

重力ジオイド・モデル整備に向けた航空重力データの品質評価

実施期間	令和 2 年度			
測地部物理測地課	中島 正寛	飯尾 研人	飯塚 康裕	
	栗原 忍	越智 久巳一	大森 秀一	
	兒玉 篤郎	畔柳 将人	半田 優実	
測地部	山本 宏章			

1. はじめに

重力ジオイド・モデルは、衛星重力データ、地表重力データ（地上重力データや船上重力データ）、海面高度衛星データなどを組み合わせて構築される。衛星重力データはジオイドの長波長成分の決定に使用され、地表重力データと海面高度衛星データは中・短波長成分の決定に使用される。これまでの日本の重力ジオイド・モデルは、新たな衛星重力データの追加や、ジオイド計算手法の改良等、さまざまな精度向上のための試みがなされてきた（Kuroishi, 2009; Matsuo and Kuroishi, 2020）。しかし、山岳部は地上重力データが少なく、沿岸部は船上重力データ及び海面高度衛星データの精度が低いため、これらの地域では実測ジオイドとの乖離が生じてしまうことが知られている（松尾, 2017; Matsuo and Kuroishi, 2020）。また、地上重力データは、大部分が 30 年以上前に観測されたデータであり、位置情報を地図から取得している場合が多い。この位置情報の不正確さのために、重力ジオイド・モデルに誤差が生じている可能性がある。

そこで、これらの課題を解決するため、国土地理院は 2019 年度から航空重力測量を開始した。航空重力測量は、山岳部や沿岸部を含めた全国の重力データを均質かつ一様な空間分解能で、効率的に取得することが可能である。また、航空機には GNSS 受信機が搭載されているため、位置情報をセンチメートル精度で取得することが可能である。さらに、得られるデータは衛星重力データよりも空間分解能が高い（空間波長約 10km）という利点がある。計画では、2022 年度を目処に一部離島を除く全国の航空重力データを取得し、2023 年度に航空重力データと既存の重力データを組み合わせて、精度 3cm の精密重力ジオイド・モデルを構築する。

本稿では、2020 年 12 月までに取得した航空重力データの品質評価結果について報告する。

2. 研究内容

航空重力測量の進捗率（計画測線数に対する完了測線数の割合）は、2020 年 12 月時点で約 50% である。本研究では、これまでに得られた航空重力データについて、全球重力場モデル EGM2008 (Pavlis et al., 2008) との重力差を算出し、さらにオフレベル補正值及びクロスオーバー較差を算出することで品質評価を行う。

3. 得られた成果

3.1 EGM2008 の重力値との差

図-1 (左) に航空重力値と EGM2008 の重力値との差を示す。山岳部や沿岸部において重力差が大きくなり、山岳部では重力差が正（航空重力値の方が大きい）、沿岸部では重力差が負（EGM2008 の重力値の方が大きい）という傾向が見られた。特に、鹿島灘、駿河湾、紀伊水道、伊予灘といった沿岸部と、飛驒山脈、赤石山脈、丹波高地、四国山地といった山岳部において、10mGal を超える大きな重力差が

見られた。

3.2 オフレベル補正值による評価

前節で述べた EGM2008 の重力値との差が 10mGal を超える地域について、オフレベル補正值を用いて評価を行う。ここで、オフレベル補正とは、航空機の揺れによって生じる重力計の傾斜の影響を補正するものであり、航空機の揺れが強いほど補正值は大きくなる。2020 年度現在、オフレベル補正值の算出には、Peters and Brozina (1995) の手法を用いており、この手法は揺れが強すぎると正確に補正值を算出することが難しくなるという知見がある (Olesen, 2002)。従って、オフレベル補正值の大きい地域は、航空重力データの信頼性が低いと評価できる。

図-1 (右) にオフレベル補正值を示す。鹿島灘、駿河湾、紀伊水道、伊予灘、赤石山脈は、オフレベル補正值が小さい (概ね 5mGal 以下) ことから、揺れない良質な観測が出来ていたと考えられる。一方で、飛驒山脈、丹波高地、四国山地は、オフレベル補正值が大きい (10mGal 以上) ことから、航空重力データの信頼性が低いと考えられる。

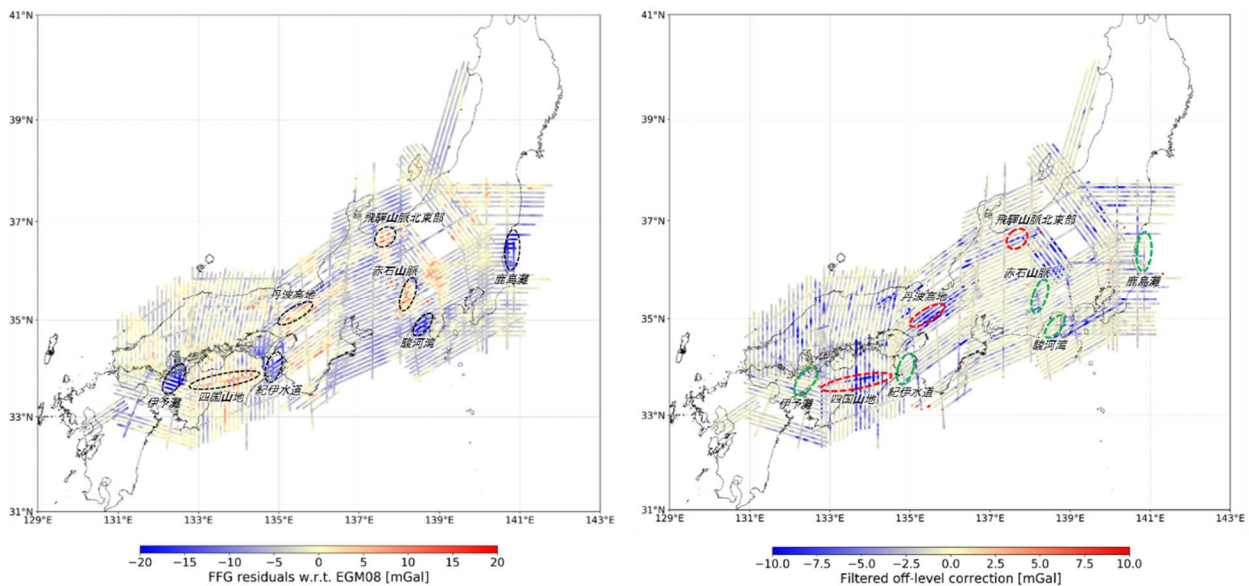


図-1 左：航空重力値と EGM2008 の重力値との差，
右：オフレベル補正值

3.3 クロスオーバー較差による評価

飯尾ほか (2020) と同様に、クロスオーバー較差 (異なる 2 本の測線の交点における重力差) を算出することで評価を行う。クロスオーバー較差はゼロに近い程、再現性の高いデータであることを意味する。

図-2 に東関東地区、南関東地区、中部地区、近畿地区、四国地区、九州地区におけるクロスオーバー較差を示す。駿河湾と伊予灘は、クロスオーバー較差が小さい結果 (2mGal 以下) となった。また、鹿島灘と赤石山脈は、それぞれ 1 点を除いてクロスオーバー較差が小さい結果 (2mGal 以下) となった。よって、これらの地域の航空重力データは再現性が高いと言える。以上より、鹿島灘、駿河湾、伊予灘、赤石山脈では、オフレベル補正值が小さく、クロスオーバー較差も小さいため、EGM2008 の空間分解能では再現することができない重力分布を、航空重力データが捉えていると考えられる。一方で、飛驒山脈北東部、丹波高地、四国山地は、クロスオーバー較差が大きく (5mGal 以上)、再現性

が低いと言える。また、関東山地もクロスオーバー較差が大きい（5mGal以上）。これは、南北方向の測線の再測を行うことで改善されると思われる。

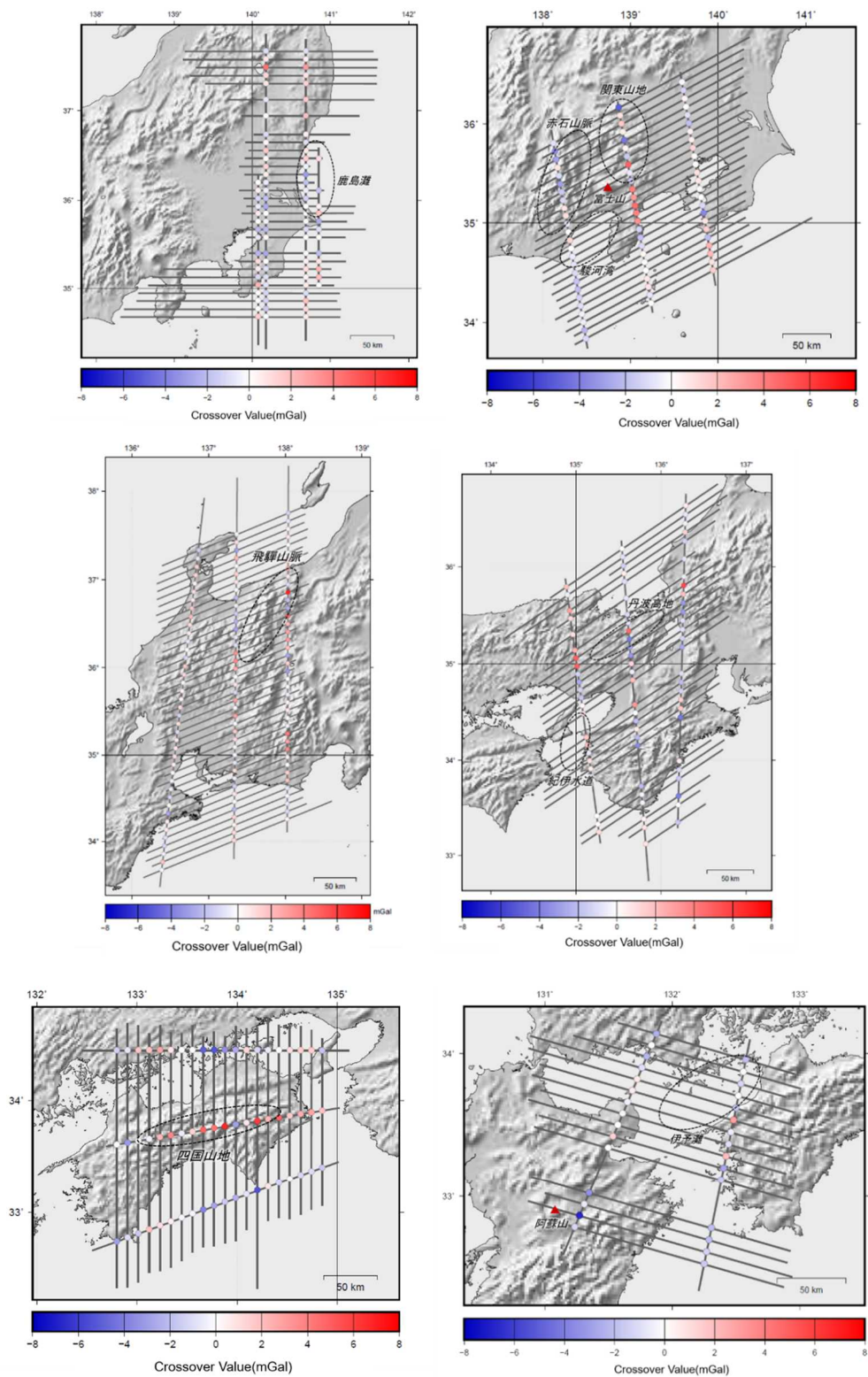


図-2 クロスオーバー較差の分布

(左上段：東関東地区，右上段：南関東地区，左中段：中部地区，
右中段：近畿地区，左下段：四国地区，右下段：九州地区)

4. 結論

鹿島灘，駿河湾，伊予灘，赤石山脈における航空重力データは，EGM2008 の重力値との間に 10mGal 以上の差が見られるものの，オフレベル補正值が小さく，クロスオーバー較差が小さいことから，再現性の高いデータである．これらの地域では，EGM2008 の空間分解能では再現することができない重力分布を，航空重力データが捉えていると考えられる．これらの航空重力データを用いることにより，重力ジオイド・モデルの更なる精度向上が期待される．

一方で，飛驒山脈，丹波高地，四国山地における航空重力データは，オフレベル補正值及びクロスオーバー較差が大きいことから，信頼性の低いデータである．これらの地域では，天候の安定した日に再測を行うことで改善が見込まれる．

参考文献

- 飯尾研人，大森秀一，吉樂絵里香，兒玉篤郎，富山顕，半田優実，栗原忍，越智久巳一，河和宏 (2020) : 航空重力測量のデータ解析と精度評価，令和元年度調査研究年報，30-33.
- Kuroishi, Y. (2009): Improved geoid model determination for Japan from GRACE and a regional gravity field model, *Earth Planets Space*, 61, 807–813.
- 松尾功二 (2017) : 新しい標高体系の構築に向けた精密重力ジオイドの開発，平成 29 年度国土交通省国土技術研究会論文集，277 - 282.
- Matsuo, K. and Kuroishi, Y. (2020): Refinement of a gravimetric geoid model for Japan using GOCE and an updated regional gravity field mode, *Earth Planets Space*, 72, 33.
- Olesen, A. V. (2002), Ph.D. Thesis: Improved airborne scalar gravimetry for regional gravity field mapping and geoid determination.
- Pavlis, N.K., Holmes, S.A., Kenyon, S.C. and Factor, J.K. (2008): An Earth gravitational model to degree 2160: EGM2008, presented at the 2008 General Assembly of the European Geosciences Union, Vienna, Austria, April 13-18, 2008.
- Peters, M.F. and Brozena, J.M. (1995): Methods to improve existing shipboard gravimeters for airborne gravimetry, in: K.-P. Schwartz, J.M. Brozena, G.W. Hein, (Eds), *IAG Symposium on Airborne Gravity Field Determination*, IUGG XXI General Assembly, Calgary, Boulder, CO, 39-45.