘉(静岡県立大学)

ポイント

- 地震の規模別頻度分布はグーテンベルグ・リヒター則に従い、その傾きは b 値と呼ばれる(図 1)。
- この報告では、予測の視点から b 値を使用した研究をレビューする(図 2)。
 - 過去の地震を調査し、地震発生前に震源付近で b 値が低かった/減少した事例
 - 過去から現在までの b 値から、将来の地震像を推定するモデル
 - 大地震後の b 値が平時の b 値より高くなれば大地震は続発しない可能性が高いと評価するモデル
- b 値の減少/低 b 値が地震の先行現象かどうかの検証は今後の課題
 - 機械学習の分野で使われている技術の援用がカギ

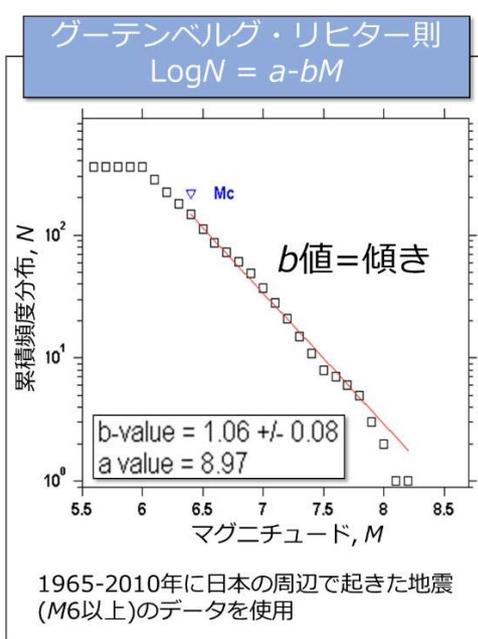


図 1 地震の規模別頻度分布がグーテンベルグ・リヒター則に従う。 b 値は、大きい地震と小さい地震の頻度の関係の特徴づける指標と見なせる。

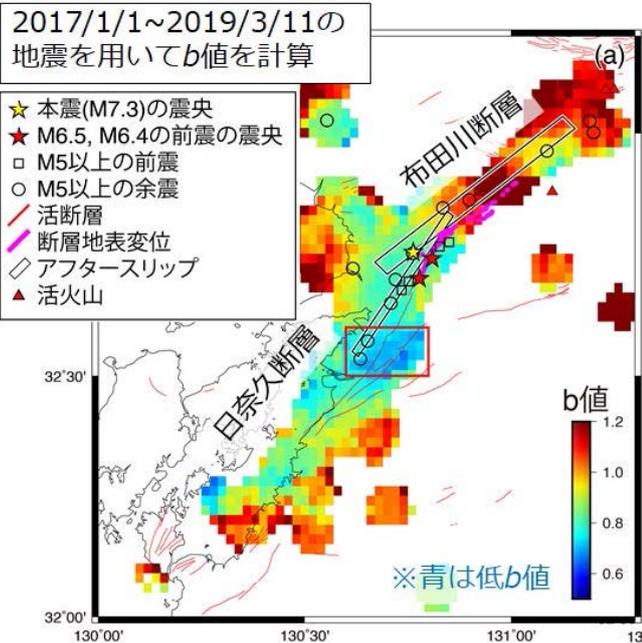
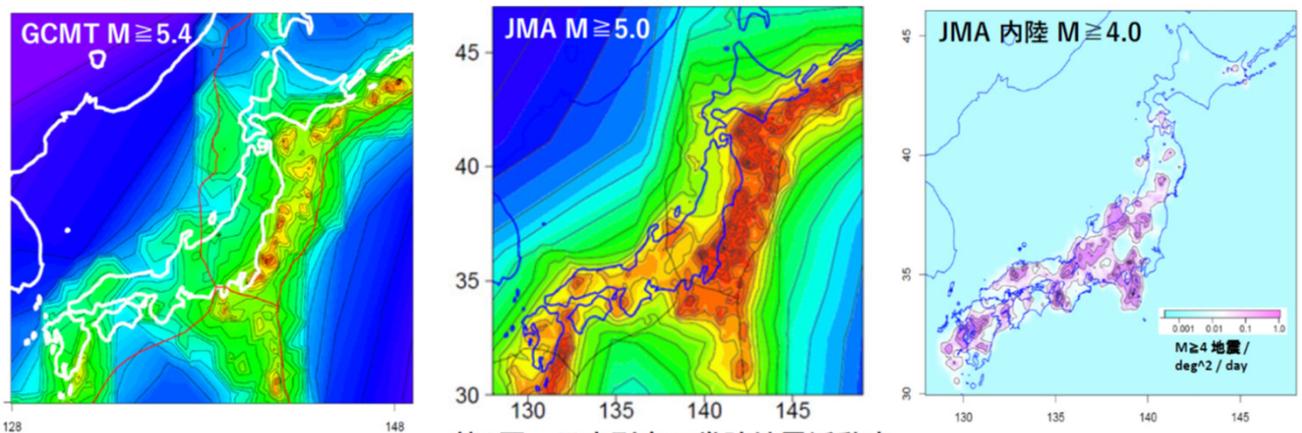


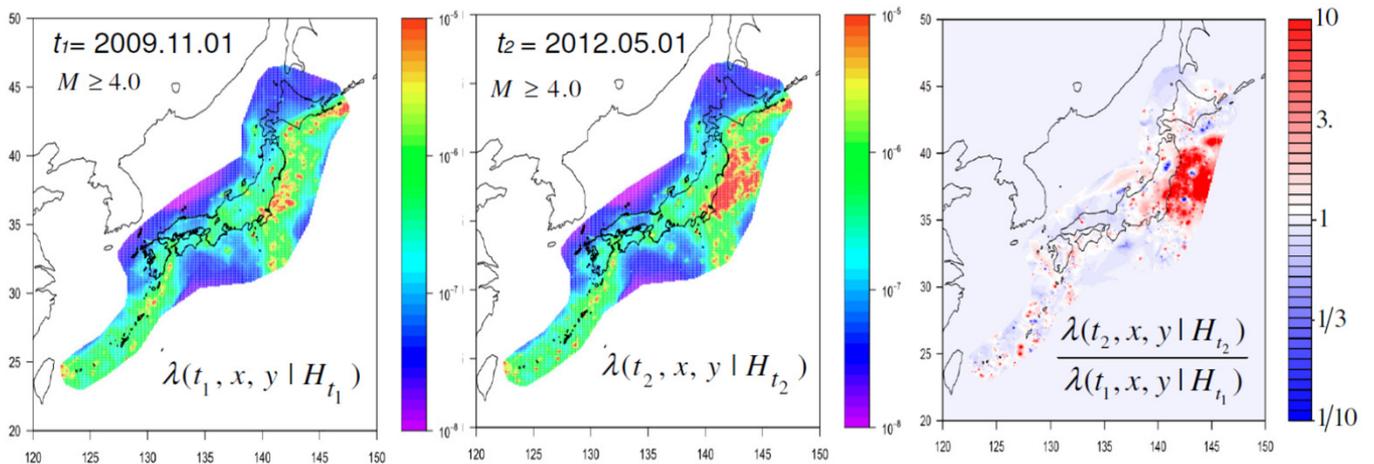
図 2 b 値を使った研究例。最近の熊本地域の b 値分布(Nanjo et al., 2019)。布田川・日奈久断層に沿って b 値は熊本地震前より高いが、日奈久断層の中部だけ低くまた減少中(四角の領域)。アフタースリップの領域の南端に相当する。

ポイント

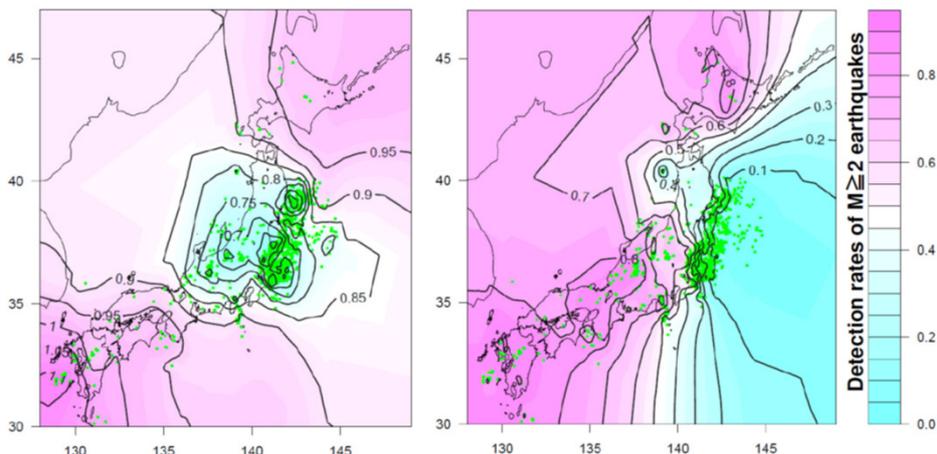
- ① 予め永年確率や各異常現象の確率を準リアルタイムで与える準備・環境を整えることが必要。
- ② 広領域での多項目確率予測式を点過程の危険度拡大率の積で表現する。
- ③ 大中規模地震を予測する危険度拡大率は時間的切迫度や影響地域範囲のスケーリングを示す。
- ④ HIST-ETASモデルで自動的な時空間短期予測する。
- ⑤ 前震の統計的識別法は独立G-R分布のETASモデルより優れた短期予測を与える。
- ⑥ 初期の余震予報は前震の確率予測も与える。
- ⑦ データ欠測によるバイアスの補正ために時空間的検出率を準備する。



第1図. 日本列島の常時地震活動度



第2図. 日本列島の各年月日の地震活動度(左,中)と、その比(右)



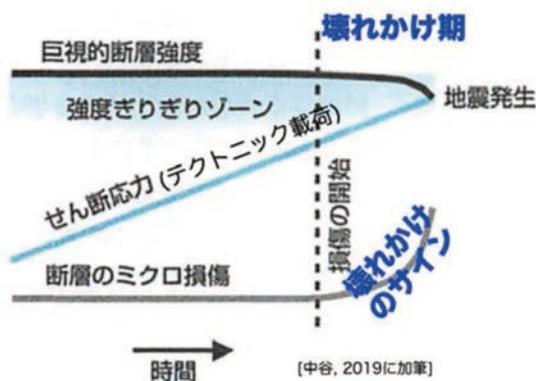
第3図. 2011年3月11日本震直後の b 値(左)と M ≥ 2.0 余震の検出率

階層的アスペリティを前提とした短期前兆のメカニズムについて

中谷正生 (東京大学地震研究所)

大地震に対して統計的に有意な先行性をもつ事象は、前震活動をはじめ、多数みつがっている。かつては、短期前兆は、断層の破壊強度ぎりぎりまで応力が近付いておきるゆっくりとした「壊れはじめ」(図 1a)から派生すると考えられていたが、最近の観測から示唆される階層的なアスペリティ構造のもとでは、地震の最終的な大きさが壊れはじめ現象の大きさに支配されるとは考えにくい(図 2)。したがって、観測されている先行現象は、図 1b のように、本震の準備状況とは無関係におきるイベントによって、本震の起きる時期が早められたトリガメカニズムである可能性が低い。これは、空振りや見逃しを本質的に含むシナリオであるが、それでも、トリガイベントの後しばらくは地震発生の確率が高いとは言える。

a) 伝統的な短期前兆のシナリオ



b) 結果的に前兆になる(外部からの)トリガ事象

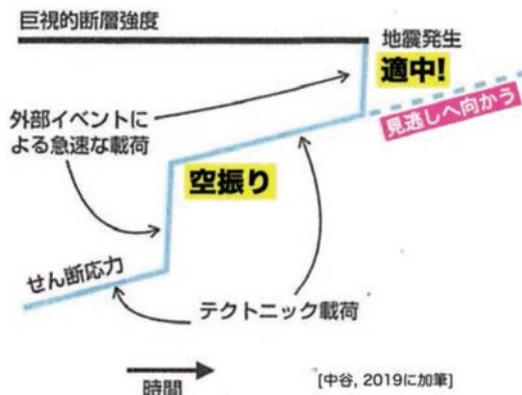


図 1. 地震サイクルと先行現象の関係(概念図)

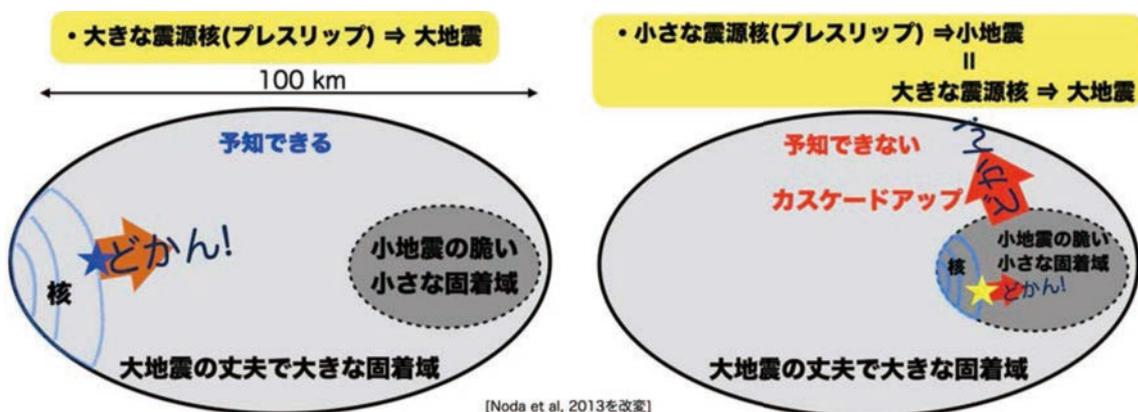


図 2. 階層的アスペリティ構造において期待される震源核の大きさ(概念図)

第 230 回地震予知連絡会 重点検討課題 趣旨説明

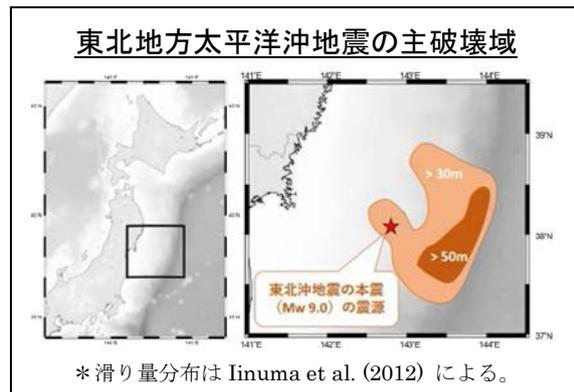
「東北地方太平洋沖地震から 10 年

ーこの 10 年で何が起きたか、何がわかったかー」について

コンビーナ 東北大学大学院理学研究科 松澤 暢

1. 背景

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震 (M9.0) は、長さ約 500km、幅約 200km のプレート境界が滑り、およそ 100km 四方以上の領域が 30m 以上滑るとい、それまでの我々の想像をはるかに上回る地震であった。このような巨大な地震について、我々は直前予知ができなかっただけでなく、ポテンシャル評価すら過小評価していたとの深い反省のもと、巨大地震



のポテンシャル評価の見直しが進んできた。また、地震発生前と後の様々なデータの解析から、このような巨大な地震のサイクルが少しずつ明らかになってきている。

2. 課題

この地震について多くの情報が得られているものの、約 600 年と考えられる M9 地震の平均再来間隔を考えれば、10 年程度のデータだけで全貌を理解するのは非常に困難である。それでも、現在の情報を基にモデルを構築して、今後の推移について予測し、それがどの程度、今後得られる観測値と一致するのかの検証を進めていくことが、M9 地震の全貌を明らかにするうえで一番の近道であると考えられる。

3. 報告 (予定)

- ①本震の発生前から現在に至る地震活動の推移と今後の見通し
- ②本震の発生前から現在に至る地殻変動の推移と今後の見通し
- ③海溝付近の巨大な津波の生成原因
- ④本震の発生前と後の地殻活動を統合的に説明するモデル

4. 論点 (予定)

- ・大きな余震が今後どこでどのくらいの可能性で起こりうるのか?
- ・海岸の隆起や主破壊域のプレート境界型地震の静穏化は今後どのくらい続くのか?
- ・岩手県沖の海溝付近の津波はどのようにして生じたのか?
- ・M9 地震の予測を行うには今後どのような観測研究が重要か?