

桜 島 (2019 年 2 月 17 日現在)

南岳山頂火口では、2018年9月下旬頃から噴火活動は低下したが、11月中旬頃から1月上旬にかけて活発な噴火活動となった。

昭和火口では、噴火は観測されていない。

1日あたりの火山ガス（二酸化硫黄）の放出量は概ね多い状態で経過し、12月は3,600～4,500トンと非常に多く、1月は1,800～2,300トン、2月は3,000トンと引き続き多い状態であった。

広域のGNSS連続観測でみられていた始良カルデラ（鹿児島湾奥部）の地下深部の膨張を示す基線の伸びは、2018年3月頃から停滞しているが、長期にわたり供給されたマグマが蓄積した状態である。桜島島内では、2018年10月頃から一部の基線で収縮がみられている。島内の傾斜計では特段の変化は認められていない。

桜島の南岳山頂火口では活発な噴火活動が継続していたが、1月中旬頃から活動がやや低下している。火山ガス（二酸化硫黄）の放出量は概ね多い状態が続いていることなどから、再び活発化するおそれがある。

表 1 桜島 最近 1 年間の月別噴火回数（2018 年 3 月～2019 年 2 月 17 日）

2018～2019年		3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	合計
南岳山頂	噴火回数	44	66	96	35	29	64	44	8	14	56	8	11	475
火口	爆発的噴火	17	50	48	13	16	37	22	0	2	34	6	8	253
昭和	噴火回数	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
火口	爆発的噴火	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 2 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 3 月～2019 年 2 月 17 日)

2018～2019年	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	合計
降灰量 (g/m ²)	20	39	173	803	62	79	19	2	8	10	0	—	1,215
降灰日数	8	17	15	17	17	23	10	8	14	18	4	0	151

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 3 桜島 最近 1 年間の月別の火山灰の噴出量（2018 年 2 月～2019 年 1 月）

2018～2019年	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	合計
降灰量 (万吨)	4	17	24	38	26	12	11	8	4	9	16	5	174

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 4 桜島 主な噴火リスト (2018 年 10 月～2019 年 2 月 17 日)

現象	火口	噴火発生時刻 (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	11/14 0:43	灰白	多量以上	4000 以上	南東	4	—	58.7(横山)
爆発	山頂	12/24 11:27	灰白	やや多量	3000	東	5	—	28.0(あみだ川)
爆発	山頂	2/7 19:19	灰白	中量	1300	南東	4	—	20.0(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

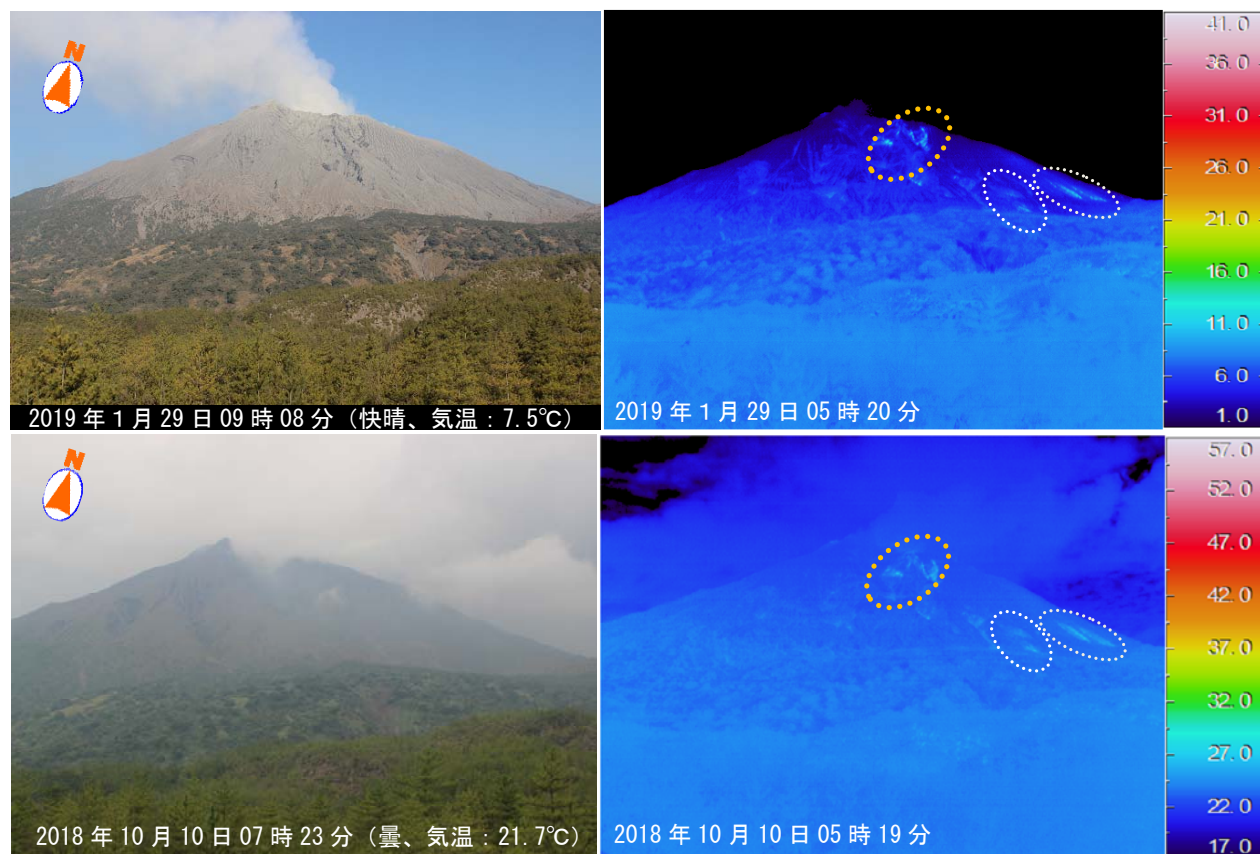


図 1 桜島 昭和火口近傍及び南岳南東側山腹の状況（鹿児島市有村町から観測）

昭和火口近傍（橙破線内）及び南岳南東側山腹（白破線内）では、これまでと同様に熱異常域が観測されたが、特段の変化は認められなかった。

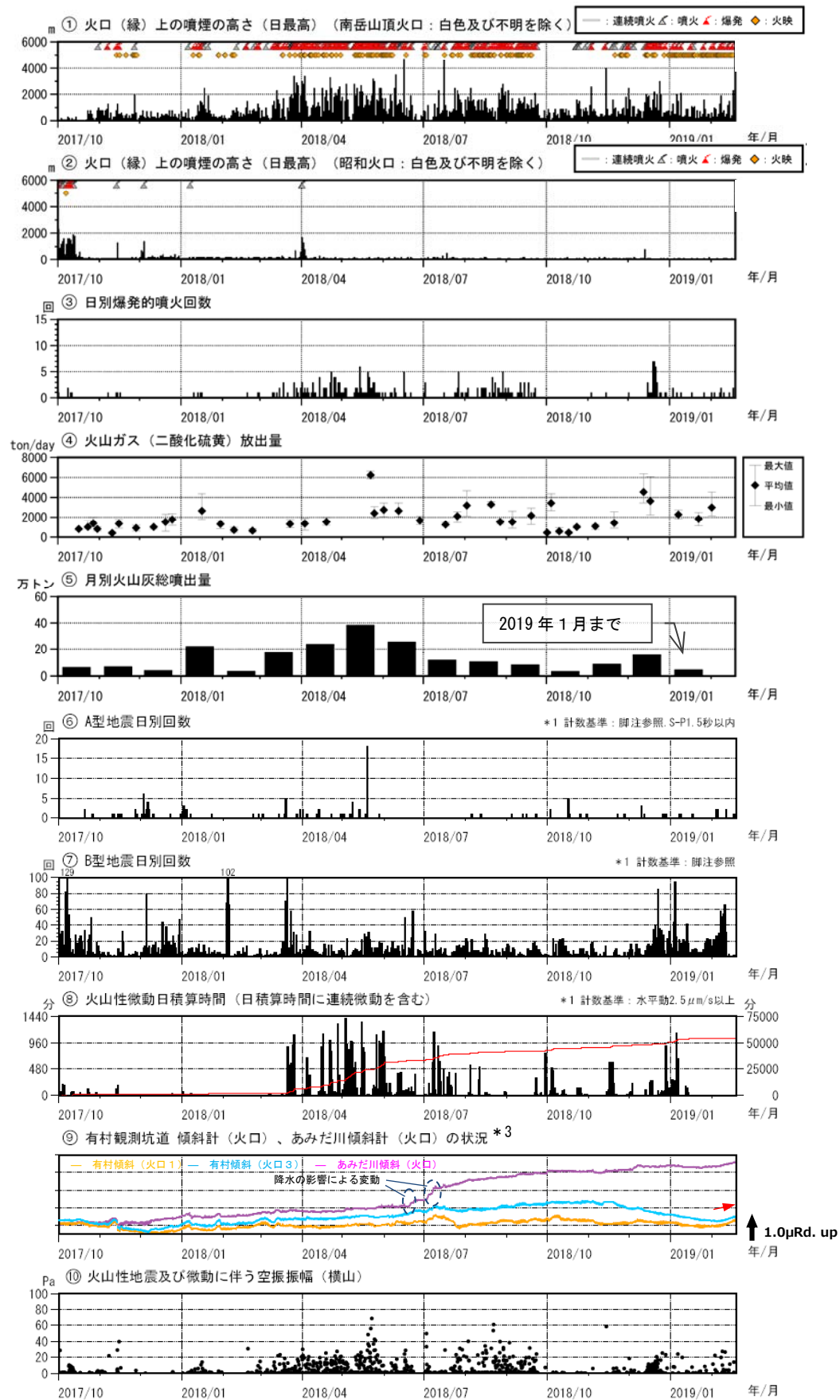


図2 桜島 最近1年間の活動状況（2017年10月～2019年2月17日）

※ 図の説明は次ページに掲載している。

図 2 の説明

<2018 年 10 月～2019 年 2 月 17 日の状況>

- ・ 南岳山頂火口では、2018 年 11 月中旬以降、1 月上旬にかけて活発な噴火活動が続いた。
- ・ 火山ガス（二酸化硫黄）の 1 日あたりの放出量は、10 月は 4 日に 3,400 トンと一時的に増加したが、それ以外の日は 400～1,000 トンと概ね少ない状態で経過した。11 月は 1,100～1,400 トンとやや増加し、12 月は 1,800～4,500 トンと非常に多くなった。1 月は 1,800～2,300 トン、2 月は 3,000 トンと多い状態が続いている。
- ・ 火山灰の月別噴出量は少ない状況で推移した。
- ・ B 型地震は概ね少ない状態で経過したが、12 月中旬から 1 月上旬にかけては 1 日あたり 80 回を超えるなど一時的に増加した。B 型地震の月回数は 10 月：240 回、11 月：123 回、12 月：544 回、1 月：541 回、2 月：381 回（17 日現在）であった。
- ・ 火山性微動は時々発生し、12 月から 1 月上旬は微動時間が増加した。
- ・ 桜島島内の傾斜計では、今期間は顕著な山体膨張を示す変動は認められておらず、一部の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。2 月以降は、わずかな隆起傾向がみられている（⑨の赤矢印）。
- ・ 火山性地震及び微動に伴う空振は概ね 50Pa 以下で経過した。

*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 2-⑤、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 1 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 2-⑨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。

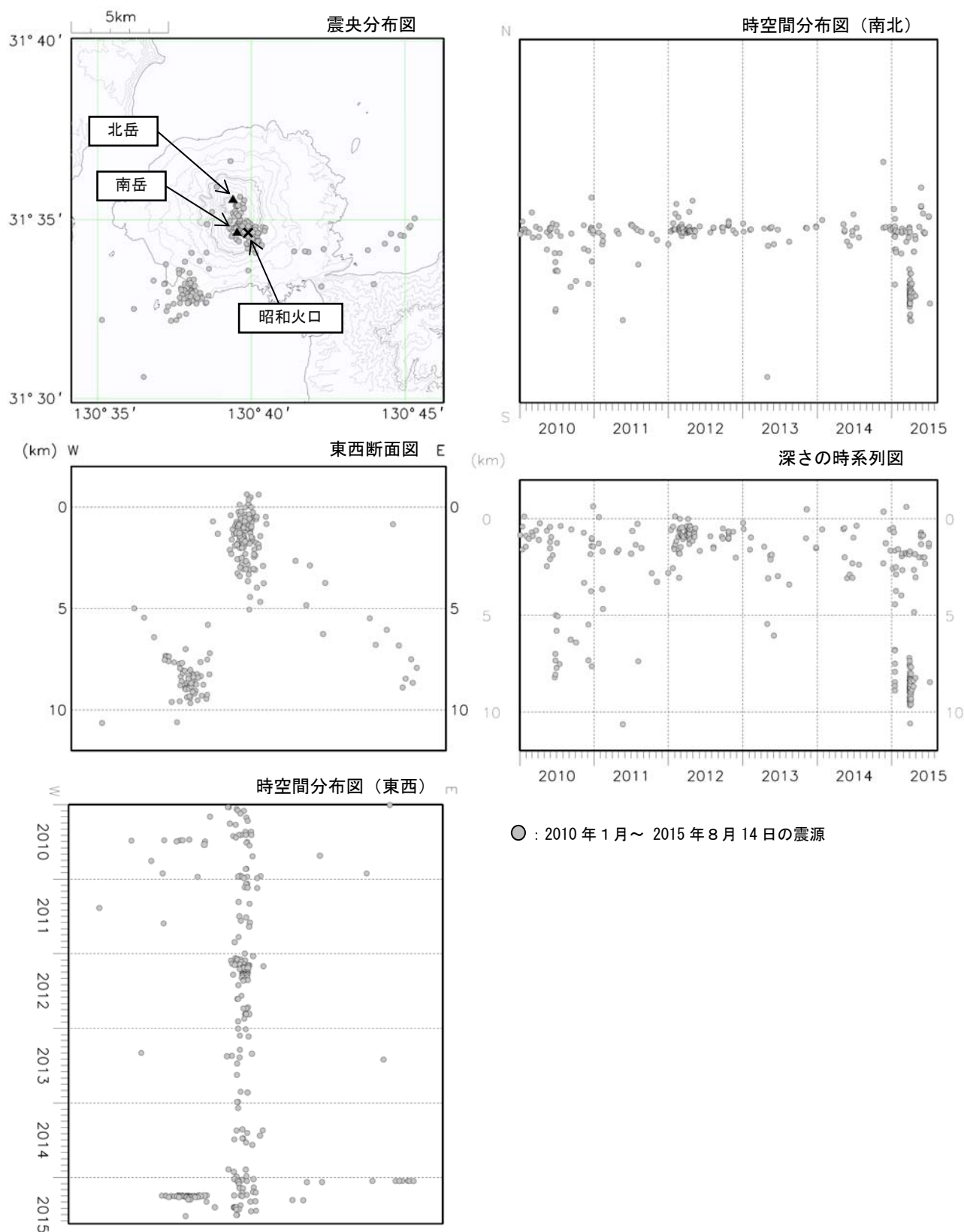


図 3 桜島 2015 年 8 月 15 日 (桜島浅部へのマグマ貫入イベント) 以前の震源分布図
(2010 年 1 月 ~ 2015 年 8 月 14 日)

※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。

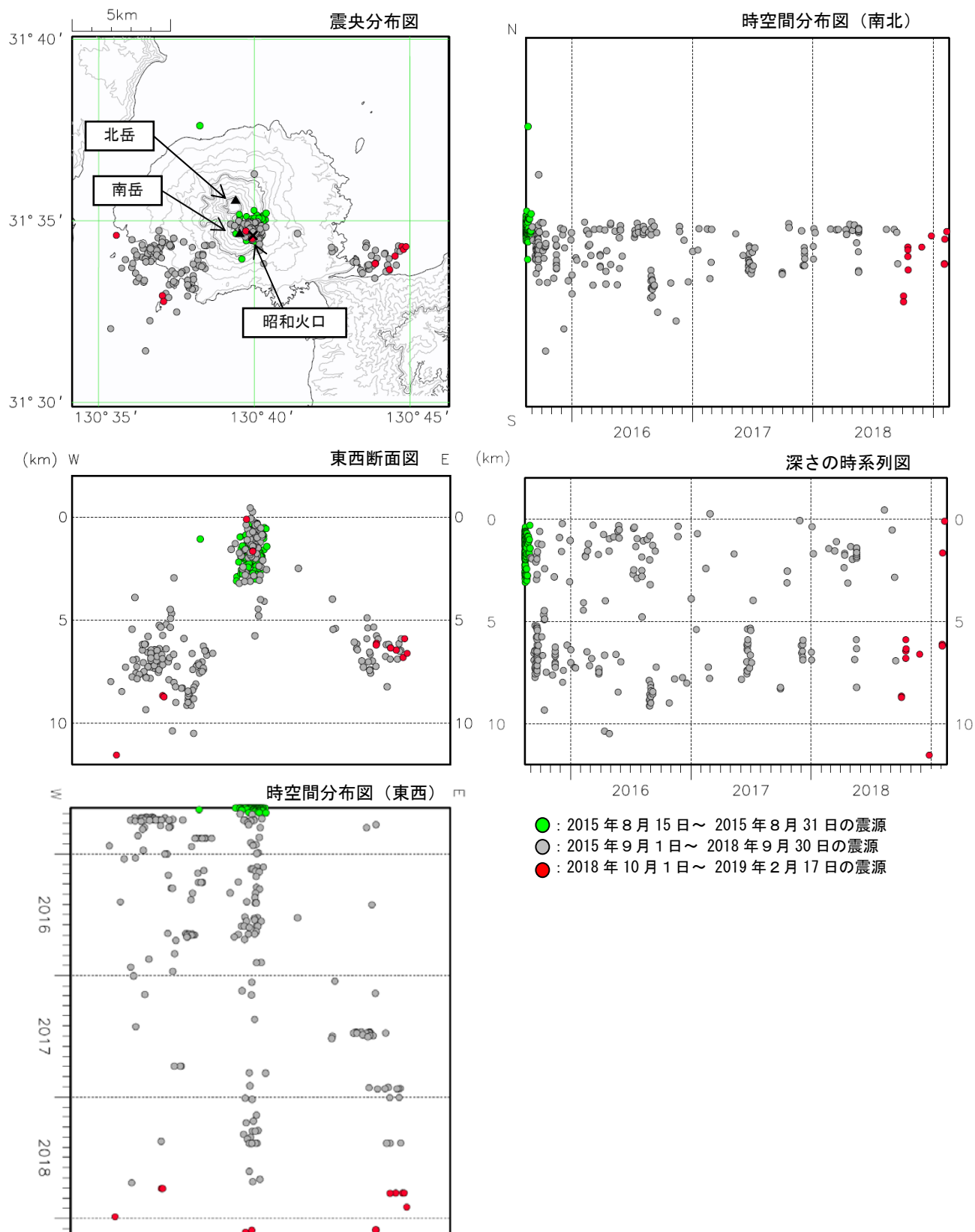


図 4 桜島 2015 年 8 月 15 日（桜島浅部へのマグマ貫入イベント）以降の震源分布図
 （2015 年 8 月 15 日～2019 年 2 月 17 日）

※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。

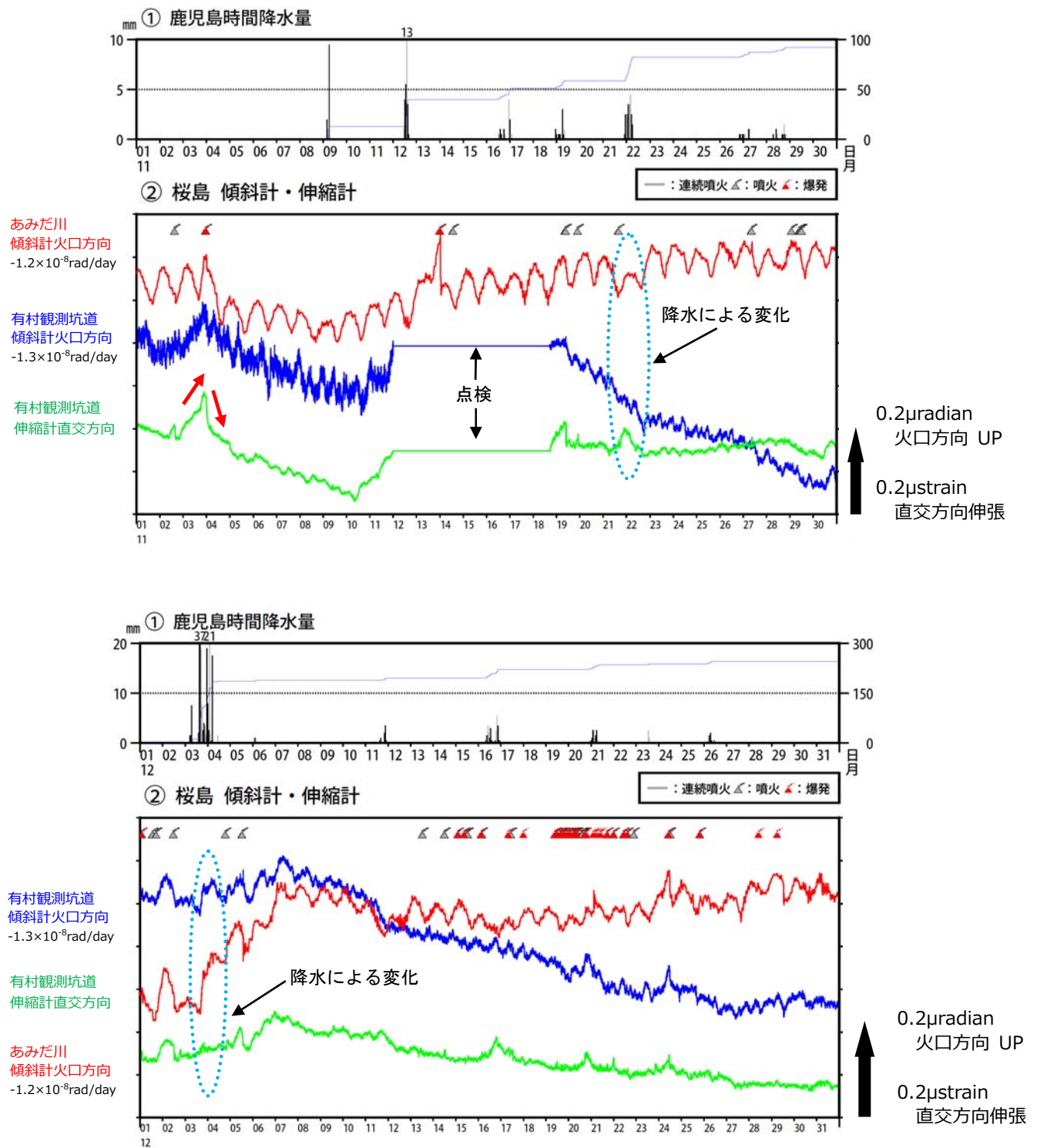


図 5 桜島 傾斜計による地殻変動の状況 (上図 : 2018 年 11 月 下図 : 2018 年 12 月)

一部の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。

※青色の破線内は降水の影響による変動と考えられる。

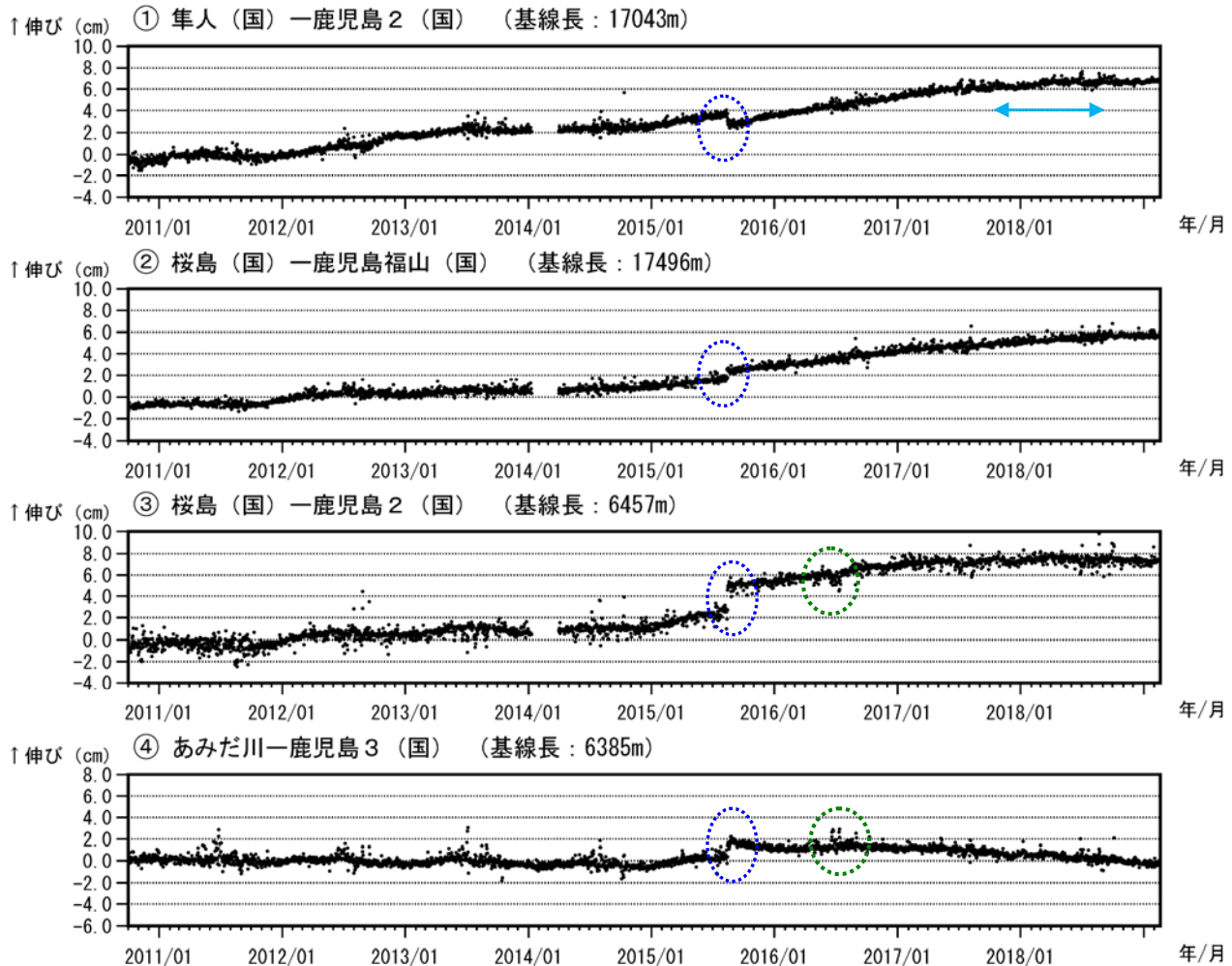


図 6 桜島 GNSS 連続観測による基線長変化 (2010 年 10 月～2019 年 2 月 17 日)

始良カルデラ（鹿児島湾奥部）の地下深部の膨張を示す基線の伸びは 2018 年 3 月頃から停滞している。

これらの基線は図 9 の①～④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①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（水色矢印）。

基線②については、国土地理院の解析結果（F3 解及び R3 解）を使用した。

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

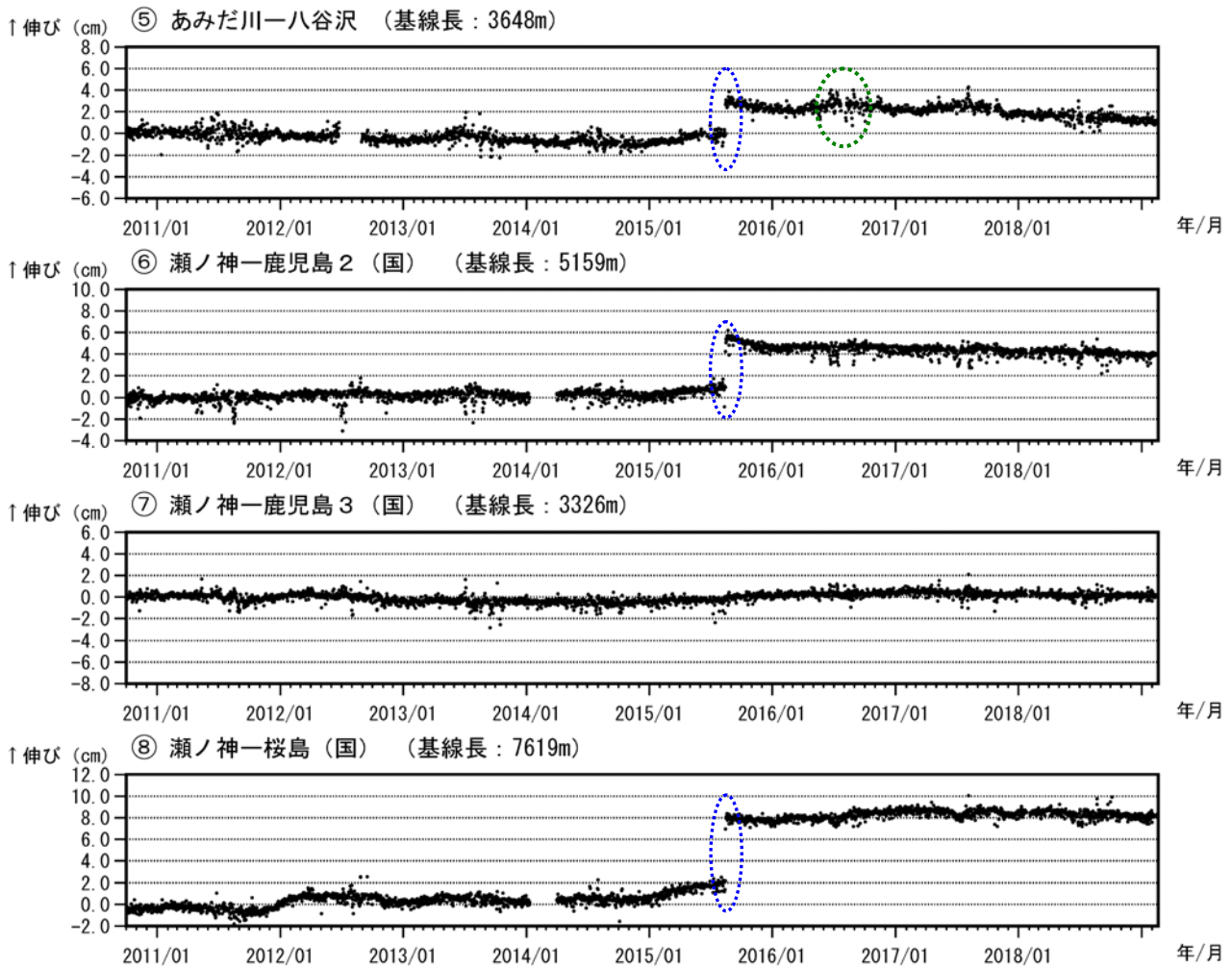


図 7 桜島 GNSS 連続観測による基線長変化 (2010 年 10 月～2019 年 2 月 17 日)

桜島島内では、2018 年 10 月頃から一部の基線でわずかな収縮がみられる。

これらの基線は図 9 の⑤～⑧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

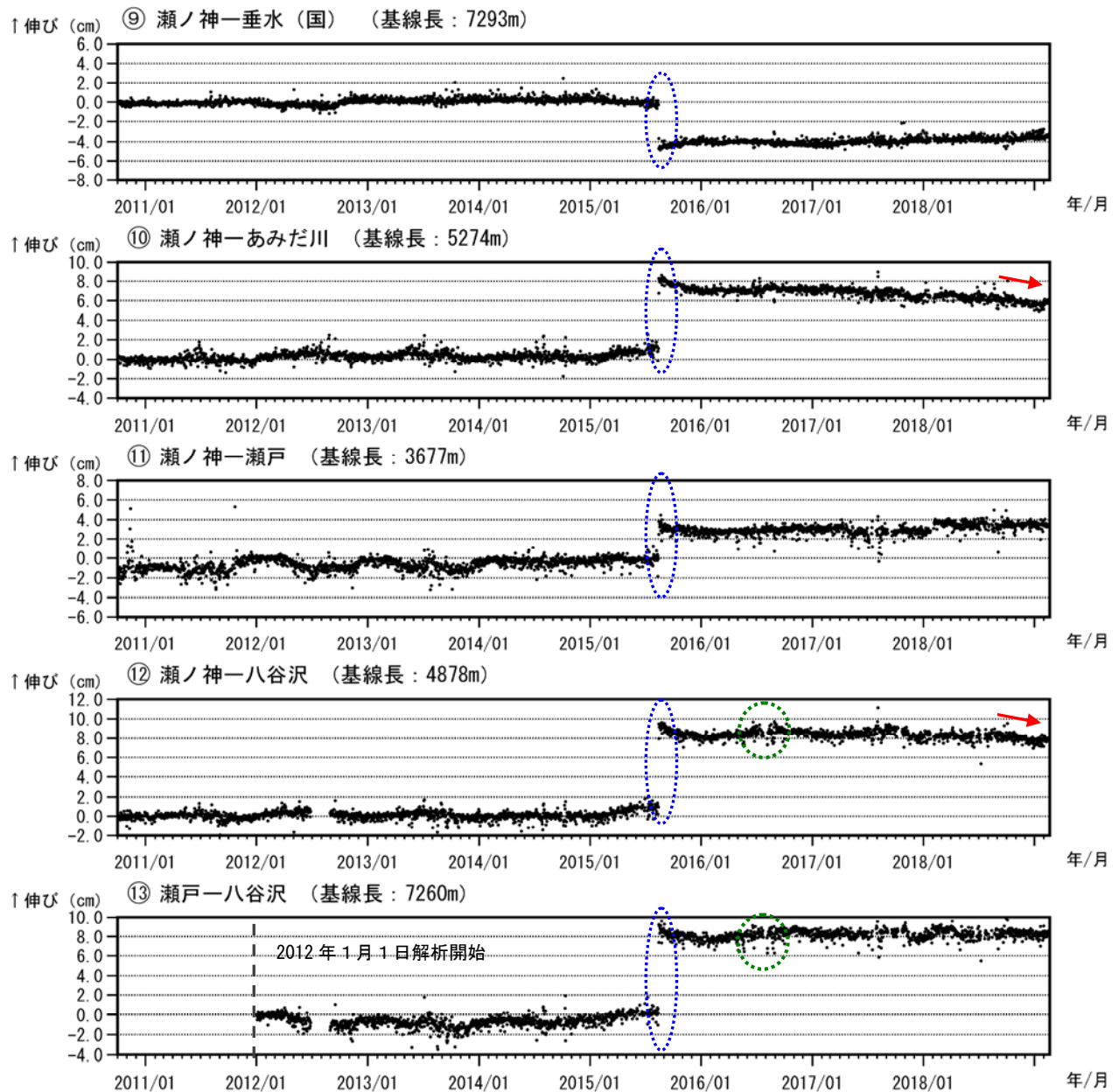


図 8 桜島 GNSS 連続観測による基線長変化 (2010 年 10 月～2019 年 2 月 17 日)

桜島島内では、2018 年 10 月頃から一部の基線でわずかな収縮（赤矢印）がみられる。

これらの基線は図 9 の⑨～⑬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

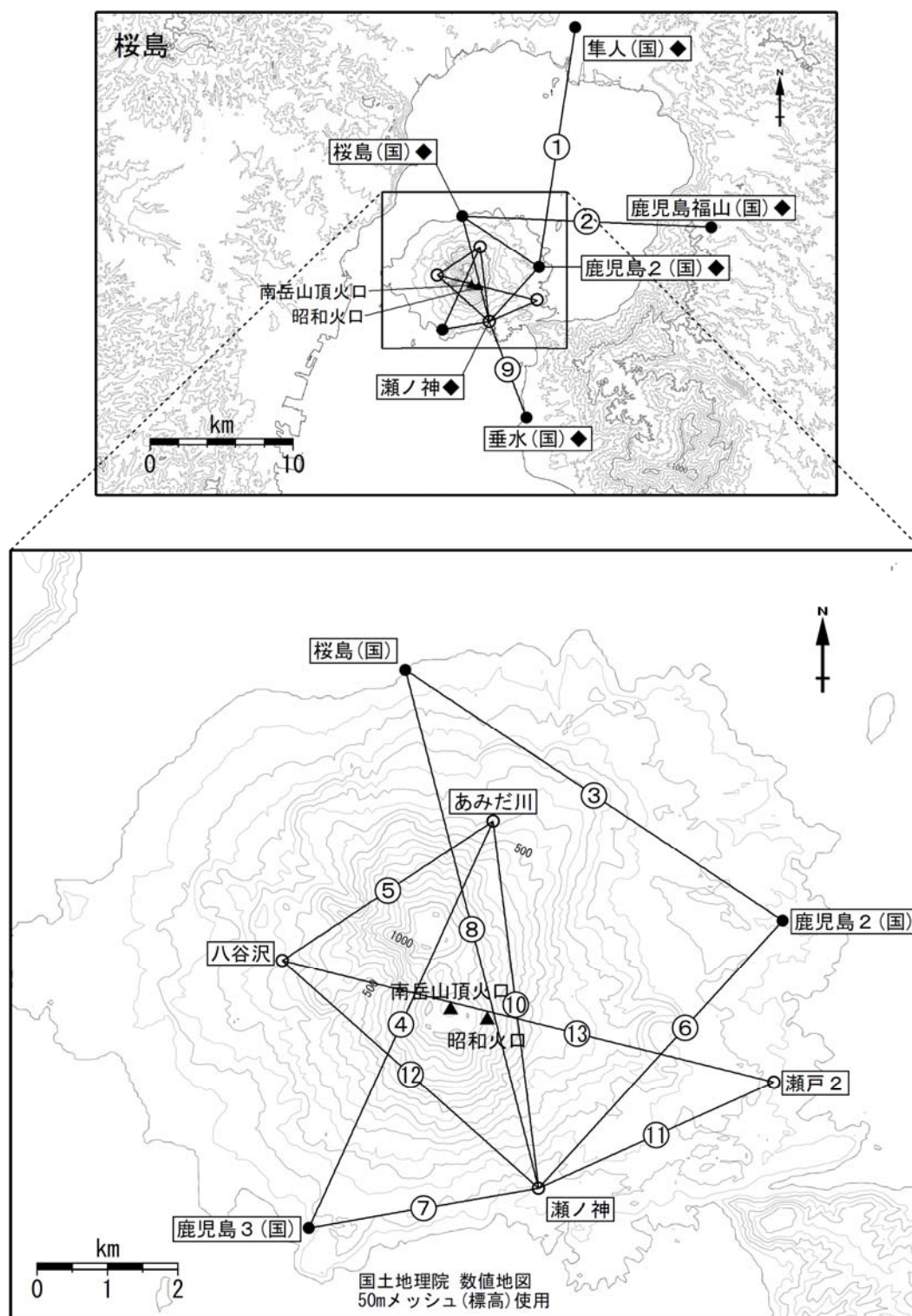


図9 桜島 GNSS 連続観測基線図

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

地図の作成に当たっては、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ（標高）』を使用した。

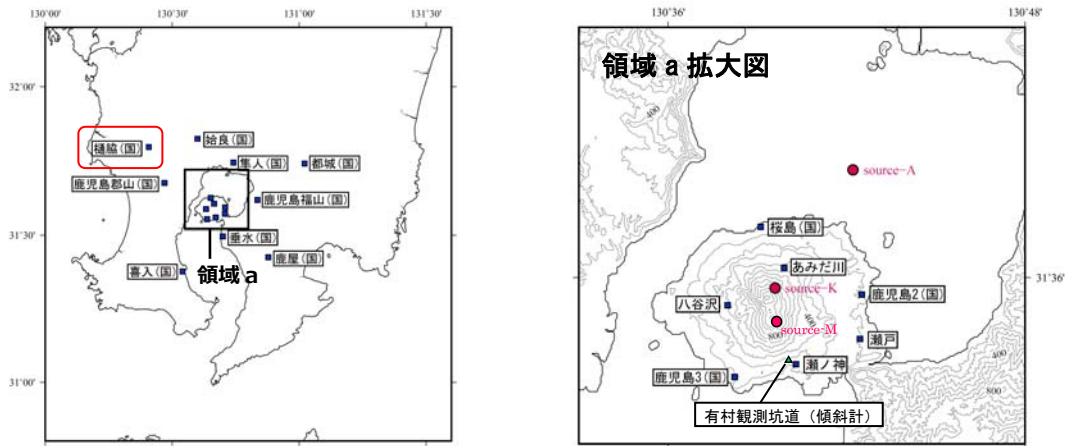


図 10 桜島 図 11～13 の解析に用いた GNSS 観測点、傾斜計の位置及び固定した変動源の位置図

- ・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。

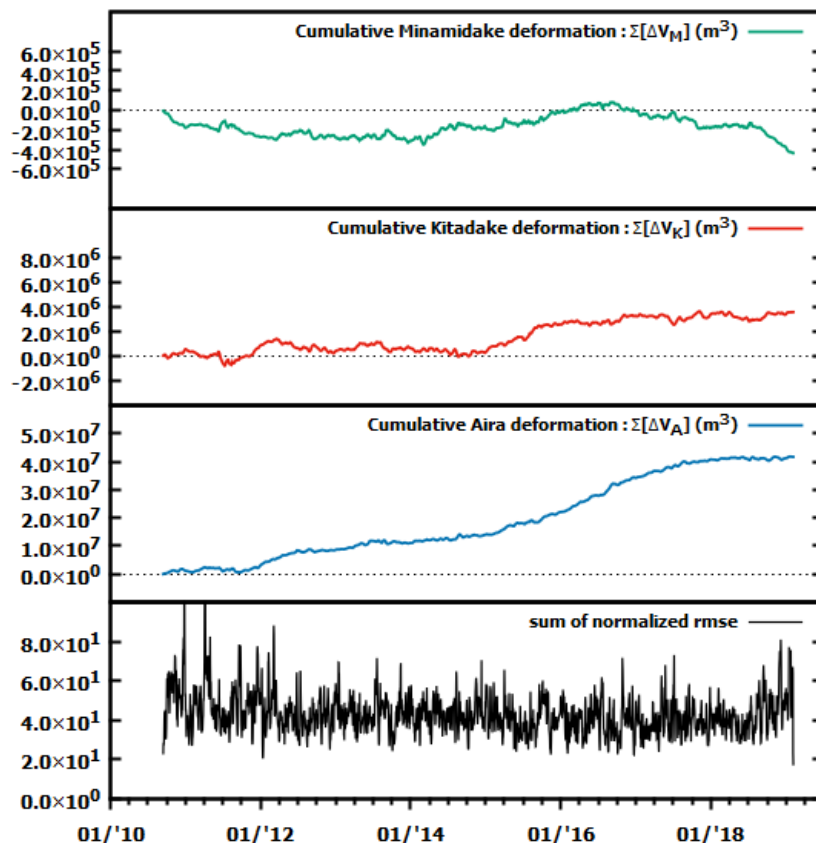


図 11 桜島 インバージョン解析により推定した膨張源の体積増加量
 （2010 年 9 月～2019 年 2 月 6 日）

- ・始良カルデラの膨張（Source-A）は、2018 年初め頃からほぼ停滞している。
- ・島内の膨張（Source-K）は、2015 年 1 月に膨張レートが増加した後、2016 年 10 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 2018 年後半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。

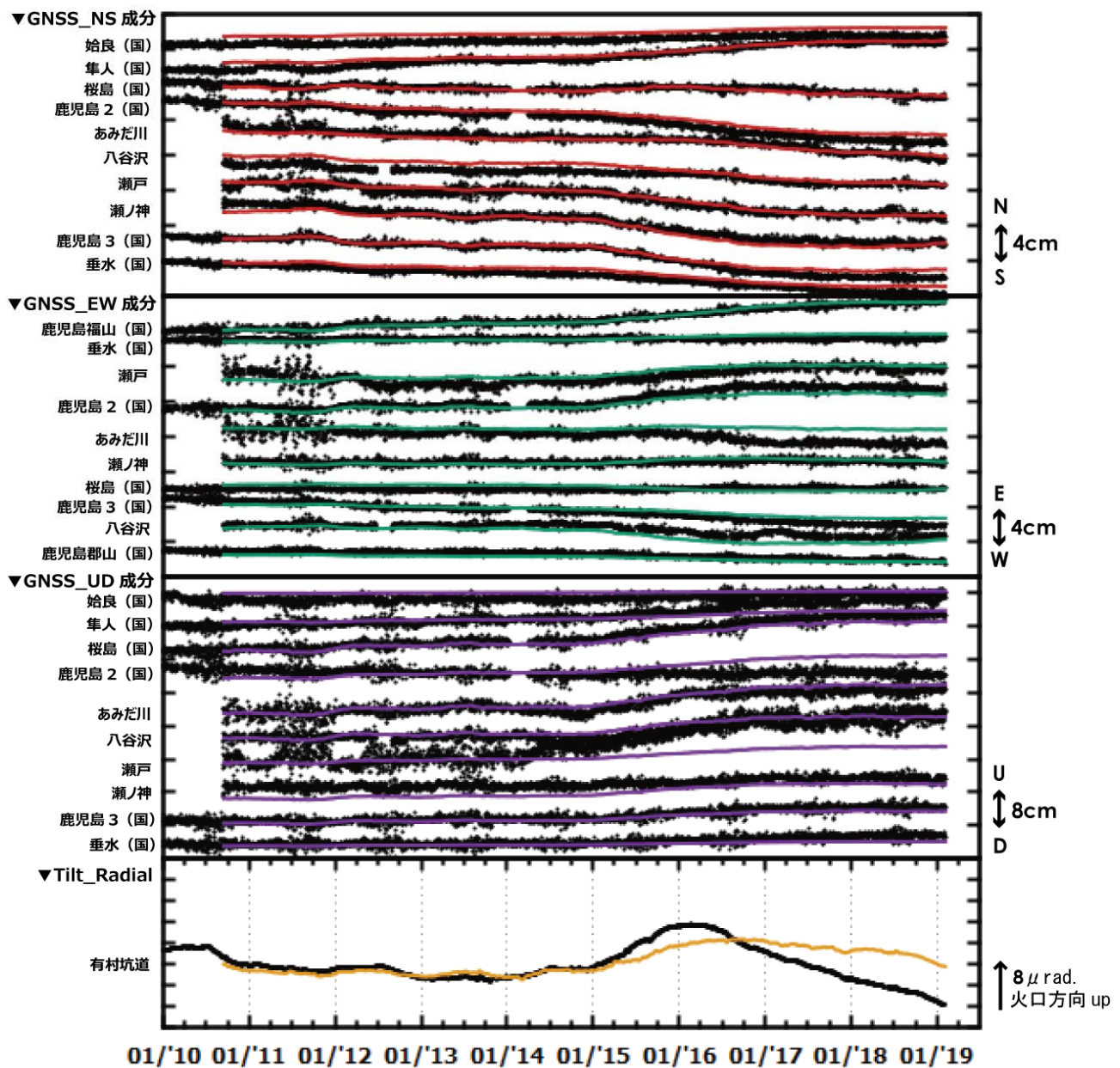


図 12 桜島 地殻変動の時間推移推定に用いた GNSS 観測点の観測値とインバージョン推定値 (○: 観測値、赤線、緑線、紫線、橙線: インバージョンによる推定値)
(2010 年 9 月～2019 年 2 月 6 日)

*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。

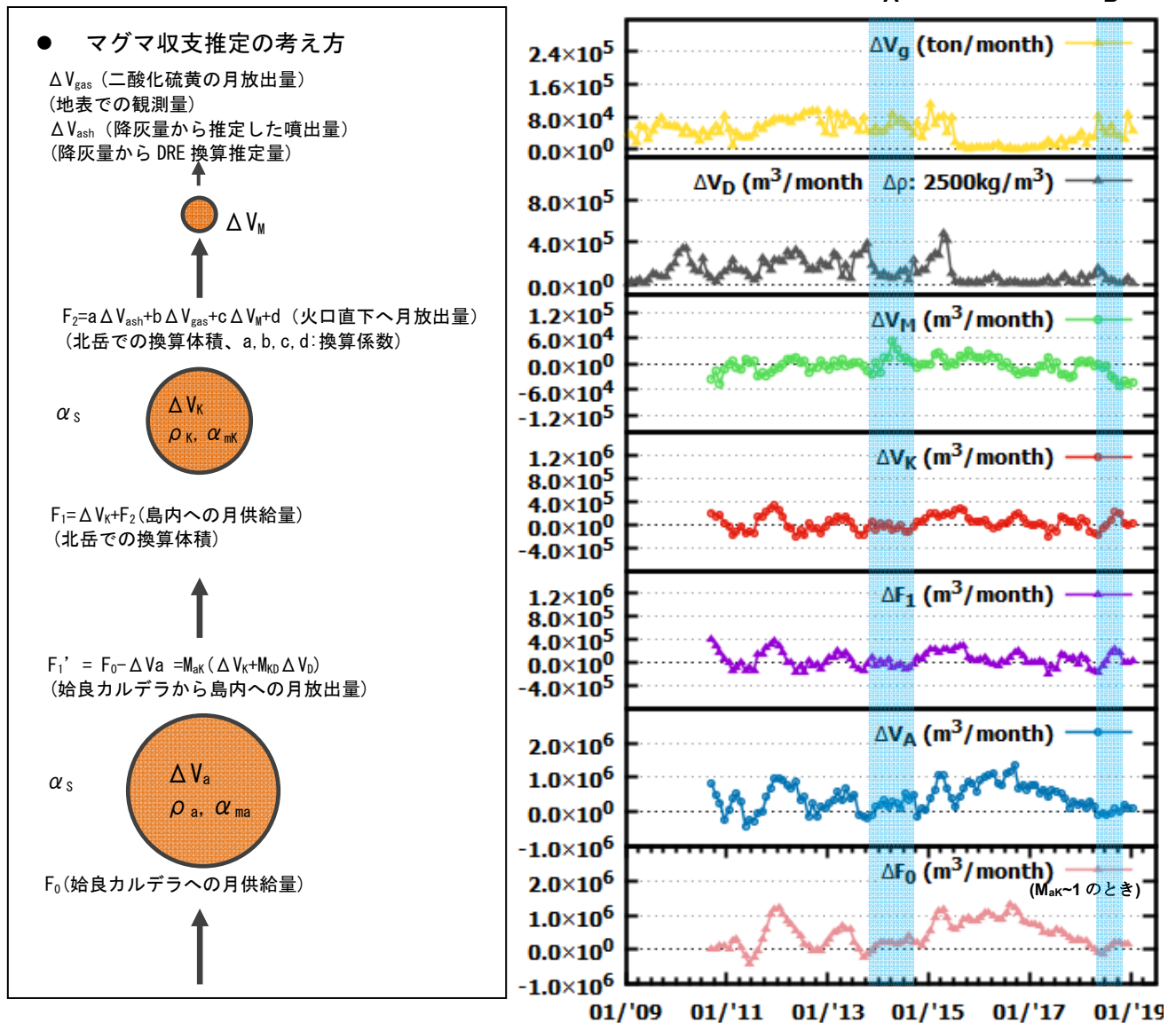


図 13 桜島 地殻変動推移によるマグマ収支の時間変化の推定

(2010 年 9 月～2019 年 1 月)

* 2015 年 8 月のマグマ貫入に関わる体積変化は議論に含まれていない。

* 月別総降灰量(重量)から、放出したマグマ(密度 $2500 \text{ kg}/\text{m}^3$ 仮定)の体積を推定した。

* 降灰、 SO_2 放出量、ソース M の体積変化から、ソース K から供給されるマグマ量: F_2 を推定した。なお、マグマのガス等の混合比は時間変化が見込まれるため、 F_2 を推定する係数も時間変化することが考えられるが、本資料では始良カルデラの地殻変動が安定している図中の期間 A、B を用いて係数をそれぞれ求め、昭和火口の噴火活動が活発な 2017 年までは A による係数を、それ以降は B による係数を利用し、推定を行った。

* 始良カルデラソースからある質量のマグマが上昇して北岳ソースに共有された際、それぞれのソースの周囲での岩石の体積変動比 M_{aK} は、マグマの密度 ρ_a, ρ_K 、マグマの圧縮率 α_{ma}, α_{mK} 、周囲の岩石の圧縮率 α_s (共通と仮定) を用い、 $M_{aK} = \Delta V_a / \Delta V_D = (\rho_a / \rho_K) (1 + \gamma_a / 1 + \gamma_K)$ (ここで $\gamma_a = \alpha_{ma} / \alpha_s, \gamma_K = \alpha_{mK} / \alpha_s$) と考えられる。これは、発泡度、揮発性分量、圧力などによって変化するが、浅部へのマグマ供給系では $(\rho_a / \rho_K) > 1, (1 + \gamma_a / 1 + \gamma_K) < 1$ が予想されるため、 $M_{aK} \sim 1$ を仮定することで始良カルデラにおける換算体積 F_1' 及び始良カルデラへのマグマ供給量 F_0 を推定した。

- ・ 始良カルデラへのマグマ供給量 (F_0) は、2017 年以降減少し、2018 年 3 月頃以降ほぼなくなったと推定される。
- ・ 桜島島内へのマグマ供給量 (F_1) は 2016 年頃から減少した。2017 年以降は長期にわたり供給が継続する時期はなく、時折わずかな量の供給が認められる。

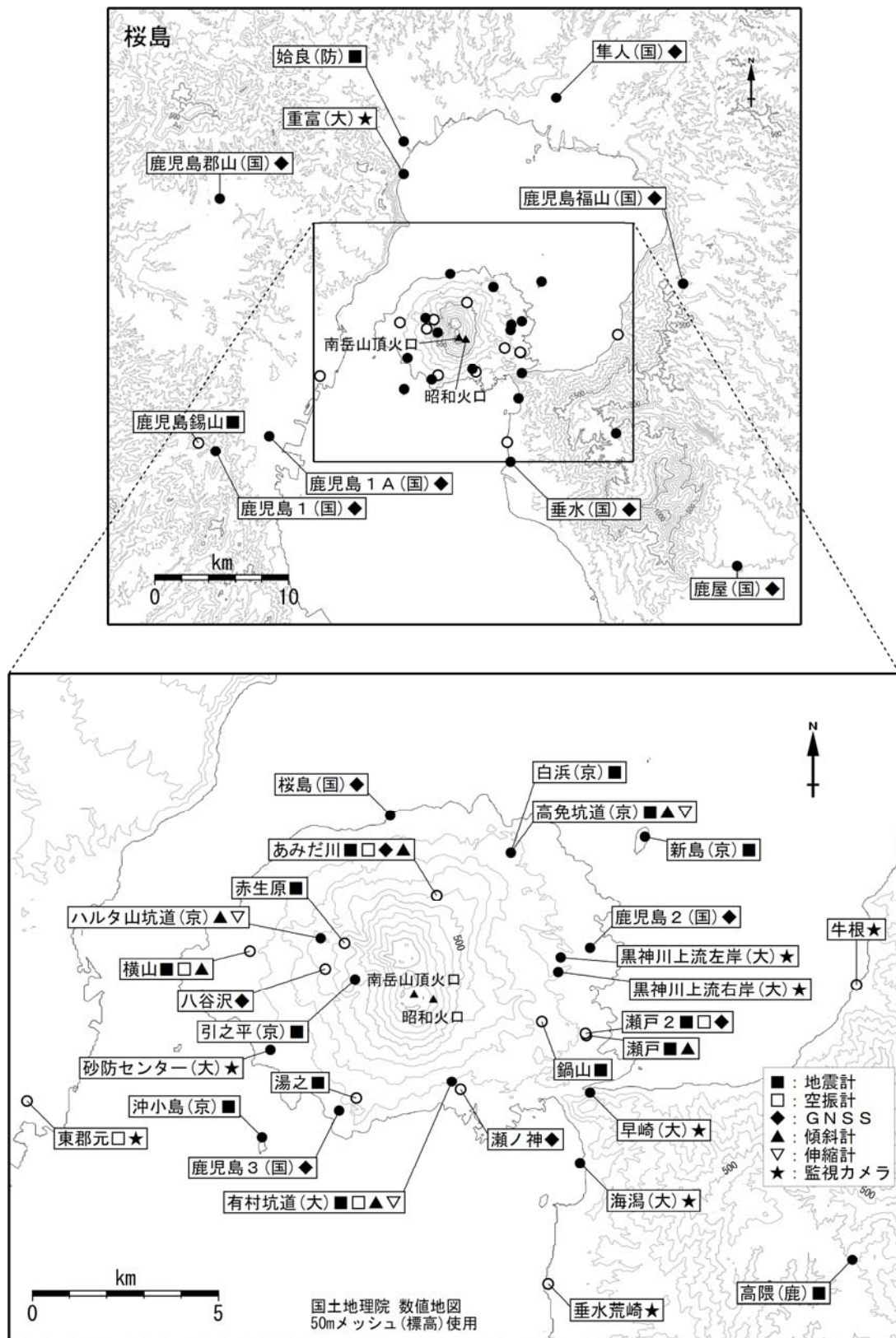


図 14 桜島 観測点配置図

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

地図の作成に当たっては、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ(標高)』を使用した。

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°	2017.08.21	2018.08.20	第 1 図-A
30-2930(SM1_U3_13)	南行	左	52.8°	2018.03.12	2019.01.14	第 1 図-B
125-600(SM1_U2-8)	北行	左	39.7°	2018.03.11	2018.11.18	第 1 図-C
131-620(SM1_U2-9)	北行	右	42.9°	2017.10.10	2018.08.28	第 1 図-D

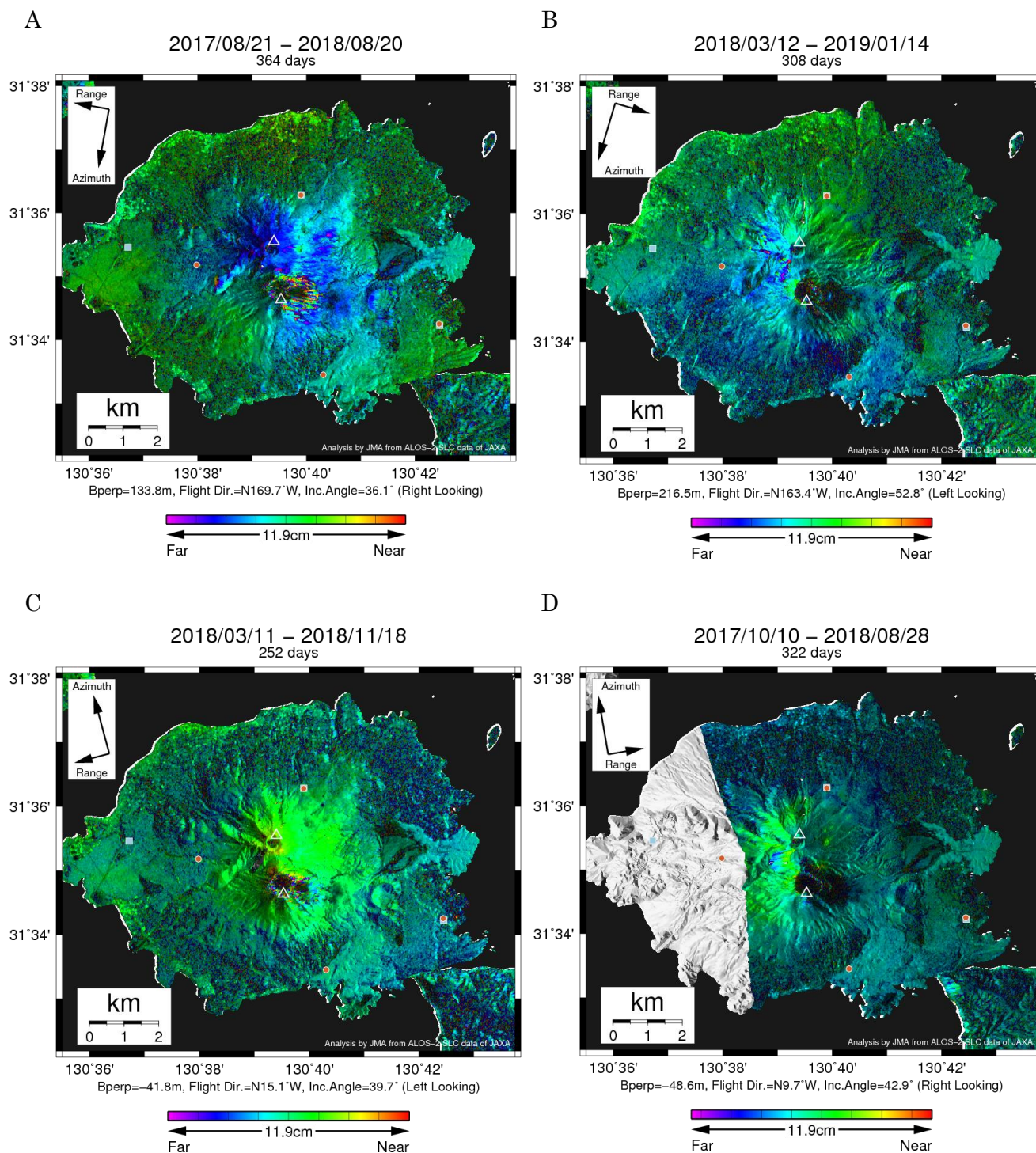
3. 解析結果

北行軌道・南行軌道のペアについて解析を行った。一部のペア（第 1 図 A、B、C）では、南岳火口付近で非干渉領域が認められるが、長期ペア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。

なお、各干渉解析結果について、対流圏遅延補正などは行っていないため、ノイズが重畳している可能性がある。

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)、パス 30 (SM1-U3_13)、パス 125 (SM1-U2_8) 及びパス 131 (SM1-U2_9) による桜島周辺の干渉解析結果

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。A、B 及び C では南岳火口付近で非干渉領域が認められるが、ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。

桜島における二酸化硫黄放出率連続観測の概要と 2018 年 4 月～2019 年 1 月の暫定結果

SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)の課題「レジリエントな防災・減災機能の強化」で、桜島に火山ガス放出率のための観測網を構築した。観測網は、図 1 に示すように桜島の南から東にかけて展開し、方位角約 5 度ごと 26 点(赤色)と噴煙速度の観測用に 5 点(青色)、合わせて 31 点の上空二酸化硫黄測定装置を配置した。これらの観測点で、上空二酸化硫黄量を同時に測定することで、トラバースをせずに、上空二酸化硫黄量を算出する。図 2 に、上空二酸化硫黄観測装置及びその設置例の写真を示す。上空二酸化硫黄観測装置は、小型紫外分光計、集光系、IoT 機器(分光器の制御とデータ通信)、タイマースイッチから構成されている(図 2a)。設置例に示すように、商用電源やソーラーパネルを用いて運用している(図 2b,c,d)。

今回は、上記観測網で測定した 2018 年 4 月から 2019 年 1 月までの桜島の二酸化硫黄放出率の暫定結果を報告する。

地理院地図
GSI Maps

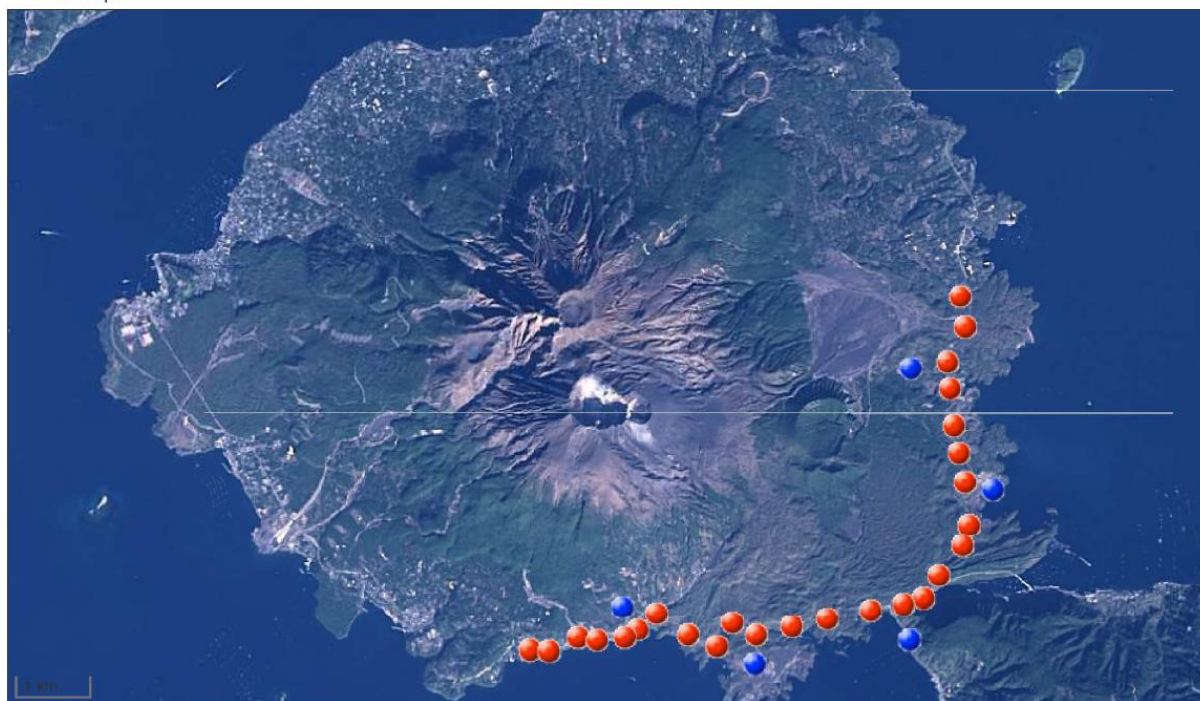


図 1：桜島の上空二酸化硫黄測定装置の設置状況。赤色の観測点は南側の観測点から反時計回りに 1 番から 26 番までである。山頂からの方位角約 5 度ごとに設置した。風速測定用の青色観測点は方位角約 25 度ごとに配置されている。

桜島



図 2 : (a)上空二酸化硫黄測定装置の装置ボックス。紫外分光計、IoT 機器、タイマーが入っている。(b)装置ボックスのポールへの設置例、上部には集光系の望遠鏡が光ファイバーで装置ボックス内部の分光計につながっている。(c)ポール設置の様子。(d)ソーラーパネルの設置例。

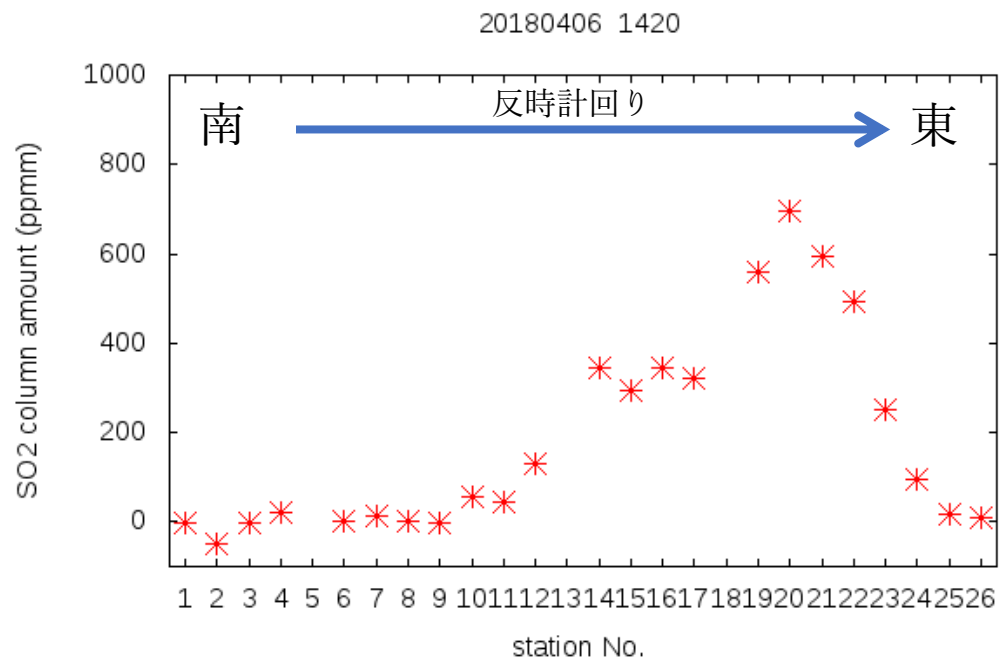


図 3 : 1~26 番の観測点(図 1)における上空の二酸化硫黄量の分布(2018 年 4 月 6 日 14:20 の前後 10 分平均値)。

二酸化硫黄放出率は、噴煙断面の二酸化硫黄量に噴煙速度を乗じて算出する。今回、噴煙断面量は、観測網のより得られたデータを使用し、噴煙速度には、桜島地方気象台のウェブページで公表されている桜島上空 1500m の風速を使用した。なお、噴煙断面量の算出の際は、不具合のある観測点のデータは使用せず、両隣の観測点のデータを内挿した値を使用した。また、噴煙全体が観測網に収まらない場合もあるので、断面量は二つのガウシアンで二酸化硫黄量分布をフィットし、その面積から求めている。

観測網での測定の一例として、2018 年 4 月 6 日 14:20 の各観測点上空の二酸化硫黄量を示す(図 3)。図 4 には、2018 年 4 月から 2019 年 1 月までの二酸化硫黄放出率を示す。赤丸は、測定日の平均値で、水色丸は 10 分値を示している。また、薄紫丸は、気象庁トラバース測定データを示す(気象庁・火山活動解説資料より)。図 1 からわかるように、本観測網は噴煙が東から南に流れた場合にのみ測定が可能である。このため、5 月後半から 10 月末までは、噴煙がこの方向にあまり流れてこなかったため測定頻度が低くなっている。また、噴煙速度が約 4 m/s 以下の場合、噴煙が広がりすぎてしまい、噴煙断面量が求められず、放出率が求まらない場合が多い。

図 4 からわかるように、放出率は 1 日の間で大きく変化する。例えば、4 月 6 日は 1 日の中で 2000 ton/day レベルから 6000 ton/day を超えるレベルまで大きな変化を示している。一日の平均放出率をみると、4 月から 6 月前半までは、ばらつきが大きく 1000-4000 強 ton/day で推移している。一方、6 月後半から 10 月末までは、観測頻度が低いので代表的な状態であるかは不明であるが、1000 ton/day 前後の日が多かった。11 月後半以降は、高頻度に測定ができているが、爆発などが無い日は 2000 ton/day 程度で推移している。気象庁のトラバース測定の結果と比較すると、同日に測定された結果に関しては、おおむね一致している。2018 年 12 月の 2 測定は、気象庁の値と観測網の値で、平均が大きくずれているが、トラバース測定が行われたであろう時間帯は、観測網でもその日の平均よりも大きな値が測定されている。

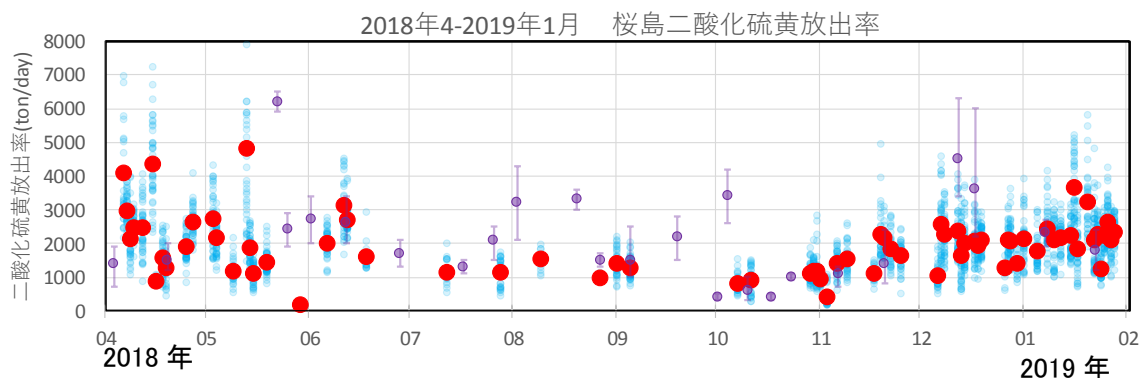
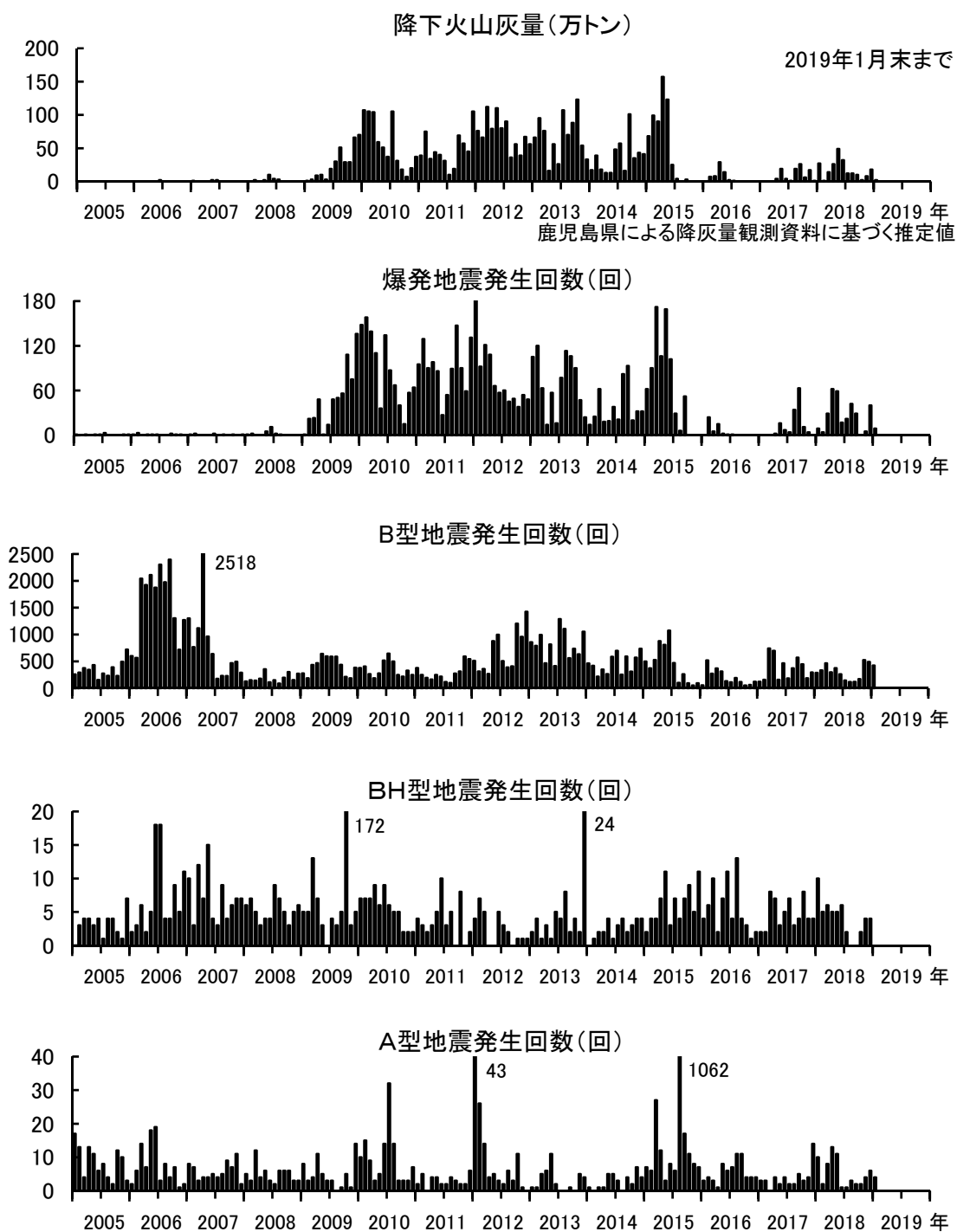


図 4：2018 年 4 月から 2019 年 1 月までの桜島の二酸化硫黄放出率

桜島の長期的噴火活動・地震活動の推移

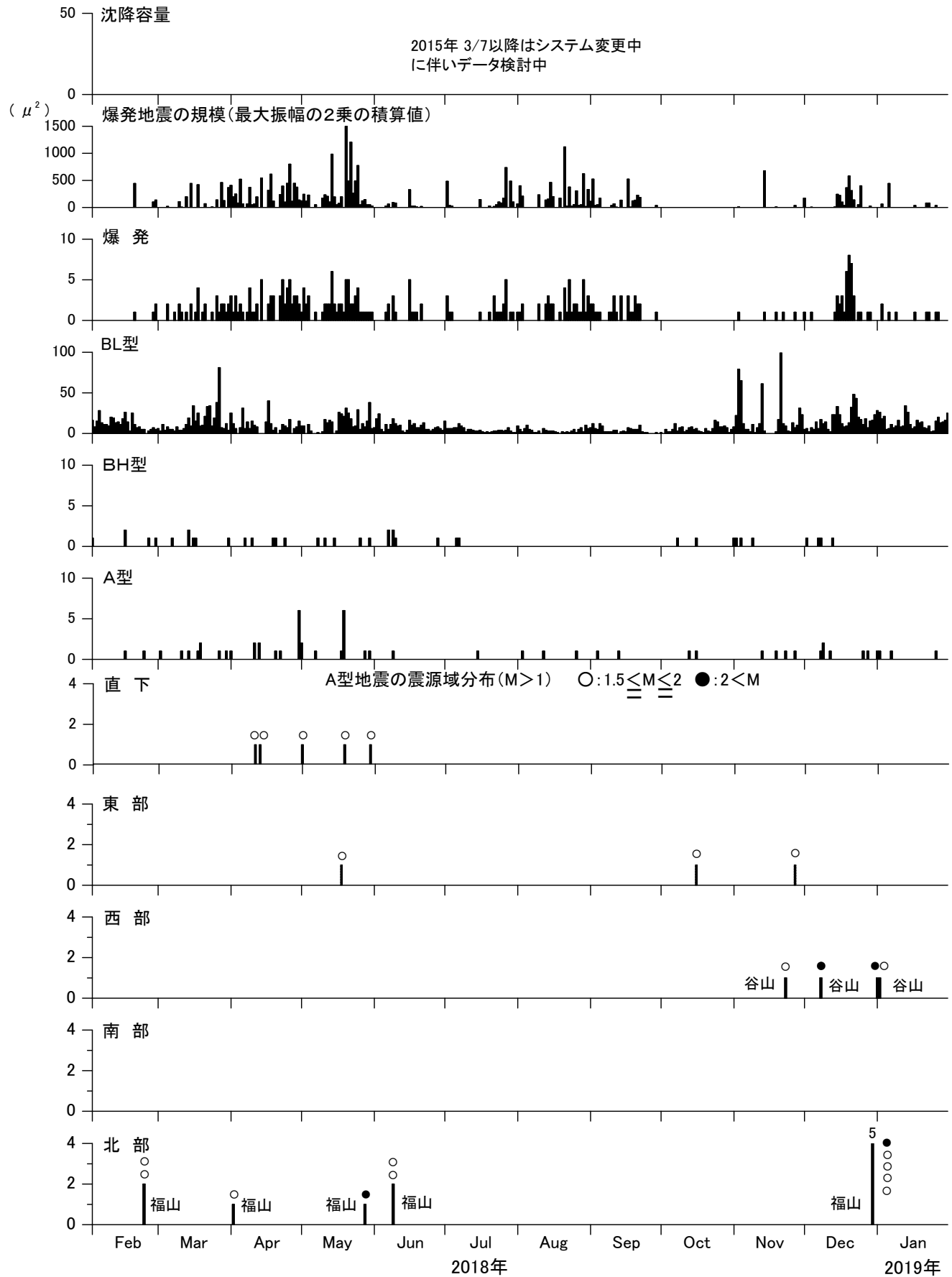


桜島における火山性地震の月別発生回数と降下火山灰量
(2019年1月31日まで)

桜島

桜島の最近の噴火活動・地震活動の推移

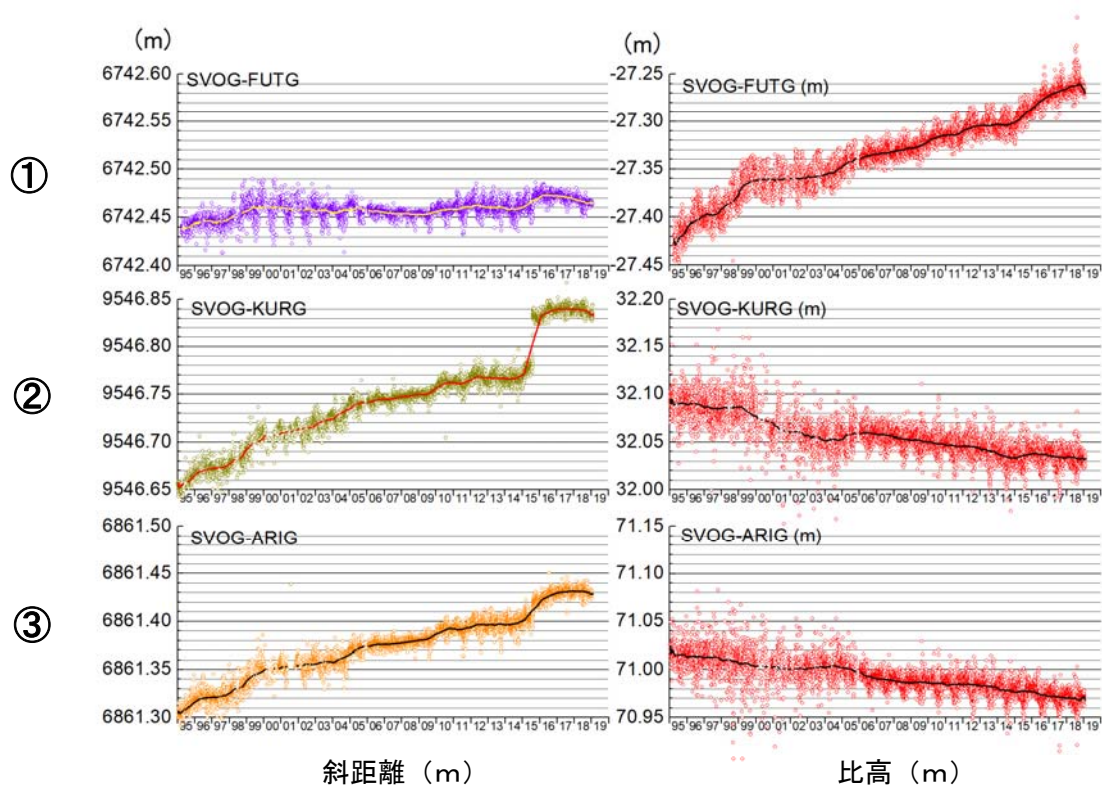
($\times 1000\text{m}^3$)



火山性地震の日別発生回数(2019.1.31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 1 月 31 日まで)

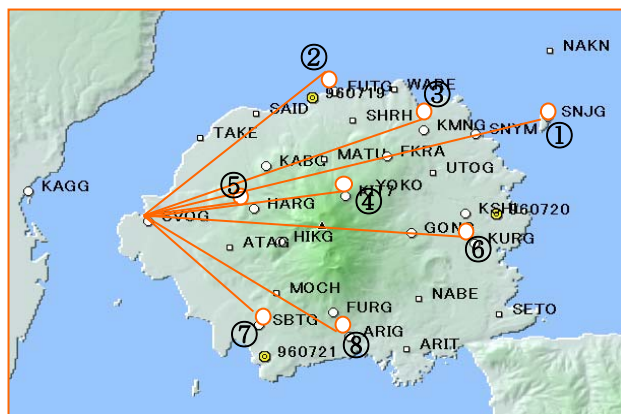
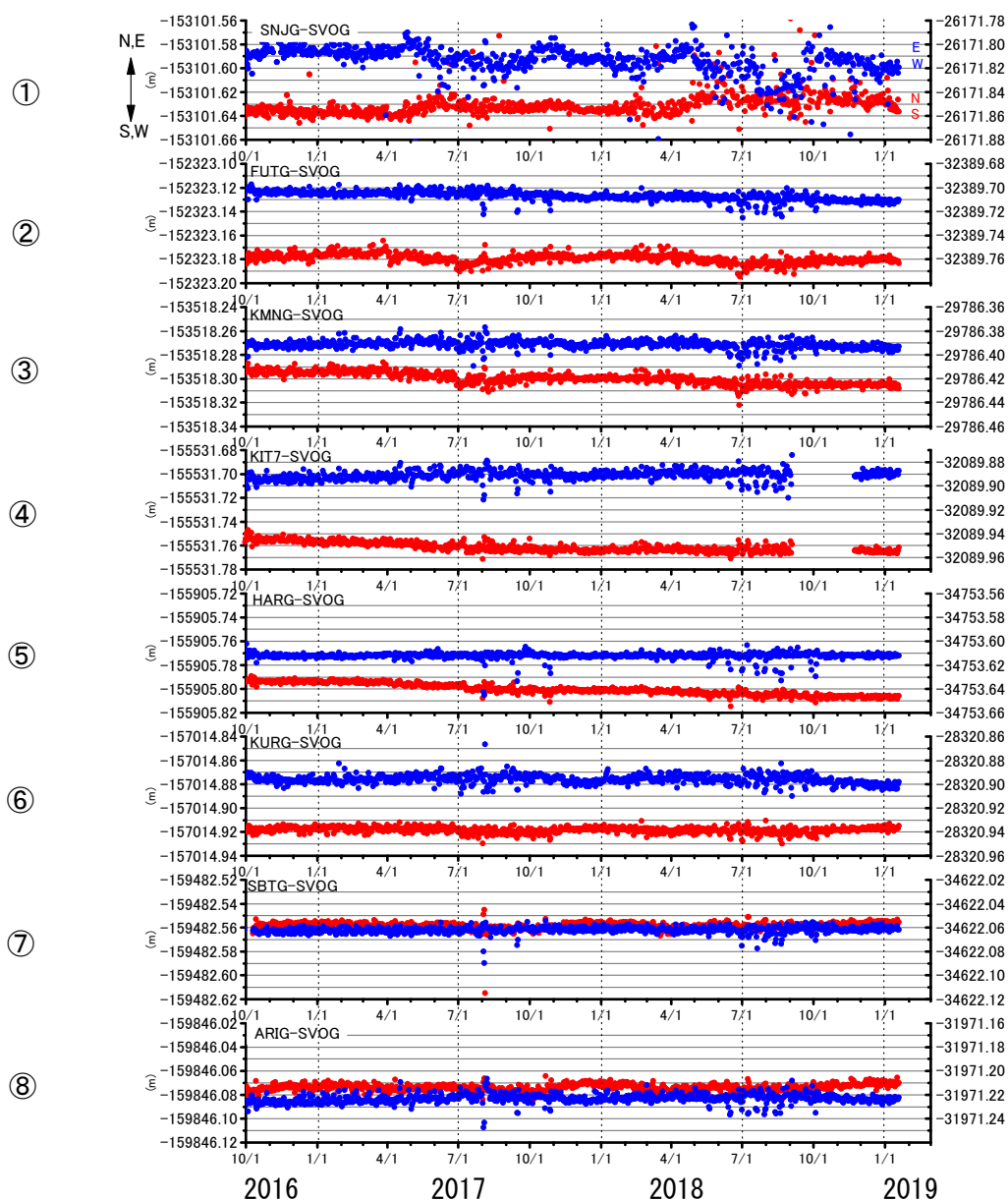
データ収録 : 24 時間/日

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)

桜 島

桜島における短期的水平変位 その1



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 2/3(2019 年 1 月 31 日まで)

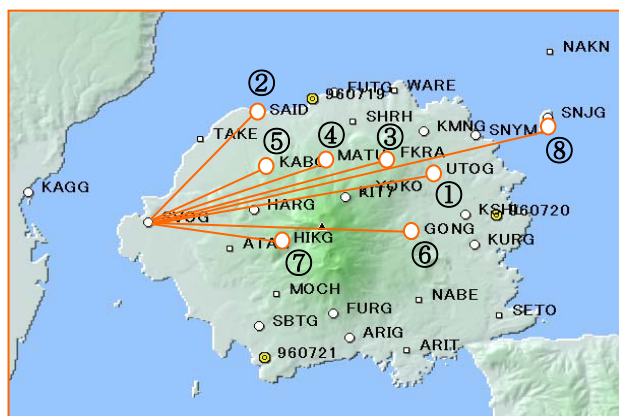
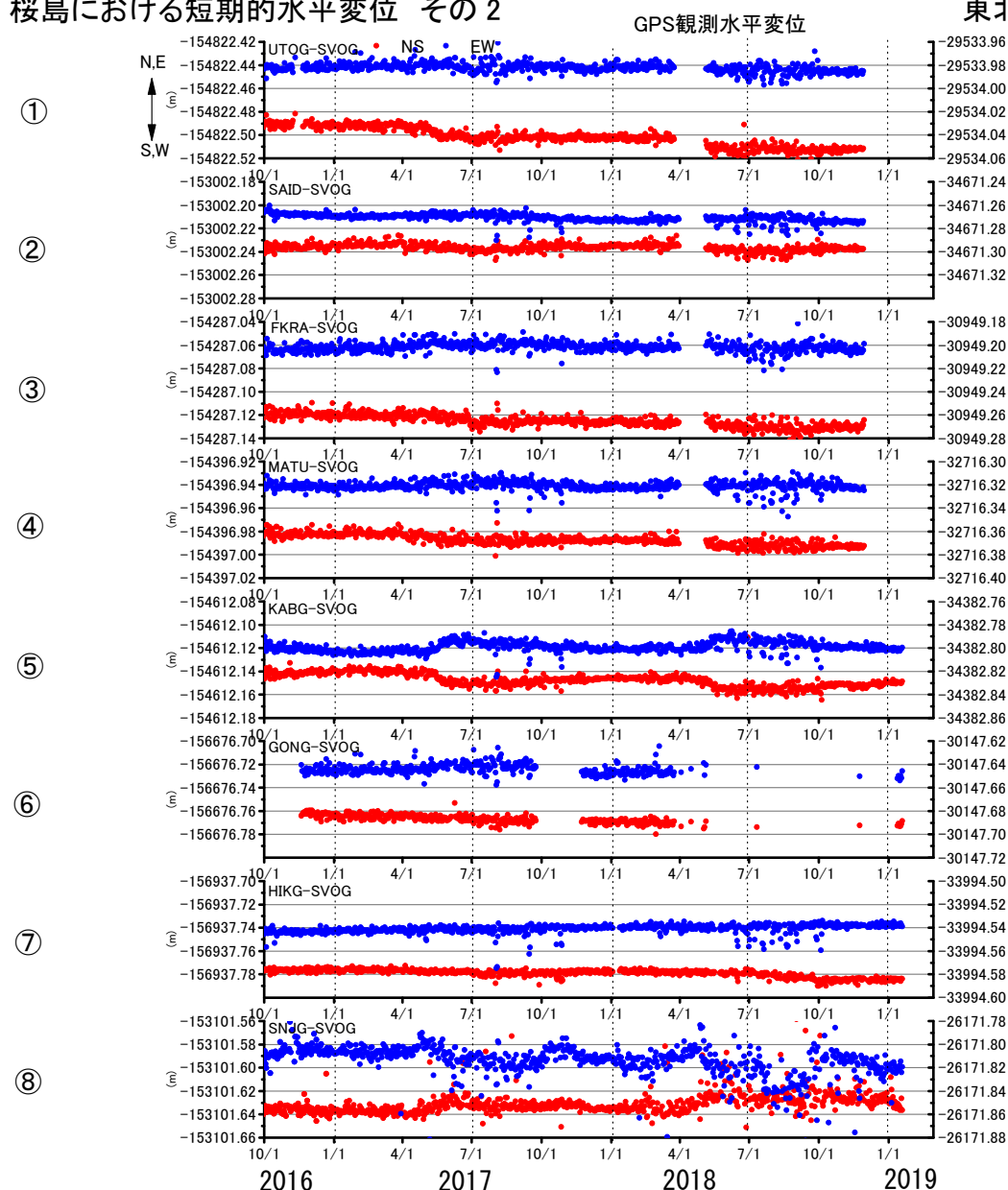
桜 島

第 143 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・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 1 月 31 日まで)

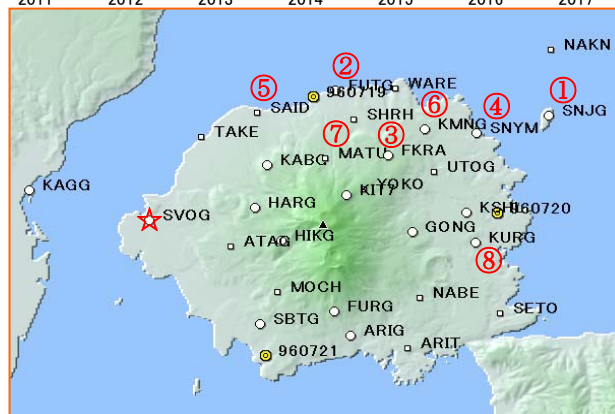
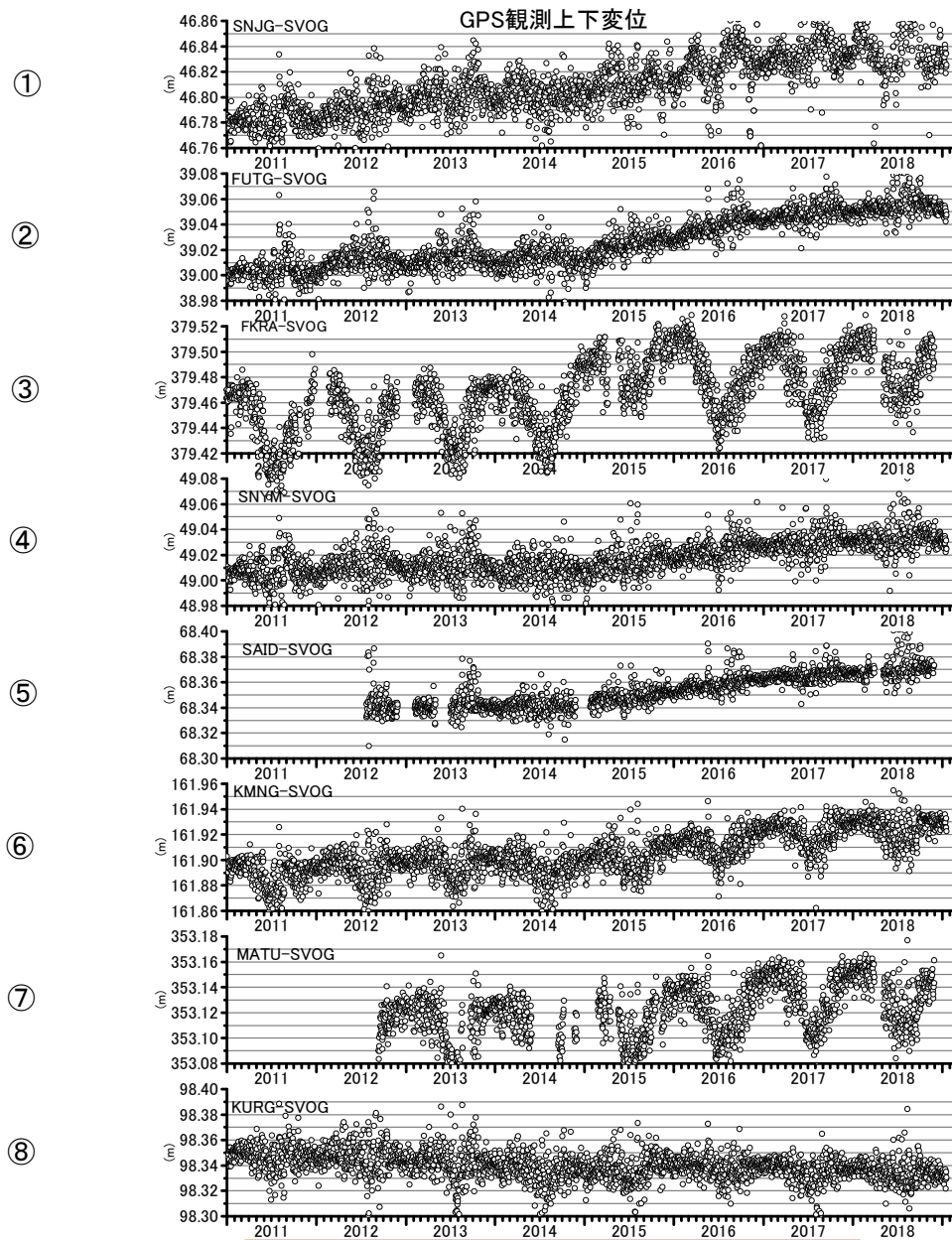
桜 島

第 143 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 1 月 31 日まで)

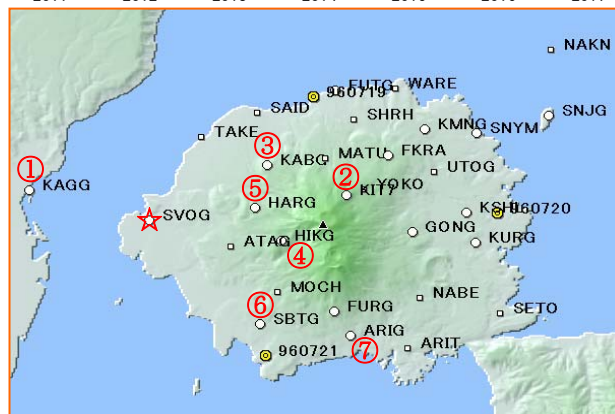
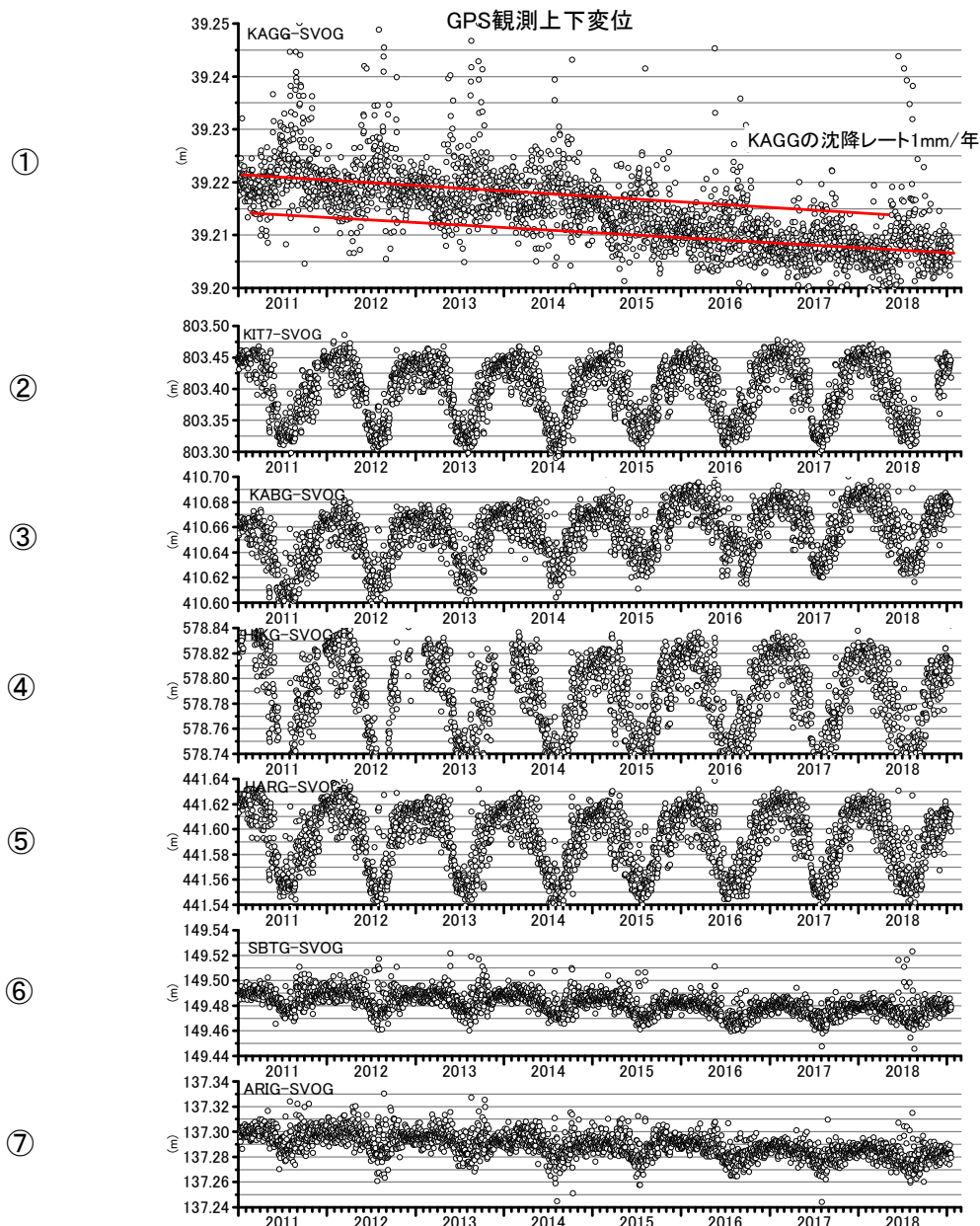
桜 島

第 143 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 2

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 2/2(2019 年 1 月 31 日まで)

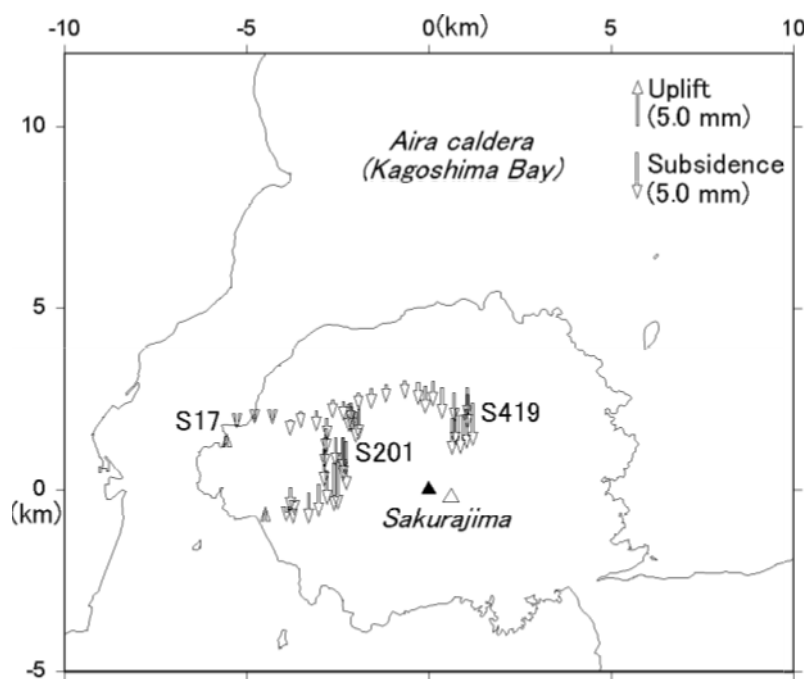
桜 島

第 143 回火山噴火予知連絡会

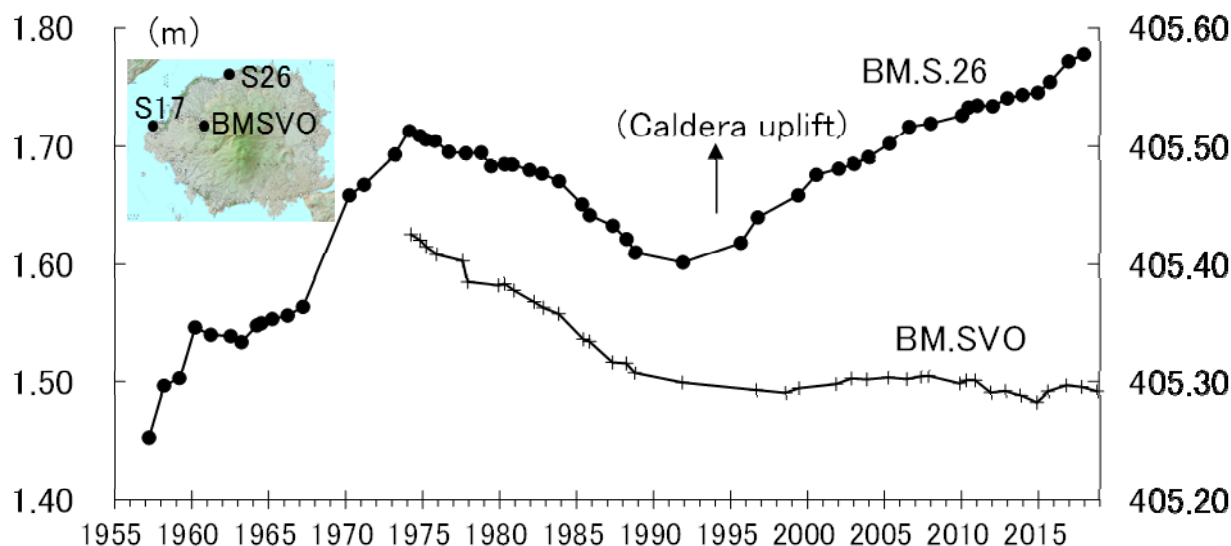
水準測量結果

(最新測量：2018 年 11 月 12 日－29 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



桜島内の地盤上下変動（2017年11月～2018年11月）
S17基準点、▲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：2018年11月 BM. SVOのみ)

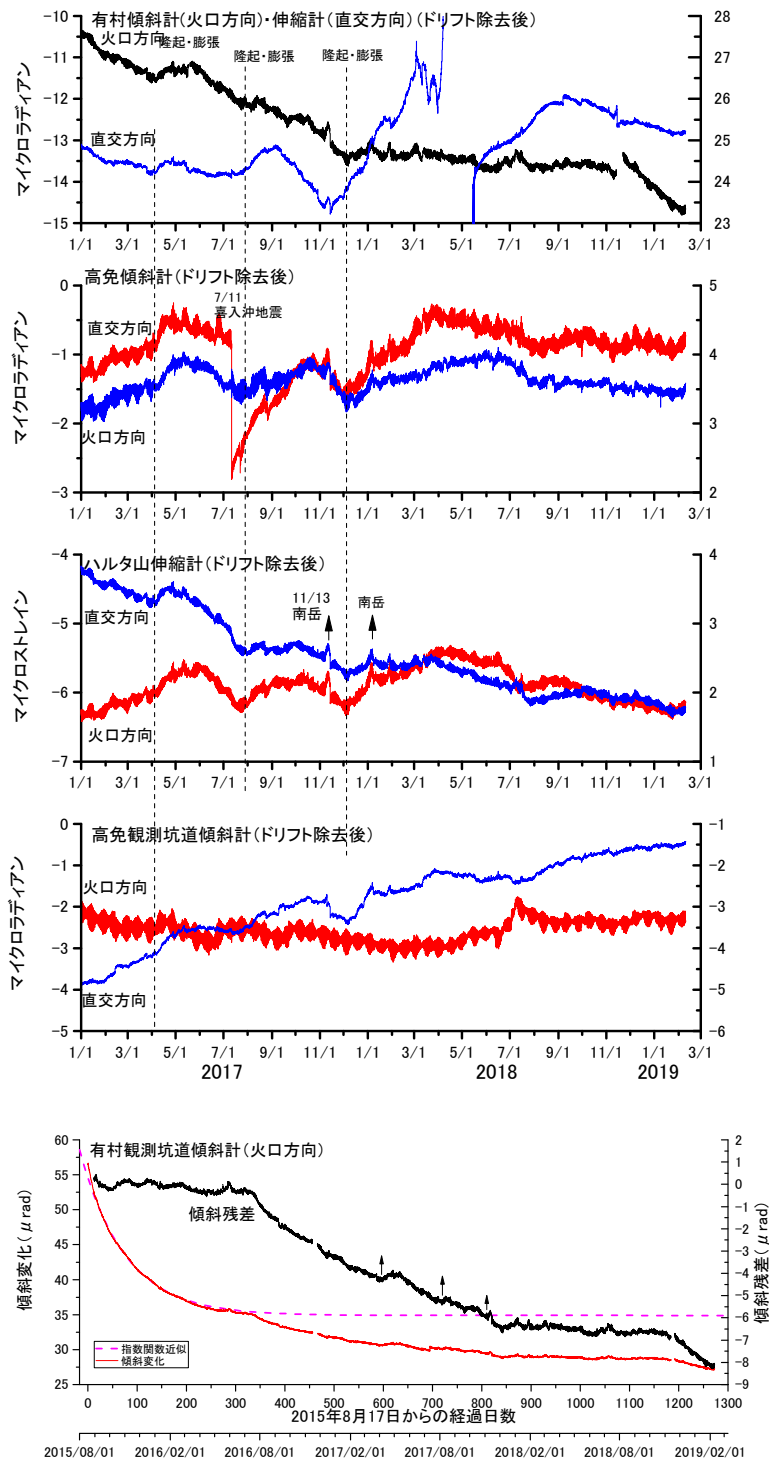
桜 島

第143 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

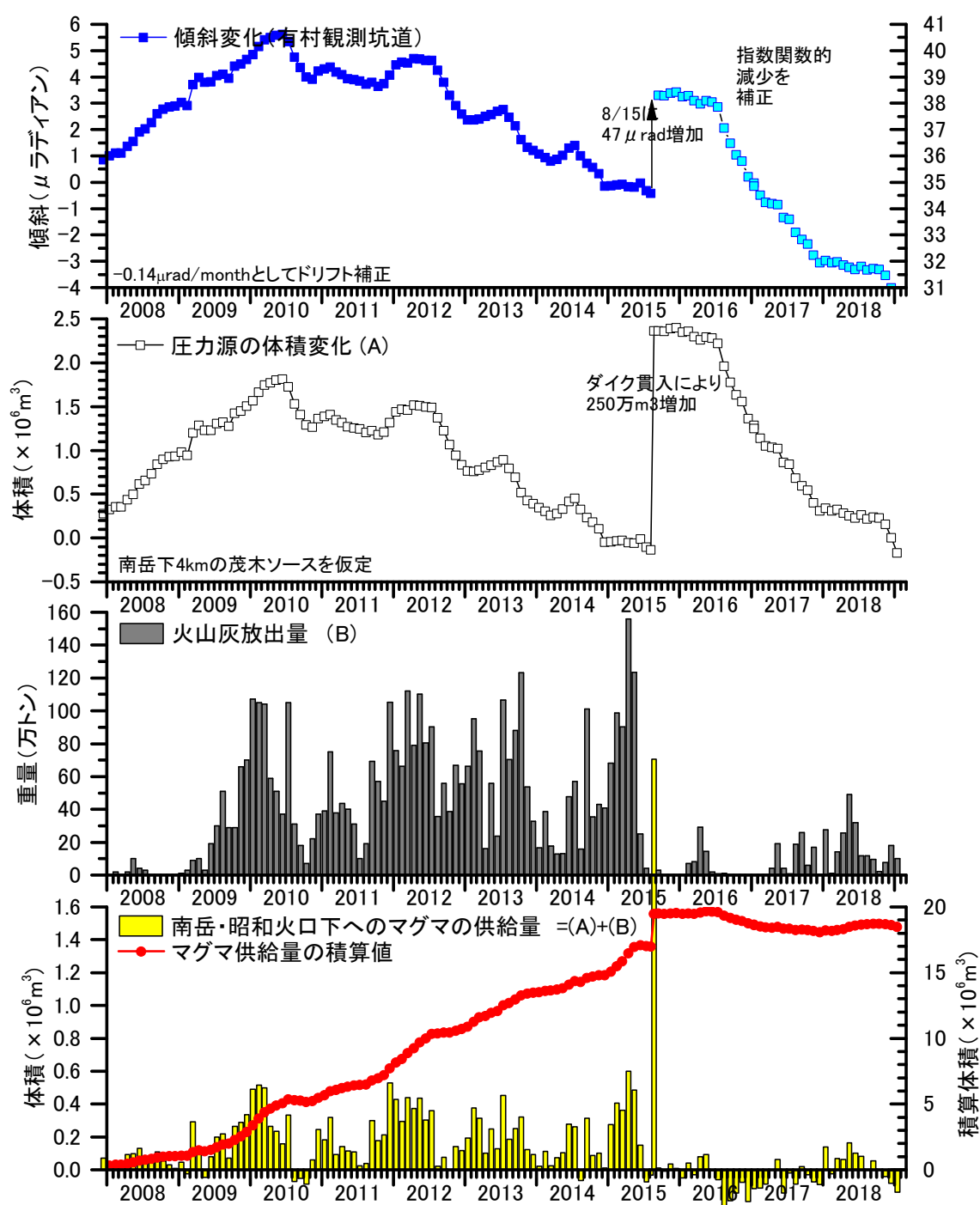
九州地方整備局大隅河川国道事務所



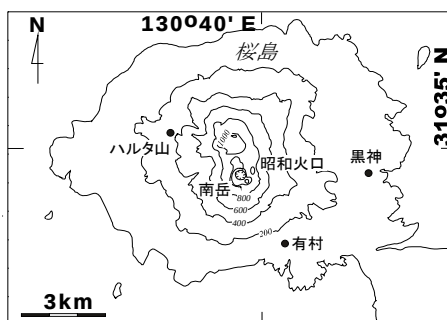
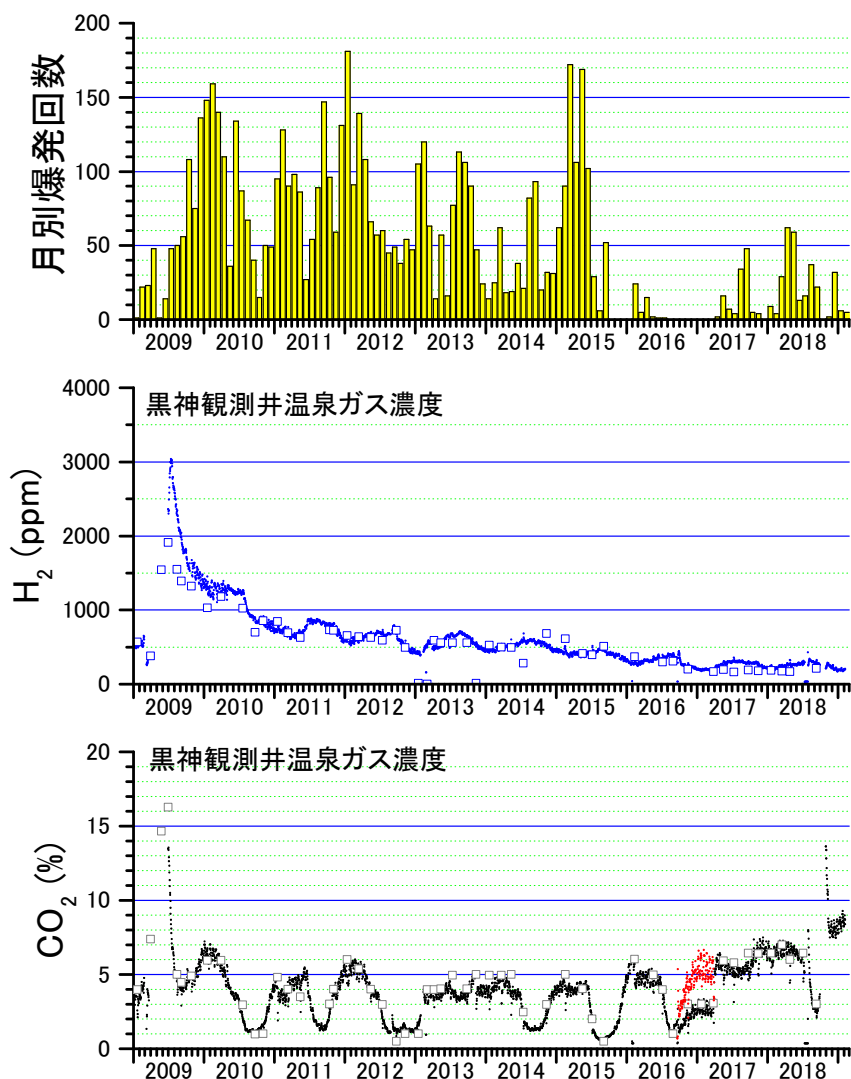
傾斜およびひずみ変化 (2019 年 2 月 9 日まで)

桜 島

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



黒 神 温 泉 ガ ス

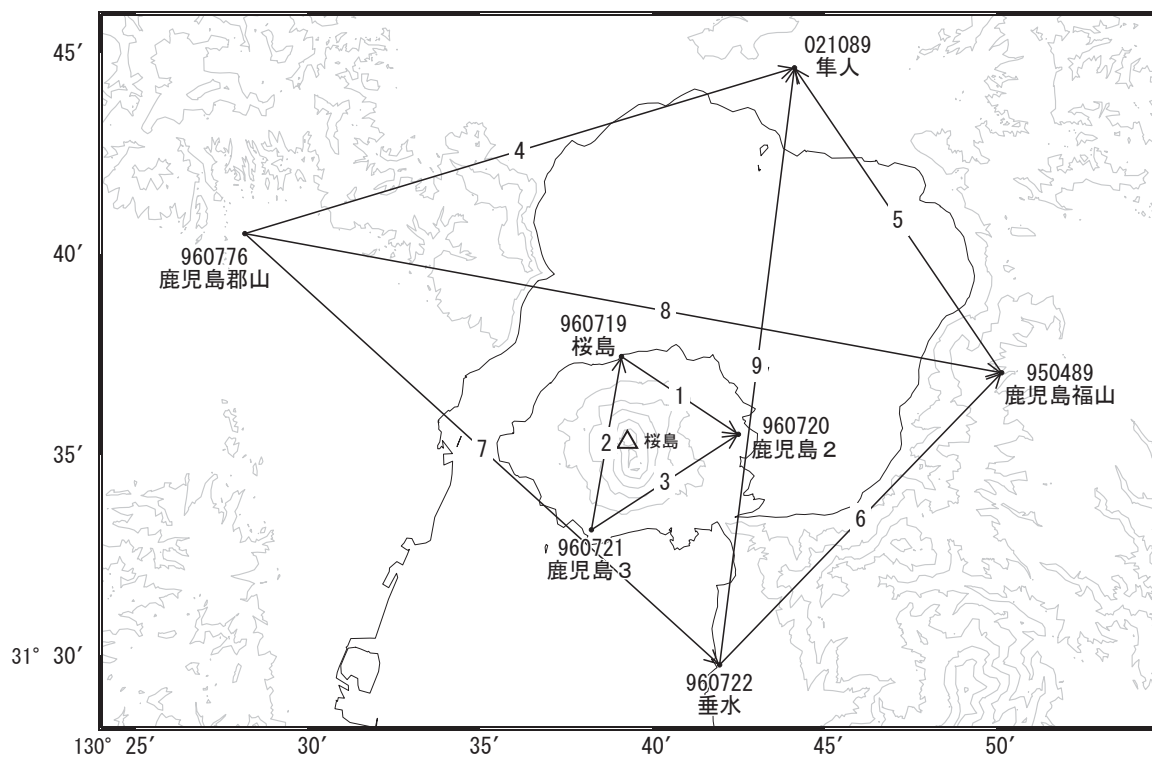
2016 年 9 月 21 日～2017 年 3 月 27 日はサンプリングが 1 日 3 回であったので、 CO_2 濃度が低く観測されているので補正した(赤点) CO_2 濃度は、高いレベルにある。 H_2 濃度は、減少傾向が続いている。

桜 島

桜島

鹿児島（錦江）湾を挟む基線での伸びは停滞しています。桜島島内の基線は 2018 年 3 月頃からの伸びの傾向が鈍化し、5 月頃から停滞しています。

桜島周辺GEONET（電子基準点等）による連続観測基線図(1)

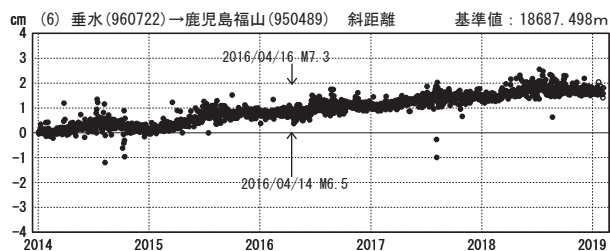
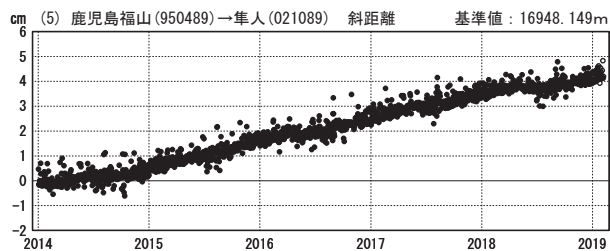
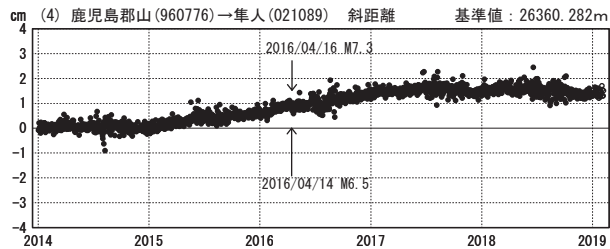
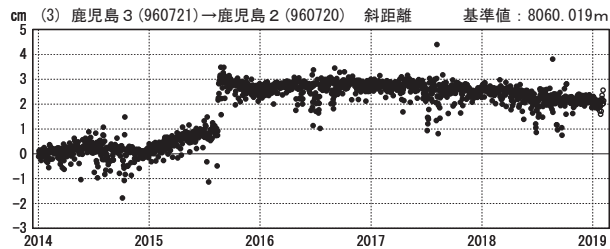
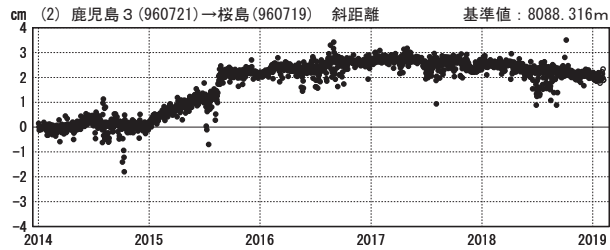
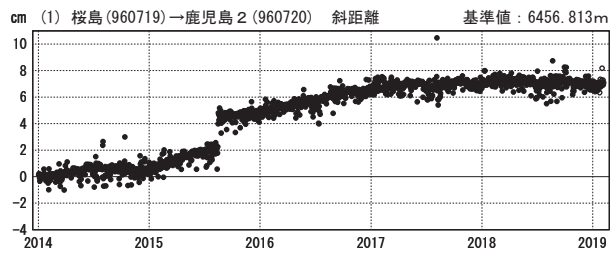


桜島周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
960719	桜島	20170118	受信機交換
960720	鹿児島島2	20170118	受信機交換
960721	鹿児島島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

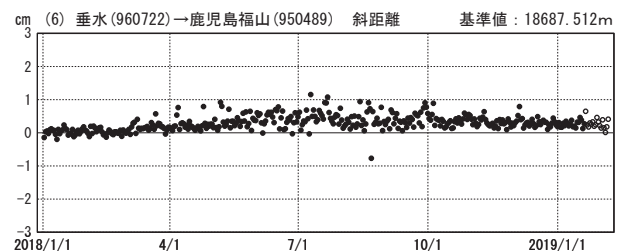
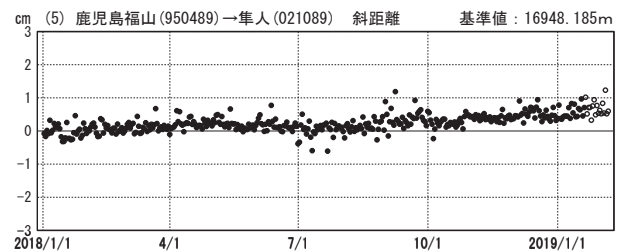
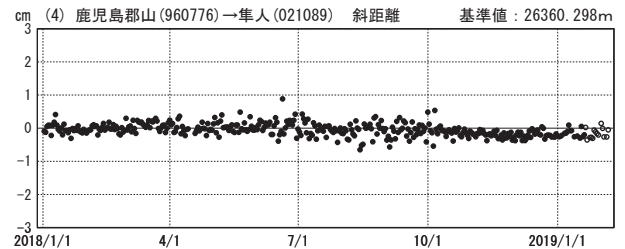
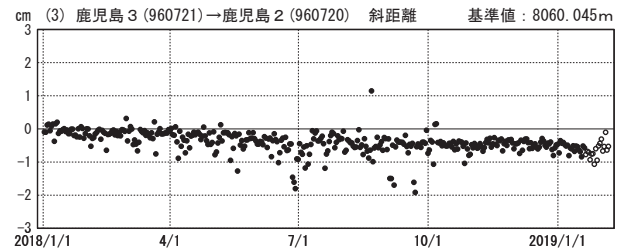
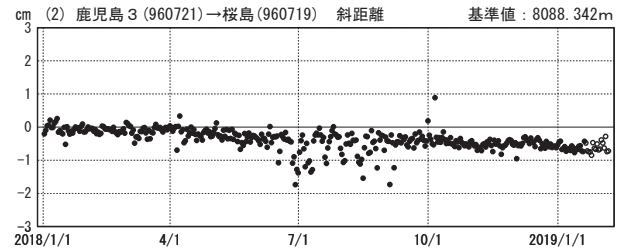
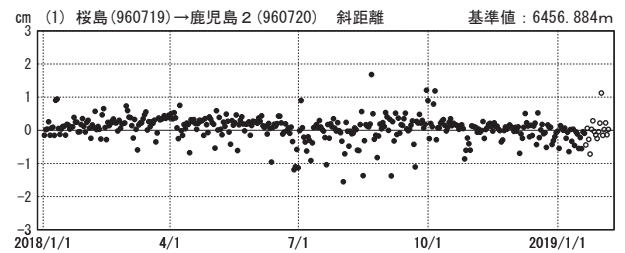
基線変化グラフ（長期）

期間：2014/01/01～2019/02/05 JST



基線変化グラフ（短期）

期間：2018/01/01～2019/02/05 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

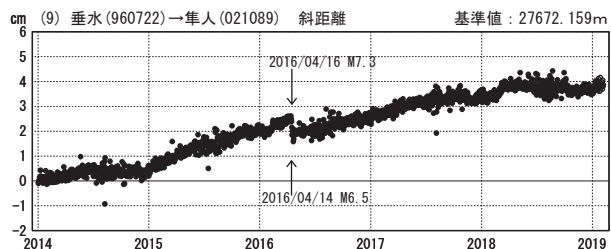
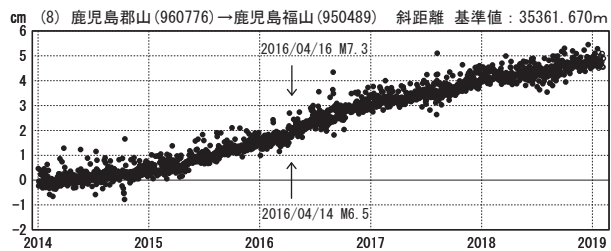
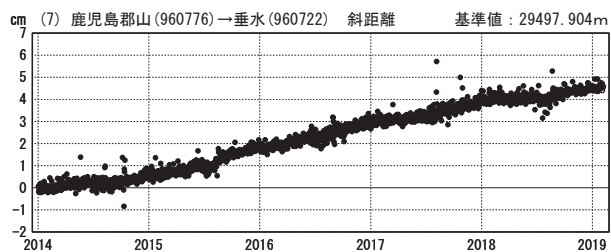
国土地理院

※[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

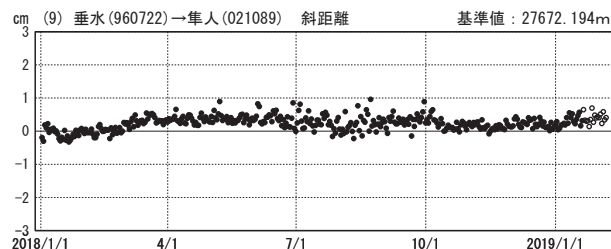
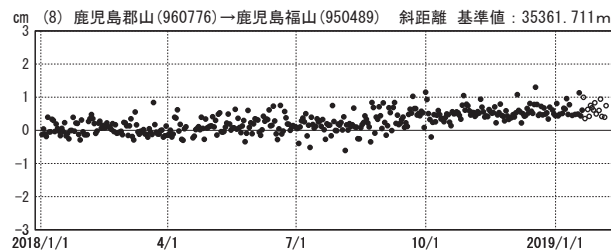
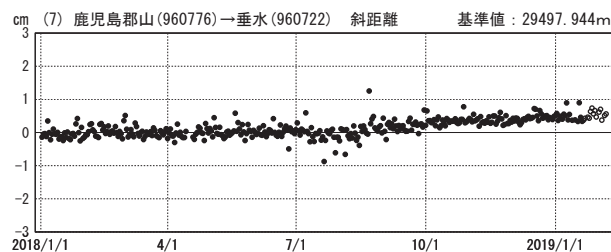
基線変化グラフ（長期）

期間：2014/01/01～2019/02/05 JST



基線変化グラフ（短期）

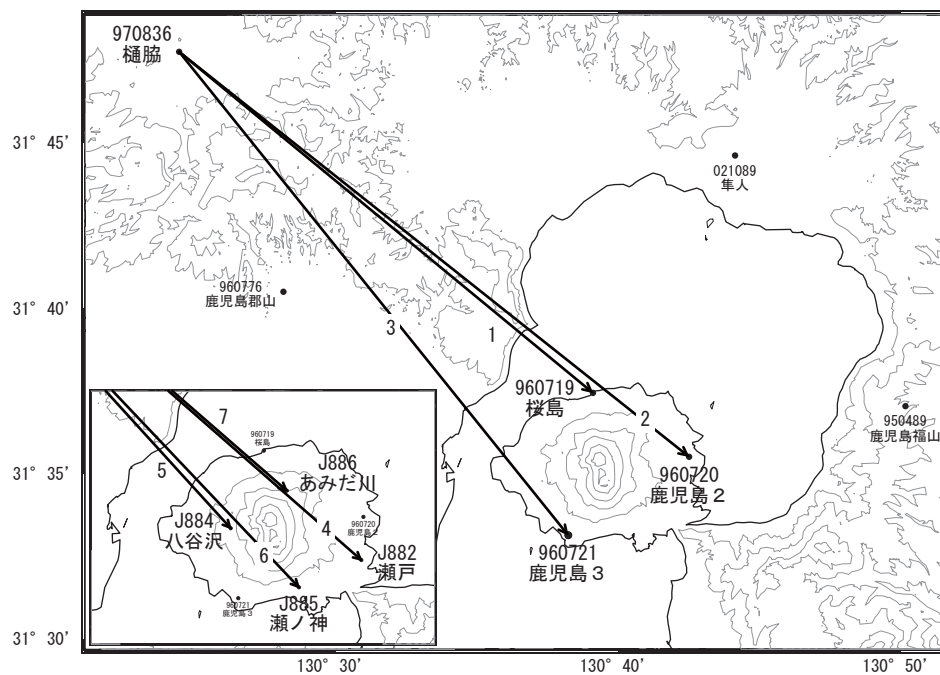
期間：2018/01/01～2019/02/05 JST



●—[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

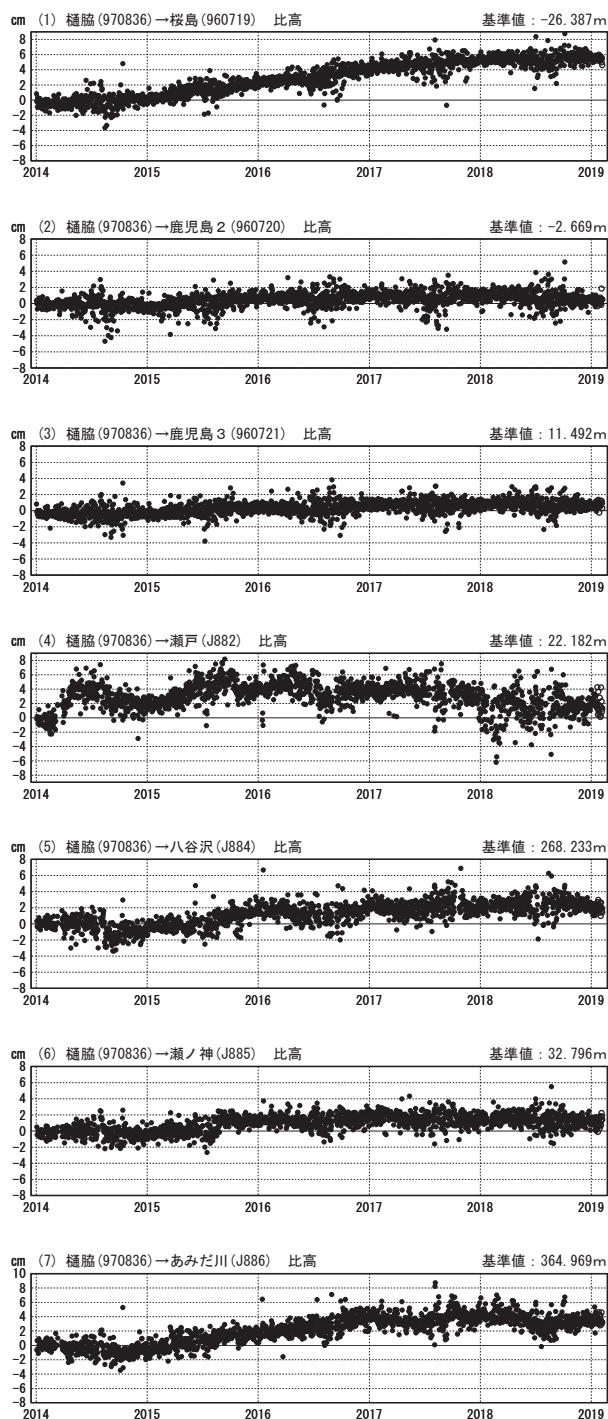
点番号	点名	日付	保守内容
970836	樋脇	20180123	受信機交換

※[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

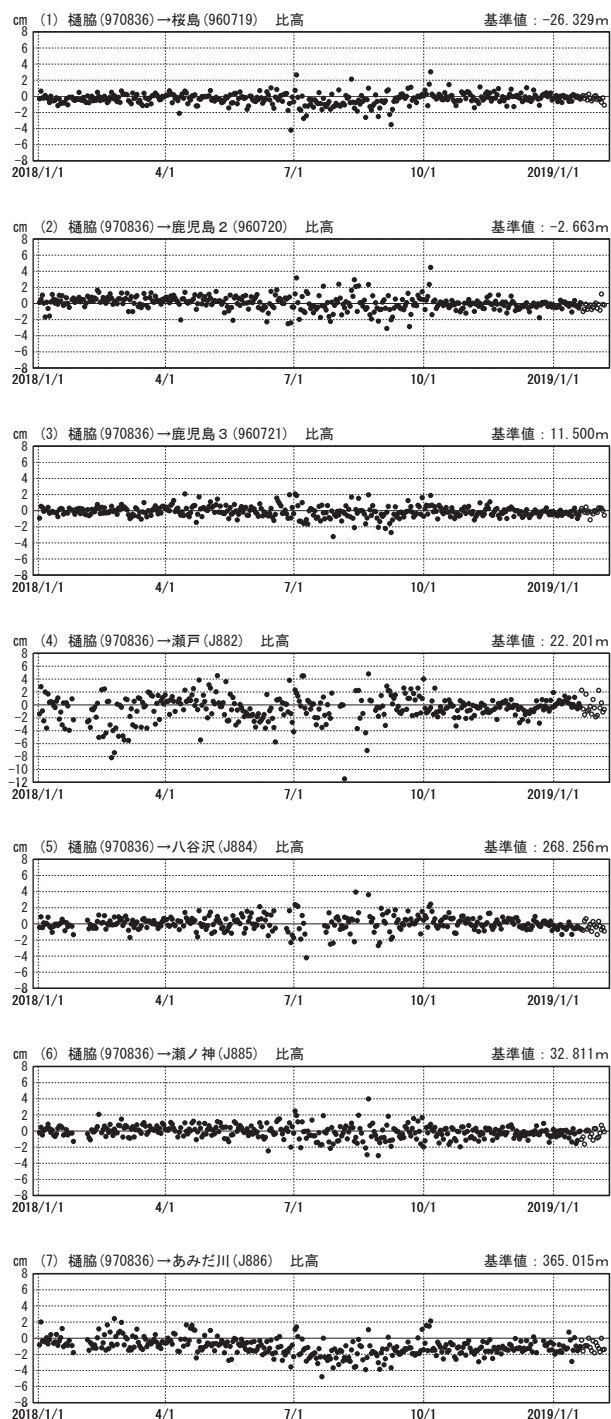
比高変化グラフ（長期）

期間：2014/01/01～2019/02/05 JST



比高変化グラフ（短期）

期間：2018/01/01～2019/02/05 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

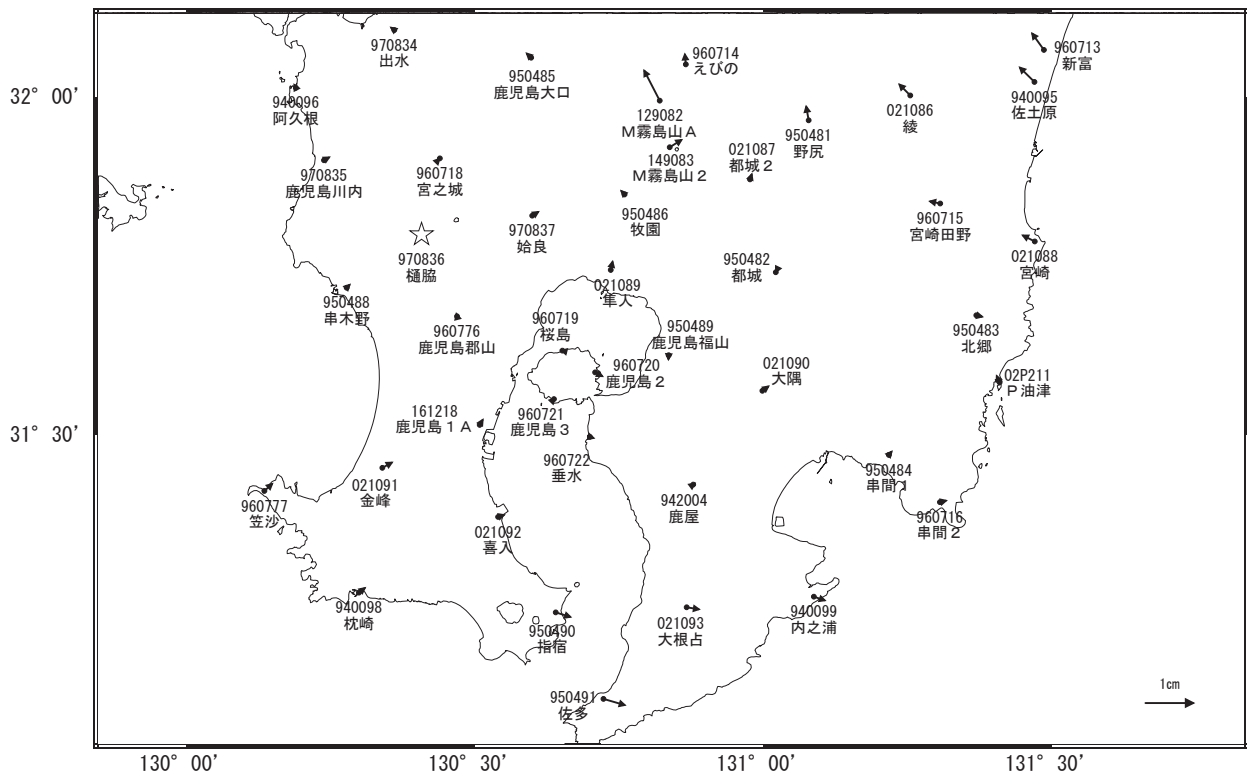
国土地理院・気象庁

※[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)

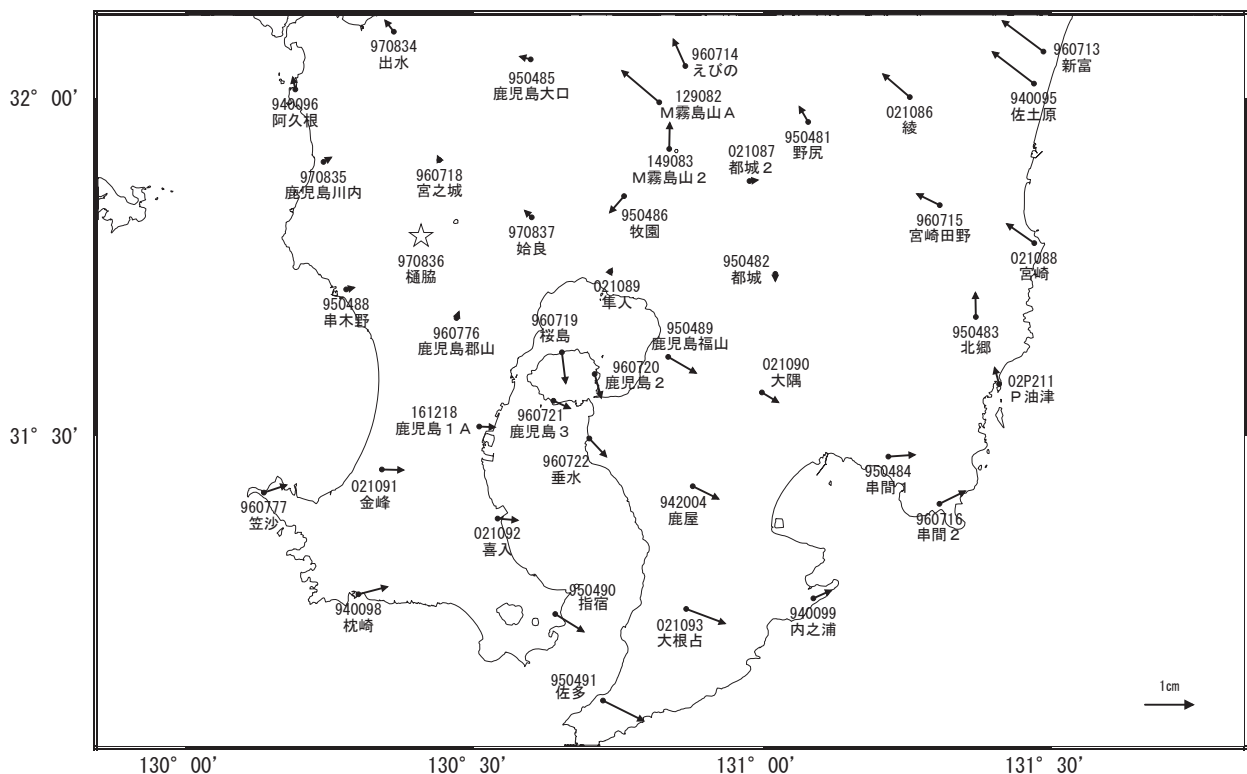
基準期間:2018/10/27~2018/11/05[F3:最終解]
比較期間:2019/01/27~2019/02/05[R3:速報解]



国土地理院

南九州地方の地殻変動(水平:1年)

基準期間:2018/01/27~2018/02/05[F3:最終解]
比較期間:2019/01/27~2019/02/05[R3:速報解]

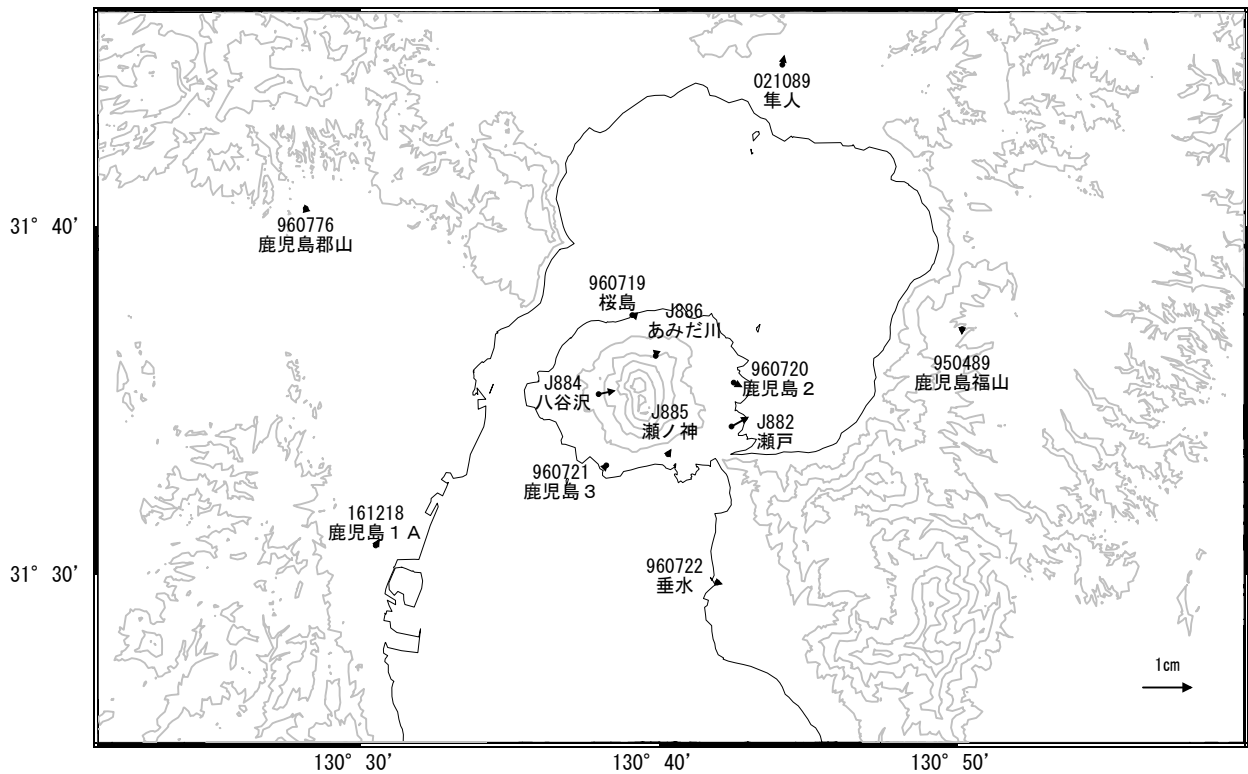


国土地理院

桜島

桜島周辺の地殻変動(水平:3か月)

基準期間:2018/10/27~2018/11/05[F3:最終解]
比較期間:2019/01/27~2019/02/05[R3:速報解]

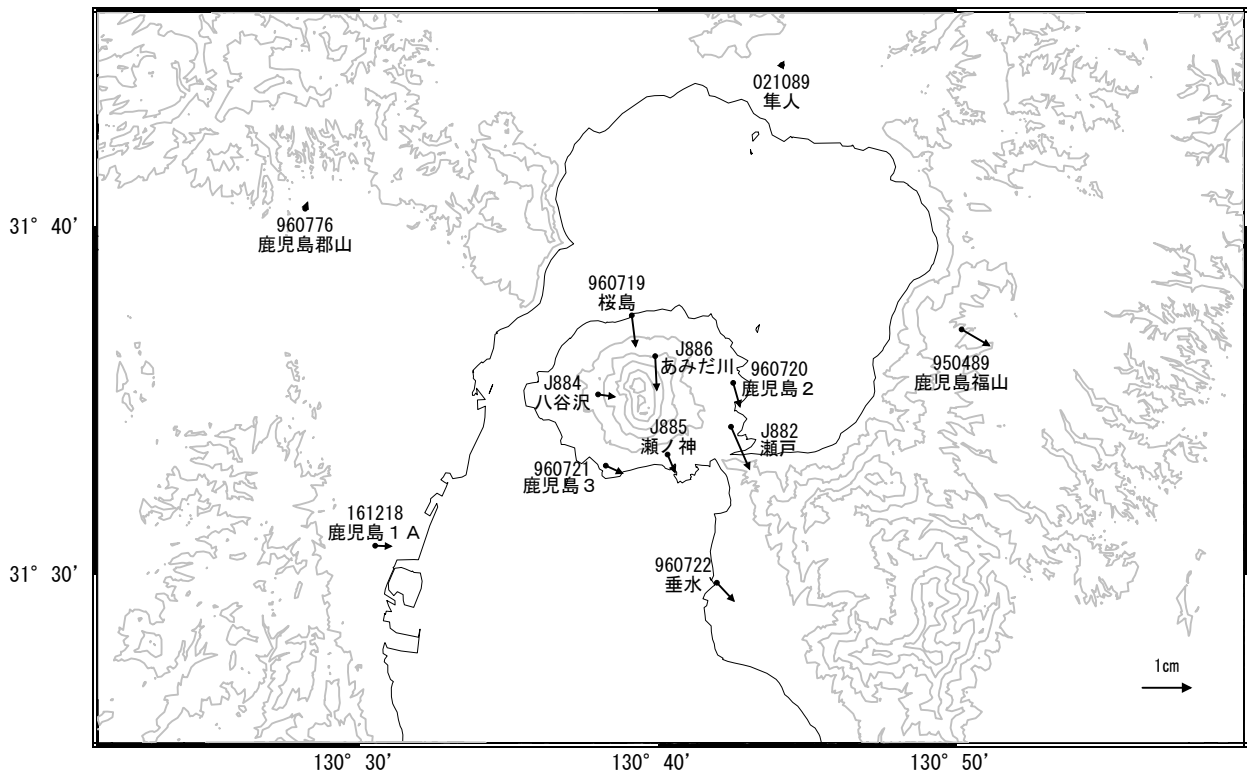


☆ 固定局:樋脇(970836)

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:2018/01/27~2018/02/05[F3:最終解]
比較期間:2019/01/27~2019/02/05[R3:速報解]



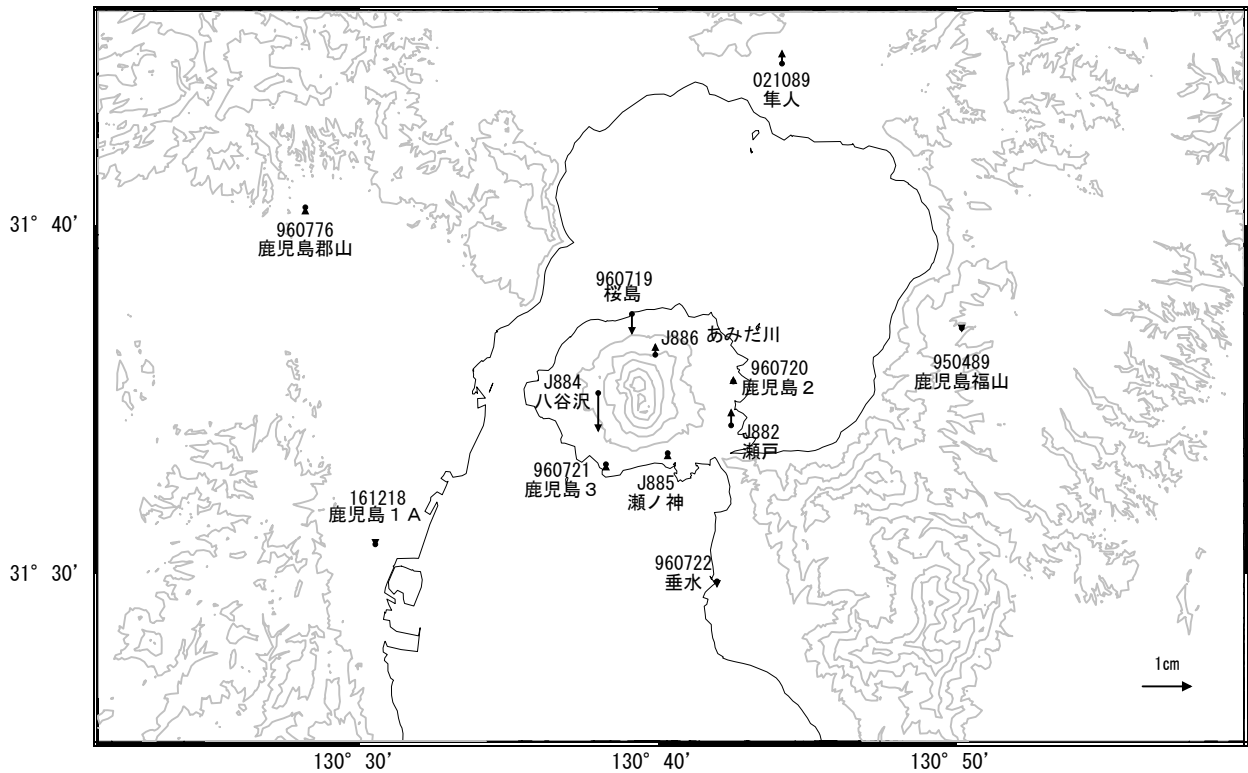
☆ 固定局:樋脇(970836)

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:2018/10/27~2018/11/05[F3:最終解]
 比較期間:2019/01/27~2019/02/05[R3:速報解]

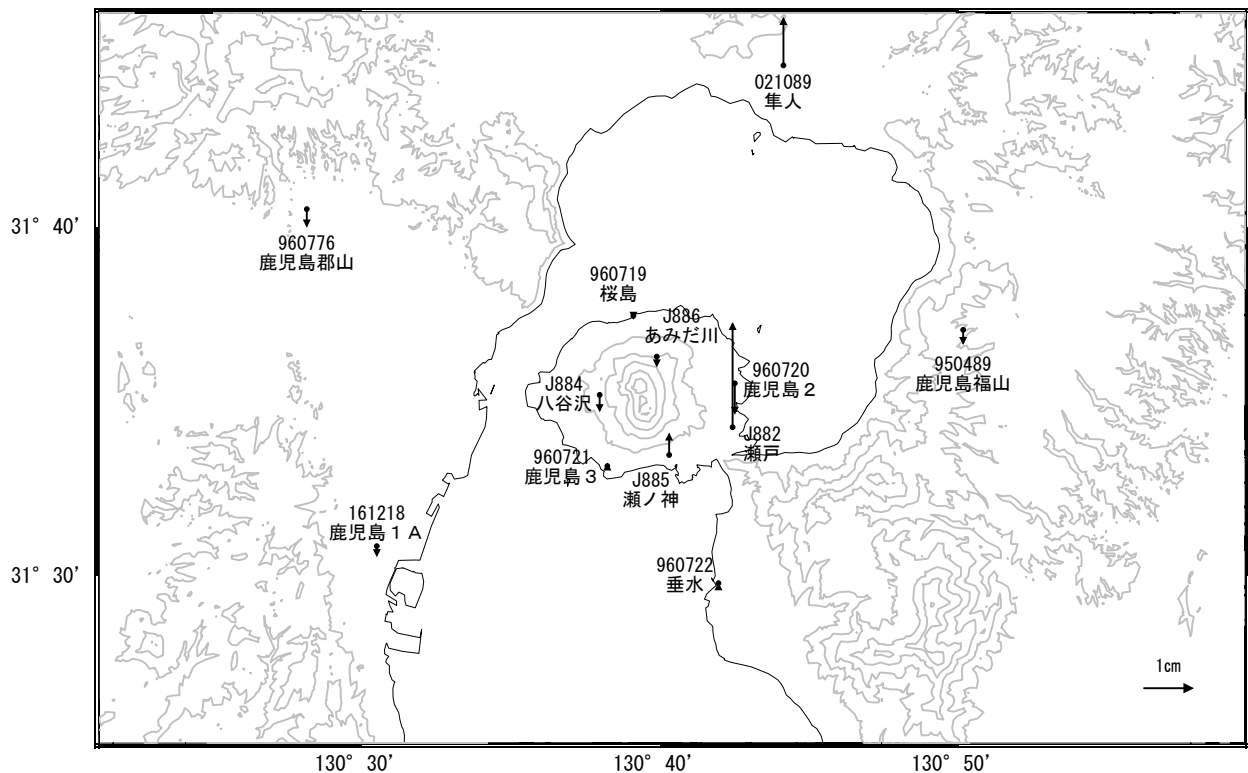


☆ 固定局:樋脇(970836)

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:2018/01/27~2018/02/05[F3:最終解]
 比較期間:2019/01/27~2019/02/05[R3:速報解]



☆ 固定局:樋脇(970836)

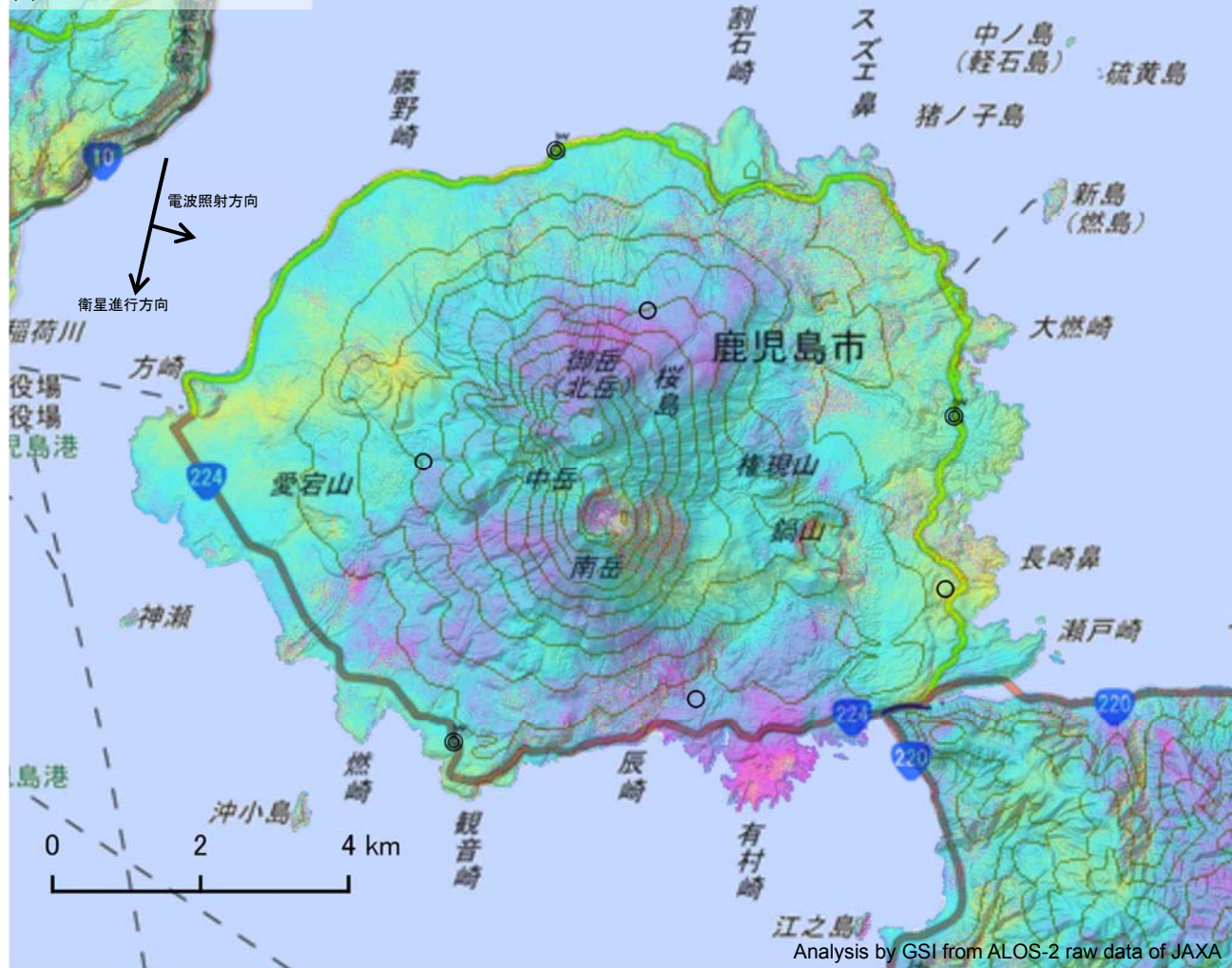
国土地理院・気象庁

桜島

桜島の SAR 干渉解析結果について

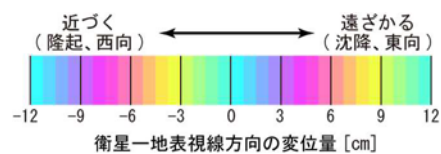
判読) ノイズレベルを超える変動は見られません。

(a) 2018/08/13-2019/01/14



衛星名	(a) ALOS-2
観測日時	2018/08/13 2019/01/14 13:07 頃 (154 日間)
衛星進行方向	南行
電波照射方向	左
観測モード*	U-U
入射角	52.8°
偏波	HH
垂直基線長	-38 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

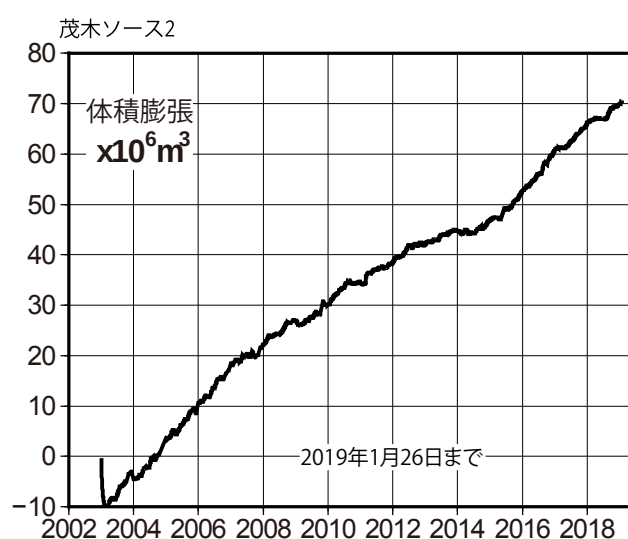
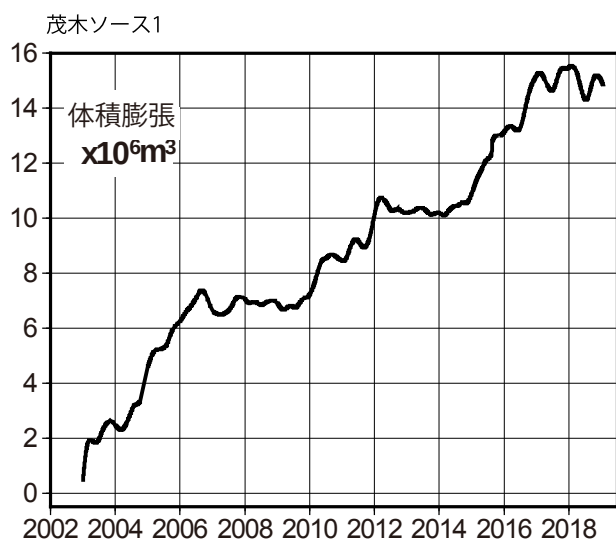
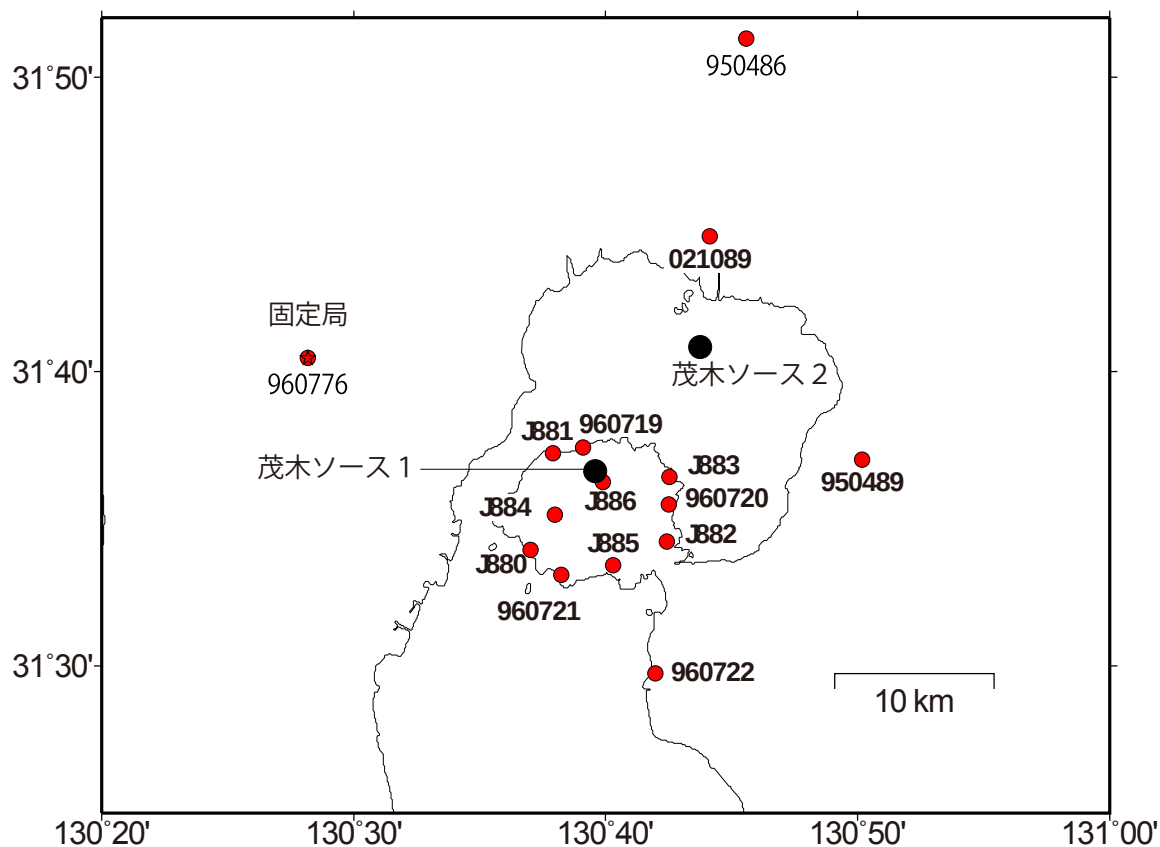
背景: 地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

本解析で利用したデータは、火山噴火予知連絡会衛星解析グループの活動を通して得られたものです。

桜島

桜島の茂木ソースの位置と体積変化

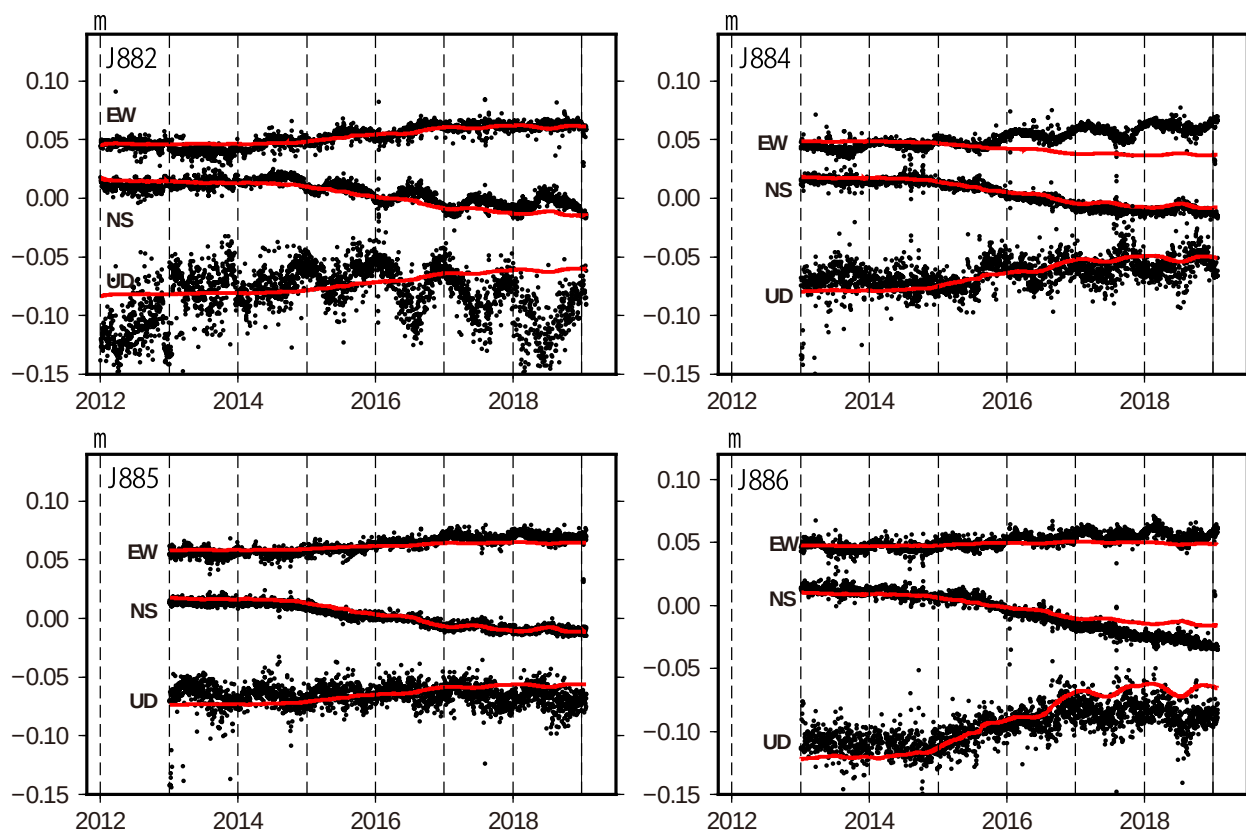
時間依存のインバージョン解析



茂木ソース1: 緯度 31.603° 経度 130.656° 深さ 5km
 茂木ソース2: 緯度 31.670° 経度 130.709° 深さ 10km
 *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

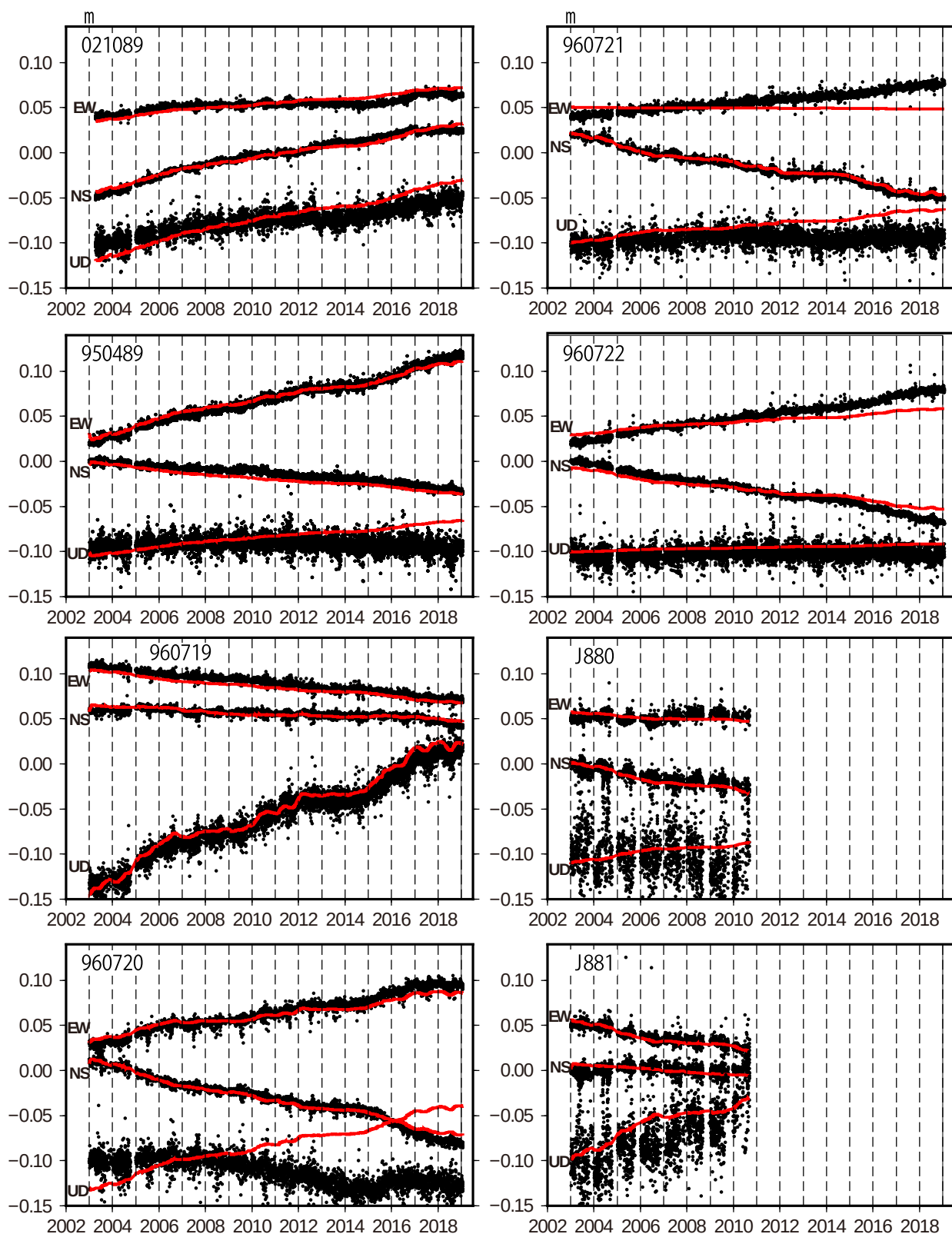


固定局960776. EW, NS, UDは東西、南北、上下変動. 周期成分は除いている.

*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)

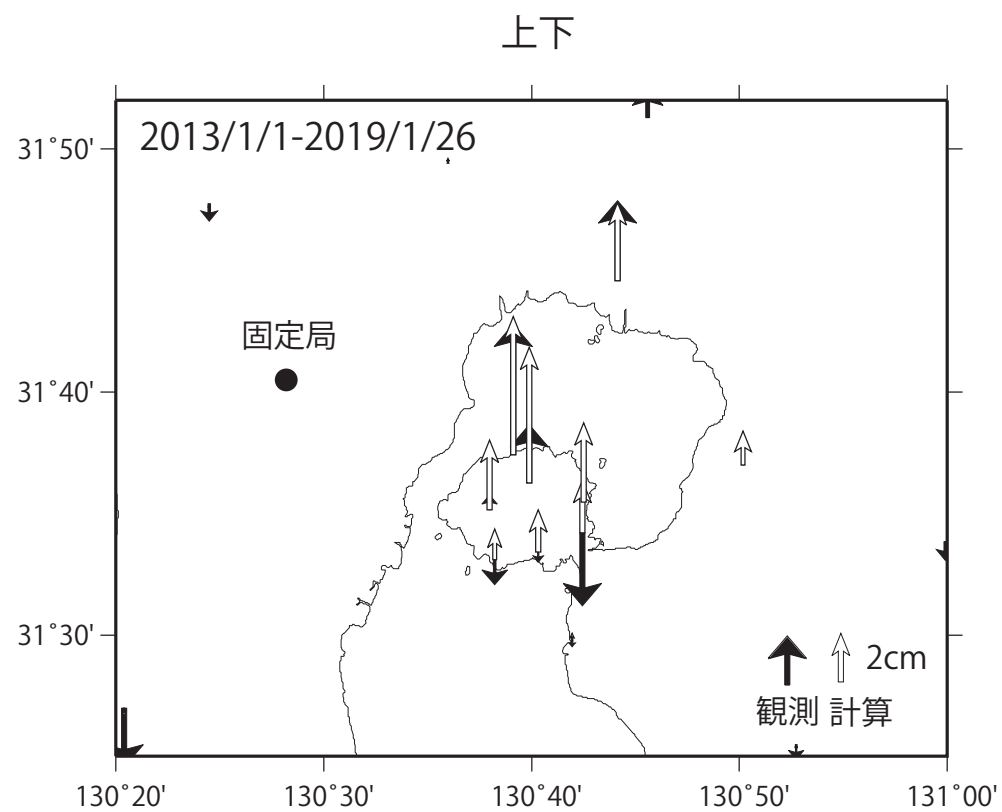
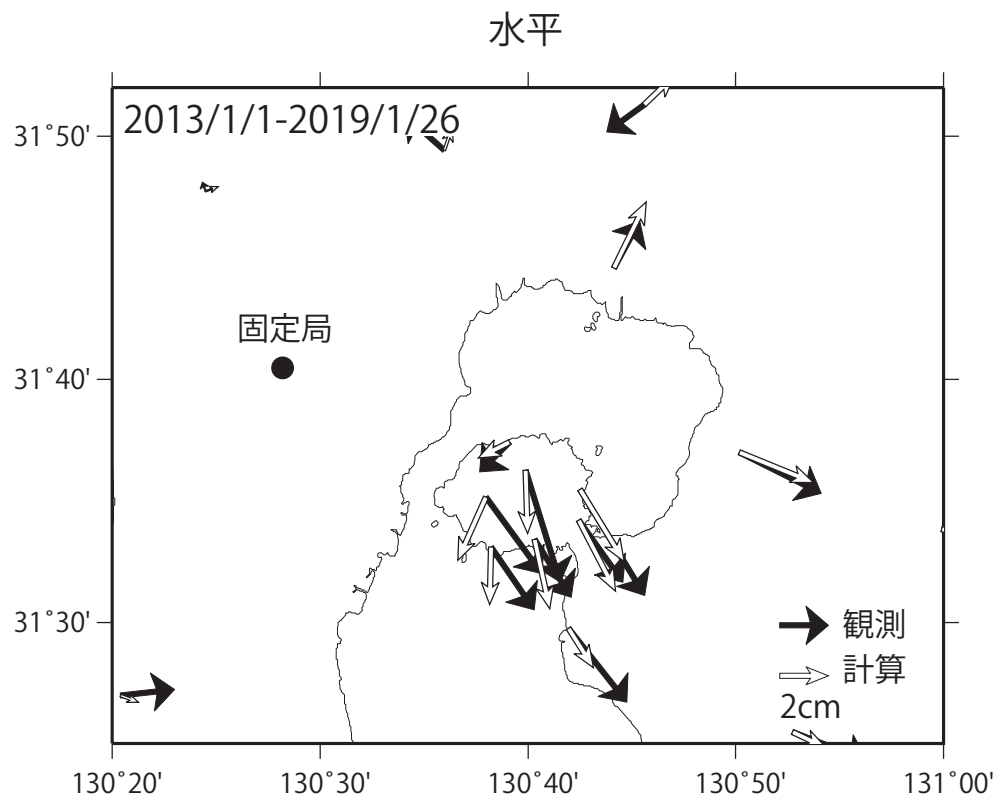
時間依存のインバージョン



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)



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）

- ・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(平成31)年1月の土石流発生回数は0回^{表2}(2018(平成30)年1月は2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。
- ・2018年の野尻川でピーク流量「野尻川1号堰堤」は、60～130m³/sであった。
- ・2018年の有村川でピーク流量「有村川3号堰堤」は、120～140m³/sであった。

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

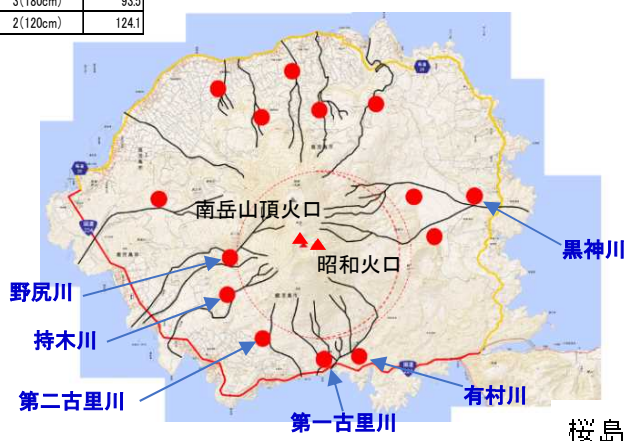
発生回数	発生月日	渓流名	発生時雨量(mm)			ワイヤーセンサー切断段数	ピーク流量 (m ³ /s)
			20分雨量	時間雨量	連続雨量		
1	1/17	野尻川	8	8	8	3(180cm)	-
2	1/17	有村川	10	11	12	2(120cm)	-
3	2/28	有村川	5	9	10	1(60cm)	-
4	3/8	有村川	11	15	17	1(60cm)	-
5	4/6	有村川	5	12	12	1(60cm)	-
6	4/14	野尻川	7	9	27	2(120cm)	-
7	4/14	有村川	4	6	25	1(60cm)	-
8	4/14	黒神川	7	20	50	1(60cm)	-
9	4/24	野尻川	4	8	16	1(60cm)	-
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)	-
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)	-

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 切断回数	ピーク 流量 (m ³ /s)
			20分 雨量	時間 雨量	連続 雨量		
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)	-
30	7/7	黒神川	25	36	78	2(120cm)	-
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)	-
34	8/24	野尻川	5	5	5	3(180cm)	62.3
35	8/24	持木川	16	21	21	1(60cm)	28.3
36	8/24	有村川	19	26	26	1(60cm)	-
37	8/24	第一古里川	19	27	27	1(60cm)	14.7
38	9/7	野尻川	3	3	3	1(60cm)	-
39	9/7	野尻川	9	10	26	2(120cm)	-
40	9/20	野尻川	11	14	14	1(60cm)	-
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

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 (m³/s)
			20分 雨量	時間 雨量	連続 雨量		
		H31年1月の土石流発生はありません					

- ・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、渓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、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。

図1 雨量計設置位置図



- ・ピーク流量は、ワイヤーセンサー（野尻川7号堰堤に設置）の

切断段数が高いもののうち画像判読が可能なものを「野尻川1
(※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）

の切断段数が高いもののうち画像判読が可能なものを「有村川3
(※ワイヤーセンサー有村川1号堰堤下流に設置)

図 2 土石流の発生状況

土石流の様子



野尻川 (2018/12/3)



野尻川 (2018/12/3)



野尻川 (2018/12/3)



有村川 (2018/12/3)



有村川 (2018/12/3)



有村川 (2018/12/3)



有村川 (2018/12/3)

・ 降灰状況（図 3～6）

2018 年（平成 30 年）1 月～2018 年（平成 30 年）12 月の降灰量（有村 1）は約 $11\text{kg}/\text{m}^2$ であり前年同期間は約 $5\text{kg}/\text{m}^2$ 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。

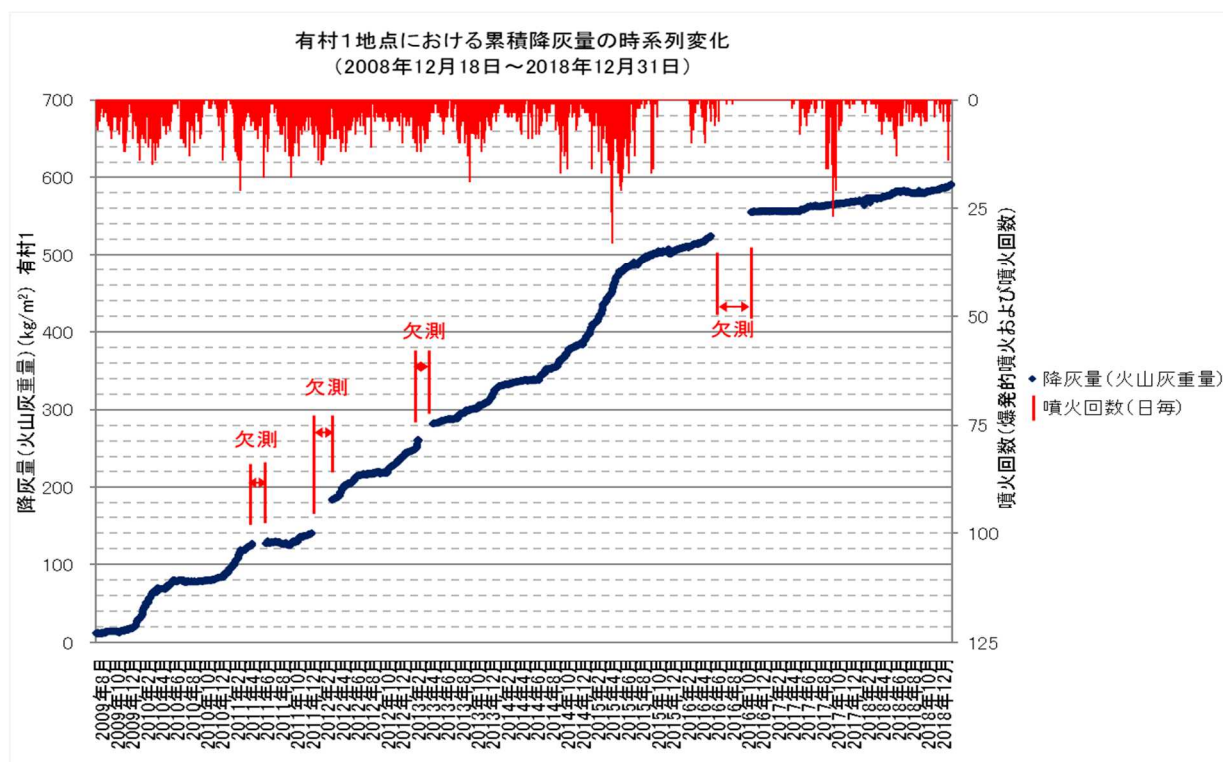


図 3 自動降灰量計による降灰量の推移(2008 年 12 月 18 日 ～ 2018 年 12 月 31 日)

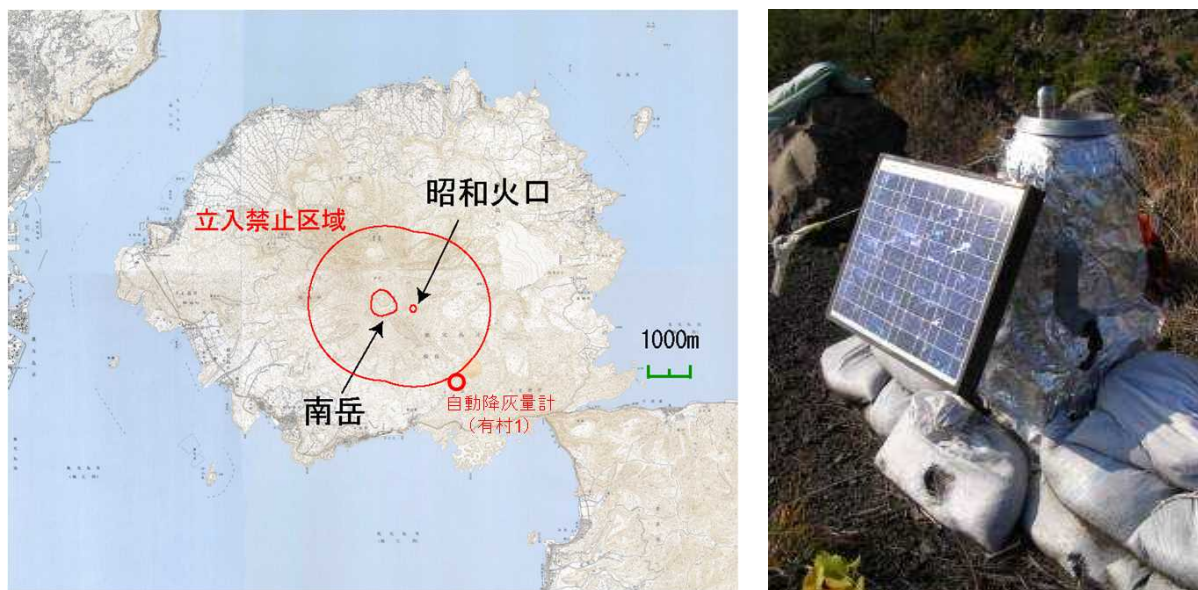


図 4 自動降灰量計設置位置図および写真

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。

横島

桜島（南岳火口及び昭和火口周辺流域）における地形・侵食堆積量変化

・南岳火口の縦横断形状の経年変化（平成 18 年 11 月～平成 30 年 10 月）

- ✓西火口は、平成 21 年 11 月と平成 30 年 10 月の横断軸上の最深火口を比較すると 103m 上昇している。
- ✓東火口は、平成 23 年 10 月と平成 30 年 10 月の横断軸上の最深火口を比較すると 4m 上昇している。

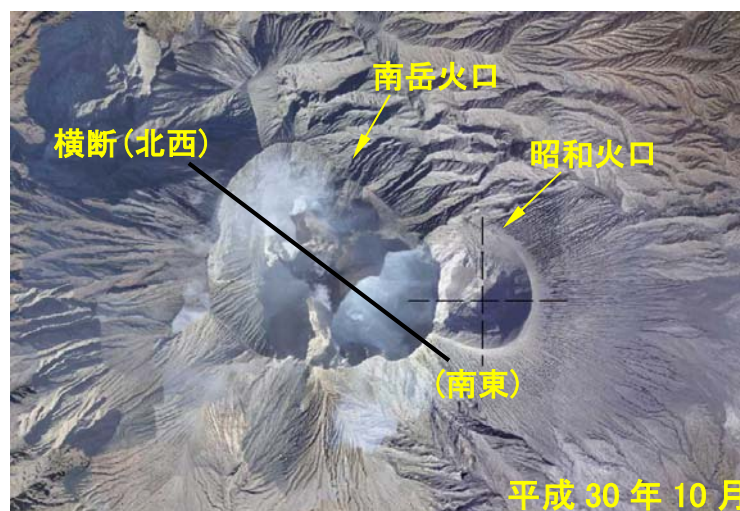


図1 南岳火口形状の経年変化位置図

横断面(北西～南東方向) H:V=2:1

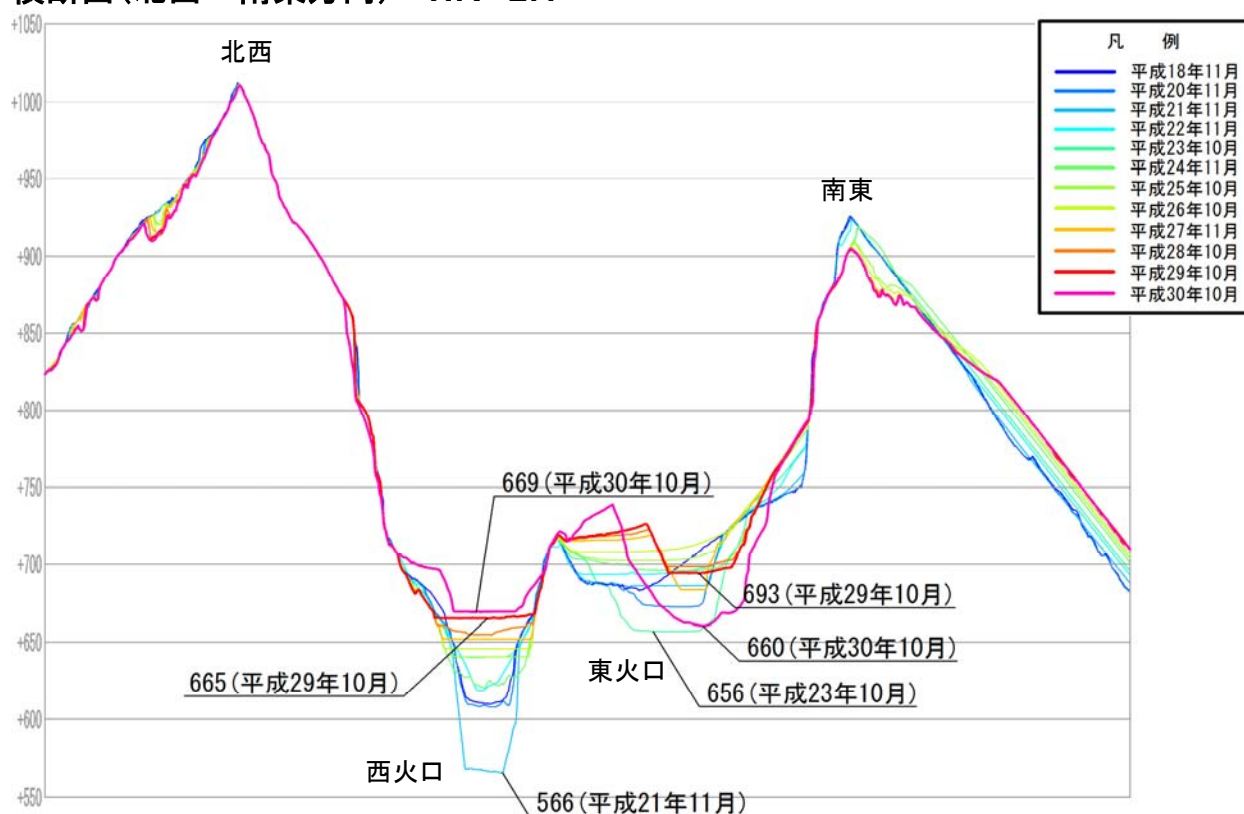


図2 南岳火口形状の経年変化

写真 1 平成 20 年 11 月、平成 25 年 10 月、平成 26 年 10 月、平成 27 年 11 月、
平成 29 年 10 月、平成 30 年 10 月の南岳火口付近の航空斜め 写真の比較

平成20年度



平成25年度



平成26年度



平成27年度



平成29年度



平成30年度



・ 昭和火口の縦横断形状の経年変化（平成 18 年 11 月～平成 30 年 10 月）

- ✓平成 18 年 11 月の火口底を原点とし、東西軸、南北軸を設けて火口の形状を計測した。
- ✓昭和火口の形状は、平成 30 年 10 月現在、東西軸上の幅が 301m、南北軸上の幅が 387m である。
- ✓東西軸上の幅は、平成 29 年 10 月と平成 30 年 10 月の約 13 ヶ月間で、301m から変化はなし、また、南北軸上の幅は 388m から 387m と 1m 縮小した。
- ✓火口底は、平成 29 年 10 月と平成 30 年 10 月の約 13 ヶ月間で、東西軸上の最深火口底において 10m 下降している。また、南北軸上の最深火口底において 14m 下降している。
- ✓火口壁については、大きな変化はない。

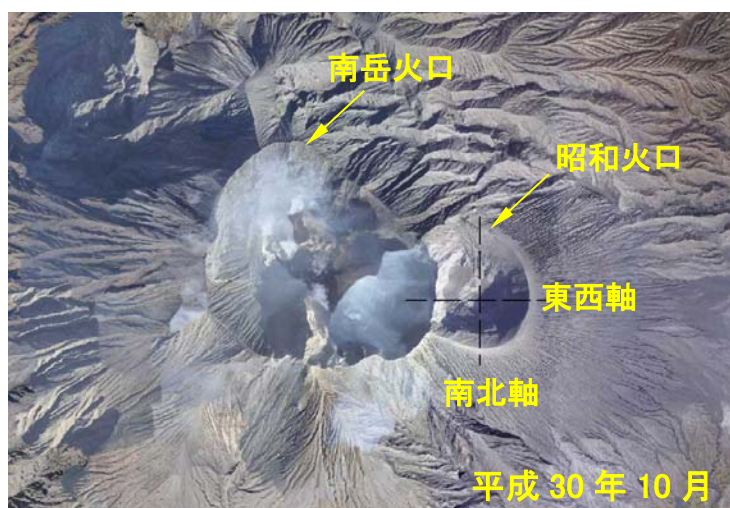


図3 昭和火口形状の経年変化位置図

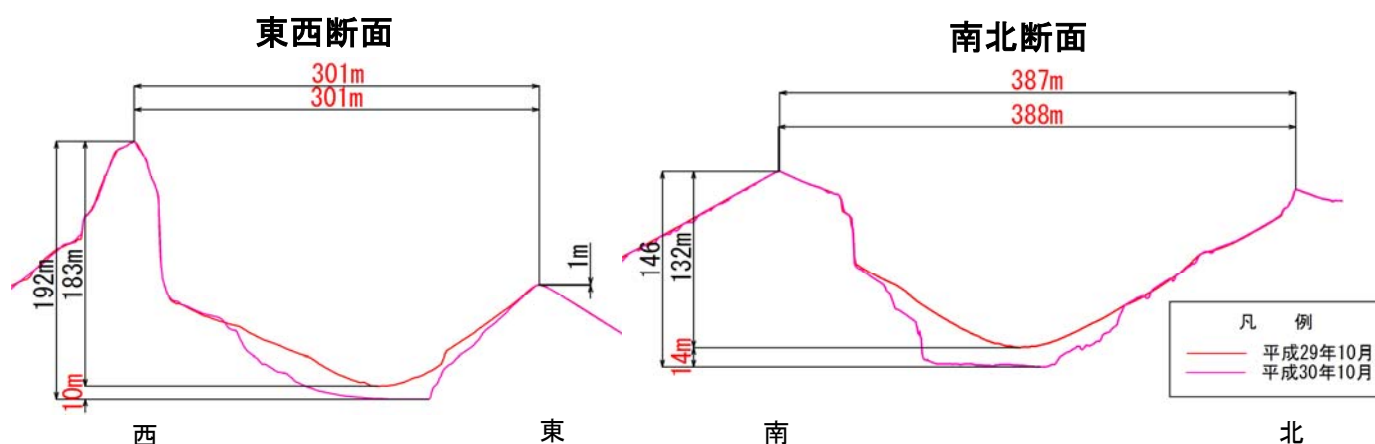


図4 昭和火口形状の経年変化

写真 2 平成 19 年 3 月、平成 22 年 2 月、平成 25 年 10 月、平成 27 年 11 月、

図6 昭和火口横断面拡大

平成18年度



平成21年度



平成25年度



平成27年度



平成29年度



平成30年度



・ 南岳火口周辺流域の地形変化

南岳火口周辺の昭和火口において一連の噴火が始まった平成18年以降、毎年概ね10月～11月に、南岳火口及び昭和河口周辺流域において航空レーザ測量による地形計測を実施。

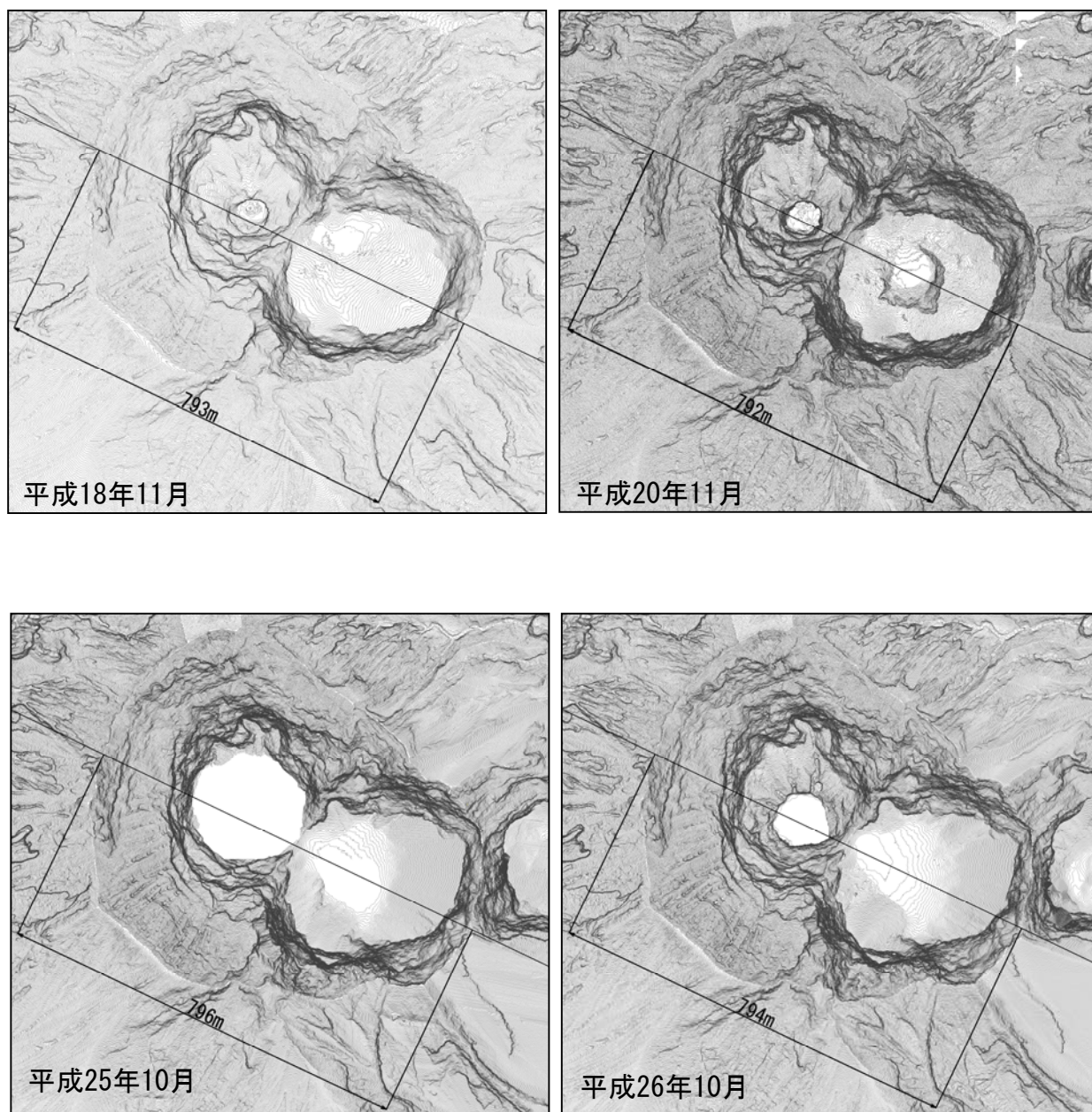


図 7 南岳火口周辺平面図(1)

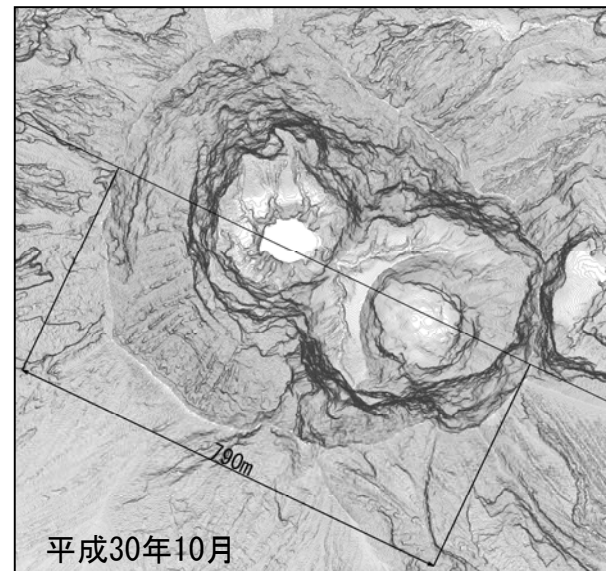
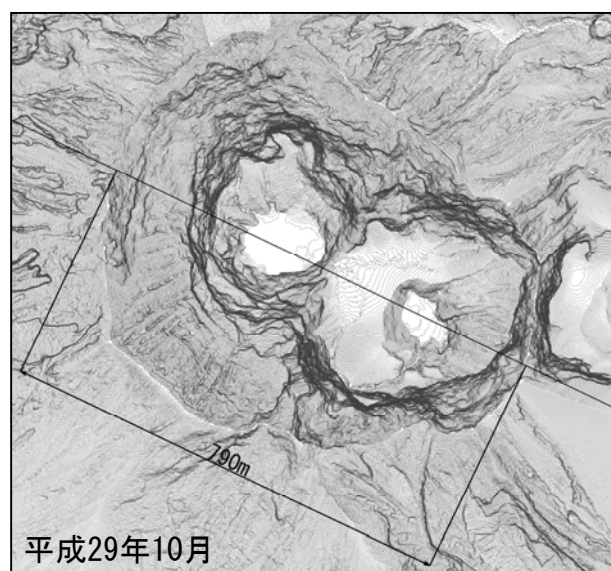
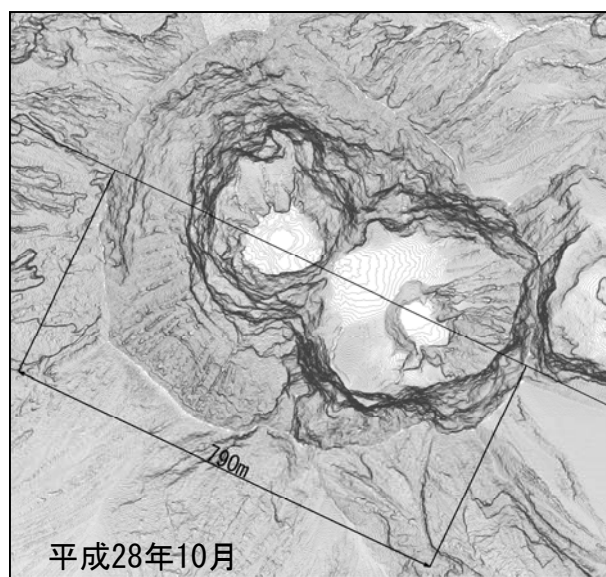
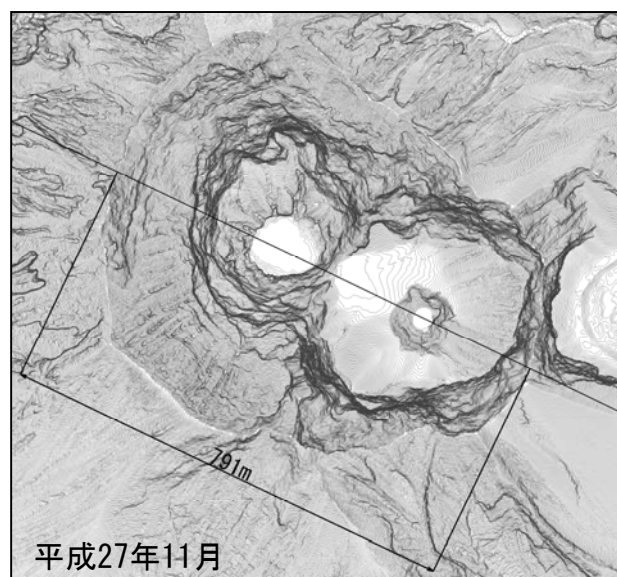
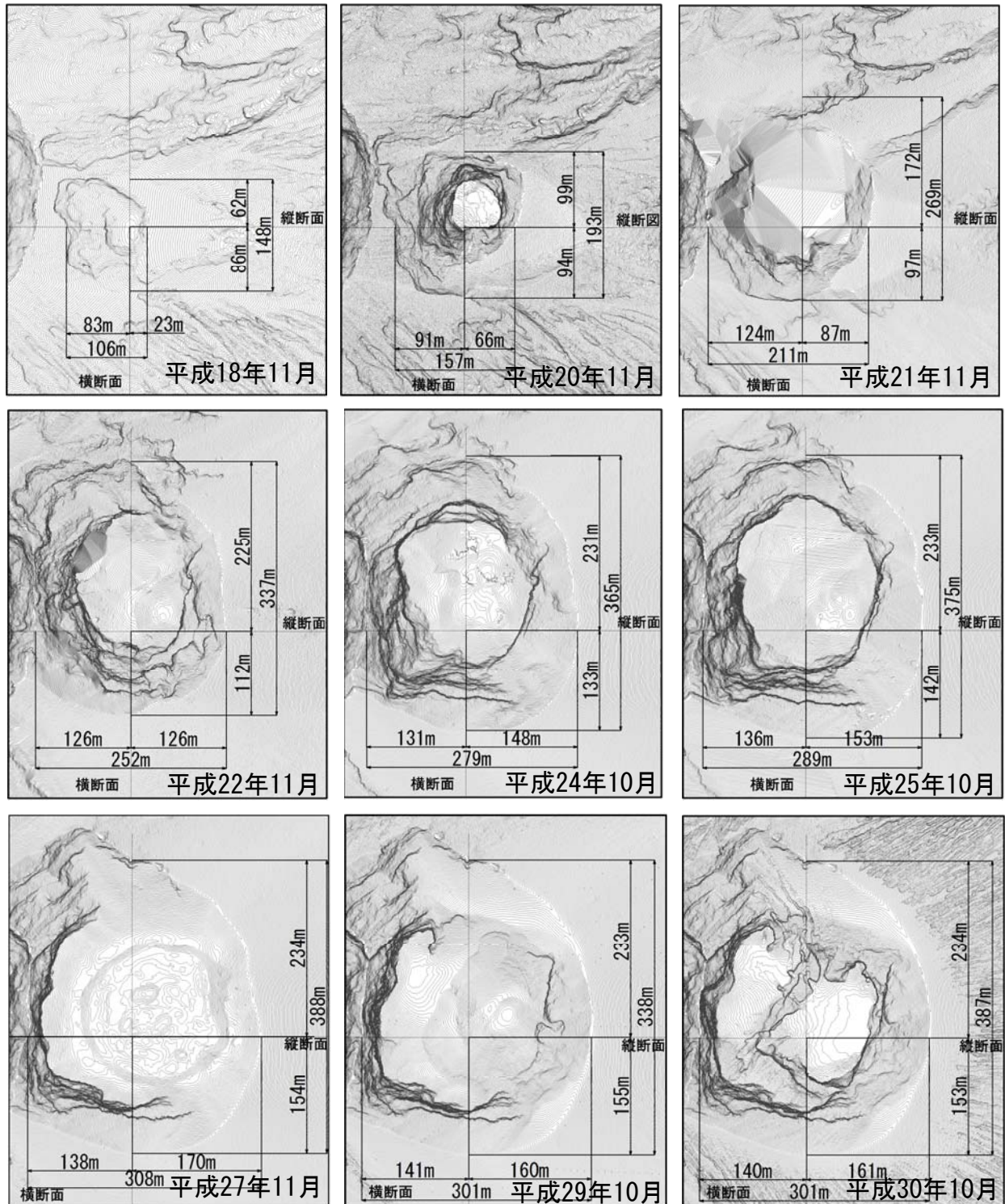


図 7 南岳火口周辺平面図(2)

・ 昭和火口周辺流域の地形変化

昭和火口において一連の噴火が始まった平成 18 年以降、毎年概ね 10 月～11 月に、昭和火口周辺流域において航空レーザ測量による地形計測を実施。



※特に H20. 11、H21. 11、H25. 10 の火口底形状は、噴煙等の影響によるノイズが含まれていると考えられる。

図 8 昭和火口周辺平面図

・南岳火口及び昭和火口周辺の侵食堆積量（平成 18 年 11 月～平成 30 年 10 月）

✓南岳火口及び昭和火口周辺流域においては、堆積が顕著であり、当該流域（流域記号（以下「流域」という。）①～⑨）における平成 18 年 11 月から平成 30 年 10 月までの約 12 年間の堆積量は、約 673.8 万 m³、侵食量は約 219.0 万 m³となっている。

✓流域①、②、⑤、⑥、⑦、⑧、⑨の源頭部は、堆積が進行している。流域③、④の谷部は侵食が進行している。

✓平成 30 年 10 月現在の昭和火口が、平成 18 年 11 月時点に比較し拡大したことから、流域①、②、⑤、⑥、⑦流域面積が合わせて 0.106km² 減少している。

※正の標高変化を「堆積」、負の標高変化を「侵食」としている

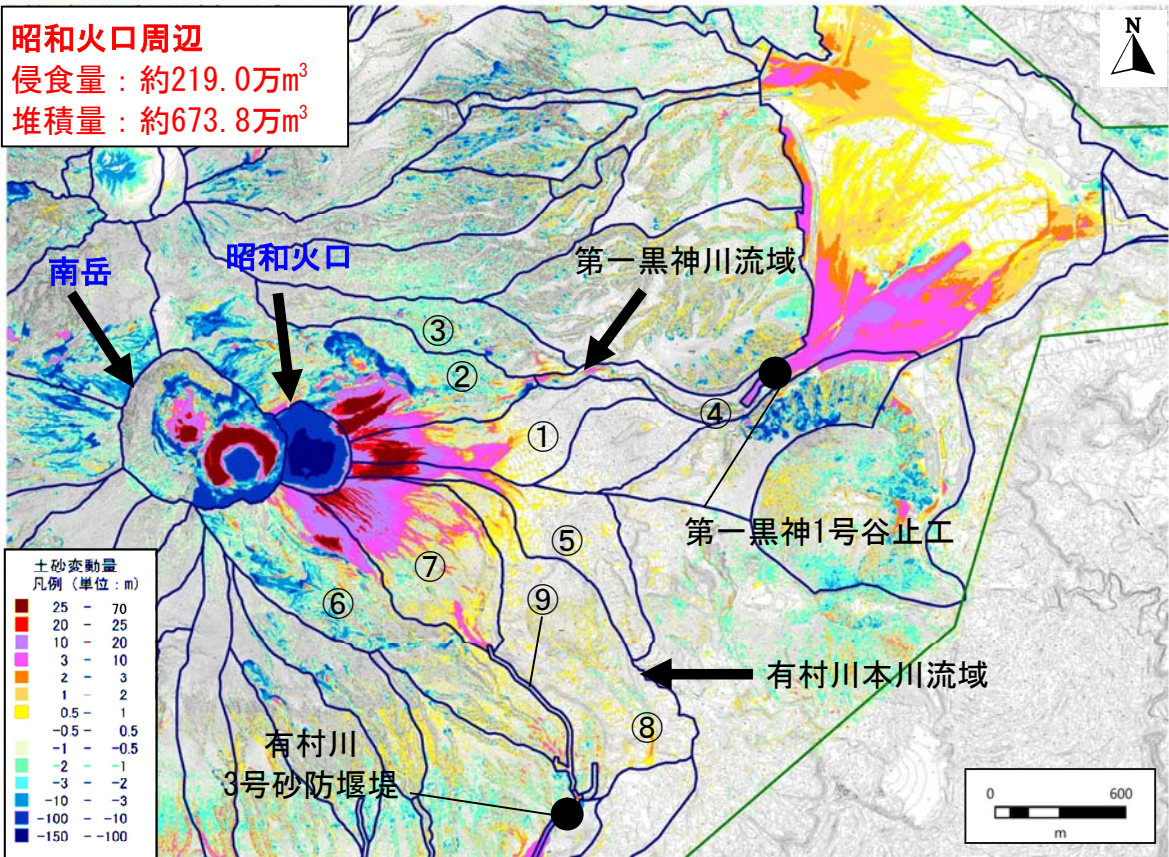


図9 昭和火口周辺侵食堆積図（平成18年11月～平成30年10月）

表1 昭和火口周辺の侵食量・堆積量（平成18年11月～平成30年10月）

流域		流域面積(km ²)			侵食量・堆積量(1,000m ³)		
		平成18年 平成30年 増減			平成18年11月 - 平成30年10月		
記号	名称	平成18年	平成30年	増減	侵食量	堆積量	増減
①	第一黒神川右源頭部	0.309	0.296	-0.013	-17	1,328	1,311
②	第一黒神川中源頭部	0.810	0.757	-0.053	-1,271	1,739	468
③	第一黒神川左源頭部	0.255	0.255	0.000	-164	30	-134
④	第一黒神川1号谷止工上流河床部	0.102	0.102	0.000	-33	32	-1
⑤	昭和火口第二流路	0.293	0.274	-0.019	-13	714	701
⑥	有村川右源頭部	0.639	0.621	-0.018	-580	936	356
⑦	有村川中源頭部	0.396	0.391	-0.005	-52	1,750	1,698
⑧	有村川左源頭部	0.581	0.583	0.002	-56	199	143
⑨	有村川3号堰堤上流河床部	0.023	0.023	0.000	-4	10	6
(合計)		3.408	3.302	-0.106	-2,190	6,738	4,548