口永良部島の地殻変動*

Crustal Deformations of Kuchinoerabujima Volcano

国土地理院
Geospatial Information Authority of Japan

第１図及び第２図は、口永良部島の 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 2-1 図は、第１図上段に示した基線の基線長変化グラフで、上段は長期の時系列（2016 年 11 月～2023 年 11 月）、下段は短期の時系列（2018 年 11 月～2023 年 11 月）である。また、第 2-2 図及び第 2-3 図の上段に基線の配置を、下段に長期の時系列（2012 年１月～2022 年 10 月、2016 年 11 月～2023 年 11 月）及び短期の時系列（2022 年５月～2023 年 11 月）を示した。

第３図は、口永良部島周辺の電子基準点、気象庁及び京都大学防災研究所の 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、「枕崎」を固定局としている。第 3-2 図及び第 3-3 図はそれぞれ口永良部島周辺の水平変動ベクトル図、上下変動ベクトル図である。上段に最近３か月間（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４図６枚目に示した(a)(b)では、古岳の火口内で衛星に近づく変動が見られる。

第５図は、「だいち２号」の干渉SAR時系列解析結果である。上図が北行、中図及び下図が南行の解析結果である。新岳の地点B周辺に、衛星から遠ざかる変動が見られる。また、古岳の地点b周辺に5月以降、衛星に近づく変動が見られる。

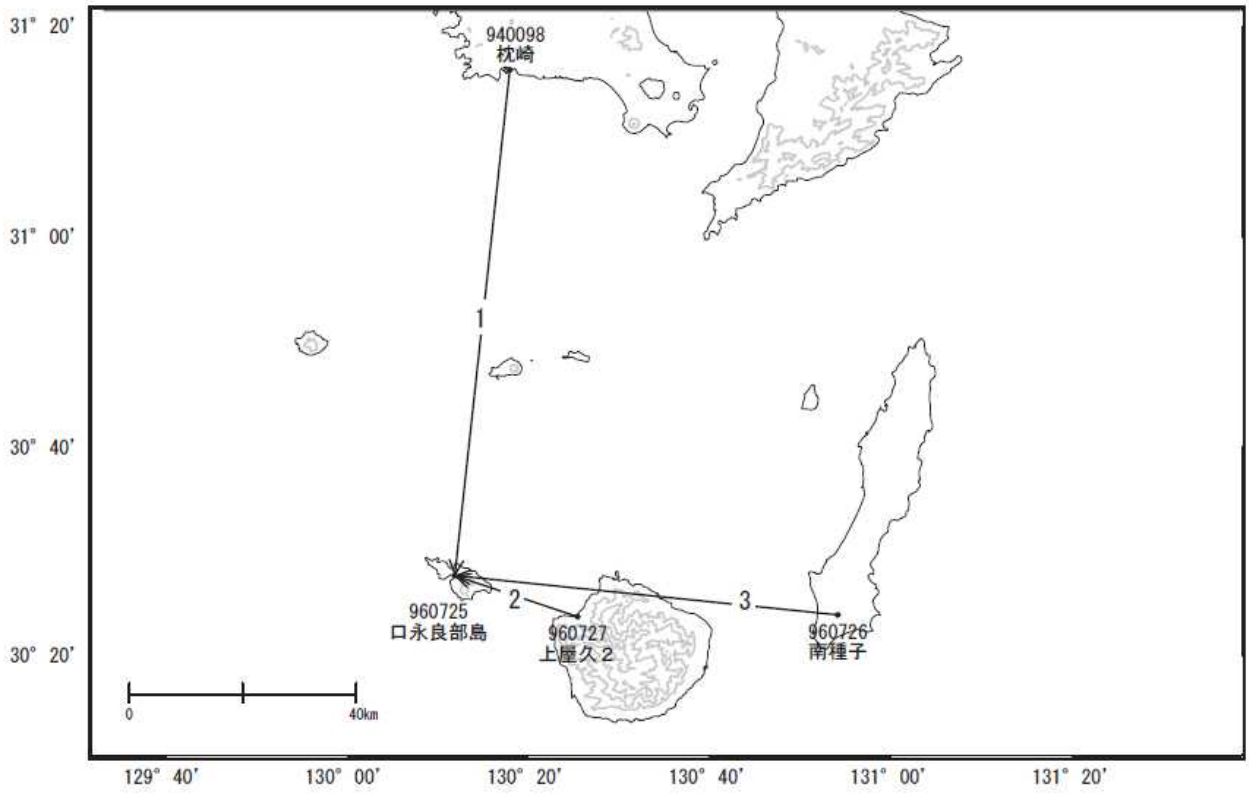
第６図は、GNSS観測から推定した地殻変動力源の位置と体積変化である。第6-1図では、口永良部島よりわずかに南方の海域の深さ９km弱に球状圧力源（力源１）が推定されている。力源１の体積変化は2021年秋頃から停滞している。第6-2図は推定された各観測点の地殻変動（計算値）と観測値を比較した時系列グラフである。このモデルから推定した計算値は比較的よく再現されている。

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

口永良部島周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図(1)



口永良部島周辺の各観測局情報

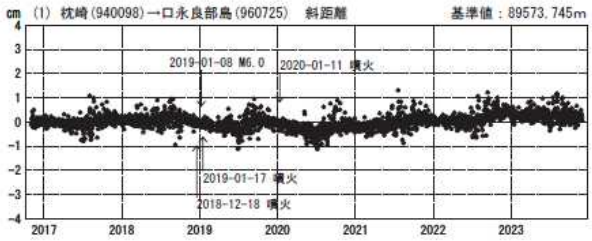
点番号	点名	日付	保守内容
940098	枕崎	2018-09-13	アンテナ交換・受信機交換
		2019-01-07	受信機交換
		2019-10-03	受信機更新
960725	口永良部島	2018-02-05	受信機更新
		2019-03-21	受信機交換
		2023-03-03	アンテナ更新・受信機更新
960726	南種子	2018-02-06	受信機更新
960727	上屋久２	2016-12-06	受信機更新
		2021-06-10	伐採
		2023-11-28	受信機更新

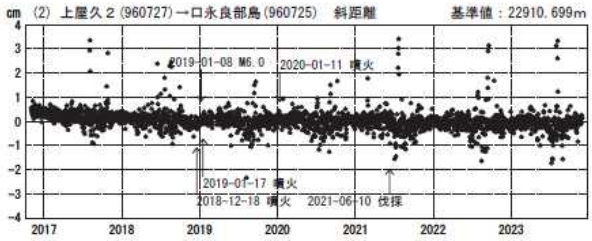
第 1 図　口永良部島の GNSS 連続観測基線図（上段）と観測局の保守履歴（下段）

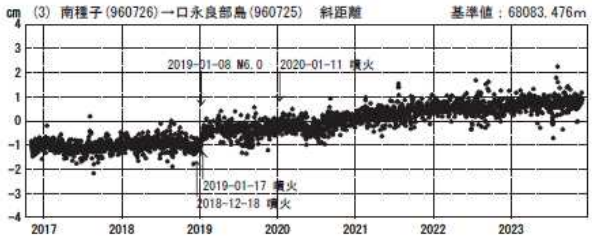
Fig.1 (upper) Site location map of the GNSS continuous observation network of Kuchinoerabujima Volcano; (lower) History of site maintenance.

基線変化グラフ（長期）

期間：2016-11-01～2023-11-30 JST

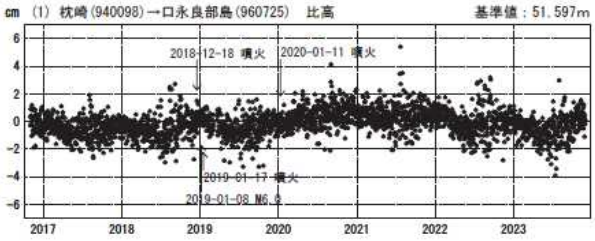


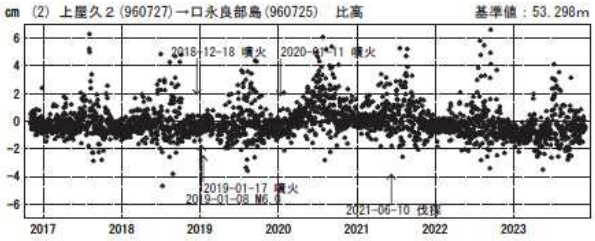


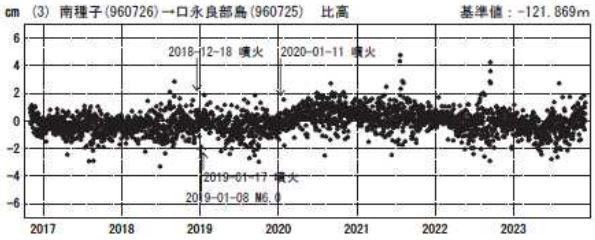


比高変化グラフ（長期）

期間：2016-11-01～2023-11-30 JST



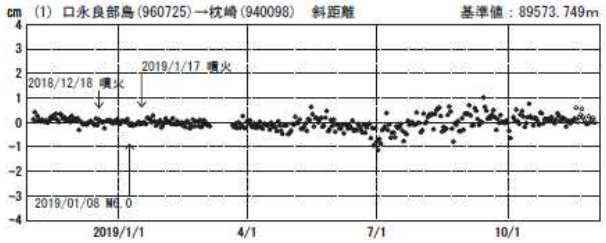


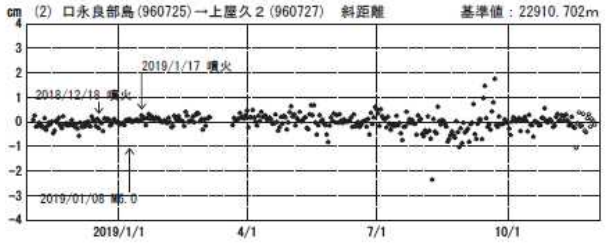


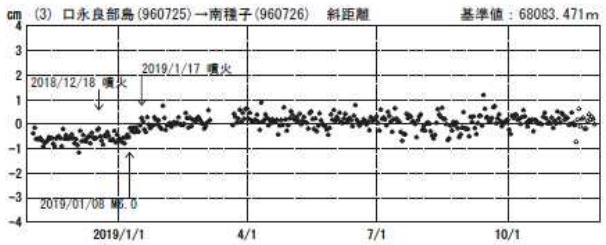
●---[F5：最終解]　○---[R5：速報解]　　※[R5：速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

基線変化グラフ（短期）

期間：2018/11/01～2019/11/30 JST





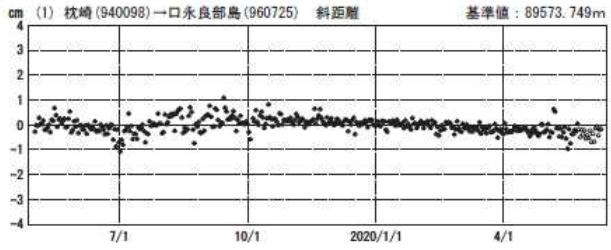


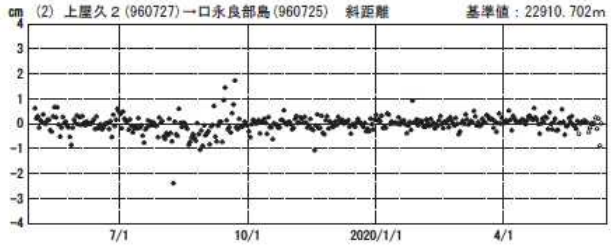
●---[F3：最終解]　○---[R3：速報解]　　※[R3：速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

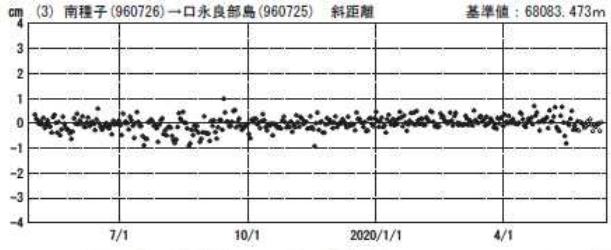
口永良部島

基線変化グラフ（短期）

期間：2019/05/01～2020/06/09 JST

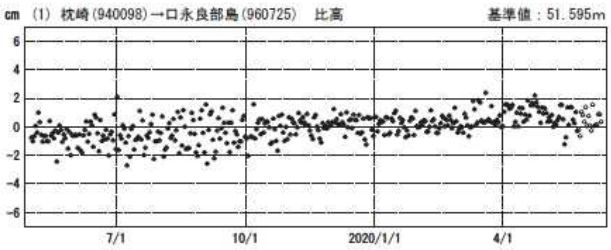


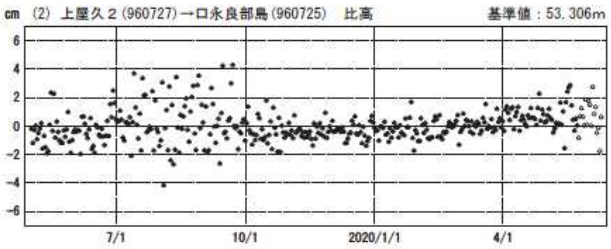


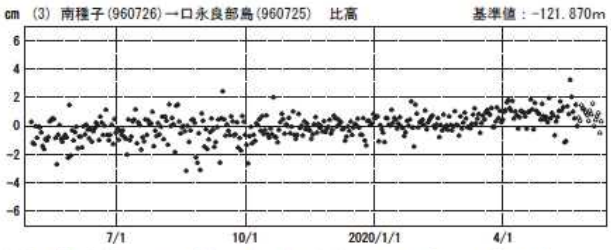


比高変化グラフ（短期）

期間：2019/05/01～2020/06/09 JST



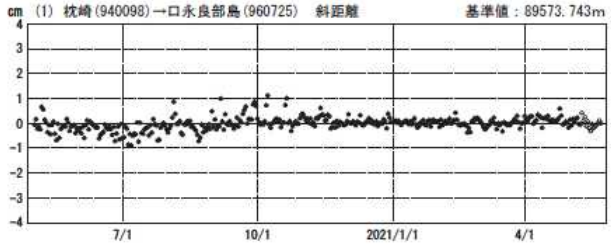


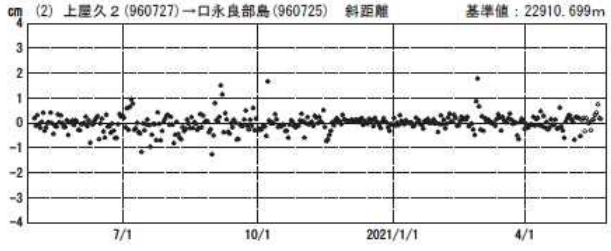


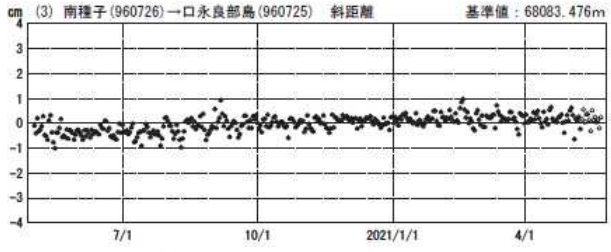
●---[F3：最終解]　○---[R3：速報解]　※[R3：速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

基線変化グラフ（短期）

期間：2020/05/01～2021/05/22 JST

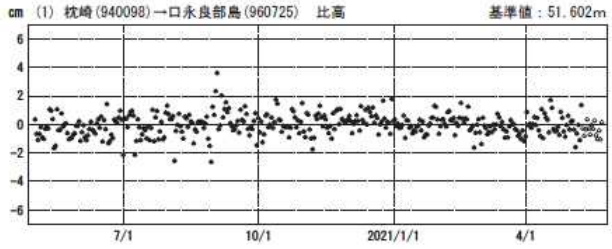


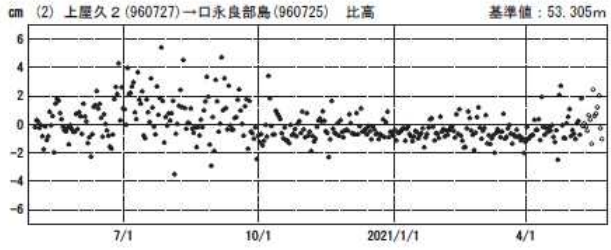


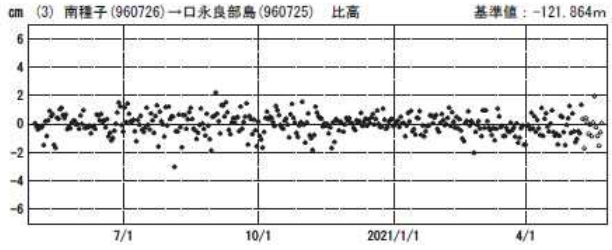


比高変化グラフ（短期）

期間：2020/05/01～2021/05/22 JST





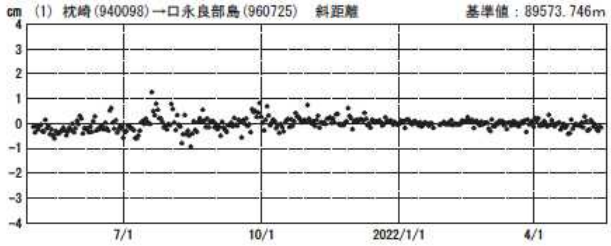


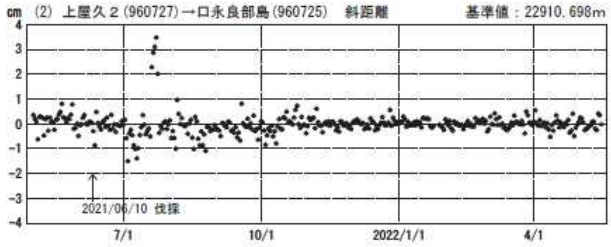
●---[F5：最終解]　○---[R5：速報解]　※[R5：速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

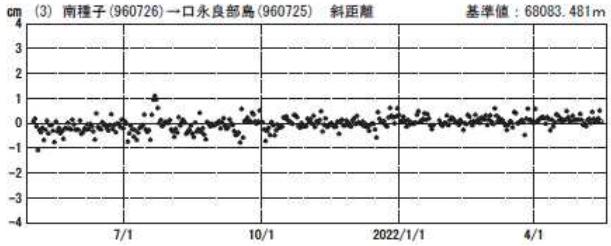
口永良部島

基線変化グラフ（短期）

期間：2021/05/01～2022/05/15 JST

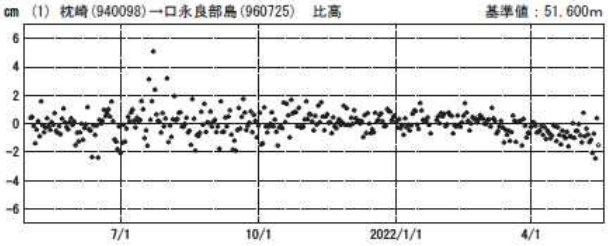


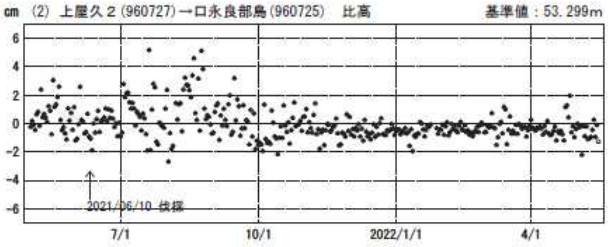


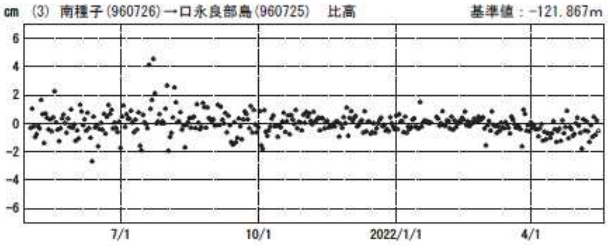


比高変化グラフ（短期）

期間：2021/05/01～2022/05/15 JST

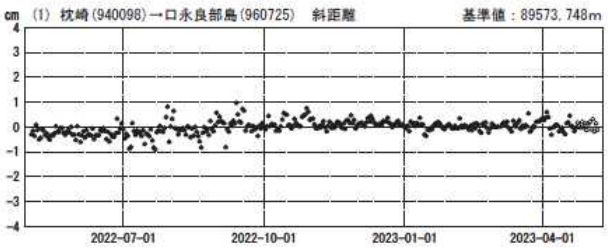


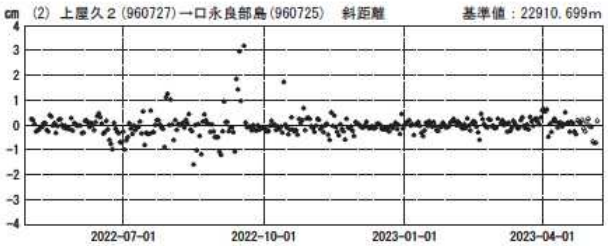


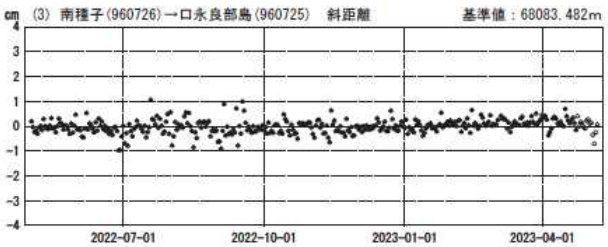


基線変化グラフ（短期）

期間：2022-05-01～2023-05-06 JST

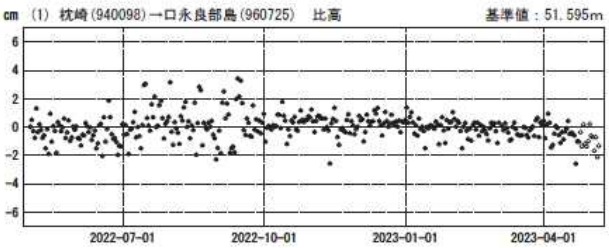


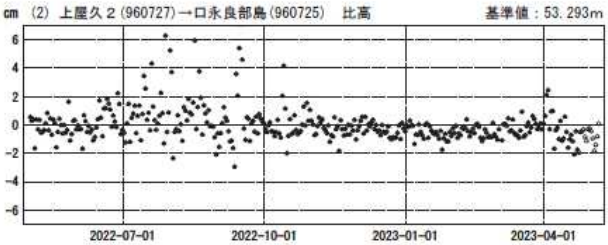


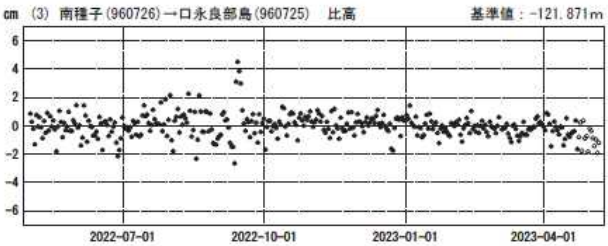


比高変化グラフ（短期）

期間：2022-05-01～2023-05-06 JST

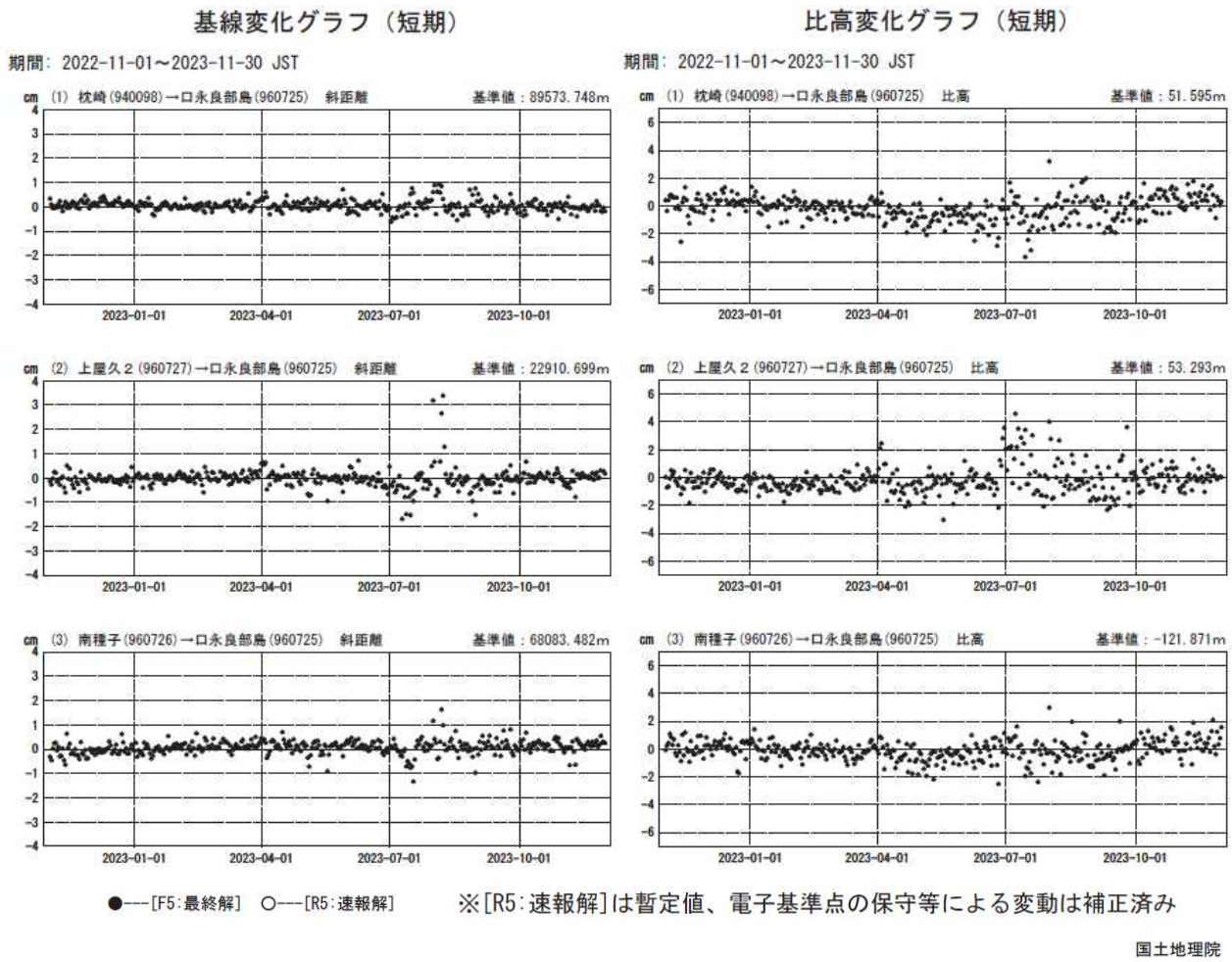






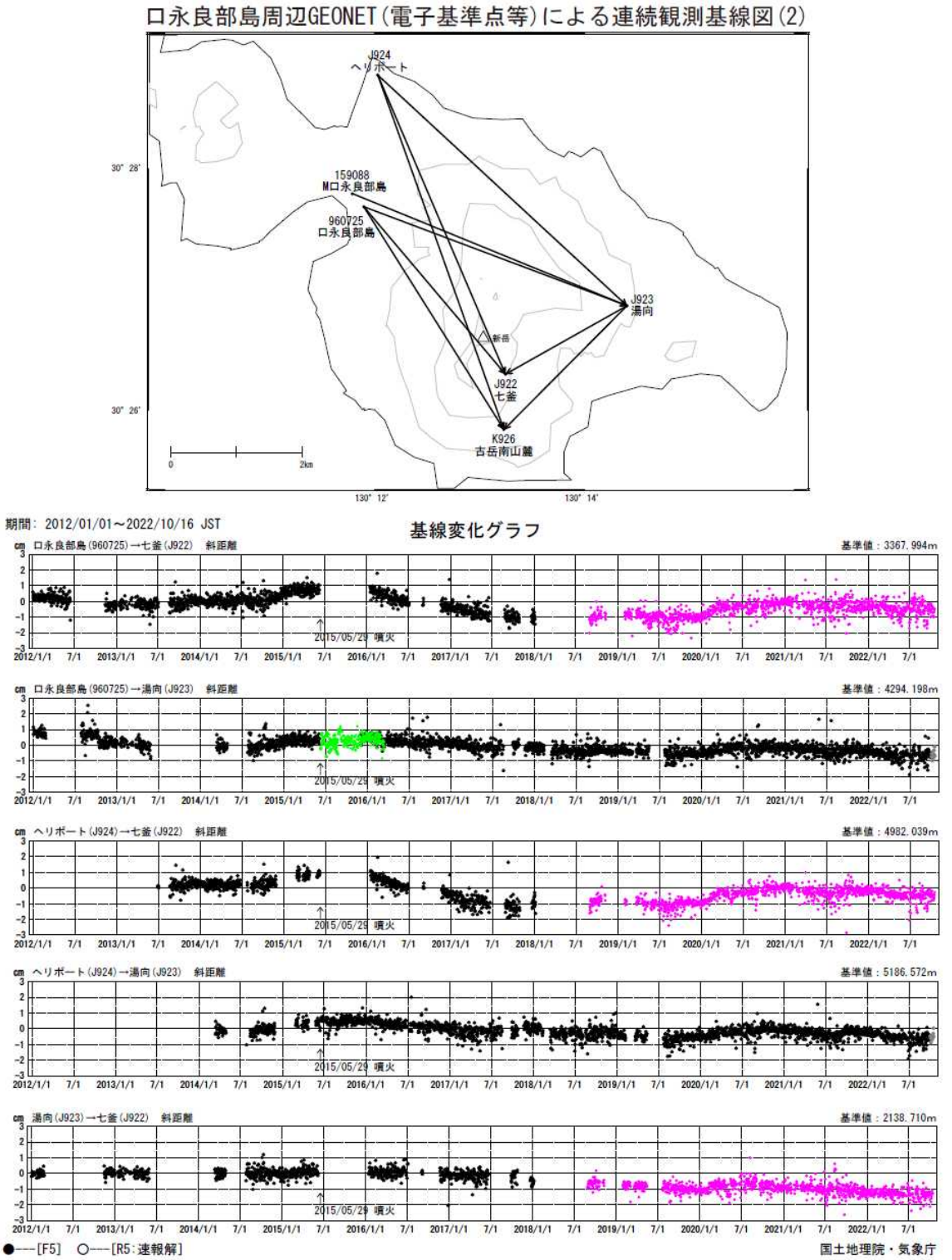
●---[F5:最終解]　○---[R5:速報解]　※[R5:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

口永良部島



第 2-1 図　口永良部島の GNSS 連続観測結果による基線変化グラフ
（上段：2016 年 11 月～2023 年 11 月、下段：2018 年 11 月～2023 年 11 月）

Fig.2-1 Time series of baseline length by continuous GNSS observation of Kuchinoerabujima Volcano;
(upper) from November 2016 to November 2023, (lower) from November 2018 to November 2023.



(注)口永良部島(960725)は2015/6から2015/12まで欠測のためM口永良部島（159088）のデータを代用し、平行観測期間のデータがほぼ重なるように接続してプロットした。
(注)七釜は2018/1観測終了のため、2018/8以降は古岳南山麓（K926）を代用し、データのトレンドに沿う延長が七釜の値にほぼつながるように接続してプロットした。

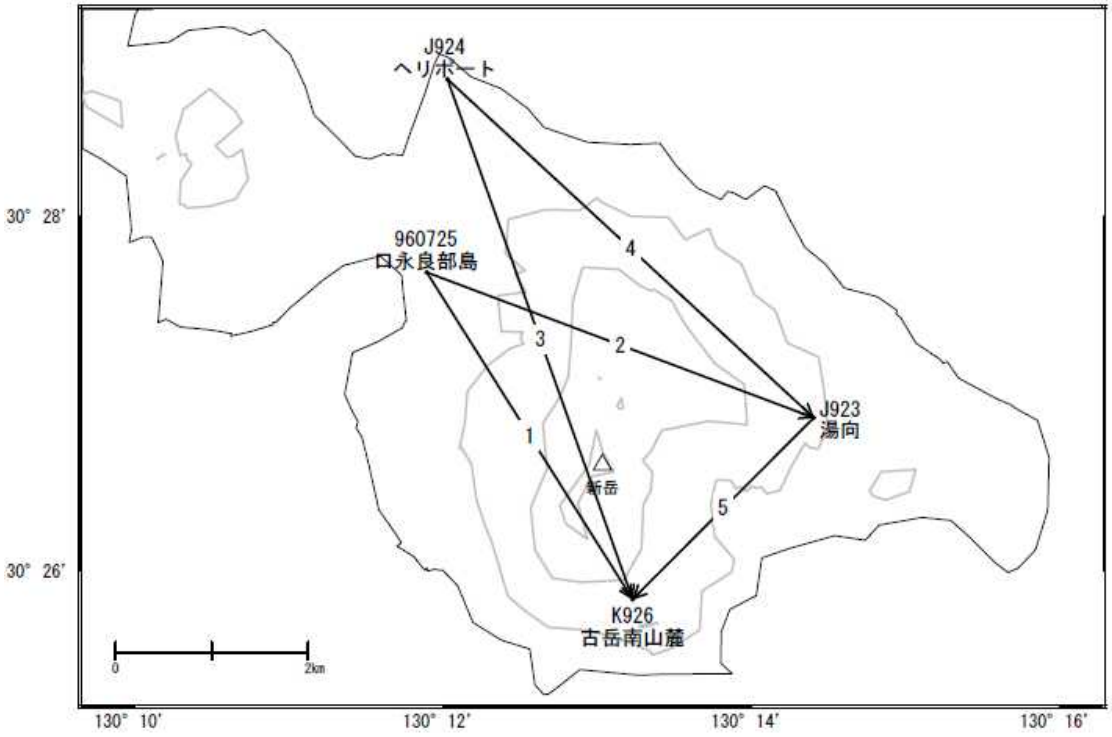
※[R5:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

第2-2図　口永良部島の電子基準点・気象庁GNSS観測点の統合解析結果

（上段：基線図、下段：基線変化グラフ　2012年１月～2022年10月）

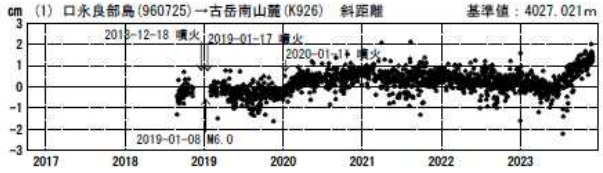
Fig.2-2 Results of continuous GNSS observation for GEONET and JMA stations by combined analyzing system of Kuchinoerabujima Volcano; (upper) Site location map; (lower) Time series of baseline length from January 2012 to October 2022.

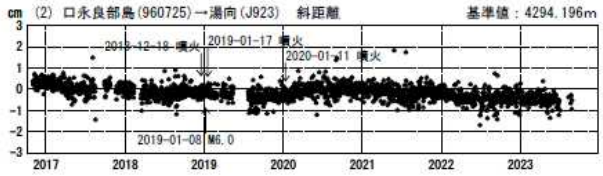
口永良部島周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図(2)

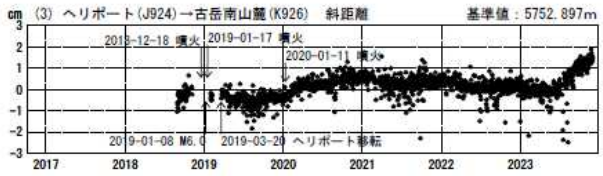


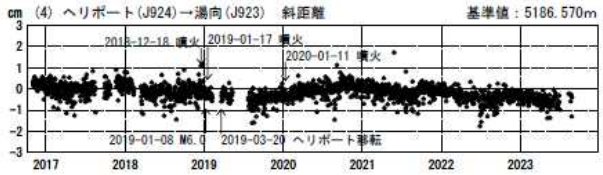
基線変化グラフ（長期）

期間：2016-11-01～2023-11-30 JST



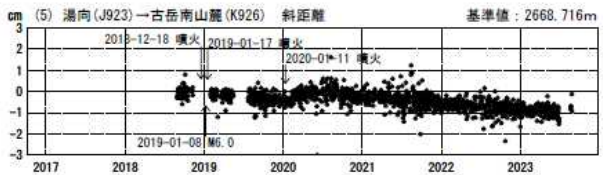




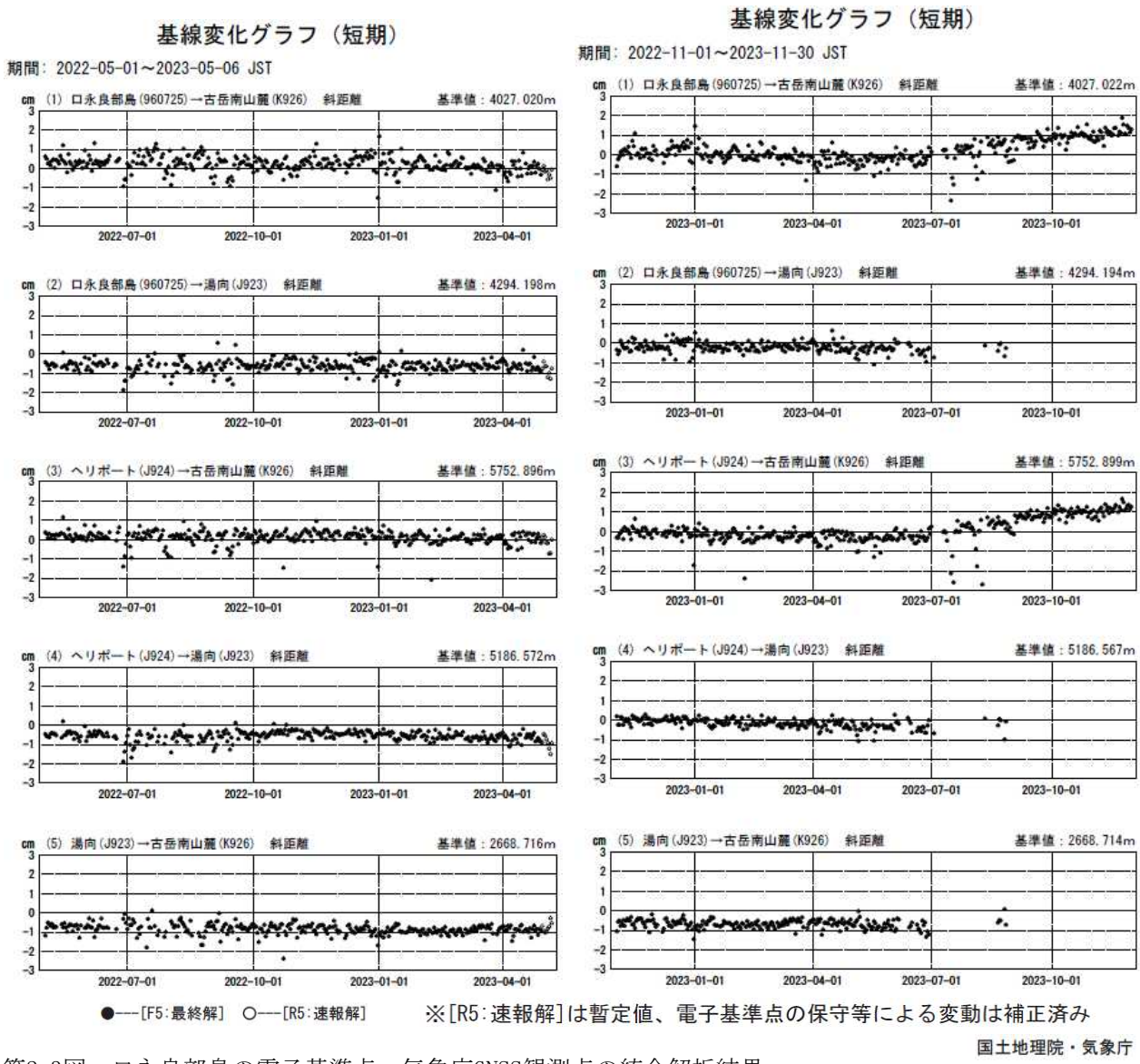


●---[F5:最終解]　○---[R5:速報解]

※[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



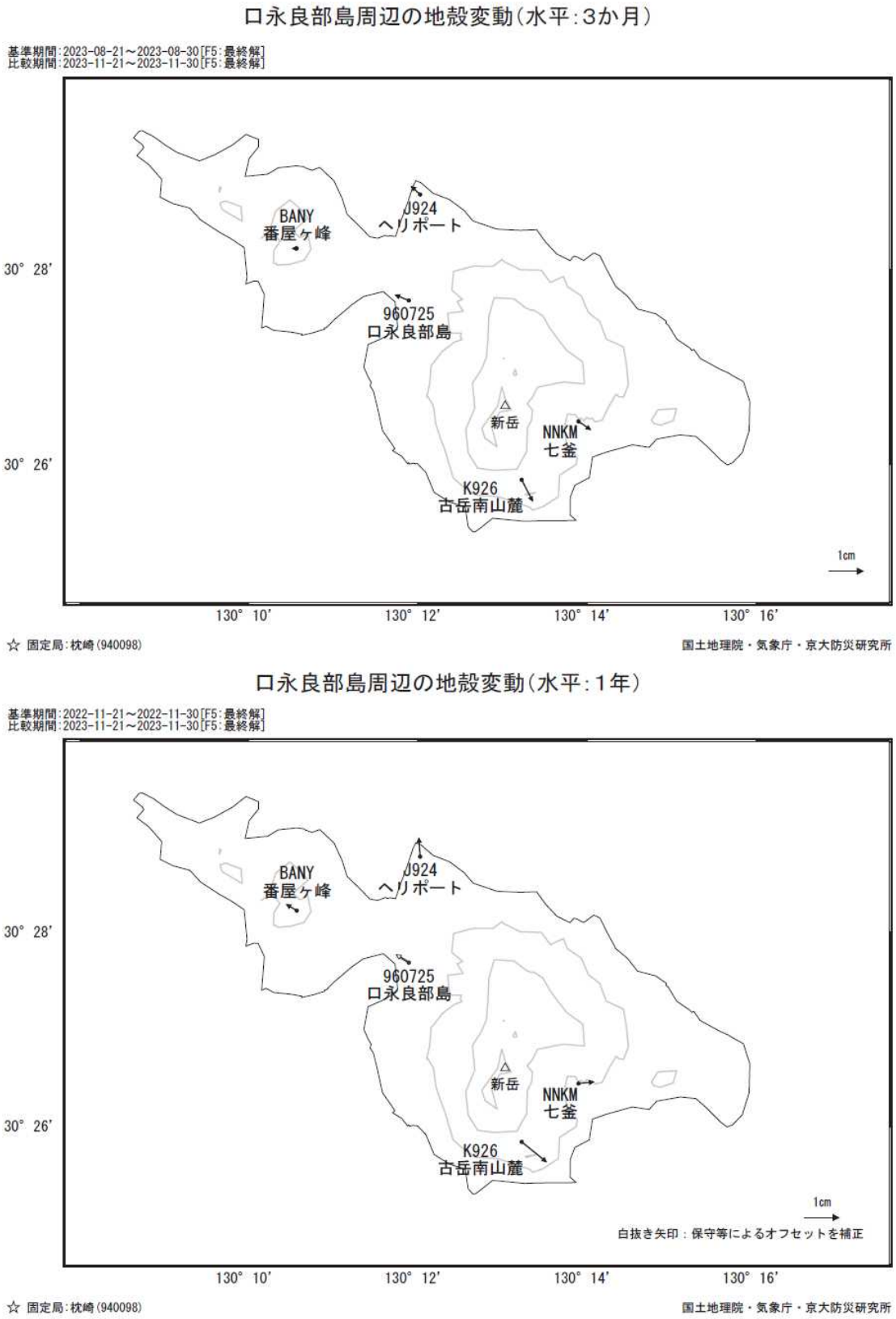
口永良部島



第2-3図　口永良部島の電子基準点・気象庁GNSS観測点の統合解析結果

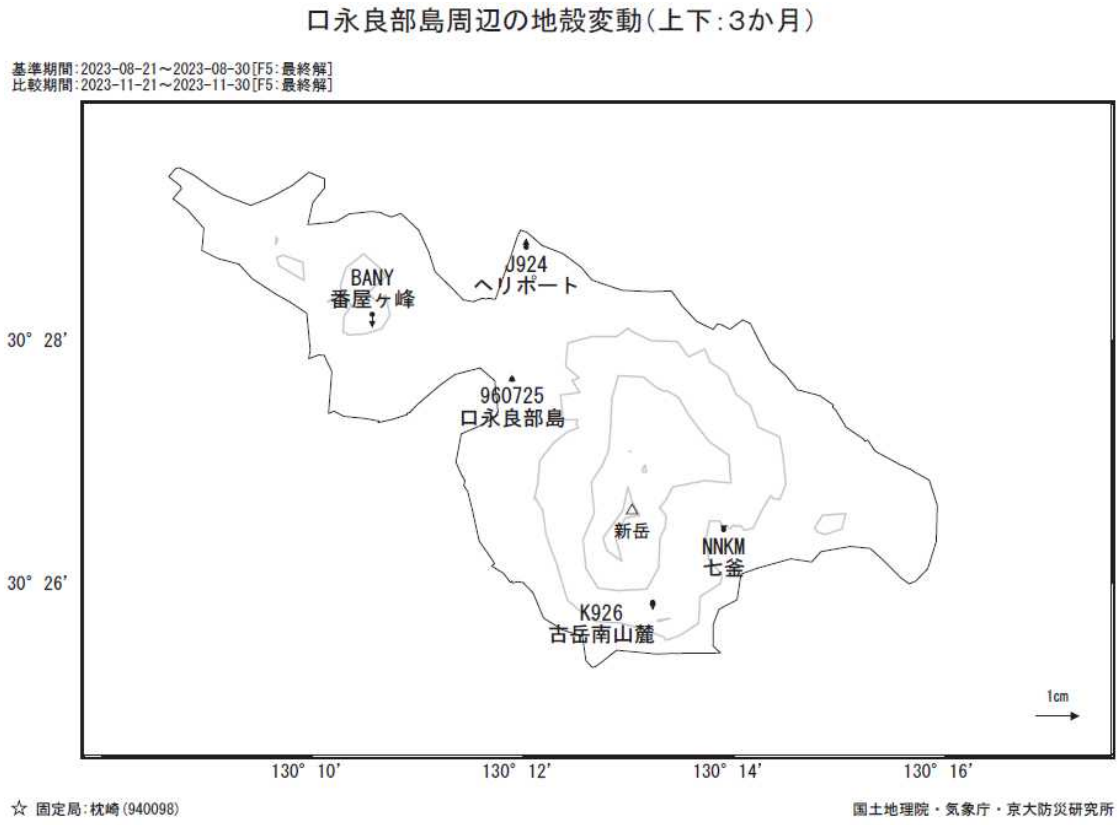
（上段：基線図、下段：基線変化グラフ　2016年11月～2023年11月、2022年５月～2023年11月）

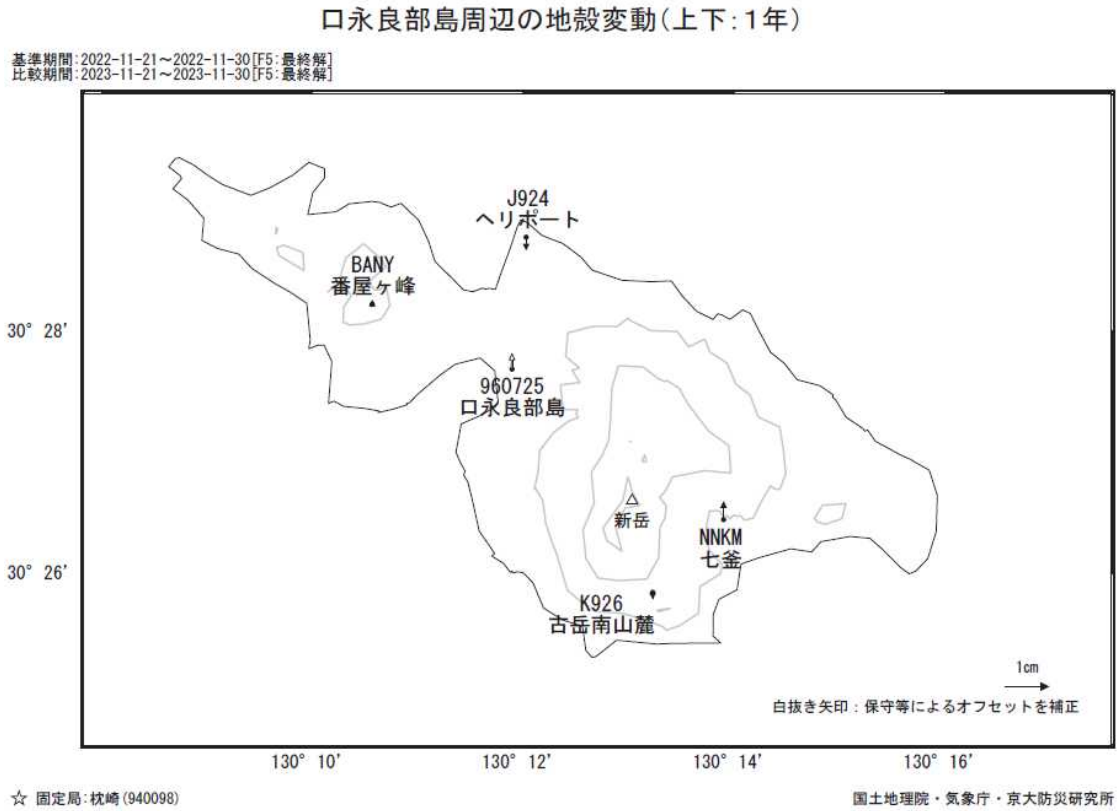
Fig.2-3 Results of continuous GNSS observation for GEONET and JMA stations by combined analyzing system of Kuchinoerabujima Volcano; (upper) Site location map; (lower) Time series of baseline length from November 2016 to November 2023, and from May 2022 to November 2023.



第 3-1 図　口永良部島周辺の電子基準点・気象庁・京大防災研究所 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.3-1 Horizontal displacements of GEONET, JMA and DPRI stations by combined analyzing system around Kuchinoerabujima Volcano; (upper) from August 2023 to November 2023, (lower) from November 2022 to November 2023.

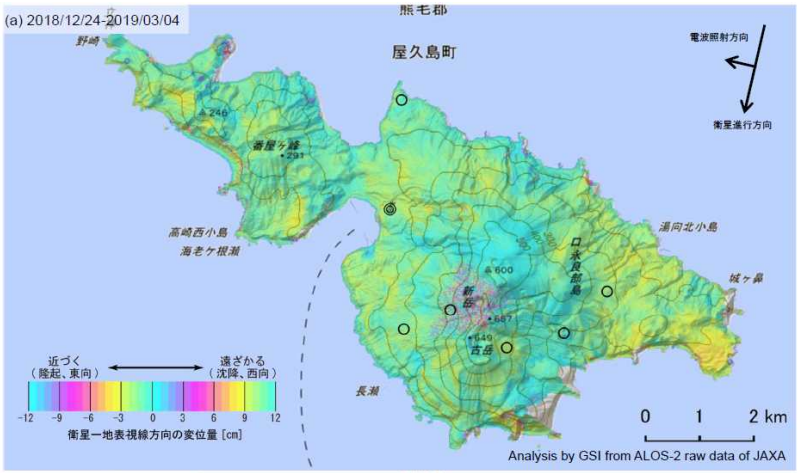


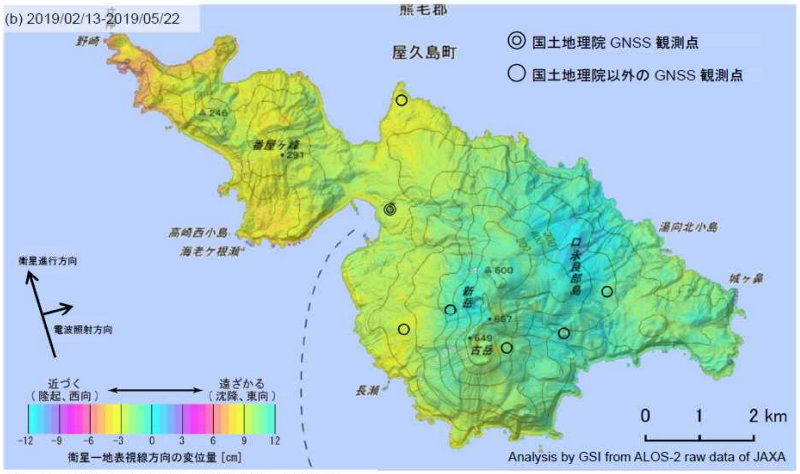


第 3-2 図　口永良部島周辺の電子基準点・気象庁・京大防災研究所 GNSS 観測点の統合解析による上下変動ベクトル図（上段：2023 年 8 月～2023 年 11 月、下段：2022 年 11 月～2023 年 11 月）

Fig.3-2 Vertical displacements of GEONET, JMA and DPRI stations by combined analyzing system around Kuchinoerabujima Volcano; (upper) from August 2023 to November 2023, (lower) from November 2022 to November 2023.

口永良部島

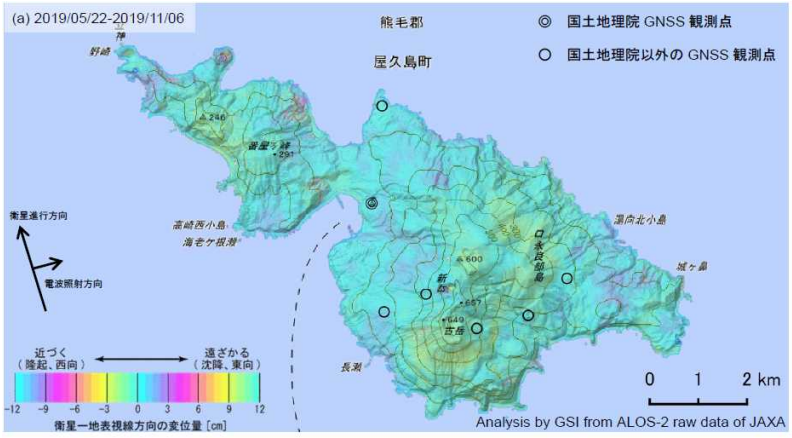


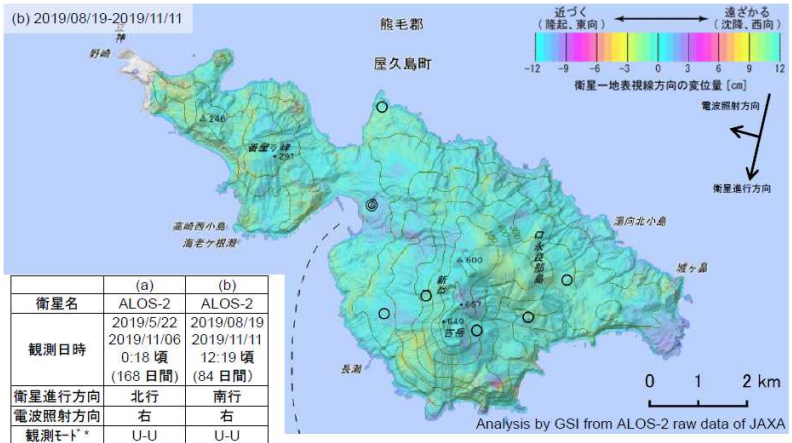


背景:地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2018/12/24 2019/03/04 12:19 頃 (70 日間)	2019/02/13 2019/05/22 00:18 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	37.6°	37.2°
偏波	HH	HH
垂直基線長	+ 425 m	- 34 m

*U: 高分解能(3m)モード



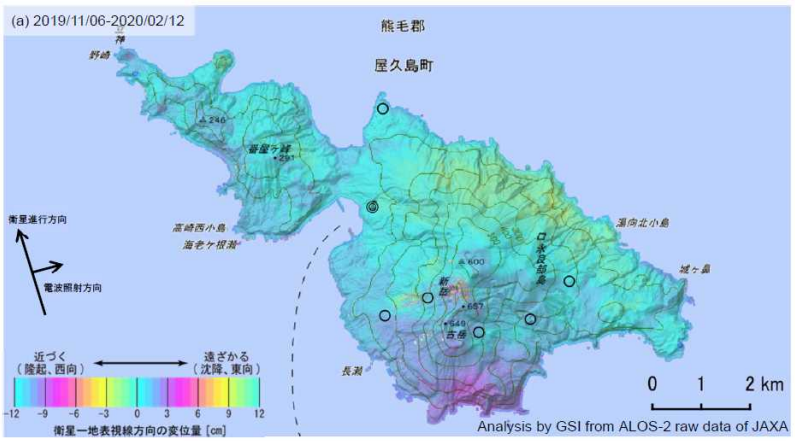


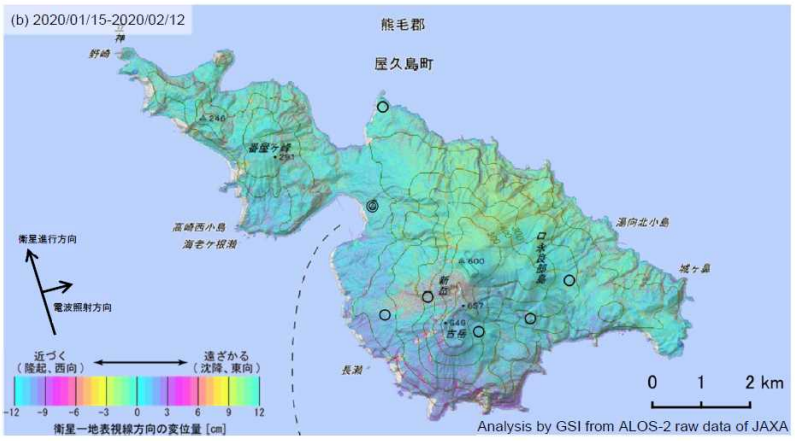
	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2019/5/22 2019/11/06 0:18 頃 (168 日間)	2019/08/19 2019/11/11 12:19 頃 (84 日間)
衛星進行方向	北行	南行
電波照射方向	右	右
観測ﾓｰﾄﾞ*	U-U	U-U
入射角	37.2°	37.6°
偏波	HH	HH
垂直基線長	+ 86 m	- 84 m

*U: 高分解能(3m)モード

背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

口永良部島





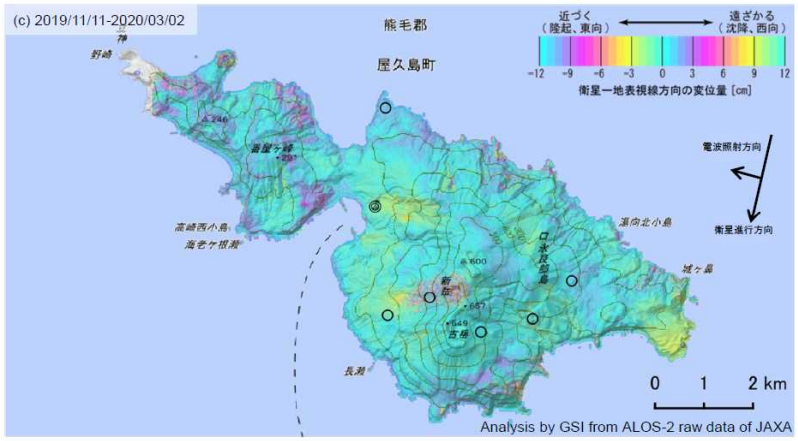
◎　国土地理院 GNSS 観測点

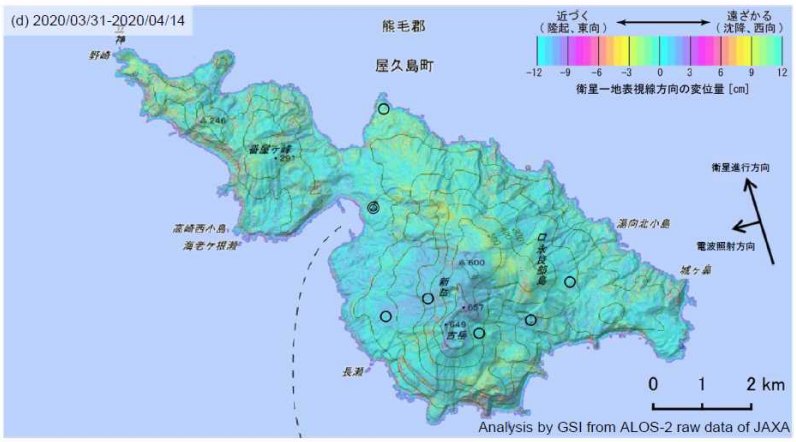
○　国土地理院以外の GNSS 観測点

背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

	(a)	(b)	(c)	(d)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2019/11/06 2020/02/12 0:18 頃 (98 日間)	2020/01/15 2020/02/12 0:18 頃 (28 日間)	2020/11/11 2020/03/02 12:19 頃 (112 日間)	2020/03/31 2020/04/14 23:30 頃 (14 日間)
衛星進行方向	北行	北行	南行	北行
電波照射方向	右	右	右	左
観測ﾓｰﾄﾞ*	U-U	U-U	U-U	U-U
入射角	37.2°	37.2°	37.6°	52.8°
偏波	HH	HH	HH	HH
垂直基線長	- 45 m	- 154 m	+ 624 m	+ 67 m

*U: 高分解能(3m)モード



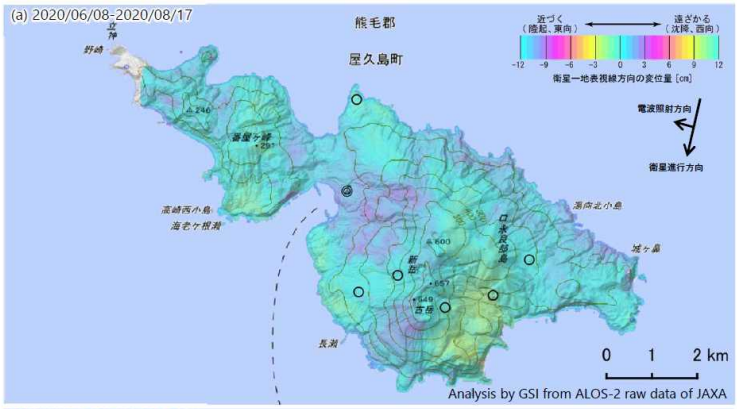


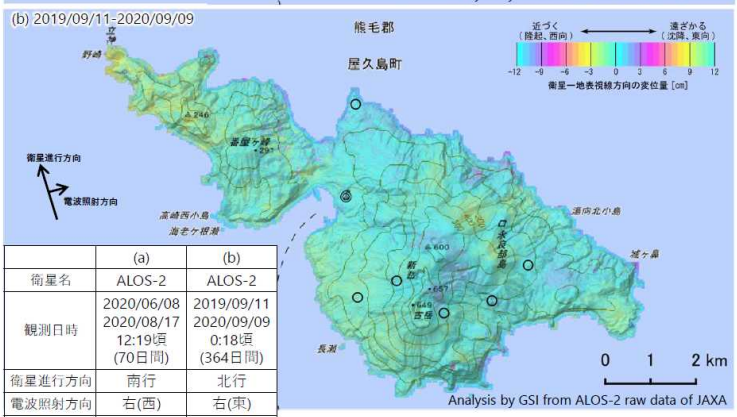
◎　国土地理院 GNSS 観測点

○　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

口永良部島



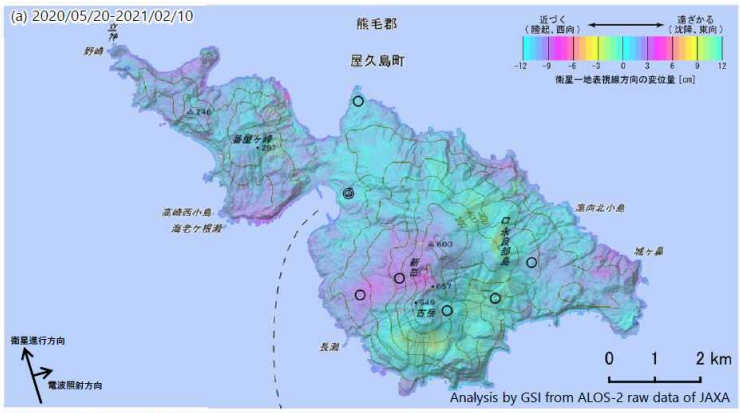


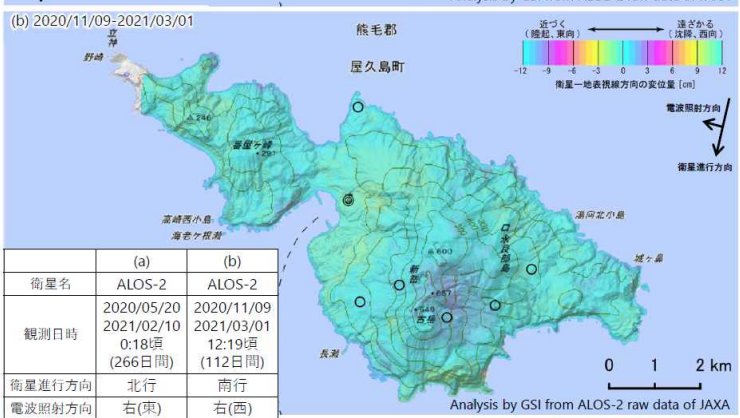
	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2020/06/08 2020/08/17 12:19頃 (70日間)	2019/09/11 2020/09/09 0:18頃 (364日間)
衛星進行方向	南行	北行
電波照射方向	右(西)	右(東)
観測モード*	U-U	H-H
入射角	37.6°	37.2°
偏波	HH	HH
垂直基線長	+ 137 m	+ 186 m

* 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

背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図





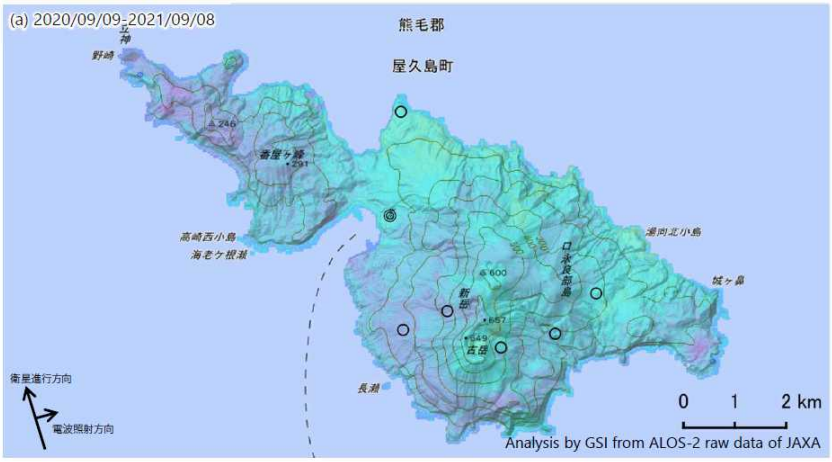
	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2020/05/20 2021/02/10 0:18頃 (266日間)	2020/11/09 2021/03/01 12:19頃 (112日間)
衛星進行方向	北行	南行
電波照射方向	右(東)	右(西)
観測モード*	U-U	U-U
入射角	37.2°	37.6°
偏波	HH	HH
垂直基線長	- 84 m	+ 173m

* 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

口永良部島

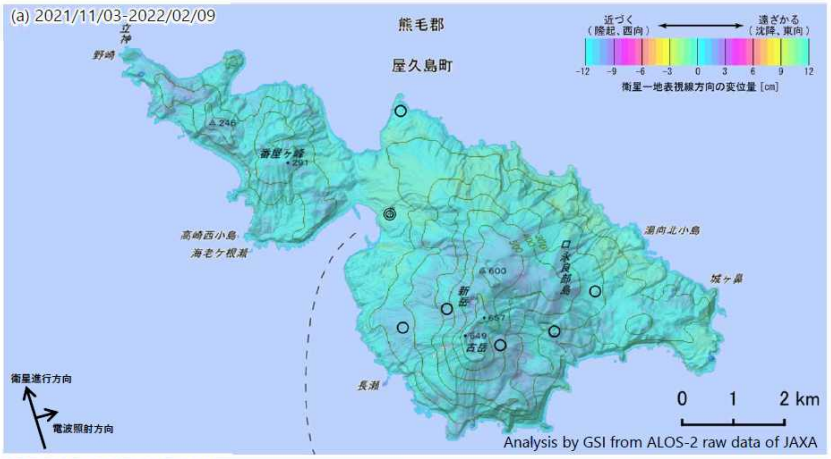


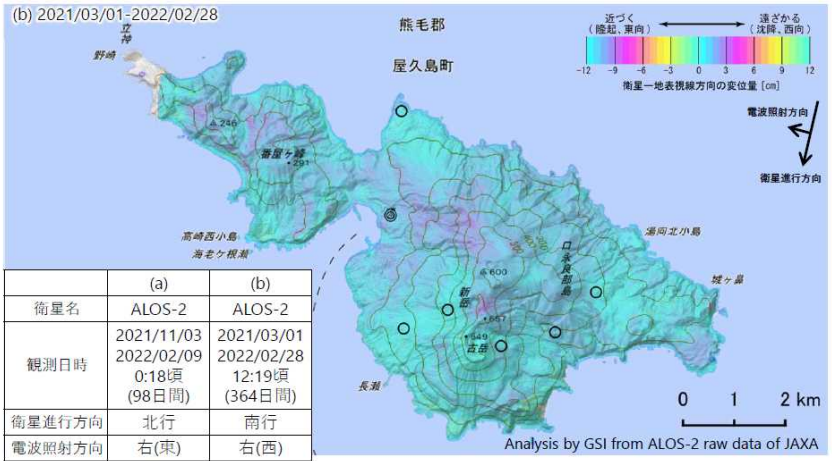
	(a)
衛星名	ALOS-2
観測日時	2020/09/09 2021/09/08 0:18頃 (364日間)
衛星進行方向	北行
電波照射方向	右(東)
観測モード*	H-H
入射角	37.2°
偏波	HH
垂直基線長	- 123 m

◎　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

＊　H：高分解能(6m)モード





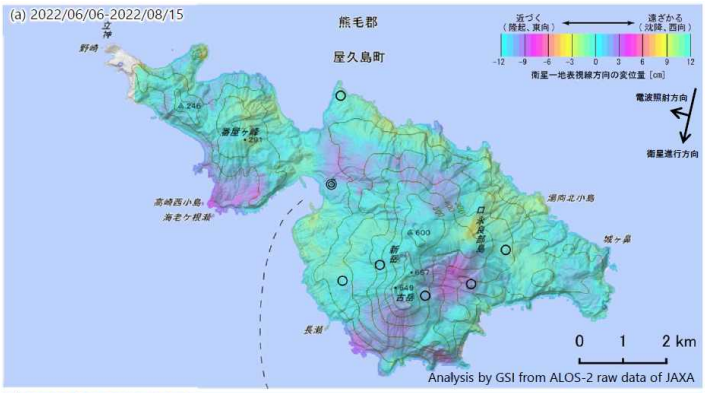
	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2021/11/03 2022/02/09 0:18頃 (98日間)	2021/03/01 2022/02/28 12:19頃 (364日間)
衛星進行方向	北行	南行
電波照射方向	右(東)	右(西)
観測モード*	U-U	U-U
入射角	37.2°	37.6°
偏波	HH	HH
垂直基線長	- 80 m	- 62m

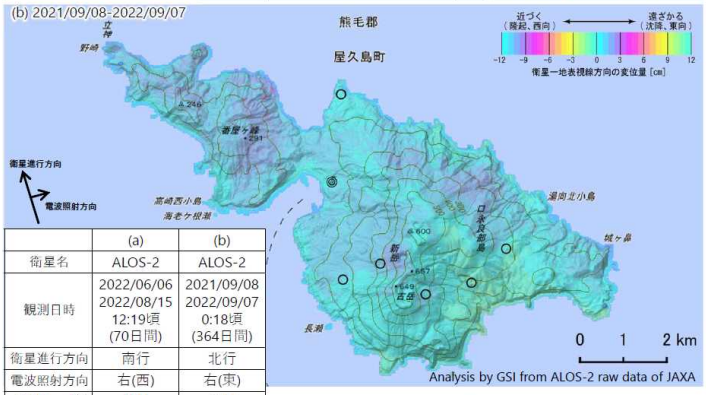
◎　国土地理院GNSS観測点
○　国土地理院以外のGNSS観測点

背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

＊　U：高分解能(3m)モード

口永良部島



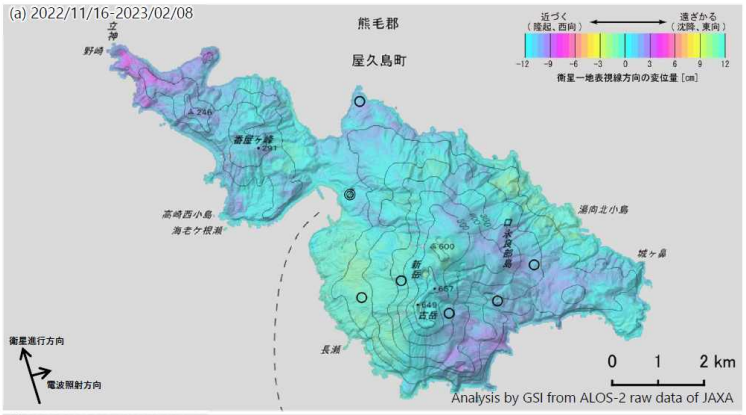


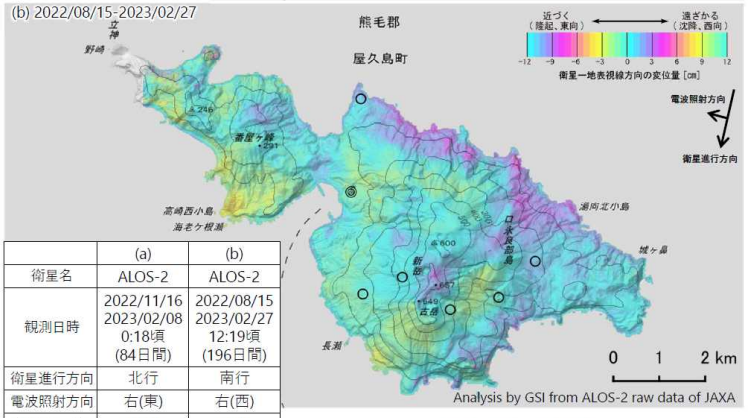
	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2022/06/06 2022/08/15 12:19頃 (70日間)	2021/09/08 2022/09/07 0:18頃 (364日間)
衛星進行方向	南行	北行
電波照射方向	右(西)	右(東)
観測モード*	U-U	H-H
入射角	37.6°	37.2°
偏波	HH	HH
垂直基線長	- 317 m	- 15m

* 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





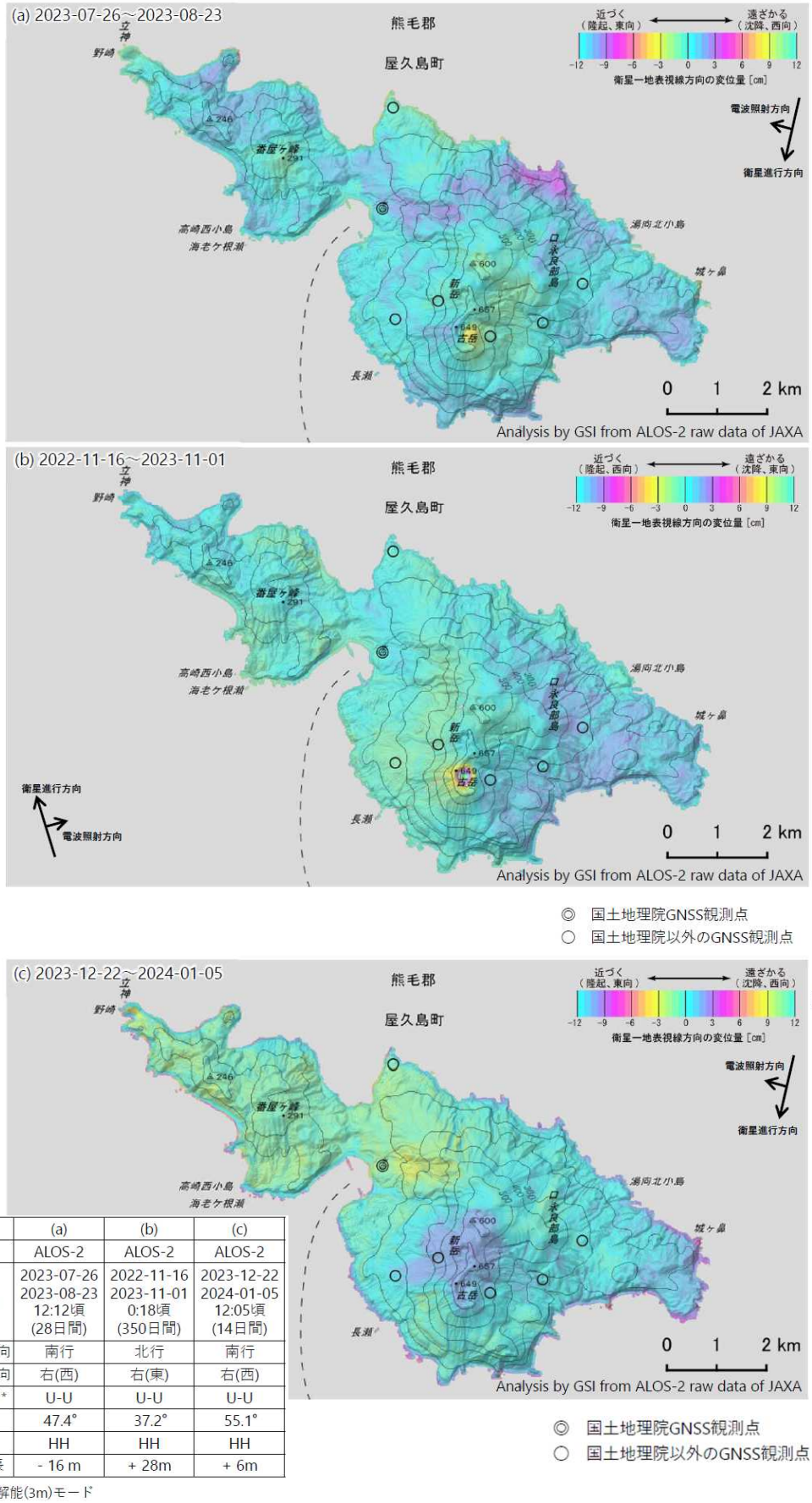
	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2022/11/16 2023/02/08 0:18頃 (84日間)	2022/08/15 2023/02/27 12:19頃 (196日間)
衛星進行方向	北行	南行
電波照射方向	右(東)	右(西)
観測モード*	U-U	U-U
入射角	37.2°	37.6°
偏波	HH	HH
垂直基線長	+ 140 m	+ 273m

* 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

口永良部島



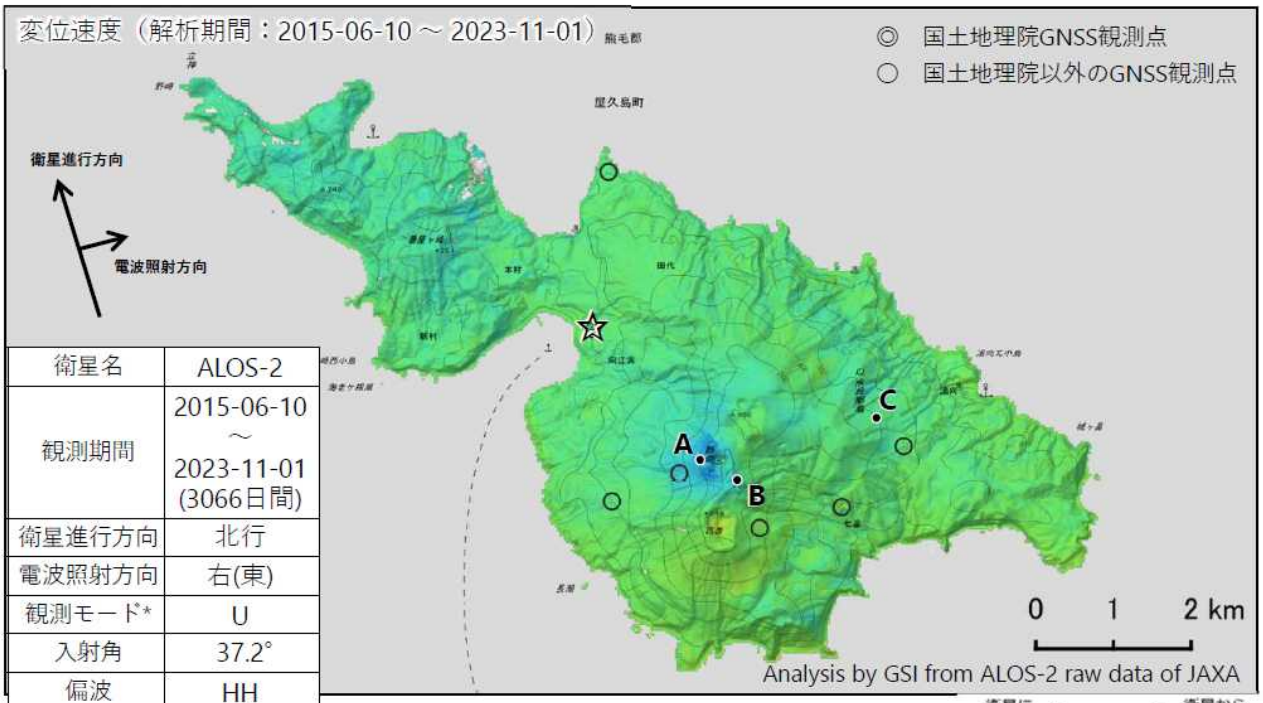
	(a)	(b)	(c)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2023-07-26 2023-08-23 12:12頃 (28日間)	2022-11-16 2023-11-01 0:18頃 (350日間)	2023-12-22 2024-01-05 12:05頃 (14日間)
衛星進行方向	南行	北行	南行
電波照射方向	右(西)	右(東)	右(西)
観測モード*	U-U	U-U	U-U
入射角	47.4°	37.2°	55.1°
偏波	HH	HH	HH
垂直基線長	- 16 m	+ 28m	+ 6m

*　U：高分解能(3m)モード

第４図　「だいち２号」PALSAR-2 による口永良部島の解析結果

Fig.4 SAR Interferogram of ALOS-2 PALSAR-2 of Kuchinoerabujima Volcano.

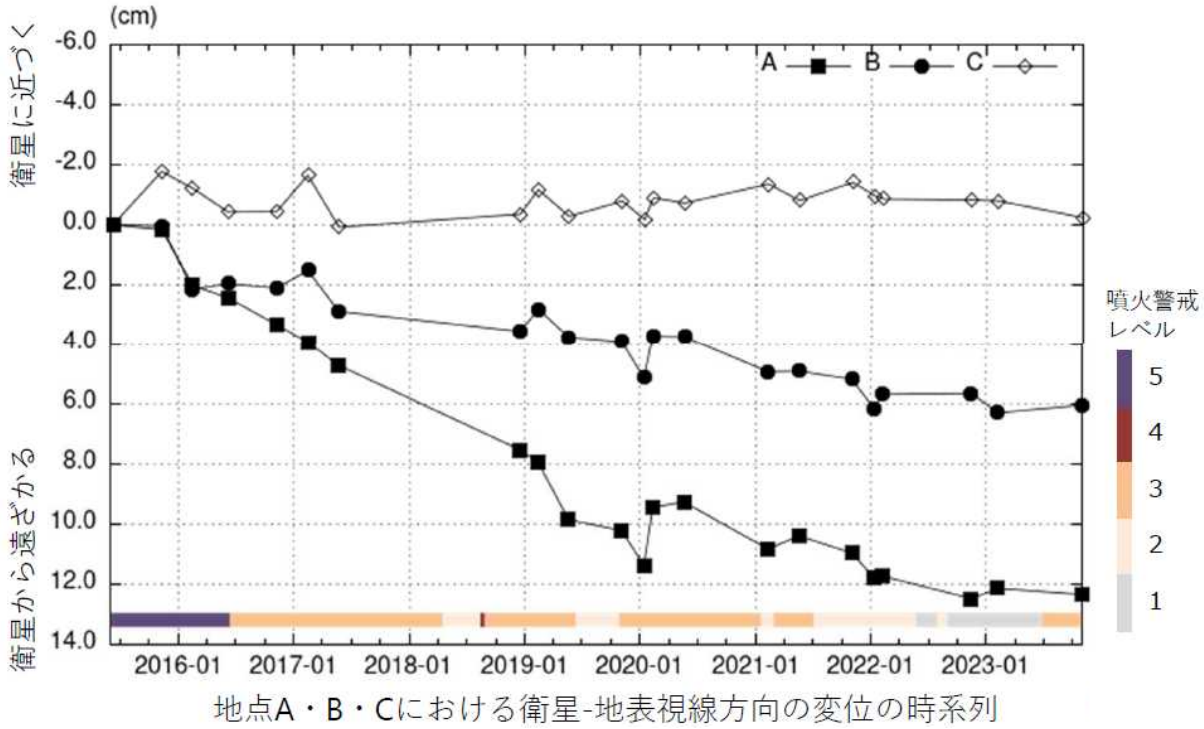
口永良部島



衛星名	ALOS-2
観測期間	2015-06-10 ～ 2023-11-01 (3066日間)
衛星進行方向	北行
電波照射方向	右(東)
観測モード*	U
入射角	37.2°
偏波	HH
データ数	22
干渉ペア数	48

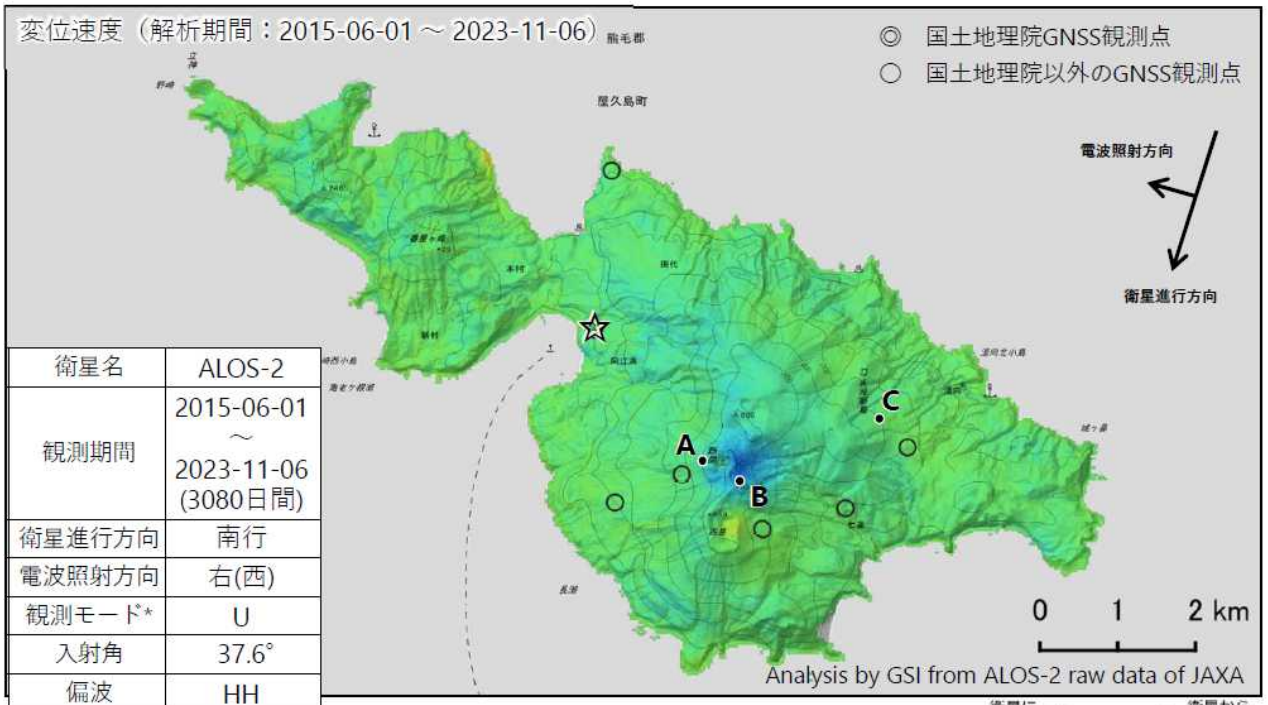
* U：高分解能(3m)モード

背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図
干渉SAR時系列解析手法：SBAS法
※参照点は電子基準点「口永良部島」付近（☆）



地点A・B・Cにおける衛星-地表視線方向の変位の時系列

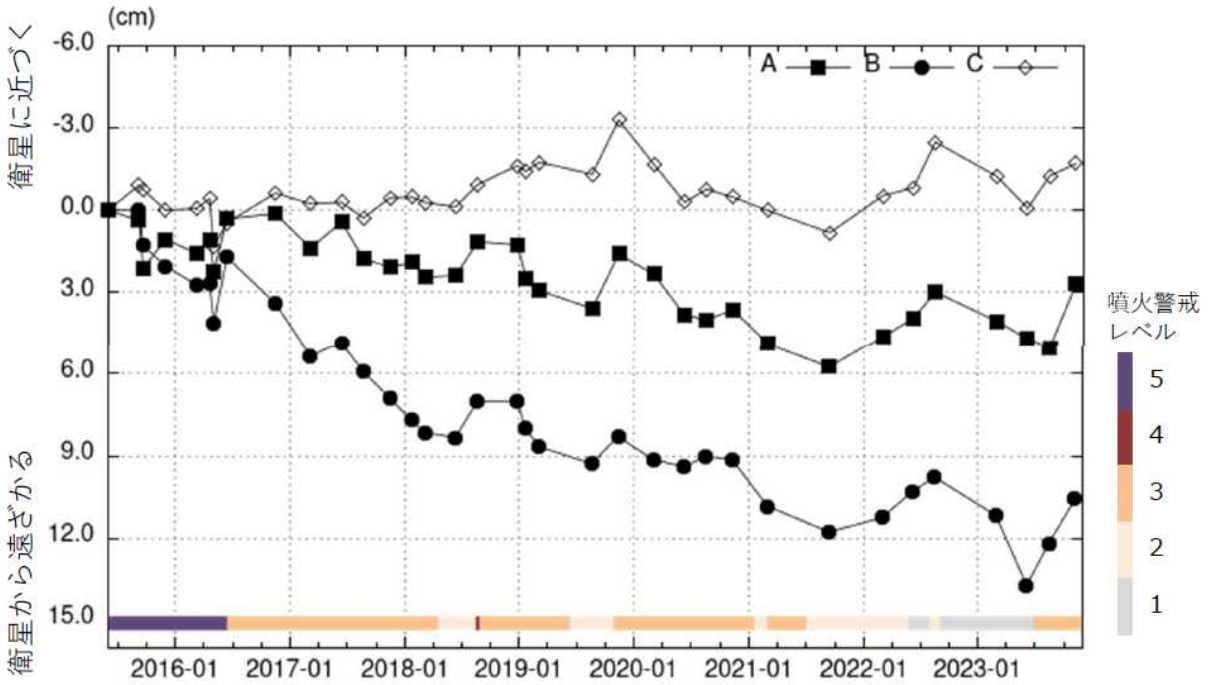
口永良部島



衛星名	ALOS-2
観測期間	2015-06-01 ～ 2023-11-06 (3080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	37.6°
偏波	HH
データ数	35
干渉ペア数	84

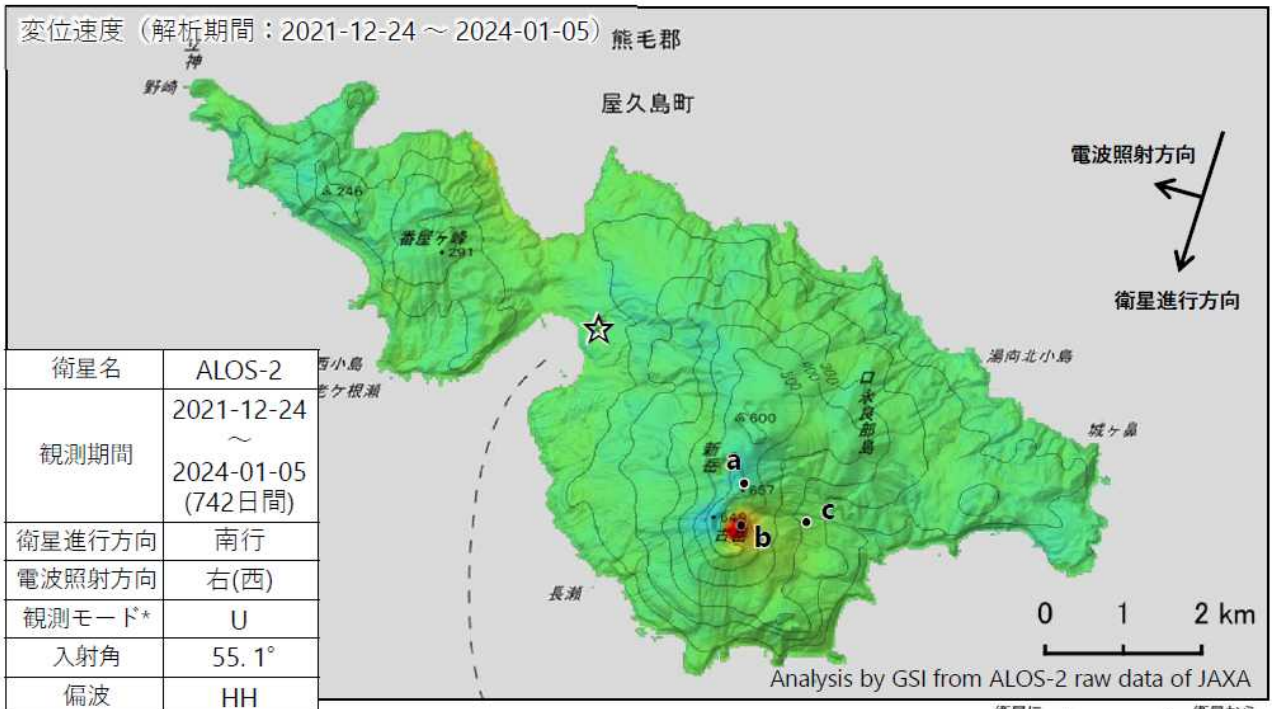
* U：高分解能(3m)モード

背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図
干渉SAR時系列解析手法：SBAS法
※参照点は電子基準点「口永良部島」付近（☆）



地点A・B・Cにおける衛星-地表視線方向の変位の時系列

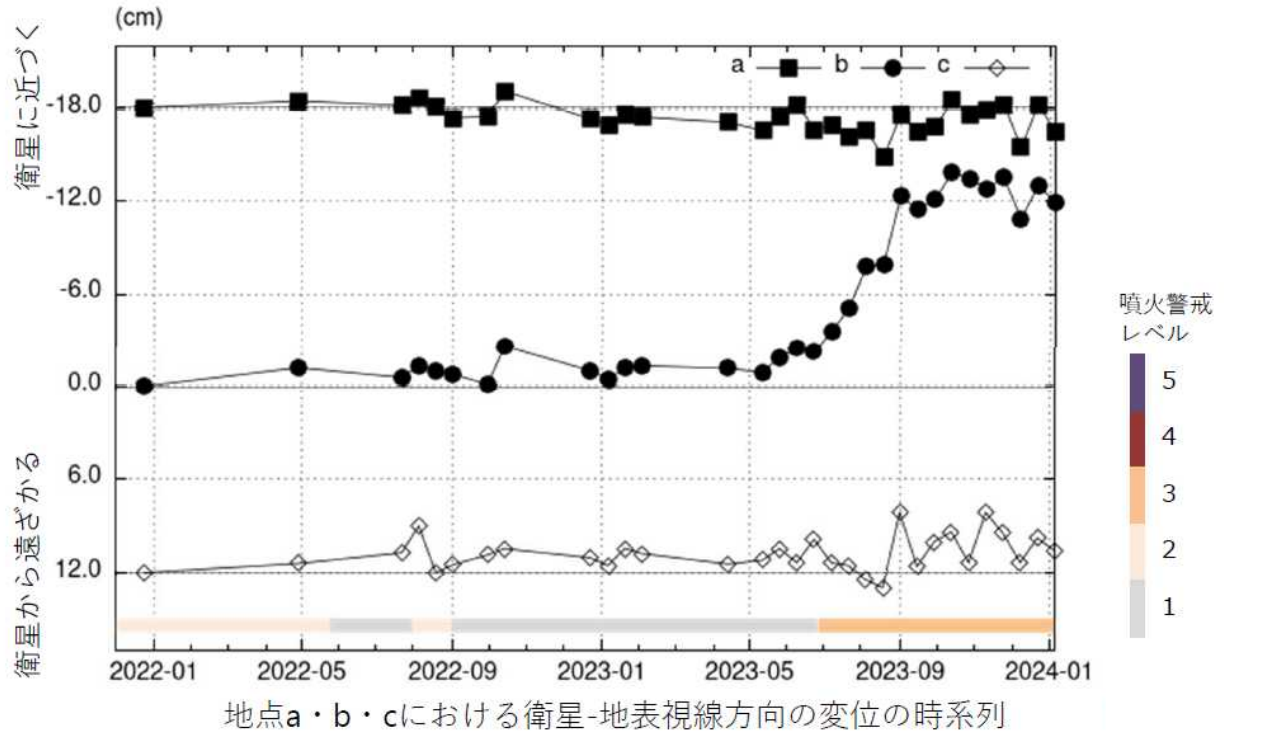
口永良部島



衛星名	ALOS-2
観測期間	2021-12-24 ～ 2024-01-05 (742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	55. 1°
偏波	HH
データ数	31
干渉ペア数	424

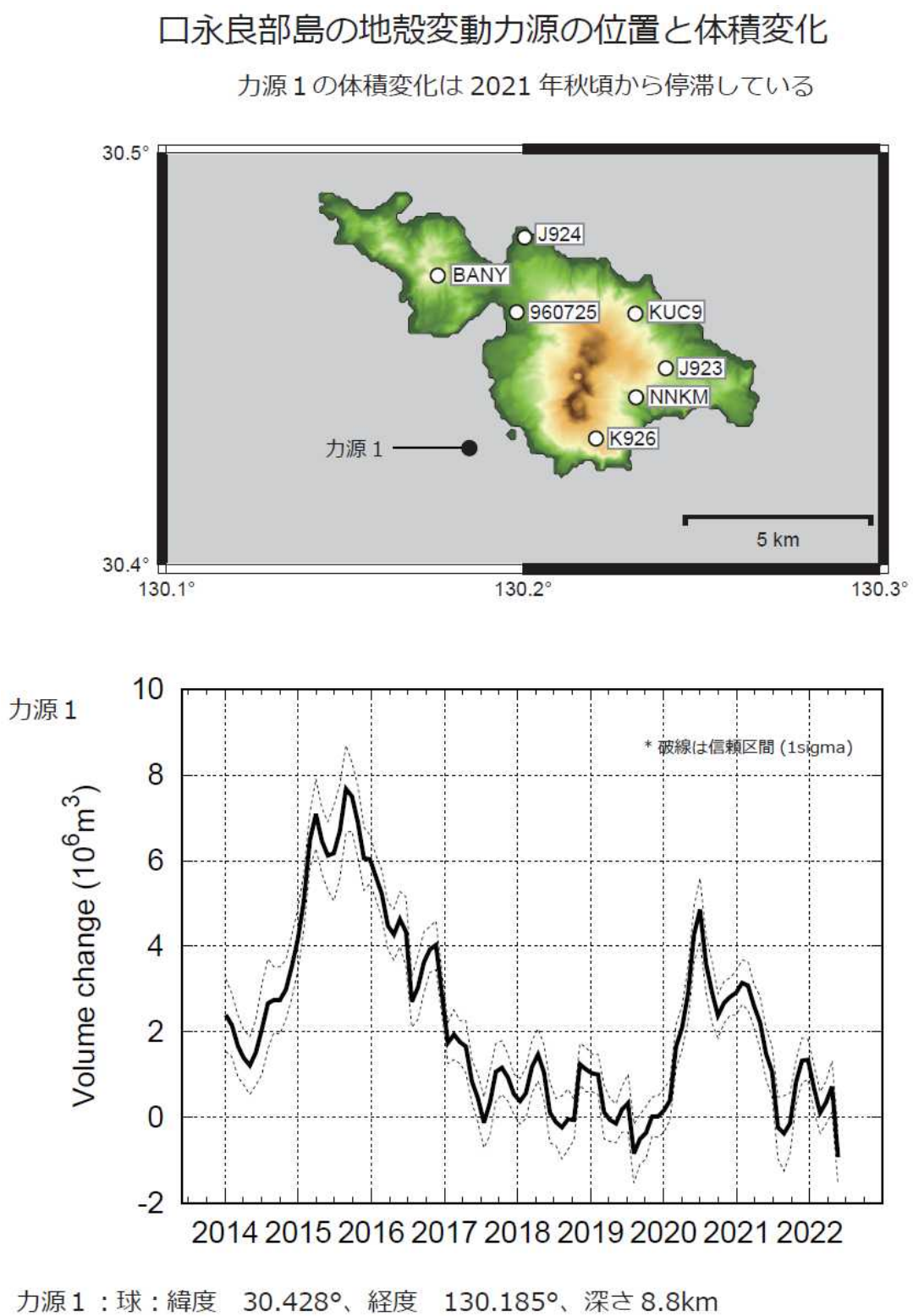
* U：高分解能(3m)モード

背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図
干渉SAR時系列解析手法：SBAS法
※参照点は電子基準点「口永良部島」付近（☆）



第５図　「だいち２号」PALSAR-2 による口永良部島の時系列解析結果

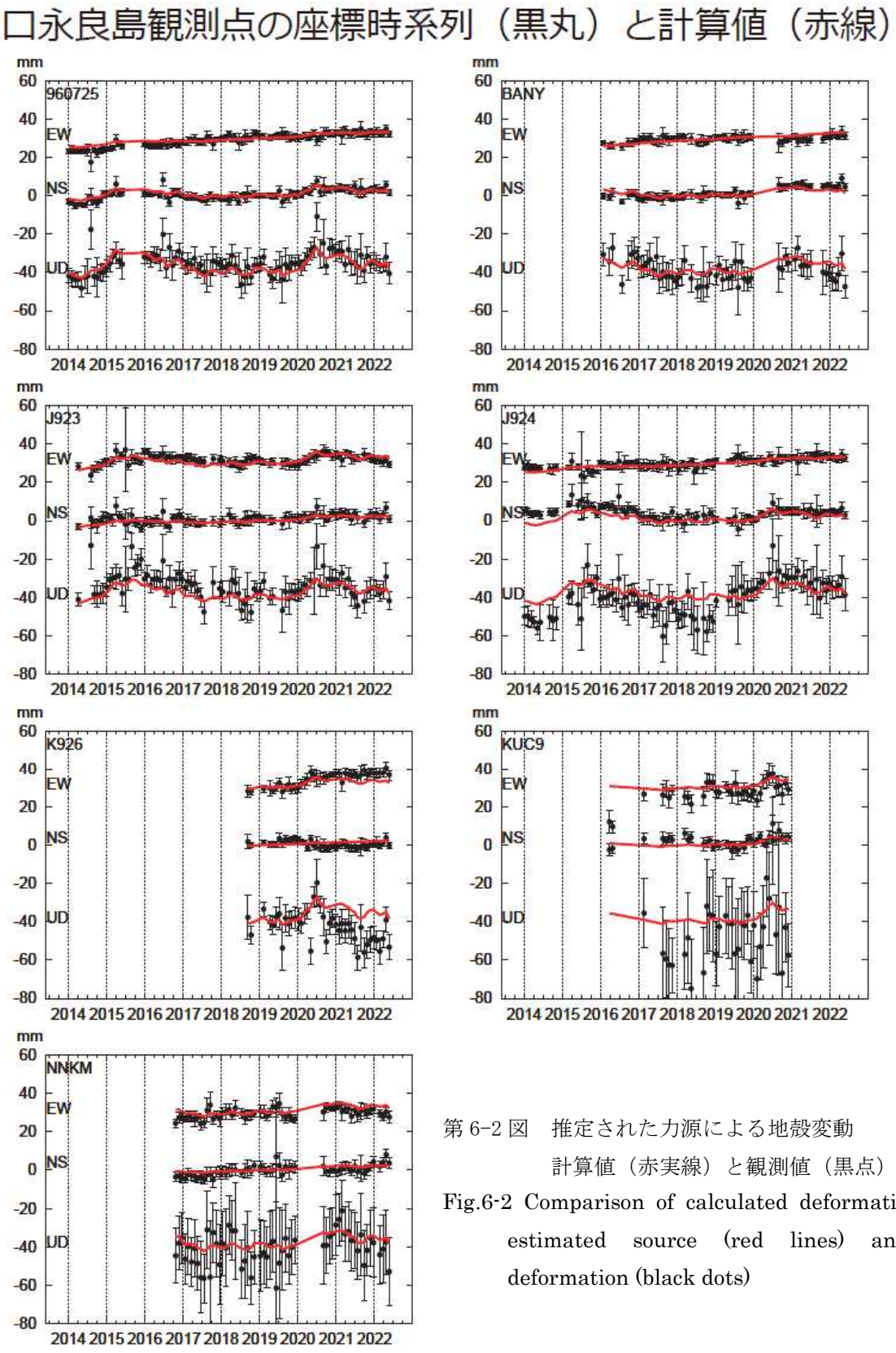
Fig.5 Time-Series Interferometric SAR of ALOS-2 PALSAR-2 of Kuchinoerabujima Volcano.



第 6-1 図　線形インバージョンによる口永良部島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 of Kuchinoerabujima Volcano by linear inversion method;
(upper) distribution of GNSS observation sites (white circle) and deformation source (black circle),
(lower) Time series of estimated volume of deformation source.

口永良部島



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 960727（上屋久２）
＊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 1 sigma
＊使用データ：2014/01/01-2022/05/24（F5 解 +R5 解）

口永良部島