

## 9-3 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

## [沖縄本島近海の地震（5月1日）M6.4 GNSS]

第1図は2023年5月1日に発生した沖縄本島近海の地震の地殻変動に関する資料である。

第1図上段はGNSS連続観測結果による水平変動ベクトル図で、固定局は沖永良部島の和泊観測点（鹿児島県）である。下段は、震央近傍の2観測点の3成分時系列グラフである。この地震に伴い、沖縄本島の複数の観測点でごくわずかな地殻変動が観測された。地震時の変位のほかは、特段の変化は見られない。なお、観測された地殻変動は、地震規模（例えば、気象庁CMT解ではMw5.8）から想定される地殻変動よりも有意に大きいことが特徴として挙げられる。

## [トカラ列島近海の地震活動（最大地震 5月13日 M5.1）GNSS]

第2図は、2023年5月13日に発生したトカラ列島近海の地震の地殻変動に関する資料である。

第2図上段に示す震央周辺の2観測点の基線について、第2図下段に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。

## [トカラ列島近海の地震活動（最大地震 9月11日 M5.3）GNSS]

第3図は、2023年9月に発生したトカラ列島近海の地震活動に伴う地殻変動に関する資料である。第3図上段に示す震央周辺の2観測点の基線について、第3図下段に3成分時系列グラフを示している。この地震活動に伴い、震源域近傍の宝島観測点（鹿児島県）で東南東方向のわずかな地殻変動が観測された。

## [九州地域の非定常水平地殻変動（長期的 SSE）]

第4～6図は、2022年春頃初頭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。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。この解析では、東北地方太平洋沖地震以前の2006年1月1日～2009年1月1日の期間で一次トレンドを推定し除去、東北地方太平洋沖地震、熊本地震の粘弾性変形をモデル計算（Suito,2017; 水藤, 2017）により除去している。また、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4図は、下段に示した6観測点の観測値と計算値を比較した時系列図である。九州南部で2023年初頭から南向きの変動が見られるが、最近では停滞しているように見える。計算値は観測値をよく説明できていることが分かる。

第5図左の図は、2022年7月1日～2023年10月12日の期間で推定されたすべり分布を示している。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13cm、モーメントマグニチュードは6.3と求まった。

第5図中央の図は、観測値と計算値の比較の水平変動ベクトル図である。九州南部の南向き

の変動がよく説明できている。

第 5 図右の図は、推定すべり分布図中の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 年春頃からの前回のイベントに伴うモーメント増大が 2021 年夏頃に停滞し、その後収束していた。2023 年初頭から再びモーメントの増大が見られていたが、最近では停滞しているように見える。

第 6 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 年春頃からのすべりが 2021 年夏頃に停滞し、その後停止していた。2023 年初頭から再びすべりが見られるが、最近では停滞しているように見える。

#### [先島諸島の非定常水平地殻変動]

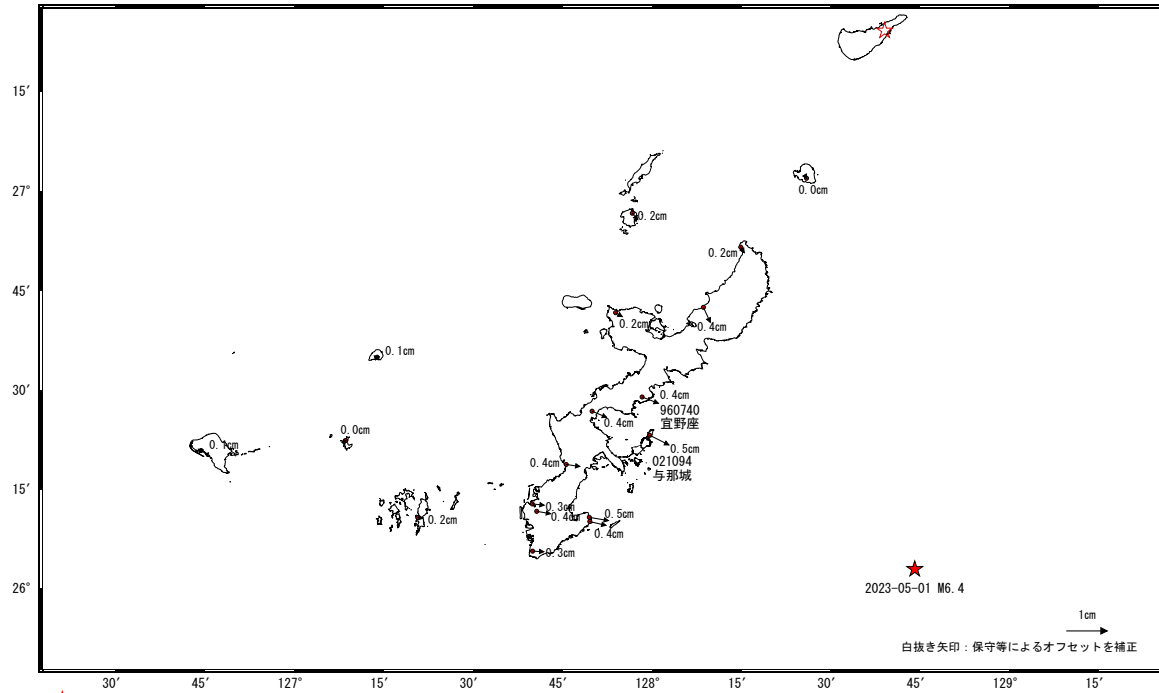
第 7～9 図は、GNSS 連続観測によって観測された先島諸島の非定常地殻変動についての水平変動ベクトル図及び 3 成分時系列グラフである。2023 年 9 月下旬から 10 月上旬にかけて、波照間島観測点が南南東に約 1cm 変動したのをはじめ、石垣島と西表島でも南南東～南東方向のわずかな変動が観測された。この地域では、今回と同様の非定常地殻変動が半年程度の間隔で発生しており、プレート境界でスロースリップが発生しているものと考えられている。

## 沖縄本島近海の地震活動(最大地震 5月1日 M6.4)の観測データ

この地震活動に伴いごくわずかな地殻変動が観測された。

### 地殻変動(水平)

基準期間:2023-04-15~2023-04-30[F5:最終解]  
比較期間:2023-05-02~2023-05-12[F5:最終解]

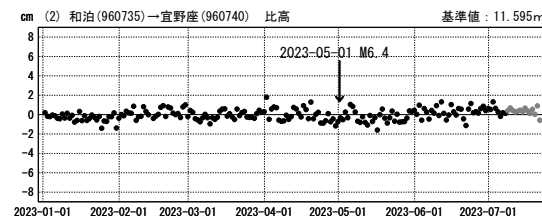
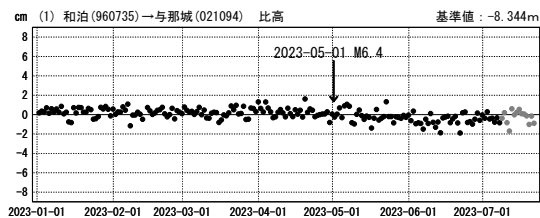
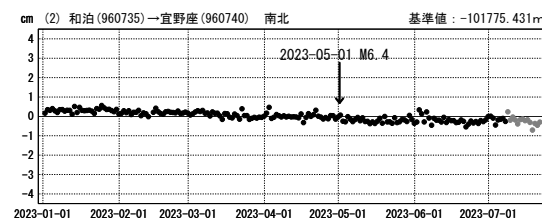
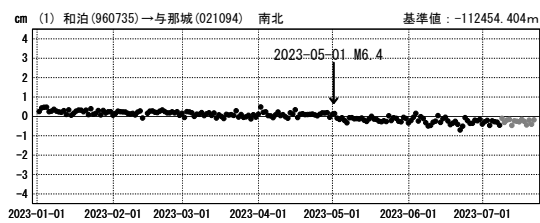
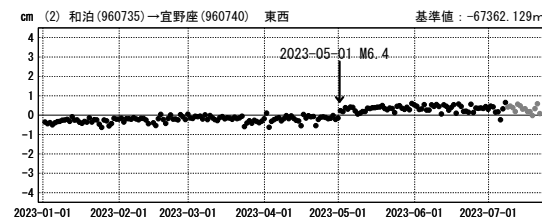
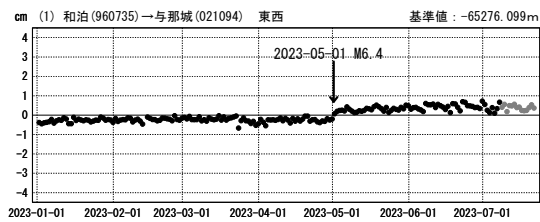


★ 震央  
☆ 固定局:和泊(960735)

### 成分変化グラフ

期間: 2023-01-01~2023-07-22 JST

期間: 2023-01-01~2023-07-22 JST



●—[F5:最終解] ●—[R5:速報解]

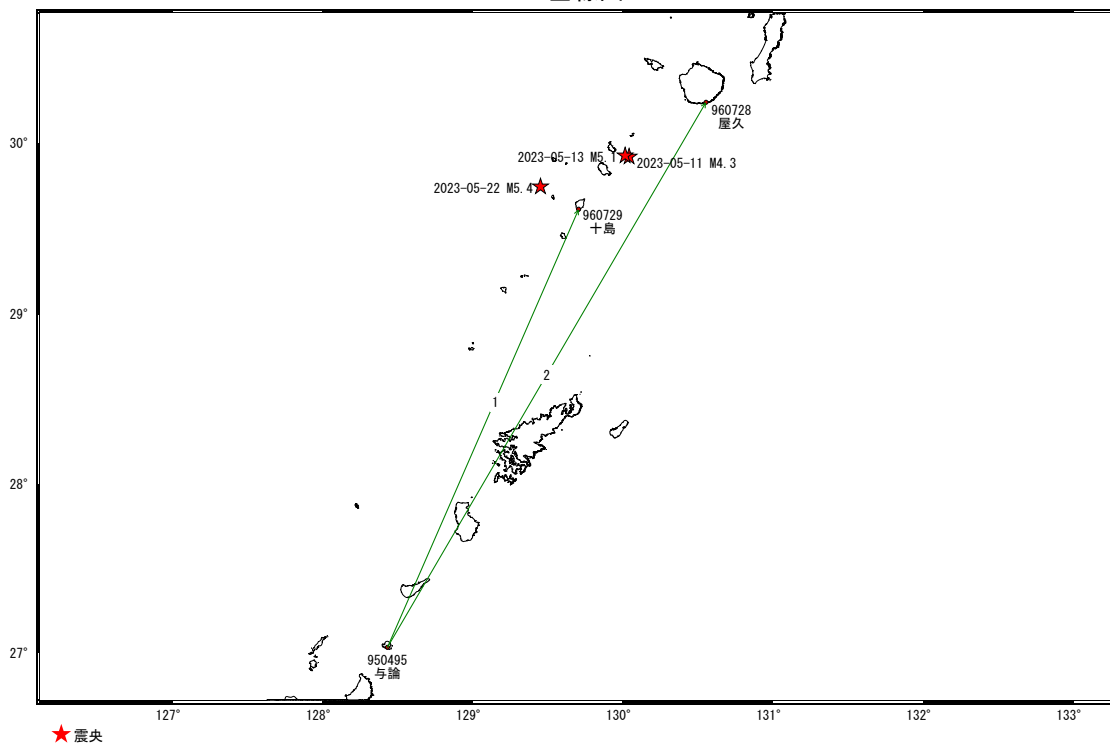
第 1 図 沖縄本島近海の地震(2023年5月1日, M6.4)前後の観測データ:(上図)水平変動,(下図)3成分時系列グラフ

Fig. 1 Results of continuous GNSS measurements before and after the M6.4 earthquake around the Okinawajima island on May 1, 2023: horizontal displacement (upper) and 3 components time series (lower).

## トカラ列島近海の地震活動(最大地震 5月13日 M5.1)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。

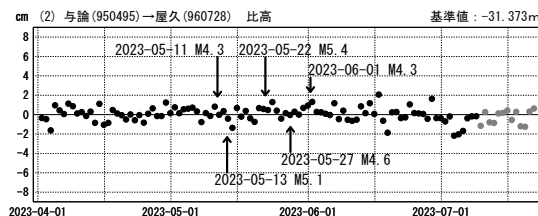
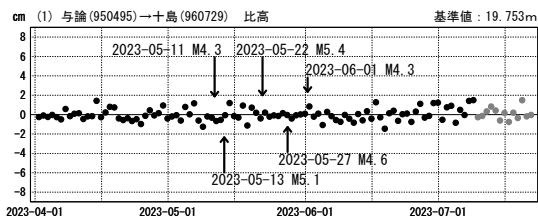
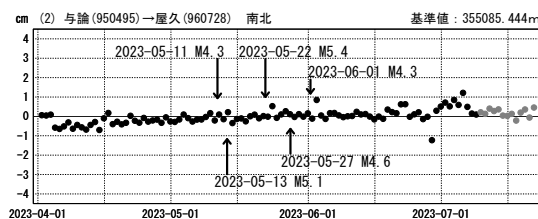
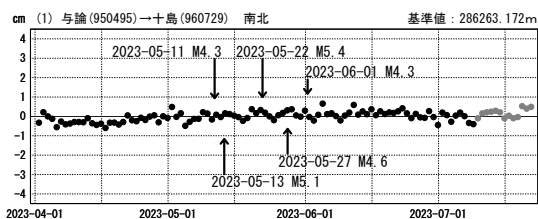
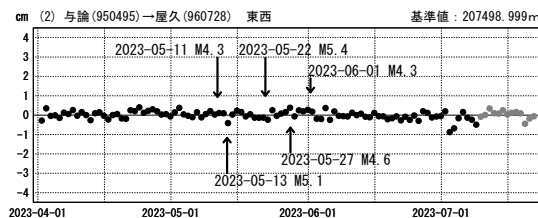
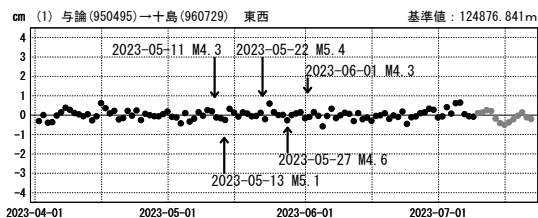
基線図



成分変化グラフ

期間: 2023-04-01~2023-07-22 JST

期間: 2023-04-01~2023-07-22 JST



●— [F5:最終解] ●— [R5:速報解]

第 2 図 トカラ列島近海の地震活動(最大地震 2023 年 5 月 13 日, M5.1) 前後の観測データ:(上図) 基線図,(下図) 3 成分時系列グラフ

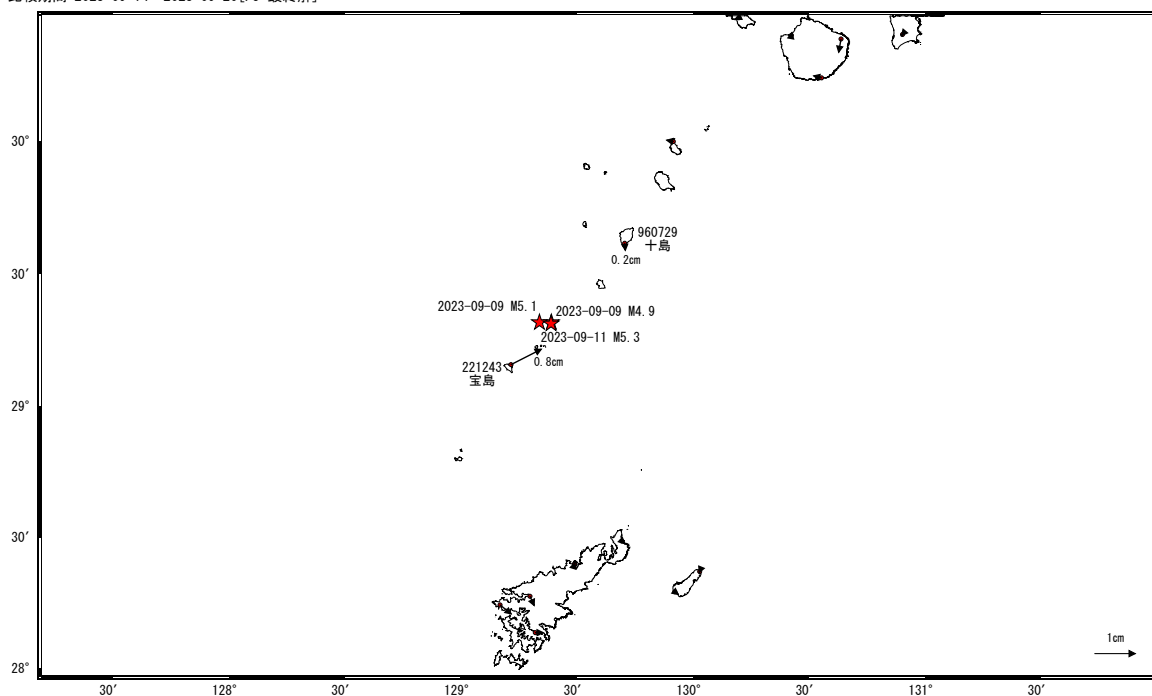
Fig. 2 Results of continuous GNSS measurements with seismic activity near the Tokara islands in May~ June 2023: baseline map (upper) and 3 components time series (lower).

## トカラ列島近海の地震活動(最大地震 9月11日 M5.3)の観測データ

この地震活動に伴わずかな地殻変動が観測された。

### 地殻変動 (水平)

基準期間: 2023-09-01~2023-09-07 [F5: 最終解]  
比較期間: 2023-09-14~2023-09-20 [F5: 最終解]

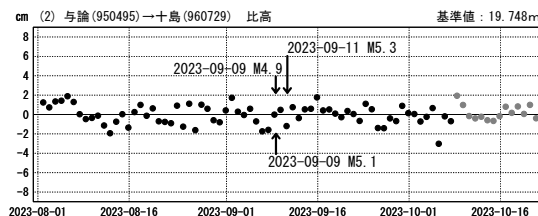
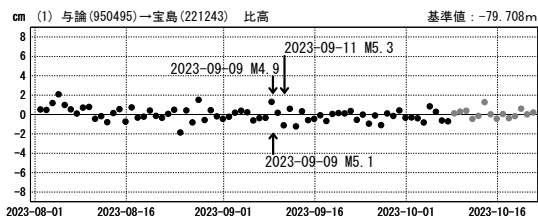
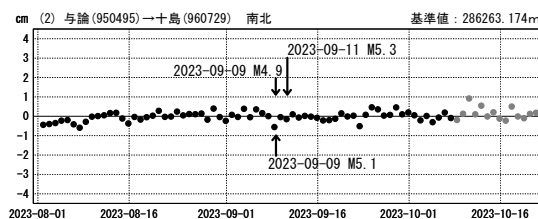
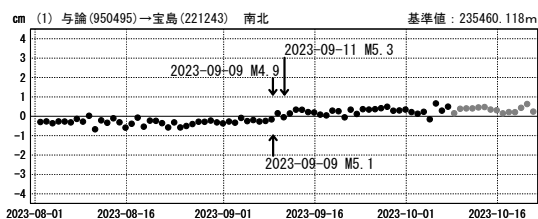
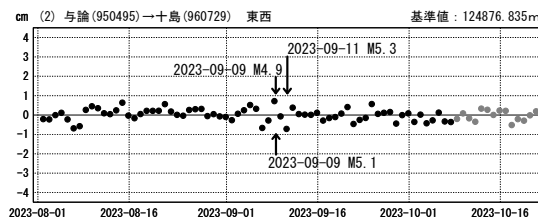
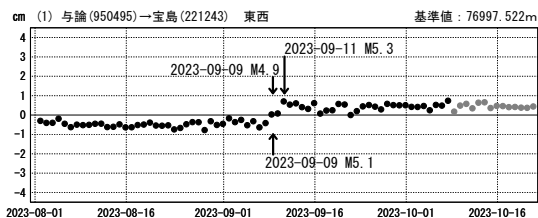


★ 震央  
☆ 固定局: 与論 (950495)

### 成分変化グラフ

期間: 2023-08-01~2023-10-21 JST

期間: 2023-08-01~2023-10-21 JST



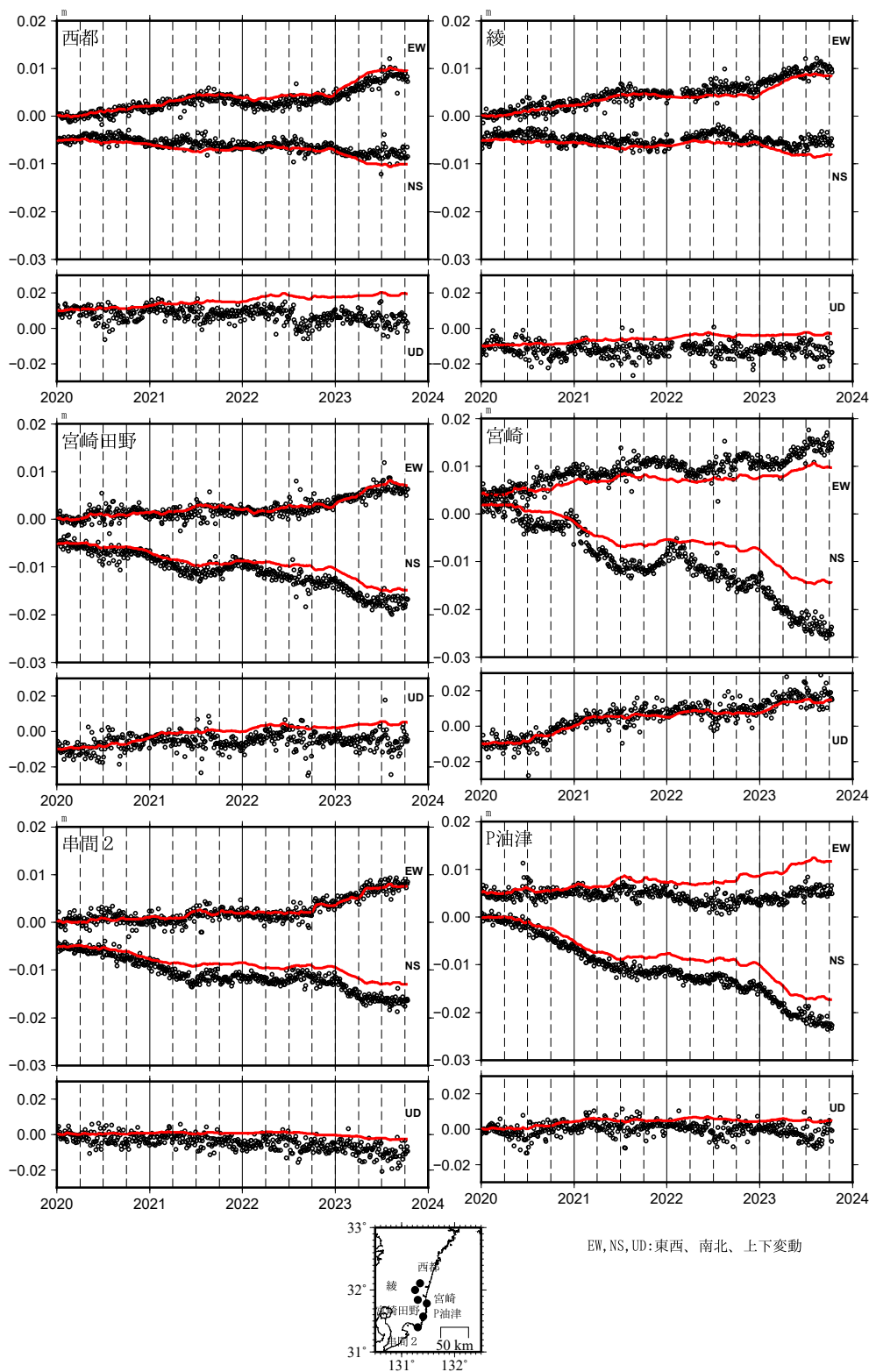
●— [F5: 最終解] ●— [R5: 速報解]

第 3 図 トカラ列島近海の地震活動 (最大地震 2023 年 9 月 11 日, M5.3) 前後の観測データ: (上図) 水平変動, (下図) 3 成分時系列グラフ

Fig. 3 Results of continuous GNSS measurements with seismic activity near the Tokara islands in September 2023: horizontal displacement (upper) and 3 components time series (lower).

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 4 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. 4 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）

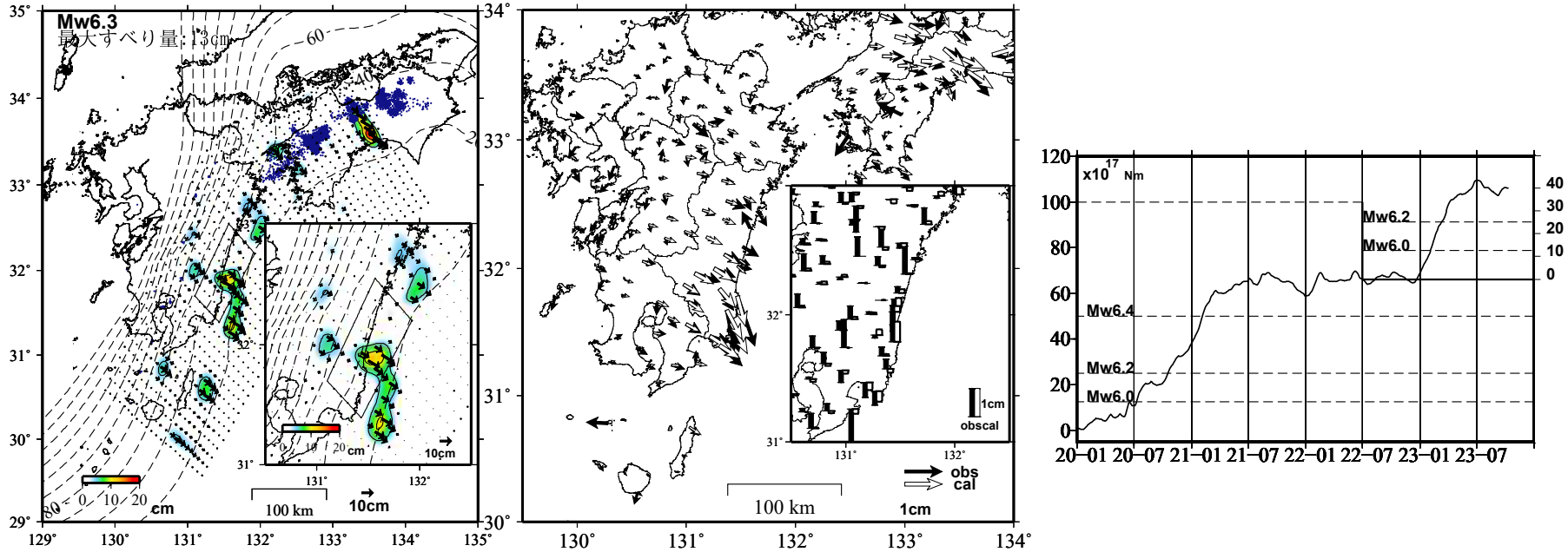
推定すべり分布

(2022-07-01/2023-10-12)

観測値（黒）と計算値（白）の比較

(2022-07-01/2023-10-12)

モーメント\*時系列（試算）



Mw及び最大すべり量はプレート面に沿って評価した値を記載。  
すべり量（カラー）及びすべりベクトルは水平面に投影したものを示す。  
推定したすべり量が標準偏差( $\sigma$ )の3倍以上のグリッドを黒色で表示している。

使用データ: GEONETによる日々の座標値(F5解、R5解)

F5解(2020-01-01/2023-09-30) + R5解(2023-10-01/2023-10-12)\*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: 2006-01-01/2009-01-01 (年周・半年周成分は補正なし)

\*日向灘の地震(2022-01-22, M6.6)の地震時変動を除去している。

日向灘附近: 2007-10-01/2009-03-01

\*平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震及び平成28年(2016年)熊本地震の粘弾性変形は補正している(Suito, 2017; 水藤, 2017)。

モーメント計算範囲: 左図の黒枠内側

\*モーメント: 断層運動のエネルギーの目安となる量。

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(Hirose et al., 2008)

すべり方向: プレートの沈み込み方向に拘束

青丸: 低周波地震(気象庁一元化震源) (期間: 2022-07-01/2023-10-12)

固定局: 三隅

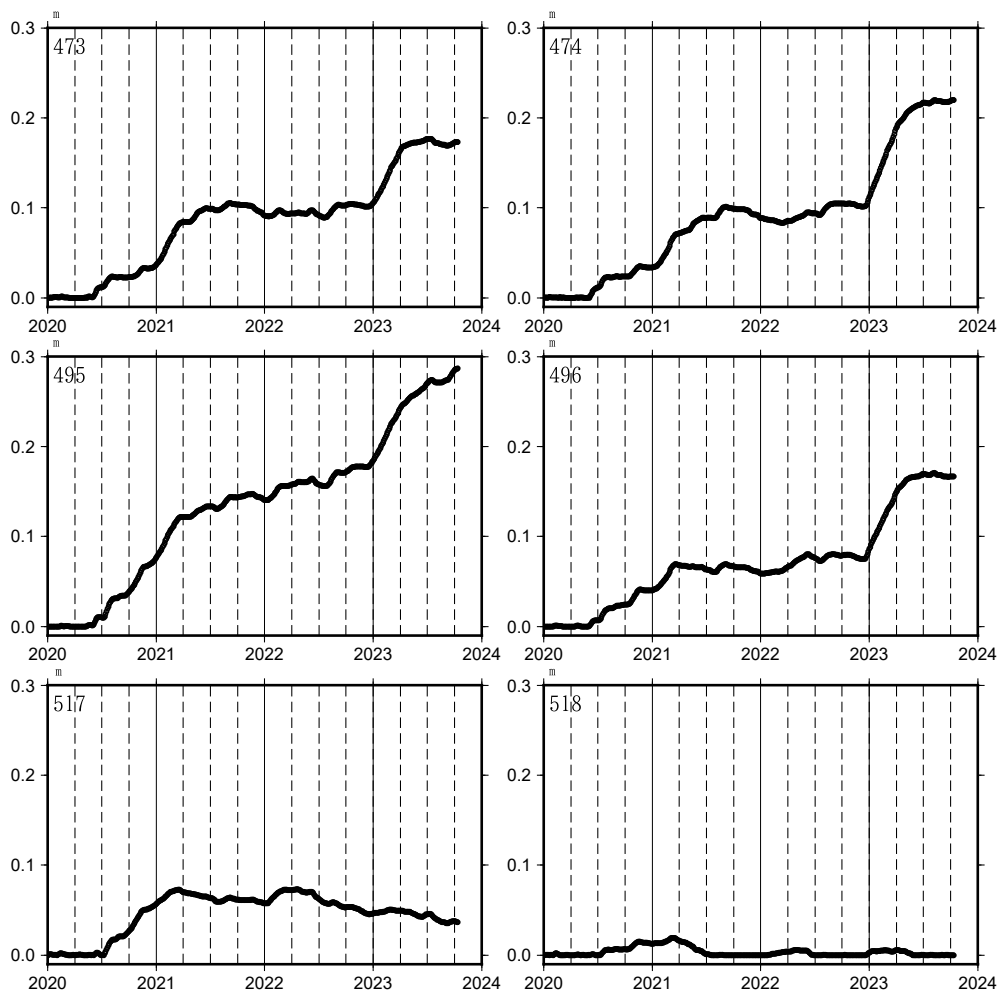
第5図 日向灘南部において推定される長期的ゆっくりすべり（暫定）

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

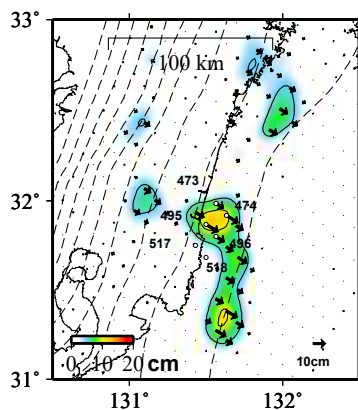
日向灘南部の長期的ゆっくりすべり

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



\*プレートの沈み方向と平行な方向の変化を示している。



すべり量(カラー)及びすべりベクトルは水平面に投影したものを示す。  
推定したすべり量が標準偏差( $\sigma$ )の3倍以上のグリッドを黒色表示している。

第 6 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. 6 Time evolution of the estimated slip beneath the southern part of Hyuga-nada by the time dependent inversion method.

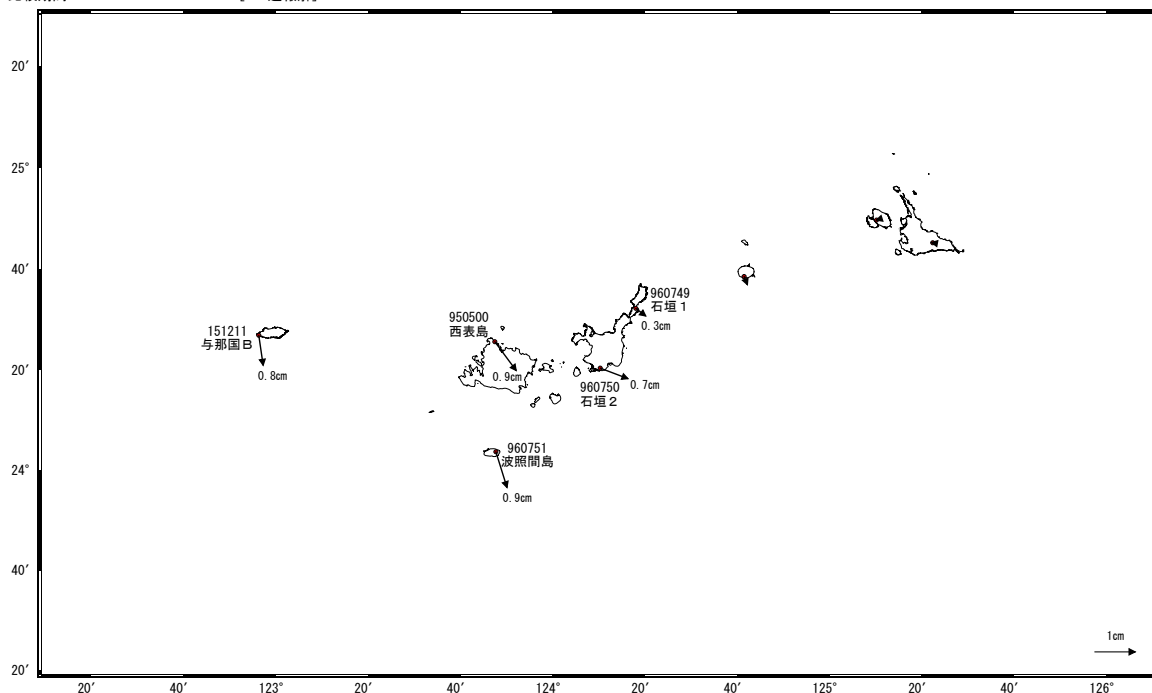


### 先島諸島の地殻変動（1）

先島諸島で2023年9月から10月にかけて、定常とは異なる地殻変動が観測された。

基準期間：2023-09-01～2023-09-07 [F5:最終解]  
 比較期間：2023-10-15～2023-10-21 [R5:速報解]

#### 地殻変動（水平）

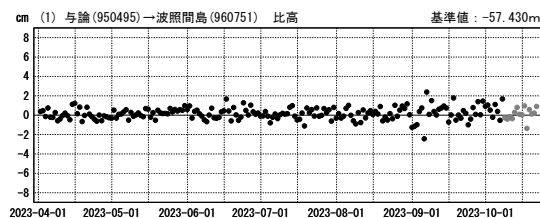
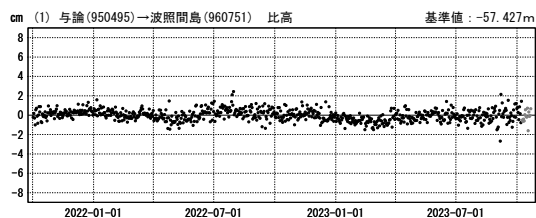
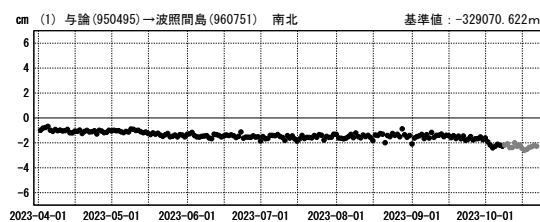
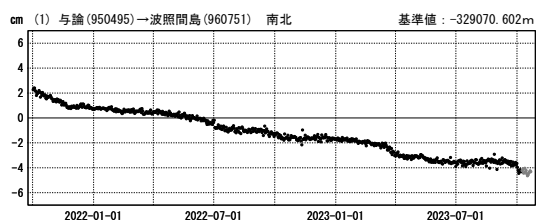
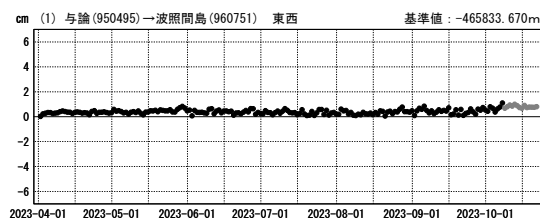
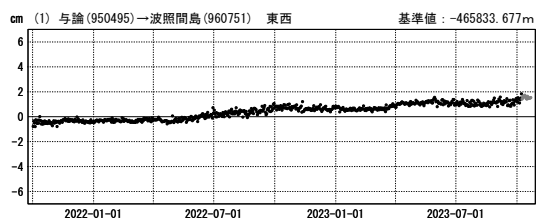


☆ 固定局：与論 (950495)

#### 成分変化グラフ

期間：2021-10-01～2023-10-21 JST

期間：2023-04-01～2023-10-21 JST



●—[F5:最終解] ●—[R5:速報解]

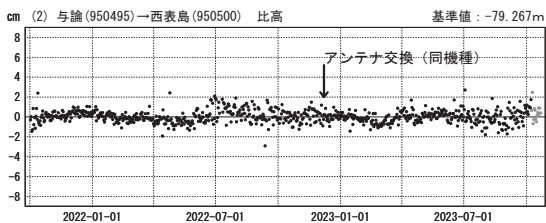
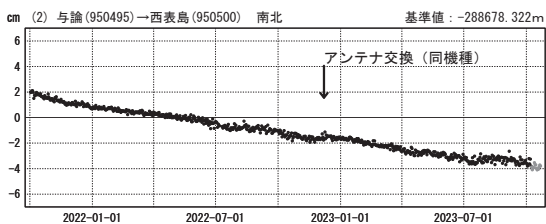
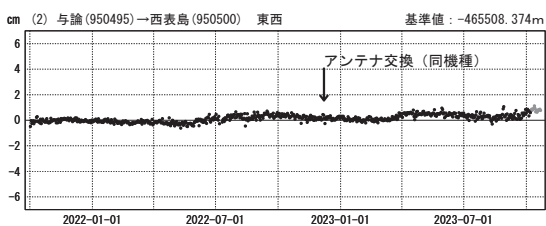
第 7 図 先島諸島の地殻変動：（上図）水平変動，（下図）3 成分時系列グラフ

Fig. 7 Transient displacement on the Sakishima Islands: horizontal displacement (upper) and time series of transient displacement (lower).

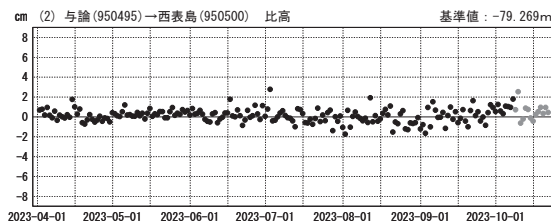
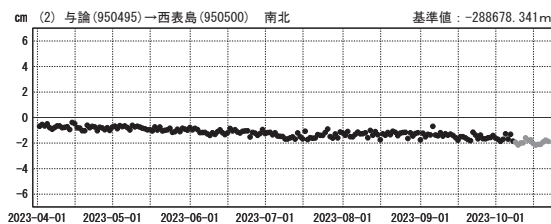
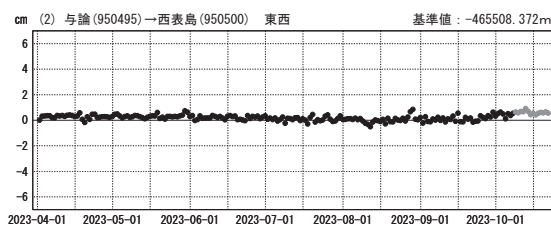
## 先島諸島の地殻変動（2）

### 成分変化グラフ

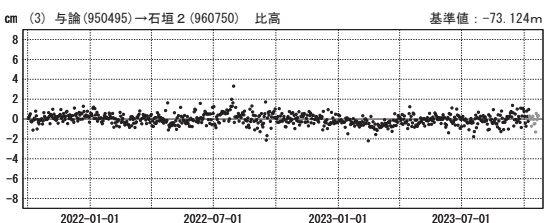
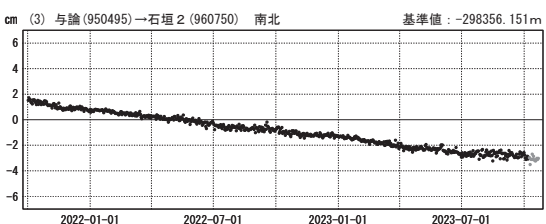
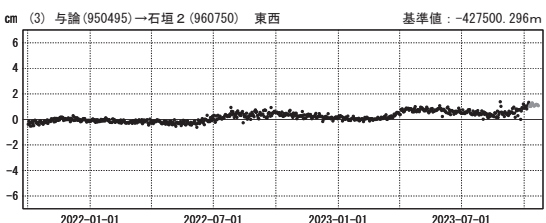
期間：2021-10-01～2023-10-21 JST



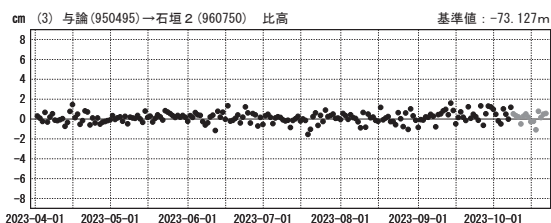
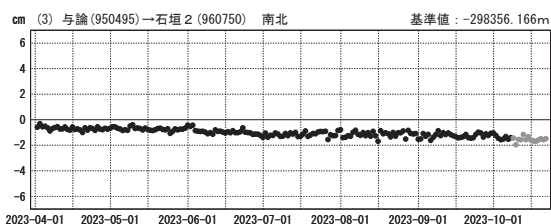
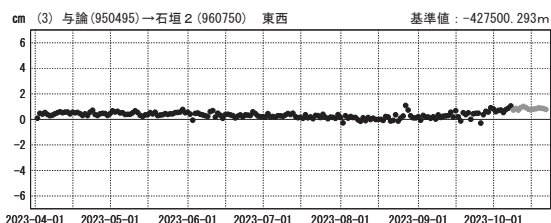
期間：2023-04-01～2023-10-21 JST



期間：2021-10-01～2023-10-21 JST



期間：2023-04-01～2023-10-21 JST



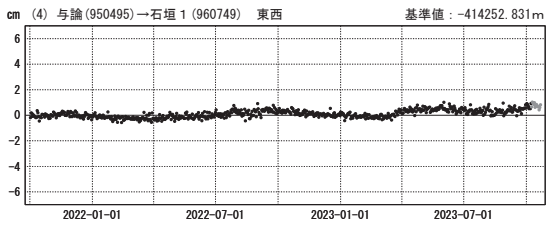
●—[F5:最終解] ●—[R5:速報解]

第 8 図 先島諸島の地殻変動：3 成分時系列グラフ

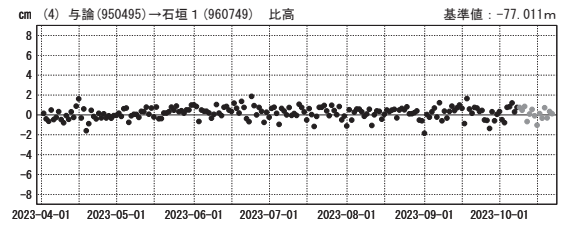
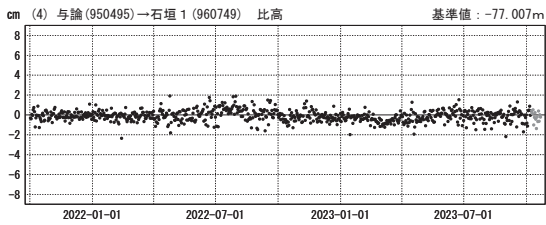
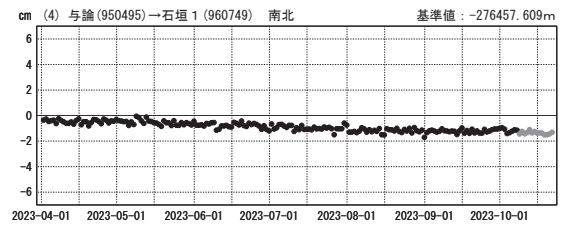
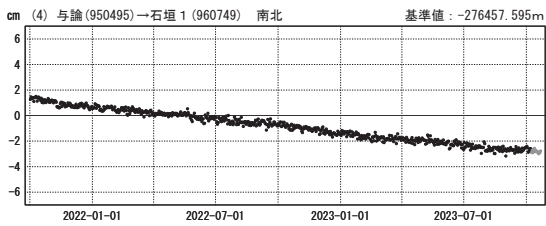
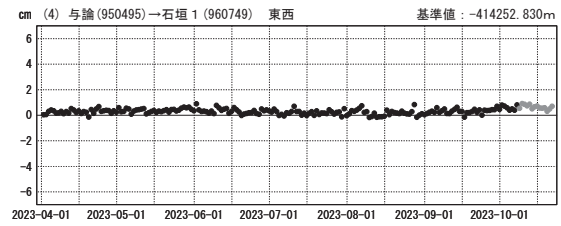
Fig. 8 Transient displacement on the Sakishima Islands: 3 components time series.

### 先島諸島の地殻変動（3） 成分変化グラフ

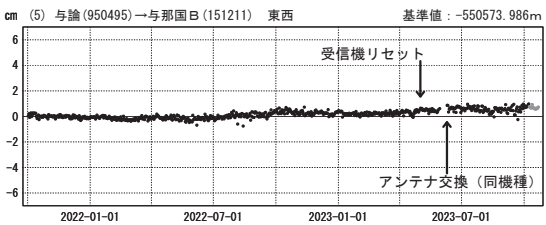
期間：2021-10-01～2023-10-21 JST



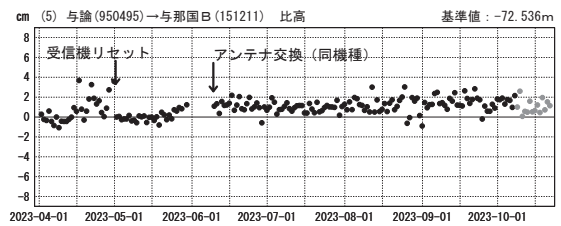
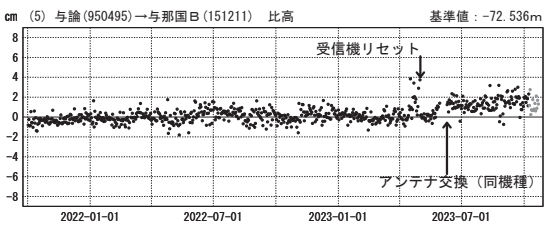
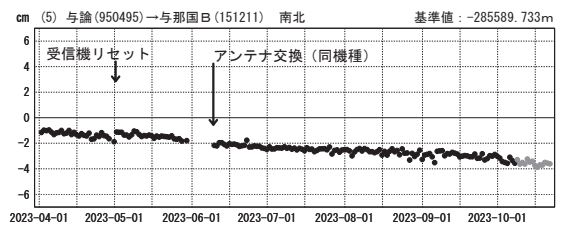
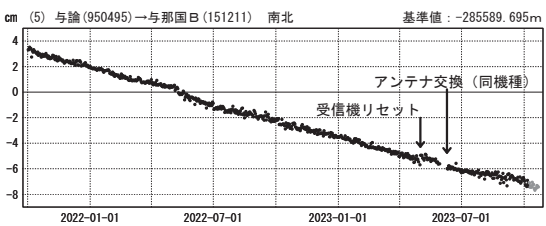
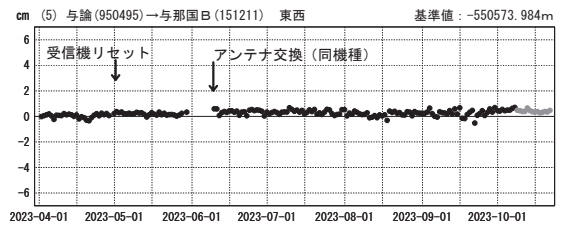
期間：2023-04-01～2023-10-21 JST



期間：2021-10-01～2023-10-21 JST



期間：2023-04-01～2023-10-21 JST



●—[F5:最終解] ●—[R5:速報解]

第 9 図 先島諸島の地殻変動：3 成分時系列グラフ

Fig. 9 Transient displacement on the Sakishima Islands: 3 components time series.