

第 53 次日本南極地域観測隊で新設した重力基準点

土井浩一郎^{1,2*}・東 敏博³・早河秀章¹・風間卓仁⁴・大園伸吾⁵・青山雄一^{1,2}

New gravity reference sites established during JARE-53

Koichiro Doi^{1,2*}, Toshihiro Higashi³, Hideaki Hayakawa¹, Takahito Kazama⁴,
Shingo Osono⁵ and Yuichi Aoyama^{1,2}

(2014 年 10 月 24 日受付; 2015 年 6 月 9 日受理)

Abstract: Absolute and relative gravity measurements were carried out at International Absolute Gravity Basement Network (IAGBN (A)) site #0417 at Syowa Station and at outcrops at Langhovde during the summer operation of the 53rd Japanese Antarctic Research Expedition (JARE-53). Two new gravity reference sites were established at Syowa Station and five at Langhovde. We present detailed data for the new sites, including location coordinates and gravity values.

要旨: 第 53 次日本南極地域観測隊では、昭和基地の国際絶対重力基準点 (IAGBN (A) 点) およびラングホブデの露岩で絶対重力測定と相対重力測定を行った。これに伴い、昭和基地に 2 点、ラングホブデに 5 点の重力基準点を新たに設置した。本稿では、新設した各重力基準点の位置および重力値を含む詳細情報を記載する。

1. はじめに

東南極の重力場の精密決定および氷床変動や海洋変動などの現在の周辺環境変動や GIA (Glacial Isostatic Adjustment) に伴う重力変化を検出することを目的として、第 53 次日本南極地域観測隊 (The 53rd Japanese Antarctic Research Expedition: 以下 JARE-53 と略記) では、昭和基地およびラングホブデにおいて、絶対重力測定、相対重力測定、GPS 測定を実施し

¹ 情報・システム研究機構国立極地研究所. National Institute of Polar Research, Research Organization of Information and Systems, Midori-cho 10-3, Tachikawa, Tokyo 190-8518.

² 総合研究大学院大学複合科学研究科極域科学専攻. Department of Polar Science, School of Multidisciplinary Science, SOKENDAI (The Graduate University for Advanced Studies), Midori-cho 10-3, Tachikawa, Tokyo 190-8518.

³ 合同会社テラグラブ. TerraGrav LLC., Momoyama Minami Oshima-cho 1-31, Fushimi-ku, Kyoto 612-8017.

⁴ 京都大学大学院理学研究科. Graduate School of Science, Kyoto University, Kitashirakawa Oiwake-cho, Sakyo-ku, Kyoto 606-8502.

⁵ 測位衛星技術株式会社. GNSS Technologies Inc., 4th Floor Matsuki Bldg. 6-12-5 Shinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo 160-0022.

* Corresponding author. E-mail: doi@nipr.ac.jp

た (Doi *et al.*, 2013). その際に, 昭和基地内に 2 点, ラングホブデに 5 点, 計 7 点の重力基準点を新たに設置した.

本稿では, 新設した 7 点の重力基準点について詳細を記載する.

2. 新設重力基準点詳細

2.1. 観測点分布図

図 1 (a) に昭和基地内に新設した重力基準点の位置および JARE-6 で設置された最初の重力基準点 (Harada *et al.*, 1963) の位置を, 図 1 (b) にラングホブデに新設した重力基準点の位置を示す. なお, 図 1 中の JARE-6 重力基準点の位置はハンディ GPS で測定したものをを用いている.

2.2. 昭和基地新設重力点の詳細説明

(1) AGS03

2012 年 2 月 17 日に IAGBN (A) (重力値: 982524.3227 mgal) (東ほか, 2013) を基準にして, LaCoste&Romberg 重力計 G-805 を用いて相対測定を行った. 標高は計測した楕円体高から EGM2008 により求めたモデルジオイド高を差し引いて求めた. この重力基準点は, 管理棟近傍の岩盤に設置してあり, A10 絶対重力計による測定が可能である. 今後, 越冬期間中の野外重力測定の基準点として活用できる.

(2) HPB-T1

2012 年 2 月 15 日に IAGBN (A) (重力値: 982524.3227 mgal) を基準にして, 相対測定を実施した. この重力基準点は, B ヘリポートの端に設置してあり, 夏期間において, ヘリ使用による野外 (沿岸露岩域) 重力測定時に用いられた.

表 1 に各重力点に関して記載した内容を示す. また, 表 2 に各重力点の詳細を示す.

図 2 (a), (b) に重力基準点 AGS03 および周囲の様子を示す.

図 3 (a), (b) に重力基準点 HPB-T1 および周囲の様子を示す.

2.3. ラングホブデ新設重力点の詳細説明

(1) AGS01

2012 年 2 月 3 日に絶対重力測定を行った (Kazama *et al.*, 2013). 器械高を補正するために使用した重力鉛直勾配 (dg/dz) の値は $-3.42 \mu \text{gal/cm}$ であり, これは LaCoste&Romberg 重力計 G-1110 を用いて測定した. 標高は計測した楕円体高から EGM2008 によるモデルジオイド高を差し引いて求めた. AGS01 は, 雪鳥沢小屋西方約 50 m に設置してあり, ラングホブデ周辺における相対重力測定の重力基準点になるとともに, 重力の経年変化の検出に用いられる.

図 4 (a), (b) に重力基準点 AGS01 および周囲の様子を示す.

(a)

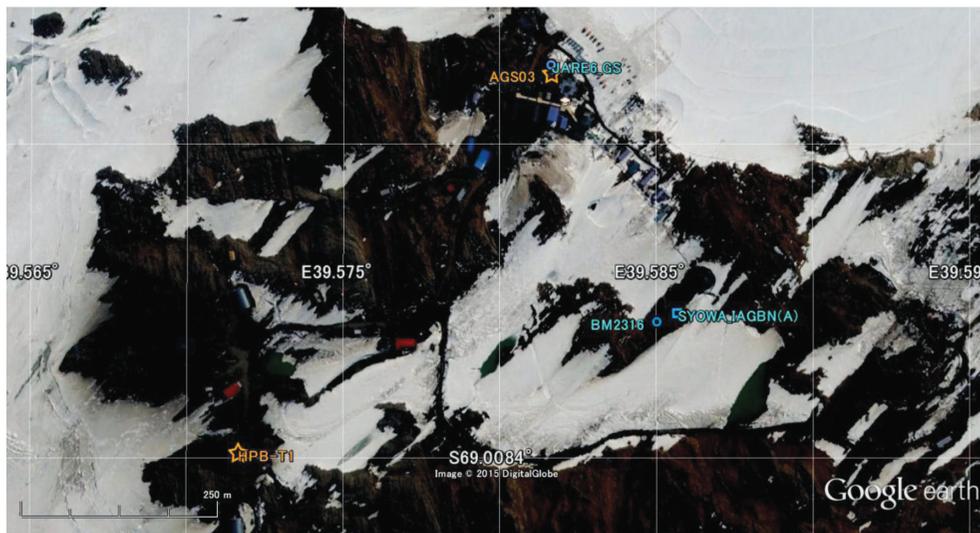


Image © 2015 DigitalGlobe

(b)

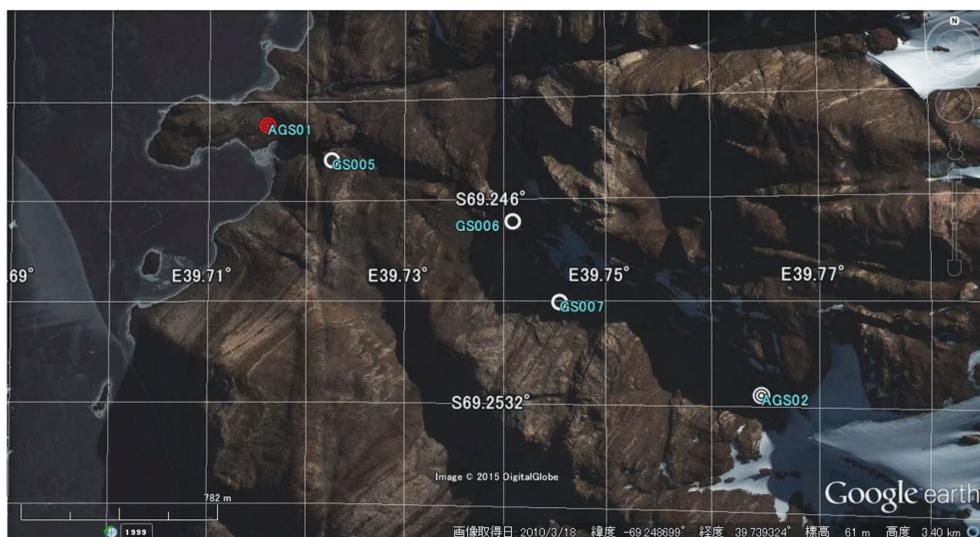


Image © 2015 DigitalGlobe

図 1 (a) 昭和基地の新設重力基準点 (橙色の星印), (b) ラングホブデの新設重力基準点
 Fig. 1. (a) Newly established gravity reference sites at Syowa Station (orange stars), and (b) at Langhovde.

(2) AGS02

2012年2月4日にラングホブデ絶対重力測定点 AGS01 (基準重力値: 982535.584 mgal) を基準として, 相対測定を実施した. 標高は計測した楕円体高から EGM2008 によるモデル

表 1 記載項目

Table 1. Described items in the following tables.

地域	観測点名	基準点目印
緯度	経度	標高, 楕円体高, ジオイド高 (m)
重力値 (mgal)	測定者	使用重力計
座標位置測位方法	GNSS 受信機	GPS アンテナ
GNSS 基準点		解析ソフトウェア

表 2 昭和基地新設重力点の記載

Table 2. Details description of the new gravity sites at Syowa Station.

昭和基地	AGS03 (管理棟近傍)	金属標 (大)
69°00'14.370"S	39°34'54.005"E	12.43, 34.67, 22.24
982525.966	東 敏博	LaCoste&Romberg 重力計 G-805
後処理スタティック GNSS 測位 (GPS+GLONASS)	GEM-1 GNSS 受信機	GrAnt-G3T (レドーム不使用)
IGS 点 (サイト名 SYOG)		Javad GNSS 社製 Justin
昭和基地	HPB-T1 (B ヘリポート)	金属標 (小)
69°00'30.0"S	39°34'18.0"E	15, -, -
982525.686	東 敏博	LaCoste&Romberg 重力計 G-805
1/10000 地形図より読み取り	-	-
-	-	-

(a)



(b)



図 2 (a) 点 AGS03, (b) 周囲の状況

Fig. 2. (a) AGS03 site, and (b) surrounding conditions of the site.

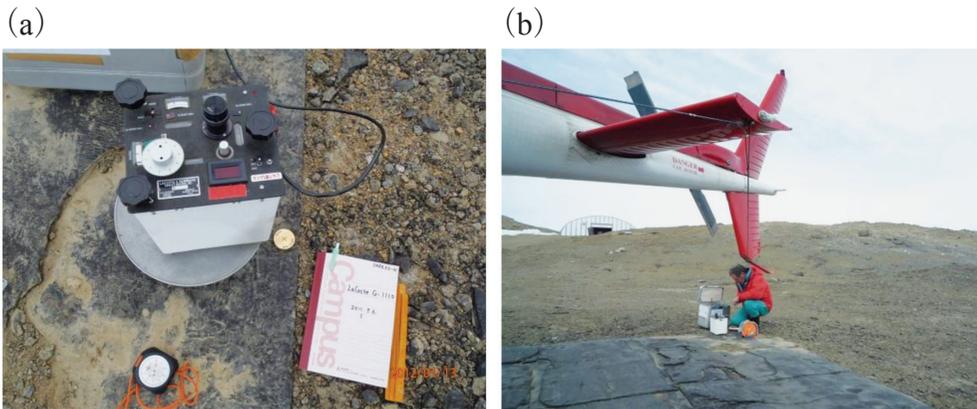


図 3 (a) 点 HPB-T1, (b) 周囲の状況
 Fig. 3. (a) HPB-T1 site, and (b) surrounding conditions of the site.

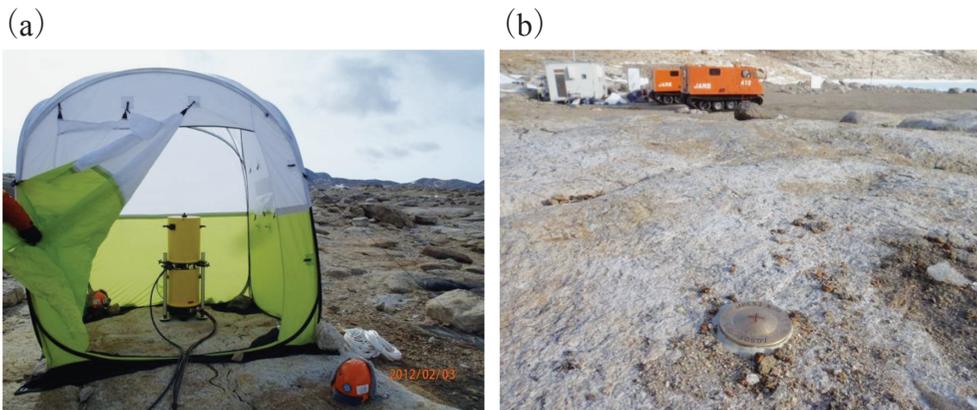


図 4 (a) A10 による絶対重力測定, (b) 点 AGS01
 Fig. 4. (a) Absolute gravity measurement using an absolute gravimeter A10, and (b) AGS01 site.

ジオイド高を差し引いて求めた。AGS02 は、やつで沢を源流域に向かって登って行った平頭山のふもとに位置しており、付近の氷床や氷河の消長に伴う重力変化の検出が期待される。

図 5 (a), (b) に基準重力点 AGS02 と周囲の状況を示す。

(3) GS005

2012 年 2 月 4 日にラングホブデ絶対重力測定点 AGS01 (基準重力値: 982535.584 mgal) を基準として、相対測定を実施した。GS005 は AGS01 から AGS02 に至るやつで沢の経路上に設置された。

図 6 (a), (b) に設置金属標 GS005 と周囲の状況を示す。

(4) GS006

2012 年 2 月 4 日にラングホブデ絶対重力測定点 AGS01 (基準重力値: 982535.584 mgal)

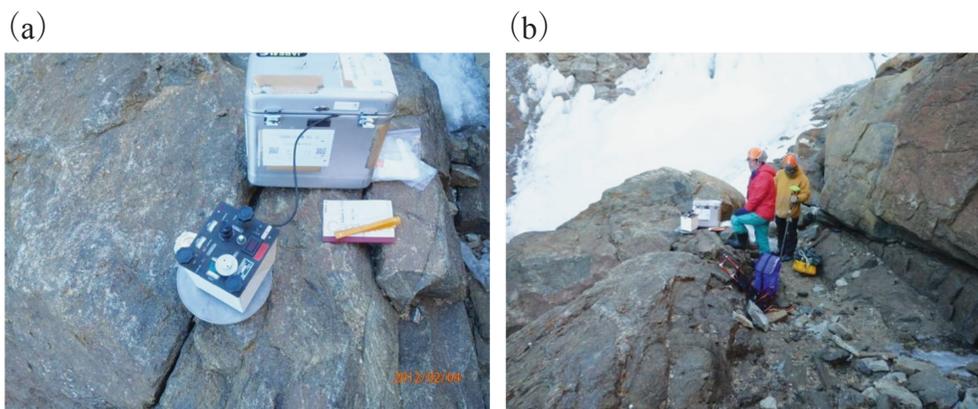


図 5 (a) 点 AGS02, (b) 周囲の状況
 Fig. 5. (a) AGS02 site, and (b) surrounding conditions of the site.

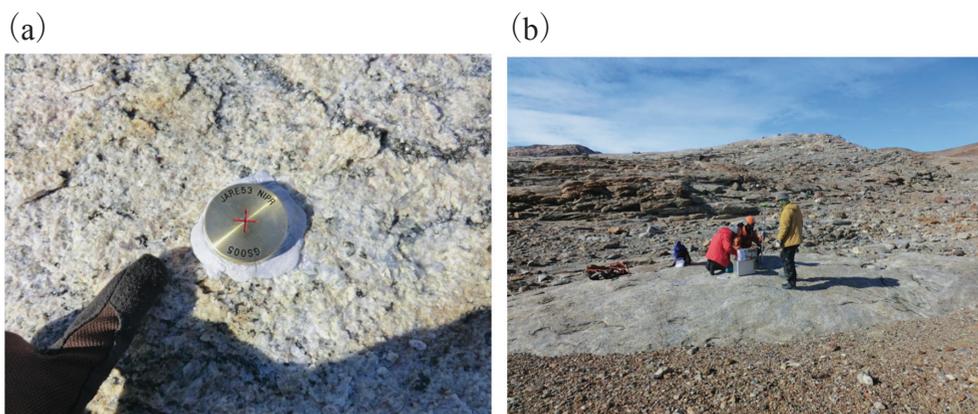


図 6 (a) 点 GS005, (b) 周囲の状況
 Fig. 6. (a) GS005 site, and (b) surrounding conditions of the site.

を基準として、相対測定を実施した。GS006 は AGS01 から AGS02 に至るやつで沢の経路上に設置された。

図 7 (a), (b) に設置金属標 GS006 と周囲の状況を示す。

(5) GS007

2012 年 2 月 4 日にラングホブデ絶対重力測定点 AGS01 (基準重力値: 982535.584 mgal) を基準として、相対測定を実施した。GS007 は AGS01 から AGS02 に至るやつで沢の経路上に設置された。

図 8 (a), (b) に設置金属標 GS007 と周囲の状況を示す。

表 3 にラングホブデで新設した重力点の詳細を示す。

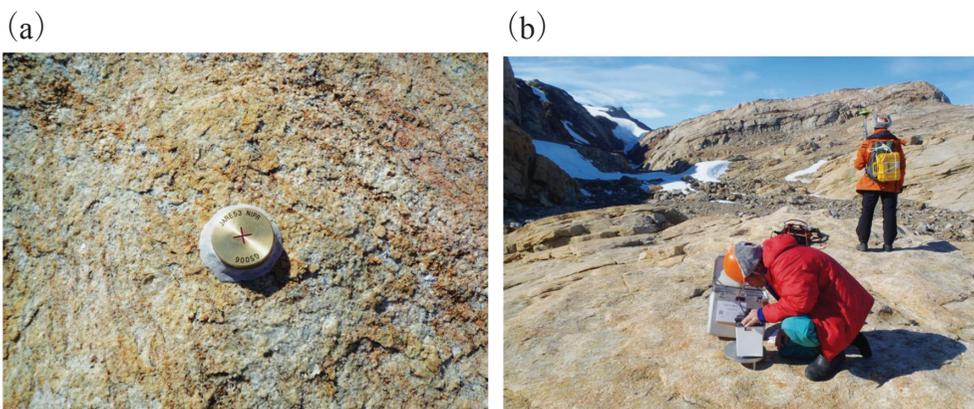


図 7 (a) 点 GS006, (b) 周囲の状況
 Fig. 7. (a) GS006 site, and (b) surrounding conditions of the site.

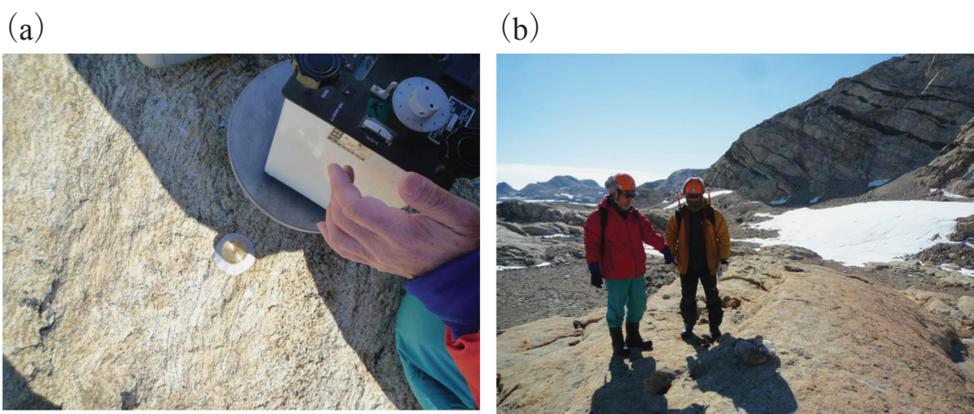


図 8 (a) 点 GS007, (b) 周囲の状況
 Fig. 8. (a) GS007 site, and (b) surrounding conditions of the site.

3. ま と め

JARE-53 において昭和基地 2 点, ラングホブデ 5 点, 計 7 点の重力基準点を設置した. 今後, 特にラングホブデの重力点については, 重力値経年変化を調べるために繰り返し利用されることが予想されるため, 座標位置, 重力値, 周囲の状況などの情報を, 写真を交えて記載した.

なお, 本稿で掲載した点のうち HPB-T1 以外の点の標高は GPS 測定により得られた楕円体高から EGM2008 モデルジオイド高を差し引いて求めている. しかし, 一部の点の楕円体高は, 同じデータを用いたにもかかわらず, Kazama *et al.* (2013) に記載された値と数十 cm の違いが生じている. 再計算を行ったところ, 原因は確定できないものの, 解析に使用するソフトウェアや設定パラメータの違いにより, 結果に差が出るようになってきた. ただ,

表 3 ラングホブデ新設重力点の記載

Table 3. Details description of the new gravity sites at Langhovde.

ラングホブデ	AGS01 (雪鳥沢小屋近傍)	金属標 (大)
69°14'35.75"S	39°42'57.51"E	7.13, 28.87, 21.74
982535.584	風間卓仁, 早河秀章, 東 敏博	A10 #017
後処理スタティック GNSS 測位 (GPS+GLONASS)	GEM-1 GNSS 受信機	GrAnt-G3T (レドーム不使用)
IGS 点 (サイト名 SYOG)		Javad GNSS 社製 Justin
ラングホブデ	AGS02 (やつで沢: 氷穴近傍)	金属標 (大)
69°15'10.20"S	39°45'52.75"E	109.87, 131.65, 21.78
982509.603	東 敏博	LaCoste&Romberg 重力計 G-1110
後処理キネマティック GNSS 測位 (GPS+GLONASS)	GEM-1 GNSS 受信機	GrAnt-G3T (レドーム不使用)
ラングホブデボルト点		Javad GNSS 社製 Justin
ラングホブデ	GS005 (やつで沢)	金属標 (小)
69°14'40.35"S	39°43'21.23"E	38.03, 59.77, 21.74
982528.846	東 敏博	LaCoste&Romberg 重力計 G-1110
後処理キネマティック GNSS 測位 (GPS+GLONASS)	GEM-1 GNSS 受信機	GrAnt-G3T (レドーム不使用)
ラングホブデボルト点		Javad GNSS 社製 Justin
ラングホブデ	GS006 (やつで沢)	金属標 (小)
69°14'48.49"S	39°44'27.17"E	61.29, 83.05, 21.76
982523.767	東 敏博	LaCoste&Romberg 重力計 G-1110
後処理キネマティック GNSS 測位 (GPS+GLONASS)	GEM-1 GNSS 受信機	GrAnt-G3T (レドーム不使用)
ラングホブデボルト点		Javad GNSS 社製 Justin
ラングホブデ	GS007 (やつで沢)	金属標 (小)
69°14'58.76"S	39°44'43.81"E	88.58, 110.34, 21.76
982518.293	東 敏博	LaCoste&Romberg 重力計 G-1110
後処理キネマティック GNSS 測位 (GPS+GLONASS)	GEM-1 GNSS 受信機	GrAnt-G3T (レドーム不使用)
ラングホブデボルト点		Javad GNSS 社製 Justin

どのソフトウェアを使い、どうパラメータを設定するべきであるという指針はないため、ここでは、解析に使用したソフトウェアを記載し、それを使って得られた結果を掲載することにした。フリーエア異常を計算する場合には注意を要する。なお、測定された重力値そのものは、GPS 計測位置に影響されない。

謝 辞

新重力基準点の設置および重力測定は JARE-53 の夏期オペレーションで実施された。実施にあたり、JARE-53 だけでなく、JARE-52 の隊長および隊員にご支援いただいた。特に、JARE-52 の岩波俊介隊員、JARE-53 太田晴美隊員、同行者の羽入朋子さんには観測に同行しお手伝いいただいた。この場を借りて厚くお礼申し上げる。

なお、ジオイド高は、オンラインジオイド計算サイト (<http://geographiclib.sourceforge.net/cgi-bin/GeoidEval>) において、EGM2008 ジオイドモデルを使って計算された値を用いた。また、重力点の表示に Google Earth (v7.0.2; <http://earth.google.com/>) を用いた。

文 献

- Doi, K., Hayakawa, H., Kazama, T., Higashi, T., Osono, S., Fukuda, Y., Nishijima, J., Aoyama, Y. and Ueda, J. (2013): Field measurements of absolute gravity in East Antarctica. *Advances in Polar Science*, **24**, 339–343.
- 藤原 智・渡邊和夫 (1992): 南極・昭和基地における絶対重力測定. 国土地理院時報, **76**, 1–6.
- Harada, Y., Kakinuma, S. and Murata, I. (1963): Pendulum Determination of the Gravity Differences between Tokyo, Mowbray and Syowa Base. *Nankyoku Shiryo* (Antarctic Record), **17**, 35–50.
- 東 敏博・土井浩一郎・早河秀章・風間卓仁・太田晴美・大藪伸吾・羽入朋子・岩波俊介・青山雄一・澁谷和雄・福田洋一 (2013): 南極昭和基地における絶対重力計 FG5 による重力測定と重力経年変化. 測地学会誌, **59**, 37–43.
- Kazama, T., Hayakawa, H., Higashi, T., Ohsono, S., Iwanami, S., Hanyu, T., Ohta, H., Doi, K., Aoyama, Y., Fukuda, Y., Nishijima, J. and Shibuya, K. (2013): Gravity measurements with a portable absolute gravimeter A10 in Syowa Station and Langhovde, East Antarctica. *Polar Science*, **7**, 260–277, doi:10.1016/j.polar.2013.07.001.

補足 昭和基地におけるその他の重力基準点

表 A-1 に記載内容を示す。また、表 A-2 に既設の重力点の詳細を示す。

表 A-1 記載項目

Table A-1. Described items in Table A-2.

地 域	観測点名	基準点目印
緯 度	経 度	標 高 (m)
重力値 (mgal)		使用重力計
備 考		

表 A-2 昭和基地内の重要な重力点の記載

Table A-2. Details description of important gravity sites at Syowa Station.

昭和基地	国際絶対重力基準点 International Absolute Gravity Base Network class A site (IAGBN (A))	金属標 (大)
69°00'24.245"S	39°35'8.491"E	21.492
982524.3227		絶対重力計 FG-5

最新測定日: 2012年1月2日~1月8日, 使用重力計: 絶対重力計 FG5#210

使用重力鉛直勾配: $dg/dz = -3.34 \mu\text{gal/cm}$

昭和基地	BM2316	GSI 金属標
69°00'24.60"S	39°35'6.14"E	21.15
982524.501		相対重力計

最新測定日: 2012年2月15日, 使用重力計: G-805

* 基準重力値: IAGBN (A) 982524.3227 mgal

昭和基地	JARE-6 重力基準点	GSI 金属標
69°00.3'S	39°35.4'E	14.0
982539.4 (ポツダム重力系)		GSI 型重力振子

本重力基準点は、しばらく、場所が確認されていなかったが JARE-53 において旧木工所 (旧焼却炉) 脇で発見された。この点では、1962年1月に JARE-6 によって GSI 型重力振子を用いて重力測定が行われており (Harada *et al.*, 1963), JARE-33 に昭和基地で初めて絶対重力測定 (藤原・渡邊, 1992) が実施されるまで、重力基準点として使用された。示した値は、Harada *et al.* (1963) をそのまま引用している。

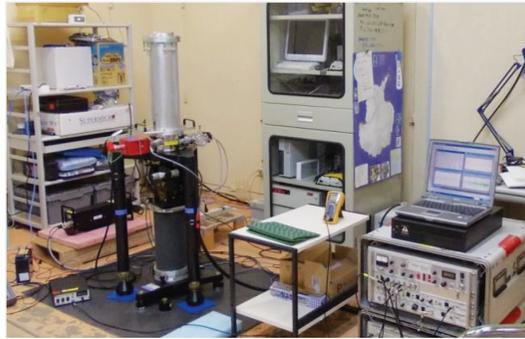


図 A-1 IAGBN (A) 点における絶対重力測定
Fig. A-1. Absolute gravity measurement at the IAGBN (A) site at Syowa Station.



図 A-2 BM2316 点における相対重力測定
Fig. A-2. Relative gravity measurement at the BM2316 site in Syowa Station.



図 A-3 JARE-6 重力基準点
Fig. A-3. Gravity reference site established during JARE-6.