

## 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

霧島山(新燃岳)では、2011年1月19日に小規模な噴火が発生し、1月26日に本格的なマグマ噴火が始まって大量の火山灰が噴出され、引き続いて2月1日ころまで火口内へのマグマ噴出があるなど一連の活動があり、その後もブルカノ式噴火が繰り返し発生している。GPS連続観測では、1月26日の噴火に至るまでの期間の山体の膨張と、噴火直後の山体の収縮を示す地殻変動が観測された。また、2月1日以降は噴火以前とほぼ同じ速度で山体の膨張を示す地殻変動が続いている。

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)、第2図(b)では左列に2009年4月1日～2011年3月14日までの約2年の時系列を、右列に2011年1月1日～2011年3月10日までの約2ヶ月半間の時系列グラフを示した。また、第2図(c)では噴火の直前・直後の状況を示すため、同じ基線において2011年1月11日から2月8日までのF3解、R3解を重ねて1月26日の噴火直前から、6時間データを用いた3時間毎の解析であるQ3解を合わせてプロットしてある。噴火直前に特段の先行的変動はなく、噴火後に山体の収縮を示す基線長の短縮が始まっていることが確認できる。

第3図、第4図は長期的な地殻変動の推移を見るための図で、第3図が基線図、第4図が1次トレンドなどを除去した時系列グラフで、左列には2003年4月から2011年3月までの期間を、右列には2010年10月から2011年3月までの期間を示している。第4図(a)、(b)では2003年1月から2005年1月の間の1次トレンドと年周・半年周を標準的なものとして除去し、差分を表示している。時系列で見ると、「えびの」－「牧園」、「牧園」－「都城2」、「都城2」－「えびの」の基線で、2009年12月頃から伸びの傾向が見られる。2010年3月30日に新燃岳でごく小規模な噴火が発生し、その後も活動がやや活発な状態が続いていて、2010年5月6日以降噴火警戒レベルが2となっているが、この時期では噴火や新燃岳周辺の火山性地震の増減と関連した明瞭な変化は見られない。基線の伸びは2010年7月頃一時期鈍化したが、それ以降も伸び続けて2011年1月の噴火に至った。最も変化の大きい「えびの」－「牧園」では、2010年初めから噴火直前までの間で、伸びの量が4cm程度であった。この基線は噴火直後の収縮期で約3cm短縮し、その後、2011年2月以降3月10日までの段階では噴火前とほぼ同じ速度で再び膨張傾向が続いている。第5図はさらに長期の傾向を見るための時系列で、「えびの」－「牧園」基線については1997年の設置当初から短縮傾向が続いていたことが確認できる。

第6図は、霧島山周辺のGEONETおよび気象庁の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1月16日から1月25日の10日間、比較期間を2011年2月1日から2月3日の3日間にとったもので、噴火直後の山体の収縮を示す図である。下段は、基準期間を2009年12月1日からの10日間、比較期間を2011年1月16日からの10日間にとったもので、約1年間での山体の膨張を示すものである。膨張と収縮でほぼベクトルの向きが反転しており、膨張の原因であったマ

\*2011年6月22日受付

magma溜まりが噴火時に収縮したことが想像される。

第 7 図 (a)、(b) 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。第 7 図 (a) は膨張が見られた全期間を通算して変動源を推定したもので、基準期間を 2009 年 12 月 1 日から 10 日間、比較期間を 2011 年 1 月 6 日からの 10 日間にとっている。図中に説明があるように、韓国岳北西の深さ 7.5km 付近に主な変動源が推定された。なお、新燃岳直下の変動源については水平位置を新燃岳山頂に拘束して深さのみ推定している。全期間を通じての膨張量は合計で約 15 百万  $m^3$  と計算された。上段は水平変動での観測値と計算値の比較、下段は上下変動での比較である。第 7 図 (b) は膨張が観測された 1 年間のうち、観測データが全期間は存在しない観測点についても活用して推定計算を行うため、期間を 2010 年 5 月で区切って変動源を推定したものである。第 7 図 (b) の上段は、2009 年 12 月から 2010 年 5 月までの期間(前期)で、気象庁の中岳、皇子原、霧島高原観測点のデータが用いられている。また第 7 図 (b) の下段は 2010 年 5 月から 2011 年 1 月までの期間(後期)で、防災科研の万膳、夷守台の観測点のデータが用いられている。韓国岳北西の変動源の位置については拘束をゆるめて計算してもほぼ同じ場所に求まるため同じ位置に固定し、新燃岳直下の変動源も同じ位置、深さに固定して、膨張量だけそれぞれ推定計算している。2 時期に分けて計算した膨張量の合計は約 16 百万  $m^3$  であり、通算して計算した場合とほぼ同じと言える。なお、火山噴火予知連絡会会報 106 号<sup>1)</sup>に GEONET 観測点のみの変動から推定した結果、火山噴火予知連絡会会報 106 号<sup>2)</sup>には防災科研、気象庁の観測点を加えて 2010 年 5 月から 9 月の間の変動源を推定した結果を報告しているが、それらの結果も考え合わせると、韓国岳北西付近の変動源は 2009 年 12 月以降、同じ場所ではほぼ一定速度で膨張していたと考えられる。

第 8 図 (a)、(b) は 1 月 26 日から 2 月 1 日にかけての噴火に伴う山体の収縮について変動源を推定したものである。基準期間は噴火前の 2011 年 1 月 9 日からの 10 日間、比較期間は噴火後の地殻変動が一段落した 2 月 1 日から 5 日間を取っている (いずれも F3 解)。第 8 図 (a) は韓国岳北西に茂木ソースを仮定して位置と収縮量を推定したもので、深さ約 6km で 10 百万  $m^3$  の収縮が推定された。第 8 図 (b) は茂木ソースの東にダイク状の収縮源を加えて推定した結果であり、ダイクは深さ 3km で長さ約 2km、幅約 3km、開口の収縮は約 0.6m、体積減少は約 4 百万  $m^3$  であり、茂木ソースの収縮と合わせると全体で 1.2 百万  $m^3$  収縮したと推定された。いずれの推定においても、噴火前の体積膨張量よりは収縮量が小さく見積もられていることから、韓国岳北西の magma溜まりには、2009 年 12 月以降蓄積された magmaが一部残っている可能性があると考えられる。

第 9 図は噴火直後の収縮期が終わり、2 月 1 日以降膨張に転じた地殻変動から膨張量を推定したものである。基準期間を 2011 年 2 月 1 日から 5 日間、比較期間を 2011 年 3 月 5 日から 5 日間にとっている。膨張源は第 8 図の収縮源として推定された茂木ソースの位置に置き、約 1 ヶ月間の膨張量を推定している。推定された膨張量は約 0.7 百万  $m^3$  であり、膨張速度は 8 百万  $m^3$ /年に相当する。これは噴火前の膨張速度より小さめであるが、噴火を挟んでも深部への magma供給は定常的に継続していることを意味していると考えられる。

第 10 図は霧島山周辺の GPS 観測データの時間依存のインバージョンにより、変動源 (茂木ソース) の増減を時系列的に推定したものである。上段に推定に用いた観測点と茂木ソースの位置図、下段に変動源体積の時間変化を示した。下段左は噴火前の膨張期について 2009 年 12 月 1 日から体積変化を推定したもので、噴火前までに 15-16 百万  $m^3$  膨張していることがわかる。下段右は噴火直前から収縮期の体積変化で、1 月 26 日の本格的 magma噴火開始以降、1 月 28 日までに約 4 百万  $m^3$  の体積減少が推定され、1 月 28 日以降、2 月 1 日までの火口内への溶岩流出期には約 8 百万  $m^3$  の体積減少が推定

された。

第11図、第12図は航空機搭載型合成開口レーダー（航空機 SAR）の観測結果から推定した新燃岳火口内に堆積した噴出物量に関する資料である。国土地理院は、2月1日及び2月7日の2回、航空機 SAR により、新燃岳の火口内の観測を実施し、観測データの解析結果から得られた標高値と噴火前の標高値を比較することで、火口内の堆積物の量を推定した。噴火前の標高値は、平成21年にレーザースカナを用いて観測された5mメッシュのデータを使用した。これと、噴火後に観測した2回の航空機 SAR のデータ解析結果から得られた2.5mメッシュの標高値との差（第11図）から、火口内地形の変化量（火口内に堆積している溶岩などの体積と推定される）を算出した。この堆積量の算出に使用した航空機 SAR の解析結果は速報として得られた値であり、高さ方向に5m~10mの誤差を含む可能性があるが、これを考慮した結果、火口内の堆積物の量は、2月7日時点で約18百万立方 $m^3$ ±1百万 $m^3$ 程度と推定された。また、同様の解析を実施した2月1日時点の堆積量も18百万立方 $m^3$ 程度とみられることから、2月7日までの間の堆積量はほとんど変化していないと推測される。第12図は、火口付近の噴火前と噴火後の地形の違いを表わした断面図である。

第13図は「だいち」PALSAR データの強度画像解析から、溶岩ドームの成長と推定される火口内の地形変化を推定したものである。噴火前の2011年1月18日の画像と比較して、噴火開始後の1月27日、1月29日、1月30日、2月1日の強度画像では、火口内に次第に溶岩が溜まって広がっていく様子が確認できる。2月1日時点の溶岩の直径は約600mと見積もられる。下段は、火口内に溜まった溶岩の直径の増加を時系列でプロットしたものである。

第14図は、第13図の溶岩堆積量を計算するのに用いた火口の地形図および断面図で、数値地図10mメッシュ（火山標高）（空中写真撮影：1984年）を元に地形を考慮して火口容量を計算した。溶岩の直径から火口底からの高さとその高さまでの体積を計算している。2月1日時点では最低で標高1,300mまで、体積にして少なくとも6.4百万 $m^3$ 、溶岩の盛り上がりを考えるとそれ以上の溶岩が火口内にあることが推定された。

第15図、第16図は「だいち（ALOS）」PALSAR による霧島山の SAR 干渉画像である。第15図上段左(a)は北行軌道(Ascending)で、噴火前の2010年2月17日と2010年11月20日のペアである。山体西側にわずかに膨張性の変動が見られる。上段右(b)および下段左(c)はいずれも北行軌道による噴火前と噴火後のペアで、(b)は2010年11月20日と2011年2月20日のペア、(c)は2010年7月10日と2011年2月25日のペアによる干渉画像である。気象によるノイズもあるが、いずれも収縮性の地殻変動が確認できる。下段右(d)は南行軌道(Descending)で2011年1月18日と2011年3月5日のペアによる干渉画像である。新燃岳から高千穂岳にかけて、火山灰による影響と思われる位相変化が確認できる。第16図上段は第15図(b)にあたる2010年11月20日と2011年2月20日のペアによる干渉画像から、視線方向の変動量を求めたものである。新燃岳火口西北西約7kmで最大約6cmの地殻変動が見られる。また、東西約25km、南北約15kmの範囲に及ぶ変動分布は、地下にあるマグマ溜まりが1月26日からの噴火で収縮したことにより生じたと考えられる。第16図下段左(e)は北行軌道で2011年1月27日と2011年3月24日、下段右(f)は南行軌道で2011年1月30日と2011年3月17日のペアによる干渉画像である。(e)(f)のいずれにもノイズレベルを超える有意な変動は認められない。

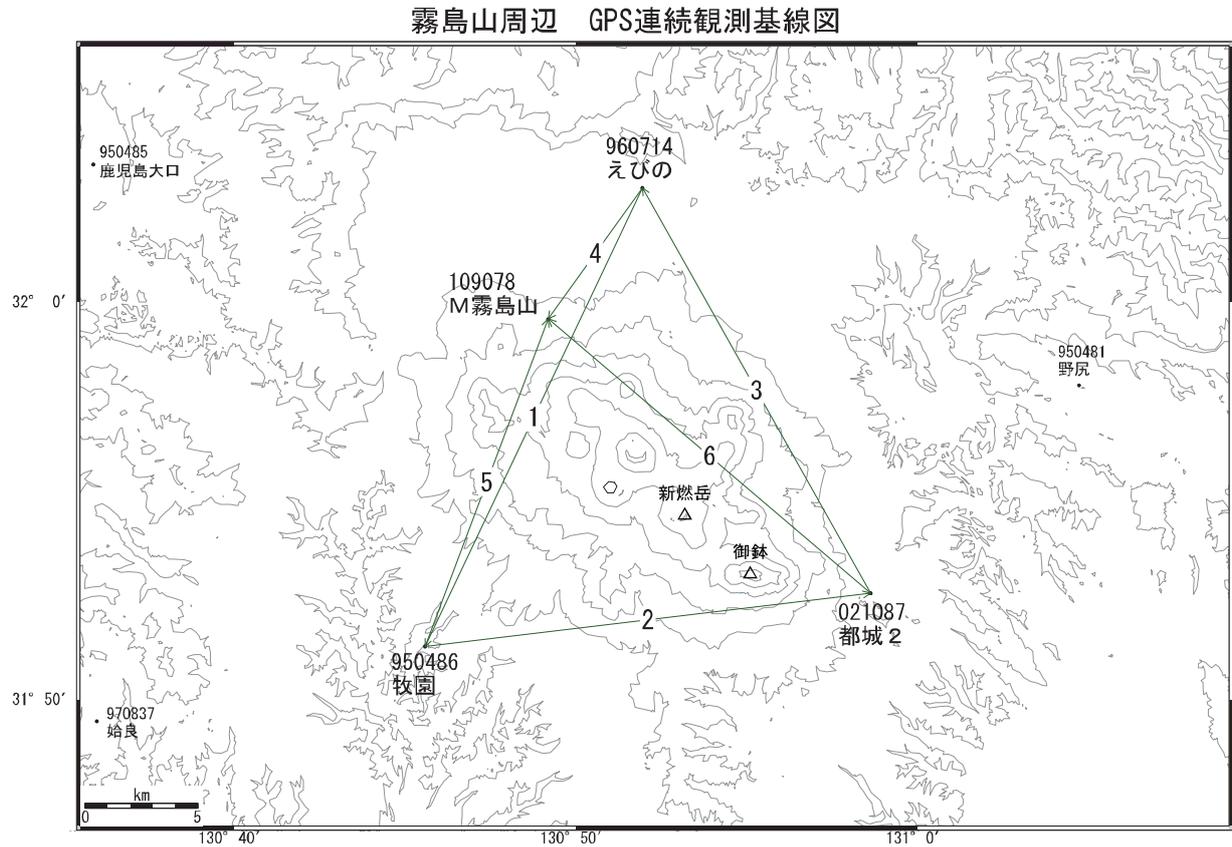
## 謝辞

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。

【参考文献】

- 1) 国土地理院 (2010) : 霧島山の地殻変動, 火山噴火予知連絡会会報, 106, 154-161.
- 2) 国土地理院 (2010) : 霧島山の地殻変動, 火山噴火予知連絡会会報, 107, 167-174.



**霧島山地区の各観測局情報**

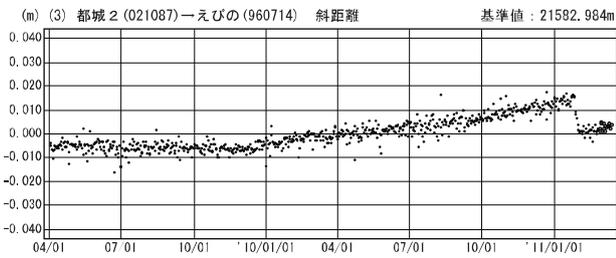
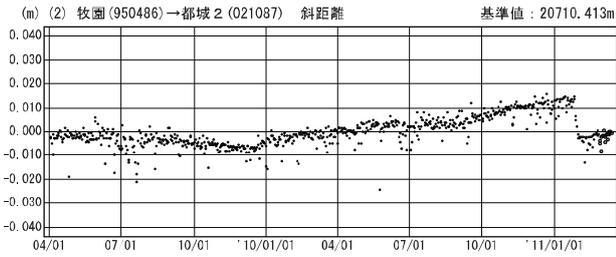
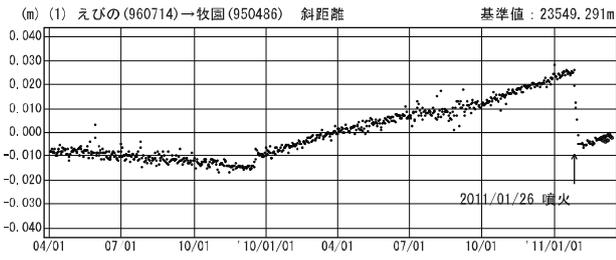
点番号	点名	日付	保守内容
950486	牧園	19981211	アンテナ交換
		20080523	周辺伐採
		20100302	レドーム開閉
960714	えびの	20080910	周辺伐採
109078	M霧島山	20110203	新設

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.

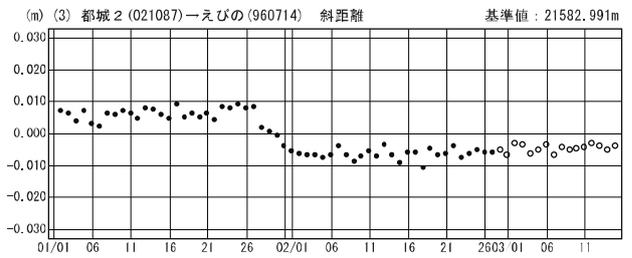
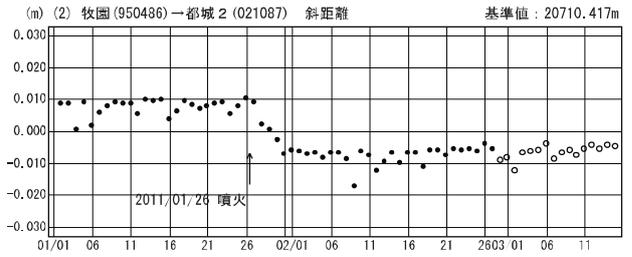
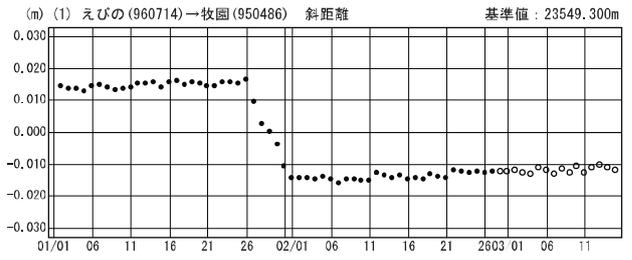
基線変化グラフ

期間：2009/04/01~2011/03/14 JST



基線変化グラフ

期間：2011/01/01~2011/03/14 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(a) 霧島山周辺のGPS連続観測結果(基線長:左列2009年4月~2011年3月、右列2011年1月~2011年3月)

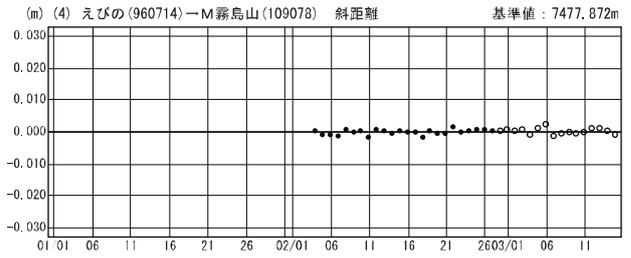
Fig.2(a) Results of continuous GPS measurement around Kirishima Volcano, Baseline length; (left) from April 2009 to March 2011, (right) from January 2011 to March 2011.

基線変化グラフ

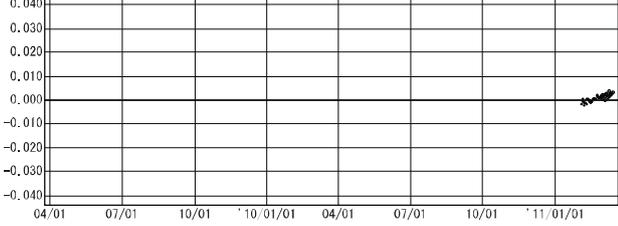
期間：2009/04/01～2011/03/14 JST



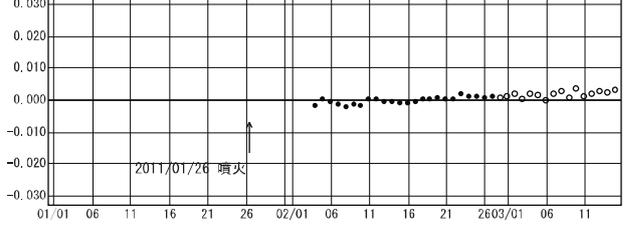
期間：2011/01/01～2011/03/14 JST



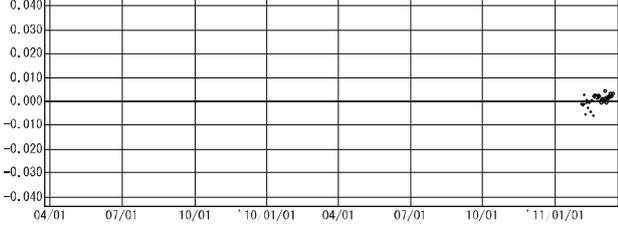
(m) (5) 牧園 (950486)→M霧島山 (109078) 斜距離 基準値：16251.274m



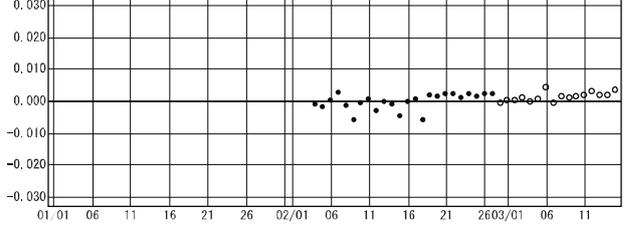
(m) (5) 牧園 (950486)→M霧島山 (109078) 斜距離 基準値：16251.274m



(m) (6) 都城2 (021087)→M霧島山 (109078) 斜距離 基準値：19586.717m



(m) (6) 都城2 (021087)→M霧島山 (109078) 斜距離 基準値：19586.717m



● ---[F3:最終解] ○ ---[R3:速報解]

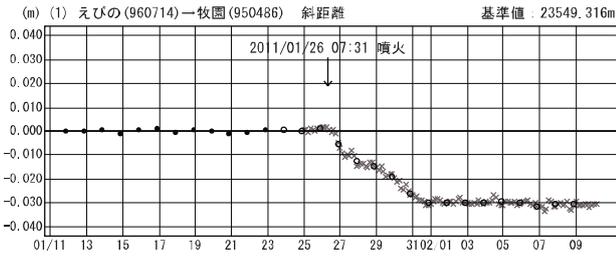
※R3:速報解は暫定、電子基準点の保守等による変動は補正済み

第2図(b) 霧島山周辺のGPS連続観測結果(基線長:左列2009年4月～2011年3月、右列2011年1月～2011年3月)

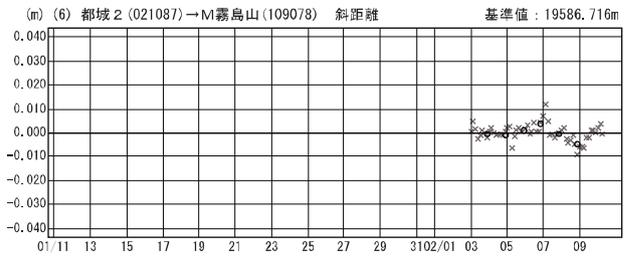
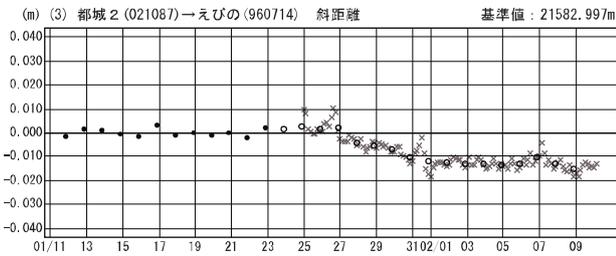
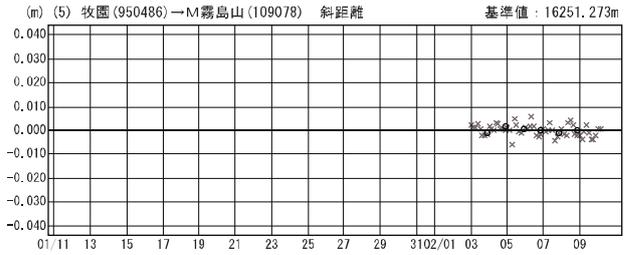
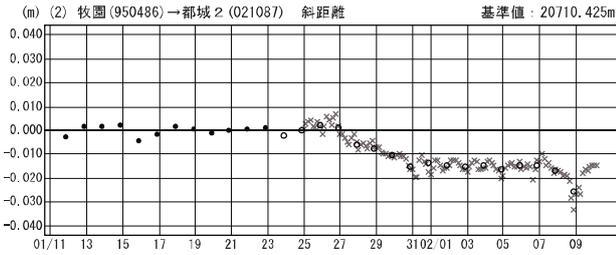
Fig.2(b) Results of continuous GPS measurement around Kirishima Volcano, Baseline length; (left) from April 2009 to March 2011, (right) from January 2011 to March 2011.

### 基線変化グラフ

期間：2011/01/11～2011/02/10 JST



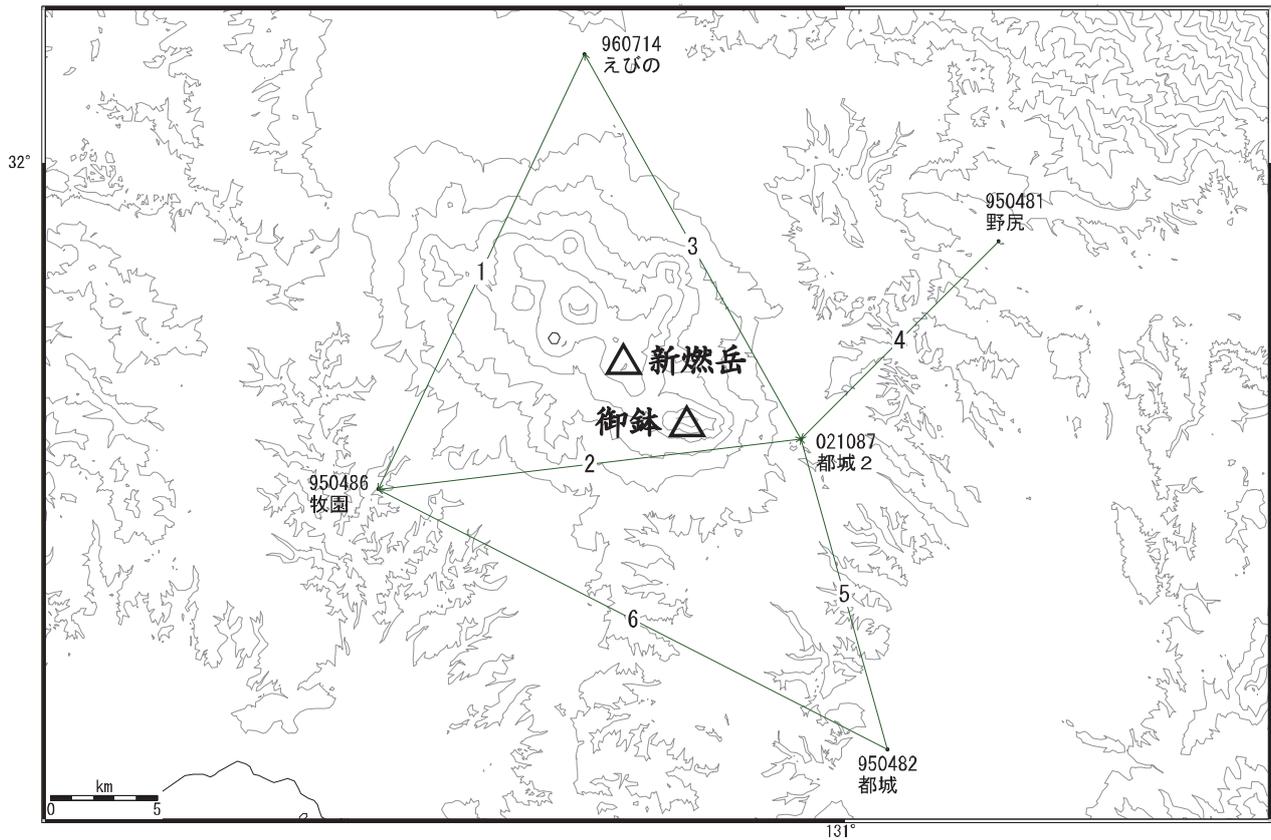
期間：2011/01/11～2011/02/10 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解] ×—[Q3:迅速解] ※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(2011年1月11日～2011年2月10日、Q3解含む)

Fig.2(c) Results of continuous measurements of the GPS including Q3 analysis result around Kirishima Volcano from January 11, 2011 to February 10, 2011.

霧島山周辺 GPS連続観測基線図

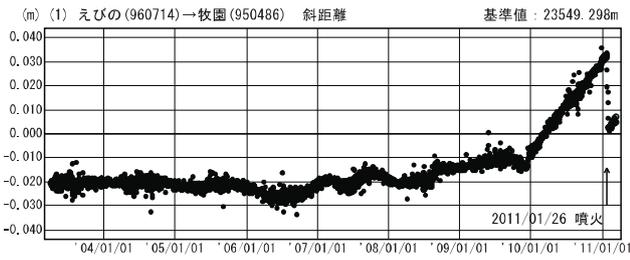


第3図 霧島山周辺のGPS連続観測基線図

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

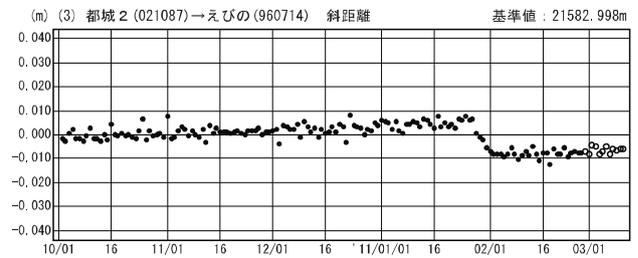
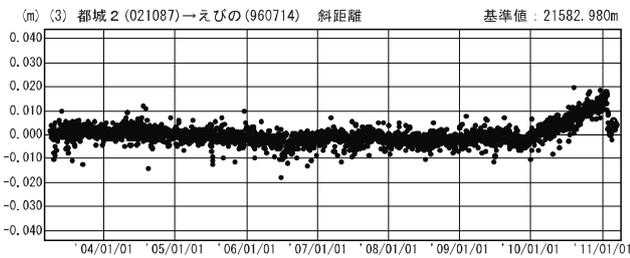
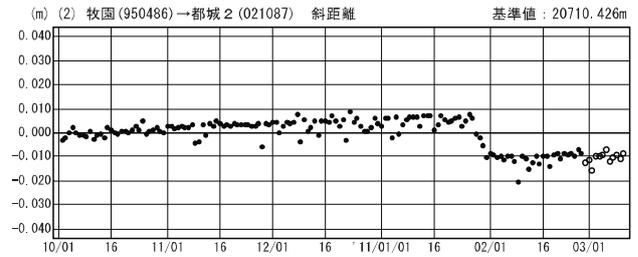
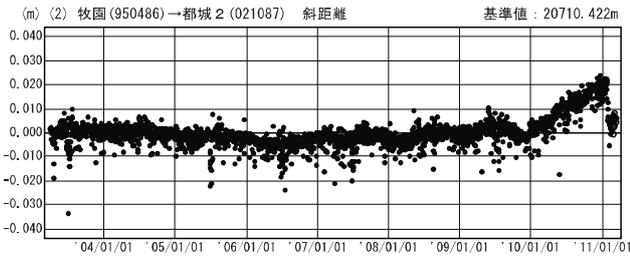
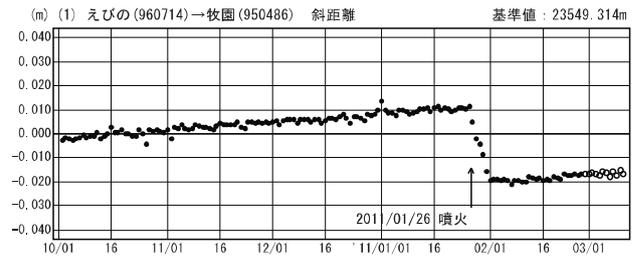
一次トレンド・半年周・年周成分除去後グラフ

期間：2003/04/01~2011/03/10 JST



一次トレンド・半年周・年周成分除去後グラフ

期間：2010/10/01~2011/03/10 JST 計算期間：2003/01/01~2005/01/01



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

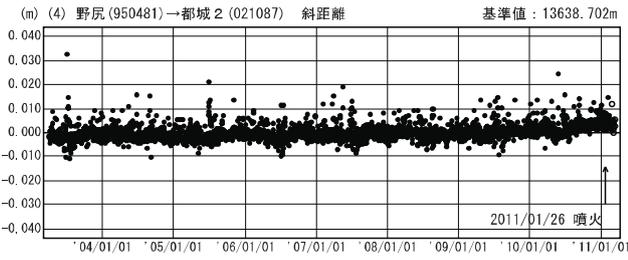
※R3:速報解は暫定、電子基準点の保守等による変動は補正済み

第4図(a) 霧島山周辺のGPS連続観測結果、1次トレンド・年周・半年周除去 (左列:2003年4月~2011年3月、右列:2010年10月~2011年3月)

Fig.4(a) Results of continuous measurements of the GPS around Kirishima Volcano, Baseline length removing linear trend and one year cycle and half year cycle; (left) from April 2003 to March 2011, (right) from October 2010 to March 2011.

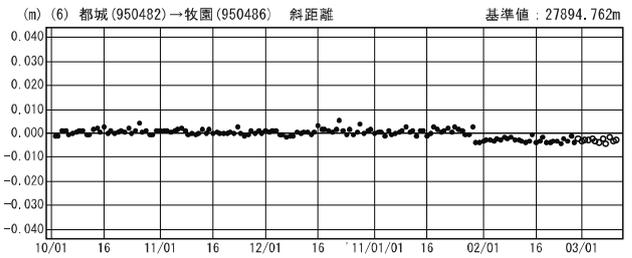
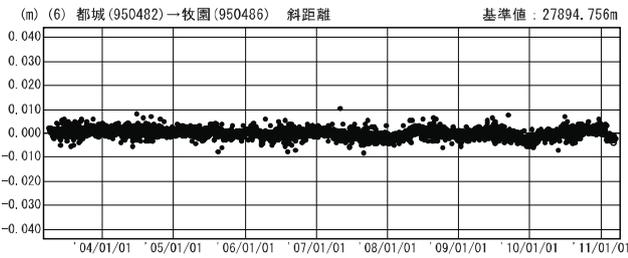
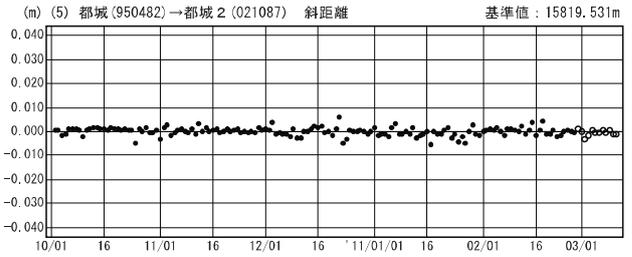
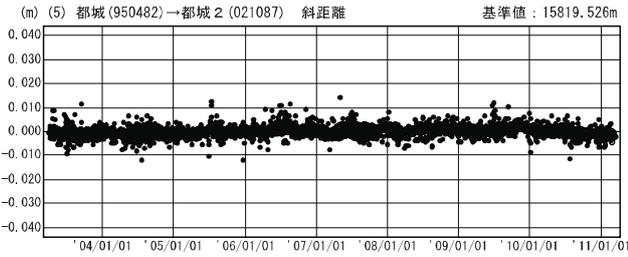
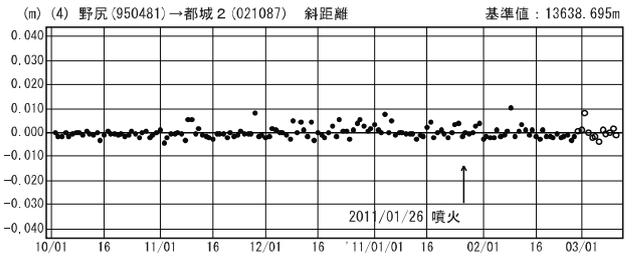
一次トレンド・半年周・年周成分除去後グラフ

期間：2003/04/01～2011/03/10 JST



一次トレンド・半年周・年周成分除去後グラフ

期間：2010/10/01～2011/03/10 JST 計算期間：2003/01/01～2005/01/01



● —[F3:最終解] ○ —[R3:速報解]

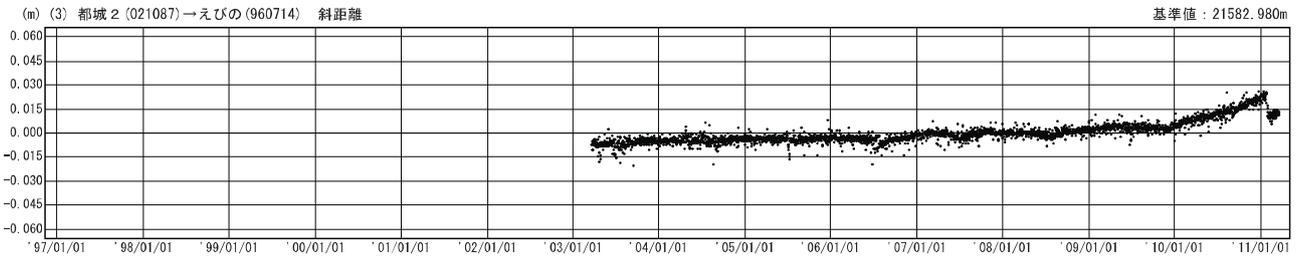
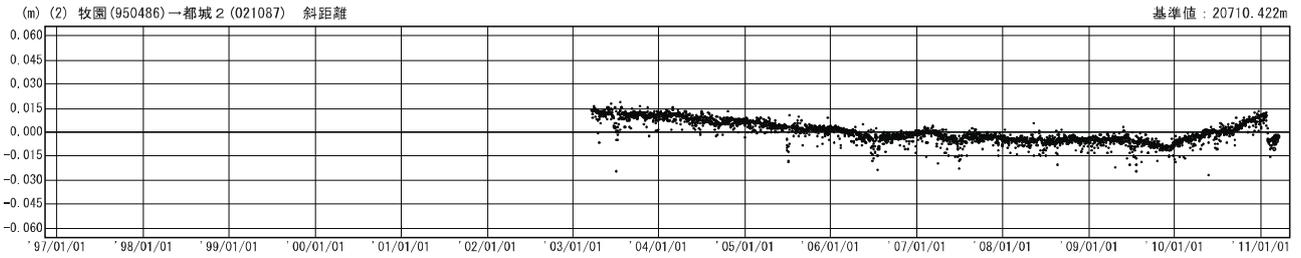
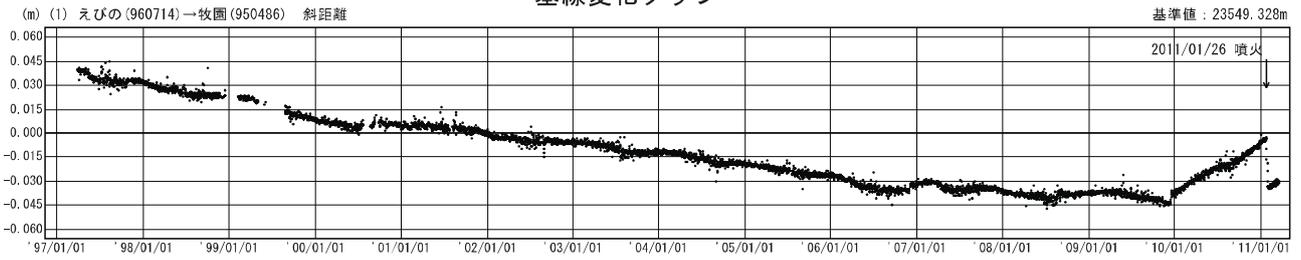
※R3:速報解は暫定、電子基準点の保守等による変動は補正済み

第4図(b) 霧島山周辺のGPS連続観測結果，1次トレンド・年周・半年周除去（左列：2003年4月～2011年3月、右列：2010年10月～2011年3月）

Fig.4(b) Results of continuous measurements of the GPS around Kirishima Volcano, Baseline length removing linear trend and one year cycle and half year cycle; (left) from April 2003 to March 2011, (right) from October 2010 to March 2011.

期間：1997/01/01～2011/03/14 JST

基線変化グラフ



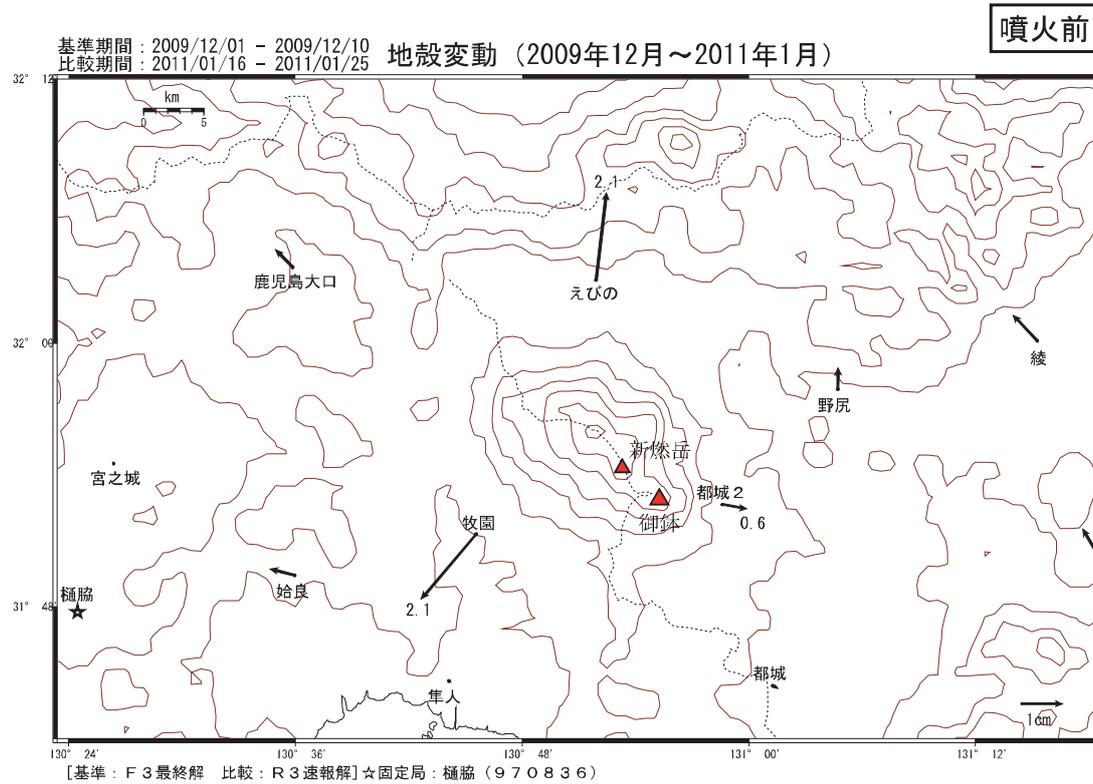
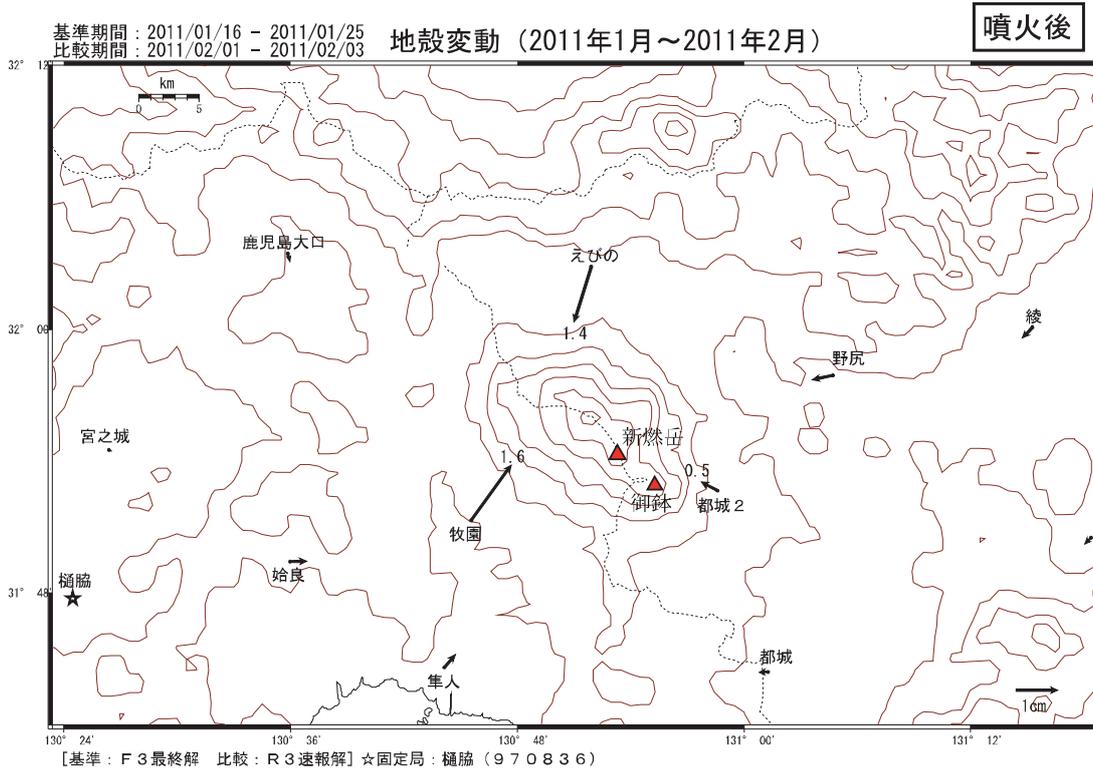
● — [F3:最終解] ○ — [R3:速報解]

※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5図 霧島山周辺のGPS連続観測結果(基線長：1997年～2011年)

Fig.5 Results of continuous GPS measurement round Kirishima Volcano, Baseline length from 1997 to 2011.

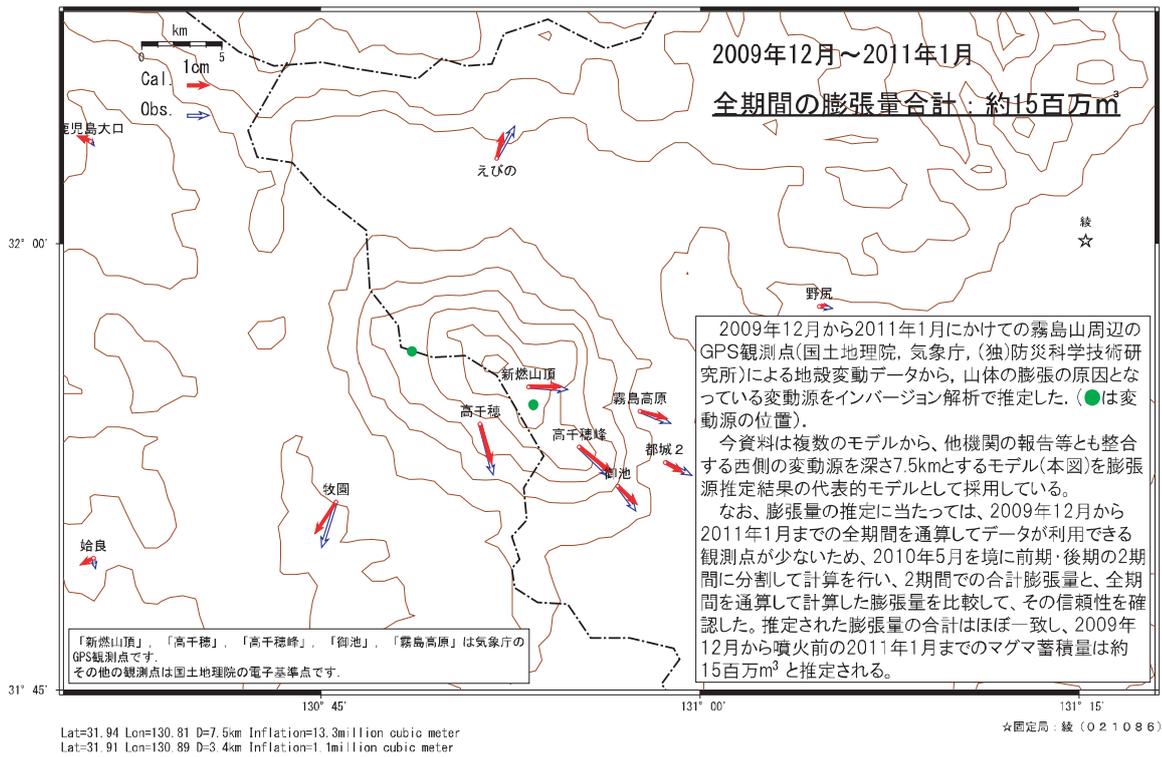
## 霧島山周辺の地殻変動(水平)



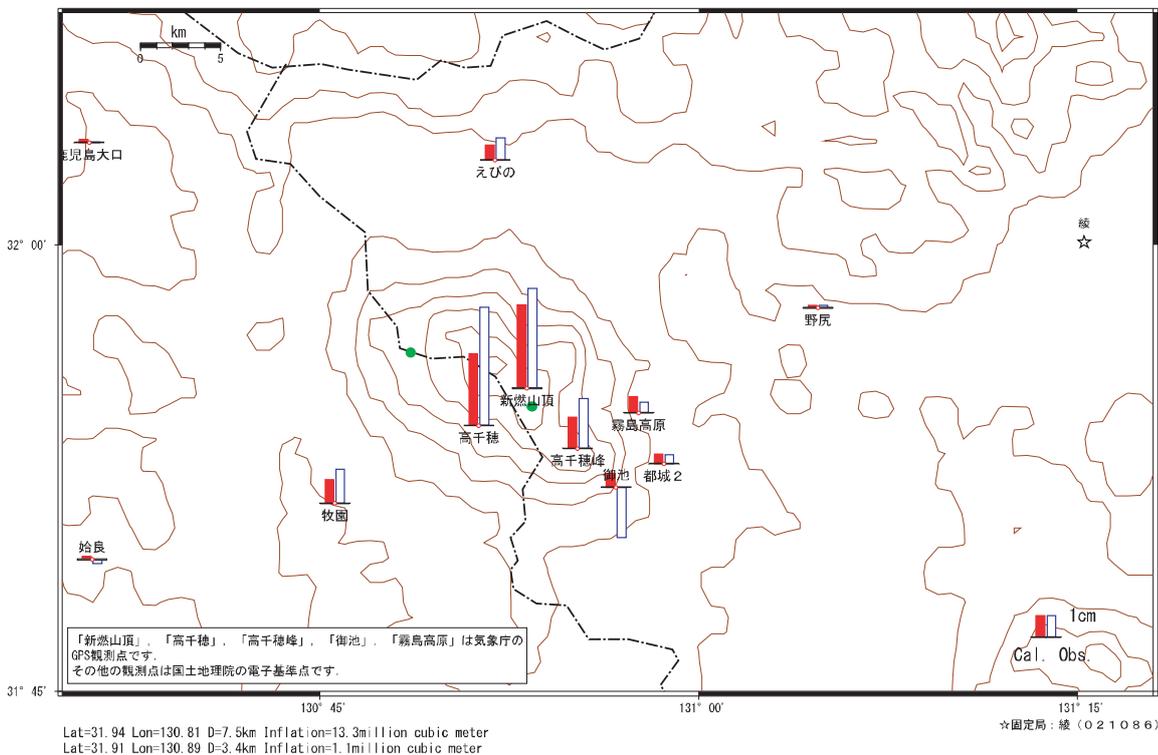
第6図 霧島山周辺におけるGPS観測点の水平変動ベクトル図(上段：噴火前後2011年1月～2011年2月、下段：噴火前2009年12月～2011年1月)

Fig.6 Horizontal displacements of GPS continuous observation stations around Kirishima Volcano; (upper) from January 2011 to February 2011 as comparing before and after the eruption, (lower) from December 2009 to January 2011 as inflation stage before eruption.

基準期間：2009/12/01 - 2009/12/10 霧島統合地区 モデル計算（水平）  
 比較期間：2011/01/06 - 2011/01/15



基準期間：2009/12/01 - 2009/12/10 霧島統合地区 モデル計算（上下）  
 比較期間：2011/01/06 - 2011/01/15

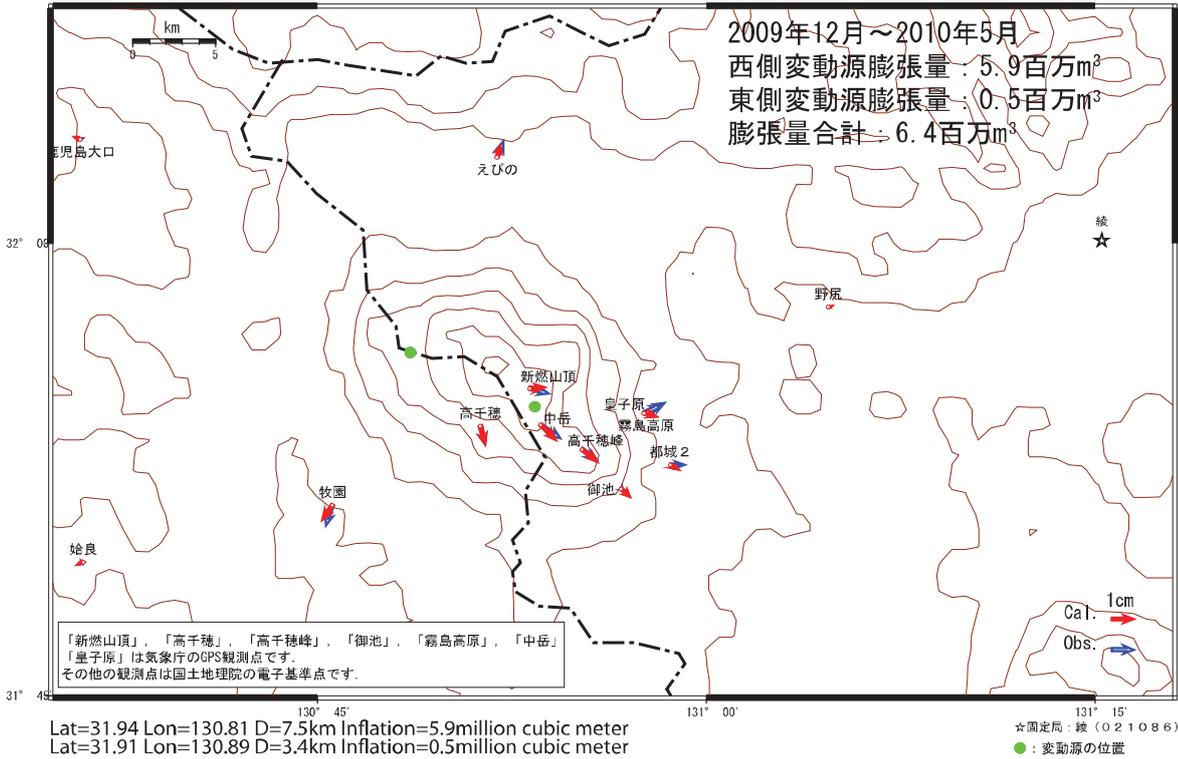


第7図(a) GPS連続観測点における地殻変動データから推定した霧島山の変動源モデル(2009年12月～2011年1月、上段：水平変動、下段：上下変動)

Fig.7(a) Source model of Kirishima Volcano estimated from crustal deformation observed by GPS continuous observation stations around Kirishima Volcano from December 2009 to January 2011, (upper) horizontal deformation, (lower) vertical deformation.

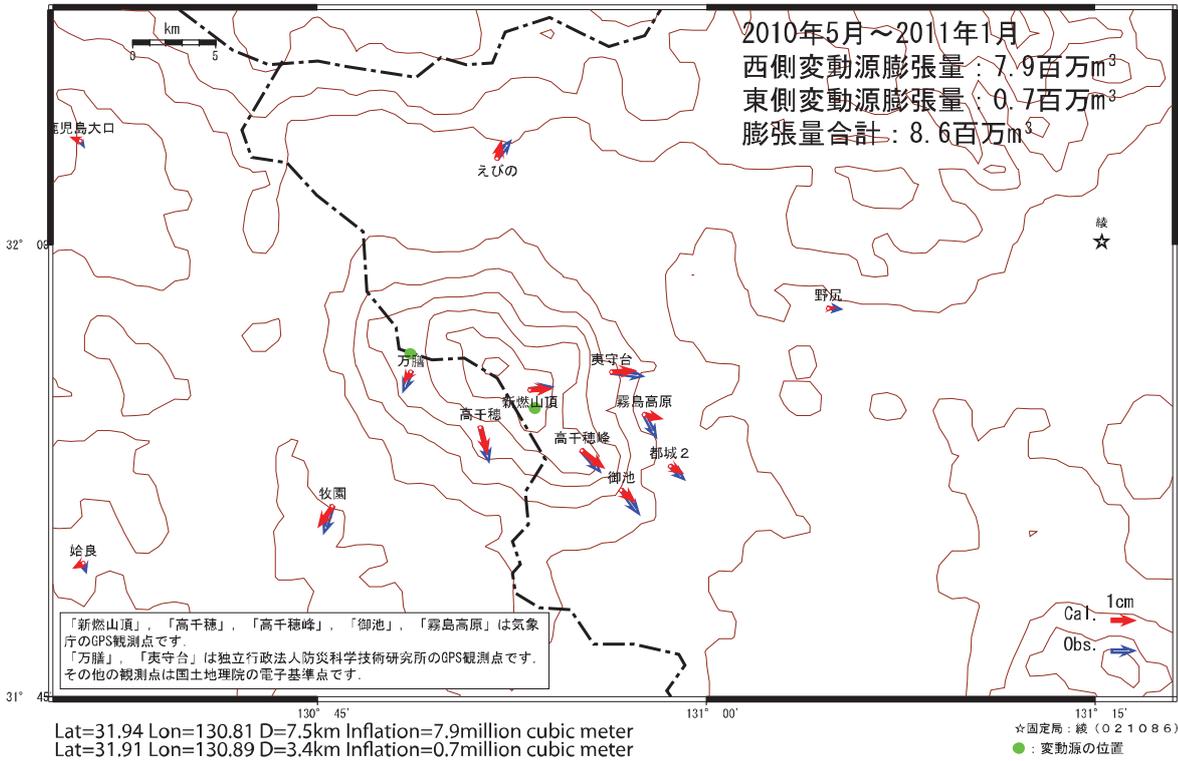
基準期間：2009/12/01 - 2009/12/10  
比較期間：2010/05/01 - 2010/05/10

霧島統合地区 モデル計算（前期）



基準期間：2010/05/01 - 2010/05/10  
比較期間：2011/01/06 - 2011/01/15

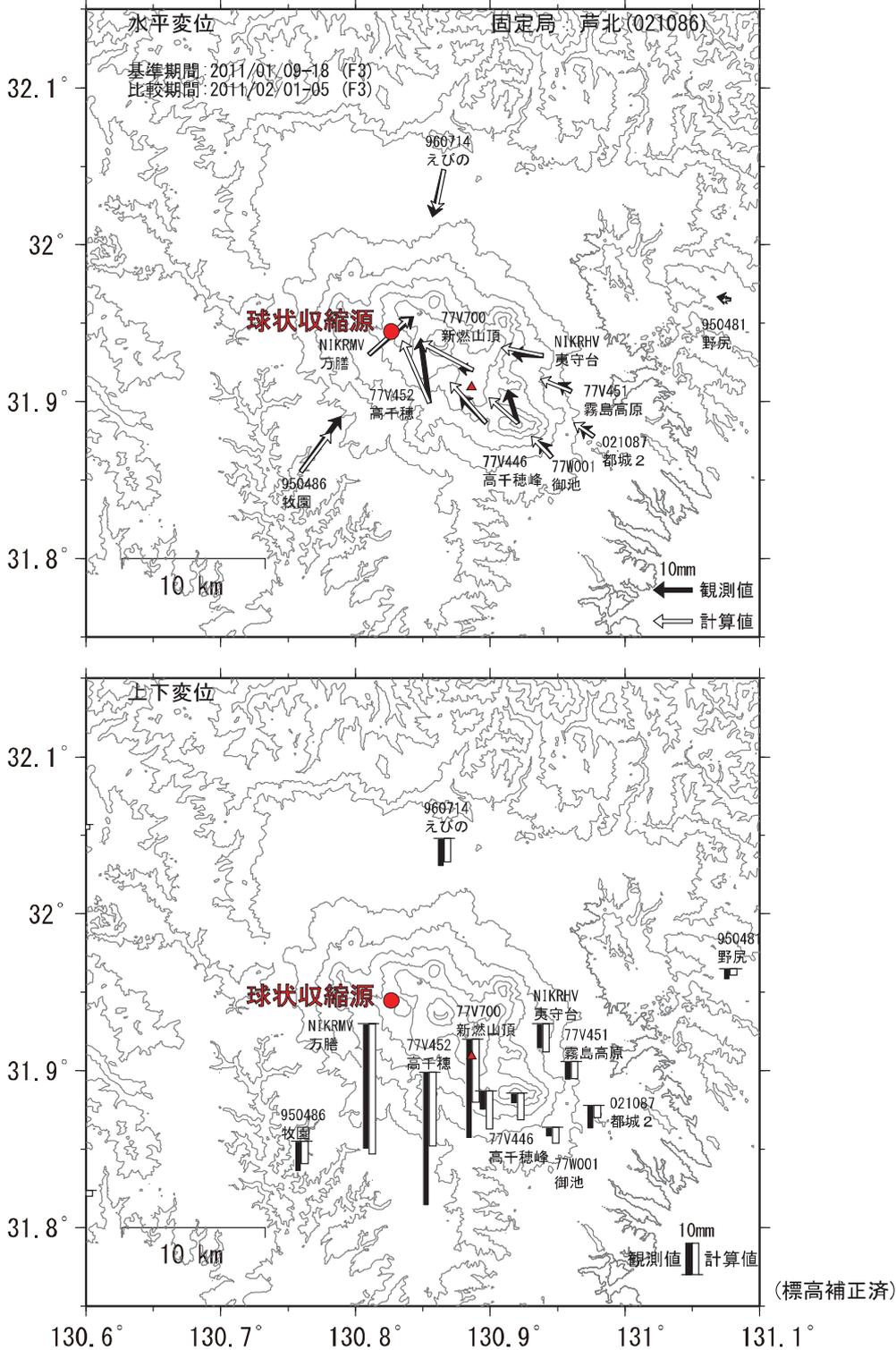
霧島統合地区 モデル計算（後期）



第7図(b) 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（上段：2009年12月～2010年5月、下段・2010年5月～2011年1月）

Fig.7(b) Source model of Kirishima Volcano estimated from crustal deformation observed by GPS continuous observation stations around Kirishima Volcano (upper) from December 2009 to May 2010, (lower) from May 2010 to January 2011.

霧島山の噴火に伴う収縮モデル (球状収縮源のみ)

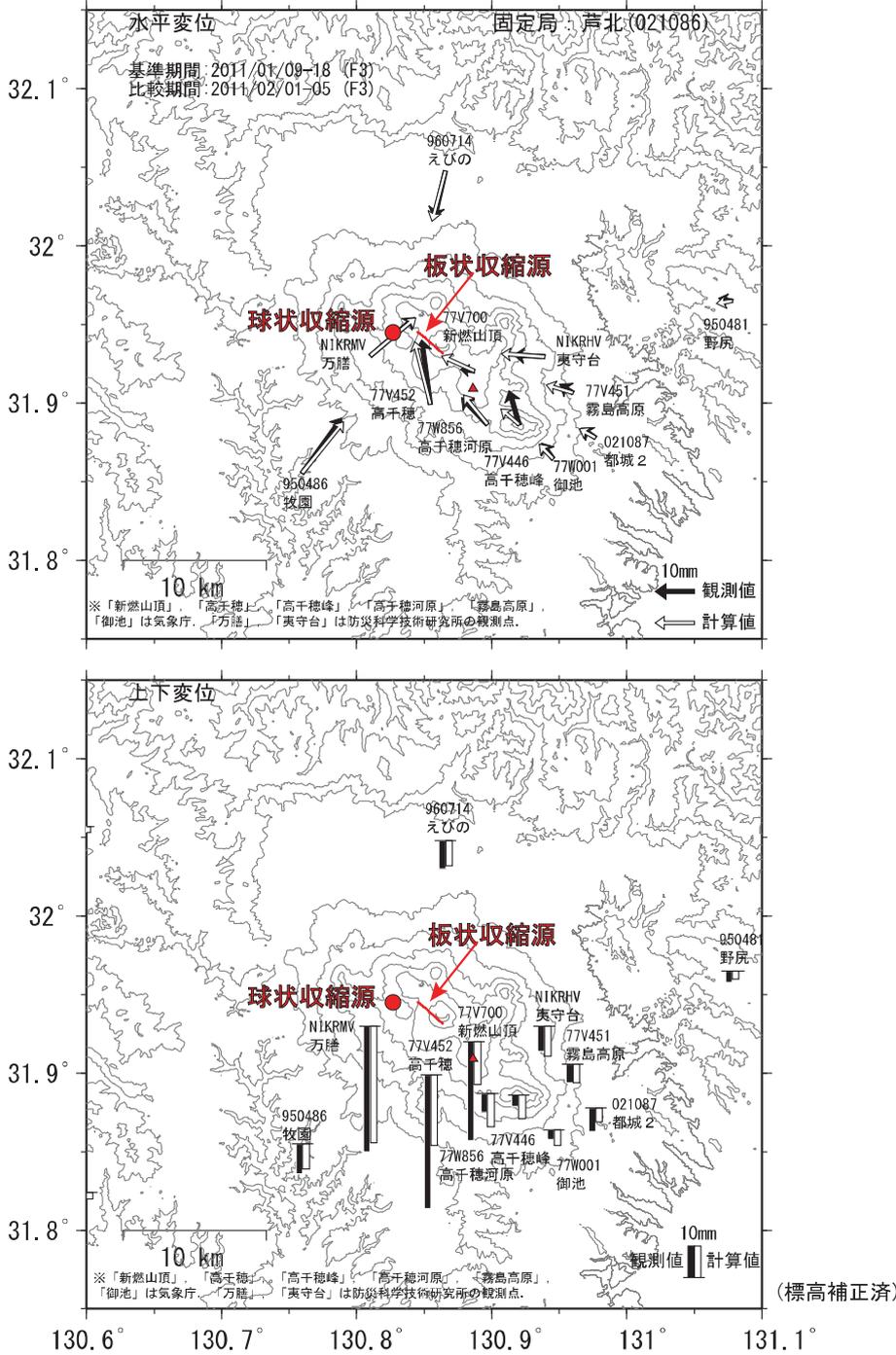


球状収縮源(茂木モデル) 31.945°N 130.827°E 深さ 6.2km 体積変化量  $-10.0 \times 10^6 \text{m}^3$   
霧島山北西部の変動源における収縮量は、 $1.0 \times 10^7 \text{m}^3$ と推定される。

第8図(a) 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収縮源モデル・茂木ソース(2011年1月～2月: 上段・水平変動、下段・上下変動)

Fig.8(a) Source model for the deflation of Kirishima Volcano estimated from crustal deformation observed by GPS continuous observation stations around Kirishima Volcano from January 2011 to February 2011, by one Mogi-source as the deflation source, (upper) horizontal deformation, (lower) vertical deformation.

霧島山の噴火に伴う収縮モデル (球状収縮源+板状収縮源)



球状収縮源 (茂木モデル) 31.945°N 130.827°E 深さ 6.2km 体積変化量  $-7.5 \times 10^6 \text{m}^3$

板状収縮源 (ダイクの閉口)

31.946°N 130.845°E 深さ 3.2km 長さ 2.4km 幅 2.9km 走向 131° 傾斜 90° 開口量  $-0.62\text{m}$  体積変化量  $-4.3 \times 10^6 \text{m}^3$

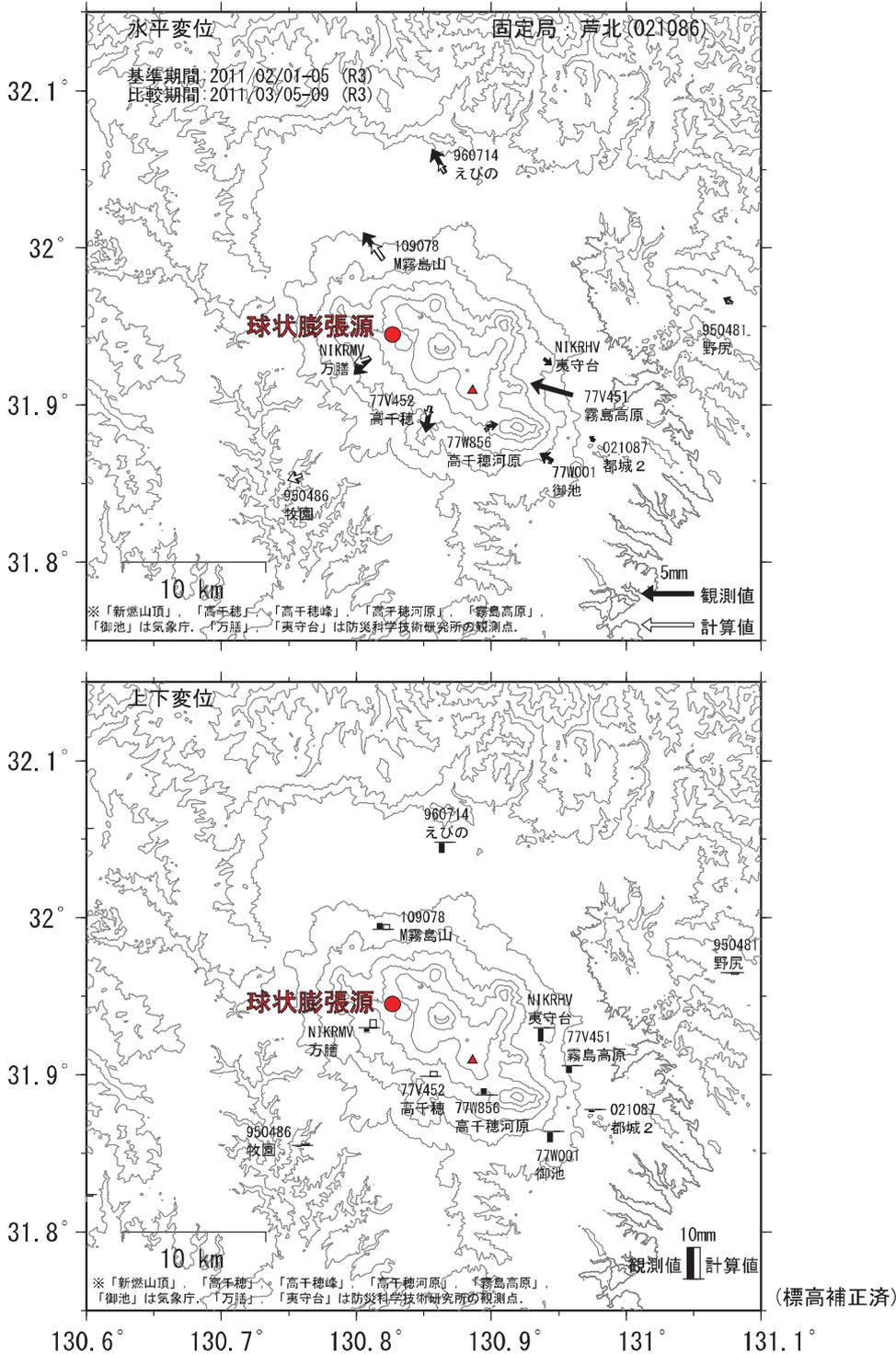
球状圧力源の位置は、球状圧力源のみを仮定したモデルで推定された位置に固定。

霧島山北西部の変動源における収縮量は、 $1.2 \times 10^7 \text{m}^3$ と推定される。

第8図 (b) 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収縮源モデル・茂木ソース+ダイク (2011年1月~2月: 上段・水平変動、下段・上下変動)

Fig.8 (b) Source model for the deflation of Kirishima Volcano estimated from crustal deformation observed by GPS continuous observation stations around Kirishima Volcano from January 2011 to February 2011, by one Mogi-source plus one dyke as the deflation sources; (upper) horizontal deformation, (lower) vertical deformation.

霧島山の噴火後の膨張モデル (球状膨張源, 位置固定)



球状膨張源 (茂木モデル) 31.945°N 130.827°E 深さ 6.2km 体積変化量  $0.70 \times 10^6 \text{m}^3$

球状膨張源の位置は、噴火時の球状収縮源の位置に固定。

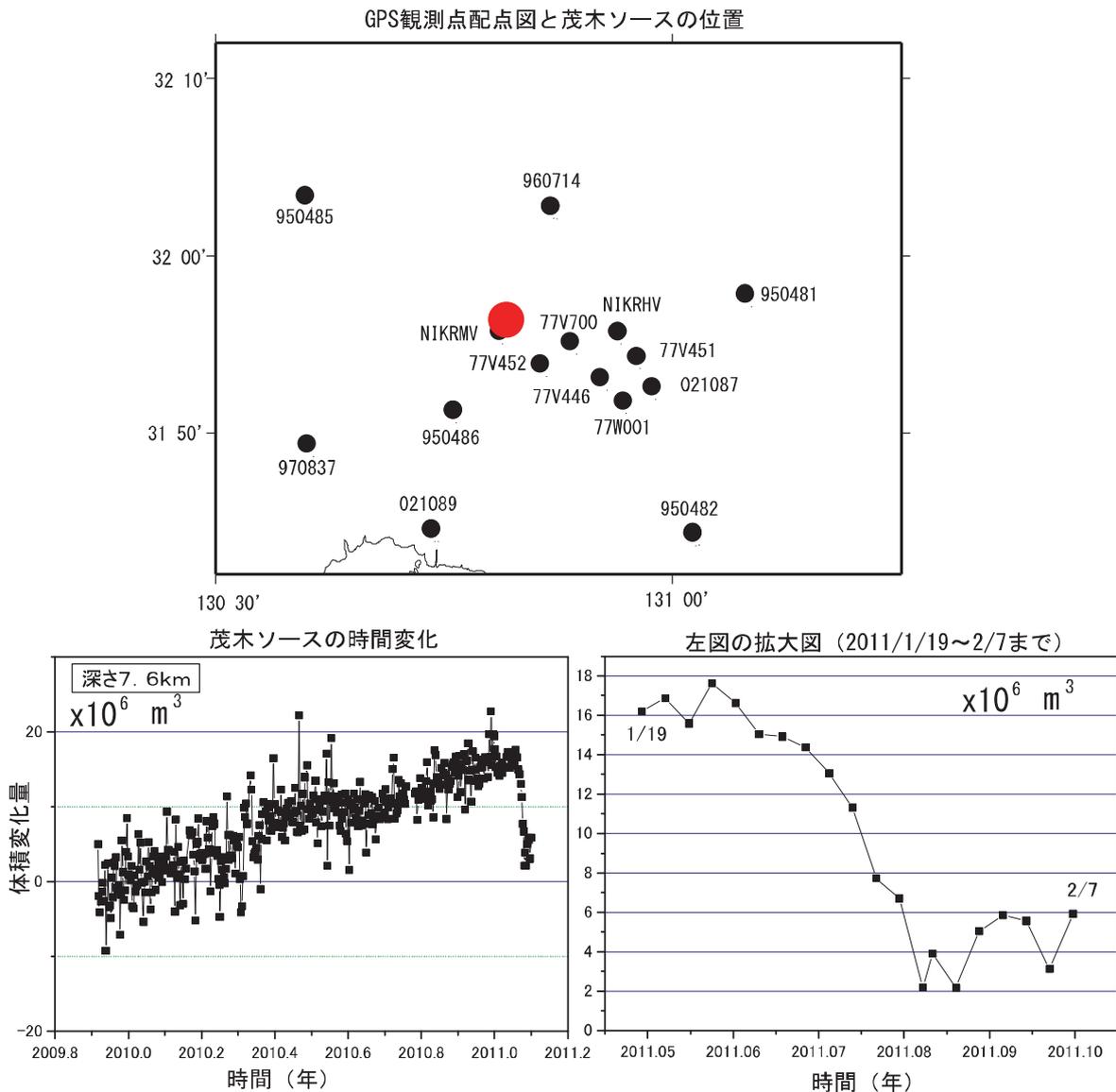
霧島山北西部の変動源における膨張速度は、 $8.0 \times 10^6 \text{m}^3/\text{年}$ と推定される。

第9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膨張源モデル・茂木ソース (2011年2月～3月: 上段・水平変動、下段・上下変動)

Fig.9 Source model for the inflation of Kirishima Volcano estimated from crustal deformation observed by GPS continuous observation stations around Kirishima Volcano from February 2011 to March 2011, by one Mogi-source as the inflation source, (upper) horizontal deformation, (lower) vertical deformation.

霧島山の茂木ソースの位置と体積変化量（2009年12月1日～2011年2月7日）

時間依存のインバージョン解析

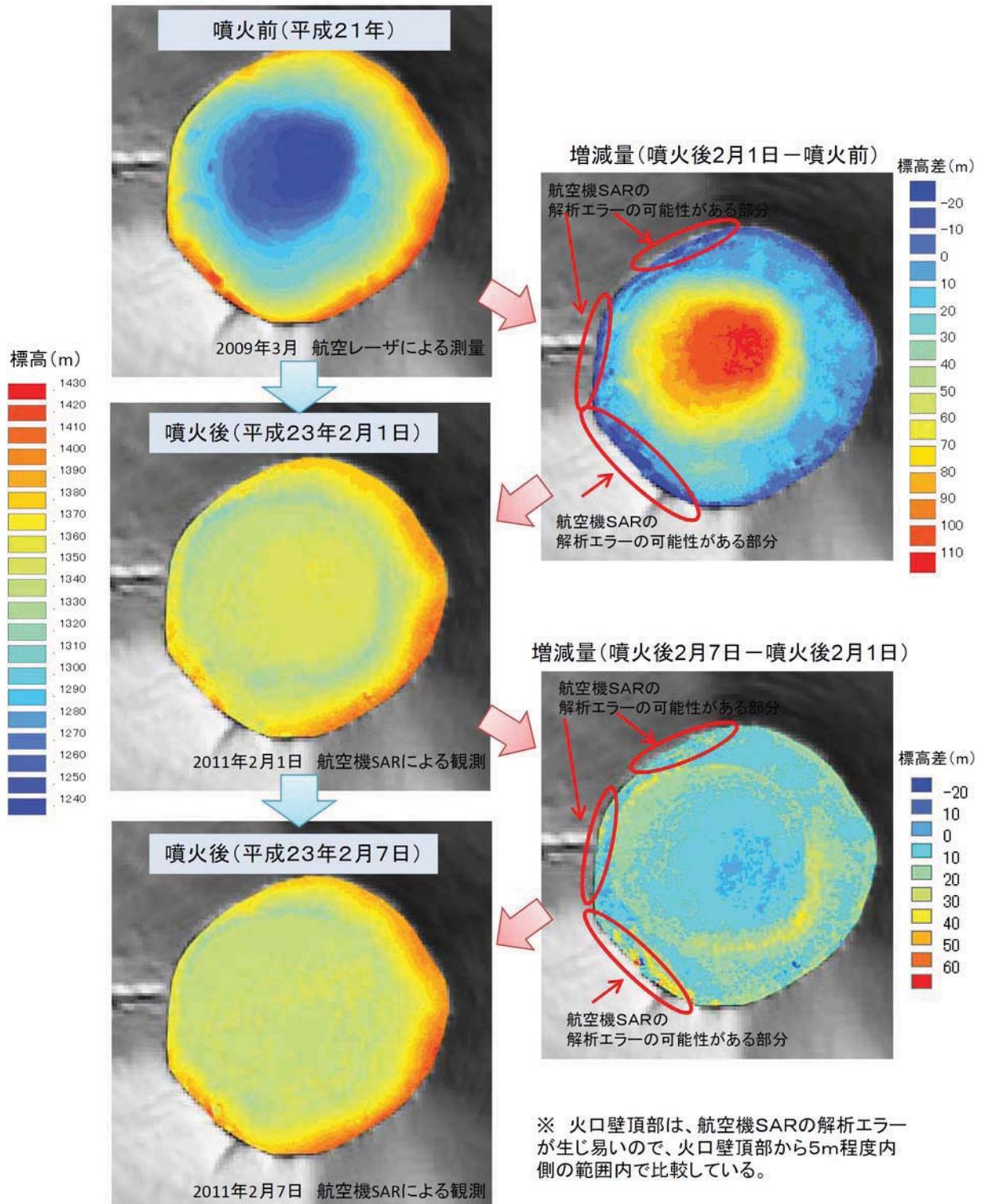


茂木ソース：緯度 31.94°、経度 130.83°、深さ 7.6km 噴火後の収縮源が推定された位置 ● に変動源（茂木ソース）を固定して、時間依存インバージョンで体積変化を推定した。1/26の本格的マグマ噴火開始以降、1/28までに約4百万m<sup>3</sup>の体積減少が推定され、1/28以降、2/1までの火口内への溶岩流出期には約8百万m<sup>3</sup>の体積減少が推定された。

第10図 時間依存インバージョンの手法による霧島山の変動源の体積変化推定・茂木ソースを仮定（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・2009年12月～2011年2月、下段右：推定された茂木ソース体積の時間変化・2011年1月19日～2月7日）

Fig.10 Estimation of the volume change of Mogi-source by the time dependent inversion method, assuming one Mogi source; (upper) distribution of GPS observation sites (black dots) used for the inversion and Mogi source (red circle), (lower left) Time series of estimated volume of the Mogi-source from December 2009 to February 2011, (lower right) Time series of estimated volume of the Mogi-source from January 19, 2011 to February 7, 2011.

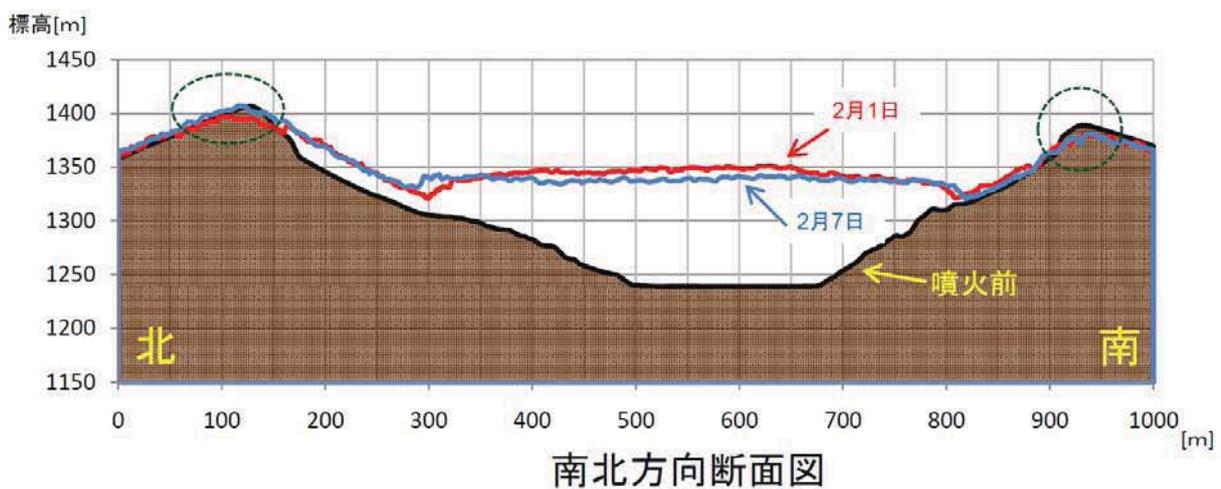
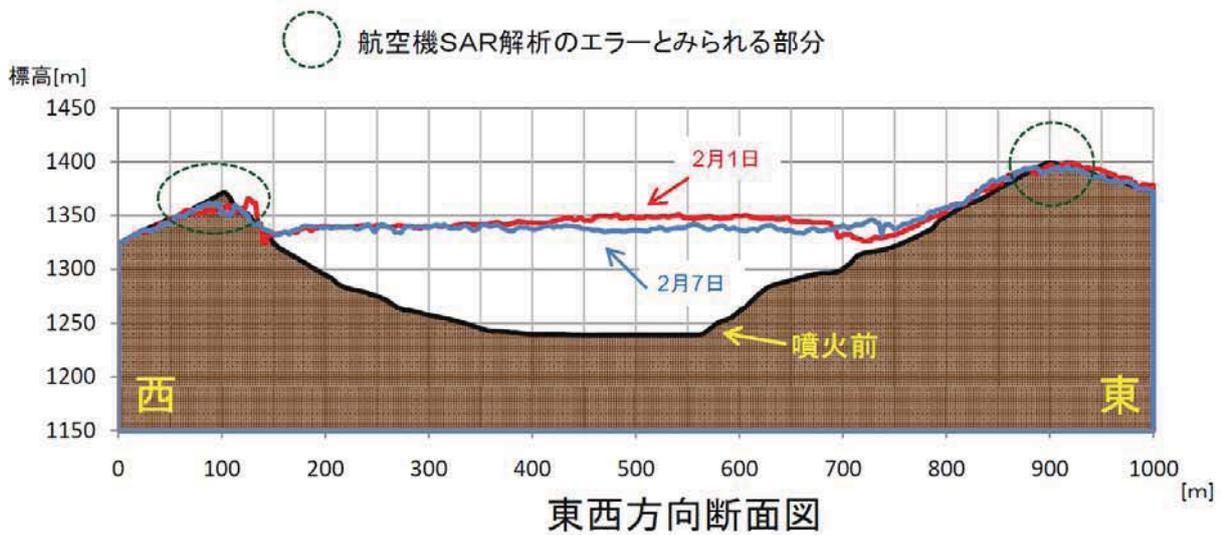
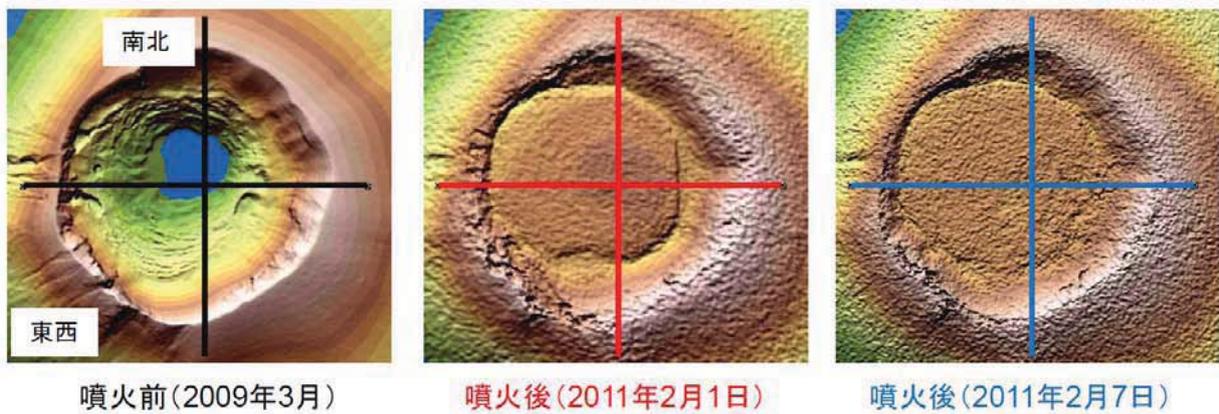
### 新燃岳火口内の噴火前後の標高値の違い



第11図 航空機搭載型合成開口レーダー（航空機 SAR）の観測結果から推定した霧島山（新燃岳）火口内の噴出物量—噴火前と噴火後の地形標高データの段彩図

Fig.11 Estimation of the volume of discharged lava into the crater of Shinmoedake, based on airborne SAR observation - comparison of the DEM before and after the eruption.

### 霧島山(新燃岳)火口の断面図



第12図 航空機搭載型合成開口レーダー（航空機 SAR）の観測結果から推定した霧島山(新燃岳)火口内の噴出物量—噴火前と噴火後の火口部の断面図

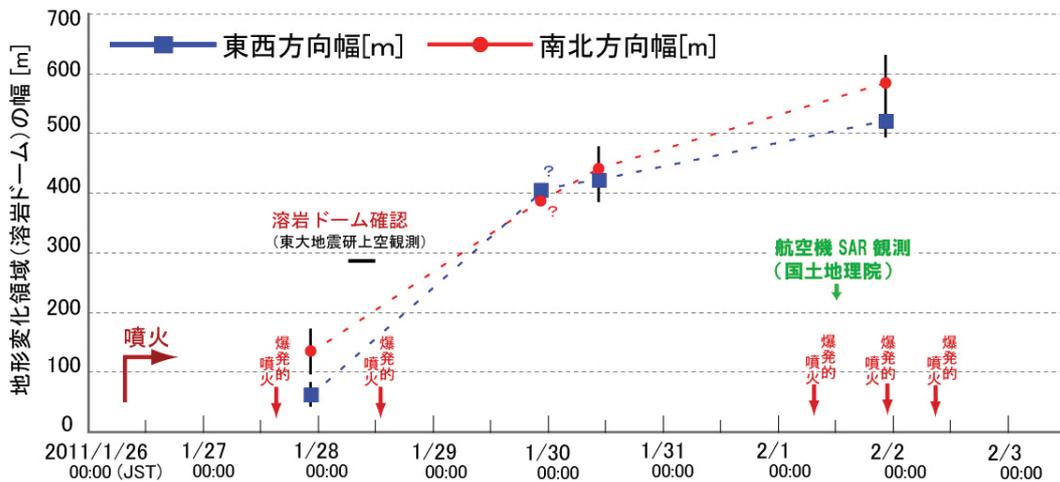
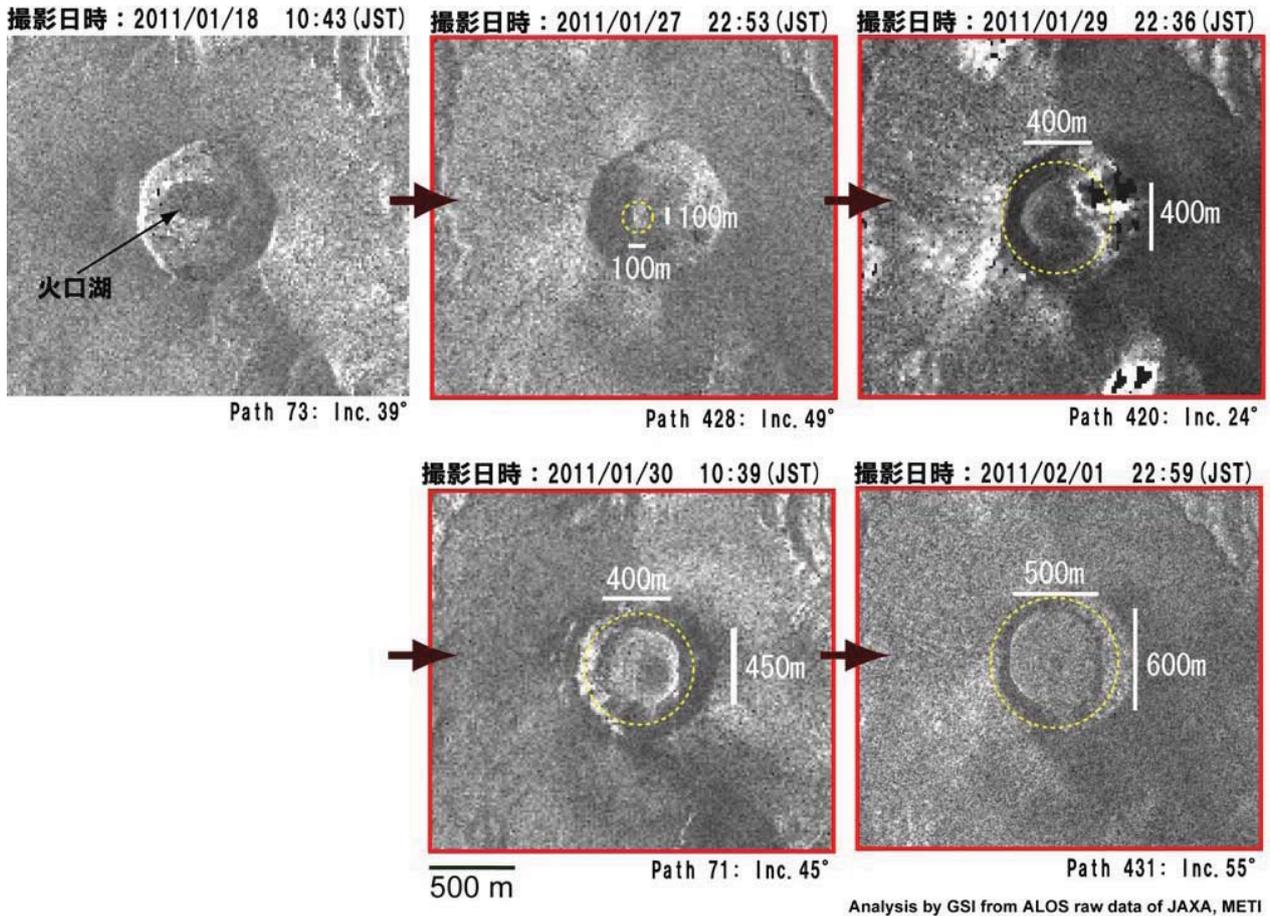
Fig.12 Estimation of the volume of discharged lava into the crater of Shinmoedake, based on airborne SAR observation - intersection of the crater before and after the eruption.

## 2011年1月霧島山（新燃岳）噴火に関する合成開口レーダー解析

### ■SAR 強度画像から見た火口内の地形変化

「だいち」PALSAR データの強度画像解析から、溶岩ドームの成長と推定される火口内の地形変化が観測された。

(上図) 新燃岳の SAR 強度画像。(下図) SAR 画像から計測した地形変化領域のサイズの時間変化



第13図 「だいち」PALSAR 強度画像による新燃岳火口内の溶岩蓄積量の推定

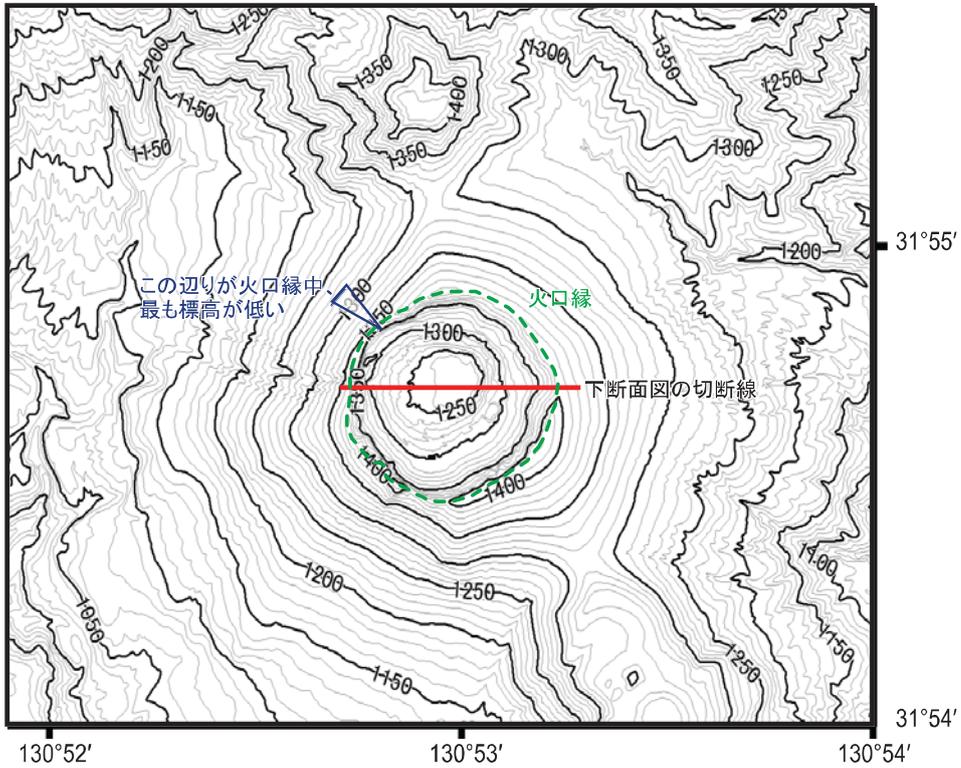
Fig.13 Estimation of the volume of discharged lava into the crater of Shinmoedake, based on "DAICHI" PALSAR intensity images.

### 霧島 新燃岳火口の等高線と断面図

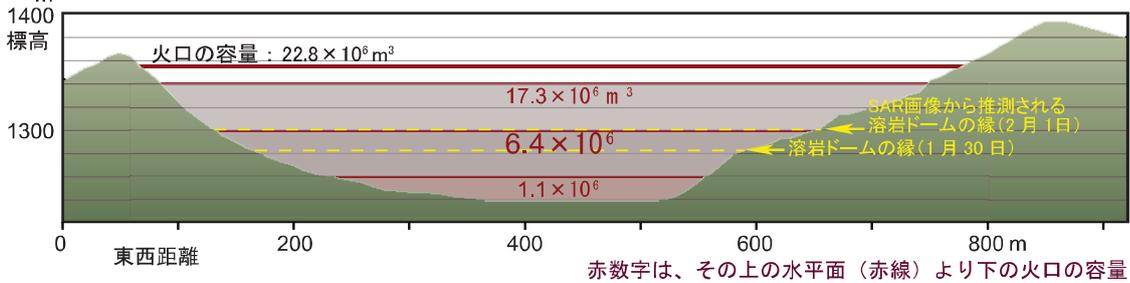
数値地図10mメッシュ(火山標高)(空中写真撮影:1984年)を元に地形を考慮して火口容量を計算

火口縁の最低標高約1360mにおけるすり切り容量は  $22.8 \times 10^6 \text{ m}^3$  である。

新燃岳火口周辺の等高線

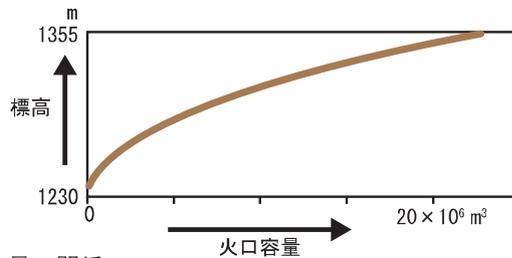


新燃岳火口断面図(東西)



赤数字は、その上の水平面(赤線)より下の火口の容量

すり切り面 標高(m)	1260	1280	1300	1320	1340	1355
火口容量 ( $\times 10^6 \text{ m}^3$ )	1.1	3.1	6.4	11.1	17.3	22.8



すり切り面標高と火口容量の関係

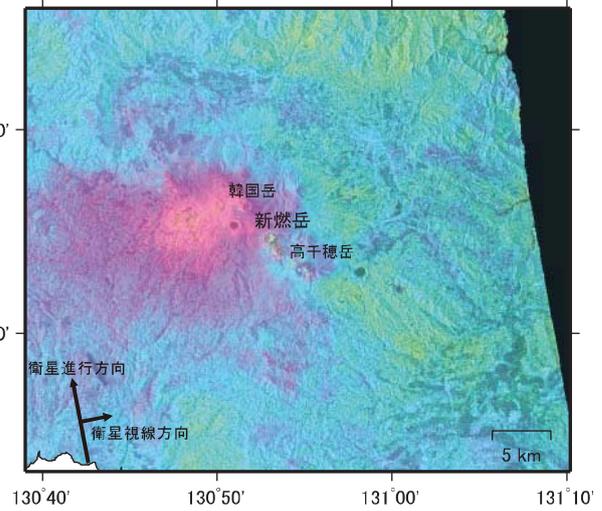
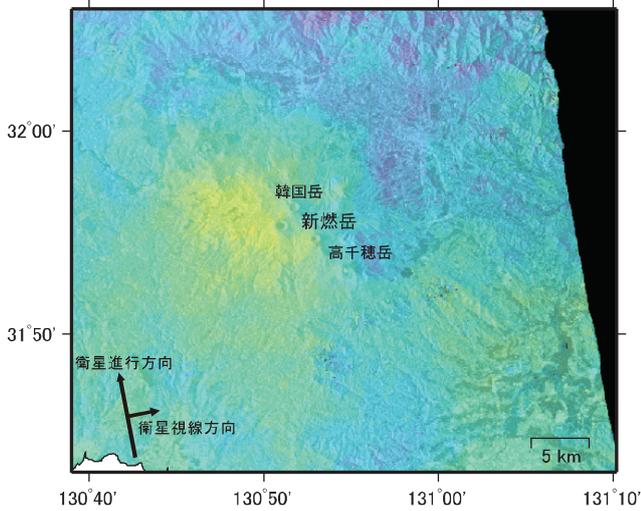
第14図 「だいち」PALSAR強度画像による新燃岳火口内の溶岩蓄積量の推定—地形図及び断面図

Fig.14 Estimation of the volume of discharged lava into the crater of Shinmoedake, based on "DAICHI" PALSAR intensity images; topographic map and intersection of the crater.

## 「だいち」PALSARによる霧島山の解析結果について

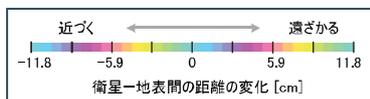
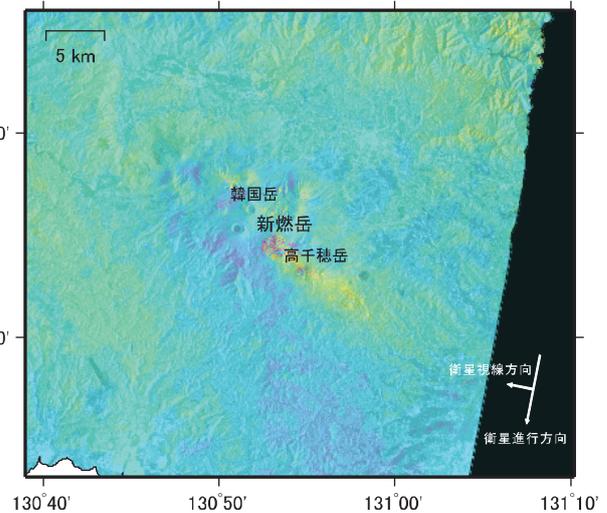
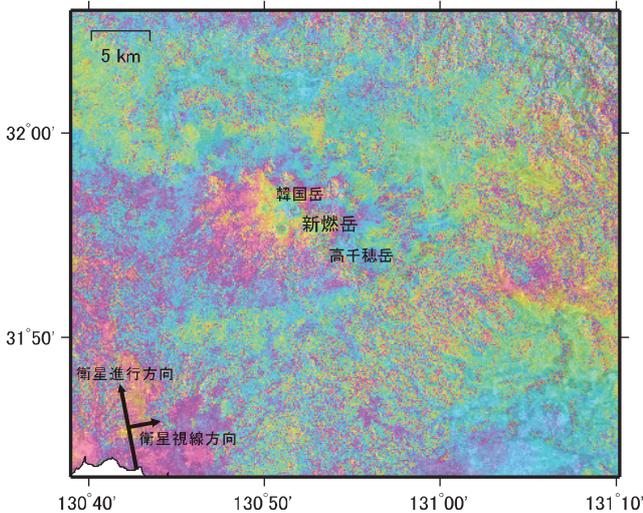
(a) 観測日：2010/02/17 - 2010/11/20  
 観測モード：北行軌道、FBS, HH/FBD, HH  
 オフナディア角34.3°  
 Bperp : +803 m ※第118回火山噴火予知連絡提出

(b) 観測日：2010/11/20 - 2011/02/20  
 観測モード：北行軌道、FBD, HH/FBS, HH  
 オフナディア角34.3°  
 Bperp : +1,013 m



(c) 観測日：2010/07/10 - 2011/02/25  
 観測モード：北行軌道、FBS, HH/FBS, HH  
 オフナディア角41.5°  
 Bperp : +1,499 m

(d) 観測日：2011/01/18 - 2011/03/05  
 観測モード：南行軌道、FBS, HH/FBS, HH  
 オフナディア角34.3°  
 Bperp : +347 m



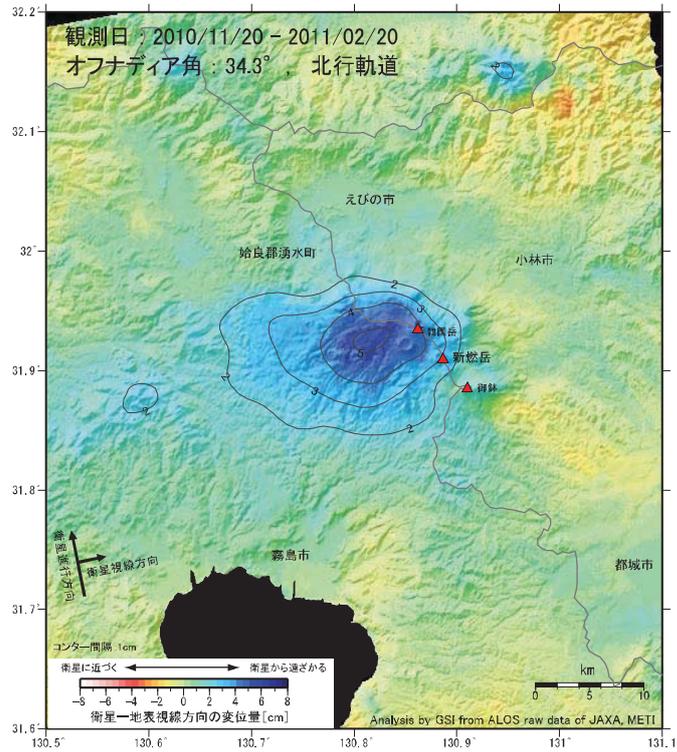
※2011/02/25・2011/03/05の軌道情報は予測値

Analysis by GSI from ALOS raw data of JAXA, METI

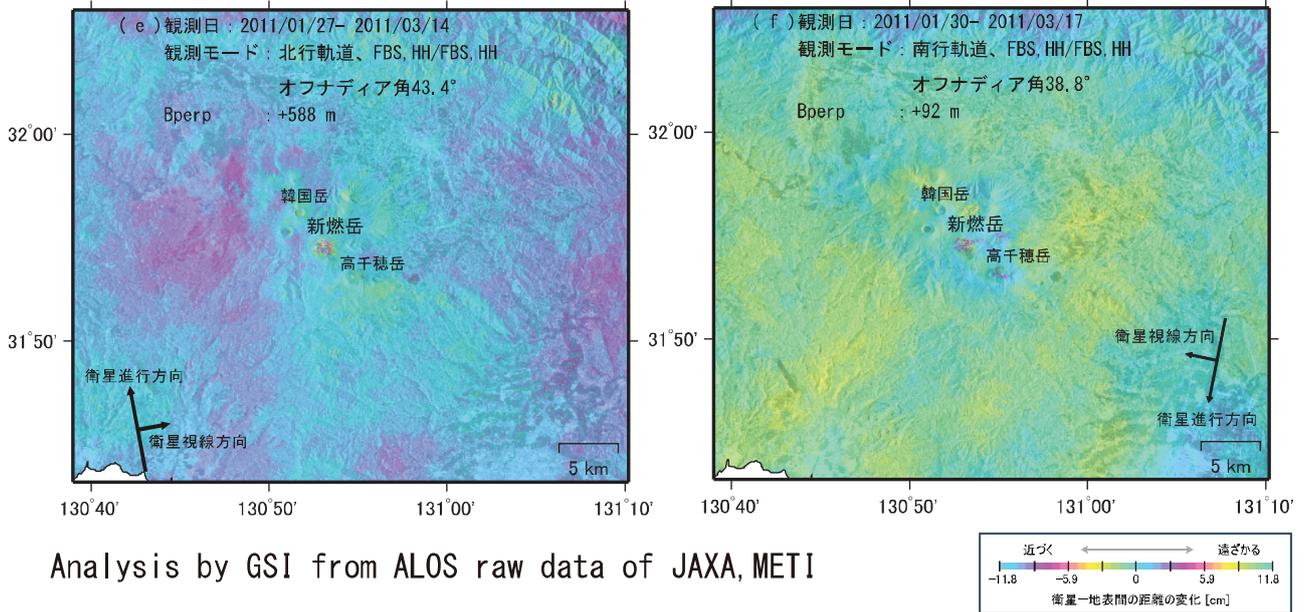
第15図 「だいち」PALSARによる霧島山地域の解析結果

Fig.15 Interferometric analysis of SAR acquired by “Daichi” PALSAR on Kirishima Volcano.

「だいち」PALSARによる霧島山の解析結果について



※2011/03/14・2011/03/17の軌道情報は予測値



第16図 「だいち」PALSARによる霧島山地域の解析結果

Fig.16 Interferometric analysis of SAR acquired by “Daichi” PALSAR on Kirishima Volcano.