硫黄島の地殻変動*

Crustal Deformations of IoTo Volcano

国土地理院
Geospatial Information Authority of Japan

第１図から第３図は、硫黄島における GNSS 連続観測結果である。

第１図上段に基線図、下段には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３成分変化グラフ（2018年11月～2024年１月）であり、上段は長期の時系列、下段は短期の時系列である。全ての観測点において硫黄島の隆起が継続しており、「硫黄島１」及び「M硫黄島Ａ」では隆起、「硫黄島２」は南向きの変動が継続している。

第３図は、硫黄島における電子基準点及び気象庁の GNSS 観測点の統合解析から得られた最近３か月間（2023 年 10 月～2024 年１月）の変動ベクトル図であり、上段は水平変動、下段は上下変動を示している。「硫黄島２」で南に向かう変動が観測されている。また、「硫黄島１」、「M硫黄島Ａ」で顕著な隆起が見られる。

第４図は、「だいち２号」の SAR 干渉解析結果である。全般的に、元山付近に収縮とみられる変動が、摺鉢山付近に周囲と比べて衛星から遠ざかる変動が見られる。また、阿蘇台断層に沿って変動が見られる。

第５図は、「だいち２号」の干渉 SAR 時系列解析結果である。島の東側の地点 A 周辺に、衛星に近づく変動が見られる。元山の地点 B 周辺及び摺鉢山の地点 C 周辺に、衛星から遠ざかる変動が見られる。

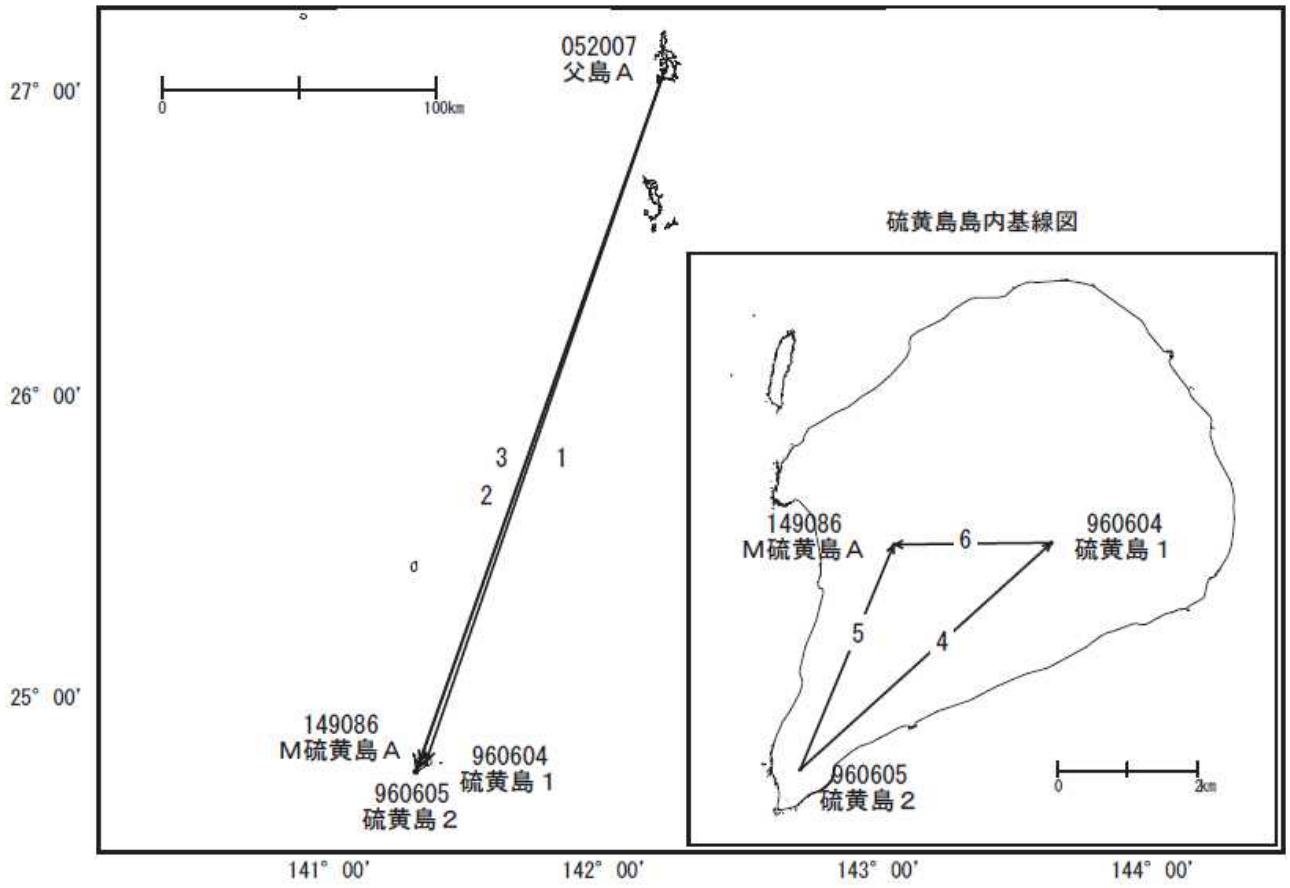
第６図は、「だいち２号」の SAR 強度画像である。硫黄島翁浜沖では、2023 年 10 月 22 日から噴火が発生し、10 月 29 日の噴火にて、30 日に新島を形成した。(a)～(d)では、翁浜沖に陸地を示す反射強度の強い領域が見られる。(e)以降、陸地を示す領域が小さくなっている。

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

硫黄島周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図



硫黄島周辺の各観測局情報

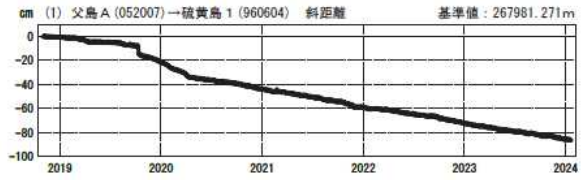
点番号	点名	日付	保守内容
960604	硫黄島1	2021-02-24	受信機交換
		2023-03-28	受信機更新
960605	硫黄島2	2019-02-28	受信機交換
		2023-03-28	受信機更新
		2024-01-09	受信機交換
149086	M硫黄島A	2021-02-24	受信機交換
052007	父島A	2021-12-05	受信機更新

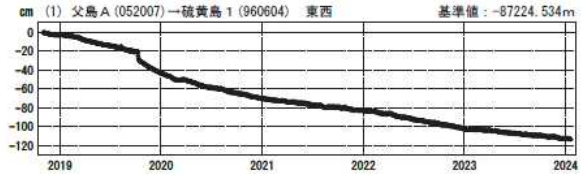
第 1 図 硫黄島の GNSS 連続観測基線図（上段）と観測局の保守履歴（下段）

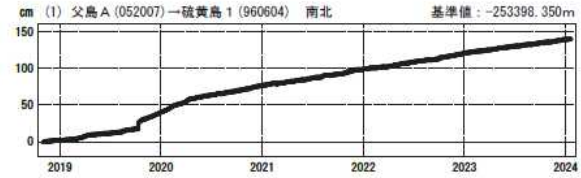
Fig.1 (upper) Site location map of the continuous GNSS observation network of Ioto Volcano;
(lower) History of site maintenance.

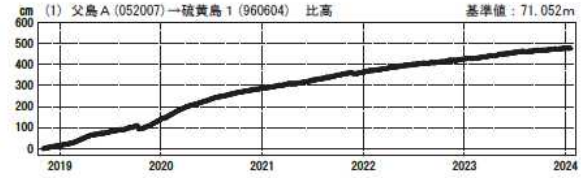
成分変化グラフ（長期）

期間：2018-11-01～2024-01-19 JST





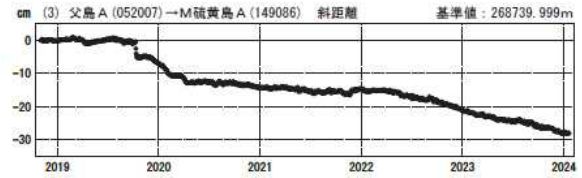


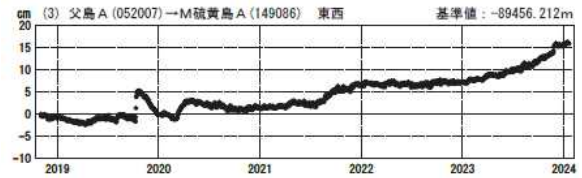


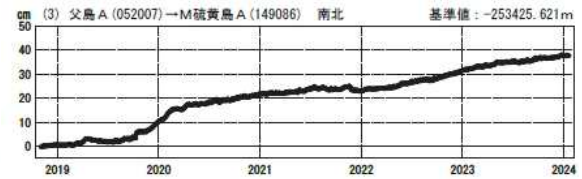
●---[F5:最終解]　○---[R5:速報解]

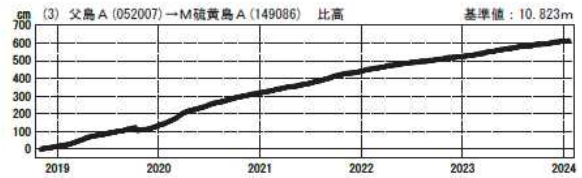
成分変化グラフ（長期）

期間：2018-11-01～2024-01-19 JST





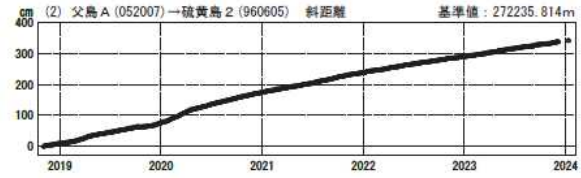


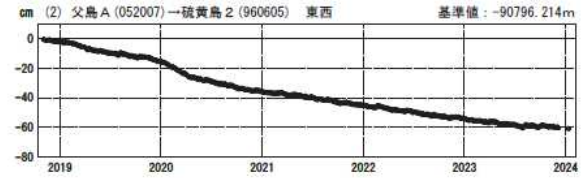


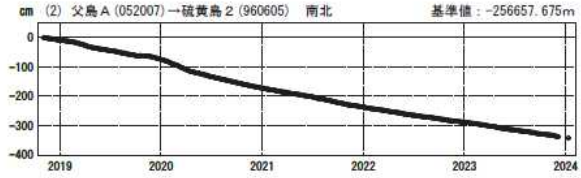
●---[F5:最終解]　○---[R5:速報解]

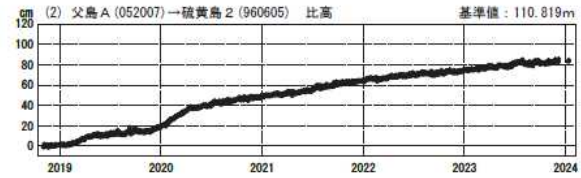
成分変化グラフ（長期）

期間：2018-11-01～2024-01-19 JST





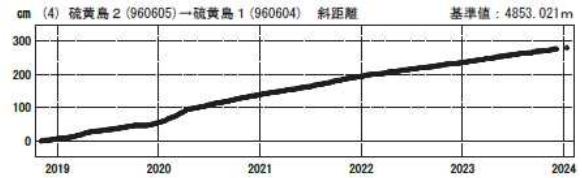


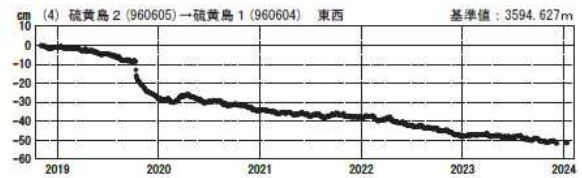


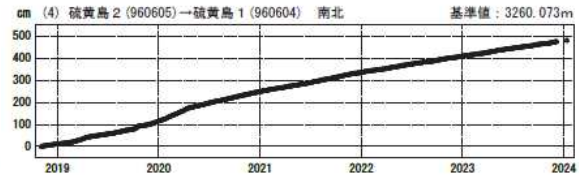
●---[F5:最終解]　○---[R5:速報解]

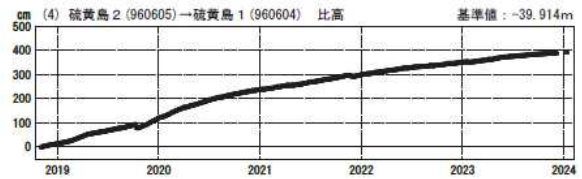
成分変化グラフ（長期）

期間：2018-11-01～2024-01-19 JST







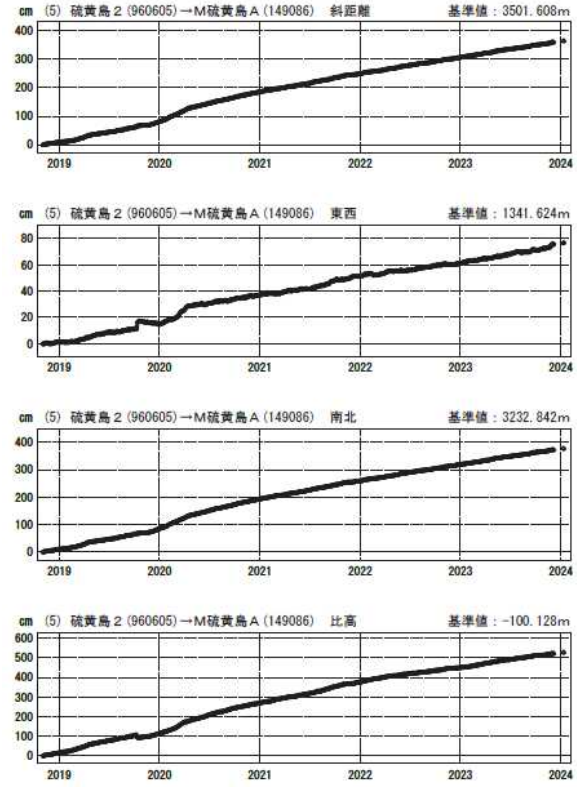


※[R5:速報解]は暫定値、
電子基準点の保守等による変動は補正済み

硫黄島

成分変化グラフ（長期）

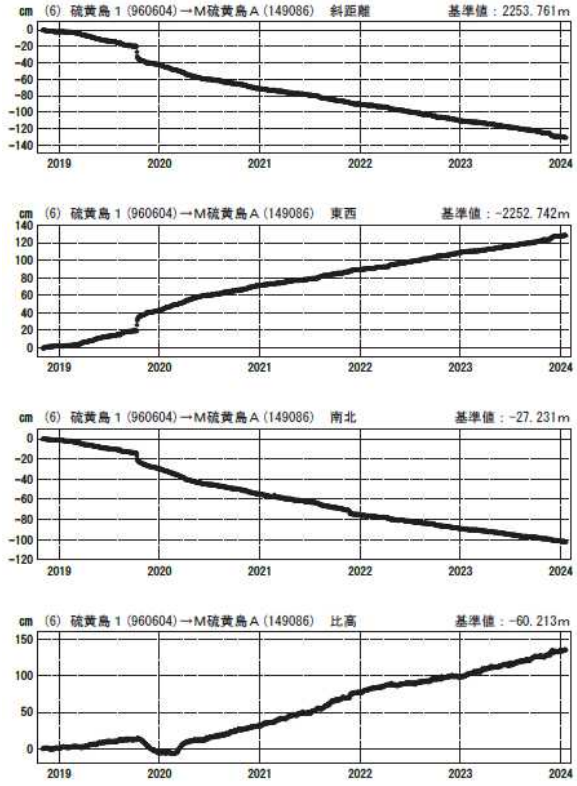
期間：2018-11-01～2024-01-19 JST



●---[F5:最終解]　○---[R5:速報解]

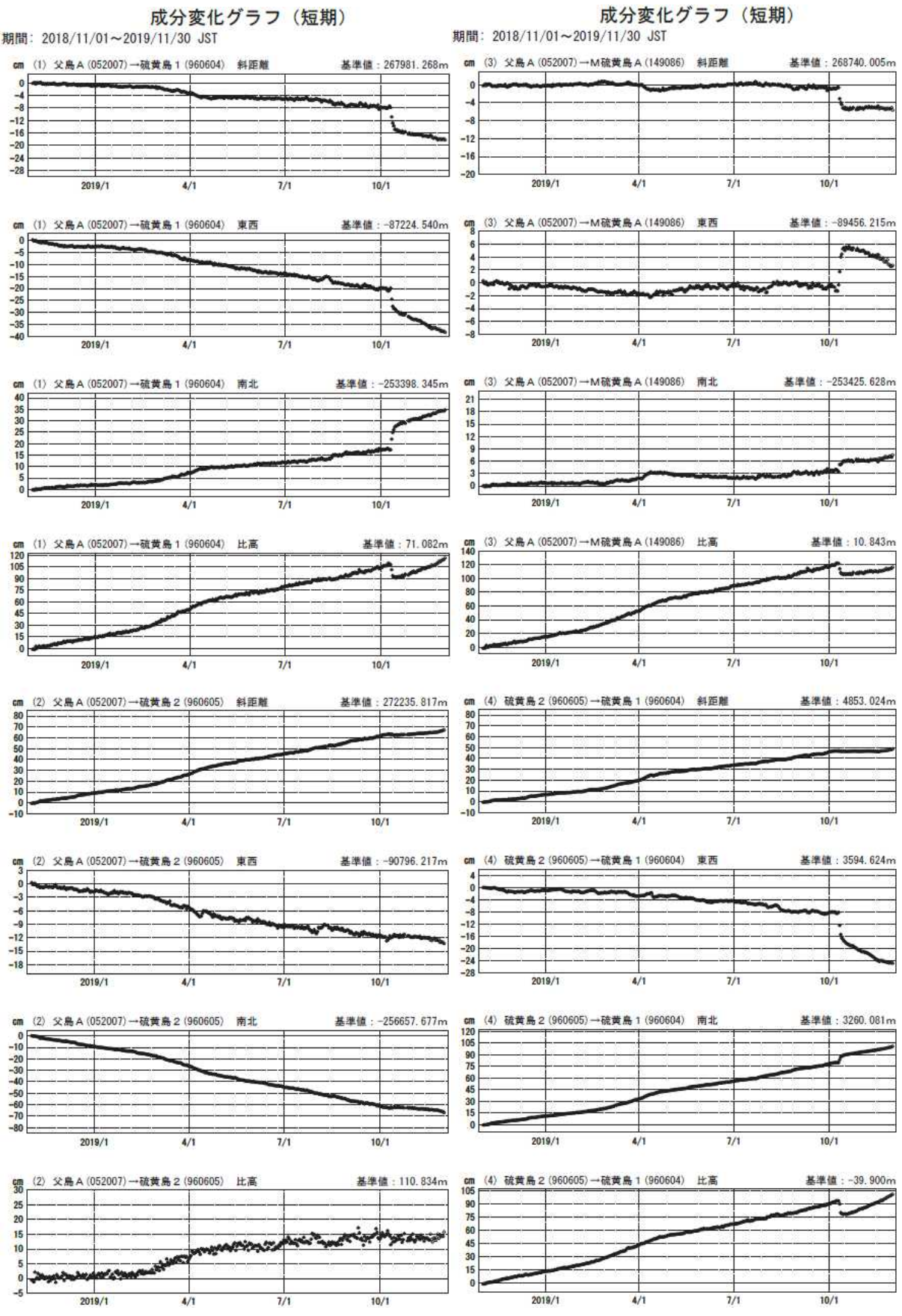
成分変化グラフ（長期）

期間：2018-11-01～2024-01-19 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

硫黄島



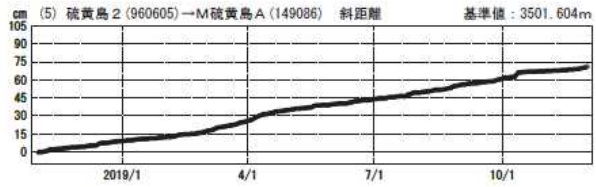
●---[F3:最終解]　○---[R3:速報解]

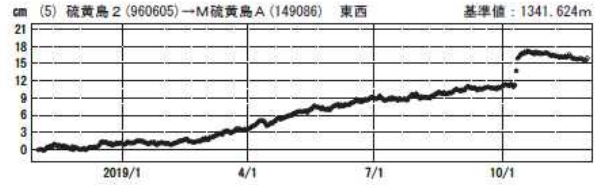
※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

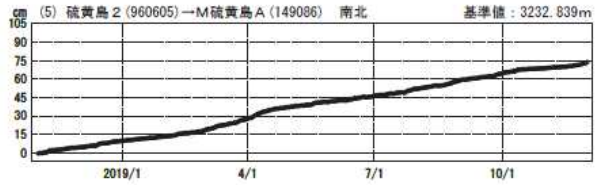
硫黄島

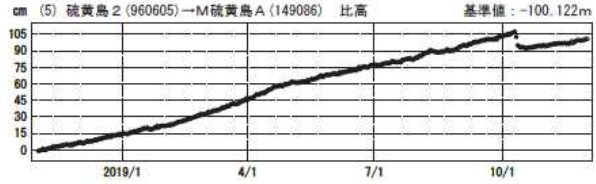
成分変化グラフ（短期）

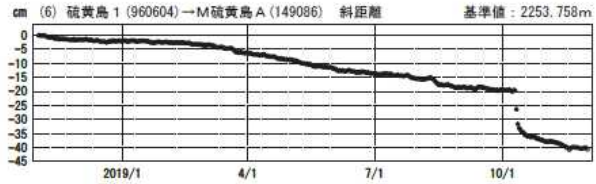
期間：2018/11/01～2019/11/30 JST

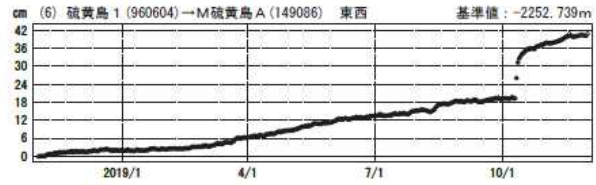


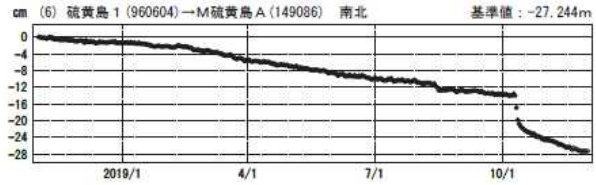


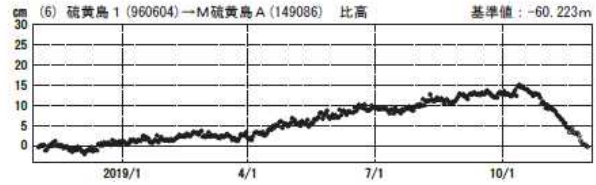






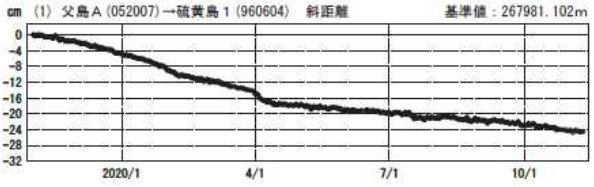


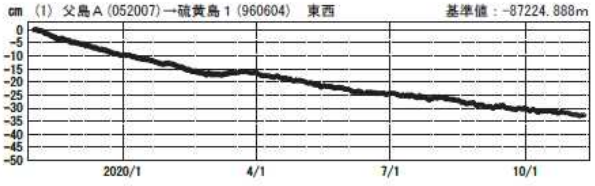


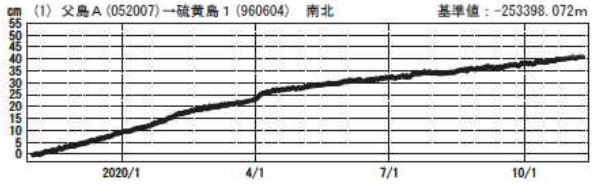


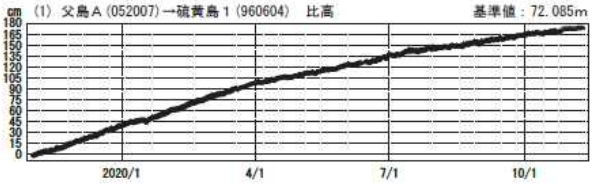
成分変化グラフ（短期）

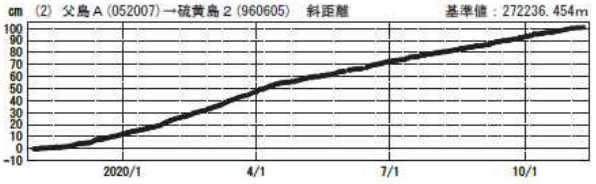
期間：2019/11/01～2020/11/09 JST

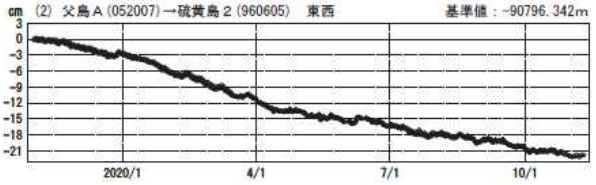


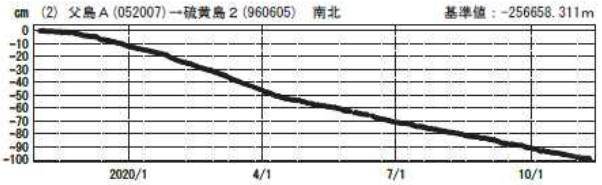


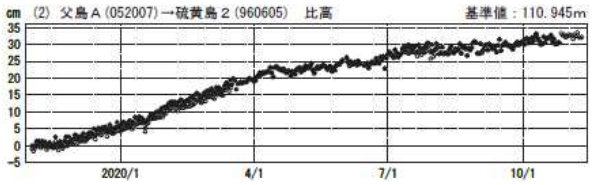












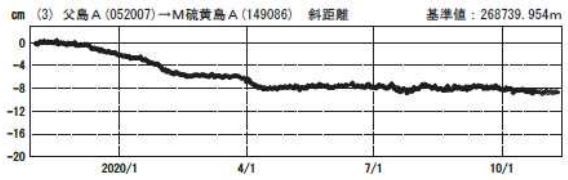
●---[F3:最終解]　○---[R3:速報解]

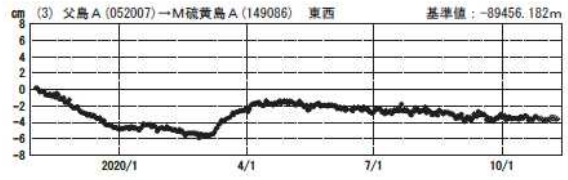
※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

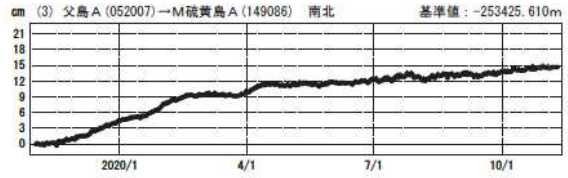
硫黄島

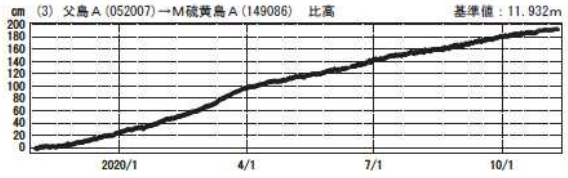
成分変化グラフ（短期）

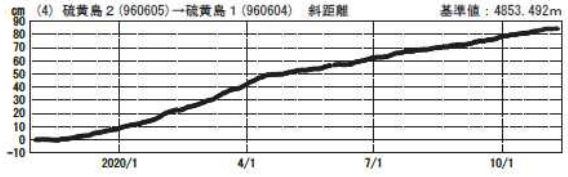
期間：2019/11/01～2020/11/09 JST

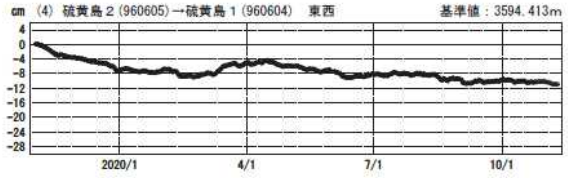


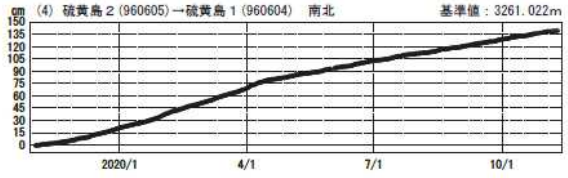


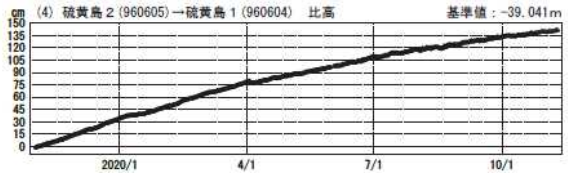






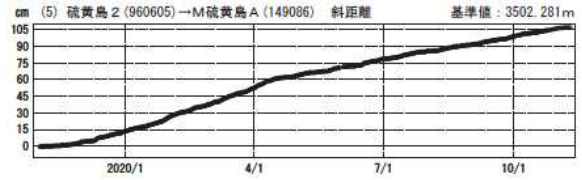


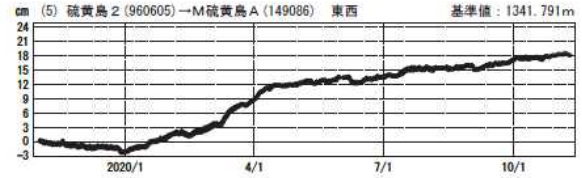


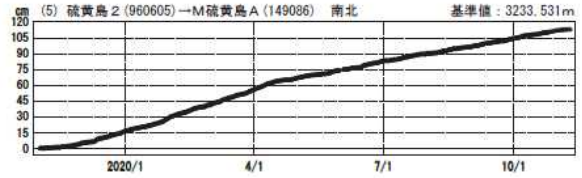


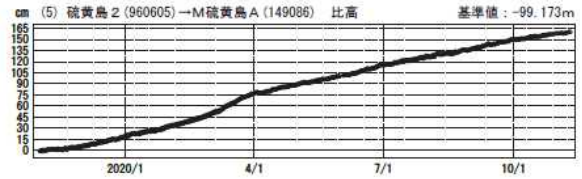
成分変化グラフ（短期）

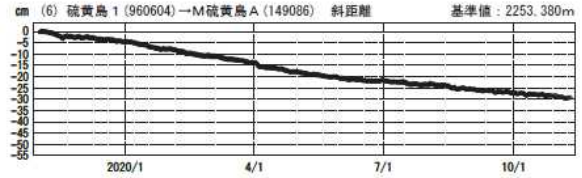
期間：2019/11/01～2020/11/09 JST

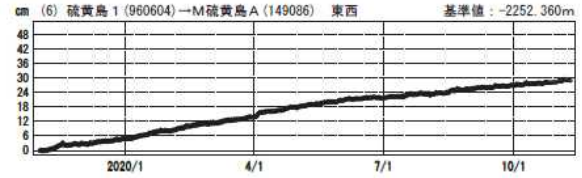


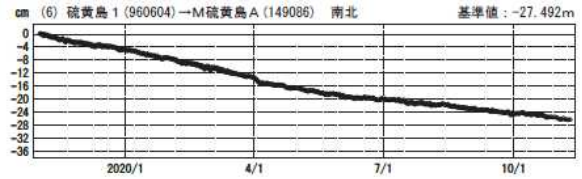


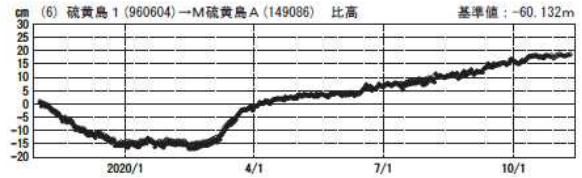








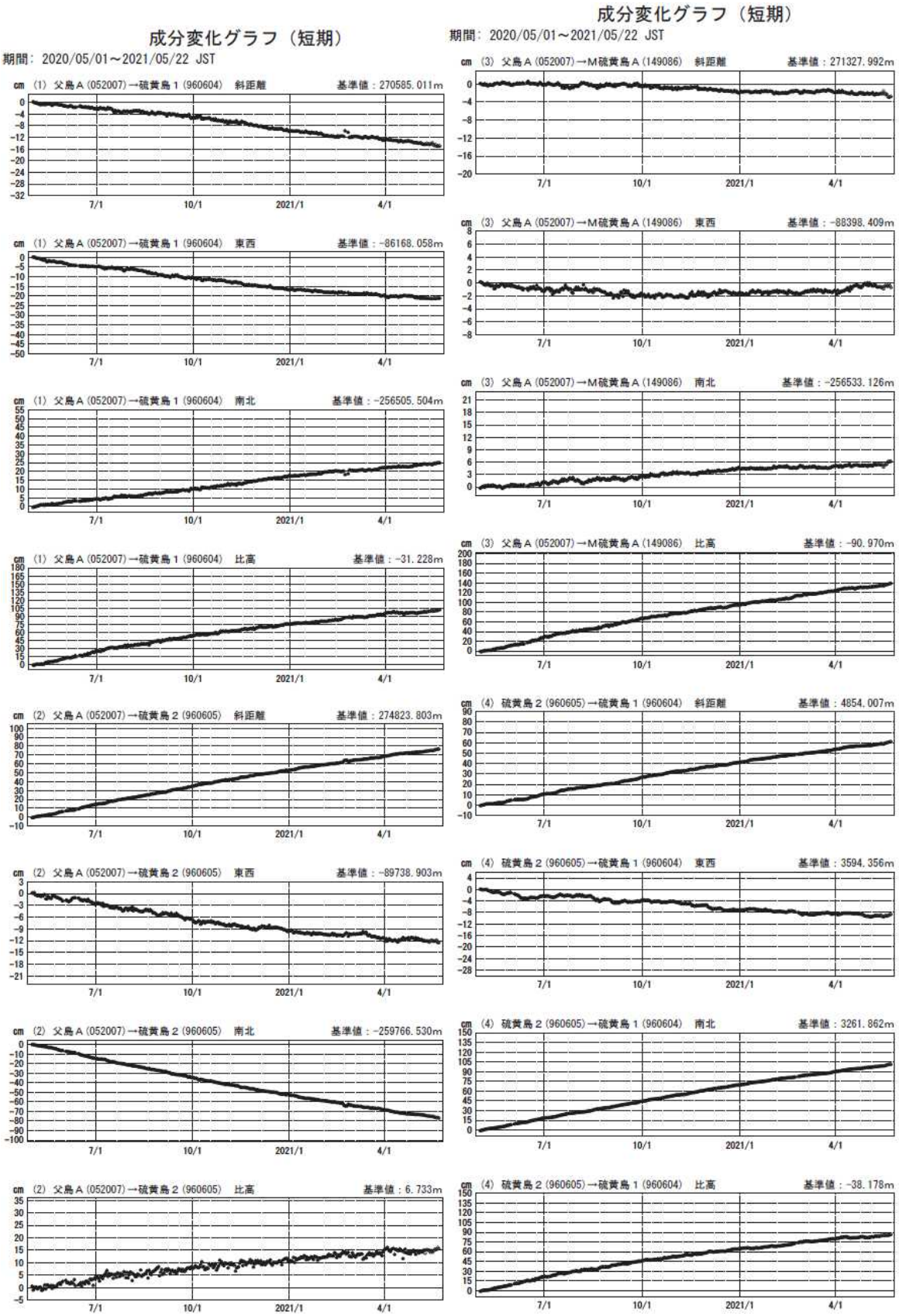




●---[F3:最終解]　○---[R3:速報解]

※[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

硫黄島

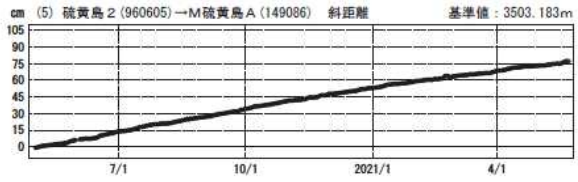


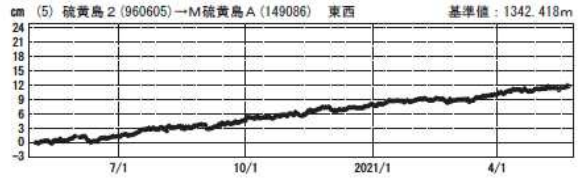
●---[F5:最終解]　○---[R5:速報解]　　※[R5:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

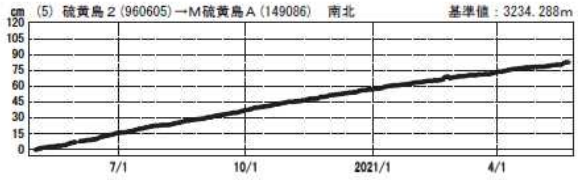
硫黄島

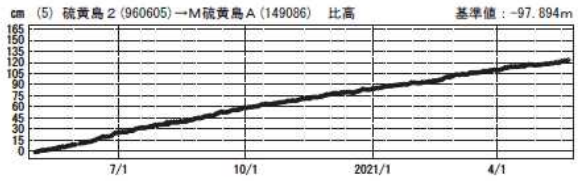
成分変化グラフ（短期）

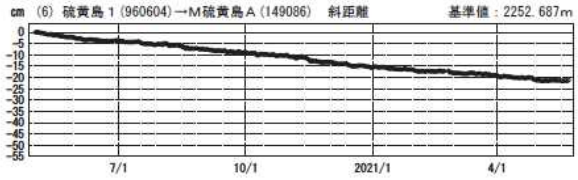
期間：2020/05/01～2021/05/22 JST

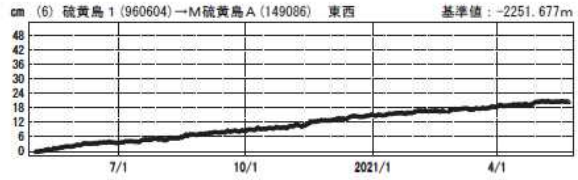


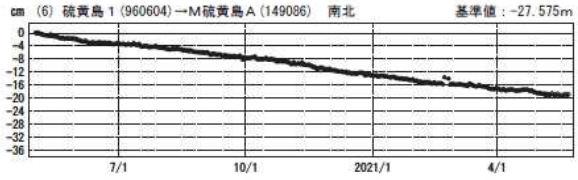


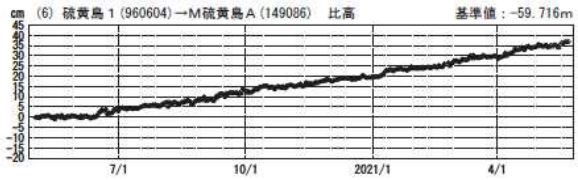






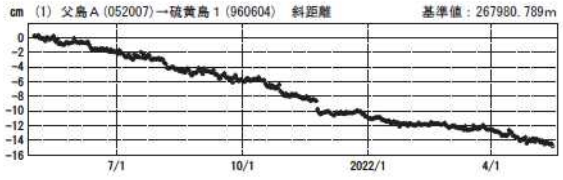


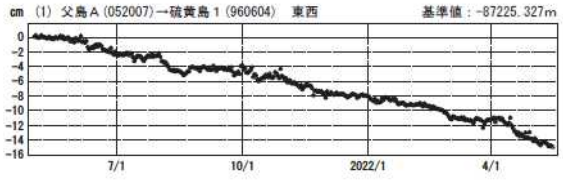


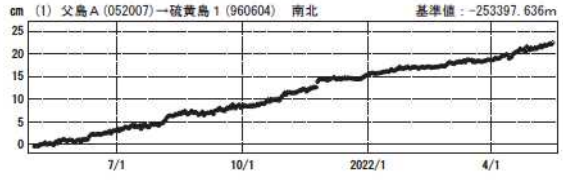


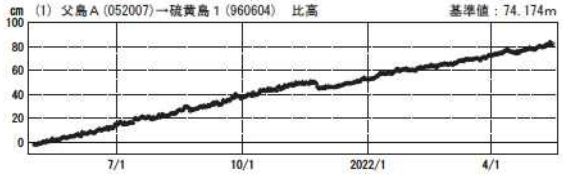
成分変化グラフ（短期）

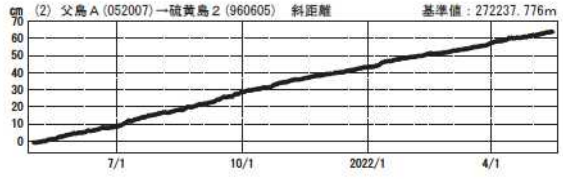
期間：2021/05/01～2022/05/15 JST

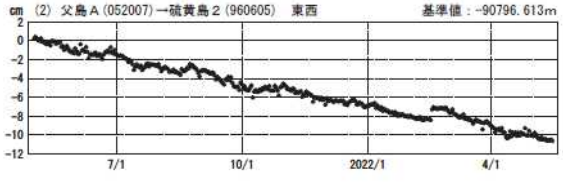


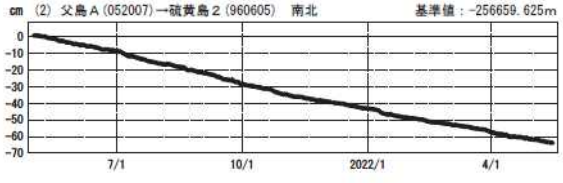


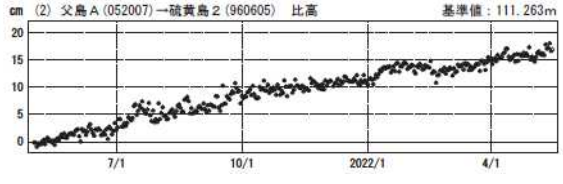










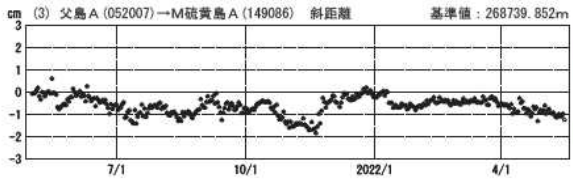


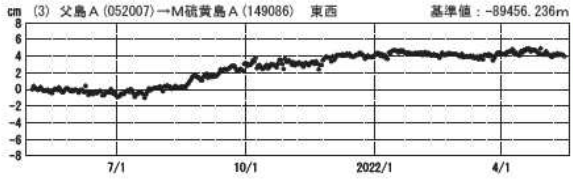
●―[F5:最終解]　○―[R5:速報解]　　※[R5:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

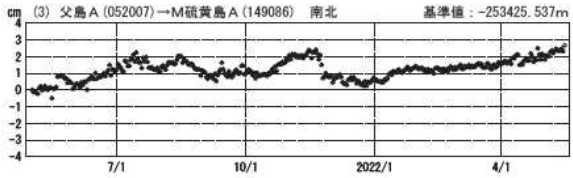
硫黄島

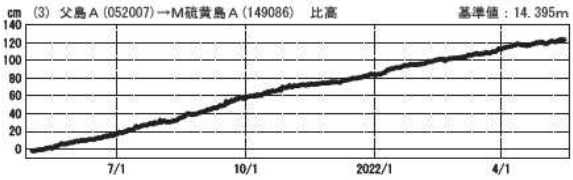
成分変化グラフ（短期）

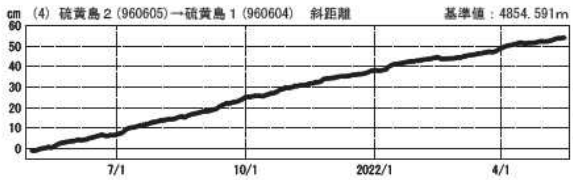
期間：2021/05/01～2022/05/15 JST

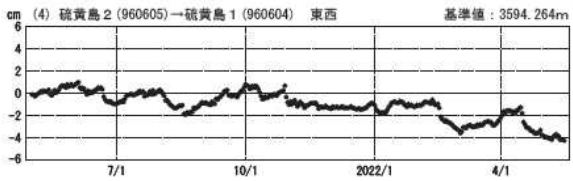


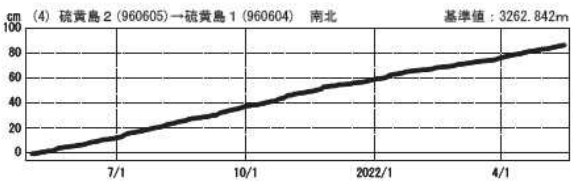


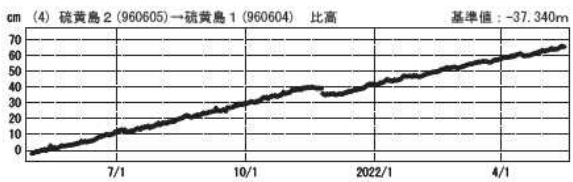






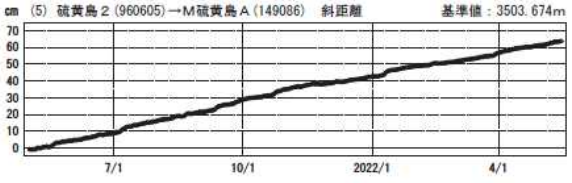


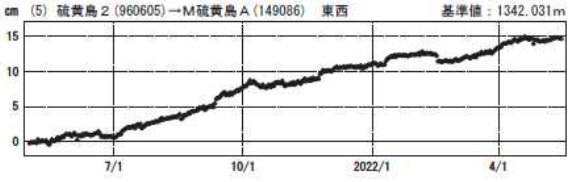


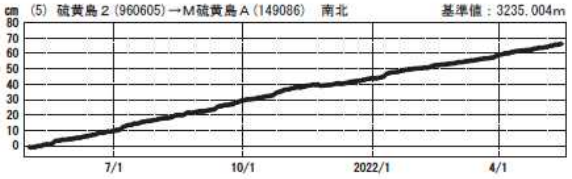


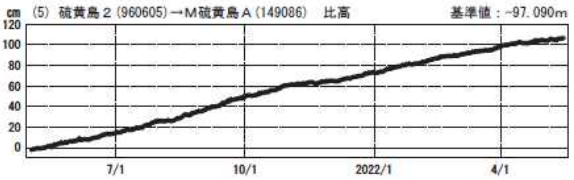
成分変化グラフ（短期）

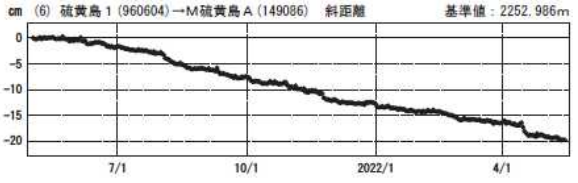
期間：2021/05/01～2022/05/15 JST

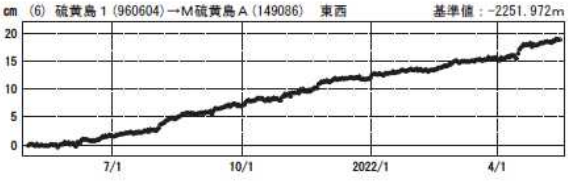


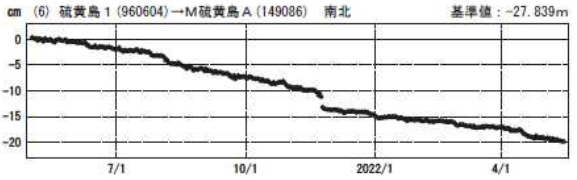


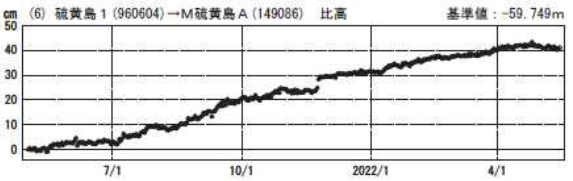










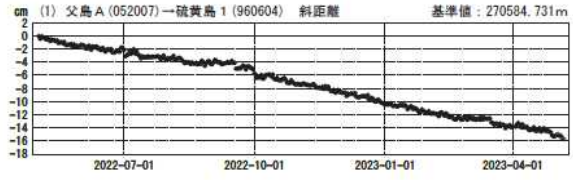


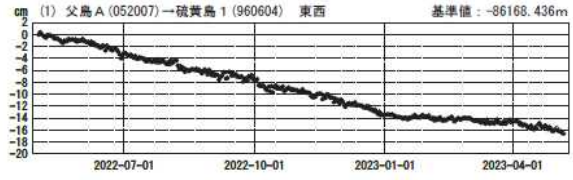
●---[F5:最終解]　○---[R5:速報解]　　※[R5:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

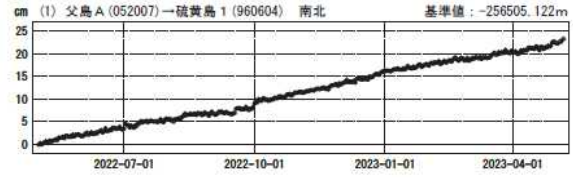
硫黄島

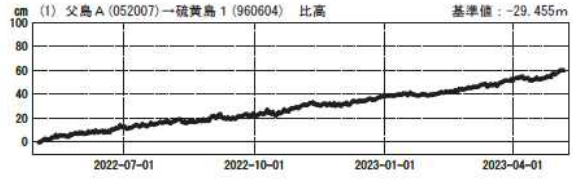
成分変化グラフ（短期）

期間：2022-05-01～2023-05-06 JST





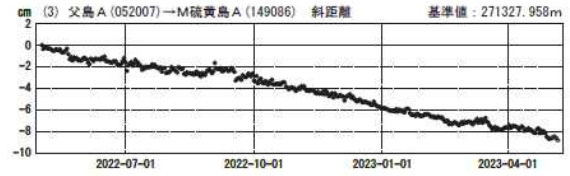


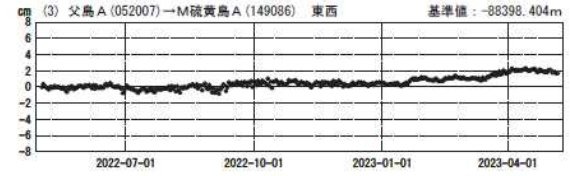


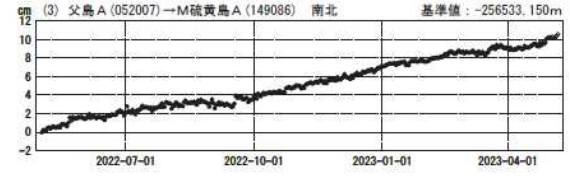
国土地理院

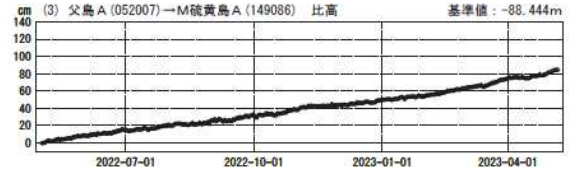
成分変化グラフ（短期）

期間：2022-05-01～2023-05-06 JST





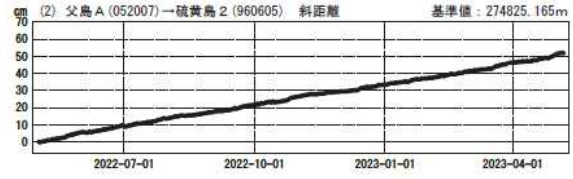


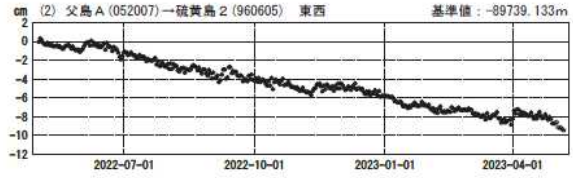


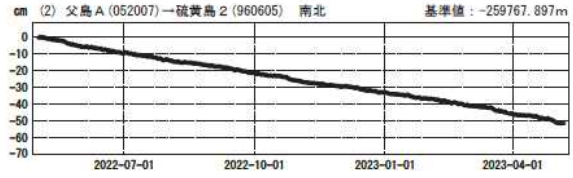
国土地理院

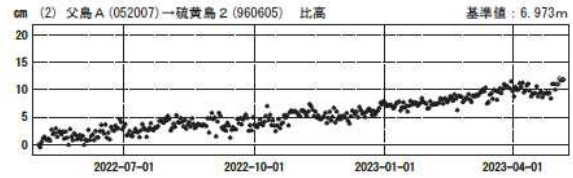
成分変化グラフ（短期）

期間：2022-05-01～2023-05-06 JST



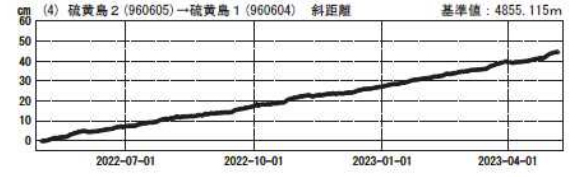


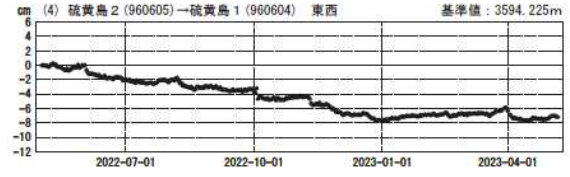


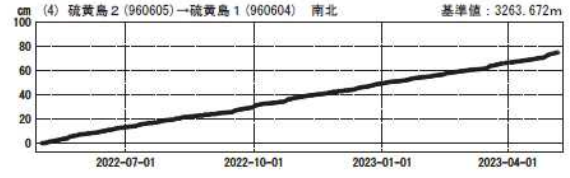


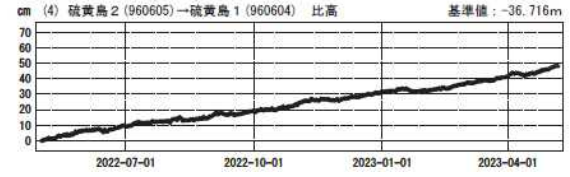
成分変化グラフ（短期）

期間：2022-05-01～2023-05-06 JST







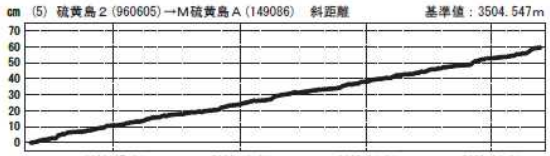


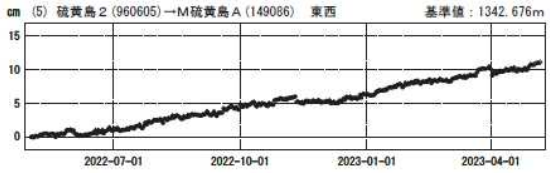
●---[F5:最終解]　○---[R5:速報解]　　※[R5:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

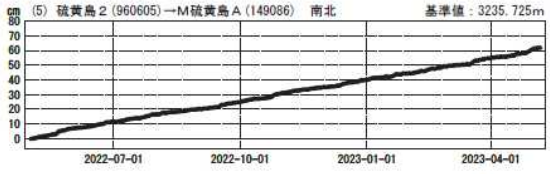
硫黄島

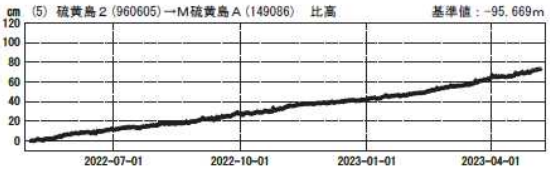
成分変化グラフ（短期）

期間：2022-05-01～2023-05-06 JST





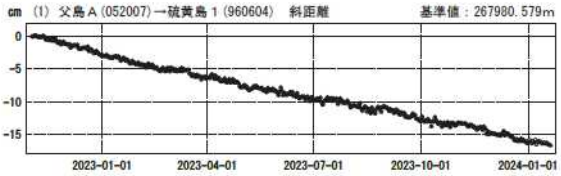


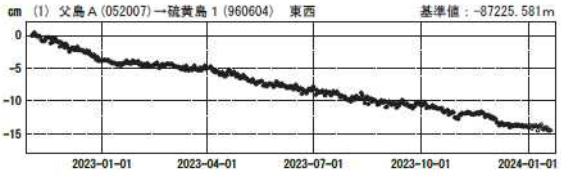


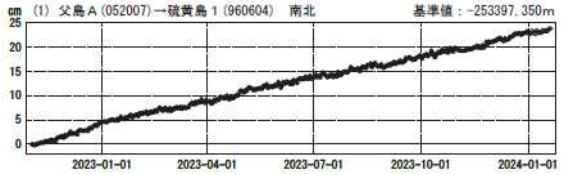
国土地理院

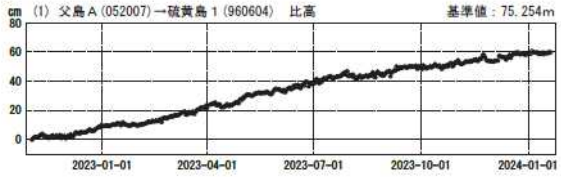
成分変化グラフ（短期）

期間：2022-11-01～2024-01-19 JST





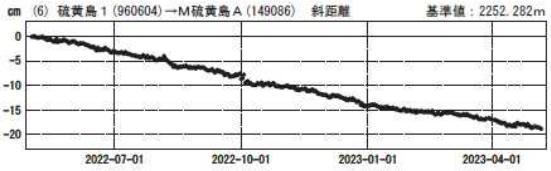


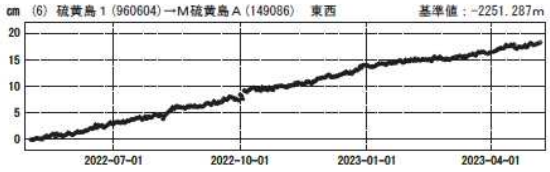


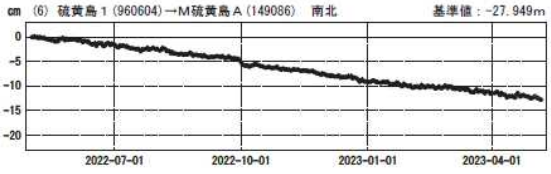
国土地理院

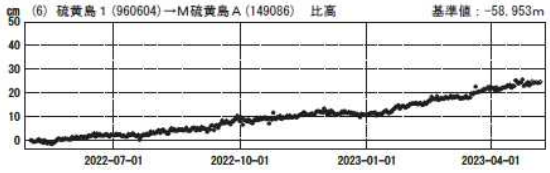
成分変化グラフ（短期）

期間：2022-05-01～2023-05-06 JST



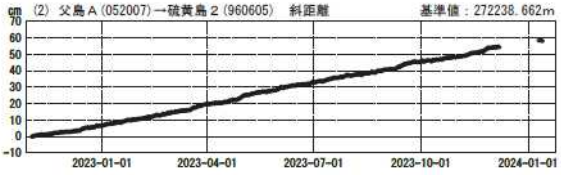


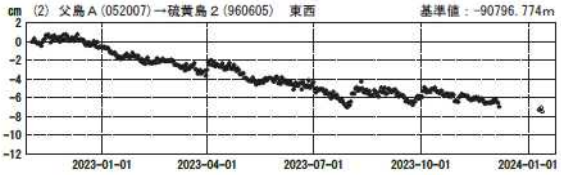


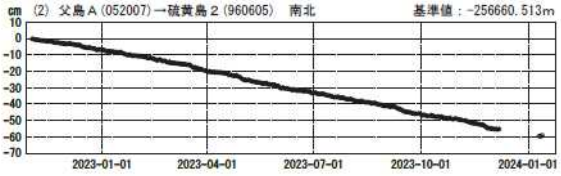


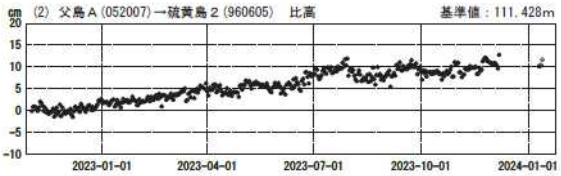
成分変化グラフ（短期）

期間：2022-11-01～2024-01-19 JST



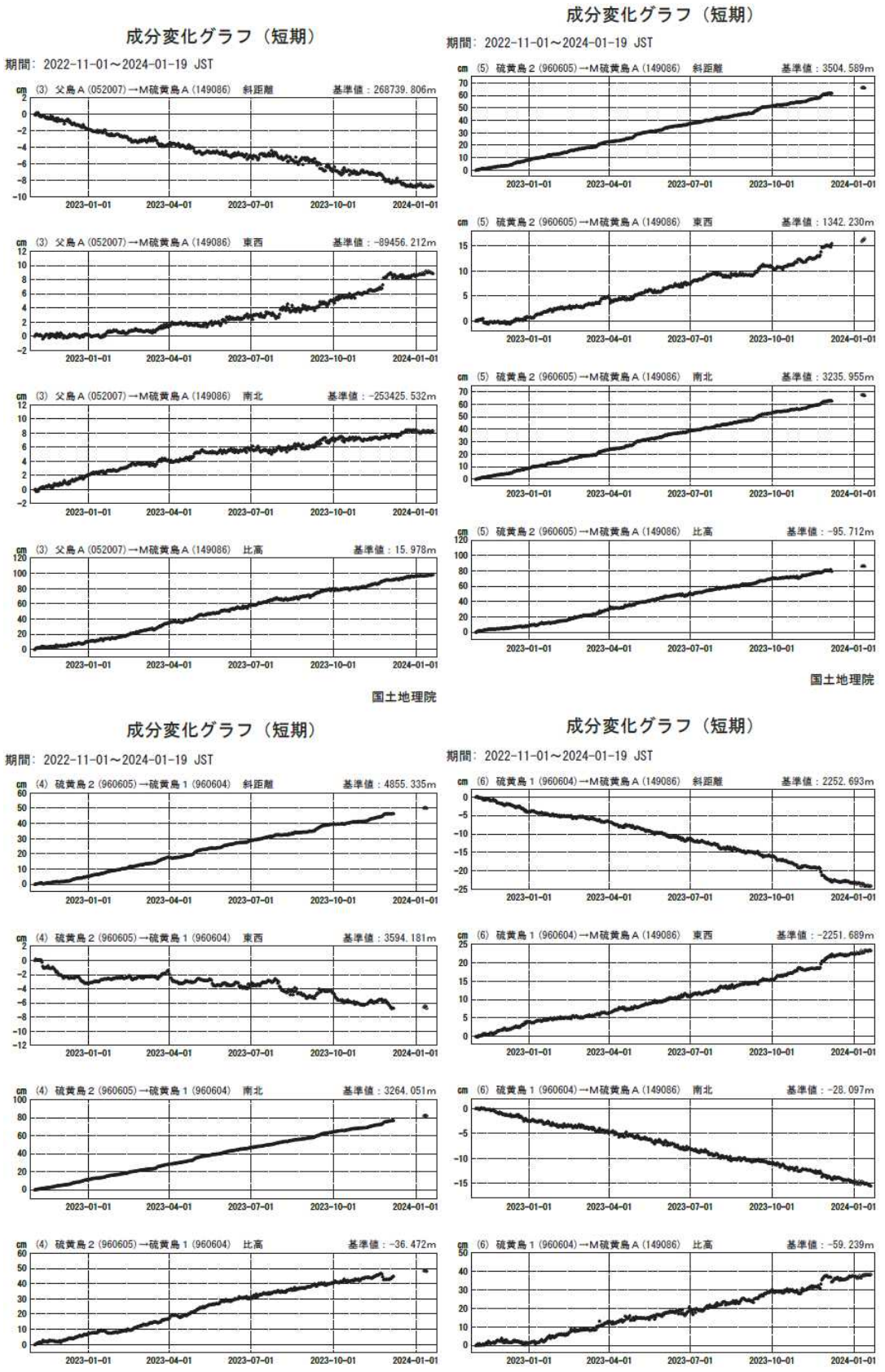






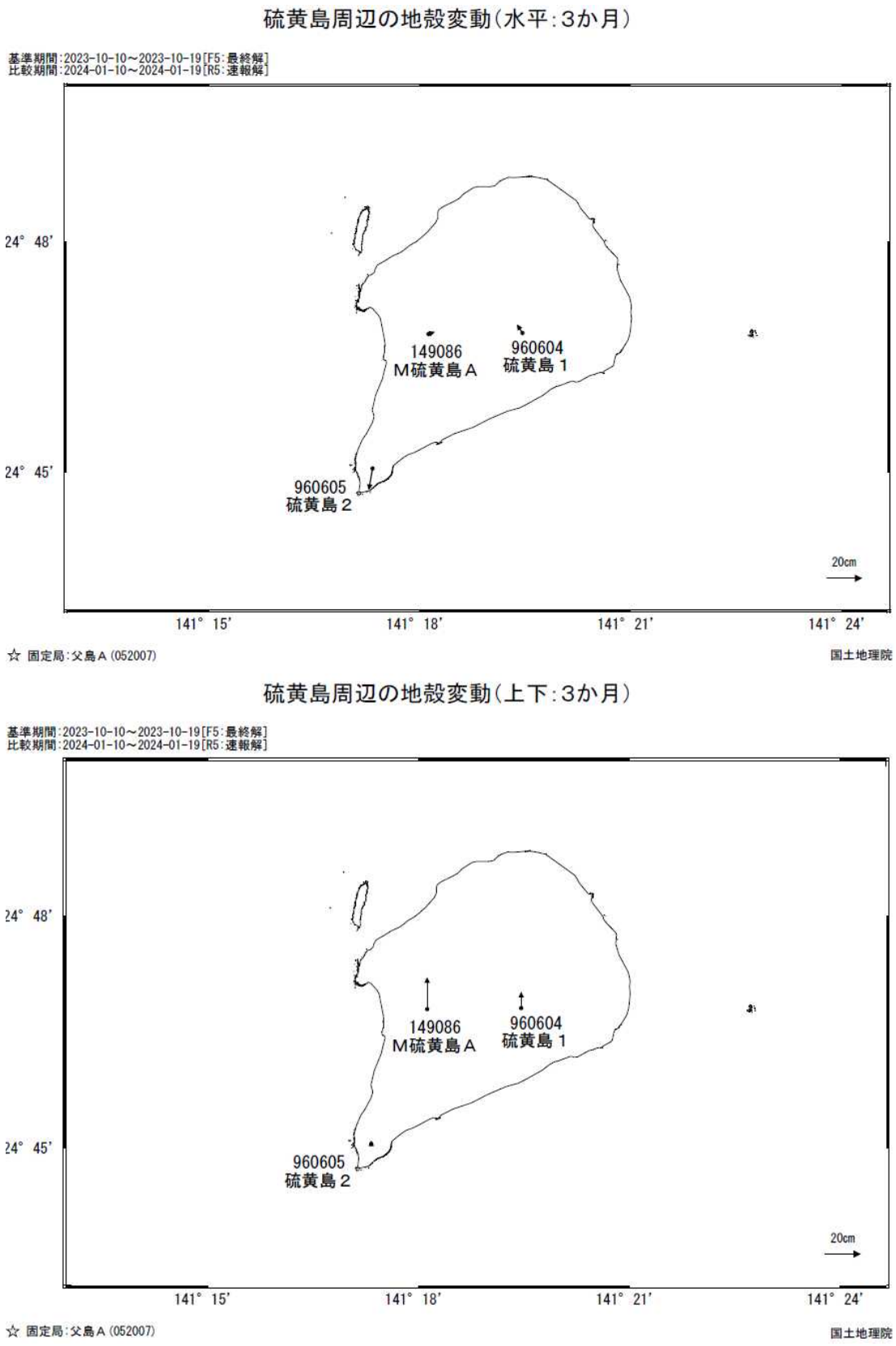
●---[F5:最終解]　○---[R5:速報解]　　※[R5:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

硫黄島



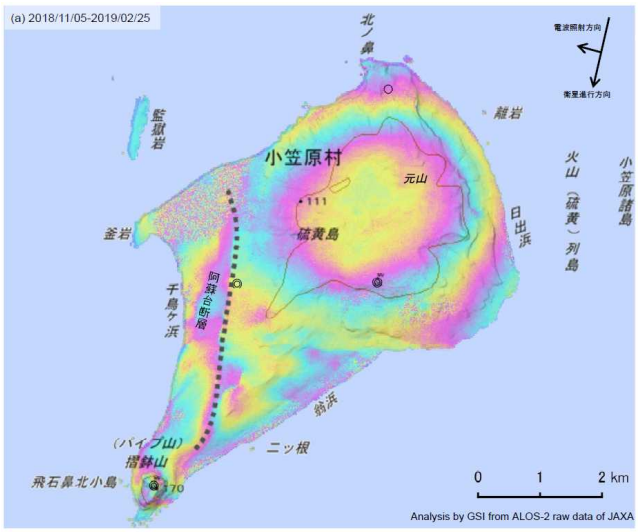
第２図　硫黄島の GNSS 連続観測による３成分変化グラフ（2018 年 11 月～2024 年１月）

Fig.2 Time series of E-W, N-S and vertical components by continuous GNSS observation of Ioto Volcano from November 2018 to January 2024.



第３図　硫黄島の電子基準点・気象庁 GNSS 観測点の統合解析による変動ベクトル図
（上段：水平変動、下段：上下変動：2023 年 10 月～2024 年 1 月）

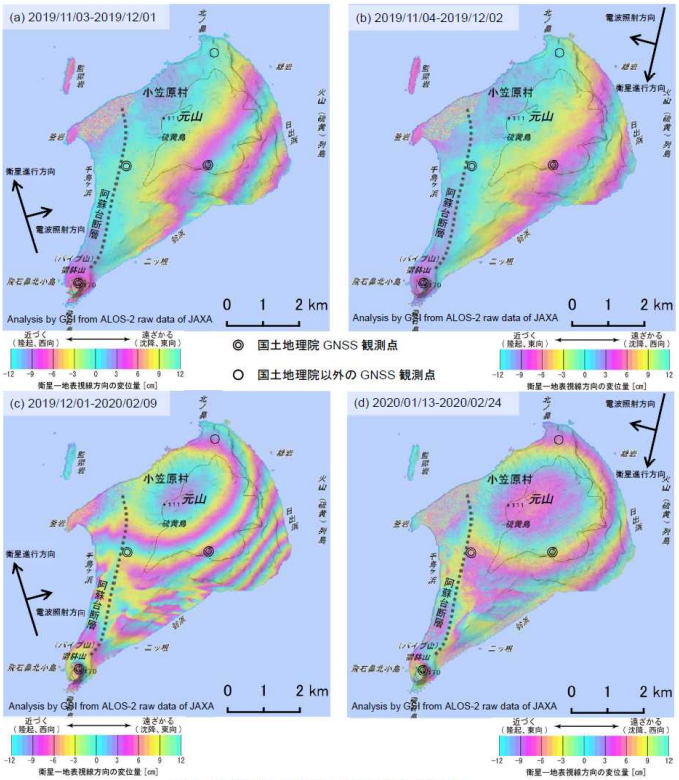
Fig.3 Horizontal and vertical displacements of GEONET and JMA stations by the combined analyzing system of Ioto Volcano; (upper) Horizontal, (lower) Vertical from October 2023 to January 2024.



	(a)
衛星名	ALOS-2
観測日時	2018/11/05 2019/02/25 11:32 頃 (112 日間)
衛星進行方向	南行
電波照射方向	右
観測ﾓｰﾄﾞ*1	U-U
入射角	37.2°
偏波	HH
垂直基線長	+ 838 m

*1U: 高分解能(3m)モード

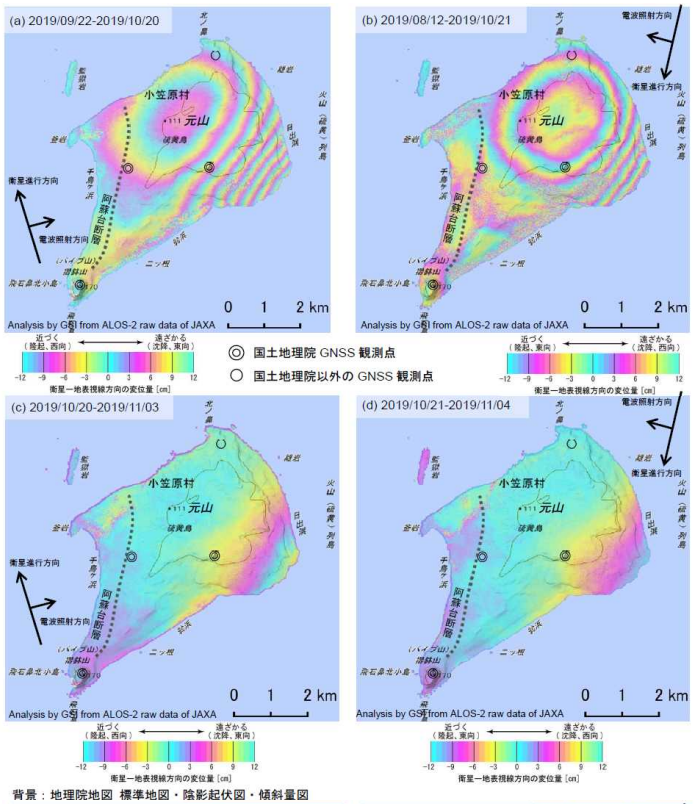
背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図



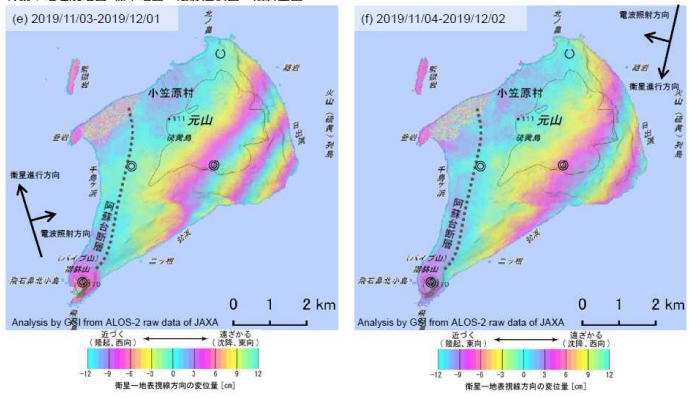
背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

	(a)	(b)	(c)	(d)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2019/11/03 2019/12/01 23:35 頃 (28 日間)	2019/11/04 2019/12/02 11:32 頃 (28 日間)	2019/12/01 2020/02/09 23:35 頃 (70 日間)	2020/01/13 2020/02/24 11:32 頃 (42 日間)
衛星進行方向	北行	南行	北行	南行
電波照射方向	右	右	右	右
観測ﾓｰﾄﾞ*	U-U	U-U	U-U	U-U
入射角(中心)	33.6°	37.2°	33.6°	37.2°
偏波	HH	HH	HH	HH
垂直基線長	+ 96 m	- 134 m	- 138 m	+ 77 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

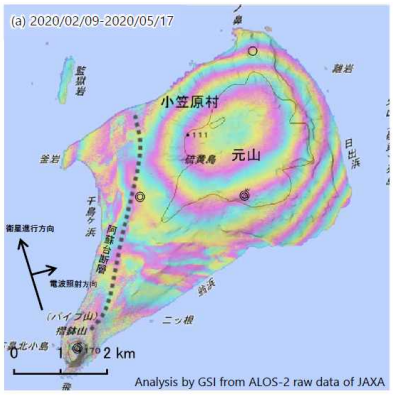


背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

	(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	2019/09/22 2019/10/20 23:35 頃 (28 日間)	2019/08/12 2019/10/21 11:32 頃 (70 日間)	2019/10/20 2019/11/03 23:35 頃 (14 日間)	2019/10/21 2019/11/04 11:32 頃 (14 日間)	2019/11/03 2019/12/01 23:35 頃 (28 日間)	2019/11/04 2019/12/02 11:32 頃 (28 日間)
衛星進行方向	北行	南行	北行	南行	北行	南行
電波照射方向	右	右	右	右	右	右
観測ﾓｰﾄﾞ*	H-U	U-U	U-U	U-U	U-U	U-U
入射角(中心)	33.6°	37.2°	33.6°	37.2°	33.6°	37.2°
偏波	HH	HH	HH	HH	HH	HH
垂直基線長	+ 69 m	+ 14 m	- 16 m	- 9 m	+ 96 m	- 134 m

*U: 高分解能(3m)モード
*H: 高分解能(6m)モード

硫黄島

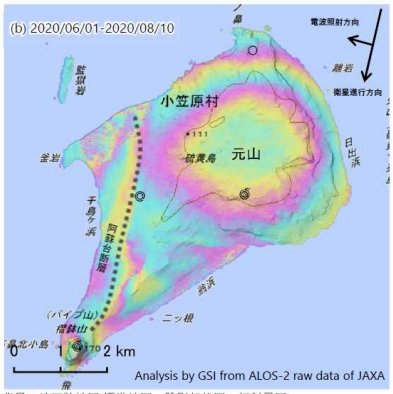


	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2020/02/09 2020/05/17 23:35頃 (98日間)	2020/06/01 2020/08/10 11:32頃 (70日間)
衛星進行方向	北行	南行
電波照射方向	右(東)	右(西)
観測モード*	U-U	U-U
入射角	33.6°	37.2°
偏波	HH	HH
垂直基線長	- 171m	- 130m

* U：高分解能(3m)モード

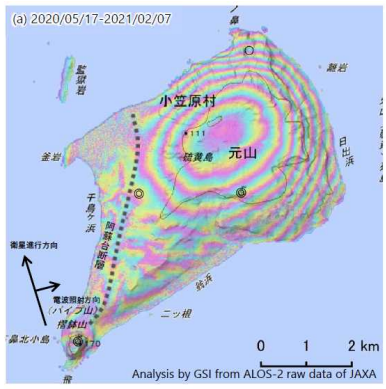
◎ 国土地理院GNSS観測点
○ 国土地理院以外のGNSS観測点

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]



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

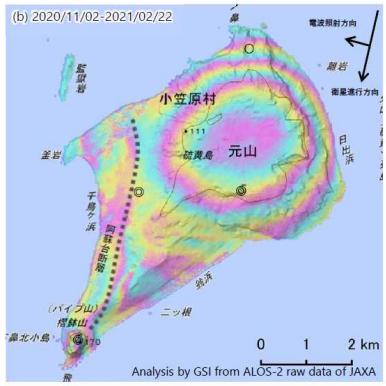


	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2020/05/17 2021/02/07 23:35頃 (266日間)	2020/11/02 2021/02/22 11:32頃 (112日間)
衛星進行方向	北行	南行
電波照射方向	右(東)	右(西)
観測モード*	U-U	U-U
入射角	33.6°	37.2°
偏波	HH	HH
垂直基線長	- 98m	+ 256m

* U：高分解能(3m)モード

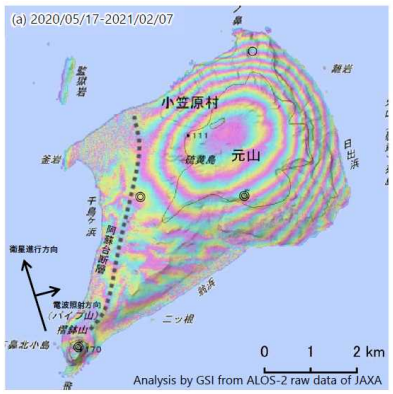
◎ 国土地理院GNSS観測点
○ 国土地理院以外のGNSS観測点

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]



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

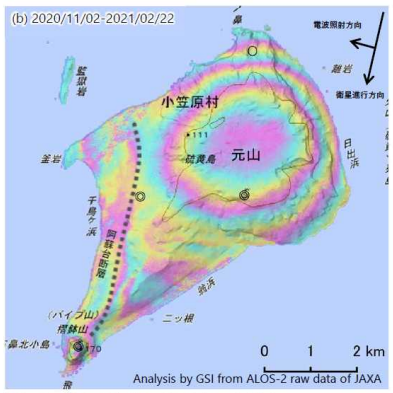


	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2020/05/17 2021/02/07 23:35頃 (266日間)	2020/11/02 2021/02/22 11:32頃 (112日間)
衛星進行方向	北行	南行
電波照射方向	右(東)	右(西)
観測モード*	U-U	U-U
入射角	33.6°	37.2°
偏波	HH	HH
垂直基線長	- 98m	+ 256m

* U：高分解能(3m)モード

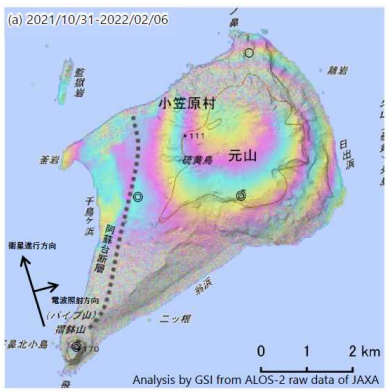
◎ 国土地理院GNSS観測点
○ 国土地理院以外のGNSS観測点

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]



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

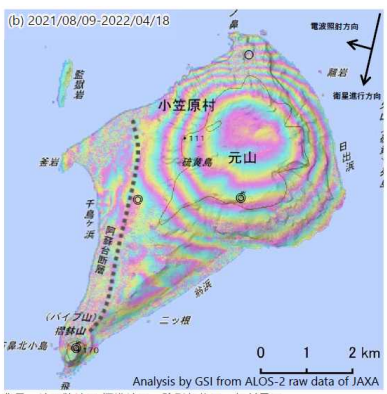


	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2021/10/31 2022/02/06 23:35頃 (98日間)	2021/08/09 2022/04/18 11:32頃 (252日間)
衛星進行方向	北行	南行
電波照射方向	右(東)	右(西)
観測モード*	U-U	U-U
入射角	33.6°	37.2°
偏波	HH	HH
垂直基線長	+ 78m	+ 259m

* 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

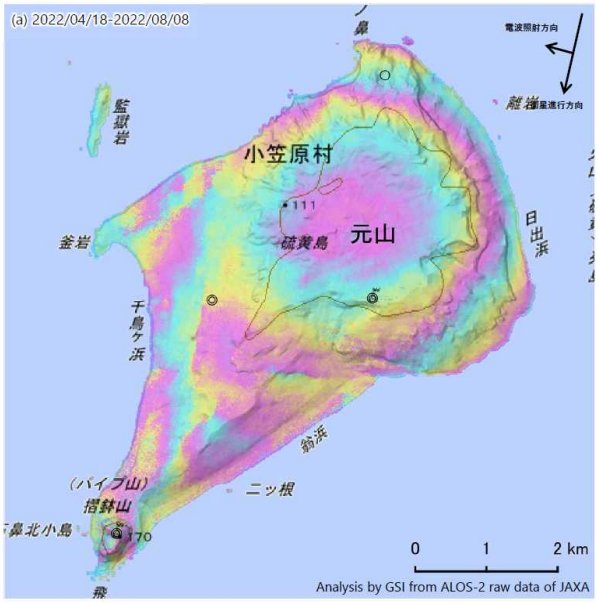
近づく（隆起、西向）　遠ざかる（沈降、東向）
−12 −9 −6 −3 0 3 6 9 12
衛星ー地表視線方向の変位量 [cm]



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

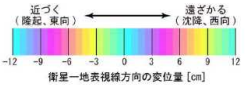
硫黄島



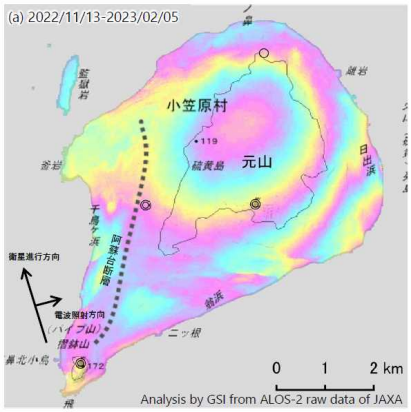
	(a)
衛星名	ALOS-2
観測日時	2022/04/18 2022/08/08 11:32頃 (112日間)
衛星進行方向	南行
電波照射方向	右(西)
観測モード*	U-U
入射角	37.2°
偏波	HH
垂直基線長	- 158m

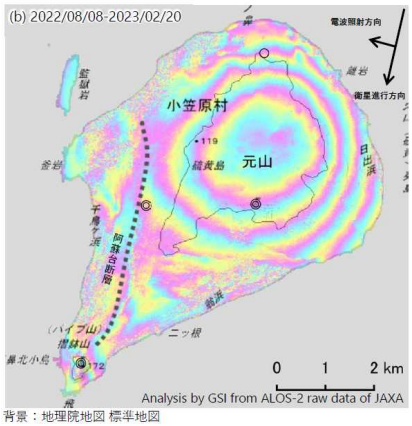
* U：高分解能(3m)モード

◎ 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



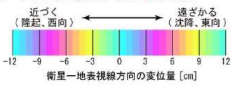


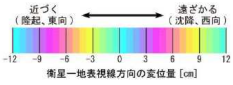
背景：地理院地図 標準地図

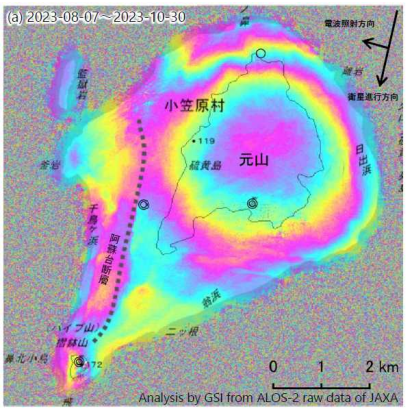
	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2022/11/13 2023/02/05 23:35頃 (84日間)	2022/08/08 2023/02/20 11:32頃 (196日間)
衛星進行方向	北行	南行
電波照射方向	右(東)	右(西)
観測モード*	U-U	U-U
入射角	33.6°	37.2°
偏波	HH	HH
垂直基線長	+ 30m	+ 168m

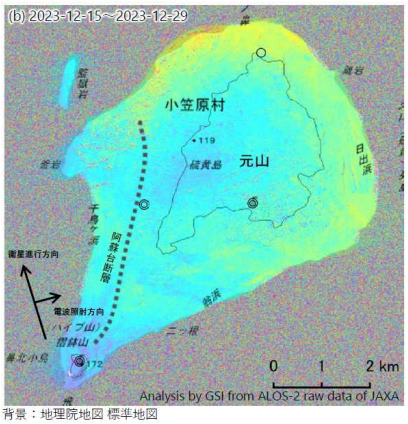
* U：高分解能(3m)モード

◎ 国土地理院GNSS観測点
○ 国土地理院以外のGNSS観測点







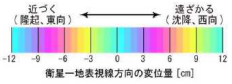


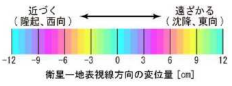
背景：地理院地図 標準地図

	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2023-08-07 2023-10-30 11:32頃 (84日間)	2023-12-15 2023-12-29 23:42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	S-S
入射角	37.2°	44.7°
偏波	HH	HH
垂直基線長	- 232m	+ 18m

* U：高分解能(3m)モード
S：スポットライト（3×1m）モード

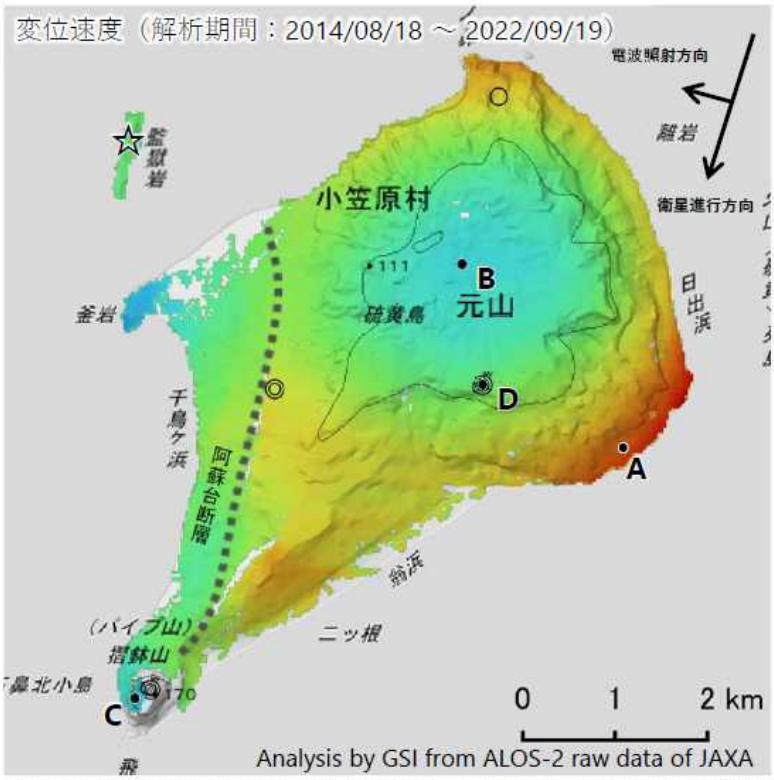
◎ 国土地理院GNSS観測点
○ 国土地理院以外のGNSS観測点





第４図　「だいち２号」PALSAR-2 による硫黄島の解析結果

Fig.4 SAR Interferograms of ALOS-2 PALSAR-2 of Ioto Volcano.

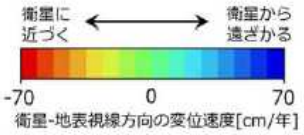


衛星名	ALOS-2
観測期間	2014/08/18 ～ 2022/09/19 (2954日間)
衛星進行方向	南行
電波照射方向	右(西)
観測モード*	U
入射角	37.2°
偏波	HH
データ数	41
干渉ペア数	74

* U：高分解能(3m)モード

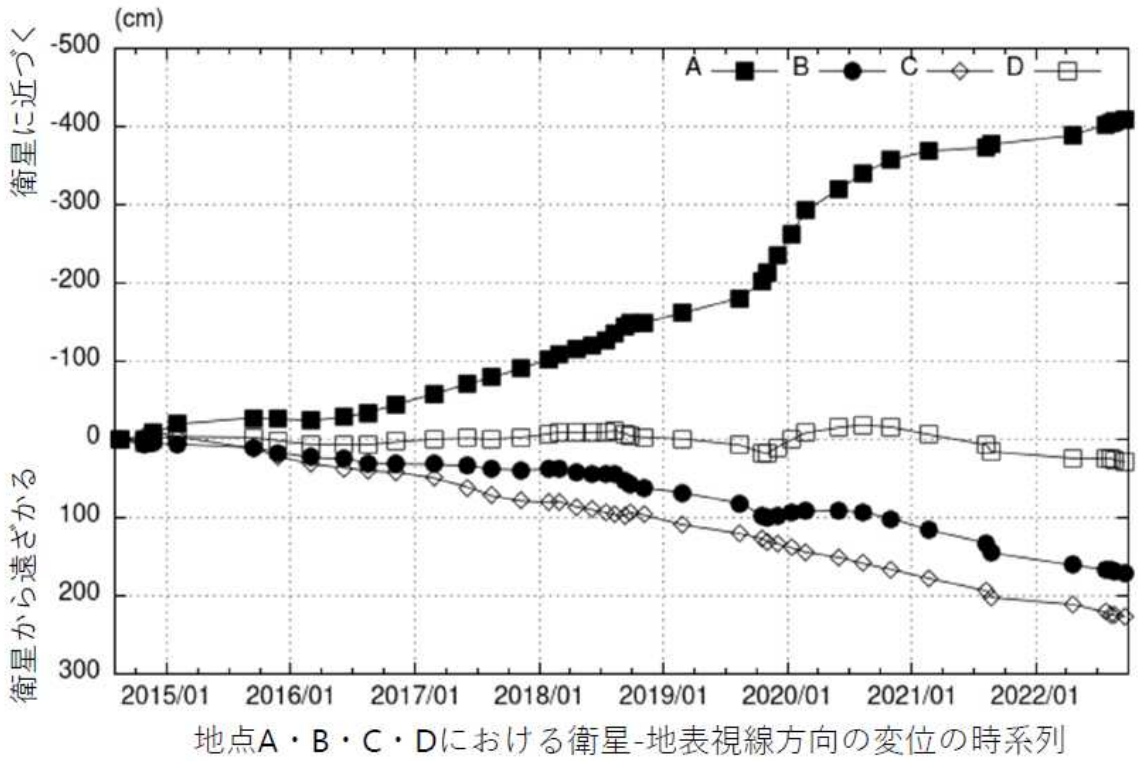
◎ 国土地理院GNSS観測点

○ 国土地理院以外のGNSS観測点



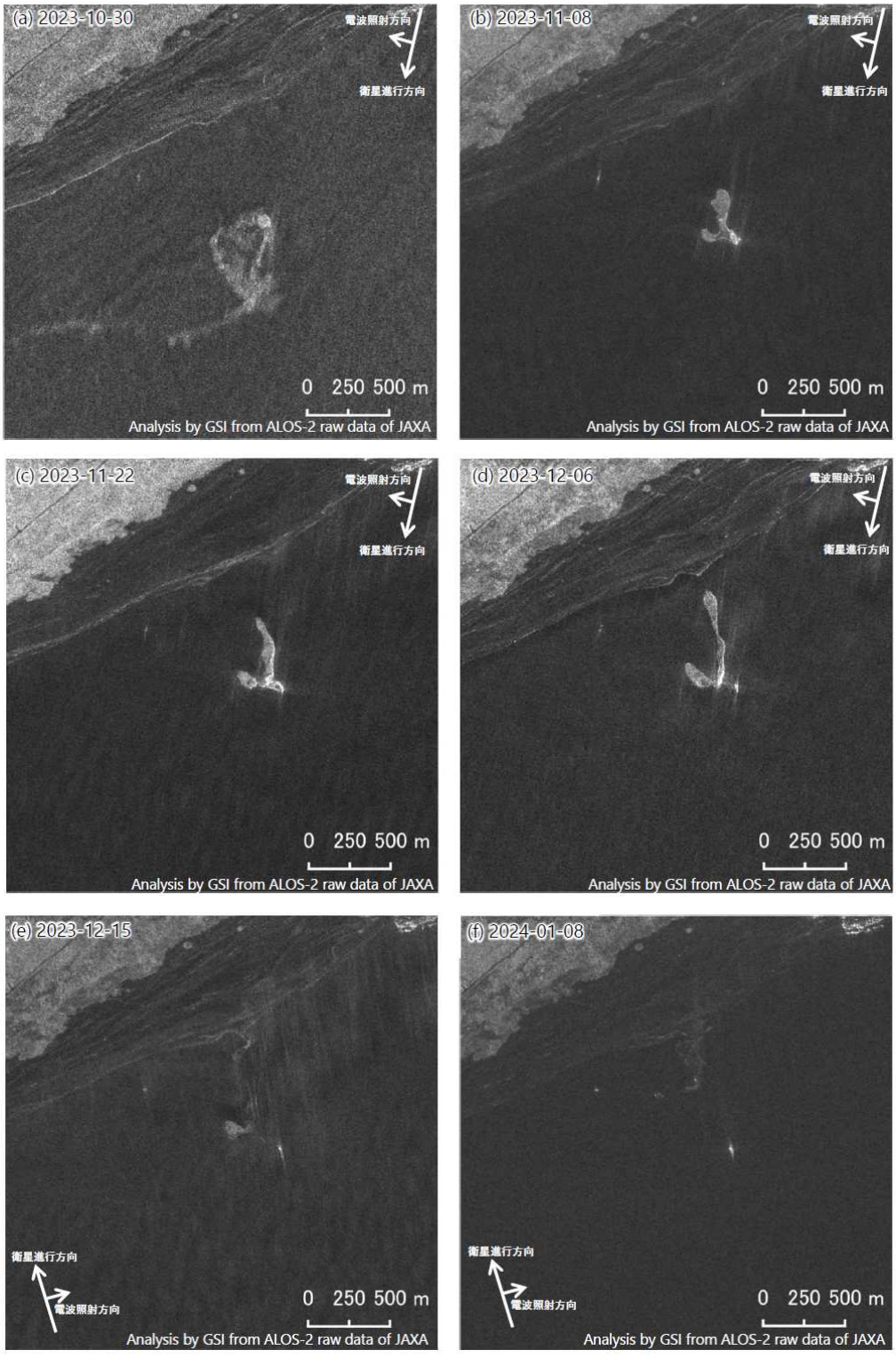
背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図　※参照点は監獄岩（☆）

干渉SAR時系列解析手法：SBAS法



第５図　「だいち２号」PALSAR-2 による硫黄島の時系列解析結果

Fig.6 Time-Series Interferometric SAR of ALOS-2 PALSAR-2 of Ioto 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	2023-10-30 11:32頃	2023-11-08 11:25頃	2023-11-22 11:25頃	2023-12-06 11:25頃	2023-12-15 23:42頃	2024-01-08 23:55頃
衛星進行方向	南行	南行	南行	南行	北行	北行
電波照射方向	右(西)	右(西)	右(西)	右(西)	右(東)	右(東)
観測モード*	U	S	S	S	S	S
入射角	37.2°	47.6°	47.6°	47.6°	44.7°	60.1°
偏波	HH	HH	HH	HH	HH	HH

* U：高分解能(3m)モード
S：スポットライト（3×1m）モード

第６図　「だいち２号」PALSAR-2 による硫黄島の SAR 強度画像

Fig.6 SAR intensity images of ALOS-2 PALSAR-2 of Ioto Volcano.