

## 開発中の投げ上げ式小型絶対重力計とその精度について About a small throw-up method absolute gravimeter under development

酒井 浩考<sup>1\*</sup>, 新谷 昌人<sup>1</sup>, 坪川 恒也<sup>2</sup>, セルギイ スビトロフ<sup>3</sup>, 田村 良明<sup>4</sup>  
Hirotaka Sakai<sup>1\*</sup>, Akito Araya<sup>1</sup>, Tsuneya Tsubokawa<sup>2</sup>, Sergiy Svitlov<sup>3</sup>, Yoshiaki Tamura<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所, <sup>2</sup> 真英計測, <sup>3</sup> エアランゲン・ニュルンベルク大学 (ドイツ), <sup>4</sup> 国立天文台水沢 VLBI 観測所  
<sup>1</sup>Earthquake Research Institute, University of Tokyo, <sup>2</sup>Shin-ei Keisoku, <sup>3</sup>University of Erlangen-Nuremberg, Germany, <sup>4</sup>National  
Astronomical Observatory of Japan, Mizusawa VLBI Observatory

重力測定は資源探査で地表での重力を測定することで、そこから地下の密度分布を推定し地質構造を把握する物理探査の目的でよく使用される手法である。その他の重力探査の利用法の一つとして、火山におけるマグマの移動を調査することがあり、重力変化は噴火予知や地下の密度構造の推定等に利用しようと試みられている。たとえば実際の火山の観測でよく用いられる手法では、絶対重力測定をふもとの基準点で行い、相対重力計を携帯して基準点と観測点を往復することで重力値を測定する方法がある [1]。この方法は観測に手間がかかり、時間精度が悪く、また火山活動時には、観測地点での測定に危険が伴うものである。

そのような中で、新谷ら (2007 年) は、これらの状況を改善するために小型絶対重力計の開発を行ってきた。この小型絶対重力計が完成し火山体に設置されれば、火山活動時でも継続的にデータを取得できるメリットがある。将来的には絶対重力計を複数配置した多点ネットワークで絶対重力計で同時に観測することにより、面的な重力変化がわかればマグマの活動が精密に分析できる。他にも深層ボアホールやプレート沈み込み帯の深海底に設置することができれば、地下深部の地震活動やプレート運動を、重力を使って調べることができる。これらのことから、絶対重力計の小型化が進めば、野外観測研究への様々な応用を可能にし、従来とは異なった重力観測手法を提供してくれるだろう。既存の装置では、落下方式のため落体を持ち上げる必要があるので短時間で繰り返し測定ができない等の問題がある。しかし投げ上げ方式の場合、落体を持ち上げる必要がないので繰り返し測定が可能となる。今回は既存の絶対重力計の自由落下装置と開発した投げ上げ装置を入れ替えることによって、その投げ上げ装置の重力加速度の分解能を調べた。

投げ上げ装置は、潮汐の重力変化を検出することができ、重力変化の分解能  $g$  は  $40 \mu \text{gal}$  であることが分かった。しかし重力の絶対値は重力の予想値とずれてしまい、重力の確度  $\sigma_g$  は  $3 \text{mgal}$  であった。この誤差は投げ上げた際の反作用が干渉計に伝わったことにより生じたものである。この反作用を干渉計に伝わりにくくするために、いろいろと防振を変えてみた。すると同じ防振を用いることにより、振動の伝わり方に再現性があることが分かった。今後は投げ上げた際の反作用を打ち消す手法や、常に同じ振動になるよう適切な防振を見つけることができれば重力の確度が向上すると考えている。

[1] 大久保修平 (2001): 「ハイブリッド重力観測から見た、2000 年三宅島火山活動・伊豆諸島群発地震活動」, 地震ジャーナル, 31, pp47-58

キーワード: 測地学, 重力, 絶対重力計, 投げ上げ式, 地球潮汐, 火山

Keywords: geodesy, gravity, absolute gravimeter, throw-up method, earth tide, volcano

## 海底探査用重力偏差計システムの開発 3 Development of a gravity gradiometer system for submarine gravity prospecting 3

新谷 昌人<sup>1\*</sup>, 篠原 雅尚<sup>1</sup>, 金沢 敏彦<sup>2</sup>, 藤本 博己<sup>3</sup>, 山田 知朗<sup>1</sup>, 飯笹 幸吉<sup>4</sup>, 石原 丈実<sup>5</sup>, 月岡 哲<sup>6</sup>  
Akito Araya<sup>1\*</sup>, Masanao Shinohara<sup>1</sup>, Toshihiko Kanazawa<sup>2</sup>, Hiromi Fujimoto<sup>3</sup>, Tomoaki Yamada<sup>1</sup>, Kokichi Iizasa<sup>4</sup>, Takemi Ishihara<sup>5</sup>, Satoshi Tsukioka<sup>6</sup>

<sup>1</sup> 東大地震研, <sup>2</sup> 防災科研, <sup>3</sup> 東北大災害科学国際研, <sup>4</sup> 東大新領域, <sup>5</sup> 産総研地質情報, <sup>6</sup> 海洋研究開発機構  
<sup>1</sup>ERI, Univ. Tokyo, <sup>2</sup>NIED, <sup>3</sup>IRIDeS, Tohoku Univ., <sup>4</sup>GSFS, Univ. Tokyo, <sup>5</sup>Inst. Geol. Geoinf., AIST, <sup>6</sup>JAMSTEC

Gravity surveys are extensively conducted for profiling the underground density structure on land, while their application to sea area has been difficult because of either wide-area seafloor observation or poor accuracy caused by instability of the platform such as ships and airplanes. We propose a hybrid gravity survey method using an autonomous underwater vehicle (AUV) containing both a gravimeter and a gravity gradiometer. This paper describes the development of the submersible gravity gradiometer for this purpose.

As compared to a gravimeter, a gravity gradiometer is sensitive to localized density structure as a spatial derivative of its gravitational field, and hence it is suited to survey on concentrated sources such as submarine ore deposits. In addition, any common noise to the gravity sensors, such as translation acceleration of the platform, has little effect on gravity gradiometer as the differential gravity acceleration, and therefore a gravity gradiometer is preferable as an on-board instrument in the underwater vehicle.

We operated the developed gradiometer at a quiet site on land and estimated its self-noise to be  $6 \text{ E} (=6 \times 10^{-9} / \text{s}^2)$  in (2-50) mHz where gravity gradient signal is expected to be dominant when an AUV passes above a typical ore deposit. To reduce centrifugal error associated with rotation of the underwater vehicle, the gravity gradiometer was mounted on a two-dimensional forced gimbal controlled to be vertical with reference to fiber-optic gyroscopes and tiltmeters.

A sea trial observation was carried out on 7-9 September, 2012, in Sagami Bay at a depth of about 1,300 m using the AUV Urashima (JAMSTEC). The gravity gradiometer and the forced gimbal operated stably onboard the moving platform unless it involves large motions during turning and pitching. Design and resulted resolution, as well as discussion for improvements, will be presented.

Keywords: ore deposit, gravity survey, gravity gradiometer, forced gimbal, AUV

## 阿蘇火山に於ける自由落下干渉計型重力勾配計の開発

### Development of a free-fall interferometric gravity-gradiometer for volcanological studies in the Mt Aso area

潮見 幸江<sup>1\*</sup>, 鍵山 恒臣<sup>1</sup>, 吉川 慎<sup>1</sup>

Sachie Shiomi<sup>1\*</sup>, Tsuneomi Kagiya<sup>1</sup>, Shin Yoshikawa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 京都大学火山研究センター

<sup>1</sup> Aso Volcanological Laboratory, Kyoto University

To improve our knowledge on the process of volcanic eruptions, it is essential to observe time and spatial variations of subsurface density in volcanic areas. Gravity measurements, using relative and/or absolute gravimeters, are one of the widely-used methods to observe such subsurface density variations. Measured values of gravity include other effects that are not related to volcanic activities, such as influences of groundwater and diastrophism. These non-volcanic effects have to be removed by careful modellings. However, uncertainties in the modelling make it difficult to accurately identify the volcanic effects in the measured values of gravity. In order to improve the accuracy of the identification of volcanic effects, we propose to carry out measurements of vertical gravity gradients, simultaneously with gravity measurements.

A new type of gravity gradiometer that employs the method of free-fall interferometer had been developed at the Institute for Cosmic Ray Research (ICRR) of the Tokyo University from 2009 to 2012. After confirming the working principle of the gravity gradiometer, its prototype was moved to the Aso Volcanological Laboratory (AVL) of the Kyoto University. Further improvements and trial measurements have been carried out at the AVL so that it can be used for continuous observations in volcanic areas. We report the current status of the development and future prospects of the gravity-gradients measurements in the Mt Aso area.

## 重力計鉛直アレイ観測 -序報- Gravimetric vertical array observation -A preliminary report-

田中 俊行<sup>1\*</sup>, 本多亮<sup>1</sup>, 浅井康広<sup>1</sup>, 石井 紘<sup>1</sup>  
Toshiyuki Tanaka<sup>1\*</sup>, HONDA, Ryo<sup>1</sup>, ASAI, Yasuhiro<sup>1</sup>, ISHII, Hiroshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東濃地震科学研究所  
<sup>1</sup> TRIES, ADEP

田中ほか(連合大会予稿、2012)で提唱した「重力計アレイ法」を試験的に実施したので、その結果と明らかになった問題点を報告する。使用した重力計は全て Microg LaCoste 社製で、連続観測用相対重力計の gPhone (#90 と #78) と絶対重力計 FG5#225 である(計3台)。gPhone のデータ処理方法や実際の陸水応答については Tanaka et al.(EPS, in press) を参照されたい。ここでは「重力計鉛直アレイ」と便宜上呼んでいるが、地表下 300m の gPhone#90 と、地上の gPhone#78 及び FG5#225 は、水平方向に 100m ずれている。このような重力計アレイを構築できる環境(瑞浪超深地層研究所)は世界的にも稀であり、重力連続観測における降水の影響を抑制し地下深部からのシグナルを stack できる手法を確立することは、沈み込み帯の密度変化や地層処分の研究に寄与できる可能性がある。重力計アレイは重力計調達の都合上 2012 年 10 月から約 2 ヶ月間構築した。残念ながら、この期間は瑞浪超深地層研究所の地下 500m における水平坑道(北坑道)掘削のための発破が頻繁に行われたため、地下 300m に設置した gPhone#90 のデータ品質は著しく悪い。しかし、深度 500m における水平南坑道での発破の影響はほぼ見えないこと、気圧補正のエラーが地上に比べて地下では一桁悪いことがわかった。今後は発破位置を考慮したアレイを構築する事や、原位置気圧ではなく立坑付近の気圧を採用するなどの改良を試みたい。また、アレイ観測ではないが、地下 300m での発破が無い時期のデータを再解析したところ、その降雨応答が地下 100m におけるそれと同程度であることがわかった。観測された時間雨量が同じでも、降り方(エリア、面積など)が同じでは無いので正確には更なる重力アレイ観測で確かめる必要はあるが、このことは地表下 100m 以浅に存在する不圧帯水層の分布が無限平板と仮定できる可能性を示している。FG5 による gPhone のドリフト評価は、今回は gPhone#78 の稼働期間が短期であった事や地震動による欠測が生じたために実施しなかった。

謝辞: 本研究は資源エネルギー庁の深地層研究施設整備促進補助金によって行われている。また、田中、本多、そして浅井は東大地震研の特定共同研究(B)の支援を受けている(独)日本原子力研究開発機構 東濃地科学センターの堀内泰治、熊田宏治(現 東急建設)、橋詰茂の各氏には gPhone 保守及び降雨データに便宜を頂いた。

キーワード: 重力連続測定, 陸水, 降雨, 計測手法

Keywords: continuous gravity measurement, inland water, rainfall, measurement method

## 霧島火山新燃岳 2011年噴火のブルカノ式噴火期にみられた、顕著な短期的重力変化 Peculiar Gravity Change at the Kirishima Volcano during Vulcanian Eruption Phase in 2011

大久保 修平<sup>1\*</sup>, 田中 愛幸<sup>1</sup>, 今西 祐一<sup>1</sup>  
Shuhei Okubo<sup>1\*</sup>, Yoshiyuki Tanaka<sup>1</sup>, Yuichi Imanishi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所

<sup>1</sup> Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

### [1] はじめに

霧島火山では、2011年1月26日、27日、新燃岳において準プリニー式噴火が発生し、約300年ぶりにマグマ噴火が始まった。新燃岳では引き続き火口内へ溶岩が流出するとともに、2月上旬まで、溶岩で満たされた山頂火口から爆発的噴火が繰り返して発生し、社会生活に大きな影響が及んだ。この噴火活動にともなうマグマの移動・蓄積過程を明らかにするために、固定点における絶対重力の連続観測を行った結果、準プリニー式噴火が収まり、ブルカノ式噴火が続いた2011年2月以降の約2か月間、噴火前に特徴的な重力変動が繰り返し発生していることを見出したので、それについて報告する。

### [2] 絶対重力観測

観測点は東大霧島火山観測所であり、想定される深部マグマだまりからの水平距離が1 km程度という好条件の場所にある。用いた重力計はFG5絶対重力計で、おおむね50-100回の自由落下測定から30分ごとに1個の重力平均値が得られる。この30分平均値の誤差は地盤振動に依存するが、1-3 microgal程度であった。

### [3] 短期的な重力シグナルと火山活動

2月には数度のブルカノ式噴火が発生しており、それに先立って絶対重力観測にも、タイムスケール7時間程度の短期的なシグナルが認められた。すなわち、噴火に先立つ約7時間前から重力の減少が開始し、それが噴火前の1-2時間前に増加に転じる事例が多く見られた。時系列をプロットするとV字型の変動として認められるものである。2月のブルカノ式噴火3回については、いずれもV字型の変動が確認できた。重力変動を詳細に検討すると、V字型の重力変動があっても噴火が起こっていない事例が10例程度みつけたが、それらのほとんどが、微噴火や、顕著な傾斜変動をともなうイベントを伴っていた。この傾斜変動は、噴火未遂イベントと考えられる。

V字型変動が統計的に有意であるか否かを、線形回帰のF検定をおこなったところ、過誤率1%以内で有意であると判定された。本講演では、このような重力変動を起こしうるメカニズムについても議論する。

キーワード: 絶対重力変化, 火山, ブルカノ式噴火, 連続観測

Keywords: absolute gravity change, volcano, vulcanian eruption, continuous measurement

## GRACE衛星RL05データで見た地震後重力変化 The postseismic gravity changes observed with GRACE satellite.

田中 優作<sup>1\*</sup>, 日置 幸介<sup>1</sup>  
Yusaku Tanaka<sup>1\*</sup>, Kosuke Heki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学大学院理学院

<sup>1</sup> Graduate School of Science, Hokkaido University

There are several reports of the observations of gravity changes due to great earthquakes with data set of Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) satellite, but only Release 02-04 data are used in them. I reanalyzed the co- and postseismic gravity changes due to the three M9 class earthquakes, the 2004 Sumatra-Andaman, 2010 Chile (Maule), and 2011 Tohoku-oki earthquake, using Release 05 data set. I found that the every gravity change due to a huge earthquake has three steps. The gravity decreases immediately at the moment a huge earthquake occurs, continues to decrease slowly for a few months, and increases slowly taking more than a year after decreasing. That is, postseismic gravity changes have short-term and long-term components. But the their mechanisms are not clear.



## 衛星および地表重力データの結合による南極昭和基地周辺の重力場の精密決定 Precise gravity field determination around Syowa station, Antarctica, by combining satellite and in-situ gravity data

福田 洋一<sup>1\*</sup>, 野木 義史<sup>2</sup>, 松崎 和也<sup>1</sup>

Yoichi Fukuda<sup>1\*</sup>, Yoshifumi Nogi<sup>2</sup>, Kazuya Matsuzaki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 京都大学大学院理学研究科, <sup>2</sup> 国立極地研究所

<sup>1</sup>Graduate School of Science, Kyoto University, <sup>2</sup>National Institute of Polar Research

昨年、JpGU2012年大会で、GOCE(Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer)による地球重力モデル(EGM: Earth Gravity Model)と日本の南極観測隊(JARE: Japanese Antarctic Research Expedition)による地表重力データを結合した南極昭和基地周辺の重力場決定について報告した。前回は、JARE-47により航空重力測定が実施された地域を中心に、船上重力、陸上重力については処理済みのデータを限定的に利用することで、バイアス補正などは施さず、長波長重力場の基準となるEGMとしてGOCEのTIM(time-wise solution) RL(Release)-3を使用し、LSC(Least Squares Collocation)法を用いた予備的な計算を行った。その後、未使用であった地表データや、より広範囲な船上重力データを含めることで対象領域を拡大し、また、データ処理手順を見直し、新たに重力場の決定を行ったので、今回はその結果について報告する。

昨年からの主な変更点は、1)船上重力、陸上重力を含めることで対象エリアを60-80°S, 20-60°Eに拡張したこと、2)船上重力データのない海域についてアルティメータによる重力データを利用したこと、3)陸上重力、船上重力データについてバイアス補正を行ったこと、などが挙げられる。LSC法による計算では、航空重力データより推定した経験的な共分散関数を用い、重力異常ならびにジオイド高を決定した。推定されたformal errorは、十分な地表重力データが存在する領域では、重力異常について数mgal、ジオイド高では10より良い値を示している。得られたジオイド高は、今後、グローバルな高さ基準への結合としても利用可能な精度に近づきつつある。

地上データについては、航空重力データはGOCE EGMとの一致も良いことから、バイアス補正等は必要ないと思われるが、船上重力、陸上重力データは、推定された重力異常との比較からもデータセットによって明らかなバイアスが認められた。これらについては、今後、可能な限りオリジナルのデータに遡って丁寧な補正が必要と思われる。一方、EGMについては、すでにGOCEに加えGRACEデータも含む複数のモデルも公開されており、また近く、GOCEの新しいモデルが公開される見通しである。今後、これらのモデルの検証も行いつつ、同地域の重力場のさらなる改善を進める予定である。

キーワード: GOCE, 重力異常, ジオイド, 南極, 昭和基地

Keywords: GOCE, Gravity anomaly, Geoid, Syowa Station, Antarctica

## 石垣島における超伝導重力計観測 (その2)

### Gravity observation using a superconducting gravimeter at Ishigakijima, Japan (part 2)

今西 祐一<sup>1\*</sup>, 名和 一成<sup>2</sup>, 田村 良明<sup>3</sup>, 池田 博<sup>4</sup>, 宮地 竹史<sup>3</sup>, 田中 愛幸<sup>1</sup>

Yuichi Imanishi<sup>1\*</sup>, Kazunari Nawa<sup>2</sup>, Yoshiaki Tamura<sup>3</sup>, Hiroshi Ikeda<sup>4</sup>, Takeshi Miyaji<sup>3</sup>, Yoshiyuki Tanaka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所, <sup>2</sup> 産業技術総合研究所, <sup>3</sup> 国立天文台, <sup>4</sup> 筑波大学研究基盤総合センター低温部門

<sup>1</sup>ERI, The University of Tokyo, <sup>2</sup>AIST, <sup>3</sup>NAOJ, <sup>4</sup>University of Tsukuba

私たちは、八重山諸島の地下で発生する長期的スロースリップの信号を検出することを目的として、2012年2月に国立天文台 VERA 石垣島観測局（沖縄県石垣市）に超伝導重力計を設置した。観測開始から約1年が経過したが、最初の1ヶ月は温度制御が不安定であったため重力計の状態はあまり良くなかった。2012年9月末には、台風17号の接近にともなって約1日にわたって停電があった。これによって観測システムには被害はなかったものの、停電の前後で重力値に大きなオフセットが出た。2013年1月7日には、与那国島近海でM5.4の地震が発生し、重力値に小さいオフセットが出た。これらの問題を除けば、ほぼ均一で連続した重力変化のデータが得られている。

観測開始から現在までに、2012年5月から6月にかけてと、2012年12月から2013年1月にかけて、2度のスロースリップイベントが発生している。これらのイベントに関係する重力変化の信号を検出するためには、大気、海洋、地下水などの補正を精密に行う必要があるが、これらが相互に関連して複雑な応答を示しているらしく、モデリングが難しい部分がある。簡易的な補正に基づく予備的な結論ではあるが、2度のイベントともに、GPSデータから推定される発生時期におおむね符合して重力の減少（2マイクロガル程度）が記録されており、その少し前から重力が増加する（2マイクロガル程度）傾向が見られている。これは、スロースリップにともなう地殻変動による重力変化が現れているだけでなく、その発生に関連した地下の何らかの質量移動がとらえられている可能性がある。

キーワード: 超伝導重力計, スロースリップ, 石垣島

Keywords: superconducting gravimeter, slow slip, Ishigakijima



## 八丈島の温泉地域における gPhone-133 重力計を用いた連続観測

### Continuous gravity observation using a gPhone-133 at a hot spring area of Hachijojima, Japan

名和 一成<sup>1\*</sup>, 杉原 光彦<sup>1</sup>, 西 祐司<sup>1</sup>, 石戸 経土<sup>1</sup>, 安川 香澄<sup>1</sup>, 阪口 圭一<sup>1</sup>

Kazunari Nawa<sup>1\*</sup>, Mituhiko Sugihara<sup>1</sup>, Yuji Nishi<sup>1</sup>, Tsuneo Ishido<sup>1</sup>, Kasumi Yasukawa<sup>1</sup>, Keiichi Sakaguchi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所

<sup>1</sup> AIST

重力計は地下の質量変化を検出するのに有用な物理探査ツールである。我々は温泉地域における地下水の状態をモニタリングする目的で、八丈島の中之郷地区で重力連続観測を実施した。新たに導入した gPhone 重力計の性能評価、観測点のノイズレベル評価を目的として、2011年2月から3月にかけて島内各所で試験観測を実施した(名和・杉原、日本測地学会講演会、2011)。その後、2011年11月から2012年2月までのおよそ4カ月間 gPhone-109 重力計による観測を実施した(名和ほか、JpGU Meeting 2012)。今回、2012年8月から12月にかけて、gPhone-133 重力計を用いて、昨年度と同様4カ月間の連続観測を実施した。重力データの補正や解釈に必要な、気圧、降雨、土壌水分などの気象データと水位、水温などの観測井モニタリングデータも同様に取得した。昨年度の観測の結果、2011年12月と2012年2月に通常の変動幅より大きな1程度(注)の水温低下と、その約3日後の5  $\mu$  Gal 程度の重力減少が捉えられた。さらなるデータの蓄積・再現性の確認が課題であったが、今回の gPhone-133 重力計の観測期間中にも、同様な現象を捉えることができた。この重力変化をもたらす原因を探るため、気象・土壌水分データから地下浅部の不飽和領域の水分変化による重力変化を計算したが、大きくても1  $\mu$  Gal 未満であった。解析期間中、潮位と水位が単調に減少していたが、機械的ドリフトが大いため、観測データからそれらの影響を分離することはできなかった。観測された被圧帯の水温の低下は、重力変化も生じていることから、不圧帯の地下水の移動を伴うものであることが示唆される。過去1年以上の潮位と中之郷観測井の温度、水位の関係をみると、潮位変化に少し遅れて水位が変化し、その後、温度が変化していることが見出された。現象を引き起こす原因の1つとして坑内流動を考えているが、八丈島周辺の潮位変化が中之郷のそれをトリガーしているのかもしれない。

本研究は環境省委託事業の地球温暖化対策技術開発事業として実施されました。

キーワード: 重力モニタリング, 土壌水分, 地下水, 潮位, 降雨, 気圧

Keywords: gravity monitoring, soil moisture, ground water, sea level, rain fall, atmospheric pressure

## 新しい日本重力基準網 2011 の公表について Publication of new Japan Gravity Reference System 2011

岡村 盛司<sup>1\*</sup>, 宮崎 隆幸<sup>1</sup>, 河和 宏<sup>1</sup>, 海老名 頼利<sup>1</sup>

Seiji Okamura<sup>1\*</sup>, Takayuki Miyazaki<sup>1</sup>, KAWAWA, Hiroshi<sup>1</sup>, EBINA, Yoritoshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 国土地理院

<sup>1</sup>GSI of Japan

国土地理院は、最新の重力測量データから新しい日本重力基準網 JGSN2011 を構築した。日本における重力基準はこれまでに 2 回公表されており、最初の公表は国際重力基準網 1971(IGSN71) の重力値を基準として 1976 年に公表された日本重力基準網 1975(JGSN75) であり、JGSN75 は日本の重力基準として使用されてきた。2 回目の公表は 1997 年に公表した日本重力基準網 1996(JGSN96) である。JGSN96 は、全国に約 14,000 点ある二等重力点が結合されなかったが、JGSN75 より 1 桁精度が向上し学術成果として使用されてきた。

新しい日本重力基準網 JGSN2011 は、1997 年から開始した基準重力測量（絶対重力測定）および一等重力測量（相対重力測定）のデータである。東北地方においては 2011 年東北地方太平洋沖地震後に重力測量を実施し、地震の影響を反映した重力値となっている。

日本において 3 回目の重力基準網となる JGSN2011 は、精度は JGSN96 と同じであるが大幅に基準重力点を増やし、さらに重力点の位置精度の高精度化や解析時の潮汐補正の統一などを行い重力網の基準系を考慮している。このことにより IC-WG2.1 と IGFS の共同プロジェクトで進められている絶対重力データベース（AGrav）への参加登録を目指すとともに、国際的に議論されている Global Geodetic Observing System (GGOS) 等にも対応できるものとする。

本発表は、新しい日本重力基準網 (JGSN2011) の概要と今後の計画についての報告である。

キーワード: 重力基準網, JGSN, 絶対重力計,

Keywords: Gravity Standardization Net, JGSN, Absolute gravimeter

## しらせ船上重力データの再処理 Reprocessing of Shirase shipborne gravity data

松崎 和也<sup>1\*</sup>, 福田 洋一<sup>1</sup>, 野木 義史<sup>2</sup>  
Kazuya Matsuzaki<sup>1\*</sup>, Yoichi Fukuda<sup>1</sup>, Yoshifumi Nogi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 京都大学理学研究科, <sup>2</sup> 国立極地研究所

<sup>1</sup>Graduate School of science, Kyoto University, <sup>2</sup>National Institute of Polar Research

本研究では日本南極地域観測隊 (JARE: Japanese Antarctic Research Expedition) により、これまでに得られているすべてのしらせ船上重力データについて、衛星高度計データに基づく最新の海域重力場データを基準としてドリフトやオフセットなどを補正することで、均質なデータセットを作成した。

JARE では、27 次観測隊 (JARE27) 以降、31,35,36,50 次を除き、しらせ船上での重力測定を実施している。これらのデータは、旧しらせで取得された JARE27-49 と、新しらせ就航後に取得された JARE51、52 に大きく分けることができる。さらに、旧しらせでのデータの内、JARE27-28 は NIPRORI-1 型重力計で JARE29-49 は NIPRORI-2 型重力計で取得されており、この間、データ収録装置や航法システムのアップグレードも行われている。旧しらせのデータの内、JARE27-46 については、既に小西ら (2006) によって衛星高度計データによる海域重力場モデル grav.img.11.1 (Sandwell and Smith, 2004) を基準にドリフトやオフセットなどが補正されている。一方で、JARE47 以降のデータではこのような補正がなされていないため、データにドリフトやオフセットが含まれる可能性がある。また、衛星高度計による海域重力モデルも grav.img.11.1 以降、CryoSat や Envisat など新しい衛星のデータが取り込まれ、長波長の重力場も EGM96 から EGM2008 に変更されるなど、大幅に改善されている。そこで、本研究では、最新の海域重力モデル grav.img.20.1 (Sandwell and Smith, 2012) を基準に、JARE で得られているすべての船上重力データの再処理を実施することにした。

具体的な処理の手順としては、小西ら (2006) にならい、まず、grav.img.20.1 から船上重力データの航跡に沿って重力異常の値を切り出し、船上重力データと比較を行った。その結果、JARE46 以前のデータについても、船の方向転換点などで局所的に大きな差があることや、オフセットやドリフトが取りきれないデータのあることが確認できた。また、JARE47 以降のデータでは大きなドリフトやオフセットが見られた。

これらを補正するために、船の方向転換点など差の大きなデータを除去した後、基本的には寄港地から寄港地までのデータを一区切りとして、ドリフトについては時間の多項式を仮定し補正を行った。発表では、衛星高度計重力データとの比較結果や補正後の航跡に沿っての重力データの詳細について報告する。

キーワード: 船上重力, 南極地域観測隊, 衛星高度計, ドリフト補正, 砕氷艦しらせ

Keywords: shipborne gravity, JARE, altimeter, drift correction, Ice breaker Shirase

## 2011年東北地方太平洋沖地震に先だって観測された海上重力変化 II Sea surface gravity changes observed prior to March 11, 2011 Tohoku earthquake II

坪井 誠司<sup>1\*</sup>, 中村 武史<sup>1</sup>

Seiji Tsuboi<sup>1\*</sup>, Takeshi, Nakamura<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構

<sup>1</sup>JAMSTEC

昨年度の連合大会では、2011年3月11日東北地方太平洋沖地震の前に震央付近を通過した「みらい」の航海で、ほぼ同じ航跡を持つ二つの航海について、海上重力の観測値には時間変化が見られることを報告した。ここでは、この海上重力観測値の信頼性を検討すると共に、スロースリップから期待される重力変化を見積もり、観測と比較したので報告する。海上重力観測値は海洋研究開発機構が運用する海洋観測船「みらい」のMR10-06とMR11-02について比較した。MR10-06は2010年11月13日に、MR11-02は2011年2月11日に震央付近を通過し、海上重力の定常観測を実施している。航跡の差は最大で2km程度である。観測値は北緯37.6度付近までは一致しているが、36.6度から37.6度付近ではMR11-02の観測値が深度の補正を施しても2-3mgal程度増加しているように見える。海上重力は海底の深度により大きく影響を受けるので航跡の差によりこのような重力値の差が生じる。海上保安庁水路部による海底地形データに基づいた二つの航跡の違いによる水深の違いを補正すると、MR11-02では、深度は浅いにもかかわらず重力値は大きくなる傾向が見られる。これらのことから、MR11-02の海上重力定常観測が信頼出来るものであるならば、2010年11月と比較して2011年2月にはこの海域で海上重力値が増加していた可能性がある。この増加を海底下の構造の変化と考えるならば、断層面上における物性変化を反映している可能性がある。Ozawa et al (2012) は2011年1月までの10年間で2011年東北沖地震の震源域でMw7.7に相当するスロースリップがあったことを報告している。このスリップ量に相当する重力変化をSun et al (2009) のプログラムにより計算したところ、0.3 mgal程度となり、観測された重力変化を説明できないことが分かった。観測された重力変化は、地震前1ヶ月程度の急激な海底の隆起、あるいは断層面における密度増加が原因である可能性がある。

キーワード: 2011年東北地方太平洋沖地震, 海上重力

Keywords: 2011 Tohoku earthquake, shipboard gravity survey

## SLR 低次重力解でみる極域氷床の質量変化 Mass changes in polar ice sheets from low-degree gravity field by SLR

松尾 功二<sup>1</sup>, Benjamin Fong Chao<sup>3</sup>, 大坪 俊通<sup>2</sup>, 日置 幸介<sup>1\*</sup>  
Koji Matsuo<sup>1</sup>, Benjamin Fong Chao<sup>3</sup>, Toshimichi Otsubo<sup>2</sup>, Kosuke Heki<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>北海道大学, <sup>2</sup>一橋大学, <sup>3</sup>台湾中央研究院

<sup>1</sup>Hokkaido University, <sup>2</sup>Hitotsubashi University, <sup>3</sup>Academia Sinica, Taiwan, ROC

The majority of the land ice on earth lies in Antarctica and Greenland as continental ice sheets. Recent climate changes have brought about the significant ice melting in these regions. The space mission of Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE), launched in 2002, enables direct measurements of such mass losses over extensive areas. According to the GRACE observation during 2003-2010, the polar ice sheets experienced mass loss at the rates  $\sim 390$  Gt/yr, amounting to  $\sim 70\%$  of the total ice loss globally in the same period (Jacob et al., 2012). These massive and extensive mass losses can also be detected by the Satellite Laser Ranging (SLR) technique. Although limited in spatial resolution, the SLR data have been available for a longer time span of 1991-2011. Here we calculated the changes in the earth's gravity field using the monthly Stokes coefficients up to degree and order 4 estimated from both SLR and GRACE. Then we corrected the results for the contributions of Glacial Isostatic Adjustment using the model of Paulson et al. (2007). Between 2003 and 2011, the linear trend map of the gravity field from SLR shows significant negative patterns in Greenland and Antarctica, agreeing well with that from GRACE. However, seen from SLR data, the gravity trend map between 1991 and 2011 shows different behaviors: near-balance in Greenland prior to 2002 and shifting to decreasing afterwards. The gravity in West Antarctica also shows similar trends as Greenland, but that in East Antarctica shows opposite trends. These results imply that the mass balances in the polar ice sheets might be affected by some decadal climate variability.

キーワード: 測地学, 極域氷床, 重力変化

Keywords: Geodesy, Polar ice sheets, Gravity change



## 東濃地震科学研究所重力観測点周辺の環境変化による重力変化シミュレーション Gravity change simulations of various environmental changes around TRIES gravity stations

本多 亮<sup>1\*</sup>, 田中 俊行<sup>1</sup>, 木股 文昭<sup>1</sup>  
Ryo Honda<sup>1\*</sup>, Toshiyuki Tanaka<sup>1</sup>, Fumiaki Kimata<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 公益財団法人地震予知総合研究振興会 東濃地震科学研究所

<sup>1</sup>Tono Research Institute of Earthquake Science, Association for the Development of Earthquake Predict

The Tono Research Institute of Earthquake Science (TRIES) has been operating absolute gravity measurement since 2004, with Micro-g LaCoste FG-5 absolute gravimeter. From the beginning of the observation, gravity values do not show variation larger than 10 micro Gals. The excavating of two vertical shafts and horizontal caves for research in Mizunami Underground Research Laboratory (MIU) is the largest action. It has been carried out by Japan Atomic Energy Agency (JAEA) since 2004. The shaft excavation site is vicinity of two gravity measurement stations, MGA and TGR. The drawdown of water depth level accompanying the excavation is observed around the site. Besides, the leveling which has been carried out since 2004 detected at most 17 mm subsidence near the TGR gravity station. The artificial topographic change might be also effective. We examined the gravitational effect of such environmental changes around our stations.

The effect of the tunnel excavation is estimated based on a detailed drift way model, which was provided by JAEA. The original model is prepared as a wire frame data. We arranged the wire frame model to the grid data. Then we adopted the method of Banerjee and Gupta (1977), which calculates the vertical component of the theoretical attraction force of rectangular prism.

The artificial topographic change took place near the TGR station. It was the elimination of crest and the infill of a channel. The effect of the topographic change is estimated by Digital Elevation Map (DEM). The latest DEM is provided by Geographical Survey Institute of Japan (GSI) as a 5 m grid model. We made an old DEM by digitizing altitude contours of the 1:1000 map of Mizunami city, which was published in 1986. The difference of the two DEM is employed to the attraction force calculation.

The detected subsidence was simply applied to a free-air gravitational effect. As a result, the total gravity change estimated for these various environmental changes was less than 5 micro Gals. The remaining problem is the change of the ground water level. We must explain the mechanisms of large ground water level change, which does not affect gravity values.

Banerjee, B. and S. P. D. Gupta (1977): Gravitational Attraction of a Rectangular Parallelepiped, *Geophysics*, 42, 1053-1055.

キーワード: 重力, 重力変化

Keywords: gravity, gravity change

## 九州大学伊都キャンパス周辺における重力変化

## Gravity changes around Ito campus, Kyushu University by using relative and absolute gravity measurement

西島 潤<sup>1\*</sup>, 藤光 康宏<sup>1</sup>, 福田 洋一<sup>2</sup>

Jun Nishijima<sup>1\*</sup>, Yasuhiro Fujimitsu<sup>1</sup>, Yoichi Fukuda<sup>2</sup>

<sup>1</sup>九州大学大学院工学研究院, <sup>2</sup>京都大学大学院理学研究科

<sup>1</sup>Faculty of Engineering, Kyushu University, <sup>2</sup>Graduate school of Science, Kyoto University

九州大学伊都キャンパス周辺では、新キャンパス造成に伴う地下水位変化をモニタリングするために30本の地下水位観測井を用いて造成前より観測を行っている。また、本地域ではキャンパス造成前に Scitrex 社製 CG-3M を使用した繰返し重力測定が行われており、地下水位変化と重力変化の間に概ね良い相関が見られた。本研究ではキャンパス造成後の2009年より Scintrex 社製 CG-5 重力計を用いて繰返し重力測定を開始した。しかし、新キャンパス造成工事に伴い以前使用していた観測点がほとんど使用できなくなっていたため、地下水位観測井近傍で測定が良い場所を選定し、12点の観測点で観測を行った。

観測の基準点は、伊都キャンパス内のウエスト2号館111号室内の観測点 IBM1 を用いた。過去の観測で問題になっていた基準点自体の重力変化を観測するため、Micro-g LaCoste 社製 A10 絶対重力計を導入し2008年1月より観測を開始した。IBM1 の重力変化は梅雨時期に重力が増加し(最大25マイクロガル)、秋から冬にかけて重力が減少する季節変化が見られた。この重力変化と IBM1 より約200m離れた観測井の地下水位データ(九州大学新キャンパス計画推進室)との比較を行ったところ、非常に良い相関が見られた。そこで、観測された重力変化と地下水位変化の関係を定量的に評価するために Gwater-1D (風間ほか, 2010) を用いて地下水分布変化に伴う重力変化の計算を行った。本計算で用いる土壌パラメータは、観測井近くの土壌サンプルの土質試験から決定した。この結果、観測された重力変化は地下水分布変化でほぼ説明できることが分かった。このことから、基準点の重力変化は降水量と地下水位変化より予測することが可能となり、A10 絶対重力計の欠測期間中も Gwater-1D を用いることによって補正することが可能となった。

基準点の重力変化を CG-5 重力計の観測結果に補正後、地下水位観測データ(九州大学新キャンパス計画推進室)との比較を行った結果、12観測点中8観測点で地下水位変化と重力変化の間に良い相関が見られた。相関が見られなかった観測点は、降水の影響を大きく受けて短時間に大きく水位が変化するものが多かった。また、地下水位変化と逆相関が見られる観測点もあった。この観測点近傍には観測点より標高が高い位置にため池があり、観測された逆相関はこの水位変化の影響を受けていると考えられる。

なお、本キャンパスでは移転工事が継続中であり、工事に伴う地形変化や水理構造の変化が観測結果に少なからず影響を与えていることも考えられる。今後、造成工事の影響も含めて考察することで、重力変化と地下水位変化との関係を明らかにすることが可能になると考えられる。

### 謝辞

本研究を遂行するにあたり、総合地球環境学研究所の Micro-g LaCoste 社製 A10 絶対重力計を使用させて頂きました。また、地下水位観測データは九州大学新キャンパス計画推進室より御提供頂きました。ここに記して謝意を表します。

### 参考文献

風間卓仁・田村良明・大久保修平(2010)地下水流動計算プログラム Gwater ( 版)について,日本測地学会第114回講演会要旨集,133-134.

キーワード: A10 絶対重力計, ハイブリッド重力測定, 地下水位変化, 重力変化

Keywords: A10 absolute gravimeter, Hybrid gravity measurement, Groundwater level monitoring, Gravity changes

## 経験的および物理的モデルを用いた陸水起源の重力応答の数値計算：インドネシア・チビノン为例に

### Numerical estimations of hydrological gravity changes at Cibinong, Indonesia with empirical and physical models

板倉 統<sup>1\*</sup>, 風間 卓仁<sup>1</sup>, 福田 洋一<sup>1</sup>

Matomu Itakura<sup>1\*</sup>, Takahito Kazama<sup>1</sup>, Yoichi Fukuda<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 京都大学大学院理学研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Science, Kyoto University

重力観測は質量移動を検出するのに有効な方法の1つであり、地震時地殻変動・火山活動・二酸化炭素貯留量変化などを監視できると考えられている。しかしながら、降水に伴って約0.04 micro-gal/mmだけ重力値が変化するので、特に豪雨時には前述の重力シグナルを覆い隠してしまう可能性がある。重力シグナルを適切に抽出するためには、降水・土壌水・地下水に伴う重力擾乱を精度よく補正する必要がある。

そこで本研究では、インドネシア・チビノンで観測された重力連続データ(2009年3月~2012年1月)を例に、地下水および土壌水の重力応答を経験的に求めて補正した。まず、並行観測された地下水位データに対する重力変化の比例係数を計算したところ、比例係数は+0.12 micro-gal/cmであり、岩手県の胆沢扇状地で得られている比例係数(+0.16 micro-gal/cm; 花田ほか, 1990)と同程度であった。次に、地下水起源の重力変化を観測データから差し引くと、その重力残差には二乗平均平方根(RMS)にして1.7 micro-galの重力変化が依然残されていた。この重力変化は降雨が土壌に浸透して地下水になる前の土壌水による重力変化であると考えられるため、本研究ではさらに降雨に対する重力残差の応答関数を求めた。

その結果、地下水および土壌水の経験的補正を行うことによって、2011年4月~2011年6月の重力観測データをRMSで0.51 micro-gal以内に再現できることが分かった。一方で、2011年4月以前の重力観測データではRMSが1.8 micro-galとなり、土壌水の寄与を考慮しても重力データを精度良く補正することができなかった。この原因としては、土壌中の水流動が非線形の物理で支配されているため、線形性を仮定した経験的モデルに限界があると考えられる。今後は、水流動の物理モデル(Kazama et al., 2012)を使用して、より現実的で再現性の高い陸水分布および重力変化を数値的に計算する予定である。

## 2012年5月と12月の琉球弧の長期的スロースリップに伴う絶対重力変化 Absolute gravity changes caused by long-term slow slip events in Ryukyu in May and December 2012

田中 愛幸<sup>1\*</sup>, 岡村 盛司<sup>2</sup>, 宮崎 隆幸<sup>2</sup>, 風間 卓仁<sup>5</sup>, 名和 一成<sup>4</sup>, 今西 祐一<sup>1</sup>, 大久保 修平<sup>1</sup>, 中村 衛<sup>3</sup>

Yoshiyuki Tanaka<sup>1\*</sup>, Seiji Okamura<sup>2</sup>, Takayuki Miyazaki<sup>2</sup>, Takahito Kazama<sup>5</sup>, Kazunari Nawa<sup>4</sup>, Yuichi Imanishi<sup>1</sup>, Shuhei Okubo<sup>1</sup>, Mamoru Nakamura<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所, <sup>2</sup> 国土交通省国土地理院, <sup>3</sup> 琉球大学理学部, <sup>4</sup> 産業技術総合研究所, <sup>5</sup> 京都大学理学研究科

<sup>1</sup>Earthquake Research Institute, University of Tokyo, <sup>2</sup>Geospatial Information Authority of Japan, <sup>3</sup>Faculty of Science, University of the Ryukyus, <sup>4</sup>National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, <sup>5</sup>Graduate School of Science, Kyoto University

海溝型大地震の震源域付近で検出されているスロースリップの発生には高圧間隙流体が関与していることが示唆されている。スロースリップの発生間隔は地域によって異なり、その原因は一般にはテクトニックな応力の蓄積速度の違いやプレート境界の摩擦状態の違いが原因と考えられる。しかし、スロースリップの繰り返しサイクルの間に流体圧が変化した場合にも断層強度が変化するので、それによっても発生周期は異なるだろう。このような流体圧の変化は Sibson (1992) の fault valve behavior 等でモデル化されているが、流体圧の変動自体がフィールドでの観測により捉えられたことはない。大量の高圧流体の変動が生じれば、地下の密度変化が生じるので、地表で重力を観測することで変動を推定できる可能性がある。東海地方では、2000年から2006年ごろまで長期的スロースリップが発生したが、2004年から2009年まで年2回のキャンペーン観測により捉えられた重力変化は、流体圧の変動と解釈し得ることが示されている。しかしながら、観測頻度が低く、観測精度が十分でないこと、また、スロースリップの最後の方の変化しか観測されていないことから、はっきりとした流体圧変動の証拠はまだない。本研究では、スロースリップの1サイクルをカバーする重力変化を捉えることを目的として、約半年に1度生じる八重山のスロースリップを対象に、2011年末から連続重力観測を開始した。精度を上げるためにFG5絶対重力計2台と超伝導重力計1台を用いている。スロースリップを対象としたこのような高精度連続観測は、技術的な困難からこれまで実施してきた例がなかった。講演では、絶対重力計によりこれまでに捉えられた2回のスロースリップ中及びその前後の重力変化について報告する。

キーワード: スロー地震, スロースリップ, 流体, 重力, 地震サイクル, 沈み込み帯

Keywords: slow earthquake, slow slip, fluid, gravity, earthquake cycle, subduction zone

## 八重山諸島における土壌の物理パラメーターとその不均質性：地下水流動に伴う重力擾乱の高精度な計算に向けて Soil parameters and their heterogeneities at Yaeyama Islands for precise estimation of hydrological effects on gravity

風間 卓仁<sup>1\*</sup>, 名和 一成<sup>2</sup>, 田中 愛幸<sup>3</sup>, 今西 祐一<sup>3</sup>  
Takahito Kazama<sup>1\*</sup>, Kazunari Nawa<sup>2</sup>, Yoshiyuki Tanaka<sup>3</sup>, Yuichi Imanishi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 京都大学, <sup>2</sup> 産総研, <sup>3</sup> 東大地震研  
<sup>1</sup> Kyoto Univ., <sup>2</sup> GSJ, AIST, <sup>3</sup> ERI, Univ. Tokyo

日本の南西部に位置する八重山諸島では、スロースリップ現象に伴う重力変化を検出するため、2011年以降超伝導重力計および絶対重力計による重力連続観測が行われている。しかしながら、八重山諸島は年間2200mm(東京の約1.5倍)という多雨地域でもあるため、降水・地下水流動に伴う重力擾乱によってスロースリップ起源の重力シグナルが検出できなくなる可能性がある。スロースリップ起源の重力変化を定量的に議論するためには、水理モデルなどによって地下水擾乱を正しく補正する必要がある。

そこで我々は、地下水起源の重力擾乱を精度よく計算するために、八重山諸島の土壌の物理パラメーターを測定した。具体的には、まず2012年11月13日~15日にかけて、重力観測点(全3点)にて100ccの土壌コアを計12個採取した。そして、これらのコアに対して土質試験を行い、空隙率( $n$ )と飽和透水係数( $k_s$ )を以下のように見積もった。

石垣島地方気象台:  $n = 0.419$  [m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>],  $k_s = 7.2 \text{ E-}6$  [m/s]

VERA 石垣島観測局:  $n = 0.385$  [m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>],  $k_s = 4.9 \text{ E-}6$  [m/s]

琉球大学西表研究施設:  $n = 0.387$  [m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>],  $k_s = 9.8 \text{ E-}7$  [m/s]

当日の発表では、これらの土壌パラメーターを使用して、地下水時空間分布や重力変化をモデル化した結果を紹介する。また、八重山諸島の砂丘で採取した砂丘砂についても土質試験を行う予定であり、この土壌パラメーターの空間不均質性についても考察する。

キーワード: 重力変化, スロースリップ, 八重山諸島, 土壌パラメーター, 地下水モデリング, マージ  
Keywords: gravity change, slow slip event, Yaeyama Islands, soil parameter, hydrological modeling, maaji soil



## 重力観測の精度向上に向けた国立天文台石垣島観測局下堆積層内のP波速度解析 Rough Estimate of P-wave Velocity beneath the VERA Ishigaki Island Station for Improving Accuracy of Gravity Analysis

大滝 壽樹<sup>1\*</sup>, 名和 一成<sup>1</sup>

Toshiki Ohtaki<sup>1\*</sup>, Kazunari Nawa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>産総研

<sup>1</sup>GSJ, AIST

スロースリップ時の高圧流体の移動による重力変化を検出するために、2012年2月に超伝導重力計が国立天文台 VERA 石垣島観測局に設置された。この石垣島から西表島の下ではほぼ半年ごとに1ヶ月程度継続するスロースリップイベントが発生している。このため石垣島は、イベントの発生から終息にかけての全期間と重力変化との関係を比較的短期間の観測で調べるのに適している。しかし、期待される地表での重力変化は微弱のため、高分解能かつ長期間安定した重力観測に加えて、同等な精度での環境擾乱の補正が必要になる。

環境擾乱の一つとして、雨水による浅部の密度変化がある。この石垣島の VERA 観測局は堆積層上にあるため、雨水が観測値に影響する可能性がある。P波速度は水に飽和すると反対に大きく増加するため、この地下水擾乱の影響の評価のためにP波速度とその時間変化を求めることは有効である。この観測局でのP波速度の探査は、遠隔地であることと予算等の制約から、簡単な手法によるものが望ましい。また時間変化が捉えられるよう、連続観測あるいは繰り返し観測が望ましい。この目的に合う手段として、自然地震の直達P波の走時を利用することが考えられる。

この VERA 観測局内には固有周期1秒の3成分地震計1台が2012年3月初めに設置されている。本講演ではこの VERA 観測局と近傍の F-net 観測点への3つの遠地地震の直達P波の走時差を解析する。VERA 観測局は厚さ15mの堆積層上にある。一方、F-net 観測点は花崗岩体内にある。これらの観測点は1kmほどしか離れていないため、これら観測点への波線は観測点直下のごく表層を除けばほぼ同一である。したがって、震央距離の差を補正した後の走時差は観測点直下の構造の違いを反映している。この走時差より VERA 観測点下の堆積層内のP波速度を求め、この層の水の飽和度およびこの点での雨量との相関について議論する。