

深層学習を用いた豪雨による斜面崩壊発生と道路の復旧日数予測及び交通への影響評価

中央大学大学院 学生会員 ○高山薫

中央大学 正会員 佐藤尚次

1. はじめに

近年、日本では地震・豪雨といった災害が数多く発生しており、それらから起因して起こる二次災害が問題視されている。令和4年7月に九州地方で発生した線状降水帯や、同月の埼玉県豪雨により、被災地では多くの路面冠水や土砂災害の事例が報告され、いたるところで通行止めが発生するなど、交通インフラに大きな影響を及ぼした。

大坪¹⁾は、土砂災害による道路被災事例の収集・分析及びそれらをもとに加重平均法を用いた復旧日数の予測法を提案し、長野県東部にある国道299号が被災したと仮定したうえでの復旧日数の予測及び交通ネットワークの評価を行った。

本研究では、深層学習を用いた災害による道路被害の復旧日数と影響評価を行い、道路被害の程度や復旧日数にかかわるような要因を提起したのち、後述の研究対象地域において豪雨が発生した際の斜面崩壊の発生の有無及び発生した際の復旧日数の予測モデルの作成を目的とする。

2. 研究方法

ある降雨が発生した後の斜面崩壊の発生の有無及び発生した際の復旧日数の推定を行うために以下の研究手法をとることとする。

- 1) 国土交通省が公表している災害報道資料²⁾などをもとに台風による暴風雨や梅雨前線による集中豪雨といった豪雨による斜面崩壊・非崩壊の事例の選定を行い、地形・地質・交通量・累積雨量といった項目の収集を行い、復旧日数や斜面崩壊の発生の有無が出力側、それ以外の項目が入力側となるような教師あり学習の深層学習のモデルの構築を行う。この時、地形⁶⁾・地質（堆積岩・付加体・火成岩・変成岩）⁷⁾といった質的変数は、ダミー変数を用いた数値化により評価を行う。
- 2) 対象地域において豪雨が発生したことを想定し、1)で作成したモデルを用いて斜面崩壊発生の有無、道路の復旧日数を算出する。想定する豪雨は、高知県HP⁸⁾に公開されている確率日雨量および降雨強度式（式(1)）を用いるものとする。

$$I = C_t \times R_{day} \quad (1)$$

この式においてIは降雨強度(mm/hr)、 C_t は観測所の日雨量に対する特性係数、 R_{day} は一日降水

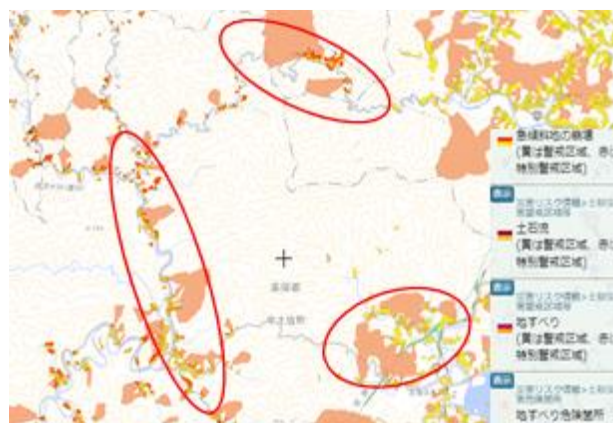


図-1 中土佐町・津野町・須崎市の
土砂災害警戒区域

量を表しており、特性係数は船戸観測所の値を用いるものとする。

- 3) 先行研究である「土砂災害による道路復旧可能性と交通への影響評価」同様に、平常時と道路災害発生時それぞれの交通量、移動時間の比較をそれぞれ行う。通常時の交通量・移動時間は道路交通センサスのデータ、災害時の交通量・移動時間予測については交通量配分ソフトAPS—NETを用いて対象地域の道路のモデル化を行い、そこから被災した道路を削除したものを災害発生後の道路ネットワークとして作成し、交通量配分を行い、比較・検討を行う。

3. 選定した事例について

北海道・東北・関東・中部・近畿・中国・四国・九州で起きた一般国道（直轄国道・補助国道）における豪雨が主原因の斜面崩壊による被災事例の収集を行った。発生時期は、降雪および融雪の影響を除いて考えるため、5月～10月の事例を選定した。

非崩壊事例に関しては、過学習の回避を兼ねて、降雨のないパターンに加え、気象庁のHP⁹⁾に掲載されているリーフレットを参考に、様々な降雨パターンを選定した。

4. 対象地域のモデル化

令和4年3月末に国交省が公表した「全国における土砂災害警戒区域等の指定状況」²⁾から、土砂災害警戒区域の多い区域を抽出したのち、気象庁の記録的短時間大雨情報データベース³⁾を用いて、豪雨による土砂災害の発生が懸念される都道府県の抽

キーワード 土砂災害 道路復旧 復旧日数 深層学習 交通量シミュレーション

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 Tel 03-3817-1816 Fax 03-3817-1803

E-mail: a19.f4rb@g.chuo-u.ac.jp

出を行ったその結果、高知県を選定した。その中でも中土佐町・津野町・須崎市を対象地域とする。選定した対象地域はいずれも険しい山々に囲われており、図-1⁴⁾の赤丸で囲まれている部分など、道路と土砂災害警戒区域が重なっている部分が見受けられる。

平常時の交通量と土砂災害の発生により道路閉塞が生じたときの交通量を比較する。まず初めに「道路交通センサス」の交通量データと交通量配分ソフトAPS—NETを用いて道路現況再現を行い、対象地域内の道路のモデル化を行った。その結果、対象地域内を東西に横断する幹線道路の交通量が多く、

図-1と比較してみると土砂災害警戒区域も散見されていることがわかった。また、周辺の道路は交通量が少ないことから、可能交通容量も少ないことが推測でき、道路閉塞時に代替路・迂回路として十分に機能しないことが予測され、対象地域内を東西に横断する幹線道路が被災した場合、対象地域内の交通ネットワークには多大な被害が及ぼされることが懸念される。

以上より、東西を横断する道路内で、土砂災害警戒区域に指定されており、且つ船戸観測所から近距離にあるという条件を満たす被害想定箇所を2カ所選定した。

5. 研究結果

本研究では、復旧日数推定型・崩壊発生判定型ニューラルネットワーク(NN)の作成と確率降雨量(2年・10年・30年)を用いた被災箇所への実装、交通量シミュレーションを行った(図-2)。この際、崩壊発生判定型NNでは説明変数の異なるモデルを3タイプ作成(入力データは、地質、傾斜度、標高、一時間最大雨量、累積雨量に加え、タイプ1は地形、タイプ2は形成年代、タイプ3は地形と形成年代とする)し、最も適性が高いとされるタイプを被災推定に用いるものとする。

深層学習のモデル作成を試みた結果、復旧日数推定型NNは平均復旧日数誤差が約24日、崩壊発生判定型NNは表-1となった。全体的中率の高さと偽陰性率の低さから、タイプ2を用いて被災推定を行った。

その結果、確率降雨量2年では被災箇所無し、10年では1ヶ所被災(復旧日数90日)、30年では2ヶ所被災(復旧日数107日、78日)となった。

交通量シミュレーションでは、確率降雨量2年では対象地域内の道路をそのままモデル化した図となり、10年の場合では2つのリンク、30年の場合では8つのリンクの交通量が変化した。

6. おわりに

本研究では、深層学習を用いた豪雨による道路の被災推定と交通影響評価を行った。今後は説明変数を修正するとともに適宜ハイパーパラメーターを調整し、モデルの精度向上に努めていきたい。

表-1 崩壊発生判定型の出力結果

タイプ1			タイプ2		
予測値\実測値	未発生	発生	予測値\実測値	未発生	発生
未発生	69	9	未発生	76	9
発生	16	66	発生	9	66
全体的中率		84.375	全体的中率		88.75
偽陽性率		19.512	偽陽性率		12.000
偽陰性率		11.538	偽陰性率		10.588

タイプ3		
予測値\実測値	未発生	発生
未発生	75	11
発生	10	64
全体的中率		86.875
偽陽性率		13.514
偽陰性率		12.791

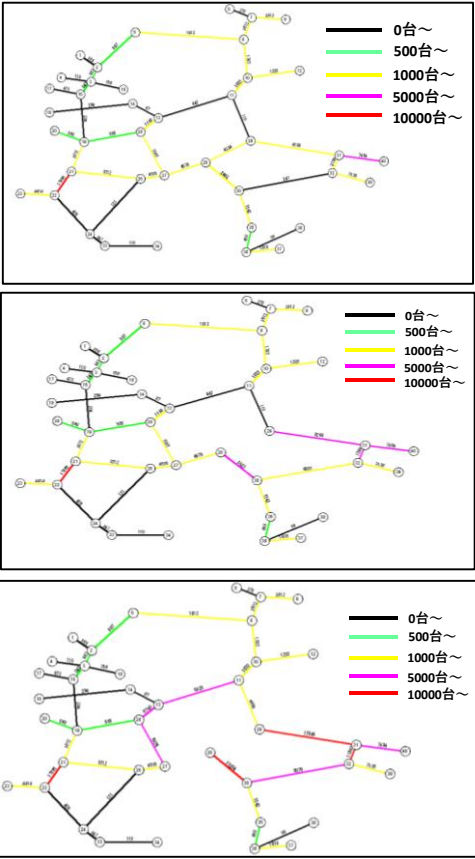


図-2 研究結果(上から2年・10年・30年)

参考文献・出典

- 1) 大坪 弘幸, 佐藤 尚次: 土砂災害による道路復旧可能性と交通への影響評価
- 2) 全国における土砂災害警戒区域等の指定状況(国土交通省)
- 3) 記録的短時間の雨情報データベース:
<http://agora.ex.nii.ac.jp/cps/weather/rare-rain/#past>
- 4) 道路防災情報 web マップ
- 5) [国土交通省 \(mlit.go.jp\)](http://www.mlit.go.jp)
- 6) 地形分類図(国土交通省)
- 7) 地質図 Navi(産総研)
- 8) 高知県の確率日雨量分布図と確率規模別の降雨強度算定について | 高知県庁ホームページ (kochi.lg.jp)
- 9) 気象庁 | リーフレット「雨と風(雨と風の階級表)」
 [\(jma.go.jp\)](http://www.jma.go.jp)