

# 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)

山本圭吾\*・園田忠臣\*・大島弘光\*\*・前川徳光\*\*・植木真人\*\*\*・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\*\*\*\*\*

\* 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

2010年9月および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12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。2009年10月に実施された精密重力測定の結果と比較を行った結果、この期間に桜島中央部付近で、最大で70マイクロガルにおよぶ重力増加が検出された。この重力増加の大部分は降水や地下水起源の重力擾乱によって生じた可能性が示唆され、重力変化と火山活動との関係を議論するには今後このような擾乱の補正を進めていく必要性が指摘される。

**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、桜島の山頂噴火活動活発期に緩やかな地盤沈降(江頭ら, 1997)と並行して、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)。今回、2010年9月および10月に12回目の再測定を実施した。桜島火山においてはFG5絶対重力計による絶対重力連続観測が行われており(大久保ら, 2010)、この測定点と接続測定することにより、前回の2009年の測定と同様、今回も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。桜島北部の北岳中

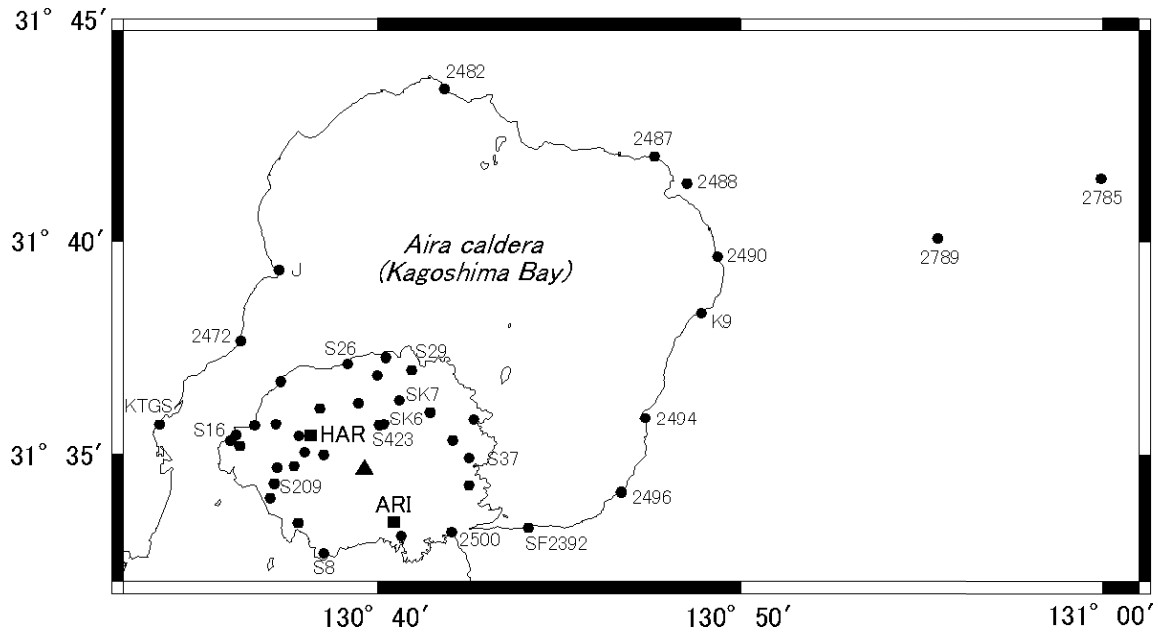


Fig. 1 Location map of the stations of precise gravity measurements in September and October 2010 (solid circles). Solid squares denote the FG5 absolute gravity stations. Solid triangle indicates the location of the active summit crater of Sakurajima volcano.

腹に水準測量路線が新設された事を受け（山本ら，本報告書），重力測定および水準測量の共用基準点としてS.423（北岳中腹の標高609 m地点）を新たに追加し重力測定を行った。

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，2010年9月27日～10月2日の期間に，G31, G375, G682, G892, G1090の5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，2010年10月12日～16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および桜島西部中腹の京都大学ハルタ山観測室の絶対重力測定点（Fig. 1中のARIおよびHAR）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2010年9月～10月の測定値と前回2009年10月

に実施された精密重力測定（山本ら，2010）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）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, G1090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，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，絶対重力値が増加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，その重力増加量が大きくなる傾向が見受けられ，特に西部山腹の測定点では測定誤差を有意に超えた約70マイクロガルに及ぶ重力増加が検出された。水準測量結果によると，ほぼ同期間において桜島西部のハルタ山登山ルートでの地盤上下変動量は桜島西岸を基準として4 mm以下の地盤隆起であり（山本ら，本報告書）測定された重力増加量を説明し得るものではない。

一方で，近年においては重力測定値に対し，土壌

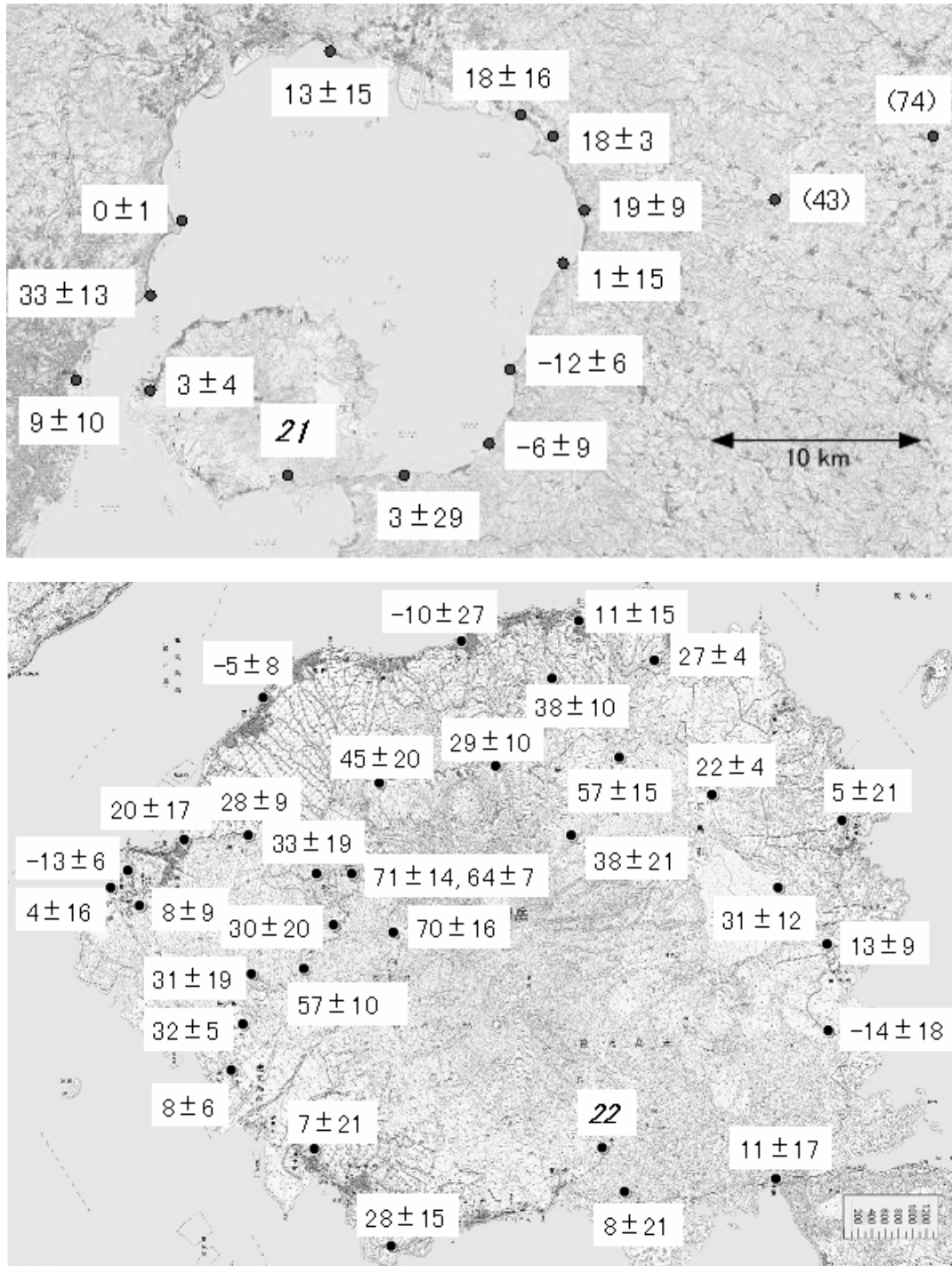


Fig. 2 Absolute gravity changes at stations around Kagoshima Bay (upper) and in Sakurajima (lower) during the period from October 2009 to September - October 2010. The absolute gravity changes at ARI (denoted by italic numbers) are calculated by using the data of FG5 absolute gravimeters. The unit of gravity changes is in microgal.

水分変動および地下水位変動などの陸水起源の重力擾乱を高精度に補正することが行われるようになってきた (Kazama and Okubo, 2009)。桜島周辺においては、今回重力変化を見積もった2009年10月～2010

年10月の期間中には、一ヶ月間に800 mmの豪雨が降った時期もあり、場所によっては陸水起源の重力擾乱が数十マイクロガルにおよぶ可能性がある。測定された重力変化と火山活動の関係を論じるには、今

後このような陸水起源の重力擾乱の補正を進めていく必要があると考えられる。

#### 4. まとめ

2010年9月および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12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。

2009年10月（前回）の測定結果と比較を行った結果、特に桜島中央部付近で測定誤差を有意に超える約70マイクロガルにおよぶ重力増加が検出された。この重力増加の大部分は陸水起源の重力擾乱によって生じた可能性が示唆され、今後このような擾乱の補正を進めていく必要がある。

#### 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へ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.

江頭庸夫・高山鐵朗・山本圭吾・Muhamad Hendrasto・味喜大介・園田忠臣・木股文昭・宮島力雄・松島健・内田和也・八木原寛・王彦賓・小林和典（1997）：桜島火山周辺における水準測量結果について — 1991年12月～1996年10月 —，第9回桜島火山の集中総合観測，pp. 15-29.

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.

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・高山鐵朗・市川信夫・大倉敬宏・吉川慎・井上寛之・横尾亮彦・松島健・内田和也・中元真美（2011）：桜島火山周辺における水準測量（2010年11月），本報告書.

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.

Kazama, T. and S. Okubo (2009): Hydrological modeling of groundwater disturbances to observed gravity: Theory and application to Asama Volcano, Central Japan, J. Geophys. Res., Vol. 114, B08402, doi:10.1029/2009JB006391.

Yokoyama, I. (1989): Microgravity and height changes caused by volcanic activity: four Japanese examples,

**Precise Gravity Measurements in Sakurajima Volcano and around Kagoshima Bay (September and October 2010)**

Keigo YAMAMOTO\*, Tadaomi SONODA\*, Hiromitsu OSHIMA\*\*, Tokumitsu MAEKAWA\*\*,  
Sadato UEKI\*\*\*, Jun OIKAWA\*\*\*\*, Shuhei OKUBO\*\*\*\*, Yuichi IMANISHI\*\*\*\*,  
Yoshiyuki TANAKA\*\*\*\*, Takayuki SUGANO\*\*\*\*, Mamoru SAKA\*\*\*\*, Atushi WATANABE\*\*\*\*,  
Takahito KAZAMA\*\*\*\*, Yoichi FUKUDA\*\*\*\*

\* 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 12th precise gravity measurements were conducted in Sakurajima volcano and around Kagoshima Bay in September and October 2010 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 result of the evaluation of observed gravity changes during the period from October 2009 (the last measurement) to September - October 2010, the gravity increase of about 70 microgals is detected around the central region of the volcano. The hydrological disturbance correction to the obtained gravity changes may be needed in order to discuss the relation between the gravity changes and the volcanic activity.

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