

伊豆大島火山とその周辺における重力異常の研究

安藤 潤*・渡辺秀文・坂下至功

東京大学地震研究所

(1994年9月30日受理)

Study of Gravity Anomaly on and around Izu-Oshima Volcano

Jun ANDO, Hidefumi WATANABE, Sikou SAKASHITA

Earthquake Research Institute, University of Tokyo

(Received September 30, 1994)

Abstract

We conducted dense gravity surveys on Izu-Oshima island to obtain detailed information on the subterranean structure of Izu-Oshima volcano. The land gravity data are combined with those of the surrounding sea area to obtain the Bouguer gravity anomaly map on and around Izu-Oshima. Detailed analysis of the Bouguer anomaly data revealed the following. (1) We find a large-scale positive anomaly centered at the east coast of the island. The anomaly is situated in an area of older volcanoes and caused by the swelling of the denser basement. (2) A localized positive anomaly is found in the summit caldera and interpreted as the result of repeated accumulation of lave amounting to a thickness of several hundred meters. (3) A profile of gravity data along the northern rim of the caldera shows a small negative anomaly, possibly caused by many cracks which were formed during the November 1986 fissure eruption. On the other hand, we find no anomaly across the B fissure vents in the caldera. The gravity effects of crack opening and intrusion of dense magma may cancel out.

1. はじめに

火山の地下構造を推定することは、火山活動を理解する上で非常に重要なことである。過去、伊豆大島においても、多くの研究者たちによりいろいろな方法で地下構造を知ろうとする試みがなされてきた。YOKOYAMA and TAJIMA (1957) は大島全域に及ぶ重力測定を行い、その結果を中心に YOKOYAMA (1969) は、地磁気、地震波等の観測結果を総合して大島の地下構造を推定している。KODAMA and UYEDA (1979) は空中磁気探査の結果から、大島東部は周りに比べていくぶん強く磁化されており、それが筆島火山の山体に対応すると考えた。爆破地震により地震波の速度構造を求める研究は長谷川ほか (1987) により行われ、大島のカルデラの下で各速度層が盛り上がっているという結果が得られている。また、UTADA and SHIMOMURA (1990) は、VLF, ELF 帯

* 現在：三菱総合研究所 (Mitsubishi Research Institute)

の電磁波を用いた MT 探査によって大島浅部の比抵抗構造を求め、大島中央部地下では帯水層上面が海水面より上に盛り上がっており、特にカルデラ壁の南部と北部で浅くなっているという結果を得た。

地磁気や地震波による研究は進んだのに対し、重力探査は YOKOYAMA (1969) 以後の研究は出ていない。YOKOYAMAらの測定では標高を気圧計で決めており、精度の点で改善の余地がある。また道路が整備されるなどして、以前は近づけなかった場所でも測定ができるようになってきている。そこで大島島内で高密度な重力測定を行うとともに、大島火山の裾野まで調べるために周辺海域の重力データをも利用した。

大島火山は、1986年11月15日に三原山の山頂で噴火を開始した。1974年の小噴火から12年ぶりのことであった。さらに21日16時15分にカルデラ底で割れ目噴火が始まり、17時47分には外輪山の北側斜面で山腹割れ目噴火を始めた（例えば、阿部ほか、1987）。これらは伊豆大島総合観測班により、それぞれB、C火口列と称されている。B、C火口列は溶岩を流出したが、B火口列とC火口列の間では地表に何もでていない。しかしカルデラ北壁沿いの道路では、B、C火口列を結ぶ線と交差する地点よりも西側の部分に割れ目が認められた（例えば、遠藤ほか、1987）。また、OK-3、O-1101といった上記交点近辺の水準点では沈降が見られた（宮崎、1991）。そこで、溶岩を噴出したB火口列と、溶岩は噴出していないが割れ目のみられたB、C火口列の中間部分とで重力異常に差異があるかどうかを調べるために、割れ目の走行に直交する二本の測線を設けて稠密な重力測定を行った。

測定結果に対して様々な補正を行って得られた重力異常図にもとずき、(1) 大島及びその周辺海域の大局的な密度構造、(2) 大島島内、特にカルデラ下の密度構造、(3) 1986年割れ目火口列に関する重力異常、の3点について解析を行い、さらにそれらの火山学的な意義について考察する。

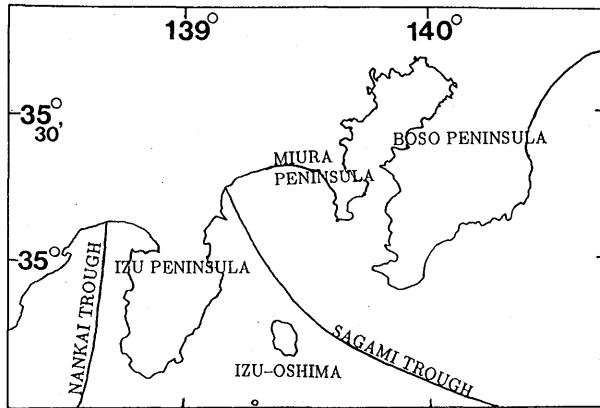
2. 観測およびデータ

Fig. 1に伊豆大島の位置を示す。大島はフィリピン海プレート北東端の相模トラフのすぐ西側に位置している。現在活発な大島火山のほか、岡田火山、行者の窟火山、筆島火山といった古い火山が伏在している（一色、1984）。大島は標高およそ750mの島であるが、相模トラフからの比高を考えると、陸上で言えば2000m級の火山のほんの山頂付近のみが海上に顔を出しているにすぎない。従って大島火山の構造を重力探査により探ろうとすれば、島内のみならず周辺海域の重力データが必要である。そこで大島島内で重力測定を行うとともに、海上保安庁水路部による周辺海域でのフリーエア異常のデータをも加えて解析した。ブーゲー異常図としては1mgalのコンターを引くことにし、それに見合った測定を行うよう心がけた。

2.1 陸上

大島における重力測定は、1989年5月から1991年1月までのべ37日間かけて行った。Table 1~3に測定点名、測定点の緯度、経度、標高、重力値、地形補正值およびブーゲー異常値を示す。

観測点の間隔としてはおよそ500m程度になるように計画を立てた。大島の西及び南側の外輪山山腹や東海岸など、地形が急峻で近づけなかったり、地図上で位置決定ができないところを除いては、ほぼ計画どおり測定できた。また、カルデラは顕著な正の重



力異常を示すことが過去の研究において指摘されている (YOKOYAMA, 1969) が、さらに正確な構造を求めるために、測定点を 150~250m 程度の間隔で一様に分布させるようにした。

さて、観測点の座標の精度がどの程度重要であるか考えてみる。重力は地球の引力とその回転による遠心力の合力であるから、観測点の標高及び緯度に影響を受ける。標高が 1m 違えば重力値はおおよそ 0.2mgal 変化し、緯度方向が 100m 違えば 0.1mgal 変化する。そこで観測点の正確な座標、特に標高についてはより正確な値を知る必要がある。

そこでカルデラの外では、1/5000の国土基本図より適当な独立標高点を選び観測点とした。独立標高点の標高精度は10cmのオーダーであると考えられる。適当な独標がない場合はスタジア測量により標高を求めた。水平位置は地図から読み取った。カルデラ内では測距・測角儀により測量を行い座標を決定した。測定精度はクロスチェックにより水平位置は5m、標高は10cmのオーダーであった。これらにより、1mgalのコンター図を作るのに十分な精度を確保することができた。

ラコスト・ロンバーグG型重力計(G-705)により大島島内において448点の測定を行った。その内78点は水準点を利用している。また、割れ目を横断する測線については、カルデラ内の測線で33点、カルデラ北壁沿いの測線で35点の測定を行った(一部重複している)。各点での重力値は、重力値のわかっている基点と各点との相対重力差から求める。今回の測定では、熱海にある一等水準点9330から引きなおして伊豆大島火山観測所(OVO)の玄関前を基点とした。1日の測定の最初と最後にOVOにおいて必ず測定を行った。重力は潮汐により影響を受けるが、その効果は月と太陽の軌道が既知であり計算で補正される。その上で残っている起点における閉合誤差は重力計のドリフトによるものであり、時間に対して線形に変化すると考えて補正をした。重力値の閉合誤差は最大でも $83\mu\text{gal}$ (ただしB火口列を横断する測線では $120\mu\text{gal}$)であった。

2.2 海域

大島の周辺海域については、噴火直後の1986年12月に海上保安庁水路部の測量船拓洋によって測定されたフリーエア異常データを使用した。Fig. 2には海底地形と共に航跡を示してある。測線間隔は島の南西部で0.5海里、そのほかで1海里となっている(1海里は1852m)。航跡が交差している観測点や作業用のコンター図から明らかにおかしいと思われるものは除き3692点をデータとして使用した。測定点の測位はGPS, NNSS, ロランCにより行われている(加藤ほか, 1987)。重力測定値の精度は1mgal程度である。

3. 重力補正

測定値は重力計のドリフト、地球潮汐や海洋潮汐などによる時間変化を含んでいる。またジオイドと観測点との間に物質が存在するために生じる重力値のずれがある。それらの効果を取り除いてもなおかつ残る異常がブーゲー異常である。第2節で述べたように、測定は観測所から出発し最後に観測所に戻って来るので、ドリフトによる効果はその閉合誤差が観測時刻に対して線形であるとして取り除くことができる(ドリフト補正)。また潮汐の影響は、月と太陽の軌道がわかっているので計算により求めることができる(潮汐補正)。一般にはこれらの補正まで行ったものを重力測定値と呼ぶ。以下ではそれ以降に行われる、いわゆる重力補正の概略について述べる。

3.1 フリーエア補正

標高が高いと言うことは地球の中心から離れるということなので、そのことにより重力値は小さくなる。その効果を取り除いてやるのがフリーエア補正である。フリーエア勾配 β (1m標高が変わることにより変化する重力値)は平均的には 0.3086mgal/m である。この値を用いてフリーエア補正を実行すると、

$$\Delta g_F = g - \gamma + \beta H \quad (3.1)$$

となる。ここで Δg_F はフリーエア異常値、 g は重力測定値、 γ は正規重力値、そして H

測定点と水深 (m) コンター間隔: 100 m

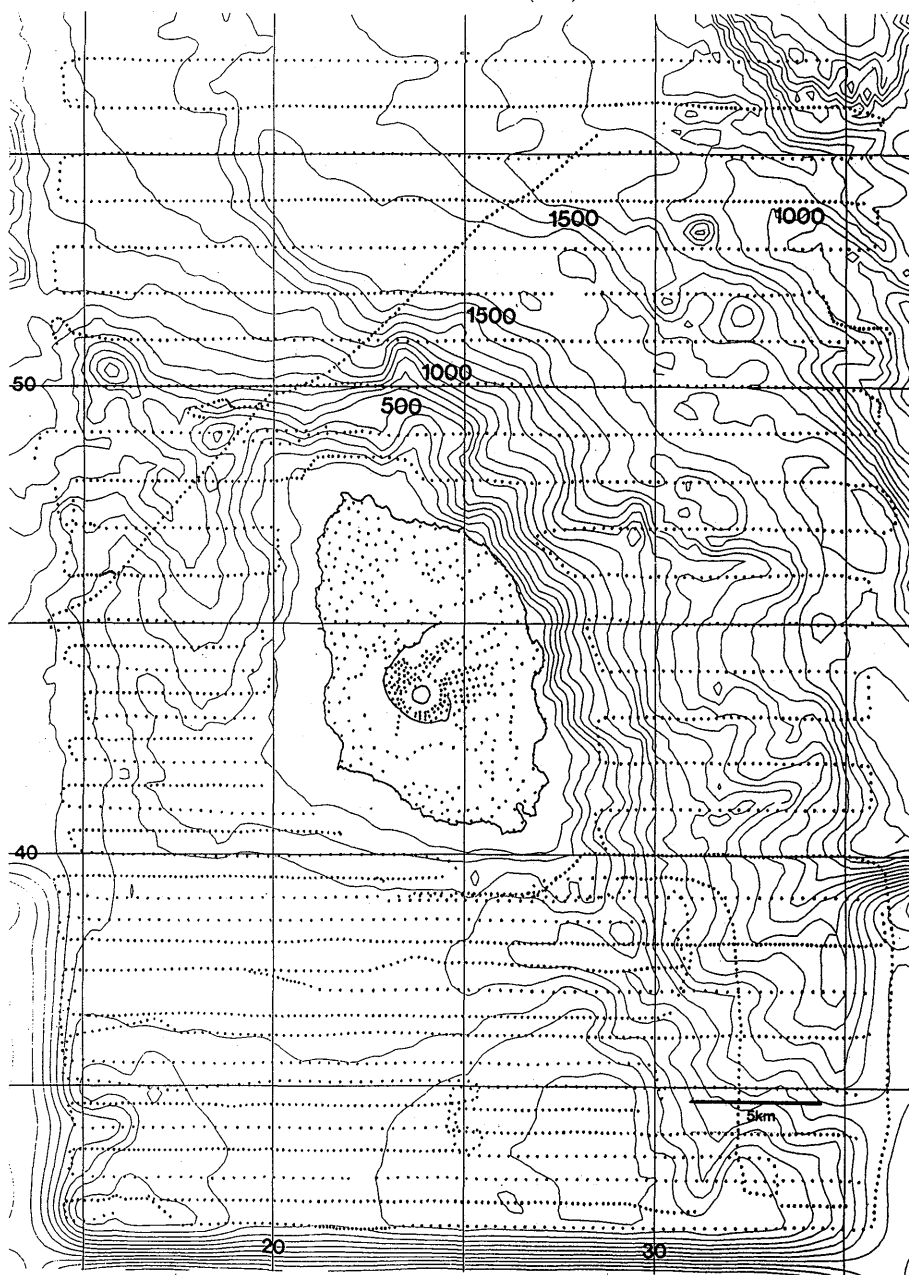


Fig. 2 Bathymetric contours (solid lines) and ship tracks (dotted lines) for gravity measurements made by the Japan Maritime Safety Agency around Izu-Oshima island in December 1986. Numerals indicate the sea depths in units of meters. Dots indicate the sites of gravity measurements made by the authors on Izu-Oshima island.

は標高を表す。

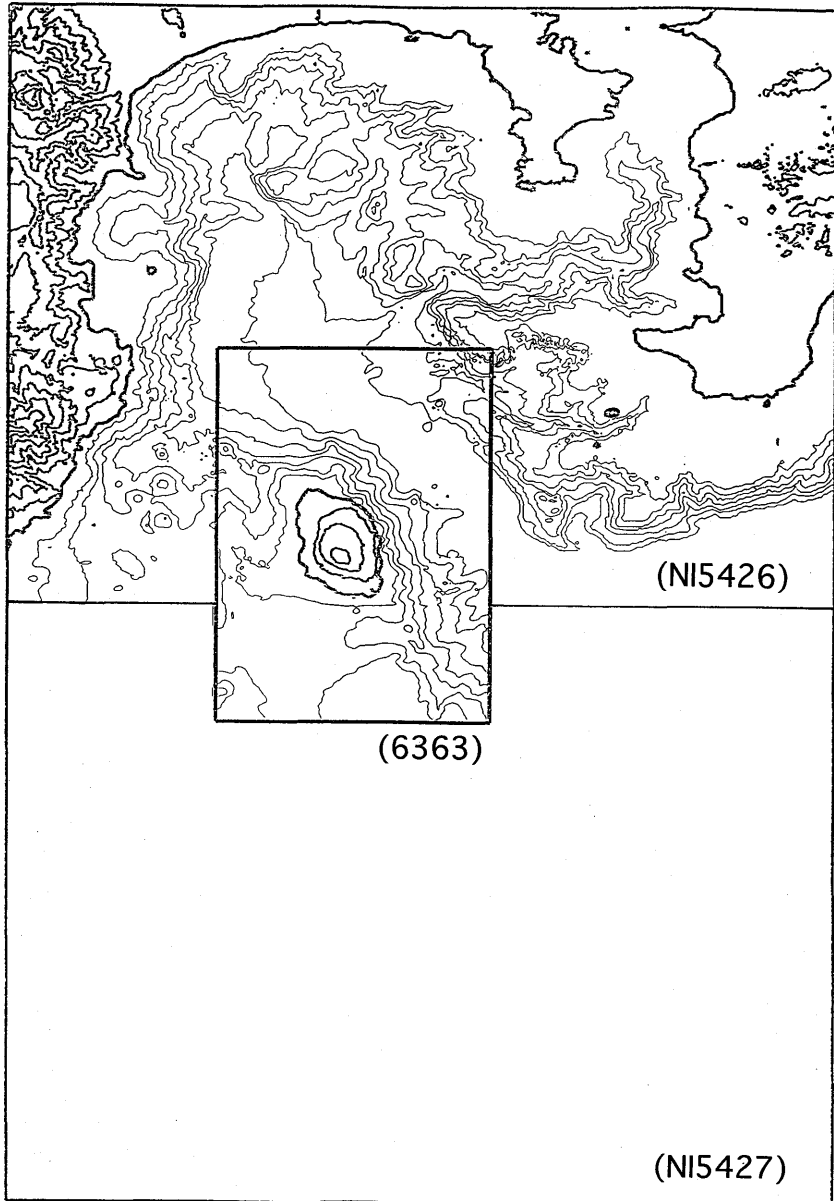


Fig. 3 Areas for topographic correction to the gravity values.

3.2 単純ブーゲー補正

観測点とジオイドの間にはある密度を盛った物質が存在している。そのために重力値は大きくなっている。観測点を中心とする半径 a 、厚さ H の円盤による重力は $2\pi\rho G(a+H-\sqrt{a^2+H^2})$ で表される。 $a \gg H$ とすれば単純ブーゲー異常は、

$$\Delta g_B = \Delta g_F - 2\pi\rho GH \quad (3.2)$$

で表される。ここで Δg_B は単純ブーゲー異常値、 ρ は地殻浅部の仮定密度、 G は重力

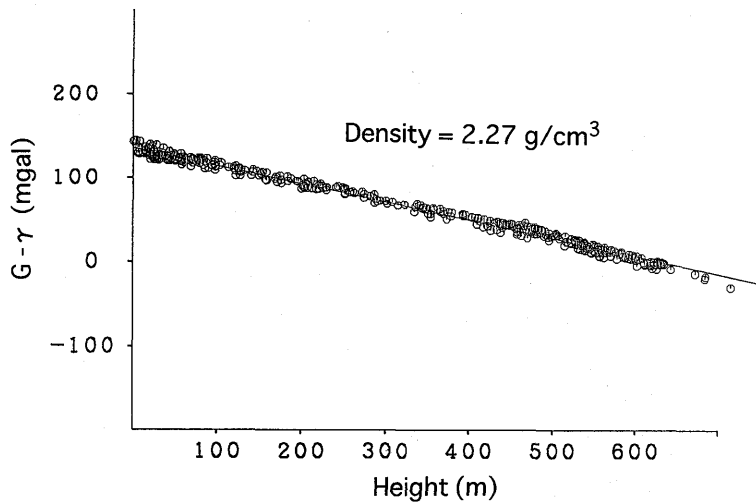


Fig. 4 Gravity-altitude diagram for estimation of the density of the shallow part of the crust around Izu-Oshima.

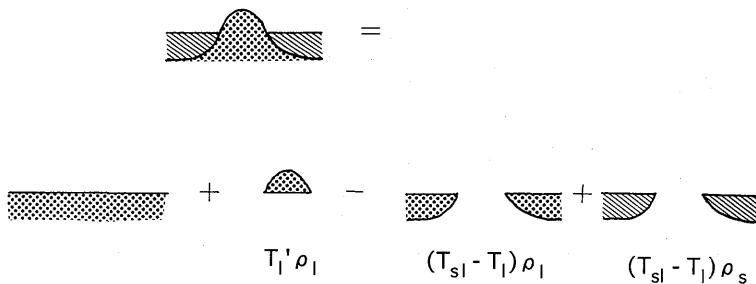


Fig. 5 Schematic illustration of the topographic correction to the gravity values.

定数である。

3.3 地形補正

実際の地形は円盤のように平らではなく、もっと複雑な形をしている。円盤からのずれを補正するのが地形補正である。そのためには標高のデータが必要である。よく用いられるのが国土地理院による約250mメッシュの地形データであるが、本研究のように500m程度の密な測定網においてはより正確な地形補正を行いたい。そこで大島陸上部においては国土地理院の1/5000国土基本図を50mメッシュに切り、その格子点上の標高を読み取り地形データとした。また海底地形については、海上保安庁水路部の1/5万の大島周辺の海底地形図(6363)及び国土地理院の1/20万の地勢図(NI5426)に対応する範囲において、およそ250mメッシュの水深データを用いて地形補正を行った。大島の南側に対しては適当な数値地形データがなかったが、そのために生じる影響を避けるために、1/20万地勢図(NI5427)に対応する範囲で緯度経度10分の間隔で水深データを読み取り使用した。Fig. 3に地形補正に使用した範囲を示す。このような地形データを用い、各観測点を中心に緯度経度方向におよそ130×130kmの正方形の範囲について地形補正を行った。その計算は野崎(1974)の球面地形補正の方法に基づいた。得られるブーゲー異常は、

$$\Delta g^*_B = \Delta g_B + \rho T \quad (3.3)$$

で表される。ここで T は単位密度当りの地形補正量である。以上の各補正をまとめると、ブーゲー異常は、

$$\Delta g^*_B = g - \gamma - H(2\pi\rho G - \beta) + \rho T \quad (3.4)$$

で表される。

3.4 仮定密度の推定

上記の補正を行う際に必要な仮定密度 ρ は、いわゆる g - H ダイアグラムにより求められる。式 (3.2) により $g-\gamma$ は第一近似として H の一次式で表される。そこで $g-\gamma$ を縦軸に H を横軸に取れば重力測定値は直線の周りにばらつく。最小自乗法によりその傾きを求めれば密度 ρ が得られる。ここでは $\rho=2.27\text{g/cm}^3$ という値が得られた。Fig. 4 に g - H ダイアグラムが示してある。

3.5 海上における重力補正

以上は陸上における重力補正の方法であるが、海上においてもほぼ同様の補正を行った。異なる点は、海上における観測値はすでにジオイド上のものであるため、フリーエア補正や単純ブーゲー補正は行う必要がないことである。また地形補正については海底とジオイドとの間にあるものは地殻を構成する物質ではなく、海水であるという点が陸上の場合と異なる。

さて陸上と海上の地形補正を総合する場合、海陸の地形データの間隔の違い、物質の密度の違いがあるため、まず陸上のみ地形データ (250m メッシュ) を用いて行った単位密度当りの地形補正値を T_1 、海陸を含めた地形データ (250m メッシュ) を用いて行ったものを T_{s1} 、そして陸上のみ地形データ (50m メッシュ) を用いて行った単位密度当りの地形補正値を T'_1 と表せば、Fig. 5 に模式的に表したように、地形補正値は、

$$T_{\text{total}} = T'_1\rho_1 + (T_1 - T_{s1})(\rho_1 - \rho_s) \quad (3.5)$$

で表される。ここで ρ_1 は地殻密度、 ρ_s は海水の密度である。

3.6 伊豆大島及びその周辺のブーゲー異常

このようにして得られたブーゲー異常図を Fig. 6, 7 に示す。Fig. 6 は大島およびその周辺海域のブーゲー異常図である。コンター図は、BRIGGS (1974) の方法により、測定点のブーゲー異常値を格子点上の値に変換し計算機で描いた。その際、格子点の間隔は航跡の間隔に合わせておよそ 930m とした。最も特徴的なことは、伊豆大島を東に平行移動したような位置に楕円形の正の重力異常が存在することである。特に筆島の付近が高い異常を示している (ただし航跡が来ているのは Fig. 6 において 150mgal のコンターのあたりまでである)。楕円形の中心から遠ざかるにつれて重力異常は小さくなっていくが、北方および東方では、相模トラフを越えてもなお小さくなって行く。また大島南方の大室出しや、大島西岸と千波海脚によりコの字形に囲まれる窪地に対応して、正の異常の目玉が存在する。

Fig. 7 は大島島内の重力異常図を示す。BRIGGSの方法を用いる際の格子点間隔は、およそ 500m である。Fig. 6 で指摘したように、大島を東にずらした位置に大きなスケールの楕円形の正の重力異常がある。それに加えて、カルデラには小さなスケールの正の重力異常が存在する。また大島の北東部に正と負の重力異常の目玉が存在する。

ブーゲー異常図 (mgal) コンター間隔: 2 mgal

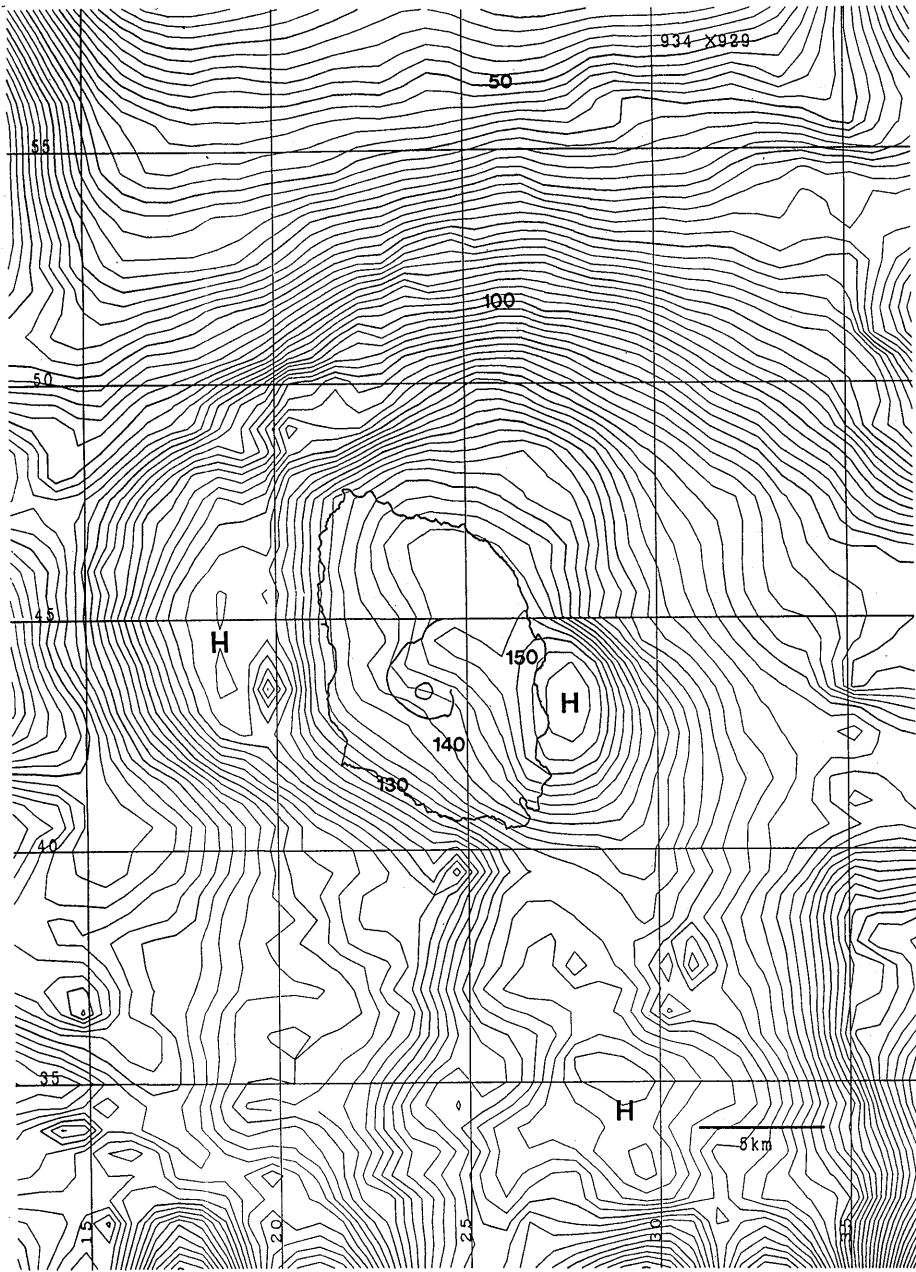


Fig. 6 Bouguer gravity anomaly around Izu-Oshima island. Unit is mgal. Contour interval is 2 mgal.

DENSITY: 2.27 (g/cm³)
 GRID SIZE : 506*504 (m)

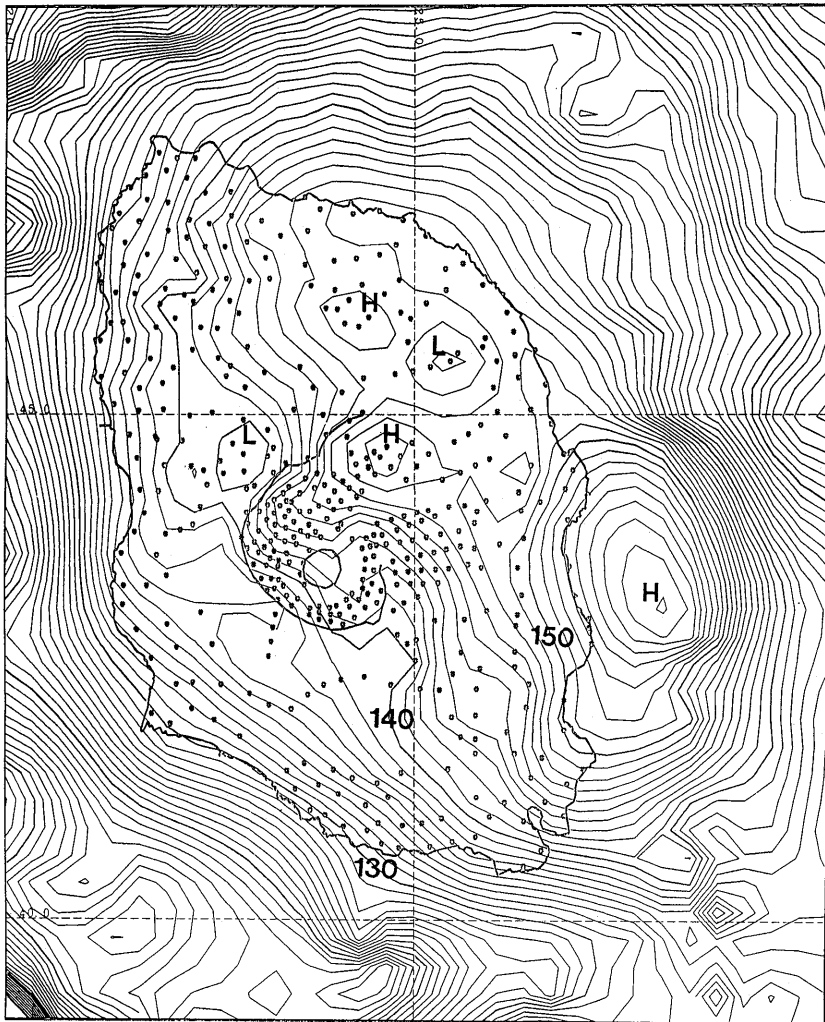


Fig. 7 Bouguer gravity anomaly on Izu-Oshima island. Contour interval is 1 mgal. The abbreviations H and L show the local high-and low-anomalies, respectively.

4. 解析

第3節で述べたように、大島カルデラの局所的な正の重力異常は、大島の東部を中心とするより広域的な楕円形の重力異常の上に乗っている。そこでスケールの違いを利用して両者を分離し、それぞれの重力異常を説明する密度構造を求める。さらに1986年の割れ目噴火に関連して、割れ目を横断する2測線(B火口列及びB、C火口列の間をそれぞれ横切る測線)で得られた重力異常について解析する。

4.1 大島周辺の大局的構造

大島及びその周辺海域の重力異常を、大スケールの重力異常と小スケールの重力異常とにフィルターを用いて分離する。ここでは二次元のレカーシブ・フィルター(萩原,

ブーゲー異常図 — 長波長成分 (mgal) コンター間隔: 2 mgal

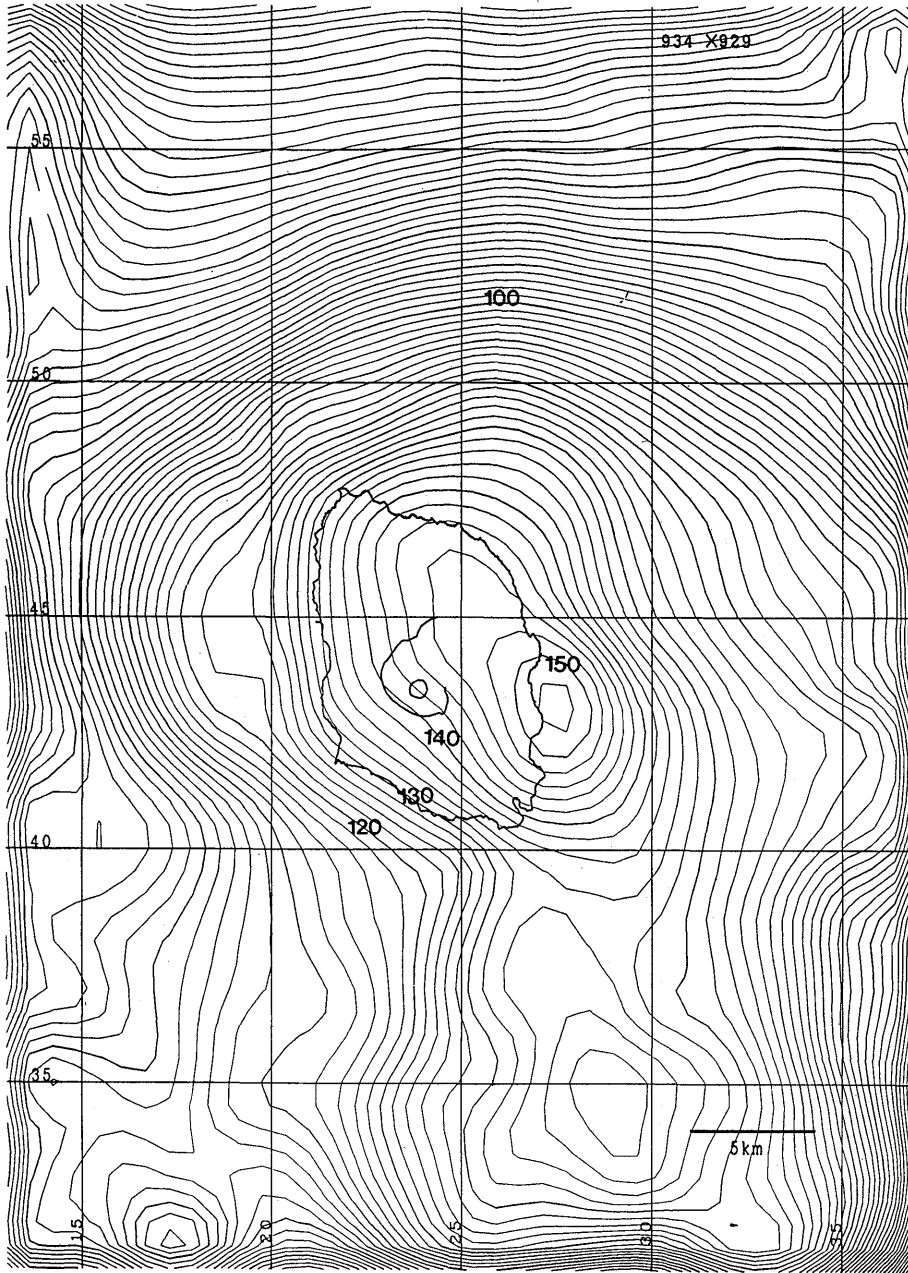


Fig. 8 Low-pass filtered Bouguer anomaly around Izu-Oshima, eliminating local anomaly whose length scale is shorter than 4 km.

1984) を使用する。Fig. 8 は、波長が 4km 以下の短波長成分を取り除いた結果得られたブーゲー異常図である。これにより大島の東にある楕円形の重力異常がよりはっきりした。

次に、この広域の重力異常は地下のどのような密度構造によるものであるかを推定す

る。そこでまず、長谷川ほか (1987) が爆破地震の観測にもとづいて求めた速度構造を参考にする。大島を南南西から北北東に横断する測線 (Fig. 9a) に沿った速度構造断面を Fig. 9b に示す。数値は地震波の P 波速度 (km/s) 及び、速度と密度の簡単な関係式、

$$V = 0.1 \exp(1.5\rho) \quad \rho < 2.8 \quad (4.1)$$

により換算された密度 ρ (括弧内の値, g/cm³) を示す。いま、海拔 0m より上部は重力補正によりその重力への影響を取り除いたと考えて、下部に注目すると、大まかには 2 層 (速度 3.6 と 5.5km/s の層) で近似できることがわかる。そこで萩原 (1987) の 2 層構造を仮定した密度構造の解析方法を適用する。この方法は密度境界面の平均の深さからのずれが重力異常の原因であると考えて、境界面の深さ分布を求めるものである。必要な情報は境界面の平均の深さ D と 2 層の密度差 $\Delta\rho$ である。

まず密度差について考える。Fig. 9b で下層の速度 5.5km/s は実際には一意には決っておらず、5.5 から 6.3km/s という幅を持っている。そこで式 (4.1) よりこれらに対応する密度を求めると、それぞれ、2.67, 2.76g/cm³ となる。上層の密度として重力補正の際に用いた仮定密度 2.27g/cm³ を使えば、密度差 $\Delta\rho$ はおよそ 0.4 から 0.5g/cm³ となる。

次に境界面の平均的な深さであるが、ブーゲー異常図から予想される境界面の形状はある深さを中心に起伏していると言いがたい。そこで適当に平均境界面の深さを変えていき、大島の南南西での深さが Fig. 9b の深さ (2km) と一致するところを捜した。

このようにして密度差 0.4 と 0.5g/cm³ に対して得られた密度境界面の深さを Fig. 10 と Fig. 11 に示す。どちらの結果も大局的には同じであるといえる。大島の北北東における境界面の深さはおよそ 1.3 から 1.4km で、Fig. 9b の速度構造断面の 5.5km/s 層上面の深さ 1.6km とほぼ一致した。この図で最も注目すべきことは、大島を東に平行移動させた位置に密度境界面の盛り上がりがあることである。

4.2 大島カルデラの密度構造

カルデラ下の密度構造を求めるために、前節とは逆に 4km 以上の長波長成長を取り除いたブーゲー異常図を Fig. 12 に示す。カルデラの正のブーゲー異常はカルデラの中にまさに閉じ込められたような形をしていることがわかる。またカルデラ壁に沿って、外側を取り囲むように負のブーゲー異常が存在する。Fig. 12 に示すような 2 本の直線に沿った重力異常のプロファイルを Fig. 13, Fig. 14 に示す。

重力異常を説明する地下の 2 次元密度分布を求めるために、HUESTIS and ANDER (1983) の方法により解析を行う。地表の観測点で与えられた重力異常値を、その異常の原因となっている領域とその周りとの密度差によって説明する。具体的には 2 次元モデルを仮定し、地下を適当な大きさのセルに分け、地表での重力異常を説明するようにそれぞれのセルの密度差を求める。しかしこの問題は一意には解けないので、密度差の最大値を最小にするという条件の下で解いてやる。このようなモデルを *ideal body* という (PARKER, 1974, 1975)。この条件は、言い替えば、なるべく浅いところでその異常を説明しようとするに相当する。計算の手法としては線形計画法の改訂シンプレックス法 (例えば、LUENBERGER, 1984) の応用である。そのため、正と負の重力異常を同時に取り扱うことはできない。そこでまず、北東-南西の断面について重力異常値を 4mgal 引下げて解析すると、Fig. 15 の結果が得られる。高密度な下層が盛り上がっ

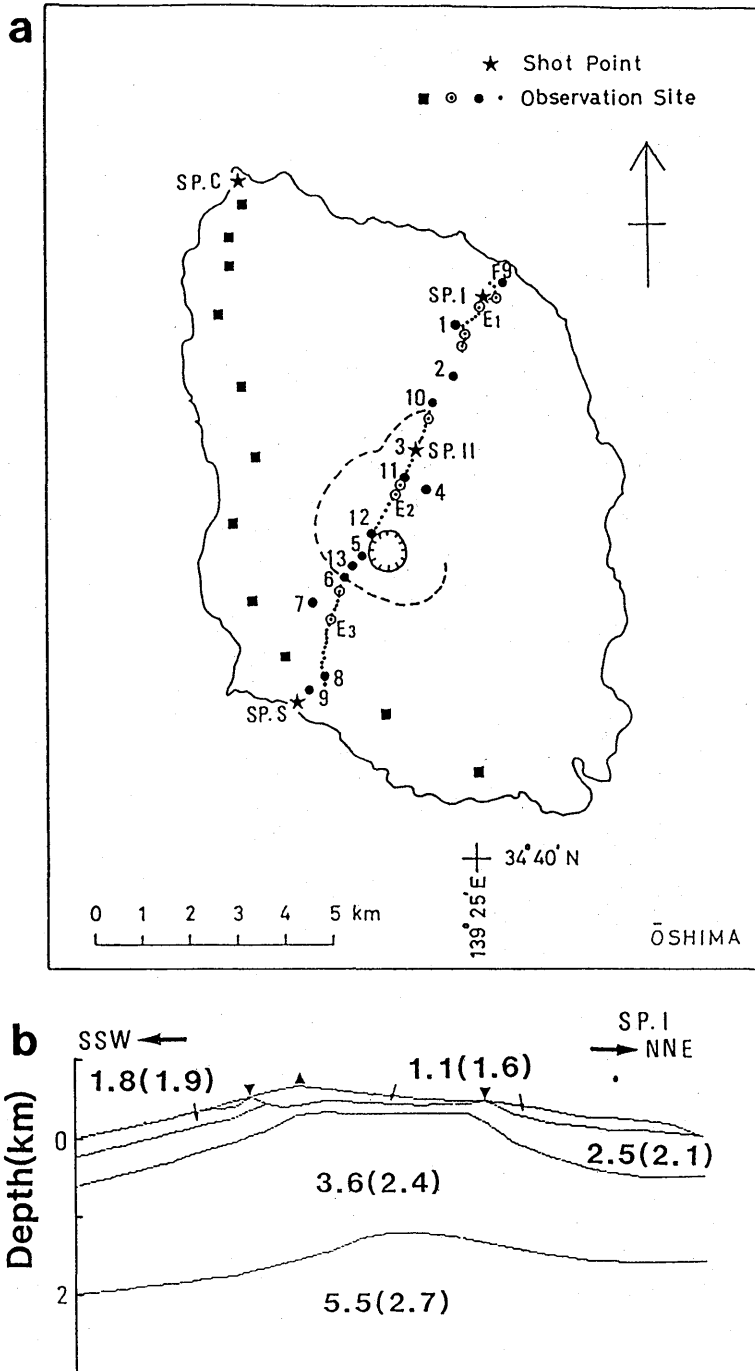


Fig. 9 P-wave velocity structure beneath Izu-Oshima obtained by seismic explosion experiments (Hasegawa et al., 1987). (a) Location of the shot points and observation sites. (b) Vertical cross section of the P-wave velocity structure across Izu-Oshima island in the SSW-NNE direction. Numerals indicate the P-wave velocity (km/s) and the estimated density of the crust (g/cm^3) in parentheses, respectively.

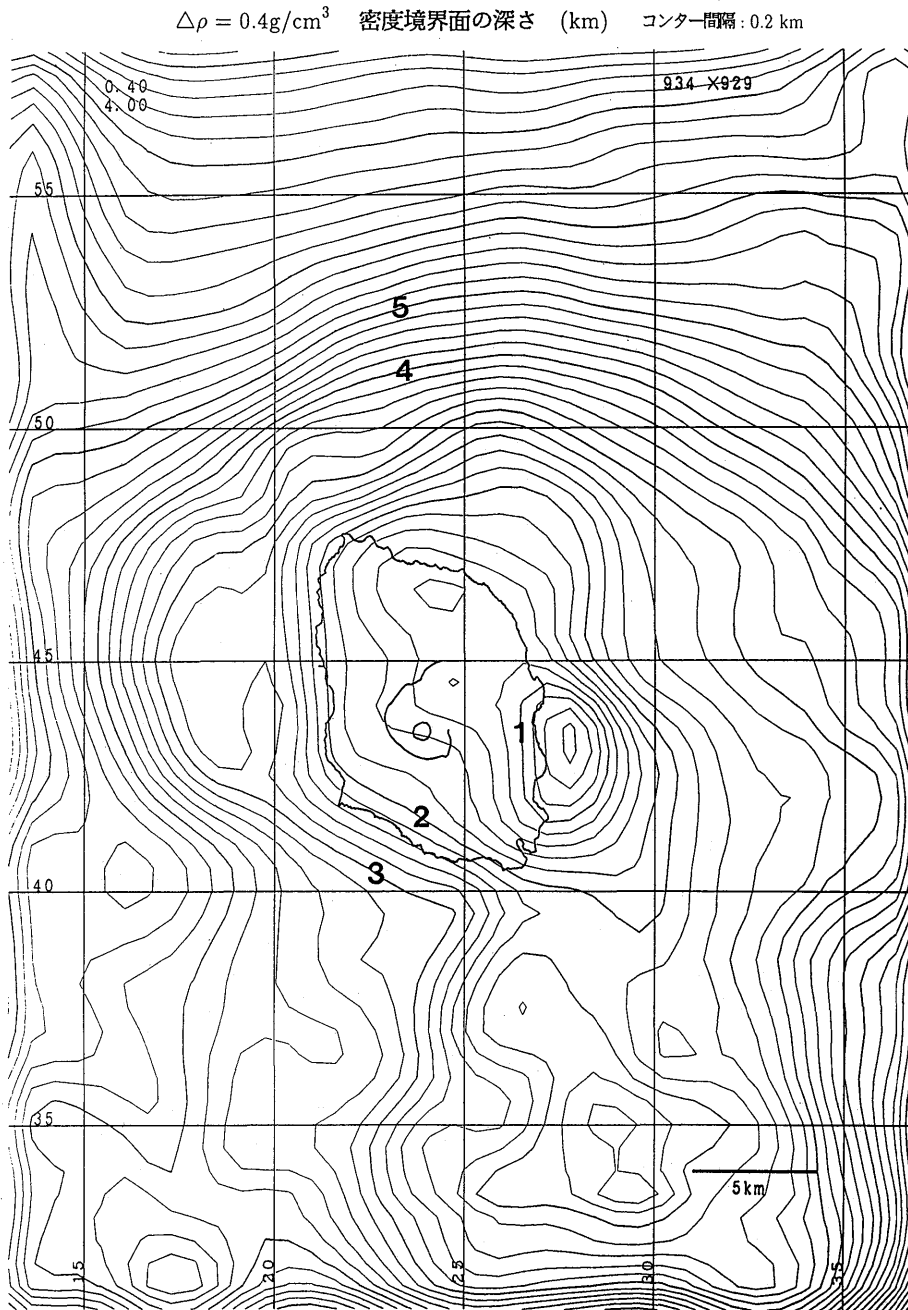


Fig. 10 A two-layer model for the Bouguer gravity anomaly around Izu-Oshima. Contours indicate the depth distribution of the boundary between two layers. Numerals in unit of km. The density contrast between the upper and lower layers is assumed as 0.4g/cm^3 .

$\Delta\rho = 0.5\text{g/cm}^3$ 密度境界面の深さ (km) コンター間隔: 0.2 km

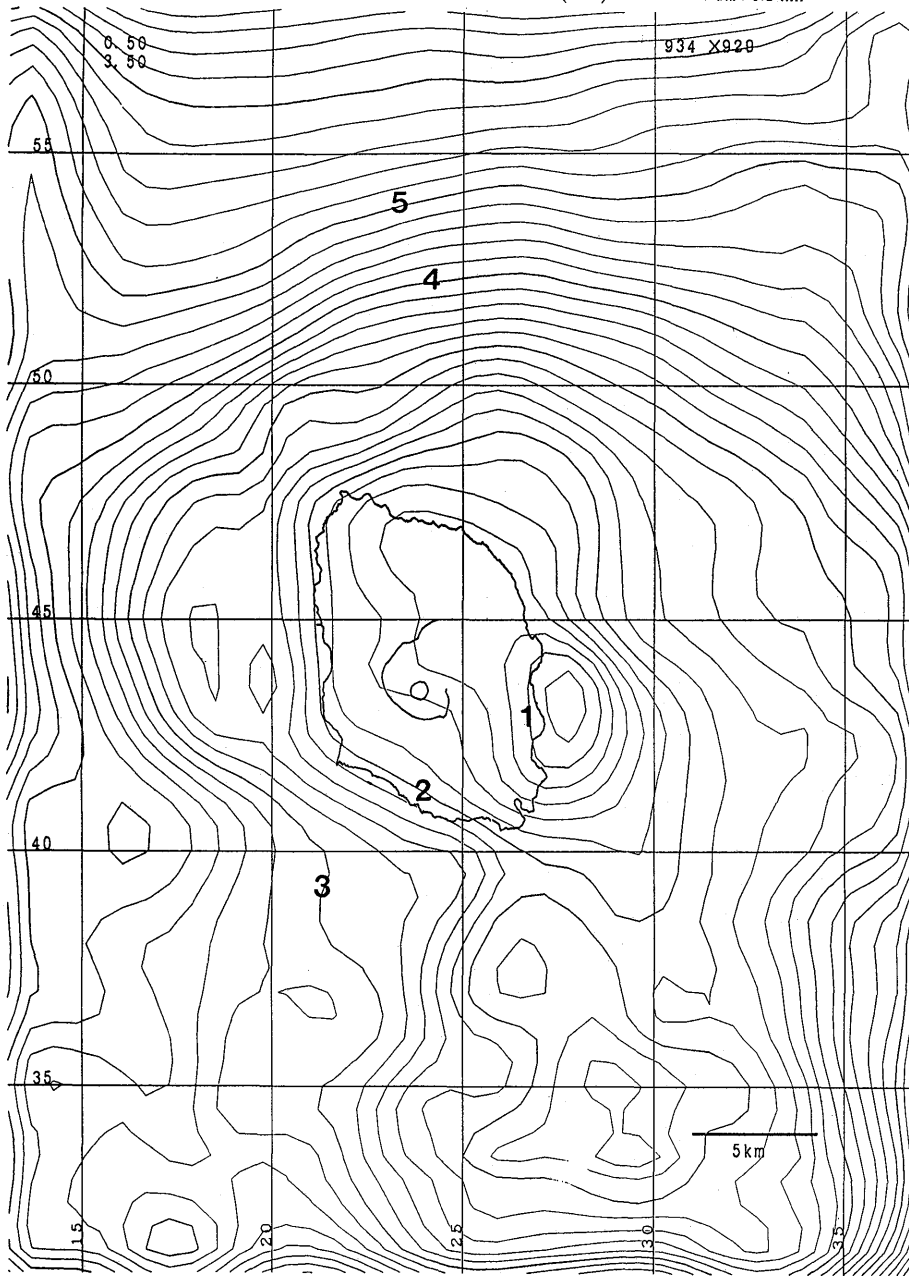


Fig. 11 A two-layer model for the Bouguer gravity anomaly around Izu-Oshima. The density contrast between the upper and lower layers is assumed to be 0.5g/cm^3 .

ているというイメージである。反対に 4mgal かさ上げして解析すると、Fig. 16 の様になる。密度分布としては、高密度な物質が低密度なものの上に溜まっているというイメージである。いずれにしてもカルデラの浅いところに高密度な物質があり、それが重力異常の原因であると考えられる。同様に北西-南東の断面について解析すれば Fig. 17, Fig. 18 の様になる。ふたつの断面に対して密度差が一致しないのはプーゲー異常分布の 2 次元性が良くないことによる。

さて高密度な物質がカルデラ下の浅いところに存在するという結果が得られたが、すでに述べた様に ideal body モデルではなるべく浅いところで物事を説明しようとするから、実際にはもっと高密度なものが深いところにある可能性も否定できない。そこでその深さの限界を見積もることとする。今まではセルを地表から分けていたが、強制的にセルを深い所に与えることにするとそれにつれて求まる最大の密度差は大きくなっていく (Fig. 19)。しかし現実には密度差は無限に大きくできるわけではない。非常に緻密な溶岩でもその密度は 2.7g/cm^3 以下であり浅部地殻の仮定密度は 2.27g/cm^3 であるから、取り得る最大の密度差は 0.4g/cm^3 程度であろう。従って、Fig. 19 よりセルの上面の深さの限界は 170m 程度と考えられる。以上の見積りから、カルデラ地下に存在する高密度の物質の下限は 900m よりは浅いと考えられる。

4.3 割れ目横断側線

1986 年 11 月の割れ目噴火の際、北西-南東方向の火口列が生じた。Fig. 20 にその位置が示してあり、伊豆大島総合観測班により称された B, C という名前がつけられている。黒丸で示したのは割れ目を横断する側線で、約 1800m の長さである。カルデラ内の測線は B 火口列の直上を横断しているのに対し、カルデラ壁沿いの測線は B, C 火口列の間を通り、そこでは溶岩は地表に噴出してない。しかしカルデラ壁沿いの道路では割れ目が認められ、水準測量の結果もその付近が沈降していることを示した。そこで 2 本の測線について、実際に溶岩が流出したか否かで重力異常に違いが見られるのではないかと考えて重力測定を行った。まずカルデラ壁沿いの測線について得られた重力異常値を Fig. 21 上段に点で示す。Fig. 21 下段には地形の断面が示してあり、矢印は B, C 火口列の延長線が測線とぶつかる位置を示す。矢印の左 (西) 側を中心に重力値が小さくなっているように見える。しかしこれらの重力異常値は、すでに見たように広域的なトレンドの上に乗っており、トレンドを取り除いてやる必要がある。そこで測線の値を使わずに Briggs の方法で格子点上の値を求め、直線補間で測定点の値に引きなおして測定点でのトレンドの値とした。Fig. 21 上段に実線で示してあるのがそうやって求めたトレンドである。測定値からトレンドの値を差し引いて求めた残差重力値が Fig. 21 中段である。残差重力異常は、図のスケールで 500m 付近を中心にほぼ対称な分布を示している。その中心は B, C 火口列の延長のやや西にあり、道路上に割れ目が多数できた位置にほぼ対応する。

同様にカルデラ内の測線についてもトレンドを差し引いた残差重力異常を求めてやると、Fig. 22 中段の様になる。図下段の地形断面中の矢印は B 火口列との交点を示す。この測線ではカルデラ壁沿いの測線と異なり、有意な異常は見られない。

ブーゲー異常図 — 短波長成分 (mgal) コンター間隔: 0.5 mgal

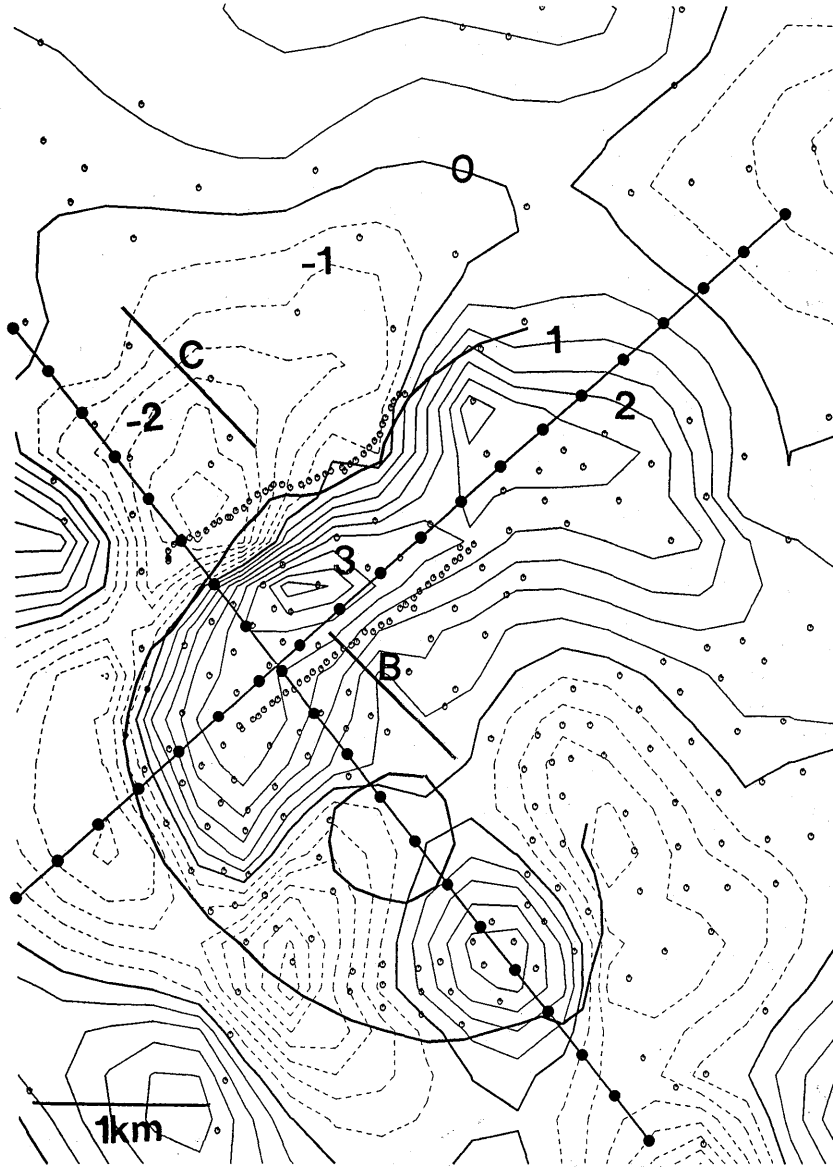


Fig. 12 High-pass filtered Bouguer gravity anomaly around the summit caldera of Izu-Oshima volcano, eliminating large scale anomaly whose length scale is longer than 4 km. Open circles shows the sites of gravity measurements. Solid and dotted contours show the positive and negative anomalies, respectively. Numerals are in units of mgal. The summit caldera and a central cone, Mihara-Yama, are delineated by thick solid lines. The location of the fissure vents formed in November 1986 is indicated schematically (B and C).

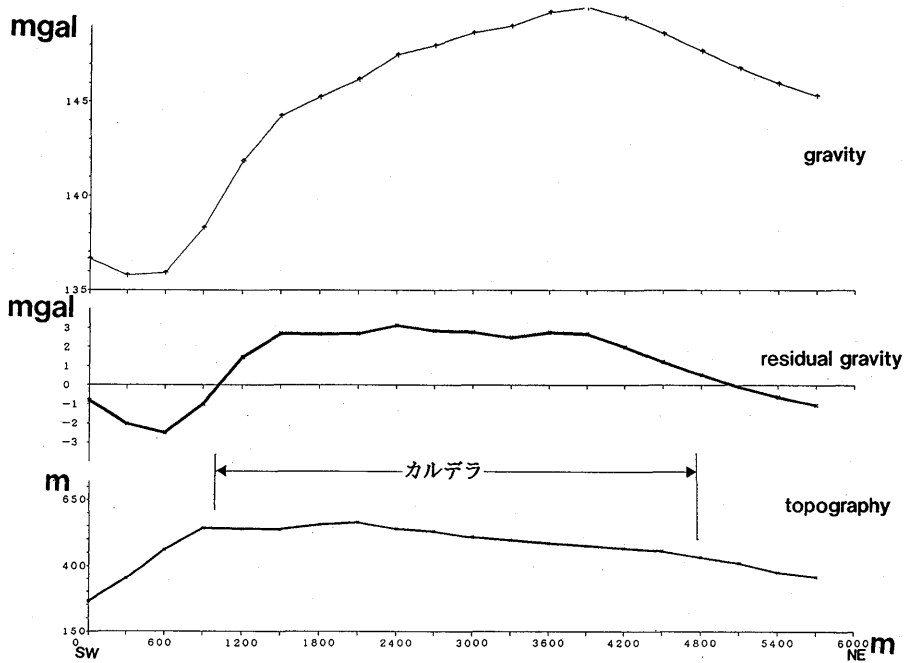


Fig. 13 Bouguer gravity anomaly along a SW-NE line, as shown in Fig.12, across the caldera. Top: Original Bouguer gravity anomaly. Middle: High-pass filtered Bouguer anomaly. Bottom: Topographic profile.

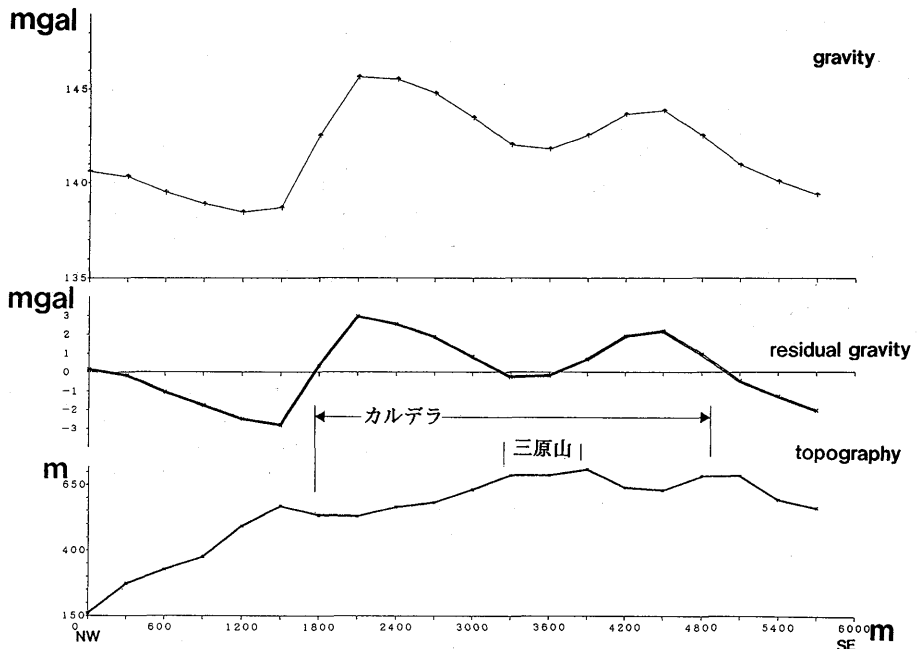


Fig. 14 Bouguer gravity anomaly along a NW-SE line across the caldera. Other explanations are the same as in Fig.13.

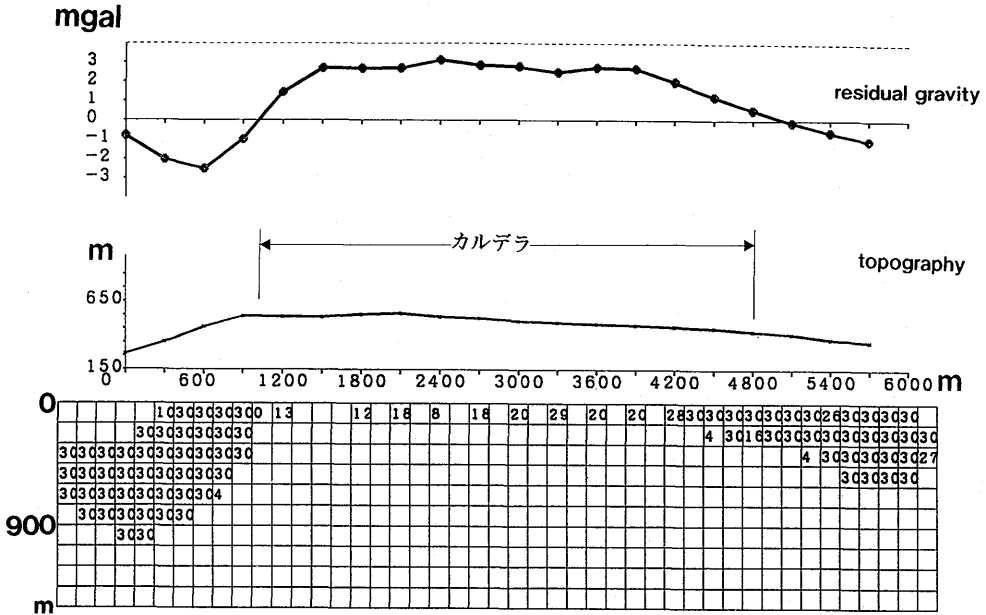


Fig. 15 Two-dimensional modeling of the Bouguer gravity anomaly along a SW-NE line across the caldera. Top: High-pass filtered Bouguer anomaly. Middle: Topography. Bottom: Two-dimensional distribution of density difference based on ideal body model (Parker, 1977). A bias of -4 mgal is added to each gravity value for computational convenience. The negative sign is omitted from each value of the density difference.

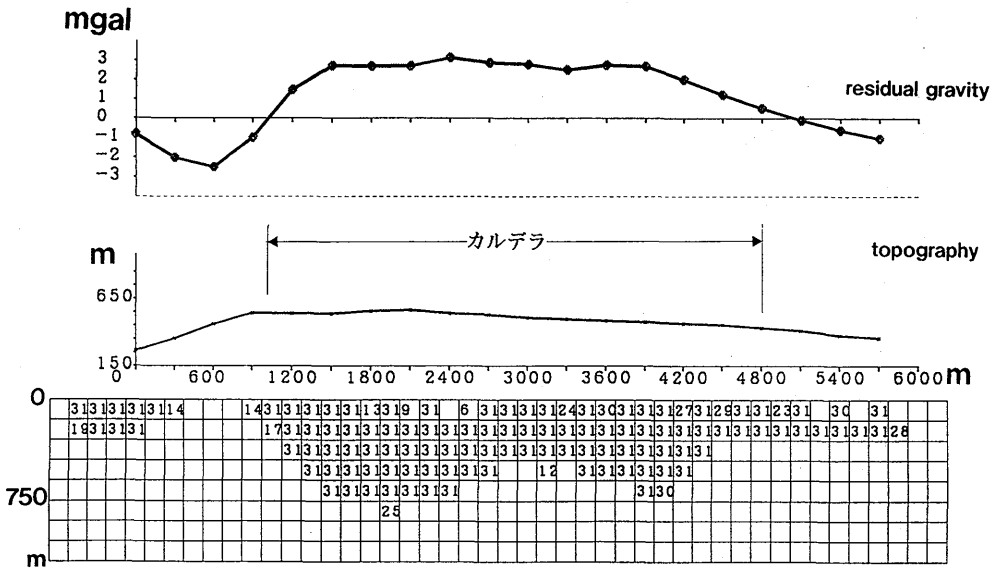


Fig. 16 Two-dimensional modeling of the Bouguer gravity anomaly along a SW-NE line across the caldera. A bias of 4 mgal is added to each gravity value for computational convenience.

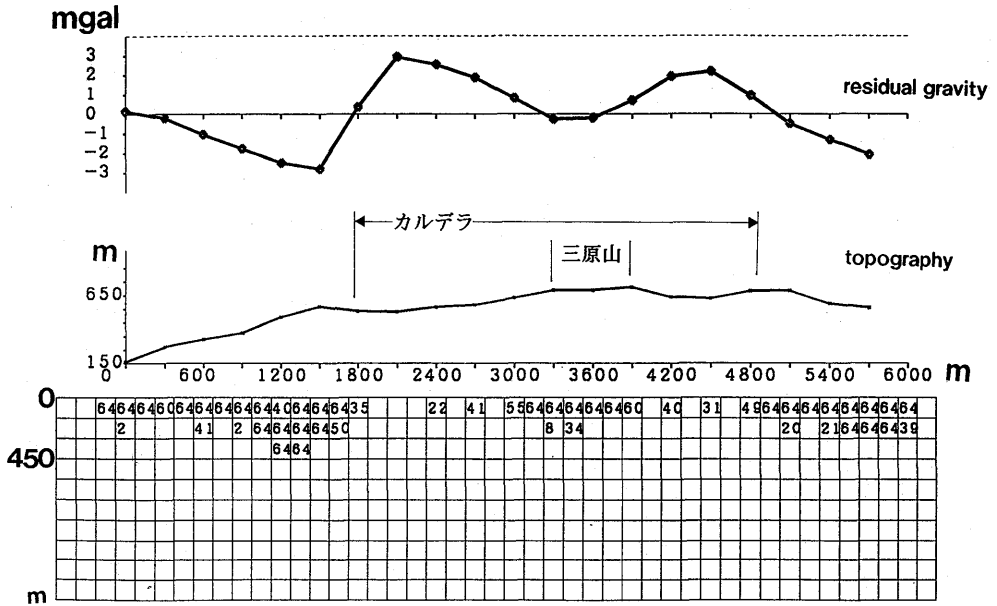


Fig. 17 Two-dimensional modeling of the Bouguer gravity anomaly along a NW-SE line across the caldera. Top: High-pass filtered Bouguer anomalies. Middle: Topography. Bottom: Two-dimensional distribution of density difference based on ideal body model. A bias of -4 mgal is added to each gravity value. The negative sign is omitted from each density difference value.

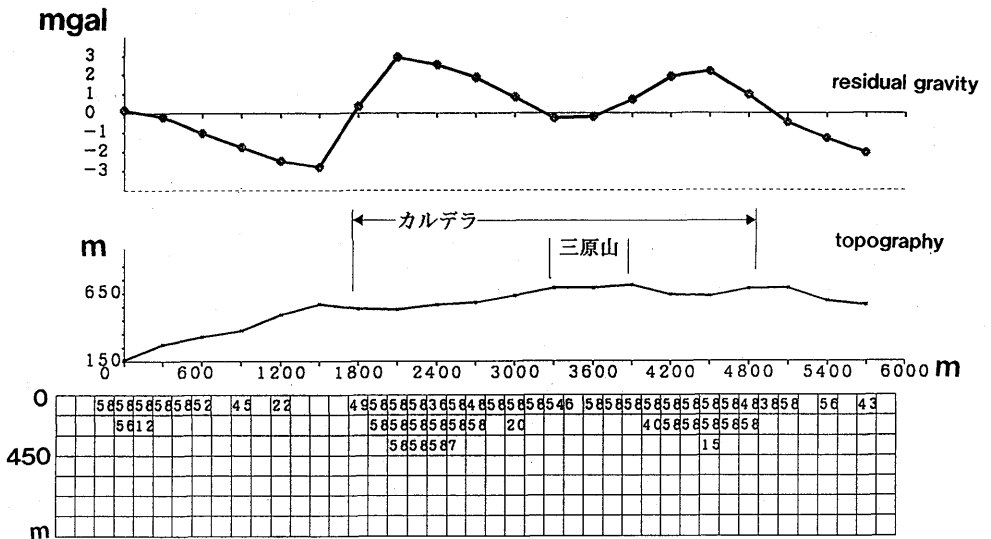


Fig. 18 Two-dimensional modeling of the Bouguer gravity anomaly along a NE-SE line across the caldera. A bias of 4 mgal is added to each gravity value.

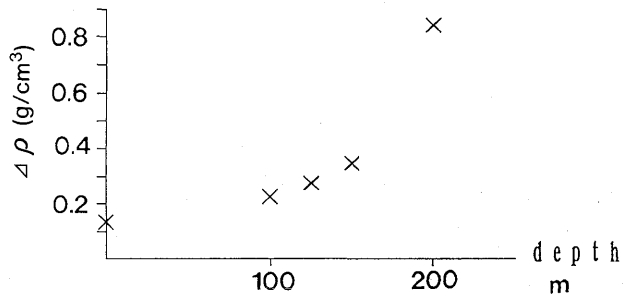


Fig. 19 Trade-off curve for two-dimensional ideal body. The curve represents the lower limit on maximum density contrast for each depth of burial.

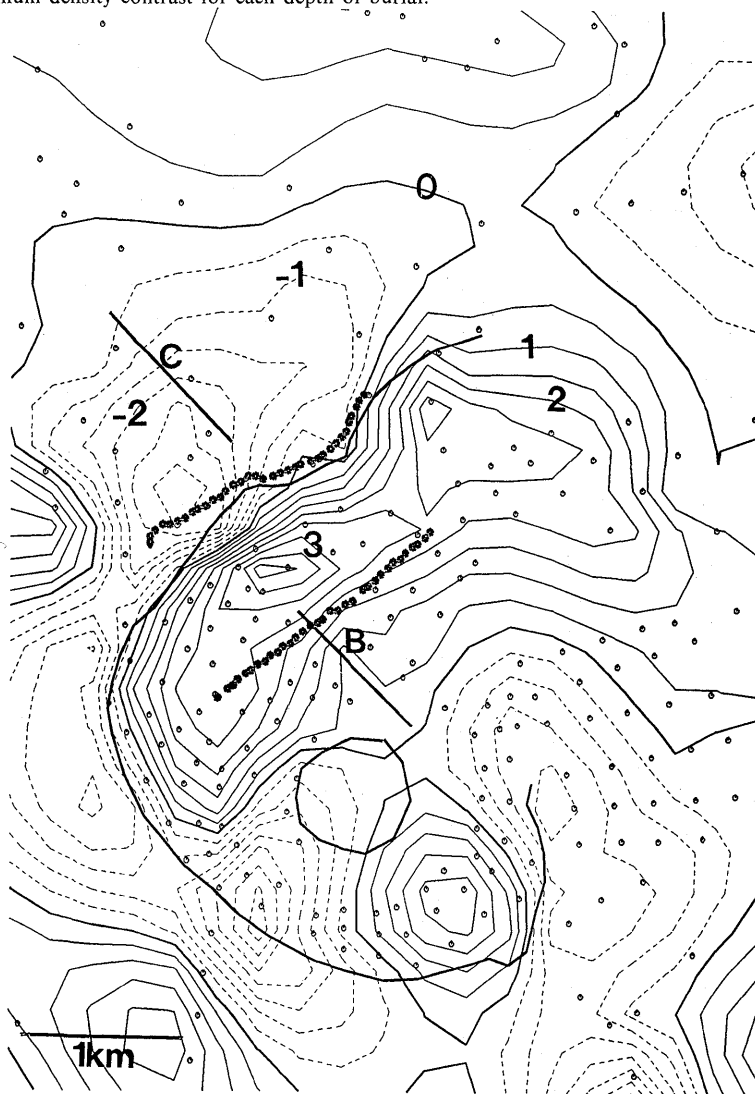


Fig. 20 Location map of the two gravity measurement routes (denoted by dotted lines) along the northern caldera rim and across the B fissure vents.

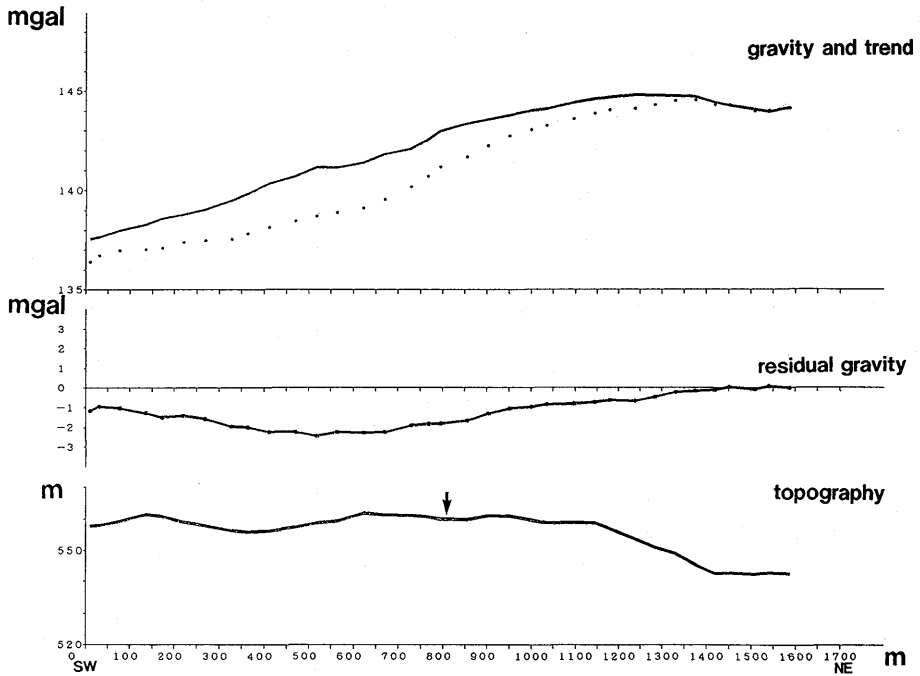


Fig. 21 Bouguer gravity anomaly along the northern caldera rim. Top: Observed Bouguer anomalies (dots) and the estimated regional trend (solid line). Middle: Residual gravity anomaly after subtraction of the trend. Bottom: Topographic profile.

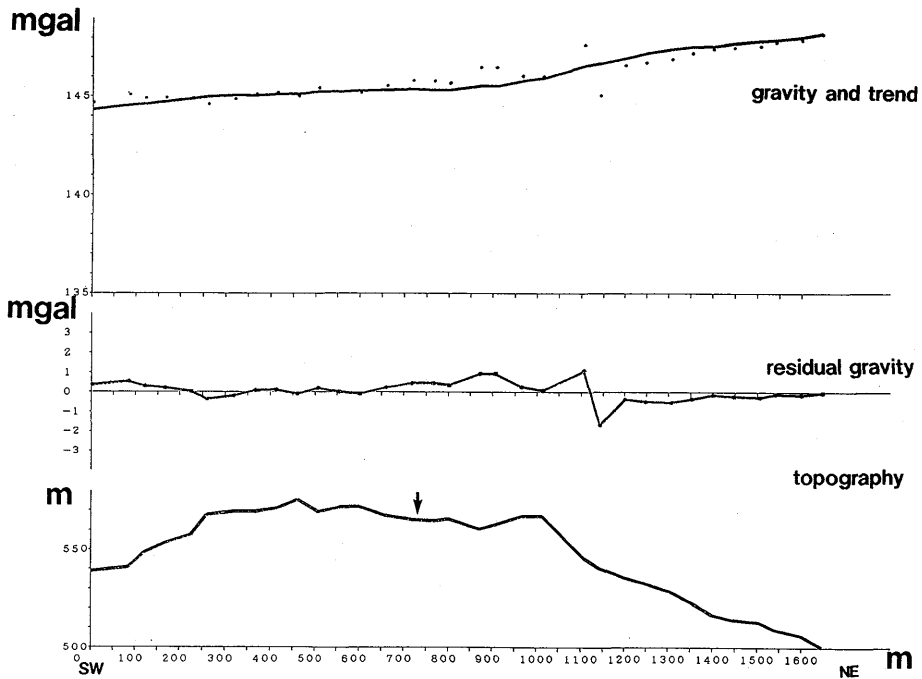


Fig. 22 Bouguer gravity anomaly across the B fissure vents. Other explanations are the same as in Fig. 21.

5. 議 論

5.1 大島周辺の大局的構造

第4節で、大島の東部にある楕円形をした高重力異常は、密度境界面が盛り上がっていることによる、という結果を得た。火山の下で基盤が盛り上がっているという指摘は、過去にも何人かの研究者達によって断片的にはなされてきたが、このように3次元的に明らかにしたのはこれが初めてである。しかもその盛り上がりの中心は現在活発に活動している大島火山のカルデラの位置とは一致しておらず、数十万年前に活動していたとされる筆島、行者の窟、岡田といった古い火山の位置に対応している。その理由としては、次のようなことが考えられる。かつて活動した火山に比べれば、現在の三原山を中心とする大島火山の活動は小規模であるということの意味しているのかもしれない。あるいは、大島火山はまだ若い火山で発展途上にあり、今現在活動の中心が移りつつあるのかもしれない。確かに大島島内だけで見れば、長谷川ほかの速度構造探查の結果は、カルデラ直下で速度・密度の境界面が盛り上がっていることを示している。他に注目すべき点は、その盛り上がりの裾野が非常に広い範囲にまで広がっていることである。大島は相模トラフのすぐ南西側に位置しているため、重力異常の大島の北～東側へ向けての広がりにはプレートの沈み込みによる影響を考える必要があるが、その影響の少ないと思われる南側や西側でも盛り上がりの範囲は広がっている。特に南側は、大室出しを経て新島、神津島、三宅島などの火山に続いており、基盤の盛り上がりも同様に南に延びているのではないかと、思わせる。なぜ火山の下の基盤が盛り上がっているのか、そしてそのことが火山活動機構とどのような関連があるのか、非常に興味深い結果である。

5.2 大島カルデラの密度構造

第4節では、カルデラの高重力異常の原因として、(1) カルデラの下の高密度層が盛り上がっている、(2) カルデラ内に高密度な物質が堆積している、という2つの可能性を考えた。両者の内どちらが真実に近いのであろうか。前者は長谷川ほか(1987)の求めた地震波速度構造とよく一致する。しかしそれでは正の重力異常がカルデラの中のみ分布していることは、カルデラの構造とは無関係で、たまたま見かけ上そうになっていると解釈することになる。その点後者であれば、カルデラの形状がちょうど器の役割を果たし、高密度な物質が堆積したと考えればうまく説明できる。実際には、重力異常値が正と負の値を持っているということから、仮定密度に対して高密度の物質がカルデラ内にあり、低密度の物質がカルデラの外周に沿ってあると考えるのが妥当であろう。そう考えれば、現実の密度構造は両方のモデルの中間を取ったものではないだろうか。そこで北東-南西の測線について両者を足して2で割ると、Fig. 23のような密度分布が得られる。北西南東の測線についても同様な処理を行うと、Fig. 24の密度分布が得られる。このようにして得られたモデルも観測された重力異常を説明する。正の重力異常はカルデラ内浅部に溜った高密度の物質により生じており、負の重力異常はカルデラの外側山腹に低密度の物質が堆積しているために生じていると考えられる。正の重力異常がカルデラに閉じ込められたように存在し、地下浅い所にその原因があることから、高密度な物質はカルデラ内の火口から流出し堆積した溶岩であると考えられる。また低密度な物質は、大島火山の山体形成期に堆積した空隙の多い火山噴出物であろう。

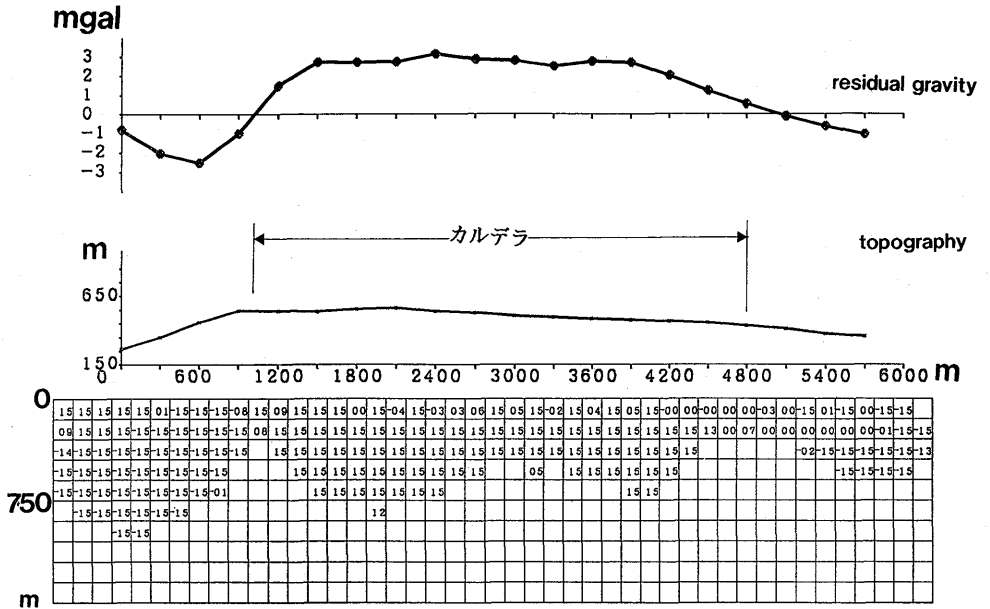


Fig. 23 Two-dimensional ideal body model for the Bouguer anomaly along a SW-NE line across the caldera. The bottom figure shows the distribution of the density differences calculated by averaging the results in Figs. 15 and 16.

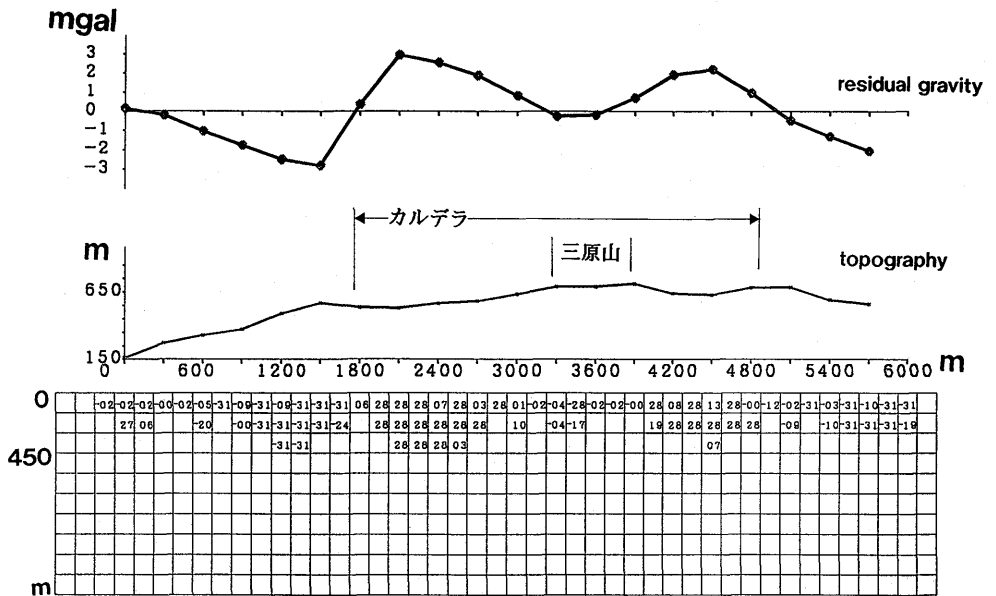


Fig. 24 Two-dimensional ideal body model for the Bouguer anomaly along a NW-SE line across the caldera. The bottom figure shows the distribution of the density differences calculated by averaging the results in Figs. 17 and 18.

上記のような高密度な溶岩の存在形態は、繰り返し流出した溶岩がカルデラ底に堆積し、その荷重がカルデラ底の沈降に寄与している可能性を示唆する。実際、宮崎(1988)によると、1986年の噴火に伴いカルデラ床は急激に沈降している。

5.3 割れ目横断測線

カルデラ壁に沿った測線では、Fig. 21 に示したように負の重力異常がみられた。その中心は地表で多数の割れ目が観察された場所に一致している。これに対して、B 火口を横切る測線では有意な重力異常がみられなかった (Fig. 22)。両測線での重力異常の違いは、以下の様に説明することができる。すなわち、カルデラ壁沿いの測線では、B、C 火口列での割れ目噴火に伴い、地殻に多数の開口割れ目が生じた。そのため、割れた部分は見かけ上密度が小さくなり、重力異常値が負になったものと考えられる。一方、カルデラ内の測線でもやはり割れ目は生じたが、高密度な溶岩が地表に流出するとともに割れ目内にも残存し、割れ目形成の効果を相殺しているために、重力異常として現われていないものと考えられる。

6. まとめ

本研究で得られた結果をまとめると次のようになる。

- (1) 伊豆大島を東に平行移動させたような位置に正の重力異常がある。これは高密度な基盤が盛り上がっていることが原因であり、数十万年前に活動したとされる古い火山体の位置に対応している。火山体の「根」は地表付近で観察できる範囲よりもずっと深く広い範囲にまで及んでいる。
- (2) 大島カルデラは正の重力異常を示し、流出した高密度の溶岩が堆積したためであると考えられる。またカルデラ壁に沿って外側は負の重力異常を示すが、これは空隙の多い火山噴出物で構成されているためと考えられる。
- (3) 1986年のB、C割れ目火口列に直交する2測線のうち、カルデラ壁沿いの測線では、地表に割れ目が認められた付近を中心に負の重力異常が分布している。これは、割れ目噴火に伴い地殻に割れ目が入り、周りよりも見かけの密度が小さくなったことによると考えられる。一方、B火口列に直交するカルデラ内の測線では有意な重力異常は得られなかったが、これは割れ目ができた効果とそこに高密度なマグマが貫入した効果とが相殺し合っているためであろう。

謝 辞

本研究を行うにあたり、東京大学地震研究所大久保修平博士には重力探査の方法に関して様々な議論をしていただいた。そのほか同研究所火山物理部門および伊豆大島火山観測所の皆様には観測に際し様々な面で御協力いただいた。また海上保安庁水路部による海上フリーエア重力異常の観測資料を使わせていただいた。これらの方々に深く感謝いたします。

参考文献

- 阿部勝征・高橋正義, 1987, 伊豆大島カルデラ床での割れ目噴火 (1986年11月21日) の推移—写真解析による調査—。東京大学地震研究所彙報, **62**, 149-162.
- Briggs, I.C., 1974, Machine contouring using minimum curvature. *Geophysics*, **39**, 39-48.
- 遠藤秀典・釜井俊孝・角井朝昭, 1987, 伊豆大島火山1986年の活動に伴って島内の広範囲に形成された地表割れ目。地質調査所月報, **38**, 649-658.
- 萩原幸男, 1984, 2次元フィルター法による重力ゾーニング。測地学会誌, **30**, 1-16.
- 萩原幸男, 1987, 二層構造の新しい重力解析法。測地学会誌, **33**, 315-320.

- 長谷川功・伊藤公介・小野晃司・相原輝雄・楠瀬勤一郎・佐藤隆司, 1987, 爆破地震による伊豆大島の地下構造-横断測線. 地質調査所月報, **38**, 741-753.
- Huestis, S.P. and M.E. Ander, 1983, IDB2-A Fortran program for computing extremal bounds in gravity data interpretation. *Geophysics*, **48**, 999-1010.
- 一色直記, 1984, 大島地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1図幅), 地質調査所, 133p.
- 加藤茂ほか伊豆大島近海海底調査班, 1987, 伊豆大島周辺海域の海底調査. 水路部研究報告, **23**, 177-185.
- Kodama, K. and S.Uyeda, 1979, Magnetization of Izu islands with special reference to Oshima volcano. *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, **6**, 353-373.
- Luenberger, D.G., 1984, Linear and nonlinear programming, 2nd ed. Addison-Wesley Publishing Company, 484p.
- 宮崎務, 1988, 伊豆大島火山 1986 年噴火に関連した山頂カルデラの地盤上下変動. 火山, **33**, S145-S154.
- 宮崎務, 1991, 水準測量によって明らかにされた日本の活動的火山の地殻変動. 東京大学地震研究所彙報, **65**, 665-807.
- 野崎京三, 1981, 球面地形補正の計算プログラム. 測地学会誌, **27**, 23-32.
- Parker, R.L., 1974, Best bounds on density and depth from gravity data. *Geophysics*, **39**, 644-649.
- Parker, R.L., 1975, The theory of ideal bodies for gravity interpretation. *Geophys. J.R. astr. Soc.*, **42**, 315-334.
- Utada, H. and T.Shimomura, 1990, Resistivity structure of Izu-Oshima Volcano revealed by the ELF-VLF magnetotelluric method. *J.Geomag. Geoelectr.*, **42**, 169-194.
- Yokoyama, I. and H.Tajima, 1957, A gravity survey on Volcano Mihara, Ooshima Island by means of a Worden gravimeter. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **35**, 23-33.
- Yokoyama, I., 1969, The subsurface structure of Oosima volcano, Izu. *J.Phys. Earth*, **17**, 55-68.

要 旨

伊豆大島火山の地下構造を調べるために大島島内で稠密な重力測定を行った。周辺海域の重力データをも合わせて作成した重力異常図の解析から以下の知見が得られた。(1) 伊豆大島の東部を中心として、数十 km の広がりを持つ楕円形の正の重力異常が存在する。これは高密度な基盤が盛り上がっていることが原因であり、その位置は数十万年前に活動したとされる古い火山体に対応している。火山体の「根」は、地表で観察されるよりもずっと深く広い範囲にまで及んでいる。(2) 大島火山のカルデラは正の重力異常を示し、噴火活動によって流出した高密度の溶岩が数百 m の厚さで堆積しているものと考えられる。また、カルデラ壁にそって外側は負の重力異常を示すが、これは山体が空隙の多い火山噴出物で構成されているためと考えられる。(3) 1986 年の B, C 割れ目火口列に直交する 2 測線の内、カルデラ壁沿いの測線では、地表に多数の割れ目が認められた付近を中心として負の重力異常が分布している。これは、割れ目噴火に伴い地殻に割れ目ができ、周りよりも見かけの密度が小さくなったためと考えられる。一方、B 火口列に直交するカルデラ内の測線では有意な重力異常は見られなかったが、これは割れ目ができた効果とそこに高密度なマグマが貫入した効果とが相殺し合っているためであろう。

Table 1. Results of gravity surveys on Izu-Oshima island. Locations of the observation sites, gravity values (G), topographic corrections (TC) and Bouguer anomalies (DG) are Listed.

Site	Latitude (deg min)	Longitude (deg min)	Altitude (m)	G (mgal)	TC (mgal)	DG (mgal)
OV0	34 45.05	139 21.95	75.4	979830.21	4.09	138.64
10330	34 44.54	139 22.64	251.0	979791.03	7.69	141.28
10331	34 44.71	139 22.79	354.1	979764.43	8.52	137.27
10332	34 44.44	139 22.93	437.7	979746.34	10.62	139.49
OK-31	34 44.30	139 23.06	557.8	979717.68	10.63	136.67
OK-3	34 44.43	139 23.29	555.9	979721.77	8.93	138.51
TENBOUDAI	34 44.57	139 23.71	558.5	979727.09	8.67	143.90
YB	34 44.80	139 23.93	544.1	979730.29	9.62	144.66
OK-52	34 45.00	139 23.89	522.7	979735.64	8.67	144.22
OK-5	34 45.22	139 24.12	456.1	979751.70	8.20	145.26
OK-6	34 45.47	139 23.61	349.2	979775.89	7.18	145.26
DAIMARU-1	34 45.27	139 22.94	293.0	979784.67	6.19	141.35
DAIMARU-2	34 44.95	139 22.92	314.0	979778.44	7.58	141.44
OK-7	34 45.56	139 22.61	205.0	979804.66	5.31	141.26
OK-8	34 45.86	139 22.40	124.5	979823.87	4.60	142.14
OK-9	34 45.95	139 22.09	87.4	979830.17	4.13	139.94
TOZANDOEXIT	34 45.86	139 21.86	60.0	979833.78	4.11	137.80
O-1105	34 45.55	139 21.79	55.3	979834.46	3.89	137.68
KINKOUJI	34 45.04	139 21.65	39.0	979837.45	3.62	137.64
KOSHIMIZU-1	34 45.31	139 21.94	72.1	979832.37	4.06	139.69
HOCHIMATSU-1	34 45.46	139 22.07	96.5	979827.66	4.31	140.24
HOCHIMATSU-2	34 45.64	139 22.30	141.9	979818.77	4.68	141.15
KAZEMACHI-1	34 46.18	139 22.20	71.0	979835.65	4.21	141.67
KAZEMACHI-2	34 46.11	139 22.31	96.0	979829.04	4.51	140.79
KAZEMACHI-3	34 46.40	139 22.35	93.2	979828.18	4.51	138.93
KITANOYAMA-1	34 46.23	139 22.54	123.8	979823.85	4.58	141.43
MOTOMACHI-1	34 46.12	139 22.75	146.9	979820.56	4.80	143.45
MOTOMACHI-2	34 46.00	139 22.86	174.6	979814.96	5.10	144.24
KITANOYAMA-2	34 46.34	139 22.71	125.7	979824.72	4.75	142.72
SAWADATE	34 46.32	139 22.99	142.4	979822.66	5.07	144.59
HIKOJO-ENT	34 46.53	139 22.10	54.6	979837.38	4.06	139.26

Table 1 (Continued)

Site	Latitude (deg min)	Longitude (deg min)	Altitude (m)	G (mgal)	TC (mgal)	DG (mgal)
KUROSHIO-1	34 46.52	139 24.02	187.3	979812.40	6.97	145.51
KUROSHIO-2	34 46.23	139 24.03	214.5	979809.09	6.53	148.00
KUROSHIO-3	34 46.04	139 24.06	251.2	979800.65	6.65	147.77
KUROSHIO-4	34 45.96	139 24.44	271.9	979795.89	7.26	148.16
KUROSHIO-5	34 46.01	139 24.83	250.4	979799.68	7.87	147.89
KUROSHIO-6	34 46.33	139 24.81	229.5	979801.66	8.96	146.04
KUROSHIO-7	34 46.28	139 24.36	222.5	979805.95	7.28	147.24
KUROSHIO-8	34 46.54	139 24.29	195.9	979808.98	8.07	145.01
SUKETA	34 46.48	139 23.67	183.3	979814.83	6.24	146.44
SAWADATE-2	34 46.34	139 23.24	158.8	979819.64	5.39	145.35
OKADA-GRND	34 46.55	139 23.19	121.7	979827.52	5.22	144.84
No. 46	34 45.48	139 22.76	228.2	979800.28	5.81	142.44
No. 47	34 45.38	139 22.71	225.8	979799.79	5.62	141.39
No. 48 (OK-4)	34 45.05	139 23.54	457.9	979747.93	8.56	142.48
No. 49	34 44.85	139 23.22	457.8	979744.49	8.31	139.05
No. 50	34 46.27	139 23.74	202.9	979811.72	6.11	147.67
No. 51	34 46.05	139 23.92	242.6	979802.72	6.42	147.75
10231	34 43.63	139 21.44	13.5	979841.30	3.46	137.88
0-1009	34 41.97	139 22.57	68.8	979820.59	4.68	132.54
10228	34 41.81	139 22.88	57.7	979822.80	4.21	132.15
10227	34 41.30	139 23.56	30.5	979827.27	3.21	130.53
10226	34 40.89	139 24.43	30.0	979828.06	3.22	131.79
10225	34 40.78	139 25.46	33.7	979831.53	4.23	137.23
0-1012	34 41.18	139 26.58	57.0	979834.74	4.64	145.26
0-1013	34 41.88	139 26.81	28.0	979845.96	6.68	151.33
No. 61	34 46.66	139 22.45	71.9	979835.32	4.37	141.01
No. 62	34 46.75	139 22.23	54.7	979837.98	4.19	139.69
KUKO-HIGASHI	34 46.82	139 22.00	41.7	979839.60	4.07	138.30
No. 64	34 46.89	139 22.50	60.3	979838.62	4.47	141.61
No. 65	34 46.93	139 22.26	46.2	979840.30	4.27	140.01
MILK-CENTER	34 47.10	139 22.00	34.4	979841.02	4.23	137.94
No. 67	34 47.35	139 22.23	43.7	979838.73	4.88	137.93
No. 68	34 47.54	139 22.33	24.9	979841.72	5.34	137.10

Table 1 (Continued)

Site	Latitude (deg min)	Longitude (deg min)	Altitude (m)	G (mgal)	TC (mgal)	DG (mgal)
No. 69	34 47.54	139 22.11	27.3	979839.79	5.06	135.41
No. 70	34 47.59	139 21.89	7.6	979843.58	6.44	136.29
No. 71	34 47.42	139 21.98	19.6	979841.60	4.66	135.36
No. 72	34 47.37	139 21.73	18.6	979841.64	4.53	135.11
No. 73	34 47.25	139 21.55	6.1	979844.06	4.16	134.66
No. 74	34 46.99	139 21.41	13.8	979842.79	3.97	135.21
No. 75	34 46.84	139 21.32	6.2	979844.34	3.79	135.18
No. 76	34 46.70	139 21.48	19.0	979842.76	3.73	136.46
No. 77	34 46.58	139 21.75	35.1	979840.27	3.81	137.66
No. 78	34 46.91	139 21.65	25.7	979841.87	3.93	136.89
No. 79	34 47.13	139 21.75	22.8	979842.24	4.11	136.53
No. 80	34 47.20	139 22.45	51.5	979839.22	4.69	140.11
No. 81	34 47.21	139 22.76	61.5	979837.21	5.14	140.67
No. 82	34 46.97	139 22.77	68.6	979837.88	4.78	142.83
NAGANEHAMA	34 45.10	139 21.35	15.5	979841.20	3.32	135.99
NAKANOHARA	34 45.37	139 21.19	6.5	979842.91	3.29	135.37
IZUMI-1	34 45.73	139 21.18	5.9	979842.63	3.37	134.55
IZUMI-2	34 45.90	139 21.31	5.8	979843.34	3.44	135.06
AKAHAGE	34 46.30	139 21.19	22.8	979838.57	4.17	134.09
JINOOKASAWA	34 46.55	139 21.17	5.2	979842.66	3.66	133.55
No. 89	34 46.47	139 21.46	24.4	979841.09	3.66	136.19
ROJINHOMEUE	34 46.20	139 21.37	27.4	979839.07	3.61	135.13
No. 91	34 46.37	139 21.64	38.5	979839.32	3.71	137.64
No. 92	34 46.19	139 21.60	40.5	979838.21	3.67	137.17
ATAGOYAMA	34 46.09	139 21.91	81.7	979834.60	4.97	143.80
No. 94	34 45.73	139 21.52	17.0	979841.71	3.52	136.14
No. 95	34 45.91	139 21.46	11.7	979842.77	3.50	135.81
No. 96	34 45.41	139 21.48	34.3	979838.12	3.54	136.71
TSUBAKIEN	34 44.50	139 21.96	65.5	979831.41	4.41	138.82
TAISHODANCHI	34 44.26	139 21.67	38.1	979836.36	4.06	137.92
No. 99	34 44.25	139 21.89	78.9	979827.51	4.48	138.21
No. 100	34 44.03	139 21.72	39.0	979836.99	4.30	139.29
NOMASHIRINDO	34 43.61	139 21.87	97.9	979822.61	4.61	138.39

Table 1 (Continued)

Site	Latitude (deg min)	Longitude (deg min)	Altitude (m)	G (mgal)	TC (mgal)	DG (mgal)
MOTOMACHI-R1	34 43.82	139 21.98	121.5	979817.47	4.98	138.36
MOTOMACHI-R2	34 43.86	139 22.16	149.4	979811.88	5.99	139.67
NOMASHI-R	34 43.41	139 21.99	127.5	979815.73	5.16	138.66
No. 105	34 43.31	139 21.47	36.6	979834.52	3.56	136.60
YAKUBA-MAE	34 44.80	139 21.54	30.6	979838.76	3.52	137.41
MABUSHI-BS	34 41.48	139 23.46	25.1	979830.51	3.60	132.75
No. 108	34 41.55	139 23.67	44.2	979827.32	4.05	134.00
No. 109	34 41.09	139 23.74	20.2	979828.18	3.08	129.41
No. 110	34 40.93	139 24.14	27.9	979827.48	3.11	130.59
No. 111	34 40.76	139 24.60	23.6	979829.22	3.25	131.81
No. 112	34 40.72	139 24.81	22.4	979830.36	3.36	132.86
SAKICHICHUO	34 40.73	139 25.19	20.8	979833.05	3.46	135.28
No. 114	34 40.83	139 25.74	25.9	979835.85	3.71	139.27
No. 115	34 40.54	139 26.32	19.6	979835.40	3.98	138.17
No. 116	34 40.70	139 26.53	24.6	979836.30	4.38	140.31
No. 117	34 41.04	139 26.81	48.5	979834.40	6.48	145.13
No. 118	34 41.36	139 26.85	36.1	979841.44	4.94	147.54
No. 119	34 44.74	139 22.18	94.2	979826.05	4.84	139.67
No. 120	34 43.31	139 21.75	83.5	979823.86	3.97	136.35
No. 121	34 41.34	139 23.84	40.8	979827.21	3.50	132.90
No. 122	34 41.25	139 24.08	39.2	979827.79	3.48	133.24
No. 123	34 41.49	139 24.02	60.5	979824.80	4.15	135.13
No. 124	34 41.41	139 24.25	56.8	979825.98	4.11	135.61
No. 125	34 41.36	139 24.55	70.3	979823.84	4.10	136.40
No. 126	34 41.22	139 24.68	57.9	979825.69	3.94	135.64
No. 127	34 41.14	139 24.41	49.9	979826.06	3.46	133.93
No. 128	34 40.96	139 24.56	41.8	979827.05	3.32	133.30
No. 129	34 41.01	139 25.33	57.4	979828.04	3.81	138.05
No. 130	34 40.96	139 25.09	46.0	979829.00	3.63	136.45
No. 131	34 40.94	139 24.86	42.0	979828.44	3.48	134.93
No. 132	34 41.46	139 24.84	97.8	979820.33	5.00	139.51
No. 133	34 41.50	139 25.41	151.8	979811.10	4.78	141.54
No. 134	34 41.22	139 25.75	97.0	979823.36	4.45	142.15

Table 1 (Continued)

Site	Latitude (deg min)	Longitude (deg min)	Altitude (m)	G (mgal)	TC (mgal)	DG (mgal)
No. 135	34 41.17	139 26.09	78.5	979827.79	4.55	142.80
No. 136	34 41.03	139 25.91	71.3	979827.70	4.21	141.03
10222	34 41.61	139 26.54	87.5	979829.62	7.95	149.35
No. 138	34 41.42	139 26.41	119.4	979819.52	6.68	145.07
10221	34 41.65	139 26.21	194.1	979802.79	6.33	143.61
0-1114	34 42.50	139 26.21	369.5	979765.68	9.26	145.67
0-1114-1	34 43.02	139 26.24	356.7	979773.14	8.66	149.06
No. 142	34 43.06	139 25.87	403.3	979762.86	7.92	147.91
No. 143	34 42.97	139 25.60	436.5	979754.54	7.85	146.75
No. 144	34 42.77	139 25.02	565.3	979720.57	9.73	142.44
0-1115	34 43.22	139 26.29	341.3	979776.59	9.07	149.34
10217	34 44.24	139 26.25	348.6	979773.07	11.19	148.06
10216	34 45.03	139 26.00	285.7	979787.23	10.67	147.15
10215	34 45.76	139 25.85	175.4	979809.92	11.25	145.86
10214	34 45.59	139 26.21	78.6	979832.33	10.81	147.39
10213	34 46.49	139 25.58	49.3	979840.55	11.54	148.82
10212	34 46.93	139 24.86	24.6	979847.50	9.55	147.90
10211	34 46.99	139 24.25	68.2	979837.91	10.39	148.35
No. 153	34 43.12	139 21.46	49.5	979830.34	3.35	135.23
No. 154	34 42.58	139 21.80	121.5	979810.39	5.14	133.19
No. 155	34 42.69	139 22.11	157.2	979805.78	4.01	134.93
No. 156	34 42.92	139 21.99	140.1	979810.90	3.98	136.04
No. 157	34 43.04	139 22.40	217.3	979795.08	5.41	137.96
No. 158	34 42.72	139 22.54	206.9	979796.29	4.82	136.80
No. 159	34 42.32	139 22.65	158.7	979804.32	4.35	134.64
No. 160	34 42.23	139 23.00	176.3	979801.00	5.03	135.89
No. 161	34 42.12	139 23.24	171.3	979802.13	5.27	136.35
No. 162	34 42.08	139 23.51	203.1	979794.89	6.02	136.70
No. 163	34 42.22	139 23.71	286.4	979777.42	6.61	137.41
No. 164	34 42.32	139 23.90	334.7	979767.46	8.19	139.20
No. 165	34 42.37	139 24.11	373.2	979758.97	8.14	138.81
No. 166	34 42.40	139 24.39	409.5	979753.11	8.23	140.75
No. 167	34 42.32	139 24.71	433.4	979746.67	8.78	140.06

Table 1 (Continued)

Site	Latitude (deg min)	Longitude (deg min)	Altitude (m)	G (mgal)	TC (mgal)	DG (mgal)
No. 168	34 42.28	139 25.07	422.8	979750.64	9.68	142.73
No. 169	34 42.27	139 25.30	421.8	979750.79	9.05	142.06
No. 170	34 42.43	139 25.46	413.9	979757.00	7.94	145.24
No. 171	34 42.64	139 25.56	403.5	979761.64	7.63	147.04
No. 172	34 42.48	139 25.79	375.0	979767.61	7.45	146.98
No. 173	34 42.28	139 25.75	378.3	979762.33	7.98	143.23
No. 174	34 42.65	139 26.21	345.2	979773.54	8.17	147.04
No. 175	34 42.10	139 26.35	281.3	979785.46	9.04	146.96
No. 176	34 41.65	139 25.74	204.9	979800.76	5.51	143.05
No. 177	34 41.79	139 25.74	217.7	979798.58	5.59	143.49
No. 178	34 41.93	139 22.04	23.2	979830.48	3.02	131.09
No. 179	34 42.03	139 21.81	26.3	979828.77	3.04	129.93
No. 180	34 42.08	139 22.30	85.1	979818.04	3.63	132.28
No. 181	34 42.34	139 22.31	127.1	979810.37	3.80	133.37
No. 182	34 44.59	139 23.22	514.8	979730.93	8.77	138.50
No. 183	34 45.36	139 24.38	393.1	979767.03	7.69	146.43
No. 184	34 45.40	139 24.76	357.7	979774.51	7.99	146.60
No. 186	34 45.47	139 25.19	307.5	979783.37	8.64	145.30
No. 187	34 45.61	139 25.52	273.7	979788.65	9.89	144.42
No. 188	34 45.53	139 25.99	212.7	979799.48	12.39	144.83
No. 189	34 44.50	139 26.40	350.9	979768.18	14.19	146.30
No. 190	34 44.15	139 26.51	256.9	979793.06	11.99	149.40
No. 191	34 44.27	139 26.82	77.8	979833.92	10.82	150.69
No. 192	34 44.45	139 26.91	42.8	979841.81	11.04	151.07
No. 193	34 43.78	139 26.31	343.3	979774.56	10.45	148.32
No. 194	34 42.02	139 25.74	260.3	979790.76	6.59	145.43
No. 195	34 41.81	139 25.56	220.4	979797.75	5.62	143.23
No. 196	34 42.00	139 25.45	262.1	979788.94	6.57	144.01
No. 197	34 43.78	139 22.90	534.0	979725.40	9.49	138.93
No. 198	34 43.38	139 23.26	549.8	979723.30	8.53	139.81
No. 199	34 43.37	139 23.35	562.6	979720.33	8.82	139.87
No. 200	34 43.26	139 23.21	547.4	979720.12	8.98	136.75
No. 201	34 43.28	139 23.30	552.4	979720.58	8.82	138.06

Table 1 (Continued)

Site	Latitude (deg min)	Longitude (deg min)	Altitude (m)	G (mgal)	TC (mgal)	DG (mgal)
No. 202	34 43.31	139 23.41	570.7	979716.94	9.56	139.02
No. 203	34 43.17	139 23.34	562.7	979715.23	9.47	135.73
No. 204	34 43.21	139 23.45	578.0	979713.19	9.80	137.21
No. 205	34 43.11	139 23.51	601.8	979704.79	10.40	134.64
No. 206	34 43.02	139 23.72	611.3	979706.07	10.18	137.87
No. 207	34 43.08	139 23.73	610.6	979707.68	10.16	139.22
No. 208	34 42.97	139 23.84	618.0	979705.25	10.02	138.38
No. 209	34 43.04	139 23.84	618.1	979707.21	9.71	139.95
No. 210	34 43.10	139 23.84	623.3	979706.34	10.10	140.49
No. 211	34 42.95	139 23.98	621.5	979705.85	9.78	139.52
No. 212	34 43.02	139 23.98	625.2	979706.93	9.56	141.06
No. 213	34 43.09	139 23.97	630.7	979706.24	9.62	141.51
No. 214	34 42.92	139 24.13	625.3	979705.72	9.77	140.22
No. 215	34 43.02	139 24.09	626.2	979708.04	9.39	142.22
No. 216	34 43.11	139 24.05	634.1	979706.71	9.47	142.54
No. 217	34 42.99	139 24.27	630.1	979707.45	9.51	142.62
No. 218	34 43.10	139 24.21	629.5	979709.42	9.16	143.96
No. 219	34 43.17	139 24.17	634.6	979708.06	9.30	143.72
No. 220	34 43.09	139 24.40	630.0	979709.06	9.28	143.85
No. 221	34 43.17	139 24.32	631.2	979709.68	9.07	144.41
No. 222	34 43.23	139 24.24	633.3	979708.67	9.20	143.87
No. 223	34 43.14	139 24.54	627.3	979708.60	9.31	142.75
No. 224	34 43.23	139 24.43	626.7	979710.64	8.98	144.23
No. 225	34 43.28	139 24.37	628.9	979709.82	8.98	143.79
No. 226	34 43.26	139 24.59	626.8	979707.86	9.32	141.75
No. 227	34 43.33	139 24.48	626.1	979709.87	9.00	143.21
No. 228	34 43.37	139 24.37	632.2	979708.51	9.11	143.19
No. 229	34 43.46	139 24.50	622.4	979709.69	9.19	142.23
No. 230	34 43.47	139 24.39	627.5	979708.94	9.15	142.52
No. 231	34 43.57	139 24.40	618.6	979710.38	9.23	141.99
No. 232	34 43.60	139 24.50	599.6	979715.13	8.93	142.35
No. 233	34 43.71	139 24.53	576.4	979720.78	8.46	142.43
No. 234	34 43.70	139 24.46	581.2	979719.90	8.58	142.71

Table 1 (Continued)

Site	Latitude (deg min)	Longitude (deg min)	Altitude (m)	G (mgal)	TC (mgal)	DG (mgal)
No. 235	34 43.68	139 24.36	595.8	979716.15	9.03	142.56
No. 236	34 43.77	139 24.24	565.9	979724.93	8.12	143.91
No. 237	34 43.78	139 24.41	561.4	979725.67	8.10	143.65
No. 238	34 43.81	139 24.50	559.0	979725.91	8.26	143.51
No. 239	34 43.92	139 24.54	540.2	979730.54	8.33	144.03
No. 240	34 43.96	139 24.71	500.2	979741.13	7.49	145.18
No. 241	34 44.00	139 24.87	468.6	979749.64	7.31	146.71
No. 242	34 44.04	139 25.03	447.7	979754.95	7.22	147.40
No. 243	34 44.06	139 25.16	441.5	979756.75	7.29	147.93
No. 244	34 43.81	139 24.60	555.6	979726.03	8.61	143.25
No. 245	34 43.86	139 24.78	492.6	979742.56	7.57	145.20
No. 246	34 43.91	139 24.93	458.6	979751.44	7.30	146.49
No. 247	34 43.95	139 25.08	443.6	979755.52	7.19	147.21
No. 248	34 44.00	139 25.24	434.0	979758.48	7.31	148.16
No. 249	34 43.72	139 24.65	568.9	979721.86	8.93	142.36
No. 250	34 43.74	139 24.82	508.8	979737.95	8.00	144.66
No. 251	34 43.76	139 24.97	475.6	979746.31	7.63	145.53
No. 252	34 43.79	139 25.14	444.3	979754.37	7.30	146.54
No. 253	34 43.82	139 25.31	425.3	979759.40	7.26	147.44
No. 254	34 43.55	139 24.73	591.6	979714.60	9.61	140.88
No. 255	34 43.58	139 24.91	517.3	979734.39	8.26	143.39
No. 256	34 43.61	139 25.07	472.3	979746.07	7.64	144.81
No. 257	34 43.64	139 25.23	444.4	979753.75	7.37	146.21
No. 258	34 43.67	139 25.38	431.7	979756.88	7.36	146.59
No. 259	34 43.70	139 25.55	430.1	979756.97	7.84	146.77
No. 260	34 43.44	139 24.76	594.6	979713.55	9.60	140.60
No. 261	34 43.45	139 24.92	528.5	979730.80	8.50	142.62
No. 262	34 43.46	139 25.08	481.6	979742.90	7.78	143.99
No. 263	34 43.47	139 25.25	457.4	979749.51	7.49	145.11
No. 264	34 43.48	139 25.41	440.7	979753.91	7.49	145.95
No. 265	34 43.32	139 24.78	588.1	979714.85	9.46	140.54
No. 266	34 43.33	139 24.95	523.7	979731.84	8.38	142.69
No. 267	34 43.33	139 25.10	490.0	979740.00	7.86	143.13

Table 1 (Continued)

Site	Latitude (deg min)	Longitude (deg min)	Altitude (m)	G (mgal)	TC (mgal)	DG (mgal)
No. 268	34 43.34	139 25.28	478.7	979742.93	7.95	143.72
No. 269	34 43.20	139 25.04	542.1	979726.38	9.08	142.04
No. 270	34 43.14	139 24.87	585.4	979715.87	9.64	141.43
No. 271	34 43.52	139 25.64	411.2	979761.32	7.64	147.15
No. 272	34 43.49	139 25.80	393.1	979766.15	7.81	148.32
No. 273	34 43.68	139 25.72	395.8	979765.91	8.04	148.62
No. 274	34 43.72	139 26.02	364.9	979773.04	8.65	149.71
No. 275	34 43.85	139 25.53	411.0	979762.79	7.71	148.19
No. 276	34 44.10	139 25.41	438.5	979757.28	7.79	148.26
No. 277	34 44.25	139 24.36	495.8	979745.43	7.09	147.75
No. 278	34 44.08	139 24.22	527.1	979736.49	7.38	146.01
No. 279	34 43.92	139 24.11	571.2	979725.41	8.11	145.29
No. 280	34 43.87	139 24.07	592.8	979719.69	8.61	144.76
No. 281	34 44.39	139 24.31	491.5	979747.98	7.05	149.13
No. 282	34 44.28	139 24.21	507.4	979742.74	7.19	147.58
No. 283	34 44.16	139 24.11	523.1	979738.35	7.32	146.85
No. 284	34 44.07	139 24.02	549.0	979731.74	7.73	146.30
No. 285	34 43.97	139 23.94	592.6	979719.84	8.55	144.68
No. 286	34 44.25	139 24.03	523.0	979739.29	7.29	147.61
No. 287	34 44.16	139 23.96	550.3	979731.65	7.80	146.44
No. 288	34 44.31	139 23.91	516.0	979741.98	7.17	148.61
No. 289	34 44.41	139 24.02	504.4	979745.44	7.07	149.35
No. 290	34 44.34	139 24.13	505.5	979744.40	7.09	148.65
No. 291	34 46.71	139 22.96	96.9	979832.51	4.90	144.01
No. 292	34 46.92	139 23.14	97.3	979834.40	5.74	146.53
No. 293	34 46.77	139 23.37	104.4	979831.75	5.53	145.38
No. 294	34 47.04	139 23.85	77.4	979834.86	8.87	145.69
No. 295	34 47.02	139 24.57	25.1	979846.61	10.46	147.91
No. 296	34 43.92	139 22.98	530.9	979727.19	8.78	139.14
No. 297	34 43.85	139 23.11	536.3	979730.34	8.06	142.83
No. 298	34 43.75	139 23.26	538.3	979731.79	7.81	144.58
No. 299	34 43.63	139 23.45	563.6	979724.51	8.85	143.93
No. 300	34 43.65	139 23.30	542.1	979730.15	8.03	144.12

Table 1 (Continued)

Site	Latitude (deg min)	Longitude (deg min)	Altitude (m)	G (mgal)	TC (mgal)	DG (mgal)
No. 301	34 43.69	139 23.18	542.8	979729.17	8.00	143.20
No. 302	34 43.74	139 23.06	537.6	979728.16	8.30	141.30
No. 303	34 43.52	139 23.05	539.4	979723.58	8.71	137.86
No. 304	34 43.51	139 23.20	545.7	979726.08	8.23	141.22
No. 305	34 43.50	139 23.34	555.7	979724.63	8.61	142.30
No. 306	34 43.54	139 23.48	588.4	979716.38	10.06	142.43
No. 307	34 43.56	139 23.35	556.2	979725.55	8.39	143.03
No. 308	34 43.58	139 23.25	544.4	979728.33	8.06	142.91
No. 309	34 43.64	139 23.11	540.0	979727.75	8.21	141.49
No. 310	34 43.68	139 22.97	537.4	979724.64	8.84	138.38
No. 311 (OK-1)	34 44.05	139 23.12	531.6	979731.07	8.10	142.31
No. 312	34 44.12	139 23.22	530.9	979732.80	7.87	143.57
No. 313	34 44.17	139 23.30	528.6	979734.59	7.67	144.59
No. 314	34 44.23	139 23.41	525.9	979736.75	7.54	145.97
No. 315	34 44.16	139 23.45	527.3	979736.97	7.49	146.53
No. 316	34 44.11	139 23.37	529.6	979735.67	7.54	145.84
No. 317	34 44.03	139 23.30	535.1	979733.42	7.67	145.01
No. 318	34 43.96	139 23.21	533.6	979732.72	7.78	144.19
No. 319	34 43.99	139 23.43	555.6	979729.28	7.87	145.50
No. 320	34 44.06	139 23.48	555.2	979729.65	7.84	145.67
No. 321	34 44.15	139 23.51	539.0	979734.43	7.51	146.52
No. 322	34 44.05	139 23.61	563.6	979728.11	7.92	146.01
No. 323	34 43.94	139 23.54	571.1	979725.91	7.97	145.61
No. 324	34 43.88	139 23.44	557.7	979728.31	8.01	145.27
No. 325	34 43.81	139 23.32	539.0	979732.31	7.72	145.09
No. 326	34 43.75	139 23.43	552.0	979729.06	8.06	145.03
No. 327	34 43.79	139 23.54	575.1	979723.52	8.19	144.49
No. 328	34 43.85	139 23.62	583.5	979722.37	8.18	145.06
No. 329	34 43.91	139 23.72	601.4	979717.61	8.63	144.47
No. 330	34 43.84	139 23.80	600.9	979717.76	8.41	144.40
No. 331	34 43.79	139 23.86	607.2	979715.38	8.81	143.84
No. 332	34 43.80	139 23.71	596.3	979718.53	8.46	144.29
No. 333	34 43.72	139 23.57	583.3	979720.31	9.00	143.95

Table 1 (Continued)

Site	Latitude (deg min)	Longitude (deg min)	Altitude (m)	G (mgal)	TC (mgal)	DG (mgal)
No. 334	34 44. 63	139 24. 51	480. 0	979751. 50	7. 44	150. 26
No. 335	34 44. 57	139 24. 42	482. 5	979750. 66	7. 21	149. 78
No. 336	34 44. 48	139 24. 44	486. 2	979749. 56	7. 29	149. 68
No. 337	34 44. 41	139 24. 52	482. 0	979750. 17	7. 14	149. 36
No. 338	34 44. 48	139 24. 71	479. 4	979750. 91	7. 71	150. 00
No. 339	34 44. 58	139 24. 58	474. 3	979752. 83	7. 33	150. 32
No. 340	34 44. 68	139 24. 66	470. 7	979753. 64	7. 57	150. 46
No. 341	34 44. 59	139 24. 83	459. 9	979755. 33	7. 65	150. 06
No. 342	34 44. 72	139 24. 97	449. 7	979757. 23	7. 98	149. 92
No. 343	34 44. 99	139 22. 27	119. 7	979821. 85	4. 87	140. 60
No. 344	34 45. 02	139 22. 54	168. 5	979810. 28	5. 90	140. 44
No. 345	34 46. 28	139 25. 82	33. 9	979843. 09	11. 43	148. 28
No. 346	34 46. 01	139 26. 11	61. 5	979835. 33	13. 03	148. 38
No. 347	34 45. 82	139 26. 19	69. 3	979834. 06	11. 79	147. 80
No. 348	34 45. 05	139 26. 40	152. 2	979815. 27	12. 19	148. 20
No. 349	34 45. 27	139 25. 95	251. 3	979793. 54	11. 04	146. 15
No. 350	34 45. 72	139 24. 92	274. 1	979793. 24	7. 81	146. 85
No. 351	34 46. 10	139 25. 14	222. 9	979803. 50	9. 17	147. 02
No. 352	34 46. 23	139 25. 38	201. 2	979804. 66	12. 75	146. 93
No. 353	34 46. 44	139 25. 37	102. 5	979828. 37	11. 34	147. 87
No. 354	34 44. 61	139 26. 80	15. 3	979847. 45	11. 47	151. 05
No. 355	34 43. 96	139 26. 85	22. 6	979847. 74	10. 59	152. 92
No. 356	34 43. 50	139 26. 87	43. 4	979841. 09	12. 30	153. 07
No. 357	34 44. 91	139 26. 65	5. 4	979847. 66	11. 62	148. 87
No. 358	34 45. 30	139 26. 58	7. 2	979847. 99	11. 16	148. 57
No. 359	34 45. 64	139 26. 45	14. 8	979844. 90	13. 46	148. 92
No. 360	34 46. 68	139 24. 77	132. 1	979822. 55	10. 01	146. 70
No. 361	34 46. 58	139 24. 57	153. 8	979819. 72	8. 18	146. 83
No. 362	34 42. 17	139 26. 81	0. 6	979850. 81	9. 34	152. 58
No. 363	34 42. 73	139 27. 14	8. 1	979851. 50	8. 34	153. 09
No. 364	34 42. 98	139 27. 11	1. 7	979853. 20	8. 77	153. 49
No. 365	34 42. 89	139 27. 11	3. 4	979852. 99	8. 88	153. 89
No. 366	34 44. 45	139 22. 44	183. 8	979806. 64	6. 87	141. 83

Table 1 (Continued)

Site	Latitude (deg min)	Longitude (deg min)	Altitude (m)	G (mgal)	TC (mgal)	DG (mgal)
No. 367	34 44.42	139 22.68	289.3	979782.73	8.87	142.49
No. 368	34 44.61	139 22.92	425.9	979749.03	9.29	138.12
No. 369	34 44.27	139 22.96	462.8	979741.63	11.15	140.92
No. 370	34 44.67	139 23.29	495.8	979737.26	8.23	140.12
No. 371	34 45.53	139 25.43	288.3	979786.54	9.12	144.76
No. 372	34 45.67	139 25.82	229.0	979797.52	11.71	145.49
No. 373	34 45.95	139 24.95	249.4	979799.41	8.05	147.67
No. 374	34 46.19	139 24.63	240.9	979801.69	7.78	147.54
No. 375	34 46.13	139 24.20	248.7	979801.37	6.99	148.17
No. 376	34 45.90	139 24.15	271.9	979795.58	6.77	147.45
No. 377	34 45.87	139 24.32	286.2	979792.60	7.09	147.88
No. 378	34 43.02	139 23.31	470.0	979737.77	9.06	138.27
No. 379	34 42.89	139 23.28	417.3	979750.53	7.82	138.72
No. 380	34 42.75	139 23.26	353.8	979765.64	7.25	139.91
No. 381	34 42.60	139 23.23	301.3	979777.06	6.50	139.58
No. 382	34 43.93	139 25.72	392.3	979767.70	8.41	149.66
No. 384	34 44.11	139 25.60	418.2	979761.51	8.06	148.42
No. 385	34 44.16	139 25.86	409.7	979761.79	9.34	148.09
No. 386	34 44.05	139 25.75	410.2	979762.75	8.40	148.38
No. 387	34 44.43	139 25.55	407.3	979763.83	8.36	148.25
No. 388	34 44.50	139 25.73	379.2	979769.97	8.57	148.50
No. 389	34 44.56	139 25.90	368.9	979771.20	9.31	148.19
No. 390	34 44.36	139 24.90	465.6	979754.15	7.40	150.16
No. 391	34 44.49	139 25.03	451.9	979756.43	7.63	149.57
No. 392	34 44.61	139 25.17	437.0	979756.35	8.05	146.55
No. 393	34 44.73	139 25.48	392.8	979766.56	8.40	147.52
No. 394	34 44.81	139 25.65	366.2	979771.06	8.95	146.77
No. 395	34 44.90	139 25.80	347.1	979774.31	9.59	146.46
No. 396	34 44.31	139 22.48	220.4	979797.23	8.43	141.99
No. 397	34 44.10	139 22.40	201.9	979798.95	8.16	139.79
No. 398	34 43.91	139 22.31	203.9	979799.22	6.72	139.32
No. 399	34 44.62	139 24.23	483.8	979750.88	7.14	150.15
No. 400	34 44.78	139 24.18	479.1	979752.07	7.30	150.27

Table 1 (Continued)

Site	Latitude (deg min)	Longitude (deg min)	Altitude (m)	G (mgal)	TC (mgal)	DG (mgal)
0-1123	34 44.94	139 24.21	475.4	979751.00	7.70	148.58
No. 402	34 43.18	139 23.58	620.0	979701.91	11.05	136.20
No. 403	34 43.06	139 24.74	642.3	979700.65	10.74	139.55
No. 405	34 42.82	139 24.79	609.8	979708.93	10.01	140.52
No. 404	34 42.73	139 24.91	601.0	979711.05	10.33	141.21
No. 406	34 44.28	139 23.79	531.8	979737.72	7.31	147.88
No. 407	34 44.23	139 23.61	532.8	979736.78	7.35	147.28
No. 408	34 44.29	139 23.48	532.6	979735.31	7.51	145.83
No. 409	34 44.37	139 23.68	532.8	979736.54	7.41	146.89
No. 410	34 44.42	139 23.82	528.8	979738.36	7.51	147.88
No. 411	34 43.53	139 23.65	684.1	979692.69	11.02	140.13
No. 412	34 43.42	139 23.61	683.3	979690.17	11.30	137.89
No. 413	34 43.32	139 23.66	714.3	979679.67	13.41	136.26
I16	34 44.05	139 23.73	564.8	979728.12	7.83	146.17
I20	34 44.11	139 23.84	567.1	979727.65	8.16	146.44
MOTOMACHI-PS	34 44.78	139 21.85	58.0	979833.45	3.98	138.43
MOTOMACHI-SS	34 44.75	139 21.87	58.0	979833.20	4.06	138.30
10210	34 46.82	139 23.70	80.2	979837.22	6.53	146.63
10218	34 43.49	139 26.24	341.8	979777.34	9.28	150.03
10219	34 42.91	139 26.22	337.6	979777.82	8.33	149.48
10220	34 42.33	139 26.38	321.8	979776.22	9.32	146.32
10223	34 41.50	139 27.04	20.5	979845.94	5.59	149.15
10224	34 40.99	139 26.32	69.4	979827.49	6.50	142.77
10229	34 42.32	139 22.11	97.5	979816.54	3.61	133.05
10230	34 42.87	139 21.62	89.3	979820.04	3.58	134.01
10233	34 45.26	139 21.66	40.8	979837.22	3.69	137.56
10234	34 46.24	139 21.97	55.5	979837.66	3.91	139.98
10235	34 46.66	139 22.69	84.0	979834.01	4.60	142.52
10329	34 44.49	139 22.29	127.4	979818.82	5.73	140.78
0-1001	34 43.91	139 23.31	537.6	979732.91	7.87	145.40
0-1002	34 44.04	139 22.96	556.8	979717.97	10.21	136.72
0-1003	34 45.27	139 23.77	440.3	979753.54	8.14	143.60
0-1004	34 45.42	139 23.18	299.7	979784.81	6.61	143.13

Table 1 (Continued)

Site	Latitude (deg min)	Longitude (deg min)	Altitude (m)	G (mgal)	TC (mgal)	DG (mgal)
0-1005	34 45.85	139 22.60	169.8	979813.61	4.97	141.93
0-1006	34 44.57	139 21.63	32.1	979838.14	3.71	137.63
0-1007	34 43.84	139 21.60	16.8	979840.98	4.01	138.53
0-1010	34 41.04	139 23.92	24.9	979827.66	3.18	130.04
0-1014	34 45.37	139 26.25	113.3	979824.33	11.10	147.40
0-1015	34 46.77	139 25.13	17.6	979848.82	10.10	148.48
0-1101	34 44.52	139 23.44	561.1	979722.77	8.83	140.38
0-1113	34 41.86	139 26.12	207.8	979802.06	6.25	145.41
0-1116	34 44.06	139 26.28	344.2	979773.89	10.54	147.57
0-1117	34 44.79	139 26.10	322.5	979779.42	10.86	147.74
0-1122	34 44.51	139 24.29	487.7	979749.56	7.10	149.77
0-1122-1	34 44.20	139 24.30	506.2	979742.33	7.15	146.98
OKATA-TG	34 47.16	139 23.67	2.9	979854.52	6.09	146.50
ONSEN-HOTEL	34 45.02	139 24.37	498.6	979741.90	10.25	146.88
MK	34 43.66	139 23.72	671.3	979696.34	10.85	140.71
FK-103	34 42.96	139 25.24	495.0	979738.47	8.36	143.69
FK-105	34 42.56	139 25.01	625.3	979700.25	12.91	138.42
TSUTSUIISHI	34 44.36	139 25.33	445.7	979755.73	8.23	148.33
MIW	34 43.38	139 23.14	547.0	979721.33	8.81	137.52
HACHINOSHIRI	34 45.43	139 24.98	335.5	979777.92	8.73	145.97

Table 2. Results of gravity surveys along the northern rim of the caldera of Izu-Oshima volcano. For other explanations, see Table 1.

Site	Latitude (deg min)	Longitude (deg min)	Altitude (m)	G (mgal)	TC (mgal)	DG (mgal)
OV0	34 45.05	139 21.95	75.4	979830.21	4.09	138.64
R01	34 44.31	139 23.06	557.8	979717.71	10.69	136.77
R02	34 44.33	139 23.06	558.1	979718.02	10.67	137.09
R03	34 44.35	139 23.08	559.3	979718.25	10.47	137.35
R04	34 44.37	139 23.11	561.5	979718.06	10.25	137.38
R05	34 44.37	139 23.14	560.9	979718.57	9.95	137.47
R06	34 44.38	139 23.17	559.1	979719.61	9.59	137.75
R07	34 44.39	139 23.20	557.9	979720.21	9.35	137.84
R08	34 44.41	139 23.23	556.4	979720.80	9.17	137.91
R09	34 44.42	139 23.25	555.9	979721.32	9.07	138.19
R10	34 44.43	139 23.28	556.2	979721.67	8.98	138.49
R11	34 44.45	139 23.31	557.4	979721.82	8.92	138.83
R12	34 44.46	139 23.34	558.7	979721.82	8.89	139.06
R13	34 44.48	139 23.36	559.3	979721.94	8.87	139.26
R14	34 44.50	139 23.39	561.8	979721.56	8.98	139.48
R15	34 44.51	139 23.42	561.3	979722.18	8.90	139.91
R16	34 44.53	139 23.45	561.1	979722.94	8.84	140.54
R17	34 44.53	139 23.48	560.7	979723.62	8.77	141.06
R18	34 44.52	139 23.51	559.9	979724.36	8.65	141.52
R19	34 44.53	139 23.55	559.8	979724.95	8.59	142.03
R20	34 44.54	139 23.58	561.0	979725.20	8.66	142.60
R21	34 44.55	139 23.61	560.9	979725.68	8.69	143.08
R22	34 44.56	139 23.64	559.7	979726.32	8.64	143.37
R23	34 44.57	139 23.66	558.7	979726.80	8.59	143.58
R24	34 44.58	139 23.70	558.9	979727.09	8.62	143.94
R25	34 44.59	139 23.73	558.8	979727.33	8.70	144.21
R26	34 44.60	139 23.75	556.8	979727.98	8.66	144.38
R27	34 44.62	139 23.78	553.8	979728.77	8.61	144.46
R28	34 44.64	139 23.80	551.0	979729.56	8.64	144.65
R29	34 44.66	139 23.82	549.2	979729.93	8.89	144.85
R30	34 44.68	139 23.84	545.7	979730.68	8.95	144.90
R31	34 44.71	139 23.85	542.7	979731.43	8.62	144.63
R32	34 44.73	139 23.86	542.8	979731.35	8.70	144.63
R33	34 44.76	139 23.88	542.4	979731.07	8.79	144.32
R34	34 44.78	139 23.89	542.9	979730.93	8.91	144.36
R35	34 44.80	139 23.91	542.5	979731.07	8.97	144.45

Table 3. Results of gravity surveys across the B fissure vents formed in the northern part of the caldera in November 1986. For other notes, see Table 1.

Site	Latitude (deg min)	Longitude (deg min)	Altitude (m)	G (mgal)	TC (mgal)	DG (mgal)
0V0	34 45.05	139 21.95	75.4	979830.21	4.09	138.64
I01	34 43.80	139 23.33	539.0	979732.27	7.72	145.06
I02	34 43.83	139 23.37	540.9	979732.12	7.91	145.46
I03	34 43.84	139 23.39	548.5	979730.35	7.89	145.30
I04	34 43.86	139 23.41	553.4	979729.28	7.97	145.32
I05 (No. 324)	34 43.88	139 23.44	557.7	979728.31	8.01	145.27
I06	34 43.89	139 23.46	568.0	979725.89	7.97	144.99
I07	34 43.91	139 23.49	569.4	979725.86	7.98	145.24
I08	34 43.92	139 23.52	569.5	979726.10	7.98	145.50
I09 (No. 323)	34 43.94	139 23.54	571.1	979725.91	7.97	145.61
I10	34 43.95	139 23.57	575.5	979724.76	8.01	145.41
I11	34 43.97	139 23.59	569.5	979726.53	7.94	145.81
I12	34 43.98	139 23.62	571.7	979725.90	7.93	145.62
I13	34 44.00	139 23.64	571.9	979725.84	7.94	145.59
I14	34 44.02	139 23.67	567.6	979727.21	7.87	145.95
I15	34 44.04	139 23.70	565.5	979727.97	7.84	146.20
I16	34 44.05	139 23.73	564.8	979728.12	7.83	146.17
I17	34 44.06	139 23.75	565.9	979727.75	7.87	146.07
I18	34 44.09	139 23.78	560.7	979729.63	7.93	146.87
I19	34 44.09	139 23.81	563.0	979729.05	8.03	146.87
I20	34 44.11	139 23.84	567.1	979727.65	8.16	146.44
I21	34 44.12	139 23.87	567.1	979727.50	8.32	146.42
I23	34 44.16	139 23.91	545.7	979734.32	7.69	148.02
I22	34 44.17	139 23.93	540.6	979732.95	7.58	145.43
I24	34 44.19	139 23.96	535.6	979735.70	7.48	146.99
I25	34 44.21	139 23.98	532.7	979736.54	7.42	147.12
I26	34 44.23	139 24.01	528.7	979737.64	7.38	147.30
I27 (No. 286)	34 44.25	139 24.03	523.0	979739.29	7.29	147.61
I28	34 44.26	139 24.06	516.8	979740.93	7.19	147.81
I29	34 44.28	139 24.08	514.3	979741.59	7.17	147.88
I30	34 44.30	139 24.11	512.9	979741.96	7.21	147.96
I31	34 44.31	139 24.13	509.3	979742.98	7.17	148.17
I32	34 44.33	139 24.16	506.3	979743.79	7.16	148.29
I33	34 44.35	139 24.18	500.4	979745.45	7.06	148.58