6-4 東海・紀伊半島・四国における短期的スロースリップイベント(2013年11月~2014年4月) Short-term slow slip events in the Tokai area, the Kii Peninsula and the Shikoku District, Japan (from November 2013 to April 2013)

產業技術総合研究所 Geological Survey of Japan, AIST. 防災科学技術研究所 National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

歪・傾斜・地下水の変化から短期的SSEの断層モデルを推定したイベントについて、その解析結果を報告する.

2013年11月13~18日頃にかけて、四国西部において活発な深部低周波微動活動が観測され(第1図)、 愛媛県および高知県における、産総研の多成分歪2観測点、防災科研のHi-net高感度加速度計(傾斜)6観 測点おいて変化が観測された(第2図). 断層面の推定を行った結果を第3図に示す. 推定されたMwは5.8 であった.

この領域およびその西側付近では161日前の2013年6月2日午後~5日にかけて, Mw5.7の短期的SSE が発生したと推定されている(第3図灰色矩形の2).

2014年1月2~4日頃にかけて,豊後水道において深部低周波微動活動が観測され(第4図),愛媛県および大分県における,産総研の多成分至1観測点,防災科研のHi-net高感度加速度計(傾斜)3観測点おいて 僅かな変化が観測された(第5図). 断層面の推定を行った結果を第6図に示す. 推定されたMwは5.6であった.

この領域付近では217日前の2013年5月28日~30日午前にかけてMw5.7の,この領域~北東側の領域 付近では67日前の10月26日~27日午前にかけてMw5.5の短期的SSEがそれぞれ発生したと推定されてい る(それぞれ第6図灰色矩形の1および3).

2014年1月9日~13日頃にかけて,三重県中部~奈良県東部付近において活発な深部低周波微動活動が観測され(第7図),三重県および奈良県における,産総研の多成分歪2観測点,傾斜1観測点,防災科研のHi-net高感度加速度計(傾斜)2観測点おいて変化が観測された(第8図).期間を2つに分けて断層面の推定を行った結果を第9~10図に示す.推定されたMwはいずれの期間も5.6であった.

この領域付近では167日前の2013年7月23日午後~26日午前にかけて, Mw5.8の短期的SSEが発生したと推定されている(第9~10図の灰色矩形1).

2014年1月23日~28日頃にかけて, 三重県中部~伊勢湾~愛知県西部付近において, 2月3日~7日頃 にかけて, 愛知県中部付近において, それぞれ活発な深部低周波微動活動が観測され(第11図), 三重県, 愛知県, 静岡県および長野県における, 産総研の多成分歪4観測点, 傾斜2観測点, 地下水1観測点(2井 戸), 気象庁および静岡県の多成分歪6観測点, 体積歪2観測点, 防災科研Hi-net高感度加速度計(傾斜)7 観測点おいて変化が観測された(第12図). 期間を3つに分けて断層面の推定を行った結果を第13~15図 に示す. 推定されたMwはそれぞれ5.8, 5.8, 5.7であった.

期間Aの活動領域を含む三重県中部~伊勢湾付近では,135日前の2013年9月8~10日にかけて Mw5.8の,期間Bの活動領域を含む愛知県西部付近では,206日前の2013年6月28日~7月3日にかけて Mw5.7の,期間Cの活動領域を含む愛知県中部付近では,175日前の2013年8月3日午後~12日午前にか けてMw5.7の短期的SSEが,それぞれ発生したと推定されている(それぞれ第13~15図の灰色矩形4,2お よび3).

2014年2月15日午後~18日頃にかけて, 奈良県南部付近において活発な深部低周波微動活動が観測 され(第16図), 奈良県および三重県における, 産総研の多成分至2観測点, 地下水1観測点, 防災科研 Hi-net高感度加速度計(傾斜)1観測点において変化が観測された(第17図). 断層面の推定を行った結果を 第18図に示す. 推定されたMwは5.3であった.

この領域では,111日前の2013年10月26日~27日にかけてMw5.5の短期的SSEが発生したと推定されている(第18図の灰色矩形1). なお, Itaba and Ando [2011]によると,同領域の平均的な活動間隔は120±20日である.

2014年2月22日午後~24日午前頃にかけて,豊後水道において活発な深部低周波微動活動が観測され(第19図),愛媛県における,産総研の多成分歪1観測点,地下水1観測点(2井戸),防災科研Hi-net高感度加速度計(傾斜)4観測点において変化が検出された(第20図).断層面の推定を行った結果を第21図に示す.推定されたMwは5.5であった.

この領域では、118日前の2013年10月26日~27日午前にかけてMw5.5の短期的SSEが発生したと推定されている(第21図の灰色矩形3).

2014年4月9日~28日頃にかけて,愛知県中部~東部・長野県南部県境付近において,やや活発な深 部低周波微動活動が観測され(第22図),愛知県,静岡県および長野県における,産総研の多成分歪2観 測点,気象庁の多成分歪5観測点,体積歪1観測点,防災科研Hi-net高感度加速度計(傾斜)2観測点おい て微小な変化が観測された(第23図).微動発生状況などから3つの期間に分けて,観測された変化から断 層面の推定を行った結果を第24~27図に示す.なお,期間Cについては,微動域から南側に離れた領域 ですべり面が推定された(第26図).主な微動発生領域を含むように断層面を推定した結果を第27図に示す. それぞれの推定断層面から計算される主歪変化は大きな違いはないため,深部側へのすべり面がどの程 度広がっているかの推定は困難である.推定された4つの断層モデルのMwは5.7, 5.5, 5.4, 5.7であった.

この活動領域の東側の愛知県東部付近では、185日前の2013年9月29日~10月6日午前にかけて Mw5.9の、西側の愛知県中部付近では、61日前の2014年2月3~6日にかけてMw5.7の短期的SSEが、そ れぞれ発生したと推定されている(それぞれ、第24~27図の灰色矩形1および4).

2014年4月24日午後~25日頃にかけて,三重県中部・奈良県東部県境付近においてやや活発な深部 低周波微動活動が観測され(第28図),三重県における,産総研の多成分歪2観測点,防災科研Hi-net高感 度加速度計(傾斜)3観測点おいて微少な変化が観測された(第29図). 微動発生領域に限定して,観測され た変化から断層面の推定を行った結果を第30図に示す. 推定されたMwは5.0であった.

この領域では、103日前の2014年1月9日~11日午前にかけてMw5.6の短期的SSEが発生したと推定されている(第30図の灰色矩形3).

解析方法

短期的SSEの断層面推定には、それぞれの観測点の水平歪4成分・体積歪・傾斜2成分・地下水圧の記録を用いる.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個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・傾斜・地下水ともに、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、計算時間の短縮と、推定された結果の一意性を確認するために2段階で行う. 断層面 推定は板場ほか[2012]の手法を用いた.フィリピン海プレート境界面上[弘瀬ほか, 2007]に多数の断層面 を仮定してグリッドサーチにより推定する. 仮定した断層面上のすべりによって各観測点で期待される歪変 化の計算にはOkada [1992]のプログラムを用いる. 1段階目には、断層面のサイズは固定(幅・長さ共に 20km)、断層面の位置(0.1°間隔)およびすべり量(1~100mmの間で1mm間隔)のみ可変として広範囲で計 算を行う. 1段階目の結果を示す図では、それぞれの断層面において最適なすべり量を与えたときの、観測 値と計算値(期待値)との残差分布を示している. 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、推定された結果の任意性を確認することが出来る. 2段階目には、1段階目で絞り込んだ 領域(=残差が小さい領域)付近で、位置及びすべり量に加えて、断層面の長さを10~80km、幅を10~ 50km、それぞれ1km間隔で可変として計算を行なう. その結果、観測値との残差が最小となる断層面が1つ 計算されるが、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任 意性が高くなるので注意が必要である. なお、異種観測値を統合して解析するため、観測点ごとに残差をノ イズレベルによって規格化している. ノイズレベルは、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50mmを超える時期を除く)の24時間階差の2σとし た.

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.

(板場智史・小泉尚嗣・高橋誠・松本則夫・北川有一・落唯史・武田直人・木村尚紀・木村武志・松澤孝紀・ 汐見勝彦)

謝辞

短期的SSEの断層モデル推定には、気象庁、静岡県の多成分歪計および体積歪計の記録を使用しました.気象庁の歪計データを解析する際には、気象庁による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、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.

- Itaba, S., and R. Ando, A slow slip event triggered by teleseismic surface waves, *Geophys. Res. Lett.*, **38**, L21306, doi:10.1029/2011GL049593, 2011.
- 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.



第1図 2013/11/12 0:00 - 11/22 0:00 における四国地方の深部低周 波微動の時空間分布図. エンベロープ相関法により決定. Fig.1 Epicentral and space-time distributions of deep low frequency tremors in the Tokai district from 0:00 November 12 to 0:00 November 22, 2013.



- 第3図 [上段] プレート境界面上のパッチ(断層面)をすべらせた際の, 歪の観測値 と計算値の残差分布(20. 断層面サイズは固定 (20x20km), 赤色矩形は最小残 差の断層面を表す. このパッチのすべり量, Mw を下部に示している. [下段] 断層モデル推定結果(赤色矩形). 傾斜の観測値・モデルからの計算値との比較を右側に示す. 灰色の矩形は, 周辺で最近発生した短期的 SSE の推定断層面を示す. 1:2013 年 5 月 28-30 日午前(Mx5.7).2: 同年 6 月 2 日午後、5 日 (Mx5.7).3: 同年 10.1 26 日 -27 日午前 (Mx5.5),4: 同月 29-30 日 (Mx5.7). [共通] 小さい青色丸印は 産総研による深部低周波微動, 小さい緑色丸印は気象庁一元化カタログの低 周波イベントの震央位置を示す. 黒色太字は産総研の,青色細字は防災科研 Hi-net の観測点名を示す.
- Fig.3 [Upper] The residual distribution between observation and calculation in strain changes when the patch (fault plane) on the Philippine Sea (PHS) plate boundary is slipped. The patch size is 20 x 20 km. The red rectangle shows the patch with minimum residual. [Lower] The estimated fault model (red rectangle). The observed and calculated principal strain changes are shown right. Gray rectangles show estimated fault model occurred recently. 1: From May 28 to 30, 2013 (MwS.7), 2: From June 2 (afternoon) to 5 (MwS.7), 3: From October 26 to 27 (afternoon) (MwS.5). 4: From 29 to 30 (MwS.7). [Common] Blue and green small circles show hypocenter of deep low frequency tremors estimated by AIST and low frequency earthquake estimated by JMA, respectively. Black bold and green types show the code (name) of observation sites of AIST and JMA, respectively.



- 第2図 四国における歪・傾斜観測結果および深部低周波微動発 生個数 (2013/11/4 0:00 - 11/25 0:00).
- Fig.2 Observed strain and tilt changes at the observation sites and number of deep low frequency tremors in the Shikoku district from 0:00 November 4 to 0:00 November 25, 2013.



- 第4図 2014/1/1 0:00 1/6 0:00 における四国西部~豊後水道周辺の深部低周波微動の時空間分布図.エンベローブ相関法により決定.
- Fig.4 Epicentral and space-time distributions of deep low frequency tremors in the western Shikoku district and Bungo channel from 0:00 January 1 to 0:00 January 6, 2014.



- 四国地方における歪・傾斜観測結果および深部低周波微 動発生個数 (2013/12/19 0:00 2014/1/19 0:00). 第5図
- Observed strain and tilt changes at the observation sites and Fig.5 number of deep low frequency tremors in the Shikoku district from 0:00 December 10, 2013 to 0:00 January 19, 2014.



第7図 2014/1/8 0:00 - 1/16 0:00 における四国西部~豊後水道周 辺の深部低周波微動の時空間分布図.エンベロープ相 関法により決定.

Epicentral and space-time distributions of deep low frequency Fig.7 tremors in the western Shikoku district and Bungo channel from 0:00 January 8 to 0:00 January 16, 2014.



WW: 西子村
 第6図 [上段] プレート境界面上のパッチ(断層面)をすべらせた際の, 歪・傾斜・地下水の製油値 と計算値の残差分布IBI、断層面サイズは固定(20x20km)、赤色矩形は最小残差の断層面を表す. このパッチのすべり 塩、Wa を下部に示していふ(下段) 断層モデル推定結果(赤色矩形)、 傾斜の観測値・モデルからの計算値との比較を地図内は、主盃の観測値とモデルからの計算値 との比較を右側に示す、灰色の地形は、周辺で最近差とした短期的 580 の推定断層面を示す.
 1: 2013年5月28-30日午前(Ms.G.7)、2: 同年6月2日午後・5日(Ms.G.7)、3: 同年10月26日 -27日午前(Ms.G.5)、4: 同月29-30日(Ms.G.7)、5: 同年11月13-18日 (Ms.G.8) [共通] 小さい 青色丸印は蓮総研による深部低周波微動、小さい緑色丸印は気勢行一元化カタログの低陽波イ ベントの糞夾位置を示す. 黒色太学は道総研の,青色細宇は防災科研 Hi-net の観測点を示す.
 Fig.6 [Upper] The residual distribution between observation and calculation in strain, tilt and groundwater changes when the path (fault plane) on the PIS plate boundary is slipped. The path size is 20 x 20 km. The red rectangle shows the patch with minimum residual. [Lower] The estimated fault model (red rectangle). The observed and calculated tilt changes are shown right, respectively. Gray rectangles show estimated fault model occurred recently. 1: From May 28 to 30 (forenoon), 2013 (Ms.G.), 2: From June 2 (afternoon) to 5 (Ms.G.), 3: From Choter 26 to 27 (forenoon) (Ms.G.), 4: From 29 to 30 (Ms.G.), 5: From November 13 to 18 (Ms.S.); [Common] Blue and green mall circles show hypocenter of deep low frequency tensors estimated by AIST and low frequency earthquake estimated by JMA, respectively. Black bold and blue fine types show the code (name) of observation sites of AIST and Nich Fire, the set (and the of observation sites of AIST and Nich Fire, 50 (mag) and Site of AIST and Nich Fire, 50 (mag) and Site of AIST and Nich Fire, 50 (mag) of observation sites of AIST and Nich Fire, the set of the plate the site of AIST and Nich Fire, 50 (mag) of Nich Fire, 50 (mag) for an object and plate fire types show the code (name) of observation sites of AIST and Nich Fire, the set of the plate the AIST and Iow frequency earthquake estimated by AIST and Nich Fire, 50 (mag) for an object for the plate the plate the show the code (name) of observation sites of AIST and Nich Fire, the set of the plate the AIST and



第8図 紀伊半島における歪・傾斜観測結果および深部低周波微動発生個数 (2013/12/28 0:00 - 2014/1/16 0:00). Fig. 8 Observed strain and tilt changes at the observation sites and number of deep low frequency tremors in the Kii peninsula from 0:00 December 28, 2013 to 0:00 January 16, 2014.



- 第9図 [上段] プレート境界面上のパッチ(断層面)をすべらせた際の,歪・傾斜・地下水の観測値と計算値の残差分布図、断層面サイズは固定 (20x20km)、赤色 矩形は最小残差の断層面を表す.このパッチのすべり量、Mw を下部に示している.[下段]断層面推定結果(赤色矩形)、灰色の矩形は、最近周辺で発生した短期的 SSE の推定断層面を示す.1:2013 年 7 月 23 日午後 26 日午前(Mw58),2: 同年9月 8-10 日 (Mw58),3: 同年10月 26-27 日 (Mw55)、傾斜の観測値・モデルからの計算値との比較を地図内に、主歪の観測値・モデルからの計算値との比較を地図内に、主歪の観測値・モデルからの計算値との比較を地図内に、主歪の観測値・モデルからの計算値との比較を地図内に、主歪の観測値・モデルからの計算値をの比較を地図内に、主歪の観測値・モデルからの計算値をの比較を右側に示す.[共通] 小さい青色丸印は産総研による深部低周波微動,小さい緑色丸印は気象庁一元化カタログの低周波イベントの震央位置を示す. 馬色太字は産総研の、青色細字は防災科研 Hinet の観測点を示す.
- Fig.9 [Upper] The residual distribution between observation and calculation in strain, tilt and groundwater changes when the patch (fault plane) on the PHS plate boundary is slipped. The patch size is 20 x 20 km. The red rectangle shows the patch with minimum residual. [Lower] The estimated fault model (red rectangle). The observed and calculated tilt changes are shown in the map, principal strain and groundwater (convert to volumetric strain) changes are shown right, respectively. Gray rectangles show estimated fault model occurred recently. 1: From July 23 (afternoon) to 26 (forenoon), 2013 (Mw5.8), 2: From September 8 to 10 (Mw5.8), 3: From October 26 to 27 (Mw5.5). [Common] Blue and green small circles show hypocenter of deep low frequency tremors estimated by AIST and low frequency carthquake estimated by JMA, respectively. Black bold and blue fine types show the code (name) of observation sites of AIST and NIED Hi-net, respectively.



- 第11図 2014/1/22 0:00 2/9 0:00 における紀伊半島東部〜東海地 方の深部低周波微動の時空間分布図.エンベロープ相 関法により決定.
- Fig.11 Epicentral and space-time distributions of deep low frequency tremors in the eastern Kii Peninsula and the Tokai district from 0:00 January 22 to 0:00 February 9, 2014.



- 第10図 [上段]プレート境界面上のパッチ(断層面)をすべらせた際の,歪・傾斜・地下の観測値と計算値の残差分布図、断層面サイズは固定(20x20km)、赤色矩形は最小残差の断層面を表す.このパッチのすべり量,Mw を下部に示している.[下段]断層面推定結果(赤色矩形)、灰色の矩形は、最近周辺で発生した短期的 SSEの推定断層面を示す.1:2013 年 7 月 23 日午後 :26 日午前(Mw5.8),2: 同年 9 月 8-10 日 (Mw5.8),3: 同年 10 月 26-27 日 (Mw5.5), A: 2014年1月 9-11 日午前(Mw5.6)、傾斜の観測値・モデルからの計算値との比較を右側に示す.[共通] 小さい青色丸印は産総研による深部低周波微動,小さい褐色丸印は気象庁一元化カタログの低周波イベントの震央位置を示す. 色太宇は産総研の,青色細字は防災科研 Hinet の観測を示す.
- Fig.10 [Upper] The residual distribution between observation and calculation in strain, tilt and groundwater changes when the patch (fault plane) on the PHS plate boundary is slipped. The patch size is 20 x 20 km. The red rectangle shows the patch with minimum residual. [Lower] The estimated fault model (red rectangle). The observed and calculated tilt changes are shown in the map, principal strain and groundwater (convert to volumetric strain) changes are shown right, respectively. Gray rectangles show estimated fault model occurred recently. 1: From July 23 (afternoon) to 26 (forenoon), 2013 (Mw5.8). 2: From September 8 to 10 (Mw5.8), 3: From October 26 to 27 (Mw5.5), A: From January 9 to 11 (forenoon), 2014 (Mw5.6). [Common] Blue and green small circles show hypocenter of deep low frequency tremors estimated by AIST and low frequency earthquake estimated by JMA, respectively. Black bold and blue fine types show the code (name) of observation sites of AIST and NIED Hi-net, respectively.



第12図 東海地方における至・地下水・傾斜観測結果および深部低周波微動発生 個数 (2014/1/14 0:00 - 2/10 0:00). Fig.12 Observed strain, groundwater, and tilt changes at the observation sites and number of deep low frequency tremors in the Tokai district from 0:00 January 14 to 0:00 February 10, 2014.



第130 [上段] ブレート境界面上のベッチ(断層面)をすべらせた際へ。 歪・傾斜の観測値と計算値の見差分布図、断層面サイズは固定(20x20m)、赤や矩形は最小残差の断層面を表す、このベッチのすべり量、Mw を下部に示している。[下段]断層面排在結果(赤色矩形)(位置を微動域に限定して推定した、傾斜の観測値・モデルからの計算値との比較を地図内に、主恋の観測値とモデルからの計算値との比較を地図内に、主恋の観測値とモデルからの計算値との比較を地図内に、主恋の観測値とモデルからの計算値との比較を地図内に、主恋の観測値とモデルからの計算値との比較を地図内に、主恋の観測値とモデルからの計算値との比較を地図内に、主恋の観測値として推定した。12013年6月111日午後・13日(MwS3)、50, [月2]9日-10月6日(MwS3)、50, 50, [上通])小さい青色丸印は淀泌時による深部低固複微軟,線色丸印は気象庁一元化カタログによる低周波イベントの観測値を表示す.
 Fig.13 [Upper] The residual distribution between observation and calculation in strain and tilt changes are shown in the map, principal strain changes sare shown in the map, reincipal strain changes are shown in the map, reincipal strain changes are shown in the map, Filermonion J1014(NwS.7), 4: From September 8 to 101 (MwS.7), b: From 29 to Otober 6 (MwS.9), 6: Otober map, 101 101, 2013 (MwS.7), 4: From September 8 to 101 (MwS.7), b: From 29 to Otober 7 (MwS.7), C: From January 9 to 11 (forenoon), 1014 (MwS.5), S: From 29 to Otober 6 (MwS.9), 6: From January 9 to 11 (forenoon), 1014 (MwS.5), C: The 11 (forenoon) to 13 (MwS.5), C: From January 9 to 11 (forenoon), 1014 (MwS.5), S: From 29 to Otober 6 (MwS.9), C: From January 9 to 11 (forenoon), 1014 (MwS.5), C: From 11 (fatternoon) to 13 (MwS.5), C: From January 9 to 11 (forenoon), 1014 (MwS.5), C: From 2010 (but find types are shown the code (name) of observation sites of AIST, JMA, and NIED H-net, respectively.



- 第15回 [上見] ブレート歳界面上のパッティ(贈面) をすべらせた際の、金・銀柳の観測値と計算値の 残差分和回、断層面サイズは固定(20x20km), 赤色短形は最小残差の所留を表す、このパッテ のすべる量、い参い下部では固定(20x20km), 赤色短形は最小残差の所留を表す、このパッテ のすべる量、い参い下部では固定(20x20km), 赤色短形は最小残差の所留を表す、このパッテ のすべる量、しかきで新いこまでは固定(20x20km), 赤色短形は最小残差の所留であます、このパッテ のすべる量、しかきで新いこれ回じ(1000))
 第16回 (1000))
 第17日(1000))
 第18日(1000))
 第18日(1000))
 第17日(1000))
 第18日(1000))
 第17日(1000))
 第18日(1000))
 第17日(1000))
 第18日(1000))
 第17日(1000))
 第17日(1000))
 第18日(1000))
 第17日(1000))
 第18日(1000))
 第18日(10000))
 第18日(1000))
 第18日(1000))</l





- The answ. The # 2004. All of #24
 Contraction 11
 第14図 [上民] ブレート境界両上のパッチ(断層面)を示くらせた際の、五・傾斜の環測値と計葉値の 表色形1法人状差の防備面を表す.このパッ チのすべり量、Mw を下部に示している。[下民] 断層面指定結果(赤色矩形)、位置を微動成 底限定して推定した、領斜の観測 ・モアルからの計算値とか比較を起版内に、主定の規測 値とモデルからの計算値との比較を右側に示す.灰色の矩形は、最近間辺で発生した短期的 SSE の推定断層面を示す.1:2013 年 6 月 11-12 日(MwS 3), 2: 同月 28 日 7月 3 日 H(MwS 7), 3: 同年 8 月 3 日午後 12 日午前 (MwS 7), 4: 同年 9 月 8-10 日 (MwS 8), 5: 同月 29 日 10 月 6 日 (MwS 8), [共通] 小芝い青色丸川注産総研による深部低間波微動, 緑色丸印注気勢(デー元化力 クロクビよる低間数イベントの裏共位置を示す. 黒色太字注産総研の、緑色は気象庁の、青 色細字は防災料研 Hi-net の観測点名を示す.
 Fig.14 [Upper] The residual distribution between observation and calculated tilt changes when the patch (lault plane) on the PHS plate boundary is slipped. The patch and distribution between observation and calculation in strain and tilt changes when the patch (lault plane) on the PHS plate boundary is slipped. The patch size 30 x 20 km. The red rectangle shows the patch with minimum residual [Lower] In le 11 0 12, 2013 (MwS 3), 2: From 28 to July 3 (MwS 7), 3: From August 3 (afternoon) to 12 (forenoon) (MwS 7), 4: From Septender 5: 10 (MwS 5), 4: From 11 (afternoon) to 13 (MwS 6), A: From 23 to 24 (MwS 8), 5: From 21 to 120 (MwS 5), 7: From 11 (afternoon) to 13 (MwS 6), A: From 23 to 24 (MwS 8), Common Blue and green small circles show whypocenter of deep how frequency terromors estimated by AIST and low forquency exattronated show the potch of the first strain changes are shown the code (name) of observation sites of AIST, JMA, and NIED Hi-net, respectively.



- 第16図 2014/1/15 0:00 1/20 0:00 における紀伊半島の深部低周波微動 の時空間分布図.エンベロープ相関法により決定.
- Fig.16 Epicentral and space-time distributions of deep low frequency tremor in the Kii Peninsula from 0:00 January 15 to 0:00 January 20, 2014.



紀伊半島における歪・地下水・傾斜観測結果 (2014/02/04 00:00 - 2014/02/20 00:00 (JST))

第17図 紀伊半島における歪・傾斜観測結果および深部低周波 微動発生個数 (2014/2/4 0:00 - 2/20 0:00).

Fig.17 Observed strain and tilt changes at the observation sites and number of deep low frequency tremors in the Kii peninsula from 0:00 February 4 to 0:00 February 20, 2014.

2/15午後-18



- [上段] ブレート境界面上のパッチ(断層面)をすべらせた際の, 至の観測値と計算値の残差 分布包、断層面サイズは固定(20x20km)、赤色矩形は最小残差の断層面を表す. このパッチ のすべり量、Mwを下部に示している. [下段] 断層面推定結果(赤色矩形)、傾斜の観測値・ モデルからの計算値との対象を地図内に,主盃および、体積室(地下氷圧は体積室姿換)の至 観測値・モデルからの計算値との比較を扫倒に示す. 灰色の矩形は,最近周辺で発生した短 期約 SSE の推定断層面を示す. 1:2013 年 10月26-271 (MwS.5),2:2014年1月9-19-11日午前 (MwS.6),3:同月11日午後-13日 (MwS.6).[共通]小さい黒色丸印は産総研による深部低周波 微動,小さい場入印は産総形の新修井手にはこる常能低周波微励の葉火位置を示す. 黒色太 字は意秘研の,青色細字は防災将研 Hi-net の観測点名を示す. [Upper] The residual distribution between observation and calculation in strain changes when the patch (fault plane) on the PHS plate boundary is slipped. The patch size is 20 x 20 km. The red rectangle shows the patch with minimum residual. [Lower] The estimated fault model (red rectangle). The observed and calculated principal strain changes are shown right. Gray rectangles show estimated fault model occurred recently. I: From October 26 to 27, 2013 (MwS.5), 2: From 11 (afternoon) to 13 (MwS.6).[Common] Bue small circles show hypocenter of deep low frequency temore setimated by AIST. Grens mall circles show hypocent of deep low frequency temors by using new estimated method of AIST. Black bold and blue fine types show the code (name) of observation and JMA, respectively. 第18図
- Fig.18



四国における歪・地下水・傾斜観測結果 (2014/02/10 00:00 - 2014/02/28 00:00 (JST))



- 第19図 2014/2/21 0:00 2/25 0:00 における四国西部~豊後水道 相関法により決定.
- Fig.19 Epicentral and space-time distributions of deep low frequency tremor in the western Shikoku district and Bungo channel from 0:00 February 21 to 0:00 February 25, 2014.
- 第20図 四国地方における歪・地下水・傾斜観測結果および深部 低周波微動発生個数 (2014/2/10 0:00 - 2/28 0:00)
- Observed strain, groundwater, and tilt changes at the observation sites and number of deep low frequency tremors in the Shikoku district from 0:00 February 10 to 0:00 February 28, 2014. Fig.20



- 第21図 [上段] プレート境界面上のパッチ(断層面)をすべらせた際の,至・気斜の観測値と計算値の残差分布図,断層面サイズは固定(20x20km).赤色矩形は最小残差の断層面を表す.このパッチのすべり量、Mwを下部に示している.[下段]断層モデル推定結果(赤色矩形)、傾斜の観測値・モデルからの計算値との比較を地図内に、主盃の観測値とモデルからの計算値との比較を地図内に、主盃の観測値とモデルからの計算値との比較を地図内に、主盃の観測値とモデルからの計算値との比較を地図内に、主盃の観測値とモデルからの計算値との比較を地図内に、主盃の観測値とモデルからの計算値との比較を地図内に、主盃の観測値とモデルからの計算値との比較を地図内に、主盃の観測値とモデルからの計算値との比較を地図内に、主盃の観測値とモデルからの計算値との比較を地図内に、主盃の観測値とモデルからの計算値との比較を地図内に、主盃の観測値とモデルからの計算値との比較を地図内に、主盃の観測値と低力があらいための計算値との比較を地図内に、主盃の観測のないたいかっかいま型の目前にしたいためでの計算値との比較を地図内に、ま盃の観測点とモデルからの計算値との比較を地図内に、ま盃の観測の意味を加速した。
 デルトローン(Mw5.7)、21日年10月13-181 (Mw5.8)、62014 年1月 2-4日 (Mw5.6)、「共通] 小さい黒色丸印は産総研による深部低周波微動の糞央位置を示す. 黒太字 色は産総研の,青色細字はは防炎時 Hinet の観測点を示す.
 Fig.21 [Upper] The residual distribution between observation and calculation in strain and tilt changes when the patch (fault plane) on the PHS plate boundary is slipped. The patch size are shown right, respectively. Gray rectangles are shown night, respectively. Gray rectangles are shown in the map, principal strain changes are shown right, respectively. Gray rectangle are stimated fault model (red rectangle). The observed and calculated tilt changes are shown in the map, principal strain changes are shown right, respectively. Gray rectangle are stimated fault model occurred recently. 1: From January 2 to 4, 2014 (Mw5.6), Clommon] Blue small circles show hypocenter of deep low froquency tremors estimated by AIST. Black bold and blue fine types show the code (name) of observation sites of AIST and NIED Hi-net, respectively.



第23図 東海地方における歪・傾斜観測結果および深部低周波微動発生個数 (2014/3/25 00:00 - 5/1 00:00) Fig.23 Observed strain and tilt changes at the observation sites and number of deep low frequency tremors in the Tokai district from 0:00 March 25 to 0:00 May 1, 2014.



- 第22図 2014/4/9 0:00 5/1 0:00 における愛知県周辺の深部低周波 微動の時空間分布図.エンベロープ相関法により決定. Fig.22 Epicentral and space-time distributions of deep low frequency
- tremors in the Aichi Prefecture from 0:00 April 9 to 0:00 May 1, 2014



- 第24図 [上段] ブレート境界面上のパッチ(断層面)をすべらせた際の, 歪・傾斜の観測値と計算値の残差分布図.断層面サイズは固定(20x20km),赤色矩形は最小残差の断層面を表す、このパッチのすべり量、Mw を下部に示している.[下段] 断層面推定結果(赤色矩形)(促進金額) 域に限定して推定した.主盗の観測値とモデルからの計量値との比較を右側に示す、灰色の矩形は、最近周辺で発生した短期的 SSE の推定断層面を示す、1:2013 年9月29 日-10月6日午前(Mw 57),[共通]小えい皆色丸印は症袋研による採器低間波鏡動、小さい岩色カ目は症袋研の新年主によることなる感動の豊美心健電を示す.
 Fig.24 [Upper] The residual distribution between observation and calculation in strain, tilt and groundwater changes when the patch (full plane) on the PHS plate boundary is slipped. The patch size is 20 x 20 km. [Jeper] The residue slows the patch with minimum residual.[Lower] The estimated fault model (red rectangle). The observed and calculated tilt changes are shown in the map, principal and volumetric strain changes are shown right, respectively. Gray rectangles show show request with with minimum residual.[Lower] The estimated fault model (red rectangle). The observed and calculated tilt changes are shown in the map, principal and volumetric strain changes are shown right, respectively. Gray rectangles show show right concerned for and green small circles show hypotenet of ode plane fuel for the rectangle.] The observed is a 0 x 20 km. The end rectangle shows the patch (fuel to plane) on the PHS plate boundary is slipped. The patch fuel rectangle shows the patch with minimum residual.[Lower] The estimated fault model (red rectangle). The observed and calculated tilt changes are shown in the map, principal and calculated tilt changes are shown in the map. principal and green shown right, respectively. Due to the plane of the plane of



- 第25図 [上段] ブレート境界面上のパッチ(断層面)をすべらせた際の,歪・傾斜の観測値と計算値の残差分布図、断層面サイズは固定(2020km)赤色矩形は最小残差の断層面を表す.このパッチのすべり量、Mw を下部に示している.」下段] 断層面推定結果(赤色矩形).位置を微動域に限定して推定した.主盃の観測値とモデルからの計算値との比較な石側に示す.灰色の距形は、最近周辺で発生した短期的 SSE の推定断層面を示す.12013 年9月 29日 -10月 6日午前(Mw5.9),22014 年 1月 23-24 日(Mw5.8),3:同月 25-28 日(Mw5.8),4:同年 2月 3-7 日(Mw5.7),4:同年 4月 9-16 日(Mw5.7). [共通] 小さい着色丸印は定総研じ方気深部低周波微動。小さい緑色丸印は定総研の,線字は気象庁の,青色細字は防災科研 Hi-net の観測点名を示す.
 Fig.25 [Upper] The residual distribution between observation and calculation in strain, tilt and groundwater changes when the patch (fault plane) on the PHS plate boundary is slipped. The patch size is 20 x 20 km. The red rectangle shows the patch with minimum residual. [Lower] The estimated fault model (red rectangle). The observed and calculated ill changes are shown in the map, principal and volumetric strain changes are shown in the map, principal and volumetric strain changes are shown in the map, principal and volumetric strain changes are shown in the map, principal and volumetric strain changes are shown in the map, principal and volumetric strain changes are shown in the map, principal and volumetric strain changes are shown in the map, principal and volumetric strain changes are shown in the map, principal and volumetric strain changes are shown in the map, principal and volumetric strain changes are shown in the map, principal and volumetric strain changes are shown in the map, principal and volumetric strain changes are shown in the map, principal and volumetric strain changes are shown in the map, principal and volumetric strain changes are shown in the map, principal and volumetric strain changes are shown in the map. Si to 28 (MwS.8), 4: From February 23 to 24, 2014 (MwS.8), 3: From 25 to 28 (MwS.8), 4: From February 3 to 7 (MwS.7), A: From April 9 to 16 (MwS.7), [Common] Blue and green small circles show hypocenter of deep low frequency tremos estimated by AIST and low frequency earthquake estimated by MA, respectively. Black bold types, green types, and blue fine types show the



- 主な微動発生領域を含むように断層面を推定した結果(赤色矩形). 主盃の 観測値とモデルからの計算値との比較を右側に示す. 灰色の矩形は,最近 周辺で発生した短期的 SSE の推定断層面を示す. 1:2013 年 9 月 29 日 -10 月 6 日 午前(Mw5.9),2:2014 年 1 月 23-24 日(Mw5.8),3:同月 25-28 日 (Mw5.8),4:同年 2 月 3-7 日(Mw5.7),A:同年 4 月 9-16 日(Mw5.7),B:同月 17-20 日(Mw5.5). 小さい青色丸印は産総研による深部低周波微動,小さい 緑色丸印は産総研の新解析手法による深部低周波微動の驚央位置を示す. The estimated fault model (red rectangle) in major tremor area. The observed and calculated tilt changes are shown in the majo tremor area. The observed and calculated tilt changes are shown in the major tremor area. The observed and calculated tilt changes are shown in the major tremor area. The observed and calculated tilt changes are shown in the major tremor area. The observed and calculated tilt changes are shown in the major tremor area. The observed and calculated tilt changes are shown in the major tremor area. The observed and calculated tilt changes are shown in the major tremor area. The observed and calculated tilt changes are shown in the major tremor area. The observed and calculated tilt changes are shown in the major tremor setimated fault model occurred recently. 1: From September 29 to October 6 (forenoon), 2013 (Mw5.9), 2: From January 23 to 24, 2014 (Mw5.8), 3: From 25 to 28 (Mw5.8), 4: From February 3 to 7 (Mw5.7), A: From April 9 to 16 (Mw5.7), B: From 17 to 20 (Mw5.5). Blue and green small circles show hypocenter of deep low frequency tremors estimated by AIST and 第27図
- Fig.27 small circles show hypocenter of deep low frequency tremors estimated by AIST and low frequency earthquake estimated by JMA, respectively. Black bold types and green types show the code (name) of observation sites of AIST and JMA, respectively.



- 第26図 [上段] プレート境界面上のパッチ(断層面)をすべらせた際の,歪・傾斜の観測値と計算値の残差分布図、断層面サイズは固定 (20x20km)、赤色矩形は最小残差の断層面を表す.このパッチのオペリ量、Wを下部に示している.」下段] 断層面推定結果(赤色矩形).位置を微動域に限定して推定した.主盃の観測値とモデルからの計算値と少比較を右側に示す.灰色の矩形は、最近周辺で発生した短期的 SSE の推定断層面を示す.1:2013 年9月 29日-10月 6日午前(Mw5.9),2:2014 年1月 23-24 日(Mw5.8),3:同月 25-28 日(Mw5.8),4:同年2月 3-7 日(Mw5.7),A:同年4月 9-16 日(Mw5.7),B:同月 17-20 日(Mw5.5).1;共通] 小さい常色丸印は直総研による深部低周波微動の震央位置を示す. 黒色太字は産総研の新解析手法による深部低周波微動の震央位置を示す. こも太陽和の一般では、10per] The residual áttribution between observation and calculation in strain, tilt and groundwater changes when the patch (fault plane) on the PHS plate boundary is slipped. The patch size is 20 x 20 km. The red rectangle show stimated fault model occurred recently. 1: From September 29 to October 6 (forenon), 2013 (Mw5.9), 2: From January 23 to 24, 2014 (Mw5.8), 3: From 25 to 28 (Mw5.8), 4: From February 3 to 7 (Mw5.7), A: From April 9 to 16 (Mw5.7), B: From 17 to 20 (Mw5.5). [Common] Blue and green small circles show hypocenter of deep low frequency termors estimated by JMA, respectively. Black bold types and green types show the code (name) of observation sites of AIST and JMA, respectively.



- 2014/4/24 0:00 4/26 12:00 の紀伊半島における深部低周 第28図 波微動の時空間分布図. エンベロープ相関法により決定.
- Fig.28 Epicentral and space-time distributions of deep low frequency tremors in the Kii Peninsula from 0:00 April 24 to 12:00 April, 2014



- 第29図 愛知県~三重県における歪・傾斜観測結果および深部 低周波微動発生個数 (2014/4/1 00:00 - 4/30 00:00)
- Fig.29 Observed strain and tilt changes at the observation sites and number of deep low frequency tremors in Aichi prefecture and Mie prefecture from 0:00 April 1 to 0:00 April 30, 2014.



- 第30図 [上段] プレート境界面上のパッチ(断層面)をすべら せた際の, 歪・傾斜・地下水の観測値と計算値の残差 分布図. 断層面サイズは固定(20x20km). 赤色矩形は最 小残差の断層面を表す. このパッチのすべり量, Mw を下部に示している. [下段]微動発生領域に限定して 断層面を推定した結果(赤色矩形). 灰色の矩形は, 最 近周辺で発生した短期的 SSE の推定断層面を示す. 1: 2013 年 9 月 8-10 日 (Mw5.8), 2: 同年 10 月 26-27 日 (Mw5.5), 3: 2014 年 1 月 9-11 日午前(Mw5.6), 4: 同6 月 11 日午後 -13 日 (Mw5.6), 5: 同月 23-25 日 (Mw5.6), 4: 同6 月 11 日午後 -13 日 (Mw5.6), 5: 同月 23-25 日 (Mw5.6), 4: 同7 11 日午後 -13 日 (Mw5.6), 5: 同月 23-25 日 (Mw5.6), 4: 同7 11 日午後 -13 日 (Mw5.6), 5: 同月 23-25 日 (Mw5.6), 4: 同7 11 日午後 -13 日 (Mw5.6), 5: 同月 23-25 日 (Mw5.6), 4: 同7 11 日午後 -13 日 (Mw5.6), 5: 同月 23-25 日 (Mw5.6), 4: 同7 11 日午後 -13 日 (Mw5.6), 5: 同月 23-25 日 (Mw5.6), 4: 同7 11 日午後 -13 日 (Mw5.6), 5: 同月 23-25 日 (Mw5.6), 4: 同7 11 日午後 -13 日 (Mw5.6), 5: 同月 23-25 日 (Mw5.6), 4: 同7 11 日午後 -13 日 (Mw5.6), 5: 同月 23-25 日 (Mw5.6), 4: 同7 11 日午後 -13 日 (Mw5.6), 5: 同月 23-25 日 (Mw5.6), 4: 同7 11 日午後 -13 日 (Mw5.6), 5: 同月 23-25 日 (Mw5.6), 4: 同7 11 日午後 -13 日 (Mw5.6), 5: 同月 23-25 日 (Mw5.6), 4: 同7 11 日午後 -13 日 (Mw5.6), 5: 同月 23-25 日 (Mw5.6), 4: 同7 11 日午後 -13 日 (Mw5.6), 5: 同月 24-27 日 (Mw5.6), 4: 同7 11 日午後 -13 日 (Mw5.6), 5: 同月 23-25 日 (Mw5.6), 4: 同7 11 日午後 -13 日 (Mw5.6), 5: 同月 24-27 日 (Mw5.6), 4: 同7 11 日午後 -13 日 (Mw5.6), 5: 同7 24-27 日 (Mw5.6), 4: 同7 11 日午(本) 70, 5: 00, 5: 00, 7:
- Fig.30 [Upper] The residual distribution between observation and calculation in strain, tilt and groundwater changes when the patch (fault plane) on the PHS plate boundary is slipped. The patch size is 20 x 20 km. The red rectangle shows the patch with minimum residual. [Lower] The estimated fault model (red rectangle). The observed and calculated tilt changes are shown in the map, principal strain and groundwater (convert to volumetric strain) changes are shown right, respectively. Gray rectangles show estimated fault model occurred recently. 1: From September 8 to 10, 2013 (Mw5.8), 2: From October 26 to 27 (Mw5.5), 3: From January 9 to 11 (forenoon), 2014 (Mw5.6), 4: From 11 (afternoon to 13 (Mw5.6), 5: From 23 to 25 (Mw5.8), 6: From February 15 (afternoon) to 18 (Mw5.3). [Common] Blue and green small circles show hypocenter of deep low frequency tremors estimated by AIST and low frequency earthquake estimated by JMA, respectively. Black bold types and blue fine types show the code (name) of observation sites of AIST and NIED Hi-net, respectively.