伊豆大島における重力測定 —1985年11月—

小泉 岳司・吉田 明夫
石川 有三・澤田 可洋・井内 登

Gravity Measurement in Oshima Island —1985 November—

by

Takeshi Koizumi, Akio Yoshida
Yuzo Ishikawa and Yoshihiro Sawada*

Meteorological Research Institute, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

Noboru Inouchi

Geographical Survey Institute, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

(Received July 7, 1986; Revised Sept. 10, 1986)

Abstract

A precise gravity survey in Izu-Oshima Island was carried out in November 1985 using the LaCoste & Romberg Model D gravity meter No. 109. The measurements were made on the bench marks of the leveling route rounding the island which was established by the Geographical Survey Institute (GSI) in 1979 and on gravity points of the Earthquake Research Institute (ERI) and GSI as well as other several newly established stations. The accuracy of the measurements is estimated to be within $\pm 10 \mu\text{gal}$ for the leveling route around the island and about $\pm 20 \mu\text{gal}$ for the inland mountainous route.

By comparing the results with the measurements made by GSI and ERI, it is found that gravity values in the island have a general tendency to decrease in the past several to 15 years. This is concordant with the fact that volcanic activity at Mt. Miharayama has been quiet in recent years.

1. はじめに

気象研究所では、1985年9月に LaCoste & Romberg ET 型の重力計を大島測候所に設置して重力潮汐の観測をはじめた（気象研究所地震火山研究部、1986）。これを機会に、気象研究所の D 型重力計（No. 109）による大島の重力調査についてもあわせて計画し、同年11月実施した。伊豆大島における精密重力測定は、過去、地質調査所、東京大学地震研究所、国土地理院などによって何回も行なわれている（飯田ほか、1952；

Yokoyama and Tajima, 1957；藤井ほか、1964；井上ほか、1968；井内ほか、1972；国土地理院、1973；国土地理院、1974；藤井、1975；田島ほか、1985）。特に1979年に、国土地理院が島を一周する水準路線を設定したことにより、精度の高い重力変化の検出や、上下変動との比較が可能になった。今回の測定は、この水準路線と、内陸部に設置されている国土地理院、地震研究所の重力点の中から十数点を選んで行なったが、この他に新しく火口近くにいくつかの重力観測点を設けた。水準路線についてはこれまでに、国土地理院が一回、地震研究所及び北海道大学が二回、精密重力測定を実施しており、内陸部の重力点についても、地震

* Present address: Japan Meteorological Agency.

研究所及び北海道大学によって二回測定が行なわれている。本報告では、これらのデータと今回の測定結果を使って、伊豆大島内の最近の重力変化を求め、これまでに報告されている近年の重力変化の傾向と比較して若干の考察を行なった。

2. 測定及び測定結果

測定は、大島測候所一等重力点(以下大島 FGS と略記)を基準点として、島を一周する水準路線については環閉合測定、三原山への登山路線については往復測

定をした。測定点の位置を Fig. 1 に示す。水準路線では、一日に島を二周することによって、大島 FGS で4回、各測定点で2回の測定を行ない、登山路線では、途中の安永溶岩 (O-1001) までは翌日の追加測定を含めて4回、それから先、白石岳までは、往復2回の測定を行なった。

Fig. 2a は、周回路線について、各測定点での測定値のばらつき(2回目の測定値と1回目の測定値の差)をみたものであり、また、Fig. 2b は、大島 FGS を基準としたときの各点の相対重力値を示したものである。

Fig. 1 Distribution of the gravity stations in Oshima Island.

Fig. 2(a) Difference of gravity values in each station in the leveling route rounding the island, which are obtained by two or four repeated measurements.

Fig. 2(b) Gravity differences from the Oshima First Gravity Station for the stations in the leveling route. Error bar indicates the difference of gravity values obtained by repeated measurements. (unit: μgal)

なお、ここで測定値には重力の地球潮汐定数を 1.2 とした潮汐補正を行なっている。Fig. 2a から、各測定点での 2 回の測定値の差には、測定点の海岸からの距離・高さや、測定時間等に依存する系統的な違い、変化は特に見られないので、海洋潮汐補正や、ドリフト補正は行わず、単純に 2 回の測定値を平均することでその点の重力値とした。Fig. 2b 中のエラーバーは、2 回の測定値の差を表している。

観測の精度を簡単に見積るために、標準偏差 σ を次式により計算してみると、

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i \sum_j (X_{ij} - \bar{X}_i)^2}{N - k}}$$

但し、 X_{ij} : i 点での j 回目の測定値
 $\bar{X}_i$: i 点における測定値の平均
 N : 観測回数
 k : 測定点数

$\sigma = 10.3 (\mu\text{gal}^*)$ となり、これから測定精度は $\pm 10 \mu\text{gal}$ ぐらいと考えられる。

* $\text{gal} = \text{cm/s}^2$

Fig. 3 Drift and Tare: The abscissa is the time lag between two measurements at the same station and the ordinate represents the difference of gravity values obtained by repeated measurements for the stations in the inland mountainous route.

次に、11月21日および、22日の登山路線について、横軸に往復の測定時間差、縦軸に往復の測定値の差(復一往)をとってプロットしたものをFig. 3に示す。21日の測定値についてみると、白石岳を除いて、MRIから大島FGSまで往復差は次第に小さくなっており、白石岳とMRIの間で明らかにテアがあったと考えられる。そこで、ここでは、21日の重力値の算出にあたっては、往路はドリフトなしと仮定し、復路で、重力計が受けたテアを回復させる方向に大きくドリフトしたとして、ドリフト補正を直線近似で行なった。こうして得られた測定値と、翌22日の測定値とを合わせて、各点での大島FGSに相対的な重力値(平均)と誤差(測定の最大値-最小値)をプロットしたのがFig. 4である。御神火茶屋のERI点及びJMA点は往路のみの測定なのでエラーバーは入っていない。なお、22日の測定値については、ドリフトがほとんど見られないので、その補正は行なわなかった。

この登山路線についても、周回路線と同じようにして標準偏差 σ を計算すると、 $\sigma=16.3$ (μgal)となる。この値は周回路線に比べて大きい、重力計1台を用いた時の山地での測定精度としては、ほぼ満足できる値であり、また、過去の測定結果と比べても決して劣っているとは言えない(例えば井内ほか、1972; 藤井, 1975)。Table 1に今回の測定値をまとめて示してある。なお、21日の登山路線での測定値について、上記

のドリフト補正を行うと、白石岳の重力値は、テアが白石岳に行く前におきたか、白石岳から帰ってくる途中で起きたかによって $100\mu\text{gal}$ 以上の差が生じてしまう(著者たちは白石岳に行く前におきた可能性が大きいと考えている)。また、テアによる大きなドリフトがあったことも絶対に確実という訳ではない。このようなことを考慮して、Table 1には、単に各点での測定値を平均して求めた重力値についても併せて示してある。両者の重力値の違いは、大島FGSからO-1001迄は数 μgal から10数 μgal で、火口茶屋、OP、MRIについては、 $50\mu\text{gal}$ 程度となっている。

3. 最近の大島の重力変化

1950—51年の噴火以来、伊豆大島では重力変化の検出を目的として精密重力測定が何回も行なわれている(飯田ほか、1952; 井上ほか、1968; 井内ほか、1972; 藤井、1975; など)。これらによって、例えば、火口近くでは1950年から1967年の期間に重力が有意に減少したが、その後は逆に微増を示していること、島の周囲は全体として減少の傾向にあることなどが報告されている(井内ほか、1972; 藤井、1975)。しかし、1979以前には、地震研究所設置の数点の水準点を除いては島内に水準路線がなかったため、上下変動との比較等において定量的な議論をすることはむずかしかった。1979年3月に国土地理院が島内を一周する水準点を

Fig. 4 Gravity differences from the Oshima First Gravity Station for the stations in the inland mountainous route. Error bar indicates the difference of gravity values obtained by repeated measurements. (unit: μgal)

Table. 1(a) Gravity differences from the Oshima First Gravity Station (Oshima FGS). Drift of the gravity meter is corrected for the inland mountainous route.

Station	$\Delta G(\text{mgal})$	Station	$\Delta G(\text{mgal})$
Oshima FGS	0.0	Oshima FGS	0.0
10212	39.001	O-1004	-23.779
10214	23.859	ONSEN HOTEL	-66.730
10217	-35.468	Yuba	-55.631
10220	-32.414	Gojinka Chaya (GSI)	-89.662
10224	18.907	(JMA)	-90.649
10226	19.551	(ERI)	-90.731
10228	14.504	O-1001	-75.814
10231	32.748	Kako Chaya	-112.525
PS	24.922	OP	-116.954
10233	28.643	MRI	-129.611
		Mt. Shiroishi	

設置した後は、地震研究所及び北海道大学によって1979年5月と1983年5月に、また、設置時に国土地理院によって、重力測定が実施された。地震研究所及び北海道大学による2回の測定結果と、その間の重力変化については、田島ほか(1985)によって報告されている。それによると、島の中軸部では増加、東北東と西南西の側では減少の傾向がみられ、これは同期間の

水準測量の結果と定性的には斉合的である。

今回の精密測定にあたっては、前述のように、測定点の多くを国土地理院及び地震研究所の水準点の中からとったので、これらの点における過去のデータと比較して最近までの大島の重力変化を調べることができる。

Fig. 5は1979年と1983年の地震研究所による精密

測定との比較であり、Fig. 6 は、1979 年の国土地理院の測定結果との差をみたものである。いずれも大島 FGS を基準にしている。これから、国土地理院の水準点については、1979 年以来全般的に重力は減少していることがわかるが、地震研究所の結果とも併せると、この減少の傾向は島の東側で大きいように見える。又、火口付近では $100\mu\text{gal}$ 以上減少したという結果が得られたが、登山路線については、先に述べたように誤差が大きく、また、今回使用した重力計の定数はメーカー値をそのまま使用し、重力基線を用いた検定等を行っていないので、この数値の信頼性には少し問題がある。しかし、Fig. 7, Fig. 8 から分るように、ほとんどすべての点でほぼ変化なしか減少していることから、1979 以降、大島の重力値は全般的に減少の傾向にあるとみてよいだろう。このことは、伊豆大島三原山の活動が、この期間静穏であったという事実と調和的である。

Table. 1(b) Drift of the gravity meter is not corrected.

Station	$\Delta G(\mu\text{gal})$
Oshima FGS	0.0
O-1004	-23.782
ONSEN HOTEL	-66.737
Yuba	-55.640
Gojinka Chaya (GSI)	-89.673
(JMA)	-90.652
(ERI)	-90.734
O-1001	-75.830
Kako Chaya	-112.567
OP	-117.002
MRI	-129.664
Mt. Shiroishi	-136.086

Fig. 5 Changes of gravity differences from the Oshima First Gravity Station during the period from 1983 to 1985 (right-hand side), and that during the period from 1979 to 1985 (left-hand side) for the stations established by the Earthquake Research Institute.

4. まとめ

伊豆大島内の重力は 1979 年以降全般的に減少の傾向が見られる。これは、この期間の三原山の火山活動がそれほど活発でなかったことと符合する。しかし、

今回の結果は、大島 FGS を不動点と仮定しているの
で、島全体の変化については不明確な点もある。また、登山路線では、大きく減少している結果が得られたが、これについては誤差も大きいとみられるので、これか

Fig. 6 Changes of gravity differences from the Oshima First Gravity Station during the period from 1979 to 1985 for the stations in the leveling route established by the Geographical Survey Institute.

らたとえばマグマ溜まりのマグマ移動等についての定量的な議論をすることはできなかった。経年の重力変化の傾向、及びその傾向の変化を検出するためには、少なくとも1~2年に1回、精密重力測定を繰返し実施することが必要であろう。

謝 辞

今回の精密測定に際しては、地震研究所が設置した基準点を多数使用させて頂いた。また、実際の測定作業にあたっては、現地の大島測候所並びに東京管区気象台から多大のご支援を頂いた。ここに記して厚く御礼申し上げます。なお、茨城大学、藤井陽一郎教授、静岡大学、里村幹夫助教授には測定の実施にあたって種々ご助言を賜ったほか、本報告作成に関しても多くの貴重なコメントをいただいた。記して深く感謝いたします。

最後に本研究の一部に文部省科学研究費(昭和60年度自然災害特別研究(1)大地震及び火山噴火に先行する地震群の量的評価)を利用させて頂いた。

Fig. 7 Changes of gravity differences from the Oshima First Gravity Station since 1979.

Fig. 8 Changes of gravity differences from the Oshima First Gravity Station since 1968.

参考文献

- 藤井陽一郎, 1975: 伊豆大島における重力変化, 伊豆大島三原山の集中観測—1974年6月—, 36-45.
- 藤井陽一郎, 小暮三郎, 井上員男, 坂本謹弥, 1964: 新島・大島における重力測定, 測地学会誌, 10, 83-93.
- 飯田汲事, 早川正巳, 片寄邦之, 1952: 伊豆大島三原

山における重力測定ならびにその時間変化, 地質調査所報告, 第 152 号
井内登, 加納克巳, 藤井陽一郎, 1972: 大島における重力変化の研究(II), 測地学会誌, 18, 104-111.
井上登, 藤井陽一郎, 木沢緩, 1968: 大島における重力変化の研究(1), 測地学会誌, 13, 146-151.
気象研究所地震火山研究部, 1986: 伊豆大島における重力潮汐観測, 火山噴火予知連絡会会報, 36. (印刷中)
国土地理院, 1973: 伊豆大島における重力及び磁気測量, 地震予知連絡会会報, 9, 68-71.
国土地理院, 1974: 伊豆大島における重力及び磁気測量, 地震予知連絡会会報, 12, 29-30.

中川一郎, 里村幹夫, 福田洋一, 中井新二, 瀬戸孝夫, 太島和雄, 井内登, 萩原幸男, 田島広一, 井筒屋貞勝, 柳沢道夫, 花田英夫, 友田好文, 藤本博巳, 古田俊夫, 大川史郎, 1977: ラコスト重力計(G型)の定数検定, 測地学会誌, 23, 63-73.
田島広一, 沢田宗久, 横山泉, 前川徳光, 渡辺秀文, 1985: 伊豆大島における重力の精密測定—1983年5月—, 伊豆大島集中総合観測報告(昭和58年), 53-62.
Yokoyama. I and H. Tajima, 1957: A gravity survey on volcano Mihara, Oo-shima Island by means of a Worden gravimeter, Bull. Earthq. Res. Inst., 35, 23-33.

Station	Time	Counter Reading	h	Time	Counter Reading	h
Oshima FGS	08:45	140.9263	24.4	13:07	141.0172	24.5
	08:46	140.9230		13:08	141.0161	
BM 10210	09:11	164.8100	24.3	13:30	164.8370	24.3
	09:12	164.8061		13:30	164.8350	
BM 10212	09:26	173.3352	24.8	13:43	173.4000	25.0
	09:27	173.3300		13:44	173.3982	
BM 10214	09:40	160.7501	25.0	13:59	160.8388	25.2
	09:41	160.7473		14:00	160.8355	
BM 10217	09:56	111.5248	24.8	14:14	111.5699	25.0
	09:57	111.5181		14:15	111.5680	
BM 10220	10:13	114.0508	24.3	14:34	114.1225	24.2
	10:14	114.0450		14:35	114.1183	
BM 10224	10:41	156.6763	25.5	15:10	156.7032	25.6
	10:42	156.6732		15:11	156.7008	
BM 10226	10:59	157.2787	25.1	15:24	157.2370	25.0
	11:00	157.2143		15:25	157.2341	
BM 10228	11:12	153.0277	25.0	15:35	153.0478	25.1
	11:12	153.0233		15:36	153.0467	
BM 10231	11:35	168.1795	25.0	15:51	168.1980	24.9
	11:36	168.1761		15:53	168.1972	
PS	11:55	161.6983	25.6	16:13	161.6800	25.4
	11:56	161.6941		16:14	161.6782	
BM 10233	12:09	164.7920	23.7	16:29	164.7728	23.7
	12:10	164.7884		16:30	164.7713	
Oshima FGS	12:24	141.0060	24.5	16:48	140.9969	24.4
	12:25	141.0029		16:49	140.9946	

h: height of gravity meter above bench mark level (unit: cm) 1985. Nov. 20 LaCoste & Romberg D-109

Station	Time	Counter Reading	h	Time	Counter Reading	h
Oshima FGS	09 : 20	140.8931	24.4	19 : 08	140.8971	24.3
	09 : 21	140.8916		19 : 09	140.8966	
O-1004	09 : 43	121.1680	23.7	18 : 50	121.1631	23.6
	09 : 43	121.1630		18 : 51	121.1619	
ONSEN HOSEL	10 : 14	85.5078	23.9	18 : 27	85.4993	23.8
	10 : 15	85.5073		18 : 27	85.4971	
Yuba	10 : 40	94.7674	24.7	18 : 13	94.7080	24.4
	10 : 41	94.7650		18 : 13	94.7072	
Gojinka chaya (GSI)	11 : 04	66.5369	24.4	17 : 53	66.4791	24.4
	11 : 06	66.5323		17 : 53	66.4776	
Gojinka chaya (JMA)	11 : 17	65.7085	24.3			
	11 : 18	65.7068				
Gojinka chaya (ERI)	11 : 27	65.6448	23.9			
	11 : 28	65.6442				
O-1001	12 : 09	78.0331	23.9	17 : 29	77.9530	23.8
	12 : 10	78.0320		17 : 30	77.9511	
Kako chaya (ERI)	12 : 55	47.5837	24.2	16 : 58	47.5124	24.1
	12 : 56	47.5830		16 : 59	47.5110	
OP	13 : 51	43.9388	25.7	16 : 43	43.8086	25.7
	13 : 51	43.9368		16 : 43	43.8061	
MRI	14 : 19	33.5310	2.8	16 : 26	33.4323	2.9
	14 : 19	33.5330		16 : 27	33.4313	
Mt. Shiroishi	15 : 15	28.0590	23.7	15 : 36	28.0575	23.7
	15 : 16	28.0567		15 : 36	28.0580	

h : height of gravity meter above bench mark level (unit : cm)

1985. Nov. 21 LoCoste & Romberg D-109

FACTOR FOR
LACOSTE & ROMBERG GRAVITY METER #D-109

COUNTER READING	FACTOR FOR INTERVAL	COUNTER READING	FACTOR FOR INTERVAL	COUNTER READING	FACTOR FOR INTERVAL
0	1.2060	70	1.2053	140	1.2045
10	1.2059	80	1.2052	150	1.2044
20	1.2058	90	1.2050	160	1.2043
30	1.2057	100	1.2049	170	1.2042
40	1.2056	110	1.2048	180	1.2041
50	1.2055	120	1.2047	190	1.2040
60	1.2054	130	1.2046	200	1.2039

Station	Time	Counter Reading	h	Time	Counter Reading	h
Oshima FGS	08 : 48	140.8431	24.2	11 : 36	140.9262	23.9
	08 : 48	140.8411		11 : 37	140.9239	
O-1004	09 : 03	121.1154	23.7	11 : 21	121.1620	23.3
	09 : 04	121.1143		11 : 22	121.1603	
ONSEN HOTEL	09 : 22	85.4904	23.9	11 : 04	85.5277	23.6
	09 : 23	85.4891		11 : 05	85.5247	
Yuba	09 : 34	94.6670	24.1	10 : 52	94.7216	24.3
	09 : 34	94.6652		10 : 53	94.7204	
Gojinka chaya (GSI)	09 : 50	66.4443	24.0	10 : 31	66.4703	24.0
	09 : 50	66.4437		10 : 32	66.4656	
O-1001	10 : 03	77.9509	23.7	10 : 20	77.9701	23.7
	10 : 03	77.9489		10 : 20	77.9730	

h : height of gravity meter above bench mark level (unit : cm)

1985. Nov. 22 LaCoste & Romeberg D-109

伊豆大島における重力測定 —1985 年 11 月—

小泉 岳司・吉田 明夫・石川 有三・澤田 可洋*・井内 登**

伊豆大島における精密重力測定を 1985 年 11 月に、気象研究所の、LaCost & Romberg D-109 重力計を用いて行なった。測定点としては、1979 年に国土地理院が設定した大島を一周する水準路線の中の水準点と、内陸部に設置されている東京大学地震研究所及び国土地理院の重力点の中から選んだ他、今回新しくいくつかの基準点を火口周辺に設けた。測定の精度は島を一周する周回路線で $\pm 10 \mu\text{gal}$ 程度、登山路線ではおよそ $\pm 20 \mu\text{gal}$ と考えられる。島内の重力値は 1979 年以降、1983 年の測定までほぼ一定か微減少の傾向であることがこれまでに報告されているが、今回の測定によってもこの傾向の続いている事が確認された。これは、伊豆大島三原山の活動が、この期間静かだった事と符号している。

* 現在、気象庁地震火山部地震火山業務課

** 国土地理院