

網走川・藻琴川流域における GIS を活用した 土砂流出箇所予測マップの取組について

北海道オホーツク総合振興局東部耕地出張所 ○野口 順也
益村測量設計 株式会社 関山 泰臣
北海道農政部事業調整課 守山 耕一
北海道十勝総合振興局南部耕地出張所 長瀬 大児

1. はじめに

網走川・藻琴川流域では、地形的な制約もあり昭和中期頃から官民間わず農地の造成が行われてきた経過がある。

一方で、水産業も盛んな地域であることから、近年の大雨等の発生に伴い増加している、表土の流亡や農地の侵食、崩落（以下、侵食等）といった農業への影響に加え、土砂流入による周辺河川・湖沼環境の悪化が問題となっている。

また、農業農村整備事業により農地の勾配修正や排水対策などが進められてきたものの、依然多くの急傾斜農地を抱えており、農業者や地域関係団体の職員数も減少傾向にあることから、効率的な保全対策工法の実施、維持・管理手法の考案が急務であった。

そこで今回、農地の日常管理や整備計画に反映させることを目的として、近年の事業管理、農地管理に欠かせないツールとして定着が進んでいる GIS (Geographic Information System) を活用し、広域的な「土砂流出箇所予測マップ（以下、マップ）」を作成した。

本報では、マップのデータ構成、土砂流出予測箇所の解析手法、今後の活用方法などについて紹介する。

2. 基礎資料の収集・調査の実施

GIS 上ではデータの複層表現が可能であるため、各種資料を収集し、その特性を踏まえた分析、比較の実施を行うことが可能となる。

このため、次の内容で基礎資料の収集・調査を実施した。

なお、実施に当たって着目した手法毎のメリット・デメリットについても記載する。

表 1 調査の実施状況

調査手法	メリット、デメリット、活用方法
地図 地質図	○：広域調査が可能、高低差・傾斜が判読可能、 作成時期の異なる物同士の比較が可能 △：土地利用形態が曖昧、判読に知識・経験が必要 ・：地形の傾斜評価、土質評価に活用
航空写真	○：広域調査が可能、土地利用形態が明確、 作成時期の異なる物同士の比較が可能、初心者でも判読可能 △：高低差・傾斜の判読が困難 ・：マップの基礎図として活用、造成履歴の有無の判定
現地踏査 原位置試験	○：現地状況を踏まえた詳細な調査が可能 △：広域調査が困難、多くの費用や労力が必要、過去の状況が不明 ・：土砂流出要因分析→侵食等の発生ほ場において実施

3. 土砂流出の要因

本地域での土砂流出要因を把握するため、平成 27, 28 年の台風・大雨及び平成 30 年 3 月の融雪において農地の侵食等の報告があった 53 箇所(内 50 箇所を崩落を確認)を対象に資料収集、現地踏査を行い、GIS 上にデータ登録した。

資料収集の結果、地質図より本地域の農地は火山灰質土を主体としており、降雨等による侵食を受けやすい特性があることが確認された。

また、撮影年次の異なる航空写真を GIS 上で比較することにより、本地域では昭和 40 年代頃から大規模な農地造成や勾配修正が行われていることが確認でき、事業履歴から多くは個人造成であることが推察された。

なお、当時の気象記録から 3 つの事象のいずれもが災害級の降雨、融雪であった。

現地踏査の結果、侵食等の状況から 47 ほ場は降雨や融雪による表面水が崩落の要因となり、3 ほ場は盛土内地下水の飽和が崩落の要因となったことが推定された。

これらの調査から、本地域の土砂流出対策には、侵食等の起因となる表面水への対応と、大崩落を誘発する危険性が大きい盛土内地下水への対応の 2 点が重要であると考えた。

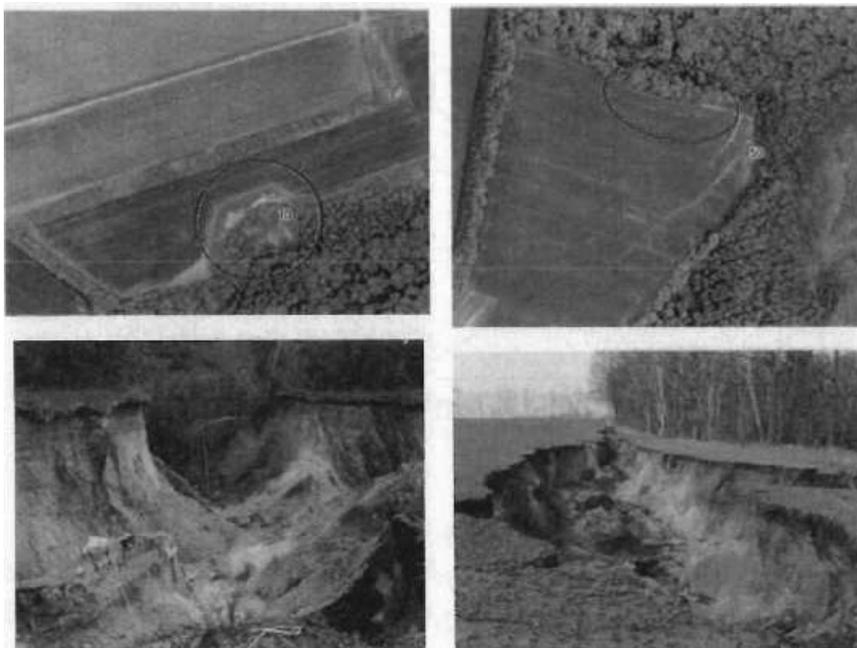


写真 1 農地の侵食状況

(左列：美幌町 H28 台風、右列：美幌町 H30 融雪)

4. マップの作成

1) 流出予測箇所の判定基準について

確認された侵食等の形態から、主要因や危険要素を表 2 のとおり整理した。

表 2 確認された侵食等の形態と推定される危険要素

侵食・崩落形態	主要因	危険要素
降雨による侵食	地表面流水	②流域を伴う傾斜地形
融雪による侵食	凍結土壌上面流水	②流域を伴う傾斜地形
盛土内水位上昇による崩落	盛土内への水分供給	①高盛土・沢埋め

① 高盛土・沢埋め形状の把握

土質試験の結果、盛土内水位の上昇が1mを超える場合、崩落の可能性が増大することが判明したため、地形上浸透水の影響を受けやすい沢埋め形状箇所を危険箇所として表示する方針とした。

○沢ポリゴンの表示

「昭和33年の地形図」と「耕区ポリゴン」を重ね合わせ、元地形が小沢であった農地に『沢ポリゴン』を作図した。

○過去の等高線のデータ化

昭和33年時点の等高線図（河川左右300m区域）をシェープファイル化して保存した。



表3 土壌流亡予測式の各係数

記号	名称	単位	指針上の説明	現地踏査ほ場の採用値 (採用理由)
A	単位面積当たりの流亡土量	tf/ha	与えられた係数の相乗積で算定される年平均流亡土量。	$A=15$ tf/ha ⇒目安値の上限値を許容値として採用
R	降雨係数	tf・m ² /ha・h	各地域における降雨侵食指数EI値の年間平均値で、融雪期の流出の影響の著しい地域ではその数値を加算する。	$R=150.7$ (H28) $R=34.3$ (S34~S48) ⇒文献と実測値から設定 H28は3事象の最大値
K	土壌係数	h/m ²	単位時間当たりの流亡土量を与える係数で基準ほ場(斜面長20m、勾配5°、平畝の休耕地)に対する特定地域の土壌固有の係数。	$K=0.2$ ⇒2009 NTC 報文 ² で整理されている代表5箇所の土壌係数の平均値
L	斜面長係数		基準斜面長(20m)に対する比率から求められる係数で、基準斜面長では、 $L=1.0$ 。流亡土量はこの数値に比例する。	ほ場毎に算出 ⇒50ほ場のDEMデータを基にGIS上で測定し、下記の式にて算出
S	傾斜係数		斜面勾配の関数で、基準勾配(5°)では、 $S=1.0$ となり、流亡土量はこの係数に比例する。	ほ場毎に算出 ⇒係数Lと同様
C	作物係数		作物の種別とその生育状態で定まる係数で、休耕地状態を基準値($C=1.0$)とした流亡土量の割合を示す。	$C=0.3$ 本地域の主要作物の小麦(0.2)、馬鈴薯(0.3)、甜菜(0.4)の平均値
P	保全係数		畝立て方向、等高線栽培など保全的耕作を示す係数で、平畝、上下耕を基準値($P=1.0$)とした流亡土量の割合を示す。	$P=1.0$ ほ場毎の設定は難しいため、最大ポテンシャルを考慮

○地形係数LSの算出とGIS上の諸条件設定について

斜面長係数Lと傾斜係数Sは、畑面の斜面長と勾配が土壌侵食に関わる度合いを示す地形要素の侵食性指数であり、DEMデータを活用してGISで算出するに当たり「Digital Terrain Analysis³⁾」に示される以下の式を用いて総合的に取り扱っている。

$$LS = 1.4(As/22.13)^{0.4} \cdot (\sin \theta / 0.0896)^{1.3}$$

- ・ As (specific catchment area) :
後述の流入セル数をメッシュ幅の10mで除し、斜面長として扱っている。
- ・ θ : 傾斜角度計算で求められた勾配(度)。

- ・ 傾斜方向及び傾斜角の設定方法について
 単位区域毎に近接する 8 つの区域との標高差を求め、最大の高度変化から傾斜角（°）及び傾斜方向を設定している。
- ・ 累積流量の設定方法について
 単位区域毎に流れ込む単位区域数を設定している。
 - ・ 10m メッシュの区域ごとに傾斜方向（8 方向）を設定
 - ・ 区域毎に上流側の区域数をカウントした値を設定

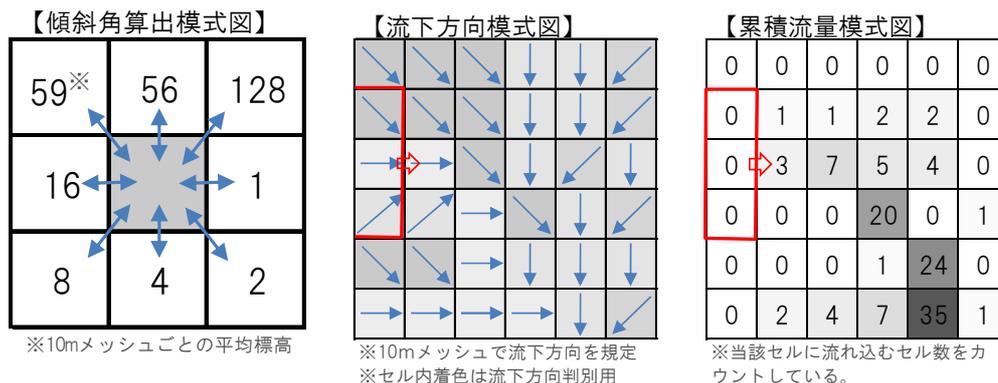


図2 傾斜角、集水面積算出模式図

○流亡量の予測結果（表4）

侵食等を確認した 50 ほ場について、H28 の降雨係数 $R=150.7$ を用いて年間土壌流亡量を算出した結果、48/50 ほ場 (96%) において許容値の $A=15\text{tf/ha}$ 以上となった。

一方、指針において示されている従来 (S34~S48) の降雨係数 $R=34.3$ を用いた場合、全てのほ場において年間流亡土量が許容値未満となった。

侵食等の被害規模について定量的な調査が行えなかったことから「年間土壌流亡量の大小」との関連について直接的な比較は出来なかったものの、近年の大雨等による侵食等の発生リスクの有無を論じる上で、土壌流亡量は良く符合するものと推察された。

なお、基準値を超過しているにも関わらず H28 では被災が見られなかった 8 ほ場が H30.3 の融雪時に被災した点については、以下の理由が考えられる。

- ① 地形係数 LS は 10m 間隔で設定される標高データに基づき算出されることから、畦畔や小規模排水路が反映されず、ほ場区域内への地表水流水を過大に評価している可能性。
- ② H30.3 時では、積雪による排水路の埋没や、土壌凍結による地表水流水の浸透ロス減少、吹きだまりによる地表水流水方向の変化等が要因となって融雪により被災した可能性。

OLS 係数による侵食等発生リスク分布の図示

今回算出した年間土壌流亡量は、地形係数 LS 以外の係数について地域条件・気象条件等から求めた共通の値を用いている。

そのため、平面的な土壌流亡量の差を生じさせている地形係数 LS の大小及び算出時に設定した傾斜方向（流下方向）をマップに図示することとした。

表4 DEM算出による年間流亡土量（侵食等を確認した50ほ場）

番号	JA	造成年代	被災時期	降雨係数 R1 (S34~ S48)	降雨係数 R2 (H28台 風)	LS (DEM:ほ 場内平均 値)	土壌係数 k (H/m ²)	作物係数 C	保全係数 P	年間流亡 土量 A1 (tf/ha) S34-S48	年間流亡 土量 A2 (tf/ha) H28台風	
1	つべつ	1980年代	H28.8台風	34.3	150.7	5.4	0.2	0.3	1.0	11.1	48.7	
2	つべつ	1980年代	H28.8台風	34.3	150.7	3.0	0.2	0.3	1.0	6.3	27.5	
3	つべつ	1980年代	H28.8台風	34.3	150.7	3.0	0.2	0.3	1.0	6.1	26.8	
4	つべつ	1980年代	H28.8台風	34.3	150.7	4.3	0.2	0.3	1.0	8.8	38.5	
5	つべつ	1980年代	H28.8台風	34.3	150.7	4.3	0.2	0.3	1.0	8.9	39.1	
6	林-ツ網走	1980年代	H28.8台風	34.3	150.7	3.3	0.2	0.3	1.0	6.9	30.2	
7	林-ツ網走	1980年代	H28.8台風	34.3	150.7	4.2	0.2	0.3	1.0	8.6	37.6	
8	びほろ	1980年代	H27.10台風	34.3	150.7	3.8	0.2	0.3	1.0	7.8	34.5	
9	びほろ	1950年代	H28.8台風	34.3	150.7	6.5	0.2	0.3	1.0	13.4	58.7	
10	びほろ	1980年代	H28.8台風	34.3	150.7	4.3	0.2	0.3	1.0	8.9	39.0	
11	びほろ	1970年代	H28.8台風	34.3	150.7	2.6	0.2	0.3	1.0	5.4	23.9	
12	びほろ	1980年代	H27.10台風	34.3	150.7	2.5	0.2	0.3	1.0	5.2	22.7	
15	びほろ	1990年代	H28.8台風	34.3	150.7	4.5	0.2	0.3	1.0	9.3	40.9	
16	びほろ	1970年代	H28.8台風	34.3	150.7	2.9	0.2	0.3	1.0	6.0	26.3	
17	びほろ	1980年代	H28.8台風	34.3	150.7	3.8	0.2	0.3	1.0	7.9	34.8	
18	びほろ	1980年代	H28.8台風	34.3	150.7	6.5	0.2	0.3	1.0	13.5	59.1	
19	びほろ	1980年代	H28.8台風	34.3	150.7	5.9	0.2	0.3	1.0	12.2	53.8	
20	びほろ	1980年代	H28.8台風	34.3	150.7	5.7	0.2	0.3	1.0	11.6	51.1	
21	びほろ	1980年代	H28.8台風	34.3	150.7	4.1	0.2	0.3	1.0	8.5	37.4	
22	びほろ	1990年代	H28.8台風	34.3	150.7	4.5	0.2	0.3	1.0	9.3	40.8	
23	びほろ	2000年代	H28.8台風	34.3	150.7	4.5	0.2	0.3	1.0	9.3	40.8	
24	めまんべつ	1990年代	H28.8台風	34.3	150.7	2.5	0.2	0.3	1.0	5.1	22.5	
25	めまんべつ	1980年代	H28.8台風	34.3	150.7	4.6	0.2	0.3	1.0	9.6	42.0	
26	めまんべつ	1980年代	H28.8台風	34.3	150.7	1.9	0.2	0.3	1.0	4.0	17.4	
27	めまんべつ	1990年代	H28.8台風	34.3	150.7	4.7	0.2	0.3	1.0	9.6	42.3	
28	めまんべつ	1970年代	H28.8台風	34.3	150.7	2.3	0.2	0.3	1.0	4.8	21.0	
30	めまんべつ	1980年代	H28.8台風	34.3	150.7	3.8	0.2	0.3	1.0	7.8	34.3	
31	めまんべつ	1980年代	H28.8台風	34.3	150.7	3.3	0.2	0.3	1.0	6.8	30.0	
32	めまんべつ	1990年代	H28.8台風	34.3	150.7	3.3	0.2	0.3	1.0	6.7	29.5	
33	めまんべつ	2000年代	H28.8台風	34.3	150.7	3.6	0.2	0.3	1.0	7.5	32.8	
34	めまんべつ	1980年代	H28.8台風	34.3	150.7	1.9	0.2	0.3	1.0	4.0	17.4	
35	めまんべつ	1950年代	H28.8台風	34.3	150.7	2.4	0.2	0.3	1.0	5.0	22.0	
36	めまんべつ	1980年代	H28.8台風	34.3	150.7	2.5	0.2	0.3	1.0	5.2	22.8	
37	めまんべつ	1980年代	H28.8台風	34.3	150.7	2.2	0.2	0.3	1.0	4.5	19.7	
38	めまんべつ	1960年代	H28.8台風	34.3	150.7	1.1	0.2	0.3	1.0	2.3	9.9	
39	めまんべつ	1980年代	H28.8台風	34.3	150.7	3.5	0.2	0.3	1.0	7.2	31.9	
40	めまんべつ	1960年代	H28.8台風	34.3	150.7	2.3	0.2	0.3	1.0	4.7	20.8	
41	めまんべつ	1950年代	H28.8台風	34.3	150.7	0.6	0.2	0.3	1.0	1.3	5.8	
42	めまんべつ	1980年代	H28.8台風	34.3	150.7	3.7	0.2	0.3	1.0	7.7	33.8	
43	林-ツ網走	1970年代	H30融雪	34.3	150.7	4.1	0.2	0.3	1.0	8.4	36.8	
44	林-ツ網走	1980年代	H30融雪	34.3	150.7	2.4	0.2	0.3	1.0	4.8	21.3	
45	林-ツ網走	1960年代	H30融雪	34.3	150.7	3.6	0.2	0.3	1.0	7.4	32.4	
46	つべつ	1980年代	H28.8台風	34.3	150.7	4.2	0.2	0.3	1.0	8.6	37.7	
47	つべつ	1980年代	H28.8台風	34.3	150.7	4.7	0.2	0.3	1.0	9.7	42.5	
48	つべつ	1980年代	H28.8台風	34.3	150.7	3.9	0.2	0.3	1.0	8.1	35.5	
49	びほろ	1980年代	H30融雪	34.3	150.7	2.9	0.2	0.3	1.0	6.0	26.2	
50	びほろ	1960年代	H30融雪	34.3	150.7	3.7	0.2	0.3	1.0	7.6	33.2	
51	びほろ	1980年代	H30融雪	34.3	150.7	2.9	0.2	0.3	1.0	6.0	26.5	
52	びほろ	1980年代	H30融雪	34.3	150.7	1.8	0.2	0.3	1.0	3.7	16.3	
53	びほろ	1990年代	H30融雪	34.3	150.7	2.8	0.2	0.3	1.0	5.7	25.1	
ほ場数										A=15.0未満	50	2
										A=15.0以上	0	48
										合計	50	50

	A=15.0未満
	A=15.0以上

年間流亡土量の目安値 A=15 (tf/ha) 未満とした。

2) マップのデータ構成

マップを構成するデータの種類の種類は表5、マップの表示例は図3のとおり。

表5 マップのデータ構成

構成データ	データ形式	内容
崩落箇所	シェープファイル	<ul style="list-style-type: none"> 崩落現地調査箇所の位置情報 地図上では点表記
沢地形	シェープファイル	<ul style="list-style-type: none"> S33の地形図から当時沢地形と推定される区域 地図上では区域で表記
LS係数	ラスターファイル	<ul style="list-style-type: none"> 10mメッシュのセル毎にLS係数の解析値が付加されたメッシュ図 地図上では数値に合わせた濃淡を持つメッシュ図
	シェープファイル	<ul style="list-style-type: none"> 上記をGIS上で解析しやすく区域図化した情報 地図上では同じ数値を一まとめとする区域で表示
等高線	シェープファイル	国土地理院 数値地図（国土基本情報）H28.10.18
耕区情報	シェープファイル	
航空写真	ラスターファイル	



図3 土砂流出箇所予測マップ例（現地踏査 No. 27）

5. まとめ

1) 侵食等の発生要因、マップの特徴

- ① 本地域の土砂流出対策には、侵食等の起因となる表面水への対応と、大崩落を誘発する危険性が高い盛土内地下水への対応の2点が重要。
- ② マップでは、「航空写真」「耕区」「地形図」に、「表面水の流水方向」や「旧沢地形（大盛土箇所）」を重ねることで、初心者でもほ場のどこから土砂が流出しやすいかが判読可能。

2) マップの課題

- ① H21作成のDEMデータを用いたが、元となる地形図の作成年度はそれ以前である場合も多く、これ以降に傾斜緩和等の対策を行ったほ場もLS値が高く判定される。
- ② 旧沢地形はS33の地形図を基としており、等高線の差分比較など詳細地形の機械的な比較は行えなかった。
- ③ DEMは10mメッシュ毎に標高値を持つデータであるため、小規模な排水路や畦畔等の排水施設は連続した標高としてデータに反映されない。このため、部分的に本来排除される流域を含んだ過大な評価となっている可能性がある。
- ④ 営農の条件によって異なる係数を便宜的に固定しており、侵食等発生リスクの評価や対策工法の実施や営農指導に当たっては現地の確認が必要となる。
- ⑤ 利用する資料には一部著作権上の理由から頒布が出来ない。
- ⑥ 農地価格評価等に過大なリスク情報が誤って用いられる可能性がある。

6. おわりに

今後、マップを市町村等の関係団体に配布することで危険箇所を情報共有し、大雨時のパトロール、農地保全の対策工法、農地保全を重視した営農方法等の検討について取り組む予定である。

今回作成したマップは広域的解析を基にしており、あくまで「傾向」を示すものであることから、農地の日常管理や整備計画を検討する上で、個別農地における現地確認が必要となるものの、膨大な農地において優先的に調査検討を進めていくべき箇所について示すことが出来た。

網走川・藻琴川流域の豊かな自然環境を守り、地域産業を維持・発展させていくには、地域の広域連携が必要不可欠であるため、今回の取組を契機としてこれからの時代に即した農地保全に取り組んでまいりたい。

最後に、これまでの取組にご助力、ご助言いただいた帯広畜産大学、北見工業大学、道総研地質研究所、寒地土木研究所、日本工営(株)及び関係機関・団体の皆様に感謝を申し上げます。

<引用文献>

- ※1 農林水産省(1992) 土地改良事業計画指針 農地開発(改良山成畑工) P158-178
- ※2 高木優次(2009) 網走地域における土壌流亡とその保全について NTC 報文
- ※3 John P. Wilson (2000) Digital Terrain Analysis P8