浅間山周辺の地殻変動*

Crustal Deformations around Asama Volcano

国土地理院

Geospatial Information Authority of Japan

第１図から第３図は、浅間山周辺における GNSS 連続観測結果である。

第１図上段に基線の配置を、下段に各観測局の保守履歴を示した。

第２図は、第１図に示した基線の基線長変化グラフ（2018 年 11 月～2023 年 11 月）で、上段は長期の時系列、下段は短期の時系列である。

第３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、「東部」を固定局としている。第３図上段に最近３ヶ月間（2023 年８月～2023 年 11 月）を、下段に最近１年間（2022 年 11 月～2023 年 11 月）を示した。顕著な地殻変動は観測されていない。

第４図は、「だいち２号」のSAR干渉解析結果である。

第５図は、「だいち２号」の干渉SAR時系列解析結果である。ノイズレベルを超える変動は見られない。

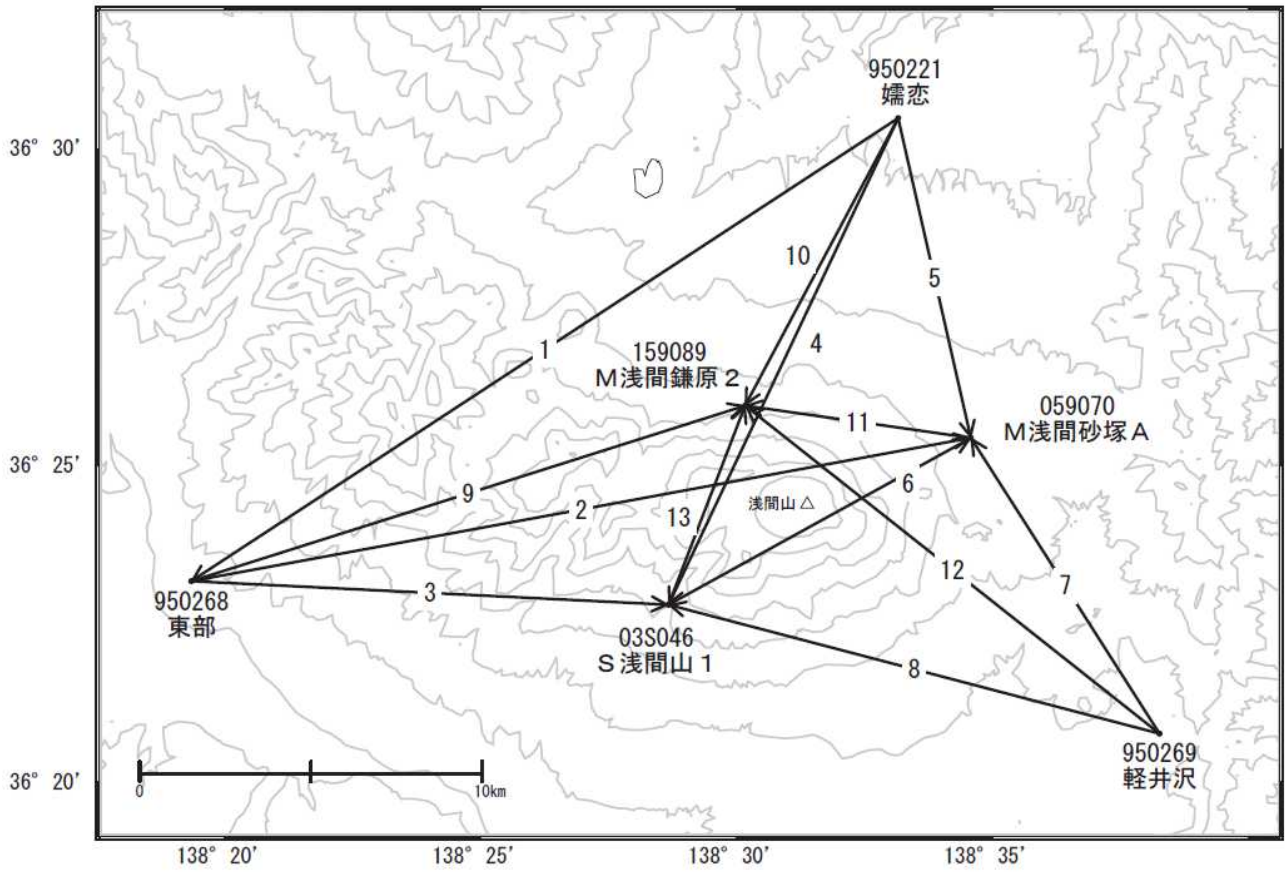
第６図は、浅間山の地殻変動力源の位置と体積変化である。解析に使用するGNSS観測点の一部は、草津白根山の活動の影響を受けるため、今回の解析では草津白根山地域との同時解析を行った。第6-1図では、浅間山の浅部に傾斜角101°のダイク（力源１）を仮定した。深部に回転楕円体の力源（力源２）が推定されている。力源１は2020 年冬頃から収縮しているが、力源２の体積変化は2020年夏頃から停滞している。第6-2図は浅間山周辺のGNSS観測点の座標時系列と計算値である。計算値は座標時系列を概ね説明している。

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。

＊　2024 年 11 月 11 日受付

浅間山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図



浅間山周辺の各観測局情報

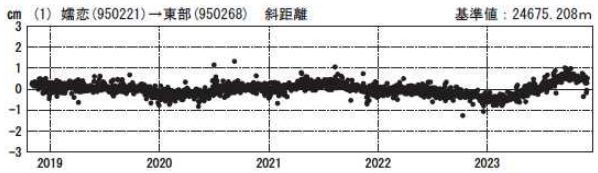
点番号	点名	日付	保守内容
03S046	S浅間山1	2018-11-20	受信機更新
		2019-07-18	伐採
		2023-11-29	受信機交換
059070	M浅間砂塚A	2021-10-25	伐採
950269	軽井沢	2019-10-24	受信機更新
950221	嬬恋	2019-10-25	受信機更新
950268	東部	2021-01-14	アンテナ更新・受信機更新

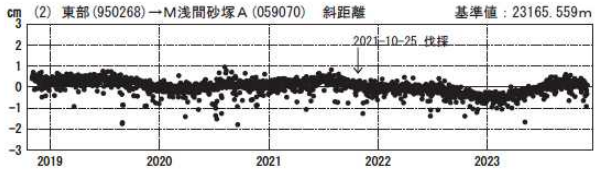
第 1 図　浅間山周辺の GNSS 連続観測基線図（上段）と観測局の保守履歴（下段）

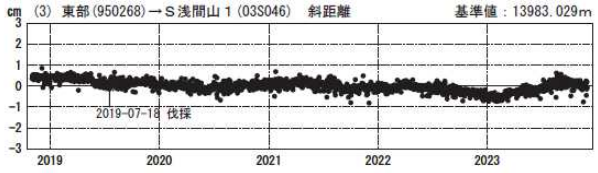
Fig.1　(upper) Site location map of the continuous GNSS observation network around Asama Volcano; (lower) History of site maintenance.

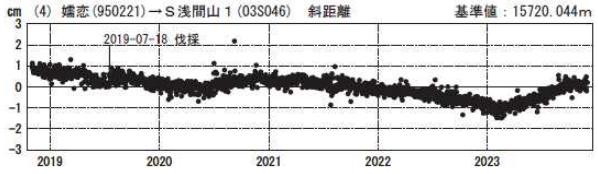
基線変化グラフ（長期）

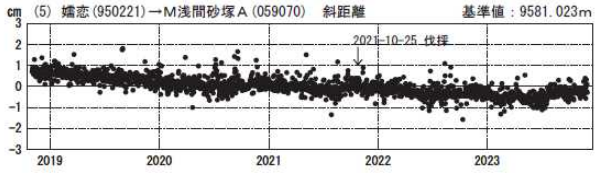
期間：2018-11-01～2023-11-30 JST

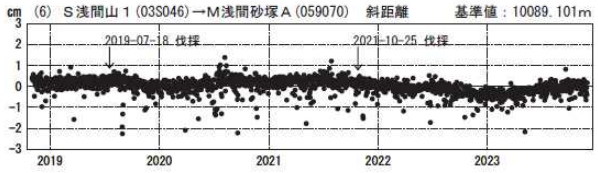


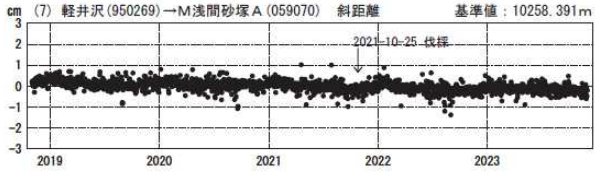


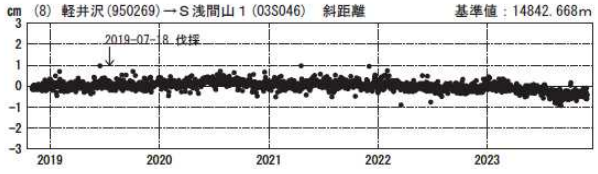






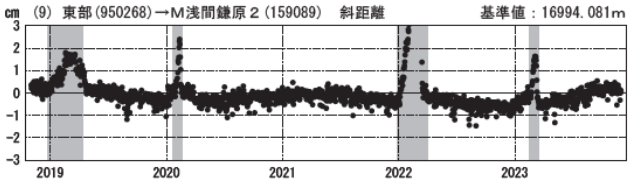


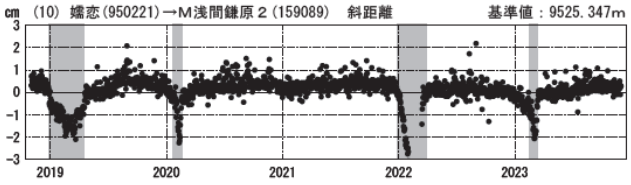


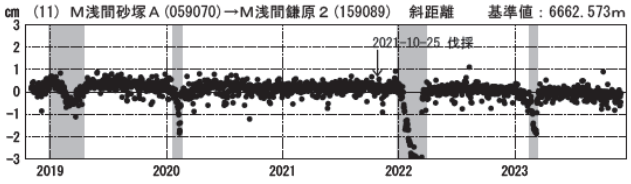


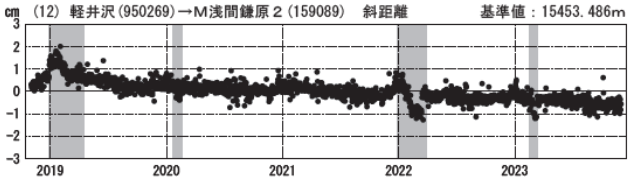
基線変化グラフ（長期）

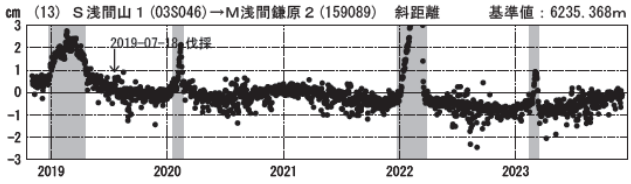
期間：2018-11-01～2023-11-30 JST











●---[F5：最終解]　○---[R5：速報解]

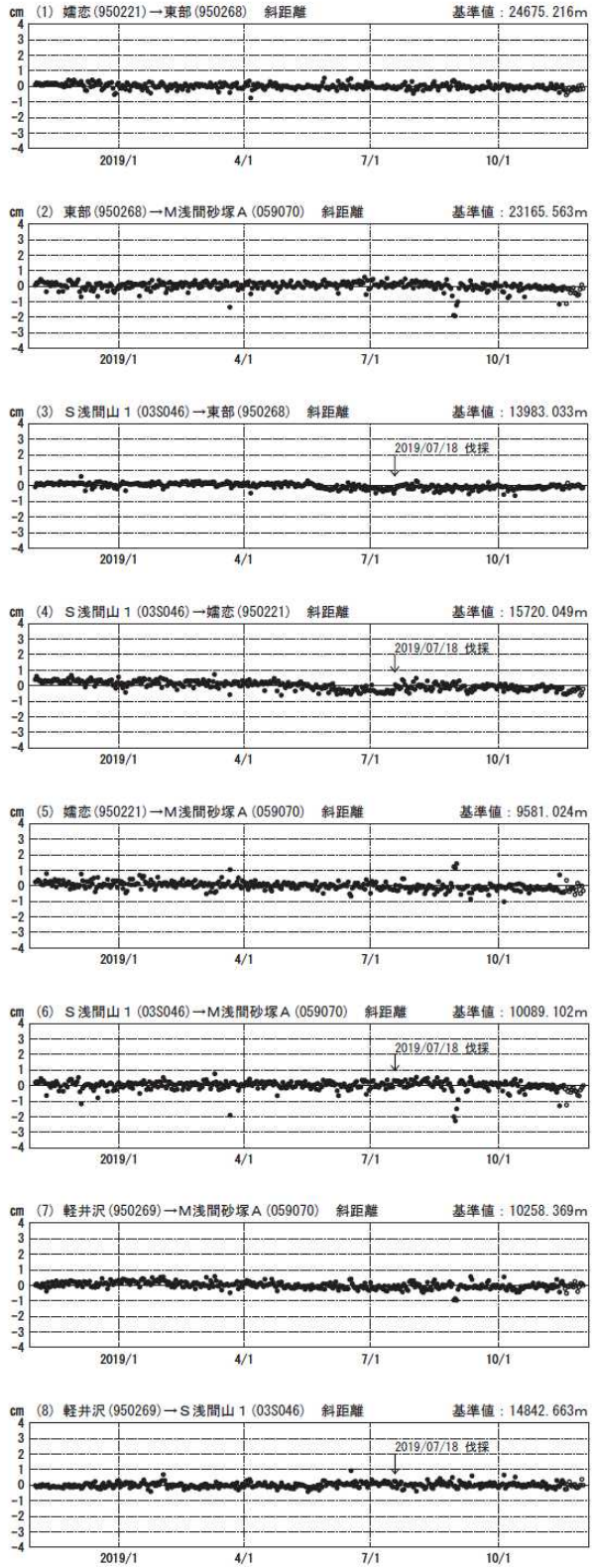
※[R5：速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

（注）「M浅間鎌原２」について
・網掛け期間に見られる急激な変動は、凍上（土壌の凍結による地面の隆起）による装置の傾斜が原因です。

浅間山

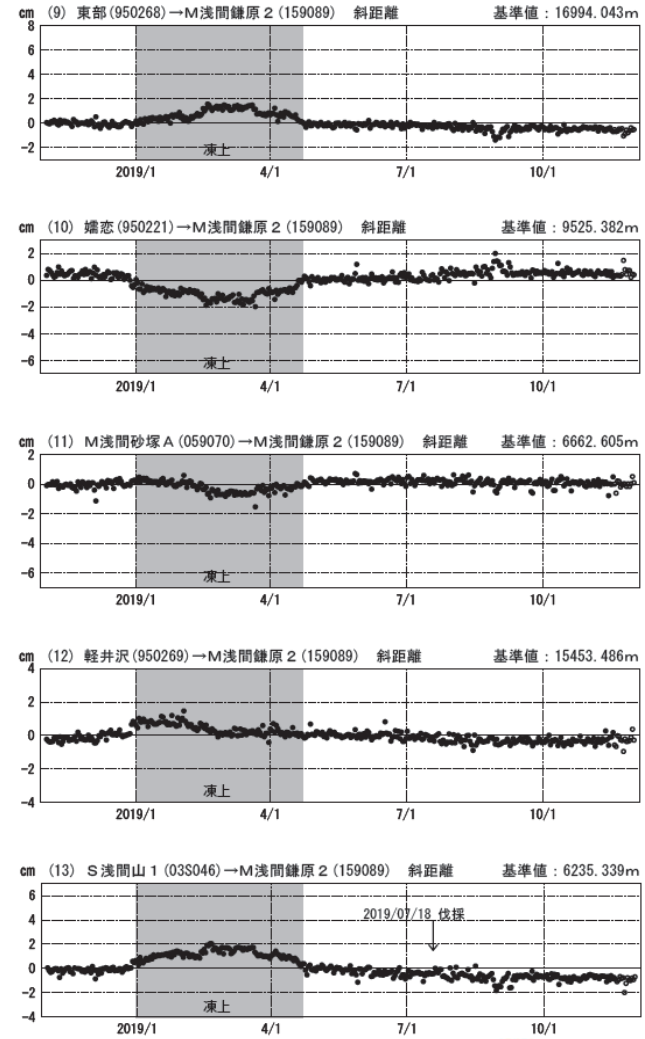
基線変化グラフ（短期）

期間：2018/11/01～2019/11/30 JST



基線変化グラフ（短期）

期間：2018/11/01～2019/11/30 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

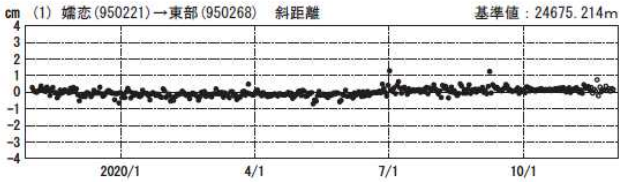
（注）「M浅間鎌原２」について

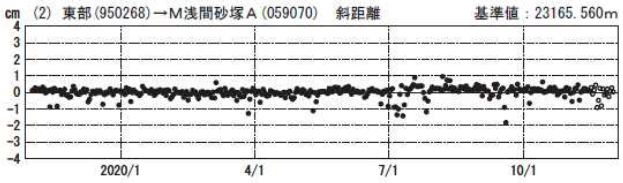
・網掛け期間に見られる急激な変動は、凍上（土壌の凍結による地面の隆起）による装置の傾斜が原因です。

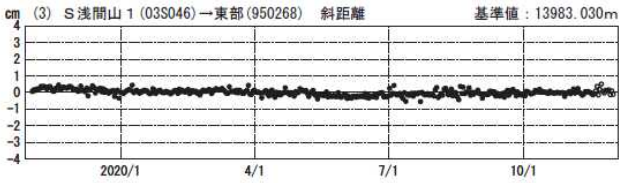
浅間山

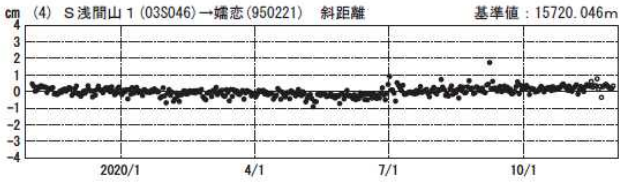
基線変化グラフ（短期）

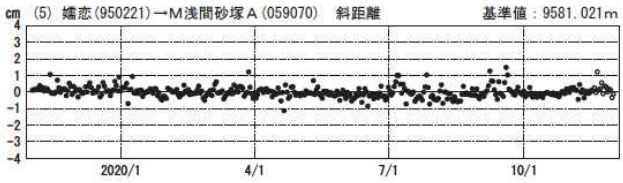
期間：2019/11/01～2020/11/30 JST

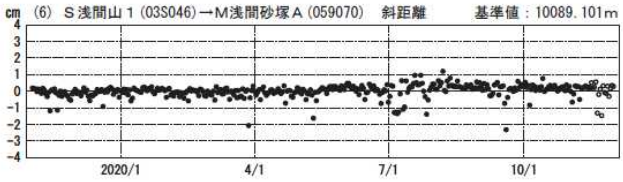


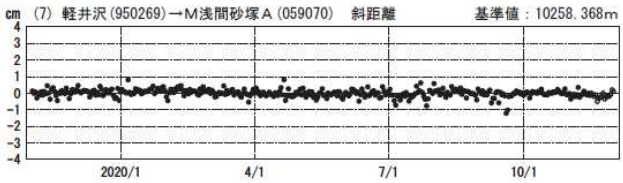


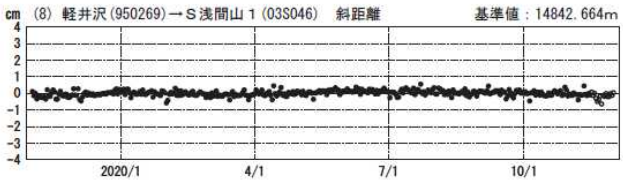






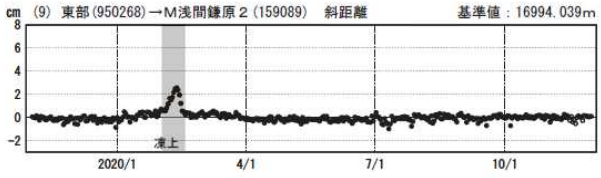


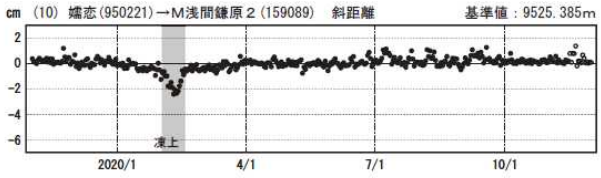


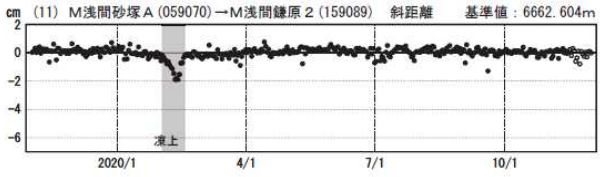


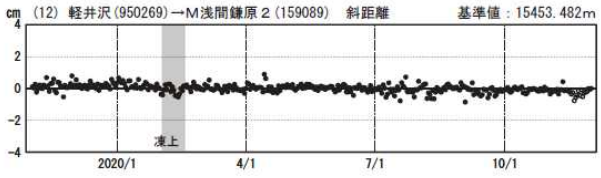
基線変化グラフ（短期）

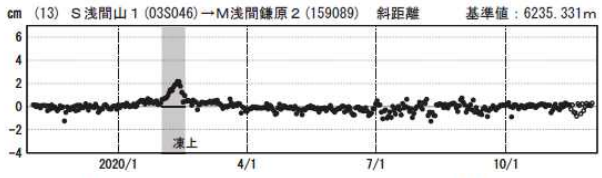
期間：2019/11/01～2020/11/30 JST











●---[F3：最終解]　○---[R3：速報解]

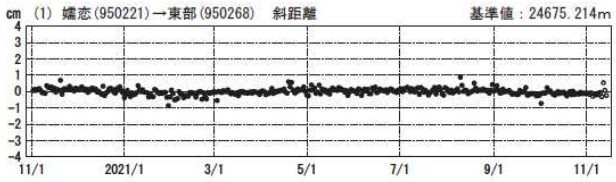
※[R3：速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

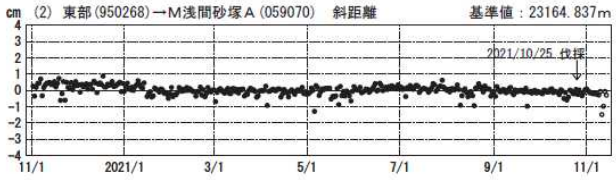
（注）「M浅間鎌原２」について
・網掛け期間に見られる急激な変動は、凍上（土壌の凍結による地面の隆起）による装置の傾斜が原因です。

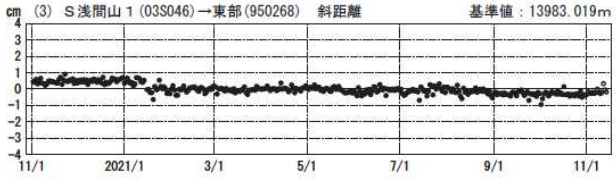
浅間山

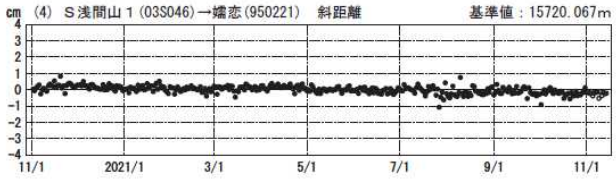
基線変化グラフ（短期）

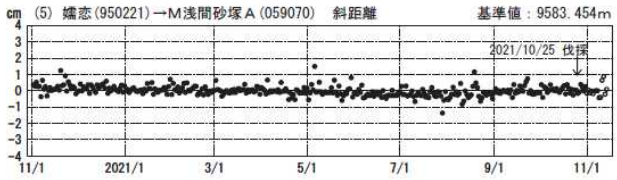
期間：2020/11/01～2021/11/13 JST

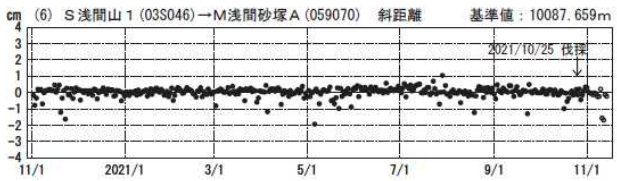


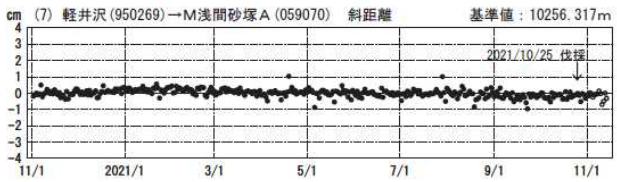


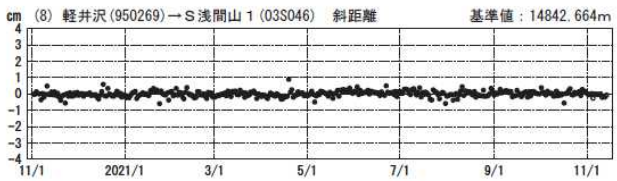






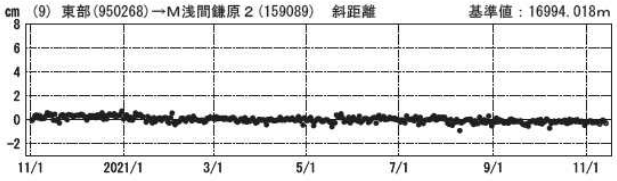


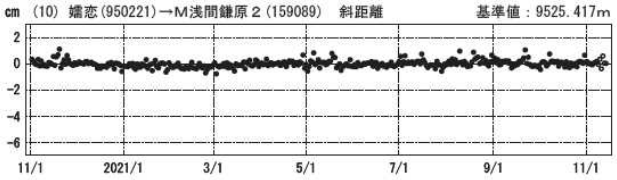


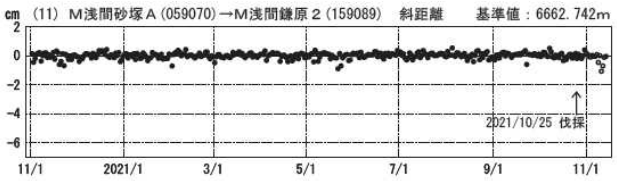


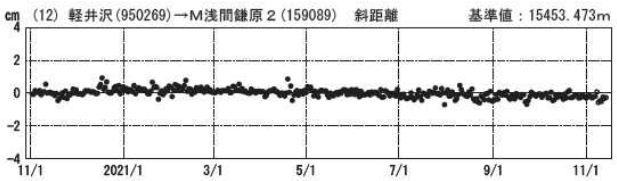
基線変化グラフ（短期）

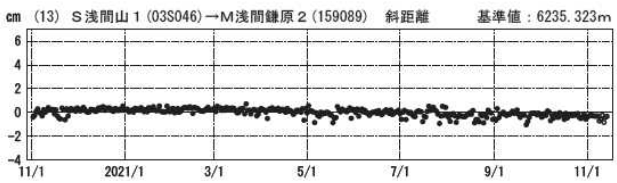
期間：2020/11/01～2021/11/13 JST











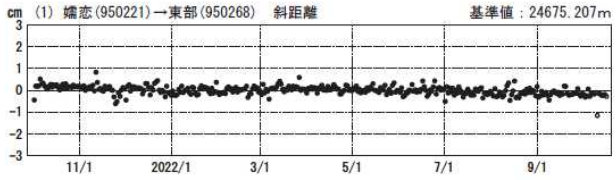
●---[F5：最終解]　○---[R5：速報解]

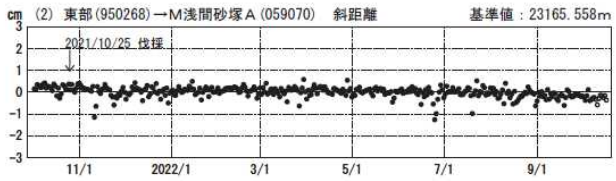
※[R5：速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

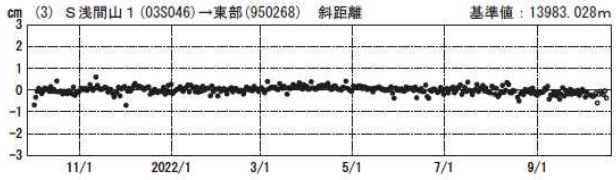
浅間山

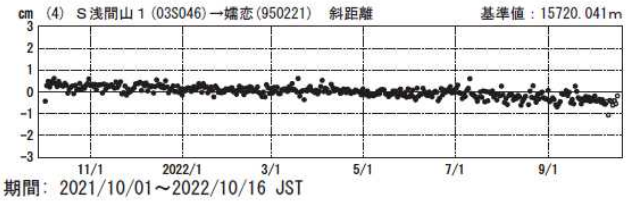
基線変化グラフ（短期）

期間：2021/10/01～2022/10/16 JST

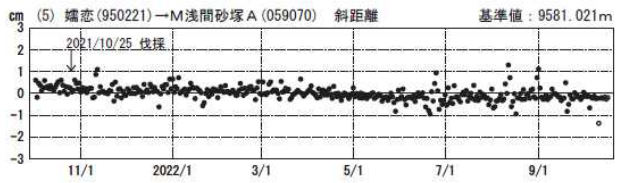


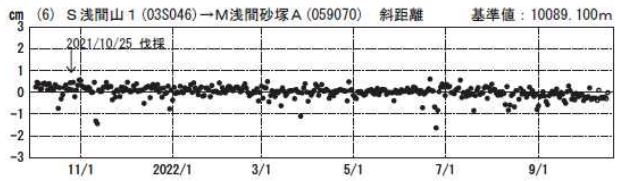


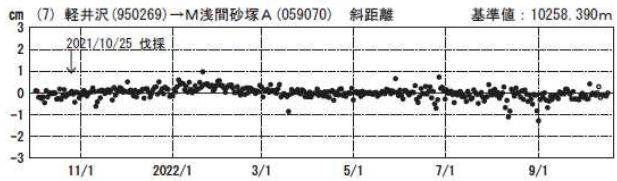


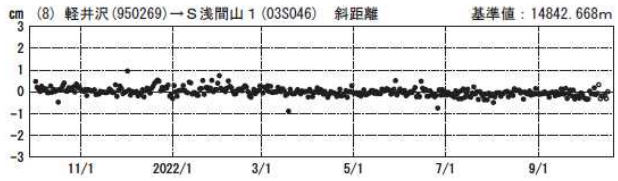


期間：2021/10/01～2022/10/16 JST



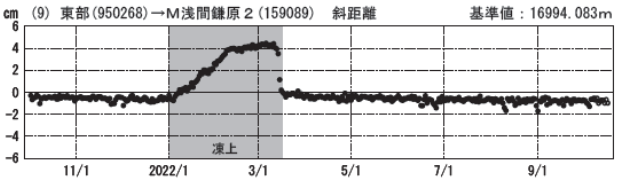


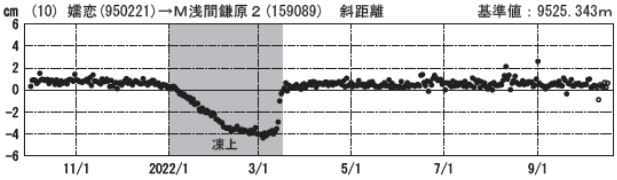


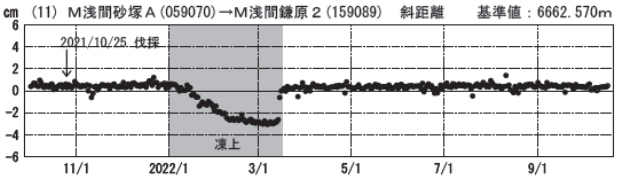


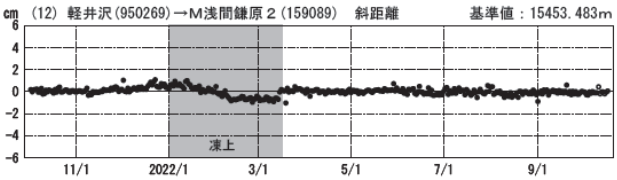
基線変化グラフ（短期）

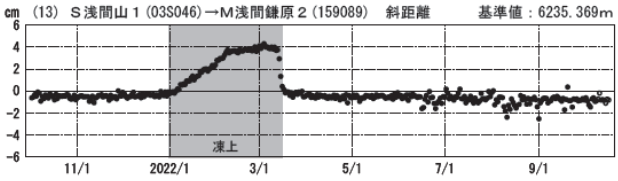
期間：2021/10/01～2022/10/16 JST









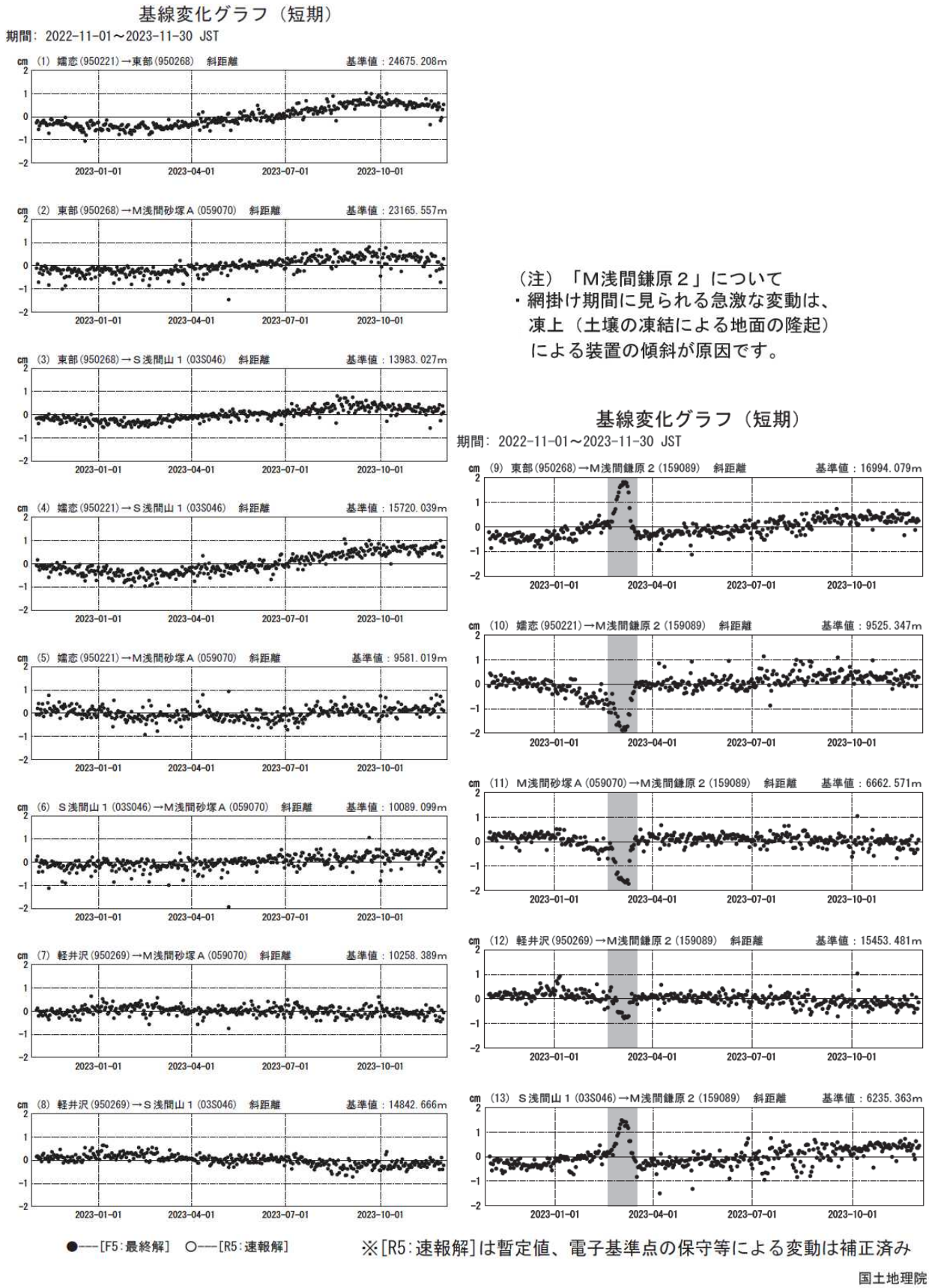


●──[F5:最終解]　○──[R5:速報解]

※[R5: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

（注）「M浅間鎌原２」について
・網掛け期間に見られる急激な変動は、凍上（土壌の凍結による地面の隆起）による装置の傾斜が原因です。

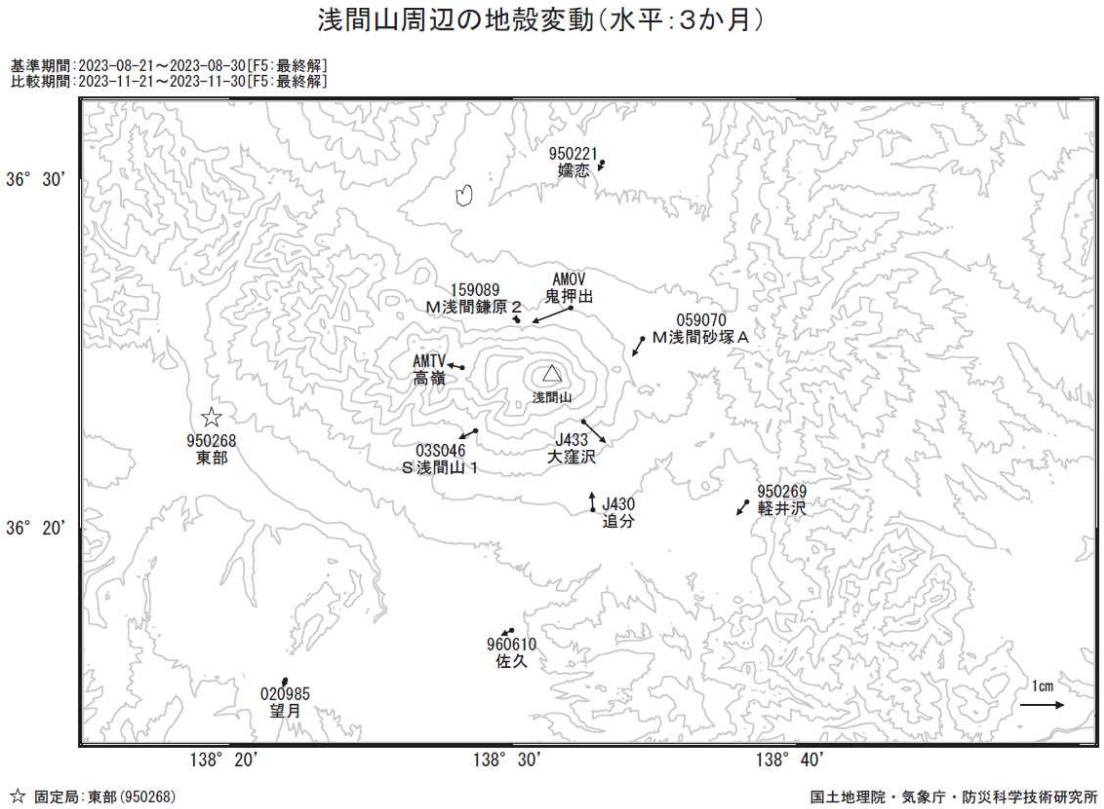
浅間山

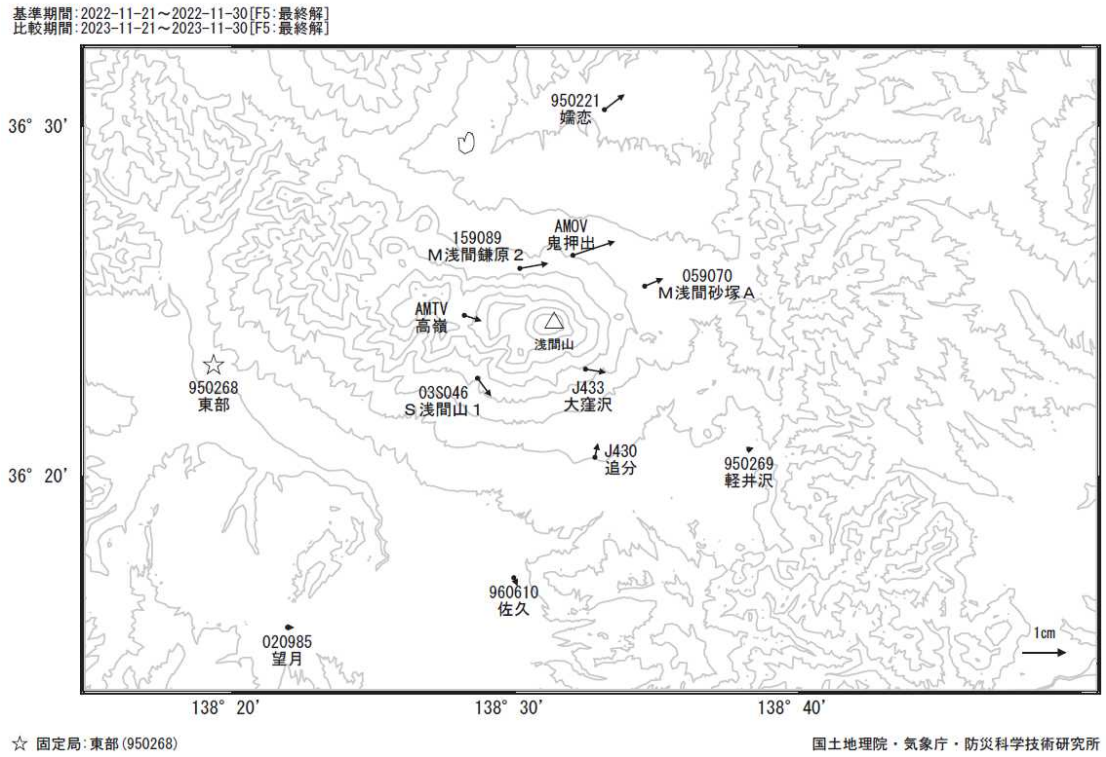


第２図　浅間山周辺の GNSS 連続観測による基線変化グラフ（2018 年 11 月～2023 年 11 月）

Fig.2 Time series of baseline length by continuous GNSS observation around Asama Volcano from November 2018 to November 2023.

浅間山

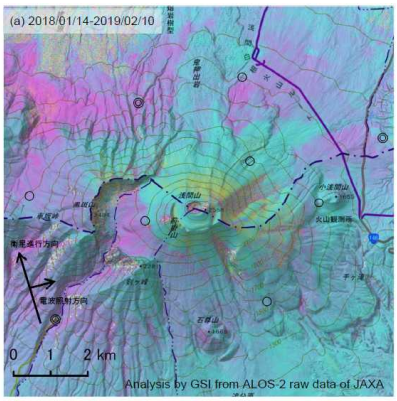




第３図　浅間山周辺の電子基準点・気象庁・防災科学技術研究所 GNSS 観測点の統合解析による水平変動ベクトル図　（上段：2023 年８月～2023 年 11 月、下段：2022 年 11 月～2023 年 11 月）

Fig.3 Horizontal displacements of GEONET, JMA and NIED stations by the combined analyzing system around Asama Volcano;
(upper) from August 2023 to November 2023, (lower) from November 2022 to November 2023.

浅間山

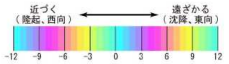


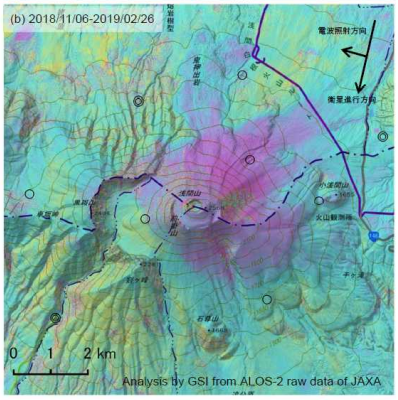
	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2018/01/14 2019/02/10 23:38 頃 (392 日間)	2018/11/06 2019/02/26 11:50 頃 (112 日間)
衛星進行方向	北行	南行
電波照射方向	右	右
観測ﾓｰﾄﾞ*	U-U	U-U
入射角(中心)	31.9°	37.2°
偏波	HH	HH
垂直基線長	- 234m	+ 460 m

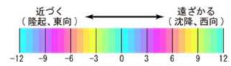
*U: 高分解能(3m)モード

◎ 国土地理院 GNSS 観測点

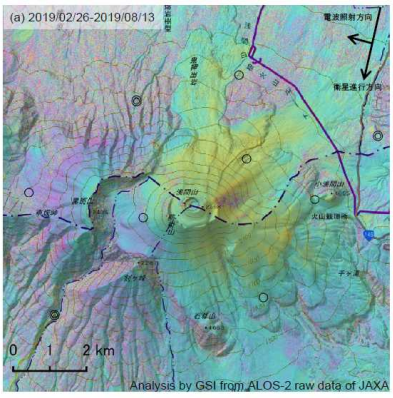
○ 国土地理院以外の GNSS 観測点







背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

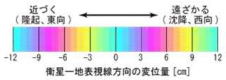


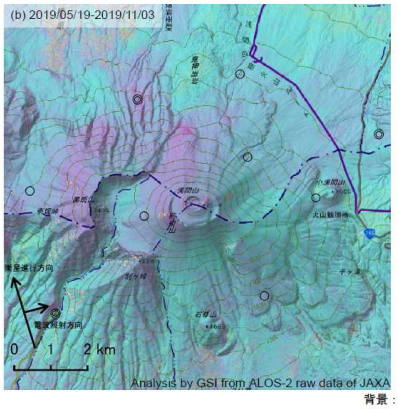
	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2019/02/26 2019/08/13 11:50 頃 (168 日間)	2019/05/19 2019/11/03 23:38 頃 (168 日間)
衛星進行方向	南行	北行
電波照射方向	右	右
観測ﾓｰﾄﾞ*	U-U	U-U
入射角	37.2°	31.9°
偏波	HH	HH
垂直基線長	- 304 m	+ 50 m

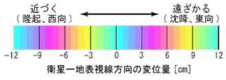
*U: 高分解能(3m)モード

◎ 国土地理院 GNSS 観測点

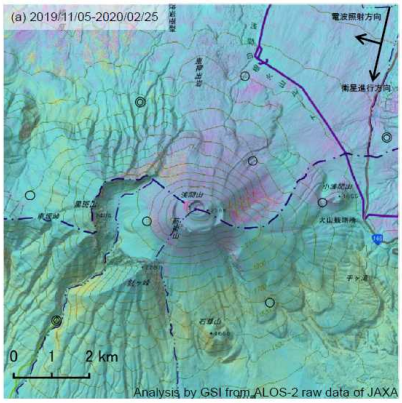
○ 国土地理院以外の GNSS 観測点







背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

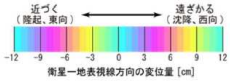


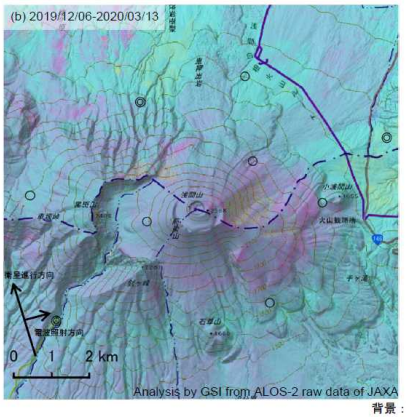
	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2019/11/05 2020/02/25 11:50 頃 (112 日間)	2019/12/06 2020/03/13 23:45 頃 (98 日間)
衛星進行方向	南行	北行
電波照射方向	右	右
観測ﾓｰﾄﾞ*	U-U	U-U
入射角	37.2°	42.3°
偏波	HH	HH
垂直基線長	+ 164 m	+ 69 m

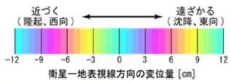
*U: 高分解能(3m)モード

◎ 国土地理院 GNSS 観測点

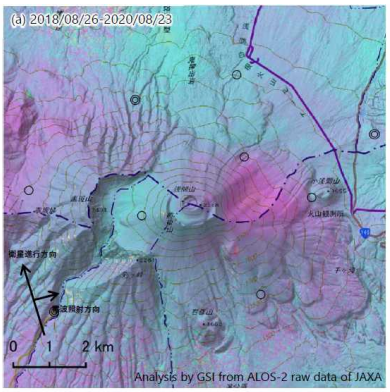
○ 国土地理院以外の GNSS 観測点







背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

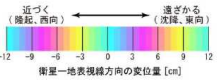


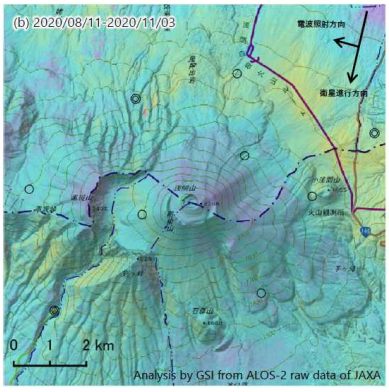
	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2018/08/26 2020/08/23 23:38頃 (728日間)	2020/08/11 2020/11/03 11:50頃 (84日間)
衛星進行方向	北行	南行
電波照射方向	右(東)	右(西)
観測モード*	H-H	U-U
入射角	31.9°	37.2°
偏波	HH	HH
垂直基線長	+ 120m	- 42m

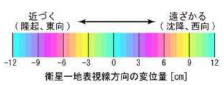
* U：高分解能(3m)モード
H：高分解能(6m)モード

◎ 国土地理院GNSS観測点

○ 国土地理院以外のGNSS観測点

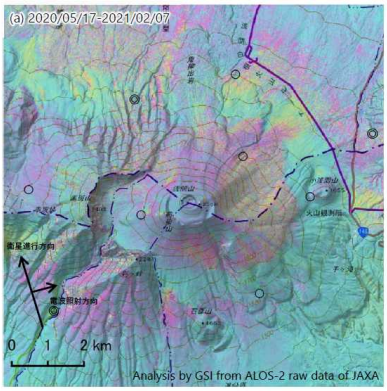






背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

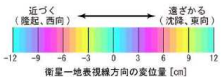
浅間山

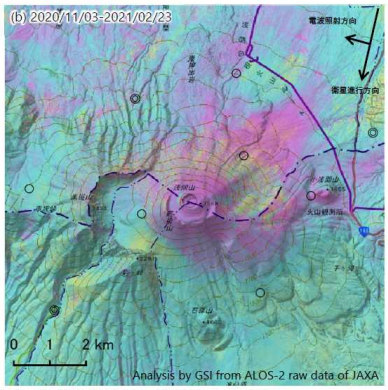


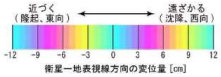
	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2020/05/17 2021/02/07 23:38頃 (266日間)	2020/11/03 2021/02/23 11:50頃 (112日間)
衛星進行方向	北行	南行
電波照射方向	右(東)	右(西)
観測モード*	U-U	U-U
入射角	31.9°	37.2°
偏波	HH	HH
垂直基線長	- 98m	+ 291m

* U：高分解能(3m)モード

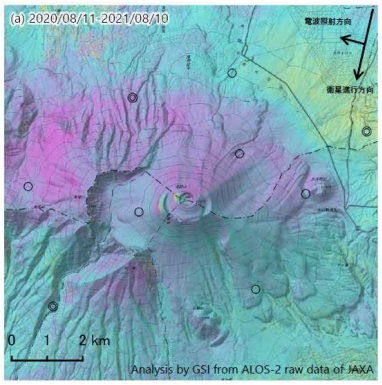
◎ 国土地理院GNSS観測点
○ 国土地理院以外のGNSS観測点







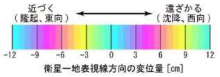
背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

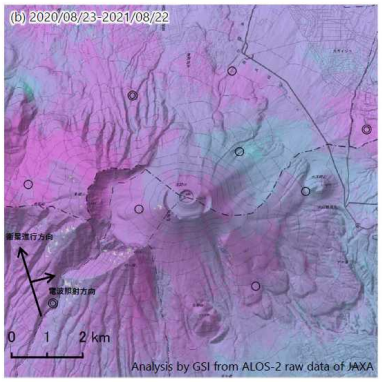


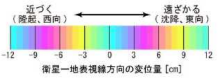
	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2020/08/11 2021/08/10 11:50頃 (364日間)	2020/08/23 2021/08/22 23:38頃 (364日間)
衛星進行方向	南行	北行
電波照射方向	右(西)	右(東)
観測モード*	U-U	H-H
入射角	37.2°	31.9°
偏波	HH	HH
垂直基線長	- 127m	+ 19m

* U：高分解能(3m)モード
H：高分解能(6m)モード

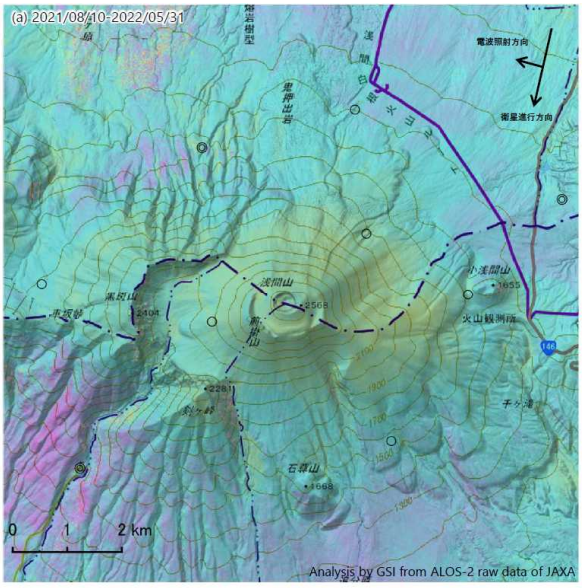
◎ 国土地理院GNSS観測点
○ 国土地理院以外のGNSS観測点







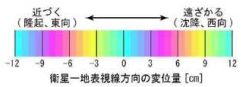
背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図



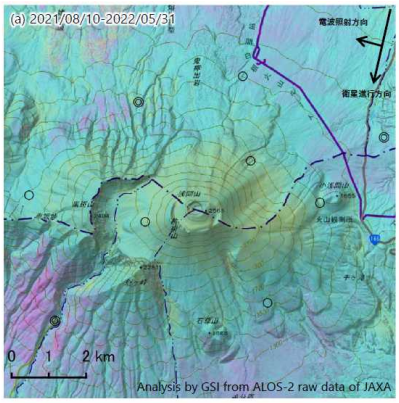
	(a)
衛星名	ALOS-2
観測日時	2021/08/10 2022/05/31 11:50頃 (294日間)
衛星進行方向	南行
電波照射方向	右(西)
観測モード*	U-U
入射角	37.2°
偏波	HH
垂直基線長	+ 117m

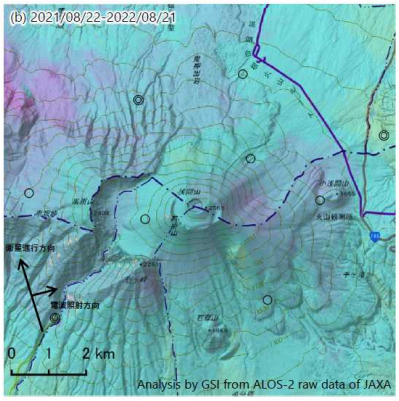
* U：高分解能(3m)モード

◎ 国土地理院GNSS観測点
○ 国土地理院以外のGNSS観測点



背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

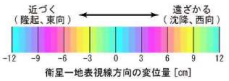


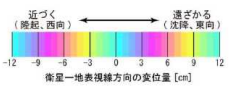


	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2021/08/10 2022/05/31 11:50頃 (294日間)	2021/08/22 2022/08/21 23:38頃 (364日間)
衛星進行方向	南行	北行
電波照射方向	右(西)	右(東)
観測モード*	U-U	H-H
入射角	37.2°	31.9°
偏波	HH	HH
垂直基線長	+ 113m	- 46m

* U：高分解能(3m)モード
H：高分解能(6m)モード

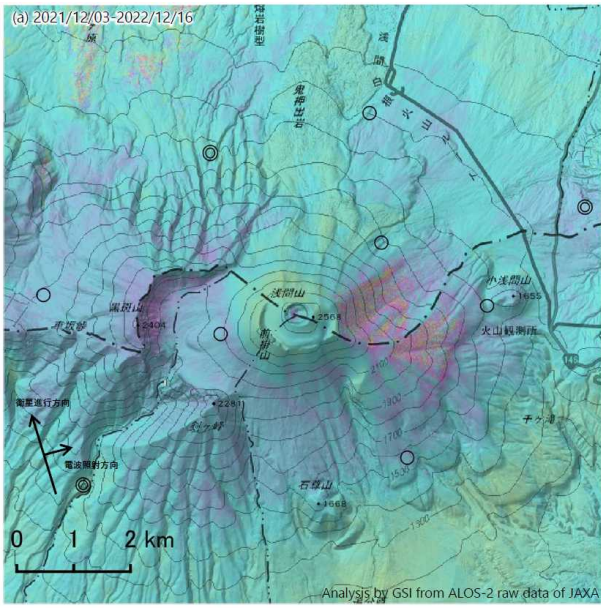
◎ 国土地理院GNSS観測点
○ 国土地理院以外のGNSS観測点





背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

浅間山



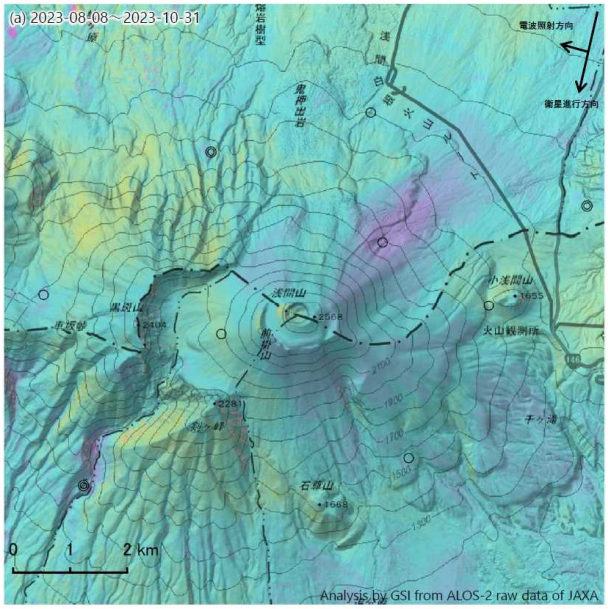
	(a)
衛星名	ALOS-2
観測日時	2021/12/03 2022/12/16 23:45頃 (378日間)
衛星進行方向	北行
電波照射方向	右(東)
観測モード*	U-U
入射角	42.3°
偏波	HH
垂直基線長	- 29m

＊　U：高分解能(3m)モード

◎　国土地理院GNSS観測点
○　国土地理院以外のGNSS観測点

近づく（隆起、西向）　遠ざかる（沈降、東向）
-12 -9 -6 -3 0 3 6 9 12
衛星ー地表視線方向の変位量［cm］

背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図



	(a)
衛星名	ALOS-2
観測日時	2023-08-08 2023-10-31 11:50頃 (84日間)
衛星進行方向	南行
電波照射方向	右(西)
観測モード*	U-U
入射角	37.2°
偏波	HH
垂直基線長	- 136m

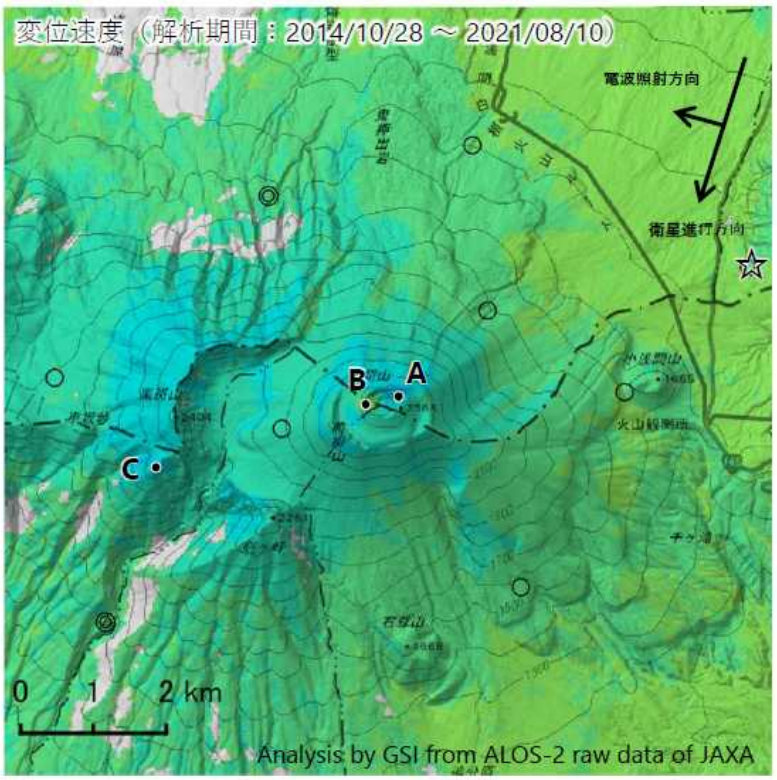
＊　U：高分解能(3m)モード

◎　国土地理院GNSS観測点
○　国土地理院以外のGNSS観測点

近づく（隆起、東向）　遠ざかる（沈降、西向）
-12 -9 -6 -3 0 3 6 9 12
衛星ー地表視線方向の変位量［cm］

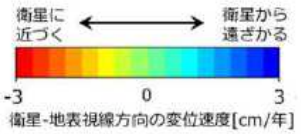
背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

第４図　「だいち２号」PALSAR-2 による浅間山周辺地域の解析結果
Fig.4 SAR Interferograms of ALOS-2 PALSAR-2 around Asama Volcano.

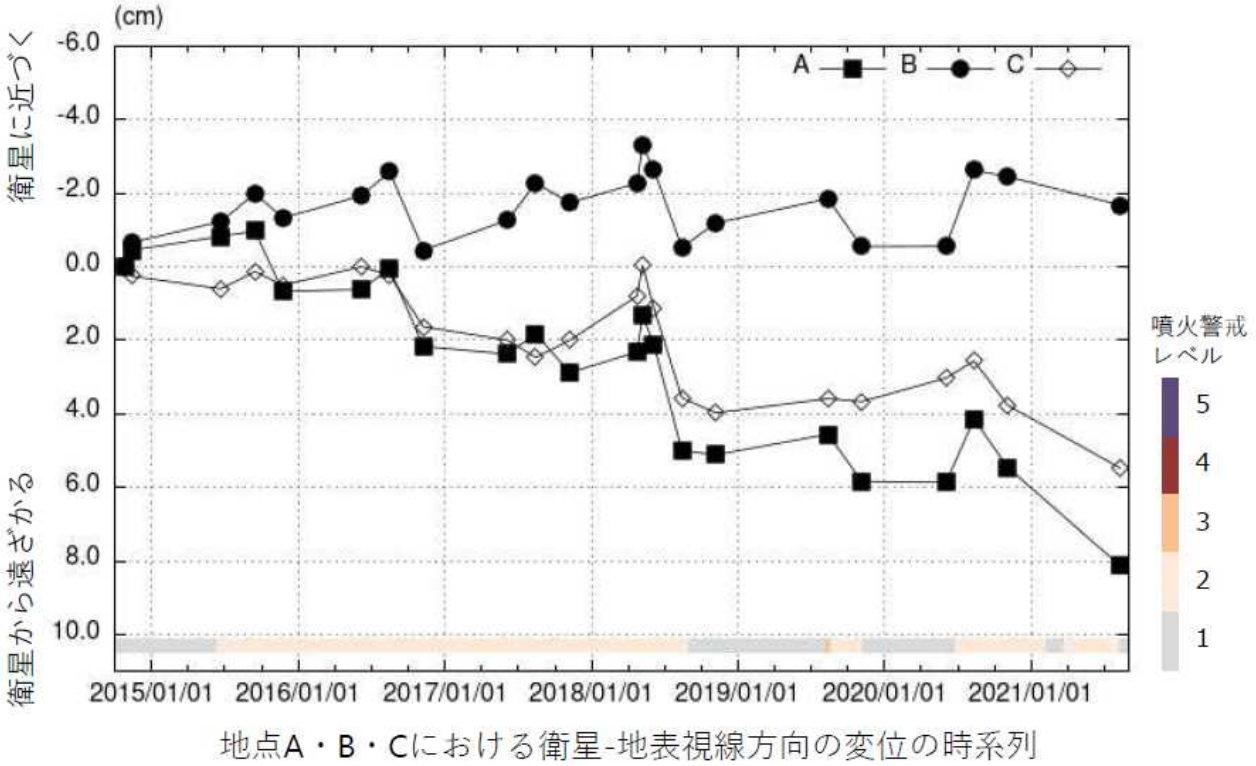


衛星名	ALOS-2
観測期間	2014/10/28 ～ 2021/08/10 (2478日間)
衛星進行方向	南行
電波照射方向	右(西)
観測モード*	U
入射角	37.2°
偏波	HH
データ数	22
干渉ペア数	58

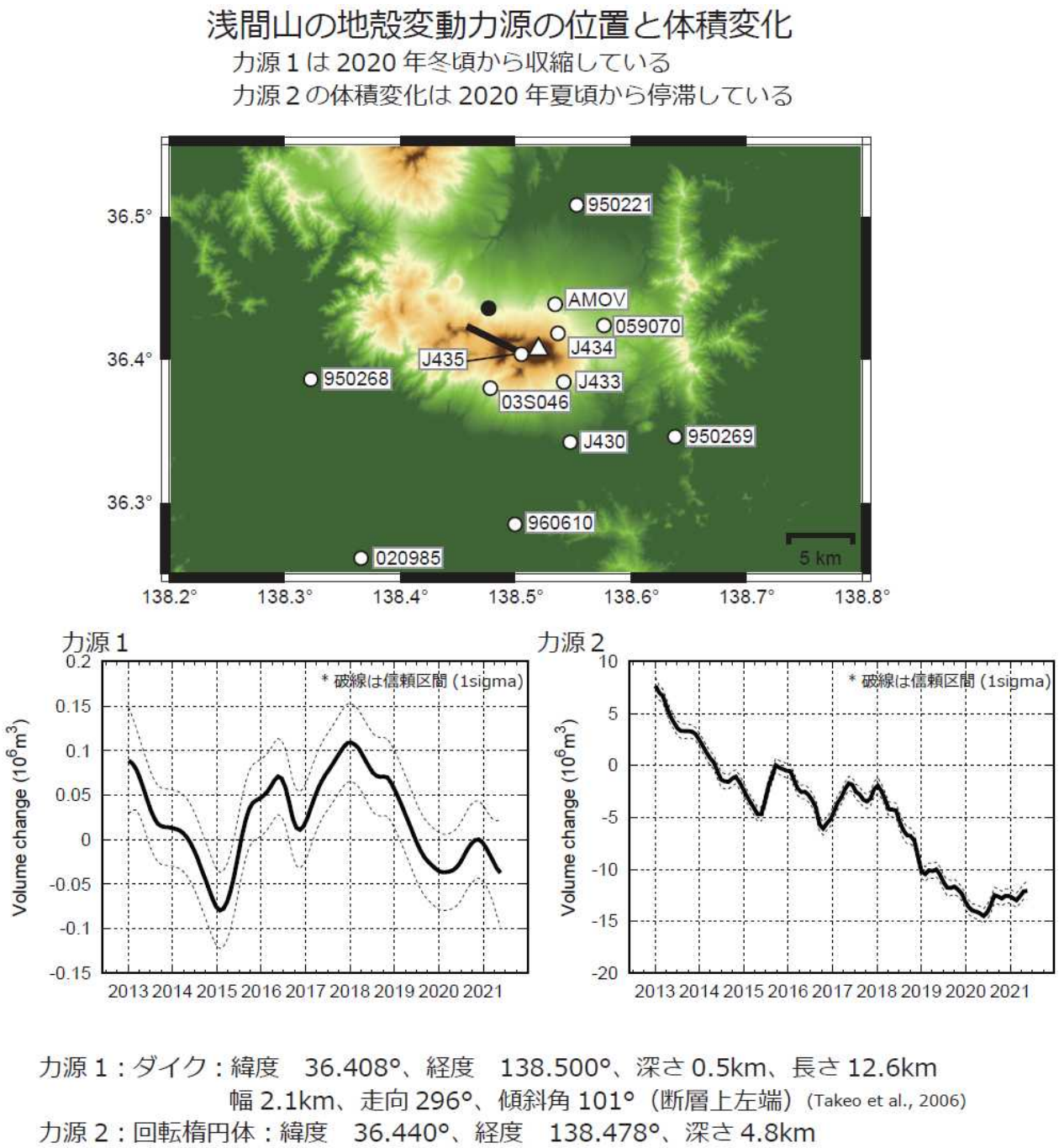
* U：高分解能(3m)モード
◎ 国土地理院のGNSS観測点
○ 国土地理院以外のGNSS観測点



背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図　※参照点は国土地理院GNSS観測点「M浅間砂塚A」付近（☆）
干渉SAR時系列解析手法：SBAS法



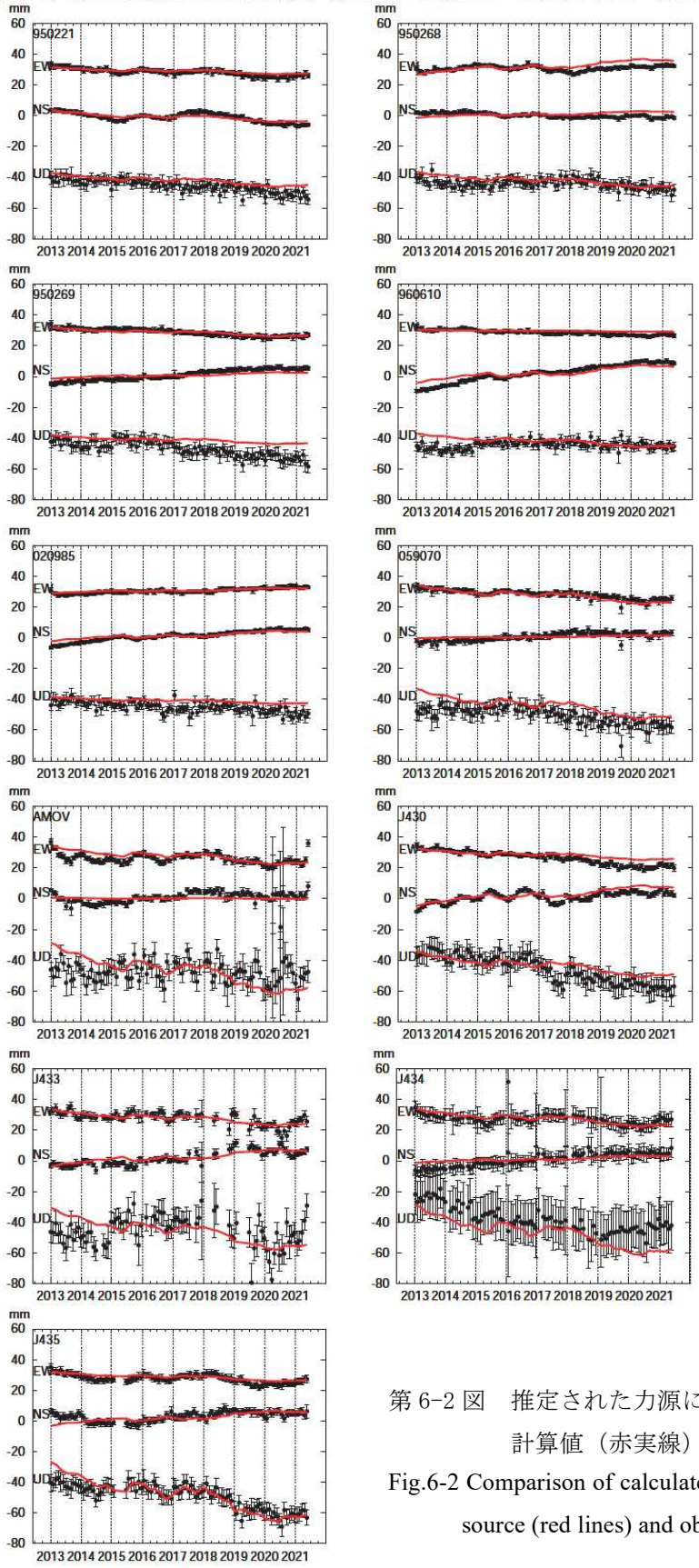
第５図　「だいち２号」PALSAR-2 による浅間山周辺地域の時系列解析結果
Fig.4 Time-Series Interferometric SAR of ALOS-2 PALSAR-2 around Asama Volcano.



第 6-1 図　線形インバージョンによる浅間山の地殻変動力源の体積変化推定
（上段：推定に用いた観測点（白丸）と地殻変動力源の位置（黒線、黒丸）
下段：推定された地殻変動力源の体積の時間変化）

Fig.6-1 Estimation of the volume change of deformation source around Asama Volcano by linear inversion method; (upper) distribution of GNSS observation sites (white circle) and deformation source (black line and circle), (lower) Time series of estimated volume of deformation source.

浅間山周辺の観測点の座標時系列（黒丸）と計算値（赤線）



第 6-2 図　推定された力源による地殻変動
計算値（赤実線）と観測値（黒点）の比較

Fig.6-2 Comparison of calculated deformation from the estimated source (red lines) and observed deformation (black dots)

＊固定局 020954（中之条）
＊EW, NS, UD は東西、南北、上下成分を表す
＊電子基準点の保守等による変動、周期成分、テクトニックな成分は補正済
＊時系列は 30 日平均、誤差は 1sigma
＊使用データ：2013/01/01-2021/5/29 (MADOCA PPP 解)

浅間山