

航空レーザ計測による稲荷川流域の土砂移動

国土交通省 関東地方整備局 日光砂防事務所 五十嵐祥二, 竹歳健治, 田中理恵
アジア航測株式会社 柏原佳明, ○梶原あずさ

1. はじめに

近年、砂防事業では基礎的な地形データを取得する手段として、広く航空レーザ計測技術が用いられるようになってきた。従来の空中写真測量に比べ、高精度かつ迅速に面的なデータが取得できる利点から、流水のない河道部や崩壊地の土砂移動状況や斜面の植生・積雪状況等を把握する手段として活用されている。

本検討で対象とする稲荷川流域では、平成15年から平成26年までの期間で複数回の航空レーザ計測が実施されている。今回、これらの航空レーザ計測データを用いた差分解析を行うことにより、稲荷川流域における約10年間の時系列的な土砂移動状況や土砂収支を把握した。本論では、これらの調査結果について報告するものである。

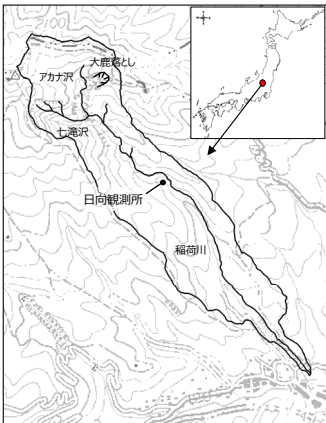


図1 検討対象地域(稲荷川流域)

2. 対象地域の概要と調査方法

2.1 対象流域の概要

対象流域は、図1に示す栃木県日光市に位置する鬼怒川水系大谷川左支川の稲荷川流域(流域面積:12.4km², 平均勾配:1/10)である。地質は主に第四紀洪積世の安山溶岩と火山破屑物等の互層と、これらを通る岩脈等及び二次生成物である崖錐堆積物、河岸段丘等から成っている。流域上流部には大鹿落としや七滝沢崩壊地の大規模崩壊地が位置しており、主要な土砂供給源となっている。

表1 稲荷川流域における航空レーザ計測一覧

No	1	2	3	4	5	6
データ名称	H15LP	H19LP	H21LP	H23LP	H25LP	H26LP
計測年度	平成15年度	平成19年度	平成21年度	平成23年度	平成25年度	平成26年度
計測方法	固定翼	固定翼	固定翼・回転翼	固定翼	固定翼・回転翼	回転翼
DEMサイズ	2mDEM	1mDEM	1mDEM	1mDEM	1mDEM	1mDEM
計測日	H15/11/26, 12/2	H19/8/13-27	H21/8/17, 10/24, 12/24	H23/10/27-29	H25/10/28	H26/10/11-18

表2 計測期間内の最大雨量

	期間内の最大連続雨量		最大日雨量	
	mm	day	mm	day
H15-H19LP	301	H17/9/3~9/7	212	H17/7/26
H19-H21LP	545	H19/9/4~9/7	225	H19/9/6
H21-H23LP	692	H23/8/31~9/6	289	H23/9/21
H23-H25LP	355	H25/9/14~9/16	277	H25/9/16
H25-H26LP	672	H26/6/5~6/12	185	H26/6/6

2.2 調査方法と計測期間内の気象状況

稲荷川流域では、表1に示すように平成15年から平成26年の10年間に計6回の航空レーザ計測が実施されている。本検討では、前後2時期(H15LP-H19LP, H19LP-H21LP, H21LP-H23LP, H23LP-H25LP, H25LP-H26LP)のレーザ計測データの差分を行い、各計測期間内の地形変化等を把握した。なお、H21LPデータは、東日本太平洋沖地震後のデータとの比較を実施するため、国土地理院発行の座標パラメータを用いて地殻変動によるずれを補正し使用した。

計測期間の降雨状況(日向観測所)をみると、全期間において最大の降雨イベント(連続雨量)は、紀伊半島豪雨など全国的に大きな被害をもたらした平成23年9月の台風12号(連続雨量692mm)であった(図2及び表2)。

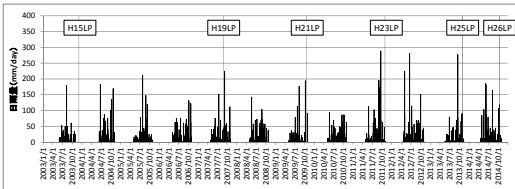


図2 計測期間内の降雨状況(日向観測所)

3. 調査結果

3.1 経年的な土砂流出状況

各計測期間の差分結果を図3の区分で集計し、区間ごとの平均変動高及び年変動土砂量を整理した。

河床変動状況(図4)をみると、全ての計測期間において変動が顕著な範囲は第9上流砂防堰堤上流部までとなっており、Y字峡から早川谷上流砂防堰堤区間(④~⑧)では、-1m~1.5mと特に顕著な変動がみられる。第9上流砂防堰堤より下流の流路工区間(⑩)では大きな変動はみられない結果となった。区間ごとの土砂変動量(図5)をみると、最上流部~Y字峡までの区間(①~③)は全ての期間において侵食が卓越しているが、近年やや侵食土砂量が増加しており流出土砂量も増加している傾向がみられる。また日向砂防堰堤を含む区間⑨では、堆積傾向が顕著にみられ、特にH21-H23LP期間で最も堆積土砂量が多くなっている。

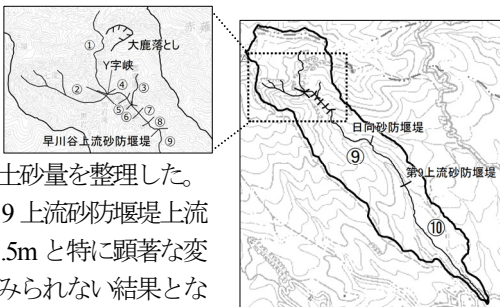


図3 差分結果集計区分

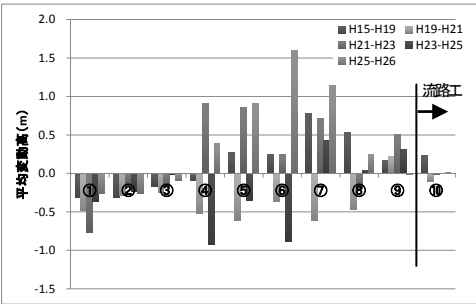


図4 区間ごとの平均変動高

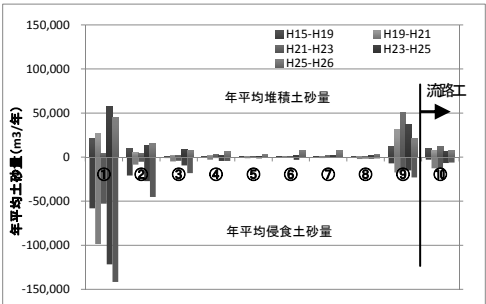


図5 区間ごとの年平均堆積・侵食土砂量

3.2 稲荷川流域の土砂移動の特性

3.2.1 大鹿落としの地形変動の特徴

本流域における最大の大規模崩壊地である大鹿落としの崩壊面では、全ての期間において継続的な面状侵食（侵食深0.5～3m程度）による土砂生産がみられた（図6）。崩壊地内のガリー部をみると、堆積傾向と侵食傾向を交互に繰り返している状況が確認できる。このことから、大鹿落としでは、風化等により崩壊面で面状侵食された土砂がガリー部に一旦堆積し、豪雨時に下流に流下する現象を繰り返しているものと考えられる。

3.2.2 新規の大規模崩壊地の状況

平成23年10月から平成25年10月の期間に発生した新規の大規模崩壊地について、崩壊発生前後2時期の差分図、断面図、オルソ写真、赤色立体地図等を用いて崩壊状況を把握した（図7）。

崩壊地の最大崩壊深は約60mであり、H23-H25LP差分によるマイナス値の合計（82,177m³）及び縦断形状等から、当該崩壊は崩壊土砂量が10万m³オーダーの深層崩壊であることが推察される。また、崩壊直下のプラス値の合計は62,404m³であったことから、崩壊土砂の多くが崩壊直下に残存しているものと考えられる。崩壊発生前後における崩壊地下流の河道状況をみると、崩壊前は縦断方向に堆積と侵食が交互に分布していたが、崩壊後になると、崩壊直下から早川上流砂防堰堤までの区間で一様に顕著な堆積傾向がみとめられた。

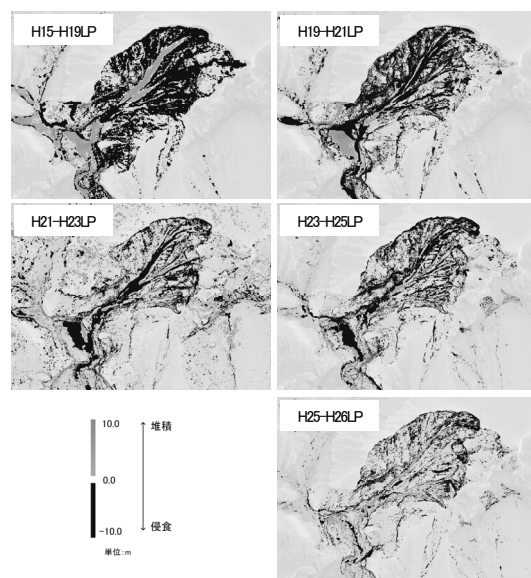


図6 大鹿落としの変動状況

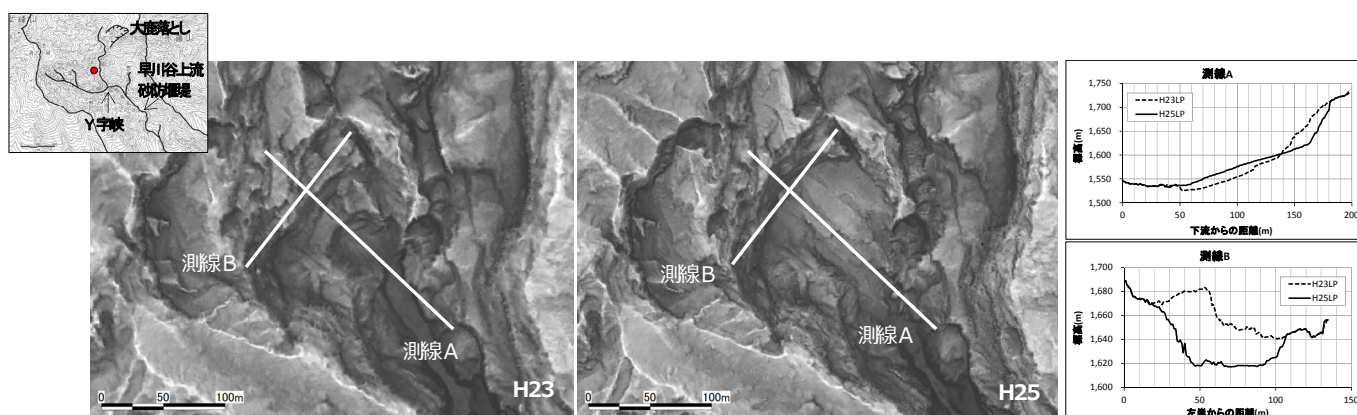


図7 新規大規模崩壊地における変動状況

3.2.3 期間内の年あたり降雨量と土砂流出の関係

大谷川への年流出土砂量と期間内雨量の年平均降雨量を表3に示す。深層崩壊発生前の平成15年～平成23年の期間においては、降雨との顕著な関係性はみられなかった。深層崩壊発生後においては、深層崩壊発生時期であるH23-H25LP（58,360m³）より、H25-H26LP（119,009m³）の方が流出土砂量は大きい状況であった。両時期の年平均降雨量を比較すると、H25-H26LPの方が多く、年平均降雨量と土砂の流出に関連がある可能性がある。深層崩壊発生前の主要な生産源は、大鹿落としからの風化侵食等による流出土砂であったのに対し、深層崩壊発生後は崩壊土砂の流出の影響が考えられることから、土砂生産形態が変化したことが期間内の年あたり降雨量との関係性が変化した一因である。

表3 大谷川への流出土砂量

	年流出土砂量 m ³ /年	LP計測 期間内雨量 mm	期間内雨量の 年平均雨量 mm/年
H15-H19LP	32,250	6,732	1,801
H19-H21LP	80,656	4,475	2,091
H21-H23LP	13,282	4,504	2,213
H23-H25LP	58,360	4,138	2,069
H25-H26LP	119,009	2,530	2,623

深層崩壊
の発生

3.2.4 稲荷川流域における現在の堆積土砂量の把握

H21LPからH26LPの最低標高を抽出し、最新地形であるH26LPとの差分を行い、現在の残存土砂堆積量、すなわち今後の土砂移動ポテンシャルを把握した。差分結果をみると、大鹿落としにはほとんど残存土砂が無い状態となっている。深層崩壊直下の堆積土砂は多量に残存しており、今後の出水等で流出する可能性がある。河床部は特に深層崩壊下流から早川谷上流砂防堰堤までの区間で顕著な堆積傾向がみられた。

4. おわりに

本検討では、複数回の航空レーザ計測による差分解析の結果から、稲荷川流域においては、①近年土砂の流出が顕著になりつつあること、②平成23年から平成25年に発生した大規模崩壊の残存土砂が多量に堆積していること、③早川谷上流砂防堰堤上流で堆積傾向が顕著であることが明らかとなった。稲荷川流域では少なくとも数年は土砂流出が活発な状況が続くことが想定されることから、今後の監視・モニタリングが重要と考えられる。