

崩壊前後の DEM データの比較による崩壊土砂量の推定

砂防エンジニアリング株式会社
第一工業大学
国土交通省 国土技術政策総合研究所 内田 太郎, 佐藤 匠, 鈴木 拓郎*, 岡本 敦
*現：財団法人砂防・地すべり技術センター

外山 泉, ○渡部 真, 井上 享郁
田中 龍児

1 はじめに

土砂災害が発生した場合、生産土砂量や流出土砂量を迅速かつ正確に把握することが、実態把握および二次災害の防止に有効である。生産土砂量や流出土砂量は災害前後の地形の差から求められる。

災害後の詳細な地形情報（DEM）は、レーザー測量などによって入手することができる。一方、災害前にはレーザー測量が行われていない場合が多いため、災害前の地形情報をどのように作成、復元するかが課題である。

ここでは、崩壊後のレーザー測量（LP）データと崩壊前の 1:25,000 地形図を用いて崩壊前の DEM を復元する手法を考案したので紹介する。また、崩壊後の LP データがある深層崩壊地 20 事例を対象とし、崩壊前後の DEM の比較により崩壊土砂量および残存土砂量を算出したので報告する。

2 崩壊前 DEM の復元

崩壊前の地形を復元する手法として、空中写真測量によるものがある。しかし、空中写真測量により崩壊前地形を復元するには、精密な空中写真データと標定点が必要で、多くの作業時間を要する。作業の効率化のため、より簡易な手法として崩壊前の 1:25,000 地形図の等高線に基づき崩壊前地形を復元する方法を提案する。具体的には以下の 2 通りの手法がある。

- ①地形図の等高線をそのまま利用する。
- ②地形図を背景に、縁辺が崩壊後と整合するよう等高線を描画する。

崩壊後の等高線は LP によるものを用いる。したがって、①の手法では崩壊地外の崩壊前後の等高線が完全には一致しない。そのため、崩壊地外の崩壊後の LP データとつなげると、崩壊地縁辺で不自然な段差が生じることがある。②の手法では、崩壊地外の崩壊後の LP 等高線と整合するように、崩壊地内の崩壊前の等高線を、地形図の等高線を背景にして描画するものである。

崩壊前の LP データがある事例（紀伊半島の 3 ヶ所）において、LP による崩壊前の DEM と、1:25,000 地形図から復元した崩壊前の DEM（手法①, ②）を比較した（表-1）。LP による DEM を正として地形図等高線から復元した DEM の誤差を算出した。平均標高誤差（単位面積当りの体積誤差）は-0.5m〜2.9m となった。また、崩壊前の LP による等高線と 1:25,000 地形図に基づき描画した等高線（手法②）を重ねた事例を図-1 に示す。両手法による等高線に極端なずれは見られない。ただし、大規模な崩壊地ではわずかな標高誤差でも体積に大きく影響する（たとえば表-1 の赤谷）ため、留意を要する。

表-1 LPデータと地形図等高線による計測値の比較

	手法			赤谷	長殿谷	北股
面積		S	(m ²)	391,714	221,873	72,290
崩壊前 体積	手法①	V _{bm1}	(10 ³ m ³)	257,585	129,401	64,196
	手法②	V _{bm2}	(10 ³ m ³)	257,447	129,339	64,238
	LP	V _{bLP}	(10 ³ m ³)	256,434	129,503	64,083
体積誤差	手法①	V _{bm1} -V _{bLP}	(10 ³ m ³)	1,150	-102	113
	手法②	V _{bm2} -V _{bLP}	(10 ³ m ³)	1,012	-164	154
平均標高 誤差	手法①	(V _{bm1} -V _{bLP})/S	(m)	2.9	-0.5	1.6
	手法②	(V _{bm2} -V _{bLP})/S	(m)	2.6	-0.7	2.1

体積：海面上部分の山体の体積
手法①：地形図の等高線をそのまま利用する
手法②：地形図を背景に、縁辺が崩壊後と整合するよう等高線を描画する



対象 20 事例のうち崩壊前の既存の DEM が無い箇所は 1:25,000 地形図に基づき等高線を描画する手法（手法②）を用いて崩壊前の DEM を復元した。

3 崩壊前後のDEMデータの比較による崩壊土砂量・残存土砂量の推定

3.1 崩壊土砂量・残存土砂量推定の考え方

崩壊規模を把握するために算出すべき土砂量は崩壊土砂量、残存土砂量および流出土砂量である。一方、崩壊前後のDEMを比較することにより算出できる量は、標高上昇部分、低下部分それぞれの体積である（表-2）。崩壊域と残存土砂の堆積域が重複している場合、残存土砂に埋没した崩壊域の土砂量（図-2 V_x ）を推定する必要がある。

表-2 土砂量の種類

算出すべき土砂量	V : 崩壊土砂量 V_1 : 残存土砂量 V_2 : 流出土砂量 $V=V_1+V_2$
崩壊前後の標高データから算出可能な土砂量	V_u : 標高上昇部分の土砂量 V_d : 標高低下部分の土砂量

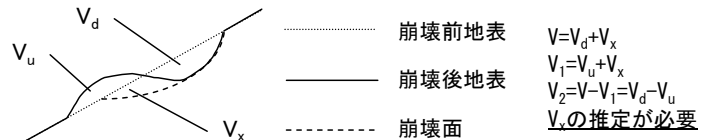


図-2 崩壊土砂量・残存土砂量推定概念図

崩壊前の縦断面図を参考にしながら、崩壊後の縦断面図から残存土砂基底の高度を推定した。残存土砂の縦断面が凸形の場合は上下端を直線で結び（図-3 左）、凸形でない場合は上下方の縦断面を直線で延長した（図-3 右）。推定した縦断面と堆積域外の等高線を結んで残存土砂基底の等高線を復元し（図-3）、残存土砂量(V_1)を算定した。算定した残存土砂量および標高上昇・低下部分の体積(V_u , V_d)に基づき、崩壊土砂量($V=V_1-V_u+V_d$)を算定した。

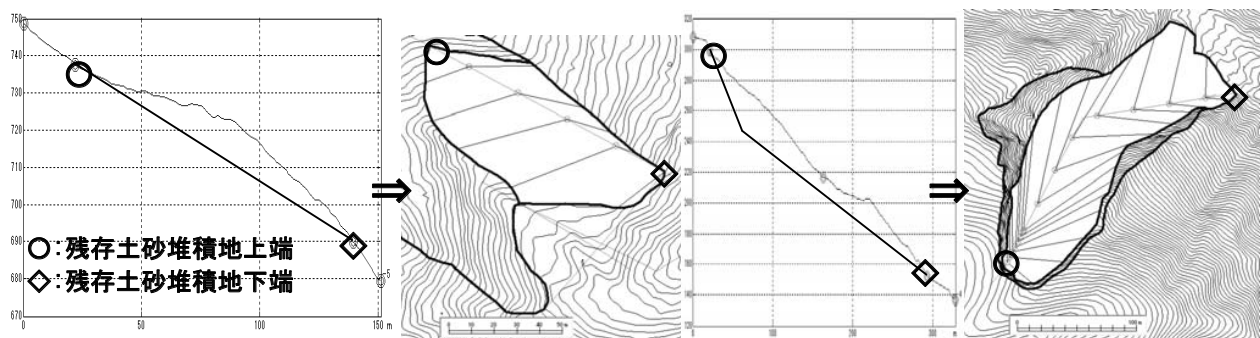


図-3 残存土砂基底面の推定

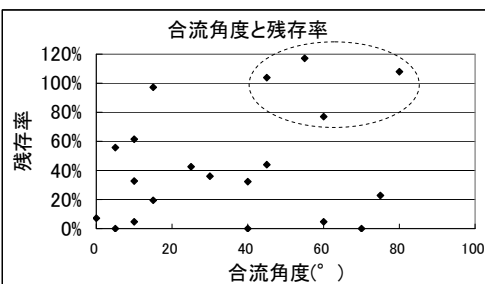
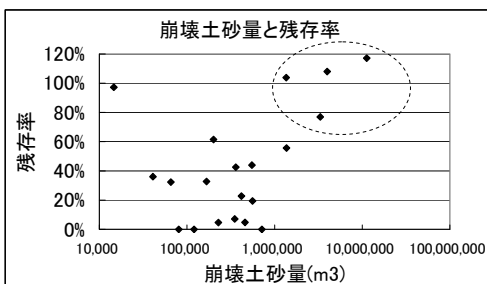
3.2 崩壊土砂量・残存土砂量推定結果および残存率の検討

対象 20 事例の崩壊土砂量(V)、残存土砂量(V_1)および残存率(V_1/V)を算出した。残存率が 100%を超える事例があるが、これらはいずれも流動土砂量が少なく、ほぐれにより土砂の容積が拡大したためと考えられる。

諸変数（崩壊土砂量、崩壊斜面勾配、流入河道との合流角度、河床勾配）と残存率の関係について、図-4 にグラフおよび相関係数(r)、 p 値を示した。崩壊土砂量は残存率と正の相関が、崩壊斜面勾配は残存率と負の相関が見られた。しかし、本川との合流角度、河床勾配は、残存率と有意な相関が見られなかった。

全事例
 $r=0.626$
 $p=0.003$

河道閉塞
 事例除外
 $r=0.004$
 $p=0.989$

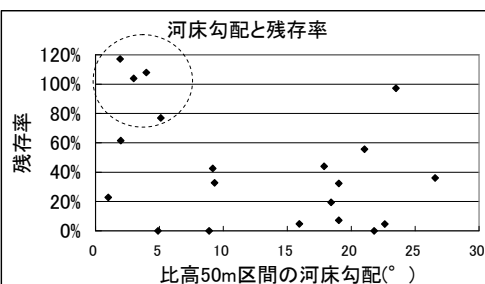
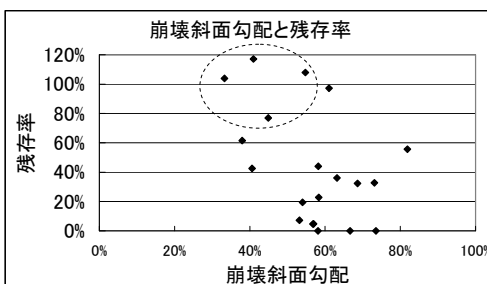


全事例
 $r=0.245$
 $p=0.298$

河道閉塞
 事例除外
 $r=-0.271$
 $p=0.311$

全事例
 $r=-0.458$
 $p=0.043$

河道閉塞
 事例除外
 $r=0.089$
 $p=0.744$



全事例
 $r=-0.370$
 $p=0.108$

河道閉塞
 事例除外
 $r=0.117$
 $p=0.666$

図-4 諸変数と残存率の関係

河道閉塞が生じた事例