

桜島の重力異常について － 火山の密度から見た内部構造 －

駒澤正夫*・中村佳重郎・山本圭吾・井口正人・
赤松純平・市川信夫・高山鐵朗・山崎友也

*産業技術総合研究所地質調査研究部門

要 旨

桜島で重力計3台を用いた重力調査を行った。既存点に、北岳、南岳、鍋山、周辺島嶼域の新規点を加え、566点のデータからブーゲー異常図を作成した。最適な表層密度は $2.2 \sim 2.3 \text{ g/cm}^3$ で一般的な日本の火山と大差ない。表層密度 2.3 g/cm^3 のブーゲー異常は始良カルデラの低重力異常の南西縁に桜島があることを示す。残差重力は、北岳と鍋山に明瞭な低重力異常を呈す。測定点が少ないが、活動中の南岳周辺に目立った異常がないことは、直下ではなく北～東方に想定できるマグマの供給路と関連するかもしれない。四十類層を主体とした基盤の高まりを示す高残差重力は垂水方向から桜島南部域に伸び、北東の陥没構造と対比される。

キーワード：桜島火山、重力異常、表層密度解析、重力基盤

1. はじめに

トカラ火山列島の北方に位置する口永良部島火山、薩摩硫黄島や鬼界カルデラでは重力調査がなされ、ある程度その密度構造が把握されつつあるが、さらに、その北方の鹿児島県桜島火山でも密度構造把握を目的として2007年9月に重力調査を行った。調査には、ラコスト重力計3台を使用した。標高値と位置については、DGPSによって測定を行っているためその精度に問題はないものである。今回の測定以前の既存点については、宮町ほか(2000)および新エネルギー・産業技術総合開発機構(2000)による397点の測定があるが、主として山麓の車道沿いでの測定に限定されているため、桜島火山の全容を把握するには不十分であった。2007年の調査は山体中心域と桜島周辺の島嶼域において169点の測定を実施した。既存点の多くは独立標高点の測点で測位精度の問題があるため取捨選択している。新規の測定点は、北岳周辺、鍋山～南岳周辺、引ノ平周辺の桜島火山の中核をなすところと周辺の島嶼に当たる。新旧の測定点を併せて約566点のデータを編集した。測点図をFig.1に示す。

2. 表層密度解析

桜島火山の密度推定の結果を示す。方法は、「上方接続残差分散比較法(Comparison of Variance of Upward Residual : CVUR 法)」(Komazawa, 1995)というもので、地形がつくる密度構造は起伏をもつので重力効果として最も短波長の成分が発生することを利用している。ブーゲー補正と地形補正に



Fig.1 Location map of gravity stations

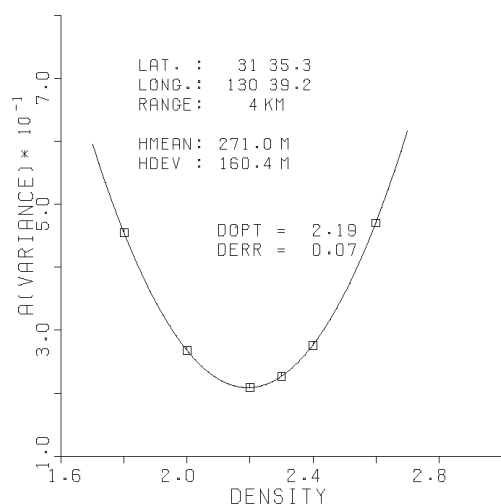


Fig.2 Estimated surface density around Kita-dake and Minami-dake.

使う密度（仮定密度）が、地形を作っている表層密度に一致すれば、第1層目は密度的に透明になって地形に対応する短波長の重力成分は消失するので、仮定密度と表層密度が一致した場合、短波長成分の比率が最も少なくなる。ここでは短波長成分だけを取り出すようなフィルターを施した重

力残差の分散量（ランダム性）を計算し、その分散量を一番小さくする密度が最適な表層密度となる。

解析の結果、北岳-南岳を中心とした半径 4km の範囲の平均密度として、 2.19g/cm^3 という結果を得た(Fig.2)。この値は、火山の表層（深度数 100 m 程度）の平均密度としては普通か、やや小さい程度である。解析例として、阿蘇火山中央火口丘で 2.27g/cm^3 (Komazawa,1995)、富士山の山頂付近で 2.0g/cm^3 程度、すそ野で 2.4g/cm^3 程度(駒澤, 2003)、口永良部火山で 2.25g/cm^3 (駒澤ら, 2007) になるなどの解析結果がある。

一方、サンプリング半径を小さくし、位置をずらしてスキャンさせれば、面的な密度分布が得られる。そうして得られた結果を Fig.3 に示す。Fig.3 は、250m の上方接続残差に対し 2km のサンプリング半径で解析した表層の密度を示している。概略的には、標高の高い火山の山頂付近で密度が小さく標高の低い裾野部で密度が高い傾向がある。これは、火山群が溶岩だけでなく火山灰や空隙率が大きい火砕物などの低密度のもので構成されていることを示している。一方、すその部や噴出源から離れたところでは低密度の表層が侵食されて

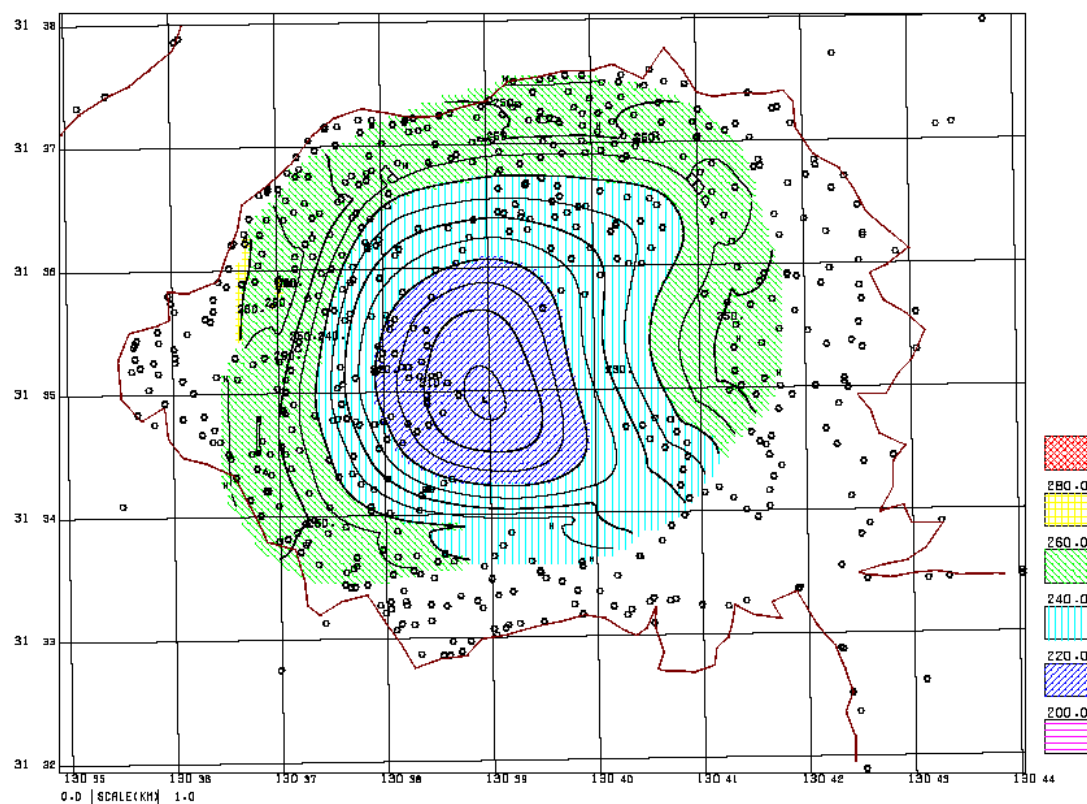


Fig.3 Two-dimensional distribution of the estimated surface layer densities by the CVUR method. The values of contour denote density in g/cm^3 multiply by 100. Open circle marks denote gravity stations.

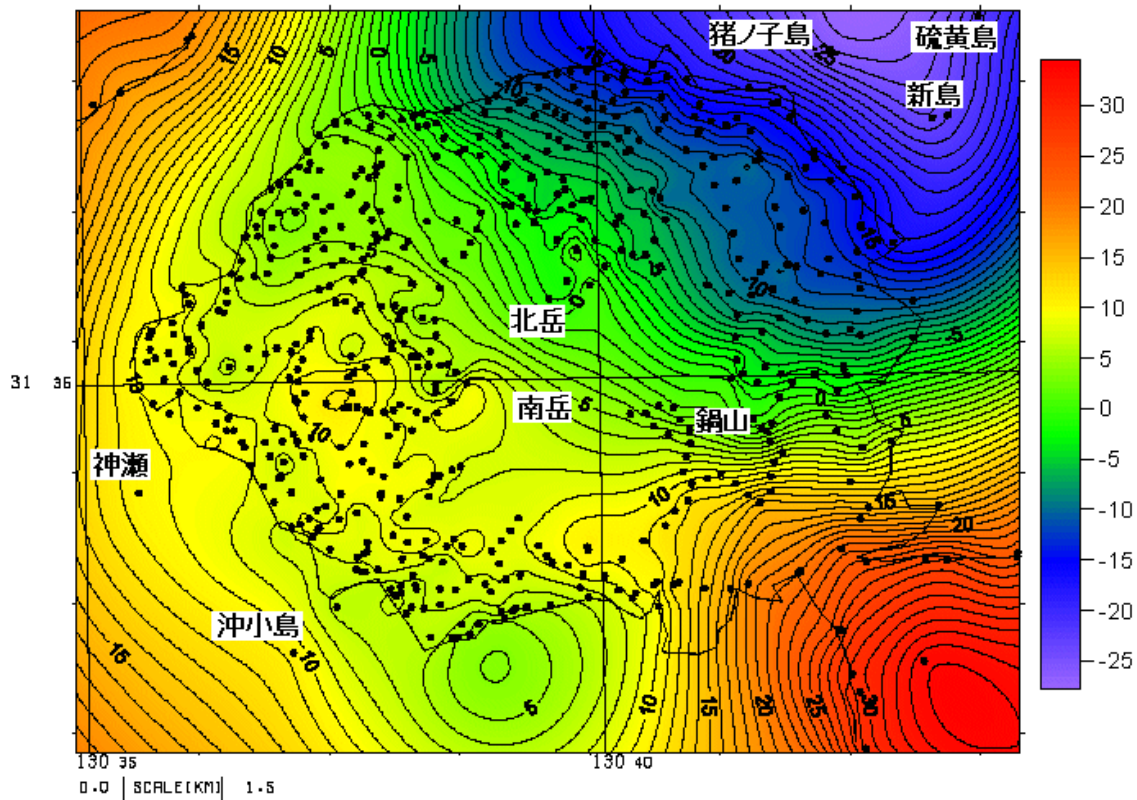


Fig.4 Bouguer anomalies of Sakurajima volcano. Assumed density: 2.3g/cm^3 . Contour interval: 1mGal . Solid circle marks denote gravity stations.

しまっているか、噴出堆積物そのものが薄いことが考えられる。

3. 重力異常から推定される地下構造

解析した表層密度の平均的な値を仮定密度としたブーゲー異常図を作成した。Fig.4に仮定密度 2.3g/cm^3 のブーゲー異常図を示す。まず、概略の傾向として、桜島の北東域で始良カルデラに向かってブーゲー異常値が小さくなっているのが判る。30mGalを超える最大のブーゲー異常域が、大隅半島の垂水方面に見られるが四万十類層群を主体とした高密度の基盤岩の分布に対応している。垂水方面から伸びてきた高重力異常が桜島島内では山体南麓に見られ四万十類層群が浅いところに存在しているものと考えられる。広域的には北岳、南岳、鍋山といった桜島火山の中核部は重力異常の遷移域となっており、多くの火山で基底部が局所的な高重力異常を示すのとは対照的な結果となっている。可能性として、基底部に高密度域が存在していても、地表付近の低密度物質の厚いことが考えられる。局所的見ると北岳は高重力域が北東側に張り出しているとことにより基盤が浅く

なっているところに火山が生成されたことを示している。一方、鍋山周辺域は始良カルデラからの低重力異常が入り込んで来ているのが判り基盤が陥没しているのが推定される。

海域については船上重力データ(中条・村上, 1976)を編集した広域のブーゲー異常図(Fig.5)を見ると、

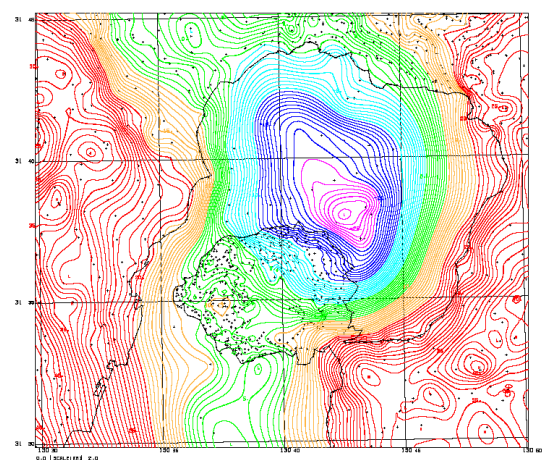


Fig.5 Regional Bouguer anomalies around Sakurajima volcano. Assumed density: 2.3g/cm^3

始良カルデラの南方に位置する桜島はカルデラ壁に対応するような重力異常の急勾配域になっていることが判る。

4. フィルター計算

深度に応じた構造を抽出するために上方接続フィルター操作をして残差重力を作成した。深度が数100mから1km程度の構造を見るために仮定密度 2.3g/cm^3 のブーゲー異常に対して上方接続1kmを広域トレンドとして除去した残差重力を求めた(Fig.6)。

Fig.6を見ると、北岳と鍋山については明瞭な低重力異常を呈している。一方、現在噴火活動の激しい南岳周辺には目立った異常がないところとなっているが、測定点がないために詳細な重力異常が判らないことが一番の理由である。別の解釈としてマグマを供給している場所が南岳直下ではなく北方ないし東方に想定できることも挙げられる。高残差重力は、垂水方向から桜島南部域に伸びており四万十類層群の基盤の高まりを示し、北東域の陥没構造と対比される。

低残差重力域は噴出源（火山）と考えられるが、噴出源と考えられないところは概して正の残差重力域が目立った異常がないところとなっている。理由として、火山に対応していないところは低密度の表層部分が侵食されてしまっているか火山性堆積物そのものが薄いことを示している。それに対し、火山群は溶岩だけでなく、火山灰や空隙率の大きい火砕物などの低密度のもので構成されているため表層密度も小さくなっていることが考えられる。

5. 重力基盤解析

解析の方法としては、基盤の起伏から計算される重力異常が観測重力値に収束するように基盤形状を徐々に修正させて最終的に最適解を求める逐次近似法を用いた。計算には、仮定密度 2.3g/cm^3 のブーゲー重力異常と地形標高の各々100mメッシュデータを入力データとした。また、解析対象の深度である数100m～1kmの数倍以上深い構造による広域傾向面的な重力異常は、2kmの上方接続フィルターで除去した。さらに、局所的な異常や誤データが作るノイズ

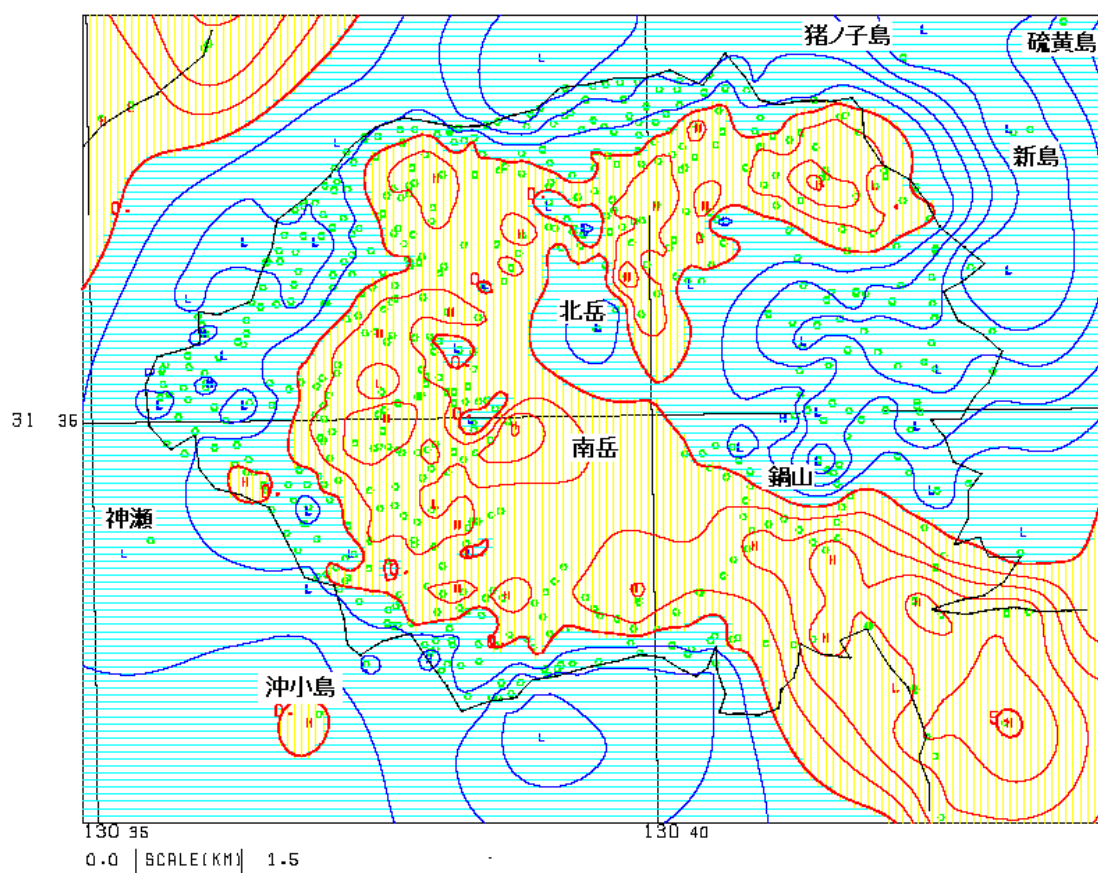


Fig.6 Gravity residuals inferred from shallow structure, nearly shallower than 500m. Regional trends are removed with the 1km upward-continuation. Open circles denote stations.

成分は、50mの上方接続フィルターで除去した。以上のバンドパスフィルターの操作をした残差重力に対して3次元解析をおこなった。ここでは重力基盤は、四万十類層群基盤のほか高密度溶岩や岩脈の集積した構造から生成されているものと考えられるものである。解析は、地下構造を低密度の被覆層と高密度の基盤の均質2層にモデル化して行った。基盤の密度は四万十類層群基盤（一部、花崗岩も含む）や高密度の溶岩・岩脈の集積した構造の密度として適当と考えられる 2.65g/cm^3 とした。被覆層、つまり、新しい火山灰や火砕堆積物の密度値としては $2.0\sim 2.3\text{g/cm}^3$ が考えられる（火山性堆積物の領域が広いので表層密度解析の結果も考慮して 2.3g/cm^3 を想定）が、本解析では一律に密度差を 0.35g/cm^3 とした。重力基盤を標高で100m間隔の等高高度線で示し、段階表示した(Fig.7)。最も深いところは始良カルデラから伸びる新島付近の桜島の北東域にあり海水準下2kmを越えている。更に、その伸びは鍋山に達している。北岳から南岳周辺は海水準下500mから1km程度で、Yokoyama and Ohkawa(1986)による海水準下2.5kmに比べかなり浅くなっている。また、北岳周辺は、周囲に比べ500m程深い南北方向の割れ目状の窪みが

解析されておりマグマの通路となっているように見える。一方、南岳には割れ目状の構造は見られないが、この周辺に測点がないため正確な重力異常が得られていないことが考えられる。

6. まとめ

桜島火山の山頂から麓までを含んだ平均的な密度は 2.3g/cm^3 程となるが、表層密度分布は概略火山の構成物の密度と整合する。表層密度解析の結果からは、北岳ー南岳周辺の低密度火砕物が保存され低密度となり、海岸域は火砕物が剥脱された構造のためか比較的高密度となっているものと考えられる。残差重力の負の領域が北岳、鍋山などの桜島火山の中核をなす火山群に見られる。南岳については測定がないのではっきりしたことは言えないが、低残差重力域となると考えられる。

重力基盤構造は鍋山周辺で始良カルデラから伸びるように深く解析されている。また、北岳も局所的な南北方向の割れ目状の構造が解析された。広域的には桜島火山は始良カルデラの南壁に対応するような重力の急勾配域となっている。

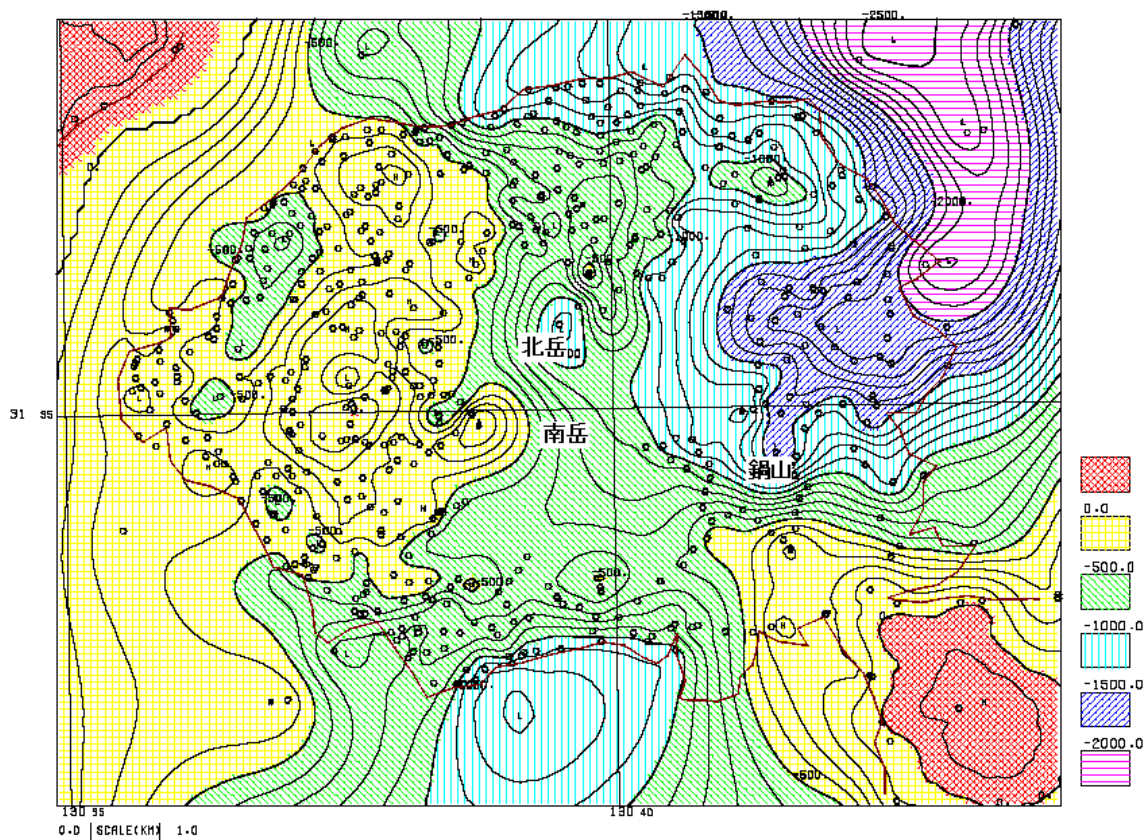


Fig.7 Gravity basement in meter above sea level with the density contrast of 0.35g/cm^3 . Contour interval is 50m. Gravity stations are shown with open circle marks.

謝 辞

本調査を実施するにあたり京都大学防災研究所火山活動研究センターの方々のご協力を得て実施することができました。ここに感謝に意を表します。

参考文献

駒澤正夫（2003）：重力測定による富士山の重量と内部構造, 地質ニュース, No. 590, pp. 44-48.
駒澤正夫・中村佳重郎・山本圭吾・井口正人・赤松純平（2007）：口永良部火山の重力異常, 京都大学防災研究所年報, No.50 B, pp. 343-348.
中条純輔・村上文敏（1976）：鹿児島湾の物理探査

の予察, 地質調査所月報, 27, 807-826.

宮町宏樹・東浦勝良・平野舟一郎・山本明彦(2000): 桜島火山における高密度重力測定, 鹿児島大学理学部紀要, 33, 101-116.

新エネルギー・産業技術総合開発機構(2000): 新エネルギー・産業技術総合開発機構重力測定値データファイル, 日本重力CD-ROM, 数値地質図, P-2, 地質調査所.

Komazawa, M. (1995) : Gravimetric analysis of Aso Volcano and its interpretation, J. Geod. Soc. Japan, Vol. 41, pp. 17- 45.

Yokoyama, I. and Ohkawa, S. (1986) : The subsurface structure of the Aira caldera and its vicinity in Southern Kyushu, Japan, J. Volcanol. Geotherm. Res., Vol. 30, pp. 253- 282.

Gravity Anomalies at Sakurajima Volcano, Southwest Japan

Masao KOMAZAWA*, Kajuro NAKAMURA, Keigo YAMAMOTO, Masato IGUCHI,
Junpei AKAMATSU, Nobuo ICHIKAWA, Tetsuro TAKAYAMA and Tomoya YAMAZAKI

* Geological Survey of Japan, AIST

Synopsis

Gravity survey was carried out in the Sakurajima volcano in 2007. Three LaCoste gravimeters were used, and altitude values are based on DGPS, so Bouguer anomalies are calculated with good accuracy. The total number of new measurement points amounts to about 169. From comparing some kinds of Bouguer anomalies of each assumed densities, the optimal as surface density is considered to be $2.2 - 2.3\text{g/cm}^3$, and the result is common about Japanese volcanoes. The residuals of the Bouguer anomalies of 2.3g/cm^3 shows that the low anomalies are distributed about Kita-dake and Nabe-yama volcanoes, but there are no conspicuous gravity anomalies around Minami-dake. The reason is that the magna chamber of Minami-dake exists in north or east area, but just under the volcano.

Keywords: Sakurajima volcano, gravity anomaly, surface density analysis, gravity basement