



Title	西之島火山における重力異常
Author(s)	大川, 史郎; OHKAWA, Shiro; 横山, 泉 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 36, 83-95
Issue Date	1977-03-29
DOI	<a href="https://doi.org/10.14943/gbhu.36.83">https://doi.org/10.14943/gbhu.36.83</a>
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/14069">https://hdl.handle.net/2115/14069</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	36_p83-95.pdf



## 西之島火山における重力異常

大川 史郎・横山 泉

北海道大学理学部地球物理学教室

(昭和51年12月20日受理)

### Gravity Anomalies on Nishinoshima Volcano

By Shiro OHKAWA and Izumi YOKOYAMA

Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University

(Received December 20, 1976)

In May 1973, a submarine eruption broke out in the old central crater at about 0.5km east of the Nishinoshima Island, and successive eruptions and lava flows formed a new island "Nishinoshima-shinto", and finally the new island was united with the old one in June 1974.

Gravity surveys were carried out twice on Nishinoshima Volcano which is located at about 130 km west of the Ogasawara (Bonin) Islands, first in August 1975 and supplemented in August 1976. Bouguer anomalies on Nishinoshima Volcano are about + 190 mgal : apparently smaller than those on Chichijima and Hahajima which belong to the outer arc at the east of the inner arc volcanic islands such as Torishima and Iwojima. The difference in gravity anomalies between the inner and the outer arc islands seems to reflect the regional variations of the crust and the upper mantle structures. As for the local anomalies on Nishinoshima Volcano, high gravity anomalies are found in the bay embraced by the new and the old islands. From the high gravity anomalies, bodies of denser material are inferred to exist beneath these areas.

In order to deduce the distribution of gravity anomalies before the formation of the new island, gravitational effects of the new island were calculated from the changes in sea-bottom topographies before and after the eruptions. The lava of density 2.40 gr/cc was assumed to take place of the sea water of density 1.03 gr/cc. The calculated results show that the effects of the new island amount to 4.1 mgal near the central crater and the pattern is similar to the old sea-bottom topography. By subtracting these effects from the present gravity anomalies, the distribution of gravity anomalies before the eruptions can be estimated. This procedure is almost equivalent to the estimation of free-air anomalies on the sea before the eruptions. From the distribution of gravity anomalies supposed to be observed before the eruptions, it may be deduced that low anomalies might have existed near the old central crater and the above-mentioned local gravity high in the bay may have existed. Comparing the wondering loci of the eruption center with the distribution of Bouguer anomalies, it may be concluded that the eruption center had wandered along the periphery of the gravity high near the bay, and further that the magma had upwelled from the depth to the earth's surface avoiding the body of high density material corresponding to the gravity high.

## I. はじめに

西之島は、小笠原諸島父島のほぼ西方約 130 km の、北緯 27 度 14.5 分、東経 140 度 53.0 分に位置する火山島である (Fig. 1)。海面上に現われている部分は、火山体頂部の極く一部分であって、全体としては、ほぼ富士山に匹敵する大きな火山である。

1973 年 4 月、西之島 (旧島) 東方約 500 m の海域で海底噴火によるとみられる変色域が発見され、西之島火山として有史以後初めての火山活動を開始した。さらに同年 9 月には、ひき続く海底噴火によって新火山島 (西之島新島) の形成が確認されるに至った。その後も活発な噴火・溶岩流出活動を繰り返した結果、翌 1974 年 8 月には、新島の面積は約 24 万  $m^2$  に達し、新島は旧島と接合した。しかし、その後は活動は急激に衰え、活動の停止した現在では、激しい波浪のために、新島南岸の海食が著しく進行しつつある。

西之島火山の火山学的調査は、噴火活動の初期から、海上および空中から実施され、活動が静穏となった 1974 年 3 月以降は上陸が可能となり、陸上での調査が実施されるようになった。著者らは、1975 年 8 月および 1976 年 8 月、西之島火山活動調査団の一員として西之島に上陸する機会を得、西之島における地下構造およびその噴火機構との関係を調べる目的で、地球物理学的調査の一つとして重力測定を実施した。

以下に重力測定の結果および考察を報告する。

## II. 測定

第 1 回目の重力測定は 1975 年 8 月 25 日、第 2 回目は 1976 年 8 月 26 日に合計 38 地点で実施した。測定に用いた重力計は、LaCoste & Romberg 重力計で、第 1 回目には G 375、また第 2 回目には G 31 を用いた。

第 1 回目の測定結果は、すでに横山 (1975) によって概報として発表されている。測定結果の重力値は、東京大学地震研究所地震計室の重力点の値 ( $g = 979,788.27$  mgal; IGSN71 系) に準拠した。また drift の補正は、往復測定のある北大重力点、地震研究所重力点、母島東港および西之島重力点 No. 1 の往および復の測定値をもとに、時間に対して線型であるとして最小自乗法で

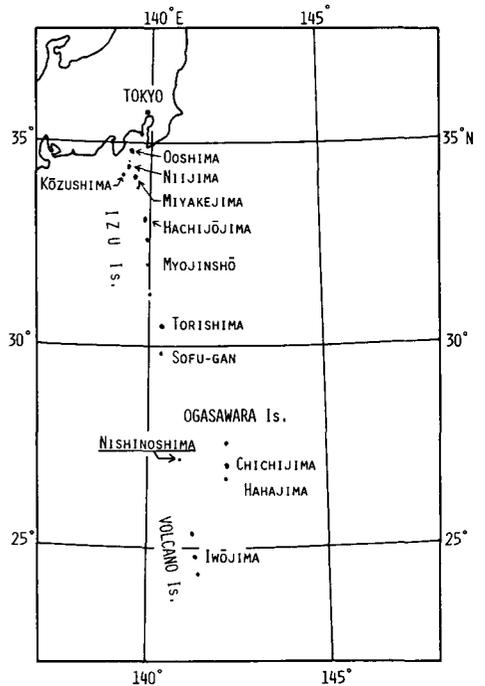


Fig. 1. Nishinoshima Volcano in the Izu-Mariana Arc.

決定された drift 率 ( $1.68 \mu\text{gal/hr}$ ) を用いて drift 補正を施した。

第2回目の測定については、重力計を船で運搬中、波浪による振動のためか、重力計に合計  $1.108 \text{ mgal}$  に達する tare と呼ばれる急激な飛びが生じたため、再測を行った第1回目の測定点 (Nos. 1, 3 および 8) における重力変化を議論することはできない。この tare は 8月25日~27日の、父島~西之島~父島の航送中に  $1.013 \text{ mgal}$ 、また 8月27日~29日の父島~東京間に  $0.095 \text{ mgal}$  生じたものと推定される。そこで、第2回目の測定による各測定点の重力値は、第1回目の測定によって求められた重力点 No. 1 の値 ( $g=979,303.44 \text{ mgal}$ ; IGSN 71系) に準拠して求めた。

以上2回にわたる測定によって求められた各点の重力値は、Table I の第5コラムに示されている。

ところで、前述したように第1回目と第2回目の測定時における地形の間には、海食による変化がみられる。ここで、1年間の地形変化についてみてみよう。Fig. 2 は第2回目の測定の約3週間前(1976年8月2日)に小坂によって撮影された空中写真をもとに作製された地形図である。第1回目の測定時における地形図と比較するために、新・旧両地形図を同一面上に図示すれば、Fig. 3 のようになる。すなわち、新島南東部から南岸に至る海岸の浸食が顕著である。一方、新

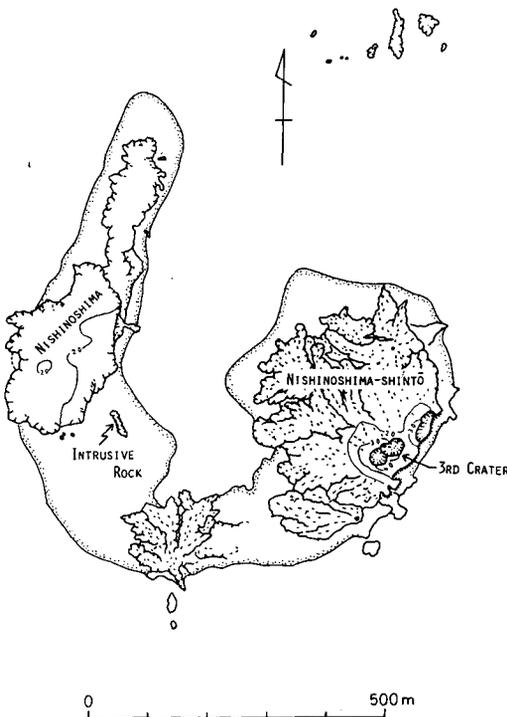


Fig. 2. Topography of Nishinoshima Island on August 2, 1976 (By courtesy of J. OSSAKA).

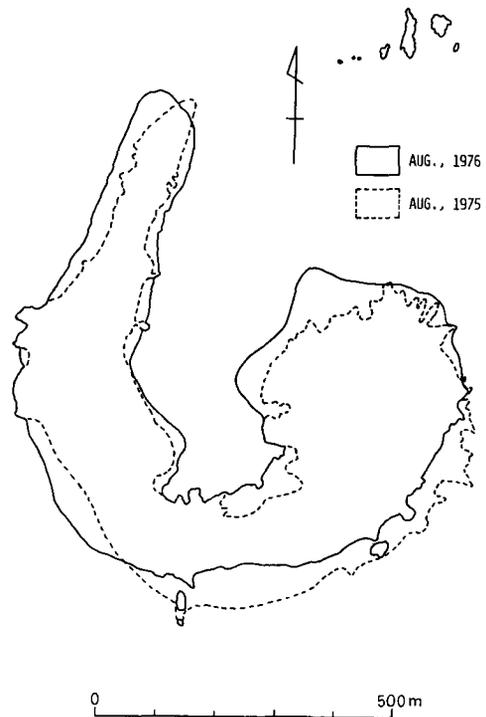


Fig. 3. Topographic changes between August 1975 and August 1976.

島北岸および北西岸、また、旧島周辺では砂礫浜の成長が著しい。

全測定点の分布を Fig. 2 の地形図上にプロットすれば Fig. 4 のようになる。白丸、黒丸は、それぞれ 1975 年および 1976 年の測定点を示す。第 1 回目の測定点 Nos. 13~17 および 21 などは、前述した海食の結果、現在では海上に位置することになる。

### III. 重 力 異 常

測定点の多くは、高度既知の場所——水準点や海岸近傍——であり高度は 0.5 m 以内の精度で決定されている。内陸の点では、American Paulin System 精密気圧高度計を用いて高度決定を行った。その精度は約 1 m 以内であり、Bouguer 異常値としては、約 0.2 mgal の精度となる。

重力異常値を算出する際、重力値は国際重力基準網 1971 (IGSN 71) に準拠し、重力の鉛直勾配を 0.3086 mgal/meter、地殻密度を 2.40 gr/cc と仮定し、さらに標準重力値は 1967 年国際重力式によって計算した。なお、地形補正は実施しなかったが、内陸の一部の点を除いてその影響は小さいものと考えられる。

以上の仮定と重力観測値をもとに各測定点の重力異常値を算出した。その結果を Table I に示す。ただし、測定点の緯度・経度は暫定値である。また 1975 年 8 月の母島での測定値も Table I に含めた。

ところで、前述したような地形変化によって、2 回の測定の間には重力場の変化が期待され、厳密に云えば、2 回の測定結果をそのまま同時に用いて重力異常図を描くことは適当ではない。しかし、単純な 2 次元モデルで概算すれば、地形変化による重力変化は、最大の重力変化が期待される海岸線でも最大 0.3 mgal 程度、少し内陸部に入れば 0.1 mgal 以下であることがわかる。また、現在海上に位置する Nos. 13~17 などの測定点について云えば、測定は地上で行なわれているため、低密度物質である海水の影響を含んでいないので、地下構造をより正確に知るという目的には好都合である。以上の理由から、2 回の測定値をそのまま同時に用いても問題はないものと考えられる。以上は、本来地形補正を実施することによって解決する問題であるが、正確な海底地形図が得られていない現在、やむをえないことである。

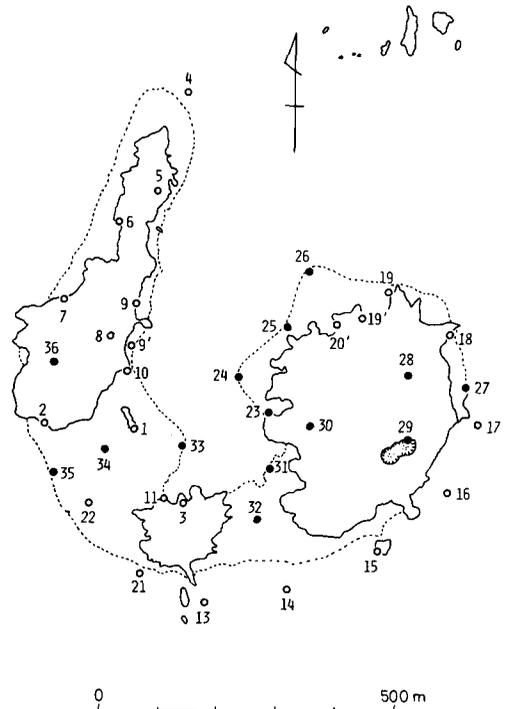


Fig. 4. Distribution of gravity points projected on the topography in August 1976. Open circles were measured in August 1975 and solid ones in August 1976. Dotted line shows the shoreline of sand beach.

Table I. Gravity values and anomalies on Nishinoshima Island.

Gravity point	Lat. 27°N	Long. 140°E	Height (m)	Observed value (mgal) 979,	Normal value (mgal) 979,	Free-air anomaly (mgal)	Bouguer anomaly (mgal)
1 Nishinoshima	14. '62	52. '79	5	303.44	114.80	190.19	189.68
2 "	.63	.70	2	302.86	114.81	188.67	188.47
3 Hydrog. Dept. B. M.	.56	.84	6.20	302.19	114.72	189.38	188.75
4 Nishinoshima	.94	.84	1	305.24	115.19	190.36	190.26
5 Hydrog. Dept. B. M.	.84	.81	10.64	302.67	115.07	190.89	189.82
6 Nishinoshima	.81	.77	2	304.53	115.03	190.12	189.91
7 "	.75	.72	5	303.77	114.96	190.35	189.85
8 Hydrog. Dept. B. M.	.72	.77	24.98	298.01	114.92	190.80	188.29
9 Nishinoshima	.74	.80	1.5	304.68	114.94	190.20	190.05
9' "	.70	.79	1	304.44	114.89	189.86	189.76
10 "	.68	.79	1	303.91	114.87	189.35	189.24
11 Nishinoshima-shinto	.56	.83	0.5	303.81	114.72	189.24	189.19
12 "	.55	.89	0.6	304.13	114.71	189.60	189.54
13 "	.46	.86	2	302.67	114.60	188.69	188.49
14 "	.47	.95	2	303.01	114.61	189.01	188.81
15 "	.51	53.04	2	302.64	114.66	188.60	188.40
16 "	.57	.11	3	303.00	114.74	189.19	188.89
17 "	.63	.14	3.5	303.10	114.81	189.38	189.02
18 "	.63	.11	4.5	303.16	114.81	189.74	189.29
19 "	.76	.04	4	303.56	114.97	189.83	189.43
19' "	.74	.02	1.5	304.27	114.94	189.79	189.64
20 "	.72	52.99	9.00	302.33	114.92	190.19	189.28
21 "	.49	.80	2	302.41	114.64	188.39	188.19
22 "	.56	.75	2	303.05	114.72	188.94	188.74
23 "	.64	.93	0.5	304.41	114.82	189.74	189.69
24 "	.67	.90	0.5	304.16	114.86	189.45	189.40
25 "	.72	.95	0.5	304.32	114.92	189.55	189.50
26 "	.77	.97	2	304.17	114.98	189.81	189.60
27 "	.66	53.13	5	303.45	114.85	190.15	189.65
28 "	.68	.07	11	301.72	114.87	190.24	189.14
29 "	.62	.07	23	296.79	114.80	189.09	186.77
30 "	.63	52.97	16.5	300.09	114.81	190.37	188.71
31 "	.59	.93	1.1	304.30	114.76	189.88	189.77
32 "	.54	.92	4.5	302.87	114.70	189.56	189.11
33 "	.61	.84	2	304.19	114.78	190.02	189.82
34 "	.60	.76	5.5	303.49	114.77	190.42	189.86
35 "	.58	.71	3	303.08	114.75	189.26	188.95
36 Nishinoshima	.68	.71	22	299.01	114.87	190.92	188.71
37 Hahajima (E. Port)	26° 41.2	142° 8.5	4	305.94	074.15	233.01	232.63
38 " (N. Port)	41.7	8.3	1.5	304.62	074.76	230.33	230.17

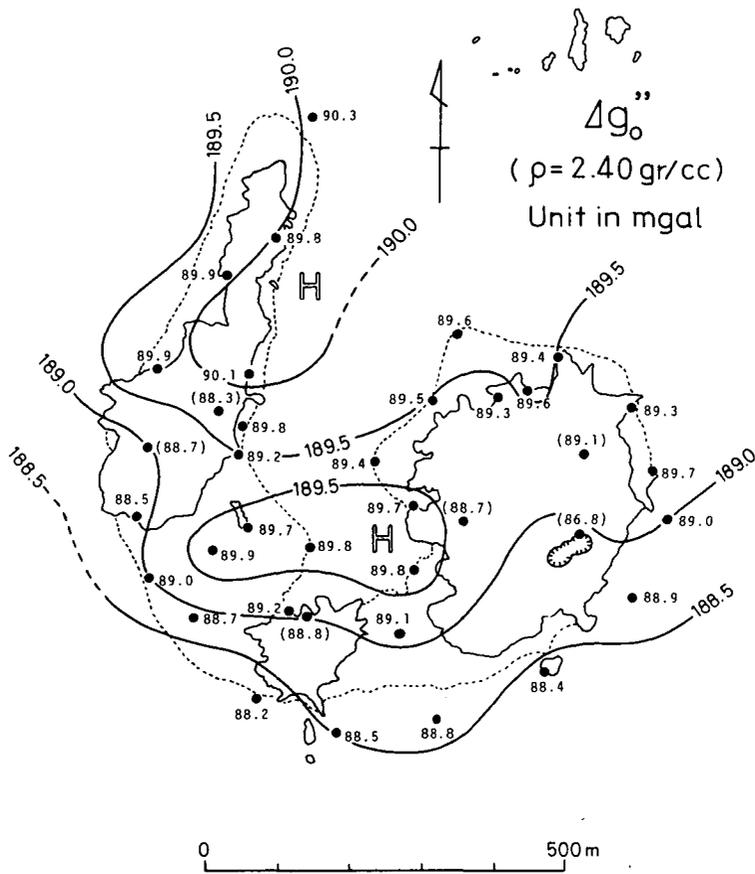


Fig. 5. Distribution of Bouguer gravity anomalies on Nishinoshima Volcano.

2回の測定によって得られた Bouguer 異常値をプロットし、等異常線を 0.5 mgal ごとに描けば、Fig. 5 のようになる。測定点の横に付記した異常値は、100 mgal を引いた値である。また地形の影響が大きいと思われる点の異常値にはカッコをつけて示した。

#### 西之島における地域的重力異常

西之島における地域的 Bouguer 異常値は、約 +190 mgal に達する高異常を示す。ところで、伊豆・小笠原諸島では、友田他 (1962)、藤井他 (1964)、横山・岡田 (1964)、田中他 (1974) および江原 (1975) らによって重力測定が実施されている。参考のために、これらの観測結果をもとに伊豆・小笠原諸島における Bouguer 異常値をまとめると Table II のようになる。ただし、これらの測定間には、Bouguer 補正密度および準拠した重力系に差があるが、これらによる異常値の差は 5 mgal 以下である。表には、最後の桁を 5 mgal ごとに丸めた値を示す。また、1974 年 6 月、日本近海の大陸棚・斜面での地球科学的探査の一環として、父島、西之島を結ぶ、北緯 27 度 10~15 分に沿うほぼ東西の測線上で、海上重力測定が地質調査所によって実施されている (ISHIHARA, 1976)。その測定結果を Fig. 6 に示す。これによれば、Bouguer 異常は、父島の付近で極大 (約+

380mgal), また西之島東方で極小 (約+180 mgal) となっている。Table II および Fig. 6 より、西之島は、伊豆—マリアナ弧に沿う高異常帯に属していることがわかる。Table II に含まれている父島および母島は、現在では全く火山活動が見られない、古第3紀に活動した古い火山島で、西方に位置する伊豆七島—鳥島—ソーフ岩—西之島—硫黄島などの現在活動中の島弧 (内弧) と対をなし、二重弧を形成している。外弧の父島および母島における Bouguer 異常値は、内弧の活動中の火山島での値よりも約 100~200 mgal ほど大きな値を示す。この Bouguer 異常値の差から、上部マントルおよび地殻の平均密度を、それぞれ 3.12, 2.67gr/cc と仮定し、両弧における地殻の厚さの差を概算すれば約 5~11 km となる。

すなわち、父島や母島などの外弧における地殻の厚さは、約 130 km 西方に位置する西之島・黄硫島などの内弧における厚さよりも 5~11 km 程薄いことが推定される。今後、付近の海域でのより詳細な海上重力測定や地震探査などの地球物理学的調査が実施されれば、さらに詳しい地殻構造が推定されるものと期待される。

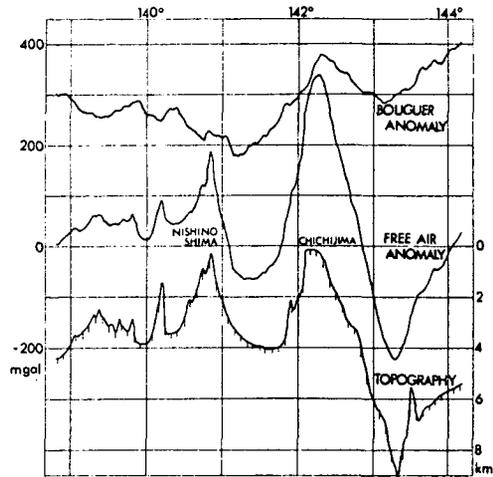


Fig. 6. Gravity anomalies along a W-E traverse line at 27° 15' N across the Izu-Mariana Arc and Trench (after ISHIHARA, 1976).

Table II. Bouguer anomalies on the volcanic islands in the Izu-Mariana Arc.

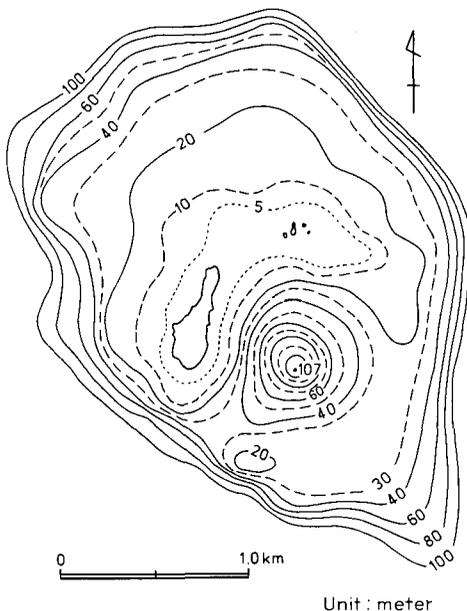
Island		Bouguer Anomalies		Observers
Inner Arc (active)	Outer Arc (inactive)	Inner Arc	Outer Arc	
		mgal	mgal	
Izu-Ooshima		+ 130~+ 150		YOKOYAMA and TAJIMA
Niijima		+ 115		TOMODA et al.
Kozushima		+ 115		TOMODA et al.
Miyakejima		+ 135~+ 155		YOKOYAMA and OKADA
Hachijojima		+ 150~+ 200		FUJII et al.
Torishima		+ 160~+ 195		FUJII et al.
Nishinoshima		+ 190		Present authors
	Chichijima		+ 320~+ 340	TANAKA et al.
	Haha-jima		+ 230	Present authors
Iwojima		+ 165~+ 170		EHARA

### 西之島における局所的重力異常

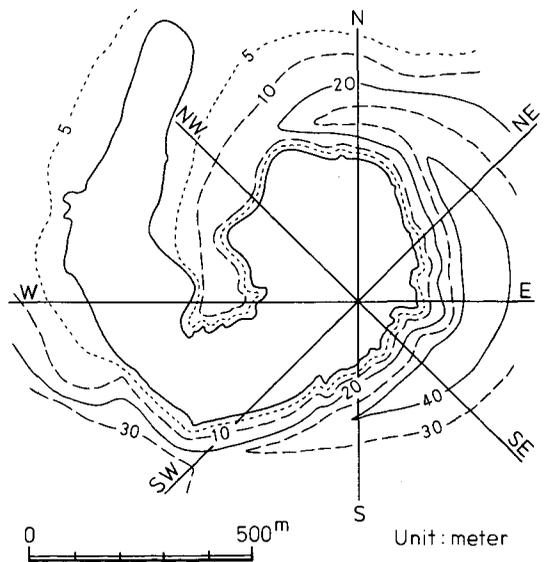
西之島における局所的重力異常としては、旧島北東岸付近および旧島と新島によって囲まれた湾の南部に、周囲と比べ約 1 mgal 高い高異常域が存在することが目立つ (Fig. 5)。

ここで西之島新島が地表の重力場へ及ぼした効果を評価してみる。西之島新島の噴出物の総量は、おおよそ  $1.7 \times 10^7 \text{ m}^3$  に達するものと見積られている (平林・高谷, 1975)。噴出物の密度を  $2.4 \text{ gr/cc}$  と仮定すれば総重量は  $4.1 \times 10^7 \text{ tons}$  となる。西之島で観測された重力異常の中には、このような大量の噴出物の効果が含まれているはずである。もし、新島の噴出物の重力場へ対する効果がわかれば、観測された重力異常からその効果を差引くことによって、噴火前の重力異常分布を推定できる。ところで、これらの噴出物は地下深所に由来するものと考えられるので、噴出物が出たことによる地下深所での質量分布の変化による地表での重力場への影響は無視できるほど小さいものと推定される。したがって、ここでは新島による引力についてのみ考えればよい。

さて、西之島新島による引力を計算するためには、噴火前および噴火後の正確な海底地形図が必要となる。現在のところ、噴火前後の海底地形を正確に推定するために必要な海図および測深データは少ないが、ともかく、現在利用できるデータをもとに議論を進めよう。Fig. 7は、1911年測量の海図第 49 号 (水路部, 1926) をもとに推定した噴火前の海底地形である。水深が 107 m に達する直径約 1 km の中央火口が存在していたことがわかる。旧島はこの旧火口の外縁北西部に



**Fig. 7.** Sea-bottom topography before the formation of Nishinoshima-shinto (new island) reproduced from the bathymetric chart surveyed in 1911.



**Fig. 8.** Sea-bottom topography after the formation of the new island deduced from the bathymetric data obtained by HIRABAYASHI and TAKATANI (1975), and OSSAKA et al. (1976, unpublished data).

当り、新島は旧火口を中心として噴出したものである。また、Fig. 8は新島噴出後の海底地形の推定図である。ただし、ここでは2回の測定時における新島全体の引力を計算する目的であるので、海食の著しい南部については1975年8月の、また砂礫浜の発達した著しい北部については1976年8月の地形を用いた。ここで用いた海底地形のデータとしては、佐藤(1974)、平林・高谷(1975)および小坂他(1976、未公表資料)などによる測深データを参考にした。Fig. 8に示す、旧火口最深部を通る各方位における地形断面を図示すればFig. 9のようになる。

西之島新島噴出の前後の海底地形図(Figs. 7~9)をもとに、新島の海水面下の3次元形状を求め、海水面における西之島新島の引力分布を、TALWANI and EWING (1960)の方法を用いて計算した。ただし、海水( $\rho=1.03$  gr/cc)が溶岩( $\rho=2.40$  gr/cc)に置き替わったと考え、密度としては両者の差(1.37 gr/cc)を用いて計算した。計算結果を図示すればFig. 10のようになる。旧中央火口(現・第3火口付近)の中心で、約4.1 mgalに達し、旧海底地形(Fig. 7)とよく似た分布を示すことがわかる。

計算された西之島新島による引力分布(Fig. 10)を、重力異常分布(Fig. 5)より差引くことによって西之島新島噴出前の重力異常を推定することができる。ただし、この操作は、海

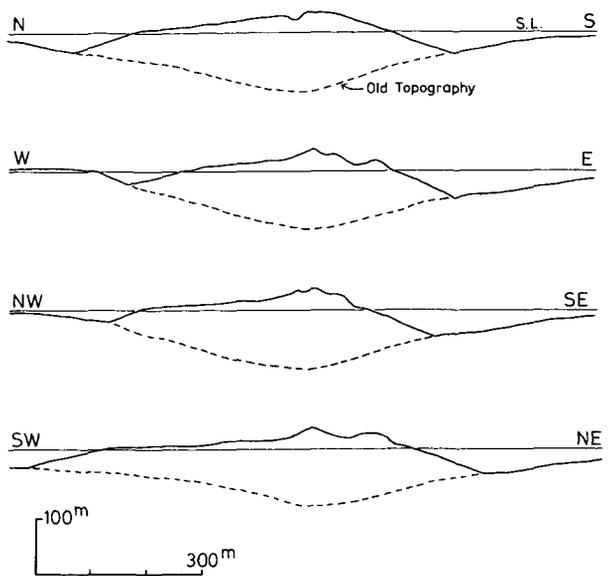


Fig. 9. Topographic profiles of the new island.

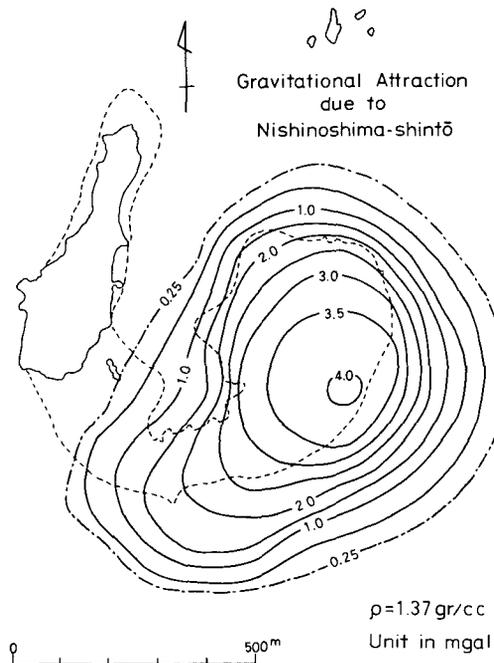


Fig. 10. Distribution of gravitational attraction due to Nishinoshima-shintō. Density is assumed as the density difference between the lava (2.40 gr/cc) and the sea water (1.03 gr/cc). Dotted line shows the present topography.

面下の岩石を海水と置き替えることに相当するので、求められる重力異常は free-air 異常に相当する。Fig. 11 は、このようにして推定された西之島新島噴出前の重力異常図である。現在の新島第3火口付近を中心として低異常域が現われるが、これは、海底下の構造による影響ではなく、ほとんどが低密度物質である海水の効果によるものである。したがって、このままではこの低異常によって地下構造の議論はできない。一方、前述した西之島旧島の北東部および湾の南部に存在する高異常域は依然として残っており、噴火前から存在していたものと推定される。

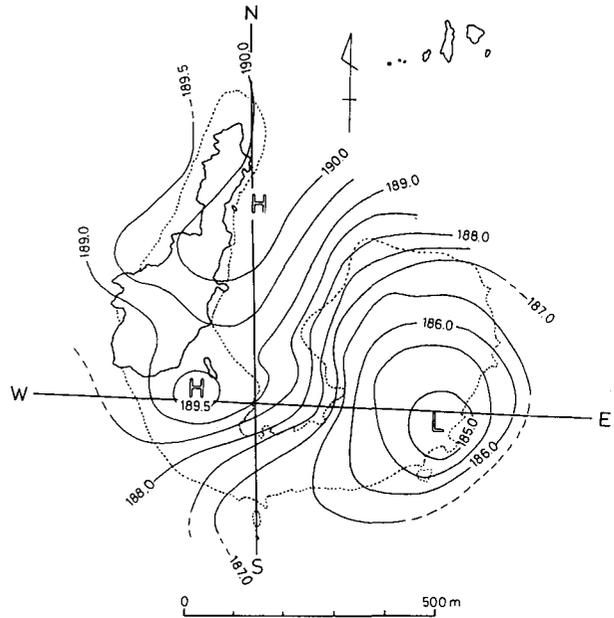
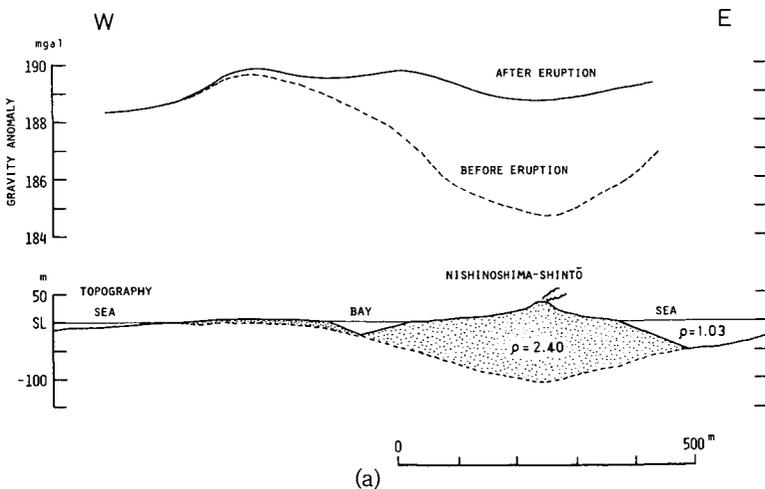


Fig. 11 Distribution of gravity anomalies before the formation of the new island inferred from Figs. 5 and 10.

Fig. 11 に示された東西 および南北の地形および噴火前後の重力異常のプロファイルを図 12 (a), (b) に示す。今、湾南部の高異常に着目すると、新島噴出以前から、ほぼ東西に伸びる最大残差 0.8 mgal の高異常域が存在していたものと思われる。この高重力異常域に対応して、地下に高密度物質が存在していることが推定される。この高異常を説明する1つのモデルとして、密度差 +0.25 gr/cc、長径 200 m、短径 40 m および深さが 480 m で、上面が海面と同一面上にあるような、岩脈状のだ円柱が考えられる。旧島北東部にみられる高異常についても同様なモデルで説明できる。



(a)

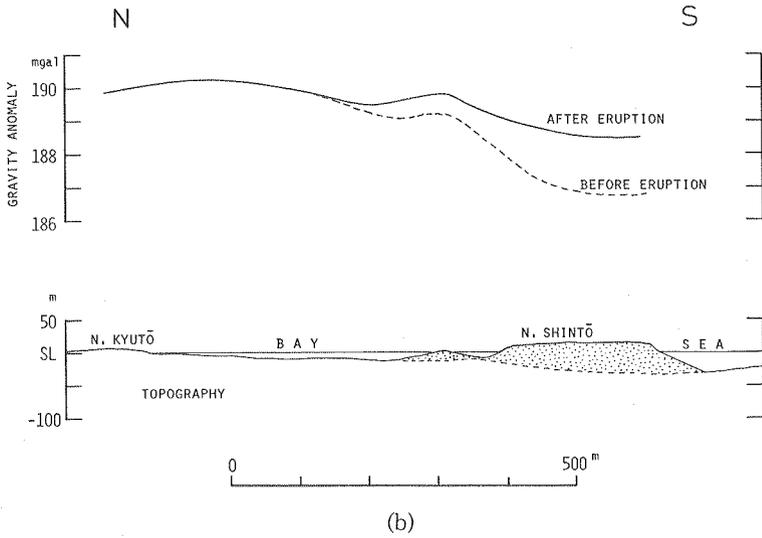


Fig. 12. Profiles of gravity and topography after the formation of the new island along the lines W—E (a) and N—S (b) shown in Fig. 11.

重力異常分布と噴出点との関係

地上で観測される重力異常の分布は、地下の構造を反映しているものである。従って、西之島で観測された重力異常分布と、西之島新島の噴出点の位置の変遷や、噴火機構との間には何らかの関係があることが考えられる。

Fig. 13は、小坂(1974)および小坂他(1974)による西之島における噴出点の変遷および新島の成長の様子を示す図である。この図をもとに、噴出点の位置の動きを Bouguer 異常図 (Fig. 5) 上にプロットすれば Fig. 14 のようになる。この図より、噴出点は湾の南部にある高異常域の東から南縁を点々と移動したことがわかる。前項で述べたようにこの高異常域の地下には周囲よりも密度の大きい——またそれは周囲よりも硬い物質と考えられる——物質が存在していることが推定されている。したがって、地下深部より上がってきたマグマは、この高

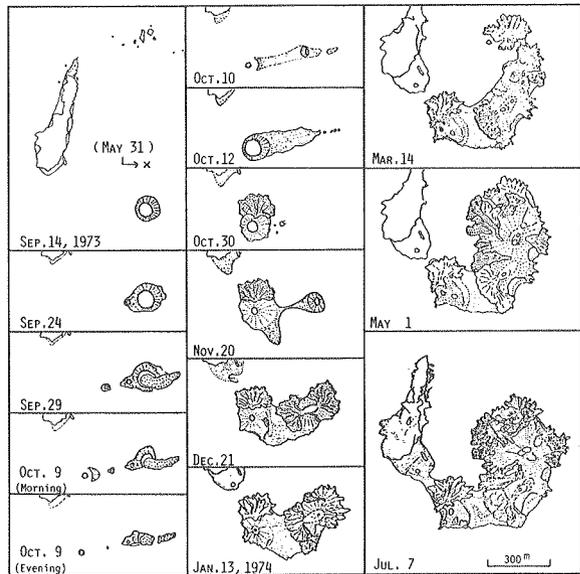


Fig. 13. Growth of Nishinoshima-shinto from May 31, 1973 to July 7, 1974 (after OSSAKA, 1973 and 1974).

密度物質を避けるようにしながら、その縁に沿って噴出し、西之島新島を形成したと解釈することが可能である。

#### IV. おわりに

新火山島の形成の機会を利用して実施された西之島における重力測定の結果から、西之島の地下構造およびその噴火機構との関係について考察した。重力測定は、西之島の陸上部のほぼ全域にわたって実施されたが、海面下を含む西之島火山全体の規模から言えば、極く一部分の範囲について測定したにすぎない。また、この火山に関する、他の地球物理学的データも多いとは言えない。したがって、以上で示した説明は、現段階では可能な解釈の1つにすぎないと考えられる。今後、他のデータの蓄積を待って再検討する必要があるであろう。

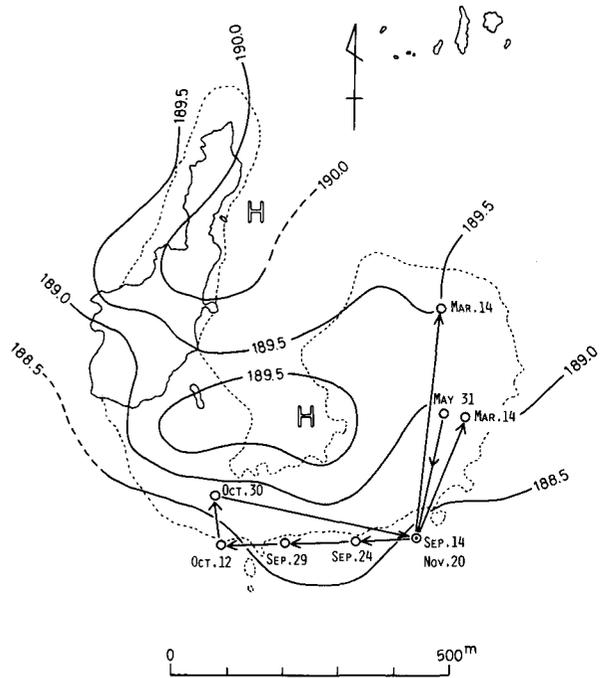


Fig. 14. Loci of the wandering of the eruption center from May 31, 1973 to March 14, 1974 superposed on the Bouguer anomaly map. Note that the loci are located at the periphery of the high gravity anomaly area.

謝 辞 西之島火山の調査・研究計画を樹て、実施を総括された東京工業大学工学部の小坂丈子教授に感謝します。また、東京工業大学工学部の平林順三氏、同大学工業材料研究所の湊一郎氏ならびに千葉大学理学部の小椋英明氏には、測定の際色々お世話いただいた。記して感謝する次第である。

なお、この研究は、文部省科学研究費総合研究「海中噴火により火山島の生成とその変化に関する基礎成研究」(代表者小坂丈子)によってなされ、計算には、北海道大学大型計算機センターのFACOM 230-75を使用したことを付記する。

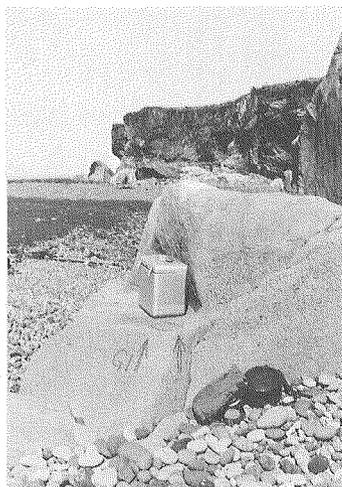
#### 文 献

- 江原幸雄, 1975. 小笠原硫黄島における重力測定, 小笠原硫黄島火山活動調査報告書(第II報), 47-53.  
 藤井陽一郎・他, 1964. 八丈島・鳥島における重力測定, 測地学会誌, 10, 24-35.

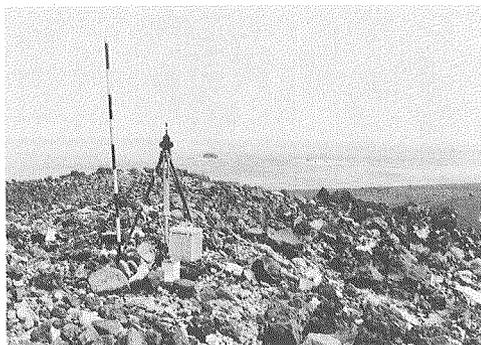
- 平林順一・高谷尚人, 1975. 西之島付近海底地形の変化と噴出物総量. 昭和50年8月・西之島火山調査・現地調査報告, 9—16.
- ISHIHARA, T., 1976. Gravity measurement on traverse line across Izu-Ogasawara Arc and Trench, in *Cruise Report No.5, Izu-Ogasawara (Bonin) Arc and Trench Investigations*, p. 24, Geological Survey of Japan.
- 小坂丈子, 1973. 西之島付近海底噴火について(その2). 火山, 2集, 18, 173—174.
- 小坂丈子・他, 1974. 西之島付近海底噴火について(その3). 火山, 2集, 19, 37—38.
- 佐藤孫七, 1974. その後の西之島新島. 水路, 3(3), 2—13.
- TALWANI, M. and M. EWING, 1960. Rapid computation of gravitational attraction of three-dimensional bodies of arbitrary shape. *Geophysics*, 25, 203—225.
- 田中 穰・他, 1974. 小笠原諸島(父島)の磁気・重力測定. 測地学会誌, 20, 193—208.
- 友田好文・他, 1962. 離島における重力測定. 測地学会誌, 10, 24—35.
- 横山 泉・岡田弘志, 1964. LaCoste & Romberg 重力計による三宅島における重力測定. 北海道大学地球物理研究報告. 12, 91—98.
- 横山 泉, 1975. 西之島及び西之島新島の重力測定. 昭和50年8月・西之島火山調査・現地調査報告, 22—27.

**Photo. 1.**

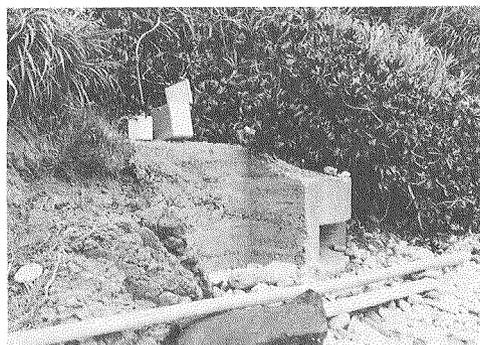
Gravity points on Nishinoshima  
and Hahajima (August, 1975).



No. 1 (Nishinoshima)



No. 5 (Nishinoshima)



No. 37 (Hahajima ; East Port)