

ランドサット TM 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

Extraction of landslide hazard areas for a world natural heritage "Shiretoko" using Landsat TM data and GIS

北見工業大学	正員	中尾隆志(Takashi Nakao)
北見工業大学大学院		平野良治(Ryouji Hirano)
北見工業大学	フェロー	佐渡公明(Kimiteru Sado)
北見工業大学大学院	学生員	杉山一郎(Ichiro Sugiyama)

1. はじめに

知床半島の一部は2005年7月南アフリカで開催された世界遺産委員会で世界自然遺産の登録が決定されたが、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⁾。この中でサケ科魚類に対する多数のダムの影響とその対策が強く求められている。桑原ら²⁾は既存の資料から知床半島91水系について砂防ダム等の河川構造物の設置状況をまとめ49水系に357基のダム等の河川構造物が設置され、世界自然遺産対象地域内に限れば39基の河川構造物の設置を確認している。このように多数の河川構造物が点在するのはこの流域が水文学的には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。先に述べた世界遺産委員会の勧告に対する砂防ダム等の有効な再配置に対しても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の抽出を行ったので報告する。なお、解析に使用したソフトはERDAS IMAGINE(Ver.8.6 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)および数値地図25000(地図画像)である。

2. 世界自然遺産"知床"の概要

知床半島は長さ約70km、基部の幅約25kmの狭長な半島であり、西側はオホーツク海に、東側は根室海峡に面している。半島中央部は最高峰の羅臼岳(1,661m)をはじめとし、1,500m級の山々が連なり、平地がほとんどない急峻な地形を形成している。このため、多様な植物が垂直的に分布しており、比較的標高が低い地域でも高山帯の植生であるハイマツ群落や高山植物が発達し、植相は豊かである。また、これら地形的要因のため半島の東側と西側では気候に大きな違いが見られる。オホーツク海に面するウトロ側は夏季には知床連山から吹き降ろす風によるフェーン現象とオホーツク海唯一の暖流である宗谷海峡の影響を受け高温地域となる(ウトロの8月の最高気温、日照時間の年平均値:19.0, 132.5h³⁾)。冬季はオホーツク海からの冷たい風と海水のため気温は低くなる(ウトロの2月の平均気温の年平均値、年降水量

の年平均値:-6.6, 1102.3mm³⁾)。他方、根室海峡に面している羅臼側は夏季には太平洋側からの湿った空気を含んだ南東風が知床連山に吹き上がるため海霧が多く発生し、気温はさほど上がらない(羅臼の8月の最高気温、日照時間の年平均値:16.9, 93.2h³⁾)。冬季は海洋性気候の影響を受け比較的温暖である(羅臼の2月の平均気温の年平均値、年降水量の年平均値:-5.4, 1660.3mm³⁾)。世界自然遺産に登録されている地域は知床国立公園・遠音別岳原生自然環境保全地域・知床森林生態系保護地域(保存地区・保全利用地区)の各全域および知床国立公園に隣接する海域(3km沖合いまでの範囲)であり、面積は約71,100haである。図-1に本論文で解析対象とした世界自然遺産の地域におけるランドサットTMデータのフォールスカラー画像を示す。赤く表示されている場所は植生の強いことを示している。

図-2は解析対象地域の標高分布を示している。標高500~1,000mの範囲が全陸地部の約40%を占め、ついで300~500mが約26%となっており、低地と考えられる標



図-1 世界自然遺産"知床"地域のランドサット TM データのフォールス画像 (R:4ch,G:3ch,B:2ch)

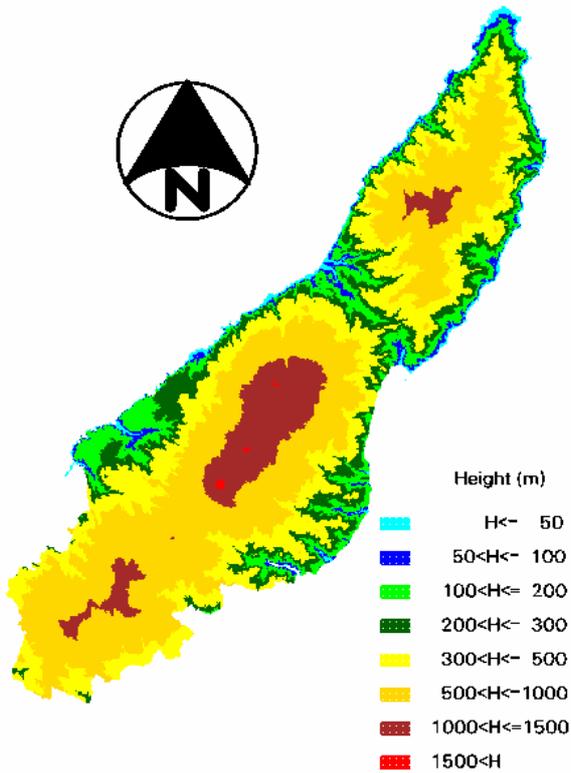


図-2 解析対象領域の標高分布

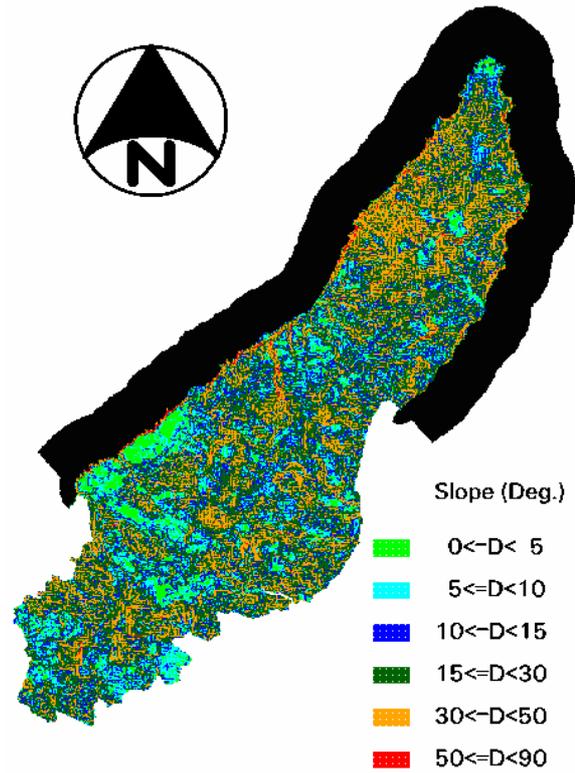


図-3 解析対象領域の傾斜角分布

高 50m 以下の箇所は全体の 1.9%しかなく急峻な地形を形成していることが良く分かる。

3. DEM データによる傾斜こう配とランドサットデータによる土地の被覆分類および NDVI の算出

3.1 解析地域の傾斜こう配の抽出

DEM データを用い、各ピクセルにおける傾斜角の算定を行った。算定方法は各ピクセルの標高とこれに隣接する 8 ピクセルの標高データより傾斜角を求め、8 個の傾斜角の中で最も急な傾斜角をそのピクセルの傾斜角として採択した。

図-3 に得られた傾斜角 (D) の分布を示す。 D が $50^\circ \sim 90^\circ$ の急なこう配を示す赤の地点は羅臼側よりもウトロ側に集中している。特に海岸線沿いに多く見られ、ウトロ側の海岸部は崖で構成されていることが容易に推察される。また、半島最先端を除きウトロ側、羅臼側とも半島の北部は比較的急峻なこう配で構成されている。地域内の 43.0%が傾斜角 $15^\circ \sim 30^\circ$ で構成され、ついで $30^\circ \sim 50^\circ$ 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 $D < 5^\circ$ の箇所も全体の約 6.4%あった。これらの平坦地の多くは知床五湖や羅臼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地域南部に集中している。

3.2 衛星データによる土地被覆分類と NDVI の算出

ランドサット 5 号 TM データを用い対象領域の土地被覆分類を行った。衛星画像を用いた土地被覆分類にはトレーニングデータを使用するパラメトリックルールを採

用する教師付き分類法とトレーニングデータを用いないノンパラメトリックルールによる教師なし分類法があるが今回は教師付き分類法を用いた。

先にも述べたように解析の対象地域は植相が豊富である。そこで北海道発行の知床半島現存植生図⁴⁾を参考に 24 のカテゴリーに分類し、これらのカテゴリーに対するトレーニングエリアのグランドトゥルースを 2006 年 7 月 29~30 日に 2 班に分け実施した(表-1 の小分類参照)。解析手法は最短距離法を用い、未分類領域はなしとした。

解析結果を表-1 に示す。24 カテゴリー中、最も優位なのは針広混交林の約 38%である。第 2 位はハイマツ群落の 16.5%であり地域内の中央部分に広く分布しているが標高の低い地域でもハイマツ群落が確認された。また、チシマザサ、クマイザサ群落の割合はそれぞれ約 0.3、0.4%と低いとそのほとんどは知床五湖および羅臼湖周辺に分布していた。著者らが最も注目しているカテゴリーの中で断崖と判定されたのは全陸地の約 4.9%を占めていたが裸地・崩壊地と判定されたのは 0.01%にしか過ぎなかった。この土地被覆分類結果と北海道が 1981 年発行した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-4 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。また、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広混交林であるが羅臼側は広葉樹または針葉樹のみである。

表-1 教師付き分類法による各カテゴリーの分類割合

大分類	小分類	ピクセル数	割合		
断崖	断崖	16413	4.88%		
裸地・裸岩・砂地	裸岩	1274	0.38%	0.82%	
	裸地・崩壊地	18	0.01%		
	砂浜	1464	0.44%		
原野・湿地・草地	高山草原植物	3124	0.93%	10.54%	
	チシマザサ群落	841	0.25%		
	クマイザサ群落	1477	0.44%		
	海浜植物群落	162	0.05%		
	湿原植物群落	9289	2.76%		
	原野植物群落	8621	2.56%		
	高茎草本植物群落	8439	2.51%		
	畑地	2377	0.71%		
	牧草地	1100	0.33%		
針葉樹	ハイマツ群落	55488	16.50%	18.26%	
	針葉樹林	5925	1.76%		
針広混交林	針広混交林	127678	127678	37.97%	37.97%
広葉樹	低木植物群落	18827	5.60%	26.65%	
	ダケカンバ林	8917	2.65%		
	ミヤマハンノキ林	27588	8.20%		
	広葉樹林	13342	3.97%		
	河床林	20948	6.23%		
住宅地・人工構造物	住宅地	643	0.19%	0.40%	
	人工構造物	701	0.21%		
水域		1624	0.48%		
陸域全体		336280	100.00%		
海		153619			

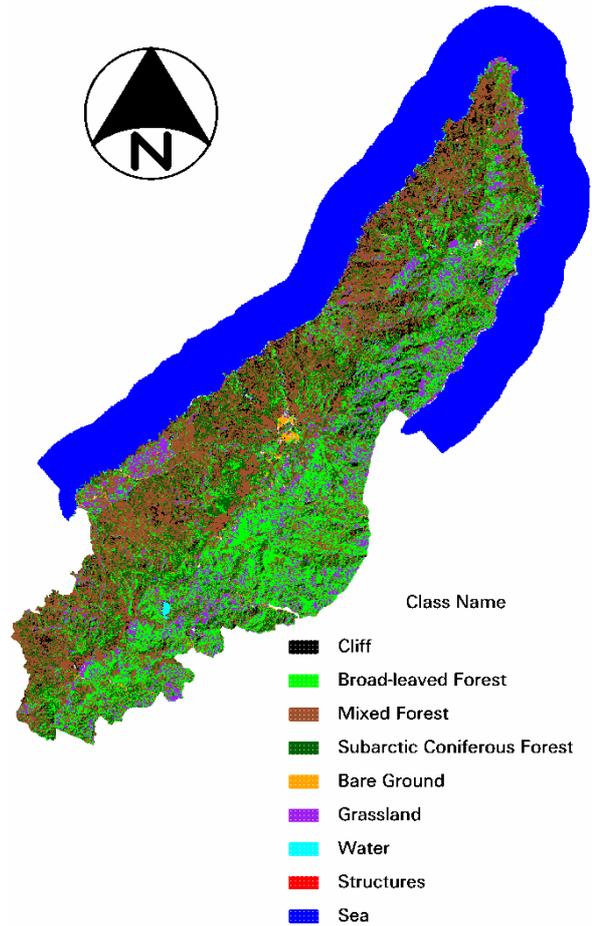


図-4 教師付き分類法による土地被覆分類の結果（大分類）

また、知床五湖と羅臼湖周辺に広く原野・湿地・草地が分布している。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・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 TM 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 $NDVI = (ch4 - ch3) / (ch4 + ch3)$ で計算される。NDVI が 1 に近いほど活力度は大となる。

図-5 は解析対象域内の NDVI の変化を示している。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。

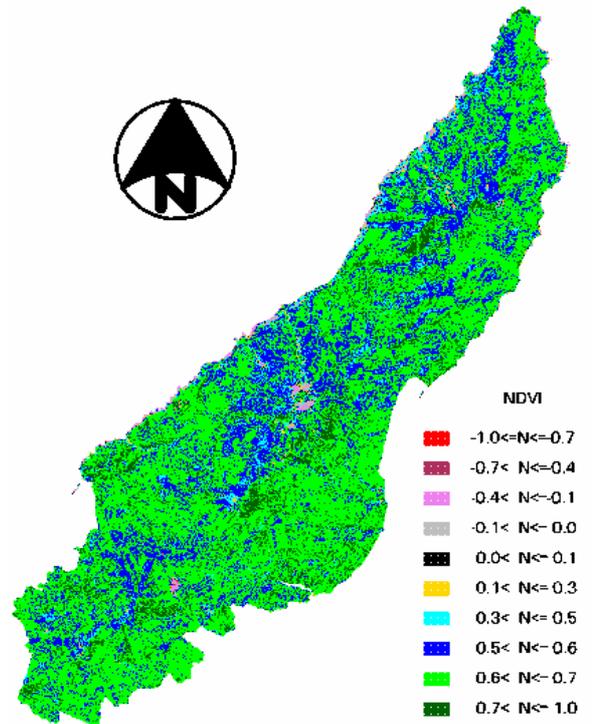


図-5 解析対象内の NDVI 変化

4. 崩落危険度の抽出

以上、DEM 解析およびランドサット画像データ解析より、世界自然遺産"知床"地域内のこう配および土地被覆分類、NDVI の算定を行った。本章では地域内のこう配と土地被覆分類の結果を利用して、崩壊危険度マップの作成を試みる。地盤崩壊のメカニズムは複雑で、構成する地質構造、岩盤の亀裂の有無、地盤内の含水量の大小等さまざまな要因が考えられるが、本章では崩落危険度は斜面こう配と土地被覆結果のみで決まるとした。NDVI を利用しなかったのは NDVI と崩落危険度に明確な理論付けが出来なかったからである。崩落危険度の抽出の具体的な手順は以下による。

- 1) 斜面こう配と土地被覆分類結果では斜面こう配の方がより崩落危険度に大きな影響を及ぼす。従って、最も崩落の危険度が高いのは $50^\circ \leq D < 90^\circ$ の地帯である。
- 2) 同一こう配の場合、崩落危険度は植物の根の浅いものほど高くなる。本法では土地被覆分類結果(大分類)より、断崖・裸地・裸岩・砂地を第1位とし、以下、原野・湿地・草地、針葉樹、針広混交林、広葉樹、住宅地・人工建造物の順とし、水域は除外した。
- 3) 以降、順に D のカテゴリを上記1)と2)のルールを適用しランク付けを行った。ただし、 $10^\circ \leq D < 15^\circ$ と $15^\circ \leq D < 30^\circ$ はここでは同一のカテゴリとした。

同じ森林でも、針葉樹が広葉樹に比べ崩落危険度が高いのは一般に、針葉樹は広葉樹に比べ、貧疎な土地に生えやすく、根が浅い傾向にあるからである。

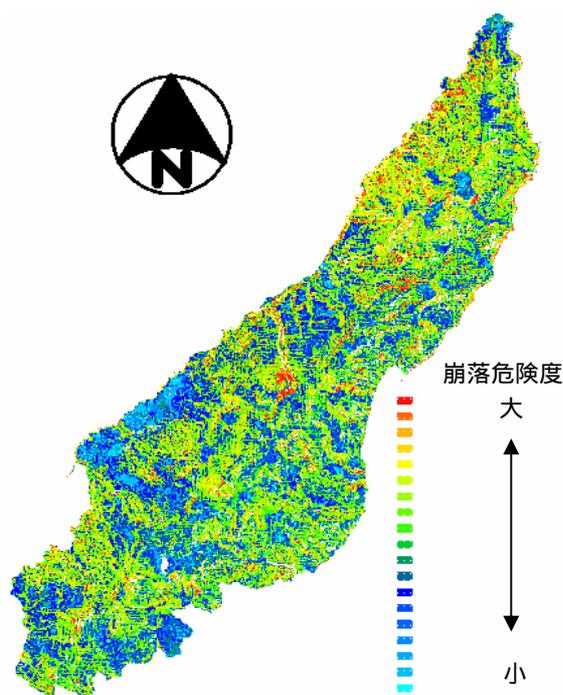


図-6 斜面の傾斜角と土地被覆分類結果から得られた崩落危険度マップ

図-6 は上記手順に従い、得られた崩壊危険度マップである。最も危険な赤い箇所は $50^\circ \leq D < 90^\circ$ で断崖・裸地・裸岩・砂地と判定された地帯であり、水域を除く全陸地の約 2.1%が検出された。これらの地域はウトロ・羅臼の両側で見られるがその割合はウトロ側の方が顕著である。また特筆できることは、硫黄山山頂部からウトロ側に向かい谷筋に沿って崩壊危険度が高くなっており、今後注意を要すると思われる。

5. まとめ

以上、世界自然遺産"知床"を解析対象域とし、DEM 解析および衛星データ画像解析より、対象域の崩落危険度マップの作成を行った。本研究で得られた結果を以下に示す。

- 1) DEM 解析より対象内の傾斜角度の算定を行った。地域内の約 63%が傾斜角 $15^\circ \sim 50^\circ$ の急峻な地形で構成されていることが示された。
- 2) 傾斜角の分布に偏りが見られ、比較的平坦な場所は南部に集中しており、これとは逆に半島北部は急峻な地形で構成されている。
- 3) 土地被覆分類結果よりウトロ側は針広混交林が多く見られるが、羅臼側の森林形成は針葉樹(ハイマツ群落)、または広葉樹からなる。
- 4) 土地被覆分類結果と 1981 年発行の知床半島現存植生図を比較したところ、植生分布に大きな違いは見られなかった。
- 5) DEM 解析、衛星データ解析を利用し、対象域内の崩落危険度マップの作成を行ったところ、崩落危険度が高かったのは、北部に集中していた。硫黄山頂部からウトロ側の谷筋についても危険度が高く出ており今後注意が必要である。

本報告では崩落危険度の抽出に傾斜角と土地被覆分類結果のみしか用いていない。今後は NDVI も取り入れ、精度を上げることを考えている。また、年月日の違う衛星データの土地被覆分類を行うことにより、崩落地そのものの面積を推定することも可能である。これらの点については今後の課題としたい。

謝辞: 本研究の世界自然遺産"知床"の解析領域の抽出は北海道森林管理局の知床半島国有林位置図(5万分の1)を利用した。貴重なデータを提供していただいたことに、ここに記して感謝の意を表します。

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) 桑原禎知, 高橋剛一郎, 山中正実: 知床における河川情報の整理に関する試み-ダム-のリスト, 知床博物館研究報告, pp.1-8, 2005.
- 3) データブック知床・2005: 斜里町立知床博物館, 2005.
- 4) 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.