

# 三徳川流域における土砂災害(急傾斜地崩壊)の 予測に関する基礎的研究

鳥取大学大学院工学研究科 学生会員 ○田中雄介  
鳥取大学大学院工学研究科 正会員 檜谷 治

## 1. はじめに

近年, 異常気象による集中豪雨などで土砂災害は毎年 1000 件以上も発生しており, 我が国では対策として土砂災害警戒情報を発令している. しかし, 土砂災害箇所を正確に予測することは今の予測手法では困難であり, 人命に関わる被害を減らすためには, 今まで以上に正確な崩壊位置を予測できる手法を構築し, 防災対策に役立てていかなければならない. そこで, 本研究では土砂災害のうち「急傾斜地崩壊」を対象として, 三徳川流域(図 - 1)の急傾斜地崩壊の予測精度の向上を検討することを目的とする.

最初に, 流出解析によって出水状況の再現を試み, 流域モデルを作成した. 次に対象流域における地下水位の再現結果から, 崩壊位置と地下水位・地形パラメータの関係性の検討を行った. 最後に, 従来のタンクモデルとの比較を行い, 急傾斜地崩壊の予測精度向上への検討を行った.

## 2. 流出解析モデルについて

急傾斜地崩壊の危険予測には, タンクモデルで土壌雨量指数を計算し災害危険度を評価する方法や, 数値計算によって解析的に予測する方法がある. しかし, タンクモデルでの予測は予想範囲が詳細ではないこと, 数値計算は, パラメータが非常に多く予測するのに時間がかかるという問題がある. 将来的には地下水分量(土壌雨量指数)をより詳細な範囲で, かつすばやく地下水を定量的に予測できる方法の開発が必要である. そこで本研究では, 分布型の流出解析法<sup>1)</sup>を用いて斜面内の地下水位を推定することを試みた. 数値標高モデル(Digital Elevation Model)を用いて対象流域のモデル化を図った(図-2). モデル化を行って 31 個に分けられた小流域の各斜面の平均面積は約 1.3km<sup>2</sup>であった. 本研究では, 各小流域を斜面部と河道部に分け, さらに地下構造を 3 層構造となるようにモデル化した(図-3). そして, 流域を支川の合流点に着目して各小流域を連結することにより流域を表現した. 流量を再現できるパラメータを試行錯誤し, 決定した計算条件を表-1 に示す. また, 2004 年 10 月 1 日から 1 ヶ月間で流量を解析した結果を図-4 に示す. 推定した流量観測地点は三朝である. 洪水波形はある程度一致しており, 総流量に関してほぼ再現できているので, 地下水分布解析で用いるモ



図 - 1 対象流域

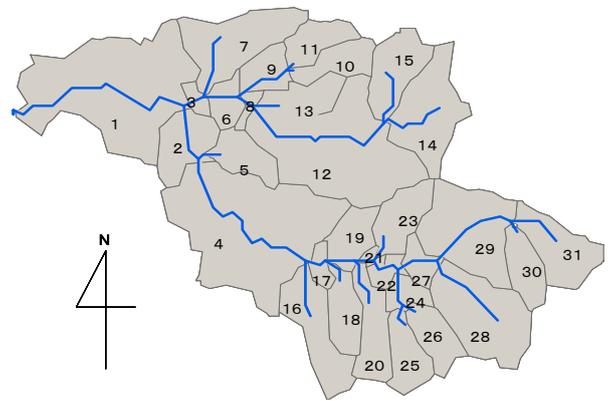


図 - 2 対象流域のモデル化

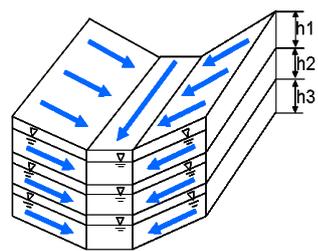


図 - 3 流域モデル図

表 - 1 計算条件

三徳川流域		
粗度係数	斜面	0.15
	河道	0.05
透水係数(m/s)	第1層	$1.40 \times 10^{-2}$
	第2層	$1.50 \times 10^{-4}$
	第3層	$4.50 \times 10^{-5}$
浸透能(mm/hr)	第1層	108.0
	第2層	79.2
	第3層	9.4
	第4層	0.1
層厚(m)	第1層	0.30
	第2層	1.00
	第3層	2.00

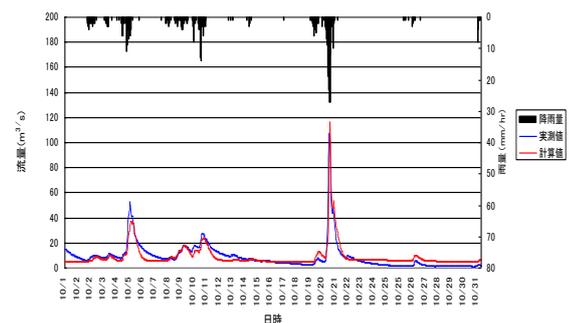


図 - 4 流出解析結果

デルとしては十分な精度であるといえる。

### 3. 急傾斜地崩壊の予測精度向上への検討

三徳川流域における急傾斜地崩壊の危険箇所の予測精度を向上させる方法を検討するには、まず三徳川流域の急傾斜地崩壊の特性を把握する必要がある。三徳川流域で過去に発生した集中豪雨と急傾斜地崩壊の位置をまとめたものを表-2<sup>2)</sup>に示す。過去に崩壊が発生したのは、No. 1, No. 4, No. 9, No. 12, No. 29 の流域斜面のみであった。崩壊の多くは、崩壊土量の少ない表層型崩壊であった。また、一度の降雨で最も土砂崩壊が発生した平成16年10月の台風23号でも流域内では4箇所しか崩壊がなく、崩壊が起こった小流域と、起こっていない小流域の地形パラメータ・地下水位の分布を比較することによって、三徳川流域の土砂崩壊特性を検討できると考えられる。図-5に各小流域の右岸の第1層と第2層の地下水位を再現したものを示す。再現した時刻は全流域で第1層目の地下水位が最大になった時刻で、2004年10月20日19時の地下水位を出力した。データは斜面を刻み幅 dx ごとの地下水位を平均した値を用いた。崩壊が発生している小流域は黒い棒グラフで示しており、第1層目に地下水位が発生している場合が多いが、第2層目の地下水位に関しては、全流域内でも平均的な地下水位であり、関係性は得られなかった。しかし、過去に崩壊があった小流域 No.1, No.4, No.9, No.12, No.29 の5箇所は、崩壊の有無に関わらず地下水位が高い傾向にあるという結果が得られた。

斜面勾配と崩壊位置の関係性に関しては、本モデルの斜面勾配に、小流域で平均した値を用いているため、実際の崩壊斜面での斜面勾配をモデルに与えなければ、関係性を得ることはできないと考えられる。斜面長と地下水位の関係性は、全ての降雨に対して、1度でも第1層の地下水位が発生した斜面を図-6の黒の点で示した。すると、斜面長が長い斜面ほど、第1層目の地下水位が発生しやすい傾向にあると考えられる。この結果を踏まえて、次に斜面長と崩壊位置の関係性に関して検討すると、図-7に示すように、斜面長が長いほど地下水が貯まりやすく、崩壊が発生しやすくなるという結果が得られた。

次に、斜面の地下水分量の時間的変化を従来のタンクモデルと本モデルで比較し、警戒情報での有用性について検討する。従来のタンクモデルは、全国一律のパラメータを用いているため、本モデルは最も下流部である小流域 No.1 の右岸斜面の地下水分量と比較することにした。また、タンクモデルでの土地下水分量

表 - 2 崩壊発生箇所

対象土砂災害	災害発生小流域No.	発生場所
平成2年9月19日台風19号	9	右岸
	29	右岸
平成10年10月18日台風10号	9	右岸
	12	右岸
平成16年8月30日台風16号	4	右岸
平成16年9月7日台風18号	4	右岸
	12	左岸
平成16年9月29日台風21号	4	右岸
	1	右岸
平成16年10月20日台風23号	1	右岸
	9	左岸
	12	右岸

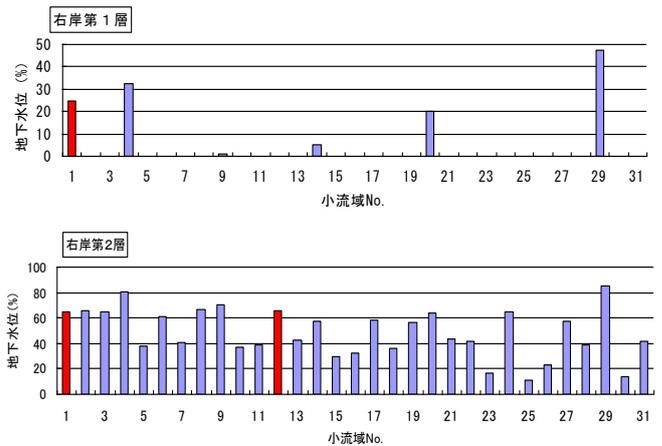


図 - 5 各小流域の右岸の1・2層目の地下水位

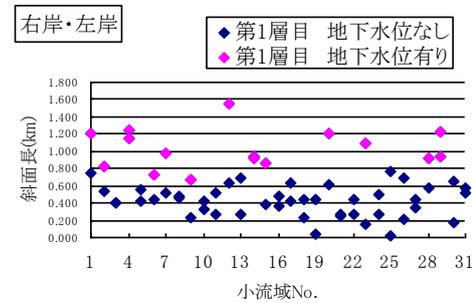


図 - 6 地下水位と斜面長の関係

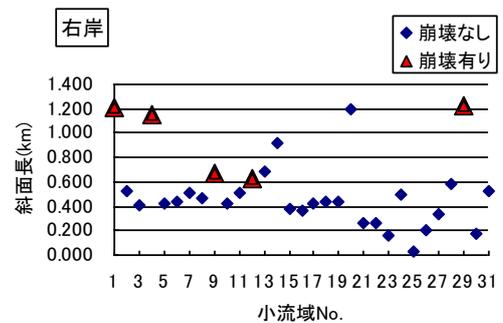


図 - 7 斜面長と崩壊位置の関係

は1層目から3層目までの水位の和で表しているが、本モデルでは図-5の地下水位分析の際に計算した値を用いて、1層目と2層目の水位の割合の和で表すことにし、3層目の地下水位がほぼ満水であり、

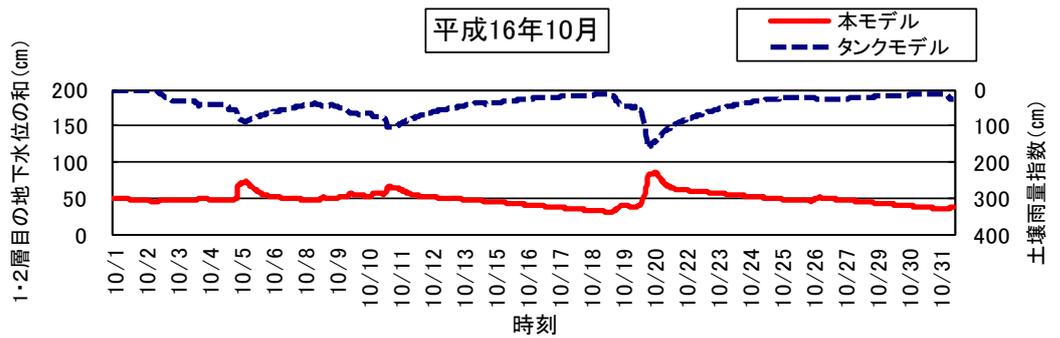


図-8 タンクモデルと本モデルの地下水分量の時間的变化

変動が殆んどなかったのを考慮しないこととした。雨量データに関しては、急傾斜地崩壊が起こったことのある全ての降雨で比較を行い、タンクモデルでは代表値として流域の中央に位置する三朝観測所の観測雨量のデータを、本モデルでは今までの解析と同じようにティーセン法で流域ごとに雨量を与えた。タンクモデルと本モデルの地下水分量の時間的变化をグラフにしたものを図-8に示す。平成16年10月の降雨での地下水分量のピークを比較してみると、ピークへの立ち上がり時刻やピーク時刻に関してはほぼ一致していると考えられる。しかし、この結果は小流域 No.1の右岸での値であるので、全流域で比較してみたところ、地下水分量のピーク時刻が1時間～6時間遅れていた流域もあり、ピーク時刻は流域それぞれで違っていた。つまり、タンクモデルは1kmメッシュ毎に計算しているのに対して、本モデルでは小流域の斜面ごとに計算しているため、タンクモデルでは考慮できない斜面の地形パラメータを与えて崩壊位置を予測でき、地下水分量のピーク時刻や値に関しても、小流域それぞれで予測を行うことができると考えられる。このように、小流域ごとに土壌雨量指数が短時間で計算でき、崩壊時刻がより正確に予測できるようになれば、土砂災害警戒情報で適用したときに、今まで以上に細かい範囲まで危険度マップで崩壊危険箇所を知らせることができ、今後の防災対策で活躍できると考えられる。

#### 4. まとめ

本モデルではタンクモデルとは異なり、地下水分量を小流域ごとに計算でき、発生時刻も細かく予測できることがわかった。しかし、実用性のあるモデルに改善していくには、小流域ごとの地形パラメータと流出パラメータの精度が最も重要とされ、流出パラメータの設定に関しては、様々な降雨で流出解析を繰り返し行い、どんな降雨でも流出波形や総流量が合うように設定する必要があると考えられる。また、与える降雨のデータをレーダー雨量にすることによって、小流域ごとに雨量を与えることができ、解析精度が向上すると考えられる。モデルパラメータが設定できれば、地下水位のより正確な再現が可能となり、本研究で得られた結果から、地下水位・地形パラメータと崩壊位置の関係性を考慮することで、小流域ごとに基準が設定できると考えられる。

【参考文献】 1) J. Huang, O. Hinokidani, H. Yasuda and Y. Kajikawa: Study on Characteristics of the Surface Flow of the Upstream Region in Loess Plateau, 土木学会水工学論文集, 第52巻, 2008.

2) 鳥取県土整備部治山砂防課, 株式会社パスコ: 平成21年度鳥取県土砂災害警戒情報の運用検証業務委託報告書, 2010