

5-3 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（2023 年 5 月～2023 年 10 月）

Short-term slow slip events in the Tokai area, the Kii Peninsula and the Shikoku District, Japan (from May 2023 to October 2023)

産業技術総合研究所

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・地下水位の変化から短期的 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。

2023 年 5 月 3 日から 5 日にかけて、和歌山県中部で深部低周波地震が観測された（第 1 図）。第 2 図は周辺の産総研の観測点における歪の観測結果である。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、2023 年 4 月 20 日から 5 月 2 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。

第 3 図は第 2 図 [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、2022 年 12 月 30 日午後から 31 日午前（Mw 5.3；第 3 図の灰色矩形 2）である。

2023 年 5 月 15 日午後から 21 日午前にかけて、愛媛県中予～南予で深部低周波地震が観測された（第 4 図）。第 5 図は周辺の産総研・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、2023 年 4 月 29 日から 5 月 15 日午前のデータを用いて 1 次トレンドを除去したものである。

第 6、7 図は第 5 図 [A], [B] の変化を説明する短期的 SSE の断層モデルの推定結果（順に Mw5.9, Mw 5.6）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、2022 年 9 月 4 日から 5 日（Mw5.7；第 6、7 図の灰色矩形 1）、2022 年 9 月 6 日から 7 日（Mw 5.8；同 2）、2022 年 11 月 17 日から 18 日午前（Mw5.6；同 3）、2022 年 11 月 18 日午後から 20 日（Mw5.9；同 4）、2022 年 11 月 21 日から 24 日午前（Mw5.8；同 5）、2022 年 11 月 24 日午後から 26 日（Mw5.6；同 6）、2023 年 2 月 15 日から 17 日午前（Mw5.7；同 7）である。

2023 年 6 月 12 日から 14 日午前にかけて、和歌山県中部で深部低周波地震が観測された（第 8 図）。第 9 図は周辺の産総研の観測点における歪の観測結果である。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、2023 年 5 月 30 日から 6 月 11 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。

第 10 図は第 9 図 [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 5.3）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、2022 年 12 月 30 日午後から 31 日午前（Mw 5.3；第 10 図の灰色矩形 2）、2023 年 3 月 7 日午後から 9 日午前（Mw5.4；同 3）、2023 年 5 月 3 日から 5 日（Mw5.5；同 4；今回の断層面と同位置）である。

2023 年 6 月 21 日午後から 24 日午前にかけて、四国中部～東部で深部低周波地震が観測された(第 11 図)。第 12 図は周辺の産総研・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、2023 年 6 月 7 日から 6 月 21 日午前のデータを用いて 1 次トレンドを除去したものである。

第 13 図は第 12 図 [A] の変化を説明する短期的 SSE の断層モデルの推定結果 (Mw5.8) 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、2022 年 8 月 15 日から 19 日 (Mw5.7; 第 13 図の灰色矩形 1), 2022 年 10 月 18 日から 20 日 (Mw 5.5; 同 2), 2022 年 10 月 21 日から 23 日 (Mw5.5; 同 3), 2023 年 4 月 1 日午後から 4 日午前 (Mw5.6; 同 4) である。

2023 年 6 月 21 日午後～7 月 10 日午前にかけて、四国西部～東部で深部低周波地震が観測された(第 14 図)。第 15 図は周辺の産総研・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、2023 年 6 月 7 日～21 日午前のデータを用いて 1 次トレンドを除去したものである。

第 16～19 図は第 47 図 [A]～[D] の変化を説明する短期的 SSE の断層モデルの推定結果 (順に Mw5.8, Mw5.4, Mw5.9, Mw5.4) である。なお期間 [B] (第 17 図) については最も残差が小さい領域が微動発生領域とは異なっていたため、残差が小さく微動が発生している領域に限定して断層モデルの推定を行っている。今回の活動域付近における最近の短期的 SSE の活動は、2022 年 8 月 15 日～19 日 (Mw5.7; 第 16～19 図の灰色矩形 1), 2022 年 9 月 4 日～5 日 (Mw 5.7; 同 2), 2022 年 9 月 6 日～7 日 (Mw5.8; 同 3), 2022 年 10 月 18 日～20 日 (Mw5.5; 同 4), 2022 年 10 月 21 日～23 日 (Mw5.5; 同 5), 2022 年 11 月 17 日～18 日午前 (Mw5.6; 同 6), 2022 年 11 月 18 日午後～20 日 (Mw5.9; 同 7), 2022 年 11 月 21 日～24 日午前 (Mw5.8; 同 8), 2022 年 11 月 24 日午後～26 日 (Mw5.6; 同 9), 2023 年 4 月 1 日午後～4 日午前 (Mw5.6; 同 10) である。

2023 年 7 月 16 日～22 日午前にかけて、和歌山県中部～奈良県南部・東部～三重県中部で深部低周波地震が観測された(第 20 図)。第 21 図は周辺の産総研・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、2023 年 7 月 2 日～15 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。

第 22～25 図は第 21 図 [A]・[Bsw]・[Csw]・[Bne] の変化を説明する短期的 SSE の断層モデルの推定結果 (順に Mw 5.6, Mw5.9, Mw5.4, Mw5.5) 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、2022 年 5 月 28 日～30 日 (Mw 5.8; 第 22～25 図の灰色矩形 1), 2022 年 12 月 30 日午後～31 日午前 (Mw5.3; 同 2), 2023 年 3 月 7 日午後～9 日午前 (Mw5.4; 同 3), 2023 年 3 月 26 日～28 日 (Mw5.5; 同 4), 2023 年 3 月 29 日～31 日 (Mw5.9; 同 5), 2023 年 4 月 1 日～4 日 (Mw5.6; 同 6), 2023 年 4 月 5 日～7 日 (Mw5.3; 同 7), 2023 年 4 月 21 日午後～24 日午前 (Mw5.7; 同 8), 2023 年 6 月 12 日～14 日午前 (Mw5.3; 同 9) である。

2023 年 08 月 03 日から 07 日にかけて、三重県において深部低周波地震活動が観測された(第 26 図)。第 27 図は三重県・愛知県の産総研・防災科研・気象庁・静岡県の観測点における歪・傾斜の観測結果である。歪・傾斜の結果は 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、2023 年 07 月 21 日から 27 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。

第 28 図は第 27 図 [A] の変化を説明する短期的 SSE の推定結果 (Mw 5.8) 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、2023 年 04 月 21 日午後から 24 日午前 (Mw 5.7: 第 28 図の灰色矩形 1), 2023 年 03 月 26 日から 04 月 07 日 (Mw 5.3, 5.6, 5.9, 5.5: 同 2, 3, 4, 5), 2022 年 12 月 17 日から 21 日 (Mw 5.6, 5.5: 同 6, 7)。

2023 年 08 月 16 日から 21 日にかけて、愛媛県・大分県において深部低周波地震活動が観測された (第 29 図)。第 30 図は愛媛県・高知県の産総研・防災科研の観測点における歪・傾斜の観測結果である。歪・傾斜の結果は 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、2023 年 08 月 01 日から 07 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。

第 31, 32 図は第 30 図 [A], [B] の変化を説明する短期的 SSE の推定結果 (順に Mw 6.0, 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、2023 年 04 月 01 日午後から 04 日午前 (Mw 5.6: 第 31, 32 図の灰色矩形 1), 2022 年 11 月 17 日から 26 日 (Mw 5.6, 5.8, 5.9, 5.6: 同 2, 3, 4, 5) である。

2023 年 08 月 23 日から 24 日にかけて、三重県において深部低周波地震活動が観測された (第 33 図)。第 34, 35 図は三重県・愛知県・静岡県産総研・防災科研・気象庁・静岡県の観測点における歪・傾斜の観測結果である。歪・傾斜の結果は 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、2023 年 08 月 10 日から 16 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。

第 36 図は第 34, 35 図 [A] の変化を説明する短期的 SSE 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、2023 年 08 月 03 日から 05 日 (Mw 5.8: 第 36 図の灰色矩形 1), 2023 年 03 月 26 日から 04 月 07 日 (Mw 5.3, 5.6, 5.9, 5.5: 同 2, 3, 4, 5), 2022 年 10 月 11 日午後から 23 日午前 (Mw 5.9, 5.8, 5.8: 同 6, 7, 8) である。

2023 年 09 月 13 日から 17 日にかけて、愛媛県・高知県・徳島県・香川県において深部低周波地震活動が観測された (第 37 図)。第 38 図は愛媛県・高知県の産総研・防災科研の観測点における歪・傾斜の観測結果である。歪・傾斜の結果は 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、2023 年 09 月 03 日から 09 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。

第 39, 40 図はそれぞれ第 38 図 [A], [B] の変化を説明する短期的 SSE の推定結果 (順に Mw 5.3, 5.2) 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、2023 年 06 月 21 日午後から 07 月 10 日午前 (Mw 5.8, 5.4, 5.9, 5.8: 第 39, 40 図の灰色矩形 1, 2, 3, 4), 2023 年 04 月 01 日午後から 04 日午前 (Mw 5.6: 同 5), 2022 年 12 月 18 日から 23 日 (Mw 5.5, 5.5: 同 6, 7)。

2023 年 09 月 14 日から 18 日にかけて、愛知県・長野県において深部低周波地震活動が観測された (第 41 図)。第 42 図は愛知県・長野県・静岡県産総研・気象庁・静岡県の観測点における歪の観測結果である。歪の結果は 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、2023 年 09 月 01 日から 07 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。

第 43 図は第 42 図 [A] の変化を説明する短期的 SSE の推定結果 (Mw 5.8) 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、2022 年 10 月 11 日午後から 23 日午前 (Mw 5.8, 5.8, 5.9:

第 43 図の灰色矩形 1, 2, 3), 2022 年 03 月 17 日から 20 日 (Mw 5.9 : 同 4), 2022 年 01 月 15 日から 23 日 (Mw 5.8, 5.8 : 同 5, 6) である。

2023 年 09 月 30 日から 10 月 04 日にかけて、長野県・静岡県において深部低周波地震活動が観測された (第 44 図)。第 45 図は長野県・静岡県の防災科研・気象庁・静岡県の観測点における歪・傾斜の観測結果である。歪・傾斜の結果は 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、2023 年 09 月 21 日から 27 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。

第 46 図は第 45 図 [A] の変化を説明する短期的 SSE の推定結果 (Mw 5.7) 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、2023 年 09 月 15 日から 17 日 (Mw 5.8 : 第 46 図の灰色矩形 1), 2022 年 10 月 19 日から 23 日午前 (Mw 5.9 : 同 2), 2022 年 03 月 17 日から 20 日 (Mw 5.9 : 同 3), 2022 年 01 月 15 日から 19 日 (Mw 5.8 : 同 4), 2020 年 08 月 05 日から 07 日 (Mw 5.6 : 同 5) である。

2023 年 10 月 11 日から 13 日にかけて、和歌山県・奈良県において深部低周波地震活動が観測された (第 47 図)。第 48 図は和歌山県・三重県の産総研・防災科研の観測点における歪・傾斜の観測結果である。歪の結果は 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、2023 年 10 月 01 日から 07 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。

第 49 図は第 48 図 [A] の変化を説明する短期的 SSE の推定結果 (Mw 5.3) 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、2023 年 03 月 07 日午後から 09 日午前 (Mw 5.4 : 第 49 図の灰色矩形 1), 2022 年 12 月 30 日午後から 31 日午前 (Mw 5.3 : 同 2), 2022 年 11 月 08 日から 10 日 (Mw 5.8 : 同 3), 2022 年 09 月 30 日午後から 10 月 01 日 (Mw 5.6 : 同 4), 2022 年 05 月 28 日から 30 日 (Mw 5.8 : 同 5) である。

2023 年 10 月 20 日から 23 日にかけて、長野県・愛知県において深部低周波地震活動が観測された (第 50 図)。第 51 図は長野県・静岡県・愛知県の産総研・気象庁・静岡県の観測点における歪・傾斜の観測結果である。歪・傾斜の結果は 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、2023 年 10 月 11 日から 17 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。

第 52 図は第 51 図 [A] の変化を説明する短期的 SSE の推定結果 (Mw 5.8) 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、2023 年 09 月 30 日午後から 10 月 02 日 (Mw 5.7 : 第 52 図の灰色矩形 1), 2023 年 09 月 15 日から 17 日 (Mw 5.8 : 同 2), 2022 年 10 月 19 日から 23 日午前 (Mw 5.9 : 同 3), 2022 年 03 月 17 日から 20 日 (Mw 5.9 : 同 4), 2022 年 01 月 15 日から 19 日 (Mw 5.8 : 同 5), 2020 年 08 月 05 日から 07 日 (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 2σ 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。

(矢部優・板場智史・落唯史・松本則夫・北川有一・木口努・木村尚紀・木村武志・松澤孝紀・
汐見勝彦)

謝辞

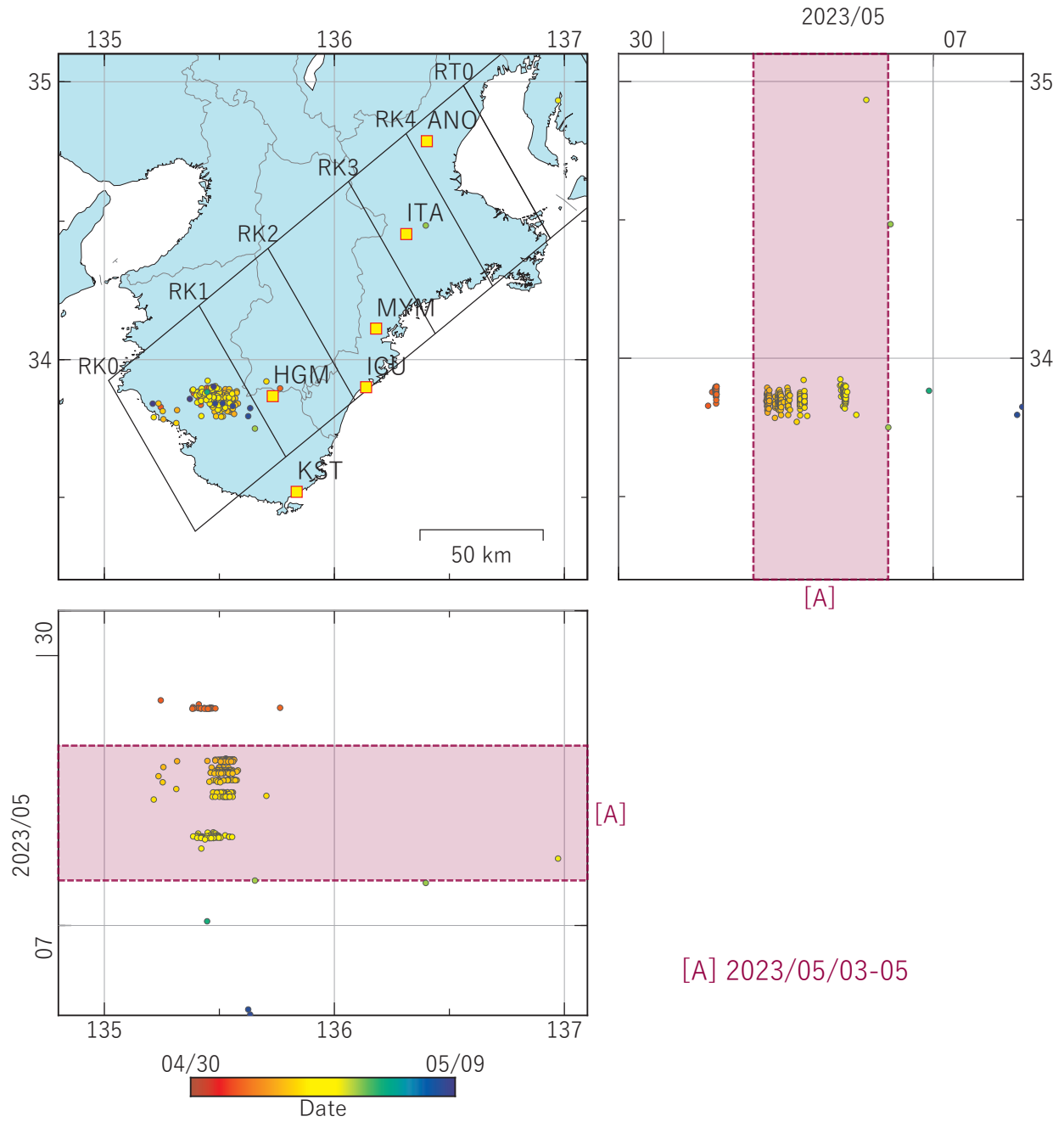
短期的 SSE の断層モデル推定には、気象庁、静岡県の多成分歪計および体積歪計の記録を使用しました。気象庁の歪計データを解析する際には、気象庁によるキャリブレーション係数を使用しました。微動の解析には、気象庁、東京大学、京都大学、名古屋大学、高知大学、九州大学の地震波形記録を使用しました。低周波地震の震央位置表示には、気象庁の一元化カタログを使用しました。ここに記して感謝します。

参考文献

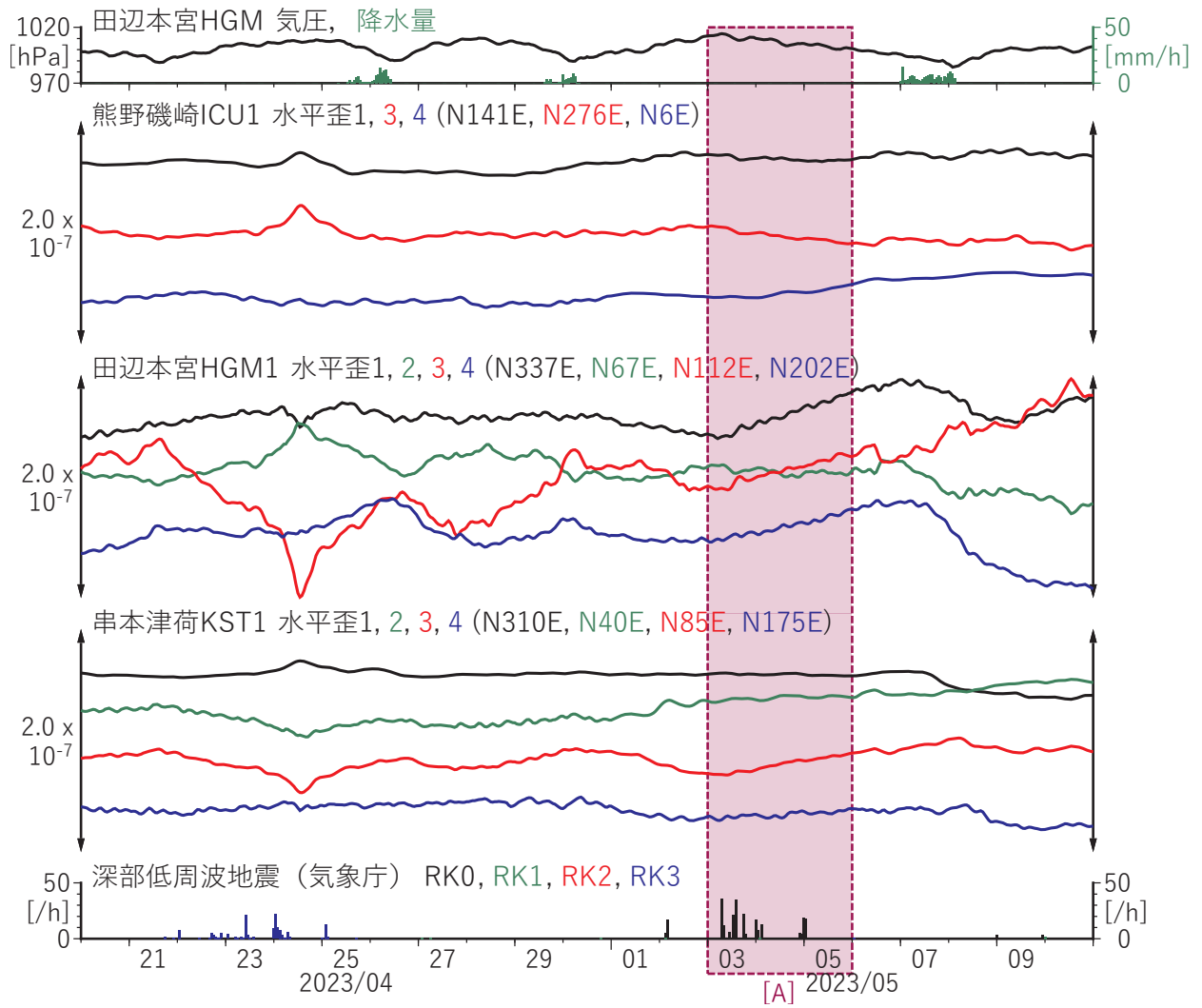
- 1) 弘瀬冬樹, 中島淳一, 長谷川昭 (2007), Double-Difference Tomography 法による西南日本の 3 次元地震波速度構造およびフィリピン海プレートの形状の推定, *地震* **2**, **60**, 1-20.
- 2) 板場智史, 松本則夫, 北川有一, 小泉尚嗣, 松澤孝紀, 歪・傾斜・地下水統合解析による短期的スロースリップイベントのモニタリング, 日本地球惑星連合 2012 年大会, 千葉, 5 月, 2012.
- 3) Matsumoto, K., T. Sato, T. Takanezawa, and M. Ooe, GOTIC2: A Program for Computation of Oceanic Tidal Loading Effect, *J. Geod. Soc. Japan*, **47**, 243-248, 2001.
- 4) 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.
- 5) Okada, Y. (1992), Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space, *Bull. Seismol. Soc.*

Am., **82**, 1018-1040.

- 6) 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 紀伊半島における低周波地震（気象庁一元化カタログによる）の時空間分布（2023/04/30 ～ 2023/05/08）.
 Fig. 1 Space-time distribution of low-frequency earthquakes by JMA unified hypocenter catalog in the Kii Peninsula from April 30 to May 8, 2023.

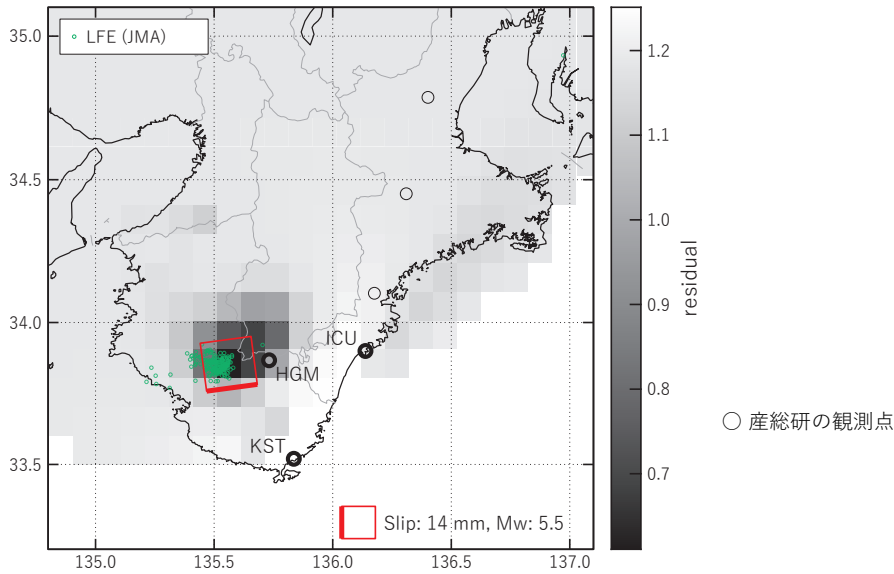


第 2 図 紀伊半島における歪の観測結果と低周波地震の検出数 (2023/04/20 ~ 2023/05/11).

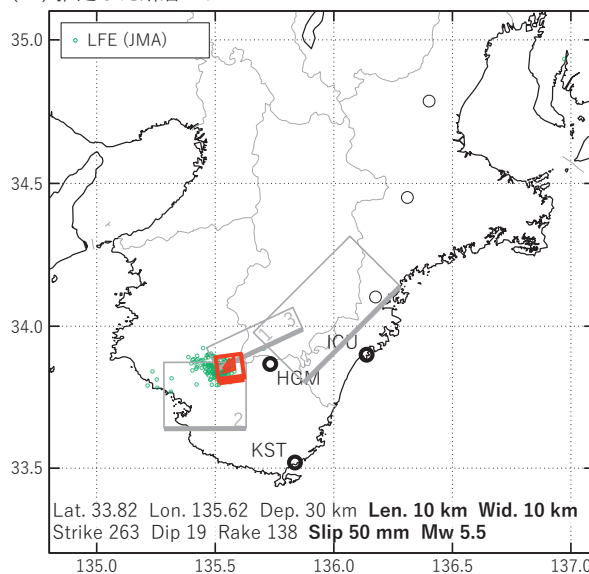
Fig. 2 Observed strain data and detected number of low-frequency earthquakes in the Kii Peninsula from April 20 to May 11, 2023.

[A] 2023/05/03-05

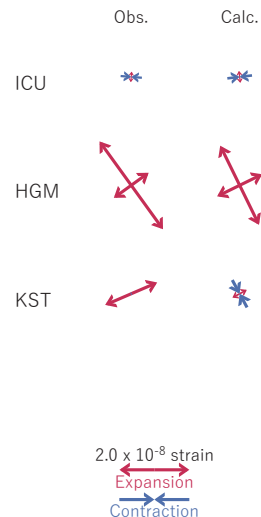
(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布



(b1) 推定した断層モデル

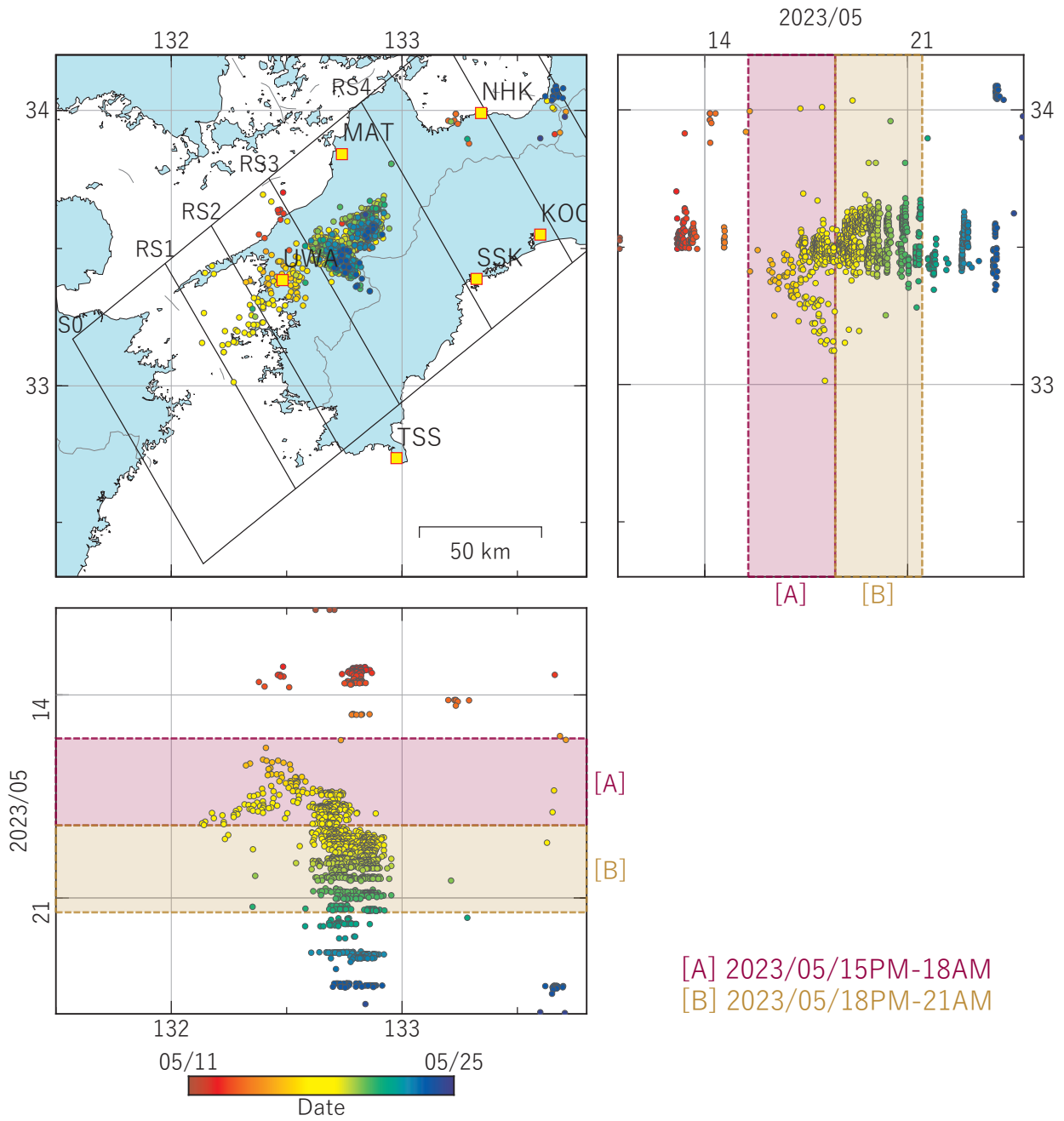


(b2) 主歪



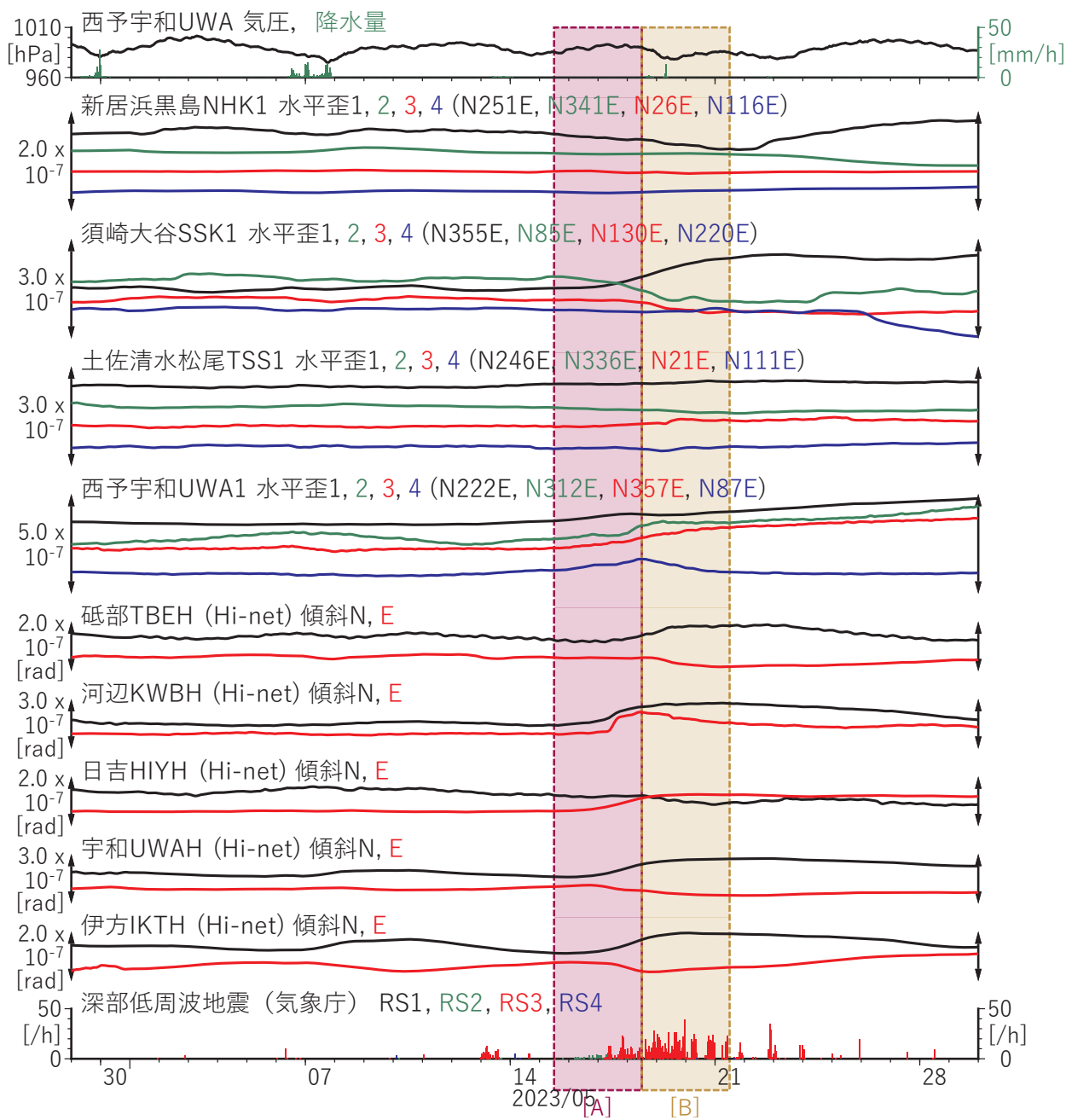
第 3 図 第 2 図 [A] を説明する断層モデル。以下の凡例の説明は以降の同様の図に共通。(図によっては気象庁・静岡県の観測点や (b3) 体積歪の結果はない場合がある。) 黒・緑・青の丸印はそれぞれ産総研・気象庁および静岡県・防災科研 Hi-net の観測点、緑の小さな丸印は気象庁の推定した低周波地震。(a) 1 段階目の結果。灰色の濃淡は残差の総和で、赤色矩形が残差の総和が最小となる断層面の位置 (大きさは 20x20 km で固定)。(b1) 2 段階目の結果。赤色矩形が残差の総和が最小となる断層面。矢印は傾斜の観測値と計算値の比較。灰色矩形は最近周辺で発生した短期的 SSE の推定断層面 (番号との対応は本文参照)。(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。(b3) 体積歪の観測値と (b1) に示した断層モデルから求めた計算値との比較。

Fig. 3 Inferred fault models for Fig. 2[A]. The legends below are applicable for all corresponding figures. The black, green and blue circles show the observation sites of AIST, JMA (or Shizuoka Prefecture) and NIED Hi-net. The green small circles show hypocenters of the low-frequency earthquake (LFE) estimated by JMA. (a) The result of the first step. The length and width of the rectangular fault patch are fixed as 20 km and 20 km, and only the slip amount that minimizes the sum of residuals is estimated on each fault patch. The gray scale shows the distribution of sum of residuals and the red rectangle shows the place of the fault patch with the minimum residual. (b1) The result of the second step. The red rectangle shows the estimated fault model. The observed and calculated tilt changes are also shown on the map by the red and the blue arrows. The gray rectangles show the fault models of the recent events (see main text). (b2) The observed and calculated principal strain changes. (b3) The observed and calculated volumetric strain changes.



第 4 図 四国地方における低周波地震（気象庁一元化カタログによる）の時空間分布（2023/05/11 ～ 2023/05/24）.

Fig. 4 Space-time distribution of low-frequency earthquakes by JMA unified hypocenter catalog in the Shikoku region from May 11 to 24, 2023.

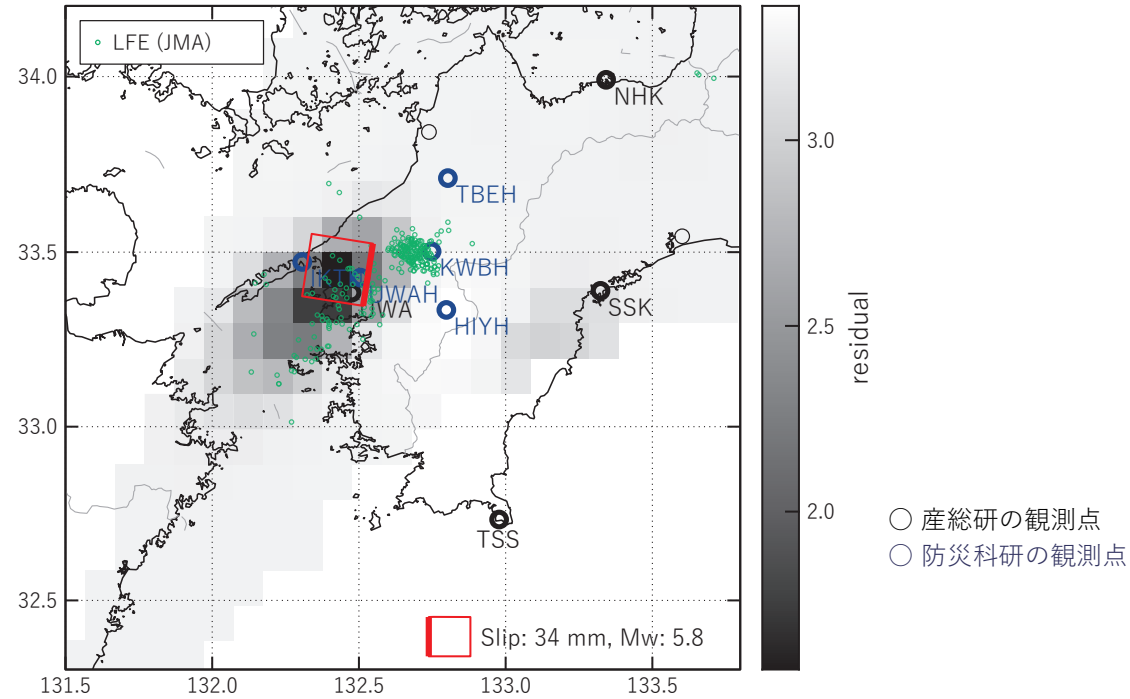


第 5 図 四国地方における歪・傾斜の観測結果と低周波地震の検出数 (2023/04/29 ~ 2023/05/29).

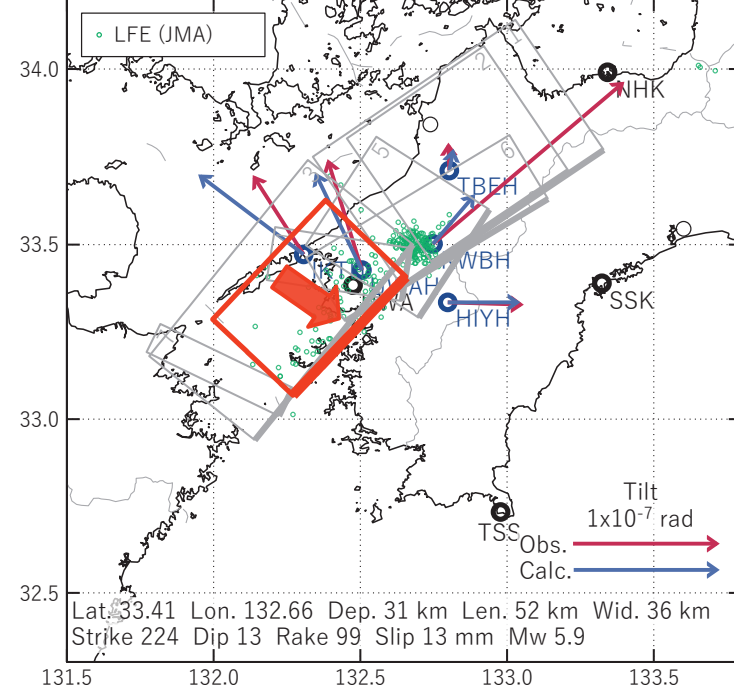
Fig. 5 Observed strain and tilt data and detected number of low-frequency earthquakes in the Shikoku region from April 29 to May 29, 2023.

[A] 2023/05/15PM-18AM

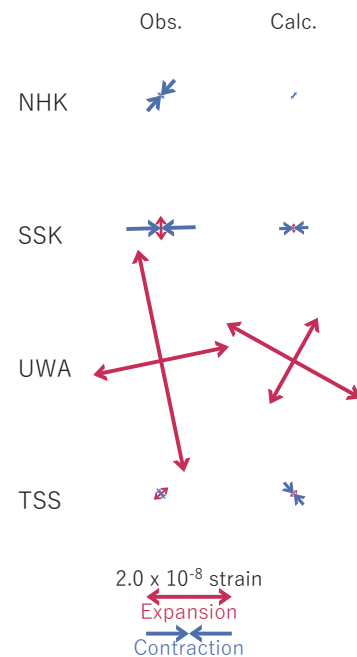
(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布



(b1) 推定した断層モデル



(b2) 主歪

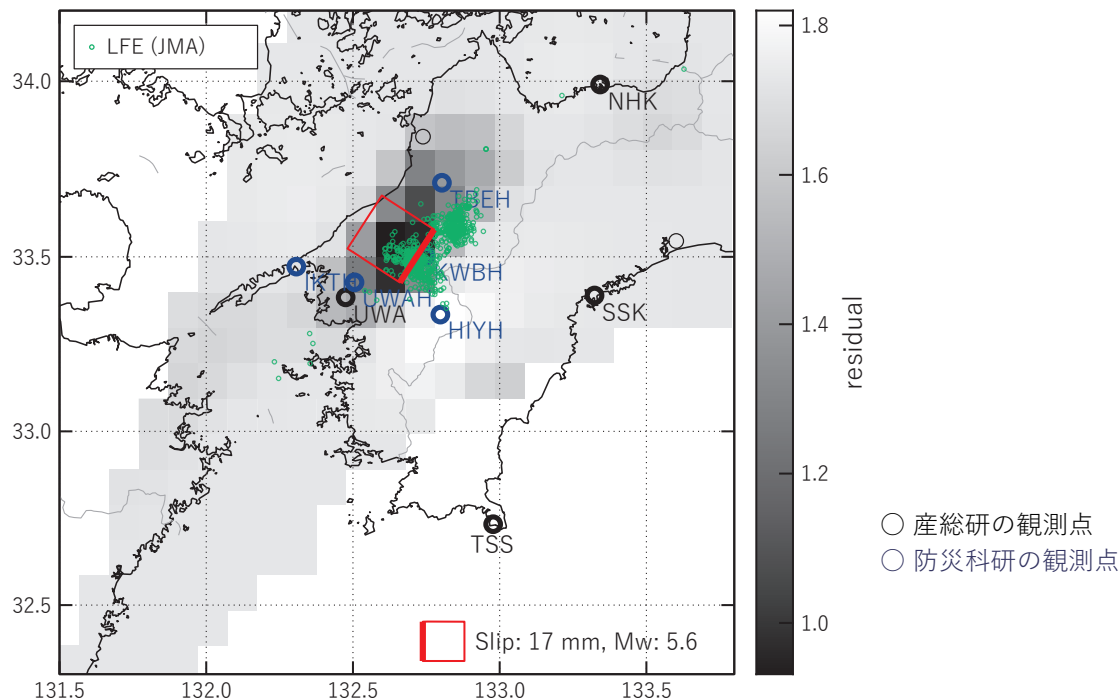


第 6 図 第 5 図 [A] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 3 図を参照.

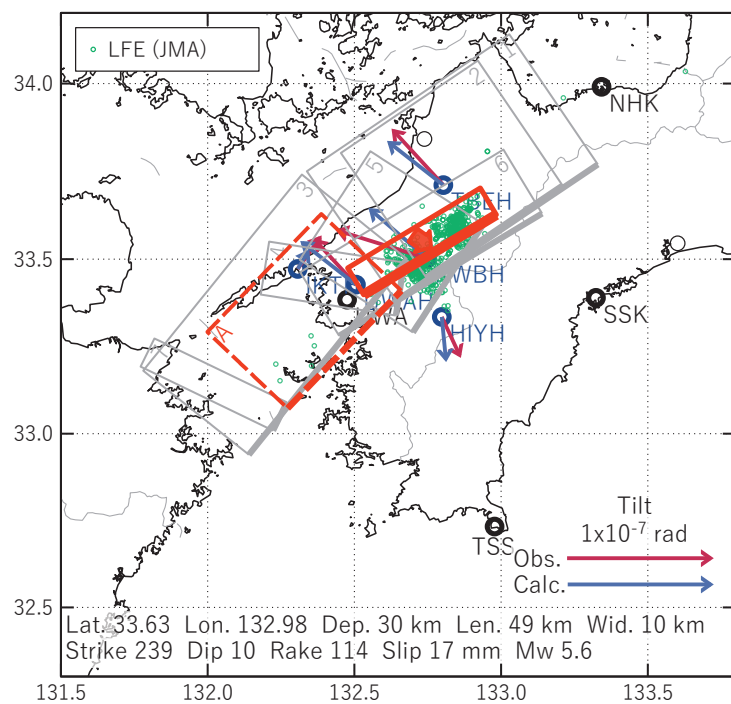
Fig. 6 Inferred fault models for Fig. 5[A]. See also the caption of Fig. 3.

[B] 2023/05/18PM-21AM

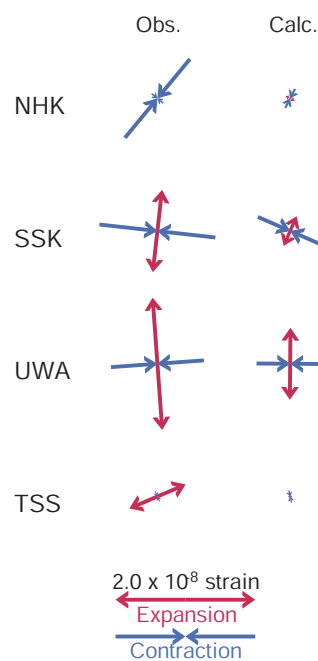
(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布



(b1) 推定した断層モデル

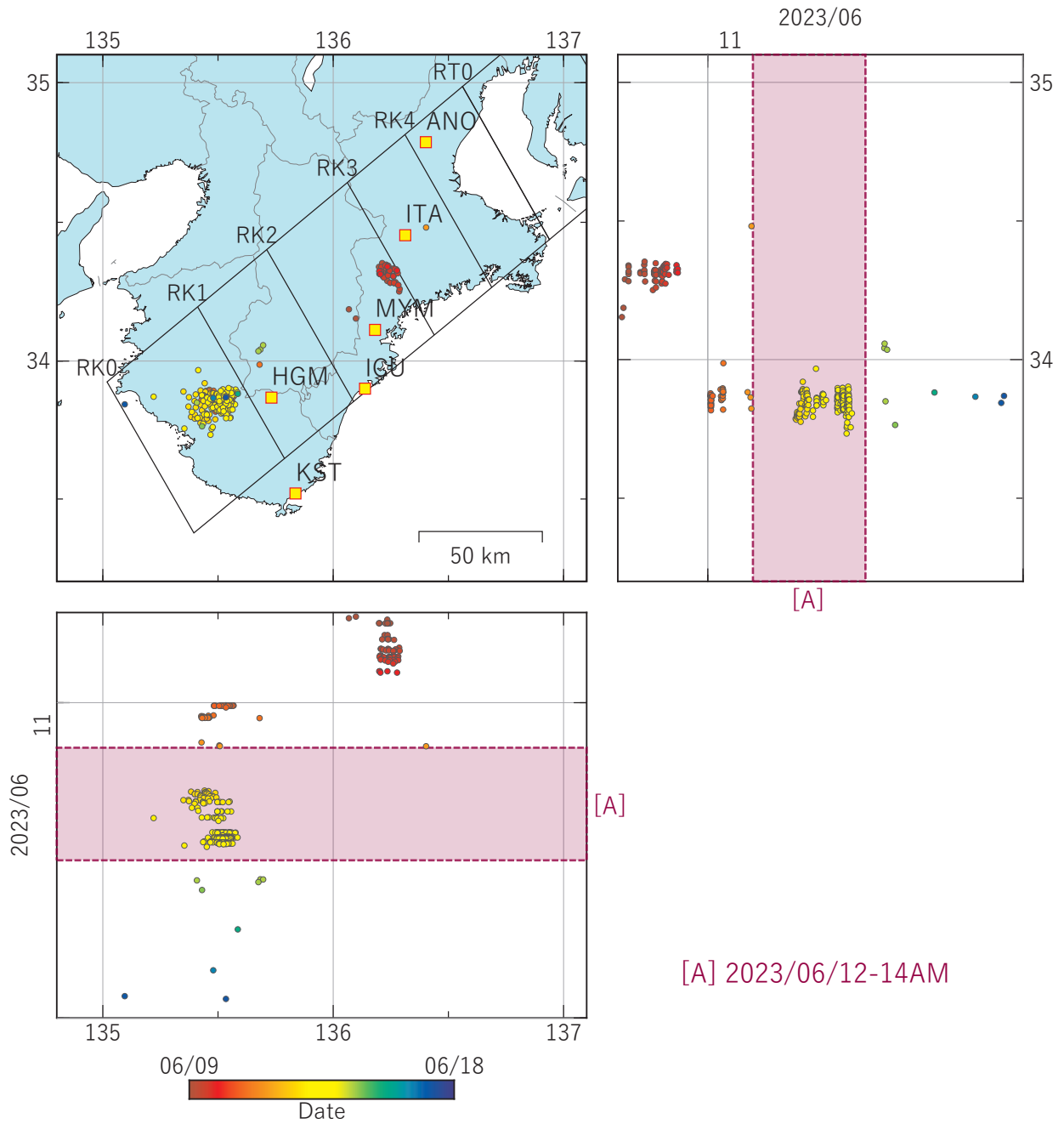


(b2) 主歪

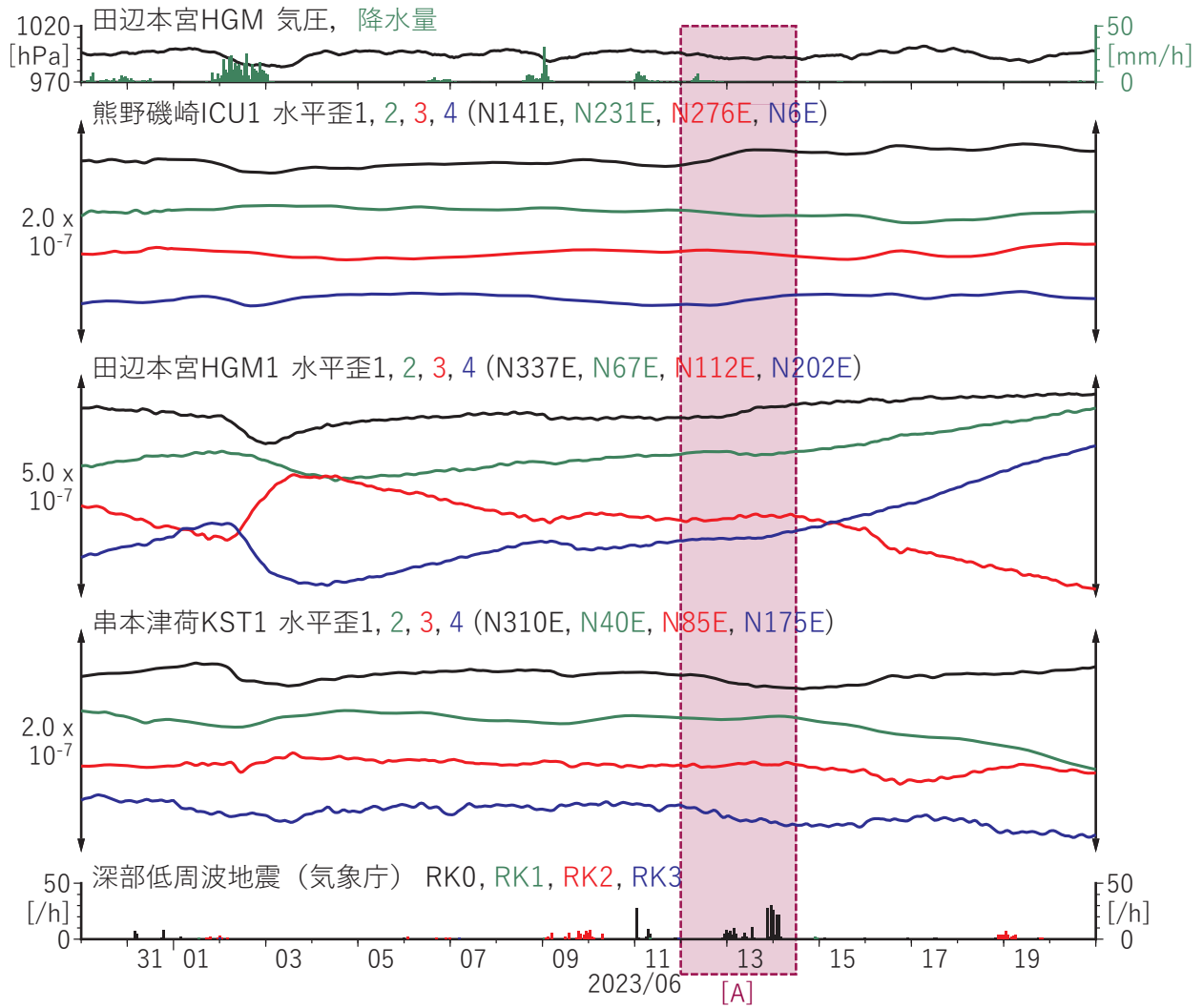


第 7 図 第 5 図 [B] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 3 図を参照.

Fig. 7 Inferred fault models for Fig. 5[B]. See also the caption of Fig. 3.



第 8 図 紀伊半島における低周波地震（気象庁一元化カタログによる）の時空間分布（2023/06/09 ～ 2023/06/17）.
 Fig. 8 Space-time distribution of low-frequency earthquakes by JMA unified hypocenter catalog in the Kii Peninsula from June 9 to 17, 2023.

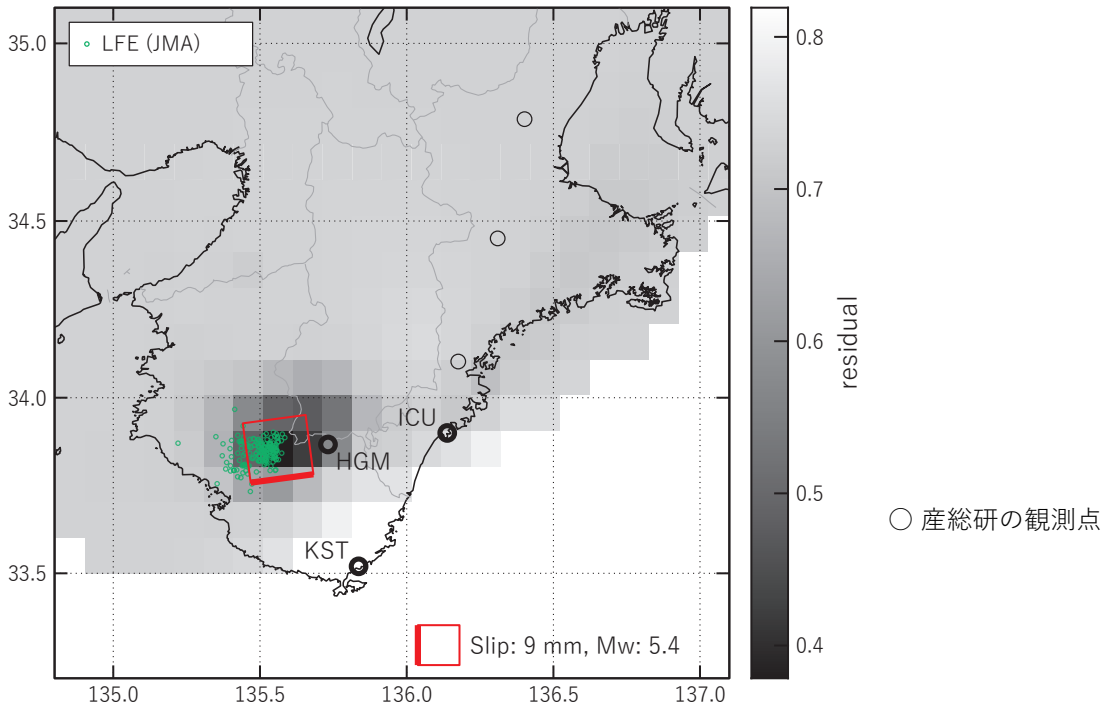


第 9 図 紀伊半島における歪の観測結果と低周波地震の検出数 (2023/05/30 ~ 2023/06/21)。

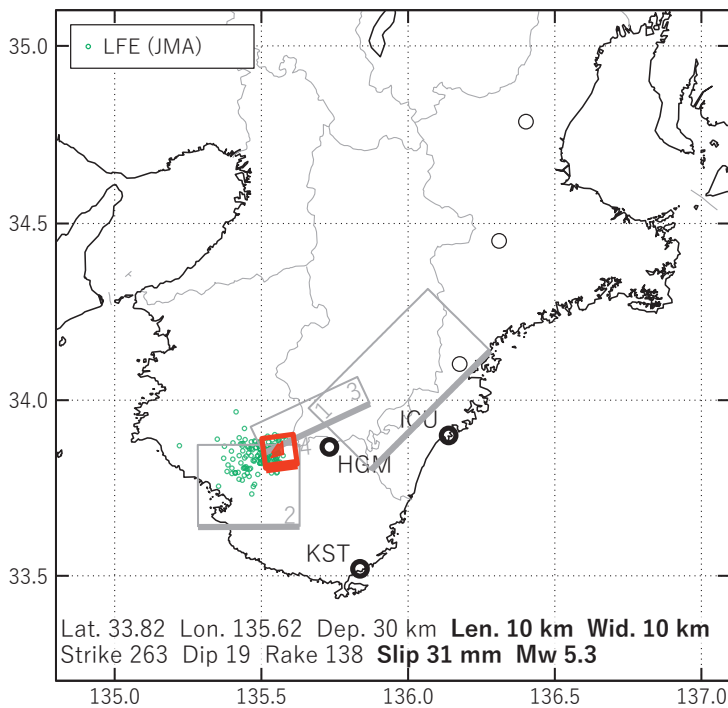
Fig. 9 Observed strain data and detected number of low-frequency earthquakes in the Kii Peninsula from May 30 to June 21, 2023.

[A] 2023/06/12-14AM

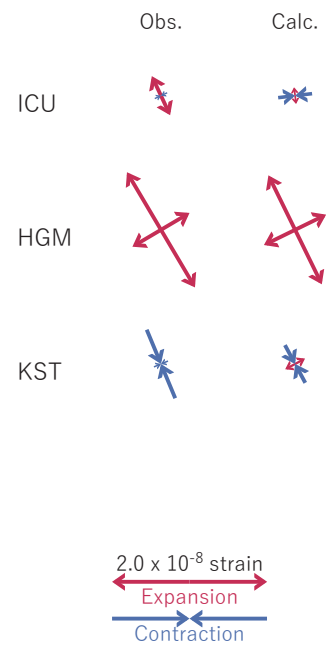
(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布



(b1) 推定した断層モデル

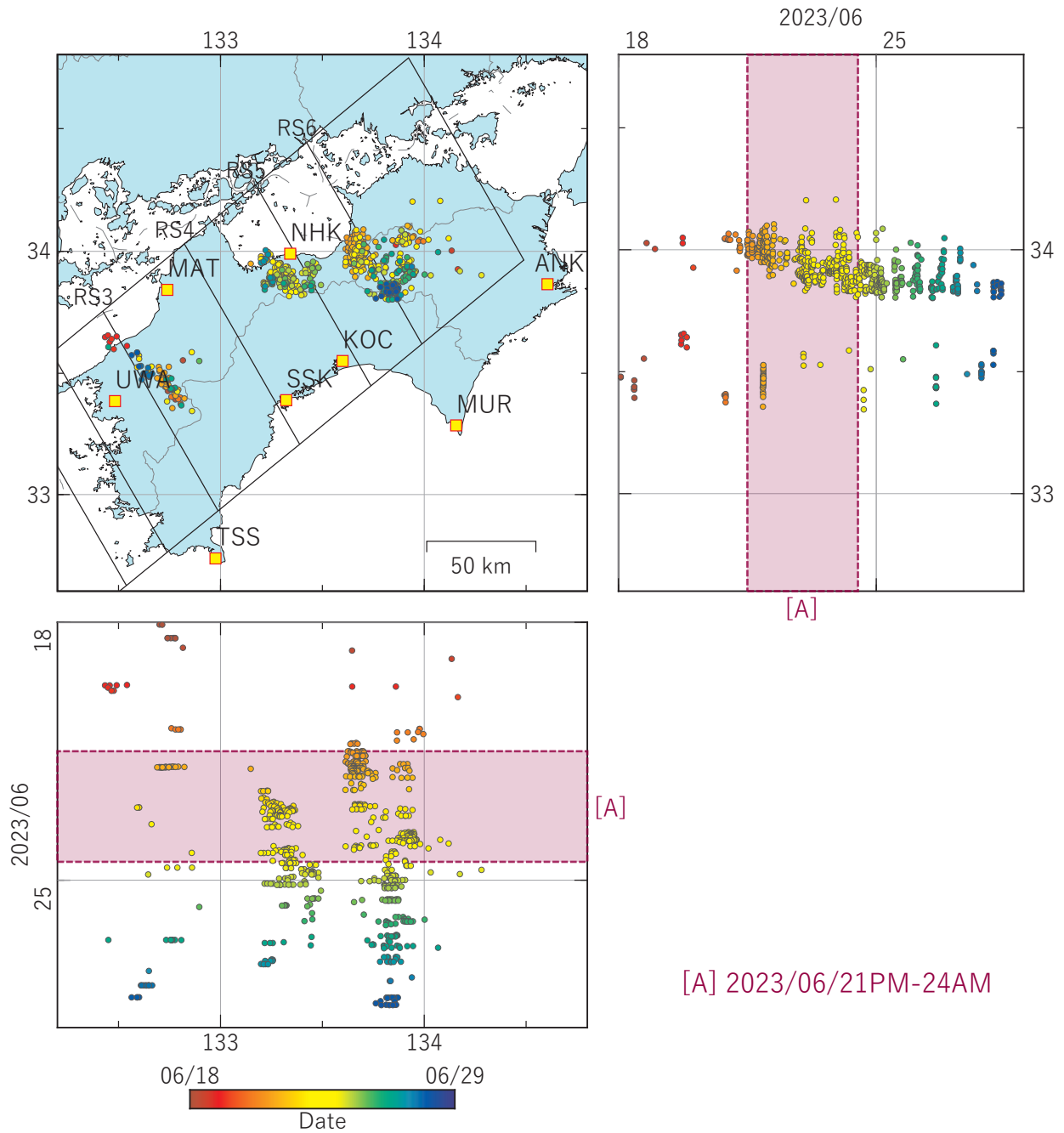


(b2) 主歪

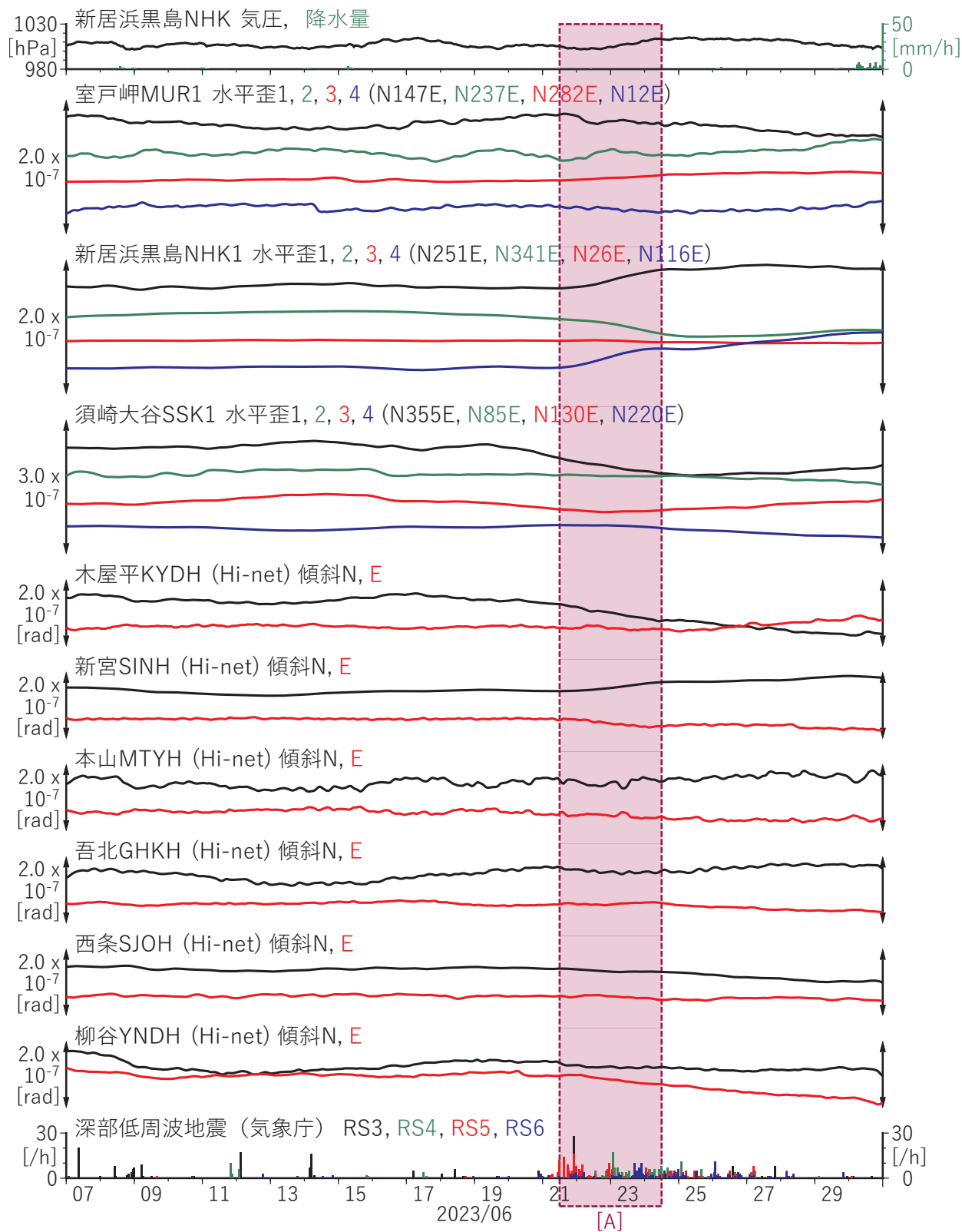


第 10 図 第 9 図 [A] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 3 図を参照.

Fig. 10 Inferred fault models for Fig. 9[A]. See also the caption of Fig. 3.



第 11 図 四国地方における低周波地震（気象庁一元化カタログによる）の時空間分布（2023/06/18～2023/06/28）.
 Fig. 11 Space-time distribution of low-frequency earthquakes by JMA unified hypocenter catalog in the Shikoku region from June 18 to 28, 2023.

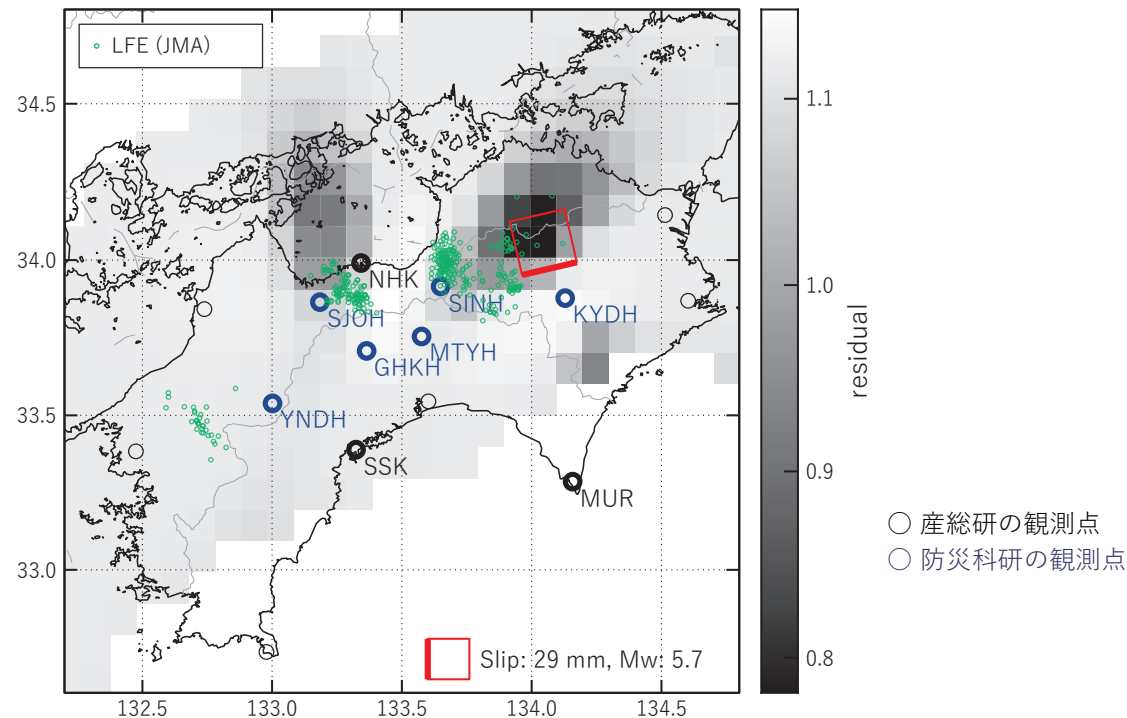


第 12 図 四国地方における歪・傾斜の観測結果と低周波地震の検出数 (2023/06/07 ~ 2023/06/30).

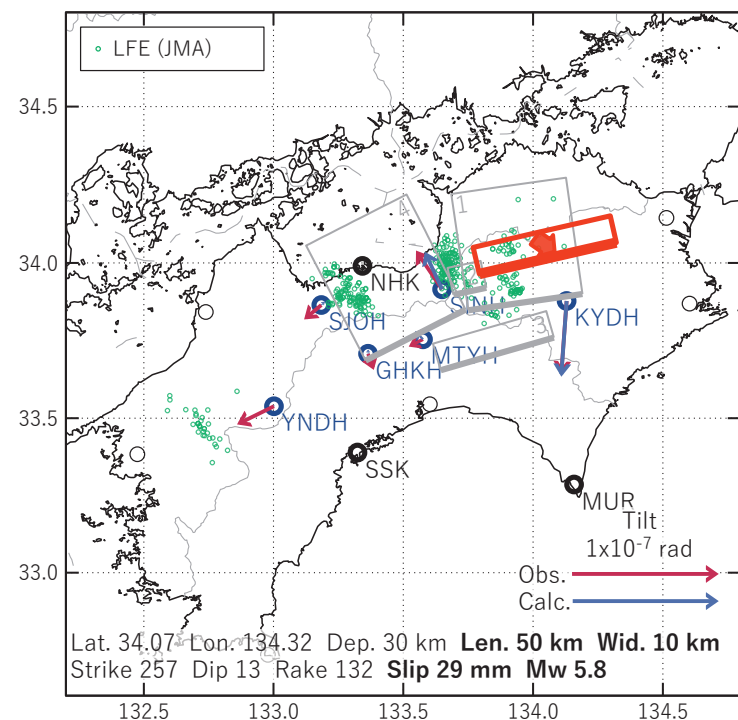
Fig. 12 Observed strain and tilt data and detected number of low-frequency earthquakes in the Shikoku region from June 07 to 30, 2023.

[A] 2023/06/21PM-24AM

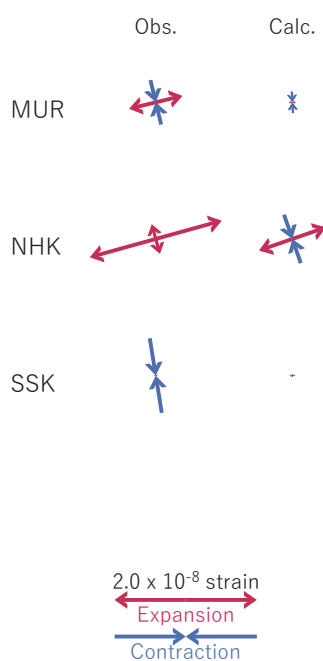
(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布



(b1) 推定した断層モデル

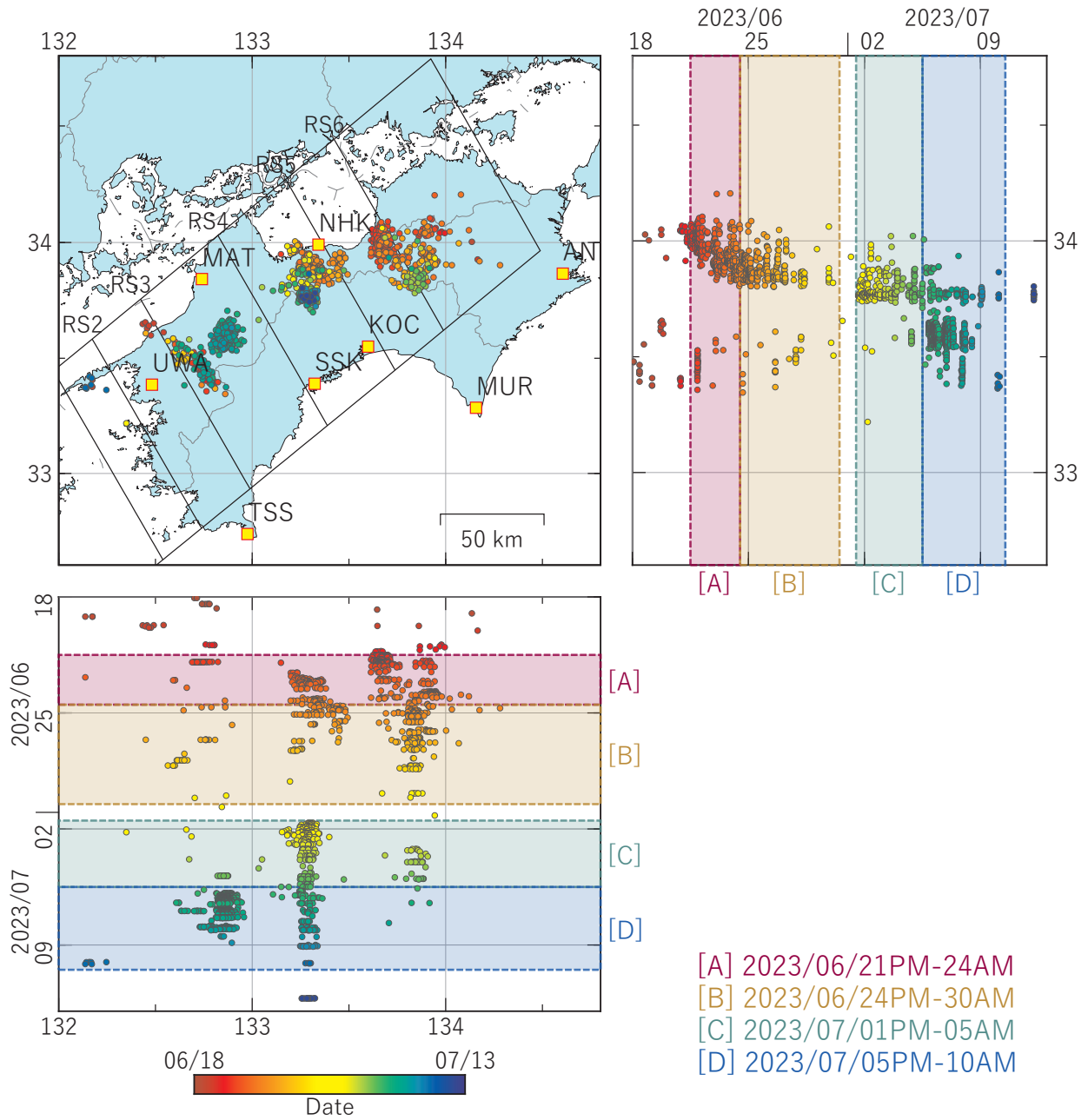


(b2) 主歪

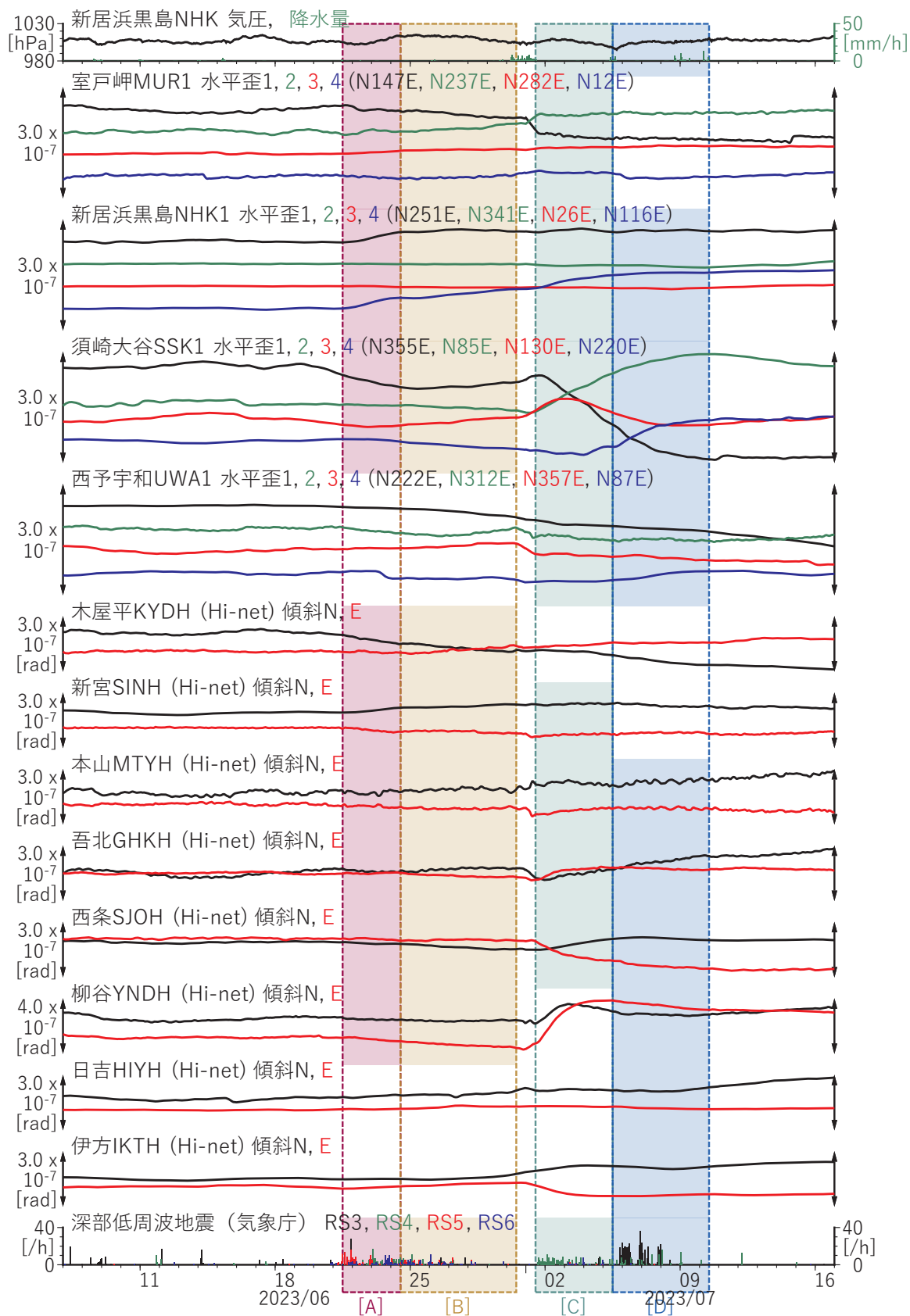


第 13 図 第 12 図 [A] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 3 図を参照.

Fig. 13 Inferred fault models for Fig. 12[A]. See also the caption of Fig. 3.



第 14 図 四国地域における低周波地震（気象庁一元化カタログによる）の時空間分布（2023/06/18 ~ 2023/07/12）.
 Fig. 14 Space-time distribution of low-frequency earthquakes by JMA unified hypocenter catalog in the Shikoku region from June 18 to July 12, 2023.

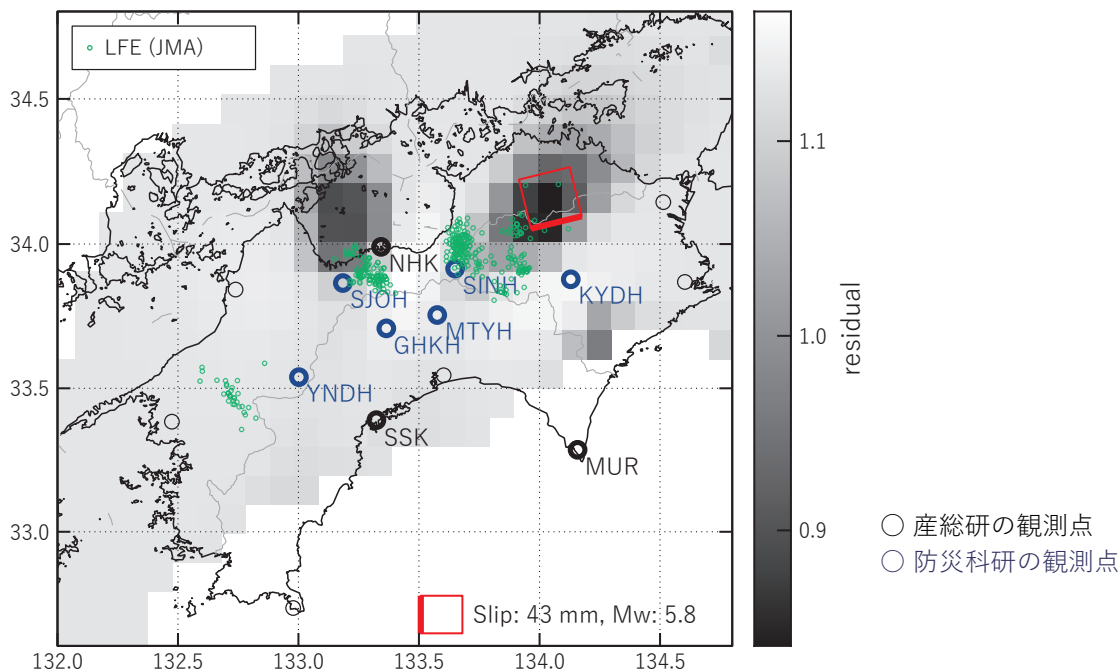


第 15 図 四国地域における歪・傾斜の観測結果と低周波地震の検出数 (2023/06/07 ~ 2023/07/16)。

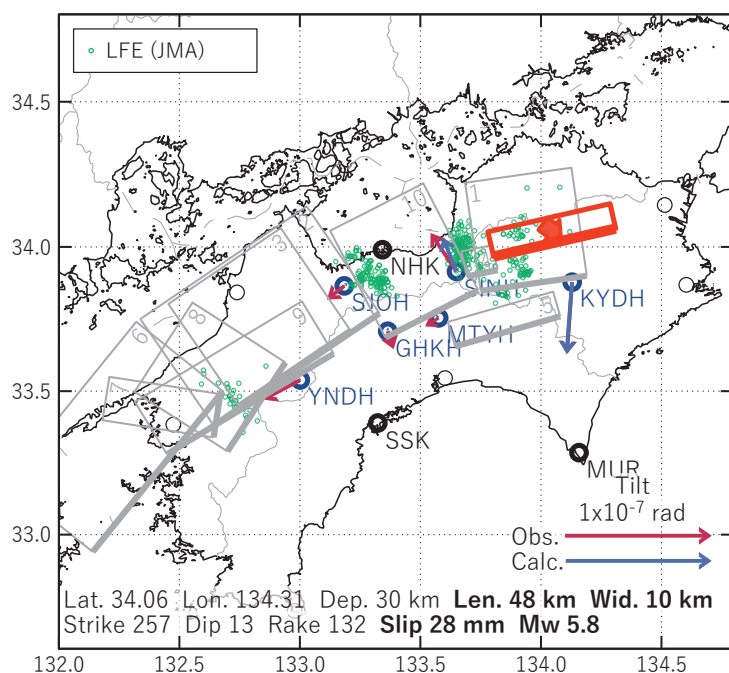
Fig. 15 Observed strain and tilt data and detected number of low-frequency earthquakes in the Shikoku region from June 7 to July 16, 2023.

[A] 2023/06/21PM-24AM

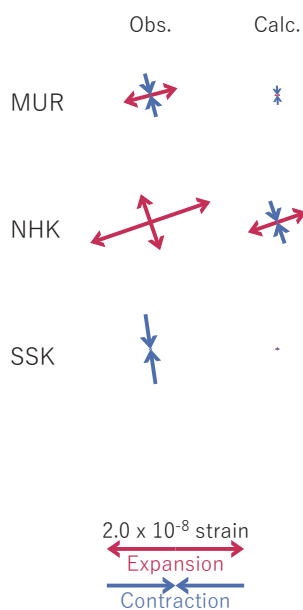
(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布



(b1) 推定した断層モデル



(b2) 主歪

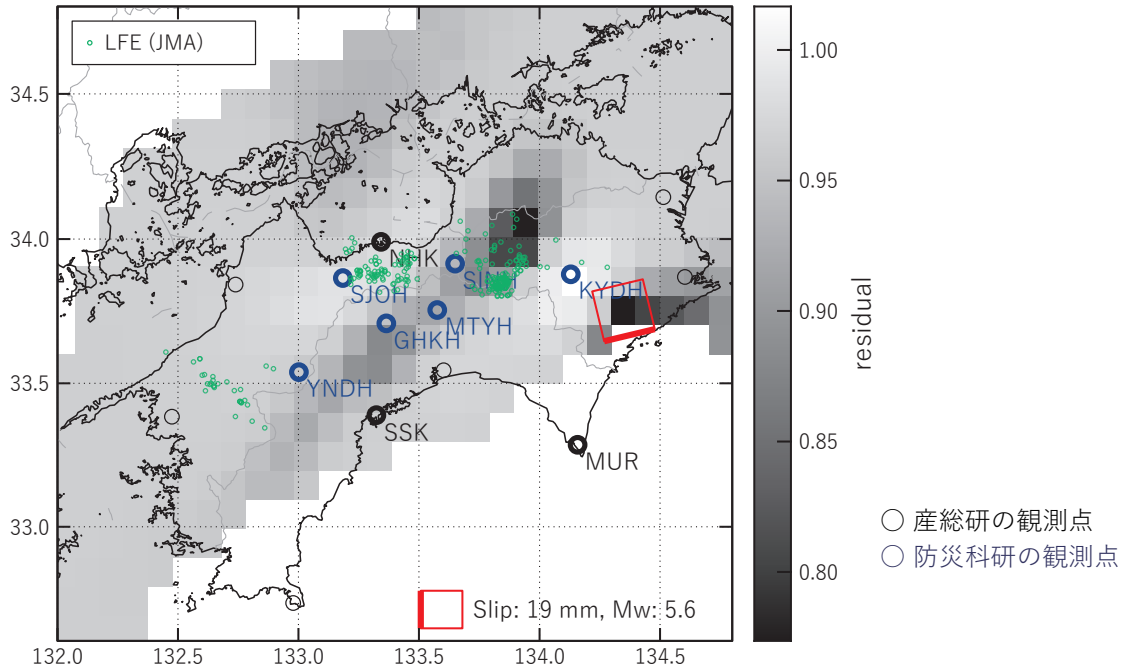


第 16 図 第 15 図 [A] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 3 図を参照.

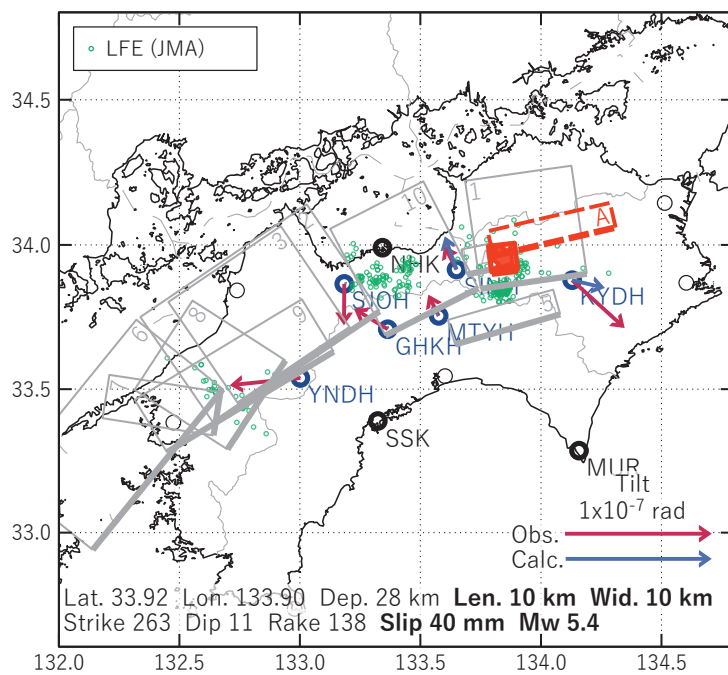
Fig. 16 Inferred fault models for Fig. 15[A]. See also the caption of Fig. 3.

[B] 2023/06/24PM-30AM

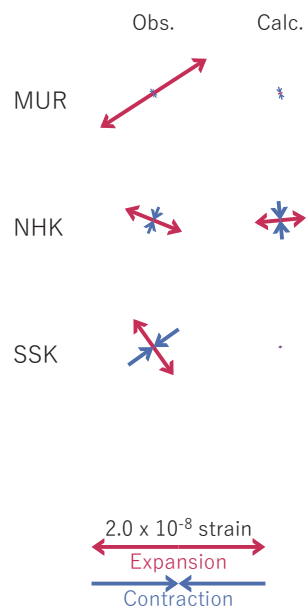
(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布



(b1) 推定した断層モデル



(b2) 主歪

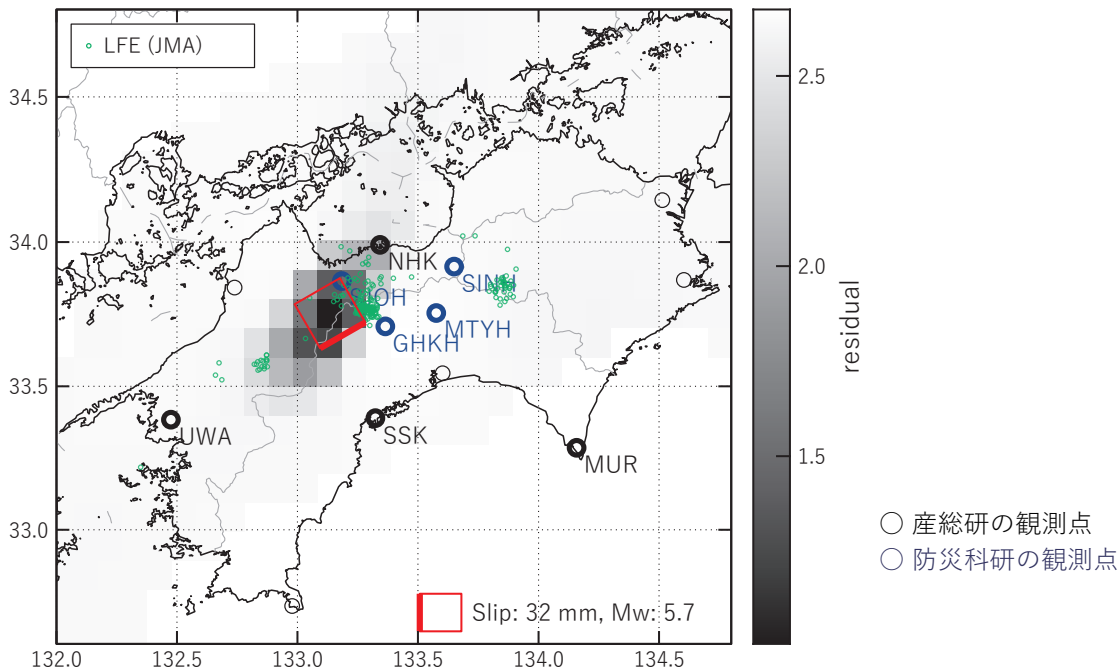


第 17 図 第 15 図 [B] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 3 図を参照.

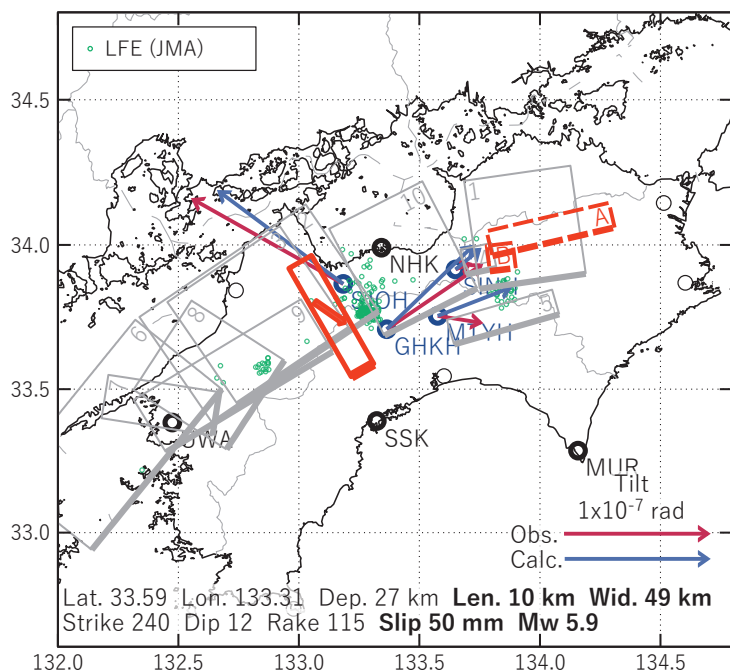
Fig. 17 Inferred fault models for Fig. 15[B]. See also the caption of Fig. 3.

[C] 2023/07/01PM-05AM

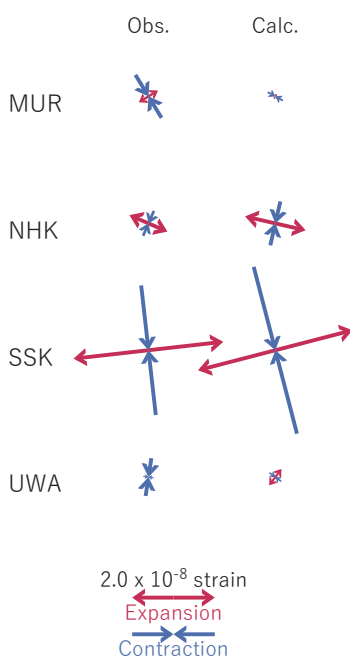
(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布



(b1) 推定した断層モデル



(b2) 主歪

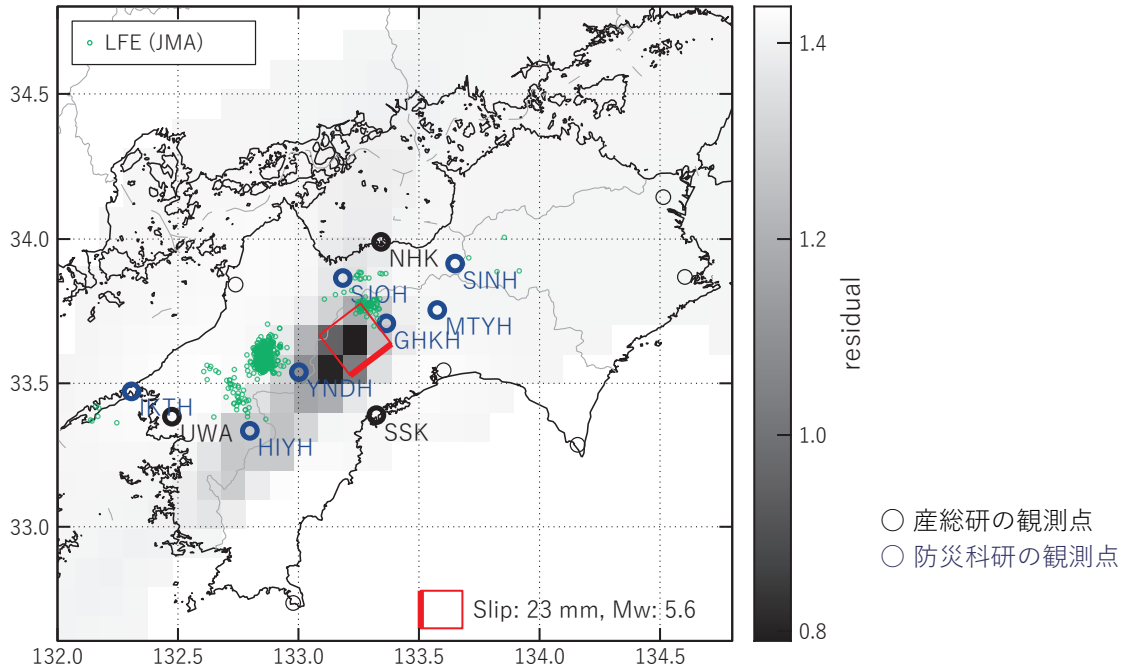


第 18 図 第 15 図 [C] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 3 図を参照.

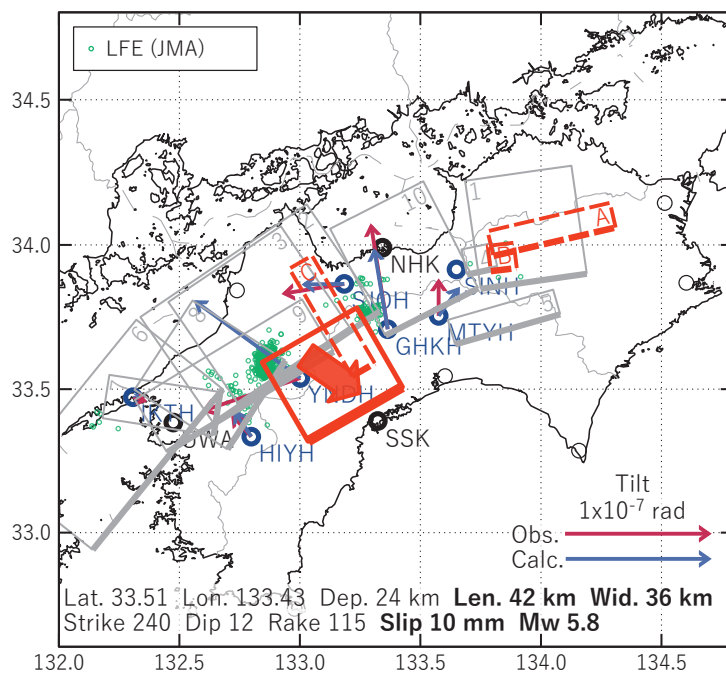
Fig. 18 Inferred fault models for Fig. 15[C]. See also the caption of Fig. 3.

[D] 2023/07/05PM-10AM

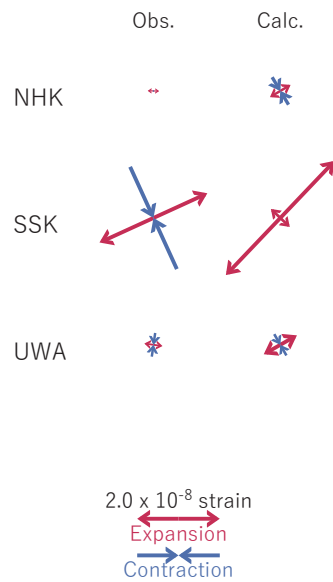
(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布



(b1) 推定した断層モデル

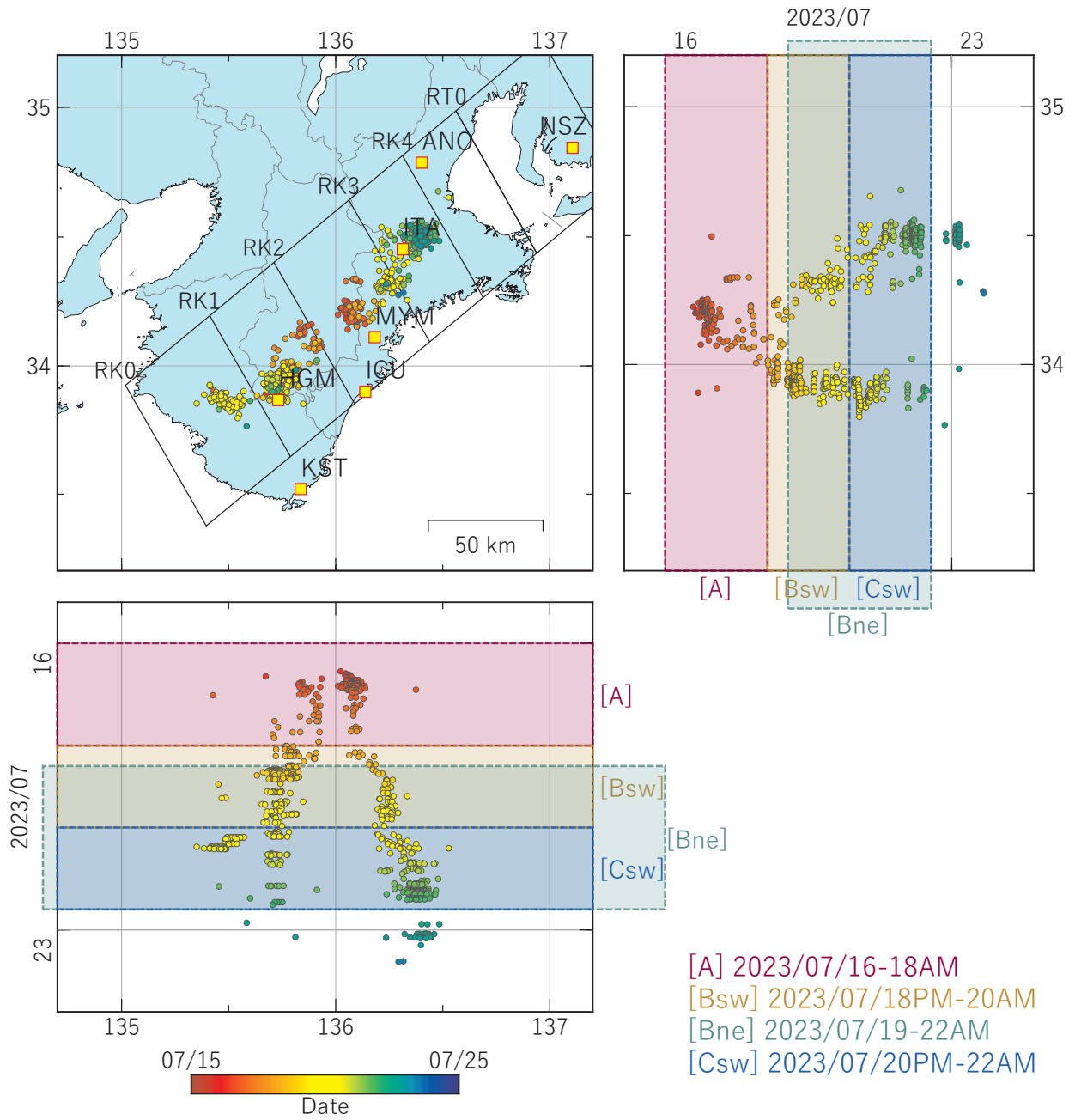


(b2) 主歪

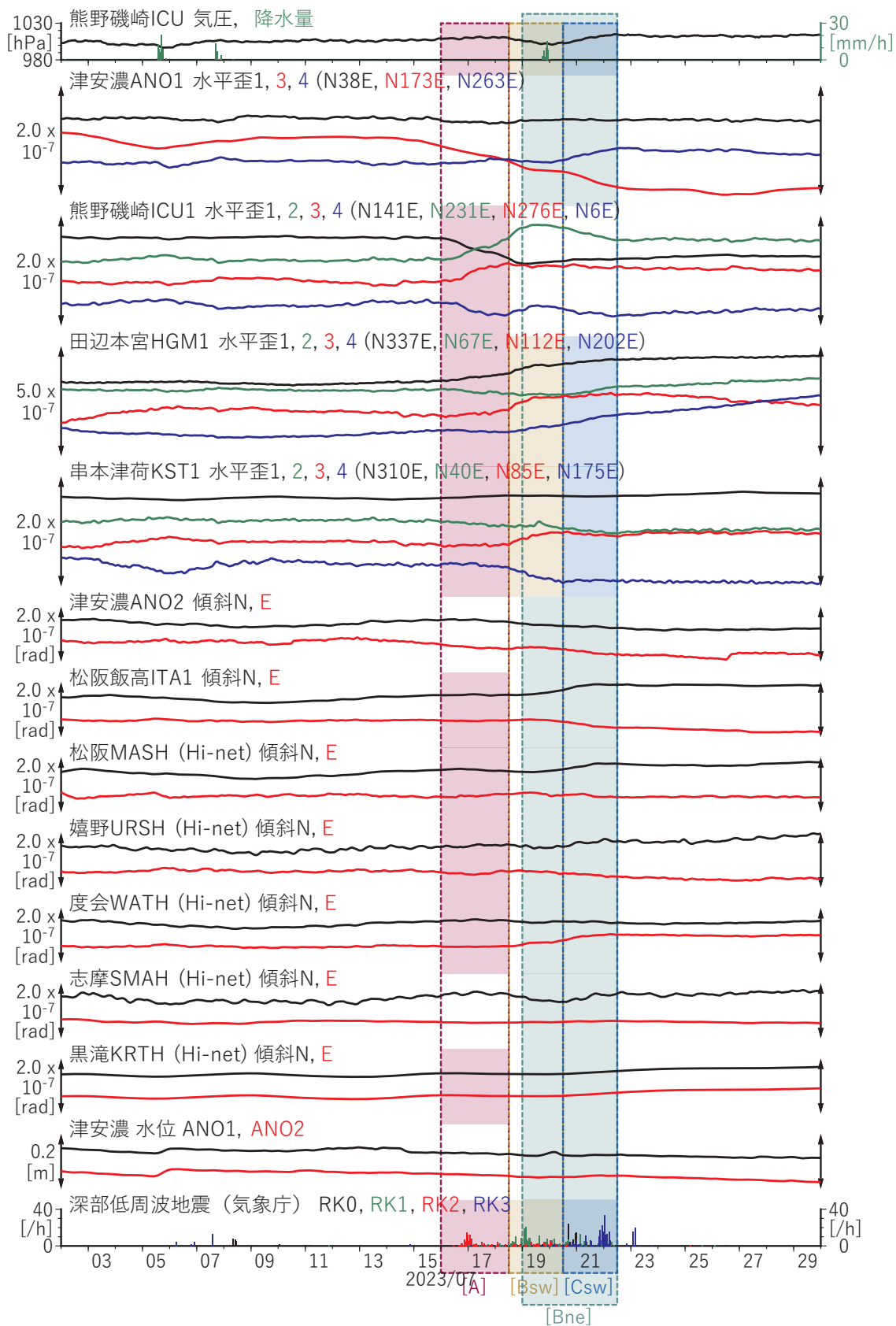


第 19 図 第 15 図 [D] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 3 図を参照.

Fig. 19 Inferred fault models for Fig. 15[D]. See also the caption of Fig. 3.



第 20 図 紀伊半島における低周波地震（気象庁一元化カタログによる）の時空間分布（2023/07/15～2023/07/24）.
 Fig. 20 Space-time distribution of low-frequency earthquakes by JMA unified hypocenter catalog in the Kii Peninsula from July 15 to 24, 2023.

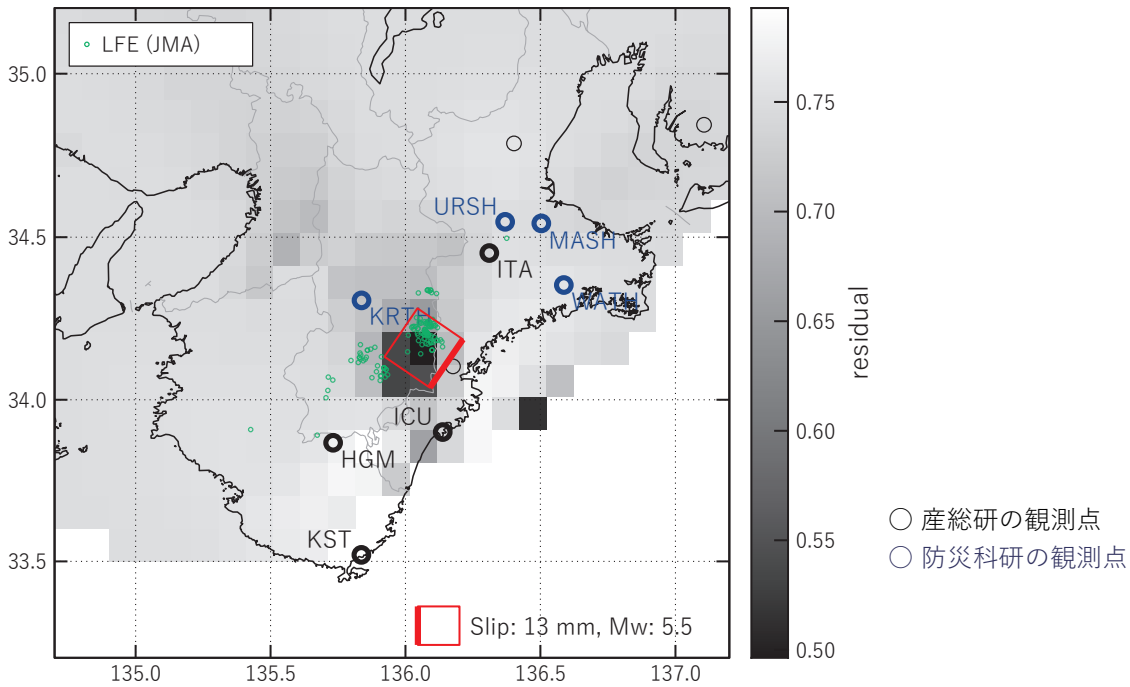


第 21 図 紀伊半島における歪・傾斜・地下水の観測結果と低周波地震の検出数 (2023/07/02 ~ 2023/07/29).

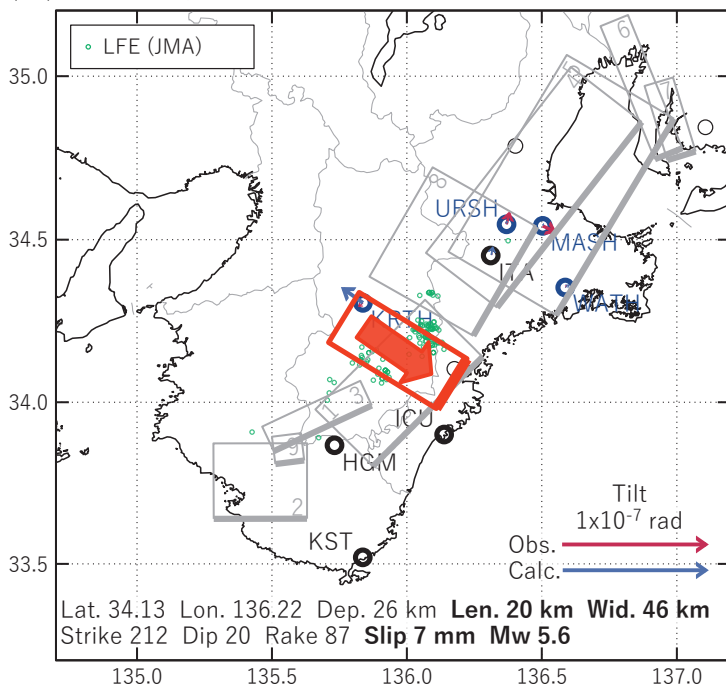
Fig. 21 Observed strain, tilt, and groundwater data and detected number of low-frequency earthquakes in the Kii Peninsula region from July 2 to 29, 2023.

[A] 2023/07/16-18AM

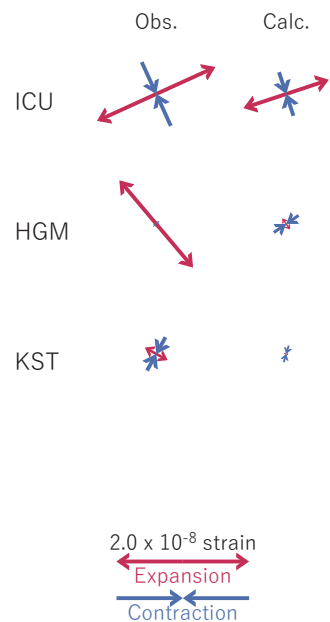
(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布



(b1) 推定した断層モデル



(b2) 主歪

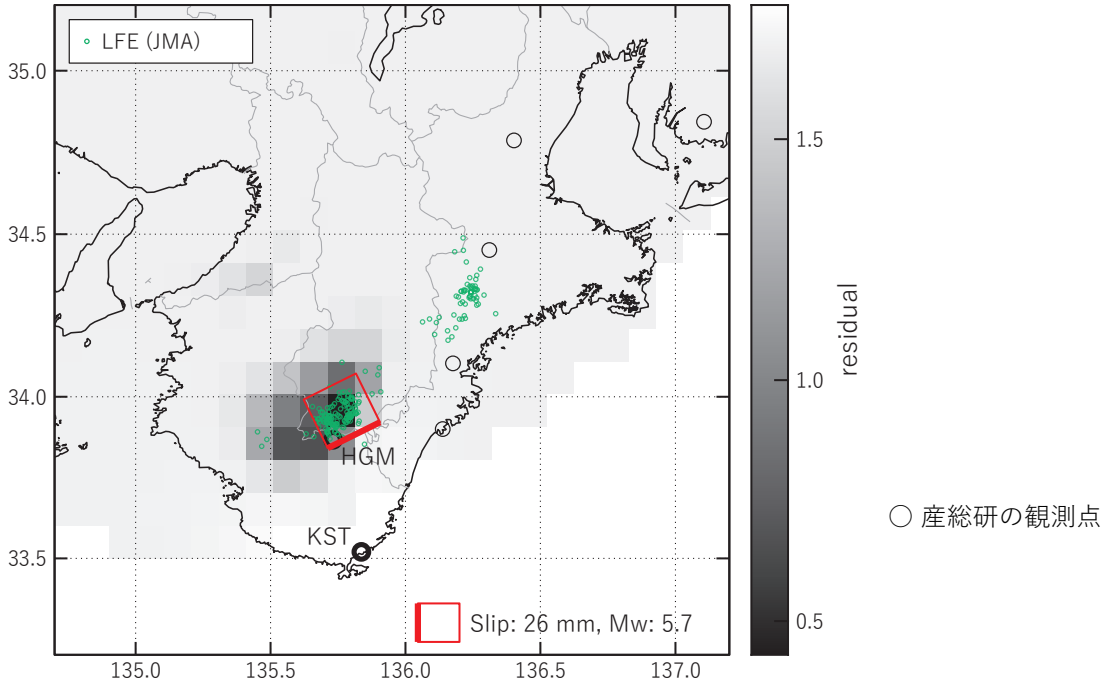


第 22 図 第 21 図 [A] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 3 図を参照.

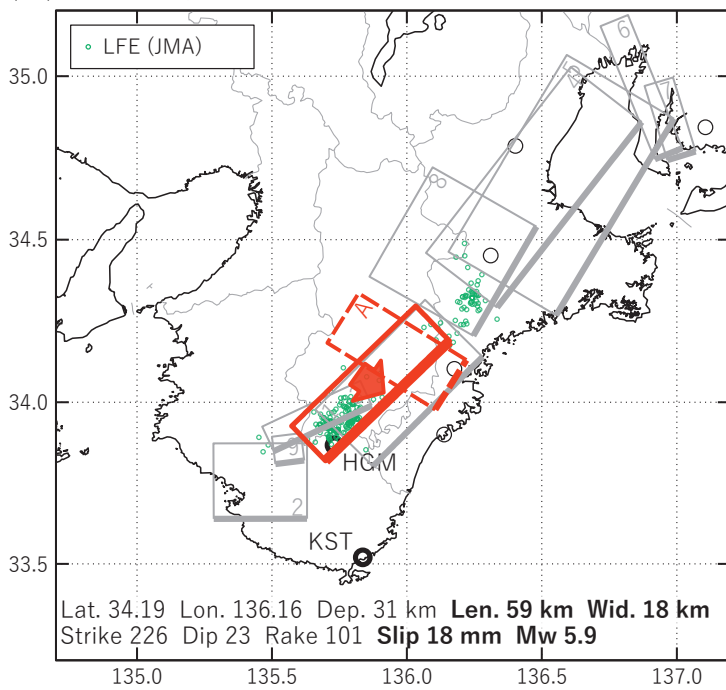
Fig. 22 Inferred fault models for Fig. 21[A]. See also the caption of Fig. 3.

[Bsw] 2023/07/18PM-20AM

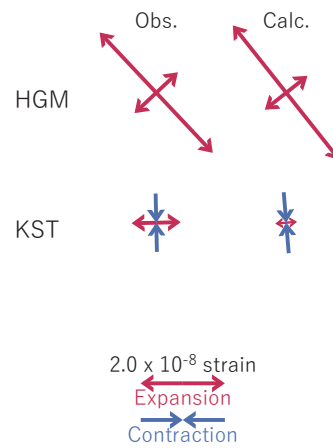
(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布



(b1) 推定した断層モデル



(b2) 主歪

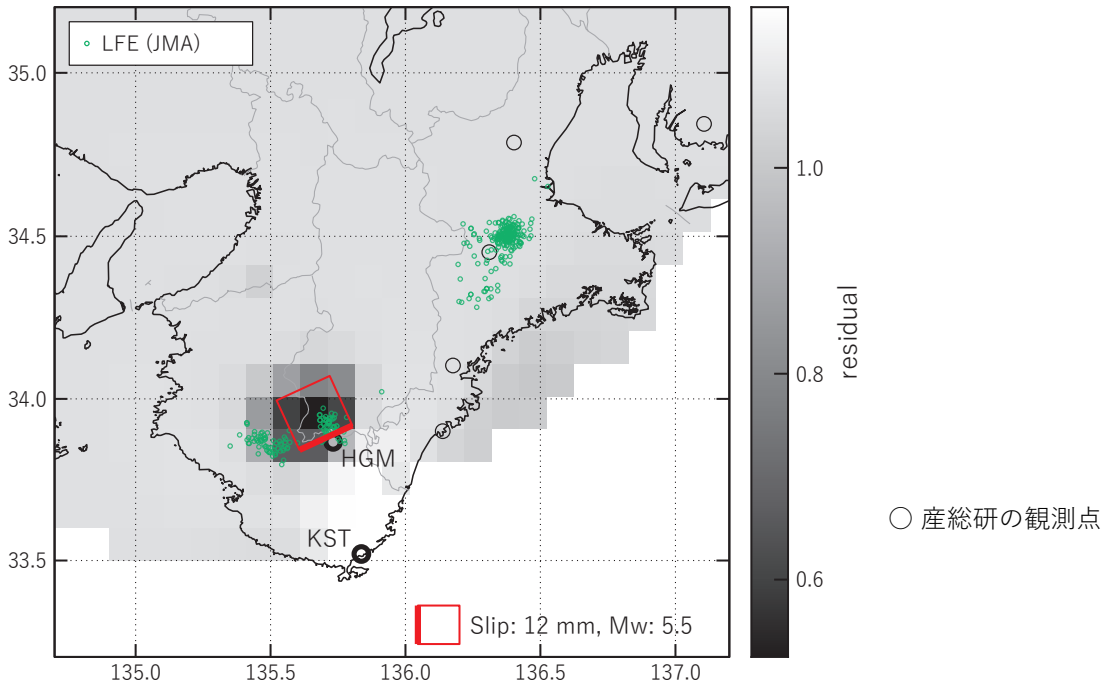


第 23 図 第 21 図 [Bsw] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 3 図を参照.

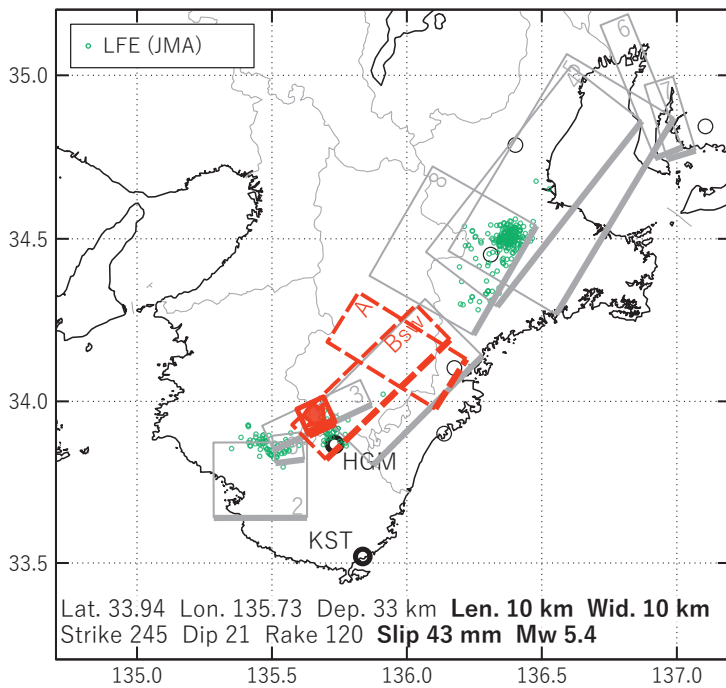
Fig. 23 Inferred fault models for Fig. 21[Bsw]. See also the caption of Fig. 3.

[Csw] 2023/07/20PM-22AM

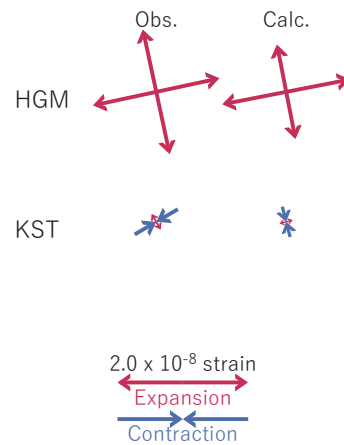
(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布



(b1) 推定した断層モデル



(b2) 主歪

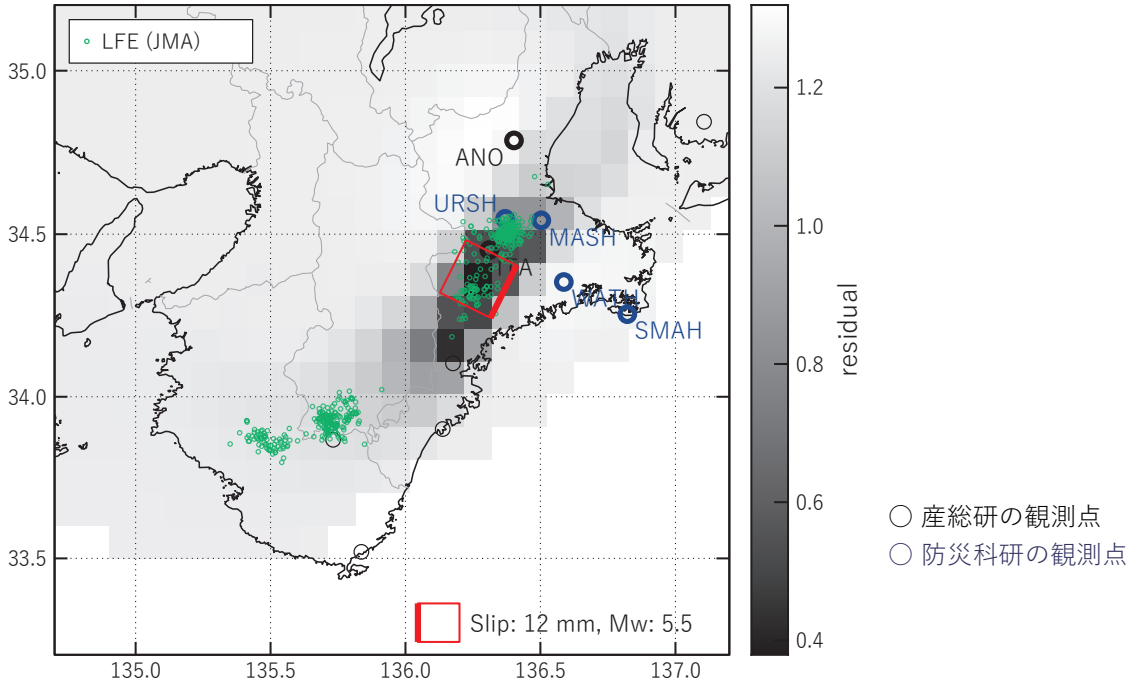


第 24 図 第 21 図 [Csw] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 3 図を参照.

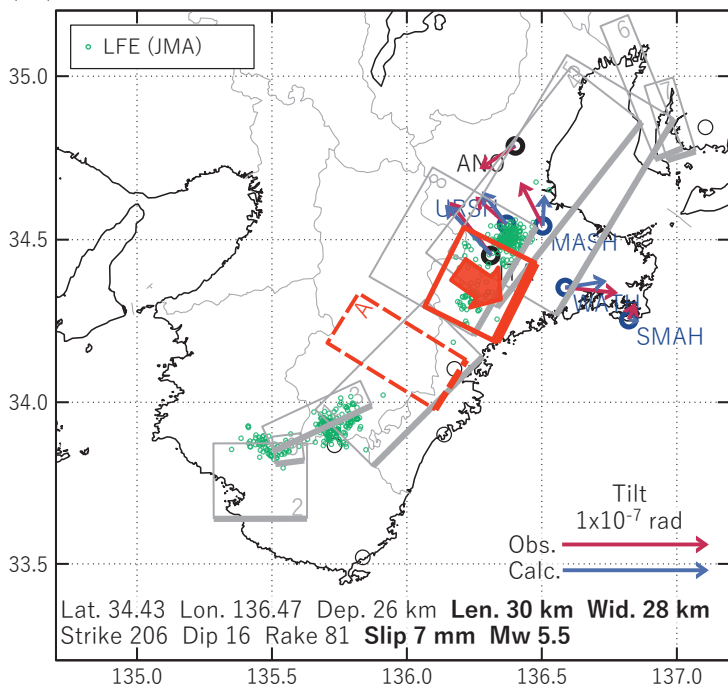
Fig. 24 Inferred fault models for Fig. 21[Csw]. See also the caption of Fig. 3.

[Bne] 2023/07/19-22AM

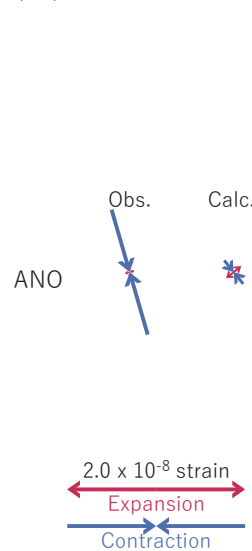
(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布



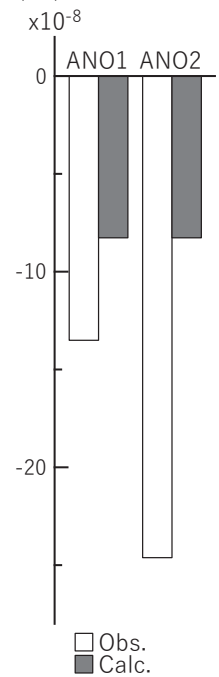
(b1) 推定した断層モデル



(b2) 主歪

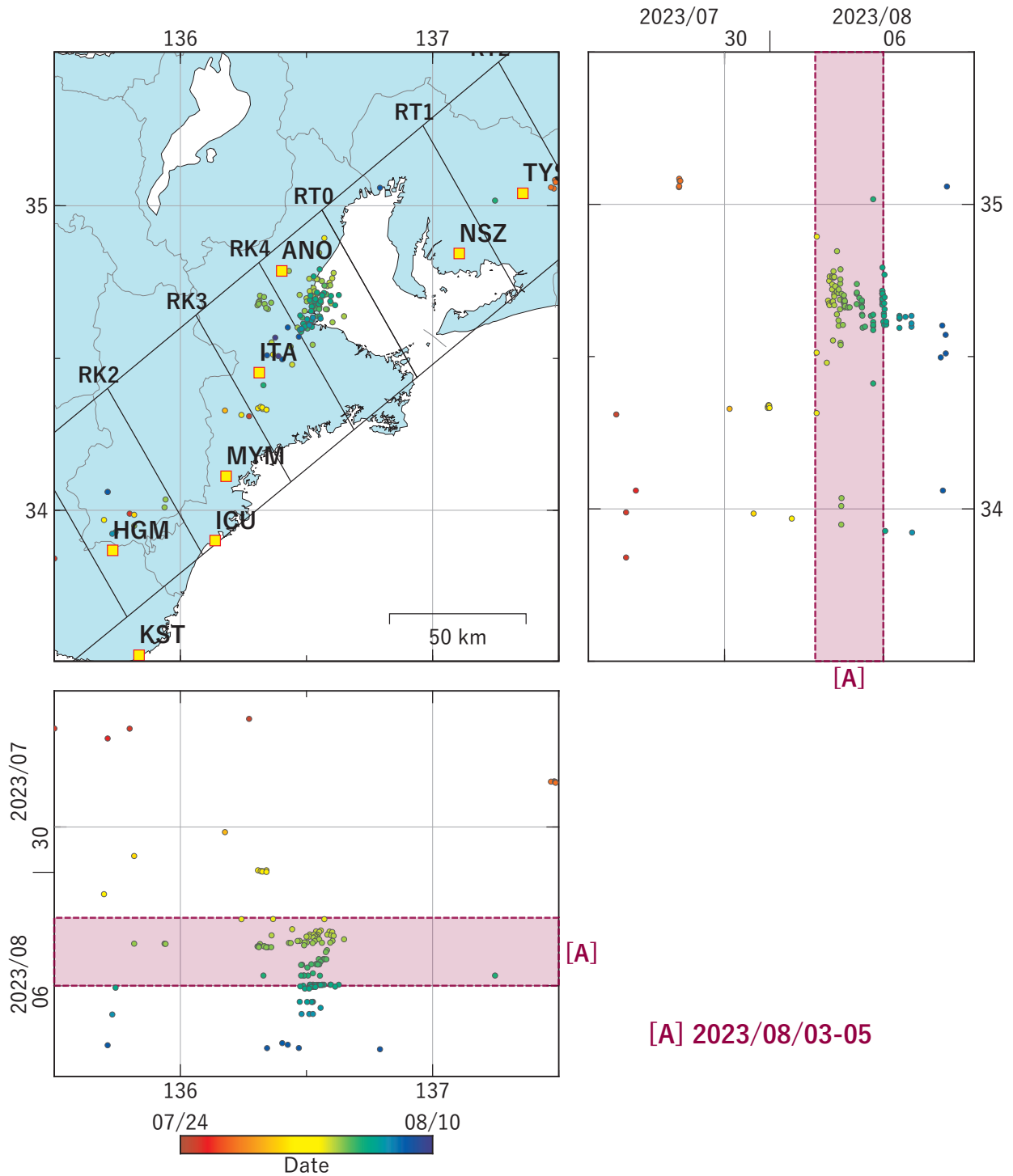


(b3) 体積歪

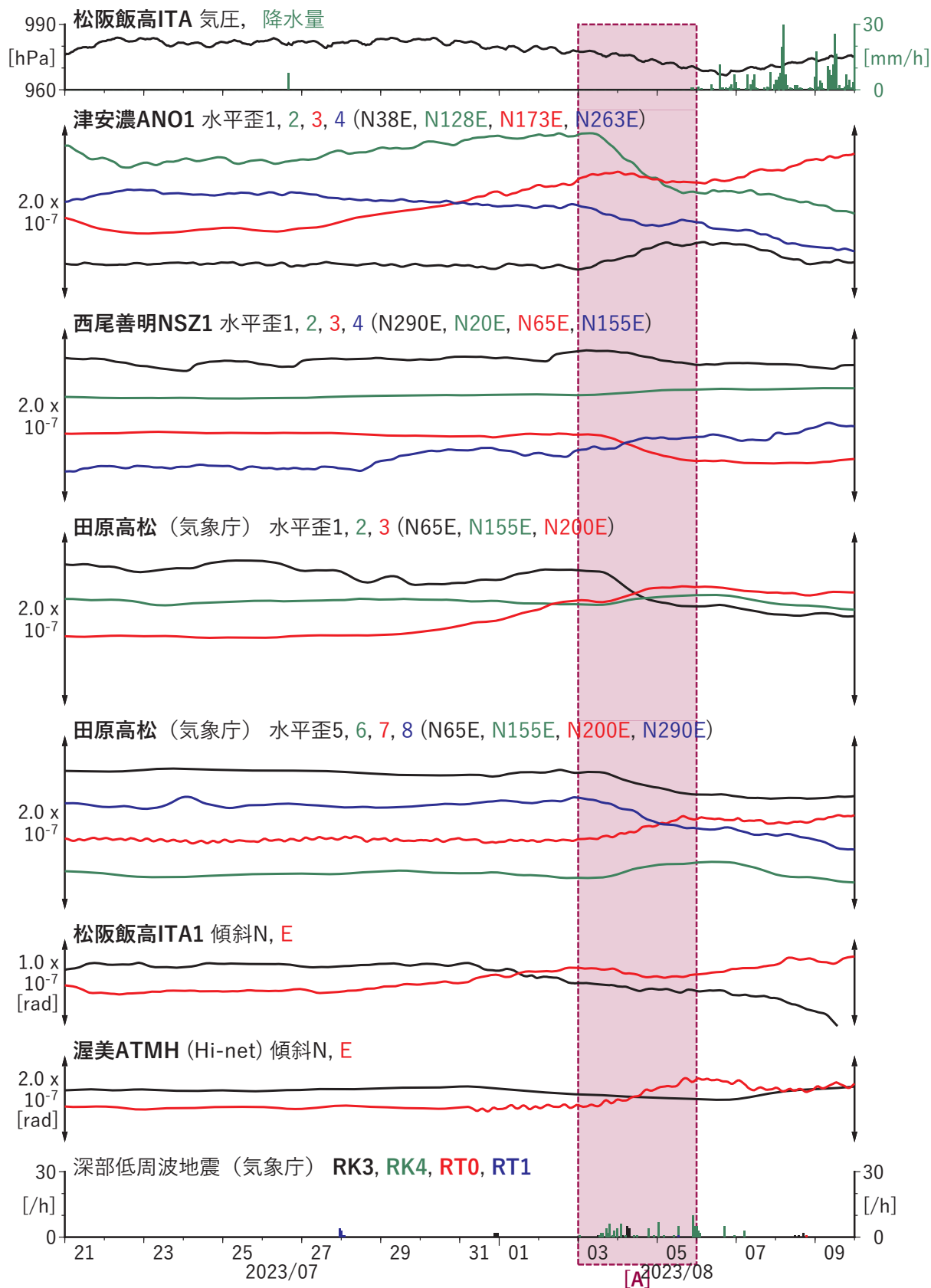


第 25 図 第 21 図 [Bne] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 3 図を参照.

Fig. 25 Inferred fault models for Fig. 21[Bne]. See also the caption of Fig. 3.



第 26 図 紀伊半島における低周波地震（気象庁一元化カタログによる）の時空間分布（2023/07/24 ～ 2023/08/09）.
 Fig. 26 Space-time distribution of low-frequency earthquakes by JMA unified hypocenter catalog in the Kii Peninsula from July 24 to August 9, 2023.

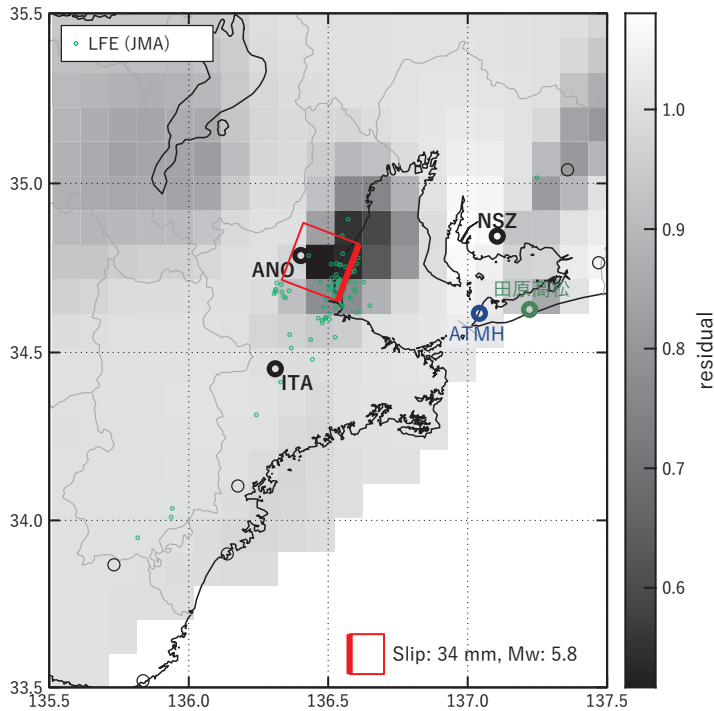


第 27 図 紀伊半島から東海地方における歪・傾斜の観測結果と低周波地震の検出数 (2023/07/21 ~ 2023/08/09)。

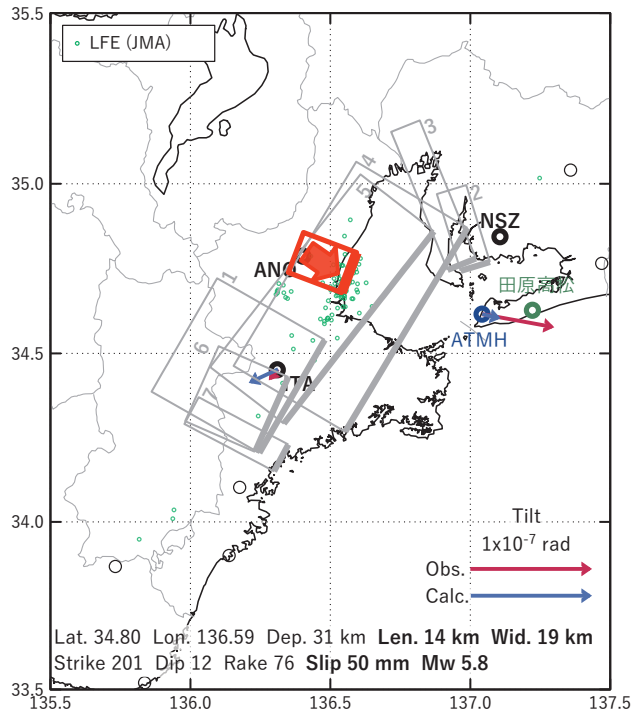
Fig. 27 Observed strain and tilt data and detected number of low-frequency earthquakes in the Kii Peninsula and Tokai region from July 21 to August 9, 2023.

[A] 2023/08/03-05

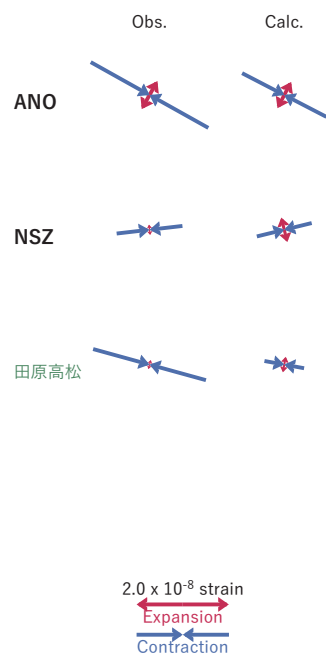
(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布



(b1) 推定した断層モデル

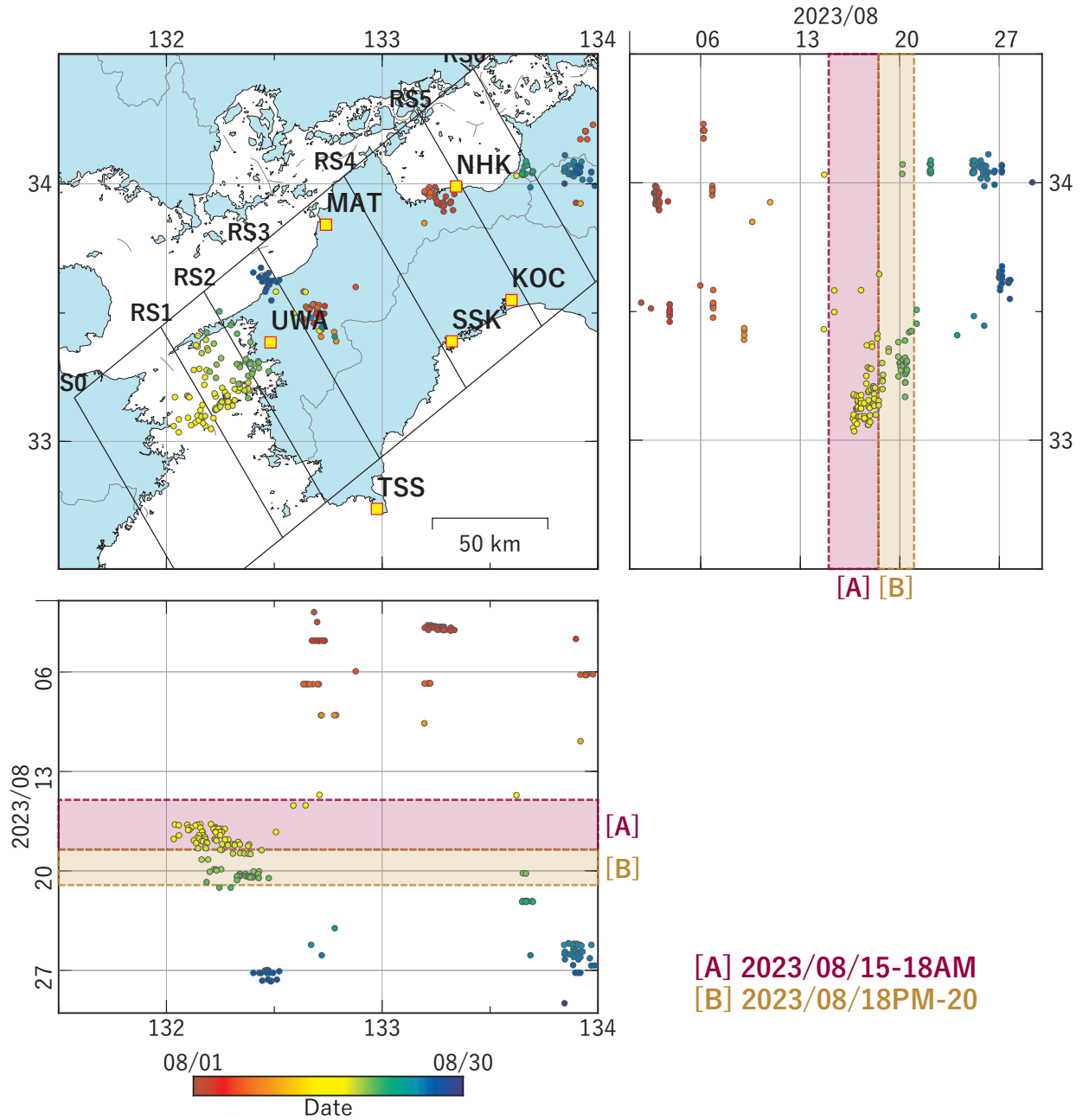


(b2) 主歪

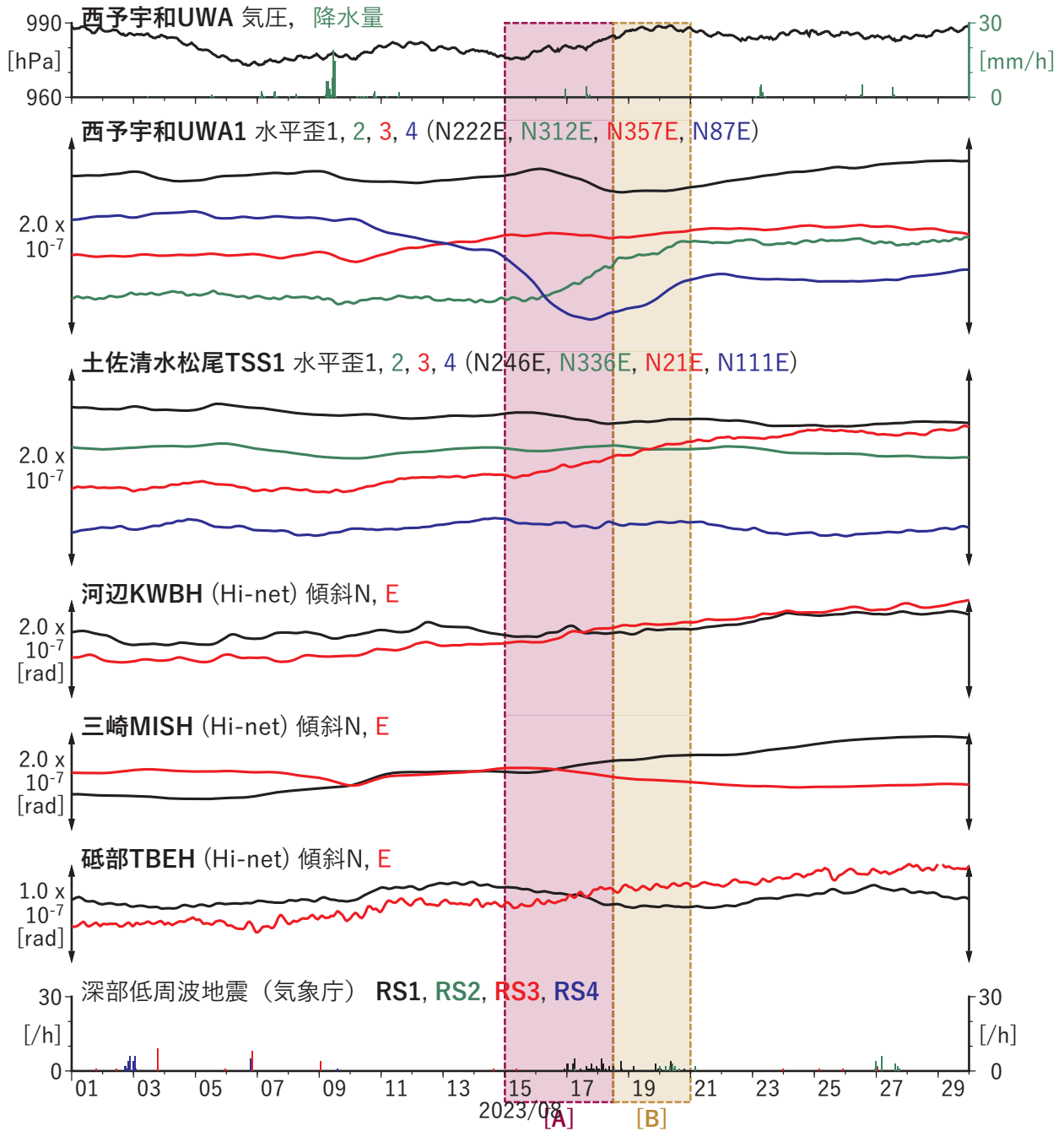


第 28 図 第 27 図 [A] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 3 図を参照.

Fig. 28 Inferred fault models for Fig. 27[A]. See also the caption of Fig. 3.



第 29 図 四国地域における低周波地震（気象庁一元化カタログによる）の時空間分布（2023/08/01 ～ 2023/08/29）.
 Fig. 29 Space-time distribution of low-frequency earthquakes by JMA unified hypocenter catalog in the Shikoku region from August 01 to 29, 2023.

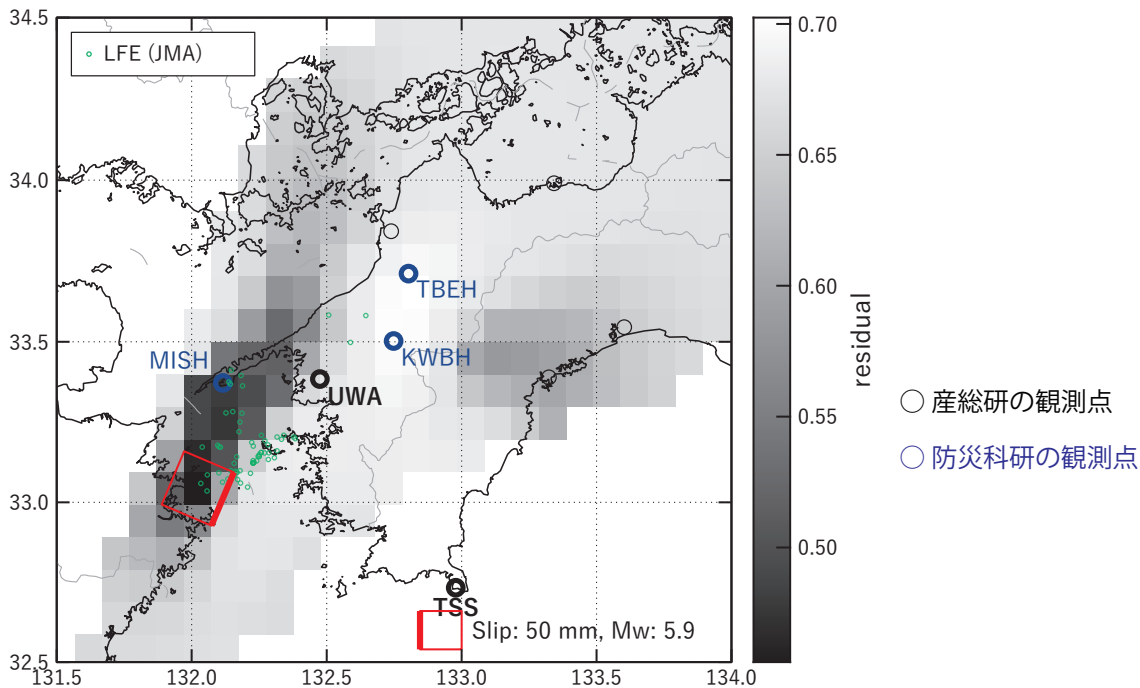


第 30 図 四国地方における歪・傾斜の観測結果と低周波地震の検出数 (2023/08/01 ~ 2023/08/29).

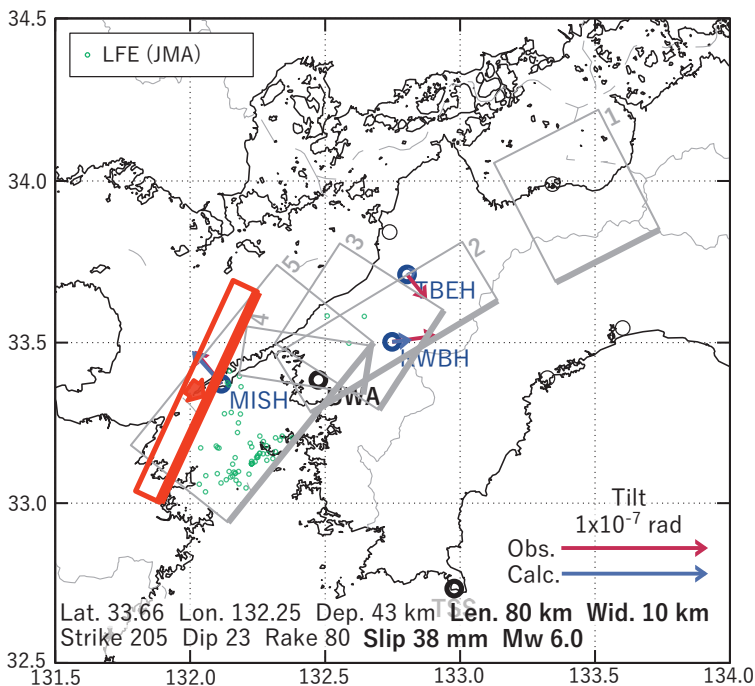
Fig. 30 Observed strain and tilt data and detected number of low-frequency earthquakes in the Shikoku region from August 1 to 29, 2023.

[A] 2023/08/15-18AM

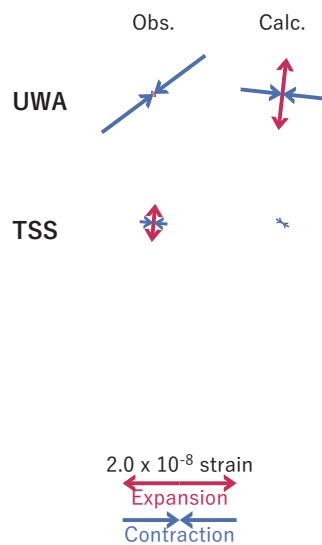
(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布



(b1) 推定した断層モデル



(b2) 主歪

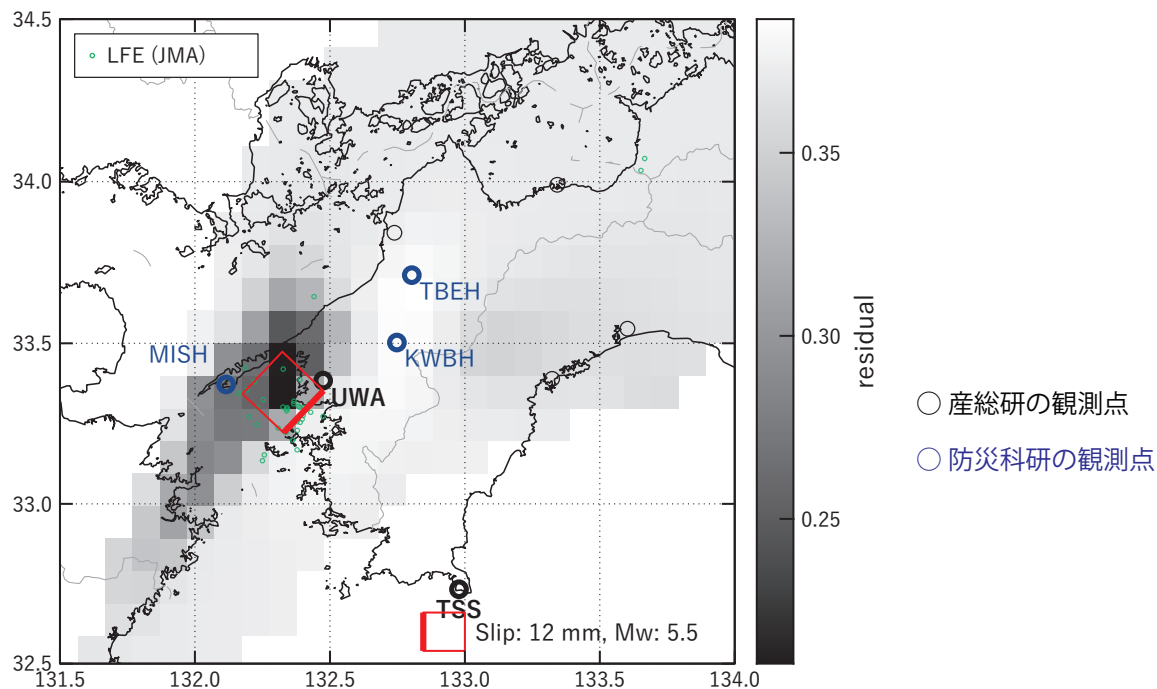


第 31 図 第 30 図 [A] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 3 図を参照.

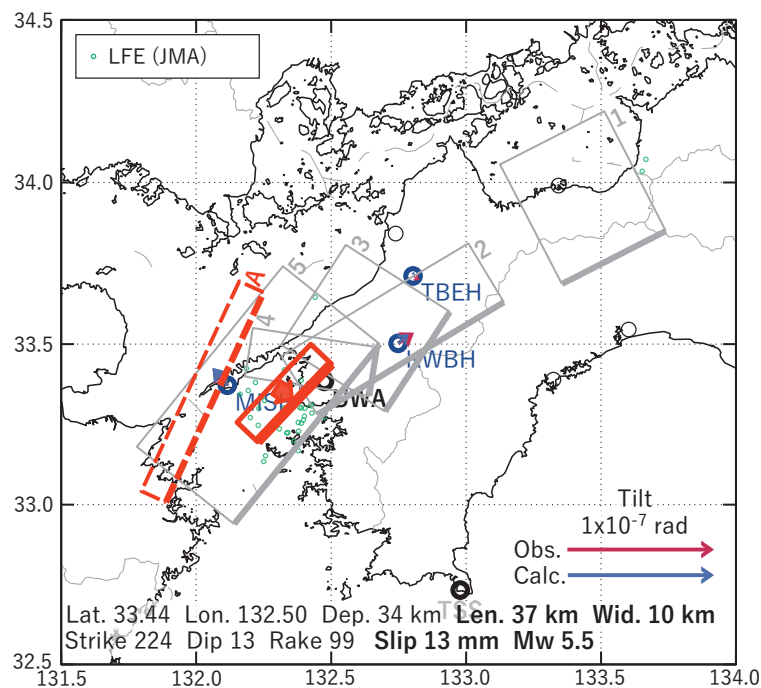
Fig. 31 Inferred fault models for Fig. 30[A]. See also the caption of Fig. 3.

[B] 2023/08/18PM-20

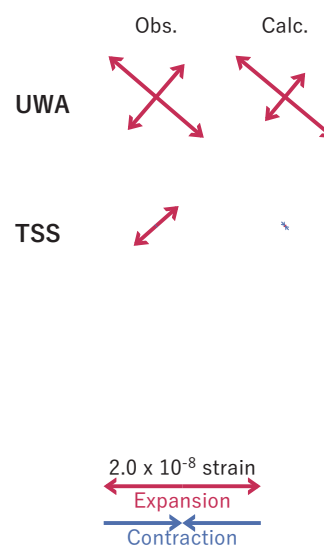
(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布



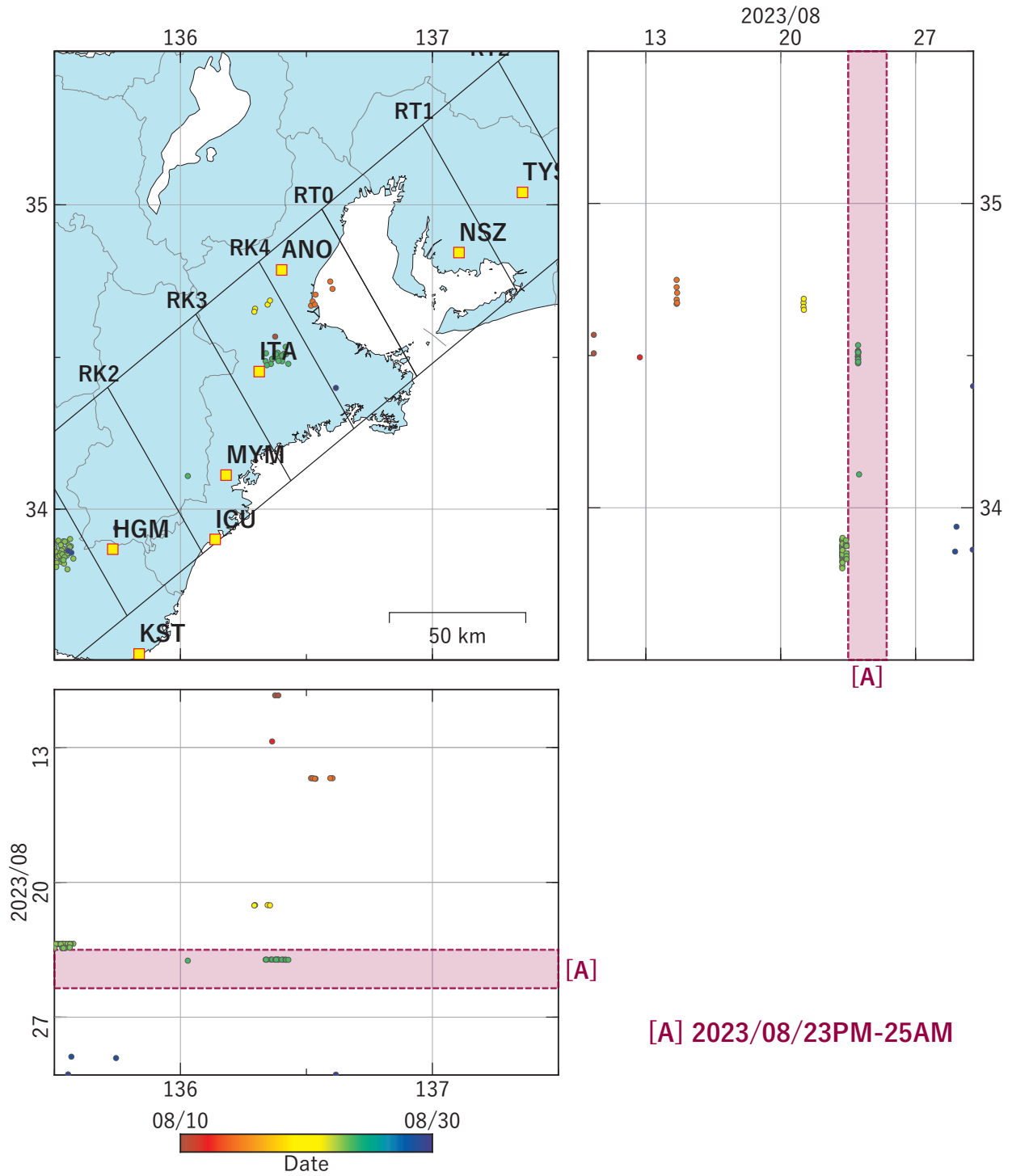
(b1) 推定した断層モデル



(b2) 主歪

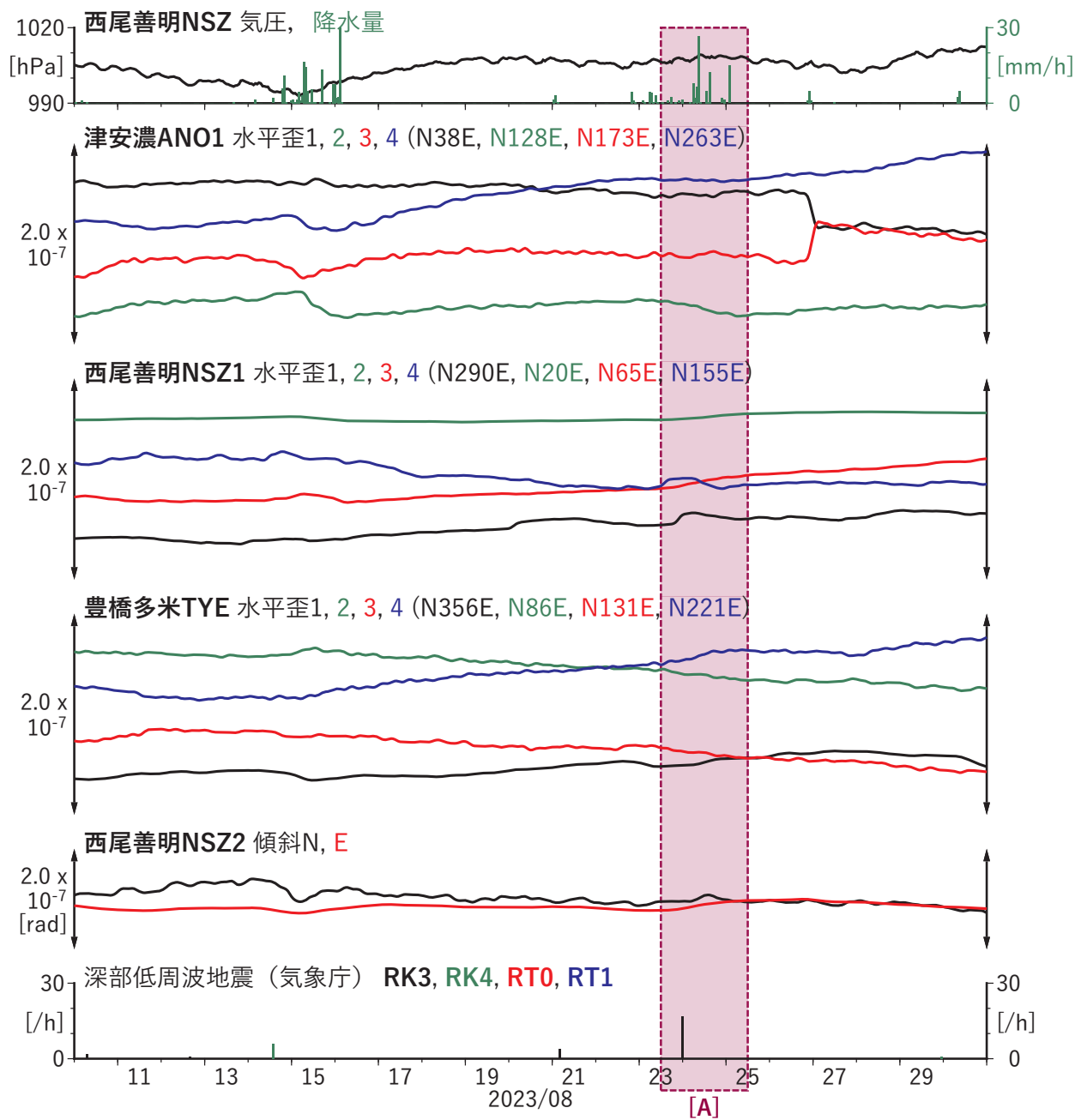


第 32 図 第 30 図 [B] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 3 図を参照.
 Fig. 32 Inferred fault models for Fig. 30[B]. See also the caption of Fig. 3.

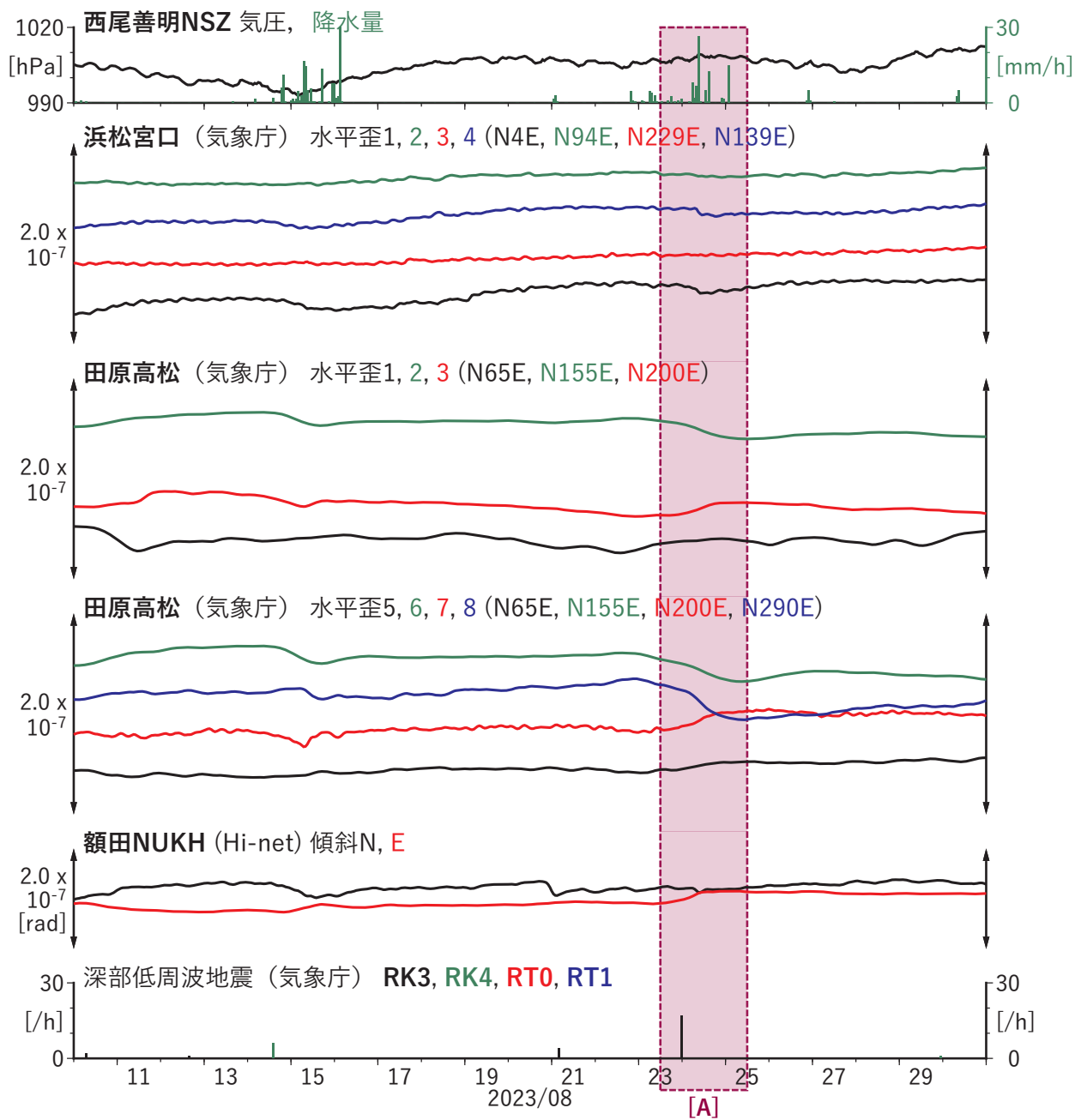


第 33 図 紀伊半島から東海地方における低周波地震（気象庁一元化カタログによる）の時空間分布（2023/08/10 ～ 2023/08/29）。

Fig. 33 Space-time distribution of low-frequency earthquakes by JMA unified hypocenter catalog in the Kii Peninsula and Tokai region from August 10 to 29, 2023.



第 34 図 紀伊半島から東海地方における歪・傾斜の観測結果と低周波地震の検出数 (1) (2023/08/10 ~ 2023/08/30).
 Fig. 34 Observed strain and tilt data and detected number of low-frequency earthquakes in the Kii Peninsula and Tokai region from August 10 to 30, 2023 (1).

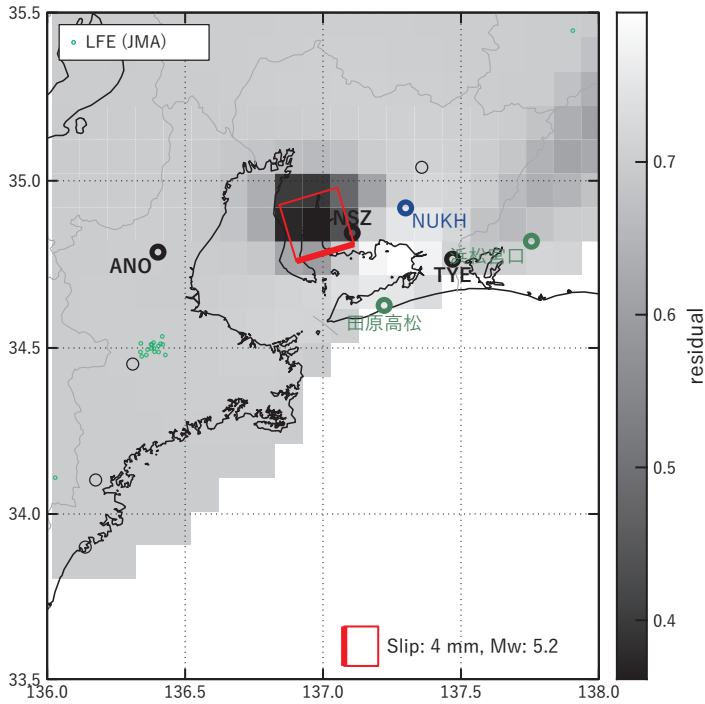


第 35 図 紀伊半島から東海地方における歪・傾斜の観測結果と低周波地震の検出数 (2) (2023/08/10 ~ 2023/08/30).

Fig. 35 Observed strain and tilt data and detected number of low-frequency earthquakes in the Kii Peninsula and Tokai region from August 10 to 30, 2023 (2).

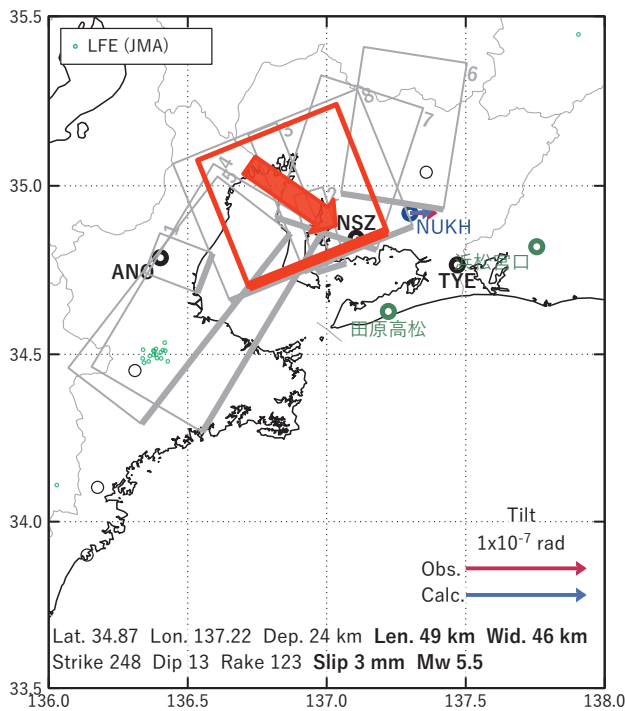
[A] 2023/08/23PM-25AM

(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

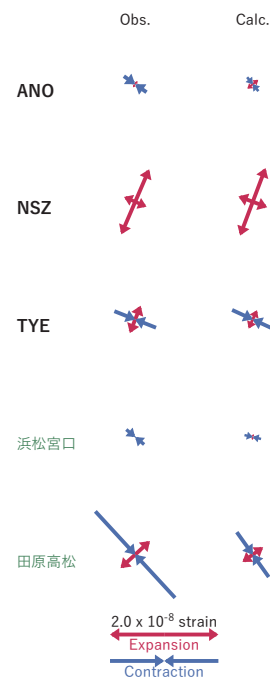


- 産総研の観測点
- 防災科研の観測点
- 気象庁・静岡県の観測点

(b1) 推定した断層モデル

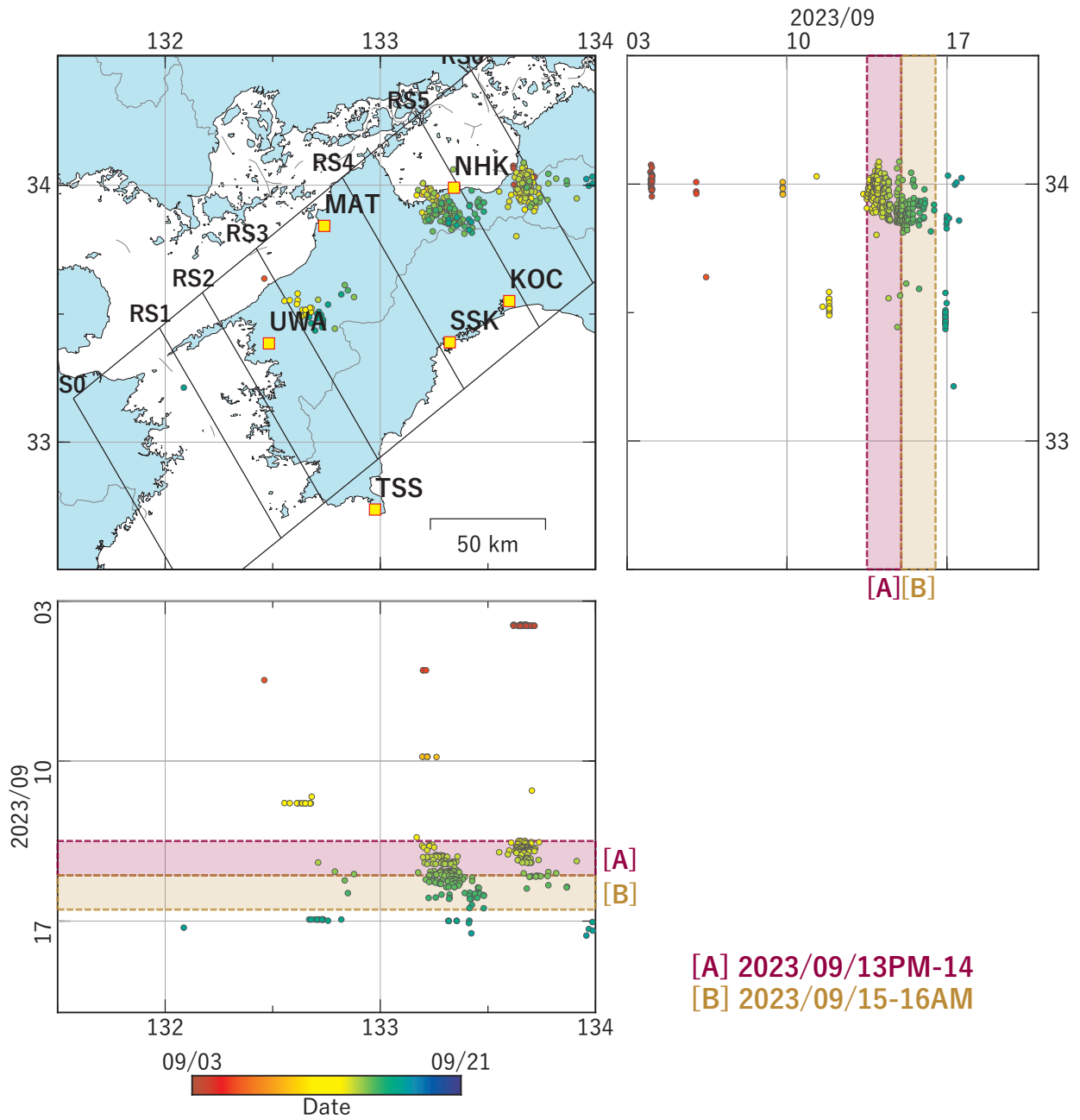


(b2) 主歪

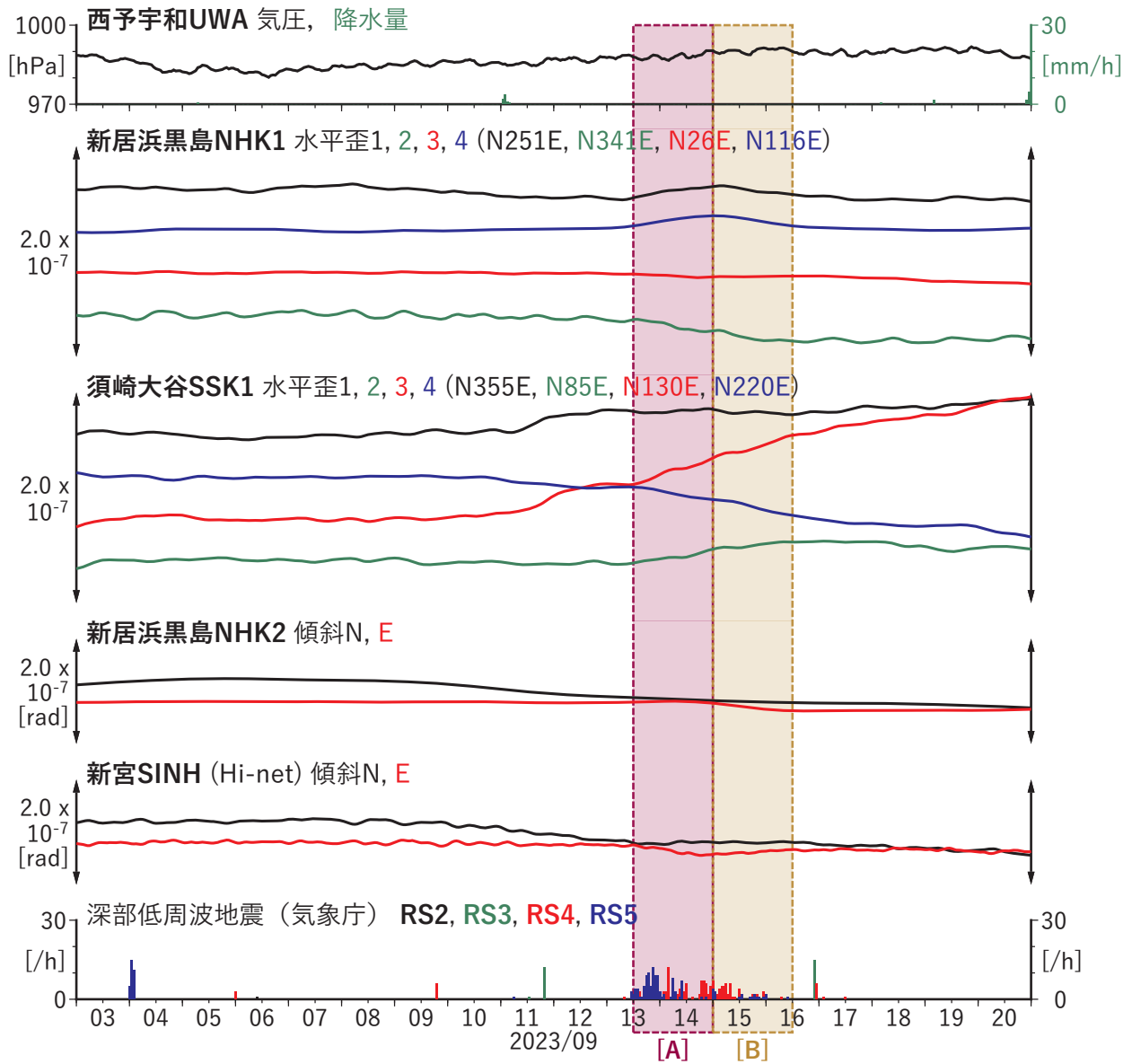


第 36 図 第 34, 35 図 [A] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 3 図を参照.

Fig. 36 Inferred fault models for Fig. 34, 35[A]. See also the caption of Fig. 3.



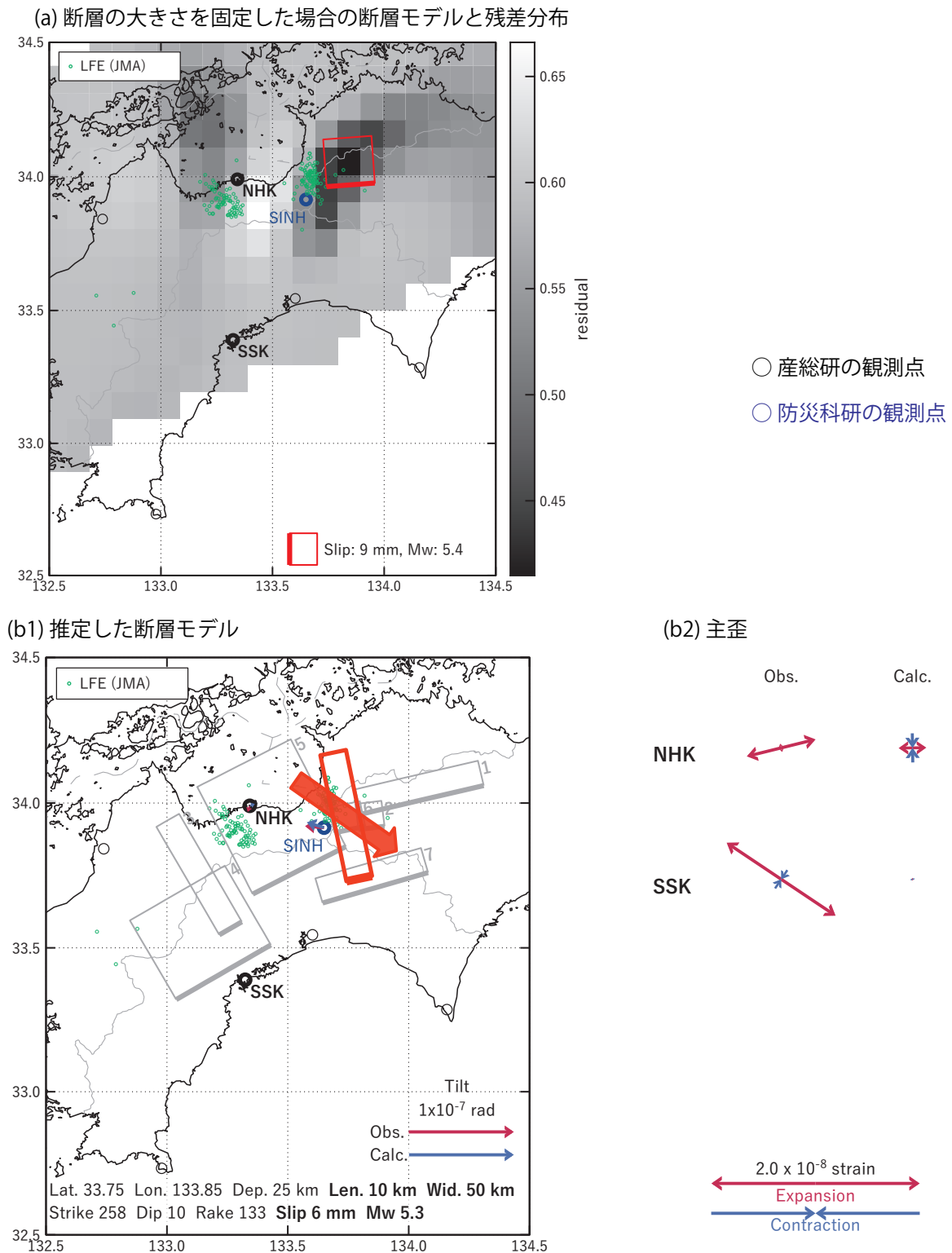
第 37 図 四国地方における低周波地震（気象庁一元化カタログによる）の時空間分布（2023/09/03 ～ 2023/09/20）.
 Fig. 37 Space-time distribution of low-frequency earthquakes by JMA unified hypocenter catalog in the Shikoku region from September 3 to 20, 2023.



第 38 図 四国地方における歪・傾斜の観測結果と低周波地震の検出数 (2023/09/03 ~ 2023/09/20).

Fig. 38 Observed strain and tilt data and detected number of low-frequency earthquakes in the Shikoku region from September 3 to 20, 2023.

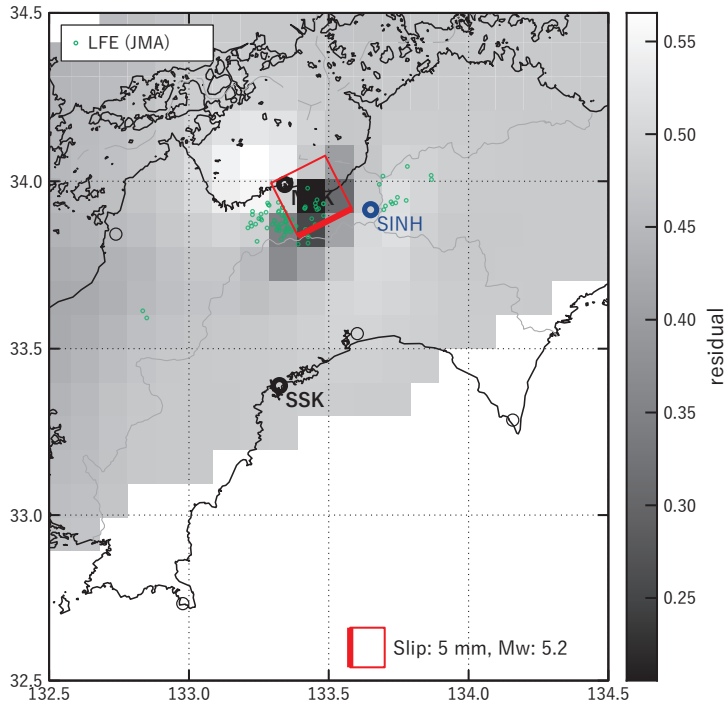
[A] 2023/09/13PM-14



第 39 図 第 38 図 [A] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 3 図を参照.
 Fig. 39 Inferred fault models for Fig. 38[A]. See also the caption of Fig. 3.

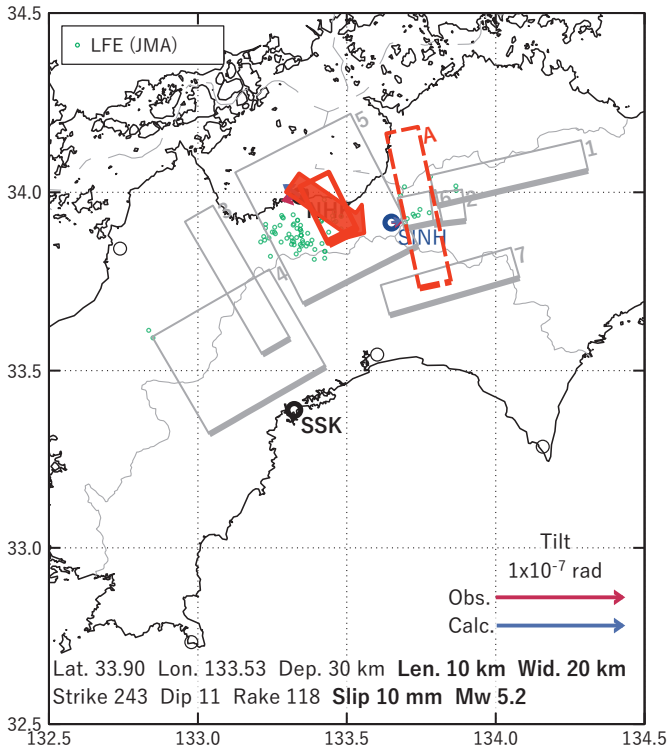
[B] 2023/09/15-16AM

(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

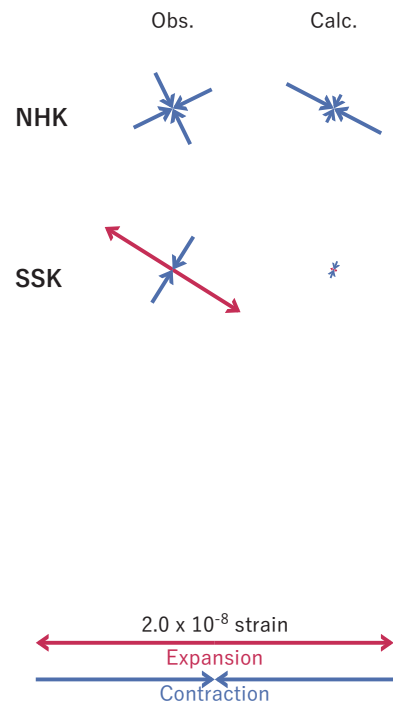


○ 産総研の観測点
○ 防災科研の観測点

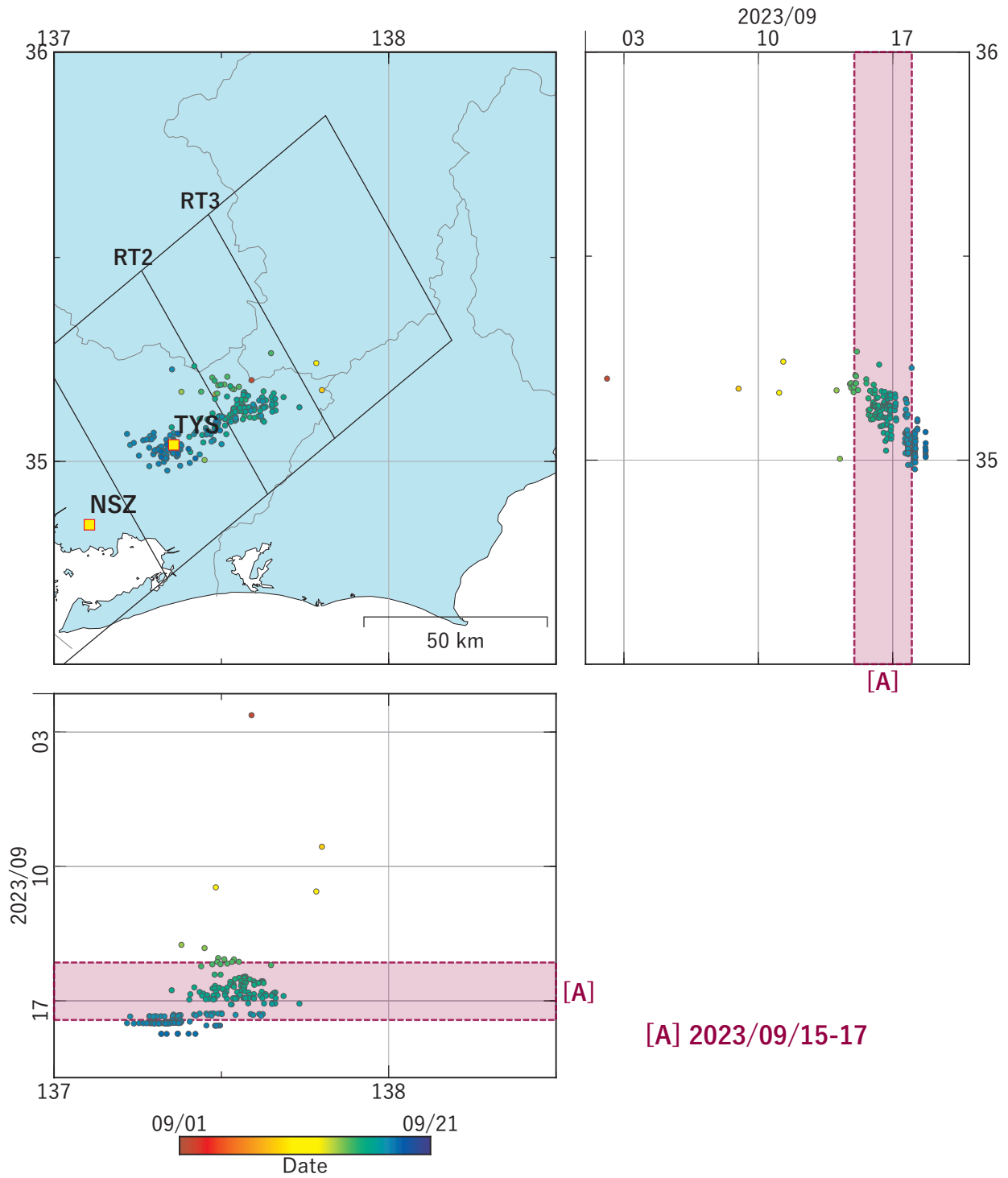
(b1) 推定した断層モデル



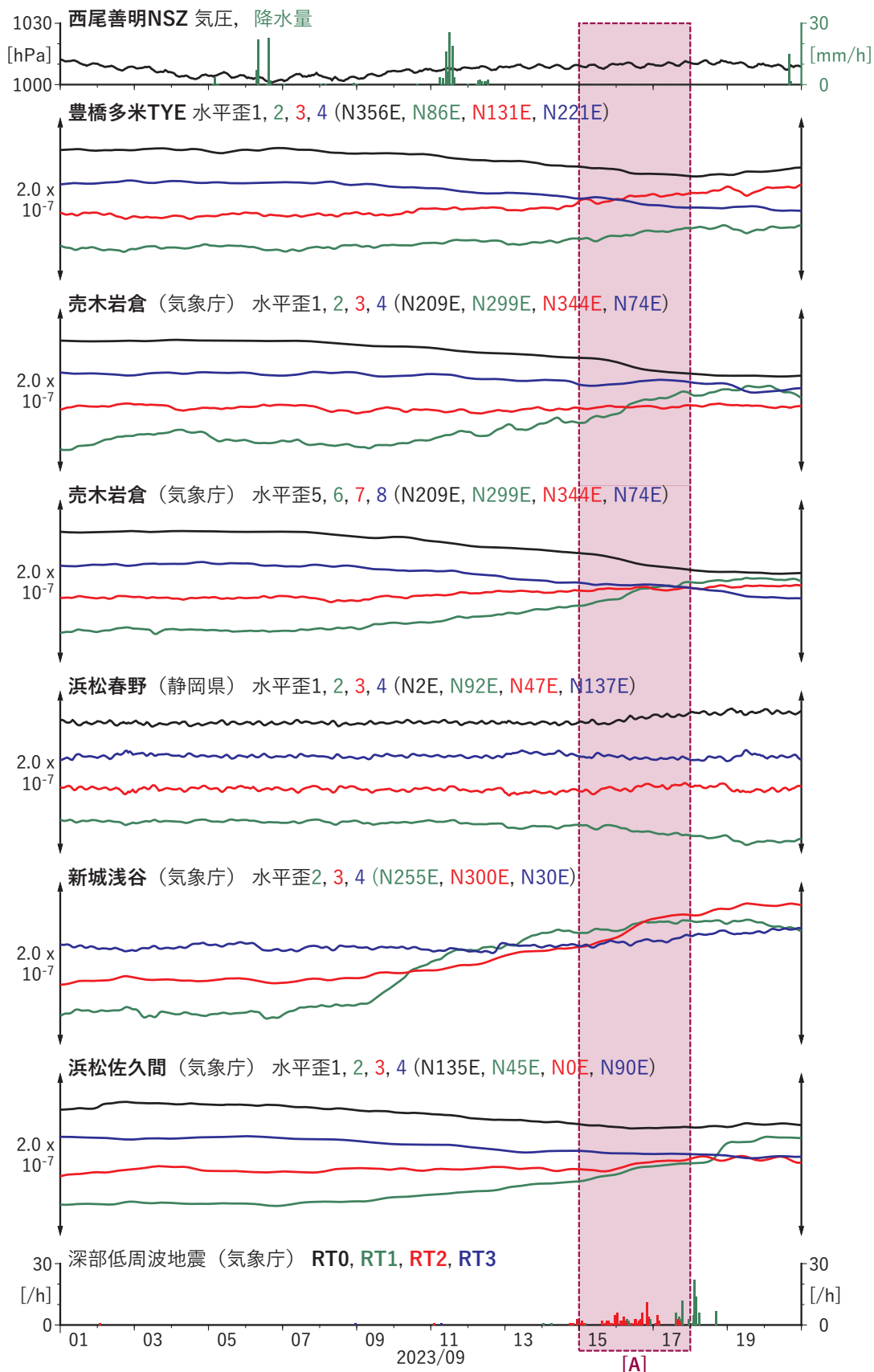
(b2) 主歪



第 40 図 第 38 図 [B] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 3 図を参照.
Fig. 40 Inferred fault models for Fig. 38[B]. See also the caption of Fig. 3.



第 41 図 東海地方における低周波地震（気象庁一元化カタログによる）の時空間分布（2023/09/01 ～ 2023/09/20）.
 Fig. 41 Space-time distribution of low-frequency earthquakes by JMA unified hypocenter catalog in the Tokai region from September 1 to 20, 2023.

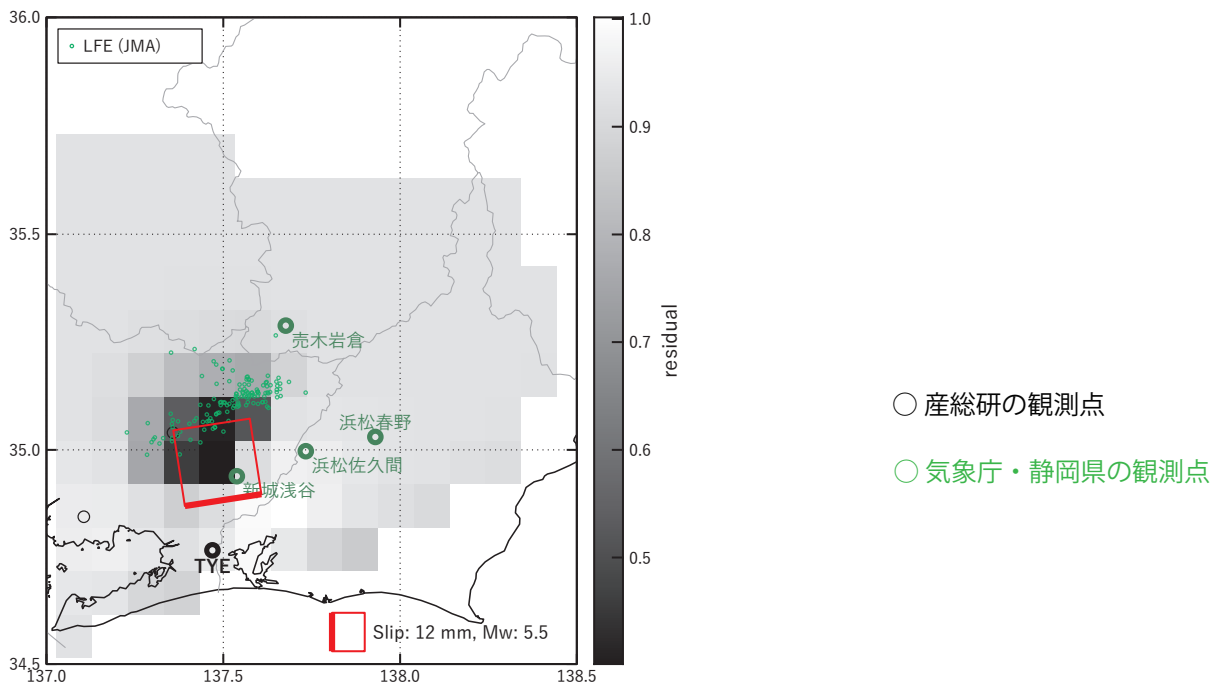


第 42 図 東海地方における歪・傾斜の観測結果と低周波地震の検出数 (2023/09/01 ~ 2023/09/20)。

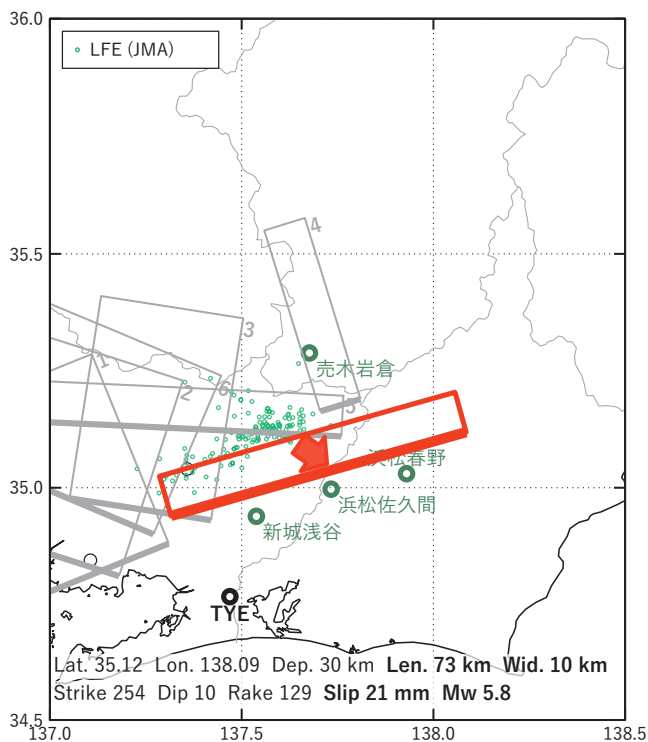
Fig. 42 Observed strain and tilt data and detected number of low-frequency earthquakes in the Tokai region from September 1 to 20, 2023.

[A] 2023/09/15-17

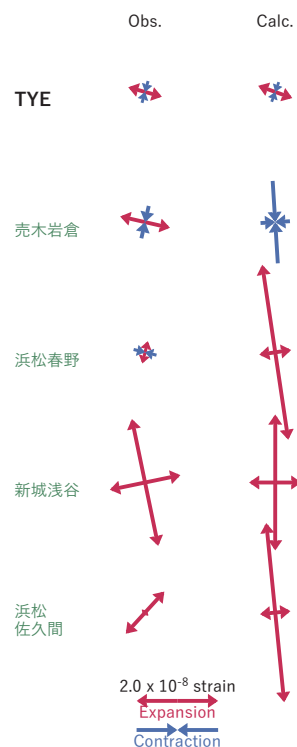
(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布



(b1) 推定した断層モデル

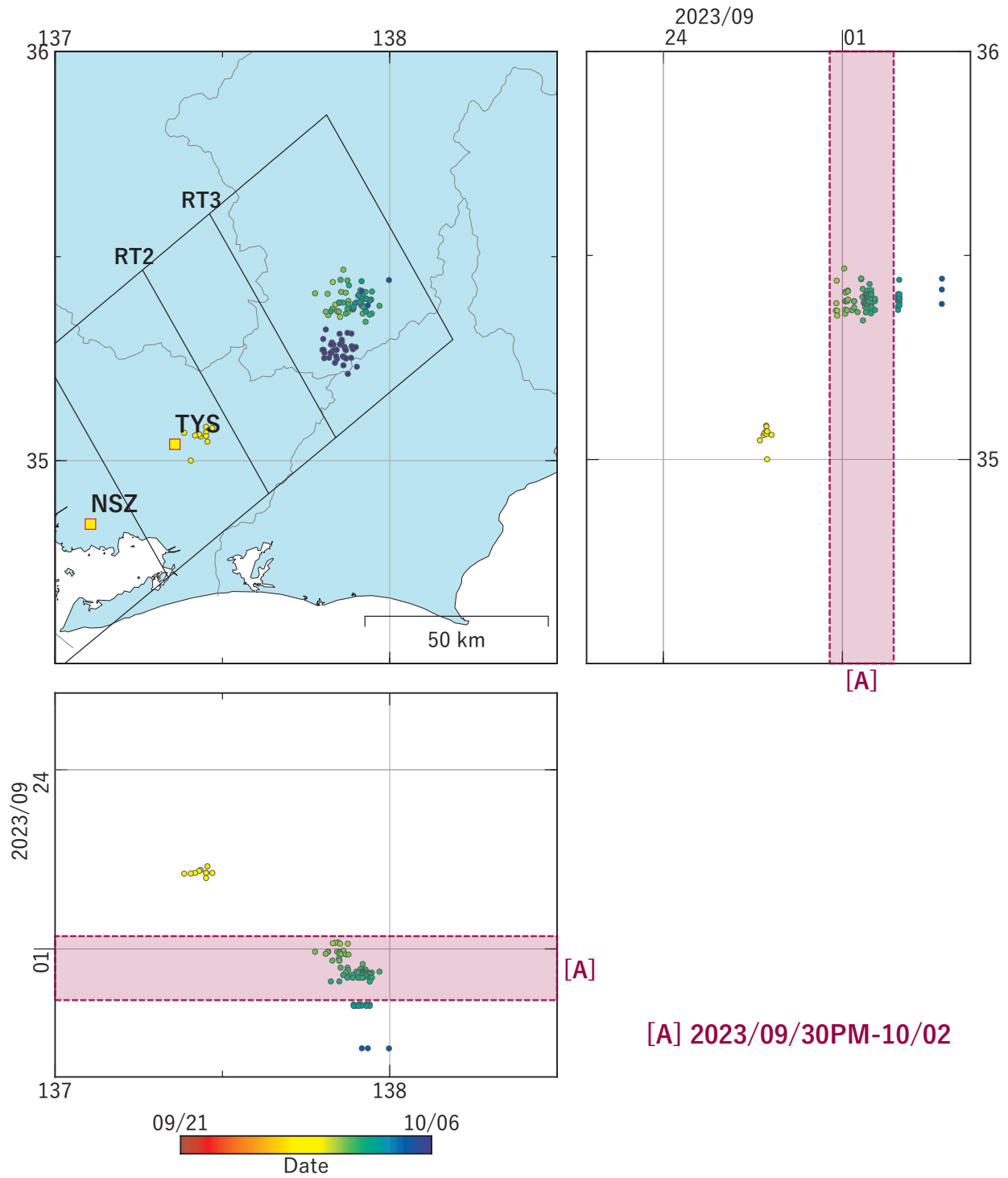


(b2) 主歪

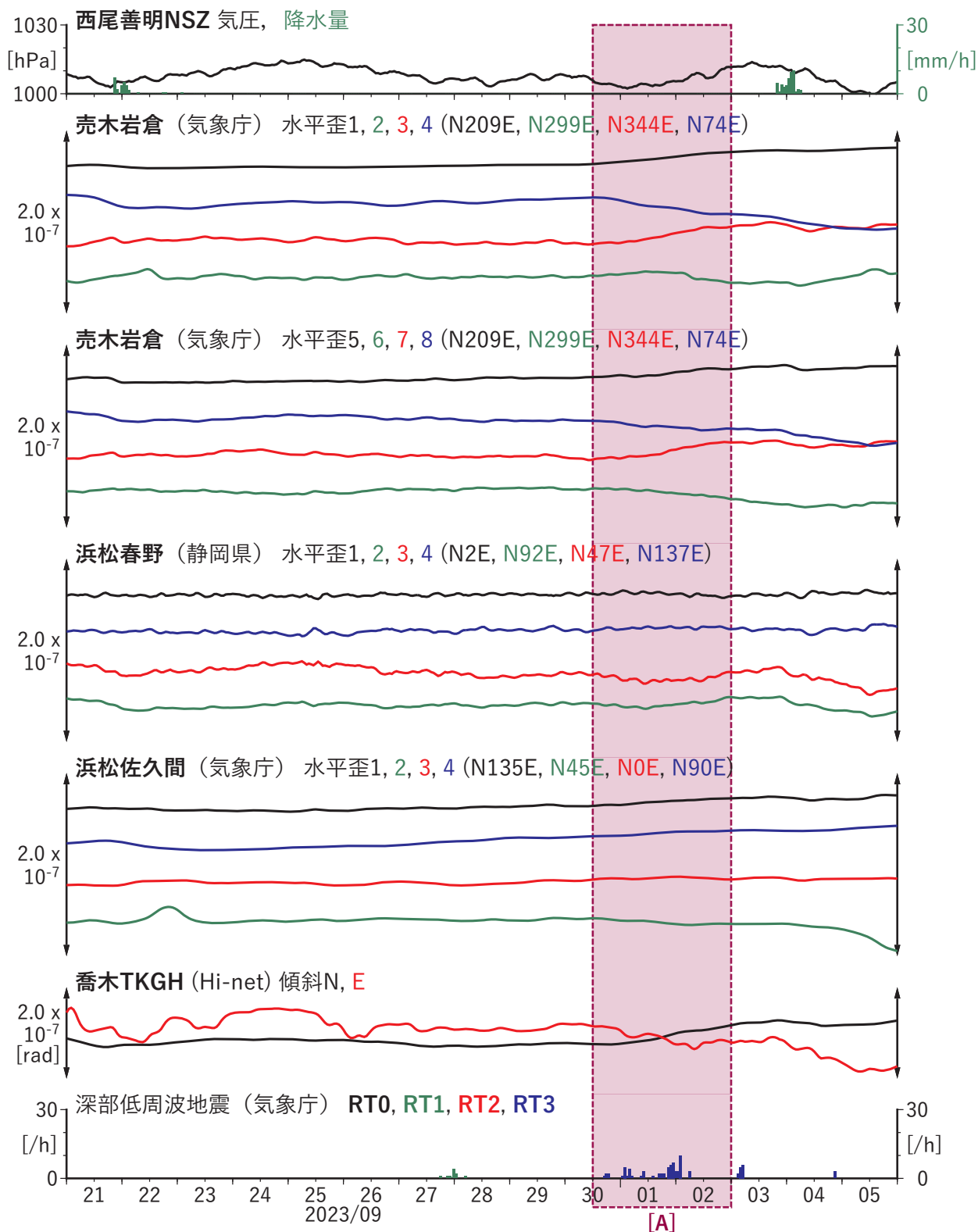


第 43 図 第 42 図 [A] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 3 図を参照.

Fig. 43 Inferred fault models for Fig. 42[A]. See also the caption of Fig. 3.



第 44 図 東海地方における低周波地震（気象庁一元化カタログによる）の時空間分布（2023/09/21 ~ 2023/10/05）.
 Fig. 44 Space-time distribution of low-frequency earthquakes by JMA unified hypocenter catalog in the Tokai region from September 21 to October 5, 2023.

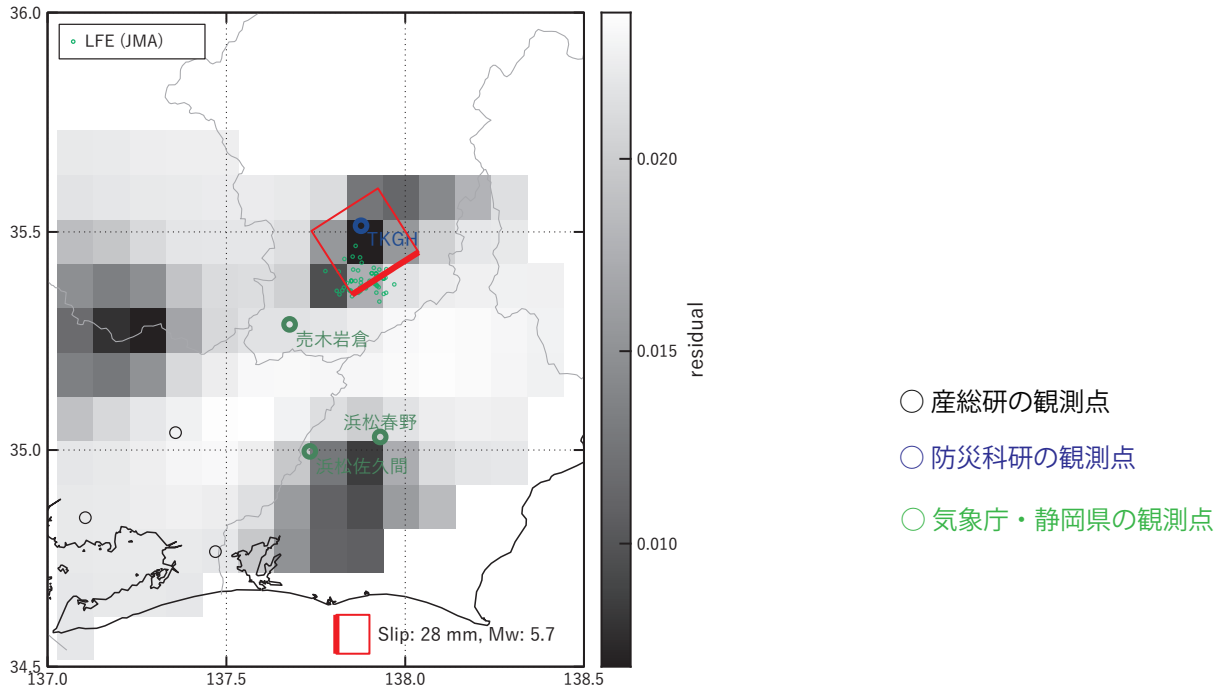


第 45 図 東海地方における歪・傾斜の観測結果と低周波地震の検出数 (2023/09/21 ~ 2023/10/05).

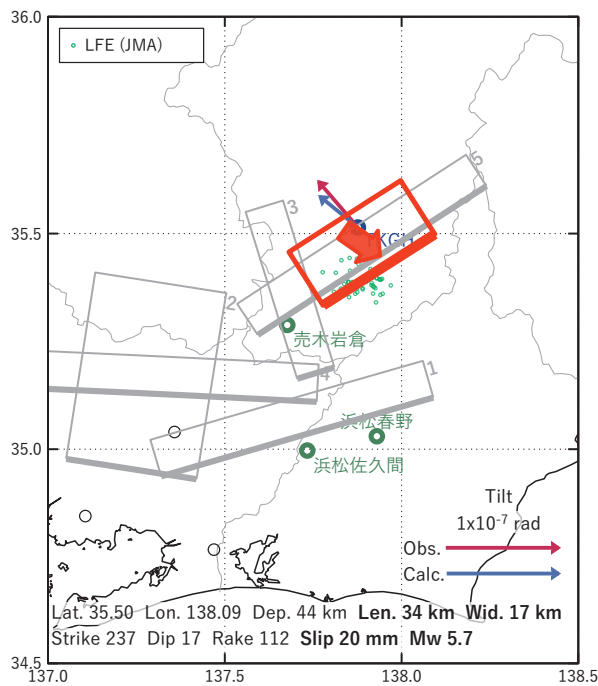
Fig. 45 Observed strain and tilt data and detected number of low-frequency earthquakes in the Tokai region from September 21 to October 5, 2023.

[A] 2023/09/30PM-10/02

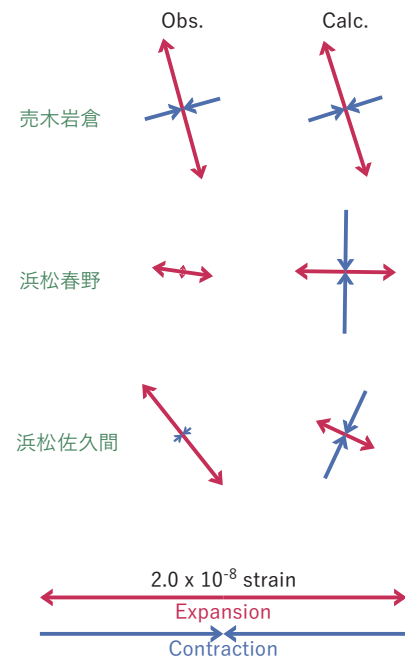
(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布



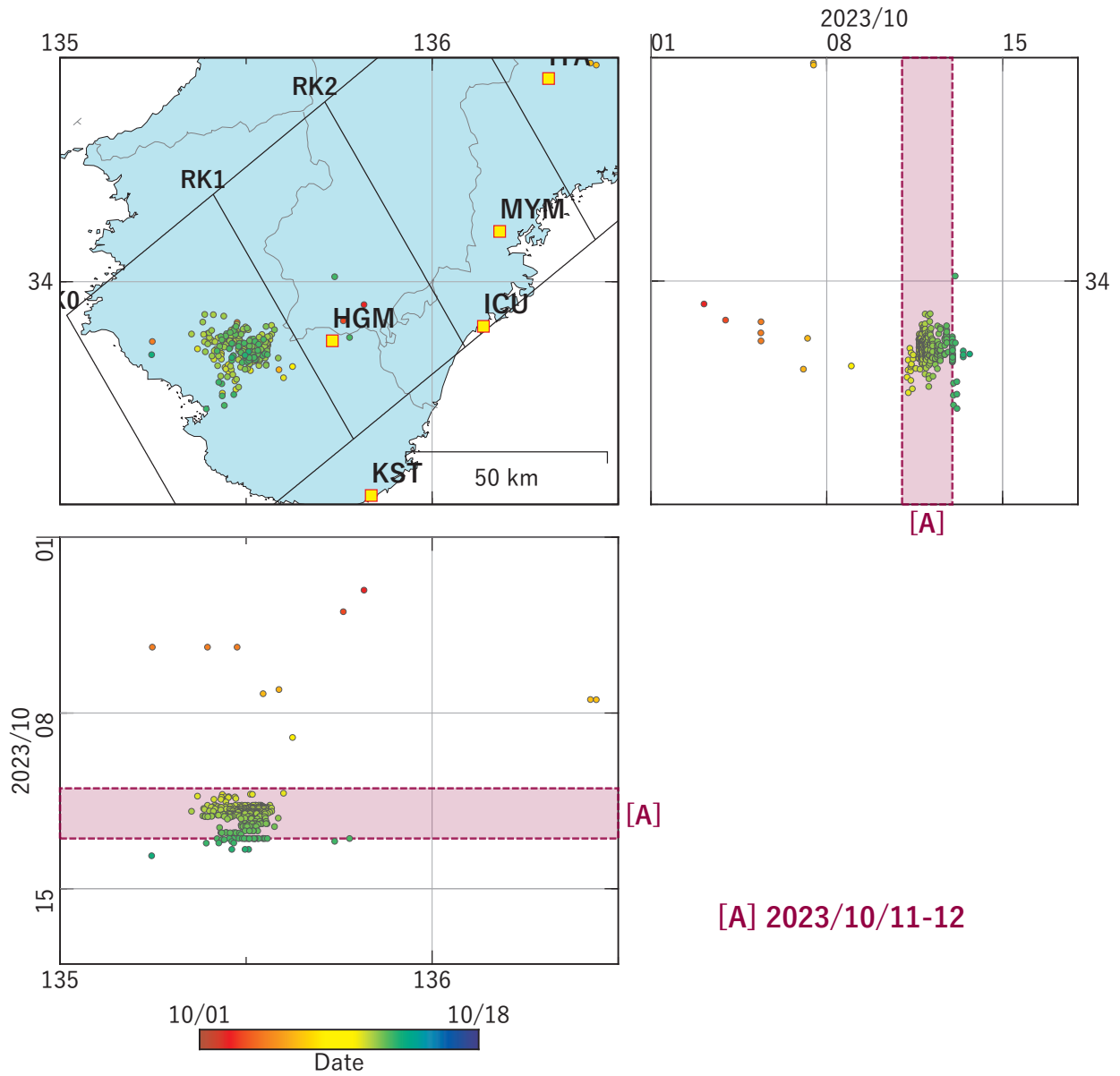
(b1) 推定した断層モデル



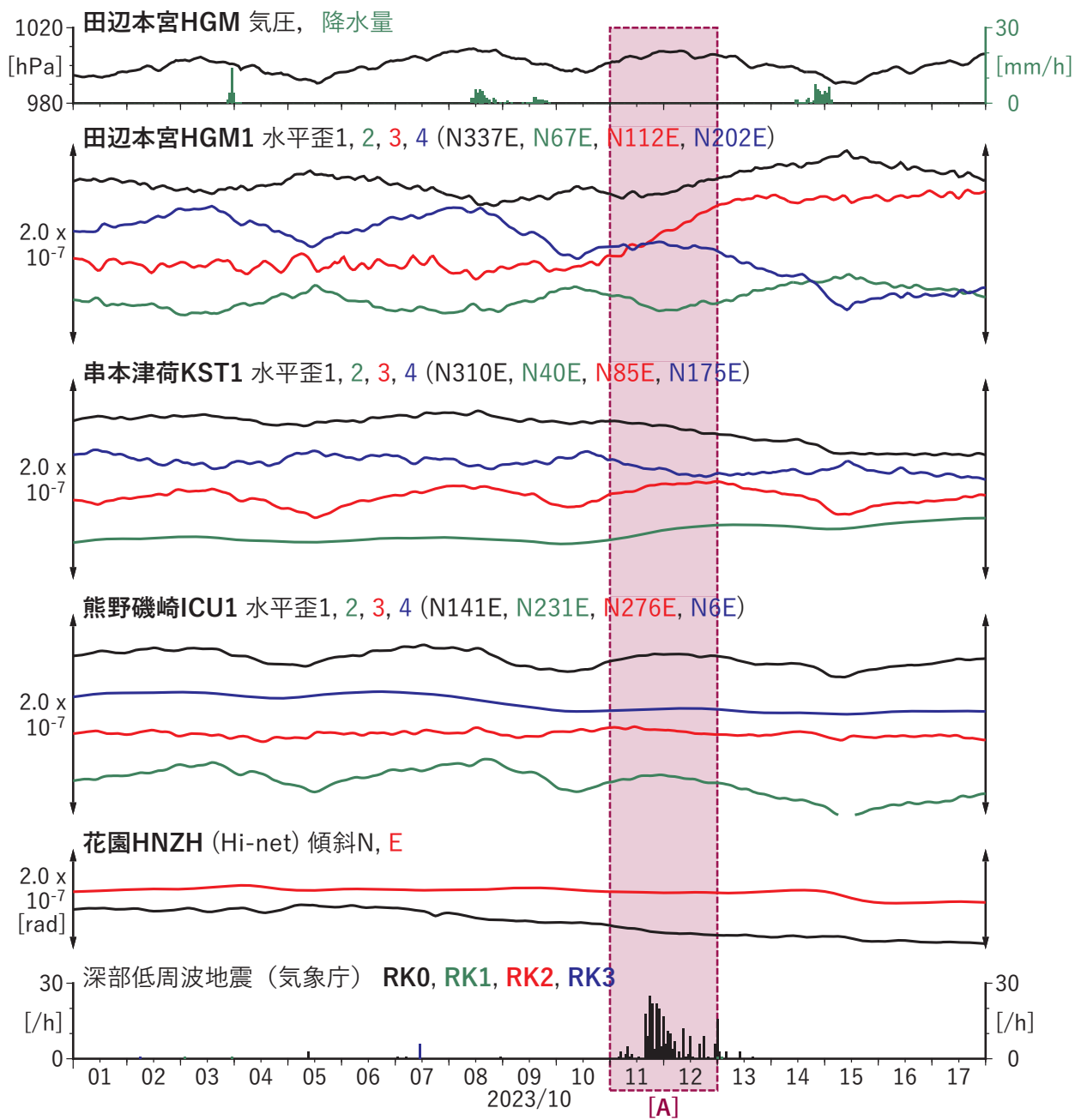
(b2) 主歪



第 46 図 第 45 図 [A] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 3 図を参照.
Fig. 46 Inferred fault models for Fig. 45[A]. See also the caption of Fig. 3.



第 47 図 紀伊半島における低周波地震（気象庁一元化カタログによる）の時空間分布（2023/10/01 ～ 2023/10/17）.
 Fig. 47 Space-time distribution of low-frequency earthquakes by JMA unified hypocenter catalog in the Kii Peninsula from October 1 to 17, 2023.

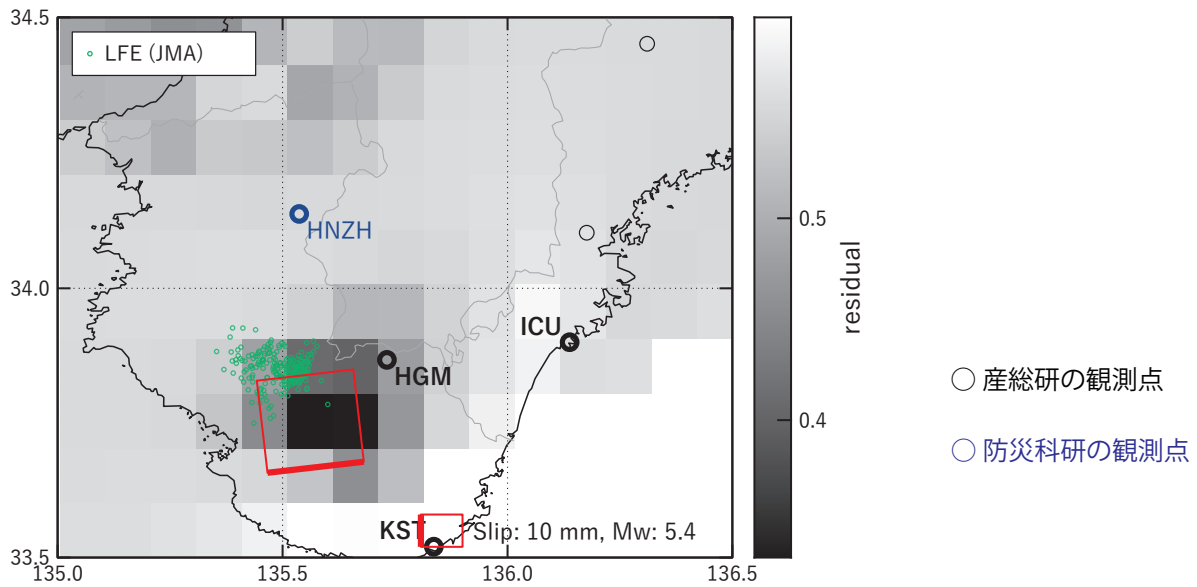


第 48 図 紀伊半島における歪・傾斜の観測結果と低周波地震の検出数 (2023/10/01 ~ 2023/10/17).

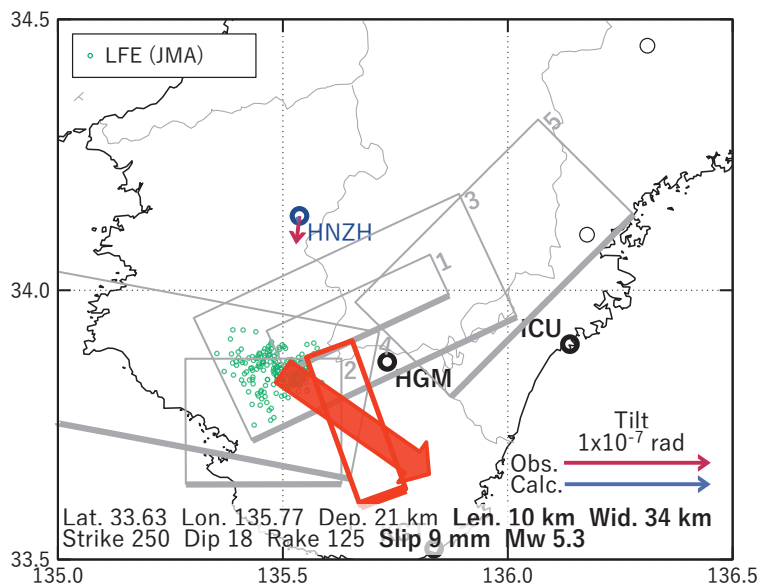
Fig. 48 Observed strain and tilt data and detected number of low-frequency earthquakes in the Kii Peninsula region from October 1 to 17, 2023.

[A] 2023/10/11-12

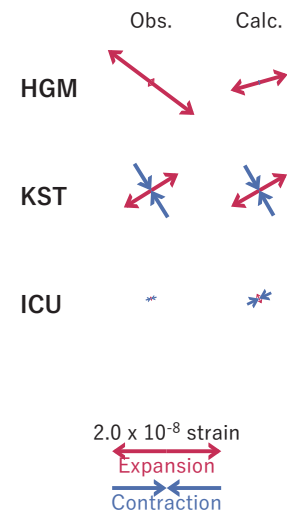
(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布



(b1) 推定した断層モデル

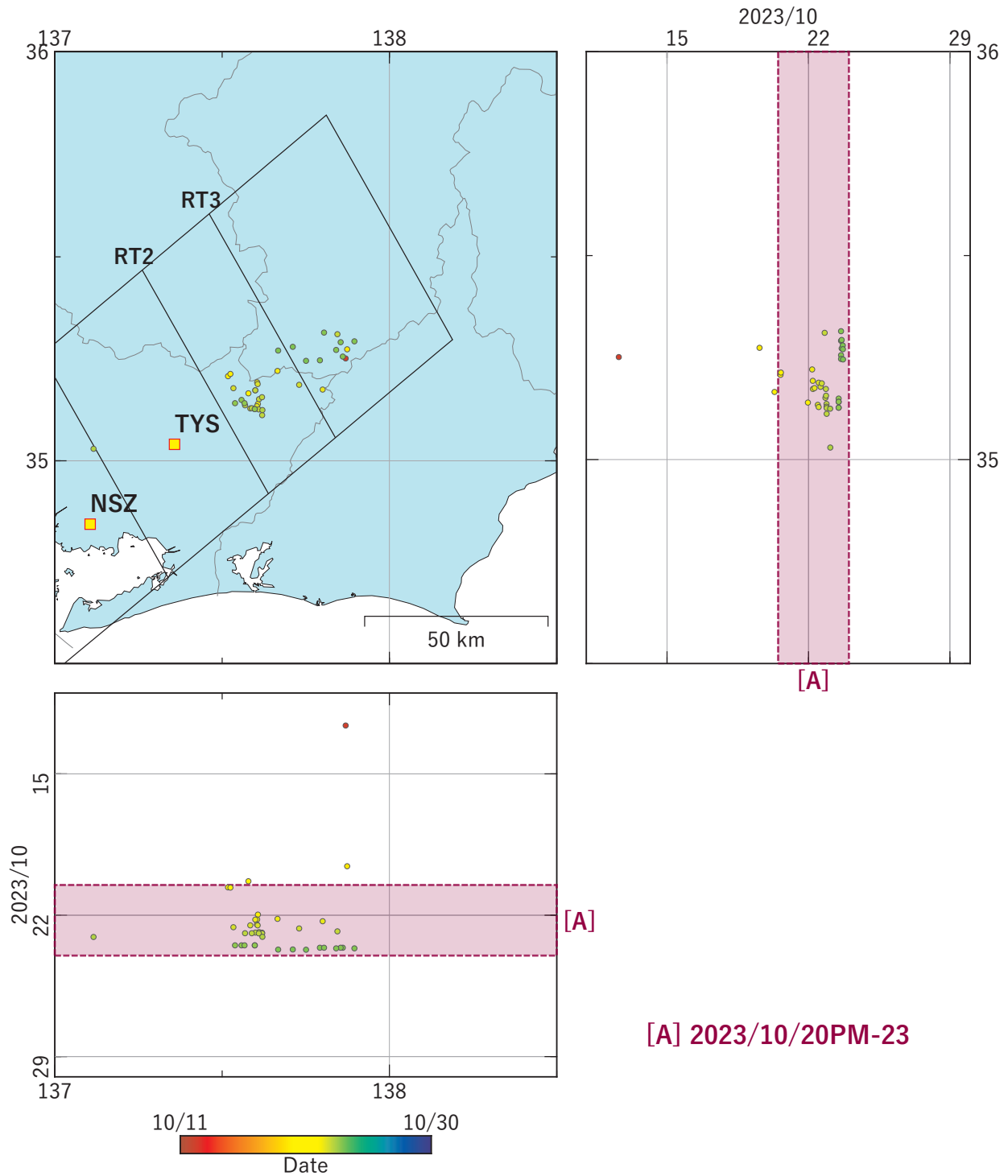


(b2) 主歪

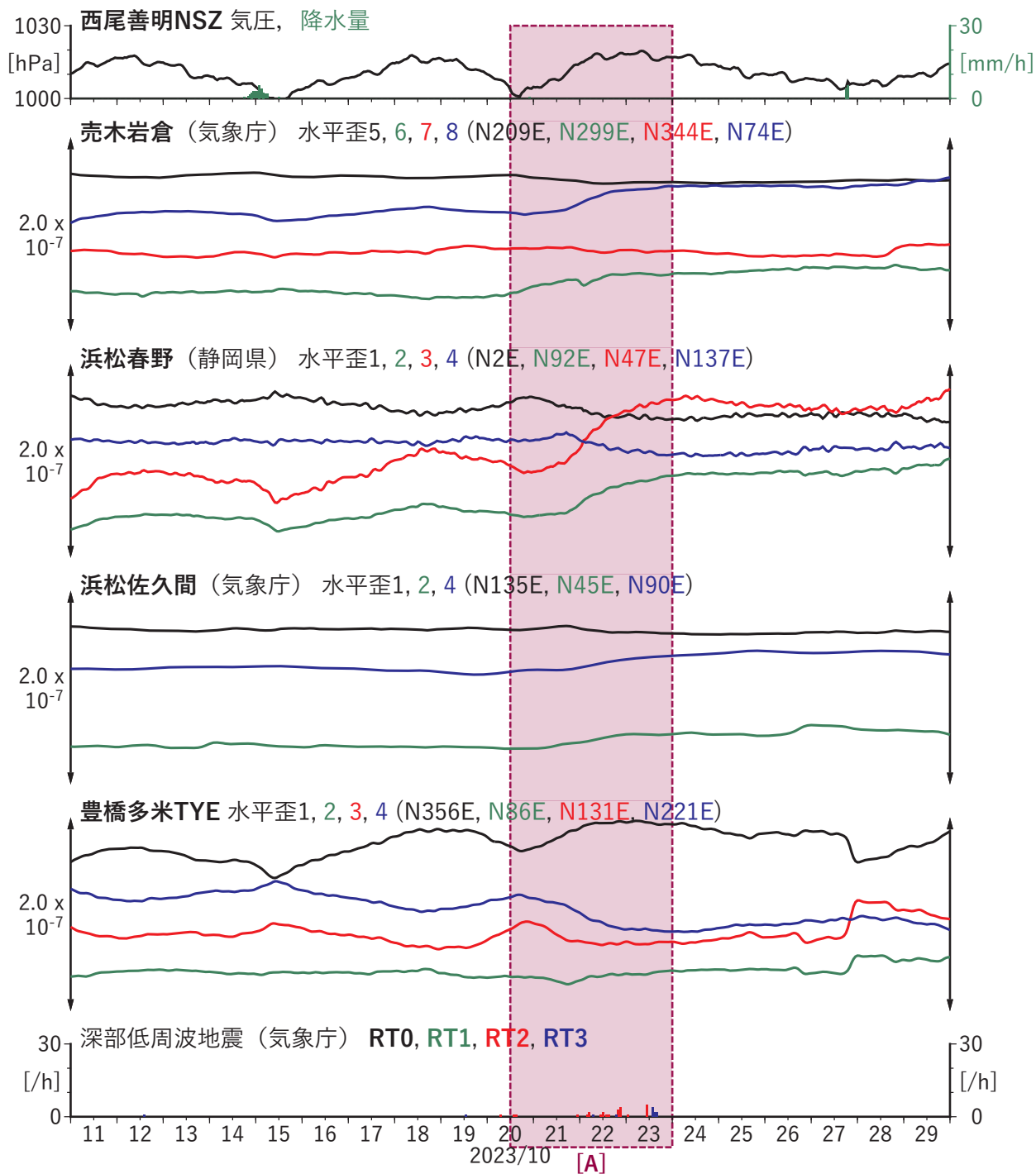


第 49 図 第 48 図 [A] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 3 図を参照.

Fig. 49 Inferred fault models for Fig. 48[A]. See also the caption of Fig. 3.



第 50 図 東海地方における低周波地震（気象庁一元化カタログによる）の時空間分布（2023/10/11 ~ 2023/10/29）.
 Fig. 50 Space-time distribution of low-frequency earthquakes by JMA unified hypocenter catalog in the Tokai region from October 11 to October 29, 2023.

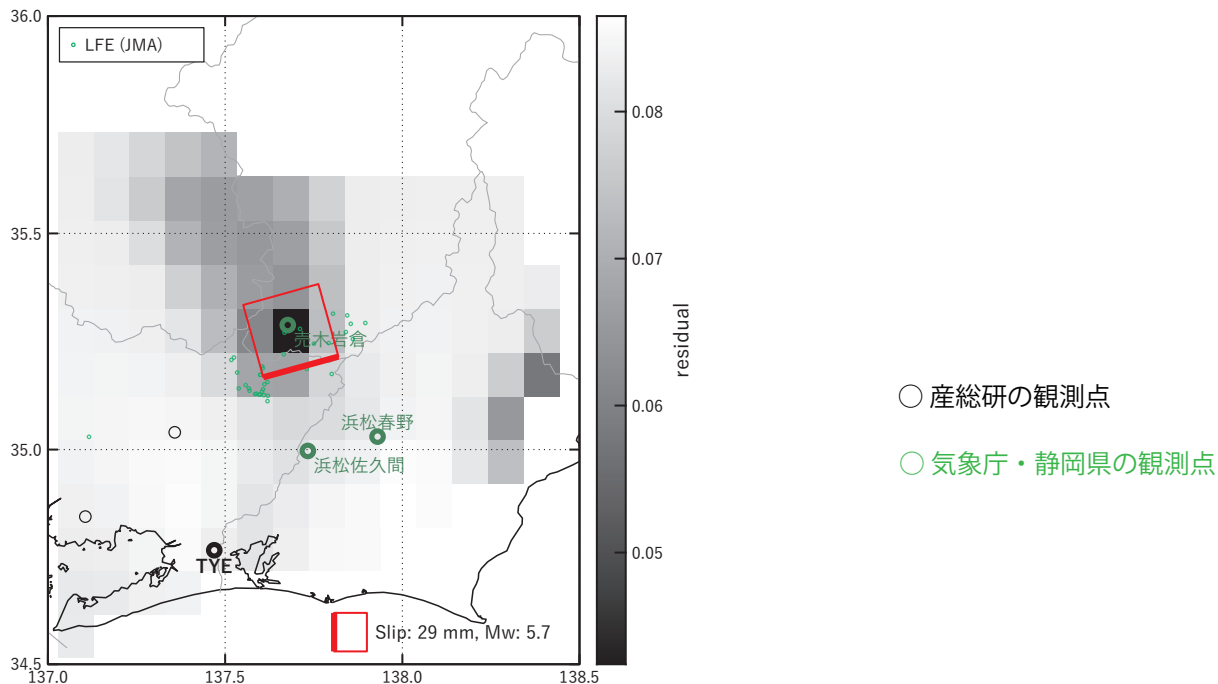


第 51 図 東海地方における歪の観測結果と低周波地震の検出数 (2023/10/11 ~ 2023/10/29).

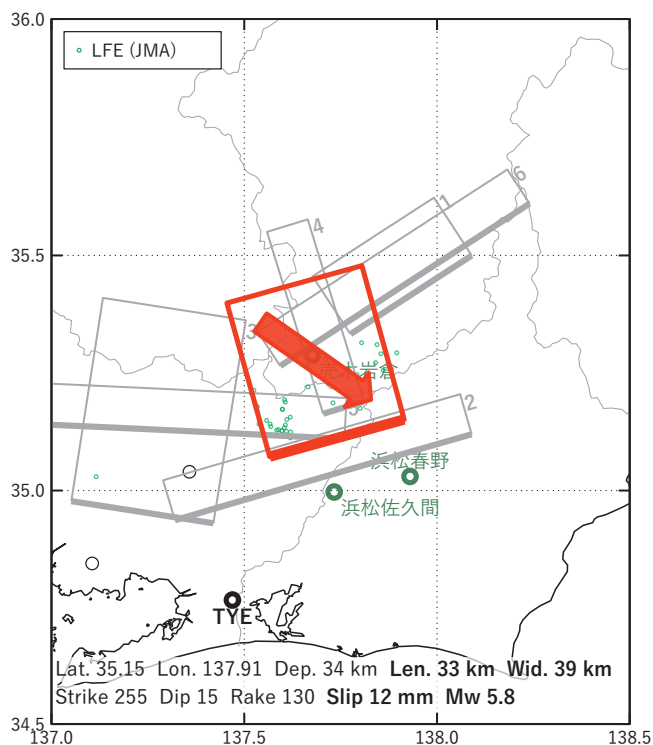
Fig. 51 Observed strain data and detected number of low-frequency earthquakes in the Tokai region from October 11 to 29, 2023.

[A] 2023/10/20PM-23

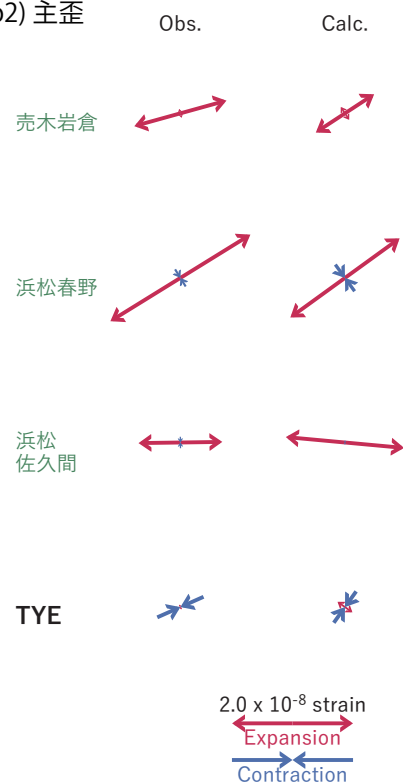
(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布



(b1) 推定した断層モデル



(b2) 主歪



第 52 図 第 51 図 [A] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 3 図を参照.

Fig. 52 Inferred fault models for Fig. 51[A]. See also the caption of Fig. 3.