

第2次南極地域觀測隊重力部門報告

原田美道*・鈴木弘道*・大橋伸一*

REPORT ON THE GRAVITY MEASUREMENTS BY THE JAPANESE ANTARCTIC RESEARCH EXPEDITION

Yoshimichi HARADA*, Hiromiti SUZUKI* and Shin-ichi OHASHI*

Abstract

Acting on the resolutions adopted by the SCAR 1956 and by the second meeting of the International Gravimetric Commission 1956, the Antarctic Committee of the Science Council of Japan decided to have the second Japanese Antarctic Research Expedition (1957-58) carry out gravity measurements.

The Geographical Survey Institute projected pendulum observations at Syowa Base and gravimeter observations in the vicinity. The gravity value at Syowa Base was to be determined by the connection with Japan's fundamental gravity station by means of a GSI pendulum apparatus, and the gravity distribution in the vicinity of Syowa Base was to be measured by means of a Worden gravimeter referred to the pendulum station.

In order to assure the stability of the pendulums, it was necessary to make comparison measurements at the two ports, Singapore and Cape Town, on the forward and return voyages. Singapore is a world first order gravity station and Cape Town is one of the most important gravity stations in South Africa. The gravity connection between these stations was also desirable for the accomplishment of the world wide gravimetric net.

Unfortunately, pendulum observation could not be carried out at Syowa Base, except for the gravimetric observations in Lützow-Holm

Bay in Antarctica, because the ship was locked in the ice during the missions.

Pendulum observations (a) LOCATION OF THE PENDULUM STATIONS Location of the stations occupied by the pendulum apparatus is as follows;

Chiba (Japan): Gravity room, Laboratory of the Geographical Survey Institute.

Latitude 35°38.0' N.

Longitude 140°06.5' E. Height 20.9 m.

Singapore: Geography Department, University of Malaya.

Latitude 1°19.1' N.

Longitude 103°49.1' E. Height 19.2 m.

The apparatus was set on the floor in Room F.

Cape Town (Union of South Africa): Trigonometrical Survey Office, Mowbray, Cape Province.

Latitude 33°57.1' S.

Longitude 18°28.1' E. Height 38.4 m.

The apparatus was set on the concrete floor, where floor-boards are removed, in Room No. 14. It is the same place occupied by Cambridge pendulum apparatus in 1948.

(b) RESULTS OF THE MEASUREMENTS The GSI pendulum apparatus used for these measurements is the same one used for the Japan and United States connection in 1955. It has three pendulums made of quartz. Periods of pendulums are timed against a portable crystal clock, and the clock was rated with the time

* 地理調査所, 第2次南極地域觀測隊員. Geographical Survey Institute. Members of the Japanese Antarctic Research Expedition, 1957-58.

signals JJJ, WWV, WWVH and ZUO. Standard deviation of a single observation of a period at a station does not exceed 40×10^{-8} second.

Differences in gravity values were obtained by the method of least square as follows;

$$g_{\text{Singapore}} - g_{\text{GSI}} = -1709.25 \pm 0.45 \text{ mgals}$$

$$g_{\text{Cape Town}} - g_{\text{GSI}} = -142.80 \pm 0.45 \quad //$$

where, $g_{\text{GSI}} = 979.7898 \text{ cm/sec}^2$

relative to $g_{\text{Kyoto}} = 979.7215$ (Janan's fundamental gravity station.).

So we get, $g_{\text{Singapore}} = 978.0805 \text{ cm/sec}^2$,

$$g_{\text{Cape Town}} = 979.6470 \quad //$$

Worden gravimeter observations (a)

SINGAPORE ISLAND Four gravity stations were reoccupied by the Worden gravimeter No. 346, and five new gravimeter stations were established. Gravity values at these stations were obtained relative to the pendulum station as shown in Table 7. The results in Singapore and Cape Town show sufficient agreement with those of WOOLLARD's group and of the Cambridge pendulum apparatus.

(b) **ANTARCTICA** In Lützow-Holm Bay, Worden gravimeters were observed at nine stations as shown in figure 1, on a very closed pack-ice region during the period from Dec. 26, 1957 to Feb. 14, 1958. The gravimeter

used has a stable and small drift, which was confirmed by the continuous readings at Singapore and Cape Town, and from the closure obtained from the forward and return measurements between Cape Town and Antarctica. The drift rate adopted was $+0.20 \text{ mgal/day}$ which was deduced from the closure at Cape Town, $+17.5 \text{ milligals}$ after 88.1 days' voyage in Antarctica as shown in Table 5.

Since observations were made on very closed pack-ice, the thickness of which was several meters, there was always a slight vertical movement of about 10 seconds in duration and several millimeters in amplitude. The effect of the movement on the acceleration of gravity was estimated to be $\pm 10 \text{ milligals}$ or more. Errors due to the inadequacy of the drift rate of the gravimeter and the uncertainty of its scale value also being taken into consideration, it is estimated that the accuracy of the gravity value might be less than a few milligals. Gravity values in Lützow-Holm Bay, as shown in Table 6, are always larger than the normal values, the magnitude of positive anomaly in $g - \gamma_0$ amounting to about $+50 \text{ milligals}$ in average. This amount of positive anomaly far exceeds the value of the estimated error in observation.

1. 序

1956年7月 Paris で開かれた第3回南極会議 (S. C. A. R.) において、日本の南極観測計画に重力測定を加えるようにという強い要望があり、決議として採択された。続いて同年の9月同じく Paris で開かれた第2回国際重力会議 (International Gravimetric Commission) でも同様な要望が決議として採択された。これは 1955 年実施された日米間の重力比較測定などの結果、日本の重力測定技術が高く評価されたことによるものである¹⁾。

これによつて南極地域本観測に重力測定を実施することが決められ、担当機関である地理調査所では直ちにその準備にとりかかり、実施計画を検討した結果、次のような結論に達した。すなわち今回の本観測では、第一に昭和基地の重力値を日本との比較測定によつて決定する。往復の途中 Singapore と Cape Town でも測定する。用いる器械は地理調査所型重力測定装置である。第二に昭和基地を基準点として、附近数点において Worden 重力計による測定を行う。

現在行われる重力の比較測定には、重力振子と重力計 (Gravimeter) と 2 つの方法がある。重力計は狭い地域内の測定では非常に高い精度がえられるが、drift の現象があり、又 calibration にも問題があつて、今回のように長期間にわたつて遠距離を輸送する場合には、十分な精度がえられない。重力振子にはこのような心配はないが、始め日本で振子の週期を測定してから昭和基地で測定し、再び帰国して日本で測定を完了する迄、約 6 ヶ月間振子の状態が変わらず出発前と同じ週期をもつていなければならない。即ち精密な測定の為には、振子の安定性が一番問題となる。そこで昭和基地ばかりでなく、途中の Singapore, Cape Town でも寄港する度に毎回測定することが、振子の安定性をしらべ、従つて測定の精度を保持するために必要である。

これらの点のうち、Singapore は、日本の京都等と共に、全世界に 30 点ある国際 1 等重力点の 1 つであり、Cape Town は、南アフリカ連邦の国際 1 等重力点である Johannesburg と共に、同国でもつとも主要な重力測定点である。このような世界各地の重力基準点間の比較測定を行うことは、前記会議の決議として要請されているところであり、全世界の重力測定網完成のため大きな貢献ができるのである。

2. 準 備

戦後 Singapore で行われた国際的な重力比較測定はすべて重力計によるもので、重力振子の測定は今回が始めてである。これまで測定されてきた Kallang 飛行場、Raffles 博物館では振子の測定ができる場所がない為、Singapore 政庁 Survey Department の尽力により、測定は University of Malaya の Geography Department の一室で行われた。これらの測定点相互の間は、Worden 重力計によつて簡単に比較測定できる。Cape Town では、1948 年 Cambridge 振子によつてイギリスとの比較測定が行われた Trigonometrical Survey Office の一室を使用できた。これら現地の機関は極めて好意的に協力してくれ、仕事を順調に進めることができた。

携行した器材のうち主なものは第 1 表の通りである。重力振子及び本体は、前回日米間比較

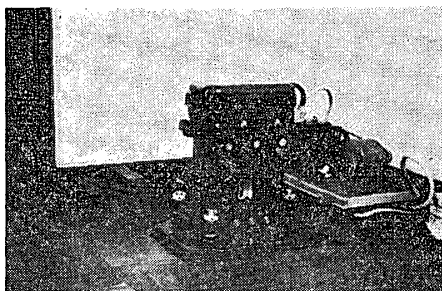


写真 1 地理調査所型重力測定装置(本体)

Photo. 1. GSI pendulum apparatus.

測定に用いたのと同じの三本吊り振子である²⁾(写真 1)。記録機は早廻しドラム上で放電記録する新型³⁾(写真 2)を使用した。これにより 1 回の観測時間が約 10 分に短縮され、短い寄港期間中に測定を終る為に効果的であつた。寄港地では測定装置全部を測定点に運搬したが、特に大きい故障はなかつた。

Worden 重力計は測地用で、large dial によつて緯度 0° から 76° までの間で測定できるものである。出発前

と帰国後、千葉・柿岡間で定数を検定した(写真 3)。

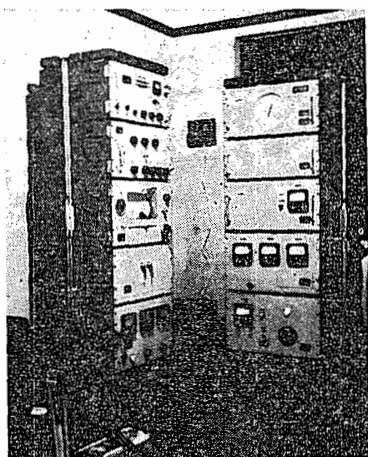


写真 2 地理調査所型重力測定装置
(水晶時計及記録機)

Photo. 2. GSI pendulum apparatus,
crystal clock (right) and recorder.

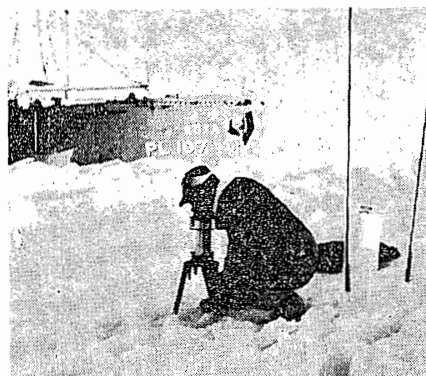


写真 3 リュッツォホルム湾内氷上における
Worden 重力計観測

Photo. 3. Gravity measurement with a Worden
Gravimeter on very close pack-ice in Lützow-
Holm Bay.

第1表 観測用器材
Table 1. List of apparatus.

品名	数量	摘要	備考
地理調査所型 重力測定装置	1 式		
本体	1	第II号	測機舎製
重力振子	3 本 1 組	熔融石英製	日本石英硝子及測機舎製
水晶時計	1		コッス測定器製
高速度記録機	1	増巾器, 早廻シクロノ グラフ及び電源	//
報時受信機	1	標準電波専用	応研電子工業製
VHF 送受信機	2	138.04 Mc, 出力 3 W	
直流増巾器	1 式	予備用	
附属品	1 式		
Worden 重力計	1	測地用 No. 346	U. S. A. Texas Instruments Inc.
計	30 梱	約 1500 kg	

3. 測定状況

全測定の日程は次の通りである。

- | | |
|------------|----------------------------|
| 1958 年 9 月 | 測定準備 |
| 10月10~13日 | 千葉にて重力振子測定 |
| 14日 | 器材大部分宗谷へ積込み |
| 18日 | 千葉・柿岡間 Worden 重力計の定数検定の為測定 |
| 19日 | 同上宗谷へ積込み |

11月3～8日	Singapore にて重力振子測定 Singapore 島内 Worden 重力計測定
12月2～9日	Cape Town にて重力振子測定
12月26日～ 2月14日	この間 11 回 Lützow-Holm 湾内氷上及び船内で Worden 重力計測定
3月7～12日	Cape Town にて重力振子測定
4月8～14日	Singapore にて重力振子測定 Singapore 島内 Worden 重力計測定
5月1日	器材積おろし、千葉へ運搬
12～27日	千葉にて重力振子測定
6月12～13日	鹿野山・千葉・柿岡間 Worden 重力計定数検定の為測定

今回の測定では寄港の日数が限られているため、測定を完了できない点があるのではないかと危ぶまれた。そこで出発前に現地と連絡して、測定室の使用、器材の運搬、税関の手続等について十分打ち合わせておき、又航海中にもつとも故障を起しやすい水晶時計を動かして調整しておくなど、できるだけの準備をした。その結果大きな故障もなく、上陸できなかつた昭和基地を除いて、振子の測定を完了することができた。

4. 重力振子観測

各測定点の位置は次の通りである。

千葉：

千葉市黒砂町 241 地理調査所

実験室内重力測定室（新）コンクリートブロック上

Singapore:

University of Malaya, Geography Department

Room F 床上

Cape Town:

Trigonometrical Survey Office, Room No. 14, Mowbray

(床板をはがしたコンクリート床上)

このうち千葉は、地理調査所で実施する重力測量の基準になつている点で、日米間比較測定の際の測定点と同じである。Singapore は前述のように新設の点であるが、地面の微動も少なく、国際的な測定点として適当と思われた。Cape Town は Cambridge 振子で南アフリカ連邦内の重力測定を実施した際の測定点と同一である。これらの経緯度及び高さは次の通りである。

第 2 表 Table 2.

	緯度 Latitude	経度 Longitude	高さ Height
Chiba (GSI)	35°38.0' N	140°06.5' E	20.9m
Singapore	1 19.1 N	103 49.1 E	19.2
Cape Town	33 57.1 S	18 28.1 E	38.4

各点で観測された No. 2 及び 3 両振子の週期の平均値，単観測の標準偏差 (S.D.) 及び平均値の標準誤差 (M.E.) を第 3 表に示した．第 4 表は週期の温度係数を $21.4 \times 10^{-8} \text{ sec}/^\circ\text{C}$ とし， 29°C に引直した結果である．各単観測値について考慮された補正は，

$$\text{振巾補正: } -\Delta T = (\alpha^2/16) T$$

α は弧度で表わした振巾及び水晶時計の歩度に対する補正である．

第 3 表 週期観測値
Table 3. Observed period.

No.	Date	測定点 Station	測定回数 Number of observations	平均温度 Mean temperature ($^\circ\text{C}$)	No. 3			No. 2		
					週期(秒) Period (sec)	S.D. $\times 10^{-8}$	M.E. $\times 10^{-8}$	週期(秒) Period (sec)	S.D. $\times 10^{-8}$	M.E. $\times 10^{-8}$
I	1957 10. 11~13	Chiba	23	29.00	1.01722480	29	6	1.01722670	28	6
II	11. 5~ 7	Singapore	14	41.40	1.01811609	30	8	1.01811701	39	10
III	12. 6~ 7	Cape Town	18	38.98	1.01730091	15	4	1.01730258	18	4
IV	1958 3. 10~11	Cape Town	15	38.73	1.01730087	25	7	1.01730217	27	7
V	4. 10~12	Singapore	16	38.68	1.01811524	31	8	1.01811641	23	6
VI	5. 16~19	Chiba	26	39.66	1.01722662	32	6	1.01722780	24	5
VII	5. 20~27	"	21	28.89	1.01722435	14	3	1.01722588	37	8

第 4 表 29°C に引直した週期
Table 4. Period reduced to $+29^\circ\text{C}$.

No.		sec	sec
I	Chiba	1.01722480	1.01722670
II	Singapore	1.01811344	1.01811436
III	Cape Town	1.01729877	1.01730044
IV	Cape Town	1.01729879	1.01730009
V	Singapore	1.01811317	1.01811434
VI, VII	Chiba	1.01722437	1.01722590

重力振子の週期測定では，水晶時計の進みおくれの歩度を報時との比較によつて決定している．各測定点で使用した報時（標準電波）は次の通りである．

千葉	J J Y	2.5, 5, 10, 15 Mc	
Singapore	WWVH	15 Mc,	J J Y 15 Mc
Cape Town	WWV	15 Mc,	Z U O 5 Mc

標準電波の受信は Singapore では比較的容易であつたが，Cape Town では昼間はよい記録が得がたく，その上 WWV, WWVH, JJY 等が互いに混信するため，夜間 WWV だけ発

信されている時間を利用した。又夜間 Johannesburg の ZUO も受信できた。これらによる比較の結果、水晶時計は数時間ではほぼ 10^{-7} の精度をもつていたが、よい受信記録が得がたかつたため、報時をできるだけ多くとつて、その間の歩度を平均的に定めた。同時に 2 つの報時によつてきめた歩度はほぼ 10^{-7} の程度で一致したので、それぞれの場合でもつとも受信状況のよいものを採用した。各報時自身の系統的な差は、受信の誤差以下と考えられる。

初め千葉では昭和基地の測定のことと考えて、恒温槽の温度を 30°C として測定したが、Singapore 及び Cape Town では、気温が高く 30°C では定常になり難いため、 40°C とした。従つて帰国後の測定は、 40°C と 30°C と 2 組実施した。但しこれらは互いに独立とは考えられないので、第 4 表では一つにまとめた。

第 3 表を見ると、標準偏差は 40×10^{-8} 以下で、前回の日米比較測定の場合より一般に小さい。これは単観測に要する時間が短縮されて、測定 of 誤差が小さくなつた為と考えられる。Cape Town は特に地盤がよく、第 1 回の観測でばらつきは極めて小さかつた。第 2 回目がやや大きかつたのは、水晶時計が幾分不安定であつた為である。Singapore 及び Cape Town の各 2 回の観測値の閉塞差は、標準偏差から予想される程度であるが、千葉の値については週期が減少しており、No. 2 振子で特に大きい。この現象は knife-edge の磨耗によるものではないかと想像されるが、明らかになつていない。このような場合、各観測値に標準誤差に応じて重量をつけることは必ずしも適当でないと考えられるので、それぞれが等しい重量をもつものとして、最小自乗法によつて平均計算した。

その結果、振子週期について

$$T_{3\text{GSI}} = 1.01722469_3 \pm 0.00000019_3 \text{ (M.E.)}$$

$$T_{2\text{GSI}} = 1.01722607_7 \pm 0.00000019_3 \text{ (//)}$$

$$T_{\text{Singapore}} - T_{\text{GSI}} = 0.00088844_2 \pm 0.00000023_6 \text{ (M.E.)}$$

$$T_{\text{Cape Town}} - T_{\text{GSI}} = 0.00007413_8 \pm 0.00000023_6 \text{ (//)}$$

重力差にして

$$g_{\text{Singapore}} - g_{\text{GSI}} = -1709.25 \pm 0.45 \text{ mgal}$$

$$g_{\text{Cape Town}} - g_{\text{GSI}} = -142.80 \pm 0.45 \text{ //}$$

従つて日本の重力基準点

$$g_{\text{Kyoto}} = 979.7215$$

に対して

$$g_{\text{GSI}} = 979.7898$$

であるから、

$$g_{\text{Singapore}} = 978.0805 \pm 0.00045$$

$$g_{\text{Cape Town}} = 979.6470 \pm 0.00045$$

となる。

5. Worden 重力計観測

南極地域では昭和基地で重力振子の測定ができず、Lützow-Holm 湾内の氷上及び船内で Worden 重力計の観測を試みるにとどまつた。宗谷が氷に閉ざされている間、Worden 重力計を氷上で観測すると、indicator は large dial の或範囲内で視野の左右いずれの端にも附着するか、又は視野の中央附近を振動する状態であつた。これは主に氷盤の上下運動の為と考えられる。気泡水準器で観測した氷盤の傾斜は週期 10 秒、振巾 10~30'' 程度であり、又上下運動の振巾は数 mm 程度であつた。これによる重力の変化は数十 mgal に及ぶことになり、とても精密な測定は望めない。実際の観測でも small dial は全く用をなさず、large dial で大体の値をよみとつたが、精度はもつともよいもので数 mgal 程度と考えられる。ピセットされている間、船の周囲の氷盤の大きさは径数十米、厚さ数米で、これらが互いに押しあい重なりあつた状態にある。この場合、船自身も氷盤に押しつけられているわけで、主機関が停止している時、船の中央部で氷上と同様な測定が可能であり、水準器の気泡の動きも同程度であつた。いずれの場合でも、水準器の動きの振巾が 30'' 以上の場合は、測定は全然できなかつた。飛行場にした接岸点の氷盤は径 20 軒以上の大きなもので、水準器観測による傾斜の振巾も 5~10'' であり、重力計の観測についても、ピセット中よりやや良好であつた。

又このような長期間にわたつての測定では、重力計の drift が大きな問題である。全期間の drift は第 5 表のようになる。

第 5 表 Worden 重力計の drift
Table 5. Drift rate of the Worden gravimeter.

	日 数 Duration	重 力 計 Worden gravimeter (mgal)	重 力 振 子 (平均結果) Pendulum (mgal)	Drift (mgal)	1 日 当 り Drift per day (mgal/day)
Chiba—Singapore	15.2	-1711.0	-1709.2	-1.8	-0.12
Singapore	5.0			(+0.08)	+0.02
Singapore—Cape Town	24.5	+1570.1	+1566.4	+3.7	+0.15
Cape Town	6.8			(+1.13)	+0.17
Cape Town⇄Antarctica	88.1			+17.5	+0.20
Cape Town	3.9			(+0.60)	+0.16
Cape Town—Singapore	27.8	-1561.6	-1566.4	+4.8	+0.17
Singapore	6.0			(+1.34)	+0.22
Singapore—Chiba	17.1	+1715.4	+709.2	+6.2	+0.36
Chiba (after return)	17.0			(+3.94)	+0.23

但し振子による測定は、0.5 mgal 程度の誤差をもっているから、その結果と比較してきめた drift は信頼度が低い。碇泊中と航海中で 1 日当り drift は等しいとは限らないが、Cape Town から南極地域へ往復する間の drift を 0.20 mgal/日 とすることは、前後の状況からみて妥当であろう。この間の drift の総量は 17.5 mgal であるから、drift による誤差は数

mgal, 即ち測定自体の精度より小さいと考えられる. よつてこの間の drift は 0.20 mgal/日として補正した. 又重力値の基準としては, Cape Town の振子測定点の公式の値⁵⁾

$$g_{\text{Cape Town}} = 979.6475$$

をとつた.

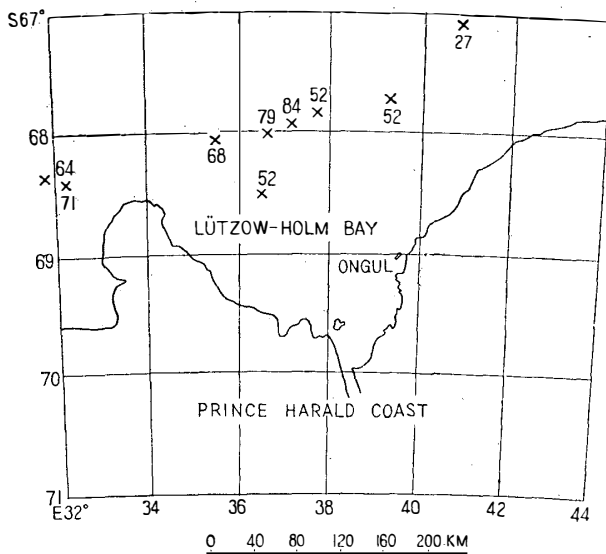
又このように重力差が大きい場合, large dial の calibration が問題である. small dial については日本国内の基線で検定したが, large dial についてはそれができないので, 製作所によつて与えられた値をそのまま使用した. しかしそのための誤差も, 測定自体の精度よりは小さいと考えられる.

各測定値は第6表の通りである.

第6表 南極における Worden 重力計による重力観測結果

Table 6. Results of the gravity measurement by means of the Worden gravimeter in Antarctica.

緯度 Latitude	経度 Longitude	水深 Depth	測定年月日 Date	g	γ_0	$g - \gamma_0$	備考 Remark
		m	1957	982.	982.	mgal	
67°04' S	40°50' E	3875	12月26日	460	433	+27	on pack ice
67 45	39 12	3280	1958 1月5日	529	477	+52	on board
67 51.5	37 43.5	3395	12	536	484	+52	on pack ice
67 56.7	37 07.8	1975	17	573	489	+84	//
68 00.5	36 39.0	2360	20	572	493	+79	on board
68 03.4	35 30.0	1690	23	564	496	+68	on pack ice
68 27.0	32 18.5	375	30	592	521	+71	on board
68 19.9	31 50.0	510	2 1	577	513	+64	//
68 32.0	36 30.0	880	9	582	526	+52	on pack ice
//	//	885	10	575	//		//
//	//	895	14	578	//		//



第1図 昭和基地北方海域の重力異常

Fig. 1. Distribution of gravity anomalies, $g - \gamma_0$ in unit of mgal.

但し標準重力の計算には国際式を用い, 観測点の海面上の高さは無視した. 観測点の分布は第1図に示した.

Singapore の旧測定点と今回の振子測定点との間の比較測定は, 往復2回 Worden 重力計で実施した. この際測量局の希望によつて, Singapore 島内で5点新設した. 測定点は全部で10点である. その結果を第7表に示す.

ここで*印は以前に何らかの重力測定が行われた点である. また, 経緯度, 真高及び測定点附近の地殻密度は, Survey Department によつて与えられた値である.

第7表 シンガポールにおける Worden 重力計による重力観測結果

Table 7. Results of the gravity measurement by means of the Worden gravimeter in Singapore.

測定点 Station	緯度 Lat.	経度 Long.	真高 Height	測定 年月日 Date	g	g_0	g_0''	γ_0	$g_0 - \gamma_0$	$\Delta g_0''$	密度 Density of crust
University of Malaya	1°19.1' N	103°49.1' E	19.20 m		978.08050	978.08643	978.08447	978.0512	+34.7 mgal	+34.7 mgal	2.44
Mount Elizabeth House No. 7 (1)*	1 18.3	103 50.2	19.21	1957 11.7	07982	08575	08380	0517	+34.1	+34.1	2.42
" (2)*	"	"	18.53	11.7	08007	08579	08391	0517	+34.1	+34.1	"
Raffles Museum*	1 17.8	103 51	8.02	{ 11.7 1958 4.11	07990	08237	08153	0516	+30.8	+30.8	2.49
Kallang Airport*	1 18.4	103 52.5	3.05	{ 11.7 4.11	08062	08156	08125	0517	+29.9	+29.9	2.42
Jurong BM 23	1 20.5	103 41.5	7.96	{ 11.7 4.11	08000	08246	08159	0518	+30.7	+30.7	2.61
Nanyang Univ.	1 20.7	103 41.4	28.87	{ 11.7 4.11	07562	08453	08131	0518	+32.7	+32.7	2.66
Woodland BM 33	1 26.8	103 46.3	7.77	{ 1958 4.11	07750	07990	07903	0523	+27.6	+27.6	—
Changi Standard BM 4	1 21.4	103 58.3	27.51	4.11	06859	07708	07400	0519	+25.2	+25.2	—
Singapore Airport	1 20.9	103 54.2	—	4.11	07939	—	—	0518	—	—	—

g の値は University of Malaya の振りによる値を 978.08050 として 0.01 mgal まで計算した。各観測値については $G=1.20$ とする地球潮汐及び往復又は一周測定の間塞差からきめた drift の補正をした。 g_0 , g_0'' はそれぞれ高度補正, BOUGUER 補正をした値で,

$$g_0 = g + 0.3086 h \text{ (mgal)}$$

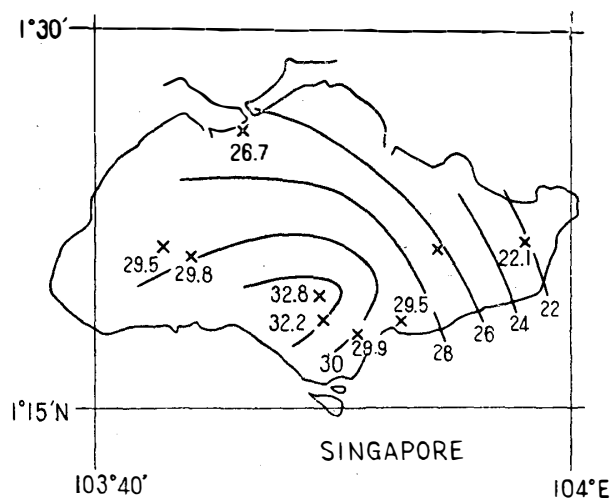
$$g_0 = g + 0.3086 h - 2\pi\rho kh$$

h : 真高 (m), ρ : 地殻密度,

k : 万有引力の定数

で与えられる。地殻の密度が与えられていない点については、日本の例にならつて、 $\rho=2.67$ として BOUGUER 異常を計算した。

なお地形補正は考慮してない。BOUGUER 異常の分布を第2図に示す。



第2図 シンガポール島のブーゲー異常
Fig. 2. Distribution of BOUGUER anomalies (milligals).

6. 結 論

Singapore で行われた国際的な比較測定のうち、もつとも新らしく精度が高いと考えられるのは、1954年 Bonini が2台の Worden 重力計で測定したものである⁴⁾。これは Washing-

ton, D. C. (Coast & Geodetic Survey $g=980.1190$) を基準にして世界一周の測定をした時の結果で, Singapore には次の3点の測定があり, いずれも今回再測された. 第7表に示した値は京都を基準とするものであるが, 前回の日米比較測定によつて

$$g_{C\&GS} - g_{GSI} = + 329.8 \pm 0.3 \text{ mgal}$$

が得られているので, これを用いて, 今回の結果を Washington を基準とする値に直したものを一しよに示すと, 次の通りである.

第8表 Table 8.

測定点 Station	W-10 F	W-147	今回の測定値 Observed value
Kallang Airport	978.0817	978.0810	978.0800
Raffles Museum	.0809	.0802	.0793
Mount Elizabeth	.0809	.0802	.0795

両者の差は最大 1.7 mgal であり, 遠距離の測定としては大体よく一致しているといえる.

Cape Town で第2次大戦後実施された国際的な比較測定結果は次の通りである.

第9表 Table 9.

年	測定者 Observer		g	基準点 Reference station	
1948~9	HALES & GOUGH	Cambridge Pend. Apparatus	979.6475	Cambridge (Teddington)	981.2685 ⁵⁾ 981.196)
1954	WOOLLARD & OTHERS	Gulf Pend. Apparatus	.6486	Washington, D. C.	980.1190 ⁴⁾
"	WOOLLARD & BONINI	Worden Gravimeter W-10 F	.6469	"	"
"	"	Worden Gravimeter W-147	.6471	"	"

Cambridge 振子による結果は, 1948~9 年南ア連邦の重力測定が行われた前後に, イギリスの基準点と比較測定されたものである. WOOLLARD 等の結果は, いずれも世界一周測定の間のものである. これらの結果をみると, Gulf 振子の結果を除いて, きわめてよい一致を示している. Cambridge 振子によつて Teddington—Ottawa—Washington, D. C. 間の比較測定が完成されており, GSI 振子による前回の千葉—Washington, D. C. 間比較測定と今回の千葉—Singapore—Cape Town 間比較測定とによつて, 各往復測定からなる世界一周の測定が完成せられたことになる.

南極地域での測定は精度も低く, 同じ測定点で再び測定し難いが, この地域で初めての測定としての意義を有する. 今回の経験によれば, Worden 重力計がほぼ一定で小さい drift をもっていれば, 南極地域の重力値が相当高い精度で決定できる. これは今後の観測計画に一つの示唆を与えるものである.

今回の測定については, 多くの方々の協力援助を受けた. 特に Singapore 政庁 Survey Department

の Chief Surveyor B. P. Walker-Taylor 氏, 同 M. N. Menon 氏, 同 Lau Choon Theam 氏, University of Malaya, Geography Department の R. Ho 氏, 南ア連邦 Trigonometrical Survey Office の J. J. Boonzaaier 所長, D. R. Hendrikz 氏, University of Witwatersrand, Bernard Price Institute of Geophysical Research の A. L. Hales 教授, D. I. Gough 博士, K. W. Graham 氏, その他関係各機関の方々に厚く感謝する。同時に, 測定に協力された隊員, 宗谷乗組員の方々に感謝する。又この国際的な比較測定の実現に尽力された外務省及び出張機関の各係官, 地理調査所長武藤博士, 同測地部長奥田博士に厚く御礼申し上げる。器械の製作, 観測準備については, 測地第一課長坪川博士, 井上計画課長の指導の下に, 測地第一課の方々の協力をうけたことを厚く感謝する次第である。

参 考 文 献

- 1) Okuda, T., Inoue, E. & Suzuki, H.: Determination of the differences in gravity values at the Coast & Geodetic Survey (C & GS), the National Bureau of Standards (NBS), Washington, D. C., and the Geographical Survey Institute (GSI), Chiba, Japan. Bull. G.S.I., **V**, 1 (1957).
- 2) Muto, K.: A GSI pendulum apparatus for gravity measurements. Proc. Japan Academy, **29**, 439 (1953).
- 3) 坪川家恒・井上英二・鈴木弘道: 地理調査所型重力測定装置の高速記録機 測地学会誌, **3**, 21 (1956).
- 4) Bonini, W. E. & Woollard, G. P.: The observation accuracy of high-range geodetic type Worden Gravimeters. Trans. Amer. Geophys. Union, **38**, 147 (1957).
- 5) Hales, A. L. & Gough, D. I.: Measurement of gravity in South Africa. Government Printer (1950).