

新潟県中越地方における重力および磁気データの 併合処理による地盤構造モデルの作成

東京工業大学 大学院 総合理工学研究科 正会員 ○盛川 仁
東京急行電鉄 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。筆者らはこれまでに、2004年新潟県中越地震および2007年新潟県中越沖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, 2]。しかし、当該地域には非常に密度の低い堆積層が厚く堆積している場所があり、従来のように堆積層と基盤という一様でかつ単純な2層モデルでは十分に説明できない場合があるが明らかになってきた。

そこで、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とを利用して、重力異常のみでは判別できない密度構造の変化を磁気異常データを援用することで推定することを試みる。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 [3]にはじまるが、Chandler et al.[4]は重力異常データのみでは判別不能な鉛直密度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ている。梶原ほか[5]はこの手法を北海道北部の実記録に適用して妥当な結果を得ている。ただし、Chandler et al.の手法は必ずしも密度境界だけを抽出するわけではなく、種々の微細な異常の境界も同時に抽出してしまうため、大局的な密度境界の位置を判別することが困難であった。

本研究では、この問題を回避する手法を提案すると共に、得られた密度境界を用いて地盤構造を逆解析によって推定する手法を開発し、これを新潟県中越地域における実データに適用した。

2. Chandler et al.[4]の手法とその改良法

Chandler et al.[4]は重力ポテンシャルと磁気ポテンシャルの関係式であるポアソンの式[3]を鉛直下方に2階微分し、以下のような式を導出した。

$$T_z = \frac{\Delta M}{G\Delta\rho} \frac{dg}{dz} \quad (1)$$

ここで、 ΔM は磁化の強さ、 G は万有引力定数、 $\Delta\rho$ は密

度差、 T_z は極磁力異常、 dg/dz は重力異常の鉛直一次微分である。さらに解析範囲において長波長の地域的な異常が分布していると仮定し、その値を A とすると、この式は以下のように書き改めることができる。

$$T_z = A + \frac{\Delta J}{G\Delta\rho} \frac{dg}{dz} \quad (2)$$

式(2)を一定の空間 window 内に限定して適用し、その範囲内にある重力異常と磁気異常の観測記録を用いて dg/dz と T_z を求め、これらの値を式(2)で直線回帰し、 $\Delta M/\Delta\rho$ 、 A 、および相関係数を算出する。次に、この window を解析領域内でずらし、それぞれの window の位置ごとにパラメータの値を求め、window の中心座標におけるパラメータの値とする。

もし仮に window 内に不均質があれば直線性が乱れることとなり、密度境界を検出することができる。Moving-window Poisson Analysis (MWP) 法とはこのようにして $\Delta M/\Delta\rho$ 、 A 、および相関係数の空間分布を求め、その分布形状から密度境界等を抽出しようとする手法である。ところが、MWP 法による場合、構造の変化に対する感度が高いために、表層等にある微少な不均質をも抽出してしまい、大局的な構造変化との区別がつかなくなることがある。そのため、式(2)を用いた手法のみでは大局的な密度境界の検出は非常に困難である。これはポアソンの方程式を鉛直下方に2階微分しているため、地盤の構造の変化に対する感度が非常に高くなっており、微少な構造の変化も等しく反映することが原因として考えられる。

これを解決するため、式(1)の両辺を鉛直下方に1階積分して得られる重力と擬重力に対して MWP 法を適用することを考えた。この手法では、上の場合とは逆に、構造変化に対する感度が低く、微少な不均質によって乱されることはないものの、大局的な密度境界の位置も不明瞭となることが分かった。

そこでこれら2つの計算法の長所を活かし、2種類の

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, Moving-window Poisson Analysis 法
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

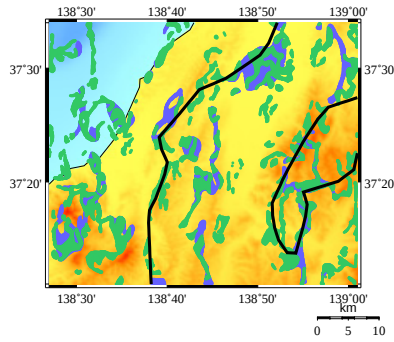


図1 抽出された境界と解析に用いた密度境界の位置

MWP 法から得られた相関係数がいずれも ± 0.5 のレンジの中に入っている部分だけを抽出する方法を提案する。これにより表層の微小な不均質構造も多少、反映されるものの、基盤の密度境界を明瞭に抽出し得ることが分かった。以下の解析ではこの提案手法を採用する。

3. 境界を用いた地盤構造の推定

地盤構造の推定にあたり、対象とする媒質の領域外で地盤の深さが 0 になるようにモデルの深さを調整するためのコントロールポイントを設定した。以下の解析では密度境界から領域外におけるコントロールポイントを設定するまでの距離は 3 [km] とした。

さらに、対象とする媒質の領域内においても地盤の深さを調節するようなコントロールポイントを設定した。これらコントロールポイントを用いて地下構造の初期モデル $H_{m,1}$ を算出し、その構造がもつと考えられる重力値 $g_{m,n}$ を算出した。さらにその結果を用いて地下構造モデル $H_{m,n}$ を以下の式に基づいて修正する。

$$D_{m,n} = H_{m-1,n} - H_{m,n} \quad (3)$$

$$\rho_{adv} = \frac{\sum^M D_{m,n}^2 \rho_m}{\sum^M D_{m,n}^2} \quad (4)$$

$$H_{m,n+1} = H_{m,n} + (g^{res} - \sum g_{m,n}) \frac{\sum^M D_{m,n}^2}{\rho_{adv} \sum^M D_{m,n}^2} \quad (5)$$

ここで、 $D_{m,n}$ は m 層における層厚、 ρ_m は m 層における密度差、 g^{res} は以下の解析の場合、50 [m] から 6 [km] のバンドパスフィルターをかけた観測重力値である。

修正を行った地盤構造モデルに対し、さらにコントロールポイントを用いて深さの調整を行い、得られた構造を用いて重力値 $g_{m,n}$ を算出する。深さを修正する際は、必ず密度の低い層が密度の高い層よりも上にくるようにした。このような計算を 5 回繰り返すことにより地盤構造モデルを推定する。

4. 新潟県中越地方における実データへの適用

提案手法を実データに適用する。解析範囲は長岡市北部

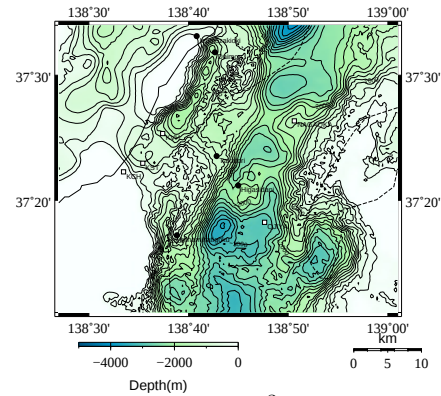


図2 推定された密度 2.4 [t/m³] の基盤の上面の標高

から柏崎市および小千谷市(北緯 37°11' ~ 北緯 37°34' および東経 138°27' ~ 東経 139°01', 東西 × 南北: 52 × 45 km) とした。対象地域における磁気については日本空中磁気データベース [6] の記録を、重力については高橋ほか [2] によるデータを用いた。抽出された密度境界と考えられるエリアおよび表層地質図を参考にして密度境界として選んだ位置を図 1 に示す。得られた密度境界は、信濃川兩岸の魚沼層(密度が小さい堆積層)が厚く堆積している地域とそうでない地域を区分する位置に抽出されており、妥当な結果と考えられる。

得られた密度境界を用いて基盤密度を 2.4 [t/m³]、信濃川兩岸の堆積層の密度を 1.9 [t/m³]、それ以外の堆積層は 2.15 [t/m³] として基盤深度を求めた。その結果を図 2 に示す。得られた基盤形状は、従来の単純な 2 層モデルに比べてボーリングデータ等の物理探査結果をよりよく説明するモデルとなった。

5. まとめ

本研究では Chandler et al. [4] が提案した Moving-window Poisson Analysis 法を改良して現実的な地盤構造モデルに適用可能な手法を開発し、その手法を新潟県中越地方における実データへ適用した。密度境界の抽出を行い、その結果が表層地質図などと比較して妥当であることを定性的に確認した。

さらに得られた密度境界を用いて地盤構造を推定をし、その結果を従来法に基づく高橋ほか [2] によって得られた結果とを比較することにより本研究で得られたモデルがより妥当なモデルであることを確認した。

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] 高橋千佳ほか: 日本地震学会講演予稿集, 2007 年度秋季大会, P1-101, 2007.
- [3] Garland, G.D., *Geophysics*, **16**, pp.51-62, 1951.
- [4] Chandler, V.W. et al., *Geophysics*, **46**, pp.30-39, 1981.
- [5] 梶原崇憲ほか: 日本地震学会秋期大会予稿集, B001, 2005.
- [6] 産業技術総合研究所: 日本空中磁気データベース, 2005.