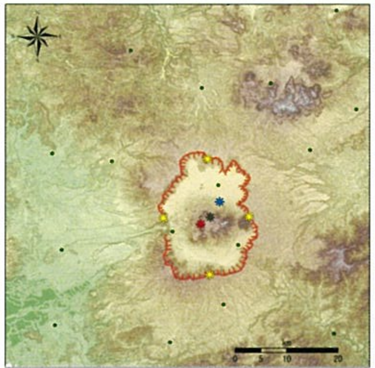
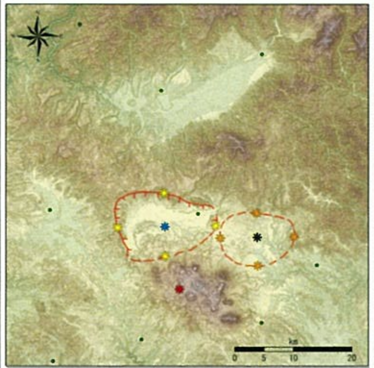
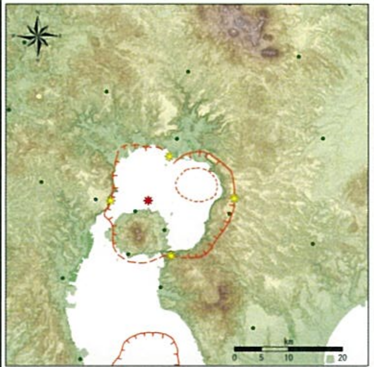
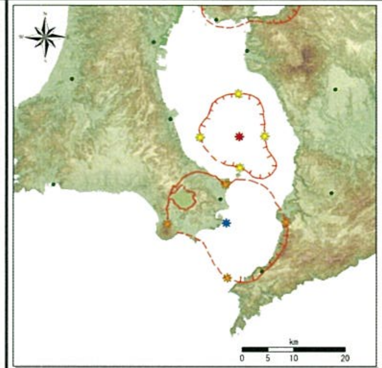
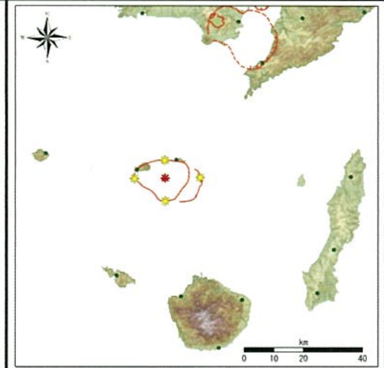
6. 基線長検知能力の検討

- 地殻変動評価に用いている基線は、各カルデラで配置や密度が異なることから、各カルデラにおいて圧力源を仮定し、茂木モデルを用いて、マグマ供給率0.05km^3/年の時の基線長変化量を算出し、基線の検知能力の検討を行った。
- 今年度は、圧力源位置の不確実性を考慮し、昨年度の検討に新たな圧力源位置を加えて検討を行った。

カルデラ	阿蘇	加久藤・小林	姶良	阿多	鬼界
圧力源位置	 *:① *:② *:③ *:④	 *:① *:② *:③ *:④ *:⑤	 *:① *:②	 *:① *:② *:③ *:④	 *:① *:②
	①Sudo & Kong(2001) ②Hata et al.(2018) のマグマ溜まり浅部※1 ③Hata et al.(2018) のマグマ溜まり深部※1 ④カルデラリムの東西南北	①Nakao et al.(2013) ②加久藤カルデラの中心 ③加久藤カルデラリムの東西南北 ④小林カルデラの中心 ⑤小林カルデラリムの東西南北	①井口ほか(2008) ②カルデラリムの東西南北	①北側カルデラの中心 ②北側カルデラリムの東西南北 ③南側カルデラの中心 ④南側カルデラリムの東西南北	①カルデラの中心 ②カルデラリムの東西南北
圧力源深度	10km※2	10km※2	圧力源位置①:11km※3 圧力源位置②:10km※2	10km※2	10km※2
マグマ供給率	0.05km^3/年※4				

※1 Hata et al.(2018)で確認された低比抵抗領域(C1)のマグマ溜まり浅部(深度6～7km)及びマグマ溜まり深部(深度15～17km)の平面分布の中心を圧力源位置と仮定した

※2 破局的噴火を発生させる珪長質マグマ溜りは深度10km以浅にあると考えられるため、10kmに設定した

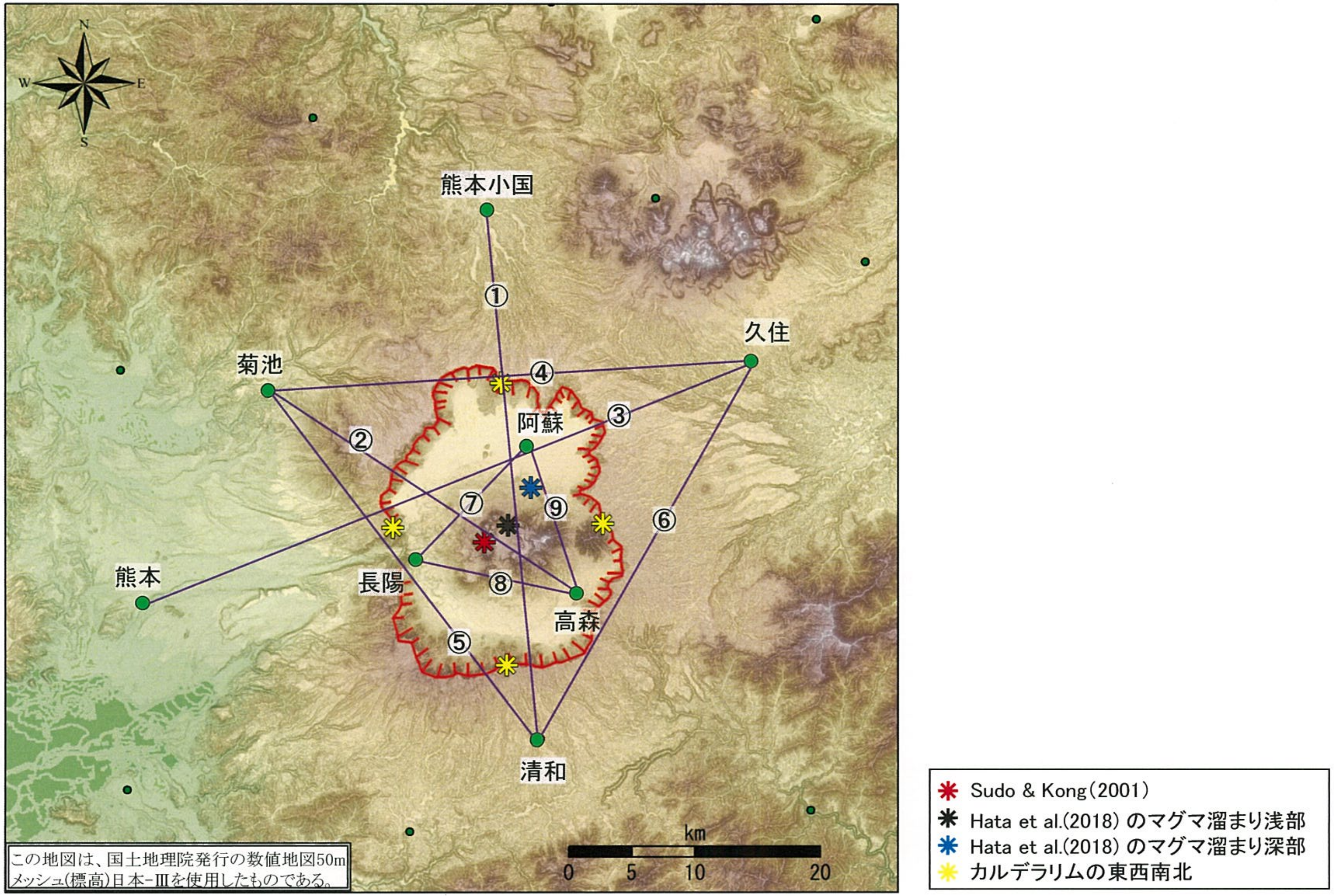
※3 井口ほか(2008)の圧力源深度

※4 Druitt et al.(2012)によるマグマ供給率の最小値

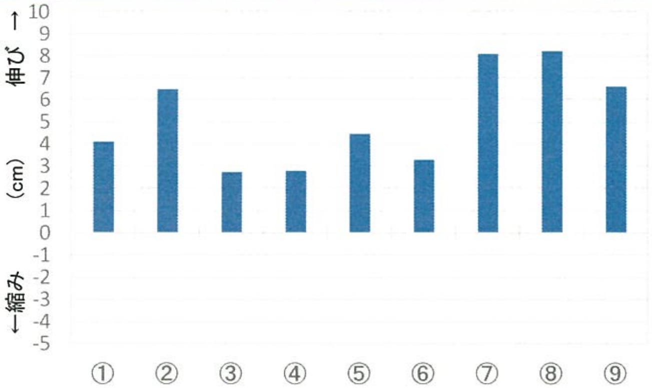
※5 上表の地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高)日本-Ⅲを使用したものである

6. 基線長検知能力の検討 ［阿蘇カルデラ］

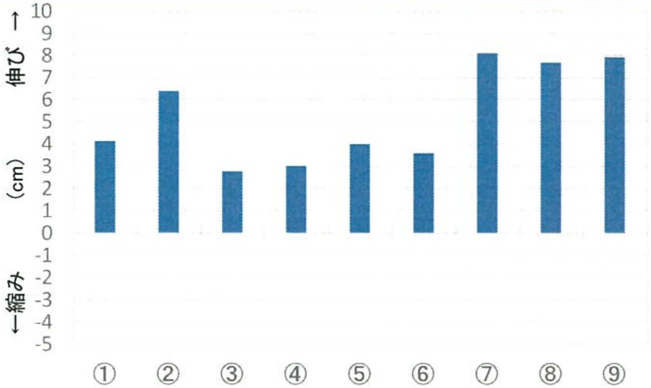
・0.05km³/年のマグマ供給があった場合、いずれの圧力源においても数cmの変化量を示す基線が複数確認されたことから、大規模なマグマ供給があった場合は、現在の基線で検知できると考えられる。



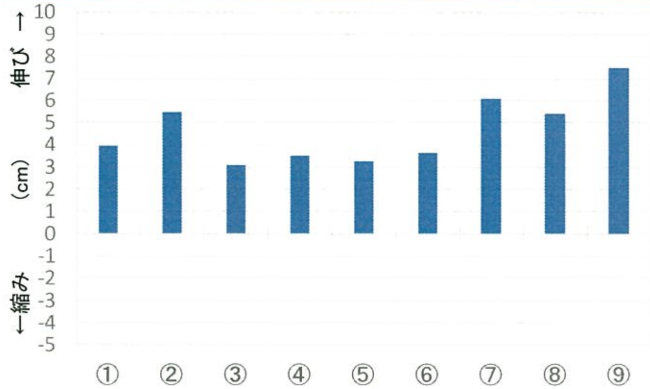
6. 基線長検知能力の検討 [阿蘇カルデラ]



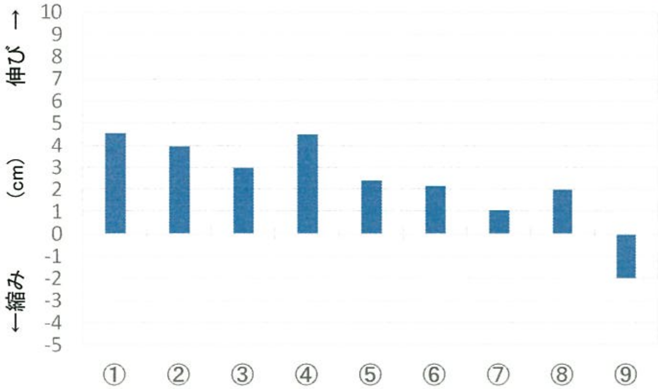
Sudo & Kong(2001)の位置における基線変化量



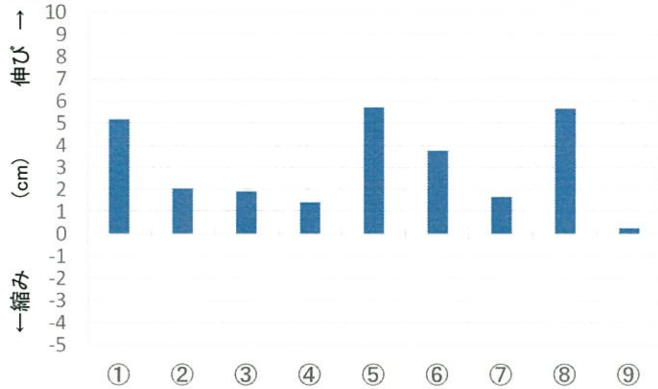
Hata et al.(2018) のマグマ溜まり
浅部の位置における基線変化量



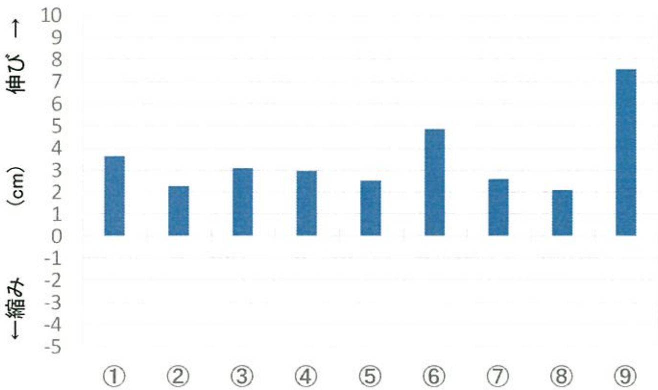
Hata et al.(2018) のマグマ溜まり
深部の位置における基線変化量



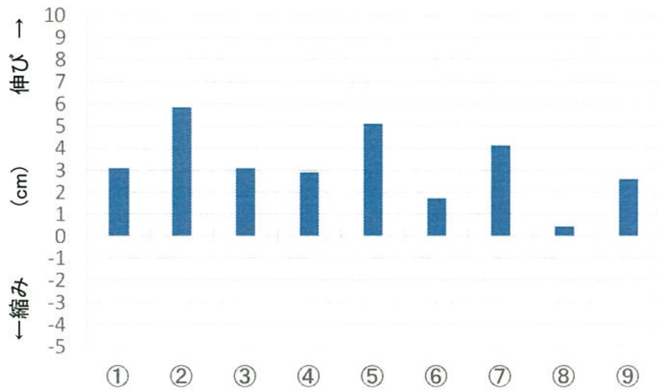
カルデラリム北側の位置における基線変化量



カルデラリム南側の位置における基線変化量



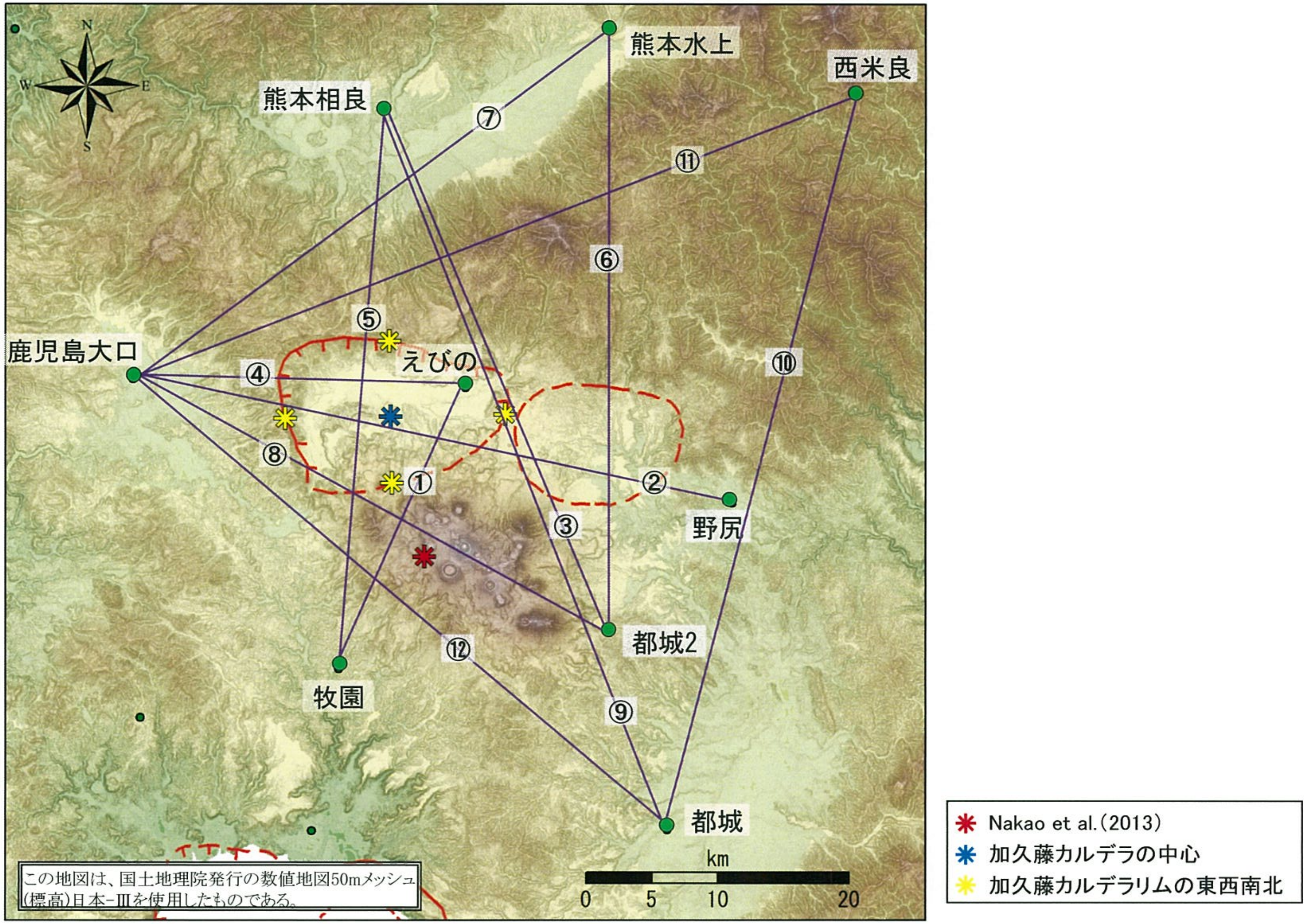
カルデラリム東側の位置における基線変化量



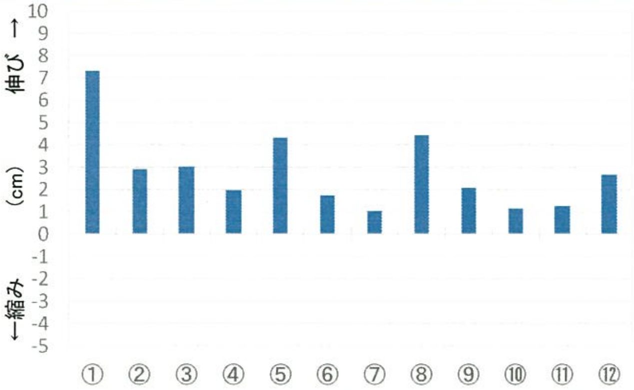
カルデラリム西側の位置における基線変化量

6. 基線長検知能力の検討 ［加久藤・小林カルデラ（加久藤カルデラ）］

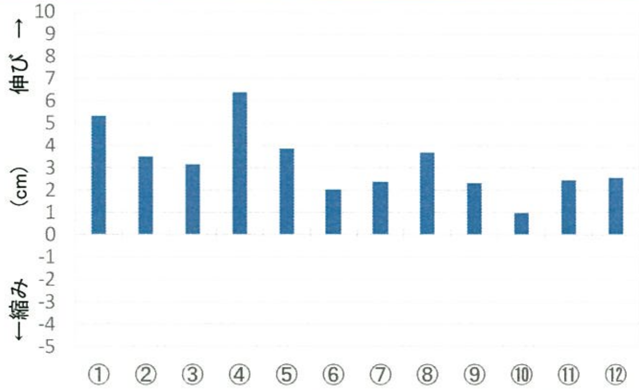
・0.05km³/年のマグマ供給があった場合、いずれの圧力源においても数cmの変化量を示す基線が複数確認されたことから、大規模なマグマ供給があった場合は、現在の基線で検知できると考えられる。



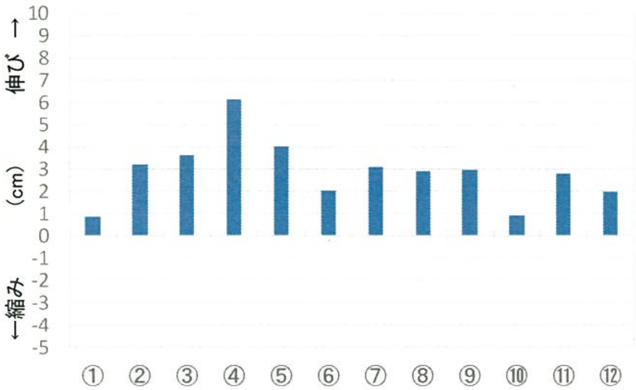
6. 基線長検知能力の検討 ［加久藤・小林カルデラ(加久藤カルデラ) ］



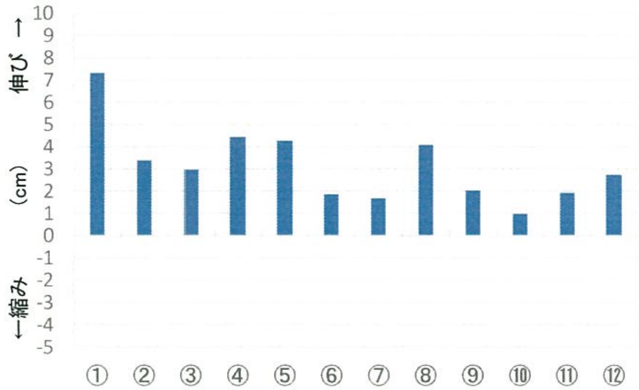
Nakao et al.(2013)の位置における基線変化量



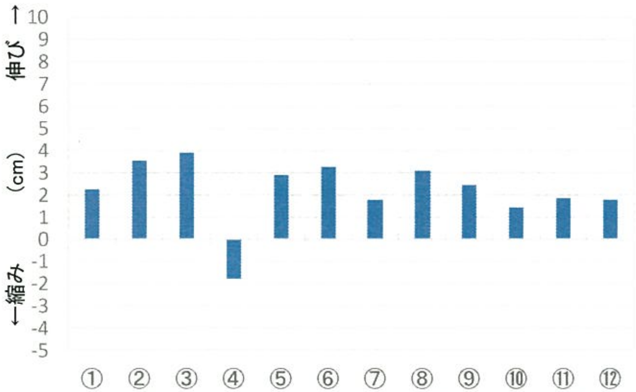
カルデラ中心の位置における基線変化量



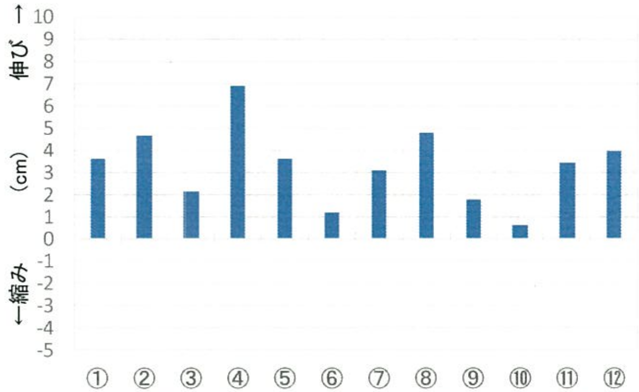
カルデラリム北側の位置における基線変化量



カルデラリム南側の位置における基線変化量

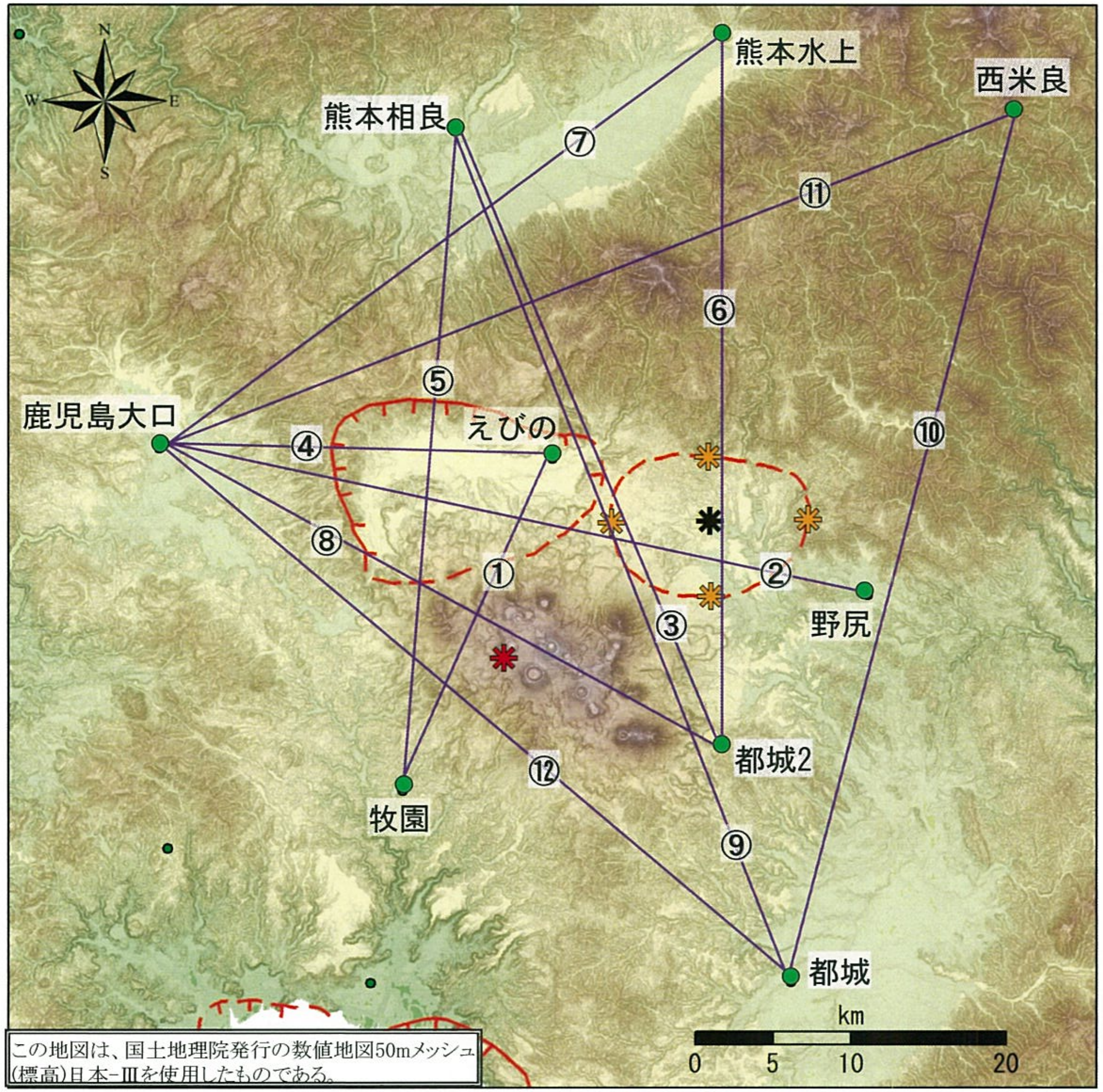


カルデラリム東側の位置における基線変化量



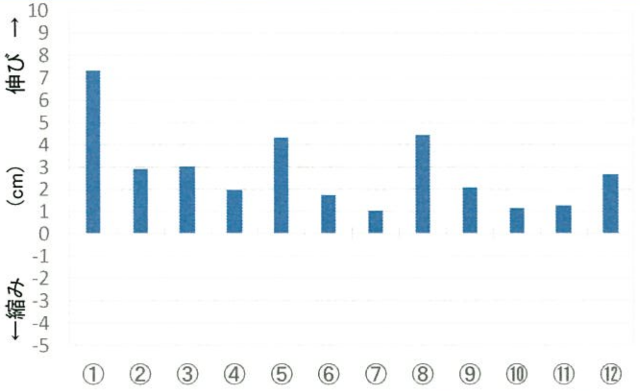
カルデラリム西側の位置における基線変化量

6. 基線長検知能力の検討 ［加久藤・小林カルデラ（小林カルデラ）］

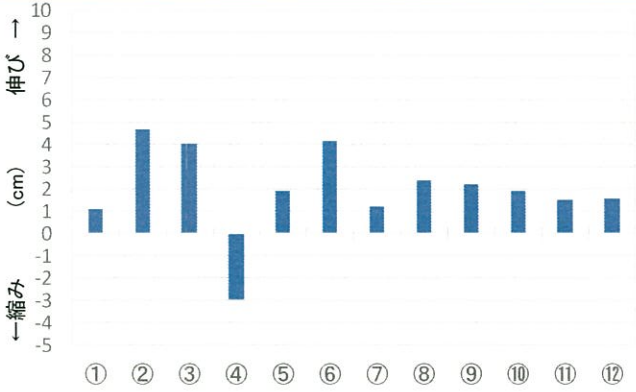


Nakao et al.(2013)
小林カルデラの中心
小林カルデラリムの東西南北

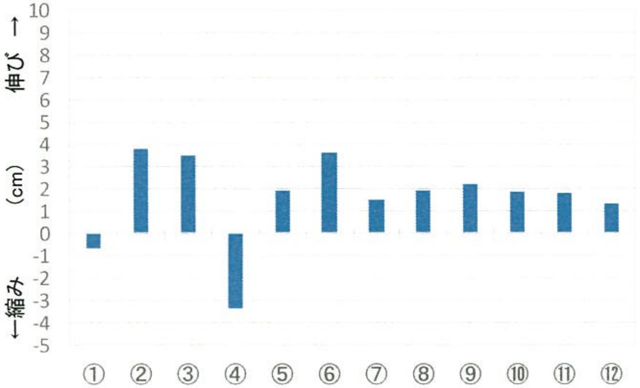
6. 基線長検知能力の検討 ［加久藤・小林カルデラ(小林カルデラ) ］



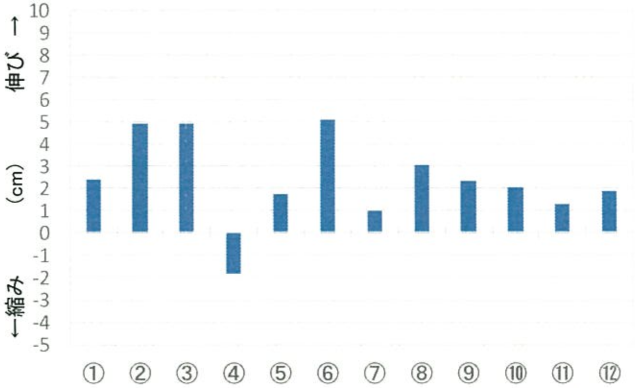
Nakao et al.(2013)の位置における基線変化量



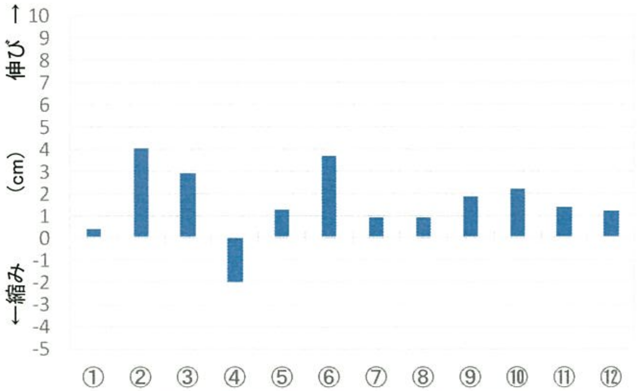
カルデラ中心の位置における基線変化量



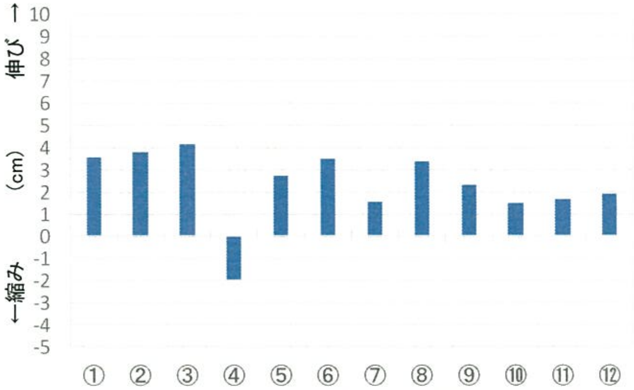
カルデラリム北側の位置における基線変化量



カルデラリム南側の位置における基線変化量



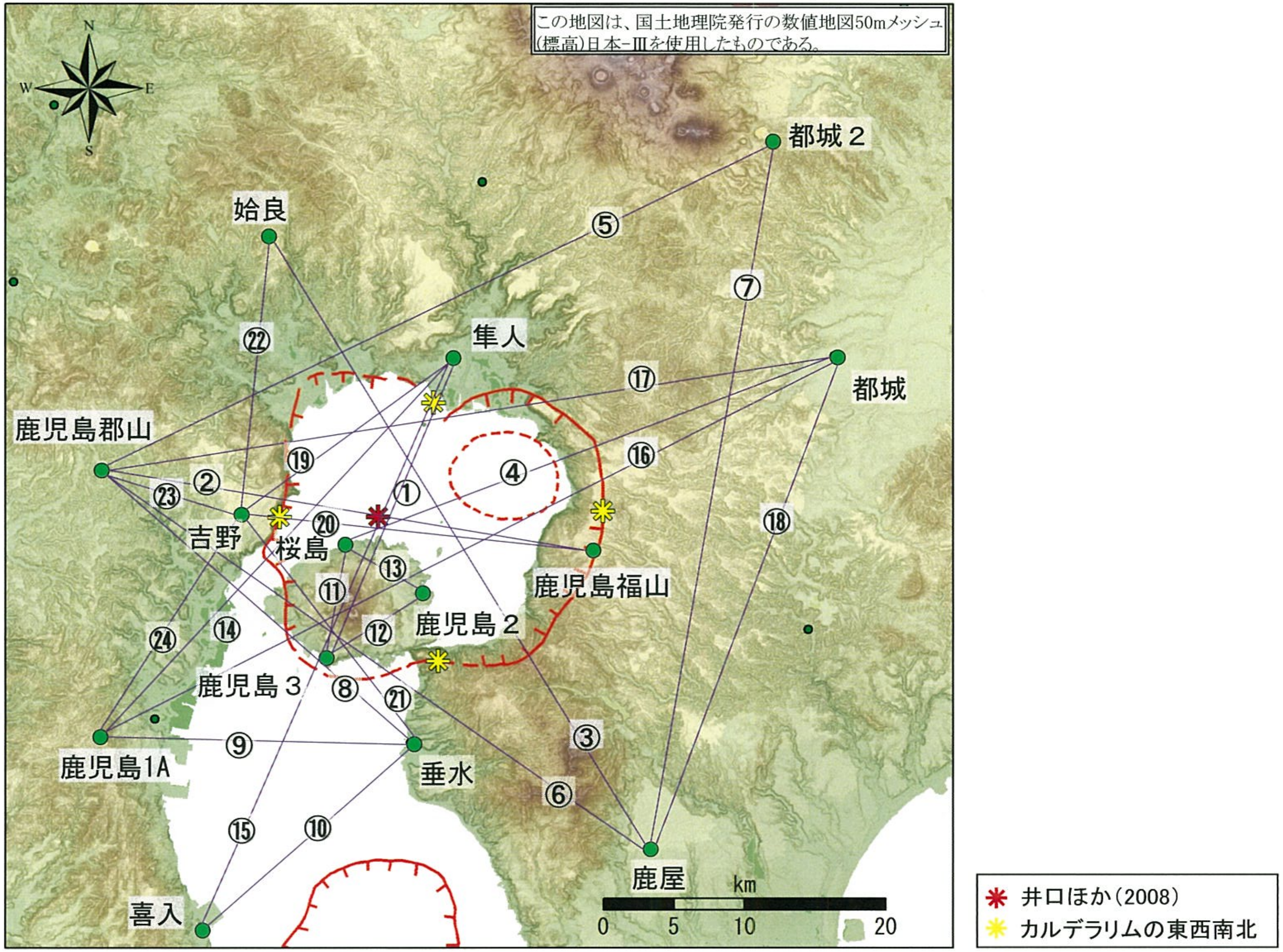
カルデラリム東側の位置における基線変化量



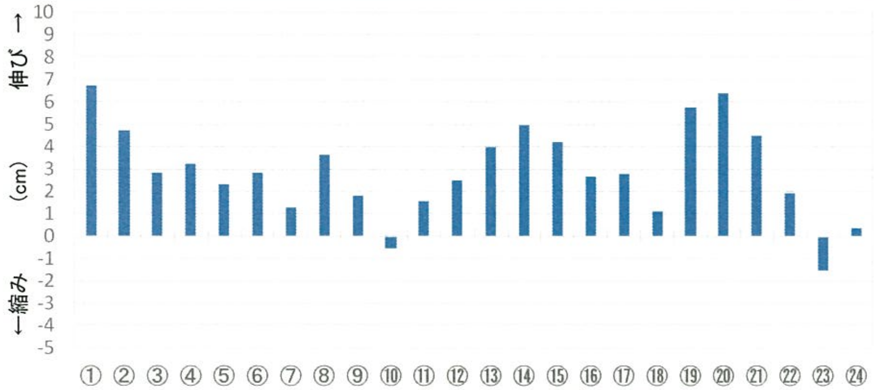
カルデラリム西側の位置における基線変化量

6. 基線長検知能力の検討 ［姶良カルデラ］

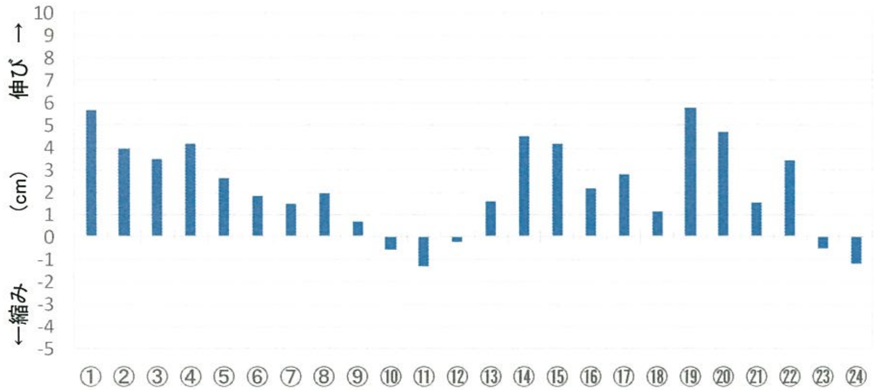
・0.05km³/年のマグマ供給があった場合、いずれの圧力源においても数cmの変化量を示す基線が複数確認されたことから、大規模なマグマ供給があった場合は、現在の基線で検知できると考えられる。



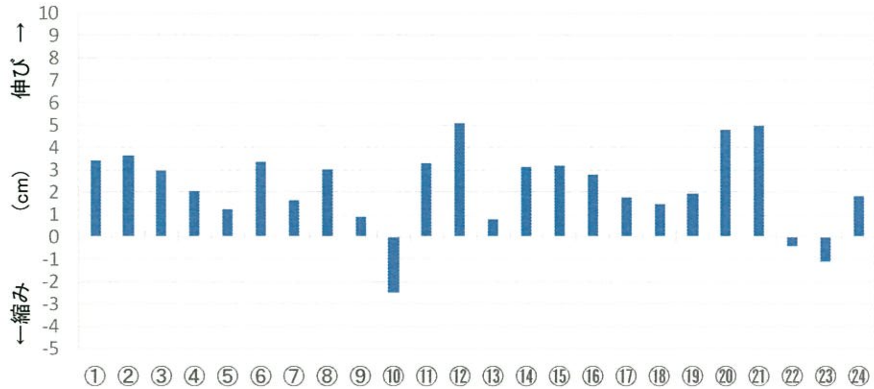
6. 基線長検知能力の検討 ［姶良カルデラ］



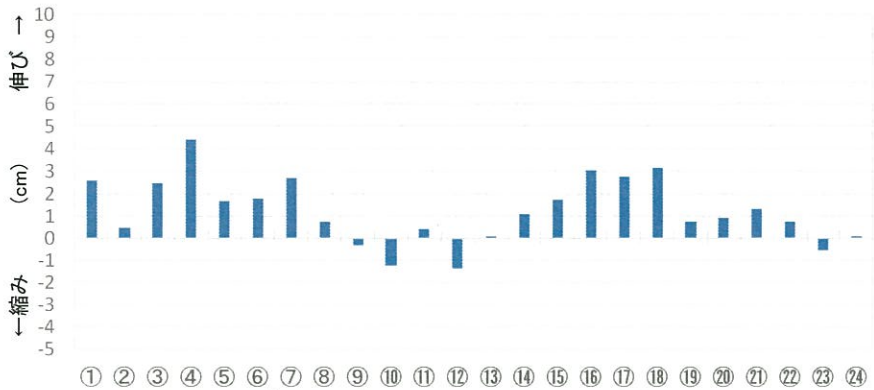
井口ほか(2008)の位置における基線変化量



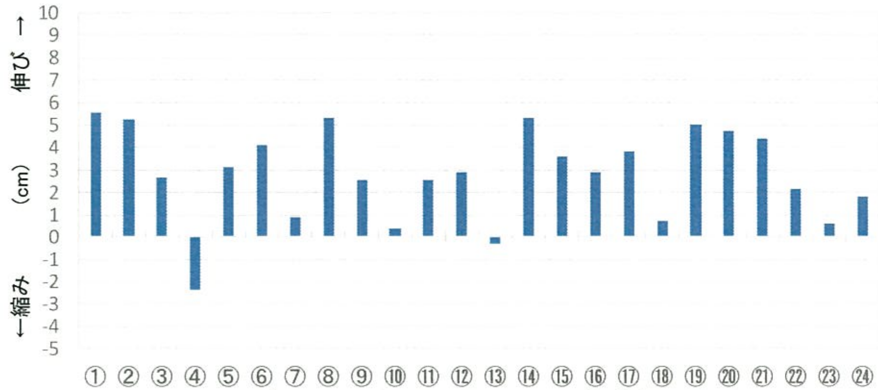
カルデラリム北側の位置における基線変化量



カルデラリム南側の位置における基線変化量



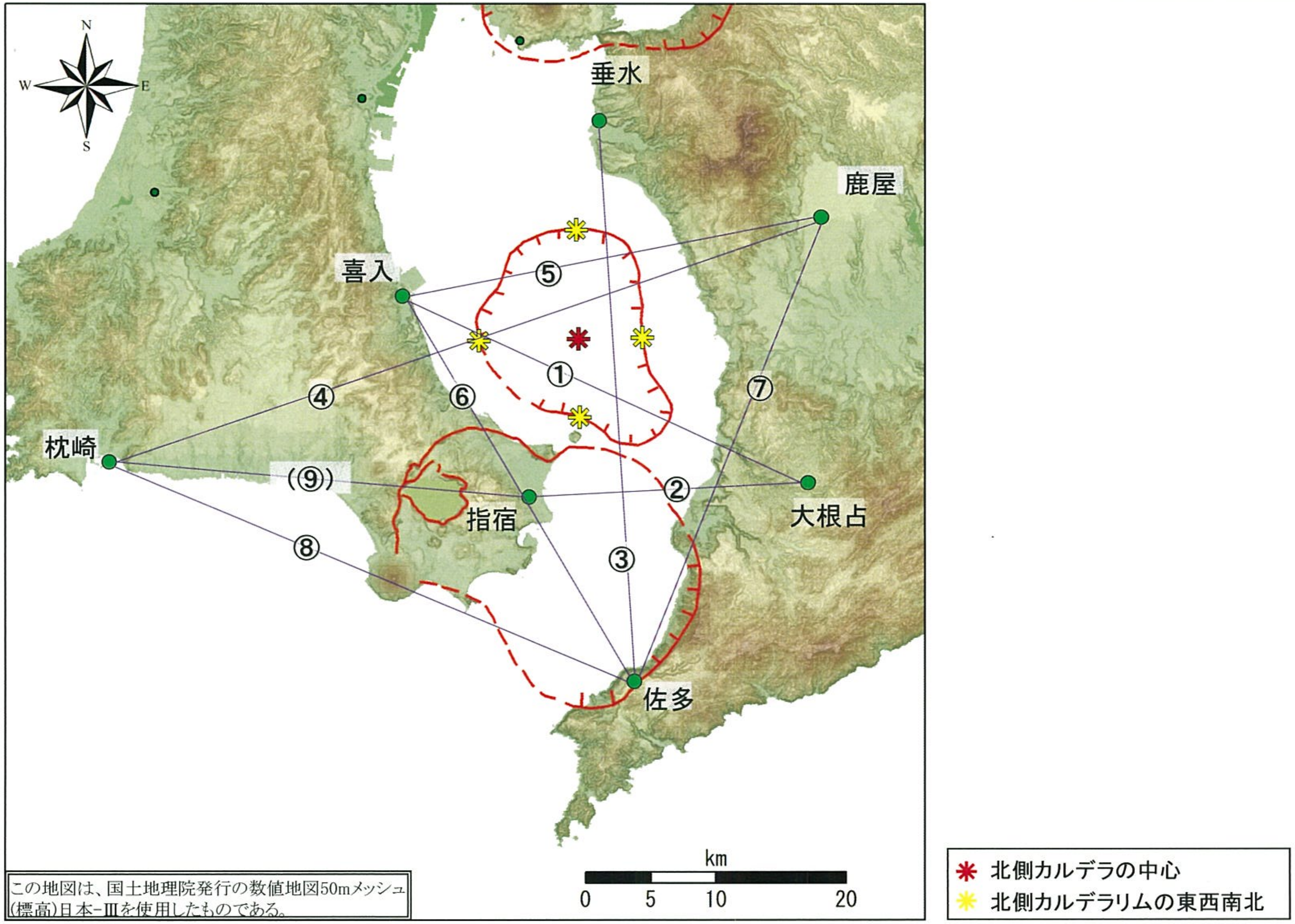
カルデラリム東側の位置における基線変化量



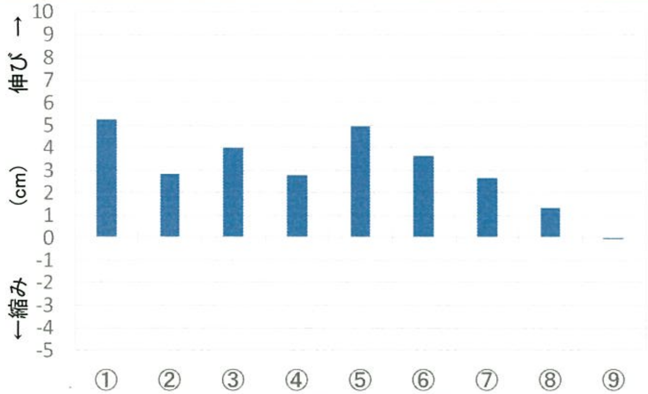
カルデラリム西側の位置における基線変化量

6. 基線長検知能力の検討 ［阿多カルデラ（北側カルデラ）］

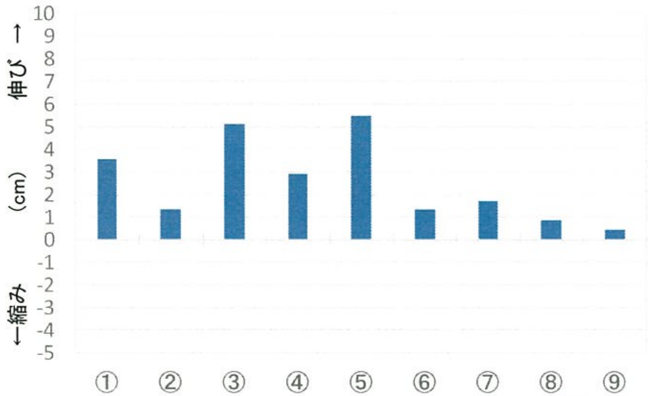
- $0.05km^3$/年のマグマ供給があった場合、いずれの圧力源においても数cmの変化量を示す基線が複数確認されたことから、大規模なマグマ供給があった場合は、現在の基線で検知できると考えられる。
- 複数の基線において、大規模なマグマ供給による変動が確認された場合、補足として基線⑨も用いて圧力源位置を検討する。



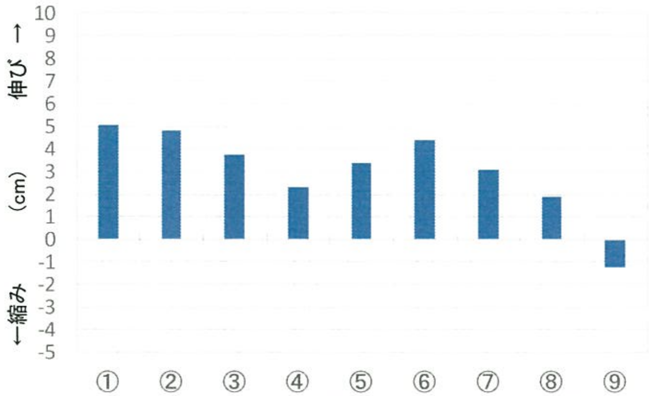
6. 基線長検知能力の検討 ［阿多カルデラ（北側カルデラ）］



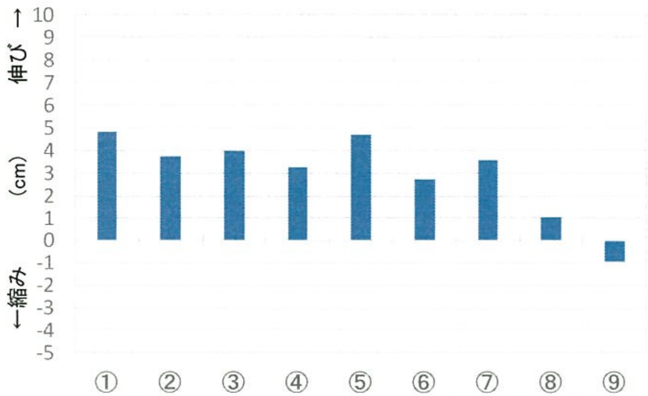
カルデラ中心の位置における基線変化量



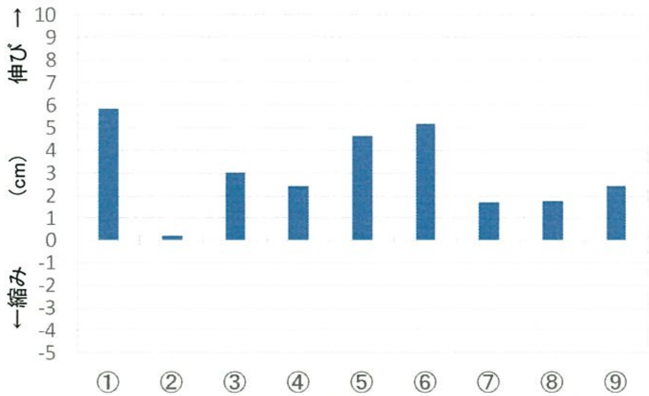
カルデラリム北側の位置における基線変化量



カルデラリム南側の位置における基線変化量



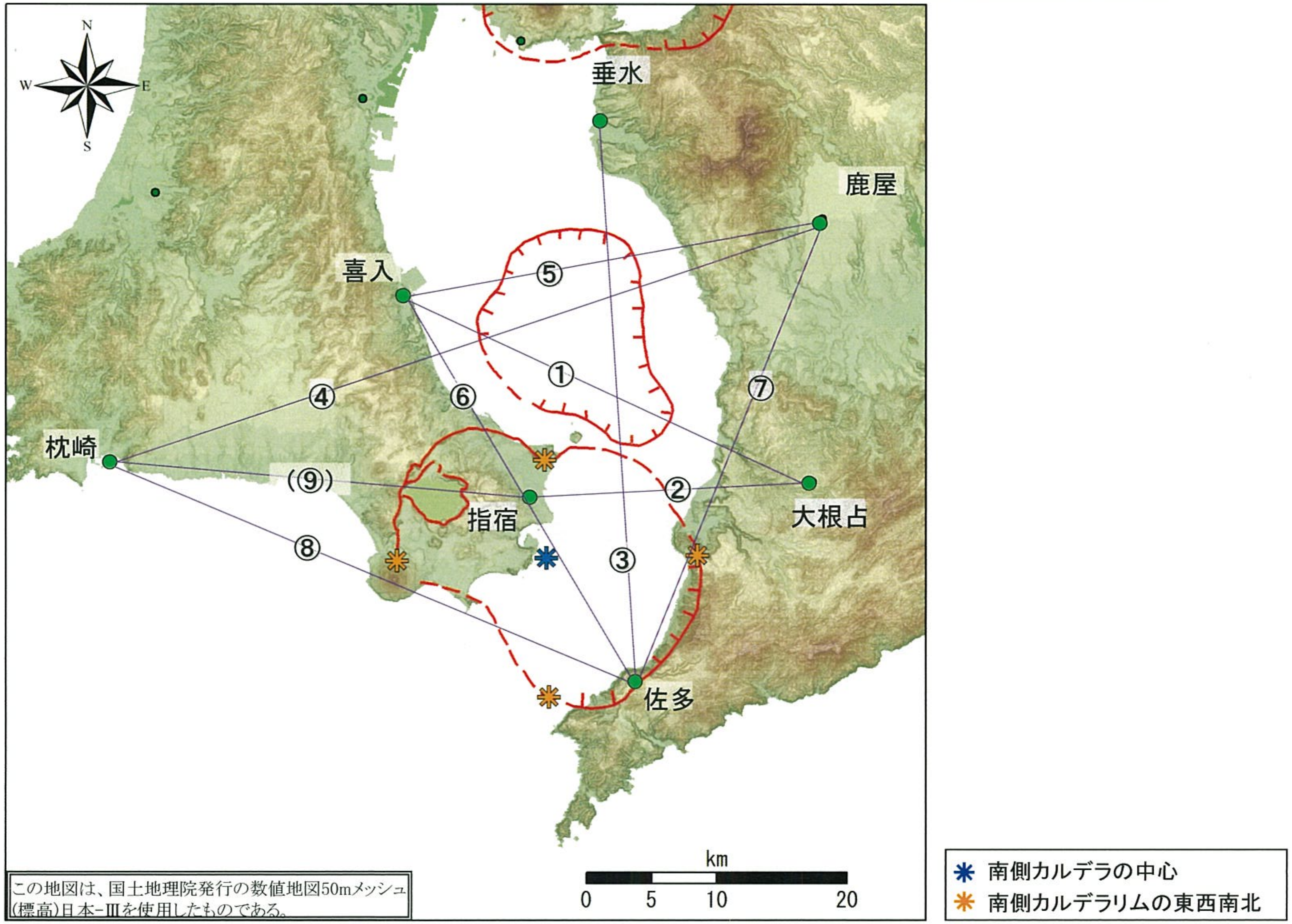
カルデラリム東側の位置における基線変化量



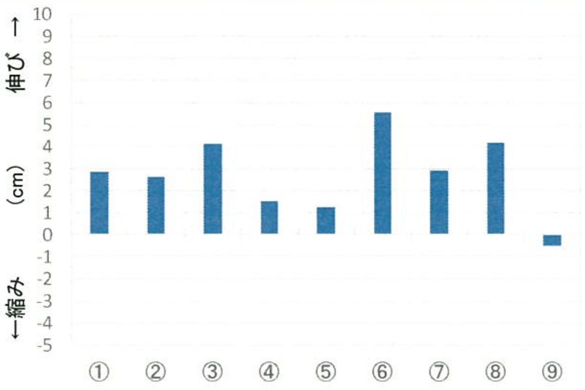
カルデラリム西側の位置における基線変化量

6. 基線長検知能力の検討 ［阿多カルデラ（南側カルデラ）］

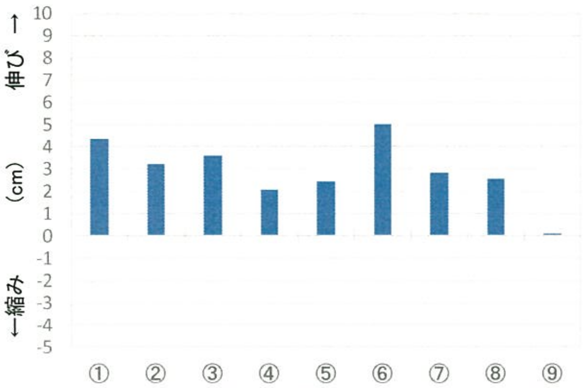
・0.05km³/年のマグマ供給があった場合、いずれの圧力源においても数cmの変化量を示す基線が複数確認されたことから、大規模なマグマ供給があった場合は、現在の基線で検知できると考えられる。
・複数の基線において、大規模なマグマ供給による変動が確認された場合、補足として基線⑨も用いて圧力源位置を検討する。



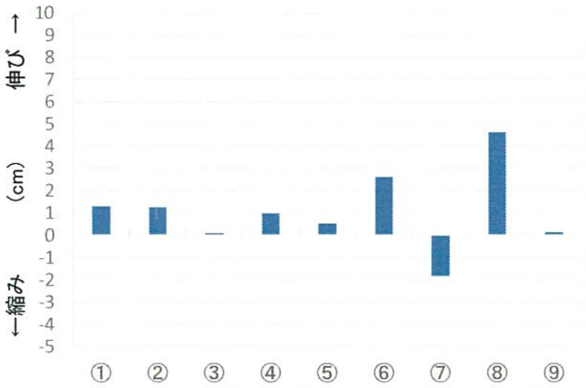
6. 基線長検知能力の検討 ［阿多カルデラ（南側カルデラ）］



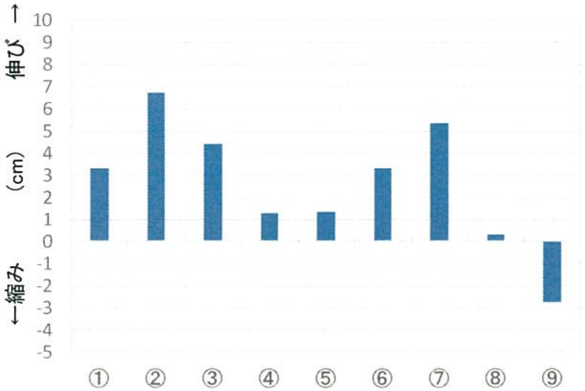
カルデラ中心の位置における基線変化量



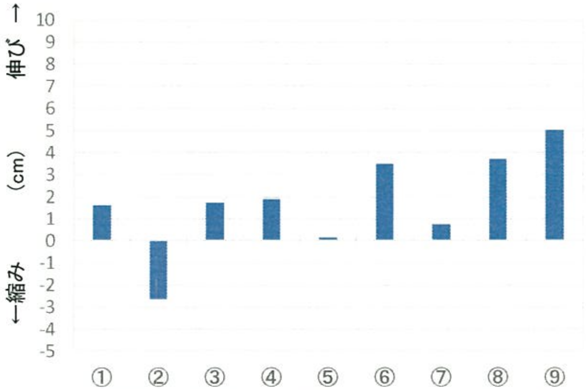
カルデラリム北側の位置における基線変化量



カルデラリム南側の位置における基線変化量



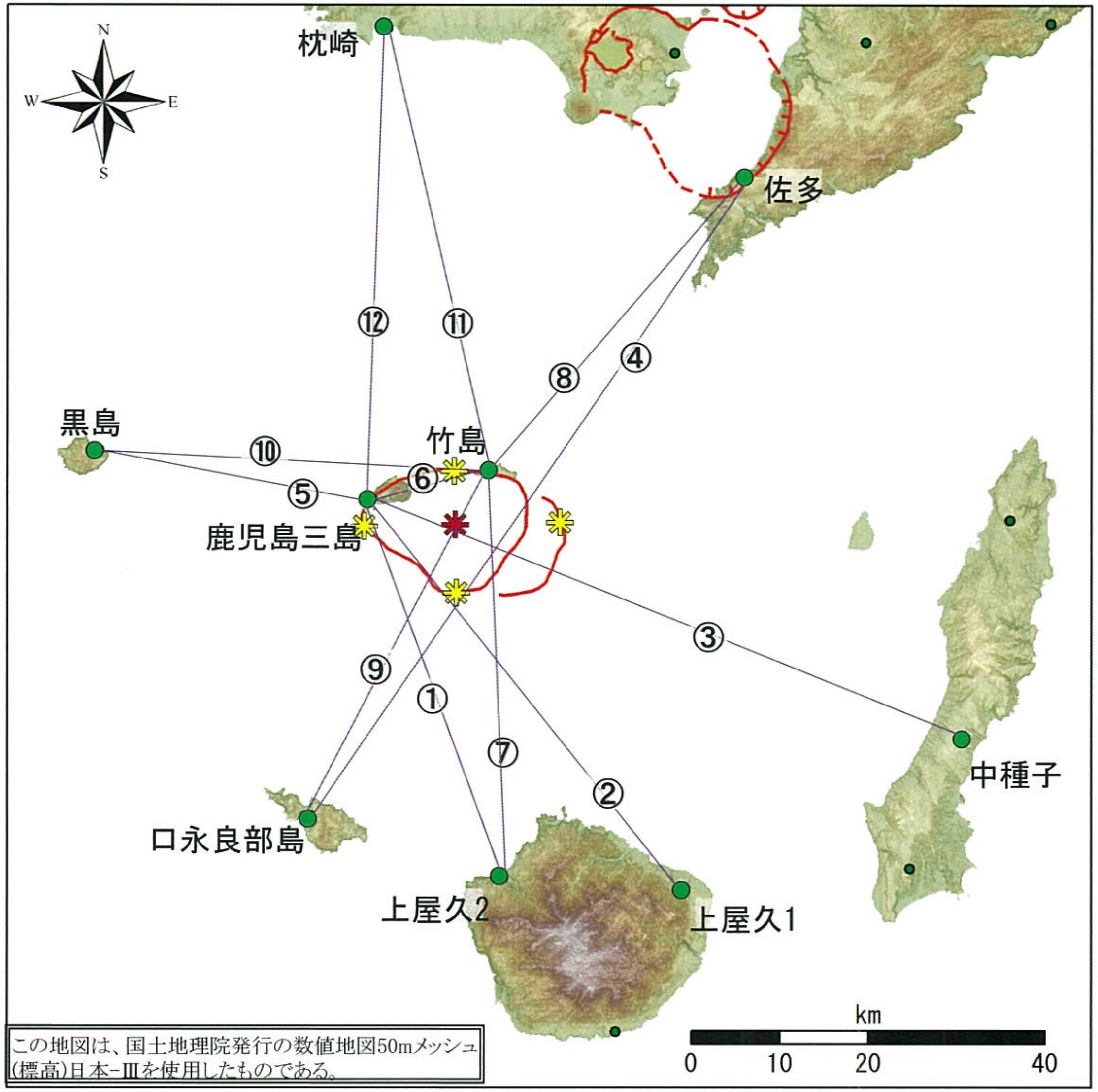
カルデラリム東側の位置における基線変化量



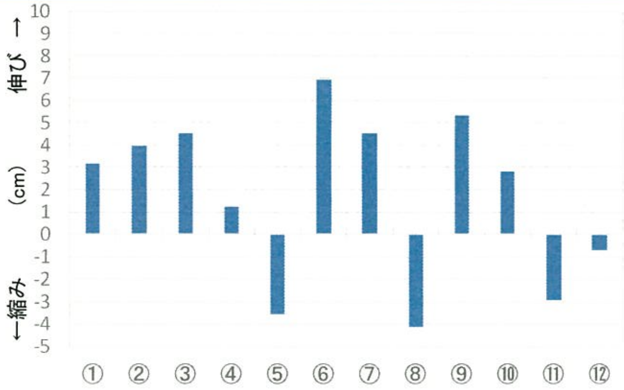
カルデラリム西側の位置における基線変化量

6. 基線長検知能力の検討［鬼界］

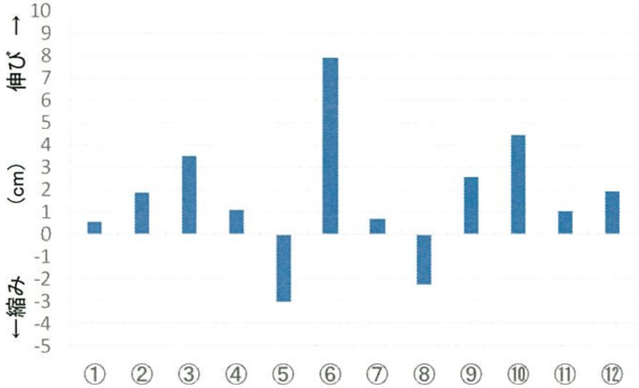
・0.05km³/年のマグマ供給があった場合、いずれの圧力源においても数cmの変化量を示す基線が複数確認されたことから、大規模なマグマ供給があった場合は、現在の基線で検知できると考えられる。



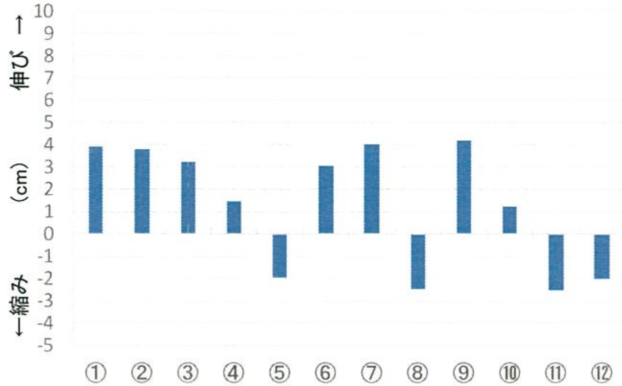
6. 基線長検知能力の検討 ［鬼界］



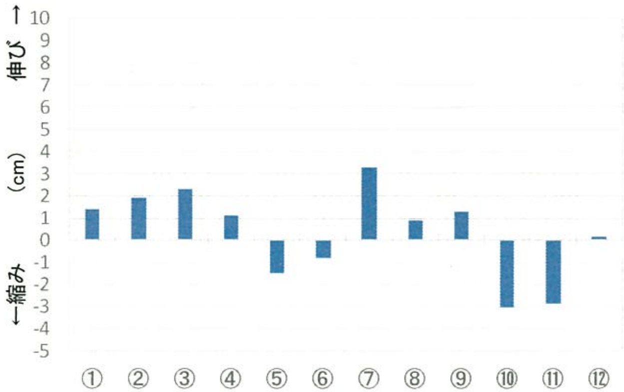
カルデラ中心の位置における基線変化量



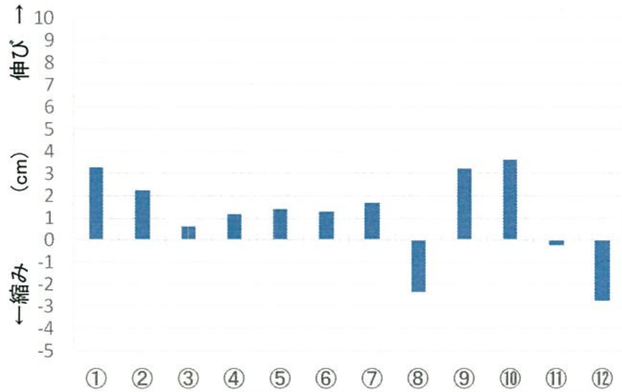
カルデラリム北側の位置における基線変化量



カルデラリム南側の位置における基線変化量



カルデラリム東側の位置における基線変化量



カルデラリム西側の位置における基線変化量

余　白

原子力規制委員会の火山モニタリングにおける「観測データに有意な変化があったと判断する目安」を踏まえた整理

余　白

①主な監視項目[地震活動　地殻変動・地盤変動　火山ガス・熱活動]

・各カルデラにおける主な監視項目についてのデータを取り纏めた。

カルデラ	監視項目		データ	参考：公的機関の評価
阿蘇	地震活動		【本資料P17】	—
阿蘇	地殻変動・地盤変動	GNSS	【本資料P10】	—
阿蘇	地殻変動・地盤変動	水準測量	—	—
阿蘇	地殻変動・地盤変動	衛星観測	第145回火山噴火予知連絡会 2019年12月（気象庁,国土地理院） 【本資料P141,P142】	（阿蘇山） ・ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。
阿蘇	地殻変動・地盤変動	傾斜計・伸縮計	火山活動解説資料 2020年2月（気象庁） 【本資料P143】	（阿蘇山） ・傾斜計では、火山活動に伴う特段の変化は認められない。
阿蘇	火山ガス・熱活動（表面活動）		火山活動解説資料 2019年（気象庁） 火山活動解説資料 2020年3月（気象庁） 【本資料P144】	（阿蘇山） ・火山ガス（二酸化硫黄）の放出量は、2月以降、概ね多い状態で経過した。3月中旬、4月から5月にかけてと、7月26日の噴火後には一時的に非常に多い状態となった。9月中旬以降は次第に増大し、10月以降からは非常に多い状態で経過した。 ・火山ガス（二酸化硫黄）の放出量はわずかに減少傾向がみられるが、1日あたり1,400〜4,900トンと、依然として多い状態で経過している。
加久藤・小林	地震活動		【本資料P31】	—
加久藤・小林	地殻変動・地盤変動	GNSS	【本資料P26】	—
加久藤・小林	地殻変動・地盤変動	水準測量	—	—
加久藤・小林	地殻変動・地盤変動	衛星観測	第145回火山噴火予知連絡会 2019年12月 （気象庁・気象研究所） （国土地理院） 【本資料P145-P148】	（新燃岳） ・新燃岳火口内で視線距離短縮の位相変化が認められる。その他の地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。 ・新燃岳では、火口内で複雑な変動が見られる。
加久藤・小林	地殻変動・地盤変動	傾斜計・伸縮計	火山活動解説資料 2020年3月（気象庁） 【本資料P149】	（新燃岳） ・新燃岳近傍の傾斜計では、2018年6月以降、顕著な変化は観測されていない。
加久藤・小林	火山ガス・熱活動（表面活動）		火山活動解説資料 2019年（気象庁） 火山活動解説資料 2020年3月（気象庁） 【本資料P150】	（新燃岳） ・火山ガス（二酸化硫黄）の放出量は、2018年9月以降少ない状態で経過し、1月11日以降は検出限界未満で経過している。 （えびの高原（硫黄山）周辺） ・火山ガス（二酸化硫黄）の放出量は、1日あたり10トン未満（前回2018年6月1日、10トン未満）で少ない状態だった。

①主な監視項目[地震活動　地殻変動・地盤変動　火山ガス・熱活動]

カルデラ	監視項目		データ	参考：公的機関の評価
姶良	地震活動		【本資料P49】	—
姶良	地殻変動・地盤変動	GNSS	【本資料P40】	—
姶良	地殻変動・地盤変動	水準測量	【本資料P107】	—
姶良	地殻変動・地盤変動	衛星観測	第145回火山噴火予知連絡会 2019年12月（気象庁,国土地理院） 【本資料P151,P152】	（桜島） ・ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。
姶良	地殻変動・地盤変動	傾斜計・伸縮計	火山活動解説資料 2020年3月（気象庁） 【本資料P153】	（桜島） ・桜島島内の傾斜計及び伸縮計では、2019年9月上旬から山体の隆起・膨張が観測されているが、一部の傾斜計及び伸縮計では2020年3月頃から停滞している。また、一部の噴火に伴い、噴火前のわずかな山体の膨張（隆起）及び噴火後のわずかな収縮（沈降）が観測された。
姶良	火山ガス・熱活動（表面活動）		火山活動解説資料 2019年（気象庁） 火山活動解説資料 2020年3月（気象庁） 【本資料P154】	（桜島） ・火山ガス（二酸化硫黄）の放出量は、1日あたり4,000トン以下で推移した。1日あたりの放出量は、前年12月以降6月頃まで減少傾向にありましたが、9月以降は多い状態となりました。 ・火山ガス（二酸化硫黄）の放出量は1日あたり1,300～3,400トンと多い状態だった。火山ガス（二酸化硫黄）の1日あたりの放出量は、2019年9月以降、多い状態が続いている。
阿多	地震活動		【本資料P61】	—
阿多	地殻変動・地盤変動	GNSS	【本資料P58】	—
阿多	地殻変動・地盤変動	水準測量	—	—
阿多	地殻変動・地盤変動	衛星観測	第145回火山噴火予知連絡会 2019年12月（国土地理院） 【本資料P155】	（池田・山川・開聞岳） ・ノイズレベルを超える変動は見られない。
阿多	地殻変動・地盤変動	傾斜計・伸縮計	—	—
阿多	火山ガス・熱活動（表面活動）		—	—

①主な監視項目[地震活動　地殻変動・地盤変動　火山ガス・熱活動]

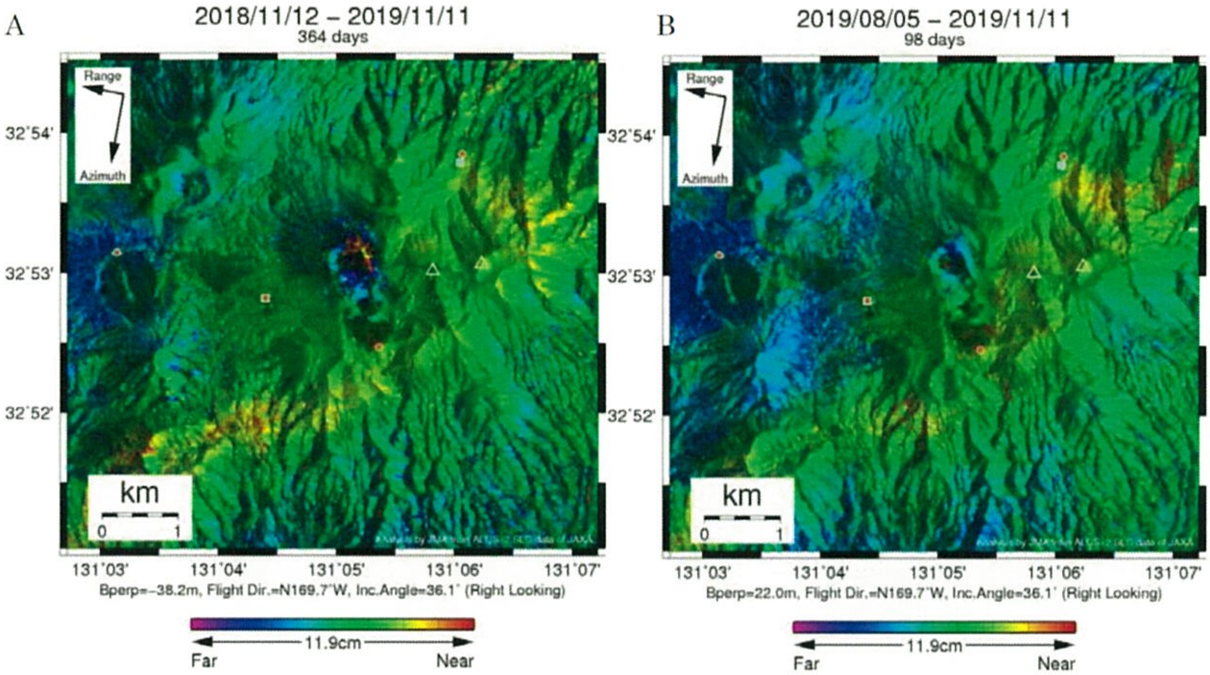
カルデラ	監視項目		データ	参考:公的機関の評価
鬼界	地震活動		【本資料P73】	—
	地殻変動・地盤変動	GNSS	【本資料P70】	—
		水準測量	—	—
		衛星観測	第145回火山噴火予知連絡会 2019年12月(気象庁,国土地理院) 【本資料P156,P157】	(薩摩硫黄島) ・ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。
		傾斜計・伸縮計	第145回火山噴火予知連絡会 2019年12月(気象庁) 【本資料P158】	(薩摩硫黄島) ・火山活動に伴う特段の変化は認められなかった。
	火山ガス・熱活動(表面活動)		火山活動解説資料 2020年3月(気象庁) 【本資料P159】	(薩摩硫黄島) ・11月6日に実施した現地調査では、火山ガス(二酸化硫黄)の放出量は、1日あたり1,300トンと、やや多い状態だった。

阿蘇カルデラ　①主な監視項目［衛星観測］

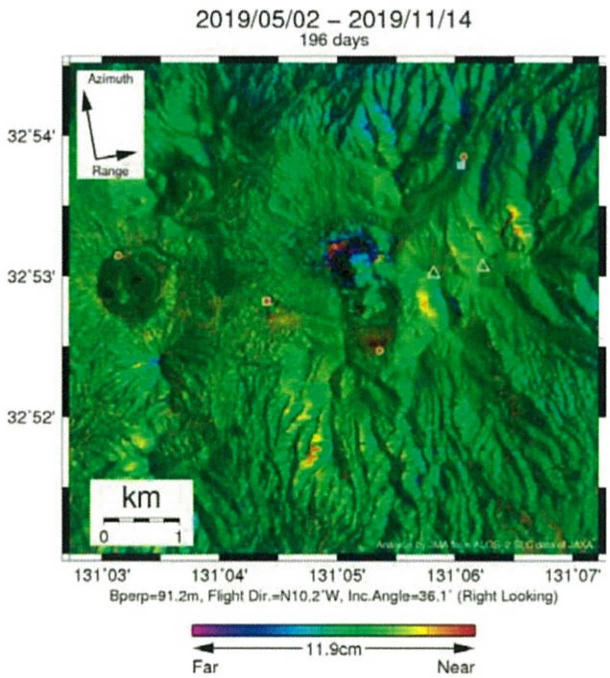
【第145 回火山噴火予知連絡会資料（その３）阿蘇山　p25，p26より引用】

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.
23-2950(SM1_U2_7)	南行	右	36.1°	2018.11.12	2019.11.11	第１図-A
				2019.08.05		第１図-B
130-650(SM1_U2_7)	北行	右	36.1°	2019.05.02	2019.11.14	第２図



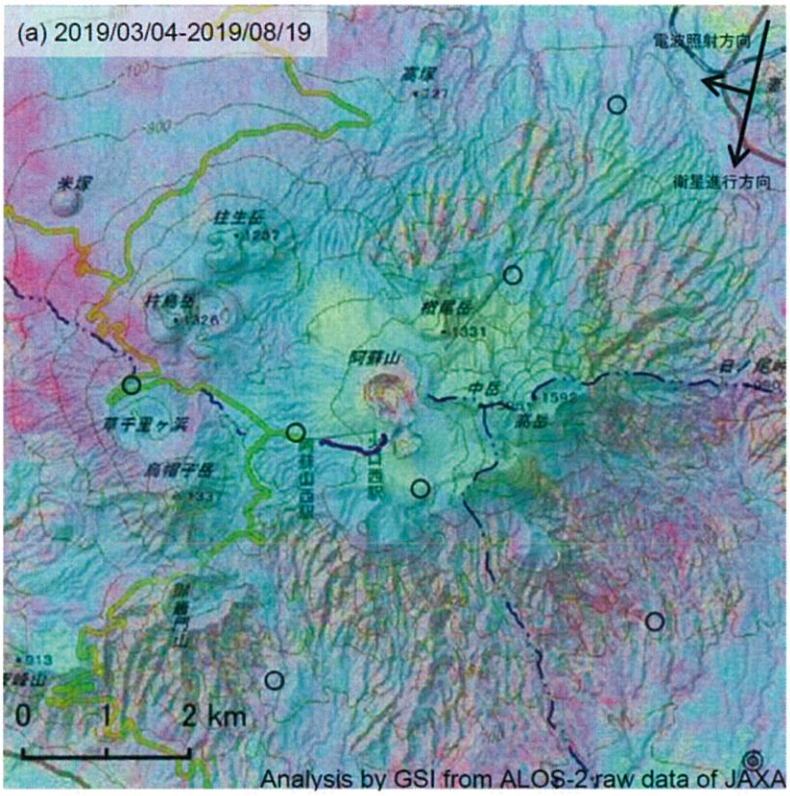
第1図　パス23(SM1_U2_7)の長期ペア、短期ペアによる阿蘇山及び周辺の干渉解析結果
図中の白三角印は山頂位置を示す。丸印はGNSS観測点、四角印は傾斜観測点を示す。



第2図　パス130(SM1_U2_7)の短期ペアによる阿蘇山及び周辺の干渉解析結果
凡例は第1図と同じ。

阿蘇カルデラ　①主な監視項目［衛星観測］

【第145 回火山噴火予知連絡会資料（その３）阿蘇山　p50より引用】

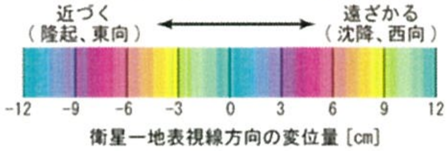


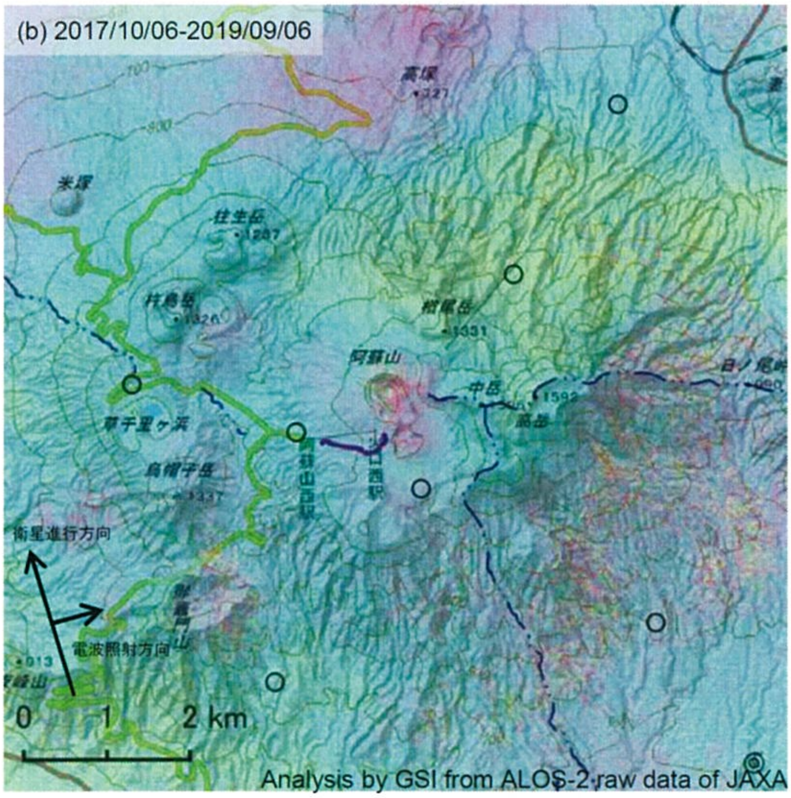
	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2019/03/04 2019/08/19 12:19 頃 (168 日間)	2017/10/06 2019/09/06 0:12 頃 (700 日間)
衛星進行方向	南行	北行
電波照射方向	右	右
観測ﾓｰﾄﾞ*	U-U	H-H
入射角	35.3°	35.1°
偏波	HH	HH
垂直基線長	- 451 m	- 32 m

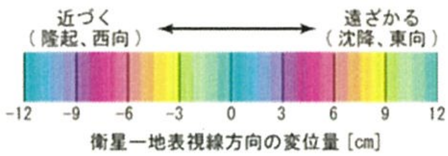
*U: 高分解能(3m)モード
*H: 高分解能(6m)モード

◎　国土地理院 GNSS 観測点

○　国土地理院以外の GNSS 観測点







阿蘇カルデラ　①主な監視項目［傾斜計］

【阿蘇山の火山活動解説資料（2020年2月）　p8，p11より引用】

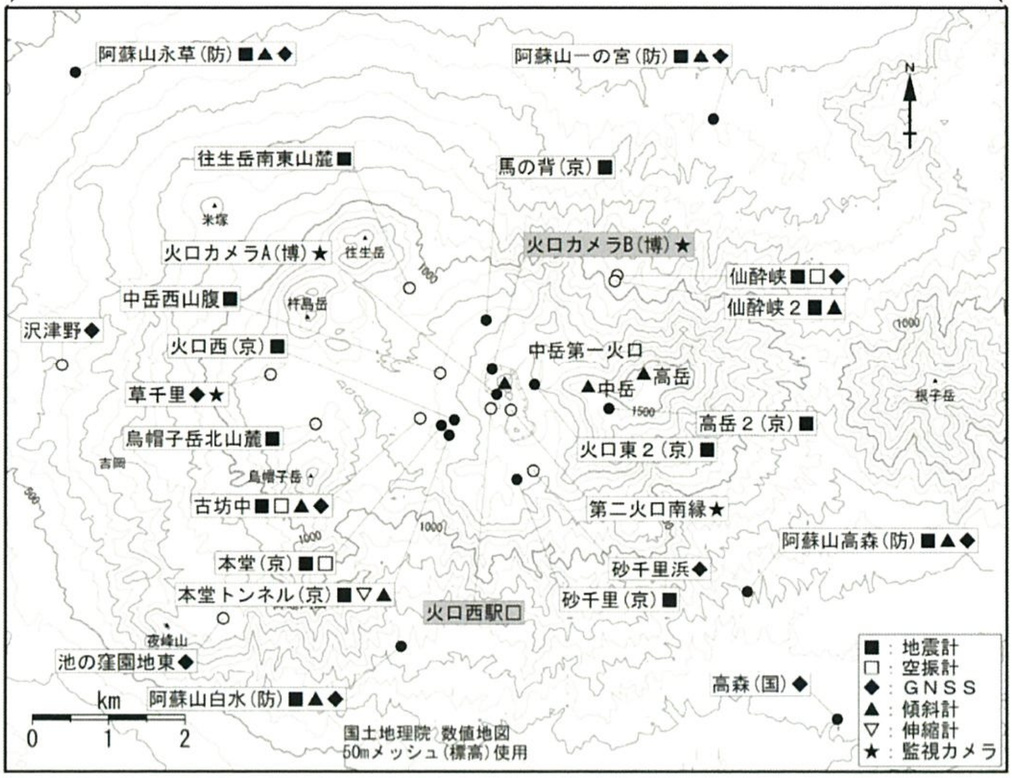


図　阿蘇山　観測点配置図

小さな白丸（○）は気象庁、小さな黒丸（●）は気象庁以外の期間の観測点位置を示している。
（京）：京都大学、（防）：防災科学技術研究所、（博）：阿蘇火山博物館、（国）：国土地理院
図中の灰色の観測点名は、噴火により障害となった観測点を示している。

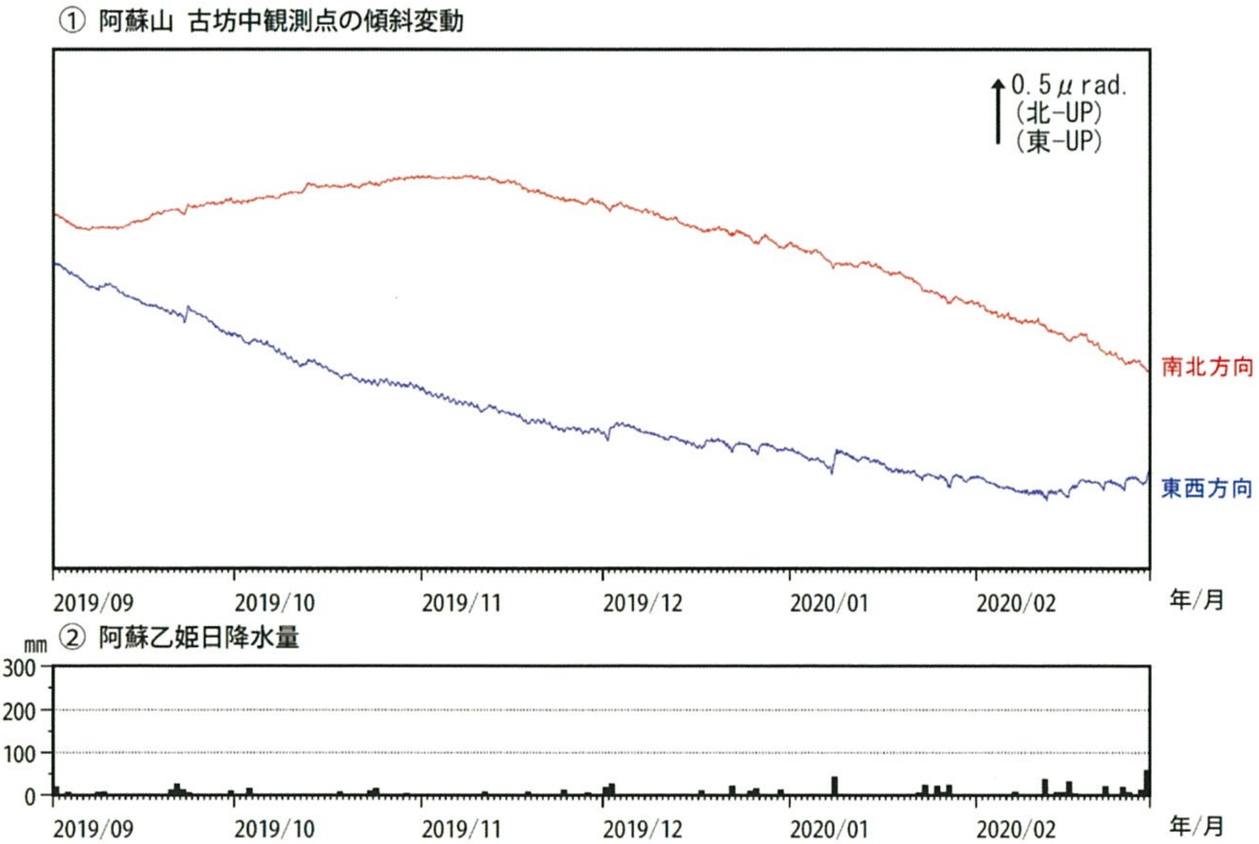


図　阿蘇山　古坊中観測点の傾斜変動及び阿蘇乙姫地域気象観測所の日降水量（2019年9月～2020年2日）

阿蘇カルデラ　①主な監視項目［火山ガス］

【2019年の阿蘇山の火山活動　p10より引用】

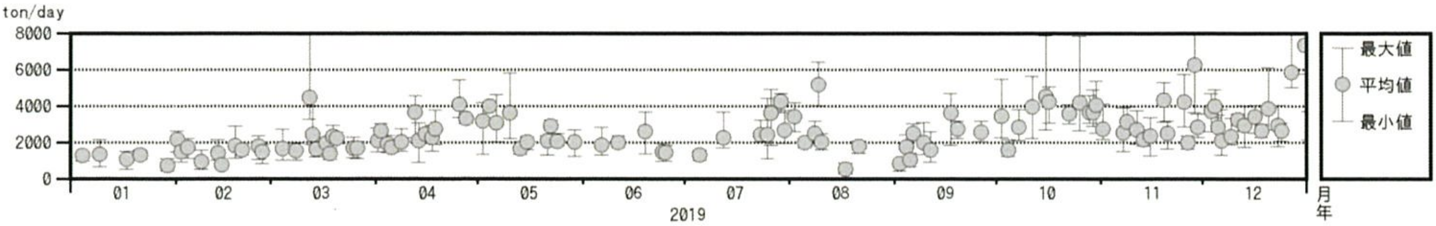
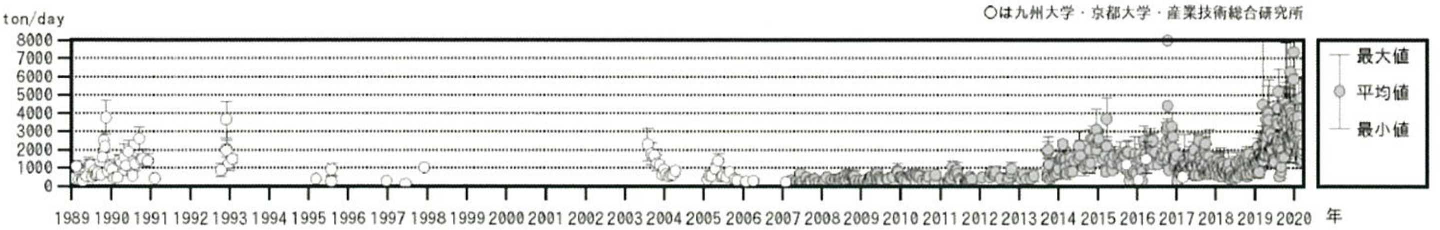


図　火山ガス（二酸化硫黄）の放出量

【阿蘇山の火山活動解説資料（2020年3月）　p5，p6より引用】



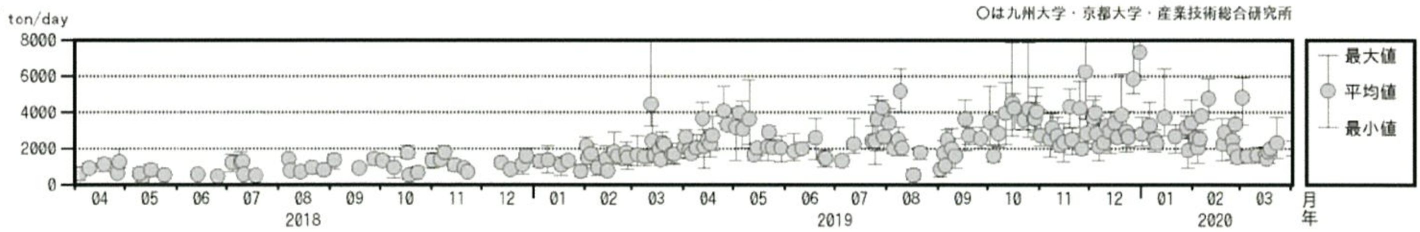


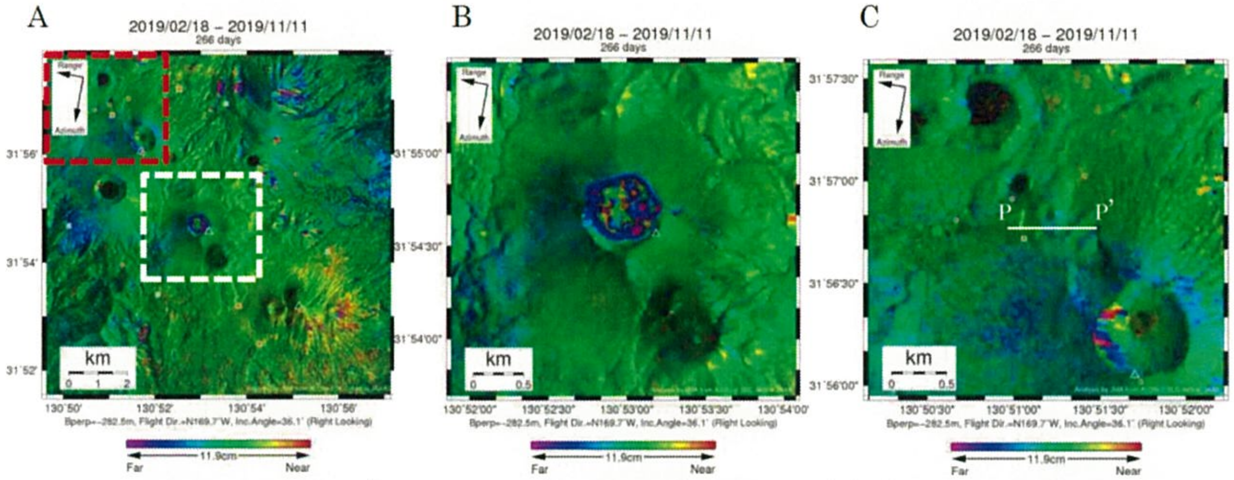
図　火山ガス（二酸化硫黄）の放出量

加久藤・小林カルデラ　①主な監視項目［衛星観測］

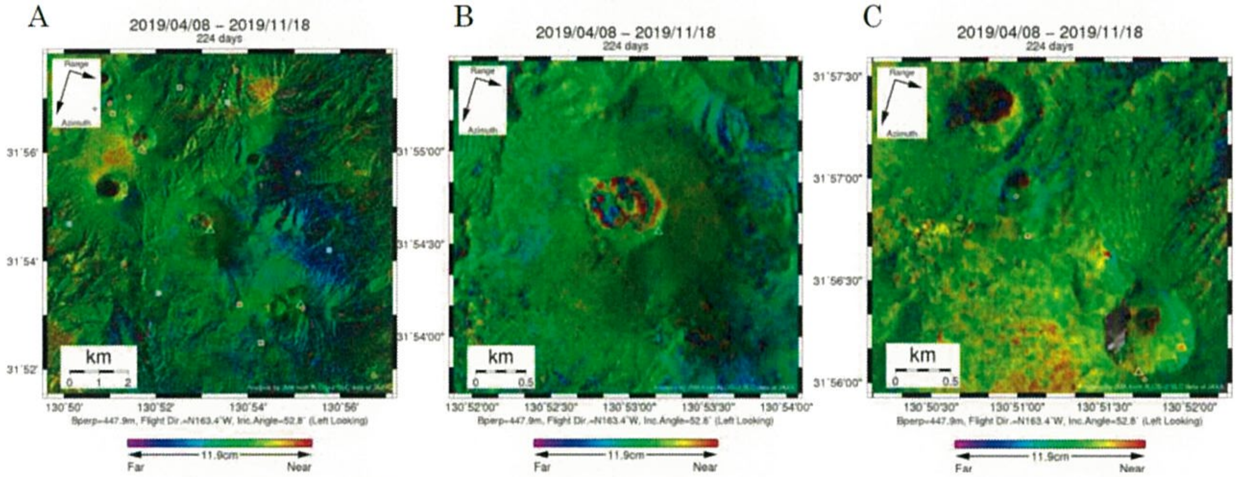
【第145 回火山噴火予知連絡会資料（その１）霧島山　p138，p139より引用】

表　干渉解析に使用したデータ

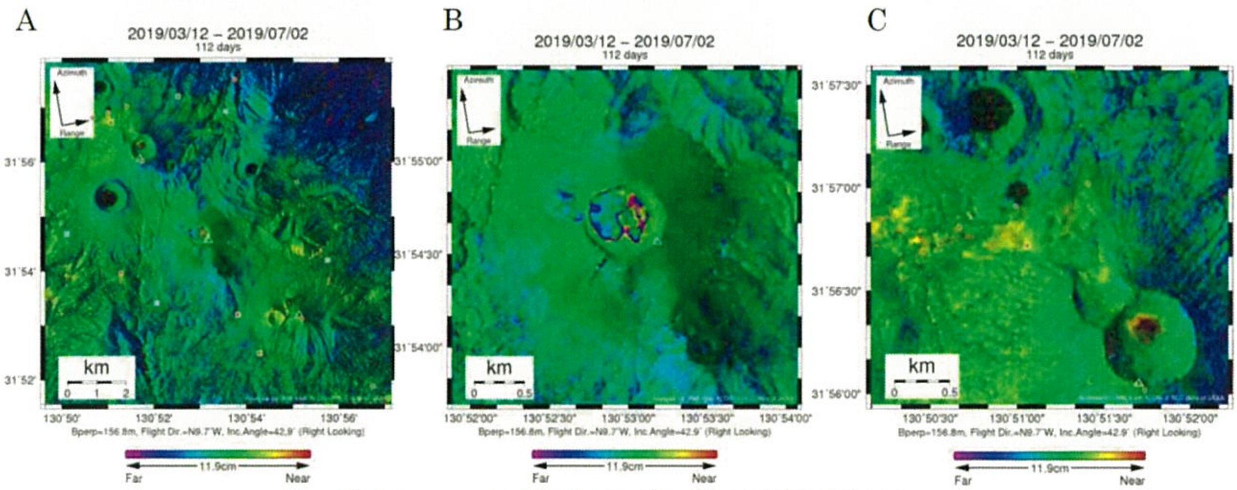
Path-Frame	Orbit	Looking	Inc. angle	Earliest Scene	Latest Scene	Figure No.
23_2970(SM1_U2_7)	南行	右	36.1°	2019.02.18	2019.11.11	第１図- A, B, C
30_2930(SM1_U3_13)	南行	左	52.8°	2019.04.08	2019.11.18	第２図- A, B, C
131-620(SM1_U2-9)	北行	右	42.9°	2019.03.12	2019.07.02	第３図- A, B, C



第1図　パス23(SM1-U2_7)による干渉解析結果



第2図　パス30(SM1-U3_13)による干渉解析結果



第3図　パス23(SM1-U2_7)による干渉解析結果

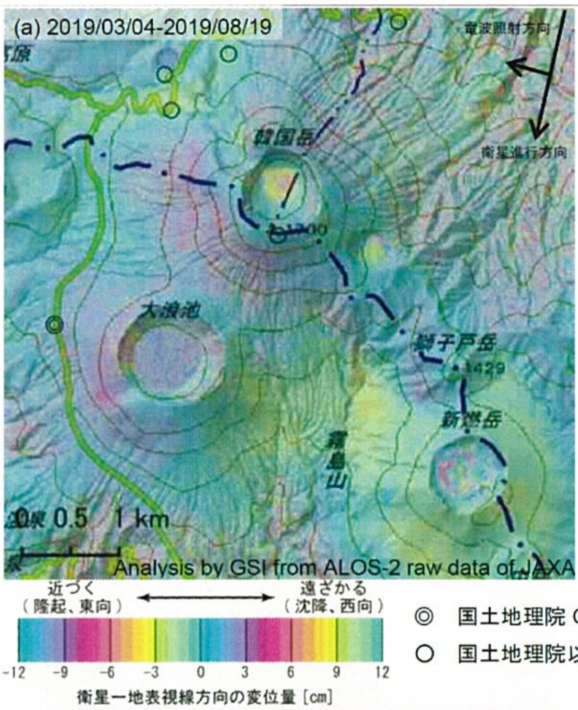
霧島山およびその周辺(A)、新燃岳付近の拡大図(B)、えびの高原（硫黄山）付近の拡大図(C)
図中の白三角印は山頂位置を示す。丸印はGNSS観測点、四角印は傾斜観測点を示す。
Aの白破線は新燃岳付近、赤破線はえびの高原付近の拡大図を示す。

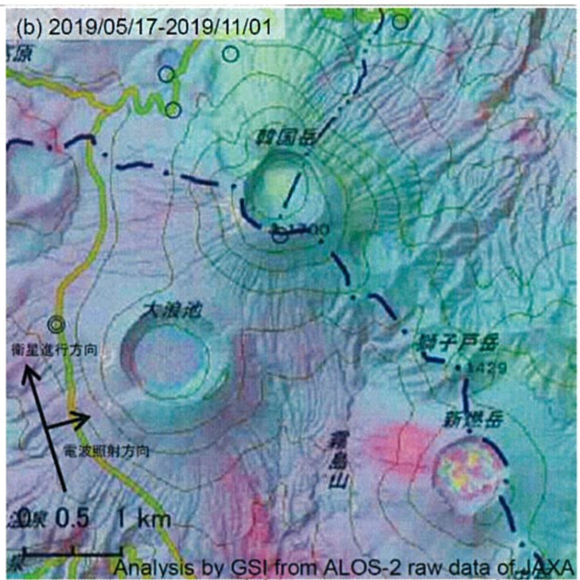
加久藤・小林カルデラ　①主な監視項目［衛星観測］

【第145 回火山噴火予知連絡会資料（その１）霧島山　p182，p185より引用】

	(a)	(b)	(c)	(d)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2019/03/04 2019/08/19 12:19 頃 (168 日間)	2019/05/17 2019/11/01 0:12 頃 (168 日間)	2019/08/19 2019/11/11 12:19 頃 (84 日間)	2019/05/20 2019/11/18 13:07 頃 (182 日間)
衛星進行方向	南行	北行	南行	南行
電波照射方向	右	右	右	左
観測ﾓｰﾄﾞ*	U-U	U-U	U-U	U-U
入射角	35.5°	32.1°	35.5°	52.8°
偏波	HH	HH	HH	HH
垂直基線長	- 451 m	- 82 m	- 84 m	+ 262 m

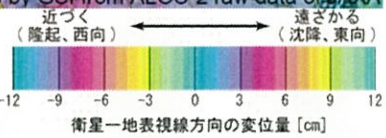
*U: 高分解能(3m)モード

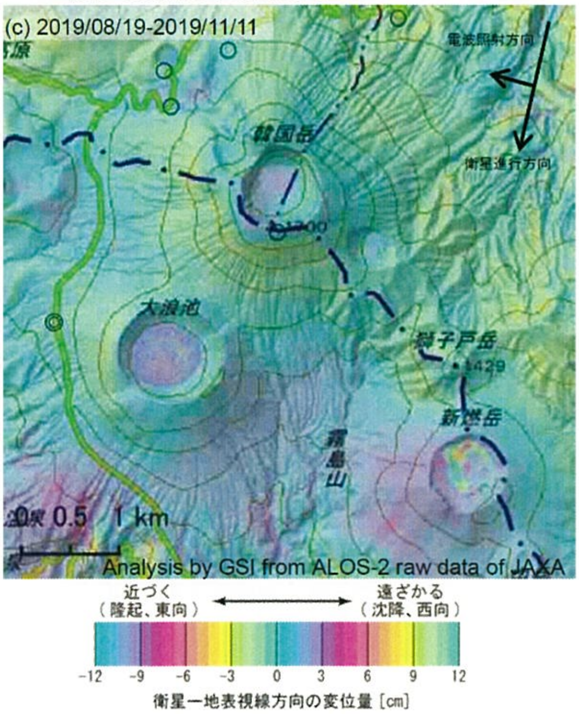


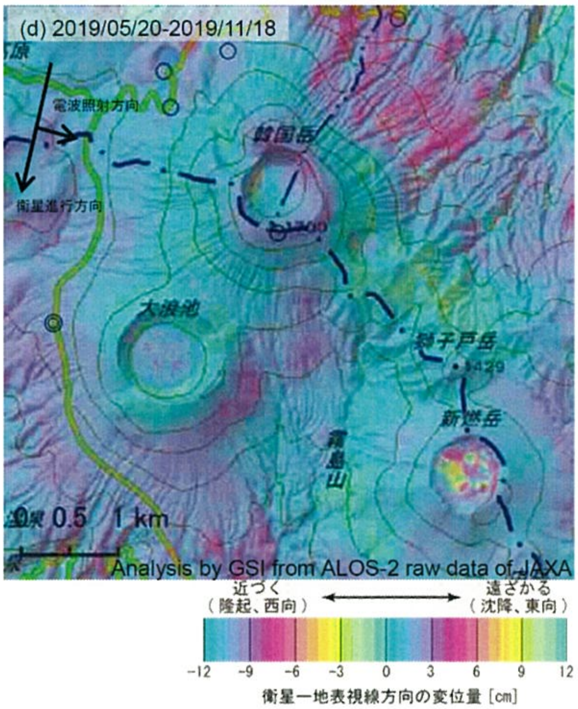


◎　国土地理院 GNSS 観測点

○　国土地理院以外の GNSS 観測点







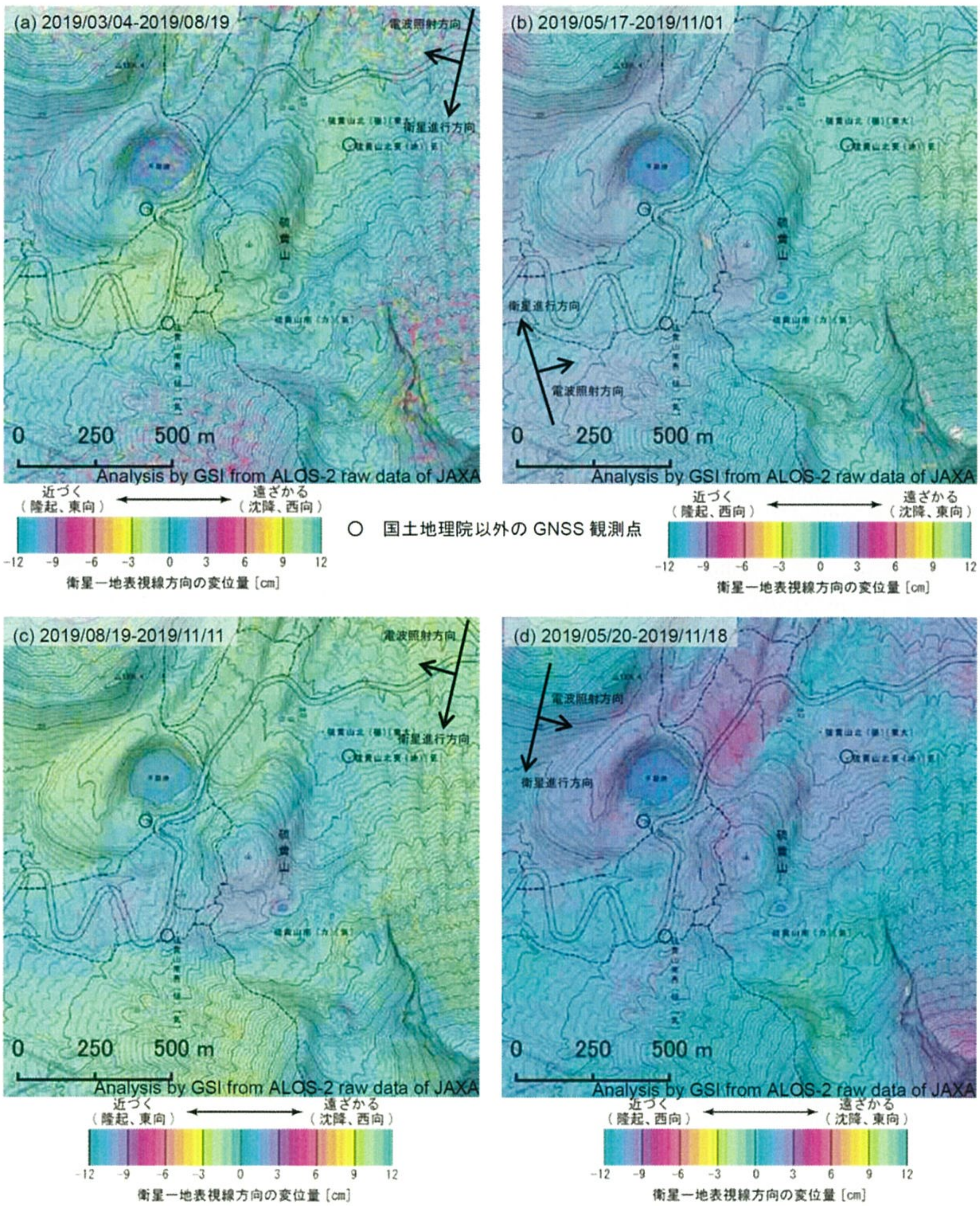
加久藤・小林カルデラ　①主な監視項目［衛星観測］

【第145 回火山噴火予知連絡会資料（その１）霧島山　p183，p185より引用】

	(a)	(b)	(c)	(d)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2019/03/04 2019/08/19 12:19 頃 (168 日間)	2019/05/17 2019/11/01 0:12 頃 (168 日間)	2019/08/19 2019/11/11 12:19 頃 (84 日間)	2019/05/20 2019/11/18 13:07 頃 (182 日間)
衛星進行方向	南行	北行	南行	南行
電波照射方向	右	右	右	左
観測ﾓｰﾄﾞ*	U-U	U-U	U-U	U-U
入射角	35.5°	32.1°	35.5°	52.8°
偏波	HH	HH	HH	HH
垂直基線長	- 451 m	- 82 m	- 84 m	+ 262 m

*U: 高分解能(3m)モード

〔硫黄山の拡大図〕



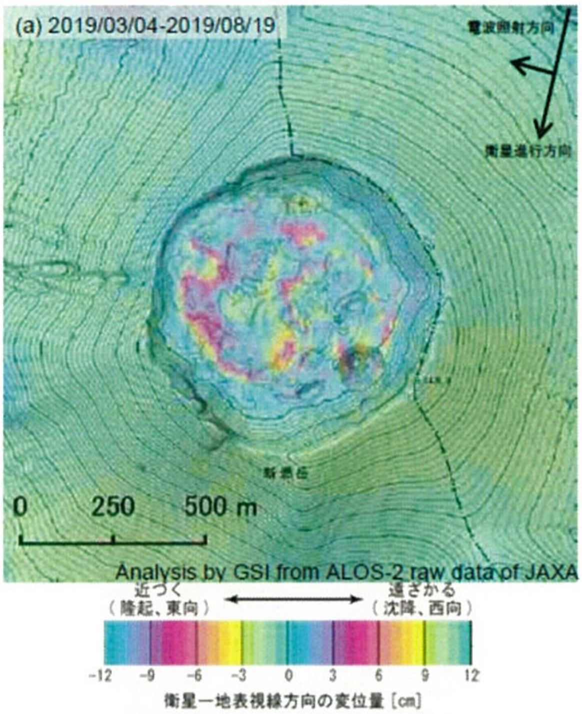
加久藤・小林カルデラ　①主な監視項目［衛星観測］

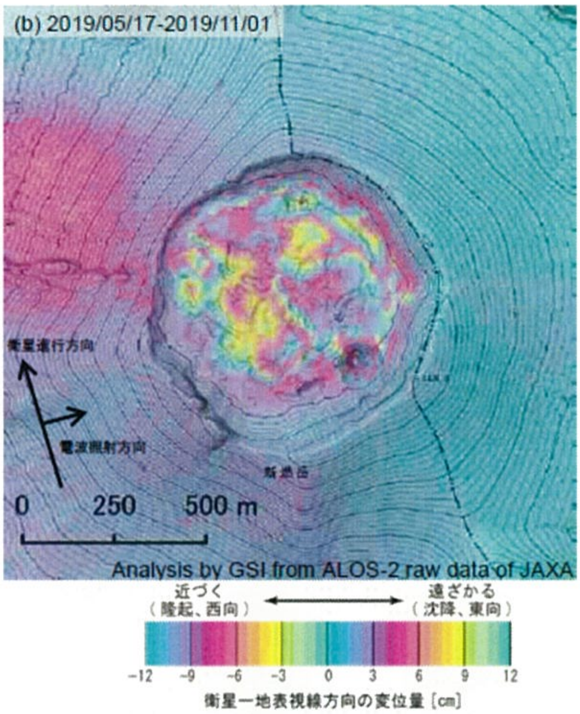
【第145 回火山噴火予知連絡会資料（その１）霧島山　p184，p185より引用】

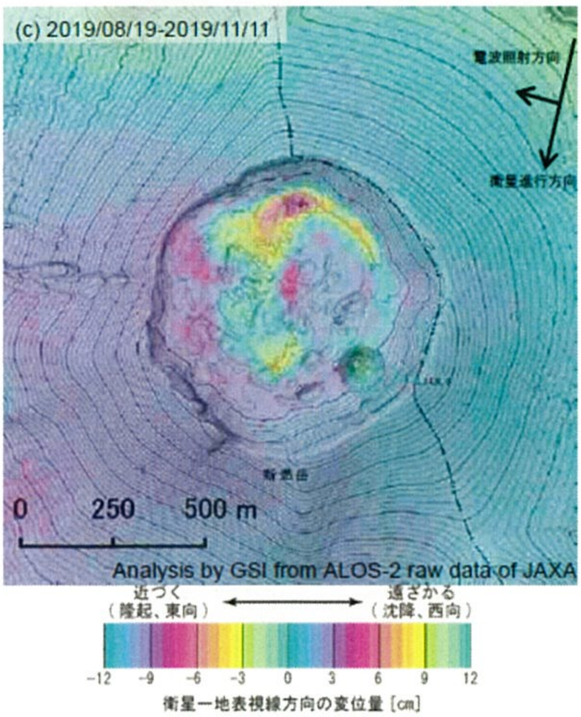
	(a)	(b)	(c)	(d)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2019/03/04 2019/08/19 12:19 頃 (168 日間)	2019/05/17 2019/11/01 0:12 頃 (168 日間)	2019/08/19 2019/11/11 12:19 頃 (84 日間)	2019/05/20 2019/11/18 13:07 頃 (182 日間)
衛星進行方向	南行	北行	南行	南行
電波照射方向	右	右	右	左
観測ﾓｰﾄﾞ*	U-U	U-U	U-U	U-U
入射角	35.5°	32.1°	35.5°	52.8°
偏波	HH	HH	HH	HH
垂直基線長	- 451 m	- 82 m	- 84 m	+ 262 m

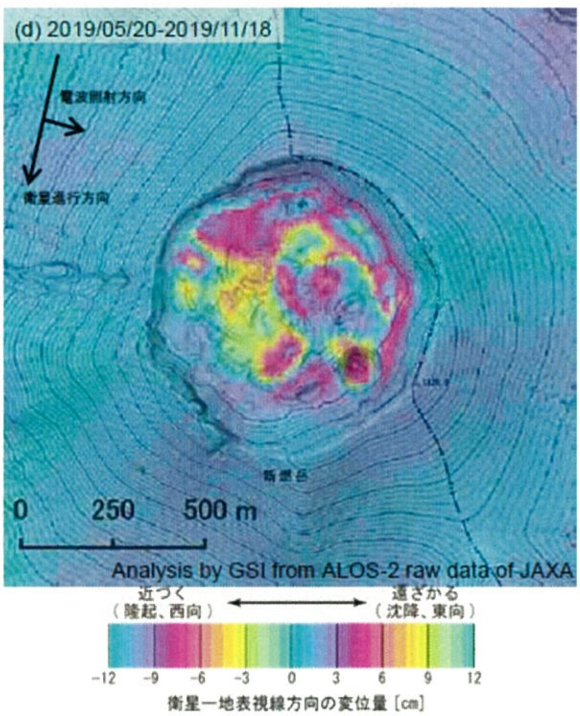
*U: 高分解能(3m)モード

〔新燃岳の拡大図〕









加久藤・小林カルデラ　①主な監視項目［傾斜計］

【霧島山の火山活動解説資料（2020年3月）　p23, p36より引用】

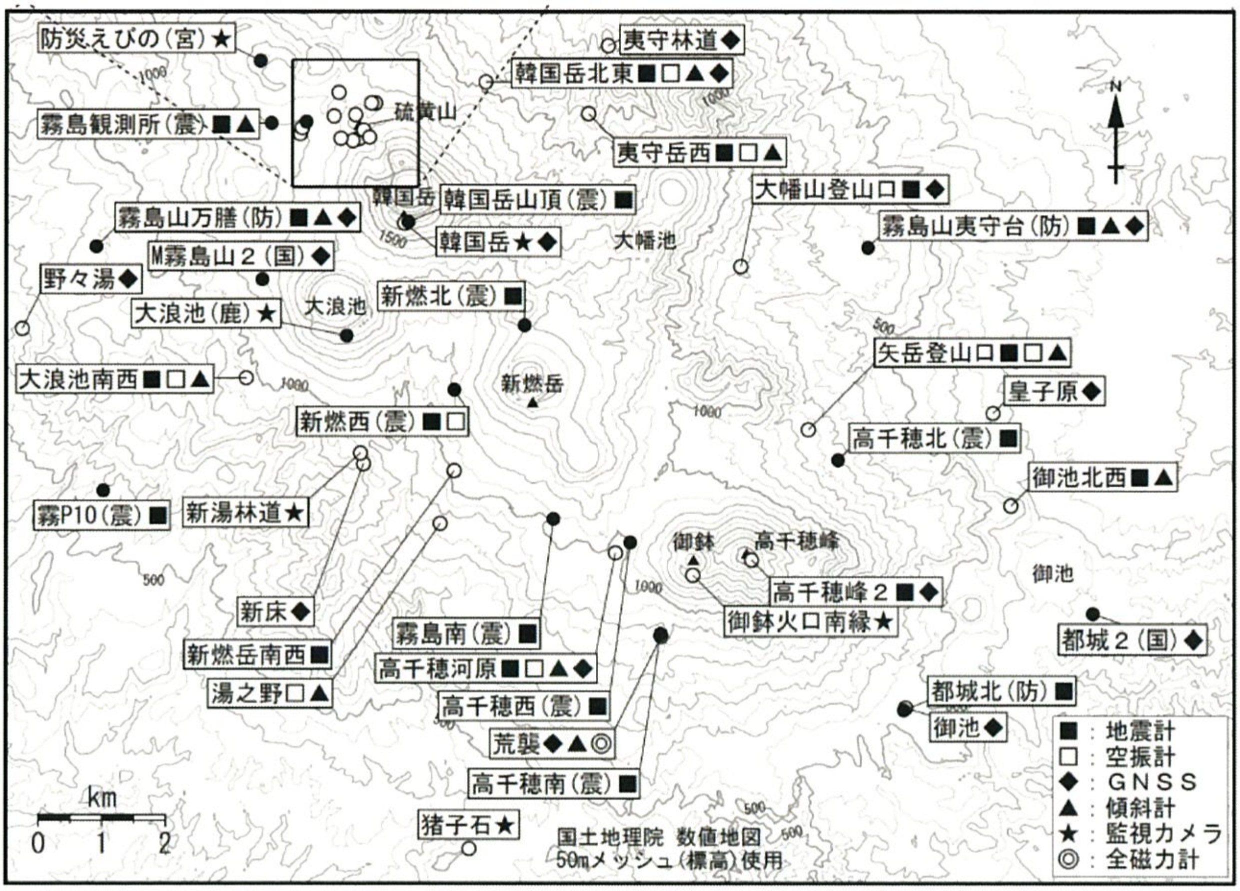


図　霧島山　観測点配置図

小さな白丸（○）は気象庁、小さな黒丸（●）は気象庁以外の期間の観測点位置を示している。
（国）：国土地理院、（防）：防災科学技術研究所、（震）：東京大学地震研究所、（宮）：宮崎県、（鹿）：鹿児島県

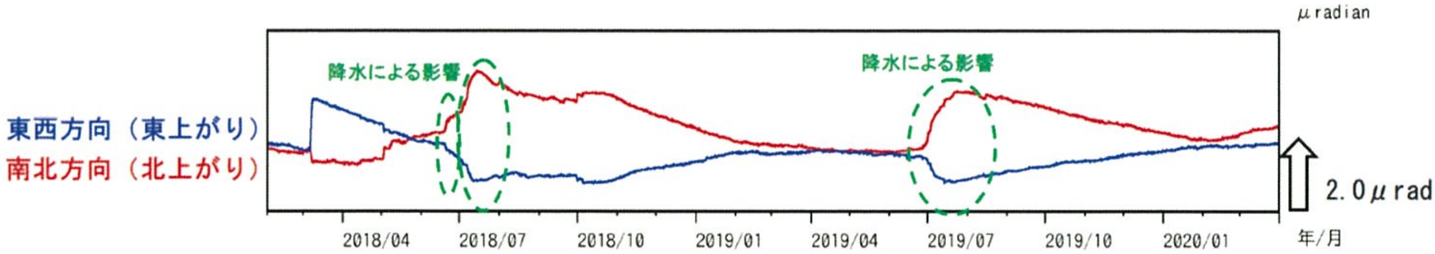


図　高千穂河原傾斜計

加久藤・小林カルデラ　①主な監視項目［火山ガス］

〔新燃岳〕

【2019年の霧島山の火山活動　新燃岳　p4より引用】

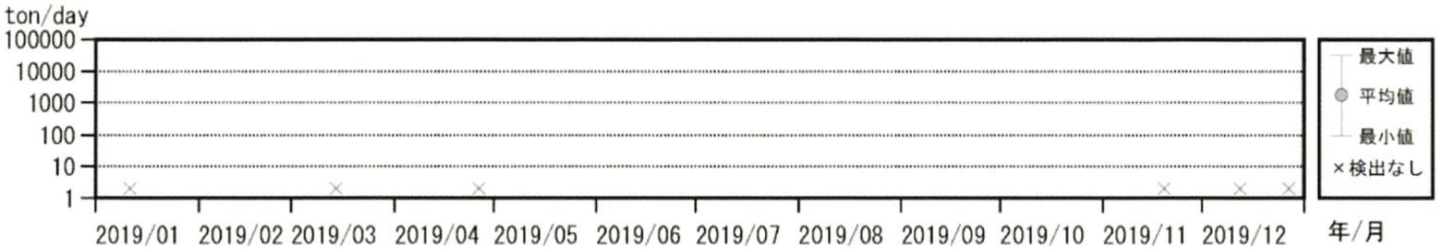


図　火山ガス（二酸化硫黄）の放出量

【霧島山の火山活動解説資料（2020年3月）　p22より引用】

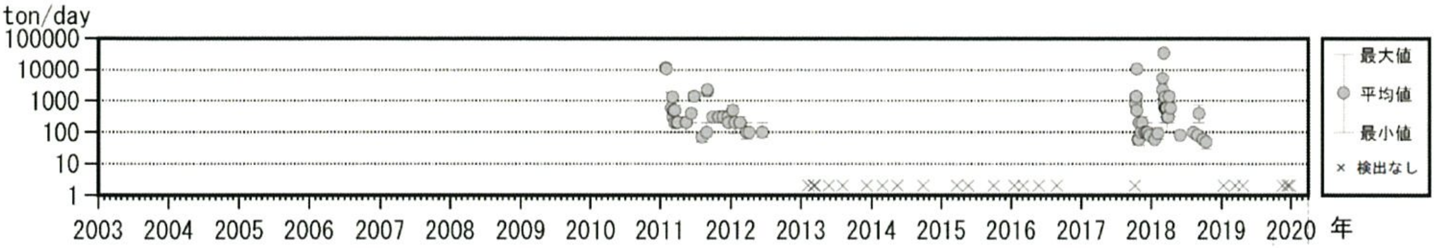


図　火山ガス（二酸化硫黄）の放出量

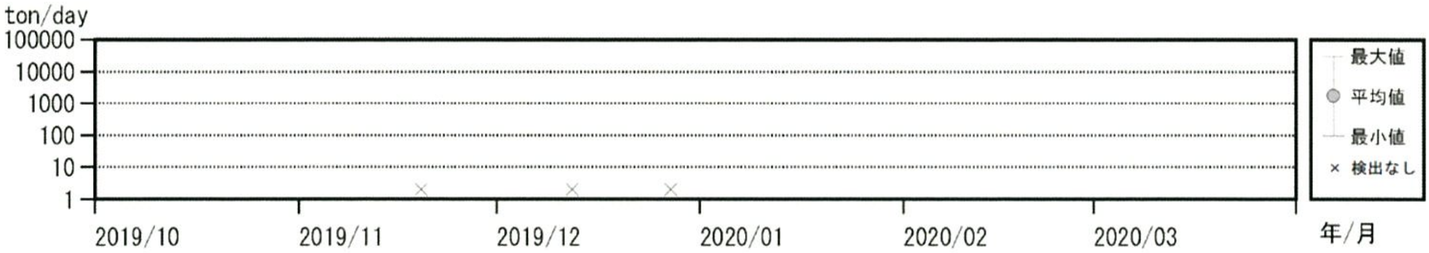


図　火山ガス（二酸化硫黄）の放出量

〔えびの高原（硫黄山）周辺〕

【霧島山の火山活動解説資料（2020年3月）　p9より引用】

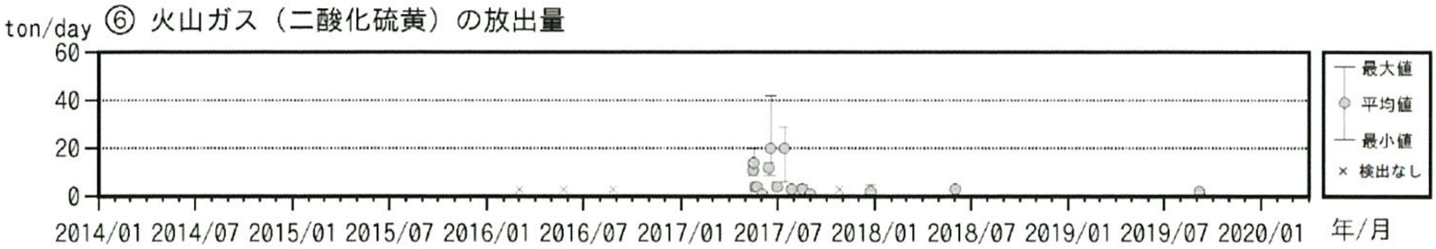


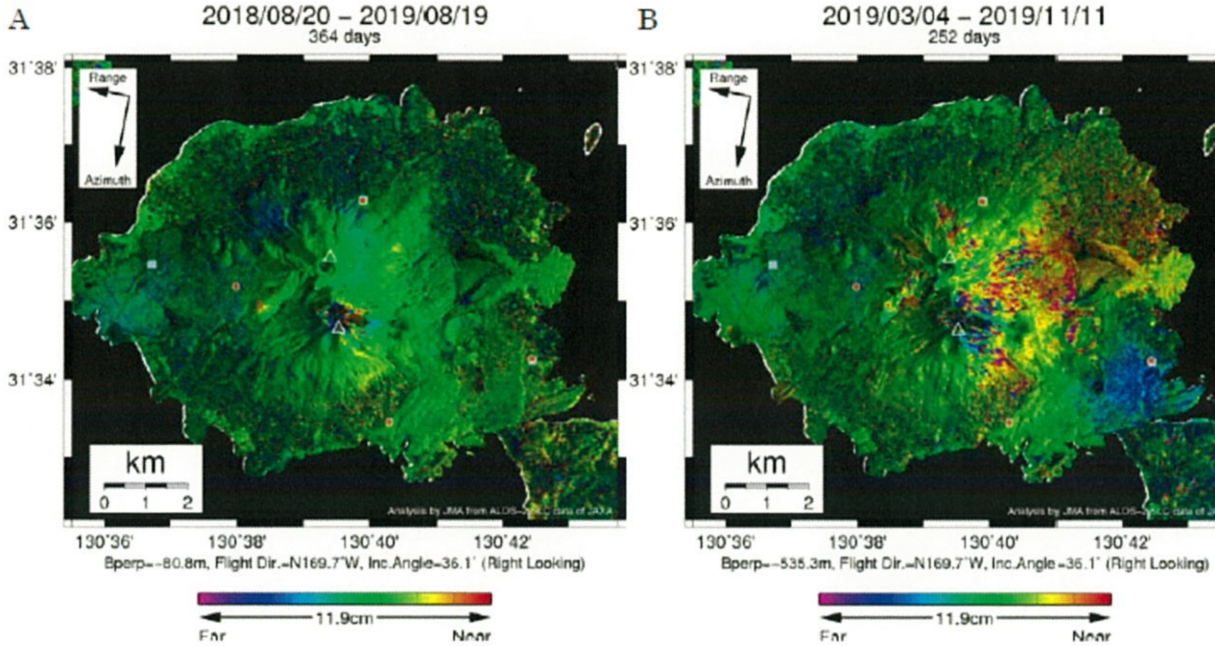
図　火山ガス（二酸化硫黄）の放出量

姶良カルデラ　①主な監視項目［衛星観測］

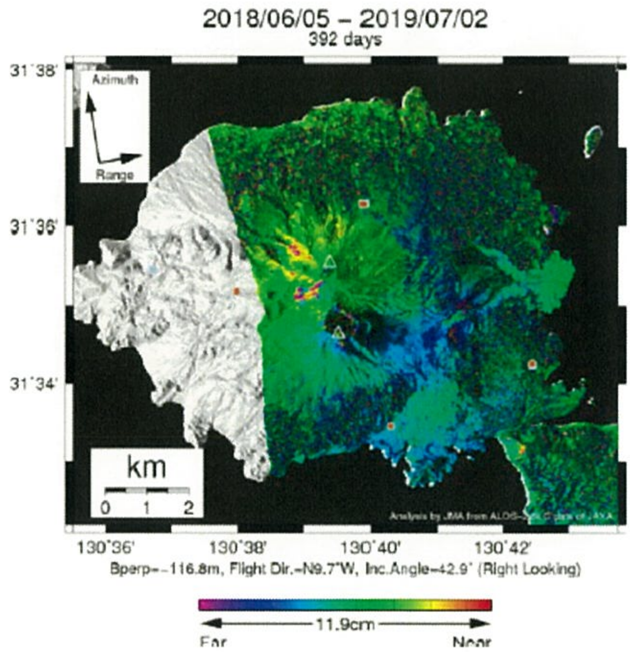
【第145 回火山噴火予知連絡会資料（その２）桜島　p31，p32より引用】

表　干渉解析に使用したデータ

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

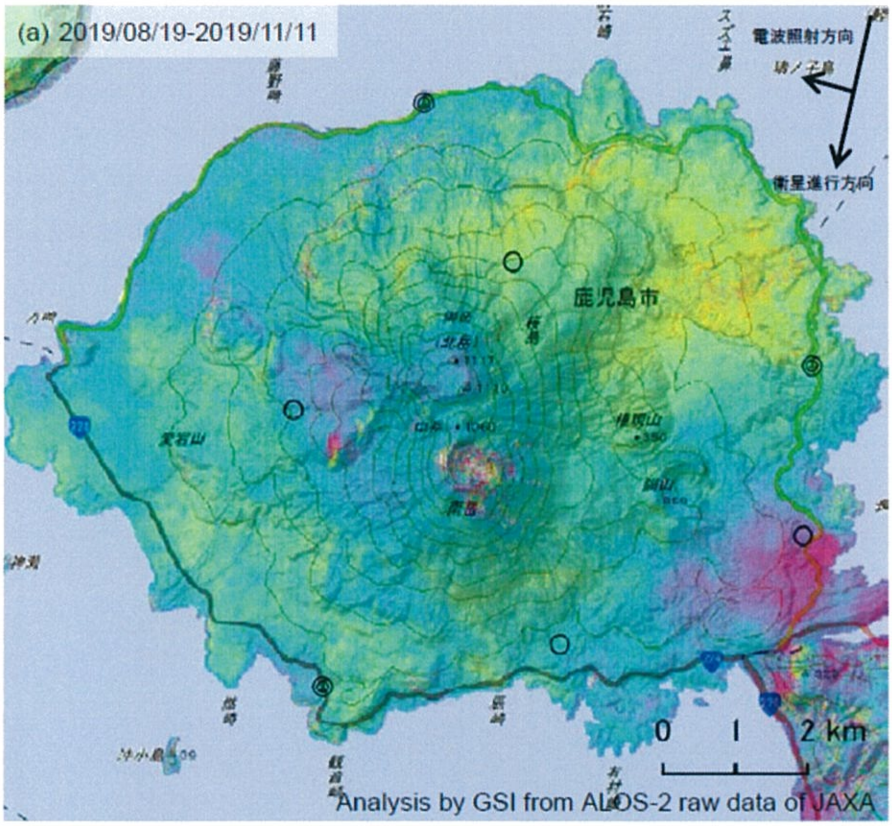


第1図　パス23(SM1-U2_7)による干渉解析結果
図中の白三角印は山頂位置を示す。丸印はGNSS観測点、四角印は傾斜観測点を示す。



第2図　パス131(SM1_U2_9）による桜島の干渉解析結果
図中の白三角印は山頂位置を示す。丸印はGNSS観測点、四角印は傾斜観測点を示す。

【第145 回火山噴火予知連絡会資料（その２）桜島　p51より引用】

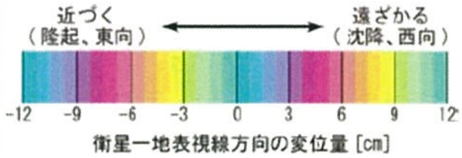


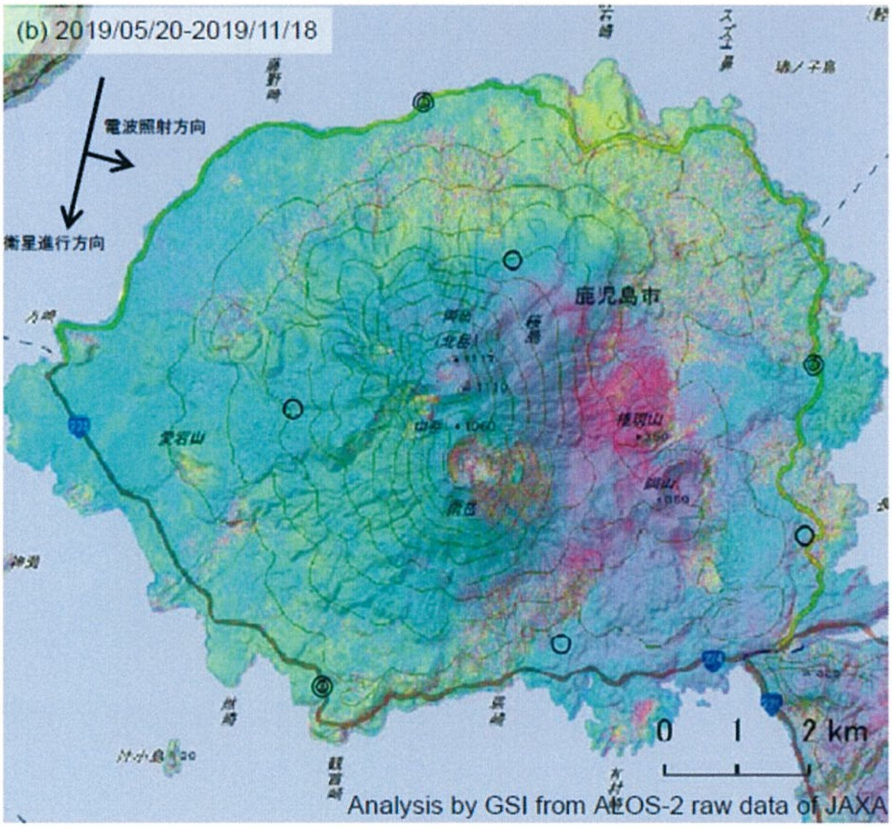
	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2019/08/19 2019/11/11 12:19 頃 (84 日間)	2019/05/20 2019/11/18 13:07 頃 (182 日間)
衛星進行方向	南行	南行
電波照射方向	右	左
観測ﾓｰﾄﾞ*	U-U	U-U
入射角	36.4°	52.8°
偏波	HH	HH
垂直基線長	- 84 m	+ 262 m

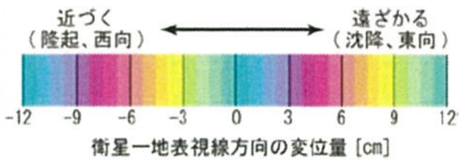
*U: 高分解能(3m)モード

◎　国土地理院 GNSS 観測点

○　国土地理院以外の GNSS 観測点







姶良カルデラ　①主な監視項目［傾斜計・伸縮計］

【桜島の火山活動解説資料（2020年3月）　p9，p15より引用】

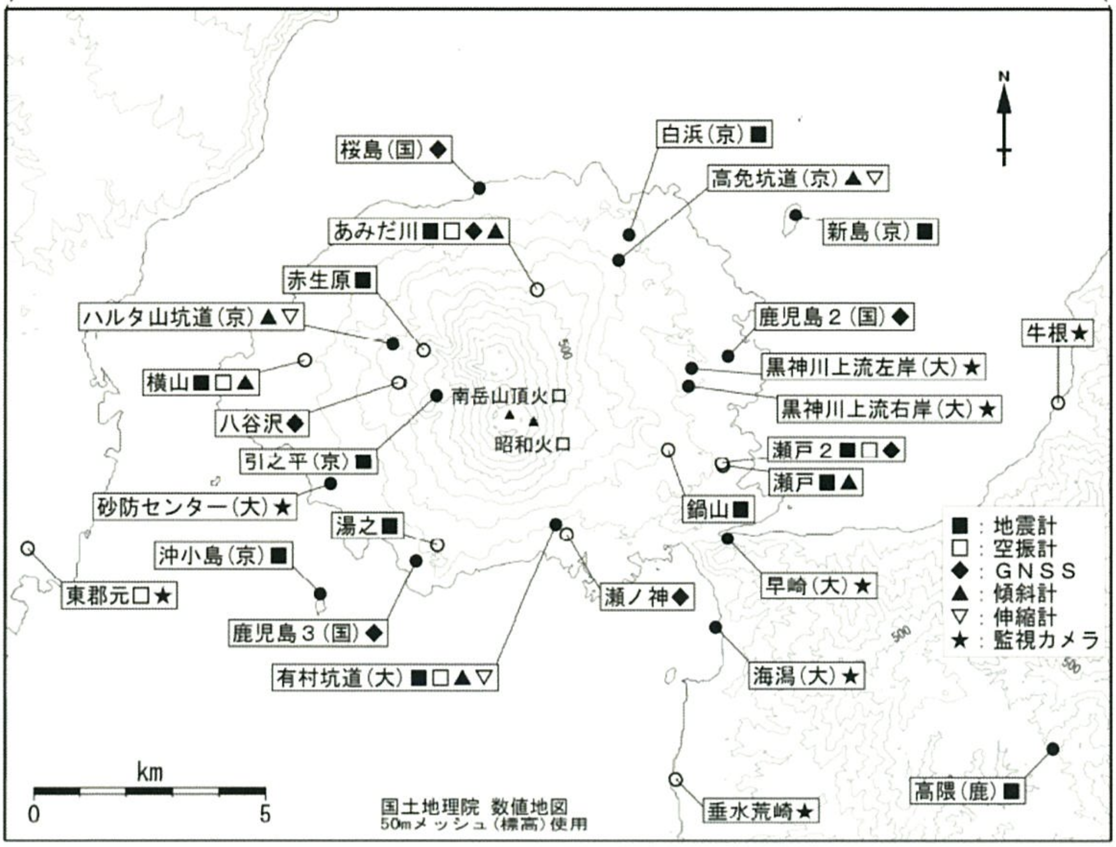


図　桜島　観測点配置図

小さな白丸（○）は気象庁、小さな黒丸（●）は気象庁以外の期間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
（鹿）：鹿児島大学、（防）：防災科学技術研究所

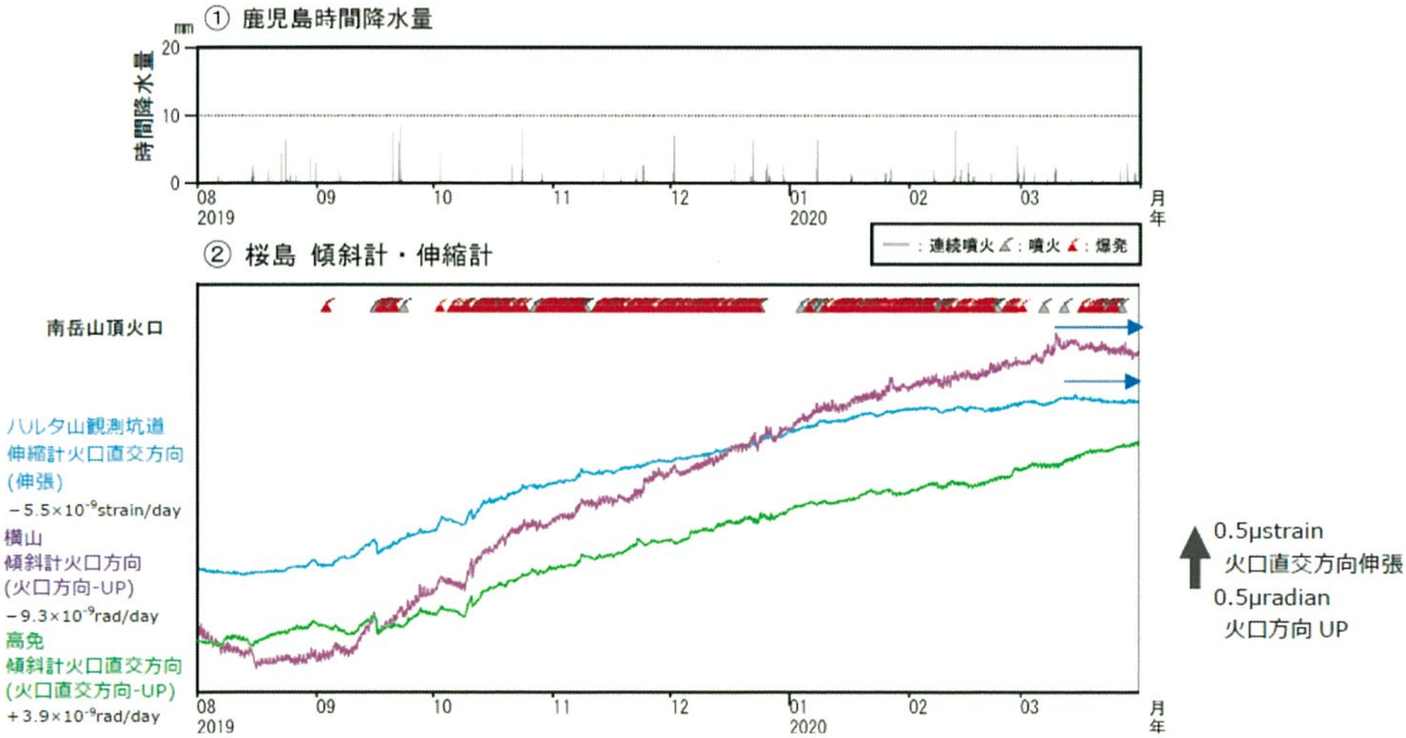


図　桜島　傾斜計及び伸縮計による地殻変動の状況（2019年8月～2020年3月）

姶良カルデラ　①主な監視項目［火山ガス］

【2019年の桜島の火山活動　p9より引用】

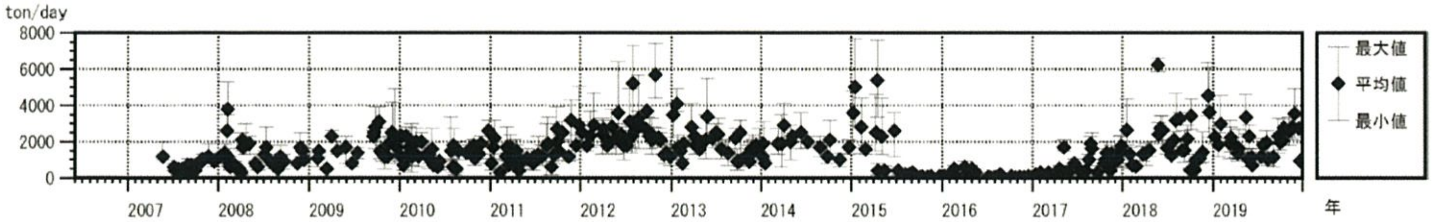


図　火山ガス（二酸化硫黄）の放出量

【桜島の火山活動解説資料（2020年3月）　p8より引用】

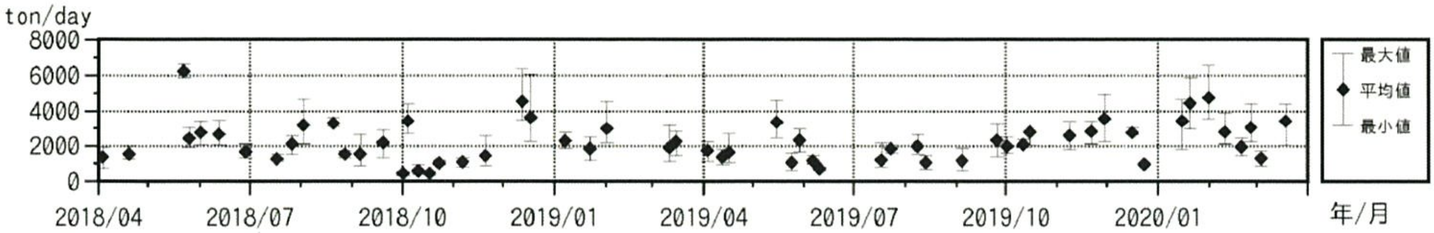
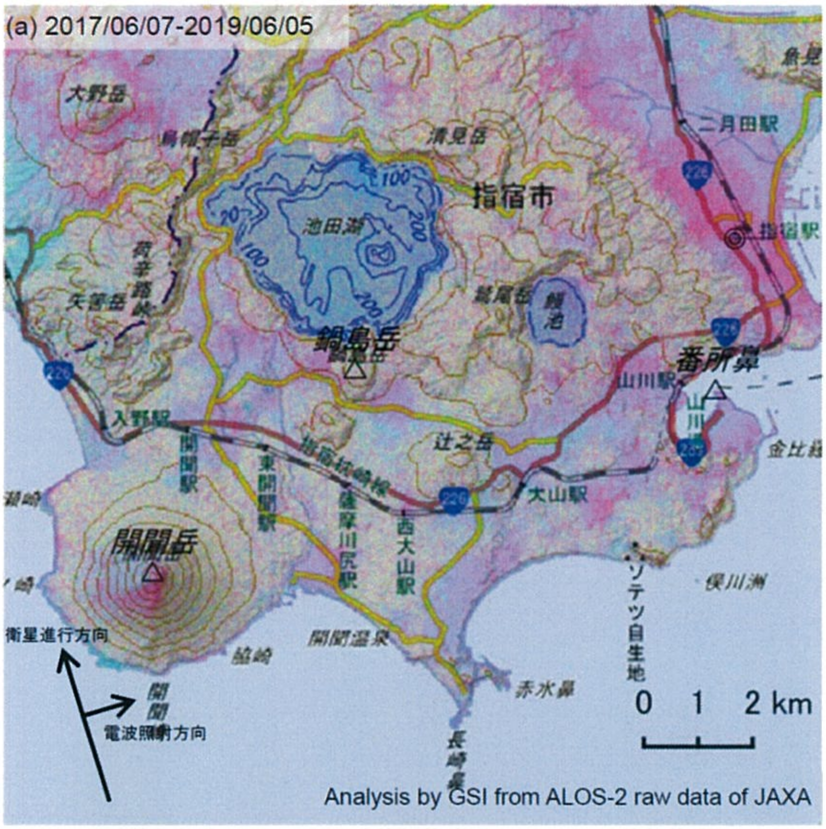


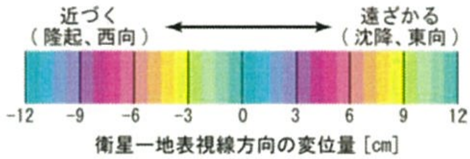
図　火山ガス（二酸化硫黄）の放出量

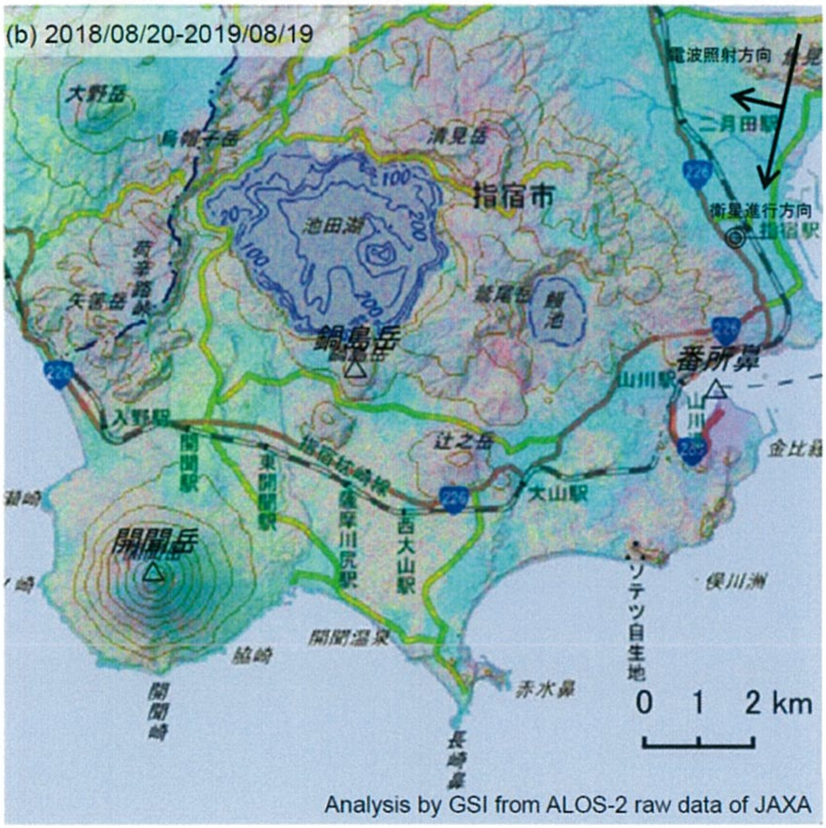
【第145 回火山噴火予知連絡会資料（その７－２）その他の火山（地理院）　p57より抜粋】



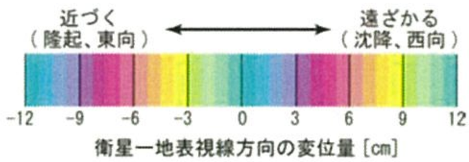
	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2017/06/07 2019/06/05 0:18 頃 (728 日間)	2018/08/20 2019/08/19 12:19 頃 (364 日間)
衛星進行方向	北行	南行
電波照射方向	右	右
観測ﾓｰﾄﾞ*1	U-U	U-U
入射角*2	40.1°	36.6°
偏波	HH	HH
垂直基線長	- 3 m	- 81 m

*1U: 高分解能(3m)モード
*2 開聞岳における入射角





◎ 国土地理院 GNSS 観測点

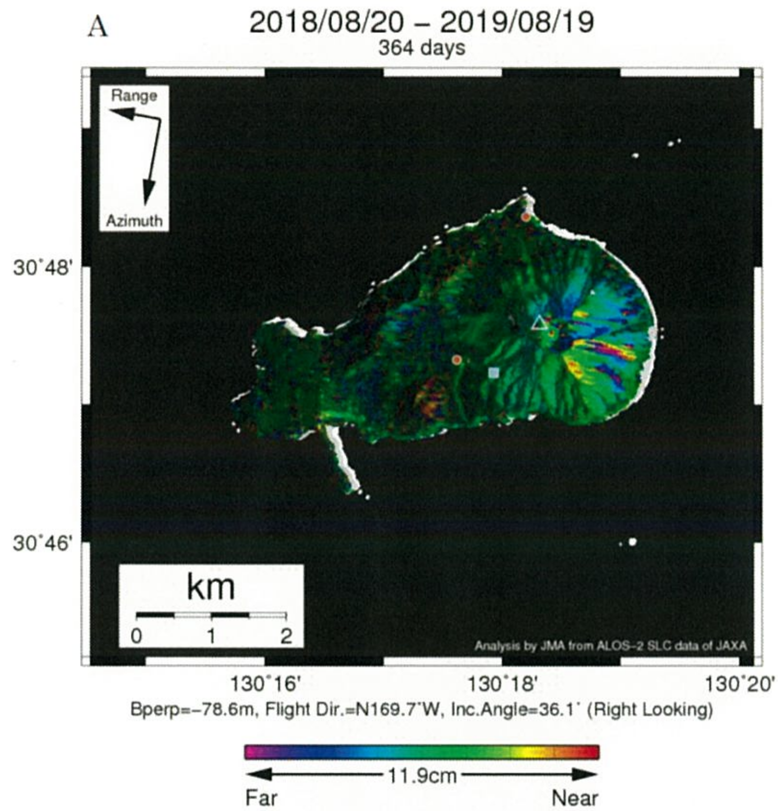


鬼界　①主な監視項目［衛星観測］

【第145回火山噴火予知連絡会資料（その３）薩摩硫黄島　p66，p67より引用】

表　干渉解析に使用したデータ

Path-Frame	Orbit	Looking	Inc. angle	Earliest Scene	Latest Scene	Figure No.
23-3000(SM1_U2-7)	南行	右	36.1°	2018.08.20	2019.08.19	第１図-A
				2019.12.24	2019.11.11	第１図-B



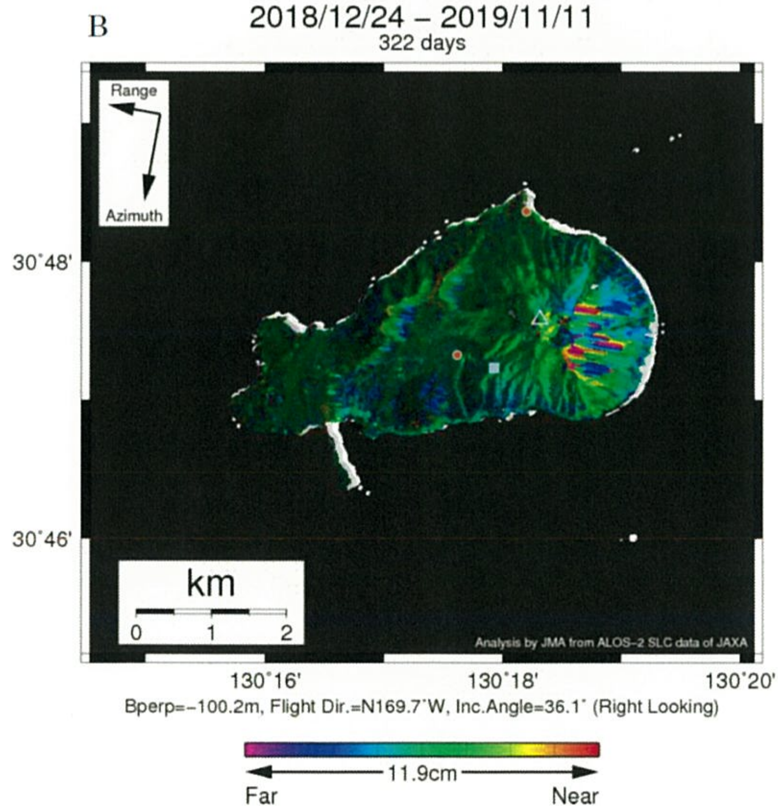
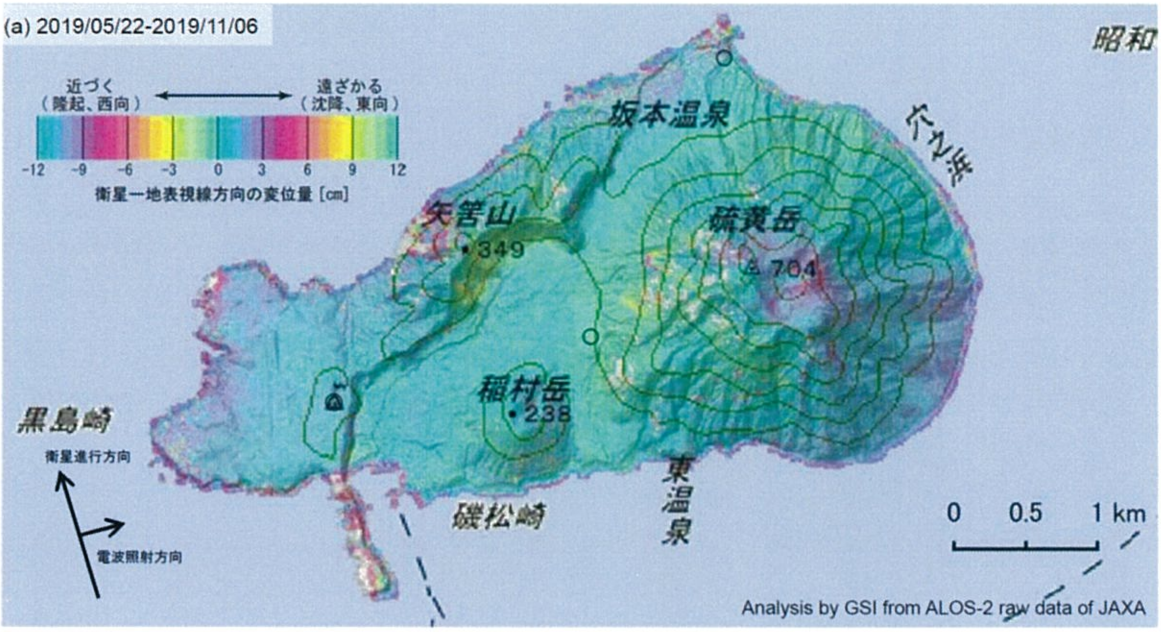


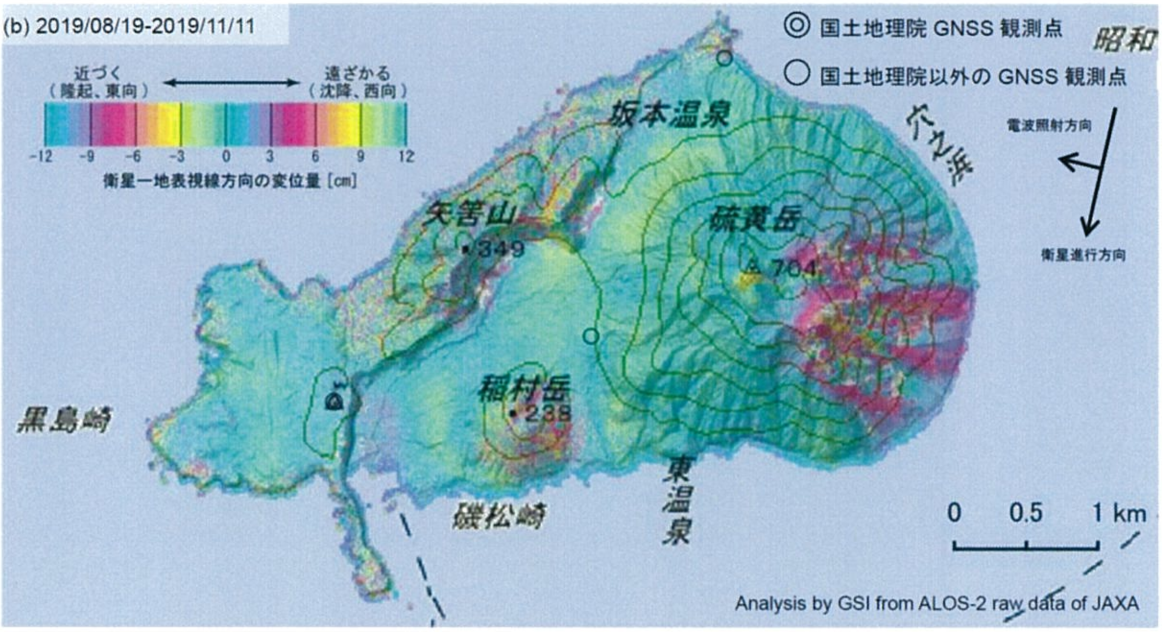
図　パス23(SM1_U2_7)による薩摩硫黄島の干渉解析結果

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

鬼界 ①主な監視項目 [衛星観測]

【第145回火山噴火予知連絡会資料（その３）薩摩硫黄島　p73, p74より引用】





	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2019/05/22 2019/11/06 0:18 頃 (168 日間)	2019/08/19 2019/11/11 12:19 頃 (84 日間)
衛星進行方向	北行	南行
電波照射方向	右	右
観測ﾓｰﾄﾞ*	U-U	U-U
入射角	38.3°	37.5°
偏波	HH	HH
垂直基線長	+ 90 m	- 84 m

*U: 高分解能(3m)モード

鬼界 ①主な監視項目 [傾斜計]

【第145回火山噴火予知連絡会資料（その3）薩摩硫黄島　p64, p65より引用】

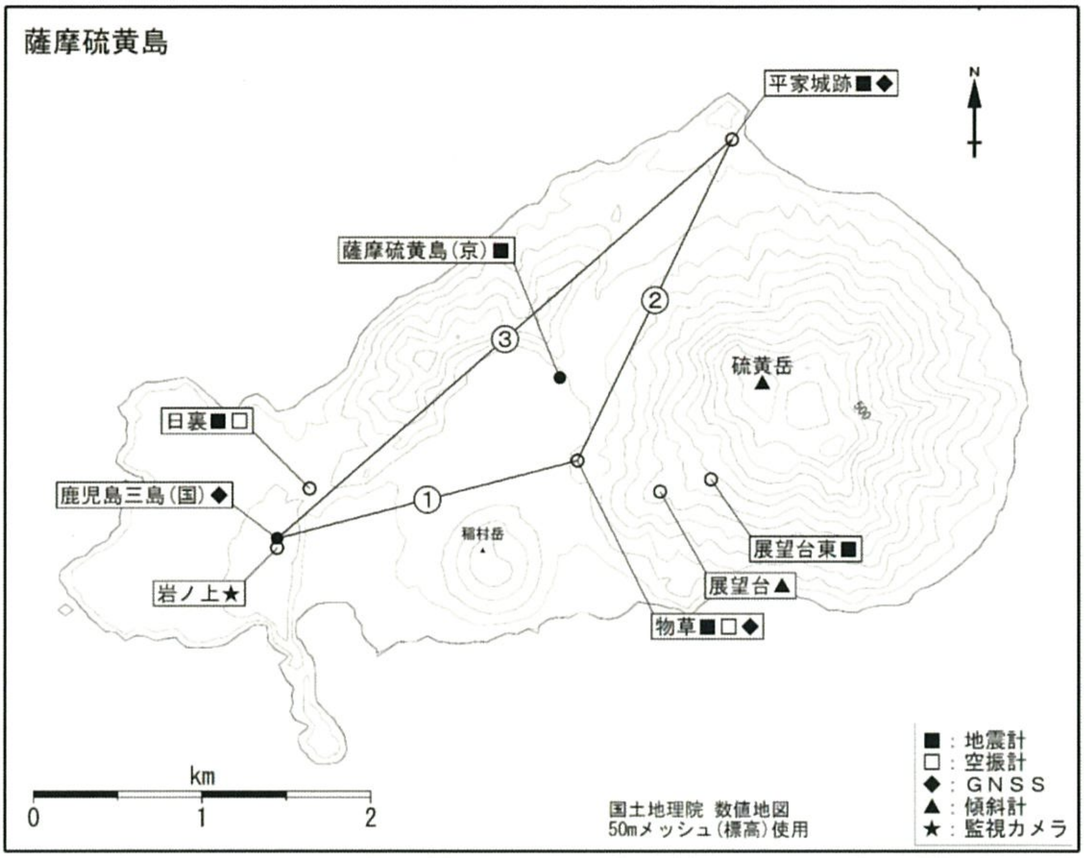


図　薩摩硫黄島　観測点配置図

小さな白丸（○）は気象庁、小さな黒丸（●）は気象庁以外の期間の観測点位置を示している。
（京）：京都大学、（国）：国土地理院

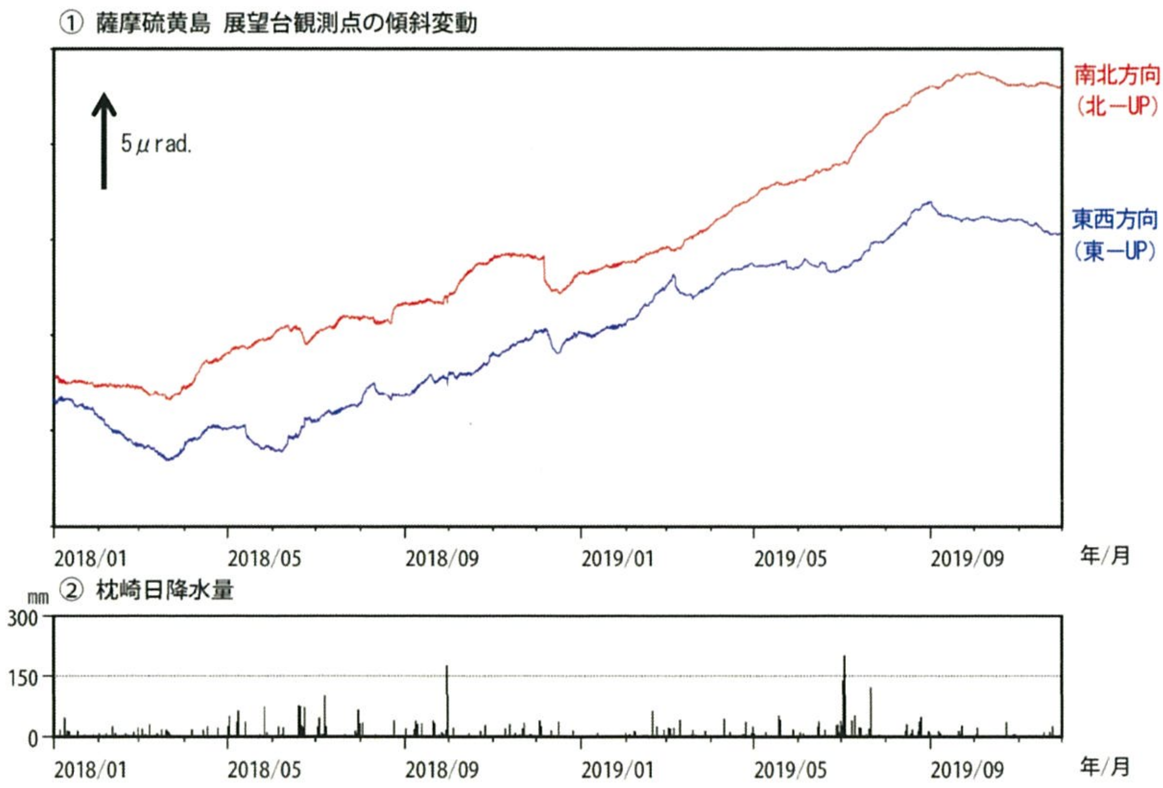
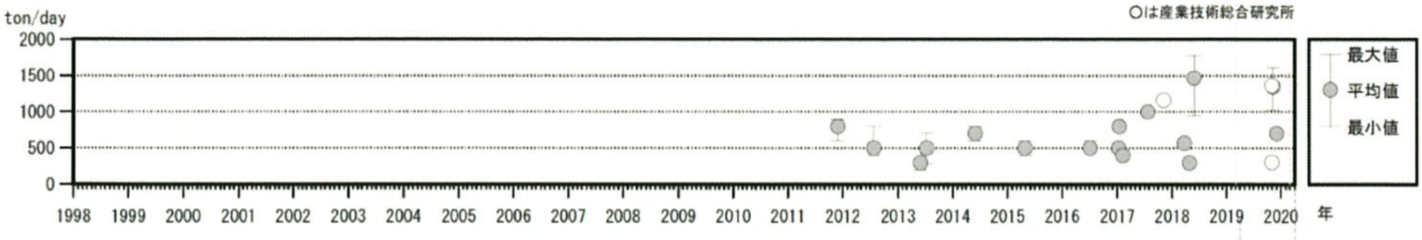


図　薩摩硫黄島　展望台傾斜計の傾斜変動（2019年6月～2019年11月30日）

【薩摩硫黄島の火山活動解説資料（2020年3月） p3より引用】



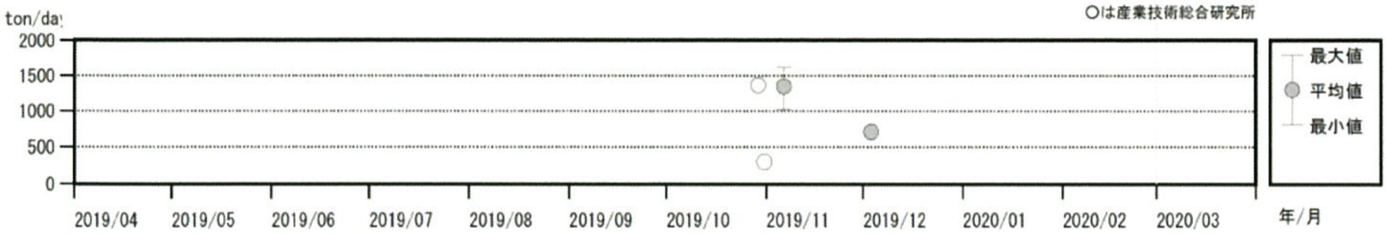


図 火山ガス（二酸化硫黄）の放出量

②その他の監視項目[噴出場所及び噴出物　噴火様式　地下構造]

・各カルデラにおけるその他の監視項目についてのデータを取り纏めた。
・地下構造の文献収集期間は川内原子力発電所の設置変更許可以降(川内：2014年)から2020年3月31日までを対象とした。
・地下構造に関する文献を確認した結果、当社評価に影響する知見は認められなかった。

監視項目	カルデラ	データ			
			構造	出典	
噴出場所及び噴出物 / 噴火様式	阿蘇 加久藤・小林 姶良 阿多 鬼界	—			
地下構造	阿蘇	Hata et al.(2018) 【本資料P161】	比抵抗	表題	Three - Dimensional Electrical Resistivity Modeling to Elucidate the Crustal Magma Supply System Beneath Aso Caldera, Japan.
				著者	Hata, M., Matsushima, N., Takakura, S., Utsugi, M., Hashimoto, T. and Uyeshima, M. (2018)
				文献	Journal of Geophysical Research- Solid Earth, vol.123, p.6334-6346.
		Abe et al.(2017) 【本資料P162】	地震波速度	表題	Low-velocity zones in the crust beneath Aso caldera, Kyushu, Japan, derived from receiver function analyses.
				著者	Abe, Y., Ohkura, T., Shibutani, T., Hirahara, K., Yoshikawa, S. and Inoue, H. (2017)
				文献	Journal of Geophysical Research- Solid Earth, vol.122, p.2013-2033.
	加久藤・小林	Aizawa et al.(2014) 【本資料P163, P164】	比抵抗	表題	Three-dimensional resistivity structure and magma plumbing system of the Kirishima Volcanoes as inferred from broadband magnetotelluric data
				著者	Aizawa, K., Koyama, T., Hase, H., Uyeshima, M., Kanda, W., Utsusgi, M., Yoshimura, R., Yamaya, Y., Hashimoto, T., Yamazaki, K., Komatsu, S., Watanabe, A., Miyakawa, K. and Ogawa, Y. (2014)
				文献	Journal of Geophysical Research- Solid Earth, vol.119, p.198-215.
	姶良	宮町ほか(2018) 【本資料P165】	地震波速度	表題	大規模人工地震探査による姶良カルデラ及び周辺域の地殻構造の解明(2)予備的成果と2018年観測計画
				著者	宮町,高橋,青山,椎名,髙田,一柳,山口,小野,齊藤,伊藤,村井,筒井,井上,竹井,山本,平原,中山,東,大友,日野,阿部,蔵下,岩崎,篠原,山田,中東,渡辺,前田,堀川,奥田,辻,長谷川,片尾,澁谷,三浦,中川,加藤,山下,松島,手操,宮町,A.Triahadini,磯田,清水,小林,早田,仲井,八木原,平野,田中,川崎,佐藤(2018)
				文献	日本火山学会講演予稿集　2018年度秋季大会, p.105.
		原子力規制庁(2019) 【本資料P166, P167】	地震波速度	表題	火山影響評価に係る科学的知見の整備
				著者	原子力規制庁(2019)
				文献	原子力規制庁　安全研究成果報告, RREP-2019-4001
	阿多 / 鬼界	—			

【Hata et al.(2018)　Figure4より引用】

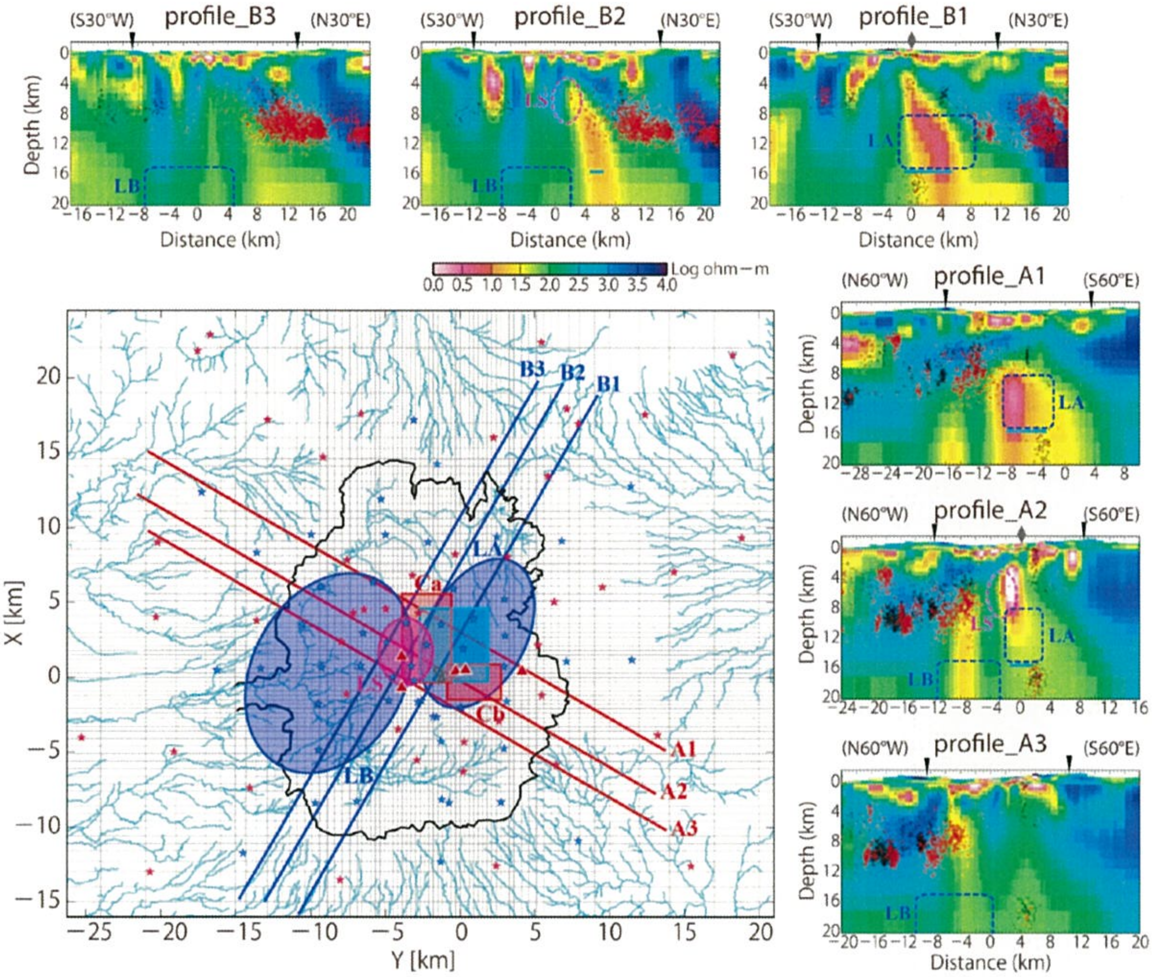


Figure 4. Vertical cross sections through the 3-D electrical resistivity model along six profiles (A1–A3 and B1–B3). The pink and light blue stars, red triangles, gray outline, and black outline in the map indicate the magnetotelluric sites, the five main postcaldera cones, the first crater of Naka-dake, and the rim of Aso caldera, respectively. The light blue lines show the regional river network based on the National Digital Information Data of National Spatial Planning and Regional Policy Bureau. The Japan Meteorological Agency earthquake hypocenters within 2 km of each profile line are indicated on the cross sections, with the black and red dots corresponding to the earthquakes recorded during the January 2003 to December 2013 and January 2014 to December 2016 periods, respectively. A gray diamond and the black triangles represent the locations on the first crater and the caldera rim, respectively, along the profiles. The other symbols in the figure (red and light blue rectangles and pink and blue circles) are the same as in Figure 1.

図4　3次元比抵抗構造モデルの6つの断面線（A1～A3, B1～B3）に沿った鉛直断面図。地図上のピンクと水色の星はMT観測点、赤い三角形はポストカルデラの5つの主要な中央火口丘、灰色の輪郭は中岳第一火口、黒い輪郭は阿蘇カルデラの縁をそれぞれす。水色の線は、国土交通省の国土数値情報データに基づく河川網を示す。各断面の2 km以内にある気象庁の地震震源が断面に示され、黒と赤の点はそれぞれ2003年1月～2013年12月と2014年1月～2016年12月の期間に記録された地震に対応する。灰色のひし形と黒い三角形は、各断面線に沿った中岳第一火口とカルデラ縁の位置をそれぞれ表す。図の他の記号（赤と水色の長方形、ピンクと青の円）は、図1と同じである。

阿蘇カルデラ　②その他の監視項目［地下構造　地震波速度構造］

【Abe et al.(2017)　Figure11より引用】

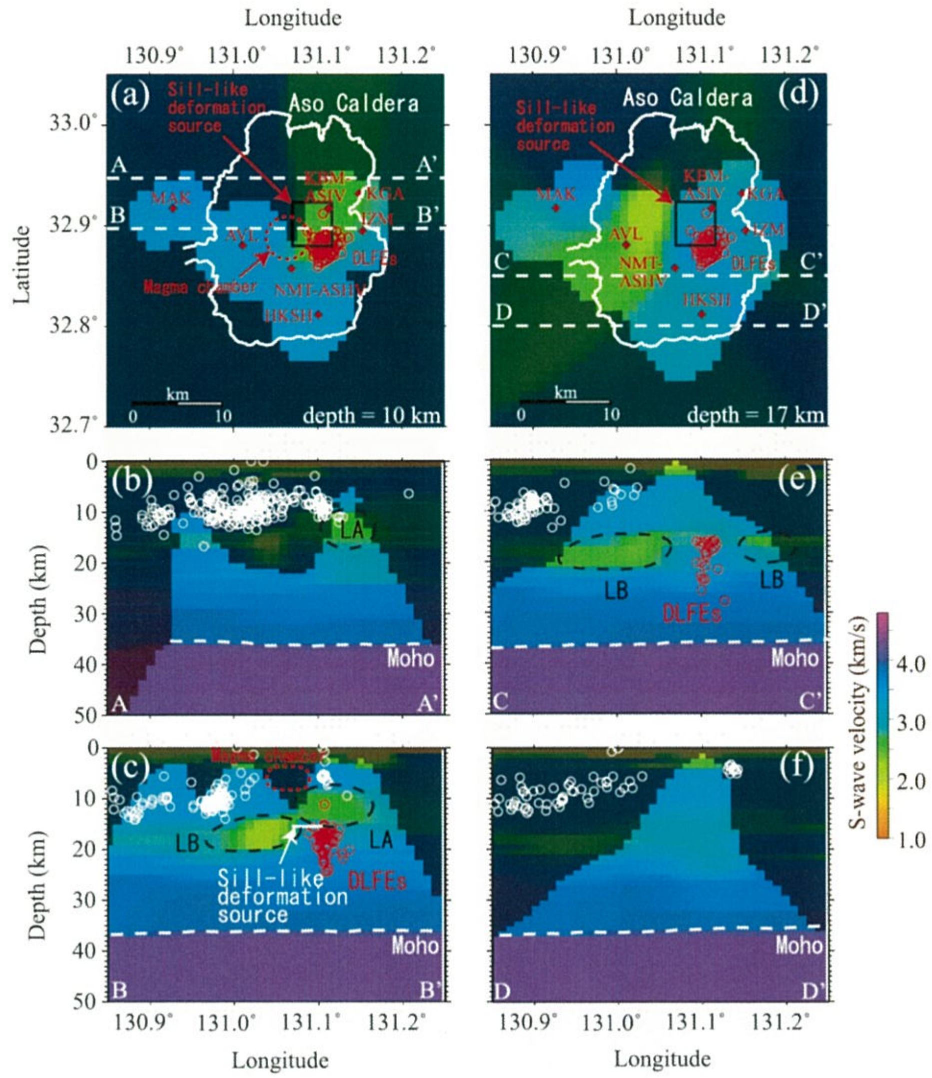


Figure 11. *S* wave velocity distribution. Area shown by vivid color has weight value of over 0.5 (Figure 12). (a) Horizontal section showing *S* wave velocity distribution at a depth of 10 km. The solid white line indicates the rim of Aso caldera. The dashed red circle indicates the location of a magma chamber detected by *Sudo and Kong* [2001]. The black square indicates the location of a sill-like deformation source detected by *Geographical Survey Institute* [2004]. Red circles indicate hypocenters of DLFEs occurred between September 1999 and March 2007 detected by JMA. Diamonds indicate station locations. (b) Vertical section showing the *S* wave velocity distribution beneath dashed white line A–A′ in Figure 11a. White circles indicate the hypocenters of high-frequency earthquakes detected by JMA, whose magnitude is over 1.0, origin time is between October 1997 and March 2007, and distance from the section is less than 0.025° of latitude. (c) Vertical section showing the *S* wave velocity distribution beneath dashed white line B–B′ in Figure 11a. Dashed red circle is as in Figure 11a. White circles are as in Figure 11b. White line indicates the location of the sill-like deformation source detected by *Geographical Survey Institute* [2004]. Red circles indicate hypocenters of DLFEs occurred between September 1999 and March 2007 detected by JMA with distances from the section of less than 0.025° of latitude. (d) Horizontal section showing the *S* wave velocity distribution at a depth of 17 km. Solid white line, black square, red circles, and diamonds are as in Figure 11a. (e) Vertical section showing the *S* wave velocity distribution beneath dashed white line C–C′ in Figure 11d. White and red circles are as in Figure 11c. (f) Vertical section showing the *S* wave velocity distribution beneath dashed white line D–D′ in Figure 11d. White circles are as in Figure 11b.

図11　S波速度分布。鮮やかな色で示される領域の重み値は0.5を超えている（図12）。
（a）深さ10 kmにおけるS波速度分布を示す水平断面。白い実線は阿蘇カルデラの縁を示す。赤い破線の円は、Sudo and Kong (2001)によって検出されたマグマ溜りの場所を示す。黒い四角は、国土地理院（2004）が検出したシル状の変動源の位置を示す。赤い丸は、気象庁が検出した1999年9月から2007年3月の間に発生したDLFEの震源を示す。ひし形は観測点の場所を示す。
（b）図11aの白い破線A–A'下のS波速度分布を示す鉛直断面。白い円は断面からの距離が緯度の0.025°以内で1997年10月から2007年3月のマグニチュードが1.0以上の気象庁が検出した震源を示す。
（c）図11aの白い破線B–B'下のS波速度分布を示す鉛直断面。赤い破線の円と白い円は図11aと同様。国土地理院（2004）が検出したシル状の変動源の位置を示す。赤い丸は、断面からの距離が緯度の0.025°以内の気象庁によって検出された1999年9月から2007年3月の間に発生したDLFEの震源を示す。
（d）深さ17 kmにおけるS波速度分布を示す水平断面。白い実線、黒い四角、赤い丸、ひし形は、図11aと同様。
（e）図11dの白い破線C–C'下のS波速度分布を示す鉛直断面。白と赤の円は図11cと同様。
（f）図11dの白い破線D–D'下のS波速度分布を示す鉛直断面。白い円は図11bと同様。

【Aizawa et al.(2014)　Figure11より引用】

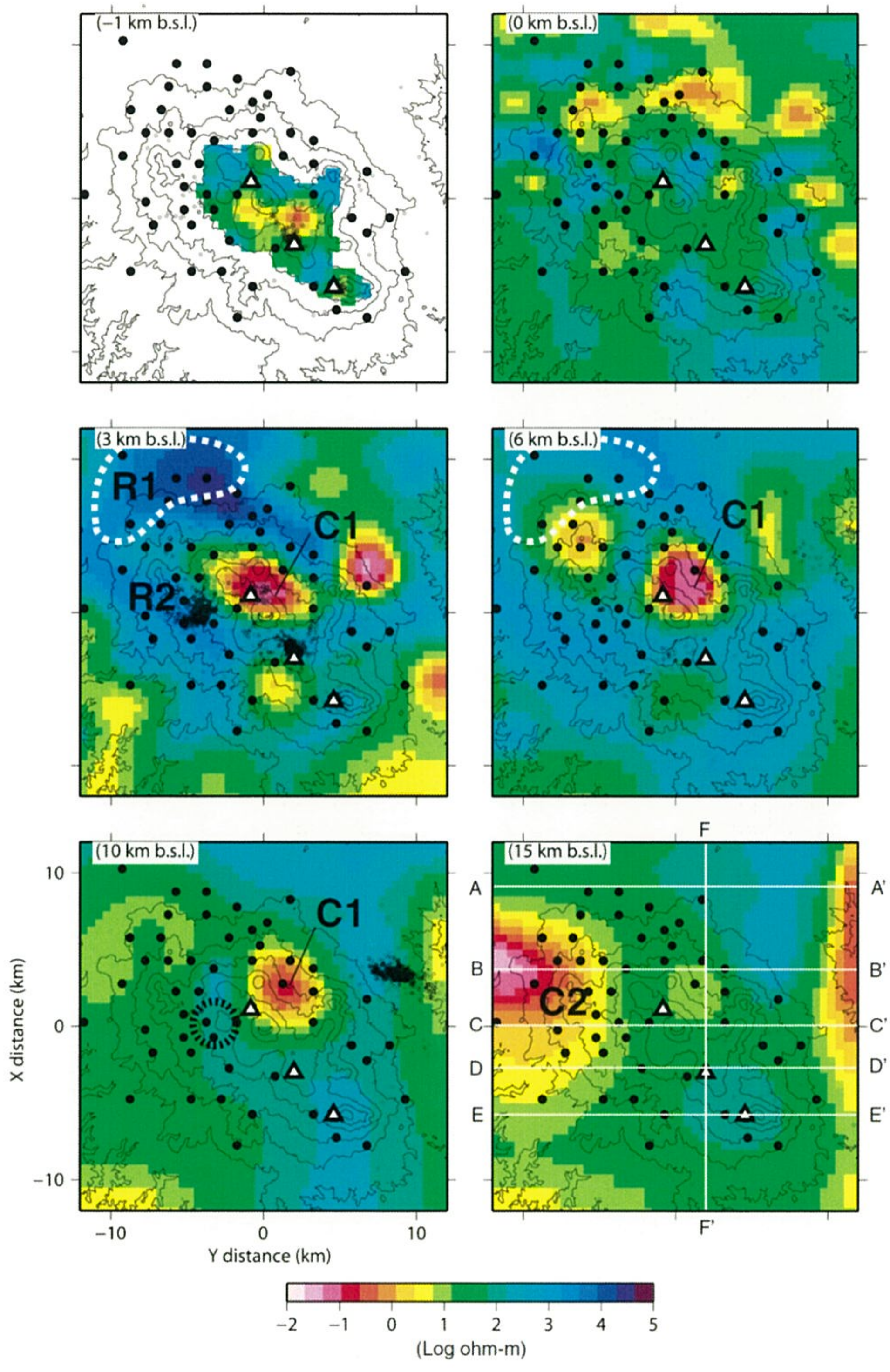


Figure 11. Horizontal slices of the final resistivity structure at various depths. The air above sea level was approximated by 10^8 Ωm resistivity blocks. The seismicity between March 2008 and June 2012 (J. Oikawa, personal communication, 2013) is shown by small circles. Lines A–A' to F–F' indicate transects along which vertical slices were taken as displayed in Figure 12. C1 and C2 indicate the subvertical conductor and the deep conductor, respectively. R1 and R2 indicate the resistive zone beneath the Kakuto caldera and the resistive zone above the 2011 deformation source, respectively. Other notations are the same as in Figure 5. The region enclosed by the white dashed line shows the hypocentral location of the 1968–1969 Ebino earthquake swarm [*Minakami et al.*, 1969].

図11　さまざまな深さでの比抵抗構造の水平断面。 海水準より上の空気は、10^8Ωmの抵抗率ブロックで概算した。 2008年3月から2012年6月までの地震活動（J. Oikawa, 私信, 2013年）は小さな円で示される。 線A–A'からF–F'は、図12に示すように、鉛直断面がとられた横断面を示す。C1とC2は、それぞれ鉛直の伝導域（低比抵抗域）と深い伝導域を示す。 R1とR2は、加久藤カルデラ下の高比抵抗域と2011年変動源上の高比抵抗域をそれぞれ示している。 他の表記法は図5と同じ。白い破線で囲まれた領域は、1968～1969年のえびの地震群の震源域（Minakami et al., 1969）を示している。

【Aizawa et al.(2014)　Figure12より引用】

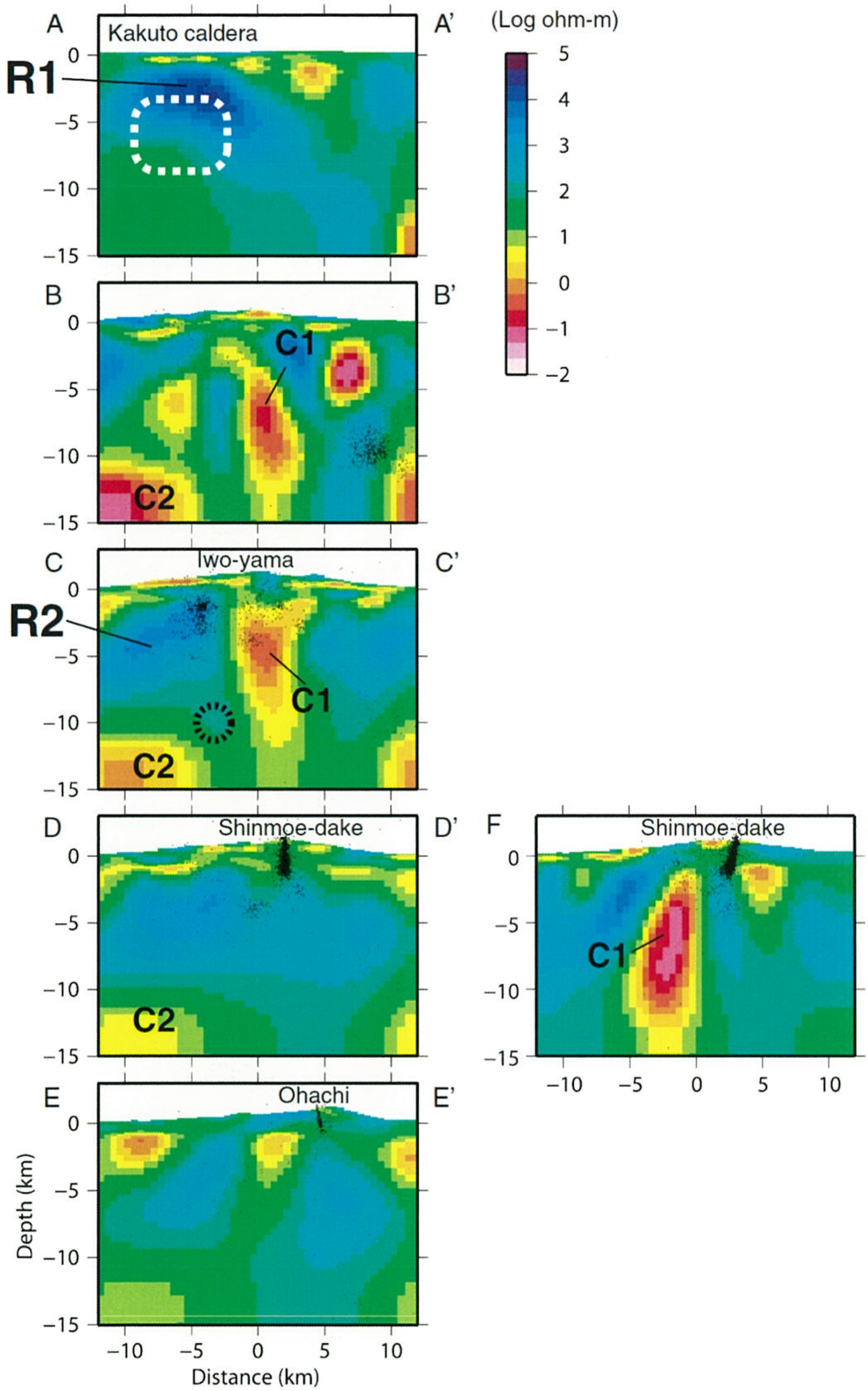


Figure 12. Vertical slices of the final resistivity structure W–E (transects A–A' to E–E' in Figure 11) and N–S (transect F–F' in Figure 11) across the study area. The seismicity between March 2008 and June 2012 (J. Oikawa, personal communication, 2013) is shown as a 2 km wide swath. The white dashed region along A–A' shows the hypocentral location of the 1968–1969 Ebino earthquake swarm [*Minakami et al.*, 1969]. The black dashed circle indicates the possible location of the source of deformation [*Ueda et al.*, 2013; *Nakao et al.*, 2013; *Kozono et al.*, 2013].

図12　W–E（図11のA–A'からE–E'）およびN–S（図11のF–F'）の低比抵抗構造の鉛直断面。 2008年3月から2012年6月までの地震活動は、断面の幅2 km以内を示す。 A–A'に沿った白い破線の領域は、1968–1969年のえびの大地震の震源域を示す（Minakami et al., 1969）。 黒い破線の円は、2011年噴火の変動源の考えられる位置を示す（Ueda et al., 2013; Nakao et al., 2013; Kozono et al., 2013）。

姶良カルデラ　②その他の監視項目［地下構造　地震波速度構造］

【宮町ほか(2018)　図1,2より引用】

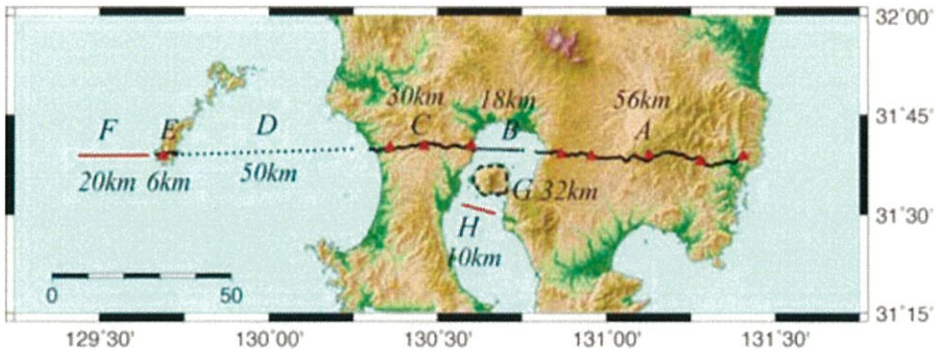


図1. 人工地震探査測線. 黒線が 2017 年及び 2018 年の測線, 赤線が 2018 年に追加する測線を示す. 赤三角は爆薬震源を示す.

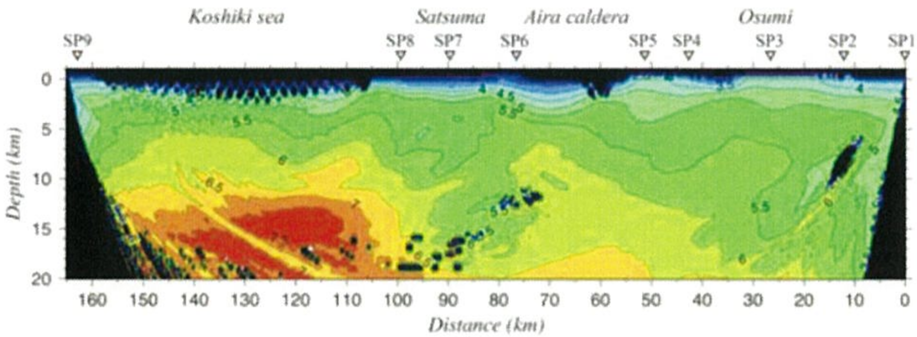
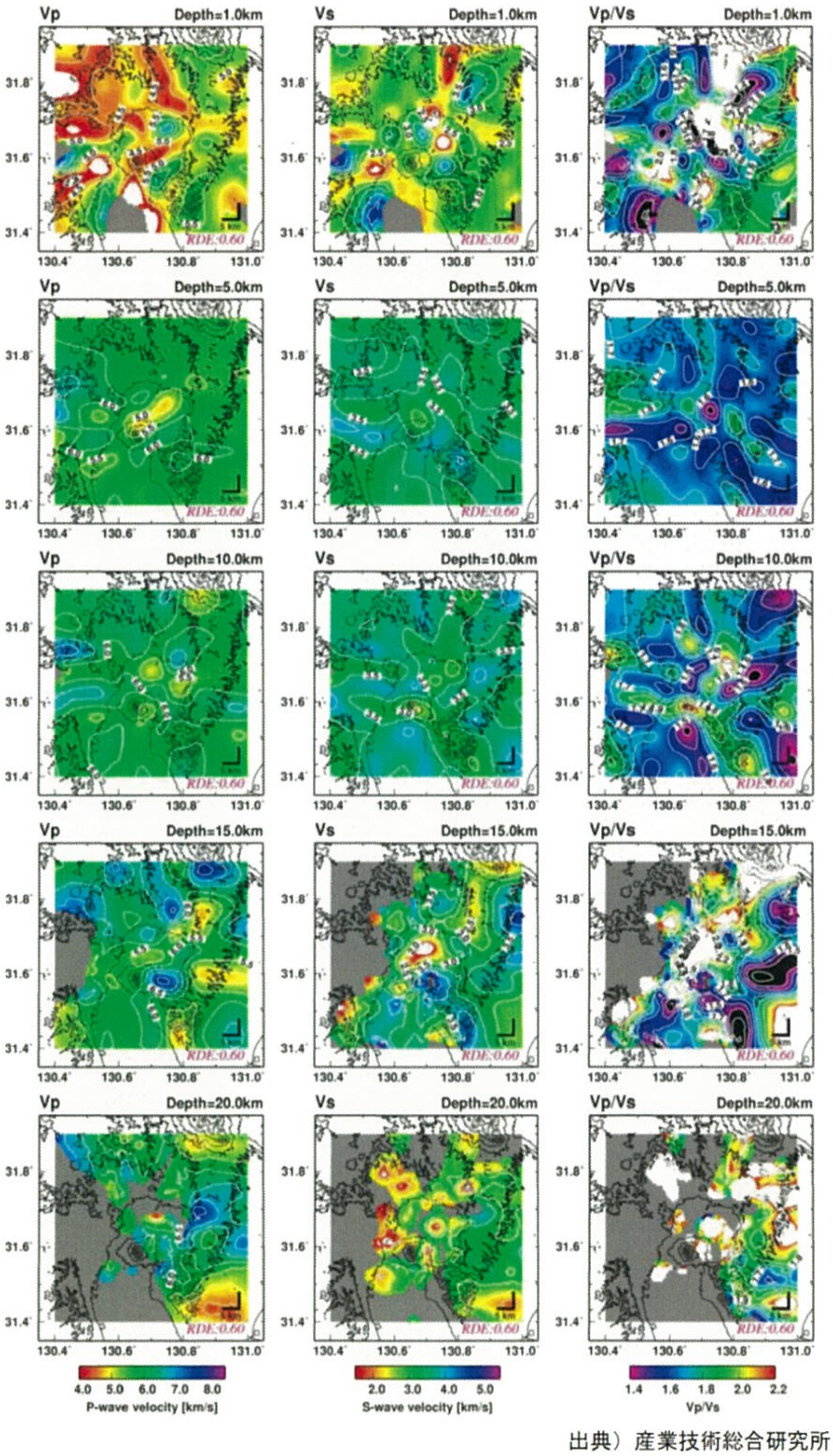


図 2. 予備的解析によって得られた暫定二次元 P 波速度構造.

【原子力規制庁(2019)　図2.3.32より引用】

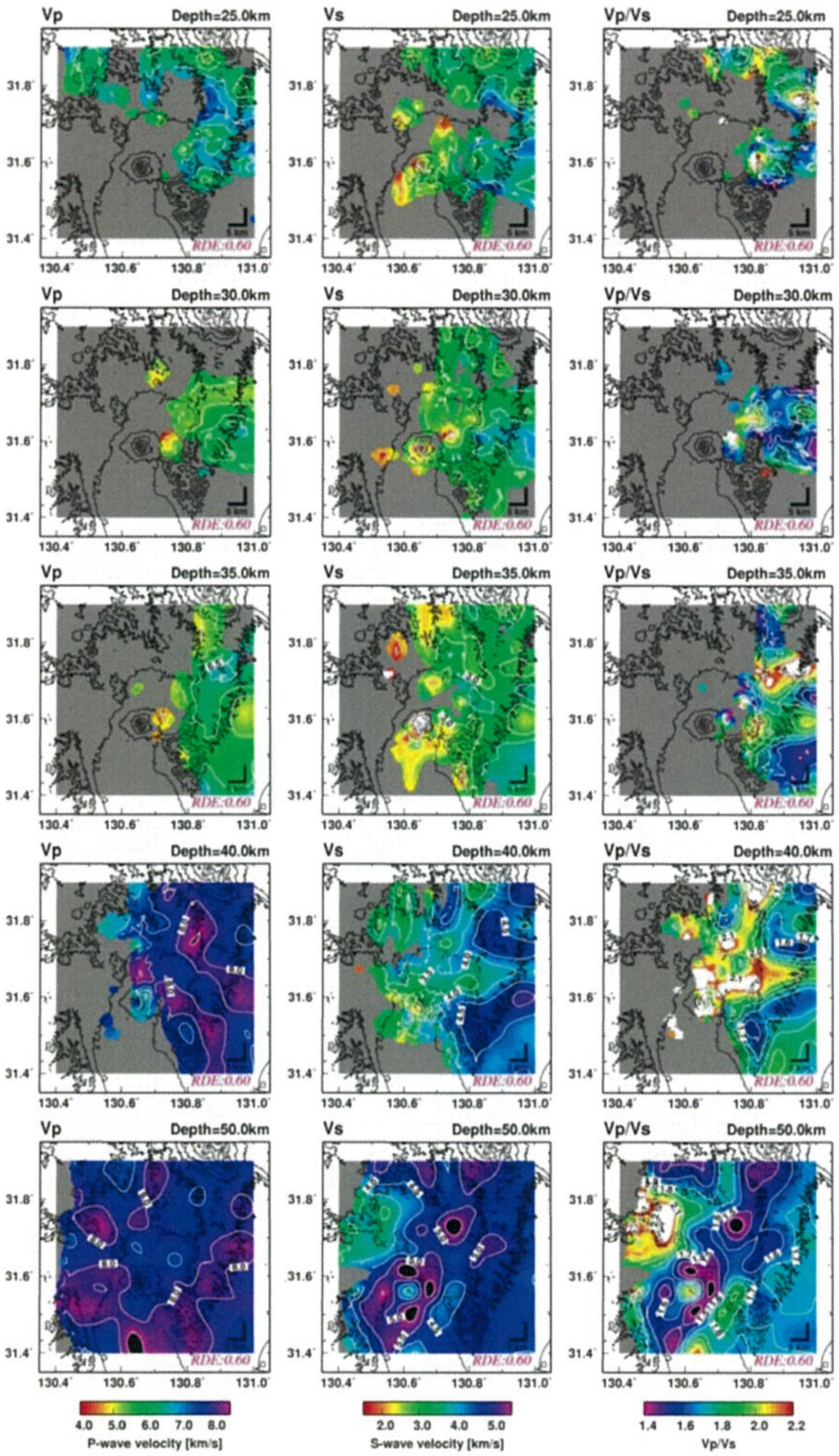


出典）産業技術総合研究所（2019）(参 149)

図 2.3.32　深さ 1、5、10、15、20 km におけるＰ波及びＳ波の速度分布（RDE>0.6）
白色と黒色はカラーインデックスを外れる値

姶良カルデラ　②その他の監視項目［地下構造　地震波速度構造］

【原子力規制庁(2019)　図2.3.33より引用】



出典）産業技術総合研究所（2019）(参149)

図 2.3.33　深さ 25、30、35、40、50 km におけるＰ波及びＳ波の速度分布（RDE>0.6）
白色と黒色はカラーインデックスを外れる値