

第 145 回 火山噴火予知連絡会資料

(その2)

桜島、口永良部島

令和元年 12 月 24 日

火山噴火予知連絡会資料(その2)

目次

桜島.....	3
気象庁 3-32	
京大防災研 33-43	
地理院 44-55	
砂防部 56-66	
海保 67	
口永良部島.....	68
気象庁 68-83	
京大防災研 84-88	
防災科研 89-90	
地理院 91-94	
海保 95-96	

桜 島

(2019 年 6 月～2019 年 11 月)

南岳山頂火口の噴火活動は、8 月頃まではやや低下していたが、9 月以降、再び活発となっている。

11 月 8 日の爆発では、噴煙は最高で火口縁上 5,500m まで上がった。また、10 月以降に弾道を描いて飛散する大きな噴石が 4 合目（南岳山頂火口より 1,300～1,700m）まで達する爆発が 4 回発生した。

夜間に高感度の監視カメラで火映を観測した。

1 日あたりの火山ガス（二酸化硫黄）の放出量は、9 月以降多い状態で経過した。

桜島島内の傾斜計及び伸縮計では、2019 年 9 月上旬頃から山体の隆起及び膨張と考えられる変化がみられたが、10 月下旬以降は鈍化している。GNSS 連続観測では、桜島島内の基線で 2019 年 9 月頃から山体膨張と考えられる変化が観測されている。一方、広域の GNSS 連続観測では、始良カルデラ（鹿児島湾奥部）の地下深部で長期にわたり供給されたマグマが蓄積した状態がみられている。

南岳山頂火口では活発な火山活動が続いており、その中で山体膨張と考えられる地殻変動がみられていること、火山ガス（二酸化硫黄）の 1 日あたりの放出量が多い状態が続いていることから、南岳山頂火口を中心に、今後も活発な噴火活動が継続する可能性がある。

昭和火口及び南岳山頂火口から概ね 2 km の範囲では、噴火に伴う弾道を描いて飛散する大きな噴石及び火砕流に警戒が必要である。風下側では火山灰だけでなく小さな噴石（火山れき）が遠方まで風に流されて降るため注意が必要である。

爆発に伴う大きな空振によって窓ガラスが割れるなどのおそれがあるため注意が必要である。なお、今後の降灰状況次第では、降雨時に土石流が発生する可能性があるため留意が必要である。

○ 概況（2019 年 6 月～2019 年 11 月）

- ・噴煙、噴火活動、降灰の状況（図 1、図 2、図 3-①～③⑤⑩、図 4-1-①～③⑤、図 4-2-⑨、図 5、図 6、図 7-①～③、図 10～11、表 1、表 3～5）

南岳山頂火口の噴火活動は、8 月頃まではやや低下していたが、9 月以降は噴火・爆発回数や火山灰噴出量が増加するなど、再び活発となっている。

11 月 8 日の爆発では、噴煙は最高で火口縁上 5,500m まで上がった。また、10 月以降に弾道を描いて飛散する大きな噴石が 4 合目（南岳山頂火口より 1,300～1,700m）まで達する噴火が 4 回発生した。

噴火は 6 月 5 回、7 月 9 回、8 月 0 回、9 月 32 回、10 月 62 回、11 月 137 回発生した。このうち爆発は 6 月 2 回、7 月 5 回、8 月 0 回、9 月 11 回、10 月 41 回、11 月 77 回発生した。

この資料は気象庁のほか、国土地理院、九州地方整備局大隅河川国道事務所、京都大学、鹿児島大学、国立研究開発法人防災科学技術研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所及び鹿児島県のデータを利用して作成した。

資料中の地図の作成に当たっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の『数値地図 50m メッシュ（標高）』を使用している（承認番号：平 29 情使、第 798 号）。

噴火回数に占める爆発回数の割合は、6月から11月で約56%であり、前期間（2019年2月～2019年6月、約50%）と同程度である（南岳山頂火口が活発であった1982年から1985年頃は約75%、昭和火口が活発化した2009年から2013年頃は約80%）。爆発に伴う空振は、10月以降、桜島島内の観測点（横山）で時々50Paを超えるなど、やや振幅が増大した。

また、夜間に高感度の監視カメラで火映を観測した。

昭和火口では、2018年4月4日以降、ごく小規模な噴火も観測されておらず活動は極めて低調に経過した。この期間の噴煙は白色で概ね火口縁上100m以下で推移した。

11月29日に島内及びその周辺で実施した赤外熱映像装置による観測では、昭和火口近傍及び南岳南東側山腹で、これまでと同様に地熱域が観測されたが、特段の変化は認められなかった。また肉眼でかすかに見える程度の火映とかすかに聞こえる程度の鳴動を確認した。

10月25日に、海上自衛隊第1航空群の協力により上空からの観測を実施した。昭和火口では、火口内で白色の噴煙がわずかに上がっているのを確認した。火口の形状に特段の変化は認められなかった。南岳山頂火口では、乳白色の噴煙が断続的に火口縁上200m程度まで上がっており、火口内の状況は確認できなかった。A、B火口付近の形状に特段の変化はなかった。

鹿児島地方気象台で観測した降灰は、6月3g/m²（降灰日数5日）、7月0g/m²（降灰日数1日）、8月2g/m²（降灰日数6日）、9月115g/m²（降灰日数14日）、10月143g/m²（降灰日数20日）、11月69g/m²（降灰日数23日）であった。

鹿児島県が実施している降灰の観測データから推定した桜島の火山灰月別噴出量は、6月3万トン、7月約6万トン、8月約4万トン、9月約8万トン、10月約15万トン、11月約38万トンで、噴火活動が活発となった9月以降、やや増加した。

・地震や微動の発生状況（図3-⑥～⑧、図4-2-⑥～⑧、図7-④⑤、図8、図9、図11、表2）

B型地震は10月以降1日あたり50回を時々超えるなど増加しているが、概ね少ない状態で経過した。B型地震の月回数は6月：140回、7月：96回、8月：69回、9月：253回、10月：559回、11月：778回であった。

A型地震については、10月に入り桜島の南西側を震源とする地震がやや増加した。6月：8回、7月：0回、8月：6回、9月：14回、10月：81回、11月：17回であった。震源が求まった火山性地震は南岳直下の深さ0～2km付近、桜島の南西側の深さ5～10km付近に分布した。

火山性微動は時々発生したが、ほとんどが噴火の発生に伴うものであった。

・地殻変動の状況（図3-⑨、図10～17）

桜島島内の伸縮計及び傾斜計では、2019年9月上旬以降、ゆるやかな山体の膨張・隆起が観測されていたが、10月下旬以降鈍化している。10月13日には南岳直下の火山性地震に伴い、山体のわずかな膨張を伴う短期的な変動が観測された。

また、一部の噴火時には、噴火前のわずかな山体の膨張・隆起と噴火後のわずかな収縮・沈降が観測された。

GNSS連続観測では、桜島島内の基線で2019年9月以降山体膨張と考えられる変化が

観測されている。一方、始良カルデラ（鹿児島湾奥部）の地下深部では、長期にわたり供給されたマグマが蓄積した状態がみられている。

・火山ガス（二酸化硫黄）の状況（図3-④、図4-1-④）

火山ガス（二酸化硫黄）の1日あたりの放出量は、2019年9月以降、多い状態で経過した。6月：700～1,200トン、7月：1,200～1,800トン、8月：1,000～2,000トン、9月：1,100～2,300トン、10月：2,000～2,800トン、11月：2,600～3,600トンを観測した。

表1 桜島 最近1年間の月別噴火回数（2018年12月～2019年11月）

2018年～2019年		12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	合計
南岳山頂	噴火回数	56	8	15	29	10	15	5	9	0	32	62	137	378
	爆発	34	6	11	12	5	9	2	5	0	11	41	77	213
昭和火口	噴火回数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	爆発	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表2 桜島 最近1年間の月別地震回数・微動時間（2018年12月～2019年11月）

2018年～2019年		12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	合計
地震回数		584	559	434	280	65	205	150	101	75	278	697	879	4,307
微動継続時間の合計(時)		51	51	2	7	1	17	8	18	0	26	34	17	232

微動時間は分単位切捨て。「0」は1時間未満の微動を観測したことを、「－」は微動を全く観測しなかったことを表す。

表3 桜島 最近1年間の鹿児島地方気象台での月別降灰量と降灰日数
(2018年12月～2019年11月)

2018年～2019年		12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	合計
降灰量 (g/m ²)		10	0	17	10	3	47	3	0	2	115	143	69	419
降灰日数		18	4	2	14	7	14	5	1	6	14	20	23	128

降灰量は0.5g/m²未満切捨て。「0」は0.5g/m²未満のわずかな降灰を観測したことを、「－」は降灰を全く観測しなかったことを表す。

表4 桜島 最近1年間の月別の火山灰の噴出量（2018年11月～2019年10月）

2018～2019年		12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	合計
降灰量 (万トン)		16	5	5	12	6	6	3	6	4	8	15	38	124

鹿児島県の降灰観測データをもとに鹿児島地方気象台で解析して作成。

降灰の観測データには、桜島で噴火がない時でも風により巻き上げられた火山灰が含まれている可能性がある。

現象	火口	噴火発生時刻	色	量	火口縁上	流向	噴石	火砕流	桜島島内最大 空振 (Pa)
		(年月日時分)			の高さ (m)		(合目)	(m)	
爆発	山頂	2019/7/4 10:44	灰	やや多量	3200	南	6	－	17.3 (横山)
爆発	山頂	2019/7/28 17:25	灰白	やや多量	3800	北東	不明	－	18.9 (横山)
噴火	山頂	2019/7/28 17:54	灰白	やや多量	3500	北東	不明	－	3.4 (横山)
爆発	山頂	2019/9/20 16:04	灰	>やや多量	>3400	北	8	－	14.4 (横山)
爆発	山頂	2019/10/12 0:50	灰白	中量	2000	南	4	－	84.2 (横山)
爆発	山頂	2019/10/16 5:46	灰白	やや多量	3000	東	8	－	35.6 (横山)
爆発	山頂	2019/10/19 10:29	灰白	やや多量	3000	直上	不明	－	26.2 (横山)
爆発	山頂	2019/10/19 19:05	灰白	やや多量	3000	南東	7	－	26.4 (横山)
爆発	山頂	2019/11/6 15:38	灰白	やや多量	3000	北	5	－	44.5 (横山)
爆発	山頂	2019/11/7 15:57	灰白	>やや多量	>3800	東	6	－	13.9 (横山)
爆発	山頂	2019/11/7 16:15	灰白	やや多量	3500	東	7	－	6.8 (横山)
爆発	山頂	2019/11/8 17:24	灰	多量	5500	直上	8	－	11.8 (横山)
爆発	山頂	2019/11/12 20:20	灰白	やや多量	3300	東	8	－	10.9 (横山)
爆発	山頂	2019/11/12 23:07	灰白	やや多量	3000	東	5	－	50.3 (横山)
爆発	山頂	2019/11/13 2:00	灰白	やや多量	3600	東	4	－	65.5 (横山)
爆発	山頂	2019/11/18 17:33	灰白	中量	1500	南東	4	－	44.0 (横山)
爆発	山頂	2019/11/19 5:27	灰白	やや多量	1900	南東	4	－	45.0 (横山)
爆発	山頂	2019/11/28 20:10	灰白	やや多量	3300	南	6	－	36.5 (横山)

表 5 桜島 主な噴火リスト (2019 年 6 月～2019 年 11 月)

火口縁上の噴煙の高さ 3,000m 以上、噴石 4 合目以上のいずれかを観測した噴火リスト
 青塗りは掲載基準となった観測データを示す。



図 1-1 桜島 11 月 8 日 17 時 24 分の南岳山頂火口の爆発の状況（東郡元より撮影）
噴煙が火口縁上 5,500m まで上がった。



図 1-2 桜島 11 月 13 日 02 時 00 の南岳山頂火口の爆発の状況
（海潟監視カメラ（大隅河川国道事務所設置））
弾道を描いて飛散する大きな噴石が 4 合目（南岳山頂火口より 1,300m から 1,700m）
まで達した（赤破線）。



図 2-1 桜島 南岳山頂火口の火映の状況（黒神河原から観測）

肉眼でかすかに見える程度の火映を観測した。

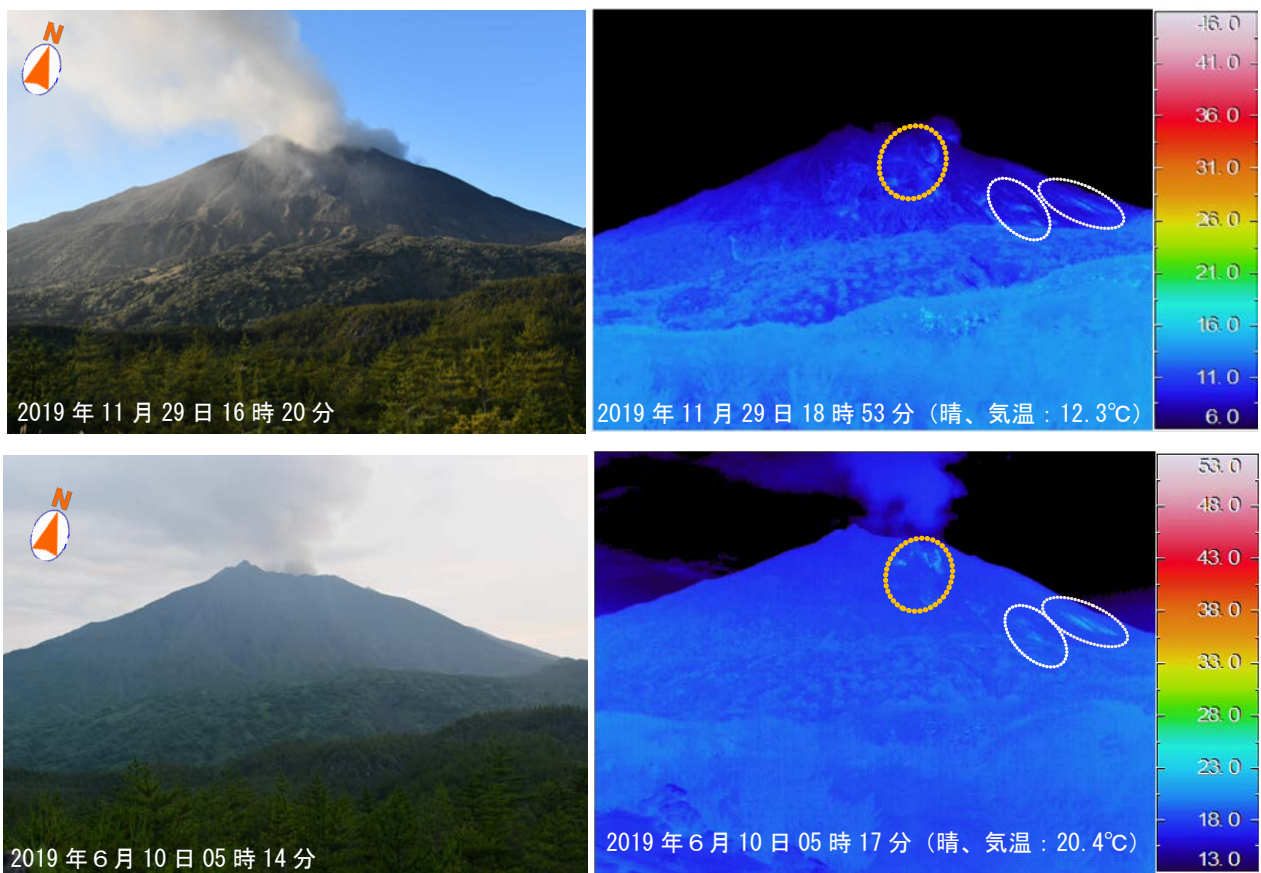


図 2-2 桜島 昭和火口近傍及び南岳南東側山腹の状況（鹿児島市有村町から観測）

赤外熱映像装置による観測では、昭和火口近傍（橙破線内）及び南岳南東側山腹（白破線内）でこれまでと同様に地熱域を確認したが、特段の変化は認められなかった。

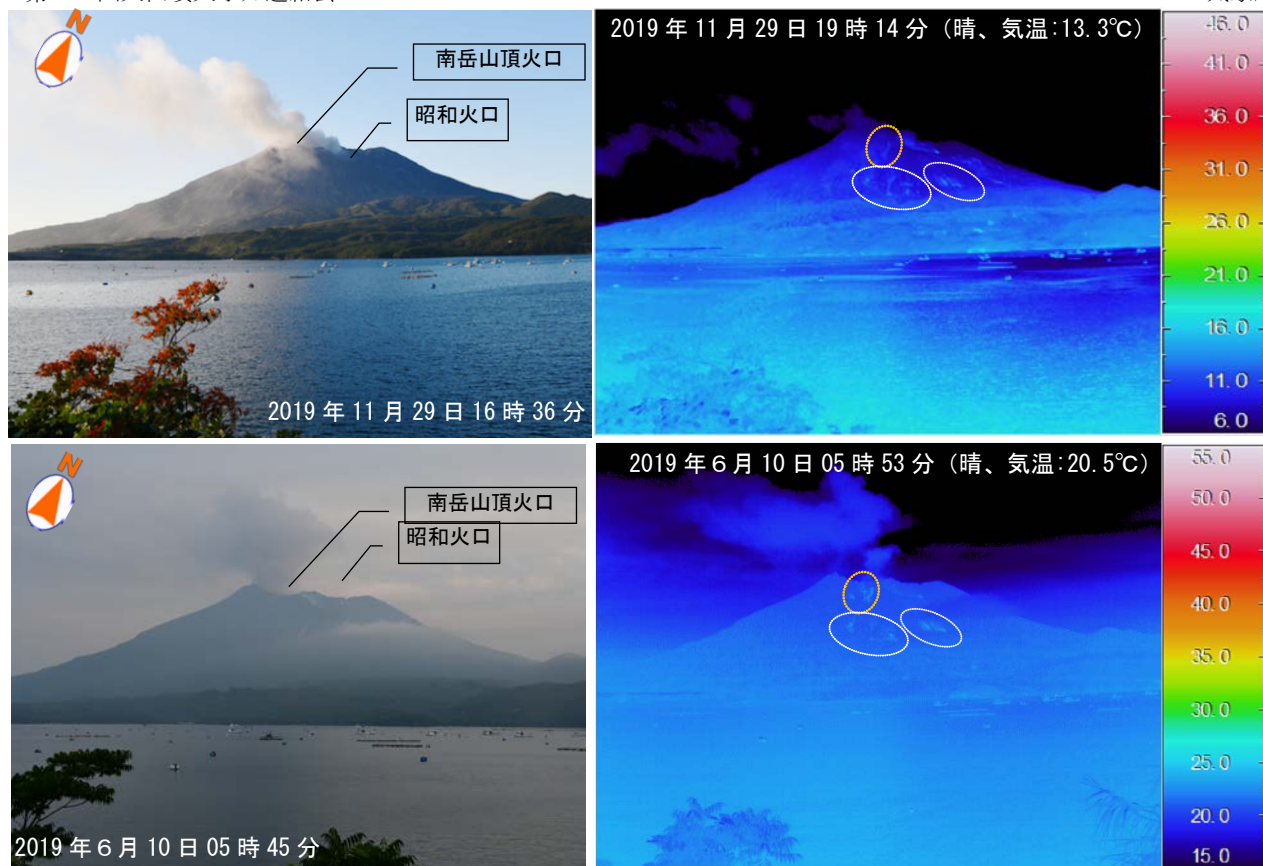


図 2-3 桜島 南岳南東側山腹の状況（海淵トンネル脇道から観測）

赤外熱映像装置による観測では、昭和火口近傍（橙破線内）及び南岳南東側山腹（白破線内）でこれまでと同様に地熱域を確認した。

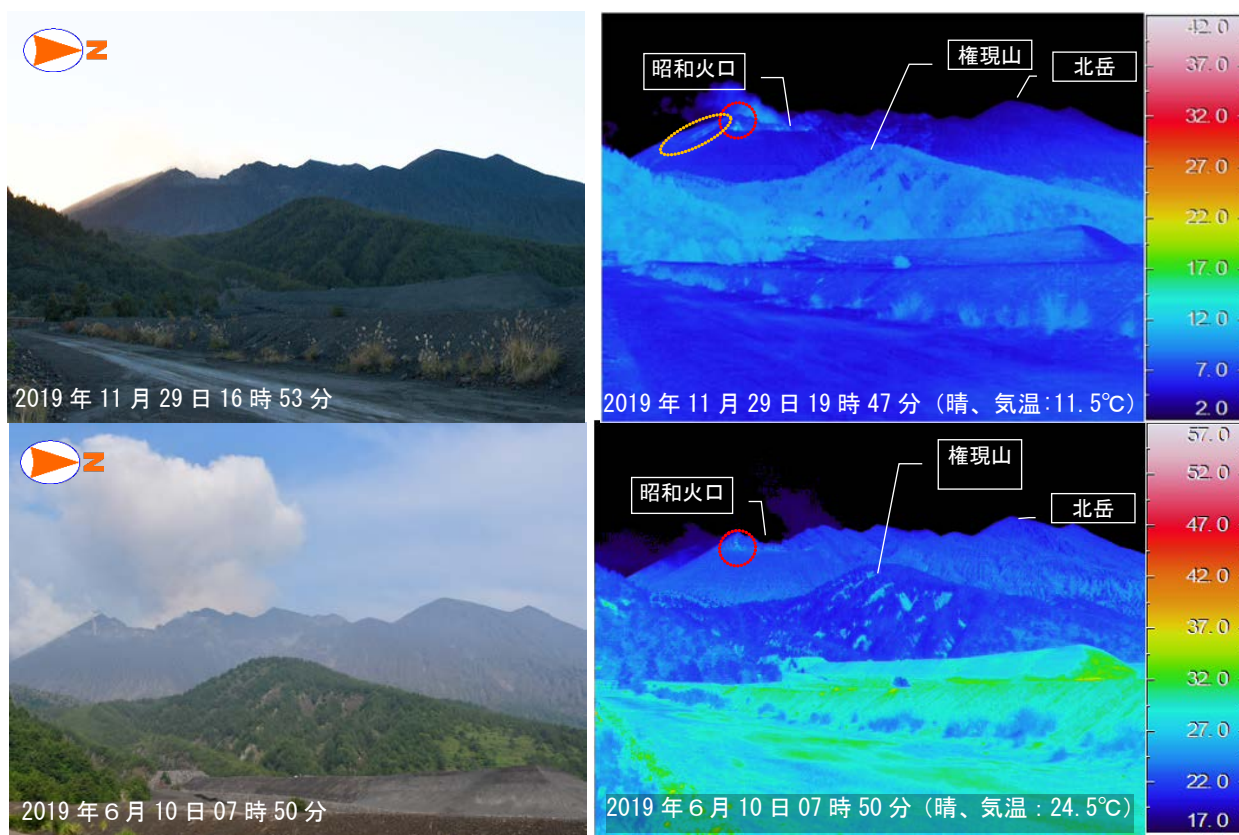


図 2-4 桜島 昭和火口近傍及び周辺の状況（黒神河原から観測）

赤外熱映像装置による観測では、昭和火口内（赤破線内）及びその近傍（橙破線内）にこれまでと同様に地熱域を確認した。



図 2-5 桜島 南岳山頂火口及び昭和火口の状況

10 月 25 日に上空からの観測を実施した。火口の形状に特段の変化は認められなかった。南岳山頂火口では乳白色の噴煙が断続的に火口縁上 200m 程度まで上がっており、火口内は、噴煙のため確認できなかった。

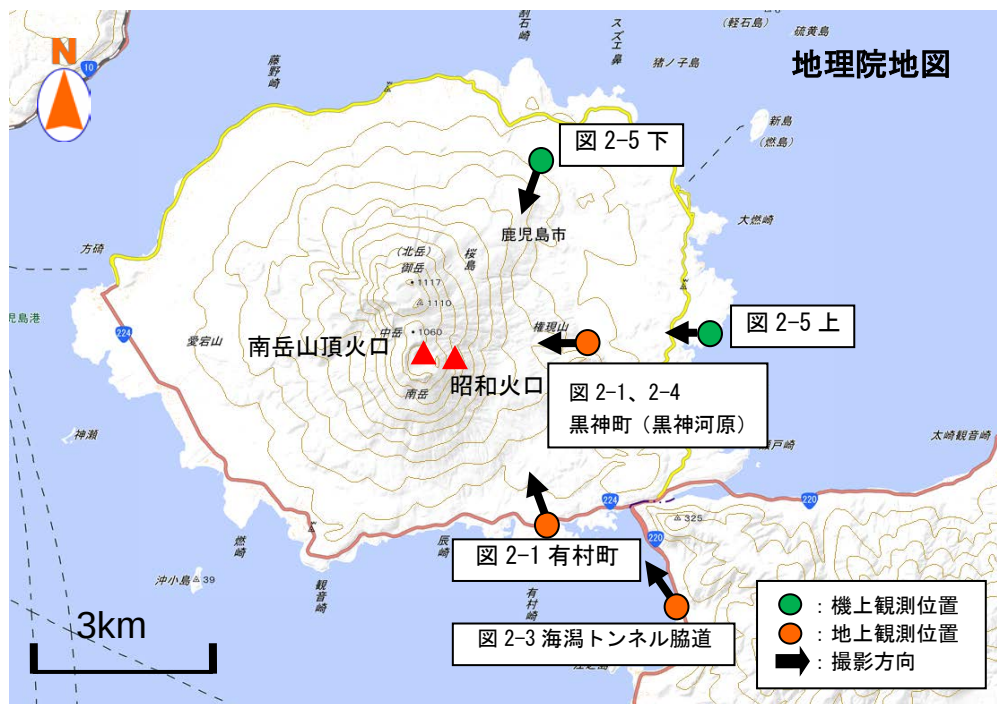


図 2-6 桜島 図 2-1～図 2-5 の観測位置及び撮影方向

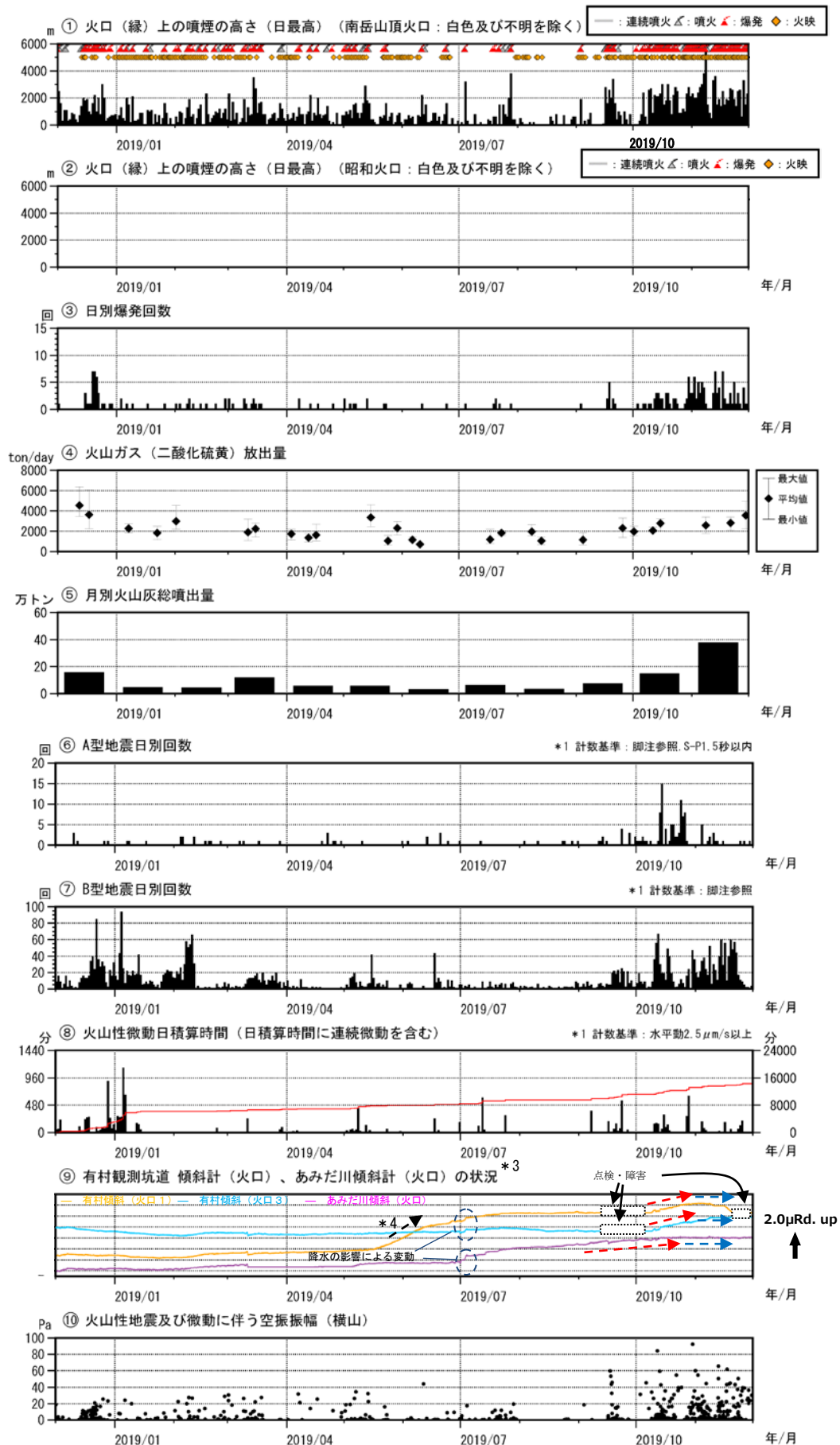


図3 桜島 最近1年間の活動状況（2018年11月～2019年11月）

※ 図の説明は次ページに掲載している。

図 3 の説明

＜2019 年 6 月～2019 年 11 月の状況＞

- ・ 南岳山頂火口の噴火活動は、8 月頃まではやや低下していたが、9 月以降は噴火・爆発回数や火山灰噴出量が増加するなど、再び活発となっている。
- ・ 火山ガス（二酸化硫黄）の 1 日あたりの放出量は、9 月以降多い状態で経過した。
- ・ 火山灰の月別噴出量は、噴火活動が活発となった 9 月以降、やや増加している
- ・ B 型地震は概ね少ない状態で経過したが、時々やや多い状態となっている。A 型地震については、10 月に入り桜島の南西側を震源とする地震がやや増加した。
- ・ 火山性微動は時々発生したが、ほとんどがごく小規模な噴火の発生に伴うものであった。
- ・ 桜島島内の傾斜計では、2019 年 9 月上旬以降、ゆるやかな山体の膨張・隆起が観測されていたが（赤破線矢印）、10 月下旬以降鈍化している（青破線矢印）。

*1 2014 年 5 月 23 日までは「赤生原（計数基準 水平動： $0.5 \mu\text{m/s}$ ）及び横山観測点」で計数していたが、24 日以降は赤生原周辺の工事ノイズ混入のため「あみだ川及び横山観測点」で計数（計数基準 あみだ川：水平動 $2.5 \mu\text{m/s}$ 横山：水平動 $1.0 \mu\text{m/s}$ ）している。

*2 図 3-⑤、図 4-1-⑤、図 7-③、表 3 の火山灰の噴出量の算出は、中村（2002）による。

鹿児島県の降灰観測データをもとに鹿児島地方气象台で解析して作成。

鹿児島県の降灰観測データの解析は 2019 年 5 月までである。

降灰の観測データには、桜島で噴火がない場合でも風により巻き上げられた火山灰が含まれている可能性がある。また、2018 年 3 月から 6 月は新燃岳の降灰が含まれている可能性がある。

*3 図 3-⑨の傾斜変動は、火口直下の浅い領域の地殻変動に着目するため、有村観測坑道火口方向 1： $-1.3 \times 10^{-8} \text{rad/day}$ 、火口方向 2： $-1.0 \times 10^{-8} \text{rad/day}$ 、あみだ川火口方向 $1.0 \times 10^{-8} \text{rad/day}$ のトレンド補正を行っている。

*4 図 3-⑨の有村坑道火口方向 1 傾斜計で、2019 年 5 月中旬の機器点検後から山上がりの変動がみられるが（黒破線矢印）、火山活動に関連する変動ではないと判断している。

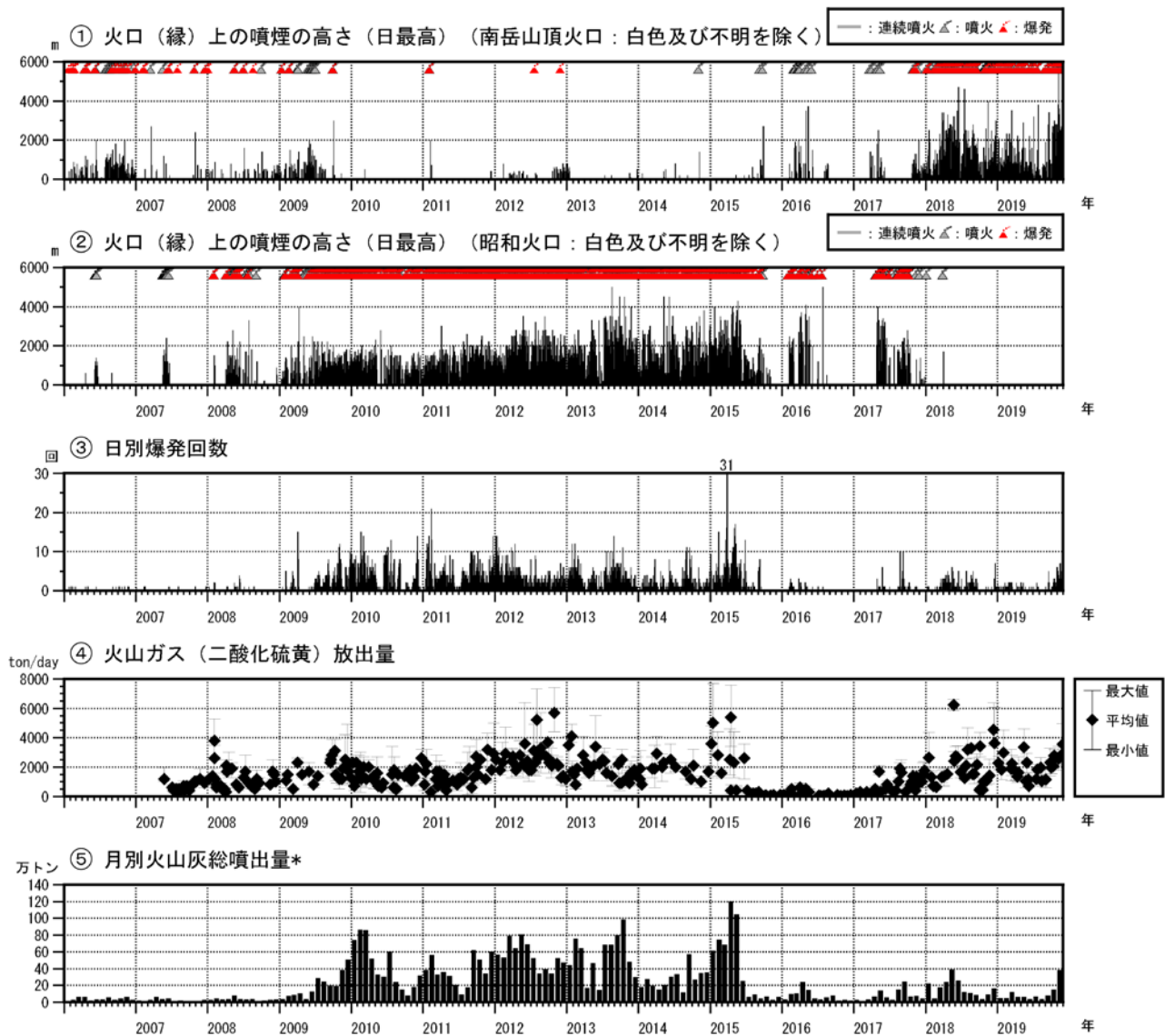


図 4-1 桜島 昭和火口噴火活動再開（2006 年 6 月）以降の噴煙、火山灰、火山ガスの状況
 （2006 年 6 月～2019 年 11 月）

⑤の 2019 年 6 月から 11 月の総降灰量は約 74 万トンで、噴火活動が活発となった 9 月以降、やや増加した（前期間（2018 年 12 月～2019 年 5 月）約 46 万トン）。

* 降灰の観測データには、桜島で噴火がない場合でも風により巻き上げられた火山灰が含まれている可能性がある。また、2011 年 1 月から 6 月及び 2018 年 3 月から 6 月は新燃岳の降灰が含まれている可能性がある。火山灰の噴出量の算出は、中村（2002）による。

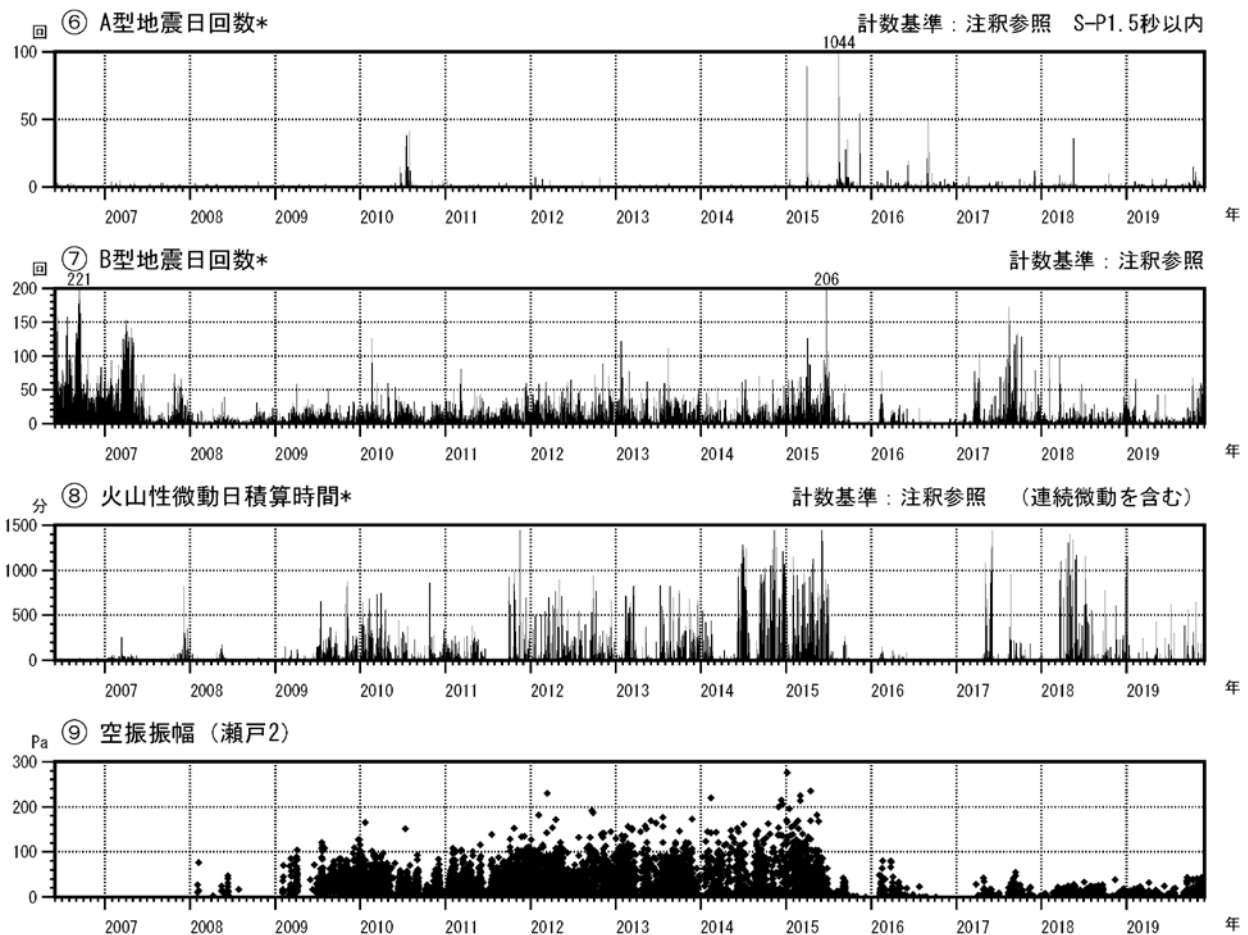


図 4-2 桜島 昭和火口噴火活動再開（2006 年 6 月）以降の地震、微動、空振の状況
（2006 年 6 月～2019 年 11 月）

⑨爆発に伴う空振は、10 月以降、桜島島内の観測点（横山）で時々 50Pa を超えるなど、やや振幅が増大した。

*2014 年 5 月 23 日までは「赤生原及び横山観測点」で計数（計数基準 赤生原：水平動 $0.5 \mu\text{m/s}$ 横山：水平動 $1.0 \mu\text{m/s}$ ）していたが、2012 年 7 月 19～26 日、11 月 18～22 日は赤生原障害のため、2014 年 5 月 24 日以降は赤生原周辺の工事ノイズ混入のため「あみだ川及び横山観測点」で計数（計数基準 あみだ川：水平動 $2.5 \mu\text{m/s}$ 横山：水平動 $1.0 \mu\text{m/s}$ ）している。

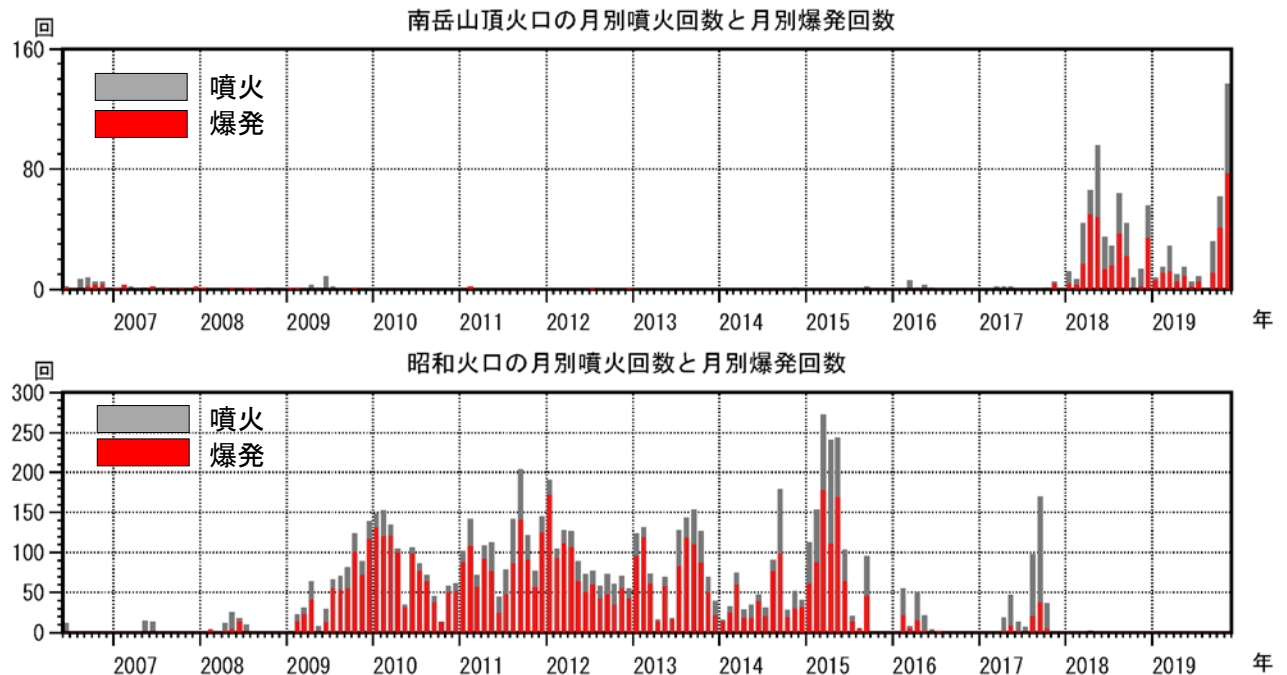


図5 桜島 南岳山頂火口と昭和火口の月別爆発回数

(2006年6月～2019年11月)

- ・南岳山頂火口での噴火は、6月5回、7月9回、8月0回、9月32回、10月62回、11月137回発生した。このうち爆発は6月2回、7月5回、8月0回、9月11回、10月41回、11月77回発生した。
- ・昭和火口での噴火は観測されなかった。

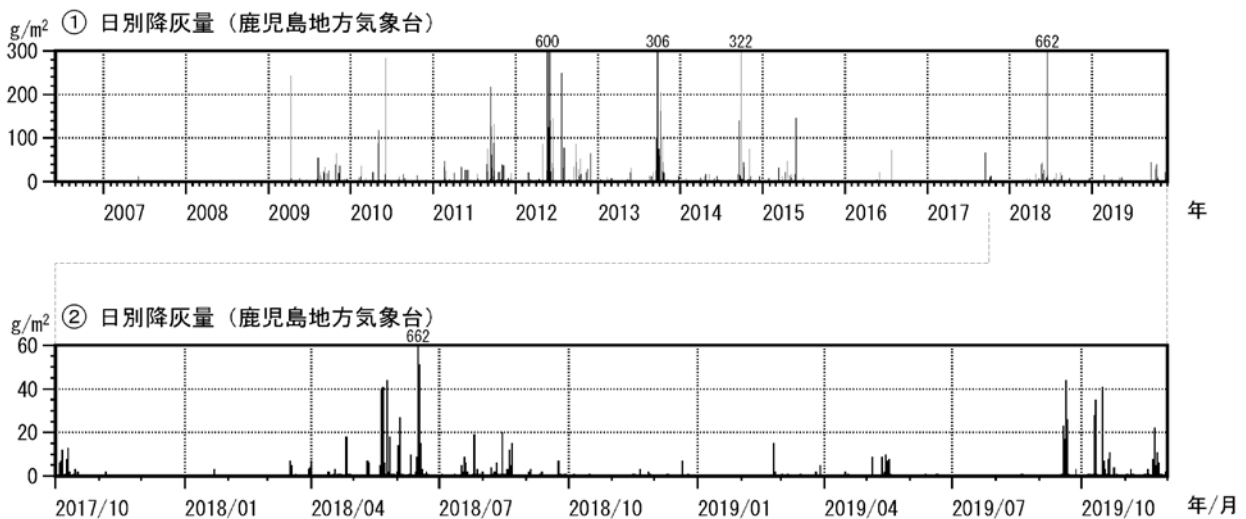


図6 桜島 鹿児島地方気象台での降灰量（2006年6月～2019年11月）

鹿児島地方気象台では、6月3g/m²（降灰日数5日）、7月0g/m²（降灰日数1日）、8月2g/m²（降灰日数6日）、9月115g/m²（降灰日数14日）、10月143g/m²（降灰日数20日）、11月69g/m²（降灰日数23日）の降灰を観測した。

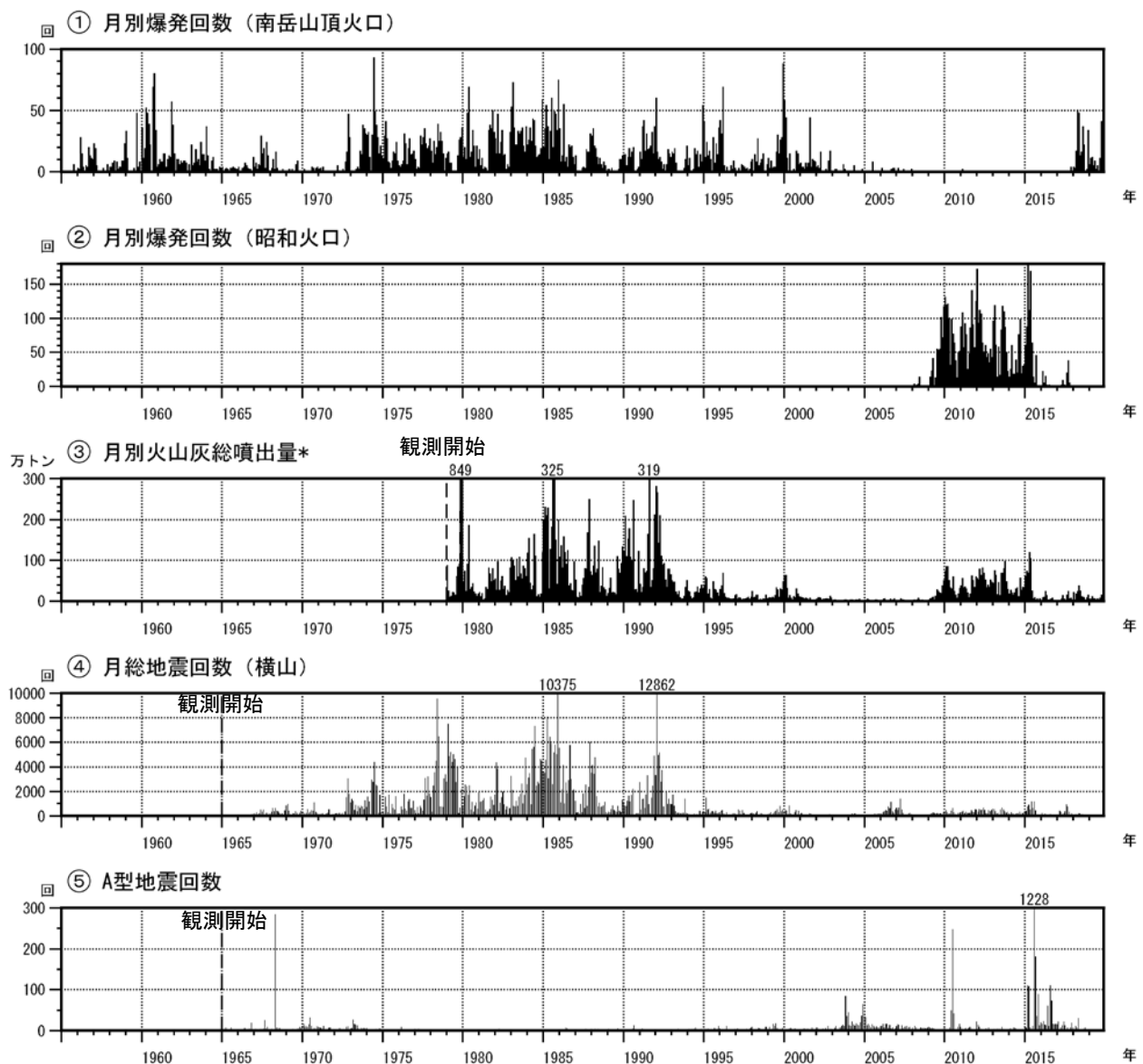
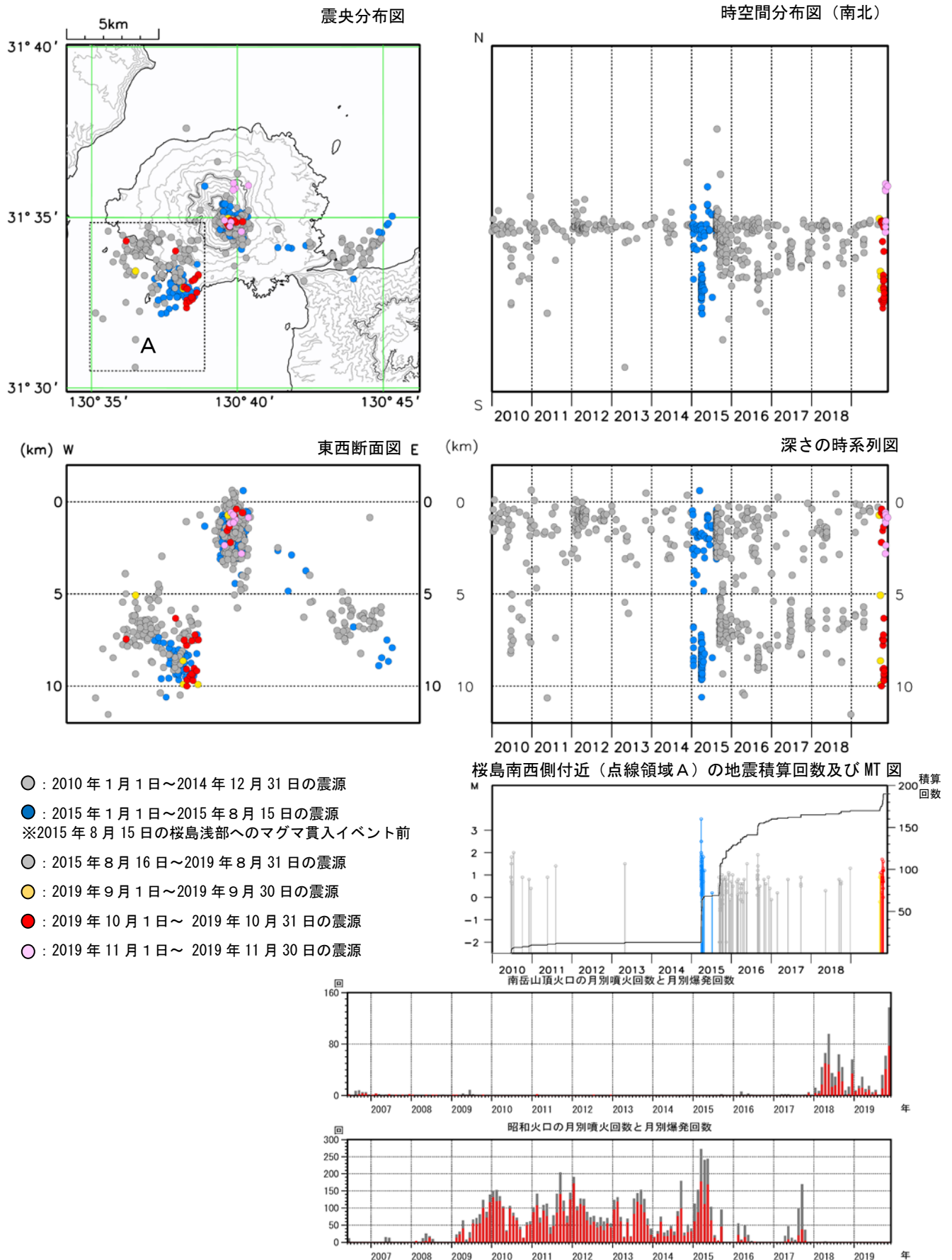


図 7 桜島 長期の活動状況（1955 年 1 月～2019 年 11 月）

*降灰の観測データには、桜島で噴火がない場合でも風により巻き上げられた火山灰が含まれている可能性がある。また、2018 年 3 月から 6 月は新燃岳の降灰が含まれている可能性がある。火山灰の噴出量の算出は、中村（2002）による。



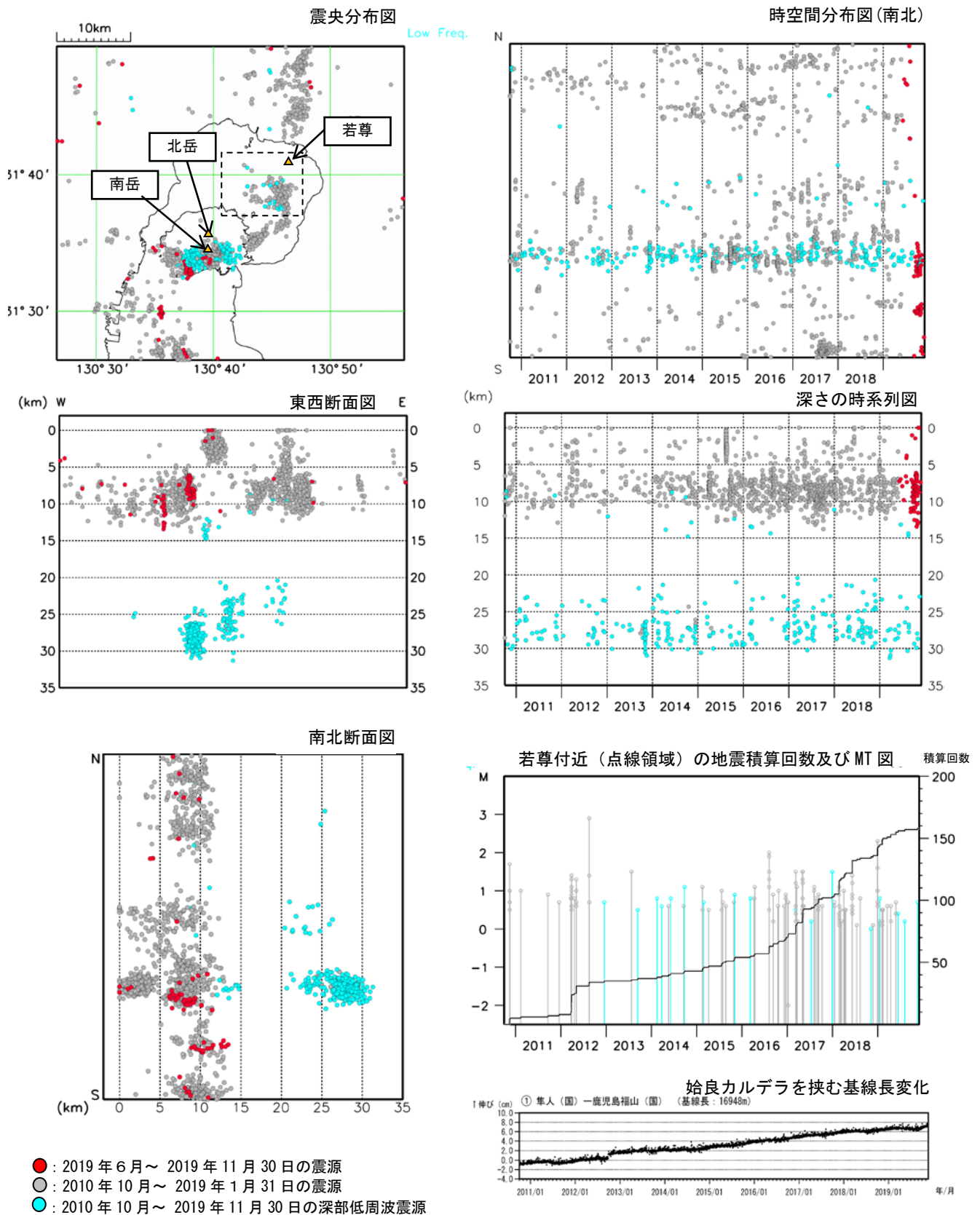


図 9 桜島 一元化震源による広域の震源分布図 (2010 年 10 月～2019 年 11 月)

※表示している震源には、震源決定時の計算誤差の大きなものがあることがある。
 ※この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。

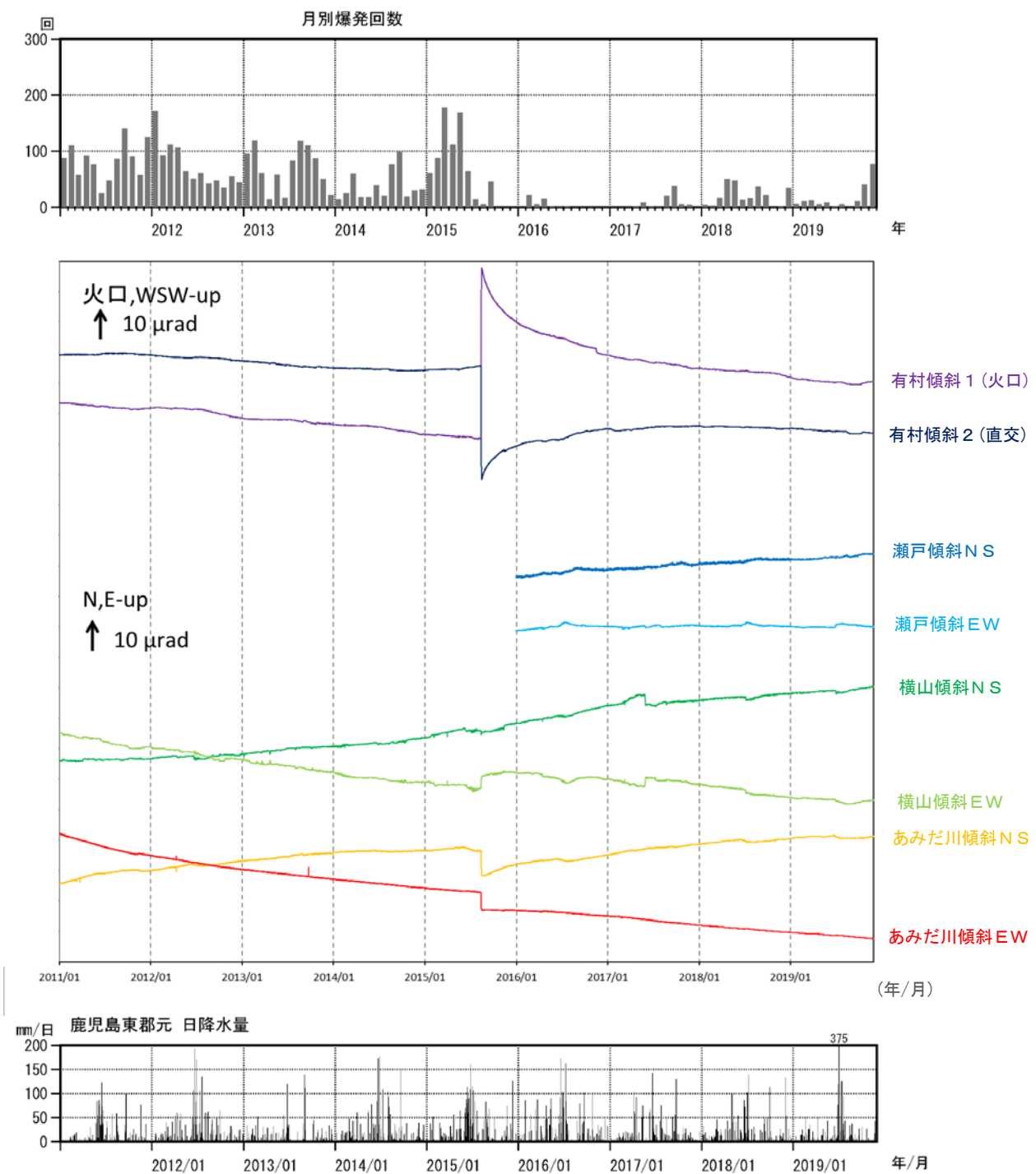


図 10 桜島 傾斜変動の状況 (2011 年 1 月～2019 年 11 月)

※瀬戸は 2015 年 3 月 26 日にセンサー交換を行ったため、データが安定した 2016 年 1 月 1 日以降のデータを使用した。

※グラフは時間値を使用し潮汐補正済み。

桜島 傾斜計の時系列変化

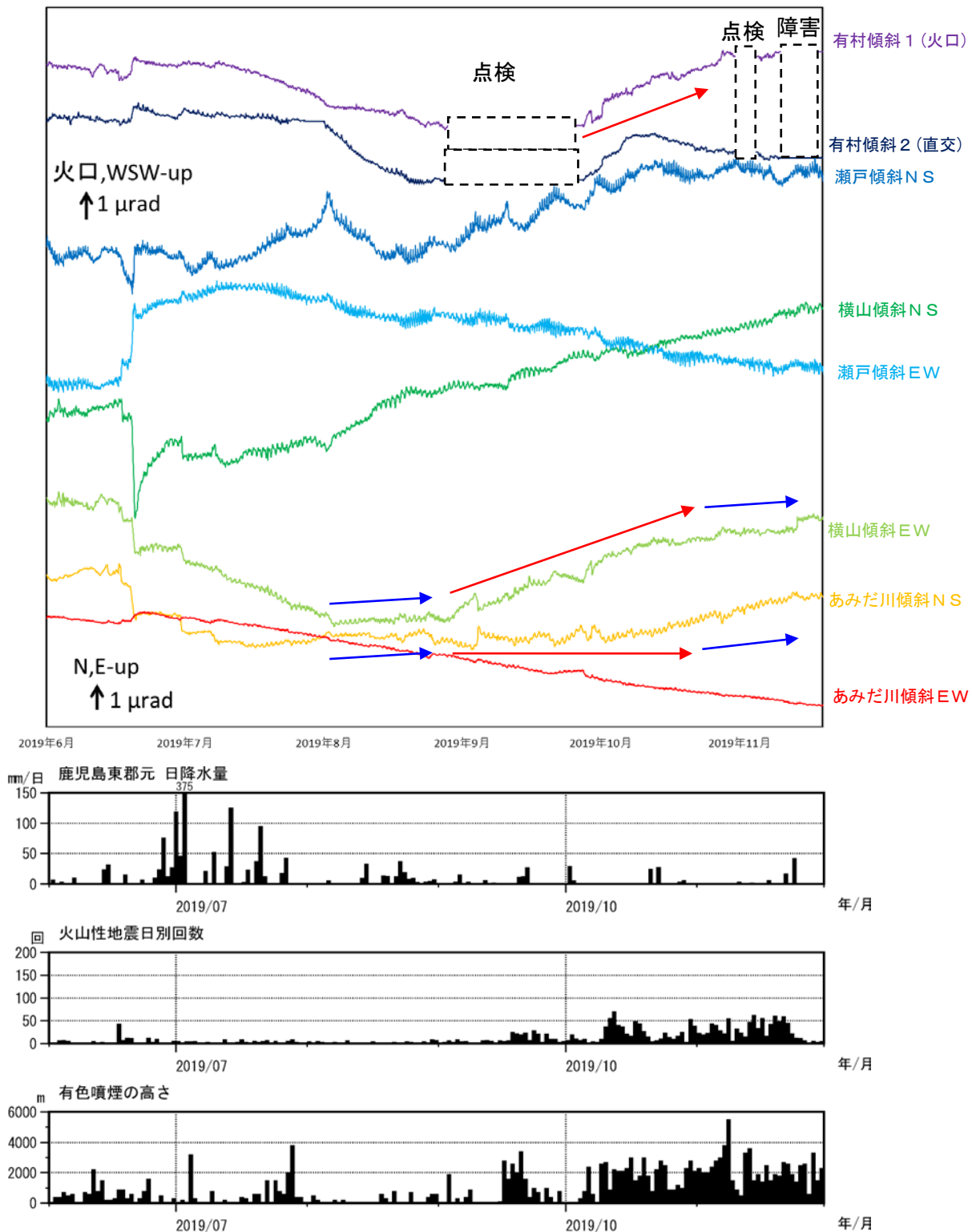


図 11 桜島 傾斜変動の状況 (2019 年 6 月～2019 年 11 月)

横山傾斜計の EW 成分やあみだ川傾斜計の NS 成分では 9 月上旬以降山上がりの傾向に変化した。10 月下旬以降その傾向が鈍化している (赤及び青矢印)。

※傾斜計のデータは時間値を使用し、潮汐補正済み。

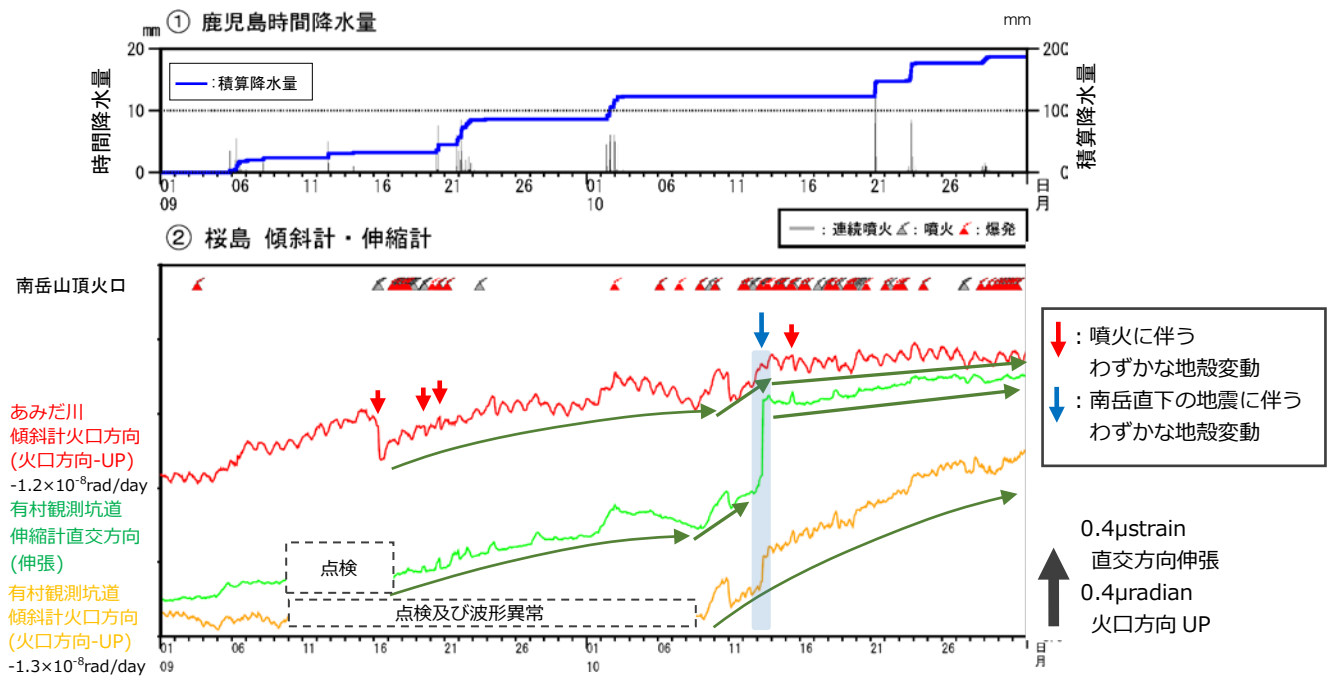


図 12-1 桜島 傾斜計による地殻変動の状況 (上図 : 2019 年 9 月～10 月)

桜島島内の伸縮計及び傾斜計では、9 月上旬以降、ゆるやかな山体の膨張・隆起が観測されている（深緑矢印）。10 月 13 日には南岳直下の火山性地震に伴い、火口直下のわずかな膨張を示す短期的な変動が観測された（青矢印及び青網掛け、図 12-2、12-4 参照）。

また、一部の噴火時及びごく小規模な噴火時に、噴火前のわずかな山体の膨張（隆起）と噴火後のわずかな収縮（沈降）が観測された（赤矢印）。

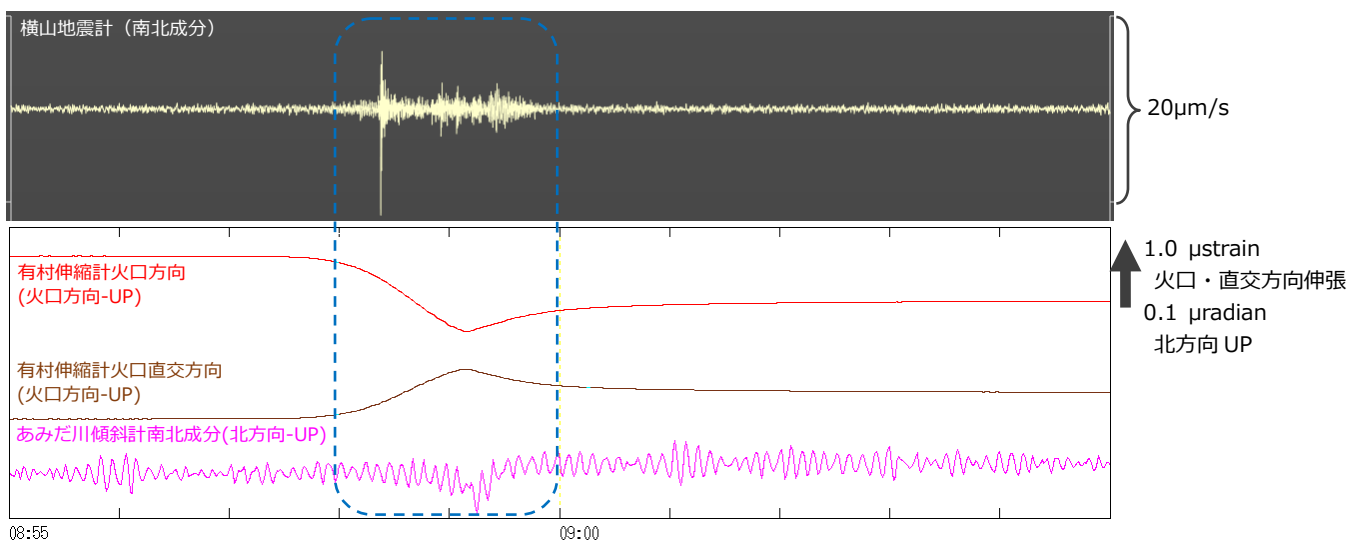


図 12-2 桜島 10 月 13 日 08 時 58 分～59 分頃の火山性地震の発生状況と地殻変動

南岳直下浅部と推定される火山性地震（A 型及び B 型）に伴い、火口直下のわずかな膨張を示す短期的な変動が観測された。

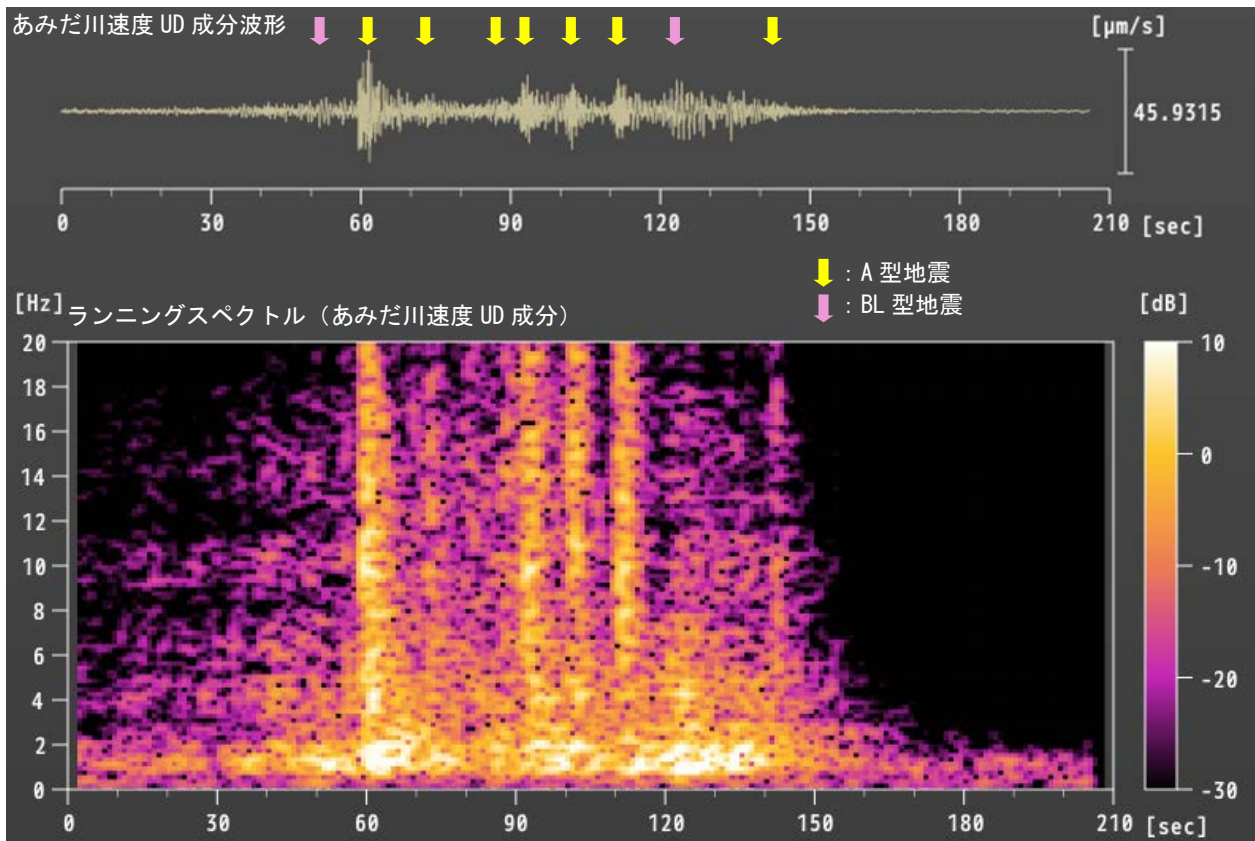


図 12-3 桜島 10 月 13 日 08 時 58 分～59 分頃の火山性地震の発生状況

南岳直下浅部と推定される火山性地震（A 型及び BL 型）が短時間に複数発生した。

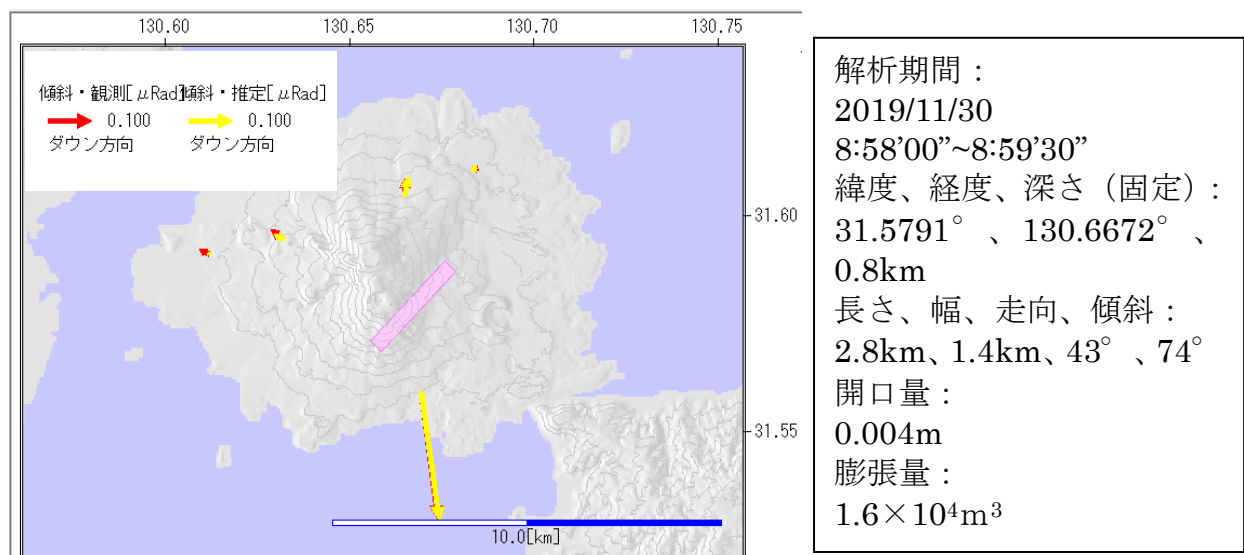


図 12-4 桜島 2019 年 10 月 13 日の傾斜変動をダイクモデルで推定した変動源

（ソース位置は 2015 年 8 月 15～16 日の変動源（133 回予知連、気象庁資料より）を仮定）

今回観測された地殻変動量は、2015 年 8 月の貫入イベント（ $1.8 \times 10^6 \text{m}^3$ 、133 回予知連、気象庁資料より）に比べると 1/100 程度の規模である。

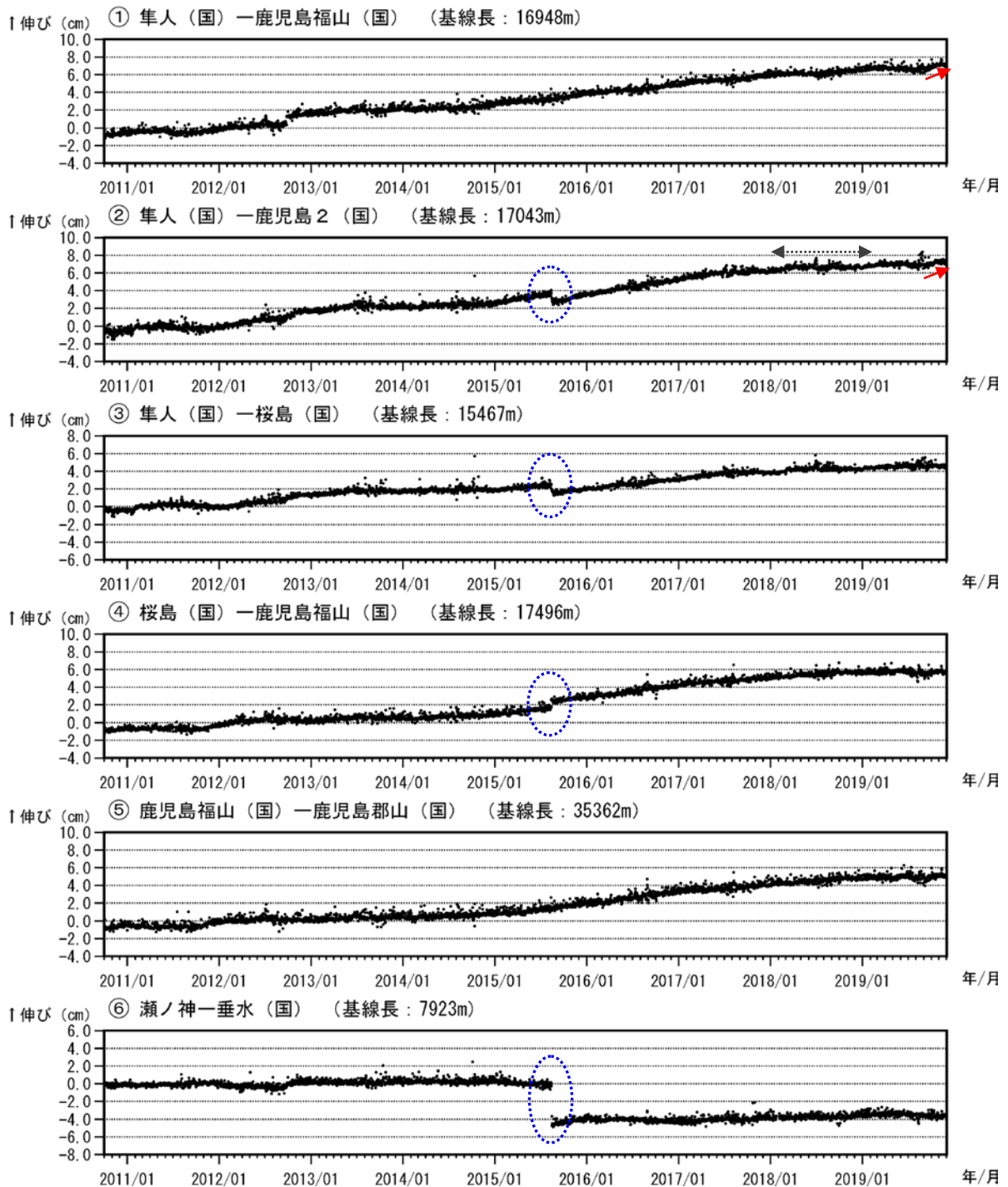


図 13-1 桜島 GNSS 連続観測による基線長変化（2010 年 10 月～2019 年 11 月）

始良カルデラ（鹿児島湾奥部）の地下深部の膨張を示す一部の基線では、2019 年 9 月以降わずかな伸びが認められる（赤矢印）。始良カルデラ（鹿児島湾奥部）の地下深部では、長期にわたり供給されたマグマが蓄積した状態がみられている。

これらの基線は図 14 の①～⑥に対応している。

基線の空白部分は欠測を示している。

解析に際しては対流圏補正と電離層補正を行っている。

2012 年 1 月以降のデータについては、解析方法を変更している。

基線②は霧島山の深い場所での膨張によるとみられる変動の影響を受けている可能性がある（黒色矢印）。

青色の破線内は 2015 年 8 月のマグマ貫入による変動を示す。

（国）：国土地理院

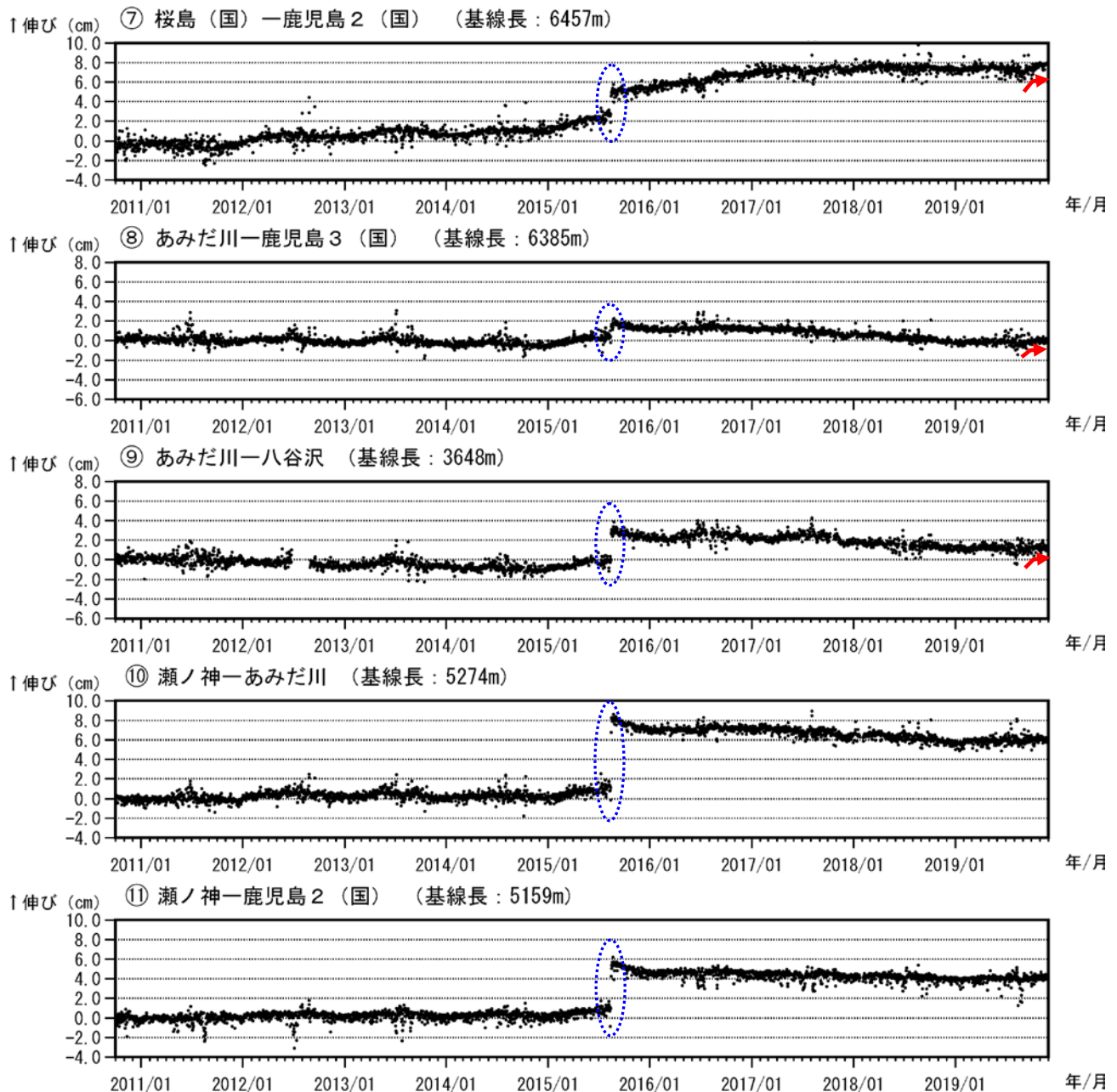


図 13-2 桜島 GNSS 連続観測による基線長変化 (2010 年 10 月～2019 年 11 月)

桜島島内の基線において、2019 年 9 月以降山体膨張と考えられる変化が観測されていたが、11 月頃から鈍化している (赤矢印)。

これらの基線は図 14 の⑦～⑪に対応している。

基線の空白部分は欠測を示している。

解析に際しては対流圏補正と電離層補正を行っている。

2012 年 1 月以降のデータについては、解析方法を変更している。

青色の破線内は 2015 年 8 月のマグマ貫入による変動を示す。

(国): 国土地理院

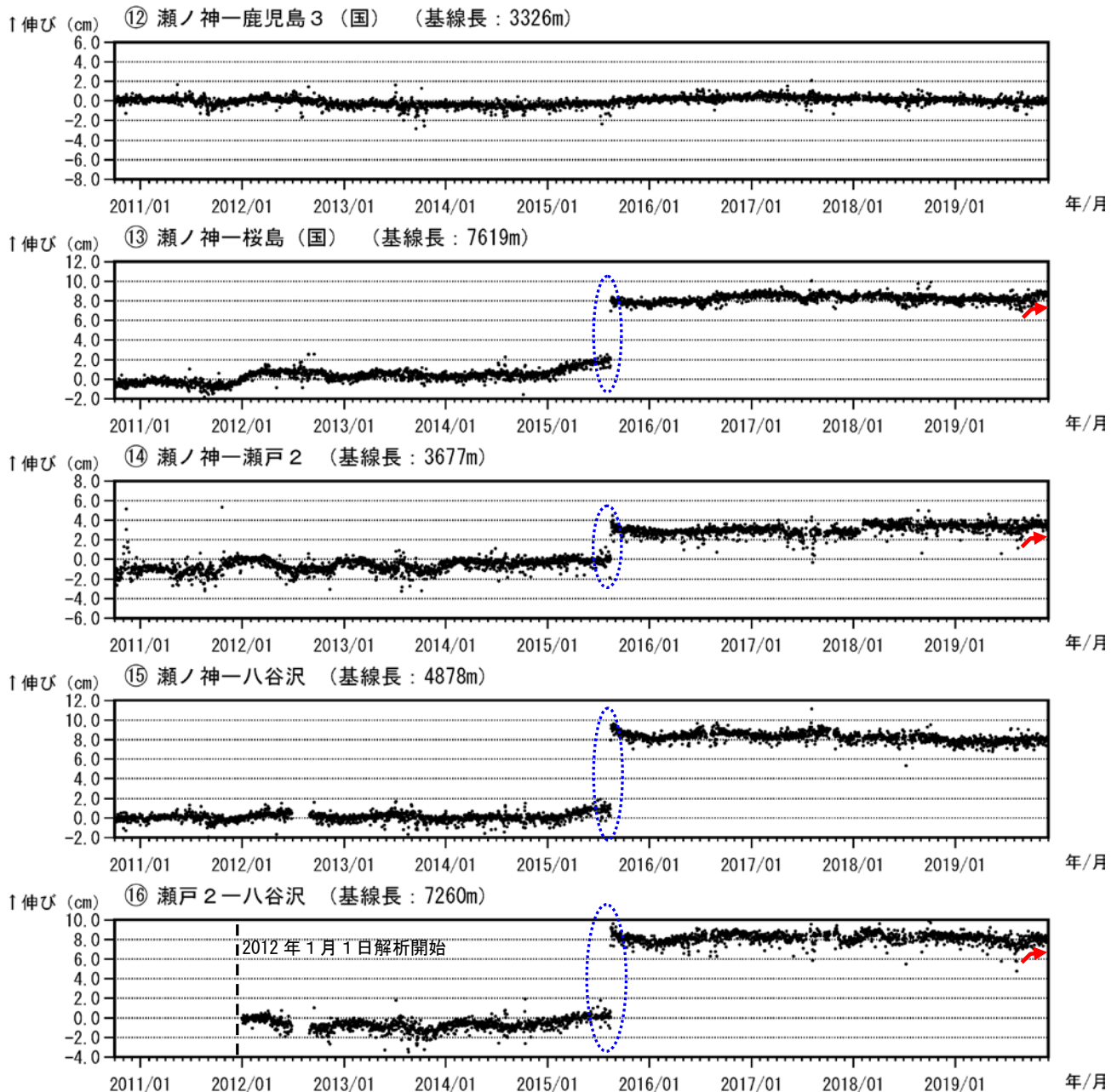


図 13-3 桜島 GNSS 連続観測による基線長変化 (2010 年 10 月～2019 年 11 月)

桜島島内の基線において、2019 年 9 月以降山体膨張と考えられる変化が観測されていたが、11 月頃から鈍化している (赤矢印)。

これらの基線は図 14 の⑫～⑯に対応している。

基線の空白部分は欠測を示している。

解析に際しては対流圏補正と電離層補正を行っている。

2012 年 1 月以降のデータについては、解析方法を変更している。

青色の破線内は 2015 年 8 月のマグマ貫入による変動を示す。

緑色の破線内は気象の影響による乱れとみられる。

(国): 国土地理院

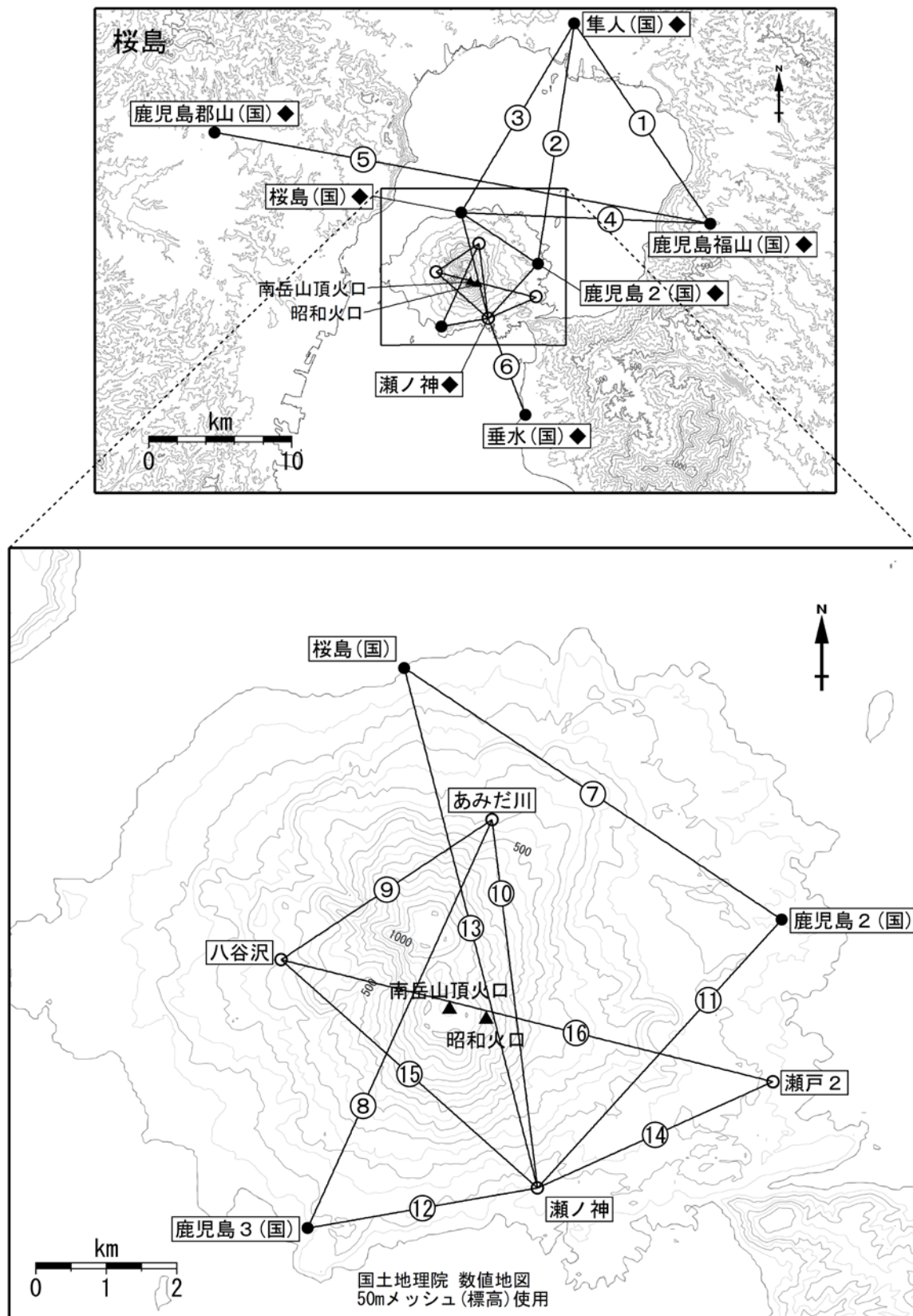


図 14 桜島 GNSS 連続観測基線図

桜島島内及び始良カルデラ周辺の気象庁・国土地理院の10観測点の基線による観測を行っている。
 小さな白丸（○）は気象庁、小さな黒丸（●）は気象庁以外の機関の観測点位置を示している。

（国）：国土地理院

※この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ（標高）』を使用した。

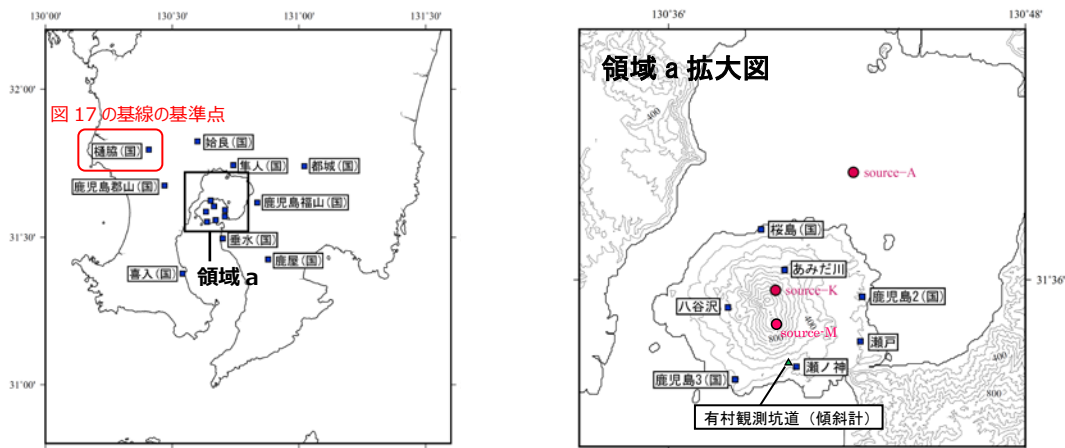


図 15 桜島 図 17~19 の解析に用いた GNSS 観測点、傾斜計の位置及び固定した変動源の位置図

- ・変動源はいずれも茂木モデル（ポアソン比：0.25）を仮定した。また、モデルの中心位置は以下の場所に固定し、体積変化量のみを算出した。

（膨張源の位置） ソース A の位置：N31° 39′ 05.40″ E130° 42′ 13.00″ 深さ海拔下 11.0km
 ソース K の位置：N31° 35′ 42.00″ E130° 39′ 36.00″ 深さ海拔下 4.9km
 ソース M の位置：N31° 34′ 41.80″ E130° 39′ 36.00″ 深さ海拔下 1.5km

※この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ（標高）』を使用した。

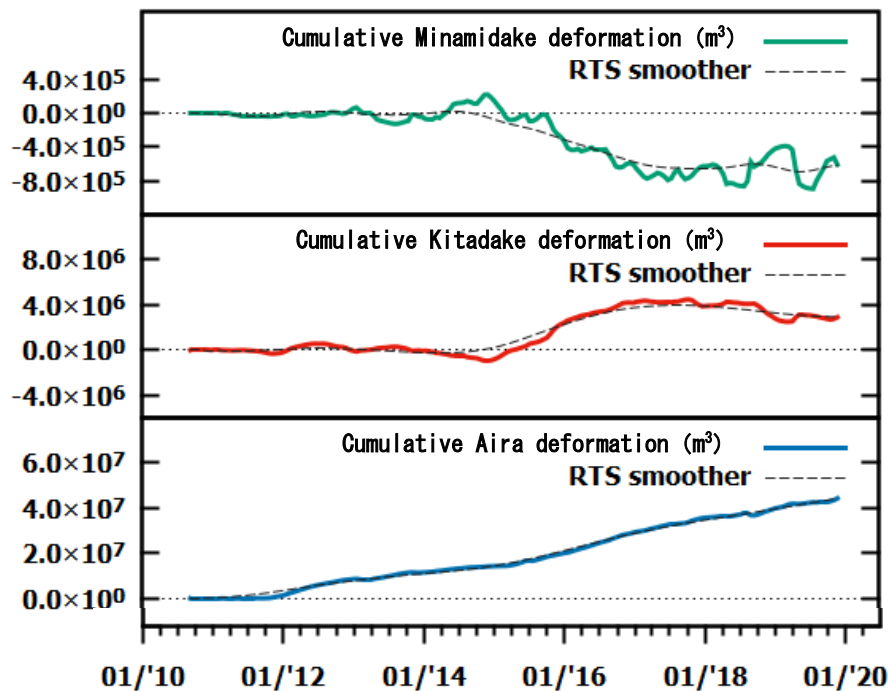


図 16 桜島 インバージョン解析により推定した膨張源の体積増加量
 （2010 年 9 月～2019 年 11 月 27 日）

- ・始良カルデラの膨張（Source-A）は、長期にわたって膨張傾向が継続している
- ・島内の膨張（Source-K）は、2015 年 1 月に膨張レートが増加した後、2017 年 1 月頃からほぼ横ばいとなっており、その中でごく小規模な数度の膨張、収縮が認められる。
- ・火口付近（Source-M）では 2015 年頃から収縮が認められ、桜島島内の GNSS 基線の一部や有村坑道傾斜計で認められる収縮及び沈降は、概ねこの変動によって解釈可能である。

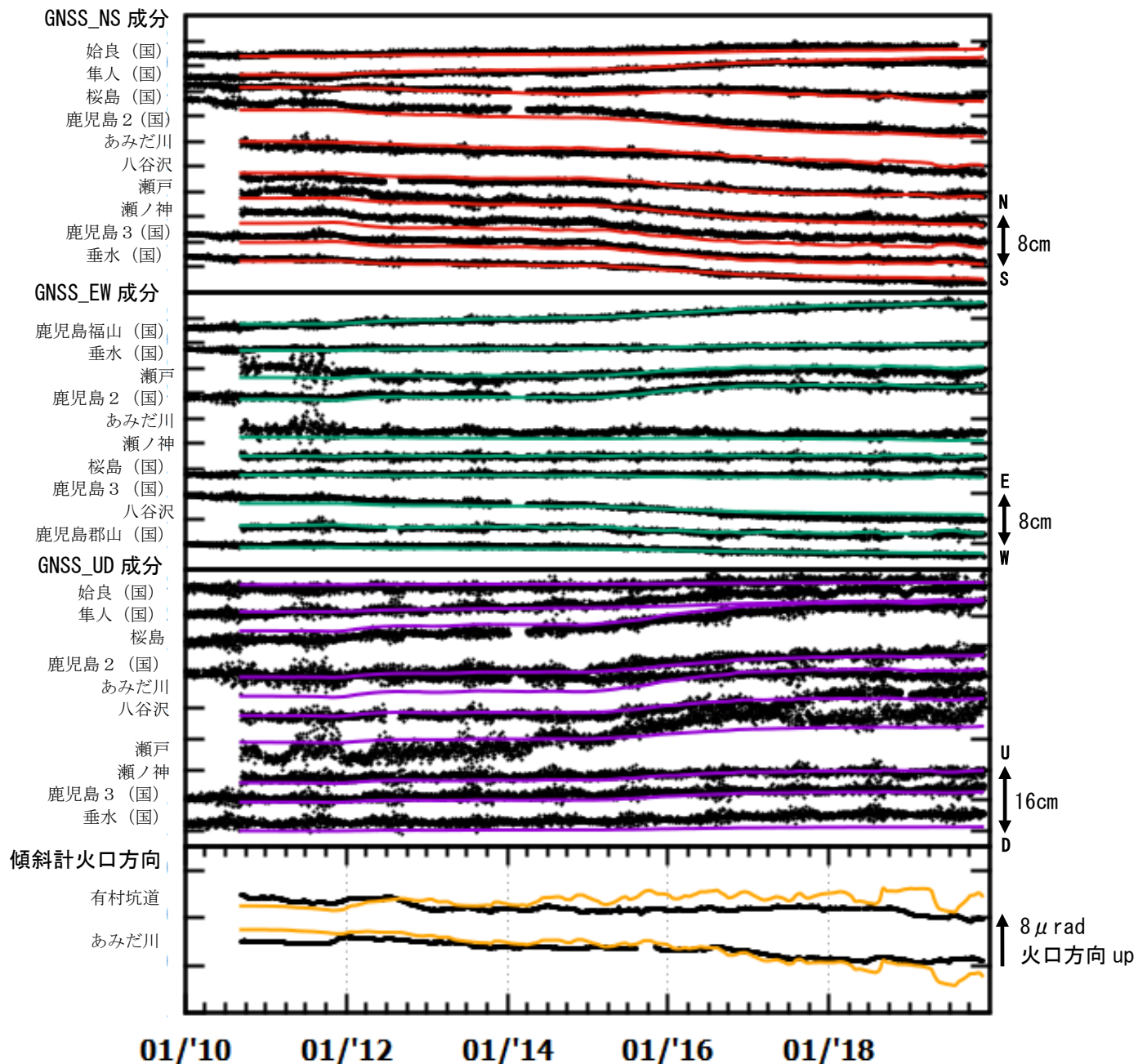


図 17 桜島 地殻変動の時間推移推定に用いた GNSS 観測点の観測値とインバージョン推定値 (○: 観測値、赤線、緑線、紫線、橙線: インバージョンによる推定値)
(2010 年 9 月～2019 年 11 月 27 日)

*テクトニックな広域変動の効果、2015 年 8 月の島内へのマグマ貫入、2015 年 11 月 14 日の薩摩半島西方沖の地震、2016 年 4 月の熊本地震の非静的変動・余効変動、及び霧島山北西の深さ約 10km をソースとする火山性地殻変動の効果は補正量を推定し、除去している。

*GNSS データの誤差は平均 0 の正規分布、傾斜計は平均 0 の正規分布に加え(時間)⁻²での増大を仮定した。

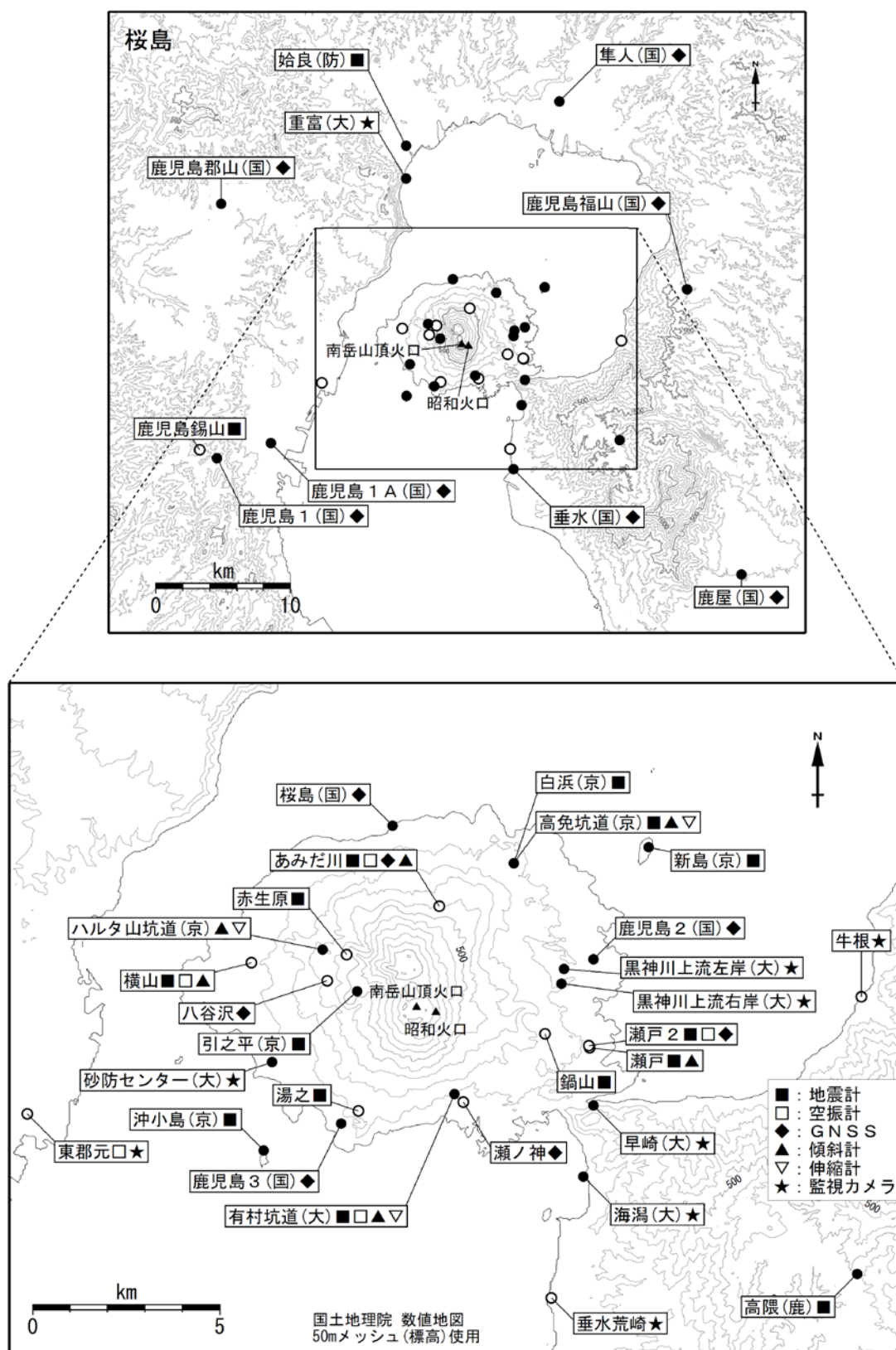


図 18 桜島 観測点配置図

小さな白丸 (○) は気象庁、小さな黒丸 (●) は気象庁以外の機関の観測点位置を示している。

(国) : 国土地理院、(大) : 大隅河川国道事務所、(京) : 京都大学防災研究所

(鹿) : 鹿児島大学、(防) : 防災科学技術研究所

※この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。

ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた 桜島における SAR 干渉解析結果

ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。

1. はじめに

ALOS-2/PALSAR-2 で撮像された桜島周辺のデータについて干渉処理を行ったので報告する。

2. 解析データ

解析に使用したデータを第 1 表に示す。

第 1 表 干渉解析に使用したデータ

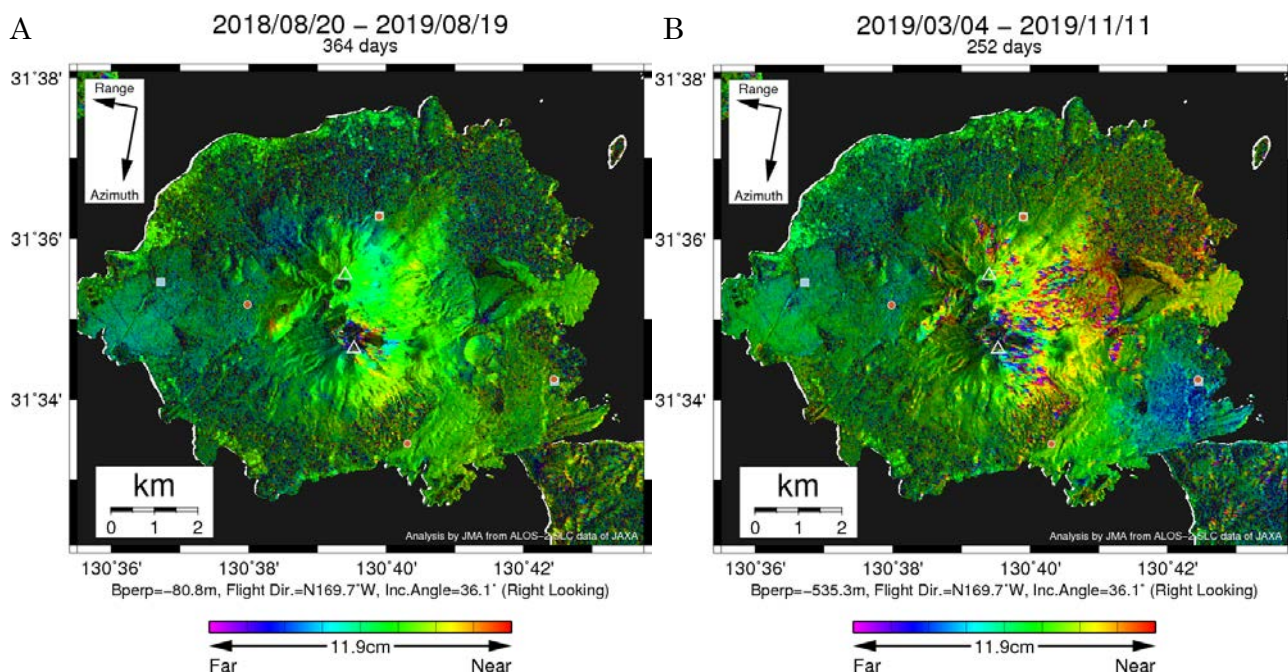
Path-Frame	Orbit	Looking	Inc. angle	Earliest Scene	Latest Scene	Figure No.
23-2980(SM1_U2-7)	南行	右	36.1°	2018.08.20	2019.08.19	第 1 図-A
				2019.03.04	2019.11.11	第 1 図-B
131-620(SM1_U2-9)	北行	右	42.9°	2018.06.05	2019.07.02	第 2 図

3. 解析結果

北行軌道、南行軌道の長期ペアについて解析を行った。いずれにおいても、南岳火口付近で非干渉領域が認められるものの、その他の領域ではノイズレベルを超えるような位相変化は検出されなかった。

謝辞

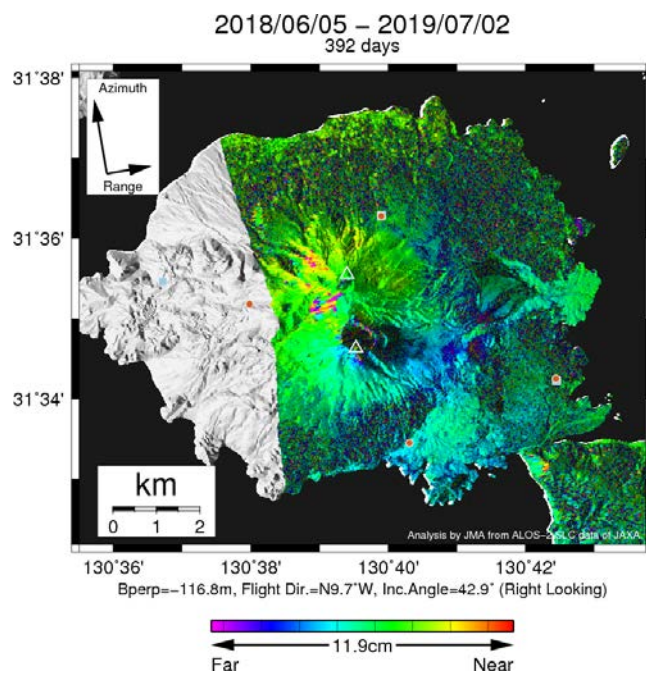
本解析で用いた PALSAR-2 データは、火山噴火予知連絡会が中心となって進めている防災利用実証実験（衛星解析グループ）に基づいて、宇宙航空研究開発機構（JAXA）にて観測・提供されたものである。また、一部のデータは、PIXEL で共有しているものであり、JAXA と東京大学地震研究所の共同研究契約により JAXA から提供されたものである。PALSAR-2 に関する原初データの所有権は JAXA にある。PALSAR-2 の解析ソフトウェアは、防災科学技術研究所の小澤拓氏により開発された RINC を使用した。また、処理の過程や結果の描画においては、国土地理院の数値地図 10m メッシュ（標高）を元にした DEHM を、地形の描画には数値地図 25000（行政界・海岸線）のデータを使用した。ここに記して御礼申し上げます。



第 1 図 パス 23 (SM1-U2_7) による桜島の干渉解析結果

図中の白三角印は山頂位置を示す。丸印は GNSS 観測点、四角印は傾斜観測点を示す。

南岳火口付近で非干渉領域が認められるが、その他の領域ではノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。

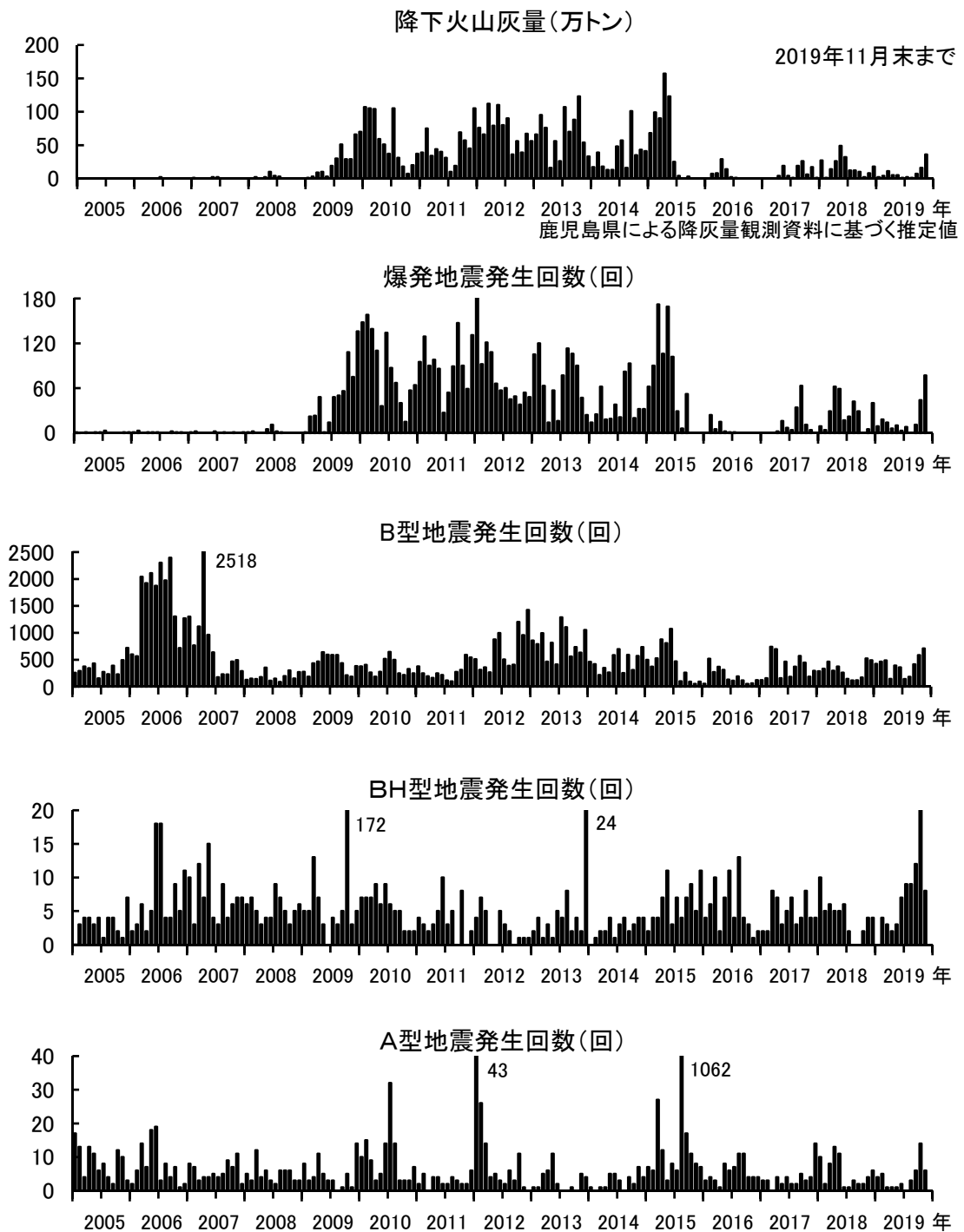


第 2 図 パス 131 (SM1-U2_9) による桜島の干渉解析結果

図中の白三角印は山頂位置を示す。丸印は GNSS 観測点、四角印は傾斜観測点を示す。

南岳火口付近で非干渉領域が認められるが、その他の領域ではノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。

桜島の長期的噴火活動・地震活動の推移

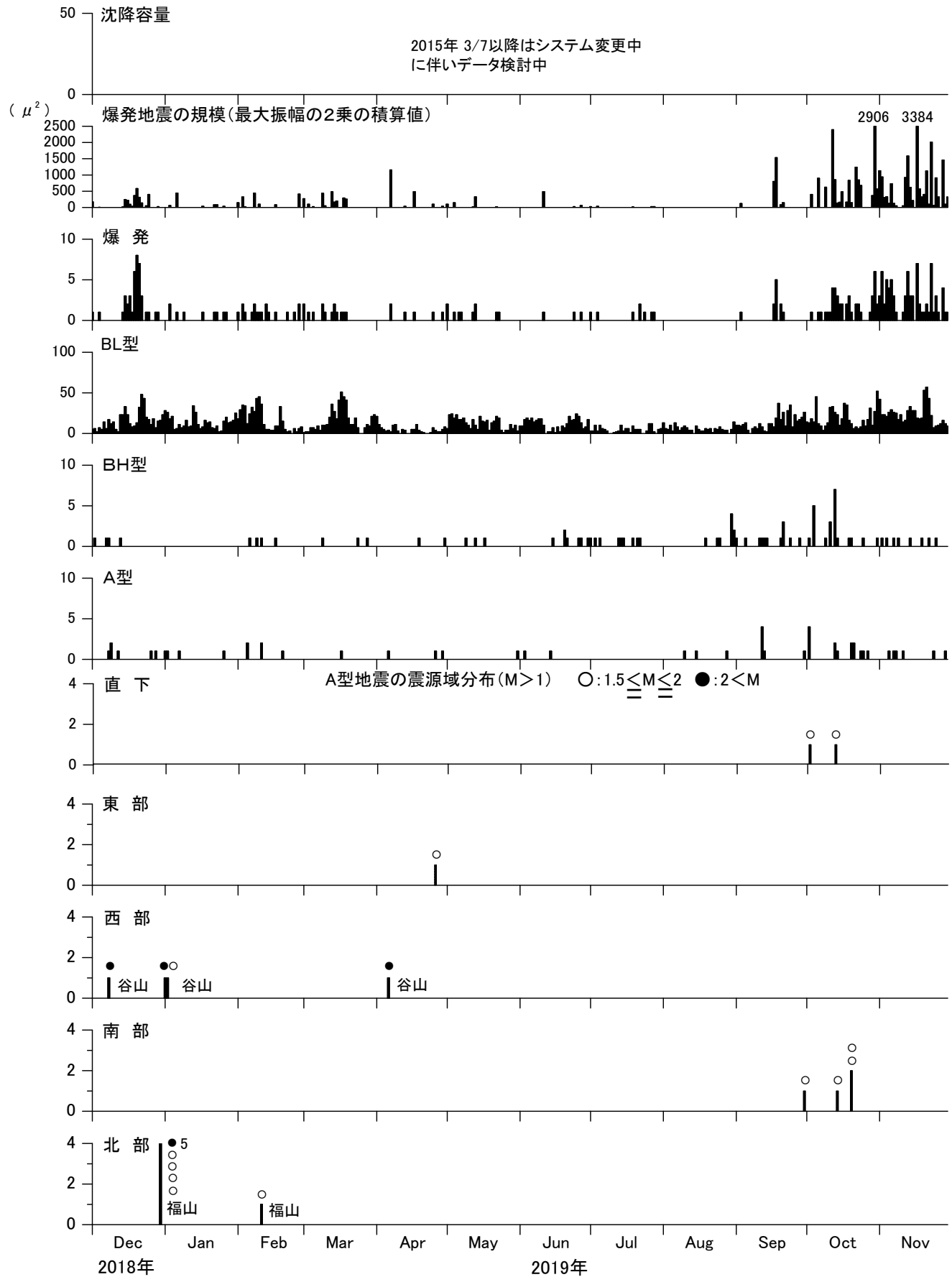


桜島における火山性地震の月別発生回数と降下火山灰量
(2019年11月30日まで)

桜島

桜島の最近の噴火活動・地震活動の推移

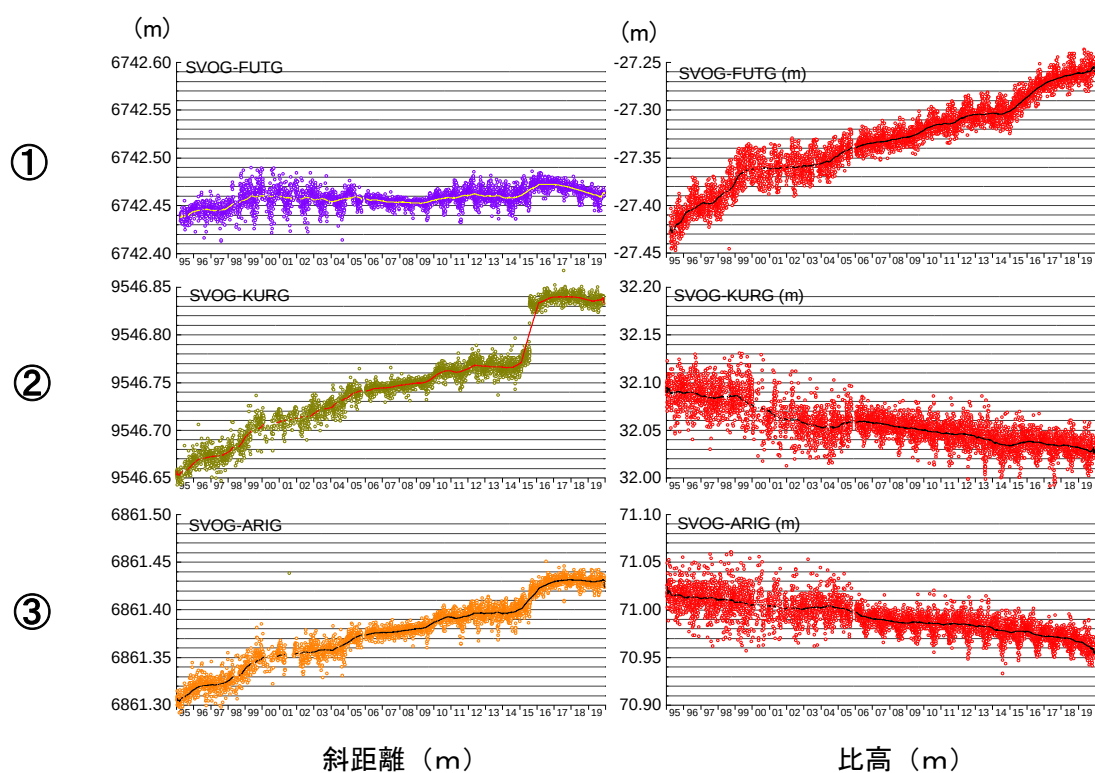
($\times 1000\text{m}^3$)



火山性地震の日別発生回数(2019.11.30まで)

桜島

桜島における長期的基線長変化



国土地理院発行の数
値地図 50mメッシュ
(標高)から作成

GPS 連続観測 1/3(2019 年 12 月 5 日まで)

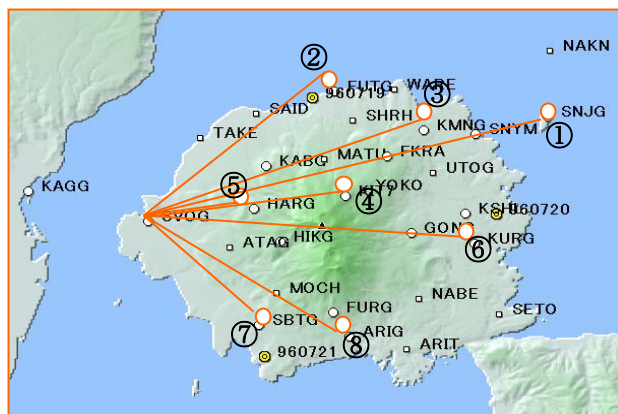
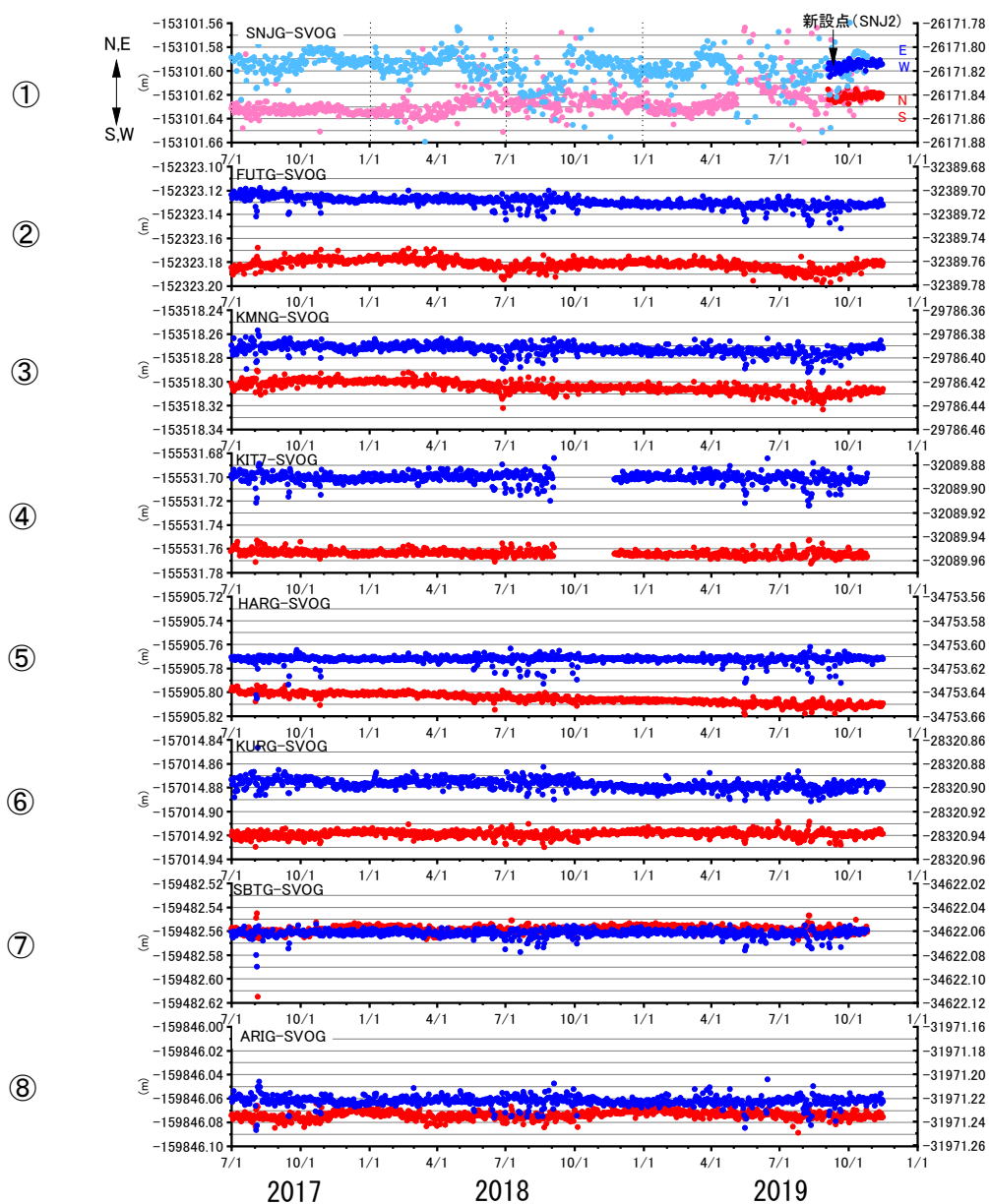
データ収録 : 24 時間/日

サンプリング間隔 : 15 秒(1995 年 - 2005 年 5 月)

サンプリング間隔 : 1 秒(2005 年 6 月以降)

桜 島

桜島における短期的水平変位 その1



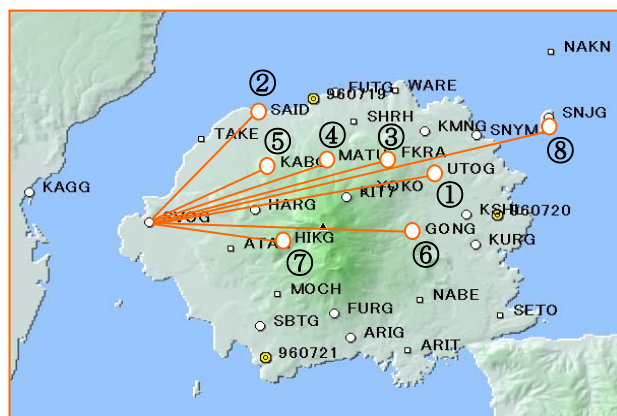
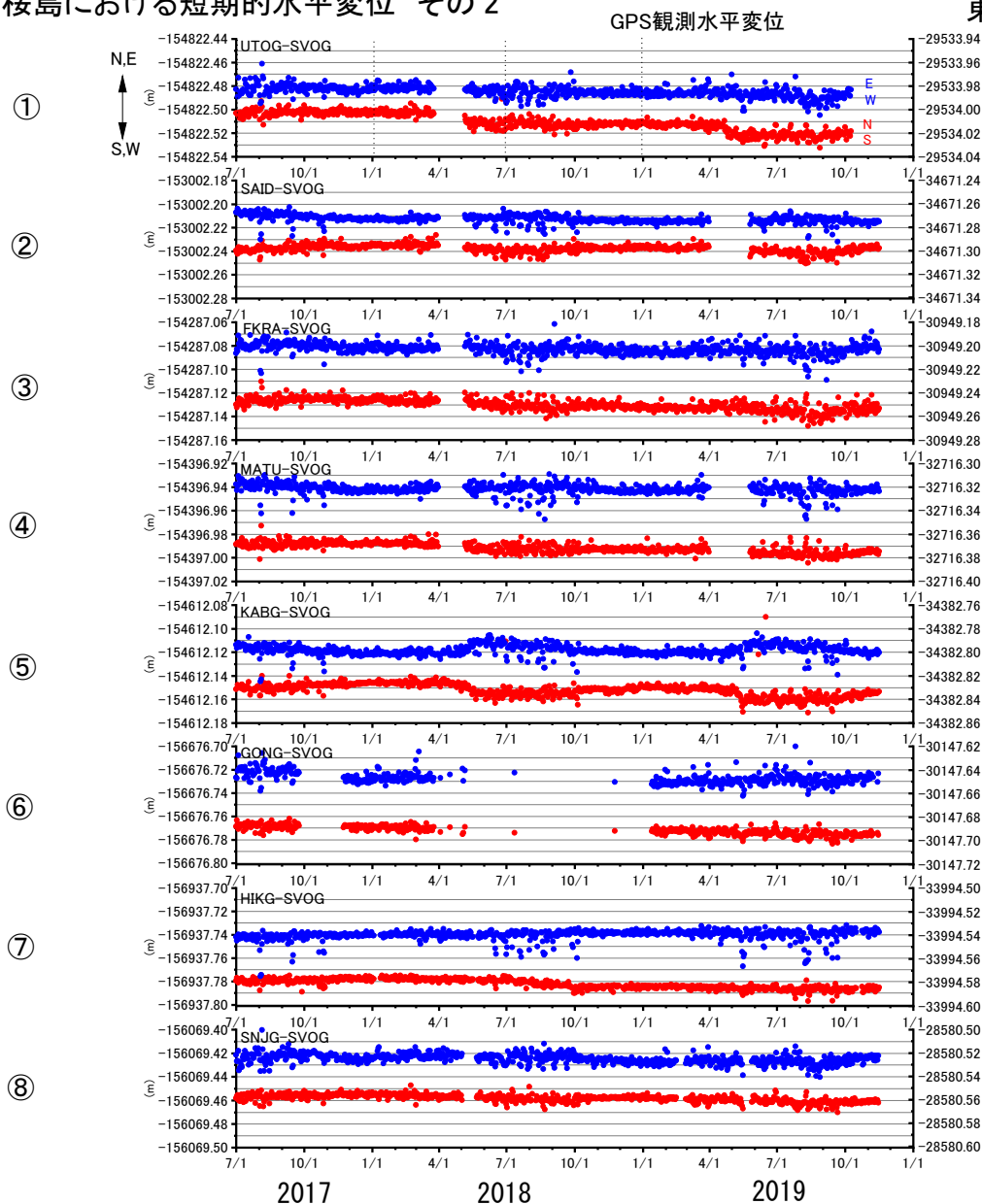
国土地理院発行の数値地図 50m
メッシュ(標高)から作成

GPS 連続観測 2/3(2019 年 11 月 16 日まで)

桜 島

第 145 回火山噴火予知連絡会
桜島における短期的水平変位 その 2

京大防災研究所
東北大学・理学研究科



国土地理院発行の数値地図 50m
メッシュ(標高)から作成

GPS 連続観測 3/3(2019 年 11 月 16 日まで)

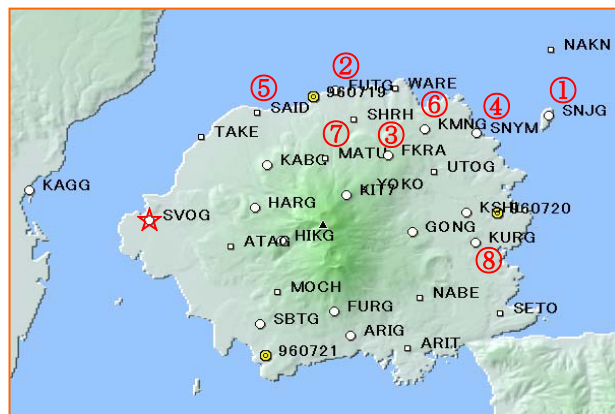
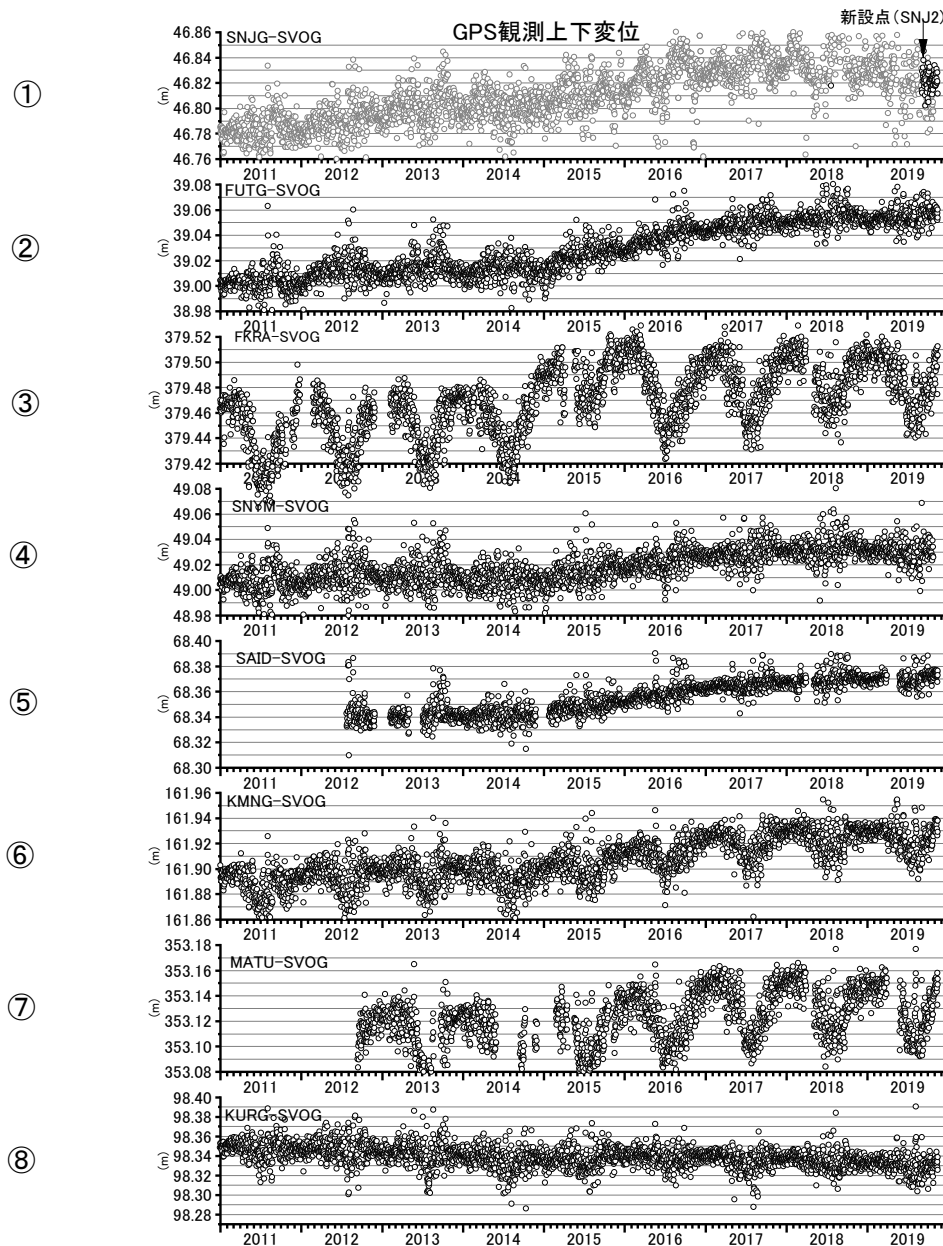
桜 島

第 145 回火山噴火予知連絡会

桜島における長期的上下変位 その 1

京大防災研究所

東北大理学研究科



国土地理院発行の数値地図
50mメッシュ(標高)から作成

GPS 連続観測 1/2(2019 年 11 月 16 日まで)

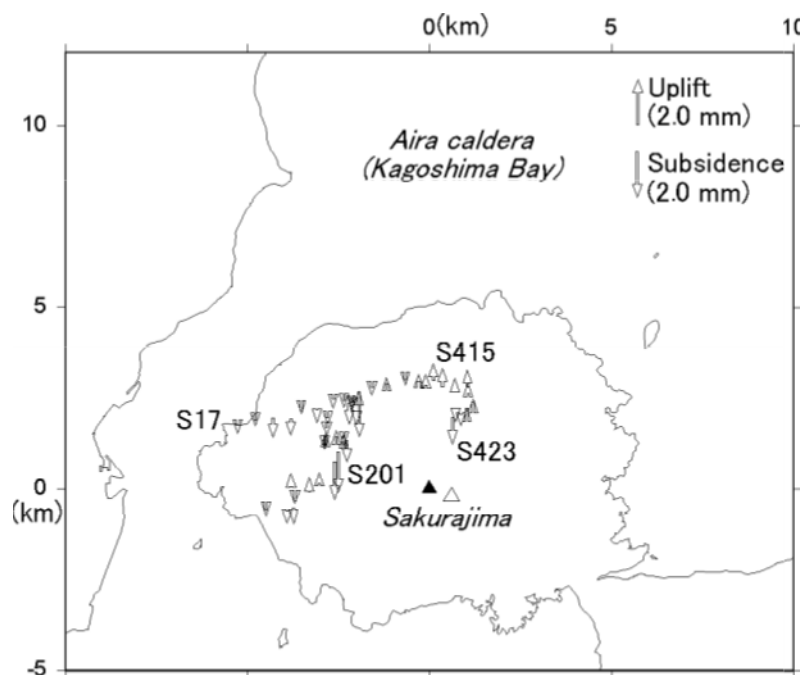
桜 島

第 145 回火山噴火予知連絡会

水準測量結果

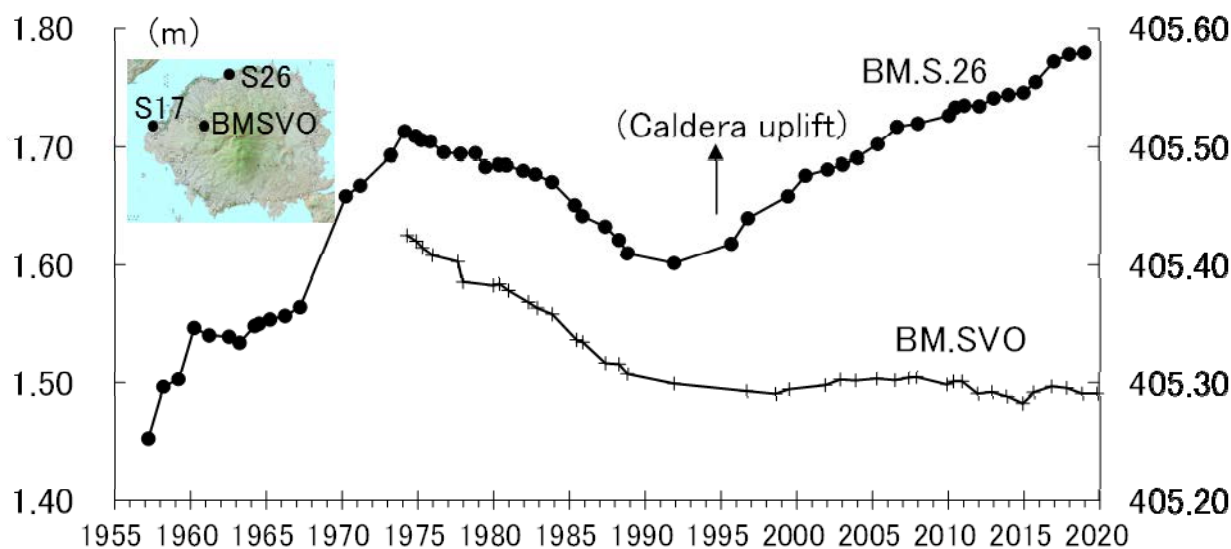
(最新測量：2019 年 11 月 11 日－15 日)

京大防災研究所
京大理学研究科
九大理学研究院
気象庁



変動量は 2mm
以下と小さい

桜島内の地盤上下変動（2018年11月～2019年11月）
S17基準、▲は南岳、△は昭和火口の位置を示す



BM. S17を基準としたBM. S26およびBM. SVOの比高の経年変化
(最新データ：2019年11月 BM. SVOのみ)

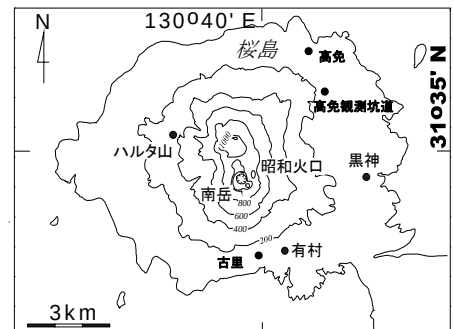
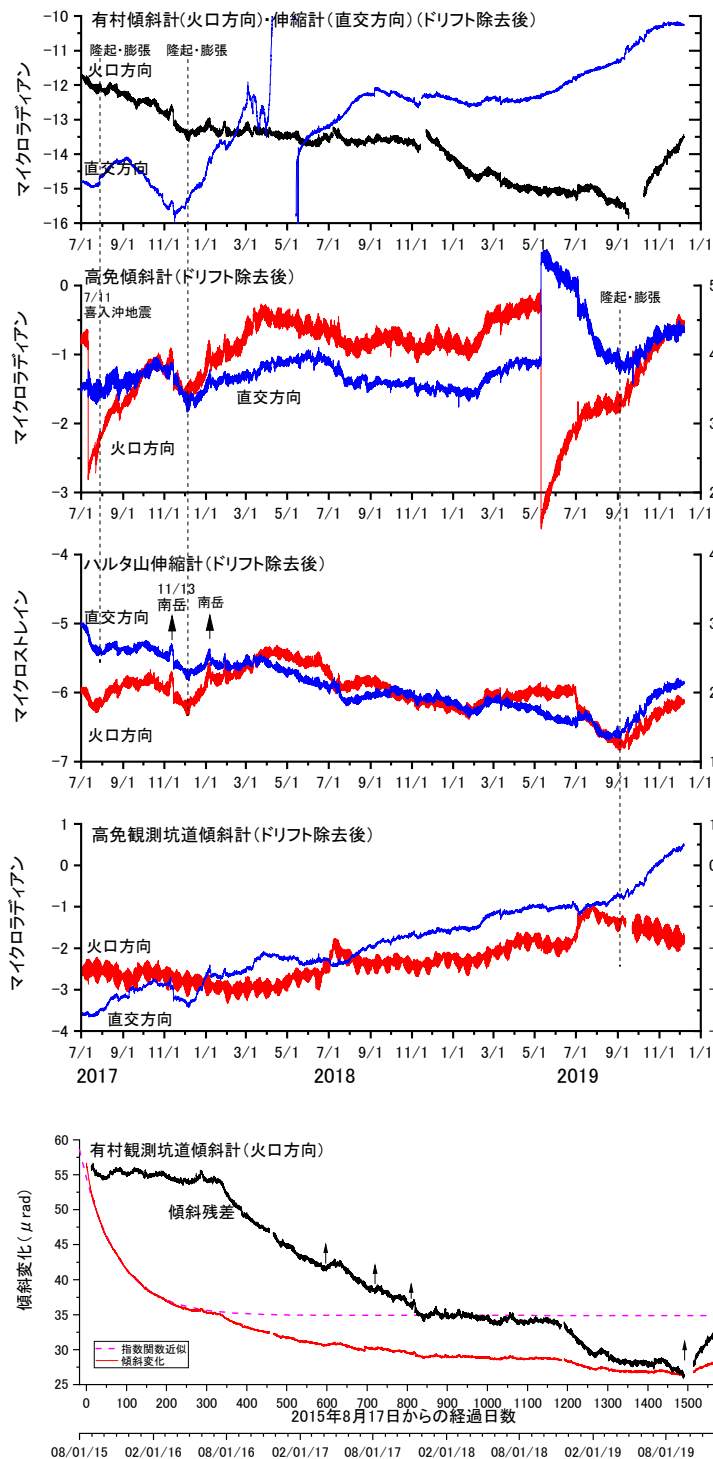
桜 島

第145 回火山噴火予知連絡会

傾斜およびひずみ変化

京大防災研究所

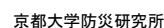
九州地方整備局大隅河川国道事務所



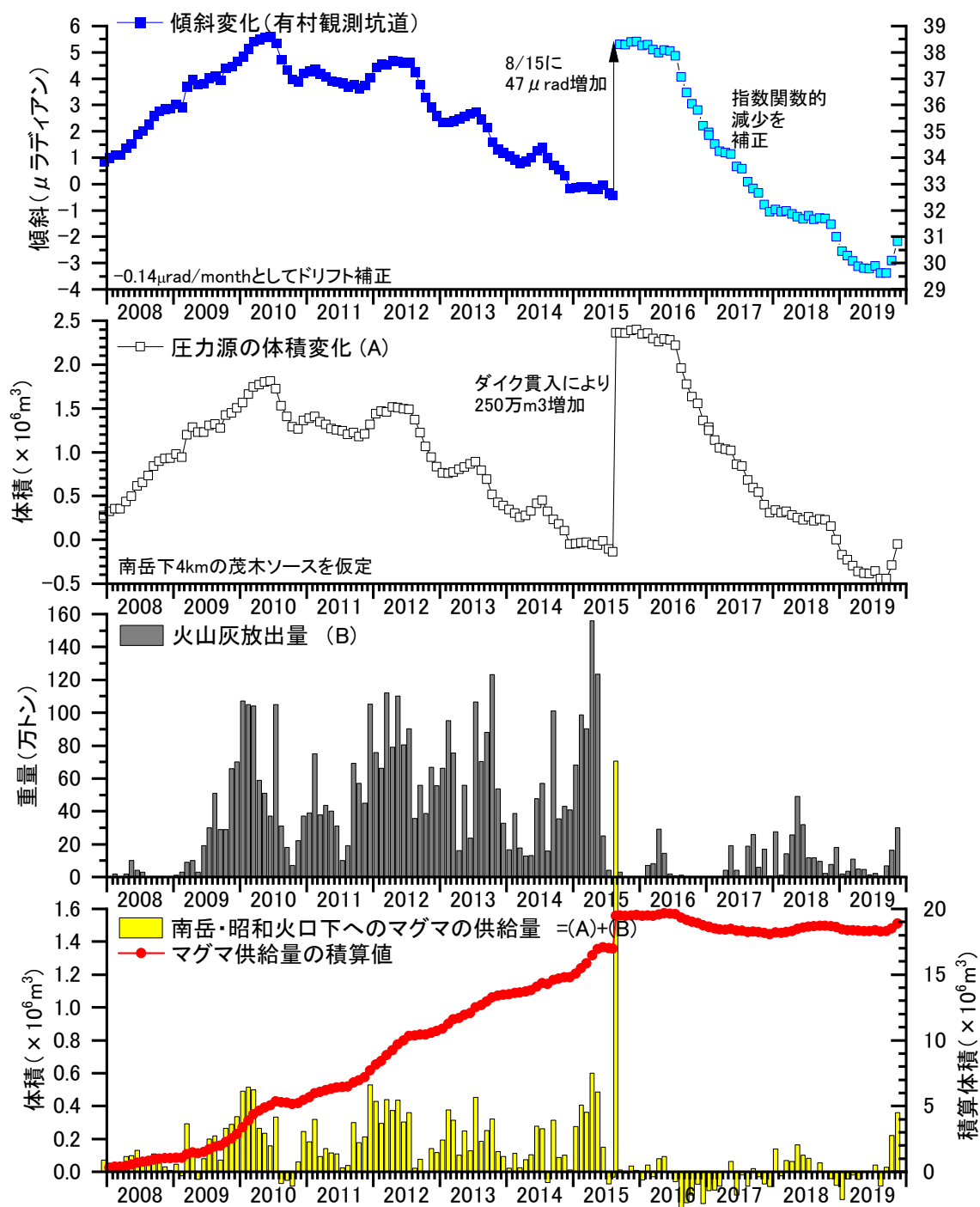
傾斜およびひずみ変化 (2019 年 12 月 7 日まで)

桜島

2019 年 9 月 16 日噴火の降灰量調査結果

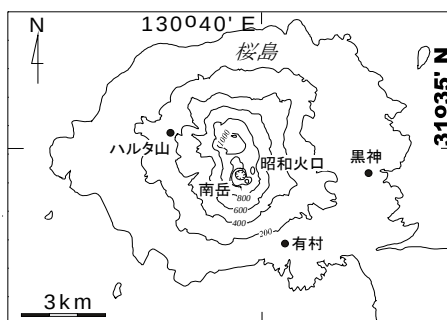
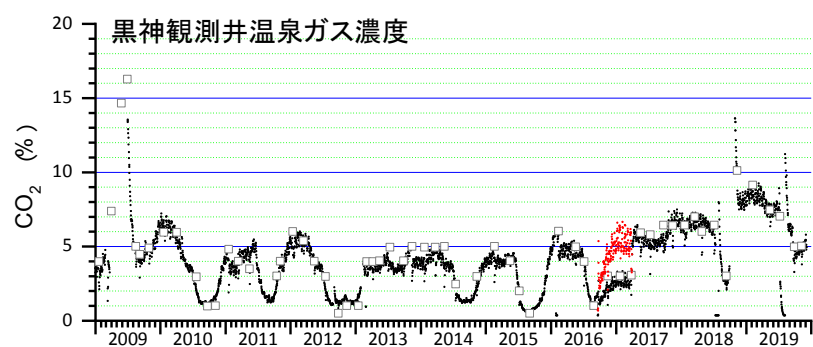
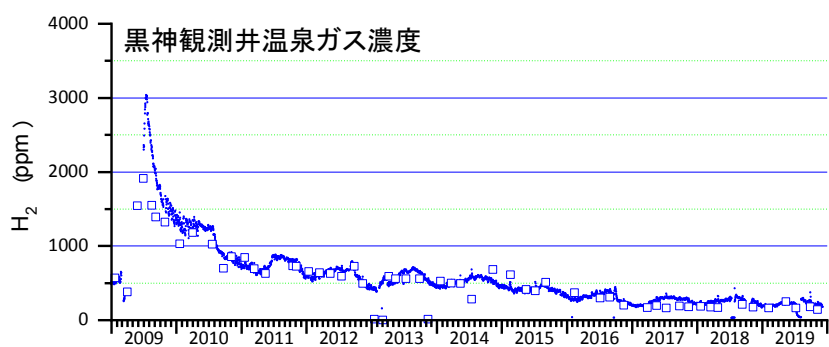
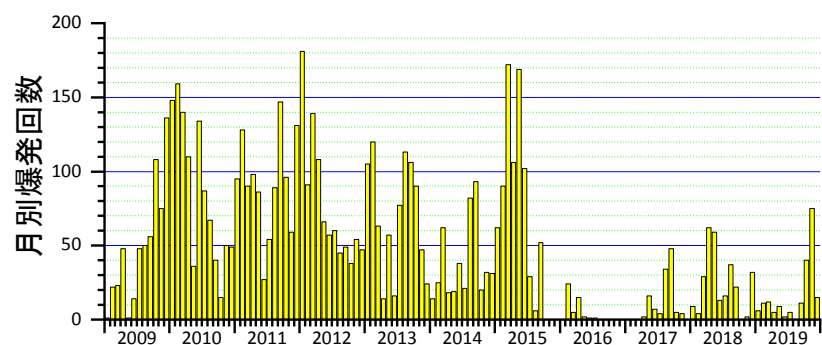


南岳山頂下へのマグマ供給量の見積もり



南岳山頂下へのマグマ供給量の見積もり

桜 島



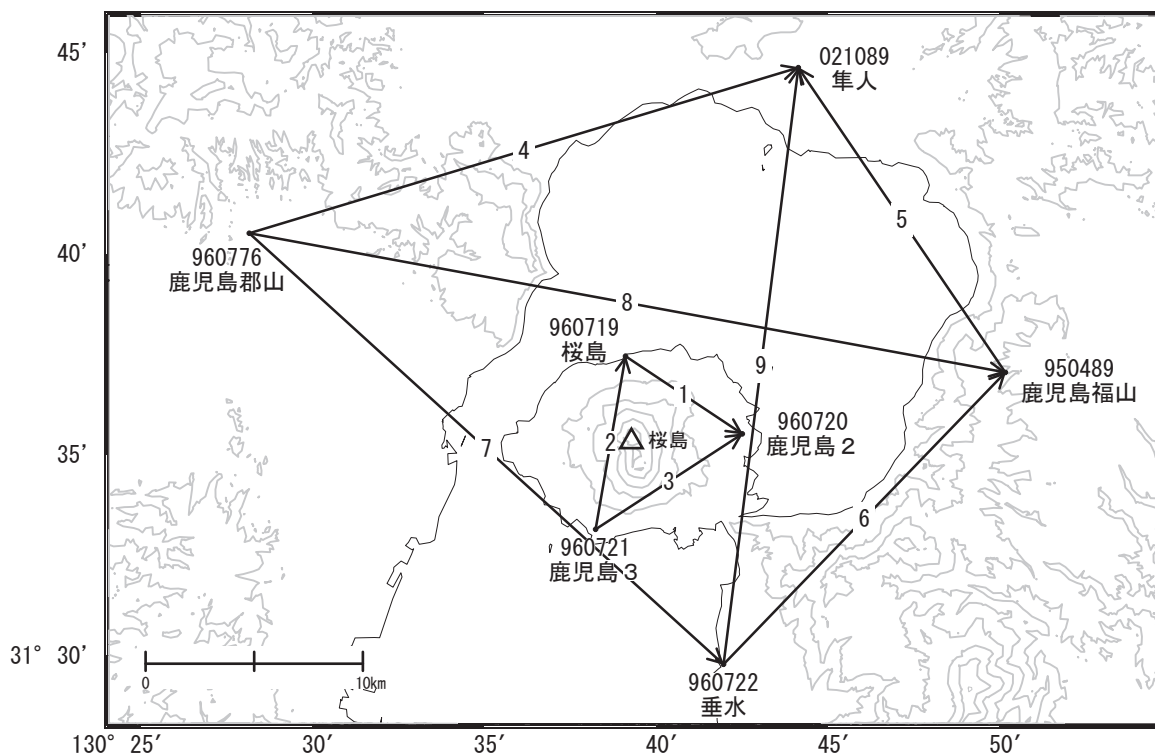
黒 神 温 泉 ガ ス (2019 年 11 月 30 日まで)

2016 年 9 月 21 日～2017 年 3 月 27 日はサンプリングが 1 日 3 回であったので、CO₂ 濃度が低く観測されているので補正した(赤点) CO₂ 濃度は、高いレベルにある。H₂ 濃度は、減少傾向が続いている。

桜島

2019 年 10 月下旬頃から桜島島内の基線に見られたわずかな伸びは 11 月頃から鈍化しています。

桜島周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図(1)

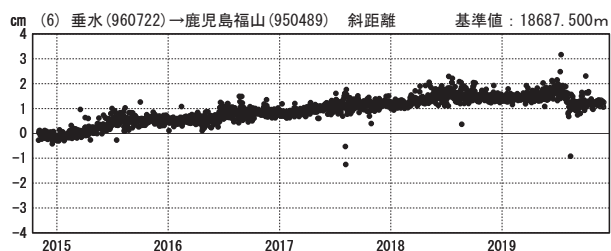
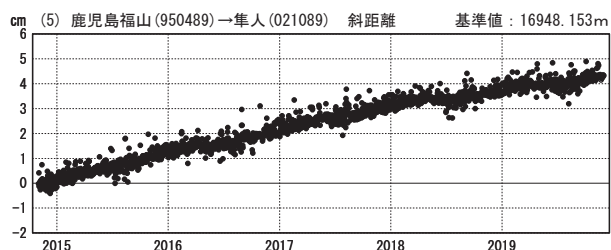
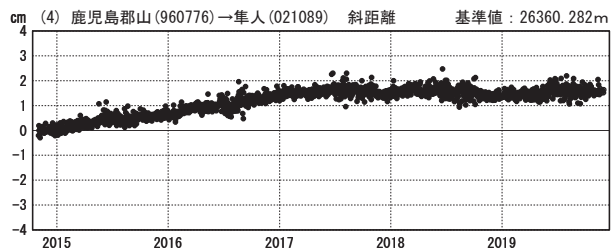
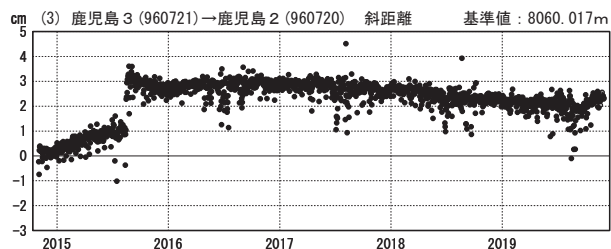
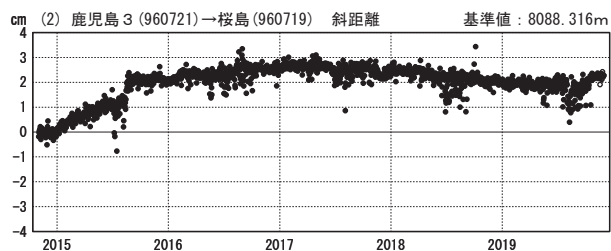
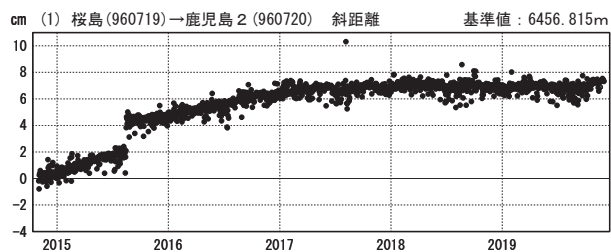


桜島周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
960719	桜島	20170118	受信機交換
960720	鹿児島2	20170118	受信機交換
960721	鹿児島3	20170118	受信機交換
960722	垂水	20160104	アンテナ交換
021089	隼人	20170131	アンテナ交換
		20190930	受信機交換

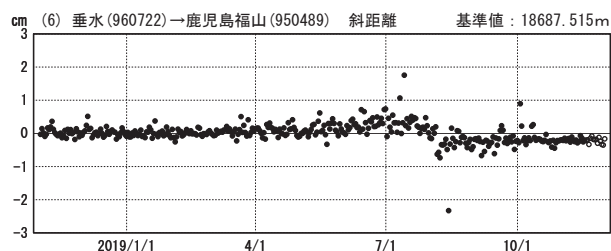
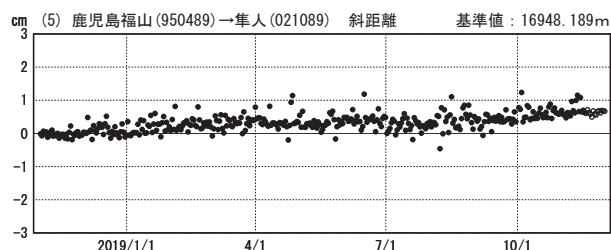
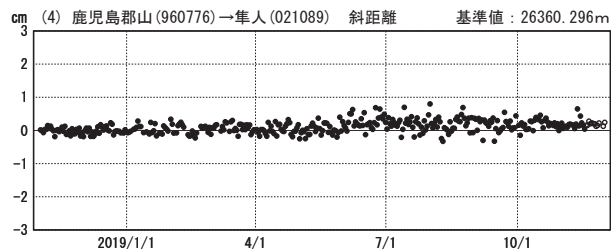
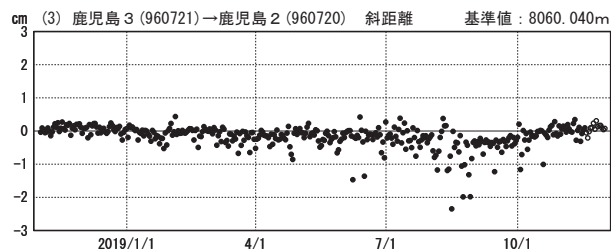
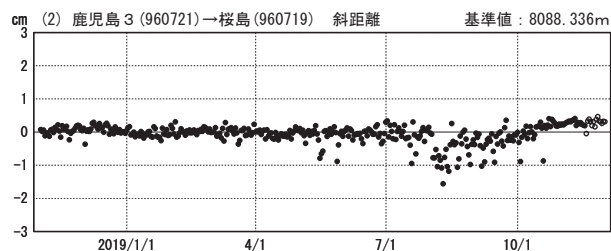
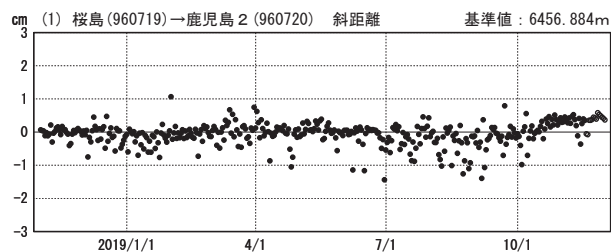
基線変化グラフ（長期）

期間：2014/11/01～2019/11/30 JST



基線変化グラフ（短期）

期間：2018/11/01～2019/11/30 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

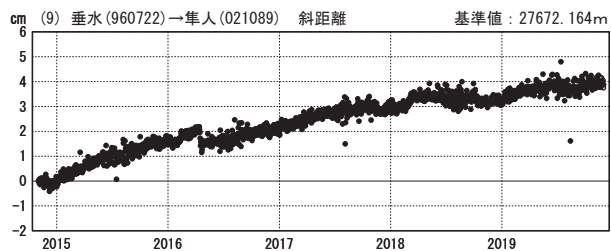
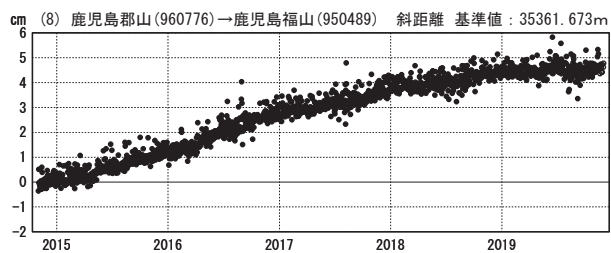
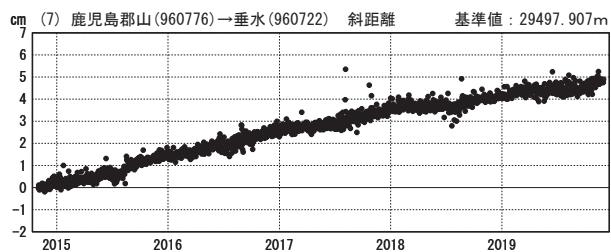
国土地理院

※[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

桜島

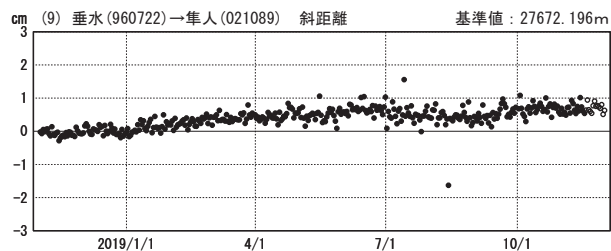
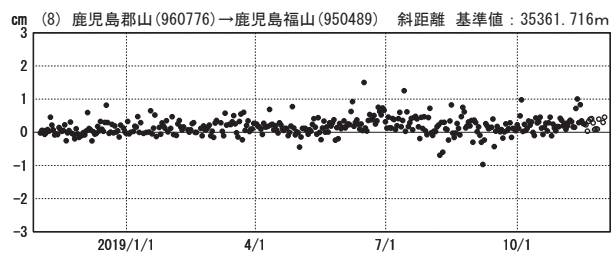
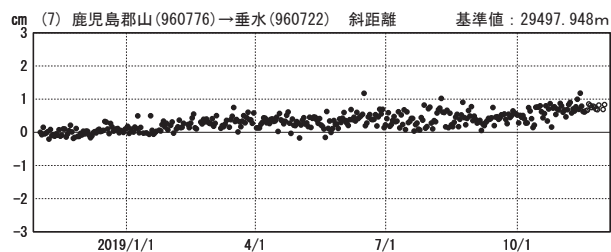
基線変化グラフ（長期）

期間：2014/11/01～2019/11/30 JST



基線変化グラフ（短期）

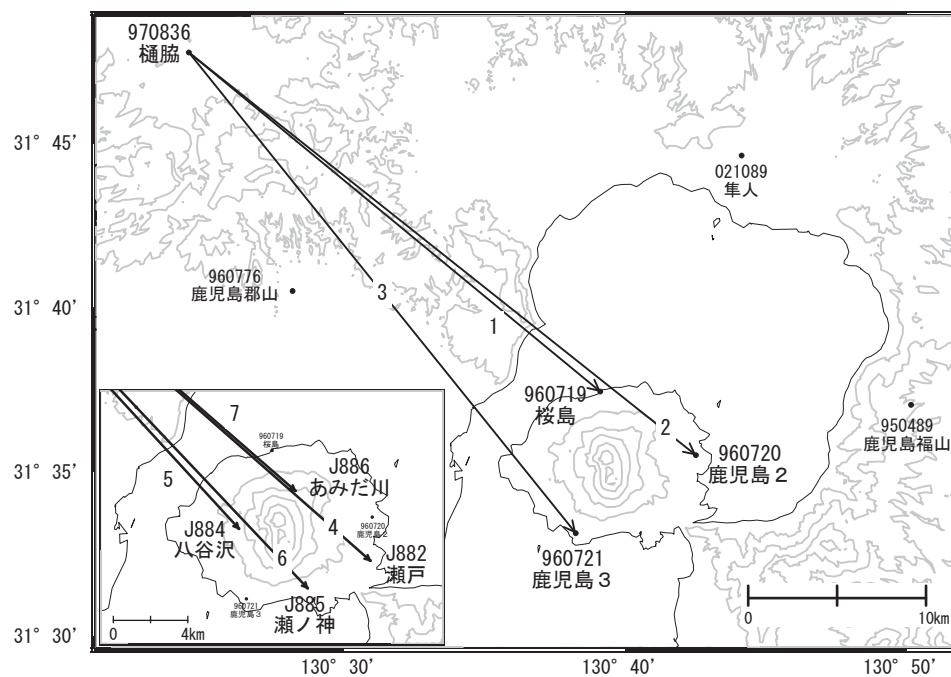
期間：2018/11/01～2019/11/30 JST



●---[F3:最終解] ○---[R3:速報解]

国土地理院

桜島周辺GEONET（電子基準点等）による連続観測基線図(2)



桜島周辺の各観測局情報

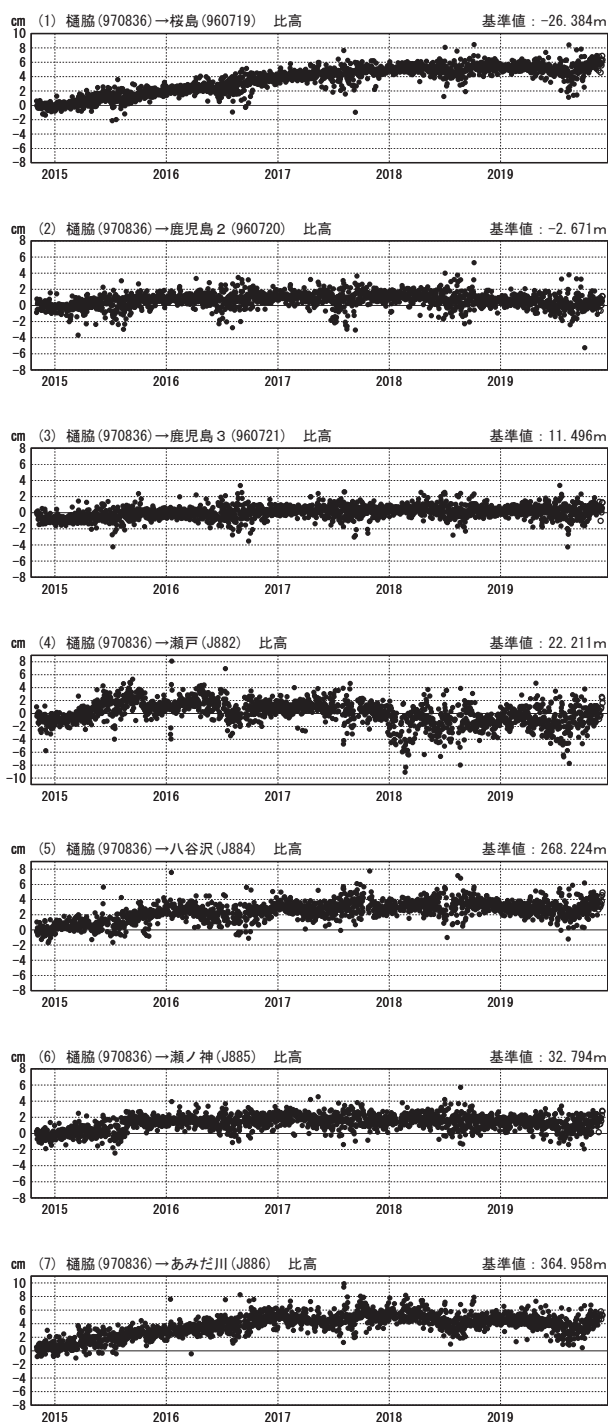
点番号	点名	日付	保守内容
970836	樋脇	20180123	受信機交換

※[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

桜島

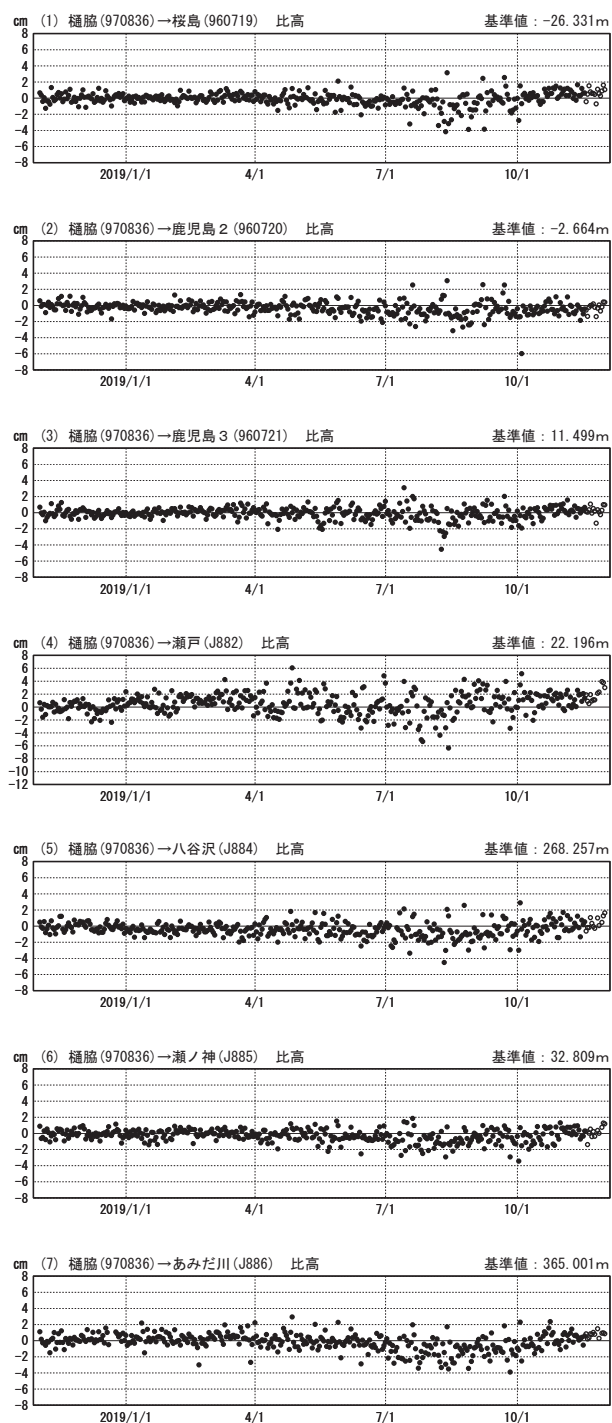
比高変化グラフ（長期）

期間：2014/11/01～2019/11/30 JST



比高変化グラフ（短期）

期間：2018/11/01～2019/11/30 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

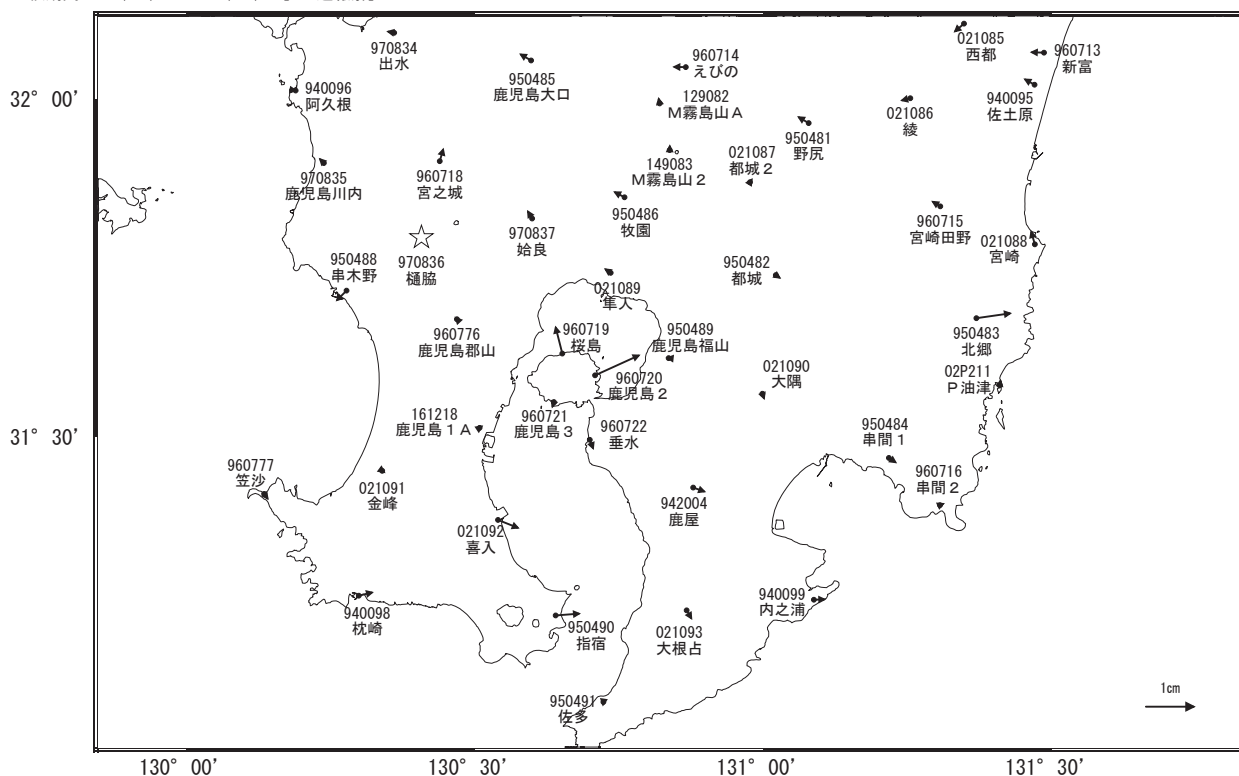
国土地理院・気象庁

※[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

桜島

南九州地方の地殻変動(水平:3か月)

基準期間:2019/08/21~2019/08/30[F3:最終解]
比較期間:2019/11/21~2019/11/30[R3:速報解]

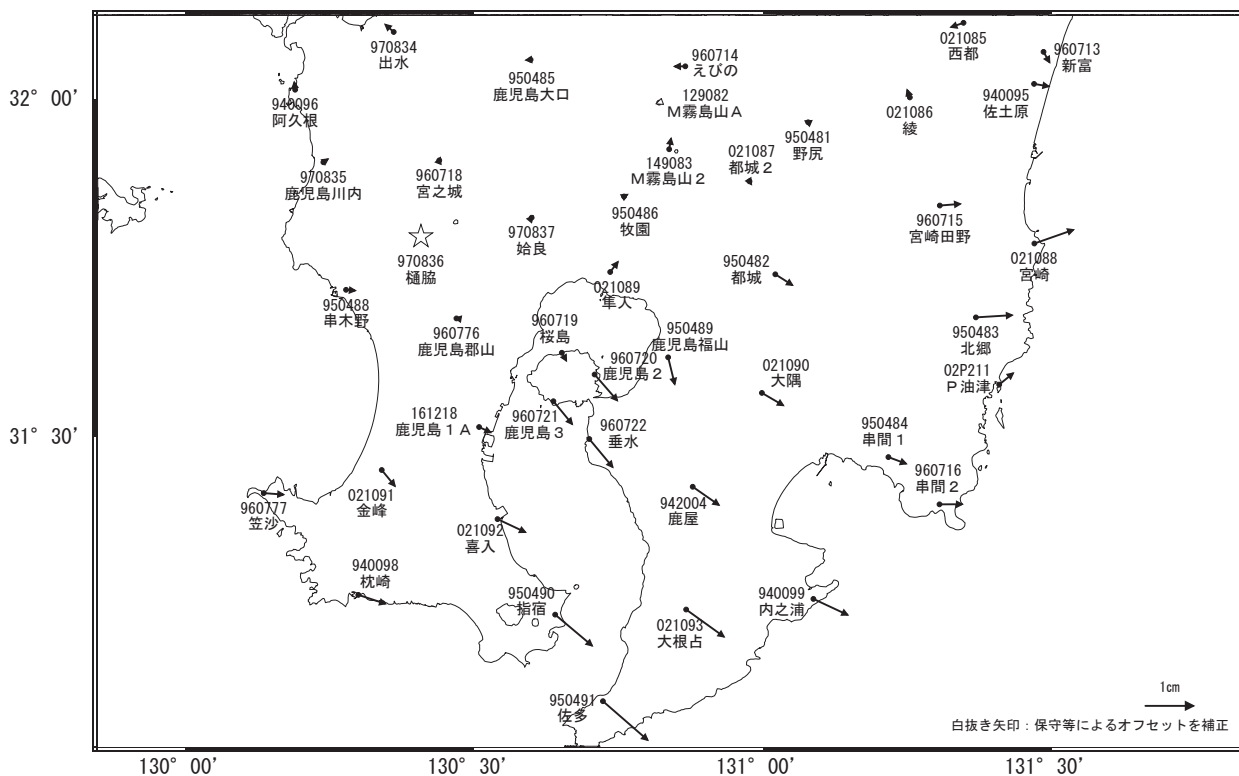


☆ 固定局:樋脇(970836)

国土地理院

南九州地方の地殻変動(水平:1年)

基準期間:2018/11/21~2018/11/30[F3:最終解]
比較期間:2019/11/21~2019/11/30[R3:速報解]



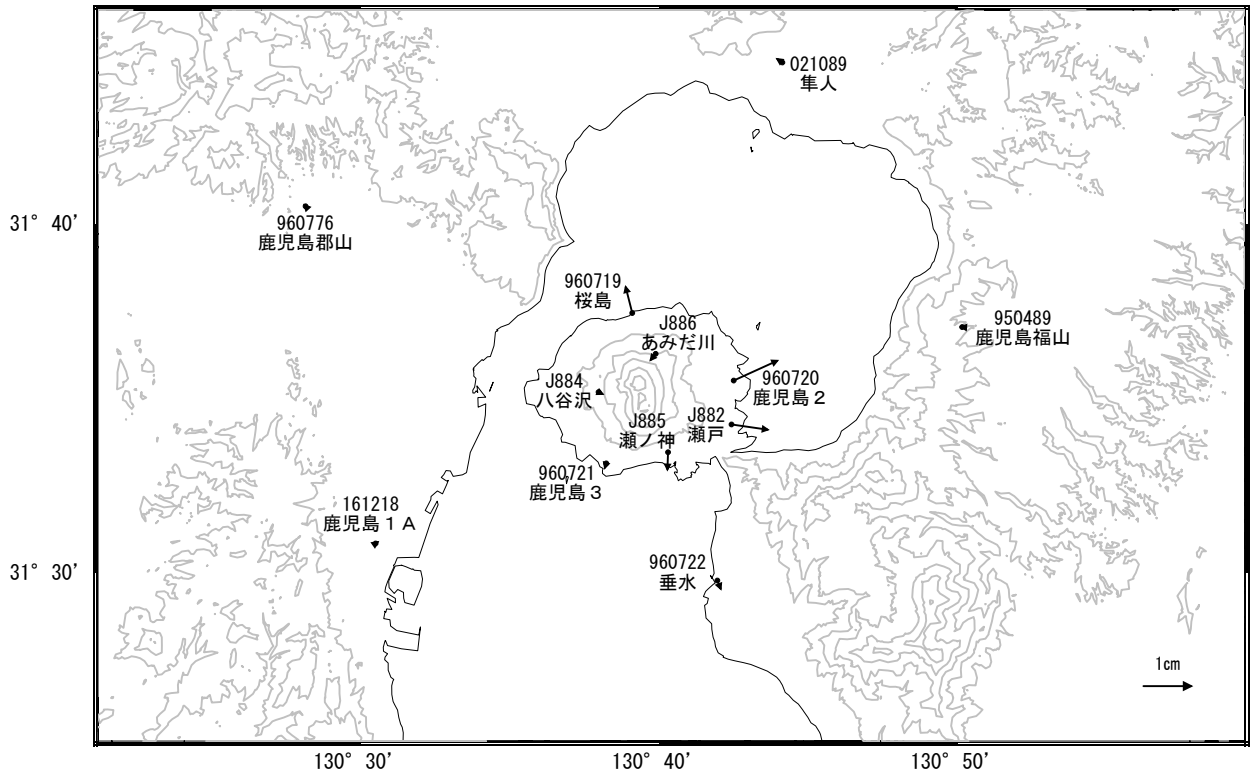
☆ 固定局:樋脇(970836)

国土地理院

桜島

桜島周辺の地殻変動(水平:3か月)

基準期間:2019/08/21~2019/08/30[F3:最終解]
比較期間:2019/11/21~2019/11/30[R3:速報解]

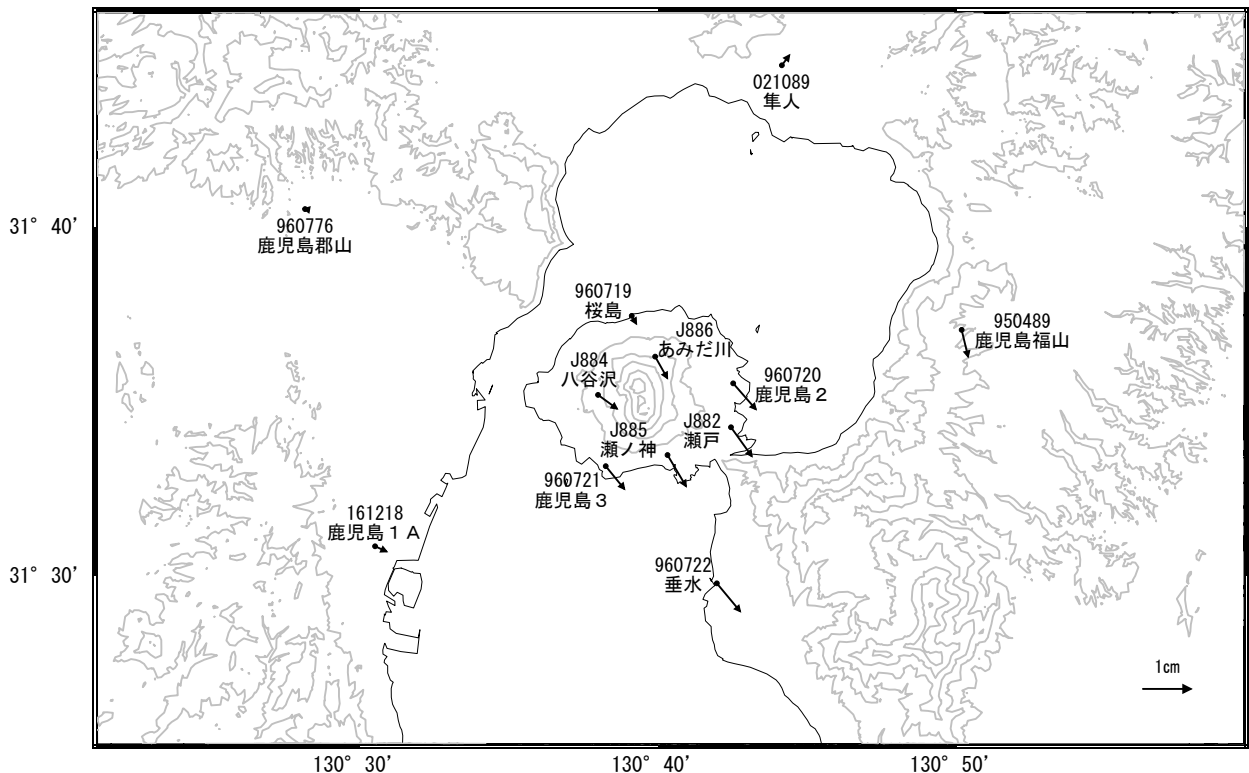


☆ 固定局:樋脇(970836)

国土地理院・気象庁

桜島周辺の地殻変動(水平:1年)

基準期間:2018/11/21~2018/11/30[F3:最終解]
比較期間:2019/11/21~2019/11/30[R3:速報解]



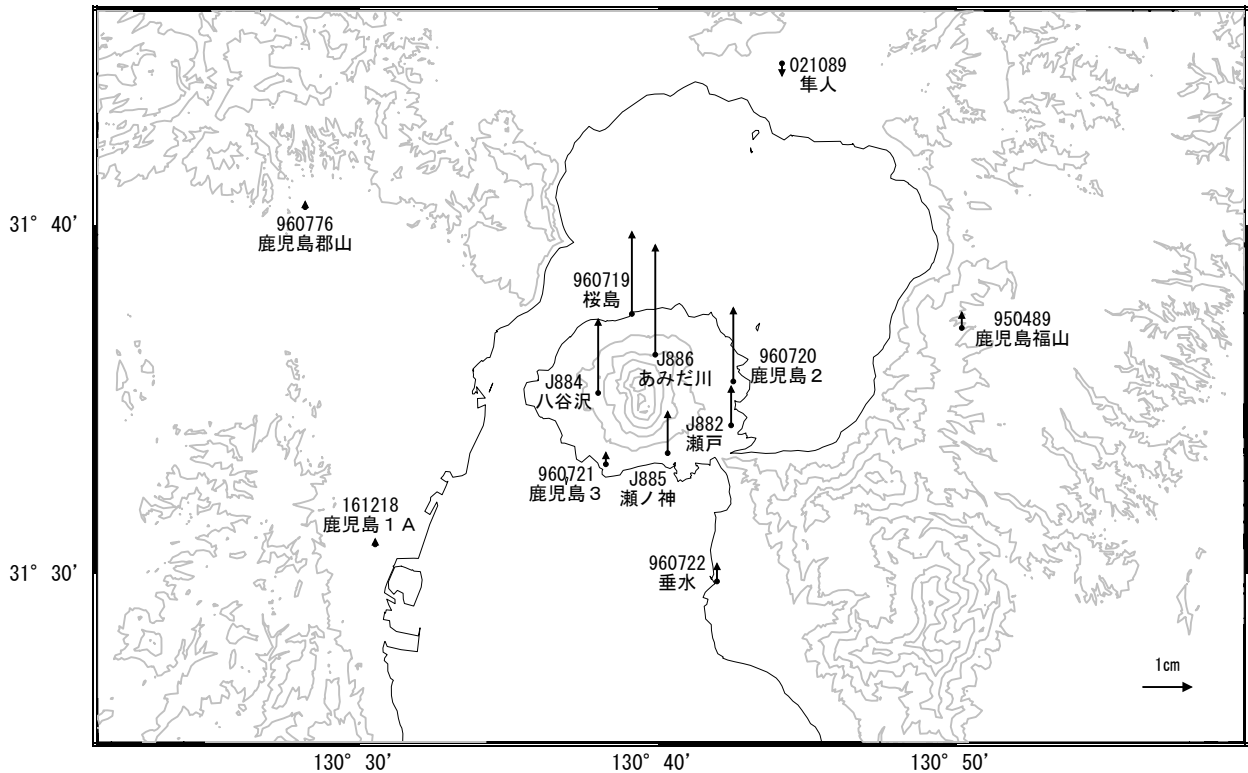
☆ 固定局:樋脇(970836)

国土地理院・気象庁

桜島

桜島周辺の地殻変動(上下:3か月)

基準期間:2019/08/21~2019/08/30[F3:最終解]
 比較期間:2019/11/21~2019/11/30[R3:速報解]

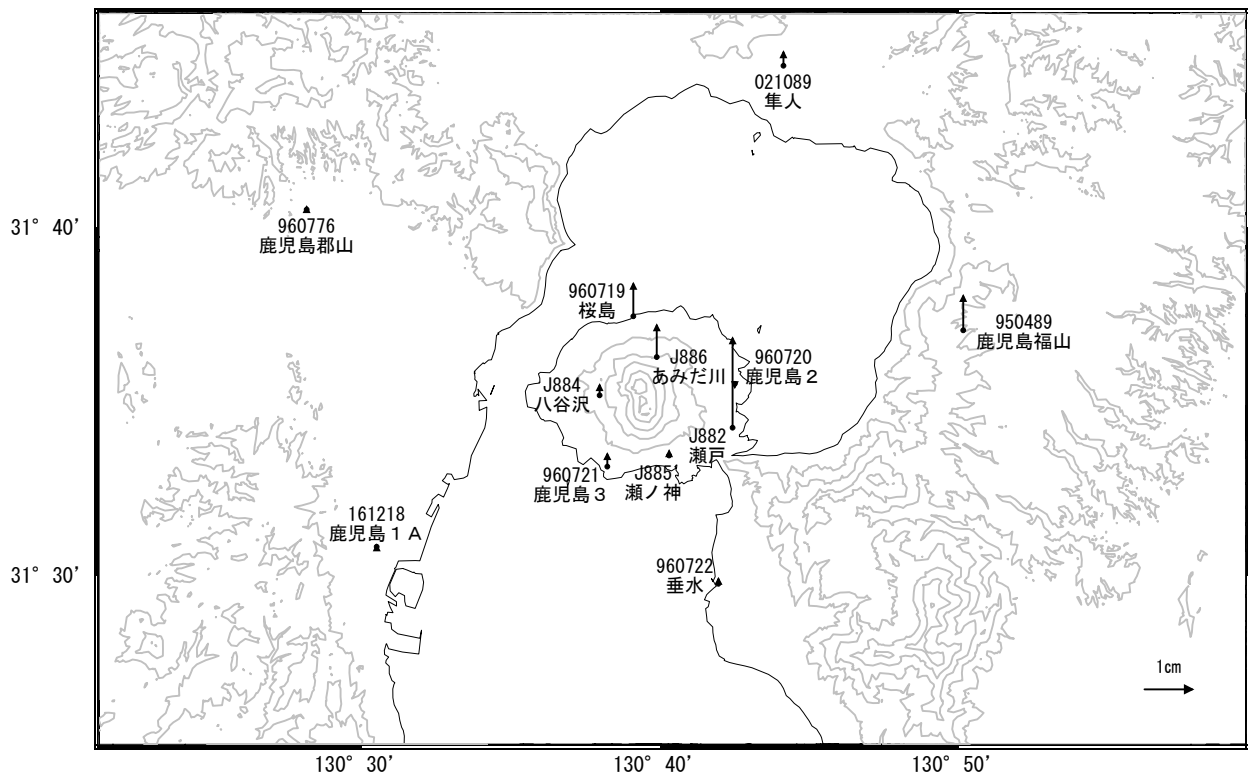


☆ 固定局:樋脇(970836)

国土地理院・気象庁

桜島周辺の地殻変動(上下:1年)

基準期間:2018/11/21~2018/11/30[F3:最終解]
 比較期間:2019/11/21~2019/11/30[R3:速報解]



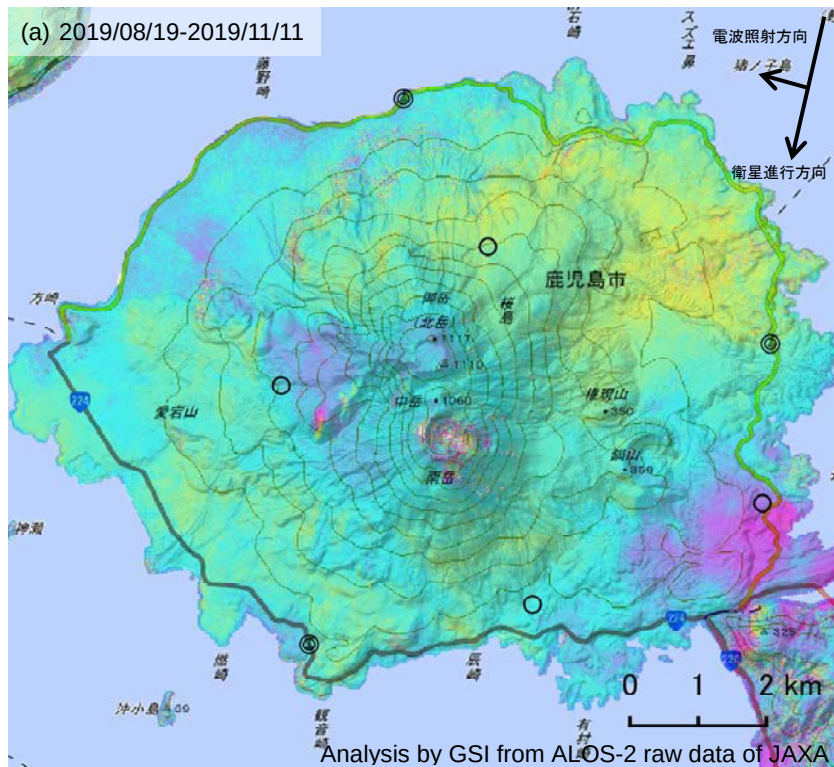
☆ 固定局:樋脇(970836)

国土地理院・気象庁

桜島

桜島の SAR 干渉解析結果について

判読) ノイズレベルを超える変動は見られません。

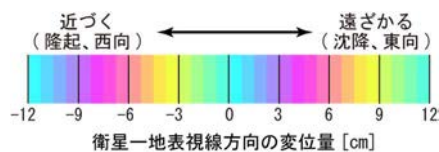
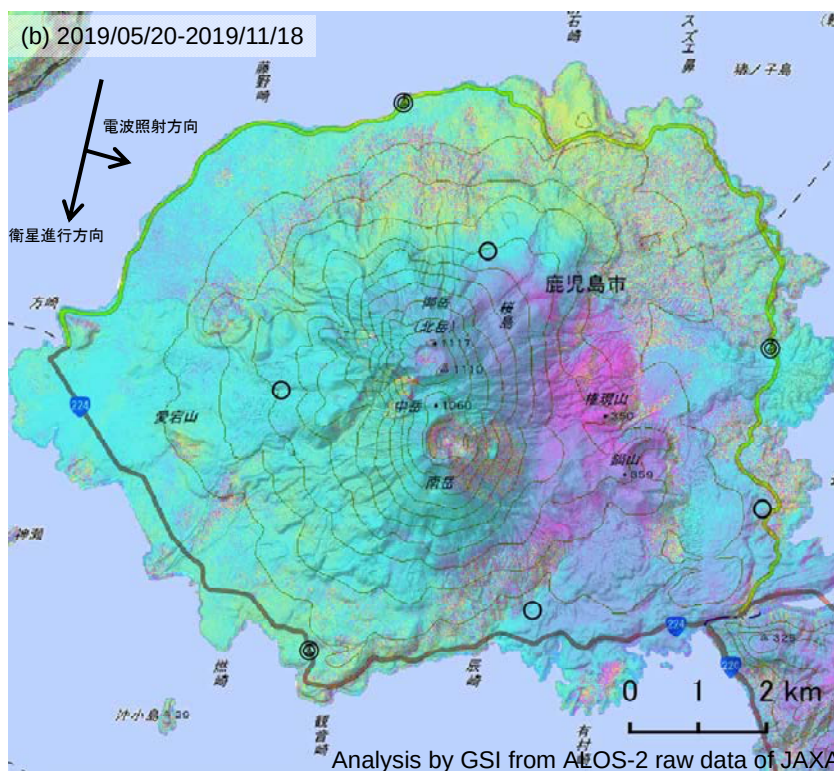
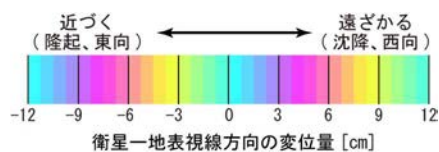


	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2019/08/19 2019/11/11 12:19 頃 (84 日間)	2019/05/20 2019/11/18 13:07 頃 (182 日間)
衛星進行方向	南行	南行
電波照射方向	右	左
観測モード*	U-U	U-U
入射角	36.4°	52.8°
偏波	HH	HH
垂直基線長	-84 m	+262 m

*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

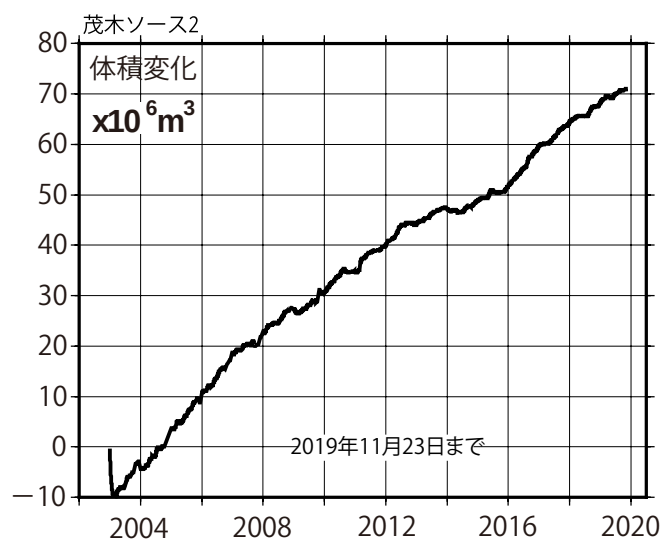
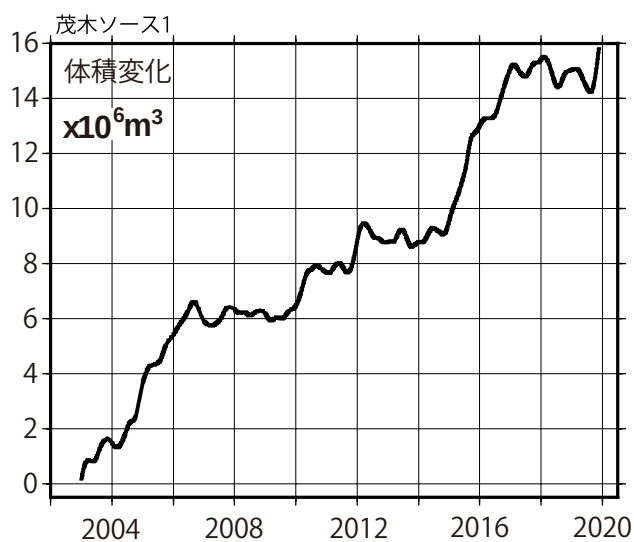
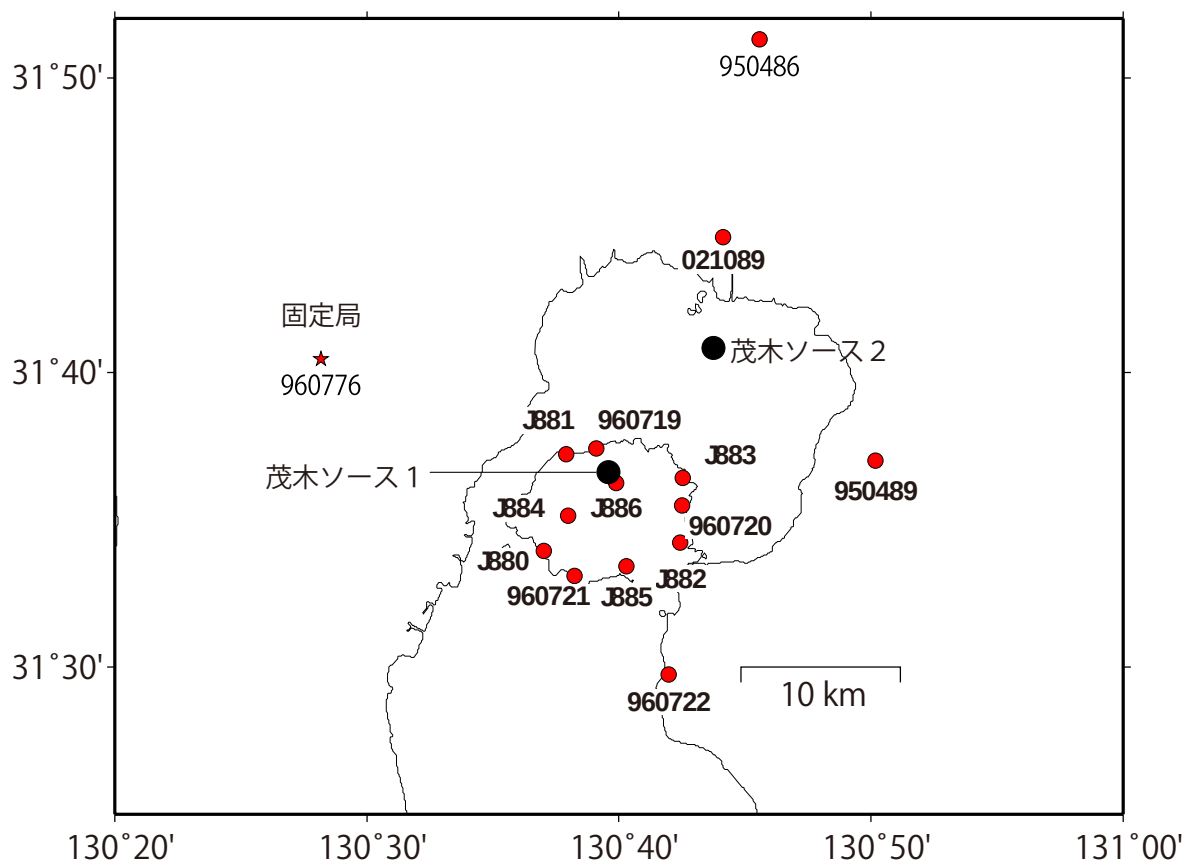


背景: 地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

桜島

桜島の茂木ソースの位置と体積変化

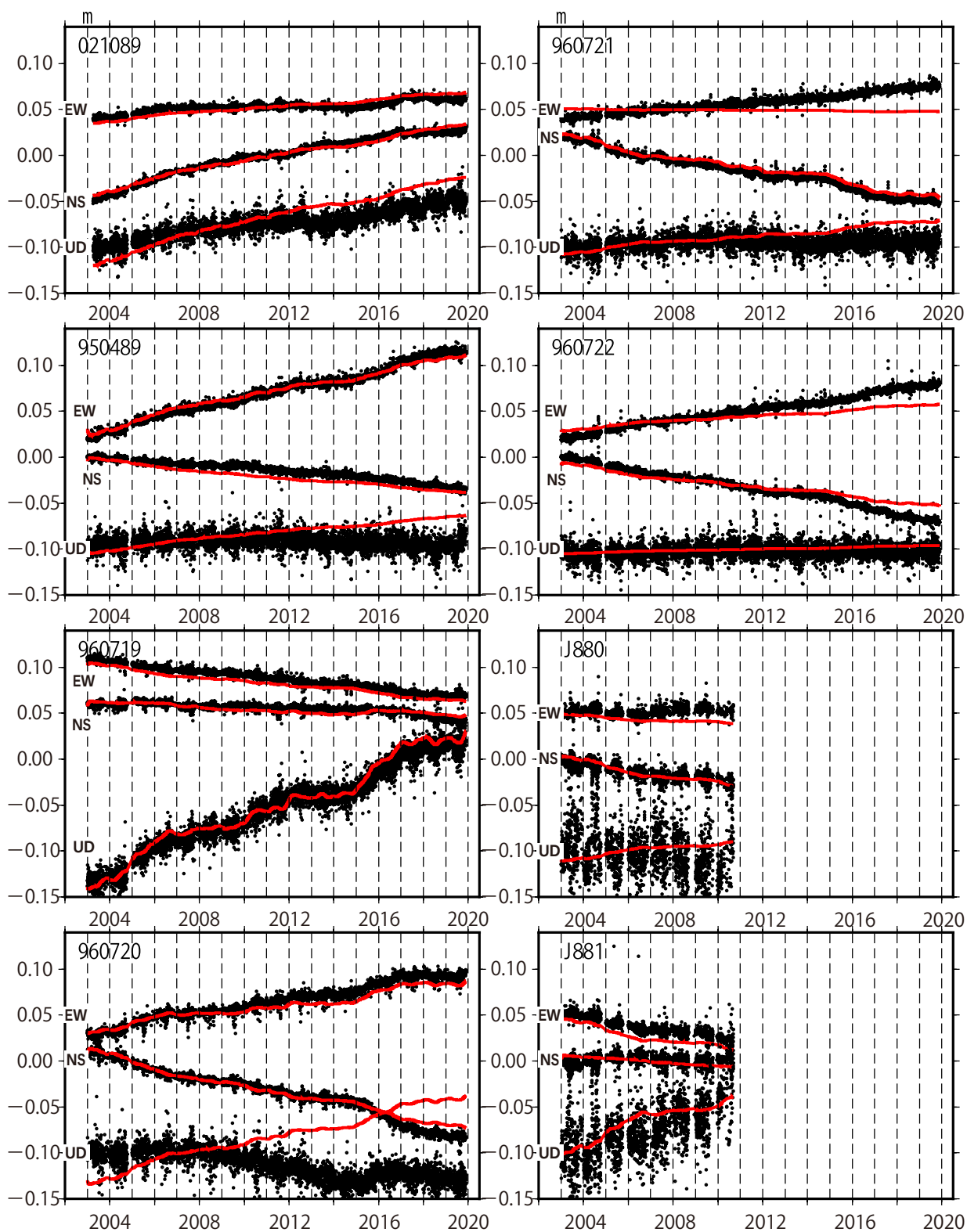
時間依存のインバージョン解析



茂木ソース1: 緯度 31.603° 経度 130.656° 深さ 5.5 km
 茂木ソース2: 緯度 31.670° 経度 130.709° 深さ 10 km
 * 電子基準点の保守等による変動は補正済

桜島周辺の観測点の座標時系列(黒丸)と計算値(赤線)

時間依存のインバージョン

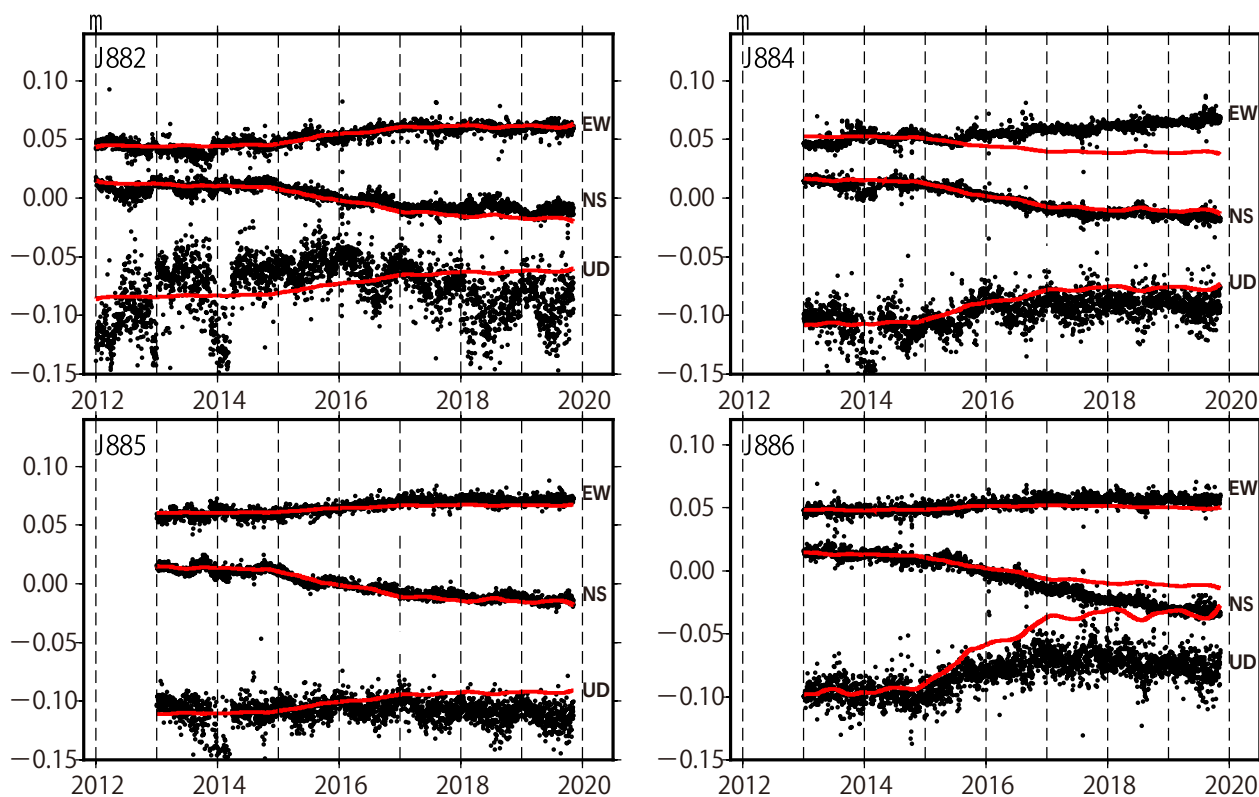


固定局960776. EW, NS, UDは東西、南北、上下変動. 周期成分は除いている.

*電子基準点の保守等による変動は補正済み

桜島周辺の観測点の座標時系列(黒丸)と計算値(赤線)

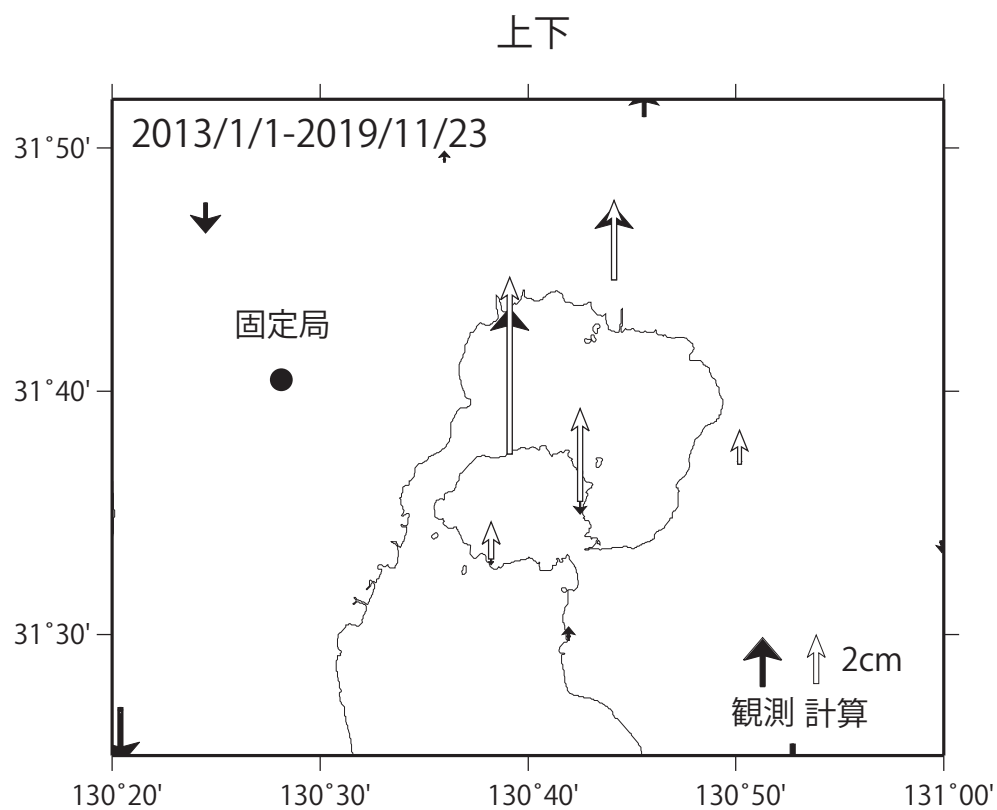
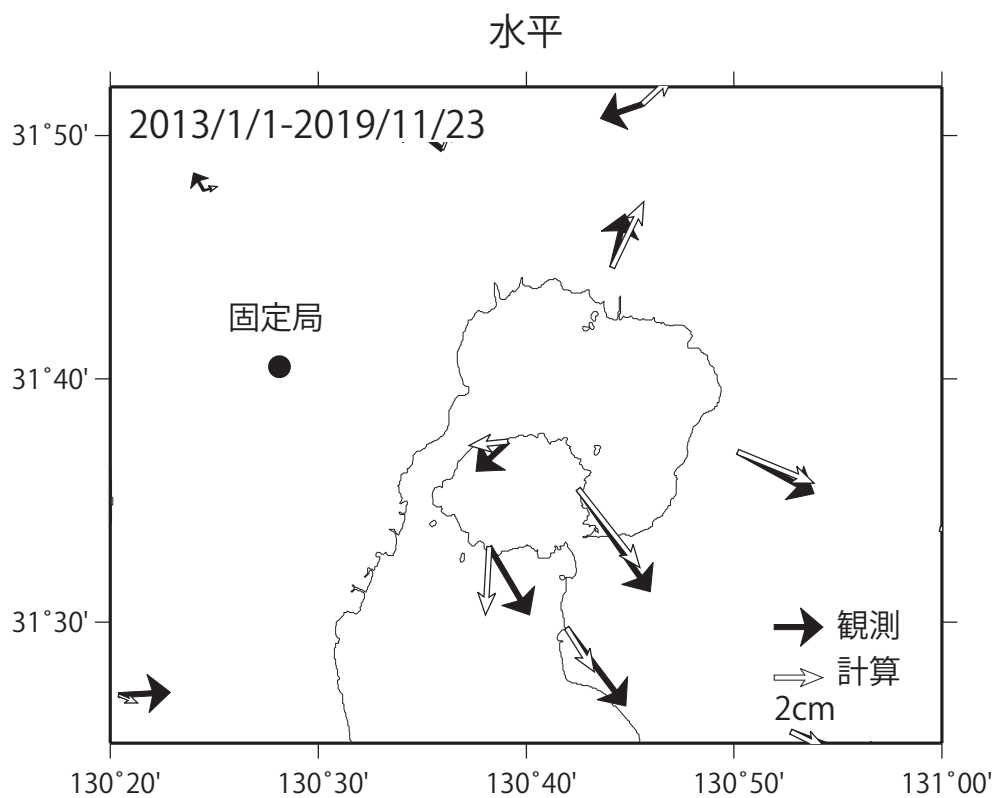
時間依存のインバージョン



固定局960776. EW, NS, UDは東西、南北、上下変動. 周期成分は除いている.

*電子基準点の保守等による変動は補正済み

桜島の周辺の地殻変動(観測値:黒と計算値:白の比較)



桜島における土石流発生状況

・ 土石流発生状況（表 1～3、図 1～2）

- ・ 2018(平成 30)年 1 月～12 月の土石流発生回数は 45 回^{表 1}（2017(平成 29)年 1 月～12 月は 17 回^{表 3}）
- ・ 2019(令和元)年 1 月～11 月の土石流発生回数は 32 回^{表 2}（2018(平成 30)年 1 月～11 月は 43 回^{表 1}）
- ・ 2009（平成 21）年以降、引き続き、弱い降雨強度（10mm/hr 程度）、少ない連続雨量（20mm 程度）でも土石流が発生。
- ・ 2018 年の野尻川では、土石流発生計 21 回のうち、ワイヤーセンサー1 段目切断規模が 5 回、2 段目切断規模が 8 回、3 段目切断規模が 8 回発生。有村川では、土石流発生計 17 回のうち、ワイヤーセンサー1 段目切断規模が 13 回、2 段目切断規模が 4 回発生。黒神川では、土石流発生計 5 回のうち、ワイヤーセンサー1 段目切断規模が 4 回、2 段目切断規模が 1 回発生。持木川では、土石流発生計 1 回のうち、ワイヤーセンサー1 段目切断規模が 1 回発生。第一古里川では、土石流発生計 1 回のうち、ワイヤーセンサー1 段目切断規模が 1 回発生。
- ・ 2019 年の野尻川では、土石流発生計 18 回のうち、ワイヤーセンサー1 段目切断規模が 8 回、2 段目切断規模が 9 回発生、3 段目切断規模が 1 回発生。有村川では、土石流発生計 9 回のうち、ワイヤーセンサー1 段目切断規模が 6 回、2 段目切断規模が 3 回発生。黒神川では、土石流発生計 4 回のうち、ワイヤーセンサー1 段目切断規模が 1 回、2 段目切断規模が 2 回発生、3 段目切断規模が 1 回発生。持木川では、土石流発生計 1 回のうち、ワイヤーセンサー1 段目切断規模が 1 回発生。
- ・ 2019 年の野尻川でピーク流量「野尻川 1 号堰堤」は、50～270m³/s であった。
- ・ 2019 年の有村川でピーク流量「有村川 3 号堰堤」は、40～110m³/s であった。

表 1 各溪流における土石流発生状況^{*1, 2, 3}
(2018 年 1 月～2018 年 12 月)

発生回数	発生月日	溪流名	発生時雨量(mm)			ワイヤーセンサー切断段数	ピーク流量(m ³ /s)
			20分雨量	時間雨量	連続雨量		
1	1/17	野尻川	8	8	8	3(180cm)	-
2	1/17	有村川	10	11	12	2(120cm)	-
3	2/28	有村川	5	9	10	1(60cm)	-
4	3/8	有村川	11	15	17	1(60cm)	-
5	4/6	有村川	5	12	12	1(60cm)	-
6	4/14	野尻川	7	9	27	2(120cm)	-
7	4/14	有村川	4	6	25	1(60cm)	-
8	4/14	黒神川	7	20	50	1(60cm)	-
9	4/24	野尻川	4	8	16	1(60cm)	18.9
10	5/2	野尻川	3	5	14	3(180cm)	127.8
11	5/2	有村川	4	7	19	2(120cm)	136.9
12	5/7	有村川	4	8	15	1(60cm)	-
13	5/19	有村川	11	13	13	2(120cm)	-
14	5/19	野尻川	13	13	13	2(120cm)	-
15	5/26	野尻川	4	9	19	3(180cm)	80.7
16	6/5	野尻川	4	11	11	2(120cm)	149.1
17	6/8	有村川	5	6	14	1(60cm)	-
18	6/20	野尻川	9	9	45	3(180cm)	-
19	6/20	有村川	3	3	70	1(60cm)	-
20	6/20	黒神川	2	15	56	1(60cm)	-
21	6/22	野尻川	15	25	25	3(180cm)	-
22	6/22	有村川	12	26	26	1(60cm)	-
23	6/23	黒神川	9	27	29	1(60cm)	-
24	7/1	野尻川	5	5	5	1(60cm)	-
25	7/3	野尻川	5	13	48	2(120cm)	-
26	7/3	有村川	13	16	87	1(60cm)	-
27	7/3	黒神川	17	33	47	1(60cm)	-
28	7/7	有村川	25	34	42	1(60cm)	-
29	7/7	野尻川	9	11	37	2(120cm)	118.3
30	7/7	黒神川	25	36	78	2(120cm)	326.8
31	7/21	野尻川	5	8	14	3(180cm)	-
32	7/27	野尻川	14	21	21	2(120cm)	-
33	8/22	野尻川	1	4	10	1(60cm)	14.8
34	8/24	野尻川	5	5	5	3(180cm)	62.3
35	8/24	持木川	16	21	21	1(60cm)	28.4
36	8/24	有村川	19	26	26	1(60cm)	-
37	8/24	第一古里川	19	27	27	1(60cm)	14.8
38	9/7	野尻川	3	3	3	1(60cm)	-
39	9/7	野尻川	9	10	26	2(120cm)	118.3
40	9/20	野尻川	11	14	14	1(60cm)	90.8
41	9/20	有村川	7	7	7	1(60cm)	-
42	9/29	野尻川	7	9	12	2(120cm)	-
43	9/29	有村川	6	11	13	1(60cm)	-
44	12/3	野尻川	4	6	6	3(180cm)	93.5
45	12/3	有村川	10	13	13	2(120cm)	124.1

表 2 各溪流における土石流発生状況^{*1, 2, 3}
(2019 年 1 月～2019 年 11 月)

発生回数	発生月日	溪流名	発生時雨量(mm)			ワイヤーセンサー切断段数	ピーク流量(m ³ /s)
			20分雨量	時間雨量	連続雨量		
1	2/19	野尻川	3	7	17	2(120cm)	72.6
2	2/19	有村川	3	4	17	2(120cm)	95.1
3	3/3	野尻川	5	7	8	2(120cm)	212.9
4	3/3	有村川	7	12	13	1(60cm)	42.4
5	3/6	野尻川	7	7	23	2(120cm)	152.1
6	3/10	野尻川	10	22	25	1(60cm)	90.8
7	3/10	有村川	8	17	19	1(60cm)	78.0
8	4/10	有村川	5	7	15	2(120cm)	-
9	4/10	野尻川	9	22	40	1(60cm)	-
10	5/18	野尻川	2	6	15	1(60cm)	72.6
11	6/15	野尻川	8	8	25	1(60cm)	67.1
12	6/28	有村川	3	7	9	1(60cm)	75.9
13	6/28	野尻川	7	12	53	1(60cm)	-
14	7/1	野尻川	15	31	56	2(120cm)	-
15	7/1	有村川	9	20	32	2(120cm)	-
16	7/1	持木川	20	36	53	1(60cm)	-
17	7/1	黒神川	19	40	64	2(120cm)	-
18	7/3	野尻川	20	22	37	3(180cm)	-
19	7/3	黒神川	27	60	199	3(180cm)	-
20	7/14	野尻川	15	31	38	2(120cm)	206.3
21	7/14	黒神川	2	34	118	2(120cm)	-
22	7/21	野尻川	17	19	76	1(60cm)	127.8
23	7/21	有村川	21	24	47	1(60cm)	109.7
24	7/21	黒神川	12	37	47	1(60cm)	-
25	8/23	野尻川	16	22	26	1(60cm)	-
26	9/6	野尻川	-	-	-	2(120cm)	-
27	9/6	有村川	20	23	68	1(60cm)	108.0
28	9/22	野尻川	13	19	21	1(60cm)	-
29	10/2	野尻川	7	7	7	2(120cm)	265.1
30	10/23	野尻川	2	7	8	2(120cm)	46.7
31	11/24	野尻川	3	5	11	2(120cm)	-
32	11/24	有村川	6	6	18	1(60cm)	-



図 1 雨量計設置位置図

- ・ 「-」はデータ障害の為、データなし
- ・ ピーク流量は、ワイヤーセンサー（野尻川 7 号堰堤に設置）が切断されたもののうち画像判読が可能なものを「野尻川 1 号堰堤」において算出（※ワイヤーセンサー野尻川 7 号堰堤に設置）
- ・ ピーク流量は、ワイヤーセンサー（有村川 1 号堰堤下流に設置）が切断されたもののうち画像判読が可能なものを「有村川 3 号堰堤」において算出（※ワイヤーセンサー有村川 1 号堰堤下流に設置）
- *1 土石流発生はワイヤーセンサー設置時の切断で検知。ただし、溪流に複数のワイヤーセンサーを設置している場合は、最初に切断を検知した箇所のみ記載
- *2 黒神川上流のワイヤーセンサーは、2010 年 6 月 19 日以降、土石流によるワイヤー固定部の埋積および噴火警戒レベルの引き上げによる立入困難のため、未設置。
- *3 発生時雨量は、ワイヤーセンサー切断時の近傍雨量計による。

図2 土石流の発生状況

土石流の様子



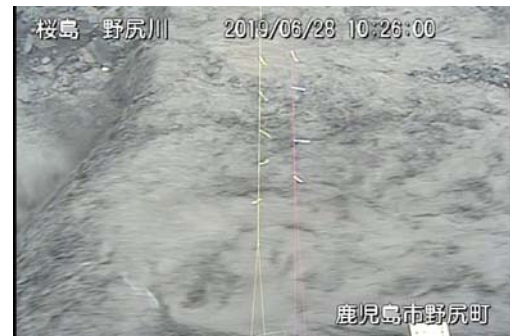
野尻川(2019/6/15)



野尻川(2019/6/15)



野尻川(2019/6/28)



野尻川(2019/6/28)



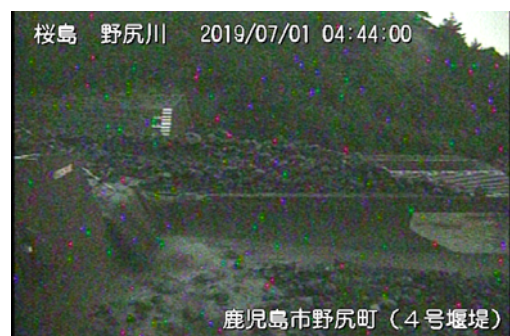
有村川(2019/6/28)



有村川(2019/6/28)



野尻川(2019/7/1)



野尻川(2019/7/1)

図2 土石流の発生状況

土石流の様子



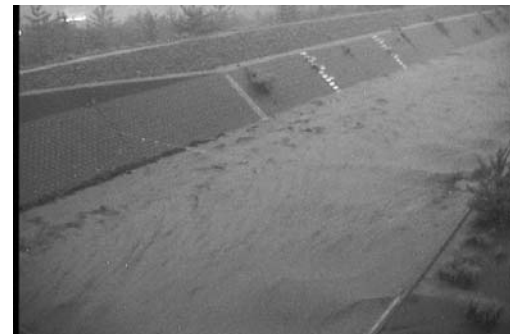
有村川 (2019/7/1)



有村川 (2019/7/1)



持木川 (2019/7/1)



黒神川 (2019/7/1)



野尻川 (2019/7/3)



野尻川 (2019/7/3)



野尻川 (2019/7/3)



黒神川 (2019/7/3)

図2 土石流の発生状況

土石流の様子



野尻川 (2019/7/14)



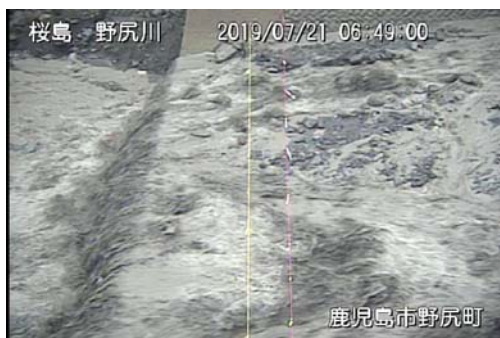
野尻川 (2019/7/14)



野尻川 (2019/7/14)



黒神川 (2019/7/14)



野尻川 (2019/7/21)



野尻川 (2019/7/21)



野尻川 (2019/7/21)



黒神川 (2019/7/21)

図2 土石流の発生状況

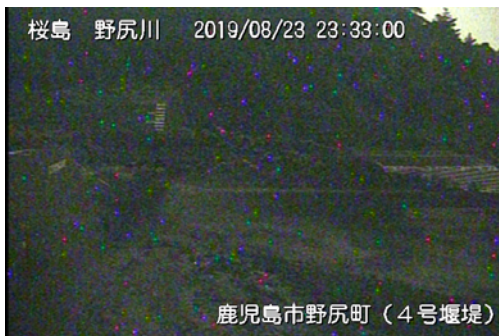
土石流の様子



有村川(2019/7/21)



有村川(2019/7/21)



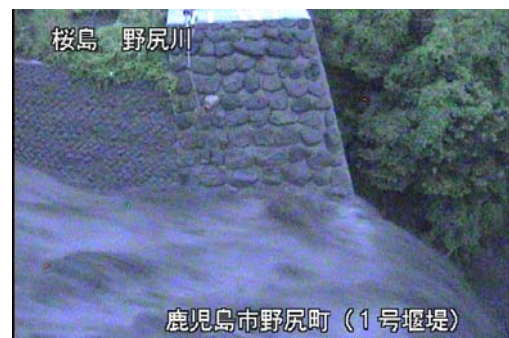
野尻川(2019/8/23)



野尻川(2019/8/23)



野尻川(2019/9/6)



野尻川(2019/9/6)



有村川(2019/9/6)



有村川(2019/9/6)

図2 土石流の発生状況

土石流の様子



野尻川 (2019/9/22)



野尻川 (2019/9/22)



野尻川 (2019/9/22)



野尻川 (2019/9/22)



野尻川 (2019/10/2)



野尻川 (2019/10/2)



野尻川 (2019/10/2)



野尻川 (2019/10/2)

図2 土石流の発生状況

土石流の様子



野尻川(2019/10/2)



野尻川(2019/10/2)



野尻川(2019/10/23)



野尻川(2019/10/23)



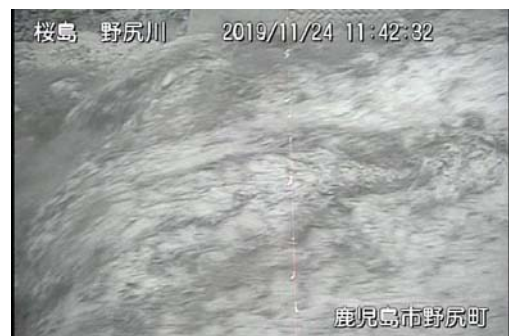
野尻川(2019/10/23)



野尻川(2019/10/23)



野尻川(2019/11/24)



野尻川(2019/11/24)

図2 土石流の発生状況

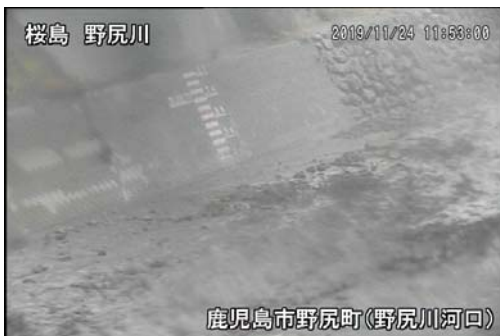
土石流の様子



野尻川(2019/11/24)



野尻川(2019/11/24)



野尻川(2019/11/24)



有村川(2019/11/24)



有村川(2019/11/24)



有村川(2019/11/24)

・ 降灰状況（図3～6）

2019年（平成31年）1月～2019年（令和元年）11月の降灰量（有村1）は約 $10\text{kg}/\text{m}^2$ であり前年同期間は約 $17\text{kg}/\text{m}^2$ であった。今後噴火が活発になり降灰量が増加した場合は、土石流の発生頻度が高まる傾向があり注意が必要。

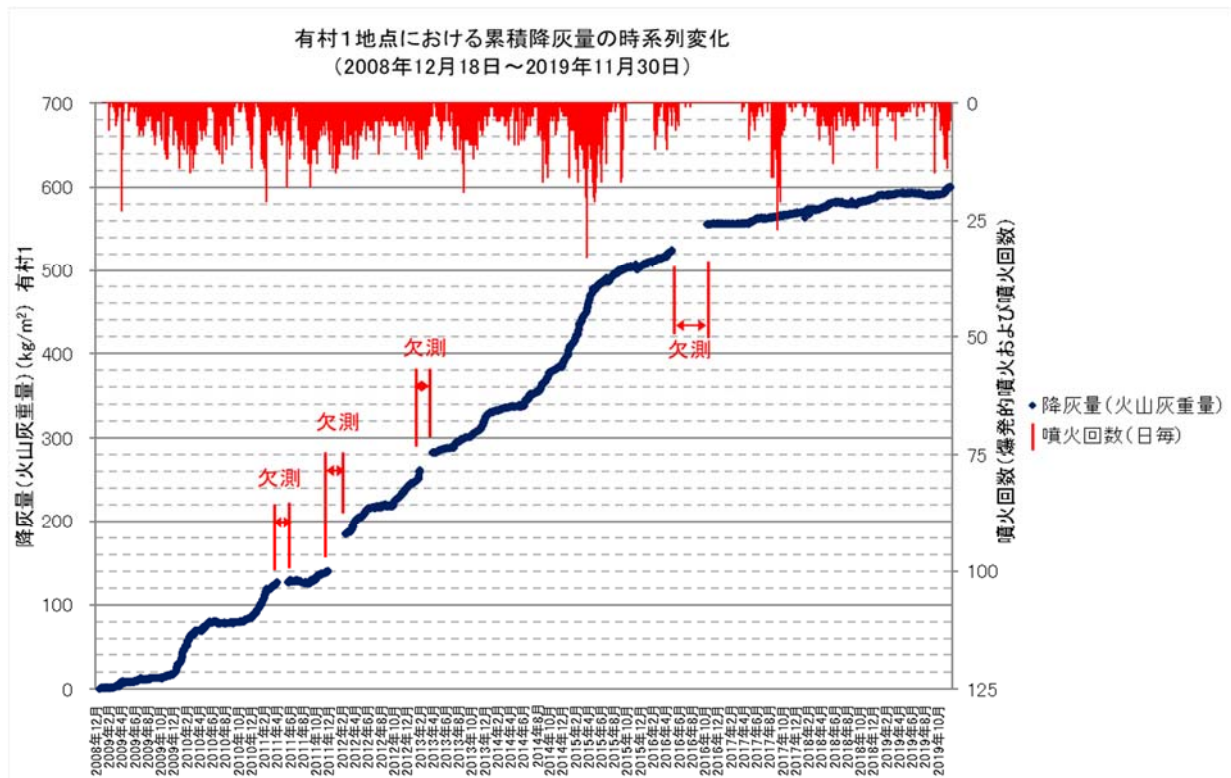


図3 自動降灰量計による降灰量の推移(2008年12月18日～2019年11月30日)

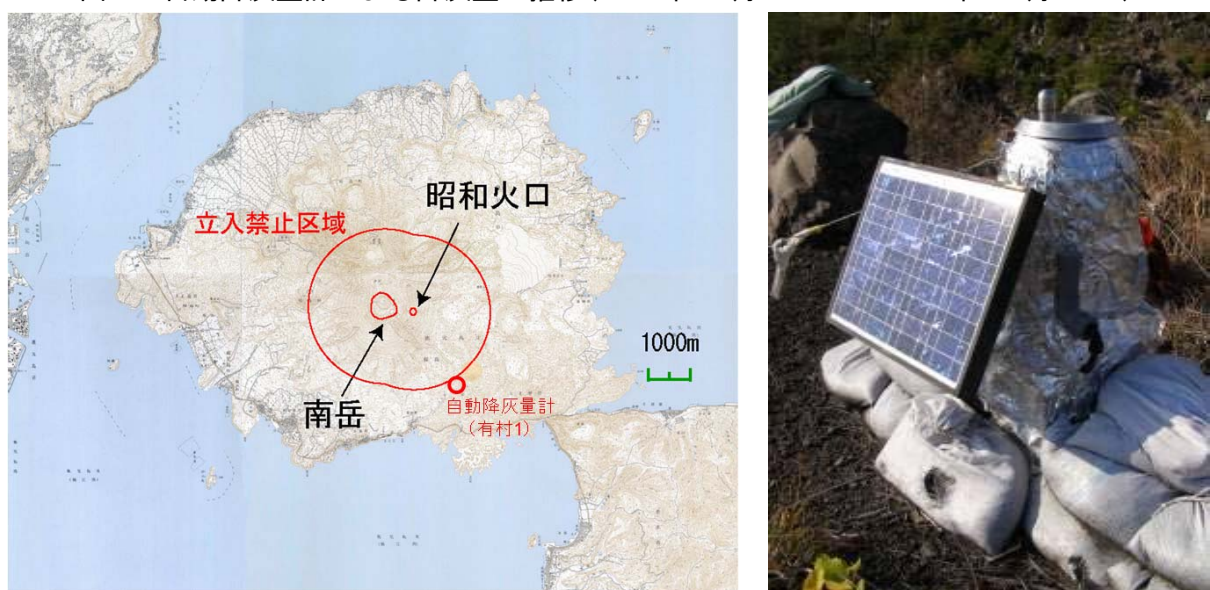


図4 自動降灰量計設置位置図および写真

桜島



図5 桜島島内降灰量の分布 (2018年1月~2018年12月)

データ：九州地方整備局大隅河川国道事務所



図6 桜島島内降灰量の分布 (2019年1月~2019年11月)

データ：九州地方整備局大隅河川国道事務所

桜島

(参考)

表3 各溪流における土石流発生状況(2017年1月～2017年12月)

発生回数	発生月日	溪流名	発生時雨量(mm)			ワイヤーセンサー切断段数	ピーク流量(m ³ /s)	備考
			20分雨量	時間雨量	連続雨量			
1	4/16	有村川	28	39	39	1(60cm)	—	
2	5/12	野尻川	12	18	43	3(180cm)	—	
3	5/13	有村川	14	22	66	1(60cm)	102.9	
4	6/7	有村川	5	7	35	1(60cm)	66.0	
5	6/7	野尻川	14	24	53	2(120cm)	51.0	
6	6/20	野尻川	4	16	40	2(120cm)	28.4	
7	6/24	野尻川	19	32	57	2(120cm)	111.8	
8	6/24	有村川	16	25	48	1(60cm)	66.5	
9	7/4	有村川	10	12	21	1(60cm)	106.1	
10	7/19	野尻川	26	26	26	2(120cm)	—	
11	7/19	黒神川	17	70	70	1(60cm)	—	
12	8/15	有村川	5	5	5	1(60cm)	44.0	
13	9/7	有村川	18	20	33	1(60cm)	41.4	
14	9/12	野尻川	4	10	10	1(60cm)	10.9	
15	9/22	野尻川	11	23	29	2(120cm)	36.8	
16	9/22	有村川	3	20	37	1(60cm)	—	
17	9/22	黒神川	21	45	127	1(60cm)	—	
平均			13.4	24.4	43.5			

※野尻川のワイヤーセンサーは「野尻7号堰堤」、ピーク流量は「野尻1号堰堤」のもの

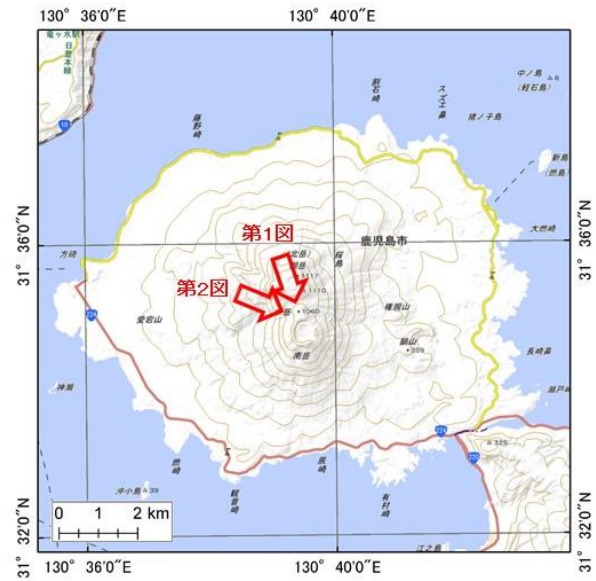
※有村川のワイヤーセンサーは「有村1号堰堤下流」、ピーク流量は「有村3号堰堤」のもの

※ピーク流量は画像から流量を解析できたものを記載

- * 土石流発生はワイヤーセンサー設置時の切断で検知。ただし、溪流に複数のワイヤーセンサーを設置している場合は、最初に切断を検知した箇所のみ記載。
- * 黒神川上流のワイヤーセンサーは、2009年4月14日～2010年3月19日及び2010年6月19日以降、土石流によるワイヤー固定部の埋積および噴火警戒レベルの引き上げによる立入困難のため、未設置。
- * 発生時雨量は、ワイヤーセンサー切断時の近傍雨量計による
- * 第二古里川雨量計故障のためXバンドレーダによる流域平均雨量を記載。

桜島

桜島



地形図は国土地理院の電子地形図（タイル）を使用した

矢印は画像の撮影場所を示す

○最近の活動について

年月日	調査機関等	活 動 状 況
2019/11/25	第十管区 海上保安本部	南岳火口内は、白色の噴気に覆われており火口底は視認できなかった（第1図）。 昭和火口内に白色の噴気が認められた。火口底には水溜り（茶褐色の変色水）が認められた（第1図、第2図）。



第1図 桜島 南岳及び昭和火口
2019年11月25日 12:48撮影



第2図 桜島
南岳及び昭和火口（熱画像）
2019年11月25日 12:48撮影

口永良部島 (2019年11月30日現在)

新岳火口では、2月3日以降、噴火は発生していない。新岳火口付近の火山性地震の回数は概ね少ない状態で経過していたが、10月18日及び27日に規模の大きな地震が発生した。11月以降は時々増加して多い状態となる日があった。また、10月18日には新岳の西側山麓のやや深い場所を震源とする火山性地震が9回発生した。この火山性地震の震源は2015年5月、2018年10月の噴火前に発生した地震と概ね同じ場所であると推定される。火山性微動は観測されていない。火山ガス（二酸化硫黄）の放出量は、概ねやや多い状態で経過しており、11月上旬以降は一時的に増加して多い状態となる日があった。傾斜計では火山活動によると考えられる変化は認められないが、GNSS連続観測では2018年7月頃から停滞していた島内の基線にわずかな伸びの変化がみられる。

口永良部島では、新岳火口付近の浅いところを震源とする規模の大きな地震が短期間で2回発生し、噴煙量や火山ガス（二酸化硫黄）の放出量は、11月上旬に一時的に増加するなど、火山活動が高まった状態となっており、引き続き噴火が発生する可能性がある。

新岳火口から概ね2kmの範囲では、噴火に伴う弾道を描いて飛散する大きな噴石及び火砕流に警戒が必要である。また、新岳火口から西側の概ね2kmの範囲では、火砕流に警戒が必要である。

風下側では、火山灰だけでなく小さな噴石が遠方まで風に流されて降るおそれがあるため注意が必要である。

○ 概況 (2019年6月1日～11月30日)

・噴煙など表面現象の状況 (図1～6、図10-①、図11-①)

新岳火口では、2月3日以降、噴火は発生していない。火映は、2018年12月以降観測されていない。期間中、山麓から実施した目視及び赤外熱映像装置による観測では、新岳火口西側割れ目付近には依然として地熱域が存在するものの、温度は2017年頃から低下した状態が続いており、特段の変化は認められなかった。また、古岳火口東外壁の地熱域の状況にも変化は認められなかった。噴煙の放熱率は、10月中旬から高まりがみられた。

・地震、微動の発生状況 (図7～9、図10-②③、図11-③④⑤、図12～13)

新岳火口付近のごく浅い場所を震源とする火山性地震は概ね少ない状態で経過していたが、10月18日及び27日に規模の大きな地震（山麓で体に感じない程度）が発生した。11月以降は時々増加して多い状態となる日があった。また、10月18日には新岳の西側山麓のやや深い場所を震源とする火山性地震が9回発生したが、10月19日以降は発生していない。この火山性地震の震源は2015年5月、2018年10月の噴火前に発生した地震（2015年1月、2018年8月）と概ね同じ場所であると推定される。

期間中、震源が決まった火山性地震は33回で、主に新岳火口付近の深さ0～1km付近、及び新岳西側山麓の深さ5km付近に分布した。深部低周波地震の発生は無かった。

火山性微動は2019年2月以降、観測されていない。

・火山ガスの状況 (図10-④⑤、図11-②)

東京大学大学院理学系研究科、京都大学防災研究所、屋久島町及び気象庁が実施した観測では、火山ガス（二酸化硫黄）の放出量は、概ね1日あたり300トン以下のやや多い状態で経過したが、11月3日、4日、6日及び23日は1日あたり500～600トンと一時的に増加して多い

状態となった。

・地殻変動の状況（図 11-⑥、図 14～16）

GNSS 連続観測では、2018 年 7 月頃から停滞していた島内の基線にわずかな伸びの変化がみられる。

傾斜計では、火山活動によると考えられる変化は認められない。



図1 口永良部島 噴煙の状況（2019 年 7 月 26 日、本村西監視カメラによる）
 <2019 年 6 月 1 日～2019 年 11 月 30 日の状況>
 期間中、白色の噴煙が最高で火口縁上 1,000m まで上がった。

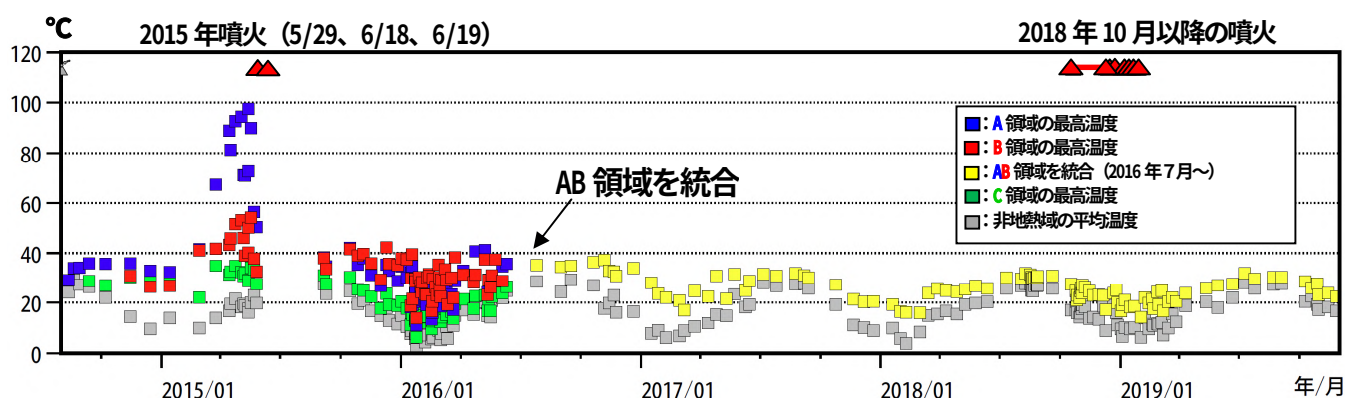
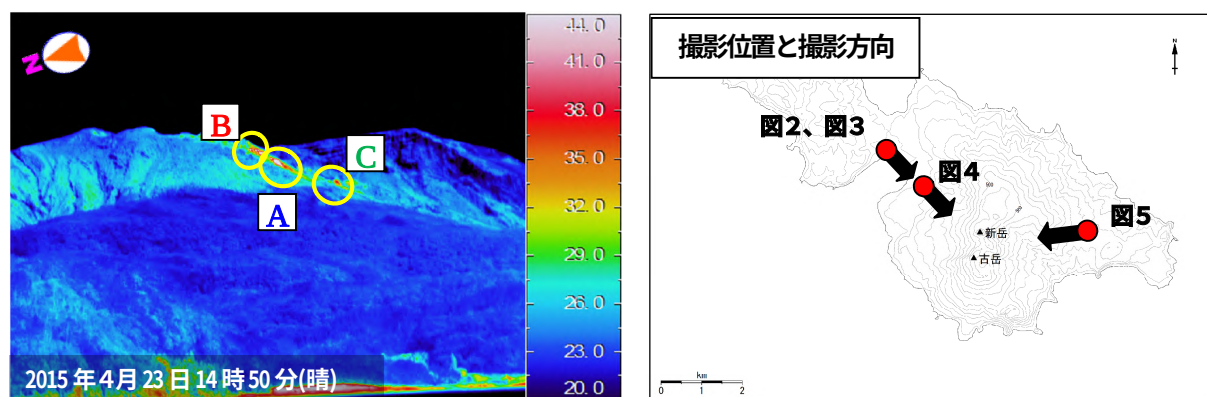


図2 口永良部島 新岳西斜面の地熱域の温度時系列

（2014 年 8 月 12 日～2019 年 11 月 30 日：本村から新岳の北西側を撮影）

2015 年の 3 月頃から同年 5 月 29 日の噴火前に温度上昇が認められていた新岳火口西側割れ目付近には依然として地熱域が存在するものの、温度は 2017 年頃から低下した状態が続いており、2018 年 10 月以降の噴火時にも特段の変化は認められない。

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ（標高）』を使用した。

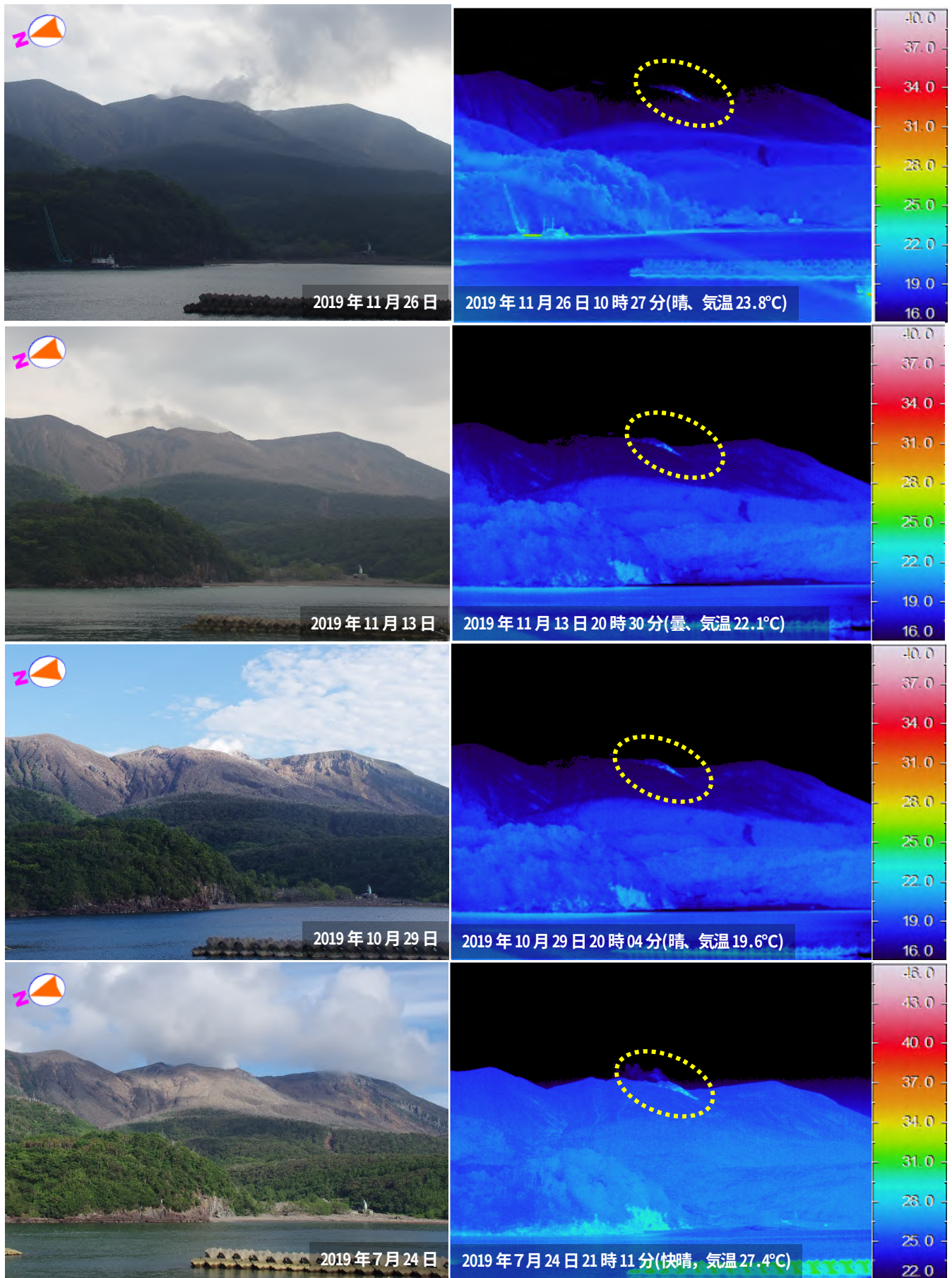


図3 口永良部島 本村から撮影した新岳火口及び新岳火口西側割れ目付近の可視画像と地表面温度分布
 これまでの観測と比較して、噴気及び地熱域(黄破線)に特段の変化は認められない。

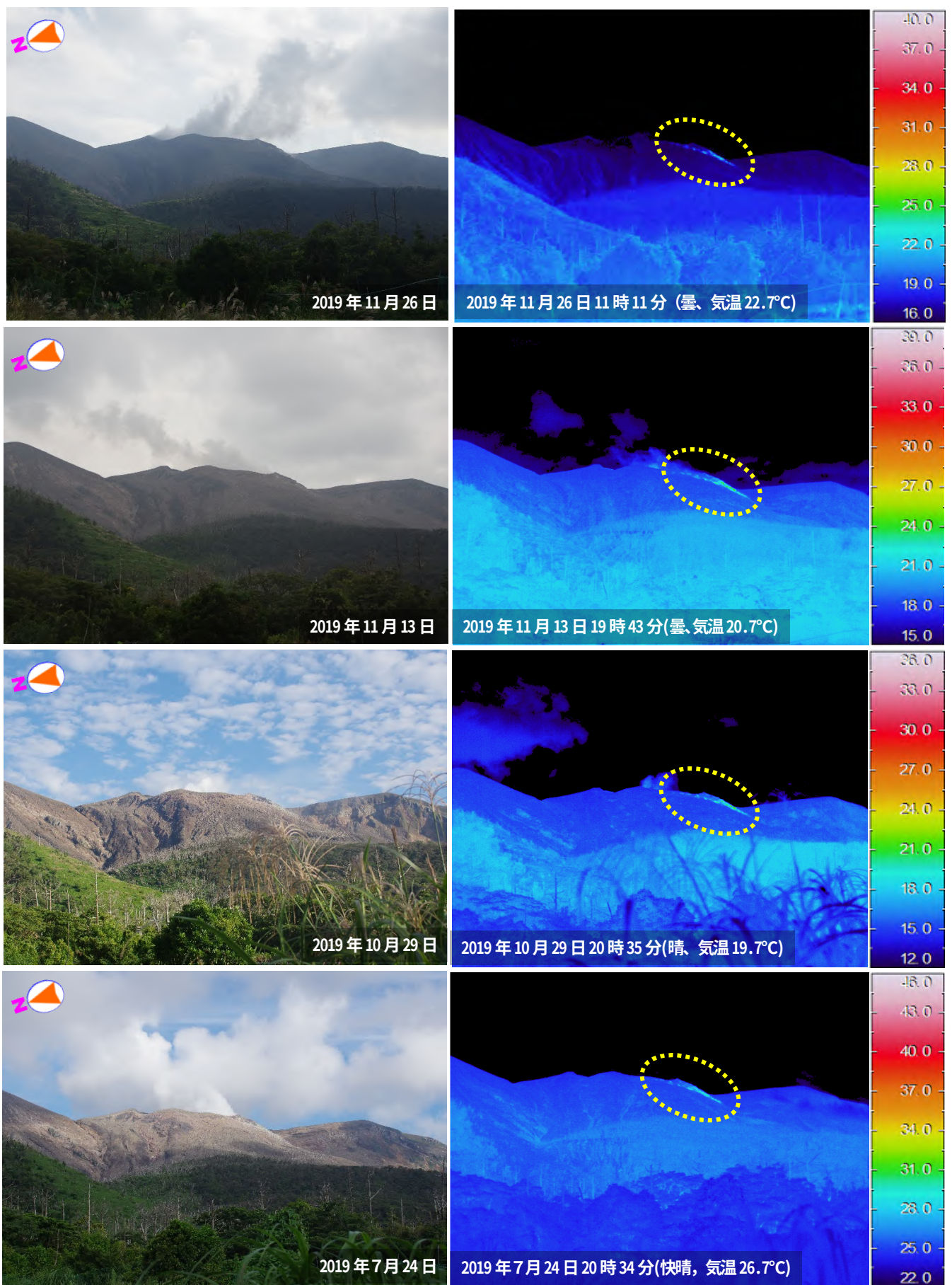


図4 口永良部島 前田から撮影した新岳火口及び新岳火口西側割れ目付近の可視画像と地表面温度分布
これまでの観測と比較して、噴気及び地熱域（黄破線）に特段の変化は認められない。

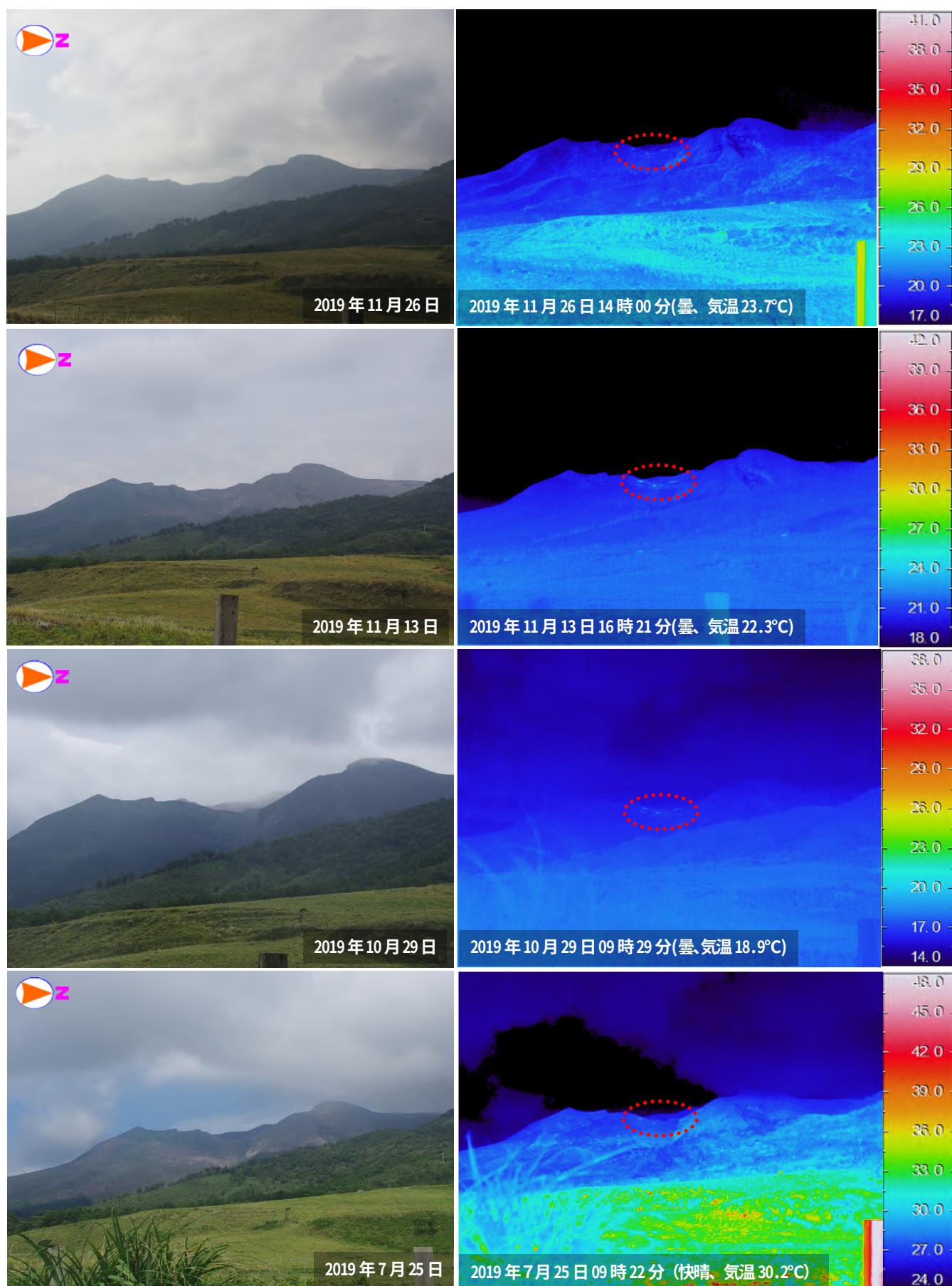


図5 口永良部島 湯向から撮影した古岳東側の可視画像と地表面温度分布
 これまでの観測と比較して、古岳火口東側外壁の地熱域（赤破線）に特段の変化は認められない。

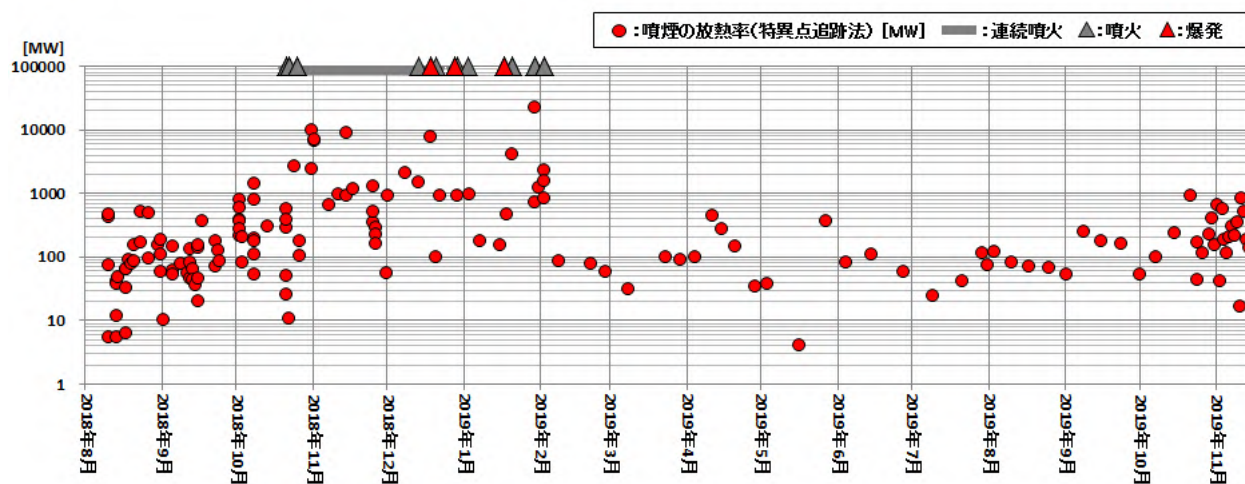


図6 口永良部島 監視カメラ映像から算出した噴煙の放熱率の推移
(2018年8月10日～2019年11月14日)

- ・2018年10月下旬から2019年2月上旬に、噴火に伴う放熱率の高まりがみられる。
- ・2019年10月中旬から放熱率の高まりがみられる。
- ・特徴的な噴煙の推移を追って係数を求め、放熱率を計算する特異点追跡法を用いて算出した。
- ・監視カメラ（本村西及び屋久島吉田）の05～19時の時間帯において、噴気が高く上がり、明瞭に追跡できる画像（2秒間隔）を使用した。

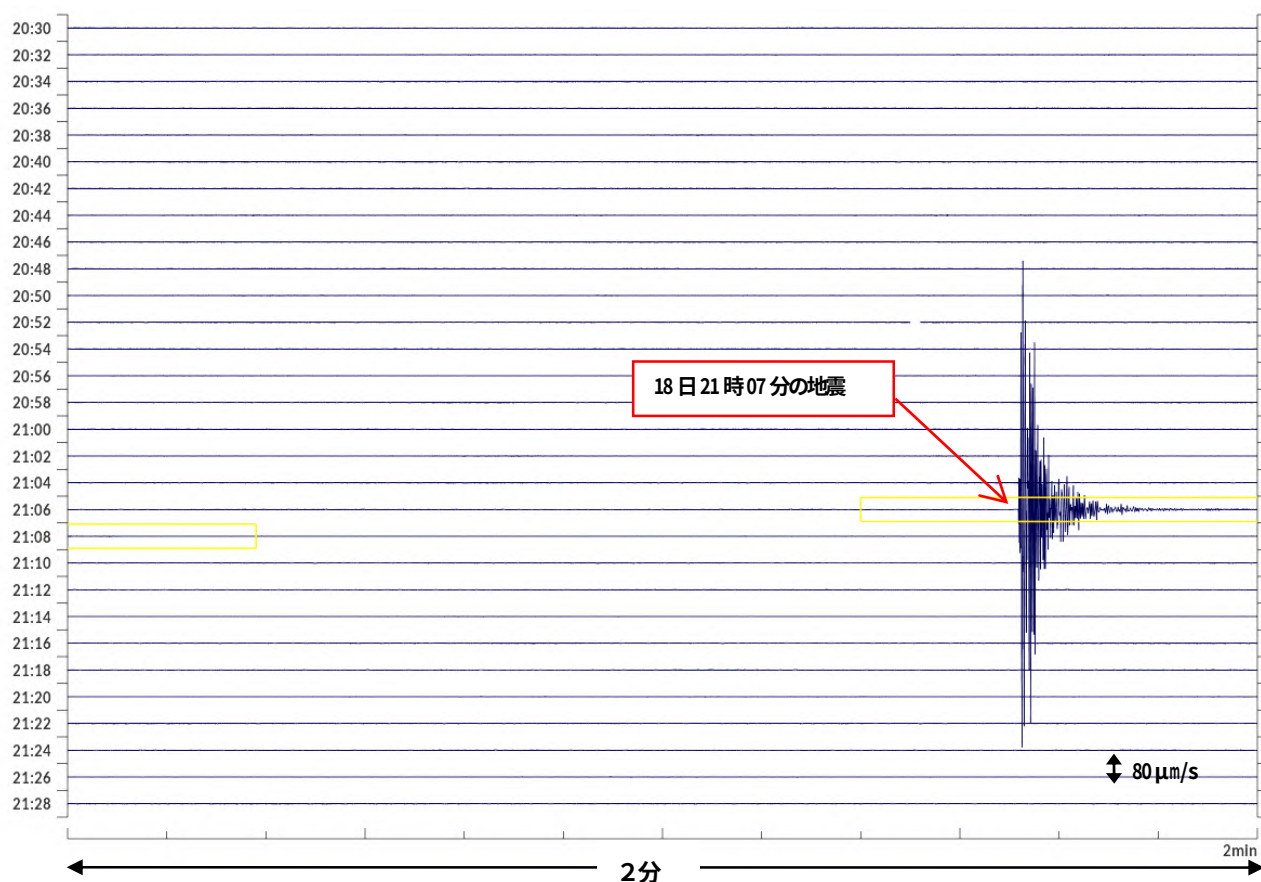


図7 口永良部島 地震波形（野池山3観測点：南北動 10月18日20時30分～21時30分）
18日21時07分に新岳火口付近の浅いところを震源とする規模の大きな火山性地震が発生した。

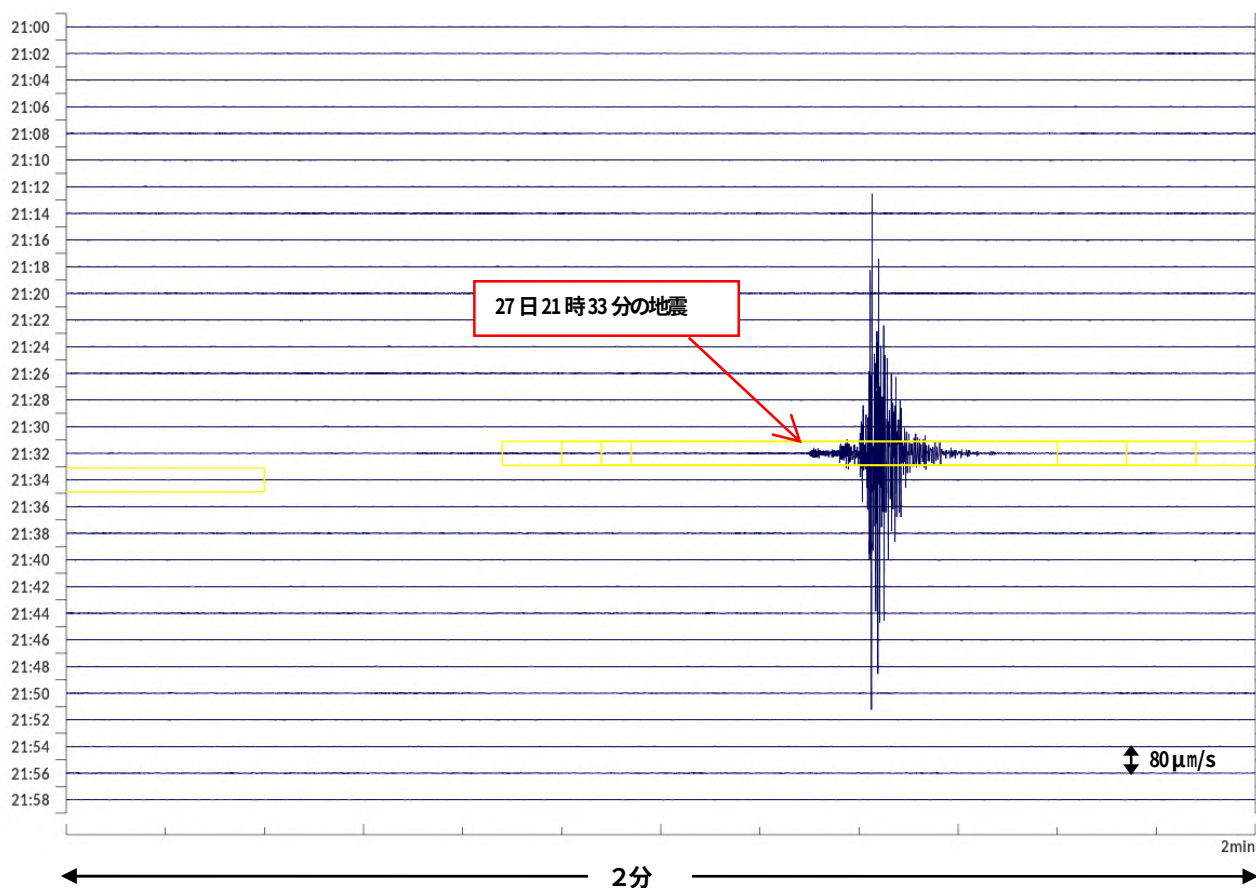


図8 口永良部島 地震波形（野池山3観測点：南北動 10月27日21時00分～22時00分）
27日21時33分に新岳火口付近の浅いところを震源とする規模の大きな火山性地震が発生した。

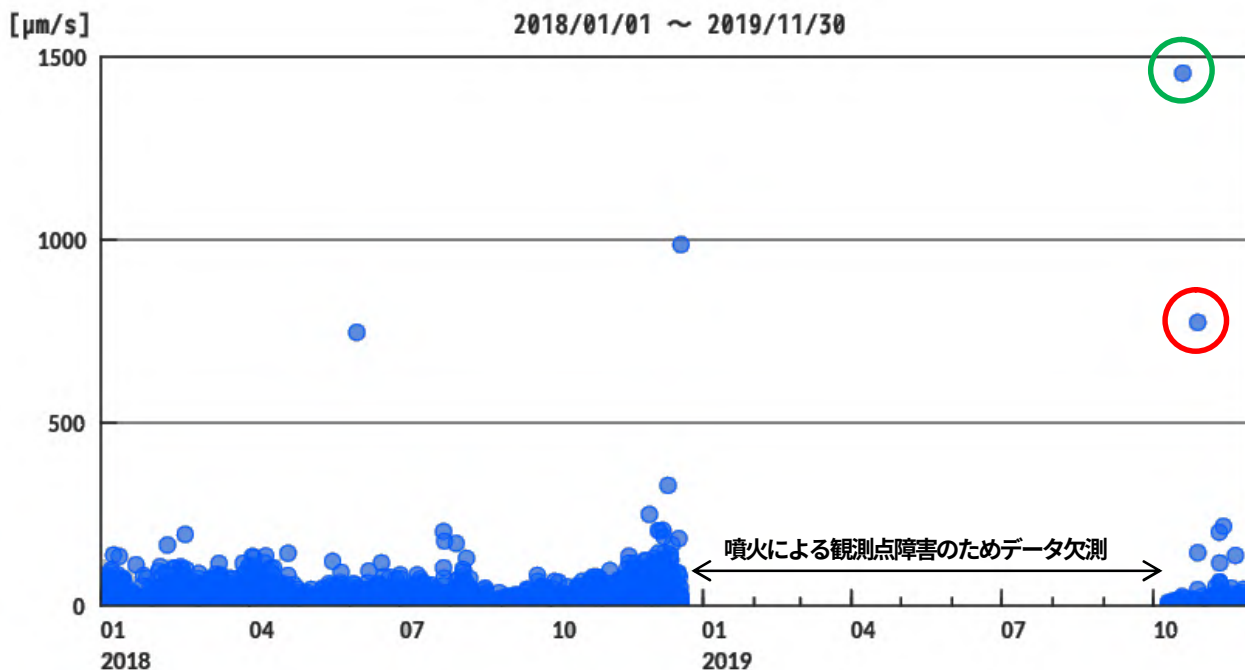


図9 口永良部島 最大振幅時系列（野池山3観測点：南北動 2018年1月～2019年11月30日）
・10月18日及び27日に規模の大きな地震が発生した。最大振幅は18日21時07分が $1,455 \mu\text{m/s}$ （緑丸）、27日21時33分が $774 \mu\text{m/s}$ （赤丸）であり、18日の地震のマグニチュードはM1.4であった。過去には2015年噴火前の5月23日08時00分にM3.3の火山性地震が発生している。

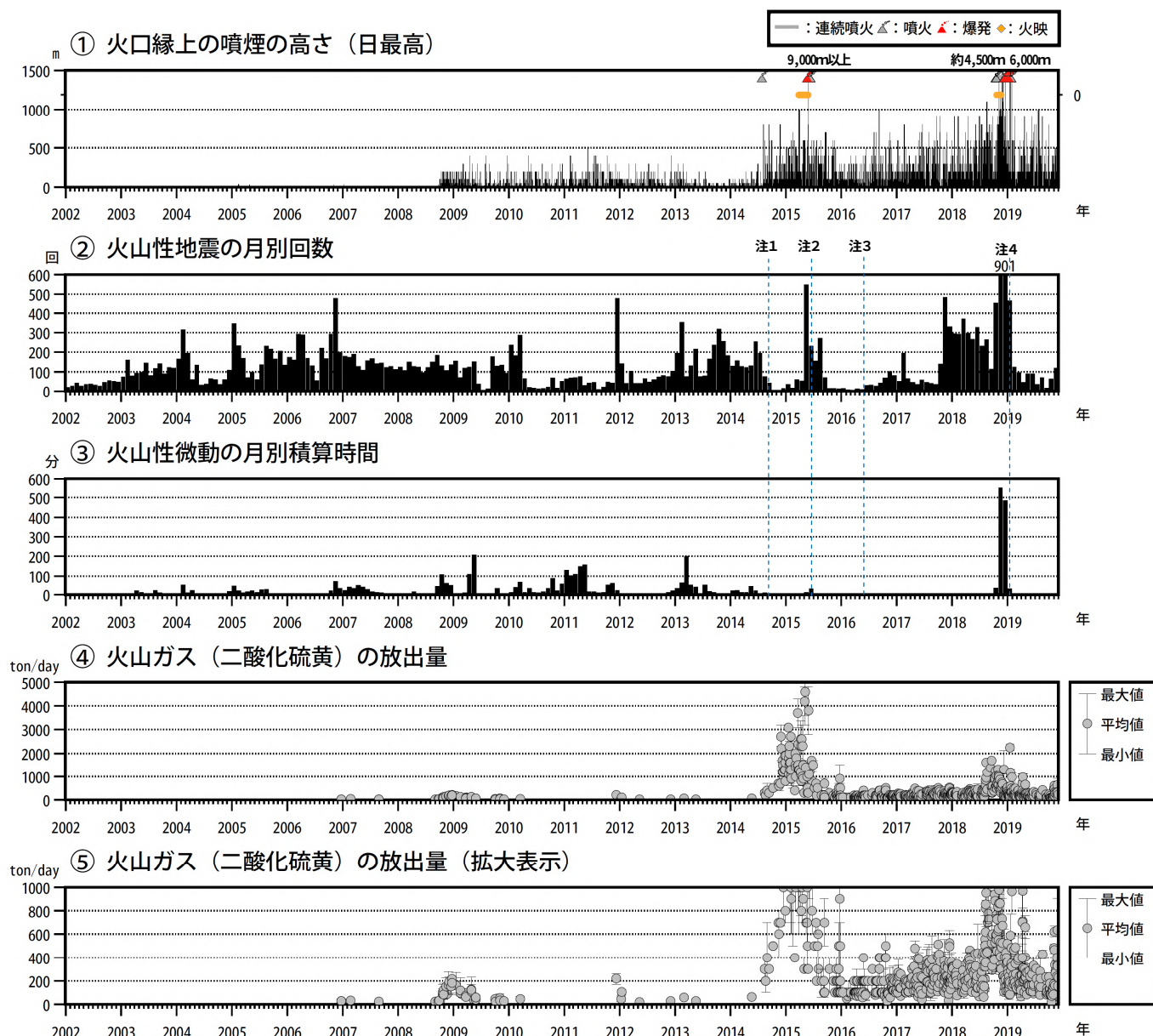


図10 口永良部島 長期の火山活動経過図（2002年1月～2019年11月30日）

- 注1：2014年8月3日の噴火により火口周辺の観測点が障害となったため、噴火以降は新岳火口から約2.3kmにある新岳北東山麓観測点の上下動 $1\mu\text{m/s}$ 以上で計数しており、検知力が低下している。
- 注2：2015年5月23日に島内のごく浅いところを震源とする地震（震度3、 $M2.3$ ：暫定値）が発生したことから、監視を強化するため、5月1日まで遡り計数基準の見直しを行った。計数基準は新岳北東山麓観測点上下動 $1\mu\text{m/s}$ 以上、または新岳西山麓観測点上下動 $3\mu\text{m/s}$ に変更している。また、2015年5月29日の噴火及びその後の停電や通信障害の間は、永迫観測点も使用して計数している。
- 注3：2016年6月1日からは火口近傍に野池山3観測点を設置しており、検知力が向上している。
- 注4：2019年1月17日の噴火により10月8日まで火口周辺の観測点が障害となったため、検知力が低下している。

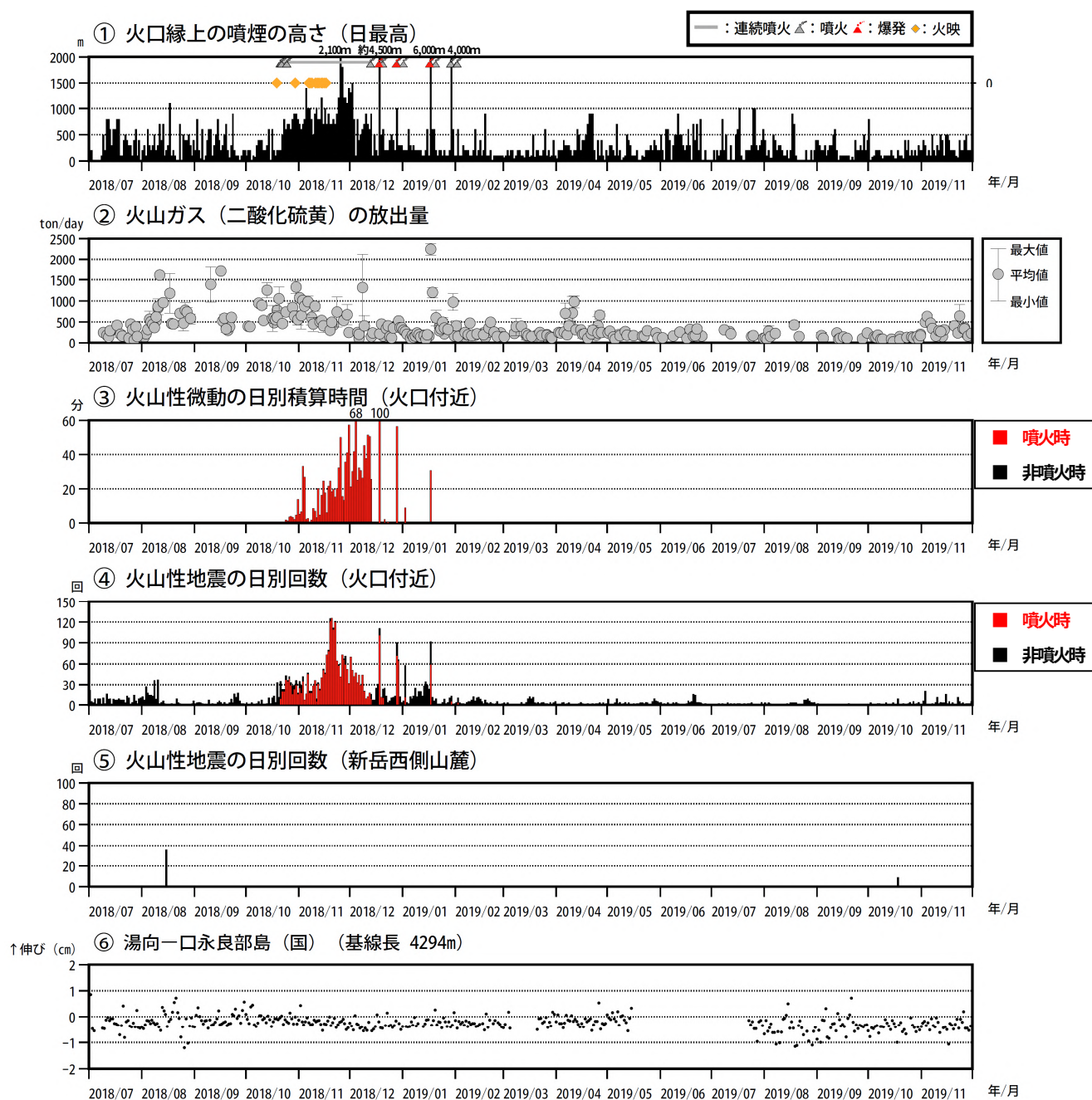


図11 口永良部島 最近の火山活動経過図（2018年7月～2019年11月30日）

<2019年7月1日から2019年11月30日までの火山活動の状況>

- ・2月3日以降、噴火は発生しておらず、火映は観測されていない。
- ・東京大学大学院理学系研究科、京都大学防災研究所、屋久島町及び気象庁が実施した観測では、火山ガス（二酸化硫黄）の放出量は、1日あたり300トン以下のやや多い状態で経過したが、11月上旬以降は一時的に増加して多い状態となる日があった。
- ・新岳火口付近のごく浅い場所を震源とする火山性地震は、概ね少ない状態で経過していたが、10月18日及び27日に規模の大きな地震が発生し、11月以降は時々増加して多い状態となる日があった。
- ・新岳の西側山麓のやや深い場所を震源とする火山性地震は、10月18日に9回発生したが、その後は観測されていない
- ・GNSS連続観測では、2018年7月頃から停滞していた島内の基線にわずかな伸びの変化がみられる。

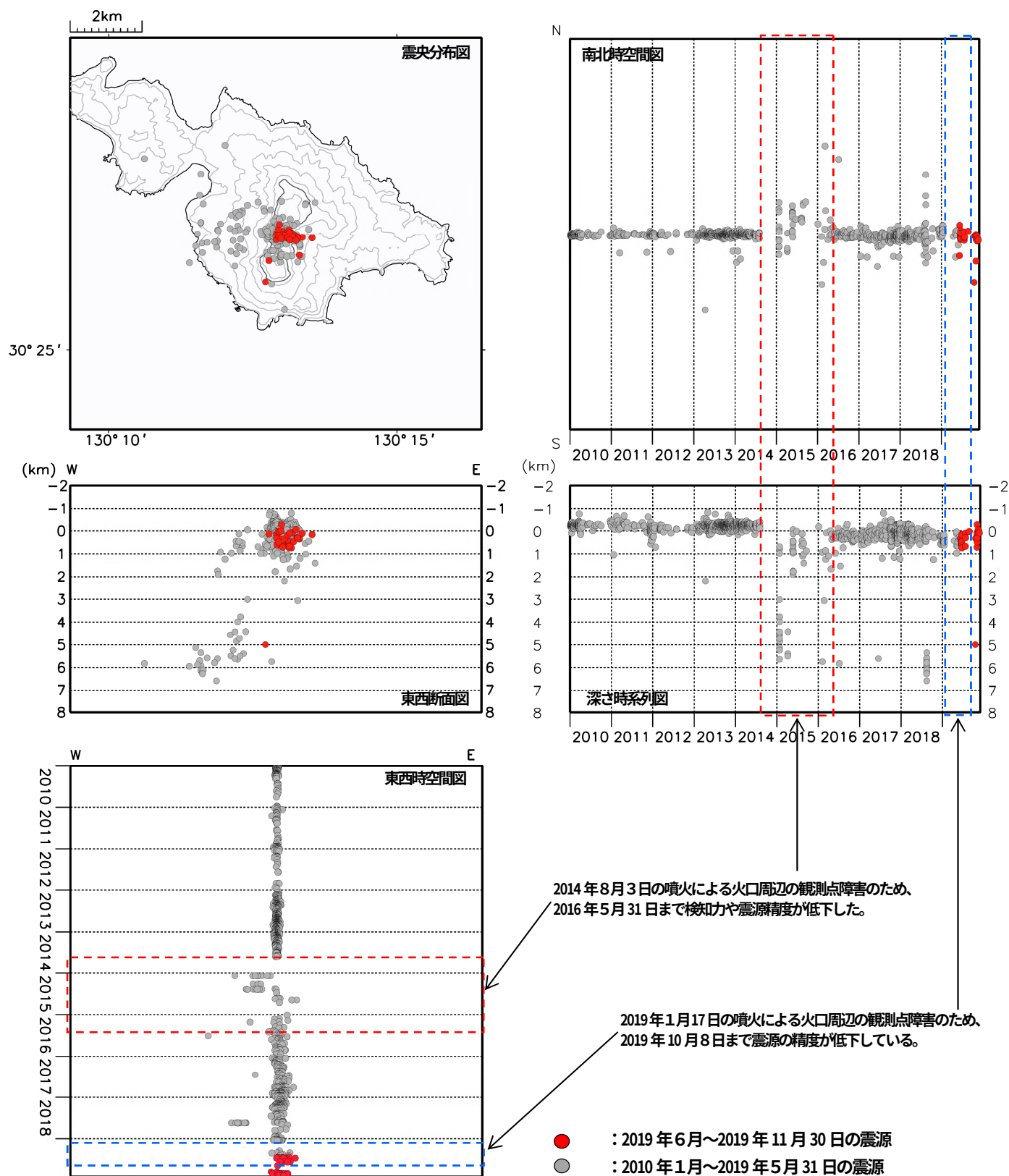


図12 口永良部島 震源分布図 (2010年1月～2019年11月30日)

<2019年6月1日～2019年11月30日の状況>

- ・震源が決まった火山性地震は33回で新岳火口付近の深さ0～1km付近、および新岳西側山麓の深さ5km付近に分布した。
- ・10月18日に新岳の西側山麓のやや深い場所を震源とする火山性地震が9回発生したが、19日以降は観測されていない。

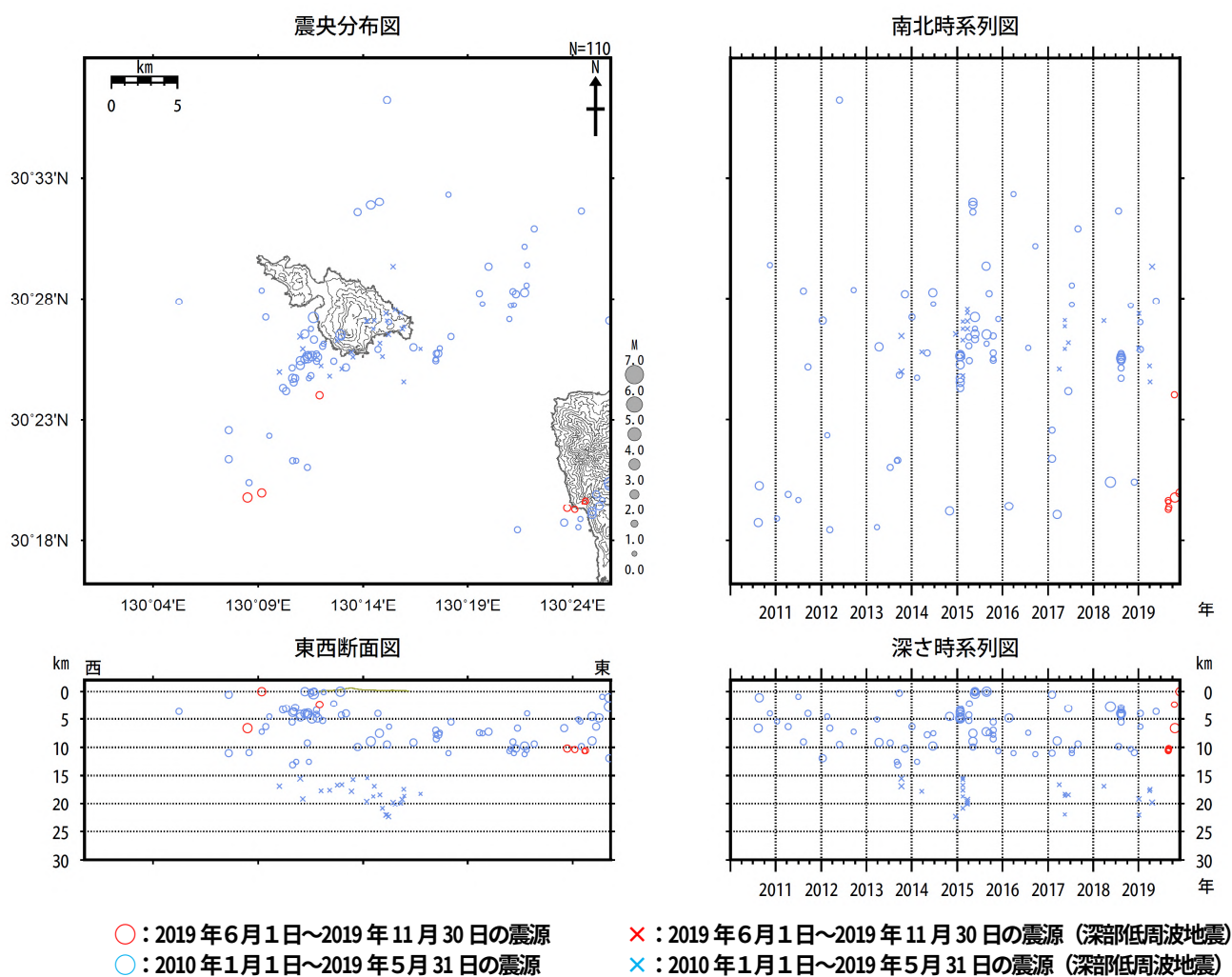


図13 口永良部島 一元化震源による震源分布（2010年1月～2019年11月30日）

<2019年6月1日～2019年11月30日の状況>

- ・震源は口永良部島の南西海域の深さ0～7km付近であった。
- ・深部低周波地震は観測されていない

表示している震源には、震源決定時の計算誤差の大きなものがある。
 この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図50mメッシュ（標高）』を使用した。

① 口永良部島 新岳北東山麓観測点の傾斜変動

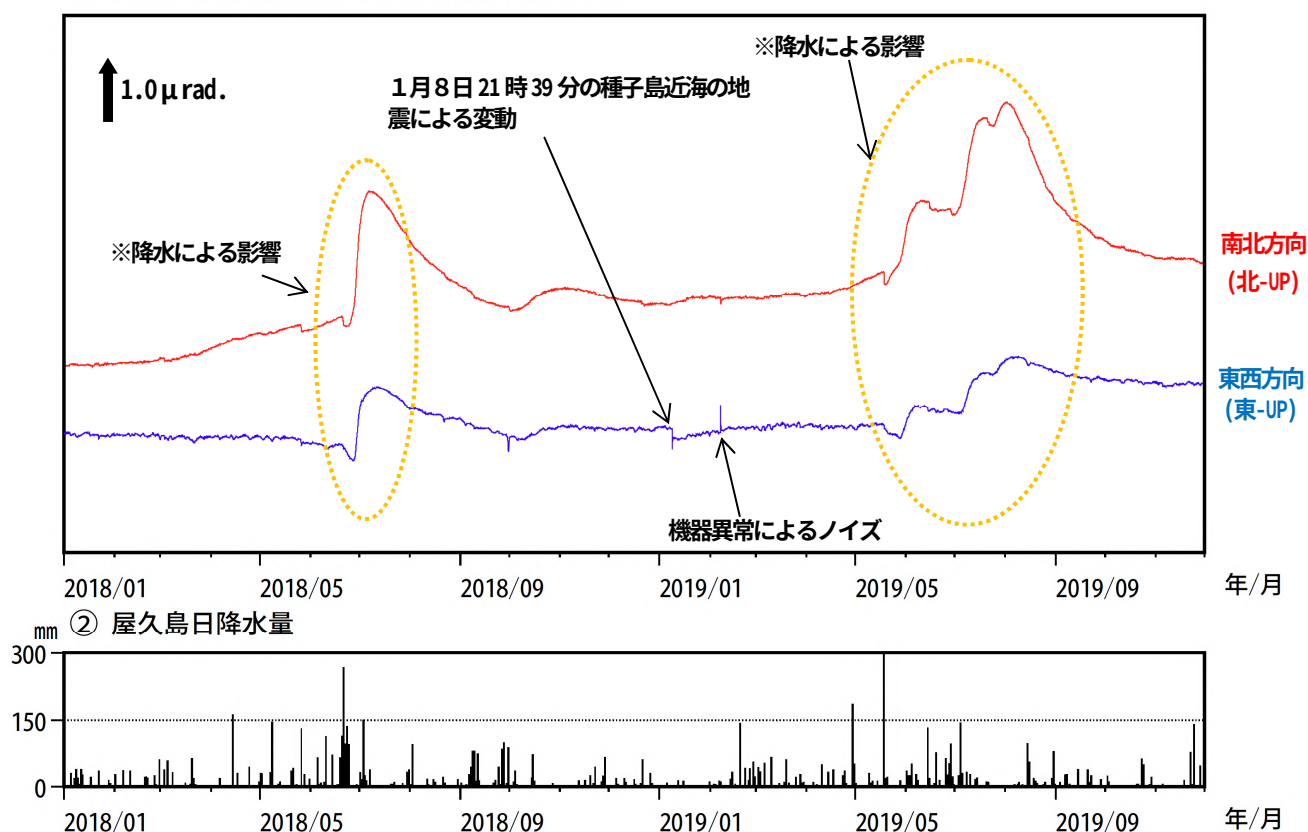


図 14 口永良部島 新岳北東山麓観測点の傾斜変動 (2018 年 1 月～2019 年 11 月 30 日)

<2019 年 6 月 1 日～2019 年 11 月 30 日の状況>

火山活動によると考えられる変化は認められていない。

※ 新岳北東山麓観測点では、梅雨の時期にまとまった降水があった後、北東方向が大きく上がる傾斜変動が例年みられている。

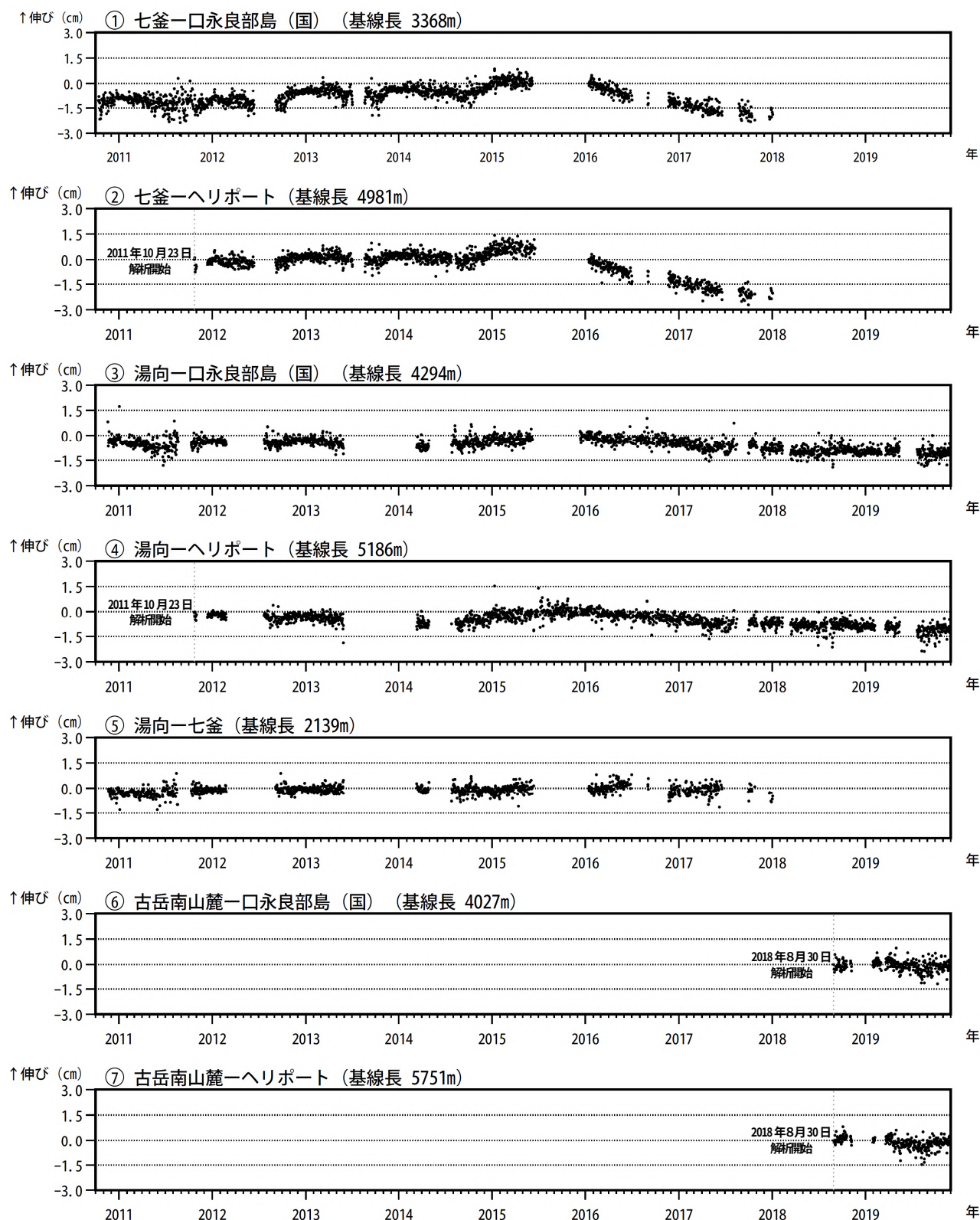


図15 口永良部島 GNSS 連続観測による基線長変化 (2010年10月～2019年11月30日)

GNSS 連続観測では、2018年7月頃から停滞していた島内の基線（図中③④⑥⑦）にわずかな伸びの変化がみられる。

これらの基線は図16の①～⑦に対応している。基線の空白部分は欠測を示している。

2016年1月以降のデータについては、解析方法を変更している。

(国)：国土地理院

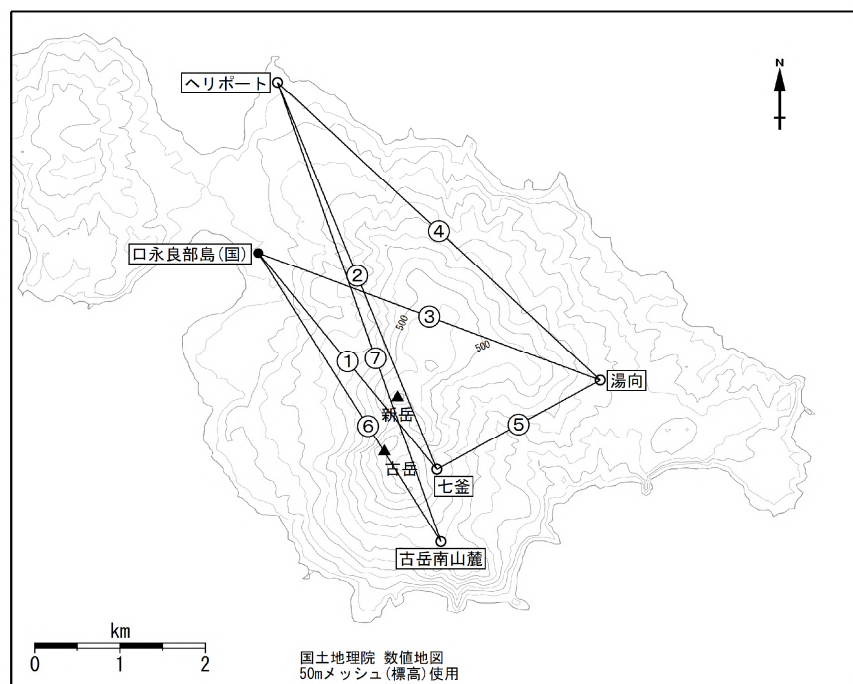


図 16 口永良部島 GNSS 連続観測基線図

小さな白丸 (○) は気象庁、小さな黒丸 (●) は気象庁以外の機関の観測点位置を示す。

(国)：国土地理院

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。

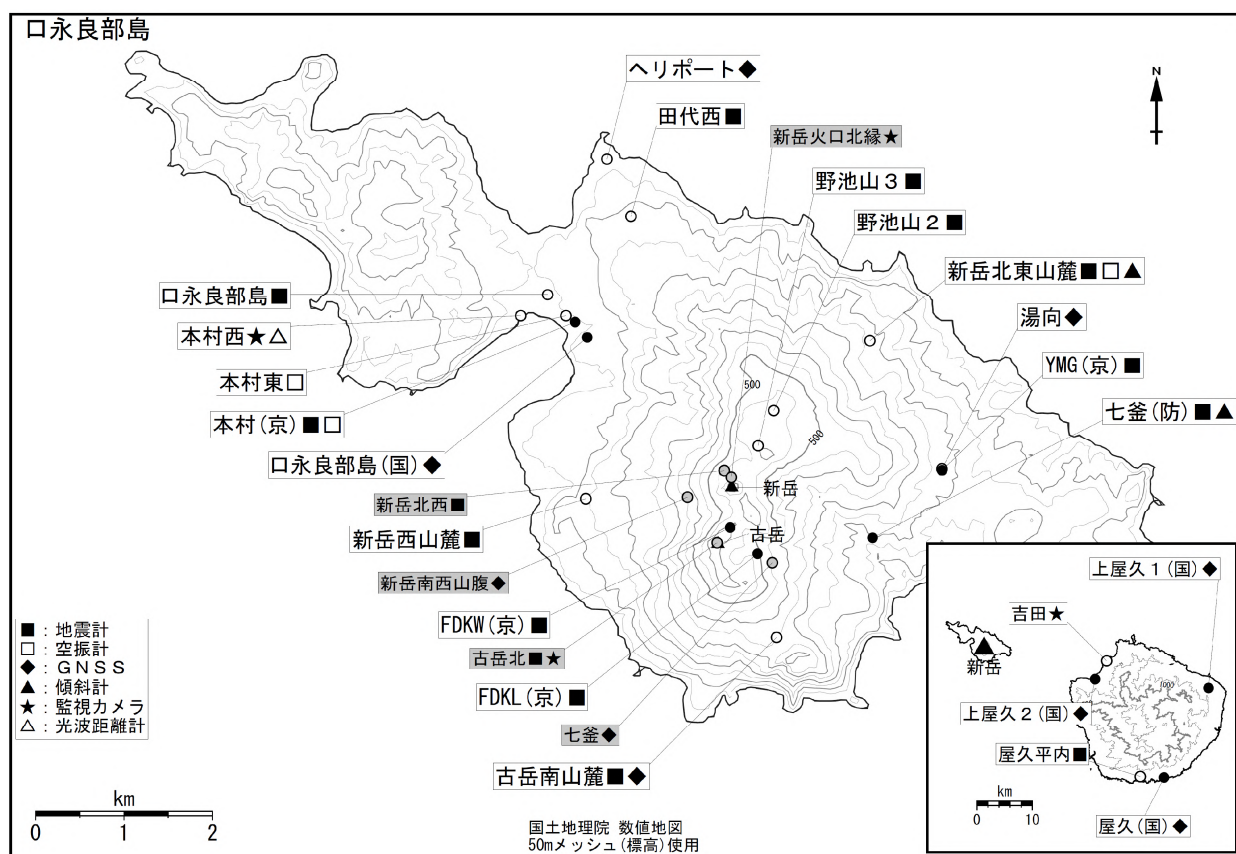


図 17 口永良部島 観測点配置図

小さな白丸 (○) は気象庁、小さな黒丸 (●) は気象庁以外の機関の観測点位置を示す。

(国)：国土地理院、(京)：京都大学、(防)：防災科学技術研究所

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。

図中の灰色の観測点名は、噴火や停電等により障害となった観測点を示す。

ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた 口永良部島における SAR 干渉解析結果

ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。

1. はじめに

ALOS-2/PALSAR-2 で撮像された口永良部島周辺のデータについて干渉処理を行ったので報告する。

2. 解析データ

解析に使用したデータを第 1 表に示す。

第 1 表 干渉解析に使用したデータ

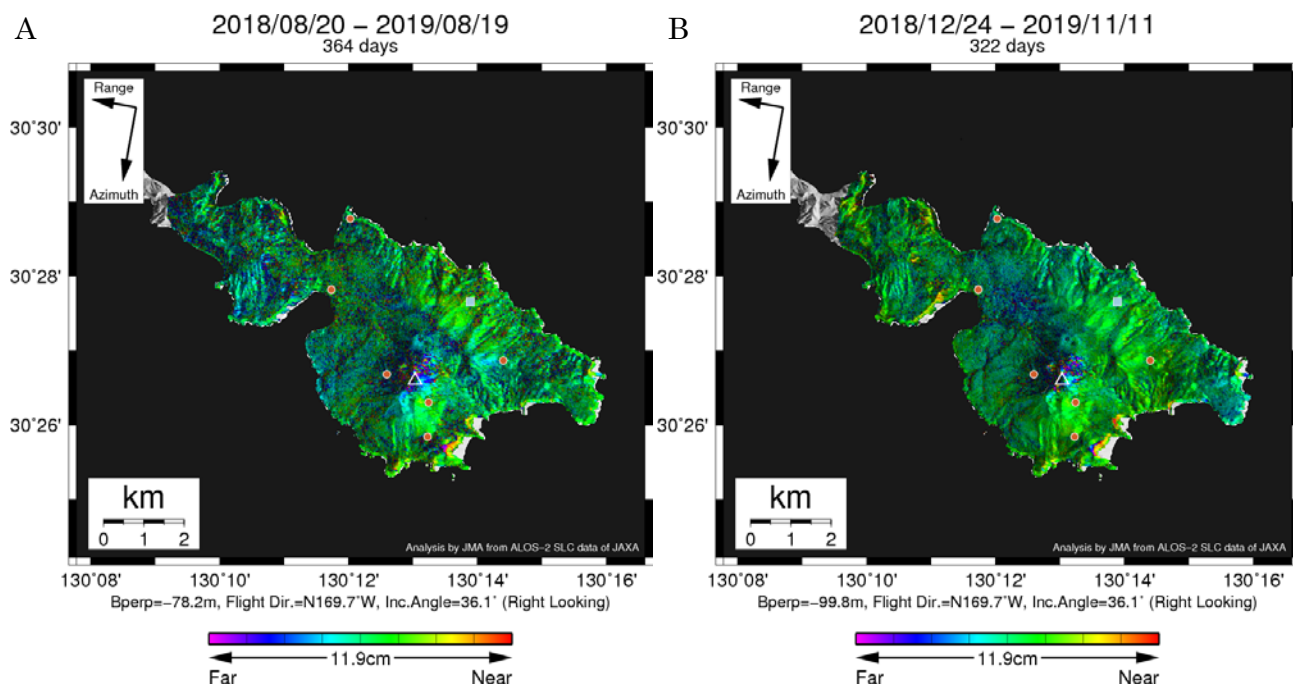
Path-Frame	Orbit	Looking	Inc. angle	Earliest Scene	Latest Scene	Figure No.
23-3000(SM1_U2-7)	南行	右	36.1°	2018.08.20	2019.08.19	第 1 図-A
				2018.12.24	2019.11.11	第 1 図-B
131-600(SM1_U2_7)	北行	右	36.2°	2018.12.18	2019.11.05	第 2 図-C
				2019.05.21	2019.11.05	第 2 図-D

3. 解析結果

南行軌道の長期ペア及び北行軌道の長期ペア、短期ペアについて解析を行った。長期ペアでは、山頂付近で噴火に伴う地表面の状態変化による非干渉領域が認められる。短期ペアでは、ノイズレベルを超えるような位相変化は認められなかった。

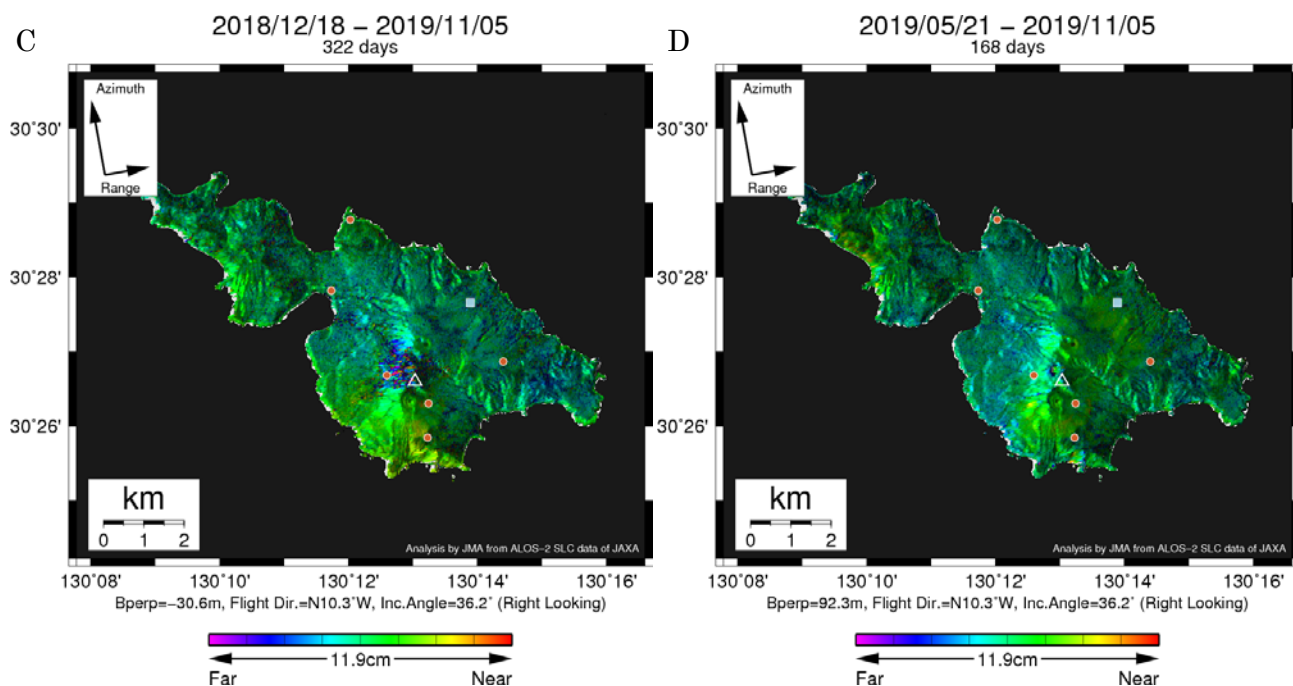
謝辞

本解析で用いた PALSAR-2 データは、火山噴火予知連絡会が中心となって進めている防災利用実証実験（衛星解析グループ）に基づいて、宇宙航空研究開発機構（JAXA）にて観測・提供されたものである。また、一部のデータは、PIXEL で共有しているものであり、JAXA と東京大学地震研究所の共同研究契約により JAXA から提供されたものである。PALSAR-2 に関する原初データの所有権は JAXA にある。PALSAR-2 の解析ソフトウェアは、防災科学技術研究所の小澤拓氏により開発された RINC を使用した。また、処理の過程や結果の描画においては、国土地理院の数値地図 10m メッシュ（標高）を元にした DEHM を、地形の描画には数値地図 25000（行政界・海岸線）のデータを使用した。ここに記して御礼申し上げます。



第 1 図 パス 23 (SM1_U2_7) による口永良部島の干渉解析結果

図中の白三角印は山頂位置を示す。丸印は GNSS 観測点、四角印は傾斜観測点を示す。山頂付近で、噴火に伴う地表面の状態変化による非干渉領域が認められる。



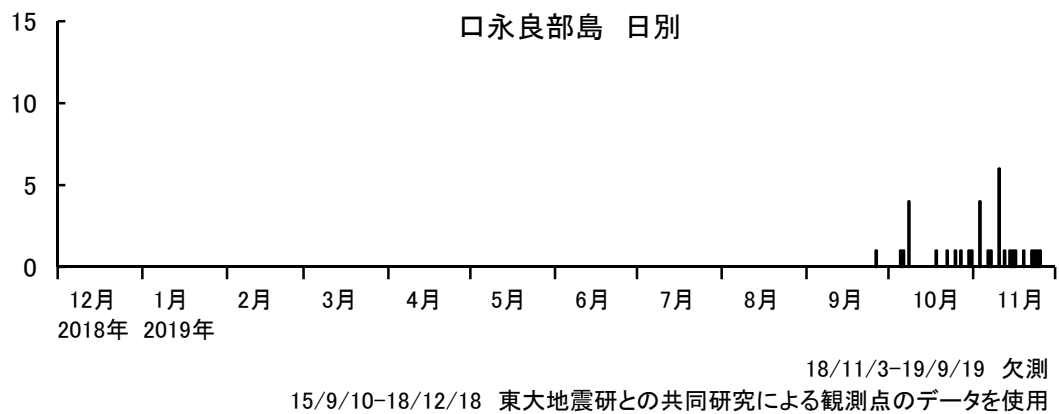
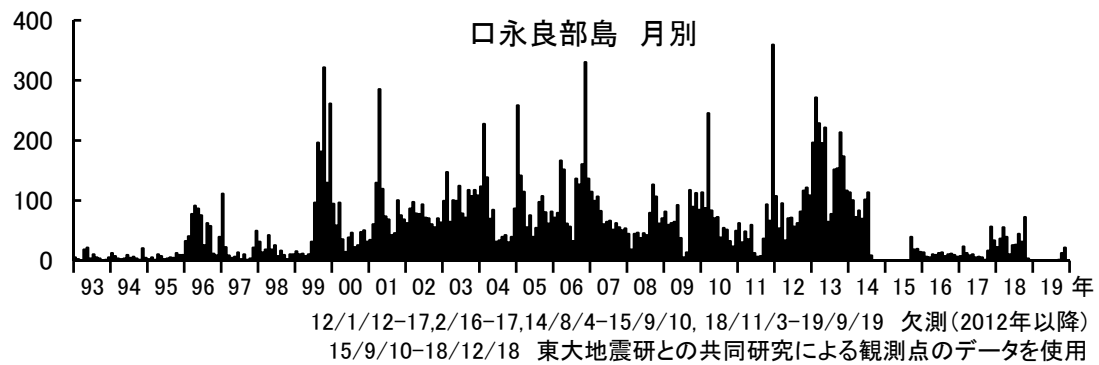
第 2 図 パス 131 (SM1_U2_7) による口永良部島の干渉解析結果

凡例は第 1 図と同様。

長期ペア (C) では山頂付近で、噴火に伴う地表面の状態変化による非干渉領域が認められる。

短期ペア (D) ではノイズレベルを超えるような位相変化は検出されなかった。

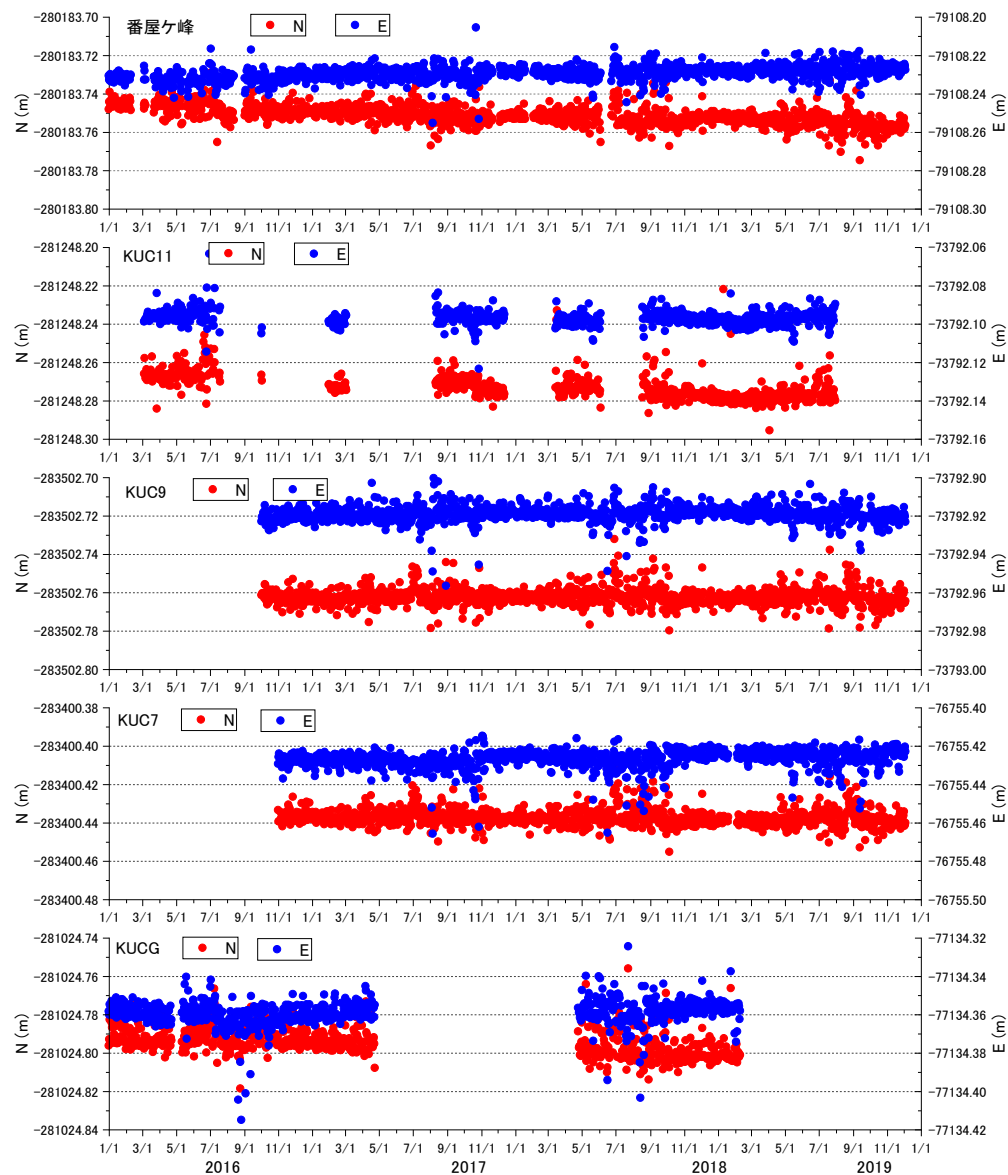
口永良部島における地震活動の推移



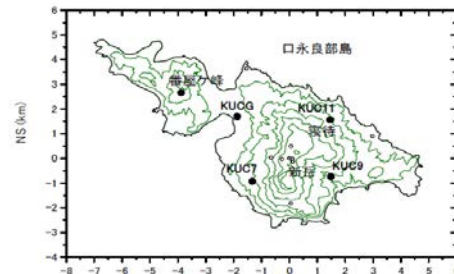
口永良部島における火山性地震の発生回数
(2019年11月30日まで)

口永良部島

口永良部島における水平変位



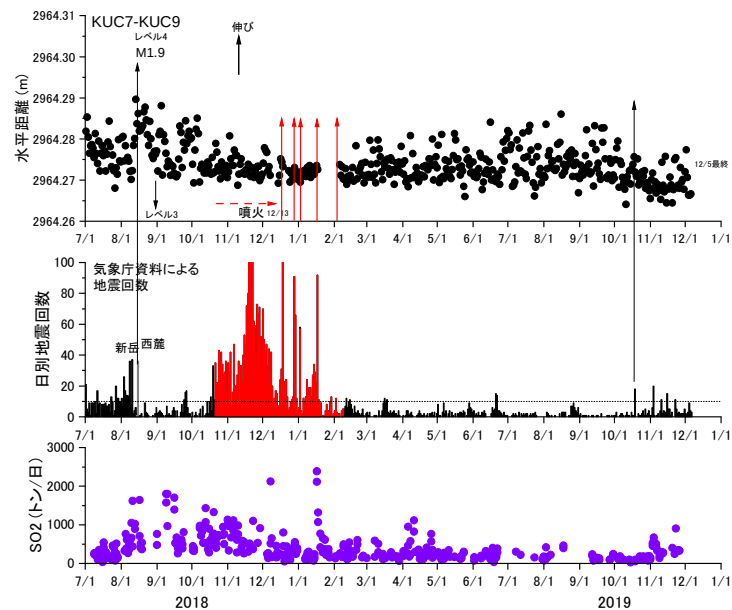
国土地理院電子基準点上屋久2を固定



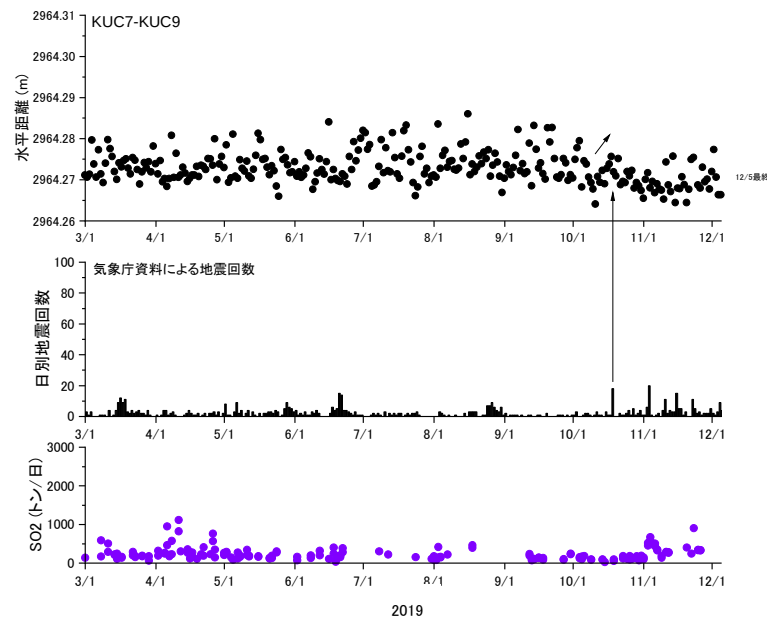
GNSS 連続観測 (2019 年 11 月 30 日まで)

口永良部島

KUC7-KUC9 水平距離変位および地震回数および SO₂ 放出量との相関

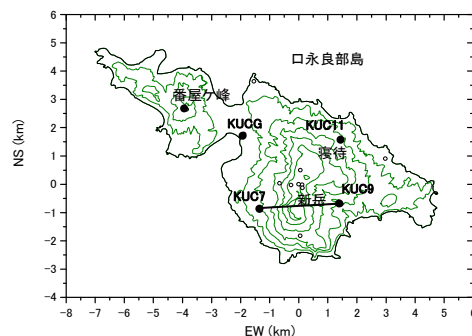


新岳を挟む東西側線の基線長変化 赤矢印は噴火 (2018 年 7 月 1 日～2019 年 12 月 5 日まで)



新岳を挟む東西側線の基線長変化 (2019 年 3 月 1 日～2019 年 12 月 5 日まで)

10 月 17 日の地震に先行して膨張傾向が見られる



口永良部島

第 145 回火山噴火予知連絡会
水準測量結果

京大防災研究所
気象庁
京大理学研究科
屋久島町

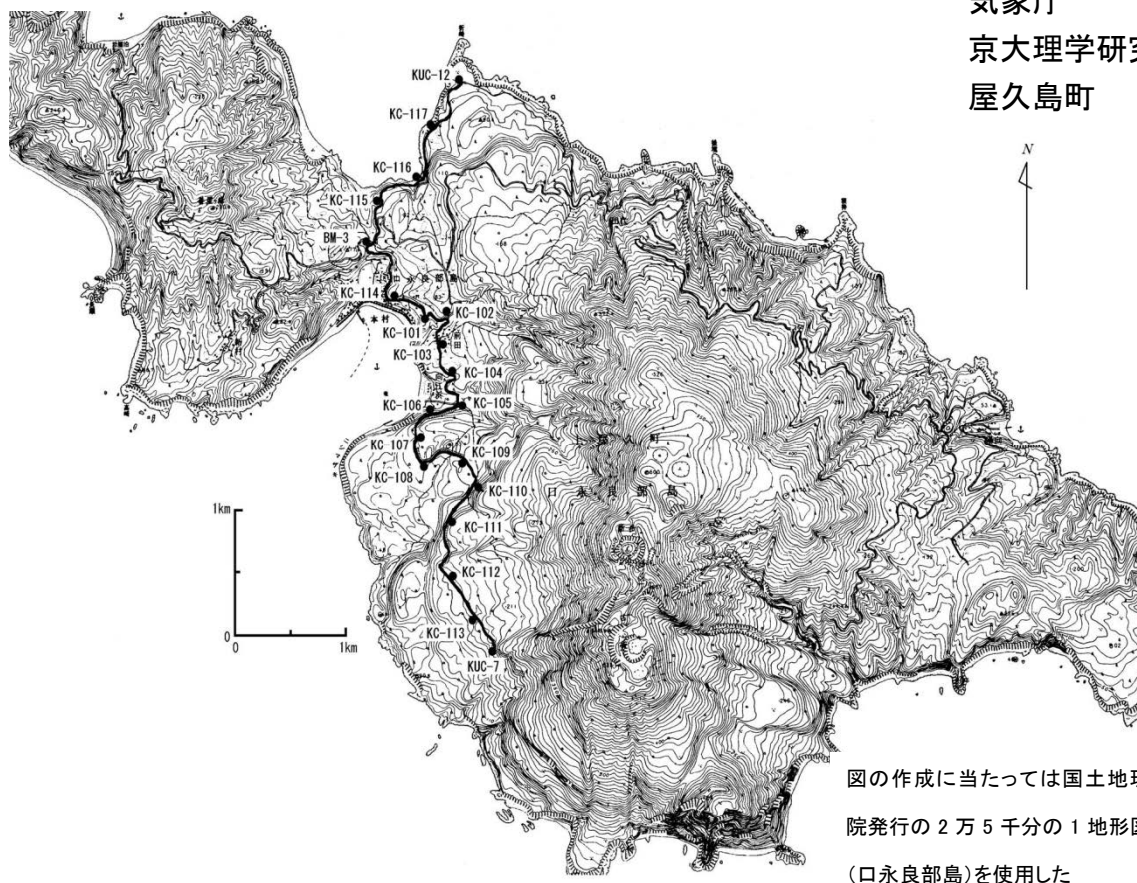


図 1. 口永良部島火山の水準測量路線。

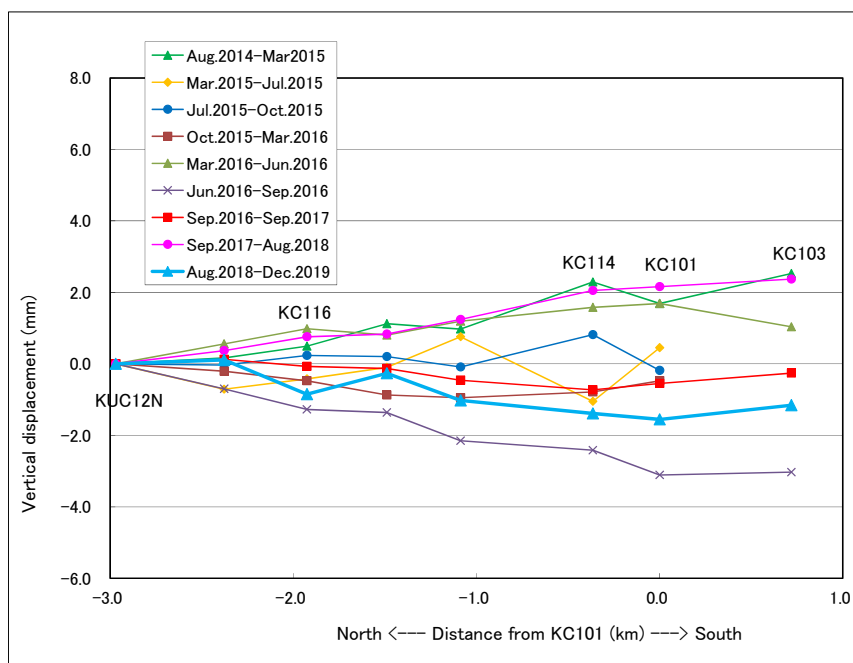


図 2. 水準測量結果。最新の測量は、2019 年 12 月 9 日～10 日に実施（測量区間：KUC12N～KC103）。路線最北部の KUC12N を基準。2018 年 8 月 27 日～28 日（前回測量）～2019 年 12 月 9 日～10 日の期間（図中の水色太線）、路線南部に向かって地盤沈降を示している（KC101 で -1.6 mm）。

口永良部島

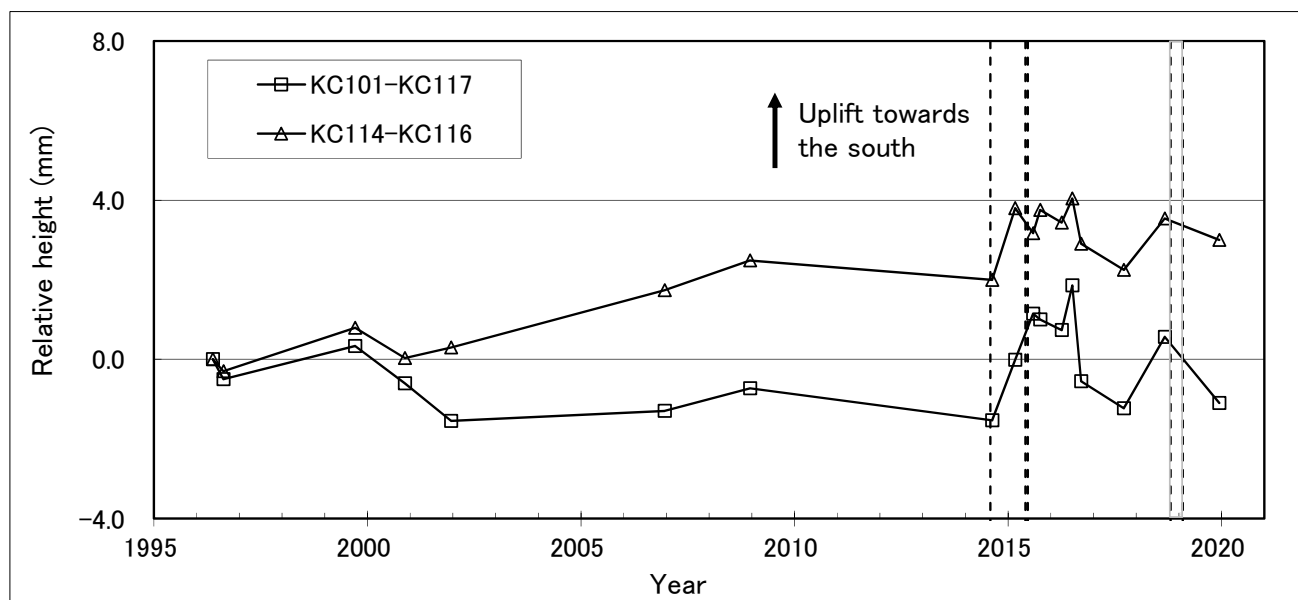
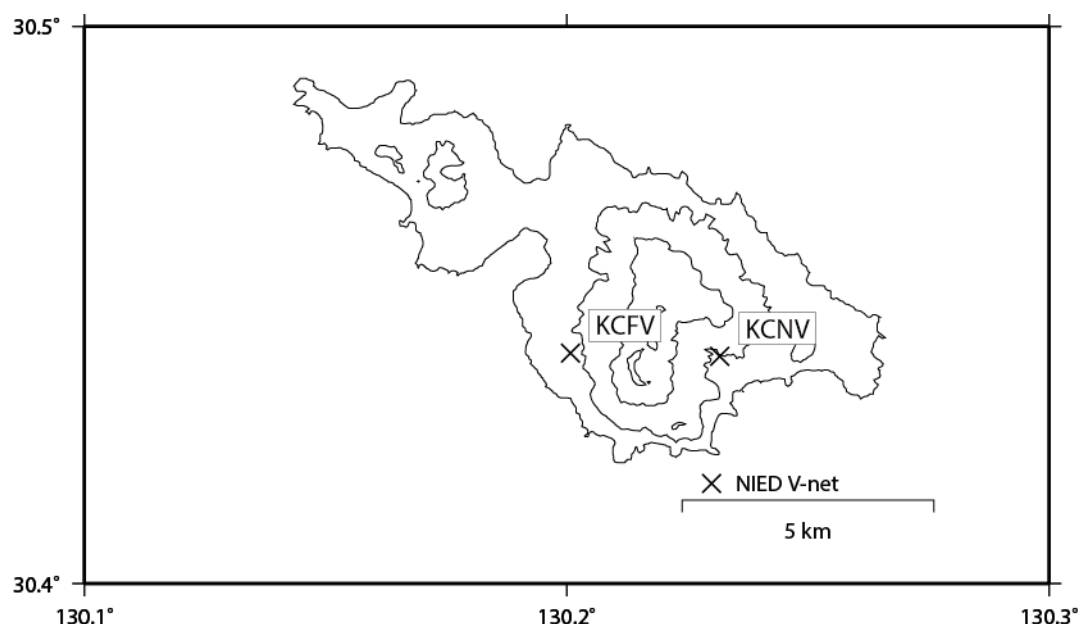


図 3. 1996 年 5 月(水準測量開始)以降の、KC117 を基準とした KC101 の地盤上下変動の経年変化(白四角)および KC116 を基準とした KC114 の地盤上下変動の経年変化(白三角)。破線は、2014 年 8 月 3 日、2015 年 5 月 29 日および 2015 年 6 月 18 日の爆発的噴火のタイミングを示す。破線で囲まれた灰色の期間は、2018 年 10 月 21 日～2019 年 2 月 3 日の連続噴火および爆発的噴火が繰返し生じた期間を示す。

口永良部島の火山活動について



この地図の作成にあたっては、国土地理院発行の
数値地図 50mメッシュ（標高）を使用した。

KCNV=地震計（短周期・広帯域）、気圧計、雨量計、GNSS
KCFV=地震計（短周期・広帯域）、気圧計、雨量計、GNSS

資料概要

○ 2019 年 11 月に七釜観測点（KCNV）が復旧した。

口永良部島の傾斜変動 (2012/4/1~2019/11/30)

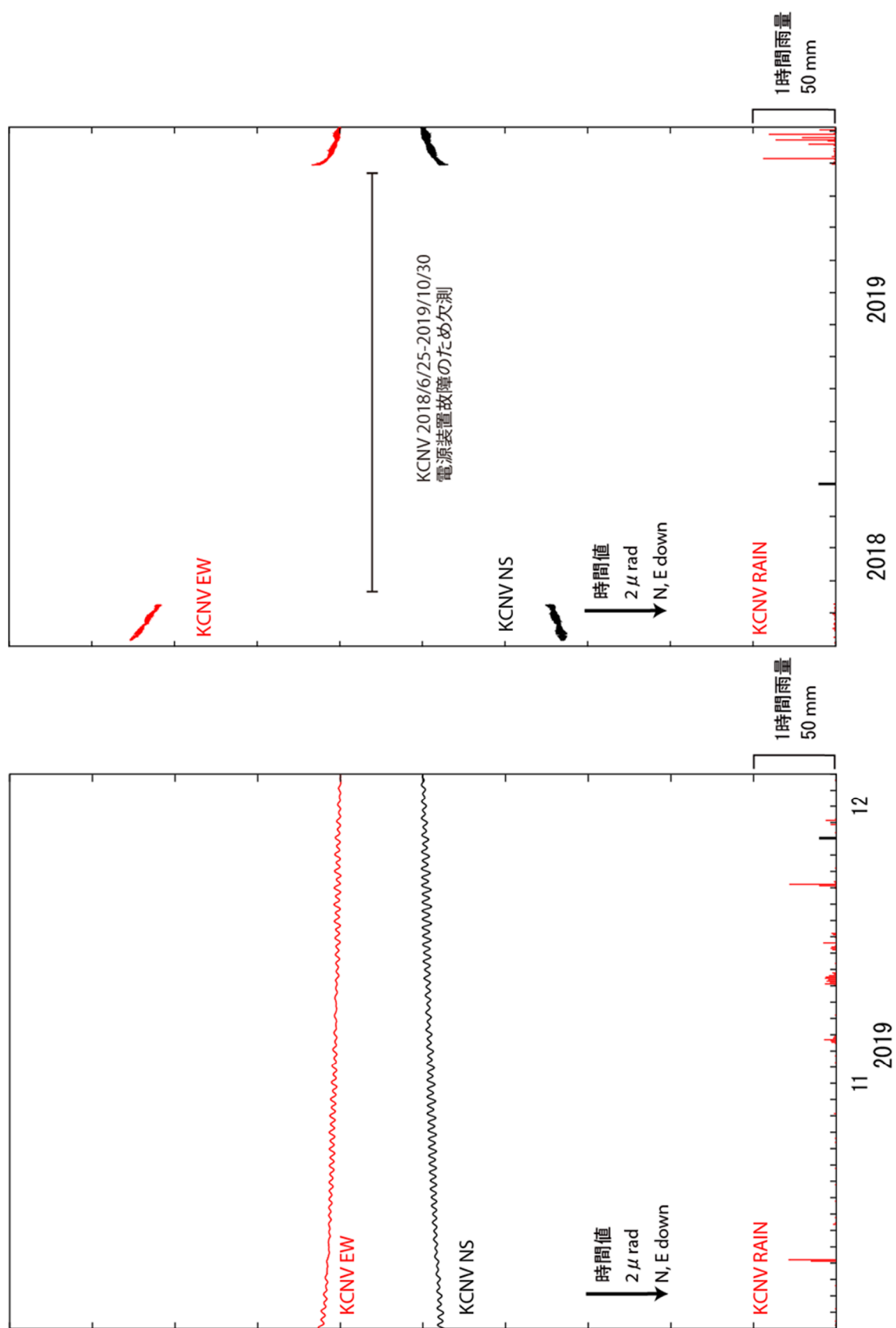
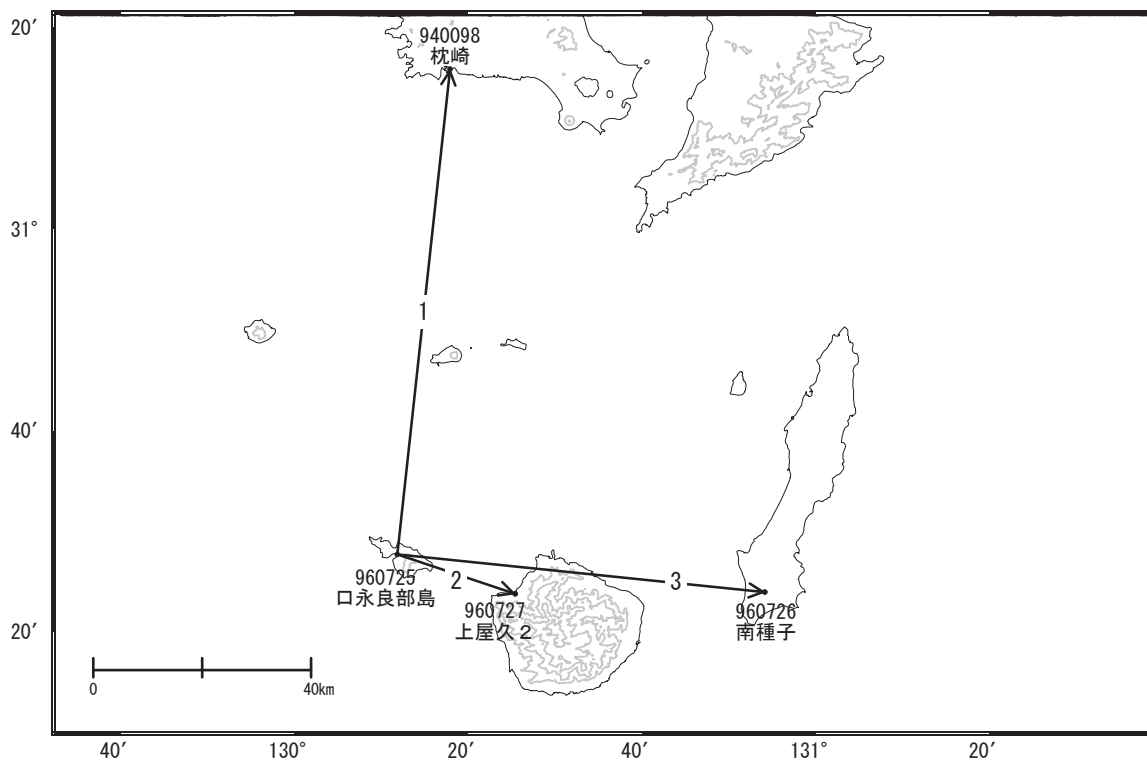


図 1 口永良部島の傾斜変動

口永良部島

顕著な地殻変動は観測されていません。

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)

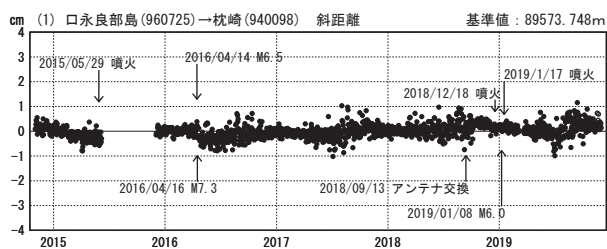


口永良部島周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
940098	枕崎	20180913	アンテナ・受信機交換
		20190107	受信機交換
		20191003	受信機交換
960725	口永良部島	20180205	受信機交換
		20190321	受信機交換
960726	南種子	20160712	受信機交換
		20180206	受信機交換
960727	上屋久2	20161206	受信機交換

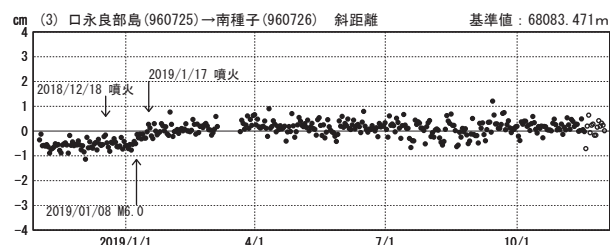
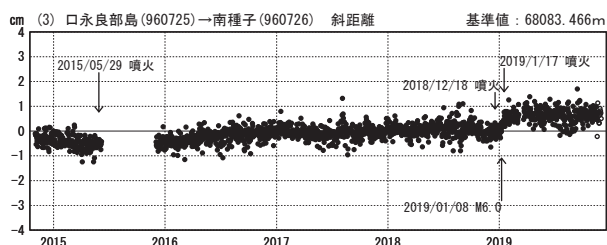
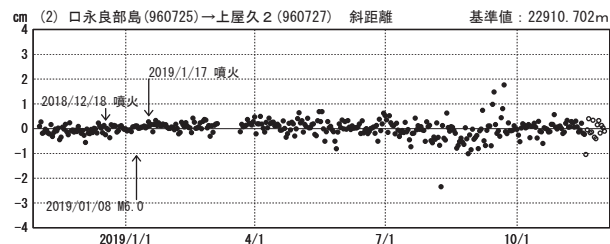
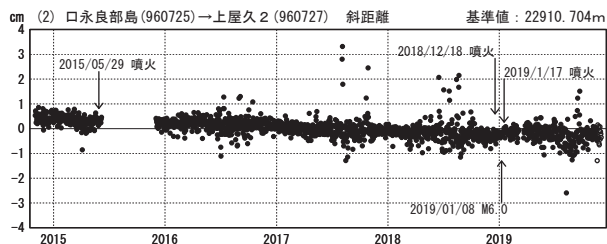
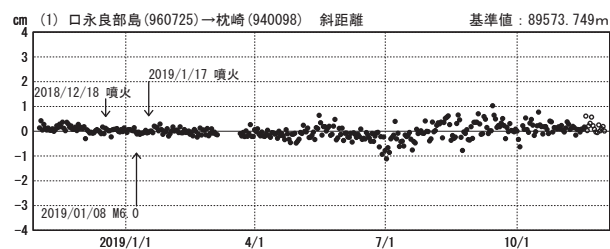
基線変化グラフ（長期）

期間：2014/11/01～2019/11/30 JST



基線変化グラフ（短期）

期間：2018/11/01～2019/11/30 JST

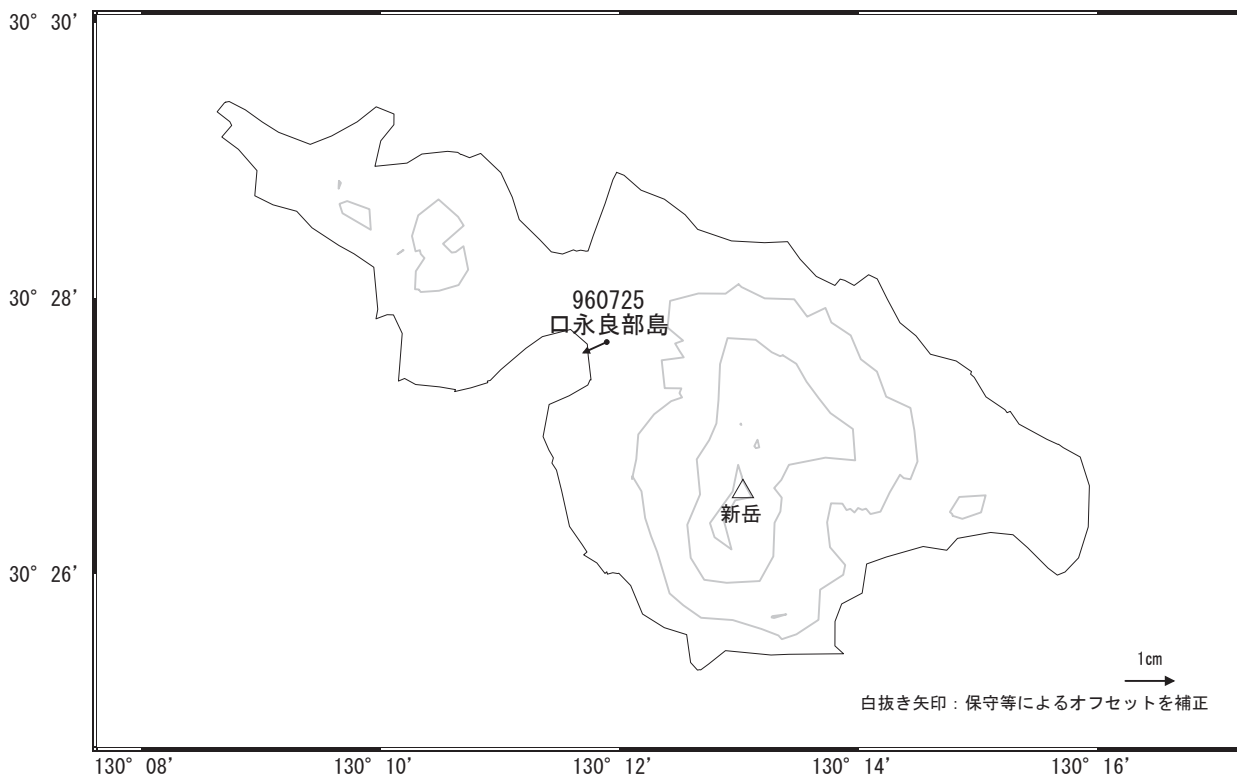


●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

国土地理院

口永良部島周辺の地殻変動（水平：3か月）

基準期間：2019/08/21～2019/08/30[F3:最終解]
比較期間：2019/11/21～2019/11/30[R3:速報解]



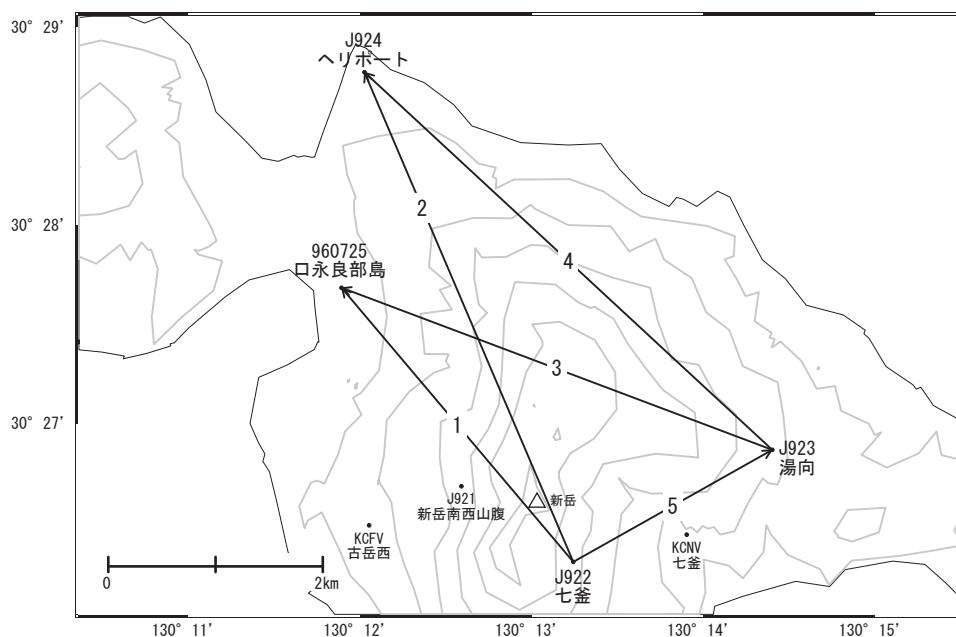
☆ 固定局：枕崎 (940098)

国土地理院・気象庁

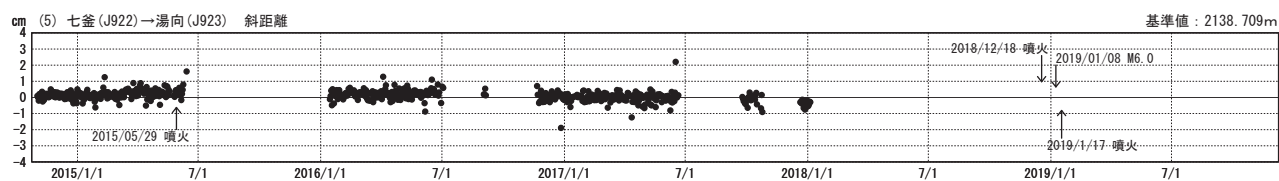
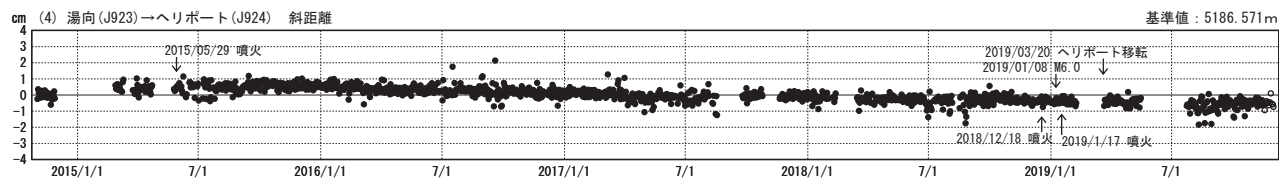
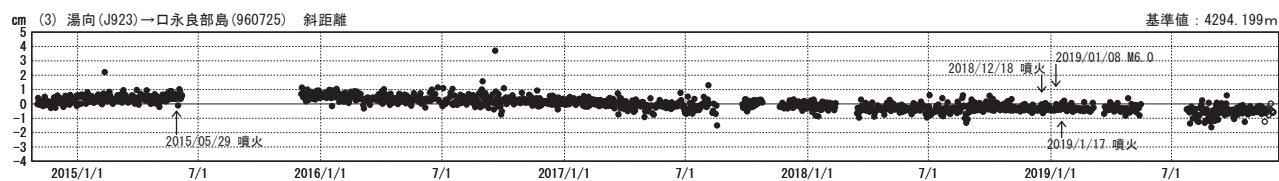
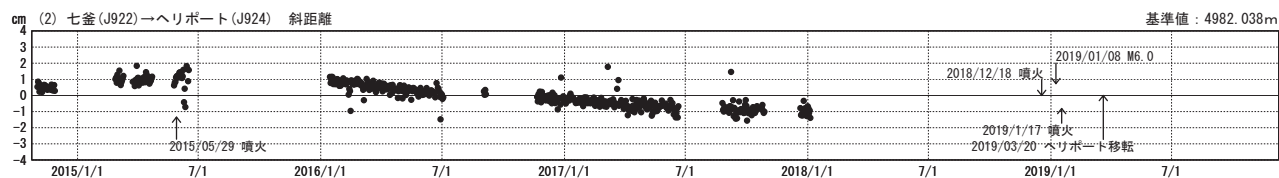
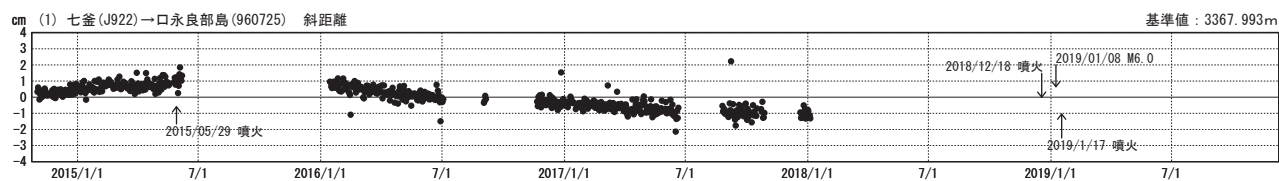
※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

口永良部島

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)



期間: 2014/11/01~2019/11/30 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

国土地理院・気象庁

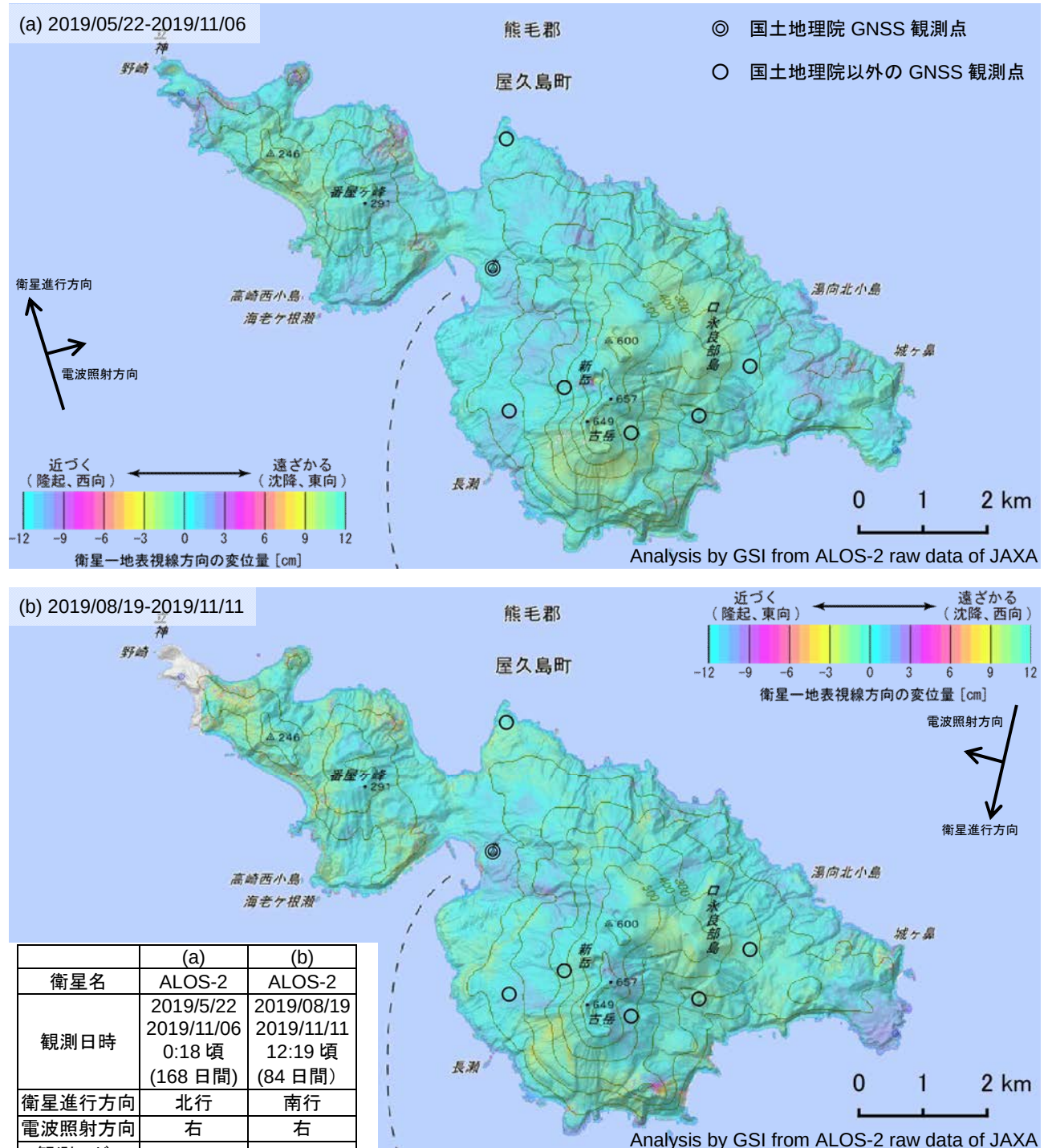
(注) 口永良部島 (960725) は停電のため、2015/6/7~12/2が欠測しました。

※[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

口永良部島の SAR 干渉解析結果について

判読) ノイズレベルを超える変動は見られません。



*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

口永良部島



地形図は国土地理院の電子地形図（タイル）を使用した

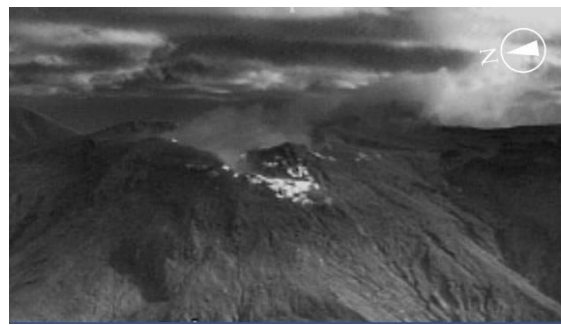
矢印は画像の撮影場所を示す

○ 最近の活動について

年月日	調査機関等	活 動 状 況
2019/11/25	第十管区 海上保安本部	新岳火口及び西側の割れ目付近から大量の白色噴気が認められた（第1図）。 新岳火口西側の割れ目付近に高温域が認められた（第2図）。 古岳火口から少量の白色噴気が認められた（第3図）。 口永良部島漁港内南部に黄緑色の変色水域が分布していた（第4図）。 ニシマザキ南方の海岸に黄緑色の変色水域が幅約 100m、長さ約 200m で分布していた（第4図）。 古岳南東方の海岸にごく薄い青緑色の変色水域が幅約 50m、長さ約 600m で分布していた（第5図）。



第 1 図 口永良部島
新岳火口の白色噴気
2019 年 11 月 25 日 10:57 撮影



第 2 図 口永良部島
新岳火口西側割れ目（熱画像）
2019 年 11 月 25 日 10:57 撮影



第 3 図 口永良部島
古岳火口の白色噴気
2019 年 11 月 25 日 10:46 撮影



第 4 図 口永良部島
口永良部島漁港とニシマザキの変色水域
2019 年 11 月 25 日 10:53 撮影



第 5 図 口永良部島
古岳南東の変色水域
2019 年 11 月 25 日 10:54 撮影