

土石流による地形変動を考慮した流域土砂動態モデルの開発と適用  
 Development and Application of a Sediment Runoff Model  
 Considering Sediment Production Due to debris flows

○木下拳汰・竹林洋史・藤田正治・山野井一輝

○Kenta KINOSHITA, Hiroshi TAKEBAYASHI, Masaharu FUJITA and Kazuki YAMANOI

Natural phenomena causing sediment disasters, e.g., slope collapses, debris flows, and sediment inundation, have different spatiotemporal scales, and their combination causes greater damage. Useful information for considering sediment disaster countermeasures can be obtained using integrated numerical analysis of natural phenomena causing sediment disasters with different scales. SiMHiS, a model for analyzing the sediment runoff process in a river basin, enables to consider the supply of collapsed sediment to river channels. However, SiMHiS cannot reproduce sudden sediment inflow into rivers due to debris flows. Therefore, by integrating Morpho2DH, a debris flow and mud flow simulation model, into SiMHiS, a basin sediment runoff model that can integrate the analysis of the basin sediment runoff and the topographical changes caused by debris flows is developed.

### 1. はじめに

土砂災害に関する自然現象には、斜面崩壊や土石流、土砂・洪水氾濫等が挙げられるが、これらの現象は時空間スケールが異なり、複合的に発生することで甚大な被害を及ぼす。これらの現象を統合的に解析して得られた情報は、今後土砂災害対策を検討していく上で有効である。

西尾ら<sup>1)</sup>は流域内の土砂動態解析モデルであるSiMHiS<sup>2)</sup>と、土石流・泥流の平面二次元解析モデルであるMorpho2DH<sup>3)</sup>を統合し、2011年台風12号による被害を受けた那智川流域の一部溪流でモデルを適用した。本研究では、同モデルの改良および適用範囲の拡張を行い、土石流による地形変動を考慮した土砂動態シミュレーションを実施する。

### 2. 流域土砂動態モデル

本モデルでは、まずSiMHiSにより斜面要素における土砂の流動化形態を求める。流動化形態の分類は表1に示す西尾ら<sup>1)</sup>が評価した指標を用いる。 $d_m$ は土砂の平均粒径、 $F_s$ は限界土中水分量と土中水分量の比に補正係数を乗じた安全率である。

表1 流動化形態の分類

パターン	最小安全率 $F_{smin}$	表面流水深 $h_{sf}$
1	$F_{smin} \geq 1.05$	-
2-a	$0.95 \leq F_{smin} < 1.05$	$h_{sf} > 1.4d_m$
2-b	$0.95 \leq F_{smin} < 1.05$	$h_{sf} \leq 1.4d_m$
3	$F_{smin} < 1.05$	$h_{sf} = 0$
4-a	$F_{smin} < 0.95$	$h_{sf} > 1.4d_m$
4-b	$F_{smin} < 0.95$	$h_{sf} \leq 1.4d_m$

パターン1は斜面が安定状態のため流動化せず、パターン2-a,bは安全率が1近傍であり表面流が発生することから侵食による流動化が発生するも

のとする。パターン3は安全率が低下するが土層が不飽和状態のため流動化しにくく、パターン4-a,bは安全率が1を下回り、崩土は斜面下方に加速しながら流動化するものとする。

次に、Morpho2DHにより土石流解析を行う。境界条件として、パターン2では高さ0.1mの水塊を、パターン3,4では高さ0.5mの水と土砂の混合物を斜面に与える。計算ケースは、地形条件の異なる3ケースを設定した。Case1は国土交通省より提供を受けたLiDARデータであり、災害後に建設された堰堤が反映されている。Case2は国土地理院、国土基盤地図情報のDEMであり堰堤は未反映である。Case3はCase2と同様のDEMで、各谷の出口付近に高さ10mの堰堤を固定床高さとして設置する。Case1が現在の状態、Case2が災害発生前の状態、Case3が流域における土砂流出対策が完了した状態を想定した条件である。

その後、土石流解析から得られる地形変動量より、各単位河道に接続する2つの単位斜面領域内の河床変動量を単位河道に与え、土石流による土砂流出を考慮した流域土砂動態の解析を行う。

### 3. 結果と考察

西尾ら<sup>1)</sup>がSiMHiSで評価した流動化形態の空間分布を図1に、Morpho2DHによって得られた地形変化の計算結果を図2に示す。計算対象領域は、那智川流域の主要7溪流である。Case1では、ほとんどの溪流で土砂は本川部まで到達していないが、災害発生前を想定した条件であるCase2では金山谷川を除くすべての溪流で本川部まで土砂が到達した。Case3では全ての溪流で堰堤設置個所を通る土石流は堰堤に捕捉されて停止している。

単位河道*i*=27地点(図1)における、降雨強度、河床変動量、水位の時間変化を図3に示す。Case2

では、土石流による土砂供給を与えた  $T=76[h]$  で河床位・水位ともに 1m 程度瞬間的に上昇した。このような氾濫に最も影響を及ぼす急激な河床位・水位の変化は、鈴木ら<sup>4)</sup>の従来の土砂生産モデルでは表現できておらず、平面二次元の土石流・泥流解析モデルとの統合によって評価可能となった。

#### 4. おわりに

3つの異なる地形条件を設定した土石流解析で、砂防堰堤による土石流の捕捉効果を確認できた。また、土石流による地形変動を考慮した土砂動態シミュレーションによって河床・水位の急激な上昇の評価が可能となった。

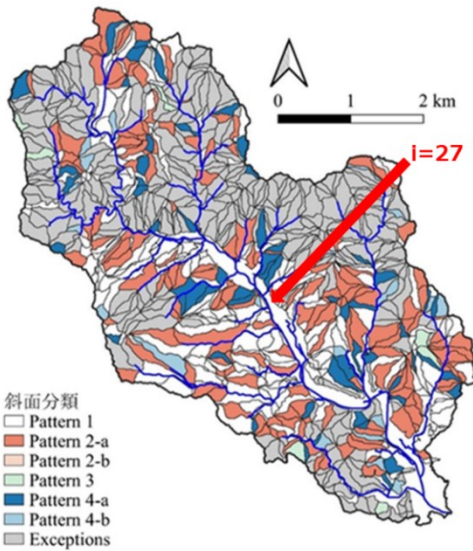


図1 流動化形態の空間分布<sup>1)</sup>

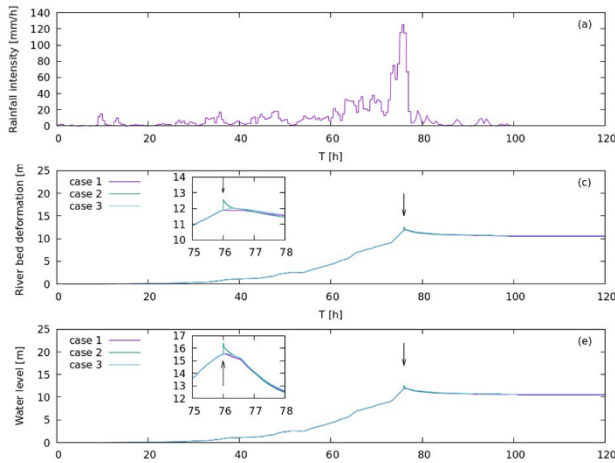


図3 単位河道  $i=27$  における(a)降雨強度,(c)河床変動量,(e)初期河床位を基準とした水位の計算結果

#### 参考文献

- 1) 西尾潤太：斜面崩壊を起点とする土石流の流下過程を考慮した流域土砂動態モデルの開発と適用，京都大学修士論文，2022
- 2) 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

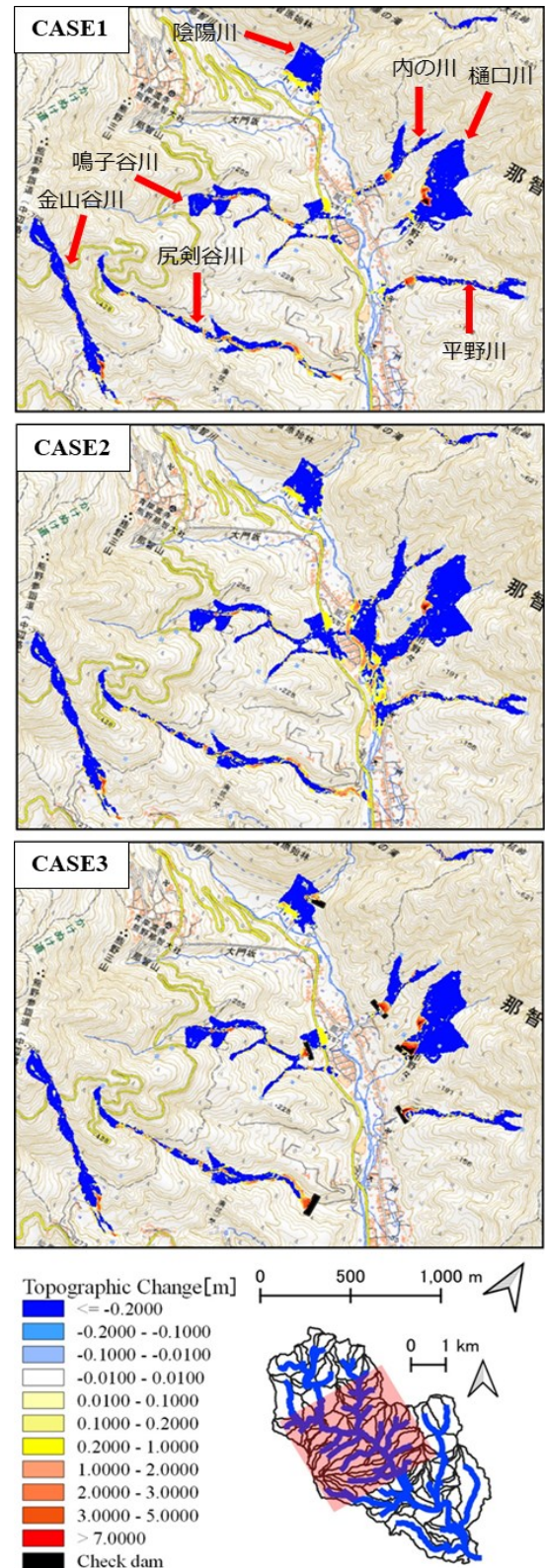


図2 土石流シミュレーションの結果

学会論文集 B1(水工学)，土木学会，Vol.72，I\_1291-I\_1296，2016

- 3) Hiroshi Takebayashi, et.al: Journal of Hydrology, 615, Part A, 128636, 2022.
- 4) 鈴木豪太：マルチハザード情報を用いた土砂災害警戒避難への SiMHiS の活用に関する研究，京都大学修士論文，2020