

桜島および鹿児島湾周辺における精密重力測定 (2012年10月および11月)

Precise Gravity Measurements in Sakurajima Volcano and around Kagoshima Bay (October and November 2012)

山本圭吾⁽¹⁾・大島弘光⁽²⁾・前川徳光⁽²⁾・植木貞人⁽³⁾・及川純⁽⁴⁾・園田忠臣⁽¹⁾
大久保修平⁽⁴⁾・田中愛幸⁽⁴⁾・今西祐一⁽⁴⁾・渡邊篤志⁽⁴⁾・坂守⁽⁴⁾・風間卓仁⁽⁵⁾

Keigo YAMAMOTO⁽¹⁾, Hiromitsu OSHIMA⁽²⁾, Tokumitsu MAEKAWA⁽²⁾, Sadato UEKI⁽³⁾,
Jun OIKAWA⁽⁴⁾, Tadaomi SONODA⁽¹⁾, Shuhei OKUBO⁽⁴⁾, Yoshiyuki TANAKA⁽⁴⁾,
Yuichi IMANISHI⁽⁴⁾, Atushi WATANABE⁽⁴⁾, Mamoru SAKA⁽⁴⁾ and Takahito KAZAMA⁽⁵⁾

(1) 京都大学防災研究所

(2) 北海道大学大学院理学研究院

(3) 東北大学大学院理学研究科

(4) 東京大学地震研究所

(5) 京都大学大学院理学研究科

(1) Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

(2) Graduate School of Science, Hokkaido University

(3) Graduate School of Science, Tohoku University

(4) Earthquake Research Institute, University of Tokyo

(5) Graduate School of Science, Kyoto University

Synopsis

The 14th precise gravity measurements were conducted in Sakurajima volcano and around Kagoshima Bay in October-November 2012 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 gravimeter. As the results of the evaluation of observed gravity changes during the period from October 2011 (the last measurement) to October-November 2012 and the application of the hydrological disturbance correction to the obtained gravity changes, no remarkable gravity changes are detected around the volcano. These gravity changes are in harmony with those expected from the leveling data which suggest that no remarkable pressure changes occurred beneath the volcano during the period from November 2011 to November-December 2012.

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

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

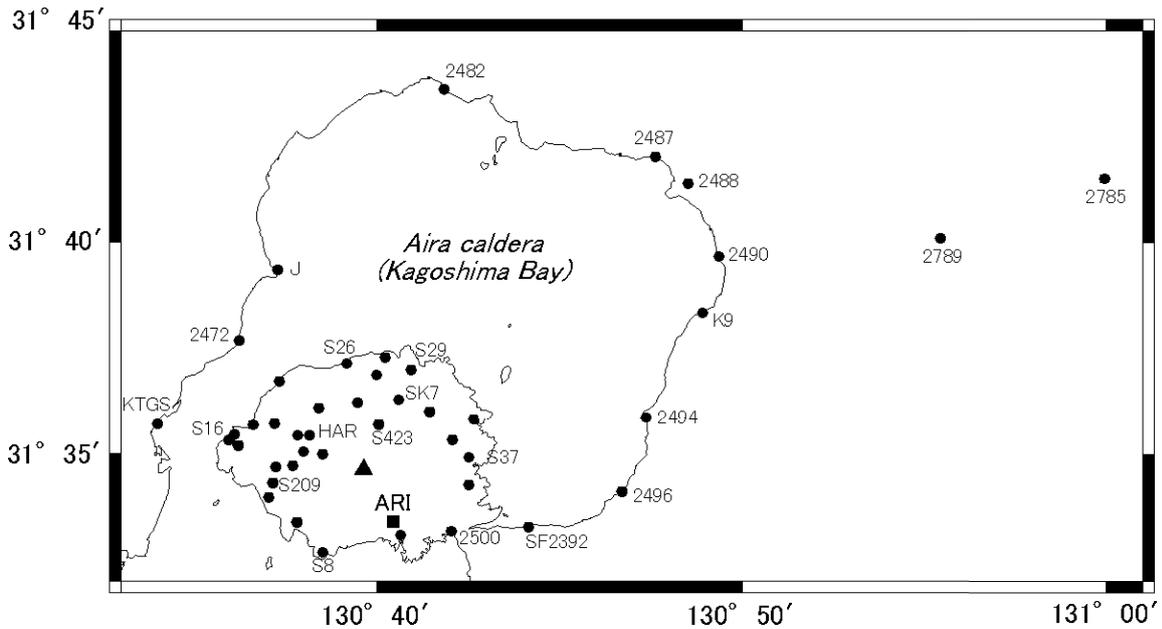


Fig. 1 Location map of the stations of precise gravity measurements in October and November 2012 (solid circles). Solid square denotes the FG5 absolute gravity station (ARI). Solid triangle indicates the location of the summit crater of Sakurajima volcano.

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解釈された(石原ら, 1986; 石原, 1990; Yokoyama, 1989)。一方, 1998年からはmicro-g社製FG5絶対重力計を用いた絶対重力測定が開始され, 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た(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, 2012)。今回, 2012

年10月および11月に14回目の再測定を実施した。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。これらの測定点は, 前回である2011年10月に実施された重力測定における測定点と同一である。

精密相対重力測定にはLaCoste & Romberg G型重力計を使用した。桜島内における測定は, 北海道大学, 東北大学および京都大学が担当し, 2012年10月30日~11月2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, 2012年11月19日~22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重力測定に際しては, 2009年, 2010年および2011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, 2011, 2012, 2013)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,

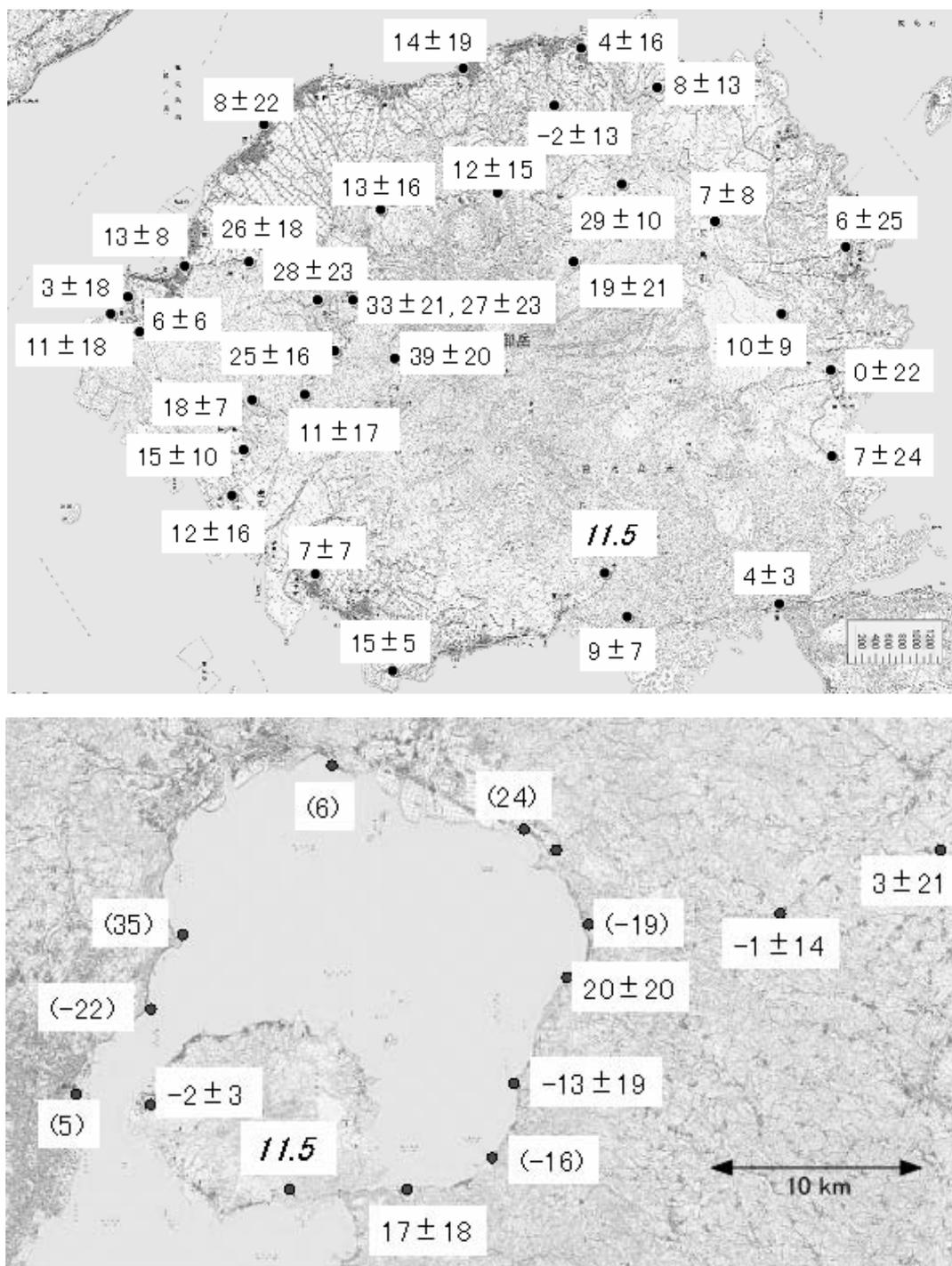


Fig. 2 Absolute gravity changes at stations in Sakurajima (upper) and around Kagoshima Bay (lower) during the period from October 2011 to October-November 2012. The absolute gravity changes at ARI (denoted by italic numbers) are calculated by using the data of FG5 absolute gravimeter. The unit of gravity changes is in microgal.

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が求まるようにした。

3. 測定結果および議論

今回2012年10月および11月の測定値と前回2011年

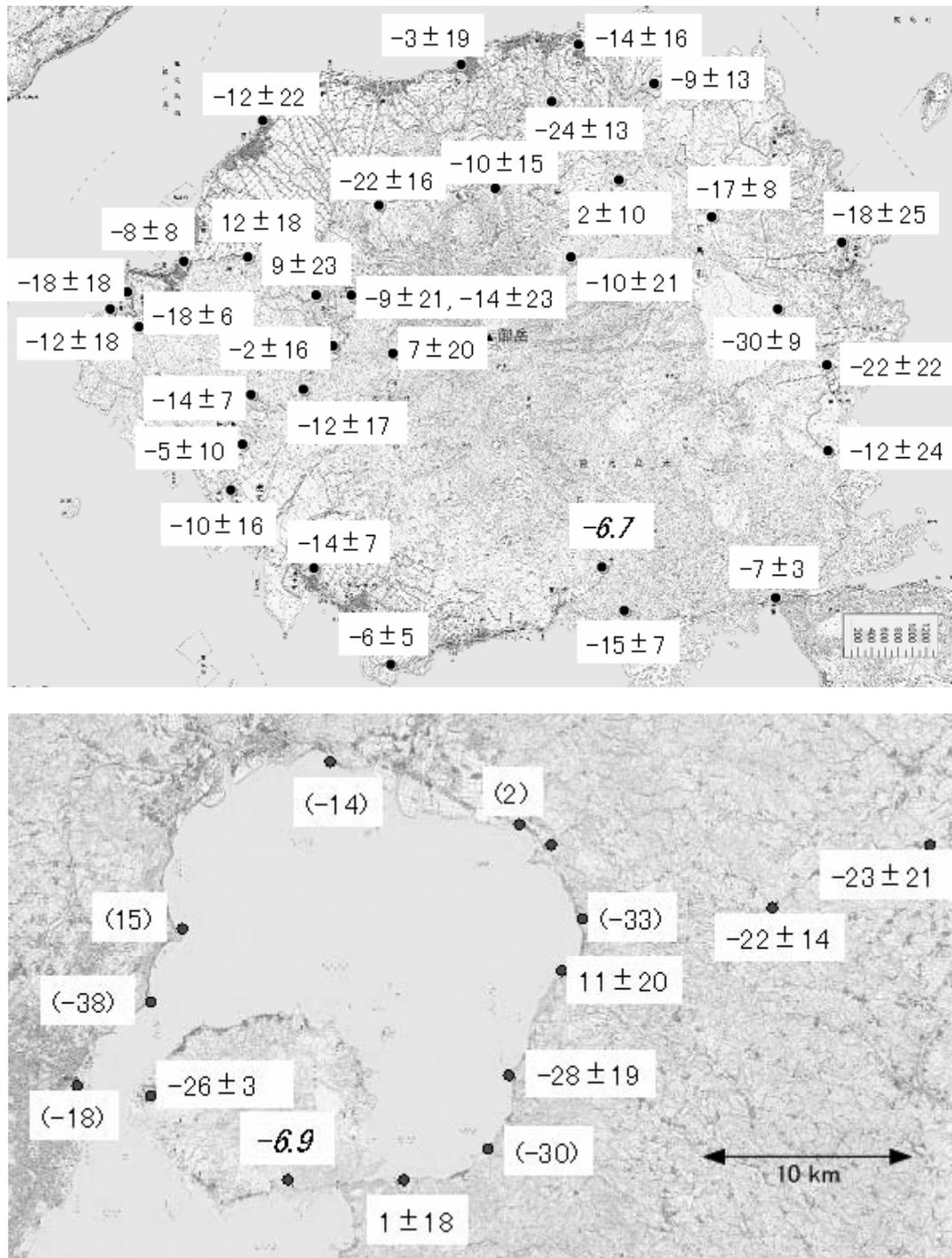


Fig. 3 Same as Fig. 2, but the absolute gravity changes are corrected by the hydrological disturbance correction.

10月に実施された精密重力測定（山本ら，2012）の測定値を比較し，この期間の重力変化量を見積もった．山本ら（2010，2011，2012）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．これらの重力変化量は，単一の重力計の測定誤差をそのまま含んでいる可能性があ

り、評価の際には注意を要する。

Fig. 2を見ると、絶対重力値が増加した点が多く見られる傾向があることが分かる。特に桜島内に注目すると、山体中央部に近い山腹の測定点においては、その重力増加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、測定重力値中の誤差は20マイクロガル程度であると考えられる。桜島中央部に近い測定点における重力増加量は、この誤差を有意に超えたものが少なくない。

風間ら（2011）や山本ら（2012）によると、桜島で2007年から2011年の期間にラコスト重力計を用いて観測された山腹付近の大きな重力変動の大部分が地下水擾乱に伴う重力変動によるものであることが明らかとなっている。そこで、風間ら（2011）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）。

計算された2011年10月から2012年10月・11月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42マイクロガル（重力増加）に及んだ。Fig. 3を見ると、地下水擾乱補正を施した結果、重力減少を示す点が多く見られる傾向はあるものの、測定誤差と考えられる20マイクロガルを有意に超えるような大きさの重力変化が認められる測定点は桜島山腹の測定点を含め少なくなった。地下水擾乱による影響が効果的に補正されているものと考えられる。桜島内における水準測量結果の解析によると、今回の重力データの解析期間とほぼ同期間である2011年11月から2012年11月・12月の期間における地盤上下変動量は、始良カルデラ中央部地下約9.6 kmの深さに存在する増圧源によって説明され、桜島中央部地下には圧力源は求められていない（山本ら、2013）。この始良カルデラ直下の増圧源から期待される重力変化は、圧力源に位置が近い桜島北部の測定点においても最大で3~4マイクロガル程度の重力減少であり、Fig. 3において地下水擾乱補正後の桜島内の結果において顕著な重力変化が見られない事は定性的にはこの事を反映しているように思われる。

風間ら（2011）、山本ら（2012）および本稿の結果から、地下水擾乱補正を施す事によりラコスト重力計による測定データからより高精度に火山活動に関する重力変動を抽出することができていることが確認された。桜島火山においては、種々の観測研究結果を基に、今後多量のマグマが桜島直下に移動し火山活動が活発化することが危惧されている。このようなマグマ移動を重力測定から直接捉えるべく、今後の精密重力測定を継続していく必要があると考えられる。

4. まとめ

2012年10月および11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14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。

2011年10月（前回）の測定結果と比較を行い、2012年10月・11月までの期間の絶対重力変化量を計算した。その結果、絶対重力値が増加した点が多く見られ、特に桜島内では、山体中央部に近い山腹の測定点において、その重力増加量が大きくなる傾向が見受けられた。この重力変化量に、地下水擾乱補正を施したところ、その補正量は最大で42マイクロガルに及び、観測されていた重力変化の絶対値が多くの測定点で小さくなった。

重力データの解析期間とほぼ同期間で行われた水準測量結果の解析によって得られた圧力源から期待される重力変化は、圧力源に位置が近い桜島北部の測定点においても3~4マイクロガル程度の重力減少であり、地下水擾乱補正後の結果において顕著な重力変化が見られない事はこの事と調和的である。

最近の地下水擾乱補正に関する研究の進展および本稿の結果から、地下水擾乱補正を施す事によりラコスト重力計による測定データからより高精度に火山活動に関する重力変動を抽出することができることが分かった。桜島火山においては、今後多量のマグマが桜島直下に移動し火山活動が活発化することが危惧されており、このようなマグマ移動を直接捉えるべく、今後の精密重力測定を継続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には感謝いたします。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・植木真人・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・風間卓仁・山本圭吾・井口正人・田中愛幸・菅野貴之・今西祐一・渡邊篤志・坂守 (2011) : 桜島火山における絶対重力観測 (2), 「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. 55-60.
- 大久保修平・風間卓仁・山本圭吾・井口正人・田中愛幸・菅野貴之・今西祐一・渡邊篤志・坂守 (2012) : 桜島火山における絶対重力観測 (3), 「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23年度分報告書, pp. 65-70.
- 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.
- 大久保修平・山本圭吾・田中愛幸・井口正人・今西祐一・渡邊篤志・坂守 (2013) : 桜島火山における絶対重力観測 (4), 「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24年度分報告書, (本報告書) .
- 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・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・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・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 (2012) : 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), 「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23年度分報告書, pp.59-64.
- 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・諏訪博之・松島健・藤田詩織・神菌めぐみ (2013) 水準測量によって測定された桜島火山周辺域の地盤上下変動—2012年11月および12月測定の結果—, 京都大学防災研究所年報, 第56号B, pp.187-195.
- 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.