

重力異常を用いたロジットモデル応答解析による地すべり地形の推定

中部大学大学院 (大日コンサルタント株式会社)

学生会員 ○伊藤 健介

中部大学工学部

正会員 杉井 俊夫

中部大学工学部

正会員 浅野 憲雄

1. はじめに

我が国の地すべり危険箇所は、確認されているだけでも約 10,000 箇所（平成 10 年度時点）¹⁾存在している。また、未調査区域も数多く存在しており、これを合わせると危険箇所は 10 倍以上に増えるといわれている。そのため、広域における地すべり地の推定を行い未調査地域の詳細調査を行う必要がある。本研究では地盤内密度と密接な関係にある重力異常（ブーゲー異常）²⁾に着目し、広域での地すべり地形の推定が可能か、岐阜県瑞浪市を例に検証を行なった。検証方法としては、ロジットモデルによる応答解析を用いて、瑞浪市の斜面を対象とした地すべり地である確率と、ブーゲー異常が地すべり発生に与える影響度をそれぞれ調査したものである。

2. ブーゲー異常

ブーゲー異常とは、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、 $B.A$ ：ブーゲー異常 (Bouguer Anomaly)、 g ：絶対重力値(mGal)、 γ ：正規重力値(mGal)、 β ：フリーエア勾配(mGal/m) $B.C$ ：ブーゲー補正值(mGal) $T.C$ ：地形補正值(mGal)、 $A.C$ ：大気補正值(mGal)、 h ：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 には花崗岩の平均的な密度である 2.67g/cm³ を使用している。ブーゲー異常とは観測重力を補正した理論値との差を示す値であり、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。

3. ロジットモデル

ロジットモデルとは、個人の選択行動を予測する

ための予測解析手法である^{4),5)}。本検証では、二項ロジットモデルを採用しているため、選択肢に「地すべり地形有」と「地すべり地形無」を設定し、斜面 n が「地すべり地形有」の確率を P_n として、両選択肢間の判別指標とみなす。 P_n は、 $P_n \geq 0.5$ を「地すべり地形有」、 $P_n \leq 0.5$ を「地すべり地形無」で判別する。続いて、地すべり地形の形成しやすさを表すものとして、斜面 n のポテンシャル関数の確定項である V_n を仮定する。ロジットモデルの基本式を式(2)、式(3)に示す。

$$P_n = \frac{1}{1 + \exp(-V_n)} \quad (2)$$

$$V_n = \theta_0 + \theta_1 X_{n1} + \dots + \theta_k X_{nk} \quad (3)$$

ここに、 P_n ：斜面 n が地すべり地形か、地すべり地形でないかの確率、 X_{nk} ：斜面 n の基準要因、 θ_k ：最尤法により決定される未知の定数である。

確定項 V_n は様々な形が考えられるが、式(3)に示す線形式と仮定した。式(2)は、確定項 V_n を用いてロジットを線形式で表現した式である。

また、どの基準要因の寄与率が高いかを測るための「弾性値 $E_{x_{nk}}$ 」を式(4)により算出する。弾性値 $E_{x_{nk}}$ は、その絶対値が大きい要因ほど影響度が高いと判断される。

$$E_{x_{nk}} = \frac{\Delta P_n / P_n}{\Delta X_{nk} / X_{nk}} \quad (4)$$

ここに、 ΔX_{nk} ： X_{nk} の変化量、 ΔP_n ： X_{nk} が ΔX_{nk} 変化したときの P_n の変化量である。

4. 解析結果と考察

ブーゲー異常が地すべり地形の形成に与える影響度と推定の的中率を調べるため、瑞浪市の第三紀層地域に存在する地すべり地形のみを対象として、ブーゲー異常を加えた要因モデルを構築した。基準要

キーワード 重力異常 (ブーゲー異常)、地すべり、ロジットモデル

連絡先 〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200 中部大学工学部都市建設工学科 TEL 0568-51-9562

因は瑞浪市の単位斜面ごとに分割したメッシュ（地すべり地形有：1411 個、地すべり地形無：6425 個、合計：7836 個）を対象に分析した結果、表 1 に示した信頼性 95%以上の基準要因のみのモデルを構築した。ブーゲー異常のパラメータの符号に注目すると負の値となっており、低くなるほど高確率になり適切な判断傾向にあることが分かる。その他の要因も、パラメータの符号から適切であるといえる。

表 1 構築した第三紀層モデル

基準要因	θ_k (t 値)
選択肢ダミー変数	0.505
	(2.88)
ブーゲー異常値	-0.087
	(6.91)
斜面長	-0.005
	(6.27)
天然林	-0.149
	(2.43)
標高	0.006
	(14.63)
遷急点数	0.024
	(4.08)
尤度比	0.341

図 1 に、構築した第三紀層モデルの弾性値分析結果を示す。標高が最も影響度が高く、次いで斜面長、ブーゲー異常値が高いことが分かる。

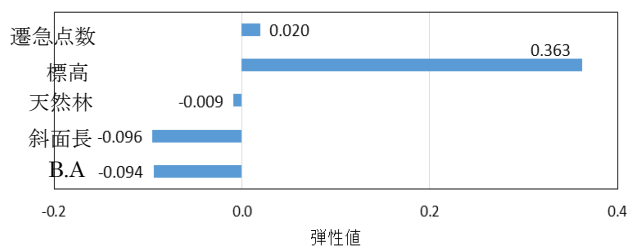


図 1 第三紀層モデルの弾性値分析結果

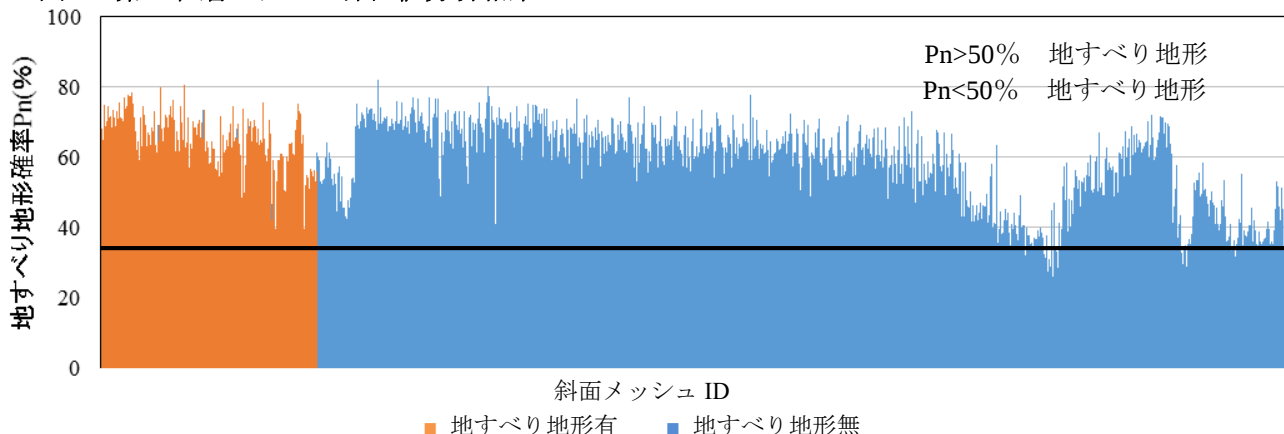


図 2 瑞浪市の第三紀層における地すべり地形確率

図 2 に第三紀層モデルを適用して分析した瑞浪市の単位メッシュごとの地すべり地形確率 P_n の再現ヒストグラムを示す。表 2 は、解析結果による「地すべり地形有」、「地すべり地形無」の的中率 P_n を示したものである。「地すべり地形有」の的中率が 70.2%であり、未調査地域が多数存在していることを考慮すると高い的中率であることがいえる。また、影響度も標高に次ぐ二番目に高いという結果から、ブーゲー異常が地すべり地に与える影響度は十分存在することが分かった。

表 2 第三紀層モデルの的中率

的中率	地すべり地形 有 (%)	70.2
	地すべり地形 無 (%)	51.2
	平均 (%)	54.7

5. おわりに

今回 9 つの候補要因で検証を行なったが、他の要因を多数加えることで、よりの中率の高いモデルの構築が期待される。また、ブーゲー異常は適切なパラメータ符号である負の値であり、影響度も標高に次いで二番目という結果が得られた。このことから地すべり地の推定において、ブーゲー異常を新たな要因として考えることの有効性が確認された。

【参考文献】

- (1)国土交通省砂防部：都道府県別土砂災害危険箇所, <http://www.mlit.go.jp/index.html>
- (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)小嶋正樹, 杉井俊夫, 八嶋厚, 沢田和秀, 森口周二：GIS をデータベースとしたロジック解析による危険斜面の対策優先順位付け, 地盤工学ジャーナル, Vol.1, No. 3, pp.33-43, 2006.
- (5)黒川洸：非集計行動モデルの理論と実際, 第 1 版, 第 1 刷, 土木学会, pp.33-59, pp.174-176, 1995.