

## 桜島における火山活動を考慮した土砂災害発生危険基準線の設定

国土交通省九州地方整備局大隅河川国道事務所 國友優 鶴本慎治郎 下窪和洋 阿蘇修一  
中電技術コンサルタント株式会社 倉本和正 荒木義則 田川良  
山口大学大学院理工学研究科 ○杉原成満 植野惣 古川浩平

### 1. はじめに

桜島をはじめとする活火山においては、噴火に伴う降灰が山腹斜面を被覆することで、少量の降雨によっても土石流が発生し易くなることが知られている<sup>1)</sup>。また、桜島では長期的には火山活動が継続しているものの、短期的には比較的活発な時期と不可活発な時期が交互に繰り返されていることにより、表面流出特性が変化することも確認されている<sup>2)</sup>。そのため、桜島のように短期的な盛衰を繰り返す火山地域において適切に防災情報の提供を行うためには、火山活動を踏まえて適宜変更可能な土砂災害発生危険基準線（Critical Line：以下、CL）を設定することが重要な課題であると考えられる。

そこで、本研究ではロジスティック回帰分析を用いて土石流の発生に起因する降雨量・降灰量と災害の発生・非発生の関係を分析し、降雨量と降灰量に基づいた土石流の発生危険度に関する確率評価モデルの構築を行った。また、構築した確率評価モデルを活用した非線形 CL の設定を行った。

### 2. ロジスティック回帰分析の概要

ある現象の発生確率  $P$  をその現象を説明するために観測された変数群  $x=(x_1, x_2, \dots, x_r)$  で説明しようとする場合、 $r$  個の変数の影響を式(1)で表す合成関数  $Z$  で表現とすると、ある現象の発生確率  $P(x)$  はロジスティック関数を用いると式(2)で表すことが出来る。

$$Z = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_r x_r \quad (1)$$

$$P(x) = (\text{発生} | x_1, x_2, \dots, x_r) = \frac{1}{1 + \exp(-Z)} \quad (2)$$

本研究では、RBFN 出力値と降灰量を土石流の発生と非発生を説明するための説明変数  $x_1, x_2$  として用い、発生・非発生データを与えて推定値  $\beta$  を同定する。これにより降雨量と降灰量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。

なお、ロジスティック関数を表す曲線は図-1 に示す通りであり、災害の発生確率  $P(x)$  は 0 と 1 の間（0%～100%）の値をとる。

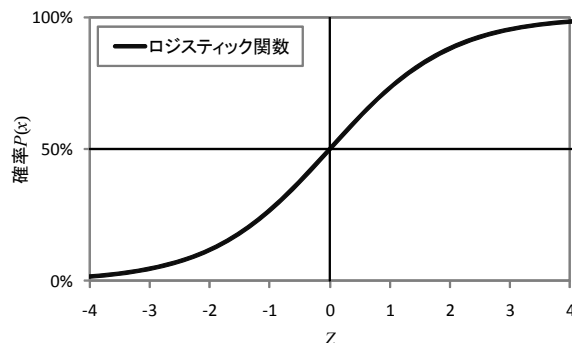


図-1 ロジスティック関数の概念図

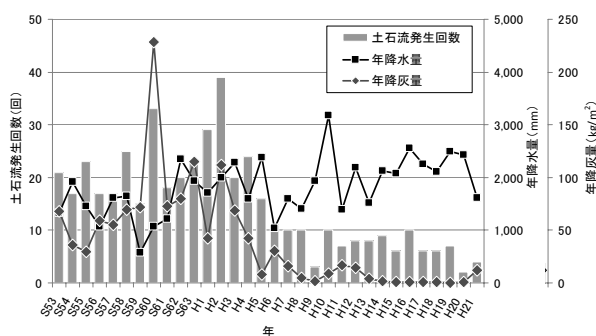


図-2 土石流発生回数と降雨量・降灰量の関係

### 3. 検討対象地域の概要

本研究の検討対象地域は、鹿児島県桜島の野尻川とする。野尻川は長期的に見ると、降雨は増加傾向であるが、土石流発生回数は減少傾向である。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（図-2）。

### 4. 確率評価モデルの構築

#### 1) 説明変数

降雨に関する説明変数は、既往研究<sup>3)</sup>を踏まえ「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）」（以下、連携案）に従って算出した RBFN 出力値を用いる。

また、降灰量は危険度評価を行う時点において得ることが可能な最新データとなる一カ月前の降灰量を用いる。

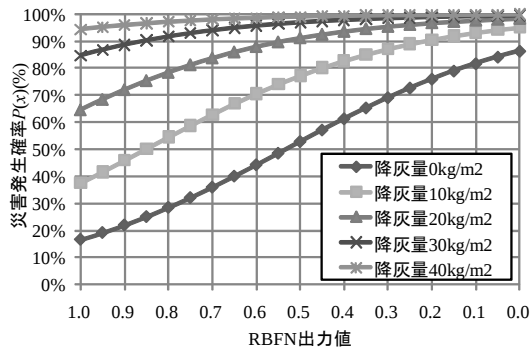


図-3 降雨量と降灰量に基づいた災害発生確率の分布

## 2) 降雨と降灰量に基づいた確率評価モデルの構築

RBFN 出力値および降灰量と土石流の発生・非発生の関係を分析し、土石流の発生危険度に関する確率評価モデルの構築を行った。確率評価モデルの一般式を式(3)に示す。また、構築した確率評価モデルに基づいた災害発生確率の分布を図-3に示す。

$$P(x) = \frac{1}{1 + \exp\{-(1.844 - 3.458x_{\text{RBFN出力値ピーク}} + 0.110x_{\text{降灰量}})\}} \quad (3)$$

図-3より、RBFN 出力値および降灰量と災害発生確率  $P(x)$  との関係に着目すると、災害発生確率  $P(x)$  は RBFN 出力値が小さいほど（降雨量が大きくなるほど）高く、降灰量が多いほど高くなる傾向を示す。また、構築した確率評価モデルにより算出した災害発生確率  $P(x)$  と実際の災害発生率の関係（図-4）に着目すると、互いによく整合していることが分かる。

そのため、構築した確率評価モデルは、降雨量と降灰量に基づいた土石流の危険性に関する一般的な知見と整合し、かつ実際の災害発生状況との整合性を有する妥当なモデルであると考えられる。

## 5. 災害発生確率に基づいた CL の設定

構築した確率評価モデルに対して、任意の降灰量を与えることで、災害発生確率  $P(x)=10\sim90\%$  となる RBFN 出力値を逆算することができる。算出した RBFN 出力値を結ぶ等 RBFN 出力値データを用いることにより、連携案と同様の形状を有する非線形 CL を設定することが可能となる。

本研究では警戒・避難の対象とすべき大規模土砂災害を捕捉可能であった災害発生確率  $P(x)=70\%$  となる等 RBFN 出力値データを CL として選定した。

設定した CL の一例を図-5に示す。図-5より、CL は降灰量によってその分布が異なっており、降灰量が多いほど CL は内側に小さく設定されていることが

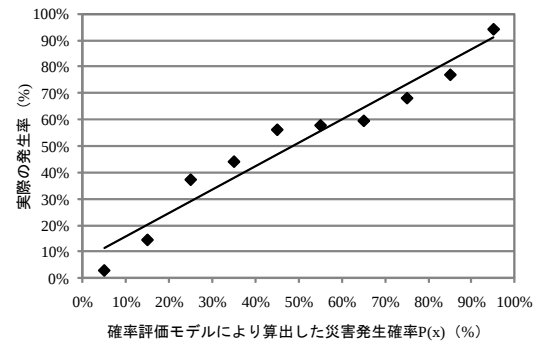


図-4 災害発生確率と実際の災害発生率の関係

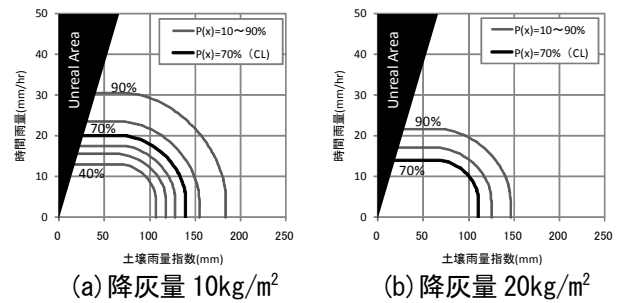


図-5 設定した CL の一例

確認できる。これは、「降灰量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。

## 6. まとめ

本研究における主要な結論を以下に示す。

- ・ 本研究で構築した確率評価モデルは、降雨量と降灰量に基づいた土石流の危険性に関する一般的な知見と整合し、かつ実際の災害発生状況との整合性を有する妥当なモデルであると考えられる。
- ・ 確率評価モデルを活用して設定した非線形 CL は、降灰量に応じて土石流の危険性が異なることを適切に表現することが可能である。

## 参考文献

- 1) 例えば、池谷浩・米沢谷：有珠山山西川流域における土砂移動について、砂防学会誌（新砂防）、Vol. 32, No.2, pp.22-27, 1979
- 2) 例えば、地頭蘭隆・下川悦郎：文火山灰に覆われた桜島山腹斜面における表面流出、砂防学会誌（新砂防）、Vol. 42, No.3, pp.18-23, 1989.
- 3) 杉原成満、篠崎嗣浩、大石博之、荒木義則、古川浩平：ロジスティック回帰分析を用いた土砂災害発生危険度の確率的評価、平成 22 年度砂防学会研究発表会概要集、160-161, 2010.