

桜島および鹿児島湾周辺における精密重力測定（2011年10月）

山本圭吾^{*}・園田忠臣^{*}・大島弘光^{**}・前川徳光^{**}・植木貞人^{***}・及川純^{****}
大久保修平^{****}・今西祐一^{****}・田中愛幸^{****}・武多昭道^{****}・坂守^{****}
渡邊篤志^{****}・風間卓仁^{****}

* 京都大学防災研究所
** 北海道大学大学院理学研究院
*** 東北大学大学院理学研究科
**** 東京大学地震研究所
***** 京都大学大学院理学研究科

要 旨

2011年10月に桜島火山および鹿児島湾周辺域において、ラコスト重力計を用いた13回目の精密重力測定を実施した。測定では、FG5絶対重力計による絶対重力測定点と接続測定することにより相対重力測定を行った全ての地点の重力値を絶対値で求めた。2010年9月および10月に実施された精密重力測定の結果と比較を行い、また地下水起源の重力擾乱の補正を施した結果、2010年9月・10月から2011年10月の期間に桜島中央部付近で重力減少が検出された。昭和火口における活発な噴火活動によって、桜島直下のマグマ溜りにおいてマグマの放出量が深部からの供給量を上回り質量減少が生じた可能性が考えられる。

キーワード： 桜島火山，精密重力測定，火山活動，地下水擾乱補正

1. はじめに

桜島および鹿児島湾周辺域では、ラコスト重力計を用いた精密相対重力測定が1975年に開始され、桜島火山の集中総合観測の一環として2007年までに10回繰り返されてきた（田島ら，1975，1977；石原ら，1980，1982，1986，1988，1989，1995；山本ら，1998，2008）。その結果，1970年代後半から1980年代にかけて，桜島および鹿児島湾を中心とした重力の増加傾向が継続してきた事が明らかにされ，桜島中央部地下において密度および質量の増加現象が進行してきた事を示すものと考えられている（石原ら，1986；石原，1990；Yokoyama，1989）。一方，1998年より開始されたmicro-g社製FG5絶対重力計を用いた絶対重力測定結果からは，1990年代以降の山頂噴火活動静穏化に対応して，過去に観測されていた桜島中央部における重力増加がほぼ停止した事が指摘されている（山本ら，2003）。

平成21年度より開始された「地震及び火山噴火予

知のための観測研究計画」における課題「桜島火山における多項目観測に基づく火山噴火準備過程解明のための研究」の一環として，これまで行われてきた集中総合観測における重力測定を引き継ぐ形で，2009年10月から桜島および鹿児島湾周辺において，ラコスト重力計を用いた精密相対重力測定が行われている（山本ら，2010，2011）。今回，2011年10月に13回目の再測定を実施した。2009年および2010年の測定と同様，今回の測定においてもFG5絶対重力計による絶対重力連続観測（大久保ら，2010）の測定点と接続測定することにより，ラコスト重力計による測定点全点において絶対重力値を得るようにした。本稿では，この測定の概要および測定結果について報告する。

2. 重力測定

今回の測定点をFig. 1に示した。前回の2010年の重力測定においては，桜島北部の北岳中腹にあるSK6

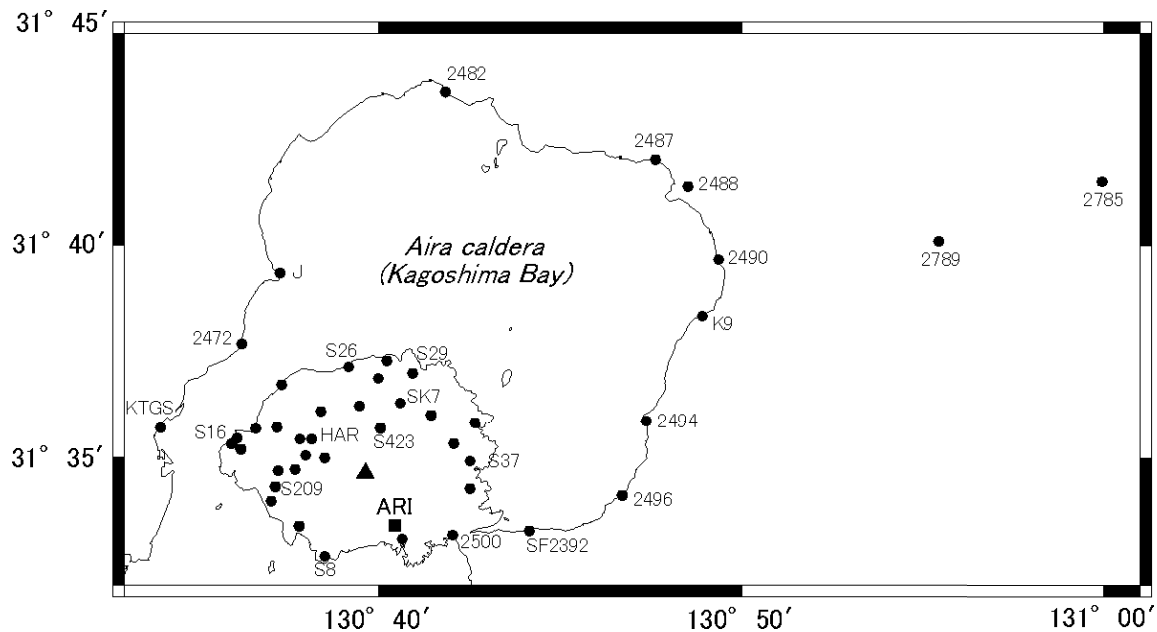


Fig. 1 Location map of the stations of precise gravity measurements in October 2011 (solid circles). Solid square denotes the FG5 absolute gravity station (ARI). Solid triangle indicates the location of the summit crater of Sakurajima volcano.

測定点のごく近傍に水準測量の共用基準点として S.423測定点を新たに追加し重力測定を行った（山本ら，2011）。そこで，今回の測定からSK6測定点を重力測定点としては廃止した。

精密相対重力測定にはLaCoste & Romberg G型重力計を使用した。桜島内を中心とした測定は，北海道大学，東北大学および京都大学が担当し，2011年10月17日～21日の期間に，G31, G375, G682, G892の4台の重力計を用いて測定を行った。また，鹿児島湾周辺の測定は，東京大学および京都大学が担当し，2011年10月25日～28日の期間にG891, G892の2台の重力計を用いて測定を行った。測定はすべて往復測定で，測定値には計器高補正，地球潮汐補正，ドリフト補正および重力計によってはスケール定数補正を施した。

ラコスト重力計を用いた相対測定に際しては，FG5絶対重力計による測定が行われている桜島南部の国土交通省有村観測坑道の絶対重力測定点（Fig. 1中のARI）との接続測定を考慮し，全ての測定点において絶対重力値が求まるようにした。

3. 測定結果および議論

今回2011年10月の測定値と前回2010年9月・10月に実施された精密重力測定（山本ら，2011）の測定値を比較し，この期間の重力変化量を見積もった。前

回の測定においてもFG5絶対重力計測定点と接続測定を行うことで，ラコスト重力計による全ての測定点において絶対重力値を求めている。そこで，山本ら（2010，2011）と同様に，前回・今回の測定で共通に使用したラコスト重力計について（桜島内の測定についてはG31, G375, G682, G892の4台，鹿児島湾周辺の測定にはG891, G892の2台），重力計ごとに各測定点の絶対重力値を前回と今回で比較し，それらの重力差を測定点ごとに平均することで重力変化量を見積もった（Fig. 2）。図には，それら重力差の標準偏差も示した。なお，図中の鹿児島湾周辺における括弧で示された重力変化量は1台の重力計のみによる測定値から計算された値であることを示している。

Fig. 2を見ると，絶対重力値が減少した点が多く見られる傾向があることが分かる。さらに，桜島中央部に近い山腹の測定点においては，その重力減少量が大きくなる傾向が見受けられる。各点における重力差の標準偏差はおおむね20マイクロガル以下であり，重力値中の誤差は20マイクロガル程度であると考えられる。

風間ら（2011）は，重力測定データにおける降水等に伴う地下水擾乱を精度良くかつ簡便に補正する手法を開発し，桜島で2007年から2010年の期間にラコスト重力計を用いて観測された重力データ（山本ら，2010，2011）に適用した。その結果，各測定点

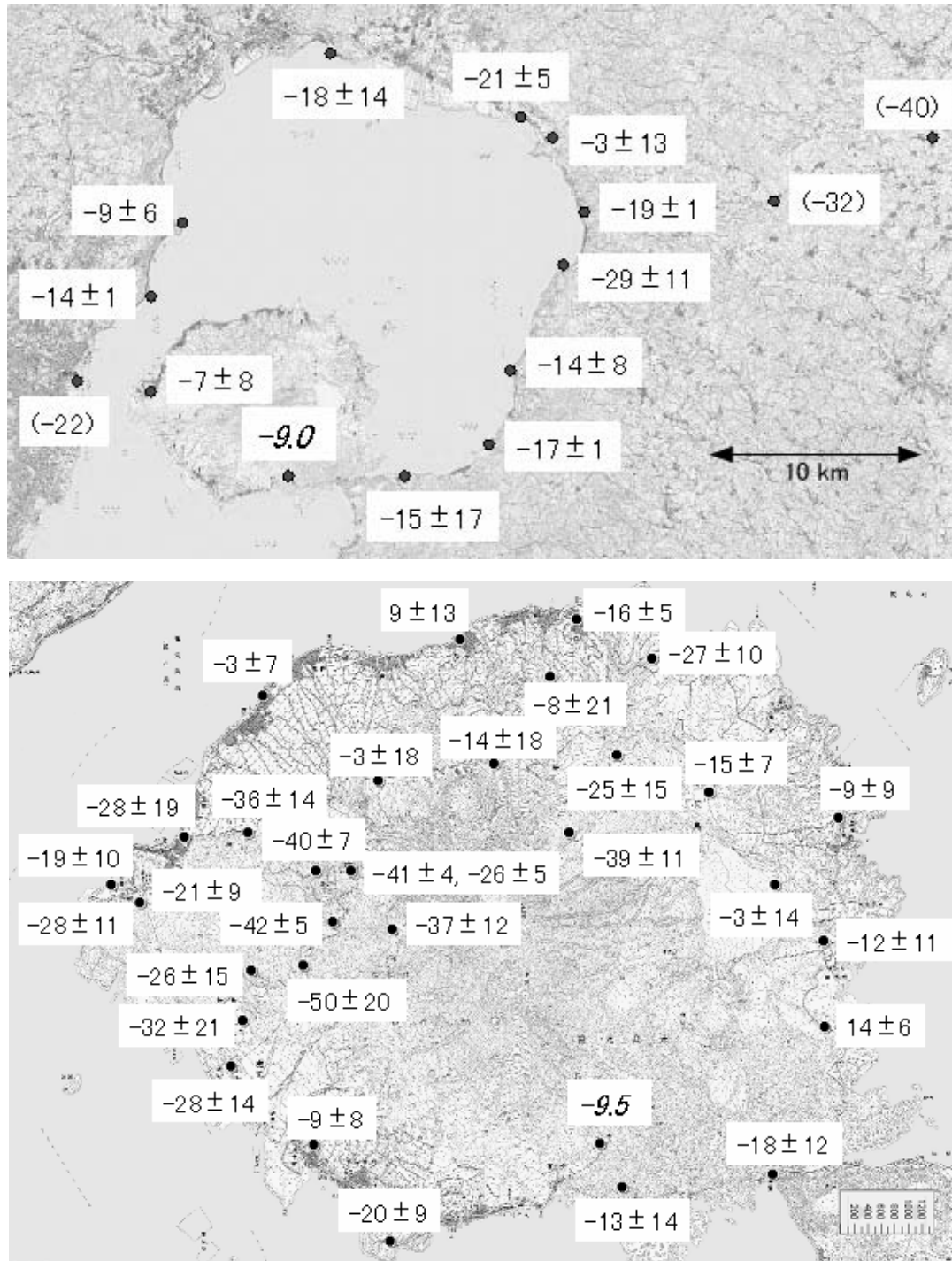


Fig. 2 Absolute gravity changes at stations around Kagoshima Bay (upper) and in Sakurajima (lower) during the period from September-October 2010 to October 2011. The absolute gravity changes at ARI (denoted by italic numbers) are calculated by using the data of FG5 absolute gravimeter. The unit of gravity changes is in microgal.

における地下水擾乱に伴う重力変動が、この測定期間において最大で60マイクロガルを超え、山腹付近で観測された大きな重力変動の大部分が地下水擾乱によるものであることが明らかとなった。そこで、

この手法で計算される地下水擾乱補正をFig. 2の結果に適用してみた (Fig. 3)。

この期間の各重力測定点における地下水擾乱補正量は最大で18マイクロガル程度であったが、Fig. 3を

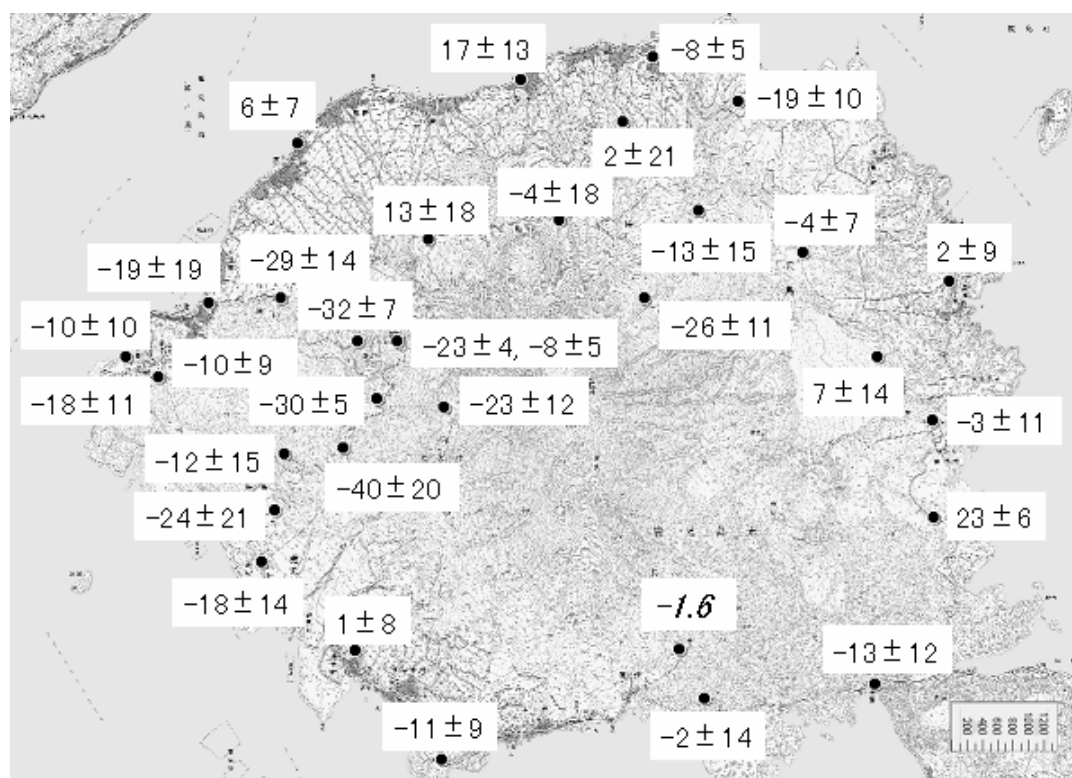
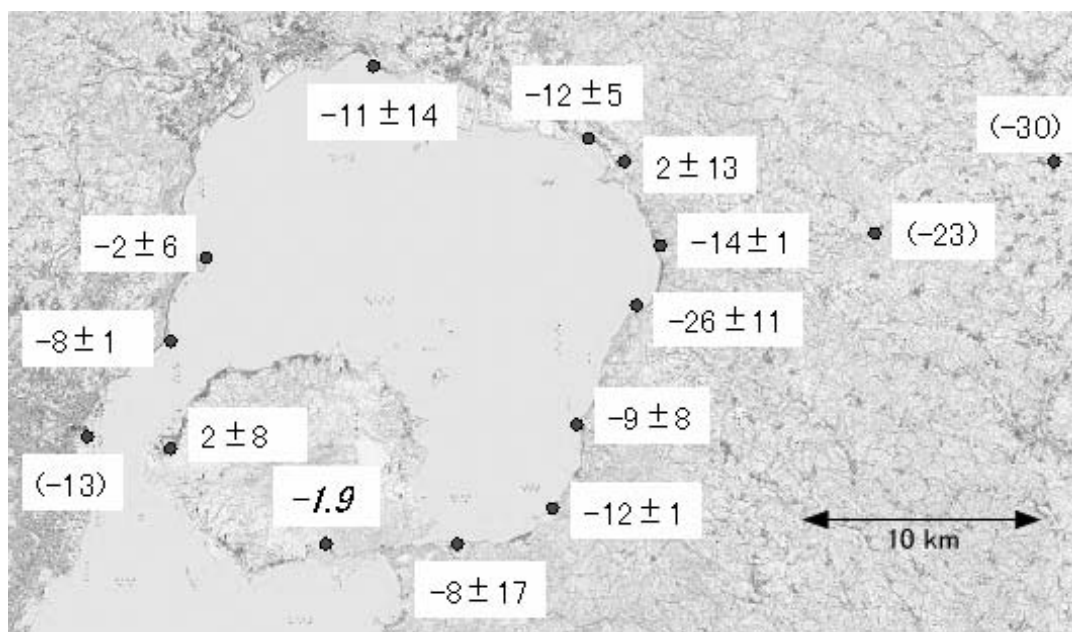


Fig. 3 Same as Fig. 2, but the absolute gravity changes are corrected by the hydrological disturbance correction.

見ると、観測されていた重力減少量の大きさが大部分の測定点で小さくなっており、地下水擾乱が効果的に補正されているものと考えられる。桜島中央部に近い山腹の測定点においても、その重力減少量が小さくなるように補正されているが、補正後においても、測定誤差と考えられる20マイクロガルを有意に超えた重力減少量が認められる測定点が少なくか

らず見受けられる。水準測量結果によると、桜島中央部に近い水準点における地盤上下変動量は、今回の重力解析とほぼ同期間である2010年11月から2011年11月の期間において、桜島西岸にある水準点を基準として最大で13 mm程度の地盤沈降が確認されており、桜島中央部地下に減圧源が求められている(山本ら, 2012)。地盤変動観測の結果や昭和火口にお

ける活発な噴火活動を考え合わせると、検出された桜島中央部付近の重力減少は、定性的には桜島直下のマグマ溜りにおいて噴火活動によるマグマの放出量がマグマの供給量を上回り質量減少が生じたことに伴うものではないかと考えられる。ただし、これらの重力減少量は、定量的には水準測量データから推定された減圧源を単純に仮定して説明できるものではない。精密重力測定により観測された重力変化と火山活動の関係を論じるために、今後予定されている重力測定の結果の推移をさらに注視していく必要があると考えられる。

4. まとめ

2011年10月に桜島火山および鹿児島湾周辺域において、ラコスト重力計を用いた13回目の精密重力測定を実施した。また、FG5絶対重力計による絶対重力測定点との接続測定をすることにより相対重力測定を行った全ての地点の重力値を絶対値で求めた。

2010年9月および10月（前回）の測定結果と比較を行い、2011年10月までの期間の絶対重力変化量を計算した。この重力変化量に、地下水擾乱補正を施したところ、観測されていた重力減少の大きさが大部分の測定点で小さくなり、地下水擾乱が効果的に補正されていることが確認された。桜島中央部に近い山腹の測定点においては、地下水擾乱補正後においても、測定誤差と考えられる20マイクロガルを有意に超えた重力減少量が認められた。

地盤変動観測の結果や昭和火口における活発な噴火活動を考え合わせると、検出された桜島中央部付近の重力減少は、定性的には桜島直下のマグマ溜りにおいて噴火活動によるマグマの放出量が深部からの供給量を上回り質量減少が生じたことに伴ったものではないかと考えられる。精密重力測定により観測された重力変化と火山活動の関係を論じるために、今後予定されている重力測定の結果の推移を注視していく必要があると考えられる。

謝 辞

重力測定に際して、いろいろな面でお手伝いいただいた防災研究所附属火山活動研究センターの皆様深く感謝いたします。本研究は文部科学省による「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」の支援を受けました。

参考文献

石原和弘（1990）：地盤変動・重力等の測定による

マグマ活動の検知，火山，第34巻，pp. S235-S246.
石原和弘・大島弘光・横山泉・田島広一（1980）：桜島および鹿児島湾周辺における重力の精密測定，第3回桜島火山の集中総合観測，pp. 34-40.
石原和弘・大島弘光・前川徳光・植木貞人・沢田宗久（1995）：桜島および鹿児島湾周辺における精密重力測定，第8回桜島火山の集中総合観測，pp. 37-44.
石原和弘・沢田宗久・大久保修平・植木貞人・宮町宏樹・前川徳光（1989）：桜島および鹿児島湾周辺における精密重力測定，第7回桜島火山の集中総合観測，pp. 33-39.
石原和弘・宮町宏樹・横山泉・田島広一・沢田宗久（1988）：桜島および鹿児島湾周辺における重力の精密測定，第6回桜島火山の集中総合観測，pp. 47-53.
石原和弘・横山泉・前川徳光・田島広一（1982）：桜島および鹿児島湾周辺における重力の精密測定，第4回桜島火山の集中総合観測，pp. 39-45.
石原和弘・横山泉・前川徳光・田島広一（1986）：桜島および鹿児島湾周辺における重力の精密測定，第5回桜島火山の集中総合観測，pp. 33-40.
大久保修平・菅野貴之・風間卓仁・山本圭吾・井口正人・田中愛幸・孫文科・高山鐵朗・坂守・松本滋夫（2010）：桜島火山における絶対重力観測，「桜島火山における多項目観測に基づく火山噴火準備過程解明のための研究」平成21年度分報告書，pp. 65-71.
風間卓仁・山本圭吾・福田洋一（2011）：桜島における相対重力データの地下水擾乱補正，日本測地学会第116回講演会，2011年9月26日，高山市。
田島広一・伊筒屋貞勝・大島弘光・大川史郎・横山泉・石原和弘（1977）：桜島および鹿児島湾周辺における重力の精密測定，第2回桜島火山の集中総合観測，pp. 45-56.
田島広一・萩原幸男・大川史郎・横山泉（1975）：桜島および鹿児島湾周辺における重力精密測定，桜島火山の総合調査報告，pp. 50-57.
山本圭吾・大久保修平・古屋正人・新谷昌人・松本滋夫・高山鐵朗・石原和弘（2003）：桜島火山における絶対重力測定（1998年～2002年），京都大学防災研究所年報，第46号B，pp. 827-833.
山本圭吾・園田忠臣・大島弘光・前川徳光・植木貞人・及川純・大久保修平・今西祐一・田中愛幸・菅野貴之・坂守・渡邊篤志・風間卓仁・福田洋一（2011）：桜島および鹿児島湾周辺における精密重力測定（2010年9月および10月），「桜島火山における多項目観測に基づく火山噴火準備過程解明のための研究」平成22年度分報告書，pp.49-53.
山本圭吾・園田忠臣・高山鐵朗・大島弘光・前川徳光・植木貞人・及川純・大久保修平・菅野貴之・風間卓仁・

田中愛幸・孫文科（2010）：桜島および鹿児島湾周辺における精密重力測定（2009年10月），「桜島火山における多項目観測に基づく火山噴火準備過程解明のための研究」平成21年度分報告書，pp.59-63.
山本圭吾・園田忠臣・高山鐵朗・市川信夫・大倉敬宏・横尾亮彦・吉川慎・井上寛之・堀田耕平・松島健・内田和也・中元真美（2012）水準測量による桜島火山の地盤上下変動（2010年11月～2011年11月），京都大学防災研究所年報，第55号B，pp.155-161.
山本圭吾・高山鐵朗・石原和弘・大島弘光・前川徳光・植木貞人・沢田宗久・及川純（1998）：桜島および鹿児島湾周辺における精密重力測定，第9回桜

島火山の集中総合観測，pp. 47-55.
山本圭吾・高山鐵朗・山崎友也・大島弘光・前川徳光・植木貞人・松本滋夫・菅野貴之・及川純（2008）：桜島および鹿児島湾周辺における精密重力および絶対重力測定，第10回桜島火山の集中総合観測 — 2007年6月～2008年3月 — ， pp. 63-68.
Yokoyama, I. (1989): Microgravity and height changes caused by volcanic activity: four Japanese examples, Bull. Volcanol., Vol. 51, pp. 333-345.

Precise Gravity Measurements in Sakurajima Volcano and around Kagoshima Bay (October 2011)

Keigo YAMAMOTO*, Tadaomi SONODA*, Hiromitsu OSHIMA**, Tokumitsu MAEKAWA**,
Sadato UEKI***, Jun OIKAWA****, Shuhei OKUBO****, Yuichi IMANISHI*****,
Yoshiyuki TANAKA*****, Akimichi TAKETA*****, Mamoru SAKA*****, Atushi WATANABE*****,
Takahito KAZAMA*****

* Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University
** Graduate School of Science, Hokkaido University
*** Graduate School of Science, Tohoku University
**** Earthquake Research Institute, University of Tokyo
***** Graduate School of Science, Kyoto University

Synopsis

The 13th precise gravity measurements were conducted in Sakurajima volcano and around Kagoshima Bay in October 2011 by using the LaCoste gravimeters. At each measurement point of the LaCoste gravimeters, the absolute gravity value was obtained by referring to the measurement points of FG5 absolute gravimeters. As the results of the evaluation of observed gravity changes during the period from September - October 2010 (the last measurement) to October 2011 and the application of the hydrological disturbance correction to the obtained gravity changes, the gravity decrease is detected around the central region of the volcano. The gravity decrease is possibly caused by the mass decrease in the magma reservoir beneath Sakurajima volcano due to the excess magma ejection related to the eruptive activity at Showa crater.

Keywords: Sakurajima volcano, precise gravity measurements, volcanic activity, hydrological disturbance correction