

# 土石流による地形変動を考慮したマルチスケール流域土砂動態モデルの開発と適用 Development and Application of a Multi-scale Basin Sediment Dynamics Model Considering Landform Changes Due to Debris Flows

○木下拳汰・竹林洋史・藤田正治

○Kenta KINOSHITA, Hiroshi TAKEBAYASHI, Masaharu FUJITA

In recent years, heavy rain disasters, such as the torrential rain in the Kii Peninsula in 2011, have occurred frequently. SiMHiS, a model for analyzing the dynamics of sedimentation in a river basin, divides the river basin into unit river channels and slope units, and enables integrated analysis of slope collapse prediction, the supply of collapsed sediment to river channels, and the movement of water and sediment in river channels. But it is not possible to express the flow of the debris flow. Therefore, by integrating Morpho2DH, a debris flow and mud flow simulation model, into SiMHiS, we will develop a multi-scale basin sediment dynamics model that can integrate the analysis of the basin sediment dynamic, considering the prediction of the occurrence of debris flow, the flow of debris flow and the topographical changes caused by debris flow.

## 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、これらの現象はそれぞれ斜面スケール、溪流スケール、流域スケールと異なる空間スケールで発生する。このような土砂移動現象を統合的に解析して得られた情報は、土砂災害対策を考える上で有効である。

西尾<sup>3)</sup>は、流域土砂動態モデルである SiMHiS<sup>1)</sup>と土石流・泥流モデルである Morpho2DH<sup>2)</sup>を統合し、2011 年台風 23 号により被害が発生した那智川流域の溪流の一部でモデルの適用を行った。本研究では、同モデルの改良を行いながら流域全体を同時に解析できるマルチスケール流域土砂動態モデルを開発し、那智川流域に適用する。

## 2. マルチスケール流域土砂動態モデル

マルチスケール流域土砂動態モデルでは、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 に示す最小安全率  $F_{smin}$  と表面流水深  $h_{sf}$  により決定する。ここに  $d_m$  は土砂の平均粒径である。安全率  $F_s$  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もので、1 を下回った時に崩壊したと判定される。パターン 1 は斜面が安定状態であるため流動化しない。パターン 2-a,b は安全率が 1 近傍の臨界状態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であるため流動化しにくい。パターン 4-a,b は安全率が 1 を大きく下回る加速状態で表面流が発生するため、崩土は斜面下方に加速しながら流動化するものとする。

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	$F_{smin} < 0.95$	$h_{sf} \leq 1.4d_m$

次に、流動化形態に基づいた境界条件を与え、Morpho2DH により土石流解析を行う。境界条件として、パターン 2 では表面流による侵食を再現するために高さ 0.1m の水塊を、パターン 3, 4 では崩土の流動化を表現するため高さ 0.5m の水と土砂の混合物を斜面上に与える。この時の土砂濃度は SiMHiS によって得られる、加速状態に遷移する時刻の濃度を用いる。

土石流解析によって得られる地形変動量より、それぞれの単位河道周辺の侵食量と堆積量を求める。侵食量と堆積量の差に相当する河床変動量を各単位河道に一様に与えることで、土石流による地形変動を考慮した流域土砂動態の解析を行う。

### 3. 結果・考察

Morpho2DH による土石流解析は、流域全体の同時解析に先立ち樋口川流域と内の川流域を対象とした場合について述べる。

#### (1) 流動化形態の分類

SiMHiS により得られた流動化形態の空間分布を図 1 に示す。この時、斜面勾配が 35 度以上の斜面要素では土層が存在しないものとし、流動化形態の判定から除外した。流域全体でパターン 1 は 258 箇所、2-a は 171 箇所、2-b は 1 箇所、3 は 7 箇所、4-a は 59 箇所、4-b は 20 箇所となった。

#### (2) 土石流解析

内の川および樋口川流域での土石流の最大流動深を図 2、図 3 に示す。内の川流域ではパターン 2-a の崩壊が 2 箇所発生し、土石流は本川合流部まで流下している。本解析は砂防堰堤設置後の地形データをもとに実行しているため、堰堤が土石流を捕捉し、本川合流部での氾濫は小規模にとどまっている。樋口川では、パターン 2-a および 4-a の崩壊が計 8 箇所発生した。溪流の隣の谷を流下した土石流は本川合流部で氾濫したが、溪流を流下した土石流は砂防堰堤によって捕捉され、本川まで流れていない。

### 4. おわりに

那智川流域全体での同時解析に先立ち、溪流ごとに土石流解析を行った。SiMHiS で得た斜面崩壊発生箇所を Morpho2DH 上で与えて流動化形態ごとに異なる計算条件を与えたが、その場で停止する土石流と、斜面を削りながら流下する土石流が見られた。これは崩壊箇所の勾配などが関係していると考えられる。また、土石流解析を通して砂防堰堤による土石流の捕捉の効果も確認することができた。砂防堰堤の設置により本川合流部への氾濫は小規模にとどまっていることが分かった。

### 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) Hiroshi Takebayashi and Masaharu Fujita: Numerical Simulation of a Debris Flow on the Basis of a Two-Dimensional Continuum Body

Model, Geoscience 2020, 10, 45, 2020

- 3) 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，京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻修士論文，pp.15-16，2022

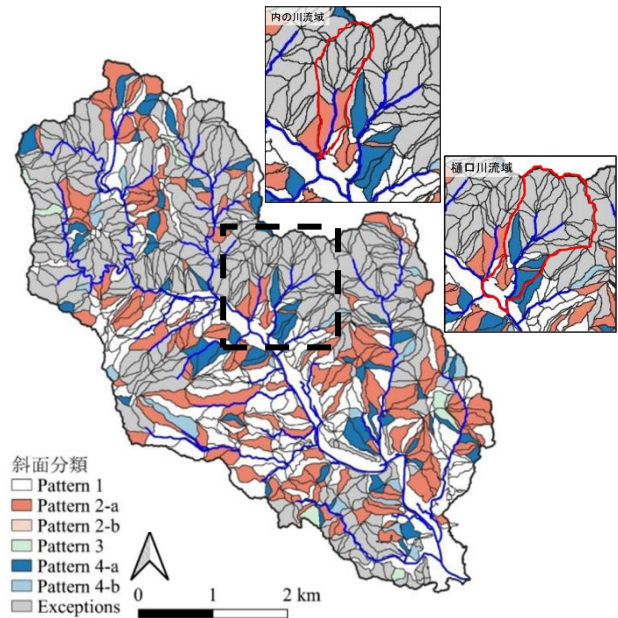


図 1 流動化形態の空間分布

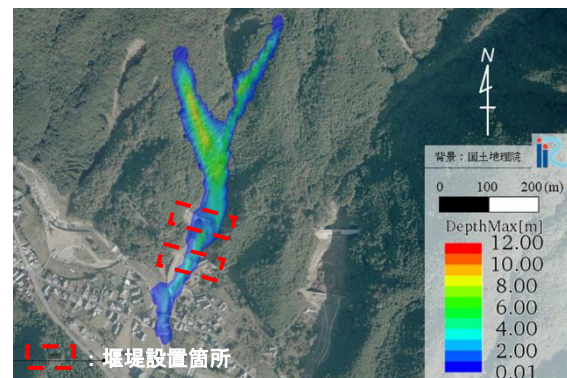


図 2 内の川流域の土石流の最大流動深

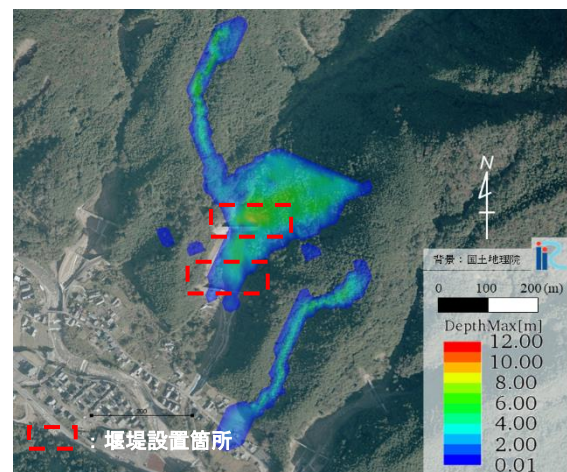


図 3 樋口川流域の土石流の最大流動深