

小規模集水域における判別分析法を用いた斜面崩壊ハザード解析

日本通運(株) (正) ○穴藏正俊、愛媛大学 (正) バンダリ・ネトラ
ネパール・トリブバン大学 (非) Dahal R. K、愛媛大学理工学研究科 (学) 谷成恭輔

1. はじめに

日本では、豪雨による土砂災害が多発しており、その被害を防ぐために、ハード、ソフト対策を行うことが急務となっている。また、その双方の対策のバランスをとることは難しい土砂災害では、大規模な災害を想定した際に、砂防ダムなどのハード対策は必要であるが、ハード面でのコストなどを考慮すると、ソフト面での対策が必要であることがいえる。本研究では、近年、データベースでの多変量解析を長所としている GIS をツールとし、GIS 解析ではあまり行われていない小規模地域を対象としたハザードマップを作成し、そのマップ値から判断分析を行うことで判別関数の導出を目的とした。

2. 対象地域および現地調査

本研究では、愛媛県新居浜市多喜浜地区東福辺川を対象地域として選定した(図-1 参照)。その理由として、この溪流では、2004 年に台風による豪雨によって多数の斜面崩壊が発生したことがあり、また、地質帯が和泉層群で、砂岩や頁岩が多く分布し、斜面崩壊が起こり易い地質であるなどが挙げられる。また、このような小規模地域における GIS 利用として、課題に挙げられるのが、パラメータ分布の決定である。具体的には、広域であると、地質や降雨分布などが挙げられる。それらのパラメータを補うために本研究では現地調査による現地試験ならびに試料を採取し、室内実験を行うこととした。行った実験は次の通りである。現地試験では簡易貫入試験、長谷川式透水試験、室内実験では、土粒子密度試験、現地乾燥密度、含水比粒度分布試験、飽和時の一面せん断試験を行った。また、行った箇所は、観測・簡易貫入試験が 75 点、透水試験・試料採取が 38 点である。これらの箇所および結果を図-2、表-1 に示す。結果から、和泉層群特有の砂質土が多く、また各値にばらつきが見られた。これらの結果を用いて、各値の分布マップを作成し、斜面の安定解析を行う。

3. GIS による分布マップ作成および斜面の確率分布マップ

前述の試験結果から GIS を使用し、まず、のクリギングという内挿演算機能から、表層土厚分布マップを作成した。そのマップと等高線から区画分けを行い、その各値をマップにするために、GIS の機能を使用し、各ラスタマップを作成した。GIS の機能では、ラスタ演算という機能があり、それを使用することで、各ピクセルにおける演算を行うことが出来る。その各値のマップを図-3 に示す。これにより斜面の安定解析および確率分布マップをそれぞれ作成した。その際に使用した式が次に示す式(1)～式(8)である。

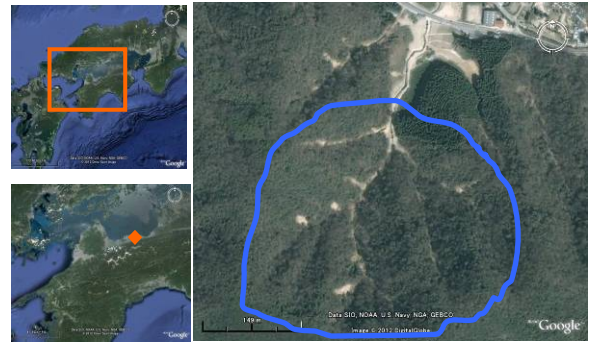


図-1 対象地域

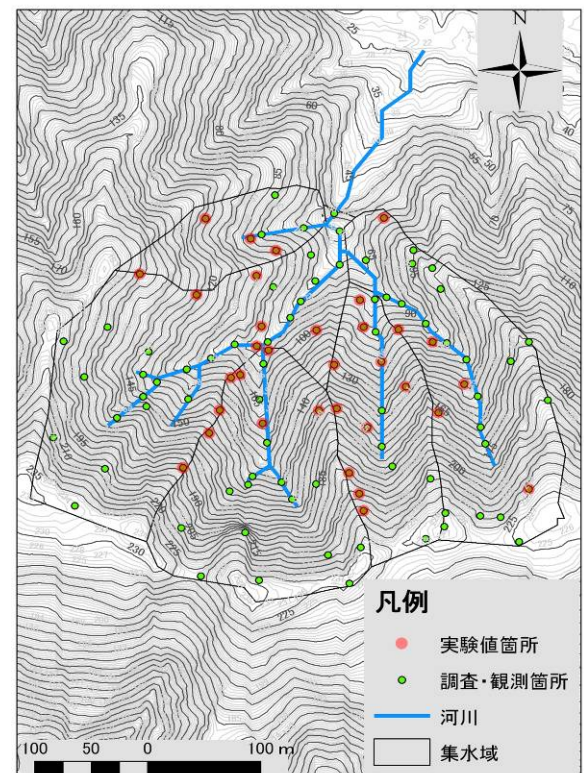


図-2 現地調査・試料採取箇所

表-1 各試験結果

透水係数 k (cm/s)	表層土厚 H (cm)	粒度分布	土粒子密度 (g/cm ³)	C (kN/m ²)	φ (°)
4.13E-4~4.98E-3	0~191 (0cmは基岩面)	細砂、中砂、粗砂	2.5~2.65	0.31~8.52	22~42

$$F_s = \frac{C + C_r + A \cos^2 \beta \tan \phi}{B \sin \beta \cos \beta} \quad (1)$$

$$A = q_0 + H(t)(\gamma_{sat} - \gamma_w) + \gamma_t(H - H(t)) \quad (2)$$

$$B = q_0 + H(t)\gamma_{sat} + \gamma_t(H - H(t)) \quad (3)$$

$$H(t) = \frac{R}{n} \left[t + \left(\frac{\varepsilon}{2} \right) V_s t^2 \right] \quad (4)$$

$$F_s = \alpha_1 C + \alpha_1 C_r + \alpha_2 \tan \phi \quad (5)$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{B \sin \beta \cos \beta} \quad \alpha_2 = \frac{A \cos \beta}{B \sin \beta}$$

$$Z = \frac{F_s(1) - E[F_s]}{\sqrt{V[F_s]}} \quad (6)$$

$$V[F_s] = \alpha_1^2 V[C] + \alpha_1^2 V[C_r] + \alpha_2^2 V[\tan \phi] \quad (7)$$

$$V[X] = \frac{(X_{\max} - X_{\min})^2}{12} \quad (8)$$

ここで、C は土の粘着力、Cr は根の抵抗力、 β は斜面勾配、 ϕ は内部摩擦角、 q_0 は植生の重量による圧力、 γ_t 、 γ_{sat} は湿潤、飽和単位体積重量、H は表層土厚、H(t)は基岩からの飽和土高さとなっている。また、式(4)について、R は降雨強度(m/s)、n は間隙率、t は一日の時間(秒)、 ε は曲率、Vs は透水係数に依存する土中の水分伝播速度(m/s) である。また、斜面の安定計算における発生確率を考慮するために、式(1)を土質パラメータに依存する線形式に置き換えた。そ

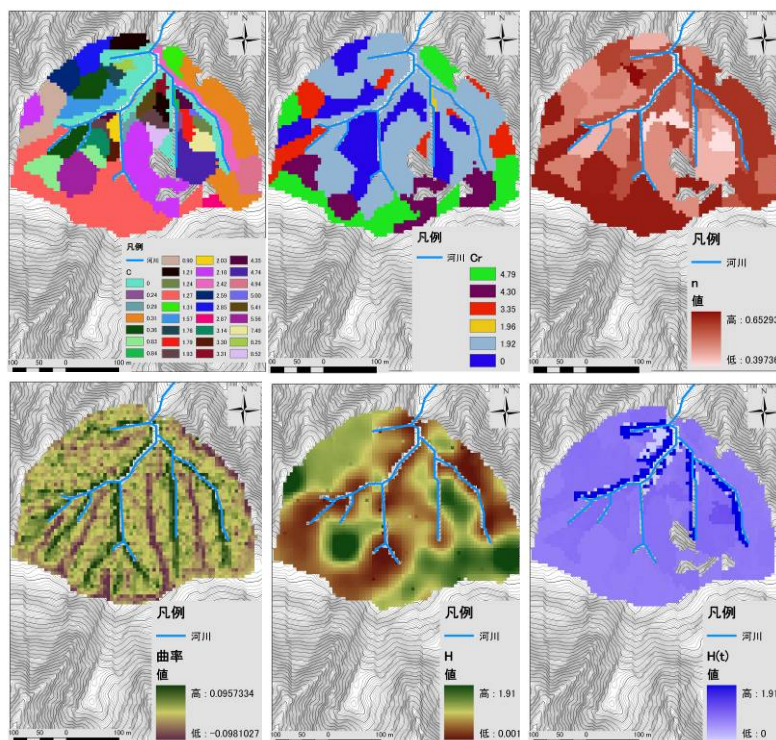


図-3 各値のマップ

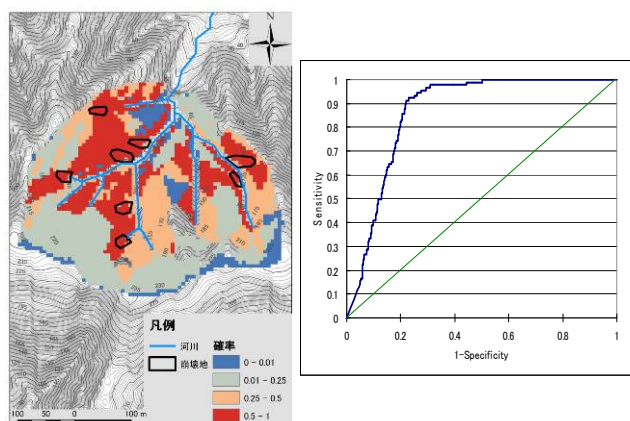


図-4 確率分布マップとその照査結果

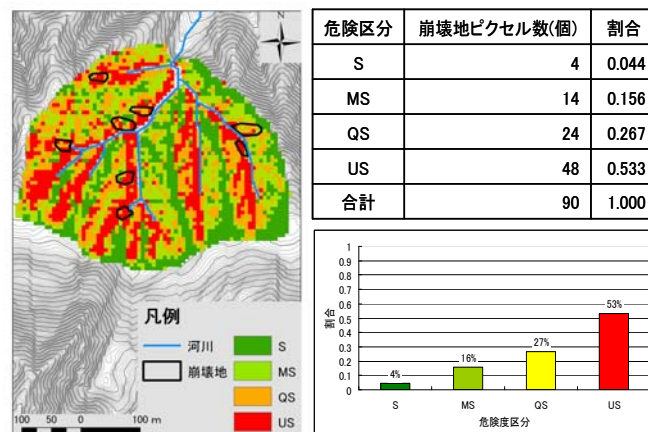


図-5 判別分析によるハザード評価

れが式(6)である。ここで、Z は標準正規分布を利用する際の Z 値、 $F_s(1)$ は、安全率が 1 のときを意味し、また、 $E[F_s]$ は各ピクセルの安全率となる。そして、 $V[F_s]$ は式(7)、式(8)に示すように、式(5)における分散式として、定義した。これらの式でラスタ演算を行うことにより、斜面崩壊確率分布マップを作成した。その図及び ROC 曲線における照査結果を図-4 に示す。この照査は 85% の確率制度となり、これを元に判別分析によるハザード解析を行った。

4. 判別分析

本研究での判別分析で使用したパラメータはどの溪流でも使用できる地形パラメータであり、斜面勾配[slope]、斜面方向[aspect]、曲率[curvature]、湿潤指標[Wetness Index]の 4 つで考えた。そこで導出した判別関数を次に示す。また、式(9)による適用した結果を図-5 に示す。

$$Df = 0.009[slope] - 0.003[aspect] + 49.573[curvature] - 0.166[WetnessIndex] + 0.454 \quad (9)$$

5. まとめおよび今後の課題

今回導出した判別関数をより高精度のものにするために、今後は、現地調査のポイントの追加、各値のマップの分布精度の向上、判別分析における地形パラメータの増加や組み合わせの考慮を行うことが重要であるといえる。

参考文献： Dahal R. K., DEM-based deterministic landslide hazard analysis in the Lesser Himalaya of Nepal GeoRisk 2008
Hammond C. et al., Level Stability Analysis (LISA) Documentation for Version 2.0