

深層学習を用いた崩壊危険斜面の判別モデル

京都府立大学院 三好岩生，吉田真歩^{※1}，調勇太郎^{※2}，藤尾郁登^{※3}，○塚田幹生

(※1：現 大日本ダイヤコンサルタント，※2：現 辻井木材株式会社

※3：現 砂防・地すべり技術センター)

1 はじめに

深層学習を用いた崩壊危険地の予測に関する研究はこれまでも行われてきたが，学習に使用する画像の条件や学習アルゴリズムなどの組み合わせは研究ごとに異なり，高い汎用性と高い正答率を得るための条件が定まっていない。そこで，深層学習に適用する最適な画像や学習条件の検討といった判別モデルの構成に関する検討と，モデルの地質条件や降雨特性の違いに対する汎用性の検証を行い，汎用性の高い崩壊・非崩壊判別モデル作成に向けての知見を得ることを目的として本研究を行った。

2 解析方法

2.1 解析対象

解析対象は京都府全域において平成16年から令和2年に発生した斜面崩壊地（計156カ所）である。判別モデルの汎用性検証のため，地質や降雨イベントが異なる崩壊事例を対象としている。崩壊地の面積の中央値は713m²であり，地質は崩壊地全体の63%が付加体で，他に花崗岩や三紀層などが含まれた。崩壊地の平面形状は，京都府の4つの広域振興局と京都林務事務所によって森林計画図や治山事業実施計画表などに書き込まれていたものを使用した。

2.2 解析方法

京都府全域において，航空レーザー測量データをもとに京都府交通建設部が整備した0.5mメッシュのDEMを用いて，GISにより各メッシュの地形条件を解析した。崩壊発生に影響を与える主な地形条件を傾斜，凹凸（TPI），集水面積（累積流量）の三要素と考え，それぞれの値をRGBの濃淡に置き換えて各メッシュに着色した。図-1のように，すべての崩壊地の平面形状をポリゴン化して着色したメッシュマップにオーバーレイし，その重心を中心とした160m四方の範囲を切り出して深層学習に供する「崩壊パッチ」画像（計156枚）とした。また崩壊地に隣接しながら崩壊が発生しなかった斜面から，崩壊画像周囲8区画の160m四方の画像を作成し，それらの中から崩壊パッチと起伏量が同じレンジにある画像を選んで「非崩壊パッチ」（計721枚）とした。さらに，作成した崩壊パッチ，非崩壊パッチそれぞれを回転，上下反転してデータを8倍に水増しする処理を行って，画像数の正答率への影響を調べた。深層学習の学習アルゴリズムはVGG11とResNet-50を用いた。結果として最も正答率が高かった画像の水増し無しでアルゴリズムとしてResNet-50を用いた解析に対しては，画像のサイズを100m四方に縮小させた場合の判別も行い，画像サイズの大きさの正答率への影響についても調べた。学習パターンは，いずれも作成した画像の9割を学習に用い，残り1割を評価することにより，未知事例に対する判別の正答率を求めた。

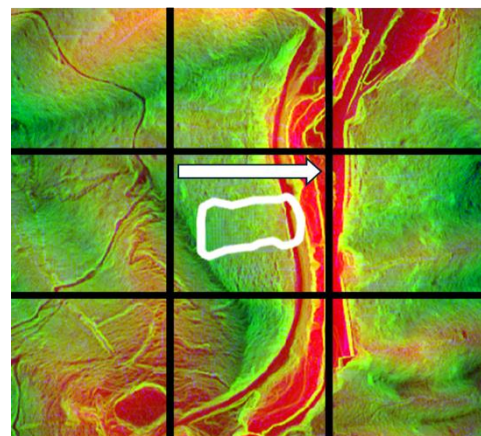


図-1 パッチの取り出し方の例
(白枠・矢印は崩壊部分とその崩壊方向)

3 結果と考察

深層学習による崩壊地形判別の正答率を表1に示す。学習アルゴリズムに関してはVGG11よりResNet-50で精度が高くなり、アルゴリズムとして層数が多いモデルが適している可能性が示唆された。水増しの有無については、水増しを行わないほうが精度は高かった。また、画像の一边が100mの場合は、160mの場合よりも正答率が低く、崩壊地そのものの地形よりも、その周囲の地形によって判別されていると推察された。最も正答率が高かったのは、学習アルゴリズムがResNet-50、水増し無し、画像サイズが160mのときで、平均正答率は79.5%であった。地質や降雨イベントが異なる崩壊事例を対象としているにも関わらず、最大で約8割の正答率を得られたことから、判別モデルに一定の汎用性・実用性が認められる。しかし、地質別に整理した正答率を見ると、特定の地質では正答率が低いことが明らかになった(図-2)。これは、新生代(第三紀)の堆積岩地域内の崩壊には、特有の地形的特徴があることを意味しており、一般的な知見と合致している。したがって、明らかに崩壊のメカニズムや地形に特徴があるとされる地質帯に対しては、他の地質帯と判別モデルを分ける必要があると考えられた。

表1 学習条件別の正答率

学習アルゴリズム	水増し	画像サイズ	最大正答率	最小正答率	平均正答率
VGG11	あり	160m	77.1%	61.3%	68.8%
	なし	160m	78.1%	62.5%	69.8%
ResNet-50	あり	160m	80.9%	64.1%	71.9%
	なし	160m	83.3%	68.8%	79.5%
		100m	81.3%	60.0%	72.1%

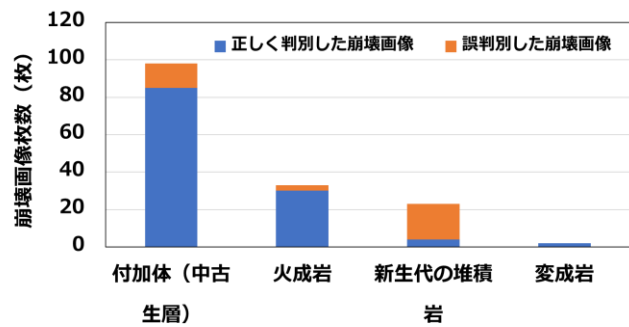


図-2 地質ごとの正しく判別した崩壊画像数と誤判別した崩壊画像数

4 おわりに

本研究では深層学習を構成する学習アルゴリズム、画像数、画像の大きさを変えて、崩壊地形の判別精度を検証した。その際に、多様な地質や降雨条件にある崩壊地を判別対象とすることによって、それらの条件に対する判別モデルの汎用性についても検討した。結果として、深層学習モデルの構成によって正答率に違いがあり、画像数は数百程度と比較的に少なくても、層数の多いアルゴリズムを用いて、崩壊地周囲の地形も含む大きめの画像を対象として判別を行うことにより、およそ8割という高い判別精度が得られた。また、特定の地質帯においては判別モデルを別に構築する必要があることなどが明らかになった。

深層学習による崩壊地形の判別モデルには多くの構成要素があり、最適モデルの特性を明らかにするためにはさらに多くの試行錯誤が必要である。

【参考引用文献】

- ・周国伝・横矢直道・陳光斉・北園芳人 (2008) : GIS を活用した数量化理論による斜面崩壊ハザードマップ作成手法の開発と適用, 応用地質, 49 巻 1 号, p.2-12
- ・松田紋佳 (2023) : 深層学習による崩壊発生危険斜面の判別, 京都府立大学修士論文