

紀伊半島大水害で発生した河道閉塞箇所における航空レーザ計測データを活用した土砂移動実態把握

国土交通省近畿地方整備局六甲砂防事務所

木下篤彦・神野忠広

国際航業株式会社

○江川佳苗・島田 徹・林 栄明・笠原拓造

1. はじめに

平成 23 年 9 月の台風 12 号により紀伊山地において多くの深層崩壊が発生し、河道閉塞が形成された。これらの深層崩壊に伴う土砂移動の実態や崩壊地周辺の亀裂や段差地形等、不安定な土砂の分布を高精度で迅速に把握することは、二次災害の防止や緊急・応急対策の検討を早期に進めるうえで課題となる。

本報告は、崩壊直後に計測した高精度な航空レーザデータを活用して、土砂移動実態の把握を行ったものである。特に崩壊土砂量等を推定する場合の技術的課題と、深層崩壊と河道閉塞形成の関係性の究明に資するよう今回発生した河道閉塞の地形条件について整理した。

2. 対象とした箇所

対象箇所は図-1 に示す大規模な深層崩壊が発生した 8 地区とした。このうち赤谷、長殿、栗平、熊野、北股の 5 地区は、崩壊後約半年が経過した現在でも河道閉塞が残存している。清水、坪内、三越の 3 地区では河道閉塞形成後まもなく決壊した。

3. 土砂移動実態把握

3-1. 地形変化の把握

崩壊発生前後の地形変化や崩壊土砂の堆積場の分布や量を高精度に把握するために、3 次元的な処理がしやすい DEM を用いることとした（本検討では 1m×1m 格子標高モデルを用いた）。崩壊後と崩壊前の 2 時期の DEM を比較し、差分を計量することで地形変化を把握する。なお、崩壊前の地形データは航空レーザ計測によるものが高精度であるが、存在しない場合、航測図化による地形データを用いた。崩壊地が大規模であるため鉛直方向の誤差が大きいと算定する土砂量の誤差も大きくなるため、あらかじめ崩壊地周辺等の不動地点等で補正を行う必要があった。

3-2. 崩壊土砂量等を推定する場合の技術的課題

(1) 土砂移動計測範囲の抽出

2 時期の DEM の差分誤差の回避（精度確保）および作業の効率・迅速化から、あらかじめオルソフォトを用いて崩壊地および土砂堆積地等の土砂移動範囲を抽出し、その範囲のみの災害前後の DEM を作成した。

土砂移動範囲を視覚的に面で把握しやすいように標高を色分けし地形変化に陰影を付した地形解析図と災害前後の DEM の標高差分を色分けした地形変化量図を作成した（図-3）。

(2) 崩壊底面の推定

土砂移動は崩壊底面（すべり面）から上部の土塊が移動しており、崩壊残土が大量に堆積する大規模崩壊では単純な災害前後の比較では土砂移動量が算定でき

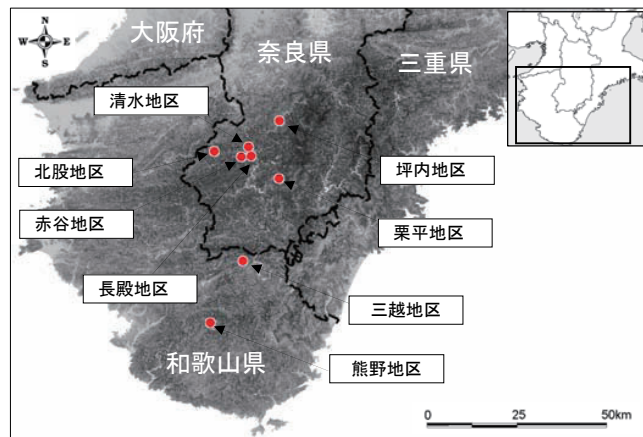


図-1 対象箇所位置図

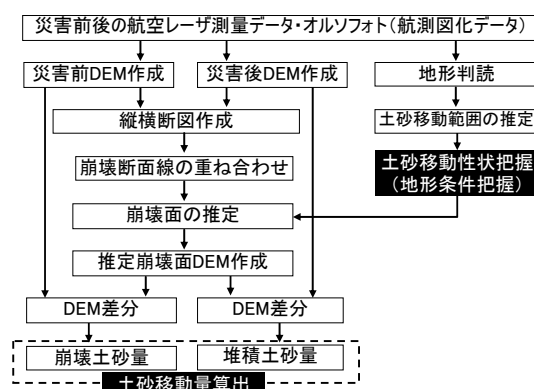


図-2 地形変化の把握フロー

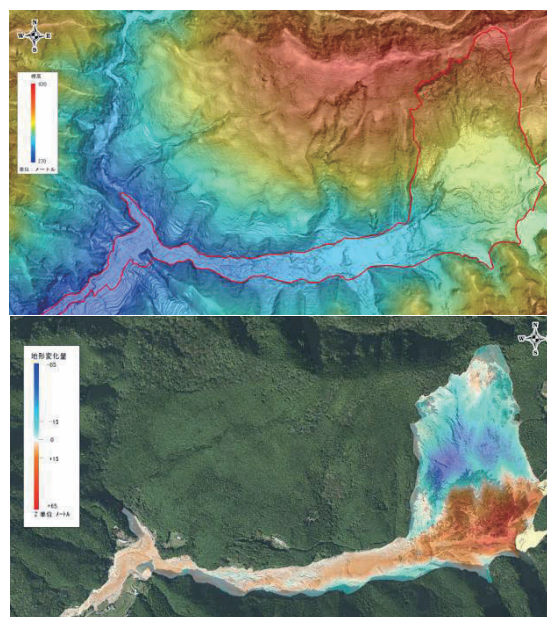


図-3 地形解析図（上）と地形変化量図（下）

ない。崩壊底面を精度よく推定・モデル化することが崩壊土砂量の算出の重要な鍵となる。

初動時期では、ボーリング等の物理的な崩壊底面の指標となるデータが得られないため、オルソフォト等を用いて崩壊地内の露岩や崩壊土砂残存範囲等を把握し、これらをもとに推定すべり面を推定する。推定すべり面は 20～50m 間隔で作成した縦横断面図に展開し、隣接する断面との整合性や連続性を確認し決定した。

3-3. 河道閉塞の地形条件の整理

土砂移動実態として、深層崩壊と河道閉塞形成の関係を検討する上で必要な地形条件を崩壊前後の地形データより取得し表-1 に整理した。

4. 考察

今回計測した結果について、8 地区についての地形的な特徴を整理した。

4-1. 深層崩壊、河道閉塞の状況

深層崩壊はどの箇所も源頭部から斜面中腹にかけて崩壊による地形変化量が大きく最大値は元地盤標高から－50m～－90m となっている。斜面中腹から河床にかけて崩壊土砂の堆積が見られ、最大値は元溪床の標高から＋50m～＋90m となっている。閉塞土塊の下流側の堆積勾配をみると概ね 25° 付近であるが、熊野地区が約 13° と緩い。

4-2. 土砂移動量

崩壊部の堆積土砂量を崩壊部の面積で除した平均堆積高さは概ね約 12～52m の範囲内であるが、栗平が約 52m と突出して高い。河道部の平均堆積高さをみると、概ね約 3～23m の範囲にあるが、ここでは赤谷が約 23m と突出している。

赤谷と熊野は崩壊地から下流方向への土砂移動形態が平面的には似ている。しかし、赤谷は相当量の土砂が下流へ厚く流下・堆積しているが、熊野は堆積土砂の層厚が薄く、長距離に至っている。これは崩壊部直下および下流移動場の河床勾配が熊野の方が急勾配であることや崩壊土砂量、背後流域からの流水の供給による飽和状態の違いも関係していると推察される。

4-3. 崩壊土砂のほぐれについて

深層崩壊では、地下深部の高密度の岩塊が崩壊することにより、崩壊前の土砂量と比較し、崩壊後の土砂量が大きくなる場合もある。今回の崩壊地では、河川により崩壊土砂が下流に流出したもの以外では崩壊後概ね 1.1 倍の土砂量となっている。

5. まとめ

今回の調査は高精度で均質な測量成果の得られるレーザ測量を用いることで 8 地区の河道閉塞について迅速かつ高精度に地形変化を把握することができた。今後は、物理探査やボーリング等の調査により崩壊底面を特定することで土砂移動実態の精度を向上させるとともに、流木の混入や細粒分の下流域への流出等、広い視野で分析、考察する必要がある。

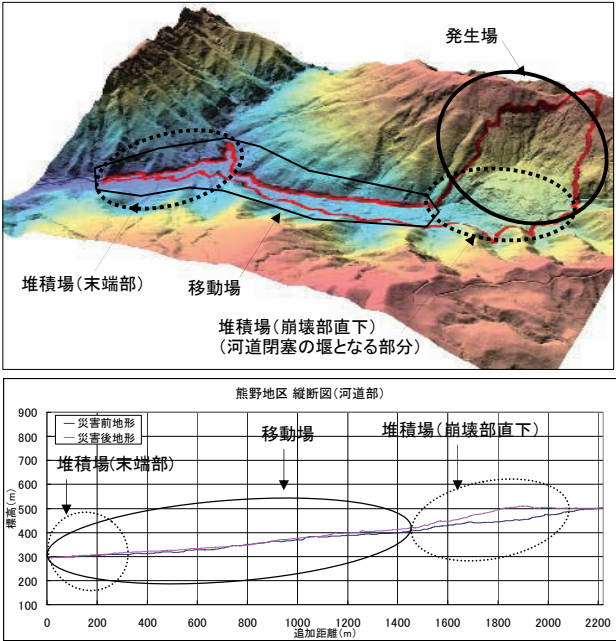


図-4 土砂移動場の模式図

表-1 河道閉塞箇所地形条件整理表

地区名	崩壊規模					土砂移動量							移動場		堆積場		
															移動土砂 末端付近	崩壊部直下	閉塞土塊
	高さ (m)	幅 (m)	長さ (m)	崩壊部 面積(m ²)	河道部 面積(m ²)	崩壊土砂 量 (万m ³)	堆積土砂量(万m ³)		堆積土 砂量／ 崩壊土 砂量	崩壊部平 均堆積高 さ (m)	河道部平 均堆積高 さ (m)	土砂移動 距離	平均河床 勾配(°)	平均河床 勾配(°)	平均河床 勾配(°)	堆積勾配 (°)	
赤谷	600	460	1100	443,300	89,400	935	1,015	811	204	1.1	18.3	22.8	700m以上	1.8	1.3	4.4	24.4
長殿	400	340	730	226,600	25,700	634	665	646	19	1.0	28.5	7.4	800m以上	3.9	1.1	6.4	23.4
栗平	450	600	960	464,200	25,500	2,513	2,413	2,396	17	1.0	51.6	6.7	400m	2.3	2.3	4.0	25.3
北股	190	200	450	71,900	15,360	119	134	123	11	1.1	17.1	7.2	300m以上	5.2	4.8	10.1	29.2
熊野	250	440	650	255,200	117,600	470	403	375	28	0.9	14.7	2.4	1500m	5.3	2.6	6.7	12.7
清水	250	220	350	65,380	－	160	130	130	－	0.8	19.9	－	数十m～数 百m程度	0.5	－	0.5	－
坪内	180	230	290	75,950	－	140	140	140	－	1.0	18.4	－	数十m～数 百m程度	0.1	－	0.1	－
三越	180	200	330	42,400	－	50	50	50	－	1.0	11.8	－	数十m～数 百m程度	0.6	－	0.6	－

崩壊規模 高さ: 元河床から崩壊源頭部までの標高差
崩壊規模 幅: 崩壊地内で中腹部での崩壊幅
崩壊規模 長さ: 崩壊地中心線の堆積末端部から源頭部までの水平距離