

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図から第2図は、霧島山周辺におけるGNSS連続観測結果である。

第1-1図上段には基線の配置を、下段には各観測局の保守履歴を示した。第1-2図から第1-9図は第1-1図上段に示した基線の基線長、比高及び3成分の変化グラフであり、第1-2図から第1-7図は、左列は最近約10年間弱（2009年1月～2017年10月）の時系列、右列は最近約1年間弱（2017年1月～2017年10月）の時系列を、第1-8図から第1-9図は、最近約9年間弱（2008年11月～2017年8月）の時系列を示した。「平成28年（2016年）熊本地震」の影響を受け、基線（1）「えびの」－「牧園」や（3）「都城2」－「えびの」などで収縮が見られ、その後目立った変動は見られなかったが、2017年7月頃から霧島山を挟む（1）「えびの」－「牧園」、（2）「牧園」－「都城2」、（4）「えびの」－「万膳」等の基線で伸びの傾向が見られる。また、「M霧島山2」及び「万膳」ではわずかな隆起が見られる。

第2図は、電子基準点、気象庁及び防災科学技術研究所のGNSS観測点の統合解析から得られた水平変動ベクトル図であり、「野尻」を固定局としている。第2-1図上段に最近3ヶ月間（2017年5月～2017年8月）を、下段に最近1年間（2016年8月～2017年8月）を示した。また、第2-2図上段に2017年噴火前の最近6ヶ月間（2017年4月～2017年9月）を、下段に2011年噴火前の約2年間（2009年12月～2011年1月）を示した。

第3-1図から第3-3図は、「だいち2号」のSAR干渉解析結果である。第3-1図及び第3-2図上段には霧島山周辺の広域的な解析結果を、第3-2図下段及び第3-3図には硫黄山周辺の拡大図を示した。第1表は第3-1図から第3-3図の解析の諸元情報である。(a)～(d)では、硫黄山で衛星に近づく変動が見られる。(a)、(c)では、新燃岳火口内東側で衛星から遠ざかる変動が見られる。(e)、(f)では、ノイズレベルを超える変動は見られない。

第4-1図及び第4-2図は、「だいち2号」のSAR時系列解析結果である。第4-1図上段は、新燃岳火口周辺の解析結果を、第4-1図下段には新燃岳火口周辺拡大図を示した。2014年秋以降の過去約3年間にわたって、新燃岳火口周囲直径約2kmの範囲で、最大5mm/yr以上の隆起、最大10mm/yr以上の水平方向の拡大が、及び新燃岳火口西側斜面では、最大10mm/yr以上の局所的な隆起が見られた。

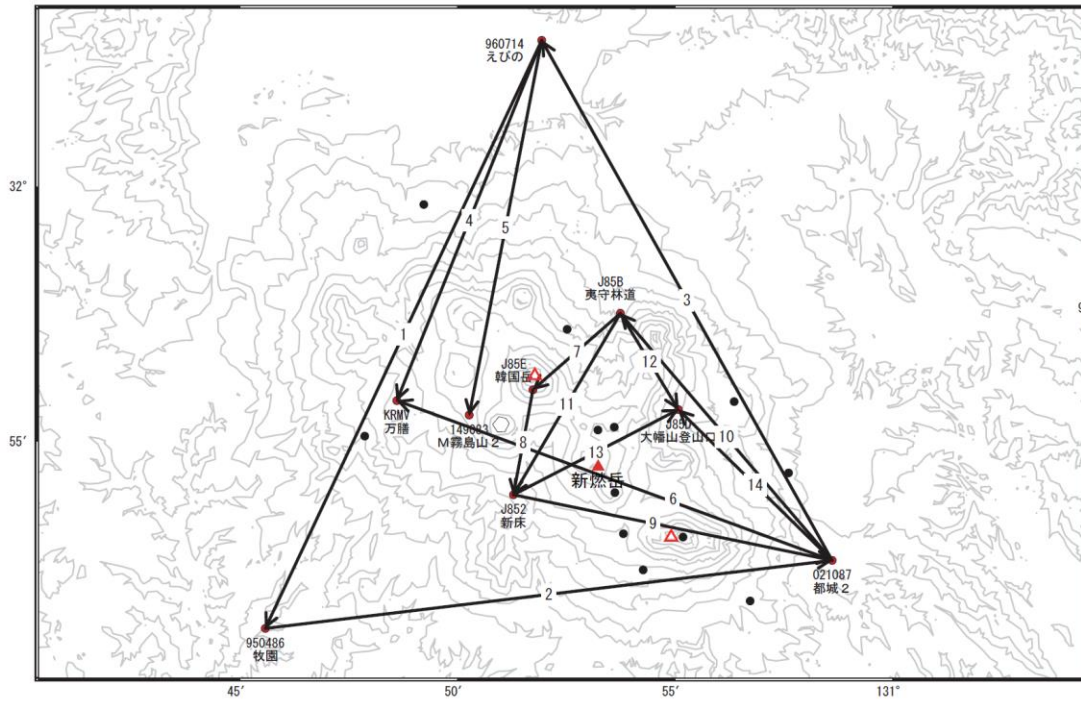
第5-1図、第5-2図は、霧島山（新燃岳）の航空機SAR観測結果である。第5-1図は平成29年10月の撮影、第5-2図は約3年前の平成26年11月に撮影した画像であり、新燃岳火口付近を比較すると、平成29年10月11日の噴煙と対応する火口内東側に新たな凹地が見られる。

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12月4日受付

霧島山周辺GEONET (電子基準点等) による連続観測基線図(1)



点番号	点名	日付	保守内容
950486	牧園	20121212	アンテナ交換
		20131013	伐採
		20150622	受信機交換
960714	えびの	20120912	アンテナ・受信機交換
		20140814	伐採

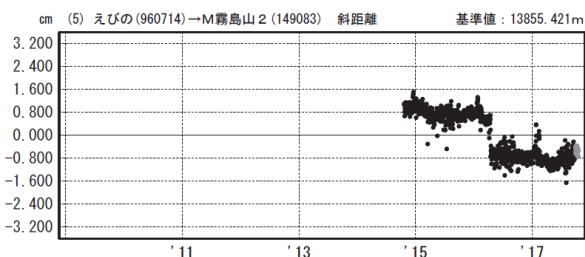
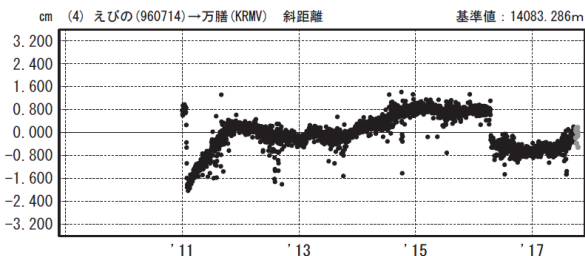
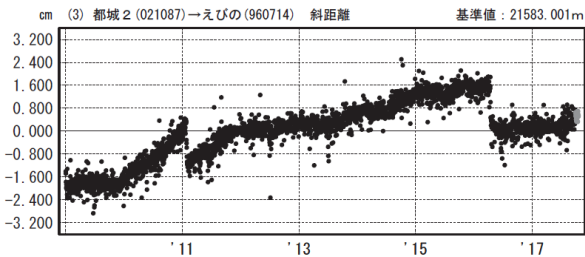
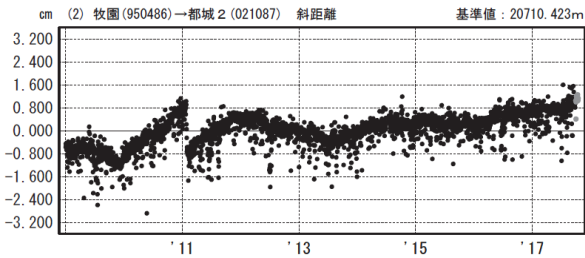
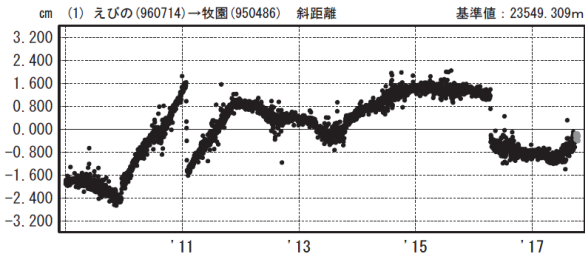
点番号	点名	日付	保守内容
021087	都城2	20120912	アンテナ・受信機交換
		20130913	受信機交換
		20140616	受信機交換
		20140717	受信機交換
		20150909	受信機交換
149083	M霧島山2	20141021	新設
		20150909	受信機交換

図 1-1 図 霧島山周辺の GNSS 連続観測基線図 (上段)、観測局の保守履歴 (下段)、

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

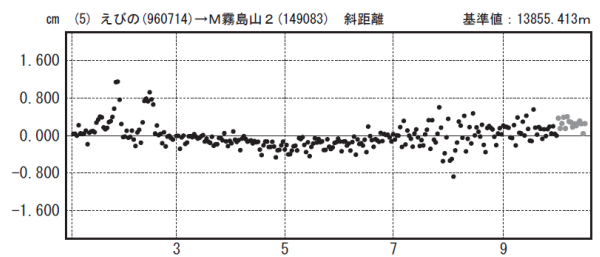
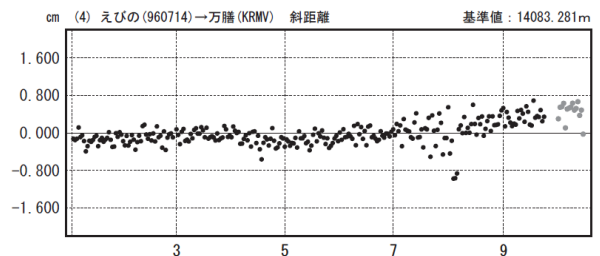
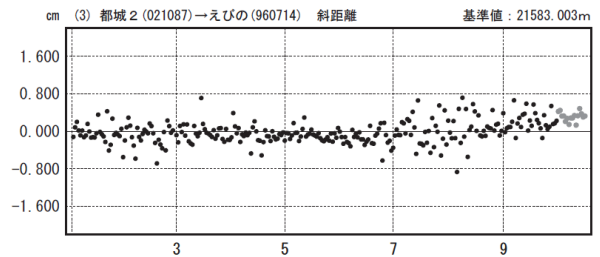
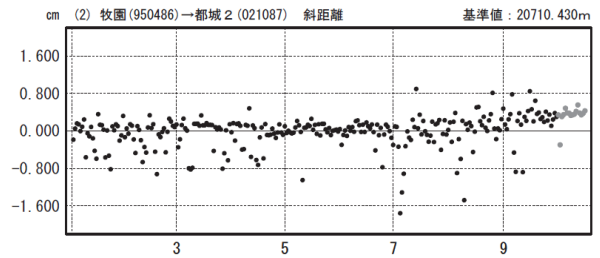
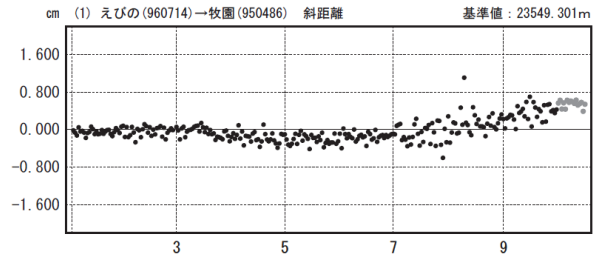
成分変化グラフ

期間：2009/01/01～2017/10/16 JST



成分変化グラフ

期間：2017/01/01～2017/10/16 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

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

第1-2 図 霧島山周辺のGNSS連続観測による基線変化グラフ

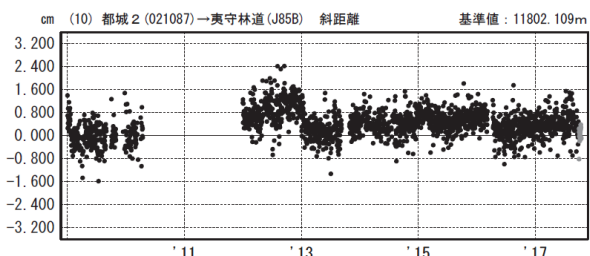
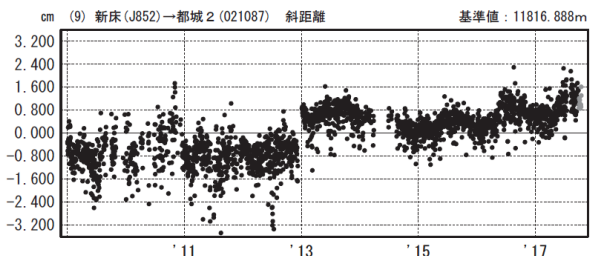
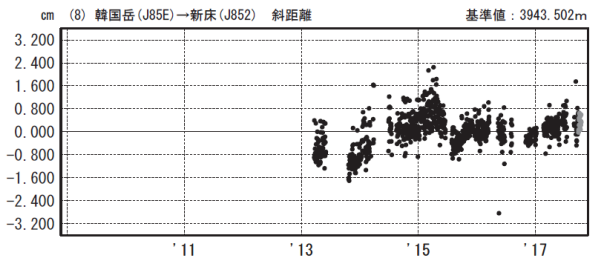
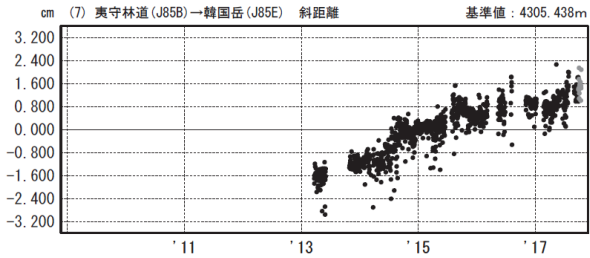
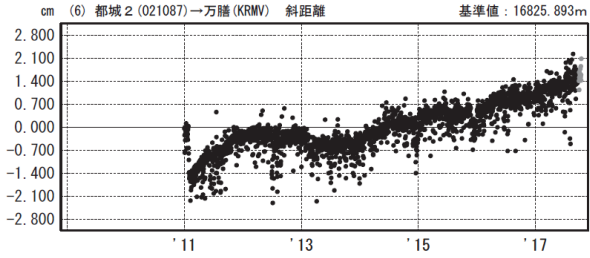
(左列：2009年1月～2017年10月、右列：2017年1月～2017年10月)

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

(left) from January 2009 to October 2017, (right) from January 2017 to October 2017.

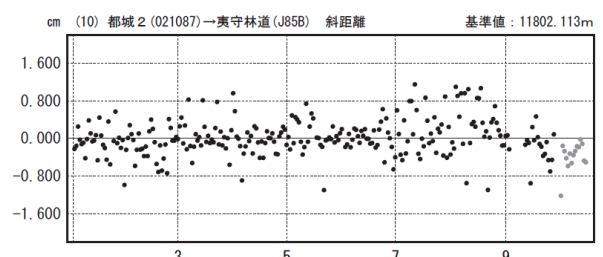
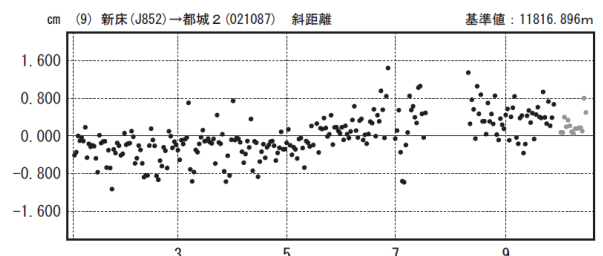
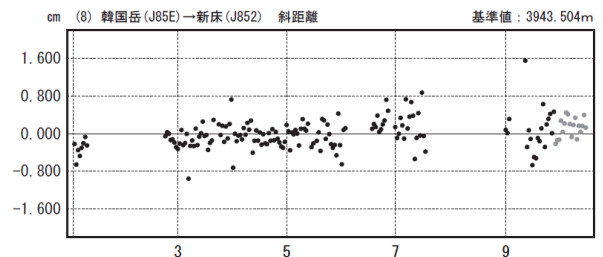
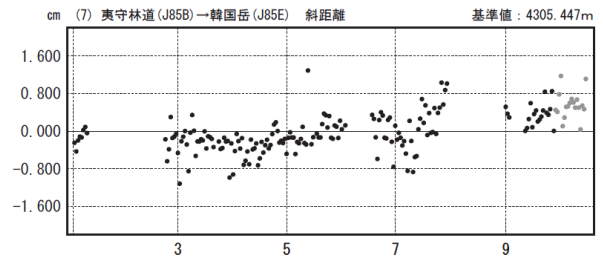
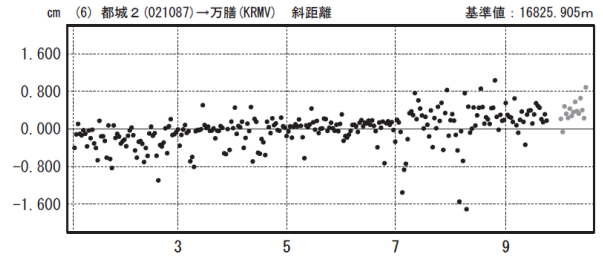
成分変化グラフ

期間：2009/01/01～2017/10/16 JST



成分変化グラフ

期間：2017/01/01～2017/10/16 JST



●---[F3:最終値] ●---[R3:速報値]
 ※[R3:速報値]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

第1-3 図 霧島山周辺のGNSS連続観測による基線変化グラフ

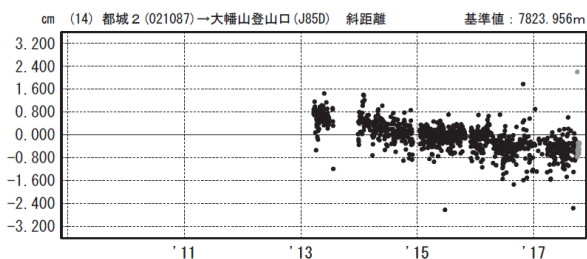
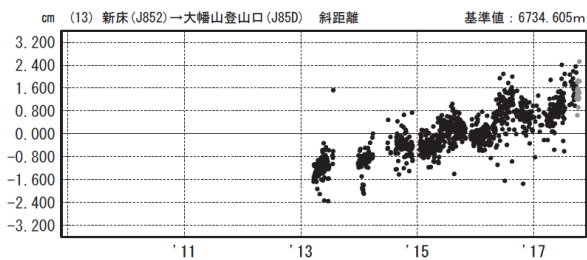
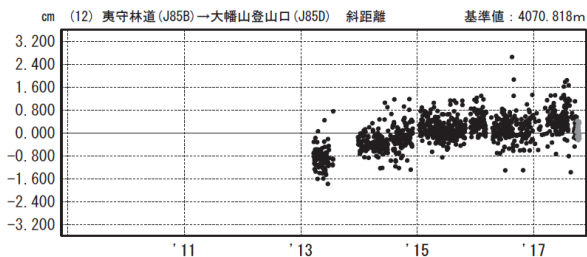
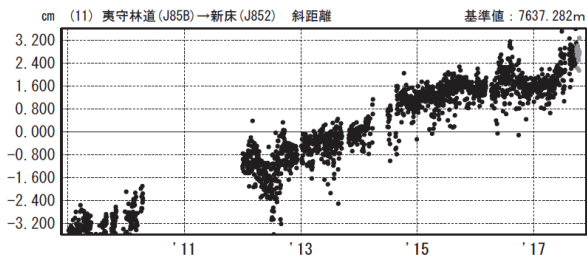
(左列：2009年1月～2017年10月、右列：2017年1月～2017年10月)

Fig.1-3 Time series of baseline length by continuous GNSS observation around Kirishima Volcano;

(left) from January 2009 to October 2017, (right) from January 2017 to October 2017.

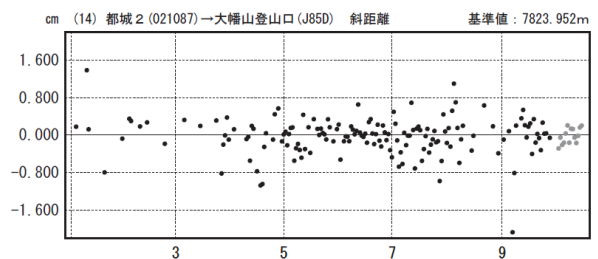
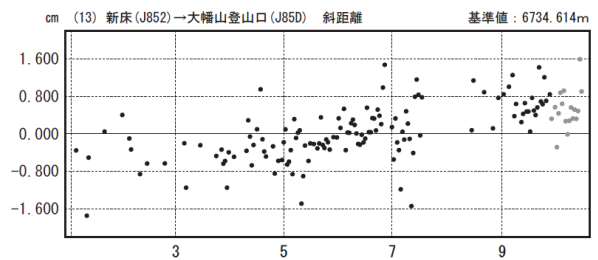
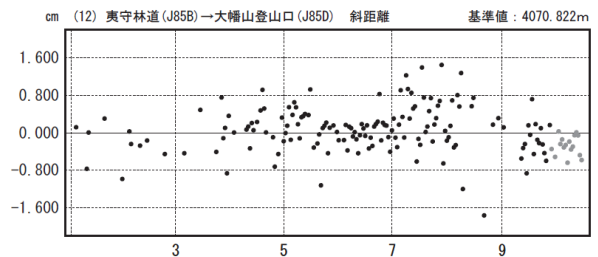
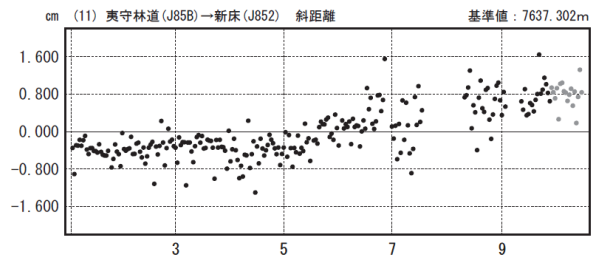
成分変化グラフ

期間：2009/01/01～2017/10/16 JST



成分変化グラフ

期間：2017/01/01～2017/10/16 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 1-4 図 霧島山周辺の GNSS 連続観測による基線変化グラフ

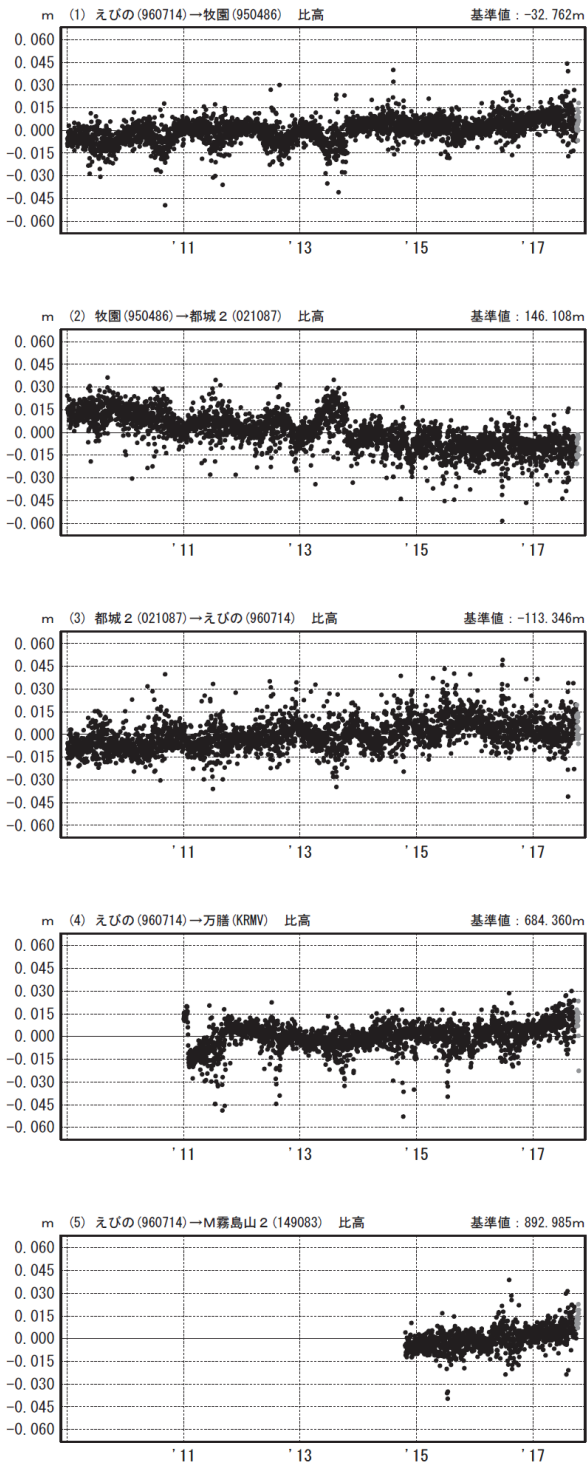
(左列：2009年1月～2017年10月、右列：2017年1月～2017年10月)

Fig.1-4 Time series of baseline length by continuous GNSS observation around Kirishima Volcano;

(left) from January 2009 to October 2017, (right) from January 2017 to October 2017.

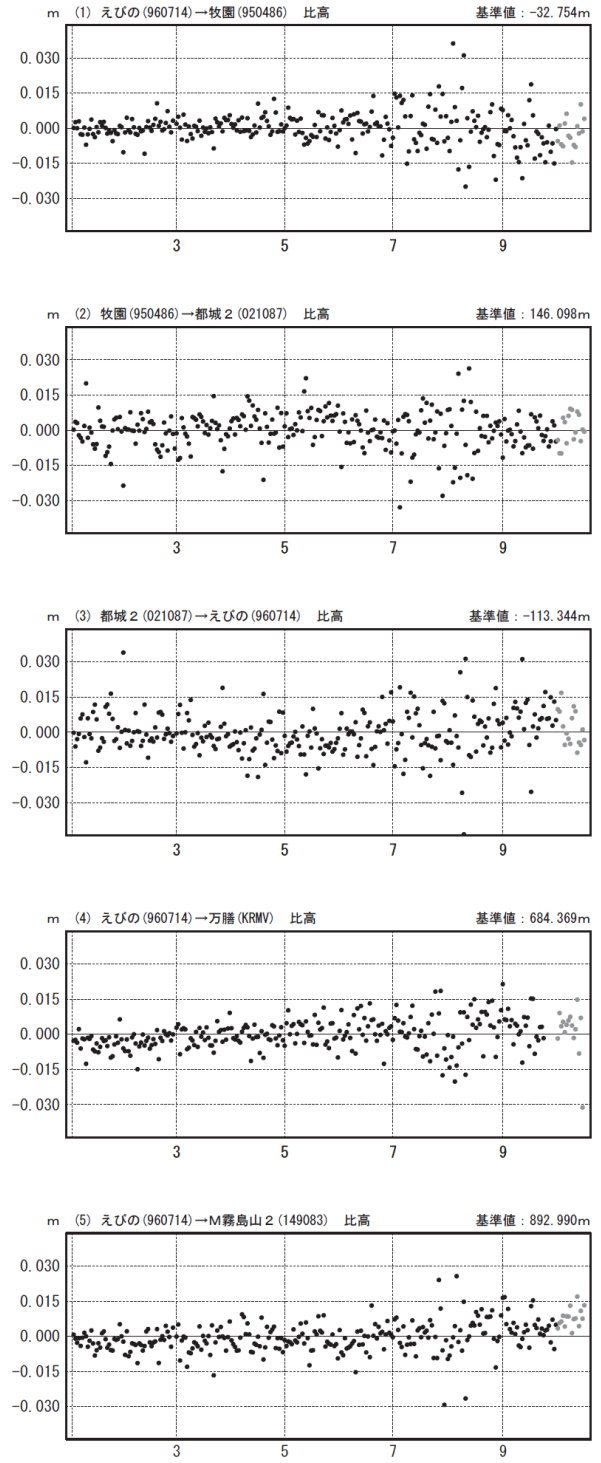
成分変化グラフ

期間：2009/01/01～2017/10/16 JST



成分変化グラフ

期間：2017/01/01～2017/10/16 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

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

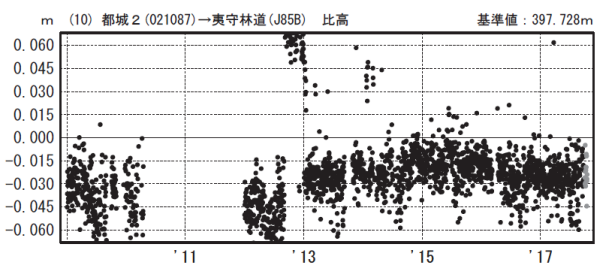
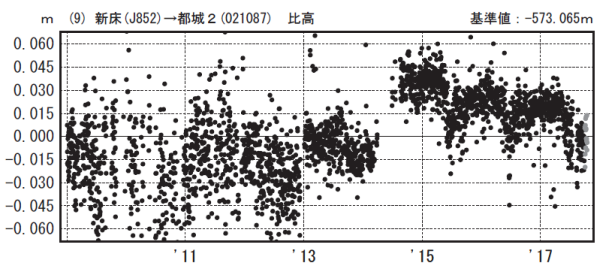
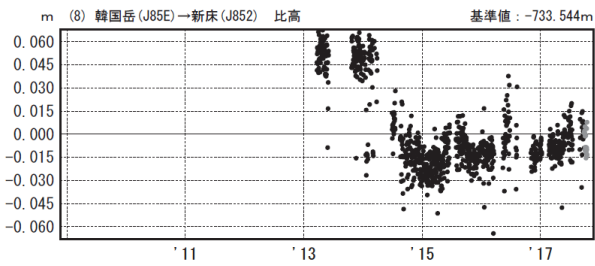
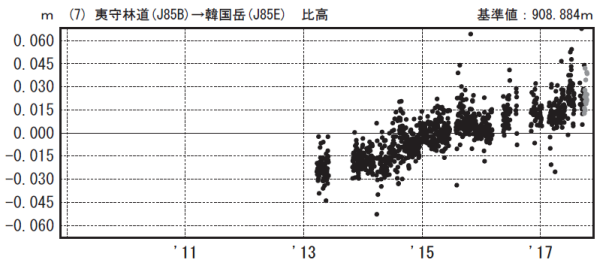
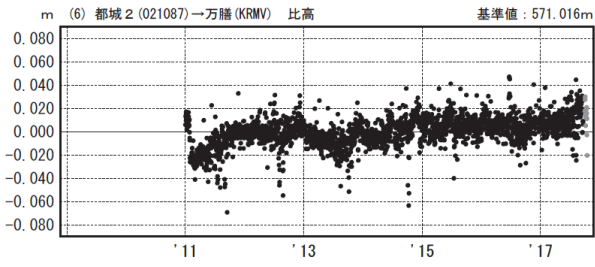
第1-5 図 霧島山周辺のGNSS連続観測結果

(比高：左列2009年1月～2017年10月、右列2017年1月～2017年10月)

Fig.1-5 Results of continuous GNSS observation around Kirishima Volcano; Time series of relative height (left) from January 2009 to October 2017, (right) from January 2017 to October 2017.

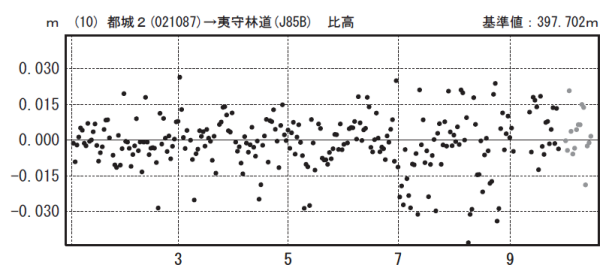
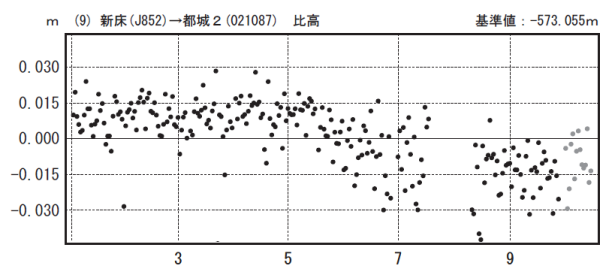
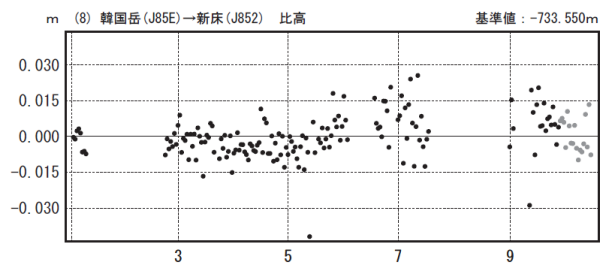
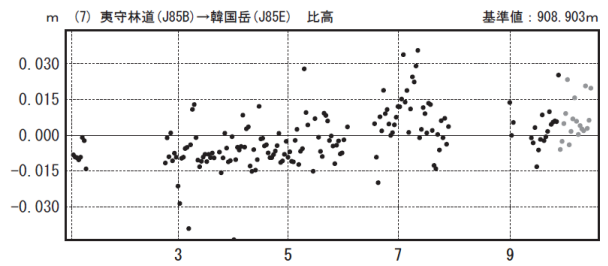
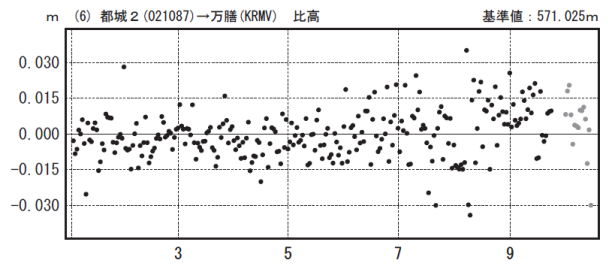
成分変化グラフ

期間：2009/01/01～2017/10/16 JST



成分変化グラフ

期間：2017/01/01～2017/10/16 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

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

第1-6 図 霧島山周辺のGNSS連続観測結果

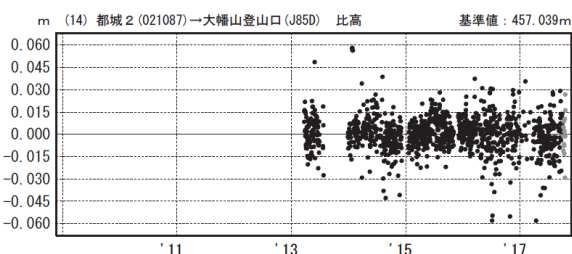
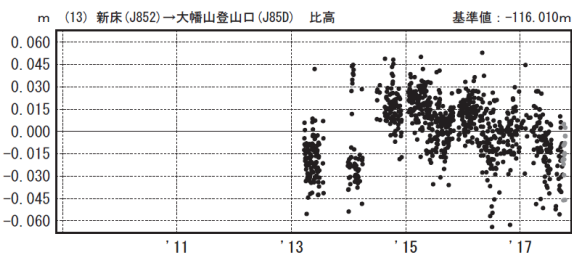
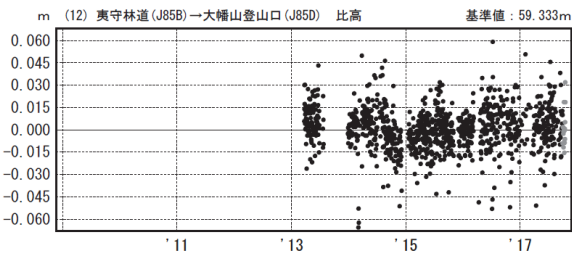
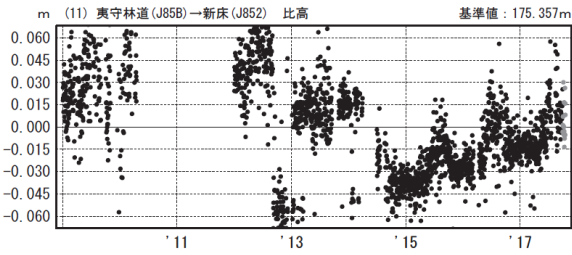
(比高：左列2009年1月～2017年10月、右列2017年1月～2017年10月)

Fig.1-6 Results of continuous GNSS observation around Kirishima Volcano; Time series of relative height

(left) from January 2009 to October 2017, (right) from January 2017 to October 2017.

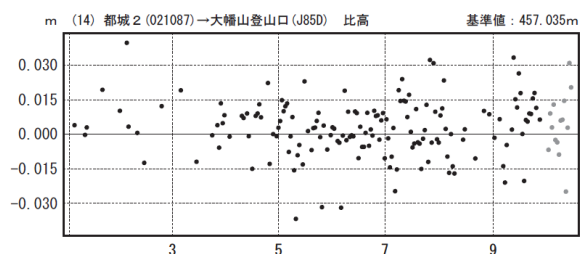
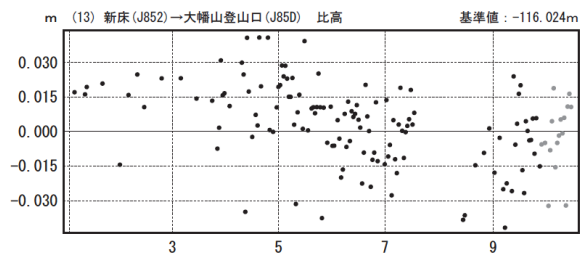
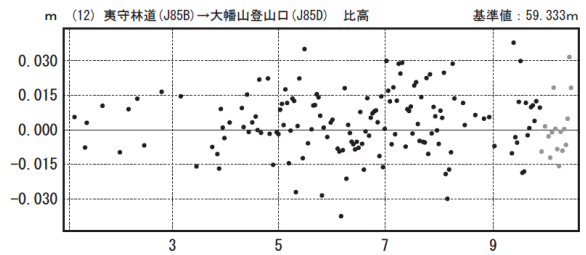
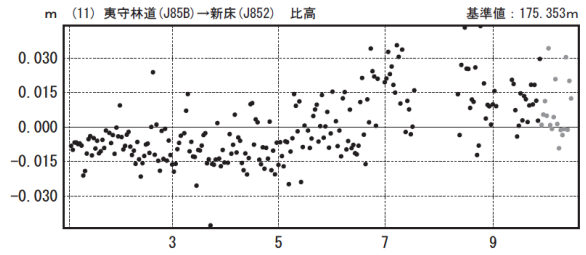
成分変化グラフ

期間：2009/01/01～2017/10/16 JST



成分変化グラフ

期間：2017/01/01～2017/10/16 JST

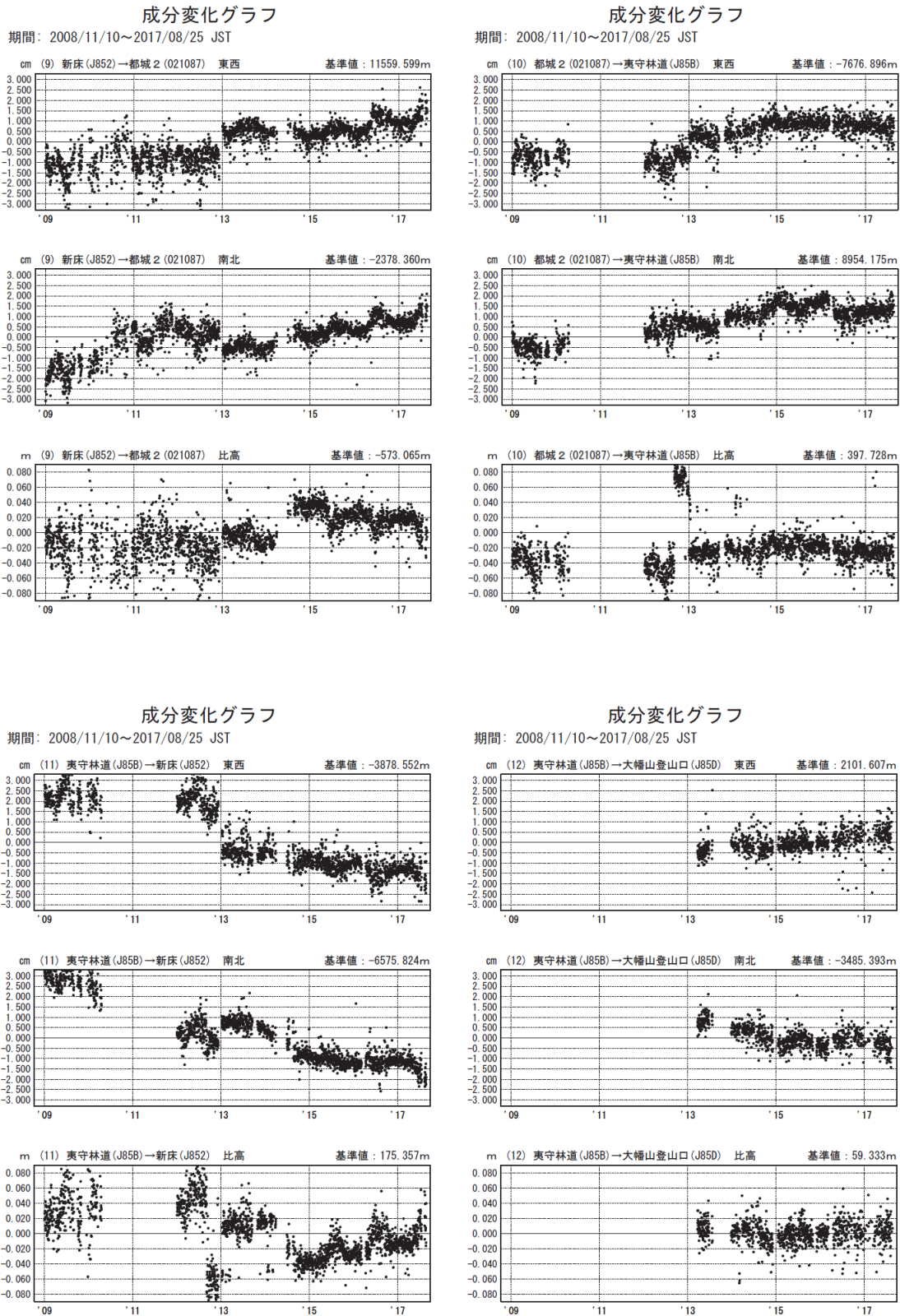


●---[F3:最終解] ●---[R3:速報解]
 ※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

第1-7 図 霧島山周辺のGNSS連続観測結果

(比高：左列2009年1月～2017年10月、右列2017年1月～2017年10月)

Fig.1-7 Results of continuous GNSS observation around Kirishima Volcano; Time series of relative height (left) from January 2009 to October 2017, (right) from January 2017 to October 2017.



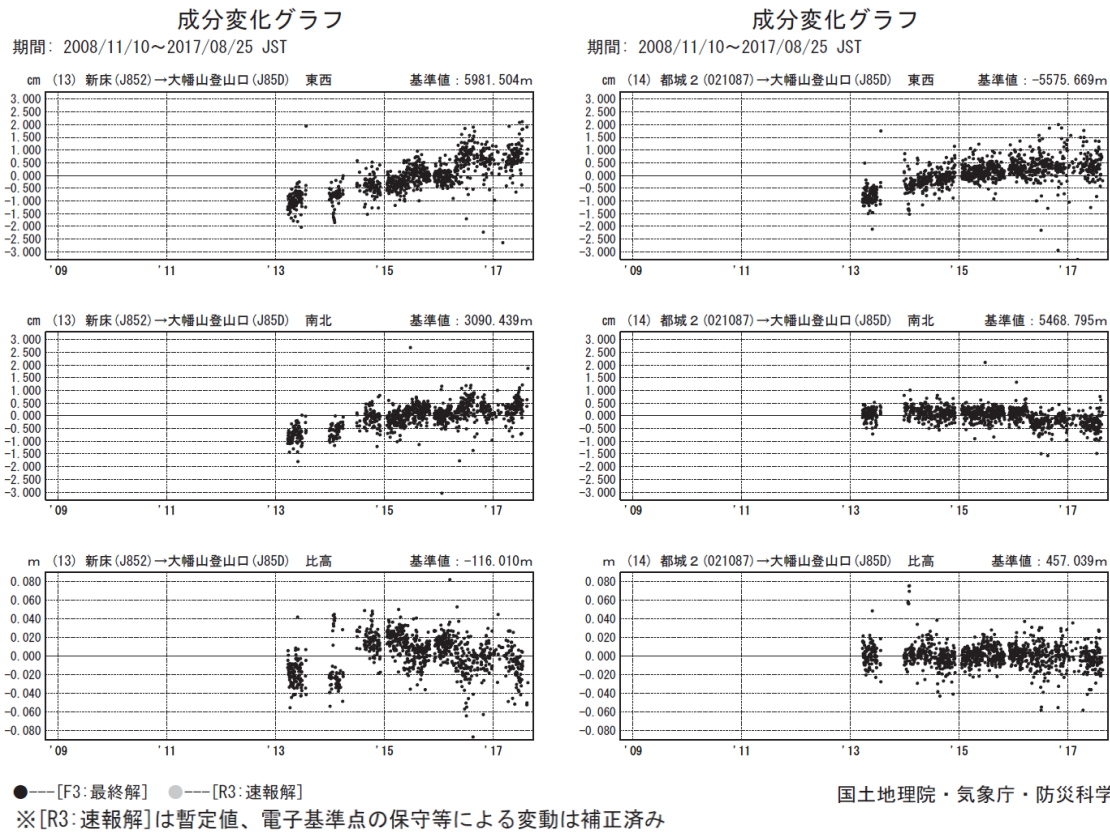
国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

※[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1-8図 霧島山周辺のGNSS連続観測による3成分変化グラフ

(左列: 2008年11月~2017年8月、右列: 2008年11月~2017年8月)

Fig.1-8 Time series of E-W, N-S and vertical components by continuous GNSS observation around Kirishima volcano; (left) from November 2008 to August 2017, (right) from November 2008 to August 2017.



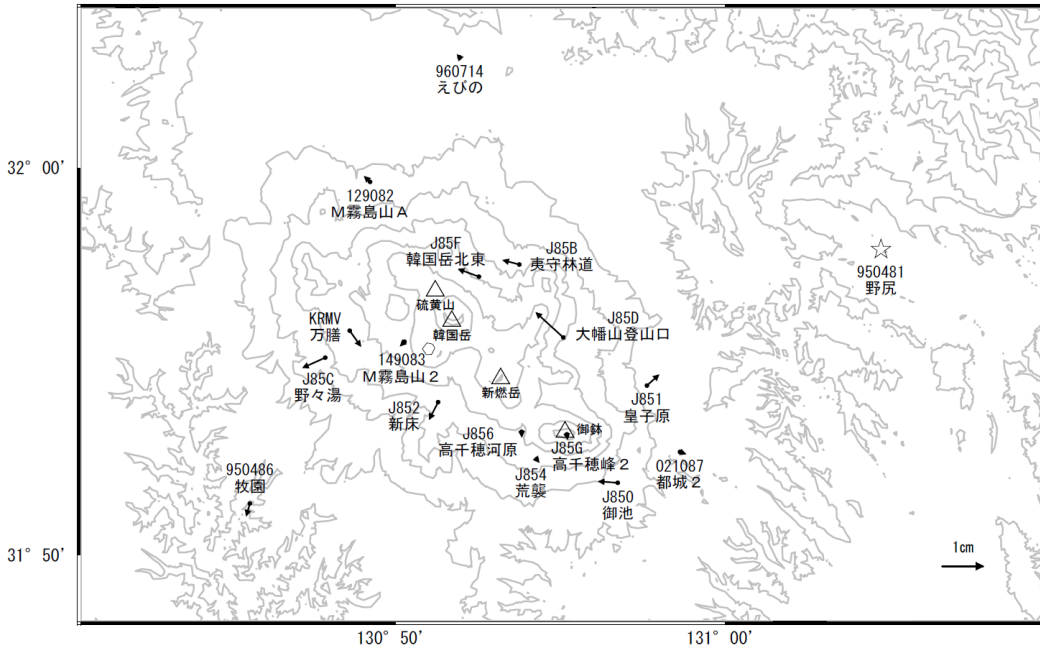
第 1-9 図 霧島山周辺の GNSS 連続観測による 3 成分変化グラフ

(左列：2008 年 11 月～2017 年 8 月、右列：2008 年 11 月～2017 年 8 月)

Fig.1-9 Time series of E-W, N-S and vertical components by continuous GNSS observation around Kirishima volcano; (left) from November 2008 to August 2017, (right) from November 2008 to August 2017.

霧島山周辺の地殻変動(水平:3ヶ月)

基準期間:2017/05/16~2017/05/25[F3:最終解]
比較期間:2017/08/16~2017/08/25[R3:速報解]

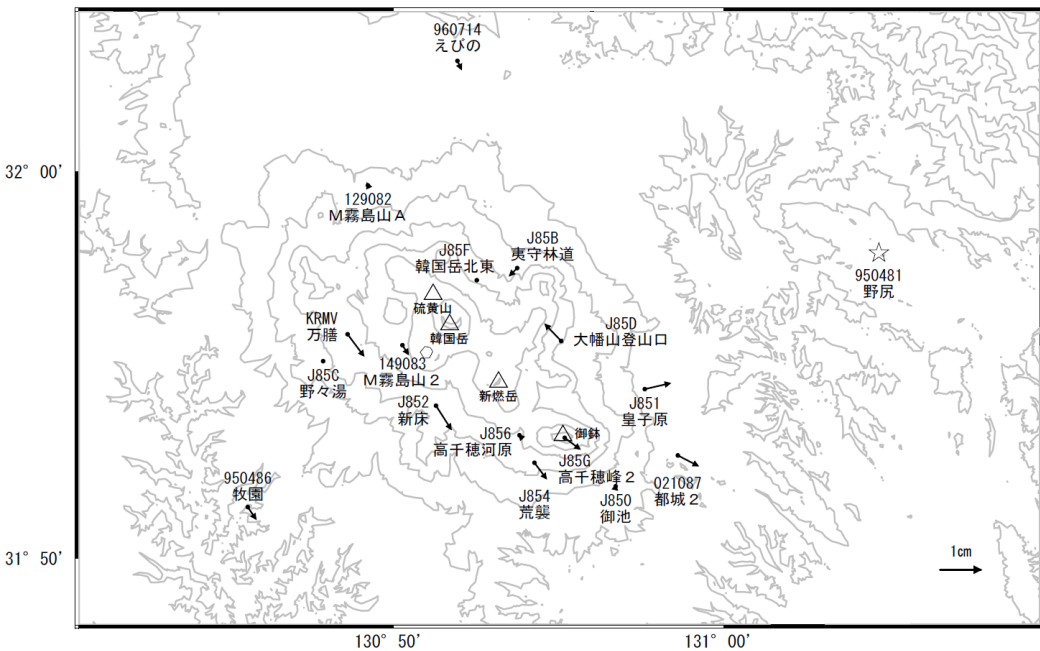


☆ 固定局:野尻(950481)

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

霧島山周辺の地殻変動(水平:1年)

基準期間:2016/08/16~2016/08/25[F3:最終解]
比較期間:2017/08/16~2017/08/25[R3:速報解]



☆ 固定局:野尻(950481)

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

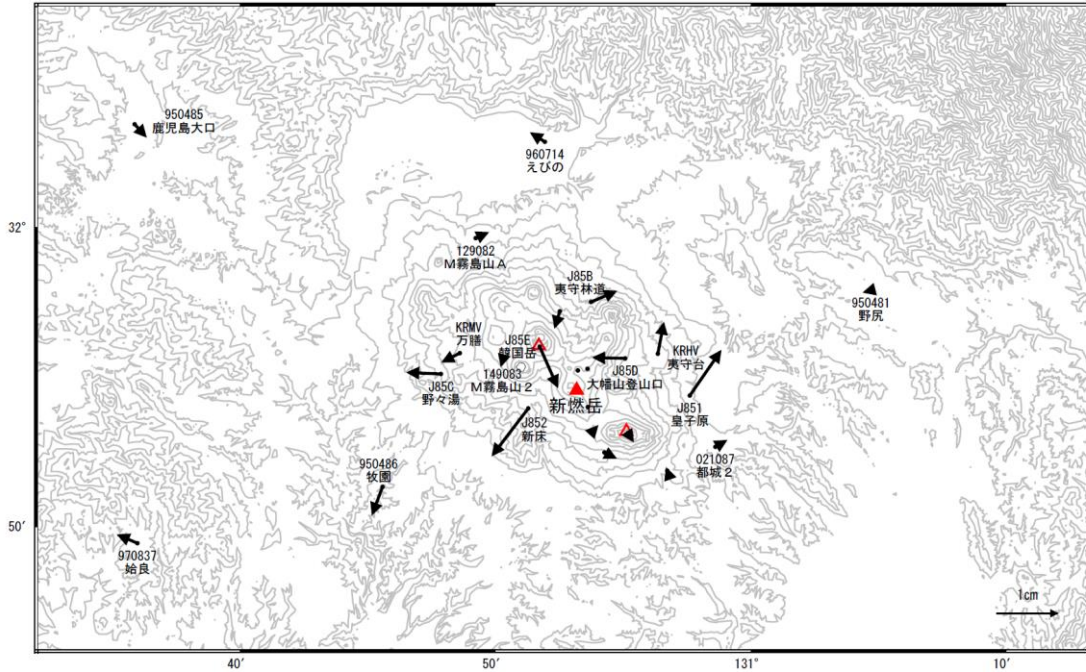
第2-1 図 霧島山周辺の電子基準点・気象庁・防災科学技術研究所 GNSS 観測点の統合解析による水平変動ベクトル図 (上段:2017年5月~2017年8月、下段:2016年8月~2017年8月)

Fig.2-1 Horizontal displacement by the combined analyzing system of GEONET, JMA and NIED stations around Kirishima Volcano, (upper) from May 2017 to August 2017, (lower) from August 2016 to August 2017.

【2017年噴火前】

地殻変動(水平)

基準期間:2017/04/01~2017/04/15[F3:最終解]
比較期間:2017/09/16~2017/09/30[F3:最終解]



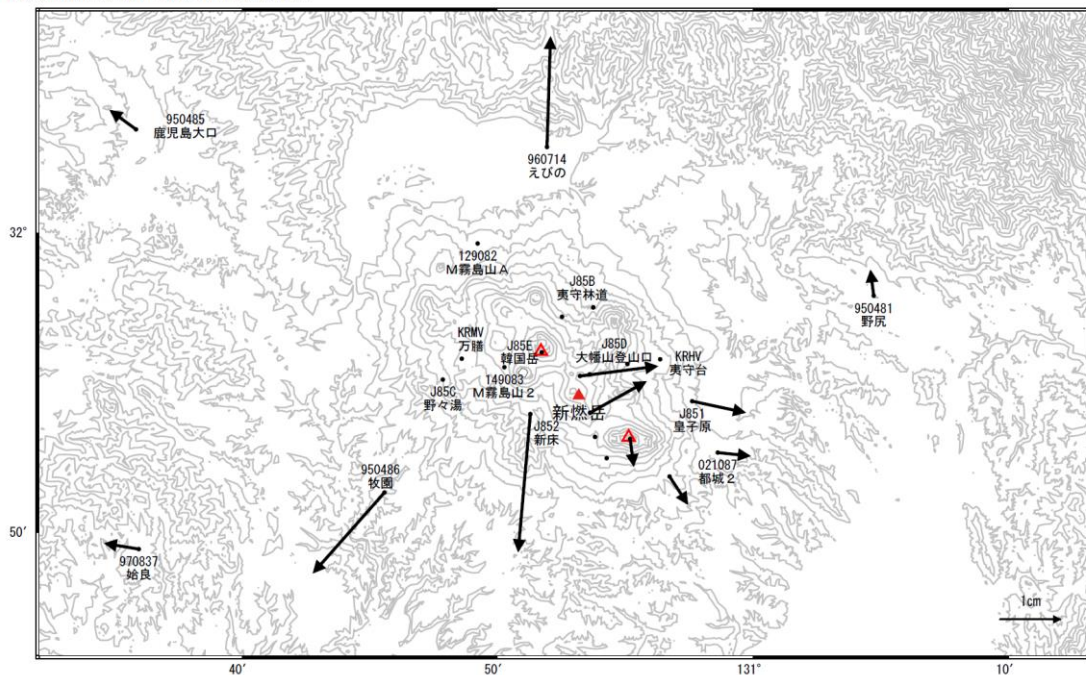
☆ 固定局: 樋脇 (970836)

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

【2011年噴火前】

地殻変動(水平)

基準期間:2009/12/16~2009/12/30[F3:最終解]
比較期間:2011/01/01~2011/01/15[F3:最終解]

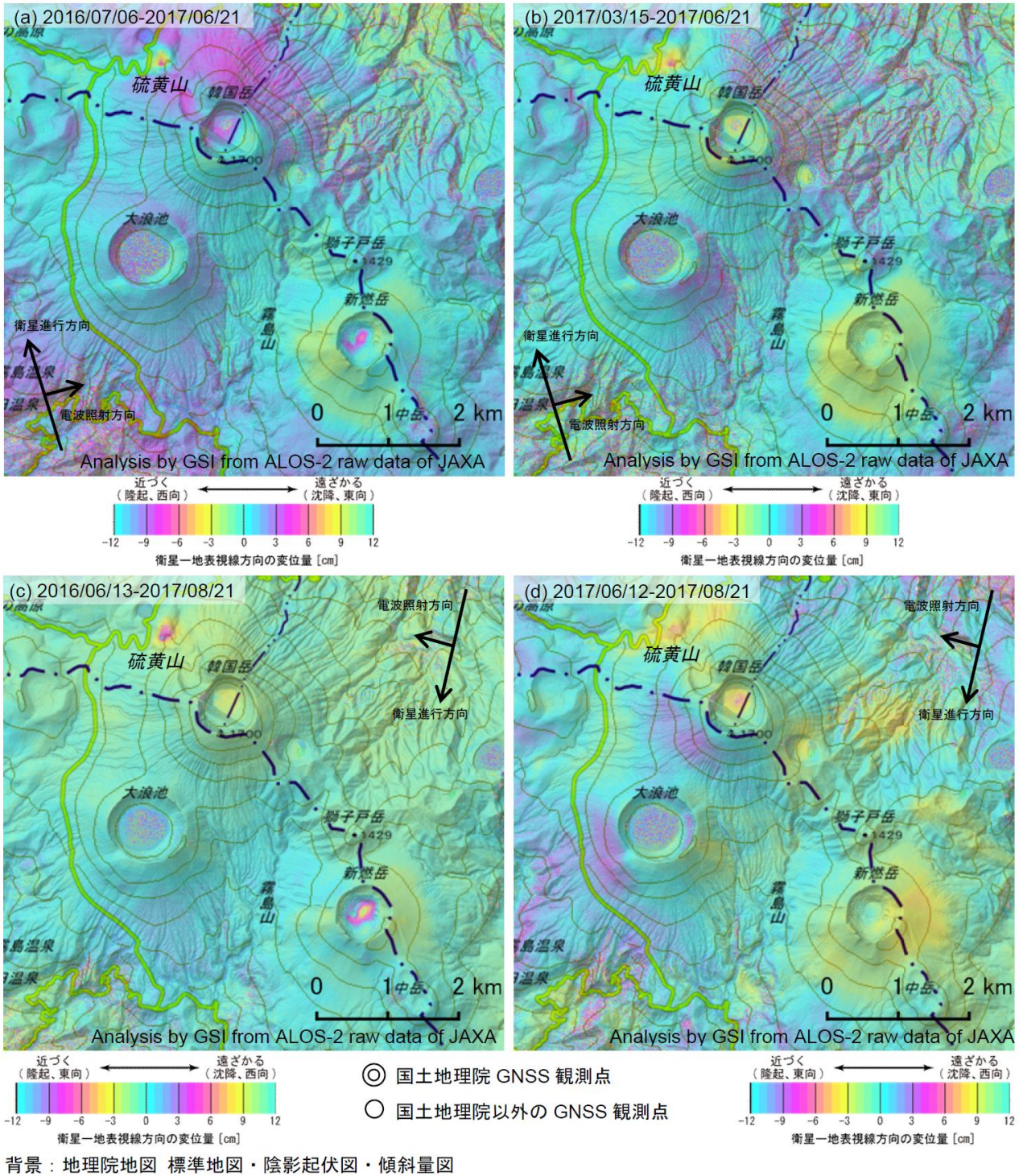


☆ 固定局: 樋脇 (970836)

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

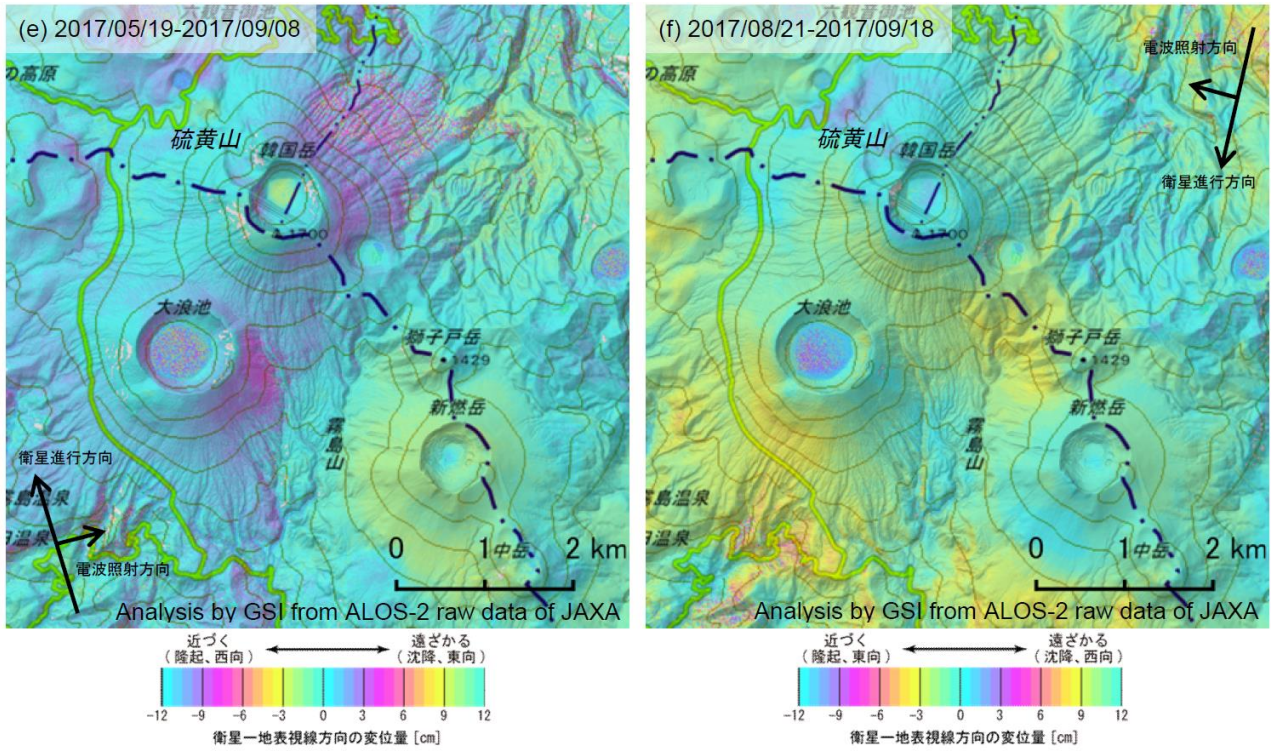
第2-2図 霧島山周辺の電子基準点・気象庁・防災科学技術研究所GNSS観測点の統合解析による水平変動ベクトル図 (上段:2017年4月~2017年9月、下段:2009年12月~2011年1月)

Fig.2-2 Horizontal displacement by the combined analyzing system of GEONET, JMA and NIED stations around Kirishima Volcano; (upper) from February 2017 to September 2017, (lower) from December 2009 to January 2011.

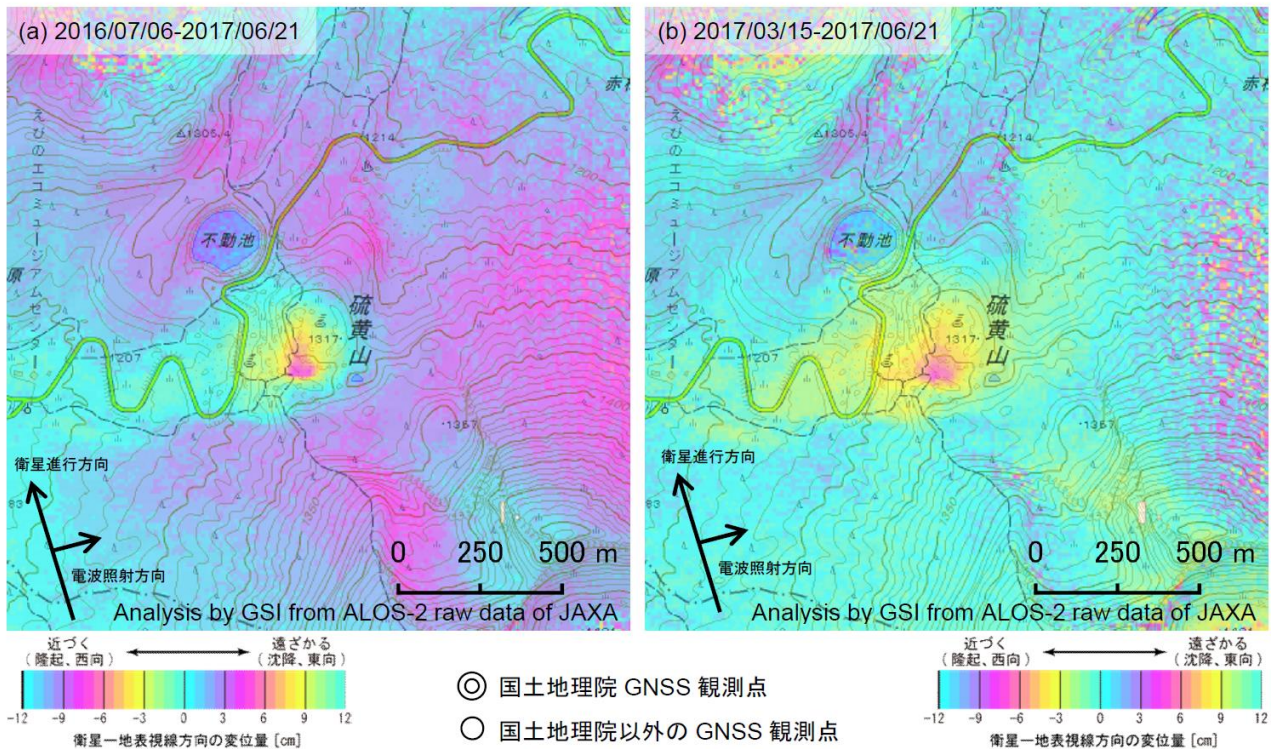


第3-1図 「だいち2号」PALSAR-2による霧島山周辺地域の解析結果

Fig.3-1 Interferometric analysis of SAR acquired by ALOS-2 PALSAR-2 around Kirishima Volcano.



【硫黄山の拡大図】



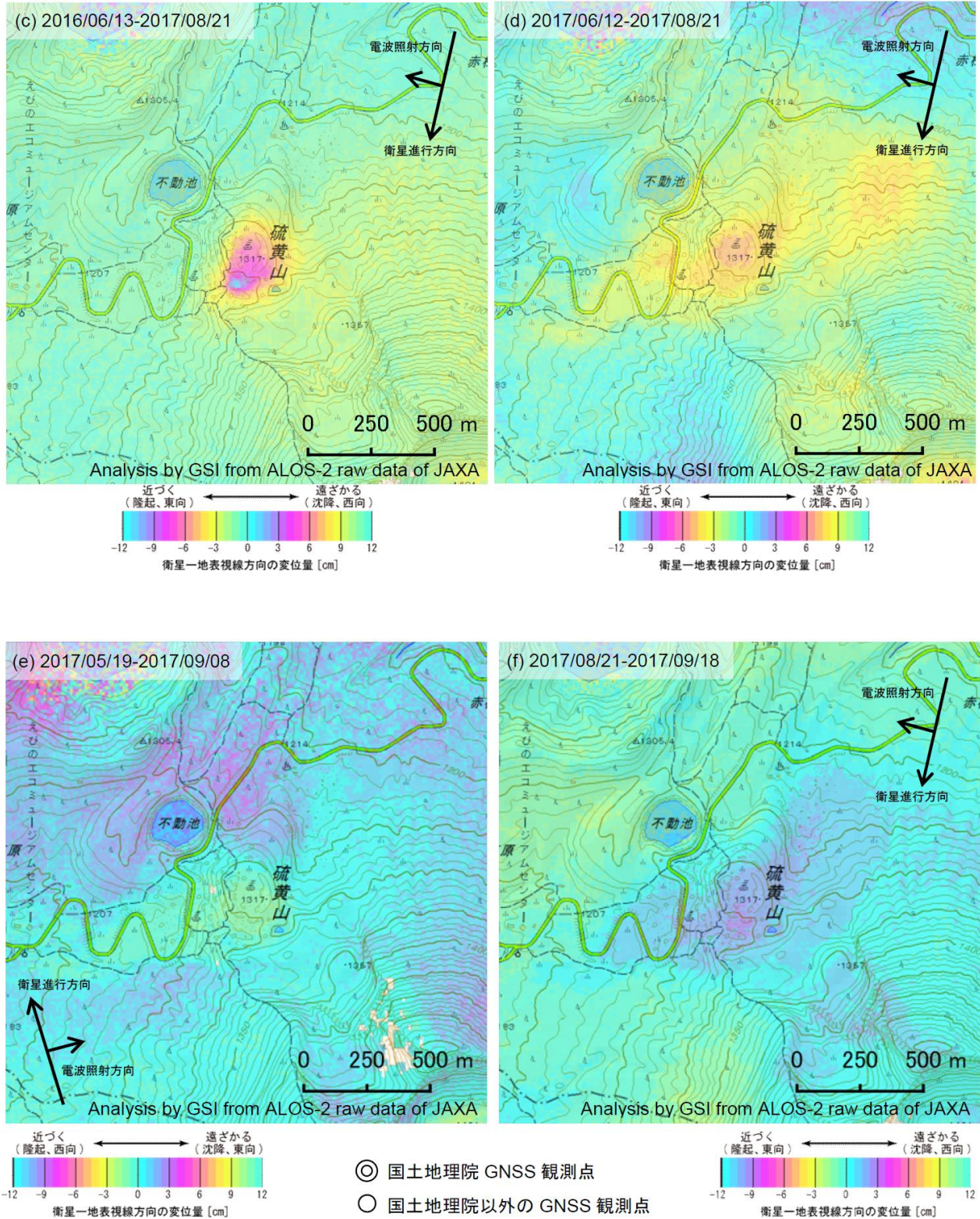
背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

第3-2図 「だいち2号」 PALSAR-2による霧島山周辺地域の解析結果

Fig.3-2 Interferometric analysis of SAR acquired by ALOS-2 PALSAR-2 around Kirishima Volcano.

霧島山

【硫黄山の拡大図】



第3-3図 「だいち2号」 PALSAR-2による霧島山周辺地域の解析結果

Fig.3-3 Interferometric analysis of SAR acquired by ALOS-2 PALSAR-2 around Kirishima Volcano.

第1表 「だいち2号」PALSAR-2による霧島山周辺地域の解析の諸元情報

Table 1. Analysis parameter of SAR acquired by ALOS-2 PALSAR-2 around Kirishima Volcano.

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2016/07/06 2017/06/21 0:18 頃 (350 日間)	2017/03/15 2017/06/21 0:18 頃 (98 日間)	2016/06/13 2017/08/21 12:19 頃 (434 日間)	2017/06/12 2017/08/21 12:19 頃 (70 日間)	2017/05/19 2017/09/08 0:12 頃 (112 日間)	2017/08/21 2017/09/18 12:19 頃 (28 日間)
衛星進行方向	北行	北行	南行	南行	北行	南行
電波照射方向	右	右	右	右	右	右
観測モード*	U-U	U-U	U-U	U-U	U-U	U-U
入射角(中心)	42.9°	42.9°	35.5°	35.5°	32.1°	35.5°
偏波	HH	HH	HH	HH	HH	HH
垂直基線長	+ 76 m	+ 146 m	- 149 m	- 216 m	- 54 m	+ 101 m

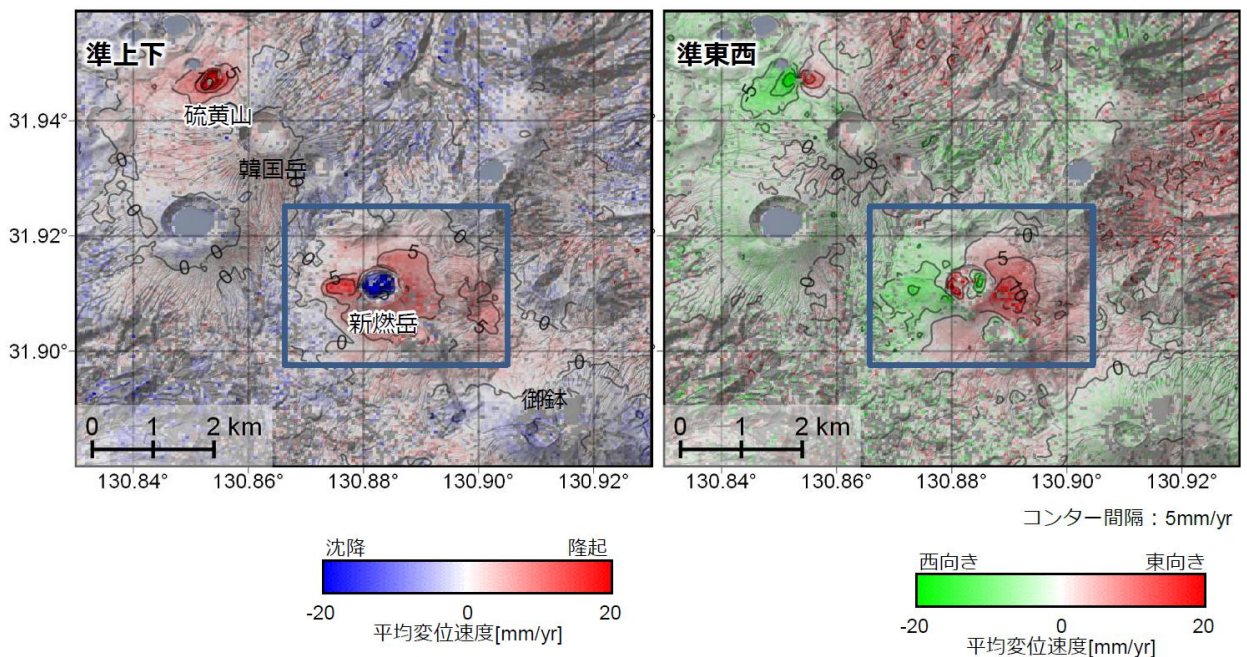
*U: 高分解能(3m)モード

霧島山（新燃岳）の干渉 SAR 時系列解析結果について

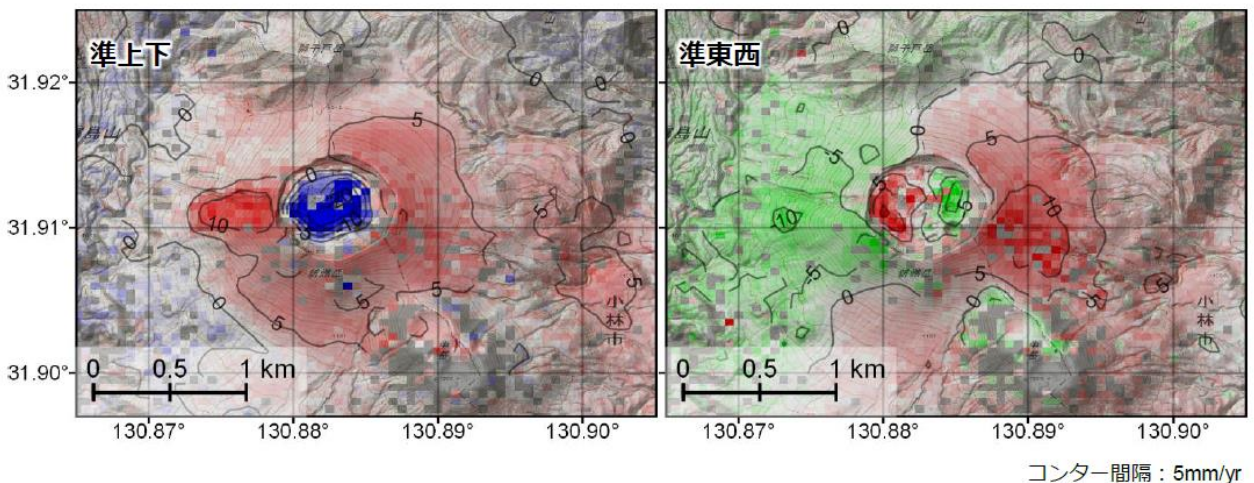
2014 年秋以降の過去約 3 年間にわたって下記の変化が見られました

- 新燃岳火口周囲直径約 2km の範囲で、最大 5mm/yr 以上の隆起、最大 10mm/yr 以上の水平方向の拡大
- 新燃岳火口西側斜面では、最大 10mm/yr 以上の局所的な隆起

過去3年間の（左）準上下（右）準東西方向の平均変位速度（四角は下図の範囲）



【新燃岳周辺の拡大図】



第4-1図 「だいち2号」 PALSAR-2による霧島山周辺地域の時系列解析結果

Fig.4-1 Time series of Interferometric analysis of SAR acquired by ALOS-2 PALSAR-2 around Kirishima Volcano.

使用データ、解析手法

- 使用したデータは、ALOS-2 の北行（パス 131）及び南行（パス 23）の右観測データ。北行は 2014 年 9 月 30 日～2017 年 10 月 10 日の 21 枚。南行は 2015 年 2 月 9 日～2017 年 9 月 18 日の 32 枚。
- 解析手法は StaMPS/MTI による時系列解析（PSI）。PS 点は 50m 間隔にリサンプルし、数値気象モデルによる対流圏誤差低減処理を適用した。
- 得られた 2 つの異なる衛星－地表方向の平均変位速度を、準上下・準東西方向に分解した（2.5 次元解析）。

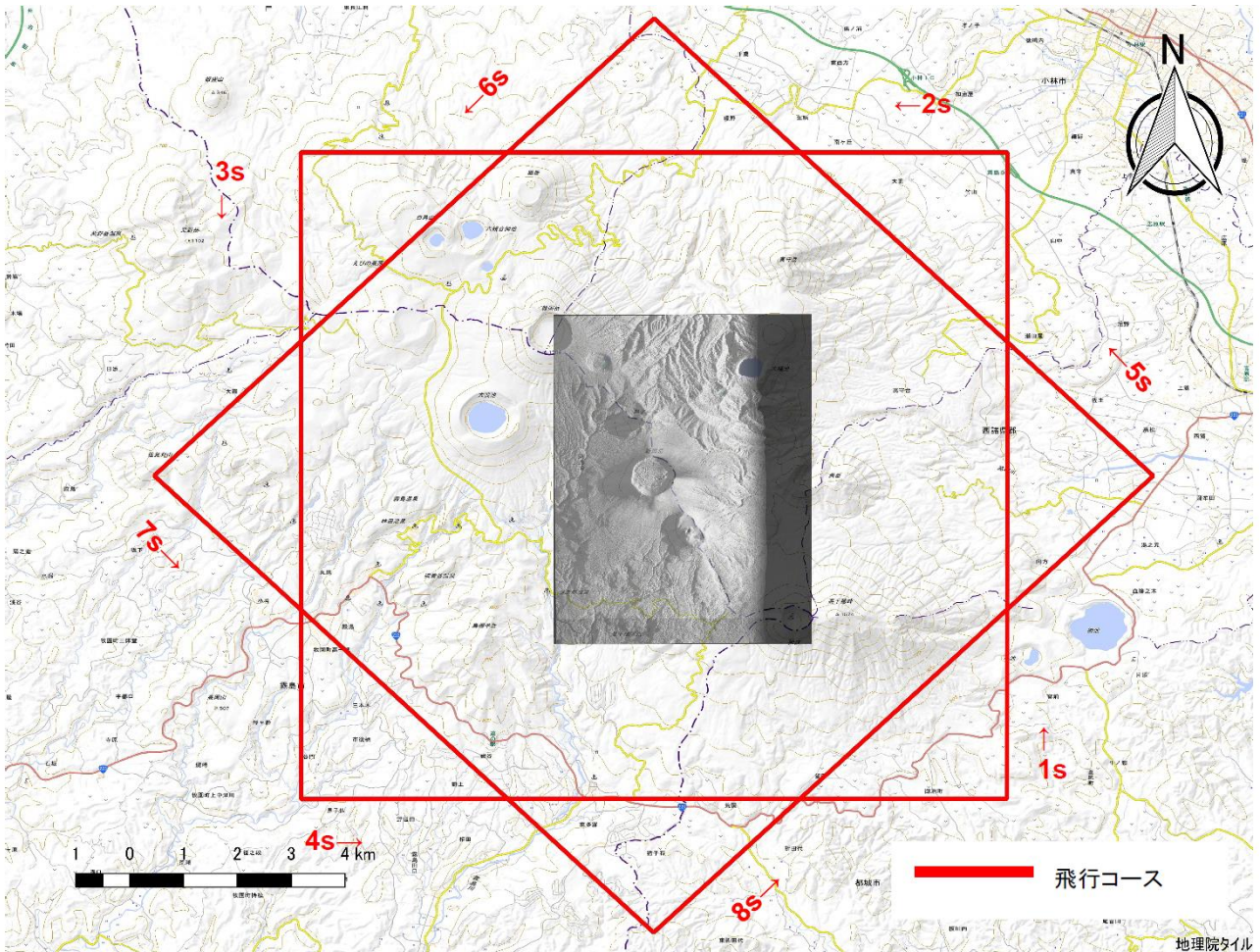
解析結果

- 北行・南行それぞれの結果で、硫黄山及び新燃岳周辺において 10mm/yr を超える平均変位速度が見られた。韓国岳や御鉢では同様の平均変位速度は見られなかった。
- 新燃岳における変位の時系列変化を確認したが、北行・南行共に解析期間内でノイズレベルを超える顕著な変位の傾向の変化は見られなかった。（そのため、変位は解析期間にわたってほぼ一定の速度で進行していると仮定した。）
- 2.5 次元解析の結果、新燃岳火口周囲直径約 2km の範囲で、最大 5mm/yr 以上の隆起、最大 10mm/yr 以上の東西方向の拡大が見られた。（南北方向は感度がないため不明である。）
- 新燃岳火口西側斜面では、最大 10mm/yr 以上の局所的な隆起が見られた。
- 新燃岳火口内では、最大 20mm/yr 以上の沈降、最大 10mm/yr 以上の東西方向の縮小が見られた。
- 硫黄山では、最大 20mm/yr 以上の隆起、最大 15mm/yr 以上の東西方向の拡大が見られた。
- PS 点を 50m 間隔にリサンプルしているため、局所的な変動の最大値は検出されたものより大きい可能性がある。

第4-2図 「だいち 2 号」 PALSAR-2による霧島山周辺地域の時系列解析結果

Fig.4-2 Time series of Interferometric analysis of SAR acquired by ALOS-2 PALSAR-2 around Kirishima Volcano.

霧島山(新燃岳)の航空機SAR観測について



国土地理院は、平成29年10月12日、測量用航空機くにかぜⅢに搭載したSARを用いて新燃岳周辺の観測を行った。

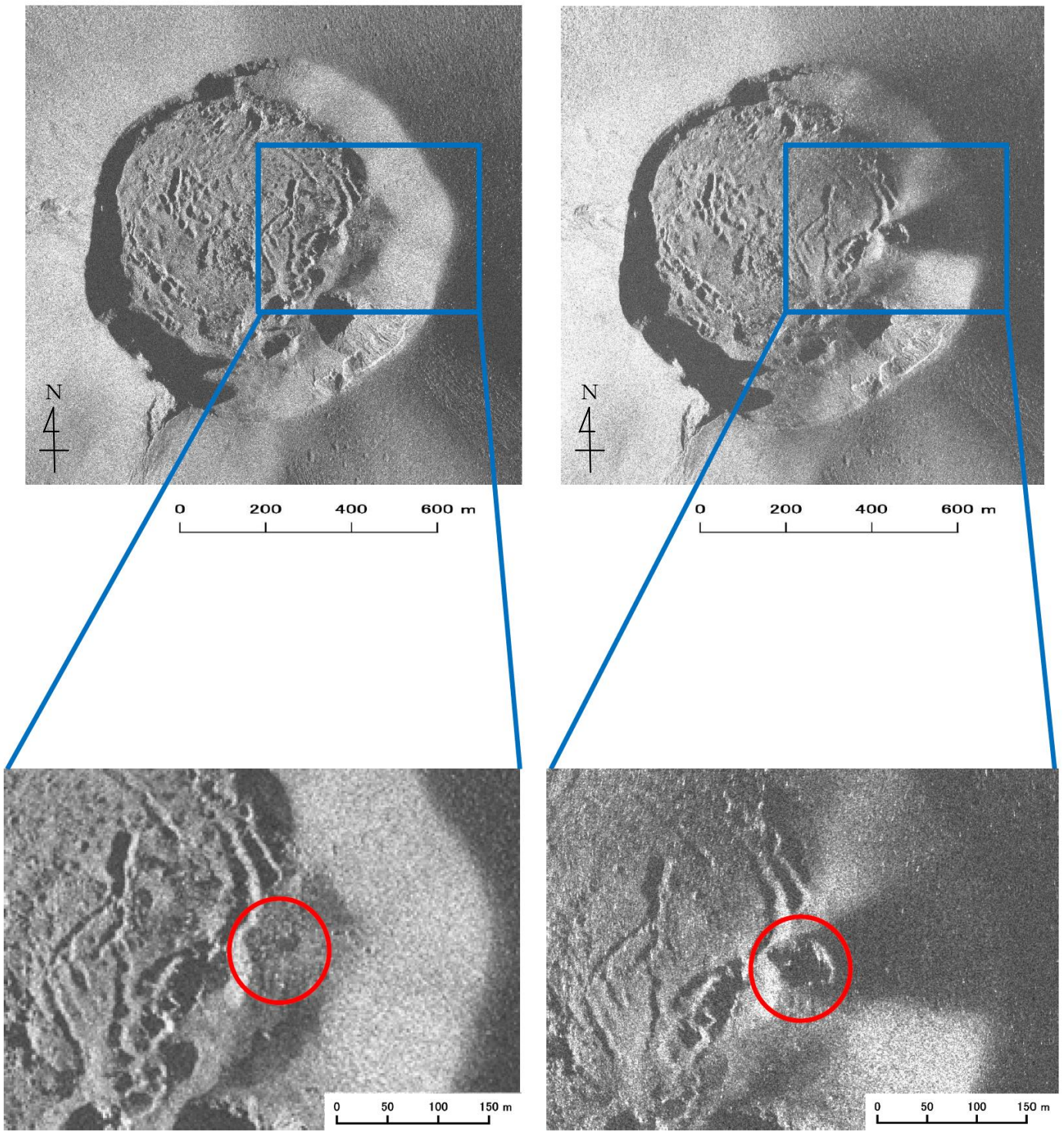
高度約3750m、オフナディア角70度で、8方向(東・北・西・南・北東・北西・南西・南東方向)から観測した。(上図に示した画像は東側から観測した画像)

平成26年11月5日に観測したSAR画像と新燃岳火口付近を比較(次ページ参照)すると、今回の画像では、今回の噴煙と対応する火口内東側に新たな凹地が見られる。(赤丸部分。また、凹地東側に反射強度の低い扇状の領域が見られる。)

第5-1図 測量用航空機くにかぜに搭載したSARによる霧島山周辺地域の観測結果

Fig.5-1 The result of airborne SAR on board survey aircraft KUNIKAZE around Kirishima Volcano.

霧島山(新燃岳)航空機SAR画像(西側から観測)の新旧比較



第5-2図 測量用航空機くにかぜに搭載したSARによる霧島山周辺地域の観測結果

Fig.5-2 The result of airborne SAR on board survey aircraft KUNIKAZE around Kirishima Volcano.