

火山灰等の堆積に起因する土石流の発生危険度評価に関する一提案

国土交通省九州地方整備局大隅河川国道事務所 國友優^{※1} 高橋英一 下窪和洋^{※2} 阿蘇修一^{※1}
中電技術コンサルタント株式会社 ○杉原成満 荒木義則 倉本和正 河井恵美

1. はじめに

第 176 回国会（臨時会）において土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律の改訂が行われ、2011 年 5 月 1 日より施行された。この法律により、20m 以上の天然ダムの形成や 1cm 以上の降灰の堆積等により土石流が急迫している状況において、市町村が適切に住民の避難指示の判断等を行えるように緊急調査を実施するとともに、被害の想定される区域・時期の情報（以下、土砂災害緊急情報）を関係市町村に提供することが国・都道府県に義務づけられた。

本稿では、土砂災害緊急情報のうち「被害が想定される時期の情報」の精度向上を目的に、火山灰等の堆積に起因する土石流の発生危険度評価を試みた結果を報告する。

2. 土石流発生危険度評価手法の概要

火山灰等の堆積に起因する土石流は、降雨強度のみでなく、火山灰等の堆積（質・量）、地形形状等、複数の要因がその発生に影響を与えと考えられる。そのため、火山灰等の堆積に起因する土石流の発生危険度評価は、これらの素因と誘因の双方を考慮可能な方法により行うことが必要となる。

そこで、本研究ではロジスティック回帰分析¹⁾を用い、土石流の発生に関する素因・誘因と土石流の発生・非発生の関係を分析し、土石流の発生危険度を確率により表現することを試みた。ここで、ロジスティック回帰分析とは疫学調査等に活用されている統計解析手法の一つであり、次式で表現され回帰モデルである。

$$P(x)=\frac{1}{1+exp(-(\beta_0+\beta_1x_1+\beta_2x_2+...+\beta_rx_r))}$$
 (1)

本研究では、降雨強度、降灰強度、流域特性を土石流の発生と非発生を説明するための説明変数 x_1, x_2, x_3 として用い、発生・非発生データを与えて推定値 β を同定する。これにより素因と誘因に基づいた土石流の発生危険度の確率評価が可能となる。

式(1)から得られるロジスティック関数を表す曲線は図-1 に示した通りであり、ロジスティック関数による確率分布のデータの傾向から導き出される確率 $P(x)$ は 0 と 1 の間（0%～100%）の値をとる。

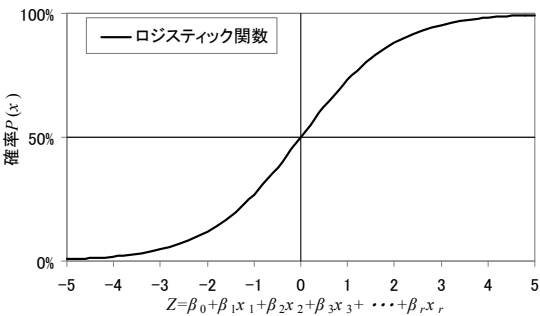


図-1 ロジスティック関数の概念図

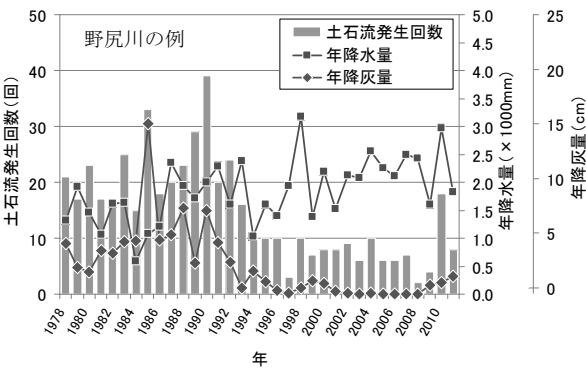


図-2 土石流発生回数と降雨量・降灰量の関係

3. 検討対象地域

本研究の検討対象地域は、鹿児島県桜島の 19 河川とする。図-2 は、土石流の常襲河川となっている野尻川における土石流の発生回数と降雨量・降灰量の推移を示したものである。土石流発生回数が多い時期はいずれも降灰量が多いことから、土石流の発生には降灰の影響を強く受けているものと推察される。

4. 土石流発生危険度評価

4.1 説明変数

本研究では、火山灰等の堆積に起因する土石流の発生に影響を与えと考えられる素因・誘因の中から、以下に示す降雨強度、降灰強度、流域特性を用いる。

降雨強度：20 分間雨量と土壌雨量指数を降雨指標とする RBFN 出力値

降灰強度：半減期 1 ヶ月の累積降灰厚

流域特性：源頭部裸地面積（集水地形と荒廃度を考慮）

※1 現所属：国土交通省九州地方整備局，※2 現所属：国土交通省九州地方整備局宮崎河川国道事務所

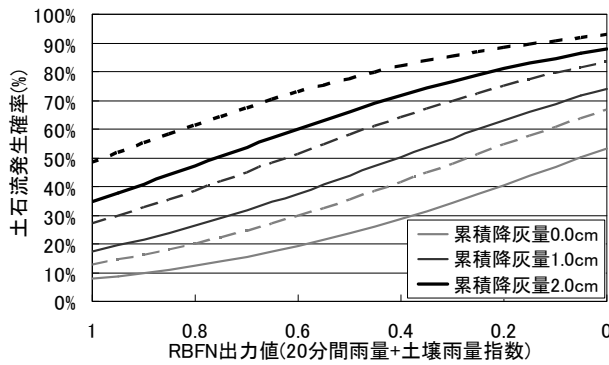


図-3 危険度評価モデルの一例
(実線：野尻川，破線：黒神川)

4.2 土石流発生危険度評価モデルの構築

上記の説明変数と土石流の発生・非発生の関係を分析し，土石流発生危険度評価モデルの構築を行った。構築した危険度評価モデルの一般式を以下に示す。

$$P(x) = \frac{1}{1 + \exp(-Z)} \quad (2)$$

$$Z = -1.251 - 2.603x_{\text{降雨強度}} + 0.918x_{\text{降灰強度}} + 1.032x_{\text{流域特性}} \quad (3)$$

ここで，式(3)における $x_{\text{流域特性}}$ は，河川ごとに異なる値である。そのため，各河川の源頭部裸地面積を予め与えることで，河川ごとの個別危険度評価モデルを得ることが可能となる。危険度評価モデルによって算出される土石流発生確率 $P(x)$ の分布の一例を図-3に示す。

図-3より，土石流発生確率 $P(x)$ は，RBFN出力値が小さいほど（降雨量が多いほど，図-3の右側に分布するほど）高く，降灰が多いほど（図-3の上側に分布するほど）高く値を示す。そのため，当該危険度評価モデルは，桜島における土石流の発生実績と整合したモデルであると評価できる。

4.3 構築した危険度評価モデルを用いた土石流発生危険度評価方法

構築した危険度評価モデルは，降雨強度に関する項で展開することで次式のように表現できる。

$$x_{\text{降雨強度}} = -\frac{-1.251 + 0.918x_{\text{降灰強度}} + 1.032x_{\text{流域特性}} + \ln\{1/P(x) - 1\}}{2.603} \quad (4)$$

ここで， $x_{\text{降灰強度}}$ は降雨開始時における降灰堆積状況である。降雨強度の変化に基づいたリアルタイムの危険度評価を行う時点では既値の指標である。そのため，式(4)に任意の土石流発生確率 $P(x)$ を与えることで，当該土石流発生確率 $P(x)$ となる限界降雨強度，すなわちRBFN出力値を算出することが可能となる。これにより，当該危険度評価モデルにより算出される土石流の発生危険度を土砂災害警戒情報の発表基準²⁾と同様の形状で表現する

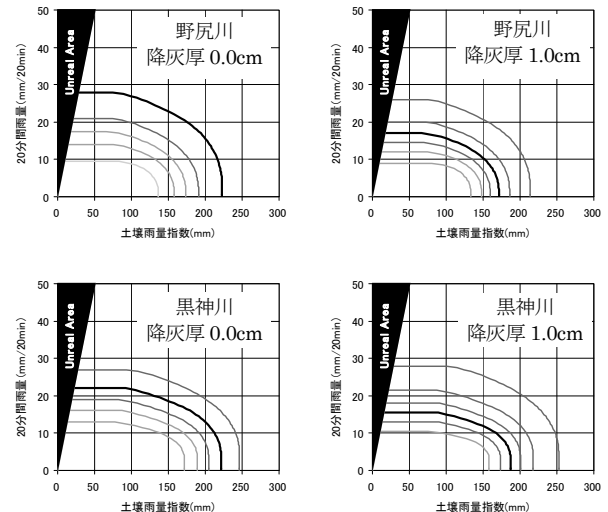


図-4 降灰の増減と土石流発生確率 $P(x)$ の分布
(上段：野尻川，下段：黒神川)

ことが可能となる（図-4）。

火山灰等の堆積が土石流発生確率 $P(x)$ にどのような影響を及ぼすかを確認するため，降灰の増減と土石流発生確率 $P(x)$ の分布について確認を行った。その一例を図-4に示す。なお，図に示す土石流発生確率 $P(x)$ の分布は，降灰の増減の影響を把握し易くするため，土石流発生確率 $P(x)=50\%$ となるRBFN出力値の分布を太線としている。

図-4より，土石流発生確率 $P(x)$ は降灰の多少によってその分布が異なっており，降灰が多いほど内側に小さく分布することが確認できる。これは，「降灰が多い時期は少雨でも災害が発生しやすい」ということを適切に表現できているものと評価できる。

5. まとめ

本研究における主要な結論を以下に示す。

- ・本研究で用いた分析手法により，降雨強度以外にも土石流の発生・非発生に関わる素因・誘因を考慮した危険度評価が可能となる。
- ・火山灰等の堆積が土石流の発生に与える影響を考慮した土石流の発生危険度評価が可能となるため，土砂災害緊急情報における「時期情報」の精度向上が期待できる。

参考文献

- 1) 丹後俊郎，山岡和枝，高木晴良：ロジスティック回帰分析，pp.2-31，朝倉書店，1996。
- 2) 国土交通省河川局砂防部，気象庁予報部，国土交通省国土技術政策総合研究所：国土交通省河川局砂防部と気象庁予報部の連携による土砂災害警戒避難基準雨量の設定手法(案)，2005。