

## 土砂災害時の警戒避難を支援するマルチハザードシミュレータの開発

京都大学大学院工学研究科  
京都大学防災研究所

○山野井一輝  
藤田正治

### 1. はじめに

土壌雨量指数と 60 分積算雨量を軸とした平面上のスネークラインを用いた土砂災害警戒情報が、気象庁と都道府県共同で運用されている。自治体はこれを参考に避難勧告等を発令し、住民の避難を促すが、実際の災害時には斜面崩壊や土石流以外にも様々な現象（ハザード）が同時に発生することが多い。このため、発令時既に避難が困難または不可能であった事例が多く存在する。このような事態を防ぐためには、複数のハザードを対象に発生タイミングと場所を予測できるシミュレーターが有用と考えられる。そこで本研究では、降雨データと地形データを入力値として、ハザード群の発生リスクレベルを面的・時間的に評価可能なマルチハザードシミュレーター（SiMHiS: Storm Induced Multi Hazards Information Simulator）を開発した。

### 2. シミュレーターの構築

本研究では既存研究<sup>1)</sup>と同様、降雨・崩壊・洪水に関連する 3 種のハザード群を対象とした。ここでは避難の阻害要因という観点から、強い降雨自体が引き起こす視界不良や恐怖感等も降雨関連ハザードとして作用するものと解釈した。地形モデルは単位河道・単位斜面を基礎とし、斜面崩壊の解析には単位斜面を尾根谷線で更に分割した斜面要素を用いた。水・土砂の輸送モデルには江頭・松木のモデル<sup>2)</sup>を、斜面崩壊モデルには土中水分量を崩壊指標として用いる Chen ら<sup>3)</sup>の手法を用いた。土砂供給モデルには、河道からの距離と地形勾配および土砂の堆積角から河道外部の堆積量を推定し、土砂生産量から差し引く手法を用いた。解析の全体の流れは図-1 に示す。

ハザード群の発生リスクは表-1 のように 4 段階のレベル分けで評価した。数値モデルの不確実性を考慮し、現象発生のある状態を Level 2、モデル上で発生したと判定される状態を Level 3、発生限界を大きく超過した状態を Level 4 とした。たとえば崩壊関連ハザード群は、単位斜面内の最も崩れやすい斜面要素の崩壊指標（ここでは土中水分量の限界値に対する比であり、1 を超過すると崩壊と判定）が 0.9 以上で Level 2、1 以上で Level 3、単位斜面内の斜面要素の崩壊指標の平均値までが 1 を超過したら Level 4 とした。降雨関連ハザード群は降雨強度  $I$  [mm/hour] を指標とし、気象庁 HP<sup>4)</sup>を参考に視界が悪化し始める 50mm/hour 以上で Level 3、息苦しさや圧迫感・恐怖感が生じる 80mm/hour 以上で Level 4 と設定した。

### 3. 適用

丹後半島東部にある京都府宮津市畑地区（図-2）を対

象に適用した。畑地区は地域全体が土砂災害警戒区域に指定されており、さらに集落内に一時避難所はあるものの指定避難所は集落外に存在するのみで、移動には自動車を使用しても 10 分程度要する。また当地区では、人的被害はなかったものの H16 台風 23 号による被災を受けている。そこで本研究ではその降雨データと、畑地区と

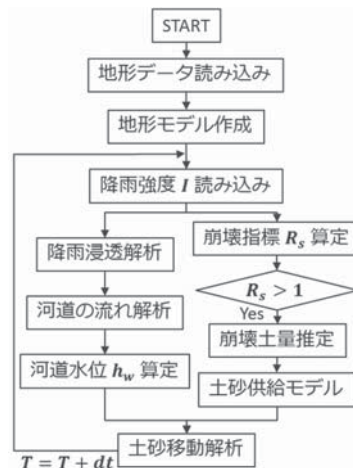


図-1 解析の概要

表-1 各ハザード群の発生リスク評価

分類	降雨	崩壊	洪水
現象例	・視界不良 ・圧迫感・恐怖感 ・道路冠水	・斜面崩壊 ・土砂流出	・堤防の越水 ・洪水氾濫 ・橋梁の破壊
評価単位	単位斜面	単位斜面	単位河道
評価指標	降雨強度 $I$ [mm/hour]	含有する斜面要素の崩壊指標の最大値 $R_{smax}$ 、および平均値 $R_{save}$	水位(河床高基準)の限界高に対する比 $h_{w*}$
Level 1	$I < 20$	$R_{smax} < 0.9$	$h_{w*} < 0.8$
Level 2	$20 \leq I < 50$	$0.9 \leq R_{smax} < 1$	$0.8 \leq h_{w*} < 1$
Level 3	$50 \leq I < 80$	$R_{smax} \geq 0.9$ $R_{save} < 1$	$1 \leq h_{w*} < 1.2$
Level 4	$I > 80$	$R_{save} \geq 1$	$h_{w*} \geq 1.2$

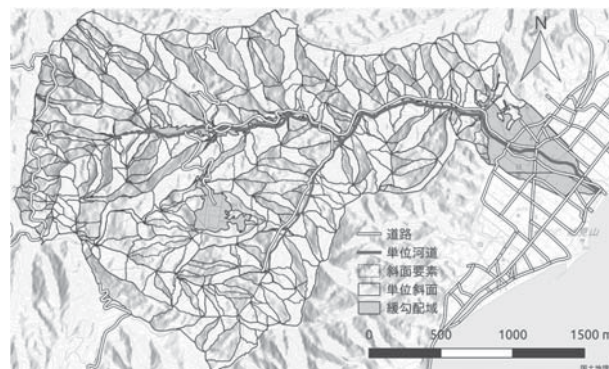


図-2 対象流域図（宮津市畑地域）

同様に日本海側で発生した降雨である H25 山口島根豪雨の降雨を用いて適用を行なった。用いた降雨のスネークラインと近隣の上世屋地区における CL を図-3 に示す。

台風 23 号降雨の各時点における適用結果は図-4(上) のようになった。降雨関連ハザード発生リスクレベルは図中に枠付きの文字で、崩壊・洪水関連ハザード発生レベルはそれぞれ斜面・河道の色で示した。スネークラインが CL を超過した 15 時の時点では一部の斜面で崩壊のリスク上昇が見られるが、全体的にはほとんどハザードは発生しない状態となった。ただし、19:00~22:00 になると流域全体で崩壊のリスクレベルが Level 3~4 に達し、複数の崩壊が広範で発生したものと考えられる。また、洪水関連ハザード発生リスクレベルは 19:00 には集落周辺の河道で、22:00 には集落下流の道路沿いの河道で Level 4 となった。このことは、実際に本降雨により畑地区で 6 軒の床下浸水が生じたこと、および下流に出る道路が通行不能になり、畑地区が孤立状態になったことに調和的な結果と考えられる。なお、降雨強度は 16:00 に 50mm/hour を記録したが降雨関連ハザード群のリスクレベルとしては概ね Level 2 以下であった。

次に、山口島根豪雨の降雨を与えた場合の計算結果を図-4(下) に示す。CL を超過した 11:00 の時点では台風 23 号と同様、崩壊・洪水のリスクレベルは低いままだが、降雨強度は既に 107mm/hour に到達しており、降雨のリスクレベルは Level 4 と判定された。さらに 1 時間後の 12:00 には降雨が Level 4 の状態のまま崩壊・洪水のリスクレベルが急激に上昇し、広い範囲で Level 3~4 に達した。

以上の結果から、CL 超過時点の警戒避難について検討する。台風 23 号の降雨では CL 超過時、集落付近の降雨、崩壊、洪水のリスクレベルは概ね 2 以下であり、この時点では比較的 safely に避難所までへの避難が可能と考えられる。その後も比較的時間をかけて現象が進展していくため、近所にある一時避難所までの避難であれば移動可能なタイミングは存在すると考えられる。これに対して、山口島根豪雨の降雨の場合は、CL 超過時点で既に降雨が Level 4 を超過しており、既に外出は困難な状態にあると推定される。さらにこの状態のまま 1 時間で崩壊・洪水もピークに達するため、CL 超過以降は鉛直避難以外に選択肢がない状態になると推察される。

#### 4. おわりに

本研究で開発したマルチハザードシミュレータを用いることで、降雨データを元にハザード群発生リスクレベルの分布を得ることができた。予め異なる特性を有する複数の降雨に対して計算を行い、ハザード群の発生特性を把握しておけば、実際の災害時にどのような避難手法が適切であるかを判断する際の一助になると考えられる。また、計算負荷は小さいため、予測降雨を用いた

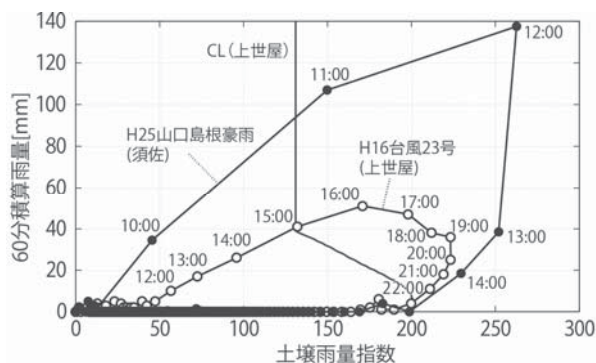


図-3 適用に用いた降雨のスネークライン (dt=1h)

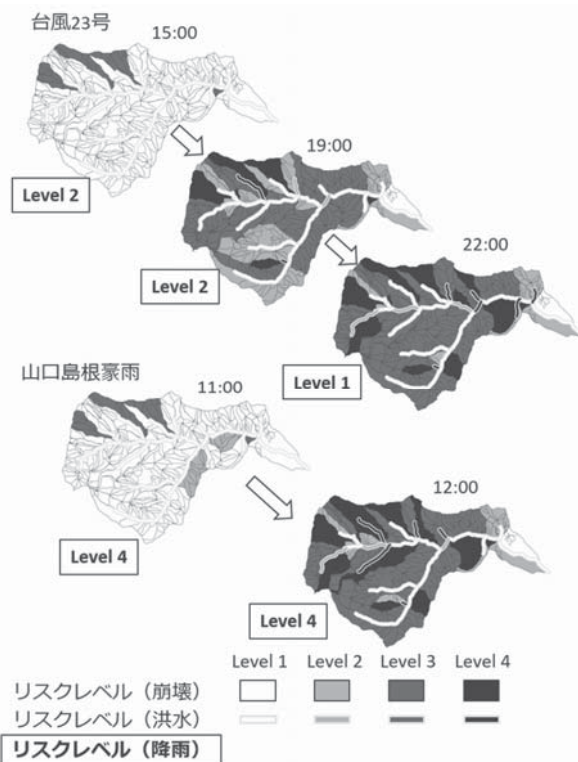


図-4 CL 超過時および災害ピーク時における発生リスクレベル分布図(上：台風 23 号，下：山口島根豪雨)

本研究は JSPS 科研費(特別研究員奨励費)15J08972 の助成を受けたものです。また京都府・宮津市から貴重なデータの提供を受けました。ここに記し感謝申し上げます。

**参考文献**：1) 山野井一輝・藤田正治：豪雨時の水・土砂災害に関わるハザード群の発生リスク評価，土木学会論文集 B1, Vol.72, No.4, I\_1291-I\_1296, 2016 2) 江頭進治，松木敬：河道貯留土砂を対象とした流出土砂の予測法，水工学論文集，第 44 巻，pp.735-740, 2000 3) Chen-Yu CHEN, Masaharu Fujita: A Method For Predicting Landslides on a Basin Scale Using Water Content Indicator, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1, Vol. 70, No.4, pp.113-118, 2014 4) 「雨の強さと振り方降り方」(気象庁 HP) [http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo\\_hp/amehyo.html](http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo_hp/amehyo.html)