

LANDSAT TM データによる土地被覆分類を用いた 世界自然遺産“知床”の崩落危険度評価

Evaluation of landslide hazard rank for the world natural heritage “Shiretoko” using land cover classification
by LANDSAT TM data.

北見工業大学大学院 ○学生員 平野良治(Ryouji Hirano)
北見工業大学 正員 中尾隆志(Takashi Nakao)
北見工業大学 フェロー 佐渡公明(Kimiteru Sado)
北見工業大学工学部 小笠原聖(Akira Ogasawara)

1. はじめに

知床半島の一部は2005年7月に南アフリカで開催された世界自然遺産会議において世界自然遺産に登録が決定された。これと同時に自然・生態系を維持するために5項目の勧告がなされた¹⁾。その中でも、サケ科魚類に対する多数の砂防ダムの影響とその対策が強く求められている。世界自然遺産対象地域内に多数の砂防ダムが点在することから、この流域が地滑りや土砂崩れが発生しやすい“荒廃した流域”であると考えられる。サケ科魚類に対する多数の砂防ダムの対策に関して、対象地域となる崩落危険地の抽出は重要であると考えられる。

本論文ではランドサット人工衛星データとGISデータを用いて世界自然遺産地域内の崩落地の危険性のある地域を抽出し、また疑似河道網においてHORTON則との関連性を算出した。なお、解析に使用したソフトはERDAS IMAGINE(Ver.9.1 Windows版)を用い、使用したデータはLANDSAT 5号TMデータ(1991.8.29撮影)、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高)、数値地図25000(地図画像)および一次メッシュ年降水量平均値データ(気象庁発行のメッシュ気候値2000)である。

2. 土地被覆分類, 地表面傾斜角, NDVI および, 年降水量平均値データを用いた崩落危険度マップの作成

DEM データを用い、各ピクセルにおける地表面傾斜角を近傍3点最急勾配法より算出した。近傍3点最急勾配法とは、任意の1ピクセルの標高データとそれに隣接する8ピクセルの標高データからそれぞれの傾斜角を求め、その8個の傾斜角の中で最も大きい傾斜角をそのピクセルの地表面傾斜角とするものである。

地表面傾斜角を表わす図-1から、地域内の43.0%が傾斜角15°~30°で構成され、ついで30°~50°が20.2%となり、両者を合わせて全体の約63%を占めているが、平坦な地形と考えられる $D < 5^\circ$ の箇所は全体の約6.4%であった。これらの平坦地の多くは知床五湖やラウス湖周辺の湿原地帯に集中している。また、比較的平坦な場所は南部に集中している。LANDSAT TM データを用い、教師付き分類法により土地被覆分類を行った。解析対象地域は植生が豊富であり、そこで北海道発行の知床半島現存植生図²⁾を参考に24のカテゴリーに分類し、これらのカ

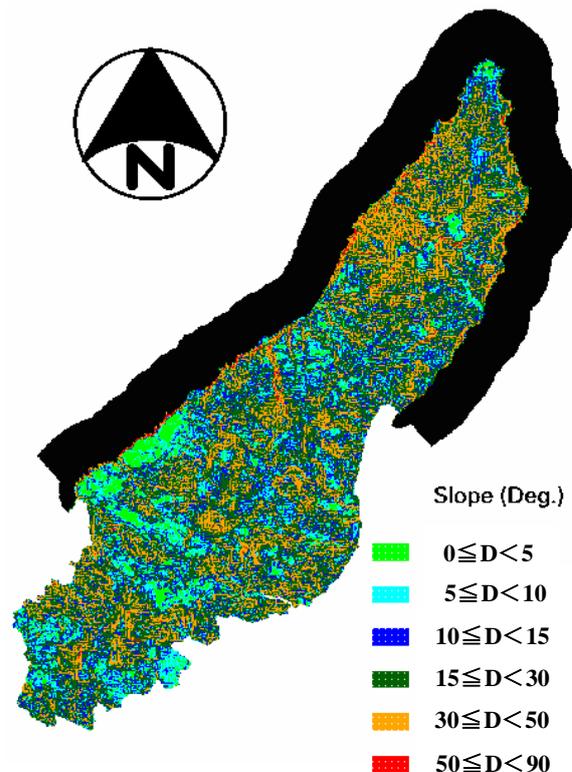


図-1 解析対象域の傾斜角分布

テゴリーに対するトレーニングエリアのグランドトゥールースを2006年7月29~30日に2班に分け実施した。解析手法は最短距離法を用い、未分類領域なしとした。

結果から裸地・崩壊地と判定されたのは0.01%にしか過ぎなく、この土地被覆分類結果と北海道発行の知床半島現存植生図と比較検討したところ、両者の傾向はほぼ一致しており、植生の変化はさほど進行していない。

地域内の植生分布の地理的特性を見るため、24カテゴリーを8カテゴリーに大分類した結果を図-2に示す。図からもわかるようにウトロ側と羅臼側で植生分布に明らかな違いが見られた。針葉樹の大半はハイマツ群落である。ウトロ側の森林のほとんどは針葉混交林であるが羅臼側は広葉樹または針葉樹のみの単独林である。また、知床五湖と羅臼湖周辺に広く原野・湿地・草場が分布している。画像中央部の裸地は硫黄山の頂上部に相当し、この付近には植生が存在しないことが分かる。断崖はウトロ・

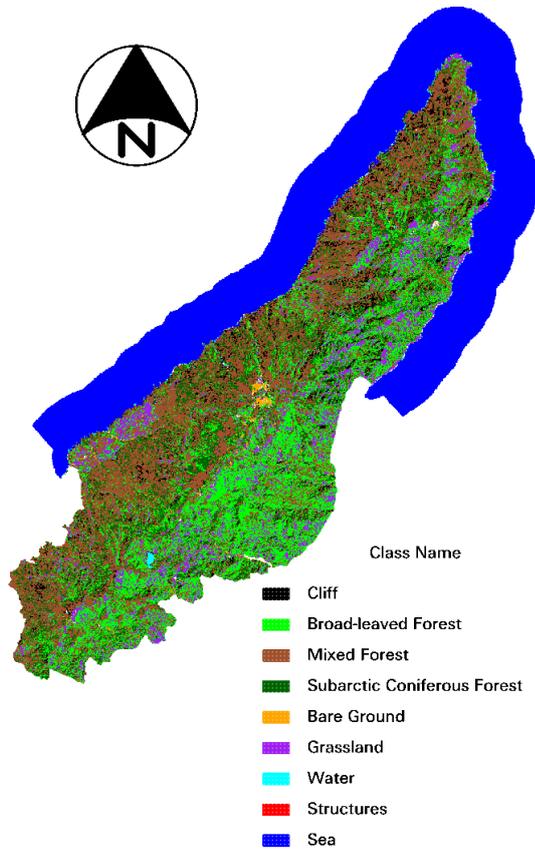


図-2 教師付き分類法による土地被覆分類の結果 (大分類)

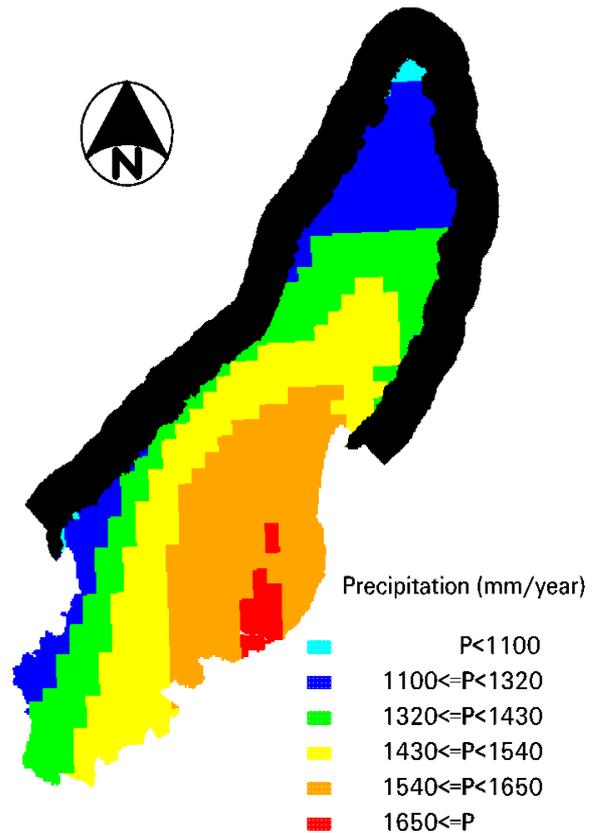


図-3 年降水量平年値の分布

羅臼側の両方に見られるが半島先端部付近に集中しておりウトロ側の方が半島中央部に深く入り込んでいる。同一の植物でもその活力度に違いがある。衛星データでは葉の反射特性を利用した NDVI による植物の活力度の評価が可能である。ランドサットデータの場合 4ch (近赤外域の輝度値) と 3ch (赤の波長域の輝度値) を用い $NDVI(N) = (ch4 - ch3) / (ch4 + ch3)$ で計算される。N が 1 に近いほど活力度は大となる。結果として半島中央部の尾根筋に沿って NDVI が低くなっており、羅臼側に比べウトロ側の方が総じて NDVI は低くなっており、特に硫黄山周辺および半島北部ではその傾向が顕著である。

年降水量データ(一次メッシュ)は気象庁発行のメッシュ気候値 2000 から入手し、幾何補正を polynomial2 次で行った。年降水量平年値データを図-3 に示す。年降水量平年値の最大値は 1670.3mm、最小値は 952.8mm となっている。知床峠を境に羅臼側とウトロ側の天気は大きく違っている。データからは羅臼周辺が最も多くなっており、羅臼周辺を中心とした同心円状に降水量は減少傾向にあることがわかる。それがこの地域の大きな特徴とも言える。

3. 崩落危険度の抽出

第 2 章で得られた土地被覆分類及び地表面傾斜角、NDVI 結果ならびに年降水量平年値データを用い、崩落危険度マップの作成を行った。すべての算出結果を値 6 ランクにしランクが高いほど危険とした。(表-1)

表-1 各結果の 카테고리 範囲

	大分類	Slope (Deg.)	NDVI	降水量 (mm)
1	住宅地・人工 構造物	$0 \leq D < 5$	$0.7 < N \leq 1.0$	$P < 1100$
2	広葉樹	$5 \leq D < 10$	$0.6 < N \leq 0.7$	$1100 \leq P < 1320$
3	針広混交林	$10 \leq D < 15$	$0.5 < N \leq 0.6$	$1320 \leq P < 1430$
4	針葉樹	$15 \leq D < 30$	$0.3 < N \leq 0.5$	$1430 \leq P < 1540$
5	原野・湿地・ 草地	$30 \leq D < 50$	$0.0 < N \leq 0.3$	$1540 \leq P < 1650$
6	断崖・裸地・ 裸岩・砂地	$50 \leq D \leq 90$	$-1.0 \leq N \leq 0.0$	$1650 \leq P$

次に土地被覆大分類と NDVI の影響を乗算法により求める。①住宅地・人工構造物と⑥断崖・裸地・裸岩・砂地は植生が少ないため、NDVI の値に関係なく①住宅地・人工構造物は最も安全。逆に⑥断崖・裸地・裸岩・砂地は最も危険とした。さらに、解析をしやすくするため、乗算法を 1~4 とし分級表 1 に示す。(表-2)

同様に、地表面傾斜角と年降水量データの影響を乗算法により分級表を求め、さらに 1~4 ランクに区分したものが分級表 2 (表-3) である。

分級表 1 と分級表 2 の結果から、乗算法により分級を求め、わかりやすいように試行錯誤して 4 区分とした。その結果の分級表が表-4 である。4 ランクに分類した崩落危険度マップが図-4 である。本研究で作成した崩落

表-2 土地被覆大分類と NDVI による分級表

		NDVI					
		1	2	3	4	5	6
大分類	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	2	2
	3	1	1	1	2	2	2
	4	1	1	2	2	3	3
	5	1	2	2	3	3	4
	6	4	4	4	4	4	4

表-3 年降水量と地表面傾斜角による分級表

		地表面傾斜角					
		1	2	3	4	5	6
年降水量	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	2	2
	3	1	1	1	2	2	2
	4	1	1	2	2	3	3
	5	1	2	2	3	3	4
	6	1	2	2	3	4	4

表-4 分級表1と分級表2に基づく最終分級表

		分級表2			
		1	2	3	4
分級表1	1	1	2	2	3
	2	2	3	3	4
	3	2	3	4	4
	4	3	4	4	4

危険度マップから、硫黄山山頂付近、知床岳の南部及び半島先端西部で崩落危険地が多く点在していることがわかる。特に硫黄山山頂付近では沢筋に沿って崩落危険地が多く点在し、観光客の入込も多いことから今後注意を要すると考えられる。

年降水量が少ないウトロ側では、年降水量の多い羅臼側と比べても崩落危険度の低い箇所が幅広く広がっていることがわかる。また、同じく年降水量の少ない半島北部では崩落危険度の低い箇所が多く点在しているが、北西部では崩落危険度の高い箇所が目立っていることもわかる。

4. HORTON 則への適用

流域内の地形特性を表わす方法に HORTON 則の適用が考えられる³⁾。前章で得られた崩落危険度の特性を見るために、対象流域についての HORTON 諸法則の適用、及び、新たに位数と崩落危険度との関係を調べた。位数の数は作業が機械的に進められる点や時数の値に連続性がある点で Strahlar 方式を用いた⁴⁾。HORTON 則としては河道数則(1)、集水面積則(2)、河道勾配則(3)を適用し

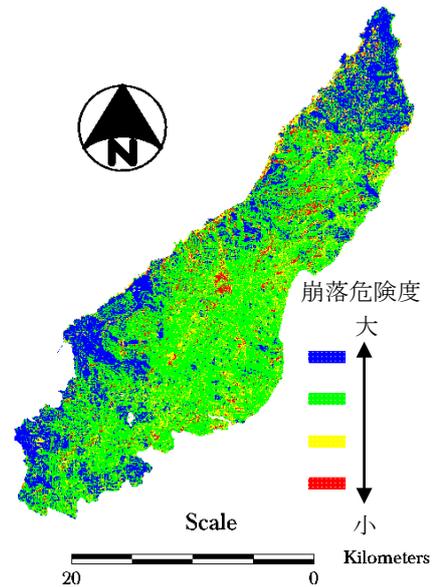


図-4 最終分級表から得られた崩落危険度マップ

た。各諸法則の式を以下に示す。

河道数則

$$N_u = R_b^{k-u} \quad \text{ただし} \quad R_b = N_u / N_{u+1} \quad (1)$$

集水面積則

$$\sum A_u = \sum A_1 \cdot R_a^{u-1} \quad \text{ただし} \quad R_a = \sum A_{u+1} / \sum A_u \quad (2)$$

河道勾配則

$$\bar{S}_u = \bar{S}_1 \cdot R_s^{1-u} \quad \text{ただし} \quad R_s = \bar{S}_u / \bar{S}_{u+1} \quad (3)$$

このうち式(2)は寄与率の悪さから従来の平均集水面積ではなく集水総面積を使用した。検証のために使用する河川や河道位数 u ならびに河道位数ごとの小流域の面積に関しては解析ソフト Arc GIS ver9.1 を使用し数値標高データから求める疑似河道網の水源が 1/25000 地形図の水源点とほぼ一致するように作成し、その後 ERDAS IMAGINE ver9.1 で解析を行った。本研究では世界自然遺産地域内において砂防ダムなどの構造物が多くみられる岩尾別川を対象流域 (43,7km²) とし、得られた小流域が図-5 であり最大位数は 4 であった。一方、1/25000 地形図より、求めた最大位数は 3 であった。この小流域おいての HORTON の諸法則(河道数則, 集水面積則, 河道勾配則)の適用の結果を図-6,7,8 に示す。

寄与率が最も低いのは位数と平均傾斜角の関係の場合で 0.434, 最も高いのは位数と河道数の関係の場合で 0.913 であった。次に流域内の位数と崩落危険度の関係について HORTON 勾配則とほぼ同様に成り立つと考え以下の式(4)について調べた。

$$\bar{H}_u = \bar{H}_1 \cdot R_h^{1-u} \quad \text{ただし} \quad R_h = \bar{H}_u / \bar{H}_{u+1} \quad (4)$$

結果を図-9 に示す。寄与率から見てみると 0.805 となり HORTON 則が適用できることがわかる。

5. まとめ

以上、本研究で得られた結果をまとめる。

- 1) 昨年作成した崩落危険マップ⁵⁾ に降水量の影響を考慮して危険度崩落マップの改良を行った。昨年の結果と

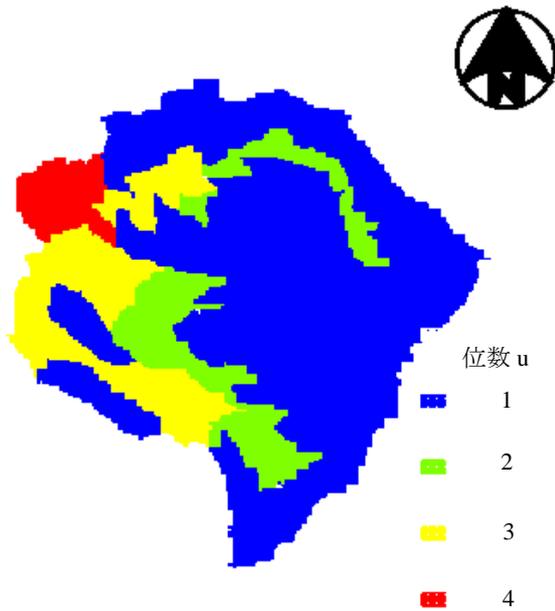


図-5 岩尾別川の小流域位数ごとの面積

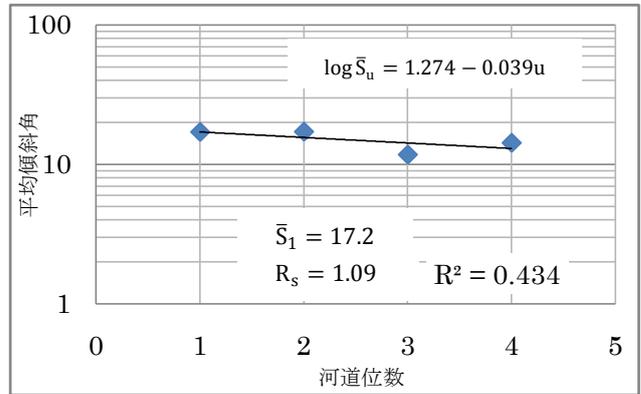


図-8 河道位数と平均傾斜角の関係

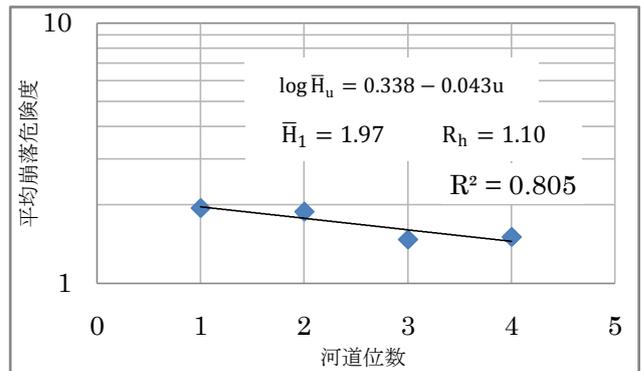


図-9 河道位数と平均崩落危険度の関係

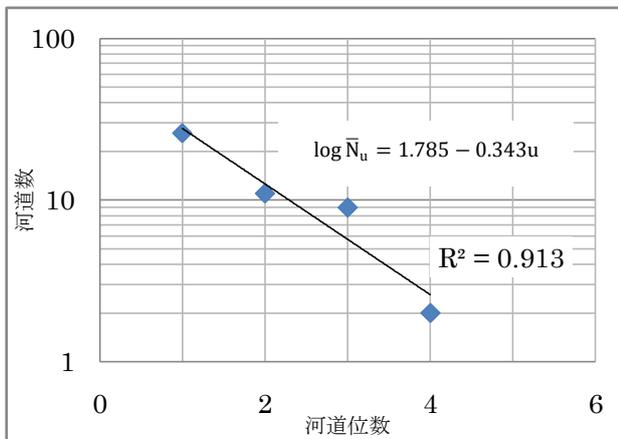


図-6 河道位数と河道数の関係

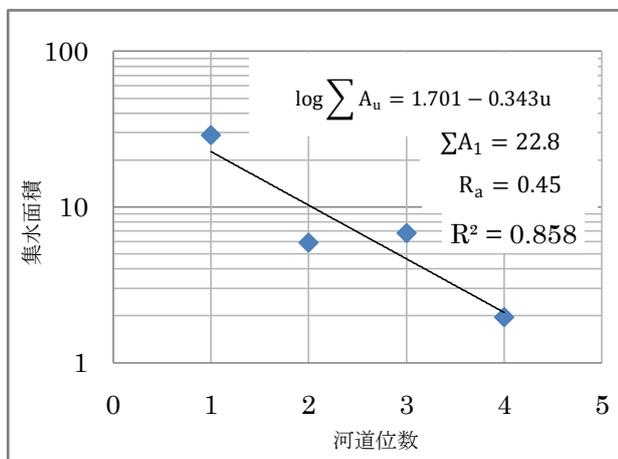


図-7 河道位数と集水面積の関係

比較すると、半島北部において危険地帯が多く点在していたが、年平均降水量データを加えることにより危険度が下がる大きな変化が現れた。

- 2) 岩尾別川の小流域に対して HORTON 則の適用を行った。その結果寄与率からみると河道数則 0.913、総和で行った集水面積 0.858 となり比較的高くなったが平均勾配則は 0.434 と低くなる。
- 3) 河道位数と崩落危険度の関係に HORTON 則を適用させた。その結果、寄与率 0.805 となり河道位数と崩落危険度には新たな HORTON 則が成り立つことがわかった。

参考文献

- 1) 第29回世界遺産委員会における知床の審査結果について(概要)：環境省ホームページ，2005。
- 2) 北海道生活環境部自然保護課：知床半島自然生態系総合調査 知床半島現存植生図概説および知床半島現存植生図，北海道，1981。
- 3) 篠原謹爾：河川工学，pp.39~40，共立出版，1975。
- 4) 高山茂美：河川地形，pp.22~33，共立出版，1974。
- 5) 中尾隆志，平野良治，佐渡公明，杉山一郎：ランドサットデータと GIS を活用した世界自然遺産“知床”の崩落危険地の抽出，土木学会北海道支部論文報告集，第63号，B-35，2007。