

## 日本のジオイド 2011 (GSIGEO2011) の構築 Establishment of GSIGEO2011 (Japanese geoid model)

兒玉 篤郎<sup>1\*</sup>; 宮原 伐折羅<sup>1</sup>; 河和 宏<sup>1</sup>; 黒石 裕樹<sup>1</sup>  
KODAMA, Tokuro<sup>1\*</sup>; MIYAHARA, Basara<sup>1</sup>; KAWAWA, Hiroshi<sup>1</sup>; KUROISHI, Yuki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 国土交通省国土地理院

<sup>1</sup> GSI of Japan

国土地理院では、日本のジオイド・モデル「日本のジオイド 2000」を構築し、我が国における測定の位置基準となる三角点等の設置について、このモデルを用いることで GNSS 測量による楕円体高から標高への変換を実現し、基準点測量の効率的な実行に大きく寄与してきた。今回、衛星測位の標高測量へのさらなる活用拡大として、GNSS 測量から 3 級水準点相当の標高を求めることを可能にするため、日本の新しいジオイド・モデル「日本のジオイド 2011 (GSIGEO2011)」を構築したので、報告する。

「日本のジオイド 2011」の構築には、日本の新しい重力ジオイド・モデル JGEOID2008 (Kuroishi, 2009) を基盤とし、全国 750 点を超える電子基準点において取得した正確なジオイド高データに適合させるよう、最小二乗コロケーション法を用いた補正を加え、混合ジオイド・モデルとして作成する手法を用いた。3 級水準点の標高決定に適用するため、入力に用いたジオイド高データに対するモデルの再現性として標準偏差 2 cm を達成するモデルの構築を目標とした。JGEOID2008 では、従来の重力ジオイド・モデルに含まれていた、一部地区の系統誤差が大幅に低減されており、ジオイドの短波長成分をより細かく補正することで混合ジオイド・モデルの高精度化が実現した。

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震の発生に伴い、東日本を中心とする広域に亘り、大規模な地殻変動が生じた。それに対し、国土地理院は、復旧測量を迅速に行い、東日本地域における基準点の測量成果を改定した。また、この地震に伴って大きな地殻変動が発生した地域について電子基準点におけるジオイド測量を新たに行い、それによって得られたジオイド高データを用いたので、「日本のジオイド 2011」は、改定された測量成果に適合している。

国土地理院は、構築された「日本のジオイド 2011」を公表し、一部島嶼部を除く全国について、標高成果を持った電子基準点を与点とする GNSS 測量を行うことで 3 級水準点相当の標高決定を可能とするべく取り組んでいる。これにより、我が国における測量作業のさらなる効率化につながることを期待している。

キーワード: 日本のジオイド 2011, ジオイド・モデル, 測量成果

Keywords: GSIGEO2011, Geoid model, survey results

## 日本重力基準網 2013 (JGSN2013) The Japan Gravity Standardization Net 2013 (JGSN2013)

吉田 賢司<sup>1\*</sup>  
YOSHIDA, Kenji<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 国土地理院  
<sup>1</sup> GSI of Japan

国土地理院は、最新の重力測量のデータを用いて新しい日本重力基準網 2013 (JGSN2013) を構築した。国土地理院は、これまでも国際重力基準網 1971 (IGSN71) の重力値を基準とした日本重力基準網 1975 (JGSN75) を構築し、1976 年に公表しており、JGSN75 は日本の重力の基準として使用されてきた。

JGSN2013 は、国土地理院が 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) のデータを用いて構築された。東北地方では 2011 年東北地方太平洋沖地震後に重力測量を実施し、地震に伴う重力の変化を反映した重力値に基づき網を構築している。

国土地理院が日本において構築した 2 回目の重力基準網となる JGSN2013 は、絶対重力計 FG5 の導入により観測の精度が向上することによって JGSN75 と比較して大幅な精度向上を達成するとともに、大幅に基準重力点を拡充し、さらに重力点の観測点座標の位置精度の向上や解析時の潮汐補正の統一などを行うことで、日本全国を網羅した高精度な重力網を構築した。このことにより IAG の IC-WG2.1 と IGFS が共同プロジェクトとして進め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、GGOS (Global Geodetic Observing System) により国際的に議論が進む地球重力場の把握にも貢献する。

本発表は、JGSN2013 の構築についての報告である。

キーワード: 重力基準網, JGSN75, JGSN2013  
Keywords: The Gravity Standardization Net, JGSN75, JGSN2013

## iGrav10 超伝導重力計と FG5/217 絶対重力計の並行測定 Calibration of the superconducting gravimeter iGrav10 by parallel observation with the absolute gravimeter FG5 #217

杉原 光彦<sup>1\*</sup>; 名和 一成<sup>1</sup>; 宮川 歩夢<sup>1</sup>  
SUGIHARA, Mituhiko<sup>1\*</sup>; NAWA, Kazunari<sup>1</sup>; MIYAKAWA, Ayumu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 産総研  
<sup>1</sup> AIST

我々はテキサス州ファンズワース CO2-EOR サイトで超伝導重力計 iGrav による連続測定を実施している。2013 年 12 月に測定を再開後、想定よりも大きい線形減少が認められた（レートは 1 日 0.4 マイクロガルの減少）。12 月中旬と 1 月中旬に FG5 による並行測定を実施した。その結果、絶対重力値は+1+2 であることがわかり、iGrav に線形ドリフトが生じていたことが判明した。その後、リセット操作を行い、iGrav の状況を改善させることができた。現場で超伝導重力測定を行う場合は、このようにドリフトか信号かを判断しかねる場合がある。SG と AG の並行測定の意義が確認できたが、iGrav の通常のドリフトレートは一カ月で 0.5 マイクロガルなので、それを絶対重力計との並行測定で確かめるには約半年を要することになる。こうした場合にはもう 1 台、機動的に使用できる超伝導重力計があれば、それによって短期間の並行測定を行って確認する方法があるだろう。ファンズワースではこのような SG-SG 並行測定を年内に実施する予定である。本研究は、経済産業省からの委託研究「平成 25 年度二酸化炭素回収・貯蔵安全性評価技術開発事業（弾性波探査を補完する CO2 挙動評価技術の開発）」の一部として実施した。

キーワード: 超伝導重力計, iGrav, 絶対重力計, FG5, 並行測定  
Keywords: Superconducting gravimeter, iGrav, absolute gravimeter, FG5, parallel observation

## 警固断層帯南東部における高密度重力探査 Densed gravity survey on the southeastern Kego fault system

西島 潤<sup>1\*</sup>; 藤光 康宏<sup>1</sup>  
NISHIJIMA, Jun<sup>1\*</sup>; FUJIMITSU, Yasuhiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>九州大学大学院工学研究院  
<sup>1</sup>Faculty of Engineering, Kyushu University

福岡市中心部を北西方向に縦断する警固断層帯は全長 55km で、過去の活動時期の違いから北西部と南東部に区分される(地震調査研究推進本部, 2007)。このうち北西部は 2005 年福岡県西方沖地震の震源域となった。一方陸域の南東部はマグニチュード 7.2 程度の地震が発生することが推定されており、30 年以内の地震発生確率は 0.3~6% と高くなっている。警固断層南東部において地震が生じた場合の地震被害を軽減することを目的として、文部科学省による「警固断層帯(南東部)における重点的な調査観測」が平成 23 年度に開始され 3 年間にわたり調査が行われている。本調査の一環で断層帯の詳細な位置・形状を把握することを目的とした高密度重力探査を実施した。本研究では得られた重力異常とボーリング資料に基づき、警固断層帯南東部の密度構造モデルを作成した。

本調査では測定点間隔は 50~150m とし、Scintrex 社製 CG-3+および CG-5 相対重力計を用いて 3 年間で 721 点の測定を行った。その際の測定点の位置測量は 2 周波型 GPS 受信機(TOPCON 社製 HIPER II)によるネットワーク型 RTK 法を用いた。重力基準点は九州大学伊都キャンパス内重力点で Micro-g LaCoste 社製 A-10 絶対重力計を用いて測定した重力値を使用した。このデータに九州大学で過去に測定したデータおよび日本重力データベース DVD 版(地質調査総合センター, 2013)のデータを併せて 3008 測定点のデータを用いて重力異常図を作成した。その際の補正密度は ABIC 最小化法(村田, 1990)により  $2.47\text{g/cm}^3$  とし、地形補正は 50m メッシュ地形データを用いて補正を行った。

得られた重力異常図には、今回ターゲットにしている断層による重力異常のほかに深部構造を反映した長波長の重力異常が含まれるため、この長波長成分を 2 次曲面で近似し分離して、比較的浅部の地下構造を反映した残差図を作成した。2 次傾向面残差図より、これまでの測定で明らかになっていた南区井尻から春日市須玖北にかけての約 2 km の北西-南東方向の重力異常の急傾斜から南東方向に約 1 km 離れた春日市岡本付近及び春日公園の南西に重力異常の急傾斜(北東落ち)が存在することが判明した。また、急傾斜部分の東側には南西落ち重力異常の急傾斜が存在し、春日公園を中心とした地域はこれらの急傾斜部分に囲まれた低重力異常域になっていることが明らかになった。このような凹地状の構造は天神付近、井尻付近にも見られ、それぞれの凹地の間には重力基盤が浅くなっている部分があり、3 つの独立した凹地が存在することが、重力異常から推定される。また、これらの凹地の中心は南東に行くに従い少しずつ東にずれている。現在推定されている警固断層の位置(中田・今泉, 2002)と重力異常の急傾斜部分を比較すると、井尻付近では東側の南西落ちの急傾斜部分にほぼ一致し、春日市岡本付近では西側の北東落ちの急傾斜部分に一致している。

警固断層沿いに北東方向に 2km、南東方向に 9.7km の領域に対し、この 2 次傾向面残差に合うように 3 次元フォワードモデリングを行った。その際に本調査で得られたボーリング資料 137 本のデータを使用した。重力計算は GRAV3D ver. 3.0(Li and Oldenburg, 1998)を用いて、地下の密度分布を推定した。この結果、断層位置は中田・今泉(2002)で推定されている位置とほぼ一致した。また、警固断層の東側に 100m 程度の破碎帯が推定された。

キーワード: 高密度重力探査, 活断層, 重力異常  
Keywords: Densed gravity survey, active fault, gravity anomaly



## 地震学的構造調査結果を反映した 3 次元重力モデリングによる地殻の厚さの推定 Crustal thickness deduced from a three-dimensional gravity modeling with seismic survey results

藤岡 ゆかり<sup>1\*</sup>; 石原 丈実<sup>2</sup>; 及川 光弘<sup>1</sup>; 金田 謙太郎<sup>1</sup>; 西澤 あずさ<sup>1</sup>

FUJIOKA, Yukari<sup>1\*</sup>; ISHIHARA, Takemi<sup>2</sup>; OIKAWA, Mitsuhiro<sup>1</sup>; KANEDA, Kentaro<sup>1</sup>; NISHIZAWA, Azusa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 海上保安庁海洋情報部, <sup>2</sup> 産業技術総合研究所

<sup>1</sup>Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard, <sup>2</sup>National Institute of Advanced Science and Technology

海上保安庁では、1983 年から 2008 年にかけて行った大陸棚調査の一環として、太平洋プレート北西部からフィリピン海プレートにかけての海域において、あわせて約 100 本にも及ぶ測線で、反射法および屈折法地震探査を実施してきた。一方で、同海域では海上重力測量も面的に精力的に行なわれており、莫大な量の重力観測値が得られている。これらのデータを利用して、3次元重力インバージョン法 (Ishihara and Koda, 2007) により地殻の密度分布を推定し、地殻構造の面的な把握を試みた。

まず、海水、堆積層、地殻、マントル等の各層で構成された3次元密度構造の初期モデルを作成した。その際に、それぞれの地震学的構造調査測線の結果を、重力異常分布を参照しつつ、内挿した。この初期モデルを用いて重力値を計算した。計算した重力値と観測した重力値との差から定数を除いた値が、マントルブーゲー異常に相当する。次に、この値が十分小さくなるようにインバージョン解析を行った。算出したモホ面の深さから、地殻の厚さ分布を推定することができる。

インバージョン解析のための初期モデルとして、地殻の厚さを一定値としたモデルから、屈折法地震探査より得られた速度構造から推定したモホ面の深さの情報を加えたモデルへと改良したことにより、解析の結果としてより妥当な密度構造モデルが得られることが確かめられた。

また、海域によっては、堆積層やリソスフェアの密度や厚さなどの、地殻以外の構造から及ぼされる影響が大きい場合もあり、海域ごとに異なるそれぞれの構造を考慮することが必要となる。例えば、フィリピン海プレート北西部では、九州・パラオ海嶺の東西で、リソスフェアの年代の違いによる厚さの差によるものと考えられる、モホ面より深部の構造が、インバージョン解析の結果に大きく影響する。そのため、初期モデルから計算した重力値と観測値との差にローパスフィルタ (フィルタ幅 400 km) をかけた値を補正量とし、初期モデルから計算した重力値から除くことで、モホ面より深部の構造による影響を小さくした。

発表では、これらの解析上の工夫や操作、及びその結果得られた地殻の厚さ分布について報告する。広大な海域において地殻の厚さ分布を把握することにより、地球内部の構造や地殻の形成過程を知る一助となることが期待される。

キーワード: 重力

Keywords: gravity

## 三次元重力インバージョンによる関東地方の地下密度構造の推定 Estimation of the density structure beneath the Kanto District, Japan, by 3-D gravity inversion

江戸 巽<sup>1\*</sup>; 山本 明彦<sup>1</sup>

EDO, Tatsumi<sup>1\*</sup>; YAMAMOTO, Akihiko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 愛媛大学大学院理工学研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Science and Engineering, Ehime University

本研究では、陸上で観測された重力データを用いて関東地方における地下の相対的な三次元密度構造を推定し、反射法など他の探査方法より得られた既存の地下構造（活断層・堆積層）と比較・検討を行う。解析方法は Bear et al. (1995) による三次元重力インバージョン法である。また解析には、産業技術総合研究所 (2004,2013), Shichi and Yamamoto (2001), Yamamoto et al. (2011) などによる公開された重力データを使用した。陸上の重力観測点が存在する解析対象領域の地下に三次元的な広がりをもつブロックを設定し、このブロックを水平、鉛直方向にそれぞれ任意の数に分割（メッシュによる再分化）して、直方体を構成要素とする三次元構造を仮定した。そして、全ての直方体が各観測点に及ぼす引力効果の総和と、各観測点における実際のブーゲー異常との相違が、全ての観測点で最小二乗法的に最も小さくなるように、全ての直方体の相対密度をインバージョン計算によって求めた。本研究では解析深度は 10~20km であり、これを 5・6 層に分割した。各層の厚さは 2~7km であり、水平方向のメッシュサイズは 3 × 3km~10 × 10km である。活断層と堆積層それぞれを対象としてモデルを作成し、インバージョン計算を行った。得られた結果は以下の通りである。(1) 活断層を対象にしたモデル（深さ 10km・5 層）では、得られた密度分布と既存の活断層分布データ（中田・今泉, 2002）を比較検討した結果、各活断層の詳細な特徴（走行・傾斜など）と得られた密度分布の間に良い相関があることがわかった。一方、(2) 堆積層を対象にしたモデル（深さ 20km・6 層）では、表層部において、約 0.3g/cm<sup>3</sup> の幅をもつ相対密度分布が得られた。本研究地域における第三系・第四系堆積物の密度は、約 2.385~2.417g/cm<sup>3</sup>、基盤を形成する先新第三系基盤岩類の密度は、約 2.6~2.7g/cm<sup>3</sup>（産業技術総合研究所, 2009）と考えられるため、本研究で得られた相対密度は妥当な推定値と考えられる。今後は、地震波速度、ボーリングデータなどの異種データや手法で求められた地下構造との比較検討を含めた研究が必要であると考えられる。