

中小河川の維持管理における 航空レーザー測量・測深の活用検討について

太田 宏生¹

¹滋賀県 南部土木事務所 道路計画第二課 (〒525-8525滋賀県草津市草津三丁目14-75)

近年、全国的に河川改修事業に伴う航空レーザー測量・測深の活用が促進されている。本県では、河川整備計画の策定に伴う広範囲の測量に航空レーザー測量・測深が活用され、その実績が徐々に蓄積されつつある。一方で、当該測量により取得できる3次元地形データの更なる活用により、河川管理の高度化・効率化が期待されているが、本県では、3次元地形データの取得後、河川管理への活用が十分とは言えない状況である。本報告では、ALB等によって得られる3次元データを中小河川の維持管理に活用し、河川管理の高度化・効率化が可能であるかを検証することを目的とする。本報告が、3次元地形データの更なる活用の一助になればと考える。

キーワード 航空レーザー測量, ALB, 中小河川, 維持管理, 点検マニュアル

1. はじめに

近年、全国的に河川改修事業に伴う航空レーザー測量・測深(以下「ALB等」とする)の活用が促進されている。これは、従来の近赤外線レーザーでは、流水部の地盤高が計測できなかったが、流水部を透過するグリーンレーザーにより、河床の計測が可能になったためである。本県においても、河川整備計画の策定に伴う広範囲の測量にALB等が活用され、その実績が蓄積されつつある。2020年には、一級河川大戸川において、河川整備状況の確認のため、ALB等を実施した。

また、現在、河川管理の高度化・効率化を目的として、3次元データの更なる活用が求められている。2020年2月付けで国土交通省より河川管理用三次元データ活用マニュアル(案)(以下「マニュアル」とする)が策定されており、活用方法および注意点がまとめられているところである。全国的にも3次元地形データを用いた河川管理はこれから推進される分野である。特に、地方自治体が管理する中小河川での活用事例は、積みあがっていない状況である。

一方で、地方自治体における河川管理について、少子高齢化、価値観の多様化、財政の逼迫および河川周辺の土地開発等の社会環境の変化に伴い、従来の管理方針等では立ち行かなくなってきた。

本報告では、中小河川における河川管理の現状を一事例により示しつつ、ALB等によって得られる3次元データを中小河川の維持管理に活用し、河川管理の高度化・効率化が可能であるかを検証することを目的とする。

2. 河川管理の現状および課題

本県における河川管理の現状および課題から、河川管理の高度化・効率化の必要性について示す。

(1) 維持管理の状況と課題

本県の維持管理の状況として、令和2年度の大津市南東部エリアの例を以下に示す。当該エリアの対象河川は、24河川、延長約61.4km(琵琶湖を除く)である。

まず、補修工事の実施経緯について、地元等の要望が約63%と半数以上を占めており、定期管理および調査点検は併せて約34%にとどまっている(図-1)。

次に、要望件数について、年間172件の要望を受けている。また、要望内容の比率を示す(図-2)。除草・伐採が最も多く、約44%を占めている。次いで、河川構造物が約13%であり、浚渫が約11%と続く。

以上の状況より、以下の課題点があげられる。

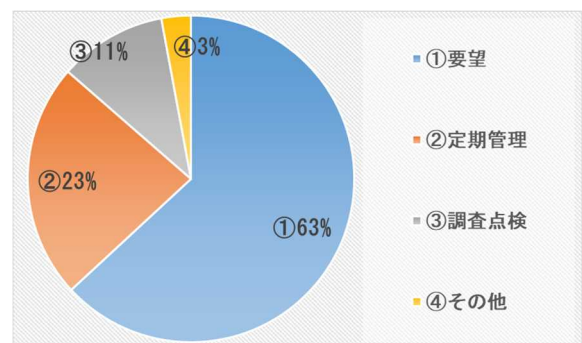


図-1 補修工事における実施経緯の比率

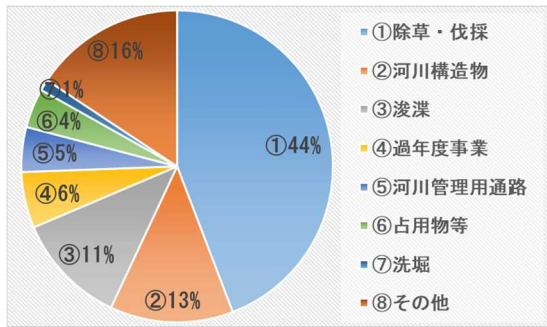


図-2 要望内容の比率



図-3 測量実施範囲

まず、維持管理が定期管理および調査点検だけでは十分行っておらず、地域住民等の要望により成り立っているということが言える。地元協働とも言えるが、河川管理者の立場としては事後対応になる。

次に、要望数が多く、職員の負担が大きい。勤務日数を約240日とすれば、約1.4日に1件のペースで要望を受けている。主な業務として改良事業を抱えながらの要望対応は、時間的に困難であり、効率化が必要である。

さらに、要望内容の比率に伴い、維持補修の内容も、除草等に重点が置かれているという点があげられる。除草等による景観保全や民地の侵害防止は河川管理において重要な点であるが、通水断面を確保する浚渫工事および流水を安全に流下させる河川構造物の補修工事の比率をより上げていく必要がある。

以上より、事後対応に追われる維持管理から、計画的な維持管理へ転換するために、河川管理の高度化および効率化が必要であると考えられる。

(2) 維持管理計画の状況と課題

維持管理計画は、2013年に改正された河川法等に基づき、各県土木事務所が策定した河川維持管理計画に沿って実施している。

当該計画では、河川巡視点検を実施し、設定している維持管理目標に対して、要対策箇所を評価し、補修することになっている。

河川巡視点検は、委託業務、河川パートナーおよび県職員が、目視点検により実施している。目視点検の利点は、現地確認により、細かな情報が入手しやすい点にある。

一方で、計画的な維持管理を進めるためには、以下のような課題点もある。

まず、目視点検は局所的になりやすく、俯瞰的に状況把握がしづらい。

次に、情報が定性的で、定量的な情報が得られない。

さらに、徒歩あるいは自転車での点検であり、草木の繁茂もしくは管理用通路の整備状況により、点検精度が左右される。

また、点検結果が写真データで取りまとめられ、経年比較がしづらいことや、工事履歴、計画断面および占用工作物等の基礎情報とリンクしづらい点も課題である。

表-1 計測機材および計測諸元の設定

項目	設定諸元	備考
搭載航空機	エアバス・ヘリコプターズ社 AS350B	
ALB計測システム	SAKURA-GH (RIEGL社VQ-880-GH搭載)	
データ記録方式	連続波形記録方式	
レーザ製品分類	Laser Class 3B	
レーザ波長帯	G channel 532nm IR channel 1064nm	G陸部・水部計測用 IR水面補正用
レーザパルス発射回数	G channel 550,000Hz IR channel 600,000Hz	円形スキャン 並行円弧スキャン
ビーム広がり角	G channel 2.0mrad IR channel 0.2mrad	高度690m 約138cm 高度690m 約14cm
レーザスキャン角度	±20°	高度690m 幅約500m
対地飛行速度	約100km/h	
対地飛行高度	約690m	計測基準面より
計測地点密度	G channel 約24点/m ² IR channel 約19点/m ²	
計測コース間重複度	50%	
付属デジタルカメラ	PhaseOne iXU-RS1000	RGB画素数1億pixel
航空写真地上画素寸法	約7cm	対地高度690m

計画的な維持管理をするためには、定量的かつ俯瞰的な調査点検データが必要不可欠である。また、維持管理の高度化および効率化のためには、点検精度の向上や中長期的な調査結果の分析等が必要となる。

以上より、河川維持管理が抱える課題の解決には、河川における調査点検の高度化・効率化等が必要である。

3. ALB等の概要

(1) ALB等の実施概要

今回、実施したALB等の概要を以下に示す。

対象河川は、一級河川大戸川およびその支川である。

実施範囲は、一級河川瀬田川合流地点(大津市黒津地先)から第二斧研橋(大津市牧地先)までの約9.0km、約3.0km²である(図-3)。

実施目的は、大戸川河川改修事業完了に向けて、河川整備状況の確認のためである。

測量内容は、以下のとおりである。

- ① 測量種別：航空レーザー測量・測深
- ② 区分：地図情報レベル500
- ③ 測点間隔：0.5mメッシュ相当
- ④ 計測機器仕様等：表-1のとおり

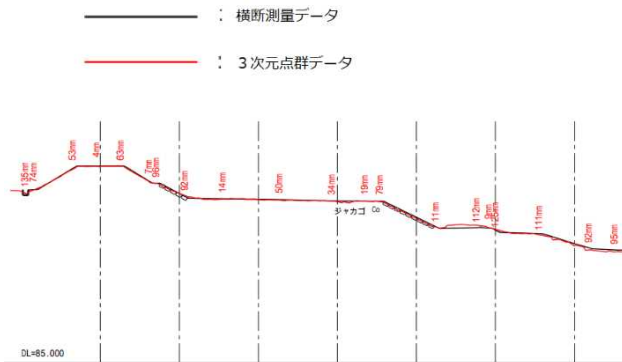


図4 TS測量および点群データ重ね合わせ横断面図



図5 パラペット護岸の参考写真

⑤ 成果物内容

- ・三次元計測オリジナルデータ
- ・グラウンドデータ水陸部
- ・グリッド(標高)データ
- ・等高線データ
- ・オルソ画像
- ・縦横断面図

(2) ALB等の精度および留意すべき特徴

ALB等の精度について、標高の較差が0.3m以内と定められている²⁾。参考までに、本業務におけるTSおよびレベルによる横断方向での点検測量(5測線、186点)の較差は、最大値0.147m、最小値0.02m、平均値0.057mとなっており、基準値は十分に達成されていた(図4)。

中小河川でALB等を使用する際に、留意すべき点を示す。

まず、ALB等のおさえておくべき特徴は、先述した測点間隔である。パラペット護岸のような測点間隔以下の狭小な天端幅の構造物が計測困難であり、堤防高が過小評価されるおそれがある(図-5)。本業務においても、横断面図において、2地点10測線でパラペット護岸が評価されなかった。これについては、既往測量データおよび工事履歴を重ね合わせることで補足した。同じように法覆

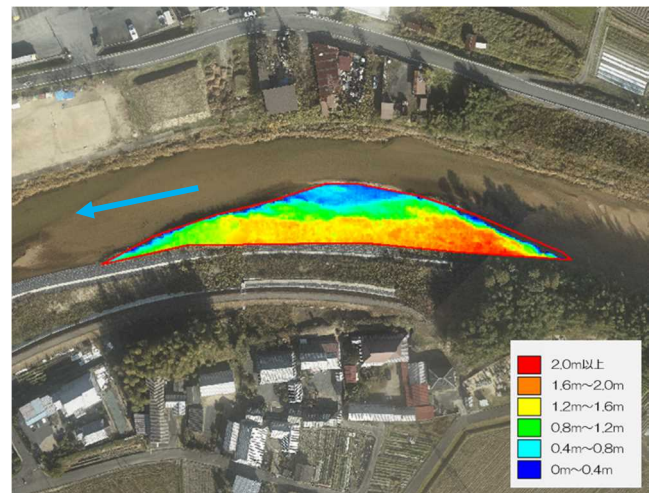


図6 計画河床からの差分解析結果

護岸工の法肩および小型堤脚水路等も計測困難な場合があることから、使用方法に応じて留意が必要である。

次に、樹木および草木の繁茂により、測量誤差が生じることである。幸いなことに、本業務では補備測量が必要なほどの測量誤差は生じなかった。

さらに、従来の横断測量と異なり、ALB等から作成した横断面図では、構造物等の属性等の判別ができないことから留意が必要である。

4. ALB等を用いた維持管理への活用検討

本技術を用いて、一級河川大戸川および支川の調査点検を実施したところ、大小あわせて約50箇所(経過観察箇所を含む)の異常箇所が確認できた。その代表的な検証事例を示すとともに、マニュアルとの比較を示す。

(1) 代表的な検証事例

以下に、検証した事例の中で代表的なものを示す。

a) 土砂堆積

3次元データを活用した堆積土砂の掘削土量算定を示す(図-6)。計画河床からの差を解析により算定している。3次元データより算定された掘削土砂量は、2,604m³であり、従来の平均断面法により算定された掘削土砂量は、2,650m³である。その差は、わずか46m³であった。また、3次元データを活用することで、より精度の高い掘削土量が算定されていると考えられる。

3次元データを活用することで、定量的な情報が得られた。また、一断面ごとに横断面図作成および数量計算の必要がなくなることから、土砂堆積量の把握において省力化につながると考えられる。

さらに、計画的な維持管理に対しても、本技術は非常に有効である。差分解析により、河川全体の土砂堆積量の把握が可能であることから、予算計画等がたてやすい。また、任意点での横断面図を併せて確認することで、断面閉塞率および土砂堆積量から、施工の優先順位等を決定



図-7 オルソ画像(左)と標高段彩図(右)の比較



図-8 法面崩れ現地写真

し、実施計画を策定することが可能である。この副次的な効果として、地域住民に対する維持管理計画の明確な説明等が可能となる。

加えて、数年毎に、3次元データを取得することにより、土砂堆積の進捗を分析することが可能であり、予測をもとにした中長期的な浚渫計画を策定可能となる。

b) 植生繁茂箇所への調査

マニュアルにおいて、植生の繁茂状況によって、計測精度が低下するとある¹⁾。しかし、植生が密に繁茂している箇所では、法面崩れが確認できた箇所を紹介する。

当該地は、管理用通路となる市道の河川側に樹木が繁茂している。そのため、目視点検およびオルソ画像による法面状況が確認できず、河川内からでなければ、法面の点検が困難な場所である。しかし、標高段彩図を作成すると、護岸上部の法面が一様でなく、崩れのような影が確認できる(図-7)。そして、現地確認により、法面崩れが確認された(図-8)。

草木繁茂および管理用通路の未整備等により、徒歩での点検が困難な箇所を活用することで、崩れ等の早期発見、つまり点検精度の向上や点検作業の省力化につながると考えられる。



図-9 市道橋下の河床洗堀

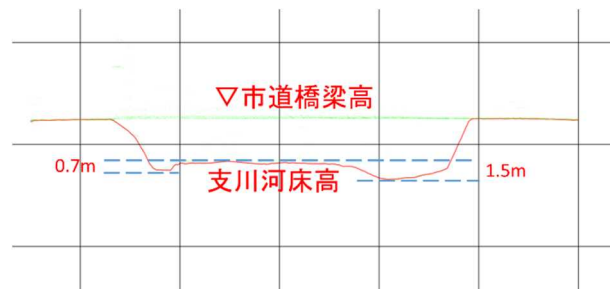


図-10 市道橋下の河床洗堀

c) 対策工検討への活用

本技術による調査をふまえ、原因分析および対策工の検討まで活用した例を示す。

大戸川と支川の合流部に位置する橋梁下で、河床洗堀が発生し、護岸の基礎が沈下した(図-9)。

まず、3次元データから橋桁で覆われた箇所を横断面図を出力する(図-10)。今回用いたALB等は、円形の軌跡でレーザ光が斜めに照射されているため、橋桁で覆われた一部についてもデータが取得されている。また、3次元データは、任意断面で、横断面図を作成可能であることが強みである。横断面図より、右岸側が約1.5m洗堀されており、左岸側が約0.7m洗堀されていることが判明した。この段階では、よくある橋梁下部の局所洗堀であり、根継工の実施が考えられる。

しかし、標高段彩図およびオルソ画像を確認すると、大戸川の右岸側に土砂が堆積し、左岸側は、洗堀していることが判明した(図-11)。そのため、支川縦断方向(大戸川横断方向)に、横断面図を出力すると、大戸川と支川で約1.5mの落差が生じていることが判明した(図-12)。

さらに現地調査を進めると、単なる局所的な河床洗堀ではなく、大戸川の洗堀により、支川右岸の護岸に沿って水みちが出来ていることが確認された。これを放置すると、さらに洗堀が進行し、他の構造物への影響が懸念された。

以上から、沈下した護岸の根継工だけでなく、大戸川と支川のすりつけ落差工を実施することとした(図-13)。

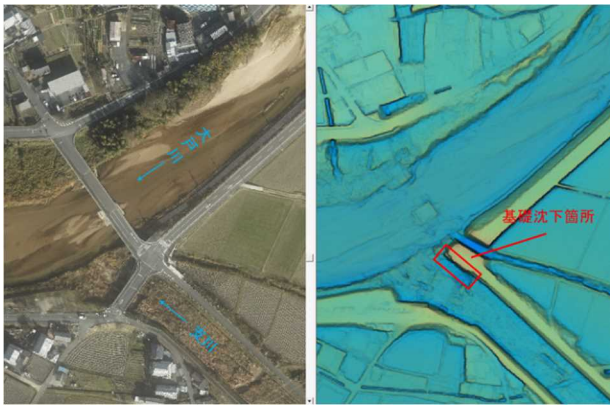


図-11 オルソ画像(左)と標高段彩図(右)の比較

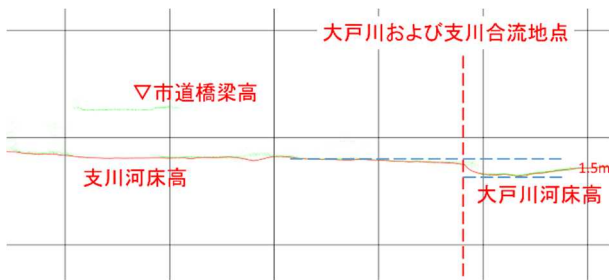


図-12 支川縦断方向横断面図



図-13 支川すりつけ工事完了写真

現地測量と異なり、任意断面の横断面図が机上で瞬時に作成が可能であり、調査の省力化および多面的な視点で評価が可能である。また、オルソ画像もしくは標高段彩図から俯瞰的な視点で分析も可能である。まさに維持管理の高度化、効率化につながった事例である。

(2) 本検証とマニュアルとの比較

本検証とマニュアルとの比較内容および結果を表に示す(表-2)。

まず河道流下能力評価に用いる堤防高・形状について、縦断的に連続した堤防高はマニュアル通り作成可能であったが、中小河川に多々見られるパラペット護岸の計測

表-2 本検証結果とマニュアルとの比較

大分類	中分類	小分類	マニュアル	検証結果	備考
治水関連	河道流下能力	堤防高・形状	○	△	パラペット構造測量不可
		河床形状	○	○	
		土砂堆積	○	○	土砂量計測
		植生(樹木)の繁茂	○	○	死水域からの伐採範囲算出
		河床材料	△	○	検証不可
	局所的な流速・流向・抵抗	水衝部	○	○	
		支川合流部	○	○	
		河川横断工作部設置箇所の下流	○	○	
		流速に影響を与える深掘れ等	○	○	
		植生(樹木)の繁茂	○	○	死水域からの伐採範囲算出
構造物	堤防高・形状	○	○		
	植生繁茂箇所(法面、堤防形状等)	○	○		
	河川管理施設(視察工等)	○	○		
	許可工作物(橋梁等)	○	○		
	撤去箇所調査	○	○		
危機管理	堤外地	○	○	災害無し	
	堤内地	○	○	災害無し	
河川環境	自然環境	堤内地地形形状	○	○	堤内地広範囲の測量無し
		水際線	○	○	未検証
		瀬・淵構造	○	○	未検証
	利用	植生(樹木)	○	○	未検証
		占用	○	○	施設無し
		利用	○	○	利用無し
		その他	○	○	

「○」:メリットが大きい、「△」:ある程度メリットがある/条件によってメリットがある、「\」:対象外

が不可であり、注意を要することから条件によりメリットがあるとした。

次に、先に事例を紹介し、効果が確認された「支川合流部」および「植生繁茂箇所」の項目を追加した。

さらに、事例紹介はしていないが、河川敷地で管理している水防資材(盛土材、根固ブロック等)について、地盤面からの差分解析で体積を算出することが可能である。災害等で増減する盛土材の管理に役立つ。

最後に、過去の工事履歴および占用物等の情報をレイヤーとして重ねることで、より多様な活用が可能である。実際に、地元要望に対して、3次元データおよび工事履歴をあわせて活用することで、スムーズに対応できた事例があった。

5. 河川維持管理計画における調査点検への適用

第3章で、ALB等の維持管理への活用検討を行い、調査点検の高度化、効率化が図れることが実証されたと考える。そのことを踏まえて、現在、本県の各事務所が策定している河川維持管理計画への適用を検討する。

まず、ALB等の位置づけについて、現段階では目視の河川巡視点検のように年1回以上等の頻度等の設定は困難であり、河川定期縦横断測量のように、「必要に応じて実施」ということになる。

次に、ALB等を実施した際の点検チェックリスト(案)を以下のとおり作成した。本来チェックリストは、占用関係点検および親水施設等の安全利用点検といった形で複数存在するため、河川構造物等に関するチェックリストを代表で示す(表-3)。目視点検のチェックリストをもとに作成しており、変更箇所は赤字とした。ALB等の特徴である俯瞰的な調査および定量的な情報の取得を項目に盛り込んでいる。

さらに、チェックリストにより異常が発見された際の重点箇所個票(案)および点検の方法および注意点をとりまとめた点検マニュアル(案)を作成した。こちらは護岸に関するものを代表で示す(表-4、表-5)。ALB等で得られる3次元データの効果をより得られるように、重点箇

表-3 点検チェックリスト(案)

点検チェックリスト(航空レーザー測量・測深点検)

●点検項目 下表のとおり
 ●点検方法 点検内容に応じて実施
 (一) 点検内容がある
 (二) 点検内容がない
 (三) 点検内容があるが、点検結果を要しない
 ●点検内容 重要

項目	点検内容				評価	点検結果 (○:正常、△:異常)	備考
	オルソ画像	断面図	断面図	断面図			
1 河道内	1-1 測量機、補機工作機下流、支川合流部等における流れ	○	○	○	○	正常	
	1-2 堰・橋脚の状況	○	○	○	○	正常	
	1-3 河道内の異状(土砂堆積)	○	○	○	○	正常	
	1-4 橋脚(橋脚)周辺の状況(土砂堆積)	○	○	○	○	正常	
	1-5 水質(濁り)	○	○	○	○	正常	
2 取水口 取水設備	2-1 取水口の異状(土砂堆積)	○	○	○	○	正常	
	2-2 取水、多量取水の状況	○	○	○	○	正常	
	2-3 取水口の異状(土砂堆積)	○	○	○	○	正常	
	2-4 取水口の異状(土砂堆積)	○	○	○	○	正常	
	2-5 取水口の異状(土砂堆積)	○	○	○	○	正常	
3 川のり面 高水・堤防箇所	3-1 川のり面の異状	○	○	○	○	正常	
	3-2 高水時の状況	○	○	○	○	正常	
	3-3 高水時の状況	○	○	○	○	正常	
	3-4 高水時の状況	○	○	○	○	正常	
	3-5 高水時の状況	○	○	○	○	正常	
4 堤防	4-1 堤防の異状	○	○	○	○	正常	
	4-2 堤防の異状	○	○	○	○	正常	
	4-3 堤防の異状	○	○	○	○	正常	
	4-4 堤防の異状	○	○	○	○	正常	
	4-5 堤防の異状	○	○	○	○	正常	
5 川のり面 河床・河床底	5-1 川のり面の異状	○	○	○	○	正常	
	5-2 川のり面の異状	○	○	○	○	正常	
	5-3 川のり面の異状	○	○	○	○	正常	
	5-4 川のり面の異状	○	○	○	○	正常	
	5-5 川のり面の異状	○	○	○	○	正常	
6 川のり面 河床・河床底	6-1 川のり面の異状	○	○	○	○	正常	
	6-2 川のり面の異状	○	○	○	○	正常	
	6-3 川のり面の異状	○	○	○	○	正常	
	6-4 川のり面の異状	○	○	○	○	正常	
	6-5 川のり面の異状	○	○	○	○	正常	
7 堤防 高水・堤防箇所	7-1 堤防の異状	○	○	○	○	正常	
	7-2 堤防の異状	○	○	○	○	正常	
	7-3 堤防の異状	○	○	○	○	正常	
	7-4 堤防の異状	○	○	○	○	正常	
	7-5 堤防の異状	○	○	○	○	正常	
8 堤防 高水・堤防箇所	8-1 堤防の異状	○	○	○	○	正常	
	8-2 堤防の異状	○	○	○	○	正常	
	8-3 堤防の異状	○	○	○	○	正常	
	8-4 堤防の異状	○	○	○	○	正常	
	8-5 堤防の異状	○	○	○	○	正常	

表-4 重点箇所個票

重点箇所個票(航空レーザー測量・測深実施時)	重要点検箇所 No. 26
(課 岸)	河川名 大戸川 測点 No.18+60 座標 X→117154.780 Y→6781.624
所属	大津土木事務所 河川砂防課
測量日時	令和 3 年 12 月 23 日
当該箇所 指定理由	右岸異常堆積および支川合流により、左岸洗堀を生じており、周辺構造物への影響が懸念される。
状況の確認	1 オルソ画像による点検 異常ありの場合、対象物(河床、根固)、状況(左岸洗堀、右岸土砂堆積、根固不陸)、その他() 異常なしの場合 ()
	2 断面図による点検 異常ありの場合、対象物(河床、根固)、状況(河床洗堀、根固沈下)、その他() 異常なしの場合 ()
	3 断面図による点検 異常ありの場合、対象物(河床)、状況()、その他() 異常なしの場合 ()
	4 差分解析による点検 異常ありの場合、対象物()、状況()、その他() 異常なしの場合 ()
	5 その他による点検 異常ありの場合、対象物()、状況()、その他()
備考	工事履歴なし
図面・写真	[1 オルソ画像]
	[2 断面図]
目視点検	[3 断面図]
	[4 差分解析] なし
目視点検 対策の必要	1 必要あり 【理由】上記調査異常あり、特に断面図において、支川の右岸が1.5m洗堀、左岸が0.7m洗堀。 【実施内容】基礎の沈下、堰岸前面掘削、周辺構造物への影響を要調査 2 必要なし 3 その他

所個票は、多面的な分析を促すよう作成し、マニュアルも、俯瞰的および多面的な視点での調査点検を促すように作成している。また、目視点検および対策を次のステップと位置づけ、申し送り事項を記載できるように工夫してある。

6. まとめ

本報告では、第1章にて、ALB等による3次元データを用いた中小河川の維持管理に活用し、河川管理の高度化・効率化が可能であることを検証することを目的とした。

第2章にて、本県が抱える維持管理の課題解決には、計画的な維持管理および河川管理の高度化、効率化が必

表-5 点検マニュアル(案)

点検マニュアル(航空レーザー測量・測深点検)

点検マニュアル(航空レーザー測量・測深点検)の概要ページ。左側に「点検項目」のリストがあり、右側に「点検方法」の図解と説明が記載されている。図解には、点検機の手配、点検コースの設定、点検の実施、データの取得と保存の順に進んでいる。また、点検結果の確認方法も示されている。

要であり、そのためには調査点検の高度化・効率化が必要であることを示した。

次に、第4章にて、実際に3次元データによる河川点検調査を実施した。目視点検と異なり、俯瞰的な調査、定量的な情報の取得および多面的な分析が可能であることが確認された。中小河川においても河川管理および調査点検において、高度化・効率化が可能であることを示した。

その上で、第5章にて、実際の運用検討として、河川維持管理計画における点検マニュアル等の案を作成した。

今後の展望としては、今回作成したマニュアルの試験運用等を行いブラッシュアップする必要がある。

また、数年後に同範囲でALB等の再測量を実施し、河川全体での差分解析等から得られる情報を分析し、さらなる活用の可能性を検討する必要がある。

さらに、従来の調査点検による要対策箇所を補修するという事後対応の維持管理計画ではなく、土砂堆積量を想定するような将来予測を踏まえた維持管理計画や土砂堆積箇所を予防するような戦略的な維持管理計画の策定指針等を検討する必要がある。

そして、一定の検討が進んだ段階で、横展開するためのロードマップ等の検討が必要と考える。

考察として、今回の検証を終え、ALB等における3次元データは、河道計画の改修計画に用いるより、維持管理にその真価を発揮するのではないかと考える。また、実証実験を積み重ねることで、さらに多様な活用方法が見いだされるのではないかと考える。

最後に、今後活用が促進されると考えられるALB等を用いた河川管理の実施例として、本報告が参考になることを切に願う。

参考文献

- 国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課 河川保全企画室：河川管理用3次元データ活用マニュアル(案)；2020年(令和2年)2月
- 国土地理院：航空レーザー測深機を用いた公共測量マニュアル(案)；2019年(平成31年)3月