

重力異常と磁気異常を用いた新潟県中越地方における 深部基盤構造の高精度推定のための基礎的検討

東京工業大学総合理工学研究科 正会員 ○盛川 仁
東京工業大学総合理工学研究科 高橋千佳
京都大学防災研究所 正会員 澤田純男

1. はじめに 新潟県中越地域における基盤構造は、その活褶曲構造のために非常に複雑である。特に、構造(または地層)境界が鉛直に近い傾斜を有している場所があり、地層の変化が地表面上で観察できることがある。筆者らはこれまでに、2004年新潟県中越地震による被害地域において、その基盤構造を重力探査によって推定することを試みてきた[1]。しかし、重力探査から推定される重力異常によって推定される重力基盤構造は、基盤岩の上に堆積層が存在するという2層構造を仮定しており、上記のような鉛直に近い地層境界が存在するという条件を取り入れて基盤構造を推定することは困難であった。

ところで、磁気異常と重力異常にはポアソンの式として知られる関係がある。この関係式を用いることで、重力異常のみでは判別できない地盤構造の変化を磁気異常データを援用することで推定可能となることが期待される。ポアソンの式に着目して地盤構造を推定しようとした研究は、Garland[2]にはじまるが、梶原ほか[3]はChandler et al.[4]に基づいて、重力異常データのみでは判別不能な地盤構造の鉛直境界を磁気異常データを用いることで発見する手法を提案し、北海道北部の実記録に適用して妥当な結果を得ている。本研究では、新潟県中越地域の基盤構造をより精度よく推定するための第一段階として、梶原ほか[3]による提案法に基づいて磁気探査と重力探査記録から基盤の鉛直境界面の存在を抽出可能であるかどうかという基本的な検討を行う。

2. 基本式[3] 物体の体積要素 dv が均一に強度 J で磁化しているとして、

$$U_p = Jdv \frac{\partial}{\partial i} \left(\frac{1}{r} \right) \quad (1)$$

となる。ここで、 U_p は観測点 p における磁気ポテンシャル、 r は観測点から双極子の中心までの距離、 i は磁化の方向である。

一方、 V_p は重力ポテンシャル、 σ は物体の密度、 G は万有引力定数とすると、

$$V_p = \frac{G\sigma dv}{r} \quad (2)$$

であるから、これらの式より、Poisson の関係式

$$U_p = \frac{1}{G\sigma} \frac{\partial}{\partial i} V_p \quad (3)$$

が得られる。

一般に、 U_p 、 $\frac{\partial}{\partial i} V_p$ を直接測定することは困難である。そこで、式(3)を z (鉛直) 方向に微分し、さらに磁気異常値を極磁気変換すると、Poisson の関係式は、

$$T_z = A + \frac{1}{G} \frac{\Delta J}{\Delta \sigma} \frac{\partial g}{\partial z} \quad (4)$$

と表せる。ここで、 T_z は極磁気異常値、 ΔJ は磁化異常値、 $\Delta \sigma$ は密度異常値、 g は重力異常値、 A は構造の長波長成分による影響で定数と看做す。

解析対象地域を適当なグリッドに分割し、観測値を用いた直線回帰によって、式(4)の係数(傾き: $\Delta J/(G\Delta \sigma)$ 、切片: A) および相関係数を求める。梶原ほか[3]は、相関係数が構造の鉛直境界を判断するのに有効であること、式(4)の傾き $\Delta J/(G\Delta \sigma)$ が構造の水平境界を判断するの



図 1: 磁気探査のエリアと観測測線

keywords: 基盤構造, 新潟県中越地方, 重力探査, 磁気探査, ポアソンの関係式
連絡先: 〒 226-8502 横浜市緑区長津田町 4259-G3-7
東京工業大学大学院総合理工学研究科人間環境システム専攻 盛川仁
Tel: 045-924-5607, Fax: 045-924-5601

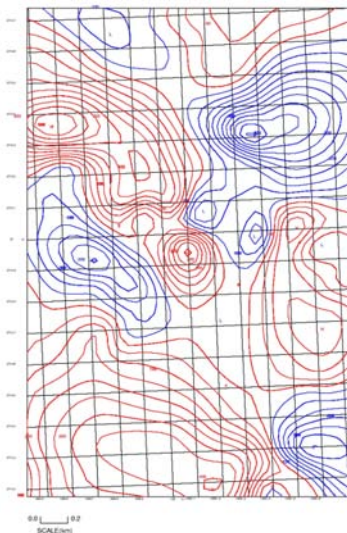


図 2: 極磁気異常図 (コンター間隔 50nT)

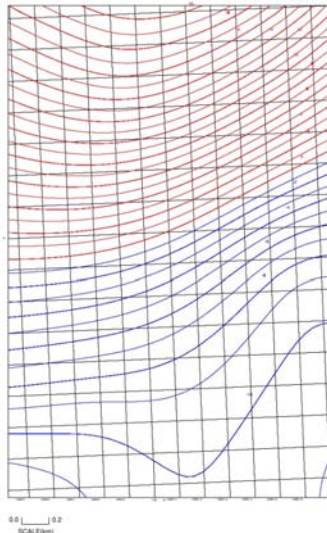


図 3: ブーゲー異常の Z 方向における 1 次微分図 (コンター間隔 1)

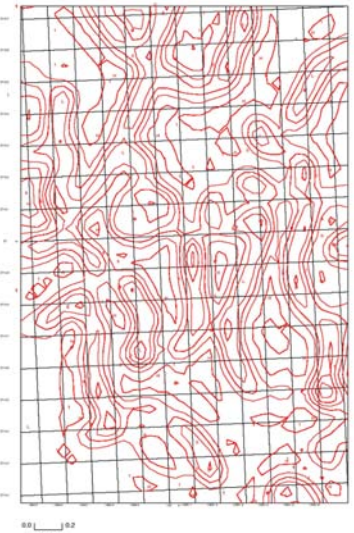


図 4: 相関係数 (コンター間隔 0.1)

に有効であることをいくつかの数値解析に基づいて示しており、本研究でもこの考え方に基いて解析を行う。

3. 観測 重力探査データについては平成 17 年に行った観測結果から、磁気探査の対象とした地域に存在するデータを切り出して用いた。磁気探査の観測対象地域は北緯 $37^{\circ}14'12.48''$ から $37^{\circ}15'40.97''$ 、東経 $138^{\circ}50'26.12''$ から $138^{\circ}51'45.00''$ の南北約 3km × 東西約 2km の地域を選んだ。小千谷市の南部、魚野川が信濃川に合流する場所の南でふたつの川に挟まれた図 1 に示す地域である。観測地域の選定にあたっては、人家が少なく、かつ、既往の磁気異常図 [5] と重力異常図に相関が見られない地域であることを考慮した。磁気異常と重力異常のあいだの相関が低い場合、重力異常のみからでは推定不可能な構造の複雑な変化が存在することが期待されるからである。

磁気探査は、2006 年の 10 月中旬および 11 月初旬に実施し、磁気センサーには Bartington 社製 (Mag-03) の 3 軸タイプで測定レンジが $100\mu\text{T}$ で最大の出力電圧が 10V のものを用いた。オフセットを適宜補正可能なアンプとローパスフィルタを通したのち、16 bit の D/A 変換器を有するデジタルレコーダに記録した。サンプリング周波数は基準点では 100 Hz、移動点で 500 Hz とした。

地磁気は空間のみならず時間的な変動も伴う量である。そのため、対象地域にできるだけ近い場所に基準点を設け、全磁力の日変化を測定した。基準点における全磁力の日変化を対象地域内の移動点での観測記録から引き、さらに標準磁場をひくことで、移動点での全磁力異常を求めることができる。

4. 結果と考察 観測によって得られた基準点および移動点の全磁力値から解析対象地域における全磁力異常を

求め、さらに、極磁気変換を行って得られた極磁気異常図を図 2 に示す。次に式 (4) を用いるために、重力異常 (Bouguer 異常) の鉛直方向微分を求め図 3 を得た。最後に式 (4) の係数 (傾き: $\Delta J / (G\Delta\sigma)$) を求め、その相関係数として図 4 を求めた。図 4 は非常に複雑なパターンを示しており、対象地域が複雑な構造を有することを示唆しているものの、データそのものの揺らぎの影響を受けているとも考えられる。数 km のオーダーの波長で空間的に平滑化をすることで、局所ローカルなノイズの影響を回避することは可能であると考えられるが、本研究のような狭い範囲での観測データのみからそれを行うことは困難である。

しかし、対象地域の北西部に見られる相関係数の大きな変化は、長波長の磁気異常記録からも見られること、この地域には電線もなく、人家もなく比較的安定した観測をすることができたことなどから、そのデータの信頼性は高いと考えられる。

5. 結論 本研究では、小千谷市南部における磁気探査を実施し、全磁力異常を求め、Bouguer 異常のデータを用いて地盤構造の水平方向の変化の抽出を試みた。その結果、地盤構造の鉛直境界の存在をある程度推定することはできたものの、局所ローカルなノイズのために現時点で短波長の構造の変化を抽出することが困難であることも明らかとなった。

参考文献

- [1] Morikawa, H. et al., 土木学会第 61 回年次学術講演会講演概要集, I-277, pp.553-554, 2006.
- [2] Garland, G.D., *Geophysics*, **16**, pp.51-62, 1951.
- [3] 梶原崇憲ほか: 日本地震学会秋期大会予稿集, B001, 2005.
- [4] Chandler, V.W. et al., *Geophysics*, **46**, pp.30-39, 1981.
- [5] 産業技術総合研究所: 日本空中磁気データベース, 2005.