

重力探査・微動探査による兵庫県豊岡市の地下構造

鳥取大学工 学生会員 ○曾原 正隆
 貝塚市 井本 和彦
 鳥取大工 正会員 西田 良平

1. はじめに

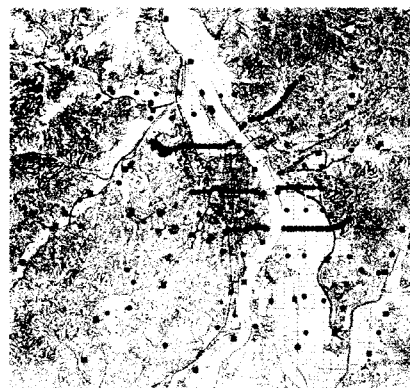
地下構造を推定する物理探査には微動探査、電磁探査などいろいろ手法がある。その中でも重力探査は器材がコンパクトで可搬性に優れていることより測定効率がよい。また、微動観測は適当な観測機材を使うことにより簡便に観測することができ、地震探査法を適用し難い市街地や自然環境の保全が厳しいところでの地盤特性を求めるのに適している。

本研究は重力探査を用いブーゲー異常を基に、基盤の密度を推定し地表との密度の差によって生じる境界面の深度を求め、防災上の基礎データの一部として有効となる基盤の形状を推定する。また微動探査の1点観測で得られる微動からスペクトルを用い、基準点に対する別の点で観測した微動の水平成分のスペクトル比を利用する方法(H/H)と、一点で観測した微動の上下成分に対する水平成分のスペクトル比を利用する方法(H/V)の2方法で豊岡市の地盤特性を推定する。

本研究の対象とした豊岡市は1995年に起きた兵庫県南部地震のときに周りの但馬地方の市町村より震動が大きかった。また、1925年に起きた北但馬地震では円山川に沿って山地で囲まれた豊岡盆地で大きな被害がでた。市が位置する豊岡盆地は、円山川沿いに形成された沖積低地で円山川の河口より上流に10~20kmの付近に広がっている。厚さ30~40mで、主に砂、礫、シルトおよび粘性土から構成されているが、その中には海成の堆積物も混ざっている。

2. 観測地域と観測方法

本研究に使用した重力データは豊岡市において2003年9月1日~9月5日、9月8日~10日、9月16日~18日、12月16日~17日に実施した観測により取得した。具体的な観測点は旧町区分に沿って現在の豊岡市中心街を横断するように3側線を側点間隔50m~100mで重点的に重力値を計測し、また市内を500m~1000mの間隔で格子点に区切り観測を行った(右図)。重力の基準点を鳥取大学共通教育棟にある重力基準点とし、兵庫県但馬文教府に準基準点を設け閉塞観測を行い、鳥取大学共通教育棟の重力基準点での絶対重力値から相対的に重力値を求めた。



観測点図

重力の測定にはラコスト・ロンパーク重力計(G-1034)を使用し、位置決定はmagellanGPS(promark x-cm)を使い、国土地理院の二等三角点から相対的に求めた。解析には今回の観測で得た重力データ180点に名古屋大学志知グループの重力データ50点を加え、計230点で行った。

3. 解析および結果

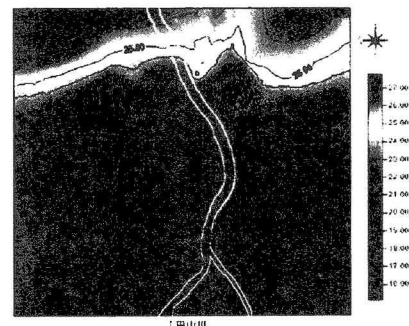
3.1 重力解析

○仮定密度の推定

岩盤密度の推定にはCVUR法を用いた。CVUR法は、Komazawa(1995)による上方接続残差分散比較法であり、2面の上方接続フィルター値の差(残差重力値)から決まる分散値が最小になる密度を最適密度とする方法である。豊岡市は西部の山地と東部の山地で岩盤の種類が異なるため、それぞれの山地、2地点で推定を行った結果、 2.50 g/cm^3 、 2.51 g/cm^3 という値となり岩盤の仮定密度は 2.50 g/cm^3 とした。表層の密度については、表層に豊岡市と同じ完新統が堆積している出石町での密度検層の値 2.00 g/cm^3 を採用した。

○ブーゲー異常図

右に基盤の密度 $\rho = 2.50 \text{ g/cm}^3$ を与え、地形の影響を除去したブーゲー異常図を示す。円山川と出石川の合流点で最も低いブーゲー異常となっている。ブーゲー異常の境界を示すコンター線は南北で変化が著しく、北へいくほど高ブーゲー異常である。基盤を形成する花崗岩類が日本海沿岸部の城崎や竹野町で地上に露頭していることから、基盤の形は日本海より南にいくにしたがって緩やかに傾斜していると考えられる。この傾斜が南北でのブーゲー異常の変化の原因ではないかと推測される。

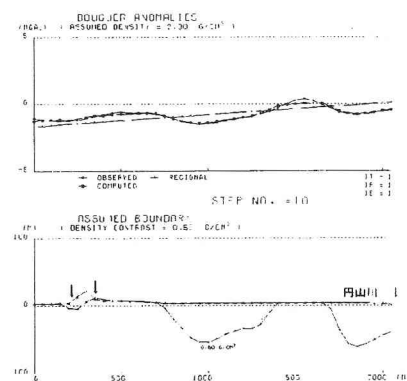


ブーゲー異常図

○二次元定量解析

これは均質 2 層構造を仮定し上層と下層の密度構造の差によって生じる境界面の形状を求めるものであり、Komazawa の反復修正法による自動解析を用いた。密に観測点を設けた 3 断面について解析した。

北側で重点的に観測した断面（右図）では基盤の起伏がみられたが、その他の断面では基盤を検出することができなかった。これは豊岡市の基盤を覆って堆積している地層が所により地下数 m の深度しかなく、今回の測定間隔では対応しきれなかったと考えられる。

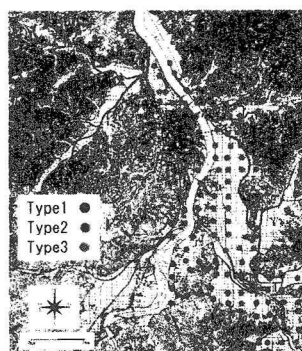


2 次元断面解析

3.2 微動解析

タイプ別分類図を見るとタイプ 1 は山の境界、タイプ 2 は山の境界付近に多く存在し、JR 豊岡駅の南側と市街地の東側の円山川沿い、タイプ 3 は豊岡盆地全体に広がっているように見られる。山の境界に点在するタイプ 1 は表層と基盤のコントラストが小さいことになる。逆にタイプ 3 はコントラストが大きく、盆地全体に広がっている。

H/V の卓越周期は長周期になるにつれて暖系色になり、最も長周期で赤色になる。全体的に山の境界周辺は緑色で、逆に平野部は暖系色である。市街地内は、北側と東側は最も赤く、西側と南側は緑色になっている。市街地の東側と西側で表層地質が変化しているためと考えられる。

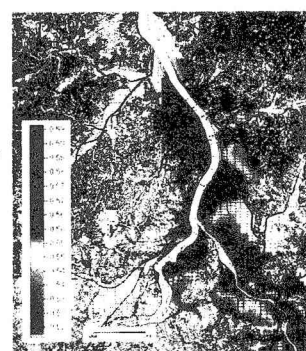


H/V のタイプ別



H/V の卓越周期

H/H の卓越周期は、山の境界周辺は緑色に、平野部の円山川沿いでは赤色である。市街地内は東側と北側で赤色であり、西側と南側では緑色となった。これも H/V と同様、地質変化によるものと推測する。卓越周期が長周期である程、地層地盤深度は深いと考えられている。



H/H の卓越周期

4. まとめ

豊岡市の東西の山地に露頭する岩盤の密度は 2.50 g/cm^3 程度であると推定される。

この地域のブーゲー異常値は南から北にいくにつれて高くなっている。

重力データのみによる解析では地下構造を検出するのに十分とはいえなかったが、微動解析においては、卓越周期が円山川沿いの豊岡市街地の北側と東側が長周期で、対象的に市街地の西側と南側では、周期が短く豊岡市街地の内部でも変化がみえた。