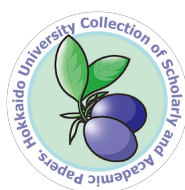




HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	SCINTREX CG5相対重力計S/N130141025の検定（その2）：札幌一等重力点と筑波基準重力点との結合測定
Author(s)	高橋，浩晃；山口，照寛
Citation	北海道大学地球物理学研究報告，77，25-29
Issue Date	2014-03-19
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.77.25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/55265
Type	departmental bulletin paper
File Information	77_04_P25-29.pdf



SCINTREX CG5 相対重力計 S/N130141025 の検定（その 2）： 札幌一等重力点と筑波基準重力点との結合測定

高橋 浩晃・山口 照寛

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

(2013 年 1 月 24 日受理)

Calibration of SCINTREX CG5 Gravimeter S/N130141025 (No.2): A connection measurement between the SapporoGS and the TsukubaFGS

Hiroaki TAKAHASHI and Teruhiro YAMAGUCHI

Institute of Seismology and Volcanology, Graduate School of Science,

Hokkaido University

(Received January 24, 2014)

Gravimetric connection between SapporoGS and TsukubaFGS via ChitoseGS and HanedaGS with SCINTREX CG5 gravimeter S/N130141025 was carried out for instrument calibration. Observed relative gravity between SapporoGS and TsukubaFGS was 526mGal, which was the same as that of value determined by Geospatial Information Authority of Japan in order of 10^{-4} . This measurement suggested that scale constant of this gravimeter is valid for below 500mGal difference with correction coefficient of 1.0002.

I. は じ め に

地震火山研究観測センター所有の SCINTREX CG5 相対重力計 S/N130141025 の動作特性を検証するための測定を実施してきている。高橋他（2014）では、CG5 測定による道内の基準・一等重力点間の相対重力値と、絶対重力測定から得られた値を比較することで 76 mGal の重力差で 10^{-4} の精度が確保されていることを確認した。今回、より大きな重力差をもつ札幌 GS と筑波 FGS 間の測定を実施したのでその結果を報告する。

II. 重 力 測 定

測定は 2014 年 1 月 21 日と 22 日の 1 泊 2 日で実施された。21 日は札幌 GS を起点として、千歳

GS（新千歳空港内）・羽田 GS（羽田空港内）・筑波 FGS で測定を行った。夜間は重力計をつくば市内の室内で安定させて保管した。22 日は羽田 GS・千歳 GS・札幌 GS での復路測定を行った。重力計の運搬は千歳 GS と羽田 GS 間は航空機、その他は車両を利用した。各測定点の諸元は Table 1 を参照されたい。測定は 60 秒を 1 測定とし各点で 10 回程度繰り返し実施したほか、筑波 FGS では約 70 分間連続で測定を行った。羽田 GS は羽田空港第一ビル地下の京浜急行電鉄とモノレール駅の正面に位置していて人車往來が激しく測定条件が劣悪で SD が他の測点の数倍大きい (Table 2)。千歳 GS は新千歳空港到着ロビー内にあるが、中心部からやや離れた場所にあるため羽田空港より測定条件はよい。

各点の測定値は測定時間の最後 3 回分の平均値とし、器高はフリーエア補正、固体潮汐は中井 (1979) を海洋潮汐は NAO99b+NAO99Jb モデルと GOTIC2 (Matsumoto et al., 2000, 2001) により補正を行った。

Table 1. Gravity point and absolute gravity value by GSI

	Latitude (deg)	Longitude (deg)	Altitude (m)	Gravity value by GSI (mGal)	Measurement date by GSI	Remarks
SapporoGS (札幌 GS)	43.0733	141.3400	15	980 477.533		Estimated by net adjustment
ChitoseGS (千歳 GS)	42.7858	141.6800	24	980 421.563		Estimated by net adjustment
HanedaGS (羽田 GS)	35.5489	139.7839	-2	979 759.545		Estimated by net adjustment
TsukubaFGS (筑波 FGS)	36.1036	140.0869	21	980 418.149	2012/2/2	FG5

GSI: Geospatial Information Authority

Ⅲ. 結果と考察

各 GS での測定値と国土地理院により求められている値の比較を Table 2 に示す。国土地理院による重力値は、筑波 FGS は絶対重力測定によるもの、それ以外は直近の重力測定データから近傍の絶対重力測定値が与えられている基準重力点を固定して網平均を行って求められたものである。今回の測定は絶対重力測定値がある FGS 間のものではなくいが、国土地理院が網平均で与えている各 GS の重力値が正しいものとして議論を進める。

札幌 GS と筑波 FGS の重力差は 526 mGal であった。国土地理院による値の差は 0.128 mGal となっており、重力差に対する補正係数は 1.00024 と 10^{-4} オーダーであった (Table 3)。この補正係数の値は、道内の重力差 76 mGal の測線での検定から得られた値 (1.00020) (高橋ほか, 2014) と同じオーダーである。最大の重力差である札幌 GS と羽田 GS 間の重力差 718 mGal に

Table 2. Gravity values with tidal and drift correction in January 2014

Gravity point	Date/Time(JST)	Gravity value with tidal correction	SD	Gravity value with tidal and drift correction	Gravity value relative to SapporoGS
SapporoGS (札幌GS)	2014/1/21 6:43	4743.569	0.149	4743.569	
ChitoseGS (千歳GS)	2014/1/21 8:12	4687.547	0.114	4687.552	-56.017
HanedaGS (羽田GS)	2014/1/21 10:58	4025.742	0.810	4025.757	-717.812
TsukubaFGS (筑波FGS)	2014/1/21 16:28	4217.357	0.181	4217.392	-526.177
HanedaGS (羽田GS)	2014/1/22 10:33	4025.714	0.823	4025.814	-717.755
ChitoseGS (千歳GS)	2014/1/22 13:22	4687.493	0.323	4687.603	-55.966
SapporoGS (札幌GS)	2014/1/22 15:02	4743.452	0.282	4743.569	

Table 3. Gravity difference between benchmarks. Grayed cells indicate absolute gravity values by GSI

	Model/Method	TsukubaFGS (筑波 FGS)	HanedaGS (羽田 GS)	ChitoseGS (千歳 GS)	SapporoGS (札幌 GS)
TsukubaFGS (筑波 FGS)	FG-5 CG-5	979951.229			
HanedaGS (羽田 GS)	Net adjustment CG-5 Difference Correction coefficient	191.683 191.606 0.077 1.00040	979759.545		unit: mGal
ChitoseGS (千歳 GS)	Net adjustment CG-5 Difference Correction coefficient	-470.334 -470.186 -0.149 1.00032	-662.018 -661.792 -0.226 1.00034	980421.563	
SapporoGS (札幌 GS)	Net adjustment CG-5 Difference Correction coefficient	-526.305 -526.177 -0.128 1.00024	-717.988 -717.783 -0.205 1.00029	-55.970 -55.991 0.021 0.99963	980477.533

FG5: Absolute gravimeter FG5

CG5: Relative gravimeter CG5

Net adjustment: Estimated by net adjustment using nearby absolute gravity value

GSI: Geospatial Information Authority

Correction coefficient is dimensionless

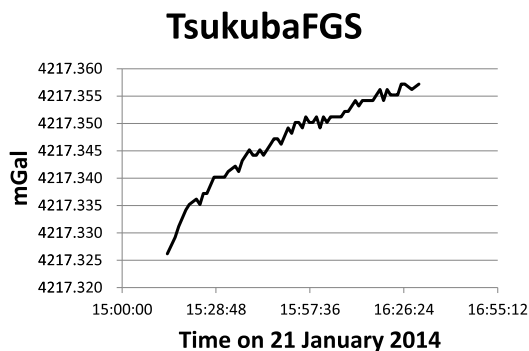
Table 4. Linear drift rate for each round trip measurement

Benchmark	Drift value (mGal)	Duration (Day)	Drift rate (mGal/Day)	Relative gravity (mGal)
SapporoGS	-0.116030	1.346748	-0.086155	-526.3045
ChitoseGS	-0.054000	1.215509	-0.044426	-470.3345
HanedaGS	-0.027941	0.983102	-0.028421	191.6835

対する補正係数も 1.00029 で 10^{-4} オーダーであった。他の GS 間での補正係数についてもいずれも 10^{-4} オーダーであった (Table 3)。測定環境の劣悪さから羽田 GS の測定は参考値とするも、これらの結果はメーカーによる重力計定数に補正係数を加えることで札幌 GS と筑波 FGS 間の重力差 526 mGal まで 10^{-4} オーダーの精度での測定が可能であることを示している。

今回は航空機を用いた 2 日間にわたる運送を行ったこともあり、起点を変えた場合のドリフトレートの変化について検討を行った。Table 4 にそれぞれの起点からの往復にかかった時間、単位時間あたりのドリフトレート、重力差、単位重力差あたりのドリフトレートを示す。札幌 GS を起点とした場合に比べ、千歳 GS 起点ではその半分、羽田 GS 起点では約 3 分の 1 となっている。重力計は運搬中の衝撃等により tare と呼ばれる値のとびが見られることが知られているが、札幌 GS での往路と復路の測定値の差は 0.1 mGal でありその可能性は低いと考えられる。ドリフトレートの推定は重力値に大きな影響を及ぼすことから原因の検討が必要である。また、ドリフトレートは熔融水晶ばねの伸びを示す見かけ上重力増加を示す正の値となることが多いが、今回のドリフトレートは負であった。負のドリフトレートは北海道立総合研究機構所有の CG5 S/N090640552 でもみられることがわかっている (岡崎, 私信)。高橋ほか (2014) によると、1 日で往復測定を行った場合のドリフトレートは正となっておりこの点についても検討が必要である。

筑波 GS で行った 70 分間の連続測定の潮汐補正のみを行った結果を Fig. 1 に示す。時間とともに重力値の増加が見られているが、その傾きは測定開始後が大きく、時間が経つにしたがって一定レートを示すような対数関数的な形状を示す。この傾向は、この重力計を用いた他の検定測定でも見られていることから (高橋ほか, 2014)、筑波 FGS のローカルな測定環境による可能性は低い。今後、この原因と特性を明らかにし補正手法を検討することが必要である。

**Fig. 1.** Gravity value of continuous measurement by CG5 with tidal correction.

IV. ま と め

SCINTREX CG-5 相対重力計 S/N130141025 の動作特性を検討するため、札幌 GS と筑波 FGS の結合測定を実施した。実測された重力差は 526 mGal であり、国土地理院の絶対重力測定に基づいた重力差との違いは 0.128 mGal であった。補正係数は 1.00020 であり、メーカーによる重力計定数を用いた場合でも 526 mGal の重力差に対して 10^{-4} の精度が確保されていることが明らかになった。今後、重力計定数のより広いレンジでの検定のため 1000 mGal 程度のより大きな重力差での結合観測を実施するとともに、定期的に校正測定を実施し補正係数の時間変化を追跡することが望ましい。

測定は2日間での往復であったが、全体的なドリフトレートが負になったほか、その変化率も起点を変えると3倍程度異なることが明らかになった。また、同一地点での連続測定の結果からは、ドリフトレートが非線形に変化する現象が見られた。ドリフトレートの非線形な振る舞いの特性を明らかにし補正手法を検討することが必要である。

謝辞 基準重力点および一等重力点での測定にあたっては、国土地理院測地部物理測地課吉田賢司氏、河和宏課長補佐、国土地理院今給黎哲郎測地観測センター長、北海道空港株式会社、日本空港ビルディング株式会社に便宜をはかって頂きました。記して感謝の意を表します。

文 献

- Matsumoto, K., T. Takanezawa and M. Ooe, 2010. Ocean tide models developed by assimilating TOPEX/POSEIDON altimeter data into hydrodynamical model: A global model and a regional model around Japan, J. Ocean., 56, 567-581.
- Matsumoto, K., T. Sato, T. Takanezawa and M. Ooe, 2001. GOTIC2: A Program for Computation of Oceanic Tidal Loading Effect, J. Geod. Soc. Japan, 47, 243-248.
- Matsushima T., and H. Okada, 1990. Determination of Deep Geological Structures under Urban Areas Using Long-Period Microtremors, Geophysical Exploration, 43, 1, 21-33.
- 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.
- 中井新二, 1979. 実用的な起潮力プログラム, 1979. 緯度観測所彙報, 18, 124-135.
- 日本測地学会, 現代測地学, 1994. 611pp.
- 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.
- 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.
- 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.

