

TOPOTUBE による地形分割を用いた流域スケールの表層崩壊および 土砂流出の解析モデル

Numerical analysis on debris flows associated with shallow landslides at basin scale using TOPOTUBE topographic approximation

○孝子 綸 図・堤大三・山野井一輝・藤田正治

○Rinto KOSHI, Daizo TSUTSUMI, Kazuki YAMANOI, 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. To mitigate the sediment disaster by early warning is necessary. 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 was corresponded to the observed data. (101 words).

1. はじめに

豪雨に起因する表層崩壊は直接または土石流や天然ダム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って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・泥流により元町地区の広い範囲で人的・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るが、このとき、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供する。そこで、本研究では土石流計算に先立ち、実用的な計算負荷で、広範囲に適用でき、かつ崩壊の面的・時間的分布や崩壊土砂量までを算出可能な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、2013年台風26号によって大規模な土砂災害が発生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。図で赤く表示されて

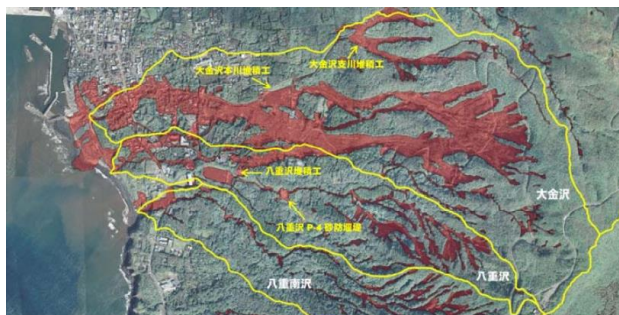


図1 元町地区 大金沢流域¹⁾

いるエリアは地表面攪乱エリア(表層崩壊の発生場および土石流の流下・堆積場)である。同地域の斜面崩壊発生場の勾配は30~40°であり、表層は14世紀の割れ目噴火以降に形成されたテフラ層である。

本災害時の斜面崩壊発生メカニズムは、台風26号の記録的豪雨(最大時間雨量122.5mm)により斜面表層の未固結な火山噴出物が飽和して過剰な間隙水圧が発生し、下層の難透水層との境界がすべり面となった¹⁾ことと考えられる。また崩壊地に繁茂している広葉樹の根系深はおおよそ実際の崩壊深より浅いため、根系による緊縛力が十分作用しなかったことも一因であると考えられる。

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法では等高線と、それに直行する直線で地形を分割するため、地表面構造を考慮した表面流の流下方向を再現することができる。よって、流域内の尾根部から谷部までの水の流れを複数のTUBEの集合として1次元的に取り扱えるメリットがある。降雨流出はKinematic 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、得られた水深の時間変化を入力値として、簡易Janbu法による斜面安定解析と動的計画法による最小安全率断面の探索を組み合わせた解析を行った。以上の方法により、すべり面形状から崩壊土砂量を得ることが可能である。したがってこれと崩壊タイミングの計算値を入力

として、一次元土石流計算に接続することが可能である。

3. 適用

計算条件として降雨データには 2013 年 10 月 1 日 00:00 から 10 月 17 日 00:00 までに気象庁大島観測所で観測された降雨（図 4）を与えた。与えた土壌パラメータは表 1 に示す。

得られた洪水ピーク後の斜面崩壊の崩壊深の分布を図 2 に示す。斜面崩壊判定箇所はおおむね実際の地表攪乱エリア源頭部に位置しており、地下水位の上昇に伴って斜面崩壊判定エリア数も増加している。また、洪水ピーク（実際の崩壊発生判定時刻）前後における崩壊判定面積比は約 2.5 倍、台風イベント発生前後の崩壊判定面積比は約 4.6 倍となった。

TUBE ごとの安全率の時系列変化を図 3, 4 に示す。おおむね各 TUBE は実際の崩壊発生推定時刻と一致し、安全率 1 を下回っている。また安全率 1 を下回らない TUBE No.635 は実際にも崩壊が発生していないエリアにある。TUBE No.336 は実際には崩壊が発生したが、計算では崩壊判定がなされていない。一つの原因は、隣接メッシュ間の相互作用を考慮しないモデルのため、土塊同士の摩擦等による崩壊の拡大までは再現できないことと考えられる。

4. まとめ

地表面構造を考慮した地形分割(TOPOTUBE)と Kinematic Wave 並びに簡易 Janbu 法、動的計画法を組み合わせた手法により、各要素における水深の時間変化並びに、斜面の崩壊面的分布・形状・土砂量、崩壊タイミングの算定ができた。今後これらを入力値に用いて一次元土石流計算を実施する予定である。

参考文献

- 1) 石川芳治・鈴木雅一・田中淳・藤井敏嗣・堀田紀文・渡辺秀文：伊豆大島土砂災害対策検討委員会報告書，pp.12-34, 2014
- 2) Wu, W., Sidle, R. C.: A distributed slope stability model for steep forested basins, Water Resources Research, Vol.31, No.8, pp.2097-2110, Aug, 1995.

表 1 用いた土壌パラメータ一覧

TOPOTUBE 最大幅[m]	10	充填密度 (g/cm ³)	2.1
土層厚さ[m]	2	粘着力 (kN/m ²)	7.35
透水係数 [m/s]	1.0×10 ⁻⁴	内部摩擦角(°)	20
間隙率	0.56	Manning 粗度係数	0.07

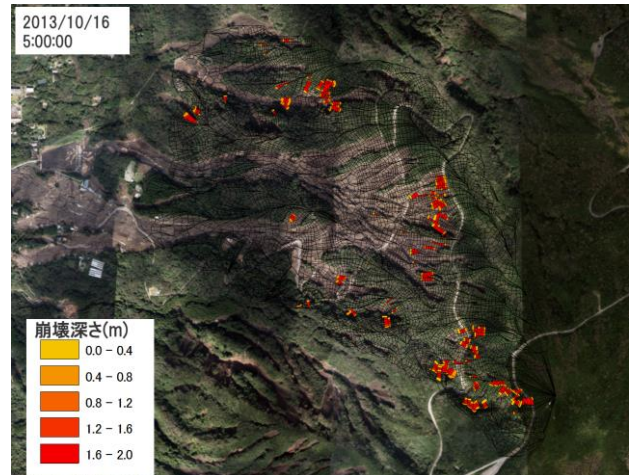


図 2 崩壊深の面的分布

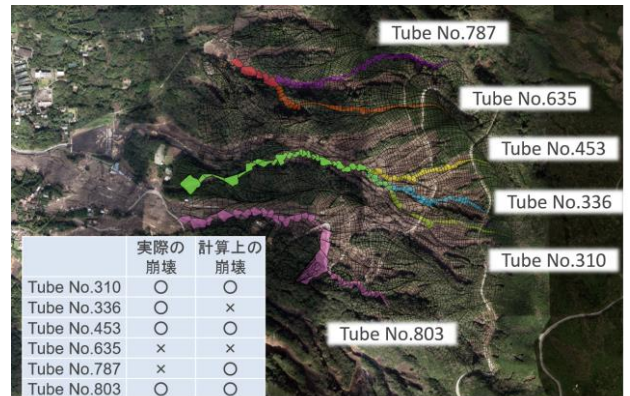


図 3 対象とした TUBE

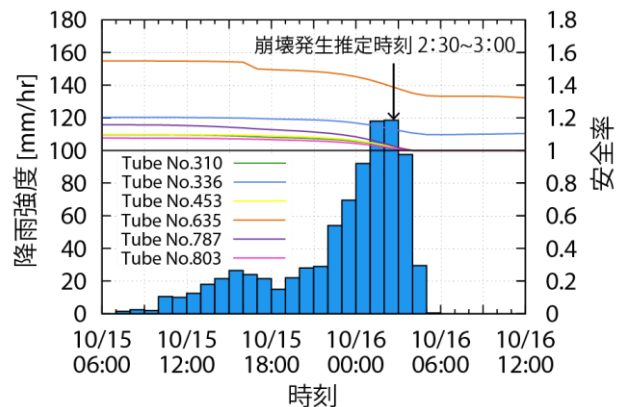


図 4 TUBE 毎の安全率変動グラフ