

II-31

オルソ・フォトマップ利用による崩壊地の分析

北海学園大学 正員 山口 甲  
 (株)シン技術コンサル 正員 山崎文明・布田哲朗  
 志村一夫・畑本雅彦

1. はじめに

山地河川流域から生産され輸送される土砂の発生源は、上流山岳区域の山腹崩壊が主因と考えられる。その調査・分析は、区域が莫大に広いことから、航空写真が利用されている。現在、崩壊地求積手法には、操作が簡単な反射実態鏡、及び平面図作成に用いる精密図化機による場合とがある。最近ではデジタル写真測量の発達と共にパーソナルコンピュータの高度化により、大容量の写真画像を数値化し、高速に処理することが可能となっており、様々な手法の開発ができる状況にある。ここでは、広域における作業の迅速性と正確性からデジタルカラー画像を活用し、空中写真地図化手法(オルソ・フォトマップ化)と、3次元の数値地形モデル化(DEM化)及びデジタル画像計測処理手法(IP)を利用したシステムを開発し、従来の解析図化機に依る崩壊地求積との比較を、豊平峡ダム上流域の小流域において行ったものである。

2. オルソ・フォトマップと数値地形モデル(DEM)及び画像計測の概要

オルソ・フォトマップとは、地表の状況を克明に記録している空中写真を地図と同じような正射投影の歪みのない状態に写真画像化したものである。今回の崩壊地求積手法には、これを基図として使用し、その作成処理過程において数値地形モデル(DEM)が必要となる。また、DEMとは格子点の座標と標高地とが記録されているものである。尚、標高データから計算された傾斜や斜面方向等の数値データを含めたものはDTM(Digital Terrain Model)と呼ばれ、他方面で高度な利用が考えられている。処理フローは、先ず1対の空中写真をスキャナーにセットし、0.18mm×1~4mmの密度でそれぞれデジタル化する。次に、1600~50µm周波数の5階層分解と画像相関分析によって1対の写真の対応が自動的に設定される。その結果、フィルム上の9mm×8mmの広さに2444点の座標値と標高が計算され、地形が格子状に数値化(DEM)される。そのDEMに基づいて、微小範囲ごとに正射変換がなされ、正方格子に接合を行いプリントされる。

表-1 オルソ、DEMの仕様

内容		仕様
処理		
1	データ入力	・スキャナー入力 RGBフルカラー対応 解像度 1pix=0.005~0.25 <sup>m</sup> 1pix 地上で50cm~
2	標定 偏歪修正	・内部、相互、絶対標定 ・偏歪修正
3	画像の 階層化	・5段階の周波数(1600~50µm)で画像を階層化
4	対応点 探索	・左画像上に正方格子を設定 ・画像相関法で対応点探索
5	DEM化	・対応点の3次元座標から格子状に再配列
6	デジタル オルソフォト化	・偏歪修正画像とDEMからプリント

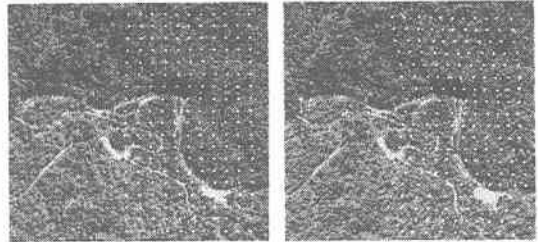


写真-1 階層画像による対応点探索結果(部分)



写真-2 写真-1と同一地域のデジタルオルソフォト

Analysis of Slope Failure by Orthophotomap

by Hajime YAMAGUTI, Fumiaki YAMAZAKI, Teturo FUTA, Kazuo SIMURA, Masahiko HATAMOTO

画像計測は、画像を利用して対象物(object)の大きさや、動きを計測する機能の総称であるが、本調査では主に崩壊地の検出及び求積を行うために「画質補正・強調」、「特定色成分領域の自動抽出」、「指定色成分領域の自動求積」などの手法を用いた。

特に計測処理における特徴は、オルソフォトマップ上の崩壊地の色成分を画面で指定することによって、自動的にその輪郭をカラーリング（：領域区分）し、図-5のように箇所ごとにラベル付けして自動求積するものである。

崩壊地は、森林の中に点在しているため崩壊地の輪郭が色彩的に比較的明確である。このことは、画像計測における対象の強調化等の前処理が非常に少なく済み、画像計測手法に適した対象と判断される。

崩壊地の色調は全般的には、薄茶から薄黄色であるが、千差万別である。色調が地質的特徴によって変化するよりは、地表の湿潤度や日照の度合いによるところが大きいものと判断される。そのため崩壊地の選定は、一画面ごとに崩壊地の色成分範囲をマニュアルで指定する必要がある。また、ほとんどの崩壊地に共通する特徴としては、図-6に示すように、中央部では薄黄色か白色であるが、崩落境界付近は濃い茶色系のゾーンが囲んでいる場合が多い。

但し、特定色成分領域の自動抽出機能は、同色調の道路も抽出するため、崩壊地との分離が必要となる。その対策として、非線形フィルタリング手法のアスペクト（縦横比>50）フィルターによって、細長い形状を削除する方法を用いた。



図-4 崩壊地の自動抽出図

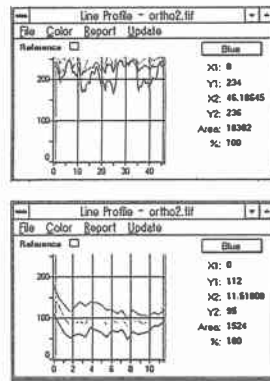


図-5 崩壊地の色成分

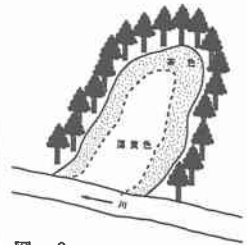


図-6 一般的な崩壊地の色調分布

### 3. オルソフォトマップ利用と解析図化機による崩壊地の求積

崩壊地求積は、オルソ画像を利用したシステムと、従来方式の解析図化機によって行った。対象範囲は、都市河川として土砂流出が著しい豊平川の水源地、豊平峡ダム上流の中間部左岸の小流域（沢）とした。航空写真の撮影縮尺は 1:15000 である。解析図化機による設定は図-8 既存図と同様、縮尺 1:10000 の図化対応とした。一方オルソフォトマップは、ポジフィルのスキニングを $15\mu$ （地上距離=50cm）で行うと共に、DEMポイントは $300\mu$ （地上距離=10m）間隔で1モデル当たり 42000ポイントを読み取った。オルソ画像データはTIFFで、DEMポイントはASCII及びDXF形式でファイルした。

図-7は、オルソ画像にDEMによる等高線との重ね図である。図-8に示す既存図との比較では良好に一致しているため、DEM値が妥当であると判断した。



図-7 オルソ画像とDEMによる等高線の重ね図



図-8 既存の等高線図（森林基本図）

その精度は、空中写真上の座標位置で±0.2mm以内、標高で±H/1200（H=撮影高度）となっている。公共測量作業規程に基づく空測平面図作成の精度と比較すると、撮影縮尺1/12500～1/15000の空中写真で空測平面図1/5000とほぼ同等の精度が確保される。

DEMから得られる様々な図には、従来から一般に多用されている図-1の等高線図や、鳥瞰的に表現する図-2のワイヤーフレーム図などがある。しかしいずれも線描画であるため、地形の起伏の理解には有効であるが、森林や崩壊地等の実像位置関係が直接的に把握できないものである。その解決策として、2次元の空中写真を写真-3のように立体的に画像変換することによって、崩壊地の空間的位置特性を地形的諸要素と直接関連づけて判読することが出来る。その結果、広域な流域特徴を総合的なイメージで認識することが出来る。



図-1 等高線図

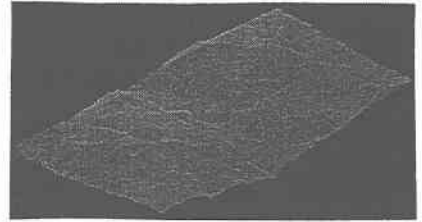


図-2 ワイヤーフレーム図

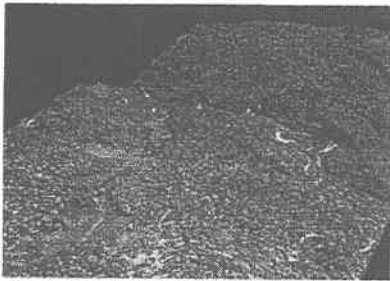


写真-3 航空写真の鳥瞰図

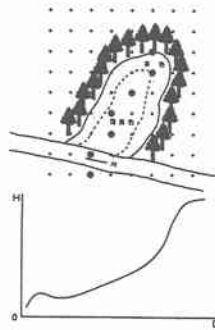


図-3 地形断面

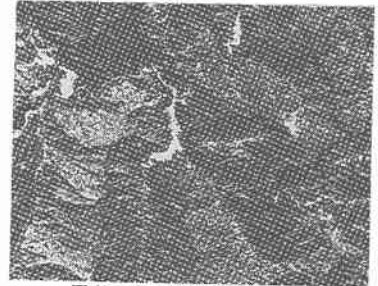


写真-4 傾斜度（スカラー）

更にDEMを用いた場合には、地形の様々な特性を表現することが出来る。その代表的な地形量には、地形断面（崩壊地の断面）、傾斜度、斜面方向、落水方向、谷・尾根の位置などがある。

①地形断面（崩壊地の断面）

地形断面には、DEMの方向及びXY座標から任意のポイントを単独及び連続的に画面上で指定選択することによって、各点間距離の逆算と標高から断面形が明らかになる。断面形から連続した測線の断面と崩壊深さから崩落土砂量の算出が出来る。しかし、あまり小さい崩壊地は、DEMポイントが少ないため単点の標高差から深さを読み取る必要がある。

②傾斜度

傾斜は、標高の一次微分として式(1)により計算され、写真-4のように表せる。

$$\left\{ (\delta u / \delta y)^2 + (\delta u / \delta x)^2 \right\}^{1/2} \dots\dots\dots (1)$$

この結果を格子点に対応してファイルすることによって、任意面（セル）の傾斜角度及び斜面方向、落水方向を呼び出すことが出来る。つまり崩壊地の位置に相当するセルを指定することにより、上記の崩壊地属性を求めた。

①オルソフォトマップによる求積

オルソフォトマップによる求積は、画像の1m当たりの画素数(Pixels)を水平方向(X)=2.07839個、垂直方向(y)=2.071519個と事前に設定し、画像内の若干の縦横の歪み補正しながら領域内の画素数から求めた。崩壊地の色成分は、R=50~250レンジ、G=30~280レンジ、B=10~240レンジに指定した。更に、当地域は林道が多いため、崩壊地との分離を行う目的でアスペクトフィルタリングをかけた。幅の狭い林道は樹木によって細く途切れているためアスペクト比は30と小さくした。

②解析図化機による求積

解析図化機による求積は、機械上で1ヶ所ごとに立体視しながら図-9に示すようにメスマークを輪郭に沿ってヒットし、閉合後、モニターに表示される。

以上の操作によって得た、No3124沢の一モデル内の崩壊地求積結果等を表-2に示す。

表-2 崩壊地の解析図化機とオルソフォトによる求積等比較

沢番号	崩壊地番号	図化機による					オルソフォトによる					求積相違の理由
		崩壊線(m)	野面積(m)	傾斜度	傾斜方向	崩壊深さ	崩壊線(m)	野面積(m)	傾斜度	傾斜方向	崩壊深さ	
3124	001	3222	492	45.1	E	0.5	340	491	43.5'	E S	0.4	崩壊残土上に樹木
"	002	105	529	49.0	E	0.7	98	530	53.0	E	0.6	
"	003	472	578	34.0	W	1.0	430	581	30.4	SW	1.0	樹木の陰
"	004	1372	571	35.3	SW	0.2	1480	577	37.1	W	0.2	
"	005	441	502	38.3	NE	0.3	420	503	38.6	NE	0.2	
"	006	893	513	33.5	E	0.3	515	512	31.9	E	0.1	樹木の陰
"	007	618	521	48.2	NE	1.1	110	520	51.3	NE	0.8	崩壊残土上に樹木
"	008	991	517	38.7	SE	0.4	734	515	36.7	SE	0.2	樹木の崩壊地へのせり出し
"	009	2926	526	30.5	SW	0.3	2793	524	27.2	S	0.3	樹木の崩壊地へのせり出し
"	010	135	697	48.5	NE	0.2	128	705	44.9	E	0.2	
"	011	1413	521	42.1	N	0.3	不能	520	40.6	NE	0.3	オクルージョン=隠蔽のため
"	012	5312	534	41.9	N	0.4	不能	533	40.5	NE	0.3	オクルージョン=隠蔽のため

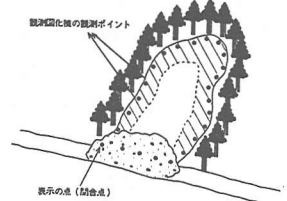


図-9 解析図化機における求積法

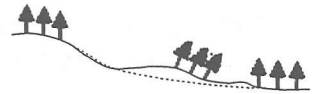


図-10 崩壊残土上の樹林

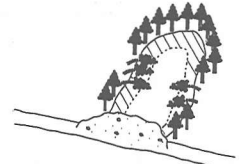


図-11 樹木の倒れせり出し

5. まとめ

表-2の比較から次のことが明らかになった。

- ①オルソフォトマップによる場合は、色調判読を機械的に行うため図-10、11のような崩壊残土上に樹木が残ったり、倒れかかった樹木のせり出しや樹木の陰によって色調が大きく変わるなどの理由により、崩壊範囲が過少に評価されたり中抜けになる場合があるため、画像操作による入念な確認が必要であるが、これらの問題は新緑前又は落葉後といったような撮影時期を考慮することにより改善されると思われる。
- ②傾斜度などの特性は、樹木による標高の嵩上げ分が自動的にマイナス補正されないため、事前の補正が必要であるが、DEMを利用した画像演算によって各種の地形特性が得られた。
- ③求積する際、図化機ではメスマークの大きさが45μm、地上(撮影縮尺 1/15000)では67.5cmのポイントで範囲指定し求積しているが、オルソフォトマップでは1画素が地上で48cm単位で求積がなされており求積における精度向上が計れる。
- ④図化機による求積はオペレーターの判読技術等による熟練度がその精度に大きく左右するが、オルソフォトマップでは自動抽出の為、技術者の熟練度には左右されず、また作業時間の大幅な短縮が計れる。
- ⑤今後はデジタルカラー画像の情報量と航空写真の3次元化を有効に利用するための新たなソフト開発とそのデータベース化を図る必要があると考える。

参考文献

- 1) 山口 甲 : “山地河川の土砂生産解析”、(財)北海道河川防災研究センター
- 2) 菱沼勇之助 : “立体林相図による森林の解析”、北海道大学農学部演習研究報告