

DEM（数値標高モデル）を用いた溪流抽出手法の取組み

西日本高速道路株式会社四国支社 正会員 ○小島 秀 範
 香川大学 工学部 安全システム建設工学科 正会員 長谷川 修一
 香川大学 工学部 安全システム建設工学科 正会員 野々村 敦子
 西日本高速道路株式会社四国支社 大内 浩之

1. はじめに

近年、ゲリラ豪雨の発生など従来では考えられなかった異常降雨等に起因する災害が急増してきている。四国の高速道路は中央構造線に隣接し急峻かつ脆弱な山地を通過しており、ゲリラ豪雨等が発生した場合、土石流等による土砂災害の発生が懸念されている。土石流が発生する溪流の危険度判定に用いる溪床勾配や流域面積は、これまで1/25000国土地理院発行の地形図から手作業で行なうため、多大な労力と時間を要してきた。このことから、DEMを用いた数値解析を行うことで迅速で効率的な溪流抽出が可能となったことを報告する。

2. 谷密度による危険度評価

四国の高速道路沿線に存在する溪流は約1600箇所へのぼり危険度評価には多大な時間を要することから溪流延長と領域を指標とした谷密度を用いることとした。

本件で採用した谷密度とは、図-1のように尾根と尾根で囲まれた範囲（青線エリア面積）当たりの溪流延長（赤線の総延長）で求められ次式のとおりである。

$$\text{谷密度} [k m^{-1}] = \text{溪流延長} [k m] / \text{領域面積} [k m^2]$$

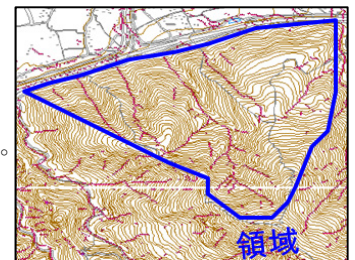


図-1 領域と溪流

谷密度の高い斜面は透水性の高い表層土（風化土、崩積土）が斜面に薄く堆積し、その下位に難透水性の基盤岩が分布しており降雨が岩盤まで浸透しにくいいため、表層土中の間隙水圧の上昇が早く、表層崩壊が多発しやすい。これに対して谷密度が低い斜面は、透水性が高く厚い斜面構成物質（崩積土、緩み岩盤）から構成され、降雨が地下深部に浸透しやすく表面流出による浸食および表層崩壊は発生しにくい。このような水理地質構造の違いを利用し、本件では谷密度¹⁾による評価を行うこととした。

3. 溪流の抽出に用いた算定式

DEM（数値標高モデル）から溪流を抽出するための算定式には「国土技術政策総合研究所資料（第51号）地震時の急傾斜地崩壊危険箇所危険度評価マニュアル（案）平成21年1月」の斜面勾配・平均曲率の簡易計算式を用いた。

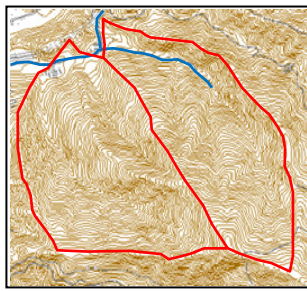
$$H = \frac{h_{xx}(1 + h_y^2) + h_{yy}(1 + h_x^2) - 2h_x h_y h_{xy}}{2(1 + h_x^2 + h_y^2)^{\frac{3}{2}}} \dots (式1)$$

$$h_x = \frac{\partial h}{\partial x}, \quad h_y = \frac{\partial h}{\partial y}, \quad h_{xx} = \frac{\partial^2 h}{\partial x^2}, \quad h_{yy} = \frac{\partial^2 h}{\partial y^2}, \quad h_{xy} = \frac{\partial^2 h}{\partial x \partial y}$$

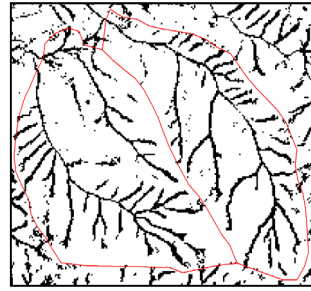
H：平均曲率，h：標高値， $R_1 \cdot R_2$ ：曲率半径 K_1 （縦断曲率）= $1/R_1$ ， K_2 （横断曲率）= $1/R_2$

4. 谷密度の解析に用いる平均曲率の設定

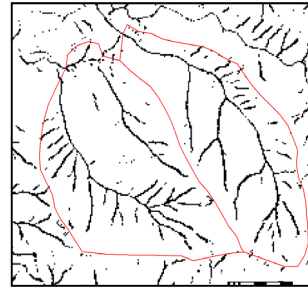
式1.により溪流の抽出解析を行なった結果、平均曲率（H）の閾値設定によってアウトプットされる溪流延長が大きく変化することが判明したため、図-2の箇所で閾値を3パターン変化させて比較検討を行った。なお、DEMデータ（数値標高モデル）には、国土地理院が一般公開している「数値標高モデル10mメッシュ（標高）」を用い、数値解析プログラムには統合型GISソフト「ILWIS」を使用した。



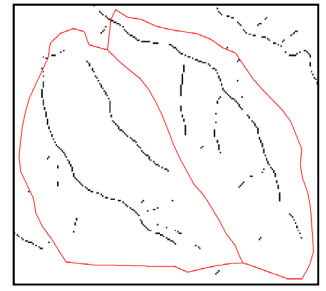
図－2 1/25000 地形図



図－3 $H > 0.05$



図－4 $H > 0.10$



図－5 $H > 0.30$

(上図のうち赤線で囲まれた範囲は「領域」であり、黒線で表示されている部分が「溪流」である)

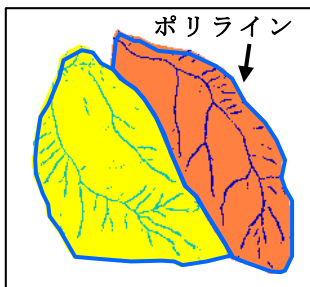
解析結果を比較すると $H > 0.30$ (図－5) の場合は主溪流が途切れているばかりでなく枝葉部分に存在する溪流についてほとんど抽出されていないことから閾値としては不適切であると判断した。 $H > 0.05$ (図－3) の場合は主溪流が濃い線で現れており枝葉部分についても緻密に抽出された。また、 $H > 0.10$ (図－4) の場合についても $H > 0.05$ と同様の傾向であることが分かった。しかしながら、 $H > 0.05$ と $H > 0.10$ を細かく観察すると抽出されている溪流の線の濃さ(太さ)に差があり、また $H > 0.05$ については溪流が存在しないと思われる箇所にも黒線が現れており全体的な傾向としてノイズも多いことから、今回は $H > 0.10$ を解析の閾値に採用することとした。

5. 谷密度の算定

本検討には 10 m DEM を用いていることから、溪流 1 ピクセル 当たりの延長は 10 m である。同様にその面積は、 100 m^2 ($10\text{ m} \times 10\text{ m}$) となり、谷密度の計算式は次式のように読み替えられる。

$$\text{谷密度} [\text{k m}^{-1}] = \frac{\text{溪流(谷)ピクセル数} \times 10\text{ m}}{\text{領域ピクセル数} \times 100\text{ m}^2} \cdots (\text{式} 2)$$

4. により抽出された溪流データ(図－6)は、細線化ソフトによる前処理(補正)を行った後、すべての溪流を包括するように溪流端点をポリラインで繋ぎ領域の設定を行なう。次にピクセルカウント機能(溪流ピクセル数と領域ピクセル数が自動カウントされる)を用いて溪流ピクセル数と領域ピクセル数を求め(図－7)エクセルなどの表計算ソフトに代入し式2. により計算(図－8)することで1領域当たりの谷密度を10分程度で算出することができた。



図－6 溪流と領域

class	poly	v	kokudai	NPix	Area
1	0	0	0	3619	361900
1	1	1	1	252	25200
2	0	2	0	3227	322700
2	1	2	1	161	16100
3	0	3	0	3333	333300
3	1	3	1	279	27900
4	0	4	0	2286	228600
4	1	4	1	501	50100
5	0	5	0	205	20500
6	0	6	0	2141	214100
6	1	6	1	160	16000
7	0	7	0	3590	359000
7	1	7	1	448	44800
8	0	8	0	2579	257900
8	1	8	1	283	28300
9	0	9	0	2028	202800

図－7 ピクセルカウント状況

B	C	D	E	F	G
output	SEG_H.POLY	NPix	Area		
0	Pol 1	3370	337000 (A)		
1	Pol 1	2287	228700 (B) 谷		
			565700 (C)=(A)+(B)		
			40.427789 谷密度=100×(B)/(A)		

図－8 エクセルによる谷密度計算例

6. おわりに

DEM データの活用により、膨大な数の溪流を自動抽出し、比較的短時間で危険度判定に必要な谷密度の算出を行うことができた。今後は、高解像度な航空レーザー測量のデータ (1 m DEM) 活用なども視野に入れながら更なる効率化に取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) 長谷川修一他：谷密度を指標とした豪雨による斜面崩壊規模の推定について、降雨と地震に対する斜面崩壊機構と安定性評価に関するシンポジウム、地盤工学会 pp301-306、2009.10