

北海道胆振東部地震における斜面崩壊予測式の検討事例

八千代エンジニアリング株式会社 ○横尾公博、大塚智久、小西拓海、長塚結花
国土交通省 北海道開発局 室蘭開発建設部 吉川契太郎、真野拓司、中村香也
国土交通省 国土技術政策総合研究所 土砂災害研究部 砂防研究室 坂井祐介

1. はじめに

平成 30 年 9 月 6 日北海道胆振東部地震では、北海道胆振地方東部、むかわ町を震源とする震度 7 の地震が発生し、厚真町を中心に多数の斜面崩壊を引き起こした。地震に伴う斜面崩壊に対する事前対策を効率的かつ効果的に行うには、崩壊が発生する可能性を有する斜面の予測が重要である。

本報告では、厚真川流域（主に崩壊の発生した厚真川中上流域）を対象として上記斜面崩壊を対象とした斜面崩壊予測式を検討することで、斜面崩壊リスクマップを作成するための評価値の分布傾向を考察した結果について報告する。

2. 北海道胆振東部地震に伴う斜面崩壊

2.1 地震の概要

北海道胆振東部地震の本震は平成 30 年 9 月 6 日 3 時 7 分に発生した。本震の震源の深さは 37km、地震の規模（Mw：マグニチュード）は 6.7 であった。発震機構は東北東－西南西方向に圧力軸を持つ逆断層型で、陸のプレート内で発生した地震である。その後の地震活動は、M6.7 の地震の震源を含む南北約 30km の領域で、減衰しつつも活発な状態が継続した。9 月 9 日 6 時 11 分と 10 月 5 日 8 時 58 分に発生した地震により最大震度 5 弱を観測したほか、10 月 12 日 10 時まで最大震度 4 を観測した地震が 20 回発生するなどしている。10 月 12 日 10 時までの最大規模の地震は、9 月 6 日 3 時 20 分に発生した M5.5 の地震である。

2.2 斜面崩壊箇所数

北海道胆振東部地震では、極めて高密度に斜面崩壊が発生していることから、LP データに基づく高精度の微地形解析図及び空中写真を用いた判読を実施し、崩壊箇所数の精査を実施した。その結果、厚真川流域で 15,000 箇所の崩壊地を抽出した。



図 1 対象流域内の崩壊地分布図

3. 斜面崩壊リスクマップの作成

3.1 斜面崩壊予測式の概要

地震による斜面崩壊の主な要因として、勾配等の地形要因（素因）と地震動（誘因）の 2 つがある。

一般に、斜面崩壊発生に及ぼす地形要因としては、①標高、②斜面勾配、③斜面方位、④地上開度、⑤地

下開度、⑥平均曲率等があげられる。本報告では、既往研究成果¹⁾での判別分析によって抽出された地形要因である「斜面勾配及び平均曲率」に基づく予測式を立案することとした。

斜面崩壊リスクマップの予測式を（1a）に示す。予測式の目的変数は斜面崩壊リスクを示す評価値 F であるため、どの説明変数がどの程度結果に影響するのかを評価して、数値化することとした。具体的には、予測式の各説明変数（斜面勾配、平均曲率、加速度）と 1 メッシュあたりの崩壊面積率 P との相関分析により、説明変数の影響度として近似式の傾きを求めた。

$$F = \alpha I + \beta C + \gamma a \quad (1a)$$

ここに、F：評価値、I：斜面勾配（°）、C：平均曲率（cm⁻¹）、a：最大加速度（gal）、 α β γ はそれぞれの項に対する係数である。

斜面崩壊リスクマップの解析サイズは 10m×10m メッシュとした。厚真川中上流域の流域面積は約 260km² であり、全解析メッシュ数は流域を包含するよう設定した結果、約 261 万メッシュとなった。また、全解析メッシュのうち、崩壊地が含まれるメッシュ数は約 38 万メッシュとなった。

3.2 斜面崩壊予測式の作成

3.2.1 斜面勾配・平均曲率と崩壊地との関係性分析

予測式の作成に際しては、説明変数（斜面勾配及び平均曲率）の階級毎の崩壊地（崩壊メッシュ）生起回数を整理した。この結果から、崩壊地を精度良く表現しようと考えられる階級（説明変数の区分）を設定した。ついで、崩壊メッシュでの階級分析結果に基づき、説明変数とメッシュあたりの崩壊面積率との関係をプロットして、その傾きを各説明変数の係数とした（設定結果を表 1 に、平均曲率の分析例を図 2 に示す）。表 1 から、斜面勾配の R² 値が 0.51 とやや低くなった。これは、斜面勾配 35 度付近を閾値として崩壊面積率が右肩下がりとなることに起因する。なお、平均曲率は負が凹地、正が凸地を示す。正の値が増大することは尾根形状を呈するといえるため、崩壊面積率が低下することとなる。斜面崩壊は 0 次谷や平滑斜面で主に分布することから、負の曲率のみを対象として、曲率と崩壊面積率の相関式を求めた。

表 1 説明変数の係数 α ・ β の設定結果

項目	係数	R ²
斜面勾配の係数 α	0.1019	0.5126
平均曲率の係数 β	0.0906	0.8283

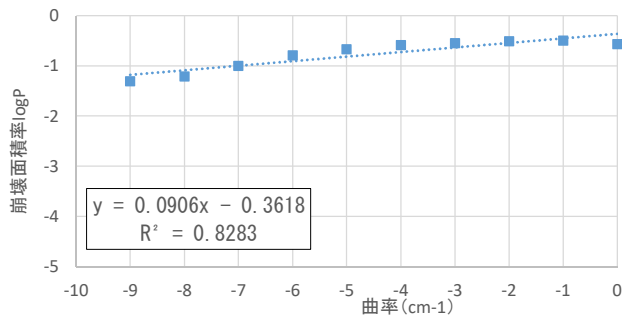


図 2 平均曲率に関する係数 β の分析例

3.2.2 最大加速度と崩壊地との関係性分析

地震動（誘因）と崩壊地との関係性分析として、最大加速度の階級に応じた切片（斜面勾配 0 を想定した場合の崩壊面積率 $\log P$ ）を求めることで、最大加速度と崩壊面積率の関数を得ることとした。これは、最大加速度を階級別に区分した場合でも、斜面勾配の増加に伴う崩壊面積率の上昇傾向は変わらないことから、見逃し率の低減、捕捉率の向上に寄与する設定手法といえる（図 3）。

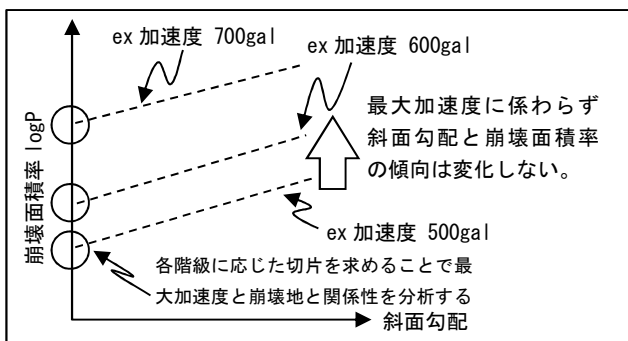


図 3 最大加速度と崩壊地との関係性分析イメージ

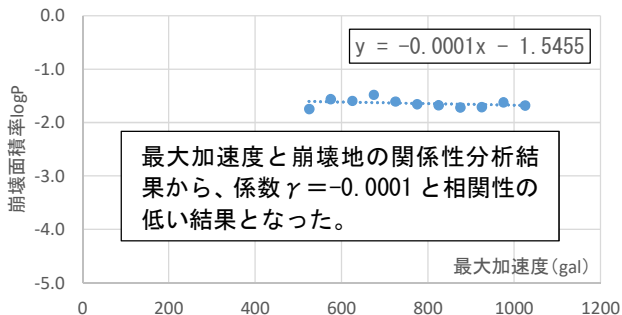


図 4 最大加速度に関する係数 γ の設定

3.3 予測式を用いた評価値分布図の作成

厚真川流域における地形条件や最大加速度と崩壊面積率の分析結果から予測式(1b)を立案した。同式を用いて評価値 F の分布図を作成した(図 5)。

$$\text{予測式: } F = 0.1019I + 0.0906C - 0.0001a \quad (1b)$$

3.4 分類正誤率に基づく妥当性検証

将来的に斜面崩壊リスクマップを作成するためには、予測式により得られた評価値 F に基づき斜面崩壊の発生・非発生を区分する値（閾値）を設定する必要がある。閾値に応じた評価指標（分類正誤率、空振り率、見逃し率）の算定結果を図 6 に示す。分類正誤率や見逃し率は右肩上がりの傾向を示す一方で、空振

り率は閾値を 1.0 とした場合に下限値(81.4%)を示す。

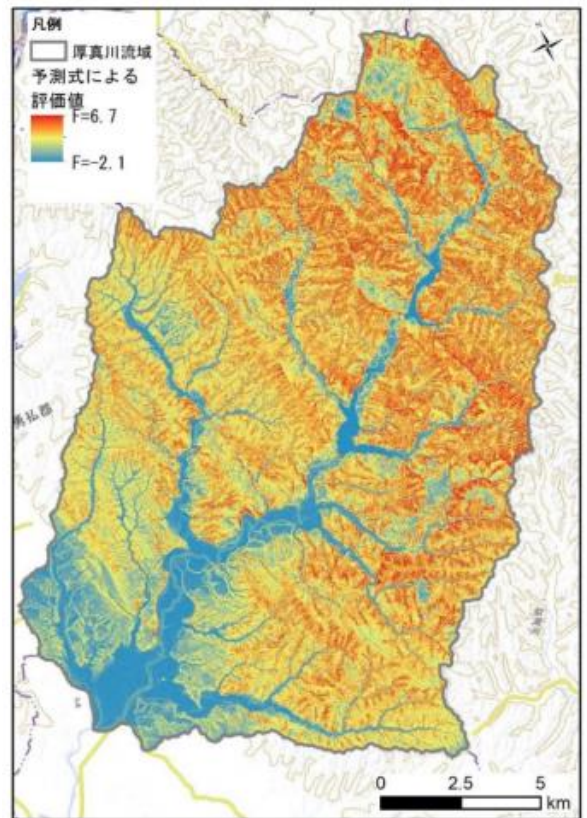


図 5 厚真川流域における評価値の分布図

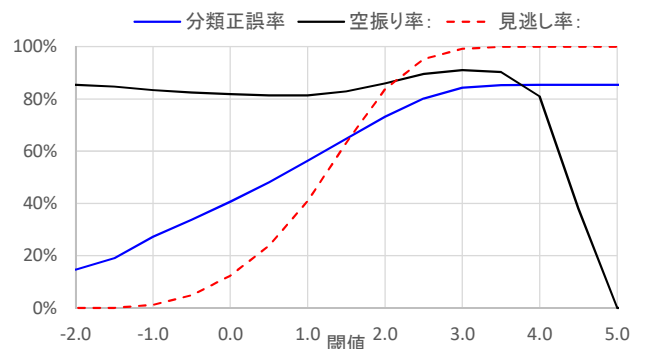


図 6 閾値に応じた分類正誤率・空振り率・見逃し率

4. おわりに

本報告の予測式は見逃し率を低減させると空振り率が増加する相反関係にあること、厚真ダムより上流域での評価値は高い一方で、実際の崩壊地はほぼ認められないことといった課題がある。この要因として、本報告では、テフラの影響により非常に緩い勾配で崩れた斜面崩壊を対象として立案した予測式を、急斜面が卓越しテフラ層厚の比較的薄い厚真ダム上流域にも適用していることなどが考えられる。既往報告²⁾によれば、厚真川流域で発生した斜面崩壊と関連する指標としてテフラ層厚や地下水分布との関連性が示唆されていることから、今後はテフラ層厚や地下水分布等に注目した予測式の高精度化を進める必要があると考える。

参考文献；

- 1) 国総研資料 204 号, 2004.11, 地震による斜面崩壊危険度評価手法に関する研究, 国土技術政策総合研究所 土砂災害研究部 砂防研究室
- 2) 例えば 柳井清治, 北海道中央部山地斜面における火山灰層の分布と胆振東部地震による斜面災害, H31(公社)日本地すべり学会北海道支部・北海道地すべり学会総会・特別講演