阿蘇山周辺の地殻変動*

Crustal Deformations around Aso Volcano

国土地理院

Geospatial Information Authority of Japan

第１図から第３図は、阿蘇山周辺における GNSS 連続観測結果である。

第１図の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であり、上段は長期の時系列（2016 年 11 月～2024 年１月）、下段は短期の時系列（2018 年 11 月～2024 年１月）である。「阿蘇」－「長陽」等の基線で 2021 年 9 月頃から見られていた伸びの傾向は、2021 年 12 月頃から停滞している。

第３図は、阿蘇山周辺の電子基準点及び気象庁、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変動ベクトル図であり、「北方」を固定局としている。第３図上段に最近約３か月間（2023 年 10 月～2024 年１月）の、下段に最近約１年間（2023 年１月～2024 年１月）の水平変動を示した。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。ノイズレベルを超える変動は見られない。

第５図は、「だいち２号」の干渉SAR時系列解析結果である。中岳第一火口の地点A及び草千里の地点Bを含む広い範囲に、衛星から遠ざかる変動が見られる。

第６図は、火山活動の高まりがみられた2021年８月～2021年11月の地殻変動から推定した地殻変動力源である。中岳の北北西約３km、深さ約４kmに球状圧力源が推定されている。このモデルから推定した計算値は観測値を比較的よく再現している。

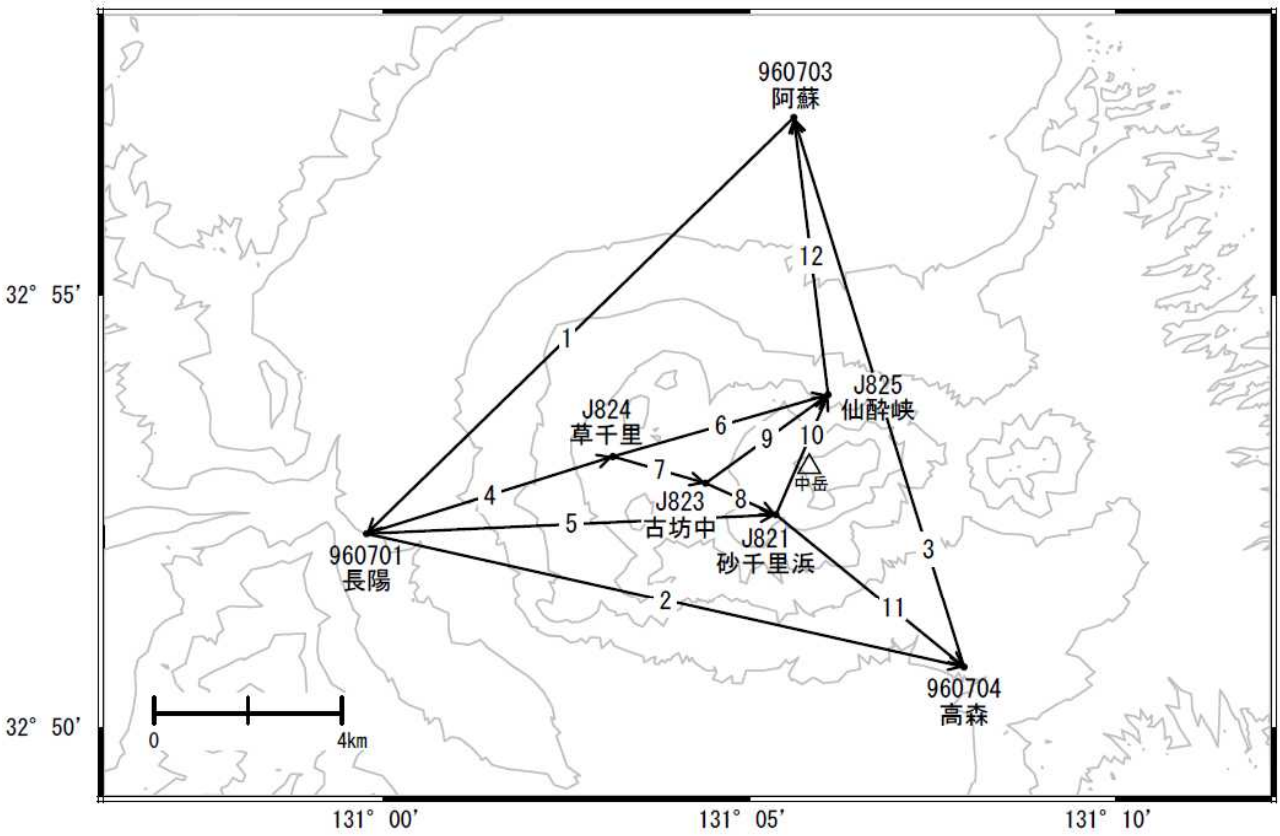
第７図は、火山活動の高まりがみられた2023年12月～2024年１月のGNSS観測結果を用いたインバージョン解析による圧力源推定結果である。火山活動の高まりが見られた2023年12月10日～2024年1月19日において、中岳の直下、深さ約５kmに球状圧力源が推定されている。このモデルから推定した計算値は観測値を比較的よく再現している。

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

阿蘇山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図



阿蘇山周辺の各観測局情報

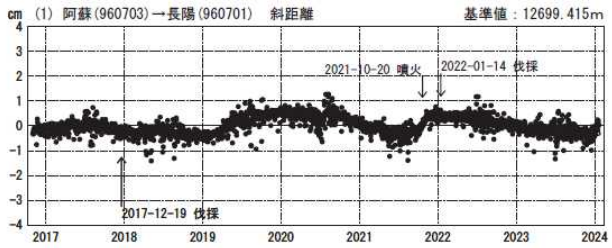
点番号	点名	日付	保守内容
960701	長陽	2017-12-19	伐採
		2018-12-19	受信機更新
		2022-01-14	伐採
960703	阿蘇	2017-12-19	伐採
		2019-11-28	受信機更新
		2023-01-28	アンテナ更新
960704	高森	2017-01-15	受信機更新

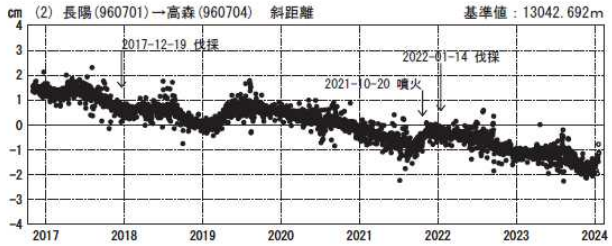
第１図　阿蘇山周辺の GNSS 連続観測基線図（上段）、観測局の保守履歴（下段）

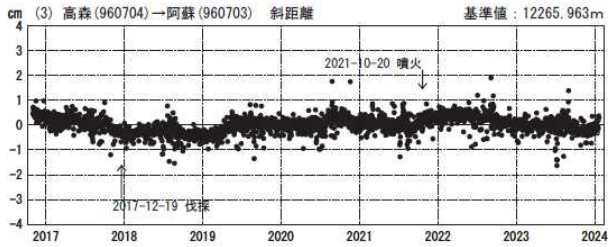
Fig.1 (upper) Site location map of the continuous GNSS observation network around Aso Volcano;
(lower) History of site maintenance.

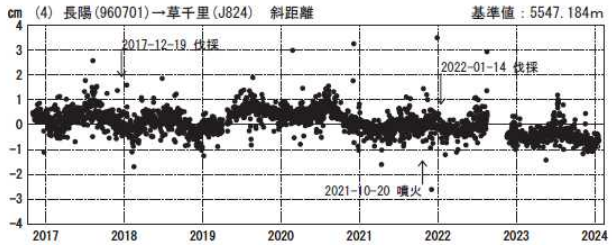
基線変化グラフ（長期）

期間：2016-11-01～2024-01-19 JST

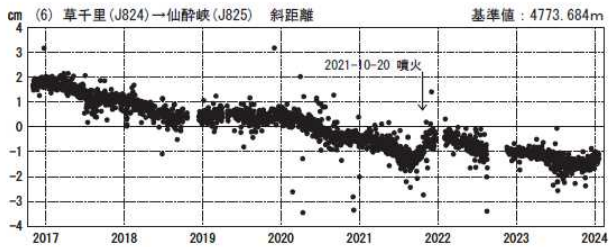






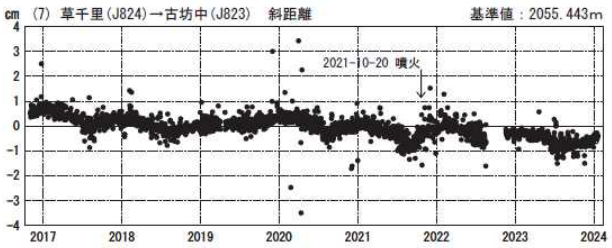


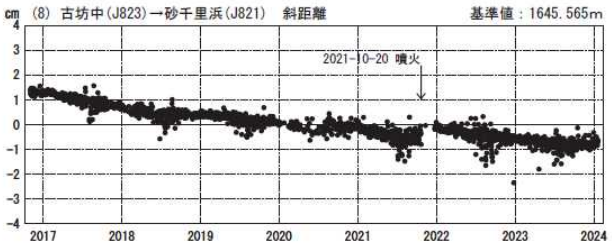


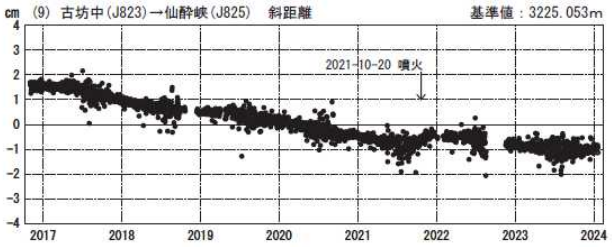


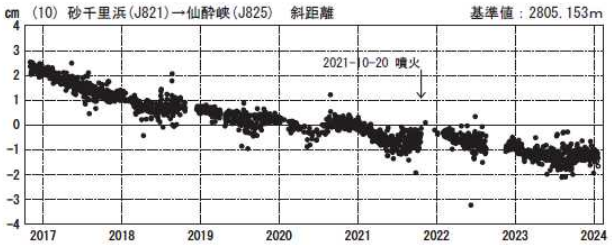
基線変化グラフ（長期）

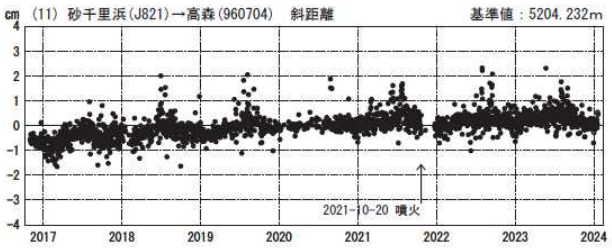
期間：2016-11-01～2024-01-19 JST

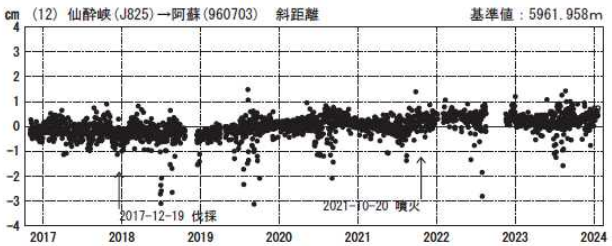












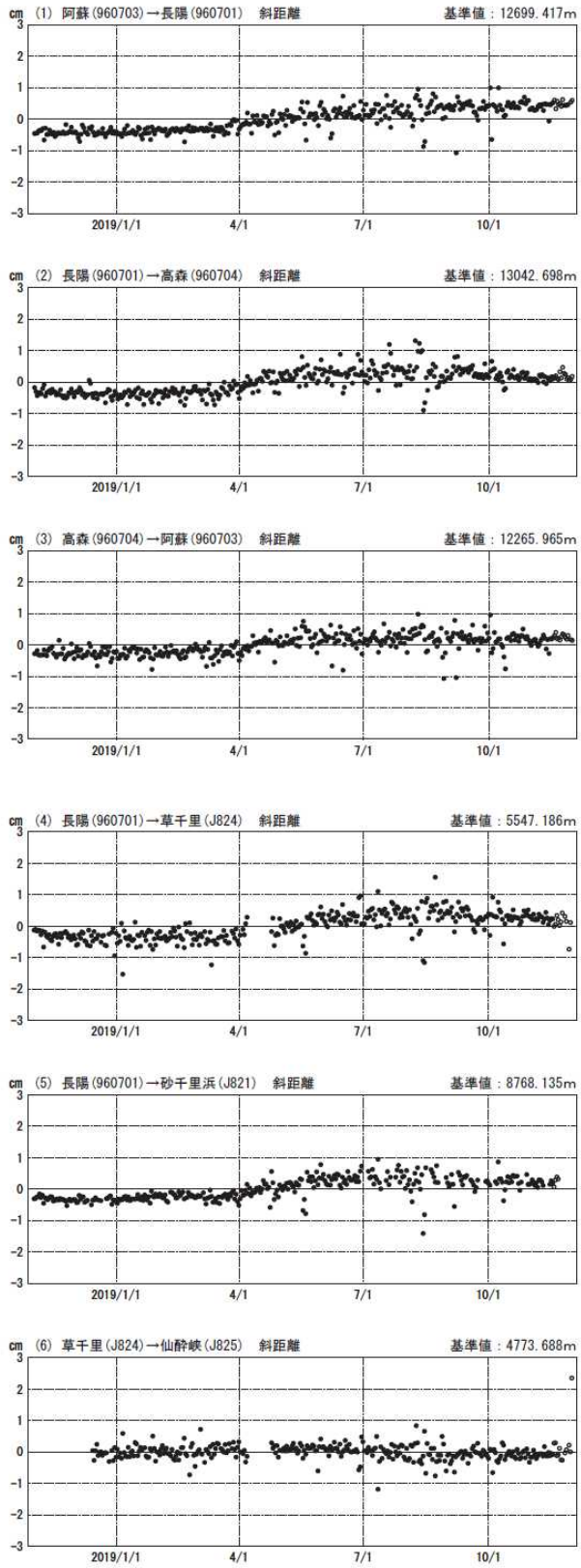
●---[F5:最終解]　○---[R5:速報解]　　※[R5:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

（注）平成28年熊本地震の影響を受けています。

阿蘇山

基線変化グラフ（短期）

期間：2018/11/01～2019/11/30 JST

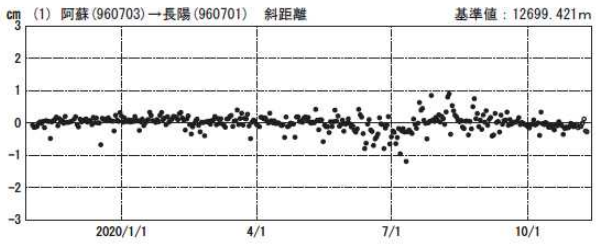


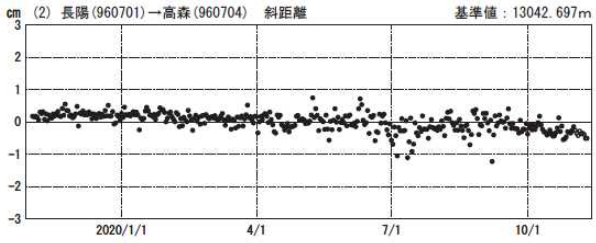
●---[F3:最終解]　○---[R3:速報解]　　※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

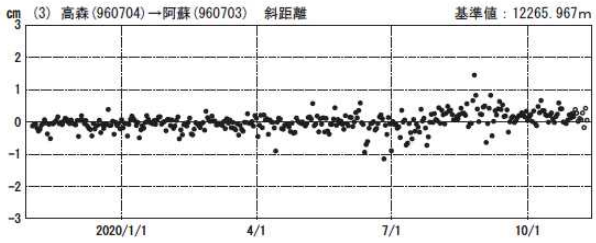
（注）平成28年熊本地震の影響を受けています。

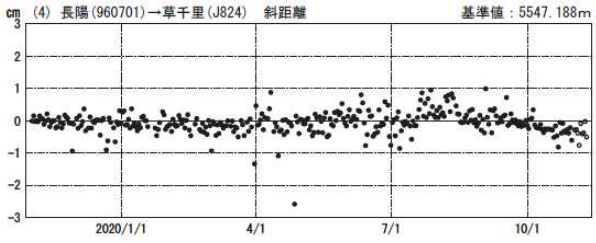
阿蘇山

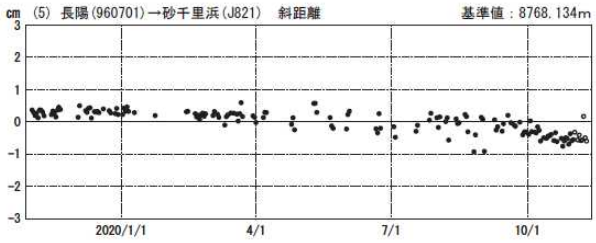
基線変化グラフ（短期）
期間：2019/11/01～2020/11/09 JST

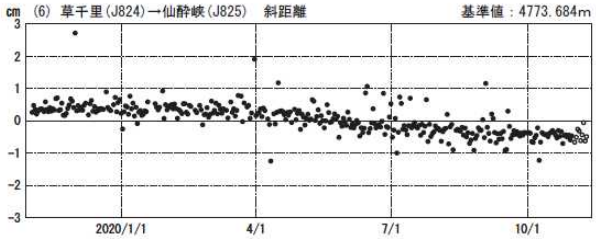








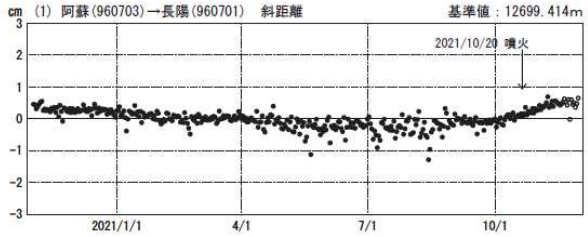


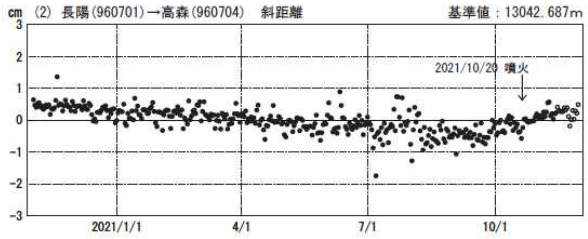


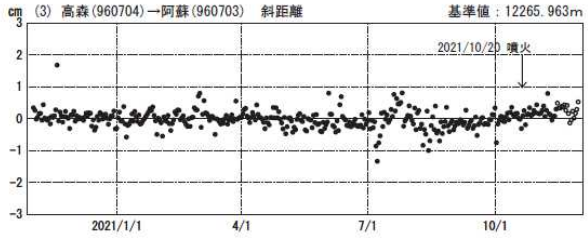
●---[F3:最終解]　○---[R3:速報解]

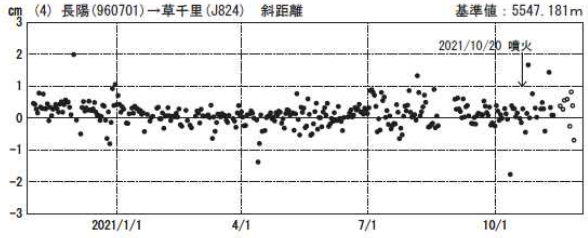
※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

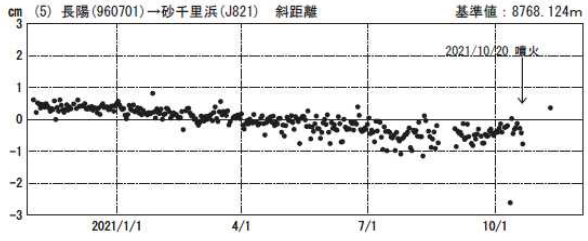
基線変化グラフ（短期）
期間：2020/11/01～2021/11/29 JST

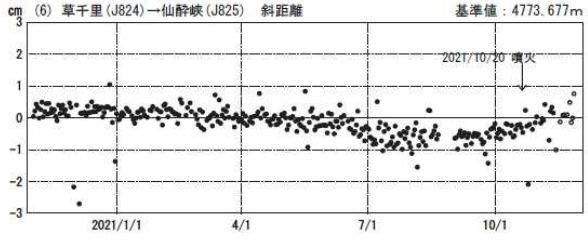












●---[F5:最終解]　○---[R5:速報解]

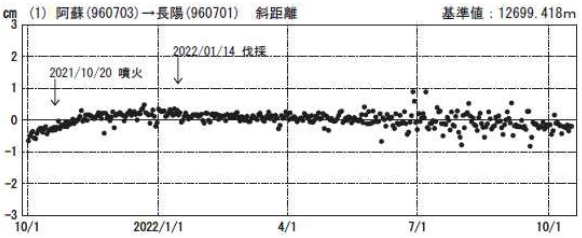
※[R5:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

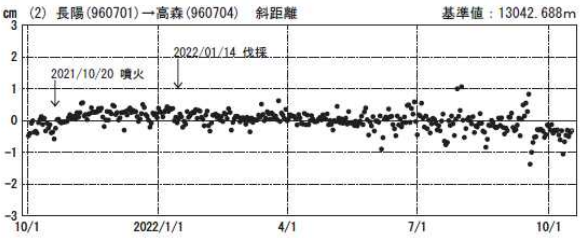
（注）平成28年熊本地震の影響を受けています。

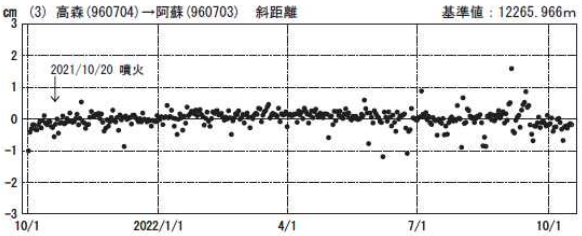
阿蘇山

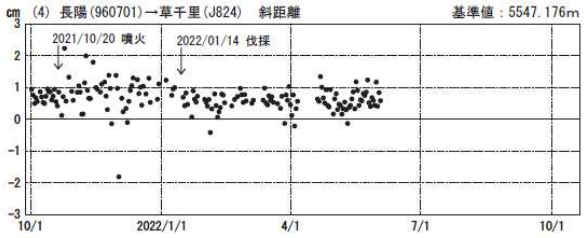
基線変化グラフ（短期）

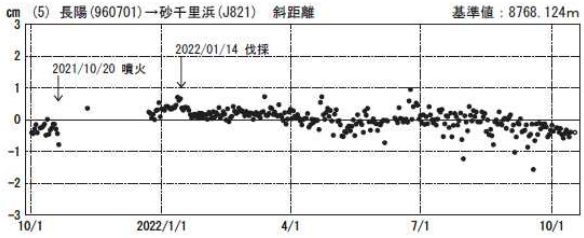
期間：2021/10/01～2022/10/16 JST

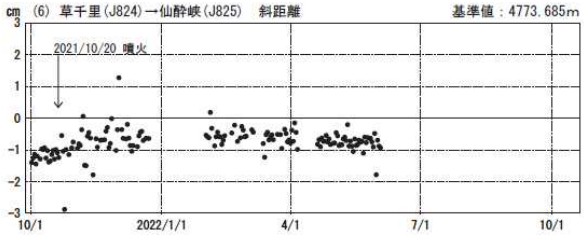






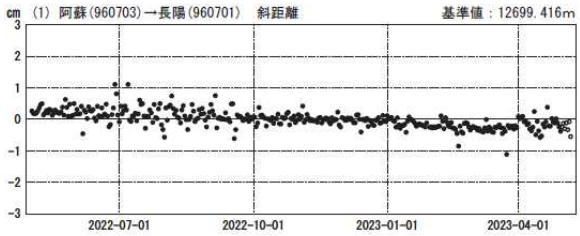


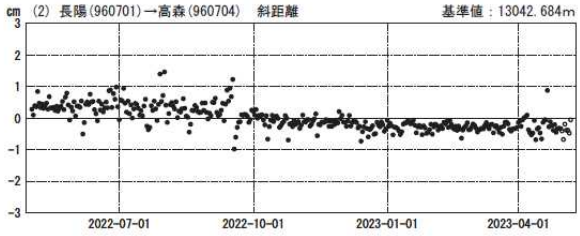


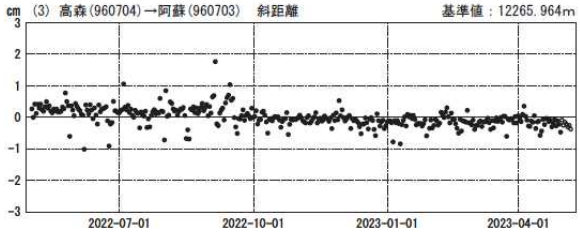


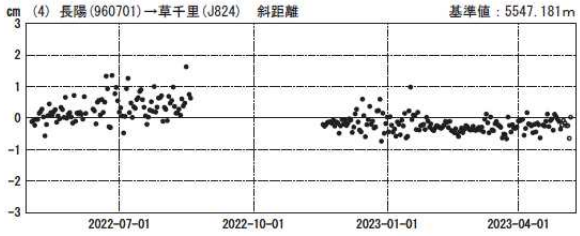
基線変化グラフ（短期）

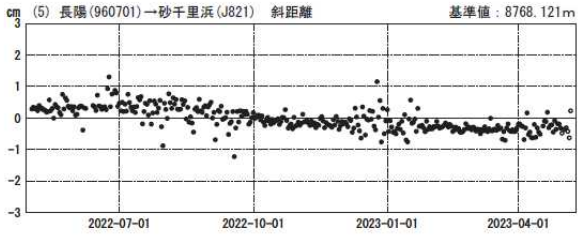
期間：2022-05-01～2023-05-06 JST

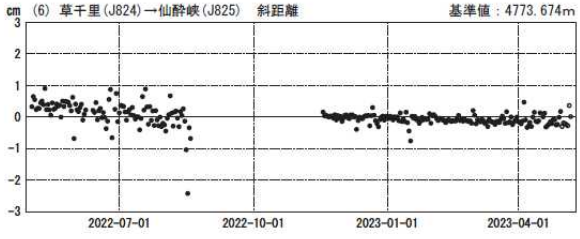








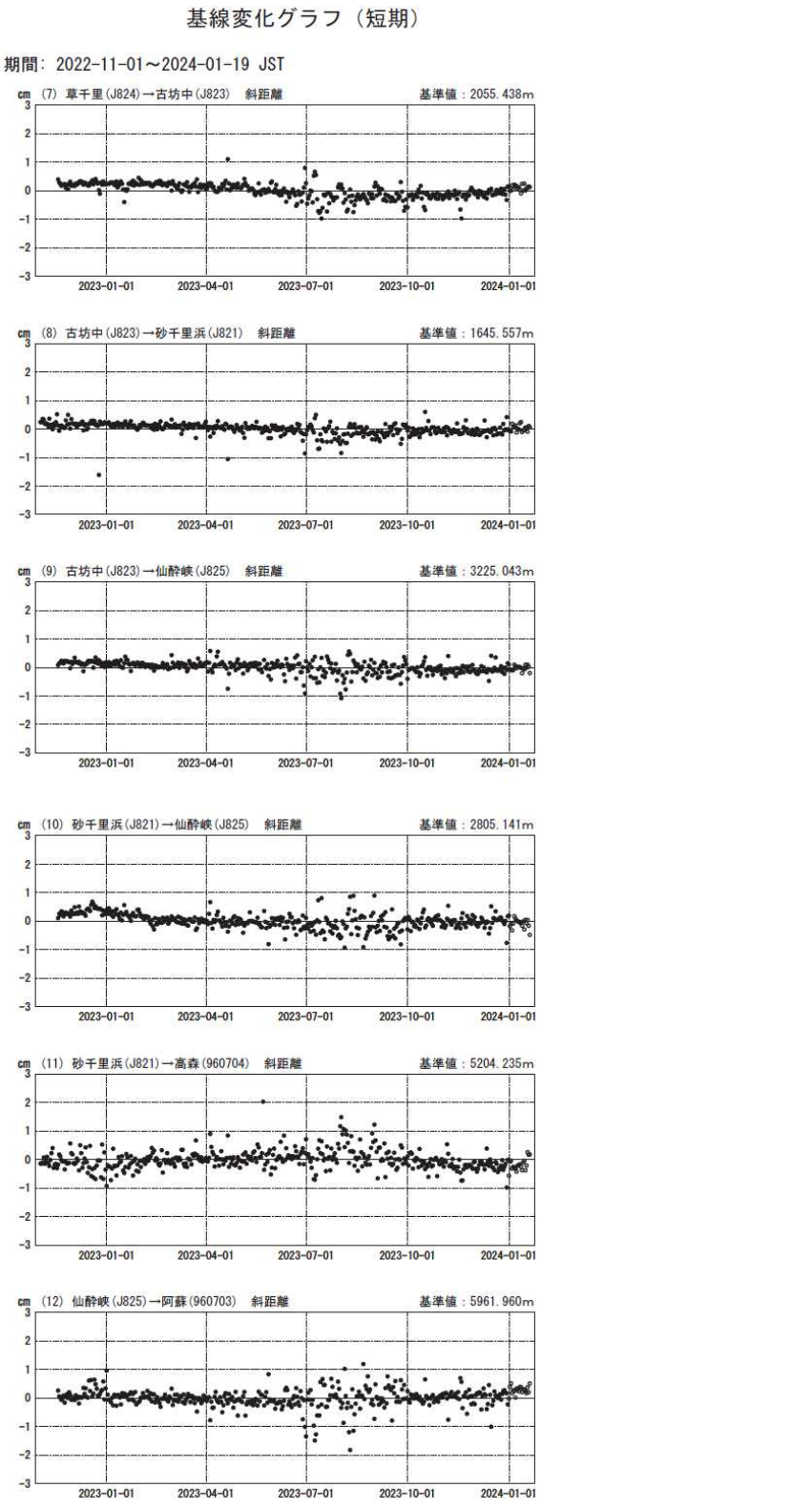




●---[F5:最終解]　○---[R5:速報解]　　※[R5:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

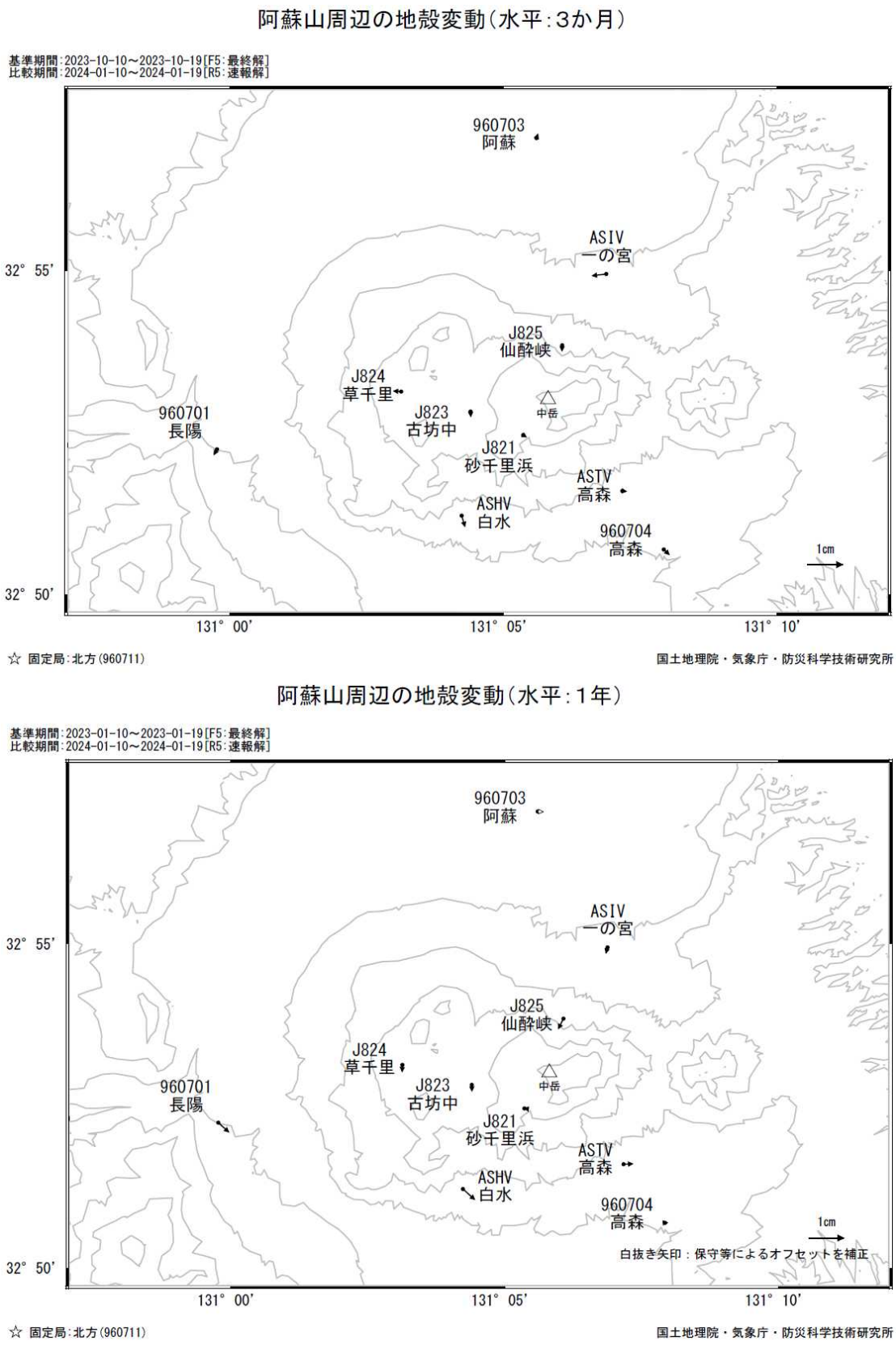
（注）平成28年熊本地震の影響を受けています。

阿蘇山



第２図　阿蘇山周辺の電子基準点・気象庁 GNSS 観測点の統合解析による基線変化グラフ
（上段：2016 年 11 月～2024 年１月、下段：2018 年 11 月～2024 年１月）

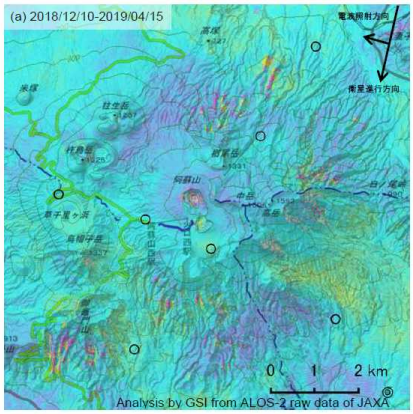
Fig.2 Time series of baseline length of GEONET and JMA stations by the combined analyzing system around Aso Volcano; (upper) from November 2016 to January 2024, (lower) from November 2018 to January 2024.



第３図　阿蘇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 10 月～2024 年１月、下段：2023 年１月～2024 年１月）

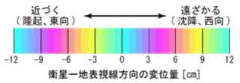
Fig.3 Horizontal displacements of GEONET, JMA and NIED stations by the combined analyzing system around Aso Volcano; (upper) from October 2023 to January 2024, (lower) from January 2023 to January 2024.

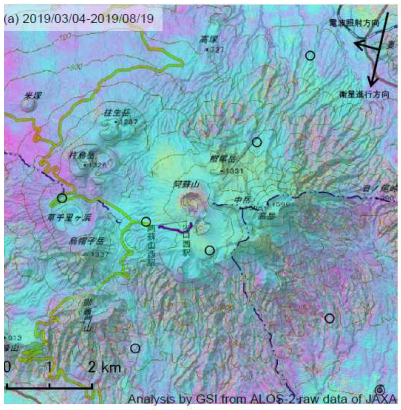
阿蘇山



	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2018/12/10 2019/04/15 12:19 頃 (126 日間)	2019/02/22 2019/05/03 00:12 頃 (70 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	35.3°	35.1°
偏波	HH	HH
垂直基線長	+ 364m	+ 164m

*U: 高分解能(3m)モード

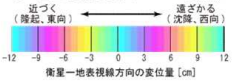


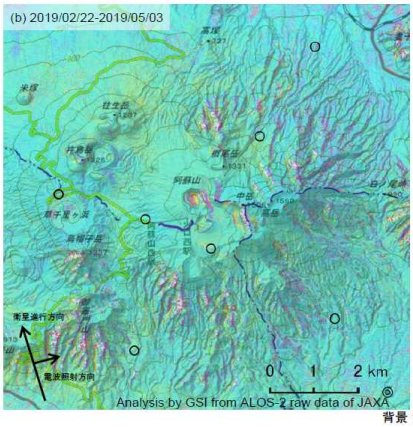


	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2019/03/04 2019/08/19 12:19 頃 (168 日間)	2017/10/06 2019/09/06 0:12 頃 (700 日間)
衛星進行方向	南行	北行
電波照射方向	右	右
観測ﾓｰﾄﾞ*	U-U	H-H
入射角	35.3°	35.1°
偏波	HH	HH
垂直基線長	- 451 m	- 32 m

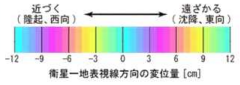
*U: 高分解能(3m)モード
*H: 高分解能(6m)モード

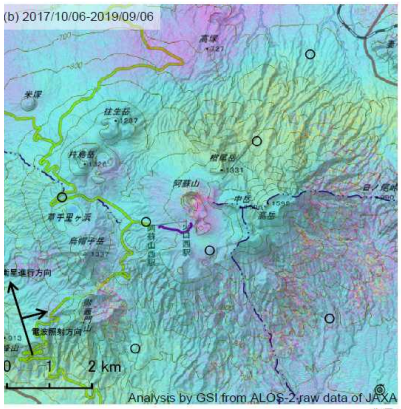
◎ 国土地理院 GNSS 観測点
○ 国土地理院以外の GNSS 観測点

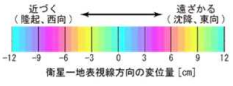




◎ 国土地理院 GNSS 観測点
○ 国土地理院以外の GNSS 観測点

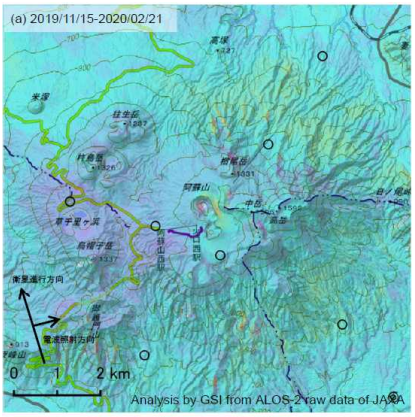






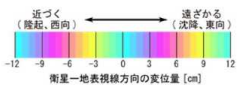
背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

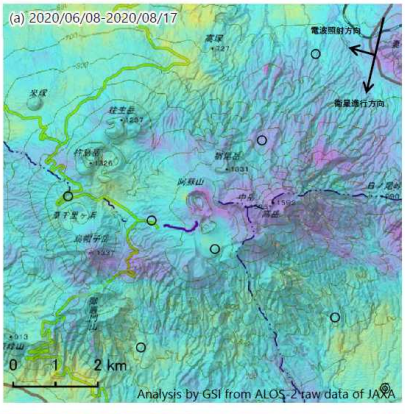
背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図



	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2019/11/15 2020/02/21 00:12 頃 (98 日間)	2019/11/11 2020/03/02 12:19 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	35.1	35.3°
偏波	HH	HH
垂直基線長	- 171m	+ 624m

*U: 高分解能(3m)モード

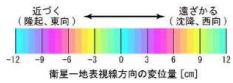


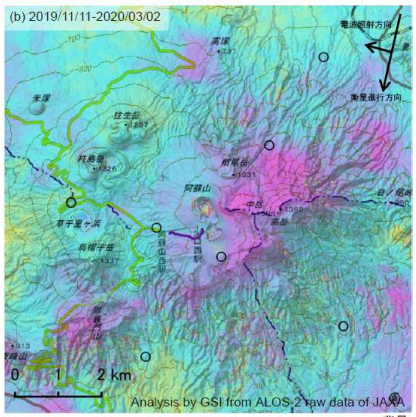


	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2020/06/08 2020/08/17 12:19頃 (70日間)	2019/09/06 2020/09/04 0:12頃 (364日間)
衛星進行方向	南行	北行
電波照射方向	右(西)	右(東)
観測モード*	U-U	H-H
入射角	35.3°	35.1°
偏波	HH	HH
垂直基線長	+ 137m	- 110m

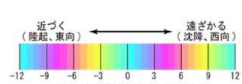
* U：高分解能(3m)モード
H：高分解能(6m)モード

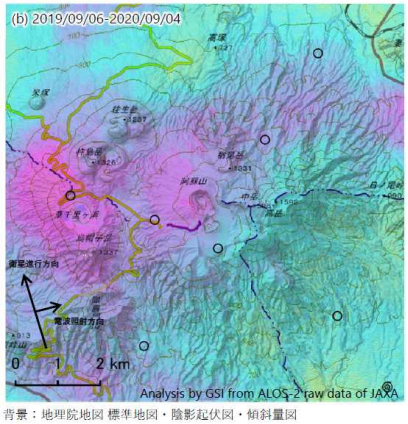
◎ 国土地理院GNSS観測点
○ 国土地理院以外のGNSS観測点

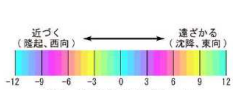




◎ 国土地理院 GNSS 観測点
○ 国土地理院以外の GNSS 観測点



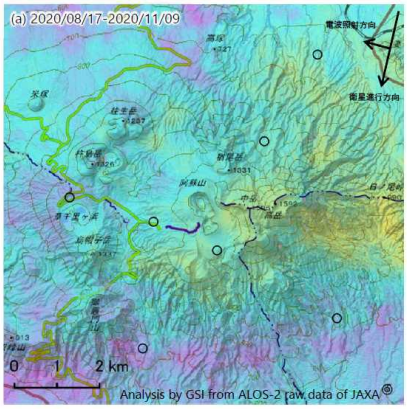




背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

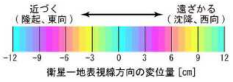
阿蘇山

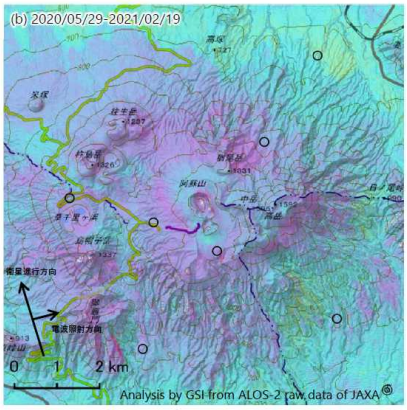


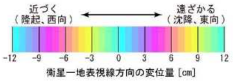
	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2020/08/17 2020/11/09 12:19頃 (84日間)	2020/05/29 2021/02/19 0:12頃 (266日間)
衛星進行方向	南行	北行
電波照射方向	右(西)	右(東)
観測モード*	U-U	U-U
入射角	35.3°	35.1°
偏波	HH	HH
垂直基線長	+ 3m	+ 73m

* U：高分解能(3m)モード

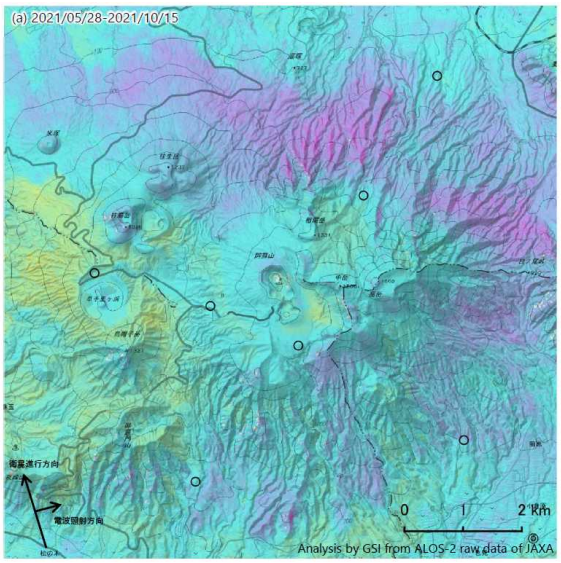
◎ 国土地理院GNSS観測点
○ 国土地理院以外のGNSS観測点







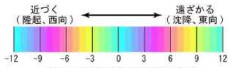
背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図



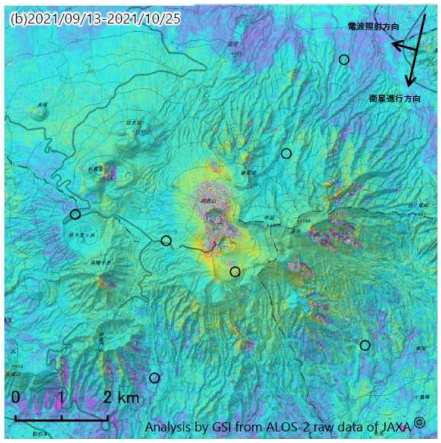
	(a)
衛星名	ALOS-2
観測日時	2021/05/28 2021/10/15 0:12頃 (140日間)
衛星進行方向	北行
電波照射方向	右(東)
観測モード*	U-U
入射角	35.1°
偏波	HH
垂直基線長	+ 133m

* 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



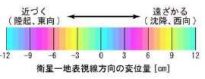
背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図



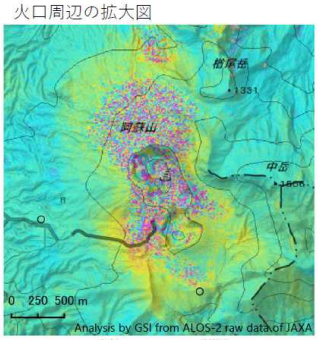
	(b)
衛星名	ALOS-2
観測日時	2021/09/13 2021/10/25 12:19頃 (42日間)
衛星進行方向	南行
電波照射方向	右(西)
観測モード*	U-U
入射角	35.3°
偏波	HH
垂直基線長	- 116 m

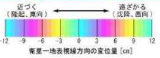
* U：高分解能(3m)モード

◎ 国土地理院GNSS観測点
○ 国土地理院以外のGNSS観測点

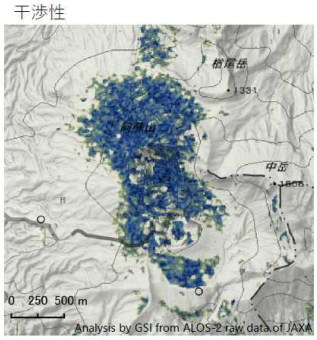


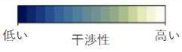
火口周辺の拡大図



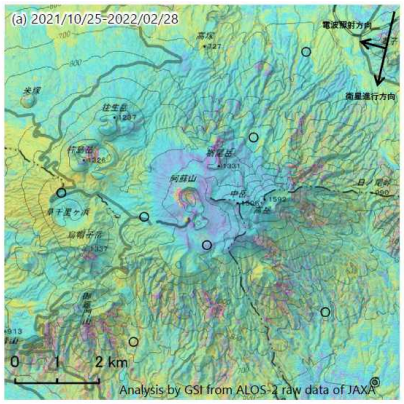


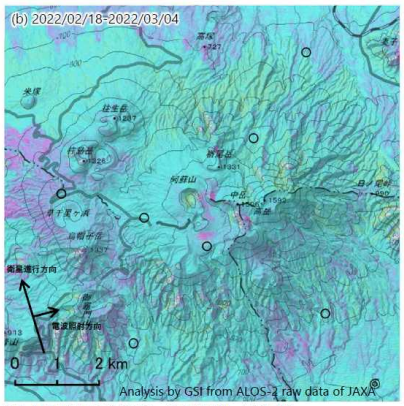
干渉性





背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

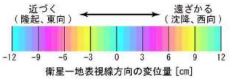


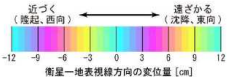


	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2021/10/25 2022/02/28 12:19頃 (126日間)	2022/02/18 2022/03/04 0:12頃 (14日間)
衛星進行方向	南行	北行
電波照射方向	右(西)	右(東)
観測モード*	U-U	U-U
入射角	35.3°	35.1°
偏波	HH	HH
垂直基線長	+ 220m	+ 90m

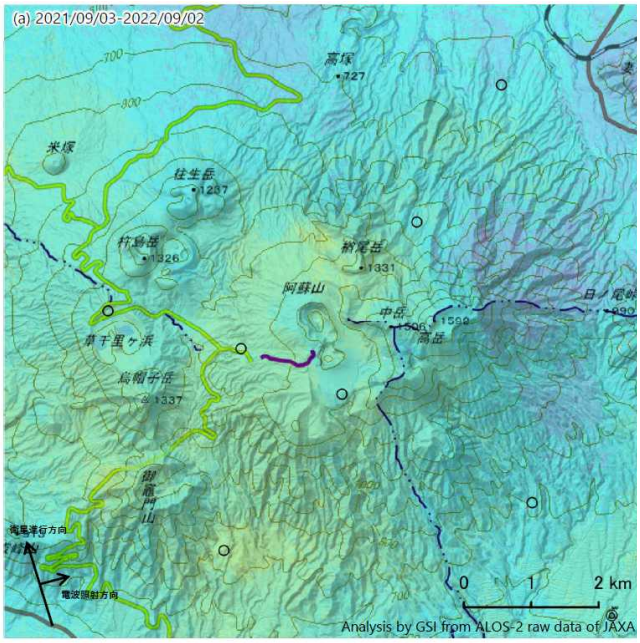
* U：高分解能(3m)モード

◎ 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

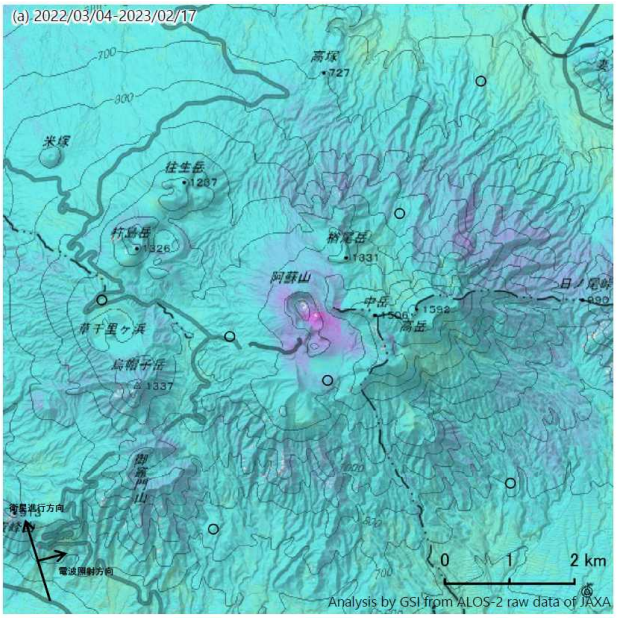


	(a)
衛星名	ALOS-2
観測日時	2021/09/03 2022/09/02 0:12頃 (364日間)
衛星進行方向	北行
電波照射方向	右(東)
観測モード*	H-H
入射角	35.1°
偏波	HH
垂直基線長	+ 73m

* 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

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]



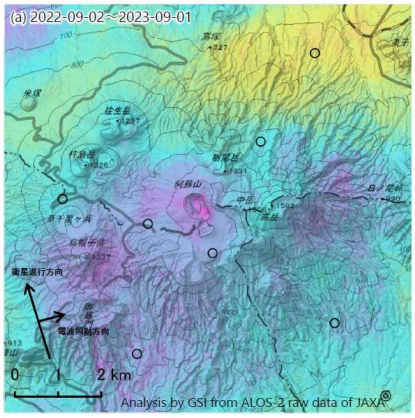
	(a)
衛星名	ALOS-2
観測日時	2022/03/04 2023/02/17 0:12頃 (350日間)
衛星進行方向	北行
電波照射方向	右(東)
観測モード*	U-U
入射角	35.1°
偏波	HH
垂直基線長	+ 37m

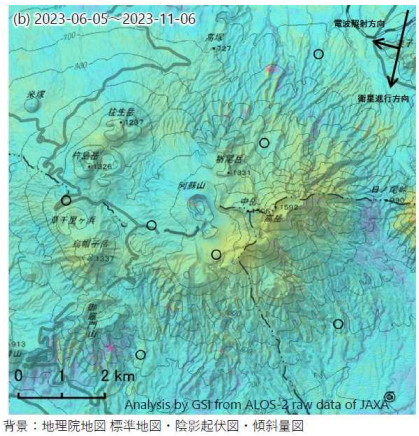
* U：高分解能(3m)モード

◎ 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)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2022-09-02 2023-09-01 0:12頃 (364日間)	2023-06-05 2023-11-06 12:19頃 (154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	35.1°	35.3°
偏波	HH	HH
垂直基線長	- 43m	- 338m

* 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

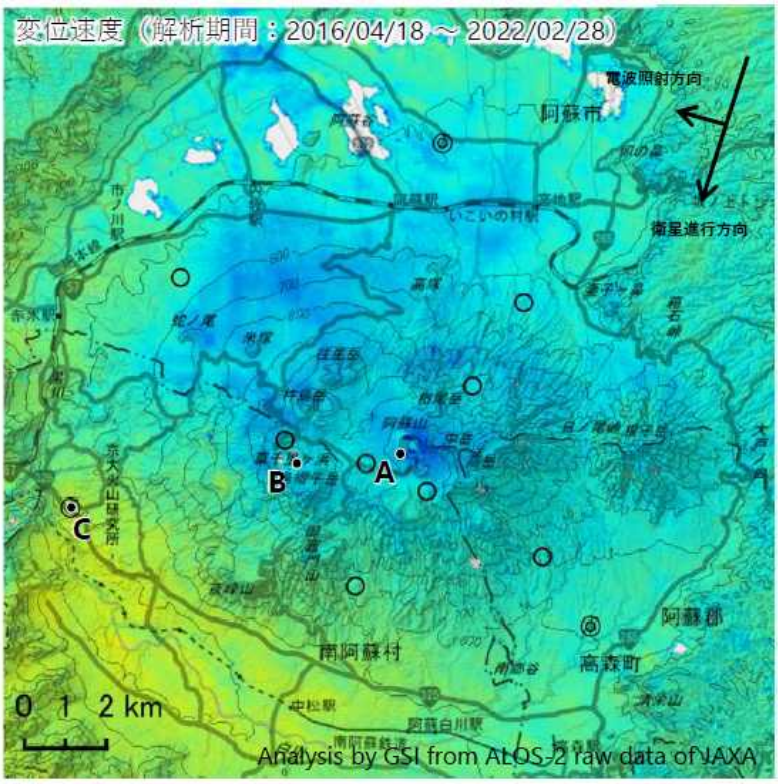
近づく（隆起、西向） ⟷ 遠ざかる（沈降、東向）
−12 −9 −6 −3 0 3 6 9 12
衛星ー地表視線方向の変位量 [cm]

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
阿蘇山周辺地域の解析結果

Fig.4 SAR Interferograms of ALOS-2 PALSAR-2 around Aso Volcano.

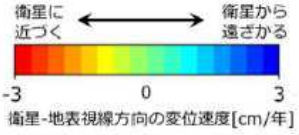


衛星名	ALOS-2
観測期間	2016/04/18 ～ 2022/02/28 (2142日間)
衛星進行方向	南行
電波照射方向	右(西)
観測モード*	U
入射角	35.3°
偏波	HH
データ数	48
干渉ペア数	191

＊　U：高分解能(3m)モード

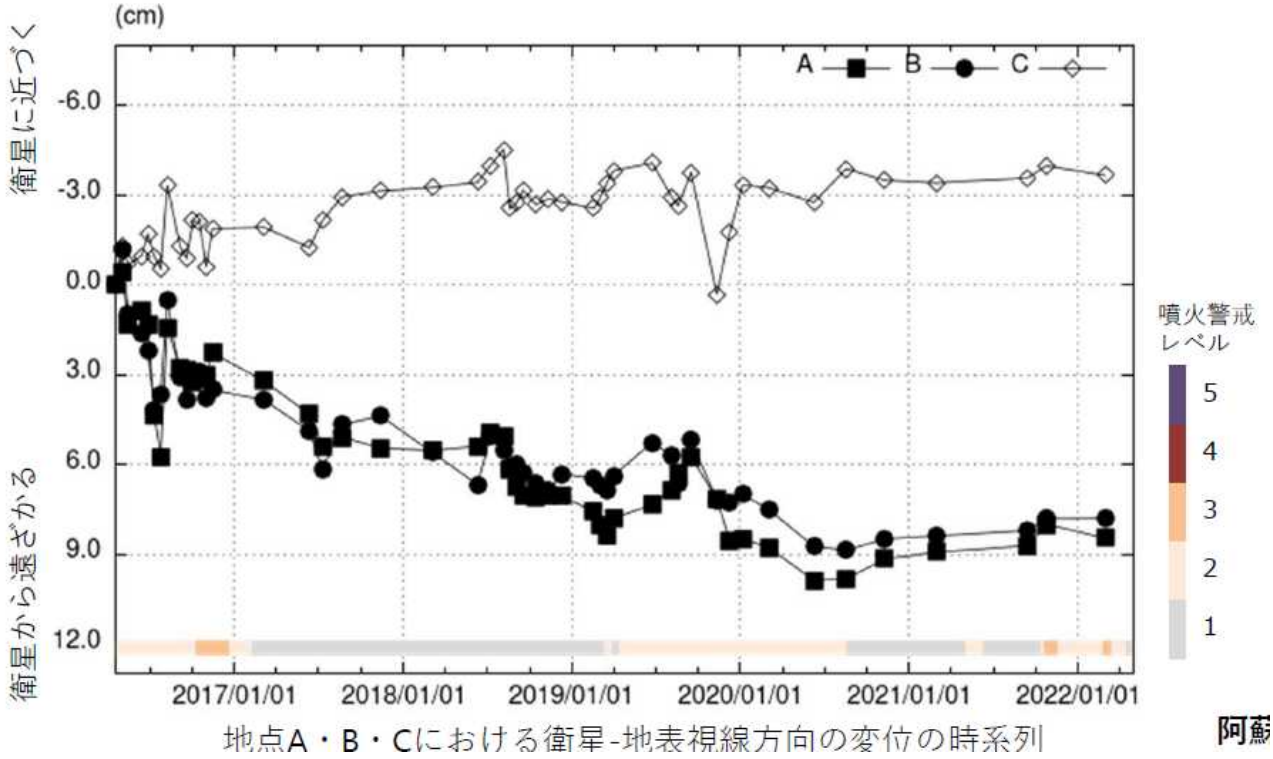
◎　国土地理院GNSS観測点

○　国土地理院以外のGNSS観測点



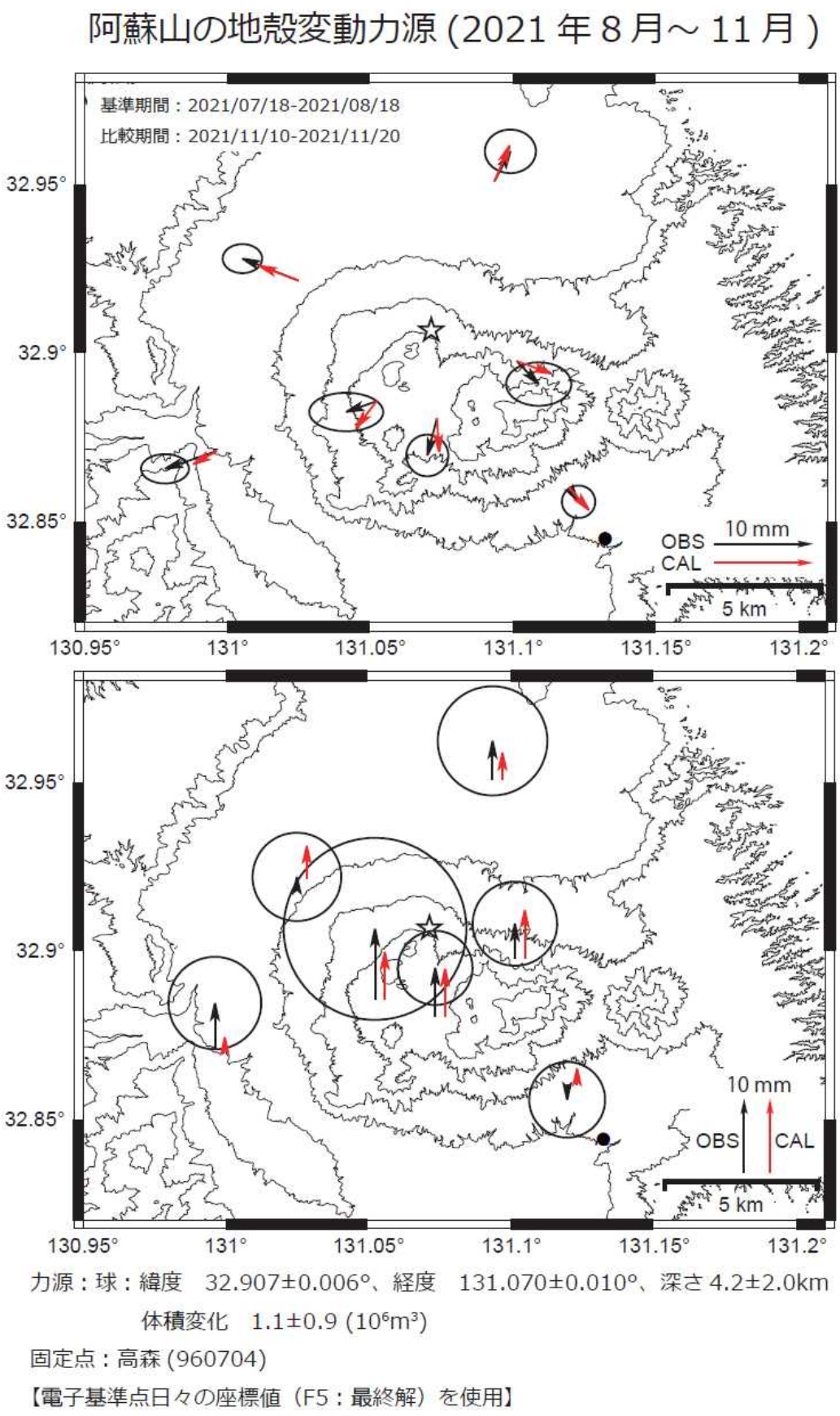
背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図　※参照点は電子基準点「清和」付近

干渉SAR時系列解析手法：SBAS法



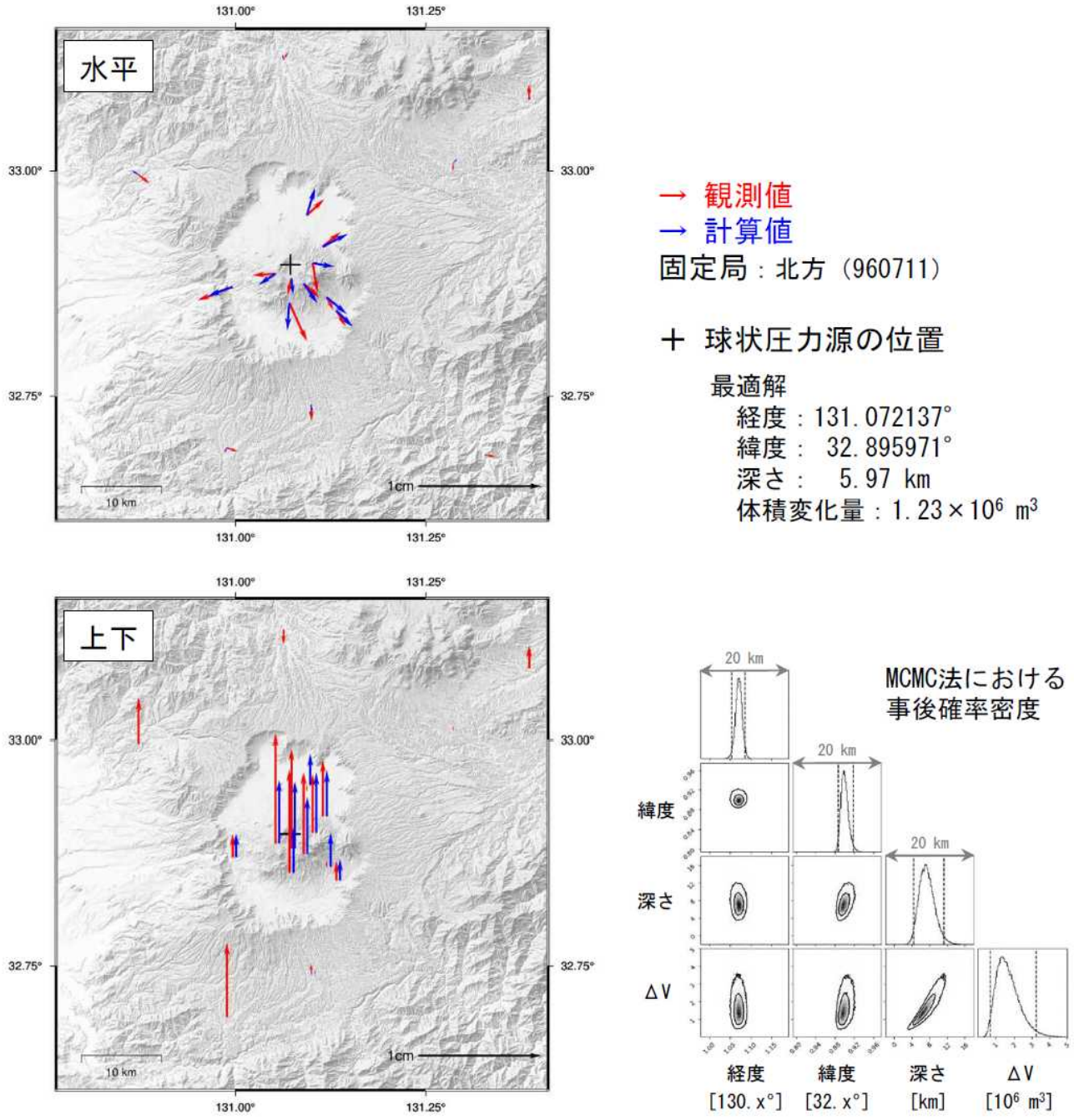
第５図　「だいち２号」PALSAR-2による阿蘇山周辺地域の時系列解析結果

Fig.5 Time-Series Interferometric SAR of ALOS-2 PALSAR-2 around Aso Volcano.



第６図　阿蘇山の地殻変動力源（2021年8月～11月）（推定力源：星印）

Fig.6 Estimated deformation source (star) from crustal deformation from August 2021 to November 2021 around Aso Volcano.



第７図　GNSS観測結果を用いたインバージョン解析による阿蘇山周辺地域の圧力源推定

Fig.7 Estimation of the deformation source by inversion method using GNSS observation around Aso Volcano.