

土石流による土砂災害リスク評価手法に関する考察

国土交通省国土技術政策総合研究所 ○水野秀明、小山内信智

1. はじめに

IPCC 第4次評価報告書によると、日本周辺では、2080年から2099年の将来の降水量は1980年から1999年の現在と比べて年平均で9%増加すると予想された¹⁾。また、全国のアメダス観測所における観測結果を整理すると、全体の約7割で年最大時間雨量が増加傾向を示した。これらのことから、土石流による土砂災害リスクは今後大きくなることが予想されるため、効率的な土砂災害リスク低減対策が求められている。

そのためには、構造物による対策と構造物によらない対策の両方を考慮して土砂災害リスクを算定しなければならない。構造物による対策については、土石流を捕捉し導流して保全対象へ流入させないための砂防設備の配置²⁾といった観点で研究が進んできた。構造物によらない対策については避難の判断をする基準³⁾や土地利用規制⁴⁾、避難計画⁵⁾などを中心に研究が進んできた。このように、両者を組み合わせて評価する手法はまだ確立されていない。そこで、本研究では、構造物による対策と構造物によらない対策を組み合わせた対策による、土砂災害リスクの低減効果を評価する手法の開発を目標とする。その基礎となる土砂災害リスクの算定方法について検討したので、ここで報告する。

2. 土石流による土砂災害リスクの算定方法

2.1 対象とする被害

本研究で扱う土砂災害リスクは、公共事業評価⁶⁾を参考に、土石流によって被る人的被害と物的被害とした。

2.2 算定方法

2.2.1 算定の流れ

図-1は土砂災害リスクの算定の流れである。まず、土石流の流れの状態を2次元平面上で土石流氾濫計算を用いて計算した。次いで、住民の避難を同一平面上で計算した。最後に、土石流の流れの状態と住民の避難を重ね合わせて人的被害と物的被害を算出した。

2.2.2 ハイドログラフの設定

本研究では簡略化のために、ハイドログラフは三角形とし、想定した土砂量に見合う時間だけ計測すると仮定した。なお、土石流ピーク流量は文献⁷⁾により算出した。

2.2.3 土石流氾濫計算

土石流の流れの状態は土砂の連続式を加えた2次元

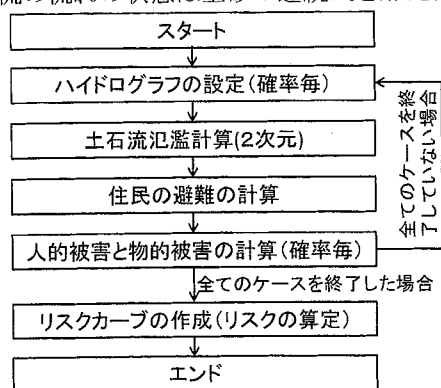


図-1 算定の流れ

浅水流モデルを基礎式とした有限体積法で逐次計算した。土砂の堆積速度と侵食速度が土砂の連続式の湧き出し項に組み込んだ。なお、計算方法の詳細は文献⁸⁾を参考にさせていただきたい。

2.2.4 住民の避難の計算

本研究では構造物によらない対策の効果も算定するため、避難勧告・指示、土砂災害警戒情報、近隣住民からの伝聞といった情報、時々刻々変化する土石流の流れの状況といった視覚から得られる情報等が住民の避難行動に及ぼす影響を考慮する必要がある。そこで、即応性・目的志向性・社交性を考慮できるマルチエージェントシステムを採用した。

最近では、土砂災害に対する警戒避難について住民に対してアンケート⁹⁾がなされるようになり、住民の避難行動が明らかになりつつある。しかしながら、住民が避難を決断する基準や、選択するルートや方向といった行動の基準がまだ明確になっていない。そこで、本研究では、各住民すなわちエージェントは以下のルールに従って行動すると仮定した。

- ①土石流の発生と同時に、エージェントは避難を始める。
- ②土石流がエージェントの視野に入っていない場合、エージェントは道路に沿って高い方向に向かう。
- ③土石流がエージェントの視野に入った場合、エージェントは道路に関わらず標高の高い方向に向かう。

2.2.5 人的被害と物的被害の計算

人的被害は文献⁶⁾では逸失利益や医療費の財産的損害と本人や家族の受ける精神的損害としているが、本研究では簡略化して財産的損害を対象として避難不可能な状態のエージェントの総数とした。なお、避難不可能な状態は、石礫が流れてくることを考慮して、洪水よりも低い「エージェントの存在する場所における水深が0.1m以上」の状態と仮定した。

物的被害は文献⁶⁾では資産としているが、本研究では簡略化して破壊した建築物の総数とした。なお、建築物に作用する土石流の流体力が建築物の耐力を上回った場合に破壊と判断した。

2.2.6 リスクカーブの作成

リスクカーブは2.2.5で算出した被害をハイドログラフの確率別にプロットして作成した。

2.3 算定事例

図-2は架空の集落の地形から作成した計算メッシュと、エージェントと建築物の配置を示したものである。エージェントの移動速度は1.0m/sとした。なお、エージェントから半径2m内で土石流の水深が5cm以上となった場合に、「土石流がエージェントの視野に入った場合」と判断した。図-3は確率別のハイドログラフを示したものである。ピーク流量はそれぞれの年超過確率での時間雨量の値の比を単純にかけて設定した。なお、土砂容積濃度は3ケースとも0.3で一定とした。図-4は人的被害の計算例で、100年超過確率の場合の結果である。左岸側のエージェントは道沿いに避難した。しかし、

土石流が 50 秒以降エージェントの視野内に入ってきたため、それらのエージェントは近くの高台でとどまっていた。右岸側のエージェントは道路沿いに避難したが、すぐに土石流を認識したため、右岸側の山腹へ向きを変えて避難した。図-5 は物的被害の計算例で、100 年超過確率の場合の結果である。6 戸の建築物が破壊した。

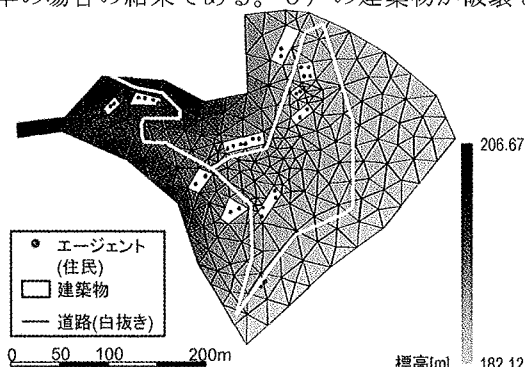


図-2 計算に用いた地形とエージェント等の配置

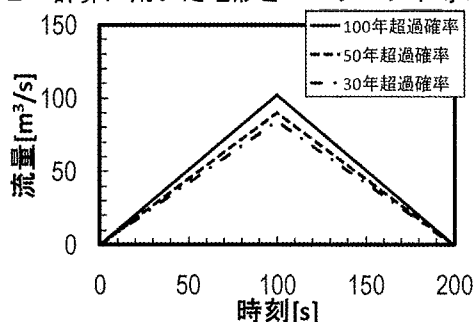


図-3 ハイドログラフ

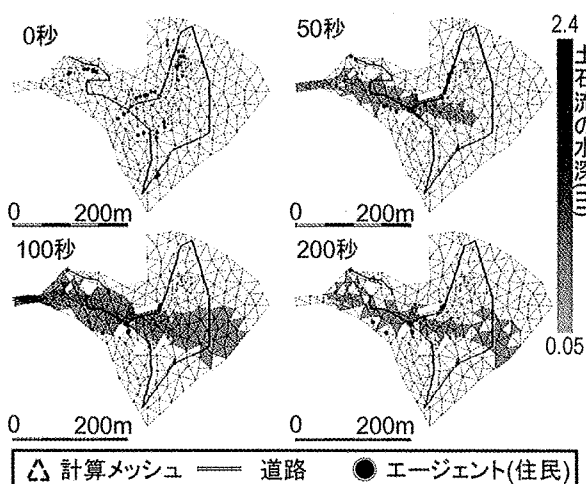


図-4 計算例（人的被害）

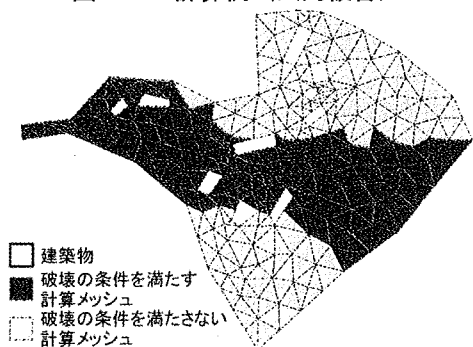


図-5 計算例（物的被害）

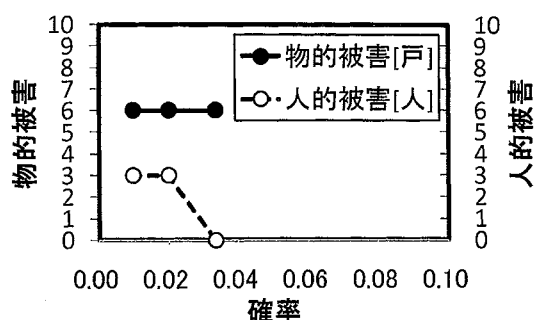


図-6 リスクカーブ

3. 土砂災害リスクの算定方法に関する考察

図-6 は人的被害と物的被害に関するリスクカーブである。今回の事例では、3つの確率規模に対して、それぞれの人的被害と物的被害を算定した。想定したような避難行動がなされるという仮定の下では、確率が大きくなるとともに、人的被害は少なくなった。一方、物的被害は3ケースともに同じ数値となった。これはハイドログラフに大きな差がなかったためと考えられる。本報告では、土石流による土砂災害リスクの算定方法の検討に主眼を置いたため、ハイドログラフの設定と住民の避難行動の設定においてかなり簡略化したため、前述のような傾向が表れたと考えられる。

4. おわりに

ここでは土砂災害リスクの算定方法の検討結果を報告した。今後は今回簡略化した箇所を詳細に詰めていき、土砂災害リスクの算定方法を確立していきたいと考えている。さらに、構造物による対策と構造物によらない対策の両者の効果も考慮した算定方法も開発していきたいと考えている。

参考文献

- 1) Susan Solomon et al.(2007): Climate Change 2007 The Physical Science Basis, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, p.855
- 2) 中川一ら(2001): 1999年ベネズエラのカムリグランド流域で発生した土砂災害について—数値シミュレーションによる再現計算と砂防施設配置効果の評価—、京都大学防災研究所年報第44号B-2、p.207-228
- 3) 野呂智之ら(2005): 土砂災害発生危険基準線に対する客観的な設定手法の有効性、土木技術資料 47-4、p.26-31
- 4) 寺田秀樹ら(2003): 土石流による家屋被災範囲の設定方法に関する研究、国総研資料第70号、146pp.
- 5) 中川一ら(1997): GISを用いた避難行動の解析—岐阜県吉城郡上宝村栃尾地区周辺を対象に—、京都大学防災研究所年報第40号B-2、p.397-407
- 6) 建設技術研究会(2004): 公共事業評価の手引、新日本法規、p.89
- 7) 危機管理技術研究センター砂防研究室(2007): 砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説、国総研資料第364号、p.43
- 8) 水野秀明ら(2006): 天然ダムの湛水池への段波の突入による水位変化に関する影響に関する研究、国総研資料第333号、p.27-32
- 9) 小山内信智ら(2007): 土砂災害警戒情報の運用と活用状況、砂防と治水第180号、p.22-26