

## 霧島山周辺の地殻変動\*

## Crustal Deformations around Kirishima Volcano

国土地理院

Geospatial Information Authority of Japan

第1図、第2図は、霧島山周辺におけるGPS連続観測結果である。第1図上段には山体を取り囲む基線の配置を、下段には第1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図は時系列グラフで、第2図(a)～(c)では左列に2006年10月1日～2011年8月30日までの約4年11ヶ月の時系列を、右列に2009年10月1日～2011年8月30日までの約1年11ヶ月間の時系列グラフを示した。2009年12月から山体の膨張を示す基線の伸びが始まり2011年1月にいたり、1月26日の噴火以降に急速な短縮が見られ、2月1日以降は再び噴火前とほぼ同じ速度での基線の伸びが続いていることが確認できる。

第3図、第4図は、霧島山周辺のGEONET観測点間の基線長について、1次トレンドを除去した時系列グラフである。第3図は基線の配置図、第4図が時系列である。霧島山を囲む基線で2009年12月から伸びが始まっているが、他の基線ではトレンドからの差はほとんどなく経過していることがわかる。

第5図は、霧島山周辺の電子基準点、機動観測点、気象庁のGPS観測点および防災科学技術研究所のGPS観測点における水平変動の観測結果である。上段は基準期間を2011年2月1日から2月11日の11日間、比較期間を2011年8月21日から8月31日の11日間にとったもので、噴火後の約6ヶ月半の山体膨張を示す図である。下段は、基準期間を2009年12月1日から12月11日の11日間、比較期間を2011年1月16日から1月26日の11日間にとったもので、噴火前の約1年1ヶ月間で膨張した量を示す図となっている。2011年8月末時点で、今回の噴火前の膨張量の半分以上を超えるような山体の膨張が噴火後にも進んでいることがわかる。

第6図(a)～(c)は長期的な地殻変動の推移を見るための図である。基線毎に左列に基線長、東西成分、南北成分、上下成分の時系列を、右列に90日間のデータを用いた各成分の変化速度をプロットしたものである。データ期間は最も長期の観測データがある「えびの」－「牧園」基線(第6図(a))で1997年から、他の基線は2003年から2011年8月30日までである。「えびの」－「牧園」基線では観測開始当初の1997年から短縮傾向が続いていたが、2006年ころから小幅な増減があり、2009年12月から明瞭な膨張が始まったことが確認できる。右列の変動速度では、2003年～2005年にかけての変動速度を標準と見なして「Linear Trend」の線を入れてあるが、いずれの基線でも、2009年12月までは大きなトレンドの変化がなかったことが分かる。また、2011年1月噴火時の急速な収縮の後、2011年2月以降の変化速度は噴火前の変化速度のレベルとほぼ同じであることも確認できる。

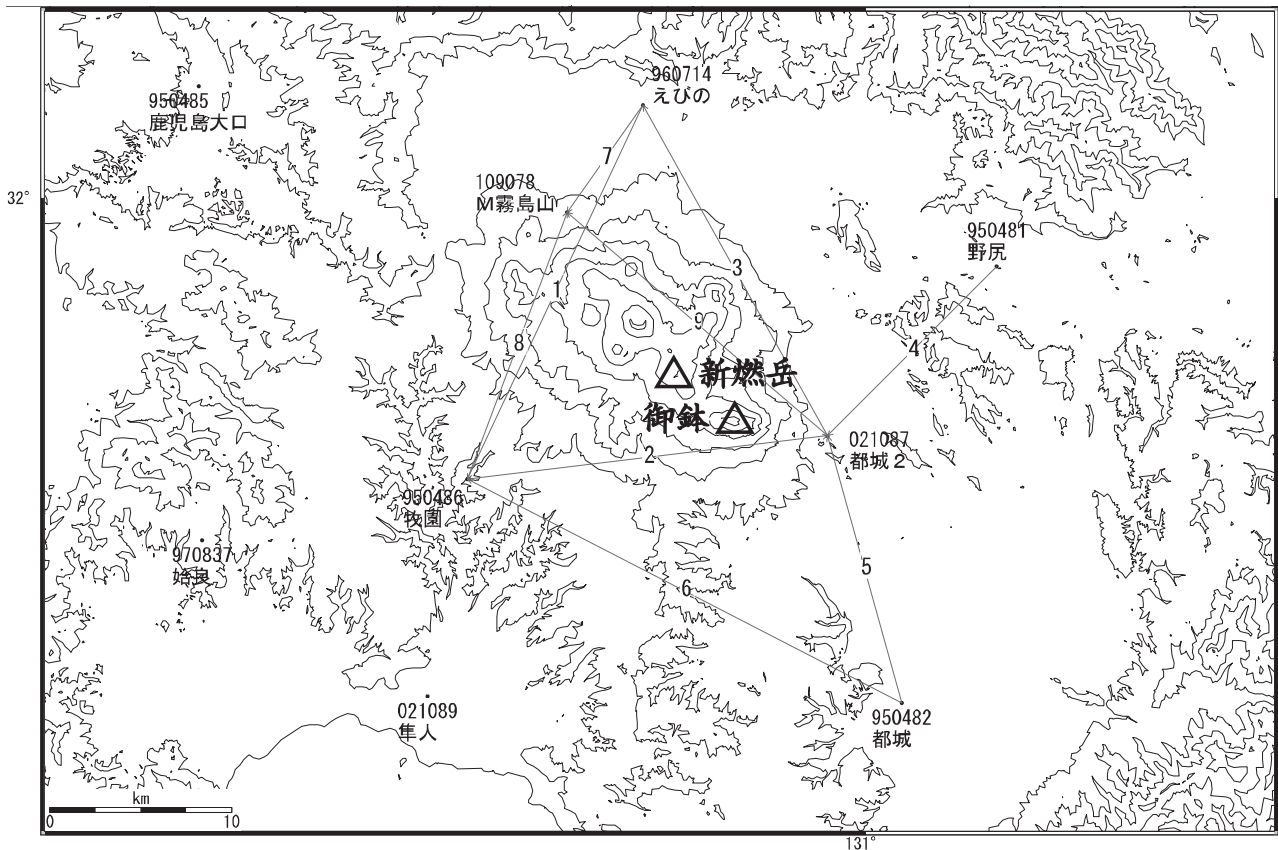
第7図、第8図はGEONET観測点、気象庁および防災科学技術研究所のGPS観測点における地殻変動から、茂木ソースを仮定して変動源を推定した結果である。観測値と推定値のベクトルを表示しており、上段が水平変動、下段が上下変動の比較である。噴火後の収縮が一段落した2月以降の、膨張が見られた期間を通算して変動源を推定したもので、基準期間を2011年2月1日から15日間、比較期間を2011年9月1日からの15日間にとっている。図中に説明があるように、噴火前の膨張源<sup>1)</sup>とほぼ同じ韓国岳北西の水平位置に球状膨張源を置いてインバージョンによるモデル作成を行ったが、モ

\*2011年11月15日受付

デルによる推定値と観測値との整合性があまりよくないため、深さ 9.5km の球状膨張源の他に、北西-南東方向のダイクを加えて再推定を行った。ダイクの深さは約 3.2km と推定された。なお、新燃岳直下にも球状膨張源を置き同時に膨張量を推定しているが、こちらの寄与はあまりないという結果になった。膨張量は7ヶ月間で約8百万  $\text{m}^3$  強と推定され、毎月約百万  $\text{m}^3$  強という膨張速度が噴火前とほぼ同じことから、深部へのマグマ蓄積がコンスタントに進んでいることが想像される。第8図はダイクを置かずに球状膨張源2つのみで推定した結果を参考に示した。水平変動で、モデルによる計算値と観測値の一致があまり良くない。

【参考文献】

- 1) 国土地理院 (2011) : 霧島山の地殻変動, 火山噴火予知連絡会会報, 108, 197-220.



## 霧島山地区の各観測局情報

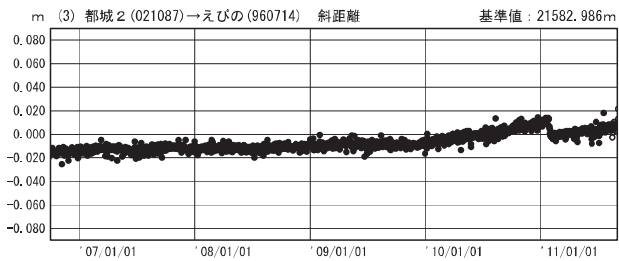
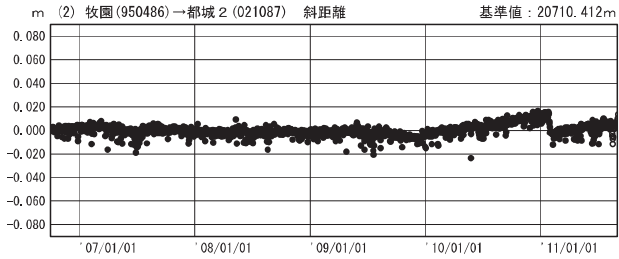
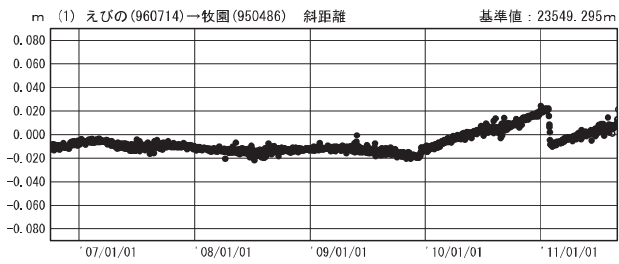
点番号	点名	日付	保守内容
950486	牧園	19981211	アンテナ交換
		20080523	周辺伐採
		20100302	レドーム開閉
		20101102	周辺伐採
960714	えびの	20080910	周辺伐採
950482	都城	20101110	周辺伐採
109078	M霧島山	20110203	新設

第1図 霧島山周辺のGPS連続観測基線図（上段：基線図、下段：整備履歴）

Fig.1 Site location map of the GPS continuous observation network around Kirishima Volcano; (Upper) Site location map, (Lower) History of site maintenance.

基線変化グラフ

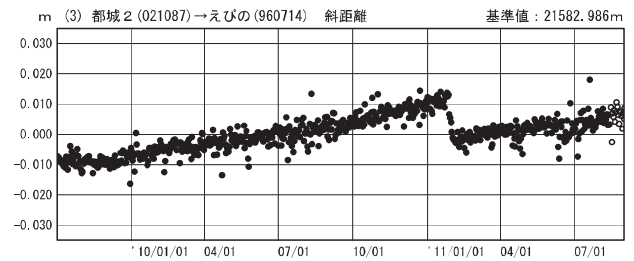
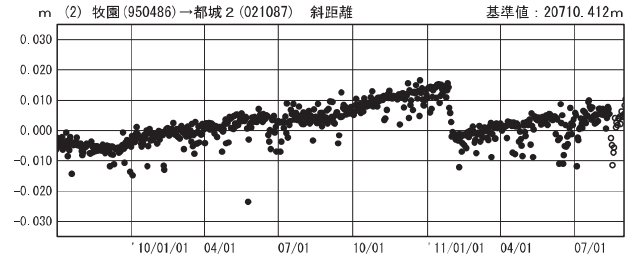
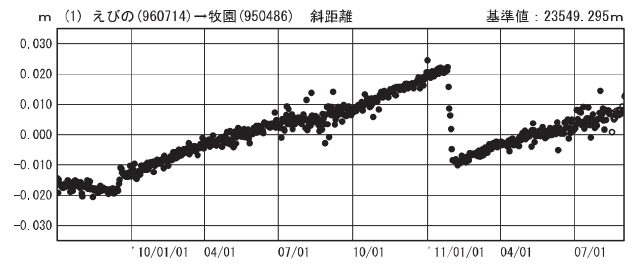
期間: 2006/10/01-2011/08/30 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

基線変化グラフ

期間: 2009/10/01-2011/08/30 JST



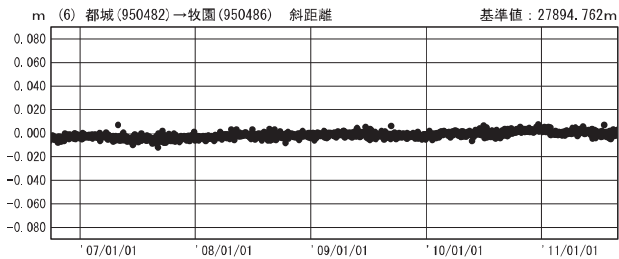
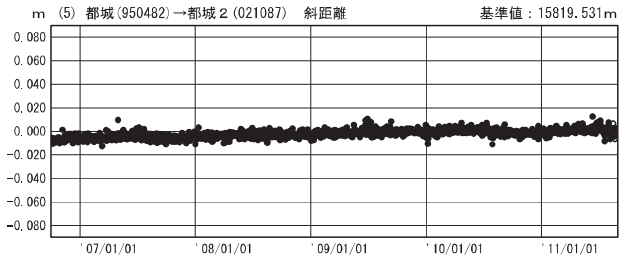
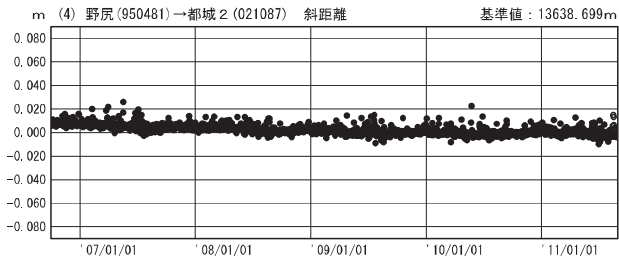
※R3:速報解は暫定、電子基準点の保守等による変動は補正済み

第2図(a) 霧島山周辺のGPS連続観測結果(左列:2006年10月~2011年8月、右列:2009年10月~2011年8月)

Fig.2 (a) Results of continuous measurements of the GPS around Kirishima Volcano; (left) from October 2006 to August 2011, (right) from October 2009 to August 2011.

基線変化グラフ

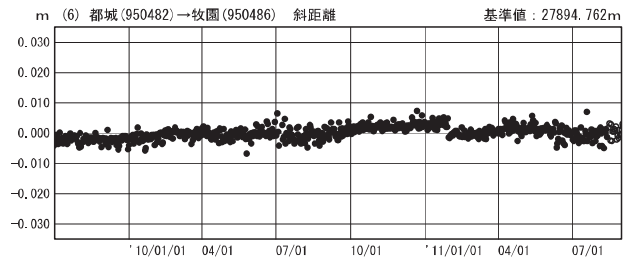
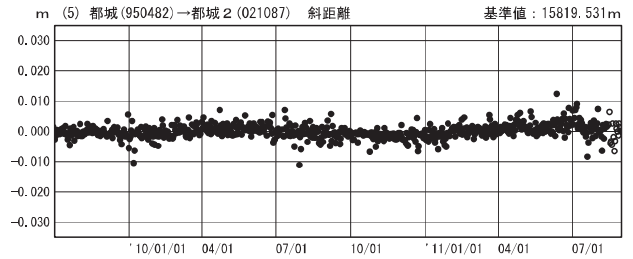
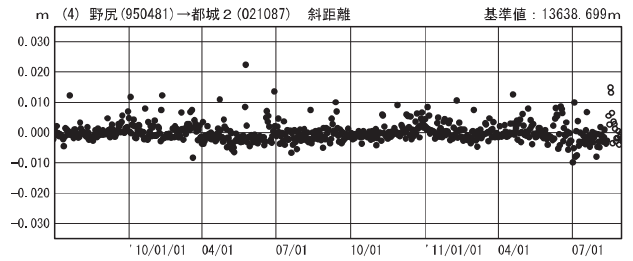
期間：2006/10/01～2011/08/30 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

基線変化グラフ

期間：2009/10/01～2011/08/30 JST



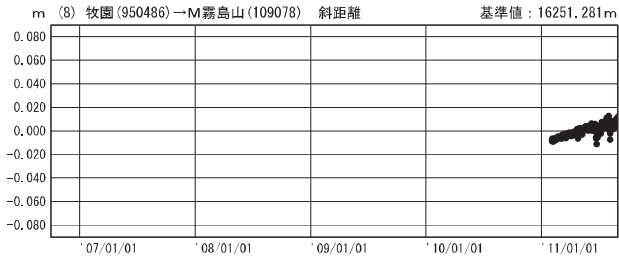
※R3:速報解は暫定、電子基準点の保守等による変動は補正済み

第2図(b) 霧島山周辺のGPS連続観測結果(左列：2006年10月～2011年8月、右列：2009年10月～2011年8月)

Fig.2 (b) Results of continuous measurements of the GPS around Kirishima Volcano; (left) from October 2006 to August 2011, (right) from October 2009 to August 2011.

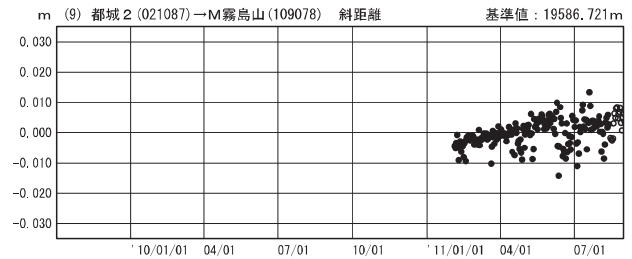
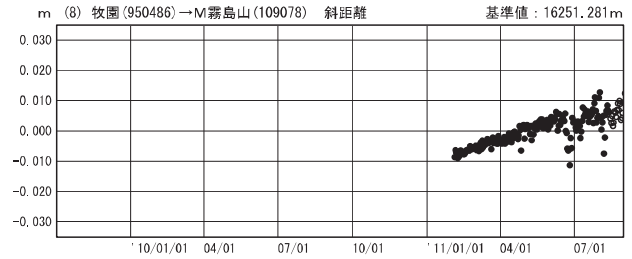
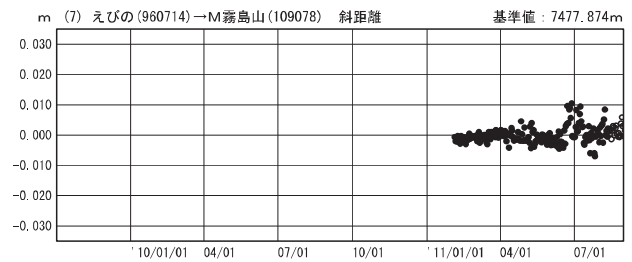
基線変化グラフ

期間：2006/10/01～2011/08/30 JST



基線変化グラフ

期間：2009/10/01～2011/08/30 JST

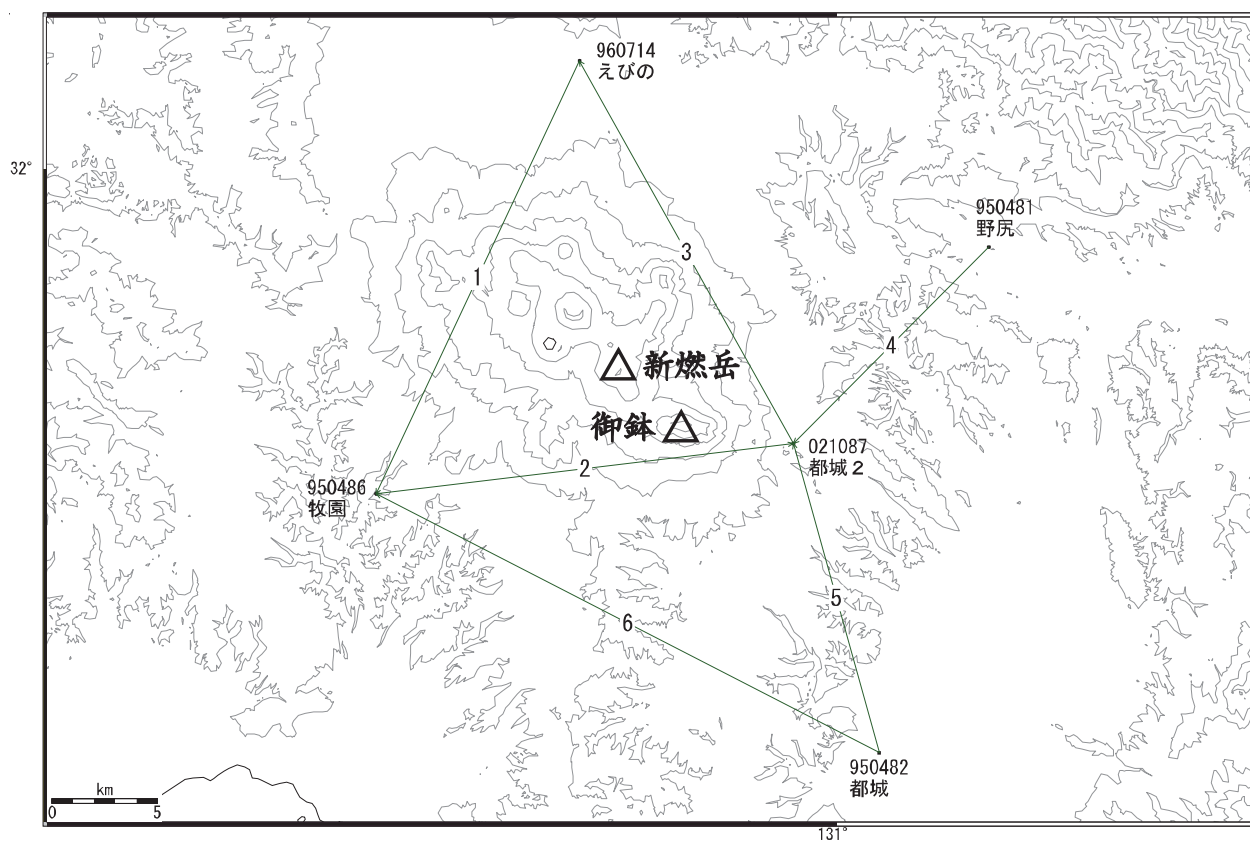


●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

※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(c) 霧島山周辺のGPS連続観測結果(左列:2006年10月～2011年8月、右列:2009年10月～2011年8月)

Fig.2(c) Results of continuous measurements of the GPS around Kirishima Volcano; (left) from October 2006 to August 2011, (right) from October 2009 to August 2011.

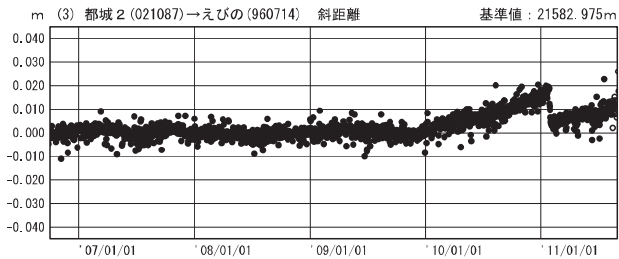
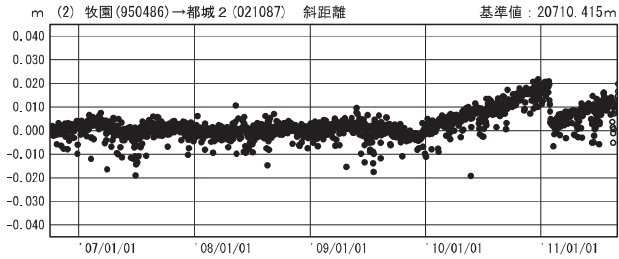
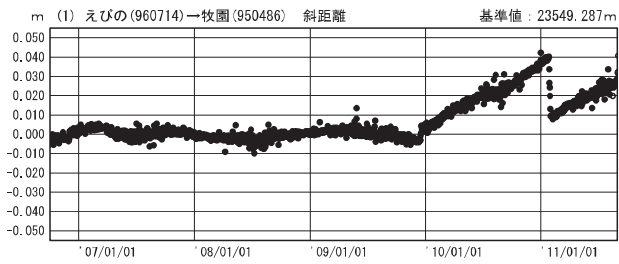


第3図 霧島山周辺の電子基準点における GPS 連続観測基線図

Fig.3 Site location map of the GPS continuous observation network around Kirishima Volcano.

一次トレンド除去グラフ

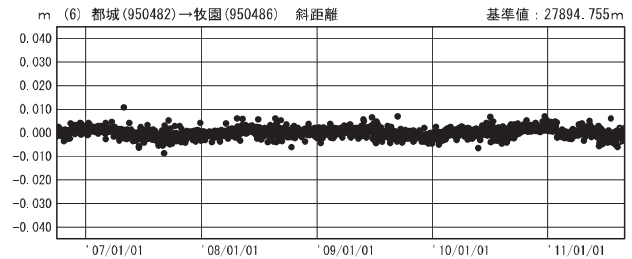
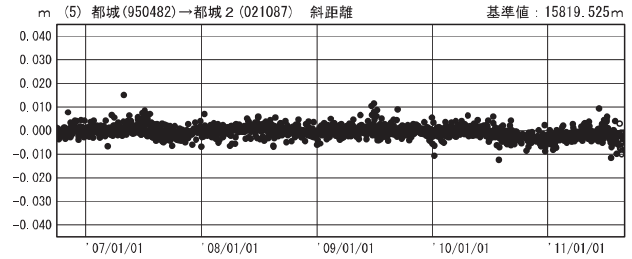
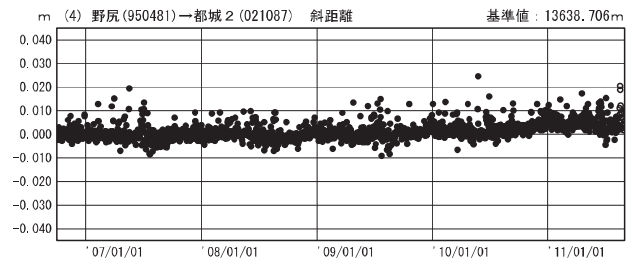
期間：2006/10/01～2011/08/30 JST



一次トレンド除去グラフ

期間：2006/10/01～2011/08/30 JST

計算期間：2006/10/01～2009/10/01



●—[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

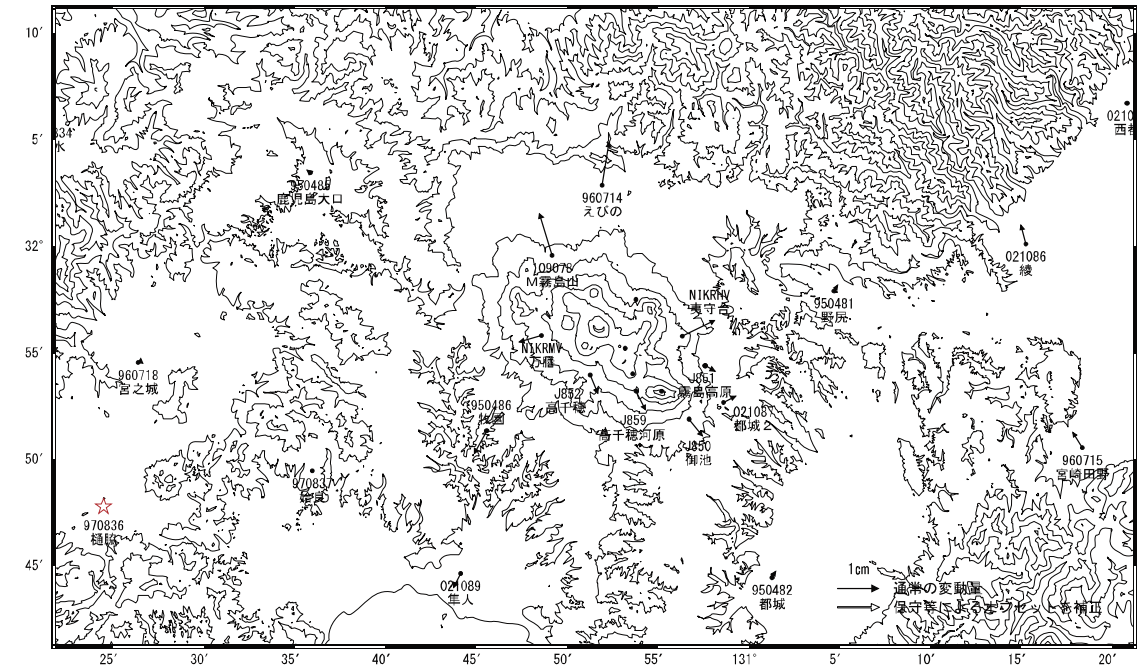
第4図 霧島山周辺のGPS連続観測結果・一次トレンド除去（2006年10月～2011年8月）

Fig.4 Results of continuous measurements of the GPS around Kirishima Volcano, time series after removing linear trend; from October 2006 to August 2011.



基準期間: 2011/02/01-2011/02/11 [F3: 最終解]  
比較期間: 2011/08/21-2011/08/31 [R3: 速報解]

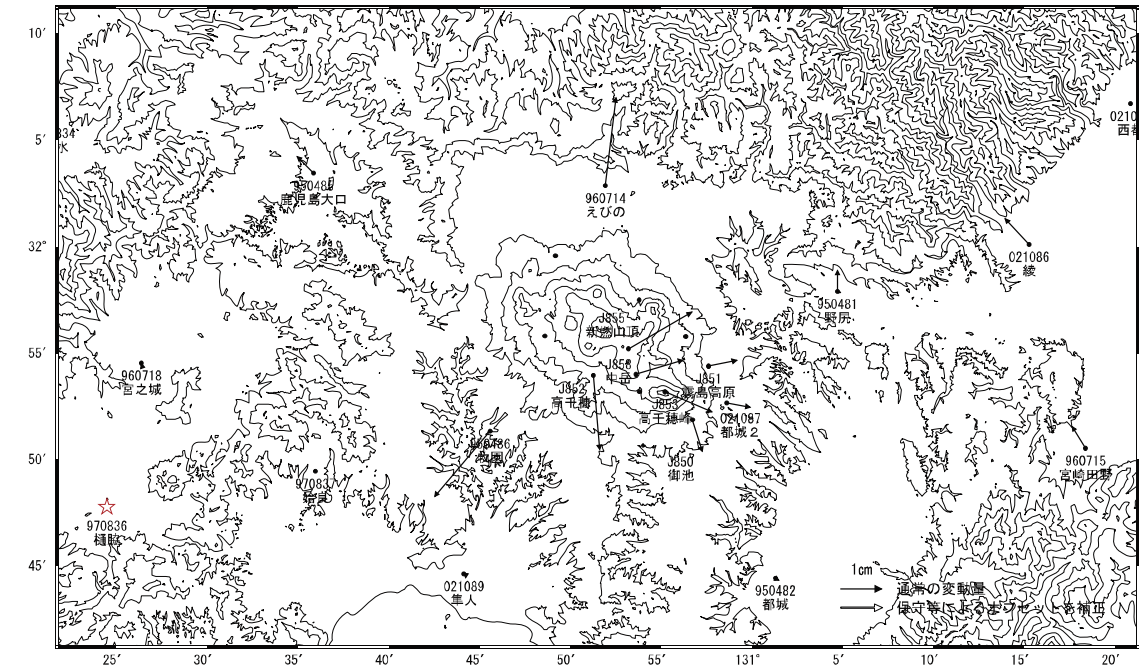
## 霧島山周辺の地殻変動（噴火後）



☆ 固定局: 樋脇 (970836)

基準期間: 2009/12/01-2009/12/11 [F3: 最終解]  
比較期間: 2011/01/16-2011/01/26 [F3: 最終解]

## 霧島山周辺の地殻変動（噴火前）



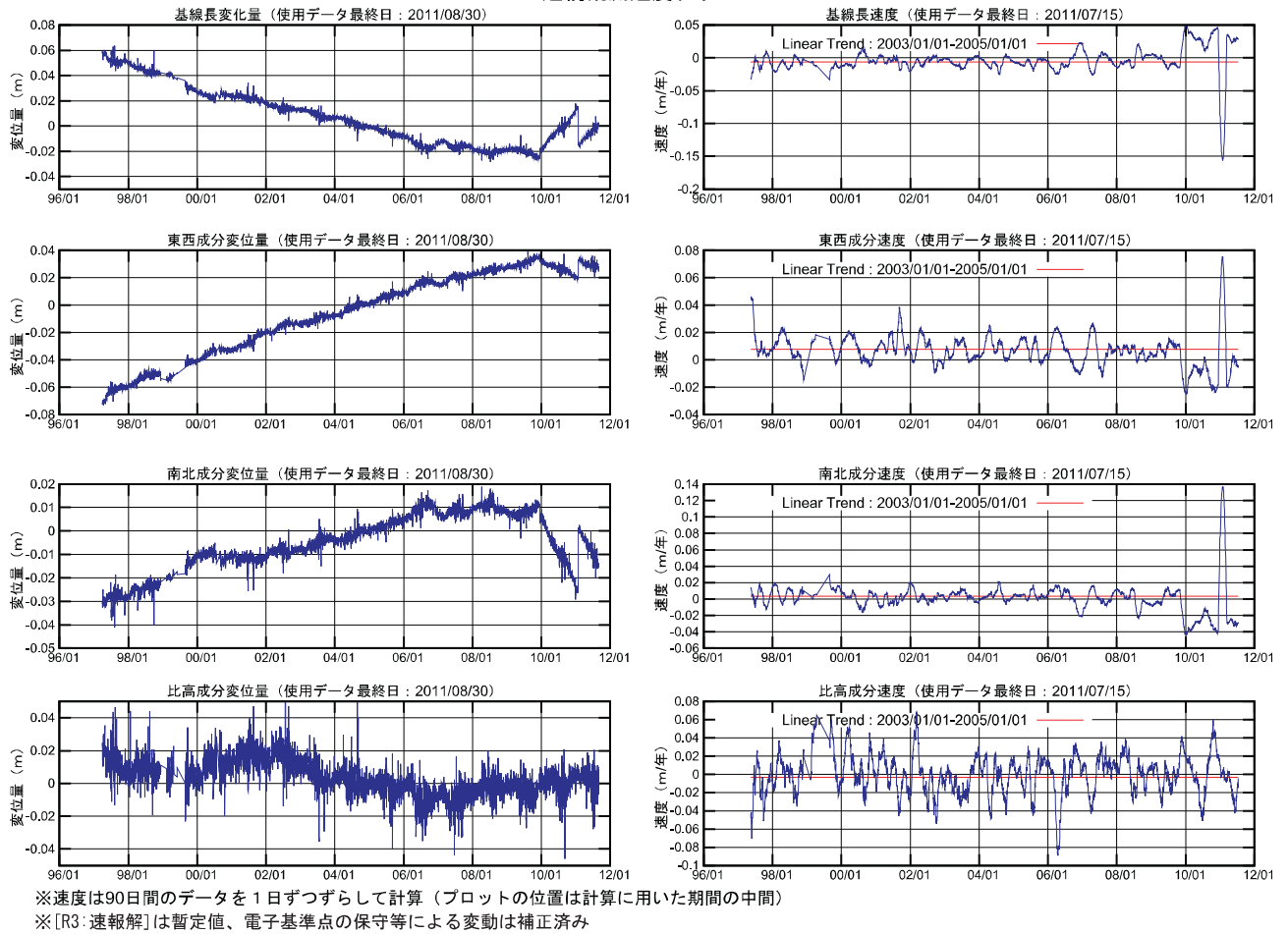
☆ 固定局: 樋脇 (970836)

※[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5図 霧島山周辺におけるGPS観測点の水平変動ベクトル図（上段：2011年2月～2011年8月、下段：2009年12月～2011年1月）

Fig.5 Horizontal displacement of GPS continuous observation stations around Kirishima Volcano; (Upper) from February 2011 to August 2011, (Lower) from December 2009 to January 2011.

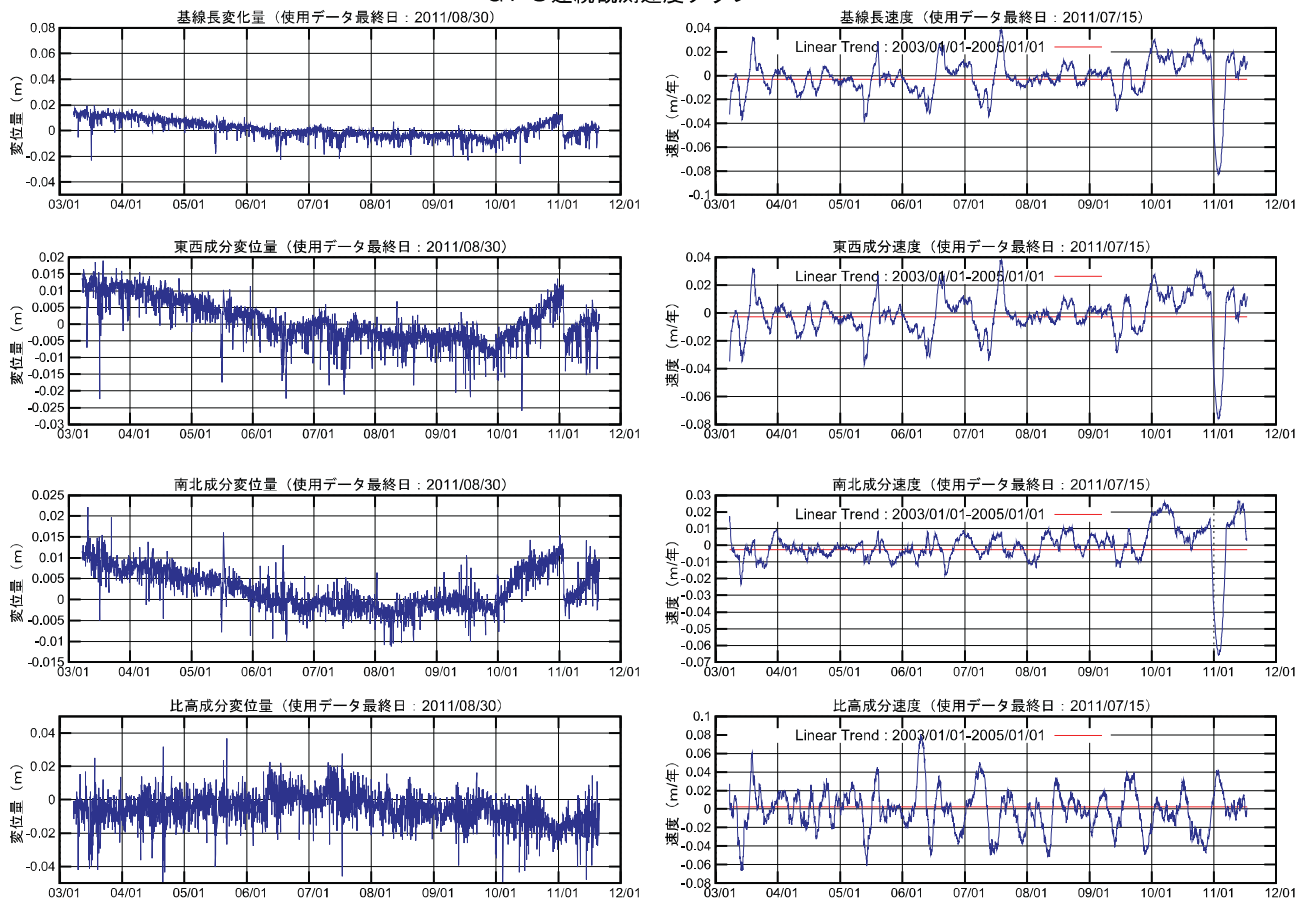
えびの (960714) - 牧園 (950486)  
GPS 連続観測速度グラフ



第 6 図 (a) 霧島山周辺の GPS 連続観測結果 (左列：各成分時系列、右列：各成分変化速度・90 日平均)

Fig.6(a) Results of continuous GPS observation around Kirishima Volcano; (Left) Baseline length, E-W component, N-S component and Relative height, (Right) Time series of velocity for the baseline length by 90 days moving averages.

牧園 (950486) - 都城 2 (021087)  
GPS 連続観測速度グラフ

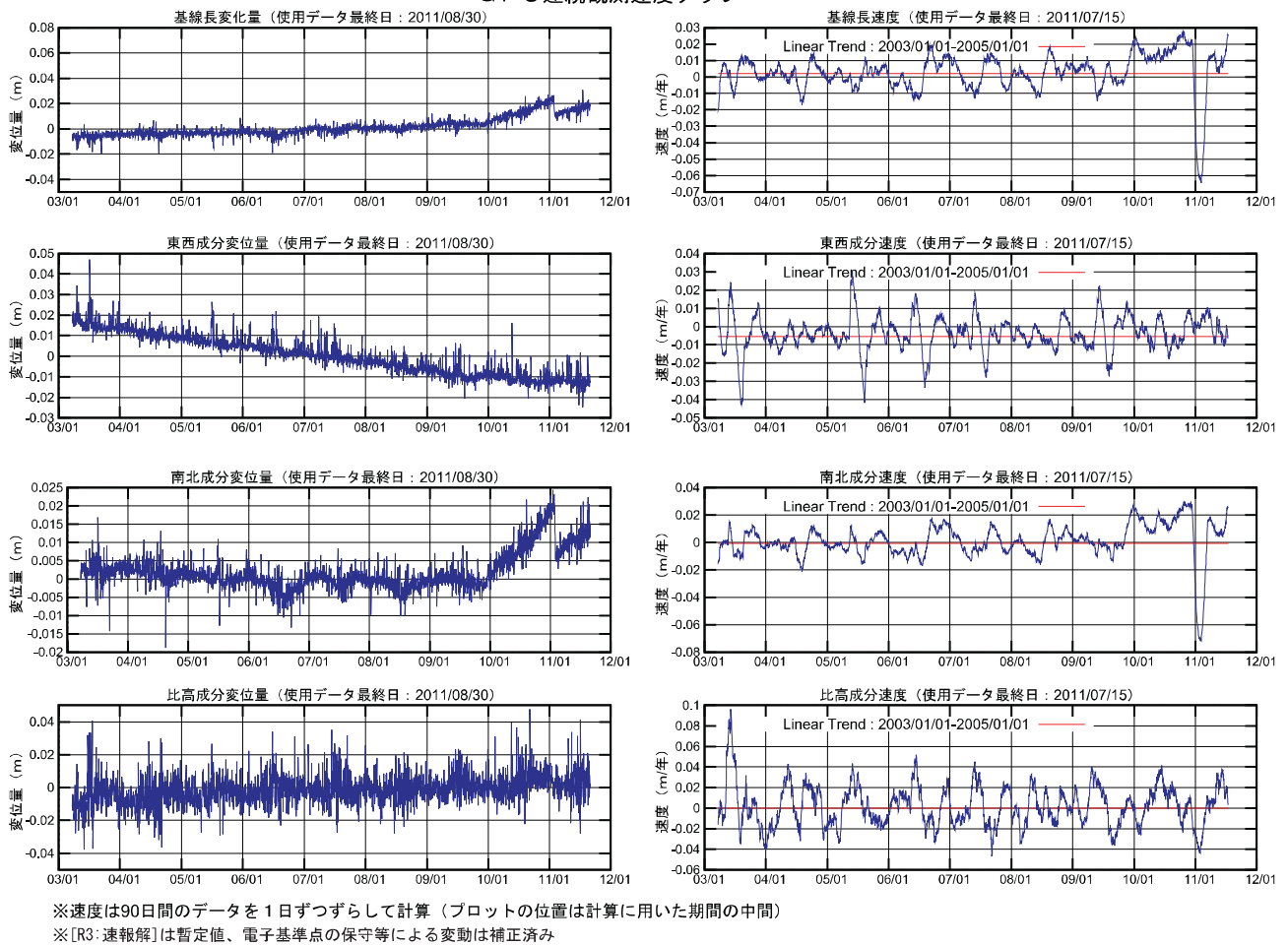


※速度は90日間のデータを1日ずつずらして計算（プロットの位置は計算に用いた期間の中間）  
※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

第 6 図 (b) 霧島山周辺のGPS連続観測結果(左列：各成分時系列、右列：各成分変化速度・90日移動平均)

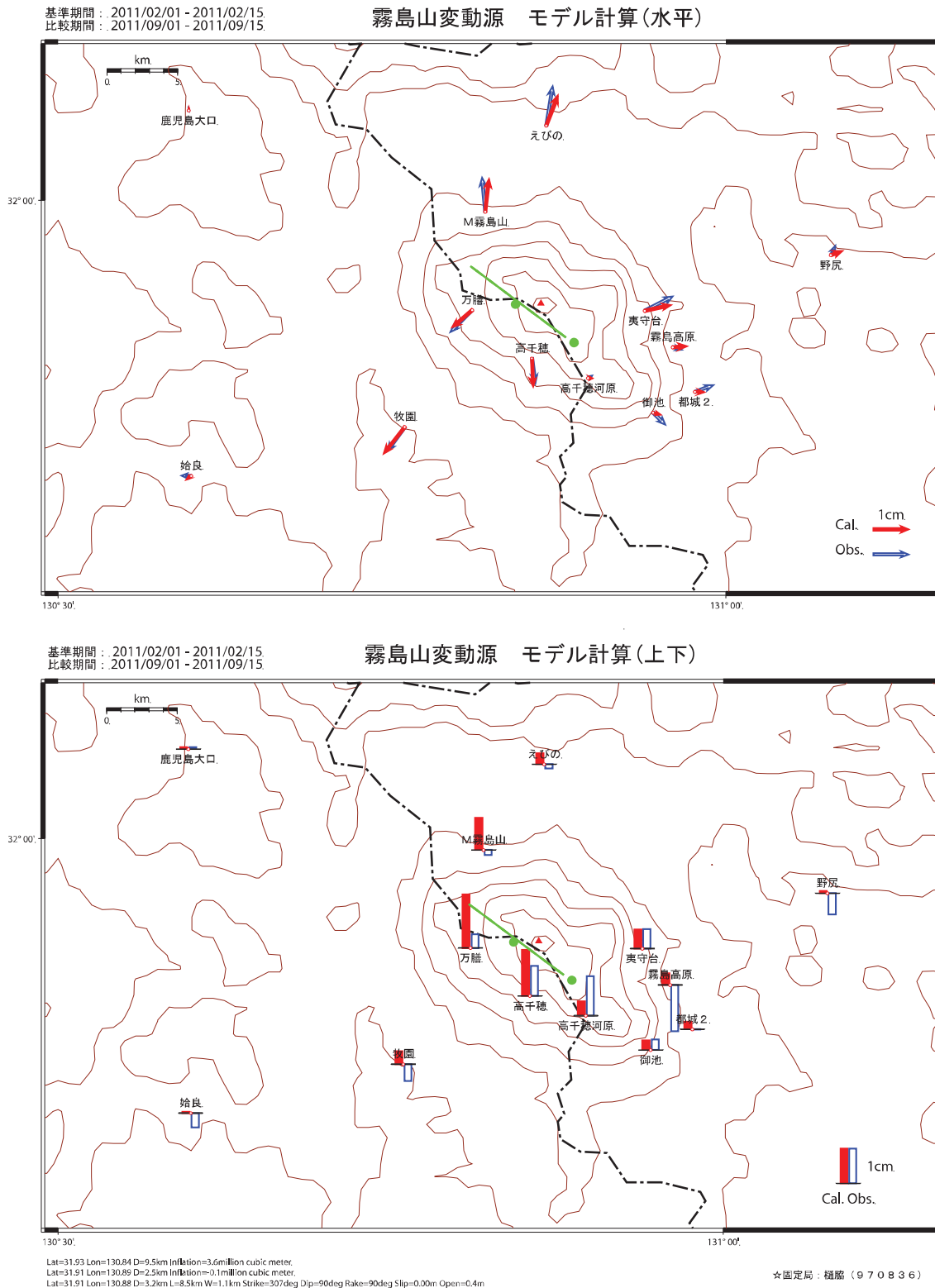
Fig.6(b) Results of continuous GPS observation around Kirishima Volcano; (Left) Baseline length, E-W component, N-S component and Relative height, (Right) Time series of velocity for the baseline length by 90 days moving averages.

都城2 (021087) - えびの (960714)  
GPS連続観測速度グラフ



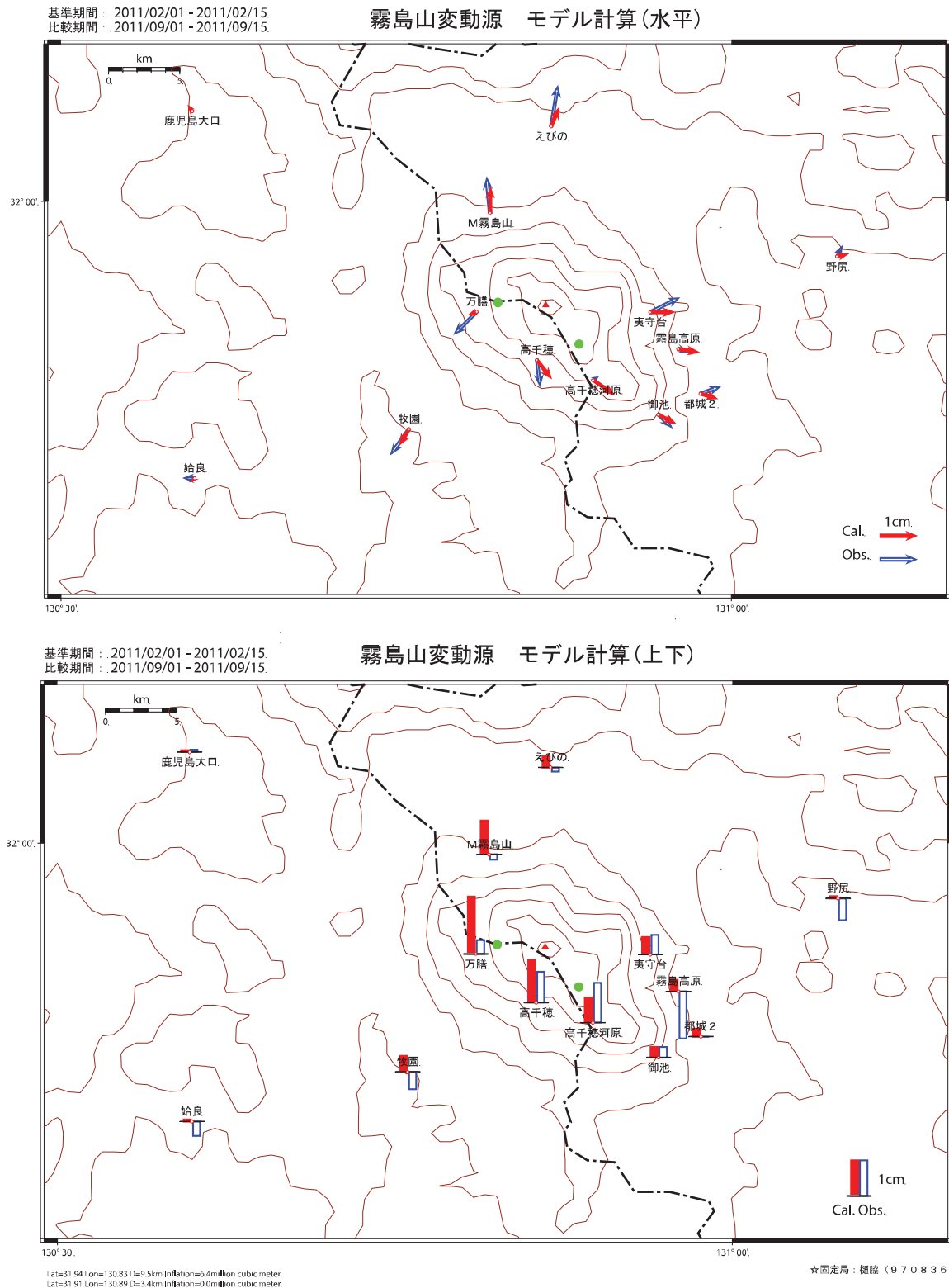
第6図(c) 霧島山周辺のGPS連続観測結果(左列:各成分時系列、右列:各成分変化速度・90日移動平均)

Fig.6(c) Results of continuous GPS observation around Kirishima Volcano; (Left) Baseline length, E-W component, N-S component and Relative height, (Right) Time series of velocity for the baseline length by 90 days moving averages.



第7図 GPS 連続観測点における地殻変動データから推定した霧島山の変動源モデル、球状膨張源（茂木ソース）とダイクを仮定（2011年2月～2011年8月、上段：水平変動、下段：上下変動）

Fig.7 Source model of Kirishima Volcano estimated from crustal deformation observed by GPS continuous observation stations around Kirishima Volcano from February 2011 to August 2011, with Mogi sources and a dyke. (Upper: Comparison of horizontal vectors between observed and estimated ones, Lower: Comparison of vertical displacement between observed and estimated ones).



第8図 GPS 連続観測点における地殻変動データから推定した霧島山の変動源モデル、球状膨張源（茂木ソース）のみ仮定（2011年2月～2011年8月、上段：水平変動、下段：上下変動）

Fig.8 Source model of Kirishima Volcano estimated from crustal deformation observed by GPS continuous observation stations around Kirishima Volcano from February 2011 to August 2011, with Mogi sources. (Upper: Comparison of horizontal vectors between observed and estimated ones, Lower: Comparison of vertical displacement between observed and estimated ones).