



Title	十勝岳重力観測網での2機種 of 相対重力計による測定値の比較
Author(s)	岡田, 和見; 高橋, 浩晃; 一柳, 昌義 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 81, 27-32
Issue Date	2018-03-19
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.81.27
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/68476
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/
Type	departmental bulletin paper
File Information	GBHU_81_p27-.pdf



十勝岳重力観測網での2機種相対重力計による測定値の比較

岡田 和見・高橋 浩晃・一柳 昌義

北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター

岡崎 紀俊

北海道立総合研究機構環境・地質研究本部地質研究所

高木 朗充

気象庁気象研究所

(2018年2月9日受理)

Comparison of gravity measurement values between two relative gravimeter models in Tokachi-dake volcano

Kazumi OKADA and Hiroaki TAKAHASHI and Masayoshi ICHIYANAGI

Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Hokkaido University

Noritoshi OKAZAKI

Geological Survey of Hokkaido, Hokkaido Research Organization

Akimichi TAKAGI

Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

(Received February 9, 2018)

Simultaneous relative gravity measurements using three SCINTREX CG5 and one LaCoste & Romberg G gravimeters were carried out in active Tokachi-dake volcano. No tares were identified in all measurement series. Differences in measured relative gravity values between the CG5#0033 and G#791 were less than 0.023 mGal for each observation point. Maximum difference between CG5#0552 and G#791, however, reached to 0.196 mGal. Discrepancy between CG5#0552 and CG5#0033 was also recognized. Above differences seemed to correlate with relative gravity and altitude from reference to stations. These results suggested possible larger difference between individuals but lesser between gravimeter models. Investigation of possible error factors, e.g. spring constants, recovery characteristics of gravimeter tilting, and air proofing of chamber are required.



I. は じ め に

火山活動が活発な十勝岳火口周辺では、2010 年以降、複数台の SCINTREX 社製 CG5 相対重力計（以後、CG5）を用いた精密重力網の繰り返し観測が行われている。火山活動に伴う重力変化シグナルの大きさは、相対重力計の測定精度限界程度の場合がある。このため、測定値の精度管理が重要であり、複数台での測定が効果的である。異なる機種による比較測定も、精度評価を行う上で重要な知見を提供する。北海道大学大学院理学研究院地震火山研究観測センターでは、CG5 に加えて、1960 年代から利用されている LaCoste&Romberg 社製 G 型相対重力計（G 型）も所持している。2017 年 6 月 28 日に行われた十勝岳での精密重力測定において、同じ測定点で G 型と CG5 の同時測定を行い、機種間の重力測定値の比較を行ったので、その結果を報告する。

II. 重 力 測 定

相対重力計 CG5 と G 型は、内蔵されているゼロ長スプリングと錘からなるシステムの、重力変化による伸縮量で相対重力値を測定する同じ機構を有している。CG5 では、内蔵されたサーボ回路でフィードバックをかけ、錘の位置を定位置に戻す際に印加する電圧値を重力値に変換しデジタルでディスプレイに表示する。6 Hz サンプリングの生データから 1 秒ごとに 1 サンプルの測定値として出力が得られ、これを任意の秒数間測定する。測定期間中の機器傾斜などは自動補正されて、平均測定値や標準偏差を得る。デジタル表示された値を読み取るため、測定者による測定値の読み取り誤差は生じない。

G 型では、重力変化により伸縮したスプリングの長さを、ダイヤルを使って手動でつり合いの位置まで戻した量が相対重力値となる。読み取りは、スプリング長変化量を示すクロスヘアや検流計針が、ある目盛線に重なった瞬間の値となる。目盛線には有限の幅があるため、毎回の読み取りはクロスヘアが目盛線幅の同じ場所にきた時に行うよう注意が必要である。値の読み取りは、ダイヤルに刻印された目盛りを用いるが、最小目盛線間の値については目分量での読み取りとなる。瞬間的に値が読まれるため、標準偏差はなく、測定中の機器傾斜補正も行われない。

今回、十勝岳に敷設された重力網において、北大、北海道立総合研究機構地質研究所（地質研）、気象庁気象研究所（気象研）が保有している 3 台の CG5（北大 #1025、地質研 #0552、気象研 #0033）と、G 型（G#791）で並行して相対重力観測を行った。G 型の測定はすべて岡田が実施し、同じ読み取り基準で測定を行った。各測定点の場所を Fig. 1 に示す。測定点間は徒歩で移動し、運搬時には、重力計になるべく衝撃を与えないようクッションを敷いた背負子に運搬ケースごとくくりつけた。

CG5 については、運搬後に測定点付近で 7 分程度重力計を定置したのちに測定を行った。測定は 1 セット 60 秒または 90 秒を 2 セット以上行い、その平均値を測定値とした。G 型については、検流計を用いて測定者から見て検流計が $0 \mu A$ を示す時のダイヤル値の読み取りを行った。器械高

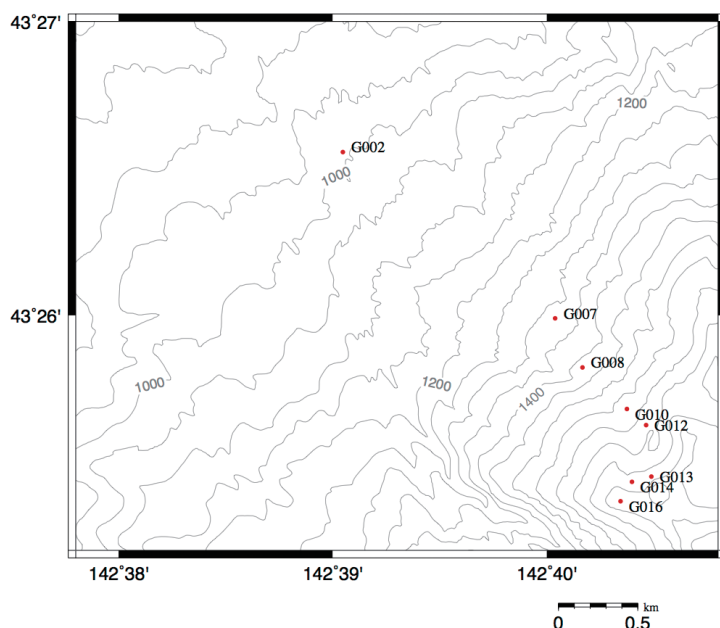


Fig. 1. Gravity stations on Tokachi-dake volcano. G002 is the reference station.

補正はフリーエア補正值 (0.3086 mGal/m), 固定地球潮汐の補正には起潮力計算プログラム (中井, 1979) を使用し, その後, ドリフト補正を施した. なお, 気圧補正は行っていない.

Ⅲ. 結果と考察

各器械の各測定点における測定値を Table. 1 および Fig. 2 に示す. CG5 による測定での G002 と G016 の重力差は地質研機 #0552 が -185.338 mGal, 気象研機 #0033 が -185.165 mGal, G 型 #791 が -185.142 mGal であった. なお, 北大機は測定点が少ないので議論には含めない. 各観測点での相対重力値は, Fig. 2 に示すようにすべての重力計でほぼ同じ傾向を示しており, 今回の測定ではテアのような偶発的なエラーは発生していないことが分かる.

各重力計間の測定差を Fig. 3 に示す. 気象研機 #0033 と G 型 #0791 の比較では, 測定値の差は最大で 0.023 mGal となっている. 一方, 地質研機 #0552 と G 型 #0791, 地質研機 #0552 と気象研機 #0033 の比較では, 測定値の差は最大相対重力値が測定された G016 点でそれぞれ 0.173 mGal, 0.196 mGal に達している. ほかの測点でも, 0.1 mGal を超える差が見られ, 標高差に比例して大きくなっているようにも見える (Fig. 3). 測点の標高差と相対重力値は, 一般にフリーエア勾配を介して結び付けられる. また, 測定はほぼ同じ時間帯に行っており, 気圧の時間変化による影響は少ないと考えられる.

地質研機 #0552 と G 型 #0791 の比較で見られるような, 機器間の測定差と相対重力差に線形

Table 1. Relative gravity values and difference among gravimeters.

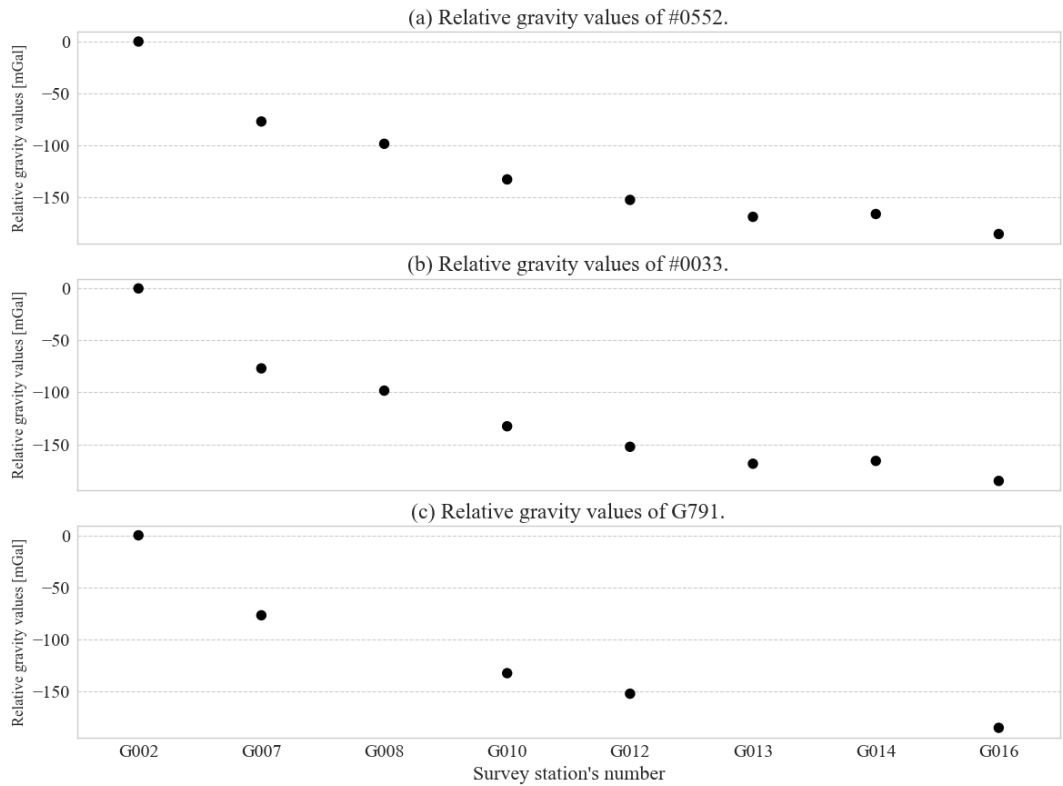
Station	Measured gravity value			Average gravity value			Difference between gravimeters		
	#0552	#0033	G791	#0552	#0033	G791	#0552-#0033	#0552-G791	#0033-G791
G002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G007	-76.992	-76.906	-76.910	-76.979	-76.910	-76.918	-0.068	-0.061	0.007
G008	-98.438	-98.313		-98.440	-98.319		-0.121		
G010	-132.756	-132.570	-132.574	-132.743	-132.582	-132.580	-0.161	-0.162	-0.001
G012	-152.522	-152.322	-152.322	-152.493	-152.333	-152.322	-0.161	-0.172	-0.011
G013	-168.805	-168.597		-168.781	-168.608		-0.172		
G014	-166.064	-165.868		-166.063	-165.886		-0.177		
G016	-185.347	-185.159	-185.139	-185.338	-185.165	-185.142	-0.173	-0.196	-0.023
G014	-166.078	-165.892							
G013	-168.773	-168.608							
G012	-152.482	-152.332	-152.315						
G010	-132.747	-132.581	-132.580						
G008	-98.459	-98.313							
G007	-76.982	-76.903	-76.919						
G002	-0.017	0.012	0.007						

#0552: CG5 Geological Survey of Hokkaido

unit: mGal

#0033: CG5 Meteorological Research Institute

G#791: LaCoste&Romberg Hokkaido University

**Fig. 2.** Measured relative gravity values of each gravimeter. #0552: CG5 Geological Survey of Hokkaido, #0033: CG5 Meteorological Research Institute, G791: LaCoste&Romberg Hokkaido University.

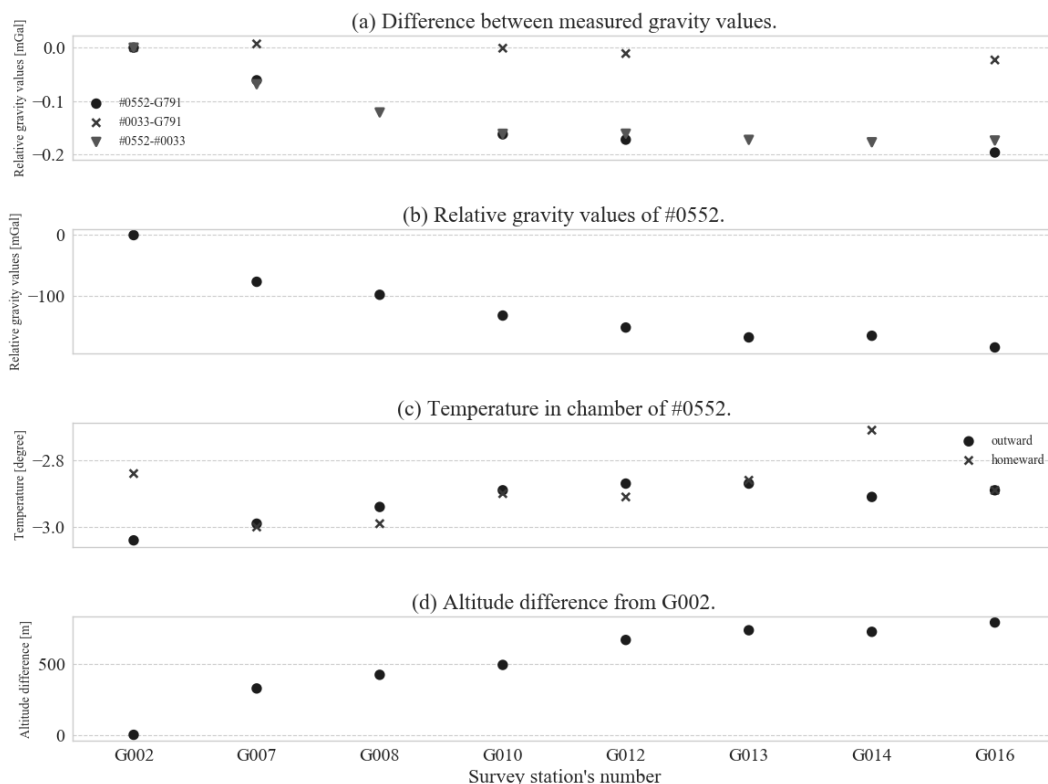


Fig. 3. (a) Difference in measured gravity values among gravimeters. #0552: CG5 Geological Survey of Hokkaido, #0033: CG5 Meteorological Research Institute, G791: LaCoste&Romberg Hokkaido University. (b) easured relative gravity values by GSH CG5#0552. (c) Temperatures in constant-temperature chamber of CG5 #0552. (d) Relative altitude of stations refereed to the G002 station.

増加が見られる原因の一つとして、ばね係数（重力計係数）が関係している可能性がある。測点間の相対重力値は、ゼロ長スプリングの伸縮量にばね係数を乗じることにより算出される。鬼澤ほか（2017）は、CG5は測定レンジに応じて係数が異なる可能性を示した。CG5のばね係数は重力差119 mGalの検定基線で与えられているが（応用地質株式会社，2010），今回のような200 mGalの重力差に適用するには独自の検定が必要である。また，ばね係数は経年変化することが知られており，CG5，G型とも既知の基準重力点間でばね係数の定期的な検定を行って補正を行うことが望ましい（中川ほか，1977，里村ほか，2005，鷗川ほか，2006，楠本ほか，2008，Ukawa et al., 2010，高橋ほか，2014）。

測定差の原因として，運搬後の非線形ドリフトの影響も考えられる。高木ほか（2018）は，気象研機CG5に人工的に擾乱を与えた後の測定値のドリフトを検討し，重力計に閾値以上の傾斜を与えるとマイナス側にジャンプした後に回復する特性を示すことを明らかにした。本多ほか（2017）も，重力計に傾斜が与えられると，対数関数で近似される回復曲線を描くような出力となることを示した。G型については，中川ほか（1977）が検討を行っているが，振動を与えた場合に

0.01 mGal 以内の擾乱が発生する可能性を示しているほか、電圧値が重力値の安定性に影響を与えることを明らかにしている。これらの特性は、個体ごとに異なることが予想されることから、定量的な評価を行うためには、本研究で利用した重力計を同じ条件下で同時比較することが必要である。

相対重力計のセンサーは気密性のある恒温槽に格納されている。気密性や恒温システムに不具合が発生すると、外気温の影響や、測点の高度差に伴う気圧変化による温度変化などが生じ、ばね等の部材の熱膨張が発生して測定値に見かけ上の変化をもたらす。地質研機 #0552 の内部温度データを Fig. 3(c) に示すが、標高が上がるにつれて最大 0.2 度の温度上昇が記録されている。一般的に、標高が高くなると気圧は低下する。一方、G002 に比べ G016 の外気温は 4 度低かった。恒温槽の状態についても、調査が必要であると考えられる。

以上のように、CG5 と G 型の測定値間には、機種の違いによる系統的な違いは見いだされない。一方、個体間の比較では、0.196 mGal に及ぶ差異が検出された。十勝岳での火山活動に起因する重力の時間変化は 0.15 mGal 程度であり（岡崎ほか, 2017）、0.2 mGal 程度の測定値の差は結果の解釈に大きな影響を与える。今後、同じ条件下で重力計の検定を行い、個体ごとの応答特性の違いを明らかにすることが必要である。

文 献

- 本多亮・大久保慎人・名和一成・宮城洋介・高木朗充, CG 型相対重力計のデータ擾乱からの回復曲線定式化の試み, 2017. 日本測地学会第 128 回講演会要旨集, 177.
- 中井新二, 1979. 実用的な起潮力プログラム, 緯度観測所彙報, 18, 124-135.
- 中川一郎・里村幹夫・福田洋一・中井新二・瀬戸孝夫・大島和雄・井上登・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. ラコステ重力計 G 型の定数検定, 測地学会誌, 23, 63-73.
- 岡崎紀俊・高橋良・高橋浩晃・大園真子・一柳昌義・山口照寛・岡田和見・本多亮・高木朗充, 2017. 精密重力観測による十勝岳 62- II 火口付近の重力変化, 日本火山学会秋季大会講演予稿集, 158.
- 鬼澤真也・平山康夫・長岡優・石原昂典・川口亮平・高山博之・山本哲也, 2017. 伊豆大島における重力変化 (2) —スケール補正およびフリーエア勾配の効果—, 日本火山学会 2017 年度秋季大会講演予稿集, B3-23.
- 高木朗充・宮城洋介・小澤拓・本多亮・高橋浩晃, 2018. CG-5 重力計の登山を伴う野外調査時における重力値安定性の基礎調査, 北海道大学地球物理学研究報告, 80, 1-10.
- 高橋浩晃・重藤迪子・山口照寛・岡崎紀俊, 2014. SCINTREX CG5 相対重力計 S/N130141025 の検定 (その 1): 道内重力点での検定測定, 北海道大学地球物理学研究報告, 77, 15-23.
- 応用地質株式会社, 2010. 自動重力計 CG-5 取扱説明書 18991-0655Rev. 1.
- 里村幹夫・渡辺みのり・大久保修平・楠本茂寿・植木貞人, 2005. 富士山周辺の精密重力測定, 静岡大学地球科学研究報告, 32, 1-12.
- 鶴川元雄・藤田英輔・上田英樹・野崎京三・岩本鋼司, 2006. Scintrex CG-3M 型重力計で測定された小笠原硫黄島の重力変化, 測地学会誌, 52, 37-50.
- Ukawa M., K. Nozaki, H. Ueda and E. Fujita, 2010. Calibration shifts in Scintrex CG-3M gravimeters with an application to detection of microgravity changes at Iwo-tou caldera, Japan, *Geophysical Prospecting*, 58, 1123-1132, DOI: 10.1111/j.1365-2478.2010.00869.x.