

表層崩壊から土石流までを考慮した一連の土砂流出解析モデル A series of numerical analysis on debris flows associated with shallow landslides

○孝子 綸図・山野井一輝・和田孝志・堤大三・藤田正治

○Rinto KOSHI, Kazuki YAMANOI, Takashi WADA, Daizo TSUTSUMI, Masaharu FUJITA

A large scale of landslide and following debris flow occurred on 15th ~ 16th Oct. 2013 in the west part of Izuoshima island. The disaster caused heavy damage to people, facilities and so on. In order to develop a method to predict both timing and scale of them, we developed a simulation model connected the rainfall runoff model, slope stability model, and the debris flow model on the stream-tube method of topographical division. As a result of application, the calculated area and timing of landslide, in addition the calculated volume of debris flow was corresponded to the observed data. (99 words).

1. はじめに

豪雨に起因する表層崩壊は土石流等を通じて人的被害を引き起こすだけでなく、下流に供給された崩壊土砂による河床の上昇や河川構造物の被害を引き起こす。例えば、平成 25 年 10 月 15 ~ 16 日に伊豆大島で発生した土砂災害では、大金沢等の流域で複数の表層崩壊が面的に発生し、それに起因する土石流・泥流により広い範囲で人的・物的な被害が生じた¹⁾。このような土砂災害に備えるためには、警戒避難を中心としたソフト対策が重要であり、降雨を元に斜面崩壊の場所と規模・およびそれに伴う土石流まで統合的に評価できればハザードマップや避難計画の立案に役立つ。そこで本研究では、広範囲に適用できる統合的土砂災害シミュレーションモデルの構築を目的とする。

本研究では、前述した伊豆大島元町地区大金沢流域(図 1)を対象地域とした。図 1 における黄色のラインは斜面崩壊と土石流による地表面攪乱エリアを示し、白いラインは後述する手法を用いた地形分割結果を示している。斜面崩壊発生場の勾配は 30 ~ 40° であり、表層は層厚 1m のテフラ層である。

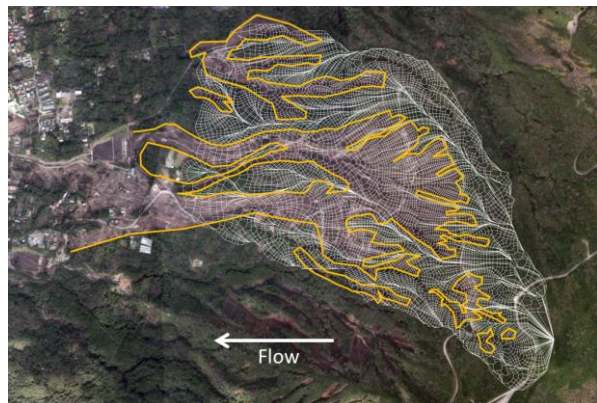


図 1 対象流域における地形分割

2. 数値モデル

解析は、TOPOTUBE²⁾を用いた地形分割により、降雨流出解析・斜面安定解析を連続させて行う。

TOPOTUBE 法は等高線とそれらを横切る流線により地形を分割する手法である。流線に囲まれた分割要素群は、上流から下流までのひとつなぎの斜面(以降 TUBE と呼ぶ)として捉えることができ、同時にこの斜面は降雨浸透水の流出経路を再現している。降雨流出は Diffusion Wave 法を用い、表面流を Manning 則、中間流を Darcy 則により解析した。次に、得られた水深を入力値として、簡易 Janbu 法による斜面安定解析と動的計画法の組み合わせによる最小安全率断面の探索を行い、崩壊箇所、崩壊土砂量、崩壊タイミングを得た。これらを入力値として、高橋ら³⁾の手法を基に一次元土石流解析を行う。入力ハイドログラフは、算定された各崩壊の土砂量・崩壊長さ・斜面傾斜角の関数で導かれる三角形ハイドログラフとした。以下に解析の流れを示す。

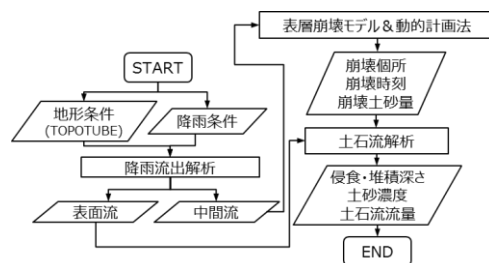


図 2 解析フローチャート

3. 適用結果

計算条件として表 1 に示す諸量と気象庁大島観測所で観測された降雨(図 5 上部参照)を与えた。

最大降雨強度観測時の表層崩壊予測結果を図 3 に示す。斜面崩壊判定箇所は地表攪乱エリアの源頭部をおおよそ表現できた。

表 1 解析条件

土層厚さ[m]	1.0	初期水深[m]	0.2
土粒子密度 [g/cm ³]	2.65	間隙流体 密度[g/cm ³]	1.0
平均粒径[mm]	5.0	間隙率	0.56
透水係数[cm/s]	1.0×10^{-2}	Manning 粗度係数	0.07
粘着力[kN/m ²]	5.0	内部摩擦角[°]	20.0
侵食速度係数	0.0007	堆積速度係数	0.1

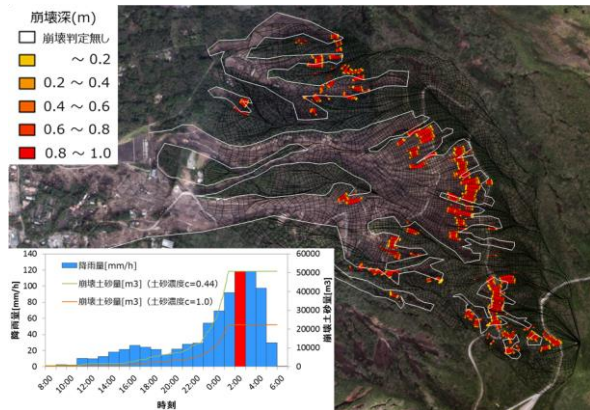


図 3 表層崩壊予測結果

得られた表層崩壊に関する諸量と降雨流出解析による表面流を入力値として図 4 に示すように地形分割上の TUBE において一次元土石流解析を行なった。図 4 上部は最大降雨強度に達する前の時刻における結果を示している。おおよその崩壊土砂(土砂濃度 $c=0.44$)は崩壊発生部直下、もしくは斜面勾配変化部に堆積していることがわかる。図 4 下部には降雨終了後の結果を示す。降雨による表面流の発生により、堆積土砂の二次的侵食が表現された。図 5 には流域右支川下流部(図 4 赤色丸印)における土石流流量を示す。崩壊発生時刻が長時間にわたり分布しているため各流量ピーク値は小さいが、積算流出流量は約 220,000[m³]を得た。東京都建設局によると大金沢流域における土石流流下流量は約 165,000[m³]⁴⁾と見積もられており、解析流量に近い値が示された。

4. まとめ

TOPOTUBE 法, Diffusion Wave 法, 簡易 Janbu 法, 動的計画法, 高橋モデルによる土石流解析を統合し, 流域単位における土砂災害シミュレーションモデルを構築した。伊豆大島大金沢流域へのモデル適応結果は災害調査結果と比較し, 再現度はおおむね良好であった。今後は他の流域にモデルを適用し, 解析値の妥当性の検証を行う。

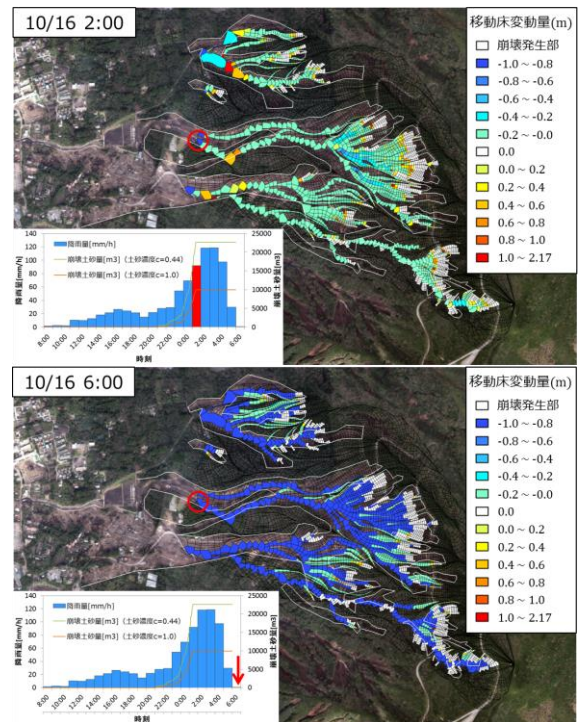


図 4 土石流解析結果

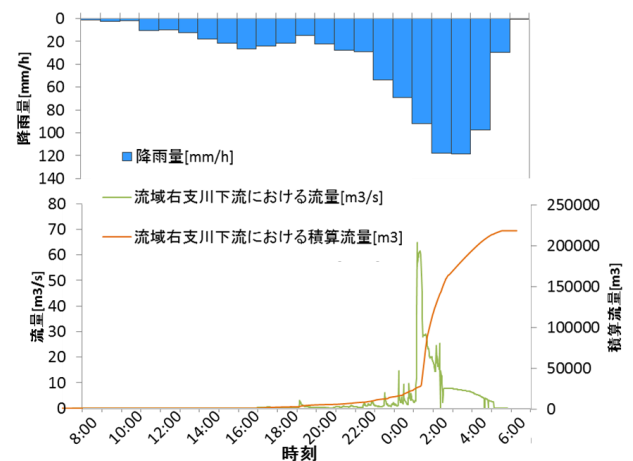


図 5 流域右支川における土石流流量

参考文献

- 1) 石川ら：2013年10月16日台風26号による伊豆大島土砂災害, 砂防学会誌, Vol.66, No.5, pp.61-72, 2014
- 2) Wuら：A distributed slope stability model for steep forested basins, Water Resources Research, Vol.31, No.8, p.2097-2110, Aug, 1995.
- 3) 高橋ら：山岳流域における土砂流出の予測, 水工論文集, 第44巻, pp.717-722, 2000
- 4) 伊豆大島土砂災害対策検討委員会：伊豆大島土砂災害対策検討委員会報告書, p.33, 2014