

第 133 回 火山噴火予知連絡会資料

(その3) 桜島

平成 27 年 10 月 21 日

火山噴火予知連絡会資料（その3）

目次

桜島

気象庁（気象研 31-39）	3
東大震研	40
京大桜島	43
九大	53
北大地惑	54
防災科研	57
地理院	62
砂防部	76
海保	84

桜 島

(2015 年 9 月 30 日現在)

8 月 15 日 07 時頃から 4 回の震度 1 以上を含む南岳直下を震源とする火山性地震が多発した。更に同日 09 時頃から、桜島島内に設置している傾斜計及び伸縮計では山体膨張を示す急激な地殻変動が観測された。このため、同日 10 時 15 分に噴火警報（居住地域）を発表し、噴火警戒レベルを 3（入山規制）から 4（避難準備）に引き上げた。

これらの活動は、南岳直下の海面下 1 ～ 3 km を中心とする領域にマグマがダイク状に貫入して、圧力が増加したことにより発生したと考えられる。衛星と GNSS を用いた解析では、その体積膨張量は約 200 万立方メートルと見積もられている。

南岳直下で多発した火山性地震は翌 16 日以降急激に減少し、傾斜計等による地殻変動観測によると、8 月 17 日以降地盤の顕著な隆起を示す変化はみられていない。

このことから、南岳直下のマグマの浅部への上昇は停止し、深部からの新たなマグマの貫入も生じていないと考えられる。桜島の火山活動が噴火警戒レベルを 4 に引き上げる前の状態に戻っていると判断し、9 月 1 日 16 時 00 分に火口周辺警報を発表し、噴火警戒レベルを 3（入山規制）に引き下げた。

昭和火口の噴火活動は 9 月上旬に一時的に活発化したものの、7 月以降はこれまでと比べて低調な活動となった。

南岳山頂火口では、9 月 13 日と 28 日に噴火が発生し、そのうち 28 日 02 時 33 分の噴火では、噴煙が火口縁上 2,700m まで上がった。そのほかにも 8 月と 9 月にはごく小規模な噴火が時々発生した。

火山性地震は 8 月 15 日に多発したほかは概ね少ない状態で、9 月に入ってから従来の南岳直下に加え、南岳の西方約 2 km、深さ 4 km 付近で A 型地震が時々発生している。

1 日あたりの二酸化硫黄放出量は、6 月が多い状態であったが、7 月から 8 月にかけて減少を続け、8 月には少ない状態となり、9 月はやや少ない状態となっている。

桜島の噴火活動は、7 月以降は概ね低調な状態で経過しているが、始良カルデラの膨張が続いており、また、長期的に活発な噴火活動が続いてきたことから、今後も活発な噴火活動が継続すると考えられる。また、8 月 15 日頃に貫入したマグマのさらなる上昇は今のところ見られないが、再びマグマ貫入がある場合などには、火山活動の更なる活発化は避けられないものとみられ、引き続き火山活動の変化を注意深く監視していく必要がある。

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。

爆発的噴火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。また、降雨時には土石流に注意が必要である。

○ 概況（2015年6月～2015年9月30日）

- ・ 8月15日の南岳直下へのマグマの貫入（第1～15図、第22図、第27図、第28図、第31～33図、第36～38図）

8月15日07時頃から島内を震源とする火山性地震が多発した。火山性地震の震源は南岳山頂直下の深さ0～4 km付近に分布している。また、島内で震度1以上を観測した火山性地震が4回発生した。最大の地震は10時47分に発生したM2.2（暫定値。最大震度2）であった。地震回数は16日以降急激に減少した。発生した地震はそのほとんどがA型地震であった。

地震が多発している中で、09時頃から、島内に設置されている傾斜計及び伸縮計で山体膨張を示す急激な地殻変動が観測された。変動量は10時30分頃からさらに大きくなった。その後次第に緩やかになったものの山体の膨張した状態が続いた。GNSS連続観測でも島内の基線を主として数cm程度の比較的大きな変動がみられた。これらの地殻変動の変動源は南岳直下で、当初、深さ1～2 km程度であったが、その後その変動の主体が少し深く3～5 km程度に移ったものとみられる。

これらの活動は、南岳直下の海面下1～3 km を中心とする領域にマグマがダイク状に貫入して、圧力が増加したことにより発生したと考えられる。衛星とGNSS を用いた解析では、地下の体積膨張量は約200万立方メートルと見積もられている。

南岳直下付近で多発した火山性地震は16日以降急激に減少し、今年1月以降の噴火活動が継続していた時期と同程度になった。また、傾斜計や衛星による観測結果では、8月17日以降に地盤の隆起はみられていない。

これらの観測データの状況から、南岳の地下に貫入したマグマの浅部への上昇は停止し、深部からの新たなマグマの貫入も生じていないと考えられる。また、桜島の山体の温度上昇なども認められなかった。

これまでのところ、今回貫入したマグマがさらに火口近くまで上昇していることを示す観測データはない。

- ・ 噴煙、噴火活動、降灰の状況（第1表、第3～5表、第16～19図、第20-①～④⑥図、第21図、第23-①～④⑥図、第25-①②図、第31図、第34図、第39図、第41図）

昭和火口では、噴火活動が減少している。噴火¹⁾は2015年6月103回、7月21回、8月6回、9月96回で合計226回発生した。そのうち爆発的噴火²⁾は、2015年6月64回、7月14回、8月5回、9月46回で、合計129回（2月から5月は547回）であった。大きな噴石は4合目（昭和火口より800～1,300m）まで達し、噴煙の最高の高さは火口縁上3,300m（6月1日12時33分）であった。6月4日には、11時25分、14時22分、21時04分の爆発的噴火によって、ごく小規模な火砕流が発生し、昭和火口の東および南東側へ約300～400m流下した。このように6月までは活発な噴火活動がみられた。その後9月上旬に一時的に活発化したものの、7月以降は噴火回数や噴火規模ともこれまでと比較して低調に推移した。

南岳山頂火口では、9月13日と28日に噴火が発生し、28日の噴火では噴煙が火口縁上2,700mまで達した。そのほかにも8月と9月にごく小規模な噴火が時々発生した。

鹿児島地方気象台における降灰の観測³⁾では、2015年6月18g/m²（降灰日数7日）、7月6g/m²（降灰日数9日）、8月0g/m²（降灰日数3日）、9月4g/m²（降灰日数6日）の合計28g/m²（降灰日数23日）の降灰を観測した。

鹿児島県の降灰観測データをもとに解析した桜島の火山灰の月別の噴出量は、6

月30万トン、7月6万トン、8月9万トンであった。

・地震、微動、空振活動（第2表、第8図、第19図、第22図、第24図、第25-③④図、第26～30図、第33図）

火山性地震は、8月15日に多発したほかは概ね少ない状態で経過した。震源は主に南岳直下に分布しているが、9月に入って、これまでに見られなかった領域である南岳の西約2km、深さ海拔下4km付近に分布するA型地震が時々発生している。

火山性微動は7月以降減少している。

瀬戸空振計（昭和火口の南東側約4kmに設置）で100Paを超える空振を伴う爆発的噴火は発生していない。

・地殻変動（第1～10図、第31～33図、第35～38図）

桜島島内の伸縮計では、2014年4月頃から山体の膨張を示す変化が継続していた。桜島島内の傾斜計では、8月15日の急激な地殻変動に先立って、あみだ川では6月末頃から（有村観測坑道と横山では8月頃から）山上がりの傾向がみられた。火山灰の放出量と地殻変動量から推定した桜島直下へのマグマの供給量は、2015年1月から4月頃にかけて一時的に増加したが、その後減少に転じた。8月15日の急激な変動以降は山体の収縮傾向がみられる。

GNSS連続観測では、始良カルデラの膨張を示す伸びの傾向は2013年6月頃からほぼ停滞していたが、2015年1月頃から伸びの傾向がみられる。島内の膨張を示す伸びの傾向は、2015年1月頃から伸びの傾向がみられていたが、8月15日の急激な変動によりその後の変動は不明瞭である。

・火山ガスの状況（第20-⑤図、第23-⑤図、第35図）

1日あたりの二酸化硫黄放出量は、6月は2,600トンと多い状態であったが、7月は400～600トン、8月は100～200トンと減少した。9月は80～400トンと概ね少ない状態となっている。

・昭和火口及び南岳山頂火口および桜島山体の熱や可視の状況（第11～18図）

8月17日と19日に鹿児島県の協力を得て実施した上空からの観測では、昭和火口内はこれまでの噴火による火山灰や噴石が堆積しており、新たな溶岩の上昇などは認められなかった。また、火口周辺に新たな熱異常域や従来の熱異常域の温度の上昇は認められなかった。

8月15日に実施した現地調査では、桜島の北側斜面から北西側斜面にかけて熱異常域などの変化は認められなかった。

- 1) 桜島では噴火活動が活発なため、噴火のうち、爆発的な噴火もしくは一定規模以上の噴火の回数を計数している。資料の噴火回数はこの回数を示す。
- 2) 桜島では、爆発地震を伴い、爆発音または体感空振または噴石の火口外への飛散を観測、または東郡元空振計、あるいは島内空振計のいずれかで一定以上の空振を観測した場合に爆発的噴火としている。
- 3) 鹿児島地方気象台（桜島南岳の西南西、約11km）における前日09時～当日09時に降った1㎡あたりの降灰量を観測している。

第 1 表 桜島 最近 1 年間の月別噴火回数 (2014 年 10 月～2015 年 9 月 30 日)

2014～2015年		10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	合計
南岳山頂 火口	噴火回数	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	3
	爆発的噴火	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
昭和 火口	噴火回数	28	52	41	113	154	272	241	244	103	21	6	96	1,371
	爆発的噴火	19	30	32	61	88	178	112	169	64	14	5	46	818

第 2 表 桜島 最近 1 年間の月別地震回数・微動時間 (2014 年 10 月～2015 年 9 月 30 日)

2014～2015年		10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	合計
地震回数		353	502	597	873	795	1166	1443	868	1633	862	1321	569	10,982
微動時間 (時間)		153	270	258	48	164	137	204	119	247	49	2	29	1680

2014 年 5 月 24 日以降は赤生原周辺工事のため、あみだ川で計測。微動時間は分単位切捨て。

第 3 表 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
(2014 年 10 月～2015 年 9 月 30 日)

2014～2015年		10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	合計
降灰量 (g/m ²)		141	139	15	16	13	72	107	309	18	6	0	4	840
降灰日数		22	8	5	6	8	12	12	14	7	9	3	6	112

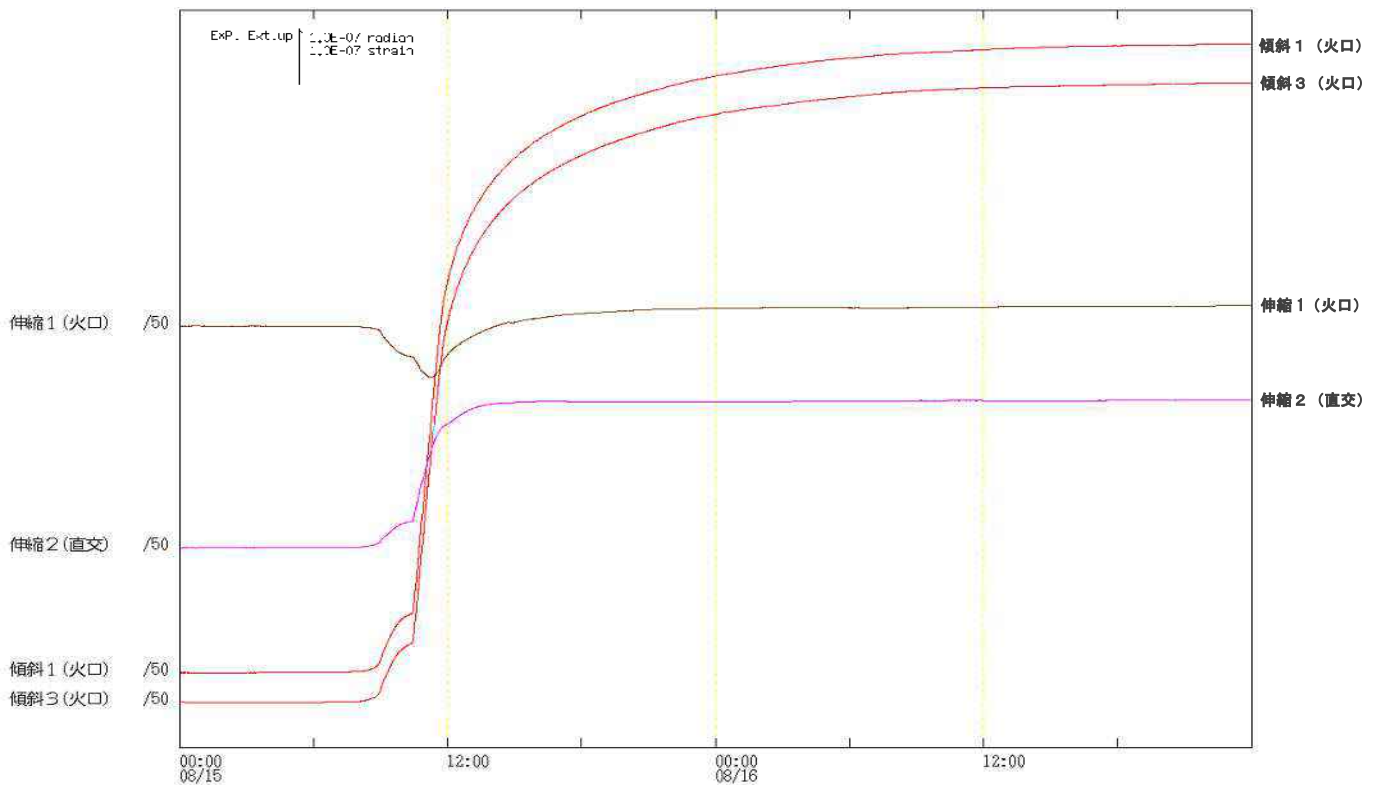
第 4 表 桜島 最近 1 年間の月別の火山灰の噴出量 (2014 年 9 月～2015 年 8 月)

2014～2015年		9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	合計
降灰量 (万トン)		57	26	34	35	61	74	68	120	100	30	6	9	620

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。

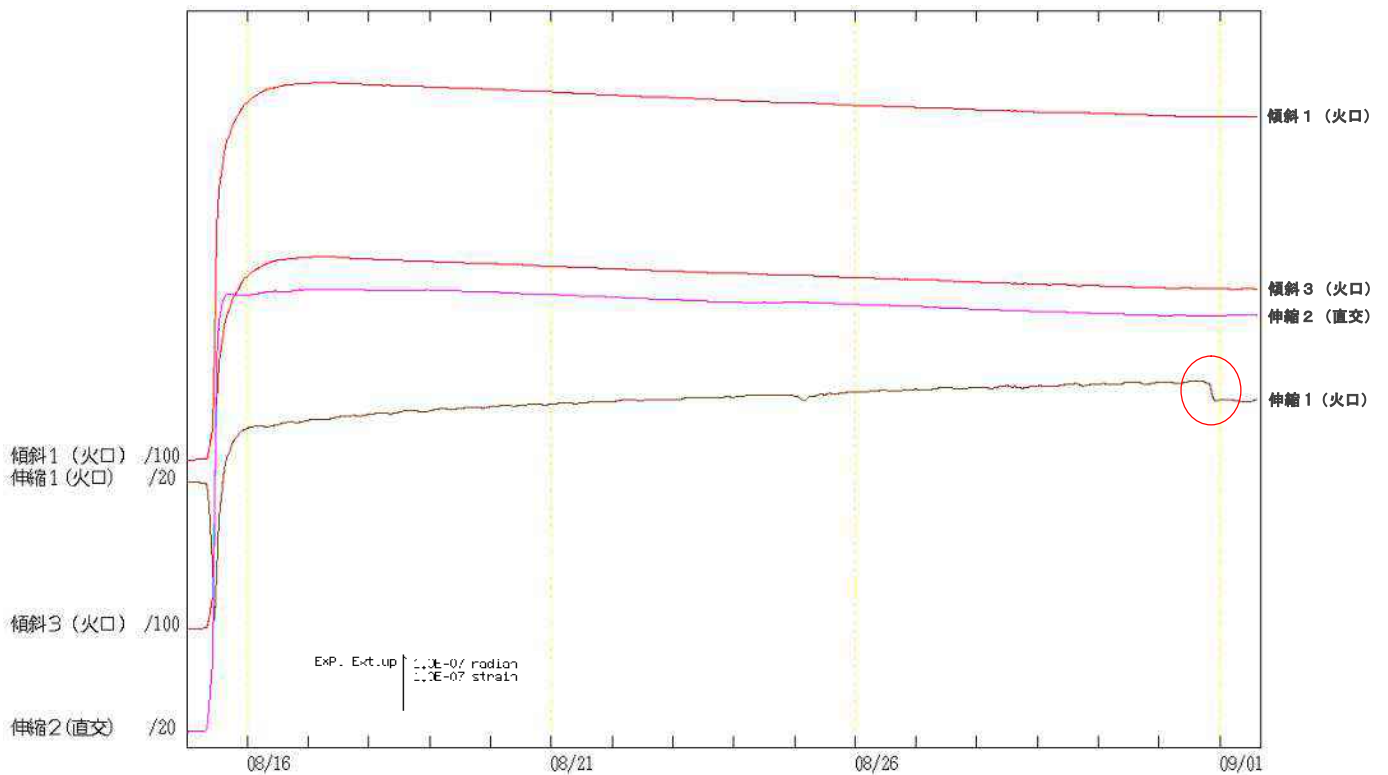
第 5 表 桜島 2015 年 6 月～9 月 30 日までの主な噴火
(火口縁上の噴煙の高さ 3,500m 以上または火砕流や火山れきを確認した噴火)

現象	噴火(爆発)日時	色	量	火口縁上の 高さ(m)	流行	噴石(合目)	火砕流流下 距離(km)
爆発	2015/6/4 11:25	灰白色	やや多量	2500	南東	5	0.4
爆発	2015/6/4 14:22	灰白色	やや多量	2900	南東	5	0.4
爆発	2015/6/4 21:04	灰白色	中量	1800	北東	4	0.3



第 1 図 桜島 有村観測坑道の傾斜計及び伸縮計の変化 (2015 年 8 月 15 日～16 日)

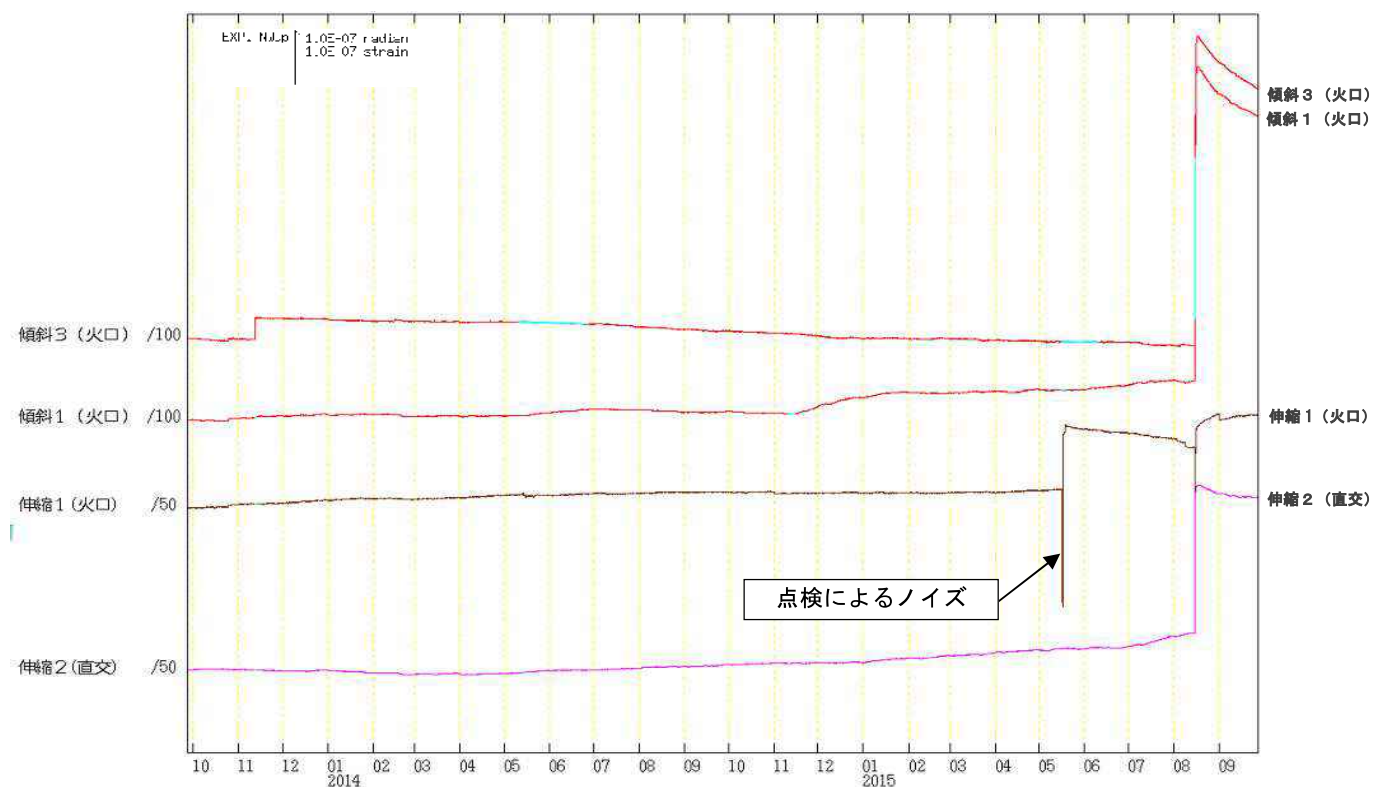
15 日 09 時頃から山体膨張を示す急激な変動が観測された。



第 2 図 桜島 有村観測坑道の傾斜計及び伸縮計の変化 (2015 年 8 月 15 日～30 日 16 時)

15 日の山体膨張を示す急激な変動の後、山体の膨張は停止した。

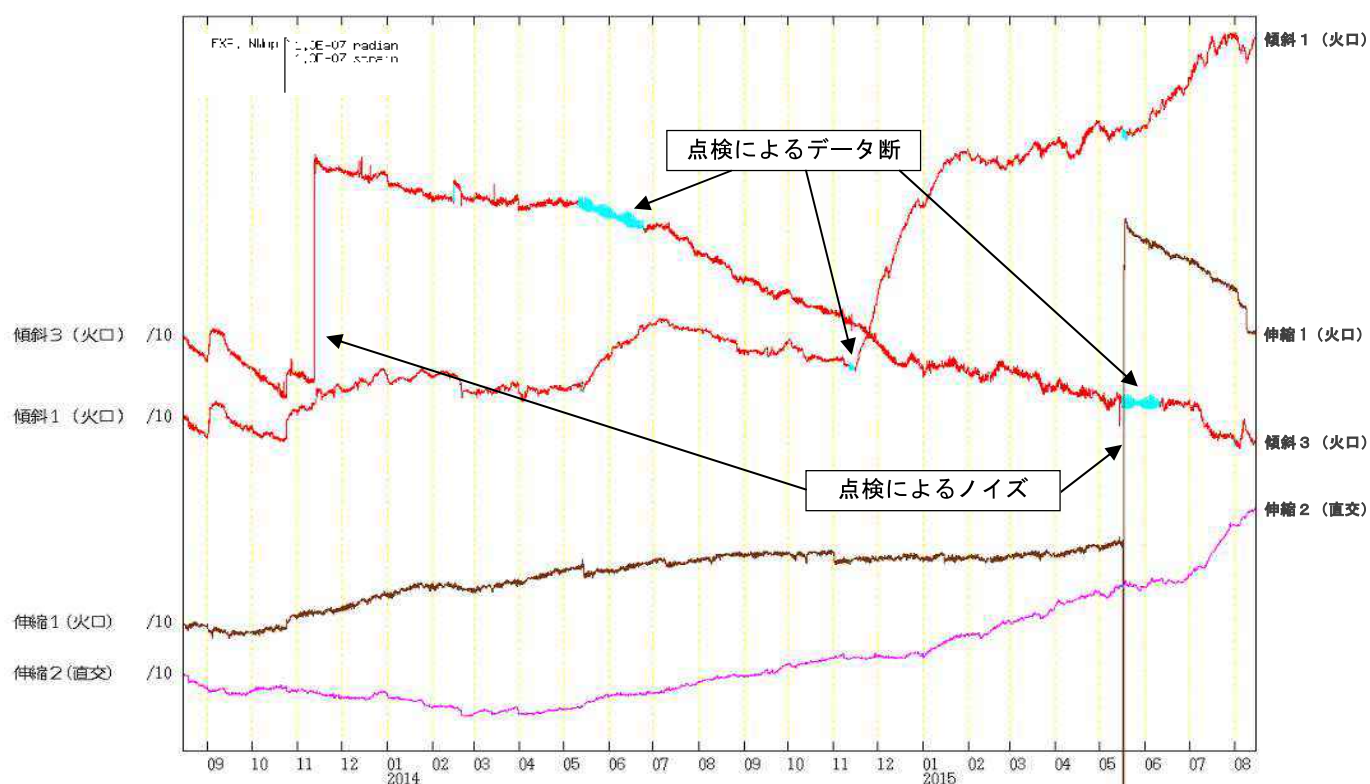
赤丸部分は、大雨に伴う土石流による変化。



第 3 図 桜島 有村観測坑道の傾斜計及び伸縮計の変化

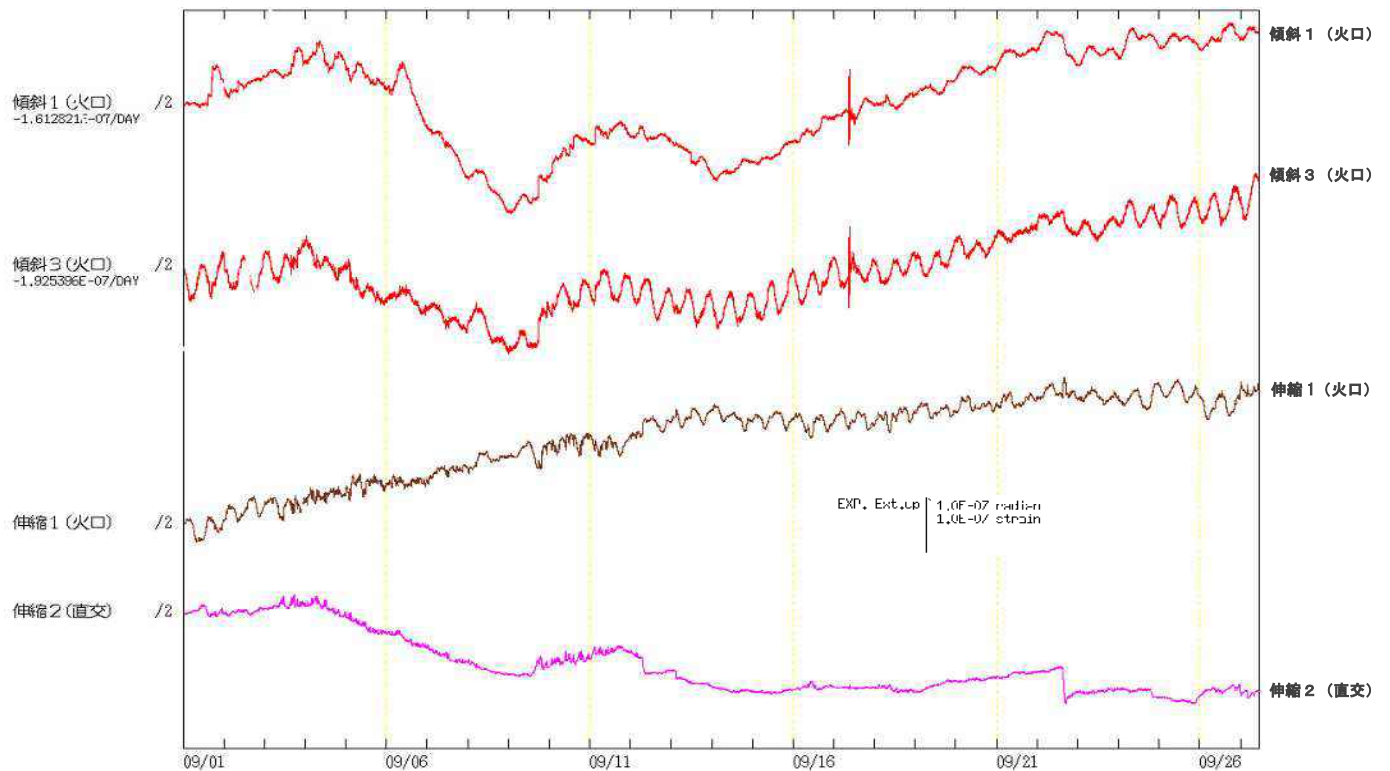
(2013 年 9 月 30 日～2015 年 9 月 29 日)

15 日の急激な変動が観測されたあとは縮みの傾向が見られる。



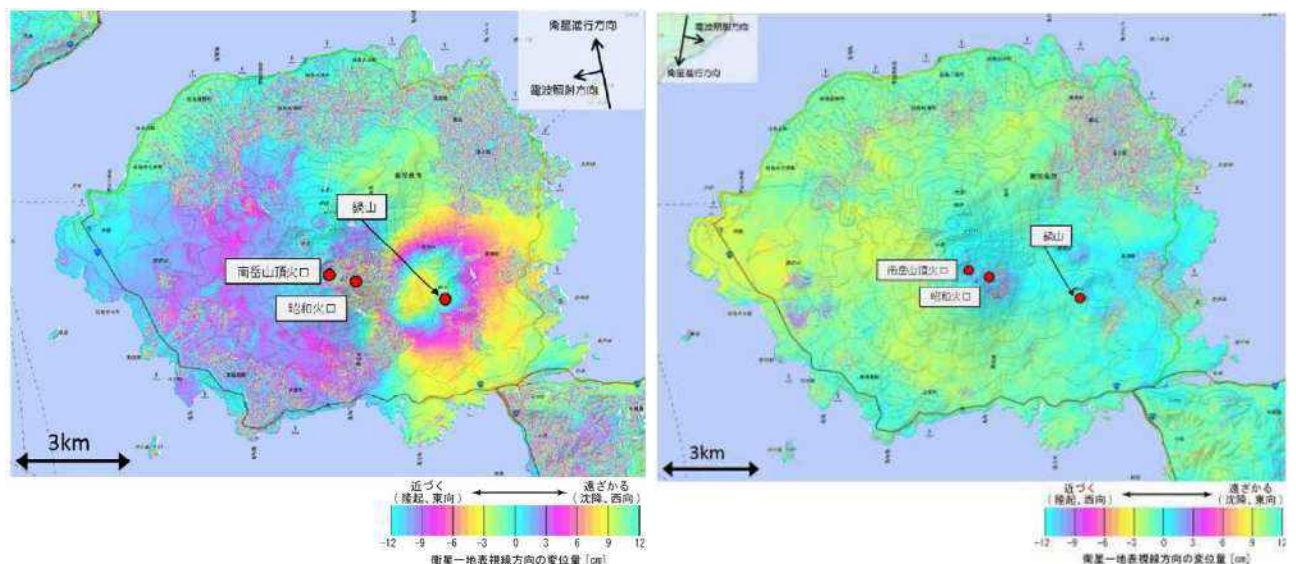
第 4 図 桜島 有村観測坑道の傾斜計及び伸縮計の変化

(2013 年 8 月 15 日～2015 年 8 月 14 日)



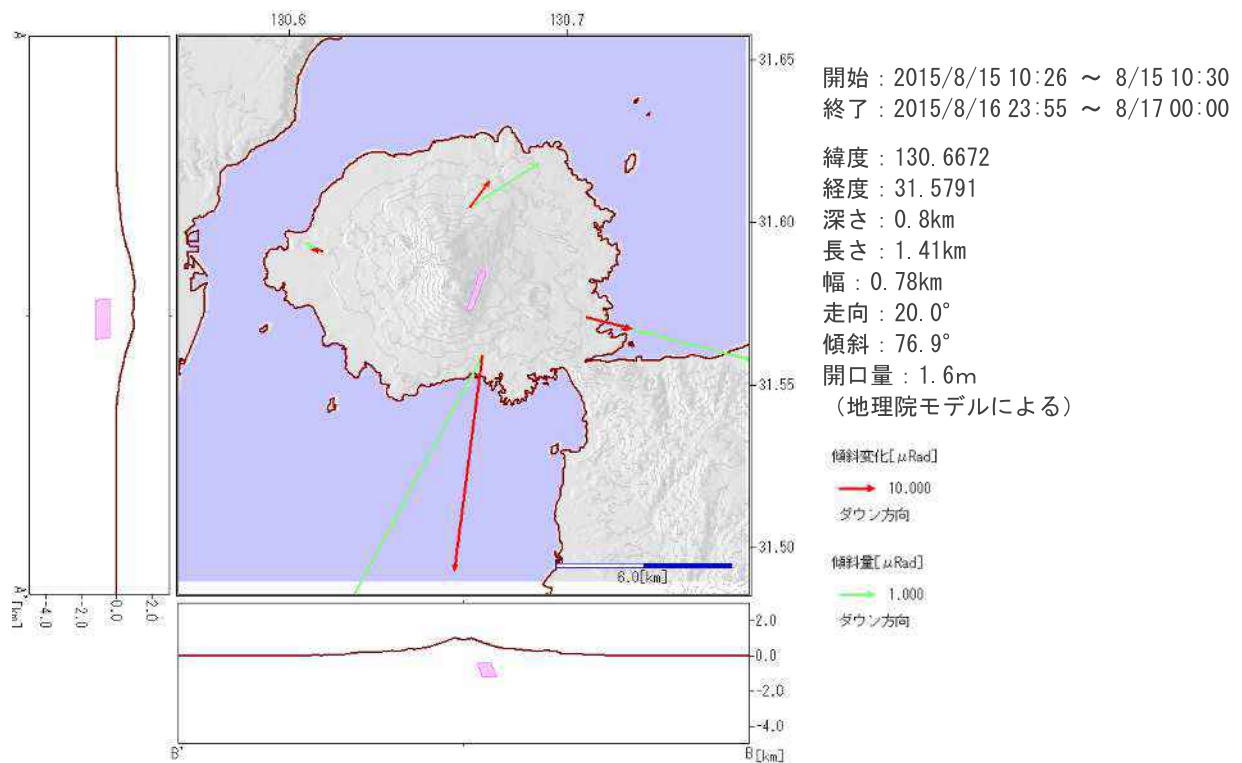
第 5 図 桜島 有村観測坑道の傾斜計及び伸縮計の変化 (2015 年 9 月 1 日～27 日 11 時)
有意な変動は認められない。

傾斜計はトレンド補正あり。

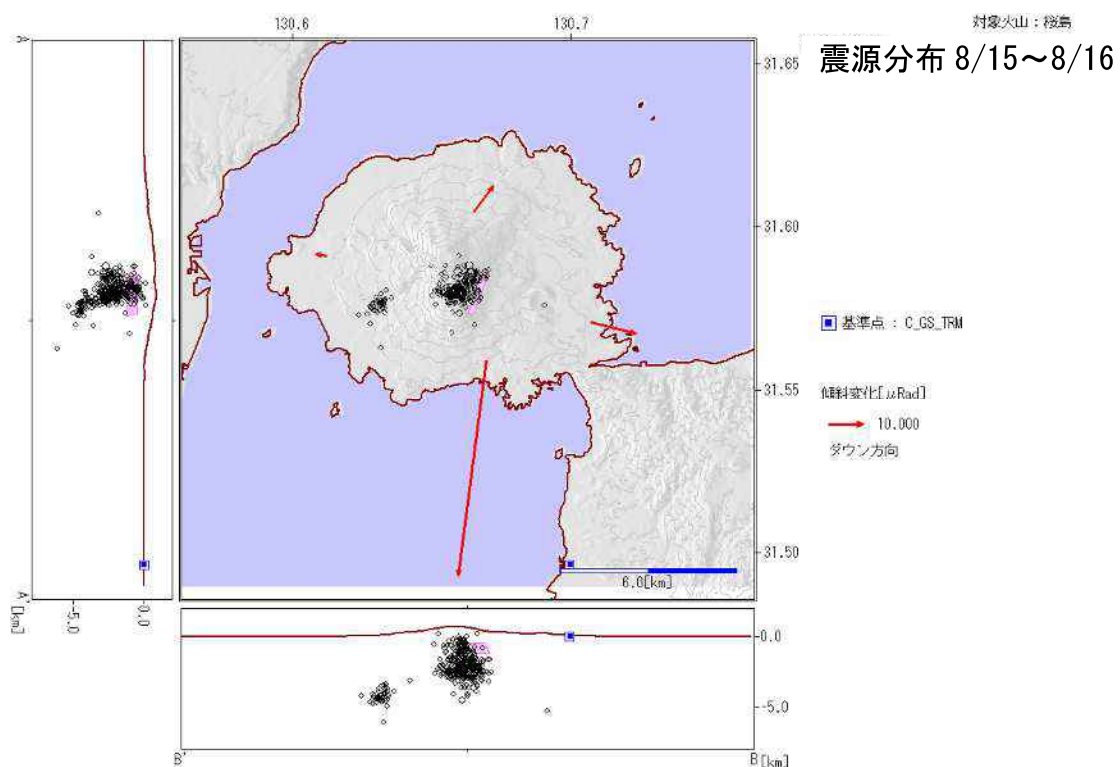


第 6 図 桜島 国土地理院による人工衛星 (ALOS-2) データ解析結果
(左図 2015 年 1 月 4 日～8 月 16 日、右図 2015 年 8 月 17 日～30 日)

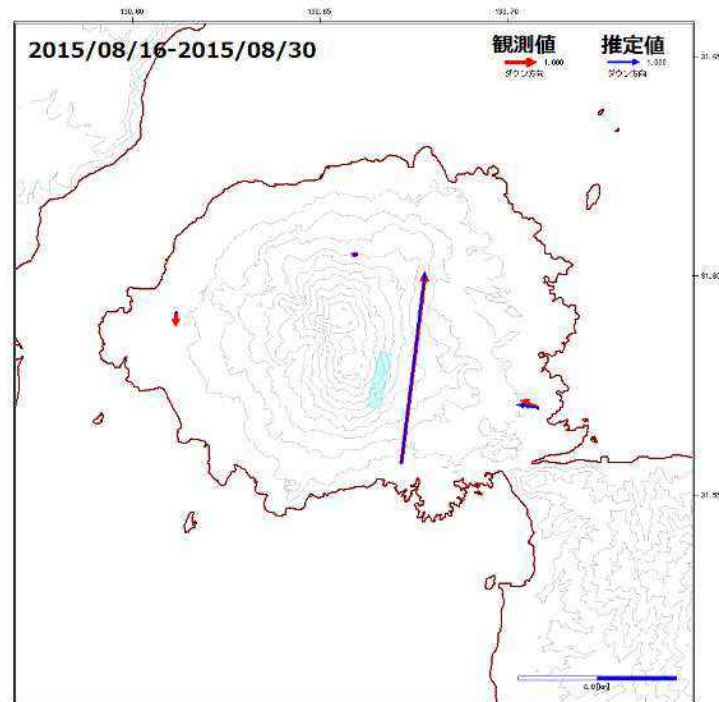
- ・ 1 月 4 日と 8 月 16 日と比較した変動は、8 月 15～16 日にかけての急激な山体膨張によるものと考えられる。
- ・ 8 月 17 日と 30 日と比較したものにノイズレベルを超える変動は認められておらず、新たなマグマの貫入は無いものと見られる。



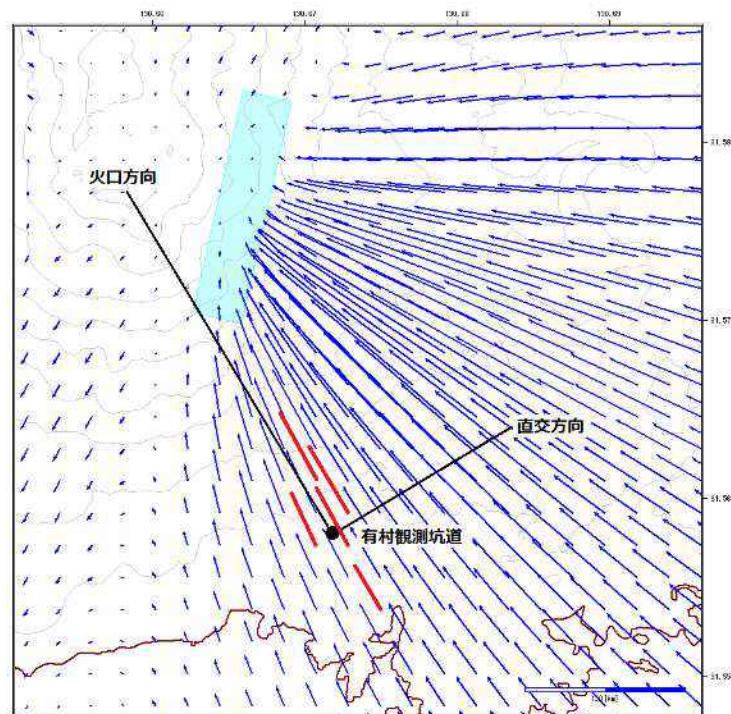
第7図 桜島 8月15日10時26分以降16日までの傾斜変動をダイクモデルで推定した変動源(変動源の諸元は図中に記載)



第8図 桜島 第7図のモデルと8月15日から16日の震源分布との重ね合わせ
 モデルの位置は、震源分布のほぼ東端にあたる。北東-南西の走向は一致しているようにみられる。

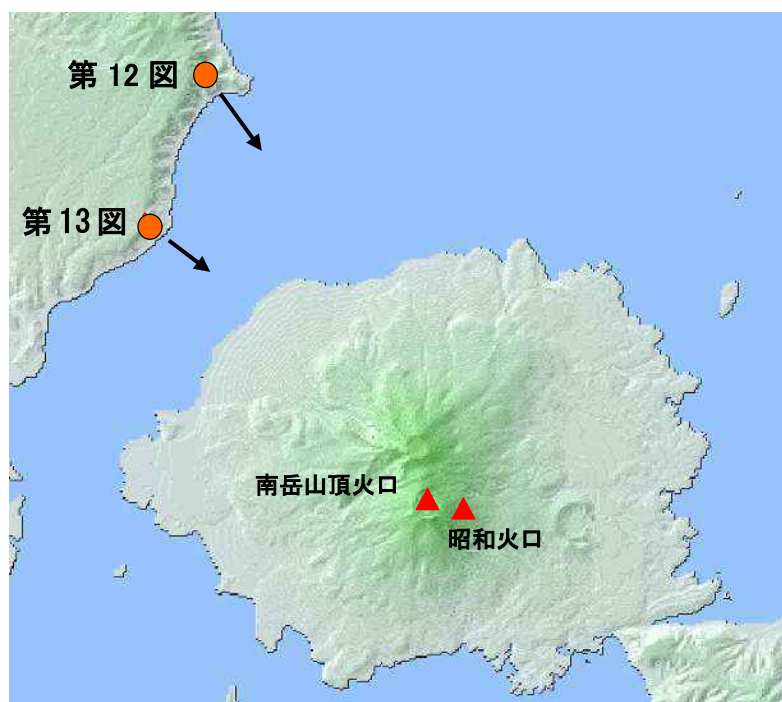


第 9 図 桜島 8 月 17 日以降の傾斜変動とそれを説明するダイクと理論ベクトル
 体積変化量は、8 月 30 日現在 20 万 m^3 で 8 月 15～16 日のダイク貫入による変化
 量 200 万 m^3 より一桁小さい。



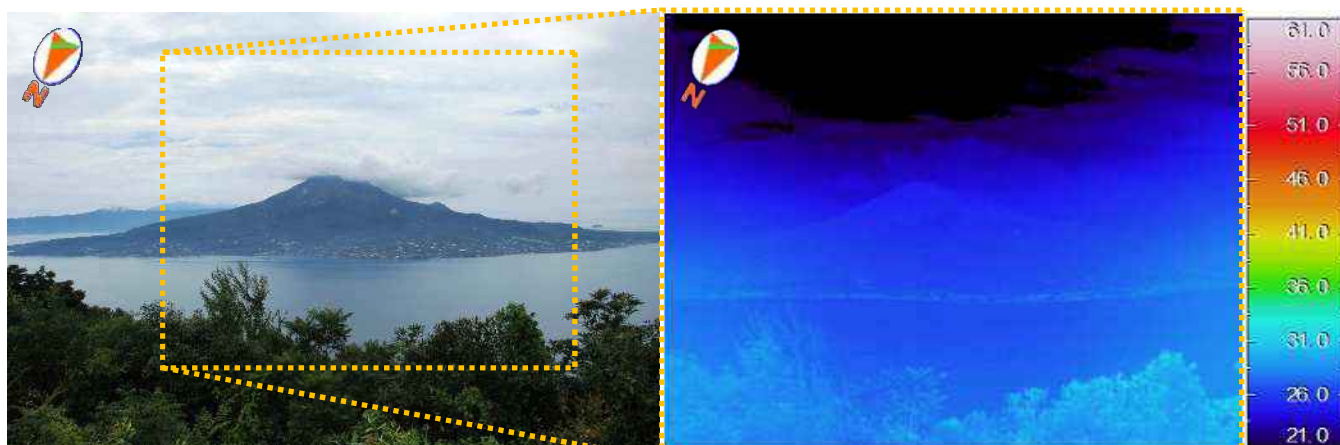
第 10 図 桜島 上図のダイクの閉口を仮定した場合の理論変位

- ・ 赤線をみると、火口方向は山に近いほうが大きいので、その歪は伸びである。
- ・ 直交方向は、火口方向にベクトルが向いているので歪は縮みである。



第 11 図 桜島 現地調査観測点図

第 12 図、第 13 図の観測場所を示す。



第 12 図 桜島の北側の状況（左：可視画像、右：赤外画像）

8月28日11時03分 寺山公園展望所より撮影

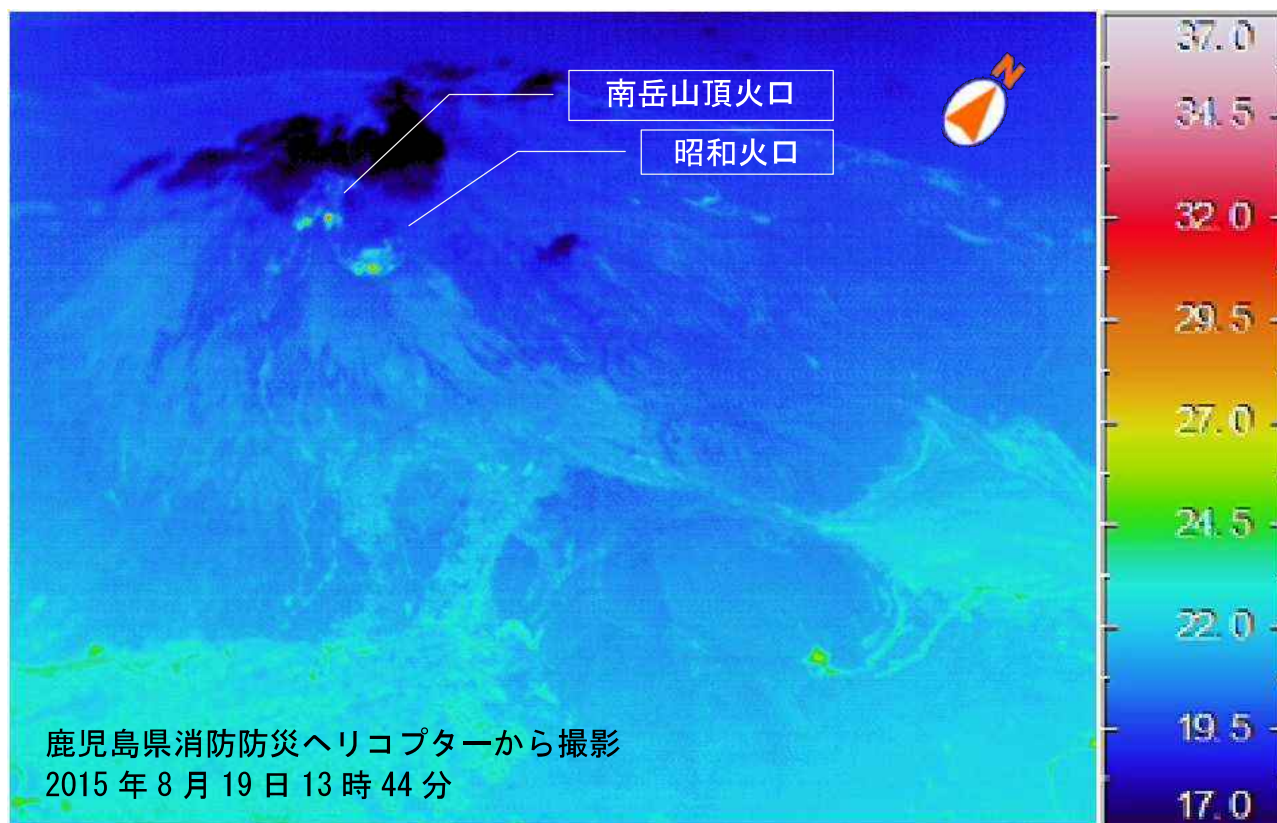
桜島の北側斜面から北北西側斜面にかけて熱異常域は認められなかった。



第 13 図 桜島の北西側の状況（左：可視画像、右：赤外画像）

8月28日12時08分 吉野公園より撮影

桜島の北側斜面から北西側斜面にかけて熱異常域は認められなかった。

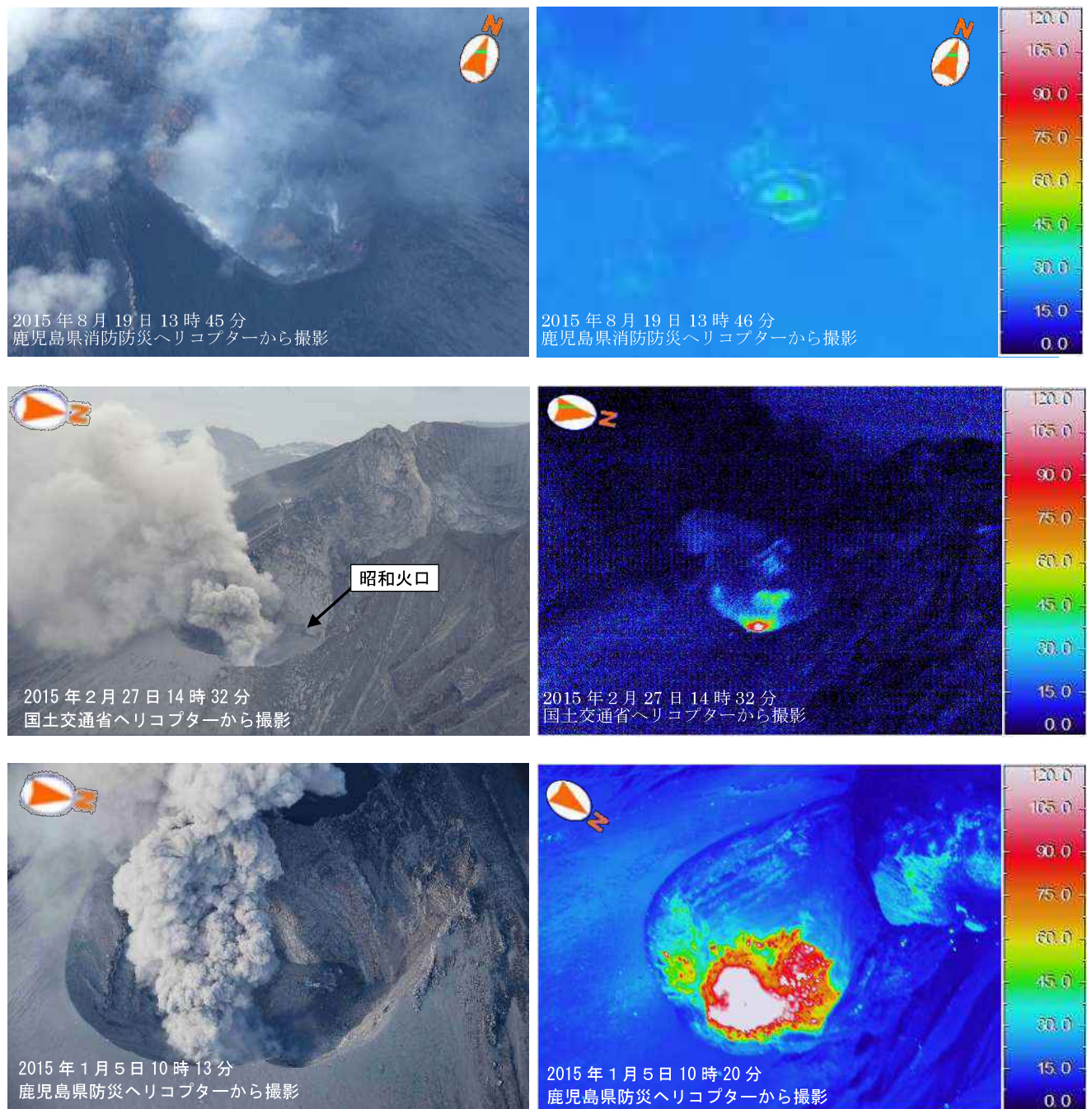


第 14 図 桜島 8 月 19 日 13 時 44 分の桜島の状況（南東上空から撮影）

上段：赤外熱映像

下段：可視（写真）

火口周辺に新たな熱異常域や従来の熱異常域の温度の上昇は認められなかった。



第 15 図 桜島 昭和火口内の変化

上段：2015 年 8 月 19 日（熱：-40～120℃レンジ/遠距離から撮影したものをトリミング）

中段：2015 年 2 月 27 日（熱：0～2000℃レンジ）

下段：2015 年 1 月 5 日（熱：-40～120℃レンジ）

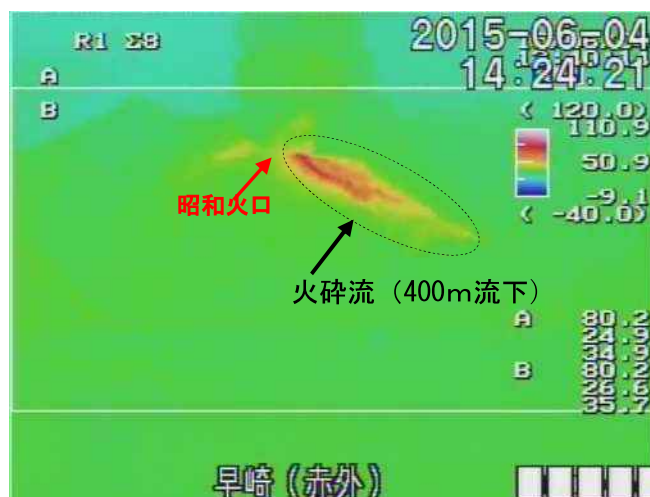
- ・ 1 月及び 2 月と比較すると 8 月は火口底が浅くなったようにみられる。
- ・ 火口底の温度は 1 月及び 2 月より低くなっている。



第 16 図 桜島 6 月 1 日 12 時 33 分の昭和火口の爆発的噴火の状況

(東郡元カメラ：鹿児島地方気象台設置)

多量の噴煙が火口縁上 3,300m まで上がった。



第 17 図 桜島 6 月 4 日 14 時 22 分の昭和火口の爆発的噴火の状況

(早崎可視カメラ及び熱赤外映像(右)：大隅河川国道事務所設置)

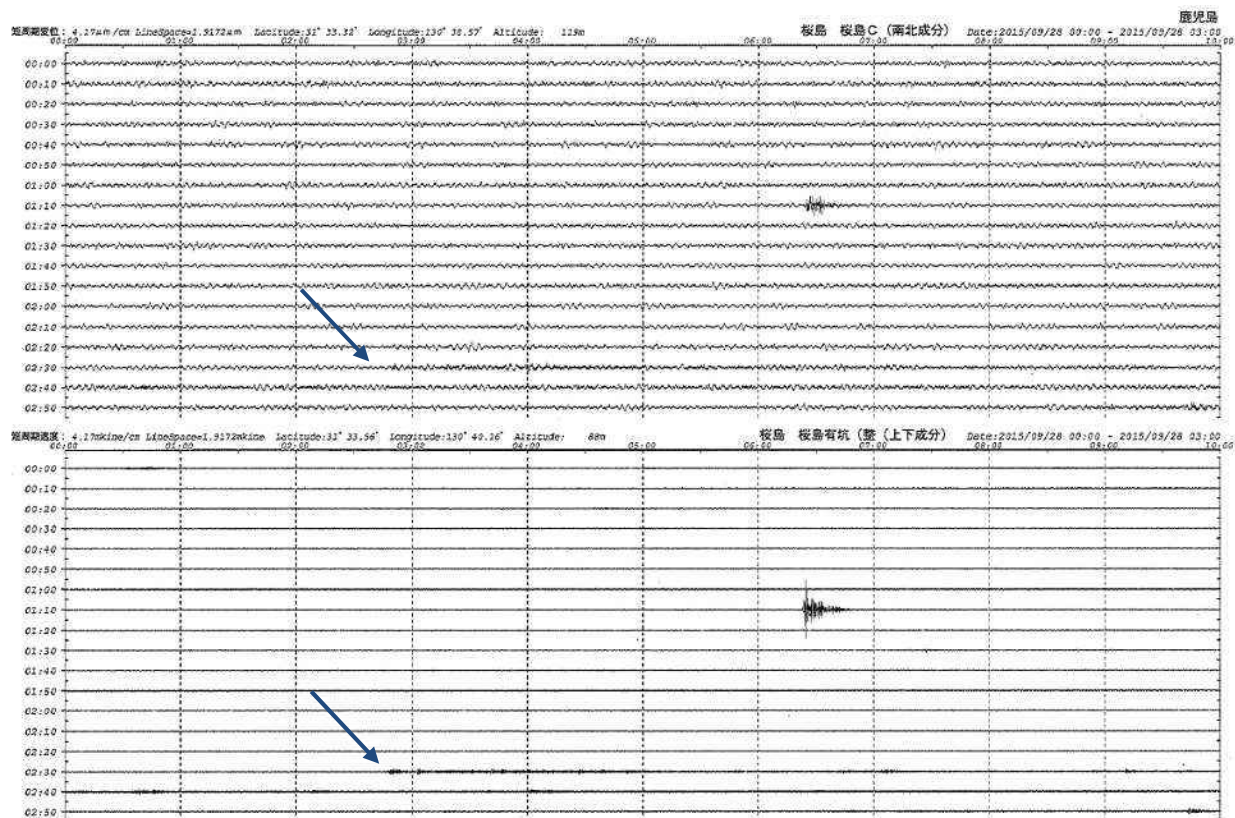
ごく小規模な火砕流が発生し、昭和火口の東側へおよそ 400m 流下した。



第 18 図 桜島 9 月 28 日 02 時 33 分の南岳山頂火口の噴火の状況

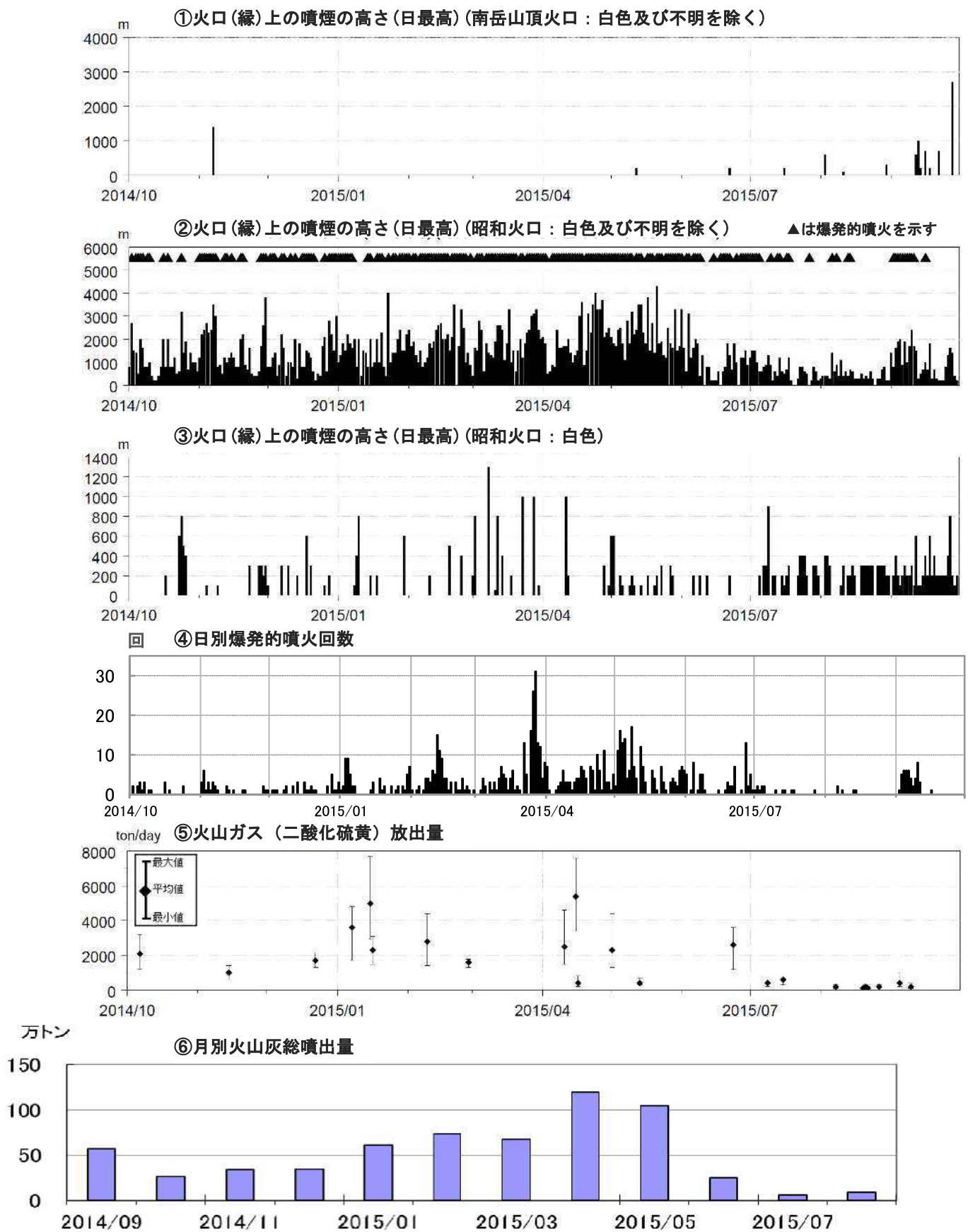
(海湯カメラ：大隅河川国道事務所設置)

噴煙が火口縁上 2,700m まで上がった。



第 19 図 桜島 9 月 28 日 02 時 33 分の南岳山頂火口の噴火時の波形（湯之）

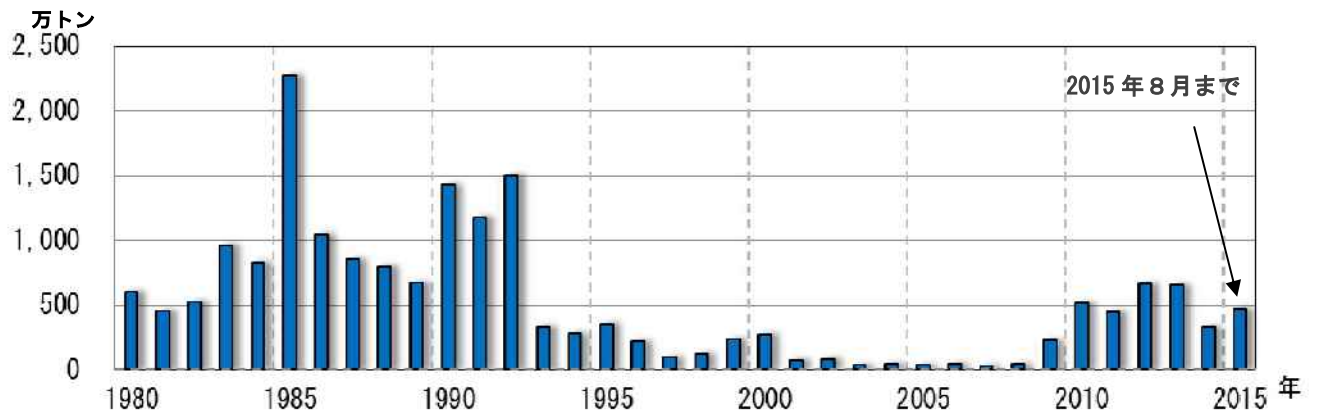
噴火に伴う振動はごく小さなものであった（矢印）。



第 20 図 桜島 最近 1 年間の活動状況 (2014 年 10 月～2015 年 9 月 30 日)

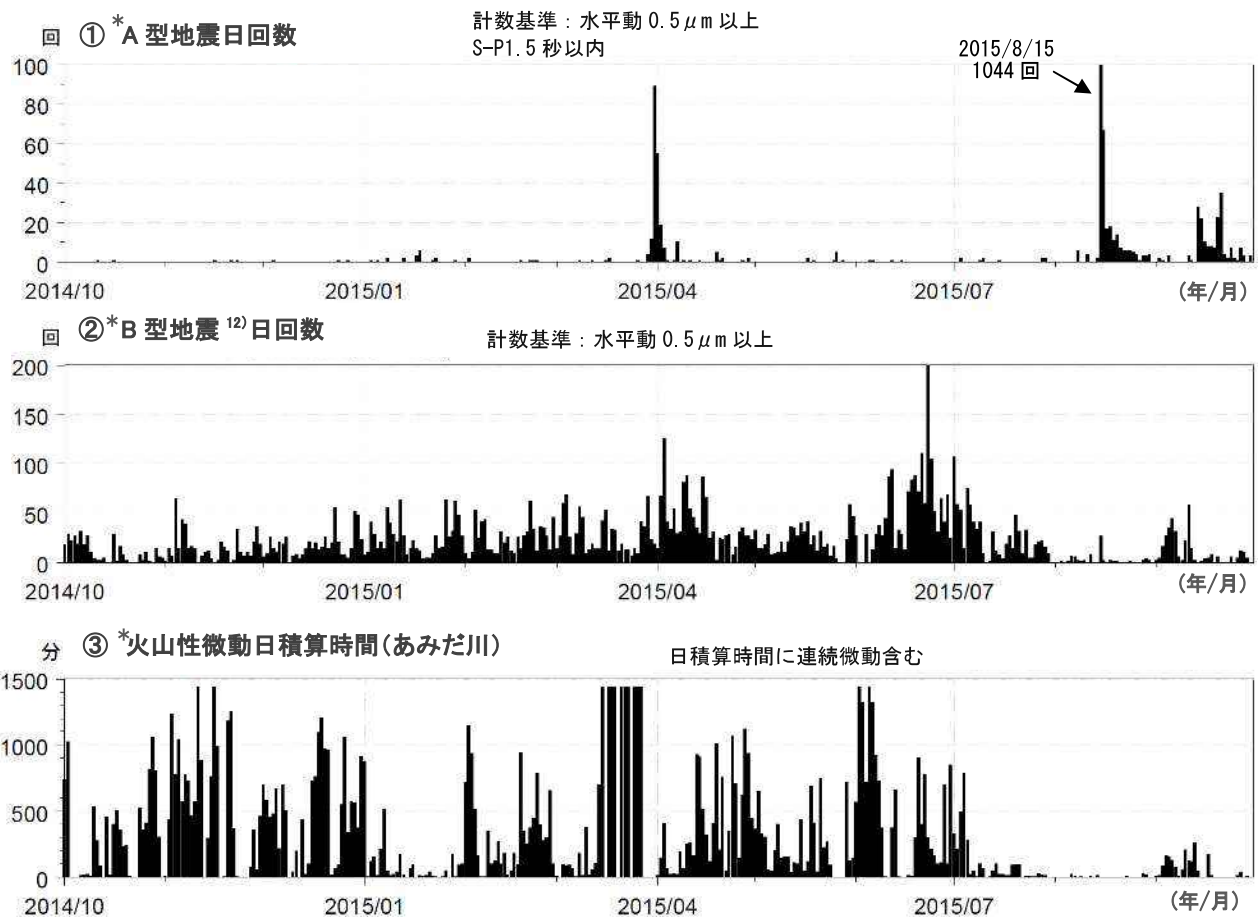
<2015 年 6 月～2015 年 9 月 30 日の状況>

- ・昭和火口では噴火は 226 回発生し、そのうち爆発的噴火が 129 回であった。
- ・南岳山頂火口では 2 回の噴火を観測し、そのうち 9 月 28 日の噴煙の高さは 2,700m であった。
- ・二酸化硫黄の放出量は、7 月以降減少し、8 月以降は少ない状態となった。
- ・火山灰の月別噴出量は、6 月 30 万トン、7 月 6 万トン、8 月 9 万トンであった。



第 21 図 桜島 年別の火山灰の総噴出量（1980 年～2015 年 8 月 31 日）

2015 年の総噴出量は、約 470 万トンと 8 月までで昨年（年合計約 330 万トン）より多い状態となっている。

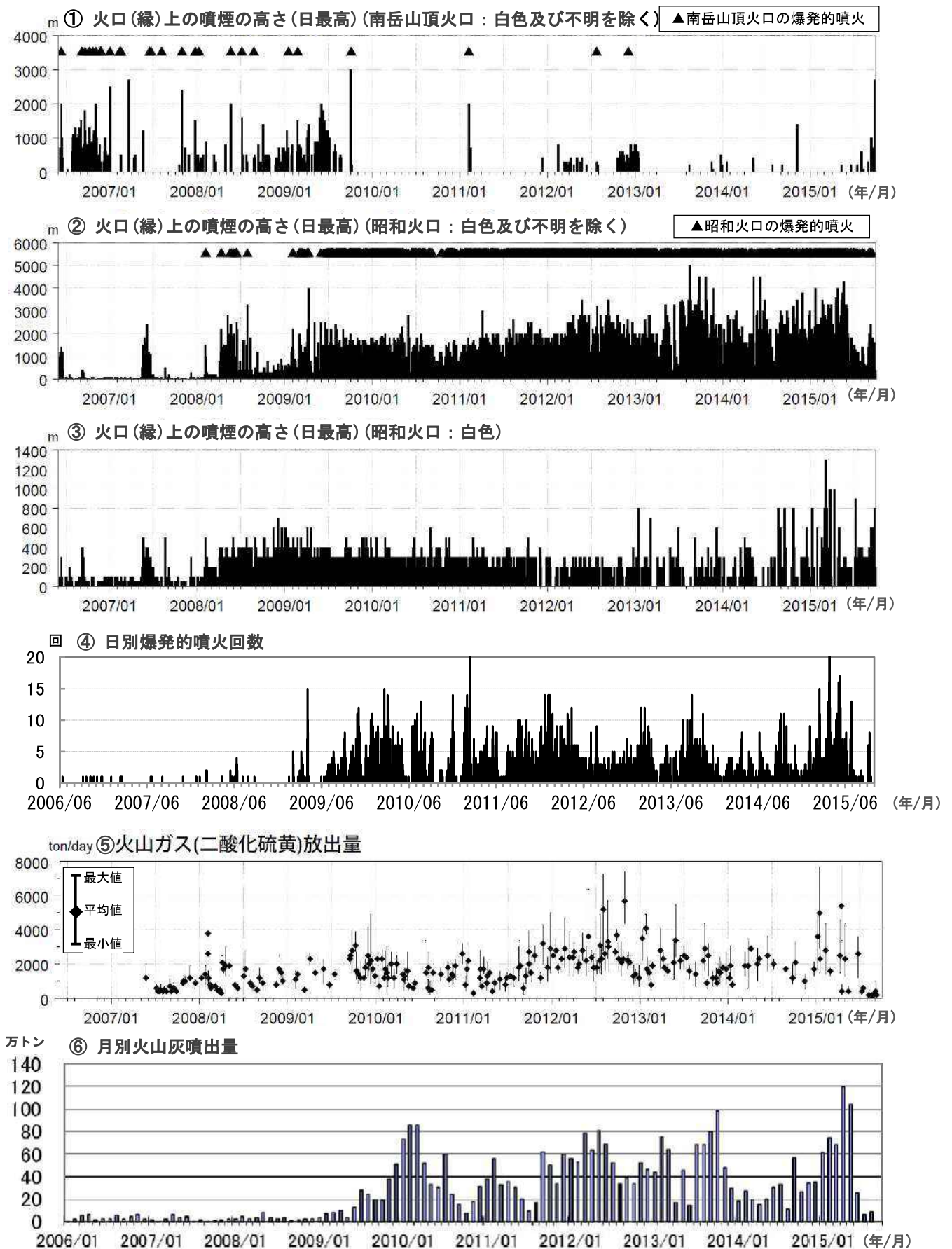


第 22 図 桜島 最近 1 年間の地震・微動の状況（2014 年 10 月～2015 年 9 月 30 日）

<2015 年 6 月～2015 年 9 月 30 日の状況>

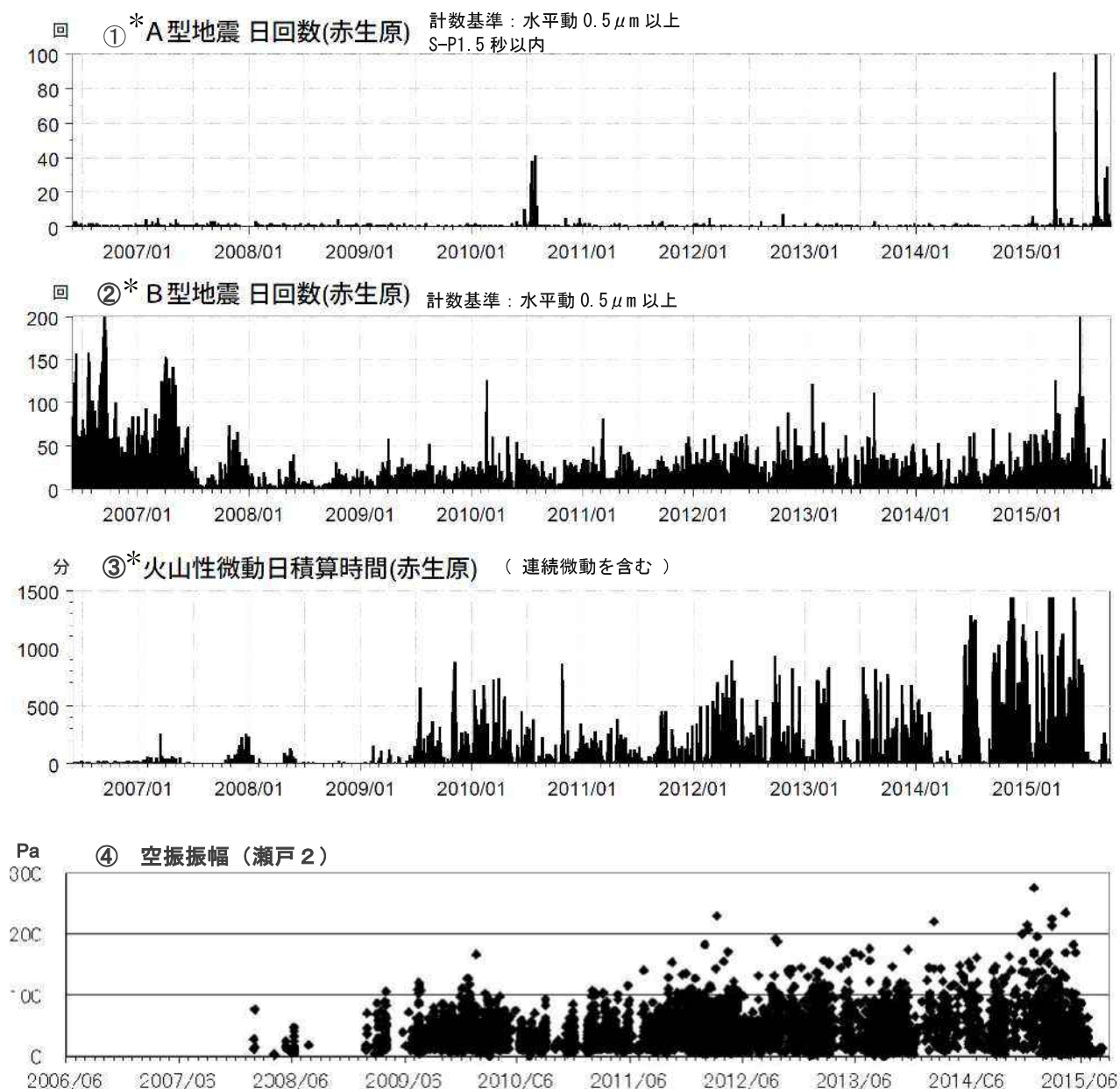
- ・火山性地震は、8 月 15 日に多発したほかは概ね少ない状態で経過した。
- ・9 月に入って、これまでに見られなかった領域である南岳の西約 2 km、深さ海拔下 4 km 付近に分布する A 型地震時々発生している。
- ・火山性微動は 7 月以降減少している。

* 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、あみだ川で計測（計測基準：水平動 $2.5 \mu\text{m/s}$ ）。



第 23 図 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～2015 年 9 月 30 日)

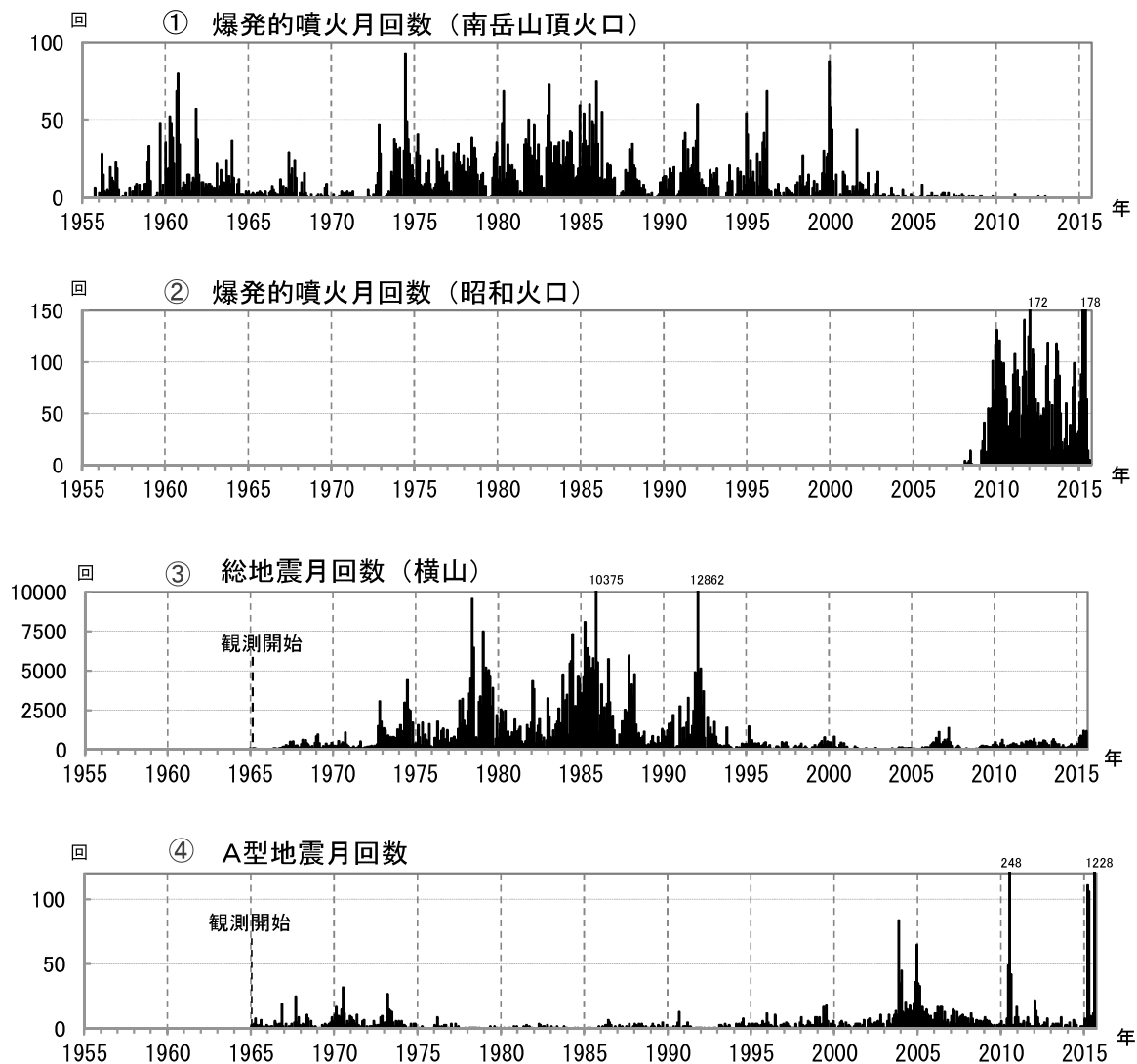
*第 20、21、23 図の火山灰の噴出量の算出は、中村 (2002) による。
鹿児島県の降灰観測データをもとに鹿児島地方气象台で解析して作成。



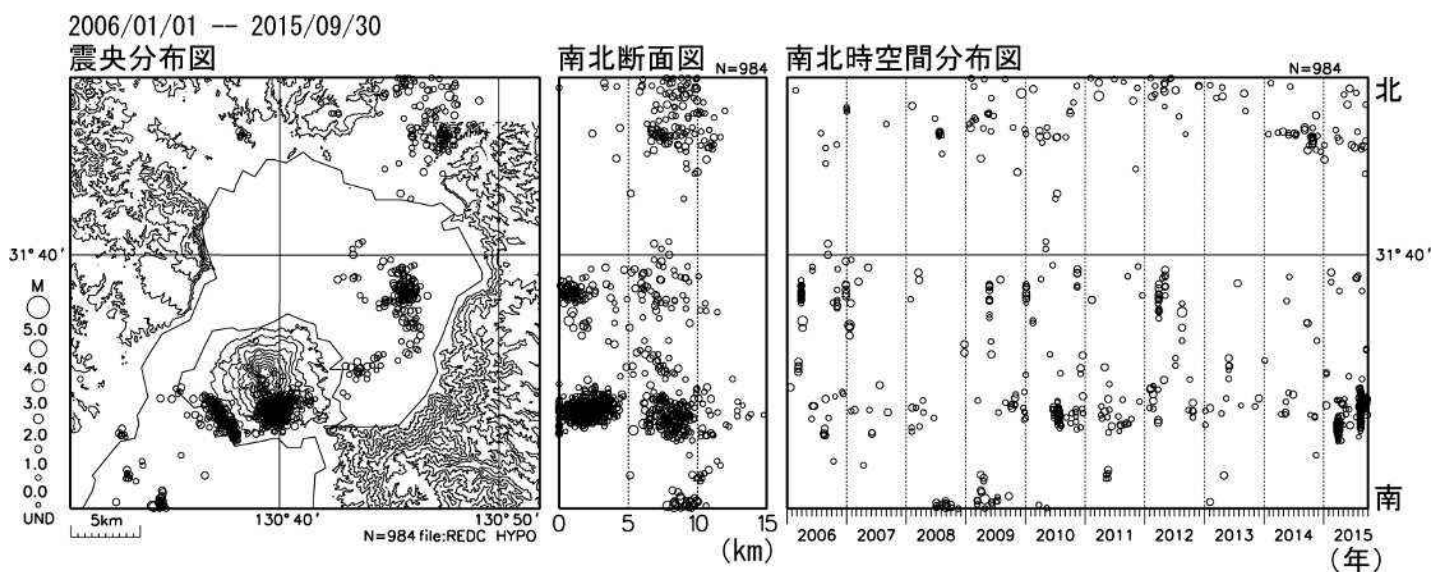
第 24 図 桜島 昭和火口噴火活動再開(2006 年 6 月)以降の地震・微動・空振の状況
(2006 年 6 月～2015 年 9 月 30 日)

2015 年 6 月～9 月 30 日に昭和火口で発生した爆発的噴火では、昭和火口の南東側約 4 km の観測点における空振の振幅が 100Pa を超えるものは発生していない。

*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、あみだ川で計測(計測基準：水平動 $2.5\mu\text{m/s}$)。



第 25 図 桜島 長期の活動状況（1955 年 1 月～2015 年 9 月 30 日）

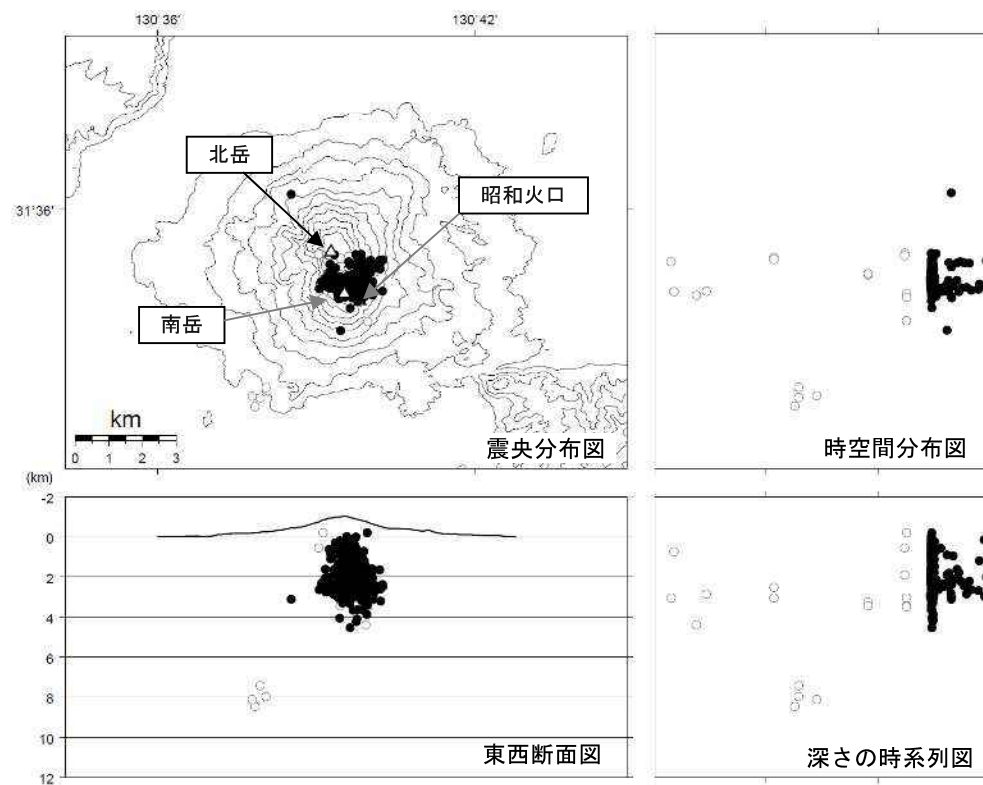


第 26 図 桜島 一元化震源による桜島周辺の震源分布図

<2006 年 1 月 1 日～2015 年 9 月 30 日の状況>

震源は、桜島島内の直下のほか、桜島から北東方向の湾内にも分布した。

* 速度構造：JMA2001 速度構造モデル（上野他，2002）



第 27 図 桜島 震源分布図(2015 年 6 月～8 月 31 日)

<2015 年 8 月 15 日～31 日の状況>

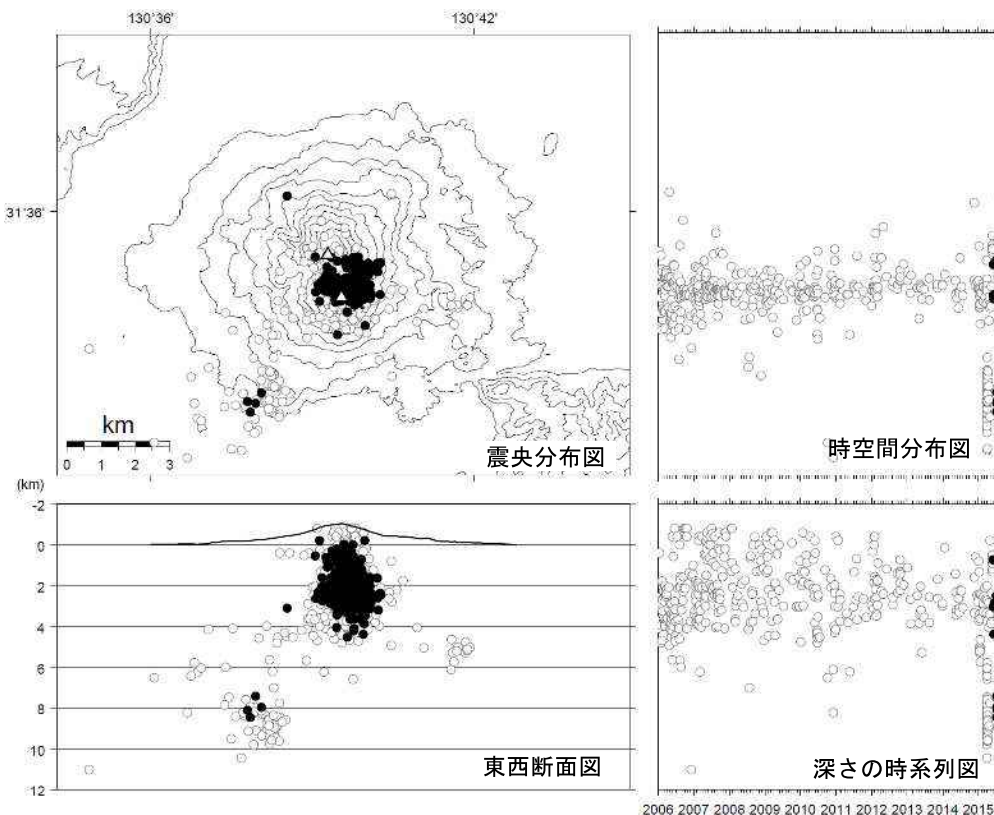
● : 2015 年 8 月 15 日～ 2015 年 8 月 31 日の震源

○ : 2015 年 6 月 1 日～ 2015 年 8 月 14 日の震源

震源は、主に南岳直下の海拔下 0～4 km 付近に分布した。

＊速度構造：半無限構造 ($V_p=2.5\text{km/s}$, $V_p/V_s=1.73$)

決定された地震は全て A 型地震である。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。



第 28 図 桜島 震源分布図(2006 年 1 月～2015 年 8 月 31 日)

<2015 年 6 月 1 日～8 月 31 日の状況>

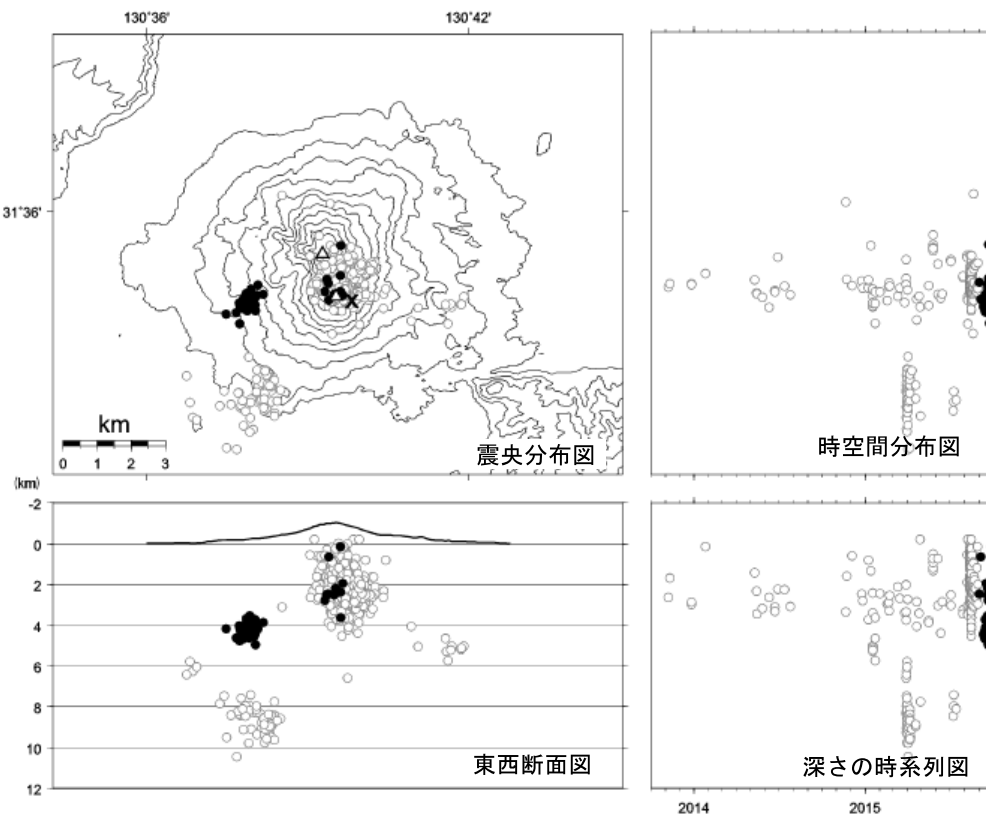
● : 2015 年 6 月 1 日～ 2015 年 8 月 31 日の震源

○ : 2006 年 1 月 1 日～ 2015 年 5 月 31 日の震源

震源は、南岳直下の海拔下 0～4 km 付近のほか、島の南西部の深さ 8 km 付近にも分布した。

＊速度構造：半無限構造 ($V_p=2.5\text{km/s}$, $V_p/V_s=1.73$)

決定された地震は全て A 型地震である。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。



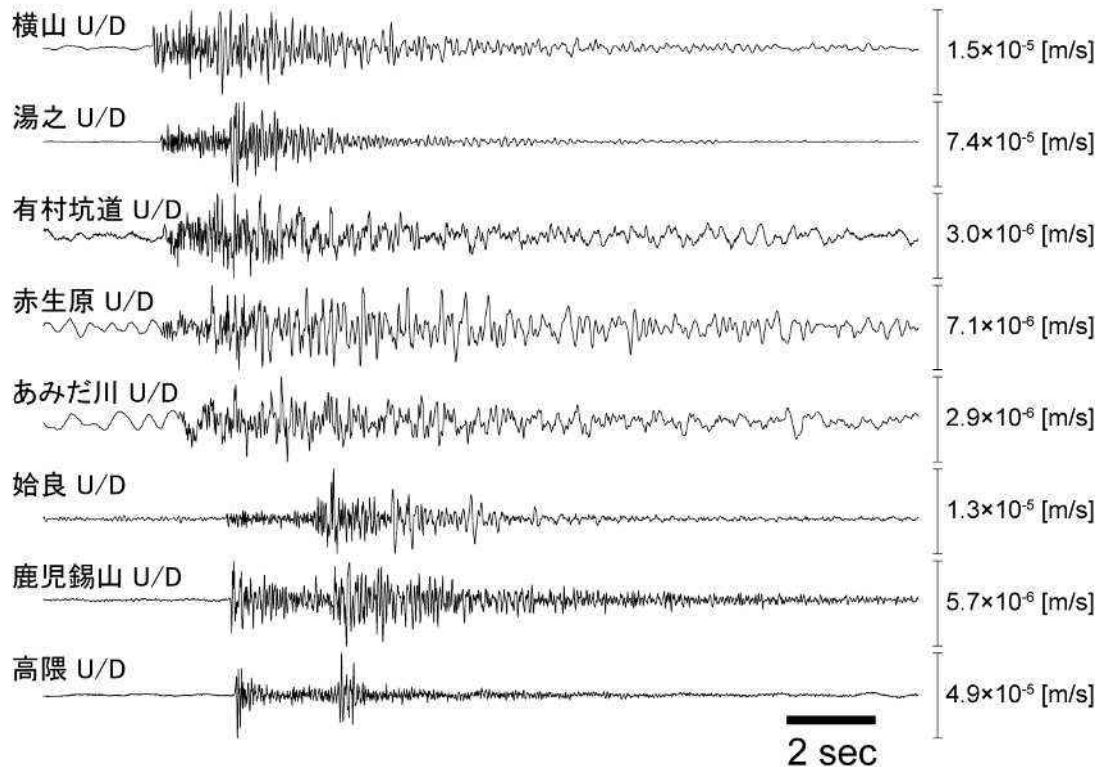
第 29 図 桜島 震源分布図(2006 年 1 月～2015 年 9 月 30 日) ●: 2015 年 9 月 1 日～ 2015 年 9 月 30 日の震源
○: 2006 年 1 月 1 日～ 2015 年 8 月 31 日の震源
＜2015 年 9 月 1 日～30 日の状況＞

震源は、南岳直下の海拔下 0 ～ 4 km 付近のほか、南岳の西側 2 km の海拔下 4 km 付近に分布した。

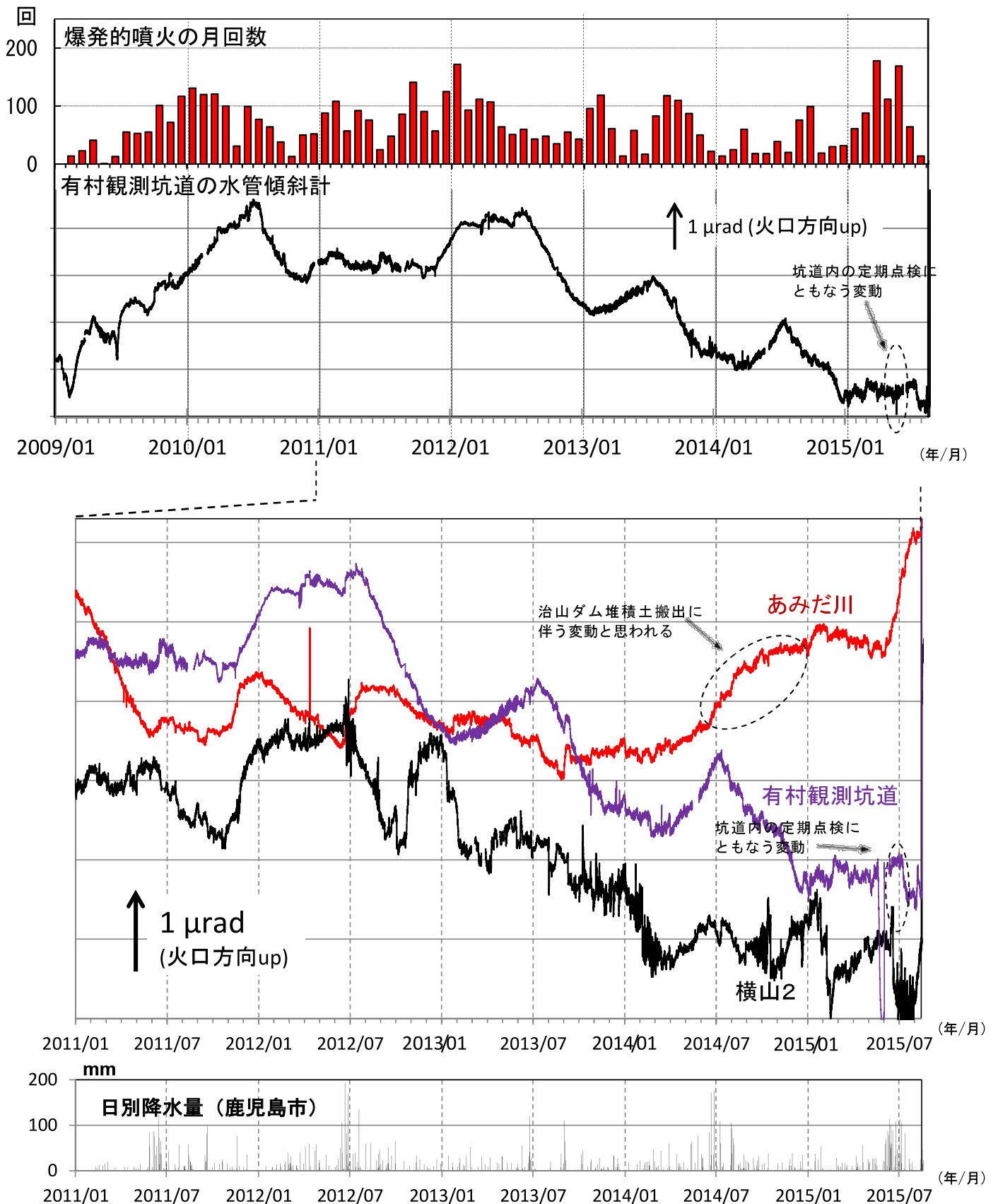
＊速度構造：半無限構造 ($V_p=2.5\text{ km/s}$ 、 $V_p/V_s=1.73$)

決定された地震は全て A 型地震である。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。

2015/09/11 19:07 M0.6



第 30 図 桜島 9 月 11 日 19 時 07 分に南岳西側 2 km の海面下 4 km 付近で発生した地震 (M0.6) の観測波形



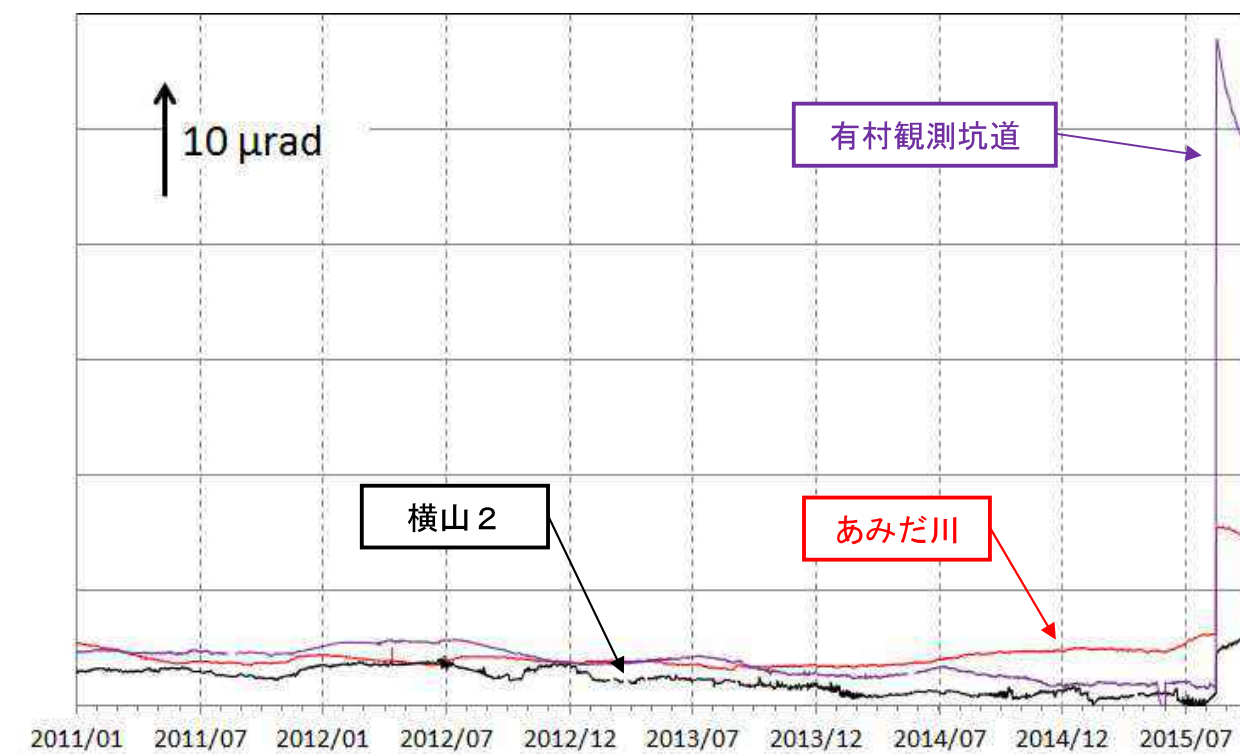
第 31 図 桜島 傾斜変動(2009 年 1 月～2015 年 8 月 14 日)

桜島島内の傾斜計では、8 月 15 日の急激な地殻変動に先立って、あみだ川では 6 月末頃から（有村観測坑道と横山では 8 月頃から）山上がりの傾向がみられた。

＊グラフは時間値を使用し潮汐補正済み

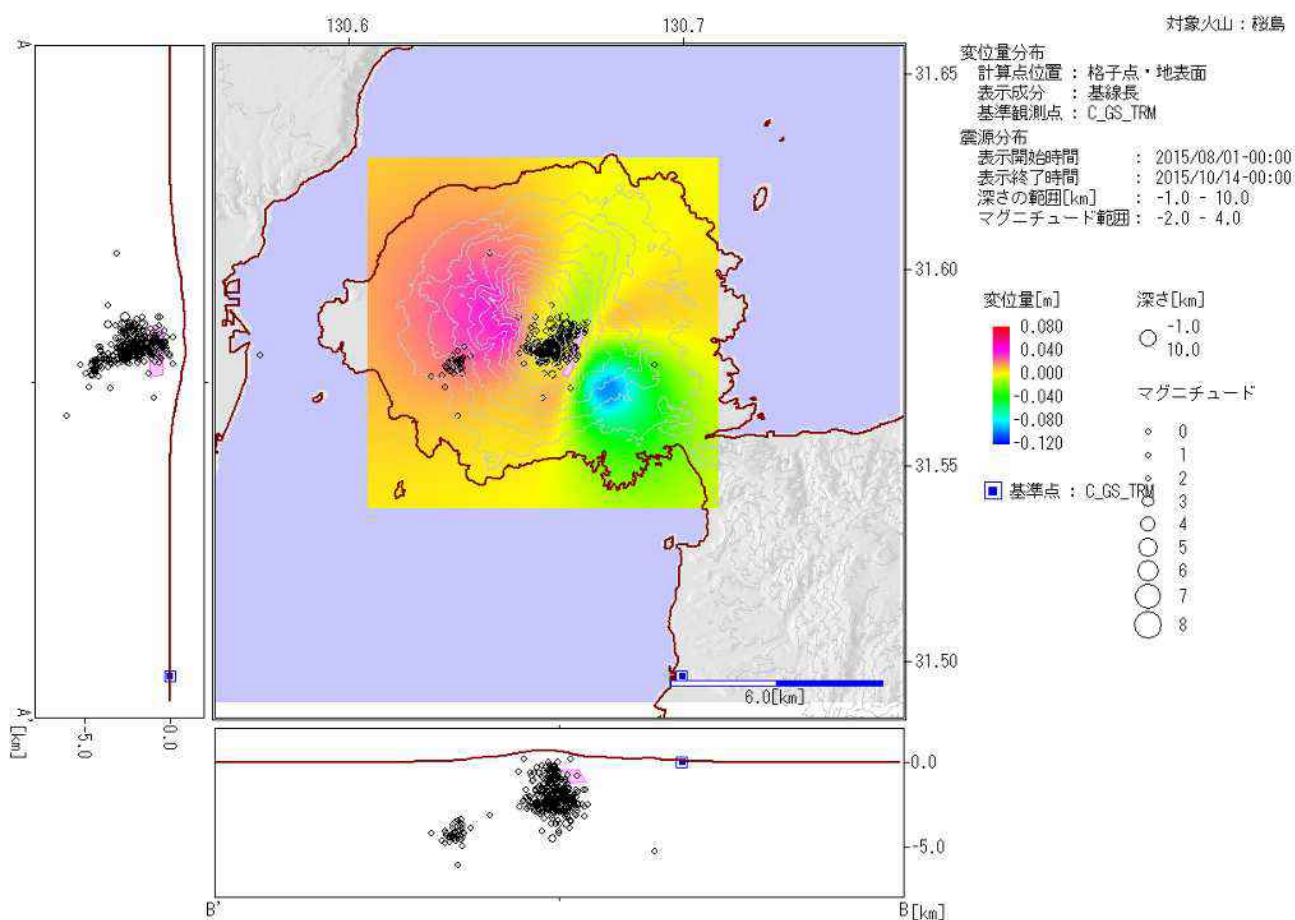
気象庁の 2 点の総合観測点の 2011 年 1 月以降の火口方向へ合成した傾斜変動を併せて示す。

有村観測坑道は 5.5×10^{-9} rad/day、あみだ川は 1.2×10^{-8} rad/day、横山 2 は 0.93×10^{-8} rad/day のトレンド補正を行っている。



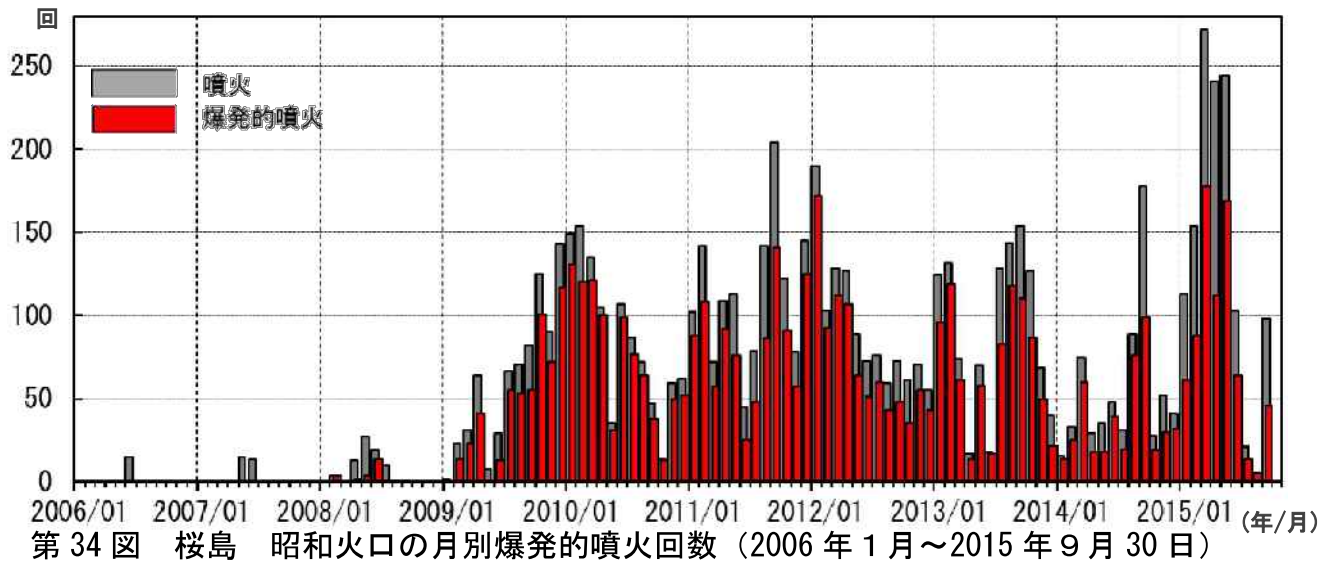
第 32 図 桜島 傾斜変動(2011 年 1 月～2015 年 9 月 30 日)

8 月 15 日の変動後は有村観測坑道が山下がりの傾向が大きい。

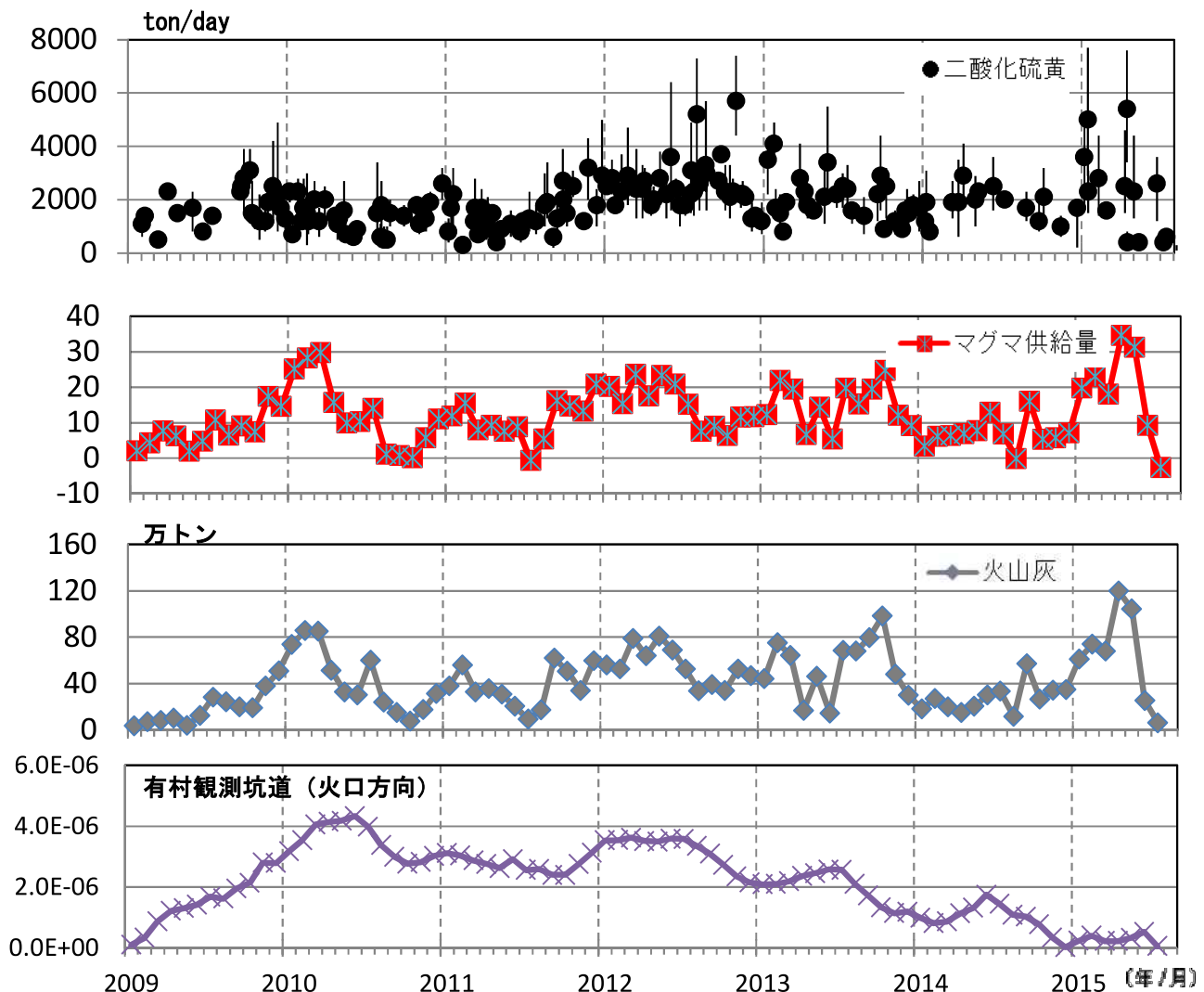


第 33 図 桜島 垂水を固定点とした面的な基線長変化と震源分布

基線長変化は 2015 年 8 月 14 日～16 日、震源分布は 2015 年 8 月 1 日～10 月 13 日



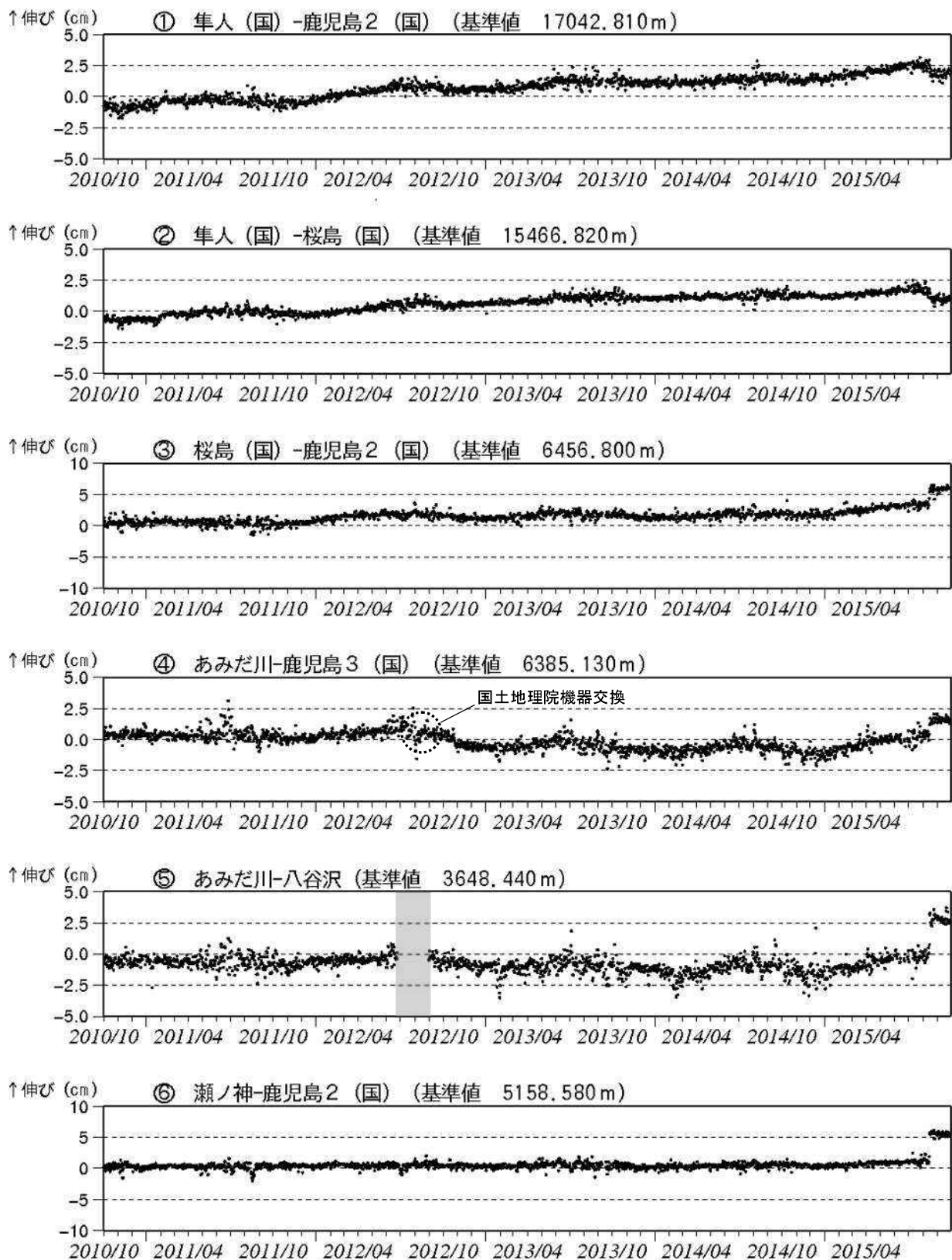
噴火活動は 2015 年 6 月から衰退し、7 月 8 月は低調、9 月にやや活発化している。



桜島直下へのマグマの供給量は、2015 年 1 月から 4 月頃にかけて一時的に増加したが、その後減少に転じた。

比較的静穏だった 2009 年 1 月のマグマ供給量を 2 (火山灰の噴出量を 1、傾斜変動量を 1) と仮定してその後のマグマ供給量を比較した。

マグマ供給量 = $9.7 \times 10^6 \times \text{傾斜変動量} (\mu \text{ rad}) + 0.3 \times \text{火山灰の噴出量 (ton)}$



第 36 図 桜島 GNSS 連続観測による基線長変化 (2010 年 10 月～2015 年 9 月 30 日)

・島内及び始良カルデラ（鹿児島湾奥部）の膨張を示す伸びの傾向が、2015 年 1 月からみられる。

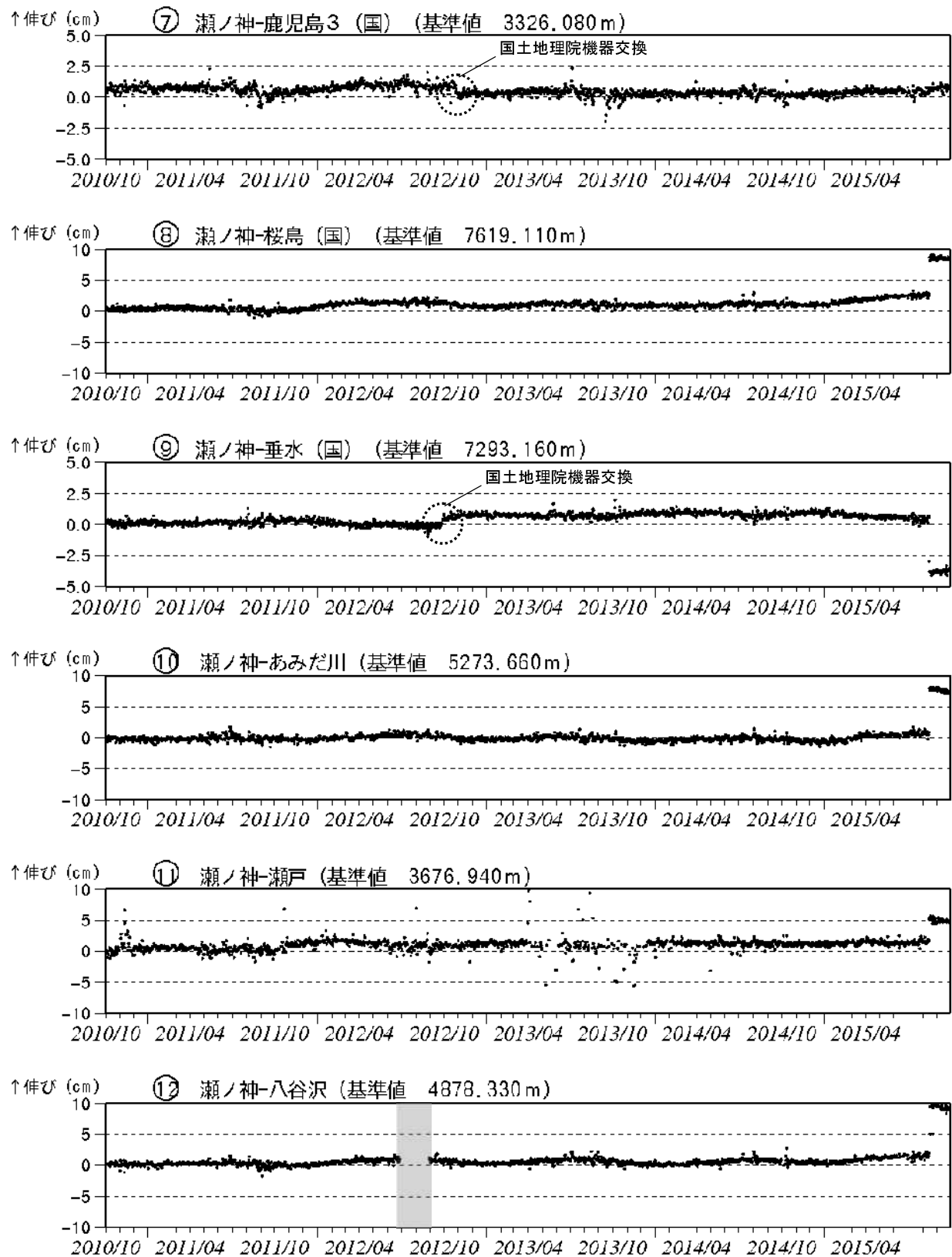
・8 月 15 日の急激な変動により、その後の変動傾向が不明瞭である。

島内及び始良カルデラ周辺の気象庁・国土地理院の 9 観測点の基線による観測を行っている。この基線は第 38 図の①～⑥に対応している。

解析に際しては対流圏補正と電離層補正を行っている。 (国)：国土地理院の観測点を示す。

灰色の部分は機器障害のため欠測を示す。

④の基線は 2012 年 10 月 26 日に鹿児島 3 (国) のアンテナ交換を行っている。



第 37 図 桜島 GNSS 連続観測による基線長変化 (2010 年 10 月～2015 年 9 月 30 日)

桜島島内及び始良カルデラ周辺の気象庁・国土地理院の 9 観測点の基線による観測を行っている。

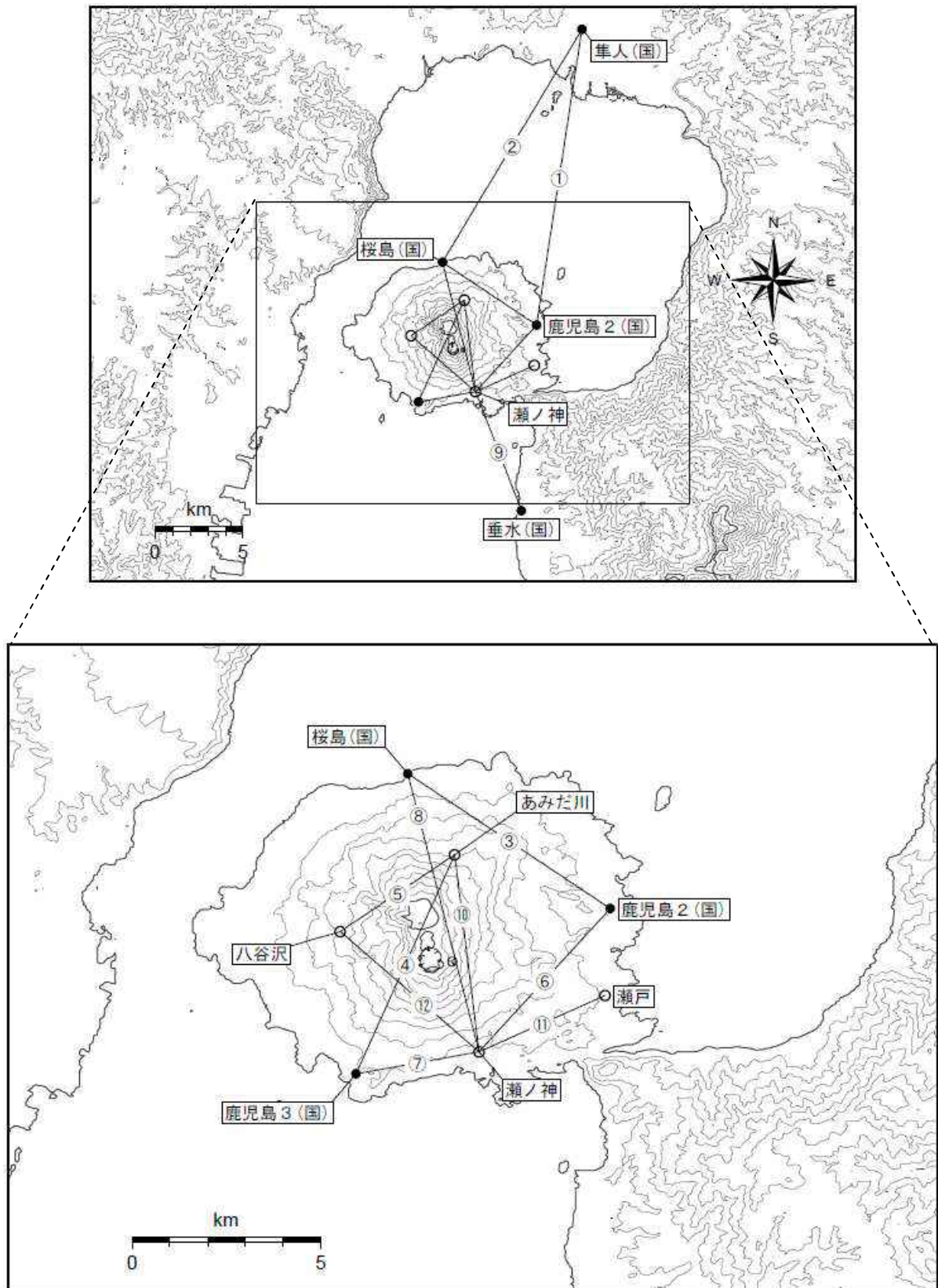
この基線は第 38 図の⑦～⑫に対応している。

解析に際しては対流圏補正と電離層補正を行っている。 (国)：国土地理院の観測点を示す。

灰色の部分は機器障害のため欠測を示す。

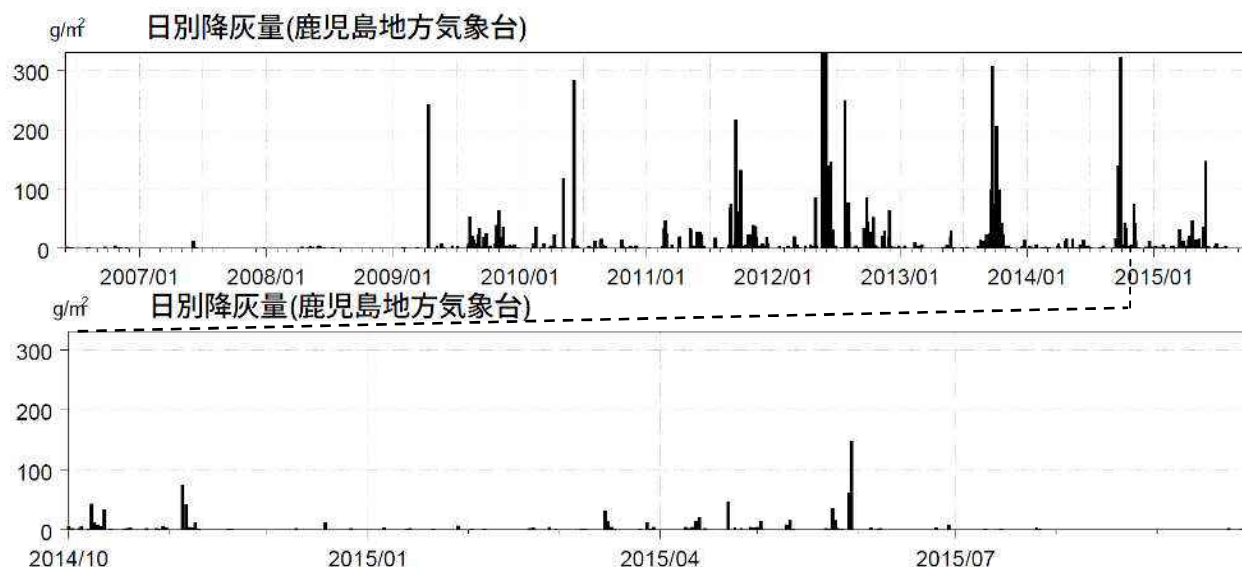
⑦の基線は 2012 年 10 月 27 日に鹿児島 3 (国) のアンテナ交換を行っている。

⑨の基線は 2012 年 9 月 27 日に垂水 (国) のアンテナの交換を行っている。

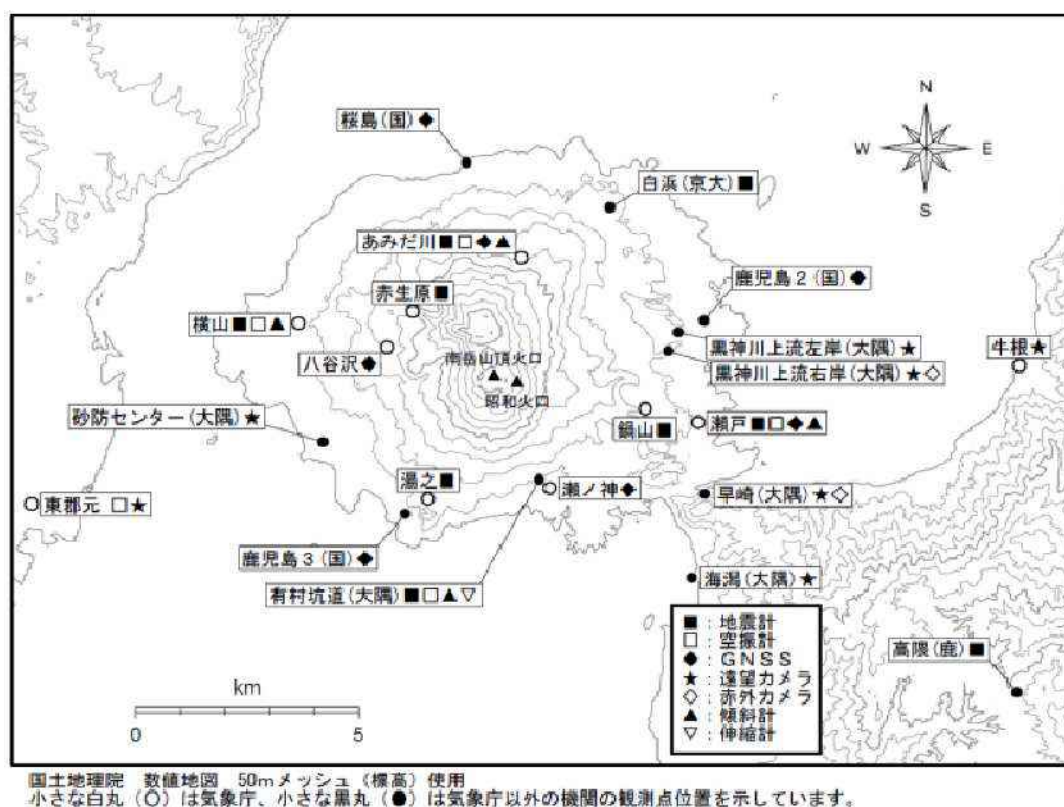


第 38 図 桜島 GNSS 連続観測基線図

小さな白丸は気象庁、小さな黒丸は国土地理院の観測点位置を示している。
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。



第 39 図 桜島 鹿児島地方気象台での降灰量（2006 年 6 月～2015 年 9 月 30 日）
2015 年 6 月～9 月 30 日に $28\text{g}/\text{m}^2$ （降灰日数 25 日）の降灰を観測した。



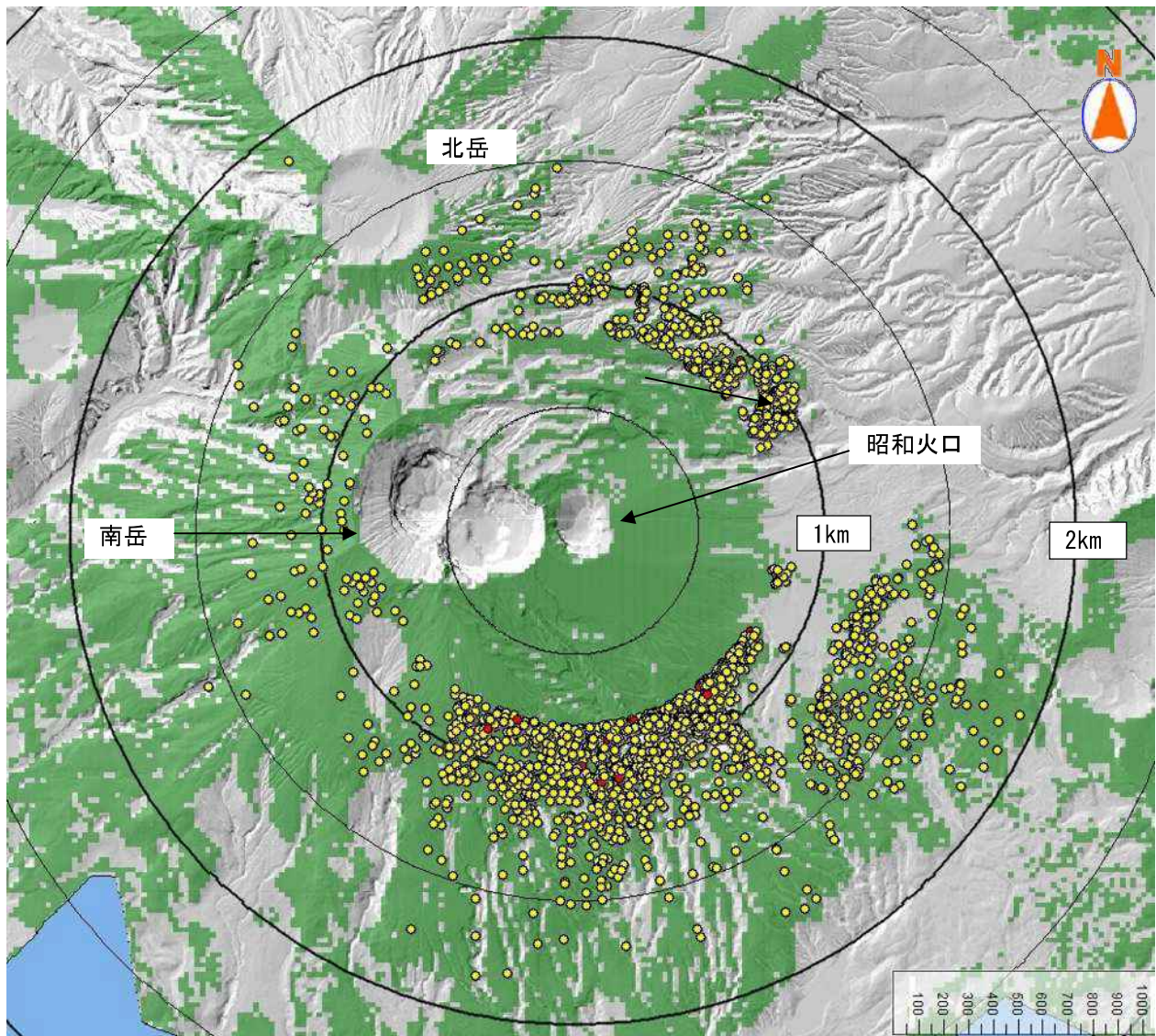
第 40 図 桜島 観測点配置図

（大隅）：大隅河川国道事務所設置、（国）：国土地理院設置

（京大）：京都大学防災研究所設置、（鹿）：鹿児島大学設置

（小さな白丸は気象庁、小さな黒丸は気象庁以外の観測点位置を示している。）

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。



第 41 図 桜島 昭和火口から放出された大きな噴石の落下地点
(2015 年 6 月～9 月 30 日)

爆発的噴火（計 397 例）について、遠望カメラ映像から噴石の落下地点を計測しプロットした（図中赤点）。同心円は昭和火口中心からの距離を示す。

昭和火口近傍に落下した噴石は計測せず、水平距離で概ね 800m 以上飛散したものを可能な限りプロットしている（1 回の爆発的噴火に対し複数の噴石の落下位置を算出）。

黄色の点は 2012 年 4 月～2015 年 5 月、赤色の点は 2015 年 6 月～2015 年 9 月 30 日の大きな噴石の落下地点を示す。緑色の領域は、早崎カメラ（大隅河川国道事務所設置）、海潟カメラ（大隅河川国道事務所設置）及び東郡元カメラのいずれかで噴石の落下が確認可能な範囲を示す。領域はカシミール 3D で算出した。噴石の計測は早崎赤外カメラ、海潟及び東郡元カメラで行った。

※地図の作成にあたっては、大隅河川国道事務所提供の数値地図（5 m メッシュ）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

SAR 干渉解析により、2015 年 8 月 15 日の地震活動活発化に伴い、昭和火口付近を中心とした地殻変動が検出された。また、強度画像解析により、2015 年 6 月から 7 月にかけて昭和火口内で変化が検出された。

1. 使用データ

干渉解析に使用したデータは表 1 のとおり。

表 1 干渉解析に使用したデータ（赤字は 8 月 15 日（地震活動活発化）を挟むペア）

Path Frame	軌道方向	照射方向	データ 1	データ 2	桜島島内の LOS 方向変動量	図番号
131-620	北行	右	2015. 07. 07	2015. 07. 21	－	図 2-ア
			2015. 07. 21	2015. 08. 18	約 7cm 短縮（北西側） 約 10cm 短縮（南東側）	図 1-ウ
125-660	北行	左	2015. 01. 04	2015. 08. 16	約 5cm 短縮（北西側） 約 17cm 短縮（南東側）	図 1-イ
30-2930	南行	左	2015. 07. 06	2015. 08. 17	約 7cm 短縮（北西側） 約 4cm 伸張（南東側）	図 1-ア
			2015. 08. 17	2015. 08. 31	－	図 3-ア
23-2980	南行	右	2015. 06. 01	2015. 08. 10	－	図 2-イ
			2015. 08. 10	2015. 08. 24	約 18cm 短縮（南東側）	図 1-エ
			2015. 08. 24	2015. 09. 07	－	図 3-イ

2. 解析結果

地震活動が急激に増加した 2015 年 8 月 15 日を挟む干渉ペアにおいて、昭和火口付近を中心とする地殻変動が検出された。MaGCAP-V（福井ほか、2010）による圧力源推定では、昭和火口直下約 1.6km（標高-700m）に開口量 2m（体積増加量 $1.6 \times 10^6 \text{m}^3$ ）のダイク状圧力源を仮定することで、概ね干渉縞が説明できることが分かった。

また、昭和火口及び南岳火口の強度画像を解析したところ、2015 年 6 月から 7 月にかけて、昭和火口内において明瞭な強度変化が確認できた。これは、継続する火山活動に伴い火口に蓋が生じたか、あるいは火口底の上昇などの要因により、該当箇所の強度変化が検出されたと考えられる。

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（通称火山 WG）に基づいて、宇宙航空開発機構（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 を使用した。

ここに記して御礼申し上げます。

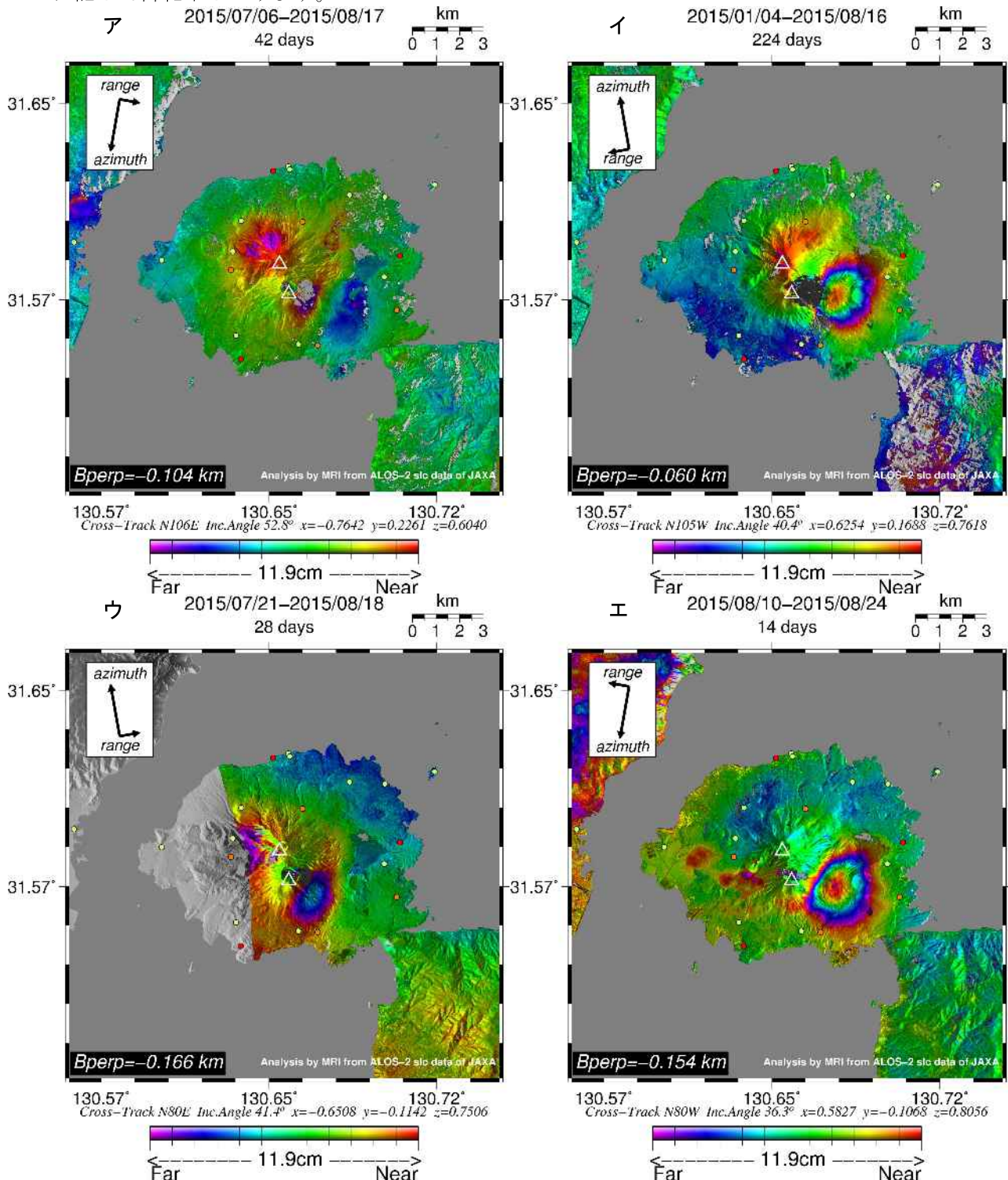


図 1 地震活動が活発化した 8 月 15 日を挟むペアにおける干渉解析結果（気象ノイズ未補正）

図中の丸印は GNSS 観測点（橙：気象庁、赤：国土地理院、黄：京都大学防災研究所）を示す。いずれも気象庁 GNSS 観測点の「瀬戸」を無変動と仮定して描画した。いずれの結果からも昭和火口付近において、火山活動に伴うと考えられる明瞭な位相変化が確認できる。

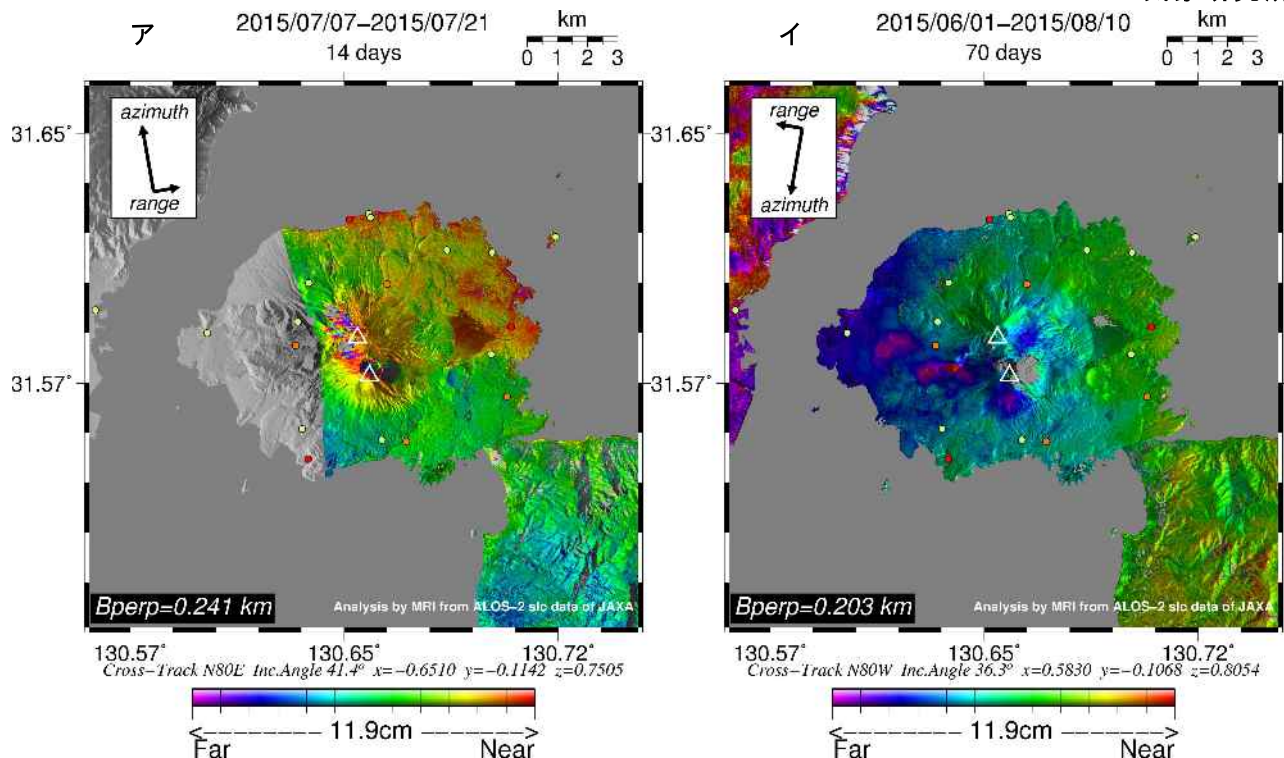


図 2 地震活動が活発化した 8 月 15 日以前のペアにおける干渉解析結果（気象ノイズ未補正）
凡例は図 1 に同じ。ノイズレベルを超えるような位相変化は確認できない。

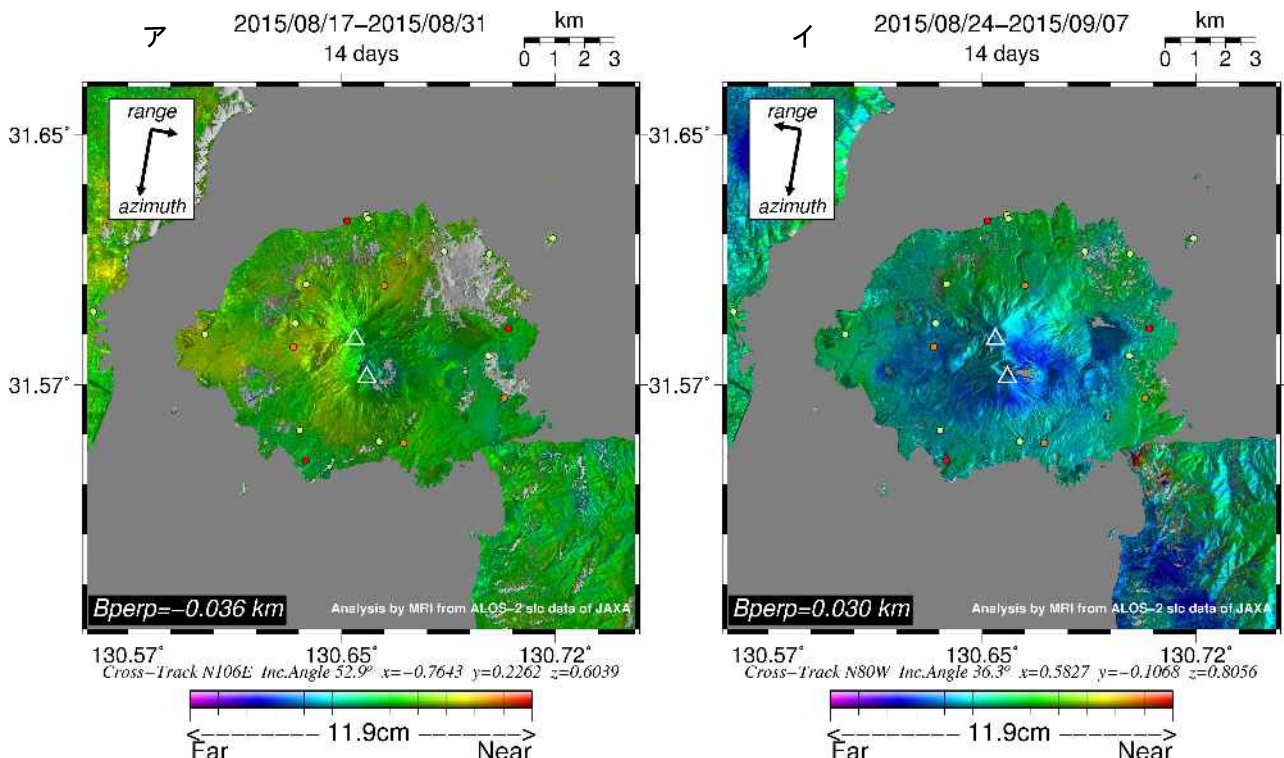


図 3 地震活動が活発化した 8 月 15 日以後のペアにおける干渉解析結果（気象ノイズ未補正）
凡例は図 1 に同じ。ノイズレベルを超えるような位相変化は確認できない。



図4 path131-620 (西南西上空から撮像) による昭和火口付近の SAR 強度画像変化

昭和火口内における反射強度について、2015 年 4 月 14 日 (図ウ) までの強度画像では確認出来なかった反射強度の強い箇所が、7 月 7 日 (図エ) 以降の強度画像で確認できる。

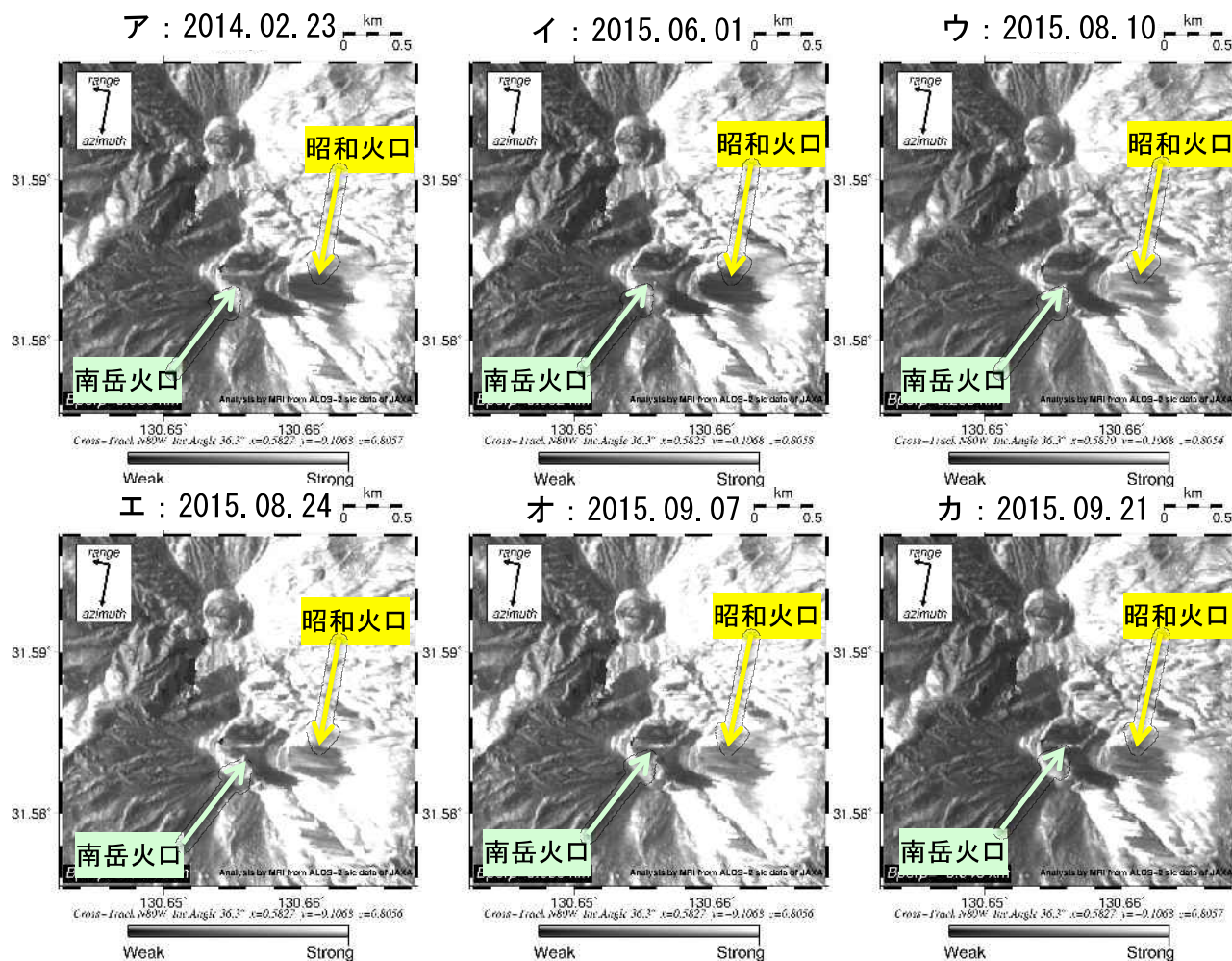


図5 path23-2980（東南東上空から撮像）による昭和火口付近の SAR 強度画像変化

昭和火口内における反射強度について、2015 年 6 月 1 日（図イ）以前と 8 月 10 日（図ウ）以降で反射強度が異なることが確認出来る。また、9 月 7 日（図オ）以降では、6 月 1 日以前ほどではないが、反射強度が弱くなっているように見える。

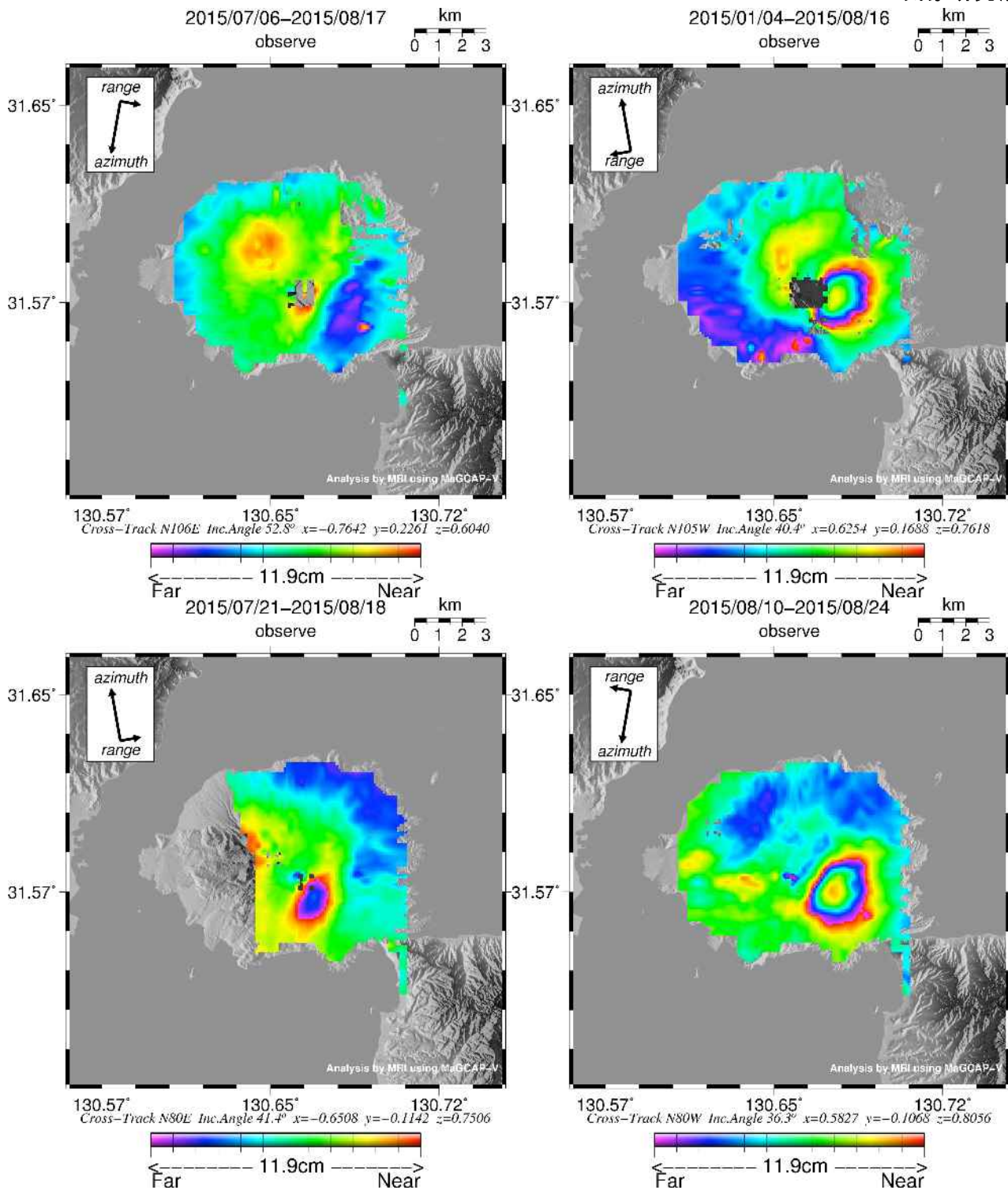


図 6 干渉解析結果（図 1）をリサンプリングした結果。

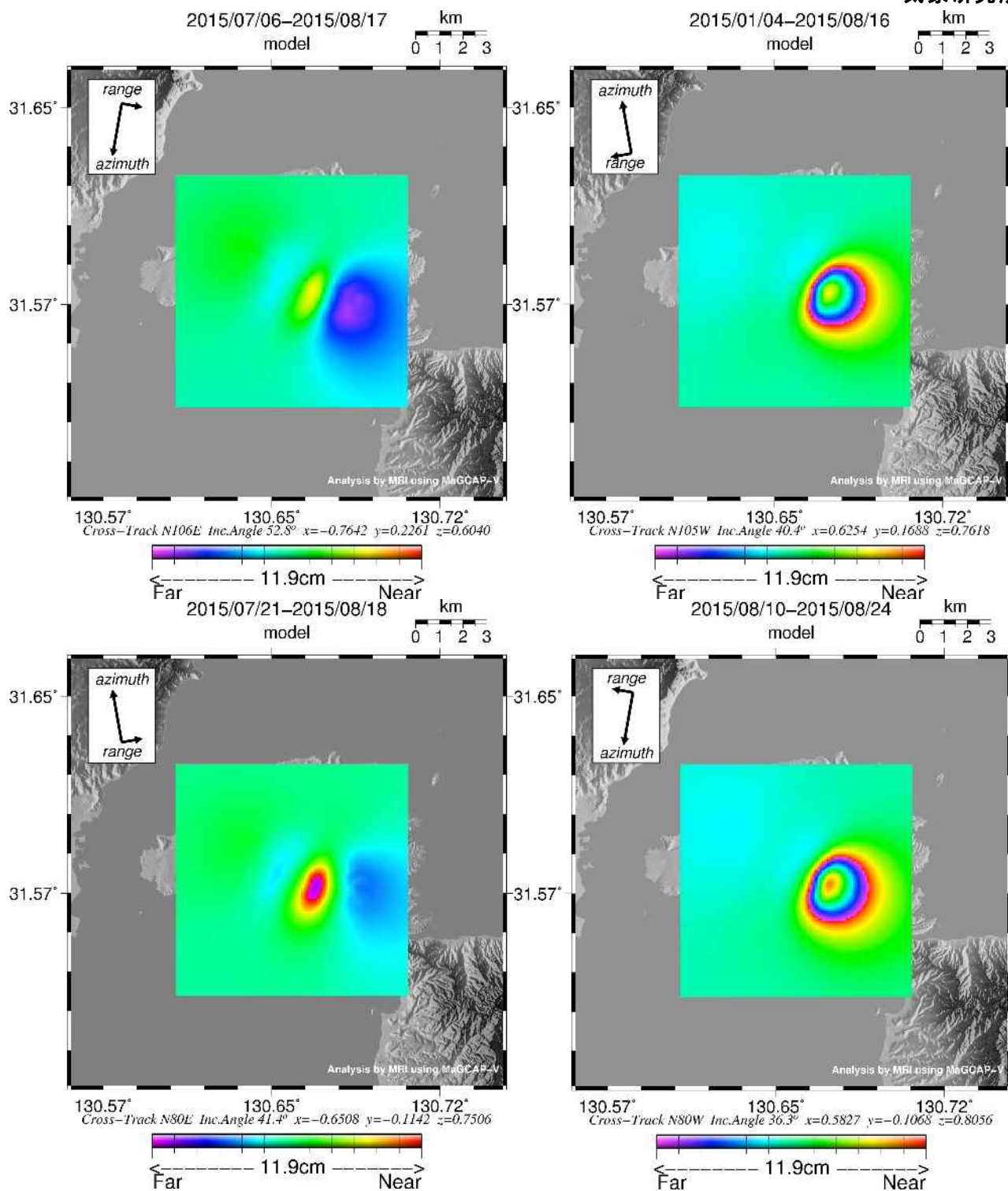


図 7 MaGCAP-V (福井ほか, 2010) によるフォワード計算結果。

図中の丸印は GNSS 観測点 (

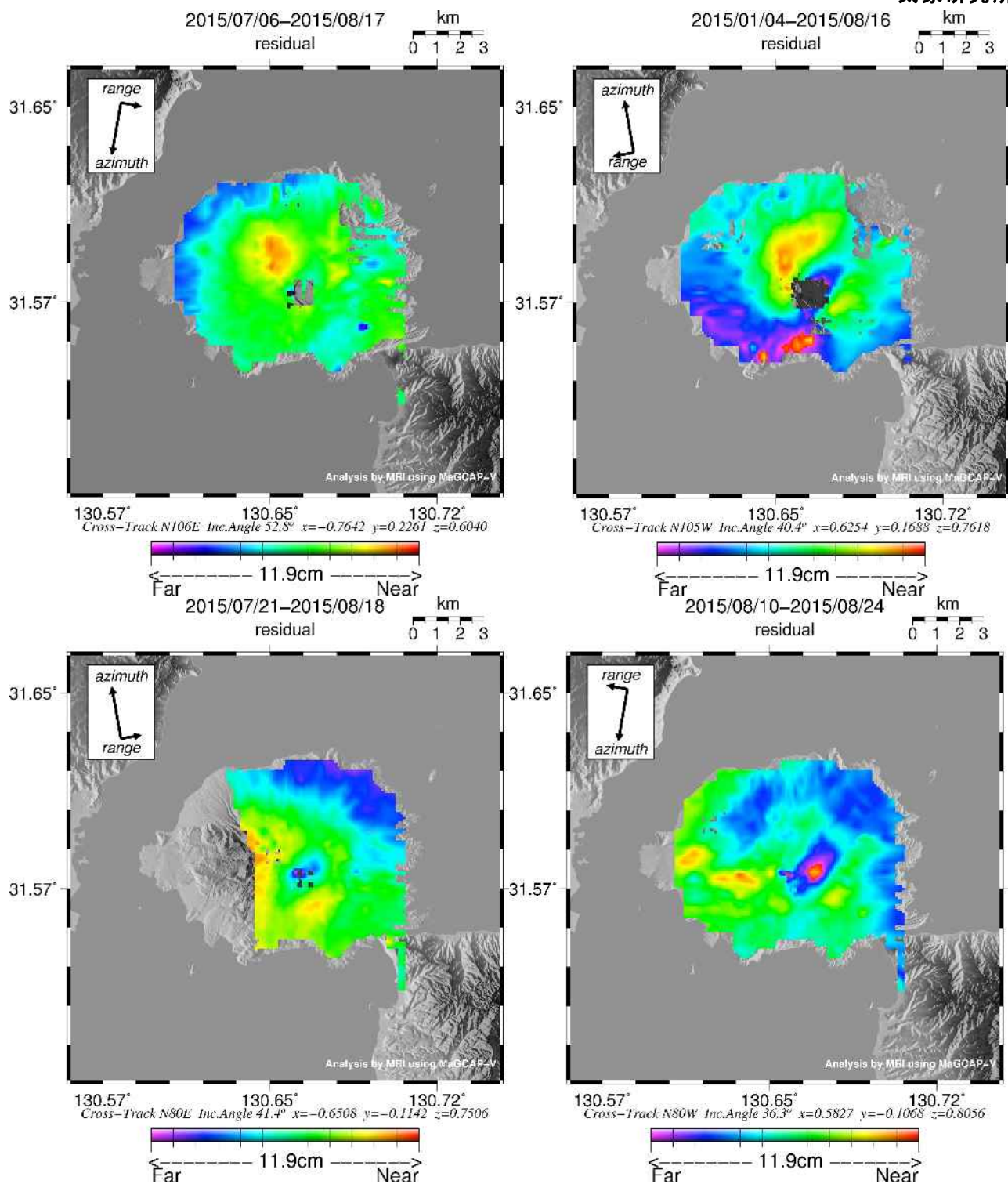


図 8 図 6 と図 7 の残差結果。

昭和火口付近の干渉縞は概ねうまく説明できているが、山頂北西側の干渉縞など一部説明できない部分もある。

表 2 推定されたパラメータ（位置の基準はダイク中心）

経度	緯度	標高	長さ	幅	走向	傾斜	開口量	体積変化量
130.660°	31.578°	-700m	1300m	600m	35°	60°	2m	$1.56 \times 10^6 \text{m}^3$

桜島における GPS 観測（無人ヘリコプターによる投入）

地震研究所では、桜島山頂付近に無人ヘリコプターで GPS 観測機材を投入し、観測を行っている。消費電力の都合上 1 日の駆動時間は 7-8 時間である。得られたデータは GIPSY-OASIS II を用いて解析を行い、各観測点の 1 日ごとの座標を求めた。各日の座標の繰り返し誤差は水平成分で 1-2 cm, 鉛直成分が 2-3 cm であった。この値は、ピラーを立てるなどして土台を固定し 24 時間観測を行う場合の繰り返し誤差よりも悪いが、変動が大きいと思われる火口近傍での変動を計測するには十分な精度であると考えられる。2015 年 8 月のダイク貫入イベントにともない A1-G 観測点は北に約 2 cm, 西に約 1-2 cm 変位したようであるが、この大きさはノイズレベルに近く、はっきりとはしない。この変位量は InSAR によって求められた変位量と概ね調和的である。

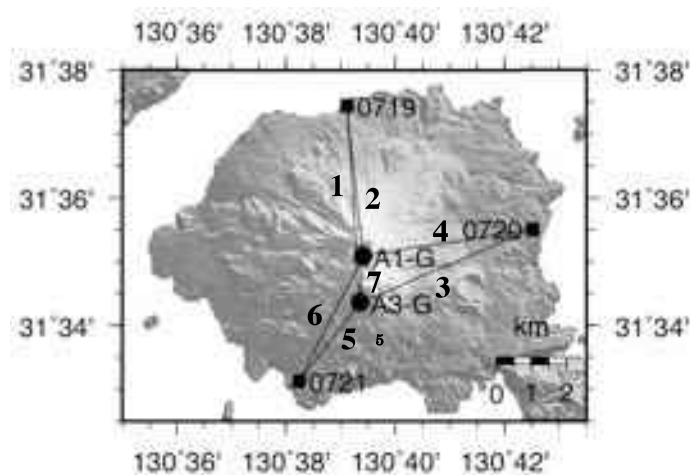


図 1 : GPS 観測点の分布。丸印は無人ヘリにより投入した観測点、四角印は国土地理院の観測点を示す。図中の番号は、図 4 に示す基線長を表す。

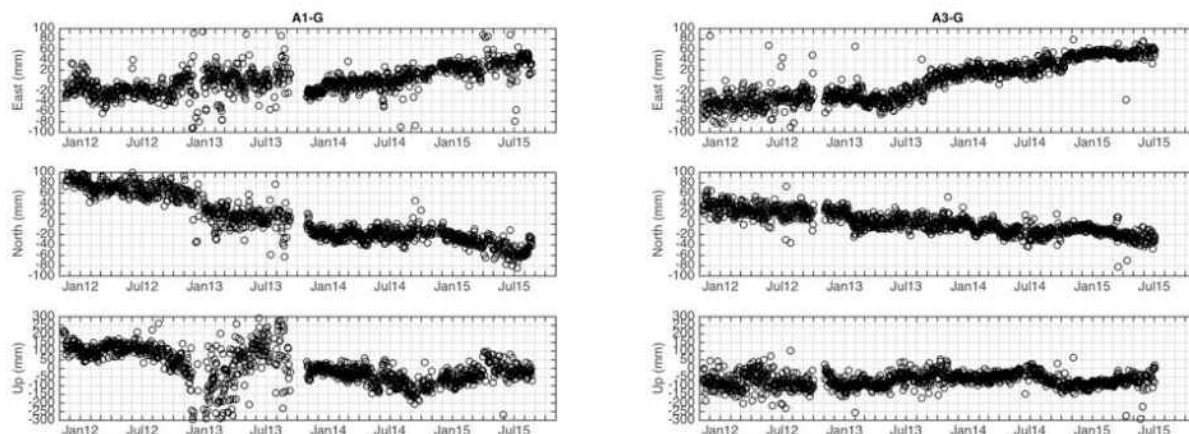
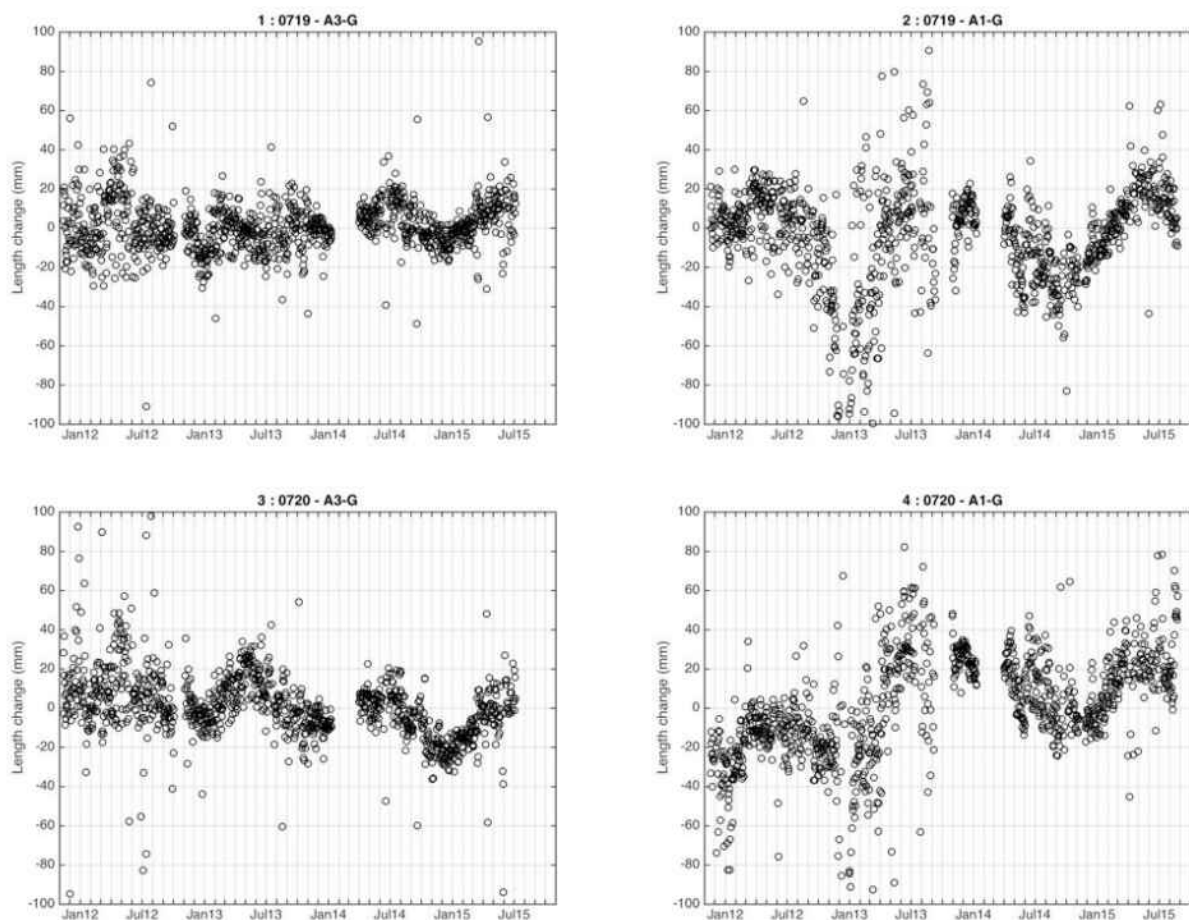


図 2 : 各 GPS 観測点の座標の時系列. 各座標は ITRF2008 を基準としている. A1-G の時系列中 2011 年 11 月下旬に見られるオフセット, 2012 年 11 月・2013 年 11 月の両点の観測システム交換にともなうオフセットは補正してある. 2015 年 8 月のダイク貫入イベントにともない A1-G 観測点は北に約 2 cm, 西に約 1-2 cm 変位したようであるが, この大きさはノイズレベルに近く, はっきりとはしない. この変位量は InSAR によって求められた変位量と概ね調和的である.



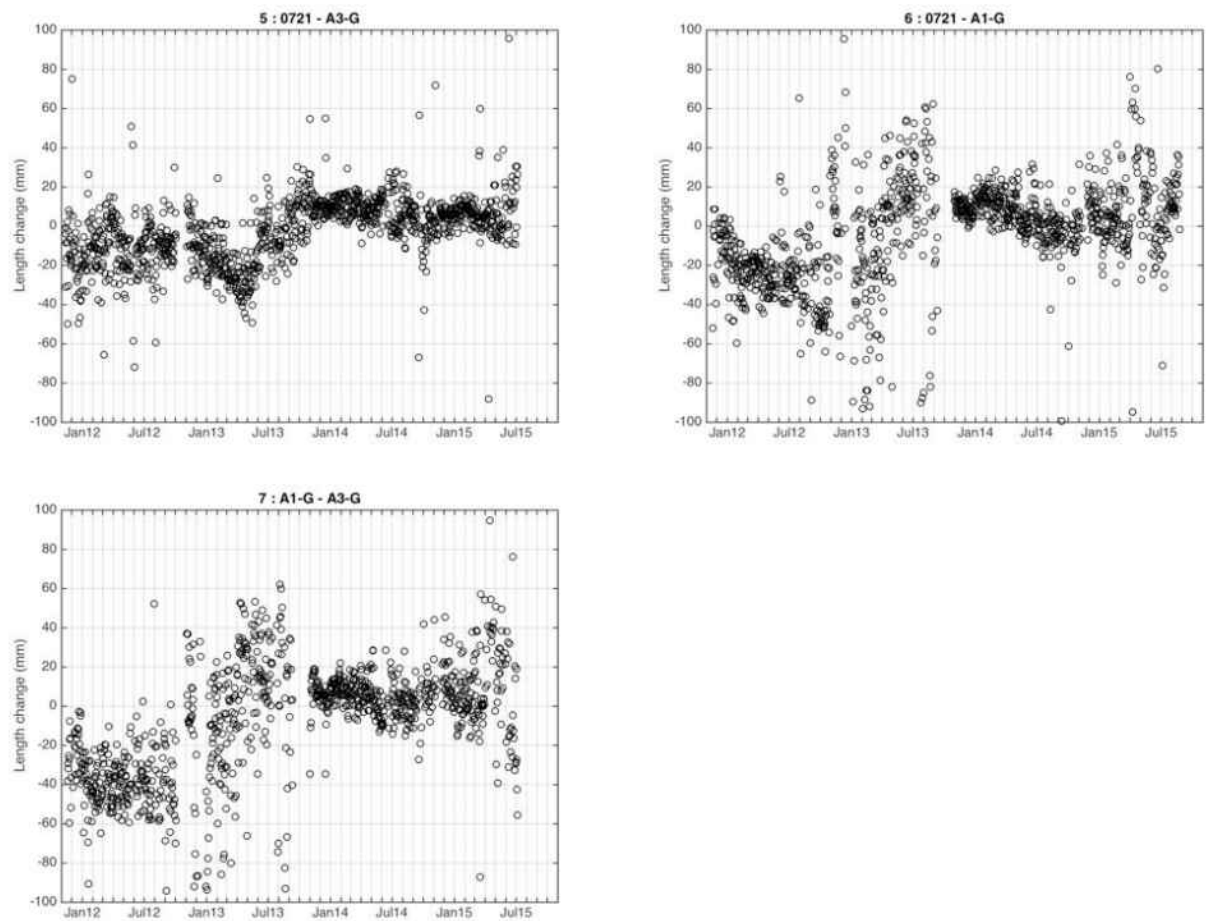


図 3 : 主な観測点間の基線長変化. A1-G 観測点のオフセット及び 2012 年 11 月の観測システム交換にともなうオフセットは補正してある.

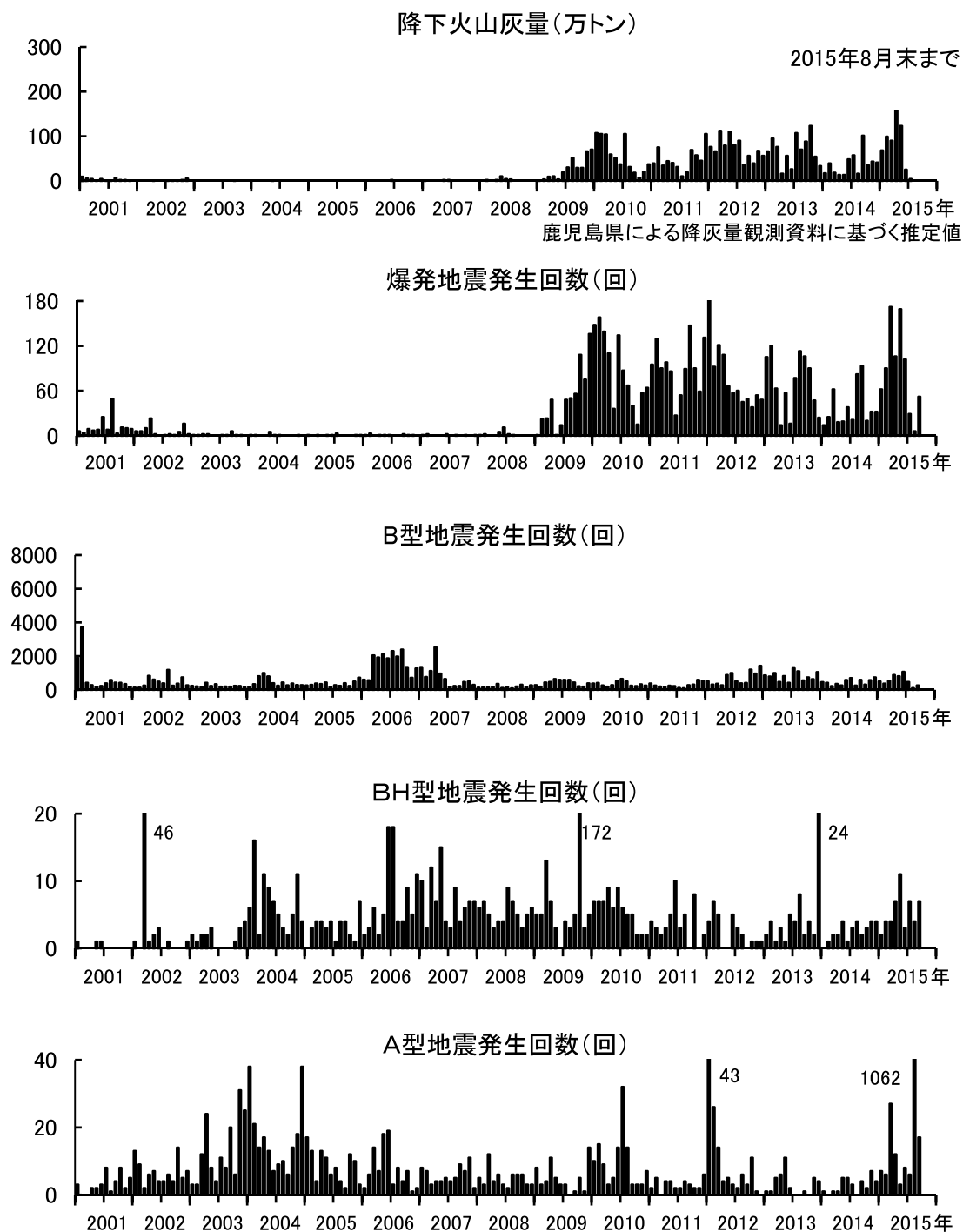
	緯度 (度)	経度 (度)	標高 (m)
A1-G	31.58482	130.65687	1058
A3-G	31.57268	130.65598	740

表 1 : GPS 観測点の座標.

	設置	撤収	備考
A1-G	2011 年 11 月 7 日	観測中	2011 年 11 月中旬に座標のオフセット 2015 年 9 月 5 日より通信不良
A3-G	2011 年 11 月 12 日	観測中	2015 年 7 月 6 日より通信不良

表 2 : 各 GPS 観測点の観測期間.

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
(2015年9月30日まで)

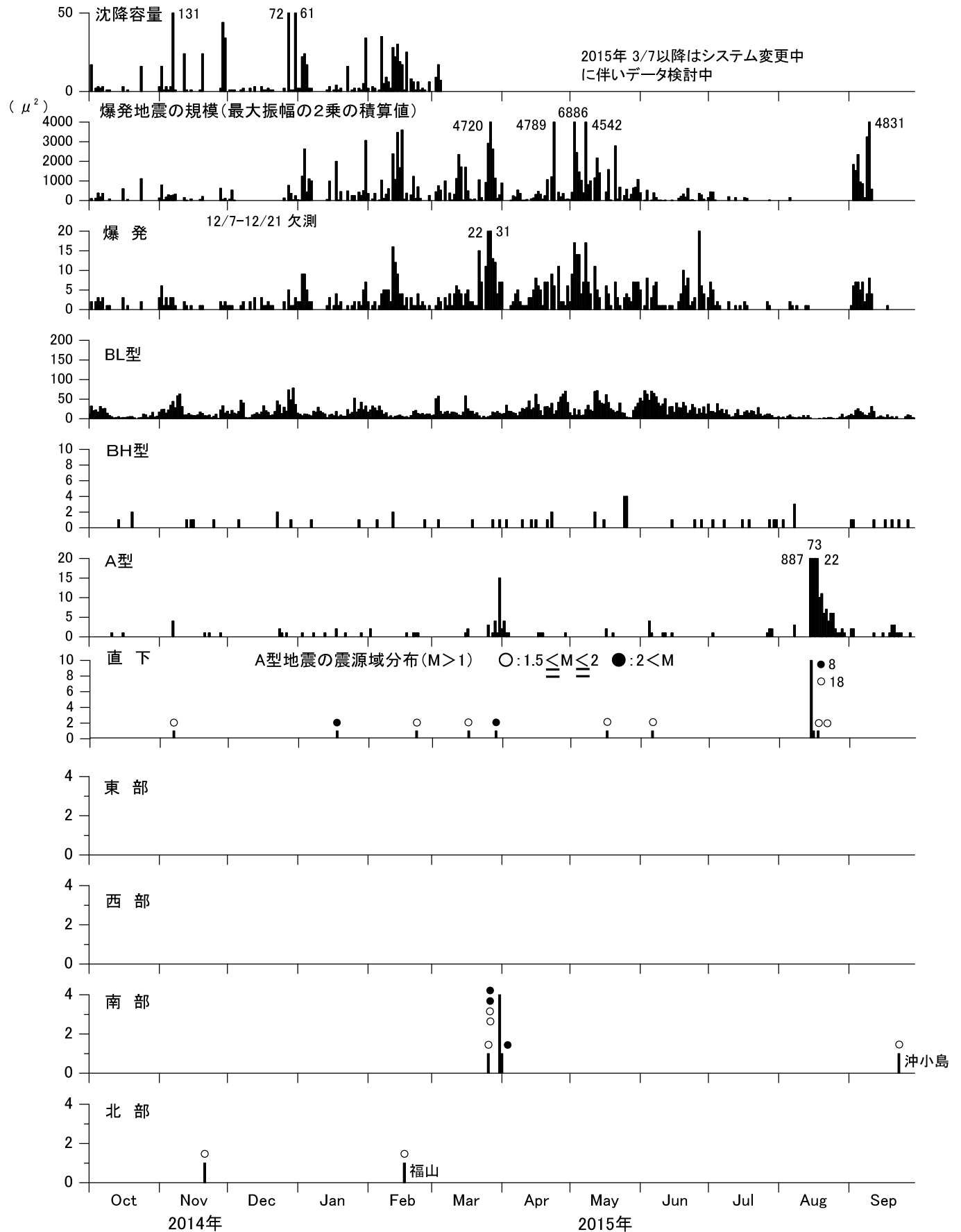
桜島

第133回火山噴火予知連絡会

京大防災研究所

桜島の最近の噴火活動・地震活動の推移

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



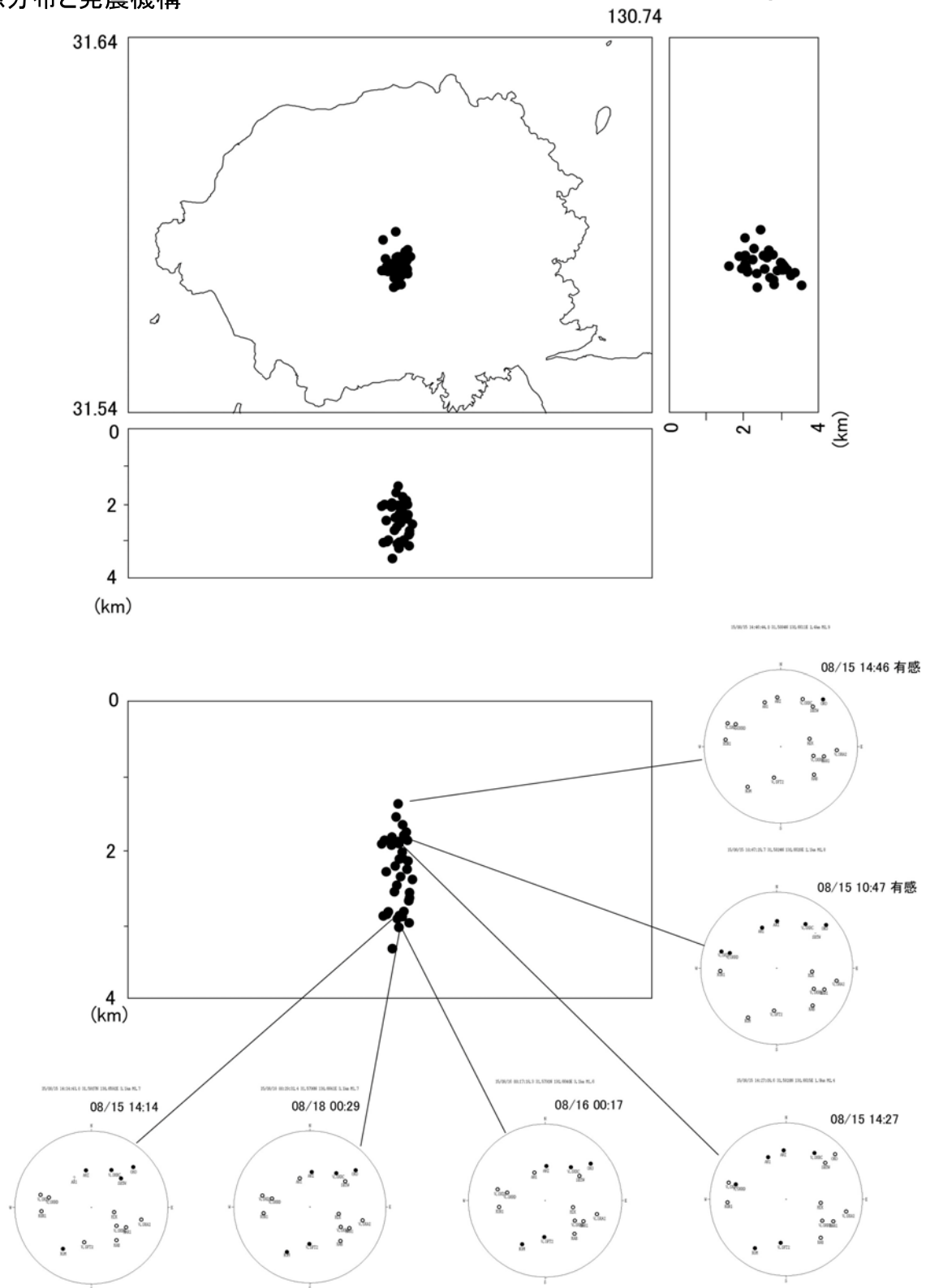
火山性地震の日別発生回数(2015.9.30まで)

桜島

第 133 回火山噴火予知連絡会

震源分布と発震機構

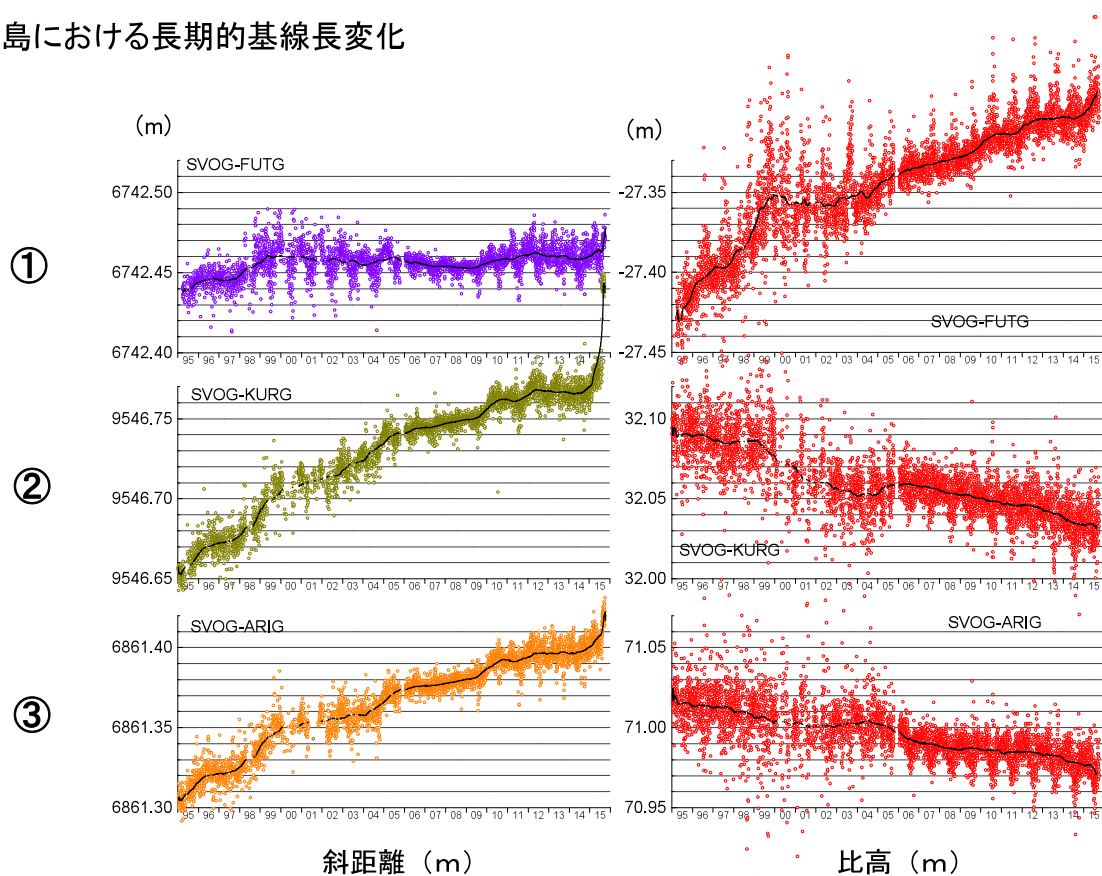
京大防災研究所



A 型地震の震源分布(2015 年 8 月 15 日～8 月 18 日)と地震の P 波初動の押し引き分布

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 1/2(2015 年 9 月 30 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)

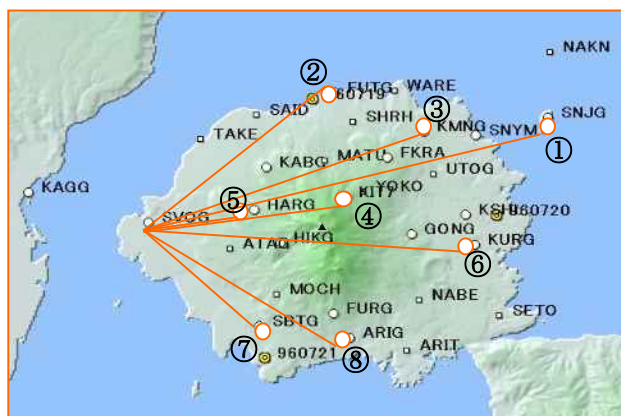
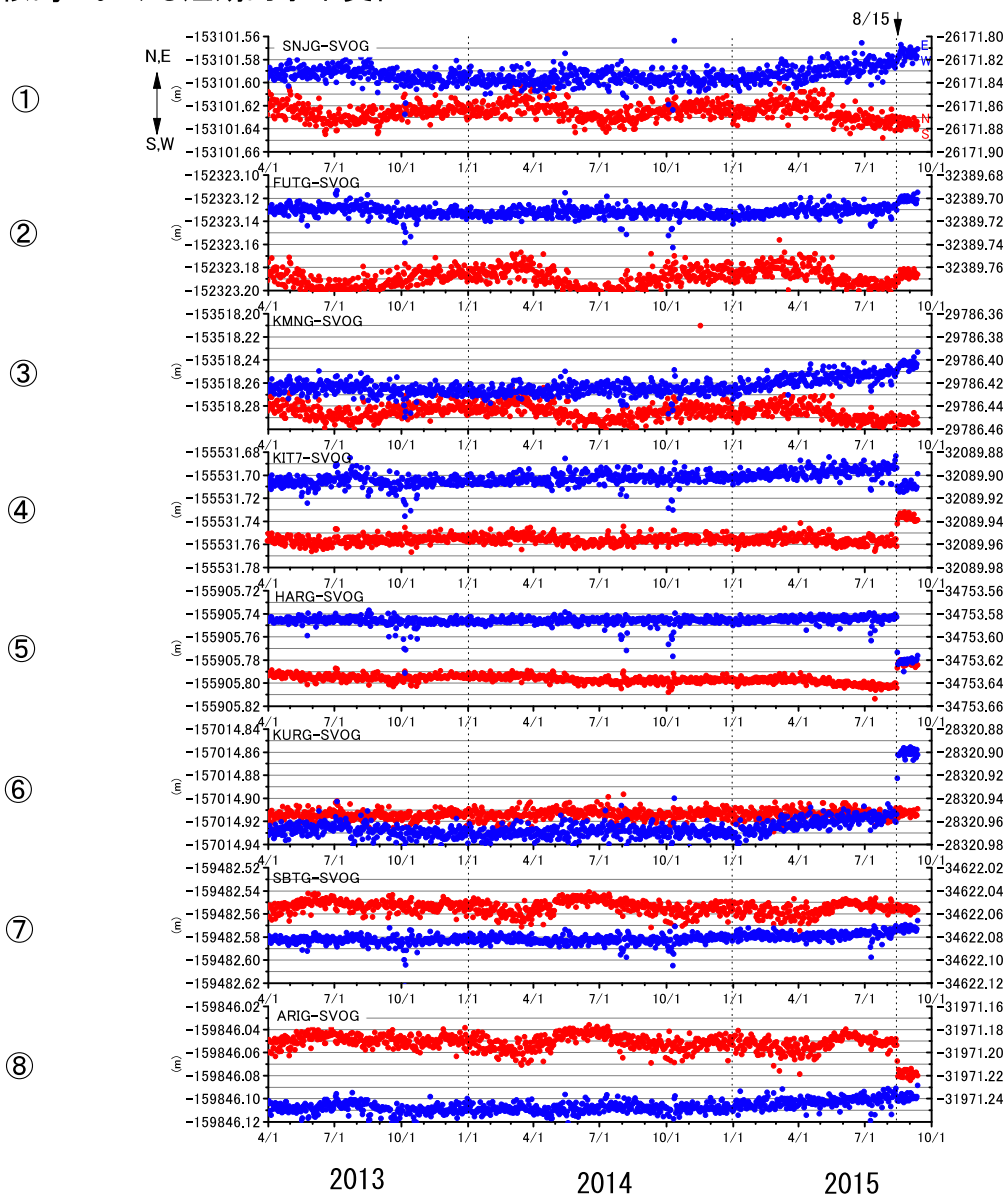
桜 島

第 133 回火山噴火予知連絡会

桜島における短期的水平変位

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 2/2(2015 年 9 月 30 日まで)

桜 島

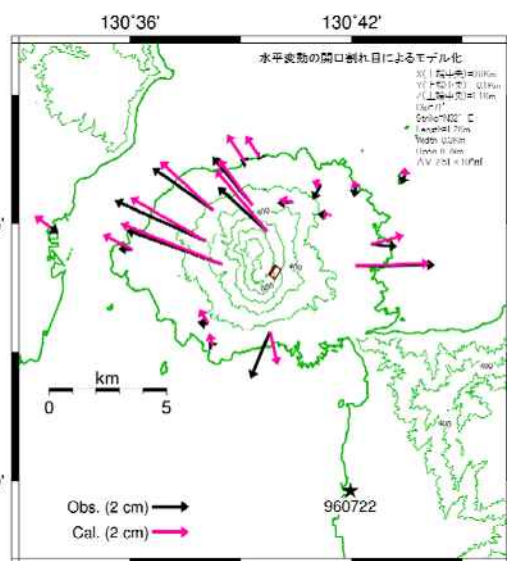
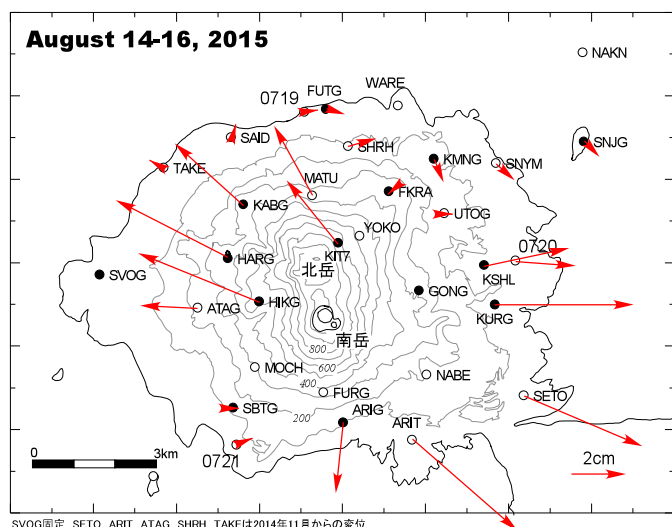
第 133 回火山噴火予知連絡会

2015 年 8 月 15 日前後の水平変動

京大防災研究所

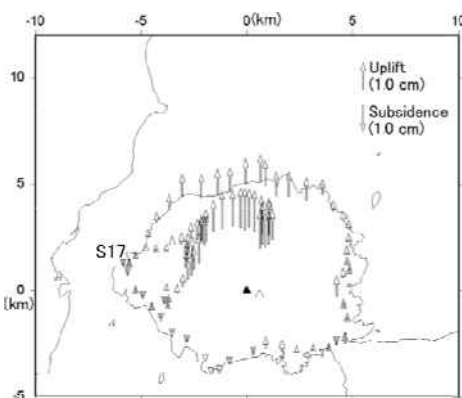
東北大理学研究科

鹿児島大理工学研究科



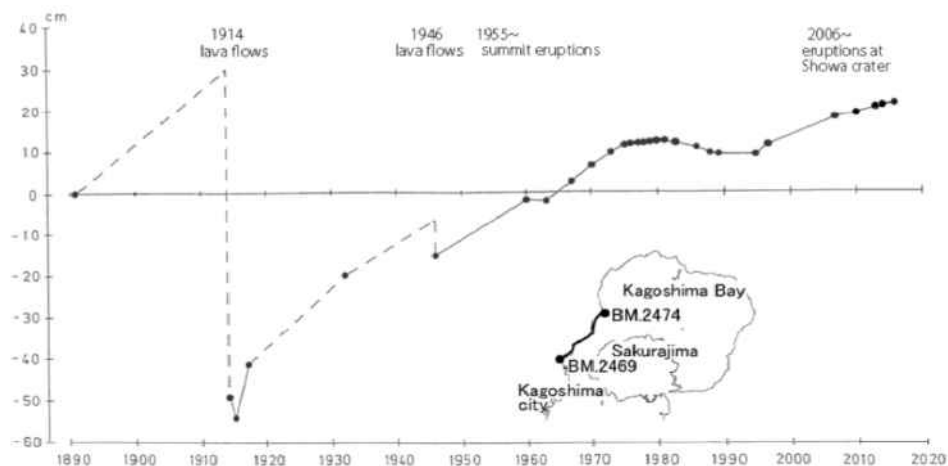
GPS 水平変動

水準測量



(最新データ：2015年8月・9月)

桜島内の地盤上下変動 (2014年11月～2015年8月・9月) S17基準点、▲は南岳、△は昭和火口

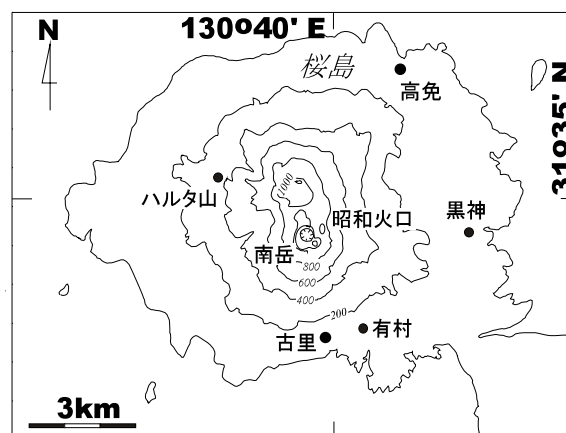
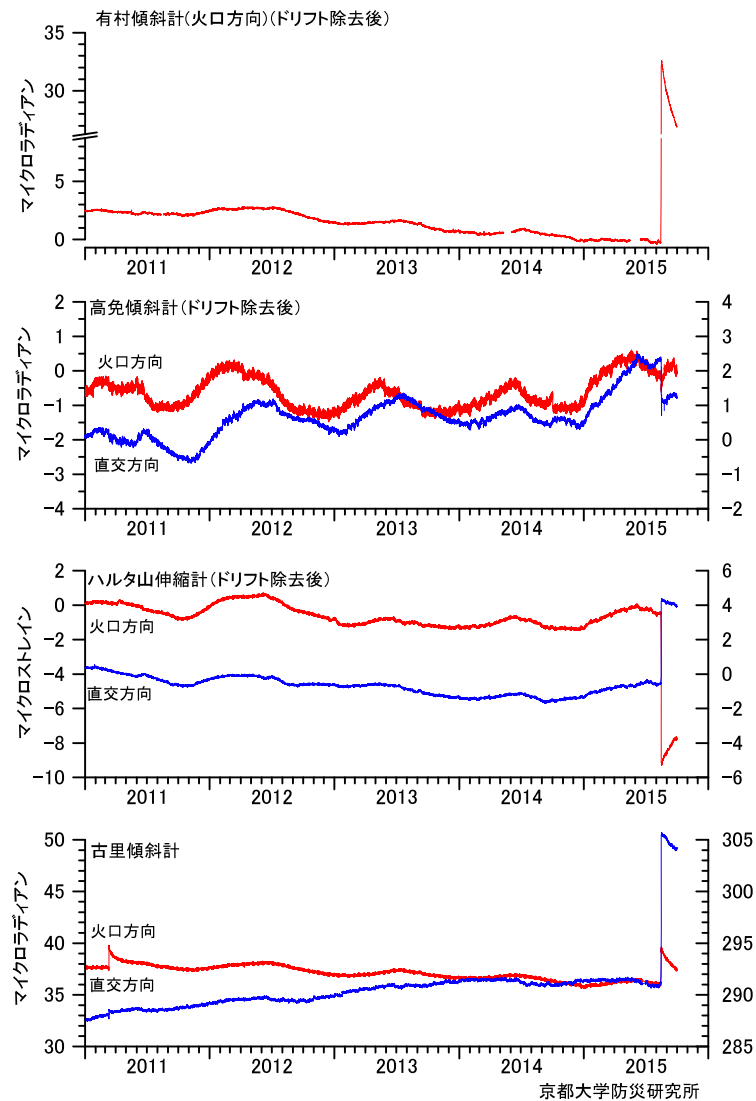


BM. 2469を基準としたBM. 2474の比高の経年変化

(最新データ：2015年8月)

最新測量:2015 年 8 月 16 日ー9 月 24 日

桜 島

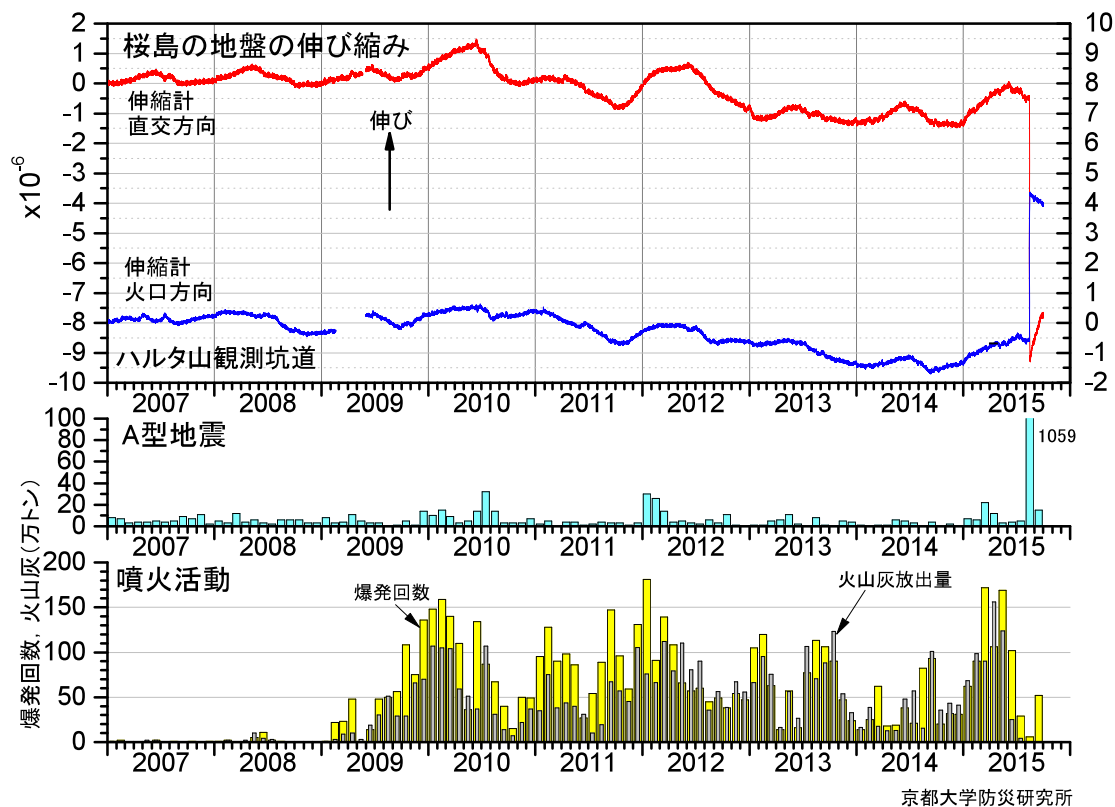


傾斜およびひずみ変化 (2015 年 9 月 30 日まで)

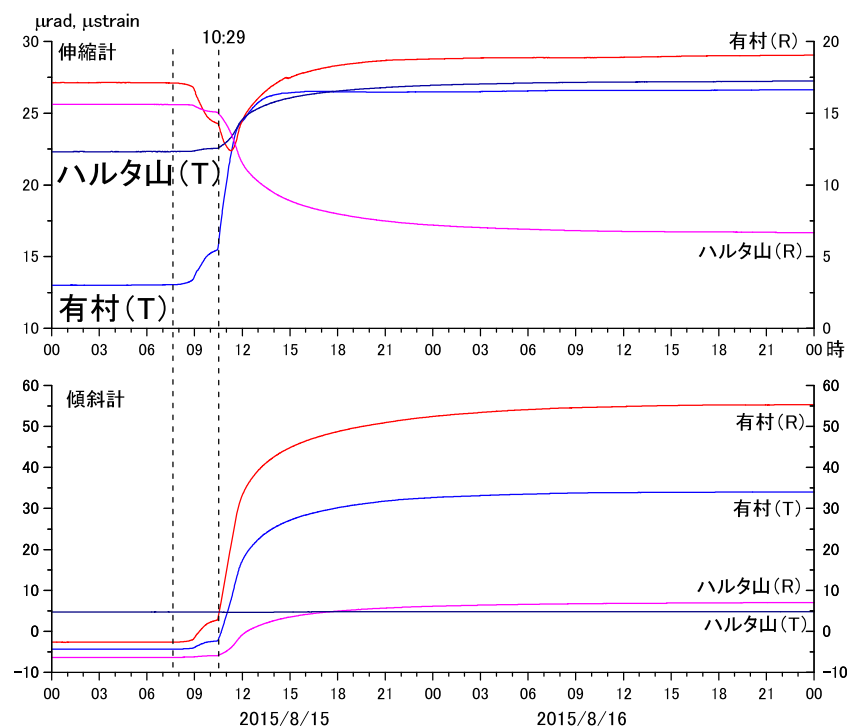
2015 年 1 月から北岳方向の隆起

桜島

桜島における地盤変動



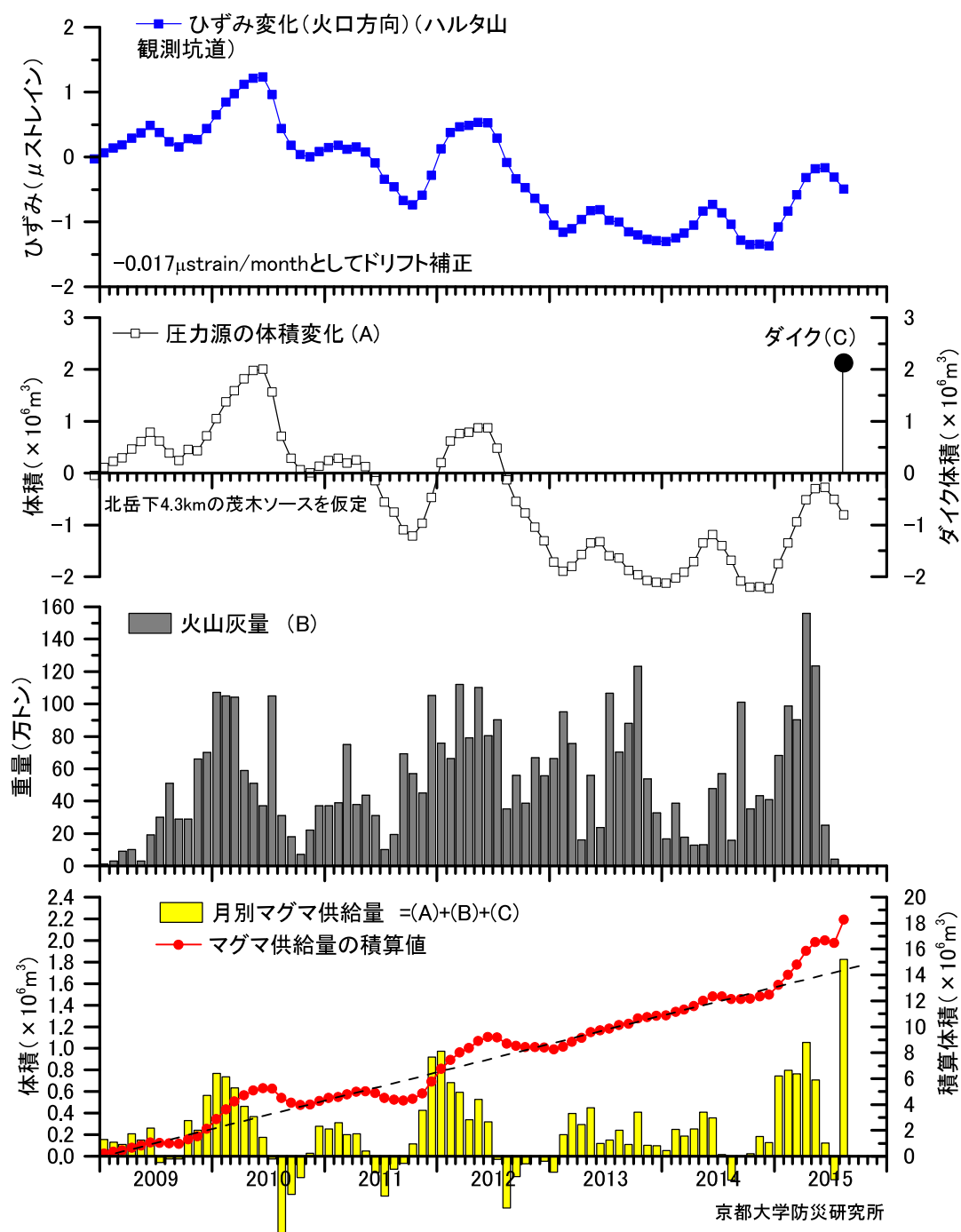
2006 年以降の昭和火口活動再開後の桜島の活動推移



8 月 15 日、16 日の有村及びハルタ山観測坑道における傾斜及びひずみ変化

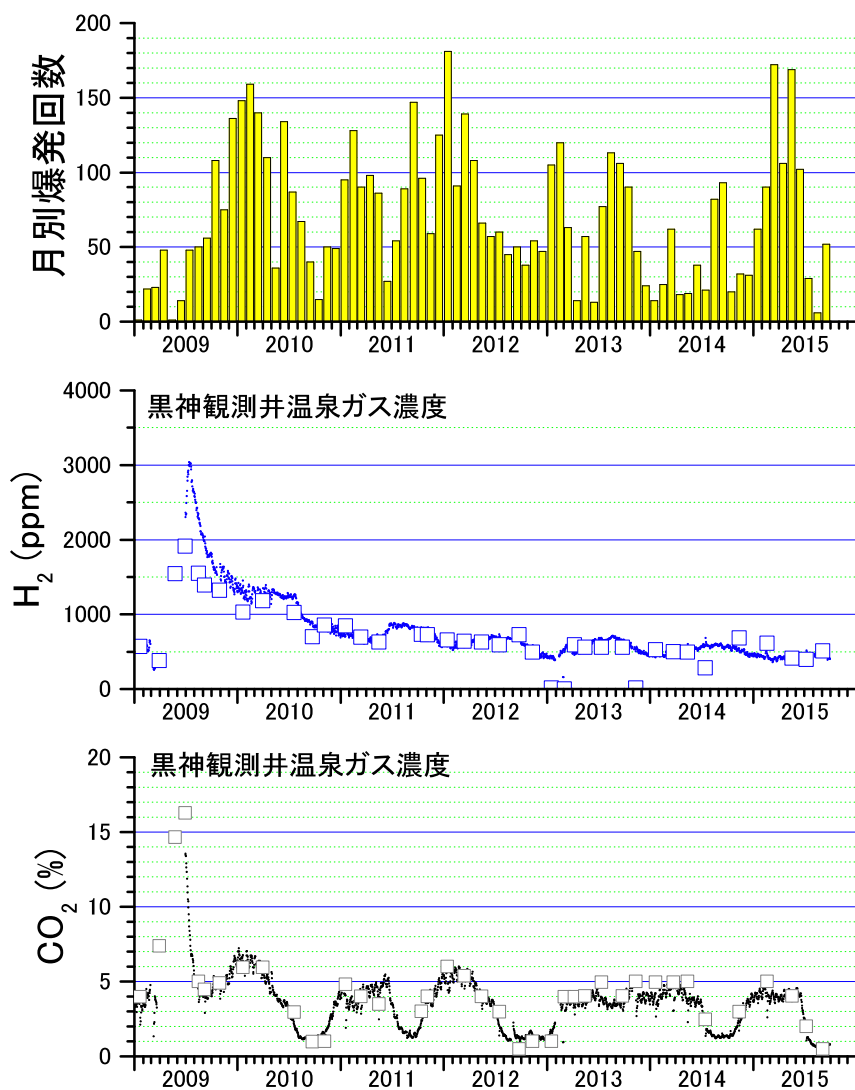
桜 島

北岳下へのマグマ供給量の見積もり



北岳下へのマグマ供給量の見積もり

桜 島

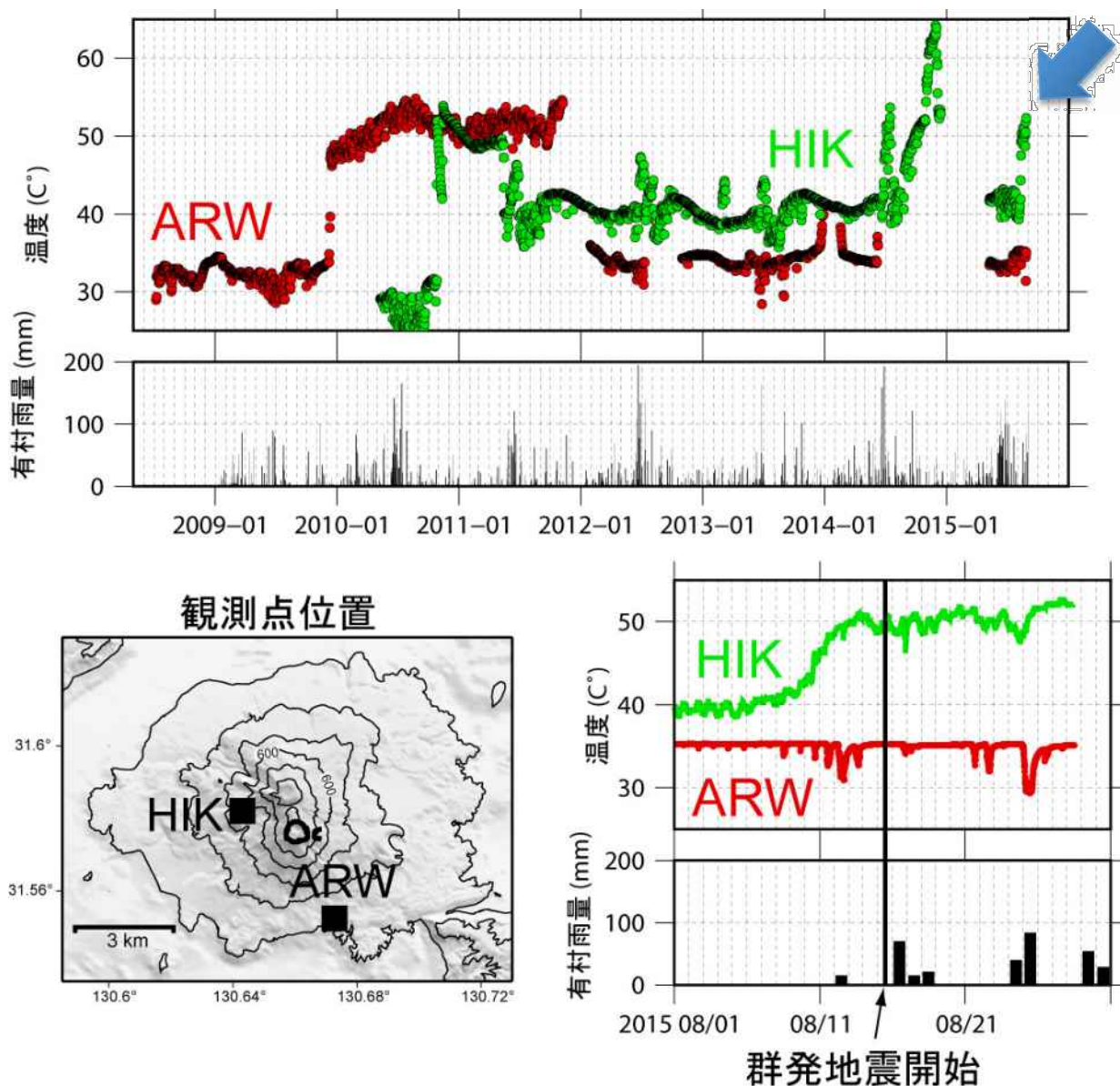


黒 神 温 泉 ガ ス

桜島・引ノ平の噴気温度変化

桜島では引ノ平や有村地区で水蒸気の噴気が定常的に見られており、白金抵抗温度センサーを用いて、その温度を測定している。

2015年8月15日の群発地震活動の5日ほど前から引ノ平(HIK)の噴気温度が10℃程度上昇した。しかし、同程度の温度上昇はこれまでも何度かみられたことがあるため、それぞれの変動原因について丁寧に検討する必要がある。



* 国土交通省有村川雨量を下段に示した。

桜島火山2015年1月～6月までの昭和火口噴出物の物質科学的検討

要旨:

桜島では、2015年1月より活動が再び活発化し、2006年以降の活動で最大級の爆発的噴火が繰り返し起きるようになった。また、2015年8月には火山性地震の急増や急激な地殻変動が起き、大規模噴火が懸念された。これらの現象から、2015年1月以降の桜島では何らかの大きな変化があった可能性が考えられる。今回、2015年1月～6月の噴出物を物質科学的に検討した。その結果、2015年1月以降においても、これまでの昭和火口の活動と同じマグマシステムが活動しているが、噴出マグマ中の玄武岩質マグマの影響が増大しており、新たに玄武岩質マグマが関与した結果、活動が活発化したことが明らかになった。

検討事項:

2015年1月23日・3月14日・3月17日・4月9日・5月21日・6月4日の噴火で放出された降下火山レキを対象とした。これらの試料は京大桜島観測所が黒神・有村・藤野・古河良および鹿馬野周辺で採取した試料である。肉眼観察および鏡下観察において新鮮なマグマ物質を選定し、全岩化学組成・石基ガラス組成を求め、これまでの噴出物と比較した。

噴出物の特徴:

これらの噴出物は、緻密岩片・スコリア・軽石、そして少量の強変質岩片からなる。いずれの噴出物も緻密岩片が大半を占めており、少量のスコリアも認められる。また、噴煙高度3000m超の噴火であった1月23日および3月17日の噴出物には、新鮮な軽石も認められる(写真1)。



写真1. 噴出物の写真(メモリは1mm)。噴火規模が大きかった1月23日および3月17日噴出物中には軽石が認められる。

岩石学的特徴からみた2015年1月～6月の爆発的噴火活動:

2015年1月～6月噴火の火山レキは、斑晶鉱物として、斜長石・斜方輝石・単斜輝石・磁鉄鉱を含み、一部の試料には少量のかんらん石が認められる(写真2)。かんらん石は反応縁がないものが大半を占めており、コア組成はMgに富んでいる(Fo_{80-81})。また、6月4日のスコリアの一部に縞状構造が認められた(写真2)。全岩化学組成は $SiO_2=58.3-59.0wt. \%$ で、2006年以降の昭和火口噴出物の組成トレンドと良い一致を示すことから(図1)、現在も2006年から続くマグマシステムが活動しており、高Foかんらん石で特徴づけられる玄武岩質マグマの注入が起きていると考えられる。20世紀以降全体でみると、2015年1月～6月噴火の火山レキは、大正噴火や1970年代の南岳山頂火口の活動と同程度の顕著な SiO_2 量の低下が認められ、玄武岩質マグマの影響が増大していると考えられる(図1)。また、新鮮なマグマ物質(本質物Aタイプ)の石基ガラス組成においても、これら火山レキは SiO_2 量が明瞭に低下しており、噴出マグマ中の玄武岩質マグマの割合は大きいといえる(図2)。したがって、2015年1月～6月の活動では、玄武岩質マグマが新たに関与しており、その結果活動が活発化したと判断される。

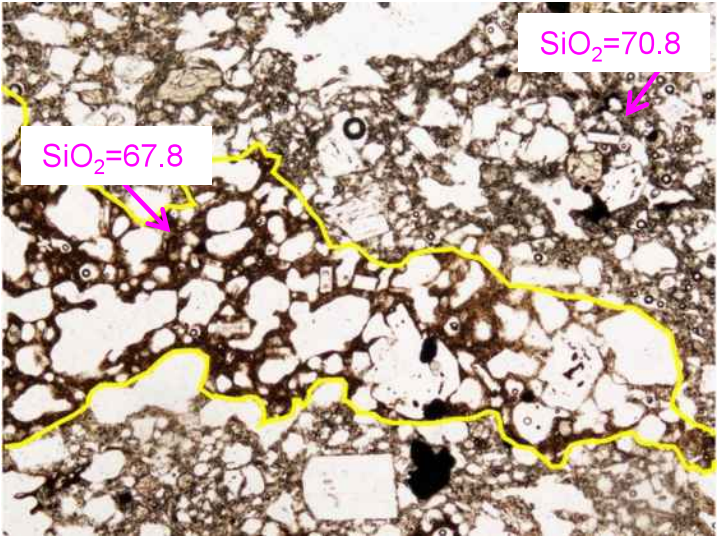


写真2. 2015年1月～5月の噴出物の顕微鏡写真。(a)4月9日噴出物(横軸約1.8mm)。かんらん石斑晶に反応縁は殆どなく、Mgに富んだコア組成を示す(矢印)。(b)6月4日噴出物(横軸約4.2mm)。数字は石基ガラス組成(平均値)。スコリアと軽石の縞状構造が認められる。

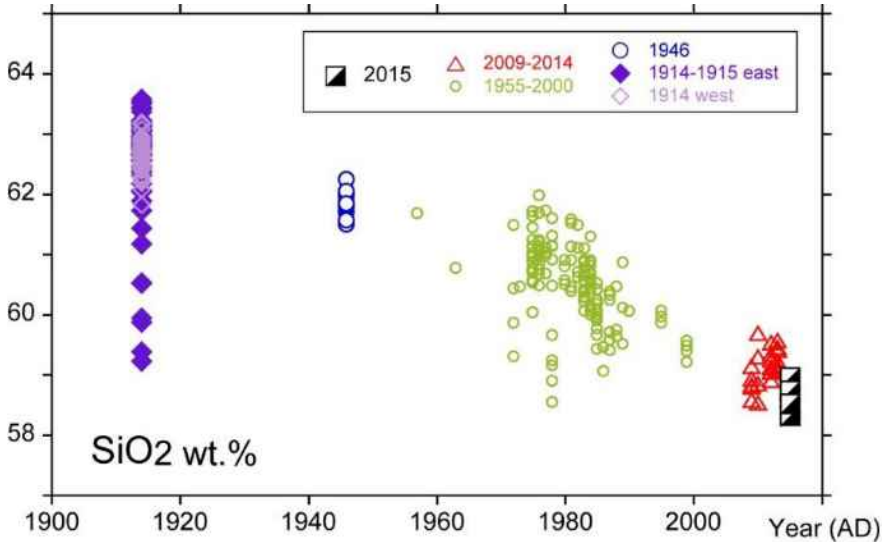
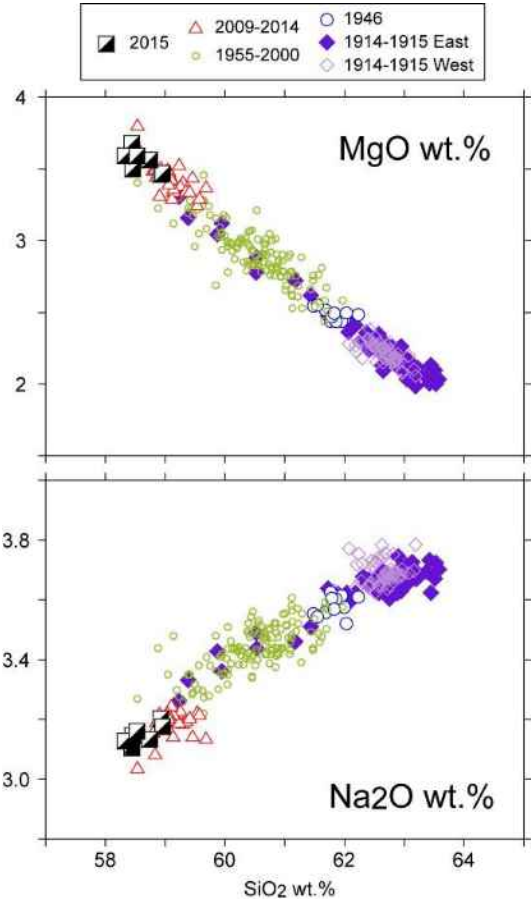
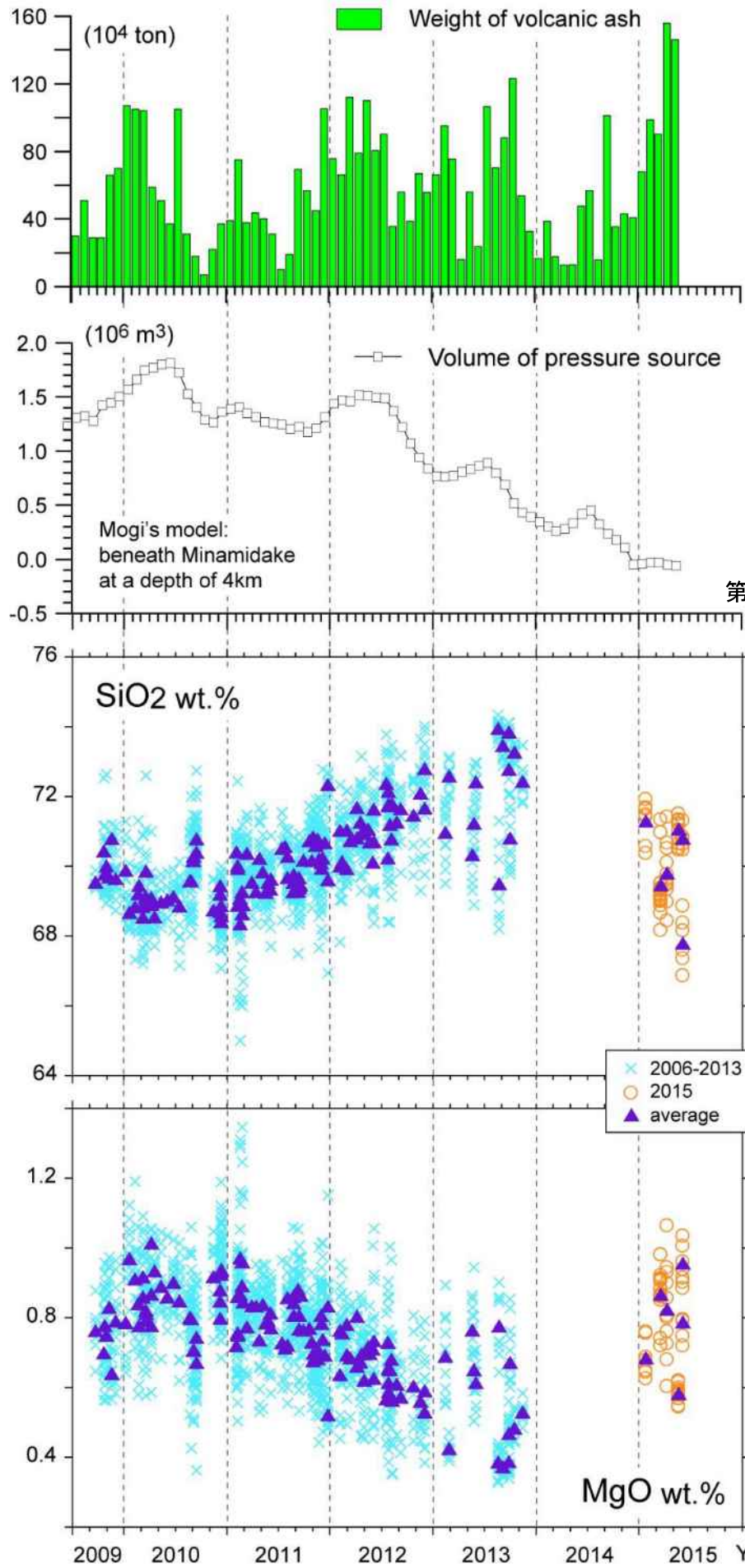


図1. 昭和火口噴出物(火山レキ)の全岩化学組成ハーカー図(左)および SiO_2 量時間変化図(上)。2015年1月～6月噴出物は1955年以降最も苦鉄質な組成を示す。また、2009年から2014年にかけてシリカに富む傾向が見られたが、2015年では明瞭にシリカに乏しくなっていることから、新たな玄武岩質マグマの関与があったと考えられる。



第132回予知連資料より

玄武岩質マグマの影響
↑ 小
↓ 大
大
↑ 玄武岩質マグマの影響
↓ 小

図2. 昭和火口噴出物(本質物Aタイプ火山レキ)の石基ガラス組成(SiO_2 および MgO)の時間変化図。2010年以降、全体的に高Si・低Mgの傾向が続いていたが、2015年1月～6月噴火の火山レキは顕著な低Si・高Mgを示し、新たな玄武岩質マグマの関与があったと考えられる。

地震計アレイによる 8/15 マグマ貫入イベントの観測

防災科学技術研究所は、桜島の 2 か所（北岳北側・黒神）にて、それぞれ 1Hz 上下動地震計 9 ヶ所・気圧計 1 ヶ所によるアレイ観測点を設置し、2015 年 3 月末よりオフラインによるデータ収集を行っている。2015 年 8 月 15 日のマグマ貫入に伴う地震波形の再生を行った。

観測された波形の特徴

- 活動が顕著になった 8/15 7 時台の地震活動は北岳北側アレイでの P 波到達が黒神アレイよりも 0.2 秒程度早い。6 時台は北岳北側で顕著だが黒神アレイではきわめて小さい。
- おおよその震源方向は南岳～中岳の東方
- 北岳北側アレイは全点でコヒーレントな波形となっているのに対し、黒神アレイは鍋山東側 (SKE2-4) とそれ以外 (SKE5-9) の観測点で波形が異なる (SKE1 欠測)
- 8/15 7 時台と 12 時台の波形を比較すると後者では低周波が卓越している
- 初動付近は低周波成分が卓越する。その後高周波成分が冗長するイベント、あるいは冗長しないイベントがある。

今後詳細な解析を実施予定である。



図 1 桜島に設置した地震計アレイの位置（国土地理院 電子国土 Web を利用）

桜島

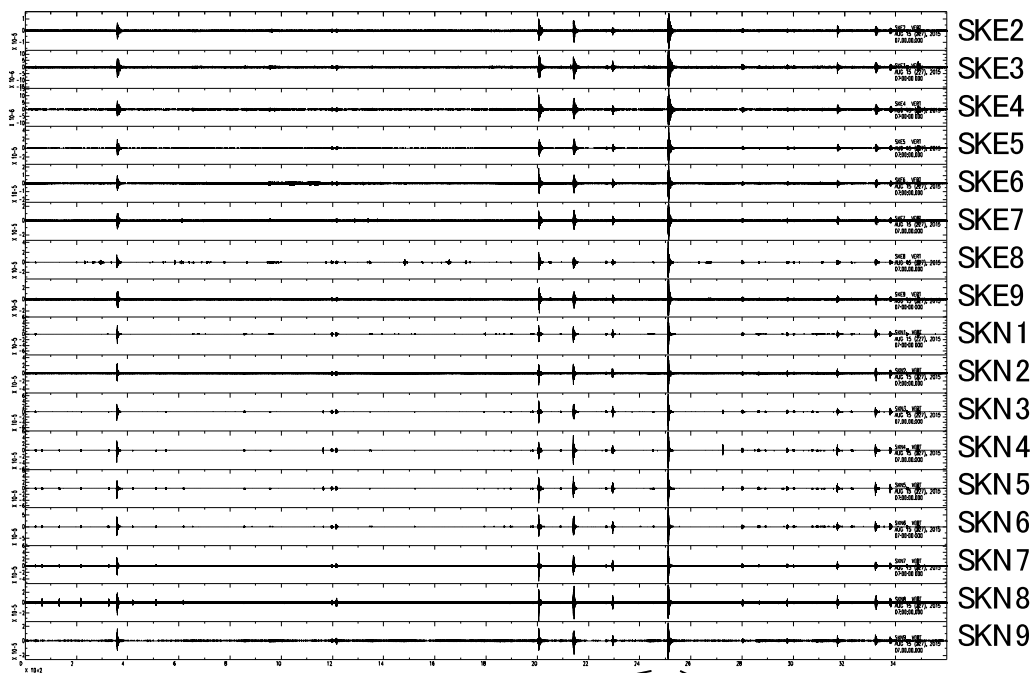


図 2 北岳北側アレイ (Google earth 使用)



図 3 黒神アレイ (Google earth 使用)

1508150700



1508150741

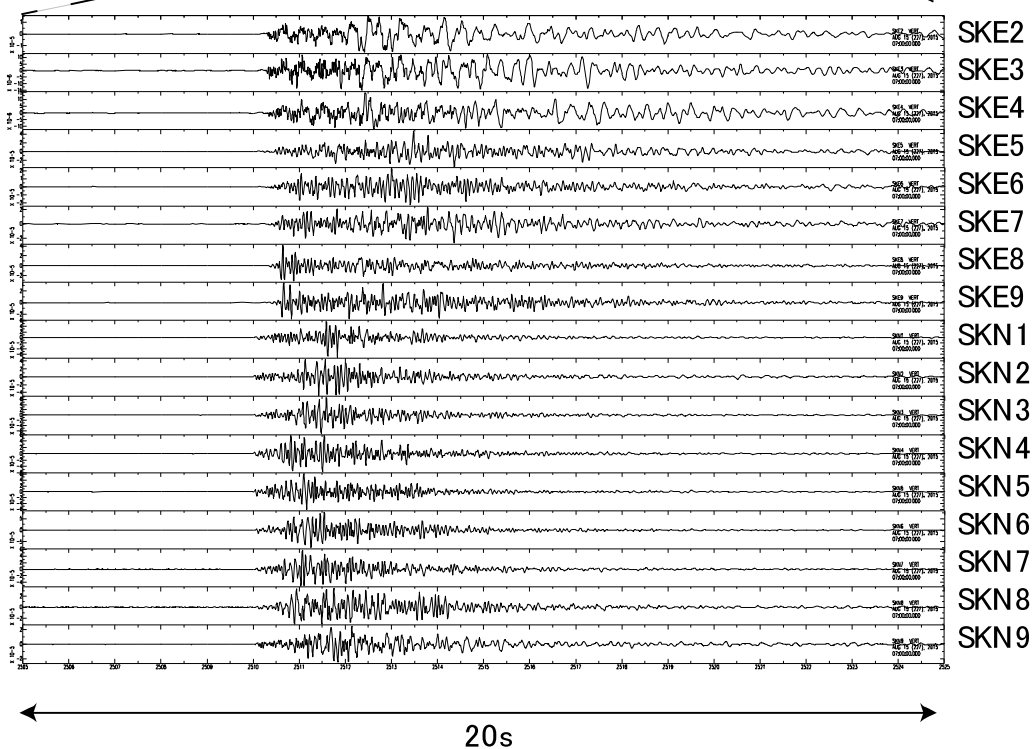


図 4 桜島における地震計アレイ観測波形例 (2015/8/15 07 時台)

桜島

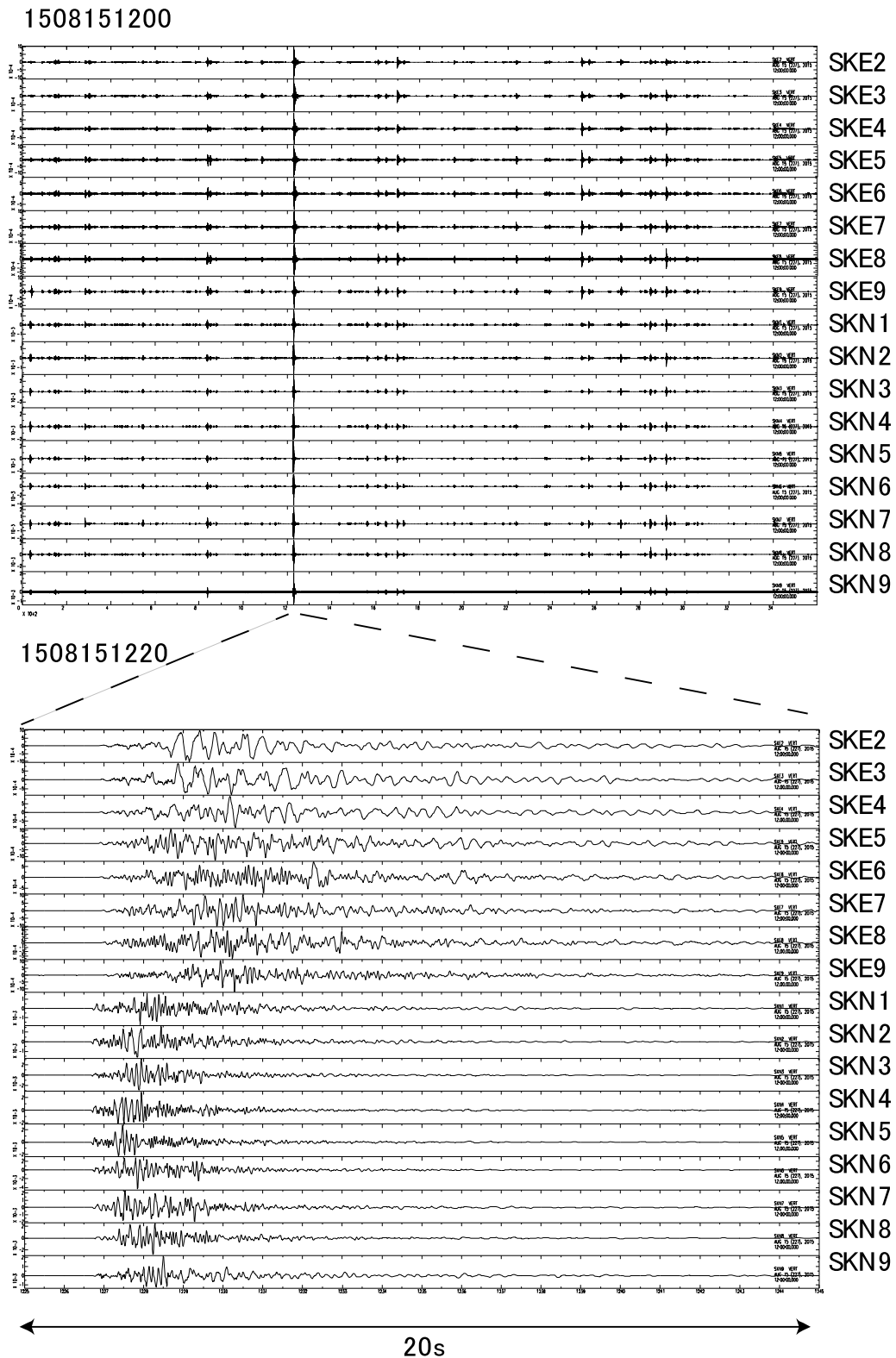


図5 桜島における地震計アレイ観測波形例（2015/8/15 12 時台）

桜島

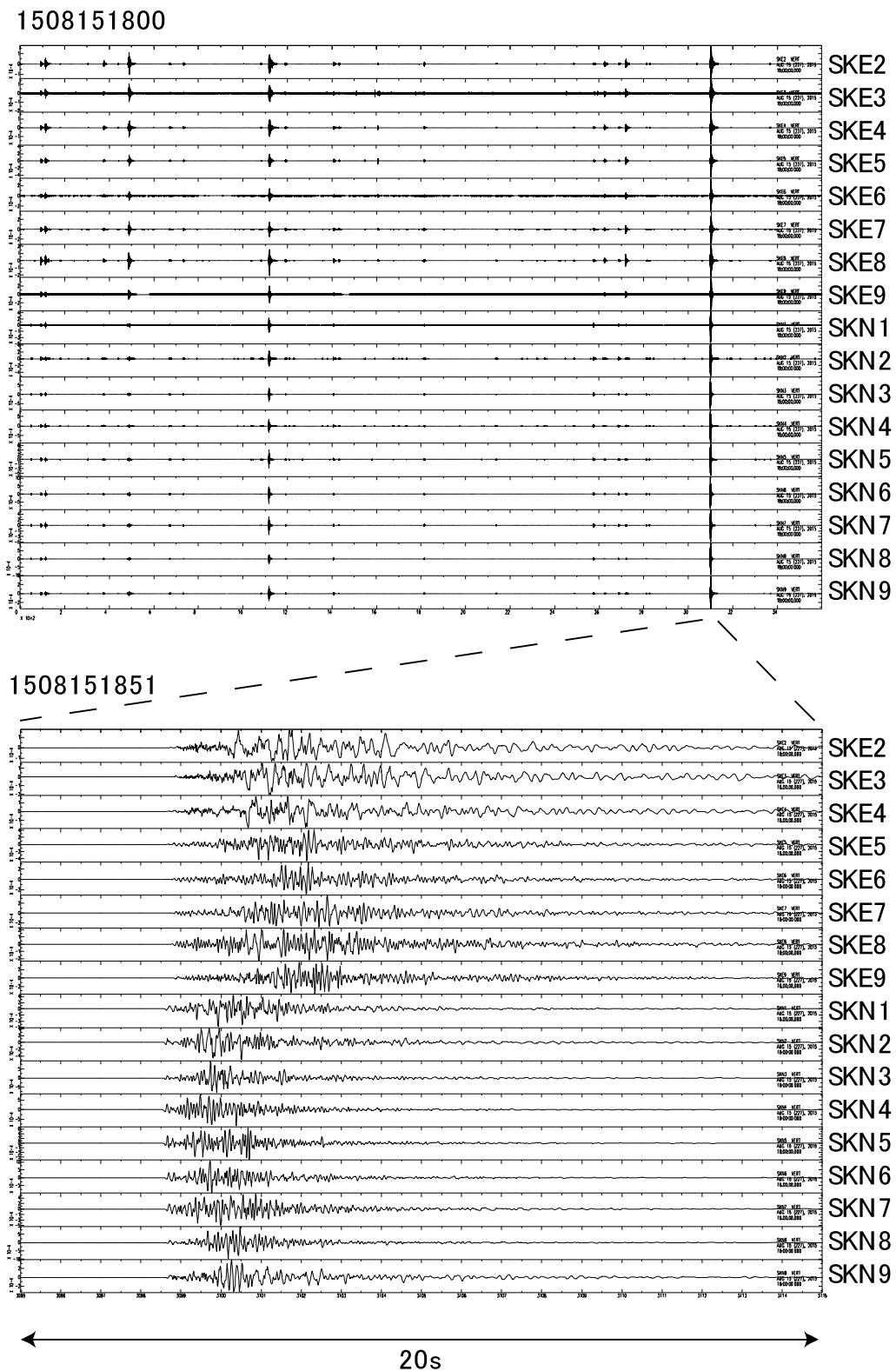


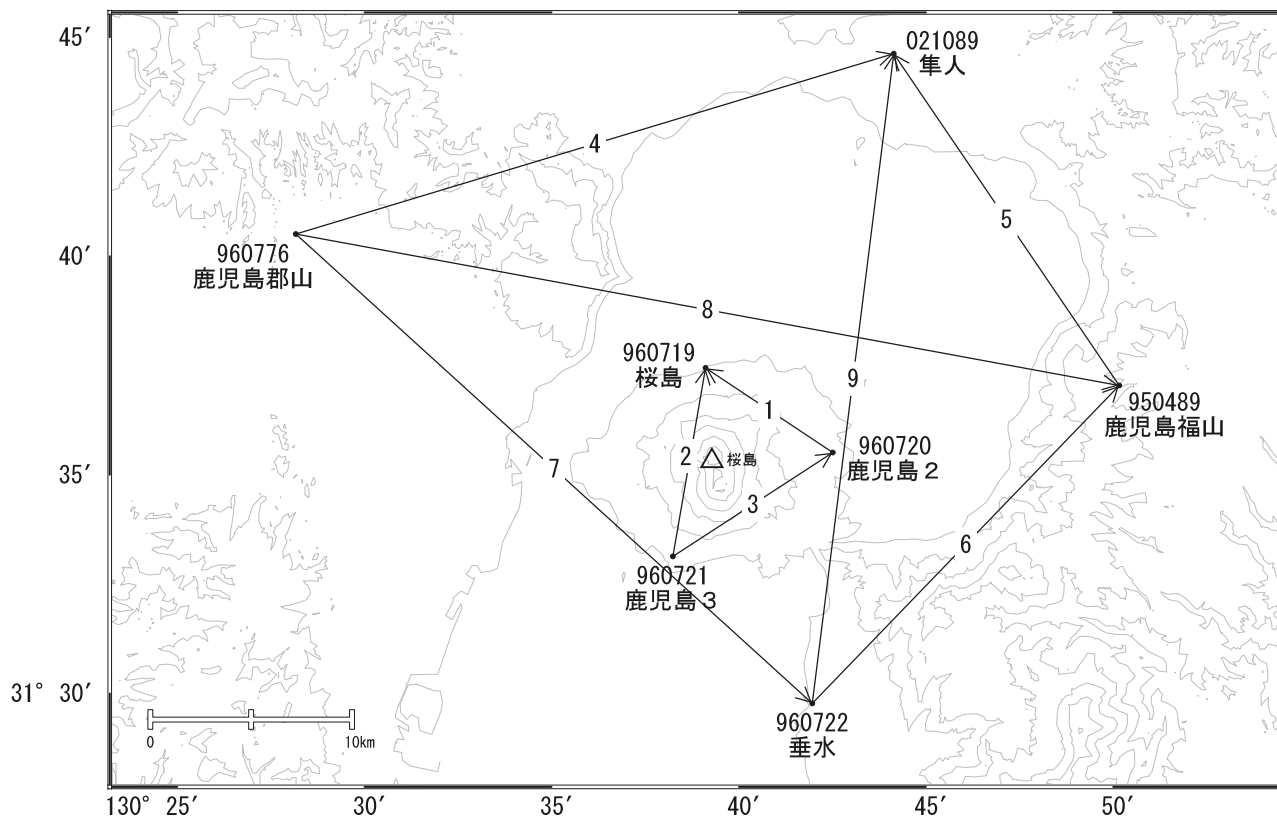
図5 桜島における地震計アレイ観測波形例（2015/8/15 18 時台）

桜島

桜島

桜島島内の基線では、2015年1月上旬頃から伸びの傾向が見られます。また、2015年8月15日の前後で伸びが見られます。鹿児島（錦江）湾を挟む一部の基線で見られた長期的な伸びの傾向は、2013年6月頃からほぼ停滞していましたが、2015年1月上旬頃から伸びの傾向が見られます。

桜島周辺GEONET（電子基準点等）による連続観測基線図

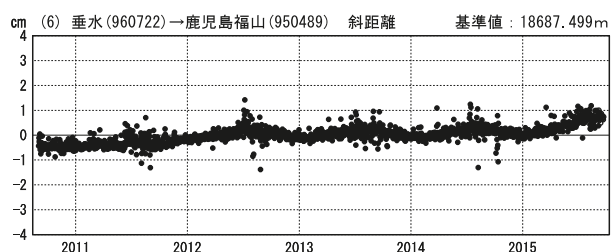
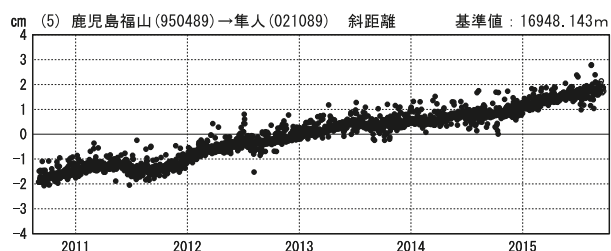
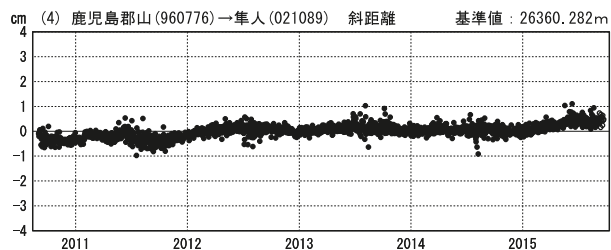
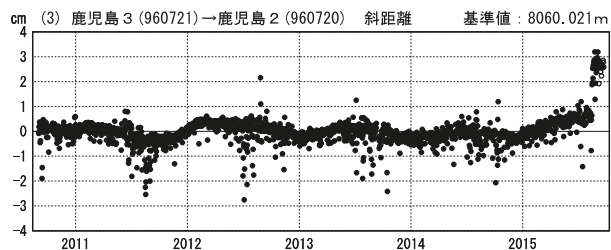
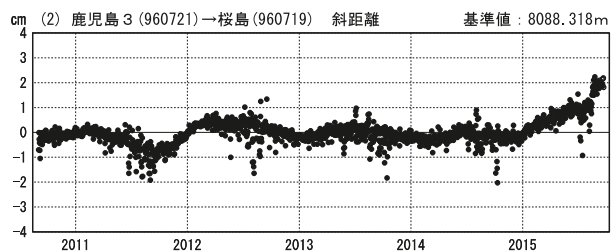
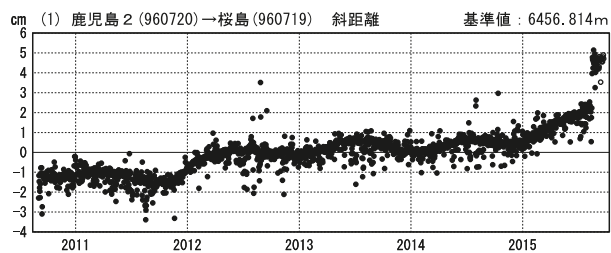


桜島周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
950489	鹿児島福山	20120912	アンテナ・受信機交換
960719	桜島	20100310	レドーム開閉・受信機交換
		20121012	アンテナ交換
960720	鹿児島2	20100310	レドーム開閉・受信機交換
		20121012	アンテナ交換
960721	鹿児島3	20100310	レドーム開閉・受信機交換
		20121012	アンテナ交換
960776	鹿児島郡山	20120326	周辺伐採
		20120912	アンテナ・受信機交換
960722	垂水	20120912	アンテナ・受信機交換
021089	隼人	20120912	アンテナ・受信機交換

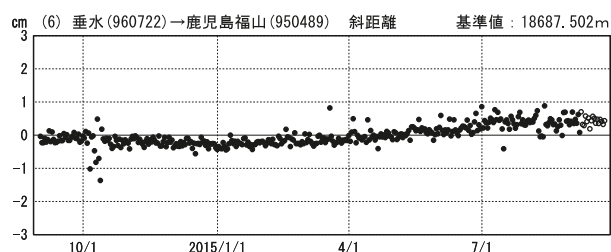
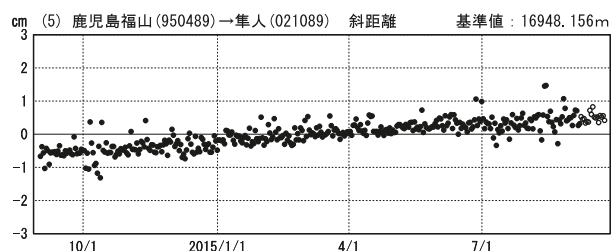
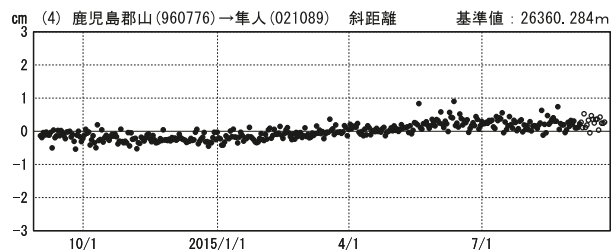
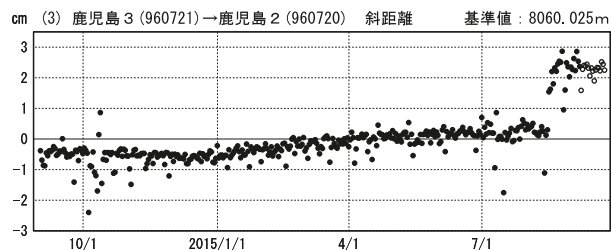
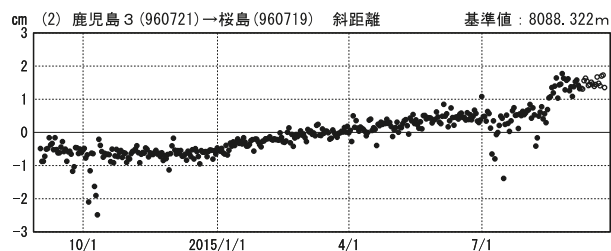
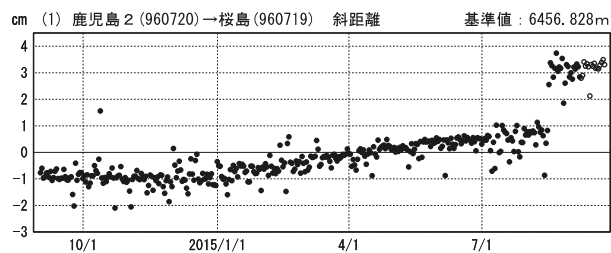
基線変化グラフ

期間: 2010/09/01~2015/09/22 JST



基線変化グラフ

期間: 2014/09/01~2015/09/22 JST



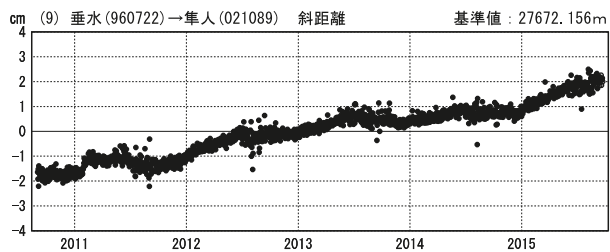
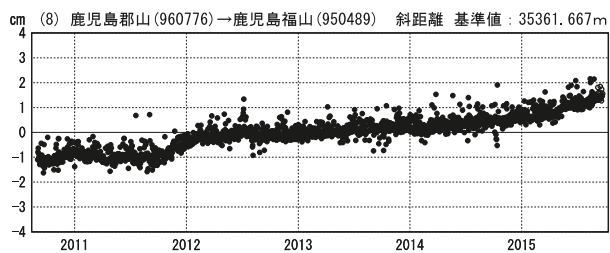
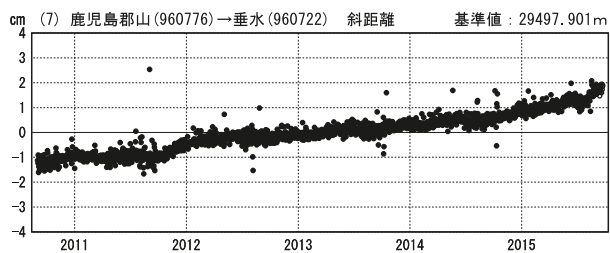
●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

桜島

基線変化グラフ

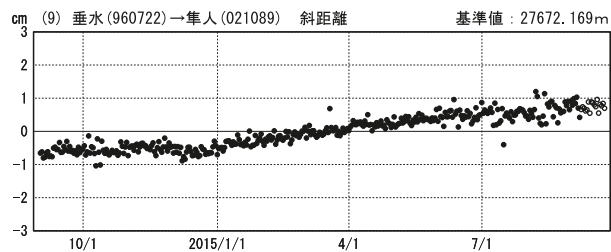
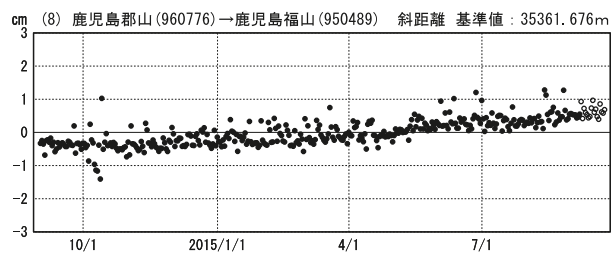
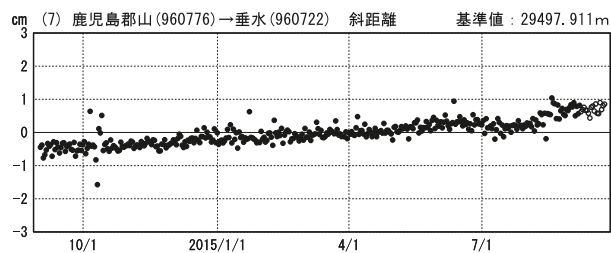
期間: 2010/09/01~2015/09/22 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

基線変化グラフ

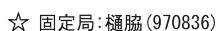
期間: 2014/09/01~2015/09/22 JST



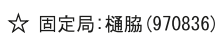
※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

桜島

基準期間:2015/06/04~2015/06/13[F3:最終解]
比較期間:2015/09/04~2015/09/13[F3:最終解]



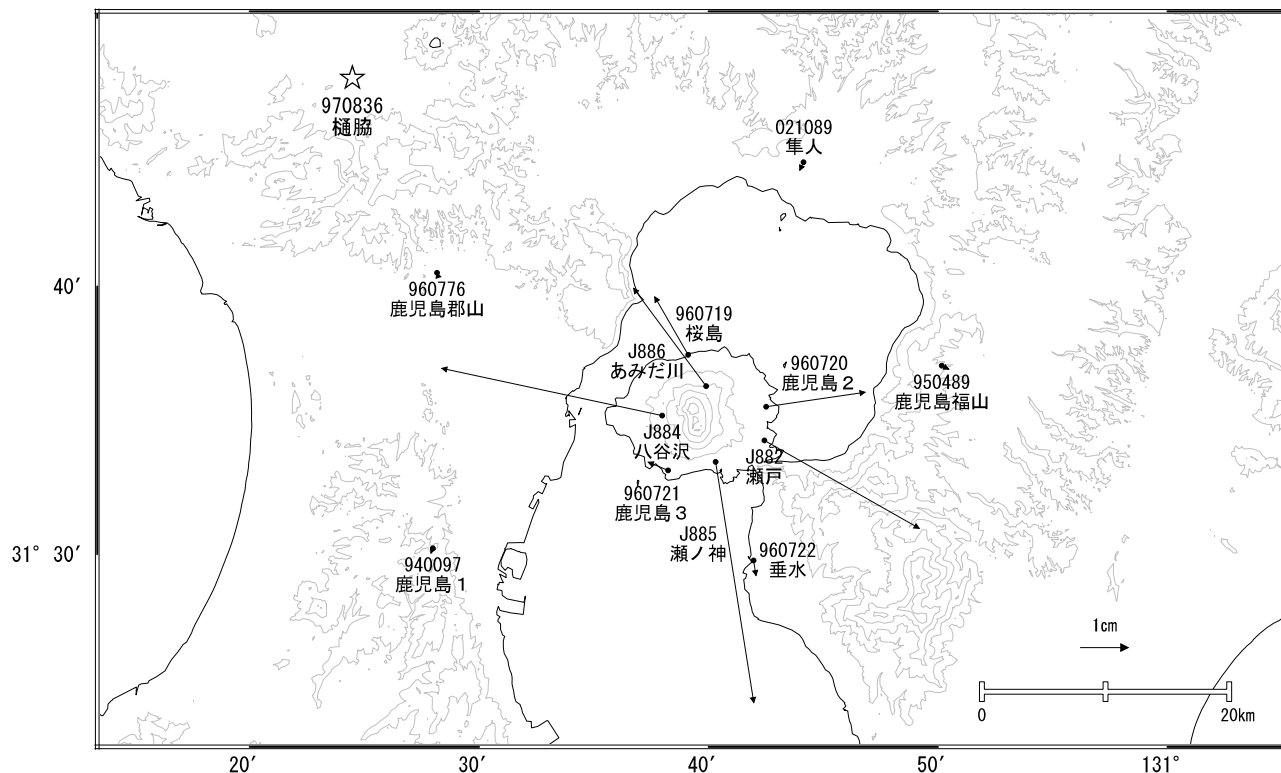
基準期間:2014/09/04~2014/09/13[F3:最終解]
比較期間:2015/09/04~2015/09/13[F3:最終解]



桜島

桜島周辺の地殻変動(水平:3ヶ月)

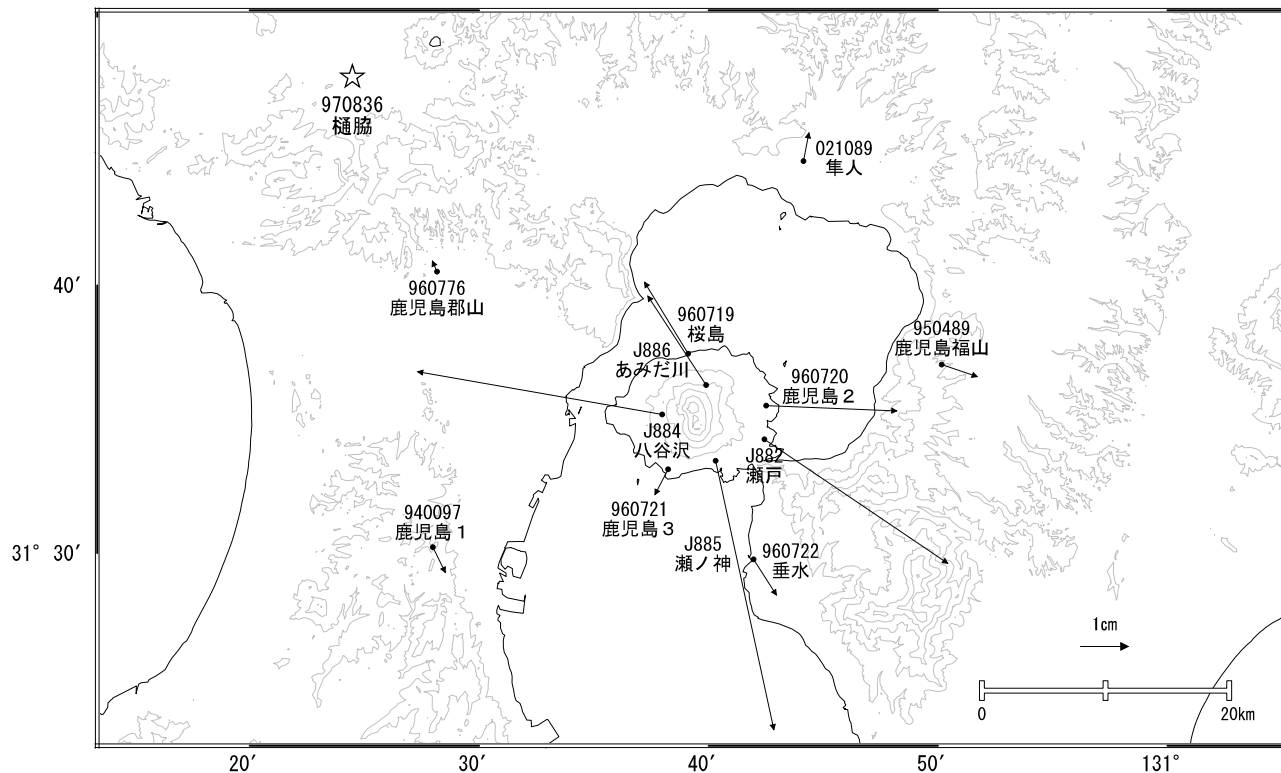
基準期間:2015/06/04~2015/06/13[F3:最終解]
 比較期間:2015/09/04~2015/09/13[F3:最終解]



☆ 固定局: 樋脇 (970836)

桜島周辺の地殻変動(水平:1年)

基準期間:2014/09/04~2014/09/13[F3:最終解]
 比較期間:2015/09/04~2015/09/13[F3:最終解]



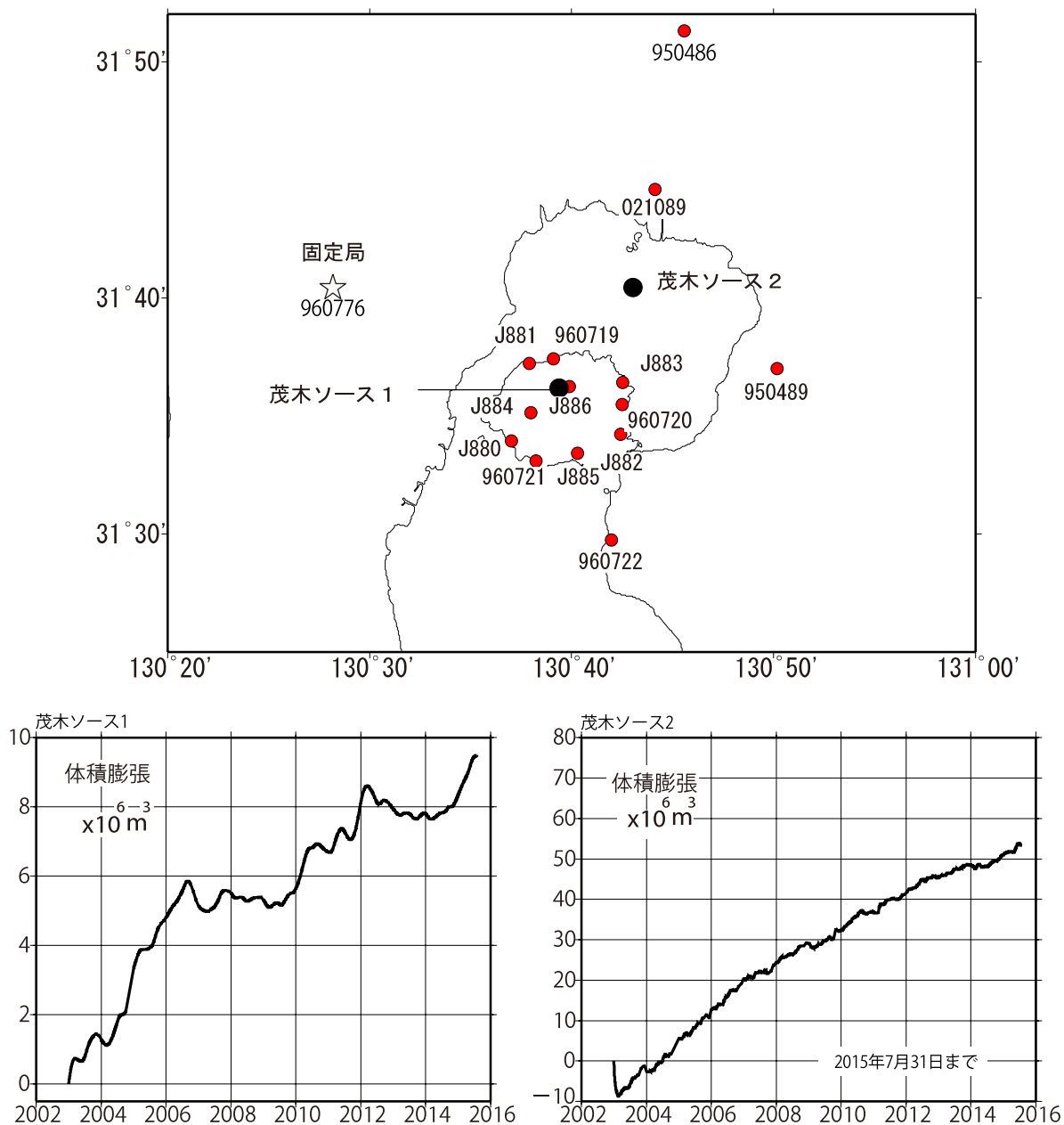
☆ 固定局: 樋脇 (970836)

※[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

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

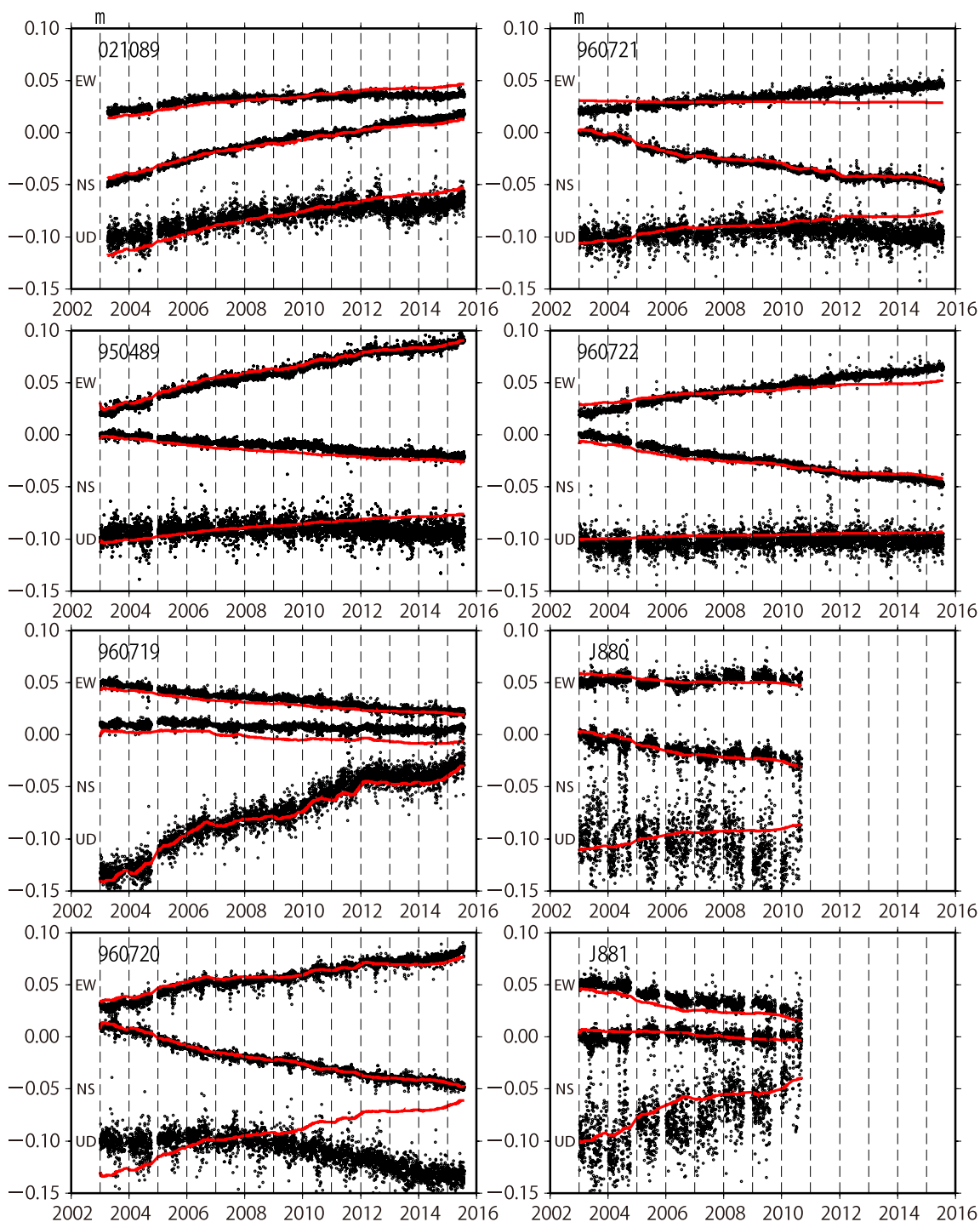
茂木ソース2: 緯度 31.670°, 経度 130.709°, 深さ 10km

※電子基準点の保守等による変動は補正済み

桜島

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

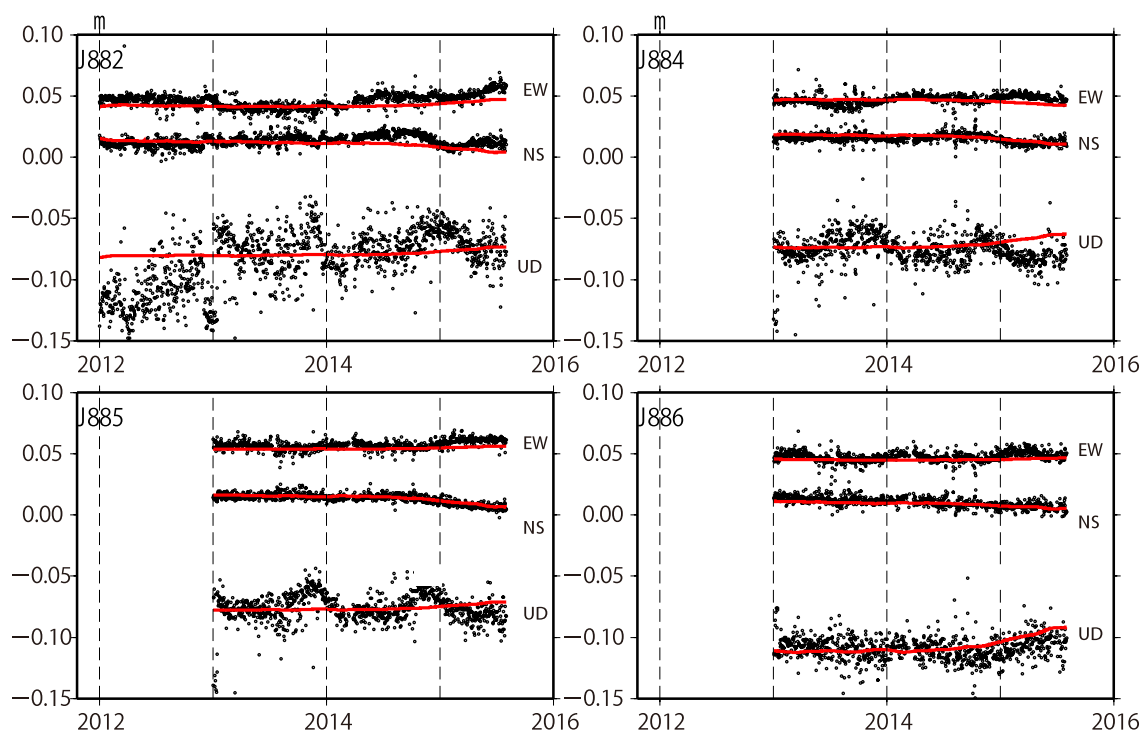


固定局960776. EW, NS, UDは東西, 南北, 上下変動. 周期成分は除いている.
 ※電子基準点の保守等による変動は補正済み

桜島

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

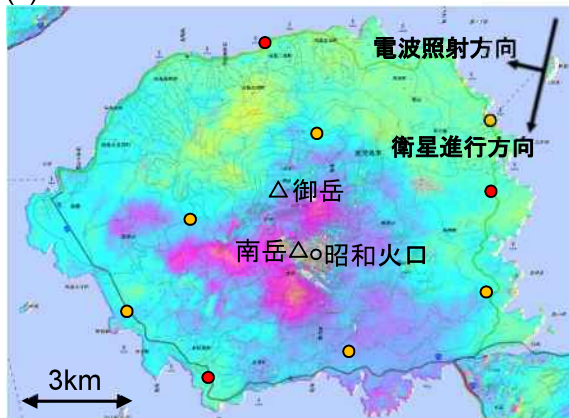


固定局960776. EW, NS, UDは東西, 南北, 上下変動. 周期成分は除いている.

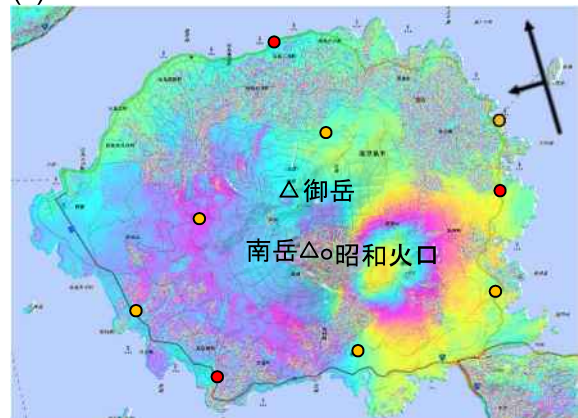
※電子基準点の保守等による変動は補正済み

桜島の SAR 干渉解析結果について

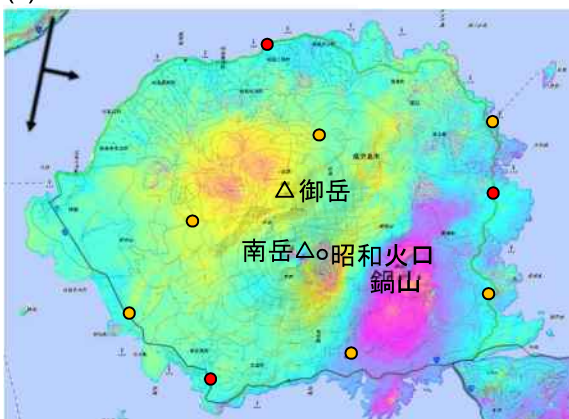
(a)2015/06/01-2015/08/10



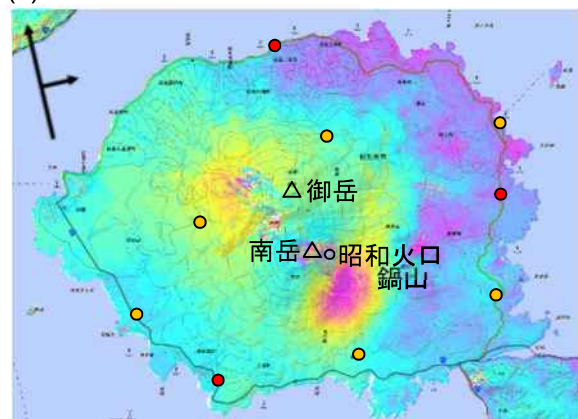
(b)2015/01/04-2015/08/16



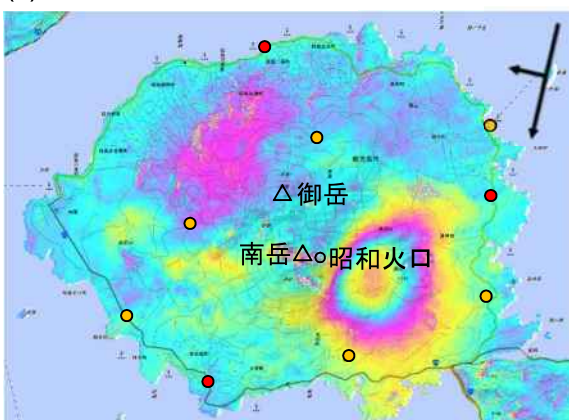
(c)2015/07/06-2015/08/17



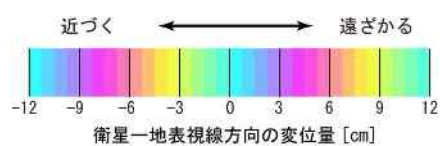
(d)2015/07/22-2015/08/19



(e)2015/08/10-2015/08/24



(f)2015/08/17-2015/08/31



● 国土地理院 GNSS 観測点

○ 気象庁 GNSS 観測点

背景: 地理院地図 標準地図

解析: 国土地理院 原初データ所有: JAXA

本成果は、火山噴火予知連絡会衛星解析グループの活動による

桜島

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2015/06/01 2015/08/10 12:18 頃 (70 日間)	2015/01/04 2015/08/16 23:37 頃 (224 日間)	2015/07/06 2015/08/17 13:06 頃 (42 日間)	2015/07/22 2015/08/19 0:18 頃 (28 日間)	2015/08/10 2015/08/24 12:18 頃 (14 日間)	2015/08/17 2015/08/31 13:06 頃 (14 日間)
衛星進行方向	南行	北行	南行	北行	南行	南行
電波照射方向	右	左	左	右	右	左
観測モード*	U-U	U-U	U-U	U-U	U-U	U-U
入射角(中心)	36.2°	39.7°	52.9°	42.4°	36.2°	52.9°
偏波	HH	HH	HH	HH	HH	HH
垂直基線長	-204m	+61m	+104m	+167m	+154m	+37m
使用 DEM	GSI10m DEHMJapan (飛田, 2009)	GSI10m DEHMJapan (飛田, 2009)	GSI10m DEHMJapan (飛田, 2009)	GSI10m DEHMJapan (飛田, 2009)	GSI10m DEHMJapan (飛田, 2009)	GSI10m DEHMJapan (飛田, 2009)

*U: 高分解能(3m)モード

判読)

- ・ 8 月 15 日を挟む (b) ~ (e)、桜島の火山活動の活発化に伴う明瞭な変動が見られる。
- ・ 8 月 15 日以前の (a)、及び 8 月 15 日以降の (f) では、ノイズレベルを超えるような変動は見られない。
- ・ (b) では、南岳山頂火口の東側の広い範囲で最大 16cm 程度の衛星に近づく変動が見られる。
- ・ (c) では、南岳山頂火口と鍋山の間を境に、東側で最大 6cm 程度の衛星から遠ざかる変動が、西側で最大 5cm 程度の衛星に近づく変動が見られる。
- ・ (d) では、南岳山頂火口と鍋山の間で最大 8cm 程度の衛星に近づく変動が見られる。
- ・ (e) では、南岳山頂火口の東側の広い範囲で最大 16cm 程度の衛星に近づく地殻変動が見られる。

解析：国土地理院 原初データ所有：JAXA

本成果は、火山噴火予知連絡会衛星解析グループの活動による

桜島

観測された地殻変動から推定した変動源モデル（暫定版）

観測された地殻変動からは、変動源として矩形の開口割れ目が昭和火口の下に推定され、その水平位置は震源分布と整合している。

だいち 2 号による干渉解析結果（図 1 及び図 3）と、国土地理院の電子基準点及び気象庁の GNSS 観測点で観測された地殻変動量（図 5）に基づき、変動源の推定を行った。

変動源のモデルとして、矩形のダイク（開口割れ目）を仮定し、位置（水平・深さ）、形状（長さ・幅・走向・傾斜）、開口量について Simulated Annealing 法により推定を行った。なお、推定にあたって、通常は地形を考慮しない半無限弾性体として解析を行うが、今回は観測された地殻変動量に対して地形の影響が無視できない大きさであることが判明したため、変動量が得られた地点の標高を簡易的に考慮した解析を行った。

観測値と計算値、残差を図 4（干渉画像）及び図 5（GNSS）に、推定されたパラメータを表 1 に示す。ダイクの水平位置は震源分布と整合している。なお、ダイクの地表延長は、昭和火口付近を通る。

表 1：推定されたパラメータ（位置はダイク中心、深さの基準は標高 0m）

経度 (°)	緯度 (°)	深さ (km)	長さ (km)	幅 (km)	走向 (°)	傾斜 (°)	開口量 (m)	体積変化量 (m ³)
130.6672	31.5791	0.80	1.41	0.78	20.0	76.9	1.60	1.76×10 ⁶

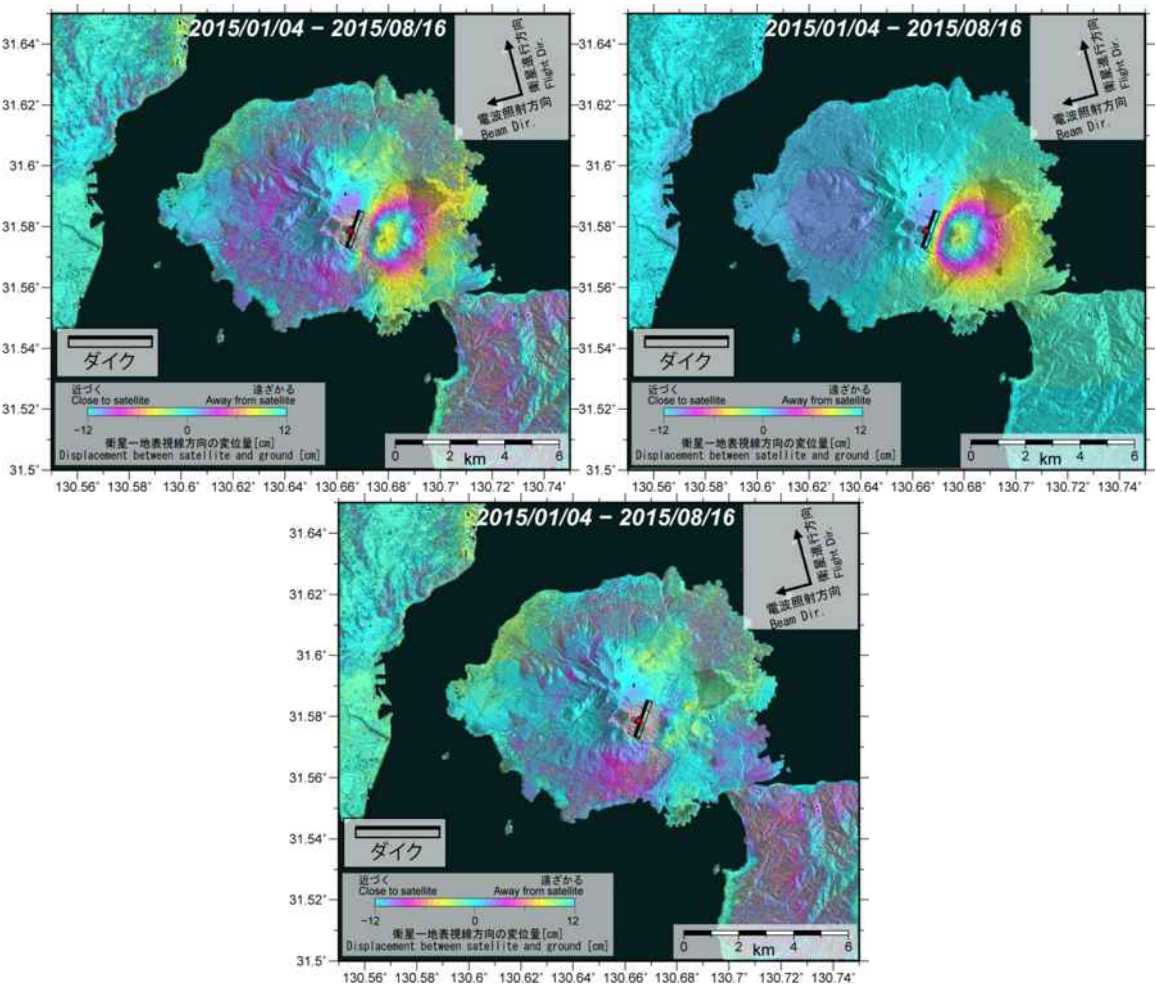


図 4－1：（左上）干渉画像（2015 年 1 月 4 日－2015 年 8 月 16 日）、（右上）モデルからの計算値、（下）残差

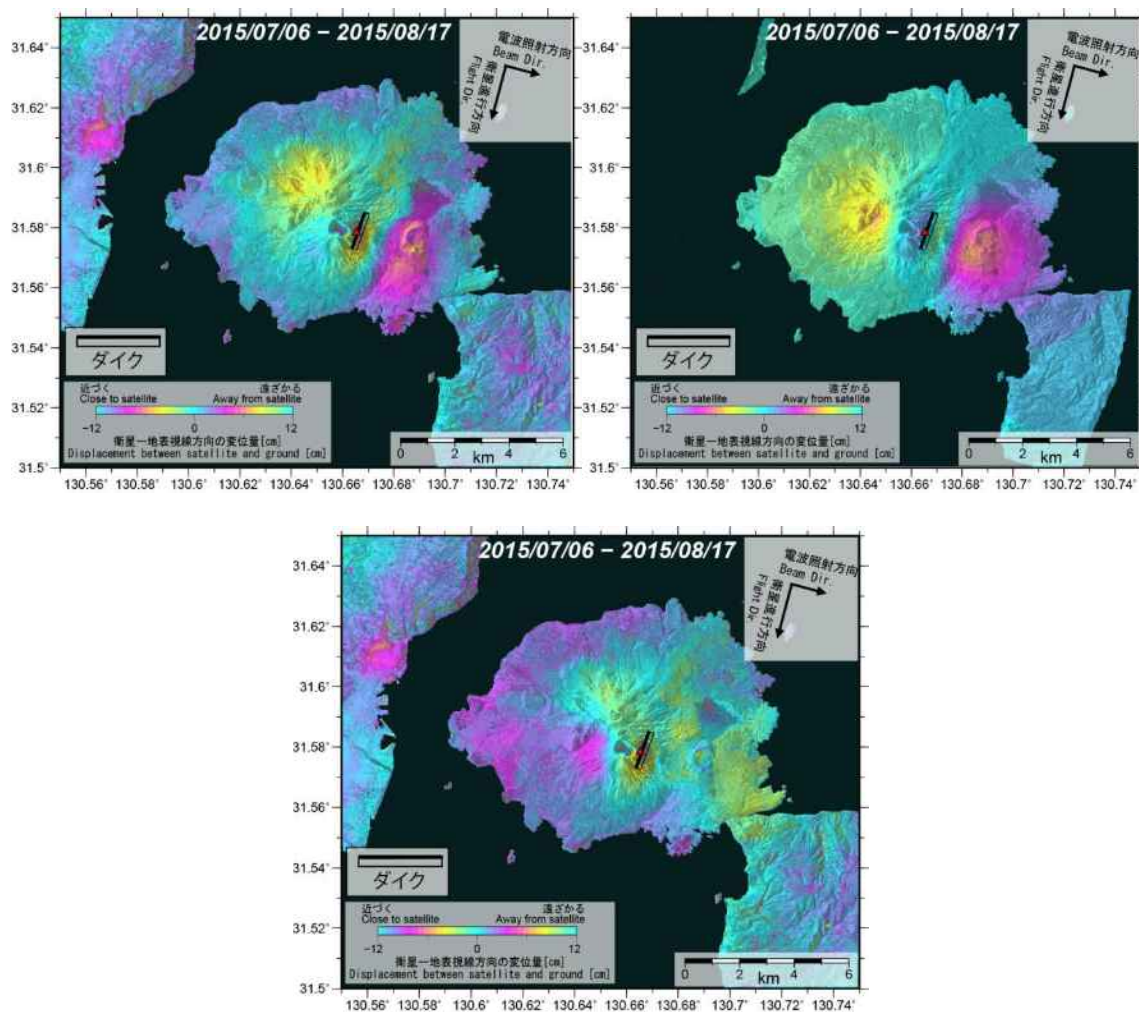
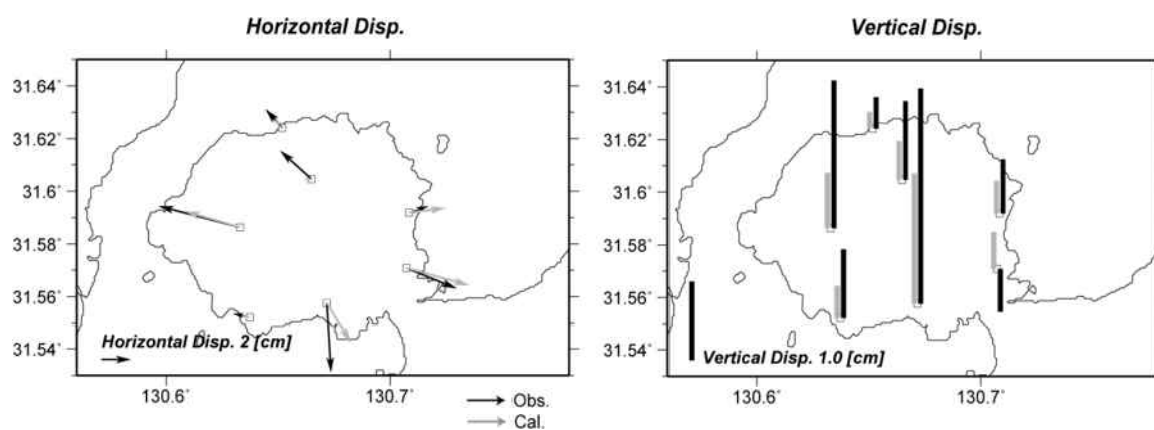


図4-2：（左上）干渉画像（2015年7月6日～2015年8月17日）、（右上）モデルからの計算値、（下）残差

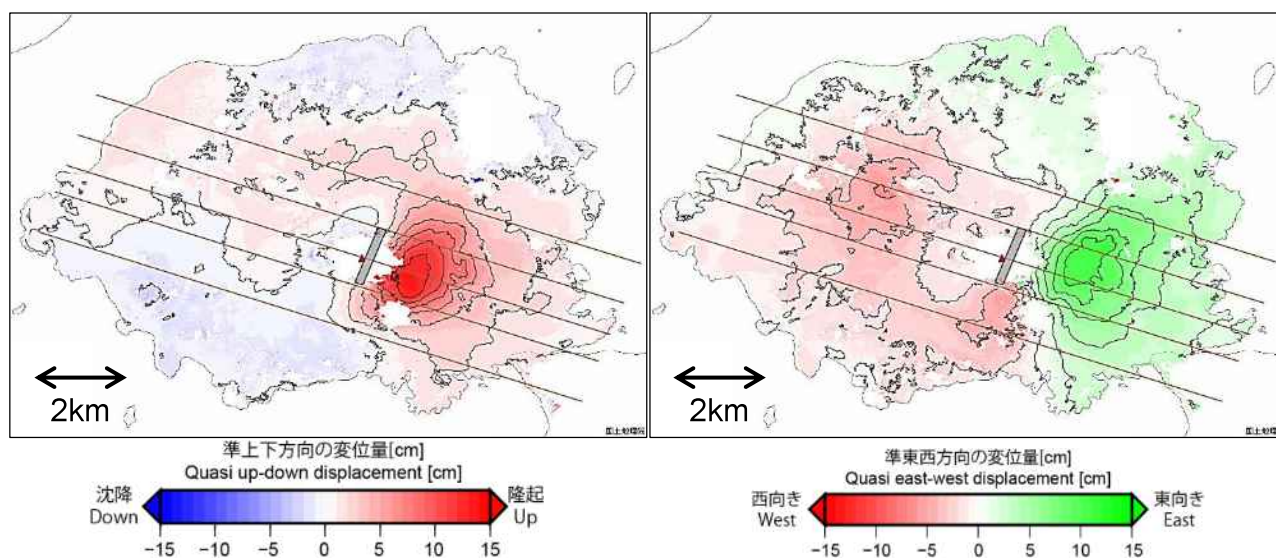


国土地理院・気象庁

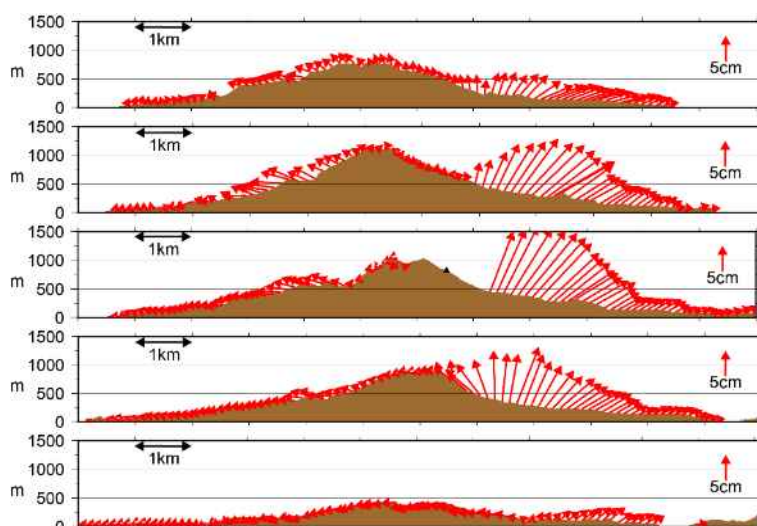
図5：GNSSによる地殻変動観測値とモデル計算値の比較。（左）水平変動、（右）上下変動
地殻変動量は、2015年8月1～14日のR3解の平均値を基準として、8月16日0時～17日6時のQ3解の平均値と比較して算出した。

だいち 2 号による桜島の上下・東西方向の地殻変動

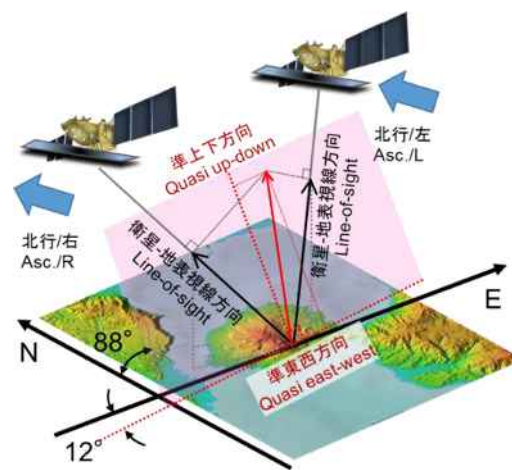
異なる観測方向からの干渉 SAR の結果を利用して 2.5 次元解析を行った。得られた変動量は、上下方向で最大約 14cm（隆起）、東西方向で最大約 11cm（東向き）である。



等量線（黒実線）は 2cm 間隔。▲は昭和火口、グレー矩形は変動源モデル（ダイク）の位置。
茶実線は変動源モデル（ダイク）に直交する走向の断面図の位置。



変動断面図。上の図が北側。▲は昭和火口の位置。



2.5 次元解析の概念図

使用したデータ

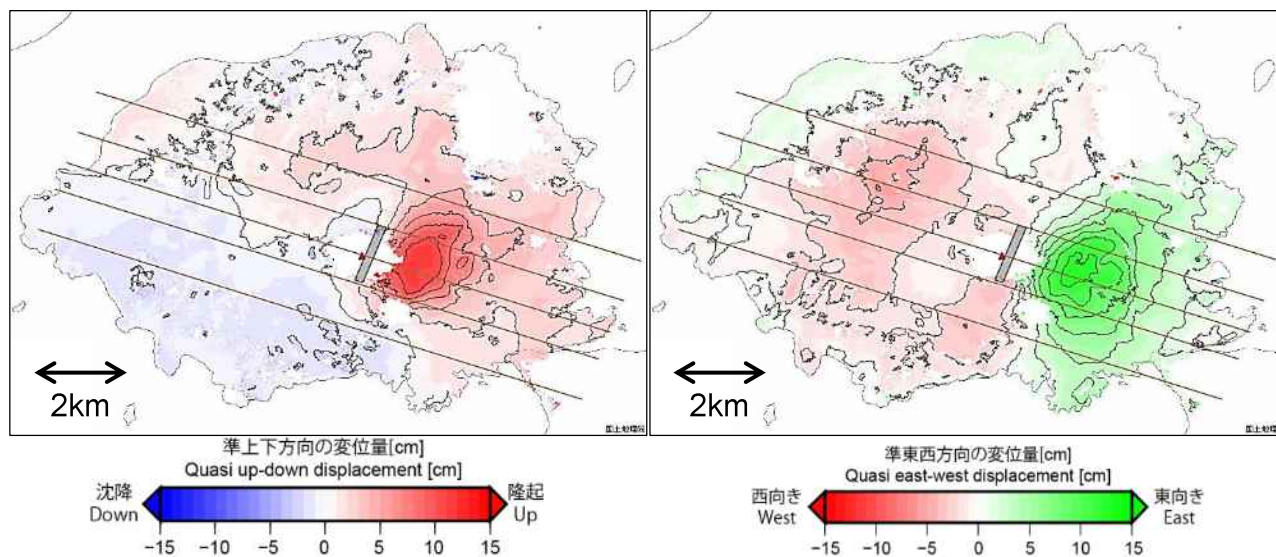
観測日時	2015/07/22-2015/08/19 0:18 頃 (28 日間)	2015/01/04-2015/08/16 23:37 頃 (224 日間)
衛星進行方向	北行	北行
電波照射方向	右	左

解析：国土地理院 原初データ所有：JAXA

本成果は、火山噴火予知連絡会衛星解析グループの活動による

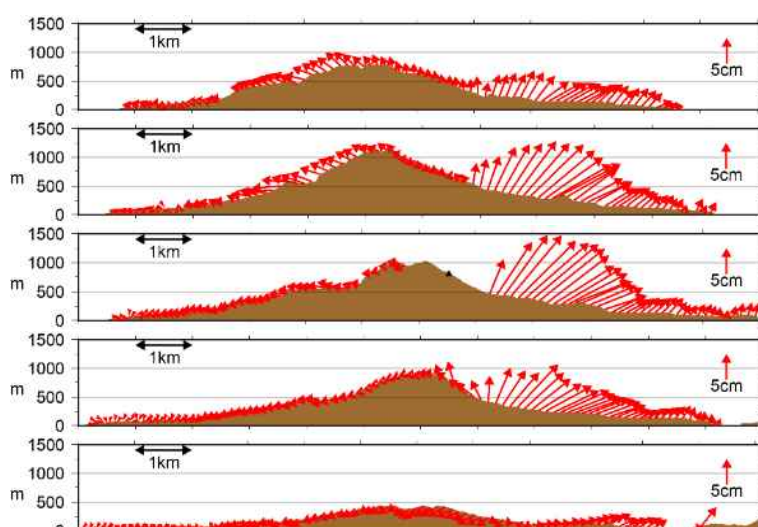
桜島

別の干渉 SAR の結果の組み合わせによる 2.5 次元解析で得られた変動量は、上下方向で最大約 12cm（隆起）、東西方向で最大約 13cm（東向き）である。

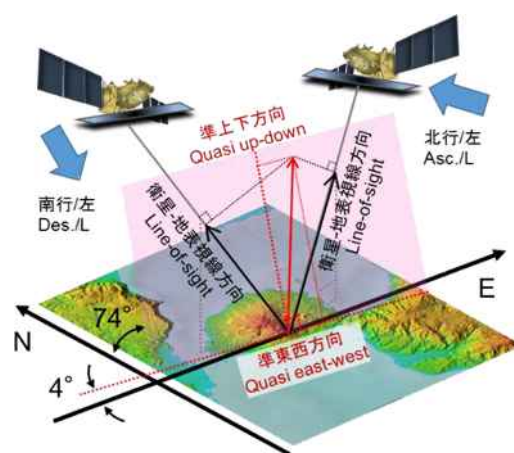


等量線（黒実線）は 2cm 間隔。▲は昭和火口、グレー矩形は変動源モデル（ダイク）の位置。

茶実線は変動源モデル（ダイク）に直交する走向の断面図の位置。



変動断面図。上の図が北側。▲は昭和火口の位置。



2.5 次元解析の概念図

使用したデータ

観測日時	2015/07/06-2015/08/17 13:06 頃 (42 日間)	2015/01/04-2015/08/16 23:37 頃 (224 日間)
衛星進行方向	南行	北行
電波照射方向	左	左

解析：国土地理院 原初データ所有：JAXA

本成果は、火山噴火予知連絡会衛星解析グループの活動による

桜島

第 133 回火山噴火予知連絡会

国土交通省砂防部
九州地方整備局大隅河川国道事務所

桜島における土石流発生状況

・土石流発生状況（表 1・表 2、図 1）

- ・ 2014（平成 26）年 1 月～12 月の土石流発生回数は 4 1 回 （前年同期間 3 4 回）
- ・ 2015（平成 27）年 1 月～ 9 月の土石流発生回数は 4 0 回 （前年同期間 3 1 回）
- ・ 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。

表 1 各溪流における土石流発生状況*1, 2, 3
（2014 年 1 月～2014 年 12 月）

発生 回数	発生 月日	溪流名	発生時雨量(mm)			備 考
			20分 雨量	時間 雨量	連続 雨量	
1	1/8	野尻川	10	11	11	
2	3/13	野尻川	9	18	52	
3	3/29	有村川	5	8	51	
4	5/12	野尻川	9	19	32	
5	5/12	有村川	15	18	42	
6	5/14	有村川	8	17	48	
7	5/14	野尻川	14	22	54	
8	6/10	野尻川	5	6	8	
9	6/17	野尻川	8	16	17	
10	6/20	野尻川	4	7	7	
11	6/21	野尻川	8	8	26	
12	6/21	有村川	6	10	23	
13	6/27	有村川	7	12	21	
14	6/27	野尻川	14	20	58	
15	6/27	有村川	13	16	53	
16	6/27	持木川	18	23	64	
17	6/27	黒神川	10	32	77	
18	6/27	有村川	12	28	100	
19	7/9	野尻川	14	21	32	
20	7/9	第二古里川	9	15	45	
21	7/30	有村川	8	10	10	
22	7/30	野尻川	11	14	14	
23	7/30	有村川	7	11	34	
24	8/1	持木川	22	24	24	
25	8/1	野尻川	22	22	22	
26	8/1	有村川	21	21	22	
27	8/26	野尻川	20	23	23	
28	8/26	有村川	12	12	12	
29	8/29	有村川	13	13	13	
30	9/19	有村川	7	14	22	
31	9/24	野尻川	6	11	18	
32	10/13	持木川	10	17	55	
33	10/13	有村川	8	14	19	
34	11/1	野尻川	19	19	23	
35	11/1	持木川	15	15	23	
36	11/1	第二古里川	13	13	13	
37	11/1	有村川	12	13	13	
38	11/1	第一古里川	9	13	13	
39	11/25	野尻川	8	9	19	
40	11/30	野尻川	6	17	27	
41	12/20	有村川	5	9	22	
平	均		11.0	15.6	30.8	

表 2 各溪流における土石流発生状況*1, 2, 3
（2015 年 1 月～2015 年 9 月）

発生 回数	発生 月日	溪流名	発生時雨量(mm)			備 考
			20分 雨量	時間 雨量	連続 雨量	
1	1/15	野尻川	16	22	30	
2	1/15	有村川	9	18	24	
3	1/15	持木川	15	24	33	
4	2/22	有村川	4	12	40	
5	3/19	野尻川	7	8	16	
6	3/19	持木川	6	6	14	
7	4/6	野尻川	7	7	7	
8	4/6	有村川	10	17	36	
9	4/19	野尻川	11	16	29	
10	4/19	有村川	5	12	21	
11	5/3	野尻川	6	6	6	
12	5/12	野尻川	9	9	9	
13	5/12	持木川	5	6	17	
14	6/2	持木川	9	17	20	
15	6/2	第一古里川	14	28	32	
16	6/2	有村川	17	31	37	
17	6/3	野尻川	10	21	28	
18	6/3	有村川	8	18	53	
19	6/8	野尻川	9	17	24	
20	6/8	持木川	9	17	25	
21	6/8	有村川	15	17	62	
22	6/11	有村川	10	10	10	
23	6/11	黒神川	17	27	64	
24	6/14	野尻川	16	28	102	
25	6/14	有村川	15	22	33	
26	6/14	黒神川	14	25	110	
27	6/24	有村川	12	32	63	
28	6/25	黒神川	10	24	59	
29	7/6	有村川	11	20	40	
30	7/21	黒神川	10	21	34	
31	8/16	有村川	12	24	30	
32	8/16	持木川	20	28	62	
33	8/16	野尻川	22	30	56	
34	8/16	黒神川	13	26	64	
35	8/31	有村川	31	43	46	
36	8/31	第二古里川	20	29	36	(参考値)※4
37	8/31	黒神川	16	25	28	
38	9/6	有村川	16	39	49	
39	9/6	野尻川	8	36	51	
40	9/6	黒神川	0	34	57	
平	均		11.9	21.3	38.9	

いずれの土石流も砂防施設により安全に流下し、被害なし。

- *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。
- *4 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

土石流の様子



野尻川 (2015/5/3)



持木川 (2015/5/12)



野尻川 (2015/6/3)



有村川 (2015/6/3)



有村川 (2015/6/3)



野尻川 (2015/6/8)



持木川 (2015/6/8)



有村川 (2015/6/11)

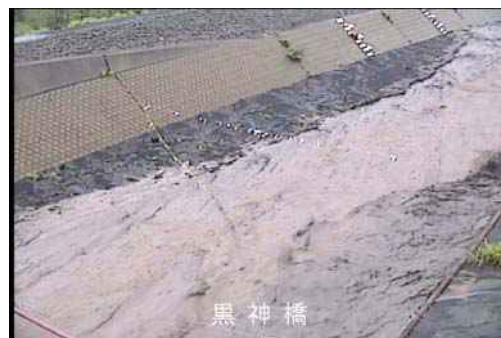
図1 土石流の発生状況

桜島

土石流の様子



野尻川 (2015/6/11)



黒神川 (2015/6/11)



野尻川 (2015/6/14)



野尻川 (2015/6/14)



有村川 (2015/6/14)



黒神川 (2015/6/14)



有村川 (2015/6/24)



黒神川 (2015/6/25)

図1 土石流の発生状況

桜島

土石流の様子



有村川 (2015/7/6)



野尻川 (2015/7/21)



持木川 (2015/7/21)



有村川 (2015/7/21)



第一古里川 (2015/7/21)



黒神川 (2015/7/21)



持木川 (2015/8/16)



有村川 (2015/8/16)

図1 土石流の発生状況

桜島

土石流の様子



野尻川 (2015/8/31)



野尻川 (2015/9/6)



野尻川 (2015/9/6)



有村川 (2015/9/6)



黒神川 (2015/9/6)

図1 土石流の発生状況

桜島

・降灰状況（図2～5）

2015年（平成27）5月～2015年（平成27）9月の降灰量（有村1）は約26 kg/m²であり前年同期間約39kg/m²と比較し、約67%減少した。この間は桜島の東から南東方向には多く降灰が生じた。降灰量が増加すると土石流の発生頻度が高まる傾向があり注意が必要。

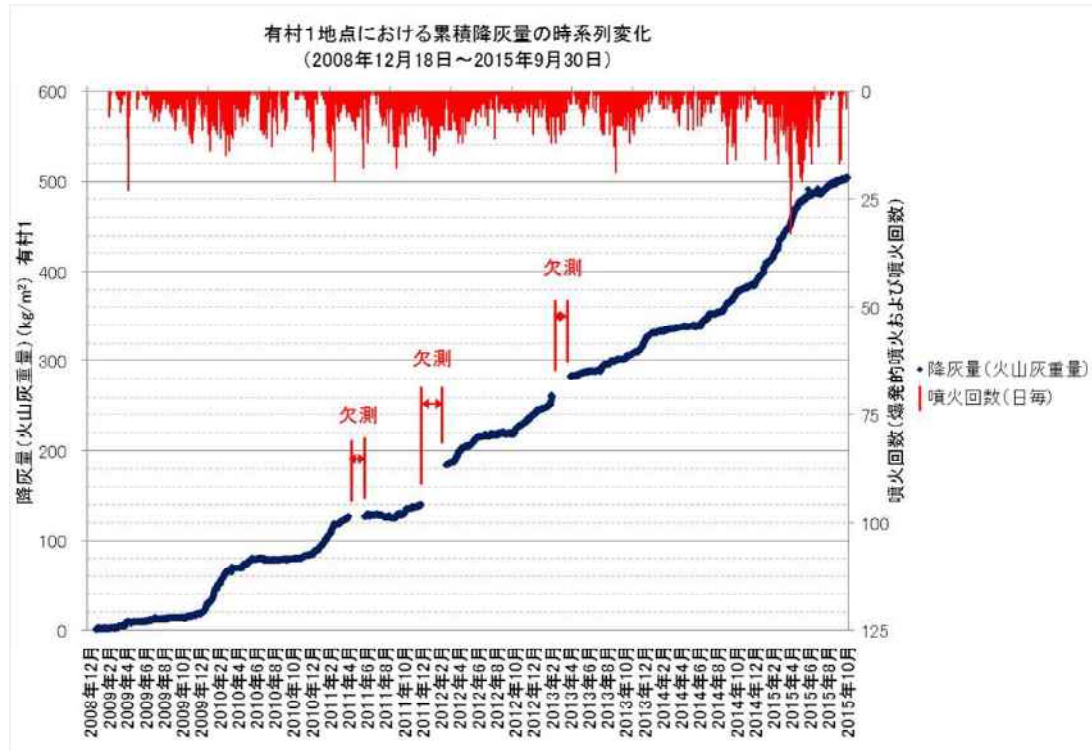


図2 自動降灰量計による降灰量の推移(2008年12月18日～2015年9月30日)



図3 自動降灰量計設置位置図および写真

桜島

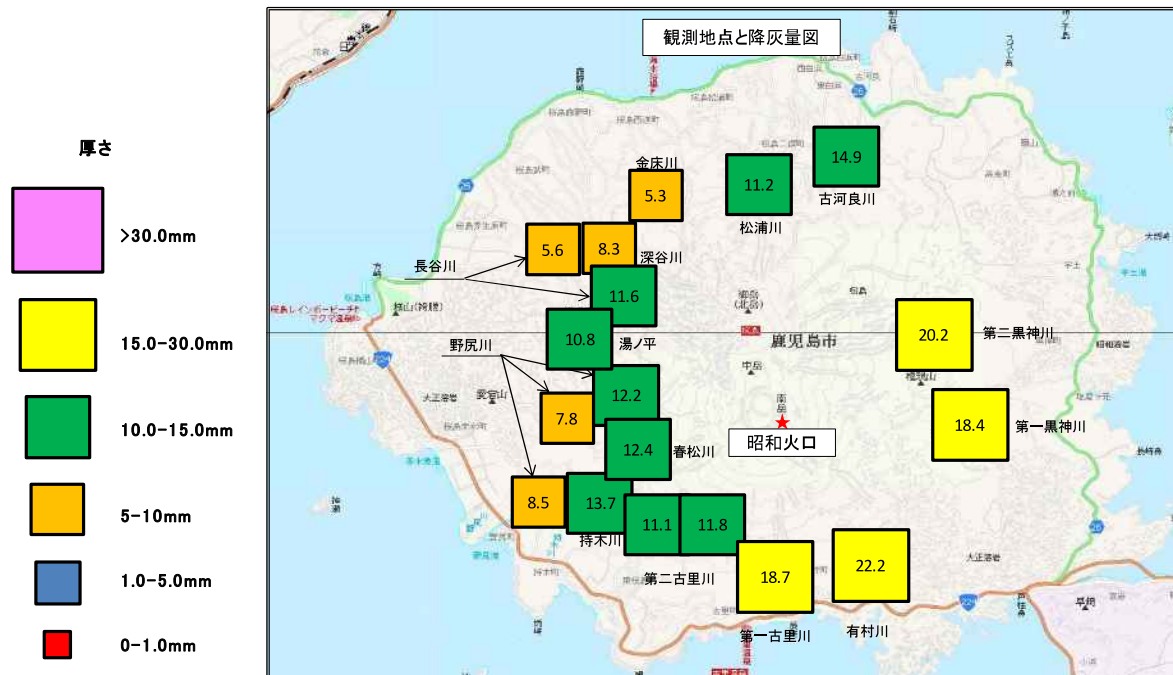


図4 桜島島内降灰量の分布（2014年1月～2014年12月）



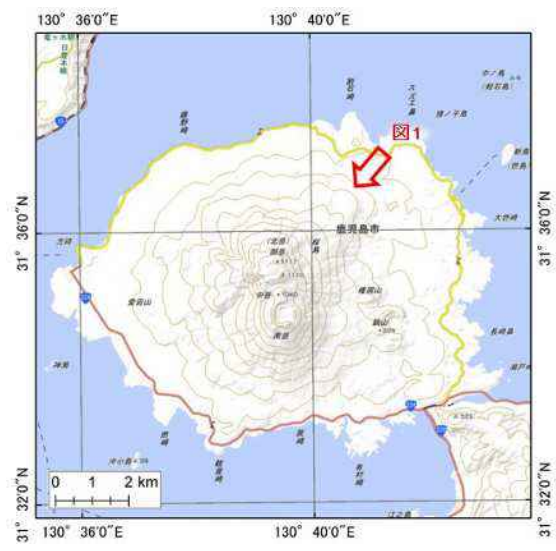
図5 桜島島内降灰量の分布（2015年1月～2015年8月）

データ：九州地方整備局大隅河川国道事務所

[illegible]

- 桜島

桜島



地形図は国土地理院H P の地理院地図を使用した。

○最近の活動について

年月日	調査機関等	活 動 状 況
2015/ 7 /30	海 上 保 安 庁	昭和火口に白色噴煙を確認した（図1）。

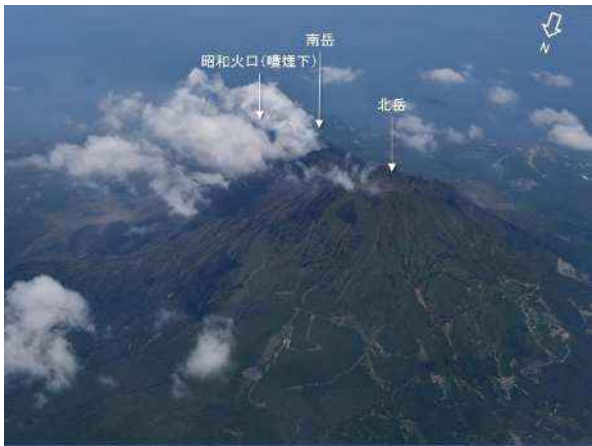


図1 昭和火口の白色噴煙
2015/ 7 /30 12:02 撮影