

航空レーザ測深を用いた 河川定期縦横断測量における考察

竹下 一路¹・大塚 健司²

¹九州地方整備局 延岡河川国道事務所 調査第一課 (〒882-0803 宮崎県延岡市大貫町1丁目2889)

²九州地方整備局 延岡河川国道事務所 調査第一課 (〒882-0803 宮崎県延岡市大貫町1丁目2889)

延岡河川国道事務所では、2021年度に初めて航空レーザ測深を用いた河川定期縦横断測量を実施した。今回の測量成果から得られた有用性ならびに課題など、今後さらに活用していくうえで留意事項等含め報告する。

キーワード 定期縦横断測量, 航空レーザ測深, 点群データ, 三次元管内図

1. 五ヶ瀬川の概要

五ヶ瀬川は、その源を宮崎県と熊本県の県境にそびえる向坂山(標高1,684m)に発し、多くの溪流を合わせつつ高千穂溪谷を流下し、更に岩戸川、日之影川、綱ノ瀬川等の支流を合わせ延岡平野に入る。その後、延岡市三輪において大瀬川を分派後、延岡市街地を貫流し河口付近にて祝子川、北川を合わせ、日向灘に注ぐ、幹川流路延長106km、流域面積1,820km²の一級河川である。

大臣管理区間である延岡市下流部には、百間、三須、安賀多といった鮎の産卵場となる瀬があり、大瀬川の全川と五ヶ瀬川の一部は水産資源保護法の保護水面の指定を受けている。

また、内水面漁業が盛んに行われており、大臣管理区間内だけで5つの内水面漁業協同組合が存在し、営漁活動が行われている。

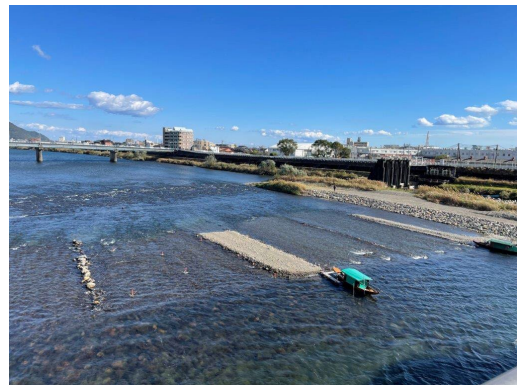


写真-1 大瀬川3k200付近 安賀多の瀬



図-1 五ヶ瀬川流域図

2. 三次元測量の背景・必要性

近年の三次元測量技術の進展から三次元データの活用により、河川管理の効率化・高度化が可能となり、社会的な関心も高まってきている。また、三次元データを活用する上で必要となる、規定やマニュアル等も整備されてきており、現場レベルでの活用が期待されている。

延岡河川国道事務所においては、昭和42年から概ね5年毎に200m間隔で河川横断測量を行っており、基礎資料としてデータを蓄積し、洗掘状況や堆砂状況等を監視してきているなか、200m間隔の横断測線も含め、一体的に三次元で可視化することにより、河川管理上の問題の早期発見や瀬淵のモニタリング(豊かな水辺環境や水産資源保護といった五ヶ瀬川特有の観点)が期待できることから、2021年度に初めて航空レーザ測深を用いた河

川縦横断測量を実施した。

3. 令和3年度定期縦横断測量の概要

(1) 実施数量

令和3年度定期縦横断測量の主な実施数量は表-1のとおり。基本的には航空レーザ測深結果から縦横断測量データを作成しているが、欠測部については補備測量を実施している。

表-1 実施数量

項目	工種	単位	実施数量	適用
航空レーザ測深	航空レーザ測深	km ²	10.6	
	調整用基準点の設置	箇所	10	
	オリジナルデータ作成	km ²	10.6	
	グラウンドデータ作成	km ²	10.6	
	グリッドデータ作成	km ²	9.19	欠測部1.41km ² 除く
	等高線データ作成	km ²	9.19	欠測部1.41km ² 除く
	写真地図データ作成	km ²	10.6	
	縦断測量データ作成	km	25	
	横断測量データ作成	測線	129	
	数値地形図データファイル作成	km ²	9.19	欠測部1.41km ² 除く
河川測量	河川横断測量	測線	69	欠測部補填
深淺測量	河川深淺測量	測線	52	欠測部補填

(2) 計測諸元・精度向上の工夫

水面下の地形も捉えることが可能であるALB (Airborne Laser Bathymetry) を使用した。管理区間においては堰による湛水箇所や河口付近の水深が深い箇所があり、水底までレーザービームが到達しにくいことが想定された。そのため、できる限りレーザービームが水底まで到達するよう、ビーム広がり角を絞る、対地飛行高度を下げるといった工夫を図りながら実施した。

表-2 計測諸元

項目	設定値(計画値)
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
計測データ記録方法	連続波形記録方式
レーザ波長帯	G ch. 532nm
	IR ch. 1.064nm
レーザーパルス発射回数	G ch. 200,000Hz
	IR ch. 600,000Hz
ビーム広がり角	G ch. 0.9mrad
	IR ch. 0.2mrad
レーザスキャン角度	約±20° (全角約40°)
対地飛行速度	100km/h
対地飛行高度	580m
計測点密度 (計測単コース当たり)	G ch. 約10.1点/m ²
	IR ch. 約22.5点/m ²
計測コース間重複度	50%

4. 内業 (データ抽出整理)

(1) オリジナルデータ

航空レーザ測深によって得られたデータを、まず航空機の位置及び姿勢と、レーザ測距から得られた地形・地物までの距離を統合解析することにより、レーザ1点毎

の三次元座標データを算出した。さらに空気中の雲や水蒸気などに反射並びに建物等に多重反射して生じた周囲に比べ極端に精度の悪いデータをノイズとして削除し、三次元計測データを作成した。また、水面下のデータについては屈折補正処理を行った。

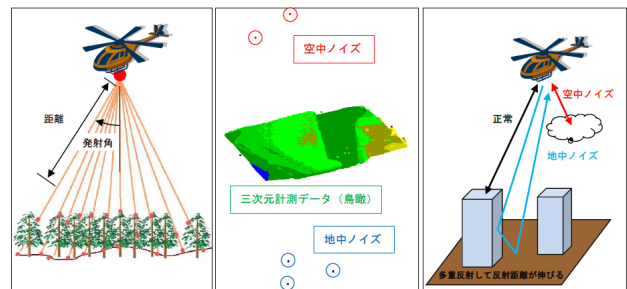


図-2 三次元計測データの概念 (左) とノイズの例 (中と右)

(2) グラウンドデータ

オリジナルデータから地表面以外のデータを分類するフィルタリングを行い、水底地形や陸上地形の三次元座標データを作成し、必要なデータのみを抽出した。

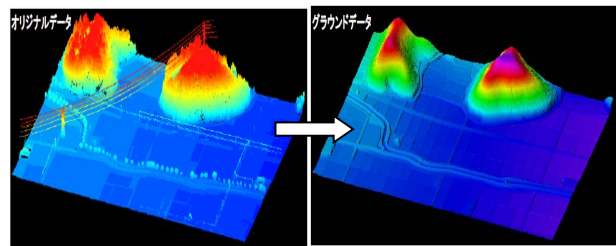


図-3 グラウンドデータの作成イメージ (架空線や植生の除去)

(3) グリッドデータ

グラウンドデータから内挿補間により格子状の標高データ (グリッドデータ) を作成した。グラウンドデータではデータ量が非常に膨大であることから、PCの処理に負荷を掛けてしまうため、グリッドデータにすることでデータ容量を軽量化し取り扱うこととした。

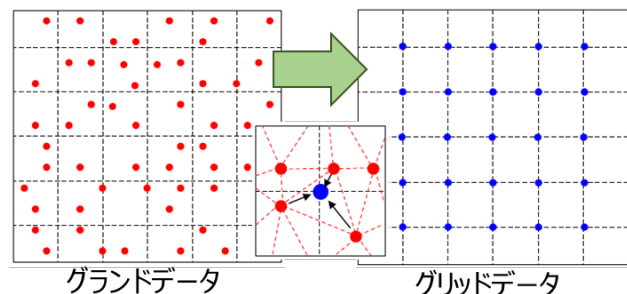


図-4 グリッドデータの作成イメージ

(4) 等高線データ

グリッドデータから三次元データを三角形の集合で表現するデジタルデータ (TIN) を生成し、等高線として

扱えるように作成した。

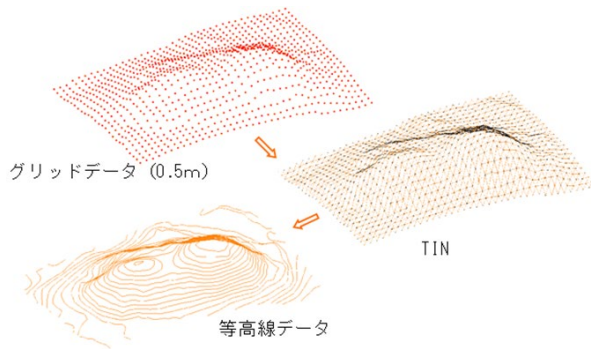


図-5 等高線の作成イメージ

(5)写真地図データの作成

航空レーザ計測時に撮影したデジタル写真を用いて、正射変換や色調補正を行い、写真地図画像データを国土基本図図郭500単位に10cmの高解像度で作成した。



図-6 写真地図データ

(6)横断測量データの作成

200 m間隔の距離標測線上において、ALB、補備測量で取得した全てのデータから横断面を作成した。

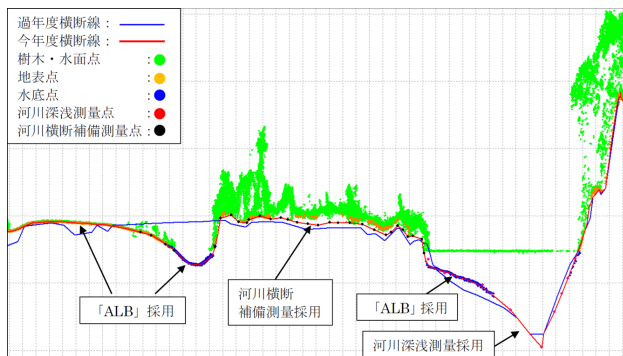


図-7 横断面

5. 水質との関係

航空レーザ測深機を用いた公共測量マニュアル(案)(国土地理院)によると、測深データにおける精度と水質等の環境との相関については、今後も継続的に検証を行うことが重要」とされている。

本業務では水質調査結果と、その周辺で確認したALB測深の実績から、水質と測深可能深度の関係を図8のとおり整理した。

表-3 水質調査結果

採取場所	三輪 (五ヶ瀬川 9.6K)	松山橋 (五ヶ瀬川 6.4K)	大瀬橋 (大瀬川 3.8K)	中州合流点 (祝子川 0.0K)	白石 (北川 2.0K)
透明度・着底 (m)	4.2	1.3	2.1	0.82	0.4
着底 (有/無)	有	有	有	有	有
近傍の最深深値 ※ALB (m)	約3.9	約1.6	約3.1	約0.8	約0.4
濁度 (度)	0.80	0.80	1.00	2.4	1.8
透視度 (cm)	>100	>100	>100	>100	>100
浮遊物質量 (SS) (mg/L)	1.00	1.00	1.00	<1.00	2.00

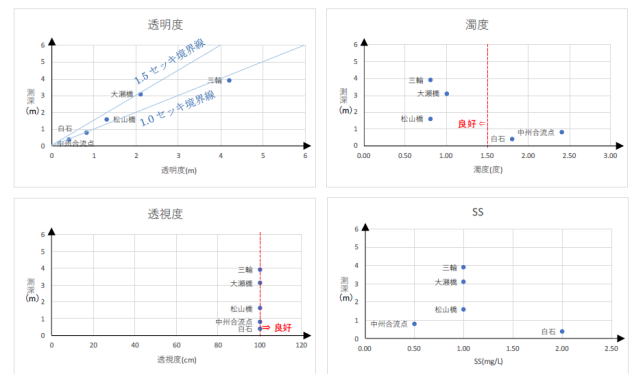


図-8 水質関係図

透明度は、いずれの調査箇所も着底してしまい、正確な値とは言えないが、カタログ値である1.5セッキ程度の測深性能は得られているようである。

濁度との関係については水質調査地点である「中州合流点」「白石」の2箇所が、良好の目安である1.5度より悪い数値であったが、水深が比較的浅い箇所での実施であったため、ALBにより水底まで捉えることができた。但し、「中州合流点」「白石」の周辺では河床欠測が存在していることから濁度との関連性はあると思われる。

透視度に関しては、全ての地点で最大読み取り値の100cmを超えており、ALB測深との関連性については言及できない形となった。

SSについても調査結果は、ほぼ同等の数値となっておりALB測深との関連性が低い結果であった。

6. 三次元データの活用(メリット)

1)河川管理用三次元データ活用マニュアル(案)によると、①データ取得の効率化(延長が長くなるほどメリットが大きい)、②高密度データによる面的な地形状況の把握が可能、③現地測量を最小化することができ、安全性が高い、という3点が掲げられている。

五ヶ瀬川においては、今回の測量成果を踏まえ、三次元データ取得のメリットは以下の4点があげられる。

(1)生産性の向上

2015年度の定期縦横断測量では、直轄管理区間28.5kmに対して、外業で約5.5ヶ月要しており、また、工期の関係から上流部、下流部の2つに分けて業務発注しているが、2021年度の定期縦横断測量は、2.5ヶ月（内航空レーザ測深に係る計測は2日間）で外業が完了した。費用については、積算額で従来の河川横断測量、深浅測量では約46百万円、今回の航空レーザ測深では50百万円と4百万円高くなったが、広範囲に三次元の点群データが得られたことを踏まえると、従来の定期縦横断測量と比較し、コストが高くなっているとは言えず、生産性は高いと考えられる。

表-4 工期と費用の比較

	工期(実績)	内業(実績)	外業(実績)	積算金額(R3単価)
従来(河川・深浅測量)	9.5ヶ月	4ヶ月	5.5ヶ月	46百万円
今回(ALB計測)	9ヶ月	9ヶ月	2.5ヶ月	50百万円

※従来(河川・深浅測量)は上流部と下流部に分けて業務発注した場合を想定し合算した値

(2) 漁業関係者や環境への影響

五ヶ瀬川ではアユといった回遊魚を主とした内水面漁業が盛んであり、シーズンになると人為的な水辺環境に与える影響には特に注意を要する必要がある。一方、航空機による測量では河川内に立ち入ることはもちろんなく、事前の現地踏査や補備測量を実施する際に立ち入る程度であり、従来の定期縦横断測量と比べ、現地に立ち入る期間は極端に少なく、漁業関係者や環境への影響を大きく軽減できると考えられる。

(3)アユ産卵場の定量的な把握

前述のとおり、五ヶ瀬川にとってアユの産卵場となる瀬の保全是非常に重要な部分であり、産卵場を定量化しモニタリングし確認することは、保全していく上で今後の河道計画を検討する基礎資料として活用が大いに期待できる。具体的に、今回三次元データを活用することで、従来の測線間隔では把握できなかった箇所を面的に把握でき、図-9のとおり過去に取得した点群データと比較した差分図を容易に作成できるなど、土砂堆積や河床低下に対する管理基準の設定など、定量的な検討にも活かせるなど有益な手段と考えられる。

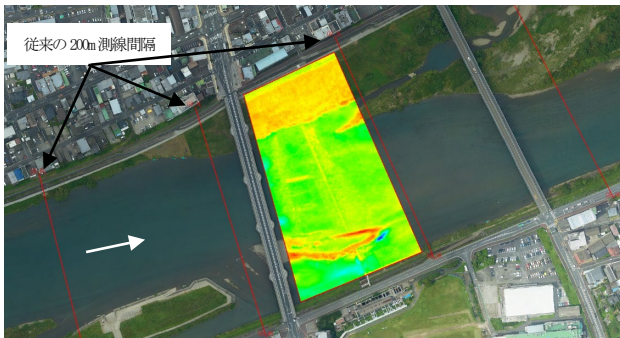


図-9 大瀬川3k200 安賀多の瀬付近の差分図(H25-R3)

(4)三次元管内図としての活用展開

当事務所においては、取得した点群データから三次元管内図の整備を進めている。現在は地盤と距離標のデータを有しているが、河川管理施設台帳、工事履歴図、河川環境情報図などの情報も加え、有用性の高いものになるようデータの蓄積を行っていく。

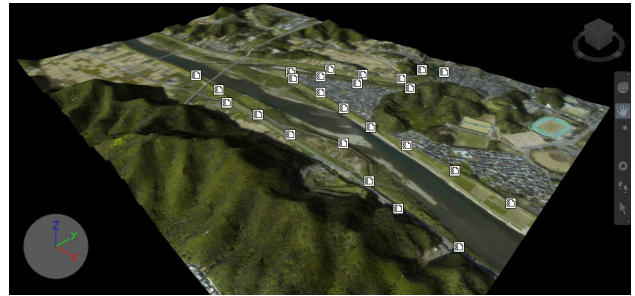


図-10 三次元管内図(五ヶ瀬川・大瀬川分派地点)

7. 三次元データ活用の注意点

(1)欠測箇所への事後対応

河川管理用三次元データ活用マニュアル(案)によると、「植生の種類や繁茂状況によっては、レーザーが地盤面まで到達せず、計測精度が低下する場合がある」「深い場所では、レーザーが河床まで到達せず、河床が計測できない場合がある」とされている。

五ヶ瀬川においても、植生の繁茂によりレーザーによる正確な計測ができない測線が発生した。また、五ヶ瀬川自体そもそも水質が良好であるなかで、干潮時の水位が低い時期に測量するなど工夫しながら対応を行ったが、結果として、表4のとおり水中部並びに陸上部の植生繁茂箇所において欠測といった成果が上手く得られていない箇所があり、事後に補備測量として、従来の河川横断測量、深浅測量を実施した補充作業を行った。



図-11 水中部欠測範囲と深浅測量実施箇所

表-4 横断測線上の欠測状況

	横断本数	横断平均幅	欠測本数	欠測平均幅	欠測割合
陸部	129本	212m	69本	43m	11%
水中部	129本	147m	59本	99m	31%



写真-2 植生の繁茂状況

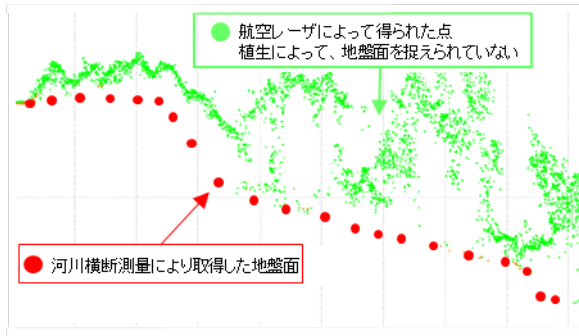


図-12 植生下のデータ取得状況

(2) 点群データ採用の判断

河川管理用三次元データ活用マニュアル(案)によると、「従来は、地形変化点の地盤高や主要な構造物の標高を測量していたが、点群測量では、これらの変化点を捉えられるとは限らない」とされている。

五ヶ瀬川についてはパラペット部において、点群データではエッジを抽出することが困難であるため、過年度横断面と比較し、変化がみられないと判断確認したうえで過年度成果を複写した。

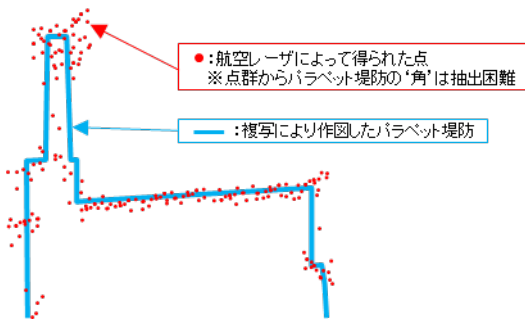


図-13 パラペットの点群データ

(3) 根固めブロックの処理

水際に河岸侵食防止のため据え付けている根固めブロックについて、河川横断面測量の場合、ロッドを実際に地盤面に当て、確認しながら座標を取得するが、航空レーザ測深の場合、レーザが根固めブロックの隙間を通過し地盤面を捉えているとは限らず、取得した点群から地盤面と根固めブロックを分けることは困難である。そのため今回は、根固めブロックを捉えた点群も除去せずグラ

ウンドデータとし、内挿補間により横断面を作成した。

巡視点検等により、根固めブロックの変状を確認した場合には、UAVレーザ測量など点密度の高い測量や、ロッドによる直接計測などで別途把握する必要がある。

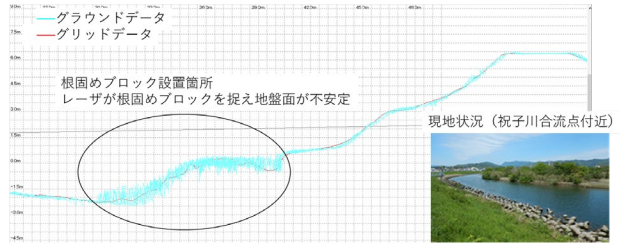


図-14 根固めブロック箇所の点群データ

8. まとめ、今後の方針

定期縦横断面測量に航空レーザ測深を用いたことで、従来の200m間隔の横断面測線はもちろん、それ以外の横断面測線や地形図データを収集でき、よりきめ細やかな全体の把握が可能となった。また、作業効率や環境への影響の観点からも、航空レーザ測深の有益性を確認できており、五ヶ瀬川の定期縦横断面測量で航空レーザ測深を用いることは有効であったといえる。

しかし、植生繁茂状況や水深が深い場所では欠測も発生し、従来の河川横断面測量や深淺測量との併用が必須であった。できるだけ航空レーザ測深の欠測箇所を少なくするために、植生が繁茂しづらく水量が比較的少ない冬季の計測が良いと考えられるため、業務発注時期にも工夫が必要であると考えます。

これからの河川管理の効率化・高度化のためには、三次元データの取得が一過性ではなく、継続的に取得、蓄積が必要となる。今後は定期縦横断面測量はもちろん、それ以外についても、管理上課題となる場所については、スポット的に三次元データの取得を行うなど、活用を図っていくことも望まれ、また、今回得られた三次元データを活用・理解が深まるよう事務所内の周知、三次元管内図の操作説明会など実施し、三次元データを普段の業務に活用し、職務の効率化にも繋がるよう引き続き取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) 河川管理用三次元データ活用マニュアル(案)
- 2) 航空レーザ測深機を用いた公共測量マニュアル(案)
- 3) 国土地理院ホームページ