

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、溪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。

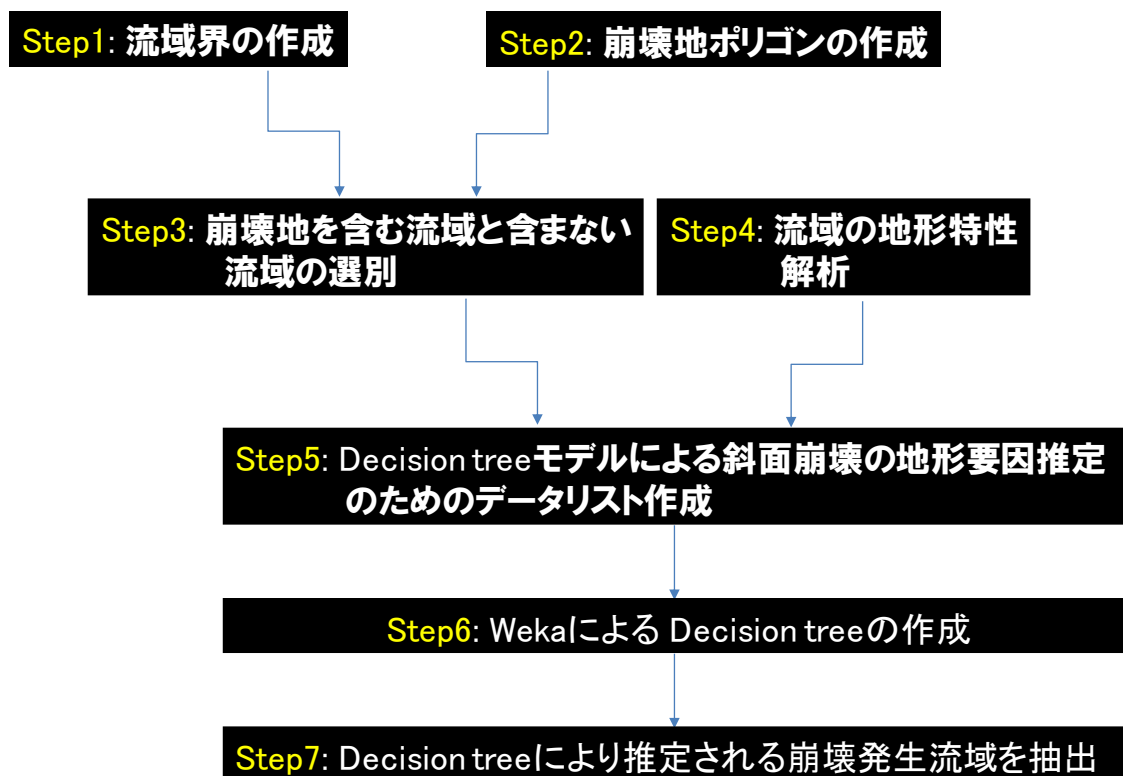
したがって、斜面崩壊の発生しやすい小流域を多く持つものが、土石流の発生しやすい流域ということになる。本手法ではこのことに着目して、分割した小流域ごとの地形量（傾斜や斜面の曲率など）から斜面崩壊の可能性を評価*し、斜面崩壊の可能性の高い小流域を多く持つ溪流を土石流発生リスクの高いものと判定することとした。実際には、土石流の発生しやすい河川の勾配など、その他の条件も考慮する必要があるが、本手法はより簡便に土石流発生の可能性を評価しようとするものであり、それらの要素は加味していない。

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。



使用ソフト：

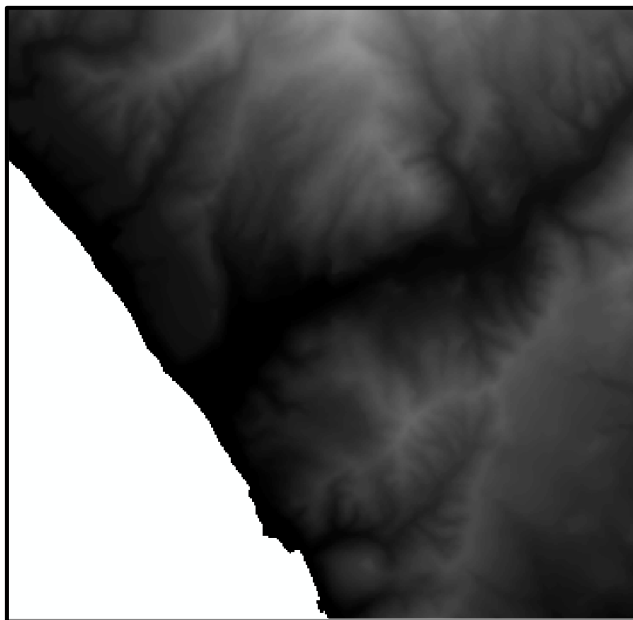
- ・ ArcGIS 10.5 (ESRI 社)
- ・ Weka3.6.13
- ・ Excel (Microsoft Office)

使用データ：

- ・ 10mDEM (基盤地図情報)

Step1 : 流域界の作成

- 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。

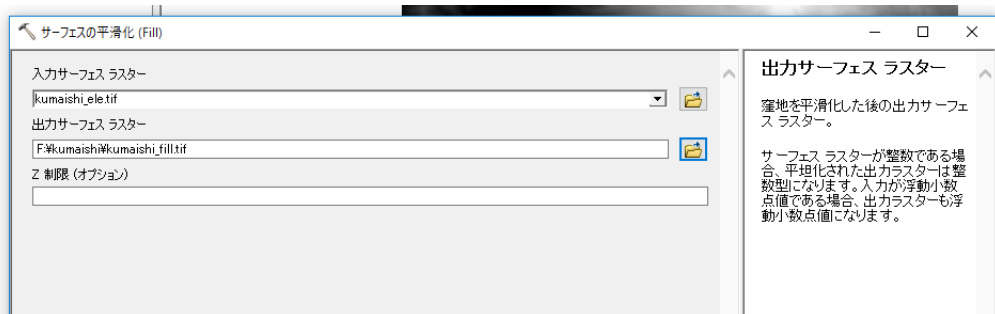


- 2) DEM を Fill 化（地表面の平滑化）する

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



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))

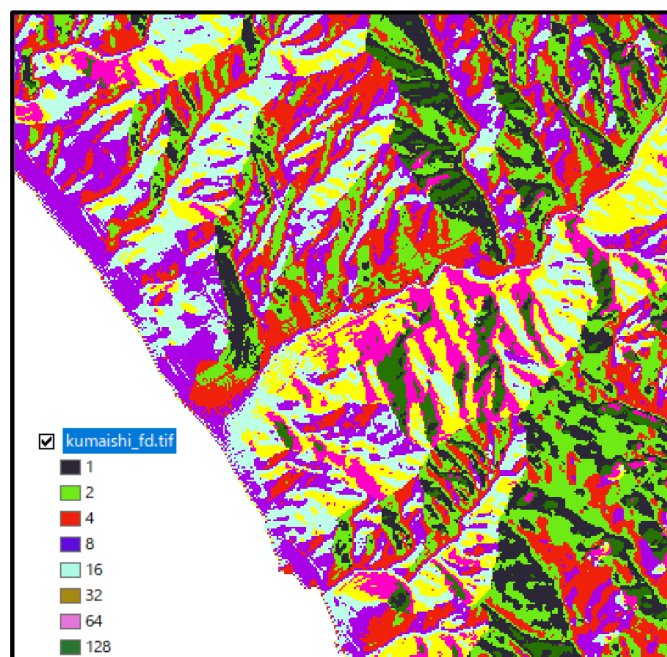
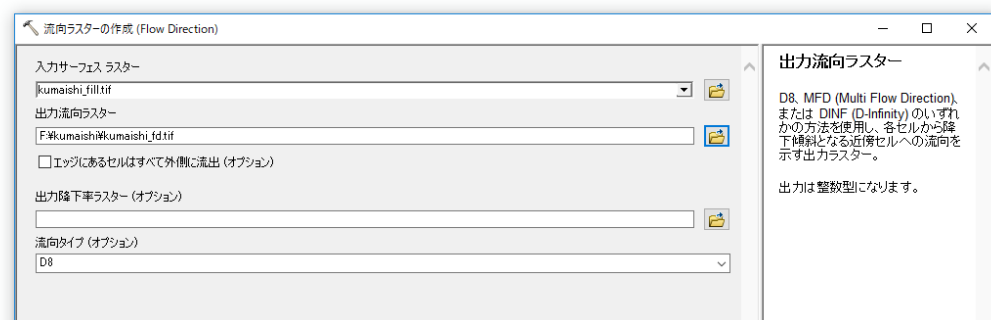
使用ツール : Spatial Analyst Tools>水文解析>Flow Direction

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/flow-direction.htm>



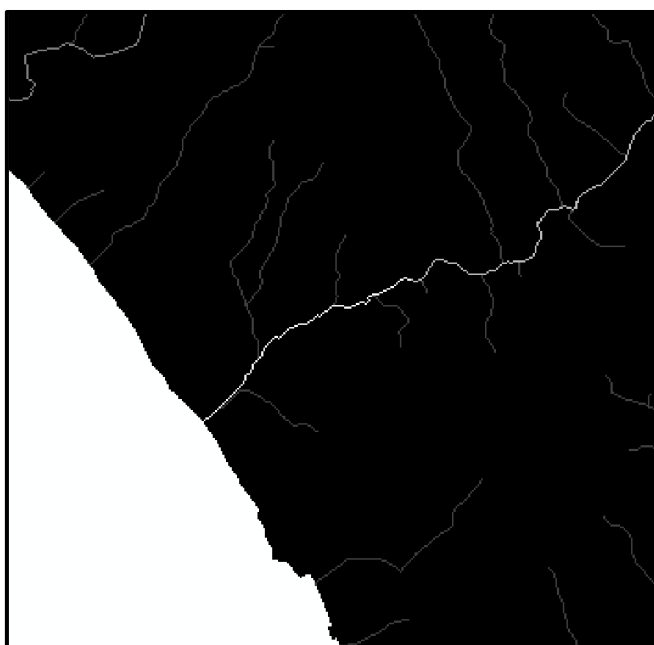
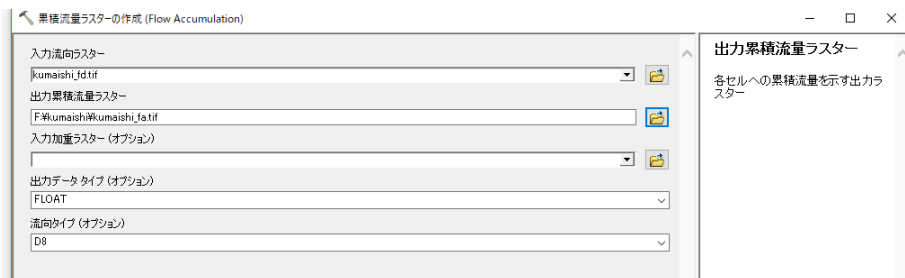
4) 累積流量の計算を行う。

(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

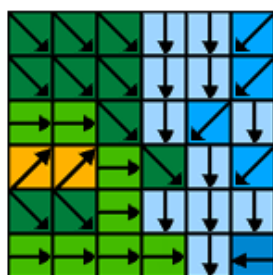
入力ラスタ：ここでは、kumaishi_fd.tif

出力ラスタ：ここでは、kumaishi_fa.tif



※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。



フロー方向



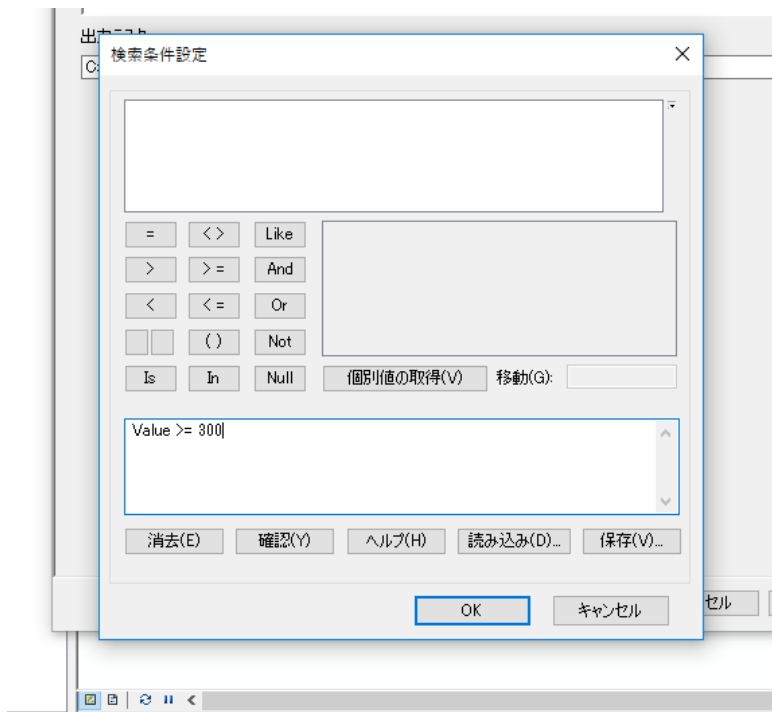
0	0	0	0	0	0
0	1	1	2	2	0
0	3	7	5	4	0
0	0	0	20	0	1
0	0	0	1	24	0
0	2	4	7	35	1

累積流量

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。



累積流量値の設定に関する留意点

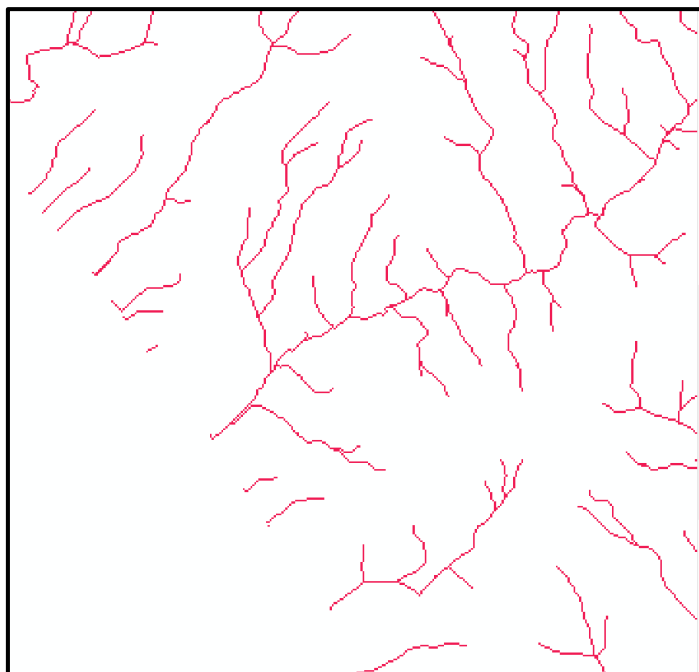
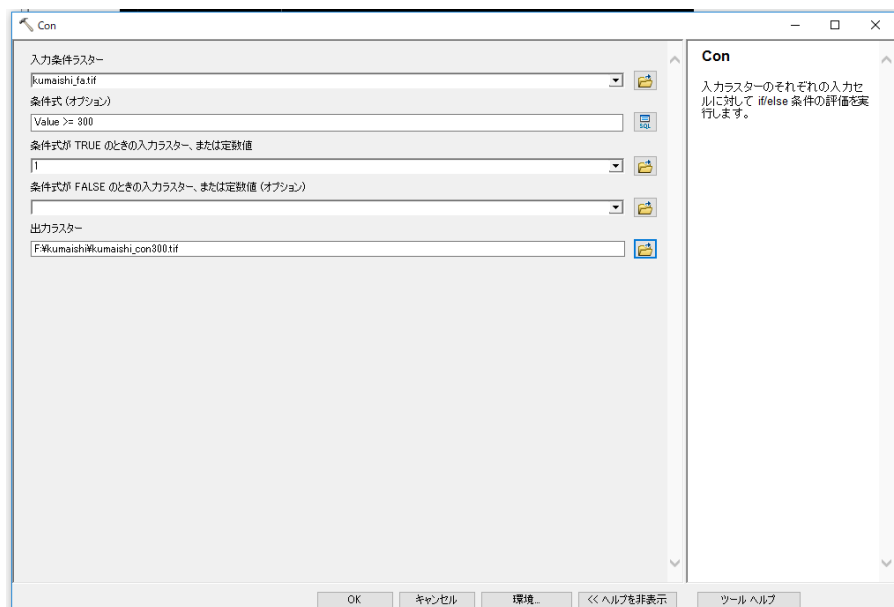
後の解析を踏まえ、できる限り崩壊地と小流域が 1 対 1 対応となるように流域サイズを設定する。ただし、流域サイズを小さくしすぎると、流域を描けない場合があるので注意が必要である。

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。

入力ラスター：ここでは、kumaishi_fa.tif

条件式が TRUE のときの入力ラスター、または定数値：1

出力ラスター：ここでは、kumaishi_con300.tif



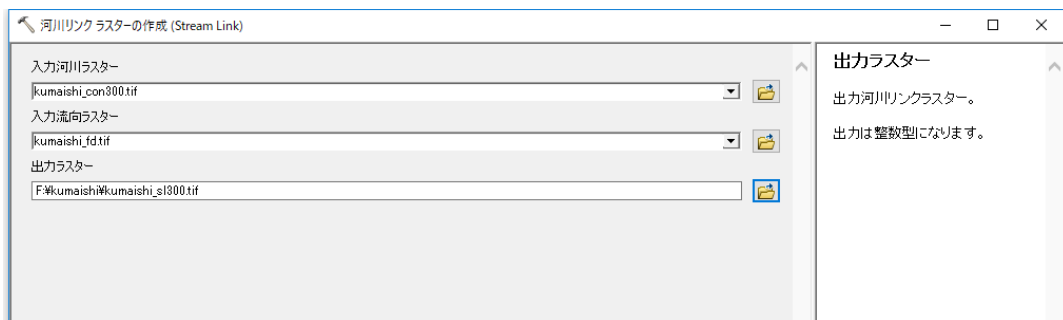
6) 5)の河川グリッドから支流ごとのグループ分けを行う

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



7) 集水域ラスタの作成

使用ツール：Spatial Analyst Tools>水文解析>Watershed

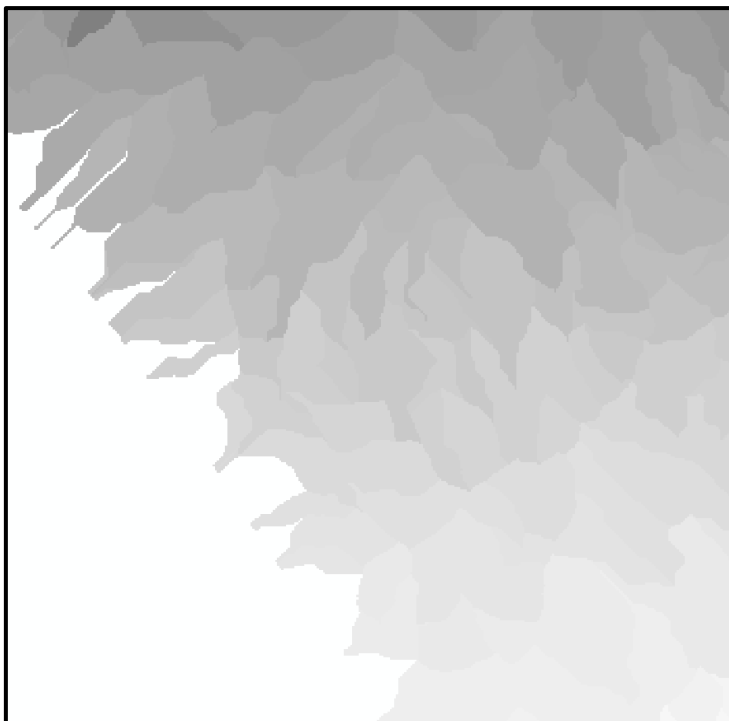
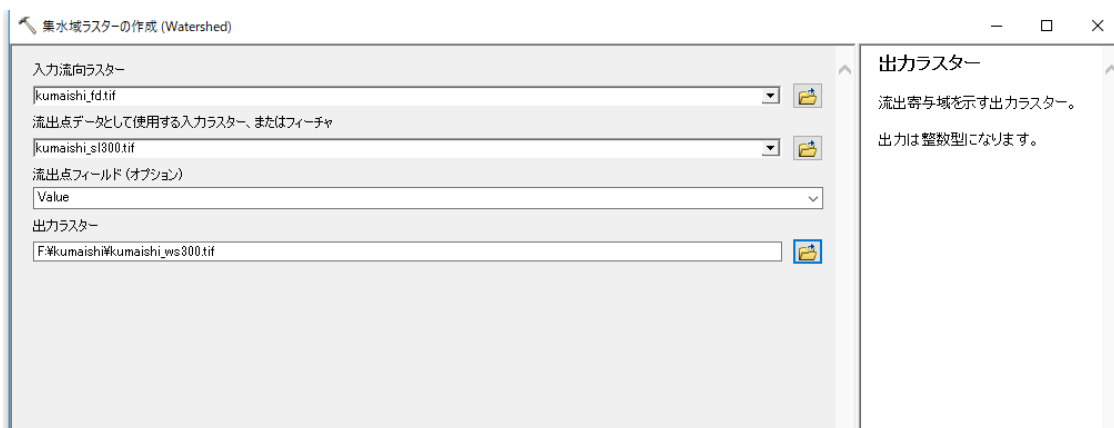
入力流向ラスタ：ここでは、kumaishi_fd.tif

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



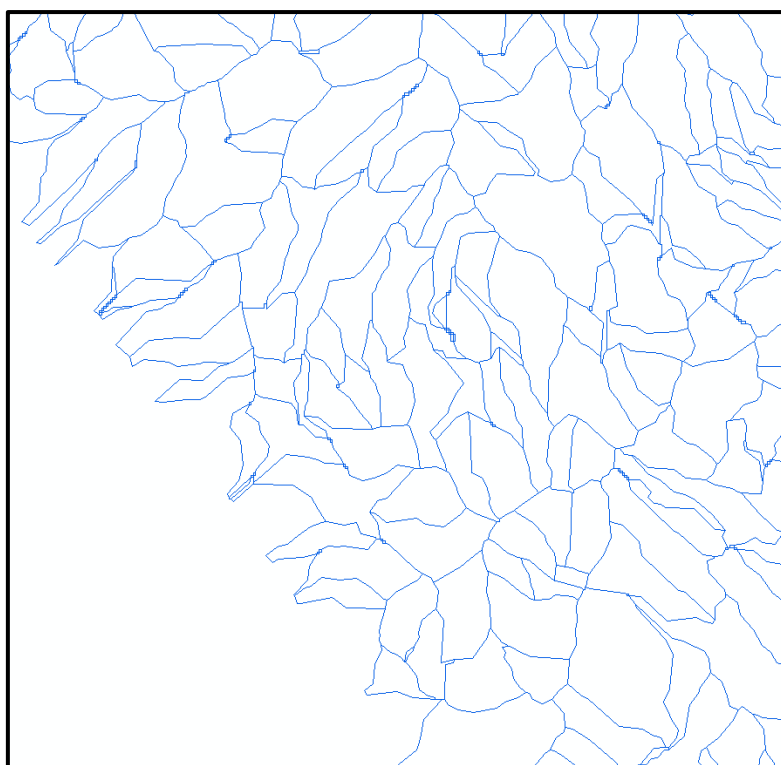
8) 集水域ポリゴンの作成

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

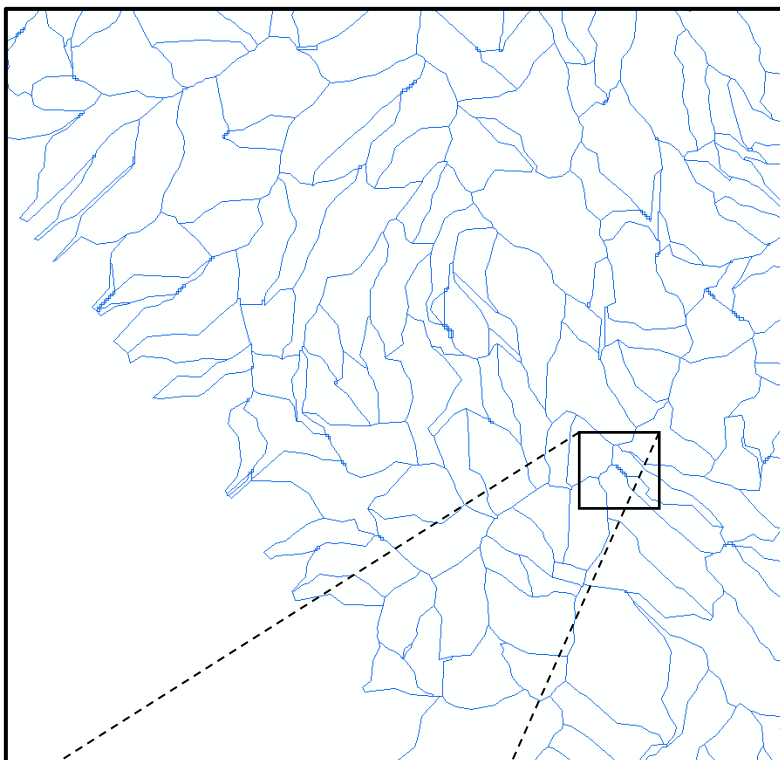
出力ポリゴン：ここでは、kumaishi_300ws.shp



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)

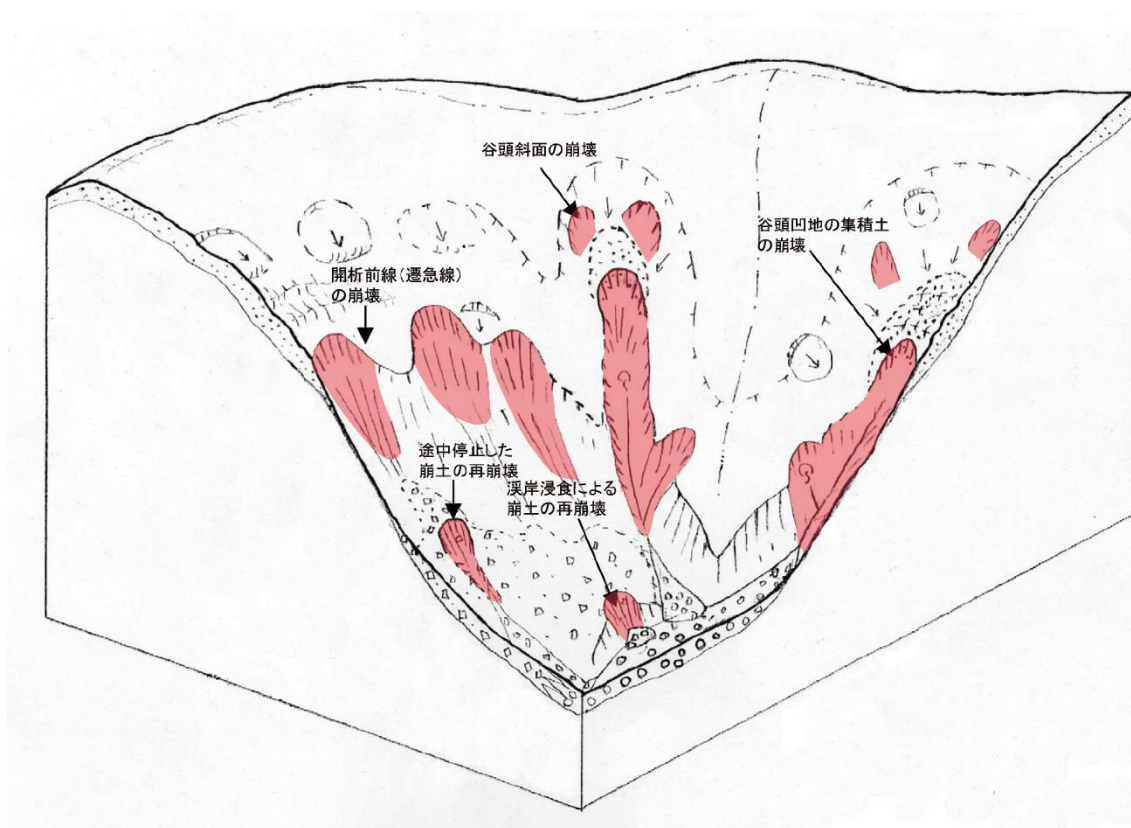


セルの中心を通るようにポリゴンを修正

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。



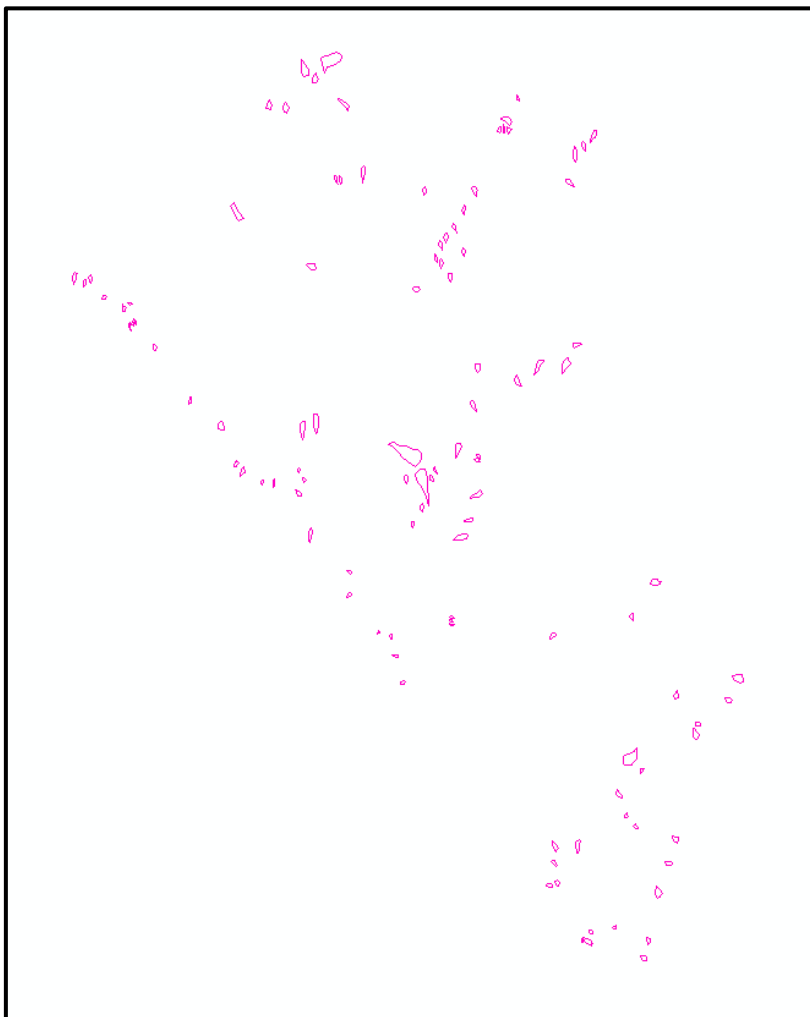
佐々木 (2010) に修正・加筆

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)

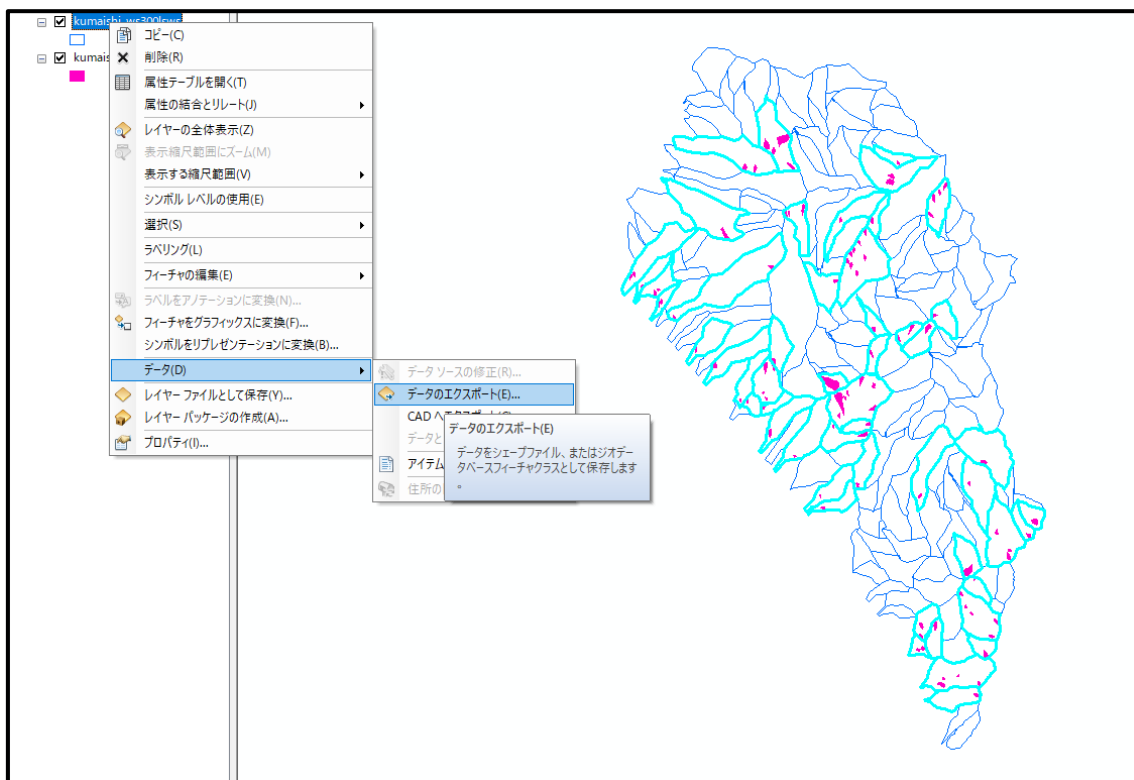
作成された崩壊地ポリゴン



Step3:崩壊地を含む流域と含まない流域の選別

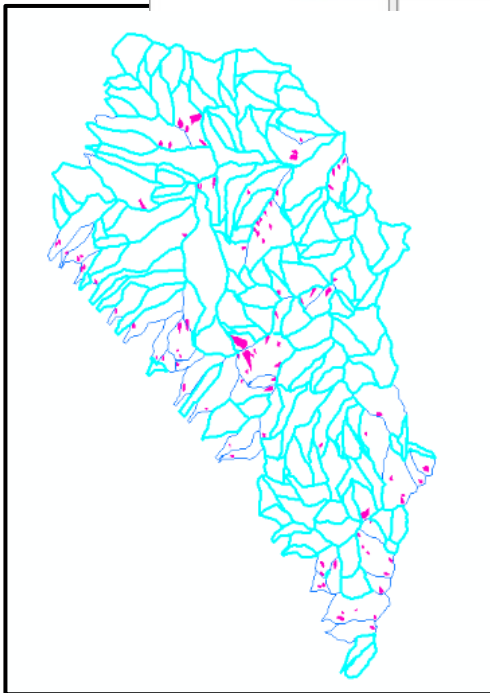
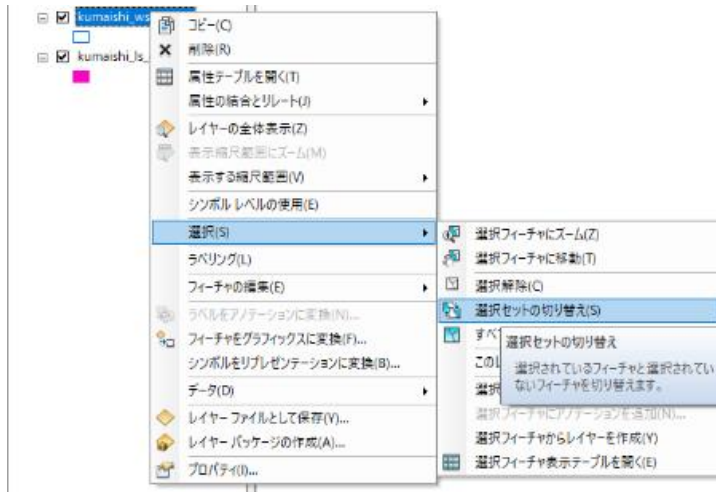
①崩壊地が含まれる流域を抽出

Step 1 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。

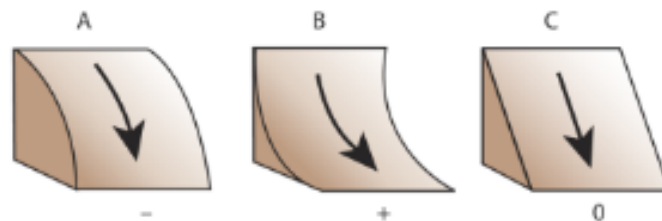
- i) 勾配(最大値)
- ii) 勾配(平均値)
- iii) 標高(最大値)
- iv) 標高(平均値)
- v) 比高
- vi) 空間曲率
- vii) 縦断曲率
- viii) 横断曲率
- ix) 斜面方位 (最頻値)

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>

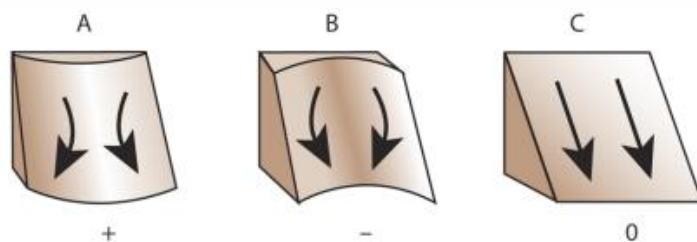
縦断曲率 (ArcGIS の断面曲率に該当)

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)

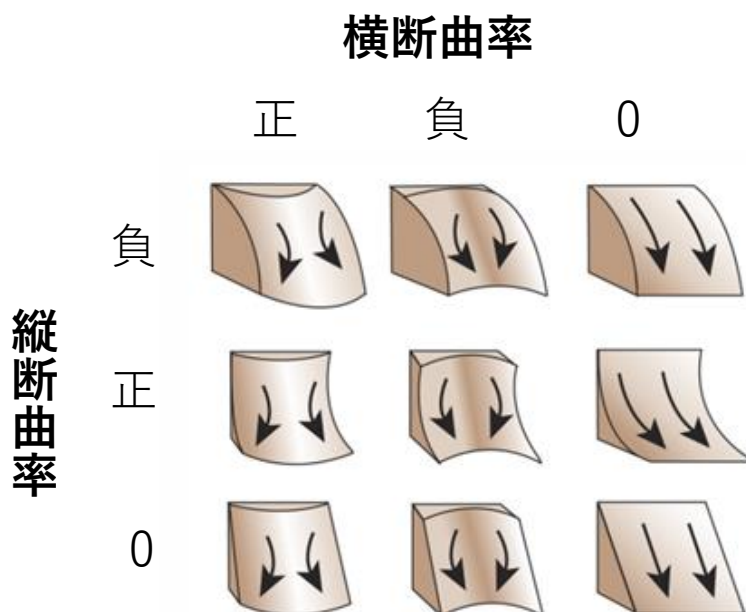
横断曲率は、最大傾斜角の方向と垂直です。横断曲率は、サーフェス上の流れの収束と分岐に関係しています。正の値 (A) は、サーフェスがそのセルで横方向に凸状であることを示します。負の平面 (B) は、サーフェスがそのセルで横方向に凹状であることを示します。ゼロの値は、サーフェスが直線であることを示します (C)。



空間曲率 (ArcGIS の標準曲率に該当)

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

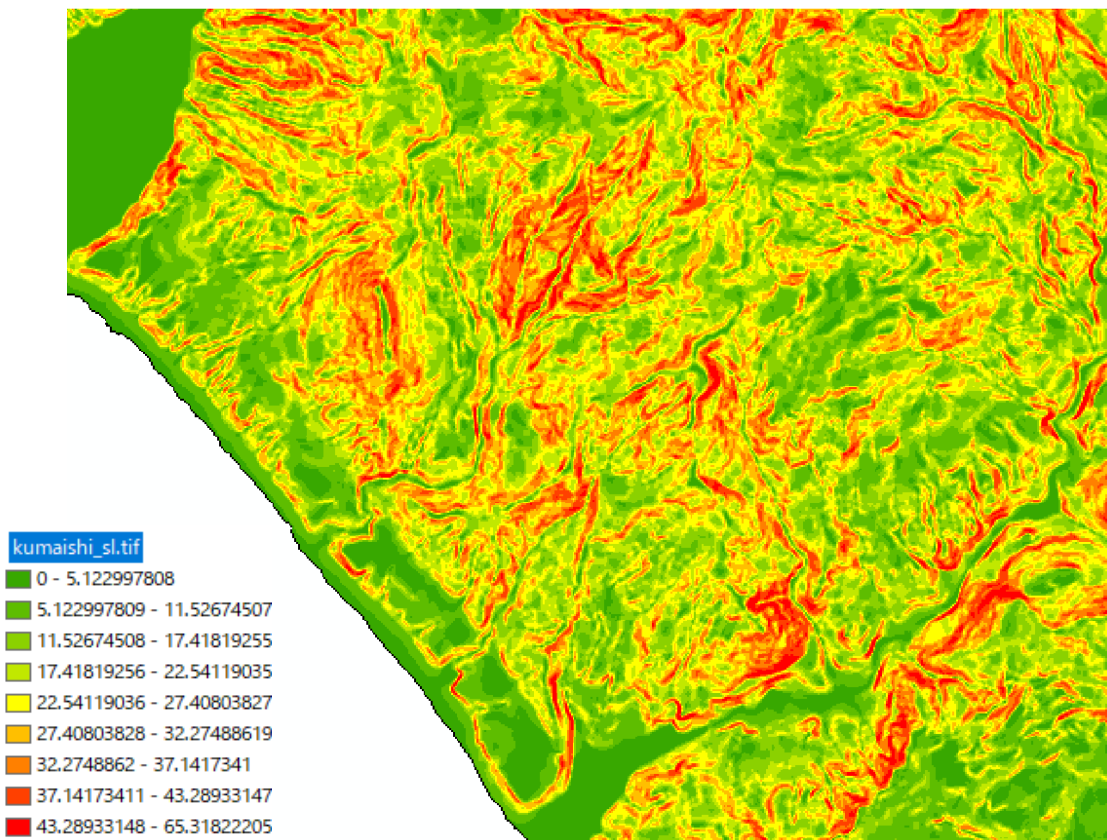
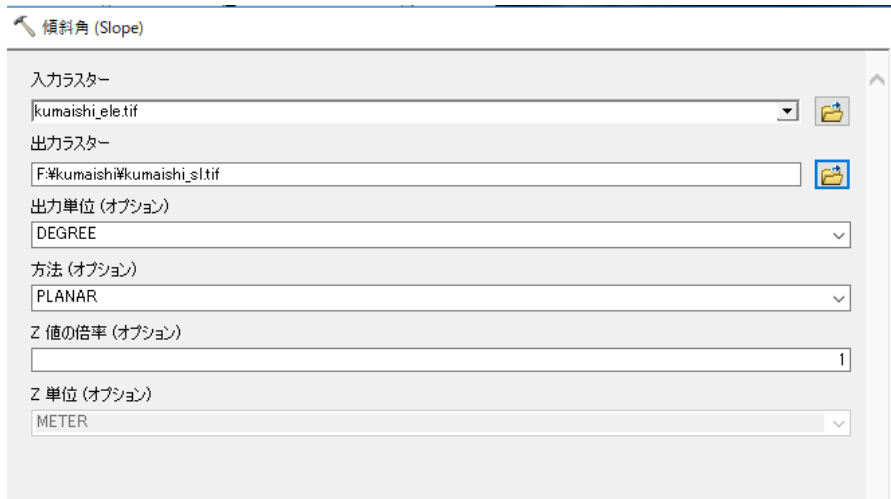
1) 勾配データ

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



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

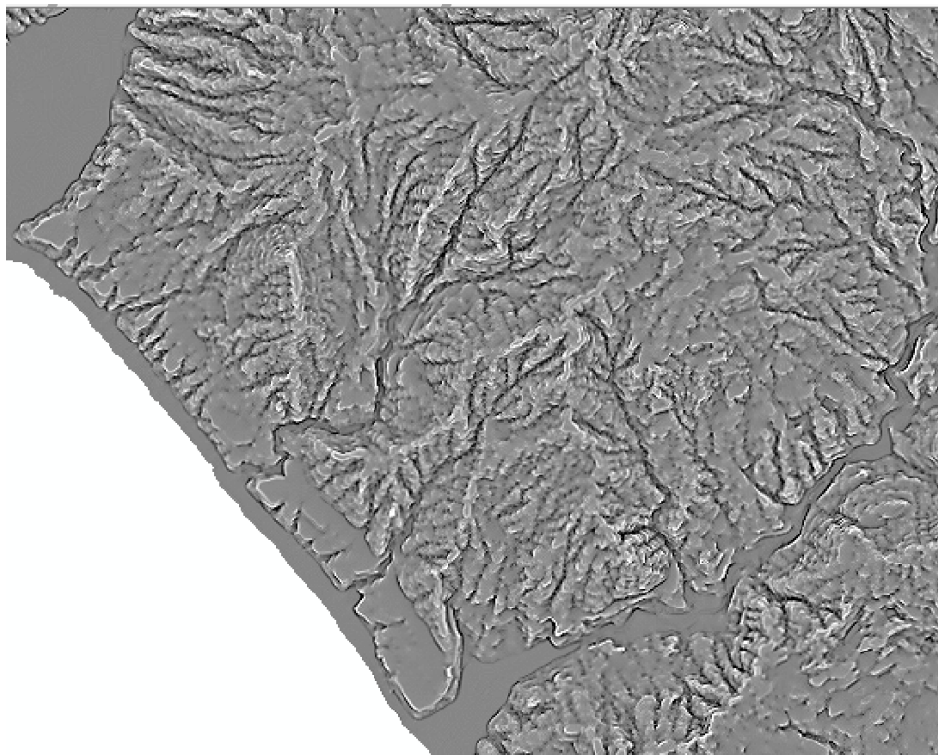
出力断面曲率ラスタ：kumaishi_profile.tif

出力平面曲率ラスタ：kumaishi_plan.tif

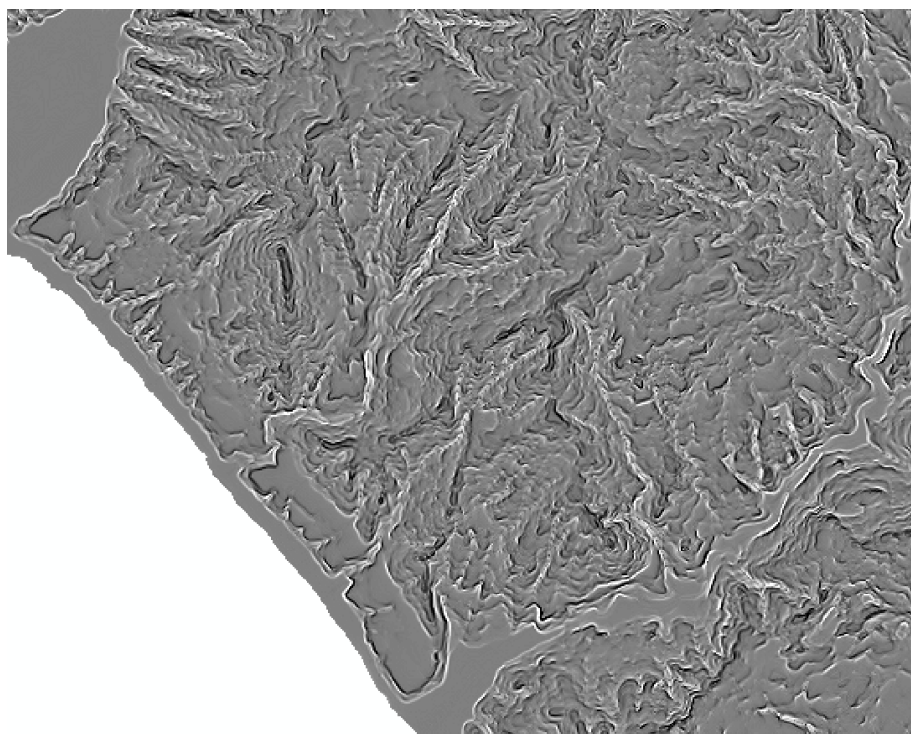
曲率 (Curvature)

入力ラスタ	<input type="text" value="kumaishi_ele.tif"/>	
出力曲率ラスタ	<input type="text" value="F:\kumaishi\kumaishi_curvature.tif"/>	
Z 値の倍率 (オプション)	<input type="text" value="1"/>	
出力断面曲率ラスタ (オプション)	<input type="text" value="F:\kumaishi\kumaishi_profile.tif"/>	
出力平面曲率ラスタ (オプション)	<input type="text" value="F:\kumaishi\kumaishi_plan.tif"/>	

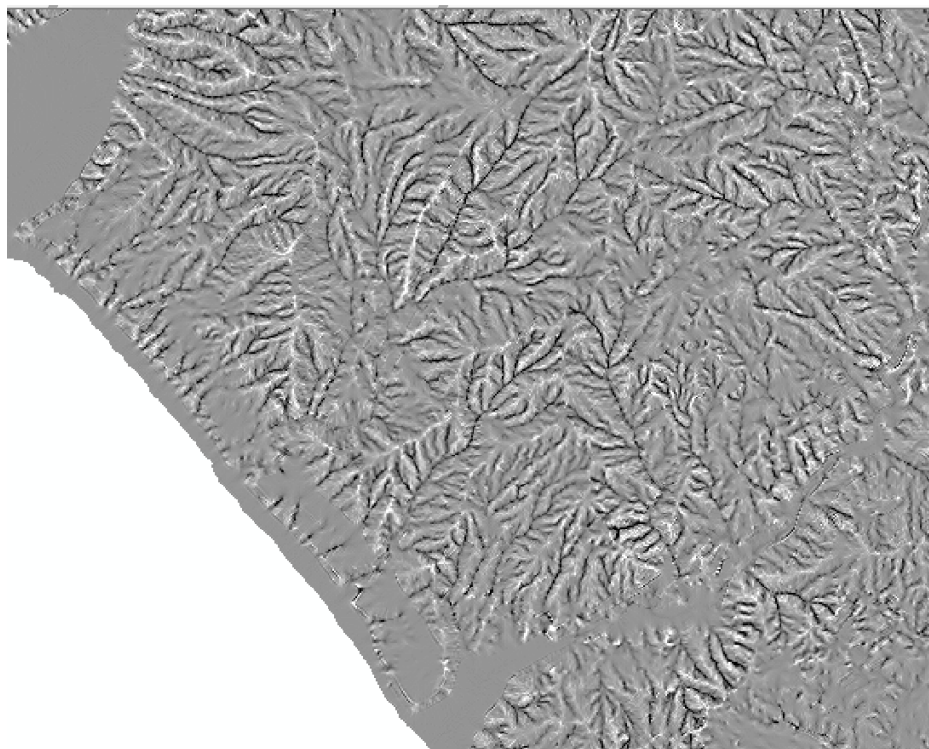
出力された空間曲率



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

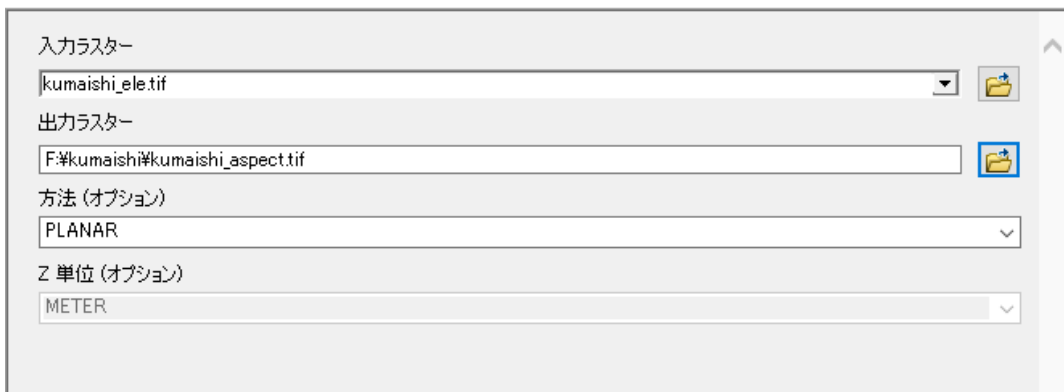
Step1 の DEM を表示させ、以下のツール、設定により作成する。

使用ツール：Spatial Analyst Tools>サーフェス>傾斜方向

入力ラスター：ここでは、kumaishi_ele.tif

出力ラスター：ここでは、kumaishi_aspect.tif

傾斜方向 (Aspect)

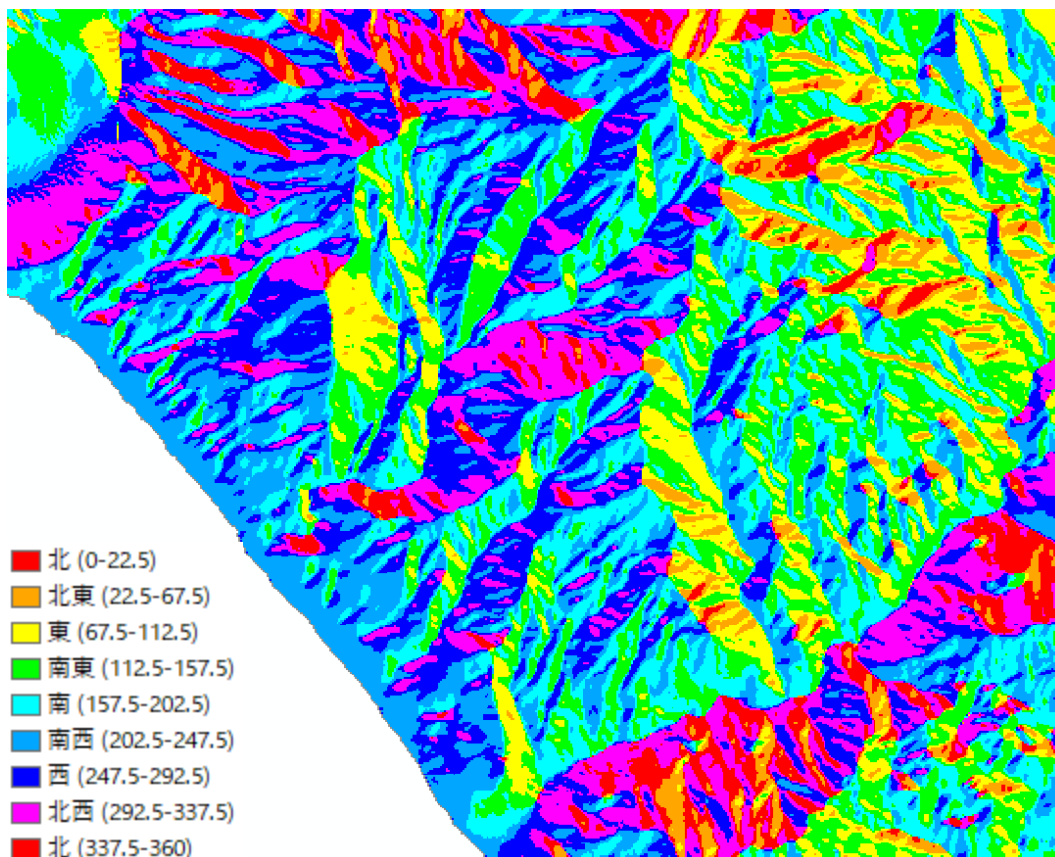


入力ラスター
kumaishi_ele.tif

出力ラスター
F:\kumaishi\kumaishi_aspect.tif

方法 (オプション)
PLANAR

Z 単位 (オプション)
METER



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 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

1) 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)



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(O):
ID

2. 結合対象レイヤまたはテーブル(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。一致しないレコードには、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から削除されます。

結合の整合チェック(V)

[データの結合について](#)

OK キャンセル

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。

値	方位
0~22.5, 337.5~360	N
22.5~67.5	NE
67.5~112.5	E
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	yes
681.7418823	560.2732421	237.1606445	47.2166176	27.11595348	-14.5557	7.113647	-9.94906	E	yes
257.0766907	126.5297177	247.6462908	43.7604408	24.24894776	-9.765	6.230221	-6.21023	SW	yes
398.4069824	327.7294439	148.8556061	43.5677223	19.03639314	-8.36481	6.310568	-5.73501	SE	yes
535.2217407	402.2410206	299.7933807	42.0920982	23.10685864	-11.6283	7.159359	-9.94844	S	yes
177.1171417	76.37909041	177.1171417	35.072319	12.71540423	-11.0838	7.6128	-4.87668	W	yes
114.0412903	49.99009988	113.0291809	35.073452	14.97719628	-8.80199	4.516592	-5.98982	S	yes
112.8254623	52.7074001	112.8254623	31.6717033	11.14808148	-11.9313	6.288447	-7.79673	SW	yes
451.275116	306.3256757	292.687912	54.1641502	31.74732086	-19.7635	12.1689	-10.7572	SE	yes
311.888031	209.6704793	170.8633575	48.518013	25.08992541	-8.37367	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	-7.82535	4.157787	-3.73916	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	yes
194.0048218	137.8440529	123.8180084	34.0967789	20.97214309	-6.40608	3.610222	-4.39403	W	yes
189.7781067	102.6953211	142.8222542	45.2610626	22.86143521	-8.72993	6.820291	-4.3936	W	yes
166.5601196	78.78090259	166.4601196	39.5918999	15.8988661	-14.8301	8.268294	-7.17532	SW	yes
204.5854034	84.98092241	204.4854034	40.7014465	17.65141556	-10.5364	6.984827	-7.58561	SW	yes
261.8617249	126.2566878	232.5874729	56.2799683	27.80582679	-18.8248	10.06363	-10.9386	E	yes
185.8165131	107.8303097	147.1510048	53.4896736	22.68049341	-15.3956	8.821104	-9.57212	E	yes
285.2306213	164.6965385	276.4144201	54.5421181	22.37844135	-19.0307	10.16649	-10.7156	SE	yes
137.0297699	59.47690544	137.0297699	39.4080353	13.49336361	-8.93154	5.594547	-6.33455	SW	yes
221.4868469	138.9630477	180.2311134	52.3532257	31.67492248	-16.7133	10.84815	-8.93322	W	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	N	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
460.5911255	353.9602789	184.6728821	49.8914375	31.49671723	-8.81329	7.099553	-4.5254	SE	no
281.9445496	196.0744317	144.1565552	38.0499802	19.91758288	-10.9503	6.029481	-6.49627	S	no
151.9310913	59.54770095	151.9310913	42.6657219	14.11331258	-10.9148	5.621256	-6.79076	SW	no
157.4394379	104.4140368	111.72015	35.915905	19.68238944	-12.0958	5.87142	-8.5537	SW	no
190.6061401	117.342462	152.813343	37.660862	14.60125251	-14.6504	8.211219	-7.18254	S	no

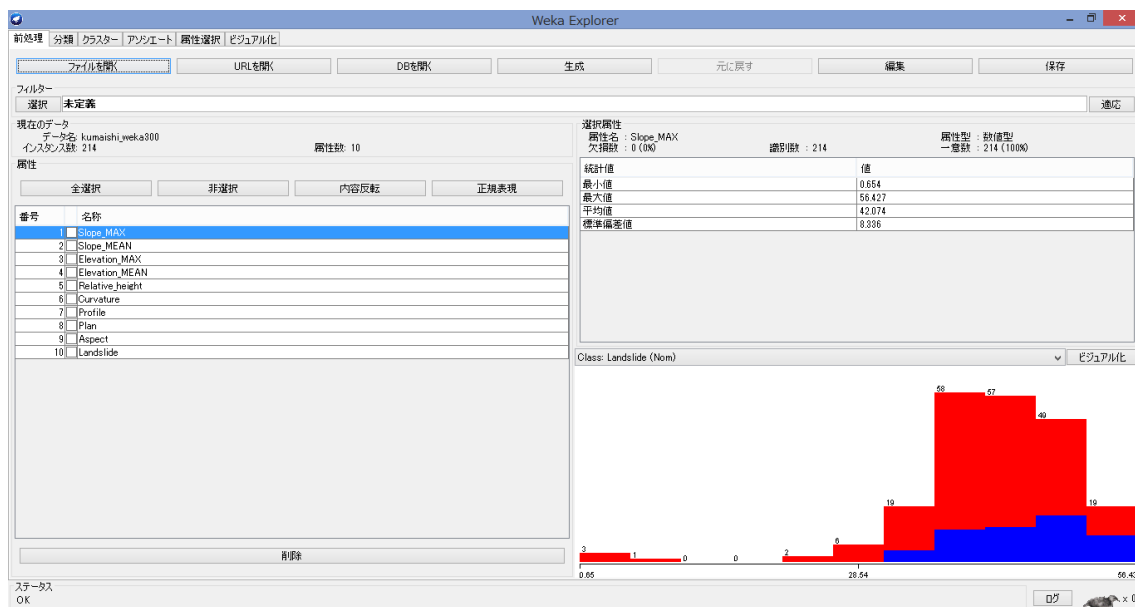
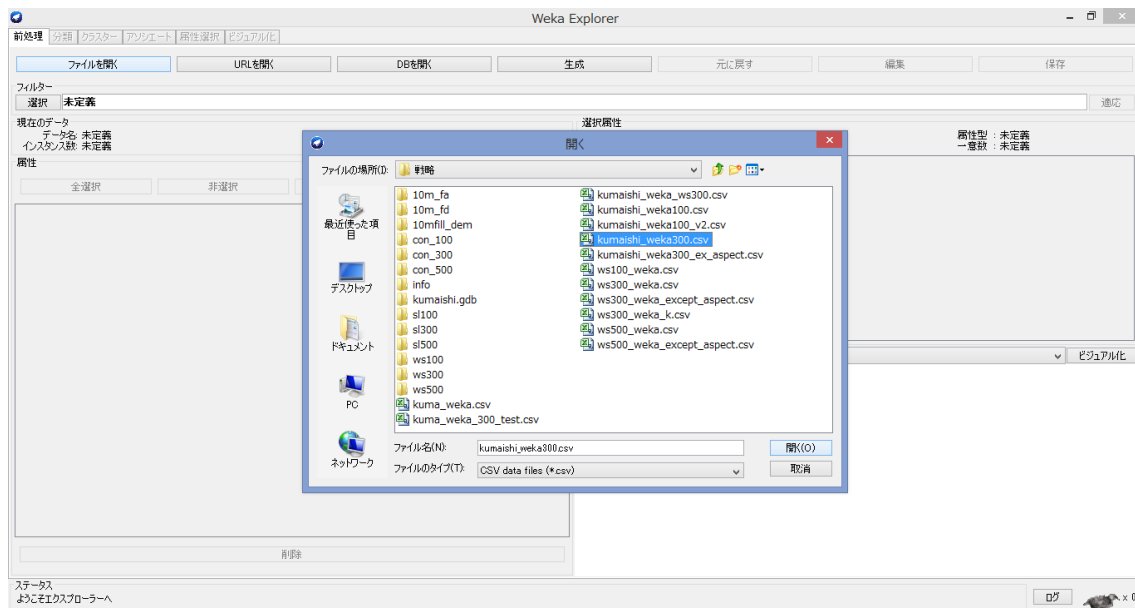
Step6 : Weka による Decision tree (決定木) の作成

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>

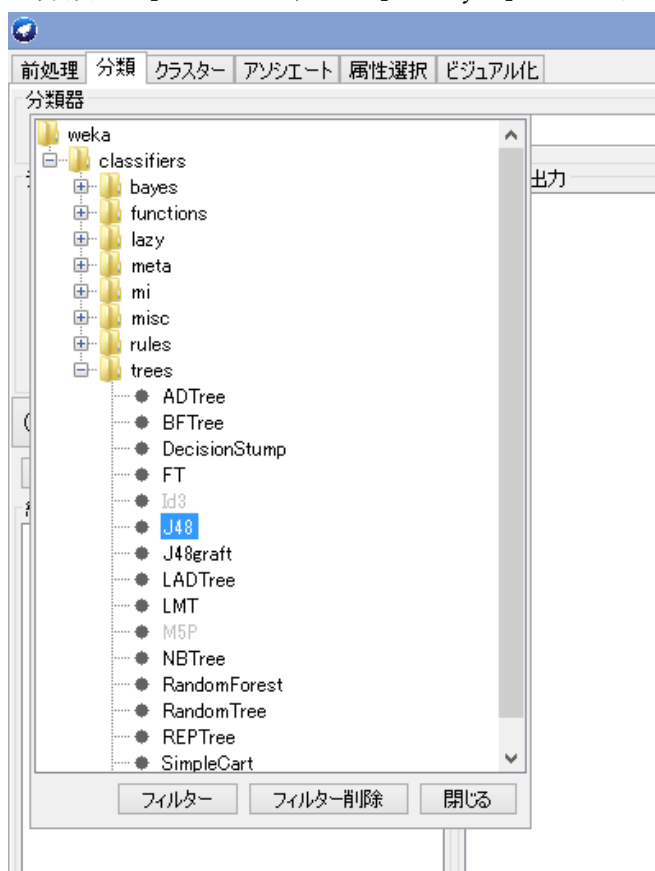
2) Step5 で作成した CSV ファイルを読み込む

「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。



3) 決定木の作成

「分類タブ」を選択し、「tree」→「J48」をクリック



「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。

Weka Explorer

前処理 分類 クラスタ アンソート 属性選択 ビジュアル化

分類器
選択 J48 -C 0.25 -M 2

テストオプション
 学習セットを使用
 供給テストセット 設定
 交差検証 フォールド 10
 パーセント分割 % 66
追加オプション

(Nom) Landslide
開始 停止

結果リスト (右クリックでオプション)
09:46:55 - trees.J48

分類器出力
=== 分類器モデル (学習セット) ===
J48 pruned tree

Relative_height <= 109.55779: no (65.0/3.0)
Relative_height > 109.55779
| Aspect = S
| | Curvature <= -12.67702: yes (4.0)
| | Curvature > -12.67702: no (15.0/3.0)
| Aspect = SW: no (37.0/12.0)
| Aspect = W
| | 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_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 = E
| | Plan <= -8.76606: yes (3.0)
| | Plan > -8.76606: no (6.0/1.0)
| Aspect = SE
| | Plan <= -6.49627: yes (7.0/1.0)
| | Plan > -6.49627: no (6.0/1.0)

分類の精度が示される。

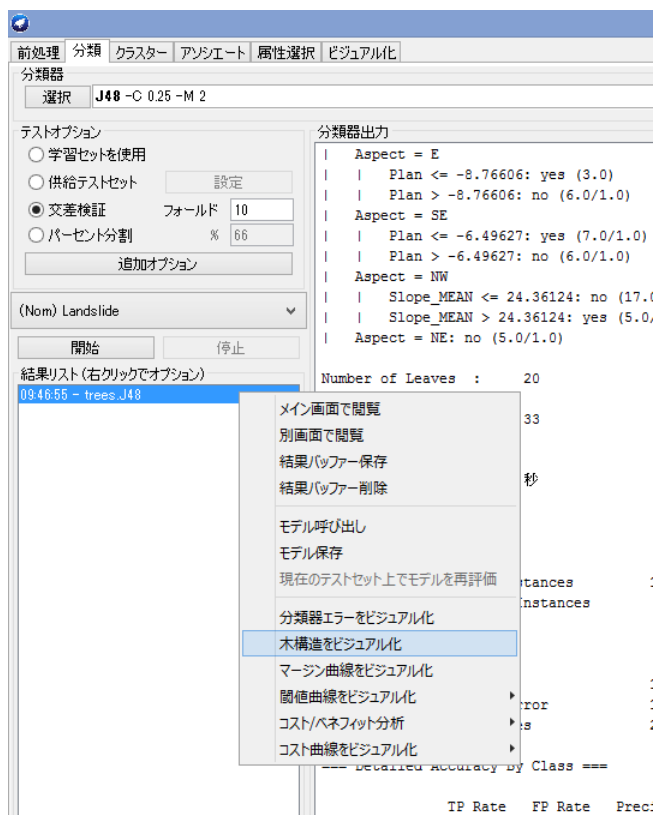
=== 階層化交差検証 ===

=== Summary ===

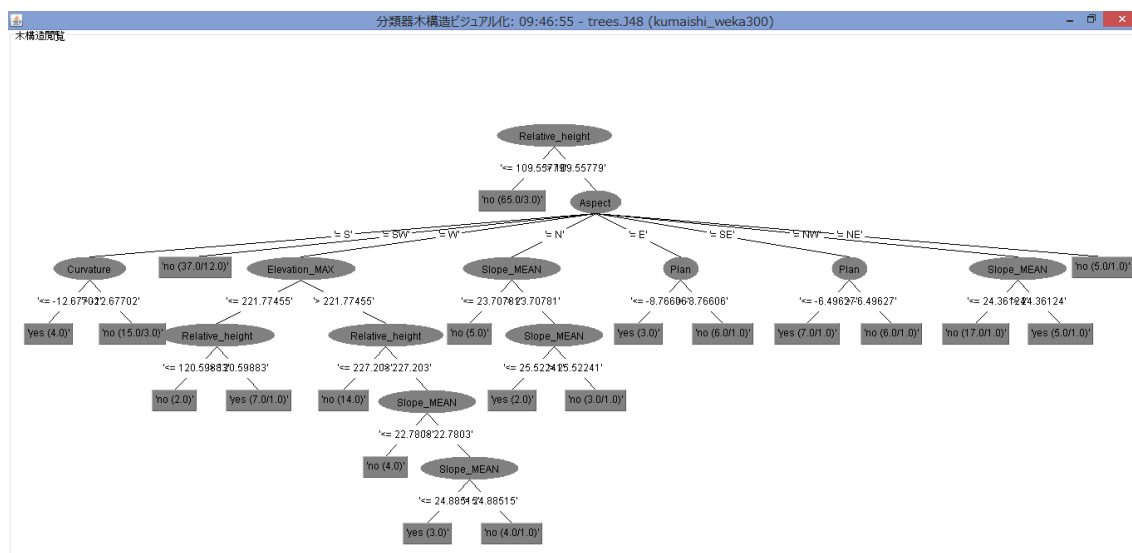
Correctly Classified Instances	149	69.6262 %
Incorrectly Classified Instances	65	30.3738 %
Kappa statistic	0.0575	
Mean absolute error	0.3702	
Root mean squared error	0.5095	
Relative absolute error	100.2478 %	
Root relative squared error	118.7819 %	
Total Number of Instances	214	

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。

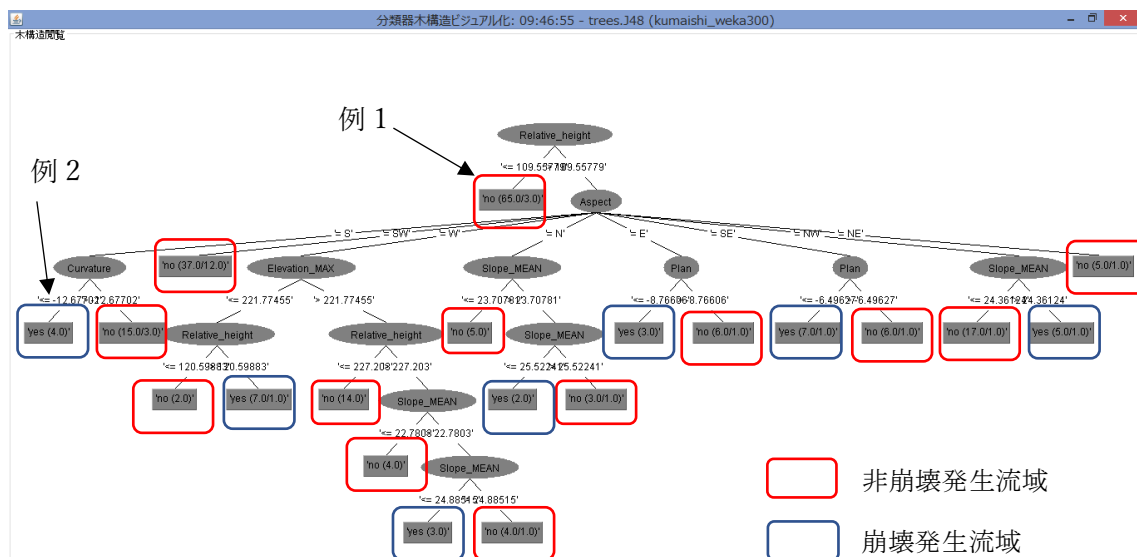
「赤枠の非崩壊発生流域の抽出方法」

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、「データのエキスポート」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。

「青枠の崩壊発生流域の抽出方法」

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、「データのエキスポート」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。



Weka Explorer

前処理 分類 クラスタ 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

テストオプション
 学習セットを使用
 供給テストセット 設定
 交差検証 フォールド 10
 パーセント分割 % 66
 追加オプション

(Nom) Landslide

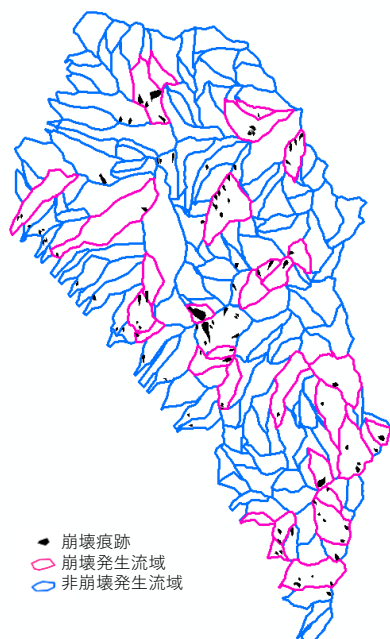
開始 停止

結果リスト (右クリックでオプション)
09:46:55 - trees_J48

分類器出力
=== 分類器モデル (学習セット) ===
J48 pruned tree

Relative_height <= 109.55779: no (65.0/3.0)
Relative_height > 109.55779
| Aspect = S
| | Curvature <= -12.67702: yes (4.0)
| | Curvature > -12.67702: no (15.0/3.0)
| Aspect = SW: no (37.0/12.0)
| Aspect = W
| | 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_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 = E
| | Plan <= -8.76606: yes (3.0)
| | Plan > -8.76606: no (6.0/1.0)
| Aspect = SE
| | Plan <= -6.49627: yes (7.0/1.0)
| | Plan > -6.49627: no (6.0/1.0)

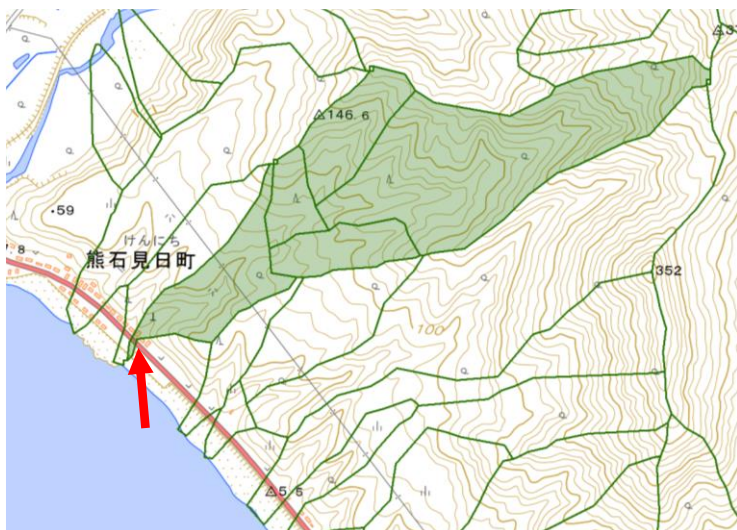
以上の作業により、Decision tree により推定される崩壊・非崩壊発生流域が示される。



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。

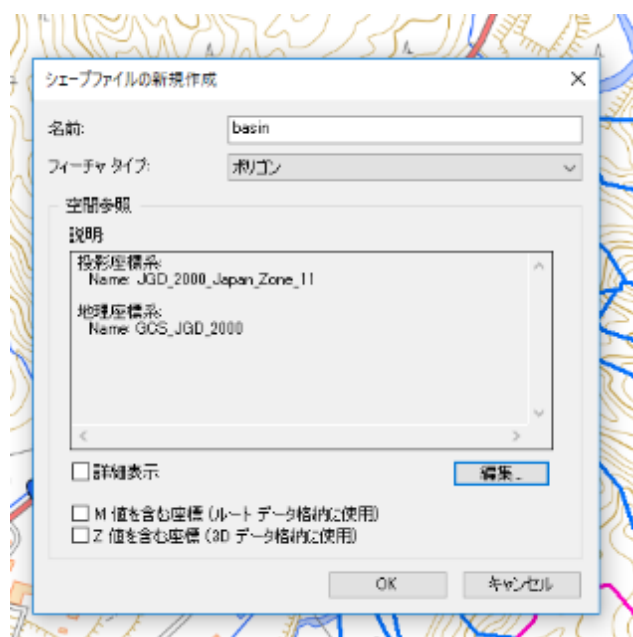


そのための手順は以下のとおり

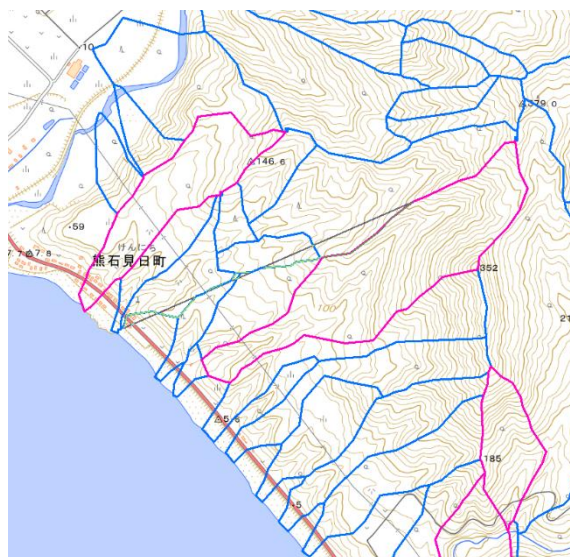
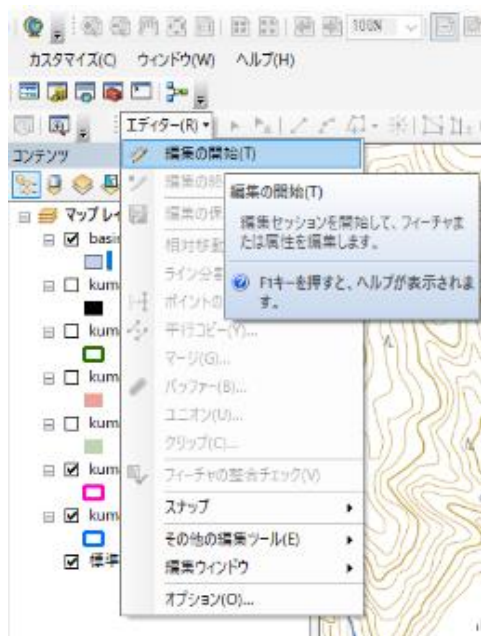
手順1：新規ポリゴンの作成（カタログ→新規作成→シェープファイル）

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

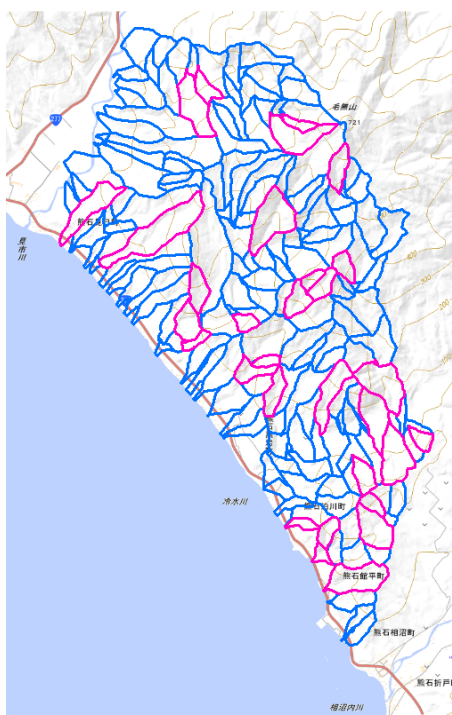
（ここでは、「JGD200_Japan_zone_11」を選択）



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。

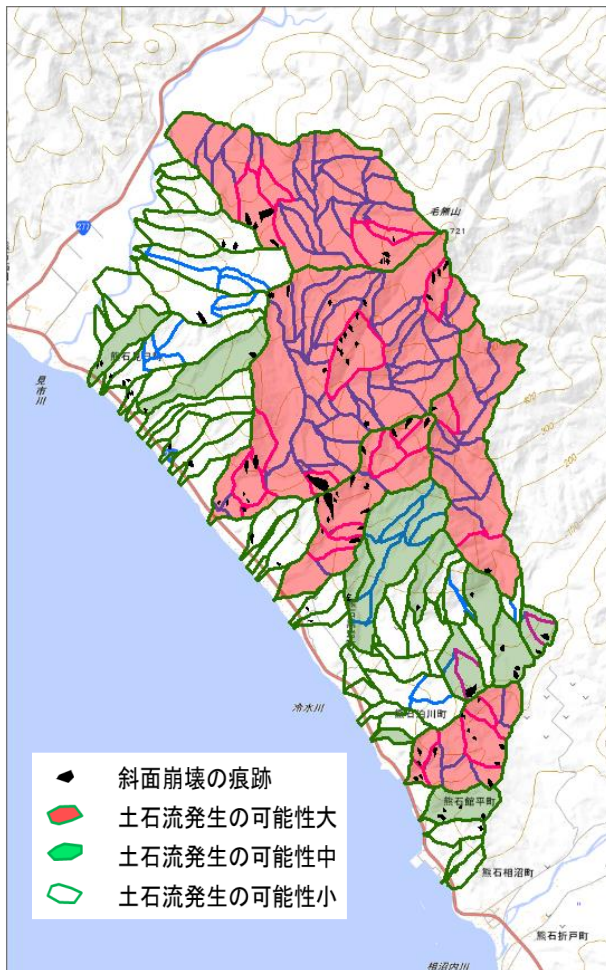
ここでは、道路・河川に流れ込む集水域に含まれる崩壊発生流域の数に着目し、以下のよう
に土石流発生リスクを区分した。

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）

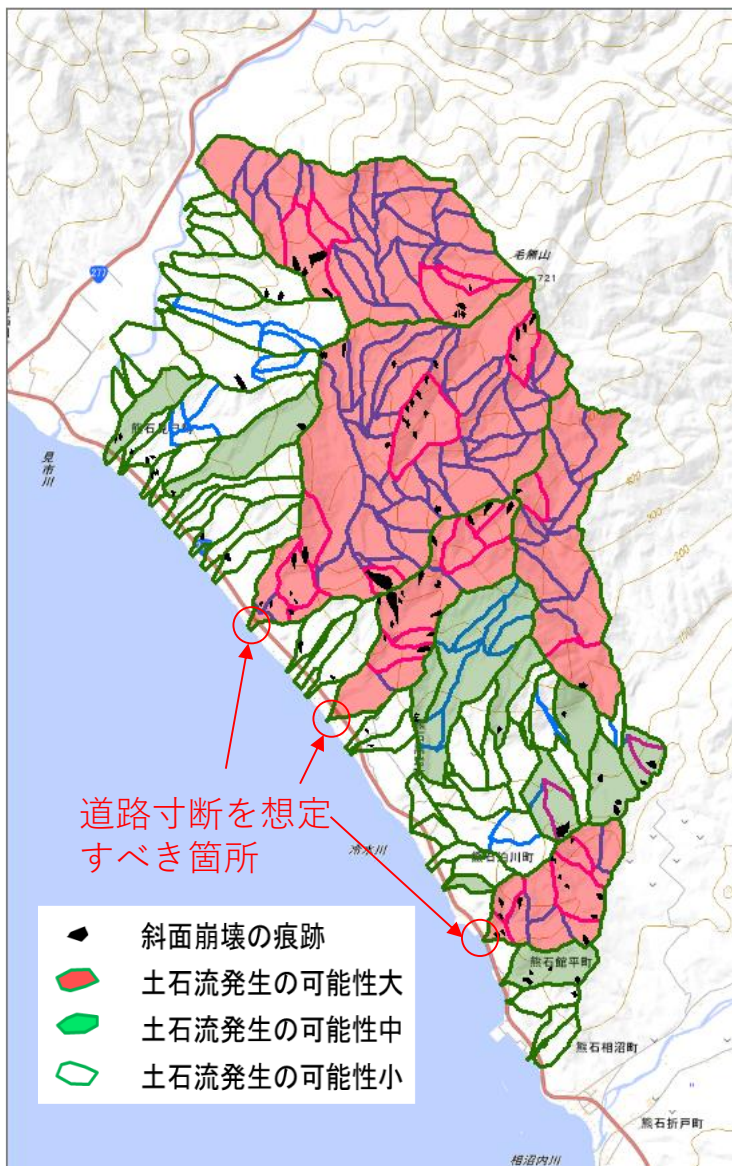
含まない：土石流発生の可能性小（塗色なし）

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 4 1 7 6 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>