

38 土石流危険渓流における地形特性を考慮した土砂災害発生基準雨量の設定に関する研究

中電技術コンサルタント(株) ○荒木義則 山口大学工学部 古川浩平 広島県土木建築部 松井範明
京都府立大学農学部 石川芳治 京都大学農学研究科 水山高久

1. はじめに

現在、ソフト対策の一つとして全国的に警戒・避難基準雨量の設定¹⁾が試みられている。警戒・避難基準雨量の設定では、過去の土石流の発生降雨と非発生降雨から、時間雨量、実効雨量、有効雨量強度等の降雨要因を用いて土石流の発生が予想される危険降雨を判断するための基準線が設定されている。しかしながら、降雨要因のみの基準では、非常に安全側の基準となり、空振り率が大きくなることもある。このため避難勧告の発令や解除等の実用面において課題が残されており、警報の発令や避難指示に対する的確性向上の研究²⁾も行われている。

本研究では、過去に幾度も土砂災害に見舞われている広島県北西部地域(山県郡加計町及びその周辺)を対象として、重判別分析により地形要因と降雨要因を加味した土砂災害(ここでは、土石流と山腹斜面崩壊を含む)の「発生」「非発生」の判別システムを構築し、この判別システムを土砂災害の発生基準線の設定に適用し、渓流の個別防災管理への適用可能性について検討した。

2. 地形要因と降雨要因を組み合わせた重判別分析

2.1 前提条件

土石流の発生形態は、山腹崩壊が引き金となって土石流が発生する場合が非常に多く、本研究で取り扱った渓流においても同様な傾向が伺える。また、地質は、広島県北西部に広く分布している風化花崗岩からなる渓流に限定して取り扱った。土砂災害の誘因は、全て豪雨によるものであり、降雨データは、観測所を中心に半径5kmのエリア分割を行い、エリア内において降雨は一定であると考えた。説明変数に用いる地形要因は、地形図(1/5,000)から直接計測できる要因を用いる。また、降雨要因は、事前検討により土砂災害の「発生」「非発生」の判別に有効であった時間雨量(mm/h)と有効雨量(mm)の2つの要因を用いる。

2.2 土砂災害判別モデルの構築

土砂災害判別モデルの構築では、説明変数に地形要因や降雨要因の量的データを用い、目的変数に土砂災害の「発生」「非発生」の質的な判別を行うことから重判別分析を用いる。本研究に用いた重判別分析の関数式は、式(1)で示される。

$$Z = A_0 + \sum_{i=1}^n B_i X_i + \sum_{j=1}^m C_j X_j \quad (1)$$

ここで、 Z : 判別得点、 A_0 : 定数項、 B_i, C_j : 地形要因、降雨要因の係数値、

X_i, X_j : 地形要因の値($i = 1 \cdots n$)、降雨要因の値($j = 1 \cdots m$)

重判別分析では、判別得点の全体の変動 S_t とグループ間の変動 S_B の比 S_B/S_t が最大になるように定数項および各要因の係数が決定される。また、判別得点が正值であれば1群、負値であれば2群と判別される。重判別分析では、数学的な最適化により式(1)の係数が決められる。このため工学的な意味付けが困難となる要因が含まれる場合は、その要因を取り除き、段階的に要因を簡素化する。最終的な地形要因は、本検討の範囲において水系模様、流域平均勾配、最急溪床勾配、流域面積、谷深比の5つの要因となった。また、判別システムの精度は、相関比0.617、発生に対する正判別率97.2%、非発生の正判別率89.2%と高い精度が得られた。

3. 地形特性を考慮した土砂災害発生基準雨量の設定

本研究で提案する土砂災害発生基準線(Critical Line, 以下CLと呼ぶ)は、式(1)の重判別関数式において判別得点 $Z=0$ で与えられる。また、定数項や地形要因の変数項は、個々の渓流によってあらかじめ定まる値であり、この判別システムを用いたCLの設定模式図を、図-1に示す。X軸は長期指標の降雨要因として有効雨量(mm) ; Y軸は短期指標としての降雨要因として時間雨量(mm/h)を用いると、CLは右下がり直線となり、土砂災害発生の危険性がある領域と安全な領域を区分することができる。また、時事刻々と変化する降雨をスネーク曲線で表すと、このスネーク曲線がCLを越えると土砂災害発生の危険領域に入ることになる。

従来の降雨要因によるCLは、土砂災害の発生降雨を重視して、主観的ではあるが技術者の経験的な判断により設定されている。それに対して、本研究で提案するCLの設定は、重判別分析を用いているため、より客観的に決定される。また、CLの切片は、個々の渓流の地形要因の影響を受けており、渓流毎に異なっている。切片の大きい渓流ほど、崩壊危険度の低い渓流であり、逆に、切片の小さい渓流ほど崩壊危険度の大きい渓流となる。

ここで、従来手法により設定したCLを図-2に示す。CLの設定に用いた降雨要因は、本研究で提案している手法と比較するために有効雨量(mm)と時間雨量(mm/h)を用いることにする。また、CLは、発生降雨に対する判別を満足し、非発生降雨のスネーク曲線群から非発生領域が最も大きくなるように包絡線を設定している。また、スネーク曲線において太線が発生降雨、細線が非発生降雨を表している。

一方、本研究で提案している地形特性を考慮したCLは、溪流の地形要因により溪流毎に異なっている。ここでは、代表的な観測エリアに対してCLとスネーク曲線を描いたものを図-3に示す。CLの傾きは、判別システムの時間雨量(mm/h)と有効雨量(mm)の係数比によって決まるため、観測エリアや溪流には関係なく、全て一定値となる。ここでは、-0.58となり-1よりも大きくなった。実線で示したCLは、土砂災害の発生した溪流の中で最も地形的に崩壊危険度の高い溪流を示している。また、点線で示したCLは、非発生溪流の中で地形的に崩壊危険度の低い比較的安全な溪流を示している。図-3において崩壊危険性の高い溪流のCLは、発生降雨のスネーク曲線における発生時刻の降雨データに対して明らかに危険となっていることを示している。それに対して崩壊危険性の低い溪流のCLは、前述の発生降雨のスネーク曲線に対しても安全な領域となっている。

次に、従来手法と本手法のCLの比較では、非発生データ(非発生降雨におけるスネーク曲線の各点のデータ)を発生データと誤判別する場合に着目し、式(2)に示すような空振り率によって評価する。

$$M = \frac{n}{N} \times 100(\%) \quad (2)$$

ここで、M:空振り率(%), n:発生領域にある非発生データ数, N:非発生データ総数

また、従来手法により設定したCLを個別溪流に適用し、本手法との空振り率と比較したものを表-1に示す。表-1より、従来手法のCLによる空振り率22.7%に比べて、本手法によるCLの空振り率は、15.5%と低くなった。この様に、本研究で提案したCLは従来手法と比べて溪流の地形特性を考慮することが出来るため、実際の土砂災害の現象をより良く反映することができる。また、空振り率も低くなり、個別溪流に対する防災管理への適用可能性が高いことが示された。

4. おわりに

本研究では、豪雨に伴い発生する土石流または山腹斜面崩壊の「発生」「非発生」の判別システムを構築し、この判別システムを土砂災害の発生基準線(CL)の設定に適用し、溪流の個別防災管理への適用可能性について検討した。以下に結論を列挙する。

- 1) 地形要因と降雨要因を組み合わせた土砂災害の「発生」「非発生」の判別分析では、同定データに対して相関比0.617、発生に対する正判別率97.2%、非発生の正判別率89.2%と高い精度が得られた。
- 2) 構築した判別システムを土石流または山腹斜面崩壊の発生基準線(CL)の設定に適用し、土石流または山腹斜面崩壊の発生に対する溪流毎の個別防災管理手法を提案した。本手法は、溪流毎の地形特性をCLの切片に反映できるため、土石流または山腹斜面崩壊の「発生」「非発生」の判別を溪流毎に判断することが可能である。また、空振り率が従来手法に比べて低いため、防災管理において有用なシステムとなることが示された。

参考文献

- 1) 建設省河川局砂防砂防課:土石流災害に関する警報の発令と避難の指示のための降雨量設定指針(案), 1984.
- 2) 藤井恒一郎, 久保田哲也, 奥村武信:土石流発生警報の発令及び避難指示の的確性向上に関する研究, 新砂防, Vol. 47, No. 2(193), pp. 35-42, 1994. 7.

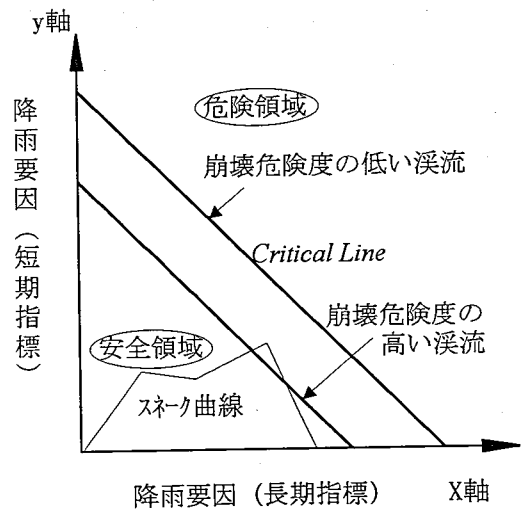


図-1 CLの設定模式図

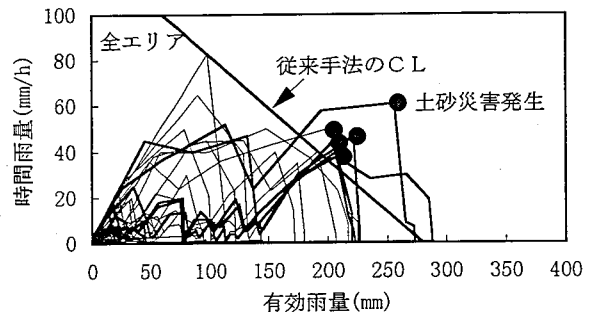


図-2 従来手法によるCLの設定

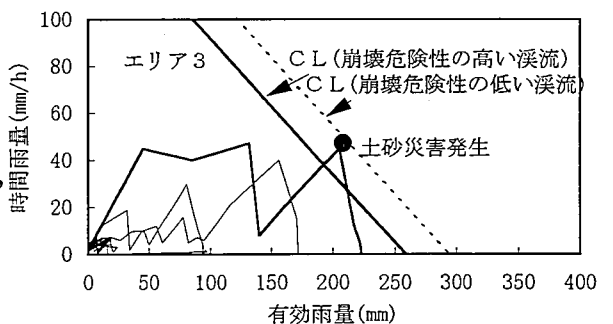


図-3 溪流毎のCLと土砂災害発生との関係図

表-1 空振り率の比較

	従来手法のCL	提案手法のCL
空振り率 (%)	167/736 22.7%	114/736 15.5%