

人工衛星データを用いた南極氷床質量変動に関する研究 A study on Antarctic ice-sheet mass changes using satellite data

長崎 鋭二^{1*}, 福田洋一¹, 山本圭香²
NAGASAKI, Eiji^{1*}, Fukuda Yoichi¹, Yamamoto Keiko²

¹ 京都大学理学研究科, ² オーストリア科学院 宇宙研究所

¹Graduate School of Science, Kyoto University, ²Space Research Institute, Austrian Academy of Science

南極氷床は地球全体の氷床の約90%を占めており、約60mの海面上昇に相当すると言われている。しかし、現場観測の難しさから人工衛星によるデータが得られるまでは南極全体の氷床質量変動を推定することは容易ではなかった。全球重力場の時間変化を観測する双子衛星 GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) の台頭後、南極全域の質量変化を推定することが可能となったが、GRACE は氷床の質量変動に加え、Glacial Isostatic Adjustment (GIA) の効果も含めた質量の積分値を観測しており、質量変化のソースを特定することができない。特に南極域においては、球面調和関数の低次項の誤差や、GIA モデル間の差異が GRACE データによる質量変動推定において大きな誤差源となってきた。

一方で、ICESat (Ice Cloud and land Elevation Satellite) はレーザー高度計 GLAS (Geo-science Laser Altimeter System) を搭載した衛星で、氷床や雲・陸域の高さを観測することを目的としている。GRACE データと ICESat データを組み合わせることで、質量変動と体積変動の比較が可能であるが、実際には ICESat のデータは180日間隔、90日期間のデータセットであり、GRACE による各月毎のデータと比較が難しいという問題を抱えている。他方で、EnviSat (Environmental Satellite) に搭載されたレーダー高度計 (Radar Altimeter2) は、陸地、海域に加えて氷床の高度変化も観測している。RA2 レーダー高度計は GLAS のレーザー高度計ほど精度は高くないものの、GRACE とほぼ同じ期間から観測を開始しており、GRACE の月毎のデータに対して35日毎のデータが取得可能であることから、ICESat データの補完に有用である。そこで、本研究では従来の GRACE の重力データ及び ICESat の高度計のデータに加え、EnviSat の高度計データを用いて南極氷床の質量変動を推定することを目的として、南極全体及び南極の27の氷床流域において3つのデータセットの解析を行った。

本研究から得られた南極全体の氷床質量変動は -174 ~ -48.4 Gt/year であり、既存の研究と概ね一致する。GRACE によって得られた氷床質量変動のトレンドと ICESat によって得られた体積変動のトレンドは空間分布において良い相関を示し、Amundsen Sea Sector や南極半島において大きな質量欠損が見られる。観測精度の問題から EnviSat による体積変動の線形トレンドは GRACE や ICESat とはあまり一致しないが、南極全体、あるいは流域毎の時系列変化においては GRACE との高い相関が見られる。両者は特に、傾斜の小さな流域においてより良い相関を示すことから、EnviSat データが地表の勾配の小さな領域では氷床の体積変動を捉えていることが明らかになった。本研究から、南極氷床変動において ICESat では得られなかった短い時間スケールの変動を捉えることができるようになった。

キーワード: 宇宙測地, GRACE, ICESat, EnviSat, 衛星高度計, 南極氷床質量変動

Keywords: Satellite geodesy, GRACE, ICESat, EnviSat, Altimeter, Antarctic ice sheet mass change

GOCE と地表重力データによる南極昭和基地周辺の重力場

Gravity field determination around Syowa station, Antarctica, by combining GOCE and in-situ gravity data

福田 洋一^{1*}, 野木 義史², 松崎 和也¹

FUKUDA, Yoichi^{1*}, NOGI, Yoshifumi², MATSUZAKI, Kazuya¹

¹ 京都大学大学院理学研究科, ² 国立極地研究所

¹Graduate School of Science, Kyoto University, ²National Institute of Polar Research

2009年3月にESAが打ち上げられたGOCE(Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer)衛星は、高感度な重力偏差計の搭載と極めて低い軌道高度(250km)から観測により、特に短波長での静的な重力場の精度改善を目指しており、100km(1/2波長)の空間分解能で1mgalの重力異常、1cmのジオイド精度が得られると言われている。一方、船上、航空重力測定を含む地上での重力データは、重力計のドリフトやキャリブレーション、重力基準点の分布などの問題で、数10kmを超える長波長の領域では精度の低下が避けられない。特に、地表での重力基準点がほとんどない南極ではこの問題はより深刻である。日本の南極観測隊(JARE: Japanese Antarctic Research Expedition)では、長期にわたり昭和基地周辺地域での重力測定を行なっているが、これらの測定データも同様の影響で長波長重力場での精度が低下しており、結果として地球物理学的、測地学的応用への一つの障害となっている。そこで本研究では、長波長重力場としてGOCEによる地球重力モデル(EGM: Earth Gravity Model)を利用することで、長波長域におけるJAREの重力データの精度向上を目指した。

GOCEのEGMとしては、解法の違うdirect solution(DIR)、time-wise solution(TIM)、space-wise solution(SPW)の3つのモデルが公開されている。これらのモデル間の重要な差異は、DIR、SPWが重力モデルを決定する際にGOCE以外の情報も利用していることに対して、TIMはそのような先験的情報は使用せずGOCEの観測データだけを利用していることである。本研究ではGOCEデータの検証の意味からもTIMモデルを主に使用し、他のモデルやEGM2008なども比較対象として使用した。現在、TIMモデルはRL(Release)1から3の3つバージョンが利用できるため、講演では、昭和基地周辺での航空、船上、陸上データを利用したこれらのバージョン間の比較、また、RL-3に準拠した予備的な重力場の推定結果について報告する。

キーワード: GOCE, 重力モデル, 南極, 昭和基地

Keywords: GOCE, Gravity Model, Antarctica, Syowa Station

Towards improvement of geoid model in Japan by GOCE data: Case study of Shikoku area

Towards improvement of geoid model in Japan by GOCE data: Case study of Shikoku area

PATROBA ODERA^{1*}, Yoichi Fukuda¹
ODERA, PATROBA^{1*}, FUKUDA, Yoichi¹

¹Department of Geophysics, Kyoto University

¹Department of Geophysics, Kyoto University

The performance of the recently released global geopotential models (GGMs) based on 2, 8 and 12 months of data collected by the Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer (GOCE) is evaluated using geoid undulations and free-air gravity anomalies over Japan. The evaluated GOCE and related GGMs include; direct solution (DIR, release 1, 2 and 3), time-wise solution (TIM, release 1, 2 and 3), space-wise solution (SPW, release 1 and 2) and Gravity Observation Combination (GOCO, release 1 and 2). Further evaluations are carried out in each of the four Japanese main islands. The performance of EGM2008 and GOCE-related GGMs over Japan is generally comparable indicating possible improvement of geoid model in Japan by GOCE data at the end of the mission. The comparisons over the four main islands reveal that EGM2008 performs better than GOCE and related GGMs in Hokkaido, Honshu and Kyushu. However, GOCE and related GGMs perform better than EGM2008 in Shikoku. GOCO02S, GOCE-DIR3 and GOCE-TIM3 have the best and similar performance in Shikoku. Given that GOCE-TIM relies exclusively on GOCE data, it is considered for geoid determination in Shikoku for further assessment. To evaluate the actual improvement of the geoid model in Shikoku area by GOCE-TIM3, the geoid over Shikoku is determined from EGM2008 and a combination of GOCE-TIM3 with EGM2008 (GOCE-TIM3/EGM2008). In both cases the same terrestrial gravity data sets are used and all the necessary reductions are applied. The Stokes-Helmert scheme in a modified form is adopted for the computations. The first improvement of geoid model over Japan by GOCE data is evident in Shikoku.

キーワード: Geoid model, Gravity, EGM2008, GOCE, Shikoku

Keywords: Geoid model, Gravity, EGM2008, GOCE, Shikoku

衛星海面高度計 Jason-2 を用いた東北沖地震に伴うジオイド変化検出の試み Search for geoid height changes due to the Tohoku Oki earthquake (Mw9.0) by satellite altimeter Jason-2

北崎 大夢^{1*}, 古屋 正人¹

KITAZAKI, Hiromu^{1*}, FURUYA, Masato¹

¹ 北海道大学理学研究院自然史科学部門

¹ Dept. Natural History of Sci., Hokkaido Univ.

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は、日本での観測史上最大のモーメントマグニチュード (Mw9.0) を記録し、合成開口レーダー (Synthetic Aperture Radar : SAR) や GPS(Global Positioning System), そして GRACE(Gravity Recovery and Climate Experiment) 衛星などを用いた解析が、日々すすめられている。これらから得られる海底地殻変動や重力異常のデータに加え、地震時ジオイド変化が検出できたとすれば、震源直上の独立したデータが増えることになり、陸域に偏在するデータから得られた断層モデルを検証するための手段にもなる。しかしながら、その確定的な検出の事例はこれまで報告されていない。

ジオイド変動と海面高度変動には密接な関係があり、その海面高度変動を測るために有効な測地技術の1つに衛星海面高度計がある。本研究では、衛星海面高度計 Jason-2 の GDR(Geo Physical Record) SSHA(Sea Surface Height Anomaly) データを用いて、震源直上のデータから地震時ジオイド変化の検出を試みた。この試みに先立って、4月に国土地理院が発表した震源断層モデルを用いて、海底地殻変動や水の荷重による変動の影響は考えずに、第0近似的なモデル計算を行った。その結果、北緯38度付近で最大3.5cm程度の地震時ジオイド変化が期待され、その近傍を Jason-2 の pass238 が通過していることから Jason-2(測定精度:2~3cm) で検出できるかもしれないと考えた。地震時ジオイド変化を検出する際に問題となるのは、海流や潮汐などによって起きる海面高度変動であるが、海洋開発研究機構 (JAMSTEC) が行っている JCOPE2(Japan Coastal Ocean Predictability Experiment) 海洋大循環モデルを用いることで補正を試みた。この両者のデータを比較したところ、似通った傾向が見られ、両者の差の中に地震時ジオイド変動が潜んでいるはずである。そのため、本研究ではこの差についての比較検討を行った。

両者の差について、2009年から2011年の同時期のデータを地震前後で比較したところ、pass238については北緯38度付近で2.0cm程度のシグナルが見られたが、これは理論値とはかなりかけ離れた結果であった。これに対して High Pass Filter によるフィルタリングを行ったが、ここからあまり有効な結果を得ることはできなかった。

本研究では海水の荷重や海底地殻変動による、ジオイド変動への影響を考慮していないため、今後課題が残る結果となった。実際、モデル計算の結果、海底地殻変動が局所的には10mを超える場所もあると考えられ、さらに Jason-2 pass238 から得られたデータによれば、平均海面高度も、北緯38度付近では5m程度とかなり変動していることが判明した。今後はこれらも考慮していくことが課題となるだろう。また、ノイズの性質を他のパス上でも調べるために、Jason-2 の従来機である Jason-1 のデータを使用していくことも視野に入れている。

2010年チリ地震のポストサイスミック重力変化のGRACEによる観測 Postseismic gravity changes of the 2010 Chilean earthquake from GRACE gravimetry

田中 優作^{1*}

TANAKA, Yusaku^{1*}

¹ 北海道大学大学院理学院

¹Dept. Natural History Sci., Hokkaido Univ.

地震に伴う重力の変化は、古くからその存在が理論的に予測されていた。これはさらに地震時の瞬間的な重力変化（地震時重力変化）と、地震後のゆっくりとした重力変化（地震後重力変化）に分けられる。地震時重力変化は、断片的ではあるが、2003年十勝沖地震に際して地上の精密重力観測で検出に成功した (Imanishi et al., Science 2004)。さらに、2002年に重力の精密計測の為に打ち上げられた GRACE (Gravity Recovery And Climate Experiment) と呼ばれる人工衛星のデータから、2004年12月26日のスマトラ・アンダマン地震の地震時重力変化を初めて二次元的に観測した (Han et al., Science 2006)。

本研究では、GRACE衛星から得られたデータから、2010年2月27日に発生したチリ（マウレ）地震に伴う重力変化を取り出した。その結果、重力は地震時に減少し、地震後にゆっくり回復した事を見いだした。地震時重力変化は最大で4マイクロガル程度の減少であり、地震後の回復は数マイクロガル程度で、回復に一年程度の時間を要した。なお地震時の重力変化に関しては既に Heki and Matsuo (GRL, 2010) によって報告されている。

地震後重力変化には、「ゆっくり地震」「岩石の粘性緩和」「間隙水の拡散」の三通りの原因が考えられる。しかし、まず「ゆっくり地震」は地震時重力変化を進行させる為、地震時重力変化の回復を示す今回の観測結果とは合わない。岩石の粘性緩和は、地震時重力変化を回復させる点は観測と調和するものの、上部マントルのマクスウェル時間は今回観測された地震後変動の時定数よりかなり長い。ゆえに、上記のメカニズムの中では間隙水の拡散が今回観測された地震後重力変化の原因の有力候補と考えられる。間隙水の拡散は、半年から一年程度の時間で、重力を回復させる方向に進行する為、今回の観測結果と矛盾しない。2004年スマトラ・アンダマン地震の地震後にも同様の重力変化が見いだされており、その原因は間隙水の拡散であると結論づけられている (Ogawa and Heki, GRL 2007)。本研究も、その結果を支持するものである。尚、地震後重力変化の量と時定数は、チリ地震とスマトラ・アンダマン地震の間で良く似ていた。

本研究ではさらに、2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震における地震時および地震後の重力変化も比較検討した。この地震は、発生後約1年しか経過しておらず、地震後重力変化は進行中である可能性が高い。GRACEデータは本要旨執筆時において2011年10月分までしか公開されていない。この為、2011年東北沖地震の地震後重力変化の議論は時期尚早である。なお地震時の重力変化は既に論文となっている (Matsuo and Heki, GRL 2011)。実際、地震後の重力増大域が地震時でも重力の増加を示す点がチリ地震やスマトラ地震と異なっている。今後時間の経過とともに推移を見守る必要があるが、現時点では大局的にはチリ地震やスマトラ地震と同じようなゆっくりとした重力の回復が地震後に見いだされている。

キーワード: 地震時重力変化, 地震後重力変化, 2010年チリ地震

Keywords: coseismic gravity changes, postseismic gravity changes, 2010 Chile earthquake

衛星レーザー測距による地球重力場低次項の決定 Determination of earth gravity field from SLR analysis

大坪 俊通^{1*}, 関戸 衛², ホビガー トーマス², 後藤 忠広², 久保岡 俊宏²

OTSUBO, Toshimichi^{1*}, SEKIDO, Mamoru², HOBIGER, Thomas², Tadahiro Gotoh², KUBOOKA, Toshihiro²

¹一橋大学, ²情報通信研究機構

¹Hitotsubashi University, ²National Institute of Information and Communications Technology

現在開発中の宇宙測地技術解析ソフトウェア c5++ (Otsubo, et al, JPGU, 2011) に、地球重力場を推定する機能を追加し、試験解析を行った。衛星レーザー測距 (SLR) データは地球重力場の受けるが、SLR 衛星によってその度合いは異なってくる。地球基準座標系や地球回転パラメータに対しては、2つの LAGEOS 衛星がもっぱら用いられるが、地球重力場に対しては、あじさい・STARLETTE・STELLA といった低軌道の SLR 衛星も有用であり、複数の衛星を組み合わせることが効果的である。J2 以下、次数・位数 2 ~ 3 程度までの球面調和関数の係数について、その長期的・周期的変動を紹介する。

キーワード: 衛星レーザー測距, 地球重力場, 宇宙測地

Keywords: satellite laser ranging, earth gravity field, space geodesy

海底探査用重力偏差計システムの開発 2

Development of a gravity gradiometer system for submarine gravity prospecting 2

新谷 昌人^{1*}, 金沢 敏彦¹, 藤本 博己², 篠原 雅尚¹, 山田 知朗¹, 飯笹 幸吉³, 石原 丈実⁴

ARAYA, Akito^{1*}, KANAZAWA, Toshihiko¹, FUJIMOTO, Hiromi², SHINOHARA, Masanao¹, YAMADA, Tomoaki¹, IIZASA, Kokichi³, ISHIHARA, Takemi⁴

¹ 東大地震研, ² 東北大理, ³ 東大新領域, ⁴ 産総研地質情報

¹ERI, Univ. Tokyo, ²Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ., ³GSFS, Univ. Tokyo, ⁴Inst. Geol. Geoinf., AIST

Gravity surveys are useful in profiling the underground density structure. We propose a hybrid gravity survey method using gravimeters and gravity gradiometers to detect submarine ore deposits. This paper describes the development of a submersible gravity gradiometer for this purpose. As compared to a gravimeter, a gravity gradiometer is sensitive to localized density structure, and hence it is well suited to survey on concentrated source such as ore deposits. The required resolution is estimated to be finer than approximately 10E ($=1 \times 10^{-8}/s^2$), considering typical dimensions of submarine ore deposits and survey altitude from the seafloor. To attain the required resolution, we newly developed a gravity gradiometer comprising two vertically-separated accelerometers with astatic reference pendulums. Because any common noise to the gravity sensors, such as translation acceleration and thermal drift, is canceled by taking the differential signal, the gravity gradiometer is preferable as an onboard instrument in the underwater vehicle.

The instrument should be installed on a gimbal to reduce rotational motion when the gradiometer is mounted in an underwater vehicle to survey around the seafloor. We have demonstrated a one-dimensional forced gimbal on which the orientation is precisely controlled to be vertical referred to both a fiber-optic gyroscope and a tiltmeter. Laboratory measurements show that the gravity gradiometer attains the required resolution and the forced gimbal reduces expected rotational disturbances to required level. By combining the gravity gradiometer with a two-dimensional gimbal based on this experiment, detectability of the typical ore deposit can be obtained.

A sea trial observation is scheduled in Suruga Bay using an AUV in September, 2012. Details of the design, the instrument performance, and the trial plan are presented.

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

gPhone 重力計による陸水応答検出 -地表, 地表下 100m, 地表下 300m- Hydrological gravity response detection using a gPhone -aboveground, and 100- & 300-m belowground-

田中 俊行^{1*}, 浅井 康広¹, 石井 紘¹
TANAKA, Toshiyuki^{1*}, ASAI, Yasuhiro¹, ISHII, Hiroshi¹

¹ 東濃地震科学研究所

¹ TRIES, ADEP

陸水変動は地下深部の密度変化をモニターする「重力モニタリング」にとって最もやっかいな擾乱源である。これを除去する手法として我々は重力計アレイ法を提唱している。すなわち、自由地下水面の上下で重力連続観測を行い、単純にはそれらのデータを足し算すれば、降雨等の影響は相殺されるはずである。

我々は一台の相対連続観測重力計 gPhone を地表（御岳山山麓）、地表下 100m（瑞浪超深地層研究所）、地表下 300m（瑞浪超深地層研究所）にて連続観測を行って来た。地表下 300m のデータは解析中であるが、地表及び地表下 100m では振幅 1?4microGal の明瞭な陸水変動起源の重力変化が観測された。地表での観測は人工擾乱が少ない事もあってか、降雨量及び積雪深度の変化で重力変動を説明出来る。しかし、地表下 100m はそれだけでは説明出来ない未知もしくはセンサーの非線形ドリフト起源の重力変動が残った。地表下 300m は瑞浪超深地層研究所坑内の中でも各種振動発生する機器から離れた環境を求めて地表下 100m から移設したが、掘削発破の多い時期ではむしろ発破源に近いためデータ品質は向上していないようである。

絶対重力計の並行観測は相対連続観測の検定を兼ねて、それ単独でも降雨応答検出を目指していた（田中ほか、連合大会要旨、2011）。しかし、通常の運用方法（100 ドロップ/時、10 秒間隔ドロップ）では時間雨量 20mm を越える降雨でも検出出来なかった。

以上のことから、降雨応答検出及び補正は地表と地下それぞれに設置する 2 台の相対連続観測重力計に任せ、絶対重力計はそれらの検定用として大気・海洋変動が静穏な時期を選んで時々実施するのが、「重力モニタリング」の手法としては現実的ではないだろうか？

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、田中と浅井は東大地震研救助の特定共同研究(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浅井秀明（現前田建設）、堀内泰治、熊田宏治、橋詰茂の各氏には gPhone 設置・維持及び降雨データに便宜を頂いた。

キーワード: 重力連続観測, 重力計, 陸水変動, 地下水, 降雨, 積雪深度

Keywords: continuous gravity measurement, gravimeter, inland water variations, groundwater, rainfall, snow depth

高精度連続重力観測から見た琉球弧の長期的スロースリップ Long-term slow slip events along the Ryukyu Trench as seen from high-precision continuous gravity observations

田中 愛幸^{1*}, 今西 祐一¹, 大久保 修平¹, 名和 一成⁴, 岡村 盛司², 中村 衛³

TANAKA, Yoshiyuki^{1*}, IMANISHI, Yuichi¹, OKUBO, Shuhei¹, NAWA, Kazunari⁴, OKAMURA, Seiji², NAKAMURA, Mamoru³

¹ 東京大学地震研究所, ² 国土交通省国土地理院, ³ 琉球大学理学部, ⁴ 産業技術総合研究所

¹Earthquake Research Institute, University of Tokyo, ²Geospatial Information Authority of Japan, ³Faculty of Science, University of the Ryukyus, ⁴National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

環太平洋地震帯のプレート沈み込み帯で長期的スロースリップイベント (SSE) が観測されている。過去の研究から、沈みこむ海洋プレートから供給される高圧流体により SSE が引き起こされることが明らかになっている。SSE の繰り返し間隔は場所によって異なる。一般に、プレート運動による経年的な応力蓄積速度とプレート境界上の摩擦特性が地震の繰り返し間隔を制御するため、SSE の発生間隔の違いもそれらの違いによって起きていると考えられる。しかしながら、流体圧の変化が起きた場合でも、有効法線応力が変化するので発生間隔の変化が生じるであろう。そのような変化は Sibson(1992) の地震サイクルモデルの中で扱われている。これまで、SSE に関連する流体圧の変化がフィールド観測により捉えられたことはない。もし大規模な流体圧の変化が起きれば、地下の密度再配分による重力変化が捉えられる可能性がある。東海地域では、2000 年から 2006 年ごろまで SSE が発生しており、Tanaka et al. (2010) では 2004 年から 2009 年までに観測された重力変化が流体移動で説明しうることを示した。しかし、扱った重力データはキャンペーン観測で取得したものであるため時間分解能が低く、また、SSE の一サイクルの一部の期間しか観測を行っていない。したがって、流体圧の変化を検出したという明確な証拠はこれまで提出されていない。本研究は、SSE のサイクルの全期間にわたる重力変化を捉えるため、Heki and Kataoka (2008) が指摘した琉球海溝沿いで半年に一度発生する SSE を対象とし、石垣島、西表島で絶対重力計及び超伝導重力計を用いた連続観測を実施した。SSE のメカニズムを解明するためのこのような高精度連続重力観測は、技術的な困難さからこれまで世界でも実施されたことがない。この発表では、まず絶対重力計による観測結果を報告する。

キーワード: スロースリップ, 沈み込み帯, 重力, 地殻変動, 測地学, 地震学

Keywords: slow slip, subduction zone, gravity, crustal deformation, geodesy, seismology

八丈島の温泉地域における gPhone-109 重力計を用いた連続観測 Continuous gravity observation using a gPhone-109 at a hot spring area of Hachijojima, Japan

名和 一成^{1*}, 杉原 光彦¹, 西 祐司¹, 當舎 利行¹, 石戸 経土¹, 阪口 圭一¹

NAWA, Kazunari^{1*}, SUGIHARA, Mituhiko¹, NISHI, Yuji¹, TOSHA, Toshiyuki¹, ISHIDO, Tsuneo¹, SAKAGUCHI, Keiichi¹

¹ 産業技術総合研究所

¹ 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開始した。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)。観測井横に新設した重力計室における観測は、前回1か月間だったが、今回、2011年11月から2012年2月までのおよそ4か月間の観測を実施した。この期間、gPhone のドリフト(みかけの重力変化)を補正するために、同じ重力計室内で FG5 絶対重力計による測定も実施した。それに加え、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を同時に取得した。観測データの予備的な解析の結果、12月下旬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 μ Gal 程度の重力減少が捉えられた。水位変化は気圧変化による比較的短周期の応答が顕著で、ゆっくりとした重力変化との対応は見えづらいが、重力変化に表れていることから、この水温の低下は周辺の地下水の移動を伴うものであることが示唆される。その他にも、観測期間中、数 μ Gal の重力変化が捉えられている。降雨の影響や潮位変化の影響などを考慮することで、地下水変化に起因する重力変化を抽出したいと考えている。

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: 温泉, 地熱発電, 地下水, モニタリング

Keywords: hot spring, geothermal power, groundwater, monitoring