【第33回】南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会 【第411回】地震防災対策強化地域判定会

一產業技術総合研究所資料一





【資料目次】

表紙

1.	東海地域中部	[榛原,静岡栗原(草薙)] 地下水;中期
2.	東海地域中部	[榛原,静岡栗原(草薙)] 地下水;長期
3.	東海地域南部	[大東,小笠,浜岡,御前崎] 地下水;中期
4.	東海地域南部	[大東,小笠,浜岡,御前崎] 地下水;長期
4-b.	東海地域南部	[浜岡] 地下水・沈下;長期
4-c.	東海地域南部	[掛川] 地下水・沈下;長期
5.	東海地域西部	[豊橋,豊橋多米(豊橋東)] 地下水・歪・傾斜;中期
5-b.	東海地域西部	[豊橋多米(豊橋東)] 歪等;中期
6.	東海地域西部	[豊橋・豊橋多米(豊橋東)] 地下水・歪・傾斜;長期
6-b.	東海地域西部	[豊橋多米(豊橋東)] 歪等;長期
7.	伊豆半島東部	[松原174,大室山北,冷川南] 地下水;中期
8.	伊豆半島東部	[松原174,大室山北,冷川南] 地下水;長期
9-a.	榛原・浜岡の	降雨グラフ;中期
9-b.	榛原・浜岡の	降雨グラフ;長期
10.	東海・紀伊半	島・四国における短期的SSE解析結果

11. 2020年6月10日の土佐湾の地震(M4.6)後の須崎大谷観測点のひずみ変化について







4





6

東海地域南部 長期







東海地域西部 中期

9

東海地域西部(豊橋多米 歪)中期 (時間値) (2020/04/01 00:00 - 2020/07/01 00:00 (JST))

豊橋多米(豊橋東)歪N356E[x10-9] 豊橋多米(豊橋東)歪N356E(BAYTAP) [x10-9] [x10-9] N356 1000 1000 豊橋多米(豊橋東)歪N86E[x10-9] 豊橋多米(豊橋東)歪N86E(BAYTAP) [x10-9] [x10-9] N86 1000 1000 豊橋多米(豊橋東)歪N131E[x10-9] 豊橋多米(豊橋東)歪N131E(BAYTAP) [x10-9] [x10-9] N131 1000 1000 豊橋多米(豊橋東)歪N221E[x10-9] 豊橋多米(豊橋東)歪N221E(BAYTAP) [x10-9] [x10-9] N221 1000 1000 豊橋多米(豊橋東)歪 鉛直[x10-9] 豊橋多米(豊橋東)歪 鉛直(BAYTAP) [x10-9] [x10-9] N0 1000 1000 豊橋多米(豊橋東) 磁力 N356E [nT] [nT] 500 豊橋多米(豊橋東) 歪計温度(水晶式) [deg. C] 20.4 🗆 20.3 計器深度 GL-269m 05 04 06 2020 静岡栗原 Ο コメント: \$*;雨量補正不十分. \$;保守. ?;不明. 豊橋多米 榛原○ 豊橋 0 掛川 **〇**小笠 大東 御前崎 浜岡

東海地域西部 中期





東海地域西部 長期



 コメント:*;雨量補正不十分.\$;保守.?;不明.
@;月初めの補正値のギャップは, 解析プログラムの見かけ上のものである.
松原174号井は静岡県による観測.
松原174の水位計が長期的にドリフトしていることが分かったので,2014年7月4日に新水位計を設置し, 更に2017年10月12日に交換した.





コメント:*;雨量補正不十分.\$;保守.?;不明.
松原174号井は静岡県による観測.
松原174水位計が長期的にドリフトしていることが分かったので,2014年7月4日に新水位計を設置し,
更に2017年10月12日に交換した.
松原174の水位は2017年10月29日~11月6日頃まで断続的に管頭から水があふれた.



伊豆半島東部長期



コメント:トレンドは、グラフに示している期間で求めている.



コメント:トレンドは、グラフに示している期間で求めている.

產業技術総合研究所

2020年6月4日午後から6日にかけて,四国西部で深部低周波地震が観測された(図1)。図2は周辺の産総研・防災科研の観測点における歪・傾斜の観測結果である。これらの結果はBAYTAP-Gにより気圧応答成分,潮汐成分およびホワイトノイズ成分を取り除き,2020年5月24日から6月3日のデータを用いて1次トレンドを除去したものである。

図3は図2[A]の変化を説明する短期的SSEの断層モデルの推定結果(Mw 5.5)である。今回の活動 域付近における最近の短期的SSEの活動は、2020年2月11日午後から22日(順に Mw 5.3, 5.6, 5.5, 5.8, 5.6;図3の灰色矩形1-5)、2020年5月17日から20日午前(Mw 5.6;同6)である。

解析方法

短期的 SSE の断層面推定には,各観測点の水平歪 4 成分,体積歪,地下水圧,もしくは傾斜 2 成分の 記録を用いる。地下水圧は,O1 および M2 分潮の振幅を BAYTAP-G [Tamura et al., 1991]により計算 し,GOTIC2 [Matsumoto et al., 2001]により推定した地球固体潮汐および海洋荷重潮汐(O1 および M2 分潮)との振幅比を用いて,体積歪に変換する。歪・地下水・傾斜ともに,観測波形から BAYTAP-G に より,気圧応答成分,潮汐成分およびホワイトノイズ成分を取り除く。また,イベント直前の期間を用 いて 1 次トレンドも取り除く。微動活動も参考にして,数時間~半日単位で活動開始・終了時期を判断 し,その期間の変化量を短期的 SSE による変化量とする。その際,歪については Matsumoto et al. [2010] の手法で理論潮汐歪を用いてキャリブレーションを行っている。

断層面の推定は、板場ほか[2012]の手法を用いて次の 2 段階で行う。1 段階目では、断層面の位置 (0.1°間隔)とすべり量(1-50 mm)を可変とする。幅・長さともに 20 km に固定した断層面をフィリ ピン海プレート境界面[弘瀬ほか、2007]上で動かし、各位置での最適なすべり量を探す。結果を示す図 には、それぞれの位置で残差を最小にするすべり量を与えたときの、観測値とそのすべり量による計算 値(Okada [1992]による)との残差の総和の分布を示している。これにより、短期的 SSE が生じている 可能性が高い領域を絞り込むとともに、次の 2 段階目で推定された結果の任意性を確認することができ る。2 段階目では、1 段階目で絞り込んだ領域付近で、断層面の位置(0.1°間隔)・すべり量(1-50 mm)・ 長さ(10-80 km の間で 1 km 間隔)および幅(10-50 km の間で 1 km 間隔)を可変として残差を最小に する解を求める。ただし、計算に使用している観測点数が少ない場合や、断層面と観測点配置の関係に よっては解の任意性が高くなるので注意が必要である。

なお,残差はノイズレベルによって規格化している。これは異種の観測値を統合するための処置であ る。ノイズレベルの定義は,気圧応答,潮汐成分およびホワイトノイズ成分を取り除いた後(微動活動 が活発な期間および周辺の日雨量 50 mm を超える時期を除く)の 24 時間階差の 20である。

深部低周波微動の検出・震源決定には、エンベロープ相関法を用いている。

謝辞

短期的 SSE の断層モデル推定には,防災科研 Hi-net 高感度加速度計(傾斜計)および気象庁の多成 分歪計および体積歪計の記録とキャリブレーション係数を使用しました。微動の解析には,防災科研 Hinet,気象庁,東京大学,京都大学,名古屋大学,高知大学,九州大学の地震波形記録を使用しました。 低周波地震の震央位置表示には,気象庁の一元化カタログを使用しました。ここに記して感謝します。 参考文献

弘瀬冬樹, 中島淳一, 長谷川昭 (2007), Double-Difference Tomography 法による西南日本の 3 次元地震 波速度構造およびフィリピン海プレートの形状の推定, *地震 2*, **60**, 1-20.

板場智史,松本則夫,北川有一,小泉尚嗣,松澤孝紀,歪・傾斜・地下水統合解析による短期的スロース リップイベントのモニタリング,日本地球惑星連合 2012 年大会,千葉,5月,2012.

Matsumoto, K., T. Sato, T. Takanezawa, and M. Ooe, GOTIC2: A Program for Computation of Oceanic Tidal Loading Effect, *J. Geod. Soc. Japan*, **47**, 243-248, 2001.

Matsumoto, N., O. Kamigaichi, Y. Kitagawa, S. Itaba, and N. Koizumi (2010), In-situ Calibration of Borehole Strainmeter Using Green's Functions for Surface Point Load at a Depth of Deployment, *Eos, Trans. AGU*, Abstract G11A-0626.

Okada, Y. (1992), Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **82**, 1018-1040.

Tamura, Y., T. Sato, M. Ooe and M. Ishiguro (1991), A procedure for tidal analysis with a Bayesian information criterion, *Geophys. J. Int.*, **104**, 507-516.



図1 四国地方における深部低周波地震の時空間分布図(2020/05/24 00:00:00-2020/06/19 00:00:00 (JST))。気象庁カタログによる。

(観測点) NHK: 新居浜黒島, KOC: 高知五台山, SSK: 須崎大谷, TSS: 土佐清水松尾, MAT: 松山南江戸, UWA: 西予宇和



図2 歪・傾斜の時間変化(2020/05/24 00:00-2020/06/19 00:00 (JST))

[A] 2020/06/04PM-06

(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布

図3 2020/06/04PM-06の歪・傾斜変化(図2[A])を説明する断層モデル。

(a) プレート境界面に沿って 20 x 20 km の矩形断層面を移動させ、各位置で残差の総和を最小にするす べり量を選んだときの残差の総和の分布。赤色矩形が残差の総和が最小となる断層面の位置。

(b1)(a)の位置付近をグリッドサーチして推定した断層面(赤色矩形)と断層パラメータ。灰色矩形は最近周辺で発生したイベントの推定断層面。

1: 2020/02/11PM-14 (Mw 5.3), 2: 2020/02/15-18 (Mw 5.6), 3: 2020/02/19-20AM (Mw 5.5),

- 4: 2020/02/20PM-21AM (Mw 5.8), 5: 2020/02/21PM-22 (Mw 5.6), 6: 2020/05/17-20AM (Mw 5.6)
- (b2) 主歪の観測値と(b1) に示した断層モデルから求めた計算値との比較。

図4 東海地方における深部低周波地震の時空間分布図(2020/06/15 00:00:00-2020/07/06 00:00:00 (JST))。気象庁カタログによる。

(観測点) TYS: 豊田神殿, NSZ: 西尾善明, ANO: 津安濃, ITA: 松阪飯高

図5 歪の時間変化(2020/06/15 00:00-2020/07/06 00:00 (JST))

暫定	

[A] 2020/06/30-07/02

(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布

図6 2020/06/30-07/02の歪変化(図5[A])を説明する断層モデル。

- (a) プレート境界面に沿って 20 x 20 km の矩形断層面を移動させ、各位置で残差の総和を最小にするす べり量を選んだときの残差の総和の分布。赤色矩形が残差の総和が最小となる断層面の位置。
- (b1) (a) の位置付近をグリッドサーチして推定した断層面(赤色矩形)と断層パラメータ。灰色矩形は最近周辺で発生したイベントの推定断層面。

1: 2019/08/03PM-06AM (Mw 5.7), 2: 2019/11/11-13AM (Mw 5.7), 3: 2019/11/13PM-14AM (Mw 5.4),

- 4: 2019/11/14PM-20 (Mw 5.8), 5: 2020/01/12 (Mw 5.3), 6: 2020/01/13-14AM (Mw 5.6)
- (b2) 主歪の観測値と(b1) に示した断層モデルから求めた計算値との比較。

2020 年 6 月 10 日の土佐湾の地震(M4.6)後の須崎大谷観測点のひずみ変化に

ついて

産業技術総合研究所

高知県須崎市の須崎大谷観測点において、2020/06/10の土佐湾の地震(M4.6)の後に数時 間から1日程度のゆっくりとした歪変化が生じていたことが分かった(図6)。

- ・水平歪1・3が縮み、水平歪2・4が伸びの明確な変化があった
- ・ 歪変化と同時に同様な時定数の地下水位の変化があった(孔1は上昇、孔2・3は低下)

過去に同じような地震後の変化が生じていたかを調査した。

須崎大谷(SSK)観測点(観測点の概要を図1に示す)

調査期間:2010/01/01-2020/06/10

調査対象:北緯 32~35 度、東経 131~135 度の範囲の M5 以上の地震 高知県須崎市で震度 2 以上の地震

過去に土佐清水松尾観測点の歪で地震後に変化が見られた地震

全部で21個の地震を調査した。

- ・2020/06/10の土佐湾の地震(M4.6)を含めて、5例で地震後に歪が変化していた(図2-6)。
- ・2020/06/10の土佐湾の地震(M4.6)以外の4例の歪変化はそれほど明瞭ではない。
- ・地震後に観測された歪変化について主歪を計算した結果(図7)から、2012/10/27高知県中部の地震(M4.5)、2016/10/21鳥取県中部の地震(M6.6)、2020/06/10の土佐湾の地震(M4.6)の3例は整合的である。2014/03/14伊予灘の地震(M6.2)についてはあまり整合していない(直前の雨の影響があると思われる)。2013/04/13 淡路島付近の地震(M6.3)については変化量が非常に小さい。
- ・歪変化と同時に孔1,2,3の水位のいずれか、または複数の水位の変化が見られた。
- ・変化があった際の歪の各成分・各孔の水位の変化傾向は毎回同じである。

定性的には土佐清水松尾観測点と同様に、(各孔の水位変化を生じさせた)観測点付近の環 境変化(例えば地下水流動の変化)に起因する可能性がある。定量的にはさらなる検討が必 要である。

25

須崎大谷観測点周辺の地質図「シームレス地質図詳細版」

須崎大谷の歪・水位 (2012/10/17 00:00 - 2012/11/06 00:00 (JST))

図 2 2012/10/27高知県中部の地震(M4.5)後の歪・水位変化 水平歪1が縮み、水平歪2が伸び、孔2の水位が低下

図3 2013/04/13淡路島付近の地震(M6.3)後の歪・水位変化 水平歪1が縮み、水平歪2が伸び、孔2の水位が低下

28

図4 2014/03/14伊予灘の地震(M6.2)後の歪・水位変化

水平歪3が縮み、水平歪2・4が伸び、孔1の水位が 上昇、孔3の水位が低下ただし、直前の大雨の影響が 重なっている

須崎大谷の歪・水位 (2016/10/11 00:00 - 2016/10/31 00:00 (JST))

図 5 2016/10/21鳥取県中部の地震(M6.6)後の歪・水位変化

水平歪3が縮み、水平歪2・4が伸び、孔1の水位が上 昇、孔3の水位が低下。ただし、直前の大雨の影響が重 なっている

須崎大谷の歪・水位 (2020/05/31 00:00 - 2020/06/20 00:00 (JST))

図6 2020/06/10土佐湾の地震(M4.6)後の歪・水位変化

水平歪1・3が縮み、水平歪2・4が伸び、孔1の水 位が上昇、孔2・3の水位が低下

図8: (a) 地殻活動総合観測装置模式図.水平歪4成分は,約25cm間隔で鉛直方向に配置されている. (b) ボアホールに埋設された歪計および2つの変動源の模式図と,それぞれの変動源による4組の主歪変化の例.

32