

Digital Elevation Model を用いた 地すべりと斜面崩壊の地形的特徴

1070549 山内 剛志

高木研究室

1. 背景

土砂による災害は、社会に大きな影響を与える自然災害の一つである。2004年には台風の影響により、愛媛県で斜面崩壊が多発し、大きな被害を与えている。昨年プロジェクト研究¹⁾では、土砂災害発生箇所の予測のために、斜面崩壊の地形的特徴の把握を試みた。

斜面崩壊の災害の他に、“地すべり”という土砂災害がある。諸説²⁾によれば、土砂災害は雨や地下水などによって斜面状態が不安定になり発生する。斜面崩壊が急激に進行するのに対し、地すべりは比較的ゆっくりと進行する。従って、両災害の発生箇所は、地形や地質の状態によって異なると考えられる。

今回の研究では、入手しやすい地形データを使って災害箇所の地形的特徴を検討するものである。

2. 目的

地すべりと斜面崩壊のGISデータを作成し、その地形的特徴の差異を画像処理により判読する。また、画像の空間分解能(画素の縦横の長さ)は2, 4, 8mの3種を用意し、それぞれの分解能での地形的特徴も把握し検討する。

対象範囲は、昨年の研究対象と同じく、愛媛県の西条市(図1)とした。



図1. 対象地域

3. 使用データ

3.1. DEM

DEM(図2)は Digital Elevation Model(数値標高モデル)の略で、航空レーザー測量で取得した建物や樹木などを取り除いた高さデータである。

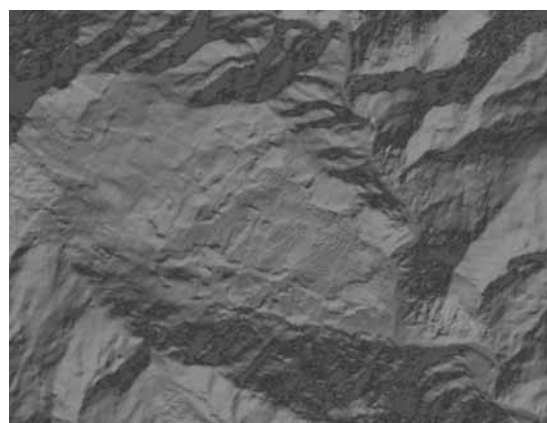


図2. DEM

3.2. 地すべり

地すべり防止区域の紙地図(図3)を使用する。地すべり防止区域は、西条地方局の2つの課がそれぞれ管理しており、建設部で7箇所、産業経済部では9箇所存在した。

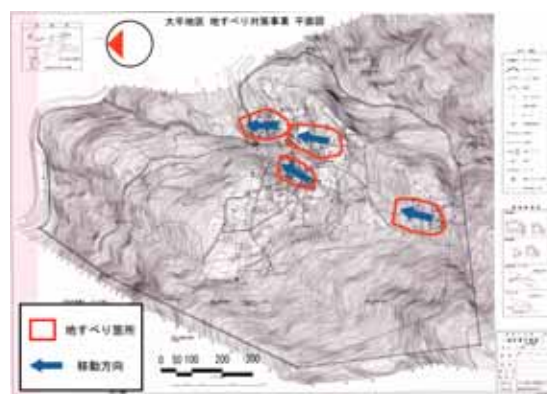


図3. 地すべり防止区域図

3.3. 斜面崩壊

昨年のプロジェクト研究⁴⁾で幾何補正した航空写真のオルソ画像(図4)を使用する。

オルソ(正射投影)画像とは、航空写真特有の地形の起伏による画像の歪みを取り除いた画像で、地図と同等の幾何モデルである。今回は計 19 枚を使用した。



図4. 航空写真のオルソ画像

3.4. 数値地図

数値地図(図5)とは、電子的に処理可能な数値情報として記録した地図を指す。本研究では国土地理院が作成した空間基盤データを使用する。

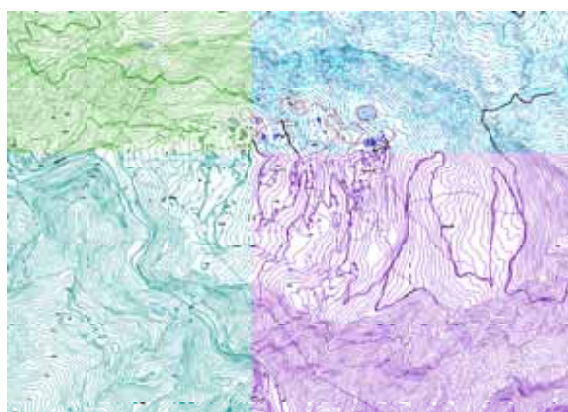


図5. 数値地図

4. 紙地図のデジタル化

紙地図をスキャナにより画像化しても、地図に座標が与えられておらず、GIS ソフトウェアでは重ねられないため、幾何補正を行う必要がある。1/25,000 の地図などは、三角点の座標を使って幾何補正できた。しかし、地すべり防止区域の地図は 1/2,000 の地図であるため、基準点に使う三角点が地図上に無い。そのため、数値地図を使っ

て幾何補正を行った。

数値地図にはすでに座標が与えられており、GIS でそのまま使える。それを利用し、GIS ソフトウェアを使って道路などの特徴点の座標を抽出し、入手した地図に抽出した座標を与えた。以上の手法により、入手した全ての 1/2,000 の地すべり防止区域図を幾何補正し、GIS に載せた。

4.1. 災害箇所の抽出

幾何補正した地図を元に、地すべり箇所の抽出を行った。抽出には GIS ソフトウェアを用いた。抽出方法は、目視で地すべり箇所を確認し、ポリゴンデータとしてトレースした。DEM 内には地すべり箇所は 10 箇所存在した。

4.2. 画像の二値化

災害箇所(内側)とその周辺(外側)の地形の差異を検討するため、二値化画像に変換した。内外の面積が均等になるように面積比率を 1 : 3 に統一した(図6)。

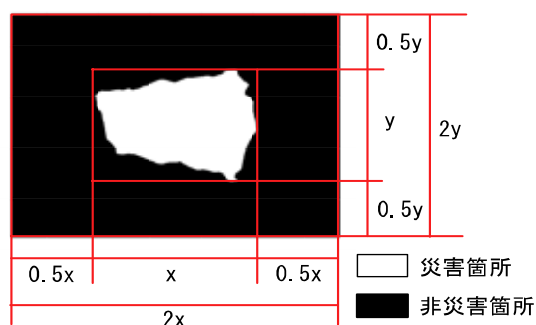


図6. 二値化画像

4.3. 一般斜面

災害箇所は一般の斜面と比較し、その地形的差異を検討する。無作為に座標を斜面崩壊と同じ 22 箇所選び、その場所に地すべりの平均面積と同じ一般斜面のエリアを作成した。

次の式(1)によって A から B の範囲に乱数を発生させ、x と y の座標を無作為に選択した。

$$\begin{cases} x = \text{RAND}() * (Bx - Ax) + Ax \\ y = \text{RAND}() * (By - Ay) + Ay \end{cases} \quad (1)$$

$$\left(\begin{array}{l} Ax \sim Bx : x \text{の範囲} \\ Ay \sim By : y \text{の範囲} \end{array} \right)$$

5. DEM を用いた地形分類

5.1. 分解能の比較

DEMの空間分解能が3種(2,4,8m)あり, これらを比べると図7の様な形状になる. 今回は, 8mでの空間分解能を元に地形解析した結果を報告する.

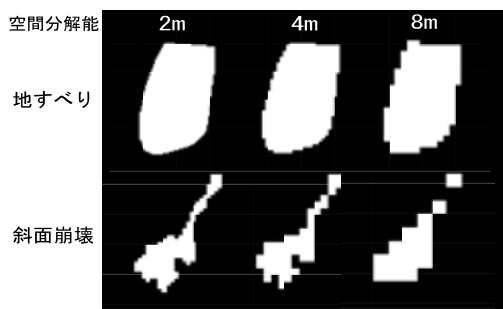


図7. 分解能の比較

5.2. 傾斜の分類

地形全体の傾斜量の平均値を算出し, 平均値以上であるなら急傾斜, 平均値未満ならば緩傾斜とした.

5.3. 凹凸の分類

凹凸の分類では 3x3 画素の局所領域において Laplacian filter を施し, 傾斜量の変換点を抽出する. Laplacian filter は画像の輝度値を二次微分することにより, エッジの抽出を行う方法で, これにより地形の凹凸が出力される. 出力画像の正の値になる画素を凸地形, 負の値になる画素を凹地形とした.

5.4. 尾根・谷・平地の分類

尾根・谷・平地の分類では, Median filter を使用する. Median filter は 3x3 の局所領域の中央値を算出することにより, ノイズの除去を行う方法である. これにより, 尾根・谷などの鋭いエッジが丸まって出力される. 原画像の値から出力画像の値を引くと, 尾根は正の値, 谷は負の値, 平地は0として表現される.

5.5. オーバーレイ

作成された3項目の地形分類画像をオーバーレイすることにより, 地形分類画像(図8)にすることができる. 明るい内側が災害地, 暗い外側が非災害斜面となる.

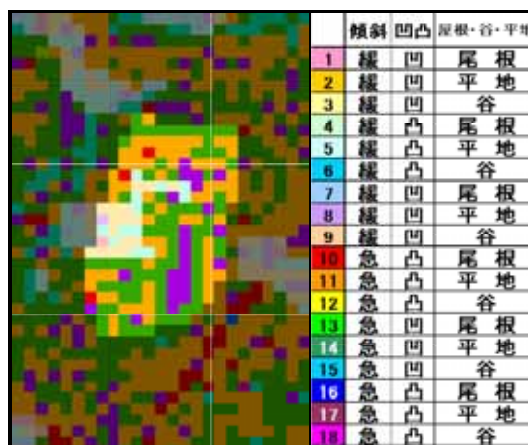


図8. 地形分類画像

6. 地形的特徴把握

6.1. 地形分類結果の集計

地形分類画像と二値化画像を比較し, 二値化画像の災害箇所該当する地形と, その周辺に該当する地形の画素数と傾斜量をプログラムによって集計した.

集計した結果を用いて, 地形分類ごとの全地域データの地形分類結果を図9に, 傾斜量を表1にまとめた.

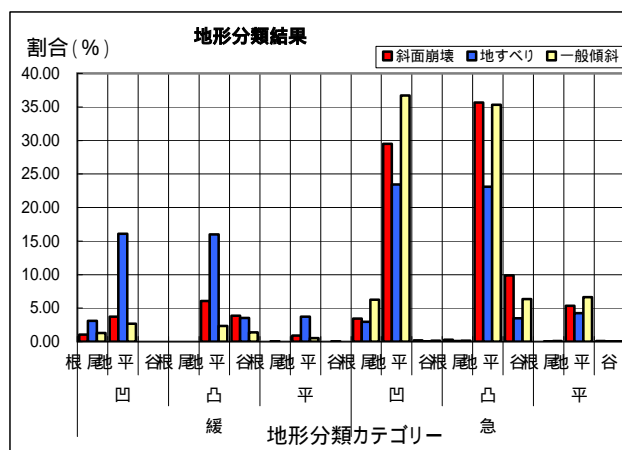


図9. 地形分類結果の集計グラフ

表1. 傾斜量の集計表

傾斜(度)	斜面崩壊		地すべり		一般傾斜
	内	外	内	外	
最大	35.9	36.6	28.7	30.6	45.1
最小	14.1	14.7	18.0	22.1	23.0
平均	28.8	29.1	23.9	26.3	32.3
標準偏差	5.02	6.62	3.10	2.75	5.12

図9の斜面崩壊は、緩傾斜の凹・平地と凸・平地の二つの地形で多く発生している傾向があるが、一般斜面でも同じような傾向が見られた。一方の地すべり地形では、斜面崩壊と一般斜面と違い、急傾斜だけでなく緩傾斜の凹・平地と凸・平地の地形が多かった。

表1では、地すべり箇所は傾斜がほとんどの箇所において緩く、斜面崩壊箇所は斜面が急で、ばらつきが激しい。一般傾斜に注目すると、全ての傾斜の値が斜面崩壊の値を上回っていることがわかる。

6.2. 災害箇所における地形的特徴

地すべり、斜面災害、一般斜面の3箇所の地形の災害箇所と、その周辺とを比較し、その差異を検討した。地形分類した結果のうち、平均傾斜量・凹・谷を特徴ベクトルとして利用する。災害箇所(内側)を \vec{a} 、非災害箇所(外側)を \vec{b} とし、次の式(2)により内積を用いて角度が求められる。

$$\cos = \frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{|\vec{a}| \times |\vec{b}|} \quad (2)$$

($a \cdot b$: 内積)

算出した角度が小さいほど同じ地形であり、大きいほど異なる地形といえる。算出した角度は数が膨大になるため、それぞれ最大、最小、平均、標準偏差を算出した。

6.2.1. 斜面崩壊の内外の計算結果

最大	= 48.32°
最小	= 3.69°
平均	= 19.85°
標準偏差	= 12.98

6.2.2. 地すべりの内外の計算結果

最大	= 14.57°
最小	= 2.19°
平均	= 6.16°
標準偏差	= 5.94

6.2.3. 一般斜面と災害箇所との計算結果

斜面崩壊との比較	= 12.16°
地すべりとの比較	= 5.94°

6.2.4. 斜面崩壊と地すべりの計算結果

$$= 14.68^\circ$$

地すべりの地形は、内外の地形的差異があまり見られない。一方の斜面崩壊の地形は内外で大きな差異が見られるが、標準偏差が地すべりと比較して大きく、場所によって内外の地形的差異の有無にバラつきがあることが分かる。したがって、比較対象である地すべりの内外に地形的差異がないとは一概に判断できなくなる。

7. 考察

今回の研究で地すべり、斜面崩壊、一般斜面の3つについて地形的特徴を検討した。

地すべりは斜面崩壊や一般斜面に比べ、比較的緩やかな斜面となっている。逆に、斜面崩壊と一般斜面の地形は大差無く、西条市の山岳で斜面崩壊が起こる場所を予測するのは困難といえる。地形分類による特徴ベクトルは、地すべりの方が災害箇所とその周辺であまり差がない傾向だったが、場所によって数値の偏りが見られるため、そう結論付けるのは難しい。この標準偏差のバラつきは、斜面崩壊箇所の複雑な形に問題があると思われる。図8に見られるように、空間分解能が変わっても地すべり箇所はその形をほとんど崩さず安定しているが、斜面崩壊箇所は形が細く小さいため、空間分解能が大きくなると、形が大きく変化している。これが数値の偏りに繋がっていると推測される。

今後、地すべり箇所の予測精度の向上や斜面崩壊特有の地形的特徴を把握するため、リニアメントや土壌などの異なる地形データとも合わせて検討する必要がある。

8. 参考文献

- 1) 田辺 宏幸：愛媛県東部における2004年台風による土砂災害の地形的特徴。高知工科大学 学士論文
- 2) 武居 有恒：地すべり・崩壊・土石流 予測と対策
- 3) 日本リモートセンシング研究会：図解リモートセンシング
- 4) 鈴木 隆介著：建設技術者のための地形図読図入門