

土砂災害が発生するおそれのある土地（土石流）の高精度かつ効率的な抽出手法の検討事例

株式会社建設技術研究所 ○安達郁哉^{※1}、小林優太、川崎巧、柳崎剛

長野県砂防課 山田晃、藪原一真^{※2}

（現所属 ※1 筑波大学 生命地球科学研究群 地球科学学位プログラム、※2 長野県安曇野建設事務所）

1. はじめに

近年、広域的に航空レーザ測量データの整備が進められており、高解像度かつ高精度の地形データが得られている。これらを活用し、土砂災害が発生するおそれのある土地（土石流）を高精度かつ効率的に抽出する方法について、地形条件の観点から検討した。

本検討における土砂災害が発生するおそれのある土地（土石流）の地形条件は、「谷地形を呈すること」および「流域面積が 0.01 km² 以上であること」とし、双方の条件を満たす場合に、地形条件を満たす溪流として定義した。ここで、谷地形とは谷幅に対して奥行が大きい地形を指す¹⁾。

土砂災害が発生するおそれのある土地（土石流）を広域より抽出する際には、統一的な精度による調査が必要とされる。各溪流に対して谷幅および奥行を計測することは多大な時間を要するため、GIS による地形計測による奥行/谷幅 (b/a) の代替指標を検討した。

谷地形の代替指標として、ここでは地形量のうち曲率に着目した²⁾。GIS で計測可能な曲率は複数種類あるが、等高線に沿った曲率である平面曲率 (K_{PC}) を採用することとした。また、数値地形解析においては、最適な DEM の解像度は対象により異なるとされる DEM の「スケール問題」が指摘されている³⁾。このため、谷地形を表現するために最適な DEM の解像度および計測を実施するウィンドウサイズについて検討した。

以上より、本検討の目的は、谷地形の代替指標として平面曲率が有効であるか、また最適な DEM の解像度およびウィンドウサイズを検証することとした。

2. 方法

2.1 GIS による地形計測

長野県が作成した航空レーザ測量データを地形データとして使用し、GIS により平面曲率および流域面積の計測を実施した。使用した GIS は ArcGIS Pro 3.2 である。

(1) 平面曲率

谷地形の判定に使用する平面曲率は、最適な DEM の解像度およびウィンドウサイズについて検討するため、表 1 に示すパターンについて計測を実施した。DEM データは、共一次内挿法により、0.5 m メッシュ DEM から各解像度へリサンプルした。

(2) 流域面積

流域面積は、ArcGIS による水文解析機能を使用し

て計測した。流域の分割は、はじめに対象範囲を山地および平野に分割し、山地内の溪流を 4 次谷以下の単位に分割した。なお、水文解析においては、1 次谷の開始点は一定の集水面積を有する点となるが、ここでは 0.01 km² となる点を 1 次谷の開始点として設定し、ストレーラー法による谷次数区分により谷次数を計算した。

2.2 谷地形の手動計測

GIS の解析機能による地形計測結果を評価するため、無作為に抽出した 50 溪流の流路を対象とし、谷幅および奥行を計測した (図 1)。

2.3 計測結果の評価

GIS による平面曲率計測結果と、手動で計測した奥行/谷幅の関係を整理し、平面曲率値が奥行/谷幅の代替指標として適切であるか評価した。

表 1 検討ケース表

番号	DEM 解像度	ウィンドウサイズ	番号	DEM 解像度	ウィンドウサイズ
C1-1	1 m	1 m	C3-1	5 m	5 m
C1-2		2 m	C3-2		10 m
C1-3		4 m	C3-3		20 m
C1-4		7 m	C3-4		35 m
C2-1	2.5 m	2.5 m	C4-1	10 m	10 m
C2-2		5 m	C4-2		20 m
C2-3		10 m	C4-3		40 m
C2-4		17.5 m	C4-4		70 m

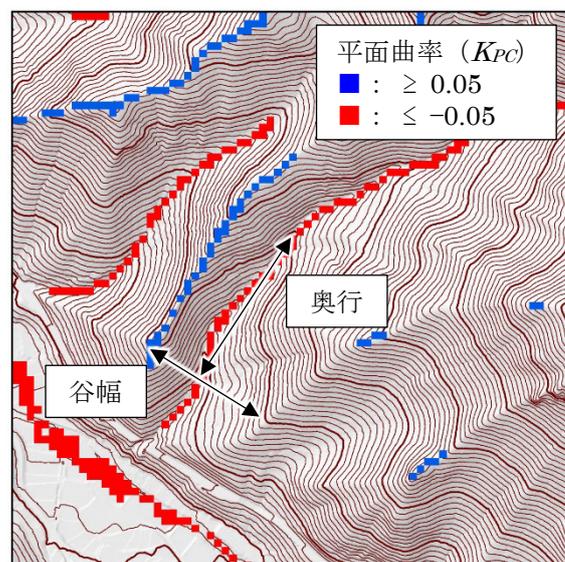


図 1 平面曲率計測結果および奥行/谷幅の計測例

3. 結果

3.1 GIS による地形計測結果と奥行/谷幅の関係

GIS により計測した平面曲率と、奥行/谷幅の関係を整理した(図 2)。DEM の解像度が小さく、かつウィンドウサイズが小さい場合には平面曲率と奥行/谷幅の関係は不明瞭であり、この計測条件による平面曲率は奥行/谷幅の代替指標にはなり得ない。一方で、DEM の解像度を大きくした場合 ($\geq 5\text{ m}$)、平面曲率と奥行/谷幅には負の相関が認められる。特に、ウィンドウサイズを大きくしたケースでその傾向がより明らかである。したがって、これらの計測条件においては、平面曲率が奥行/谷幅の代替指標になりうる可能性があるものと考えられる。

平面曲率を代替指標として使用する場合、奥行/谷幅 = 1 に相当する平面曲率値を閾値として設定する必要がある。そこで、奥行/谷幅を評価した各点について平面曲率値を取得し、奥行/谷幅 = 1 を境界として 2 グループに分け頻度分布として整理した。これによれば、C3-4 および C4-4 では、2 グループの平面曲率値の頻度分布のピークが異なることが認められ、C3-4 および C4-4 は $K_{PC} = -0.05$ を閾値として設定し、これを下回る平面曲率値を持つセルを谷地形として表現できるものと考えられた。

3.2 抽出精度検証

前項の分析結果をふまえ、奥行/谷幅 ≥ 1 となる谷地形を精度よく分離可能な計測条件を使用して地形条件を満たす溪流を抽出し精度検証をした。

はじめに、既指定の土石流危険溪流が抽出されるか検証した。ここでは、前項で良好な計測条件であると判断された C3-4 および C4-4 について、これらの谷地形判定結果と流域分割結果を重畳し、谷地形が含まれる流域を抽出した。検討対象範囲には 35 溪流の既指定の土石流危険溪流が位置しており、これを比較対象とした。対象溪流のうち、C3-4 による計測条件では全溪流が抽出され、C4-4 では 1 溪流が抽出されない結果となった。

続いて、検討対象範囲で地形条件を満たすとして新規抽出された溪流について、等高線の目視判読により谷地形を呈する溪流が適切に抽出されているか確認したところ、C3-4 ではやや不明瞭な谷地形の溪流を抽出する事例が見られた。一方で、C4-4 では比較的良好な抽出結果と考えられた。

4. まとめ

本検討では、土砂災害が発生するおそれのある土地(土石流)の地形条件を満たす溪流について、航空レーザ測量データを使用した高精度かつ効率的な抽出方法について検討した。谷地形の指標として平面曲率を採用し、DEM の解像度を 10 m、ウィンドウサイズ

を 70 m として解析した場合に、平面曲率 (K_{PC}) < -0.05 となる領域で谷地形を抽出できると考えられた。流域面積を水系網解析により把握し、これらを組み合わせることで地形条件を満たす溪流を効率的に抽出することが確認できた。

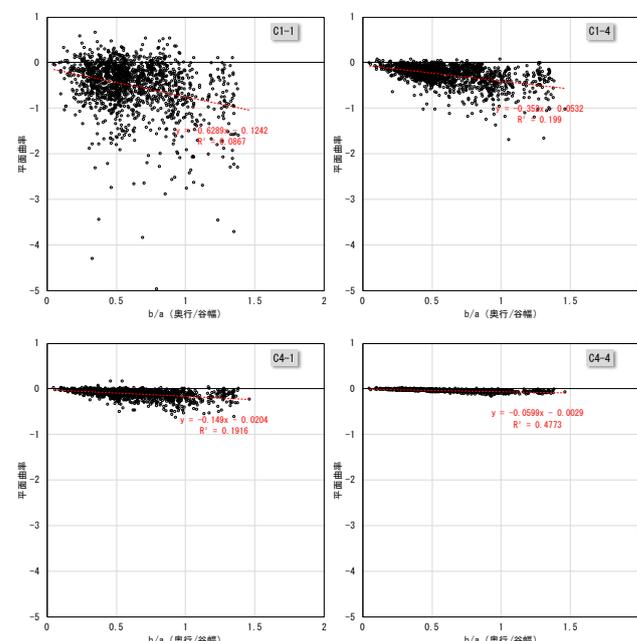


図 2 平面曲率と奥行/谷幅の関係分析 (抜粋)

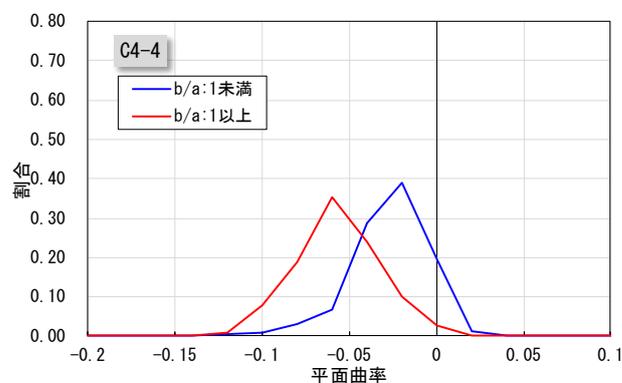


図 3 平面曲率および奥行/谷幅の関係 (C4-4)

参考文献

- 1) 長野県土木部砂防課 (2004) : 土砂災害防止に関する基礎調査技術基準(案)(土石流編) .p. 土-8.
- 2) 木下ら (2019) : 谷密度を指標とした流域スケールにおける斜面崩壊危険度評価手法の検討. 応用地質, Vol. 59 No. 6, p. 472-484.
- 3) 岩橋 (2019) DEM (数値標高モデル) を用いた地形量・浸水量の計測. 砂防学会誌, Vol. 72, No.2, p. 43-47.