

桜島周辺の地殻変動*

Crustal Deformations around Sakurajima Volcano

国土地理院
Geospatial Information Authority of Japan

第1図から第4図は、桜島周辺におけるGNSS連続観測結果である。第1図上段に基線の配置を、下段に各観測局の保守履歴を示した。

第2-1図及び第2-2図は第1図に示した基線の基線長変化グラフで、左列は最近約5年間（2012年1月～2017年1月）の時系列、右列は最近約1年間（2016年1月～2017年1月）の時系列である。桜島島内の基線（1）「鹿児島2」－「桜島」、（2）「鹿児島3」－「桜島」、（3）「鹿児島3」－「鹿児島2」では、2016年1月上旬頃から伸びの傾向が見られていたが、10月頃から停滞している。鹿児島（錦江）湾を挟む基線では、2015年1月上旬頃から伸びの傾向が見られる。なお、「平成28年（2016年）熊本地震」の影響により、南北方向のわずかな短縮が見られる。

第3-1図から第3-3図は南九州地方及び桜島周辺のGNSS観測点における変動ベクトル図であり、上段に最近3ヶ月間（2016年9月～2016年12月）を、下段に最近1年間（2015年12月～2016年12月）を示した。「樋脇」を固定局としている。第3-1図は南九州地方、第3-2図は桜島周辺の水平変動ベクトル図、第3-3図は上下変動ベクトル図である。桜島北部で継続した隆起が見られる。

第4図はGNSS観測データに基づき、時間依存のインバージョン手法により桜島島内の変動源を茂木ソース1、姶良カルデラの変動源を茂木ソース2と仮定して体積の増減を時系列的に推定した結果である。上段は推定に用いた観測点の配置と変動源の位置図で、下段は推定された体積増減の時系列である。桜島島内の変動源（茂木ソース1）は、2012年初め頃から反転して収縮傾向となっていたが、2014年初め頃から再び膨張傾向に転じている。姶良カルデラの変動源（茂木ソース2）は膨張が継続している。

第5図及び第6図は推定された各観測点の地殻変動（計算値）と観測値の比較であり、第5-1図及び第5-2図は時系列グラフ、第6図はベクトル図である。このモデルから推定した計算値は比較的よく再現されている。なお、960720「鹿児島2」の上下変動の計算値は観測値と系統的にずれているが、この観測点は昭和（1946年）溶岩流の上にあり、局所的な圧密沈下を反映していることが原因と考えられる。

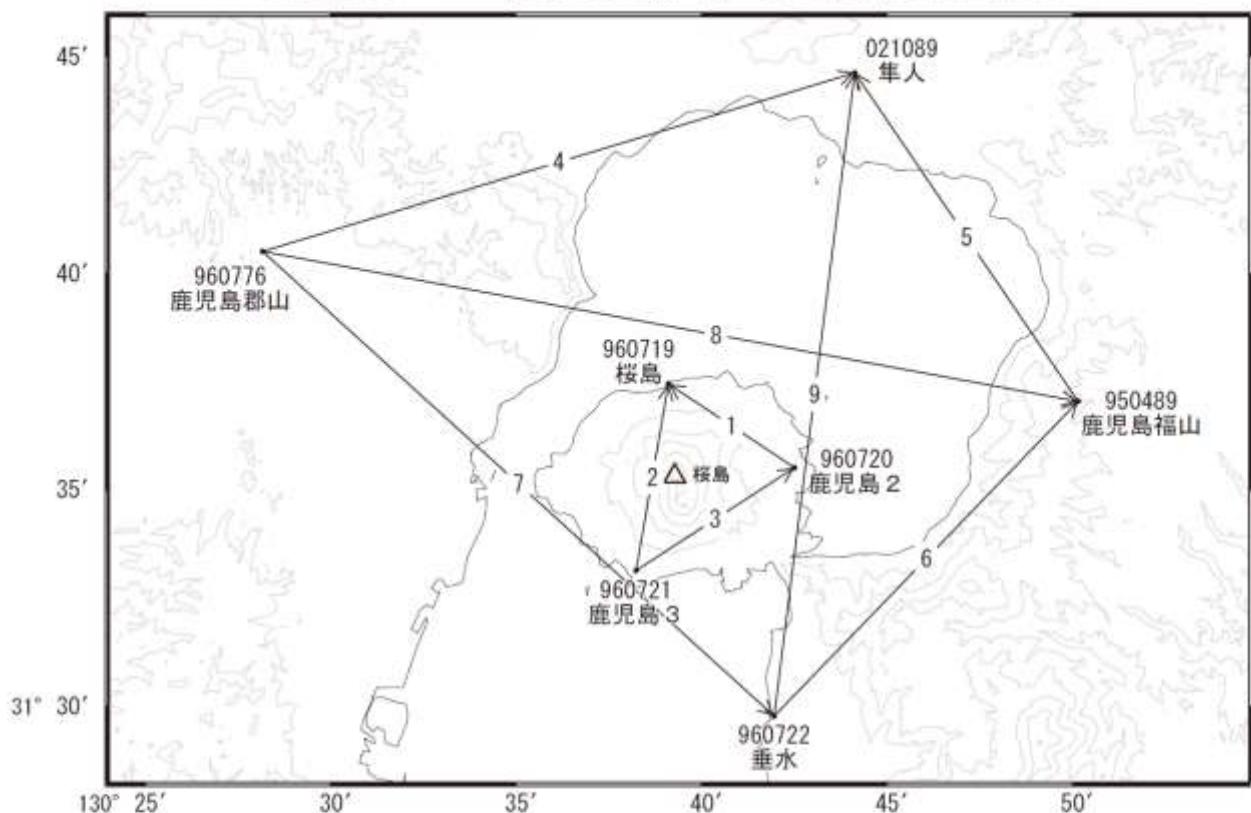
第7図は、「だいち2号」のSAR干渉解析結果である。ノイズレベルを超える変動は見られない。

謝辞

ここで使用した「だいち2号」の原初データの所有権は、JAXAにあります。これらのデータは、「だいち2号」に関する国土地理院とJAXAの間の協定に基づき提供されました。

* 2017年3月21日受付

桜島周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図

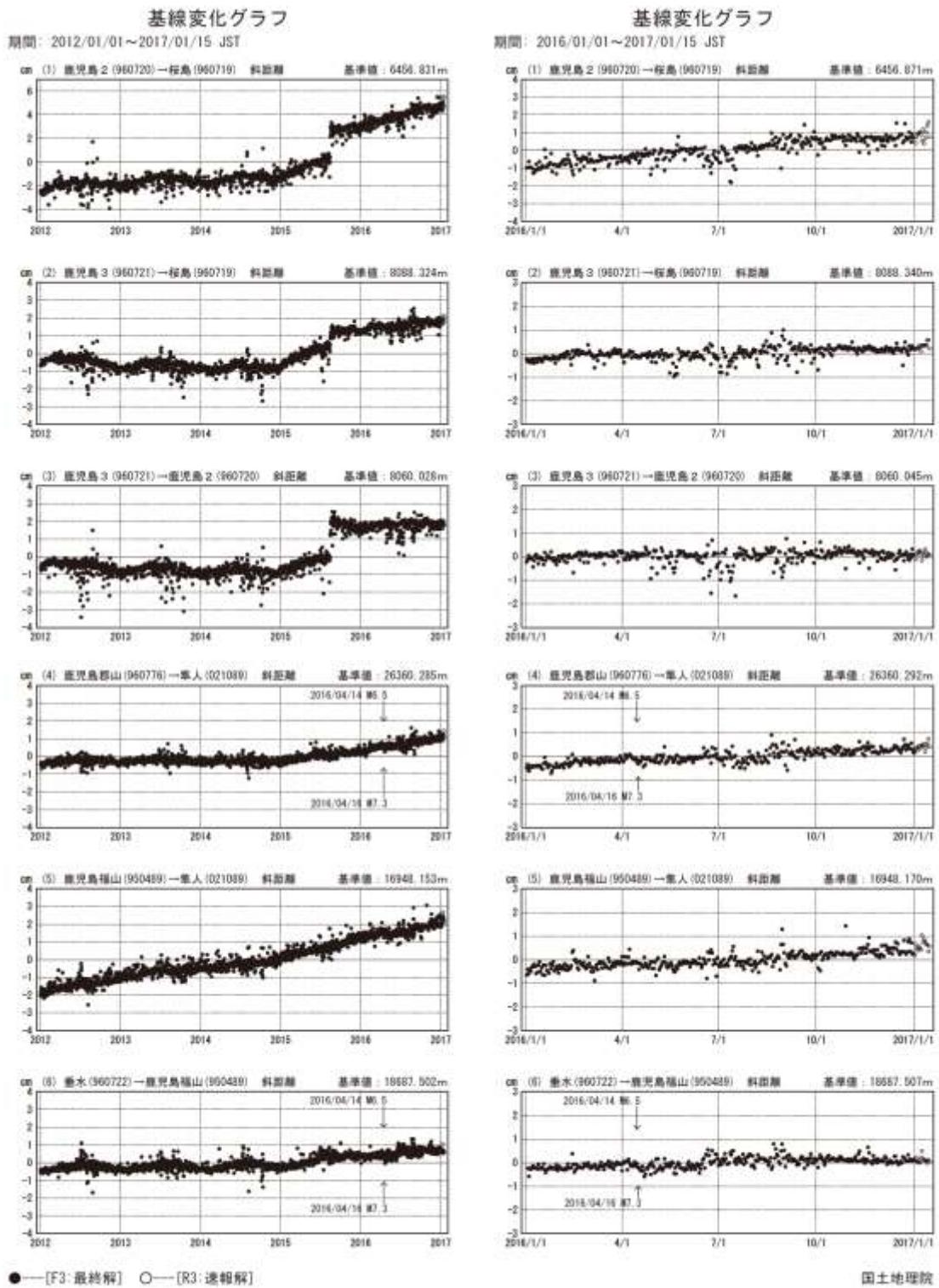


桜島周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
950489	鹿児島福山	20120912	アンテナ・受信機交換
960719	桜島	20121012	アンテナ交換
960720	鹿児島2	20121012	アンテナ交換
960721	鹿児島3	20121012	アンテナ交換
960722	垂水	20120912	アンテナ・受信機交換
		20160104	アンテナ交換
960776	鹿児島郡山	20120326	伐採
		20120912	アンテナ・受信機交換
021089	隼人	20120912	アンテナ・受信機交換

第1図 桜島周辺のGNSS連続観測基線図（上段）と観測局の保守履歴（下段）

Fig.1 (upper) Site location map of the GNSS continuous observation network around Sakurajima Volcano;
(lower) History of site maintenance.



※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

第2-1図 桜島周辺のGNSS連続観測による基線変化グラフ

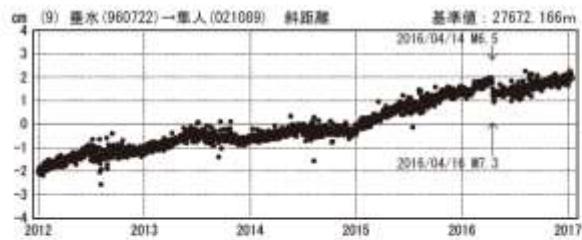
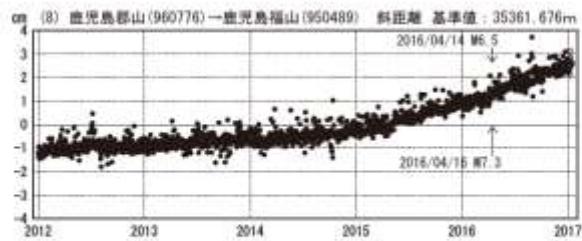
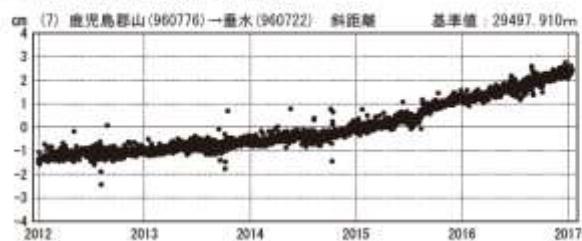
(左列：2012年1月～2017年1月、右列：2016年1月～2017年1月)

Fig.2-1 Time series of baseline length by continuous GNSS observation around Sakurajima Volcano;

(left) from January 2012 to January 2017, (right) from January 2016 to January 2017.

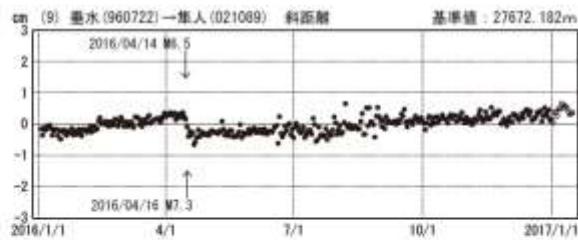
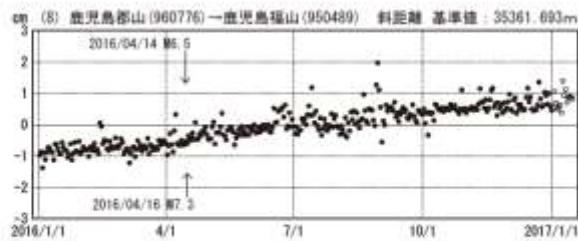
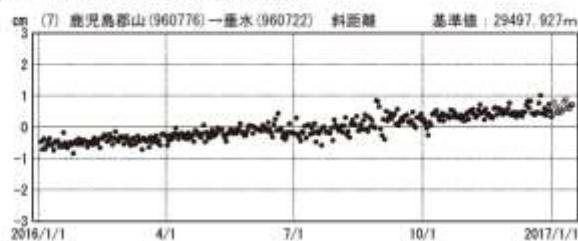
基線変化グラフ

期間：2012/01/01～2017/01/15 JST



基線変化グラフ

期間：2016/01/01～2017/01/15 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

国土地理院

※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

第2-2図 桜島周辺のGNSS連続観測による基線変化グラフ

(左列：2012年1月～2017年1月、右列：2016年1月～2017年1月)

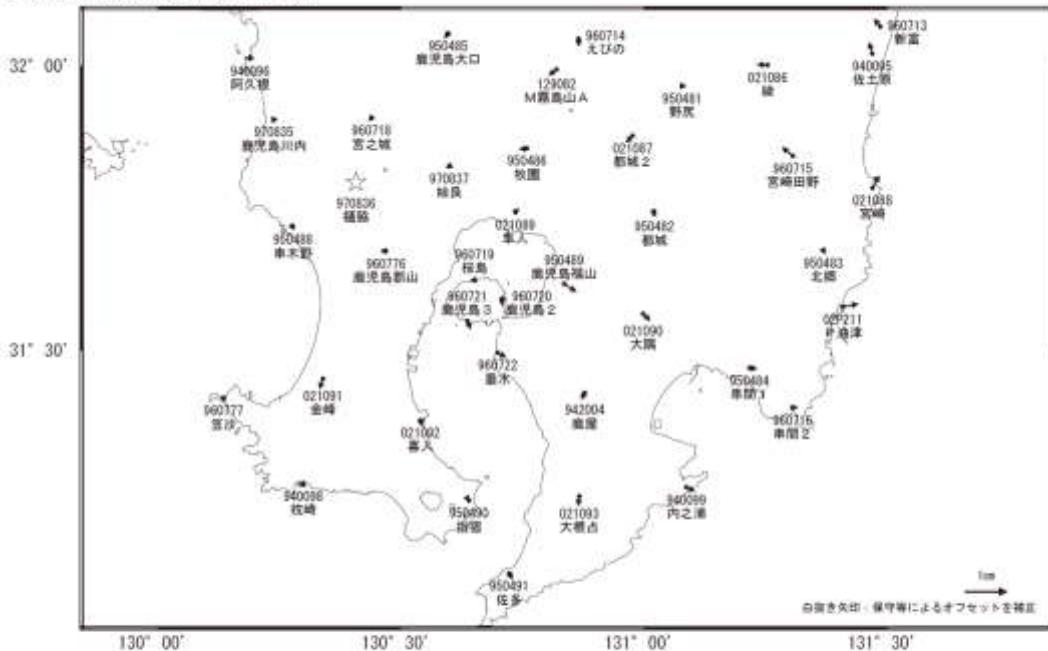
Fig.2-2 Time series of baseline length by continuous GNSS observation around Sakurajima Volcano;

(left) from January 2012 to January 2017, (right) from January 2016 to January 2017.

桜島

南九州地方の地殻変動(水平:3ヶ月)

基準期間:2016/09/22~2016/10/01 [F3:最終解]
比較期間:2016/12/22~2016/12/31 [F3:最終解]



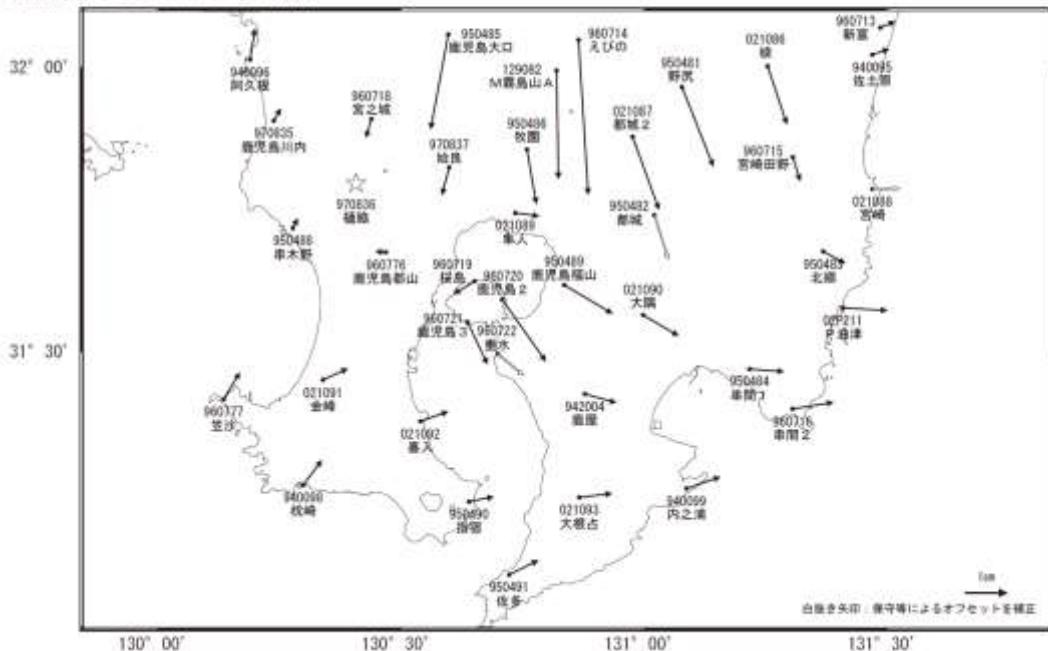
☆ 固定局 楊勝(970836)

国土资源

南九州地方の地殻変動(水平:1年)

基準期間：2015/12/22～2015/12/31 [F3：最終解]

比較期間：2016/12/22～2016/12/31 [F3：最終解]



☆ 圖定號：總監 (970836)

国土资源

第3-1図 南九州地方におけるGNSS観測点の水平変動ベクトル図

(上段：2016年9月～2016年12月、下段：2015年12月～2016年12月)

Fig.3-1 Horizontal displacements of GNSS stations around Southern Kyushu;

(upper) from September 2016 to December 2016, (lower) from December 2015 to December 2016.

桜島

桜島周辺の地殻変動(水平:3ヶ月)

基準期間:2016/09/22～2016/10/01[F3:最終解]
比較期間:2016/12/22～2016/12/31[F3:最終解]



☆ 固定局:種籠(970836)

国土地理院・気象庁

桜島周辺の地殻変動(水平:1年)

基準期間:2015/12/22～2015/12/31[F3:最終解]
比較期間:2016/12/22～2016/12/31[F3:最終解]



☆ 固定局:種籠(970836)

国土地理院・気象庁

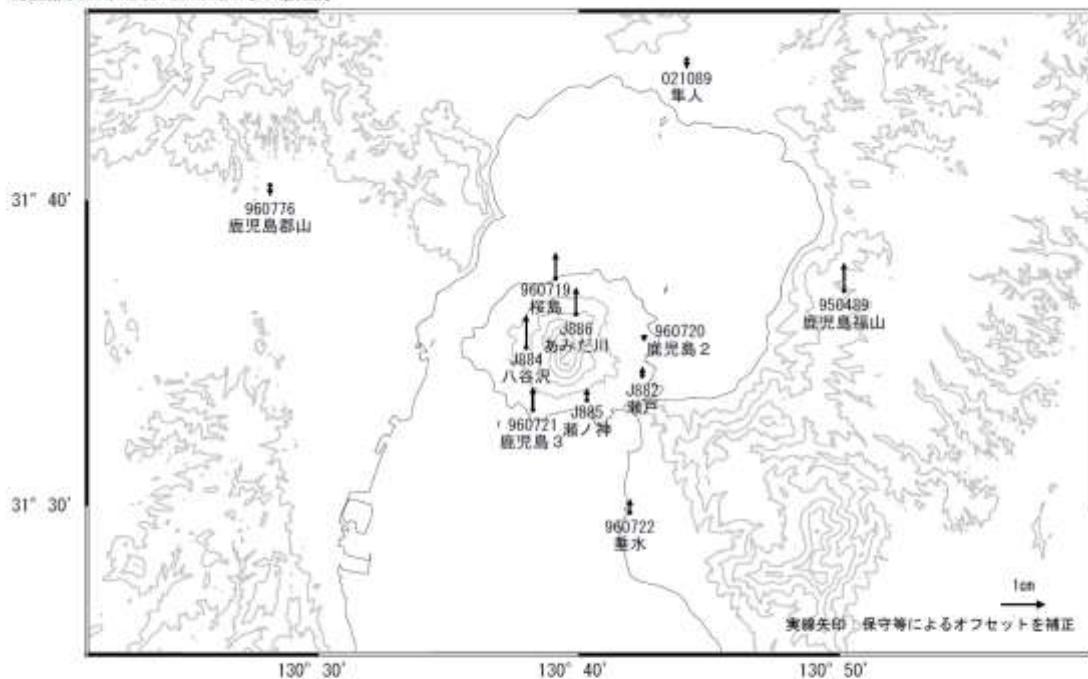
第3-2図 桜島周辺の電子基準点・気象庁GNSS観測点の統合解析による水平変動ベクトル図

(上段:2016年9月～2016年12月、下段:2015年12月～2016年12月)

Fig.3-2 Horizontal displacements by combined analyzing system of GEONET and JMA stations around Sakurajima Volcano; (upper) from September 2016 to December 2016, (lower) from December 2015 to December 2016.

桜島周辺の地殻変動(上下:3ヶ月)

基準期間:2016/09/22～2016/10/01[F3:最終解]
比較期間:2016/12/22～2016/12/31[F3:最終解]



☆ 固定局:福岡(970836)

国土地理院・気象庁

桜島周辺の地殻変動(上下:1年)

基準期間:2015/12/22～2015/12/31[F3:最終解]
比較期間:2016/12/22～2016/12/31[F3:最終解]



☆ 固定局:福岡(970836)

国土地理院・気象庁

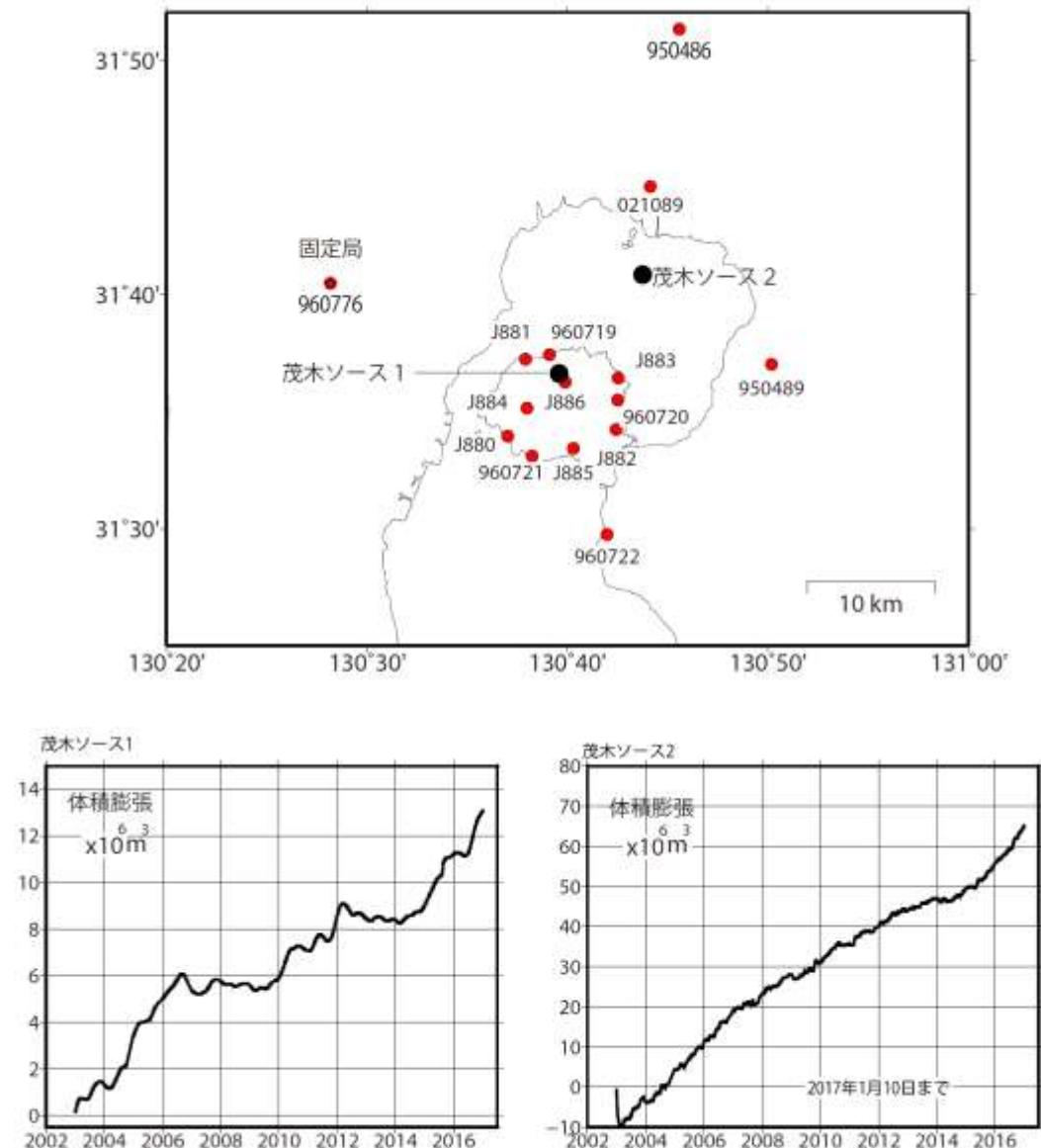
第3-3図 桜島周辺の電子基準点・気象庁GNSS観測点の統合解析による上下変動ベクトル図

(上段: 2016年9月～2016年12月、下段: 2015年12月～2016年12月)

Fig.3-3 Horizontal displacements by combined analyzing system of GEONET and JMA stations around Sakurajima Volcano; (upper) from September 2016 to December 2016, (lower) from December 2015 to December 2016.

桜島の茂木ソースの位置と体積変化

時間依存のインバージョン解析



茂木ソース1: 緯度 31.603° 経度 130.656° 深さ 5km

茂木ソース2: 緯度 31.670° 経度 130.709° 深さ 10km

*電子基準点の保守等による変動は補正済

2015/8/15のダイク貫入の変動は除いている

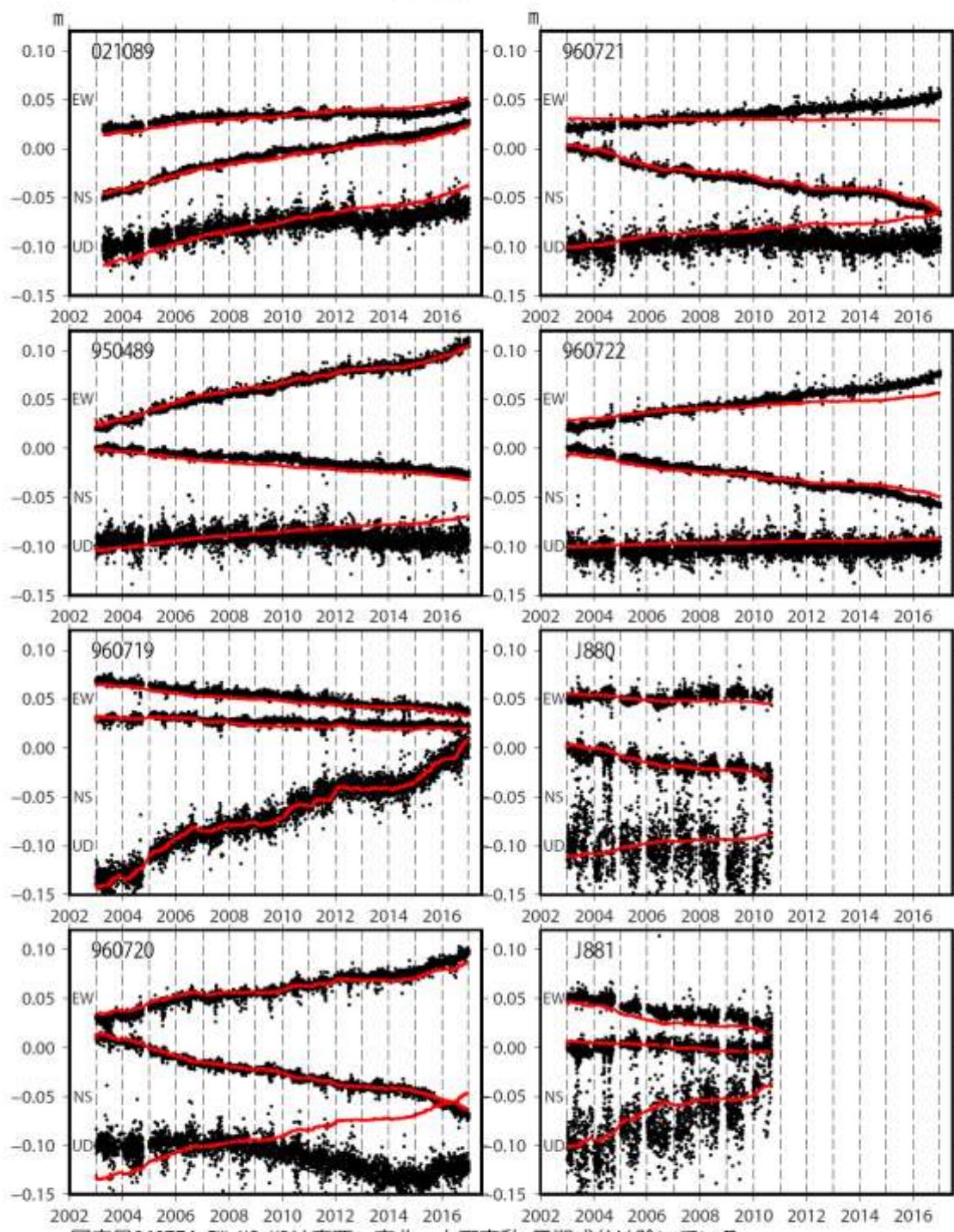
2016年熊本地震の変動は除いている

第4図 時間依存インバージョンの手法による桜島の変動源の体積変化推定・茂木ソース2つを仮定（上段：推定に用いた観測点（赤点）の配置と茂木ソースの位置（黒丸）、下段左、推定された茂木ソース体積の時間変化・桜島直下、下段右：推定された茂木ソース体積の時間変化・姶良カルデラ深部）

Fig.4 Estimation of the volume change of Mogi-source around Sakurajima Volcano by the time dependent inversion method, assuming two Mogi sources; (upper) distribution of GNSS observation sites (red dots) used for the inversion and Mogi-sources (black circles), (lower left) Time series of estimated volume, Mogi-source under the summit of Sakurajima volcano, (lower right) Time series of estimated volume, Mogi-source under the Aira caldera.

桜島周辺の観測点の座標時系列(黒丸)と計算値(赤線)

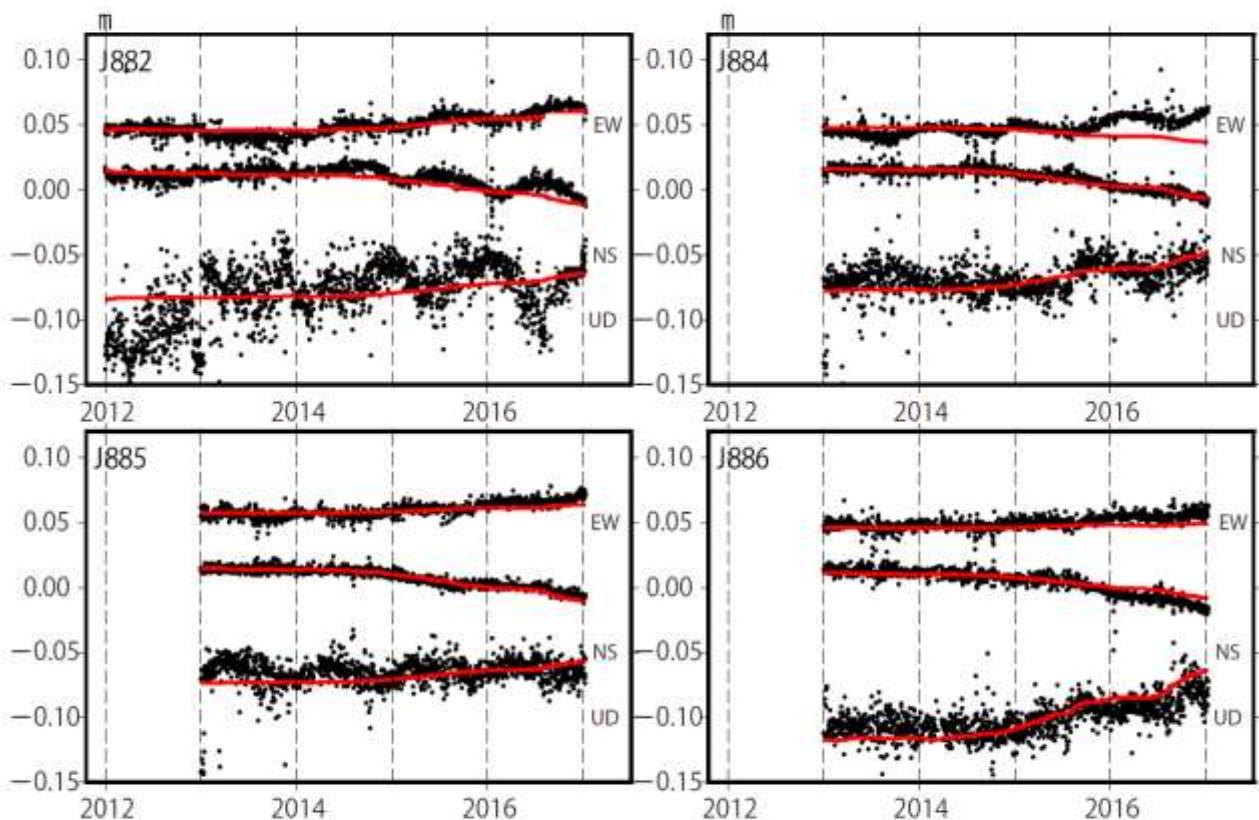
時間依存のインバージョン



第5-1図 推定された茂木ソースによる地殻変動計算値(赤実線)と観測値(黒点)の比較

Fig.5-1 Comparison of calculated deformation from the estimated Mogi-source (red lines) and observed deformation (black dots).

桜島周辺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

固定局960776. EW, NS, UDは東西、南北、上下変動。周期成分は除いている。

*電子基準点の保守等による変動は補正済み

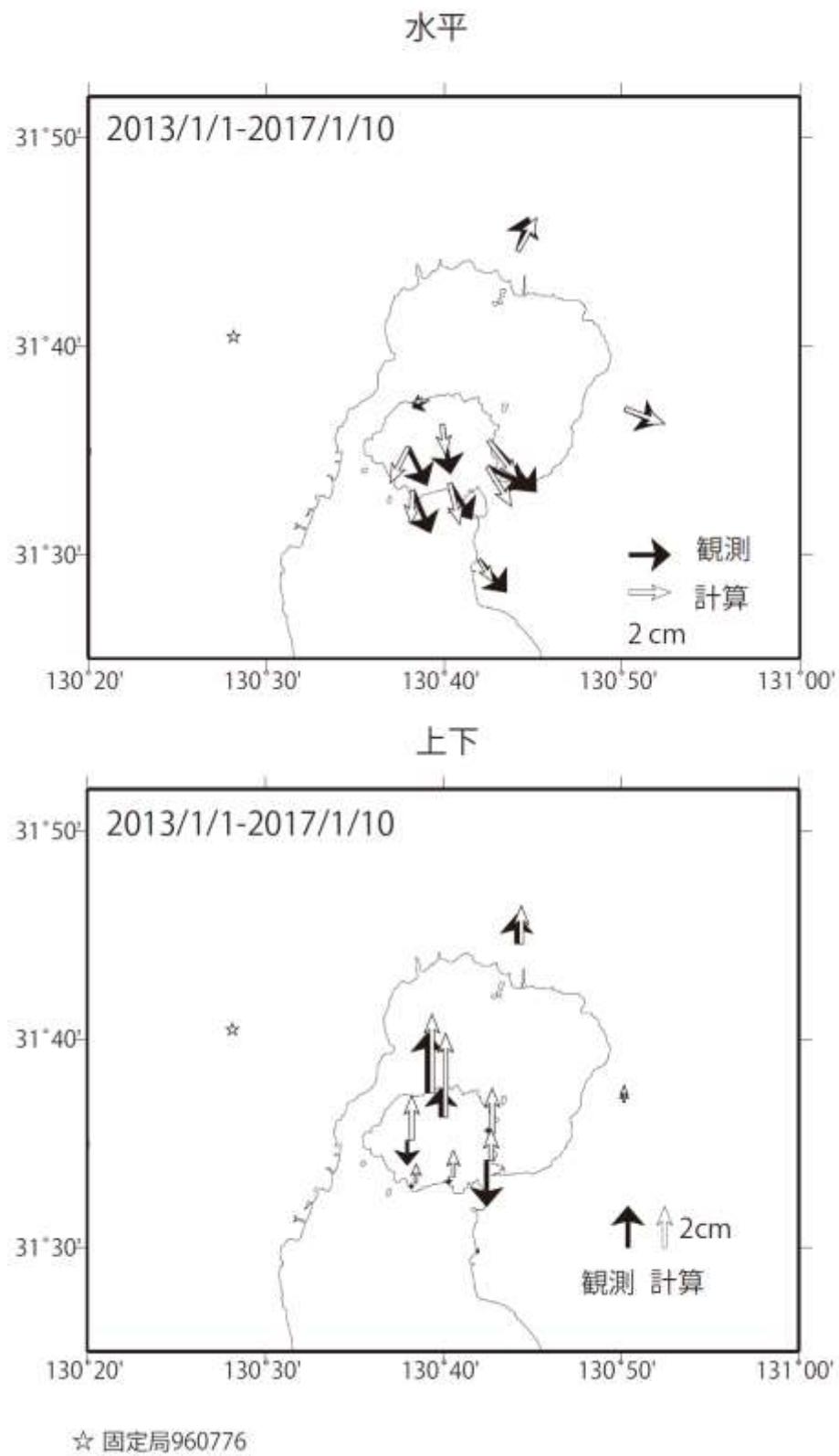
2015/8/15のダイク貫入の変動は除いている

2016年熊本地震の変動は除いている

第 5-2 図 推定された茂木ソースによる地殻変動計算値(赤実線)と観測値(黒点)の比較

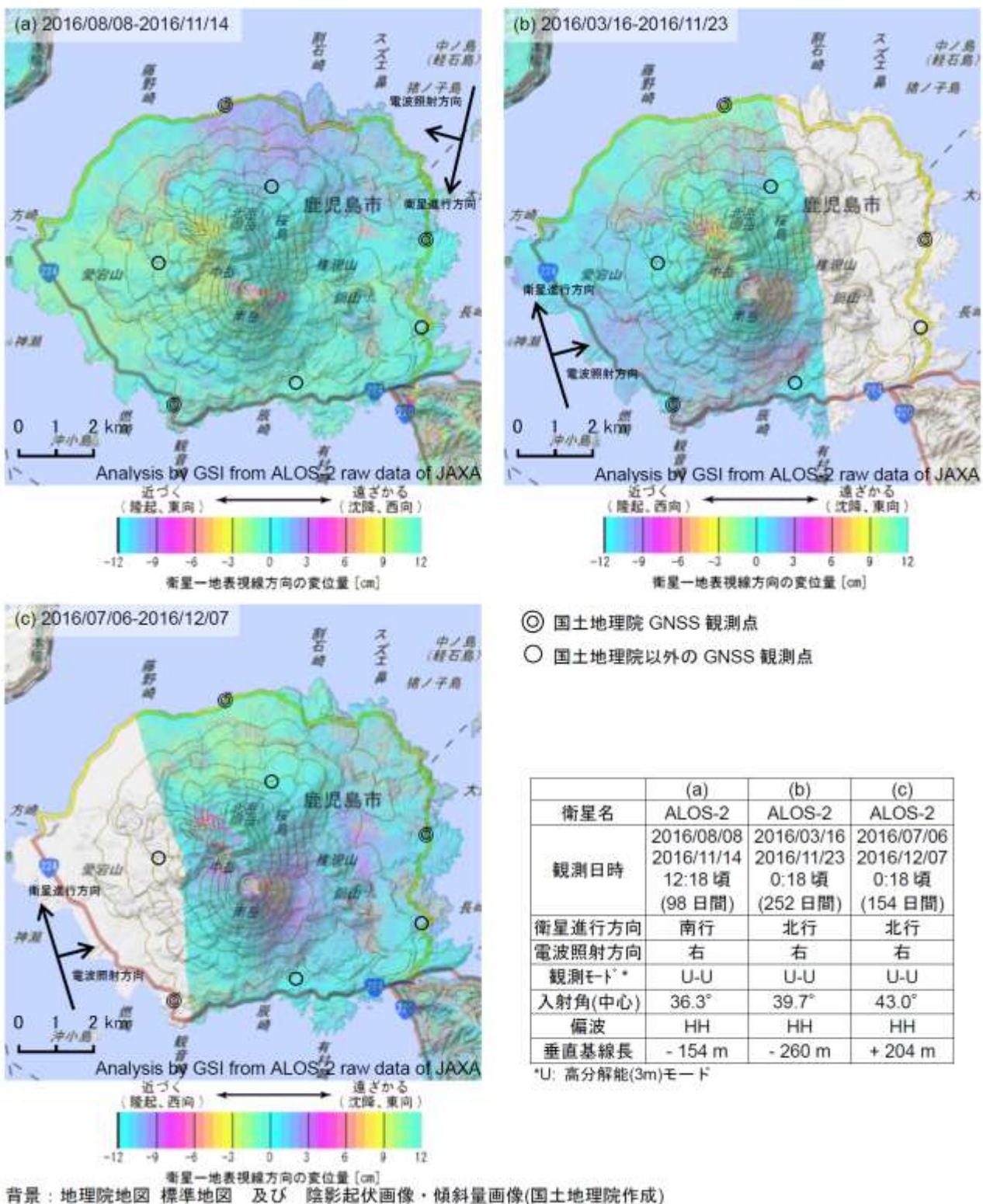
Fig.5-2 Comparison of calculated deformation from the estimated Mogi-source (red lines) and observed deformation (black dots).

桜島の周辺の地殻変動(観測値:黒と計算値:白の比較)



第6図 推定された茂木ソースによる地殻変動計算値(白)と観測値(黒)の比較

Fig.6 Comparison of calculated deformation from the estimated Mogi-source (white) and observed deformation (black).



第7図 「だいち2号」PALSAR-2による桜島周辺地域の解析結果

Fig.7 Interferometric analysis of SAR acquired by ALOS-2 PALSAR-2 around Sakurajima Volcano.

	(a)	(b)	(c)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2016/08/08 2016/11/14 12:18頃 (98日間)	2016/03/16 2016/11/23 0:18頃 (252日間)	2016/07/06 2016/12/07 0:18頃 (154日間)
衛星進行方向	南行	北行	北行
電波照射方向	右	右	右
観測モード*	U-U	U-U	U-U
入射角(中心)	36.3°	39.7°	43.0°
偏波	HH	HH	HH
垂直基線長	-154 m	-260 m	+204 m

*U: 高分解能(3m)モード