

ALB, LPを用いた山地河川における大規模土砂移動後の河床変動測量

對馬 美紗・中野 陽子・加藤 和輝・藤山 果穂・角埜 嵩文・安海 高明（朝日航洋株式会社）

1. 背景と目的

航空レーザ測量（以降、LP計測とする）データの蓄積により、複数時期の差分解析による土砂移動状況の把握が一般的な技術となってきた。また、航空レーザ測深（以降、ALB計測とする）を併用し水面下の地形データ取得を行うことで、陸部と水部のシームレスな地形作成が可能となってきた。それに伴い、水面下を含めた流域全体の土砂移動状況を把握することが可能となった。その一方で、回転翼によるALB計測は、固定翼を用いたLP計測と比べて飛行高度を低くしなければならないため、計測面積が広範囲となる場合には活用が限定的とならざるを得ない。

また、近年の気候変動に伴う豪雨の増加により、土砂災害の発生頻度が増加している¹⁾。特に土砂災害が大規模であった場合には、その後の河床変動等の中・長期的な土砂移動状況の継続的な把握が重要である。移動土砂量の調査手法として、LP計測が挙げられ²⁾、大規模出水前後のLP計測データの比較による移動土砂量の把握や、被害状況の把握に活用されている。一方で、中・長期的な土砂移動の把握に対して実施された例は少なく、計測時期や範囲、必要な精度等の具体的な調査手法は確立されていない。中・長期の経年的な土砂移動状況を観測していくためには、①大規模出水時の流域全体の詳細な土砂移動状況と、②今後の降雨に伴う下流域への土砂流出において、土砂生産源となりうる箇所（例えば、大規模な斜面崩壊地や、河道内での土砂の異常堆砂等）の的確な把握が求められる。しかしながら、このような条件は、山地流域毎で異なるため、流域の特徴に応じた計測計画や精度管理が求められる。

本検討では、山形県荒川流域における令和4年8月の出水から1年間の土砂移動状況を対象に、今後の河床変動量を効果的に把握するための計測計画と、山地流域における計測データの精度管理・検証方法について報告する。

2. 令和4年8月の出水について

令和4年8月3～4日にかけて、新潟県下越地方では、線状降水帯による非常に激しい雨が同じ場所で降り続いた。2日間の総雨量は、新潟県の下関観測所では581mm、山形県の朝日雨量観測所では632mmであった。この降雨により、山形県・新潟県では、最上川をはじめ、計22河川で越水・溢水による氾濫が確認された³⁾。また、両県で合計73件の土砂災害が発生し、さらに新潟県では、人家への被害は全壊・半壊併せて11件にのぼった³⁾。



図1 令和4年8月出水時の状況（新潟県村上市小岩内地区）

3. 今後の河床変動量を効果的に把握するための計測計画の検討

3.1 令和4年8月の出水時の土砂移動状況の把握

計測計画立案のため、金目川、明沢川、綱

川流域の令和4年8月出水時の土砂移動状況を整理した。流域毎の土砂移動範囲(図2)の確認と併せて、詳細な土砂移動状況を把握するため流域内の移動土砂を山地部と河道部に区分した。移動土砂は、侵食土砂量・堆積土砂量に分けた上で、山地部・河道部の移動土砂量の割合を整理した(表1)。金目川流域・綱川流域では、山地部での土砂堆積が70%以上を占めている。一方で、明沢川流域では、河道部での土砂堆積が60%程度を占めている。これらの結果から、各流域の土砂移動の特徴と今後の降雨によって想定される土砂移動について、次のように整理した。

金目川流域・綱川流域

山地部における土砂堆積が卓越しており、今後の降雨では山地部からの土砂移動が支配的である可能性。

明沢川流域

河川部における土砂堆積が卓越しており、今後の降雨では河道部の堆積土砂の再移動が卓越する可能性。

3.2 計測計画の立案

流域毎に異なる土砂移動状況に対し、今後

表1 令和4年8月の出水時の土砂移動状況

中流域	小流域	流域面積(km ²)	移動土砂の割合(%)			
			侵食		堆積	
			山地部	河道部	山地部	河道部
荒川上流域	金目川	67.8	93.1	6.9	72.3	27.7
横川流域	明沢川	48	91.6	8.4	41.8	58.2
	綱川	20.1	94.1	5.9	70	30

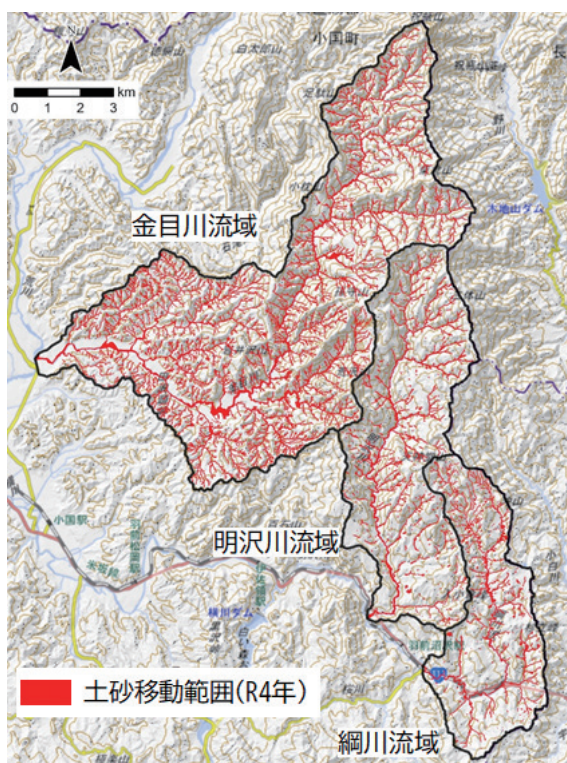


図2 令和4年8月の出水時の土砂移動範囲

表2 計測案1～3の概念図と各案の概要

案1	案2	案3
崩壊地 最上流端流域 河道部 計測範囲 ALB計測	崩壊地 最上流端流域 河道部 計測範囲 ALB計測	崩壊地 最上流端流域 河道部 計測範囲 LP計測 ALB計測
- 出水後、土砂堆積が明瞭である主溪流の土砂移動を対象 - 下流域の河道部のみを計測範囲	- 主溪流および支溪流河道内の土砂移動を対象 - 流域内の河道部を連続的に網羅できる計測範囲	- 主溪流および支溪流河道内+最上流端流域内全域の土砂移動が対象 - ALB計測とLP計測の併用

表3 計測案1～3の計測範囲の諸元と捕捉率

河川名	案1			案2			案3			
	延長 (km)	河道部 (km ²)	捕捉率 (%)	延長 (km)	河道部 (km ²)	捕捉率 (%)	延長 (km)	河道部 (km ²)	最上流端 流域 (km ²)	捕捉率 (%)
金目川	13.5	1.5	25	40.2	4.6	65	11	1.3	57	91
明沢川	8.4	0.8	62	15	1.5	70	10.1	1	10	75
綱川	3.4	0.4	52	10.1	1	75	4.8	0.5	5.3	89

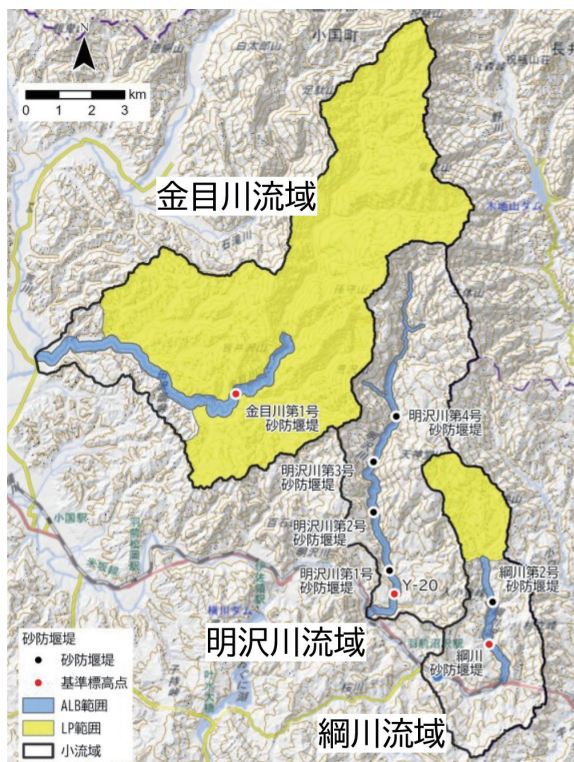


図3 各流域における計測範囲および基準標高点位置

の降雨により土砂移動が想定される範囲を可能な限り網羅できるような計測を実現するため、計測範囲・計測手法について案1～案3を検討した(表2および表3)。この時、捕捉率(令和4年8月出水後の土砂移動により流域内に堆積した土砂量に対して、「設定した計測範囲内の堆積土砂量の割合」という指標を用いた。

案1は、最上流端流域を除き、出水後に土砂堆積が明瞭であった主溪流の土砂移動のみを対象とする。案2は、最上流端流域の主溪流および支溪流の土砂移動のみを対象とする。案3は、最上流端の流域内全域に加え、主溪流および支溪流の土砂移動を対象とするものである。

各流域の土砂移動状況と各案の特徴、及びコスト面を考慮し、明沢川流域では案2、金目川流域及び綱川流域では案3を採用し、計測範囲を図3のように設定した。

4. 山地流域における計測データの精度管理・検証

4.1 精度管理

計測データの精度管理のため、本検討では調整用基準点とは別に標高補正用の基準点を設置した。河床変動高は大きくても数m以内であり、計測データをそのまま差分解析に用いた場合は、各計測データが持つ誤差が差分値に

表4 計測データと基準標高値の比較結果

流域	点名	基準標高 値 (m)	計測データ (m)		標高補正值 (m)	
			R5	R4	R5	R4
金目川	金目川堰堤	227.4	227.4	227.5	0	-0.1
綱川	綱川砂防堰堤	383.7	383.7	383.7	0	0
明沢川	Y-20	287.3	287.3	287.5	0	-0.2



図4 基準標高値設置地点の例

大きく影響する可能性が考えられる。そのため、差分解析に用いた2時期のデータは、流域ごとに設けた基準標高値と比較し補正值を決定した。両データ間の標高差は最大でも0.2mであり、比較的精度よくデータ取得は行えていたが、過年度の計測データを基準標高値に合うように補正を行った(表4)。

4.2 精度検証

本検討における精度検証は、土砂移動発生後であっても施設完成時の状況が比較的維持されやすいと考えられる、砂防堰堤の本堤・副ダム間の水叩き部にて行った。水叩き部の水深を比較した結果を図5-1)、砂防堰堤水叩き部の横断方向の点群状況と、検証対象とした副ダムの正面図を図5-3) および図5-4) に示す。計測範囲内には狭あいな谷地形が形成されているため、取得される3次元点群の精度の低下が懸念されたが、設計図と比較しても、施設の状況が良好に再現されていることが確認できた。さらに、水深の比較においても、本検討で取得した点群データの十分な精度が確認できた。これらから、本計測データにおいては、水

質条件や地形条件が厳しい場合であっても、3次元点群の高精度な取得を実現できたといえる。

5. まとめと課題

本検討では、令和4年8月出水後1年間の土砂移動状況をALB・LP計測にて把握し、今後の経年的な土砂移動状況を、効率的かつ高精度で把握していくための、計測計画、精度管理、精度検証について報告した。

- ・各流域の土砂移動状況に応じた計測計画の設定により、今後の対策を計画していく上での有用なデータ取得が行えた。
- ・狭あいな谷地形が形成される山地部においても、有効な精度管理・精度検証が実施できた。
- ・山地流域における土砂移動状況を把握するためには、流域毎の土砂移動状況や地形状況に応じた計測範囲・手法の検討が重要である。本手法のように、事前に流域内の状況把握を行うための資料収集・整理が必要である。
- ・本検討では、水叩き部における精度検証が有効であると報告した。一方で、流域によっ

1) 実測値との比較

項目	設計値	実測値※	ALB計測
値	2.5m	2.4m	2.5m
観測日	—	R5.10.18	R5.11.1及び3

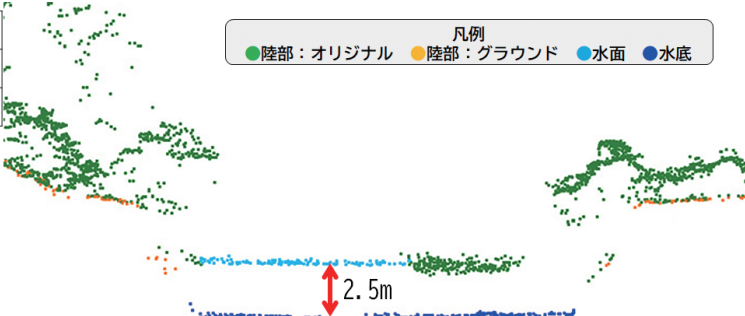
※実測日の水質調査結果

透明度：着底 透視度：44.5 濁度：11.6NTU

2) オルソ図



3) 3次元点群取得状況(2)図の赤矢印部分)



4) 設計図

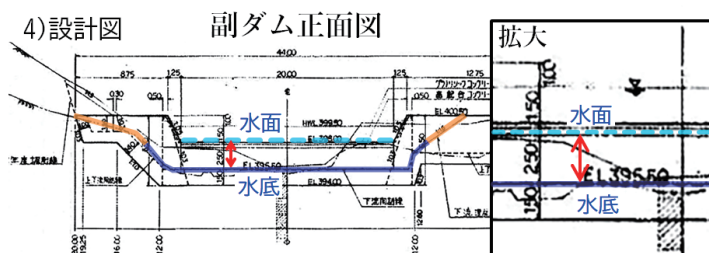


図5 3次元点群の取得状況

ては精度検証の際に、同様の施設を活用することができない場合の精度検証について、手法の検討や確立を行っていく必要がある。

■謝辞

本検討にあたり、国土交通省北陸地方整備局飯豊山系砂防事務所よりデータ提供をいただきました。深く感謝申し上げます。

■参考文献

- 1) 国土交通省 水管理・国土保全局 砂防部
気候変動を踏まえた砂防技術検討会：気候変動を踏まえた砂防技術検討会 令和5年度版とりまとめ、(pp.1)、2024
- 2) 国土交通省 水管理・国土保全局：河川砂防技術基準（調査編）第17章 第2節-5、2024
- 3) 国土交通省：8月3日からの大雨による被害状況等について（第26報）、2022

■執筆者

對馬 美紗（つしま みさ）

朝日航洋株式会社



（共著者）所属は筆頭著者に同じ

中野 陽子（なかの ようこ）

加藤 和輝（かとう かずき）

藤山 果穂（ふじやま かほ）

角埜 嵩文（かくの たかふみ）

安海 高明（あんかい たかあき）