

地域への適用性を考慮した斜面崩壊発生確率アウトプット利用の検討

福島大学大学院共生システム理工学研究科 学生会員 齋藤 洋介

長野県環境保全研究所 非会員 富樫 均

福島大学共生システム理工学類 正会員 川越 清樹

1. はじめに

近年，地球温暖化の影響により，日最大降雨量の再現期間の短縮予測や将来的な豪雨頻度の増加，無降雨期間の長期化といった降水の極端化が進んでいる．国連気候変動に関する政府間パネル（IPCC：Intergovernmental Panel on Climate Change）の特別報告書では，日本は現在の再現期間 50 年の降雨が将来的に短縮されると予測されている¹⁾．降雨が誘因となる土砂災害(斜面崩壊，土石流，地すべり)は死傷リスクが高く，国土交通省によると 2015 年における過去 10 年間の土砂災害発生件数は，年平均 1,049 件報告されている．これらのことから土砂災害に対する将来も踏まえた対策の強化が望まれている．以上の背景から，気候変動に対する土砂災害の危険度評価研究が積極的に進められている．例えば川越らは多重ロジスティック回帰分析を用いた斜面崩壊発生確率モデルを開発し，気候変動による影響を評価している²⁾．だが，広域を対象にした研究が多いため，実際に対策を行う際に具体的な議論が進めにくい側面を持つ．また，防災の最前線で活動する地方自治体が活用できるような地域スケールでの気候変動評価結果も必要である．そこで，齋藤らによって長野県を対象とした地域へ適用できる斜面崩壊発生確率モデルとアウトプットが開発された³⁾．本研究では 2004 年 10 月 23 日の台風 23 号によってもたらされた日降雨量を基に，齋藤らにより開発された土砂災害警戒区域の斜面崩壊発生確率モデルアウトプットの利用検討を行った．対象地域は長野県長野市中条地区および小川村とし，新第三紀層堆積岩の典型的なリスクの評価に着目して実施した．

2. 解析手法およびデータセット

① 斜面崩壊発生確率モデル

齋藤らにより開発された斜面崩壊発生確率モデルは，川越らの 2004 年新潟・福島豪雨により新潟県栃尾市で発生した斜面崩壊事例より構築されたモデルを地域スケール対応型に改良したモデルである³⁾．災害実績データには国土交通省監修の長野県水害統計(H.11-H.25)を利用している(図 1 参照)．空間解像度は 250m×250m，対象地質は災害実績の地質を踏まえ，表 1 に示すような 7 項目を対象としている．以下の(1)式に斜面崩壊発生確率モデル式を示す．

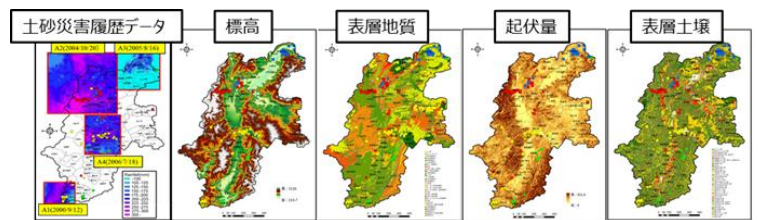


図 1 長野県解析に用いた数値地理情報

表 1 評価地質項目と各説明変数の係数

評価地質項目	起伏量 β_r	動水勾配 β_h	切片 β_0
崖錘堆積物	0.08	1.52	-8.58
安山岩	0.09	0.81	-12.94
花崗岩	0.08	1.00	-10.85
砂 岩	0.08	1.33	-11.21
泥岩(互層含む)	0.02	0.73	-4.08
礫岩(互層含む)	0.11	1.52	-13.74
凝灰岩	0.06	1.26	-8.21

$$P = \frac{1}{1 + \exp[-(\beta_0 + \beta_h \cdot \text{hyd}Y_h + \beta_r \cdot \text{relief}Y_r)]} \quad \text{----- (1)}$$

ここで， P ：崩壊発生確率， β_0 ：動水勾配係数， β_h ：起伏量係数， $\text{hyd}Y_h$ ：動水勾配， $\text{relief}Y_r$ ：起伏量である．起伏量は最高標高と最低標高の差から導出している．動水勾配は，まず斜面傾斜度と表層土壌データから擬似二次元断面を作成した．降雨量にはレーダーアメダス解析雨量を用い，擬似二次元断面と降雨条件から不飽和浸透解析を行った．これらを用いて地質ごとにモデル式が作成された．使用データは起伏量，斜面傾斜度，表層土壌，土砂災害警戒区域は国土数値情報から，表層地質は長野県デジタル地質図 2015，降雨量は国土交通省のレーダーアメダス解析雨量を使用している．

② 現地踏査

長野市中条地区および小川村の警戒区域内現地踏査を実施した．これらの地域に含まれる急傾斜地警戒区域は 546 箇所(平成 29 年 2 月時点)と非常に多いため短時間で状況を把握することができない．以上より，長野県砂防部から提供して頂いた既存資料を基に保全対象度の高い地点を厳選して，変動状況，対策有無，地表・地下水の流出状況を調査した．この結果を基に既存資料，解析結果との比較を行った．

③ 危険基準の検討

モデルアウトプットを社会の防災に活かす上で危険基準の設定が必要となる．基準の設定により以下のような対策が検討でき，防災力の向上に繋げることが可能となる．

キーワード：気候変動，斜面崩壊

福島県福島市金谷川 1 福島大学共生システム理工学類

Tel and Fax 024-548-5261

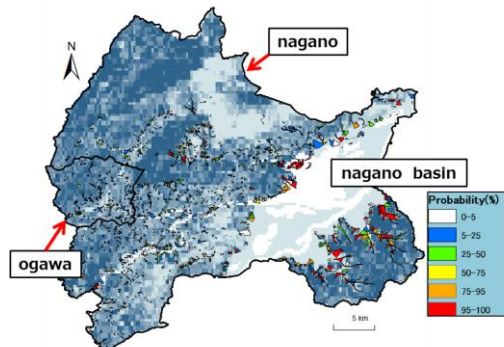


図2 長野市・小川村の崩壊発生確率マップ

表2 警戒区域と現地踏査の比較

	①警戒区域内の最大確率 K25S88096 和沢	②現地踏査の最大確率 K25S89091 田越	③警戒区域内の最小確率 K25S89075 百瀬	④現地踏査の最小確率 K25S89076 城下1
発生確率(%)	99.84	70.39	0.00	0.41
日降雨量(mm)	225.62	233.67	225.42	227.29
起伏量	124.60	117.90	124.6	60.10
地形地質状況等	尾根状地形を呈する右翼斜面で東向きの一斜面。下端部は崖倉田内傾。下端延長50m、大生木の針葉樹が優勢。粘土・礫質土が混在。	左端の尾根地形と右端の沢状地形に挟まれた平面形状で凹状。下端延長263m。針葉土・常緑樹の混在。粘土、砂質土、礫質土混在。	南向き斜面。下端延長76m。上端上方は緩傾斜の山林。下端下方は平坦地。集落及び農地。雑木林。下向きが密生。礫質土・砂質土等が混在。	西向き斜面。下端延長336m。斜面左側は土が剥き出し、右端は緩傾斜であるが、礫質土・砂質土混在。
対策施設等状況	一部、農地の土留工としてブロック塀があるが、充分な根拠が与えられていないものの施設効果は見込まない。	なし	なし	①(土留、井桁ブロック塀壁土、延長、など、施設効果有、備考) ※対策施設箇所が多い場合は別ページ

- 気候変動に伴う基準の超過数を見積もることで事前の強化すべき対策の優先度が計画できる。
- 危険基準に達する雨量が確認できるため、自発的な行動が可能である。
- 隣接区域とのリスク比較により広域の避難対策も計画可能である。

本研究では、発生確率モデルより得られた長野市、小川村の警戒区域の発生確率を 5%ごとの階級に分類し、度数分布から発生確率の特徴を調べた。

3. 解析結果

① 斜面崩壊発生確率マップ

2004 年 10 月 23 日の日降雨量での斜面崩壊生確率マップを図 2 に示す。土砂災害警戒区域は、住民や建物が存在している地域において、以下のような条件で設定されている。

- i) 傾斜度が 30 度以上で高さ 5m 以上.
- ii) 急傾斜地上端から水平距離が 10m 以内.
- iii) 急傾斜地下端から急傾斜地の高さの 2 倍以内.

それゆえ、起伏量の大きい地域と小さい地域の境界に警戒区域が多く存在する。

② 現地踏査結果

警戒区域内の最大・最小確率，踏査地域内の最大・最小確率の4地点について既存資料と踏査結果をまとめたものを表2に示す。発生確率が高い和沢と田越については未対策，もしくは擁壁があっても効果を見込まない等，警戒区域に指定されているにもかかわらず対策が脆弱であった。一方，城下1は発生確率が非常に低いものの，効果を有する対策施設が2箇所確認できた。

③ 危険基準の検討

度数分布表(図 3 参照)から、発生確率 20%と 95%において度数に大きな差が見られた。そこから危険度を①低確率(0-20%)、②中確率(20-95%)、③高確率(95-100%)の 3 段階に分け、危険度マップを作成した。また、全体の割合として低確率は 47.3%、中

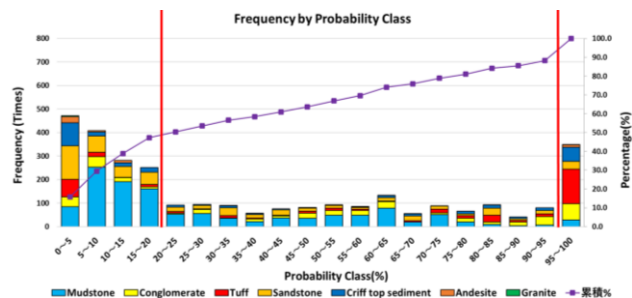


図 3 5%発生確率ごとの度数分布

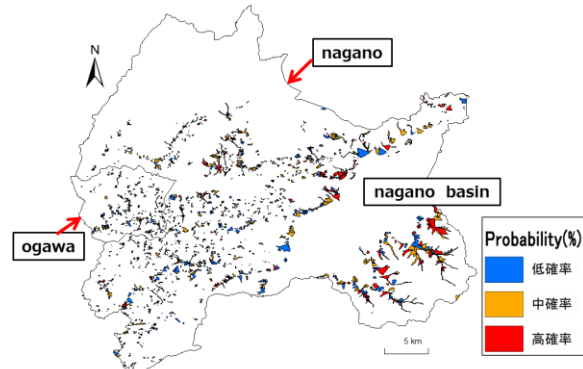


図4 長野市・小川村の崩壊発生確率区分マップ

確率は 41.0%，高確率は 11.7%となった。地質別で見ると高確率では凝灰岩の割合が非常に大きいことが分かる。3 段階に分類したことで対策や避難計画を考える上での優先度が明瞭になった。なお、リスク値を区分したマップは図 4 に示すとおりである。

4. まとめ

都道府県，市町村単位であっても危険箇所を同時に対策することは不可能である．必ず対策を行う上では優先度を決定し，限られた予算の中で最大の効果を発揮する必要がある．従って本研究のような優先度を導くことのできるモデルアウトプットは有用である．ただし，本研究は優先度を決める際の判断材料の1つであり，現場の状況や居住人口，被害額・面積等を総合的に考慮して決めるべきである．

5. 今後の課題と予定

今回は長野県のごく限られた地域での検討であるため、妥当性や確実性に乏しい。今後、地質や地形の異なる地域でも同様に現地踏査による情報収集および危険基準の決定を行う必要がある。また、数値気候モデルアウトプットを用いた将来予測を行い、気候変動リスクを求めることに取り組む予定である。

謝 辞：本研究は、文部科学省気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)によって実施された。ここに謝意を示す。

参考文献：

- 1) IPCC: Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: : SREX, Cambridge Univ. Press, 2012.
- 2) 川越清樹・風間聡・沢本正樹： 数値地理情報と降雨極値データを利用した土砂災害発生確率モデルの構築, 自然災害科学, 27, 69-83, 2008.
- 3) 齋藤洋介・Thuy Thi Thanh LE・川越清樹： 地域への汎用性をふまえた斜面崩壊発生確率モデルとアウトプットの開発, 土木学会論文集 G(環境), Vol.73, 229-237, 2017.