

9-2 中国・四国地方の地殻変動

Crustal Deformations in the Chugoku and Shikoku Districts

国土地理院

Geospatial Information Authority of Japan

[四国西部の深部低周波微動と同期したスロースリップ]

第 1 図は、2021 年 1 月に四国西部で発生した深部低周波地震（微動）に同期して発生した短期的 SSE に関する資料である。

第 1 図上段の左図は、2021 年 1 月 14 日～30 日の GNSS データから時間依存インバージョンでプレート境界面上のすべり分布を推定した結果である。年周・半年周成分を 2017 年 1 月～2021 年 1 月で推定、一次トレンドは 2017 年 1 月 1 日～2018 年 1 月 1 日の期間を定常変動と仮定して推定し、推定された一次トレンド・年周・半年周成分を除去して得られた非定常的な地殻変動を用いた。四国西部の低周波地震の発生領域ですべりが推定されている。すべり量の最大は約 20mm と推定され、モーメントマグニチュードは 6.2 と求まった。図に示された黒色のグリッドは、推定されたすべり量が標準偏差の 3 倍を超えており、推定すべりが有意と判断されるグリッドである。右図は、グリッド位置が実線で囲まれた領域のモーメントの時間変化である。すべりのモーメントの解放はほぼ 1 月 14 日～24 日の期間に行われていることが分かる。中段の左図は 1 月 14 日～20 日の期間、右図は 1 月 20 日～24 日の期間で推定されたすべりの分布を示し、それぞれにおいて低周波地震の発生領域ですべりが推定されている。すべり量の最大はそれぞれ約 9 mm、約 8 mm と推定され、モーメントマグニチュードはいずれも 5.9 と求まった。すべり域がこれら 2 期間においてやや東側に移動したと推定された。下段の図は、両期間を合わせた期間について、左が非定常的な地殻変動、右が推定すべりから計算した地殻変動を示している。地殻変動量が小さいため、ばらつきが相対的に大きいのが、観測値をよく説明できていることが分かる。

[四国中部の非定常水平地殻変動（長期的 SSE）]

第 2～7 図は、2019 年春頃から四国中部で見られている非定常的な地殻変動に関する資料である。

第 2 図は、一次トレンド・年周・半年周成分除去後の非定常地殻変動ベクトル図である。2017 年 1 月 1 日～2018 年 1 月 1 日の期間を定常変動とし、一次トレンド、年周、半年周成分を推定した。固定局は京都府の網野観測点である。2017 年 12 月 29 日～2018 年 1 月 4 日に対する 2021 年 4 月 18 日～24 日の約 3 年 4 か月の期間での非定常的な地殻変動を示している。四国中部に南東向きに最大 1 cm 程度の僅かな変動が見られる。

第 3～4 図は、第 2 図の図中に示した 8 観測点の非定常地殻変動 3 成分の時系列グラフである。同様に一次トレンド・年周・半年周成分を除去している。(1)～(8)のいずれの観測点でも 2019 年春頃から南東向きの変動が見られる。

第 5～7 図は、非定常的な地殻変動を基に、時間依存インバージョンでプレート境界面上のすべり分布を推定した結果に関する資料である。この解析では、年周・半年周成分を 2017 年 1 月～2021 年 4 月で推定、一次トレンドは 2017 年 1 月 1 日～2018 年 1 月 1 日の期間を定常変動と仮定し

て推定している。すべりの推定では、すべり方向をプレートの沈み込み方向と平行な方向に拘束している。

第 5 図(a)は、2019 年 1 月 1 日～2021 年 4 月 8 日の期間で推定されたすべり分布を示している。同時期に発生している紀伊水道の長期的 SSE、豊後水道の長期的 SSE、四国西部の短期的 SSE によるすべりとあわせ、四国中部にすべりが推定された。推定されたすべりの最大値は 13cm、モーメントマグニチュードは 6.2 と求まった。なお、すべりの最大値の地震予知連絡会会報第 105 巻との差には、GEONET の解として F3/R3 解から F5/R5 解への変更等、解析条件の違いによる影響が含まれる。

第 5 図(b)は、観測値と計算値との比較である。観測値をよく説明できていることが分かる。

第 6 図は、四国中部地域の観測点における観測値と計算値の時間変化を示した図である。2019 年春頃から見られる東向きの変動がよく説明できていることが分かる。

第 7 図は、四国中部に位置するグリッドのすべりの時間変化を示した図である。2019 年春頃からすべりが見られる。最近では概ね停滞しているが、一部のグリッド（371）では現在も継続しているように見える。

[室戸岬周辺 電子基準点の上下変動]

第 8～9 図は、室戸岬周辺の電子基準点間の比高変化について、水準測量の結果と GNSS 連続観測結果とを比較したものである。両者はほぼ同様の傾向を示しており、最新のデータは室戸岬周辺が沈降する長期的な傾向に沿っている。各図の左下に長期間の変動グラフを示す。室戸岬先端側の沈降が長期的に継続しており、灰色でプロットした GNSS 連続観測の最近の結果も整合している。

[水準測量]

第 10～13 図は、室戸岬周辺の水準測量結果である。

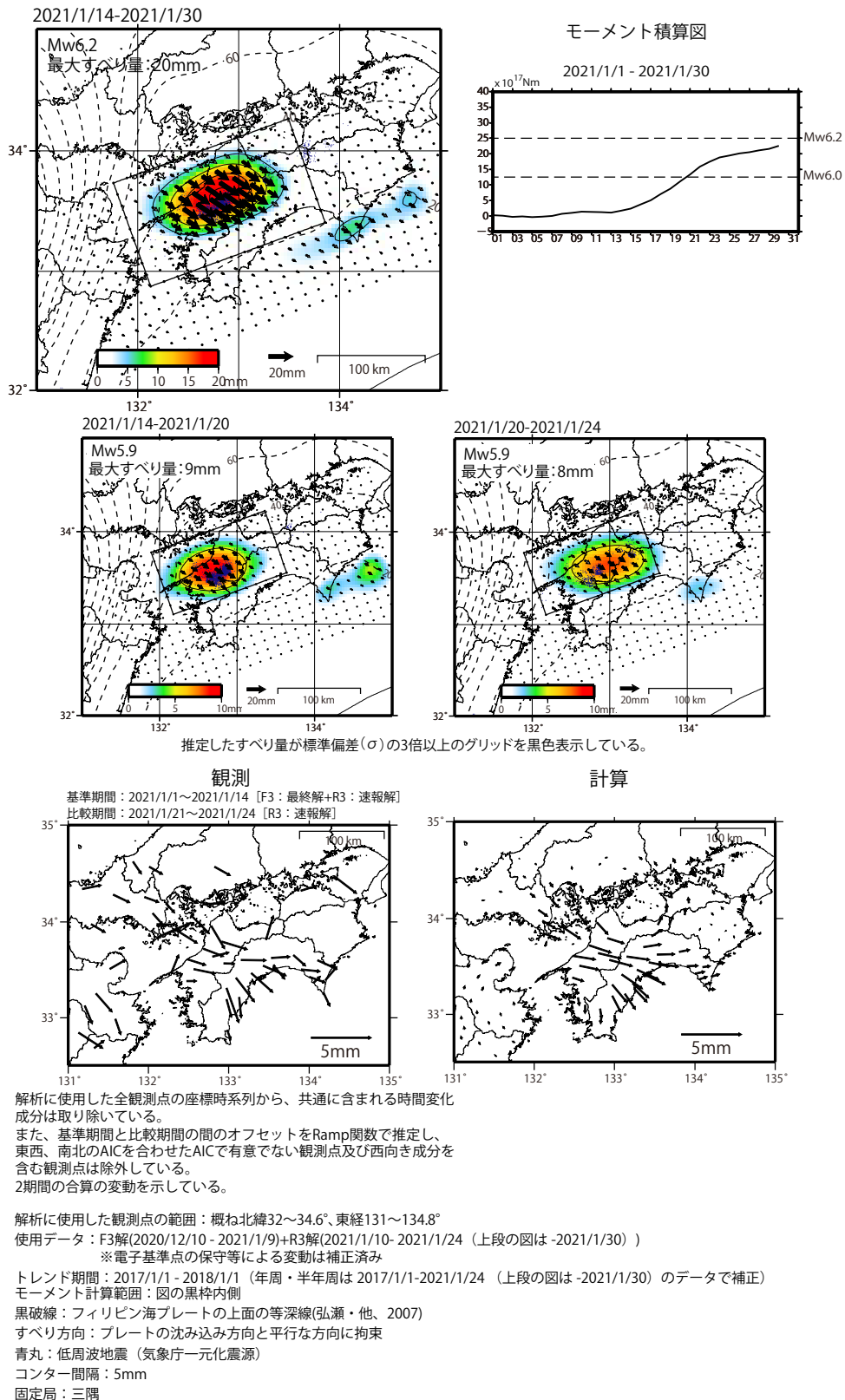
第 10 図は、徳島県美波町から東洋町を経由して室戸市に至る路線の水準測量結果である。東洋町に対する室戸岬側の長期的な沈降の傾向に変化は見られない。なお、電子基準点「東洋」(950441)は、隣接する水準点 5122 及び 5123 に対して常に沈降しており、局所的な変動の影響を受けている可能性がある。

第 11 図は、高知県香南市から室戸市に至る路線の水準測量結果である。室戸岬側の沈降の傾向に変化は見られない。

第 12～13 図は、水準測量による室戸地方の上下変動の経年変化である。第 12 図が東岸、第 13 図が西岸である。今回の測量結果は、長期的な室戸岬先端の沈降傾向の延長上にあるように見える。

第 14 図は、愛媛県松山市から今治市に至る路線の水準測量結果である。特段の変動は見られない。

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)



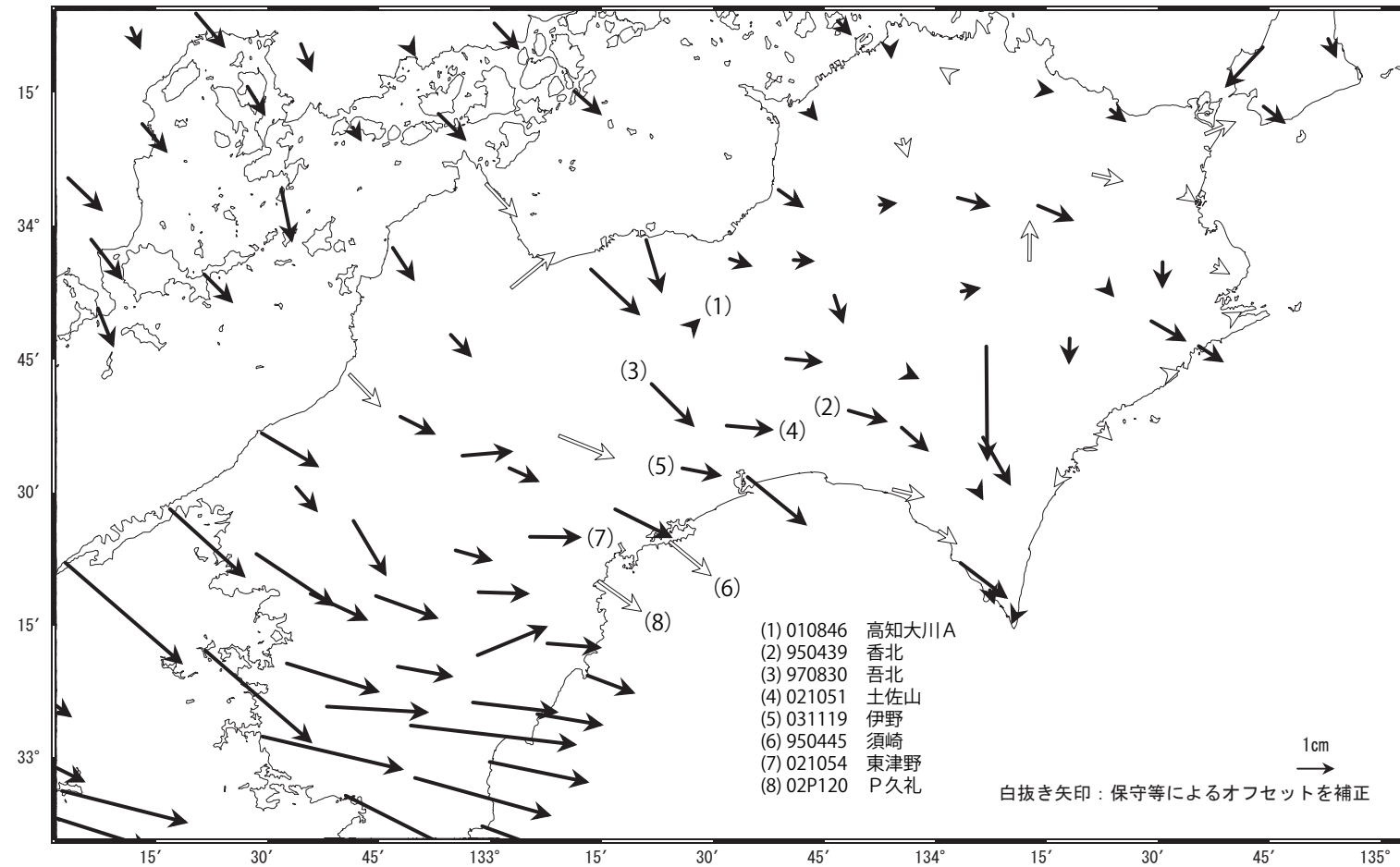
第1図 四国西部の深部低周波微動と同期したスロースリップ

Fig. 1 Estimated slip distribution on the plate interface beneath the western part of Shikoku.

四国中部の非定常水平地殻変動(1次トレンド・年周期・半年周期除去後)

基準期間:2017/12/29~2018/01/04[F5:最終解]
比較期間:2021/04/18~2021/04/24[R5:速報解]

計算期間:2017/01/01~2018/01/01



固定局:網野(960640)

第2図 四国中部の非定常水平地殻変動

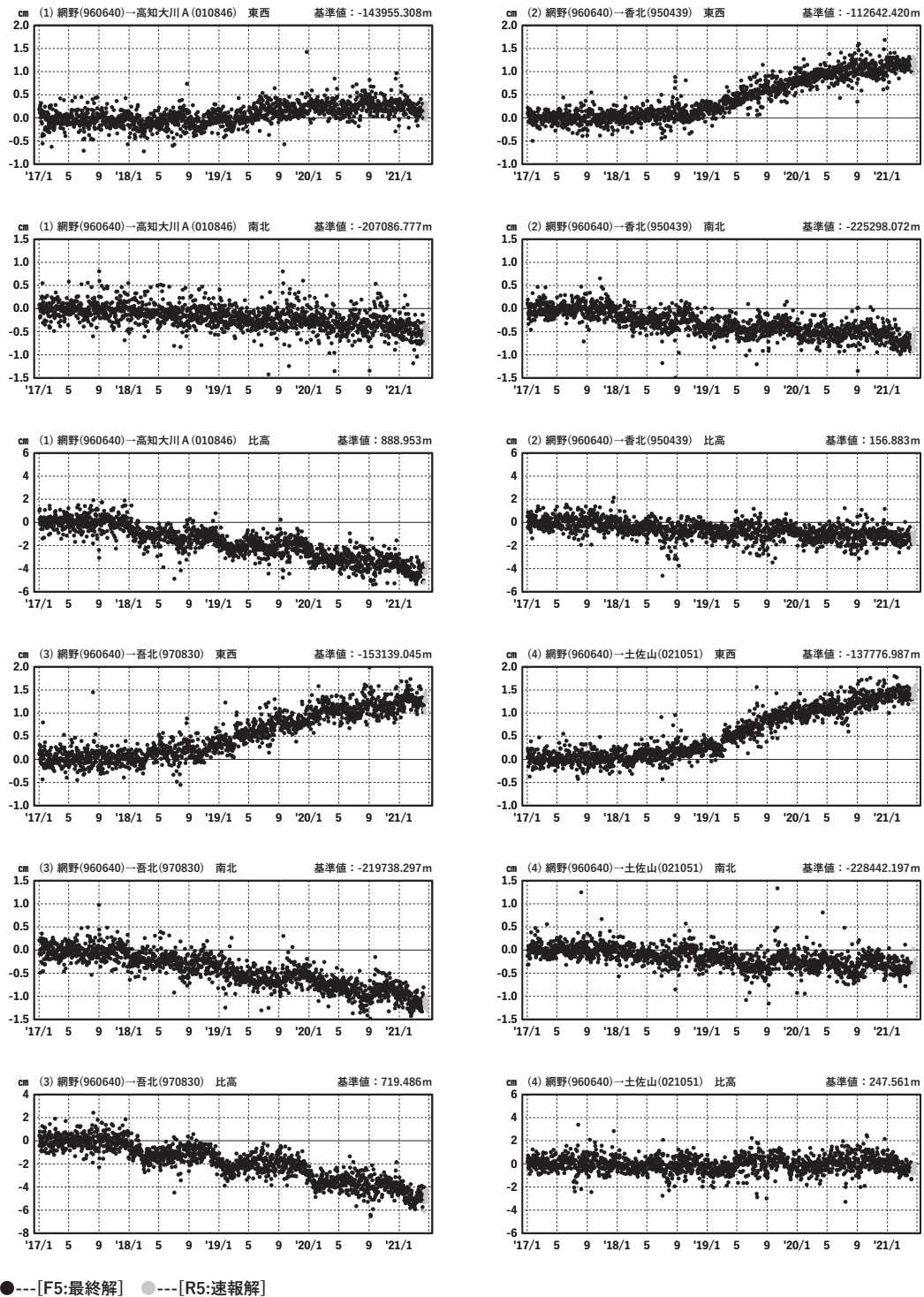
Fig. 2 Transient horizontal deformation in the central part of Shikoku.

四国中部 GNSS 連続観測時系列 (1)

1 次トレンド・年周成分・半年周成分除去後グラフ

期間: 2017/01/01~2021/4/25 JST

計算期間: 2017/01/01~2018/01/01



第 3 図 四国中部の GNSS 連続観測時系列

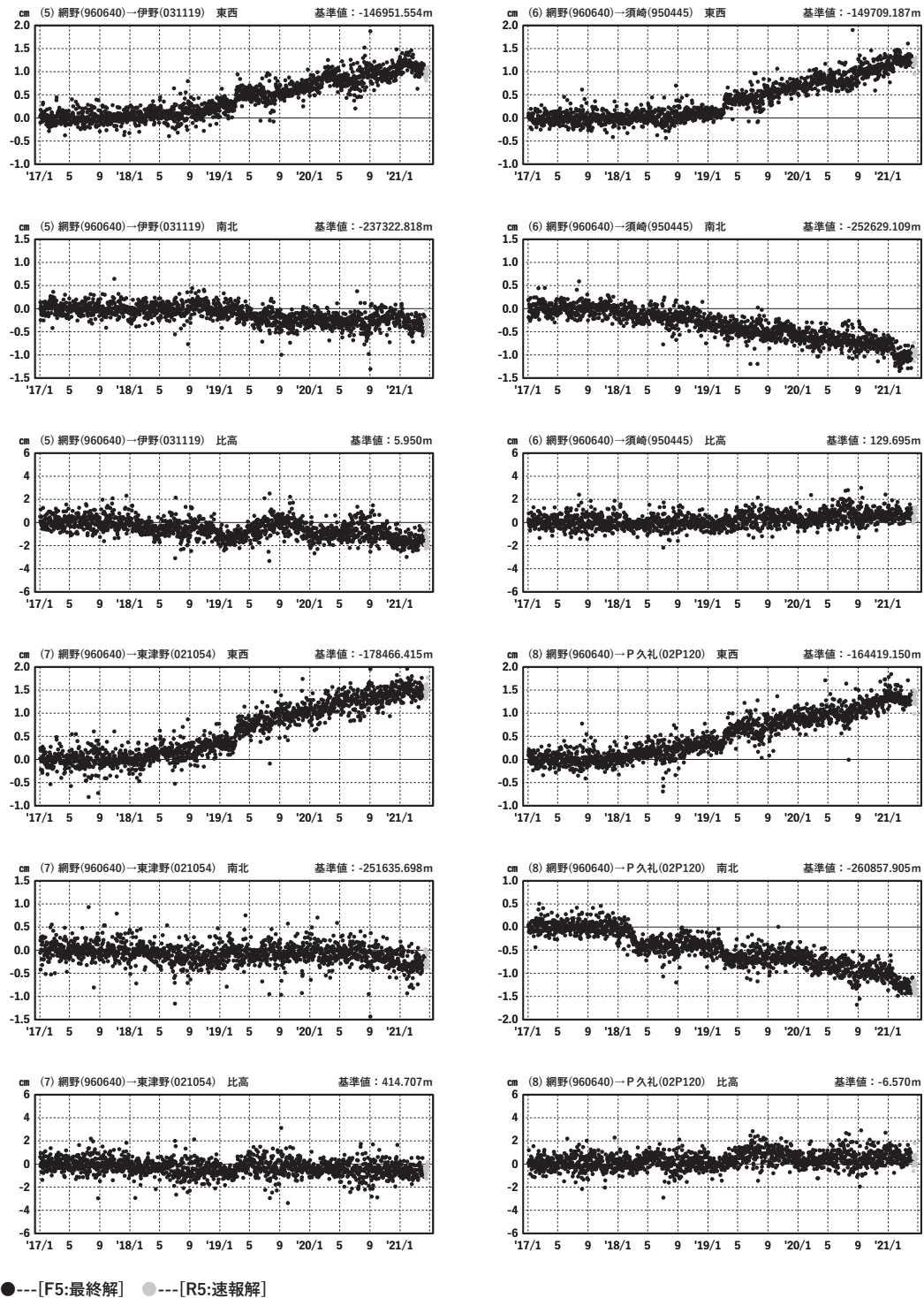
Fig. 3 Results of continuous GNSS measurements in the central part of Shikoku with respect to the Amino station (1/2).

四国中部 GNSS 連続観測時系列 (2)

1 次トレンド・年周成分・半年周成分除去後グラフ

期間: 2017/01/01~2021/4/25 JST

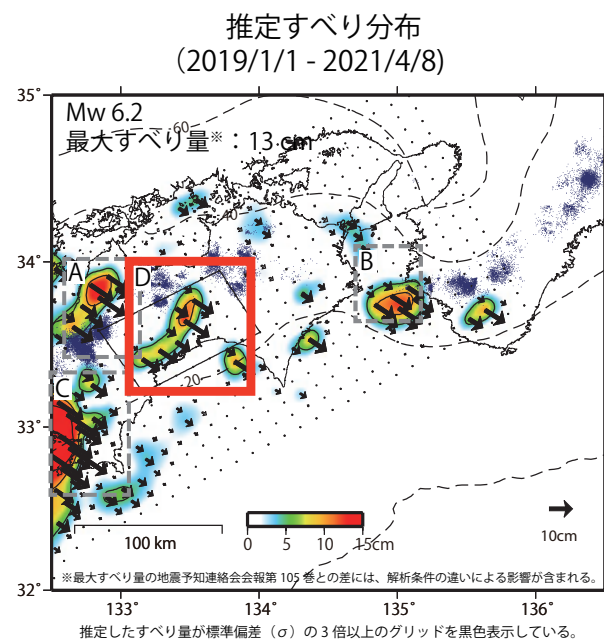
計算期間: 2017/01/01~2018/01/01



第 4 図 四国中部の GNSS 連続観測時系列

Fig. 4 Results of continuous GNSS measurements in the central part of Shikoku with respect to the Amino station (2/2).

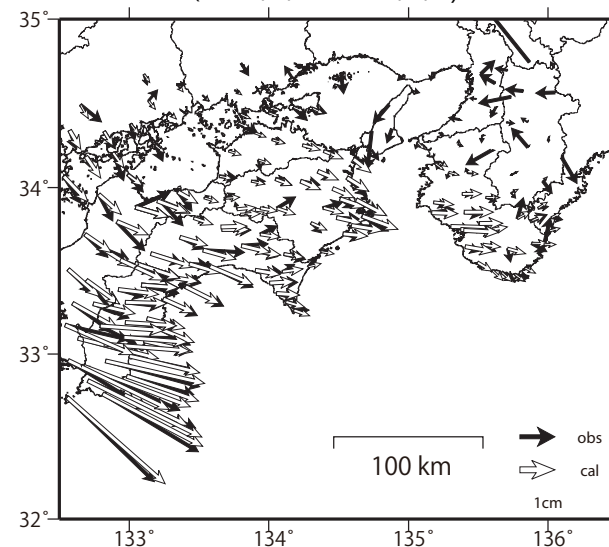
GNSSデータから推定された
四国中部の長期的ゆっくりすべり（暫定）



- 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

使用データ：F5解 (2019/1/1 - 2021/3/27) + R5解 (2021/3/28 - 2021/4/8) ※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 - 2021/4/8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
青丸：低周波地震 (気象庁一元化震源) (期間：2019/1/1 - 2021/4/8)
固定局：網野

観測値（黒）と計算値（白）の比較
(2019/1/1 - 2021/4/8)

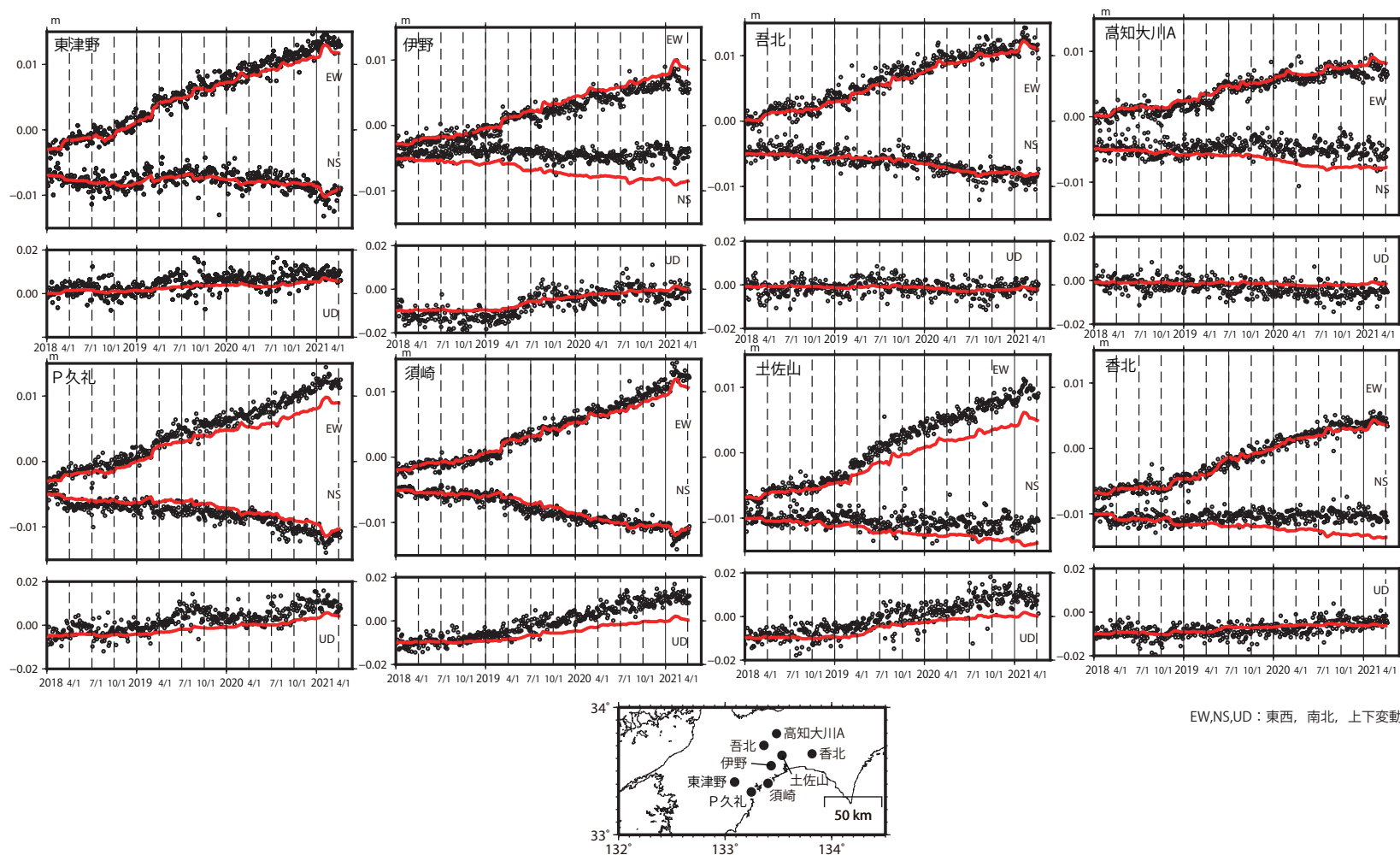


第5図(a) 四国中部において推定される長期的ゆっくりすべり（暫定）
Fig. 5(a) Estimated slip distribution on the plate interface beneath the central part of Shikoku (preliminary results).

第5図(b) 観測値（黒）と計算値（白）の比較
Fig. 5(b) Comparison of observed (black) and calculated (white) displacements.

四国中部の観測点の座標時系列(黒丸)と計算値(赤線)

時間依存のインバージョン



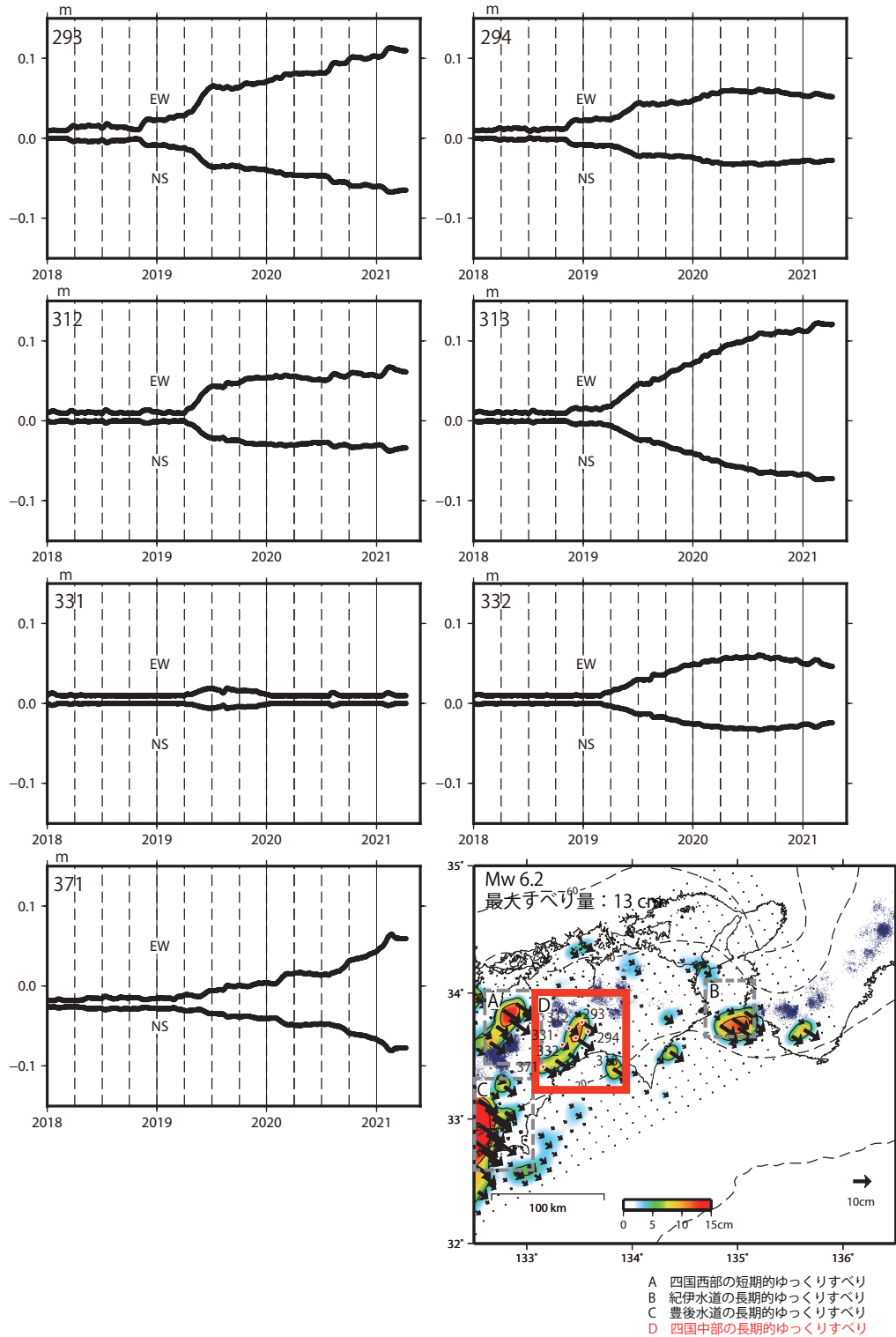
第 6 図 四国中部の観測点の座標時系列(黒丸)と計算値(赤線)

Fig. 6 Observed (black dots) and calculated (red line) deformations at the GNSS stations in the central part of Shikoku.

四国中部の長期的ゆっくりすべり

各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

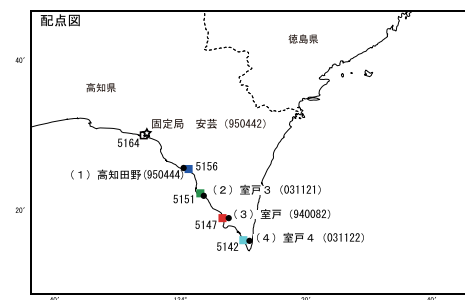
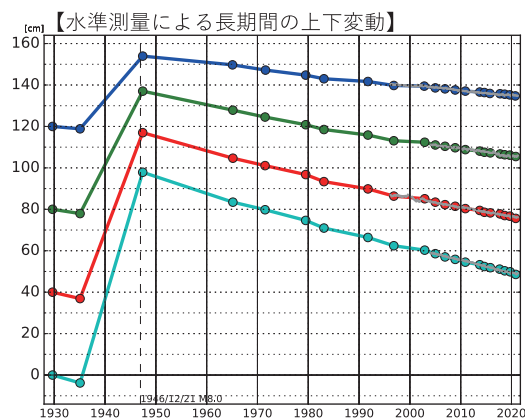
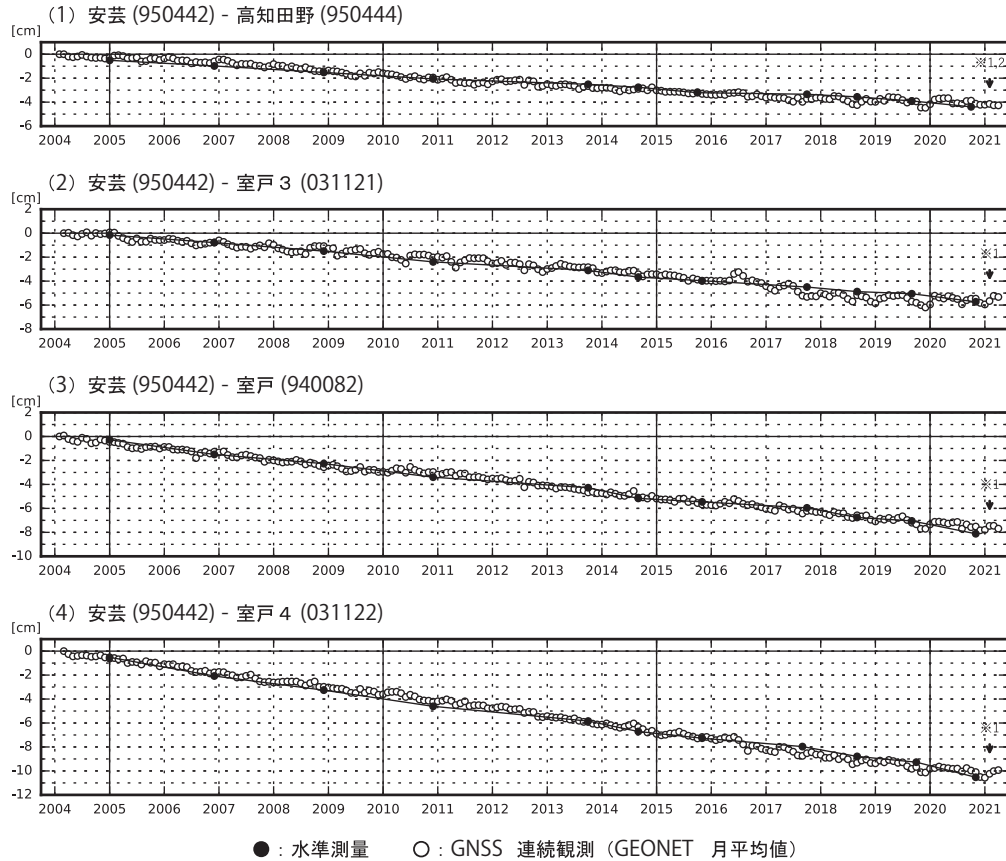


第 7 図 時間依存インバージョンで推定されたプレート間滑りの時間変化

Fig. 7 Time evolution of the estimated slip by the time dependent inversion method.

室戸岬周辺 電子基準点の上下変動 (1)

室戸岬周辺の長期的な沈降傾向に変化は見られない。



- ・ GNSS 連続観測のプロット点は、GEONET による日々の座標値 (F5 : 最終解) から計算した値の月平均値である。(最新のプロット点 : 4/1~4/10 の平均値)
- ・ 水準測量の結果は、最寄りの一等水準点の結果を表示しており、GNSS 連続観測の全期間の値との差が最小となるように描画している。
- ・ 「水準測量による長期間の上下変動」のグラフにおける、各プロットの色は配点図の水準点の色と対応する。また、灰色のプロットは GEONET の月平均値を示している。

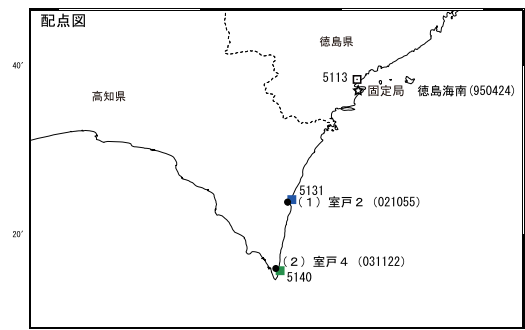
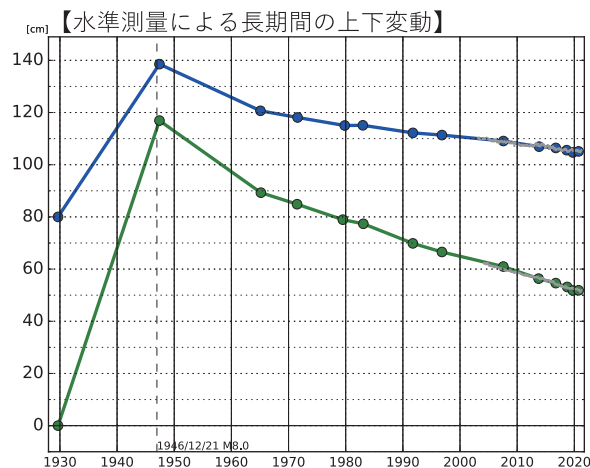
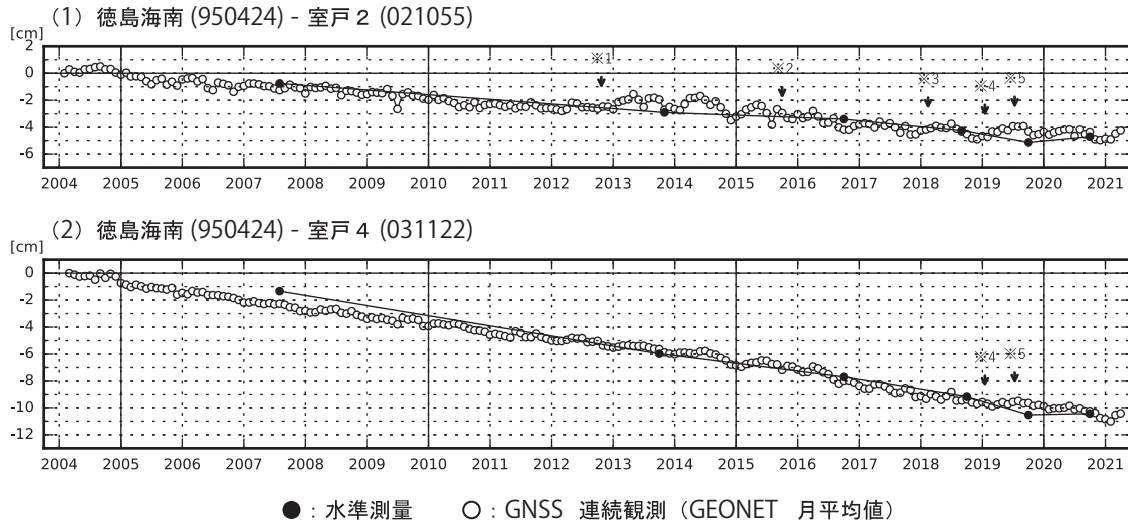
※ 1 2021/2/2に電子基準点「安芸」のアンテナ更新及びレドーム交換を実施した。
 ※ 2 2021/2/5に電子基準点「高知田野」のアンテナ更新及びレドーム交換を実施した。

第 8 図 室戸岬周辺 電子基準点の上下変動 (水準測量と GNSS) (1)

Fig. 8 Vertical displacements of GEONET stations around Cape Muroto (leveling and GNSS measurements) (1).

室戸岬周辺 電子基準点の上下変動 (2)

室戸岬周辺の長期的な沈降傾向に変化は見られない。



- ・ GNSS 連続観測のプロット点は、GEONET による日々の座標値 (F5 : 最終解) から計算した値の月平均値である。(最新のプロット点 : 4/1~4/10 の平均値)
- ・ 水準測量の結果は、最寄りの一等水準点の結果を表示しており、GNSS 連続観測の全期間の値との差が最小となるように描画している。
- ・ 「水準測量による長期間の上下変動」のグラフにおける、各プロットの色は配点図の水準点の色と対応する。また、灰色のプロットは GEONET の月平均値を示している。

※ 1 2012/10/23に電子基準点「室戸 2 (021055)」のアンテナ及び受信機交換を実施した。

※ 2 2015/10/1に電子基準点「室戸 2 (021055)」の受信機交換を実施した。

※ 3 2018/2/13に電子基準点「室戸 2 (021055)」のアンテナ及び受信機交換を実施した。

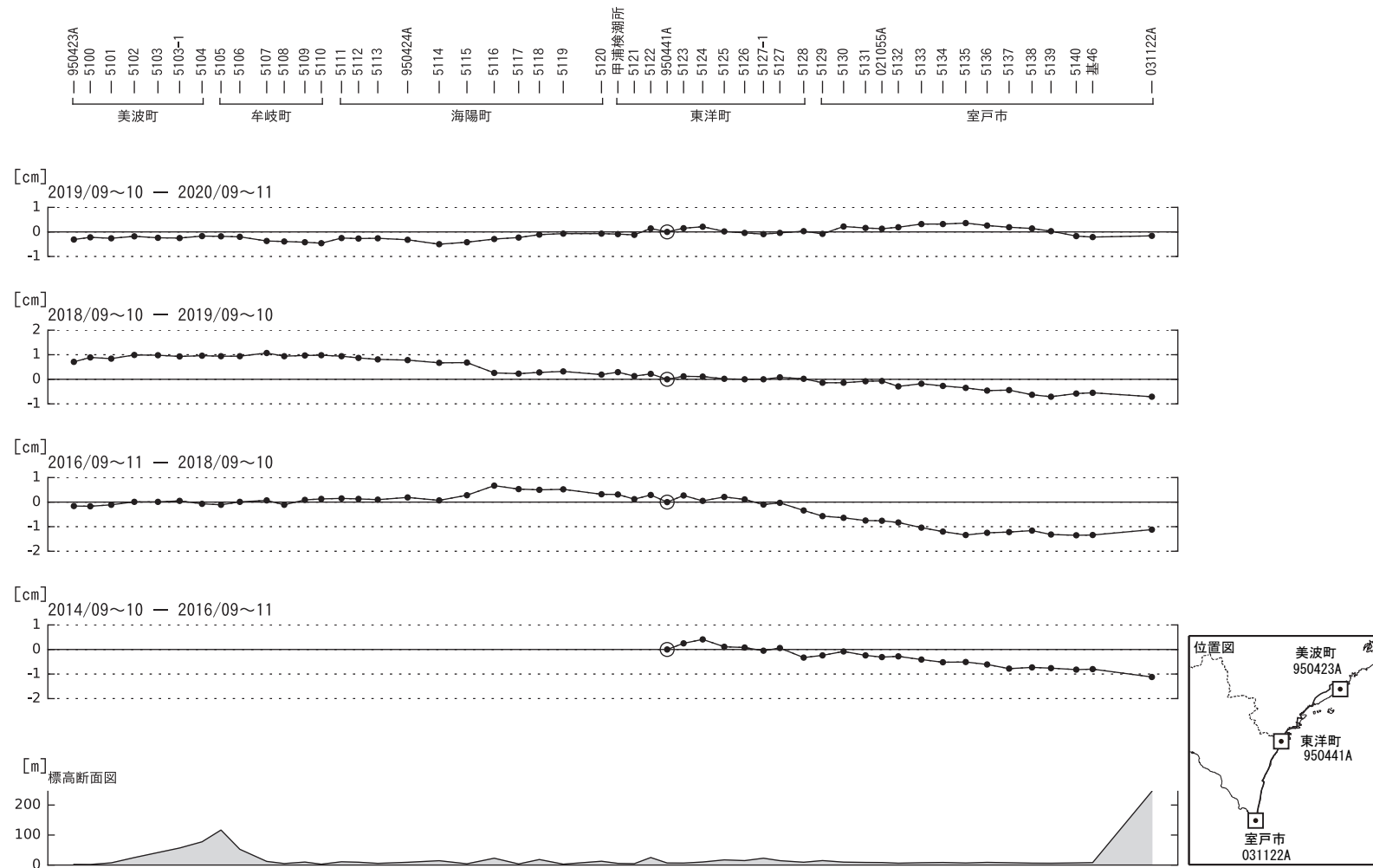
※ 4 2019/1/16に電子基準点「徳島海南 (950424)」の受信機交換を実施した。

※ 5 2019/7/11に電子基準点「徳島海南 (950424)」のアンテナ交換を実施した。

第 9 図 室戸岬周辺 電子基準点の上下変動 (水準測量と GNSS) (2)

Fig. 9 Vertical displacements of GEONET stations around Cape Muroto (leveling and GNSS measurements) (2).

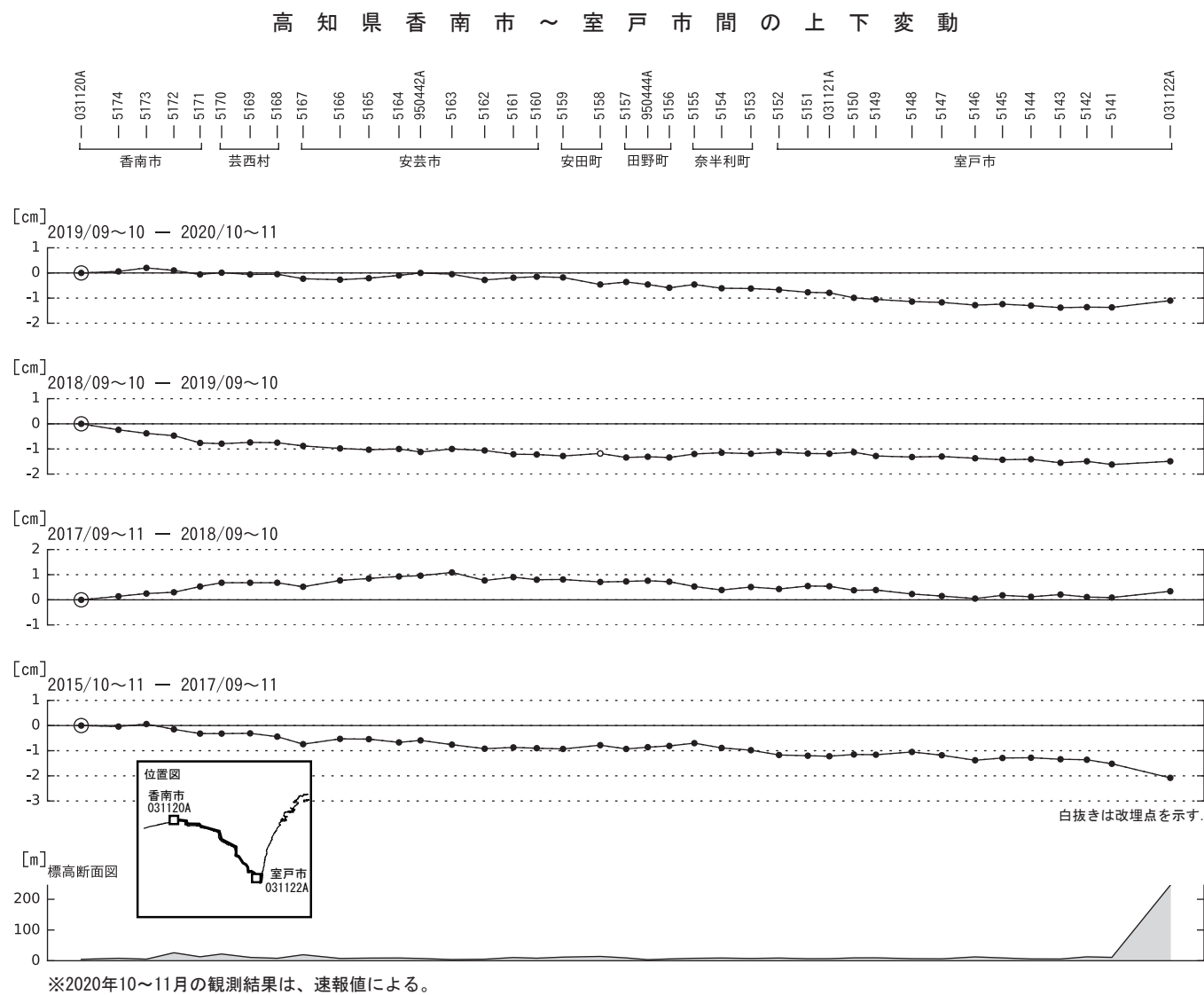
徳島県美波町～高知県室戸市間の上下変動



※2020年9～11月の観測結果は、速報値による。

第 10 図 美波町～室戸市間の上下変動

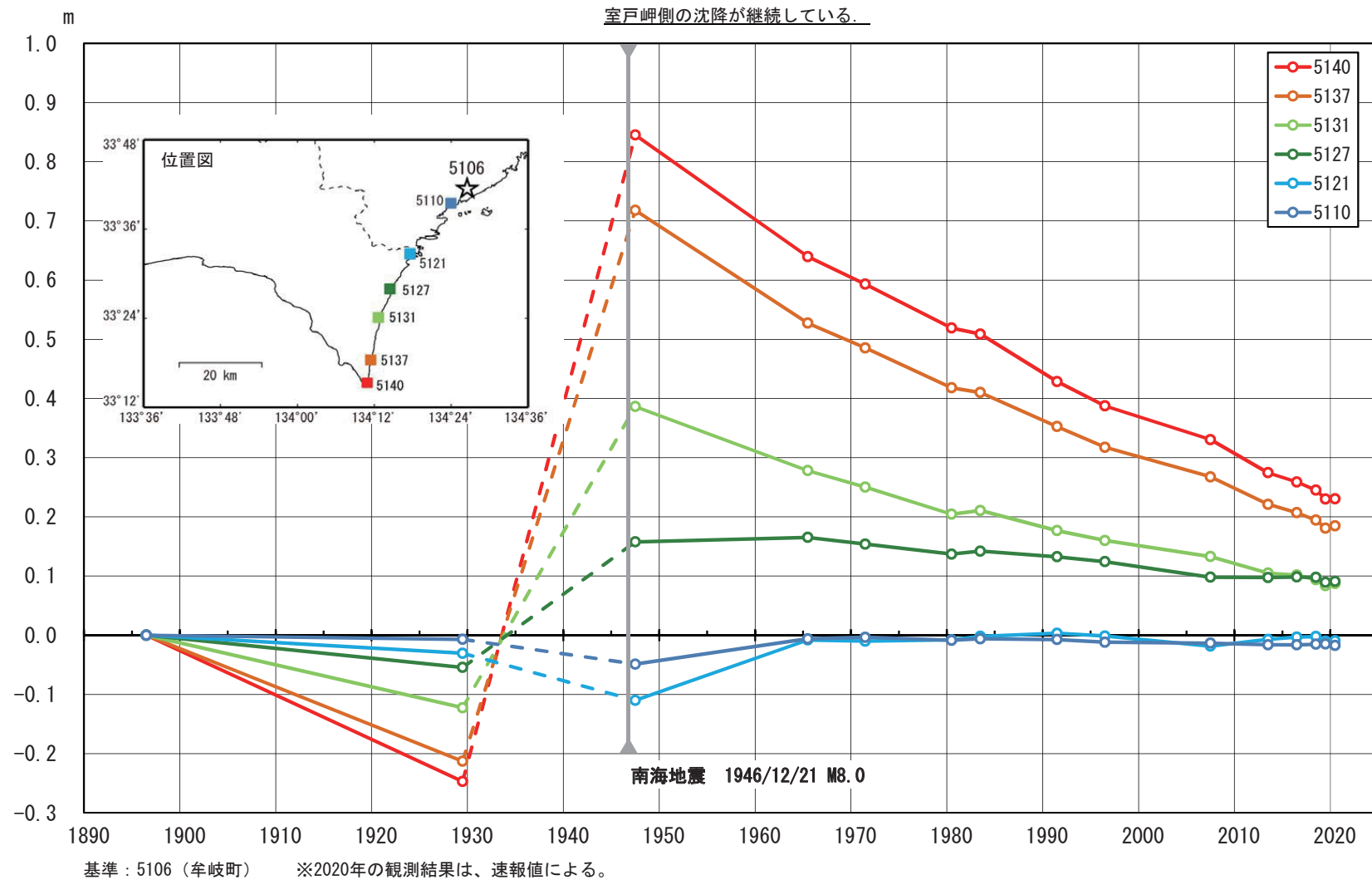
Fig. 10 Results of leveling survey along the leveling route from Minami town to Muroto city.



※2020年10～11月の観測結果は、速報値による。

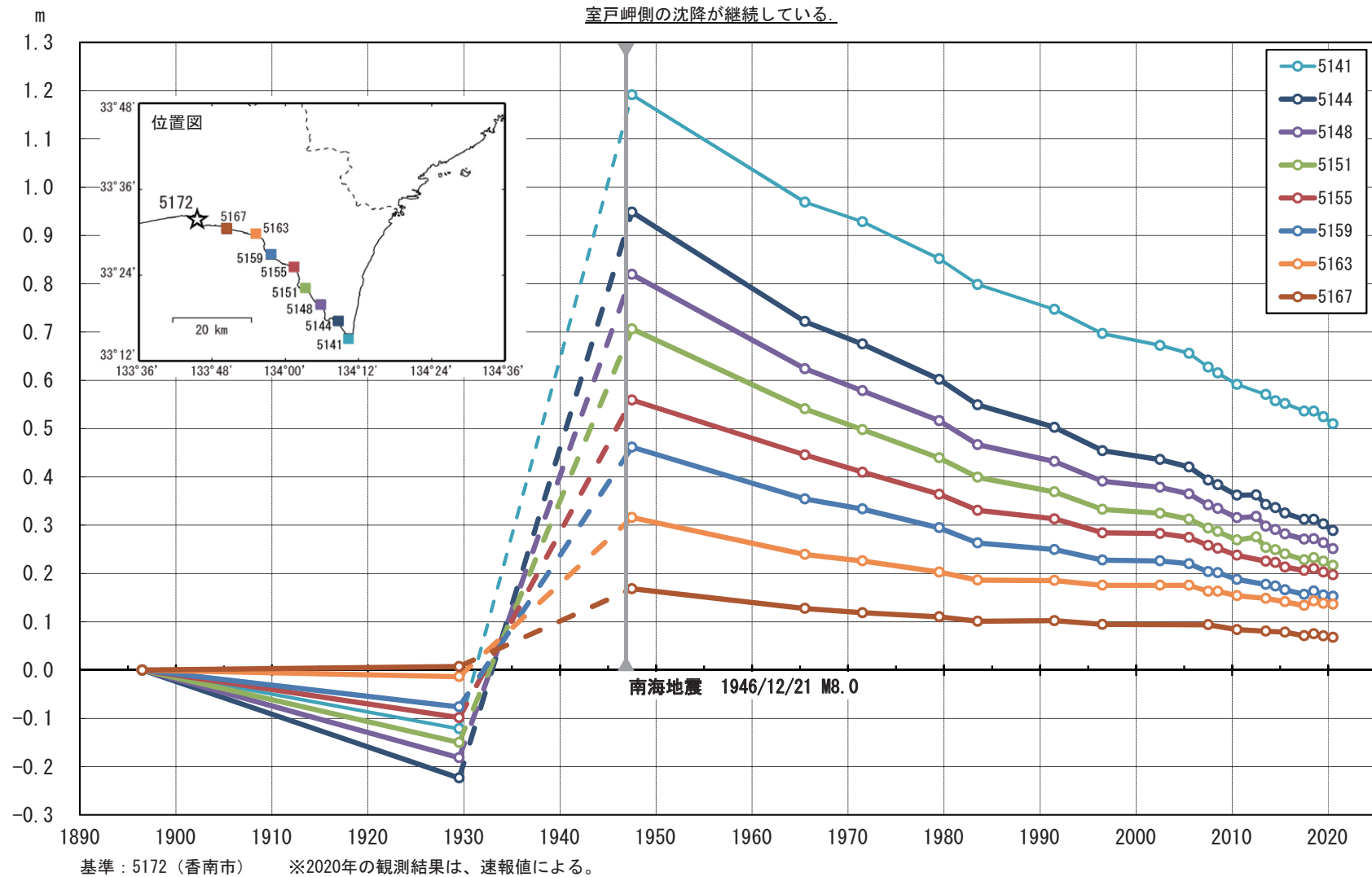
第 11 図 香南市～室戸市間の上下変動
Fig. 11 Results of leveling survey along the leveling route from Konan city to Muroto city.

1896年を基準とした室戸岬の各水準点の経年変化



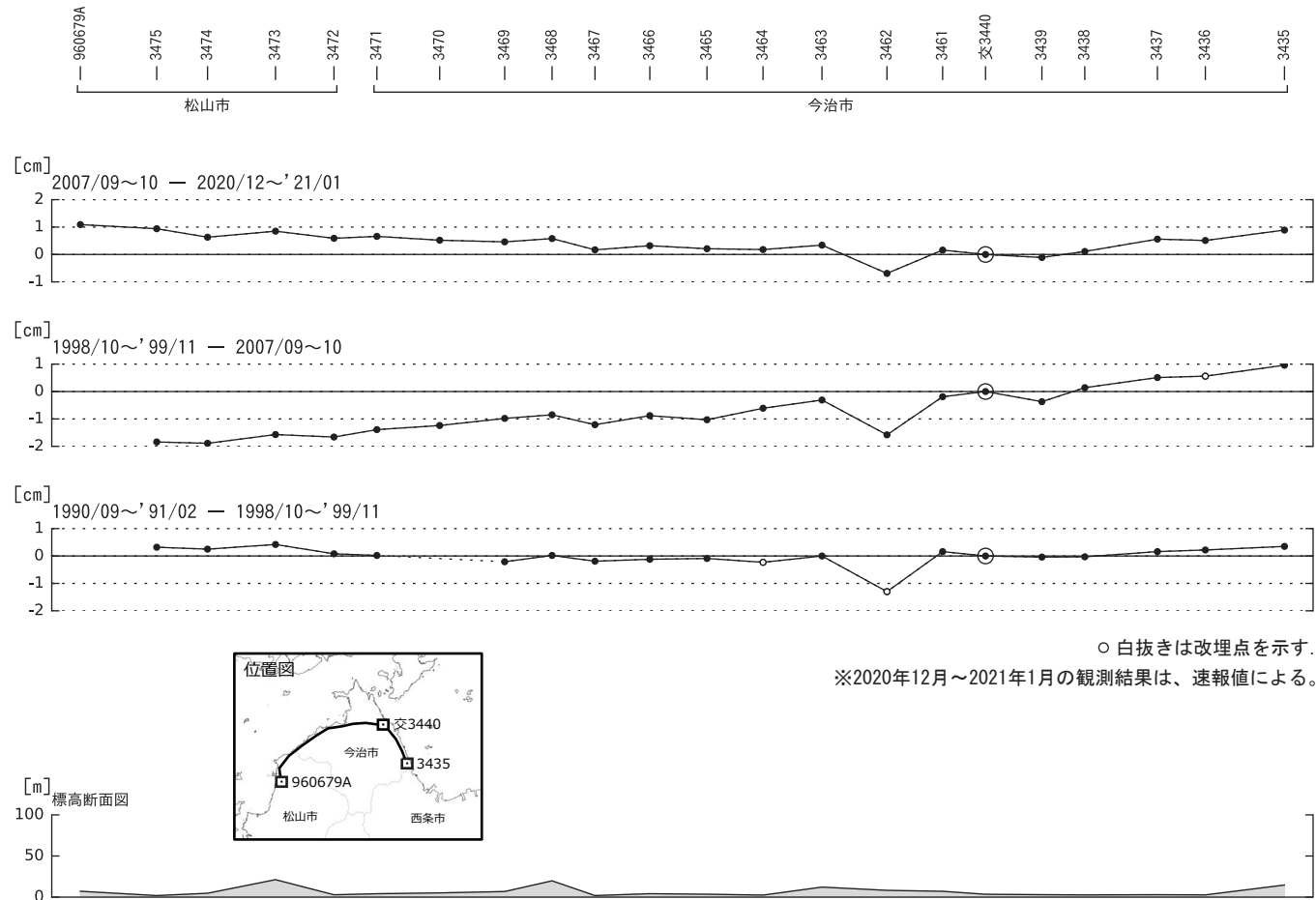
第 12 図 水準点 5106（牟岐町）を基準とした室戸岬周辺の各水準点の高さの上下変動時系列
 Fig. 12 Time series of height changes of benchmarks along the leveling route on the coast of Muroto Peninsula from BM5106 (Mugi) to BM5141 (Muroto) referred to BM5106 (Mugi).

1896年を基準とした室戸岬の各水準点の経年変化



第 13 図 水準点 5172 (香南市) を基準とした室戸岬周辺の各水準点の高さの上下変動時系列
 Fig. 13 Time series of height changes of benchmarks along the leveling route on the coast of the Muroto Peninsula from BM5172 (Konan) to BM5141 (Muroto) referred to BM5172 (Konan).

愛媛県松山市～今治市間の上下変動



第 14 図 松山市～今治市間の上下変動
Fig. 14 Results of leveling survey along the leveling route from Matsuyama city to Imabari city.