

「しんかい 2000」による海底重力測定

柳 武 ・ 平岩恒廣

航法測地課

Gravity Measurement at Sea Bottom by Manned
Submargence Research Vehiele "SHINKAI 2000"

Takesi Yanagi : Geodesy and Geophysics Div.
Tunehiro Hiraiwa

1. はじめに

1984年7月23日、釜石沖において「しんかい 2000」を使用して海底重力測定を行った。測定の目的は

- (1) 潜水船による海底重力測定方法の確立。
- (2) 船上重力計検定海域の設置。

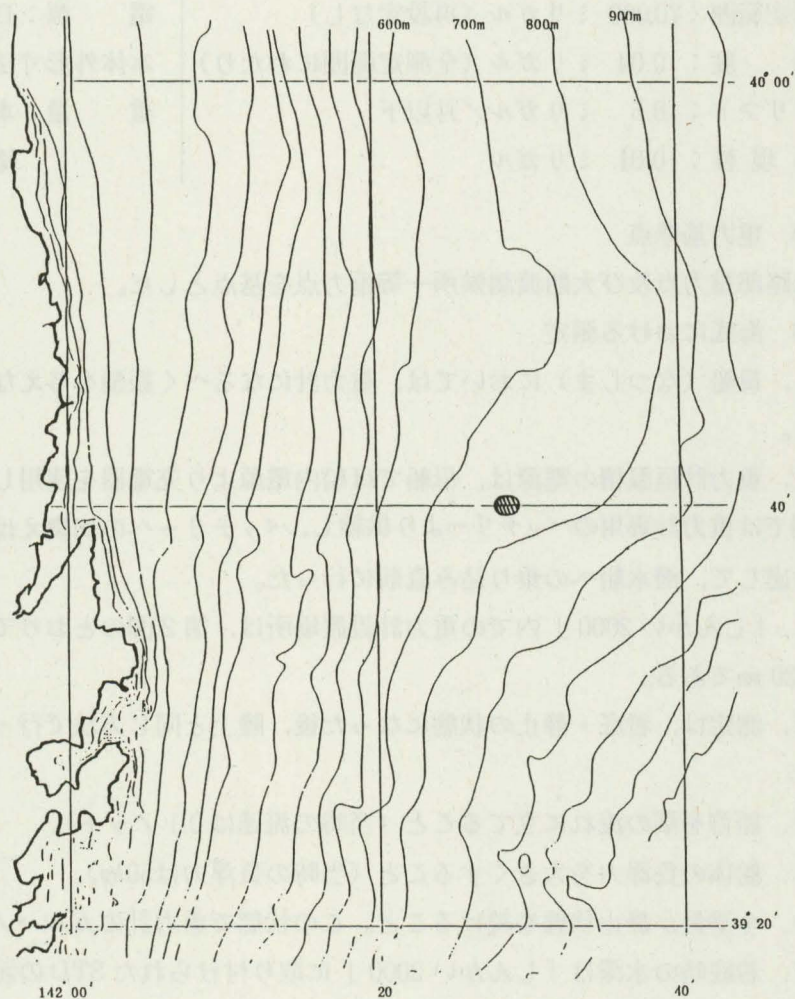
である。測定海域を第1図に示す。

海上重力測定において、海上重力計の検定は重要なことである。検定を行うには海域においてより高い精度の資料が必要であり、資料収集の一方法として潜水船を用いた海底重力測定が考えられる。しかし、海底は陸上と異なった環境下であり、重力測定を行う上で未知の問題点があると思われる。

今回は、海底重力測定を所定の精度で行うことができるかどうか重点を置き行った。

2. 海上重力測定の精度

海上重力測定の精度は、船位の測定精度に大きく左右されるほか、海上重力計の測定精度によって決まる。最近の船位は0.1海里以内の精度で決めることが可能となってきた。一方、KSS-30型海上重力計（昭洋・拓洋に搭載、西独製）のように碇泊



第1図 測定海域

中において0.1 ミリガルの精度で測定可能なものも現われ、他の諸条件、例えば海洋潮汐等を考慮した重力測量のシステムでは海上において0.1～1 ミリガルの精度で測定が可能であろう。

3. 海上重力計の検定

海上重力計は海上を航走する船舶に搭載して重力の相対測定を行う機器であって、機器の正常な運用には航走状態での検定が必要となる。

日本周辺には重力の測定海域があるが、これらの資料には精度上の問題もあり精度の向上した最近の海上重力計を検定するには適当でない。したがって検定に適した精度の資料を収集して検定海域を設ける必要がある。海域において精度の高い重力測定を行うには、潜水船に携帯型重力計を設置して測定を行うことも一つの方法である。

4. 重力測定の方法

重力測定（以下測定と記）に使用した機器は、ラ・コスト携帯型重力計G型である。仕様を第1表に示す。

第1表 ラ・コスト重量計G型仕様

測定範囲：70,000 ミリガル（再設定なし）	電 源：DC12V
精 度：0.04 ミリガル（全測定範囲にわたり）	本体外形寸法： ℓ 154 × W 146 × h 216 mm
ドリフト：0.5 ミリガル/月以下	重 量：本 体— 2.3 kg, バッテリー— 2.7 kg
再現性：0.01 ミリガル	総重量— 9 kg（ケースを含む）

(1) 重力基準点

水路部重力点及び大船渡測候所一等重力点を基点とした。

(2) 海底における測定

I. 母船（なつしま）においては、重力計になるべく振動を与えないように、ウレタン製防震材上に設置した。

II. 重力計恒温槽の電源は、母船では船内電源より充電器を使用してフローティング方式で供給した。潜水船では重力計専用のバッテリーより供給し、バッテリーへの切換えは潜航して目的地に到着するまでの時間を考慮して、潜水船への乗り込み直前に行った。

III. 「しんかい2000」内での重力計設置場所は、第2図のとおりである。重力計の垂直位置はキール下面上820 mmである。

IV. 測定は、着底・静止の状態になった後、陸上と同じ方法で行った。船体の安定静止の確保は以下による。

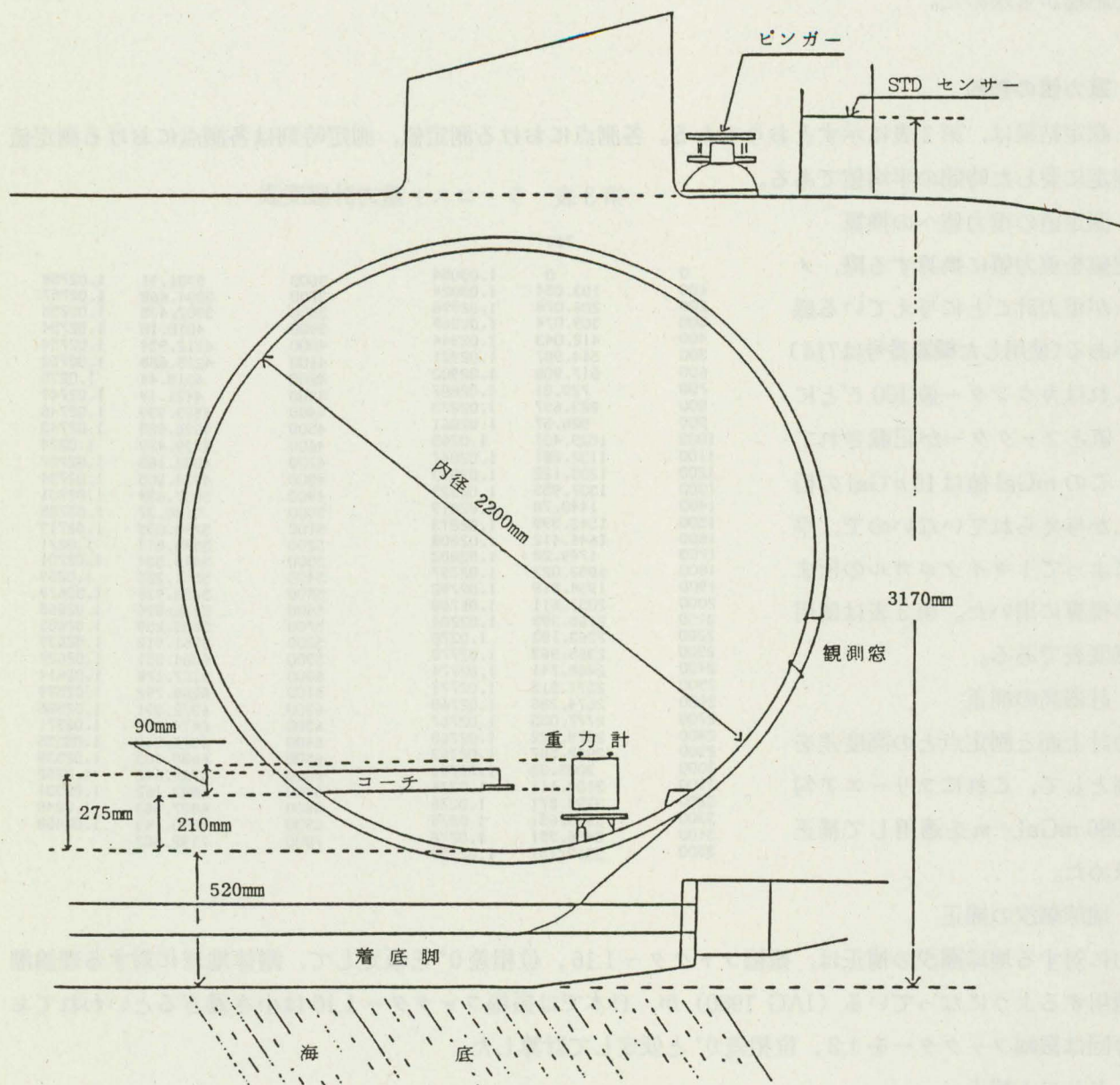
ア. 船首を潮の流れに立てること（当時の流速は0.1ノット）。

イ. 船体の負浮力を大きくすること（当時の負浮力は50kg）。

ウ. 全乗員が静止状態を続けること。この状態で重力計のガルバノメータの揺れは±0.2であった。

V. 着底時の水深は「しんかい2000」に取り付けられたSTDの記録を読み取り、この値にSTDセンサーからキール下面までの距離を加えて決定した。STDセンサーからキール下面までは完成図から読み取った。値は3,710 mmである。

VI. 測定地点の緯度、経度は「しんかい2000」の着底時に母船を中継点とする次の方法で決定した。



第2図 重力計設置場所

第2表 測定値及び重力値

NO	測点名	測点日時 d h m	緯度 ° ' "	経度 ° ' "	高度 m	計器高 m	読取値	mGal換算	単位 (mGal)			測定値	重力値
									a	b	d		
1	水路部	21 9 12	35 39 41.291	139 46 09.813	0.05	0.197	3308.355	3402.217	0.061	0.017	0	3402.295	979778.27
2	大船渡	22 10 15	39 03 42.0	141 43 06.0	30	0.200	3728.996	3834.463	0.062	0.023	0.023	3834.571	980210.69
3	測点1	23 11 42	39 40 02.9	142 29 39.1	-778	0.820	3878.133	3987.711	0.253	0.015	0.033	3988.012	980363.98
4	測点2	23 13 30	39 39 59.7	142 28 38.7	-769	0.820	3880.921	3990.575	0.253	-0.027	0.034	3990.835	980366.81
5	大船渡	25 10 04	39 03 42.0	141 43 06.0	30	0.200	3728.858	3834.322	0.062	0.135	0.052	3834.571	980210.69
6	水路部	26 18 16	35 39 39.693	139 46 09.586	0.05	0.200	3308.343	3402.204	0.062	-0.092	0.121	3402.295	979778.27

a: 計器高corr b: 地球潮汐corr d: ドリフト

ア. 母船の位置はロランCにより決定した。なおロランCの測定値はバラツキがあり、平均値を求めて測定値とした。

イ. 母船と「しんかい2000」との相対位置は「しんかい2000」に装備されたトランスポンダを利用して

方位と距離から求めた。

5. 重力値の整約

(1) 測定結果は、第2表に示すとおりである。各測点における測定値、測定時刻は各測点における測定値及び測定に要した時間の平均値である。

第3表 ラ・コスト重力計感度表

(2) 測定値の重力値への換算

測定値を重力値に換算する際、メーカーが重力計ごとに与えている感度表がある(使用した機器番号は714)が、これはカウンター値100ごとにmGal値とファクターが記載されている。このmGal値は10 μ Galの桁までしか与えられていないので、平滑化によって1マイクロガルの桁まで求め換算に用いた。第3表は使用した感度表である。

714				
0	0	1.03054		
100	103.054	1.03024	3600	3701.91
200	206.078	1.02996	3700	3804.668
300	309.074	1.02969	3800	3907.425
400	412.043	1.02944	3900	4010.18
500	514.987	1.02921	4000	4112.934
600	617.908	1.02902	4100	4215.688
700	720.81	1.02887	4200	4318.44
800	823.697	1.02873	4300	4421.19
900	926.57	1.02861	4400	4523.939
1000	1029.431	1.0285	4500	4626.685
1100	1132.281	1.02841	4600	4729.428
1200	1235.122	1.02833	4700	4832.168
1300	1337.955	1.02825	4800	4934.905
1400	1440.78	1.02819	4900	5037.639
1500	1543.599	1.02813	5000	5140.37
1600	1646.412	1.02808	5100	5243.095
1700	1749.22	1.02802	5200	5345.814
1800	1852.022	1.02797	5300	5448.524
1900	1954.819	1.02792	5400	5551.225
2000	2057.611	1.02788	5500	5653.915
2100	2160.399	1.02784	5600	5756.594
2200	2263.183	1.0278	5700	5859.259
2300	2365.963	1.02778	5800	5961.912
2400	2468.741	1.02774	5900	6064.551
2500	2571.515	1.02771	6000	6167.178
2600	2674.286	1.02769	6100	6269.792
2700	2777.055	1.02767	6200	6372.391
2800	2879.822	1.02765	6300	6474.977
2900	2982.587	1.02763	6400	6577.548
3000	3085.35	1.02761	6500	6680.103
3100	3188.111	1.0276	6600	6782.642
3200	3290.871	1.0276	6700	6885.162
3300	3393.631	1.0276	6800	6987.663
3400	3496.391	1.0276	6900	7090.143
3500	3599.151	1.02759	7000	7192.602

(3) 計器高の補正

重力計上面と測定点との高度差を計器高として、これにフリーエア勾配0.3086 mGal/mを適用して補正値を求めた。

(4) 地球潮汐の補正

重力に対する地球潮汐の補正は、振幅ファクター1.16、位相差0°と仮定して、剛体地球に対する理論潮汐を適用するようになっている(IAG 1980)が、日本では振幅ファクター1.16は小さ過ぎるといわれており、今回は振幅ファクターを1.2、位相差0°と仮定して計算した。

(5) ドリフト補正

真の重力変化によらないスプリングの伸縮のうち、緩慢なものをドリフトとし、水路部重力点及び大船渡測候所一等重力点の測定結果より算出した。

(6) 各測点の重力値は、水路部重力点及び大船渡測候所一等重力点の値を基準にして求めた。その値はそれぞれ、979778.27, 980216.69 mGalであり共に日本重力基準網(JGSN 75)に準拠した値である。第2表参照。

(7) 重力値の精度

先の海底状況において、ガルバノメータの振れは±0.2であり重力値に換算すると±0.06 mGalである。

(8) 海面重力値への更正

海底重力値 g の海面重力値 g_0 への整約には次の式によった。

$$g_0 - g = (-0.3086 + 4\pi\rho_w G \times 10^5) d \div -0.2224 \times d \text{ mGal}$$

ρ_w : 1.028 g/cm³ (海水密度) G : 6.672×10^{-8} cm³ g⁻¹ sec⁻² (万有引力定数) d : 深度 m

上式を用いると測点1, 2の海面重力値及びフリーエア anomalies (FA) は次のようになる。

	海面重力値	F A	
測点1	980190.25	51.57	
測点2	980195.05	56.44	単位は mGal。

6. まとめ

今回の測定は海底環境における重力測定の方法、及び測定精度に重点を置いて行ったため測点で要した時間が長くなり測定は二点に終わった。しかし測定値は海上重力計の検定資料として十分な精度がある。

今後の問題点としては、母船の位置精度を上げること。例えば「拓洋」での複合測位装置や、船に主局を陸上に従局を設ける電波距離測定機の利用が考えられる。一方では海底での測定時間を短縮して一回の潜航での測点数を多くする必要がある。海底状況は海域が変われば当然変わるわけであるから、検定海域を決定する場合には海底地形、地質、海流等を十分調査の上選定しなければならない。

参考文献

小野房吉・柳 武, 1979: 水路部観測報告天文測地編, 13, 56—63

報告者紹介



Takeshi Yanagi

柳 武 昭和61年3月現在,
本庁水路部航法測地課航法測地調査
官



Tsunehiro Hiraiwa

平岩 恒広 昭和61年3月現在,
本庁水路部航法測地課航法測地調査
官付