

第 146 回 火山噴火予知連絡会資料

(その2の1)

桜島

令和2年6月 24 日～30 日

火山噴火予知連絡会資料(その2の1)

目次

桜島.....

気象庁	3-35
東工大	36
京大防災研	37-52
産総研	53-56
地理院	57-69
砂防部	70-76

桜 島

(2019 年 12 月～2020 年 6 月 8 日)

南岳山頂火口では、2019年9月以降、噴火活動が活発化している。6月4日02時59分の爆発では、瀬戸観測点で137Paの空振を観測し、大きな噴石が火口から3kmを超えた地点まで飛散しているのを確認した。この爆発後には島内の伸縮計で100nstrainを超える収縮が観測されている。

3月以降は噴火及び爆発の回数は減少傾向であるが、火山灰の総噴出量に大きな変化がないことや噴煙量がやや多量以上の噴火の発生頻度が増していることから、噴火の規模が大きくなる傾向がみられている。

火山ガス（二酸化硫黄）の放出量は、2019年9月以降概ね多い状態であったが、4月以降は減少傾向である。

桜島島内の傾斜計、伸縮計及びGNSS連続観測の基線で、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、2020年4月頃から概ね停滞している。

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いない。

南岳山頂火口では活発な噴火活動が継続している。また、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。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12月～2020年6月8日）

- ・ 噴煙、噴火活動、降灰の状況（図1、図2、図3-1①～③⑤、図4-1①～③⑤、図4-2⑨、図5、図6、図7①～③、図10～11、表1、表3～5）

南岳山頂火口の噴火活動は、活発な状態で経過した。

南岳山頂火口では、6月4日02時59分に爆発が発生し、瀬戸観測点で137Paの空振を観測した。瀬戸観測点で100Paを超える空振を観測したのは、2015年5月21日（昭和火口の爆発）以来であった。8日に鹿児島市東桜島町で実施した現地調査では、大きな噴石が火口より南南西約3kmの地点まで飛散しているのを確認した。噴石による落下痕は直径約6m、深さ約2mであった。大きな噴石が火口から3kmを超えて確認されたのは、1986年11月23日以来である。また、5日に実施した現地調査では、最大約5cmの小さな噴石が、桜島島内の鹿児島市黒神町（南岳山頂火口の東4～5km付近）において確認された。

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）。

5月9日の爆発では、噴煙は最高で火口縁上4,200mまで上がった。3月中旬以降、噴煙量がやや多量以上で噴煙高度が火口縁上3,000mを超える噴火の頻度が増加している（表5及び図12-3参照）。

噴火は2019年12月71回、2020年1月104回、2月129回、3月26回、4月51回、5月51回、6月9回（4日現在）発生した。このうち爆発は2019年12月49回、2020年1月65回、2月67回、3月10回、4月14回、5月24回、6月7回（4日現在）発生した。噴火及び爆発回数ともに3月以降減少傾向である。

噴火回数に占める爆発回数の割合は、2019年12月から2020年2月では約56%であり、前期間（2019年6月～2019年11月、約56%）と同程度であったが、3月以降は30%前後と低くなった（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%）。

また、夜間に高感度の監視カメラで火映を観測しているが、4月以降、観測される頻度が少なくなっている。

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。

2月6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。

3月16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200-300m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火口付近の地形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、2019年12月54g/m²（降灰日数21日）、2020年1月75g/m²（降灰日数12日）、2月21g/m²（降灰日数14日）、3月3g/m²（降灰日数8日）、4月0g/m²（降灰日数2日）、5月19g/m²（降灰日数8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、2019年11月38万トン、12月約28万トン、2020年1月約23万トン、2月約36万トン、3月約16万トン、4月約28万トン、5月約15万トンであった。

・地震や微動の発生状況（図3⑥～⑧、図4-2⑥～⑧、図7④⑤、図8、図9、図11、表2）

B型地震は、2019年12月以降は少ない状態で経過した。B型地震の月回数は2019年12月：174回、2020年1月：260回、2月：413回、3月：302回、4月：244回、5月：158回、6月（4日現在）：25回であった。

A型地震については、南西側を震源とする地震が1月から4月にかけて時々増加した。3月22日には44回発生し、一元化震源で最大M2.0の振幅の大きな地震もみられた。2019年12月：14回、2020年1月：26回、2月：44回、3月：107回、4月：21回、5月：6回、6月（4日現在）：0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0～4km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、2020年3月頃から概ね停滞している。

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。6月1日の南岳山頂火口の噴火前には約6日かけて山体の膨張・隆起が認められ、噴火後に有村伸縮計直交方向で約210nstrainの収縮を観測し、それまでの山体の膨張・隆起は一気に解消された。また6月4日の南岳山頂火口の爆発前でも約2日かけて山体の膨張・隆起が認められ、噴火後に有村伸縮計直交方向で約110nstrainの収縮を観測し、それまでの山体の膨張・隆起は一気に解消された。

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たが、2020年4月以降停滞している。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 4-1④）

火山ガス（二酸化硫黄）の1日あたりの放出量は、2019年9月以降概ね多い状態（2019年12月～3月：概ね2,000～4,000トン）で経過していたが、4月から5月中旬は概ね2,000トン、5月下旬以降は概ね1,000トンと減少傾向がみられている。

表 1 桜島 最近1年間の月別噴火回数（2019年6月～2020年5月）

2019年～2020年		6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	合計
南岳山頂 火口	噴火回数	5	9	0	32	62	137	71	104	129	26	51	51	677
	爆発回数	2	5	0	11	41	77	49	65	67	10	14	24	365
昭和 火口	噴火回数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	爆発回数	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（2019年6月～2020年5月）

2019年～2020年		6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	合計
地震回数		150	101	75	278	697	879	237	351	524	419	273	188	4,172
微動継続時間の合計(時)		8	18	0	26	34	17	9	11	39	32	9	9	212

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
(2019年6月～2020年5月)

2019年～2020年		6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	合計
降灰量 (g/m ²)		3	0	2	115	143	69	54	75	21	3	0	19	504
降灰日数		5	1	6	14	20	23	21	12	14	8	2	8	134

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（2019年6月～2020年5月）

2019年～2020年		6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	合計
降灰量 (万トン)		3	6	4	8	15	38	28	23	36	16	28	15	220

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。

表 5 桜島 主な噴火リスト (2019 年 12 月～2020 年 6 月 8 日)

現象	火口	噴火発生日時 (年月日時分)	色	量	火口縁上の 高さ (m)	流向	噴石 (合目)	火砕流 (m)	桜島島内 最大空振 (Pa)
爆発	山頂 (B)	2019/12/6 22:53	不明	不明	不明	不明	4	-	18.5 (瀬戸)
爆発	山頂 (B)	2019/12/8 18:49	灰白色	やや多量	2600	南東	4	-	20.9 (瀬戸)
爆発	山頂 (A)	2019/12/10 1:15	灰白色	やや多量	3000	東	5	-	25.1 (横山)
爆発	山頂 (A)	2019/12/12 21:09	灰白色	やや多量	3000	南東	7	-	9.1 (横山)
噴火	山頂 (A)	2019/12/24 13:00	灰白色	>やや多量	>3300	南東	-	-	3.4 (横山)
爆発	山頂 (B)	2020/1/22 22:35	不明	不明	不明	不明	4	-	21.6 (瀬戸)
爆発	山頂 (B)	2020/1/29 0:20	灰白色	中量	1200	南東	4	-	31.9 (瀬戸)
爆発	山頂 (B)	2020/1/29 2:26	灰白色	少量	700	南東	4	-	6.2 (横山)
爆発	山頂 (AB)	2020/2/10 1:26	灰白色	中量	1400	南東	3	-	33.1 (瀬戸)
爆発	山頂 (B)	2020/3/17 5:58	灰白色	やや多量	3000	南東	7	-	3.8 (瀬戸)
爆発	山頂 (B)	2020/3/21 23:48	灰白色	やや多量	2800	東	4	-	22.2 (瀬戸)
噴火	山頂 (B)	2020/4/4 16:21	灰白色	やや多量	3800	南東	7	-	4.7 (横山)
噴火	山頂 (AB)	2020/4/5 16:06	灰白色	やや多量	3500	南東	-	-	1.2 (瀬戸)
爆発	山頂 (B)	2020/4/15 3:49	灰白色	やや多量	2500	東	4	-	7.5 (横山)
爆発	山頂 (AB)	2020/4/27 22:46	灰色	>やや多量	>3000	東	7	-	1 (瀬戸)
爆発	山頂 (B)	2020/5/9 5:31	灰白色	やや多量	4200	北	7	-	11.6 (横山)
噴火	山頂 (AB)	2020/5/27 13:23	灰白色	やや多量	3000	東	-	-	0.8 (瀬戸)
噴火	山頂 (B)	2020/6/1 13:37	灰白色	>やや多量	>3000	東	不明	不明	4.3 (瀬戸)
爆発	山頂 (A)	2020/6/4 2:59	灰白色	>中量	>1500	東	1	-	136.8 (瀬戸)
爆発	山頂 (B)	2020/6/4 16:38	灰白色	やや多量	3700	南東	不明	-	12.6 (横山)
爆発	山頂 (B)	2020/6/5 1:30	灰白色	やや多量	3700	南東	6	-	16.6 (横山)

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

3 月中旬以降、噴煙が火口縁上 3000m を越える噴火の頻度が増加している

※青塗りは掲載基準となった観測データを示す。

※「火口」列の「山頂 (A)」は A 火口からの噴火、「山頂 (B)」は B 火口からの噴火を示す。A、B の判別が困難な噴火は「山頂 (A B)」と表記している。



図 1-1 桜島 6 月 4 日 02 時 59 分の南岳山頂火口の爆発の状況（東郡元監視カメラ）

- ・ 監視カメラによる観測では弾道を描いて飛散する大きな噴石が南岳山頂火口から 2 km 近くまで飛散しているのを確認した。
- ・ 6 月 8 日の現地調査で、大きな噴石を火口より約 3 km 地点で確認した。大きな噴石が火口から 3 km を超えて確認されたのは、1986 年 11 月 23 日以来である。



図 1-2 桜島 6 月 8 日の現地調査で大きな噴石による落下痕を確認した地点

6 月 4 日 02 時 59 分に発生した爆発によるとみられる大きな噴石を火口より南南西約 3 km の地点（鹿児島市東桜島町）で確認した。



図 1-3 桜島 大きな噴石による落下痕の状況（写真提供：鹿児島市）
落下痕の大きさは、直径約 6 m、深さ約 2 m であった。



図 1-4 桜島 落下痕の周辺で確認した大きな噴石の破片（写真提供：鹿児島市）



図 1-5 桜島 6 月 4 日 02 時 59 分の南岳山頂火口の爆発に伴い降下した小さな噴石
 (鹿児島市黒神町(塩屋ヶ元港)で撮影)
 及び小さな噴石による被害写真(鹿児島市黒神町、写真提供:鹿児島市)
 桜島島内の黒神町(塩屋ヶ元港)で長径が最大で約 5 cm の小さな噴石を確認した。

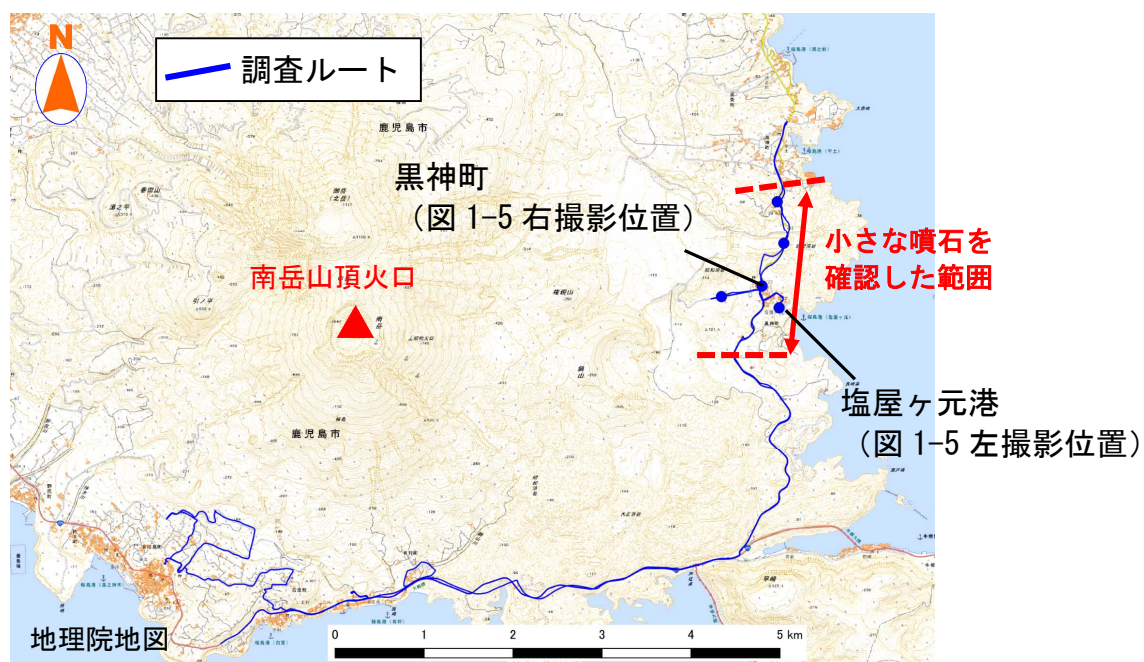


図 1-6 桜島 6 月 4 日 02 時 59 分の南岳山頂火口の爆発に伴う小さな噴石の確認範囲
 桜島島内の鹿児島市黒神町(南岳山頂火口の東 4 ~ 5 km 付近)において確認した。



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）

観測中に肉眼で火映は確認できなかったが、黒神河原からの観測中に南岳山頂火口から噴火が発生し、デジタルカメラで火口内が赤く見えるのを確認した。

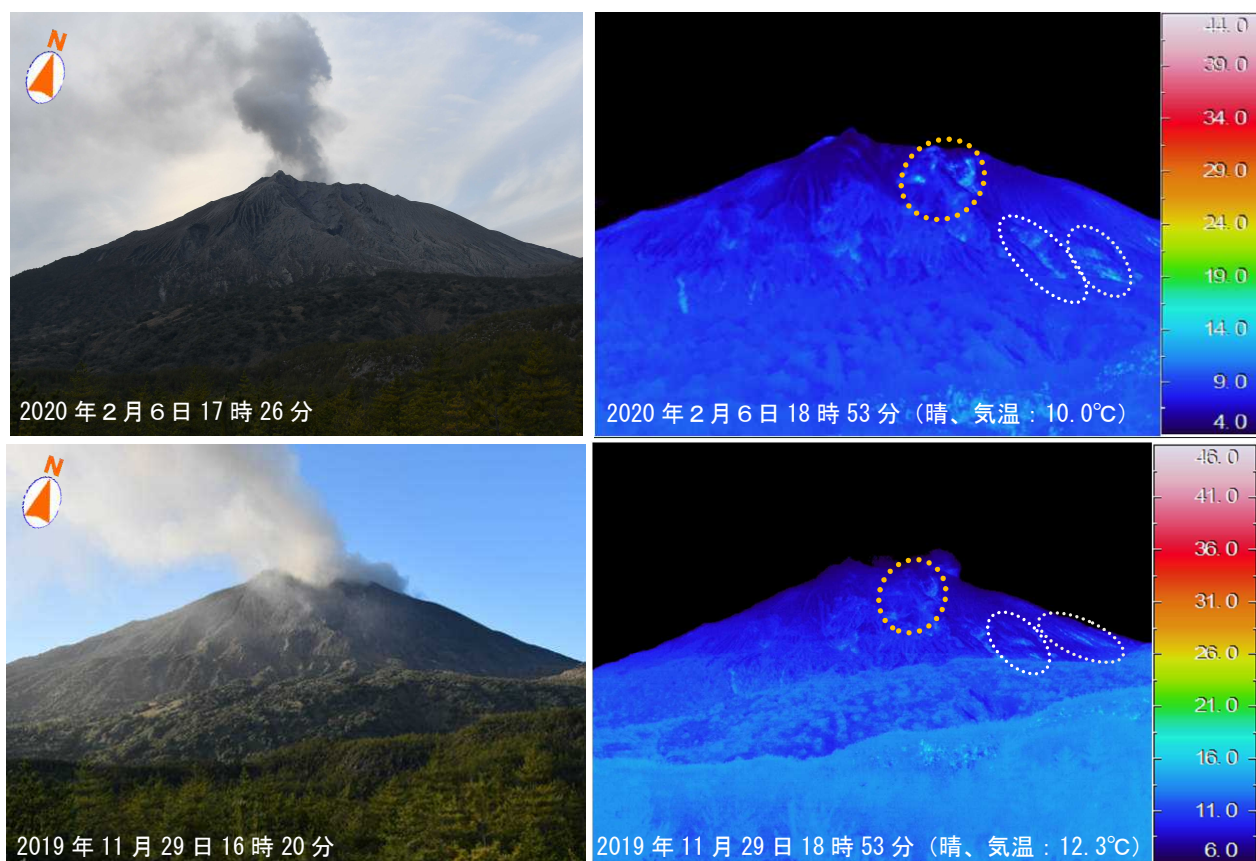


図 2-2 桜島 昭和火口近傍及び南岳南東側山腹の状況（鹿児島市有村町から観測）

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。

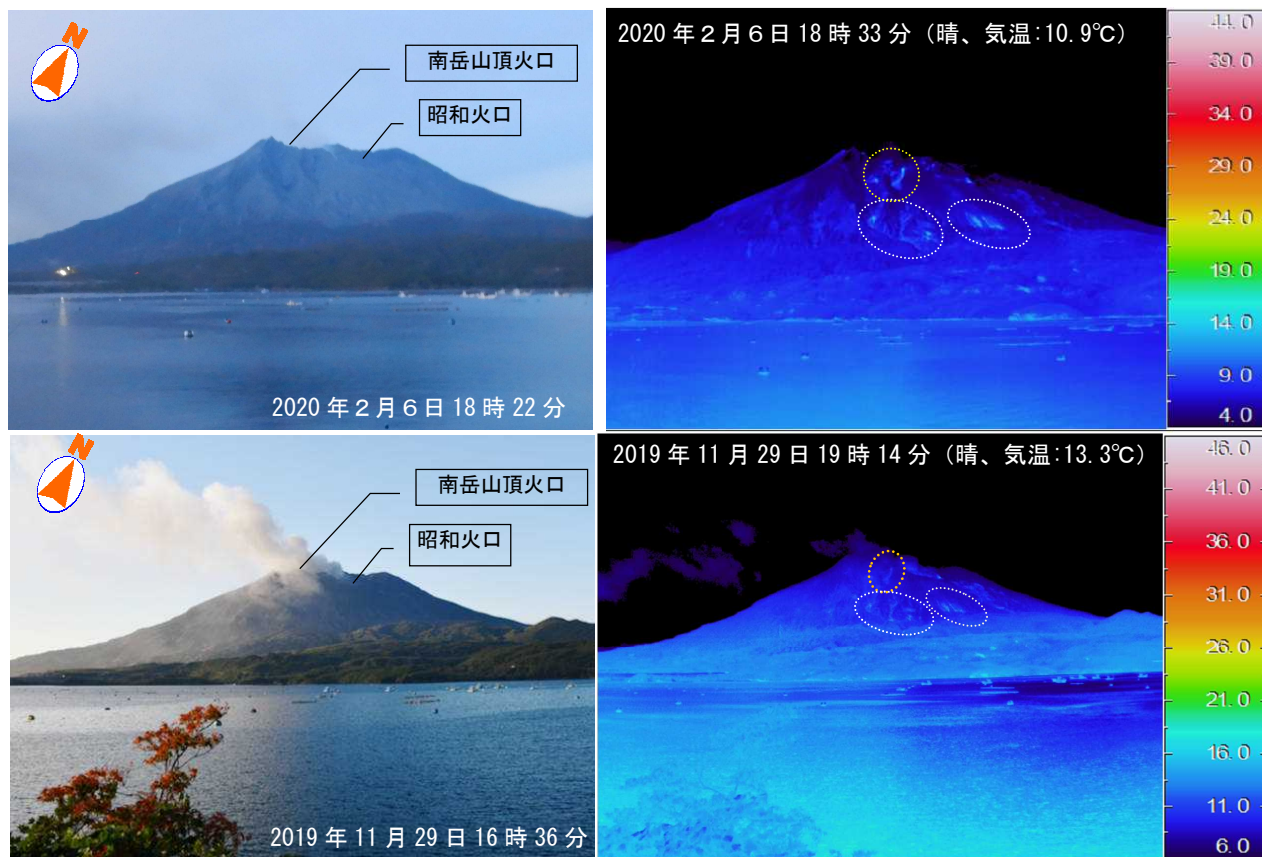


図 2-3 桜島 南岳南東側山腹の状況 (海淵トンネル脇道から観測)

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。

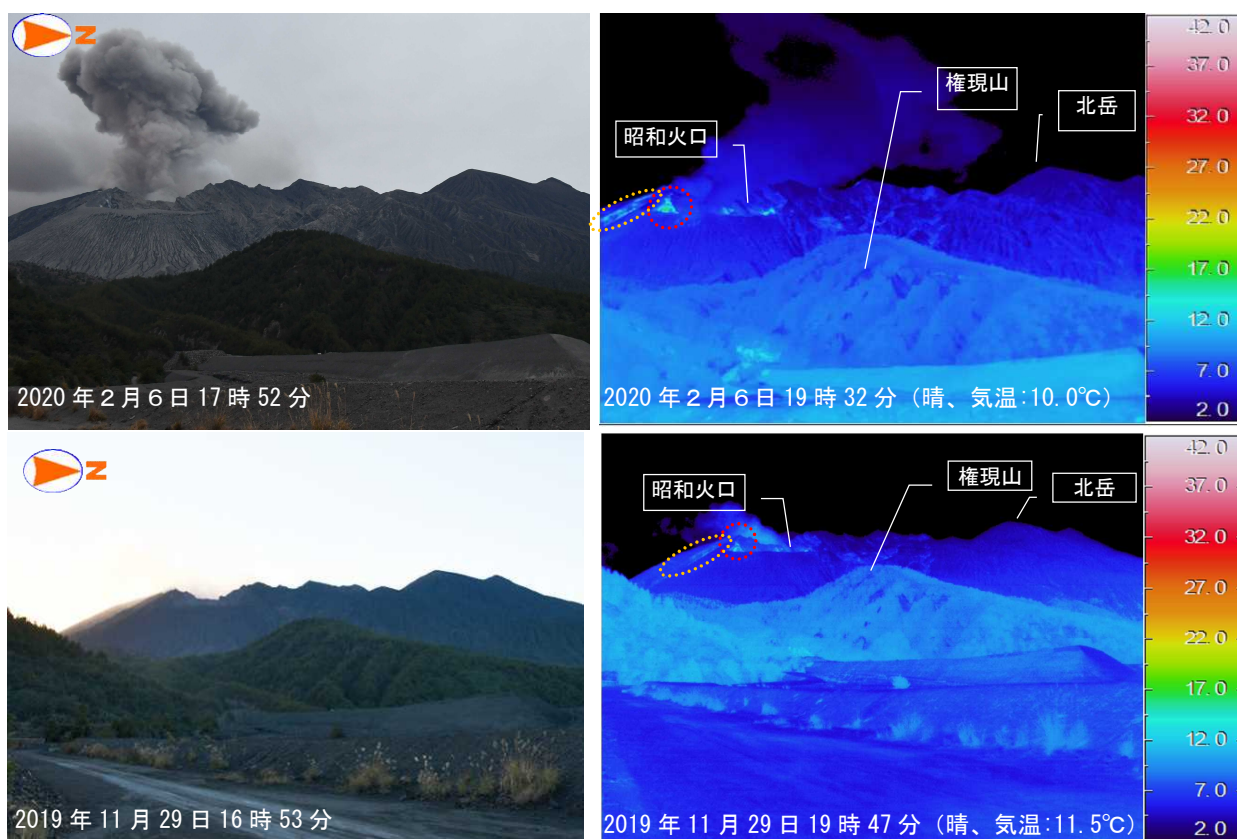


図 2-4 桜島 昭和火口近傍及び周辺の状況 (黒神河原から観測)

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

3 月 16 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。南岳山頂火口では南岳山頂火口では乳白色の噴煙が火口縁上 200～300m 程度まで上がっており、南に流れていた。火口内は、噴煙のため確認できなかった。A、B 火口付近の地形に特段の変化はなかった。



図 2-6 桜島 図 2-1～図 2-5 の観測位置及び撮影方向

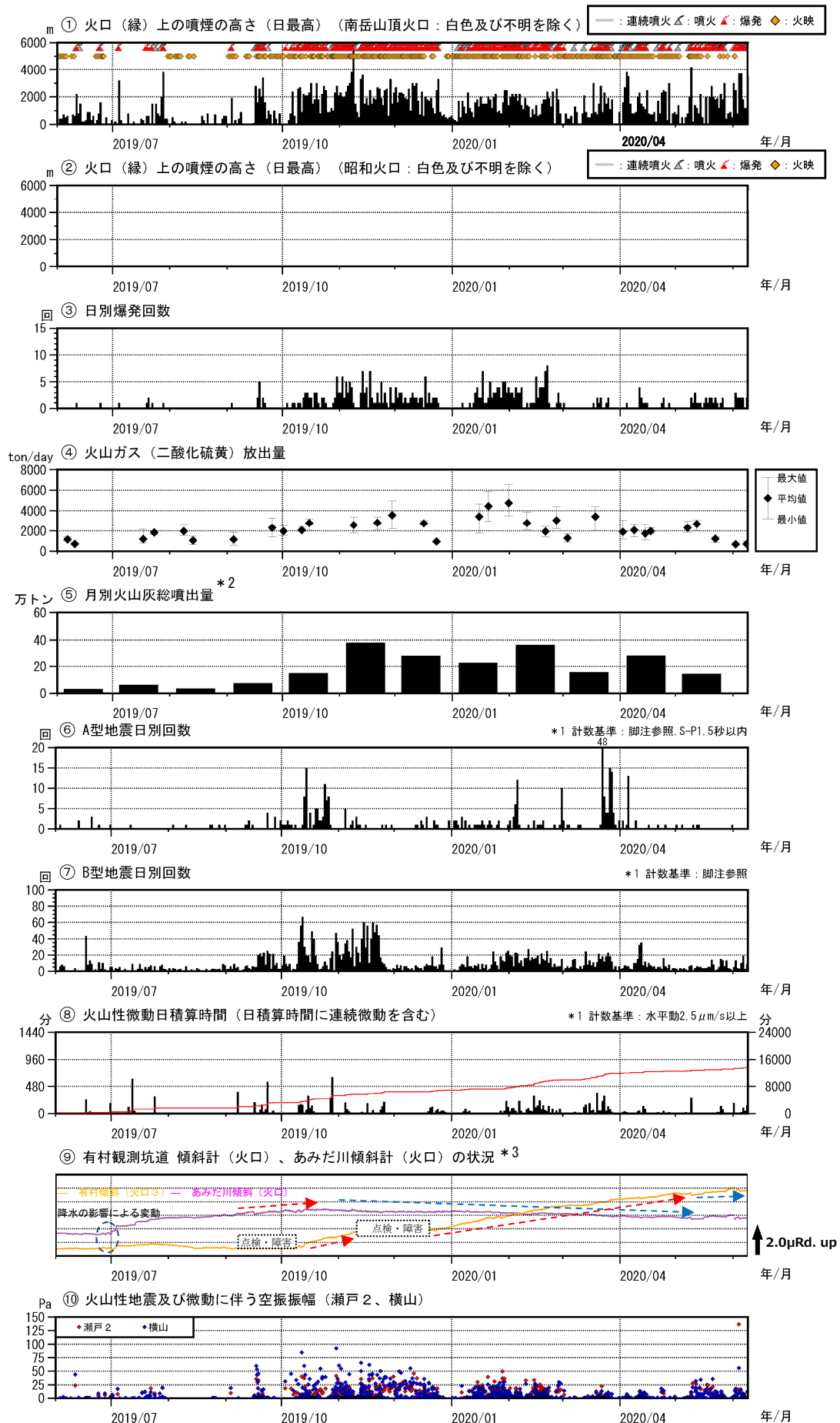


図3 桜島 最近1年間の活動状況（2018年11月～2020年5月）

※ 図の説明は次ページに掲載している。

図 3 の説明

＜2019 年 12 月～2020 年 5 月の状況＞

- ・ 火映の観測頻度は 4 月以降、少なくなっている。
- ・ 火山ガス（二酸化硫黄）の 1 日あたりの放出量は、2019 年 9 月以降概ね多い状態（2019 年 12 月～3 月：概ね 2,000～4,000 トン）で経過していたが、4 月から 5 月中旬は概ね 2,000 トン、5 月下旬以降は概ね 1,000 トンと減少傾向がみられている。
- ・ 火山灰の月別噴出量は、噴火活動が活発となった 2019 年 9 月以降、やや多い状態が続いている。
- ・ B 型地震は概ね少ない状態で経過している。A 型地震については、桜島の南西側を震源とする地震が 1 月から 4 月にかけて時々増加した。
- ・ 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）、あみだ川傾斜計では 10 月下旬以降停滞しており、有村傾斜計では 5 月以降鈍化している（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 μ 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 μ m/s 横山：水平動 1.0 μ m/s）している。

*2 図 3⑤、図 4-1-⑤、図 9③、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気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 3⑨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 3：-9.3 $\times 10^{-9}$ rad/day、あみだ川火口方向-7.5 $\times 10^{-9}$ rad/day のトレンド補正を行っている。

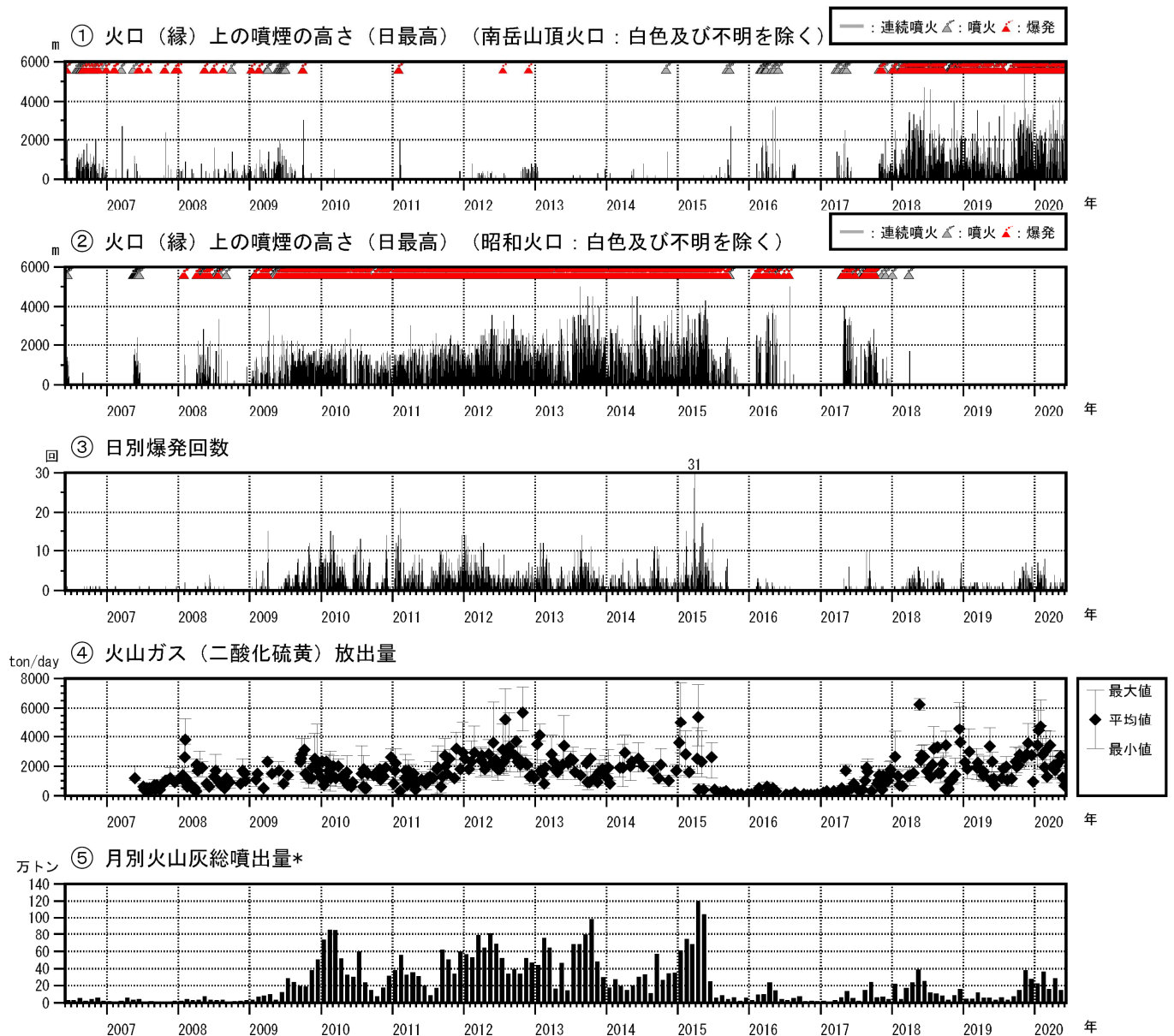


図 4-1 桜島 昭和火口噴火活動再開（2006 年 6 月）以降の噴煙、火山灰、火山ガスの状況
 （2006 年 6 月～2020 年 5 月）

⑤の 2019 年 12 月から 2020 年 5 月の総降灰量は約 146 万トンで、噴火活動が活発となった 2019 年 9 月以降、やや増加している（前期間（2019 年 6 月～11 月）：約 74 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。

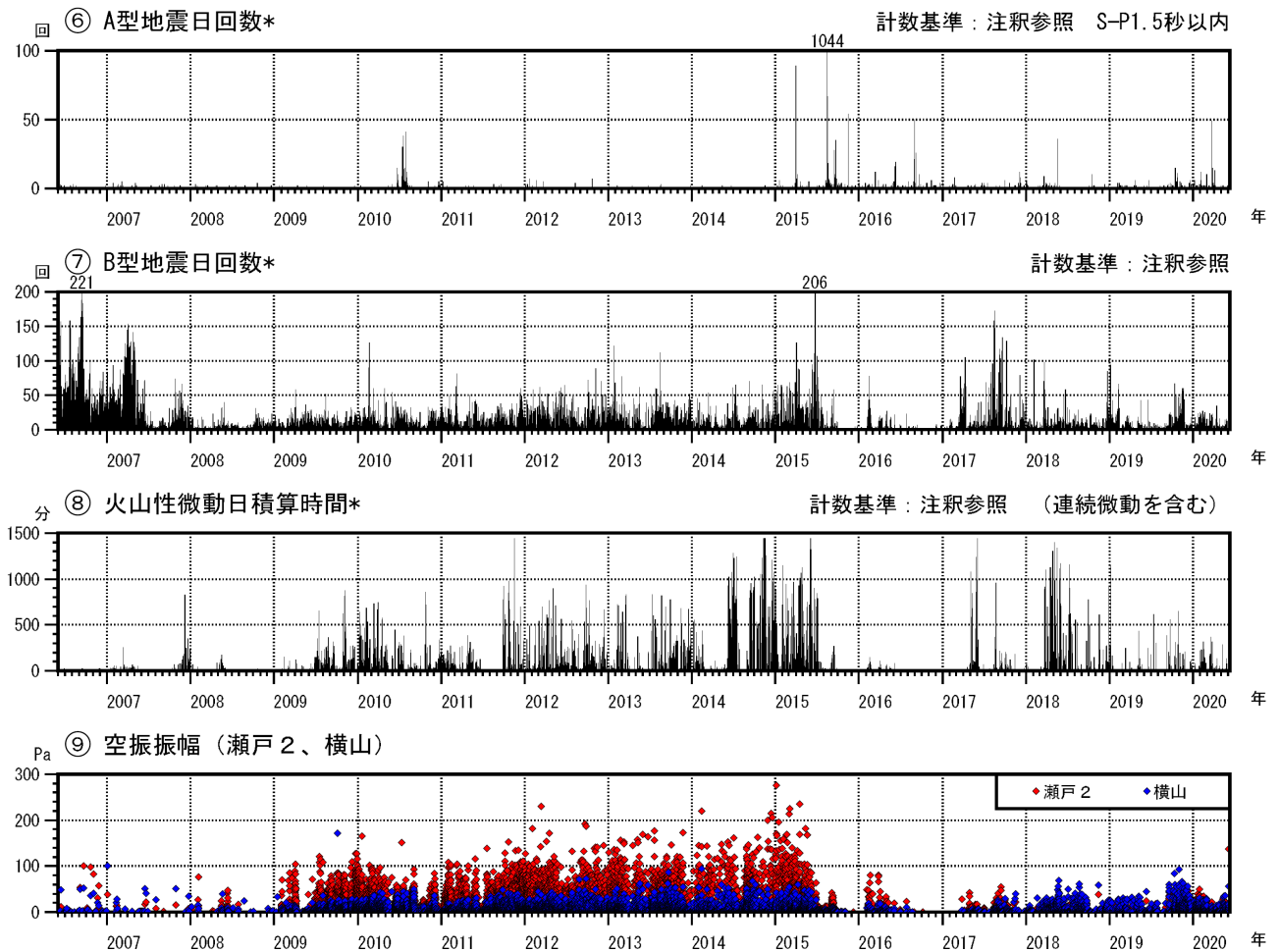


図 4-2 桜島 昭和火口噴火活動再開 (2006 年 6 月) 以降の地震、微動、空振の状況
(2006 年 6 月～2020 年 6 月 8 日)

⑨爆発に伴う空振は、2019 年 10 月以降、桜島島内の観測点で時々 50Pa を超えるなど、やや振幅が増大したが、2020 年 2 月以降は減少した。6 月 4 日の爆発では、瀬戸観測点で 137Pa の空振を観測した

*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。

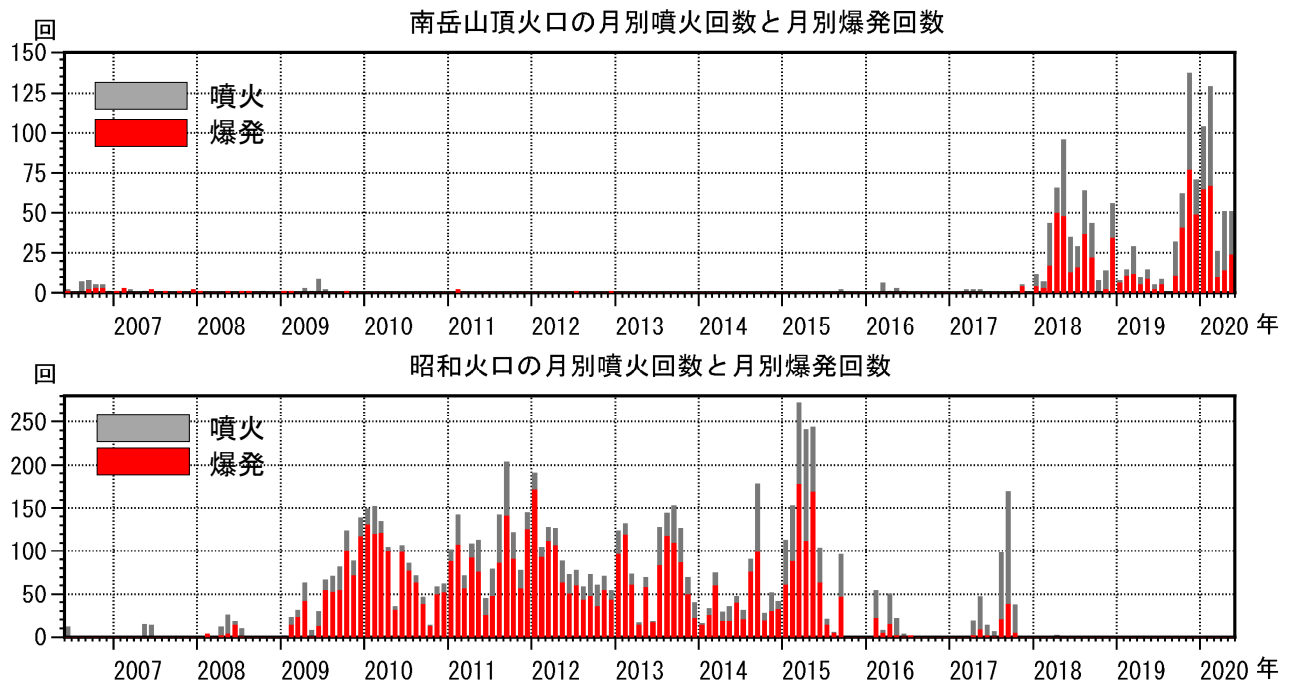


図5 桜島 南岳山頂火口と昭和火口の月別爆発回数

(2006 年 6 月～2020 年 5 月)

- ・南岳山頂火口での噴火は、2019 年 12 月 71 回、2020 年 1 月 104 回、2 月 129 回、3 月 26 回、4 月 51 回、5 月 51 回発生した。このうち爆発は 2019 年 12 月 25 回、2020 年 1 月 65 回、2 月 67 回、3 月 10 回、4 月 14 回、5 月 24 回発生した。噴火及び爆発回数ともに 3 月以降減少傾向である。
- ・昭和火口での噴火は観測されなかった。

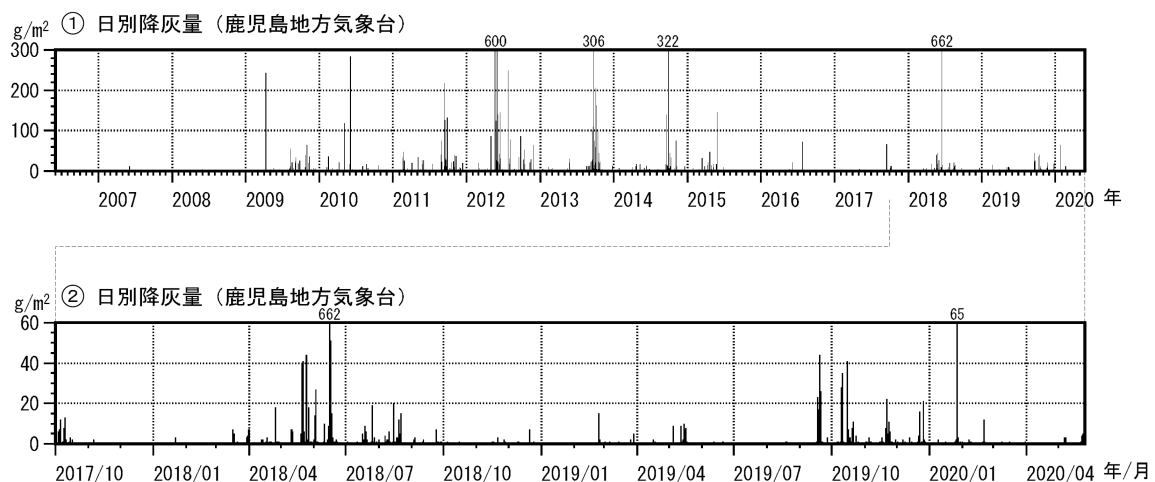


図6 桜島 鹿児島地方気象台での降灰量 (2006 年 6 月～2020 年 5 月)

鹿児島地方気象台では、2019 年 12 月 $54\text{g}/\text{m}^2$ (降灰日数 21 日)、2020 年 1 月 $0\text{g}/\text{m}^2$ (降灰日数 1 日)、2 月 $21\text{g}/\text{m}^2$ (降灰日数 14 日)、3 月 $3\text{g}/\text{m}^2$ (降灰日数 8 日)、4 月 $0\text{g}/\text{m}^2$ (降灰日数 2 日)、5 月 $19\text{g}/\text{m}^2$ (降灰日数 8 日) の降灰を観測した。

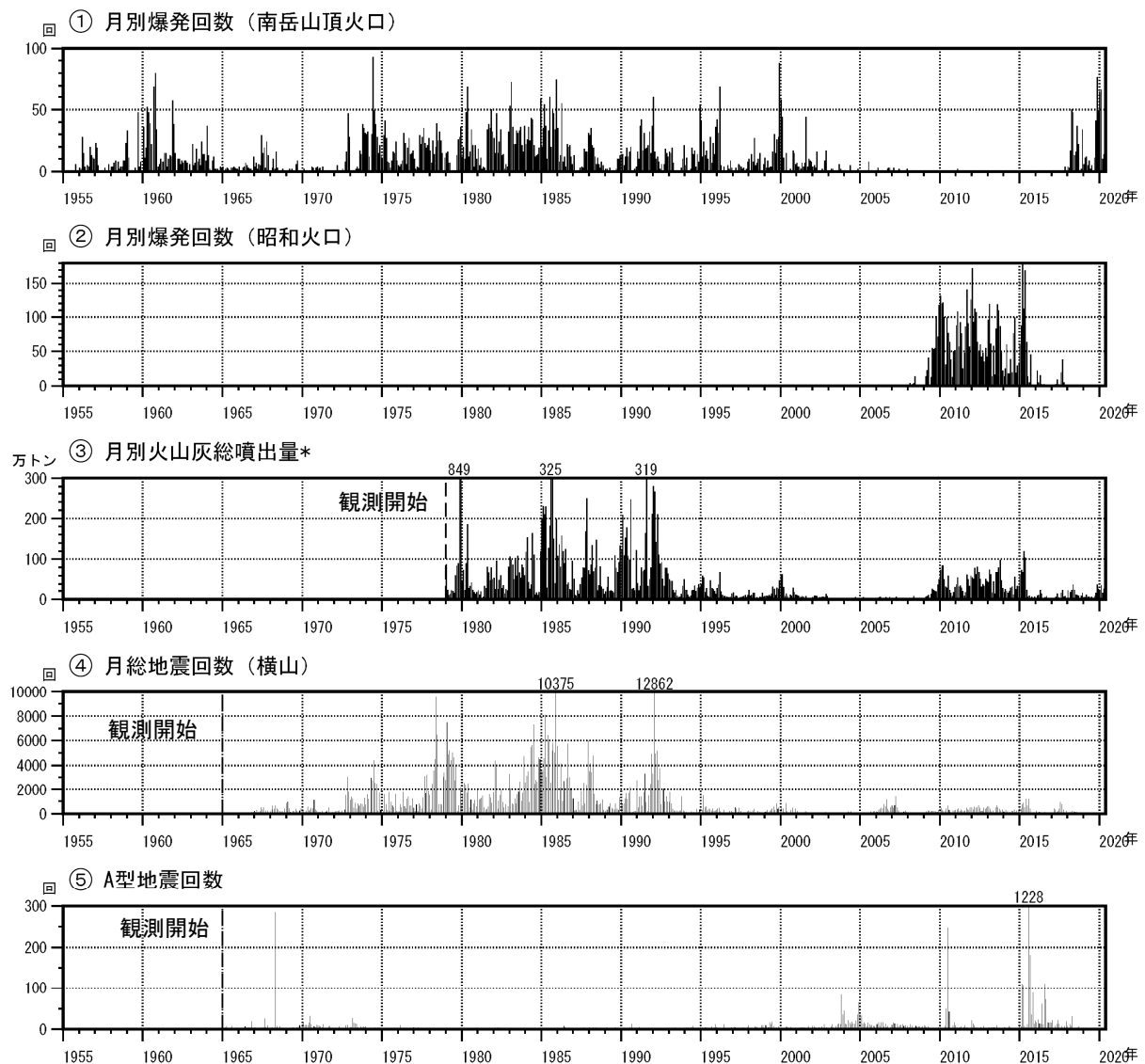


図 7 桜島 長期の活動状況（1955 年 1 月～2020 年 5 月）

* 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。

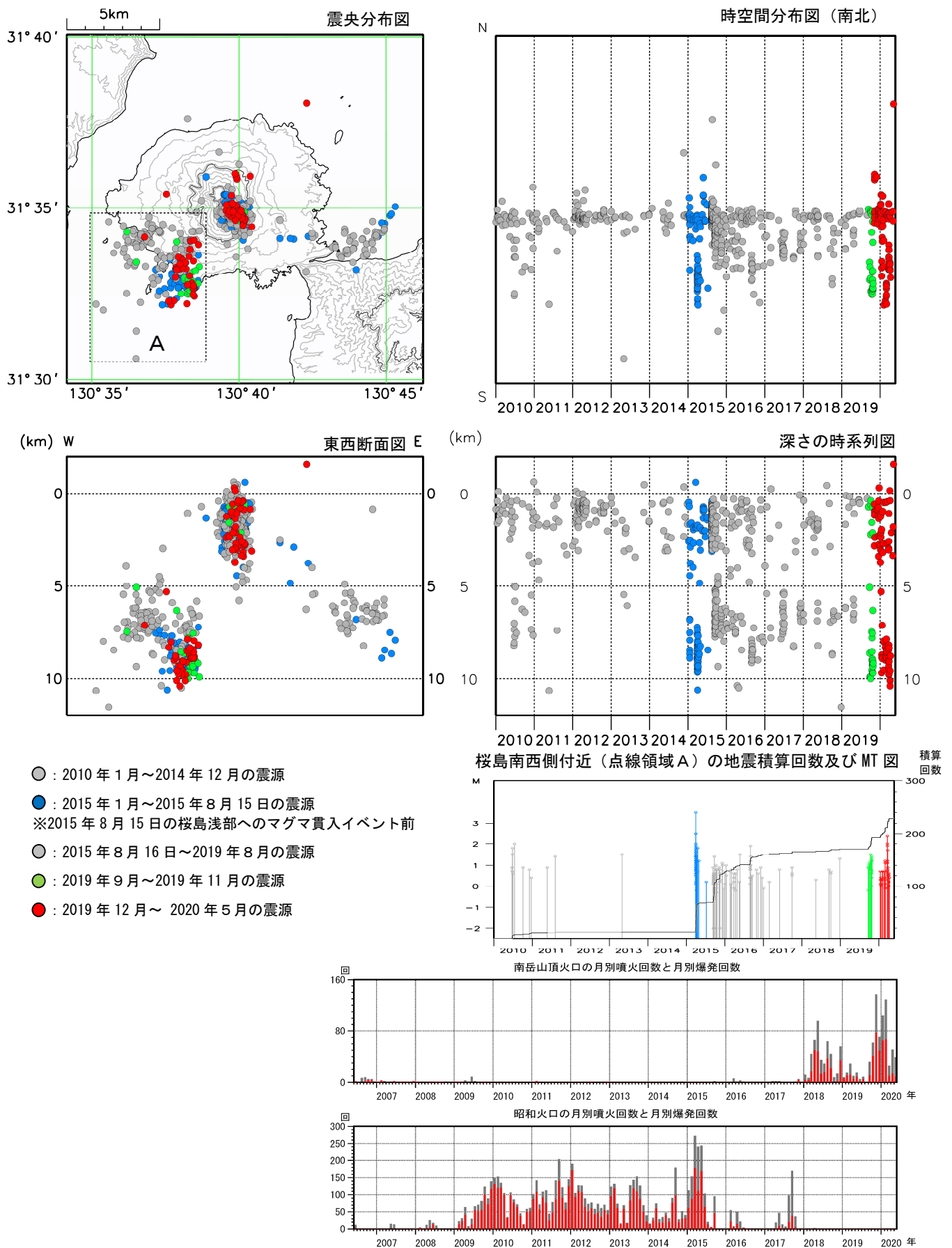


図 8 桜島 桜島の震源分布図 (2010 年 1 月 1 日～2020 年 5 月)

※決定された地震は全て A 型地震である。

※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。

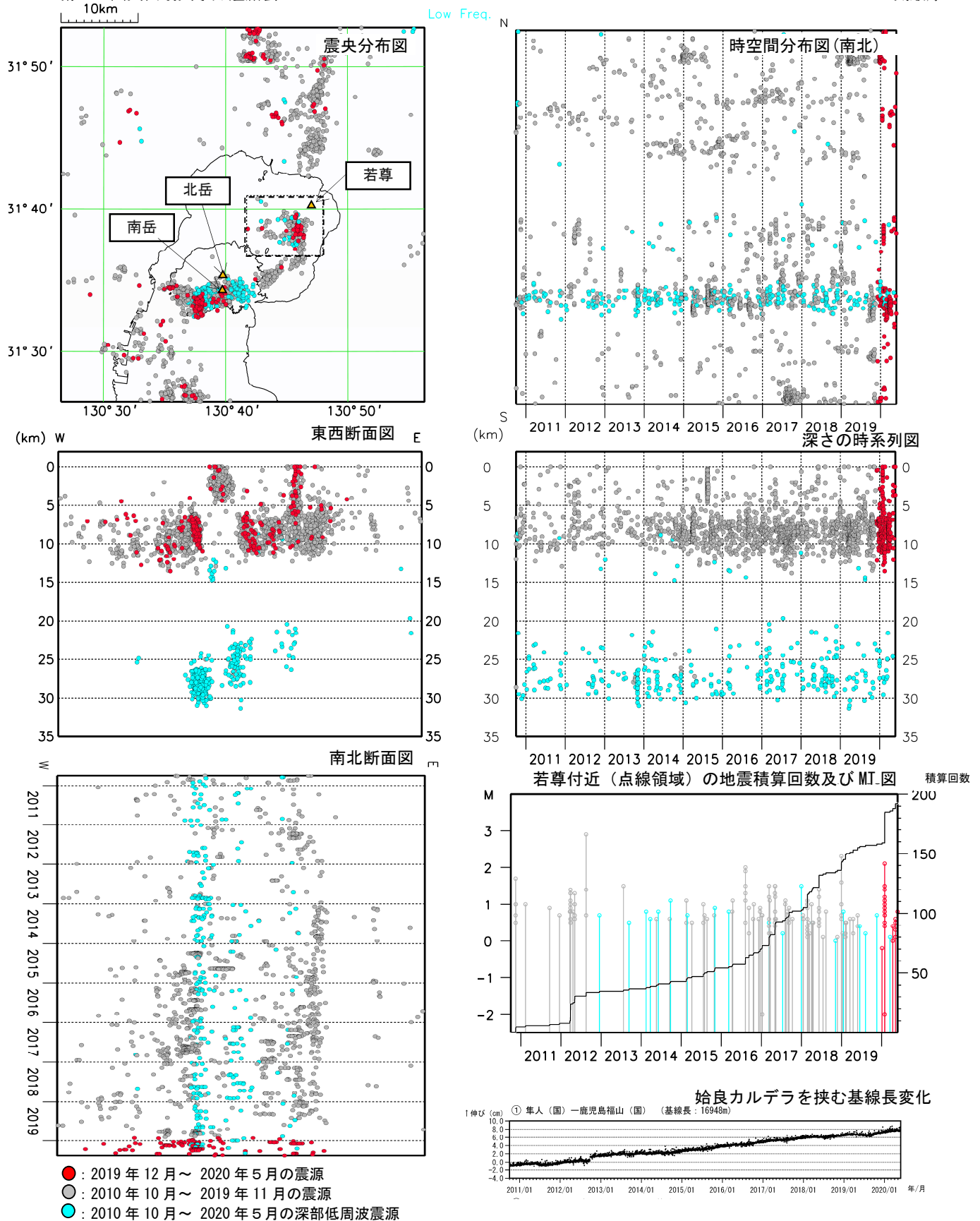


図9 桜島 一元化震源による広域の震源分布図(2010年10月～2020年5月)

※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。
 ※2020年4月18日以降の地震について、暫定的に震源精査の基準を変更しているため、それ以前と比較して微小な地震での震源決定数の変化(増減)が見られる。
 ※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。

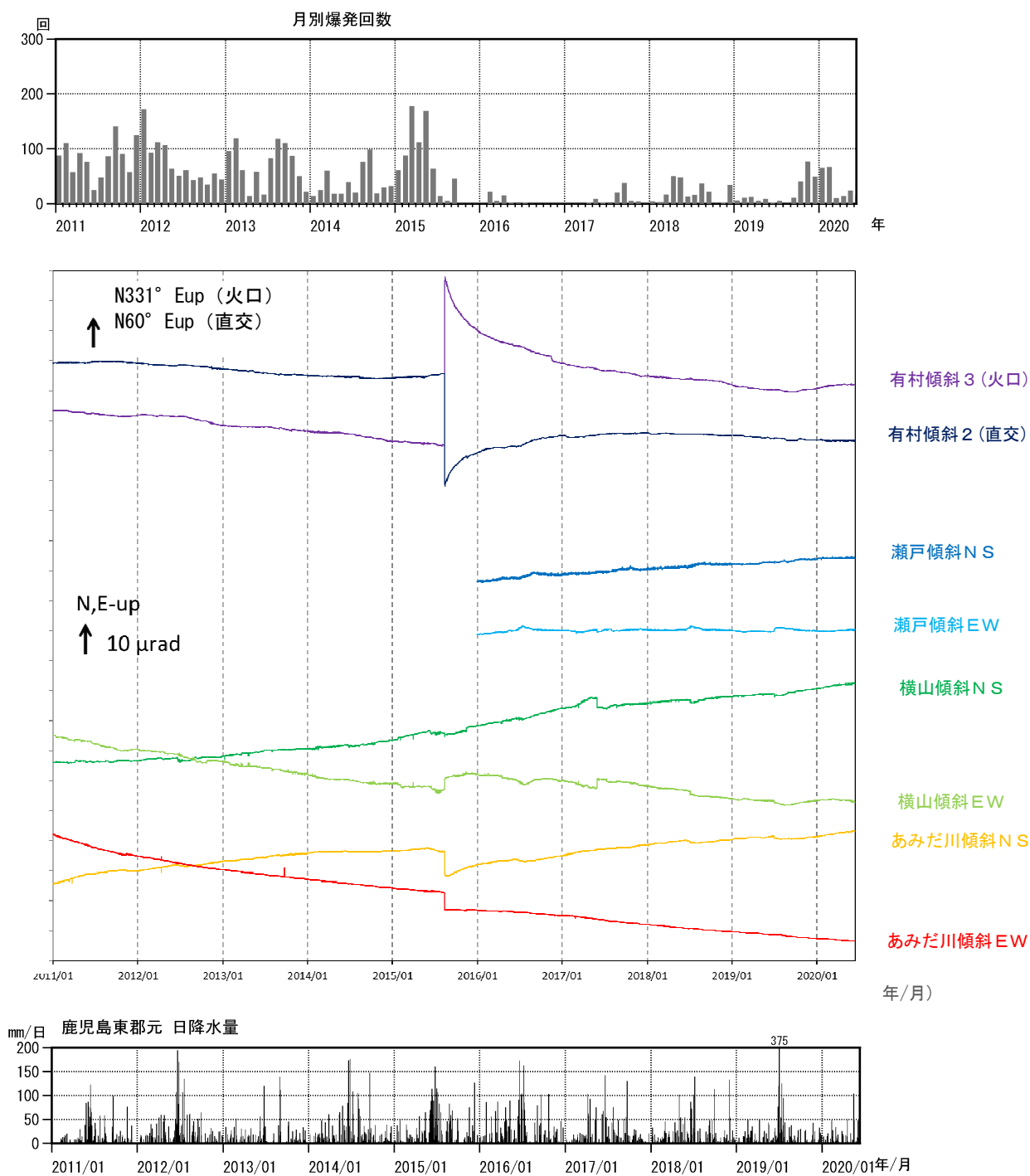


図 10 桜島 傾斜変動の状況 (2011 年 1 月～2020 年 6 月 10 日)

※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。

※有村の火口方向は約 N331° E、直交方向は約 N60° E を示す。

※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

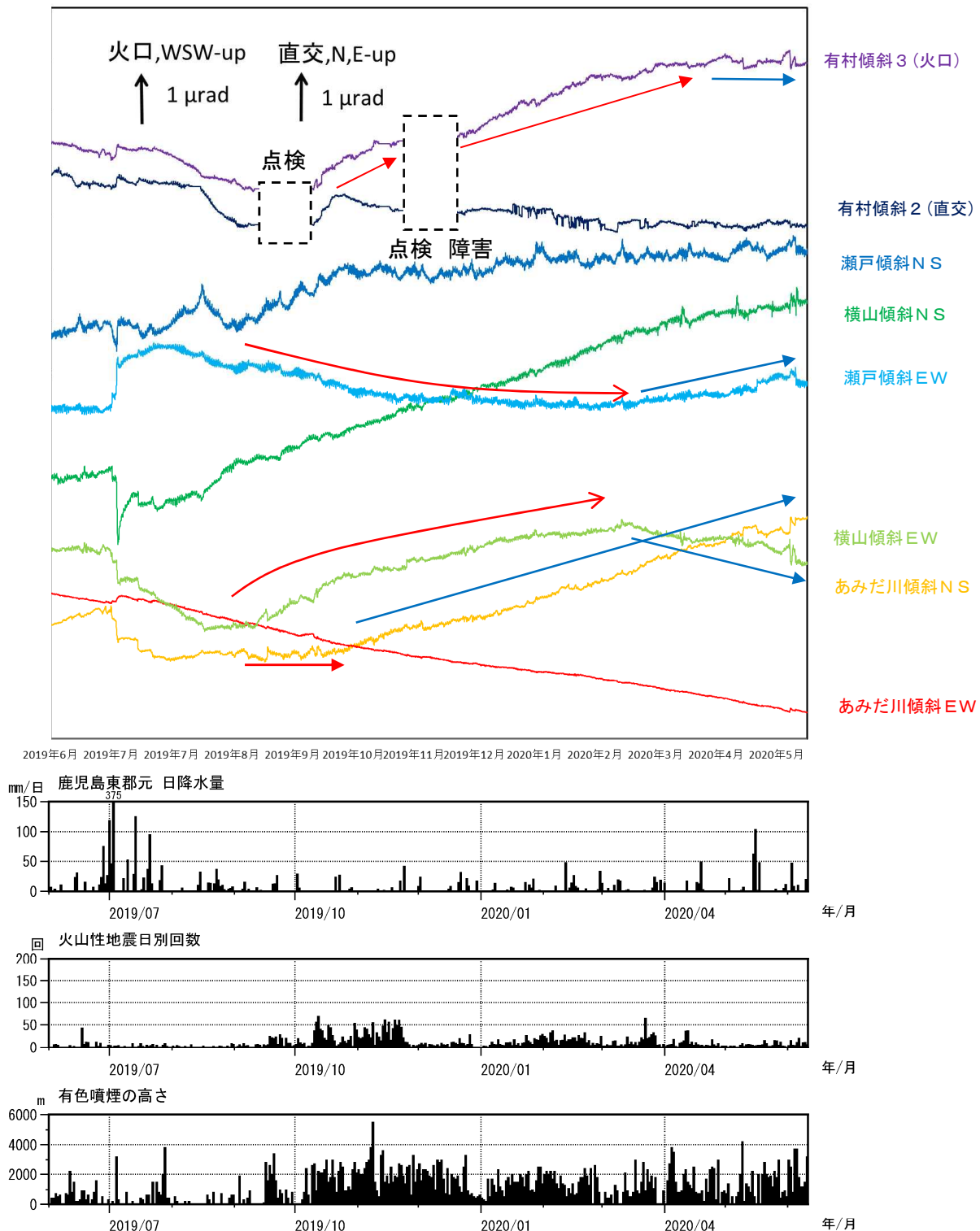


図 11 桜島 傾斜変動の状況 (2019 年 6 月～2020 年 6 月 10 日)

横山傾斜計の EW 成分やあみだ川傾斜計の NS 成分では 2019 年 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、2020 年 3 月には概ね停滞している（赤及び青矢印）。あみだ川傾斜計では、2019 年 10 月以降山下がりの傾向が見られている。

※有村傾斜計の火口方向は約 $N331^{\circ} E$ 、直交方向は約 $N60^{\circ} E$ を示す。

※傾斜計のデータは時間値を使用し、潮汐補正済み。

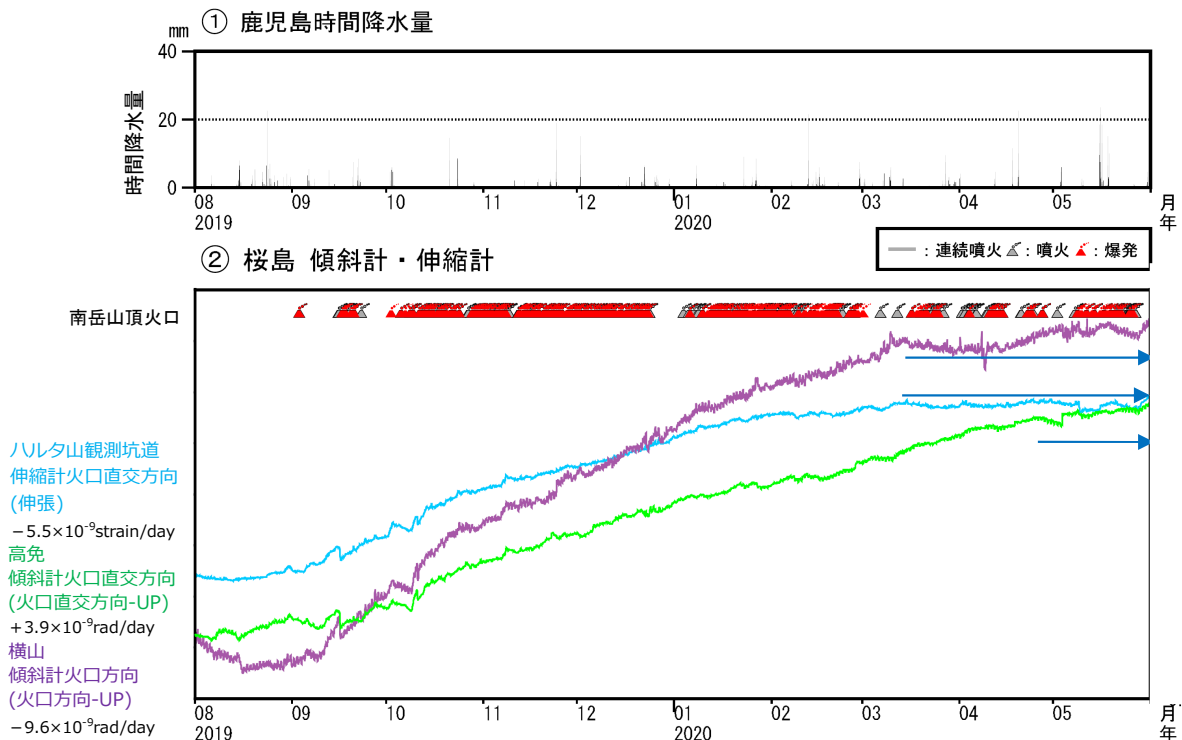


図 12-1 桜島 傾斜計及び伸縮計による地殻変動の状況 (2019 年 8 月～2020 年 5 月)

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、2020年3月頃から概ね停滞している。

※各点の傾斜変動は、横山傾斜計火口方向に $-9.6 \times 10^{-9} \text{rad/day}$ 、ハルタ山観測坑道伸縮計火口直交方向に $-5.5 \times 10^{-9} \text{strain/day}$ 及び高免観測坑道傾斜計火口直交方向に $3.9 \times 10^{-9} \text{rad/day}$ のトレンドの補正を行っている。
 ※図の作成には、京都大学のハルタ山観測坑道及び高免観測坑道の観測データを使用している。

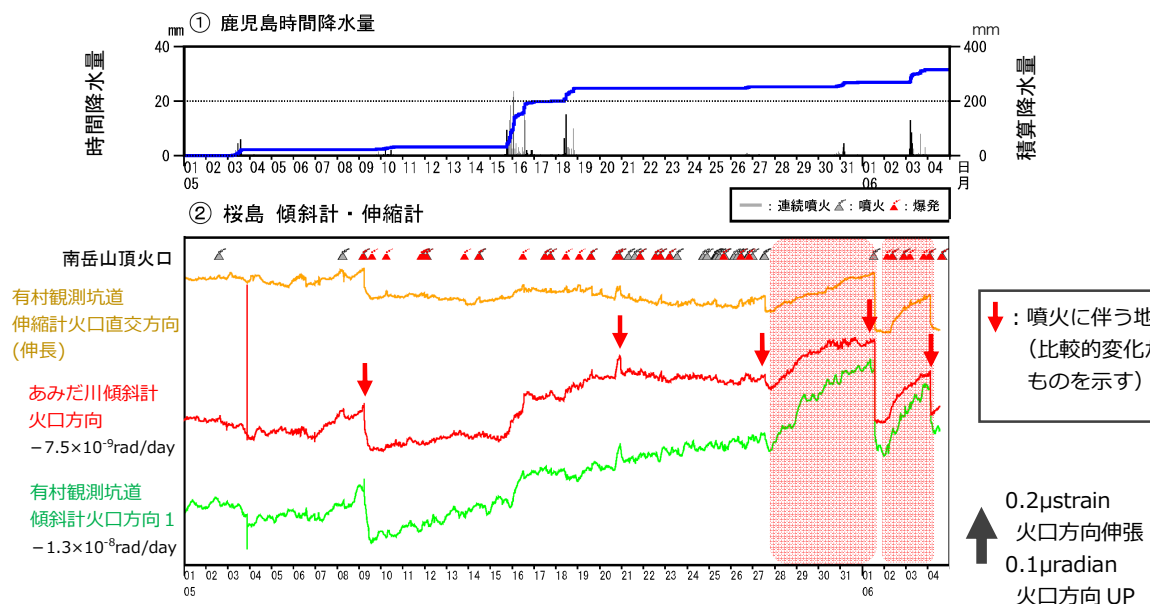


図 12-2 桜島 傾斜計及び伸縮計による地殻変動の状況 (2020 年 5 月～6 月 4 日)

- 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）。
- 6月1日13時37分の噴火及び4日02時59分の爆発では、発生前後に有村観測坑道の伸縮計火口直交成分で100nstr. を超える変化を観測した（赤網掛けの範囲）。

※各点の傾斜変動は、あみだ川傾斜計火口方向に $-7.5 \times 10^{-9} \text{rad/day}$ 及び有村観測坑道傾斜計火口方向1に $-1.3 \times 10^{-8} \text{rad/day}$ のトレンドの補正を行っている。

※図の作成には、大隅河川国道事務所の有村観測坑道の観測データを使用している。

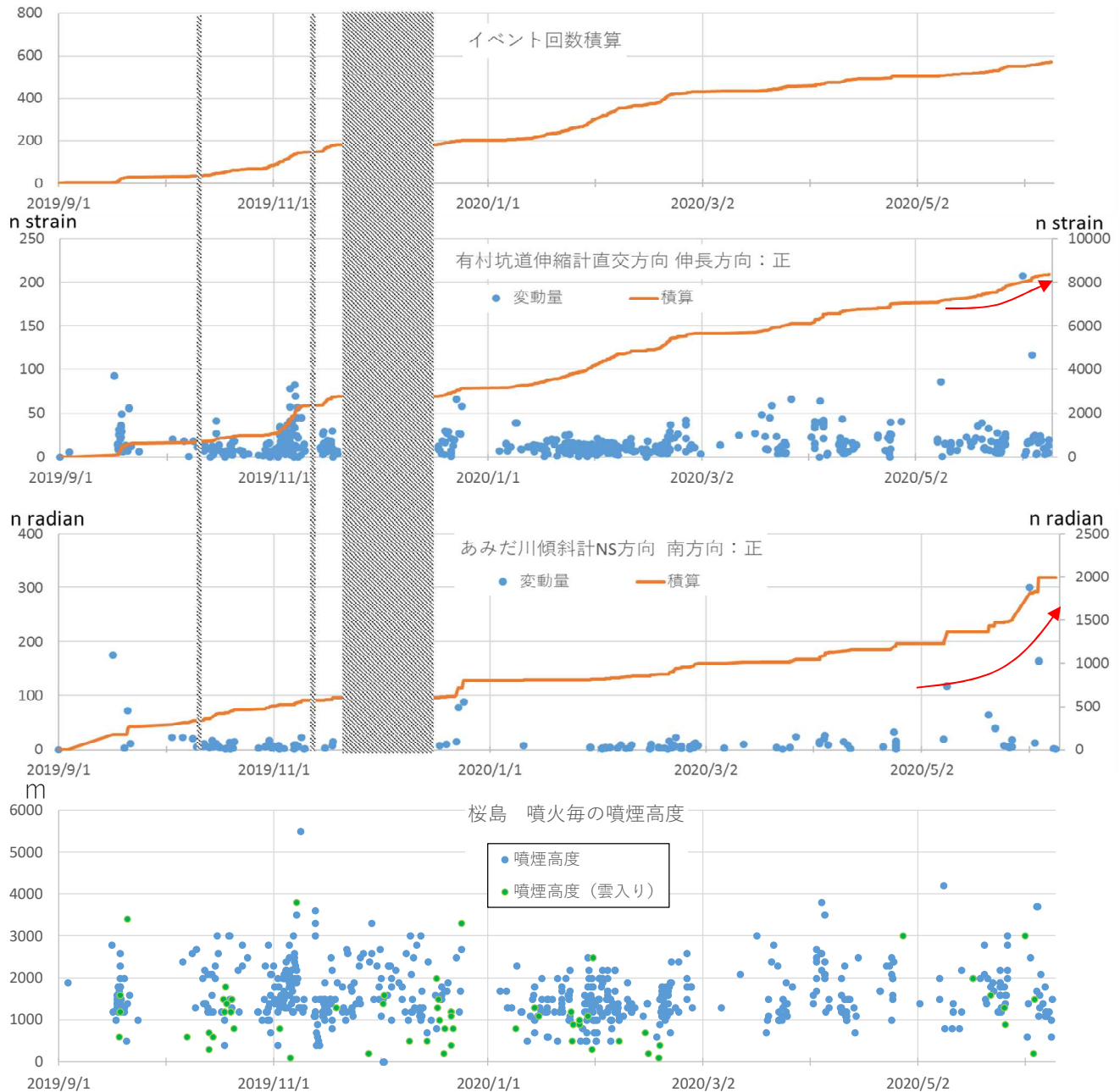


図 12-3 桜島 南岳山頂火口各噴火後の傾斜・伸縮計の地殻変動量とその積算
及び噴火毎の火口縁上噴煙高度(2019年9月～2020年6月9日)

- ・観測された噴火イベントのうち、有村坑道観測点の傾斜伸縮計で地殻変動が観測されたイベントについて、そのイベント回数積算、地殻変動量及びその積算をプロットしている。なお、有村坑道伸縮計の直交方向については伸長方向を、あみだ川傾斜計NS方向については南方向を正とした変動量について解析している。噴煙高度は、雲の影響等で上端まで観測できなかったものは緑丸で示す。
- ・イベント回数は2020年3月以降減少したまま一定の増加率を保っている。しかし、地殻変動量積算の増加率は2020年5月以降増加傾向にある（赤矢印）。特に、比較的深部の応力変化を捉えやすいあみだ川傾斜計NS方向の方がより顕著であるが、これは比較的深部の応力変化を伴うような規模の大きな噴火イベントの増加に対応している。

※図の作成には、大隅河川国道事務所の有村観測坑道の観測データを使用している。

※あみだ川傾斜計NS成分については、南方向に変動したもののみに計上している。

※網掛けの部分は点検及び障害により有村坑道観測点のデータが得られなかった期間を示している。

	4点（あみだ、横山、瀬戸、有村）		深さ固定（-5000m）+4点	噴 煙			振動		空振 (Pa)						
	深さ m	収縮量 m ³	収縮量 m ³	噴煙量	噴煙高 (m)	火口	横山[μm]	瀬戸上下動 [μm/s]	横山	瀬戸	東郡元	有村	あみだ川	噴石 [合目]	火砕流 [km]
2017/11/13 22:07	-4100	1.2E+05	1.9E+05	X	X	山頂	3.6	34.3	29.1	20.9	9.8	68	44.7	5	-
2018/3/26 15:41	-5000	2.3E+04	2.3E+04	5	3400	山頂	1.3	9.9	8.6	7	4.1	22.7	9.2	-	-
2018/6/16 7:19	-4100	4.9E+02	7.5E+04	5	4700	山頂	3.6	39.2	24	15.3	9.2	62.9	20.1	6	1.3
2018/7/16 15:38	-5400	7.6E+04	6.3E+04	5	4600	山頂	2.8	21.7	29.3	19.5	9.5	38.1	20.3	4	-
2018/11/14 0:43	-4700	7.1E+04	8.2E+04	>5	>4000	山頂	5	73.5	58.7	38.7	24.2	150.6	53.3	4	-
2019/3/11 13:34	X	X	1.7E+05	3	800	山頂	X	X	X	X	X	X	X	-	-
2019/7/28 17:25	-6000	3.3E+04	2.1E+04	5	3800	山頂	2.6	30.6	19.5	18.9	3.7	28.2	21.5	X	-
2019/11/8 17:24	X	X	1.4E+04	5	5500	山頂	1.5	18.2	11.8	8.3	9.7	36.6	15.6	8	-
2020/2/10 1:26	X	X	1.9E+04	3	1400	山頂	2.9	50.1	26.9	33.1	10.2	79.7	25.9	3	-
2020/6/1 13:37	-4500	1.6E+05	2.0E+05	>4	>3000	山頂	3.9	4.3	3.9	4.3	0.7	10.5	6.1	X	X
2020/6/4 2:59	-5100	1.1E+05	1.1E+05	>3	>1500	山頂	7.3	82.5	56.2	136.8	8.8	148.1	138.4	3	-
瀬戸観測点不使用															
有村観測点不使用															

※噴火事例は噴煙量5以上の多量の火山灰噴出（推定されるものも含む）及び噴石の飛散3合目を伴う2017年からの南岳山頂噴火を選定。

※2017年11月13日の噴火は噴煙高度不明だが、数時間程度ストロンボリ式噴火が続いていた。

※2019年3月11日の噴火は、噴煙高は低いもののごく小規模噴火も含めて継続時間が数時間にわたっていた。

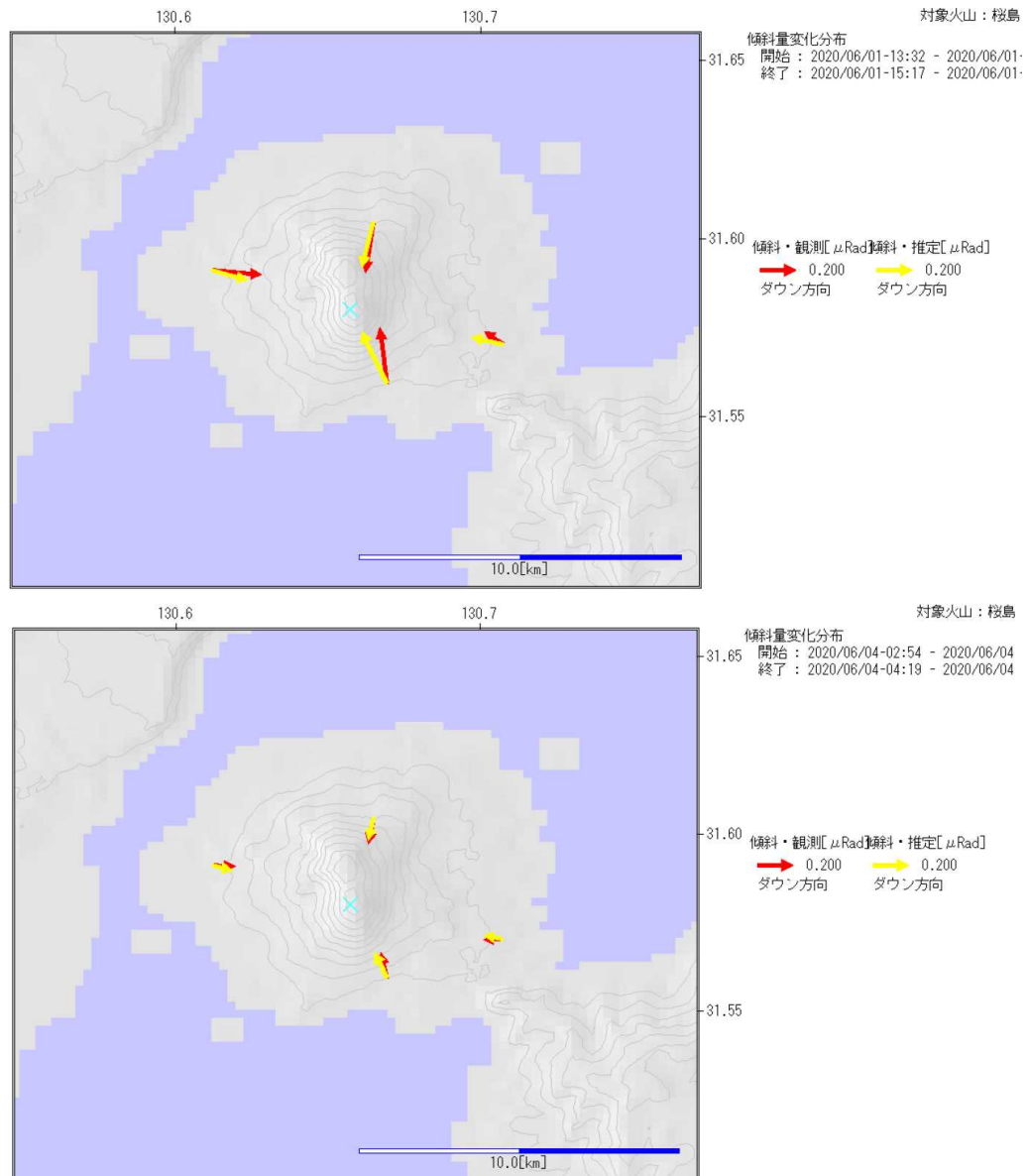


図 12-4 桜島 南岳山頂火口噴火後の傾斜計の地殻変動量から推定した体積変化量

- ・ 6月1日及び6月4日の噴火後の収縮源の深さは4～5 kmで、過去の噴火事例と大きな変化は認められなかった。
- ・ 6月1日の収縮量（深さ固定あり）は $2.0 \times 10^5 \text{ m}^3$ と2017年11月13日の収縮量（深さ固定あり、 $1.9 \times 10^5 \text{ m}^3$ ）と同程度であった。6月4日の収縮量（深さ固定あり）は $1.1 \times 10^5 \text{ m}^3$ とその収縮量を下回るものの、ここ数年では収縮量の大きな噴火であった。
※収縮源の水平位置は南岳山頂に固定している。
※図の作成には、大隅河川国道事務所の有村観測坑道の観測データを使用している。

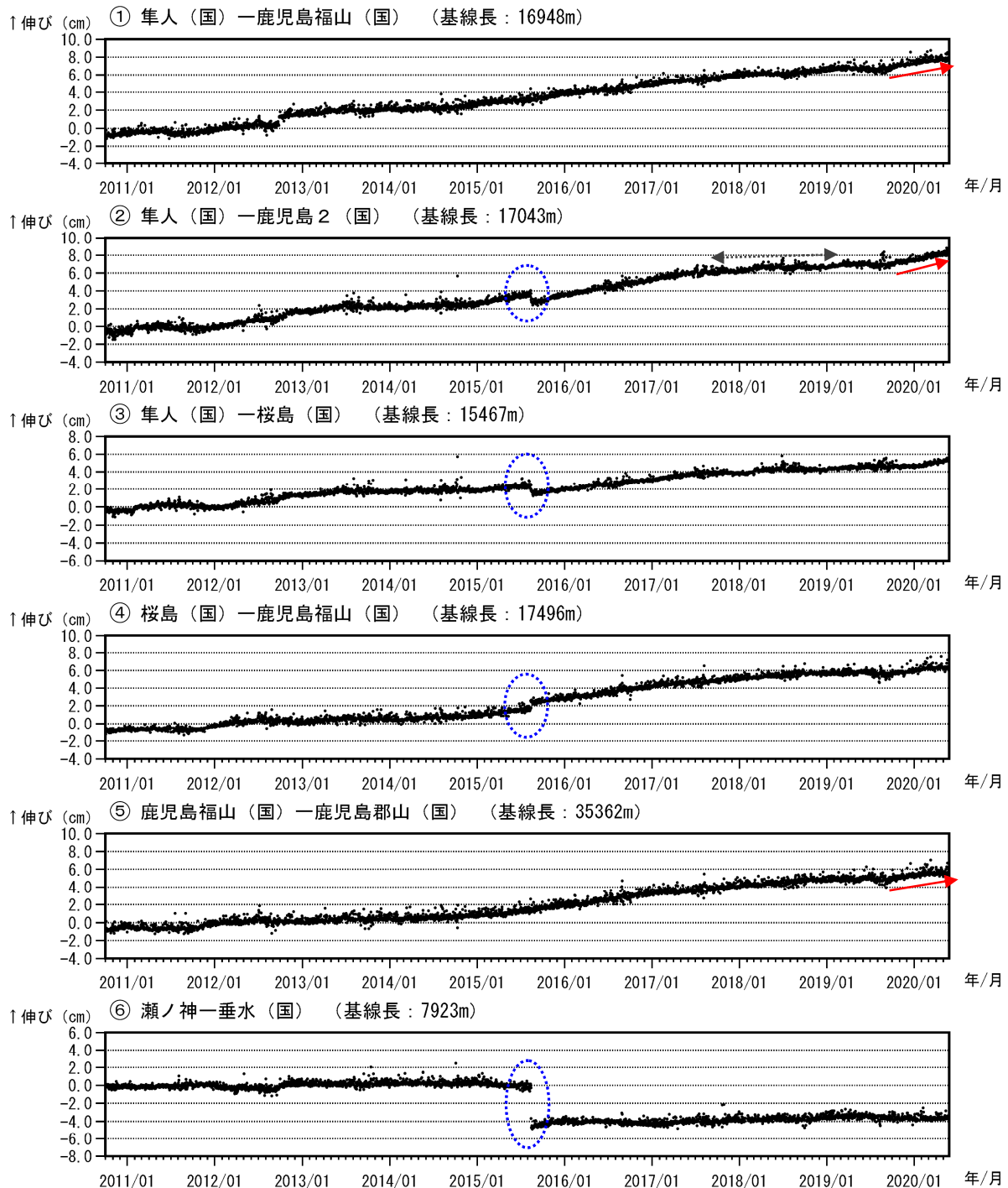


図 13-1 桜島 GNSS 連続観測による基線長変化 (2010 年 10 月～2020 年 5 月)

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

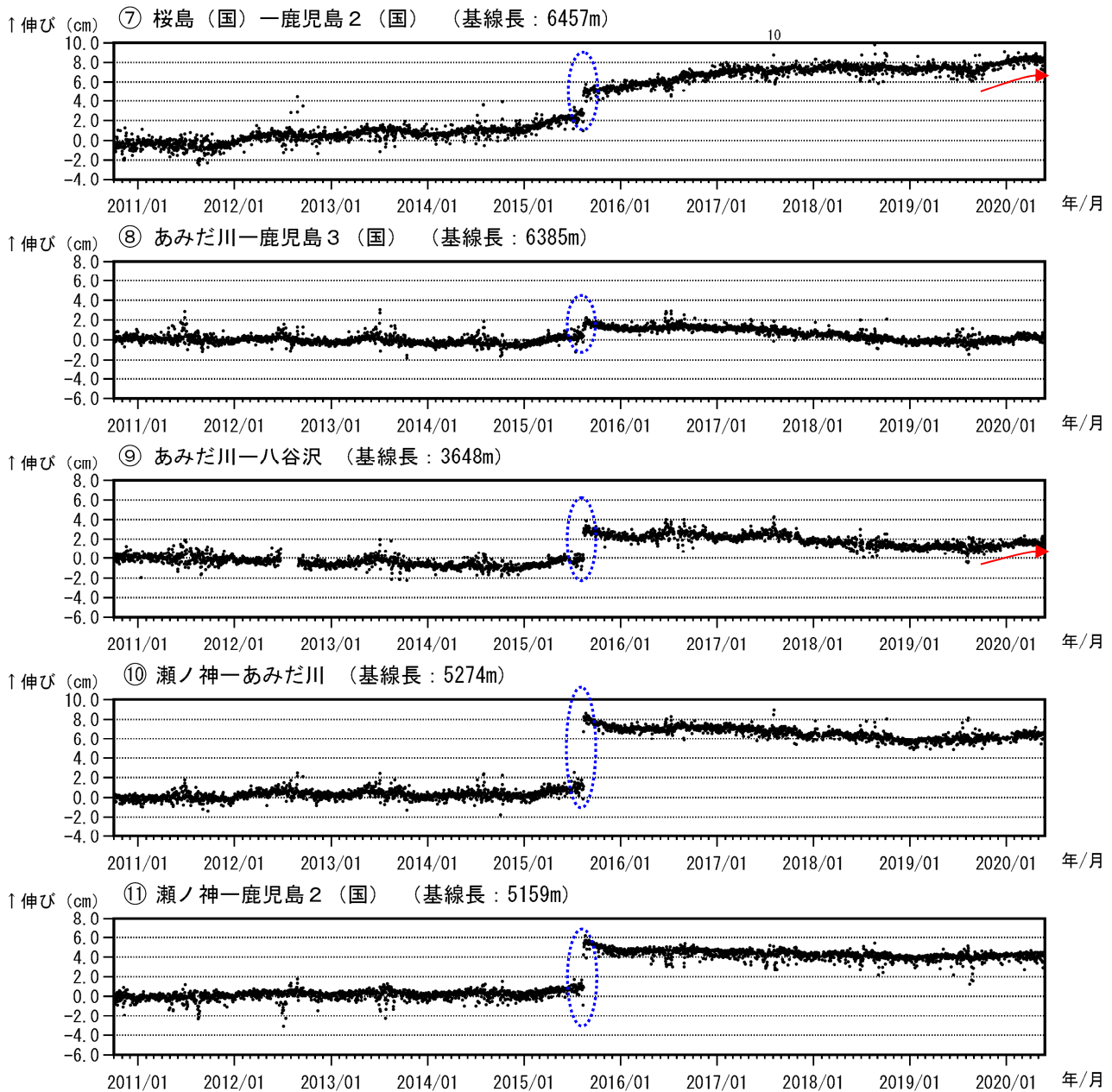


図 13-2 桜島 GNSS 連続観測による基線長変化 (2010 年 10 月～2020 年 5 月)

桜島島内の基線において、2019 年 9 月頃から山体の隆起・膨張に伴うと考えられるわずかな伸びが認められていたが、2020 年 4 月頃から停滞している (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

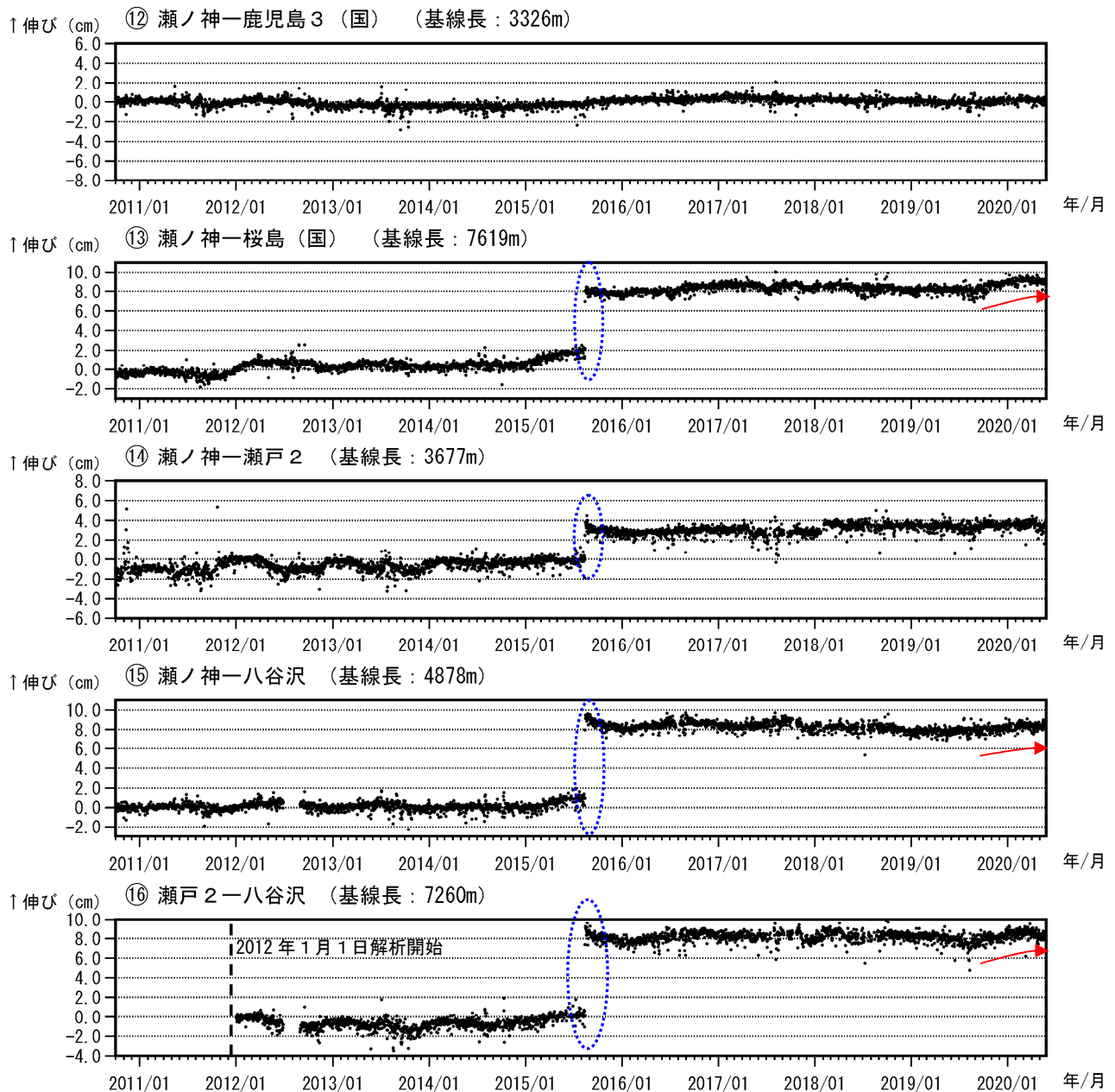


図 13-3 桜島 GNSS 連続観測による基線長変化 (2010 年 10 月～2020 年 5 月)

桜島島内の基線において、2019 年 9 月頃から山体の隆起・膨張に伴うと考えられるわずかな伸びが認められていたが、2020 年 4 月頃から停滞している (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。

(国)：国土地理院

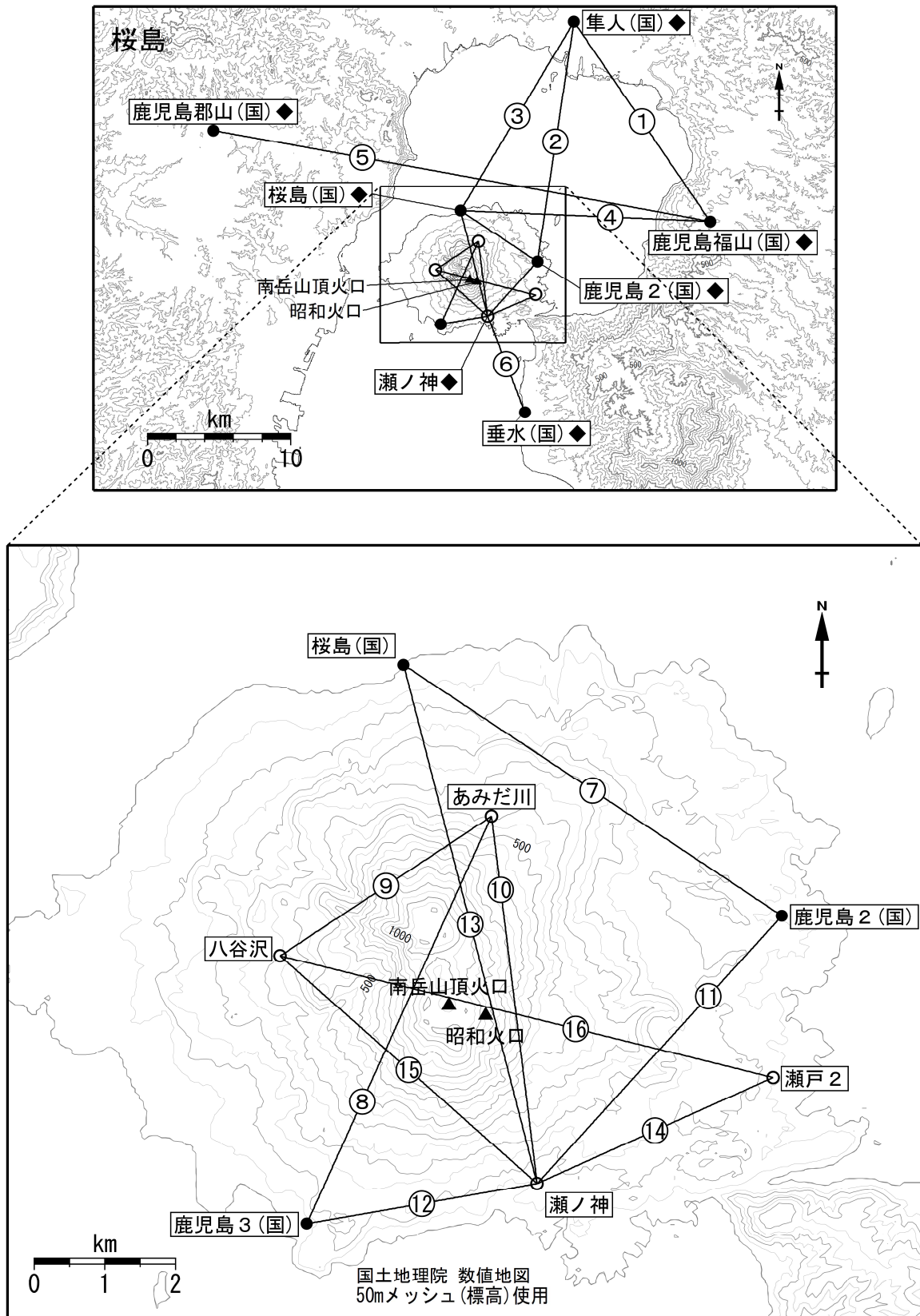


図 14 桜島 GNSS 連続観測基線図

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。

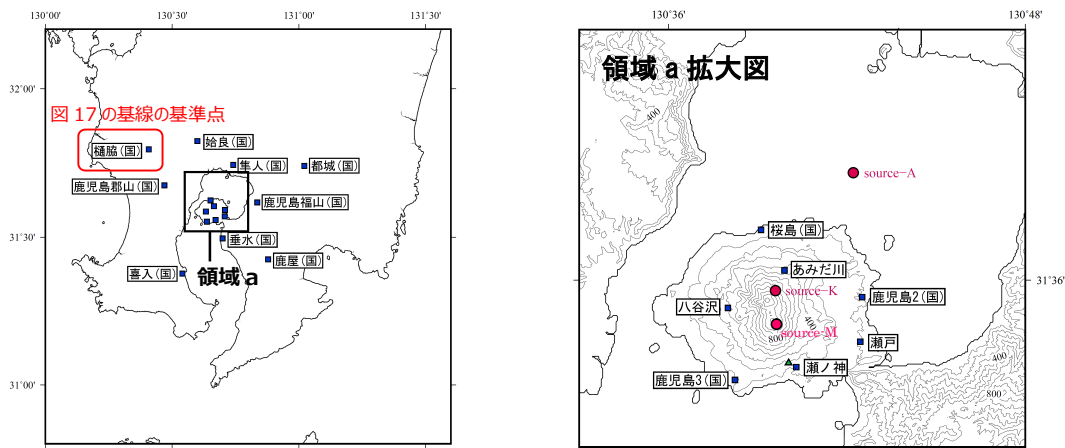


図 15 桜島 図 16~17 の解析に用いた GNSS 観測点の位置及び固定した変動源の位置図

- ・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。

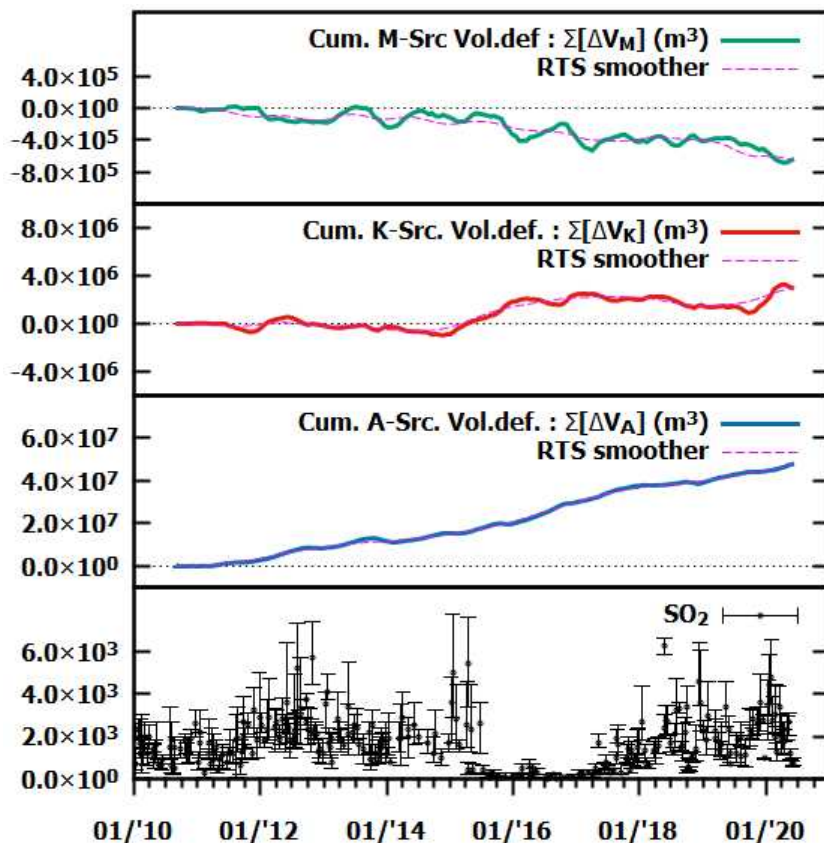


図 16 桜島 インバージョン解析により推定した膨張源の体積増加量と火山ガス（二酸化硫黄）の放出量

（2010 年 9 月～2020 年 5 月）

- ・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、2019 年 10 月頃から膨張が認められたが、直近は停滞もしくは収縮に転じている。
- ・桜島島内へのマグマ供給期（2011 年終わり～2012 年前半、2015 年前半、2019 年終わりころ～2020 年初めころ）は火山ガス（二酸化硫黄）の放出量の増加が認められる。

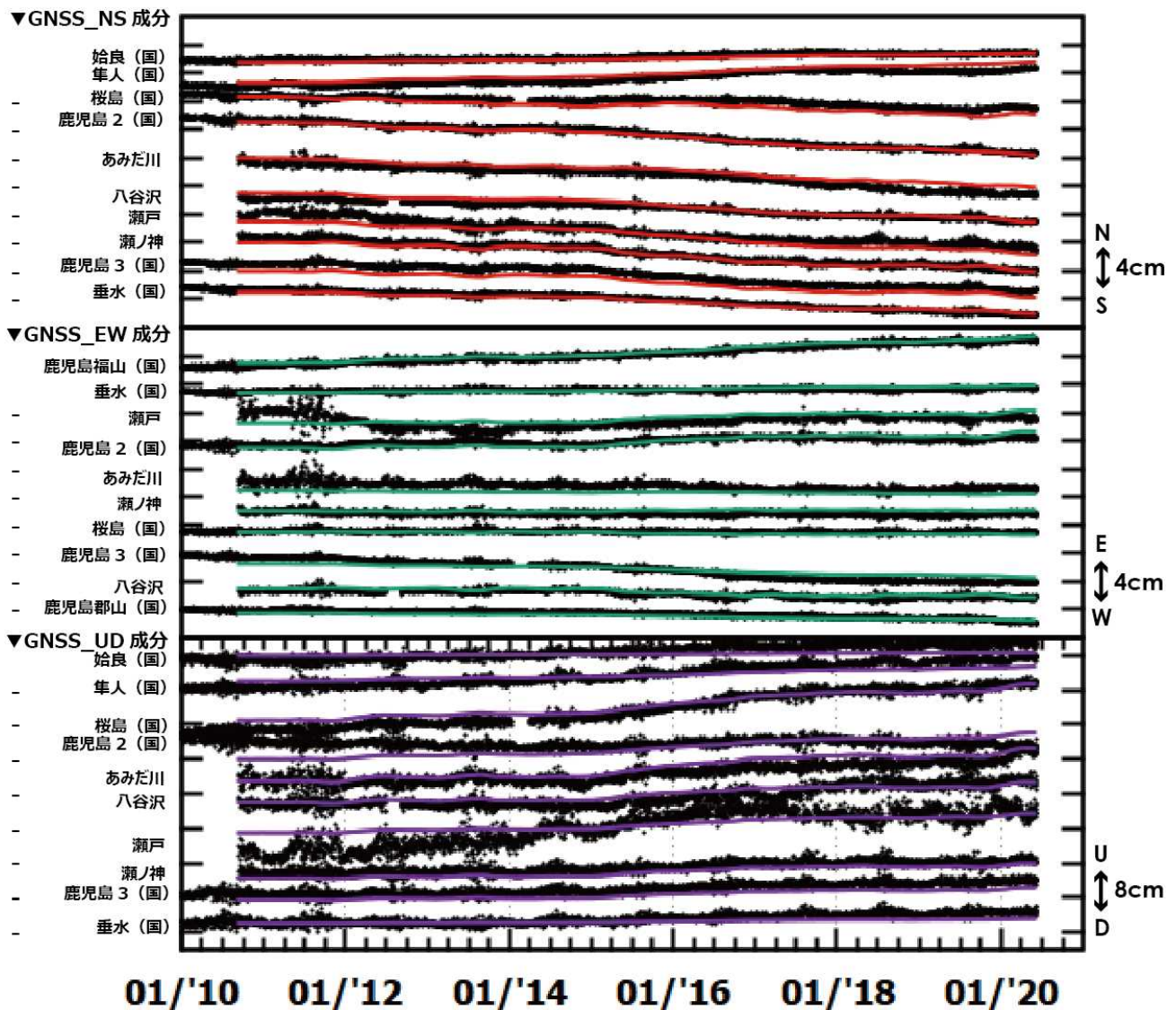


図 17 桜島 地殻変動の時間推移推定に用いた GNSS 観測点の観測値とインバージョン推定値 (○: 観測値、赤線、緑線、紫線: インバージョンによる推定値)
(2010 年 9 月～2020 年 5 月)

*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。

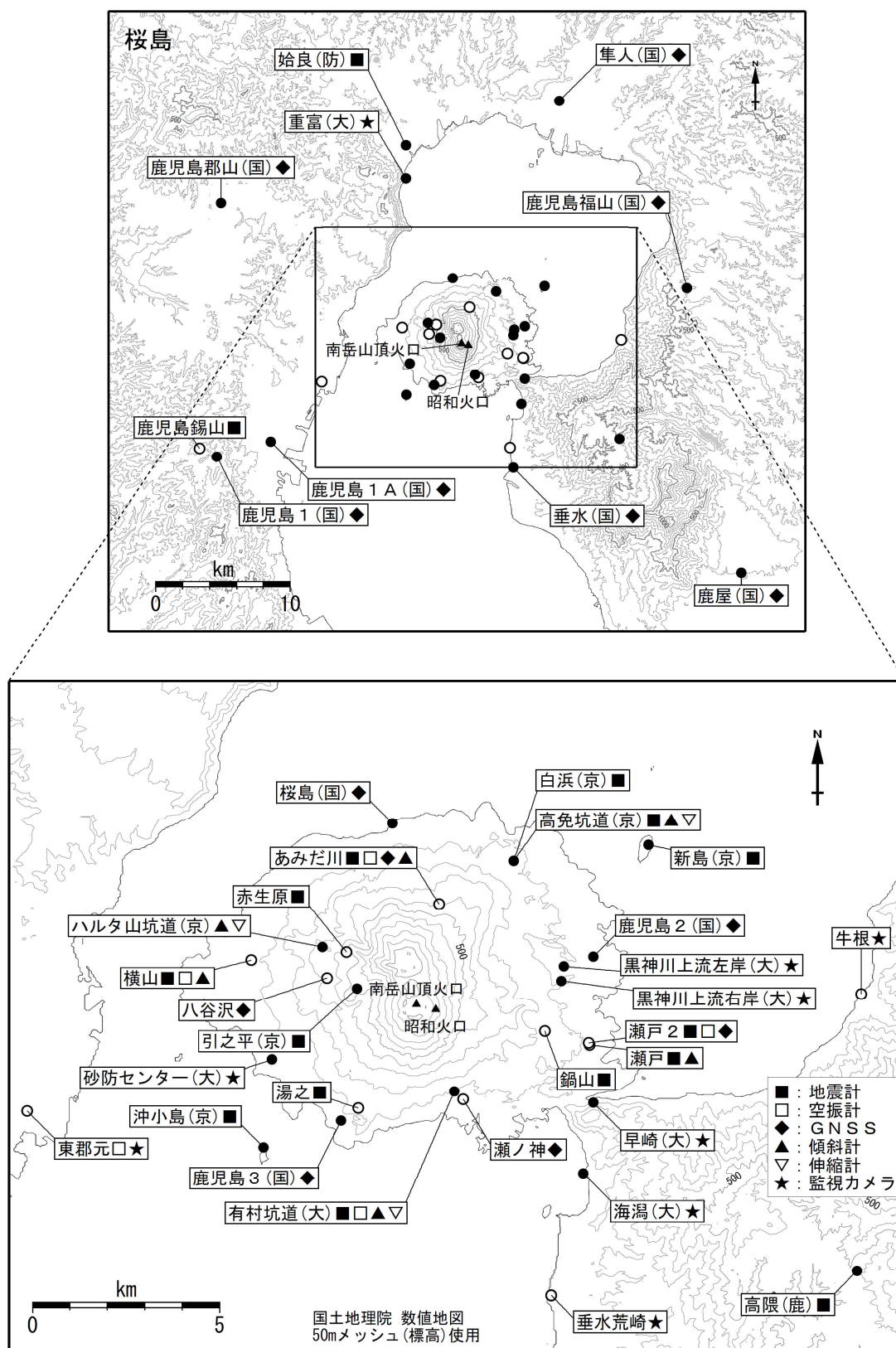


図 18 桜島 観測点配置図

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

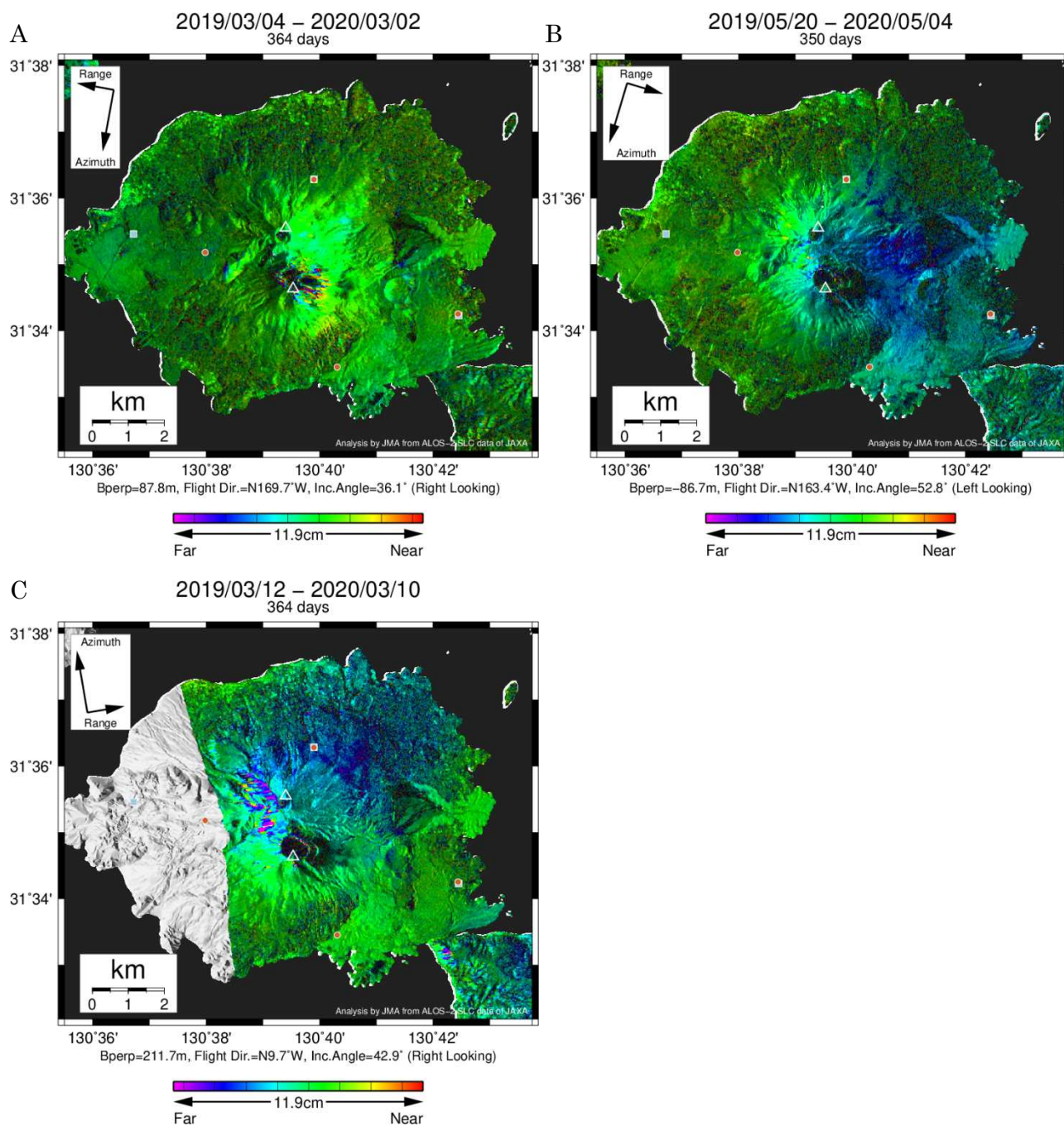
Path-Frame	Orbit	Looking	Inc. angle	Earliest Scene	Latest Scene	Figure No.
23-2980 (SM1_U2-7)	南行	右	36.1°	2019. 03. 04	2030. 03. 02	第 1 図 - A
30-2930 (SM1_U3-13)	南行	左	52.8°	2019. 05. 20	2020. 05. 04	第 1 図 - B
131-620 (SM1_U2-9)	北行	右	42.9°	2019. 03. 12	2020. 03. 10	第 1 図 - C

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。

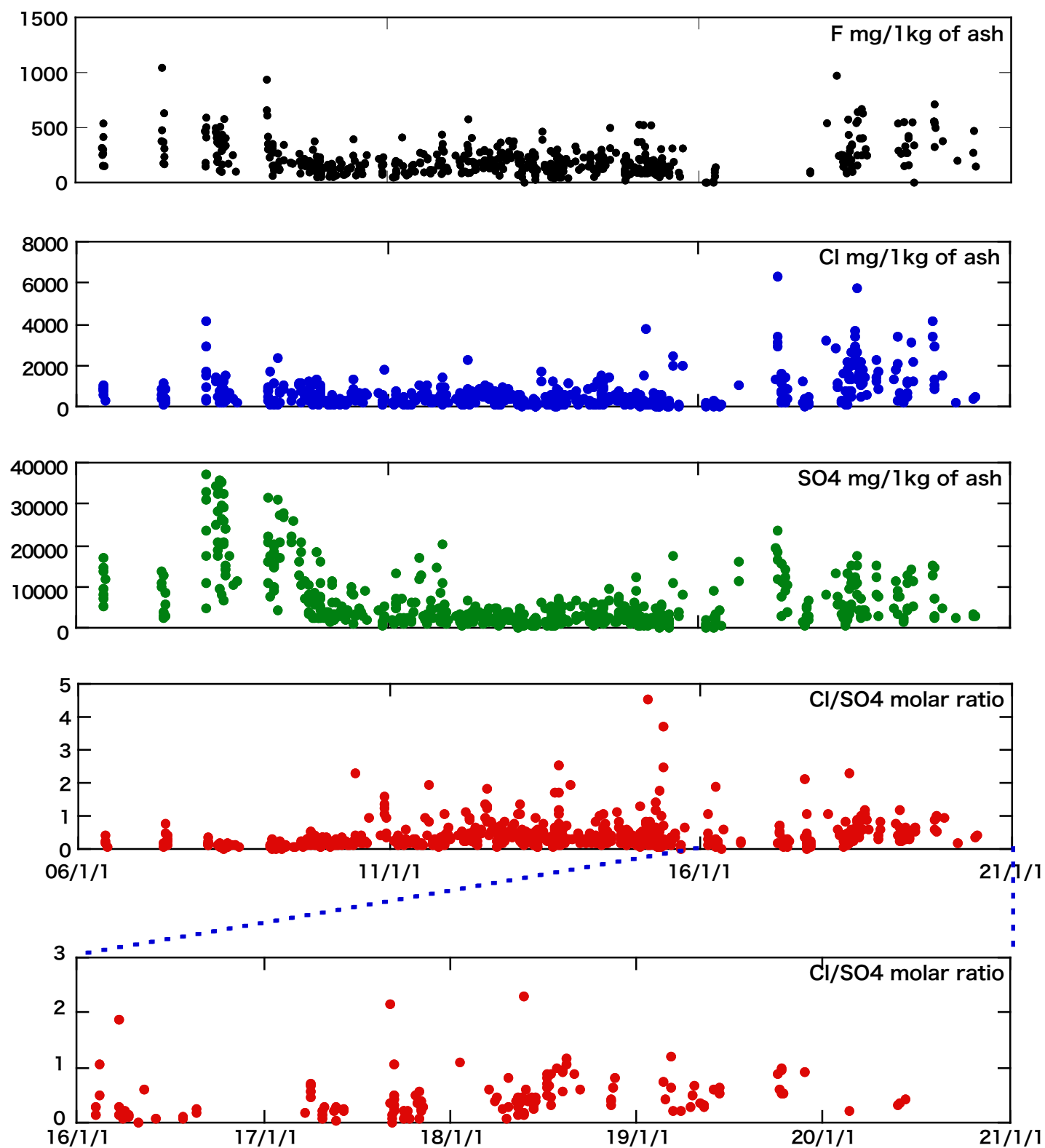


第 1 図 桜島の干渉解析結果

A: パス 23 (SM1_U2-7) B: パス 30 (SM1_U3-13) C: パス 131 (SM1_U2-9)

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

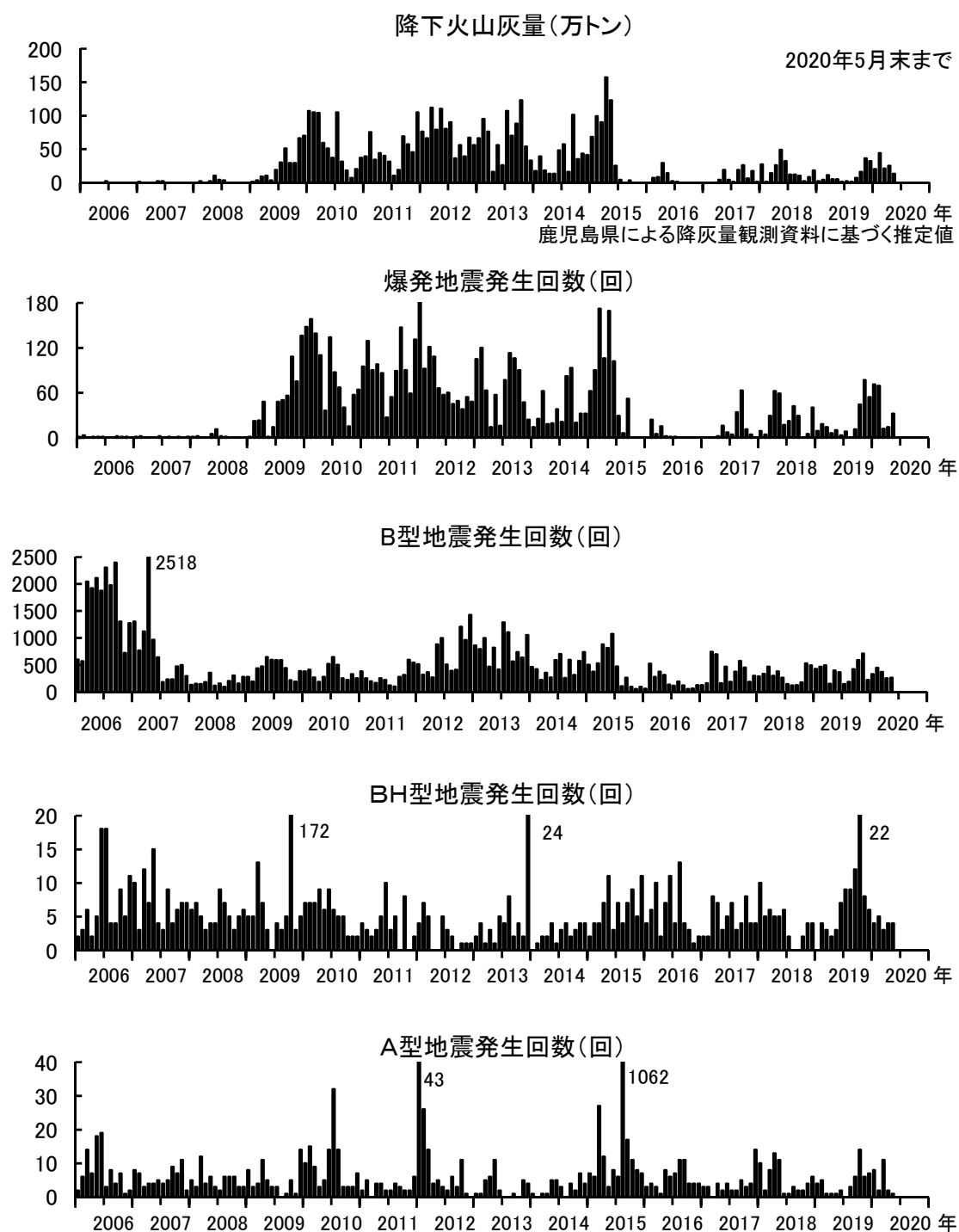


図1. 桜島における火山性地震の月別発生回数と降下火山灰量
(2020年5月31日まで)

桜島

桜島の最近の噴火活動・地震活動の推移

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

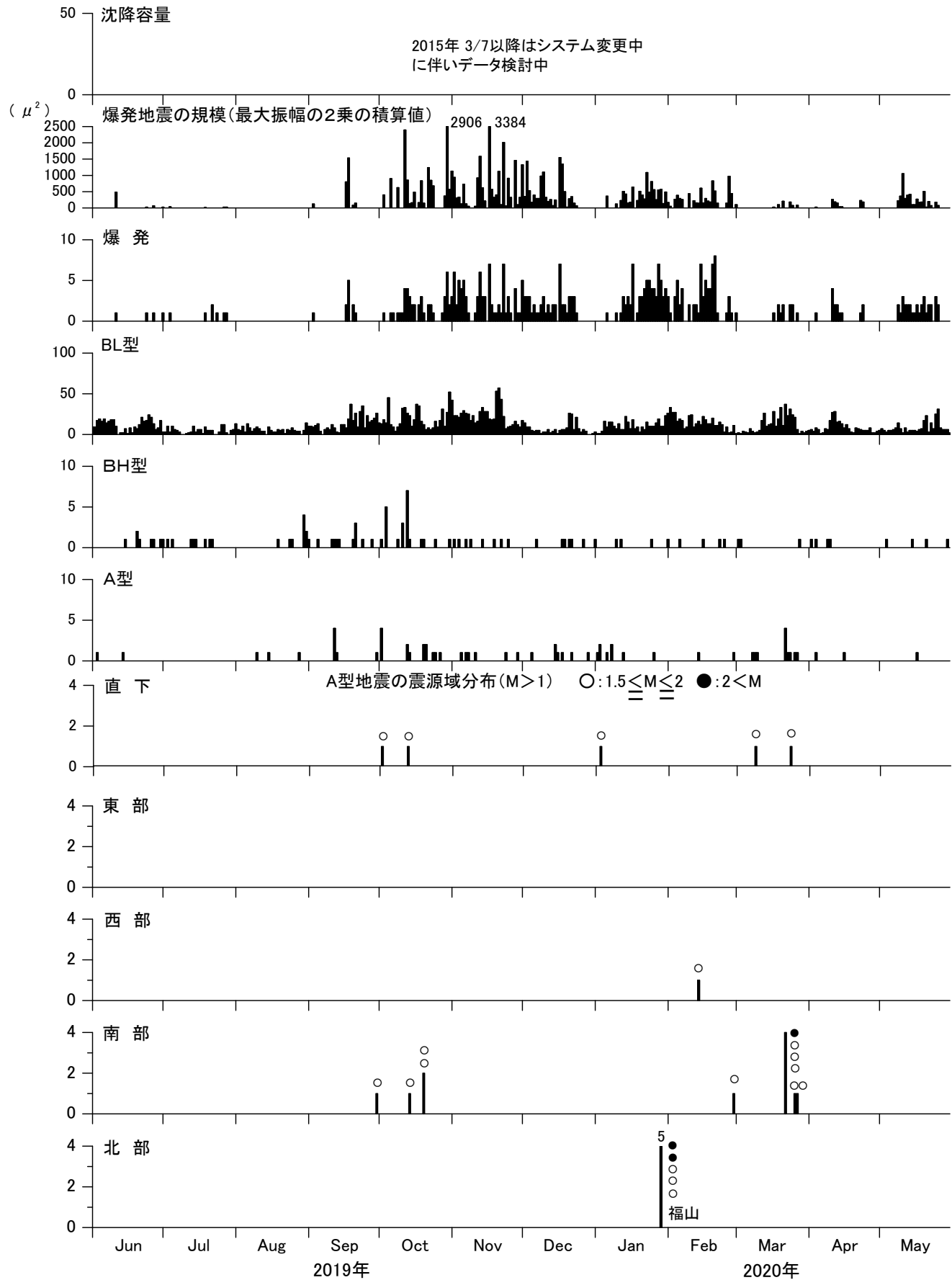
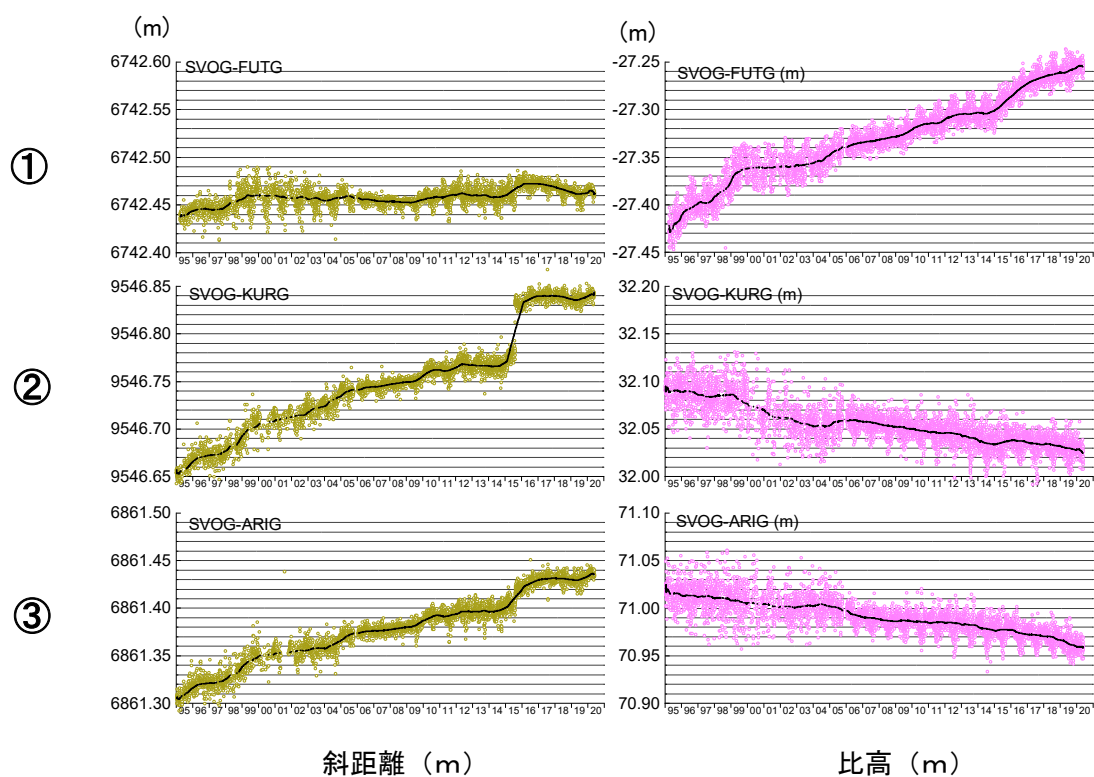


図2. 火山性地震の日別発生回数(2020.05.31まで)

桜島

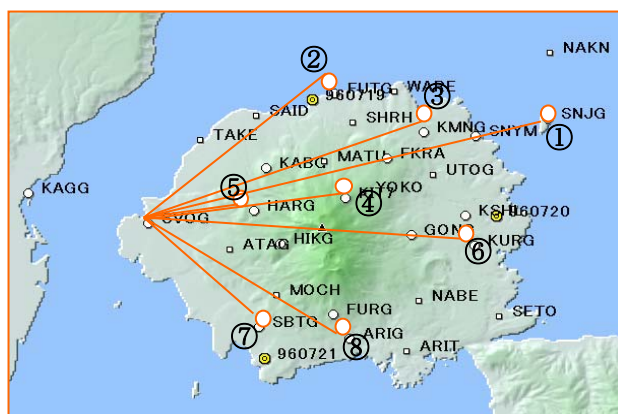
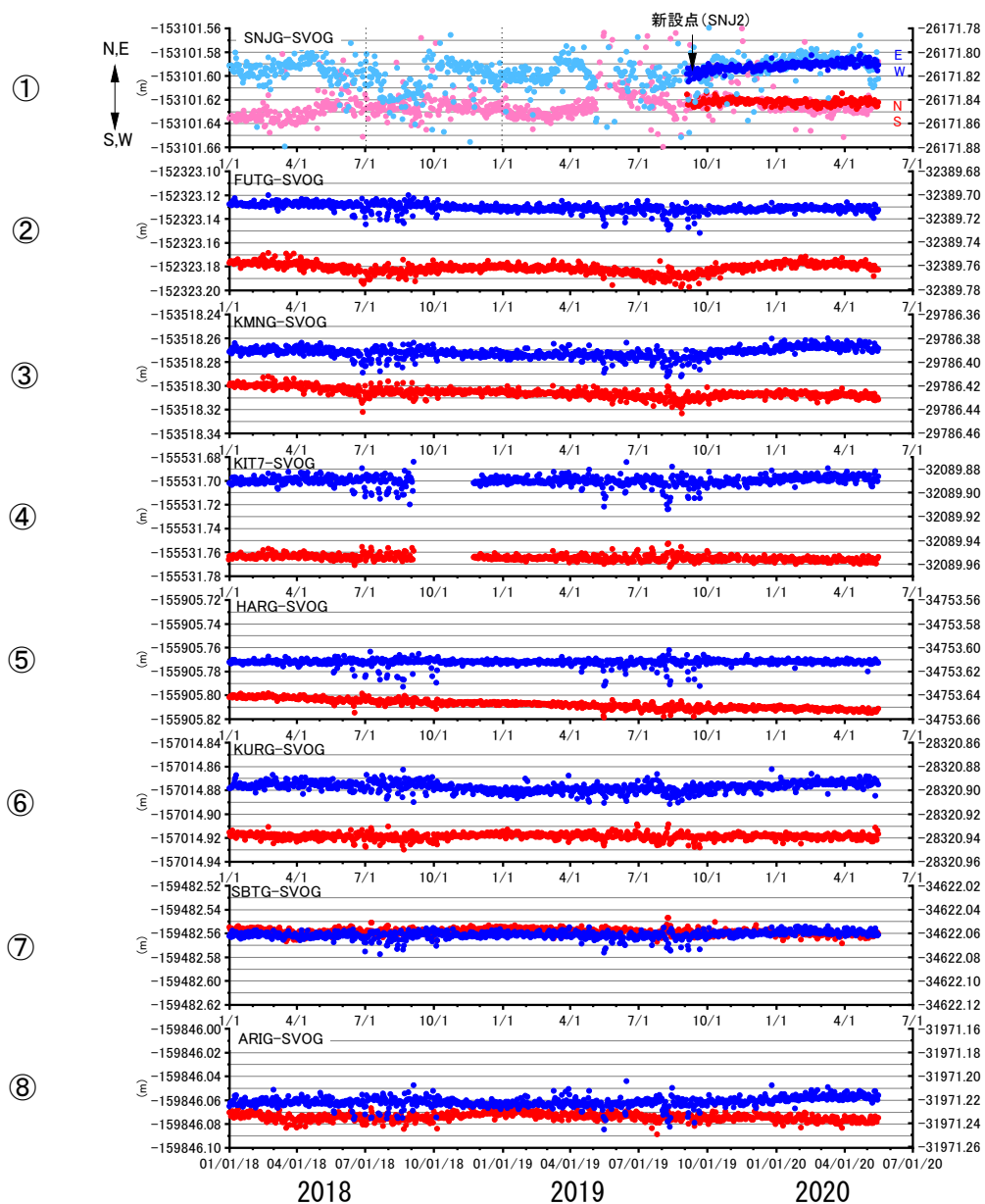


国土地理院発行の数
値地図 50mメッシュ
(標高)から作成

GPS 連続観測 1/3(2020 年 5 月 31 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)

図 3. 桜島における長期的基線長変化

桜 島

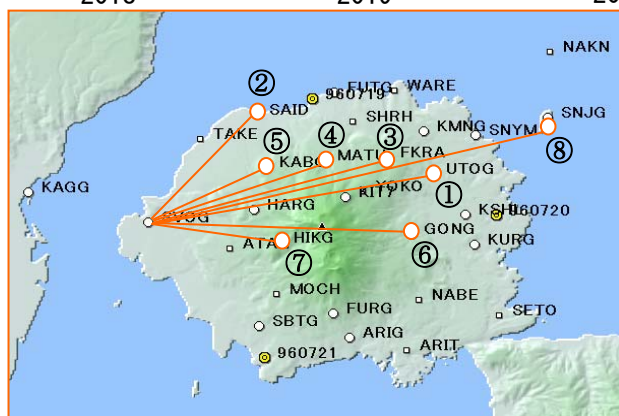
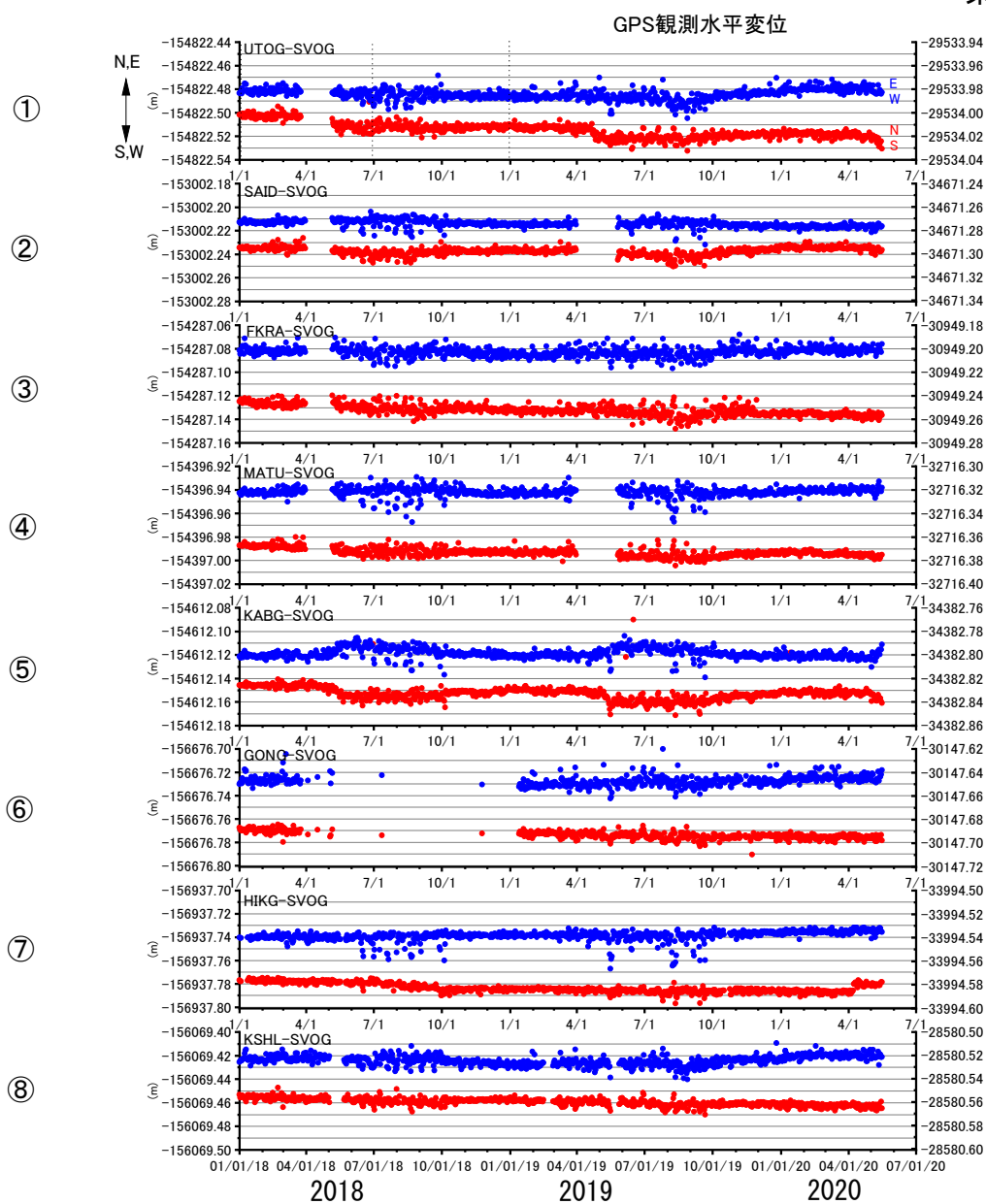


国土地理院発行の数値地図 50m
メッシュ(標高)から作成

GPS 連続観測 2/3(2020 年 6 月 5 日まで)

図 4. 桜島における短期的水平変位 その1

桜 島

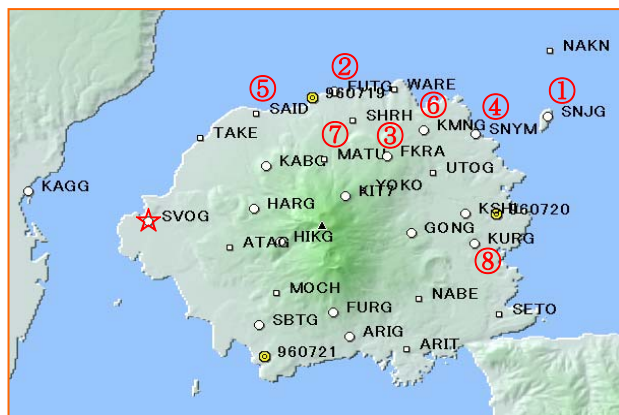
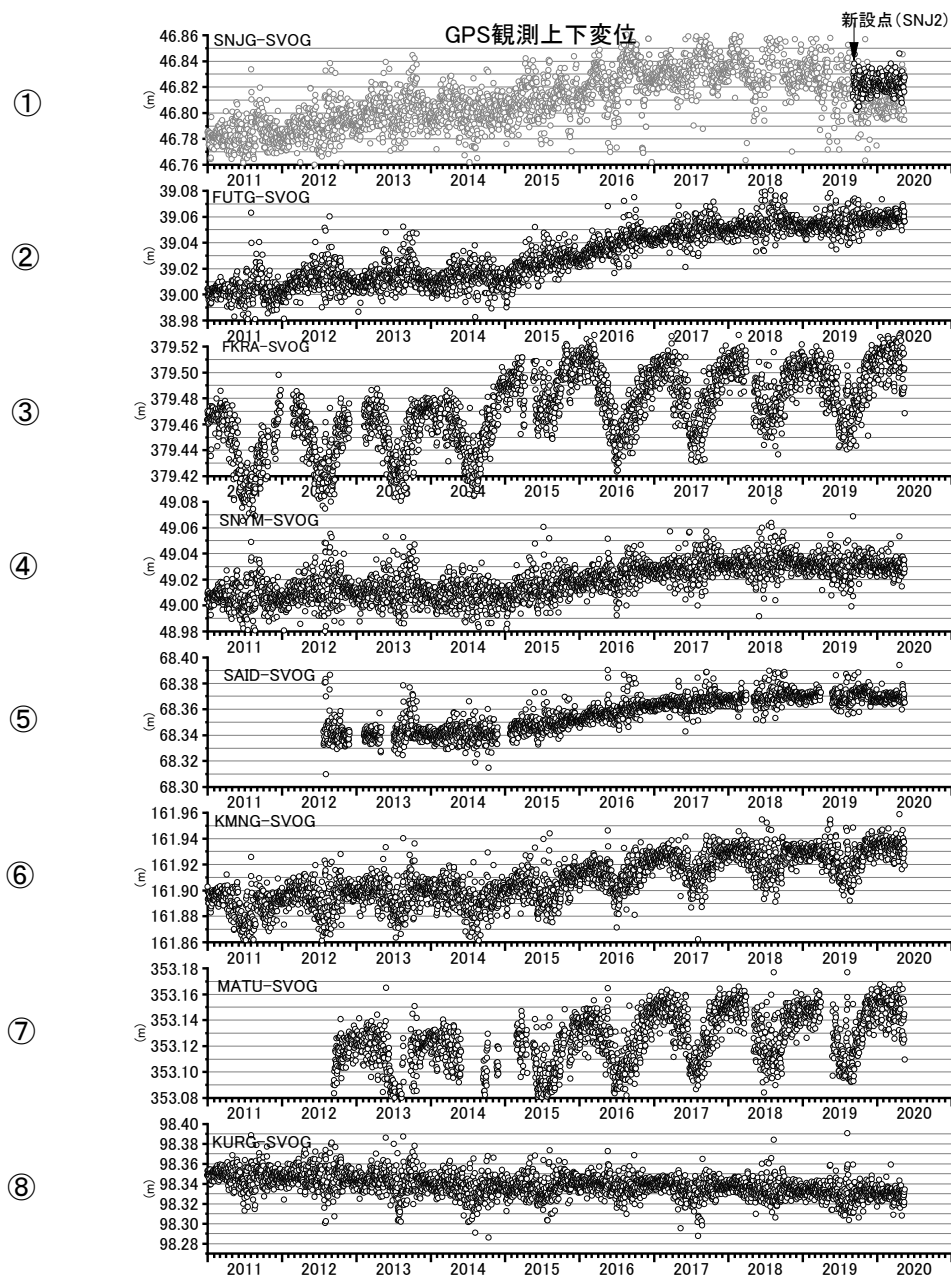


国土院発行の数値地図 50m
メッシュ(標高)から作成

GPS 連続観測 3/3(2020 年 6 月 5 日まで)

図 5. 桜島における短期的水平変位 その 2

桜 島



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(2020 年 6 月 5 日まで)

図 6. 桜島における長期的上下変位

桜 島

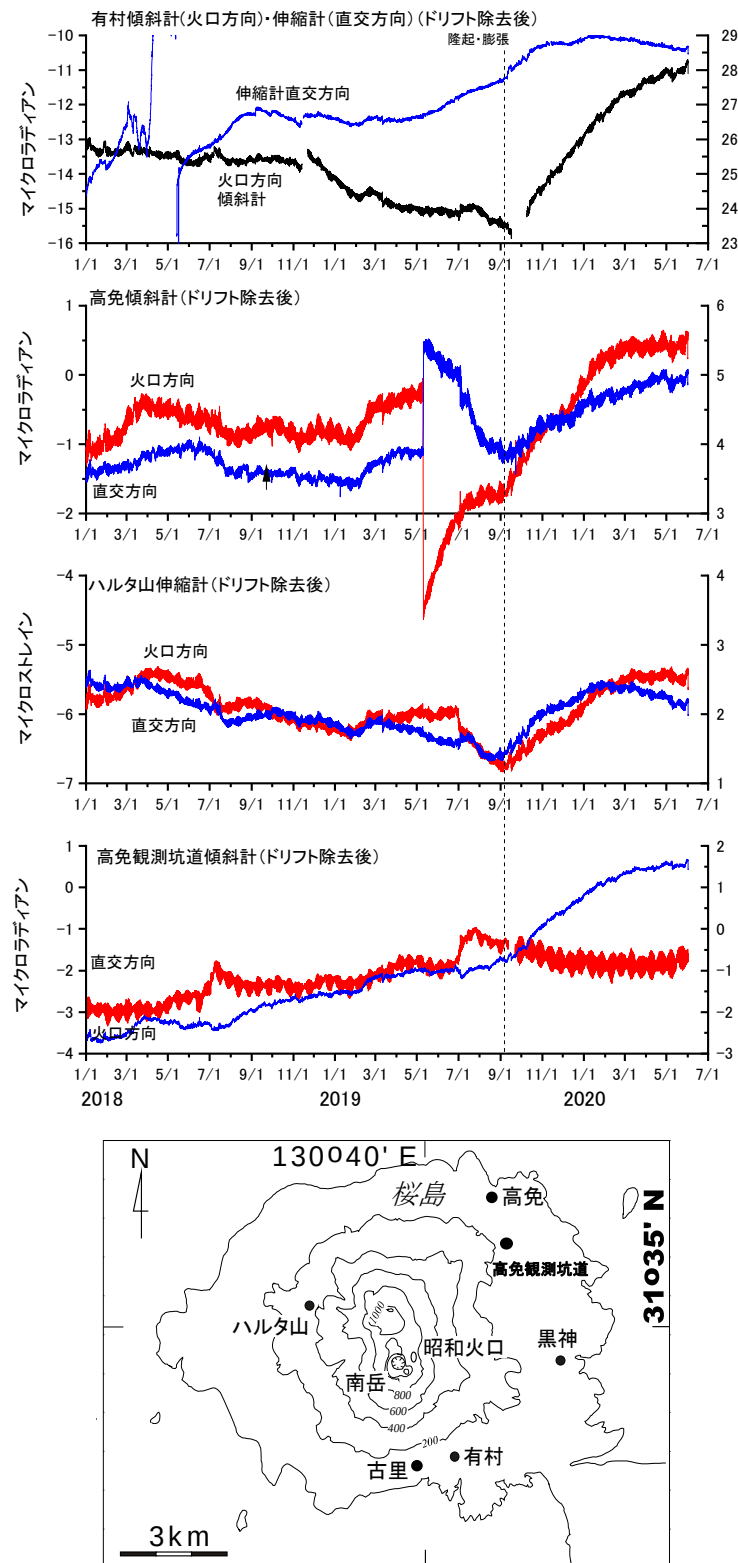


図 7. 傾斜およびひずみ変化 (2020 年 6 月 5 日まで)

桜 島

桜島活動のまとめ(ハルタ山観測坑道伸縮計)

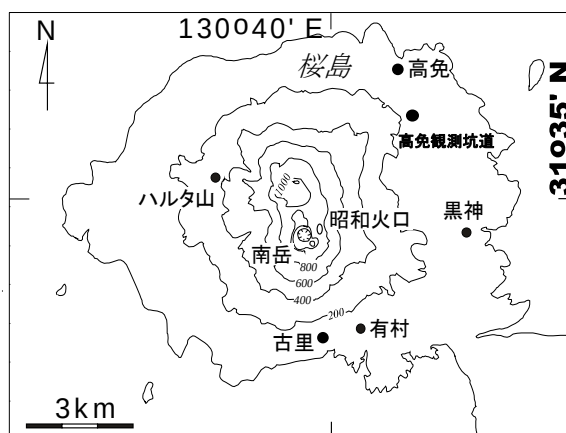
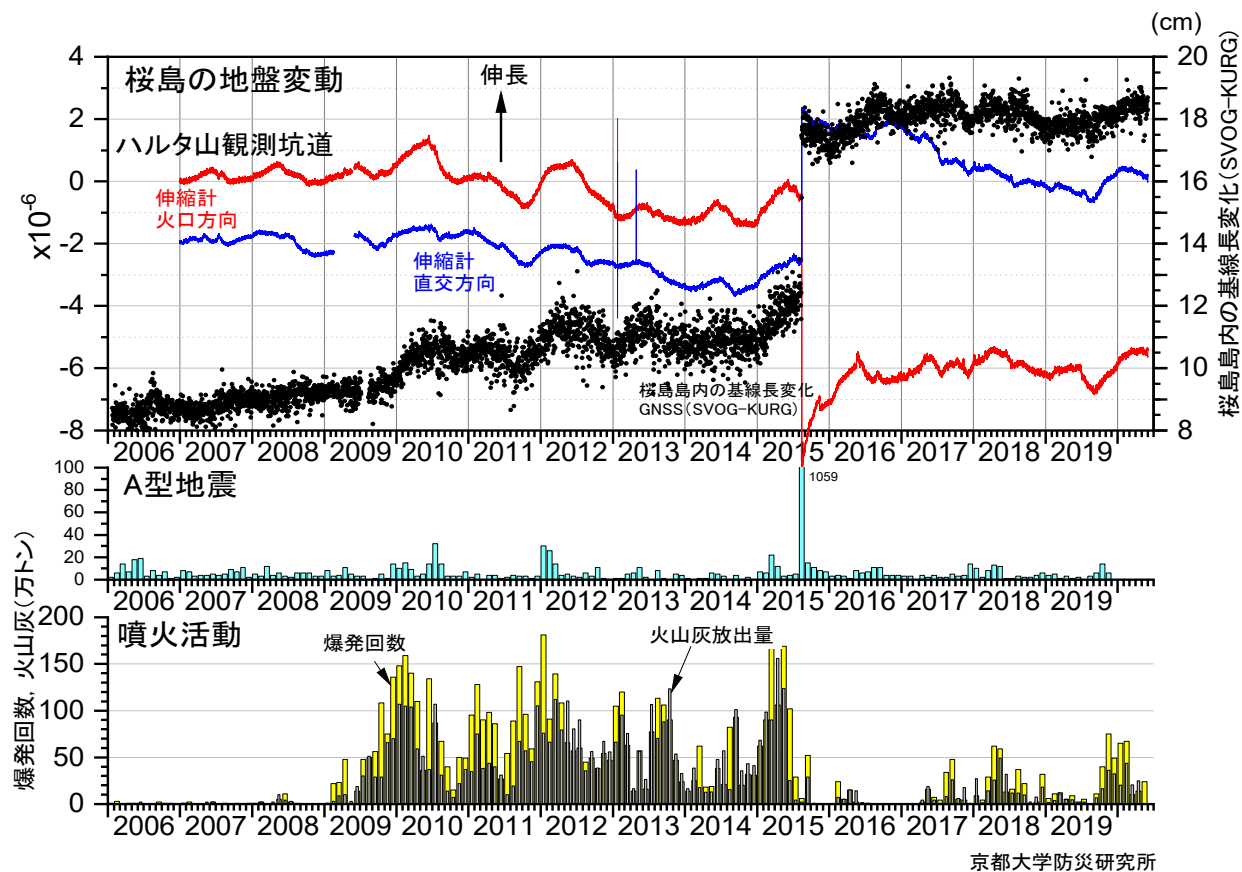


図 8. 桜島の長期的な地盤変動 (2006 年 1 月 1 日～2020 年 6 月 5 日まで)

桜 島

南岳山頂下へのマグマ供給量の見積もり

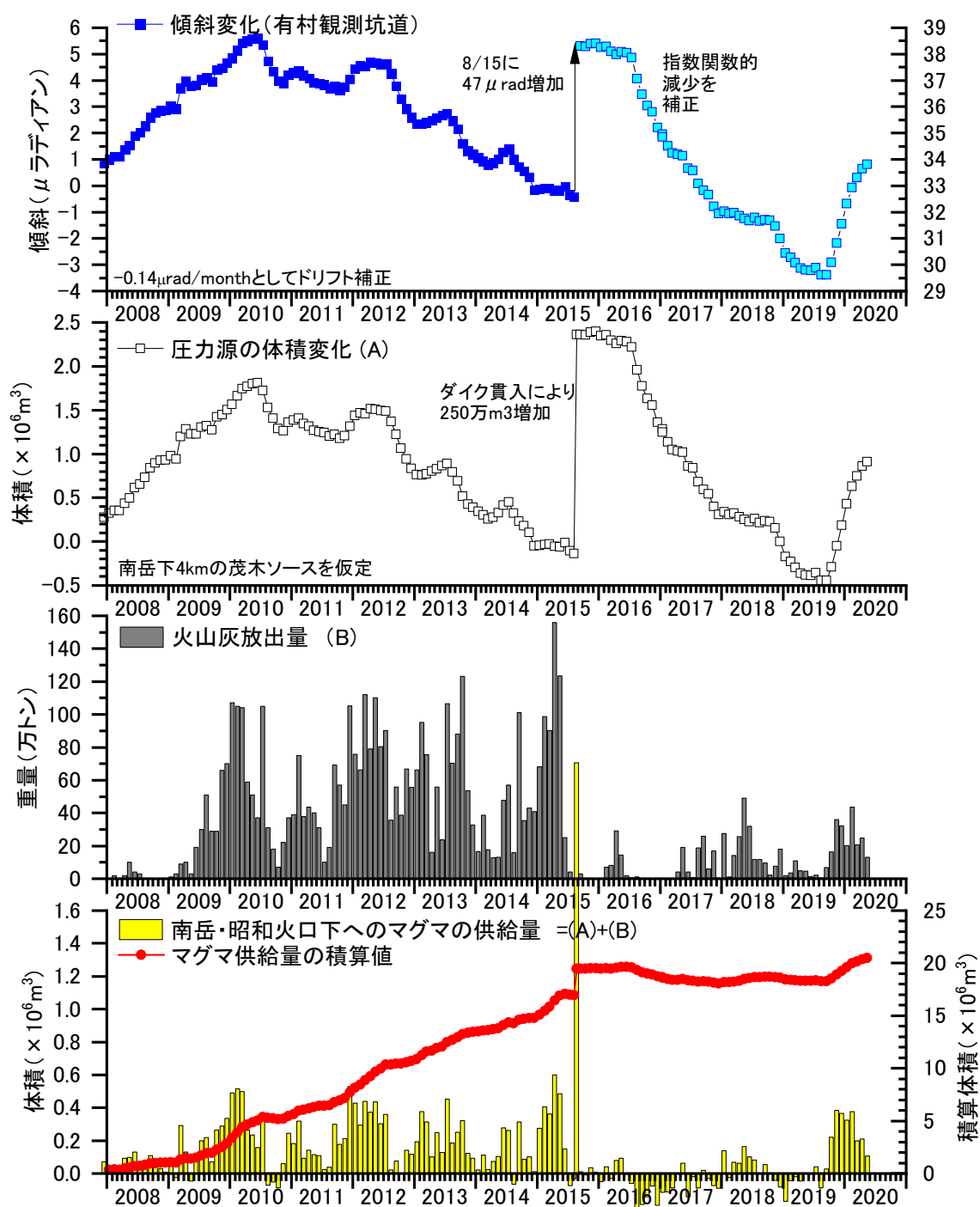


図 9. 南岳山頂下へのマグマ供給量の見積もり

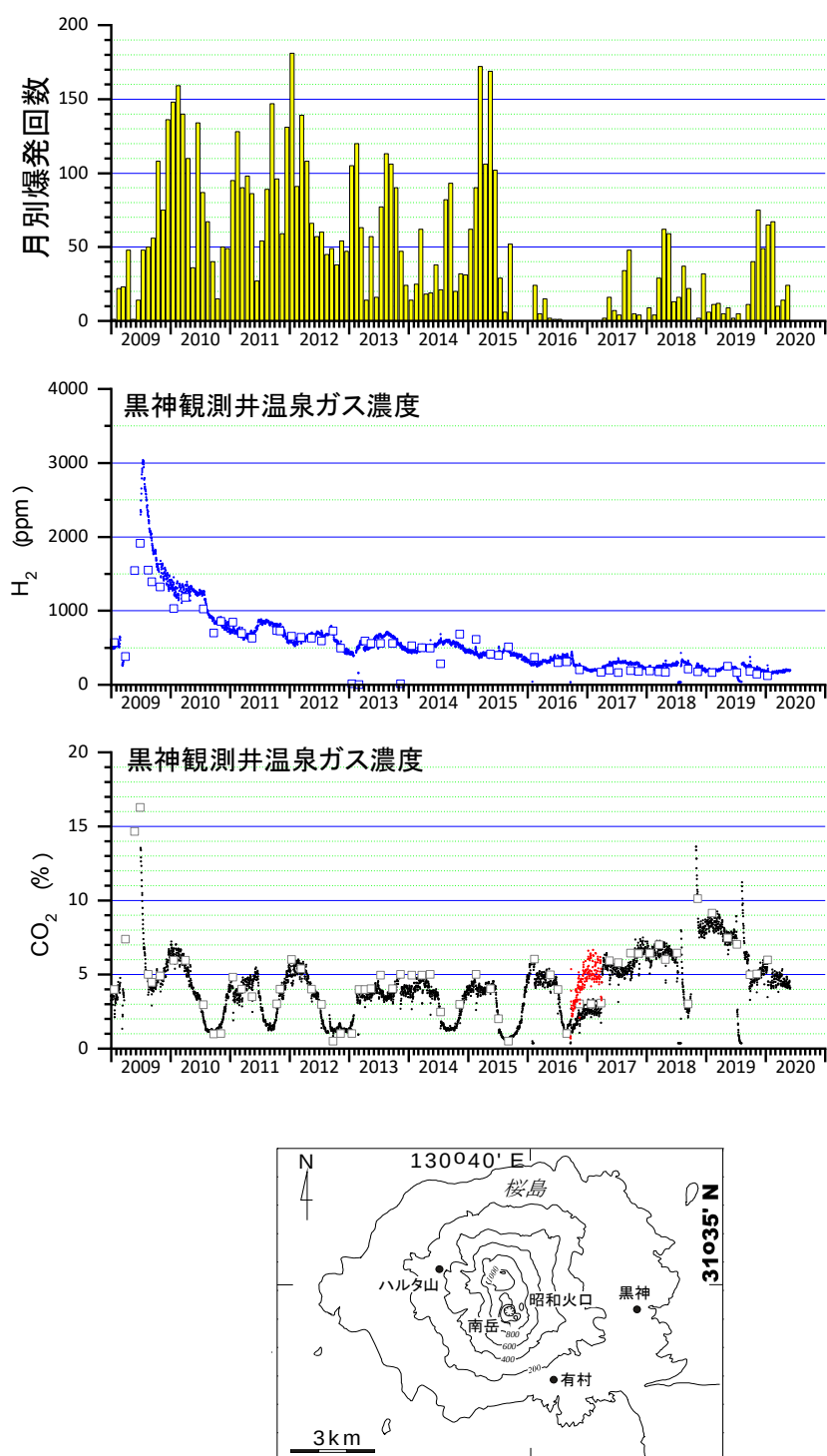


図 10. 黒 神 温 泉 ガ ス (2020 年 5 月 31 日まで)

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。

2020 年 6 月噴火活動 その 1

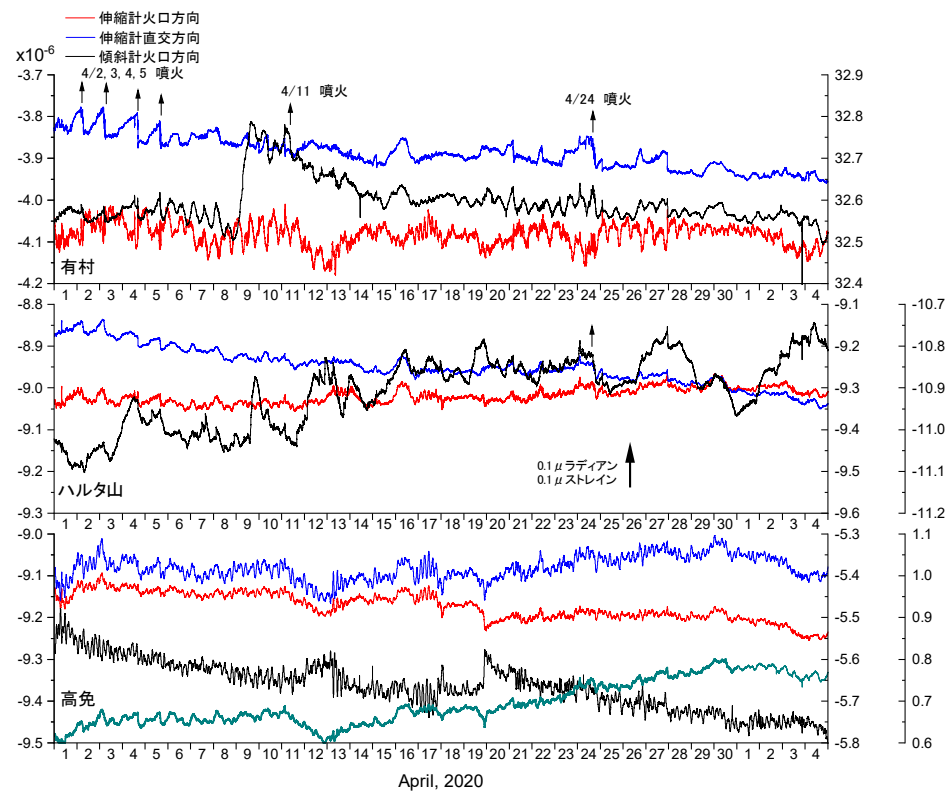


図 11. 2020 年 4 月 1 日～5 月 4 日の伸縮及び傾斜変化(有村, ハルタ山, 高免観測坑道)

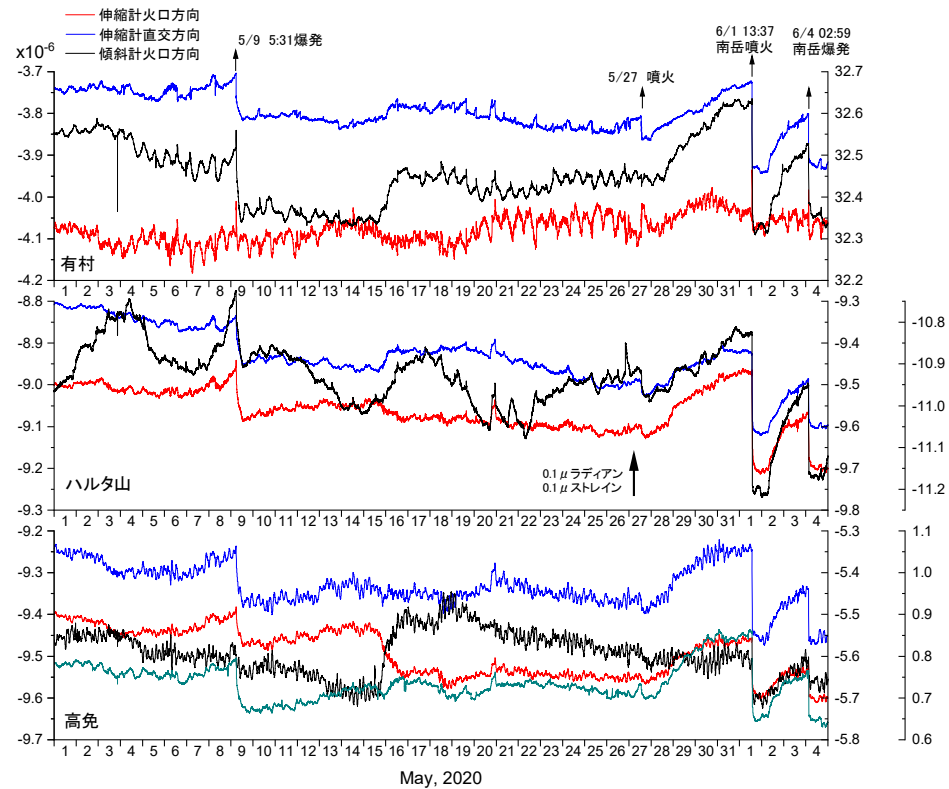


図 12. 2020 年 5 月 1 日～6 月 4 日の伸縮及び傾斜変化(有村, ハルタ山, 高免観測坑道)

2020 年 6 月噴火活動 その 2

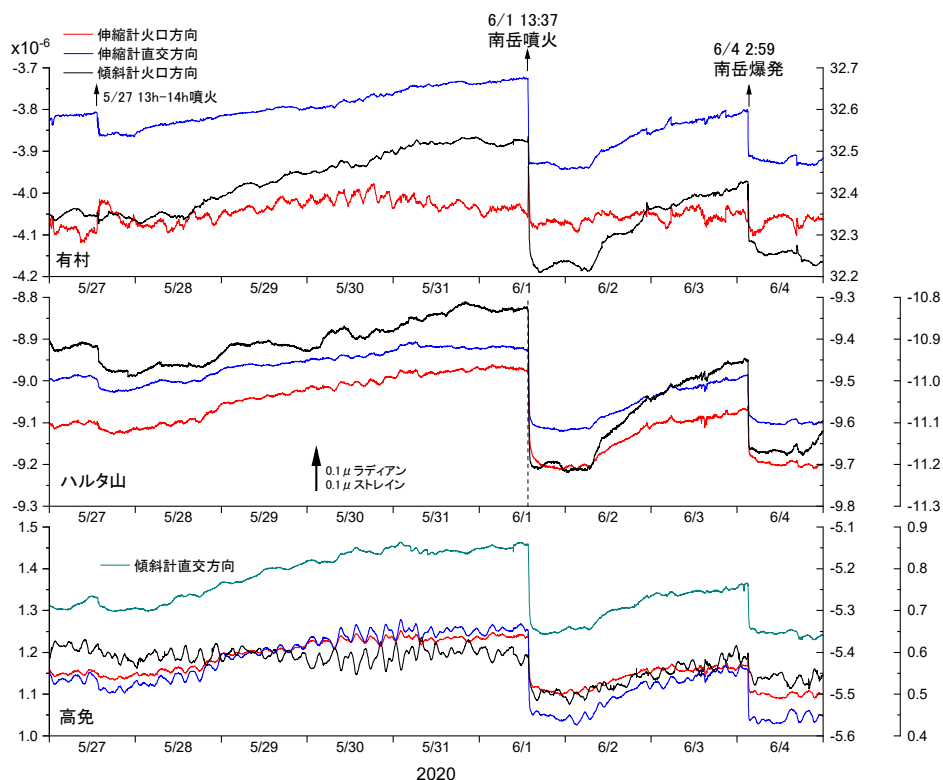


図 13. 2020 年 5 月 27 日～6 月 4 日の伸縮及び傾斜変化(有村, ハルタ山, 高免観測坑道)

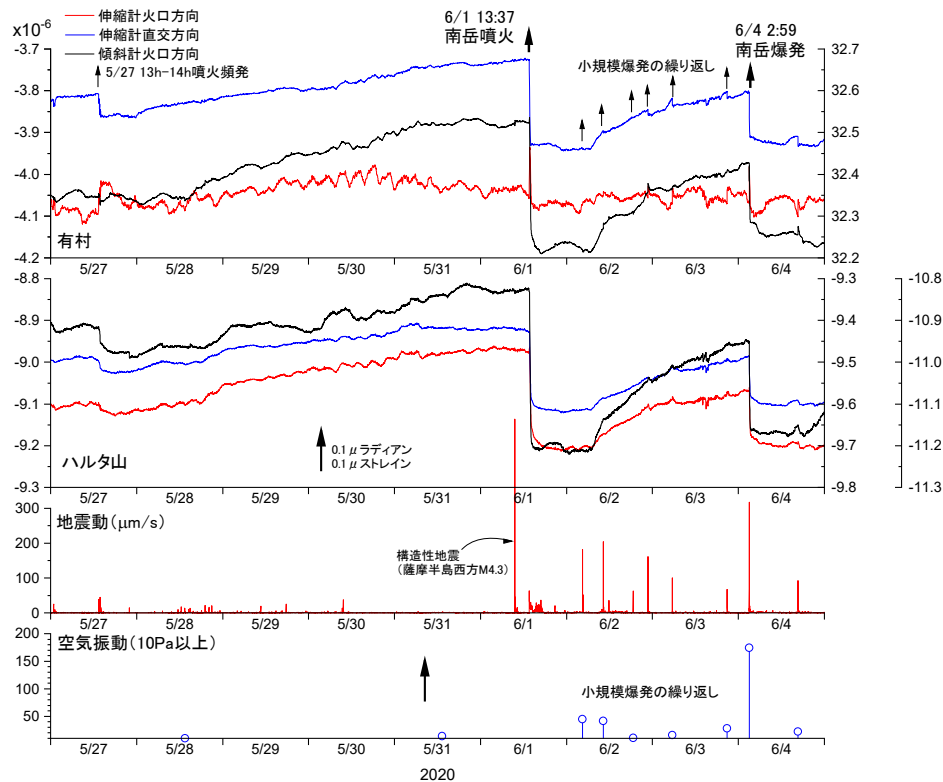


図 14. 2020 年 5 月 27 日～6 月 4 日の伸縮及び傾斜変化(有村, ハルタ山)と地震動, 空気振動との対応関係. 6 月 1 日 13:37 の前駆膨張期に顕著な噴火はない. 6 月 4 日 2:59 の爆発の前駆膨張期には小規模爆発が頻発している.

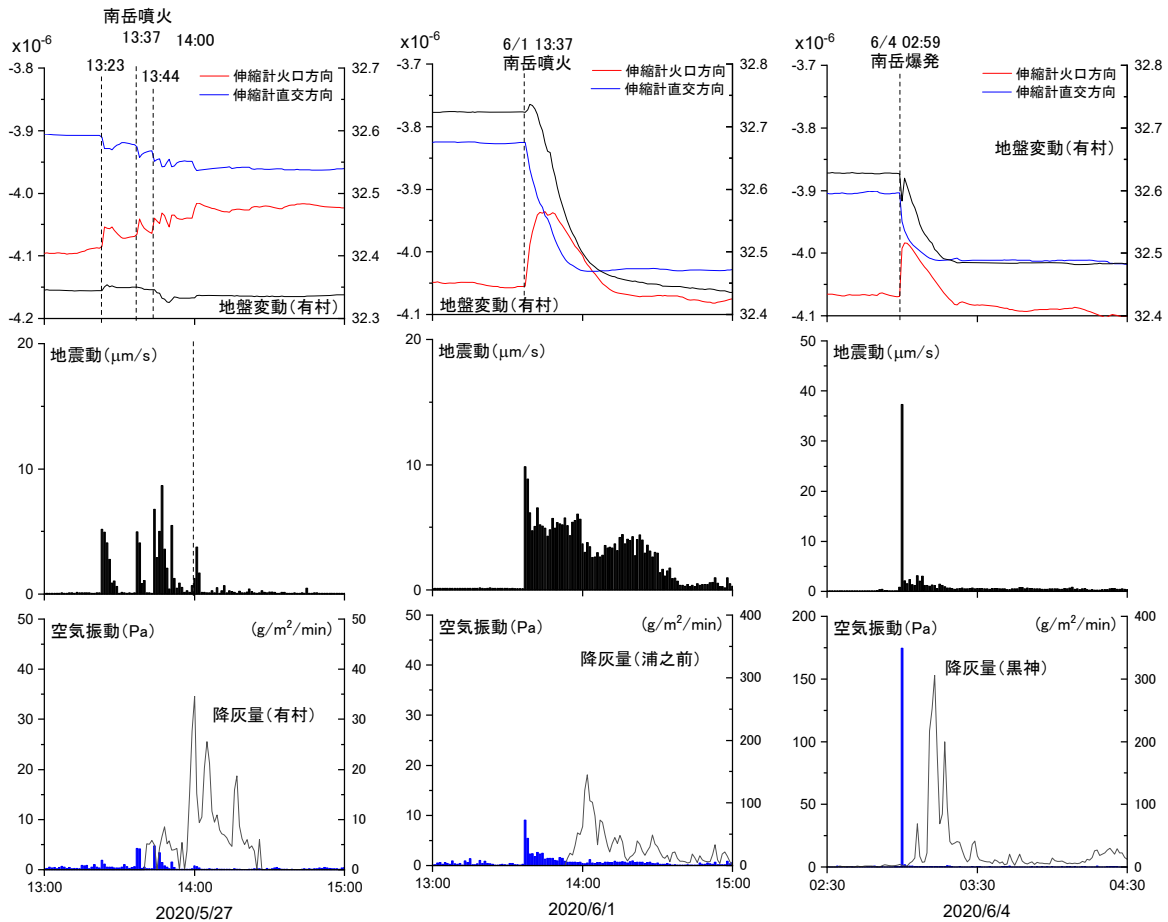


図 15. 5 月 27 日の噴火クラスター, 6 月 1 日 13:37 噴火, 6 月 4 日 2:59 の爆発に伴う地盤変動(有村観測坑道), 地震動, 空気振動

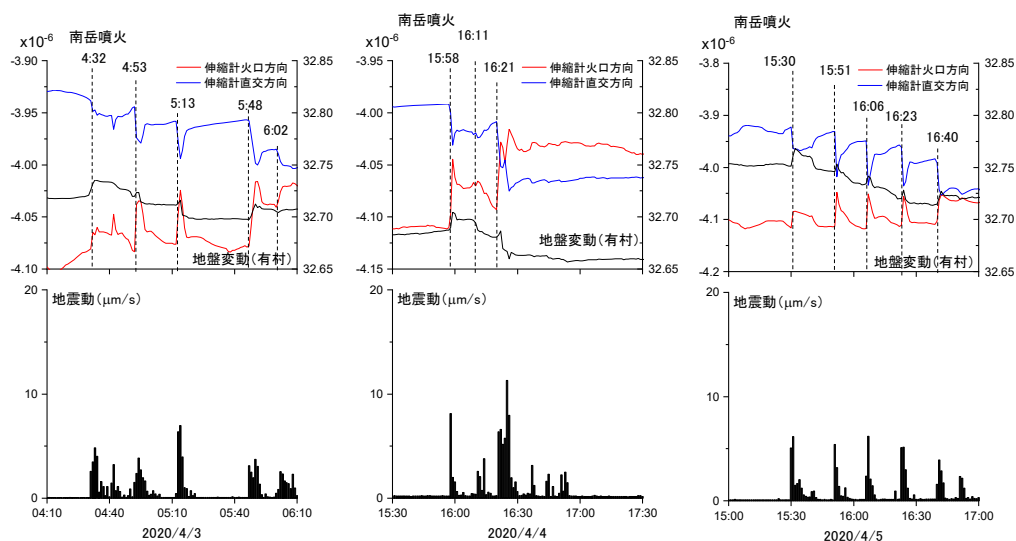


図 16. 4 月 3 日, 4 日, 5 日に出現した噴火クラスターに伴う地盤変動(有村観測坑道), 地震動. 5 月 27 日までは, 噴火クラスターが多数発生した. 図 11 に示す 1 か月間の変動では 1 つの膨張・収縮イベントとして認識される.

表 1 桜島南岳噴火により火山岩塊が山麓において確認された事例

発生時刻	距離 (km)	火山岩塊の採取場所	標高 (m)	大きさ (cm)	初速度 (m/s)	ハルタ山 空振 (Pa)
1958/3/7 0:00	1.5	引之平大正第 1 火口東側	550	63	150	
1960/1/19 17:23	1.8	引之平頂上	550	180	180	
1961/3/7 22:37	3.2	持木町山林内	100	120	240	
1962/8/1 0:00	2.6	ハルタ山下道路	480	50	210	
1963/2/12 0:12	3.2	持木町畑	—	100	240	324
1963/10/23 12:20	2.1	北岳河原	430	50	190	153
1963/11/6 19:02	2.6	有村町	30	60	210	522
1972/10/2 22:29	3.2	古里町	0	100	240	630
1976/5/25 16:57	2.1	北岳河原	430	80	190	360
1977/11/30 3:47	3.0	有村町	0	40	210	306
1981/1/20 16:33	2.7	有村町	90	80	190	207
1982/4/21 15:27	2.0	北岳河原	450	100	180	333
1983/2/18 13:26	3.0	有村町	30	100	210	189
1983/8/2 14:45	2.7	京都大学ハルタ山観測室	408	70	220	306
1984/7/21 15:02	3.0	有村町	30	150	230	459
1985/6/8 13:11	3.2	東桜島町湯之	150	80	240	405
1985/6/30 11:41	3.3	東桜島町湯之	106	100	240	288
1985/7/6 17:20	3.0	有村町	60	100	230	306
1985/7/10 14:14	2.8	有村町	70	100	220	288
1985/12/19 18:01	3.0	有村町	30	60	240	333
1986/4/16 5:37	2.6	引之平北西赤水登山道	300	100	210	459
1986/11/23 16:02	3.2	古里町ホテル山下家	0	200	240	387
1987/11/17 20:56	2.6	東桜島町湯之	160	100	210	432
2020/6/4 2:59	3.3	東桜島町湯之	81	{80}	250	487

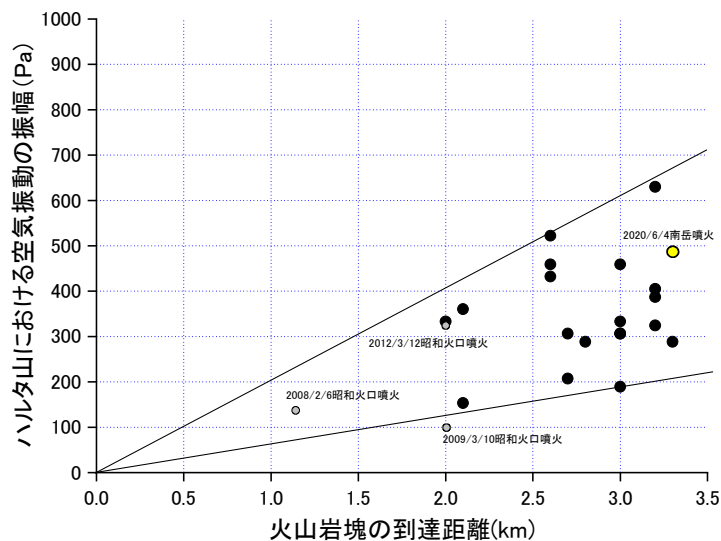


図 17. 南岳山頂爆発により放出された火山岩塊の到達距離と空気振動の関係。灰丸は昭和火口噴火。黄丸は 2020 年 6 月 4 日の南岳爆発。

2020 年 6 月 4 日 2:59 発生桜島南岳爆発の噴煙のレーダー観測結果

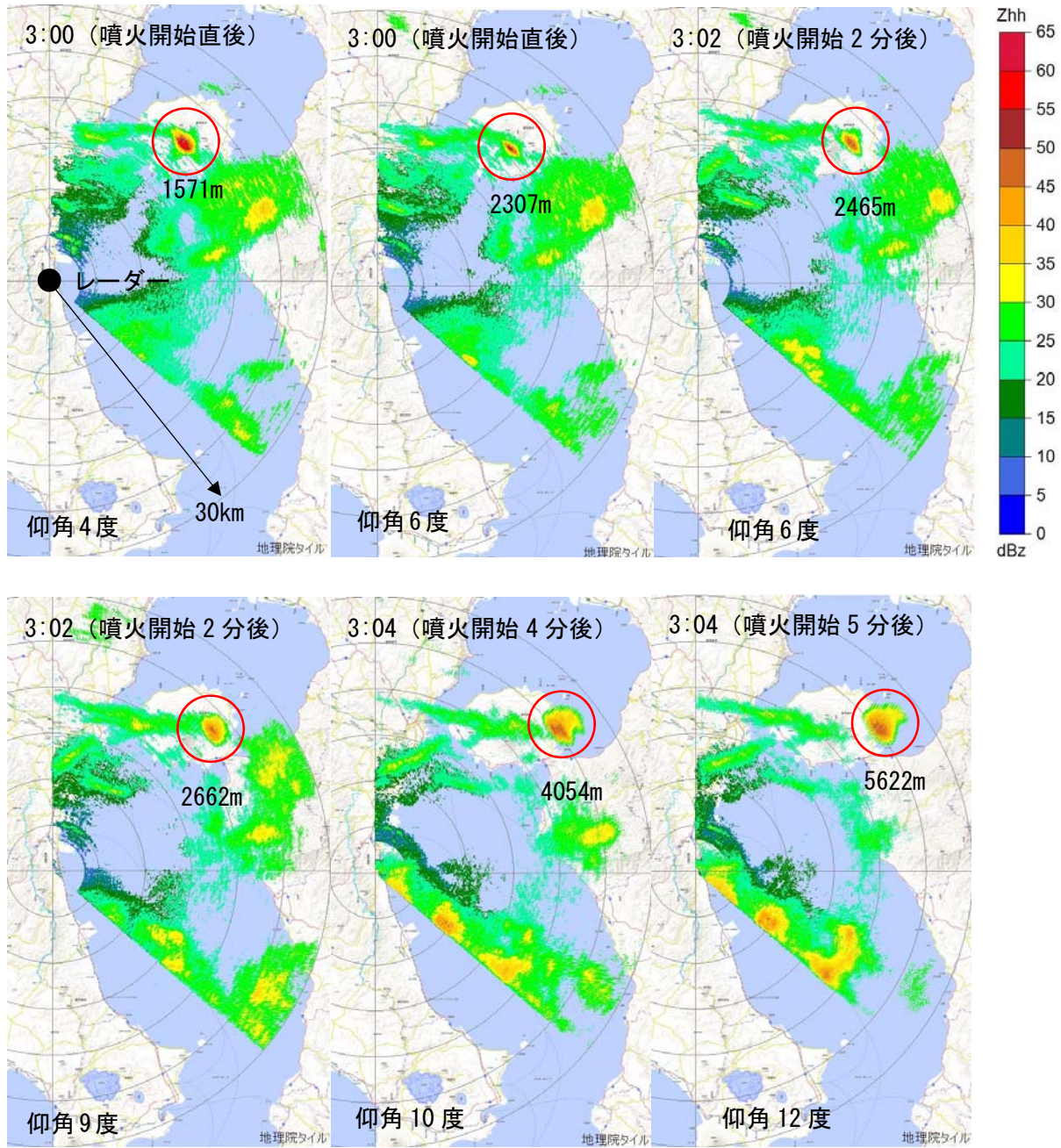


図 18. 2020 年 6 月 4 日に発生した爆発の噴煙のレーダー反射強度分布. 南岳に噴煙に対応する反射強度エコーが見られる. エコーが見られる場所を赤丸で示し, 海拔高度を併記した.

第146 回火山噴火予知連絡会

京大防災研究所

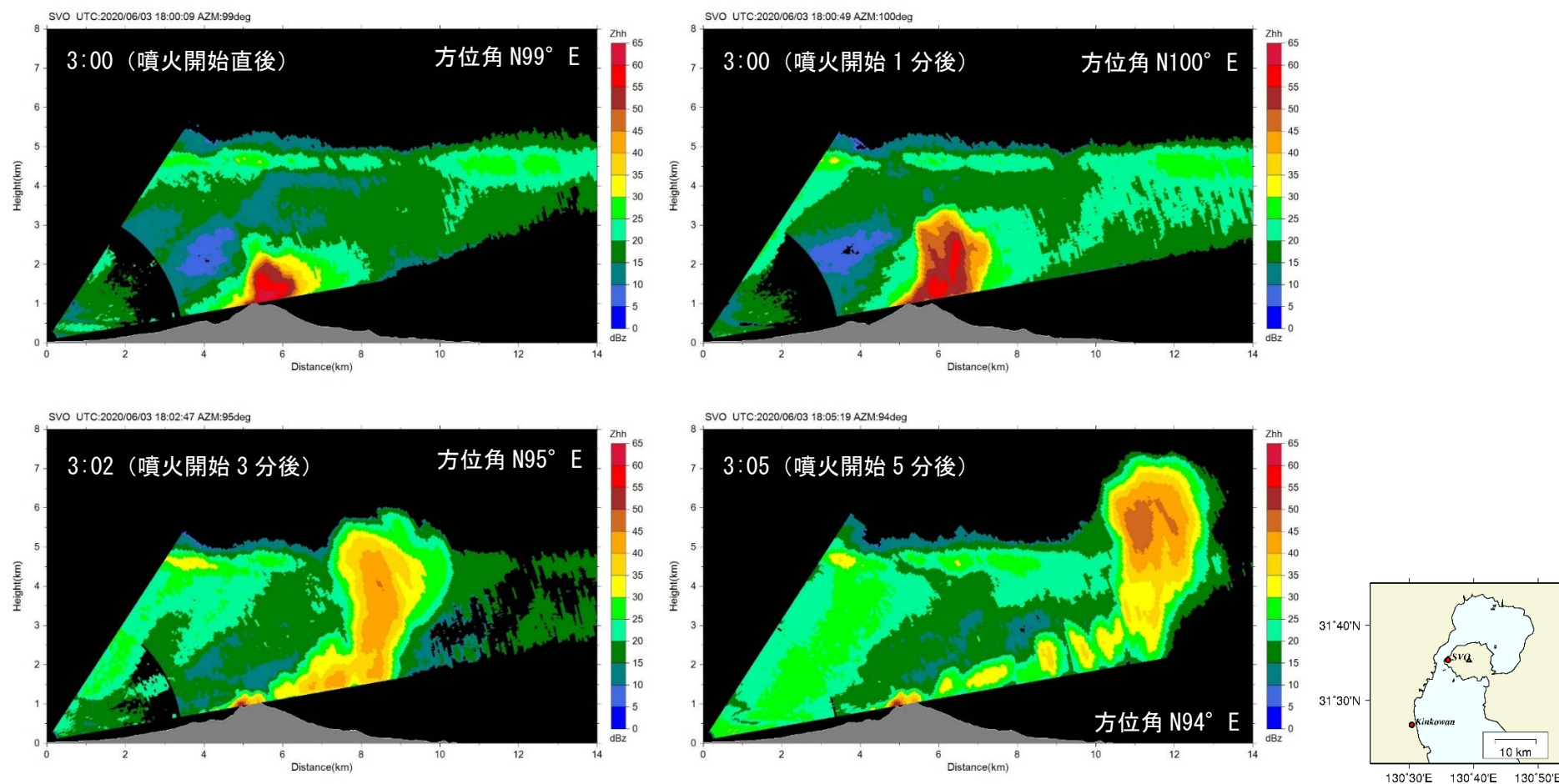


図 19. 2020 年 6 月 4 日 2:59 爆発のレーダー反射強度分布. 距離 0 は SV0 レーダーの位置で, 高さは海拔値.

桜島

2020 年 6 月 4 日桜島南岳火山噴出物の特徴

2020 年 6 月 4 日の桜島南岳山頂火口噴火の噴出物（火山礫および火山岩塊）は、完晶質な石基をもつ新鮮な本質物質である。地表付近でしばらくの間定置されたマグマに由来すると考えられる。

2020 年 6 月 4 日 2 時 59 分に桜島南岳山頂火口で噴火が発生し、火山岩塊が火口から南南西約 3 km まで到達した。観察試料は、桜島黒神で採取された火山礫（6 月 5 日 10 時 30 分採取）および東桜島で採取された火山岩塊（いずれも京都大学桜島観測所採取）である。

黒神に降下した火山礫（図 1）は、緻密なものから気泡を含むものまでさまざまな発泡度をもつが、いずれも黒色～暗灰色で、ほぼ単一の岩相である。火口壁を形成していると考えられるような風化・変質した礫は見られない。東桜島に落下した火山岩塊（図 2）は黒色・緻密で、その岩相は黒神の火山礫のうち緻密なものと同様である。

火山礫の断面のデジタル顕微鏡および電子顕微鏡観察（図 3，4）では、石基はほとんど結晶化していたことから、噴出時点でメルトはなく固結していたと考えられる。発泡度の高い礫も多いことから、ごく低圧（地表）に定置していたマグマ由来と考えられる。また、火山礫の気泡内壁には高温の火山ガスから晶出したシリカ鉱物の晶出が見られることから（図 5，6），地表で固結した後しばらくの間、高温状態の火山ガスに曝されていたと推測される。

以上の観察結果から、6 月 4 日噴火の噴出物は、火口底に滞留し火道頂部を閉塞した溶岩が、爆発により破碎し飛散したと推測される。



図1. 2020年6月4日の桜島南岳山頂噴火による火山礫（京大桜島採取）.



図2. 2020年6月4日の桜島南岳山頂噴火による火山岩塊（京大桜島採取）.



図 3. 2020 年 6 月 4 日の桜島南岳山頂噴火による火山礫（京大桜島採取）の切断面のデジタル顕微鏡画像.

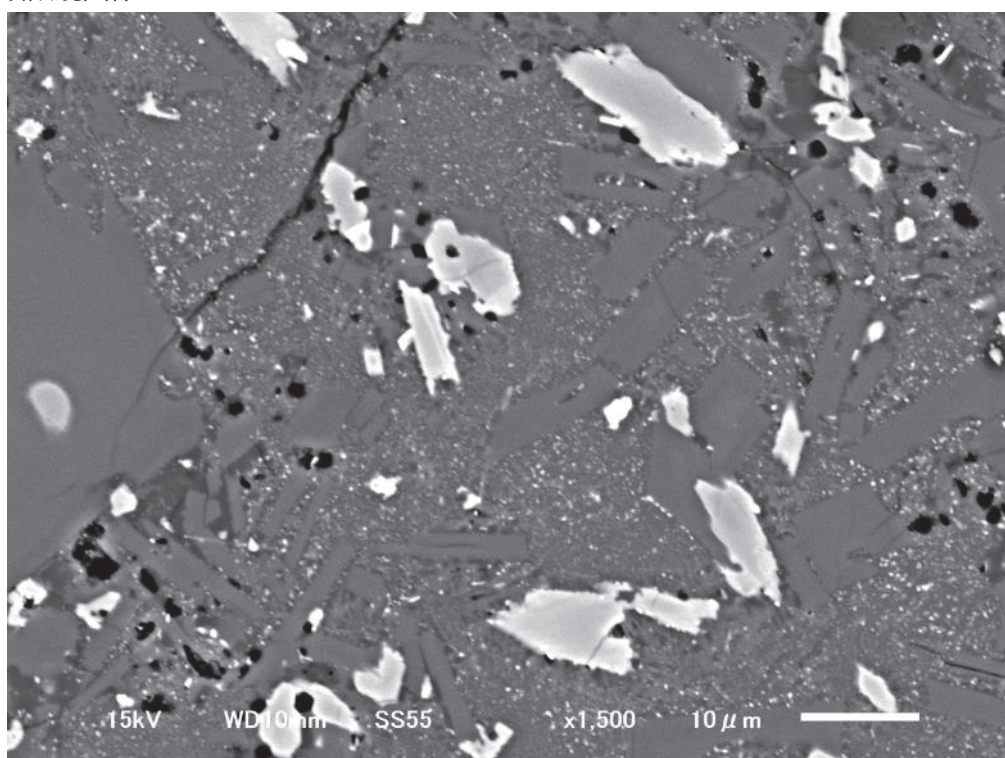


図 4. 2020 年 6 月 4 日の桜島南岳山頂噴火による火山礫（京大桜島採取）の切断面の後方散乱電子像. 石基は完晶質である.

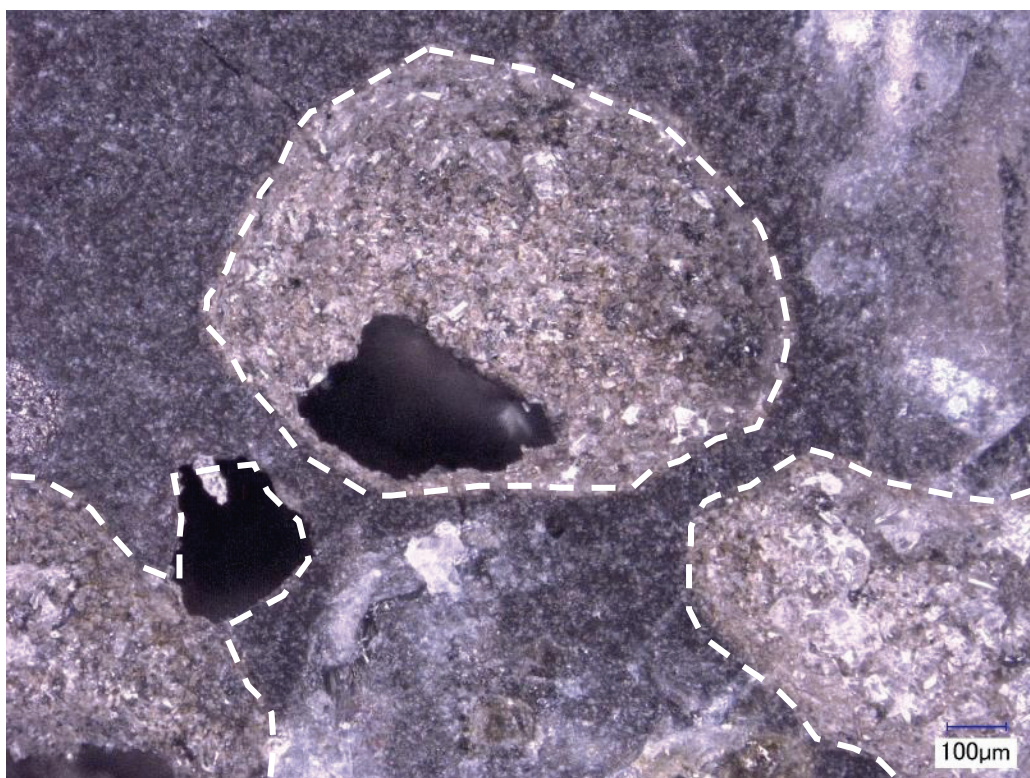


図5. 2020年6月4日の桜島南岳山頂噴火による火山礫（京大桜島採取）の切断面のデジタル顕微鏡像. 気泡（点線）の内壁に無色透明の晶出物が認められる.

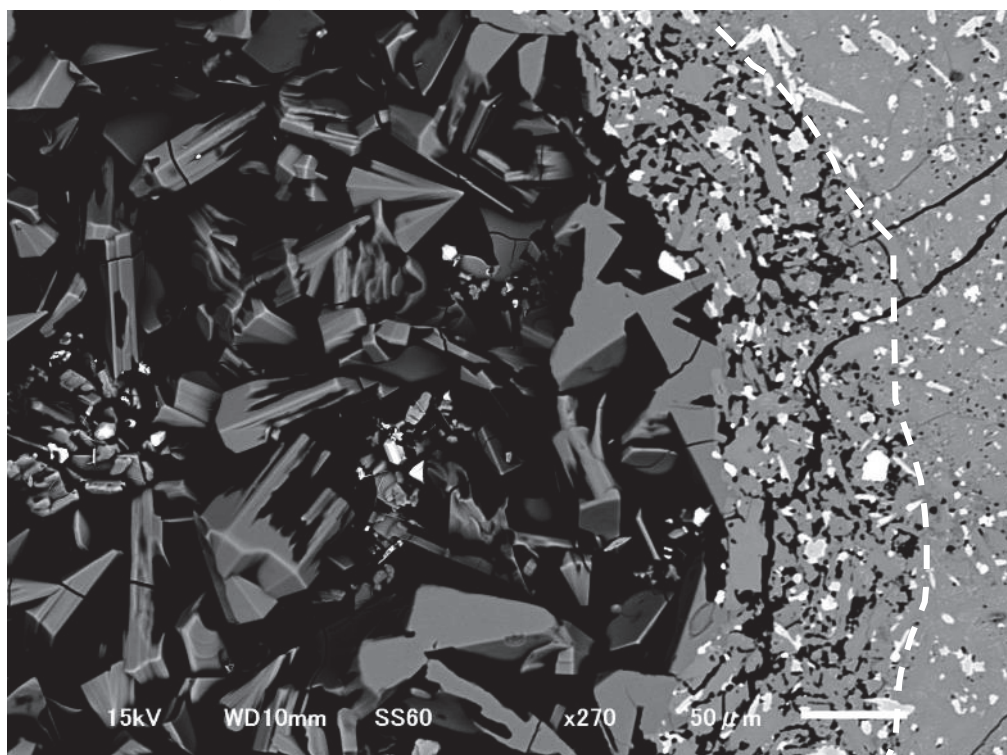


図6. 2020年6月4日の桜島南岳山頂噴火による火山礫（京大桜島採取）の切断面の後方散乱電子像. 気泡（点線）の内壁に自形のシリカ鉱物が認められる.

桜島周辺の地殻変動

Crustal Deformations around Sakurajima Volcano

国土地理院

Geospatial Information Authority of Japan

第 1 図から第 3 図は、桜島周辺における GNSS 連続観測結果である。

第 1 図上段に基線の配置を、下段に各観測局の保守履歴を示した。

第 2-1 図及び第 2-2 図上段は、第 1 図に示した基線の基線長変化グラフで、左列は最近約 5 年間（2015 年 5 月～2020 年 6 月）の時系列、右列は最近約 1 年間（2019 年 5 月～2020 年 6 月）の時系列である。第 2-2 図中段は、桜島周辺の基線の配置、下段は「樋脇」の保守履歴を示した。第 2-3 図は第 2-2 図中段に示した基線の比高変化グラフである。2019 年 10 月下旬頃から鹿児島（錦江）湾を挟む「鹿児島福山」-「隼人」等の基線でわずかな伸びが見られる。桜島島内においても、2019 年秋頃から基線の伸び、および、隆起が見られたが、その後鈍化し、4 月頃以降はほぼ停滞している。

第 3-1 図及び第 3-2 図は、南九州地方及び桜島周辺の GNSS 観測点における水平変動ベクトル図であり、上段に最近 3 か月間（2020 年 2 月～2020 年 6 月）を、下段に最近 1 年間（2019 年 5 月～2020 年 6 月）を示した。「樋脇」を固定局としている。第 3-1 図は南九州地方の水平変動ベクトル図、第 3-2 図及び第 3-3 図はそれぞれ桜島周辺の水平変動ベクトル図、上下変動ベクトル図である。

第 4 図は「だいち 2 号」の SAR 干渉解析結果である。ノイズレベルを超える変動は見られない。

第 5 図は、GNSS 観測データに基づき、時間依存のインバージョン手法により桜島島内の変動源を茂木ソース 1、始良カルデラの変動源を茂木ソース 2 と仮定して体積の増減を時系列的に推定した結果である。解析に使用する観測点が霧島山の力源の影響も受けるため、今回は霧島山の茂木ソースと同時解析を行った。上段は推定に用いた観測点の配置と変動源の位置図で、下段は推定された体積変化の時系列である。桜島島内の変動源（茂木ソース 1）は、長期的にみると膨張、停滞を繰り返しており、2017 年中頃から停滞、収縮傾向となっていたが、2019 年終わり頃から再び膨張傾向に転じ、2020 年 3 月頃には鈍化した。始良カルデラの変動源（茂木ソース 2）は膨張が継続している。

第 6 図から第 7 図は、推定された各観測点の地殻変動（計算値）と観測値の比較であり、第 6-1 図及び第 6-2 図は時系列グラフ、第 7 図はベクトル図である。このモデルから推定した計算値は比較的よく再現されている。なお、960720「鹿児島 2」の上下変動の計算値は観測値と系統的にずれているが、この観測点は昭和（1946 年）溶岩流の上にあり、局所的な圧密沈下を反映していることが原因と考えられる。

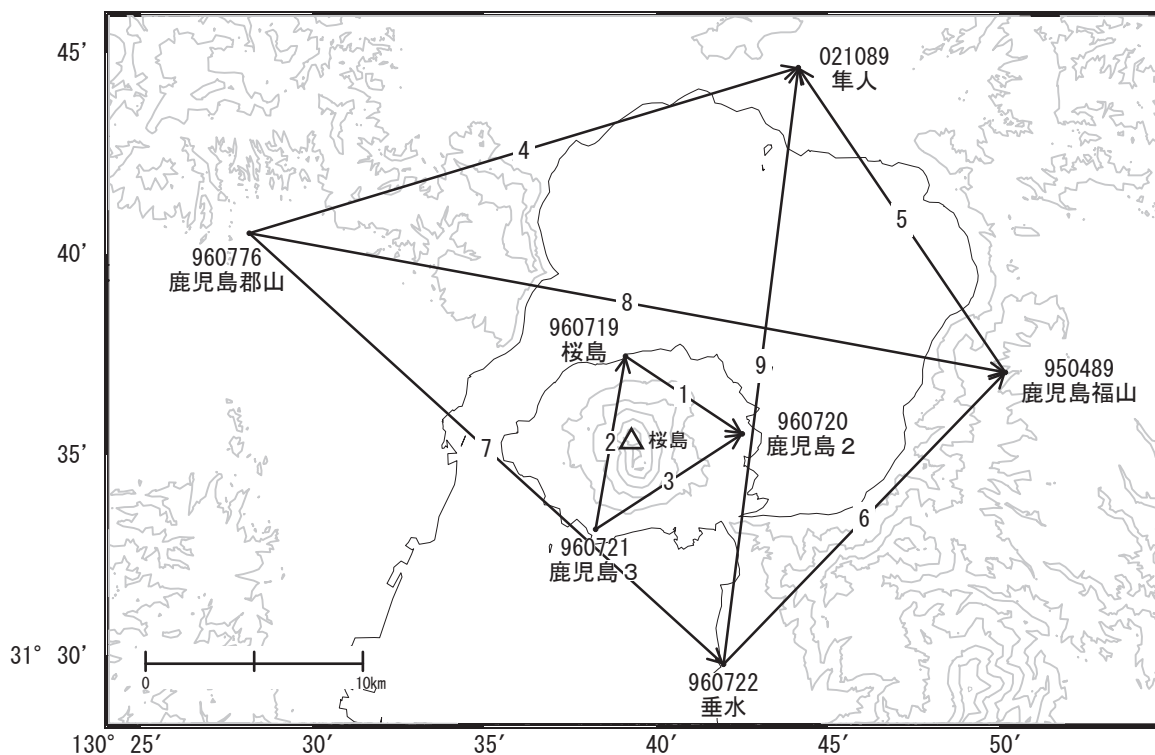
謝辞

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。

桜島

2019年10月下旬頃から鹿児島（錦江）湾を挟む「鹿児島福山」-「隼人」等の基線でわずかな伸びが見られます。桜島島内の基線の伸び、および、「桜島」の隆起は2020年4月頃からほぼ停滞しています。

桜島周辺GEONET（電子基準点等）による連続観測基線図(1)



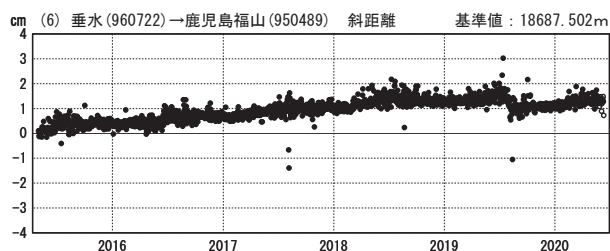
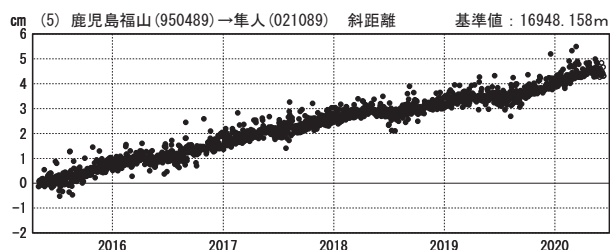
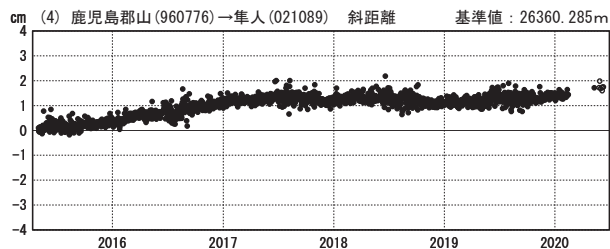
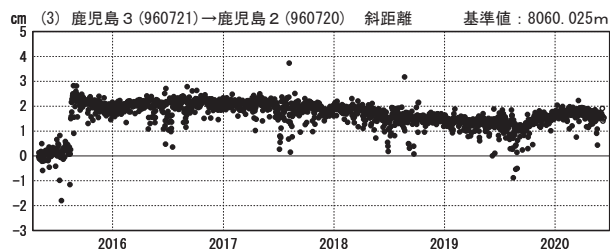
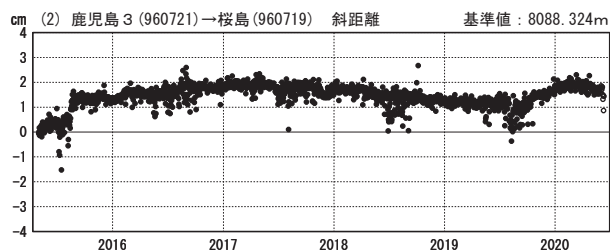
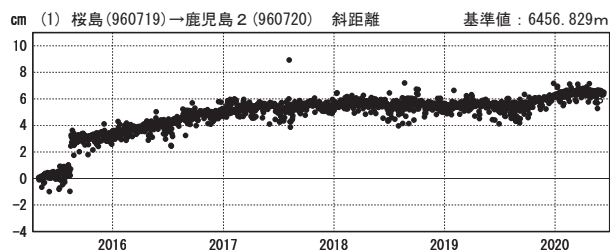
桜島周辺の各観測局情報

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

第1図 桜島のGNSS連続解析基線図（上段）、観測局の保守履歴（下段）

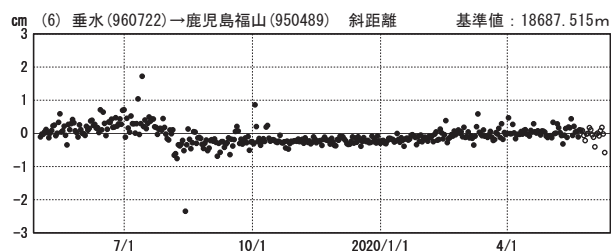
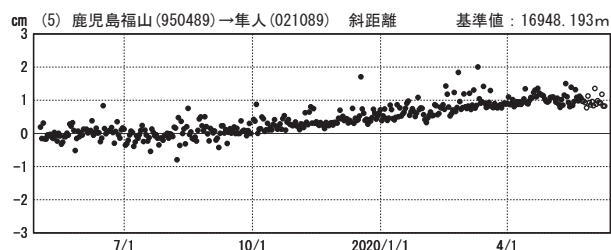
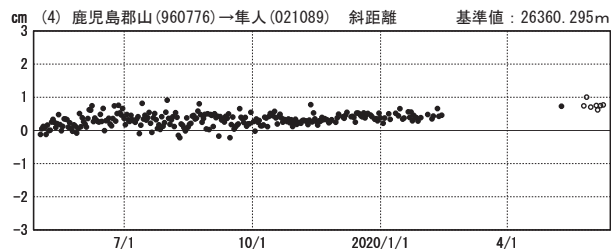
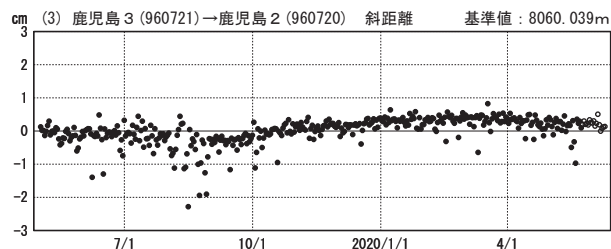
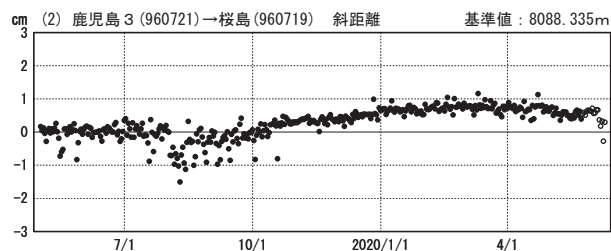
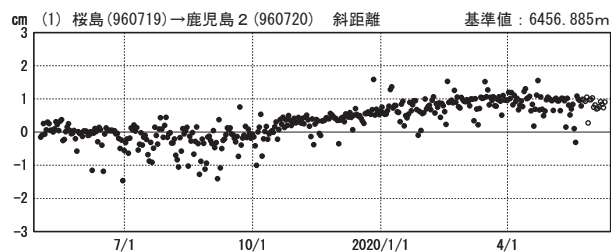
基線変化グラフ（長期）

期間：2015/05/01～2020/06/09 JST



基線変化グラフ（短期）

期間：2019/05/01～2020/06/09 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

国土地理院

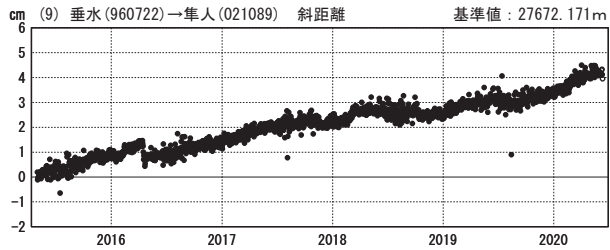
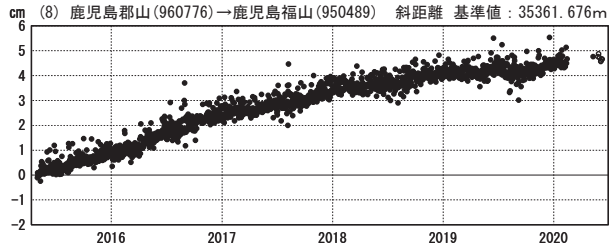
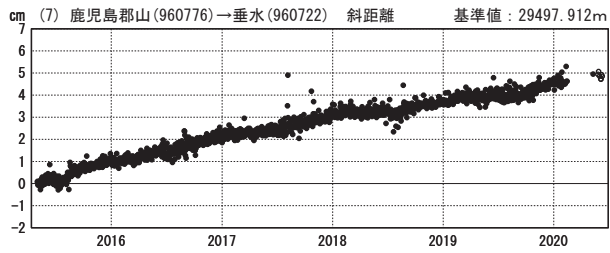
※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

第2-1図 桜島周辺のGNSS連続解析基線図による成分変化グラフ

(左列：2015年5月～2020年6月、右列：2019年5月～2020年6月)

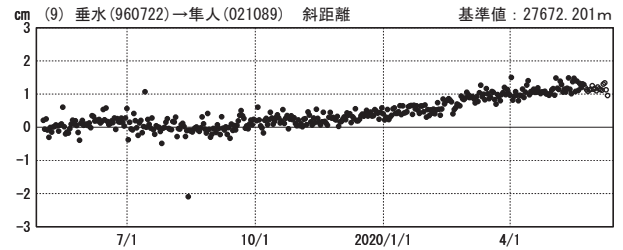
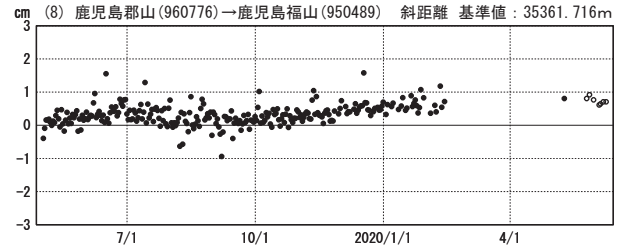
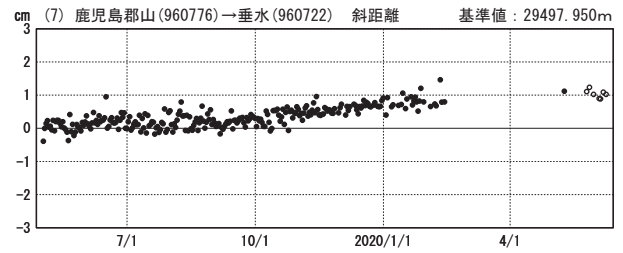
基線変化グラフ（長期）

期間：2015/05/01～2020/06/09 JST



基線変化グラフ（短期）

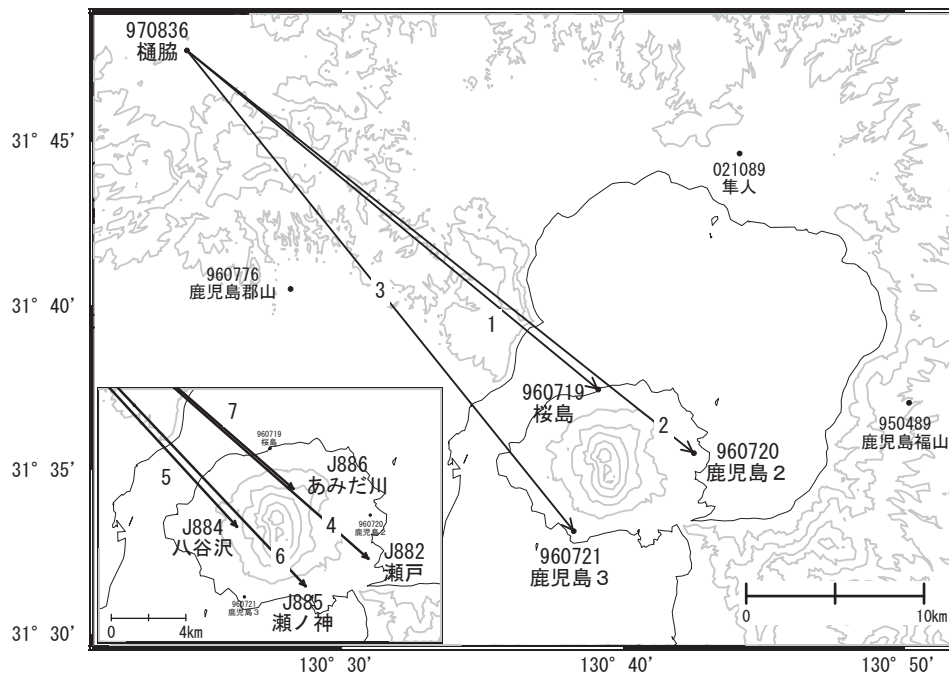
期間：2019/05/01～2020/06/09 JST



●---[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

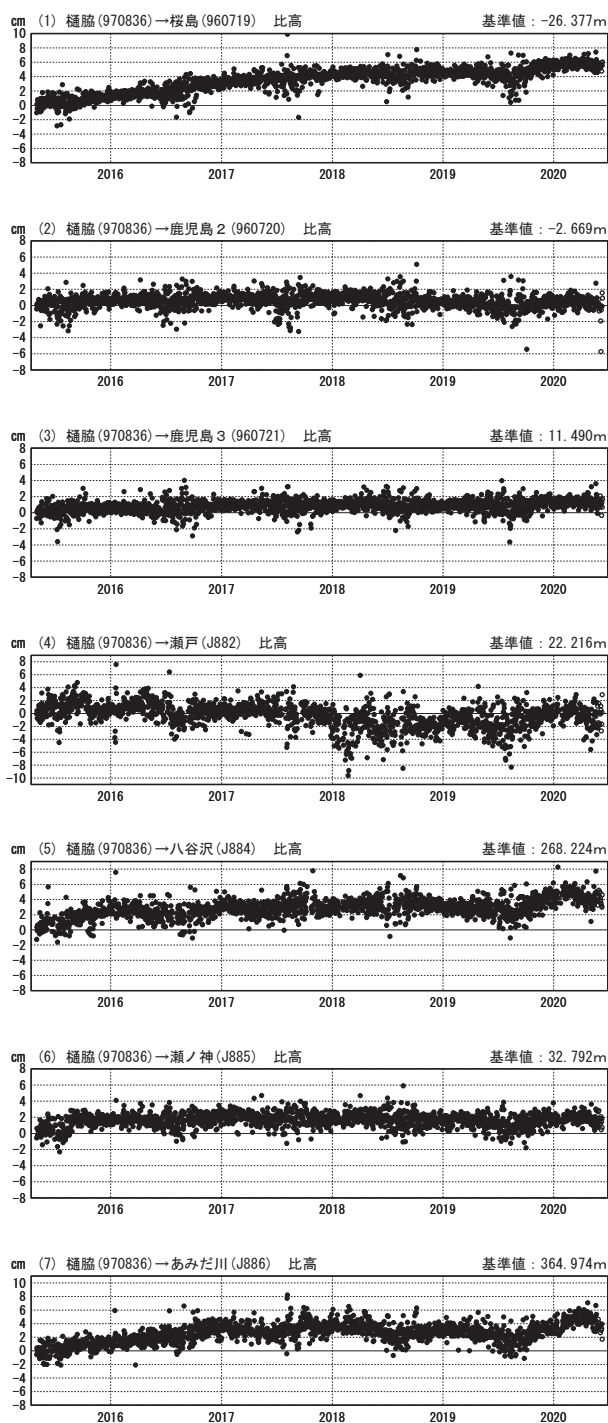
※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

第2-2図 （上段）桜島のGNSS連続観測結果による基線変化グラフ
（上左列：2015年5月～2020年6月、上右列：2019年5月～2020年6月）
桜島周辺のGNSS連続観測結果（中段）と観測局の保守履歴（下段）

桜島

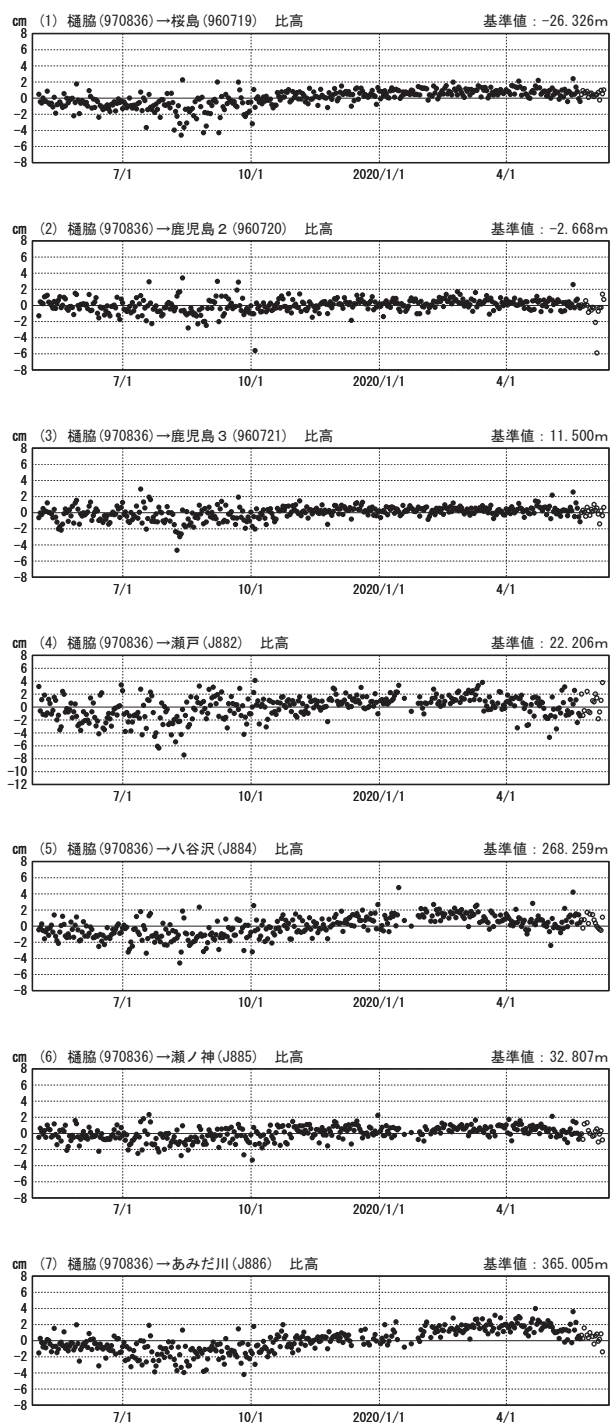
比高変化グラフ（長期）

期間：2015/05/01～2020/06/09 JST



比高変化グラフ（短期）

期間：2019/05/01～2020/06/09 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

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

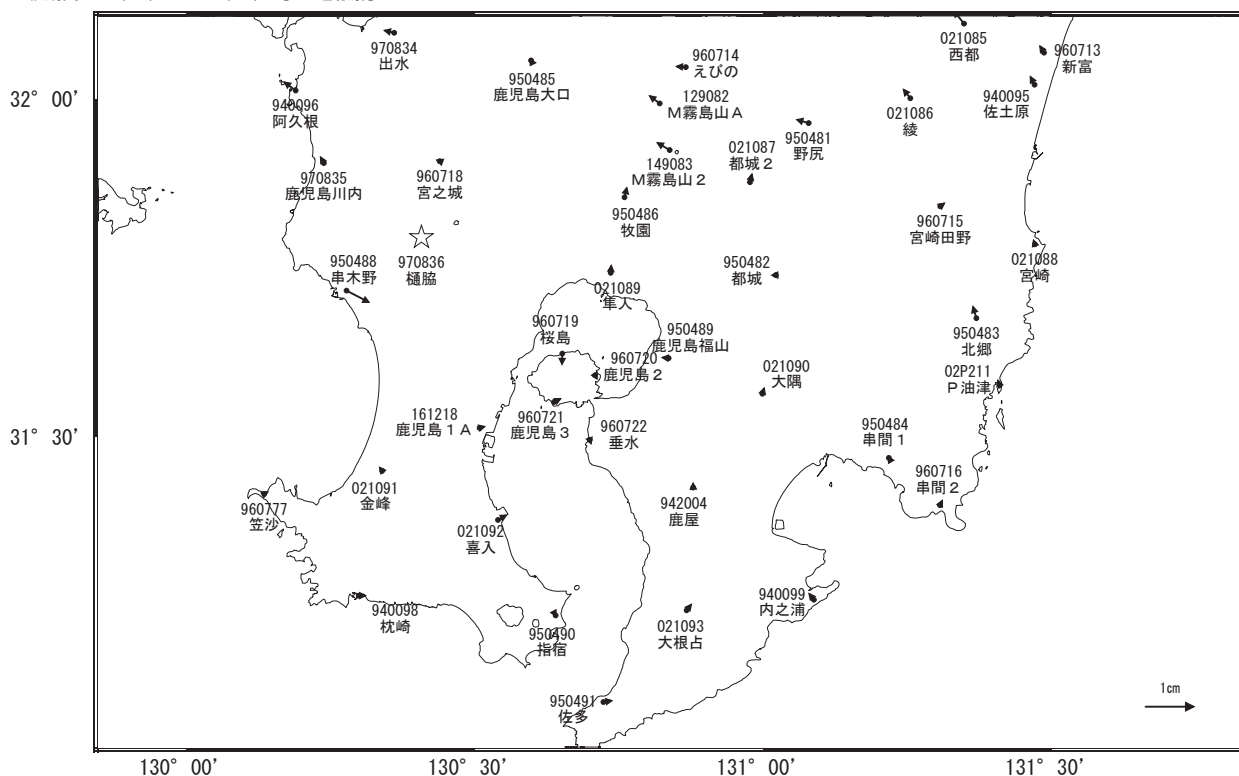
第2-3図 桜島周辺のGNSS連続観測結果

(比高：左列 2015年5月～2020年6月、右列 2019年5月～2020年6月)

桜島

南九州地方の地殻変動(水平:3か月)

基準期間:2020/02/29~2020/03/09[F3:最終解]
 比較期間:2020/05/31~2020/06/09[R3:速報解]

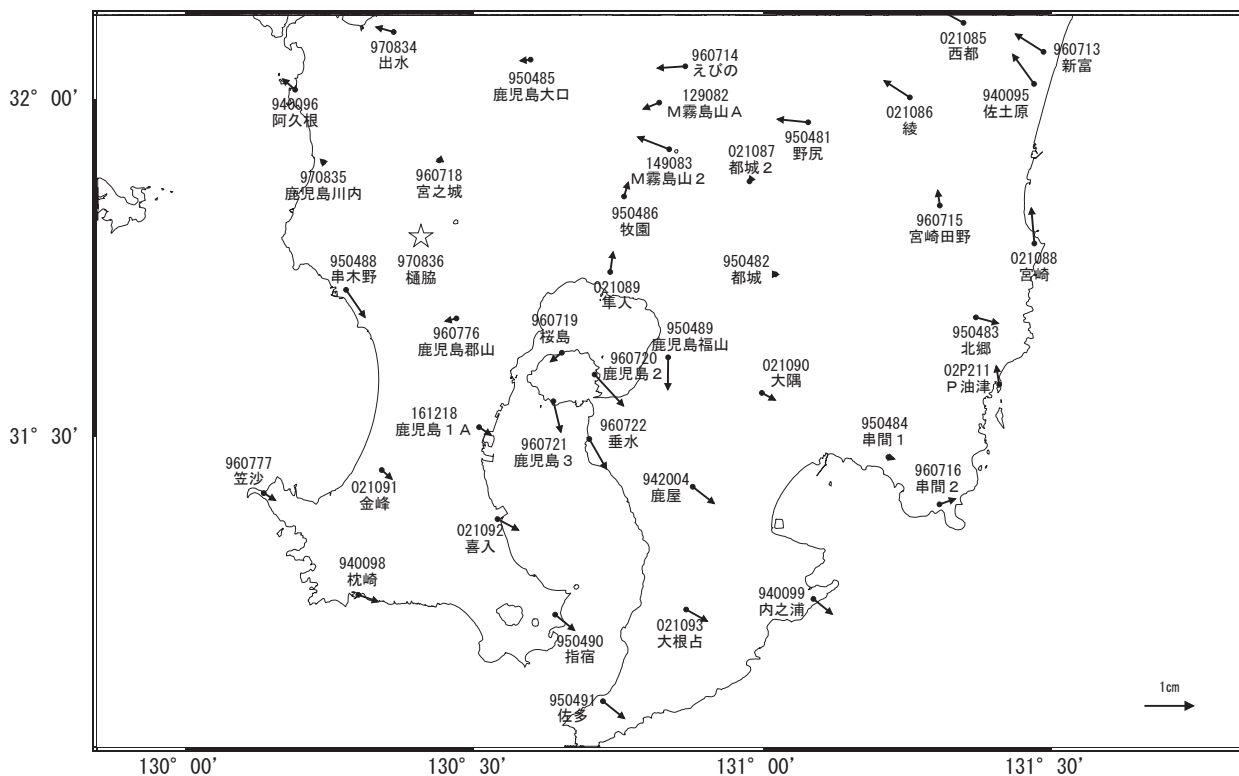


☆ 固定局:樋脇(970836)

国土地理院

南九州地方の地殻変動(水平:1年)

基準期間:2019/05/31~2019/06/09[F3:最終解]
 比較期間:2020/05/31~2020/06/09[R3:速報解]

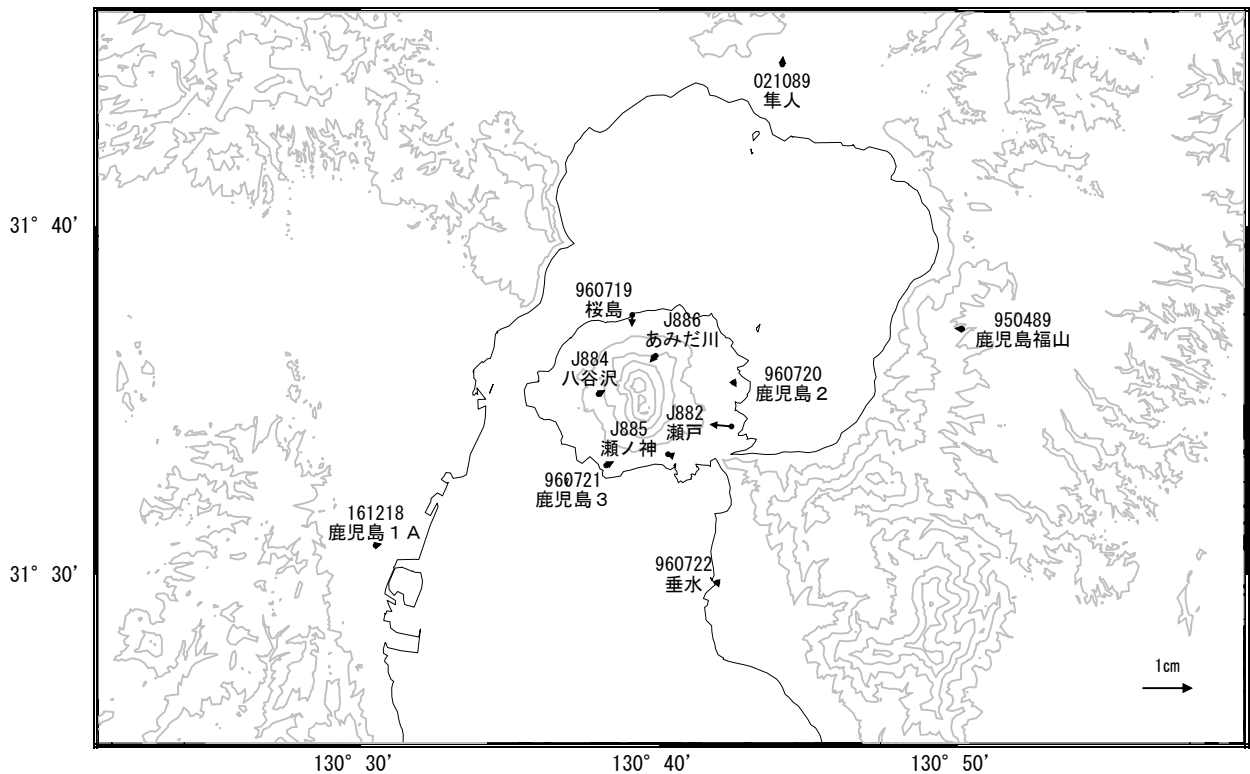


☆ 固定局:樋脇(970836)

国土地理院

桜島周辺の地殻変動(水平:3か月)

基準期間:2020/02/29~2020/03/09[F3:最終解]
 比較期間:2020/05/31~2020/06/09[R3:速報解]

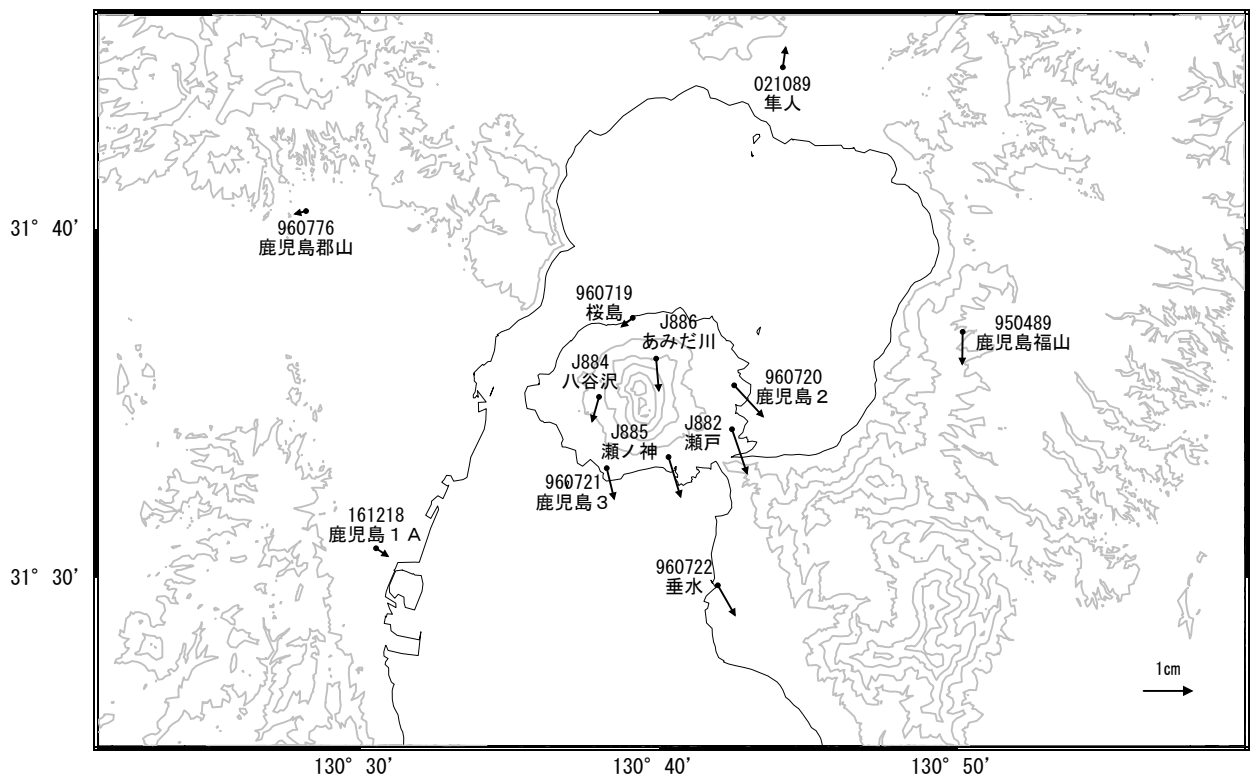


☆ 固定局: 樋脇 (970836)

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:2019/05/31~2019/06/09[F3:最終解]
 比較期間:2020/05/31~2020/06/09[R3:速報解]



☆ 固定局: 樋脇 (970836)

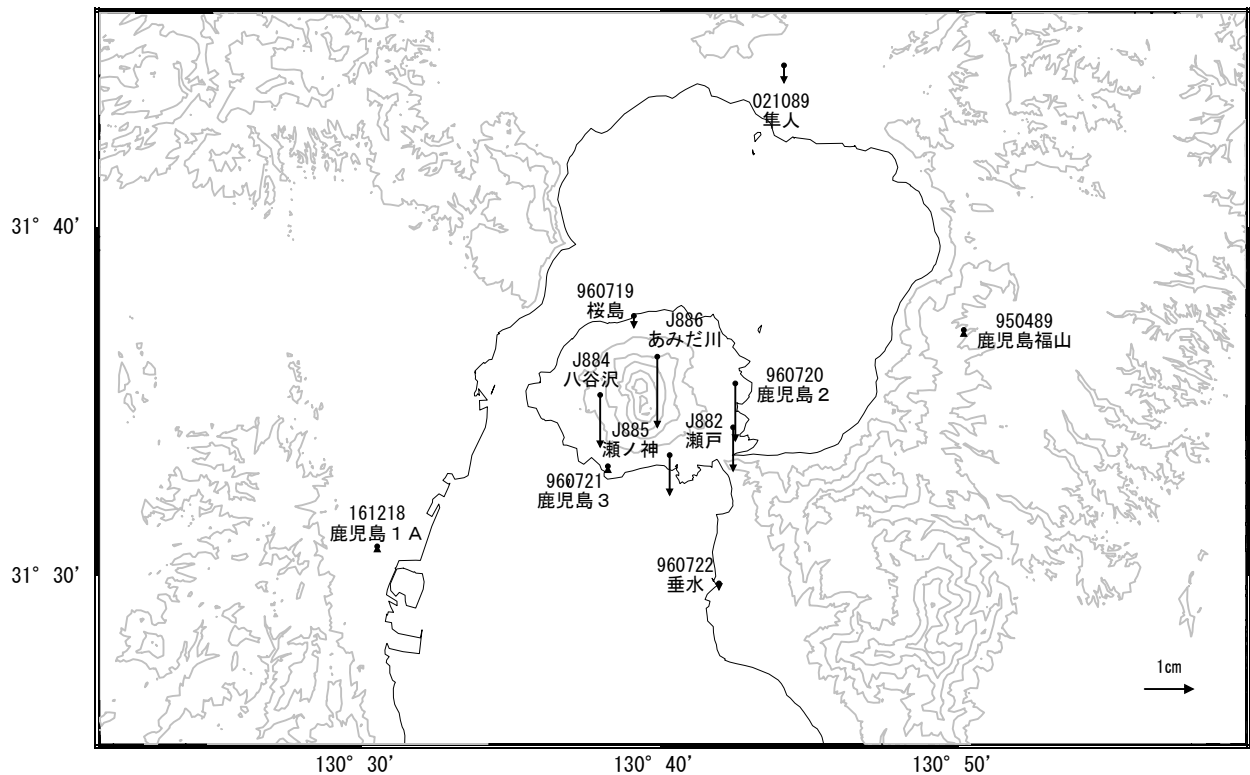
国土地理院・気象庁

第3-2図 桜島周辺の電子基準点・気象庁GNSS観測点の統合解析による水平変動ベクトル図
 (上段:2020年2月~2020年6月、下段:2019年5月~2020年6月)

桜島

桜島周辺の地殻変動(上下:3か月)

基準期間:2020/02/29~2020/03/09[F3:最終解]
 比較期間:2020/05/31~2020/06/09[R3:速報解]

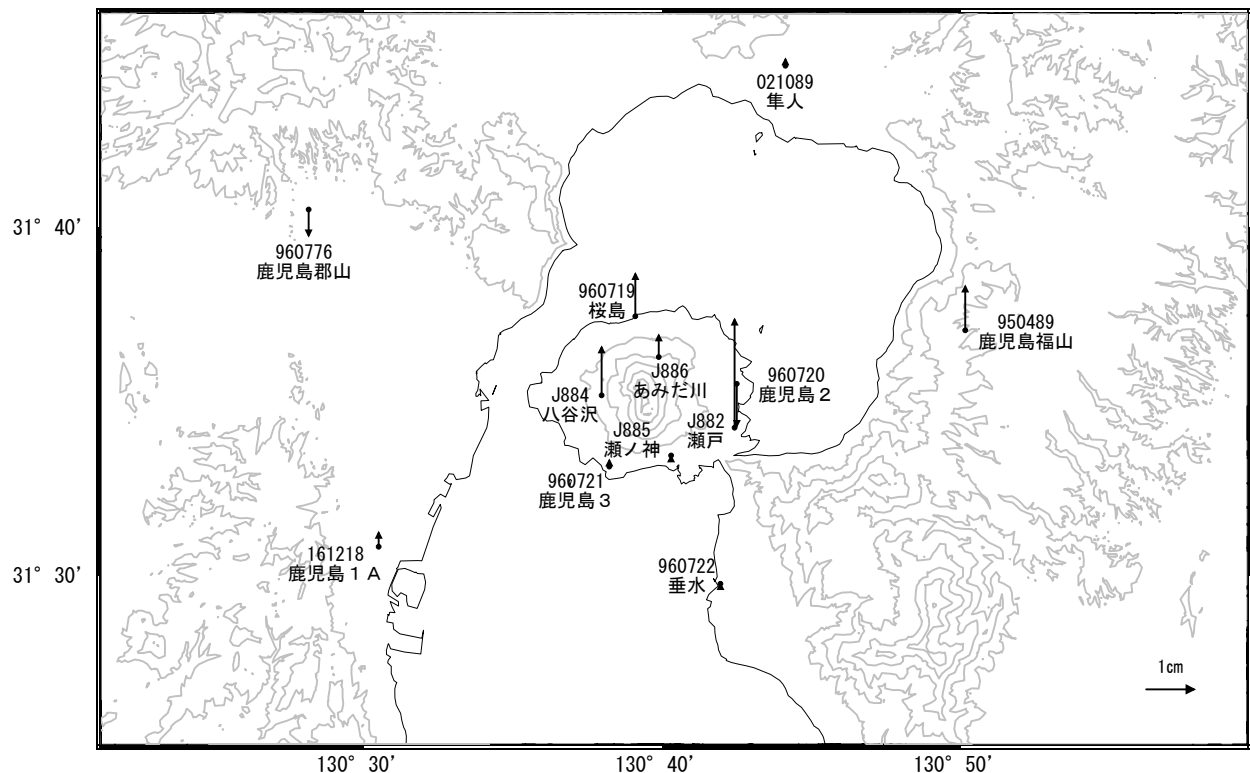


☆ 固定局:樋脇(970836)

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:2019/05/31~2019/06/09[F3:最終解]
 比較期間:2020/05/31~2020/06/09[R3:速報解]



☆ 固定局:樋脇(970836)

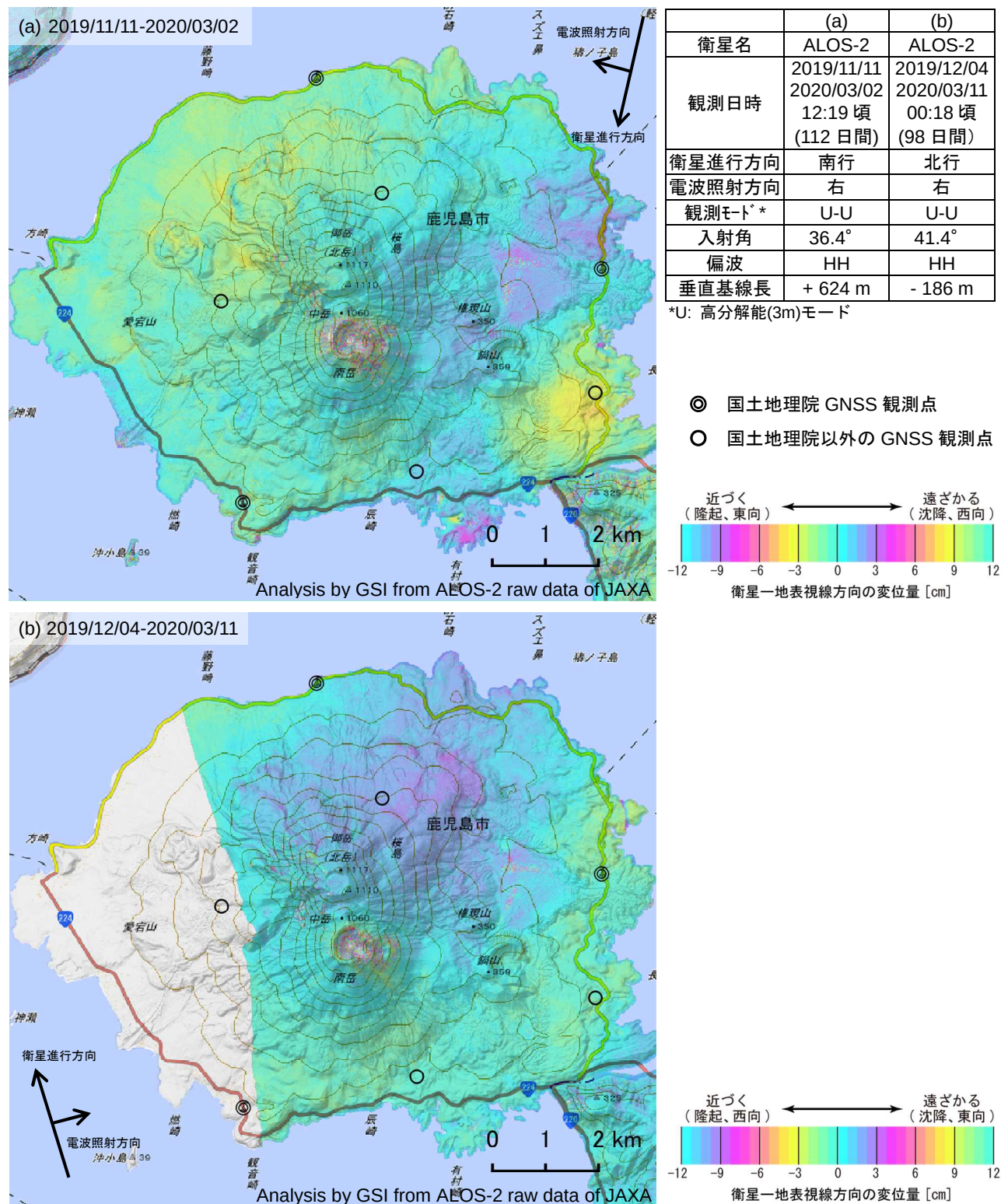
国土地理院・気象庁

第3-3図 桜島周辺の電子基準点・気象庁GNSS観測点の統合解析による上下変動ベクトル図
 (上段:2020年2月~2020年6月、下段:2019年5月~2020年6月)

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。



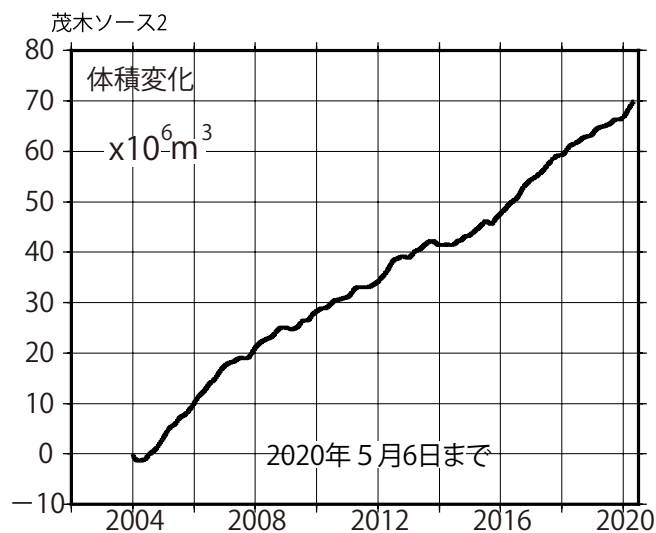
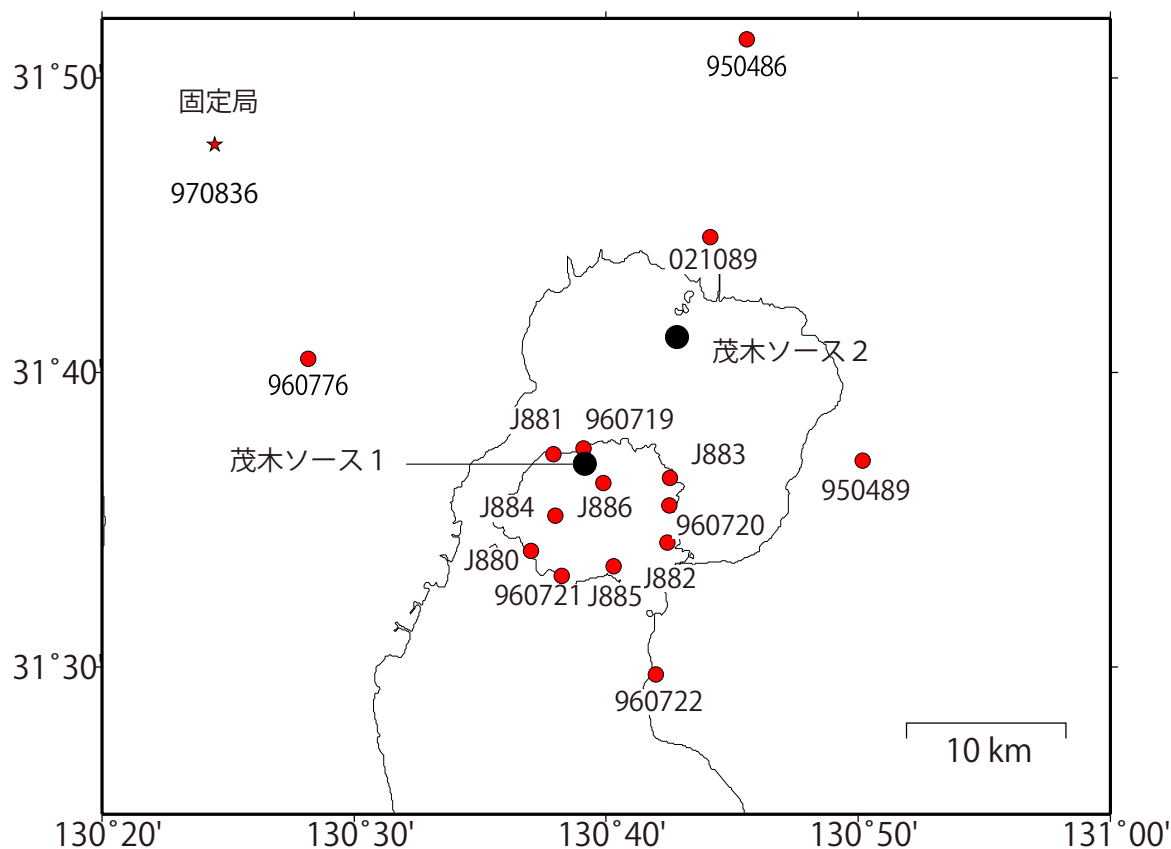
第4図 「だいち2号」PALSAR-2による桜島周辺地域の解析結果

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

桜島、霧島山同時解析



茂木ソース1: 緯度 31.606° 経度 130.651° 深さ 5km

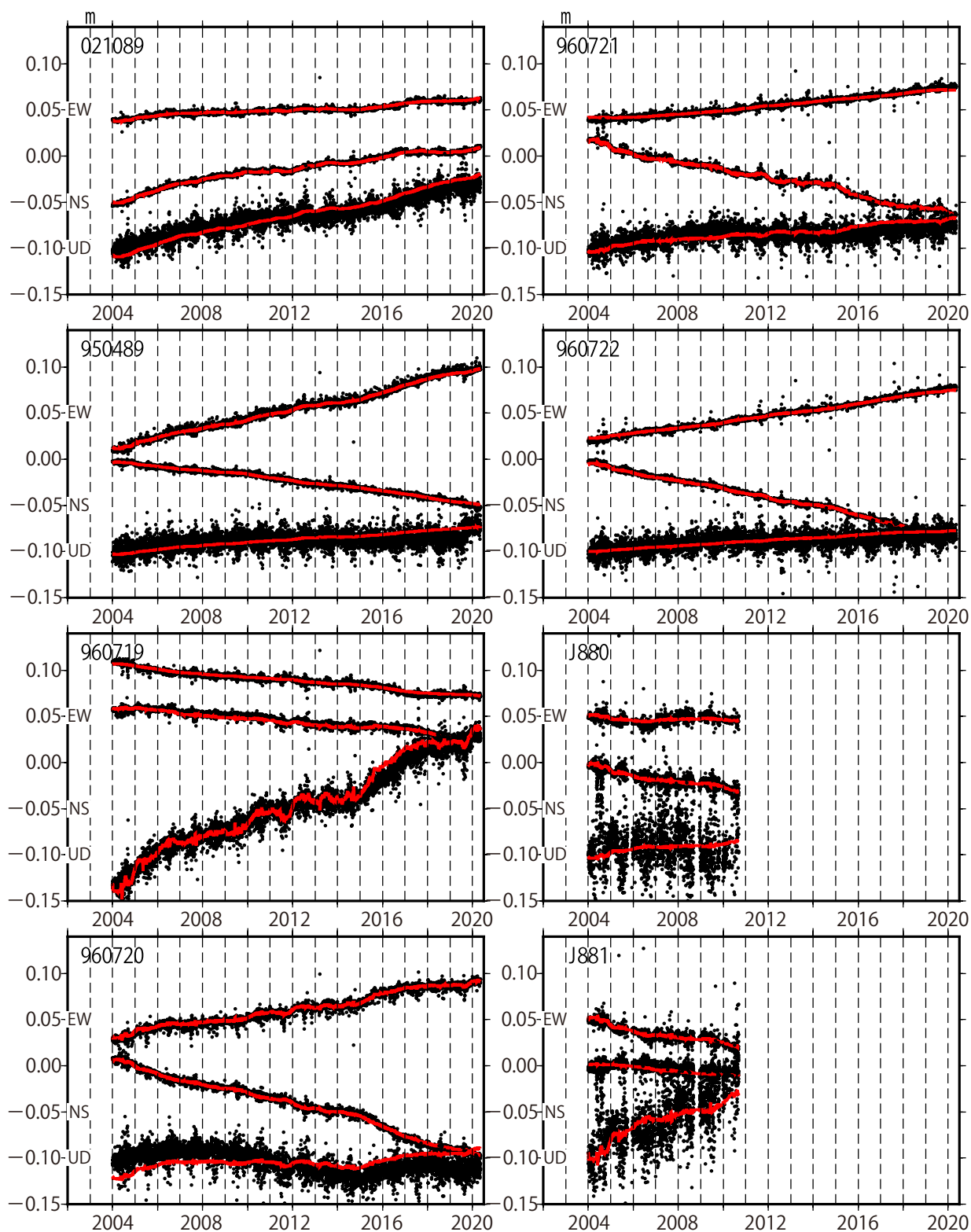
茂木ソース2: 緯度 31.676° 経度 130.693° 深さ 9km

*電子基準点の保守等による変動は補正済

第5図 時間依存インバージョンの手法による桜島の変動源の体積変化推定・茂木ソース2つを仮定
 (上段: 推定に用いた観測点(赤点)の配置と茂木ソースの位置(黒丸)、
 下段左、推定された茂木ソース体積の時間変化・桜島直下、
 下段右、推定された茂木ソース体積の時間変化・始良カルデラ深部)

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



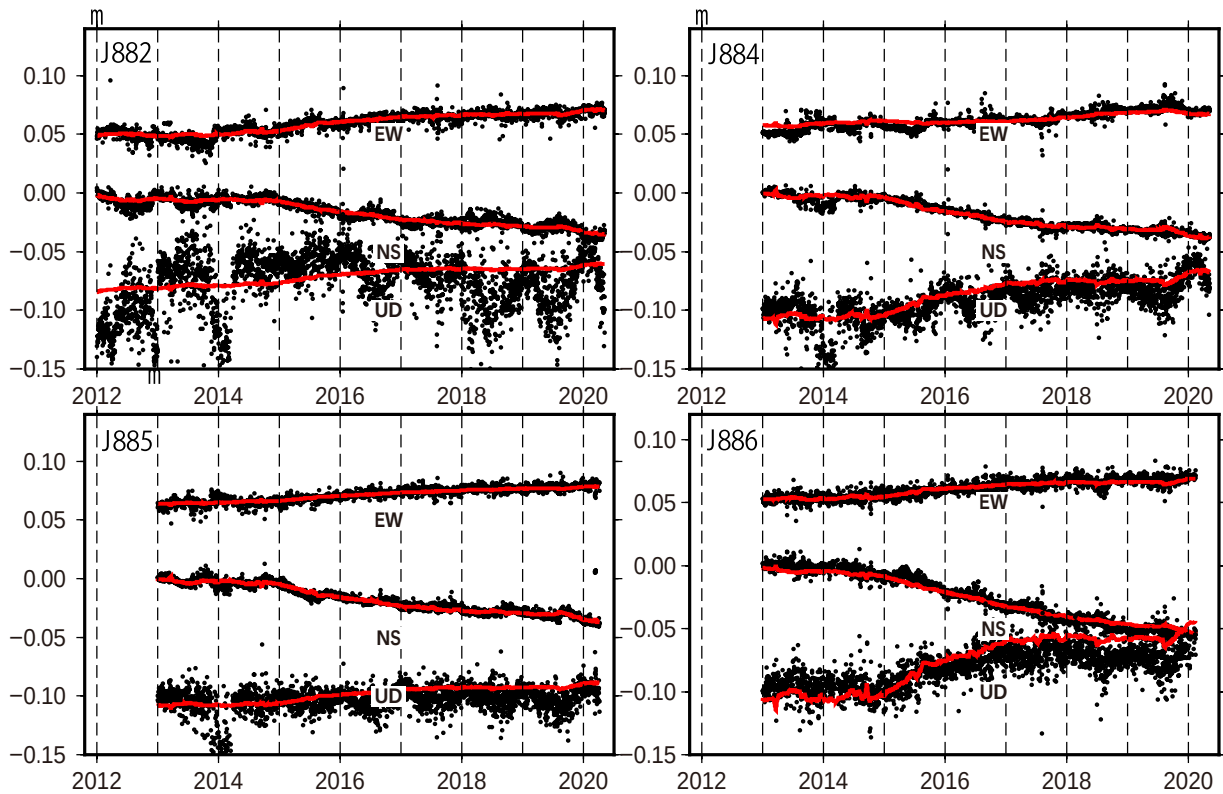
*固定局970836. EW, NS, UDはそれぞれ東西、南北、上下成分を示す。各成分について周期成分は除いている。

*電子基準点の保守等による変動は補正済み

第6-1図 推定された茂木ソースによる地殻変動計算値(赤実線)と観測値(黒点)の比較

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

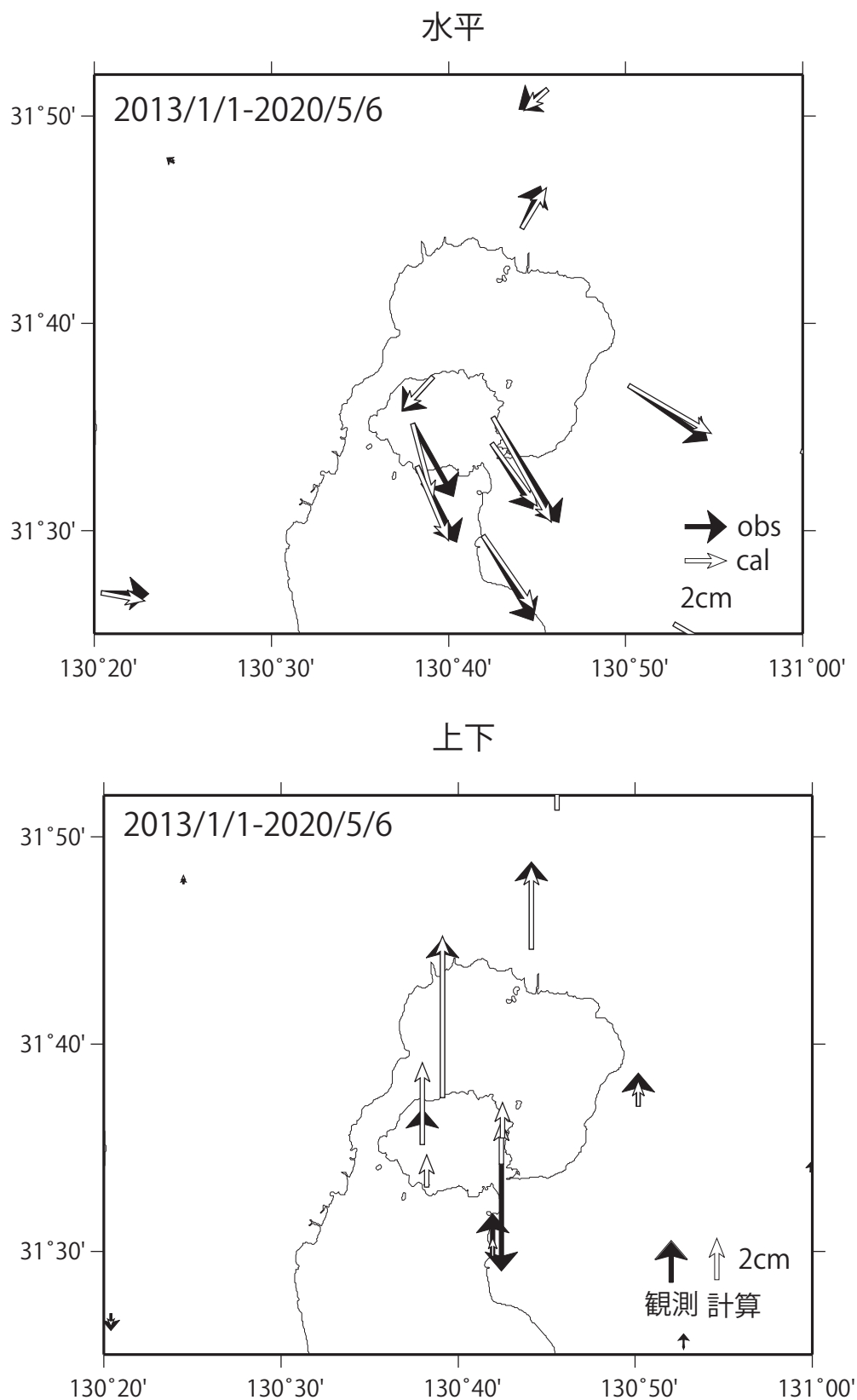


*固定局970836. EW, NS, UDはそれぞれ東西、南北、上下成分を示す。各成分について周期成分は除いている。

*電子基準点の保守等による変動は補正済み

第6-2図 推定された茂木ソースによる地殻変動計算値(赤実線)と観測値(黒点)の比較

桜島の周辺の地殻変動(観測値:黒と計算値:白の比較)



第7図 推定された茂木ソースによる地殻変動計算値(白)と観測値(黒)の比較

国土交通省砂防部
九州地方整備局大隅河川国道事務所

・土石流発生状況（表 1～3、図 1～2）

- ・2019(平成31)年1月～12月の土石流発生回数は34回^{表1}(2018(平成30)年1月～12月は45回^{表3})
- ・2020(令和2)年1月～5月の土石流発生回数は10回^{表2}(2019(平成31)年1月～5月は10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。
- ・2019年の野尻川では、土石流発生計19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10回、3段目切断規模が1回発生。有村川では、土石流発生計10回のうち、ワイヤーセンサー1段目切断規模が7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、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。
- ・2020年の野尻川では、土石流発生計3回のうち、ワイヤーセンサー1段目切断規模が1回、3段目切断規模が2回発生。有村川では、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3回、2段目切断規模が1回、3段目切断規模が1回発生。黒神川では、土石流発生計1回のうち、ワイヤーセンサー3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。
- ・2020年の第一古里川でピーク流量「第一古里川7号床固」は、51.6m³/sであった。

表2 各溪流における土石流発生状況*1,2,3
(2020年1月～2020年5月)

発生回数	発生月日	漢流名	発生時雨量(mm)			ワイヤーセンサー切断段数	ピーク流量 (m³/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	32	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
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

[illegible]

発生回数	発生月日	渓流名	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	1/23	野尻川	8	10	11	3(180cm)	
2	1/23	有村川	6	6	6	2(120cm)	—
3	2/12	野尻川	11	19	32	3(180cm)	—
4	2/12	有村川	3	7	16	3(180cm)	—
5	2/12	第一古里川	15	18	27	1(60cm)	51.6
6	2/12	黒神川	17	24	42	3(180cm)	—
7	3/27	有村川	3	5	12	1(60cm)	—
8	4/19	有村川	4	8	19	1(60cm)	—
9	5/15	野尻川	8	19	60	1(60cm)	—
10	5/16	有村川	6	20	83	1(60cm)	—
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

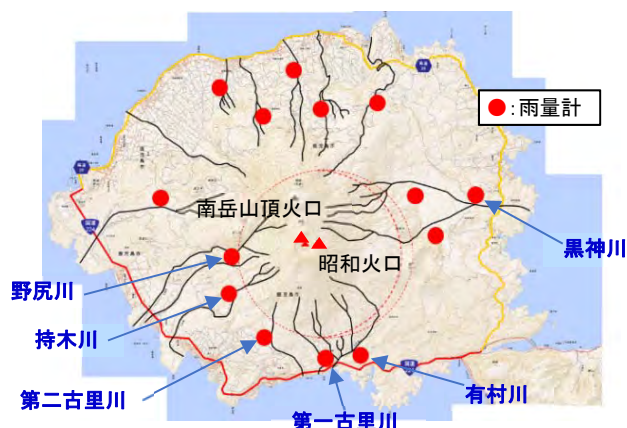


図1 雨量計設置位置図

- ・「1」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、湊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

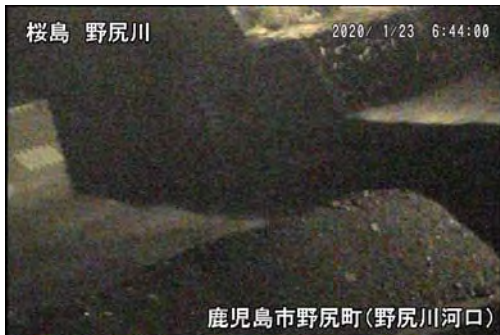
土石流の様子



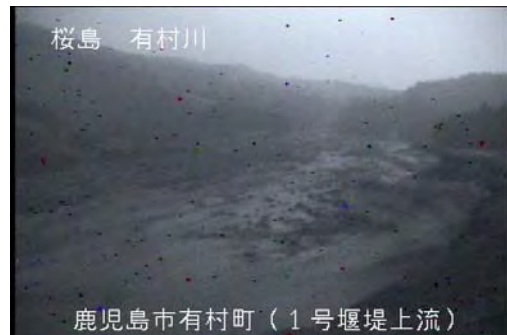
野尻川 (2020/1/23)



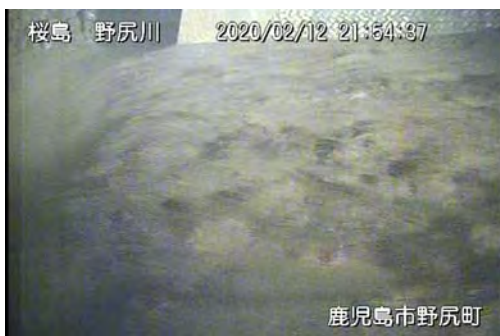
野尻川 (2020/1/23)



野尻川 (2020/1/23)



有村川 (2020/1/23)



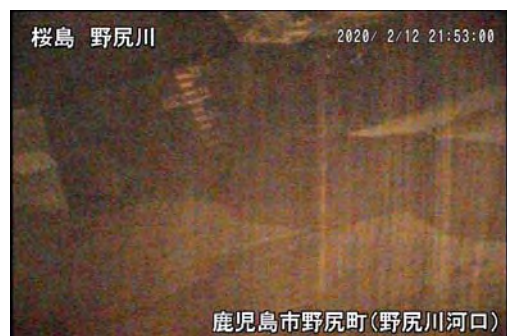
野尻川 (2020/2/12)



野尻川 (2020/2/12)



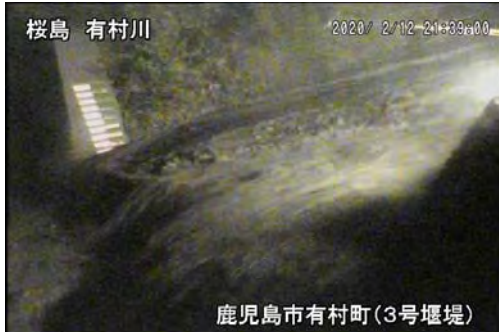
野尻川 (2020/2/12)



野尻川 (2020/2/12)

図2 土石流の発生状況

土石流の様子



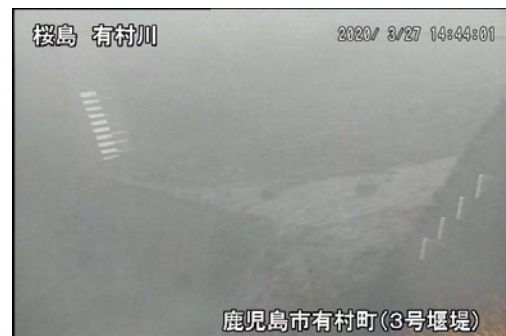
有村川 (2020/2/12)



黒神川 (2020/2/12)



第一古里川 (2020/2/12)



有村川 (2020/3/27)



有村川 (2020/3/27)



有村川 (2020/3/27)



有村川 (2020/3/27)



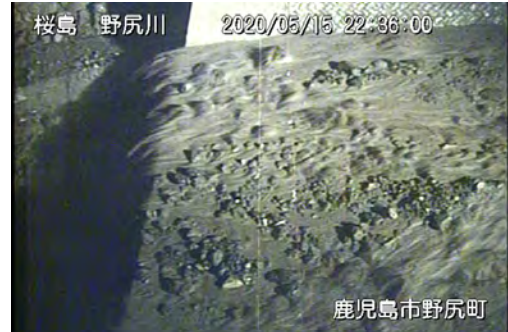
有村川 (2020/4/19)

図2 土石流の発生状況

土石流の様子



野尻川(2020/5/15)



野尻川(2020/5/15)



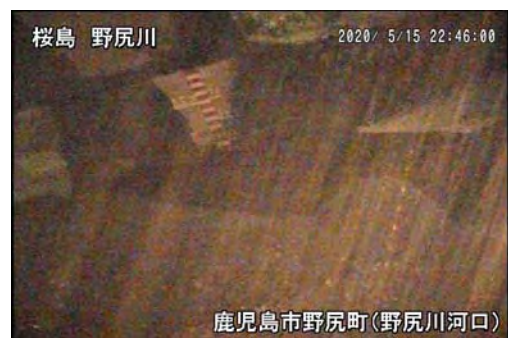
野尻川(2020/5/15)



野尻川(2020/5/15)



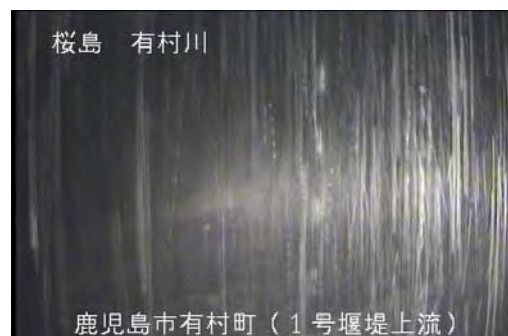
野尻川(2020/5/15)



野尻川(2020/5/15)



有村川(2020/5/16)



有村川(2020/5/16)

・ 降灰状況（図3～6）

2019年（令和元年）12月～2020年（令和2年）5月の降灰量（有村1）は約22kg/m²であり前年同期間は約7kg/m²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。

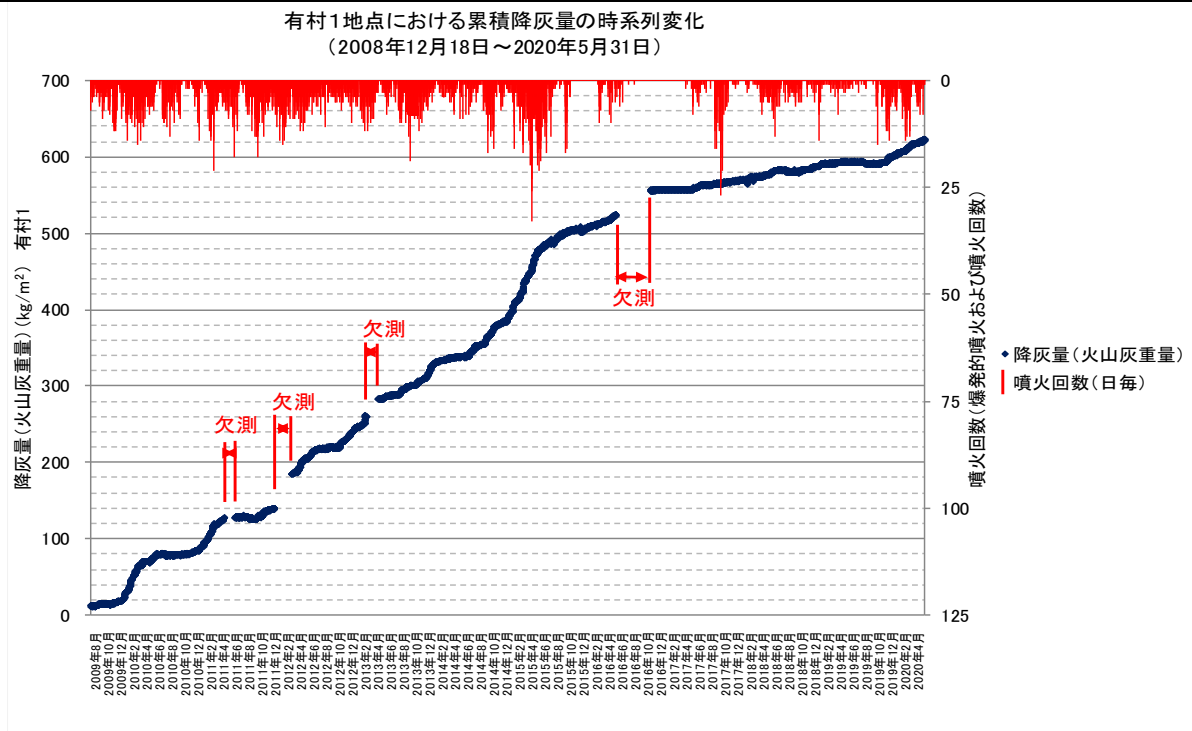


図3 自動降灰量計による降灰量の推移(2008年12月18日～2020年5月31日)

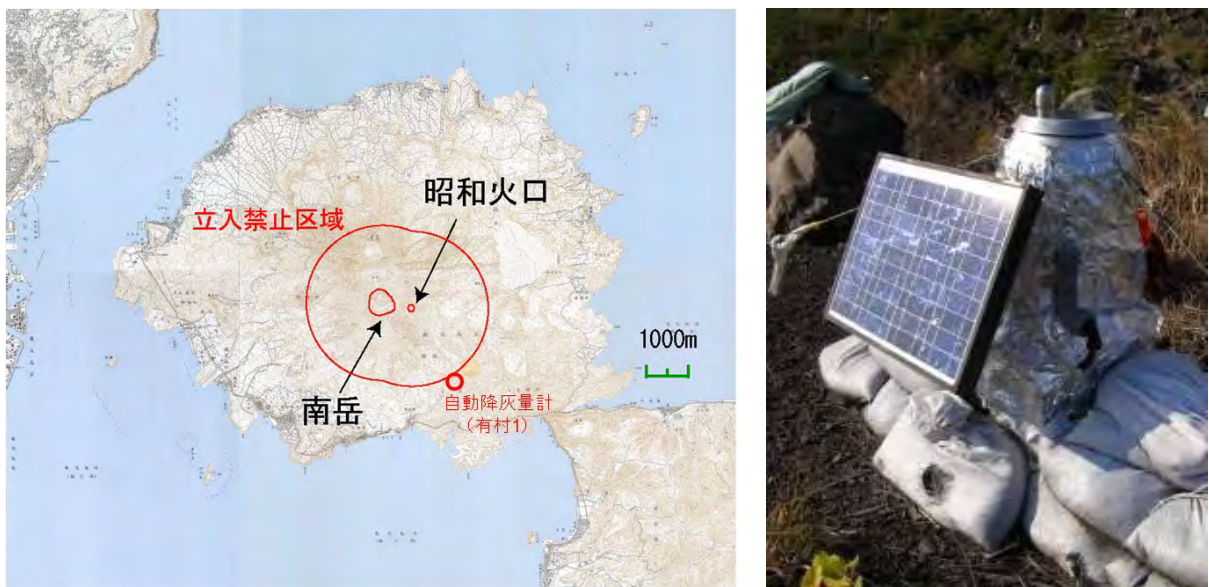


図4 自動降灰量計設置位置図および写真

桜島



図5 桜島島内降灰量の分布（2019年1月～2019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（2020年1月～2020年5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(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)	備考
			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	
平均			8.8	13.5	24.6			

※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
 ※持木川のワイヤーセンサー、ピーク流量は「持木6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