1) 土石流リスクマップの作成マニュアル:崩壊発生流域の推定

土石流の発生メカニズムには、斜面崩壊が土石流へ移行するもの、天然ダムの 決壊に伴い発生するもの、渓床堆積物が流動化して土石流が発生するものなど がある(たとえば高橋,2004)。いずれのタイプの土石流も、その土砂の起源は 斜面崩壊によるものが大半を占める。

したがって、斜面崩壊の発生しやすい小流域を多く持つものが、土石流の発生 しやすい流域ということになる。本手法ではこのことに着目して、分割した小流 域ごとの地形量(傾斜や斜面の曲率など)から斜面崩壊の可能性を評価*し、斜 面崩壊の可能性の高い小流域を多く持つ渓流を土石流発生リスクの高いものと 判定することとした。実際には、土石流の発生しやすい河川の勾配など、その他 の条件も考慮する必要があるが、本手法はより簡便に土石流発生の可能性を評 価しようとするものであり、それらの要素は加味していない。

なお、流下する土石流は 2°~3°の勾配で堆積・停止することから、それより緩い河川については、土石流リスクの高い場所にはならない。

* 斜面崩壊の判定についても、地形以外に地質的要因を考慮する必要があるが、 入手・解析しやすいデータを使用するという本手法の目的に合わせ、DEM によ る地形情報のみで検討するものとした。

作成手順

斜面崩壊の発生しやすい小流域を解析し、集水域にそれらを多く持つ沢を土 石流の発生しやすい沢と評価する。ここでは、ESRI 社の ArcGIS を用いた作業 手順を示す。手順のフローチャートは下記の通りである。



<u>使用ソフト:</u>

- ・ArcGIS 10.5 (ESRI 社)
- Weka3.6.13
- Excel (Microsoft Office)

<u>使用データ:</u>

・10mDEM(基盤地図情報)

<u>Step1:流域界の作成</u>

1) 国土地理院の基盤地図情報から 10mDEM をダウンロードし、ArcGIS 上に表示する。 ここでは以下、kumaishi_ele.tif とする。



 DEM を Fill 化(地表面の平滑化)する 使用ツール: Spatial Analyst Tools>水文解析>Fill 入力ラスタ:ここでは、kumaishi_ele.tif 出力ラスタ:ここでは、kumaishi_fill.tif

			– 🗆 X
入力サーフェス ラスター		~	出力サーフェス ラスター
kumaishi_ele.tif 出力サーフェス ラスター	.	6	窪地を平滑化した後の出力サーフェ ス ラスター。
F¥kumaishi¥kumaishi_filltif Z 制限 (オブション)			サーフェス ラスターが整数である場合、平坦化された出カラスターは整 数型になります。入力が浮動小数 気値である場合、出力ラスターも浮 動小数点値になります。

3) 流向の計算を行う。

(グリッドごとに水の流下方向を計算(各セルの最大傾斜方向を計算))
 使用ツール: Spatial Analyst Tools>水文解析>Flow Direction
 入力ラスタ:ここでは、kumaishi_fill.tif
 出力ラスタ:ここでは、kumaishi_fd.tif

詳細については、下記をご参照ください。

https://desktop.arcgis.com/ja/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/flowdirection.htm





4) 累積流量の計算を行う。

(出力グリッド内の下り勾配のすべてのセルに流入する累積セル数を計算)
 使用ツール: Spatial Analyst Tools>水文解析>Flow Accumulation
 入力ラスタ:ここでは、kumaishi_fd.tif

出力ラスタ:ここでは、kumaishi_fa.tif

🔨 果積流量ラスターの作成 (Flow Accumulation)	- 🗆 ×
入力流向ラスター	出力累積流量ラスター
kumaishi_fd.tif 🖃 📑	各セルへの思精造量を示す出力う
出力累積流量ラスター	고요~
F¥kumaishi#kumaishi_fa.tif	
入力加重ラスター(オブション)	
I 🖻 .	
出力データタイプ (オプション)	
FLOAT v	
流向タイプ(オブション)	
D8 v	



※累積流量の仕組み 流向ラスタに基づき、下り勾配にあるセルに流れ込むすべてのセルの累計加重として、累積 流量を計算する。なお、累積流量が0のセルは周辺より相対的に高い場所(尾根など)を意 味する。



5) 河川グリッドを作成し(累積流量値の選別)、集水域の大きさを決める。
 使用ツール: Spatial Analyst Tools>条件>Con

条件式: Value >= 300 ここでは、累積流量 300 以上とした。

· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
() Not	
Is In Null 個別値の取得(V) 移動(G):	
Value >= 300	
~	
消去(E) 確認(Y) ヘルブ(H) 読み込み(D) (保存(V)	
OK キャンセル	セル

累積流量値の設定に関する留意点

後の解析を踏まえ、できる限り崩壊地と小流域が1対1対応となるように流域サイズを 設定する。ただし、流域サイズを小さくしすぎると、流域を描けない場合があるので注意が 必要である。

累積流量値は地形の起伏に依存するため、対象地域の地形特性を踏まえ値を設定する。

入力ラスタ:ここでは、kumaishi_fa.tif 条件式が TRUE のときの入力ラスタ、または定数値:1 出力ラスタ:ここでは、kumaishi_con300.tif

, Con						_		×
入力条件ラスター					^	Con		
kumaishi_fa.tif				- 🖻		入力ラスターのそれぞれ	ከመአታተ	,
条件式(オブション)						ルに対して if/else 条件	「の評価を	実
Value >= 300				SQL		110# 9.		
条件式が TRUE のときの入力ラスター、または定数値								
1				- 🖻				
条件式が FALSE のときの入力ラスター、または定数値(オブシ	ヨン)							
[- 🖻				
出力ラスター								
F¥kumaishi¥kumaishi_con300.tif				6				
	ОК	キャンパクル	禮情	<< ヘルプを非表	T	ツール ヘルプ		



6) 5)の河川グリッドから支流ごとのグループ分けを行う 使用ツール: Spatial Analyst Tools>水文解析>Stream Link 入力河川ラスタ:ここでは、kumaishi_con300.tif 入力流向ラスタ:ここでは、kumaishi_fd.tif 出力ラスタ:ここでは、kumaishi_sl300.tif

🔨 河川リンク ラスターの作成 (Stream Link)		-	×
入力河川52.9-		 出力ラスター	~
kumaishi_con300.tif	- 🖻	出力河川リンクラスター。	
入力流向ラスター kumaishi,fdtif	-	出力は整数型になります。	
出力ラスター			
F:¥kumaishi¥kumaishi_sl300.tif	6		



7) 集水域ラスタの作成

使用ツール: Spatial Analyst Tools>水文解析>Watershed
入力流向ラスタ:ここでは、kumaishi_fd.tif
流出点データとして使用する入力ラスタ、またはフィーチャ:
ここでは、kumaishi_sl300.tif
流出点フィールド: Value
出力ラスタ:ここでは、kumaishi_ws300.tif

🔨 集水域ラスターの作成 (Watershed)

◎ 未小项J入7=0/1+成 (Watersned)	
入力流向52%- へ	出力ラスター
kumaishi_fd.tif 🗾 🖻	流出寄与域を示す出力ラスター。
流出点データとして使用する入力ラスター、またはフィーチャ	
kumaishi_sl300.tif 🗾 🖻	出力は整数型になります。
流出点フィールド(オプション)	
Value	
出力ラスター	
F:¥kumaishi¥kumaishi_ws300.tif 🧖	



8) 集水域ポリゴンの作成

使用ツール:変換ツール>ラスタから変換>Raster to Polygon

入力ラスタ:ここでは、kumaishi_ws300.tif

フィールド: Value

出力ポリゴン:ここでは、kumaishi_300ws.shp

[™] ラスター 一 ポリゴン (Raster to Polygon)	-	
λ <u>ガ</u> ラスター	出力ポリゴン フィ・	-f + 🔨
kumaishi ws800.tif 🗾 📑	変換されたポリゴンの格	納先となる
フィールド (オブション)	出力フィーチャクラス	
Value v		
出力ポリゴン フィーチャ		
F¥kumaishi¥kumaishi_800ws.shp 🖻		
☑ ポリゴン単純化(オブション)		
□マルチパート フィーチャの作成 (オプション)		
1 ポリゴン フィーチャあたりの最大頂点数 (オプション)		
	1	



累積流量300の集水域ポリゴンが生成される。

ポリゴンを細かく見ると、流域界の線が描画できていない部分がある。この部分はセルの中 心を通るようにポリゴンを修正する。



例)

Step2:崩壊地ポリゴンの作成

①空中写真や詳細 DEM を基に崩壊地を抽出する。

崩壊地の地形的特徴は、スプーンでえぐられたような形状で、頭部は半円形の急崖に囲まれ た凹みとなる(下図の赤色部)。空中写真や詳細 DEM による地形図などを用いれば、幅 10m 程度以上の規模の崩壊地は読み取りが可能である。比較的新しいものは植生が貧困で、崩壊 斜面の下方に崩壊土砂が堆積することもある。崩壊後の時間経過が長い場合は、植生に被覆 されていくが、空中写真による実体視でも頭部の急崖の形状に注目することで判読・抽出が 可能である。



佐々木 (2010) に修正・加筆

②崩壊地の新規ポリゴンを作成 抽出した崩壊地形の輪郭をコンター図上に書き込み、崩壊地ポリゴンを作成する。 新規ポリゴンの作成は、「カタログ→新規作成→シェープファイル」 ここでは名前を「kumaishi_ls.shp」にし、空間座標はその地域の座標系を選択 (ここでは、「JGD2000_Japan_zone_11」を選択)

作成された崩壊地ポリゴン



Step3:崩壊地を含む流域と含まない流域の選別

①崩壊地が含まれる流域を抽出

Step1で作成した流域と Step2 で作成した崩壊地ポリゴンを表示させ、崩壊地が含まれる 流域を選択し、データのエクスポートを行う。ここでは、kumaishi_ws300lsws.shpとし保存 した。



②崩壊地が含まれない流域を抽出

崩壊地ポリゴンのマップレイヤーを右クリックし、選択セットの切り替えを行い、崩壊地が 含まれない流域を選択し、①同様に、データのエクスポートを行う。ここでは、 kumaishi_ws300nonlsws.shp とし保存した。



Step4:流域の地形解析

流域の地形特性として、以下9項目に着目した。まず、DEM(標高データ)から「1) 勾配」、「2)空間曲率」、「3)縦断曲率」、「4)横断曲率」、「5)斜面方位」を作成する手 法を示す。その上で、各流域の地形特性を算出する。

- i)勾配(最大值)
- ii)勾配(平均值)
- iii)標高(最大値)
- iv)標高(平均値)
- v)比高
- vi)空間曲率
- vii)縦断曲率
- viii)横断曲率
- ix)斜面方位(最頻值)

曲率について(下記抜粋)

https://desktop.arcgis.com/ja/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/curvature-function.htm

縦断曲率(ArcGISの断面曲率に該当)

斜面に平行で最大傾斜角の方向を示します。これは、サーフェス上の流れの加速と減速に 影響を与えます。負の値 (A) は、サーフェスがそのセルで上方向に凸状であることを示し、 流れは減速します。正の値 (B) は、サーフェスがそのセルで上方向に凹状であることを示 し、流れは加速します。ゼロの値は、サーフェスが直線であることを示します (C)。



横断曲率(ArcGIS の平面曲率に該当)

横断曲率は、最大傾斜角の方向と垂直です。横断曲率は、サーフェス上の流れの収束と分岐に関係しています。正の値(A)は、サーフェスがそのセルで横方向に凸状であることを示します。負の平面(B)は、サーフェスがそのセルで横方向に凹状であることを示します。 ゼロの値は、サーフェスが直線であることを示します(C)。



<u>空間曲率(ArcGIS の標準曲率に該当)</u>

空間曲率は、縦断と横断の両方の曲率を組み合わせたものです。縦断曲率は、侵食や沈 殿につながる流れの加速と減速に影響を与えます。横断曲率は、流れの収束と分岐に影響 を与えます。縦断曲率と横断曲率を一緒に考慮することで、サーフェス上の流れをより正 確に理解することができます。

下図では、列は横断曲率、行は縦断曲率を示しています。



①地形データの作成

1) 勾配データ

Step1のDEMを表示させ、以下のツール、設定により作成する。
使用ツール: Spatial Analyst Tools>サーフェス>傾斜角
入力ラスタ:ここでは、kumaishi_ele.tif
出力ラスタ:ここでは、kumaishi_sl.tif

🔨 傾斜角 (Slope)

入力ラスター kumaishi_ele.tif	·
出力ラスター	
F¥kumaishi¥kumaishi_sl.tif	6
出力単位(オプション)	
DEGREE	~
方法 (オブション)	
PLANAR	~
Z 値の倍率 (オプション)	
	1
Ζ 単位 (オプション)	
METER	~



2)空間曲率、縦断曲率、横断曲率データ

Step1のDEMを表示させ、以下のツール、設定により作成する。 使用ツール:Spatial Analyst Tools>サーフェス>曲率 入力ラスタ:ここでは、kumaishi_ele.tif 出力曲率ラスタ:ここでは、kumaishi_curvature.tif 出力断面曲率ラスタ:kumaishi_profile.tif 出力平面曲率ラスタ:kumaishi_plan.tif

🔨 曲率 (Curvature)

入力ラスター	
kumaishi_ele.tif	1
出力曲率ラスター	
F¥kumaishi¥kumaishi_curvature.tif	1
Z 値の倍率 (オブション)	
	1
出力断面曲率ラスター(オブション)	
F:¥kumaishi¥kumaishi_profile.tif	1
出力平面曲率ラスター(オブション)	
F:¥kumaishi¥kumaishi_plan.tif	1

出力された空間曲率



出力された縦断曲率



出力された横断曲率



5)斜面方位データ

Step1のDEMを表示させ、以下のツール、設定により作成する。 使用ツール: Spatial Analyst Tools>サーフェス>傾斜方向 入力ラスタ:ここでは、kumaishi_ele.tif 出力ラスタ:ここでは、kumaishi_aspect.tif



<u>Step5: Decision tree(決定木)モデルによる斜面崩壊の地形要因推定のための</u> データリスト作成

①各流域の地形特性の算出および地形データの整理

 Step3 で抽出した崩壊を含む流域の地形特性の出力 ここでは、「縦断曲率」の出力の例を示す。 崩壊を含む流域のポリゴンデータと勾配のラスタデータを表示し、以下のツールおよ び設定を行う。 使用ツール: Spatial Analyst Tools>ゾーン>ゾーン統計をテーブルに出力 入力ラスタ: kumaishi_ws300lsws.shp 入力値ラスタ: kumaishi_profile.tif 出力テーブル: kumaishi_profile

🔨 ゾーン統計をテーブルに出力 (Zonal Statistics as Table)

入力ラスター、またはフィーチャ ゾーン データ		~
kumaishi_ws300lsws	2	
ゾーン フィールド		
ID	~	
入力値ラスター		
kumaishi_profile.tif	2	
出力テーブル		
F:¥kumaishi¥kumaishi_profile	6	
☑計算時に NoData を除外(オプション)		
統計情報の種類(オブション)		
ALL	~	

2)崩壊を含む流域のポリゴンレイヤ上で右クリックし、「属性の結合とリレート」→「結合」 を選択。

結合に利用する値を持つフィールド: ID 結合対象レイヤまたはテーブル: kumaishi_profile 結合のマッチングに利用するフィールド: ID

※崩壊を含む流域ポリゴンの属性テーブルと 1)で出力した属性テーブルの値が一緒になる ように、「結合に利用する値を持つフィールド」と「結合のマッチングに利用するフィール ド」の属性値を選択する。

結合	×
結合により、このレイヤーの属性テーブルにデータを追加することができます。	
このレイヤーへの結合の対象は?(W)	
テーブルの属性を結合、、、、、、、、、、、、、、、、、、、、、、、、、、、、、、、、、、、、	/
1. 結合に利用する値を持つフィールド(C):	
ID ~	
2. 結合対象レイヤーまたはテーブル(T):	
🖩 kumaishi_profile 🗾 🖻	
✓このリストにレイヤーの属性テーブルも表示(S)	
3. 結合のマッチングに利用するフィールド(F):	
ID 🗸	
結合オプション ● すべてのレコードを保持(K) 結合対象テーブルのすべてのレコードが出力テーブルに表示されます。一致しな(ハレ コードには、結合対象テーブルによって追加されたすべてのフィールドに NULL 値が 格納されます。	
○ 一致するレコードのみを保持(M) 元のテーブルのデータと結合対象テーブルのレコードが一致しない場合、そのレ コードは出力テーブルが削除されます。	
ジキム 小中村ム イー・トル ひ	

3) 出力したテーブルから必要のないフィールドをあらかじめ削除する。 本解析において、上記i)~ix)の地形量に着目することから、各地形項目について、以下のフィールドは残すようにする。

「勾配」: MAX、MEAN

「標高」: MAX、MIN、MEAN

「空間曲率」: MIN

「縦断曲率」: MAX

「横断曲率」: MIN

「斜面方位」: Majority

※「空間曲率」、「縦断曲率」、「横断曲率」のそれぞれの斜面形状と正負の値は、以下の URL を参照。

https://desktop.arcgis.com/ja/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/curvature-function.htm

凹型斜面の場合、各曲率の値の正負は以下の通りとなる。

- ·空間曲率:負
- ·縦断曲率:正
- ・横断曲率:負

例)

縦断曲率の場合

「エディタ」→「編集の開始」を選択し、必要のないフィールドを削除し、「MAX」の値のみ を表示するようにする。

なお、「勾配」、「標高」、「空間曲率」、「横断曲率」、「斜面方位」の地形量についても、1)、 2)の手順と同様、テーブル結合し、上記のフィールドを残すようにする。 4)3)の作業により、整理済みの属性テーブルを EXCEL に出力する。なお、比高について は、標高値の「MAX」と「MIN」の差分により算出する。斜面方位については、EXCEL の 条件式により、出力された値を以下の 8 方位に分類する。

值	方位
0~22.5, 337.5~360	Ν
22.5~67.5	NE
67.5~112.5	Е
112.5~157.5	SE
157.5~202.5	S
202.5~247.5	SW
247.5~292.5	W
292.5~337.5	NW

5)崩壊を含まない流域についても、1)~4)の作業を行う。

②Decision tree 解析用の CSV ファイルの作成

①で作成した EXCEL データについて、一番右の列に崩壊地を含む流域か否かを追記する。 下記のように、地形データを整理した EXCEL ファイルを CSV で保存する。

Elevation_MAX	Elevation_MEAN	Relative_height	Slope_MAX	Slope_MEAN	Curvature	Profile	Plan	Aspect	LS
541.5963745	453.8960318	207.1502991	45.4001312	25.15768065	-11.429	5.574313	-7.8995	S	yes
79.61745453	39.6558943	79.61745453	37.1083298	13.06283665	-9.62452	6.024186	-5.86349	SW	yes
144.0247803	77.46087154	114.4939613	38.6734581	16.61919311	-9.35606	4.894221	-6.70701	W	yes
109.4528656	53.22926852	109.2528656	40.6580544	11.11811973	-6.50418	6.246309	-3.28047	SW	yes
613.9691162	516.7264941	194.4377747	39.9079514	24.48611805	-9.129	4.836194	-6.55477	N	yes
363.9935303	238.3869837	274.881485	42.5853043	23.74044761	-10.0522	6.03052	-6.10111	W	yes
308.1304321	167.3869787	298.4344826	52.8717575	28.01425064	-12.5554	10.06254	-6.99095	SW	yes
691.8094482	506.8457848	334.411377	48.8960991	23.53257177	-10.6796	7.984775	-7.50978	W	ves
681.7418823	560.2732421	237.1606445	47.2166176	27.11595348	-14.5557	7.113647	-9.94906	E	ves
257.0766907	126.5297177	247.6462908	43.7604408	24,24894776	-9.765	6.230221	-6.21023	SW	ves
398 4069824	327 7294439	148 8556061	43 5677223	19 03639314	-8 36481	6 310568	-5 73501	SE	Ves
535 2217407	402 2410206	299 7933807	42 0920982	23 10685864	-11 6283	7 159359	-9 94844	S	Ves
177 1171417	76 37909041	177 1171417	35 072319	12 71540423	-11 0838	7 6128	-4 87668	w	Ves
11/.11/1417	40.00000099	112 0201900	25.072452	14 07710629	0 00100	1.0120	5 09092	c	yes
112 0254622	45.55005500 E2 70674001	112.0251005	21 6717022	11 14000140	11 0212	4.J10JJZ	7 70672	CW	yes
112.0204020	32.70074001	202 697012	51.0/1/055	21 74722096	-11.9515	12 1690	-1.19013	SVV	yes
451.275110	300.3230737	292.007912	04.104100Z	31.74732060	-19.7055	12.1009	-10.7572	SE E	yes
311.888031	209.6704793	1/0.8633575	48.518013	25.08992541	-8.3/36/	5.499692	-6.60823	E	yes
355.0656738	175.6051895	343.5767488	43.8272171	24.0409702	-11.4888	8.142682	-8.4545	W	yes
382.287262	311.7776647	182.3794556	38.1861572	21.24285558	- 1.82535	4.157787	-3./3916	NW	yes
462.7119141	403.0464372	152.9422302	50.3433418	29.56275347	-13.9458	9.128458	-10.6292	E	yes
444.7947388	381.7763544	141.0569458	47.010746	29.24090298	-10.7514	5.212624	-6.62158	SE	yes
462.2802124	395.7782935	156.2348328	50.1877861	26.75754958	-12.2183	6.435493	-7.35663	NW	yes
161.8410492	68.2142695	161.7814515	39.072979	17.28835958	-8.32064	6.050017	-6.07818	SW	yes
317.4855957	172.4858068	256.2215958	48.4442177	26.98799771	-11.4591	5.288522	-7.04706	SE	yes
386.4180908	312.6524807	162.7805786	50.0537682	24.37242328	-13.9207	8.810379	-7.86613	SW	yes
272.6849365	107.3453529	272.3985943	40.7337379	20.08059917	-11.1112	5.270474	-6.8433	SW	yes
248.1981506	182.2005892	153.7886429	39.7552338	25.77249019	-5.31529	2.585832	-4.38995	NW	yes
170.1372223	71.14341127	141.6956177	51.4827614	21.74579868	-12.8409	12.54709	-7.39033	S	yes
181.1345978	75.14201811	171.7024899	42.8274078	16.02956865	-10.4542	6.873193	-7.81412	SW	yes
53.65061951	36.89193426	44.37241936	41.3369751	14.44931487	-7.4486	6.751395	-2.18924	S	yes
302.913269	180.9387873	232.0319901	47.2847824	26.50455794	-12.2715	8.38533	-7.3325	W	ves
194.0048218	137.8440529	123.8180084	34.0967789	20.97214309	-6.40608	3.610222	-4.39403	W	ves
189,7781067	102.6953211	142.8222542	45.2610626	22,86143521	-8.72993	6.820291	-4.3936	w	ves
166 5601196	78 78090259	166 4601196	39 5918999	15 8988661	-14 8301	8 268294	-7 17532	SW	Ves
204 5854034	84 98092241	204 4854034	40 7014465	17 65141556	-10 5364	6 984827	-7 58561	SW	Ves
261 8617249	126 2566878	232 587/720	56 2700683	27 80582679	-18 82/8	10.06363	-10 9386	F	Vec
195 9165121	107 9202007	147 1510049	52 4906726	22.69040241	15 2056	0.000000	0.57212	с с	yes
295 2206212	164 6065295	276 /11//201	54 5421191	22.08045341	10 0207	10 166/0	10 7156	CE CE	yes
127 0207600	E0 47600544	127.0207600	20 4020252	12 40226261	-15.0307 0.021E4	E E04E47	- 10.7130 6 33455	SL	yes
137.0297099	120 0620477	100.0297099	59.4000555	13.49330301	-0.93104	10.04015	-0.33433	300	yes
221.4808409	138.9030477	180.2311134	52.3532257	31.07492248	-10.7133	10.84815	-8.93322	VV C	yes
258.6734619	72.78301428	239.6710796	53.0894585	21.39177074	-18.8304	12.75721	-6.07322	S	yes
211.4722137	126.6719448	167.6032181	48.6764107	27.27513705	-11.1693	5.679533	-7.94136	NE	yes
231.2840424	130.6719148	203.4254189	51.4166336	24.29825591	-17.6158	10.60835	-7.81103	N	yes
251.1541901	162.0372473	175.7121963	46.0476532	24.9292608	-9.27527	6.703968	-6.86342	NW	yes
252.02211	186.9821923	123.5399323	42.1628418	25.04516228	-11.715	6.898948	-8.10489	SE	yes
240.9926605	144.6852574	162.6437531	48.3414116	23.8126399	-12.677	9.676561	-7.70176	SE	yes
171.9136658	102.98076	152.8911018	51.2044258	29.00384197	-14.1061	9.068114	-10.2713	W	yes
112.7645569	39.48977903	112.6645569	47.4233818	26.71373218	-10.218	7.996542	-4.42219	NW	yes
154.2381744	79.94138986	135.6830406	46.4885139	31.1757918	-12.9744	7.812495	-10.5701	Ν	yes
180.7046967	142.0867129	100.5114594	43.3430023	25.38476164	-14.2099	8.277135	-10.9238	NE	yes
183.0682678	105.6125844	182.8417155	48.4122238	24.47308576	-18.3138	7.498219	-13.0479	S	yes
183.8709412	95.99702263	183.1279708	49.7126694	24.83527605	-10.8916	7.745351	-8.16159	SW	yes
160.817276	80.52750517	160.6416949	43.3569069	22.98312157	-13.802	8.580899	-8.88251	S	no
140.0895691	55.94017927	140.0895691	36.9269028	18.68104378	-7.2192	5.26767	-4.98349	SW	no
105.9138565	35.51617161	87.88948059	37.8373413	12.70758342	-10.8465	7.983332	-2.86318	E	no
303.7301331	210.5504602	194.4305573	44.1977119	26.09677127	-12.0944	5.931702	-6.70746	NW	no
532.1943359	453.1442921	140.8956299	46.4893799	26.70032946	-8.71326	5.171092	-6.09633	S	no
285.3475037	254.1962921	62.61463928	34.8386497	13.78174804	-5.52934	4.34358	-3.61627	E	no
566.4597168	443.0431718	250.550293	50,5990448	25.81848977	-12.2352	8,75366	-7.074	S	no
469 2291565	375 1148278	190 348877	43.0082436	24.33307041	-11 5572	5.515612	-6.88939	SW	no
350 7066345	161 9490953	350 7066345	43,7398262	22.11933243	-9.56383	6.426333	-5.74802	W	no
460 5011255	353 9602790	184 6728921	49 891/1275	31 49671722	-8 81320	7 000552	-4 5254	SE	00
281 01/15/06	106.07//217	1// 1665552	38 UN00000	10 01750200	-0.01029	6.020/01	-6./0627	QL Q	0
151 0210012	50.0744317	151 0210012	12 6657210	1/ 11221200	-10.01/0	5 621254	-0.49027	SW	10
157.3510313	104 4140200	111 72015	-+2.0007219	10 60000044	12 0050	5.021200	-0.19070	SW CW	10
100 0001 001	117 040400	111.72010	22.600000	14 601050544	14 0504	0.0/142	7 1005 4	500	
130.0001401	111.342462	102.813343	208000.16	14.00120251	-14.0004	0.211219	-1.18294	- s	NIIO .

Step6:Weka による Decision tree (決定木)の作成

1) フリーソフト weka のインストール

https://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/downloading.html

2) Step5 で作成した CSV ファイルを読み込む

「ファイルを開く」をクリックし、Step5 で作成した CSV ファイルを開く。

● 前処理 分類 クラスター アンジェート 居性選択 ビジュアル化			Weka Explorer					- 0 ×
ファイルを開くURLを開く		DBを開く	生成	元に戻	हेव	編集		保存
フィルター 								Nert
通知 不足れ 目在のデータ			· 浙北国*	-				1999
データ名: 未定義 インスタンス数: 未定義	0		開く	-	×		周性型 : 未定義 一意数 : 未定義	
屑性	ファイルの場所(D:	〕〕 草如谷		v 🧊 📂	·			
判版书 判版金	最近低った項 最近低った項 デスクトップ ドキュメント PC	10m_fa 10m_fd 10m_fd 10mfll_dem con_100 con_300 con_500 krmashi.gdb st100 st300 st300 ws300 ws500 Wws300 ws500 ws500 krma.weka.ss	의 kum ④ kum ④ kum ④ kum 의 kun ④ kum ④ kus ④ ws5 ④ ws5 ④ ws5	aishi_weka_ws300.csv aishi_wek100.csv aishi_wek100.csv aishi_wek100_v2.csv aishi_wek100_csv aishi_wek100_csv 0.j.weka.csv 10_weka_except_aspect.c 00_weka_except_aspect.c	t.csv sv sv			 ビジュアル化
	く ネットワーク	ファイル名(N): ku ファイルのタイプ(T): C:	umaishi_weka300.csv SV data files (*.csv)	~	間K(O) 取消			
用型字								
ステータス ようこそエクスプローラーへ								ت کا

FM3 SM3 SS2AP TPUST-I-I Bittagit CONT 27(10-10000000000000000000000000000000000	Weka Explorer	- 0 ×
77/428 URLEBK DB28K 115 Riter 187 7/42-	前処理 分類 クラスター アンジェート 雷性選択 ビジュアル化	
2002- удор - 2-35 ублавільна инказова служу ужазана Вітій и вітій Вітій и служу ужазана Вітій и вітій Вітій и служу ужазана Вітій и евіт и и и и и и и и и служу ужазана Вітій и евіт и и и и и и и и служу ужазана Вітій и евіт и и и и и и и и служу ужазана Вітій и евіт и и и и и и и и и служу ужазана Вітій и евіт и и и и и и и и и служу ужазана Вітій и евіт и и и и и и и и и и служу ужазана Вітій и евіт и и и и и и и и и и служу ужазана Вітій и евіт и и и и и и и и и и и служу ужазана Вітій и евіт и и и и и и и и и и и служу ужазана Вітій и евіт и и и и и и и и и и служу ужазана Вітій и евіт и и и и и и и и и и и и и и и и и и и		
課題 法定義 現在のデータ (-2,752,528 214 minitymeta300 (-2,752,528 214 minitymeta300 (-2,	2/1/2-	
現在のデータ・ テラーテスシス想まご14 原性型・砂道型・ 一変数字 原性型・砂道型・ 一変数字 原性型・砂道型・ 一変数字 原性型・砂道型・ 一変数字 原性型・砂道型・ 一変数字 原性型・砂道型・ 一変数字 原性型・砂道型・ 一変数字 原性型・砂道型・ ののから4 意大温 原性型・砂道型・ の554 ● 5 6.000 MAX 0.054 第二日	遼訳 未定義	適応
解性 第選択 PP容顶端 正規表現 第5 名称 2 Space/MAX 2 Space/MAX 3 Space/MAX 4 Space/MAX 5 Space/MAX 5 Space/MAX 6 Space/MAX 6 Space/MAX 7 Space/MAX 8 Space/MAX 9 Space/MAX <	現在のデータ 遊祝衛性 データ名 kunsishi,weka800 暦性先: Slope_MAX 暦性型: 数値型 インスタン数 21 暦世数: 10 欠損数: 20(00) 識別数: 214 一意数: 214(1000)	
主雑評 非強評 内容反称 正規表現 第二 6547 第二 6547 第二 6547 第二 5547 第二 5547 <td>周性 <u>統計值</u> 值</td> <td></td>	周性 <u>統計值</u> 值	
	☆ 说訳 北沢 北沢 北沢 市 「 北次 市 市 市 市 「 北 北 市	
●予引 ● 2000 MMX ② Ørge MEAN ③ Ørge MEAN ④ Ørge MEAN ④ Ørge MEAN ④ Ørge MEAN ● Ørge MEAN	エノーニン サノーニン アノーニン エノルマン 二 二 ハマン マン 二 人 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一	
Image: Second	番号 名称 平均值 42.074 #生母	
ステータス	4 Elevation (MEAN 5 Elevation (MEAN) 6 Carreture 7 Profile 9 Appett 10 Landslide 10 Landslide 2 0 2 0 2 0 2 0 2 0 2 0 2 0 2 0 2 0 2 0 10 2	29277/H2

3)決定木の作成

「分類タブ」を選択し、「tree」→「J48」をクリック 0 前処理 分類 クラスター アソシエート 属性選択 ビジュアル化 分類器 鷆 weka \land 🖥 📗 classifiers 出力 🖻 퉲 bayes functions lazy multiplications meta multiplications meta 🖶 🚺 misc 🗄 <u>]</u> rules 🖶 🧻 trees • ADTree - BFTree ¢ --- DecisionStump -- 🔶 FT - 🔶 Id3 ŝ -- 🔶 📕 ---● J48graft •
 LADTree ∽♦ LMT - 🔶 M5P • NBTree 🔹 🏶 RandomForest 🔹 🌒 RandomTree • • REPTree 🔹 SimpleCart フィルター フィルター削除 閉じる

「開始」をクリックすると、解析結果が以下のように記される。

0	Weka Explorer
前処理 分類 クラスター アソシエート 属性選	尺 ビジュアル化
分類器	
選択 J48 -C 0.25 -M 2	
テストタフンヨフ	万規辞出/
	=== ファҗ器モチル (子首モッド) ===
○供給テストセット 設定	J48 pruned tree
○パーセント分割 % 66	
に見たいます。 うられいオブシットン	Relative_height <= 109.55779: no (65.0/3.0)
	Relative_height > 109.55779
(Nam) Landelide	Aspect = 5
(Nom) Landslide 🗸 🗸	Curvature <= -12.67702: yes (4.0)
開始 停止	Curvature > -12.67702: no (15.0/3.0)
25里リフト(たわしゅわですがいっと)	Aspect = SW: no (37.0/12.0)
0946:55 - trees 148	Aspect = W
001000 000000	$ Elevation_MAX <= 221.7/455$
	$ Relative_neight <= 120.59665; no (2.0)$
	Flevation MAX > 221 77455
	Relative height <= 227.203: no (14.0)
	Relative height > 227.203
	Slope MEAN <= 22.7803: no (4.0)
	Slope_MEAN > 22.7803
	Slope_MEAN <= 24.88515: yes (3.0)
	Slope_MEAN > 24.88515: no (4.0/1.0)
	Aspect = N
	Slope_MEAN <= 23.70781: no (5.0)
	Slope_MEAN > 23.70781
	Slope_MEAN <= 25.52241: yes (2.0)
	Slope_MEAN > 25.52241: no (3.0/1.0)
	Aspect = L
	1 = 1 = 1 = -6.76000; yes (3.0)
	Aspect = SE
	Plan <= -6.49627 ; ves (7.0/1.0)
	Plan > -6.49627 : no $(6.0/1.0)$

分類の精度が示される。

=== 階層化交差検証 === === Summary === Correctly Classified Instances 149 69.6262 % Incorrectly Classified Instances 65 30.3738 % Kappa statistic 0.0575 Mean absolute error 0.3702 Root mean squared error 0.5095 Relative absolute error 100.2478 % Root relative squared error 118.7819 % Total Number of Instances 214

4)決定木のビジュアル化

結果リストのリスト上で右クリックし、「木構造をビジュアル化」を選択。



決定木がビジュアル化される。



Step7: Decision tree (決定木) により推定される崩壊発生流域を抽出

1) Step6 の Decision tree (決定木) により得られた地形特性とその閾値の結果から、崩壊 が発生しやすい流域(以下、崩壊発生流域とする)と崩壊が発生しにくい流域(以下、非崩 壊発生流域とする)に選別・抽出する。

下図結果の場合について、「赤枠の非崩壊発生流域の抽出方法」と「青枠の崩壊発生流域の抽出方法」について説明する。

「赤枠の非崩壊発生流域の抽出方法」

ここでは、下図結果の例 1 の抽出について述べる。下図結果では、最上位に表示される 「Relative height」が最重要の説明変数である。この値が、次頁の上図の赤枠の推定結果か ら、109.55779 以下は非崩壊流域であると示されている。従って、Step5 で作成した流域ポ リゴンの地形データを格納した属性テーブルから、「Relative height」が 109.55779 以下の 条件を満たすポリゴンを選択し、「データのエクスポート」を行う(操作手順は、Step3 と 同様)。この流域は非崩壊発生流域として保存する。以下、他の赤枠についても地形データ に基づき抽出する。

「青枠の<u>崩壊発生流域</u>の抽出方法」

ここでは、下図結果の例2の抽出について述べる。この崩壊発生流域は、以下のような地 形条件を持つ流域である。「①Relative height(比高)が109.55779以下」かつ「②Aspect(斜 面方位)がS」かつ「③Curvature(空間曲率)が-12.67702以下」の流域である。上記同様に Step5 で作成した流域ポリゴンから、この条件となるポリゴンを選択し、「データのエクス ポート」を行う(操作手順は、Step3と同様)。この流域は崩壊発生流域として保存する。以 下、他の青枠についても地形データに基づき抽出する。



以上のように Decision tree の地形特性とその閾値の結果から、「崩壊発生流域」と「非崩 壊発生流域」を抽出する。

٥	Weka Explore
前処理 分類 クラスター アソシエート 属性	選択 ビジュアル化
分類器	
選択 J48 -C 0.25 -M 2	
テストオブション	分類器出力
○ 学習セットを使用	=== 分類器モデル (学習セット) ===
○供給テストセット 設定	
● 交差検証 フォールド 10	J48 pruned tree
 〇パーヤント分割 ※ 66 	
	Relative_height <= 109.55779: no (65.0/3.0)
	Relative_height > 109.55779
(Mam) Landalida	Aspect = S
(Nom) Landslide	Curvature <= -12.67702: yes (4.0)
開始停止	Curvature > -12.67702: no (15.0/3.0)
(注意) (オークロックス・オージントン)	Aspect = SW: no (37.0/12.0)
結果リスト(石クリックビオフンヨン)	Aspect = W
03:40:55 - trees.348	Elevation_MAX <= 221.77455
	Relative_height <= 120.59883: no (2.0)
	Relative_height > 120.59883: yes (7.0/1.0)
	Elevation_MAX > 221.77455
	Relative_height <= 227.203: no (14.0)
	Relative height > 227.203
	Slope MEAN <= 22.7803: no (4.0)
	Slope MEAN > 22.7803
	Slope MFAN <= 24.88515; yes (3.0)
	Appendia N
	Slope MEAN <= 23 70781: po (5 0)
	Slope_MEAN <= 23.70781. No (3.07
	Sidpe_mEAN > 23.70701
	Slope_MEAN <= 23.32241. yes (2.0)
	Sibpe_MEAN > 25.52241: no (5.0/1.0)
	Appent - E
	1 = 1 = -0.70000; yes (3.0)
	FIGH > -0./0000; HO (0.0/1.0)
	Aspect = 5t
	Pidn > -0.4902/: no (0.0/1.0)

以上の作業により、Decision tree により推定される崩壊・非崩壊発生流域が示される。



Step8: 道路、河川に面する谷ごとの土石流リスクマップの作成

1)対象とする道路や河川に面する谷ごとに、流れ込む全ての流域を結合する

国土地理院地形図を参照しながら、Step7 で作成した流域ポリゴン(小流域)を対象とす る道路および河川に面する谷の集水域になるように作成する。例えば、下図の矢印の谷につ いては、緑塗色ポリゴンのように囲む。



そのための手順は以下のとおり

手順1:新規ポリゴンの作成(カタログ→新規作成→シェープファイル) ここでは名前を「basin.shp」にし、空間座標はその地域の座標系を選択 (ここでは、「JGD200_Japan_zone_11」を選択)

シェーブファイルの新聞		
24 77717P0/#105	CIERS 2	ì
名前:	basin]
フィーチャ タイプ:	オリコン ~	
空間参照		
128月		
投影座標系	~	
Name: JGD_2	000_Japan_Zone_11	
地理座標系 Name: GCS J	000 000	
Name Googa		
	v .	
<	>	
< □詳細表示	> 福振.	
< <p> < □ 詳細表示 □ M 値を含め値 </p>	> 編集。 2種 (ルートデータ格内の使用)	
< <p> < </p> 詳細表示 I 新細表示 I 加速含む Z 値を含む	> 編集 - 編 (ルート データ格納に使用) 2億 (3D データ格納に使用)	
< <p> < </p>	> 編集 - 編 (ルートデータ格納に使用) 編 (3D データ格納に使用)	

手順2:編集の開始をクリックし、トレース機能を使用することにより、集水域のポリゴン を結合する。





対象とする道路や河川に流れ込む各集水域を作成する



2) 土石流発生リスクの表示

道路・河川に流れ込む集水域(緑色の流域)に含まれる小流域(青色の流域とピンク色の 流域)の数や面積に着目し、土石流のリスク評価を行う。

ここでは、道路・河川に流れ込む集水域に含まれる崩壊発生流域の数に着目し、以下のよう に土石流発生リスクを区分した。

複数含む:土石流発生の可能性大(赤色塗色)

1つ含む:土石流発生の可能性中(緑色塗色)

含まない:土石流発生の可能性小(塗色なし)

以上に基づき、下記のように土石流発生リスクを表示



3) 土石流により道路寸断および河道閉塞を起こす可能性が高い箇所の抽出 土石流発生リスクが高い流域と道路が交わる箇所を抽出する。

道路寸断の可能性が高い箇所の例



引用・参考文献

- 荒木雅弘 (2018): フリーソフトではじめる機械学習入門(第2版):Python/Weka で実践す る理論とアルゴリズム, 312p.
- Esri ジャパン株式会社 (2015): ArcGIS for Desktop 逆引きガイド 10.3.X 対応, 310p. 国土地理院:基盤地図情報数値標高モデル:

https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php

- 齋藤 仁,中山 大地,松山 洋 (2007): Decision tree による地すべり発生流域の推定とその検証-ASTER データを用いて-. 日本地すべり学会誌, vol. 44(1), p. 1-14.
- 佐々木 靖人 (2010): 土層強度検査棒による斜面の土層調査マニュアル (案). 土木研究所 資料 第4176号, 40p.
- 高橋 保(2004):土石流の機構と対策.近未来社,432p.
- The University of Waikato:Weka Wiki :

https://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/downloading.html