

## CNN による H30 年胆振東部地震における崩壊土砂の到達距離の推定

北海道大学大学院農学院 ○富安蓮  
北海道大学大学院農学研究院 笠井美青  
北海道大学大学院農学研究院 山田孝

## 1. はじめに

地震による斜面崩壊は突発的に発生する為、避難はほぼ不可能であり、多くの人命が失われる傾向にある。崩壊による被害は、崩土が流下し、堆積する範囲で発生する。従って被害の軽減の為には、その範囲を事前に推定し、ハザードマップに反映させる必要がある。現在、国では急傾斜地の崩壊によって崩土が到達する基準を、斜面脚部から斜面高の2倍の距離(50 mを超える場合は50 m)とし、その範囲内を土砂災害警戒区域と設定している。しかし2018年北海道胆振東部地震のように、大規模地震の際には、緩勾配の斜面が崩壊し、かつ警戒区域外まで崩土が長距離流動した例が報告されている。そのため、緩勾配の斜面崩壊も含めて、崩土の長距離流動に対応した到達推定モデルの構築が必要とされている。そこで本研究では、胆振東部地震で発生した崩壊を対象に、CNN(畳み込みネットワーク)による分類モデルから崩土の到達距離の推定を行い、その結果について検討する。CNNは、斜面の地形的特徴を面的に表現できるので、崩土の流動プロセスを反映したモデルとなる利点があると考えられる。また推定値を返すのみの回帰モデルと異なり、分類モデルでは、斜面脚部からの距離をクラス分けすることで、各クラス内での崩土の停止しやすさを分類確率である分類スコアにより表すことが出来る。

## 2. 研究対象地

本研究では、胆振東部地震で発生した、北海道厚真町管内の表層崩壊154箇所を分析の対象とした。この地域では、広範囲に渡って降下火砕堆積物(テフラ)が表層を覆っており、それらが強風化して保水性の高い土壌をなしている斜面も多い<sup>1)</sup>。対象の154斜面のうち、110箇所の平均勾配は30度以下であった。また57箇所では崩土が50m以上流下し、最長到達距離は154mであった。いずれの崩壊も崩土が自然に停止したと判断した。

## 3. 方法

CNNにはResNet-50の構造を一部変更したモデルを用いた。崩壊を含む集水域(以下、斜面単位)を、斜面を分析する単位とし、地震直後に取得された航空レーザー測量データを基にその範囲を決定した。モデルの説明変数には、比高、斜面勾配、平面曲率、断面曲率、TWI(Topographic Wetness Index)、土壌分類<sup>2)</sup>を採用した。土壌分類以外の説明変数は、10m数値標高モデル(国土地理院)からArcGIS上で求めた。応答変数である崩土の到達距離 $D$ (m)については、 $0 \leq D < 20$ ,  $20 \leq D < 40$ ,  $40 \leq D < 60$ ,  $60 \leq D < 80$ ,  $80 \leq D < 100$ ,  $100 \leq D$ (m)の6クラスを用意し、各クラス内で得られる分類スコアを崩土の停止しやすさを表す指標とみなした。対象斜面の実際の崩土の到達距離は、崩壊発生前の斜面脚部から崩土の堆積範囲の先端までの最大水平距離として、地震発生前後の空中写真、地震直後に取得された航空レーザー測量データより作成した陰影図と等高線図を用いてArcGIS上で計測した。154の斜面単位と崩土からなる組み合わせのうち1箇所をテストデータとし、残りの斜面単位については、回転によりデータを拡張し、その80%を学習データ、20%を検証データにランダムに分割した。この操作を、各組み合わせに対して行い、計154個のデータセットを作成した。モデルの精度を評価するために、斜面の各クラスで得られた分類スコアについてマイクロ平均法からROC-AUC値を求めた。

## 4. 結果と考察

モデルにおけるROC-AUC値は0.757と適度な精度<sup>3)</sup>を示した。図1では、各斜面単位における最大の分類スコアと、その分類スコアを与えられたクラスで設定された最長距離(例えば $0 \leq D < 20$ であれば20m)と実際の到達距離との差を示す。差の値が負の場合は、崩土の到達距離が推定内に収まる為に安全な推定結果と言える。分類スコアが大きくなるほど、推定されたクラス内もしくは、より短いクラスにて崩土が停止する傾向にあった一方、0.4以下になると、クラスの最長距離よりも20m以上も長く崩土が流下する例が増えたことが分かる。

図2は、6つのクラスのカテゴリスコアが等しい場合の0.167と比べて低い、スコアが0.1以下であるクラスを青色で示す。このクラスは全ての斜面単位に出現しており、全クラス(924クラス)においても45%を占める。実際の崩土の到達距離が含まれるクラスについて、そのカテゴリスコアが0.1以下であった斜面単位は、154箇所内の12%の18箇所であった。また、そのうちの15箇所(10%)については、モデルによって推定されたクラス(赤色)よりも崩土が長距離移動した。従って90%の斜面単位においては崩土の到達のしにくさがスコアによって表現できたと言える。また、カテゴリスコアが0.4以上のクラス(黒枠)は、924クラスの9%を占め、86斜面単位に出現した。そのうちの71%にあたる61斜面単位にて崩土は該当(54斜面単位)もしくは低位(7斜面単位)のクラスにて停止した。

以上から、本研究で示した分類モデルでは、崩土の到達距離の推定がある程度可能であること、またカテゴリスコアに注目する際には、0.1と0.4が基準値となり得ることが示された。しかし本研究で用いたデータでは、実際の崩土の到達距離が50m以下であったケースが63%を占め、図2では、崩土の到達距離が長くなるほど得られるカテゴリスコアも低くなる傾向があることが分かる。今後は、他地域において崩土の長距離流動が起こった崩壊についても本研究で構築したモデルに組み込み、また説明変数についても修正を加えていくことで、モデルの精度と汎用性の向上を図る必要がある。

### 謝辞

本研究で使用した航空レーザー測量データ及びオルソ写真は、北海道開発局室蘭開発部より提供いただいた。本研究は、令和4年度(一財)北海道河川財団の助成で実施した。ここに謝意を表す。

### 参考文献

- 1) 「地震による地すべり」刊行委員会編: 地震による地すべり災害 2018年北海道胆振東部地震, 北海道大学出版会, 2020.
- 2) 国立開発法人農業・食品産業技術総合研究機構, 土壌図, <https://soil-inventory.rad.naro.go.jp/figure.html>.
- 3) Swets, J. A.: Measuring the accuracy of diagnostic systems, Science, Vol. 240, pp.1285-1293,1988.

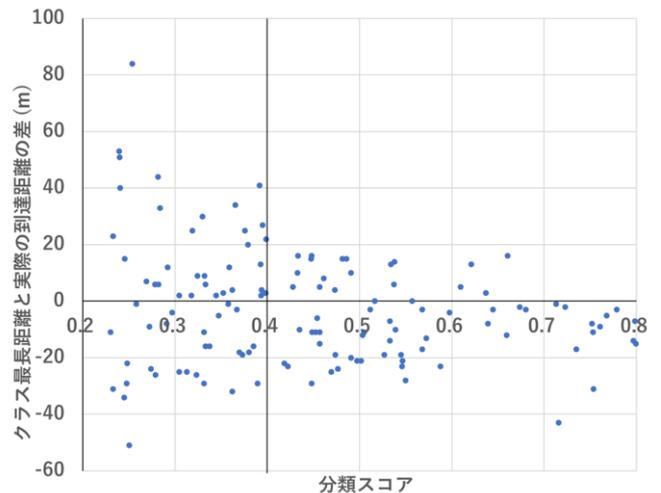


図1: 各斜面単位における最大の分類スコアと、そのスコアを示すクラスの最長距離と実際の到達距離との差

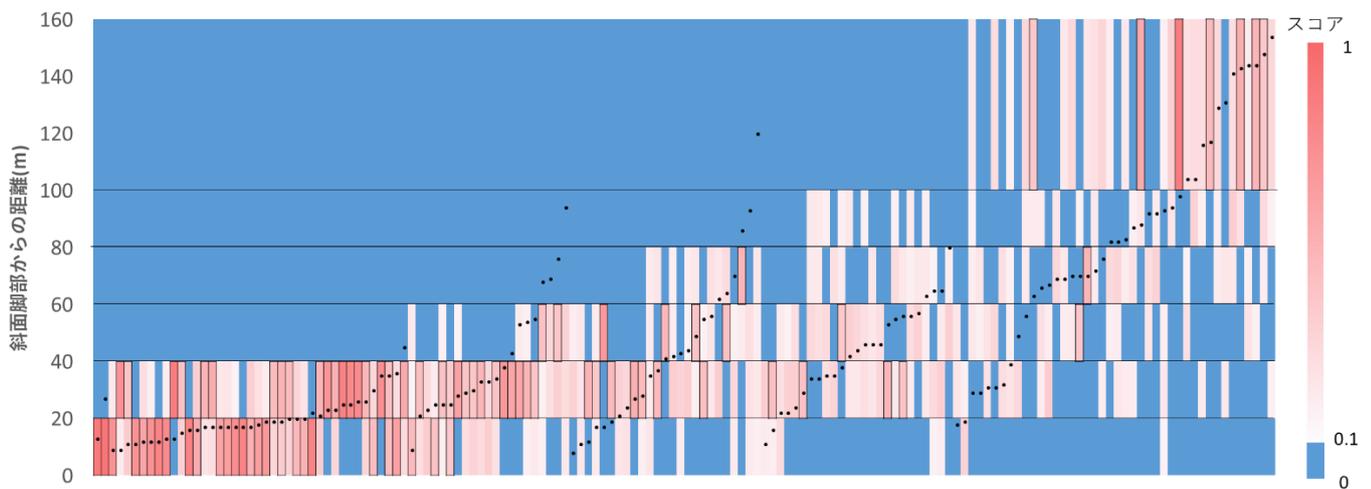


図2: 各斜面単位における分類スコア。スコアが0.1以下のクラスは青で、0.4以上となったクラスは黒枠で示す。黒点は実際の到達距離。