

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

滋賀県 南部土木事務所 道路計画第二課 幹線道路整備第二係 主査 おおた ひろき 太田 宏生

1. はじめに

近年、全国的に河川における航空レーザー測量・測深（以下、「ALB等」という）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ALB等を活用しており、その実績が蓄積されつつある。

一方で、当該測量から取得できる3次元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次元データの取得後、河川管理への活用が十分とはいえない状況である。

本稿では、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した。本稿が、3次元データの更なる活用の一助になればと考える。

2. ALB等の概要

本検証に使用したALB等の実施概要を示す。

対象河川は一級河川およびその支川、実施範囲は一級河川瀬田川合流地点（滋賀県大津市黒津地先）から第二よきとぎ斧研橋（滋賀県大津市牧地先）までの約9.0km、約3.0km²である（図-1）。

なお、測量内容は次のとおりである。

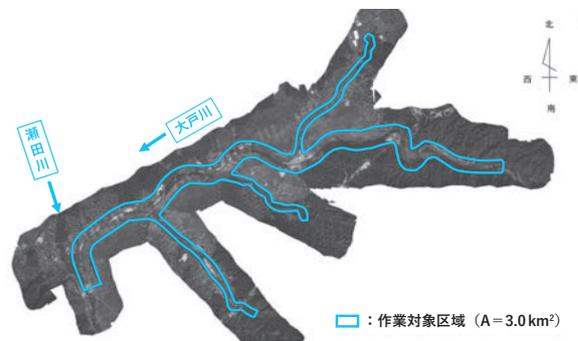


図-1 測量実施範囲

- 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
- ⑤ 成果物内容
 - ・3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
 - ・縦横断図

3. ALB等を用いた維持管理への活用検討

ALB等を用いて、一級河川大戸川および支川の調査点検を試行したところ、約50カ所（経過観察箇所を含む）の異常箇所が確認できた。その

表-1 計測機器仕様等

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	
レーザー製品分類	Laser Class 3B	
レーザー波長帯	G channel 532 nm IR channel 1064 nm	G 陸部・水部計測用 IR 水面補正用
レーザーパルス発射回数	G channel 550,000 Hz IR channel 600,000 Hz	円形スキャン 並行円弧スキャン
ビーム広がり角	G channel 2.0 mrad IR channel 0.2 mrad	高度 690 m, 約 138 cm 高度 690 m, 約 14 cm
レーザースキャン角度	± 20°	高度 690 m, 幅約 500 m
対地飛行速度	約 100 km/h	
対地飛行高度	約 690 m	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 7 cm	対地高度 690 m

代表的な検証事例を示す。

(1) 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結果を図-2に示す。計画河床からの差を解析により算定しており、算定された掘削土量は、3次元データによるものが2,604 m³、従来の平均断面法によるものが2,650 m³である。その差は、わずか46 m³であり、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。

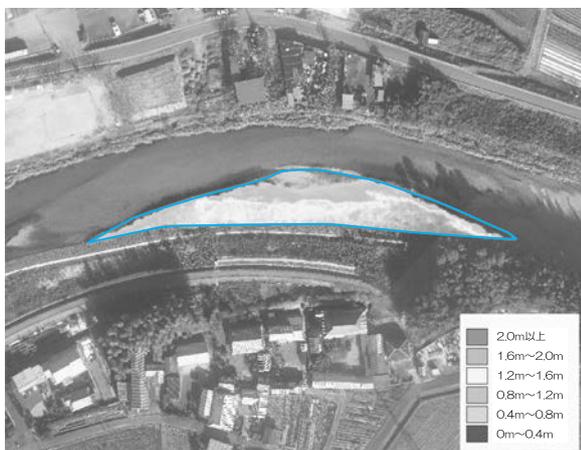


図-2 計画河床からの差分析

本検証より、断面ごとに横断図作成および数量計算を行う必要がなくなり、業務の効率化につながる事が分かった。

さらに、計画的な維持管理に対しても、ALB等は有効である。差分解析により河川全体の土砂堆積量を把握できるため、予算計画等が立てやすい。また、任意点での横断図を瞬時に作成できるため、断面閉塞率が即座に算定可能である。土砂堆積量とあわせて、施工の優先順位等を検討し、実施計画を算定できる。この副次的な効果として、地域住民に対して維持管理計画（浚渫の順番等）の明確な説明が可能となる。

加えて、数年ごとに3次元データを取得することにより、土砂堆積の進捗が分析でき、予測を基にした中長期的な浚渫計画が策定可能となる。

(2) 植生繁茂箇所の調査

ALB等には、植生の繁茂状況によって、計測精度が低下するデメリットがある。しかし、植生が密に繁茂している箇所でも、法面の崩れが確認できた事例を紹介する。

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

オルソ画像では法面状況が確認できず、河川内からでなければ法面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-3）。そして、現地確認により、法面の崩れが確認された（写真-1）。

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に ALB 等を活用することで、法面の崩れ等の早期発見や点検精度の向上、点検作業の効率化につながると考えられる。

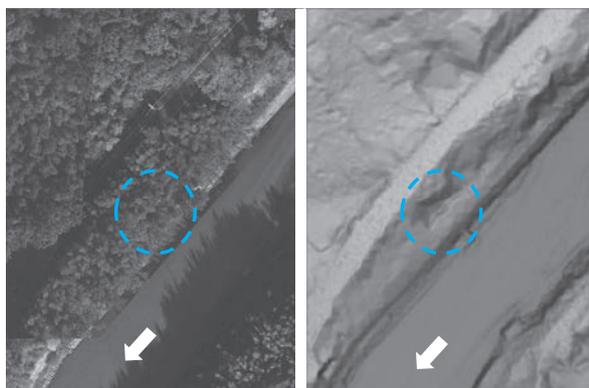


図-3 オルソ画像（左）と標高段彩図（右）



写真-1 法面の崩れ現地写真

(3) 対策工検討への活用

ALB 等による調査を踏まえ、原因分析および対策工の検討にまで3次元データを活用した事例を紹介する。

大戸川と支川の合流部に位置する橋梁下で、河床洗掘が発生し、護岸の基礎が沈下した（写真-2）。

まず、3次元データから橋梁下部の横断面を作



写真-2 橋梁下の護岸基礎沈下

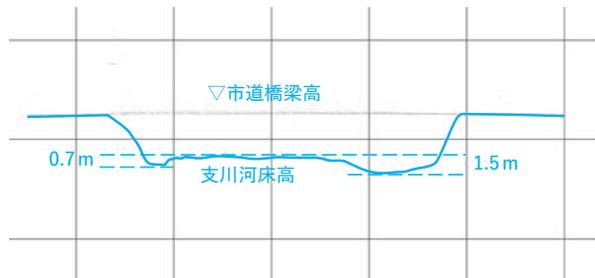


図-4 橋梁下の横断面図

成する（図-4）。今回用いた ALB 等は、円形の軌跡でレーザー光が斜めに照射されているため、橋梁下の一部もデータが取得されている。横断面図より、右岸側が約 1.5 m 洗掘されており、左岸側が約 0.7 m 洗掘されていた。この段階では、よくある橋梁下部の局所洗掘と考えられ、根継ぎ工による補修が一般的である。

しかし、標高段彩図およびオルソ画像で俯瞰的に確認すると、大戸川の右岸側に草木が繁茂してその下に土砂が堆積し、左岸側（支川側）は根固めブロックの上端より河床が低下し洗掘していることが判明した（図-5）。そのため、支川縦断方向に横断面図を出力すると、大戸川と支川で約 1.5 m の段差が生じていた（図-6）。

以上を踏まえて現地調査を行うと、大戸川の洗掘により、支川の特に右岸側護岸に沿って水みちができていたことが確認された。これを放置するとさらに洗掘が進行し、他の構造物への影響が懸念された。

そのため、沈下した護岸の根継ぎ工だけでなく、大戸川と支川のすりつけ落差工を施工した

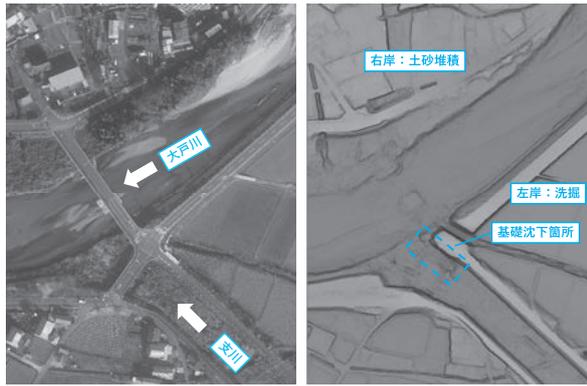


図-5 オルソ画像（左）と標高段彩図（右）



写真-3 工事完了写真

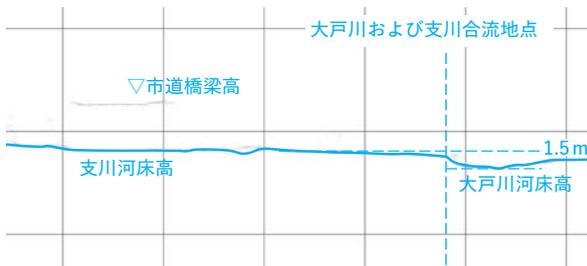


図-6 支川縦断方向横断面図

面的な視点での評価が可能であることが分かった。また、オルソ画像や標高段彩図により、俯瞰的な視点での分析が可能である。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。

4. 点検マニュアル（案）等の作成

（写真-3）。

本事例より、現地測量と異なり、任意の横断面図が机上で瞬時に作成でき、調査の省力化および多

前述のとおり、ALB等の維持管理への活用検討を行った結果、調査点検の高度化、効率化が一

表-2 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	<ul style="list-style-type: none"> 点検内容に応じて実施 [○]: 点検効果がある [△]: 条件によって点検効果がある [△]: 条件によって点検効果がある [—]: 点検不可
◆点検者	直営

項目	点検内容	評価	目視点検 「有」、「無」	備考欄				
					オルソ画像	標高段彩図	断面図	差分解析
1. 河道内	1-1 湾曲部、横断工作物下流、支川合流部等における深掘れ	○	○	○	○			
	1-2 樹木の繁茂状況	○	—	○	△	○	死水域	
	1-3 土砂等の堆積状況、堆積量	○	○	○	○	○		
	1-4 護床工（根固ブロック等）の変状（流出等）	○	○	○	—	○		
	1-5 流木、漂着物等の有無	○	—	—	—	—		
2. 高水敷低水護岸	2-1 低水護岸の基礎部の変状	△	○	○	—	○		
	2-2 流木、漂着物等の有無	○	—	—	—	—		
3. 表法面高水・堤防護岸	3-1 法面の亀裂崩落	○	○	○	—	○		
	3-2 護岸や浸食防止シート等、耐浸食構造物の変状	△	△	△	—	△		
	3-3 護岸の基礎部の変状	○	○	○	—	○		
	3-4 樹木の繁茂状況	○	—	○	△	○	死水域	
4. 天端	4-1 局所的に低い箇所の有無	○	○	○	—	—		
	4-2 天端形状の確認	○	○	○	—	○		
	4-3 樹木の繁茂状況	○	—	○	△	○		
5. 裏法面	5-1 法面の亀裂崩落	○	○	○	—	○		
	5-2 小段の逆勾配箇所や局所的に低い箇所の有無	○	○	○	—	—		
	5-3 樹木の繁茂状況	○	—	○	△	○		
6. 裏法尻	6-1 局所的に低い箇所の有無	△	○	○	—	○		
	6-2 堤脚保護工の変形	△	△	△	—	△		
7. 橋門等構造物周辺（橋梁含む）	7-1 施設周辺の堤防との段差（抜けあがり）	△	○	○	—	—		
	7-2 橋梁下部の深掘れ、橋脚護床工の変状	—	○	○	—	—		

定程度図れることが確認された。

そのため、ALB等を用いた河川維持管理の点検マニュアル（案）等を作成した。作成に際しては、本県の各土木事務所が策定している河川維持管理計画の点検マニュアル、点検チェックリスト、重点箇所個票を更新する形を取った。

まず、「点検チェックリスト（案）」を紹介する（表-2）。従来は目視点検のみでのチェックであったが、オルソ画像、標高段彩図、横断図等の6項目でチェックするように表を整理した。また、チェック項目ごとに点検効果の有無を示している。

注意点は、3次元データは必ずしも万能ではないことである。従来のチェック項目にあった表法

面の張芝の状況などは、目視点検でなければ確認ができない。

次に、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）」、点検の方法および注意点を取りまとめた「点検マニュアル（案）」を紹介する（図-7、8）。重点箇所個票は、点検チェックリストで得られた複数の結果から多面的な分析をしやすいように、複数の結果を見比べられるように作成した。また、目視点検および対策を次のステップと位置付け、申し送り事項を記載できるように工夫してある。点検マニュアルについても、俯瞰的および多面的な視点での調査点検を促すように注意事項を記載している。

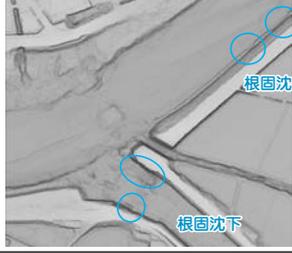
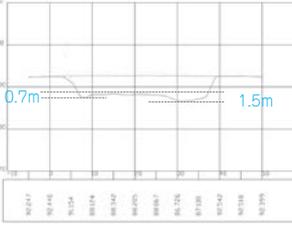
■重点箇所個票【航空レーザー測量・測深実施時】 (護岸)		重要点検箇所		
		河川名	No. 26 大戸川	
		測点	No.18+60	
		座標	X:-117154.780 Y:-6781.624	
所属	大津土木事務所 河川砂防課			
巡視日時	令和3年12月25日			
当該箇所の選定理由	右岸異常堆積および支川合流により、左岸洗掘を生じており、周辺構造物への影響が懸念される。			
状況の確認	1. オルソ画像による点検 異常ありの場合：対象物（河床、根固）、状態（左岸洗掘、右岸土砂堆積、根固不陸）、その他（ ）	異常あり	異常なし	
	2. 標高段彩図による点検 異常ありの場合：対象物（河床、根固）、状態（河床洗掘、根固沈下）、その他（ ）	異常あり	異常なし	
	3. 断面図による点検 異常ありの場合：対象物（河床）、状態（ ）、その他（ ）	異常あり	異常なし	
	4. 差分解析による点検 異常ありの場合：対象物（ ）、状態（ ）、その他（ ）	異常あり	未実施	
	5. その他による点検（ ） 異常ありの場合：対象物（ ）、状態（ ）、その他（ ）	異常あり	未実施	
備考	工事履歴なし			
図面・写真	【1. オルソ画像】 	【2. 標高段彩図】 		
	【3. 断面図】 	【4. 差分解析】 なし		
	目視点検		対策	
	目視点検・対策の必要	1. 必要あり 【理由：上記通り異常あり。特に断面図において、支川の右岸が1.5m洗掘、左岸が0.7m洗掘】 【実施内容：基礎の沈下、護岸背面吸出、周辺構造物への影響等を要調査】 2. 必要なし 3. その他		

図-7 重点箇所個票（案）

点検マニュアル（航空レーザー測量・測深点検）

航空レーザー測量・測深点検	護岸、護床、根固工等
概要	
<p>【目的】 □堤防、護岸および根固工等に、異常がないかを把握する。</p> <p>【方法】 □航空測量実施時において、堤防、護岸および根固工等を調査し、状態および異常を把握する。 □調査内容は、チェックリストに基づき、以下のとおり。 ①オルソ画像 ②標高段彩図 ③断面図 ④差分解析 ⑤工事履歴等 ⑥その他 □異常箇所は、重点箇所概要を作成する。次期点検の際に、過去の状況と比較できるように、点検時期、測点、座標等の情報を記録しておく。</p>	<p style="text-align: center;">点検記録簿と点検時の注意事項</p> <p>①「護岸」、「土砂移動（堆積、洗掘）」、「堤防」等の各点検対象で、重点箇所となった地点は、他の対象も要点検とする。</p> <p>②工事履歴ありの場合は、工事断面等を抜粋し、添付すること。</p> <p>③オルソ画像、標高段彩図は、位置、縮尺等を合わせること。</p> <p>④断面図作成時は、オルソ画像に位置を添付すること。</p> <p>⑤目視点検・対策を必要ありとした場合は、申し送りとして懸念される事象を事細かく記載すること。</p> <p>⑥草木が繁茂している箇所、河川管理用通路未整備箇所は、特に注意して調査点検を行うこと。</p> <p>⑦調査内容の番号は、調査順を指定するものではない。各調査内容で、多面的に点検し、新たな異常の発見に努めるものとする。（参考）オルソ画像で異常がなくとも、標高段彩図で異常が確認される。</p>
点検のポイント	
<ol style="list-style-type: none"> 高水護岸や低水護岸のひび割れや沈下は、 →高水敷が狭い箇所では、高水護岸の破壊を引き起こす要因となる。 →高水敷が広い場所では、高水敷の侵食を助長する。 高水護岸のひび割れや沈下は、 →堤体への浸透（河川水や降雨）を助長し、堤防漏水の危険性を増大させる。 →堤体の侵食を助長する。 根固工の流出や沈下は、 →河床の局所洗掘が発生している状態であるため、護岸基礎部の弱体化を招き、護岸の沈下を助長させる。 河道内の土砂堆積および洗掘は、 →護岸の破損、護岸基礎・護床工の沈下を引き起こす要因となる。 	
<p>図面・写真</p> <p>① オルソ画像</p> <p>② 標高段彩図</p> <p>③ 断面図</p> <p>④ 差分解析</p>	<p>位置、縮尺を合わせる</p> <p>なし</p> <p>断面図位置記載</p> <p>目視点検</p> <p>対策</p>
<p>目視点検・対策の必要</p> <p>1. 必要あり</p> <p>2. 必要なし</p> <p>3. その他</p>	<p>目視点検</p> <p>対策</p> <p>1. 必要あり</p> <p>2. 必要なし</p> <p>3. その他</p>

図-8 点検マニュアル（案）

5. おわりに

今回の検証を通して、ALB等における3次元データは、河川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感じた。引

き続き活用検討を積み重ねることで、さらに多様な活用方法が見いだせるのではないかと考える。

最後に、今後活用が促進されるであろうALB等を用いた河川管理の実施例として、本稿が参考になることを願う。