

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

[熊本県熊本地方の地震（6月26日）M4.7 GNSS]

第1図は、2022年6月26日に発生した熊本県熊本地方の地震の地殻変動に関する資料である。上段に示す震源近傍の2観測点の基線について、下段に3成分時系列グラフを示している。この地震に伴う顕著な地殻変動は見られない。

[大隅半島東方沖の地震（10月2日）M5.9 GNSS]

第2～3図は、2022年10月2日に発生した大隅半島東方沖の地震の地殻変動に関する資料である。上段に示す震源近傍の6観測点の基線について、下段以降に3成分時系列グラフを示している。この地震に伴う顕著な地殻変動は見られない。

[九州地域の非定常水平地殻変動（長期的 SSE）]

第4～8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4～5図は、今回新たに改良を行った時系列データの処理手法に関する資料である。これまで、地殻変動データに含まれる余効変動はモデル化が困難であったため、長期的 SSE の解析においては補正をせずに解析を行ってきた。しかしながら、長期間の解析では影響が懸念されることから、今回時系列データの処理手法を以下のように改良した：1) 東北地方太平洋沖地震以前の期間で一次トレンドを推定し除去、2) 東北地方太平洋沖地震、熊本地震の余効変動をモデル計算により除去。第4図上の図は、改良前と改良後のすべり分布、下の図は推定すべり分布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。改良後は全体的にすべり領域が小さくなるとともに、2022年春以降のすべりの増加傾向が見られなくなったことがわかる。第5図上の図は、代表的な観測点における改良前後の非定常地殻変動時系列、下の図が累積の非定常地殻変動ベクトル図である。改良前の東西成分に特に顕著に見られたみかけのトレンド成分が改良後は小さくなっていることが分かる。第4図の結果はこのことを反映したものである。

第6～7図は、時系列データに上述のような処理を行って得られた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。一次トレンドは2006年1月1日～2009年1月1日の期間を定常変動と仮定して推定、年周・半年周成分は推定していない。固定局の三隅（950388）に起因する誤差の影響を避けるため、非定常的な地殻変動から共通誤差成分を同時推定している。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6図は、観測値と計算値との比較である。第6図左下は2020年6月以降の累積の水平変動、第6図右は時系列図である。九州南部で2020年夏頃から南東向きの変動が見られ、2021年夏頃から停滞している。非定常的な地殻変動は収束したとみられる。計算値は観測値をよく説明で

きていることが分かる。

第 7 図左上の図は、2020 年 6 月 2 日～2022 年 9 月 29 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 18cm、モーメントマグニチュードは 6.5 と求まった。

第 7 図右上の図は、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 7 図右下の図は、推定すべり分布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、2021 年夏頃から停滞している。日向灘南部の長期的ゆっくりすべりは、停止したと考えられる。

第 8 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、2021 年夏頃から停滞しており、最近はすべりが見られない。

第 9 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 2022 年 10 月 9 日～15 日の約 2 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 10 図は、第 9 図の図中に示した 6 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、2021 年夏頃から停滞しているように見える。

[沖縄本島北西沖の地震活動 GNSS]

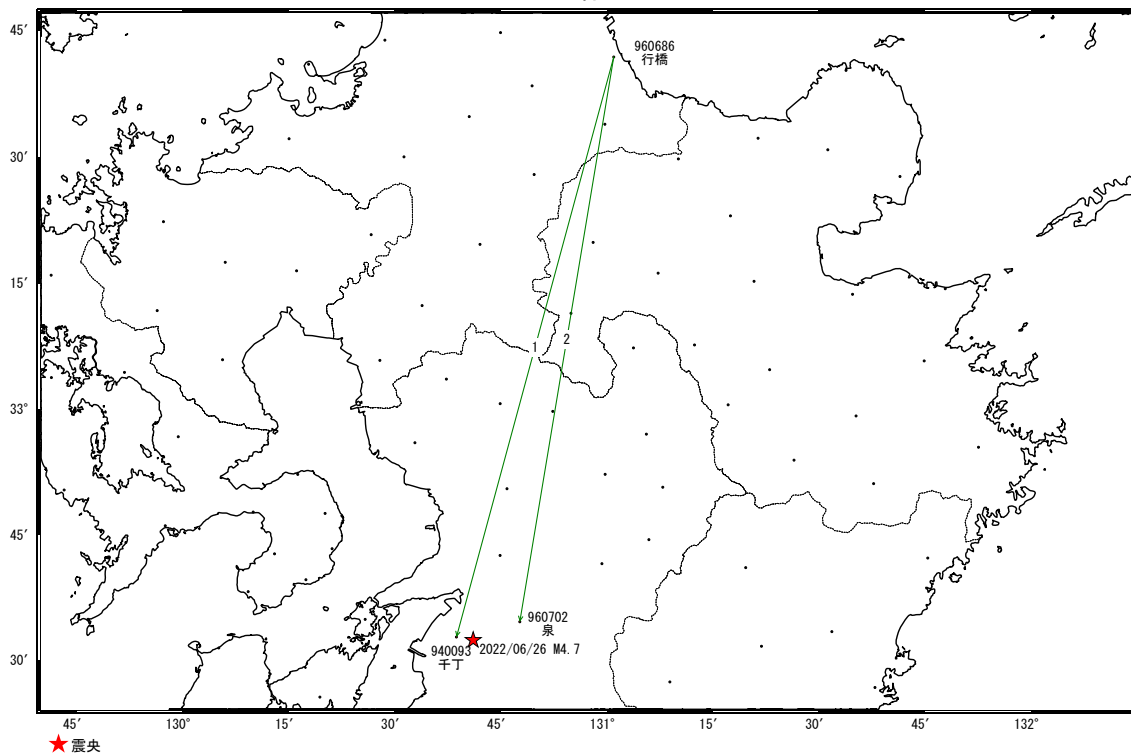
第 11 図は、2022 年 1 月下旬から沖縄本島北西沖で発生している地震活動に伴う地殻変動に関する資料である。1 月 30 日頃から沖縄本島北西沖で活発な地震活動が見られており、この活動域での最大の地震は 3 月 17 日及び 6 月 3 日の M5.9 の地震であった。この地震活動とほぼ同期して沖縄県久米島で地殻変動が観測されている。

第 11 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。2022 年 1 月 22 日～1 月 28 日に対する 7 月 19 日～7 月 25 日の期間の地殻変動を表す。固定局は与論観測点である。久米島の具志川観測点で南東方向に 1 cm を超える地殻変動が観測されている。下段は震源近傍の 2 観測点の 3 成分時系列である。地殻変動が 2022 年 1 月下旬以降ゆっくり進行していることが分かる。

熊本県熊本地方の地震(6月26日 M4.7)前後の観測データ

この地震に伴う顕著な地殻変動は見られない。

基線図



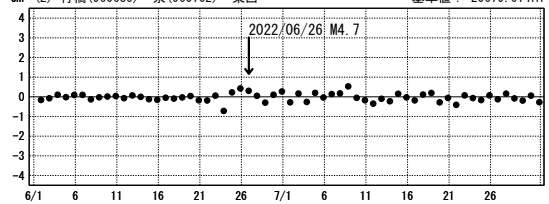
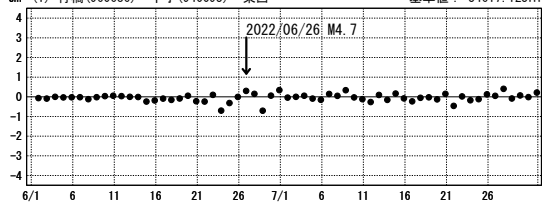
成分変化グラフ

期間: 2022/06/01~2022/07/31 JST

期間: 2022/06/01~2022/07/31 JST

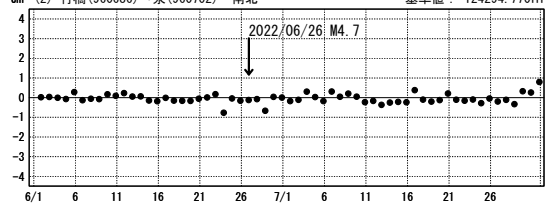
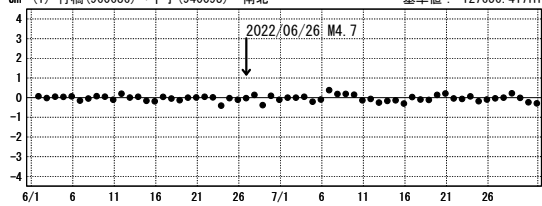
cm (1) 行橋(960686)→千丁(940093) 東西 基準値: -34617.123m

cm (2) 行橋(960686)→泉(960702) 東西 基準値: -20679.614m



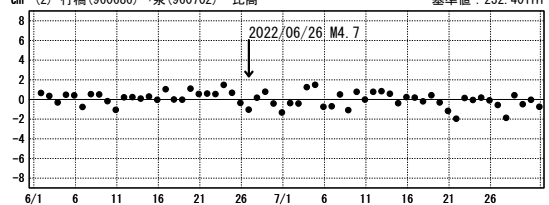
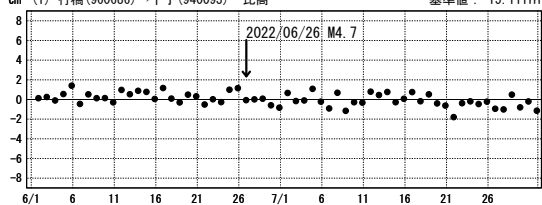
cm (1) 行橋(960686)→千丁(940093) 南北 基準値: -127656.417m

cm (2) 行橋(960686)→泉(960702) 南北 基準値: -124294.770m



cm (1) 行橋(960686)→千丁(940093) 比高 基準値: -15.111m

cm (2) 行橋(960686)→泉(960702) 比高 基準値: 232.401m



●—[F5:最終解] ●—[R5:速報解]

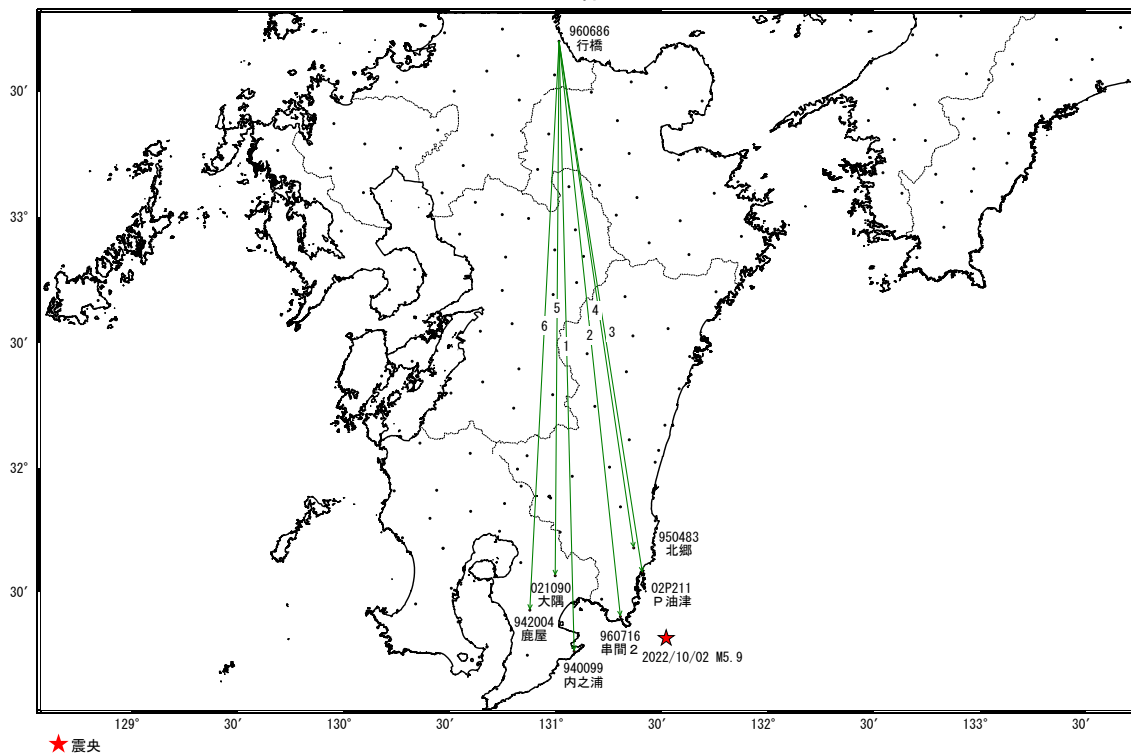
第 1 図 熊本県熊本地方の地震(2022年6月26日, M4.7)前後の観測データ:(上図)基線図,(下図)3成分時系列グラフ。

Fig. 1 Results of continuous GNSS measurements before and after the M4.7 earthquake in the Kumamoto region of the Kumamoto prefecture on June 26, 2022: baseline map (upper) and 3 components time series (lower).

大隅半島東方沖の地震(10月2日 M5.9)前後の観測データ

この地震に伴う顕著な地殻変動は見られない。

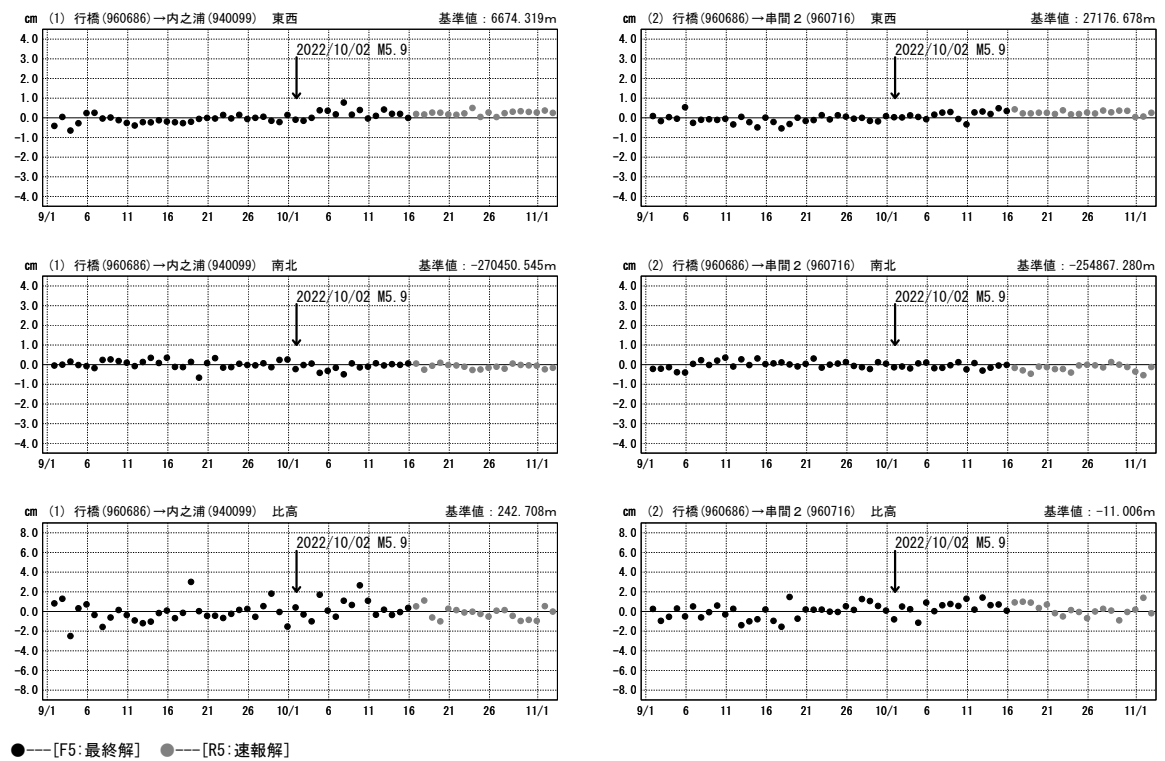
基線図



成分変化グラフ

期間：2022/09/01～2022/11/02 JST

期間：2022/09/01～2022/11/02 JST

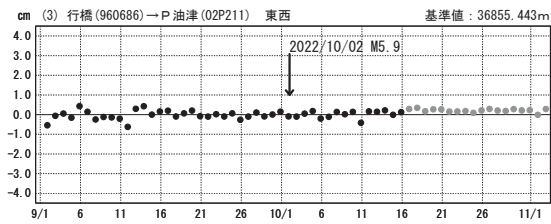


第 2 図 大隅半島東方沖の地震(2022年10月2日, M5.9)前後の観測データ:(上図)基線図,(下図)3成分時系列グラフ。

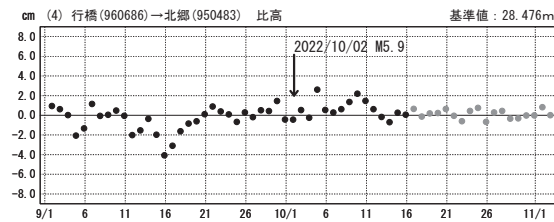
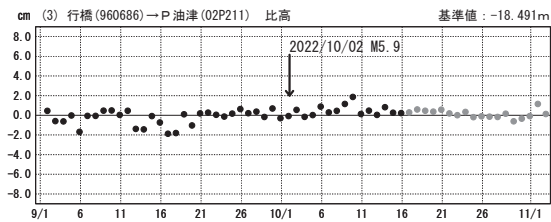
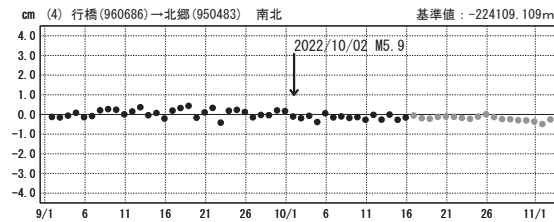
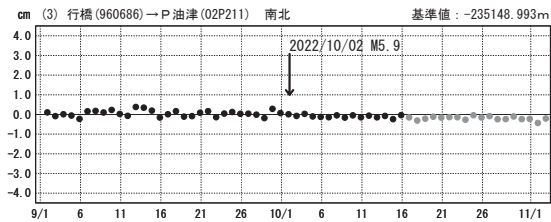
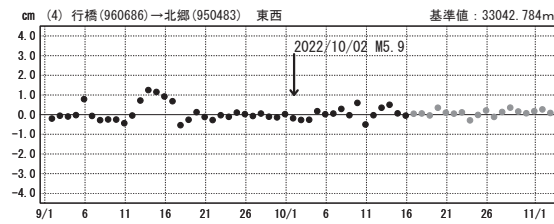
Fig. 2 Results of continuous GNSS measurements before and after the M5.9 earthquake off the east coast of the Osumi Peninsula on June 26, 2022: baseline map (upper) and 3 components time series (lower).

大隅半島東方沖の地震(10月2日 M5.9) 前後の観測データ 成分変化グラフ

期間：2022/09/01～2022/11/02 JST

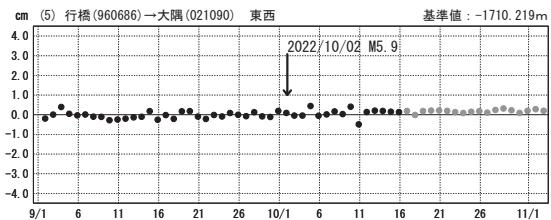


期間：2022/09/01～2022/11/02 JST

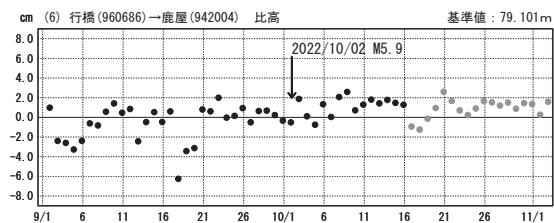
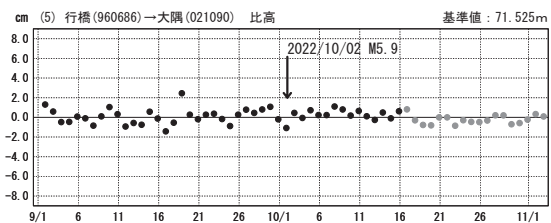
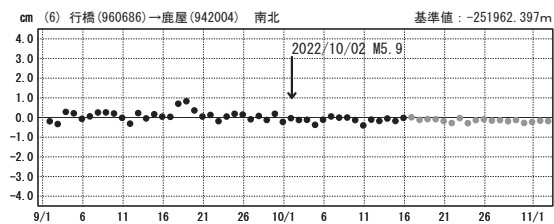
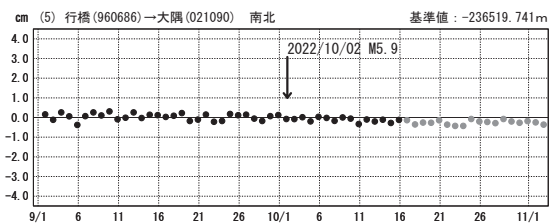
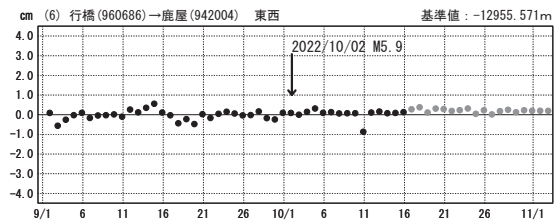


●---[F5:最終解] ●---[R5:速報解]

期間：2022/09/01～2022/11/02 JST



期間：2022/09/01～2022/11/02 JST



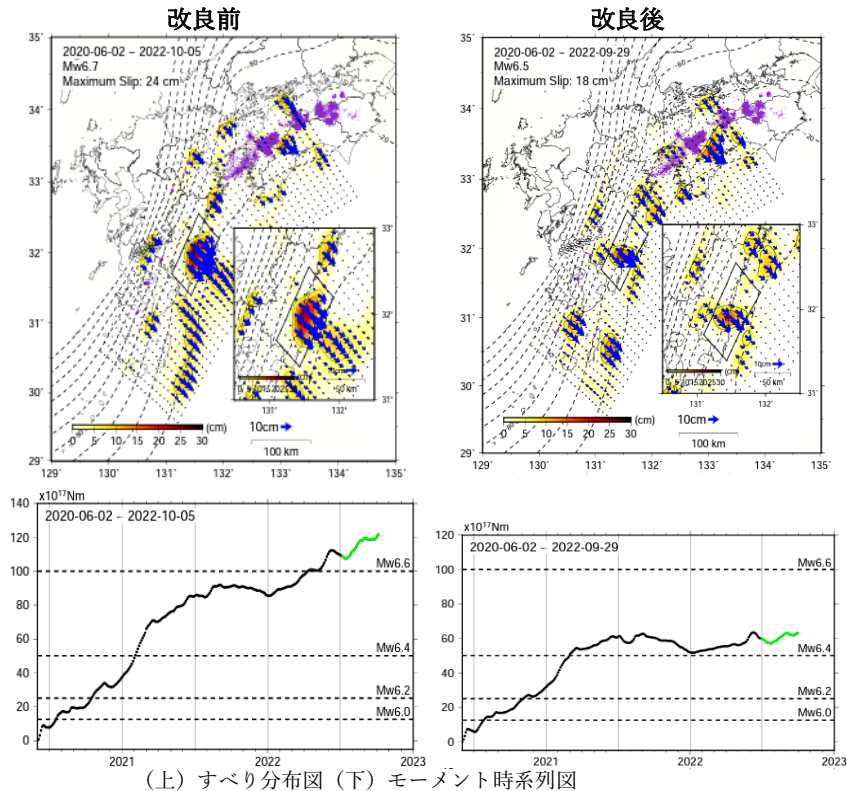
●---[F5:最終解] ●---[R5:速報解]

第 3 図 大隅半島東方沖の地震(2022 年 10 月 2 日, M5.9) 前後の観測データ：3 成分時系列グラフ。

Fig. 3 Results of continuous GNSS measurements before and after the M5.9 earthquake off the east coast of the Osumi Peninsula on June 26, 2022: 3 components time series.

日向灘南部で 2020 年夏頃から発生していた長期的 SSE について、今回時系列データの処理手法を改良したところ、2022 年春以降のすべりの増加傾向は見られなくなった。

累積のすべり分布図とモーメント時系列図【固定局：三隅】



●これまでの解析手法の問題点

地殻変動データに含まれる余効変動はモデル化が困難であったため、これまで、長期的 SSE の解析においては補正せずに解析してきた。日向灘南部の長期的 SSE の解析については、熊本地震の余効変動が無視できないため、2021 年 6 月より以下の条件で解析を実施し、その影響を軽減していた。

- ① 2012 年 1 月 1 日から 2013 年 2 月 28 日の一次トレンドを除去
- ② 熊本県内の観測点を計算から除外

しかし、2022 年以降に見られたすべりの増加傾向の原因を検討する中で、長期間に渡るデータ解析において、東北地方太平洋沖地震の余効変動の影響が懸念されること、熊本県外においても時間経過とともに熊本地震の余効変動が蓄積し無視できなくなりつつあることが明らかとなった。

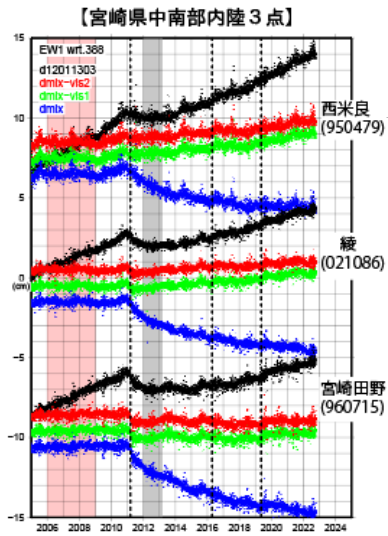
●解析手法の改良

- ・上記①②の処理に代わり、以下処理を適用
- ③ 東北地方太平洋沖地震以前の期間で一次トレンドを推定し除去
- ④ 東北地方太平洋沖地震、熊本地震の余効変動をモデル計算により求め除去

余効変動モデルは今後修正される可能性はあるが、現時点までの観測データについては、東北地方太平洋沖地震や熊本地震の余効変動の影響はおおむね除去できている。

第 4 図 時系列データの処理手法の改良.

Fig. 4 Improvement of analysis methods for time series data.



非正常地殻変動時系列【固定局：三隅】

非正常時系列：平均変動速度を以下の期間から推定し、元の時系列データから除去した時系列

黒丸：2012 年 1 月～2013 年 3 月

青丸：2006 年 1 月～2009 年 1 月

更に、青丸の時系列について以下の補正を行った

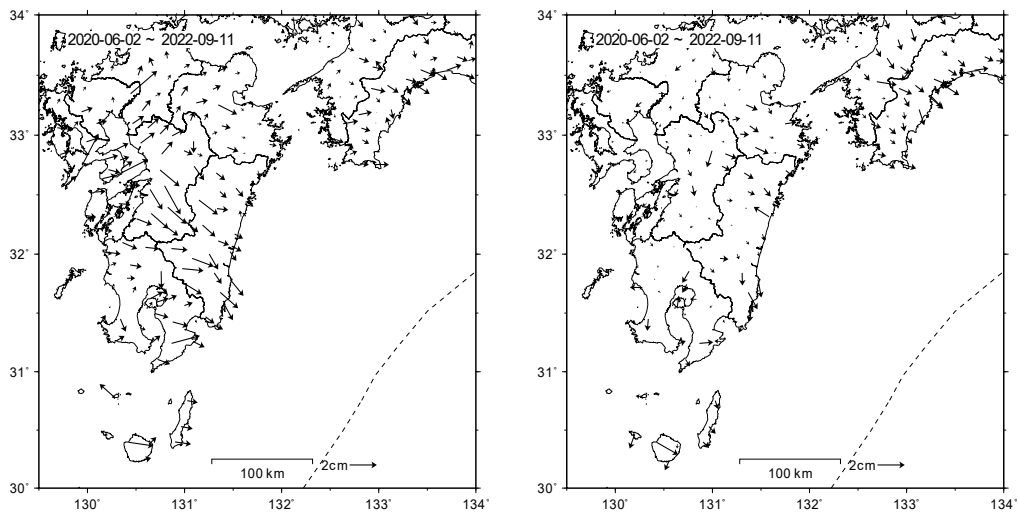
緑丸：青丸から東北地方太平洋沖地震の粘性緩和による変動を除去

赤丸：緑丸からさらに熊本地震の粘性緩和による変動を除去

累積の非正常地殻変動ベクトル図【固定局：三隅】

改良前

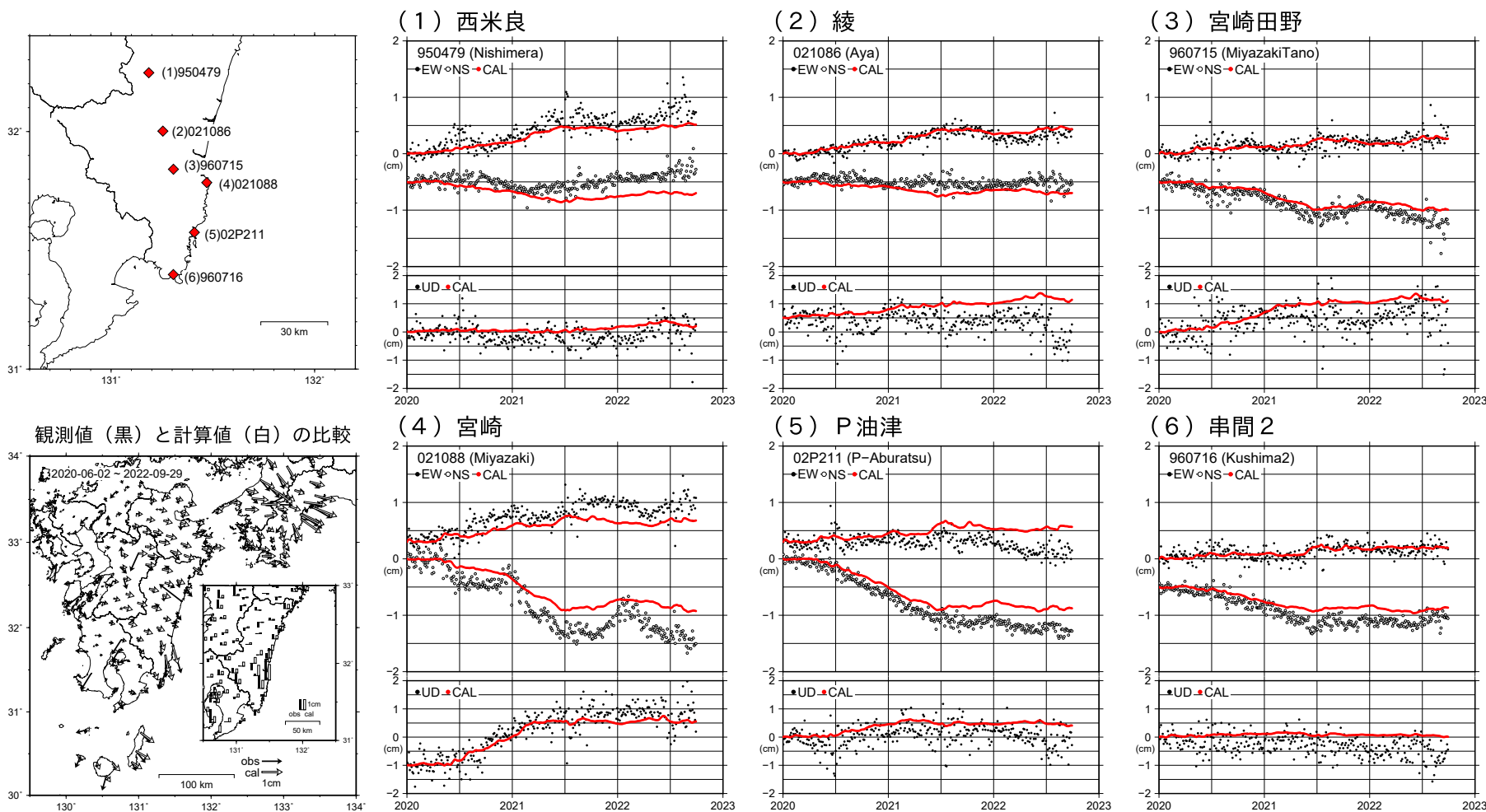
改良後



第 5 図 時系列データの処理手法の改良.

Fig. 5 Improvement of analysis methods for time series data.

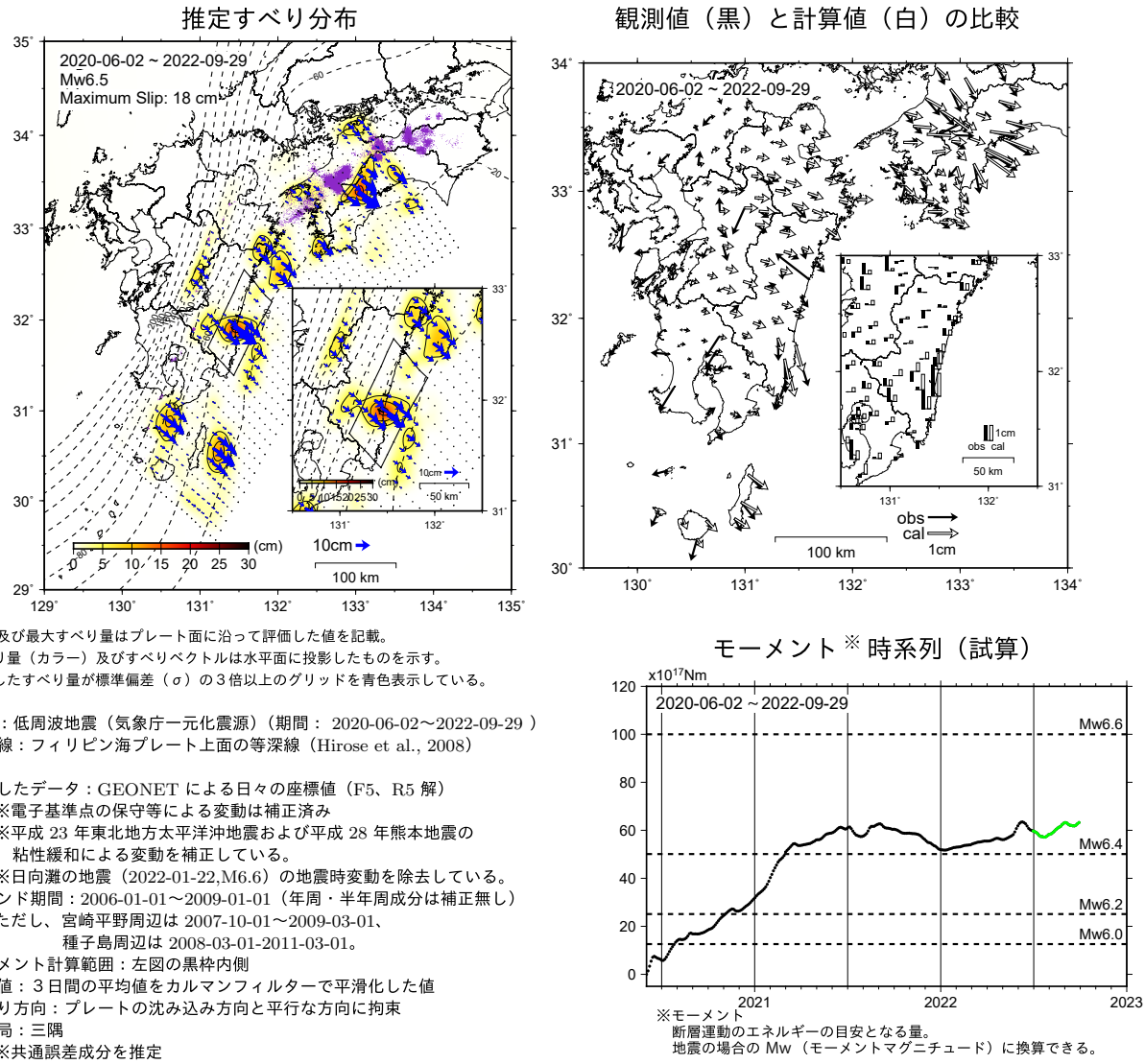
九州地域の観測点の非定常地殻変動時系列と計算値



第 6 図 九州地域の観測点の非定常地殻変動時系列：観測値（黒丸）と時間依存インバージョンによる計算値（赤線）。

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

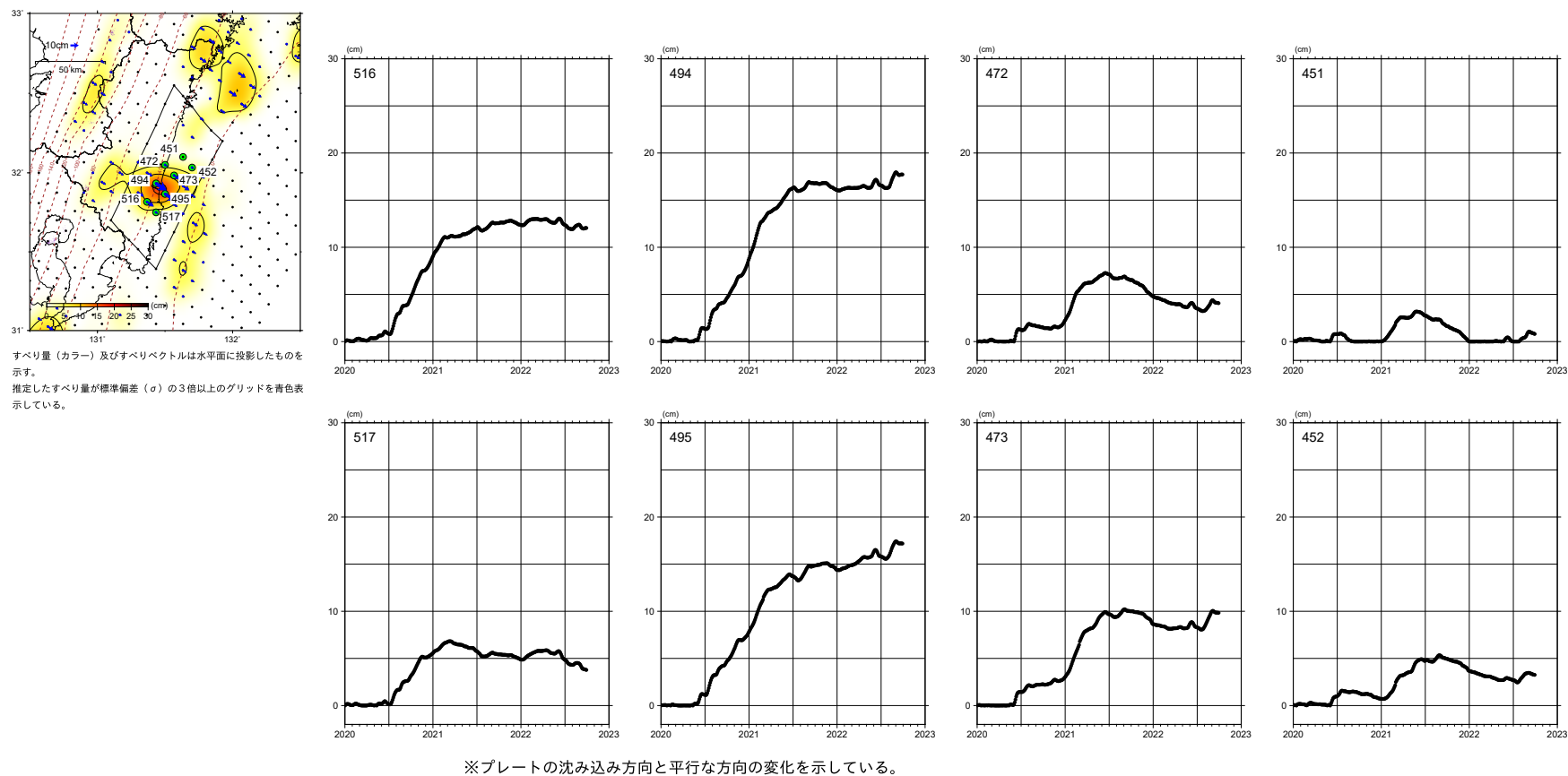
GNSS データから推定された日向灘南部の長期的ゆっくりすべり（暫定）



第 7 図 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. 7 Estimated slip distribution on the plate interface beneath the southern part of Hyuga-nada (preliminary results).

日向灘南部の長期的ゆっくりすべりの各グリッドにおけるすべりの時間変化



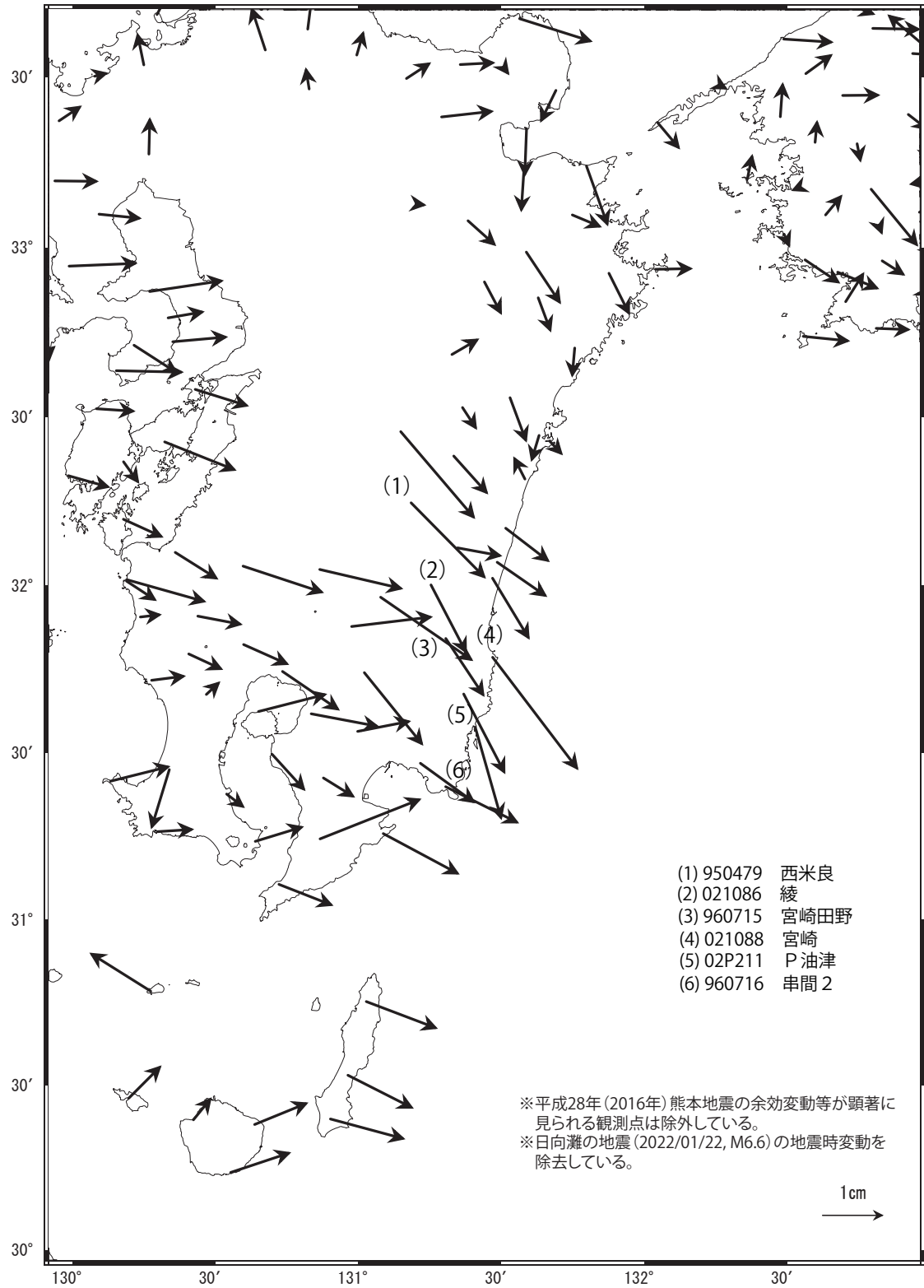
第 8 図 時間依存インバージョンで推定された日向灘南部のプレート間滑りの時間変化.

Fig. 8 Time evolution of the estimated slip beneath the southern part of Hyuga-nada by the time dependent inversion method.

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: 2022/10/09~2022/10/15 [R5: 速報解]

計算期間: 2012/01/01~2013/03/01



固定局: 三隅(950388)

第 9 図 九州地域の非定常水平地殻変動.

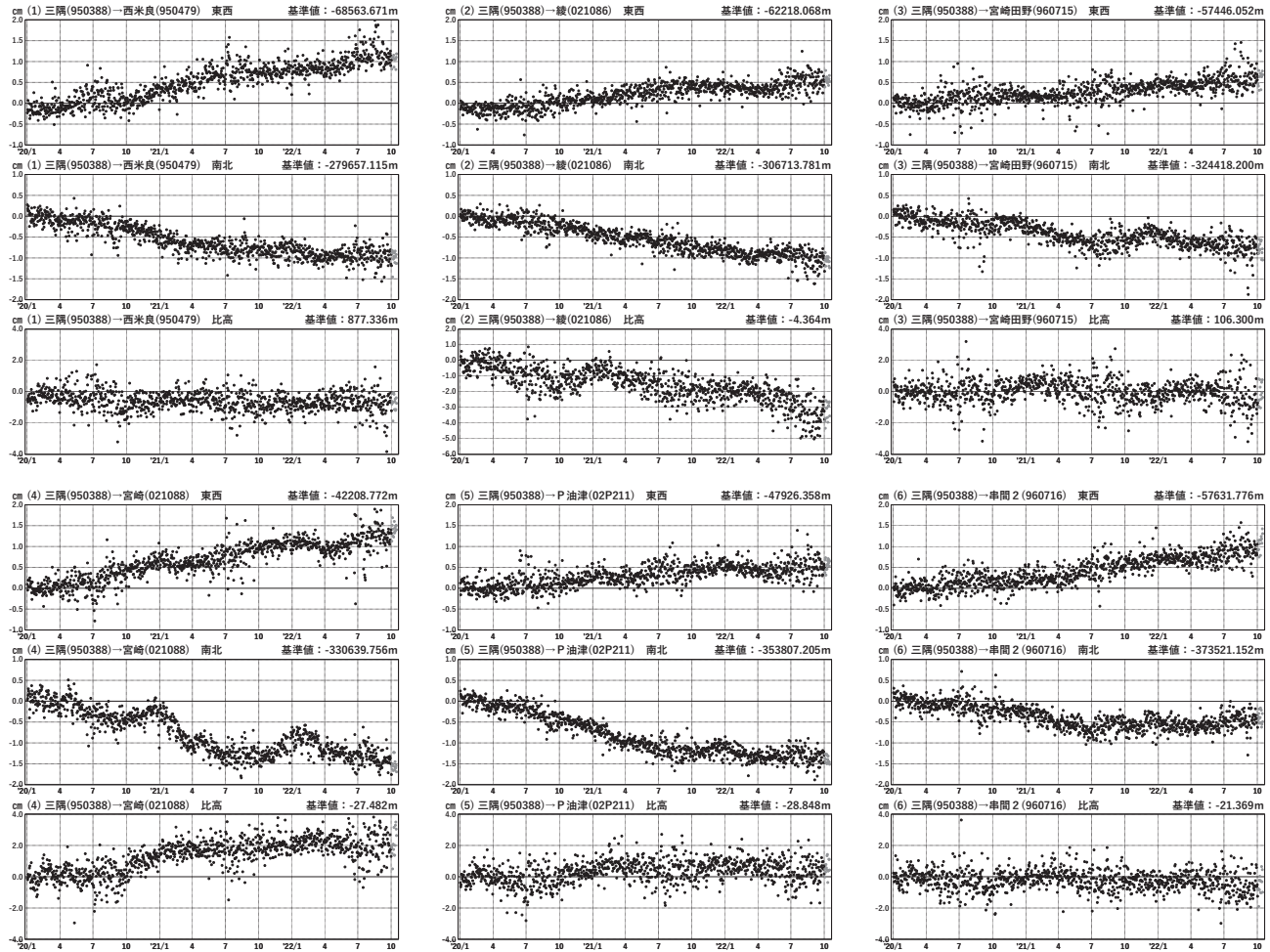
Fig. 9 Transient horizontal deformation in the Kyusyu district.

九州地域 G N S S 連続観測時系列

1次トレンド除去後グラフ

期間: 2020/01/01~2022/10/15 JST

計算期間: 2012/01/01~2013/03/01



●---[F5:最終解] ●---[R5:速報解]

第 10 図 九州地域 GNSS 連続観測時系列.

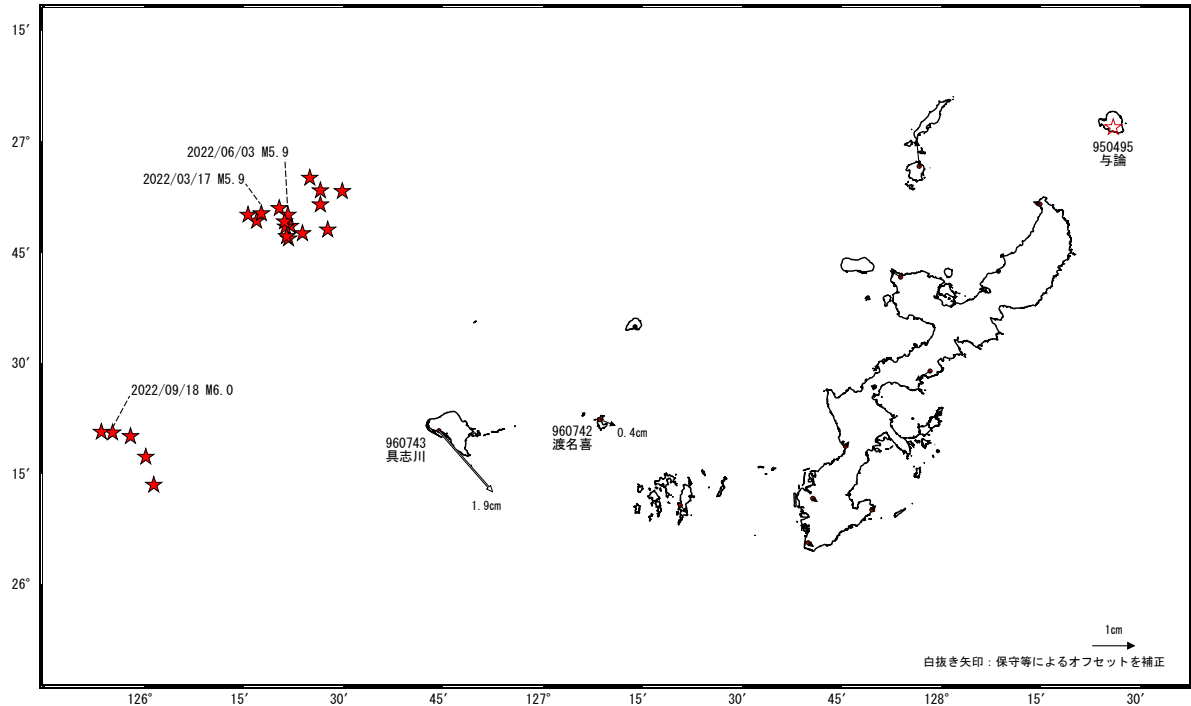
Fig. 10 Results of continuous GNSS measurements in the Kyusyu district with respect to the Misumi station.

久米島周辺の地殻変動（暫定）

地殻変動(水平)（一次トレンド除去後）

基準期間: 2022/01/22~2022/01/28 [F5: 最終解]
比較期間: 2022/10/27~2022/11/02 [R5: 速報解]

計算期間: 2021/01/01~2021/12/31

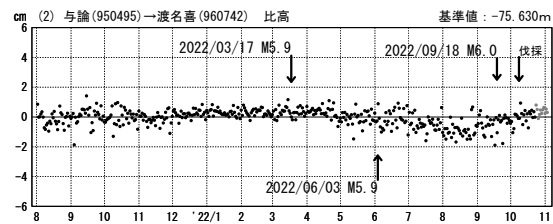
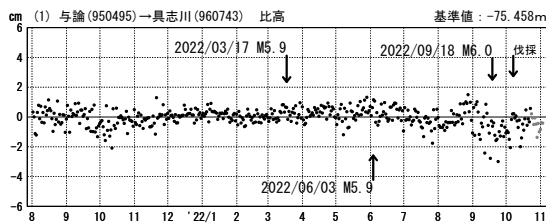
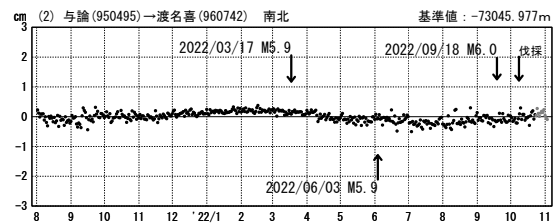
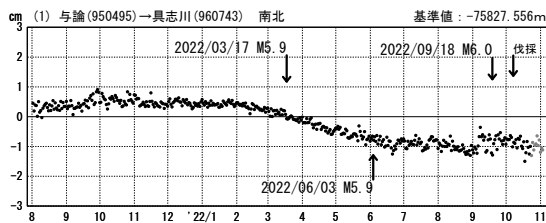
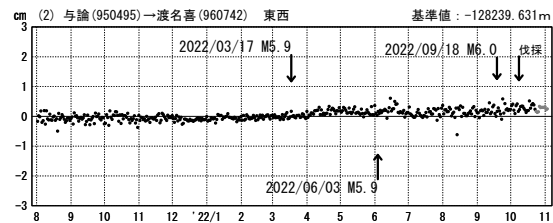
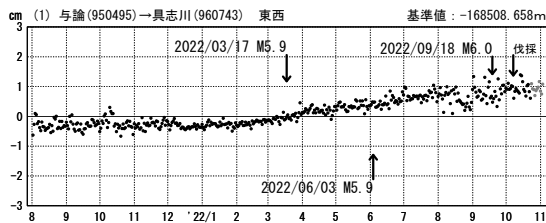


☆ 固定局: 与論 (950495) ★ 震央

1 次トレンド除去後グラフ

期間: 2021/08/01~2022/11/02 JST

期間: 2021/08/01~2022/11/02 JST 計算期間: 2021/01/01~2022/01/01



●— [F5: 最終解] ●— [R5: 速報解]

第 11 図 久米島周辺の地殻変動：(上図) 水平変動，(下図) 3 成分時系列グラフ。

Fig. 11 Transient displacement around the Kumejima Island : horizontal displacement (upper) and time series of transient displacement (lower).