

## 高速道路法面の豪雨時崩壊確率推定のための素因データ分析と深層学習による評価

東北大学 学 ○大塚智貴 正 加村晃良 フ 風間基樹  
東日本高速道路株式会社 正 長尾和之

### 1. はじめに

東北地方の高速道路法面が降雨を誘因として崩壊に至った事例は、1994年から2019年の間に切土で138件、盛土で103件報告されている。近年激甚化する集中豪雨に対し、道路管理者には予防保全的な法面の維持管理が求められている。本研究では、法面が有する地形地質などの情報を素因、降雨データを誘因として作成したデータセットによる深層学習モデルを構築し、高速道路法面の豪雨時における崩壊確率を推定した。また、データセット中の素因データに関する分析を実施した。さらに、それら素因の点数化に関する一手法を提案した。

### 2. 評価に用いる深層学習モデルの概要

深層学習モデルは、芳賀ら<sup>1)</sup>が提案した手法に基づき、法面崩壊に関する「素因」と「誘因」および崩壊の有無を示す「正解ラベル」からなる構造とした。構築した深層学習モデルは、この正解ラベルに対応する崩壊確率をアウトプットする。素因の学習には長尾ら<sup>2)</sup>が提案した項目を用いるが、本研究はこの項目に対する評価点の配分に関する検討・分析を行うものである。なお、降雨情報については、気象庁が提供する解析雨量から算定される1時間、24時間、48時間、72時間、168時間の各累積雨量<sup>3)</sup>を用いた。

### 3. 素因データの分析

本研究では深層学習モデルにおける素因の法面の崩壊危険度の点数化に着目するが、上述の長尾らによる方法<sup>2)</sup>は2017年までのデータに基づき、各崩壊事例における素因点数の合計が60点以上になるよう重みづけ調整がされたものである。点数づけによる崩壊閾値の設定は、効率的な維持管理において1次スクリーニングが可能となるメリットがある一方で、新たな事例データの適用に対しては都度検証す

る必要があるなど課題が残る。そこで、2019年までに蓄積された東北地方における高速道路の全法面データ（法面6904箇所、うち崩壊138箇所）を対象に重回帰分析を実施し、その結果から崩壊に対する素因各項目の影響度合いを決定する手法について検討した。

素因の分析方法には、ロジスティック回帰分析を採用した。本手法は、法面の崩壊・非崩壊といった二値分類問題であっても、それらを目的関数とした分析を行うことができるといったメリットがある。説明変数の属性が任意に選択でき、各データと目的関数の因果関係をオッズ比、すなわち正規化された重みとして評価できると、深層学習への適用性も高まるため有意義である。

### 4. 回帰分析による素因評価と従来手法との比較

表2に、2019年までの東北地方における高速道路の全法面データに対して行ったロジスティック回帰分析の結果を示す。これら各項目（地形、土質・地質、崩壊性の構造）内におけるオッズ比の相対的な大小関係に着目すると、表1における項目内の順位と同傾向を示していることが分かる。また、例えば、各項目内で同率順位であった「崖錐地形」と「尾根地形」や、「スレーキング性の岩」と「花崗岩」のような素因については、本手法により点数配分の差別化が図られていることも分かる。

これらより、先行研究における各項目（地形、土質・地質、崩壊性の構造）内の素因の大小関係には一定の妥当性が認められる。一方で、オッズ比に基づく正規化後のスコアリングは、表1とは有意に異なっており、2019年までのデータを網羅的に分析したことの効果や、点数化の手法そのものの違いによる影響が現れたものと考えられる。しかし、この比較だけでは本手法の効果の有無は論ぜられないため、

表1 従来研究における素因評点<sup>2)</sup>

項目	素因	配点	機械学習に用いた評点
地形	崖錐地形	35	0.7
	集水型傾斜	50	1
	尾根地形(頭部開発行為あり)	35	0.7
	尾根地形(頭部開発行為なし)	5	0.1
切土法面地山の土質・地質	土砂	35	0.875
	ローム	25	0.625
	スレーキング性の岩	40	1
	花崗岩(まさ土含む)	40	1
	非スレーキング性の岩	10	0.25
崩壊性の構造	断層または褶曲軸有	10	1
	断層および褶曲軸なし	0	0

表2 回帰分析結果および素因の評点

項目	素因	オッズ比	機械学習に用いる評点
地形	崖錐地形	0.639	0.406
	集水型傾斜	1.573	1.000
	尾根地形(頭部開発行為あり)	1.000	0.636
	尾根地形(頭部開発行為なし)	0.150	0.095
切土法面地山の土質・地質	土砂	0.992	0.564
	ローム	0.668	0.380
	スレーキング性の岩	1.000	0.569
	花崗岩(まさ土含む)	1.759	1.000
	非スレーキング性の岩	0.356	0.203
崩壊性の構造	断層または褶曲軸有	1.000	1.000
	断層および褶曲軸なし	0.619	0.619

keywords 深層学習, 斜面安定, 豪雨

連絡先 〒980-0845 宮城県仙台市青葉区荒巻青葉 6-6-06 東北大学 建築・社会環境工学科 地盤工学分野

