令和2年2月21日

第226回 地震予知連絡会

記者会見資料

事務局:国土地理院

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(2019年11月~2020年1月、M 5.0)





発震機構は気象庁によるCMT解 ※2019年11月29日の三陸沖の地震の深さは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(2019年11月~2020年1月) 👬 🕬 🌿 🏎



第2図. 2003年6月1日から2020年1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手動または自動験測震源と照合し、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.

防災科学技術研究所資料

- 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。
- 2019年1月の種子島近海の地震の影響によるひずみが見られる。
- 2019年6月18日の山形県沖の地震の影響によるひずみが見られる。



• 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 ^{30 防災科研} ♪ ○ 活動状況 (2019 年 11 月~ 2020 年 1 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:東海地方から紀伊半島北部, 11月10日~19日.四国西部から豊後水道,11月8日~13日.
- 上記以外の主な微動活動:東海地方,1月12日~14日.
 四国東部から中部,12月27日~1月9日.



図 1. 西南日本における 2019 年 11 月~2020 年 1 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 3.2003 年1月~2020 年2月3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 🍶 ^{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. 11 月10~19日頃の三重・奈良県境付近から愛知県西部における微動活動では,三重北部で活動が開始し,北東・ 南西方向への活動域の拡大がみられた. 1月12~14日頃の愛知・長野県境付近の微動活動では,やや東方向 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.11月8~13 日頃の愛媛県西部から豊後水道における微動活動では,豊後水道での活動開始後,東方向への活動域の拡大が みられた.12月27日~1月9日頃の徳島県東部から愛媛県東部における微動活動では,徳島県東部において 活動が開始したのち,西方向への活動域の移動がみられた.その後,1月1日頃からは徳島・香川・愛媛県境 付近において活発化がみられ,4日頃まで西方向への活動域の拡大がみられた.その後活動は低調になりつつ, 9日頃まで継続した.



図1:2019年11月1日~2020年1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. 2019年11月 四国西部 (Mw 6.0)



2019年8月(Mw6.0)以来約3ヶ月ぶり



132 E 132.4 E 132.8 E 133.2 E 133.2

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.

防災科学技術研究所資料



2019年7月(Mw5.8)以来約4ヶ月ぶり





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. 11 月 10 日~16 日の傾斜変化ベクトルを図 5 に示す. 紀伊半島 対運動方向に固定している. 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 5:11 月 10 日~ 16 日に観測された傾斜変化ベクトル (青矢印), 推 図 4:2019 年 10 月 25 日~11 月 26 日の傾斜時系列.上 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

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





解析に使用した観測点の範囲:概ね北緯33.4~36°、東経135~139° データ:F3解(2019/11/01 - 11/09)+R3解(2019/11/10 - 11/23) トレンド期間:2006/1/1 - 2009/1/1 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:4mm 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:2019/11/01~2019/11/05 [F3:最終解] 比較期間:2019/11/18~2019/11/23 [R3:速報解] 35° 35 34° 34 5mm 33° 5mm 33° 100 km 100 km 133° 134° 131 132° 133° 134° 135° 131° 132° 135° 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。

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° データ:F3解(2019/11/01 - 11/09)+R3解(2019/11/10 - 11/23) トレンド期間:2006/1/1 - 2009/1/1 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:4mm 固定局:三隅



データ:F3解(2019/1/1 - 2020/1/4) +R3解(2020/1/4 -) トレンド期間:2017/1/1 - 2018/1/1 モーメント計算範囲:左図の黒枠内側 黒破線:フィリピン海プレート上面の等深線(弘瀬・他、2007) コンター間隔:5cm 固定局:網野 すべり方向:東向き,南向きに拘束.



カルマンフィルターで平滑化した値 データ:F3解(2019/1/1-2020/1/4)+R3解(2020/1/4-) トレンド期間:2017/1/1-2018/1/1 固定局:網野

GNSSデータから推定された日向灘・豊後水道の長期的ゆっくりすべり(暫定) 推定すべり分布



国土地理院

12月12日 宗谷地方北部の地震



2019年12月12日01時09分に宗谷地方北 部の深さ7kmでM4.2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。

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 a)では、2018 年 6 月 20 日に M4.1 の地震(最大震度 3)が発生し ている。

1922 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を超える地震 が5回発生している。このうち、2004 年 12 月 14 日には M6.1 の地震(最大震度5強)が 発生し、軽傷者8人、住家一部破損165棟の 被害が生じている(「日本被害地震総覧」に よる)。



領域b内のM-T図



2020

2015

2010

2005

12月19日 青森県東方沖の地震

震央分布図 (1997年10月1日~2019年12月31日、 深さO~150km、M≧2.5) 2019年12月の地震を<mark>○</mark>で表示 50km 図中の発震機構は CMT 解





震央分布図 2000 (1922年1月1日~2019年12月31日、 深さ0~150km、M≧6.0) 100km 「平成15年(2003年) N=266 十勝沖地震」 「1968年十勝沖地震」 2003年9月26日 1952年3月4日 の最大余震 M8.0 M8.2 1968年5月16日 42° N 8 19時39分 M7.5 98900 「1968年十勝沖地震」 ° 0 1968年5月16日 09時48分 M7.9 00 000 今回の地震 00 の震央位置 「平成6年(1994年) 三陸はるか沖地震」 00 8 1994年12月28日 M7.6 00 0 М 8°@0° 0 00 .000 7 40° N ö 000 000 8.0 0 0 0 海 ()7.5 澅 0 6 0 8 軸 8 1995年1月7日 0 7.0 8 0 M7.2 00 Sa o 6.0 「平成6年(1994年) 142°E 144°E 三陸はるか沖地震」 の最大余震

2019年12月19日15時21分に青森県東方沖の深さ 50kmでM5.5の地震(最大震度5弱)が発生した。 この地震は、発震機構(CMT解)が北北東-南南 西方向に張力軸を持つ正断層型で、太平洋プレー ト内部で発生した。

1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の 震源付近(領域b)ではM4.0以上の地震はあまり 発生していないが、2001年4月3日04時54分には M5.6の地震(最大震度4)が発生した。

1922年以降の活動をみると、今回の地震の震央 周辺(領域 c)は、M7.0以上の地震が時々発生し ている領域で、1968年5月16日09時48分には 「1968年十勝沖地震」(M7.9、最大震度5)が発 生した。この地震により、青森県八戸[火力発電 所]で295cm(平常潮位からの最大の高さ)の津波 を観測したほか、死者52人、負傷者330人、住家 全壊673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





重点検討課題の検討

「地表に痕跡を残さない地震」について

第226回地震予知連絡会 重点検討課題 趣旨説明

「地表に痕跡を残さない地震」について

コンビーナ 北海道大学 高橋浩晃

1.背景

2000 年鳥取県西部地震など、地表では明瞭な 活断層が見られない場所でも被害地震が発生して いる。M7 クラスの内陸地震でも地表に地震断層 が出現しない事例がある。2018 年北海道胆振東部 地震など、中規模かつ震源が深いが強震動で被害 が発生する地震もある。内陸地震の発生ポテンシ ャル評価の高度化のためには、これら地表に明瞭 な痕跡を残さない地震の特徴を整理するととも に、被害に直結する強震動特性を検討することが 必要である。



2.課題

これまでに発生した地表に痕跡を残さない地震、明瞭な活断層がない場所で発生した地 震の特徴の整理が必要である。活断層は長い活動間隔を持つ。都市が形成されている沖積平 野など、様々な地質・堆積・浸食環境などを考慮して活断層の地形形成プロセスの検討が必 要である。被害想定の立場から、震源断層が地表に現れる場合と現れない場合の強震動特性 の違いを明らかにする必要がある。これらの知見を整理するとともに、地下構造探査等の現 状を踏まえ、震源断層の長期評価・地震動予測の高度化に向けた戦略を考える必要がある。

3.報告

- 北海道胆振東部地震などの地表に痕跡を残さない地震の特徴
- M7 震源は上部地殻にどのくらい隠れているか~痕跡を残さない地震, 痕跡を消され る地震, 地震を起こさず痕跡だけを残す断層~
- 力学モデルに立脚した第2ステージの地震による強震動予測のための震源モデル
- 震源断層の長期評価に向けて

4.論 点

地表に痕跡が出ない地震の余震分布や震源過程、地下構造に共通点や相違はあるか? 活断層として認知可能な地形の形成プロセスでは何が支配的か? 地表地震断層が現れない地震の強震動特性とそれを支配する要因は何か? 内陸地震の長期評価の現状と課題・展望、今後実施すべき研究や調査は何か? 話題提供者〔敬称略〕

1. 北海道胆振東部地震などの地表に痕跡を残さない地震の特徴

北海道大学 高橋 浩晃

- M7 震源は上部地殻にどのくらい隠れているか
 ~痕跡を残さない地震、痕跡を消される地震、地震を起こさず痕跡だけを残す断層
 東北大学災害科学国際研究所 遠田 晋次
- 力学モデルに立脚した第2ステージの地震による強震動予測のための震源モデル 清水建設 壇 一男
- 4. 震源断層の長期評価に向けて

東京大学地震研究所 佐藤 比呂志

北海道胆振東部地震などの地表に痕跡を残さない地震の特徴

高橋浩晃(北海道大学)

- 地表断層を出現させなかった地震の特徴を検討
 - 北海道胆振東部地震では以下のような特徴が見られた
 - ✓ 震源距離100km以内で一般的な予測式よりより大きな揺れ
 - ✓ 震源域は地震波速度構造等の境界に位置するように見える
 - ✔ 震源域付近に低比抵抗体の可能性
- 新潟県中越地震、岩手・宮城内陸地震でも同様な傾向
- これらの特徴は地震断層が出現した地震でも見られている
- 潜在断層地震の評価可能性の検討には、他の場所との地下構造の比較や、定常地震
 活動・歪等、他データの活用など、更なる調査が必要



図1. 北海道胆振東部地震のイメージ図。震源域は低速度と高速度の境界付近に位置している。 (Kobayashi et al., 2019, EPSによる)



図2. 北海道胆振東部地震の最大速度・最大加速度の 距離減衰。震源距離100km程度まで予測式を最大1桁程 度上回っている。

(高井・重藤、2019、地震ジャーナルによる)

M7 震源は上部地殻にどのくらい隠れているか

~痕跡を残さない地震、痕跡を消される地震、地震を起こさず痕跡だけを残す断層

遠田 晋次(東北大学災害科学国際研究所)

ポイント

- 検出・認識問題と本質的な問題に分けて考えるべき。前者に関して、日本列島では、M~7 震源の半数で震源断層相当の地震断層が出現しない。また、長期的にみて堆積・侵食速度が断層変位速度を上回る地域が多く、多数の潜在活断層が疑われる(「C級活断層問題」、例:山陽)。
- 断層構造には階層性があり、1)プレート境界→2)主要活断層→3)短い活断層・潜在活断層の順に 弾性歪みを解消する、1)-2)の役割・影響が小さな地域では、継続的な地震活動として3)が担う、 そのため、M~7 震源となり得る短い活断層・潜在活断層は、特定の地域に偏在しやすい(例: 信越、山陰)
- 1つの地殻内大地震で地震動生成に関係ない多数の地表地震断層が出現する.変位は小さいが、
 毎回「お付き合い」するとC級活断層として認識される.強震動ハザード評価からは M~7 震源
 を減らすことになるが、断層変位ハザードは広域におよぶことになる.



図1 地殻内M7 地震の震源総数の解釈, 地表活断層と震源断層の多様な関係を示す 模式断面図



図2. 断層成熟度,応力解放の効率性,地震活動に関する概念図 (上段:構造が未発達な地域,下段:成熟した地域) カ学モデルに立脚した第2ステージの地震による強震動予測のため の震源モデル

壇 一男(清水建設)

ポイント

- 地表断層を伴わない第1ステージの地震(1995年兵庫県南部地震や1989年米国ロマプリータ地震など)では周期約1秒の大振幅記録が得られ、甚大な被害をもたらしている。
- 地震調査研究推進本部では、1995年兵庫県南部地震での周期約1秒の大振幅記録が再現できる手法を、強震動予測のための「レシピ」としてとりまとめ、全国の主な活断層の地震による強震動を予測している。このとき、断層のモデル化は、深さ2、3km~20km程度の地震発生層内に限られる。
- 地表断層を伴う第2ステージや第3ステージの地震(1994年米国 Landers 地震や2016年熊本地震など)では周期約3秒の大振幅記録が得られ、永久変位も観測されている。これらの波は、深さ2、3kmより浅い断層面(地震発生層より浅い層)から放出されたと考えられている。
- 地震発生層よりも浅い断層面も考慮した強震動予測のための断層のモデル化手法の確立が必要である。
- 同様の課題は、大津波を励起する沈み込み帯のプレート境界地震にもある。











(obs: observed, D: deep part only, D+S: deep and shallow parts)

Dan *et al.* (2019b) 図 7 益城(断層線距離 2km)での変位波形



(obs: observed, D: deep part only, D+S: deep and shallow parts)

Dan *et al.* (2019b) 図 9 西原村(断層線距離 700m)での変位波形





【参考文献】

Dan et al. (2019b): Extension of the procedure for evaluating parameters of strike-slip fault with surface breakings for strong motion prediction, Proceedings of the 7ICEGE, pp. 1952-1960.

納所・他(2018): 地表地震弾速極近傍における地震動および永久変位の評価のための震源モデルの設定 (その 5) 2016 年熊本地震の地表地震断層のすべり量を考慮した強震記録の再現解析, 日本建築学会大 会学術講演梗概集(東北), 構造 II, pp. 759-760.

壇一男 (2020): 強震動予測に用いられる学術用語としての「アスペリティ」について, 日本建築学会構 造系論文集 (投稿中).

清水建設 壇 一男 資料

震源断層の長期評価に向けて

佐藤 比呂志・石山達也・橋間昭徳 (東京大学地震研究所)

ポイント

- ・ 20 世紀以降の M6.5 以上内陸地震で、地表に充分な地表地震断層が出現したものは、4 割 程度しかない。残りの 4 割は伏在断層。2 割は事前予測が困難。
- ・ 平野下の伏在断層は甚大な被害を伴うため、地球物理学・地質学的な情報から震源断層の
 モデル化が課題。反射法地震探査により、解明が進んでいる。
- ・ 震源断層の評価には沈み込みシステムを含む物理モデルを構築し、地殻変動を用いて震源
 断層への載荷応力などから地震発生評価ポテンシャルを評価することが重要。



図1 庄内平野を横断する反射法地震探査断面。「日本海地震・津波調査プロジェクト」による。 黄色実線:1.2 百万年前の層準、A:1894 年庄内地震(M7) に対応する可能性の高い伏在断層。



図 2. 震源断層におけるクーロン応 力の蓄積速度。1998-2010 年の変位 速度場に対応。矩形は震源断層の矩 形モデル。

東京大学地震研究所 佐藤比呂志 資料

第227回地震予知連絡会 重点検討課題 趣旨説明

「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。



2.課題

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、その解決のために何が必要か。今後、どのよう

な目的のためにどのようなモニタリングが必要とされるか、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。

3. 報告(予定)

(1)海域観測
 (2)陸域 GNSS 観測
 (3)陸域基盤的地震観測
 (4)陸域稠密観測
 (5)DAS

4. 論 点 (予定)

・現在の地殻活動モニタリングの成果を踏まえて、今後どのような成果が期待できるか、 また、現状の課題を整理したうえでその課題解決方策について議論する。

・現在のモニタリングシステムがその目的に照らして有効に機能しているかどうかを評価し、有効であるならば今後どこまで継続が可能か、また更なる継続のためには何が必要か、 について議論する。

・今後、何のためにどのようなモニタリングを行うべきか、そのためにはどのような技術 が必要になるか、その実現性の見通しはどうなっているか?

・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?

令和元年度 第2回重点検討課題運営部会報告

1. 令和2年度重点検討課題の選定

令和2年度後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-	
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-	

令和 2 年 2 月 21 日 地震予知連絡会事務局

令和2年度地震予知連絡会の開催について

 令和2年度地震予知連絡会の開催日 次年度の地震予知連絡会会合の開催を下記のとおり予定しています。

П	年 月 日	※仮の予定
第227回	令和2年(2020年)	5月22日(金)
第228回	令和2年(2020年)	8月28日(金)
第229回	令和2年(2020年)	11月26日(木)
第230回	令和3年(2021年)	2月18日(木)

- ○(参考) 地震予知連絡会の議事の流れ
 - (1) 事務的事項
 - (2) 地殻活動モニタリングに関する検討
 - 1) 地殻活動の概況
 - 2) 東北地方太平洋沖地震関連
 - 3) プレート境界の固着状態とその変化
 - 4) その他の地殻活動等
 - (3) 重点検討課題の検討
 - 1) 報告
 - 2)総合討論
 - 3) 次回課題の趣旨説明
 - (4) その他の議事