

マルチスケール流域土砂動態モデルの開発とその適用に関する研究
Study on the Development of Multiscale Sediment Transportation Model and its Application

○西尾潤太・藤田正治・竹林洋史・山野井一輝

○Junta NISHIO, Masaharu FUJITA, Hiroshi TAKEBAYASHI, Kazuki YAMANOI

Typhoon No.12 that occurred in 2011 caused a lot of landslides and sediment produced from landslides turned into debris flow in several tributary rivers in Nachi River basin, Wakayama Prefecture. Debris flow deposited at the confluence caused a rise in the riverbed, resulting in flooding. Thus, hazards occur at different scales. We have been developed a sediment transportation model including landslide prediction, sediment supply, rainfall and sediment runoff and risk of debris flow evaluation named SiMHiS. However, this model does not analyze erosion and deposition caused by debris flow. In this study, we develop Multiscale sediment transportation model, which can analyze hazards occurring at different scales by integrating SiMHiS and Morpho2DH.

1. はじめに

平成 23 年台風 12 号により、和歌山県的那智川流域では、斜面崩壊、溪流スケールの土石流、また溪流からの流出土砂が合流点付近に堆積することによる流域スケールの氾濫で被害が発生した。

土砂のハザードは様々なスケールで発生するものである。著者らがこれまで開発してきた流域土砂動態モデル SiMHiS¹⁾では、流域を単位河道・単位斜面・斜面要素に分割し、斜面崩壊予測から崩壊土砂の河道への供給、河道における水・土砂の移動を統合的に解析できる。さらに、斜面の流動化危険度の空間分布を得ることができる。しかし、崩壊土砂が土石流化し、溪流を侵食・堆積しながら流動する現象は表現することができない。そこで、本研究では、土石流の流動を解析するモデルである Morpho2DH²⁾と SiMHiS を統合することにより、異なるスケールで発生するハザードを解析することができるマルチスケール流域土砂動態モデルを開発する。

2. 解析条件

本研究では、那智川流域を対象に解析を行う。抽出した単位河道、斜面要素を図 1 に示す。本図に、平成 23 年台風 12 号における総降雨量(2011/9/1~9/5)も示している。なお、降雨データは気象庁による解析雨量を用いた。

SiMHiS による斜面の流動化危険度は、表 1 に示すように、安全率と表面流水深により斜面要素を分類して求める。ここで、崩壊に対する安全率

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あり、これが 1 を下回った時崩壊したと判定される。表面流水深の閾値については高橋³⁾による土石流発生条件を用いて分類した。ここに、 h_{sf} は表面流水深、 d_m は斜面の平均粒径である。また、流動化危険度は $4-a>4-b>2-a>2-b$ であり、1, 3 では流動化しない。

流動化危険度が高いと判定された斜面について Morpho2DH により土石流解析を行う。このとき、崩壊時の斜面の飽和度、土砂濃度を SiMHiS から受け渡す。ここで、パターン 2 は侵食、パターン 4 では崩壊起因の土石流が発生するとし、初期条件はパターン 2 の斜面要素には土砂濃度 0.01、崩壊深 0.1m、パターン 4 には SiMHiS による崩壊時の土砂濃度で崩壊深 0.5m の斜面崩壊として与える。

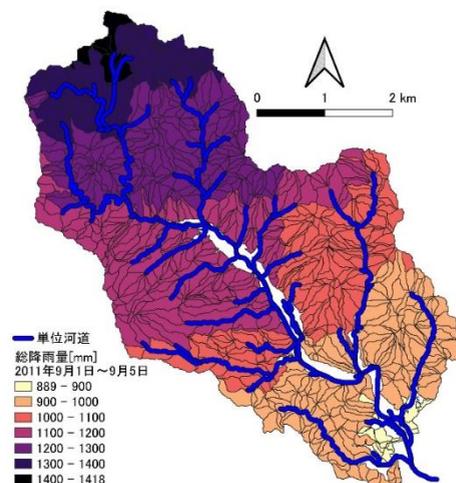


図 1 抽出地形モデル

表 1 斜面要素の分類

パターン	崩壊に対する安全率	斜面の表面流水深
1	静止($F_s \geq 1.05$)	-
2-a	臨界状態 ($0.95 \leq F_s < 1.05$)	表面流水深大 ($h_{sf} > 1.4d_m$)
2-b	臨界状態 ($0.95 \leq F_s < 1.05$)	表面流水深小 ($h_{sf} \leq 1.4d_m$)
3	臨界or加速($F_s < 1.05$)	無($h_{sf} = 0$)
4-a	加速($F_s < 0.95$)	表面流水深大 ($h_{sf} > 1.4d_m$)
4-b	加速($F_s < 0.95$)	表面流水深小 ($h_{sf} \leq 1.4d_m$)

3. 結果・考察

平成 23 年台風 12 号における降雨を与えた条件による、那智川流域の斜面分類を図 2 に示す。本研究では、土層の崩壊のみを考慮するため、内部摩擦角を 35 度とし、斜面勾配がこれより大きくなる場合、土層は存在せず、崩壊が生じないものとした。本ケースでは崩壊計算対象の斜面要素は 498 箇所あり、そのうちパターン 1 が 196 箇所、2-a が 213 箇所、2-b が 9 箇所、3 が 5 箇所、4-a が 54 箇所、4-b が 31 箇所となった。実際に土石流が発生した中流部の支川沿いに流動化危険度の高い 4-a が多く分布していることがわかる。この支川のうち、左支川の平野川を対象として土石流解析を行う。平野川流域ではパターン 2-a が 3 箇所、4-b が 1 箇所あり、発生時刻は 4-b が計算開始から 32.5 時間後、2-a となった 3 箇所が 76 時間後に発生している。

以上の条件で Morpho2DH により土石流解析を行った地形変動量に関する結果を図 3 に示す。土石流是那智川本川まで流下し、合流点付近で堆積しており、概ね実態と一致した流動範囲が得られた。

また、SiMHiS では、平野川流域で 2020m³の生産土砂量であったのに対し、Morpho2DH では土石流の侵食により 19,580m³の生産土砂量となった。

SiMHiS と Morpho2DH を統合することで、降雨を入力条件として、流動化危険度の高い斜面の予測と、その斜面を起点とする土石流の流動を解析が可能となった。SiMHiS で表現できない土石流の侵食による土砂生産についても解析可能となった。

3. おわりに

本研究では、那智川流域において斜面の流動化危険度を SiMHiS により求めた。その結果流動化危険度が高いと評価される斜面要素を起点として、Morpho2DH による土石流解析を行った。

今後は、Morpho2DH により得られた河床変動を SiMHiS に与えることで、土石流が流域スケールで与える影響について解析する予定である。

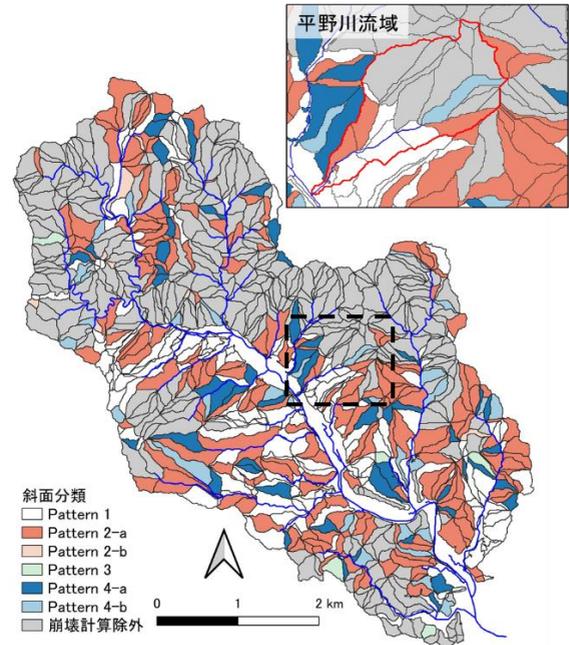


図 2 那智川流域における斜面分類

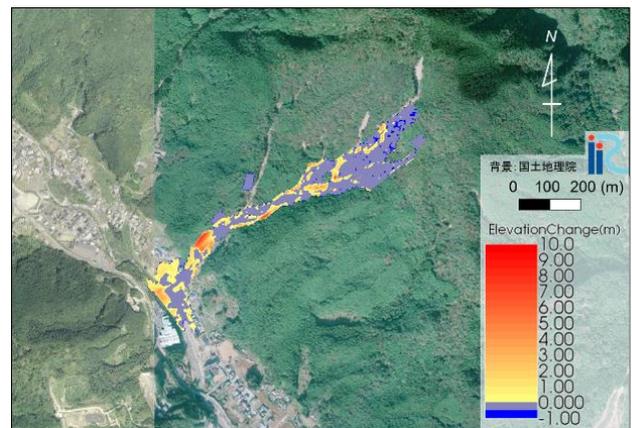


図 3 土石流解析による地形変動量

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, Masaharu Fujita: Numerical Simulation of a Debris Flow on the Basis of a Two-Dimensional Continuum Body Model, Geoscience2020, 10, 45, 2020
- 3) 高橋保: 土石流の発生と流動に関する研究, 京都大学防災研究所年報第 20 号 B-2, pp. 405-435, 1977