

# 平成 30 年 北海道胆振東部地震における斜面崩壊危険度評価式に関する検討事例

八千代エンジニアリング株式会社 ○横尾公博、河又久雄、高瀬蔵  
 国土交通省 北海道開発局 室蘭開発建設部 苫小牧砂防海岸事務所 岩田清徳、本間雄介、宮崎亮直

## 1. はじめに

平成 30 年 9 月 6 日の北海道胆振東部地震では、北海道厚真町を中心に多数の斜面崩壊が発生した。地震に伴う斜面崩壊に対するハード及びソフト対策を効果的かつ効果的に行うには、崩壊が発生する可能性の高い斜面を事前に予測することが必要である。崩壊の発生する斜面を事前に予測するために、既往研究成果<sup>1)</sup>を参考として、厚真川中上流域、安平町、むかわ町毎に斜面崩壊の危険度を評価する以下の式(以降、評価式)が検討されている<sup>2),3),4)</sup>。

■評価式： $F = kI + \alpha C + \beta a + \gamma$  (1a)  
 ここに、F:評価値、I:斜面勾配(°) a:最大加速度(gal)、C:平均曲率(cm<sup>-1</sup>)、k αβγ は係数及び定数である。

既往検討では、市町村界や河川流域を評価式の作成範囲として(1a)式の係数や定数が検討されてきた。本報告では、主に崩壊が集中した全範囲を対象として、評価式を検討し、過年度検討した評価式との係数の比較を行った。次いで、説明変数のうち、斜面崩壊の誘因となる最大加速度の代替として、テフラ層厚を取り入れた評価式を試行的に検討した結果を報告する。

## 2. 全崩壊式の作成

### 2.1 評価式作成範囲の設定

評価式の作成は限られた範囲を対象とするほど、作成対象範囲内での精度は向上する一方で、指向性が高くなり、他流域へ適用する際に、評価精度が低下する可能性も考えられる。本検討では、より汎用性に優れた評価式を立案するため、北海道胆振東部地震による崩壊地全体を対象とした評価式(全崩壊式)を検討する。

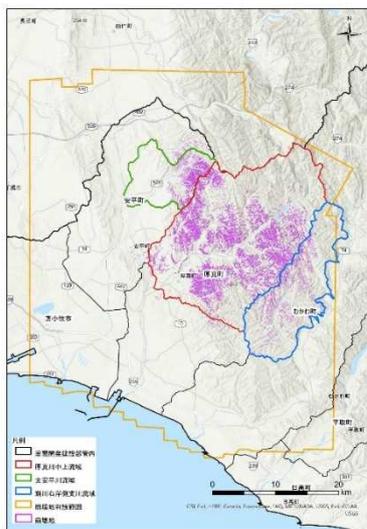


図1 全崩壊式の作成範囲

全崩壊式の作成範囲としては、崩壊地判読が行われた全範囲とすることも考えられるものの、左記範囲は極めて広域であることから、全範囲を対象とした場合では、平地部や汀線付近などの全く崩壊の認められない範囲も含むこととなり、評価式の精度低下が懸念される。したがって、斜面崩壊が主に発生しており、かつ、既往検討において個別の評価式を検討している「①厚真川中上流域」、「②支安平川流域」「③鶴川右岸側部の支川流域」を統合した範囲とした(図1 赤・緑・青の流域界)。

### 2.2 全崩壊式の作成

全崩壊式の解析サイズは既往報告<sup>2)</sup>を踏襲し、10m×10m メッシュとした。全崩壊式作成範囲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評価式

(1a)の係数を算出した。作成した評価式を(1b)に示す。

■評価式(崩壊全範囲:全崩壊式) (1b)  
 $F = 0.0878 \cdot I + 0.0004a - 1.7795 + 0.072 \cdot C$  (C < 0)  
 $F = 0.0878 \cdot I + 0.0004a - 1.7795 - 0.1944 \cdot C$  (C > 0)  
 ■評価式(厚真川中上流域:厚真式) (1c)  
 $F = 0.1019 \cdot I + 0.0005a - 1.9368 + 0.0738 \cdot C$  (C < 0)  
 $F = 0.1019 \cdot I + 0.0005a - 1.9368 - 0.2957 \cdot C$  (C > 0)  
 ■評価式(支安平川流域:安平式) (1d)  
 $F = 0.0853 \cdot I + 0.0005a - 1.7248 + 0.0167 \cdot C$  (C < 0)  
 $F = 0.0853 \cdot I + 0.0005a - 1.7248 - 0.2358 \cdot C$  (C > 0)  
 ■評価式(鶴川右岸部支川流域:むかわ式) (1e)  
 $F = 0.0732 \cdot I - 0.0026a + 0.4502 + 0.0615 \cdot C$  (C < 0)  
 $F = 0.0732 \cdot I - 0.0026a + 0.4502 - 0.1335 \cdot C$  (C > 0)  
 ※(1c),(1d),(1e)式は既往検討結果

## 2.3 全崩壊式の精度検証

全崩壊式の精度検証として、(1b)~(1e)式の分類正誤率、空振り率、見逃し率を整理した。分類正誤率は発生・非発生を区分する閾値によって算出される値であり、本検討では分類正誤率が 50%±1%に収まるように閾値を設定し、空振り率と見逃し率を比較することとした。分類正誤率を評価対象範囲に適用した際の評価指標(分類正誤率、空振り率、見逃し率)を整理した。比較結果を図2に示す。全崩壊式と各評価式で、空振り率と見逃し率に大きな差異は無く、同等程度の精度を有することが確認できる。このため、地震に伴う斜面崩壊のリスクを評価するにあたり、北海道胆振東部地震による崩壊地全体を対象とした評価式(全崩壊式)の適用性が示唆される結果となった。

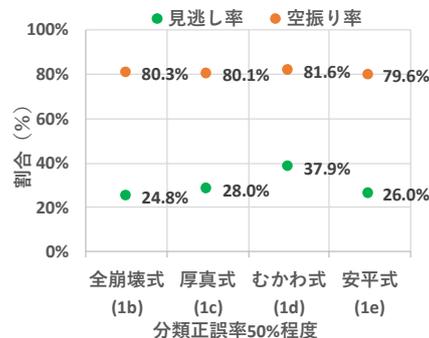


図2 各評価式の精度検証

## 3. 説明変数へのテフラ層厚の適用

### 3.1 崩壊地内のテフラ層厚分布

評価式の説明変数にテフラ層厚を適用するにあたり、評価式を検討した際の解析メッシュサイズである 10m×10m メッシュ毎のテフラ層厚を整理した。解析メッシュ毎のテフラ層厚は、図3のとおり崩壊メッシュと非崩壊メッシュに分類して集計した。図3 崩壊メッシュのイメージ整理結果を図4に示す。崩壊メッシュと非崩壊メッシュではピークに明確な差があり、両者をよく分離できていると言える。したがって、最大加速度の代替としてテフラ層厚を評価式の説明変数として適用することは妥当であると言える。

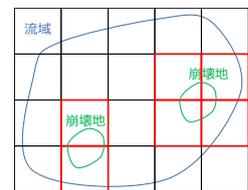


図3 崩壊メッシュのイメージ整理結果

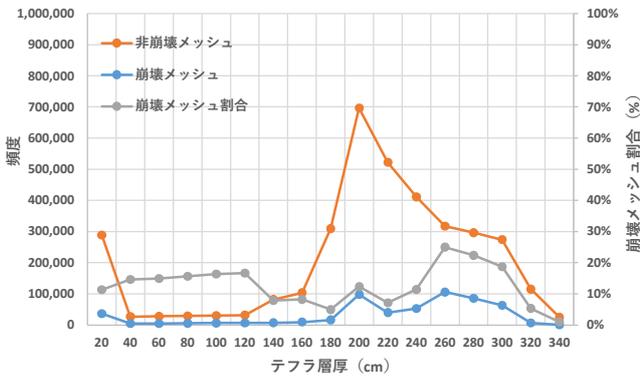


図4 崩壊有無によるテフラ層厚の分布傾向

### 3.2 テフラ層厚を考慮した評価式の検討

前述した評価式(1a~1e)は、崩壊面積率と説明変数の相関係数から、斜面崩壊の危険度を評価する式である。テフラ層厚※についても同様に、テフラ層厚に階級を設定し、階級毎の崩壊面積率をプロットし、近似式の直線の傾きから(2a)式に示す斜面勾配と崩壊面積率の関係式の係数 $\epsilon$ を設定した。

※本報告によるテフラとは厚真川中上流域に主に分布するTa-dやEn-aなどの粗粒軽石層を指す。

■評価式： $F = kI + \alpha C + \epsilon T$  (2a)  
ここに、 $T$ ：テフラ層厚(cm)、 $\epsilon$ は係数である。

設定結果を図5に示す。テフラ層厚と崩壊面積率に相関関係は認められず、評価値への影響は小さい結果となった。これは、テフラ層厚は斜面勾配が一定以上になると減衰することが確認されていることから、テフラ層厚の減衰式<sup>9)</sup>を適用したことで、一部の崩壊地においてテフラ層厚が薄くなったことによると考えられる。

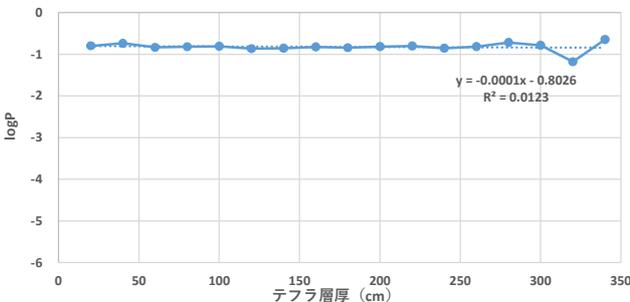


図5 崩壊面積率とテフラ層厚の相関関係

崩壊面積率とテフラ層厚の相関関係は認められない結果となったため、既往研究成果<sup>9)</sup>を参考としたテフラ層特性関数を検討した。同成果では、地震時の斜面崩壊発生には斜面勾配が寄与することに着目し、最大加速度を一定の範囲に限定した上で、斜面勾配と崩壊面積率の関係を分析し、地震動特性関数が立案されている。

北海道胆振東部地震に伴う斜面崩壊発生にはテフラが寄与しているため、上記手法を参考として、テフラ層厚を一定の範囲に限定した上で、左記範囲内の解析メッシュのみで斜面勾配と崩壊面積率の関係を分析することで、テフラ特性関数 $t(T)$ を立案した。作成方法として、テフラ層厚20cm毎に斜面勾配と崩壊面積率の関係をグラフ化し、プロットされた各点からの距離が最小となる直線(傾きは係数 $k$ を設定)に近似した。その直線の切片をさらにプロットし、近似した直線をテフラ特性関数とした。テフラ特性関数と崩壊面積率には

やや相関性が認められる結果となった(図6)。したがって、評価式(1a)に示した最大加速度の項の代替として、テフラ特性関数を用いることとした。左記関数を用いることでテフラ層厚を考慮した評価式(テフラ式)を検討した結果は(2b)に示す。

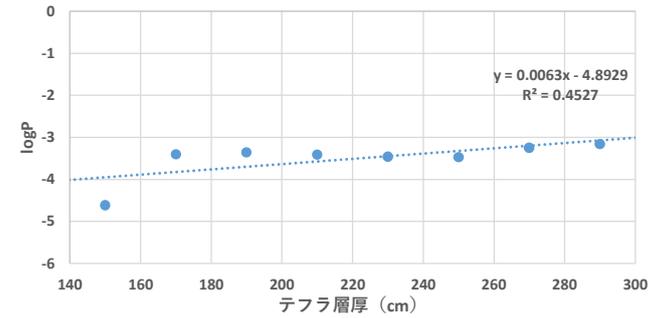


図6 崩壊面積率とテフラ層厚の相関関係(テフラ特性関数)

評価式(説明変数：テフラ層厚) (2b)  
 $F = 0.0878 \cdot I + 0.0063T - 4.8929 + 0.072 \cdot C$  ( $C < 0$ )  
 $F = 0.0878 \cdot I + 0.0063T - 4.8929 - 0.1944 \cdot C$  ( $C > 0$ )

### 3.3 テフラ層厚を考慮した評価式の精度検証

テフラ式を適用した際の評価指標(分類正誤率、空振り率、見逃し率)と全崩壊式を適用した際の評価指標を前章と同様に比較することで、説明変数の違いによる評価式の精度を確認した。比較結果を表1に示す。説明変数として最大加速度を用いた全崩壊式とテフラとした場合で、ほぼ同等の精度であるものの、テフラ式の方が最大加速度を用いた場合と比較して、見逃し率がわずかに改善する結果となった。このため、テフラが厚く堆積する地域において、地震動の推定が困難な場合、テフラ層厚を説明変数として適用することで地震に伴う斜面崩壊の危険度を評価しうる可能性が示唆される。

表1 精度検証結果

分類正誤率 50%程度	全崩壊式	テフラ式
分類正誤率	50.5%	50.6%
空振り率	80.1%	79.6%
見逃し率	27.4%	24.5%

## 5. おわりに

斜面崩壊危険度評価式の作成範囲による係数の傾向を分析し、評価式へのテフラ層厚の適用の可能性について検討した。結果として、最大加速度の代替としてテフラ層厚による危険度評価の可能性が示唆される結果となった。今後は、全崩壊式やテフラ式を用いて斜面崩壊の危険度評価を実施するとともに、その活用方法についても検討していく。

#### 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)横尾公博,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,2021年度砂防学会研究発表会概要集
- 3)高瀬蔵,北海道胆振東部地震におけるテフラ層厚区分に基づいた斜面崩壊リスクマップの作成,2022年度砂防学会研究発表会概要集
- 4)高瀬蔵,平成30年度北海道胆振東部地震における斜面崩壊の危険度評価に関する検討事例,2023年度砂防学会研究発表会概要集
- 5)小西拓海,北海道胆振東部地震水理地質特性とテフラ層厚等を踏まえた斜面リスク評価,2022年度砂防学会研究発表会概要集