

数値標高モデルに基づいた斜面崩壊発生危険箇所抽出法の開発

防災技術研究部 地質研究室
副主任研究員 長谷川 淳

1. はじめに

鉄道沿線では、集中豪雨や台風などにもない、毎年多数の斜面崩壊が発生している。斜面崩壊が発生する危険のある箇所は鉄道沿線にも広く分布し、また鉄道用地外に位置するものも多い。斜面崩壊の発生危険箇所を逐一把握するためには、沿線に分布するすべての自然斜面について様々な調査を行う必要があるが、これには膨大な時間と労力を要する。また、特に近年は鉄道用地外を発生源とする災害が多く発生しているため、線路近傍だけではなく、沿線の広範囲にわたり効率的に斜面崩壊発生危険箇所を把握し評価する技術の確立が望まれている。

一方、近年のリモートセンシング技術の発達により、航空機やヘリコプター、人工衛星などに搭載されたセンサを用いて、陸域や海洋、大気などに関する様々な情報を定量的に取得することが可能になってきた^{1, 2)}。これらのリモートセンシング技術は、広範囲を一度に調査できるという利点があるほか、得られたデータを解析することで地表面の状況を定量的かつ客観的に評価することが可能である。

そこで、リモートセンシング技術のひとつである航空レーザ測量により作成した数値標高モデルなどを用いて地形や植生などの斜面崩壊の要因を数値化し、斜面崩壊発生危険箇所を抽出する手法について検討した。

2. 斜面崩壊の要因

過去に自然災害によって鉄道が被災した事例がある地区から、地質条件が異なる地区(D地区、N地区、T地区、S地区)を選定し、既存資料および災害履歴調査、複数時期に撮影された空中写真の判読、現地踏査などの各種調査を行い、各地域において斜面崩壊の発生に寄与している可能性が高い地形、地質、植生などの要因の抽出を行った。

D地区では、降雨時に表流水が流下しやすい谷型の斜面で、かつ植生が伐採されている箇所で斜面崩壊が多く発生する傾向がみられた。N地区では、遷急線が発達するやや凸形の斜面で、かつ斜面表面から数m程度の深さまで風化が進行している箇所で、地震時に大規模な斜面崩壊が発

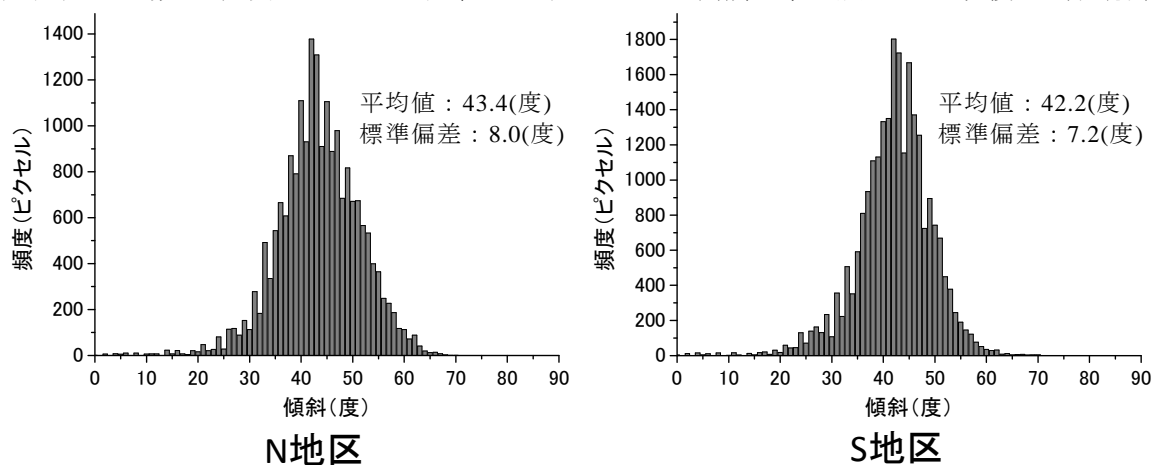


図1 崩壊地の傾斜 (N地区とS地区の例)

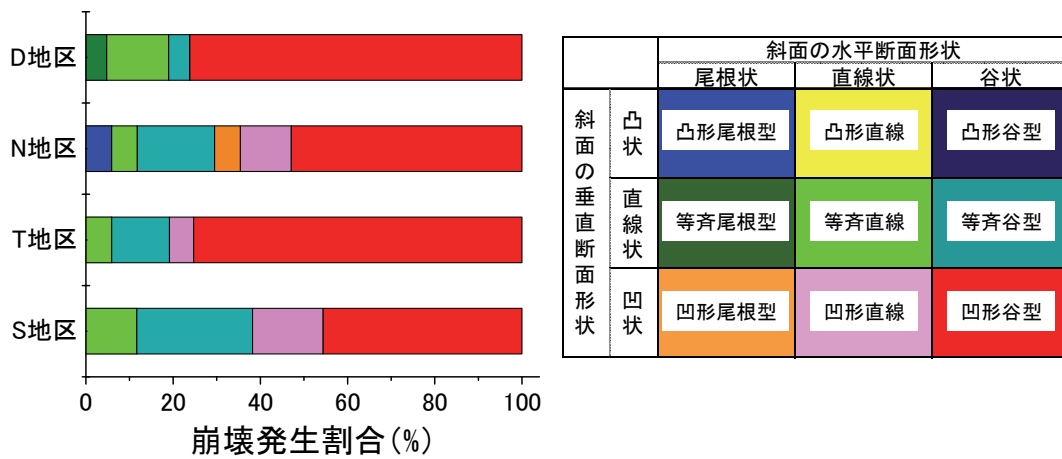


図2 斜面形状の区分³⁾ (右図) と各地区の全斜面崩壊数に対する各斜面形状で発生した斜面崩壊数の割合 (左図)

生していた。T 地区では、遷急線付近の急傾斜地や谷頭などの集水地形で斜面崩壊が多く発生している。S 地区では、河川の攻撃斜面で大規模な斜面崩壊が発生しているほか、溪流内では谷頭などの集水地形や溪流部で斜面崩壊が多く発生し、それにともない溪床堆積物が増加することを確認した。

これらのことから、地形の形状や斜面の傾斜、植生の状況が各地区に共通する斜面崩壊のハザード要因であると考えられる。そこで、斜面崩壊が発生している箇所近傍の地形の形状、傾斜、植生の特徴について検討を行った。その結果、傾斜が30度以上の箇所や、集水地形と称される凹形谷型斜面や等斉谷型斜面、植生の伐採地（伐採直後や若齢二次林）で崩壊が発生しやすい傾向があることがわかった (図1~3)。

2.1 地形条件の評価

斜面崩壊の地形条件のうち、斜面の傾斜が30度以上の箇所については、数値標高モデル (Digital Elevation Model : DEM) から算出できる傾斜量で容易に区分できる。そこで DEM を用いた斜面形状の区分手法について検討した。図2に示した斜面形状の区分は、斜面の水平断面の凹凸と垂直断面の凹凸を組み合わせたものである。DEM から算出できる指標のうち、これらを表現できる指標として、平面曲率と縦断曲率がある。ここで平面曲率が負の値の場合は水平断面が凹、正の値の場合は凸、縦断曲率が

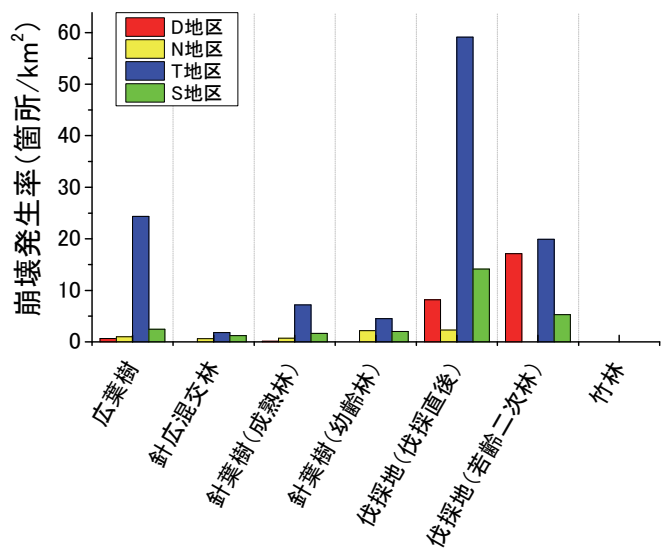


図3 各植生区分における単位面積あたりの斜面崩壊箇所数

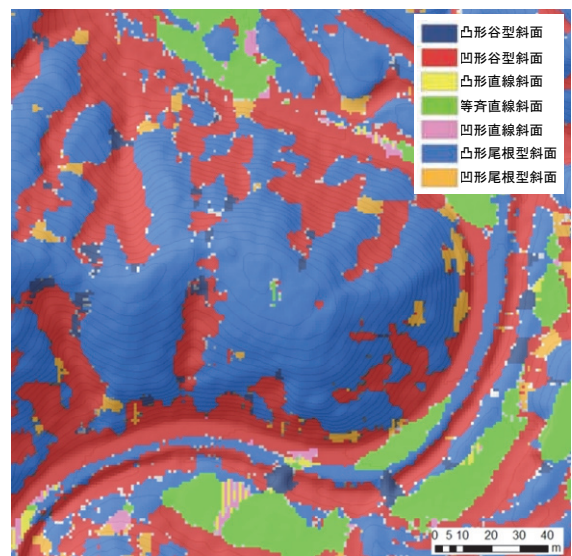


図4 斜面形状の区分結果

負の値の場合は垂直断面が凸、正の値の場合は凹である。この平面曲率と縦断曲率を組合せ、斜面の形状を区分した(図4)。区分結果では、谷部は凹形谷型斜面、尾根部は凸形尾根型斜面として表現されているなど、斜面の形状を適切に区分できている。

2.2 植生条件の評価

斜面崩壊の発生に寄与していると考えられる植生条件は、伐採地(伐採直後)や伐採地(若齢二次林)であり、これらの植生区分は針葉樹(成熟林)や広葉樹に比べ樹高が低い。このためリモートセンシングデータから樹高を求めることができれば、植生を区分できる可能性がある。そこで数値表層モデル

(Digital Surface Model : DSM)に着目した。DSMはDEMと同様に航空レーザ測量により得られるデータであり、地盤面の標高のモデルであるDEMとは異なり、地盤面を覆う樹木などの土地被覆物の表面の標高をモデル化したものである(図5)。DSMの値からDEMの値を減算することで樹木などの高さが求まるため、これを用いて植生を区分した(図6)。なお樹高分布および崩壊発生率(図3)が類似している①広葉樹・針広混交林・針葉樹(成熟林)・竹林と、②伐採地(若齢二次林)・針葉樹(幼齢林)は、それぞれ同じグループとして取り扱った。

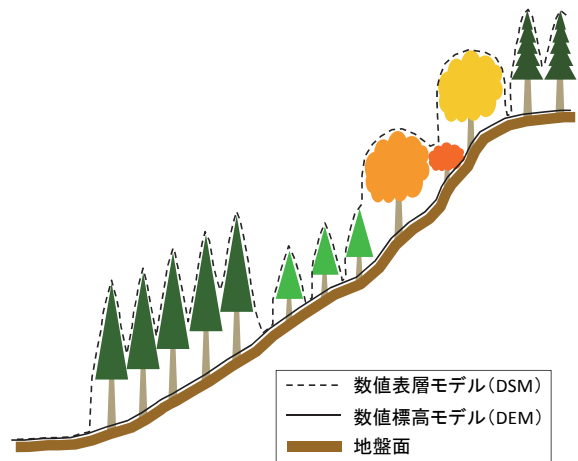


図5 DSM、DEM、地盤面の関係

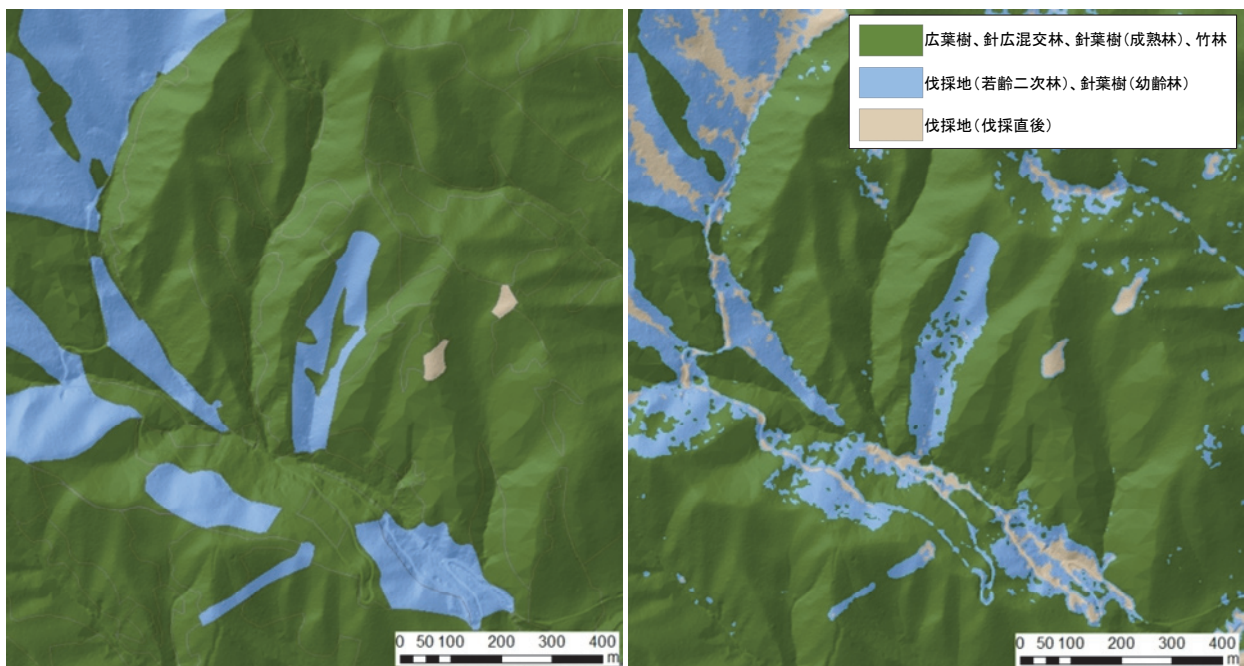


図6 空中写真判読と現地踏査により作成した植生区分図(左図)と
DSM・DEMから作成した植生区分図(右図)

3. 斜面崩壊発生危険箇所の抽出

前章でDEMとDSMを用いて数値化した斜面崩壊の要因を組み合わせ、斜面崩壊の発生危険箇所を抽出する手法について検討した。DEMおよびDSMによって斜面崩壊の要因を区分した結果は数値として扱うことができる。そこでまず、崩壊地と崩壊地以外の斜面のそれぞれについて斜面崩壊の要因の値を抽出し、崩壊地を判別するための各要因の寄与度を統計的手法により算出し

た。次にそれぞれの要因に対して寄与度に応じた重みづけを行い、これを重ね合わせて斜面崩壊の要注意箇所を抽出する手法を開発した。抽出フローを図7に、抽出結果を図8に示す。なお抽出結果については現地踏査による検証を行い、崩壊地や斜面崩壊が発生する可能性があると考えられる斜面が概ね抽出されていることを確認した。

斜面災害の発生には、地形や植生の条件のほかに、地質や地下水など様々な要因が関与していると考えられるが、これらの情報をリモートセンシングデータから得ることは現時点では困難である。しかし地形条件と植生条件のみからでも斜面災害の要注意箇所をある程度把握することが可能であり、本手法は広域の概略調査手法として有効であると考えられる。鉄道用地外の斜面や溪流における斜面崩壊の発生危険箇所を本手法により抽出することで、防災対策を行う際の詳細調査（現地踏査やシミュレーションなど）を実施する箇所を絞り込むことが可能である（図8）。

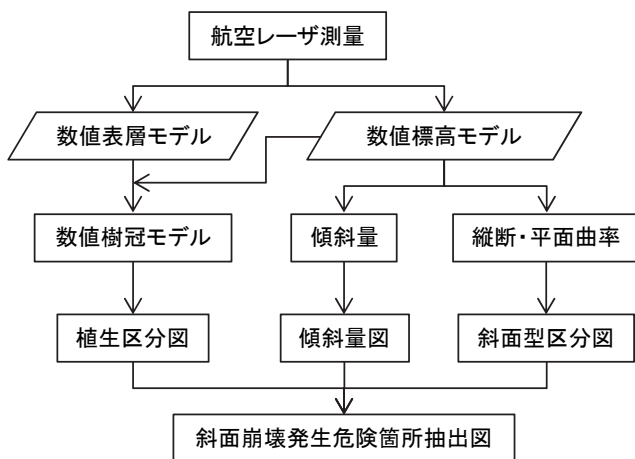


図7 抽出フロー

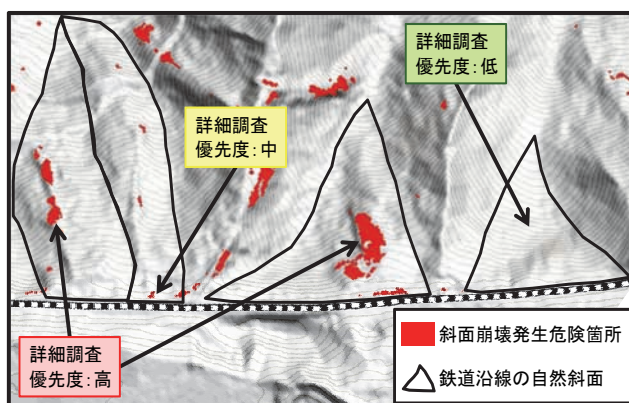


図8 斜面災害要注意箇所の抽出

4. まとめ

空中写真判読、現地踏査の結果から斜面崩壊の要因を明らかにし、これらの要因を数値標高モデルおよび数値表層モデルを用いて数値化し、組み合わせることで自然災害ハザードを抽出する手法を開発した。その結果は以下のようにまとめられる。

- ・斜面崩壊のハザード要因として、斜面の傾斜が30度以上、凹形谷型斜面などの集水地形、伐採地（伐採直後）などが挙げられる。
- ・上記の要因を数値標高モデル、数値表層モデルを用いて数値化した。
- ・斜面の傾斜、斜面の形状、植生区分に重みづけを行い重ね合わせることで斜面崩壊の要注意箇所を抽出する手法を開発した。

なお、本研究は国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施した。

文献

- 1) 財団法人資源・環境観測解析センター：資源・環境リモートセンシング実用シリーズ④ 地球観測データの利用（1）、2004
- 2) 財団法人資源・環境観測解析センター：資源・環境リモートセンシング実用シリーズ⑤ 地球観測データの利用（2）、2005
- 3) 鈴木隆介：建設技術者のための地形図読図入門 第1巻 読図の基礎、古今書院、1997