

10－3 九州・沖縄地方の地殻変動

Crustal Deformations in the Kyushu and Okinawa Districts

国土地理院

Geospatial Information Authority of Japan

[九州地域の非定常水平地殻変動（長期的 SSE）]

第 1～6 図は、2020 年夏頃から九州南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 1 図は、一次トレンド除去後の非定常地殻変動ベクトル図である。2012 年 1 月 1 日～2013 年 3 月 1 日の期間を定常変動とし、一次トレンドを推定した。固定局は島根県の三隅観測点である。2020 年 1 月 1 日～1 月 7 日に対する 2021 年 10 月 13 日～19 日の約 1 年 9 か月の期間での非定常的な地殻変動を示している。九州南部の宮崎県南部で南東向きに最大 2cm 程度の変動が見られる。

第 2～第 3 図は、非定常地殻変動の推定において、平成 28 年（2016 年）熊本地震直後の余効変動の影響を考慮し、解析手法を再検討した結果を示す資料である。前巻の資料で用いた従来の解析では、2017 年 1 月 1 日～12 月 31 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。

第 2 図 (a) は、九州北部にある米水津観測点の東西成分の時系列について、2012 年 1 月から 2013 年 3 月までの一次トレンドからの相対値として表した図である。従来の解析及び再検討後の解析によるものを、それぞれ青色及び黒色の点で示す。非定常地殻変動は、従来の解析では 2020 年夏頃から見られるが、再検討後の解析では認められない。経時的に低減する余効変動のため、従来の解析では、推定された一次トレンドには系統的な誤差が含まれ、見かけ上の非定常地殻変動として現れたものと考えられる。

第 2 図 (b) は、九州地域の非定常水平地殻変動について、従来の解析による結果を左の図に、再検討後の解析による結果を右の図に示している。再検討後の解析結果から、九州北部で 2020 年夏頃から見られていたとされた非定常地殻変動は、ノイズレベルの範囲であることが分かる。なお、右の図において、余効変動等が顕著に見られる観測点は除外した。

第 3 図は、第 2 図 (b) に示した、従来の解析及び再検討後の解析による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。第 3 図下段は 2020 年 6 月 1 日～2021 年 5 月 4 日の期間で推定されたすべり分布を示している。上段及び中段は、日向灘の北部及び南部におけるすべりのモーメント積算の時間変化を示した図である。従来の解析で見られていた日向灘北部のプレート境界深部におけるすべりは、ノイズレベルの範囲であることが分かる。

第 4 図は、第 1 図の図中に示した 4 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を除去している。いずれの観測点でも南東向きの変動が見られており、2021 年春頃に鈍化したまま、現在もその状態が続いているように見える。

第 5～8 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。同様に一次トレンドを除去している。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、2020 年 6 月 1 日～2021 年 10 月 7 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種子島周辺の短期的 SSE によるすべりとあわせ、日向灘の南部ですべりが推定された。推定されたすべりの最大値は 20cm、モーメントマグニチュードは 6.6 と求まった。

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、九州南部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。2020 年夏頃から見られる変動がよく説明できていることが分かる。

第 7 図は、日向灘南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。2020 年夏頃からすべりが見られており、2021 年春頃に鈍化したまま、現在もその状態が続いているように見える。

第 8 図は、図中の太い実線で囲まれた領域に位置するグリッドのすべりから求めたモーメントの時系列グラフである。2020 年夏頃からモーメントの増大が見られており、2021 年春頃に鈍化したまま、現在もその状態が続いているように見える。

《2021 年 5 月下旬～6 月上旬にかけての与那国島近海の地震活動》

[地殻変動ベクトルと GNSS 連続観測時系列]

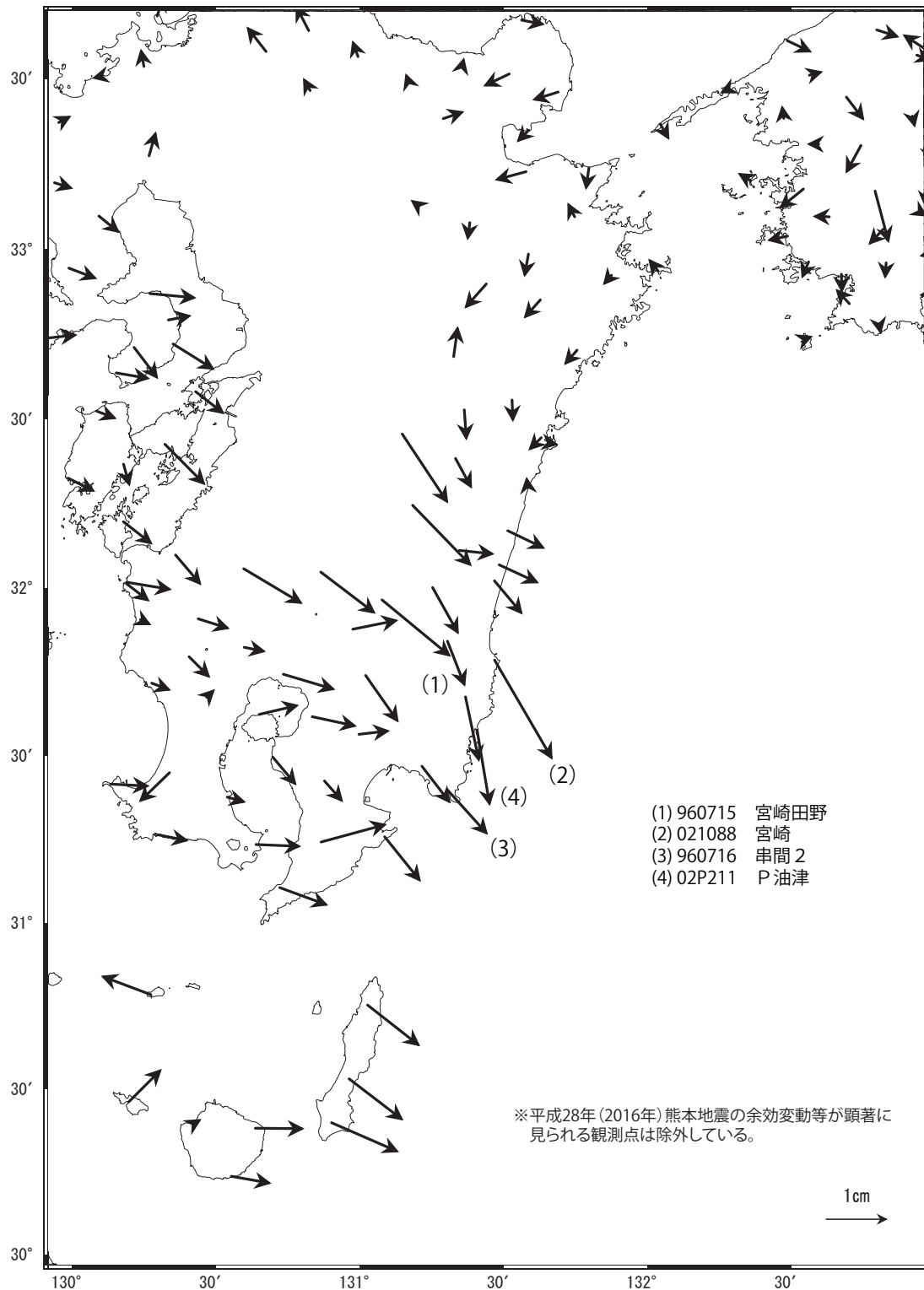
第 9 図は、2021 年 5 月下旬から 6 月上旬にかけて与那国島近海で発生した地震活動に伴う地殻変動に関する資料である。5 月下旬から 6 月にかけて与那国島近海で地震活動が発生し、最大の地震は 5 月 27 日及び 5 月 28 日の M4.9 の地震であった。この地震活動とほぼ同期して与那国島で地殻変動が観測された。

第 9 図上段は、GNSS 連続観測結果による水平変動ベクトル図である。2021 年 5 月 18 日～5 月 24 日に対する 6 月 13 日～6 月 19 日の期間の地殻変動を表す。固定局は与論観測点である。下段は震源近傍の 2 観測点の 3 成分時系列である。与那国 B 観測点で南方向に約 1 cm の小さな地殻変動が観測された。地殻変動はゆっくり進行した。なお、観測された地殻変動は、地震活動の規模から想定される地殻変動よりもかなり大きい。

九州地域の非定常水平地殻変動(1次トレンド除去後)

基準期間: 2020/01/01~2020/01/07 [F5: 最終解]
比較期間: 2021/10/13~2021/10/19 [R5: 速報解]

計算期間: 2012/01/01~2013/03/01



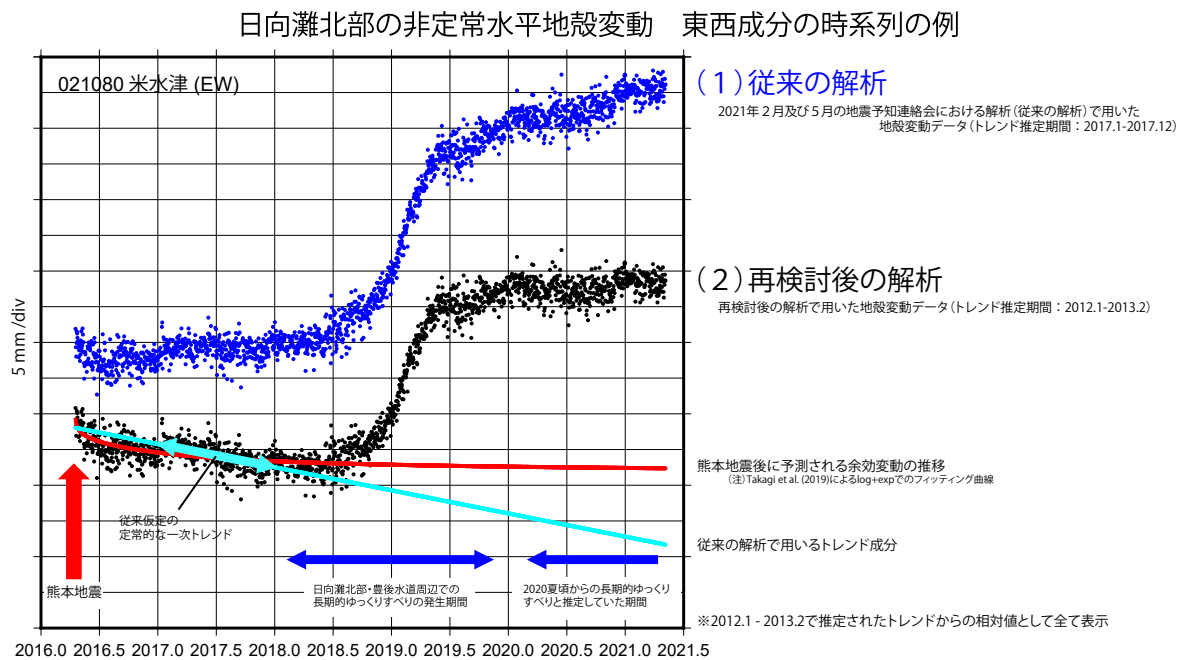
固定局: 三隅 (950388)

第 1 図 九州地域の非定常水平地殻変動

Fig. 1 Transient horizontal deformation in the Kyusyu district.

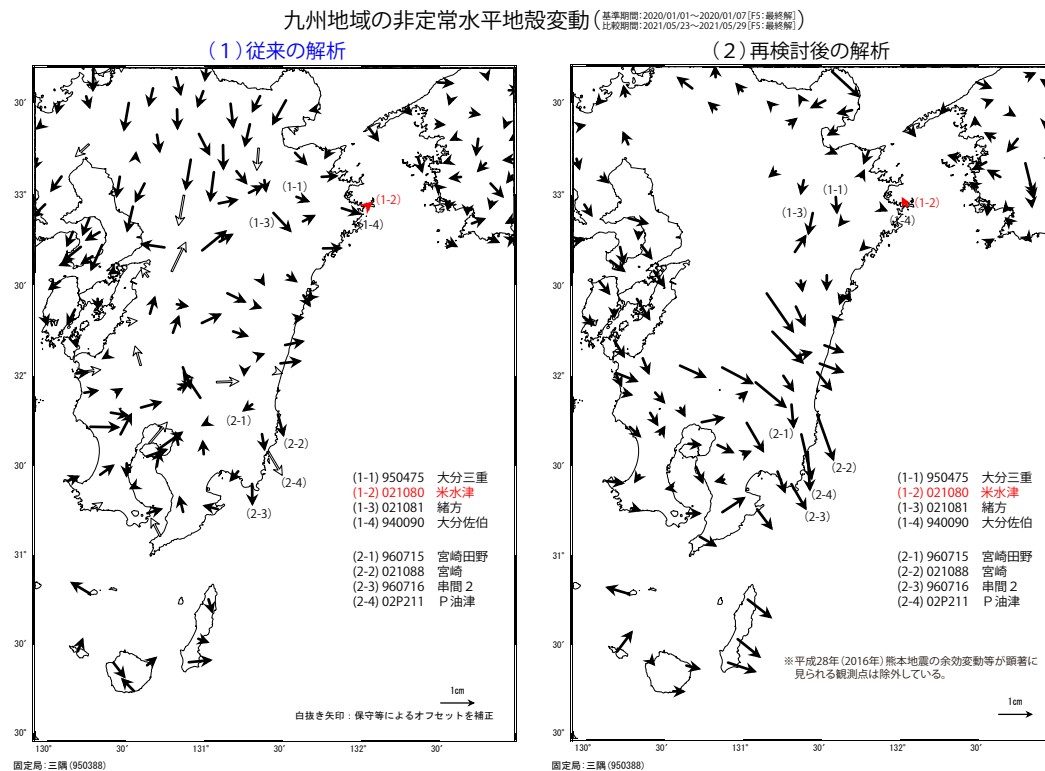
参考資料

2021年2月及び5月の地震予知連絡会において、九州北部で2020年夏頃から見られていたとされた、それまでの傾向とは異なる地殻変動、及びこれによって推定される日向灘北部のプレート境界深部におけるすべりは、平成28年(2016年)熊本地震直後の余効変動の影響を考慮し、解析手法を再検討した結果、ノイズレベルの範囲であることがわかった。



第2図(a) 日向灘北部の非定常水平変動時系列：熊本地震の余効変動に関する、異なる定常変動処理の比較

Fig. 2(a) Time series of transient east-west displacements of Misumi-Yonouzu baseline: blue dots show the data processed by the previous method where a linear trend and annual and semiannual components estimated for the period of January to December 2017 are entirely removed, and black dots by an updated method where only a linear trend estimated for the period of January 2012 to February 2013 are entirely removed.

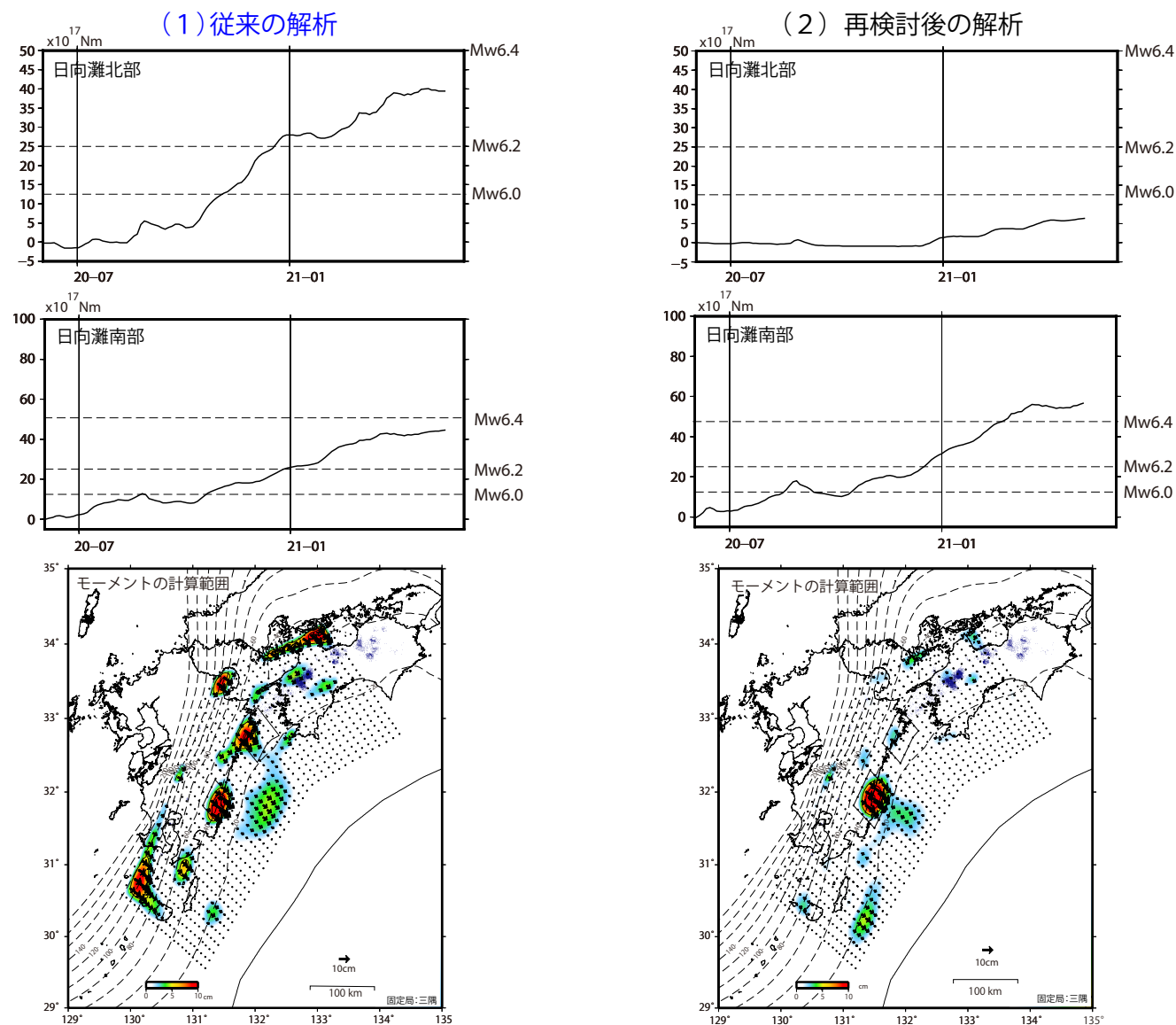


第2図(b) 九州地域の非定常水平地殻変動：異なる定常変動処理の比較

Fig. 2(b) Horizontal deformation in the Kyusyu district: results by the previous and updated methods are shown on the left and right panels, respectively.

日向灘周辺SSEのモーメント時系列（試算）（2020/6/1 - 2021/5/4）

参考資料



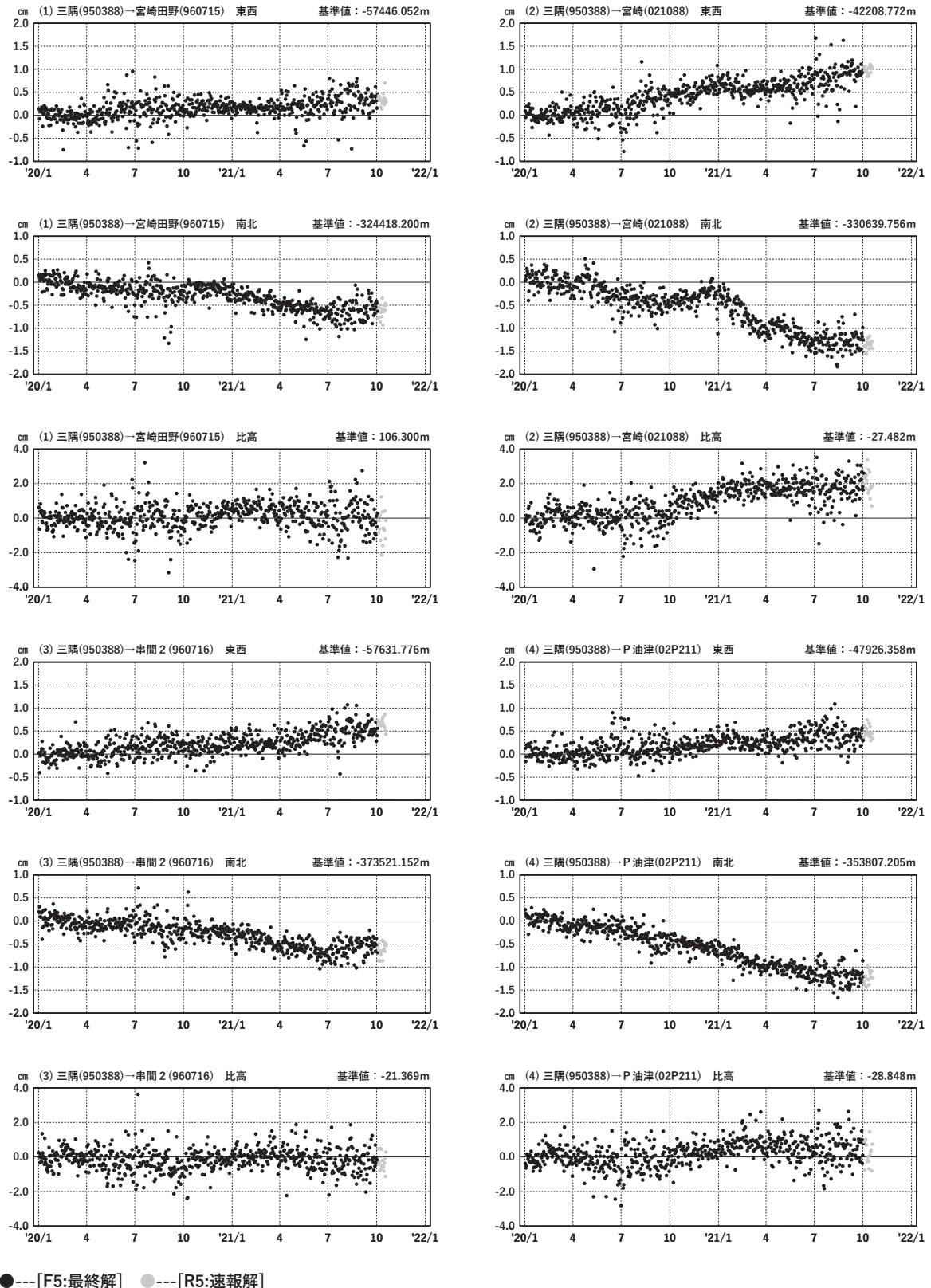
第3図 日向灘周辺SSEのモーメントの時間変化（試算）：異なる定常変動処理の比較

Fig. 3 Time evolution of moment by the time dependent inversion method: results by the previous and updated methods are shown on the left and right panels, respectively.

九州地域 GNSS 連続観測時系列 1 次トレンド除去後グラフ

期間: 2020/01/01~2021/10/19 JST

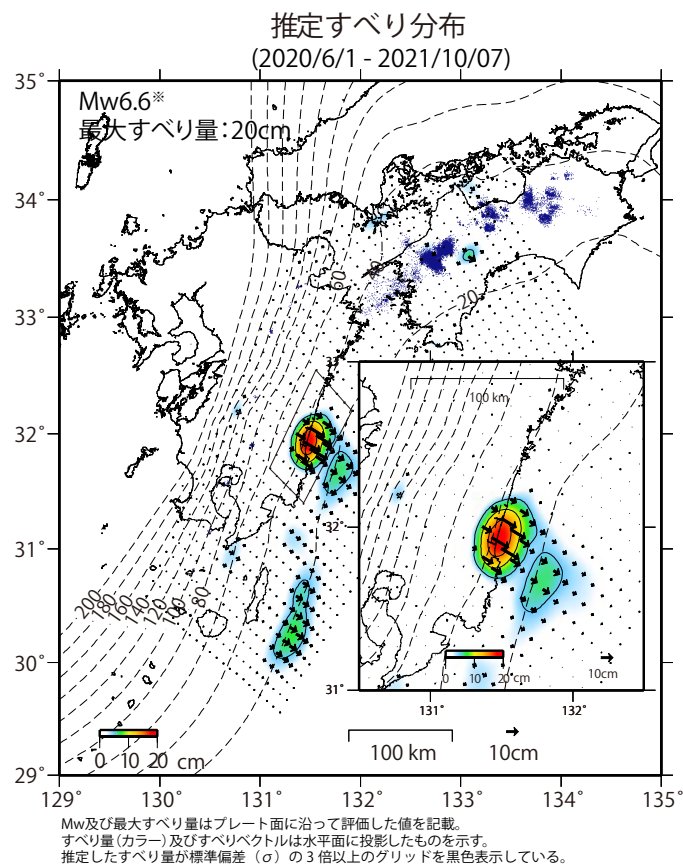
計算期間: 2012/01/01~2013/03/01



第 4 図 九州地域 GNSS 連続観測時系列

Fig. 4 Results of continuous GNSS measurements in the Kyusyu district with respect to the Misumi station.

GNSSデータから推定された日向灘南部の長期的ゆっくりすべり（暫定）



使用データ：F5解 (2020/1/1 - 2021/9/18) + R5解 (2021/9/19 - 2021/10/7) ※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：2012/1/1 - 2013/3/1 (年周・半年周成分は補正無し) ※平成28年 (2016年) 熊本地震の余効変動等が顕著に見られる観測点は除外している。

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

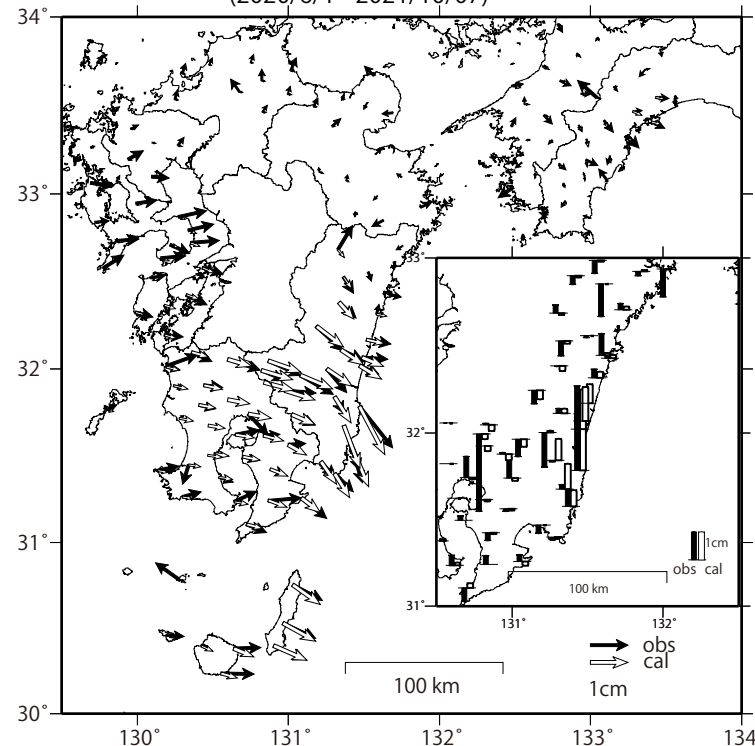
黒破線：フィリピン海プレート上面の等深線 (弘瀬・他、2007)

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：2020/1/1 - 2021/10/7)

固定局：三隅

観測値 (黒) と計算値 (白) の比較
(2020/6/1 - 2021/10/7)



※ Mwに換算するプログラムの不具合を修正して計算した値を記載。
(今期間について、修正前のプログラムで評価した場合、Mwは6.5。)

第5図(a) 日向灘南部において推定される長期的ゆっくりすべり (暫定)

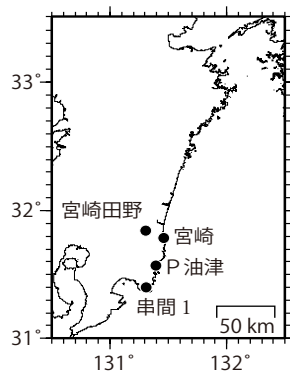
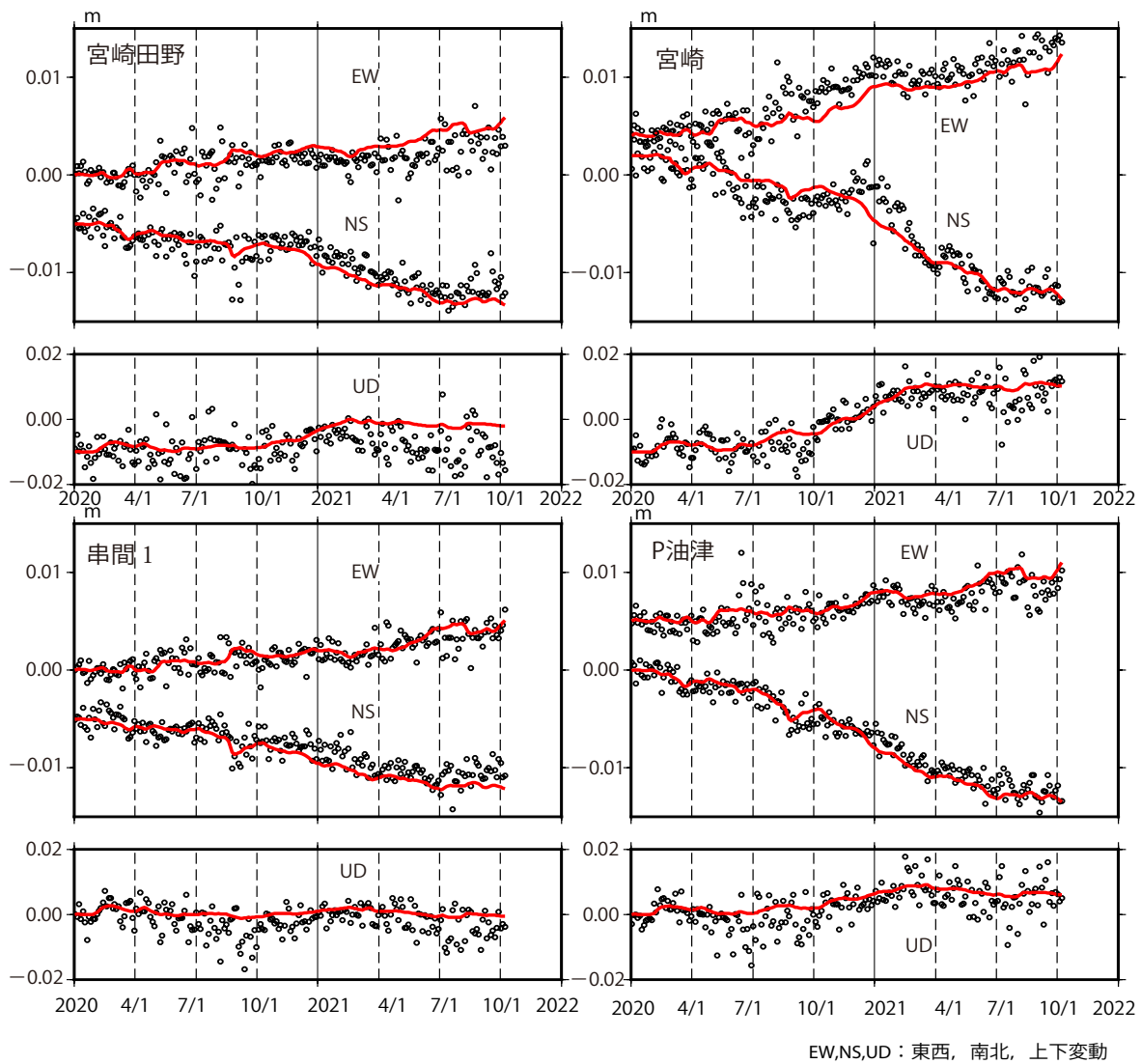
Fig. 5(a) Estimated slip distribution on the plate interface beneath the southern part of Hyuga-nada (preliminary results).

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.

九州地域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

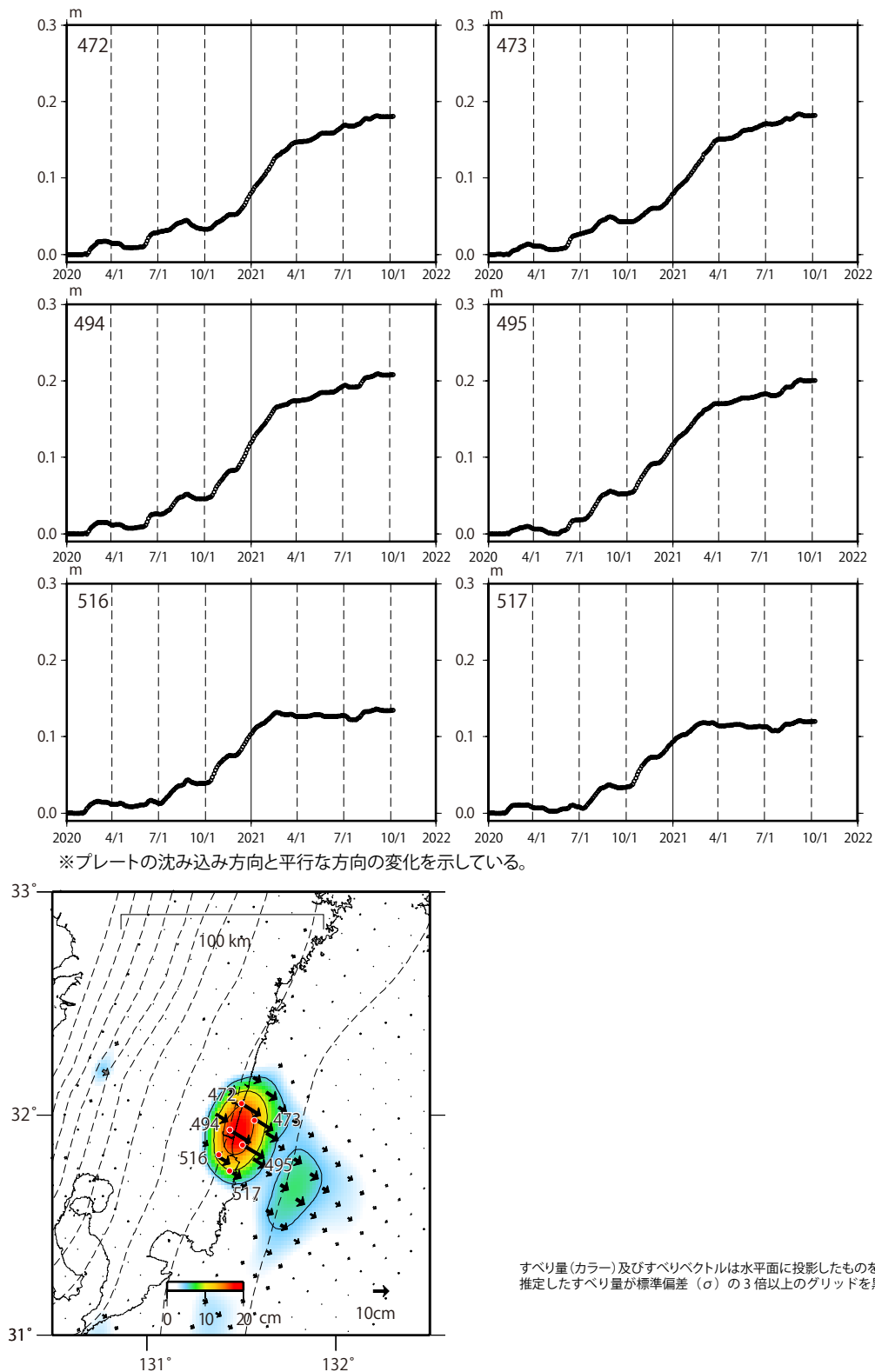


第 6 図 九州地域の観測点の座標時系列 (黒丸) と計算値 (赤線)

Fig. 6 Observed (black dots) and calculated (red line) deformations at the GNSS stations in the Kyusyu district.

日向灘南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

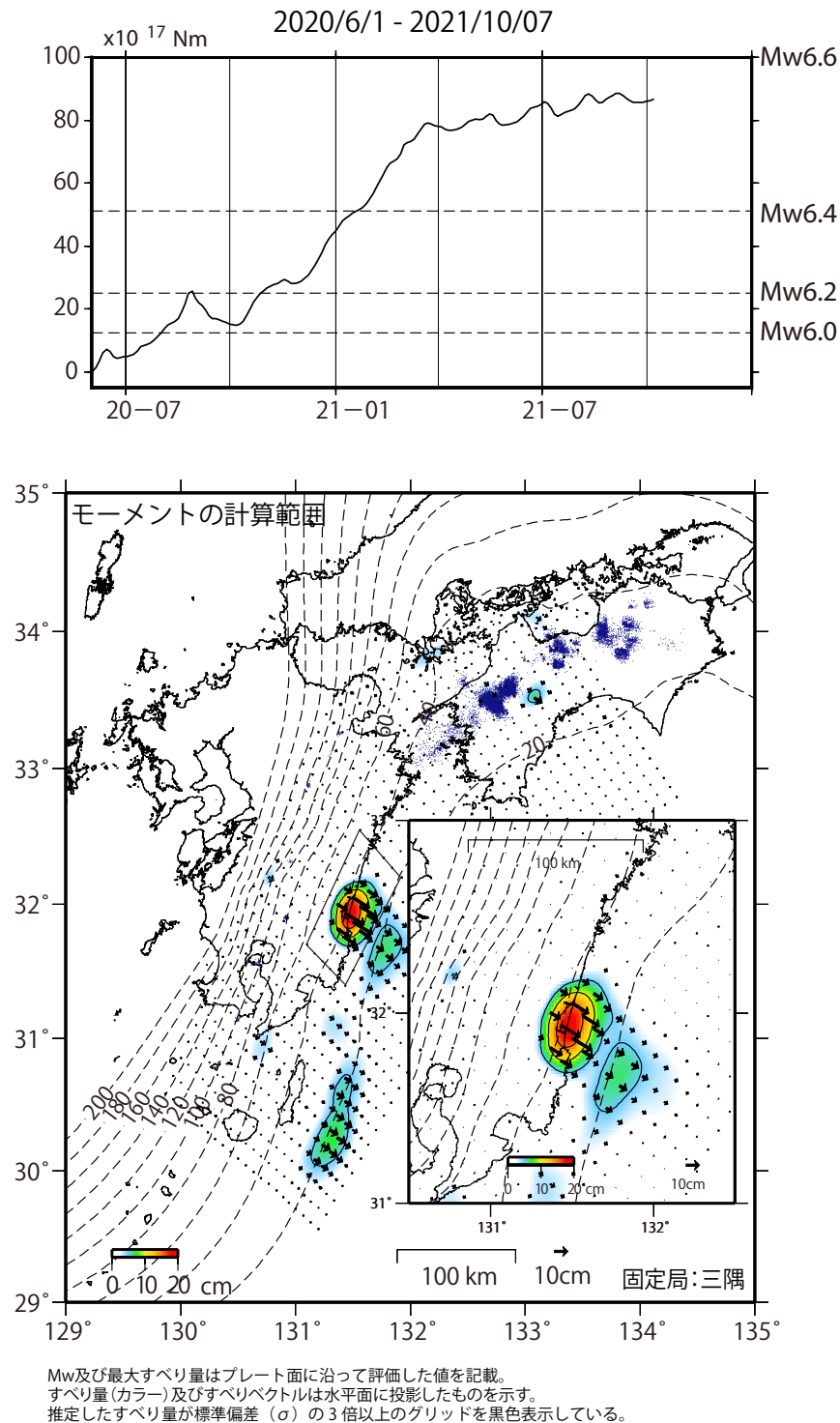
時間依存のインバージョン



第 7 図 時間依存インバージョンで推定された日向灘南部のプレート間滑りの時間変化

Fig. 7 Time evolution of the estimated slip beneath the southern part of Hyuga-nada by the time dependent inversion method.

日向灘南部のSSEのモーメント[※]時系列(試算)



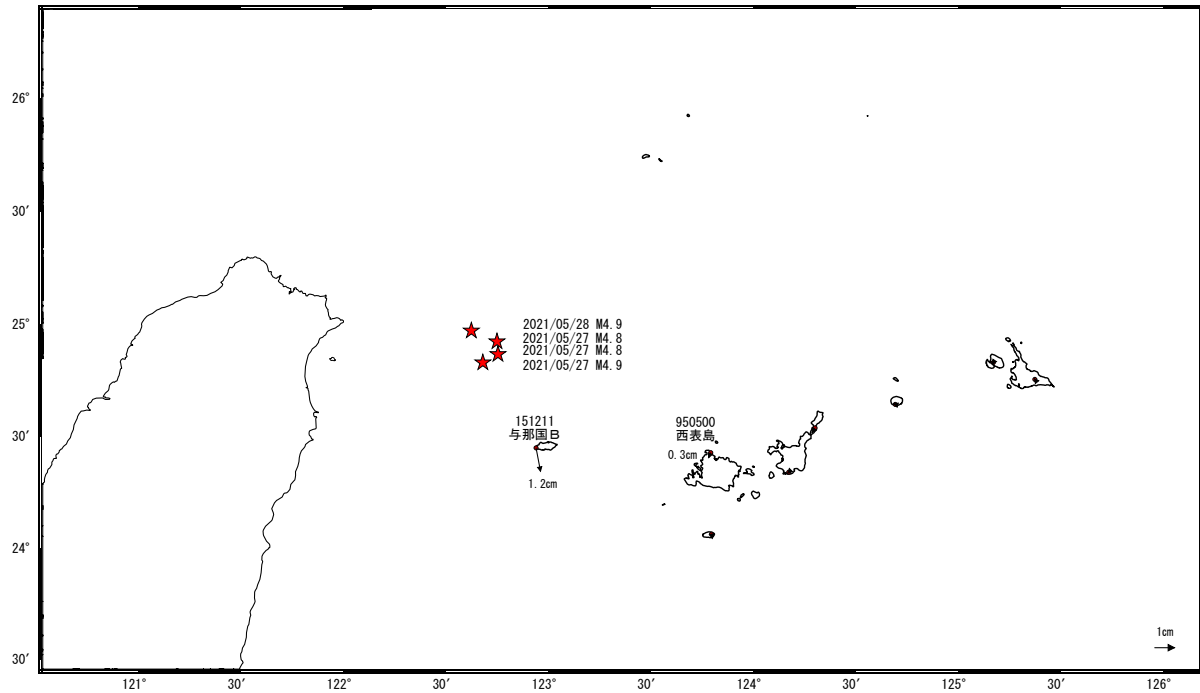
※モーメント
断層運動のエネルギーの目安となる量。
地震の場合の Mw (モーメント・マグニチュード) に換算できる。

第 8 図 時間依存インバージョンで推定されたモーメントの時間変化
Fig. 8 Time evolution of moment by the time dependent inversion method.

与那国島近海の地震活動(最大地震 5月27日、5月28日 M4.9)前後の観測データ

この地震活動に伴い小さな地殻変動が観測された。

地殻変動(水平)

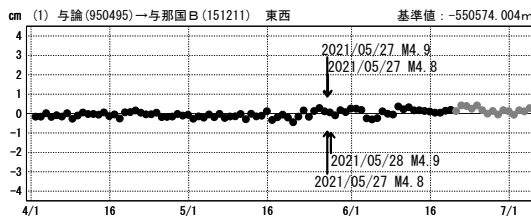
基準期間: 2021/05/18~2021/05/24 [F5: 最終解]
比較期間: 2021/06/13~2021/06/19 [F5: 最終解]

☆ 固定局: 与論 (950495)

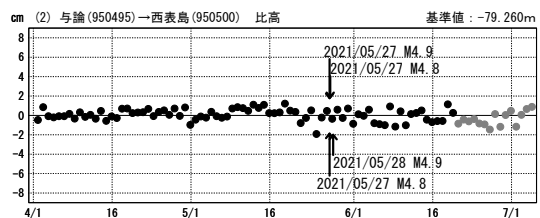
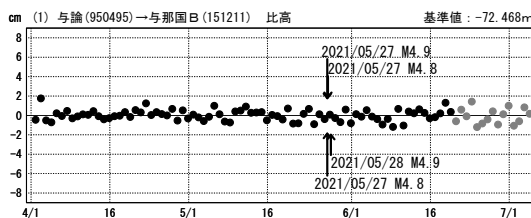
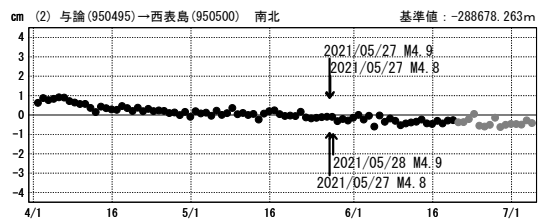
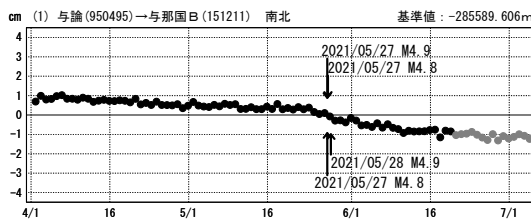
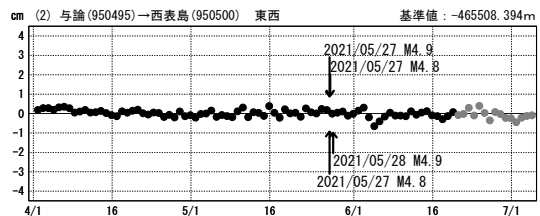
★ M4.8以上の地震

※ 5月25日から6月にかけて発生した与那国島近海の地震活動に伴う変化

期間: 2021/04/01~2021/07/04 JST



期間: 2021/04/01~2021/07/04 JST



●— [F5: 最終解] ●— [R5: 速報解]

第 9 図 与那国島近海の地震活動 (2021 年 5 月下旬から 6 月上旬) に伴う地殻変動: (上図) 水平変動, (下図) 3 成分時系列グラフ

Fig. 9 Transient displacement associated with seismic activity near Yonaguni Island in late May- early June 2021: horizontal displacement (upper) and time series of transient displacement (lower).