

## 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)～(c)は、桜島周辺におけるGPS連続観測結果である。第1図上段に基線の配置を、下段に図中に表示されている観測点の整備の履歴を示した。第2図(a)～(c)は時系列グラフで、左列に1997年4月～2010年9月までの長期的な時系列を、右列に2009年9月～2010年9月までの1年間の時系列グラフを示した。島内の基線で(1)「鹿児島2」－「桜島」、(2)「鹿児島3」－「桜島」に2010年の初め頃から伸びの傾向が見られていたが、7月頃からその傾向は鈍化している(第2図(a))。ただし、夏の期間はばらつきが大きいので、傾向が変化した時期をこのグラフから読み取るのは難しい。始良カルデラを挟む基線では、長期的な伸びの傾向が見られているが、(4)「鹿児島郡山」－「隼人」、(6)「垂水」－「鹿児島福山」、(8)「鹿児島郡山」－「鹿児島福山」などの基線では、7月頃から伸びの傾向が鈍化している(第2図(b), (c))。

第3図(a)、(b)は、桜島周辺のGPS観測点における水平変動の観測結果である。2009年9月16日から10日間と、2010年9月16日から10日間の平均の差を取り、1年間の変動を示した。上段の第3図(a)は周辺部も含めたGEONET観測点における水平変動ベクトルで、始良カルデラを中心として膨張の傾向が見られる。下段の第3図(b)は、桜島島内のGEONET点と、気象庁によるGPS観測点のデータをGEONETの電子基準点での観測データと統合解析した結果について、2009年9月16日から10日間と2010年8月29日から10日間の平均の差を取った約1年間の水平変動ベクトル図である。島内では南東方向のベクトルが見られるが、北岸の「藤野」「桜島」よりも東岸の「浦之前」「鹿児島2」「黒神」などのベクトルが大きく、この期間の桜島の膨張を示していると考えられる。

第4図、第5図、第6図、第7図は、これらのGPS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4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体積変化時系列の推定結果である。第4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。桜島島内の変動源(茂木ソース1)は、2004年から2005年にかけて2百万立米の膨張をした後、小幅な増減を繰り返して推移し、2009年後半から2010年はやや膨張の傾向が強まっていたが、6月上旬頃から収縮の傾向が推定されている。始良カルデラの変動源(茂木ソース2)は、膨張速度に若干の変化はあるものの、ほぼ定常的に膨張を続けその傾向は8月中旬時点でも継続している。2004年初め以降の膨張量は、2010年8月時点までで約4千5百万立米に達していると推定される。第5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。始良カルデラの北側(021089電子基準点「隼人」)や東側(950489電子基準点「鹿児島福山」)などの変動が単調に進んでいる状況が始良カルデラ側の変動源の定常的な膨張に対応している。第6図は変動源を一つの茂木ソースと仮定した推定結果である。第6図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、第6図の下段は桜島北方の変動源の体積変化時系列の推定結果、第7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。変動源を2つと仮定した結果と比較すると、変動源が一つと見た場合には、一部基線の伸びの鈍化傾向はあまり敏感に膨張の推定値に反映されず、揺らぎながらも膨

\*2011年1月24日受付

張が淡々と進む状況に見える。

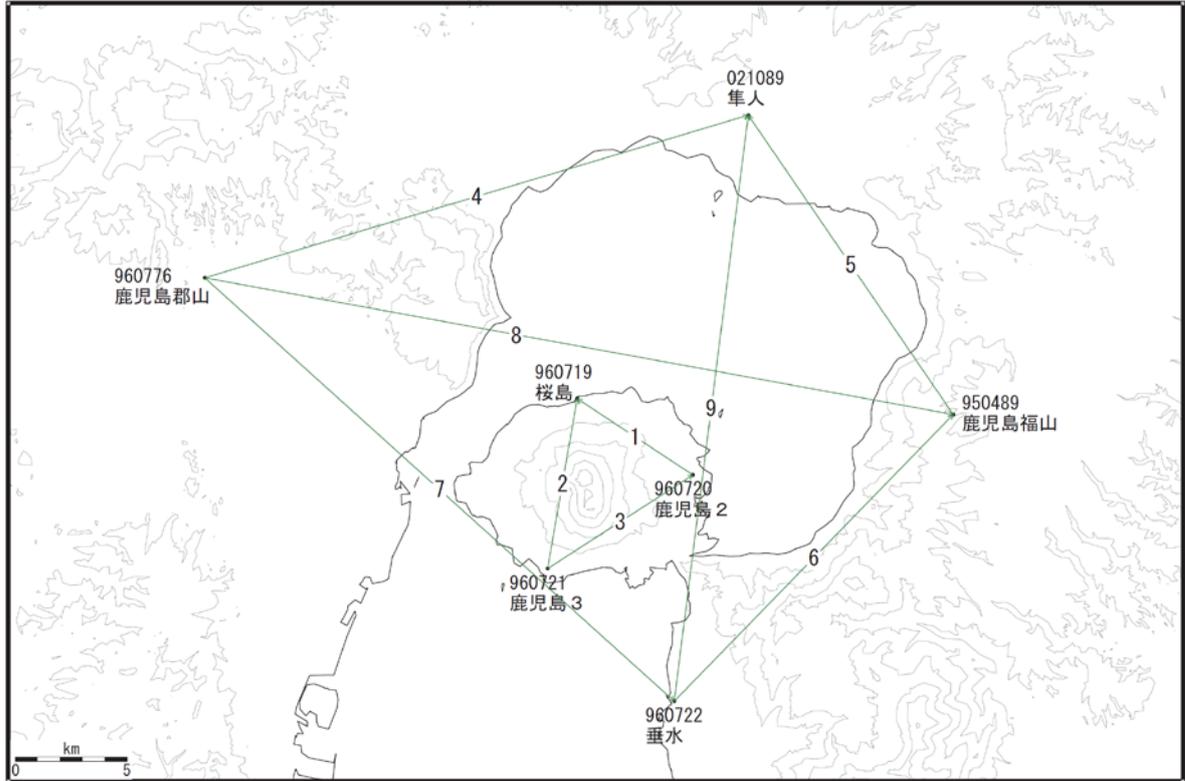
第8図は「だいち (ALOS)」PALSAR による桜島の SAR 干渉画像である。いずれも北行軌道 (Ascending) による干渉画像である。上段 (a) は 2007 年 12 月 12 日と 2010 年 4 月 4 日のペアで、約 2 年 4 ヶ月間の変動を見ている。有意な変動は認められない。中段 (b) は 2010 年 1 月 2 日と 2010 年 5 月 20 日のペア、下段 (c) は 2010 年 4 月 4 日と 2010 年 8 月 20 日のペアによる干渉画像である。いずれの画像にもノイズレベルを超えるような変動は見られない。

#### 謝辞

だいち/PALSAR データの所有権は、経済産業省および宇宙航空研究開発機構にあります。またデータは、国土地理院と宇宙航空研究開発機構との共同研究協定に基づいて、提供を受けたものです。この場を借りて、御礼申し上げます。

# 桜島

桜島周辺 GPS連続観測基線図



桜島地区の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
960719	桜島	20100303	レドーム開閉
960720	鹿児島2	20100303	レドーム開閉
960721	鹿児島3	20070911	アンテナ交換
		20100303	レドーム開閉

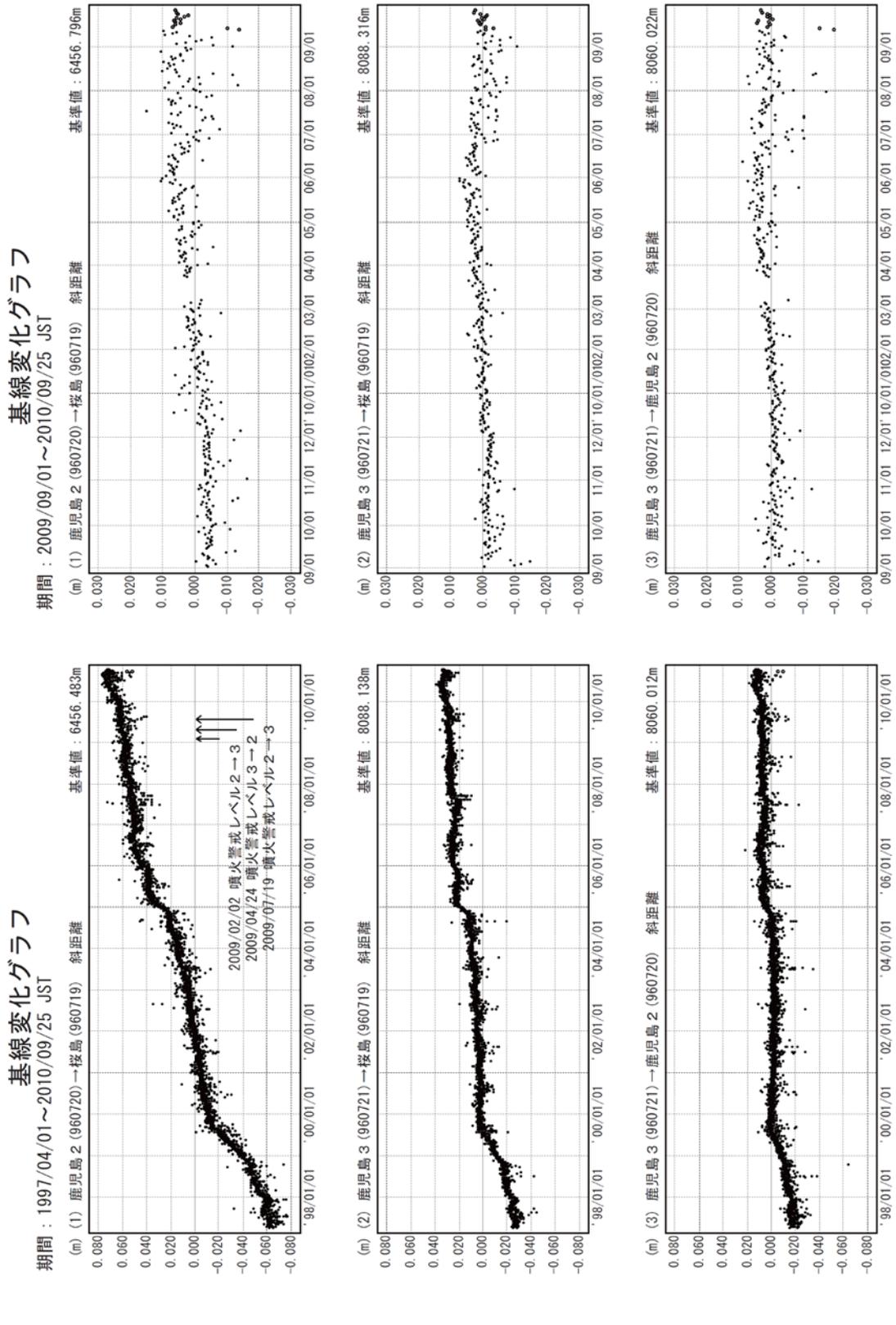
※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

第1図(上段) 桜島周辺の電子基準点におけるGPS連続観測基線図

(下段) 桜島周辺の電子基準点の整備履歴

Fig.1(upper) Base-line map of continuous GPS observation at GEONET sites around Sakurajima Volcano.

(lower) Maintenance history of GEONET sites around Sakurajima Volcano.



第2図(a) 桜島周辺のGPS連続観測結果

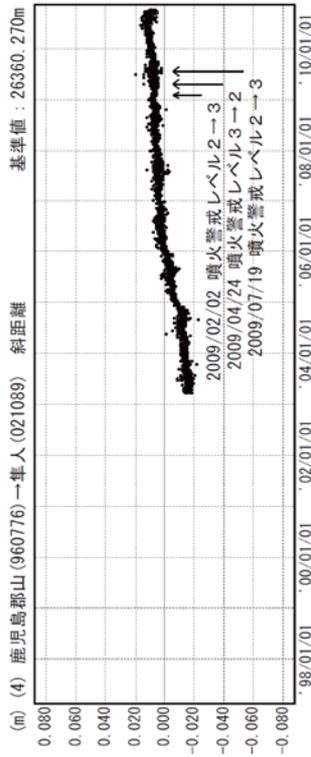
(左列：1997年4月～2010年9月、右列：2009年9月～2010年9月)

Fig.2(a) Results of continuous measurements of the GPS around Sakurajima Volcano;

(left)from April 1997 to September 2010, (right)from September 2009 to September 2010.

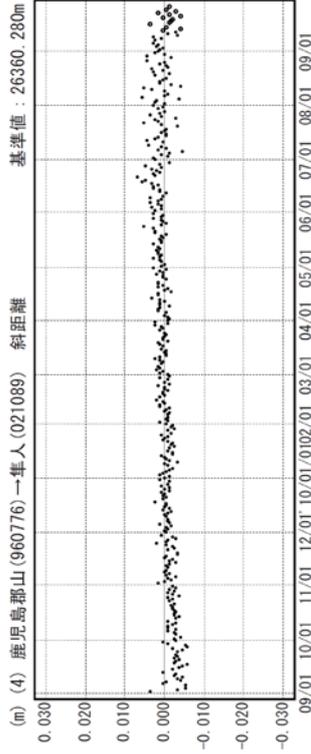
基線変化グラフ

期間：1997/04/01～2010/09/25 JST



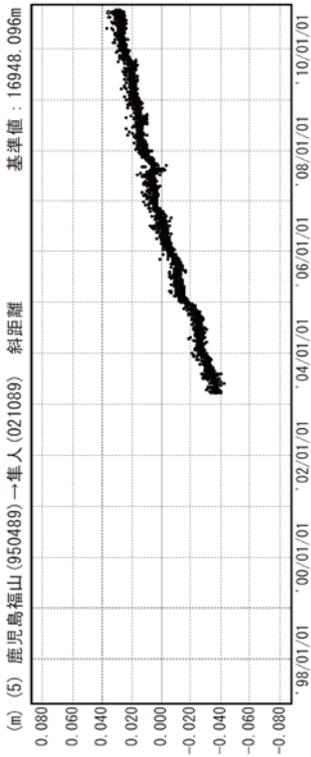
基線変化グラフ

期間：2009/09/01～2010/09/25 JST



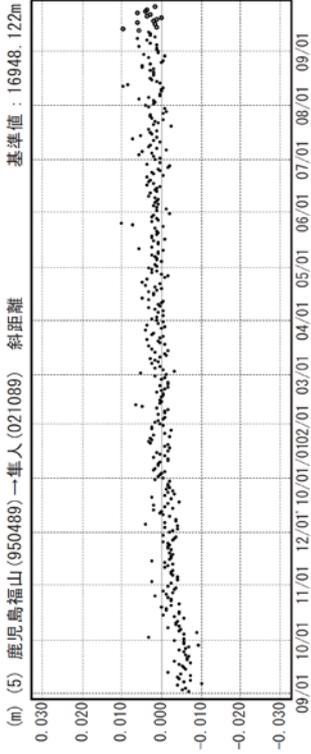
基線変化グラフ

期間：1997/04/01～2010/09/25 JST



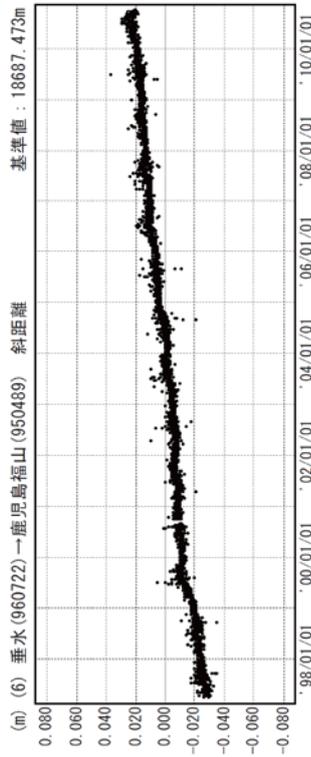
基線変化グラフ

期間：2009/09/01～2010/09/25 JST



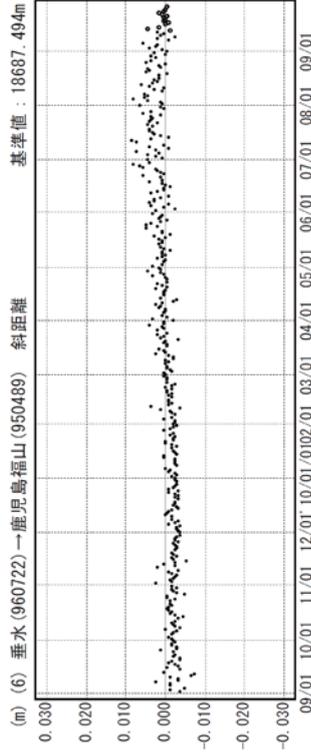
基線変化グラフ

期間：1997/04/01～2010/09/25 JST



基線変化グラフ

期間：2009/09/01～2010/09/25 JST



● --- [F3:最終解] ○ --- [R3:速報解]

※R3:速報解は暫定、電子基準点の保守等による変動は補正済み

第2図(b) 桜島周辺のGPS連続観測結果

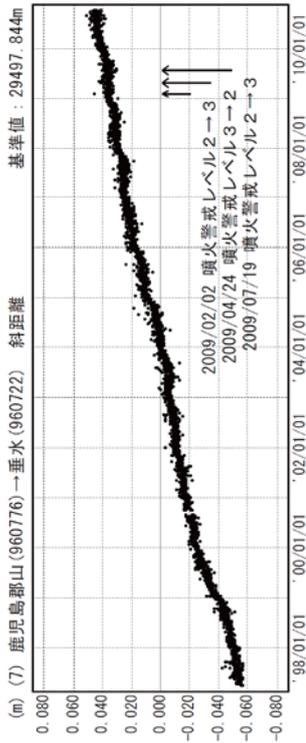
(左列：1997年4月～2010年9月、右列：2009年9月～2010年9月)

Fig.2(b) Results of continuous measurements of the GPS around Sakurajima Volcano;

(left)from April 1997 to September 2010, (right)from September 2009 to September 2010.

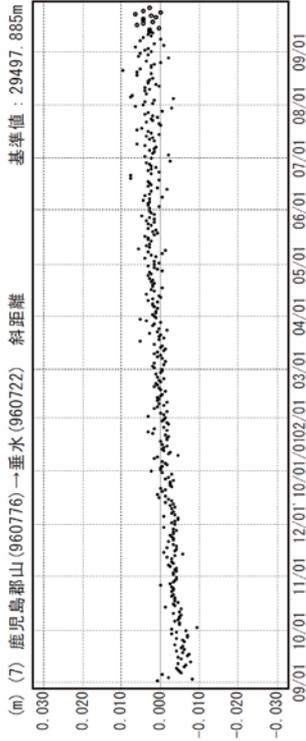
基線変化グラフ

期間：1997/04/01～2010/09/25 JST

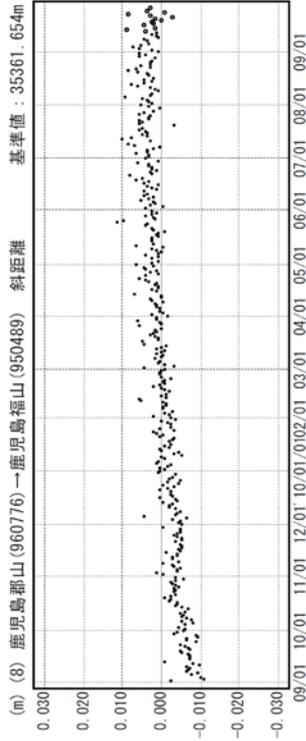
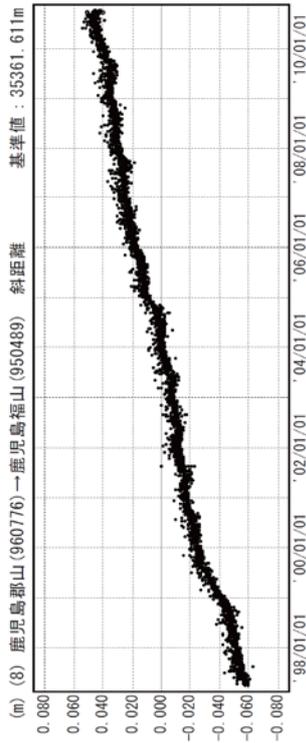


基線変化グラフ

期間：2009/09/01～2010/09/25 JST

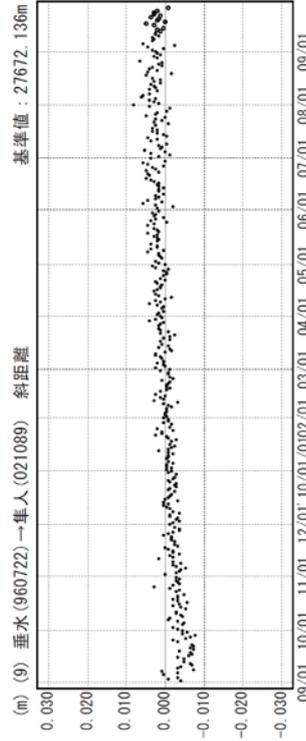
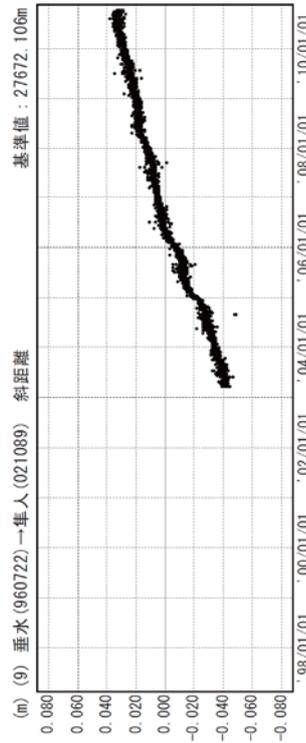


(m) (7) 鹿児島郡山(960776)→垂水(960722) 斜距離



(m) (8) 鹿児島郡山(960776)→鹿児島福山(950489) 斜距離

(m) (9) 垂水(960722)→隼人(021089) 斜距離



● ---[F3:最終解] ○ ---[R3:速報解]

※R3:速報解は暫定、電子基準点の保守等による変動は補正済み

第2図(c) 桜島周辺のGPS連続観測結果

(左列：1997年4月～2010年9月、右列：2009年9月～2010年9月)

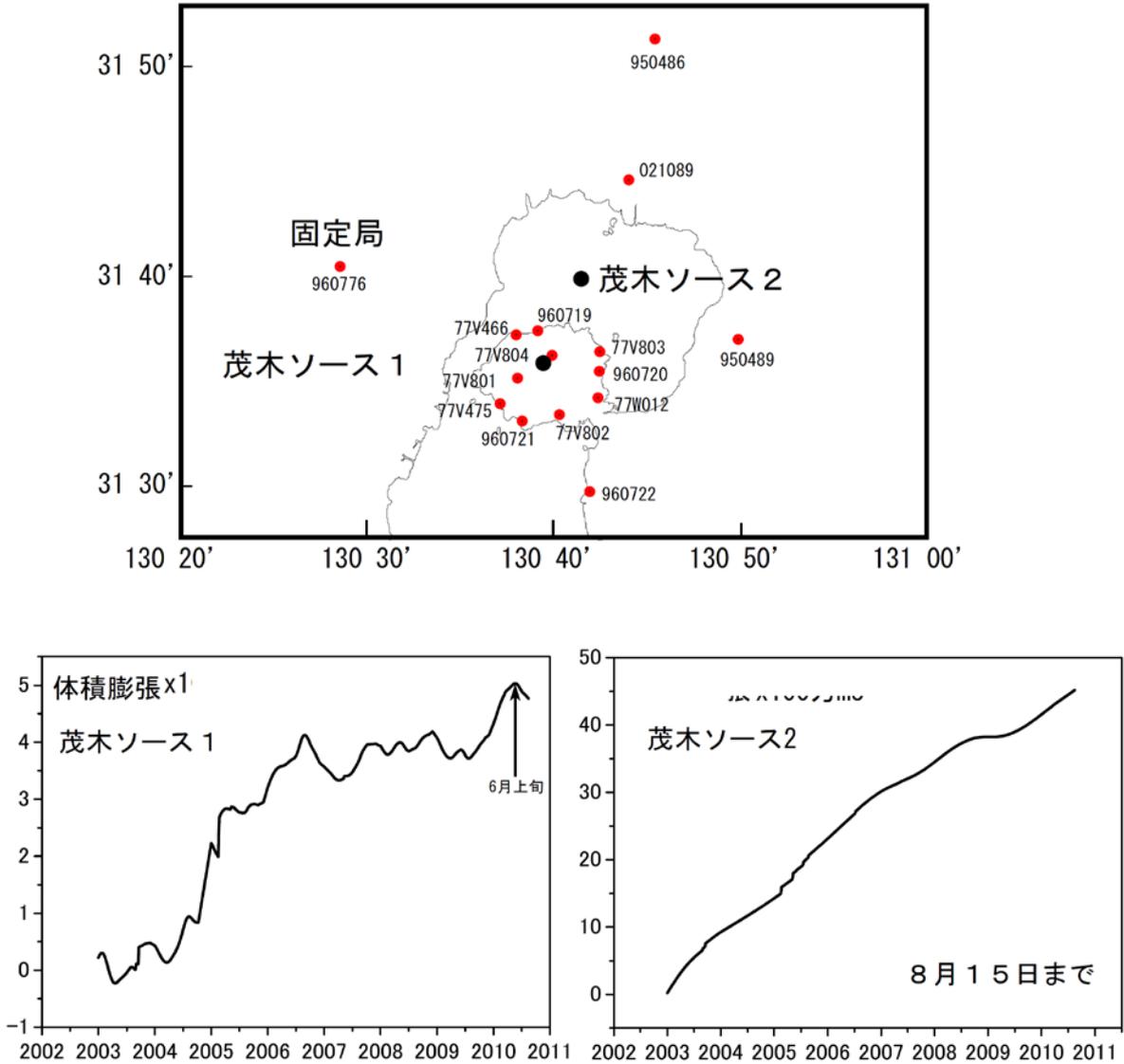
Fig.2(c) Results of continuous measurements of the GPS around Sakurajima Volcano;

(left)from April 1997 to September 2010, (right)from September 2009 to September 2010.



桜島の茂木ソースの位置と体積変化量

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

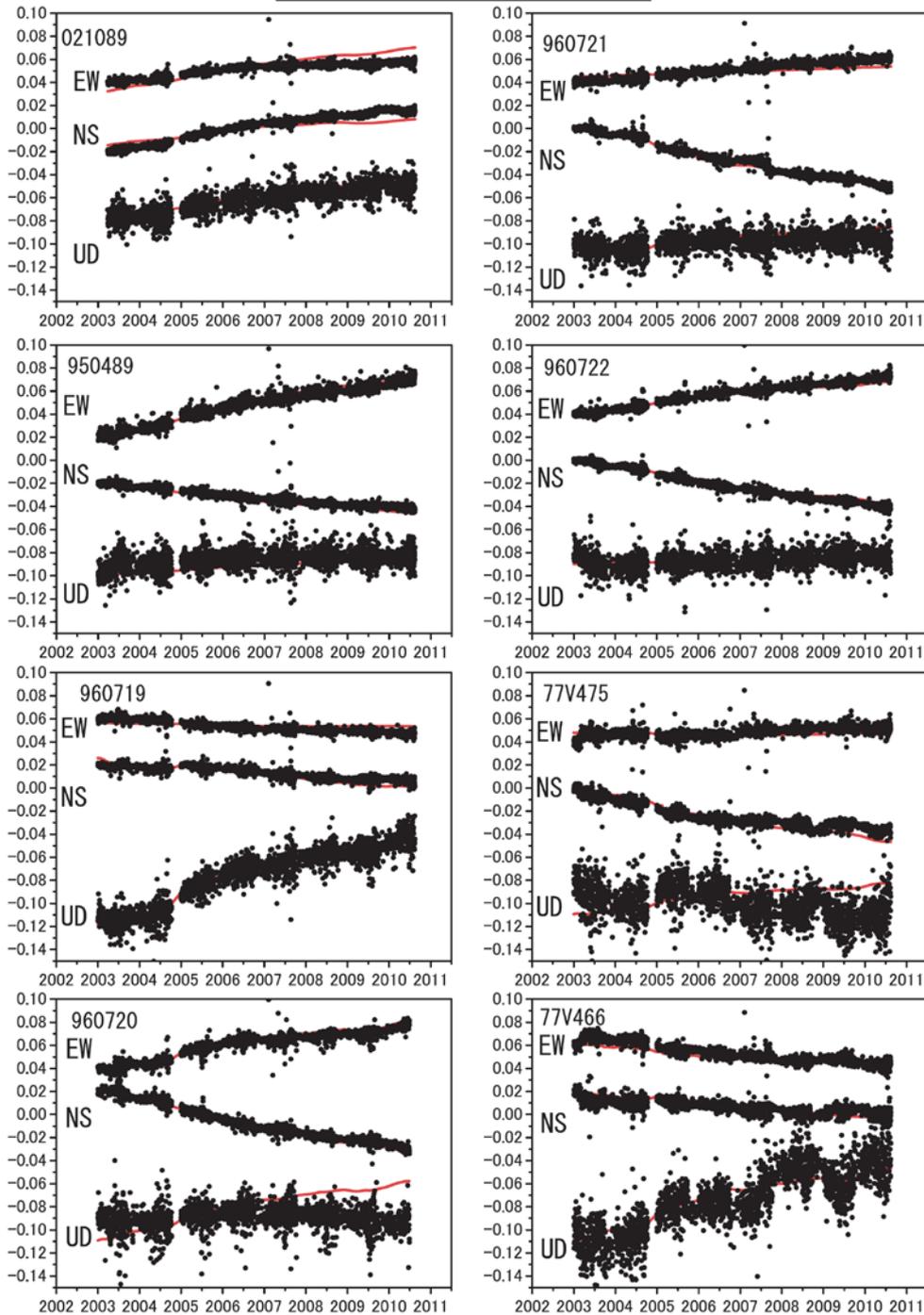
茂木ソース2：緯度 31.670°、経度 130.704°、深さ 10km

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・始良カ  
 ルデラ深部)

Fig.4 Estimation of the volume change of Mogi-source by the time dependent inversion method, assuming two Mogi sources;(upper)distribution of GPS 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解析

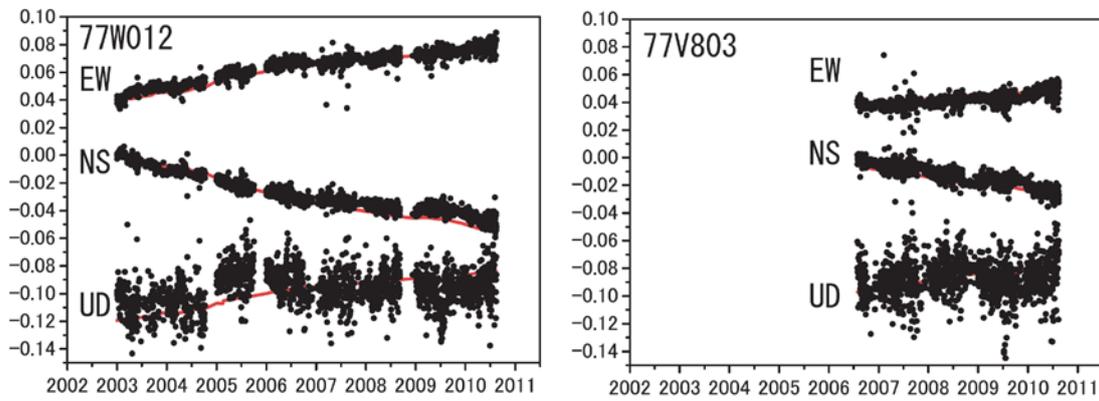


固定点950486. EW, NS, UDは東西、南北、上下変動. 周期成分は除いている.

第5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.5(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解析

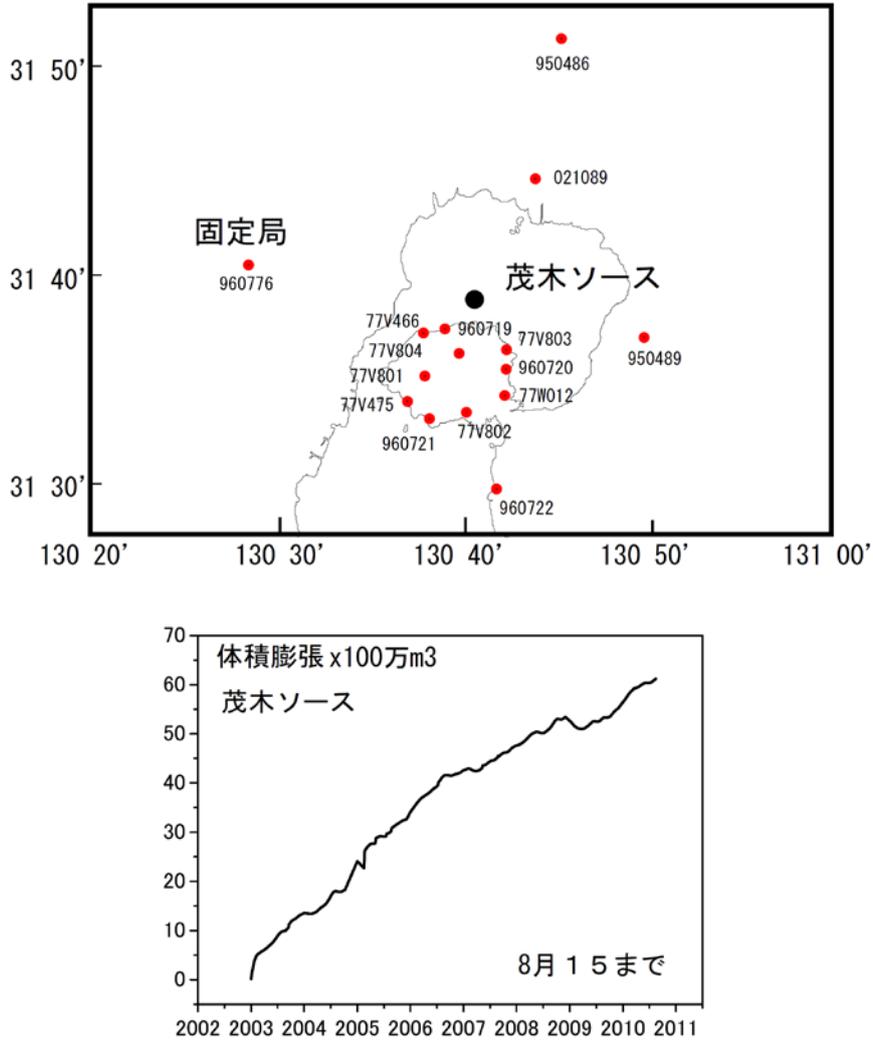


固定点950486. EW, NS, UDは東西、南北、上下変動. 周期成分は除いている.

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

桜島の茂木ソースの位置と体積変化量  
 時間依存のインバージョン解析



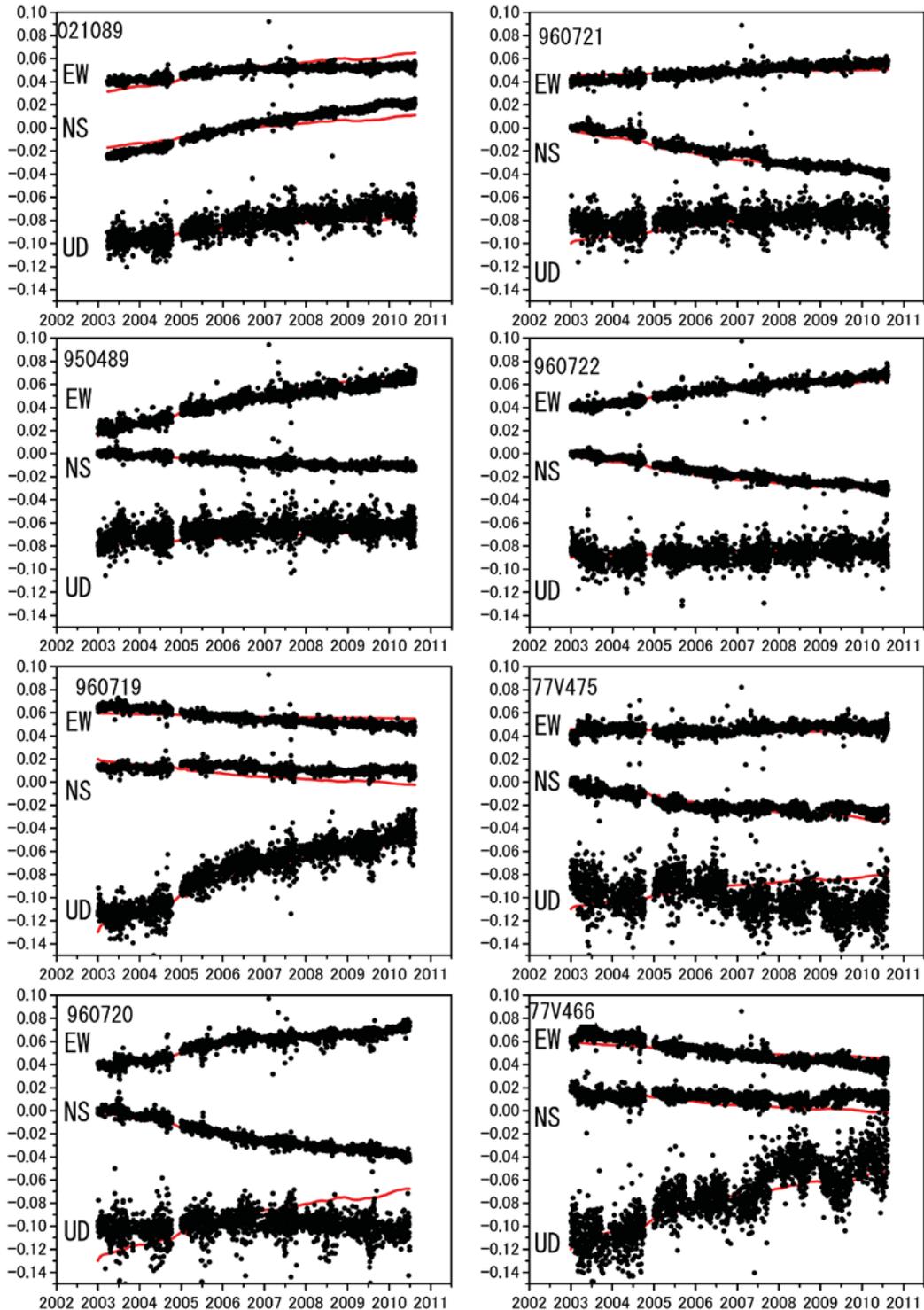
茂木ソース1：緯度 31.645°、経度 130.685°、深さ 11km

第 6 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 1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：推定された茂木ソース体積の時間変化)

Fig.6 Estimation of the volume change of Mogi-source by the time dependent inversion method, assuming one Mogi source; (upper) distribution of GPS observation sites(red dots) used for the inversion and Mogi-sources(black circles), (lower) Time series of estimated volume, Mogi-source at north off shore of Sakurajima volcano.

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解析



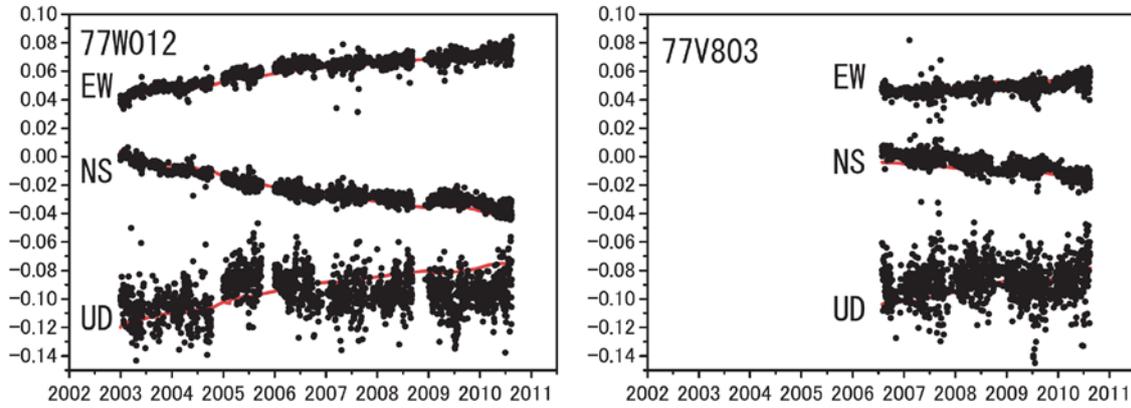
固定点950486. EW, NS, UDは東西、南北、上下変動. 周期成分は除いている.

第7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.7(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解析

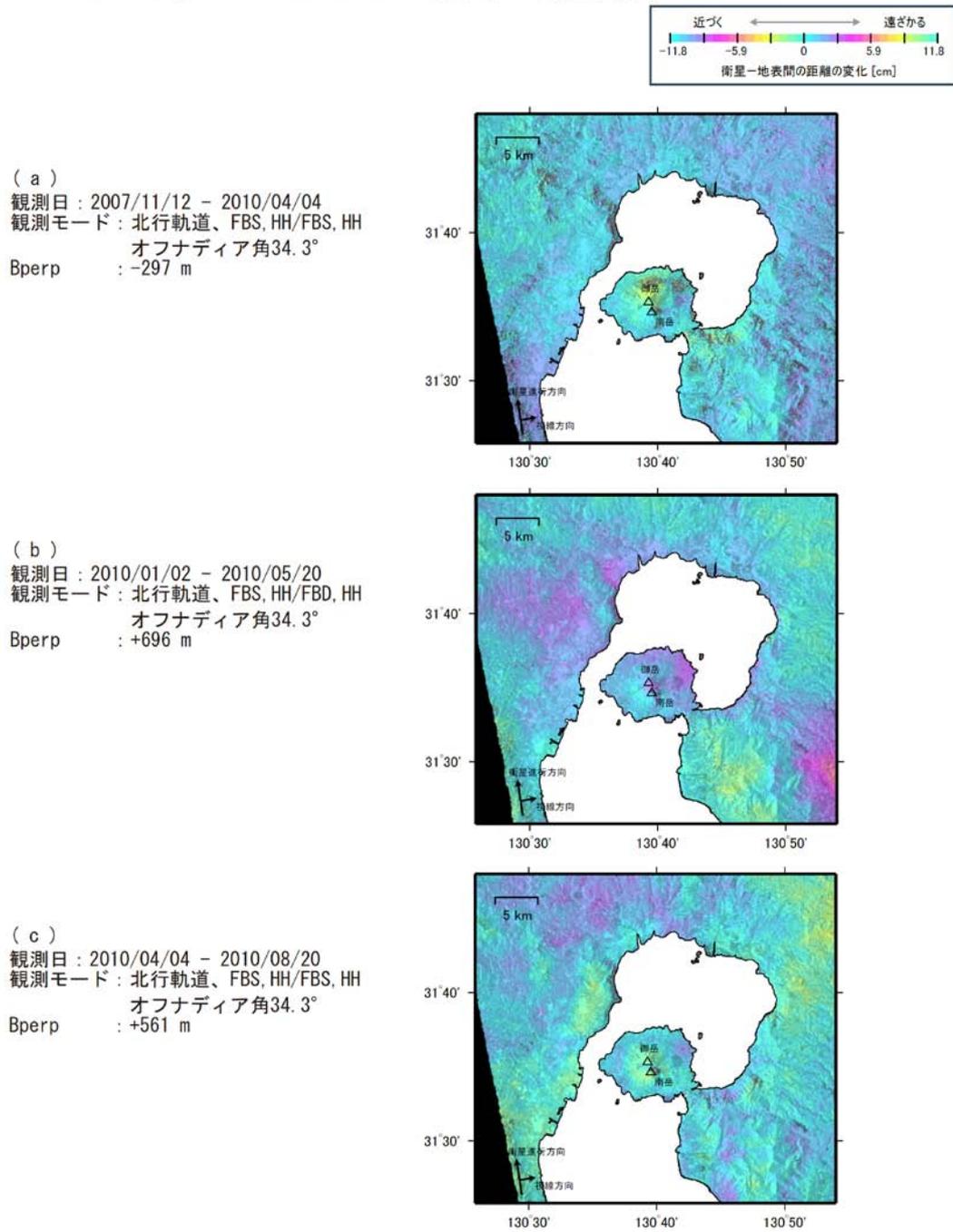


固定点950486. EW, NS, UDは東西、南北、上下変動. 周期成分は除いている.

第7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.7(b) Comparison of calculated deformation from the estimated Mogi-source(red lines) and observed deformation (black dots).

「だいち」PALSARによる桜島の解析結果について



Analysis by GSI from ALOS raw data of JAXA, METI

第8図 「だいち」PALSARによる桜島地域の解析結果

Fig.8 Interferometric analysis of SAR acquired by“Daichi”PALSAR on Sakurajima Volcano.