

Computation of complete Bouguer gravity anomalies in consideration of the Earth's sphericity

#松尾功二¹

1: 国土地理院

Koji Matsuo¹

1: Geospatial Information Authority of Japan

はじめに

ブーゲ重力異常とは、ジオイド外部の地形質量が取り除かれた地球のジオイド面上の重力と、地球楕円体上の重力との間の差を取ったもので、地球内部の密度不均一に伴う重力異常を表す。一般的に、ブーゲ重力異常は、資源探査や地下構造推定、正標高補正、ジオイド計算等の目的で使用される。ブーゲ重力異常には、単純ブーゲ重力異常と完全ブーゲ重力異常があり、前者は地形を無限平板と仮定して地形質量を取り除いたもので、後者は数値標高モデル (DEM) をもとに現実の地形起伏を考慮して地形質量を取り除いたものである。このように、DEMを用いて地形起伏に伴う引力を除去する処理を、重力地形補正と呼ぶ。DEMで与えられる標高は、ジオイド面から地表面までの鉛直距離であり、そのジオイド面の起伏には地球の球面成分(0次項)と扁平成分(帯状偶数次項)が事前に取り除かれている。そのため、多くの先行研究では、計算点に対する実行点 (running point) の水平線の沈み込み成分をDEMの標高値から除去することで、地球の球面性を簡易的に考慮した重力地形補正が適用されてきた(例えば、駒沢,1981; Kuroishi, 2001)。しかしながら、この方法は性質上、実行点が計算点に対して同じ半球側(角距離90度以内)に存在する場合においてのみ適用可能である。そのため、前述の先行研究では、積分範囲を適切な範囲で打ち切った球帽地形 (spherical cap) を想定した重力地形補正が適用されてきた。そのような中、Grombein et al. (2013) は、地形起伏を扇形近似 (spherical prism approximation) のデカルト座標系上で表現することで、地球の球面性を厳密に考慮した最適な重力地形補正式を考案した。本研究では、中央日本(経度135~141度、緯度34~38度)を対象に、従来の球帽地形の重力地形補正を施したブーゲ重力異常(以下、完全球帽ブーゲ重力異常と呼ぶ)と、Grombein et al. (2013)による球殻地形の重力地形補正を施したブーゲ重力異常(以下、完全球殻ブーゲ重力異常と呼ぶ)を計算し、両者の較差の特徴について研究を行った。

データと方法

地上重力データは、国土地理院の基準・一等・二等重力データ(Kuroishi, 1995; 矢萩ほか, 2018)、産総研重力データベース(Miyakawa et al., 2015)、金沢大学重力データベース(Honda et al., 2012)、西南日本重力データベース(Shichi et al, 2001; Yamamoto et al., 2011)より提供を受けたもので、計326,211点を使用した。海上重力データは、海面高度計から推定されたSSv27モデル(Sandwell et al., 2014)を使用した。数値標高モデルは、日本列島上では国土地理院の10mメッシュDEMと250mメッシュ

DEM、その他の地域ではGMTED2010の250mメッシュDEMと、Earth2014地形モデル(Hirt et al., 2015)の2kmメッシュDEMと100kmメッシュDEMを用いた。

地上および海上重力データは、フリーエア重力異常に変換し、第2種マルコフモデルを用いた最小二乗コロケーション法(Kasper, 1971)によって2km間隔でグリッド化した。重力地形補正およびブーゲ補正は、この2km間隔のグリッド上で計算を行った。重力地形補正は、球帽地形(駒沢, 1981)と球殻地形(Grombein et al., 2013)で用いた。ブーゲ補正は、球帽地形については萩原(1975)の式を、球殻地形についてはブーゲシユールの式($4\pi G\rho H$)を用いて計算した。なお、地形密度は $2,670\text{kg/m}^3$ の一定とした。

結果と考察

中央日本(経度135~141度、緯度34~38度)において計算を行ったところ、球帽地形の重力地形補正は、最大で108.41mGal、最小で-0.24mGal、標準偏差が6.12mGal、平均値が3.81mGalであった。一方、球殻地形の重力地形補正は、最大で458.88mGal、最小で-26.46mGal、標準偏差が55.37mGal、平均値が10.20mGalであった。両者の違いはかなり大きく、計算点の標高が高くなるほど差が広がるという傾向が見られた。ブーゲ補正に関しては、球帽地形では、最大で380.99mGal、最小で-0.01mGal、標準偏差が51.04mGal、平均値が32.56mGalであった。一方、球殻地形では、最大で756.91mGal、最小で-0.90mGal、標準偏差が100.89mGal、平均値が64.28mGalであった。両者の較差は、式から明らかなように、計算点の標高が高くなるほど大きくなる。

以上の結果をもとに、ブーゲ重力異常を計算した。完全球帽ブーゲ重力異常は、最大で166.90mGal、最小で157.81mGal、標準偏差が43.55mGal、平均値が18.16mGalであった。一方、完全球殻ブーゲ重力異常は、最大で142.19mGal、最小で182.22mGal、標準偏差が43.68mGal、平均値が-7.21mGalであった。両者の統計的特徴は、標準偏差がほぼ同じで、平均値が約25mGalの差が見られるというものであった。すなわち、完全球帽ブーゲ重力異常と完全球殻ブーゲ重力異常との間には、空間的な重力起伏という点では大きな差は見られないが、重力の絶対値という点では系統差(バイアス)が見られることが分かった。両者の較差の空間的特徴は、北西方向に1mGal程度の傾斜を持つ長波長な系統差と、標高が極端に低い陸域(標高0m未満)と高い地域(富士山周辺)で局所的に1mGal程度の差が見られるというものであった。

以上、結論として、完全球帽ブーゲ重力異常と完全球殻ブーゲ重力異常の較差は、空間的な重力起伏としては僅かな違いであるが、重力の絶対値としては25mGalにも及ぶ大きな違いが見られることが分かった。これは、資源探査および地下構造推定において、地下物質の密度コントラストの描像という点ではほぼ差はないが、地下物質の密度の絶対値の推定という点では顕著な差が生じることを示唆する。また、正標高補正やジオイド計算においても、有意なオフセット差が生じる。重力データから、絶対的な物理量を推定する場合には、地球の球面性を厳密に考慮した重力地形補正およびブーゲ補正を適用すべきである。今後は、更なる厳密なブーゲ重力異常の導出のため、地球形状の扁平成分と地形密度の水平空間変化を考慮した計算に取り組む予定である。