

年超過確率を考慮した土石流シミュレーションとハザードマップへの活用

山梨大学 学生会員 ○降矢 諄紀
山梨大学 正会員 宮沢 直季

1. はじめに

近年、短時間強雨の発生件数が増加している。また、発生件数のみならず将来的には短時間強雨は1.0～1.2倍以上になる可能性も示唆されている¹⁾。また土砂災害発生件数も増加しつつある。平成4～13年では平均927回/年、平成14～23年では平均1150回/年と増加している²⁾。短時間強雨の規模が増加することで、土砂災害の大規模化の恐れが高まる。災害例としては、平成26年8月には広島市において、午前1時より3時間で217mmの降雨量を記録した。避難勧告が発令される前に土砂災害等が発生し、甚大な被害を起こした³⁾。これに伴い、土石流による災害の防止・軽減には砂防堰堤などの構造物を用いて土砂移動を抑制するハード対策と、ハザードマップに基づき警戒・避難などを行うソフト対策が必要となってくる。現段階の土砂災害の対策として、土石流に対して年超過確率1/100の降雨量に伴う土砂流出量等を対象として施設の整備を進めている。しかし、比較的発生頻度の高い外力を超える規模の外力を対象とした対策はほとんど行われていない。さらに、施設計画等において気候変動による外力の増大については具体的な考慮もほとんどされていない³⁾。

2. 研究目的

まず、山梨県の塚原町地区付近を対象とした土石流氾濫範囲の確認について行う。この区域の設定理由は、図-1のように甲府市から土砂災害ハザードマップが出ており、シミュレーション結果と比較するため、この区域に設定した。この目的の内容としては、想定最大外力を年超過確率1/100降雨量より増大しての土砂流出量を対象として計算を行う。土石流シミュレータを用いた研究では、過去の災害の事例を対象とした研究は行われているが、年超過確率を増大して大規模化を想定した研究はほとんど無

い^{4),5)}。このことから、土石流シミュレータを用いて大規模化した土石流の氾濫範囲等の結果の確認を行っていく。

次に、土砂災害ハザードマップとシミュレータの結果を比較し、土石流シミュレータの結果をどのように組み込んでいくかを考察していく。土砂災害ハザードマップの指定される範囲は基礎調査によって決められる。土砂災害ハザードマップ内の土砂災害警戒区域(イエローゾーン)は勾配や比高、角度によって決められている。また、土砂災害特別警戒区域(レッドゾーン)は建築物の耐力、流体力によって決められている⁶⁾。ハザードマップはシミュレーションの計算で決められていないので、シミュレータの結果と比較していく。

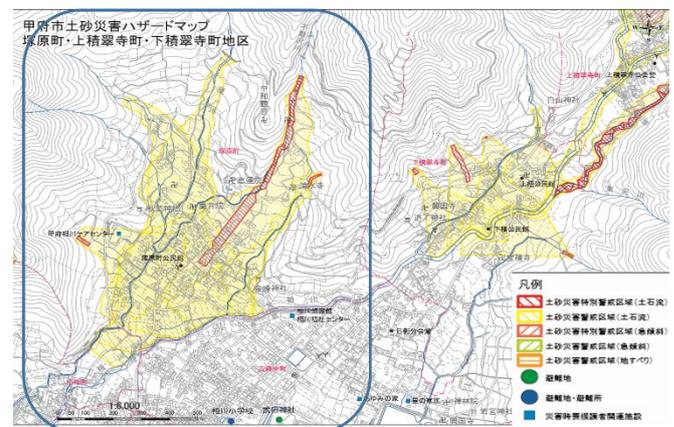


図-1 土砂災害ハザードマップ

3. 土石流シミュレータ

土石流シミュレータは、災害規模の予測や効果的な砂防構造物の検討に効果的である。今回使用する土石流シミュレータは「Hyper KANAKO」を使用する^{7),8)}。この土石流シミュレータに地形データ、土砂流出量、砂防施設を入力し、出力された堆積厚、流動深の確認やハザードマップとの結果の重ね合わせ・比較を行う。

キーワード 土石流、年超過確率、土石流シミュレータ、ハザードマップ

連絡先 〒400-8511 甲府市武田 4-3-11 山梨大学大学院総合研究部 TEL : 055-220-8523 E-mail : miyazawa@yamanashi.ac.jp

4. 数値シミュレーション

4.1 入力パラメータ

計算に用いるパラメータを表-1に示す。土石流シミュレータで計算する時間は1800秒で行う。入力するパラメータは、基本的に平均的なパラメータを用いる。ただし、よりハザードマップの条件に近づけるために山梨県の基礎調査で用いられている値

(内部摩擦角、流体相密度、河床の容積濃度、マンニングの粗度係数)については、そちらの値を使用するものとする⁷⁾。また、地形データとして、国土地理院5mメッシュデータを使用、不安定土砂は0.05m、標準川幅は10mで設定する。

表-1 数値計算に用いた各パラメータ

パラメータ	数値
計算時間 (s)	1800
砂礫の密度 σ (kg/m ³)	2650
内部摩擦角 ϕ (°)	35
流体相密度 ρ (kg/m ³)	1200
河床の容積濃度 C^*	0.6
侵食速度係数 δ_e	0.0007
堆積速度係数 δ_d	0.05
マンニングの粗度係数	0.1
1次元の計算点間隔 (m)	20
2次元の x 方向計算点間隔 (m)	8.47
2次元の y 方向計算点間隔 (m)	8.47
流動深閾値 (m)	0.01

4.2 土砂ハイドログラフ

入力データである流入土砂流量は、計画規模の年超過確率の降雨量を求め、「計画規模の土石流」によって運搬できる土砂量を算定し、土石流ピーク流量を求めていく。計画規模の年超過確率の降雨量は、アメダス確率降雨計算プログラムを用いる⁹⁾。このプログラムは、年超過確率と降雨継続時間を入れることで降雨強度が求められる。降雨継続時間は土石流による流出に寄与する降雨量の継続時間とする¹⁰⁾。今回設定する年超過確率は1/200降雨量

(200年に1度)で行う。計算プログラムに200年、30分を入力すると降雨強度120mm/hrが出てくる。この値を0.5時間の降雨量に換算すると60mm

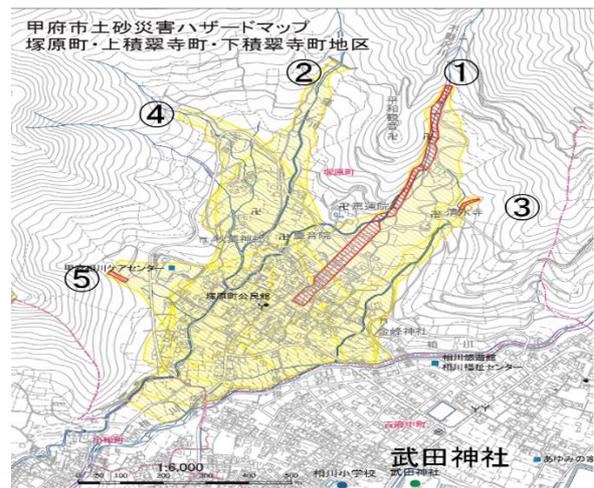


図-2 ハザードマップ 計算箇所

となる。

次に土砂濃度 C_d は図-2の5か所において河床勾配 θ から算定する。濃度については式(1)を用いる。式にパラメータを入力していくと、河川①は0.421、河川②は0.288、河川③は0.829、河川④は0.288、河川⑤は0.373という値になった。

$$C_d = \frac{\rho \tan \theta}{(\sigma - \rho)(\tan \phi - \tan \theta)} \dots (1)$$

次に、「計画規模の土石流」によって運搬できる土砂量は、先ほど求めた年超過確率降雨量に流域面積をかけて総水量を求め、これに流動中の土砂濃度を乗じて算定する式(2)を用いる。

$$V_{ec} = \frac{10^3 \cdot R_T \cdot A}{1 - \lambda} \left[\frac{C_d}{1 - C_d} \right] f_r \dots (2)$$

R_T は降雨量、 A は流域面積、 λ は空隙率、 f_r は流出補正率である。この式に各値を代入していくと、河川①は、7139.7 m³、河川②は3710.5 m³、河川③は、23265.6 m³、河川④は2862.1 m³、河川⑤は2555.0 m³という値になった。

次に、先ほどの値から土石流ピーク流量を求めていく。土石流ピーク流量については、式(3)、式(4)を用いる。

$$Q_{sp0} = 0.01 \cdot \sum Q \dots (3)$$

$$\sum Q = \frac{C_* \cdot V_0}{C_d} \dots (4)$$

V_0 は土砂量度である。この式に各値を入力していくと、ピーク流量が河川①は101.602 m³/s、河川②は

77.170 m³/s 河川③は 168.323 m³/s、河川④は 59.526 m³/s、河川⑤は 41.032 m³/s という値になった。以上の値から入力条件である土砂ハイドログラフを作成する。

5. 結果と考察

1次元溪流を設定して、シミュレーションを行っていく。なお、この時に、溪流内に堰堤が確認できる場合は、随時設定していく。計5回の計算を行い、計算結果を一つの画像に合わせていく。

堆積厚 (1800 s) の結果を重ね合わせたものが図-3 となる。この結果をハザードマップと比較したものが、図-4 になる。図-3 では、水色に向かうほど薄く堆積しており、赤色の範囲は 500cm 近く堆積している。今回、年超過確率を 1/200 で行ったが、図-4 からハザードマップと比較すると、広がり方は小さかった。1次元長が長くなってしまったため、流域面積が狭い。これにより、流入流量が小さかった可能性がある。また、ハザードマップのイエローゾーンと重なっている部分でも堆積の違いが大きかった。特に、氾濫範囲の東側の堆積が狭い範囲で高く堆積している部分が顕著に表れた。これは、図-2 での河川③の土砂濃度が大きくなりすぎてしまったのが原因である。土砂濃度は勾配から求められ、1次元溪流の設定箇所の勾配が急な部分のみに設定してしまったことが原因だと考えられる。

次に、痕跡の結果を図-5 に示す。痕跡は、堆積厚と流動深さを合わせたものである。また、結果とハザードマップを重ね合わせたものは図-6 になる。痕跡の比較ではイエローゾーンとほぼ同じような範囲がみられ、さらに下流部に流れている範囲も少しみられた。この結果から、水や泥の範囲の拡大が大きく見られ、家屋や建物に多少の被害がイエローゾーンより大きく見られることが考えられる。

最後に、特別警戒区域 (レッドゾーン) について検討する。特別警戒区域はハザードマップの基礎調査では流体力と建築物の耐力から求められる。シミュレーションの結果の流体力と土石流の深さから建築物の耐力を求め、流体力が超える範囲をマークし、マークした範囲とハザードマップのレッドゾーンを比較する。建築物の耐力は式 (5) になる。

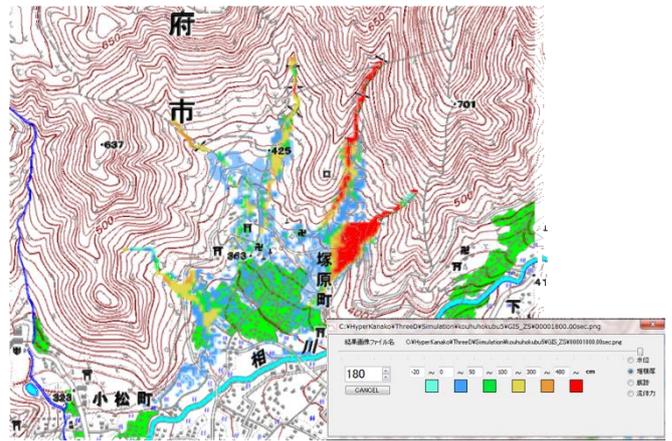


図-3 計算結果 堆積厚 (1800 s)

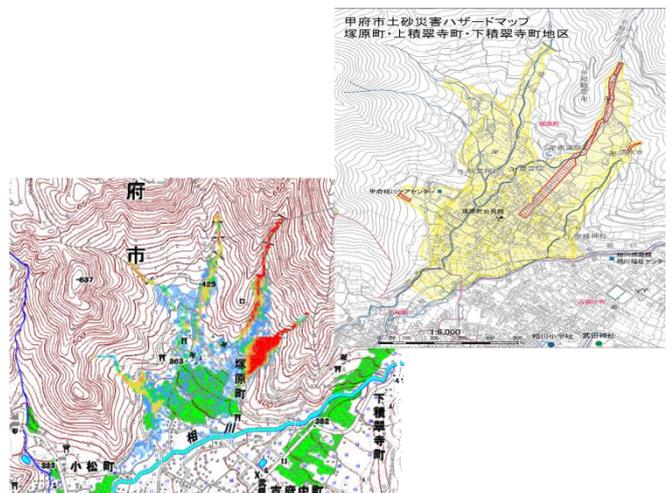


図-4 堆積厚 (1800 s) とハザードマップの比較

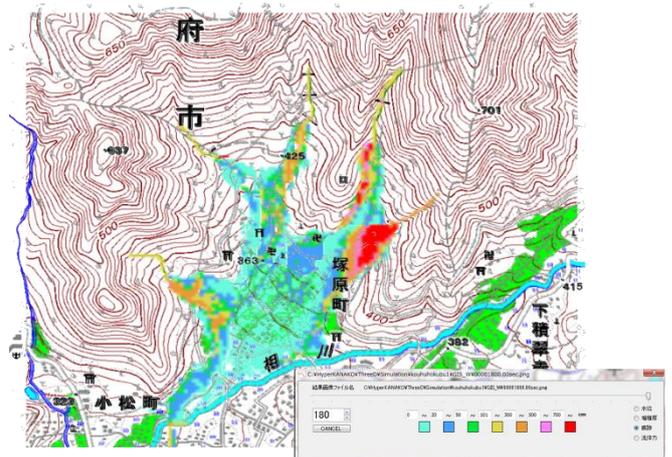


図-5 計算結果 痕跡 (1800 s)

$$P_i = \frac{35.3}{H_i \cdot (5.6 - H_i)} \dots (5)$$

H_i は土石流の高さになる。シミュレーションの流体力の結果、土石流の高さを入れた耐力を比べた範囲とハザードマップの比較の画像が図-7 になる。特別警戒区域 (レッドゾーン) では、新規の箇所がみら

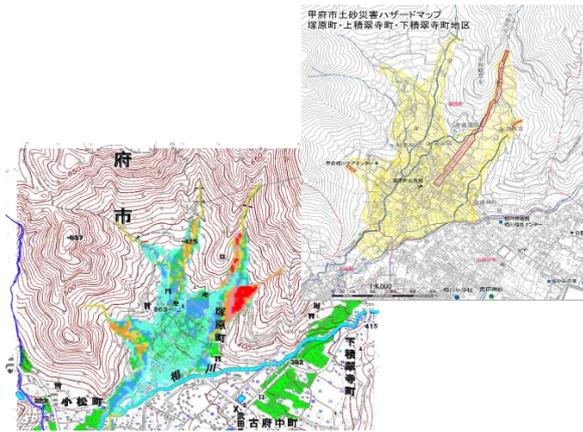


図-6 痕跡 (1800 s) とハザードマップの比較

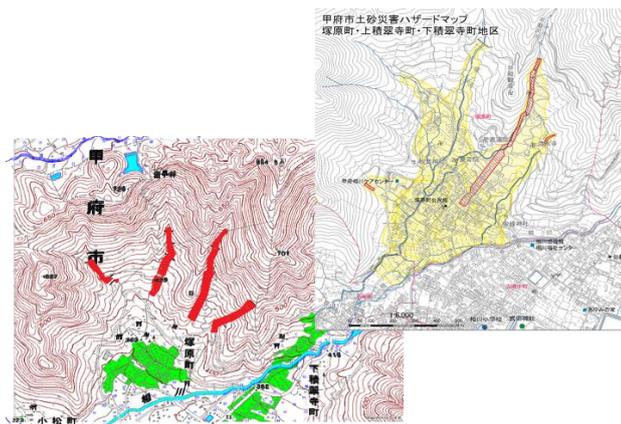


図-7 結果 (レッドゾーン) とハザードマップの比較

れたが、ハザードマップでの区域まで到達していない部分もみられた。この結果から対象溪流の位置設定や流入土砂量に問題がある可能性が考えられる。

6. まとめ

痕跡・レッドゾーンでは、ハザードマップの範囲より広い範囲が確認できた。年超過確率を増大すると、現在のハザードマップより被害や危険性が高まることがわかる。しかし、堆積厚の広がり方は小さかった。このことから発生後の堆積する量・範囲より流れる水や泥等の範囲の広がり方が大きいことが考えられる。

以上の結果を今後は施設効果の検証やハザードマップへの具体的な情報としての有効活用していく。また、シミュレーションで予想した結果が得られなかった部分やより詳細なシミュレーションの条件などシミュレーションを行う上での改良が必要になってくる。また、今後は到達時間など時間ごとの結果の確認していくことも目指していく。

謝辞

本研究では、シミュレーションの条件として土砂災害警戒区域等における土砂災害防止の推進に対する法律基礎調査マニュアルを元にしており、山梨県庁県土整備部河川砂防課から資料を提供して頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 気象庁：近年の局地的豪雨について,資料-9.
- 2) 国土交通省：国土交通白書 2012, 第1節 持続可能である活力ある国土・地域づくりをめぐる現状と課題,
<http://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/h23/hakusho/h24/html/n1214000.html>
- 3) 社会資本整備審議会：水災害分野における気候変動適応策のあり方について～災害リスク情報と危機感を共有し、減災に取り組む社会へ～答申, 46p, 2015.
- 4) 中谷加奈・小杉恵・里深好文・水山高久：家屋や道路が土石流の氾濫・堆積に及ぼす影響 - 2014年8月に発生した広島土砂災害を対象として -, 砂防学会誌, Vol.69, No.5, pp.3-10, 2017
- 5) 中谷加奈・小杉恵・里深好文・水山高久：扇状地における家屋の存在が土石流の氾濫・堆積に及ぼす影響 - 2013年10月伊豆大島土砂災害を対象として -, 自然災害科学 JJSND34 特別号, pp.77-86, 2015.
- 6) 山梨県土木部砂防課：土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律 基礎調査マニュアル(案) - 土石流編 -, 142p, 2005.
- 7) Hyper KANAKO 研究会, <http://www.hyper-kanako.com/>
- 8) 中谷加奈・水山高久・松本直樹・和田孝志・里深好文：混合粒径に対応した汎用土石流1次元・2次元シミュレータの開発と適用, 第59回平成22年度砂防学会研究発表会概要集, O4-33, 2010.
- 9) 水工研究グループ水理水文チーム,
<http://www.pwri.go.jp/jpn/results/offer/amedas/top.htm>
- 10) 工藤司・内田太郎・松本直樹・桜井亘：LP差分データとレーダー雨量データを用いた土石流の流出土砂量を規定する降雨資料に関する考察, 砂防学会誌, Vol.70, No.3, pp.3-12, 2017.