

地質トレンドを考慮した重力異常による地下空洞の推定

中部大学工学部 学生会員 ○伊藤 健介

中部大学工学部 正会員 杉井 俊夫 余川 弘至 浅野 憲雄

1.はじめに

現在の日本には、亜炭廃坑からなる地下空洞が存在している地域が複数箇所あり¹⁾、亜炭廃坑を原因とする地盤の陥没、構造物の沈下・傾斜の被害が発生し問題となっている。また、廃坑から 50 年以上経過していることから、亜炭廃坑の位置を特定することは既存の資料では情報が不足しているため難しく、その多くの位置は把握できていないのが現状である。そこで本研究では、これまでに調べられている広域の重力異常(ブーゲー異常)²⁾をもとに、地下空洞の存在の特定化について 1 次スクリーニングとして利用できないか検討を行うものである。本研究では岐阜県御嵩町を調査の対象とし、地質のトレンドを考慮した地下空洞の 3D マップを作成した。

2.ブーゲー異常

ブーゲー異常 (B.A) とは、重力の補正した理論値との差を示す値である³⁾。観測した重力の値に対し、式 (1) のように緯度補正、フリーエア補正、ブーゲー補正、地形補正、大気補正を行うことによりブーゲー異常を求めることができる。

$$B.A = g - \gamma + \beta h - B.C(\rho) + T.C(\rho) + A.C \quad (1)$$

ここに、 $B.A$ はブーゲー異常 (Bouguer Anomaly)、 g は絶対重力値 (mGal)、 γ は正規重力値 (mGal) で、測定点の緯度の違いによる重力差を取り除くもの、 β はフリーエア勾配 (mGal/m) で、標高の違いによって生じる地球の引力の違いを同一の基準面上の値 (標高 0m) に引き戻すことで取り除くもの、 $B.C$ はブーゲー補正值 (mGal) で、観測点と基準面間の物質の引力の影響を取り除くもの、 $T.C$ は地形補正值 (mGal) で、測定点周辺の地形起伏による引力効果を取り除くもの、 $A.C$ は大気補正值 (mGal) で、大気の影響による引力を取り除くもの、 h は標高 (m)、 ρ は補正密度 (g/cm³) である。

補正密度に用いられる ρ には花こう岩の平均的な密度である 2.67 g/cm³ を使用している。地下を構成する物質の密度が基準値である 2.67 g/cm³ に比べ大きい場合はブーゲー異常が正の値を、小さい場合は負の値を示す。すなわち、地下に空洞が存在する場合、ブーゲー異常の値は低異常の値を示すことを意味する。

3.トレンドを考慮した検証

上野らは図-1 に示した御嵩町空洞マップを参考に、御嵩町における地下空洞が存在する地点でのブーゲー異常の値は、低異常を示す傾向が見られることを明らかにした⁴⁾。しかし、ブーゲー異常の値は地盤内の密度の影響を受け値が変化することから、地盤内の地質構造によってもブーゲー異常の値に影響が及ぶことが考えられる。よって、空洞の影響だけで低異常が現れているとは言い難い。そこで著者らは、緩やかな変化を周辺地盤のトレンドとして求め、これを取り除くことを試みた (図-2)。空洞存在範囲を地質の影響を取り

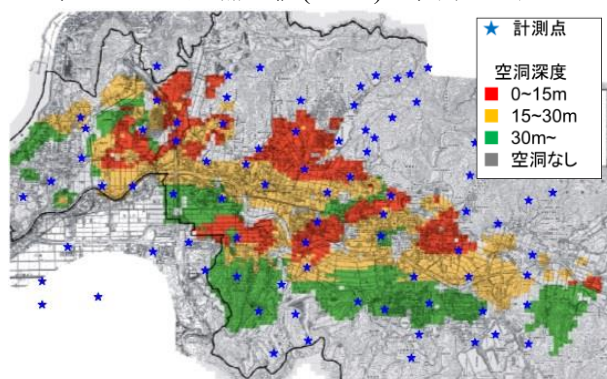


図-1 御嵩町空洞マップおよび重力観測点

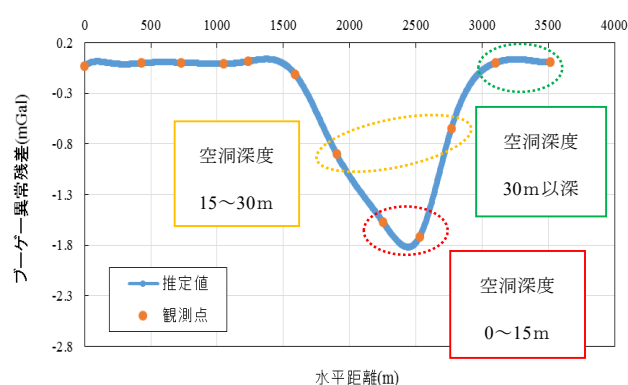


図-2 トrendを差し引いたブーゲー異常断面分

除き、より顕著に特定できることを明らかにした。

4.地質のトレンドを考慮した地下空洞の3D マップ

前述したトレンドを考慮した検証を三次元的に行い、御嵩町における地下空洞 3D マップを作成した。初めに、ある 1 点を基準点とし、それ以外の計測点 (93 点分) との水平距離、B.A 残差を算出する。次に基準点を変え、それ以外の計測点 (92 点分) との水平距離、B.A 残差を算出する。同様の作業を 94 点分に行い全組み合わせの水平距離、B.A 残差を図-3 に示した。勾配は御嵩町において、ある程度相関が取れていた 0.002mGal 以下、水平距離は 500m 以下を閾値として設定し、この範囲に残った計測点 (図-3 赤色のデータ) を緩やかな変化 (周辺地盤トレンド) とし、図-4 に示した手順でトレンドを差し引いた。御嵩町の B.A 値をもとに作成した 3D マップを図-5 に、図-4 の 3D マップから周辺地盤トレンドを差し引いて作成した 3D マップを図-6 にそれぞれ示した。B.A 値をもとに作成した 3D マップは、地質の影響を考慮していないためか北部から南部に向けて緩やかに低下しており、空洞位置との相関を得られていない。対してトレンドを差し引いた 3D マップは、B.A 値が急激に変化しているであろう範囲を特定していることがわかる。

5.おわりに

トレンドを差し引くことで、B.A 値が急激に変化している範囲を特定することが可能であることを明らかにした。しかし、二次元の検証では得られていた空洞存在範囲との一致は定かではないことから、今後の課題となった。閾値 (勾配、距離) により精度が変わることが考えられ、対象とする地域や、その範囲の広さにより最適な閾値を検討することが必要である。

また、今回は同一数のメッシュで 3D マップを作成しているため、メッシュ数を変えることでも精度が変わるのか検討が必要である。

【参考文献】1) 御嵩町ホームページ, 防災ハザードマップ, URL: <http://www.town.mitake.gifu.jp> 2) 志知龍一・山本明彦: Bulletin of the Nagoya university museum special report No.9, Gravity Database of Southwest Japan, Dec. 2001. 3) 野崎京三: マイクログラビティ探査の現状とその利用, 応用地質技術年報 No.19, pp.35~38, 1997. 4) 上野剛・杉井俊夫・余川弘至・浅野憲雄: 重力異常を用いた広域地盤の調査, 地下空間シンポジウム論文集・報告集, 第 21 巻, 土木学会, pp.167-170, 2016.

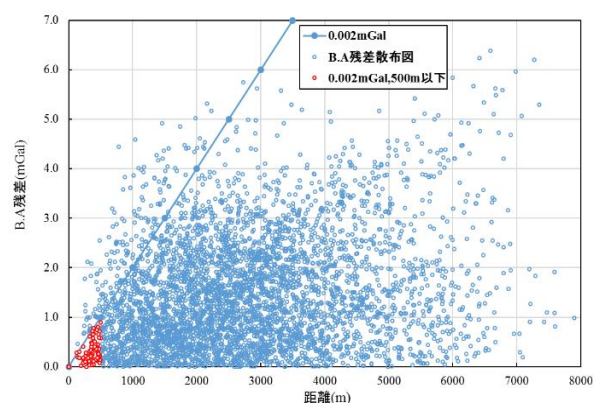


図-3 水平距離および B.A 残差の分布



図-4 周辺トレンドの差し引き方

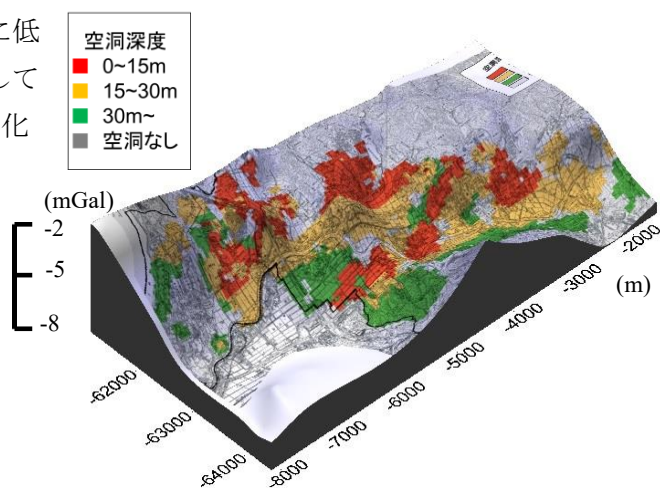


図-5 御嵩町空洞 3D マップ (B.A 値)

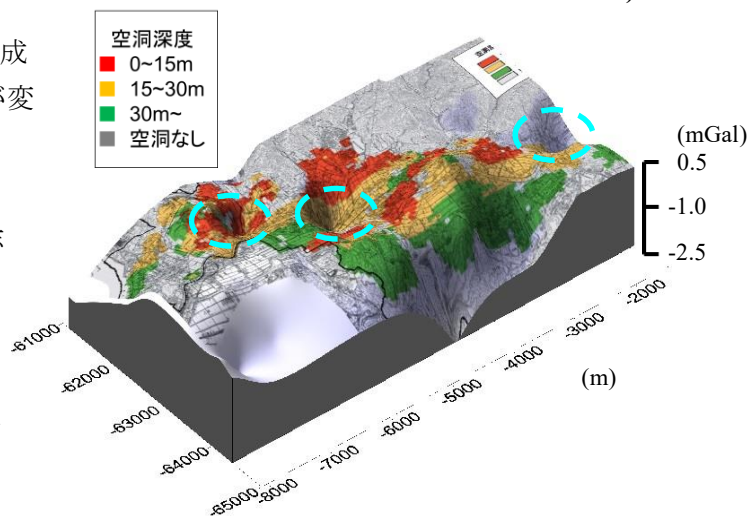


図-6 トrendを差し引いた御嵩町空洞 3D マップ