

グリーンレーザドローンを活用した 河川管理への適用

河川部 河川管理課 維持修繕係長 岡崎 聡

近年、河川管理上の諸課題を解決するために、グリーンレーザにて水中部も含めた三次元データの計測が可能な陸上・水中レーザドローンが開発された。このドローンを用いて現地計測を実施した結果を基に、今後の河川管理への適用について考察する。

キーワード：河川管理、陸上・水中レーザドローン、グリーンレーザ、三次元データ

1. はじめに

これまでの河川管理は、目視による巡視や点検により堤防法面の亀裂や護岸の損傷等を把握することを基本にしてきた。また定期縦横断測量は、トータルステーション等の測量機器を用いて長大な河川の側線毎の断面形状を計測し過去の測量結果と比較することで河道の変化を把握している。

近年、河川管理の知識を有した技術者の不足や、より効果的・効率的なデータ取得が求められるなど、従来の手法に加え、新たな技術を活用して、河川管理の高度化・効率化を図り、住民の安全安心につなげることが期待されている。

このような河川管理における課題を解決するため、国土交通省では「革新的河川管理プロジェクト」を2016年に立ち上げ、企業等有する優れた先端技術を活用して技術開発を推進してきた。

四国地方整備局河川部は、このプロジェクトにより開発された陸上・水中レーザドローンを導入し、直轄河川にて試験的な計測を実施した。この計測結果を基に、陸上・水中レーザドローンで取得できるデータ特性や課題等を整理し、今後の河川管理への適用について考察する。

2. 陸上・水中レーザドローンの概要

陸上・水中レーザドローンは、陸部だけではなく水部が計測できる緑波長光のレーザスキャナ（グリーンレーザスキャナ）を搭載している。（図-1）

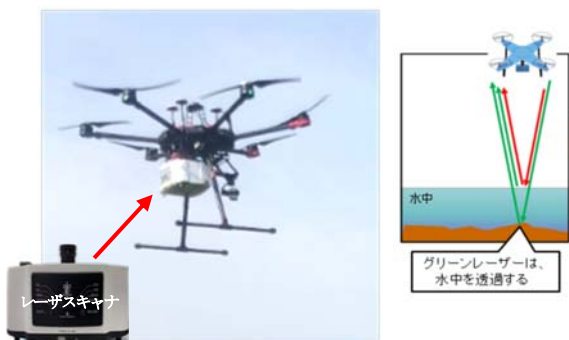


図-1 陸上・水中レーザドローン

グリーンレーザ機器の仕様を表-1に示す。

表-1 グリーンレーザ機器仕様

サイズ	W26cm × D22cm × H15cm
重量	2.6 kg
測定距離	158m: 反射率10%以上 300m: 反射率60%以上
測定精度	±15mm: 反射率10%以上 ±5mm: 反射率60%以上
照射レート	60,000 Hz
視野角	90°
スキャン速度	30 走査/秒
レーザ波長	532±1nm
ビーム拡散角	1.0 mrad
作動温度範囲	0~40°C
水平位置精度※1	±10mm
高さ精度※1	±20mm
姿勢精度 (°)	Yaw: ±0.02 Pitch & Roll: ±0.01

3. 現地計測結果

直轄河川である吉野川（徳島県）と重信川（愛媛県）にて現地計測を実施した。吉野川では、令和2年2月3日に吉野川本川29km付近で約0.36km²を対象に、重信川では、令和2年2月4日に重信川本川10km付近で約0.36km²を対象に計測した。

（1）グリッドデータ作成

吉野川で取得したグリッドデータ及び空中写真を図-2に、重信川で取得したグリッドデータ及び空中写真を図-3に示す。なお、格子間隔は20cmとした。

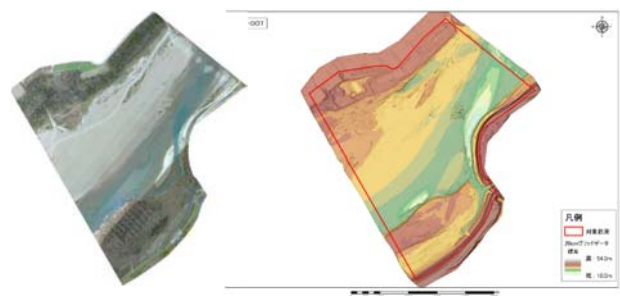


図-2 グリッドデータ及び空中写真（吉野川）

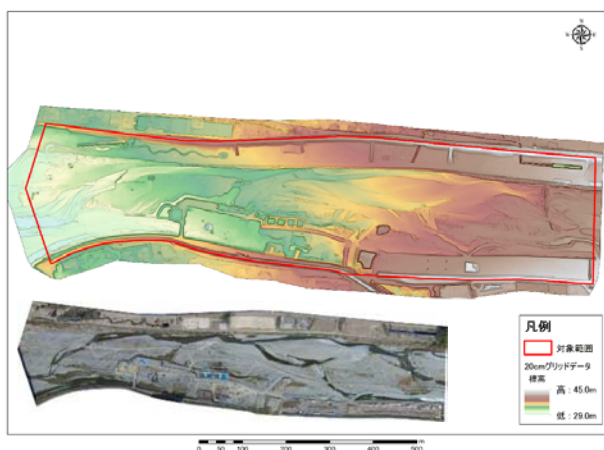


図-3 グリッドデータ及び空中写真（重信川）

（２）水部での測深能力

今回の計測では、流量のある吉野川において最大測深能力約3.6mと高い測深能力を確認した。（図4）

これは、吉野川の水質が一般的な河川よりも良いこと、計測時期が水質の安定する冬（2月上旬）であったことにも起因していると考えられる。

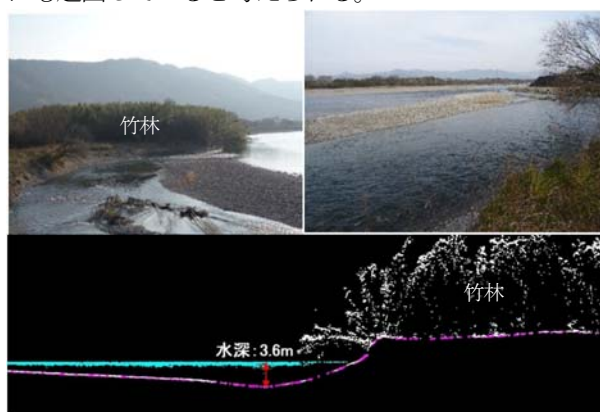


図-4 地表面データ（吉野川）

一方、明らかに透明度が無い吉野川のため池では、水部表面データのみが確認され、河床データが確認できなかった。（図-5）（重信川での工事用の沈砂池でも同様であった。）

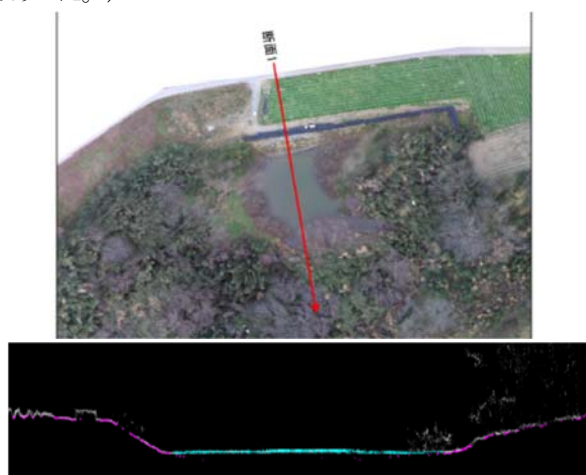


図-5 地表面データ（吉野川のため池）

（３）植生域での地表面データ取得状況

芝及び草地、単木などの植生域では堤防形状などの地表面データが取得できている。また、吉野川の竹林内では概ね地表面データが取得できている。（図4）

一方、重信川右岸の常緑樹＋竹林及び蔦が繁茂する範囲では、局所的に地表面データが少なくなった。（図-6）今後の計測では、これらの植生域で取得される地形データ精度には注意が必要である。

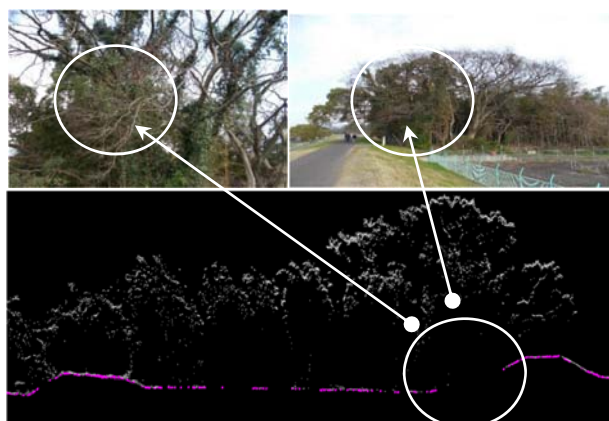


図-6 植生域での地表面データ（重信川）

（４）河川構造物のデータ取得状況

堤防法面の小段、堤防天端のパラペット、堤防裏法尻の小段のデータが取得できている。また、堤防表法尻に設置されている根固工のデータも取得できている。（図-7）

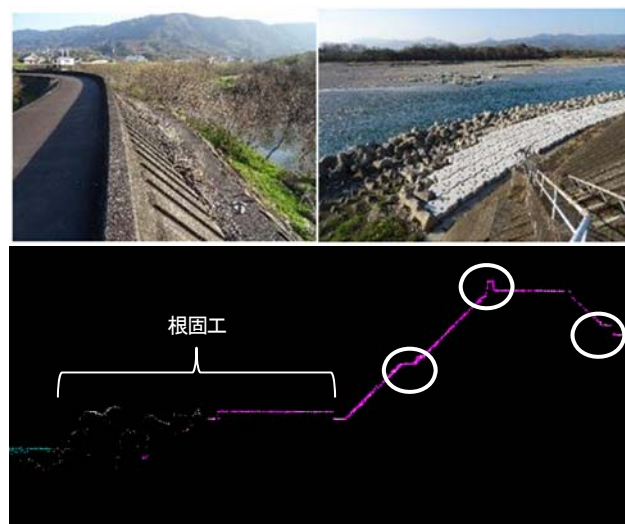


図-7 河川構造物の地表面データ（吉野川）

（５）既往横断測量との比較

平成28年度に実施された吉野川横断測量とドローン計測による点群データとの比較を行った。吉野川右岸29.0kでは、横断測量による堤防形状とドローンで取得したレーザ点群の形状が一致することが確認できた。また、竹林部の地表面形状も横断測量成果とレーザ点群との形状が概ね一致することが確認できた。一方、河床部

は横断測量時からドローン計測時までの間で最大3m程度の侵食が発生したと考えられる。(図-8)

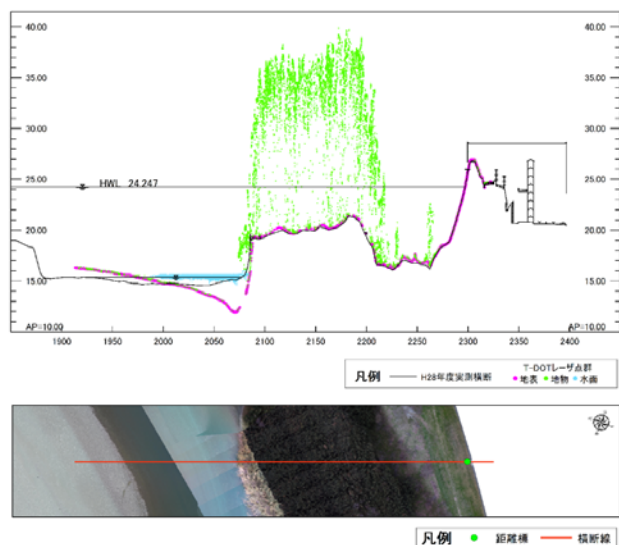


図-8 既往横断測量とドローン計測の比較 (吉野川)

4. 現地計測での留意点

◆ドローン飛行・計測面での留意点

①空港周辺での飛行制限区域の対応

ドローン飛行・計測の計測対地高度は、40m～80m程度であるが、空港周辺では飛行制限が発生する。

- ・早期許可申請の実施 (申請に1～2ヶ月要する)
- ・申請場所の対応可能時間に応じた計測計画作成 (通常1日で対応可能な範囲が、対応可能な時間に応じて大きく計測日数が変動)

②現地での障害物の確認

実施範囲が決まっていれば事前の現地視察が必要。障害物の状況に応じた飛行・計測計画の作成が必要となる。

- ・高圧線の有無 (場合によっては計測が難しい場合もあり、又は計測点密度が低下)
- ・クレーンの有無
- ・植生樹高

③ドローン計測での1日作業量限界の考慮

今回の計測密度、精度では、河川でのドローン計測は0.3km²程度が1日で実施可能な限度となる。特に、重信川計測では、縦断延長1.2km、ドローン離着陸点の設置・移動2地点までが限度であった。

- ・0.3km²が限度 (準備・小型ドローン計測・本計測、地上基準点・検証点の設置)
- ・同じ0.3km²の場合でも縦断方向の延長が長い場合、時間を要する。
- ・ドローン離着陸点の設置地点は1日当たり2地点程度。
- ・計測精度を確保するために必要な地上基準点・検証点の設置点数が増加。

・計測範囲に応じて、有人飛行機でのALB計測、MMS計測を併用することが必要。

◆ドローン計測精度面での留意点

①水質による測深能力の把握

一般的な河川での測深能力は数mと想定される。

- ・各河川での測深能力の把握が必要
- ・工事等による濁水が無い時期を考慮した計測
- ・レーザの河床未到達範囲を把握した上で、必要に応じて補備測量の必要性の検討、補備測量手法の検討を行い、別途実施が必要。

②植生繁茂箇所への対応

- ・樹種や繁茂状況など植生状況の違いによる地表への到達状況把握が必要
- ・樹種により落葉樹種があるため、計測時期を考慮した計画が必要

5. 河川管理への適用

吉野川、重信川で実施した計測結果も踏まえ「陸上・水中レーザドローン」の河川管理への適用について考察する。

(1) 適用範囲 (概念図)

河川管理に活用可能な三次元データ計測技術として、「河川管理用三次元データ活用マニュアル (案)」¹⁾では以下の技術を整理している。

マニュアル (案) ではALBに注目した整理が行われており、従来の陸上部を広域に把握する航空機等による計測技術と水域を把握するナローマルチビーム等の音響探査等による計測技術の両者を包含する技術として位置付けている。(図-9)

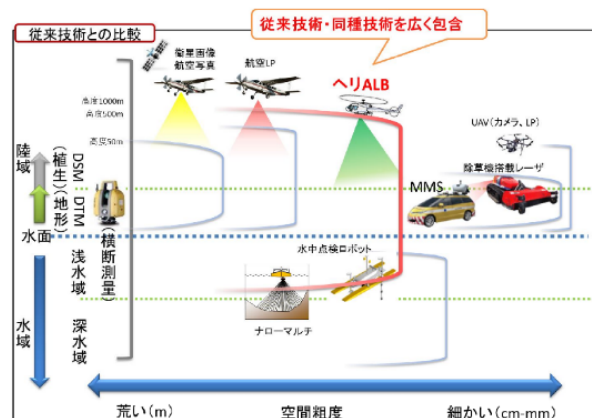


図-9 各種レーザ測量等の適用範囲 (概念) 図

(2) 三次元データ取得技術の計測面積

陸上・水中レーザドローンは、航空レーザ測深 (ALB) と同様に水部 (浅水域) の三次元データの取得が可能であり、ALBよりも細かいデータの取得が可能である。しかし、両者には作業効率、コスト面で差異が大きいと

考えられる。

各種積算基準に基づき、1 km² 当たりの各手法の単価を算定すると、概ね対象面積1 km² 以下では陸上・水中レーザドローンが、対象面積1 km²～20 km² では回転翼ALBが、それ以上の面積では固定翼ALBが安くなる傾向にある。このため、陸上・水中レーザドローンは河川の中で局所的なデータ取得、回転翼ALBは河川を中心とした線的なデータ取得、固定翼ALBは河川とその氾濫原を含む面的なデータ取得で作業効率、コスト面で優位と考えられる。(図-10)

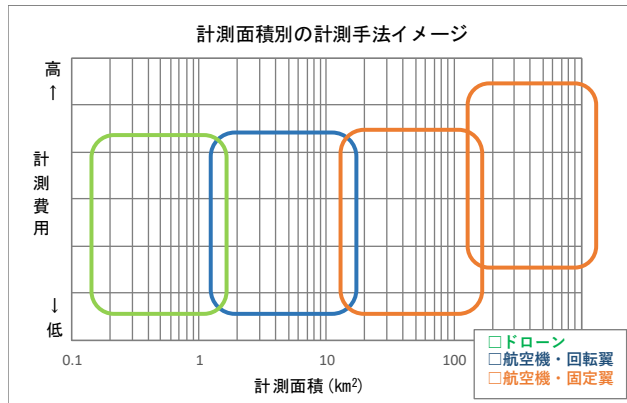


図-10 計測面積別の計測手法イメージ

(3) 三次元データ取得技術の適用範囲

陸上・水中レーザドローンは河川の状態把握・管理を行うために必要となる堤防等河川管理施設及び河道の多くの領域をカバーすることができ、同様の技術である航空レーザ測深（ALB）に比べて詳細な情報が取得可能な技術となる。しかし、水部については河川の水質や水深により計測困難な場合もあり、航空レーザ測深（ALB）に比べて測深能力が劣る傾向にある。陸上・水中レーザドローンで計測できない範囲については、音響測深を併用するなど対応が必要である。

図-11に、河川管理のための三次元データ取得技術の適用範囲イメージを、図-12に河川管理情報と情報取得時期のイメージを示す。

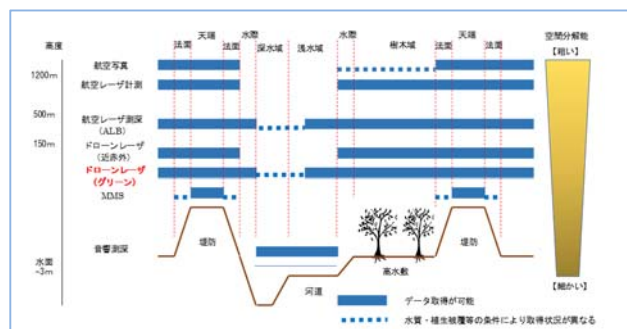


図-11 河川管理のための三次元データ取得技術の適用範囲イメージ

	1年	2年	3年	4年	5年	6年
基本情報：5年に1回定期的に河川の状態を把握 管理情報：定期縦断断面測量、3次元モデル、オルソ画像、堤内地盤高等	ALB ★					ALB ★
モニタリング：基本情報や点検等により把握された変状を継続的かつ詳細に状態把握 管理情報：堤防高、堤防形状、流下断面等河道形状、土砂堆積状況、樹木繁茂状況、水衝部洗掘状況、横断工作物周辺状況等		★	★	★	★	★
災害情報：異常出水時の河道・河川管理施設及び沿線地域の状態を把握 管理情報：異常土砂堆積、異常洗掘、河川管理施設等被災箇所、浸水等流域被災状況		★	★	★	★	★

図-12 河川管理情報と情報取得時期のイメージ

(4) 河川管理項目に対応した三次元データ取得技術(案)

河川管理では、河川の状態把握や危機管理のため、地形情報や地被情報等が基本的な情報として必要となる。これらの情報を基本として、定期的に河道部や河川構造物のモニタリングを行っている。また、大規模出水や災害直後には河川管理施設の点検や状態把握が行われる。

一方、三次元データ取得技術には、航空機、ドローン、MMS、音響測深を用いた技術がある。このため、河川管理では、それぞれの管理目的と内容、各種三次元データ取得技術の特性に応じた取得技術を選定することが重要である。図-13に河川管理項目に対応した三次元データ取得技術のイメージを示す。

大分類	管理項目	管理情報	航空機			ドローン		MMS	音響測深	
			写真	LiP	ALH	写真	陸上・水中レーザ			
治水関連	河川の状態	基本情報	定期縦断断面測量、3次元モデル 河川基礎調査	○	○	○			○	
	河川の流下能力 (現状・治水施設等)	モニタリング	治水施設、ダム、防砂施設	○	○	○				
			堤防高、堤防形状				○			
			流下断面等河道形状				○			
	河川構造物の機能	モニタリング	土砂堆積状況		○	○				
	管理施設の状況	モニタリング	樹木繁茂状況		○	○				
	自然環境	モニタリング	横断工作物周辺状況		○	○				
	沿河環境	モニタリング	堤防等河川管理施設の点検、点検		○	○				
	環境関連等	沿河環境	モニタリング	大規模、異常、河川状況		○	○			
		沿河環境	モニタリング	沿河環境		○	○			
防災関連	河川の状態	基本情報	異常土砂堆積	○	○	○				
	河川の状態	基本情報	異常洗掘	○	○	○				
災害対応	河川の状態	災害情報	河川管理施設被災箇所	○	○	○			○	
	河川の状態	災害情報	浸水等流域被災状況	○	○	○				

※各情報の取得タイミングは以下のとおりとする。

【基本情報】5年1回定期的に実施される河川全体を対象とした計画により得られる情報

【モニタリング】河川管理の現状や河川等により更新が確認された区間に1年に1回、季節、治水等高度度又は詳細な状態監視により得られる情報

【災害対応】災害発生に必要となる緊急な対応に関する情報

○：当該項目を主に活用 ○△：環境等を中心に検討が必要とされる項目

図-13 河川管理項目に対応した三次元データ取得技術のイメージ

6. おわりに

陸上・水中レーザドローンを用いた現地計測により、一定の条件下であれば、水部（浅水域）も含めた三次元データの取得が可能であり、従来の河川管理手法と組み合わせることで、河川管理上有効なツールとなることを確認した。今後も、陸上・水中ドローンを用いた現地計測を継続的に行い、データを蓄積することで最適な活用方法を模索し、河川管理の高度化・効率化を推進するとともに、住民の安全安心に寄与していきたい。

参考文献

- 「河川管理用三次元データ活用マニュアル（案）」
国土交通省水管理・国土保全局河川環境課