



Title	iGrav型超伝導重力計(#017)の道東カルデラ火山地域への移設 : 苫小牧から札幌・南新川を経て弟子屈へ
Author(s)	名和, 一成; NAWA, Kazunari; 池田, 博 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 82, 19-24
Issue Date	2019-03-19
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.82.19
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/73388
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/
Type	departmental bulletin paper
File Information	GBHU_82_p19-24.pdf



iGrav 型超伝導重力計 (#017) の道東カルデラ火山地域への移設 ー 苫小牧から札幌・南新川を経て弟子屈へー

名和 一成

産業技術総合研究所地質調査総合センター

池田 博

筑波大学研究基盤総合センター低温部門

岡田 和見・高橋 浩晃

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

北海道立総合研究機構環境・地質研究本部地質研究所

(2019 年 2 月 18 日受理)

Moving the iGrav superconducting gravimeter (#017) from Tomakomai to Teshikaga via Minami-shinkawa (Sapporo) in Hokkaido, Japan

Kazunari NAWA

Geological Survey of Japan, AIST

Hiroshi IKEDA

University of Tsukuba

Kazumi OKADA, Hiroaki TAKAHASHI

Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University

Daisuke OKA

Geological Survey of Hokkaido, Hokkaido Research Organization

(Received February 18, 2019)

In November, 2018, continuous observation with the iGrav type superconducting gravimeter (#017) was started at the Teshikaga Observatory of the Hokkaido University in order to carry out high spatiotemporal resolution gravity monitoring in the volcanic area in eastern Hokkaido. The gravimeter used in a CCS project of Tomakomai site, was temporarily relocated to the Minami-shinkawa Observatory in September of the same year. And then it moved to the Teshikaga Observatory from Minami-shinkawa in November, just before entering the snowy season. In this paper, we report on the process of relocation and the data obtained during the process.



I. は じ め に

2018 年 11 月北海道大学弟子屈観測所において iGrav 型超伝導重力計（#017）による重力連続観測を開始した。この重力計は 2014 年に産業技術総合研究所が地下流体モニタリングのために導入し、2018 年 9 月まで米国テキサス州や北海道・苫小牧サイトでの CO₂ 地中貯留（CCS）モニタリングに使用していたものである（杉原ほか，2016）。今回，北海道東部のカルデラ・火山地域において高時空間分解能重力モニタリングを実施する目的で，北海道大学弟子屈観測所に移設した。その際，まず北大地震火山センターや道総研から近い南新川観測所で立ち上げ作業と試験観測を行い，積雪期に入る前のタイミングで弟子屈観測所に移設し，連続観測を開始した。

II. 移設作業について

苫小牧から弟子屈への移設作業は 2 回に分けて実施した。2018 年 9 月 10 日から 14 日にかけて CCS 苫小牧サイトから南新川観測所へ移設し，11 月 9 日から 12 日にかけて南新川観測所から弟子屈観測所へ移設した。9 月の苫小牧から南新川への移設作業状況を付録 1 に，11 月の南新川から弟子屈への移設作業状況を付録 2 に示すので参照されたい。付録内の時刻は日本時間で表記している。Fig. 1 に iGrav-017 の運搬と設置の様子を示す。

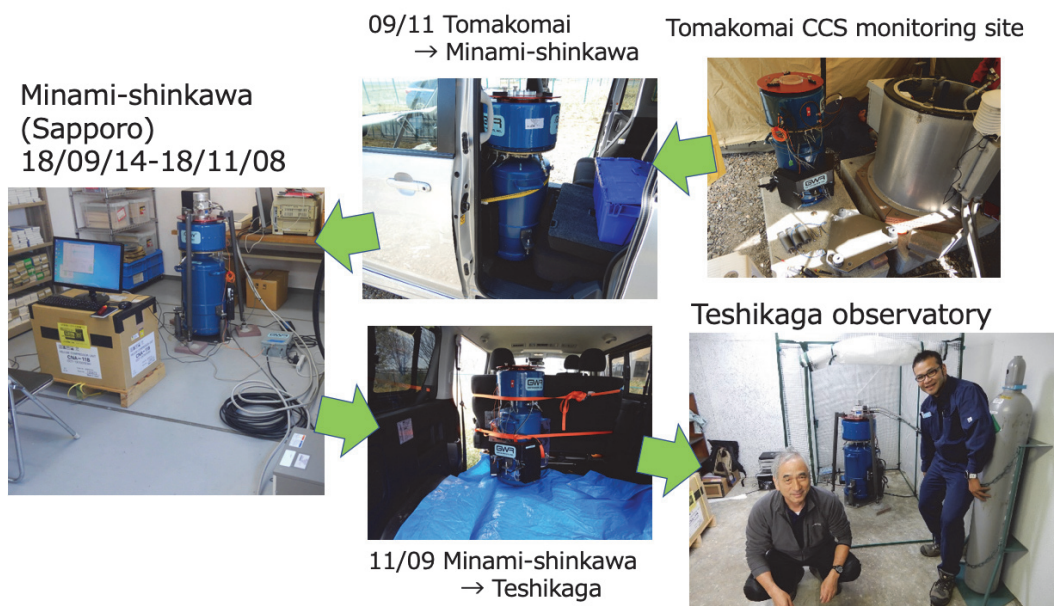


Fig. 1. Transportation and installation work

Ⅲ. 観測点間の重力差検出の試み

今回の移設作業にあたって、iGrav 型超伝導重力計の可搬型相対重力計としての可能性を検討した。すでに、長野県松代から鹿児島県霧島への iGrav 移設時に試みられている（今西ほか、2018）ように連続観測状態よりも感度を下げた Strong feedback 状態で重力測定を試みた。iGrav のフィードバック制御には、主に調整時に使われる Strong feedback (SFB), Medium feedback (MFB) と、連続観測で通常用いられる最もフィードバックが弱く分解能が高い RUN の 3 種類のモードがある。iGrav-17 のそれぞれのモードの感度比は、RUN に対して、MFB が 20.92 倍、SFB が 1471 倍となっている（R. Warburton, 私信）。iGrav の超伝導球を浮上させたまま移動して、移動前後に SFB モードで電圧値を測定すれば、1000 mGal 程度の重力差を検知できる可能性がある。

Table 1 に示したように 2018 年 9 月の苫小牧と南新川の SFB での電圧差は、-0.487 V（付録 1, 9 月 12 日 10 時 07 分）であり、2018 年 11 月の南新川と弟子屈の電圧差は、-0.302 V（付録 2, 11 月 9 日 22 時 00 分）であった。RUN モードの感度として苫小牧サイトで理論潮汐との比較から得た感度値 $-95.1 \mu\text{Gal/V}$ （R. Warburton, 私信）を採用すると SFB 時の感度は約 140 mGal/V となり、南新川の重力値は苫小牧より約 68 mGal 大きく、また、弟子屈は南新川より約 42 mGal 大きいという観測結果が得られる。過去の重力測定結果から計算される各観測点間の重力差を Table 2 にまとめる。それぞれの場合で観測値（Table 1）と予測値（Table 2）とを比較すると、数 mGal 以上の差があることがわかる。

Table 1. Result of relative gravity measurements with iGrav-017

	Voltage@Strong feedback	Observed gravity(*)
Minami-shinkawa - Tomakomai	-0.487 V	+68,127 μGal
Teshikaga - Minami-shinkawa	-0.302 V	+42,247 μGal

*Assumed scale factor: $-139,892.1 \mu\text{Gal/V}$

Table 2. Absolute gravity values and the difference between stations

Station name	Gravity value at the floor	Difference of gravity
Tomakomai	980,416,601 μGal (*1)	
Minami-shinkawa - Tomakomai		+62,804 μGal
Minami-shinkawa	980,479,405 μGal (*2)	
Teshikaga - Minami-shinkawa		+39,498 μGal
Teshikaga	980,518,903 μGal (*3)	

*1 Sugihara, 2016, *2 R. Honda, personal communication, *3 Nawa et al., 2018

IV. 南新川観測所で得られた強震動に伴うステップ変化

苫小牧から弟子屈へ移設する途中、約2ヶ月間、北海道大学南新川観測所で試験観測を実施した。北海道東部の弟子屈で新たに iGrav による連続観測を開始するにあたり、新規に冷凍機システム（コールドヘッド とコンプレッサー）を導入したこと、また、苫小牧サイトで使用していたエンクロージャーは使用せずに、米国観測終了後に日本に送付したコールドヘッド用三脚を国内で初めて使用することになったことから、それらの機器のテストが必要だったことが理由である。さらには、9月上旬に発生した北海道胆振東部地震の影響もあり、停電リスクの軽減、作業者のアクセスのしやすさも考えて臨時に実施した。

超伝導重力計は地震時、地震前後の微弱な重力変化の検出にも有用であるが、重力計周りでの作業など人工的な擾乱や、有感地震などの揺れによってステップ変化（見かけの重力変化）を生じることがある。今回、南新川観測所の観測期間中、北海道胆振東部地震の余震活動が活発であったため、短期間のうちに多くのステップ変化が生じた。Fig. 2 に観測データ（上段）と感度をかけて理論潮汐を除去した残差データ（下段）を示す。

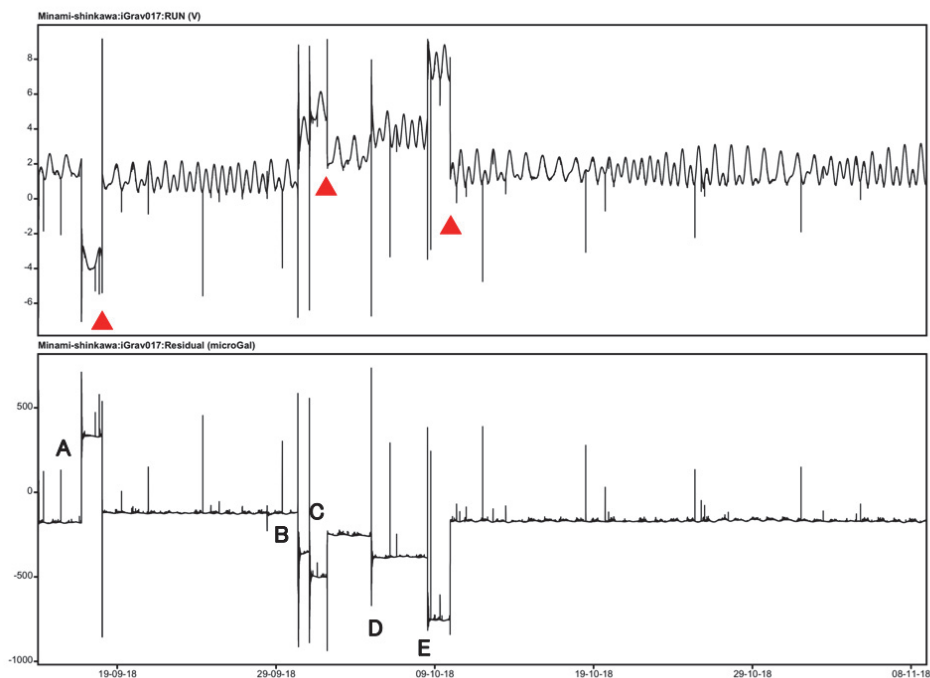


Fig. 2. Acquired data by iGrav-017 at the Minami-shinkawa observatory (18/09/14 – 18/11/08). Upper panel: Raw data with RUN mode resampled to 60 s. Lower panel: Residuals after reducing tidal components. Red triangles indicate manual adjustments on 18/09/18, 18/10/02, 18/10/08, respectively. A-E indicate anomalous offsets induced by aftershocks (see Table 3) of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake.

この期間、南新川でステップが生じたタイミングは、例外なく有感地震時であった。Table 3 に対応する地震の震源情報を示す。南新川観測所に近い K-NET 札幌観測点の加速度波形と比べると、約 10 Gal を超える加速度を生じる地震が発生したタイミングで iGrav にステップが生じていたことがわかった。

Table 3. List of aftershocks of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake, which induced anomalous offsets on iGrav-017 at Minami-shinkawa (refer to K-NET, KiK-net database of NIED)

Code*	Time of occurrence (JST)	Location of hypocenter (Lat., Lon., Depth)	Magnitude
A	18/09/17 02:51	42.72 N, 141.86 E, 28 km	M4.6
B	18/09/30 17:54	42.55 N, 141.99 E, 37 km	M4.9
C	18/10/01 11:22	42.97 N, 142.01 E, 35 km	M4.7
D	18/10/05 08:58	42.59 N, 141.97 E, 31 km	M5.2
E	18/10/08 21:54	42.63 N, 141.96 E, 32 km	M4.3

* see also Fig. 2.

V. お わ り に

iGrav で相対重力測定を試みたが、それぞれの観測点間の観測値の比 (1.61) と予測値の比 (1.59) とが大きくは違わない値であることは今後の利用に期待が持てる結果と言える。Strong feedback モードの感度を正確に検定できれば、より高い精度で重力差を測定できるのかもしれないからである。しかし、南新川観測所で強震動に伴ってステップ変化が生じたことから、iGrav を可搬型相対重力計として使用するには、運搬時の振動等を軽減するなど測定方法に工夫の余地がある。さらに、実用のためには移動後の姿勢の調整時間の短縮も図る必要があるだろう。

2019 年 2 月現在、弟子屈観測所では大きなステップノイズが生じることもなく 3 ヶ月以上観測を継続している。弟子屈は北海道内でも地震活動が活発な地域の 1 つであるため、今後有感地震によって南新川で経験したのと同様なステップ変化が生じる可能性は大きい。そのため、開始当初から RUN モードよりもフィードバックを強く感度が低い Medium feedback モードで連続観測を行なっている。それでも、非常に大きな強震動が予想される海溝型巨大地震時等のコサイスマックな重力変化の議論にも備えて、出来るだけ頻繁に絶対重力測定を実施する必要があるだろう。

電子付録 苫小牧から札幌への移設の詳細を電子付録 1、札幌から弟子屈への移設の詳細を電子付録 2 として掲載した。

謝辞 超伝導重力計 iGrav-017 は苫小牧サイトにおいて産総研 CO2 地中貯留研究グループ（後藤宏樹、西祐司、杉原光彦の各氏）によって維持・管理されました。今回の移設にあたって苫小

牧観測中の iGrav-017 に関して情報提供いただくとともに、当日のヘリウム液化作業、重力計の撤収作業にも協力していただきました。各フィードバック設定の感度比については超伝導重力計を製造する米国 GWR 社 (R. Warburton) から情報提供いただきました。南新川観測所の重力値は、本多亮博士（現山梨県富士山科学研究所）によって測定されたものです。防災科学技術研究所の強震観測網 (K-net, KiK-net) の Web ページ (<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>) から震源情報を引用しました。関係各位、各機関に感謝いたします。

文 献

- 今西祐一・池田博・村山貴彦・大久保修平, 2018. 日本測地学会第 130 回講演会要旨集, 072.
- 名和一成・宮川歩夢・山崎雅・望月一磨・高橋浩晃・大園真子・岡田和見・岡大輔・岡崎紀俊・本多亮, 2018. 道東カルデラ火山地域における絶対重力測定, 北海道大学地球物理学研究報告, **81**, 11-16.
- 杉原光彦・西 祐司・名和一成・宮川歩夢・石戸恒雄・相馬宣和, 高感度重力モニタリングのための超伝導重力計の導入, 2016. GSJ 地質ニュース, Vol. 5, No. 3, p.72-75.
- 杉原光彦, 絶対重力計測の現場から 一屋外計測・輸送編一, 2016. GSJ 地質ニュース, Vol. 5, No. 3, p.80-83.