

気候変動による降雨条件の変化を想定した土石流発生危険度の解析

京都大学大学院工学研究科 ○西尾潤太

京都大学防災研究所 藤田正治, 山野井一輝

1. はじめに

平成 23 年台風 12 号により、那智川流域では、山地斜面での多数の崩壊と、崩壊を起因とする土石流が多発し、甚大な被害が発生した。また、気候変動による影響を受け、土砂災害の発生頻度の増加や発生規模の増大等が考えられる。このような水と土砂の複合災害に対して、筆者らはこれまでに、降雨流出、斜面崩壊、流砂現象を統合的に解析し、流域におけるハザード群発生危険度の時空間分布を得るシミュレーションモデル SiMHiS¹⁾を開発してきた。また、このモデルを使って、土石流発生の危険度評価手法も提案した²⁾。本研究では、これを那智川流域に適用し、降雨条件が極端に変化したときの流域内の土石流発生危険度の変化について解析する。

2. 土石流の発生危険度評価法

本研究では、那智川流域を、基盤地図情報 10m メッシュを用いて図 1 のように単位河道と斜面要素に分割し、河道幅は航空写真を参考に図 1 のように設定し、斜面の土層は A,B 層からなる 2 層とし、A 層は層厚 0.1m、透水係数 0.001m/s、B 層は層厚 0.8m、透水係数 0.00002m/s と設定する。降雨条件を入れて計算すると、斜面要素の飽和度、斜面崩壊に対する安全率 F_s 、表面流量が求められるので、この状態を表 1 のように分類して、土石流発生危険度を評価する。ここに、飽和度は斜面要素に対する降雨浸透解析により式(1)から、斜面崩壊に対する安全率 F_s は式(2)から求める。

$$S_r = h/D \tag{1}$$

$$F_s = \gamma \cdot W_{cr}/W_t \tag{2}$$

ここに、 h は B 層下端からの水深、 D は A,B 層の層厚の和、 W_{cr} は限界土中水分量、 W_t は時間 t の土中水分量、 γ は補正係数であり、 W_{cr} は Chen³⁾の方法により求め、 W_t は式(3)から簡易的に求められる。 γ は崩壊の実態に合わせるための補正係数であり、ここでは 1.15 とした。

$$W_t = W_{t-1} + (L \cdot I_t - q_t) \cdot \Delta t$$

ここに、 L は斜面長、 I_t は降雨強度、 q_t は単位幅流量である。ここで、飽和度と表面流量について、臨界状態のときは表面流による侵食を起点に流動化するため期間内最大値を、加速状態のときは崩壊を起点に流動化するため加速

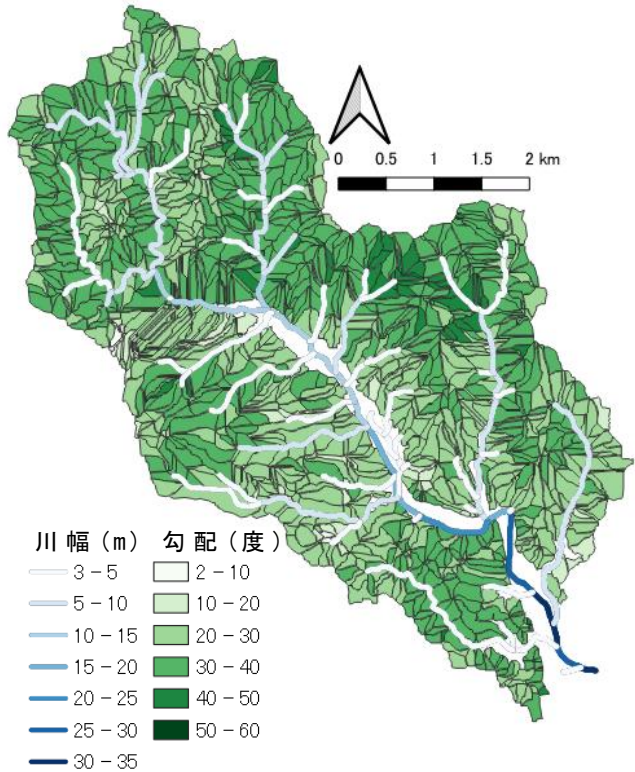


図 1 斜面要素と単位河道

表 1 斜面要素の分類

Pattern	飽和度	斜面崩壊に対する安全率	表面流
1	不飽和	静止 ($1.05 \leq F_s$)	無
2-a	飽和	臨界状態 ($0.95 \leq F_s < 1.05$)	大
2-b	飽和	臨界状態 ($0.95 \leq F_s < 1.05$)	小
3	不飽和	加速 ($F_s < 0.95$)	無
4-a	飽和	加速 ($F_s < 0.95$)	大
4-b	飽和	加速 ($F_s < 0.95$)	小

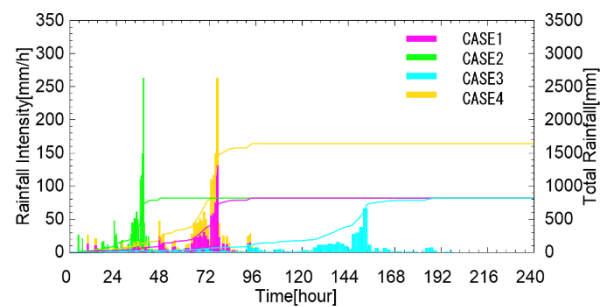


図 2 降雨条件

状態となる時点における飽和度と表面流を用いて分類した。また、表面流量が芦田ら⁴⁾の土石流発生限界流量を超過するかで大小を判定した。このとき、パターン1では、崩壊及び表面流による侵食が発生しないため、土石流は発生しない。パターン3では崩壊土砂が十分な水分を得られないため流動化せず、斜面の下部に堆積することが想定される。他のパターンでは、まず崩土が十分加速するほど安全率が低下するほど、また表面流が大きいほど土石流になる可能性は高い。ここでは、その可能性の順番を 4-a>2-a, 4-b>2-b とする。

降雨条件は、平成23年台風12号により新宮観測所における降雨(2011年9月1日1:00から9月6日0:00)を基準に、降雨強度と降雨継続期間を変更したものを図2のように流域内に一様に与えた。CASE1は新宮観測所における観測雨量(総降雨量821.5mm, 最大降雨強度131.5mm/h), CASE2はCASE1の降雨強度を2倍, 継続時間を0.5倍にしたもの, CASE3は降雨強度を0.5倍, 継続時間を2倍にしたもの, CASE4は降雨強度を2倍にし, 継続時間を変化させないものとする。

3. 解析結果と考察

CASE1において分類された斜面要素の分布を図3に示す。この時の崩壊個数は実際には71箇所, シミュレーションで崩壊判定箇所($F_s < 1.0$)は107箇所となり, ほぼ一致している。最も土石流発生危険度の高い4-aの斜面要素は中流域左岸に分布しており, 次いで危険度の高い2-aは流域全体に分布しているが, 上流域左岸と下流域右岸で密集している。

各ケースの斜面の分類を表2に示す。パターン4-aはCASE2と4で220箇所, CASE1で5箇所となっている。2-aはCASE2,4で373箇所, CASE1で255箇所, CASE3で111箇所となっている。これらより, CASE2と4の流域全体の土石流発生危険度が同程度であり4ケースの中で最も高いことがわかる。これらのケースは, 総降雨量と降雨継続時間が異なり, 最大降雨強度が等しい。これより, 総降雨量と継続時間が異なる場合でも, 最大降雨強度が同程度である場合には, 流域の土石流発生危険度は概ね同じになることがわかる。さらにCASE2,4に次いで, CASE1,3の順で危険度が小さい。CASE1,2,3は総降雨量が等しく, 最大降雨強度が異なる。以上より, 土石流発生危険度に対して, 降雨強度の影響が総降雨量と降雨継続時間に比べ大きいことがわかる。

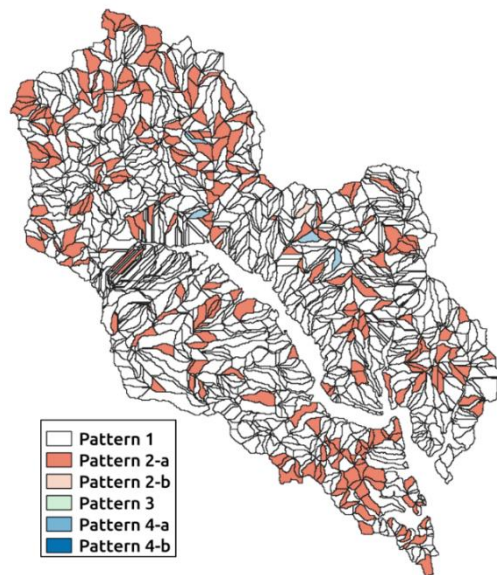


図3 CASE1 土石流発生危険度

表2 斜面要素の分類ごとの箇所数

Pattern	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4
1	1283	953	1422	952
2-a	255	373	111	373
2-b	3	0	13	1
3	0	0	0	0
4-a	5	220	0	220
4-b	0	0	0	0

4. まとめ

那智川流域において, 降雨強度の違いによる土石流発生危険度の違いを確認した。また, 最大降雨強度が同じ場合には, 流域内の土石流発生危険度は概ね同程度となる。さらに, 総降雨量, が等しいときには, 降雨強度が大きくなると土石流発生危険度が上昇することがわかる。

参考文献

- 1) 山野井一輝, 藤田正治: 複合土砂災害シミュレータ SimHiS を用いた山間地域における土砂災害の警戒避難情報の提供に関する一考察, 砂防学会誌, Vol.69, No.6, pp.15-23, 2017.
- 2) Fujita, M.; Yamanoi, K.; Suzuki, G.: A method for predicting debris-flow occurrence based on a rainfall and sediment runoff model, Proceedings of the 7th International Conference on Debris flow Hazards Mitigation, p.280-285, 2019.
- 3) Chen-Yu: A Decision Support System for Warning and Evacuation against Multi Sediment Hazard, 京都大学博士論文, 2014.
- 4) 芦田和男, 高橋保, 澤井健二: 土石流危険度の評価法に関する研究, 京都大学防災研究所年報第21号B-2, pp.423-439, 1978.