

昭和基地より南緯75度までの旅行および  
クック岬への旅行における重力測定について

大 浦 浩 文\*

ON THE MEASUREMENTS OF GRAVITY ON THE COURSES FROM  
SYOWA STATION TO 75°S AND TO COOK POINT

Hirobumi ÔURA\*

*Abstract*

Along the inland traverse route from Syowa Station to location C21 (F451, 74° 57'S, 38°27' E) and along the traverse route on the sea ice in Lutzow-Holm Bay toward the Cook Point, the gravity was measured by Worden Gravimeter in 1961. On the inland traverse, the intervals of the observation stations were 6 km in the range from the coast to point C6 (F158, 71°00'S, 41° 00' E), and 12 km in the range from C6 to C21. The number of the observation stations on the sea ice of the Lutzow-Holm Bay was seventeen. Seven stations of them coincided with the points where the depth was sounded by plummet.

The error of the measurement seemed to be mainly caused by the abnormal drift of gravimeter. Though the carrier (container) of the gravimeter was covered with sheets of foam rubber and set in a wooden box, which was set on a thick sheet of foam rubber and was mounted with rubber bands to the snow car, the gravimeter must have

suffered frequent shocks when the snow car passed the group of sastrugi.

The mean drift of the gravimeter was 0.285 mgal/day in the year. But it was smaller in the period of traverse, that is, 0.182 mgal/day in the autumn inland traverse, 0.247 mgal/day in the spring inland traverse and 0.082 mgal/day in the Cook Point traverse. The negative drift was noticed at some camp sites where we stayed for several days. The mean error of the measurements estimated from all viewpoints was about 3.5 mgal.

The results obtained from the inland traverse route are listed in a table with the location and the height of the observation station, the values of the standard gravity, the free air anomaly, the thickness of ice, the height of bed rock and the distance from Syowa Station along the route. The thickness of ice was calculated under three assumptions

- (1) the Bouguer anomaly is zero,
- (2) the density of ice is 0.9 g/cm<sup>3</sup>,
- (3) the density of bed rock is 2.67 g/cm<sup>3</sup>.

\* 北海道大学低温科学研究所 The Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University.

Since the seismic sounding by our party was a failure, the Bouguer anomaly could not be calculated. But the traverse route of the third expedition party crosses our route, and a part of traverse route of the forth expedition party is very close to our route, then their results of seismic sounding can be utilized and the rough estimation of the Bouguer anomaly can be made. At station F52, about 100 km from Syowa Station, the thickness of ice calculated from the gravity is approximately equal to that from the seismic sounding, that is, the Bouguer anomaly is about -6 mgal. But in the region of Oku-Shirase Daira (the head of the Shirase Glacier), the difference of ice thickness becomes 1000~1500 m, and the Bouguer anomaly is about -75~-110 mgal. If the Bouguer anomaly at the farther stations is taken as -100~-150 mgal, considering the value in the neighbourhood of Pole of Relative Inaccessibility or South Pole, the true thickness of ice will be 1300~2000 m smaller than that calculated from gravity.

The results obtained on sea ice in Lutzow-Holm Bay are listed in another table. At some stations where the depth of sea is known, the Bouguer anomaly was calculated under the assumptions (1) the Bouguer anomaly is zero, (2) the density of sea water is  $1.02 \text{ g/cm}^3$  (freezing point  $-1.5^\circ\text{C}$ ), (3) the density of rock  $2.67 \text{ g/cm}^3$ .

As to the free air anomaly and the Bouguer anomaly, too, the vicinity of the tongue of the Shirase Glacier has the smallest value  $\Delta g_o = -78.2 \text{ mgal}$   $\Delta g_o'' = -32.6 \text{ mgal}$  and farther place has larger value. This gradient continues to the offing of the Lutzow-Holm Bay where the maximum value of anomaly  $\Delta g_o = +79 \text{ mgal}$   $\Delta g_o'' = +216 \text{ mgal}$  has been observed in the second expedition. It must

be noticed that the maximum of the free air anomaly in the neighbourhood of lat  $68^\circ\text{S}$  corresponds to the edge of the continental shelf, the minimum in the neighbourhood of lat  $69.5^\circ\text{S}$  corresponds to the depression of the bottom of sea and the maximum in the neighbourhood of lat  $71.7^\circ\text{S}$  corresponds to the neighbourhood of the Yamato Mts. As to the Bouguer anomaly at the place in the range between the meridians  $35^\circ\text{E}$  and  $40^\circ\text{E}$ , the value of  $\Delta g_o''$  280 mgal in the neighbourhood of  $68^\circ\text{S}$  decreases to about zero in the neighbourhood of  $69^\circ\text{S}$ , to the approximately estimated value -75~-110 mgal in the neighbourhood of  $71^\circ\text{S}$  and to the reasonably assumed value -100~-150 mgal at the southern place of  $72^\circ\text{S}$ . In the neighbourhood of  $68^\circ\text{S}$ , the western place has smaller Bouguer anomaly and in the neighbourhood of  $69^\circ\text{S}$ , the western place has larger Bouguer anomaly.

The elevation of Mohorovicic discontinuity  $M$  is calculated with the formulae presented by KORYAKIN, DEMENITSKAYA, and with the graph presented by WOOLLARD. KORYAKIN's formula is  $M = M_o - (\Delta g_o'' / 2\pi G \times \text{density contrast}) = 35.3 - 0.0332 \Delta g_o''$ , and DEMENITSKAYA's formula is  $H = 35 (1 - \tanh 0.0037 \Delta g_o'')$ . Where  $H$  is the thickness of the earth's crust. If  $H$  is taken as  $M$ ,  $M$  will have the error by the depth of sea. For the value of  $M$  in the neighbourhood of Syowa Station, any of the above formulae would give about 35 km, but for the mean gradient of  $M$  in the range between  $68^\circ\text{S}$  and  $69^\circ\text{S}$ , the formula of KORYAKIN gives about 59 m/km, the curve of WOOLLARD gives about 119 m/km and the formula of DEMENITSKAYA gives about 186 m/km.

## I ま え が き

南極大陸の上に乗っている氷の厚さを知ることは、雪氷学的に重要な仕事である。各国の旅行隊は、重力法と人工地震法とを併用して、氷厚や地盤の形状を求めている。日本隊においても、第5次越冬隊は1961年3月、4月の秋旅行、同年10月、11月、12月の春旅行には、Worden 重力計と E.T.L. 社製地震探査器とを携行した。しかし、地震探査に失敗したので、重力値だけを頼りに氷厚を算出することになった。幸にして、第5次隊の重力測定線は第3次隊の地震探査の線と交わっているし、第4次隊の地震探査の線の一部とも非常に近接しているのて、これを利用して妥当と思われる氷厚を推定することができた。

一方、1961年8月21日より2週間、クック岬への旅行をした時も Worden 重力計を携行し、海氷上の数地点において測定を試みた。その中の何点かでは海底の深さを測定してあるので、Bouguer 異常も計算することができた。

大陸旅行中には、器械を乗せていた雪上車が走行中にサストルギから受ける衝撃的な振動のため、器械のドリフトは正常でなく、また測定は強風で揺れる雪上車の中で行なわれたのて、測定の精度は甚だ悪い。またクック岬旅行においては海氷が揺れたのて、やはり測定の精度はよくない。

## II. 測 定 装 置

重力の測定には測地用 Worden 重力計 No. 346 を用いた。これは1958年から1960年までの南極観測に用いられたものと同じ器械であるが、南緯 84° までの大陸旅行に耐えるよう1960年10月に製作会社によって改造された。それで 977.468 gal から 983 177 gal までの範囲の重力が測定できるようになった。重力計には小さな重力変化を読みとることのできる小さな回転目もり板と、大きな重力変化を読みとることのできる大きな回転目もり板とがある。小さな回転目もり板の常数（1目もりの重力換算値）は1960年日本出発直前と、1962年帰国直後とに原田等によって、目黒・柿岡間で検定され、その平均値が求められていたのて、その値を用いた<sup>(1)</sup>。大きな回転目もり板の常数については製作会社から与えられたものを用いた。

### 1. 測定誤差の原因

測定誤差を生ず要因として次のものが考えられる。

a. 風による器械の振動：旅行中の測定はキャンプ地ではカブース櫓の中で、行動中は雪上車の中で行なった。何れの場合にも、風が強いときには重力計の針の静止点を求めることは困難であった。しかし、このための誤差は1 mgal 程度を越えない。

b. 衝撃：普通、重力計を使用しないときには、製作会社が付けて来た容器に納めて置くだけであるが、旅行中には衝撃力を吸収するように、その容器を、内面に約3~5cmの厚さのスポンジゴムが貼りつけてある木箱に納め、その木箱を約10cmの厚さのスポンジゴムの上に乗せて、ゴムバンドで雪上車に取り付けた。しかし、行進を始めるとき、櫓を引き出すために雪上車が櫓に与える衝撃（その反作用として雪上車が櫓から受ける衝撃）、雪上車がサストルギ上を行進するとき受ける衝撃等のため、重力計には過度の振動や衝撃が与えられたため、ドリフトは決して正常であったとは思われない。

c. 温度変化：器械の温度は、朝出発時には外気温とほとんど同じであるが（経験した最低温度は $-53^{\circ}\text{C}$ ）、行進を始めると、雪上車内の温度は上昇するので（木箱の横で最高温度 $+28^{\circ}\text{C}$ ）、温度の変動も激しく、このためにも誤差が生じたのではないと思われる。また、この器械は低温試験がされてなかったのて、 $-30^{\circ}\text{C}$  前後になると、大きな回転目もり板が効かなくなった。このため、秋旅行では後半の測定が全然できなかったし、春旅行でも時折り欠測しなければならなかった。

## 2. ドリフトの異常（零点偏移速度の不規則）

上に述べた衝撃や、急激な温度変化は測定誤差の原因になると考えられるが、定量的な考察を行なったわけではない。これ等の影響はすべてドリフトの異常としてあらわれてくる。

ドリフトの大きさは、1年間の平均は0.285 mgal/dayで、秋の大陸旅行では0.182 mgal/day、クック岬旅行では、0.082 mgal/day、春の大陸旅行では0.247 mgal/dayで、一般に旅行中はドリフトが小さくなっている。旅行中、天候不良のため、同一地点に長時間滞在したとき、負のドリフトが観察された。平均の正のドリフト0.247 mgal/dayを補正した値についてみると、約35時間から50時間の間に7 mgal 程度減少したことが3例あった。即ち、負のドリフトが観察されたわけで、その中の1例はその後の観測があり、今度は増加して70時間後には初めの値より約3.5 mgal だけ小さい値、84時間後には初めの値より約4 mgal だけ小さい値になった。また、はじめの20時間に約3 mgal 減少し、その後の24時間にはじめの値へ戻った例もある。

以上の例をまとめてみると、ドリフトの異常による測定誤差は平均として3.5 mgal 程度であろう。

Table 1 Results of gravity measurment on the route of trip on the continent

Station	Latitude 緯度 $\varphi$	Longitude 経度 $\lambda$	Height 高度 $h$ m	$g$ gal	$g_0$ gal	$r_0$ gal	$\Delta g_0$ mgal	Thickness of ice 氷の厚さ m	Height of bed 岩床の 高さ m	Distance 距離 km
Syowa Astro St	69°00 4' S	39°35 4' E	29 2	982 536 1	982 545 1	982 554 91	— 9 8			0
F 2	02 6	49 4	239	467 9	541 7	557 12	—15 4	569	— 330	11
7	03 5	56	360	437 4	548 5	558 02	— 9 5	671	— 311	16
12	04 6	40 02	522	396 1	557 2	559 12	— 1 9	813	— 291	21
17	05 7	09	634	371 1	566 8	560 22	6 6	868	— 234	26
21 C 1	07	14	718	354 5	576 1	561 52	14 6	887	— 169	30
24	07	23	802	300 4	547 9	561 52	—13 6	1393	— 591	36
27	07	31	885	298 3	571 4	561 52	9 9	1201	— 316	42
30	07	42	939	281 6	571 4	561 52	9 9	1283	— 344	48
32	07	48	989	267 2	572 4	561 52	10 9	1345	— 356	52
35	07	56	1034	244 5	563 6	561 52	2 1	1532	— 498	58
38	07	04	1067	238 2	567 5	561 52	6 0	1529	— 462	64
40	07	41 10	1103	222 4	562 8	561 52	1 3	1647	— 544	68
43	10	10	1121	227 3	573 2	564 53	8 7	1573	— 452	74
46 C 2	13	10	1155	219 3	575 7	567 53	8 2	1631	— 476	80
49	16	10	1173	208 6	570 6	570 53	0 1	1768	— 595	86
52	19	09	1153	217 6	573 4	573 53	— 0 1	1740	— 587	92
55	22	09	1157	212 9	570 0	576 52	— 6 5	1834	— 677	98
58	26	09	1168	211 4	571 8	580 49	— 8. 7	1879	— 711	104

Station	Latitude 緯度 $\varphi$	Longitude 経度 $\lambda$	Height 高度 $h$ m	$g$ gal	$g_o$ gal	$r_o$ gal	$\Delta g_o$ mgal	Thickness of ice 氷の厚さ m	Height of bed 岩床の高さ m	Distance 距離 km
61	69°29'	41°09'	1168	982 217 3	982 577 7	982 583 48	— 5 8	1840	— 672	110
64	32	08	1198	215 1	584 8	586 44	— 1 6	1829	— 631	116
67	35	08	1214	204 9	579 5	589 41	— 9 9	1964	— 750	122
70	38	08	1235	206 4	587 5	592 37	— 4 9	1929	— 694	128
73	41	08	1253	209 3	596 0	595 32	0 7	1881	— 628	134
76	44	07	1264	211 2	601 3	598 26	3 0	1867	— 603	140
79 C 3	48	07	1266	210 9	601 6	602 19	— 0 6	1918	— 652	146
79'	48	07	1274	208 0	601 2	602 19	— 1 0	1936	— 662	147
82	51	07	1284	198 9	595 1	605 12	—10 0	2071	— 787	152
85	54	07	1281	211 3	606 6	608 04	— 1 4	1951	— 670	158
88	57	06	1300	205 4	606 6	610 96	— 4 4	2021	— 721	164
91	70 00	06	1319	194 4	601 4	613 88	—12 5	2158	— 839	169 9
94	03	06	1344	188 8	603 6	616 78	—13 2	2206	— 862	176 1
97	06	06	1350	183 3	599 9	619 68	—19 8	2303	— 953	182. 1
100	10	05	1378	177 6	602 9	623 55	—20 7	2358	— 980	188. 1
103	13	05	1373	179 7	603 4	626 43	—23 0	2381	—1008	194. 1
106	16	06	1410	175 9	611 0	629 32	—18 3	2373	— 963	200 1
109	19	06	1412	170 6	606 3	632 20	—25 9	2479	—1067	206 2
112	22	06	1439	156 8	600 9	635 07	—34. 2	2632	—1193	212. 2

Station	Latitude 緯度 $\varphi$	Longitude 経度 $\lambda$	Height 高度 $h$ m	$g$ gal	$g_o$ gal	$r_o$ gal	$\Delta g_o$ mgal	Thickness of ice 氷の厚さ m	Height of bed 岩床の高さ m	Distance 距離 km
F 115	70°25′	41°07′	1445	982 157 2	982 603 1	982 637 93	—34 8	2649	—1204	218 4
117 C 4	27	07	1449	149 7	596 9	639 83	—42 9	2765	—1316	
118	28	07	1475	148 4	603 6	640 78	—37 2	2727	—1252	224 2
121	32	07	1514	129 1	596 3	646 58	—50 3	2962	—1448	230 2
124	35	08	1503	133 7	597 5	647 43	—49 9	2940	—1437	236 2
127	38	08	1554	103 8	583 4	650 27	—66 9	3247	—1693	242 2
130	41	08	1572	123 4	608 5	653 10	—44 6	2972	—1400	248 2
133	44	09	1579	129 4	616 7	655 92	—39 2	2911	—1332	254 2
136	47	09	1617	133 4	632 4	658 75	—26 4	2795	—1178	260 2
139	49	10	1626	160 4	662 2	660 63	1 6	2431	—805	266 2
142	47	16	1682	118 8	637 9	658 75	—20 9	2820	—1138	271 7
143	47	19	1725	099 7	632 0	658 75	—26 8	2963	—1238	273 7
146	50	19	1757	095 6	637 8	661 56	—23 8	2971	—1214	279. 7
149	53	19	1779	088 5	637 5	664 36	—26 9	3046	—1267	285 7
151 C 5	55	15	1796	088 2	642 4	666 23	—23 8	3029	—1233	289 7
154	57	08	1779	105 3	654 3	668 09	—13 8	2870	—1091	295 7
158 C 6	71 00	00	1762	113 1	656 9	670 89	—14 0	2847	—1085	303 7
164	02	40 42	1739	100 6	637 3	672 74	—35 4	3101	—1362	315 7
170	04	24	1745	112 2	650 7	674 59	—23 9	2954	—1209	327 7
176	06	06	1790	098 9	651 3	676 45	—25 2	3040	—1250	341 9

Station		Latitude 緯度 $\varphi$	Longitude 経度 $\lambda$	Height 高度 $h$ m	$g$ gal	$g_o$ gal	$r_o$ gal	$\Delta g_o$ mgal	Thickness of ice 氷の厚さ m	Height of bed 岩床の 高さ m	Distance 距離 km
F 182		71°08′	39°48′	1795	982. 114 0	982. 667 9	982. 678 30	-10. 4	2848	-1053	353. 9
188	C 7	09	30	1766	139 0	684 0	679 22	4. 8	2600	- 834	365. 9
194		11	12	1788	113 6	665 4	681 07	-15. 7	2909	-1121	377. 9
200		13	38 53	1794	096 2	649 8	682 91	-33. 1	3152	-1358	390. 0
206		14	35	1815	085 0	645 1	683 83	-38. 7	3259	-1444	402. 0
212	C 8	16	17	1871	122 5	699 9	685 66	14. 2	2631	- 760	414. 0
218		18	37 59	1925	124 6	718 7	687 50	31. 2	2484	- 559	426. 0
224		20	40	1959	135 4	739 9	689 34	50. 6	2272	- 313	439. 1
230		21	23	1944	125 4	725 3	690 25	35. 0	2460	- 516	451. 1
236′	C 9	22	04	1919	144 5	736 7	691 16	45. 5	2281	- 362	(463. 1)
236		23	10	1995	137 7	753 4	692 08	61. 3	2184	- 189	463. 1
242		30	06	2049	128 5	760 8	698 40	62. 4	2249	- 200	475. 1
249′	C 10	35	36 46	2111	145 9	797 4	702 99	94. 4	1912	+ 199	(489. 1)
247		34. 4	55. 5	2090	133 7	778 7	702 45	76. 2	2126	- 36	485. 1
253	C 11	41	55	2204	113 8	794 0	708 49	85. 5	2173	+ 31	496. 8
259		46	59	2283	093 4	797 9	712 91	85. 0	2298	- 15	508. 8
265		51	37 09	2329	049 3	768 0	717 39	50. 6	2831	- 502	520. 8
271		57	12	2360	036 0	764 3	722 74	41. 6	2999	- 639	532. 8

Station	Latitude 緯度 $\varphi$	Longitude 経度 $\lambda$	Height 高度 $h$ m	$g$ gal	$g_o$ gal	$r_o$ gal	$\Delta g_o$ mgal	Thickness of ice 氷の厚さ m	Height of bed 岩床の 高さ m	Distance 距離 km
F 277 C 12	72°03'	37°14'	2393	028.6	767.1	728.06	39.0	3084	— 691	544.8
283	09	16	2439	018.6	771.3	733.37	37.9	3169	— 730	556.8
289	15	19	2494	021.9	791.5	738.64	52.9	3048	— 554	568.8
295	21	24	2550	981. 982.8	769.7	743.89	25.8	3499	— 949	580.8
301 C 13	27	27	2599	970.3	772.4	749.10	23.3	3607	—1008	592.8
313	39	30	2668	944.5	767.8	759.48	8.3	3912	—1244	616.8
319	45	32	2713	933.8	771.0	764.62	6.4	4006	—1293	628.8
325 C 14	52	34	2728	945.3	787.2	770.59	16.6	3892	—1164	640.8
331	57	37	2758	911.3	762.4	774.83	—12.4	4327	—1569	652.8
337	73 03	39	2775	911.4	767.8	779.89	—12.1	4350	—1575	664.8
343	09	42	2810	903.0	770.2	784.94	—14.7	4437	—1627	676.8
345 C 15	11	42	2813	902.8	770.9	786.61	—15.7	4455	—1642	680.8
349	15	44	2850	904.7	784.2	789.95	5.8	4377	—1527	688.8
355	21	46	2904	895.1	791.3	794.95	— 3.7	4431	—1527	700.8
361 C 16	27	48	2949	891.7	801.8	799.90	1.9	4424	—1475	712.8
367	33	51	2982	877.8	798.0	804.84	— 6.8	4589	—1607	724.8

大浦浩文

(2032) 〔南極資料〕

Station	Latitude 緯度 $\varphi$	Longitude 経度 $\lambda$	Height 高度 $h$ m	$g$ gal	$g_o$ gal	$r_o$ gal	$\Delta g_o$ mgal	Thickness of ice 氷の厚さ m	Height of bed 岩床の 高さ m	Distance 距離 km
F 379 C 17	73°44'	37°57'	3038	981. 878 1	982. 815 6	982. 813 81	1. 8	4582	-1544	748. 8
382 C 18	47	59	3051	875 0	816 5	816 25	0. 2	4599	-1548	754. 8
385	50	02	3061	880 4	825 0	818 68	6. 3	4532	-1471	760. 8
391	56	04	3098	857 7	813 7	823 50	- 9. 8	4805	-1707	772. 8
397	74 04	06	3119	853 3	815 8	829 91	-14. 1	4895	-1776	784. 8
403 C 19	09	08	3134	873 0	840 2	833 89	6. 3	4643	-1509	796. 8
409	15	10	3151	847 3	819 7	834 69	-15. 0	4955	-1804	808. 8
415	21	38 13	3159	840 5	815 4	843 36	-28. 0	5143	-1984	820. 8
421	27	15	3170	820 6	798 9	848 05	-49. 2	5446	-2276	832. 8
424 C 20	30. 5	16	3168	819 3	796 9	850 79	-53. 9	5505	-2337	838. 8
427	34	17	3157	826 1	800 4	853 50	-53. 1	5479	-2322	844. 8
433	40	19	3165	837 8	814 5	858 14	-43. 6	5362	-2197	856. 8
439	45	22	3198	832 5	819 4	861. 97	-42. 6	5398	-2200	868. 8
445	51	24	3222	832 4	826 7	866 56	-39. 9	5398	-2176	880. 8
451 C 21	53. 7	26. 5	3232	816 8	814 2	870 89	-53. 7	5340	-2408	892. 8

Note 1. The depth of ice was calculated by the use of equation (5) which is derived from three assumptions, that is, (1) the Bouguer anomaly is zero, (2) the density of ice  $\rho_i$  is  $0.9 \text{ g/cm}^3$ , (3) the density of bed rock  $\rho_r$  is  $2.67 \text{ g/cm}^3$ .

Note 2. The station number with a prime (') is the station on the branch route.

Note 3. No topographic correction was applied.

### 3. 測定誤差の大きさ

総合的な測定誤差の大きさの目安を得るために、同一地点で長期の間隔をおいて測定された2つ或は3つの測定値を比較してみた。すなわち、同一地点で往きと帰りに測定した値、或は春の旅行中と秋の旅行中とに測定した値を比較してみると、8例中何れも帰途の値が大きく、その差が1 mgal 以下2例、2 mgal 以下2例、4 mgal 以下2例、7 mgal 以下2例であった。基地を出てから戻るまでのドリフトが一樣であったと仮定して、ドリフトの補正をしたので、当然のことであるが基地近くや、引返し点近くでは往きと帰りの測定値の差が小さかった。

以上のような結果から、測定の平均値には 3.5 mgal 程度の誤差があると考えられる。

## Ⅲ. 大陸旅行における測定結果

重力測定を行なった大陸旅行の道すじを Fig. 1 に示した。この図の中でA-B-Cは第3次隊、D-E-F-Gは第4次隊の旅行路の一部で、地震探査の結果がわかっている。

旅行中の重力測定は、キャンプ地ではカブース櫓の中で、行動中は雪上車の中で行なった。測定地点の緯度、経度、高度は藤原の観測値を用いた<sup>(2)</sup>。重力計のドリフトの補正は、昭和基地を出てから再び戻るまでのドリフトの速さが一樣であると仮定して行なった。Table 1 には大陸旅行中に得られた結果がまとめて示されている。第1列は測定地点名の欄で、Fに続く数字は我々が立てた旗の番号である。F21 迄は1 km 毎に、その後は2 km 毎に立てた。第2列、第3列、第4列はそれぞれ測定点の緯度 $\varphi$ 、経度 $\lambda$ 、高度 $h$ の欄である。第5列は Worden 重力計による測定から算出された重力値 $g$ の欄である。この値は、昭和基地の天測点の重力値を基準にしたものである。第6列には $g$ に高度補正をした $g_0$ の値、第7列には観測点の標準重力値 $\tau_0$ を示してある。 $\tau_0$ は緯度 $\varphi$ だけによって決定され、次式で表わされている。

$$\tau_0 = 978.049 (1 + 0.0052884 \sin^2 \varphi - 0.0000059 \sin^2 2\varphi) \quad (1)$$

ただし単位は gal である。

第8列には高度異常 $\Delta g_0 = g_0 - \tau_0$ 、第9列には後に述べる方法、つまり(5)式で求めた氷の厚さ、第10列に観測点の高度から氷の厚さを差し引いて得られる岩床の高度、第11列には昭和基地から観測点までの雪上車の走行距離が示されている。

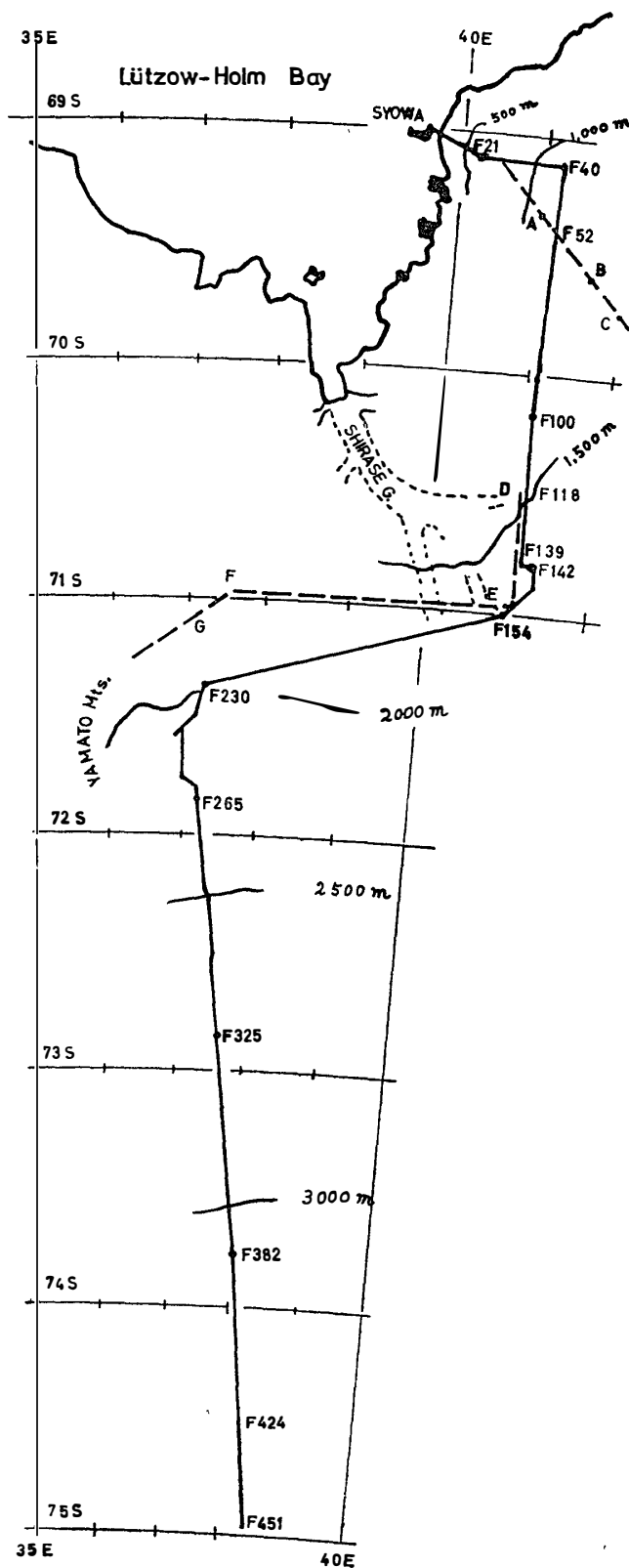


Fig. 1. Route map of the inland traverse, excluding the branch route to Yamato Mts. Route A-B-C is a part of the traverse route of the 3rd Expedition Party and route D-E-F-G is that of the 4th Expedition Party.

### 氷の厚さおよび岩床の高さ

#### 1) 第1表に示した氷厚の求め方

氷の厚さを求めるために次の3つの仮定をした.

- a. Bouguer 異常  $\Delta g_o''$  が零である.
- b. 氷の密度  $\rho_i$  は  $0.9 \text{ g/cm}^3$  である.
- c. 氷の下の方の密度  $\rho_r$  は  $2.67 \text{ g/cm}^3$  である.

測定値を  $g \text{ mgal}$ , 高度補正をした値を  $g_o \text{ mgal}$ , 更に Bouguer 補正を加えた値を  $g_o'' \text{ mgal}$ , 測定点の高度を  $h \times 10^2 \text{ cm}$ , その下の氷の厚さを  $x \times 10^2 \text{ cm}$ , 万有引力の常数  $G$  は  $G = 6.670 \times 10^{-5} \text{ mgal} \cdot \text{cm}^2/\text{g}$  であるとする, 定義により,

$$g_o = g + 0.3086 h \quad (2)$$

$$g_o'' = g_o - 2\pi G [\rho_i x + \rho_r (h - x)] \times 10^2 \quad (3)$$

である. 第1の仮定により,

$$\Delta g_o'' \equiv g_o'' - \tau_o = 0 \quad (4)$$

である. ただし,  $\tau_o$  は(1)式で求められる標準重力値を  $\text{mgal}$  単位であらわしたものである.

式 (2), (3), (4) を使って  $x$  について整理し,  $\rho_i, \rho_r, G$  の値を代入すれば,

$$x = 13.4807(\tau_o - g) - 2.6517 h \quad (5)$$

となる.  $g$  の測定誤差  $1 \text{ mgal}$  は  $x$  に  $13.5 \text{ m}$  の誤差を生じ,  $h$  の測定誤差  $1 \text{ m}$  は  $x$  に  $2.7 \text{ m}$  の誤差を生ずることがわかる.  $g$  の測定誤差が  $3.5 \text{ mgal}$  程度を超えず,  $h$  の測定誤差が  $10 \text{ m}$  程度を超えないものとすれば,  $x$  の誤差は  $80 \text{ m}$  程度を超えないことになる.

#### 2) 氷状と岩床の形

こうして計算された氷の厚さ, また測定点の高度から氷の厚さを差引いて得られる岩床の高度が, Table 1 に示されているわけである. Fig. 2 の横軸に走行距離をとり, 縦軸に高度をとって, 表面の高度と岩床の高度とを黒点で示してある. 氷の厚さは先に述べたようなわけで, 正確ではないから, 岩床の高さも正確ではない. しかし, 小さな凸凹はかなり忠実に真相を伝えているのではなかろうか. たとえば, F 139 は岩床の山に当たっているけれども, われわれはここで大きなクレバスに阻止され, 大きく遠まわりしなければならなかった. また, 急な斜面があり, 亀甲状のひび割れを観察した F 289 や F 361 もやはり岩床の山に当たっている<sup>2)</sup>.

#### 3) 氷厚の正しい値と Bouguer 異常

以上の計算は Bouguer 異常が零であるという特別な仮定のもとに行なわれたので, この仮定の含む誤差に応じて, 氷厚も実際の値からずれている. そのためには, Bouguer 異常が

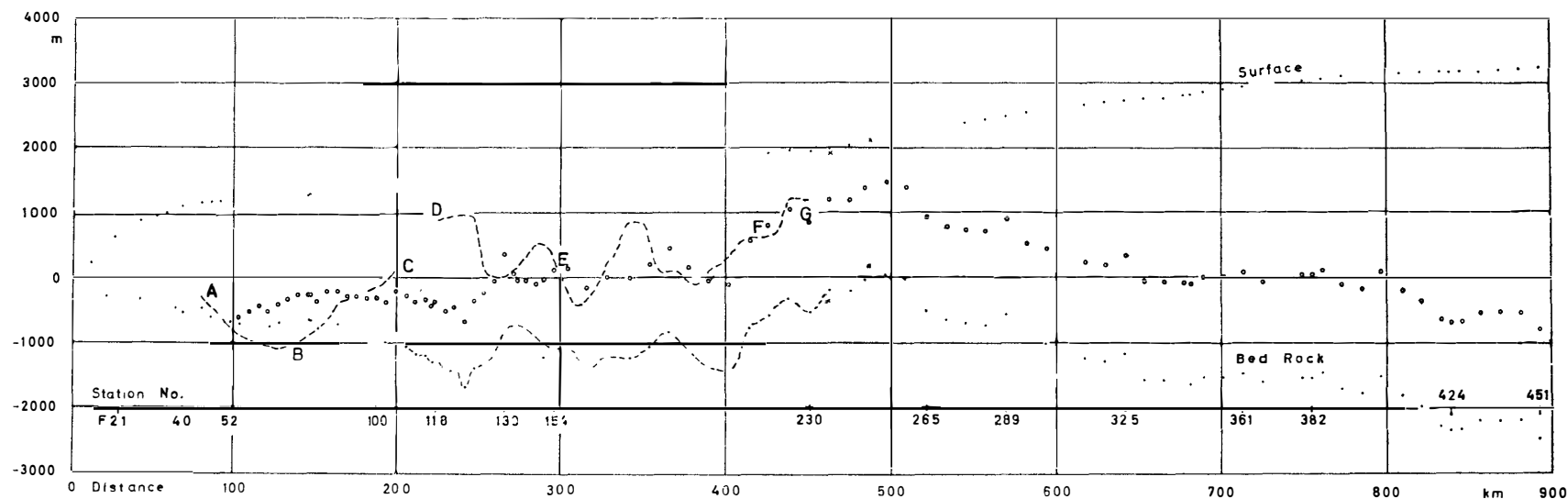


Fig. 2. Height of snow surface and height of bed rock, in relation to the distance along the route from Syowa Station. Curves A-B-C and D-E-F-G are the height of bed rock obtained by seismic soundings by the 3rd and the 4th Expedition Parties respectively. The routes of the parties are shown in Fig.1 with the same symbols.

As the route from F 139 to F 154 is a roundabout route, the two points showing the height of bed rock at F 139 and F 154 are connected with a smooth curve. Stations F 139, F 289 and F 361 are on the peak of the bed rock. There was a steep slope with many large crevasses at F 139 and a steep slope with many small hexagonal cracks at F 289 and F 361. The route from F 230 to F 265, passing through the neighbourhood of the Yamato Mts., is situated on a rise of the bed rock. The cross marks  $\times$  show the values at the stations on the branch routes.

The white circle  $\bigcirc$  means the height of the bed rock, corrected in consideration of the reasonable Bouguer anomaly.

どの程度であるかを知る必要がある。幸にして、第3次隊、第4次隊の地震探査の線と第5次隊の路線と一致している所があるので、大体の様子がわかる。Fig. 1には第5次隊の走行路と共に、第3次隊、第4次隊の地震探査線の一部を記入してある。第3次隊の路線A-B-Cと第5次隊の路線とはF52 附近で交わっている。地震探査の結果を Fig. 2 に重ねて示してあるが、岩床高度はA附近が $-400$  m, F52 附近が  $-500$  m, B附近が $-1000$  m, C附近が海面高となっている<sup>(3)</sup>。これをみると、F52 の高さは重力から出した値  $587$  m にほぼ一致する。また、B点は谷間になっているが、この谷が海岸に沿って、つまりNNEからSSWの方向に走り、F100 の方に続いているとすれば、F100 で岩床高が約  $-1000$  m であると考えことは妥当である。故に、この附近では Bouguer 異常は  $-6$  mgal程度で非常に小さいと考えられる。一方第4次隊の地震探査の路線 D-E-F-G の一部はほとんど第5次隊の路線と一致しているが、地震探査の結果は<sup>(4)</sup> Fig. 2 を見ればわかるように、Bouguer 異常を零として重力値から求めた岩床高度より  $1000\sim 1500$  m 浅い。つまり、約  $-75\sim -110$  mgal 程度の Bouguer 異常を認めなければならない。この Bouguer 異常の値はF203 以南でどう変るかを推定するために、第5次隊の路線のほぼ延長上にある不到達点や、南極点の Bouguer 異常を調べてみた。ソビエト隊は不到達点で Bouguer 異常約  $-150$  mgal<sup>(5)</sup>、Восток — 南極点旅行で Bouguer 異常  $-100\sim -150$  mgal<sup>(6)</sup>、また PRATT は Fucks 隊の南極横断旅行で Bouguer 異常  $-100\sim -200$  mgal<sup>(7)</sup> を得ている。このことから考えて、F203 から F451 までの Bouguer 異常も  $-100\sim -150$  mgal 程度であると考えるのは妥当である。つまり、 $1300\sim 2000$  m 程度氷の厚さを減らし、岩床の高さをそれだけ上げた値が真相に近いのではなかろうか。

Fig. 2 には最も妥当と思われる Bouguer 異常を考慮して算出した岩床の高さを白丸○で示してある。これで見ると、Bを通る谷はF100 ではなくF127 附近を通ることになりそうである。

#### IV. クック岬への旅行における測定結果

Riiser-Larsen 岬、通称クック岬への旅行では、Lützow-Holm 湾の海氷上を通ったので、キャンプ地点および水深を測った点で重力の測定をした。広い海域にわたって海氷が一続きになっていたけれども、うねりのためか、重力計の針は  $10\sim 30$  秒の週期で変動した。キャンプ地点C6では重力計の針が振幅約  $0.5$  mgal, 週期約  $100$  秒の不規則な振動をした。これはC6が海上に浮んだ氷の上にあったためか、或は陸上に固定はしていたが別の原因で振動

Table 2. Results of gravity measurement in Lutzow-Holm Bay.

Station	Latitude S	Longitude E	$g$ gal	$r_o$ gal	$\Delta g_o$ mgal	Depth $D$ m	$\Delta g_o''$ mgal	$D'$ $-\Delta g_o \times 14.46$ m	$M(K)$ km	$M(W)$ km	$H(D)$ km
Syowa Astro. St.	69°00.4'	39°35.4'			- 9.8		-13.1		35.7	33	36.7
A North of Ongul Kalven	69 01	39 26	982. 541 7	982. 555 5	-13.8			200			
B Near to Benten Is.	69 02	39 13	541 7	556 5	-14.8			214			
P1	69 13.8	39 01.0	547 6	568 3	-20.7	145	-10.7	299	35.7	33	36.4
P2	69 17.8	38 56.8	516 8	572 3	-55.5	473	-22.8	803	36.1	34	37.9
D	69 20	38 56	509 7	574 5	-64.8			937			
P3	69 24.7	38 56.7	507 6	579 2	-71.6	739	-20.5	1035	36.0	34	37.7
P4	69 36.0	38 45.3				269					
P5	69 30.2	38 53.0	513 2	584 7	-71.5	563	-32.6	1034	36.4	35	30.8
E	69 19	38 47	495 3	573 5	-78.2			1131			
P6	69 24.5	38 09.6				382					
C4	69 25.5	37 58.0	508 1	580 0	-71.9			1040			
C6	69 11.4	35 11.0	536 2	565 9	-14.2 a ~ +1.2						
C7	69 09.4	35 25.5	559 8	563 9	- 1.7 b	-8		25			
P7	69 03	35 52	551 0	557 5	- 6.5	510	+28.8	94	34.3	30	31.3
P8	69 01	36 05	554 8	555 5	- 0.7	405	27.3	10	34.4	30	31.5
P9	68 54	36 43				527					
P10	69 05.5	37 14.0	525 6	560 0	-34.4	670	11.9	497	34.9	31	33.5

Station	Latitude S	Longitude E	$g$ gal	$r_o$ gal	$\Delta g_o$ mgal	Depth $D$ m	$\Delta g_o''$ mgal	$\frac{D'}{-\Delta g_o} \times 14.46$ m	$M(K)$ km	$M(W)$ km	$H(D)$ km
C 10	69°07'	37°26'	525.9	561.5	-35.6			515			
F	69.11	37.56	516.1	565.5	-49.4			714			
G	69.13	38.04	510.8	567.5	-56.7			820			
h	67 51.5	37 43.5			47	3395	282		25.9	14	7.7
i	67 56.7	37 07.8			79	1975	216		28.1	18	11.8
F 52	69.19	40.09					-6		35.5	33	35.8
Oku-Shirase Daira	{70.40 71.20	{41.10 37.20					{-75 -110		{37.8 39.0	{38 41	{44.5 48.5
Mizuho Plateau	{72.00 75.00	{35.00 40.00					{-100 -150		{38.6 40.2	{40 44	{47.4 52.6

Note 1. Since the height of every station except C6 and C7 did not exceed 2 m above sea level, the free air correction was not made.

Note 2. No topographic correction was applied.

a: Though precise elevation was not observed, the free air correction for the height of 50~100 m was made.

b: The free air correction for the height of 8 m was made.

$\Delta g_o''$  was calculated by equation (6), where  $\rho_r$  is the density of rock with which the sea will be buried and is assumed to be 2.67 g/cm<sup>3</sup>, and  $\rho_w$  is the density of the sea water of freezing point -1.5°C, that is,  $\rho_w$  is equal to 1.02 g/cm<sup>3</sup>.

$D'$  is the depth calculated from  $\Delta g_o$  by the equation (7) with the assumption  $\Delta g_o'' = 0$ .

$M(W)$  and  $M(K)$  are the elevation of the Mokorovicic discontinuity calculated by WOOLLARD's formula and KORYAKIN's formula.

$H(D)$  is the thickness of the earth crust calculated by Demenitskaya's formula.

h and i are the observation stations in the 2nd Expedition.

したのか不明である。

測定結果は Table 2 に示してある。水深  $D$  は藤原によって測定された。これは錘りをつけたワイヤーを降して実測されたものである。

$\Delta g''$  は(6)式によって求めた。

$$\Delta g'' = g + 2\pi G(\rho_r - \rho_w)D \times 10^2 - \gamma_o = \Delta g_o + 2\pi G(\rho_r - \rho_w)D \times 10^2 \quad (6)$$

ここに  $\rho_w$  は海水の密度を  $\text{g/cm}^3$  で、水深  $D$  は  $\text{m}$  単位で表わしたものである。(6)式は海水を岩石で置き換えた時の重力と標準重力との差である。計算に当って海水は結氷点  $-1.5^\circ\text{C}$  の海水の密度  $\rho_w = 1.02 \text{ g/cm}^3$  であるとし、岩石の密度は前節と同じく  $\rho_r = 2.67 \text{ g/cm}^3$  と仮定した。したがって(6)式中  $D$  を含む項の係数は次のようになる。

$$2\pi G(\rho_r - \rho_w) \times 10^2 = 0.06915 = 1/14.46 \quad (\text{mgal/m})$$

$D'$  は  $\Delta g''$  が零であったと仮定して、 $\Delta g$  から求めた水深で(7)式

$$D' = -\Delta g_o / 2\pi G(\rho_r - \rho_w) \times 10^2 = -\Delta g_o \times 14.46 \quad (\text{m}) \quad (7)$$

から算出されたものである。実測値とこの値とを比較することによって、水深の実測をしなかった地点のおおよその値を知ることができる。

Fig. 3 には測定の位置を示し、その点での  $\Delta g_o$  の値を  $-10 \text{ mgal}$  を単位にして表現してある。この図の範囲内では  $\Delta g_o$  はすべて負の値を持っているから、表現された数値はすべて正の値である。これで見ると、白瀬氷河の河口から沖合に遠ざかるにつれて、 $\Delta g$  の絶対値が小さくなっている。つまり、 $\Delta g_o$  が大きくなっている。この傾向は Lützow-Holm 湾の沖合、つまり南緯  $68^\circ$  附近までつづき、そこでは  $\Delta g_o$  の値が  $+42 \sim +79 \text{ mgal}$  になっている<sup>8)</sup>。ただし、この報告で用いた値は、第2次隊、第3次隊が報告した値より  $4 \text{ mgal}$  小さい。これは前の観測値の基準である昭和基地の天測点における重力値が、第6次観測の結果、これまで報告された値より約  $4 \text{ mgal}$  小さいことがわかったからである。上に述べた  $\Delta g_o$  の変化の傾向を一層はっきり示すために、Fig. 4 には東経  $30^\circ$  から東経  $42^\circ$  までの範囲で観測された高度異常  $\Delta g_o$  の値を、緯度を横軸にして示した。この図中の×印は東経  $30^\circ$  から  $35^\circ$  までの観測点、●印は東経  $35^\circ$  から  $40^\circ$  まで、○印は東経  $40^\circ$  より東にある観測点で測定された結果である。今特に●印に注目し、点線でこれ等の観測値を結んでみた。南緯  $68^\circ$  附近に見られる極大値はちょうど大陸棚の周辺で観測されたものであり、南緯  $69.5^\circ$  附近の極小値は、Lützow-Holm 湾内の海底がくぼんでいる附近で観測されていること、南緯  $71.7^\circ$  附近にある極大値は、旅行の道すじがちょうど大和山脈の近所を通過するとき観測されていることに注意する必要がある。

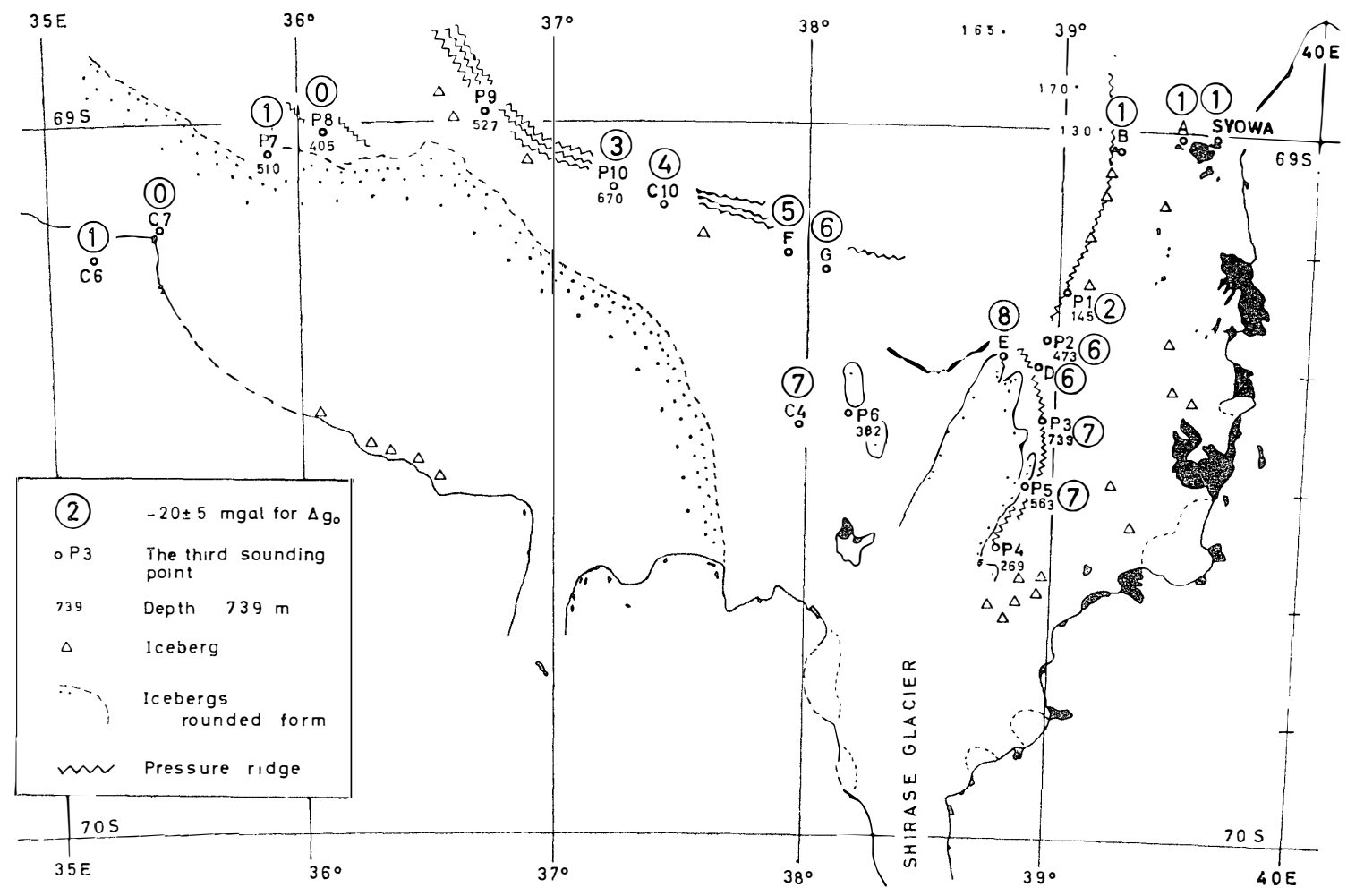


Fig. 3. Distribution of the free air anomaly in Lutzow-Holm Bay.

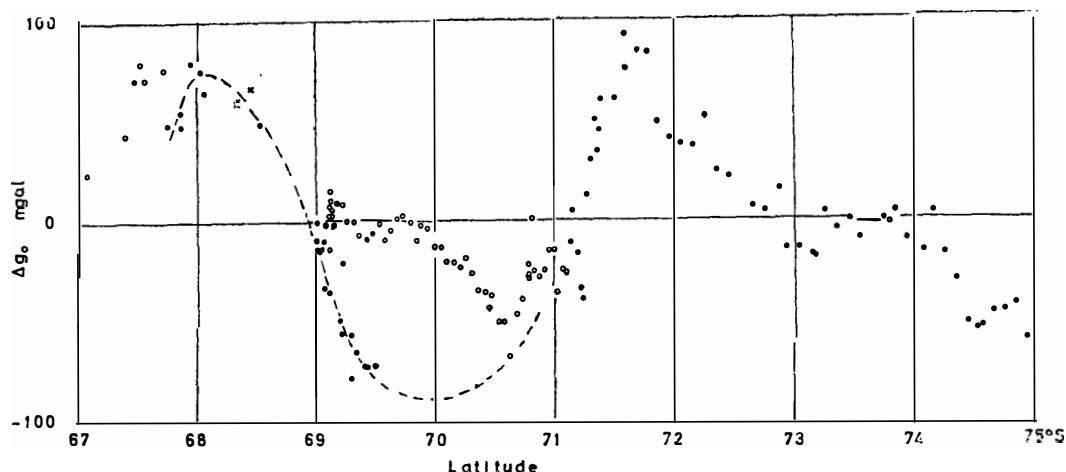


Fig. 4. Variation of the free air anomaly with the latitude.

The values at the stations between meridians 30°E and 35°E are denoted by ×, those between 35°E and 40°E by ●, and those between 40°E and 42°E by ○.

The value denoted by ● increases from the head of the bay (69.5°S) towards the offing, and seems to reach a maximum in the offing (neighbour of 68°S) as observed in the 2nd Expedition.

Fig. 5 には東経 35° と 40° との間で観測された Bouguer 異常値を緯度に対して図示してある。ただし、東経 40° より東にある F 52 での値は白丸で示した。また、南緯 71° 附近の値、南緯 72° 以南の値は前の節で述べたように、最も妥当と思われる値の範囲を斜線で示した。図には示していないが、南緯 68° 附近の測定値では、 $\Delta g_0''$  の値は西になるほど小さくなる傾向があるのに、南緯 69° 附近では西に行くほど  $\Delta g_0''$  の値が大きくなっている。観測点が少ないので、詳しい議論の対象とするわけにはいかない。

前に Корякин が第 2 次隊の観測値を使って Mohorovicic 不連続面の深さ  $M$  を算出しているので<sup>9)</sup>、同じ方法で計算してみた。Корякин の報告には式は出ていないが、計算結果を分析してみると、次式となる。

$$M = M_0 - \frac{\Delta g_0''}{2\pi G \Delta \rho} = 35.3 - 0.032 \Delta g_0'' \quad (\text{km}) \quad (8)$$

ここに  $\Delta \rho$  は、Mohorovicic 不連続面より深い層の岩の密度 3.52 g/cm<sup>3</sup> と、地殻の密度 2.8 g/cm<sup>3</sup> との差である。WOOLLARD<sup>10)</sup> も Деменицкая<sup>11)</sup> も、多くの地震観測の結果をまとめて  $\Delta g_0''$  と  $M$  或は  $\Delta g_0''$  と地殻の厚さ  $H$  との関係を求めている。WOOLLARD のはグラフ上に

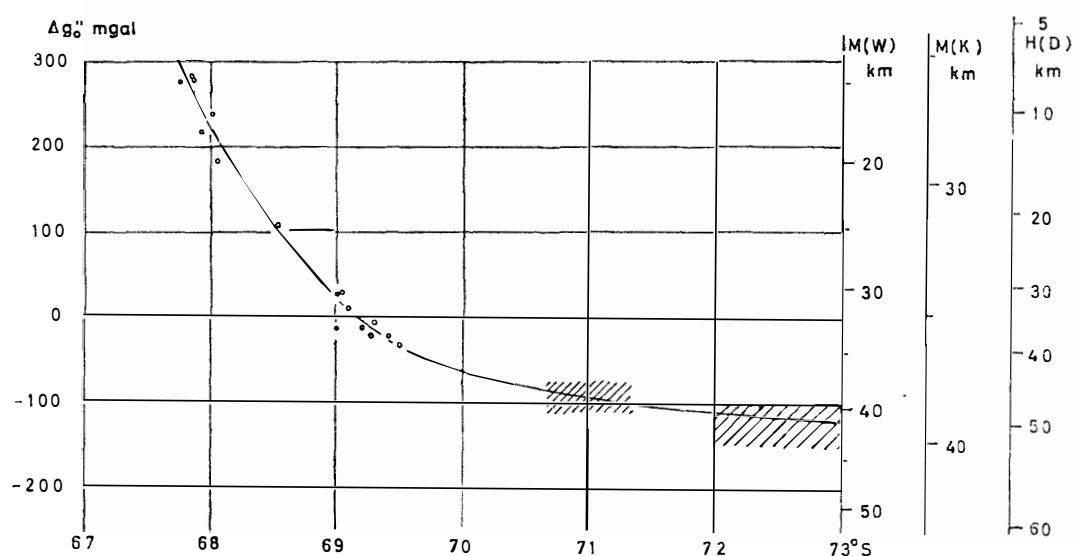


Fig. 5. Distribution of Bouguer anomaly in the area between the meridians 35° E and 40° E.

White circle ○ shows the value at F 52.

$M(W)$ ,  $M(K)$  and  $H(D)$  show the elevation of Mohorovicic discontinuity, calculated with the formulae presented by WOOLLARD, KORYAKIN and DEMENITSKAYA.

曲線で示されており，Деменцкая のは関係式

$$H = 35(1 - \tanh 0.0037 \Delta g_0'') \quad (\text{km}) \quad (9)$$

で与えられている。

これ等から求めた値を Table 2 および Fig. 5 に示してある。  $M(K)$ ,  $M(W)$  はそれぞれ Корякин, WOOLLARD の方式によって得たものであり，  $H(D)$  は Деменцкая の式から求めた値である。  $H$  の値をそのまま  $M$  の値であると仮定すると，その値は海の深さだけ浅いことになる。つまりそれだけの誤差を含むことになる。

昭和基地附近の  $M$  の値は何れの方式で計算しても，ほぼ 35 km 位になるが，沖合の値は，  $H(D)$  が最も浅く，  $M(W)$  も  $M(K)$  に較べて浅い。南緯 68° から 69° の間の南北方向の  $M$  の平均の勾配は，  $L$  を南北方向の距離とすると，

$$dM(K)/dL \sim 59 \text{ m/km}, \quad dM(W)/dL \sim 119 \text{ m/km}, \quad dM(D)/dL \sim 186 \text{ m/km}$$

である。

この報告にあたり，Worden 重力計の扱い方について御指導下さった建設省国土地理院測地部の鈴木弘道氏，村田一郎氏に厚くお礼を申し上げる。また国土地理院の当時の測量第 1

部長奥田豊三氏, 現在の測図部長原田美道氏, 東京大学理学部教授吉川虎雄氏にはいろいろと御面当を見ていただいたことを感謝します。また北海道大学理学部教授横山泉氏には文献の紹介をして下さいましたことを感謝します。

## 文 献

- 1) Harada, Y., Kakinuma, S. and Murata, I. (1963): Pendulum determination of gravity differences between Tokyo, Mowbray and Syowa Base. *Antarctic Record*, **17**, 35~50.
- 2) Fujiwara, K. (1964): Preliminary report on the morphology of the inland ice sheet of the Mizuho Plateau, East Antarctica. *Antarctic Record*, **23**, 1~11.
- 3) Nagata T. (1961): Glaciology. Japanese Contribution to the International Geophysical Year 1957/8 and the International Cooperation 1959. **3**, 99~101.
- 4) 石田 完 (1962): やまと山脈調査旅行の途次における人工地震探査. 南極資料, **14**, 36~43.
- 5) Сорохтин, О. Г., Кондратьев, О. К., Коптев, В. И. (1960): Методика и основные результаты сейсмических и гравиметрических исследований строения восточной Антарктиды. Изв. АН СССР, серия геофиз., No. 3, 396~401.
- 6) Ушаков, С. А. (1963): Геофизические исследования строения земной коры в восточной Антарктиде. Резул. исслед. по программе меж. народ. геофиз. года. гравиметрии. No. 4. 96pp.
- 7) Pratt, G (1959): Geophysical investigations of the commonwealth Trans-Antarctic Expedition II. The seismic and gravitational investigations. *Geograph. J.*, **125**, 351~354.
- 8) 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.
- 9) Корякин, Е. Д. (1961): Гравитационный градиент в заливе Лютцов-Хольм. Информационный Бюллетень Советской Антарктической Экспедиции, **25**, 39~42.
- 10) Woollard, G. P. (1959): Crustal structure from gravity and seismic measurements. *J. Geophys. Res.*, **64**, 1521~1544.
- 11) Деменцкая, Р. М. (1960): Главные черты строения земной коры Антарктике. Информационный Бюллетень Советской Антарктической Экспедиции, **23**, 10~14.

(1965年6月7日受理)