

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、第2図(a)、(b)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、下段に各観測点の保守の履歴を示した。第2図(a)、(b)は基線長の時系列グラフで、左列に最近約5年間の時系列を、右列に最近約1年間の時系列を示した。島内の基線の(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、2014年2月頃からわずかな伸びの傾向が見られていたが、同年7月から停滞気味である。始良カルデラを挟む基線では、長期的な伸びの傾向が続いていたが、2013年6月頃から停滞気味である。

第3図は、桜島周辺のGNSS観測点における水平変動ベクトル図である。第3図上段の最近約3か月間の図では、顕著な変動は見られない。第3図下段の最近1年間の図でも、顕著な変動は見られない。

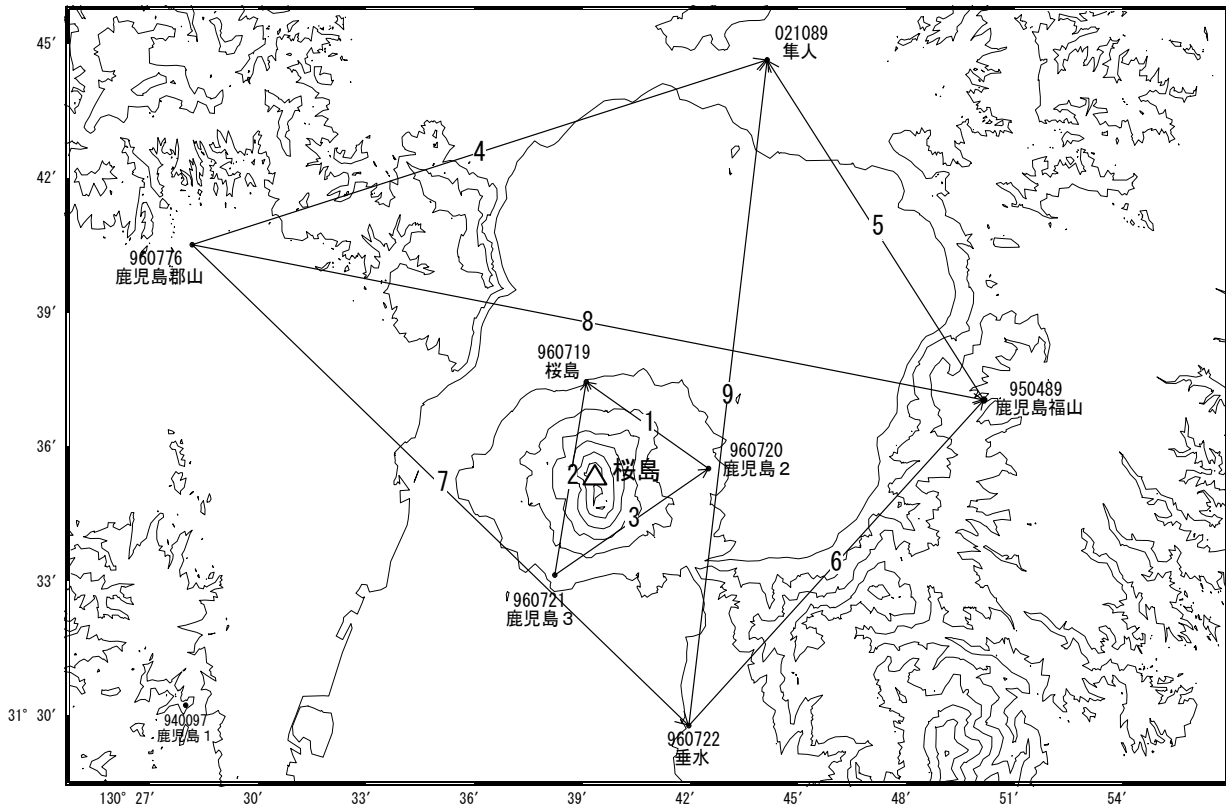
第4図は、桜島島内のGEONETと、気象庁によるGNSS観測点のデータを統合解析した水平変動ベクトル図である。第4図上段は最近約3か月間の変動を示したものである。島内でわずかな収縮の傾向が見られる。下段の最近1年間の図でも、わずかな収縮の傾向が見られる。

第5図、第6図は、これらの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、変動源を茂木ソース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。第5図は桜島島内の変動源(茂木ソース1)と始良カルデラの変動源(茂木ソース2)の2つの変動源を仮定した場合の2014年9月29日までの体積変化時系列の推定結果である。第5図の上段は推定に用いた観測点の配置と仮定した変動源の位置図である。下段左の桜島島内の変動源(茂木ソース1)は、2011年9月以降は膨張傾向が推定されているが、2012年初め頃からは反転して収縮傾向となっている。2013年と2014年ともに、2月頃からの体積増加と7月頃からの体積減少が見られる。始良カルデラの変動源(茂木ソース2)は、速度に若干の変化はあるものの、長期的に膨張を続けてきたが、2013年6月頃から体積膨張が停滞気味である。この推定結果は、桜島直下の変動源は活動状況に関連して増減がある一方、始良カルデラの変動源では継続的にマグマ蓄積が進んでいたが、最近では鈍っていることを示すものと考えられる。第6図(a)、(b)は、推定された膨張源の変動による各観測点の地殻変動の計算値と、観測値を比較した時系列グラフである。960720「鹿児島2」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、2014年7月24日の桜島における航空機搭載型合成開口レーダ(航空機SAR)観測の結果である。2012年と2013年の反射強度画像を比較すると、昭和火口西壁部において明るい領域が拡大し、2013年と2014年の反射強度画像を比較すると、昭和火口西壁部の明るい領域が減少しており、物質の増減した可能性が考えられる。

* 2014年12月17日受付

桜島周辺 GNSS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
960719	桜島	20100303	レドーム開閉・受信機交換
		20121027	アンテナ交換
960720	鹿児島2	20100303	レドーム開閉・受信機交換
		20121026	アンテナ交換
960721	鹿児島3	20070911	アンテナ交換
		20100303	レドーム開閉・受信機交換
		20121026	アンテナ交換
021089	隼人	20120926	アンテナ・受信機交換
960776	鹿児島郡山	20120326	周辺伐採
		20120925	アンテナ・受信機交換
960722	垂水	20120927	アンテナ・受信機交換
950489	鹿児島福山	20120926	アンテナ・受信機交換

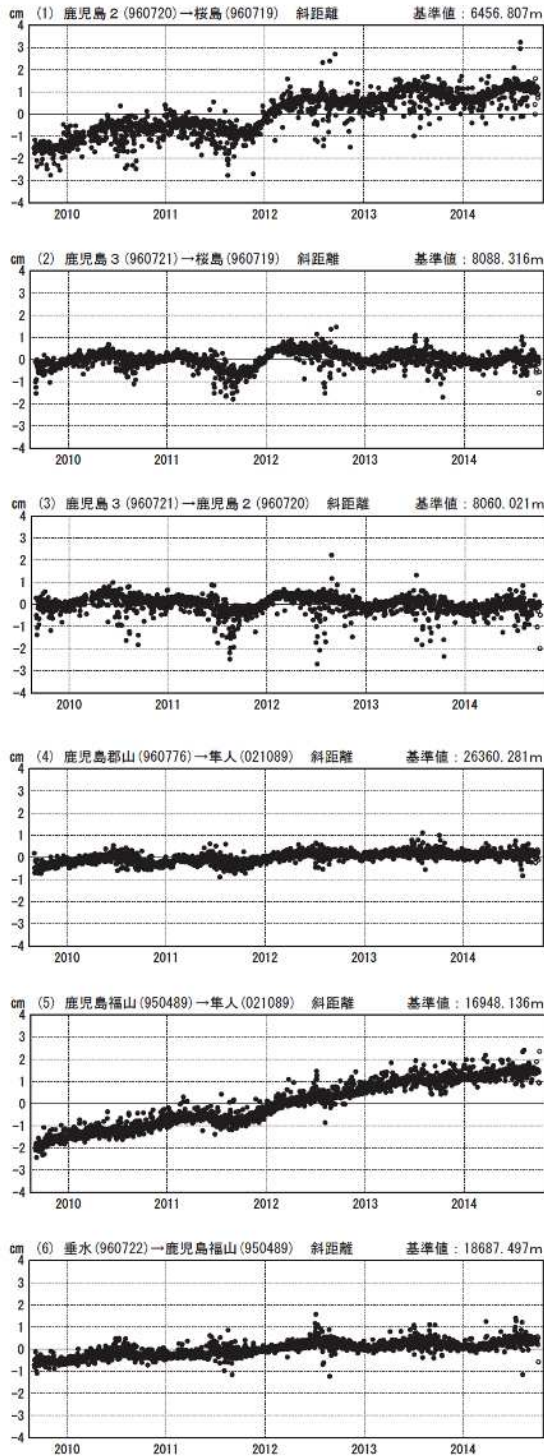
※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

第1図 桜島周辺の電子基準点におけるGNSS連続観測基線図（上段：基線図、下段：保守履歴）

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

基線変化グラフ

期間：2009/09/01～2014/10/05 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

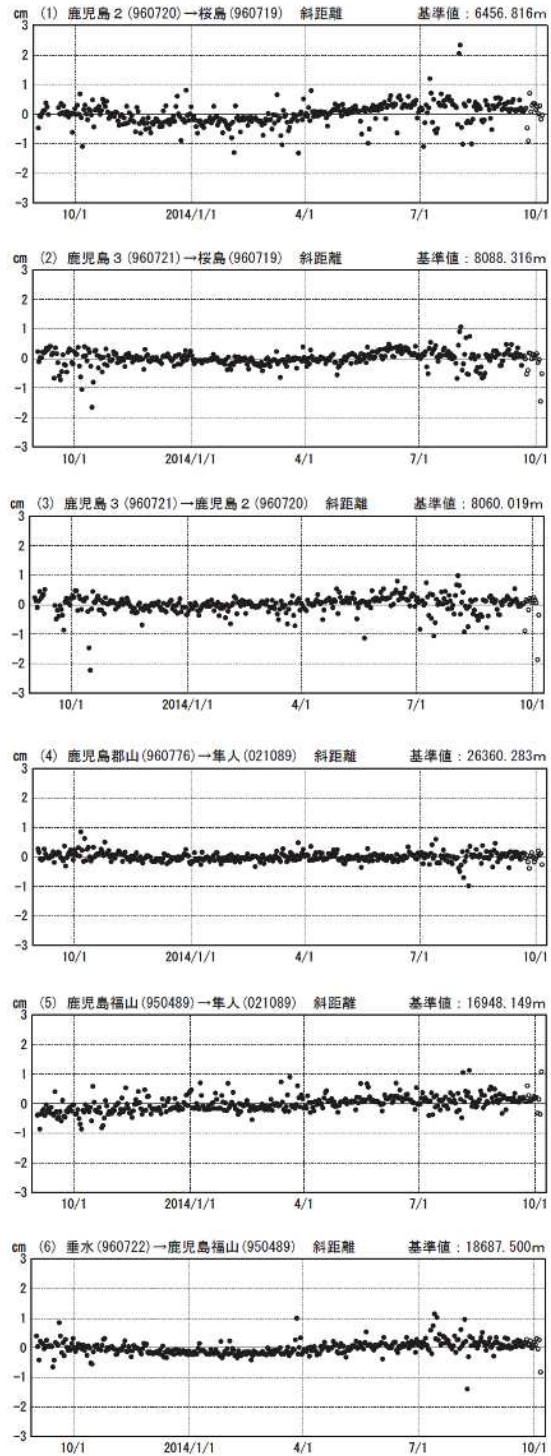
※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

第2図(a) 桜島周辺のGNSS連続観測結果(基線長 左列:2009年9月~2014年10月、右列:2013年9月~2014年10月)

Fig.2 (a) Results of continuous measurements of the GNSS around Sakurajima Volcano; Baseline length (left) from September 2009 to October 2014, (right) from September 2013 to October 2014.

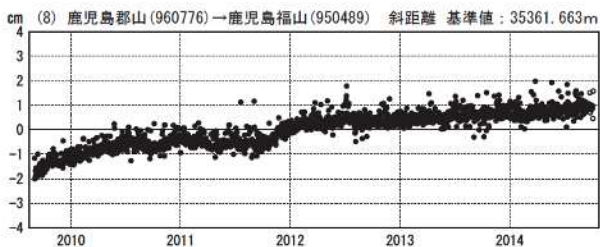
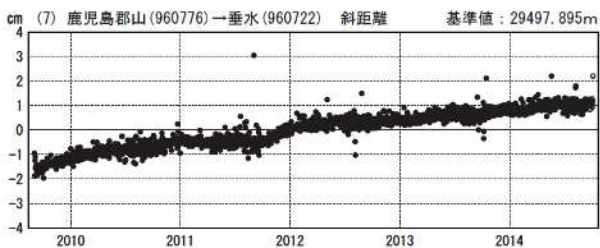
基線変化グラフ

期間：2013/09/01～2014/10/05 JST



基線変化グラフ

期間：2009/09/01～2014/10/05 JST

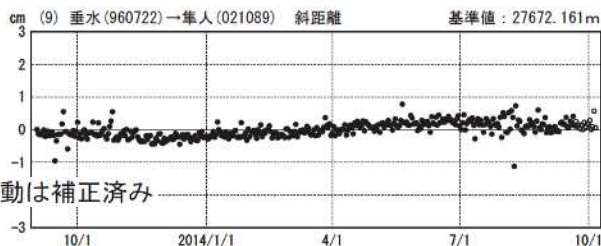
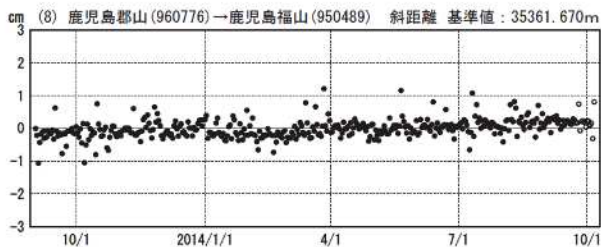
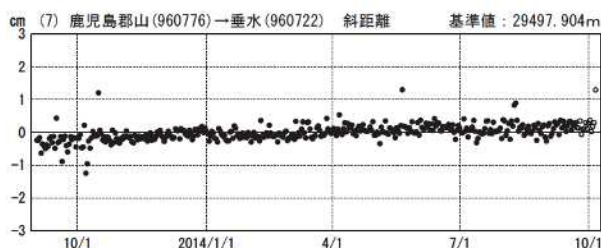


※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

●---[F3:最終解] ○---[R3:速報解]

基線変化グラフ

期間：2013/09/01～2014/10/05 JST

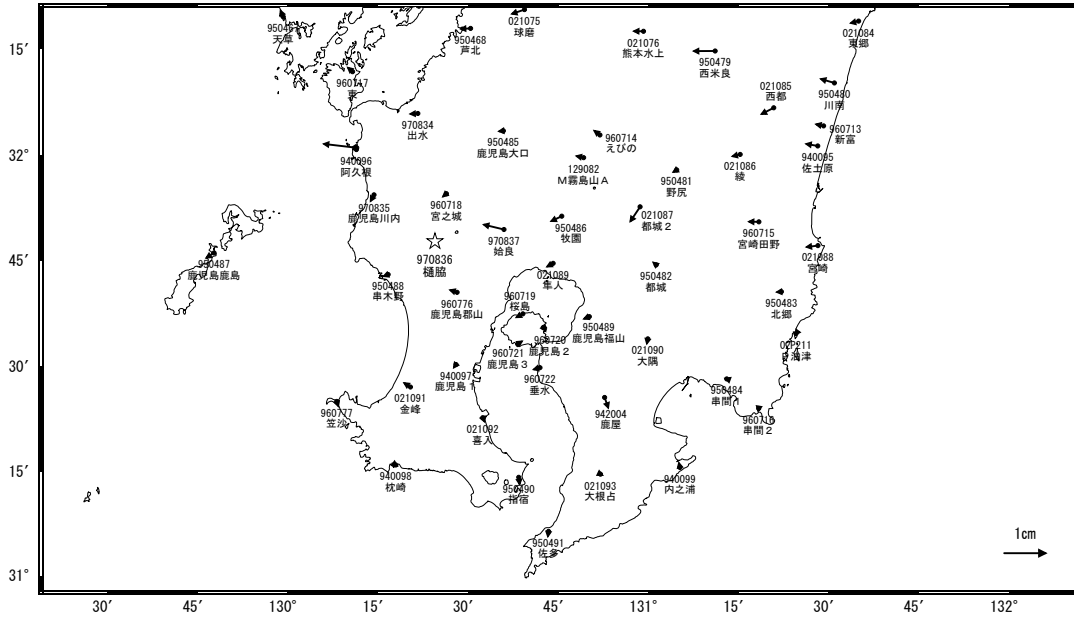


第2図(b) 桜島周辺のGNSS連続観測結果(基線長 左列：2009年9月～2014年10月、右列：2013年9月～2014年10月)

Fig.2 (b) Results of continuous measurements of the GNSS around Sakurajima Volcano; Baseline length (left) from September 2009 to October 2014, (right) from September 2013 to October 2014.

桜島周辺の地殻変動(3ヶ月)

基準期間:2014/06/25~2014/07/04[F3:最終解]
比較期間:2014/09/25~2014/10/04[R3:速報解]

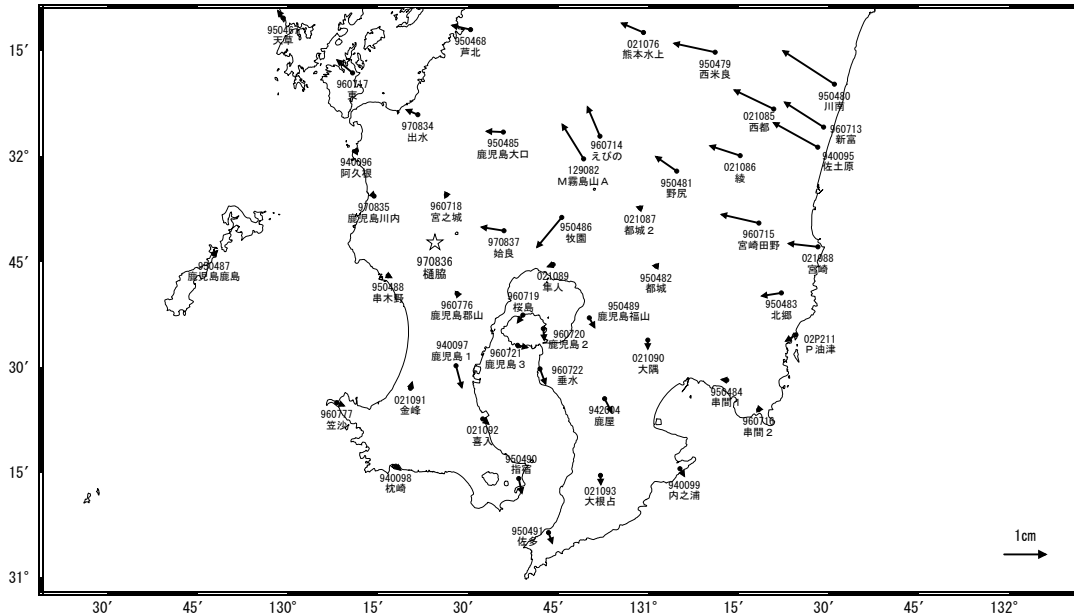


☆ 固定局:橇脳(970836)

国土地理院

桜島周辺の地殻変動(1年)

基準期間:2013/09/25~2013/10/04[F3:最終解]
比較期間:2014/09/25~2014/10/04[R3:速報解]



☆ 固定局:橇脳(970836)

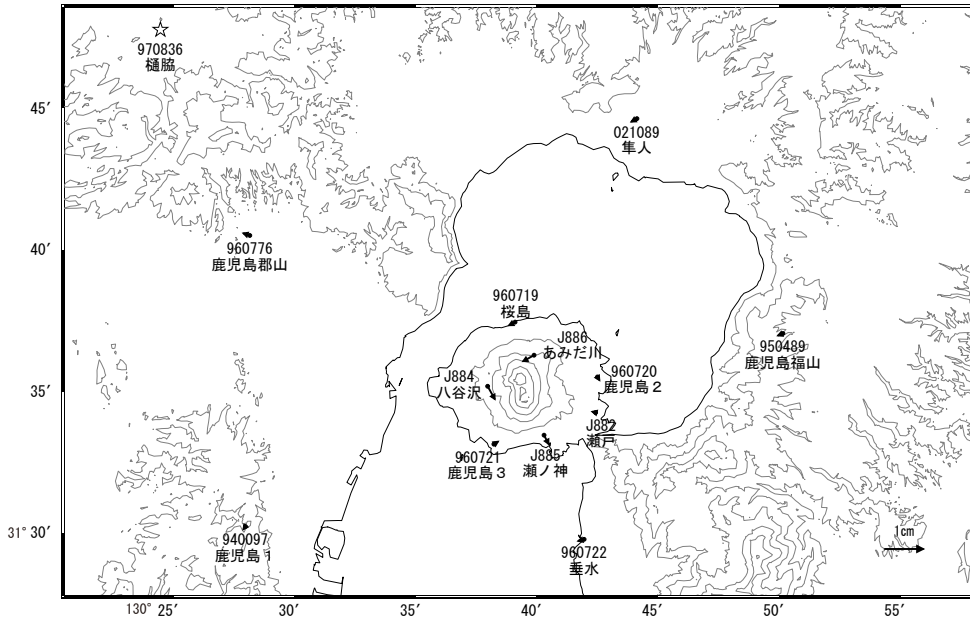
※ 電子基準点の保守等による変動は補正済み

第3図 桜島周辺におけるGNSS観測点の水平変動ベクトル図(上段:2014年6月~2014年10月、下段:2013年9月~2014年10月)

Fig.3 Horizontal displacements of GNSS stations around Sakurajima Volcano; (upper) from June 2014 to October 2014, (lower) from September 2013 to October 2014.

桜島周辺の地殻変動(水平:3ヶ月)

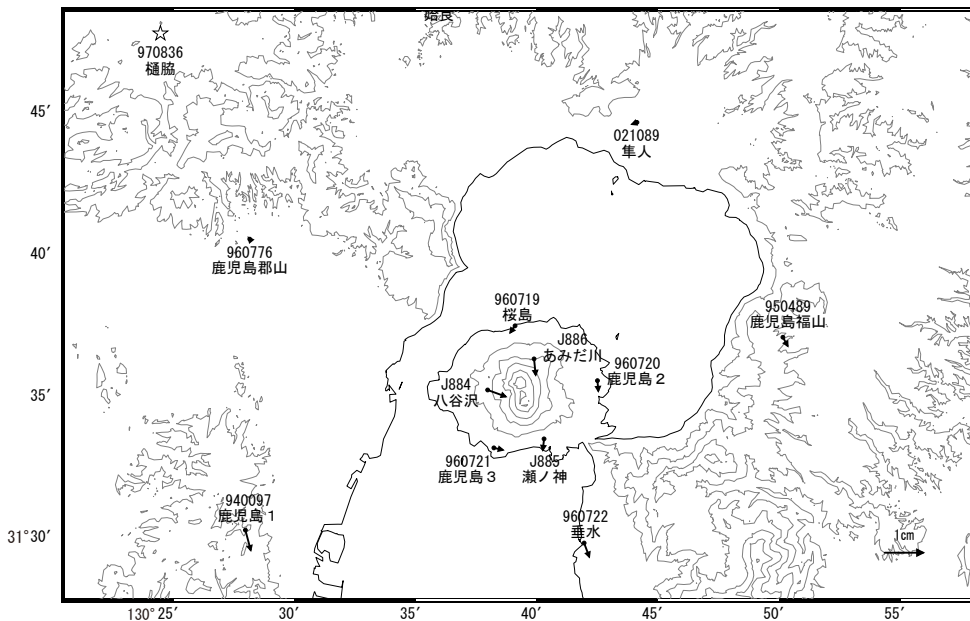
基準期間:2014/06/25~2014/07/04[F3:最終解]
 比較期間:2014/09/25~2014/10/04[R3:速報解]



☆ 固定局:樋脇(970836)

桜島周辺の地殻変動(水平:1年)

基準期間:2013/09/25~2013/10/04[F3:最終解]
 比較期間:2014/09/25~2014/10/04[R3:速報解]



☆ 固定局:樋脇(970836)

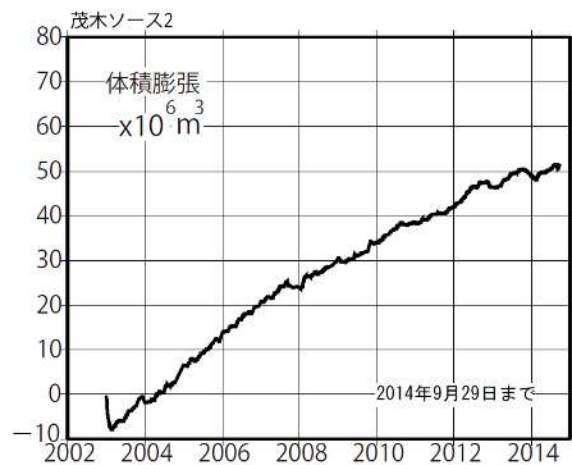
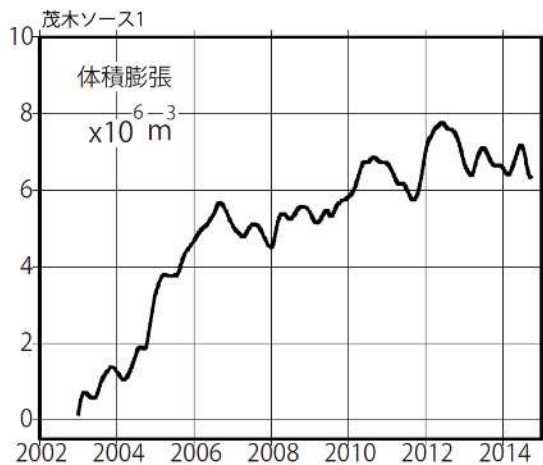
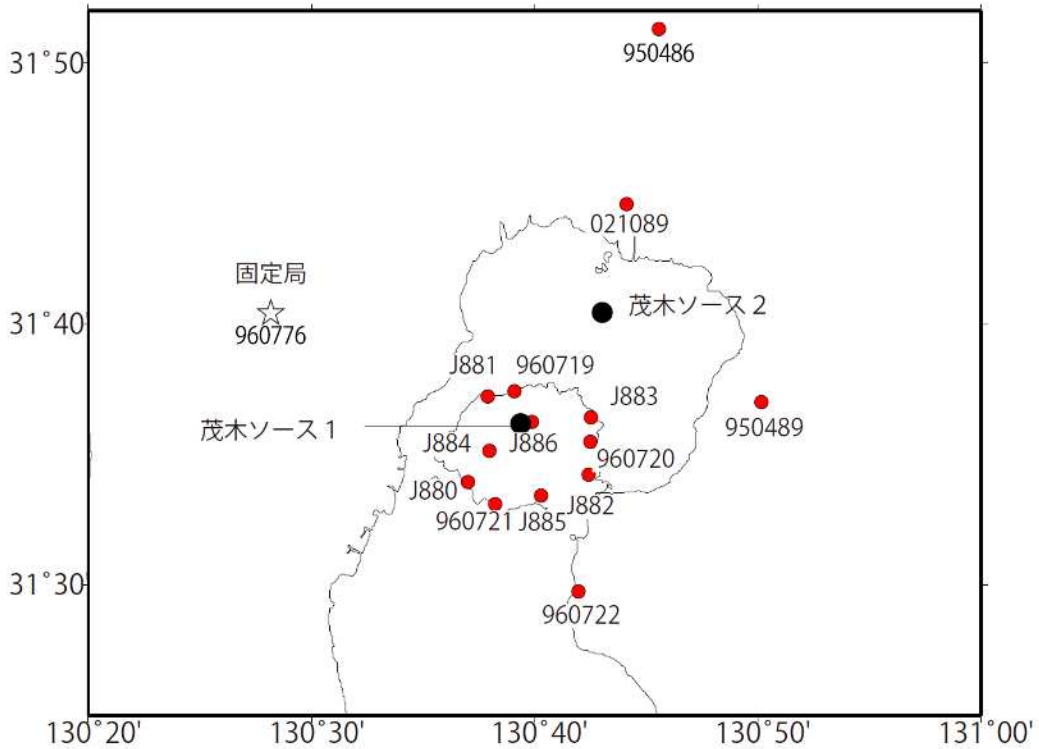
※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

第4図 桜島におけるGNSS連続観測点(国土地理院・気象庁観測点統合解析による)水平変動ベクトル図
 (上段:2014年6月~2014年10月、下段:2013年9月~2014年10月)

Fig.4 Horizontal displacements of GNSS stations around Sakurajima Volcano by combined analyzing system for GEONET sites and JMA sites; (upper) from June 2014 to October 2014, (lower) from September 2013 to October 2014.

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



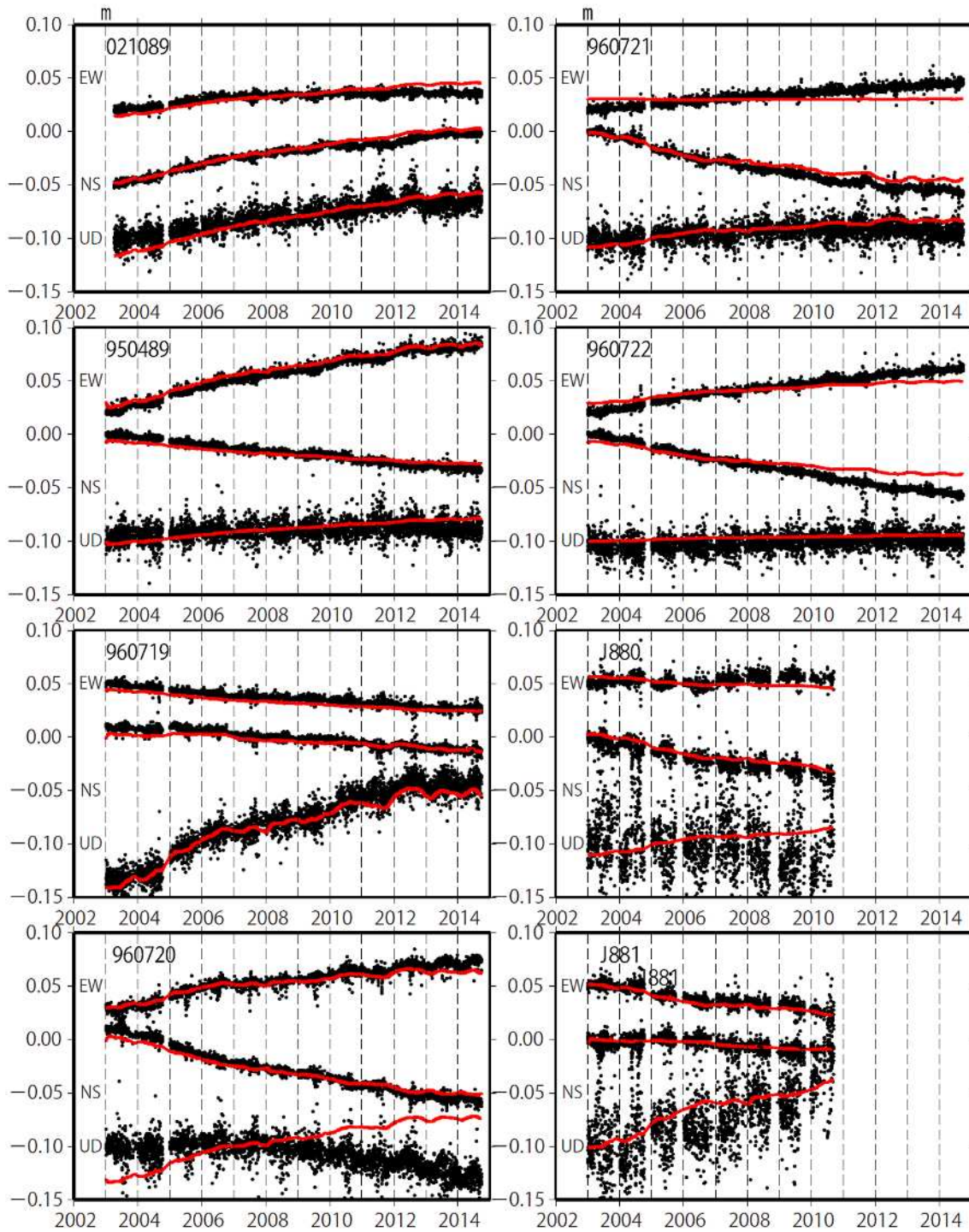
茂木ソース1：緯度 31.603°，経度 130.656°，深さ 5km
 茂木ソース2：緯度 31.670°，経度 130.704°，深さ 10km

※電子基準点の保守等による変動は補正済み

第5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・始良カルデラ深部)

Fig.5 Estimation of the volume change of Mogi-source 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



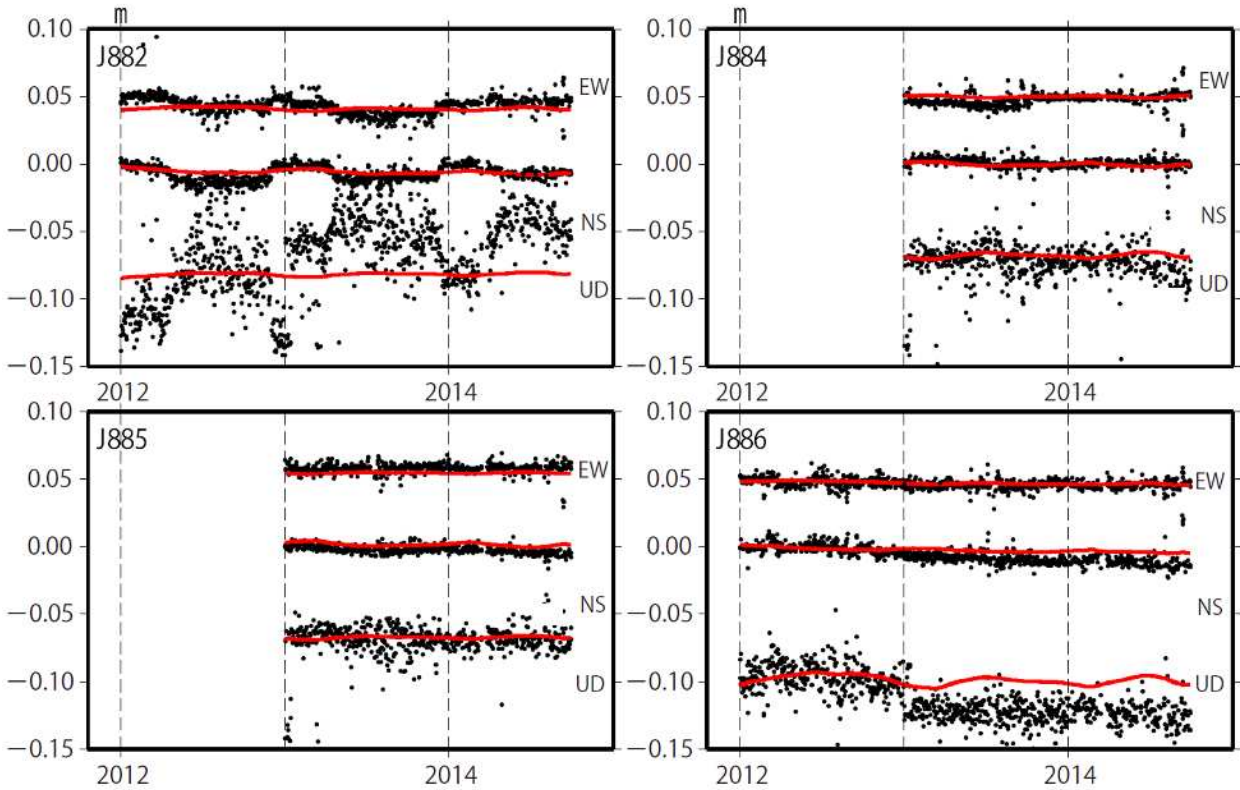
固定局960776. EW, NS, UDは東西, 南北, 上下変動. 周期成分は除いている.
※電子基準点の保守等による変動は補正済み

第6図(a) 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.6(a) 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

第6図(b) 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.6(b) Comparison of calculated deformation from the estimated Mogi-source (red lines) and observed deformation (black dots).

桜島における航空機搭載型合成開口レーダ（航空機 SAR）の観測

Xバンド（送信中心周波数：9.65GHz）の航空機 SAR を用いて、桜島火口部周辺の観測を実施し、観測成果として反射強度画像を作成した。

1. 観測諸元

- 1) 観測日 : 2014年7月24日（10～12時）
- 2) 観測高度 : 4,000m（全コース進行方向左側を観測）
- 3) オフナディア角 : 65°
- 4) 偏波 : 水平送信/水平受信

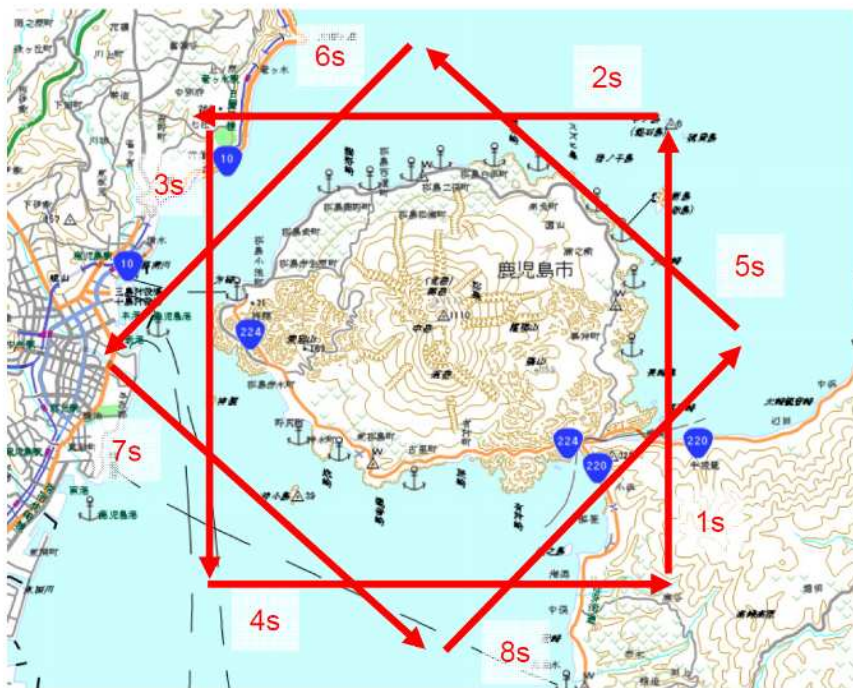


図1 観測コース（8コース）



写真1 観測時の桜島山頂付近の斜め写真（晴れ：山頂付近に雲が散在）

第7図(a) 桜島における航空機搭載型合成開口レーダ（航空機SAR）の観測

Fig.7(a) Observation of type synthetic aperture radar in Sakurajima (aircraft SAR).

2. 観測成果

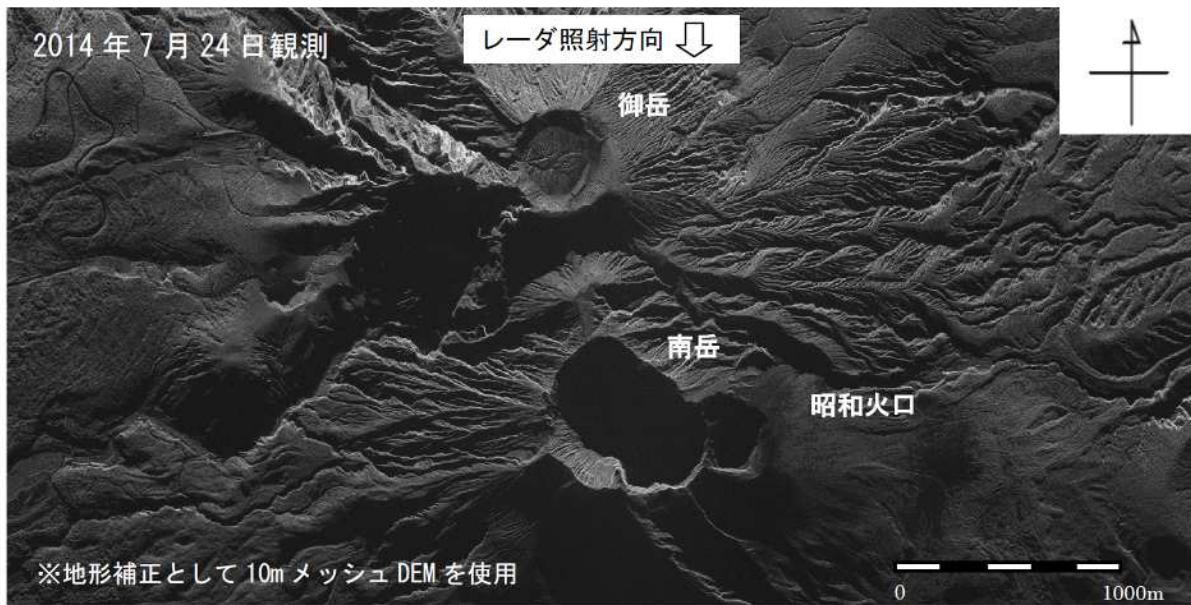


図2 反射強度画像（コース 2s からの観測）

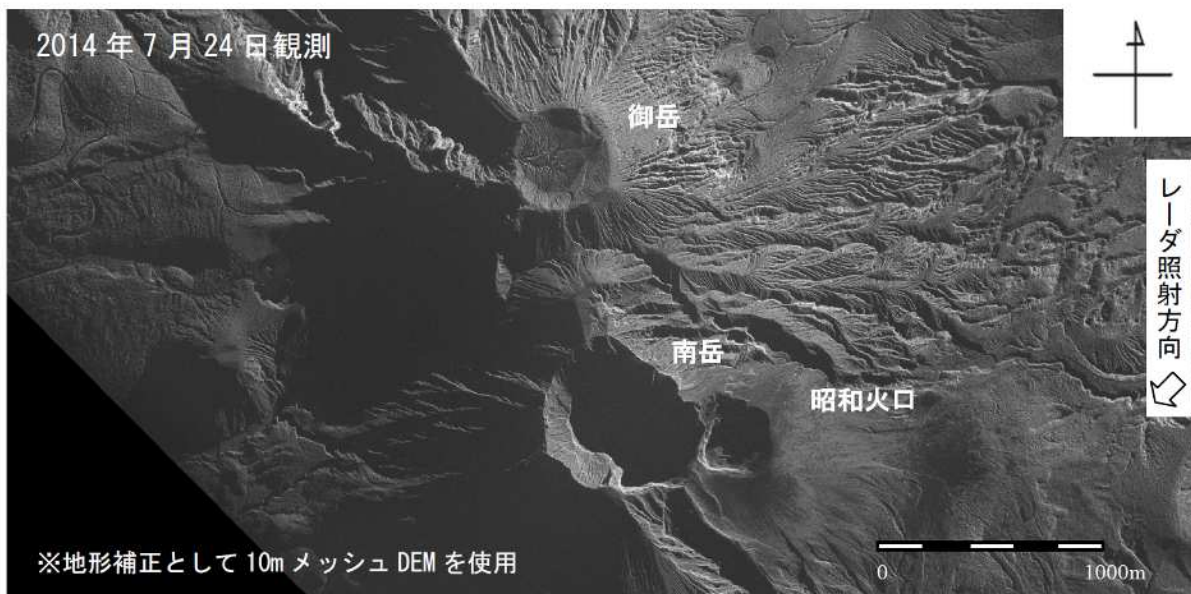


図3 反射強度画像（コース 5s からの観測）

第7図(b) 桜島における航空機搭載型合成開口レーダ（航空機SAR）の観測

Fig.7(b) Observation of type synthetic aperture radar in Sakurajima (aircraft SAR).

3. 観測データの比較

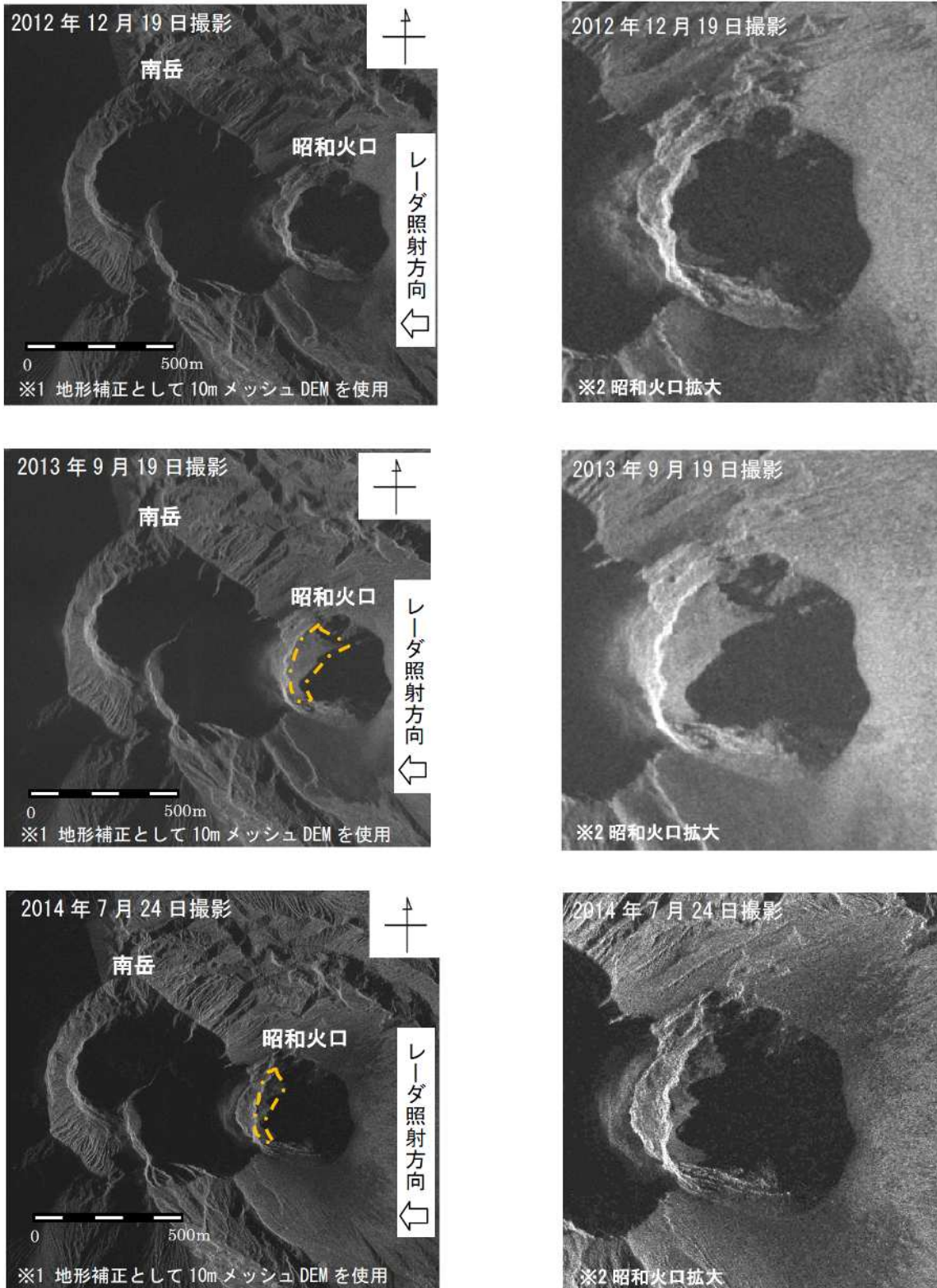


図4 反射強度画像（コース1sからの観測）

第7図(c) 桜島における航空機搭載型合成開口レーダ（航空機SAR）の観測

Fig.7(c) Observation of type synthetic aperture radar in Sakurajima (aircraft SAR).

今回、観測した航空機 SAR データと過去 2 ヶ年の観測した航空機 SAR データと比較し、経年変化の把握を試みた。

まず、2012 年と 2013 年の反射強度画像を比較すると、昭和火口西壁部において明るい領域が拡大し、2013 年と 2014 年の反射強度画像を比較すると、昭和火口西壁部の明るい領域が減少しており、物質の増減した可能性が考えられる。

今後、航空機 SAR より作成した標高データを用いて、地形変化等の解析を進めていく。

第 7 図(d) 桜島における航空機搭載型合成開口レーダ（航空機SAR）の観測

Fig.7(d) Observation of type synthetic aperture radar in Sakurajima (aircraft SAR).