

パシフィックコンサルタンツ (株) ○藤吉秀彰、斉藤泰久  
橋本健志、秋山怜子、青柳泰夫

1. はじめに

我が国において土石流危険渓流の整備率は依然として低く、土石流による被害はあとを絶たず、危険箇所の抽出や警戒避難に反映させる情報の収集・蓄積が急務となっている。その解決方法のひとつとして、近年測量精度向上が図られている航空レーザー測量データ (以下、LP と略す) と、分布型の降雨流出・斜面崩壊モデルを用いることで、崩壊危険度の高い流域が抽出できることが期待される。

斜面崩壊モデルでは、斜面の安全率が表層土層厚や内部摩擦角( $\phi$ )、粘着力(C)等をパラメータとして計算され、分布型流出モデルより計算された地下水深が崩壊発生のトリガーとなる。そのため、分布型降雨流出モデルの現況の地下水深の再現性が極めて重要であると考えられるが、分布型流出モデルの骨格となる数値標高モデルの精度が地下水深の再現性にどのような影響を及ぼすかについて、これまで十分に議論されてこなかった。

そこで、本研究では、1m 間隔で得られた LP を用いて、メッシュ間隔の異なる複数の数値標高モデルを作成し、数値標高モデルの精度が表層土層内の地下水深発生状況に及ぼす影響を検討した。

2. 検討手法

(1) 計算モデルの概要

対象流域は、谷型・尾根型斜面の両方を含む流域面積 0.11km<sup>2</sup> の A 流域とした。この流域は、図 1 に示すように尾根に囲まれており 1 箇所の流出端から地下水が流出する。この流域に対して、1m 間隔で取得された LP データから、任意間隔でデータを間引いて 1、5、10、20m 間隔の 4 種類の数値標高モデル (正方格子状のメッシュデータとした) を作成した。分布型降雨流出モデルは、不飽和一次元鉛直浸透と二次元飽和側方流を組み合わせた平松ら (1994) による流出モデルを採用した。

(2) 計算条件

本研究では、数値標高モデルの精度による水深の発生傾向を把握することが目的であるため、既存文献を参照して水理パラメータを与えた。飽和透水係数(K)及び、水分特性曲線と不飽和透水係数については、Crausel, R. (1994) の示す各種の土のパラメータの中から、山腹表層土層を想定して「ローム質の砂質土 (loamy sand)」を選定した。ここで、飽和透水係数の平均値は 10<sup>-3</sup>(cm/s) のオーダーとなっているが、飽和透水係数の設定により、地下水深の発生状況は大きく変わると考えられるので、10<sup>-2</sup>(cm/s)、10<sup>-4</sup>(cm/s) のオーダーのケースでも計算することとした。これらの計算条件を表 1 に整理する。

表 1 計算条件

変数	条件等
土質	ローム質の砂質土
飽和透水係数(K)	4.05×10 <sup>-2</sup> 、10 <sup>-3</sup> 、10 <sup>-4</sup> m <sup>3</sup> /s
VG モデルにおけるパラメータ (不飽和浸透特性)	$\theta_s=0.41$ 、 $\theta_r=0.057$ 、 $\alpha=0.124$ 、 $n=2.28$
表層土層厚	2.0m
降雨波形	後方集中型 最大時間雨量 58mm/h 連続雨量 309mm

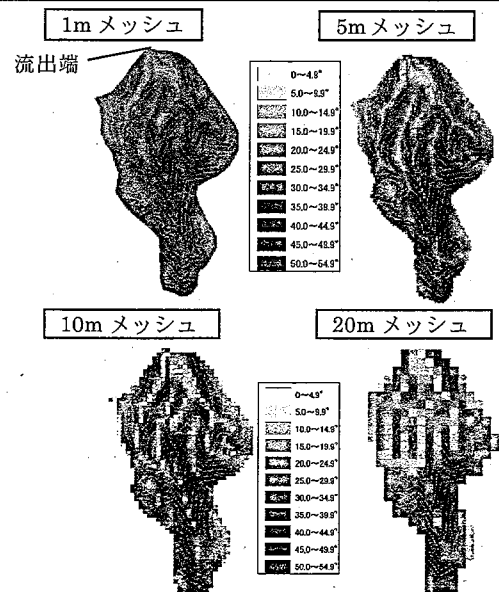


図 1 各数値標高モデル及び地形勾配

3. 数値標高モデルによる斜面勾配 (傾斜角) の分布

流出計算と斜面安定解析においては、各メッシュの傾斜角の再現性が極めて重要となる。地形の勾配は一意的に求めるのが望ましいため、正方メッシュを 2 つの直角二等辺三角形に分割し、そのそれぞれの三角形について勾配を計算した。傾斜角分布のヒストグラムを図 2 に示す。急勾配のメッシュはメッシュ間隔が広がるほど減少する傾向となり、1m メッシュの場合、45° 以上 50° 未満の傾斜のメッシュが流域内に 10% 以上存在するのに対し、20m メッシュの場合は 2% 程度となる。

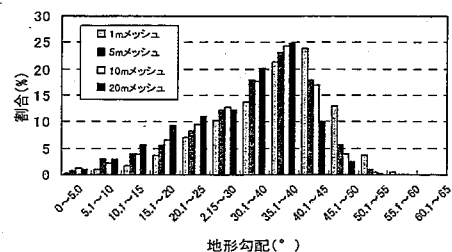


図 2 各データの地形勾配のヒストグラム

#### 4. 数値標高モデル精度による地下水深の発生傾向

##### 4.1 平面的な地下水深分布

計算を行った結果、図3に示すように  $K=10^{-2}(\text{cm/s})$  のオーダーでは、尾根部では地下水深が小さく、谷部で大きくなり、地形の集水性が反映される結果となった。これに対して、 $K=10^{-3}(\text{cm/s})$  のオーダーでは、土層厚 2.0m に対して、最大水深は 50cm 程度となり、尾根と谷での地下水深の差は小さい。 $K=10^{-4}(\text{cm/s})$  のオーダーのときは、地下水深の発生自体が僅かであった。これは設定した不飽和特性の場合、想定している降水量では、涵養した水量で地下水深を形成するまでにはさらに時間を要するためと考えられる。

##### 4.2 任意地点におけるピーク時の地下水深分布

図4に任意に設定した12地点(尾根6地点、谷6地点; 図3の10mメッシュの図中に示す)における、ピーク時の地下水深を  $K=10^{-2}$  と  $10^{-3}(\text{cm/s})$  のオーダーのケースについて示した。 $K=10^{-3}(\text{cm/s})$  では、各観測地点で水深差がほとんどなく、メッシュ間隔の影響は殆ど見られないのに対して、 $K=10^{-2}(\text{cm/s})$  では、谷と尾根で水深差が大きく、平均すると尾根部の地下水深は谷部の地下水深の25%程度であった。また同じ観測地点でもメッシュ間隔により得られる水深の差が大きい。

地下水深のデータは1mメッシュの場合は、5mや10mメッシュと比較して結果がばらつく傾向にある。これは1mメッシュの場合、隣接するメッシュ間での地下水深の差が大きいためであると考えられる。

5mや10mのメッシュの場合は、谷の部分の水深が、表層土層厚(2.0m)に達しているが、20mメッシュの場合は、谷部においても表層土層厚に達する水深は発生せず、1~10mメッシュの場合と比較して、谷部の地下水深が低い結果となった。この原因として、メッシュ間隔が広がると、斜面勾配が緩く算出されるため、谷底への集水性へ寄与する急勾配地形が正確に再現されず、結果的に谷部分の水深が浅くなったためと考えられる。

5mメッシュのデータを基準として比較を行うと、5mメッシュと20mメッシュの水深の差の平均は40%程度であるのに対し、5mメッシュと10mメッシュの最大水深の差の平均は15%程度まで抑えられる結果となった。したがって、10m程度のメッシュであれば、地形本来の集水性をある程度表現できる可能性が高いと考えられる。

#### 5. おわりに

現在得られるLPデータの精度が向上したものの、実務的観点に立てば、数値シミュレーションの実行において、できるだけ簡易で精度の高いデータを活用するのが望ましい。本研究では、数値標高モデルの精度により分布型流出モデルで得られる地下水深に差が生じるものの、10m程度のメッシュであれば、ある程度集水性が反映された水深が再現できることが示唆された。今後、斜面安定解析への適用のほか、表層土層厚等の条件についても考慮した検討を行う予定である。

#### <参考文献>

- 1)平松ら;雨水の浸透・流下過程を考慮した表層崩壊発生予測手法に関する研究、砂防学会誌 Vol.43 No.1、1990
- 2)Crausell, R. F. and Parrish, R. S.: Developing Joint Probability Distribution of Soil Water Retention Characteristics, Water Resour.Res., Vol.30, 1994
- 3)平松ら;降雨波形の山腹表層崩壊現象に及ぼす影響、新砂防 Vol.44 No.5、1992

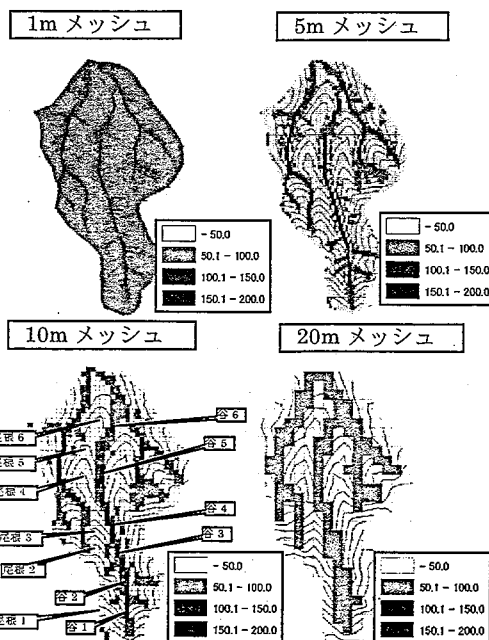


図3 ピーク時の地下水深の平面分布 ( $K=10^{-3}(\text{cm/s})$  のオーダー)

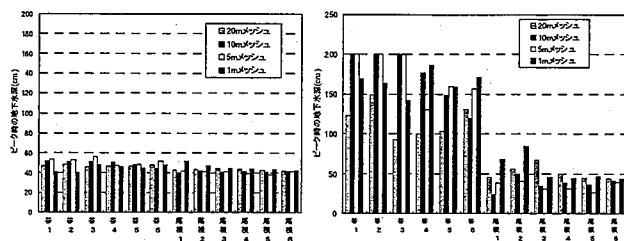


図4 ピーク時の地下水深の比較 (左:  $K=10^{-3}(\text{cm/s})$  のオーダー、右:  $K=1E-2(\text{cm/s})$  のオーダー)