HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	道東カルデラ火山地域における絶対重力測定
Author(s)	名和, 一成; 宮川, 歩夢; 山崎, 雅 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 81, 11-16
Issue Date	2018-03-19
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.81.11
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/68474
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/
Type	departmental bulletin paper
File Information	GBHU_81_p11-1.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北海道大学地球物理学研究報告
Geophysical Bulletin of Hokkaido University, Sapporo, Japan
No. 81, March 2018, pp. 11 － 16
doi : 10. 14943 / gbhu. 81. 11

論説

道東カルデラ火山地域における絶対重力測定

名和　一成・宮川　歩夢・山崎　　雅・望月　一磨
産業技術総合研究所地質調査総合センター
高橋　浩晃・大園　真子・岡田　和見
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　　大輔・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
本多　　亮
山梨県富士山科学研究所
（2018 年 1 月 26 日受理）

Absolute gravity measurements in caldera area of eastern Hokkaido

Kazunari NAWA, Ayumu MIYAKAWA, Tadashi YAMASAKI and Kazuma MOCHIZUKI
Geological Survey of Japan, AIST
Hiroaki TAKAHASHI, Mako OHZONO and Kazumi OKADA
Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University
Daisuke OKA and Noritoshi OKAZAKI
Geological Survey of Hokkaido, Hokkaido Research Organization
Ryo HONDA
Mount Fuji Research Institute, Yamanashi Prefectural Government
（Received January 26, 2018）

For the purpose of the establishment of the gravity base station, we carried out absolute gravity measurements in the vicinity of Akan and Kussharo caldera area, eastern Hokkaido, Japan. The measurements were conducted in a period between September 7 and 8 at Akan gravity station and between September 9 and 11 at Teshikaga gravity station, by using a FG5 #217. The gravity values determined for the Akan station and the Teshikaga station at the floor level are 980444640 μGal, 980518903 μGal, respectively.

BY-NC
この論文はクリエイティブ・コモンズ 表示－非営利 4.0 国際 ライセンスの下に提供されています（http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/）.

Ⅰ．は　じ　め　に

重力計は地下の質量分布やその時間変化を捉えるのに有効なツールである．重力異常／構造を調査するために広く使われているラコスト重力計やシントレックス重力計，高精度かつ高時間分解能で定点連続観測が可能な超伝導重力計は，その測定の原理から相対重力計と呼ばれる．それら相対重力計を使って重力差／変化を高精度に測定するためには，重力基準点（値）の設定，重力計のスケールファクターの校正やドリフト特性の把握が重要である．マイクロガル精度を要求されるような地殻活動域におけるサーベイでは，すでに校正が済んでいる重力計を使用することが前提となるものの，観測精度を上げるうえで基準値の設定が重要になる．そのため，最近では，絶対重力計による測定点を基準として面的な相対重力測定を行う，いわゆるハイブリッド重力測定が行われている．

北海道大学と北海道立総合研究機構では，地殻変動が繰り返し観測される道東地域のカルデラ・火山活動をモニターする目的で，2012 年から地震・地殻変動観測を継続している．今回，2016 年から開始した精密重力観測のための重力基準点を当該フィールド内に構築すること，および計画中の超伝導重力計連続観測のベースラインを測定することを目的として，阿寒湖畔と弟子屈で最初の FG5 絶対重力計による重力測定を実施した．その測定の詳細と，得られた結果について報告する．

Ⅱ．絶対重力測定について

産総研地圏資源環境研究部門所有の絶対重力計（FG5 #217）を使用して阿寒湖畔と弟子屈の 2 箇所で絶対重力測定を実施した（Fig. 1）．産総研地質調査車両を使用して，茨城県つくば市に

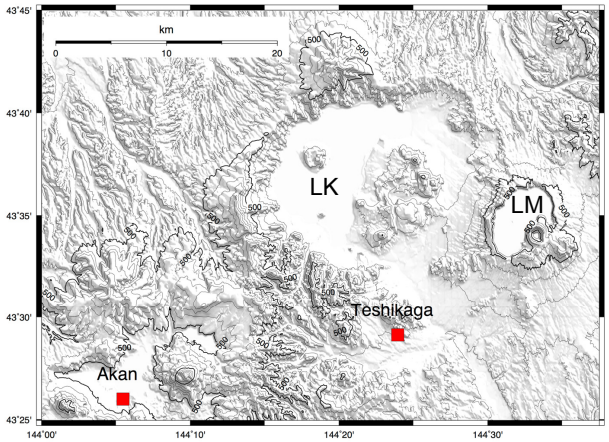

Fig. 1. Location of new absolute gravity stations (red squares) on the shaded relief map in the vicinity of the Lake Kussharo (LK) and the Lake Mashu (LM).

ある産総研から約 43 時間（大洗からのフェリー約 21 時間半，苫小牧市内で 1 泊）かけて，弟子屈道路事務所阿寒湖温泉除雪ステーション（以後，阿寒重力点）へ FG5 を運搬した．9 月 7 日到着後すぐに FG5 を組み立て，翌日 8 日夕方まで約 24 時間測定を行った．阿寒重力点での測定終了後，その日のうちに FG5 を北海道大学弟子屈観測所（以後，弟子屈重力点）へ移送した．弟子屈重力点では，9 月 9 日の朝から測定を実施し，9 月 11 日の朝に撤収した．復路も往路と同様に地質調査車両に FG5 を載せ，フェリーを利用（11 日夕方苫小牧発，12 日午後大洗着）して，最終的に産総研第 7 事業所まで運搬した．

Photo. 1 にそれぞれの重力点での観測状況を示した．それぞれの重力点の位置について，緯度経度値は北海道大学による GPS 測定結果，標高値は地理院地図から判読した値とした．阿寒重力点（Photo. 1(a)）の位置座標は東経 144.09114 度，北緯 43.43322 度，標高 427 m である．弟子屈重力点（Photo. 1(b)）の位置座標は東経 144.3992 度，北緯 43.4855 度，標高 201m である．いずれの場所でも建屋のコンクリート床面上に FG5 絶対重力計を設置した．絶対重力値の計算に必要な重力鉛直勾配については，道総研と北大のシントレックス重力計（CG5）を用いて，絶対測定開始前に FG5 設置点の直上で測定した．

FG5 絶対重力計はルビジウム発振器を周波数標準として重力値を算出しているが，その周波数が運搬時や測定時の環境によってメーカーによる校正値とずれが生じることがある．今回の測定は長距離の運搬後に測定することもあって，産総研で導入した周波数校正装置を用いて FG5 #217 内蔵のルビジウム発振器の 10 MHz 信号の周波数をそれぞれの重力点でモニターした．Table 1 に両重力点において実施した周波数測定の結果を示す．阿寒重力点では FT-001A を用いた GPS コモンビュー法，また弟子屈観測点では別の GPS 同期機能付ルビジウム発振器（FT-Rb）を基準信号とした周波数カウンターによる周波数測定を行った．いずれの重力点においても最新のメーカー（米国 Micro-g LaCoste 社）校正値との差が十分小さかった（1 mHz 以内で一致していた）

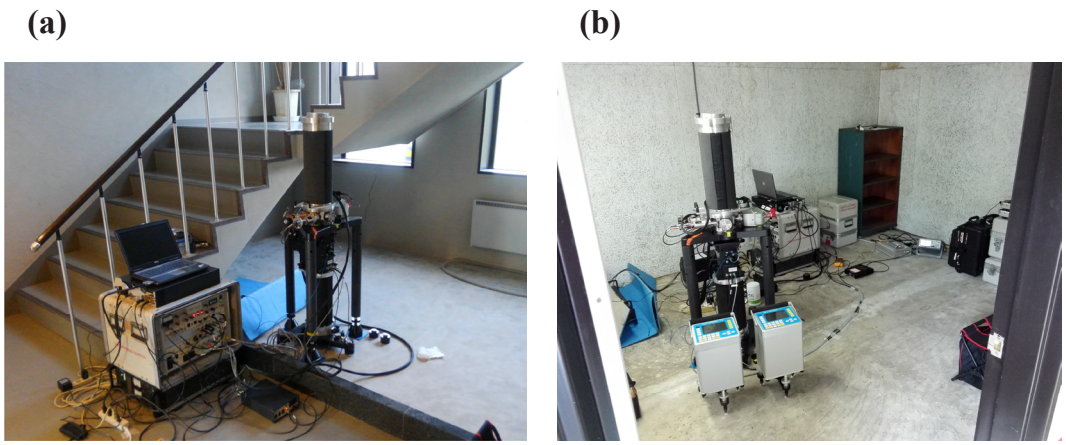

Photo 1. Absolute gravity measurement using FG5 gravimeter at the Akan station (a) and the Teshikaga station (b). In the Teshikaga station (b) photo, two Scintrex CG5 gravimeters are placed in front of the FG5.

Table 1. Observed frequencies of Rubidium oscillator (10 MHz) built in FG5 #217

Lacation	Time (UTC)	Frequency (Hz)	Method
Akan	9/7 06:00 - 9/8 06:00 (24 hours)	9999999.98232 ± 0.00006 Hz	*GPS common view based on UTC (NMIJ)
Teshikaga	9/10 00:31 (GateTime: 60 s)	9999999.98296 Hz	Frequency counter based on FT-Rb
Teshikaga	9/10 06:04 (GateTime: 60 s)	9999999.98280 Hz	Frequency counter based on FT-Rb

*Please refer to Mochizuki et al., in press

ため，本報告ではメーカー校正値（9999999.98214 Hz）に統一して絶対重力値を算出した．ちなみに，ルビジウム発振器の周波数に 1 mHz のオフセットがあった場合は約 0.2 μGal の見かけの重力差を生じる．

Ⅲ．結　　果

Fig. 2 に，それぞれの重力点のドロップ値（15 分間隔の 1 セットのうちに 10 秒おきに 64 回繰り返す自由落下毎の値）の時系列を示した．これら潮汐応答や気圧応答等補正済みのドロップ値の算出には FG5 絶対重力計に付属する観測／解析ソフトウェアである g8 を使用した．周波数標準はメーカー校正値，位置座標と重力鉛直勾配は実測値を用い，また効果は小さいが最新の極運動パラメタ（IERS Bulletin-A, 7 September 2017）を用いて再計算した結果をプロットしている．

ドロップ値の時系列を見ると，弟子屈重力点に比べて阿寒重力点がノイズレベルが高い傾向にあり，特に人工ノイズが多い日中はその傾向が顕著である．阿寒重力点の比較的静かな夜間の時間帯に大きな乱れがあるが，世界時で 9 月 7 日 17 時 26 分頃に発生した小笠原西方の地震

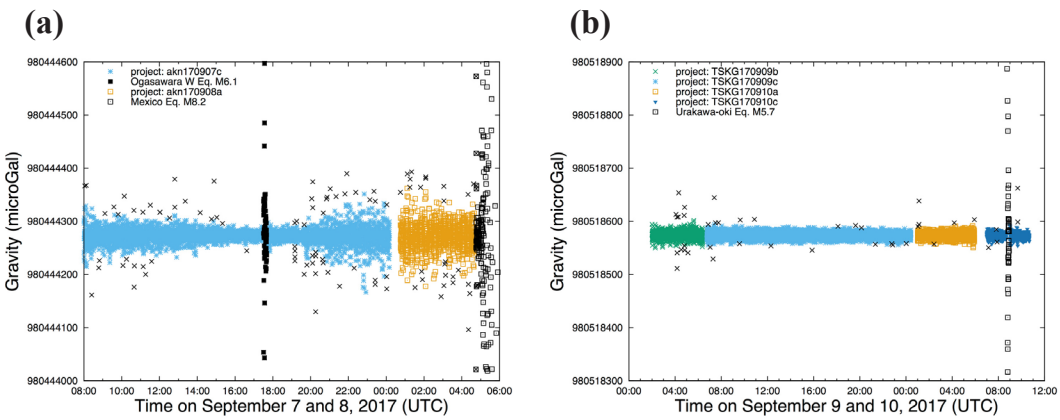

Fig. 2. Time series of absolute gravity measurements (drop values). (a) and (b) show Akan station and Teshikaga station, respectively. Black color symbols indicate outliers and earthquakes, which are removed on estimating final values.

Table 2. Result of absolute gravity measurements with FG5 #217

Location	Akan station	Teshikaga station
Latitude	43.43322 N deg.	43.4855 N deg.
Longitude	144.09114 E deg.	144.3992 E deg.
Elevation	427 m	201 m
Observation Period	2017/9/7 - 9/8	2017/9/9 - 9/10
Gravity value at 1.3 m height	980444271.91 μGal	980518573.69 μGal
Number of total effective drops	5081	7829
S.D. of a single drop	16.33 μGal	5.76 μGal
Vertical gradient of gravity	-2.83 μGal/cm	-2.53 μGal/cm
Gravity value at the floor	980444639.81 μGal	980518902.59 μGal

M6.1 の影響である．また，阿寒重力点での測定終了直前には，9 月 8 日 4 時 49 分頃に発生したメキシコの地震 M8.2 の影響で乱れている．M8 クラスの巨大地震であったが，翌朝からの弟子屈重力点での測定に顕著な乱れは生じていない．弟子屈重力点の終了前に大きな乱れがあるが，9 月 10 日 8 時 44 分頃に発生した浦河沖の地震 M5.7 の影響と考えられる．

結果として得られた絶対重力値と関連する値をまとめて Table 2 に示す．最終的な重力値を算出する際に，閾値を超えて異常値として自動的に判別したドロップ値は取り除き，上記の 3 つの地震の影響があるドロップ値も手動で取り除いた．Fig. 3 に重力値を決める際に使用したドロップ値のヒストグラムを示す．Table 2 には最終的に得られた平均値と標準偏差に加え，ドロップ数を併記した．結果としてそれぞれの絶対重力値は，阿寒重力点では，980444640 μGal, 弟子屈重力点では 980518903 μGal と定まった．

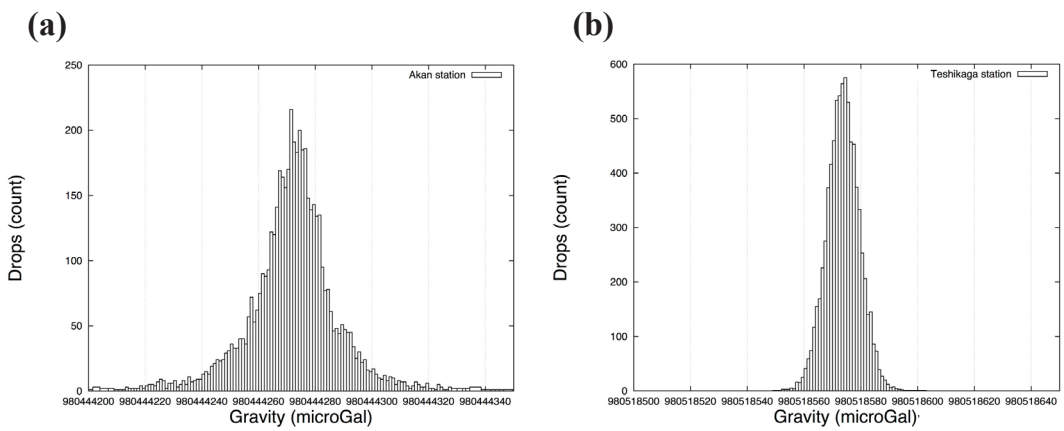

Fig. 3. Histogram of drop values for final estimation. (a) and (b) show results of Akan station and Teshikaga station, respectively.

Ⅳ. お　わ　り　に

これまで述べたように，今後の繰り返し測定で数マイクロガルオーダーの重力変化を検出するのに十分な精度で，道東カルデラ地域の測定の基準となる絶対重力測定ができた．弟子屈重力点と阿寒重力点では約 74.26 mGal の重力差があるが，同時期に実施した道総研による CG5 による相対重力測定結果と 0.1 mGal の桁で一致する予察的な結果が得られている．今後，CG5 による面的測定と FG5 による基準点の繰り返し測定，さらには超伝導重力計連続観測を組み合わせて道東カルデラ地域の重力構造と時間変化をモニターしていく予定である．

文　献

望月一磨・名和一成・鈴山智也，重力観測点におけるルビジウム発振器の周波数測定，測地学会誌，63(3)（GGOS 特集号），印刷中．