

第4次南極地域観測隊重力部門報告

鈴木弘道*・大橋伸一**・柿沼清一***

REPORT OF THE GRAVITY MEASUREMENT BY THE JAPANESE ANTARCTIC RESEARCH EXPEDITION, 1959-60.

Hiromiti SUZUKI, Shin-ichi OHASHI and Seiichi KAKINUMA

Abstract

Gravity value at Astronomical point, Syowa station, was determined by observations with a WORDEN gravimeter in the third Japanese Antarctic Research Expedition 1958-59, and the following result has been obtained :

$$g_{\text{Syowa Station}} = 982.540 \text{ cm/sec}^2$$

Latitude 69°00'4 S

Longitude 39 35.4 E

Height 29.2m

relative to $g_{\text{Cape Town}} = 979.6470 \text{ cm/sec}^2$. The accuracy of this value was estimated to be a few milligals by investigating the drift of the gravimeter during the period of the expedition and considering the uncertainty in the scale value of the gravimeter. This estimation was, however, based on several assumptions and the result may include a serious error. Fortunately, Syowa Station has been built on the ground and not on ice, therefore, we can re-occupy the very point of the station with our gravimeter and confirm the observed result. In the fourth expedition 1959-60, a re-measurement of the gravity value at Syowa Station was planned and carried out by using the same gravimeter in the way similar to the preceding expedition. It was confirmed that the gravimeter had a small and linear drift during the whole period of the expedition by continuous

observations in Tokyo, Singapore, Cape Town as well as at Syowa Station. The drift rate for the period of 77 days during the forward and backward voyage between Cape Town and Antarctica was deduced to be +0.24 milligal per day. This value agreed well with a value, +0.25 milligal per day, which was deduced for the period of stay at Syowa Station. We have obtained a mean value of gravity, 982.5427, from observations at the station in this expedition. This is 2.6 milligal higher than the former mean value. Errors due to the drift and the changing in the scale value might have caused this difference. It is considered, however, that this is accurate enough to be used safely as a reference value in gravity measurement in this district. Therefore, we have concluded that the former value has an expected accuracy and it is unnecessary to correct it by present result.

On the way to and from Antarctica, observations with the gravimeter were made in Singapore Island. Ten stations were re-occupied and ten other stations were newly established. The distribution of gravity in this island has been made fairly clear by our survey.

Similar observations were carried out in Naha, Ryūkyū, on the return way of the expedition.

* 国土地理院, 第2次南極地域観測隊員. Geographical Survey Institute. Member of the Japanese Antarctic Research Expedition, 1957-58.

** 国土地理院, 第2次, 第4次南極地域観測隊員. Geographical Survey Institute. Member of the Japanese Antarctic Research Expeditions, 1957-58, 1959-60.

*** 国土地理院, 第2次, 第3次, 第4次南極地域観測隊員. Geographical Survey Institute. Member of the Japanese Antarctic Research Expeditions, 1957-58, 1958-59, 1959-60.

1. 序

昭和基地の重力値は、第3次南極観測において、WORDEN 重力計の観測から定められた¹⁾²⁾。その結果は、Cape Town (Trigonometrical Survey Office) の重力値 979.6470 に対して、

$$g_{\text{Syowa Station}} = 982.540$$

昭和基地天測点； 南 緯 69°00.4′

東 経 39°35.4′

高 さ 29.2 m

である。この値の精度は、重力計の drift と定数——scale value 又は calibration factor——の精度とから、数 mgal と推定された。しかし、この推定には、いくつかの仮定が含まれており、上記の精度には疑問が残されている。従って1回だけの観測から、最終的な結果を出すことはできない。幸いなことに、昭和基地は露岩の上に建設されており、同じ点で再び測定することが可能である。重力値が、1年間に、上記の精度以上変化するとは考えられない。このようなわけで、第4次観測では、昭和基地の重力値を確実にすることを主要な目的として、重力の観測が実施された。

2. 昭和基地の重力値

観測に使用した器械は、前回と同じく、WORDEN 重力計 No. 346 であって、測定および計算の方法は、すべて前回と同様である。観測船“宗谷”が、南極地域滞在中に、1960年1月16~18日および2月2~5日の2回、昭和基地に重力計をおいて観測することができた。この観測から得られた昭和基地の重力値は、 $g_{\text{Cape Town}} = 979.6470$ に対して次の通りである。

観測年月日	重 力 値
1960 I, 16	982.542 68
18	.542 62
II, 2	.542 69
5	.542 83
平 均	982.542 7

この値は、第3次観測で得られた平均値 982.5401 より、2.6 mgal 大きい。以下、この精度につき検討する。

上の値は、後に述べるような方法で drift の補正をしたもので、地球潮汐補正は無視した。誤差の原因としては、次の2つが大きなものと考えられ、それらと較べて、読みとりの誤差および地球潮汐の影響は小さい。

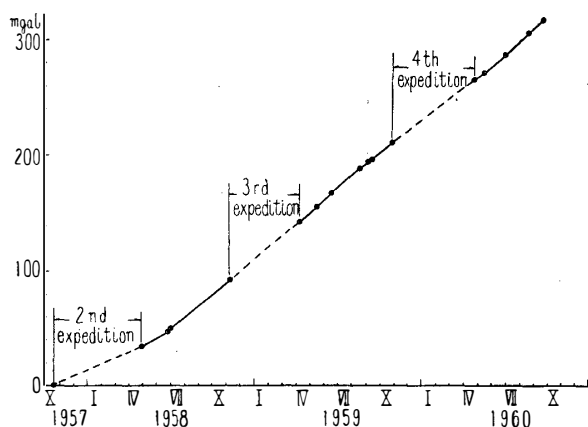
- 1) 重力計の drift.
- 2) 重力計の定数——calibration constant または scale factor——の誤差.

第4次観測の全期間に対する drift rate を、第2次および第3次観測におけるものと共に示すと、第1表のとおりである。

第1表 使用した WORDEN 重力計 No. 346 の drift rate
Table 1. Drift rate of the WORDEN gravimeter No. 346.

	第2次観測 Second expedition		第3次観測 Third expedition		第4次観測 Fourth expedition	
	日数 Duration (days)	Drift per day (mgal)	日数 Duration (days)	Drift per day (mgal)	日数 Duration (days)	Drift per day (mgal)
Japan (before start)	—	—	44.8	+0.34	10.0	+0.30
Japan→Singapore	15.2	-0.12	13.1	+0.08	13.1	+0.05
Singapore	5.0	+0.02	2.9	+0.54	5.0	+0.36
Singapore→Cape Town	24.5	+0.15	23.3	+0.39	24.3	+0.47
Cape Town	6.8	+0.17	3.1	+0.50	5.9	+0.36
Cape Town⇌Antarctica	88.1	+0.20	61.8	+0.28	77.0	+0.24
Syowa Base	—	—	8.1	+0.29	19.9	+0.25
Cape Town	3.9	+0.16	6.9	+0.32	6.1	+0.32
Cape Town→Singapore	27.8	+0.17	24.8	+0.30	24.7	+0.28
Singapore	6.0	+0.22	4.0	+0.37	4.0	+0.47
Singapore→Japan	17.1	+0.36	13.1	+0.53	14.2	+0.52
Naha	—	—	—	—	1.8	+0.81
Japan (after return)	17.0	+0.23	12.1	+0.33	21.0	+0.30
Total	194.1	+0.17 ₆	153.3	+0.32 ₅	176.0	+0.30 ₅

各寄港地では、重力計を、第2次観測で設置した振子測定点においておき、毎日数回観測して、その間の drift rate をきめた。航海の期間については、振子の測定結果と比較してきめた。Cape Town 南極間往復の期間に対しては、Cape Town での前後2回の観測からきめた。前の報告でのべたように、航海の期間に対する drift rate は、振子測定結果の誤差および重力計定数の問題があって、信頼度が低い。寄港中は、測定のため自動車で運搬しており、その影響で drift rate の特に大きいものがある。これらを考えあわせると、第4次観測の全期間中、drift はほぼ一様であり、その rate は、第3次観測のそれと大差ないといえる。本重力計購入以来、drift の総量は第1図のとおりであって、第3次観測の前から、ほぼ一様とみなすことができる。



第1図 重力計の drift の総量
Fig. 1. Total drift of the WORDEN gravimeter No. 346.

前記2回の昭和基地滞在中の drift rate は次のとおり。

滞在期間	日数	drift rate
1月 16~18日	2.3日	0.23 mgal/day
2月 2~5日	2.3日	0.30 "

これらは滞在時間が短かく、平均の drift としては精度が低い上に、ヘリコプターによる運搬の影響で、drift が乱れている。この2つの滞在の間をとると、19.9日に対して 0.25 mgal/day となり、これがこの期間の平均の drift と考えられる。一方この期間を含む、Cape Town 南極往復間の drift は、第1表のとおり、77.0日間に 18.66 mgal、1日当り 0.24₂ mgal であって、上の値とよく一致している。このような現象は第3次観測でも認められたところであって、この間の drift はほぼ一様であったと考えられる。よってこの間の観測値については、drift rate 0.24₂ mgal/day として補正した。もし drift が一様でなかったならば誤差を生ずるが、その rate が 0.2~0.3 mgal/day の間にあれば、誤差は 1.4 mgal を越さず、0.15~0.35 mgal/day の間にあれば、2.8 mgal を越すことはない。

次に問題となる重力計の定数については、前の報告でのべたとおり、small dial の検定精度は充分であるが、large dial については、日本国内では検定できず、製作会社から与えられたものを使用した。その精度は明らかでなく、また南極地域での低い気温の影響についても問題があるが、ほぼ 1/1,000 程度であろう。従って Cape Town 昭和基地間の重力差 3,000 mgal に対して、3 mgal の誤差を考えなければならず、drift による誤差より大きくなり得る。また small dial については、東京・柿岡間重力差 202.6 mgal (GSI 重力振子による) で検定して、第2表の結果が得られており、3年間で約 6/1,000 の経年変化が認められている。この現象は、

第2表 Small dial の定数変化

Table 2. Calibration of small dial constant.

観測年月 Date of observation	Calibration constant mgal/division	備考 Remarks
—	0.1047(7)	製作会社から与えられたもの。 Value of the constant given by the maker.
1957 X	0.1045 ₈	
58 VI	0.1045 ₃	
VIII	0.1044 ₅	
IX	0.1044 ₃	
59 V	0.1042 ₆	
VII	0.1043 ₀	
X	0.1041 ₂	
	0.1041 ₄	
60 V	0.1039 ₉	
	0.1040 ₀	
VII	0.1040 ₆	
	0.1040 ₅	
IX	0.1040 ₅	

large dial についても当然予想されるが、完全な検定を繰返さない限り不明である。

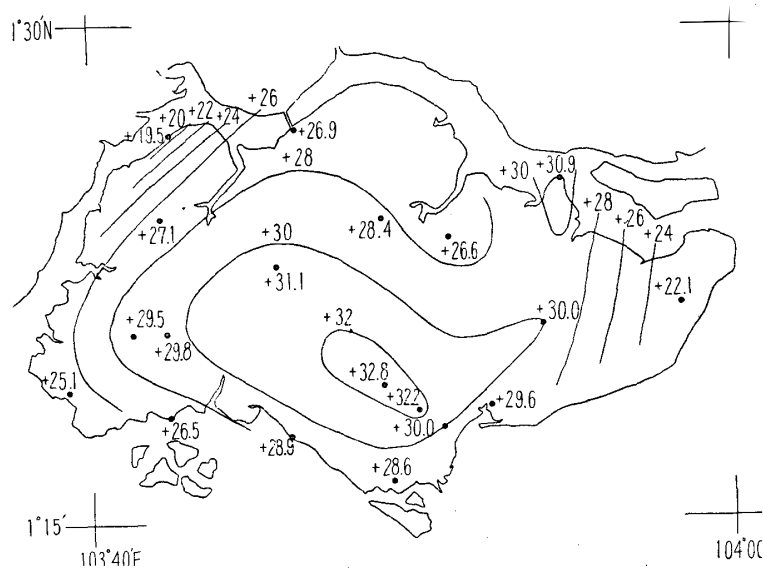
これらの誤差を総合して考えると、第3次観測と第4次観測で得られた、昭和基地の重力値の差 2.6 mgal は、drift の非直線性から予想される量としては、むしろ大きすぎる程度である。一方、定数が増変したことも考えられるが、上記の差は測定した重力差 3,000 mgal の 1/1,000 以下であるから、定数増変の量は 1/1,000 以下だったであろう。結論として、第3次および第4次観測の結果は、よくあっていたというべきであって、前回報告した昭和基地の重力値は、今回の測定結果によって、特に変更する必要はない。その精度は、定数の絶対的精度を別にすれば、2~3 mgal である。但し、定数の絶対的精度が不明であることに注意しなければならない。この点で、定数が大きく変化している可能性のある、今回の測定結果よりも、製作会社の検定した時期により近い、第3次の結果をとる方が妥当であると思われる。

昭和基地で、重力振子の観測が実施されない限り、重力計の観測でこれ以上の精度を期待することはできない。基地で重力振子の観測を実施することは、現在のような状況では、極めて困難と思われる。従って、昭和基地の重力値としては、上記のものを採用する外ない。今後、この地域の重力測定を実施する場合、基準点として使用すべきものであって、そのために必要な精度をもっているものとする。

第4次観測では、昭和基地以外の点および氷上の観測は実施できなかった。従って、南極地域の重力分布についての新しい資料は得られなかった。

3. Singapore 島内の測定

第2次および第3次観測において、Singapore 島内で、振子測定点1点の外、9点で重力計



第2図 シンガポール島内ブーゲー異常分布

Fig. 2. Distribution of Bouguer Anomalies in Singapore Island (in mgal).

の観測がなされた。第4次観測では、この9点の外、新たに10点で、重力計の観測が実施された。これらは、いずれも振子測定点を基準点とする比較測定であって、比較測定の精度は0.1 mgal 以上である。この結果は、第3表にまとめて示した。表中の重力値は、これまでになされたすべての観測値の平均値であって、第2表に示した定数変化に対する補正もしてある。表中の緯度・経度・真高・地殻の密度は、Survey Department, Singapore によって与えられたものである。標準重力は国際式によって計算した。Bouguer 異常の分布を第2図に示した。

第3表 シンガポール島内重力測定結果

Table 3. Results of gravity measurement in Singapore Island.

観測点 Station	緯度 Latitude	経度 Longitude	真高 Height	日付 Date	g	g_0	g_0''	γ_0	$g_0 - \gamma_0$	$g_0'' - \gamma_0$	密度 Density of crust
	N	E	m						mgal	mgal	
University of Malaya	1°19.1'	103°49.1'	19.20		978.08050	978.08643	978.08447	978.0517	+34.7	+32.8	2.44
Raffles Museum	1 17.8	103 51	8.21	A, B, C D, E, F	07988	08241	08155	0516	+30.8	+30.0	2.49
Mount Elizabeth (1)	1 18.3	103 50.2	19.21	A, E	07983	08576	08381	0517	+34.1	+32.1	2.42
" (2)	1 18.3	103 50.2	18.53	A	08007	08579	08391	0517	+34.1	+32.2	2.42
Kallang Airport	1 18.4	103 52.5	3.05	A, B, E	08064	08158	08127	0517	+29.9	+29.6	2.42
Nanyang University	1 20.7	103 41.4	28.87	A,B,C,E	07564	08455	08133	0518	+32.8	+29.5	2.66
Paya Lebar Airport	1 20.9	103 54.2	12.89	B,C,D,E	07942	08340	08194	0519	+31.5	+30.0	2.71
Jurong BM 23	1 20.5	103 41.5	7.96	A, B, E	07999	08245	08158	0518	+30.6	+29.8	2.61
Woodlands BM 33	1 26.8	103 46.3	7.78	B, C, E	07759	07999	07917	0523	+27.7	+26.9	2.52
Changi Stand. BM 4	1 21.4	103 58.3	27.52	B, C, E	06862	07711	07404	0519	+25.2	+22.1	2.66
Pasir Panjang BM 13	1 17.5	103 46.2	3.19	E	07984	08082	08049	0516	+29.2	+28.9	2.46
Mount Faber wireless station	1 16.3	103 49.2	87.48	E	06247	08947	08012	0515	+38.0	+28.6	2.55
Tanjong Kling BM 93	1 18.2	103 42.5	4.01	E	07737	07861	07822	0517	+26.9	+26.5	2.35
Tuas BM 99	1 19.1	103 39.3	4.11	E	07605	07732	07683	0517	+25.6	+25.1	2.87
Punggol	1 25.2	103 54.8	5.56	E							2.43
Lin Chu Kang BM 80	1 26.8	103 42.5	4.50	E	07088	07227	07182	0523	+20.0	+19.5	2.37
Ama Keng BM 84	1 24.2	103 42.2	5.57	E	07799	07971	07920	0521	+27.6	+27.1	2.20
Bukit Panjang BM 28	1 22.8	103 45.7	11.20	E	08076	08422	08314	0520	+32.2	+31.1	2.29
Yio Chu Kang BM 45	1 23.5	103 51.5	16.87	E	07508	08029	07861	0520	+28.3	+26.6	2.37
Nee Soon BM 41	1 24.1	103 49.1	2.37	E	08003	08076	08052	0521	+28.7	+28.4	2.37

A····November, 1957

B····April, 1958

C····November, 1958

D····March, 1959

E····November, 1959

F····April, 1960

4. 琉球における測定

第4次観測では、復路琉球の那覇に寄港し、重力測定を実施した。これについては、琉球気象台で測定するよう、気象庁の要望もあり、将来振子の測定の可能性点として、琉球気象台の地震計室を選んで、この点の重力値を求めることを第1の目的とし、この点を基準点として琉球島内の比較測定も実施した。

測定の日程は次のとおりである。

- 4月 7日 Singapore 重力点で最後の測定 (L. D. 使用)
- 16日 那覇着 琉球気象台で測定 (")
その後 島内の測定 (S. D. 使用)
- 17日 前日より引きつづき気象台で drift 調査のため時々観測
- 18日 島内の測定 (同上) 後琉球気象台で最後の測定 (L. D. 使用)
宗谷に積込み 出港
- 23日 東京着 直ちに国土地理院重力点で測定

Singapore 東京間の重力差は、既に振子の測定によって求められている¹⁾。これと観測値との差を、この間の drift とみなし、琉球の滞在期間を除く航海期間中、drift が一様であったとして補正した。従って求められた琉球の基準点の重力値は、振子の比較測定の誤差、drift の非直線性の誤差を含んでいるが、内挿であるから影響は比較的小さく、また large dial 定数の誤差は、あまりきかないと思われる。従って琉球の基準点 (琉球気象台地震計室) の重力値の精度は 2~3(few)mgal であろう。この値は、もちろん、東京 (国土地理院) の重力値、979.7770 に対する比較測定値と考えるべきものである。島内の比較測定は、Singapore の場合と同じく 0.1 mgal 以上の精度をもつものである。計算方法は、すべて Singapore の場合と同様である。地殻の密度は 2.67 として計算した。

第4表 琉球重力測定結果
Table 4. Results of gravity measurement in Ryūkyū.

観測点 Station	緯度 Latitude	経度 Longitude	真高 Height	日付 Date	g	g_0	g_0''	γ_0	$g_0 - \gamma_0$	$g_0'' - \gamma_0$
琉球気象台 地震計室	26°13.6'	127°41.2'	34.31	1960 4.16~18	979.	979.	979.	979.	mgal	mgal
同 露場水準点	27 13.6	127 41.2	34.84	4.16	11338	12399	12015	0555	+68.5	+64.7
琉球大学 銅巻尺 比較検定場	26 12.9	127 43.2	102.75	4.16 18	09224	12395	11245	0547	+69.3	+57.7
琉球水準原点	26 12.5	127 41.0	7.59	4.16	11478	11712	11627	0542	+62.9	+62.1
那覇空港ターミナル	26 12.5	127 39.0	1.53	4.18	12214	12261	12244	0542	+68.4	+68.2

寄港地での測定については、現地機関の方々のお世話になった。ここに厚く感謝する次第である。

文 献

- 1) 原田美道・鈴木弘道・大橋伸一 (1959): 第2次南極地域観測隊重力部門報告. 南極資料, **6**, 334-345.
- 2) 原田美道・鈴木弘道・柿沼清一・吉田新生 (1960): 第3次南極地域観測隊重力部門報告. 南極資料, **9**, 613~621.

(1960年12月12日受理)