

口永良部島火山の重力異常 - 火山の密度による内部構造 -

駒澤正夫*・中村佳重郎・山本圭吾・井口正人・赤松純平

* 産業技術総合研究所地質調査研究部門

要 旨

鹿児島県口永良部島火山で重力調査を行った。調査には、DGPSによる測量によりラコスト重力計3台を使用した。新規の2006年測定点は、古岳、新岳および野池火山の口永良部島火山の中核をなすところに配置し、既存点も併せて約180点のデータを編集した。表層密度として最適と考えられるものは、 $2.2\sim 2.3\text{g/cm}^3$ で、一般的な日本の火山に比べ大きな違いはないようである。最適な表層密度と考えられる仮定密度 2.3g/cm^3 のブーゲー異常の残差重力を見ると、低重力異常が古岳、新岳および野池火山の口永良部島火山の中核をなす火山群の南北に伸びた地域と、野池火山東方の地形の高まり域見られ、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、噴出源が確認されていないところは概して高重力異常が目立った異常がなく、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。

キーワード：口永良部島火山、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は、その北方の薩摩硫黄島や喜界カルデラが重力調査がなされある程度密度構造が把握されていたのに対し、重力調査がなされていなかった。そこで、鹿児島県口永良部島火山で2006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。標高値は、DGPSによるため精度については問題がないものである。なお、2000年にも主として車道沿いで測定を行っているが、2006年の調査は登山道を徒歩にて実施した。新規測定点は、古岳、新岳および野池火山の口永良部島火山の中核をなすところに当たる。新旧併せて約183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

口永良部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)を用い

た。原理は、地形がつくる起伏そのものが密度構造を持つので重力効果を示すが、それは地形の波長に対応した最も短波長の成分が発生することを利用して、ブーゲー補正と地形補正に使う密度(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(表層)の表層地形に対応する短波長の重力

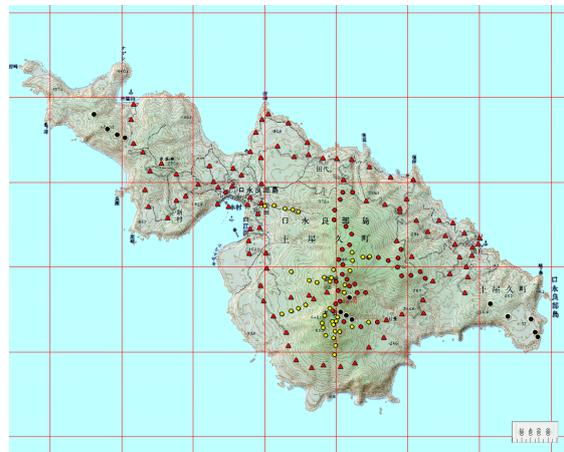


Fig.1 Location map of gravity stations

効果がなくなりコンターは滑らかになる。つまり、仮定密度を変えて波長成分で分けてみたとき、仮定密度と実際の表層密度が一致すれば、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

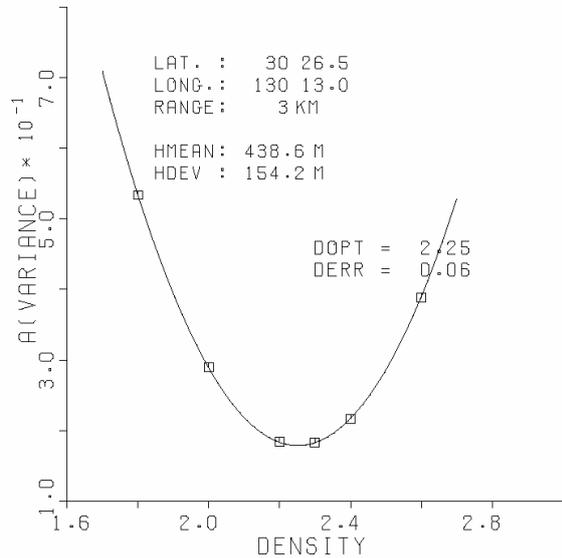


Fig.2 Estimated surface density around Shindake and Furudake.

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、新岳から古岳の周辺域の平均密度として、 2.25g/cm^3 という結果を得た(Fig.2)。この値は、火山の表層（深度数 100m 程度まで）の平均密度としては普通か、やや小さい程度である。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、すそ野域で 2.4g/cm^3 程度(駒澤,2003)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例であり、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すその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。

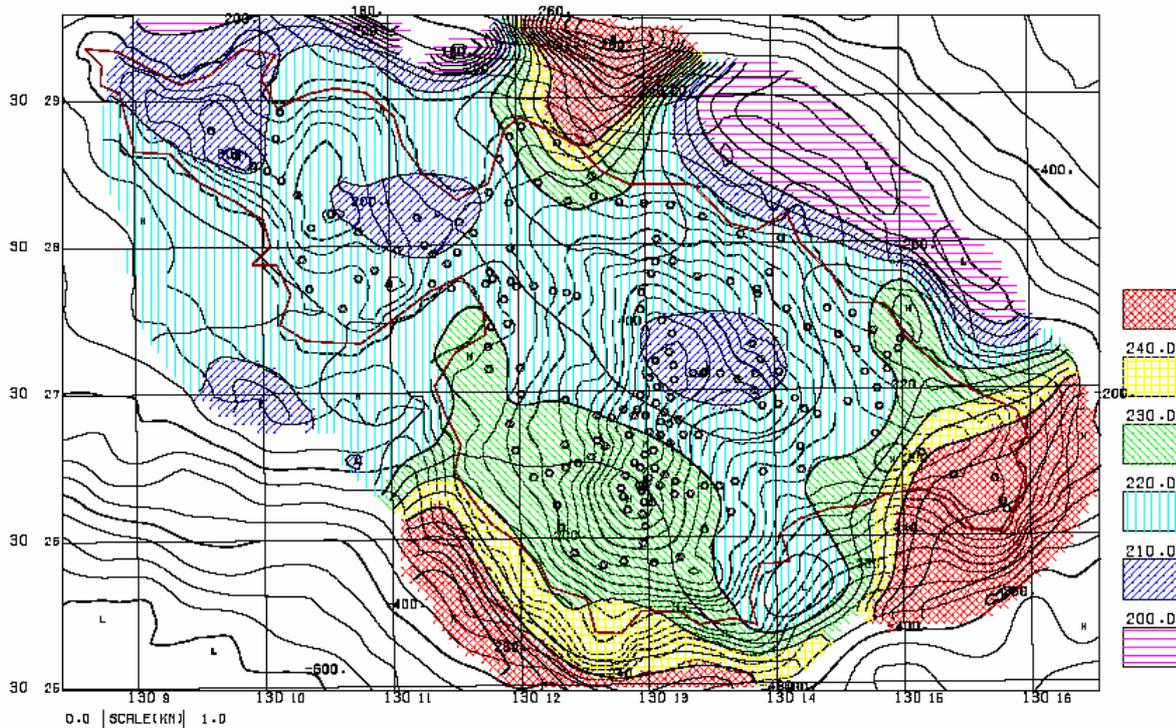


Fig.3 Two-dimensional distribution of the estimated surface layer densities by the CVUR method. The values of contour denote density in g/cm^3 multiply by 100. Gray contour is topography and made from 50m digital elevation model by the Geographical Survey Institute. Open circle marks denote gravity stations measured in 2000 and 2006.

3. 重力異常から推定される地下構造

表層密度解析から得られた結果から仮定密度として $2.2\sim 2.3\text{g/cm}^3$ が適当であることが判った。Fig.4に仮定密度 2.3g/cm^3 のブーゲー異常図を示す。

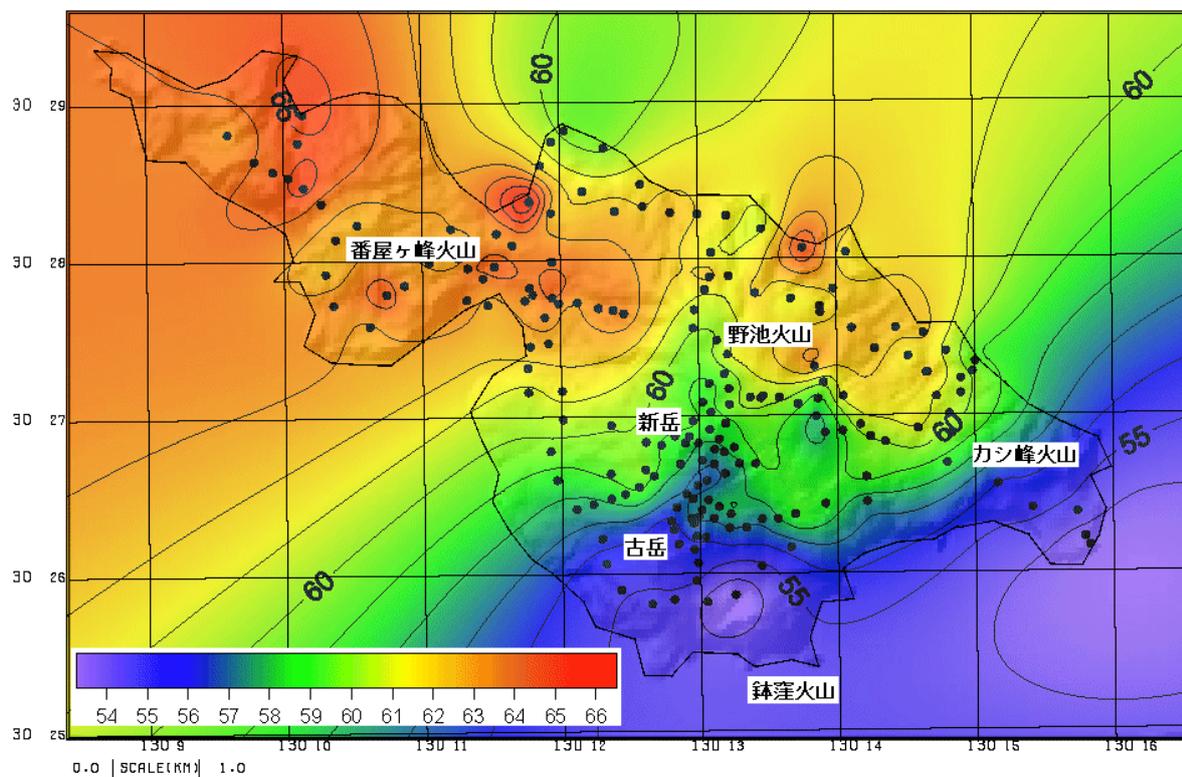


Fig.4 Bouguer anomalies of Kuchierabujima volcano. Assumed density: 2.3g/cm^3 . Contour interval: 1mGal. Topography is shown with relief map. Solid circle marks denote gravity stations.

Fig.4をみると、広域的傾向として北西から南東にブーゲー異常が減少しているのが判る。これは、古い火山である野池火山が新期火山の新岳・古岳の北側に位置し、南に向かって深度を増し新期火山の下部に伏在している構造(下司・小林,2006)と整合している。新岳、古岳といった口永良部火山の中核部は低重力異常となっており、多くの火山で基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た。可能性として、基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層が厚いことが考えられる。しかし、広域的に口永良部島をみるとやや北よりではあるが、東西に高重力を示していることが判り、基盤の浅いところに火山が生成されたことを示している。

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イ

ルター操作をして残差重力を作成した。まず、深度が数100mから1km程度の“やや深い構造”を見るために仮定密度 2.2g/cm^3 のブーゲー異常に対して上方接続50mで表層の構造による影響を除去し、広域トレンドを上方接続2kmで除去した残差重力を求め、

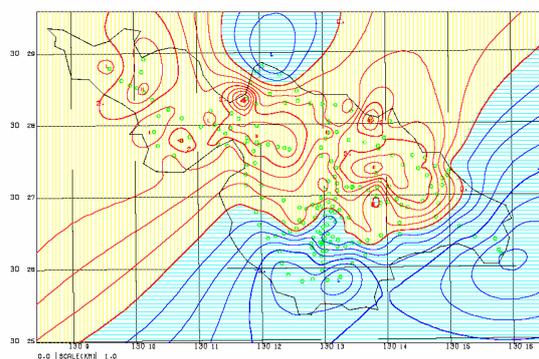


Fig.5 Gravity residuals inferred from a little deep structure, nearly from 500m to 1km. Regional trends are removed with the 2km upward-continuation and noise components are removed with the 50m upward-continuation.

Fig.5に示した。一方、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た深度が数100m程度までの”やや浅い構造”の残差重力をFig.6に示した。浅い構造を抽出した残差重力図(Fig.6)では古岳・新岳周辺では負となっているのに対し、やや深い構造の残差重力(Fig.5)では正となり火山の基部で密度が大きくなっているのが判る。

Fig.6をみると古岳、新岳および野池火山の口永良部火山の中核をなす火山群は南北に伸びた低重力異常を呈しているのが判る。更に野池火山東方の地形の高まり域にも孤立した低重力異常が見られ噴出源(火山)と考えられる。また、この低重力(残差)域は、Fig.7に示した2004年に行われた人工地震探査による見掛速度(井口ほか, 2005)と調和的である。更に、標高の低い火山のすその部での見掛速度が概略大きく

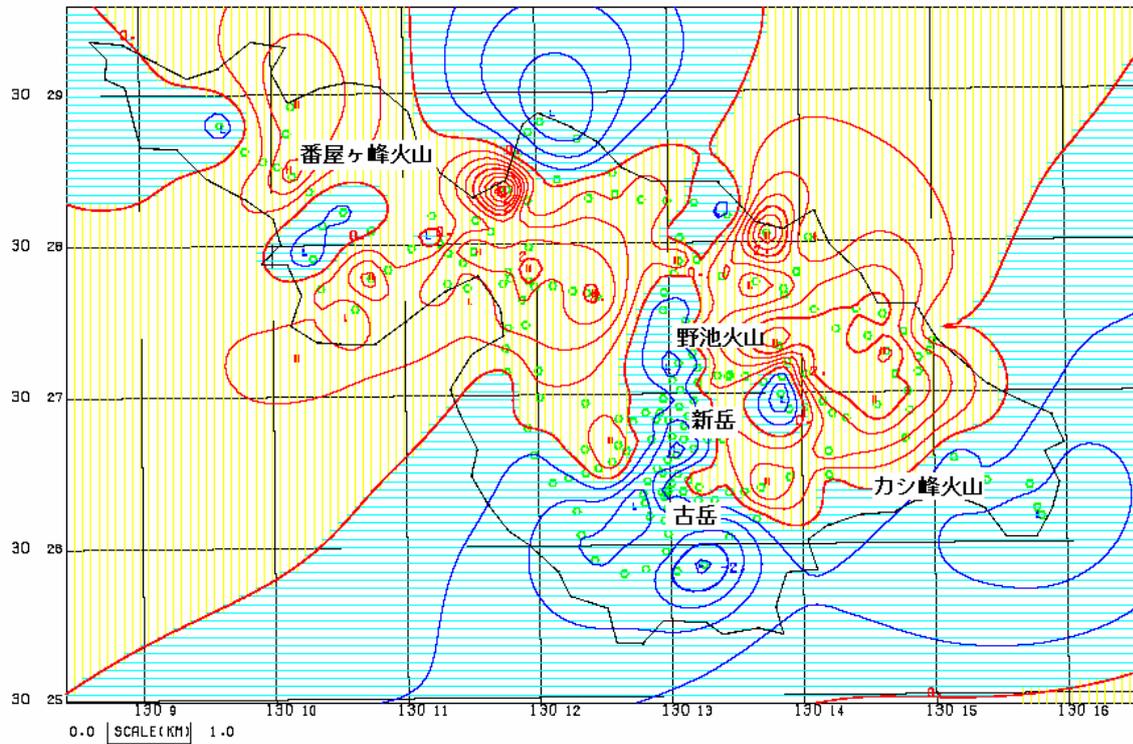


Fig.6 Gravity residuals inferred from a little shallow structure, nearly shallower than 500m. Regional trends are removed with the 1km upward-continuation.

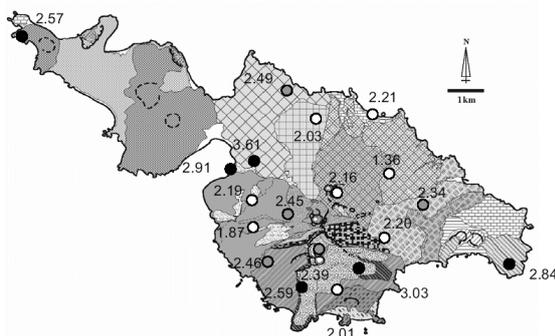


Fig.7 Distribution of apparent P-wave velocities near the shot points (Iguchi et al., 2005). The numbers denote P-wave velocities.

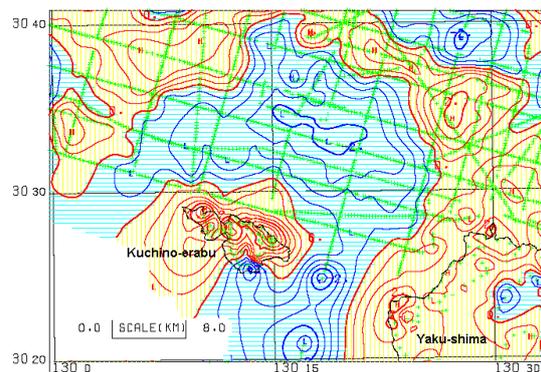


Fig.8 Regional gravity residuals around Kuchierabujima volcano (Saito et al., 2007).

なっているようである。一方、噴出源と考えられないところは概して高重力異常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が侵食されてしまっているか堆積そのものが薄いことを示しているのに対し、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ものと考えられる。

広域の残差重力図(Fig.8)(斎藤ほか, 2007)をみると喜界カルデラの南方に位置する口永良部島の北側から屋久島西北側にかけて孤立したカルデラ様の負の残差重力が見られ、口永良部島はカルデラ壁に対応するような正の残差重力域になっている。

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ものがFig.6に示した残差重力である。ここでは重力基盤は、高密度溶岩や岩脈の集積した構造から生成されている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。基盤の密度は高密度溶岩や岩脈の集積した構造の密度として適当と考えられる 2.5g/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 2.2g/cm^3 を想定)が、本解析では一律に密度差を 0.3g/cm^3 とした。重力基盤を50m間隔の等高度線で示

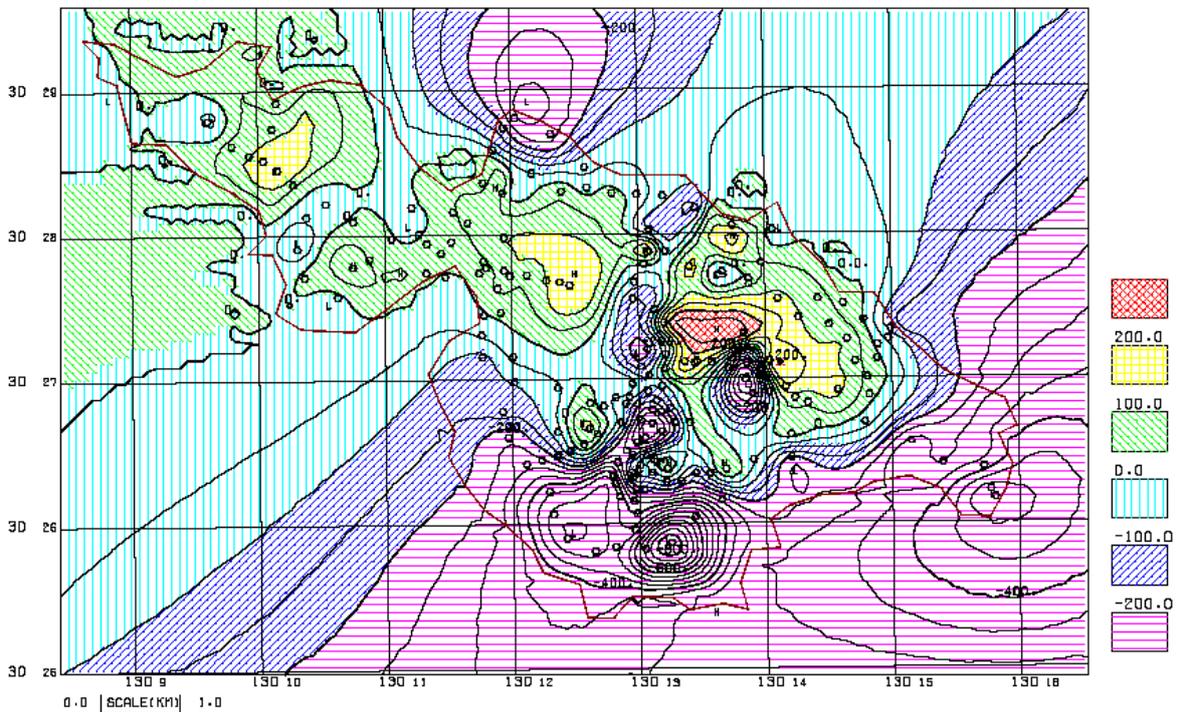


Fig.9 Gravity basement in meter above sea level with the density contrast of 0.3g/cm^3 .

Contour interval is 50m. Gravity stations are shown with open circle marks.

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 2.2g/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より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成分

し、各深度階を100m毎の段階表示した(Fig.9)。なお、重力基盤の数値は標高値である。特出すべき特徴として古岳から新岳にかけての領域で重力基盤に400m程の急激な盛り上がりが見られ、多くの火山で基部の盛り上がりが見られることと整合しているようである。ただし、新岳の局所的な領域では南北に幅数100m程の溝状の落ち込みが見られる。火山基部に割れ目状の構造があることを示しているが、表層の低密度物質の評価が過小である可能性も現時点では考えられる。

6. まとめ

口永良部火山の平均的な密度は 2.25g/cm^3 となり、表層密度は概略地質構造と整合する。表層密度解析の結果からは、新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た。浅い残差重力の負の領域が古岳、新岳および野池火山の口永良部火山の中核をなす火山群に見られる。残差重力と見かけ P 波速度分布は概略整合する。重力基盤構造は速度構造と概略整合するが新岳・古岳周辺では溝状に深く解析されているが、広域的には重力基盤の盛り上がり域になっていて多くの火山と内部構造は似ているようである。海域も含めた広域的な重力異常からは、口永良部島の北側から屋久島北西側にカルデラ様の低重力異常が見られ口永良部火山がカルデラ南壁に対応するように見える。実際にはその低重力異常がカルデラであるかどうかは大規模地震探査や地質調査などの複合的な調査を行う必要がある。

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と口永良部島住民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

- 井口正人・山本圭吾・橋本武志・筒井智樹・田中 聡・鬼澤真也・青木陽介・渡辺俊樹・大倉敬宏・清水洋・八木原寛・宮町宏樹・平松秀行・為栗健・高山鉄朗・福嶋麻沙代・Hetty TRIASTUTY・石原和弘・大島弘光・鈴木敦生・前川徳光・梶井達矢・渡辺義明・萩原用庸平・野上健治・及川光弘・平林順一・辻 浩・平田安廣・奥田 隆・伊東 拓・吉川 慎・井上寛之・池田さや香・堀 美緒・斉藤政城・平野舟一郎・上釜友大・井口元治・竹下孝弘・森 健彦(2005) : 口永良部島火山における人口地震探査-探査の概要と初動の走時について-, 京都大学防災研究所年報, 第48号B, pp. 39-47.
- 下司信夫・小林哲夫(2006) : 鹿児島県口永良部島火山最近3万年間の噴火活動, 火山, 51, 1-20.
- 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.
- Komazawa, M.(1995) : Gravimetric analysis of Aso Volcano and its interpretation, J. Geod. Soc. Japan, 41, 17- 45.
- 斎藤 眞・小笠原正継・長森英明・下司信夫・駒澤正夫(2007) : 20万分の1地質図幅「屋久島」, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.

Gravity Anomalies of Kuchierabujima Volcano

Masao KOMAZAWA*, Kajuro NAKAMURA, Keigo YAMAMOTO,
Masato IGUCHI and Junpei AKAMATSU

*Geological Survey of Japan, AIST

Synopsis

Gravity survey was carried out in the Kuchierabujima volcano, southwestern Japan, in 2000 and 2006. 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 180. The precise survey area was in a volcanic cone, Furudake, Shindake and Noike volcano, etc. 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 the above-mentioned volcanoes from south to north, but there is no conspicuous high density feature about the volcanic cone. The reason is that those volcanoes are covered with low-density volcanic ash or pyroclastics.

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