

## リアルタイム雨量センサーを用いた短時間大雨による土砂災害発生予測

山梨大学大学院 学生会員 ○佐藤 和卓  
山梨大学大学院 フェロー 鈴木 猛康

## 1. はじめに

近年、大雨の発生件数の増加に伴い、土砂災害の発生件数も増加傾向にある<sup>1),2)</sup>。平成13年に制定された土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律では、土砂災害発生の危険性を周知する方法の1つとして、土砂災害警戒情報を発表することを定めている。

土砂災害警戒情報は、解析雨量を基に60分間積算雨量と土壌雨量指数を計算し、2時間後の予想雨量が土砂災害発生危険基準線に到達した際に発表される。しかし、土砂災害警戒情報発表の判断に用いる現状の解析雨量及び土壌雨量指数は、土砂災害警戒区域のレベルの分解能を有していないことや短時間大雨に対する事前の土砂災害警戒情報の提供が困難であること、土壌雨量指数が土砂災害警戒区域の個々の地質や植生、風化の程度を表していない等の課題がある。

そこで、山梨大学防災研究室では、1分間隔で降雨強度を測定できるリアルタイム雨量計を山梨県西桂町の各土砂災害警戒区域に配置し、雨量観測に基づいてリアルタイム土砂災害危険度予測を行い、避難情報の発令を支援している。

本研究では、短時間大雨による土砂災害の発生予測を行うため、リアルタイム雨量観測結果に基づいて、斜面の最表層の土砂流出に着目した土石流発生予測モデルを作成し、過去の短時間大雨の雨量観測結果を基に、土石流発生予測モデルの妥当性の検証を行う。さらに、リアルタイム雨量を基に入力する降雨時間変動パターンを変更し、リアルタイム土砂災害発生予測モデルを提案する。

## 2. 土石流発生予測モデルの提案

平成29年8月7日に大月市で発生した土砂災害の短時間大雨を用いて、降雨強度の比較および流出解析を行った。西桂町町民グラウンドのリアルタイム雨量観測結果と大月観測所(AMeDAS)の10分雨量観測結果を図1に示す。町民グラウンドのリアルタイム雨量は積算雨量が土砂災害の発生した大月市と一致させるため、実観測雨量の1.6倍となっている。リアルタイム雨量の観測結果を見ると、10分の間にも著しい降雨強度の変動が存在することが分かる。瞬間的な大雨は斜面の最表層に浸透するとともに、斜面表面を流れ、最表層地盤中の地下水位は一気に上昇する。大月観測所の10分雨量観測結果を用いた直列3段タンクモデルによる流出解析結果を図2に示す。図2より、短時間大雨を用いた流出解析では、急激な雨量が入力されるため、最表層を

表現した第1層のタンクの土壌中の水分量も急激に増加していることが分かる。よって、短時間大雨による土砂災害の発生予測には、最表層地盤の条件を表現したモデルが必要であると考えた。

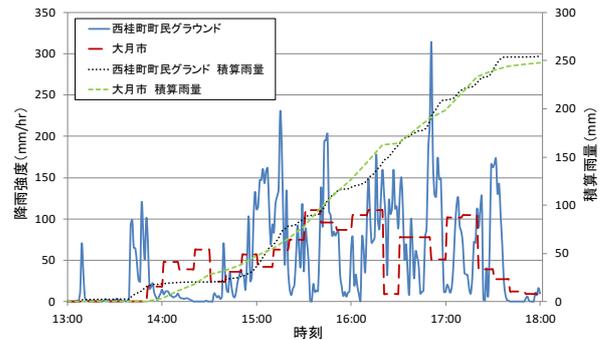


図1 リアルタイム雨量と10分雨量の観測結果の比較

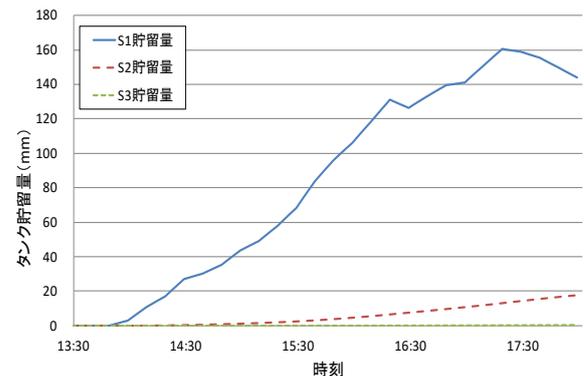


図2 短時間大雨の流出解析結果(大月市)

土石流発生予測モデルは高橋<sup>3)</sup>の表層崩壊発生機構の地下水面が地表面と平衡かつ飽和浸透流によって崩壊が発生するパターンを参考に作成した。土石流発生予測モデルのモデル式を下記に示す。

$$\text{安全率 } F_s = \frac{\tau}{\tau_L} = \frac{g \sin \theta [C_* \sigma D + (1 - C_*) \rho \{S_r (D - S_1) + S_1\}]}{[g \cos \theta [C_* \sigma D + (1 - C_*) \rho \{S_r (D - S_1) + S_1\} - \rho S_1]] \tan \phi}$$

$$\text{飽和度 } S_r = \frac{S_1}{(1 - C_*) D}$$

土石流発生予測モデルでは、最表層地盤底面に作用するせん断応力 $\tau$ が最表層地盤のせん断抵抗力 $\tau_L$ を上回った際に崩壊が発生する。モデルに用いられている飽和浸透流は、流出解析を行い、最表層地盤の土壌水分量を表している第1タンクの貯留高 $S_1$ を算出し、土石流発生予測モデルに用いた。土壌中の飽和度を最表層地盤の土壌水分量 $S_1$  (mm)、表層中の土粒子容積濃度 $C_*$  (%)、表層厚 $D$  (mm)で表現することにより、雨量観測結果を用いた土砂流出の発生予測が可能となるモデルを作成した。

キーワード：土砂災害発生予測、リアルタイム観測、表面流出

連絡先：山梨県甲府市武田 4-3-11 山梨大学工学部土木環境工学科 防災研究室 TEL：055-220-8531

### 3. 過去の短時間大雨に基づいた土石流発生予測モデルの妥当性の検証

平成23年9月21日台風第15号に伴い、観測された短時間大雨によって発生した土砂災害を対象として、土石流発生予測モデルによる解析を行った。

渡邊ら<sup>4)</sup>によると、この短時間大雨を用いて直列3段タンクモデルによる流出解析を行い、土壌雨量指数を計算し、危険度推定を行ったところ、身延町身延、身延町久成、身延町の3地点において、土砂災害発生危険基準線超過以前に土砂災害が発生していた。本研究では、渡邊らが観測した合成雨量を入力雨量として用いて、土石流発生予測モデルによる解析を行った。対象斜面の表層厚の算出には、小川<sup>5)</sup>の表層厚と傾斜角の関係を用いた。また、高橋の著書より、危険側として砂質土の物性値を採用し、土粒子の密度を2.65g/cm<sup>3</sup>、土砂の粒子容積濃度を0.65とした。

土石流発生予測モデルによる解析結果は、土砂災害発生時刻前に土石流が発生していたという結果になった。解析結果の例として、身延町身延における解析結果を図3に示す。

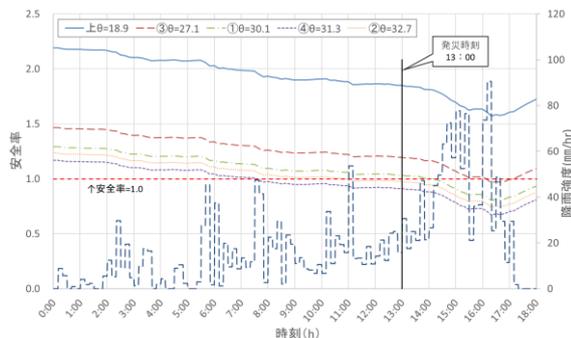


図3 身延町身延における解析結果

図3の身延町身延では、土砂災害発生時刻(13:00)以前に源頭部に近い地点の傾斜角( $\theta = 32.7^\circ$ )で基準を下回っていた結果が得られた。また、他の2地点においても土砂災害の発生以前に基準値を下回る結果となり、直列3段タンクモデルによる土壌雨量指数を用いた土砂災害危険度推定手法より、実現に近い地盤情報を表現したモデルであると言える。

### 4. リアルタイム土砂災害発生予測

リアルタイム土砂災害発生予測の優位性を検証するため、西桂町町民グラウンドのリアルタイム雨量センサーで観測された短時間大雨を用いて、リアルタイム雨量に加え、10分、30分、60分という降雨時間変動パターンを作成し、解析結果の時間変動の比較を行った。解析には、平成25年度公共事業事前評価調書で砂防事業の対象とされた倉見下沢を用いた。入力雨量には、平成29年8月7日台風第5号に伴い、観測された短時間大雨の降雨強度を1.6倍にして解析を行った。

降雨時間変動パターンによる短時間大雨の解析結果のうち、解析結果の変動を比較するため、基準値超過付近時刻の解析結果を抜粋し、図4に示す。

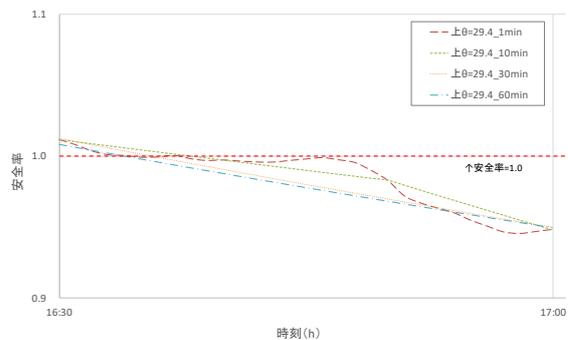


図4 流出量の算出結果( $\theta = 29.4^\circ$ )

8月7日の短時間大雨では、リアルタイム雨量と比較し、10分間の中でも7分の時間差が生じ、他の傾斜では、60分雨量で最大26分の時間差が生じた。降雨時間変動パターンによる解析結果の比較より、リアルタイム雨量に基づいた短時間の土砂災害発生予測が優位であると言える。

### 5. まとめ

本研究では、短時間大雨による土砂災害の発生予測を行うため、短時間大雨では降雨が最表層地盤にのみ貯留されることから、最表層地盤の土砂流出に着目し、せん断応力とせん断抵抗力の比から土砂災害の発生予測を行う土石流発生予測モデルを構築した。また、土石流発生予測モデルを過去に土砂災害の発生した短時間大雨に適用し、モデルの妥当性を示した。さらに、リアルタイム雨量を入力として、降雨時間変動パターンによる時間変動を明らかにし、リアルタイム雨量に基づいた土石流発生予測の優位性を示した。

今後の課題として、解析対象とする斜面の現地調査および室内試験を行い、各斜面特有の地盤情報を用いた土石流発生予測モデルを構築し、解析を行い、リアルタイム雨量による土砂災害発生予測だけでなく、雨の将来予測に基づいた土砂災害の将来発生予測が必要である。

### 参考文献

- 1) 気象庁：アメダスで見た短時間強雨発生回数の長期変化について  
[http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/ex-treme\\_p.html](http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/ex-treme_p.html) (2019年3月14日閲覧)
- 2) 国土交通省,平成19年度国土交通白書
- 3) 高橋保,土砂流出現象と土砂害対策,近未来社,2006.
- 4) 渡邊彩花,相馬一義,大石哲,佐野哲也,柿澤一弘,馬籠純,石平博,市川温,末次忠司,砂田憲吾:単一のXバンドMPレーダーとCバンドレーダーを活用した山地域における土砂災害危険度推定,自然災害科学,37/3号,pp.295-311,2019.
- 5) 小川滋:山林地における水土保全機能の定量的評価について(I),水利科学,149号,pp.51-73,1983.