

桜島火山周辺における水準測量(2007年10月-12月)

京都大学防災研究所	山本 圭吾・高山 鐵朗
	山崎 友也・多田 光宏
京都大学大学院理学研究科	大倉 敬宏・吉川 慎
九州大学大学院理学研究院	松島 健・内田 和也
	中元 真美
国土交通省国土地理院	平岡 喜文・塩谷 俊治
	根本 盛行

1. はじめに

桜島火山周辺においては、1955年の桜島の山頂噴火活動活発化以降、火山活動に伴う地盤の上下変動を測定するための水準測量が繰り返されてきた^{1,2)}。それらの結果から、噴火活動に伴う地盤変動が、桜島北方の始良カルデラ地下の深さ約10 kmに推定される主マグマ溜りと桜島直下約3 kmの深さに推定される副マグマ溜り内のマグマの貯留と放出に伴う現象として説明されている³⁾。1973・74年以降の活発な噴火活動によりマグマの放出量が増え、主・副マグマ溜りの減圧によって桜島の北東部から内部にかけての地盤の沈降が継続していたが、1991年～1996年の測量により、噴火活動静穏化に伴って桜島北部の地盤が隆起に転じた事が確認された²⁾。

第10回桜島火山の集中総合観測の一環として、2007年10月～12月に桜島火山周辺の水準測量路線において一等水準測量の繰返し観測を実施した。本稿では、この測量の概要および結果を示し、前回の第9回桜島火山の集中総合観測の一環として1996年10月に行われた水準測量結果と比較して求めたこの期間の桜島火山周辺における地盤の上下変動量について報告する。

2. 水準測量および測量結果

今回水準測量を実施した路線は、桜島内では海岸線に沿って桜島を一周する桜島一周道路ルートおよび島内西部山腹のハルタ山登山ルートに加え、昭和火口からの噴火活動に対応して2007年5月桜島東部黒神地区に新たに設置した桜島黒神ルート、また桜島外ではBM.2500(桜島口)からBM.J.2797(亀割峠)間の鹿児島湾東岸ルートおよびBM.J.2797から

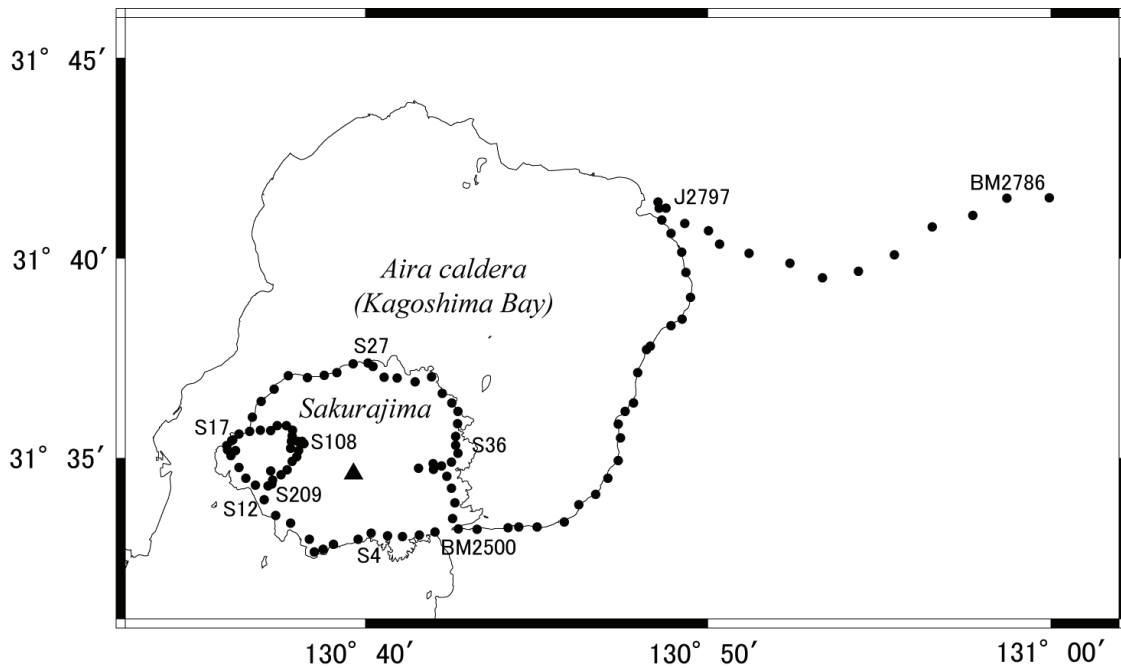


図 1. 第 10 回桜島火山の集中総合観測において測量を行った水準点(黒丸)。黒三角は、桜島南岳山頂火口位置を示す。

BM.2785(曾於市)の区間であり、総延長は 99 km である(図 1)。これらの路線を、国土地理院(測量期間:2007 年 10 月 1 日~11 月 6 日)と大学合同測量班(測量期間:2007 年 12 月 3 日~11 日)とで分担して測量を行った。測量に使用した機材は、大学合同測量班が自動読み取りデジタルレベル(Wild NA3003, NA3000)およびインバールバーコード標尺(Wild GPCL3)、国土地理院はデジタルレベル(Zeiss DiNi12)およびインバールバーコード標尺(Zeiss LD13)である。測量方法は、各水準点間の往復測量で、その往復差は水準点間距離を L km としたときの一等水準測量の許容誤差である $2.5 \times \sqrt{L}$ mm 以内を満たすようにした。

桜島西岸の水準点 BM.S.17(袴腰検潮室)を不動点(基準)とし、計算された各水準点の比高値を 1996 年に行われた第 9 回桜島火山の集中総合観測の水準測量結果と比較した。なお、BM.J.2797~BM.2785 の区間については、第 9 回桜島火山の集中総合観測では測量が行われていないため、1997 年 7 月の国土地理院による水準測量結果と比較を行った。図 2 に、その結果求められた各水準点における上下変動量を水準点 BM.S.17 からの路線距離に対してプロットして示した。同図には比較のために、1991 年 12 月から 1996 年 10 月までの期間の上下変動量²⁾も併せて示した。

桜島内の路線における上下変動量(図 2 の上段と中段)からは、この期間の最大の隆起域は、1991 年~1996 年の期間と同様に、桜島北部付近にあり、その隆起分布のパターンも前回の期間に得られているパターンと比較して、特に変化した傾向は見られない。始良カルデラおよび桜島周辺の地盤は、桜島北方沖の始良カルデラ内部を隆起の中心域にして、1991 年以降継続し

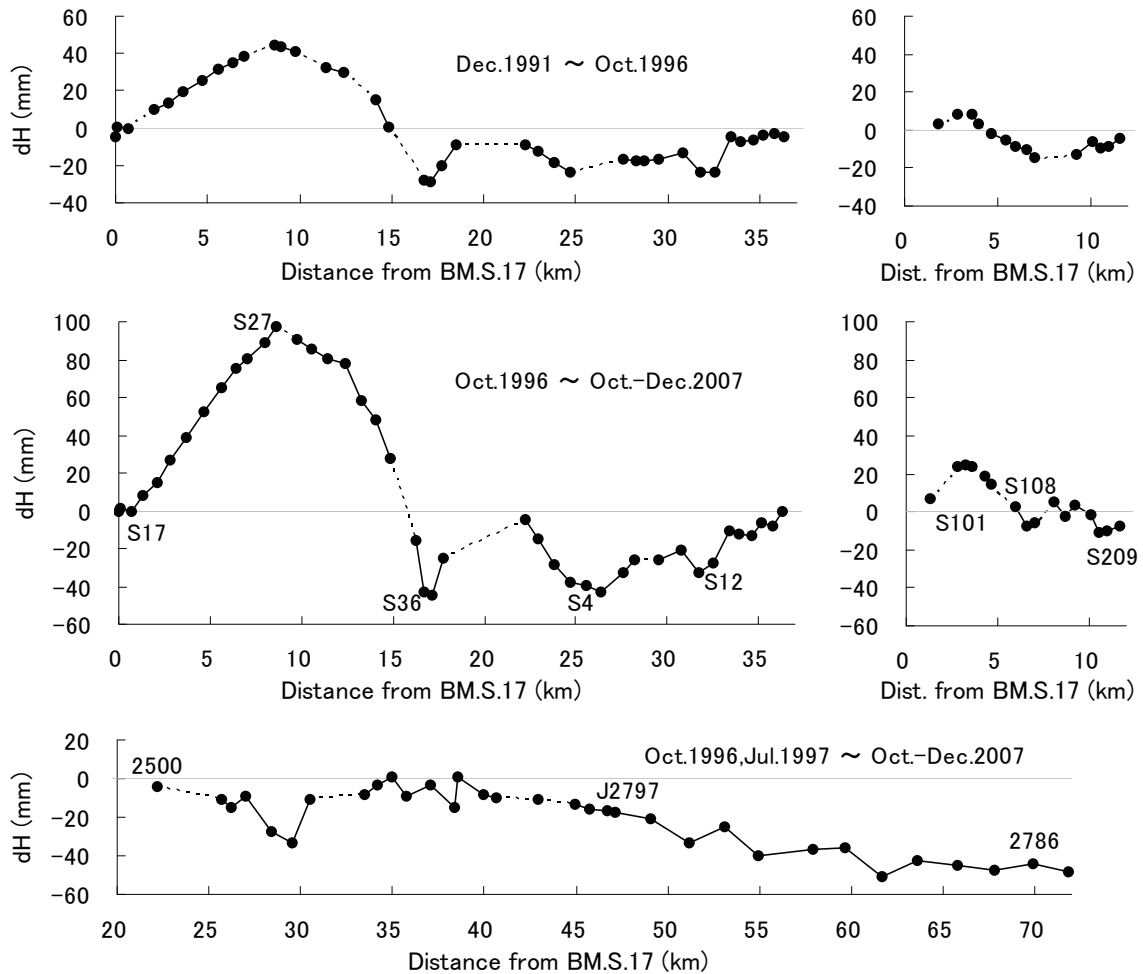


図 2. 水準点 BM.S.17(袴腰検潮室)を基準にした 1991 年 12 月から 1996 年 10 月(上段)および 1996 年 10 月・1997 年 7 月から 2007 年 10 月-12 月(中段, 下段)のそれぞれの期間における各水準点の上下変動量。

て隆起を続けている。1996 年から 2007 年の期間における最大の隆起量は、桜島北部の水準点 BM.S.27(西白浜)において測定された 97.2 mm であった。なお、BM.S.36(東部, 黒神)および BM.S.4(南部, 有村), BM.S.12(南西部, 赤水)付近で認められる局所的な地盤沈降の原因は、それぞれ東部昭和溶岩流, 南部昭和溶岩流および野尻川土石流堆積物を除去して積み上げた人工的な堆積丘の荷重による地盤の圧密沈下であると考えられる²⁾。桜島北部の地盤隆起は、始良カルデラ地下の主マグマ溜りにおける増圧を反映していると考えられ、1991 年以降、山頂噴火活動の静穏化に伴い再開した始良カルデラ地下の主マグマ溜りにおけるマグマの貯留²⁾が現在も継続していることが分かる。

桜島外の路線における上下変動量(図 2 の下段)からは、BM.J.2797~BM.2785 の区間において顕著に見られるように始良カルデラに近づくにしたがって地盤が隆起している様子が分かる。始良カルデラから最も離れた BM.2785 から見ると、桜島と大隈半島の接続点付近にある

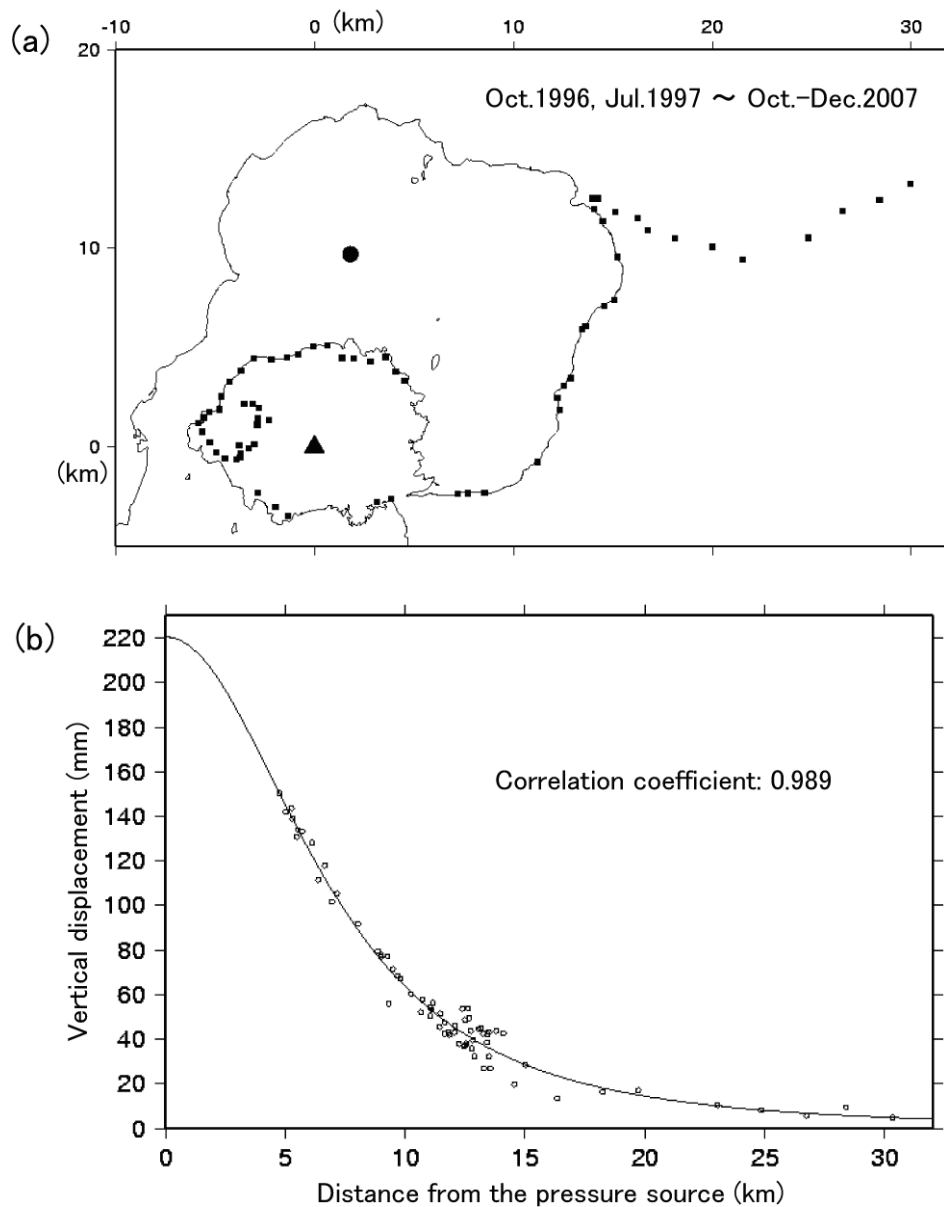


図 3. (a) 計算された圧力源の水平位置(黒丸)。黒四角は解析に使用した水準点, 黒三角は南岳山頂火口を示す。(b) 上下変動量の測定値(白丸)と茂木モデルによる計算値(実線)との比較。横軸は圧力源からの水平距離。

BM.2500 はこの期間の隆起量が 43.8 mm である。

3. 解析と議論

Mogi⁴⁾による球状圧力源モデルを適用し、江頭・他²⁾と同様な方法で 1996・97 年～2007 年の桜島と始良カルデラ周辺の上下変動量から圧力源の位置と体積変化を求めた。計算された圧力源の諸要素を前期間である 1991 年～1996 年の諸要素²⁾と比較して表 1 に示した。

表 1. 始良カルデラ中央部地下の圧力源 A および桜島中央部地下の圧力源 B の諸要素

Leveling survey intervals	Dec.1991~Oct.1996 (Eto et al., 1997)	Oct.1996,Jul.1997 ~Oct.-Dec.2007
Position of the pressure source		
A(X,Y),	A: 0.4 km, 9.0 km	A: 1.8 km, 9.7 km
B(X,Y)	B: cannot be found	B: cannot be found
Depth	A: 9.5 km	A: 8.8 km
Reference bench mark	BM.S.17	BM.2786
Uref	A: +37.5 mm	A: +9.3 mm
Uzo	A: +102.7 mm	A: +220.5 mm
ΔV_p	$+3.9 \times 10^7 \text{ m}^3$	$+7.2 \times 10^7 \text{ m}^3$

X, Y座標の原点は南岳山頂火口を中心。Urefは基準にした水準点における上下変動量。Uzoは圧力源直上における上下変動量。 ΔV_p は圧力源における変形容積。

1996・97年～2007年の期間も前期間と同様に、始良カルデラ中央部地下(桜島北方沖)の主圧力源 A のみの 1 圧力源モデルで上下変動量が説明され、桜島中央部地下の副圧力源 B は見出せなかった。主圧力源直上の上下変動量(Uzo)は+220.5 mm であり、前期間と同様に主圧力源が増圧状態にあることが分かる。図3に、計算された圧力源の位置と上下変動量の測定値と理論値を図示した。1996・97年～2007年の期間の圧力源の容積変動量(ΔV_p)は、約 7,200 万立方メートルの容積増加(マグマの貯留)と推定される。同期間中の観測降下火山灰量に基づくマグマの放出量(Dense Rock Equivalent)は約 280 万立方メートルと推定されるので、両者を合計して約 7,500 万立方メートルのマグマがマグマ溜りに供給されたものとみられる。この期間は、年間約 680 万立方メートルのマグマ供給率となり、Ishihara⁵⁾の指摘した噴火活動静穏期のマグマ供給率である約 1,000 万立方メートル/年に比較して約 2/3 であった。

図4には、BM.S.17を基準にして、桜島北部のBM.S.26(松浦神社)の1957年以降の比高変化、南岳火口から放出された降下火山灰の推定年間総量および南岳火口の年間の爆発的噴火回数を示した。図中には、1996年から2007年までの期間中、桜島内の一部の路線において行った水準測量の結果も併せてプロットした。1967年頃からの噴火活動静穏化に伴った主圧力源内の増圧(マグマの貯留)による桜島北部の地盤隆起、1973・74年以降の活発な噴火活動(マグマの放出)に伴った主・副圧力源内の減圧による桜島北部の地盤の沈降、および1991年以降の噴火活動静穏化に伴った桜島の北部の地盤の再隆起現象が明瞭に確認される。2007年におけるBM.S.26の隆起は、1973・74年の隆起をほぼ回復した状態となっている。

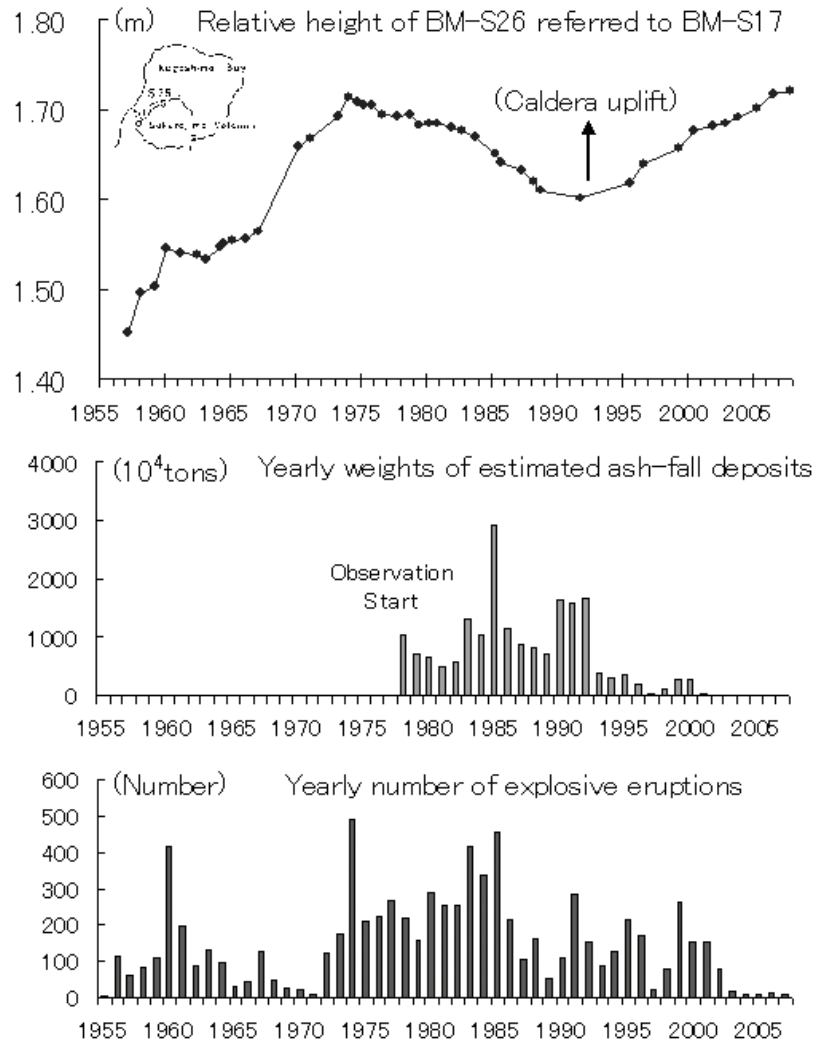


図 4. BM.S.17(袴腰検潮室)を基準にした桜島北部の BM.S.26(松浦神社)の比高変化, 降下火山灰の年間推定重量および年間の爆発的噴火回数との関係

4. まとめ

第 10 回桜島火山の集中総合観測の一環として 2007 年 10 月-12 月に一等水準測量を実施した。測量結果の検討から得られた知見は次の通りである。

(1) 桜島および始良カルデラ周辺の地盤は、前回までに引き続き、桜島北方沖の始良カルデラ内部を中心にして隆起している。隆起分布のパターンは、前回の期間からほとんど変化が無い。

(2) 1991 年以降、山頂噴火活動の静穏化に伴い再開した始良カルデラ地下の主マグマ溜りにおけるマグマの貯留が現在も継続していることが分かる。

(3) 茂木モデルに基づき、1996 年から 2007 年までの上下変動量の地理的分布から圧力源の

位置を求めると、桜島北方約 4～5 km の始良カルデラ中央部地下約 8.8 km の深さに増圧源があることが推定される。

(4) 圧力源における容積増加量の見積りにこの期間の降下火山灰量を加えて推定すると、主マグマ溜りへのマグマ供給率が年間約 680 万立方メートルとなる。Ishihara⁵⁾の指摘した噴火活動静穏期のマグマ供給率である約 1,000 万立方メートル/年に比較して約 2/3 であった。

謝 辞

水準測量に際しては、京都大学防災研究所附属火山活動研究センターのスタッフ諸氏にお世話になった。ここに厚く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) Yoshikawa, K. (1961): On the crustal movement accompanying with the recent activity of the Volcano Sakurajima (part 1), Bull. Dis. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., No. 48, 1-15.
- 2) 江頭庸夫・高山鐵朗・山本圭吾・Muhamad Hendrasto・味喜大介・園田忠臣・松島健・内田和也・八木原寛・王彦賓・木股文昭・宮島力雄・小林和典 (1997): 始良カルデラの地盤の再隆起—1991 年 12 月～1996 年 10 月—, 京都大学防災研究所年報, 第 40 号 B-1, 49-60.
- 3) 江頭庸夫 (1989): 噴火活動に伴う桜島火山および始良カルデラ周辺の地盤変動, 京都大学防災研究所年報, 第 32 号 B-1, 29-39.
- 4) Mogi, K. (1958): Relations between the eruption of various volcanoes and deformations of the ground surfaces around them, Bull. Earthq. Res. Inst., Vol. 36, 99-134.
- 5) Ishihara, K. (1981): A quantitative relation between the ground deformation and the volcanic material ejected, Abstract, 1981 IAVCEI Symposium -Arc Volcanism-, 143.

(Received on March 11, 2008)

