

河川管理用三次元データ活用マニュアル (案)

令和2年2月

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

河川管理用三次元データ活用マニュアル(案)

目 次

はじめに	1
◆ 本マニュアルの目的	1
◆ 本マニュアルの構成	2
1. 三次元データ活用の適用範囲	1-1
1.1 河川管理への三次元データ活用の可能性	1-1
1.1.1 三次元データ活用の必要性	1-1
1.1.2 三次元データ活用の特性	1-1
1.1.3 三次元データの活用が考えられる河川管理項目	1-3
1.2 河川管理項目の目的に応じた精度等	1-9
2. 三次元計測の方法	2-1
2.1 各手法の技術的特性	2-1
2.1.1 河川管理に活用可能な各技術の特徴	2-1
2.1.2 各種測量技術の適用範囲	2-3
2.2 河川管理項目別の計測手法（案）	2-4
3. 三次元点群データによる河川定期縦横断測量	3-1
3.1 計測実施前の検討	3-1
3.2 ALB による三次元点群データの取得	3-3
3.3 計測	3-4
3.3.1 測量計画	3-4
3.3.2 調整用基準点の設置	3-7
3.3.3 水質調査	3-7
3.3.4 ALB 計測	3-8
3.4 解析	3-13
3.4.1 三次元計測データ作成	3-13
3.4.2 オリジナルデータ作成	3-15
3.4.3 グラウンドデータ作成	3-16
3.4.4 グリッドデータ作成	3-17
3.5 縦横断測量の実施	3-19
3.5.1 測量断面の設定	3-19
3.5.2 縦断測量の実施	3-19
3.5.3 縦断測量の法肩からのオフセット距離	3-19
3.5.4 横断測量の実施	3-19
3.5.5 縦横断図の作成	3-19
3.6 精度管理	3-20
3.6.1 精度管理	3-20
3.6.2 補測の必要性の判断	3-21
3.7 成果及び保管	3-22
3.7.1 成果データ一覧	3-22
3.7.2 LAS データの作成	3-22
3.7.3 LandXML の作成	3-23

4. 三次元データの管理	4-1
4.1 管理するデータ	4-1
4.2 三次元管内図について	4-2
4.3 三次元管内図に必要となるデータ	4-4
4.4 検索用メタデータの作成	4-6
4.5 三次元管内図に必要となる機能	4-7
5. 三次元データの保管	5-1
5.1 公共測量の手続き及び測量成果の写しの保管等	5-1
5.2 河川管理者による保管	5-2
6. 三次元データ活用方法	6-1
6.1 治水関連	6-2
6.1.1 河道の流下能力	6-2
6.1.2 局所的な流速・流向・抵抗	6-6
6.1.3 構造物	6-7
6.2 危機管理	6-9
6.2.1 堤外側	6-9
6.2.2 堤内側	6-11
6.3 河川環境他	6-12
6.3.1 自然環境	6-12
6.3.2 占用	6-14
6.3.3 利用	6-15

はじめに

◆ 本マニュアルの目的

新たな技術の進展を踏まえ、河川定期縦横断測量における LP の活用を普及、拡大させるとともに、更なる三次元地形データ等の活用により、河川管理の充実と効率化・高度化に資する検討が必要となった。このため「LP の河川定期縦横断測量への適用検討会」が平成 30 年 1 月 15 日に発足し、6 回に及ぶ討議を重ね、「河川管理用三次元データ活用マニュアル（案）」を作成するに至った。

本マニュアルは、主に行政担当者向けに河川管理のための適切な三次元データの必要性および特性をとりまとめるとともに、河川定期縦横断測量業務等において、航空レーザ測深（Airborne Laser Bathymetry 以下、「ALB」とする。）による点群測量の標準的な一連の作業方法や考え方、活用する上でのポイント等をまとめたものである。

点群測量とは、レーザ測量機器等を用いて地表面や河床等の高密度な三次元地形データを取得する測量方法である。ALB は、陸部を近赤外レーザ、水部をグリーンレーザにより同時に計測することが可能である。

点群測量による河川定期縦横断測量については、下表に示す要領や規程等がある。作業の詳細については、それらを参照されたい。

表 点群測量による河川定期縦横断測量に関係する規程やマニュアル

名称	作成機関	作成年月
河川定期縦横断測量業務実施要領・同解説 (以下、「要領・同解説」とする。)	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	平成 30 年 4 月
作業規程の準則 (以下、「準則」とする。)	国土地理院	平成 28 年 3 月 31 日一部改正
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	平成 31 年 3 月

また、本マニュアルでは、河川管理に対する社会的な関心の高まりから、従来手法から三次元データの活用による河川管理の効率化・高度化に重点を置き、河川管理項目に応じた基準（精度、点密度等）、活用方法、活用する上での注意点等を示した。

なお、作成時点における技術的な知見により作成しているため、今後の技術の発展や普及に応じて、計測性能やコスト、活用方法等の見直しが必要である。

<従来測量（実測）と点群測量の違い>

点群測量は、従来の実測による水準測量に比べて、一点ごとの精度はやや劣るものの、点密度が高く、移動平均による偶然誤差の除去等、評価方法を工夫することで、従来方法と同程度の精度でよりきめ細かな河道全体の把握が可能となる。また、今後の人口減少、技術者不足という社会的局面を踏まえると、i-Construction や CIM などによる作業の効率化は喫緊の課題であり、その実現にあたっては三次元データの活用が期待されている。

◆ 本マニュアルの構成

本マニュアルの構成を以下に示す。

1. 三次元データ活用の適用範囲

河川管理に三次元データを活用することの特性を踏まえた上で、三次元データが活用できる河川管理項目および河川管理項目ごとの目的に応じた三次元データに必要な精度（概ねの許容誤差）を整理した。

2. 三次元計測の方法

河川管理に活用可能と考えられるレーザ測量技術等を整理するとともに、各技術の特徴を、技術的特性、環境的特性等の観点から検討し、河川管理項目別に計測手法の適否を示した。また、参考として、計測条件と費用の例を整理した。

3. 三次元点群データによる河川定期縦横断測量

三次元点群データによる河川定期縦横断測量について、ALB を使用して三次元点群データを取得する場合の計測から成果とりまとめまでの一連の作業の流れを詳述した。

4. 三次元データの管理

今後、三次元点群データによる河川定期縦横断測量が進められることに加え、調査や工事等においても三次元データを取得する機会が増えることから、取得したデータを有効に活用するための環境構築（三次元管内図の構築）について詳述した。

5. 三次元データの保管

三次元データの蓄積は、河川の経年変化を捉える上で重要であり、可能な限り長期にわたり保管することが望ましい。そのため、河川管理者が継続的に蓄積・保管することが求められることから、河川管理者による三次元データ等保管の重要性について詳述した。

6. 三次元データ活用方法

「1. 三次元データ活用の適用範囲」で整理した河川管理項目のそれぞれについて、今後求められる維持管理のあり方、使用機器、点密度、要求される精度、作業方法、注意点などを整理した。

1. 三次元データ活用の適用範囲

1.1 河川管理への三次元データ活用の可能性

1.1.1 三次元データ活用の必要性

現状の河川維持管理の実施内容あるいはその水準は、河川巡視、点検による状態把握、維持補修等を繰り返してきた中で培われてきたといえる。

河川の状態を的確に把握する上では、河道全体の面的・定量的な監視が有効である。そのため、三次元地形データを蓄積し、活用していくことが求められている。

三次元データの特性を踏まえた上で、河川管理等に活用できる項目を以下に整理した。

1.1.2 三次元データ活用の特性

(1) 三次元データを活用することのメリット

従来手法と比較して、点群測量によって取得した三次元データを活用することによるメリットは、以下が考えられる。

- 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 現地測量を最小限とすることができ、安全性が高い

これらのことにより以下の効果が得られ、河川管理の効率化・高度化につながる。

- ① 長大な河川管理延長に対して、縦横断測量の工程を短縮し、費用を低減できる。
- ② 二時期の計測データから、地形や樹木等の面的な変化を把握することができる。
- ③ 危険な現場への立ち入りが不要なため、作業の安全確保、環境への負荷を低減できる。

三次元データを活用することにより、例えば河道形状は、これまで河川定期縦横断測量により横断形状を把握していたが、これを面的に把握することができる。

また、土砂堆積、侵食状況の定量的な把握や、目視では確認しにくかった地形の変状を可視化することができる。

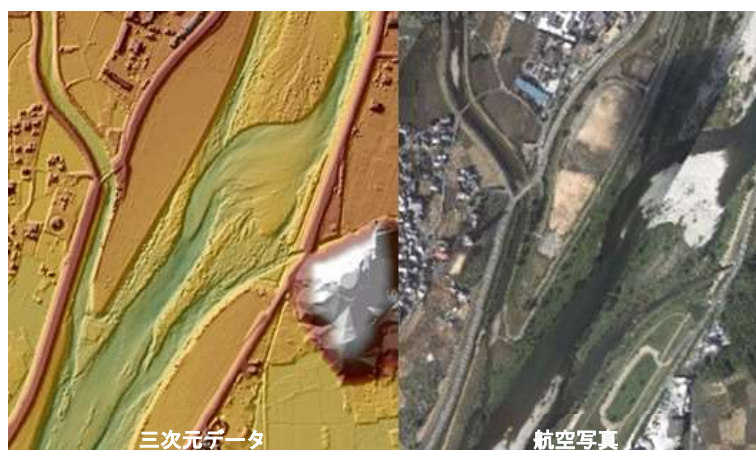


図 1-1 河道形状の計測例

(2) 三次元データを活用する際の注意点

一方で、従来手法と比較して、三次元データでは捉えにくい情報や注意すべき点として、以下が考えられる。三次元データの活用にあたっては、これらの特性を踏まえる必要がある。

- ① 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。
- ② 堤防の亀裂やクラック、裸地・植生異常、河川管理施設の小規模の変状、接合部や継ぎ手の開きなどは捉えにくく、目視点検や撮影画像の確認が必要となる場合がある。
- ③ 植生の種類や繁茂状況によっては、レーザが地盤面まで到達せず、計測精度が低下する場合がある。
- ④ 水部の測深能力は、水質に依存し、特に、降雨や工事で水が濁っているなど、水中の透明度が低い場合に水部を計測すると欠測が生じることがある。※
- ⑤ 深い場所では、レーザが河床まで到達せず、河床が計測できない場合がある。

※水質について

- ・河川水にフミン質（茶色かつ透明の水）が多く含まれる泥炭地域は、グリーンレーザが吸光され、計測できない場合がある。
- ・塩水が下層に侵入する汽水域などでは、下層の濁りに注意する必要がある。

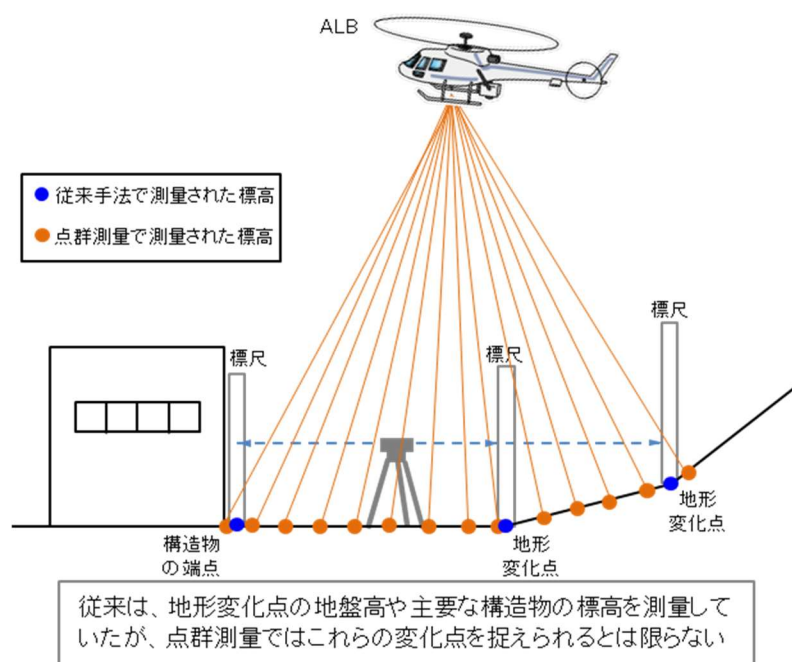


図 1-2 従来測量と点群測量の特性の違い

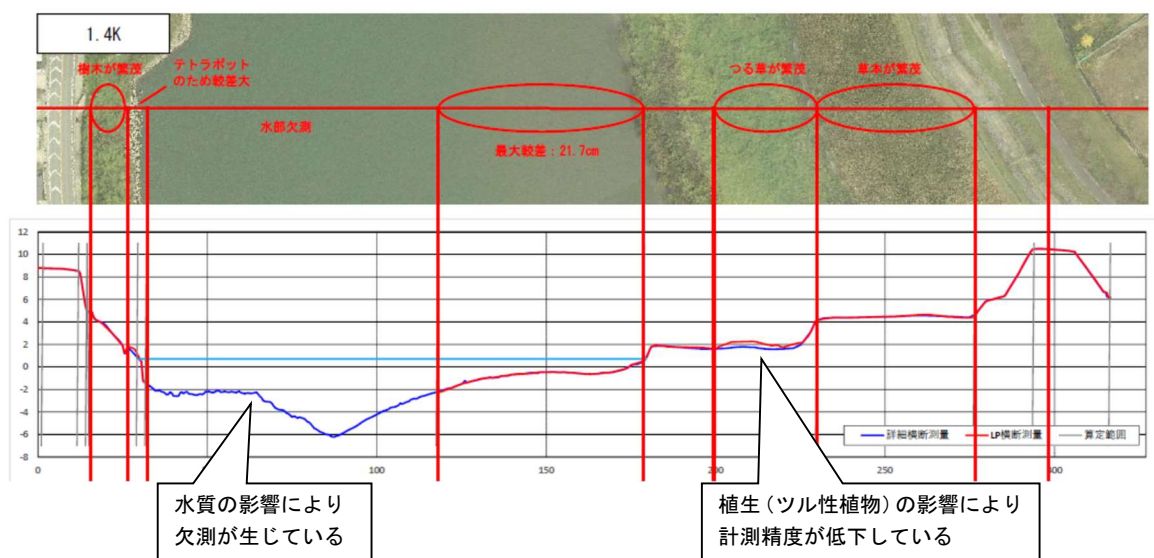


図 1-3 植生や水質の影響による計測精度低下の例

1.1.3 三次元データの活用が考えられる河川管理項目

治水関連、危機管理、河川環境他の分野において、三次元データの活用が期待される河川管理項目を整理した。また、三次元データの活用により、どのような効率化・高度化につながるか、どのような管理上の見逃しを防げるか、今後求められる維持管理のあり方を以下に示す。

表 1-1 三次元データの活用が期待される河川管理項目（1）

大分類	中分類	小分類	今後求められる維持管理のあり方（点群で対応出来ること）	点群で取得する上での現状の課題等
治水関連 河道の 流下能力	堤防高、形状	従来	定期縦横断面測量により、距離標及び変化点等で把握する。 （面的な把握は困難。）	-
		点群	連続的な縦断堤防高や形状が把握できる。 縦断面図の作成により、計画堤防高、計画高水位等と比較することで、越水危険箇所を網羅的に抽出できる。 また、UAV搭載レーザーで高密度計測を行うことにより、パラペットの堤防高評価が実施可能となる。	
		従来	定期縦横断面測量により、距離標及び変化点等で把握する。 （面的な把握は困難。）	
		点群	面的な河道形状データが作成できる。 距離標がなくとも任意の位置で横断形状が確認できる。 また、中小河川や立ち入りが困難な上流部等でも計測が容易となる。	
	土砂堆積	従来	定期縦横断面測量による距離標及び変化点等での把握に加え、河川巡視や点検時に目視により把握する。 （面的な把握は困難。）	-
		点群	二時期のDEMデータを比較することにより、土砂堆積や侵食の箇所及び形状を面的に確認し、その土砂量が把握できる。 河床掘削等の対策検討の高度化が図られる。	
	植生（樹木）の繁茂	従来	河川巡視や点検時に植生（樹木）の状況を目視により把握する。 （植生のボリュームを定量的に把握することは困難。）	-
		点群	Voxel解析を用いて河道全体の植生ボリュームが把握できる。 粗度係数や樹木透過係数の設定が定量的かつ効率的に実施可能となる。	
	河床材料	従来	現地で河床材料を採取し、室内で分析を行い、粒度分布を求める。 （縦断延長が長い河川では調査地点数が非常に多くなり、調査に時間を要する。） （また、河道全体の河床構成材料の分布を把握するのに時間を要する。）	河床材料の粒径の判別は困難
		点群	レーザーの反射強度を分析することにより、河道全体の泥、砂礫、植生、水部等のおおまかな分類ができる可能性がある。 河床構成材料の分布傾向の参考とすることが出来る。	

表 1-2 三次元データの活用が期待される河川管理項目（2）

大分類	中分類	小分類	今後求められる維持管理のあり方（点群で対応出来ること）	点群で取得する上での現状の課題等
治水関連	局所的な流速・流向・抵抗	水衝部	従来 河川巡視や点検時に目視により把握する。 （河床洗掘や小規模な設備での河岸侵食を把握することは困難。）	-
			点群 河床洗掘や河岸侵食が面的・定量的に把握できる。 作業の効率化が図られ、適切な評価や対策を講じることが可能となる。	-
		河川横断工作物設置箇所の 下流、流速に影響を与える 深掘れ等	従来 定期横断測量等により把握する。 （河床形状など、目視により状態を把握することは困難。）	-
			点群 堰等河川横断工作物設置箇所の下流の洗掘状況や流速に影響を与える深掘れ等を面的に把握できる。 施設の健全度の評価の高度化が図られ、適切な対策を講じることが可能となる。	-
		植生（樹木）	従来 河川巡視や点検時に植生（樹木）の状況を目視により把握する。 点検結果及び住民から得られた情報から、対処療法的に樹木を伐採する。 （計画的な伐採は困難。）	-
			点群 河道全体の高木の分布状況が把握できる。 定期的な計測による変化を捉えることにより、成長度合いを踏まえた効率的な伐採計画の策定が可能となる。	-
	構造物	堤防	従来 河川巡視や点検、定期縦横断面測量等により変状を把握する。 （広域な河川の変状を把握するのに時間を要する。）	小規模の亀裂等は計測困難
			点群 概略的な変状が把握できる。 点検箇所的一次スクリーニングにより、作業の効率化が期待できる。 また、はらみ出し、寺勾配、不陸など、目視点検では把握することが困難な変状を発見することが可能となる。	
		河川管理施設 （例 根固工）	従来 河川巡視や点検時に水面近くの状況を目視により把握する。 （水中の構造物流失や沈下・陥没の把握は困難。）	小規模の亀裂等は計測困難
			点群 水中の状況が把握できる。 面的な状況の変化をも踏まえ、適切な対策を講じることが可能となる。	
	許可工作物 （橋梁）		従来 目視点検や定期縦横断面測量により把握する。 （橋脚周辺の洗掘形状（最大洗掘深、洗掘範囲）等の面的な把握は困難。）	オペレータスキヤンの角度が小さい場合、 洗掘形状を捉えられない場合がある
			点群 水中の状況が把握できる。 （ALBの計測でもオフリーク（構内状）スキヤンであればレーザが届く範囲で桁下橋脚部の計測が可能）。 河川管理者として設置者に対する適切な情報提供および指導を行うことが可能となる。	

表 1-3 三次元データの活用が期待される河川管理項目（3）

大分類	中分類	小分類	今後求められる維持管理のあり方（点群で対応出来ること）	点群で取得する上での現状の問題等
危機管理	堤外側	越水危険箇所	従来 定期縦横断面測量により、距離標及び変化点等で把握する。 （面的な把握は困難。）	-
			点群 連続的な縦断堤防高や形状が把握できる。 縦断面図の作成により、計画堤防高、計画高水位等と比較することで、越水危険箇所を網羅的に抽出できる。	
		被災箇所調査	従来 出水後の状況に応じて点検や定期縦横断面測量により把握する。 （徒歩等による目視点検が中心となるため、調査に時間を要する。）	災害直後の水中計測は、透明度により計測できない場合がある
			点群 連続的な河道形状データが作成できる。 出水前データと出水後データの比較により、変状を効率的に把握することが可能となる。	
	堤内側	災害復旧	従来 復旧が必要な被災箇所に対して、現地測量により把握する。 （現地状況によっては、計測に危険が伴う。） （対象箇所が多い場合、現地測量に時間を要する。）	災害直後の水中計測は、透明度により計測できない場合がある
			点群 被災箇所の形状が面的に把握できる。 被災箇所での直接的な作業がないため、安全である。 UAV搭載レーザを活用することで、より機動的に実施できる。	
		堤内地盤形状	従来 定期縦横断面測量により、堤内側20～50m又は河川保全区域相当を把握する。 （定期縦横断面では面的な把握は困難。） 浸水想定区域図の作成には、三次元点群データを活用している。	-
			点群 越水危険箇所と併せて、面的に把握することが可能となる。 溢水や越水が生じた場合の被害リスクについて、堤内地盤との比高も踏まえて判断することが可能となり、優先対応箇所 の判断や水防団員の安全確保の高度化が図られる。	

表 1-4 三次元データの活用が期待される河川管理項目（4）

大分類	中分類	小分類	今後求められる維持管理のあり方（点群で対応出来ること）	点群で取得する上での現状の課題等
河川環境他	自然環境	水際線	従来 現地調査時の状況が河川環境基図等の既存資料と異なる場合には、調査員がおおむねの水際線の位置を記録する。 （水際が複雑な場合や植生が繁茂している場合には、目視で水際線の位置を詳細に把握することは困難。）	現状、実験段階
			点群 三次元地形モデルと航空写真から、効率的に水際線を抽出できる可能性がある。	
		瀬・淵構造	従来 空中写真の判読や現地調査から、早瀬、淵、湛水域、ワンド、干潟、湧水箇所、流入支川位置等、河道の構造を把握する。 （生物生息場に関する情報について、定量的な把握は困難。）	現状、実験段階
			点群 瀬・淵構造を三次元モデル化することで連続する瀬、淵等の水深、流速分布等の環境要素を点数化し、生息場としての客観的な評価を行う試みが検討されている。	
		植生（樹木）	従来 空中写真の判読や現地調査により把握する。 （樹木の高さ、被度・群度などの定量的な把握は困難。）	-
			点群 河道全体の樹木の高さ、被度・群度などが把握できる。 「河川環境基図」の経年変化修正など、作業の効率化が図られる。	
	占用	不法盛土・不法工作物	従来 平常時の河川巡視により把握する。 （範囲が広域であることに加え、巡視回数等の制約がある。）	-
			点群 面的な変化を概略的に捉えることで、不法行為の早期発見につながる。 警告後の定量的な改善状況の把握が可能となる。	
	利用	親水施設の利用	従来 定期縦横断面測量、河川巡視、安全利用点検により把握する。 （面的な変化や、水中の状態把握は困難。）	-
			点群 親水護岸等の形状を面的に把握することが可能となる。 安全な利用に支障が生じるような変化を確認した場合、対象箇所を限定した高密度データを取得することにより、利用者への注意喚起など、安全性の向上に向けた対応に活用することが可能となる。	
		水面利用	従来 船着き場を擁する河川では、航路の安全確保のために、河床を深淺測量（ナローマルチ）により把握する。 （高精度だが調査に時間を要する。）	-
			点群 連続的な河道形状データの作成が可能。 広範囲を効率よく計測することが可能となる。	

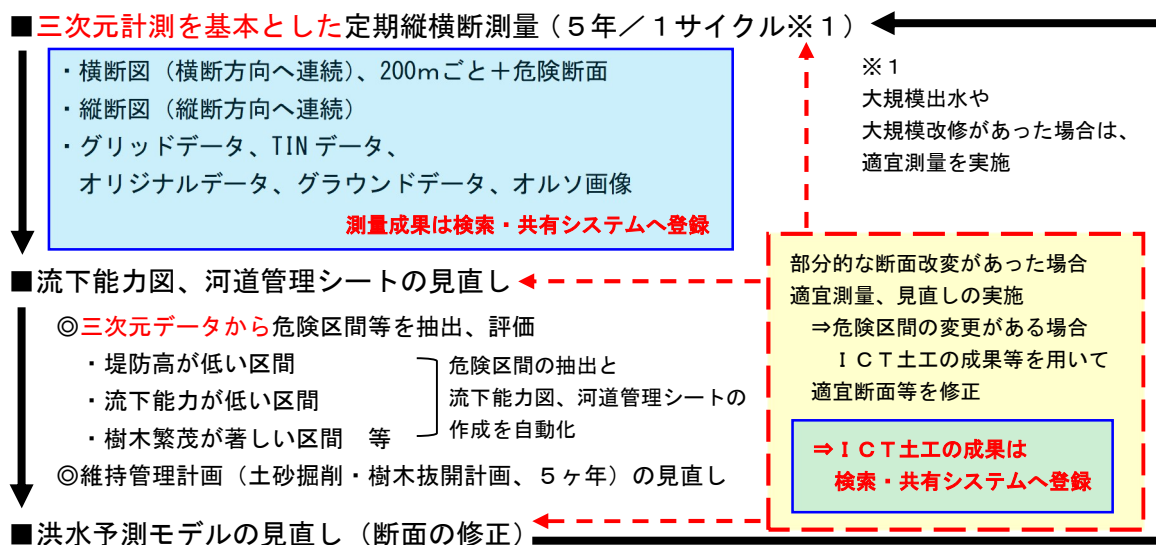
※参考

「樹木・土砂管理における三次元データの活用について」

平成30年7月豪雨を踏まえ、樹木繁茂・土砂堆積及び橋梁等による洪水氾濫の危険箇所等の緊急点検が実施され、その結果に基づき3ヶ年緊急対策として流下阻害や局所洗掘等によって洪水氾濫による著しい被害が生ずる等の河川約2,340河川について樹木伐採・掘削及び橋梁架替等が行われる。

一方、これら樹木・土砂管理へ対応していくことは、現場の体制が厳しさを増す中で体制面、予算面から困難な状況にある。体制面、予算面の課題への対応の一つとして国全体で三次元データ等の活用に向けた種々のプラットフォーム構築の動きがあるが、河川においても三次元データの取得、活用、管理について今後の方向性を定める必要がある。これまでの河川管理は、経験的な評価による管理を行ってきたが、これからは三次元データを活用した定量的な評価による管理が求められている。河川を定量的に管理していく上では、河道掘削や樹木伐採後の状態を初期値として三次元で確認しておくことが、その後の河道管理において大変重要であり、効率化・高度化に向けた具体的な取組として進めていく必要がある。

<直轄河川の河道管理での三次元データ活用例>



1.2 河川管理項目の目的に応じた精度等

1.1 で示した河川管理項目は、項目によって必要な精度が違う。

例えば、越水危険箇所の選定と河道内樹木の樹高による群落のボリューム把握では、必要な精度が異なる。

計測機器が持つ現状の分解能・精度を踏まえ、河川管理項目ごとの目的に応じた三次元データに必要な精度（概ねの許容誤差）を以下に整理した。

表 1-5 各河川管理項目の目的に応じた許容誤差（目安）

大分類	中分類	小分類	活用目的	概略の許容誤差 （標高）
治水 関連	河道の 流下能力	堤防高・形状	越水危険箇所抽出	5cm 程度
		河道形状	形状把握	30cm 程度
		土砂堆積	河床掘削等の対策検討	30cm 程度 （差分解析の場合は 15cm 程度）
		植生（樹木）の繁茂	植生ボリューム把握	50cm 程度
		河床材料	調査地点選定	—
	局所的な 流速・流向・ 抵抗	水衝部	洗掘状況の定量把握	30cm 程度
		河川横断工作物設置箇所の 下流、流速に影響を与える 深掘れ等	洗掘状況の定量把握	30cm 程度
		植生（樹木）	伐採計画の策定	15cm 程度（差分解析 により成長度を把握 するため）
	構造物	堤防	点検箇所の一次スクリー ニング	5cm 程度
		河川管理施設（例 根固工）	変状把握	30cm 程度
		許可工作物（橋梁）	橋脚部洗掘状況把握	30cm 程度
危機 管理	堤外側	越水危険箇所	越水危険箇所抽出	5cm 程度
		被災箇所調査	被災状況把握	30cm 程度
		災害復旧	被災箇所形状把握	10cm 程度
	堤内側	堤内地盤形状	越水時危険箇所抽出	5cm 程度
河川 環境他	自然環境	水際線	水際線の自動抽出	50cm 程度
		瀬・淵構造	生息場の評価	30cm 程度
		植生（樹木）	樹木高や被度・群度把握	50cm 程度
	占用	不法盛土・不法工作物	不法行為の早期発見	1m 程度
	利用	親水施設の利用	安全性確認	30cm 程度
		水面利用	形状把握	30cm 程度

2. 三次元計測の方法

2.1 各手法の技術的特性

2.1.1 河川管理に活用可能な各技術の特徴

河川管理に活用可能と考えられるレーザ測量、衛星写真および航空写真等の技術的特徴を表 2-1 に示す。なお、表中の点密度、測量精度（標高）は、業務実績からの目安であるため、目的に応じた詳細な検討が必要である。

各技術に適用される規程、マニュアルについては、以下を参考にすること。

- ・ 航空レーザ（近赤外レーザ）、MMS（車載写真レーザ）、空中写真測量

⇒作業規程の準則（平成 28 年 3 月 31 日一部改正 国土地理院）

- ・ ALB

⇒航空レーザ測深機を用いた公共測量マニュアル(案)（平成 31 年 3 月 国土地理院）

- ・ UAV 写真測量

⇒UAV を用いた公共測量マニュアル(案)（平成 29 年 3 月改正 国土地理院）

- ・ UAV レーザ

⇒UAV 搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案)（平成 30 年 3 月 国土地理院）

- ・ 地上レーザ

⇒地上レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案)（平成 30 年 3 月 国土地理院）

- ・ ナローマルチビーム

⇒マルチビームを用いた 深浅測量マニュアル(浚渫工編)（平成 31 年 4 月改定版 港湾局）
（参考）

水路測量業務準則（平成 26 年 3 月 31 日一部改正）

水路測量業務準則施行細則（平成 31 年 3 月 25 日一部改正）

表 2-1 レーザ測量技術等の特徴と精度等（数値は業務実績からの目安）

	技術的特徴	点密度 ／ 解像度の目安	測量精度（標高）	適用可能な 河川部位	制約条件
点群	航空レーザ	・ 陸部計測（近赤外レーザ）のみ	陸部：約 15cm	堤防、横断測線	—
	ALB （航空レーザ測深）	・ 計測原理は航空レーザと同じ ・ 陸部（近赤外レーザ）と水部（グリーンレーザ）を同時に計測可能	縦断：約 3cm 横断：約 9~15cm 水部：約 20cm	河道全体 （陸部） 河道全体 （水部）	水質
	ナローマルチ ビーム	・ 音波により河床を面的に計測可能 ・ 扇形にビームを発射するため、浅い場所では測線幅が狭くなり、効率が悪い	約 15cm （水深 5m 時）	河道（水部）	水深 1m 以上必要
	MMS （車載写真レーザ）	・ 天端は高密度かつ高精度に計測可能 ・ 堤防道路への車両の進入、走行が必須条件 ・ 天端から法面への照射は角度が浅く地盤面を捉えることが難しい	天端：約 5cm 法面：約 25cm （除草状況による）	堤防、橋梁、 河川横断構造物等	車両の進入
	地上レーザ	・ 計測対象物までの距離が短く、照射密度が高い ・ 横方向からレーザを照射するため、橋脚などを高密度かつ高精度に計測可能	10,000 点/m ² 程度 設置場所の変更により 密度の調整が可能	河道全体 （狭小範囲）	機器の設置場所
	UAV 搭載レーザ	・ 高度 30~150m （航空法上 150m 以上は許可が必要） ・ 照射角度の幅が広いいため、樹木等により地盤面への到達率が下がる場合がある	測定範囲：800m 程度 精度：約 1cm （機器により異なる） 誤差：1cm 以上	河道全体 （狭小範囲）	航続時間 （10~15 分程度）
画像	次世代インフラ用点検 ロボット	・ 音響測深機により河川構造物・周辺河床のスロット点検や河道形状を三次元的に把握可能 ・ 着水には重機が必要（重量 300kg 以上） ・ 瀬切れのある場所では使用不可 ・ 流速 1.5m/s まで対応可能	ナローマルチビームと 同様	河道（水部）	急流以外 離着岸場があること
	空中写真 （レベル 500 の場合）	・ 高度 500~1,500m 程度	解像度 5~10cm 程度	河道全体 （水部除く）	天候
	UAV 空中写真 衛星画像	・ 高度 30~150m 程度 （航空法上 150m 以上は許可が必要） ・ 撮影時期をコントロールできない ・ 多様なセンサー（白黒、カラー、近赤外、熱赤外、SAR 等）がある	解像度 1cm 以下 （高度 30m） 解像度（水平方向）は 0.5~1m 程度	河道全体 （水部除く） 河道全体 （広大範囲） （水部除く）	航続時間 （15~20 分程度） 撮影時期の調整不可

※1：（一財）リモートセンシング技術センター資料による

2.1.2 各種測量技術の適用範囲

河川管理に活用可能と考えられるレーザ測量、衛星写真及び航空写真等の適用範囲の概念図を以下に示す。ALB による点群測量は、計測対象河川の条件にもよるが、航空レーザ、ナローマルチビーム、航空写真等により別々に実施してきた測量を幅広くカバーできる可能性がある。

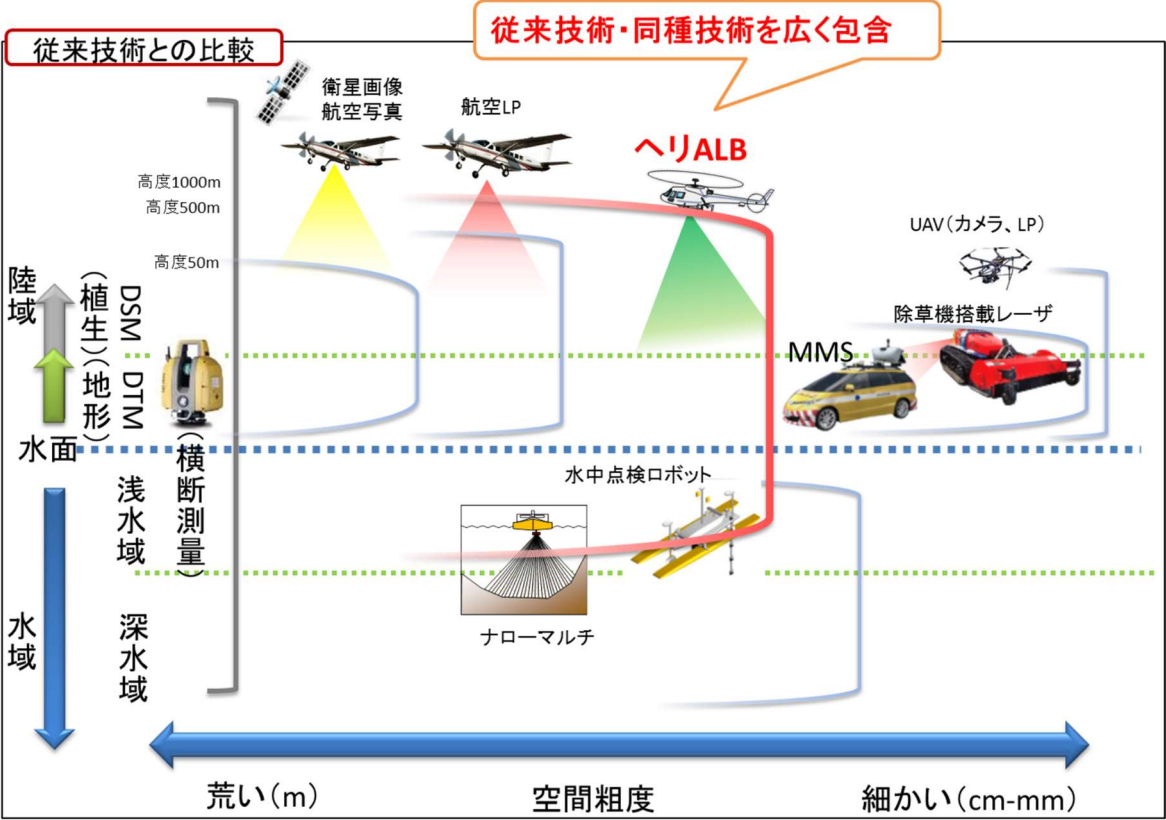


図 2-1 各種レーザ測量等の適用範囲（概念図）

2.2 河川管理項目別の計測手法（案）

前節の各種レーザ機器等の技術的特徴を整理した結果をもとに、河川管理項目別に最適な計測手法を検討した例を次頁の表に示す。この結果はあくまでも目安であり、目的に応じた詳細な検討が必要である。

表 2-2 河川管理の目的に応じたレーザー測量技術等の適用性（業務実績からの目安）

大分類	中分類	小分類	航空レーザーザ (陸上)	ALB (陸上・水中)	UAV レーザ (陸上)	UAV レーザ (水中)	MMS (車載写真 レーザ)	ナロー マルチ ビーム	航空写真
治水 関連	河道の流下能力	堤防高・形状	○	○	○	○	○	—	△
		河道形状	○ (陸上) × (水中)	○ (浅域) △ (深域)	○ (陸上) × (水中)	○ (浅域) × (深域)	△	○	△
		土砂堆積	○	○	○	○	△	○	△
		植生（樹木）の繁茂	○	○	○	○	△	—	○
		河床材料	△	△	△	△	—	×	△
	局所的な流速・ 流向・抵抗	水衝部	○	○	×	△	—	○	△
		河川横断工物設置箇所の下流、 流速に影響を与える深掘れ等	○	○	○	△	—	○	—
		植生（樹木）	○	○	○	○	△	—	○
		堤防	○	○	○	○	○	—	△
		河川管理施設（例 根固工）	△	△	○	○	△	△	△
危機 管理	堤外側	許可工物（橋梁等）	△	△	○	○	△	△	△
		越水危険箇所（※堤防高・形状と重複）	○	○	○	○	○	—	△
		被災箇所調査	○	○	○	○	○	○	○
		災害復旧	○	○	○	○	○	○	○
		堤内地盤形状	○	○	△	△	△	—	△
	堤内側	水際線	○	○	△	△	—	—	○
		瀬・淵構造	×	△	×	△	—	○	△
		植生（樹木）	○	○	○	○	△	—	○
		不法盛土・不法工作物	○	○	○	○	△	—	○
		親水施設	×	○	×	○	○ (陸上)	○	—
河川 環境他	利用	航路、水面利用	×	○	×	△	—	○	—
		主に対象とする部位	河道全体	河道全体	河道全体	水中	堤防周辺	水中	河道全体
		主に対象とする面積	広い	広い	狭い	狭い	狭い	狭い	広い

○、△、×の評価はあくまでも目安として示すものである

○：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 ×：計測不可能 —：対象外

※参考

「コスト比較」

(公財) 日本測量調査技術協会が刊行した「2019 年度版 公共測量積算ハンドブック」を参考に、ALB を使用して三次元地形データを取得する場合(注 1) の費用について整理した。面積あたりの直接測量費(注 2) を以下に示すので参考にされたい。なお、諸経費については、設計業務等標準積算基準書(国土交通省)によるものとする。

【積算条件】

- ・計測機器：ALB
- ・航空機：回転翼機
- ・点密度：陸部：10 点以上／ m^2 水部：1 点以上／ m^2
- ・測量範囲：幅 500m (低水路幅 100m)
- ・本飛行場～計測基地間往復直線距離：335km
- ・計測基地～計測地間往復直線距離：50km

【積算項目】 注 1：縦横断図等、図面作成は含めていない。

- ・全体計画
- ・作業計画
- ・水質調査(透明度調査及び濁度調査を想定)
- ・ALB 計測(総運行時間、計測時間、滞留日数)
- ・調整用基準点の設置
- ・三次元計測データ及びオリジナルデータ作成
- ・グラウンドデータ作成
- ・グリッドデータ作成
- ・等高線データ作成
- ・数値地形図データファイル作成

【面積あたりの直接測量費】 注 2：直接経費及び成果検定費は含めていない。

- ・ 1km^2 ：約 375 万
(計測コース数：4 コース、計測コース総延長距離：10km を想定)
- ・ 5km^2 ：約 540 万(約 108 万／ km^2)
(計測コース数：4 コース、計測コース総延長距離：42km を想定)
- ・ 10km^2 ：約 750 万(約 75 万／ km^2)
(計測コース数：4 コース、計測コース総延長距離：82km を想定)

<2019 年度版 公共測量積算ハンドブック>

<https://sokugikyo.or.jp/publication/book/21.html>

3. 三次元点群データによる河川定期縦横断測量

3.1 計測実施前の検討

三次元点群データによる河川定期縦横断測量に ALB を使用する場合、その技術的特性を理解した上で使用しなければならない。ALB には、陸部と 2～3m 程度までの浅い水部を同時に効率よく計測できる長所がある。一方で、河川延長が短い場合は費用が割高になり、深いところや水質条件が悪い場合に欠測が生じ、補測に労力がかかるなどの短所もある。そのため、ALB の計測実施判断は、計測機器の特性をよく理解した上で当該河川の特性を踏まえ、総合的に判断する必要がある。また、ALB による計測を実施する場合は、欠測が生じることを想定し、補測の方法や費用の処置について事前に検討しておくことが重要である。参考のため、ALB による計測実施前の検討フローを以下に示す。

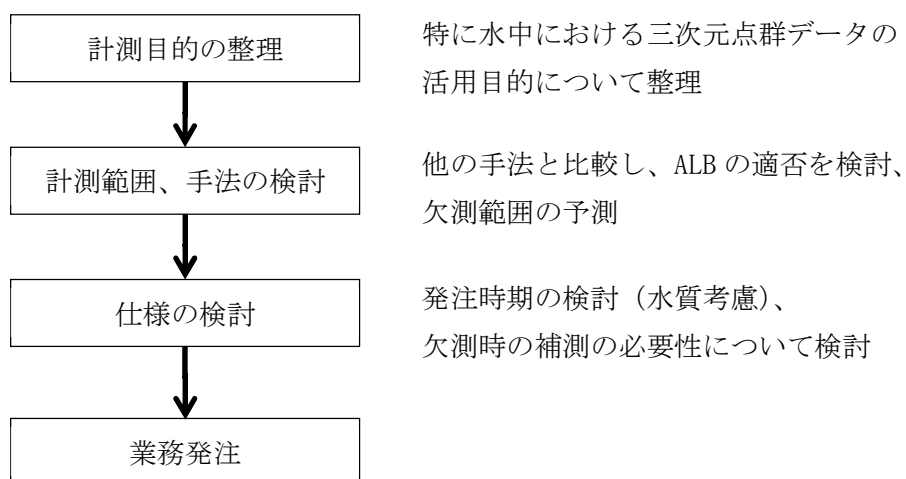


図 3-1 ALB による計測実施前の検討フロー

ALB による計測実施判断における具体的な検討要件の例を以下に示す。これらの要件はあくまでも目安であり、ALB による計測実施を妨げるものではない。

計測目的	【縦横断測量での利用を想定】→実測、ALB、実測+近赤外レーザなどを検討 【三次元点群データの活用】→ALB による点群測量を検討
河川延長	【10km 未満】→実測の方が ALB よりも費用が安い可能性有 【10km 以上】→ALB の方が実測よりも費用が安い可能性有
水質条件	【良好】→水深 3m 以上まで計測できる可能性有 【上記外】→計測限界が 2m 未満となる可能性有 良好の目安・・・透視度 100cm 以上、透明度 2m 以上、濁度 1.50 未満
植生条件	【良好】→地盤面までレーザが到達し、誤差は概ね 20cm 未満（目安） 【上記外】→地盤面が的確に捉えられず、誤差が大きくなる可能性有 良好の目安・・・竹林、ツル性植物などが密生していないこと
その他条件	水位はできるだけ低い時期に計測を行う。 河口部では塩水進入等による濁りに注意。 冬期は積雪に注意。

図 3-2 ALB による計測実施判断における検討要件の例

3.2 ALB による三次元点群データの取得

ALB による三次元点群データの取得について、計測、解析、縦横断測量の実施、精度管理、成果とりまとめまでの一連の作業フローを以下に示す。

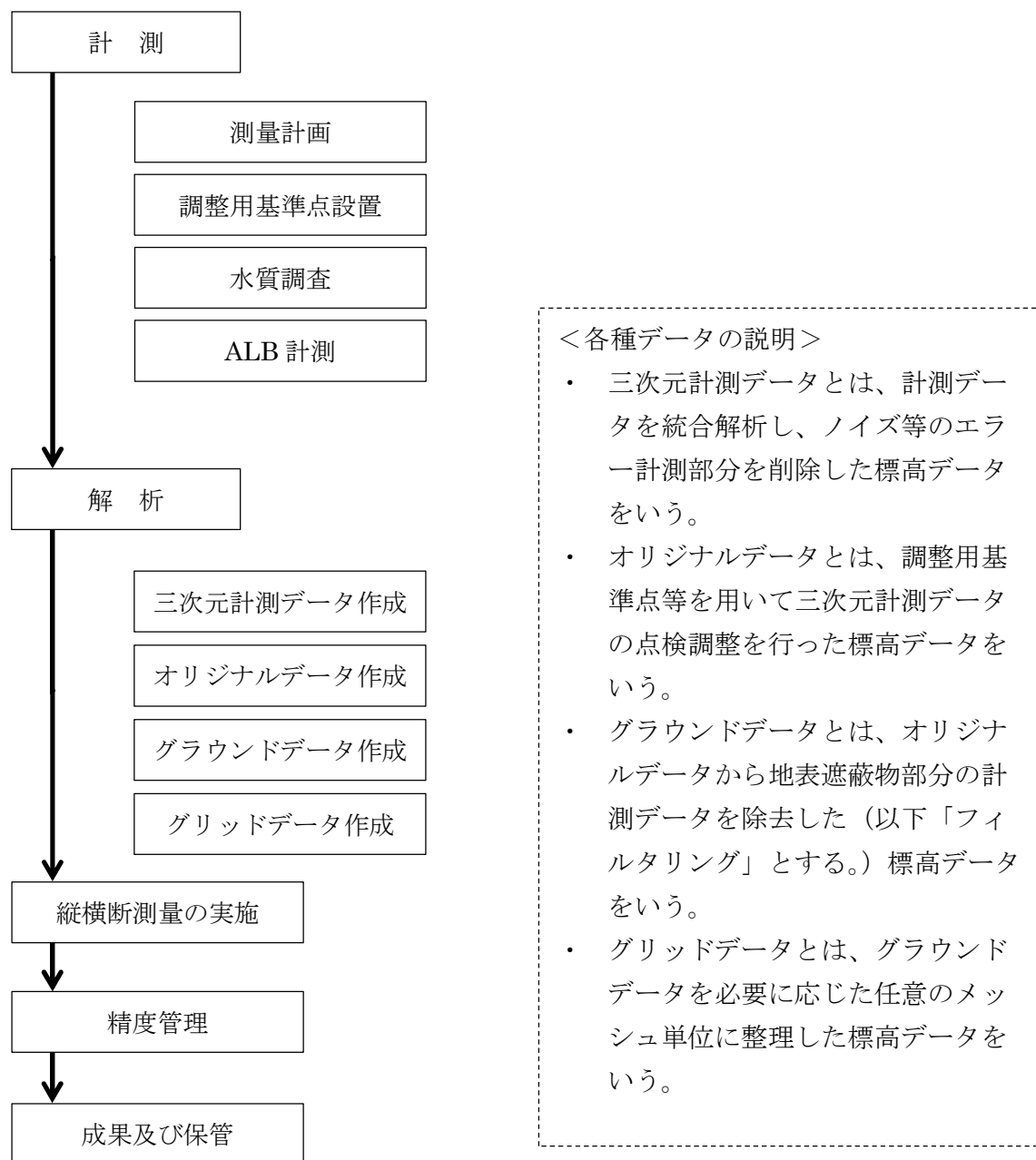


図 3-3 ALB による三次元点群データの取得の作業フロー

3.3 計測

3.3.1 測量計画

(1) 測量範囲の検討

測量範囲は、河川定期縦横断測量業務実施要領・同解説に準拠し、原則として堤内地に河川保全区域相当の範囲を加えたものとする。その範囲は、準則第 421 条にある堤内 20～50m の範囲を目安とし、現場の状況に応じて適切に設定すること。

(2) 点密度の検討

ALB 計測による点密度は、地形の起伏状況や植生の繁茂状況、水深などによって異なる。そのため、これらの状況を考慮した上で、地形の再現性を確保するために必要な点密度を設定する必要がある。河川定期縦横断測量のデータを取得するための ALB 計測の場合、以下の点密度を確保するものとする。

なお、本マニュアルでは、河川定期縦横断測量を主目的とした地形測量を対象としている。樋門・樋管などの河川構造物の形状を把握する場合は、UAV、地上レーザなどを用いた高密度測量が適している。

陸部：10 点以上／ m^2

水部：1 点以上／ m^2

作業機関は、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）に準拠し、上記の点密度を確保するために 1.1～1.5 倍の点密度で ALB 計測を実施する必要がある。測量範囲の地形の起伏状況や植生の繁茂状況、水深などの影響により、上記の点密度を確保できない恐れがある場合は、ALB 計測の実施前に計画機関と作業機関の間で協議し、適切な点密度を設定することが望ましい。

(3) 飛行計画の検討

ALB 計測の実施にあたり、ヘリコプター等の飛行計画を検討する。飛行コースは、流路を直線で定義できる区間に分割し、各区間を 2 コース以上の複数の飛行コースにより計測することを標準とする。飛行コースは、等高度直線又は等対地高度直線とする。飛行コース両端は、河口部等、特別な場合を除き、陸上とする。飛行コース間の重複度は、30 パーセントを標準とする。隣接する直線区間の飛行コース同士は、交差していることを原則とする。点密度を高めるためには、飛行コース間の重複度の調整や、往復による飛行設定を行う。

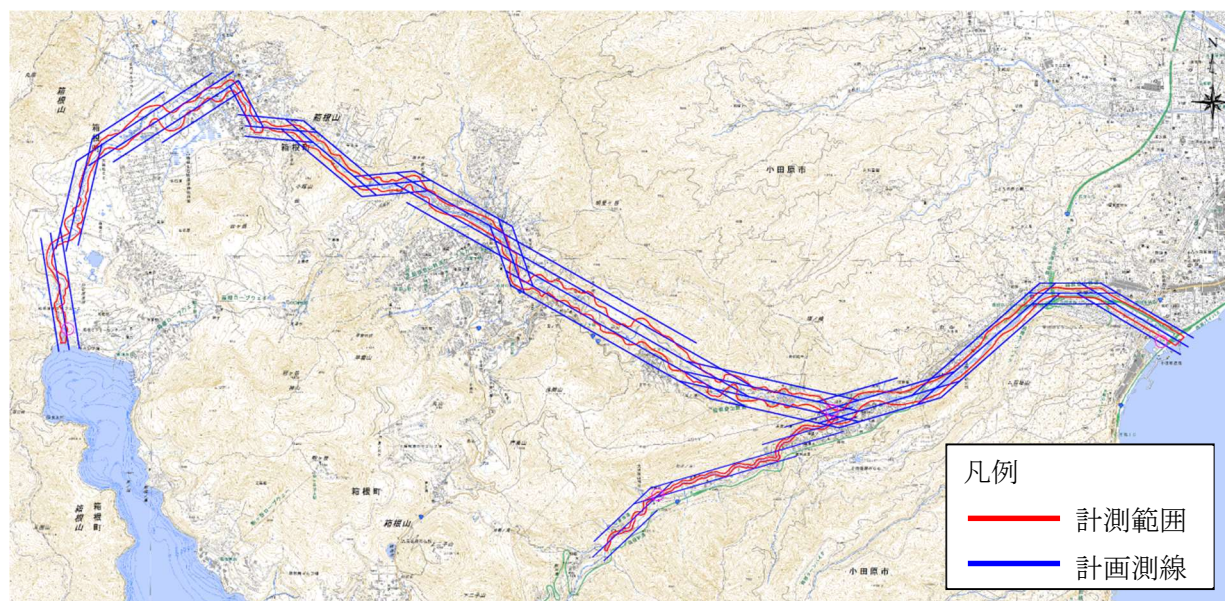


図 3-4 計測計画図の例

(4) 計測時期の検討

国内河川の流量は一般的に夏季に多く、冬季に少ない。また、水の濁りは夏季に高く、冬季には低下して安定する。ALB 計測は測深限界による欠測をなるべく少なくするため、降雨後を避け、できるだけ水位が低下し、水の濁りが低下するタイミングで実施することが望ましい。

なお、陸部では植生の種類や繁茂状況によってレーザが地盤面まで到達せず、計測精度が低下する場合があるため、落葉した時期が適している。

ALB の計測適期の例を以下に示す。水部、陸部の状況から総合的に判断し、適切な計測時期を設定することが望ましい。

(出典：(公財) 日本測量調査技術協会)

	地域名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	備考
北海道	-	積雪期	積雪期	積雪期				出水期	出水期	出水期		積雪期	積雪期	
東北地方	日本海側	積雪期	積雪期				出水期	出水期	出水期	出水期		積雪期	積雪期	
	太平洋側	積雪期	積雪期										積雪期	
関東地方	北部	積雪期	積雪期				出水期	出水期	出水期	出水期	出水期	積雪期	積雪期	
	上記以外													
信越地方	新潟県	積雪期	積雪期	積雪期			出水期	出水期	出水期	出水期	出水期		積雪期	
	長野県	積雪期	積雪期									積雪期	積雪期	
北陸地方	富山・石川	積雪期	積雪期				出水期	出水期	出水期	出水期	出水期		積雪期	
	福井	積雪期	積雪期										積雪期	
中部地方	-						出水期	出水期	出水期	出水期	出水期			
近畿地方	日本海側	積雪期	積雪期				出水期	出水期	出水期	出水期	出水期		積雪期	
	太平洋側													
中国地方	日本海側	積雪期	積雪期				出水期	出水期	出水期	出水期	出水期		積雪期	
	太平洋側													
四国地方	-						出水期	出水期	出水期	出水期	出水期			
九州地方	日本海側	積雪期	積雪期				出水期	出水期	出水期	出水期	出水期		積雪期	
	太平洋側													

凡例： ■ 好適期 ■ 水位・水質条件により作業可

図 3-5 航空レーザ測深（ALB）の計測適期の例

表 3-1 計測時期を検討する上でのチェックポイント

	説明	情報入手方法
水位 水質	できるだけ水位が低く、水質が良好な（濁りが少ない）時期を選ぶ	水文・水質データベース http://www1.river.go.jp/
降雨 予測	降雨等による水位の上昇、水質の悪化がないこと	気象庁 週間天気予報 https://www.jma.go.jp/jp/week/
潮汐	大潮の時は河口部において潮汐により河床の土砂が巻き上げられ水質が悪化する	気象庁 潮位表データ https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/tide/suisan/index.php

3.3.2 調整用基準点の設置

三次元計測データの水平位置及び標高較差の精度点検を行うため、4 級基準点測量による調整用基準点を設置する。調整用基準点の設置位置は、計測コース間の整合により蓄積された誤差の確認が行えるよう、コースの重複した箇所において、グリッドデータの格子間隔の2～3 倍以上の辺長がある平坦かつ明瞭な箇所とする。

なお、調整用基準点の設置は構造物の屋上等の見通しが良く、変化が小さい場所にマーキングをしておくことで、コスト縮減や災害時等の緊急的な計測時の精度確保に資することから、常設化しておくことが望ましい。

<調整用基準点の設置数>

調整用基準点の設置数は、作業地域の上流端と下流端に各 1 点、中間には作業地域の長さ(km) を 5 で割った値で等分された数を標準として規定している(注 1)。

(注 1：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)を参照。なお、同マニュアル(案)では、『調整用基準点』を『調整点』と表記している。)

3.3.3 水質調査

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、「水質調査や補備測量(深淺測量等)は、航空レーザ測深の品質確保にとって非常に重要な作業である。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。

水質調査は、計測範囲全体を代表する 2、3 箇所を選び、橋梁、栈橋、水位観測所等で実施する。なお、支川の合流等で水質に変化が発生する場所は、調査地点に追加する。また、調査日は、航空レーザ測深の実施と同一日又は水質環境が変化しない期間内に実施する。

<水質調査の手法(現地条件を考慮して最適なものを選定)>

- ①透明度(透明度板(セッキ板)を用いた目視観測)
- ②透視度(透視度計(100cm 目盛)を用いた目視観測)
- ③濁度(水の濁りの程度を示すもの。計測は標準液との比較、光学的方法などによる)
- ④SS(水中に浮遊する粒子径 2 mm 以下の不溶解性物質。ろ過した残留物の重量を測定)

3.3.4 ALB 計測

(1) ALB の測深精度

ALB の測深精度は、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）に規定されており、以下を標準としている。ただし、水部の標高は水質の影響により水底が測深できない場合は、適用しないものとしている。

表 3-2 ALB の測深精度

区分	精度（標準偏差）
陸部の標高	0.3 m以内
水部の標高	0.3 m以内

(2) プラットフォームの違い

1) 固定翼（小型飛行機）

固定翼は、飛行速度が速く（約 220km/h）、広大な面積を効率よく計測することが可能である。広大な氾濫原を含む計測には特に有利である。一方、密度が粗く、地形の高低差により粗密が生じる。

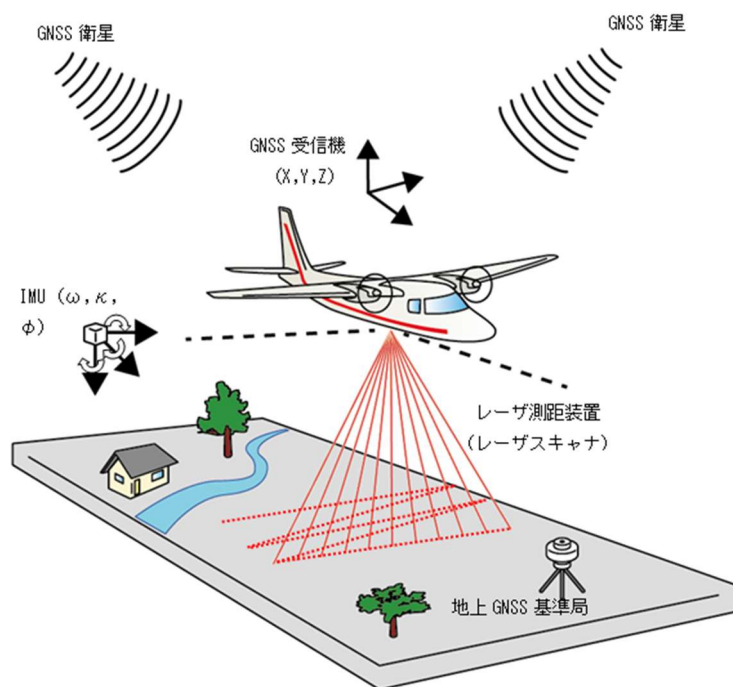


図 3-6 固定翼による計測イメージ

2) 回転翼（ヘリコプター）

回転翼は、機動性に優れ、河川の湾曲に沿った小刻みな直線コースの出入りの旋回を最小限に抑えることができ、超低速（約 110km/h）で飛行することにより高密度で計測することが可能である。また、勾配のある河川では、対地高度を一定に保った飛行（コンターフライト）により計測することが可能である。

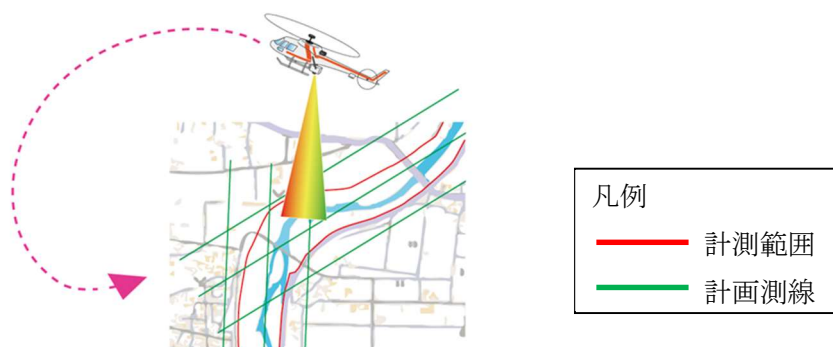


図 3-7 回転翼による計測イメージ

(3) 計測原理と誤差発生要因

1) 計測原理

ALBの計測原理は、一般的な航空レーザ測量と同じタイムオブフライ方式である。すなわち、レーザ光を発射してから地表で反射して受信するまでの時間を計測し、光速度 ($3 \times 10^8 \text{m}$) との積でレーザ装置から地表までの距離を求める。これに GNSS (位置情報) と IMU (姿勢情報) の情報を合わせて解析することで地表の位置 (X, Y) および高さ (Z) を取得する。

陸部は、近赤外レーザ (1,064nm)、水部は、グリーンレーザ (515~532nm) を使用して一回のフライトで同時に計測を行う。

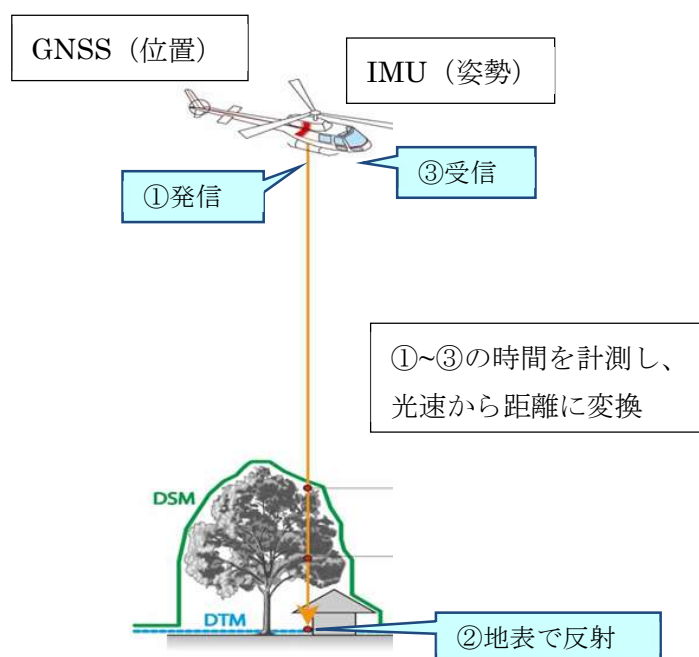


図 3-8 航空レーザの計測原理

2) 誤差発生要因

ALBの測深結果は、調整用基準点により誤差の確認ができる。ALB計測の誤差には系統誤差、偶然誤差、フィルタリングによる過失誤差があり、適切に処理することで三次元点群データの精度を向上することが可能である。

① 系統誤差

GNSS、IMU、レーザ装置の特性等により発生する、ほぼ一定の偏りを持つ誤差を系統誤差と呼ぶ。系統誤差は、較差の平均値で表され、三次元点群データ全体を鉛直方向に平行移動することで誤差を縮小することが可能である。

② 偶然誤差

系統誤差とは異なり、同一の標高とみなせる範囲において、発生する点群のバラツキを偶然誤差と呼ぶ。偶然誤差は、標準偏差等で表される。

③ フィルタリングによる過失誤差

地上障害物により、フィルタリング処理が適切に実施されなかった場合に発生する誤差を過失誤差と呼ぶ。過失誤差は、既存資料との比較、現地調査による目視確認を行い補正する必要がある。

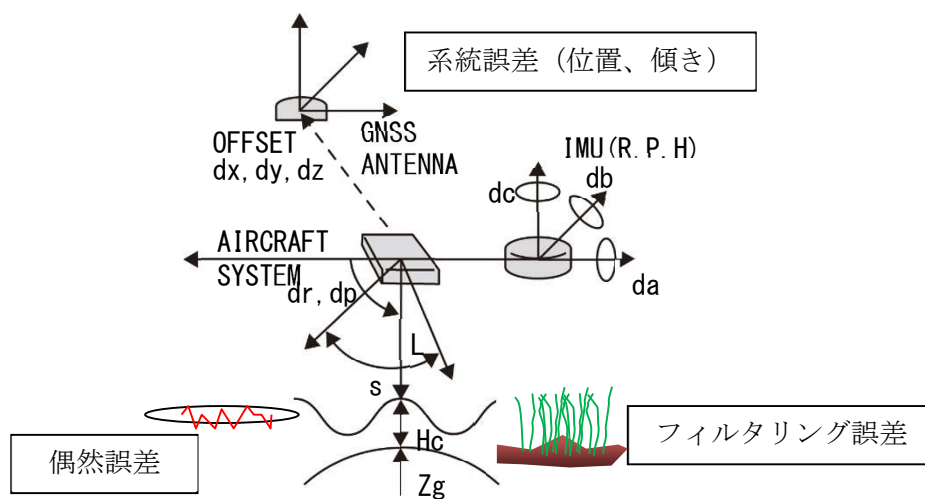


図 3-9 計測誤差の累積イメージ

(出典：(公社) 日本測量協会 一公共測量一作業規程の準則 解説と運用 の図に加筆)

(4) スキャン方式の違い

1) オブリークスキャン方式

オブリークスキャンは、楕円の軌跡を描きながらレーザ光が斜めに照射（ 20° 程度）するため、条件によっては橋桁下の橋脚部等を計測することが可能である。

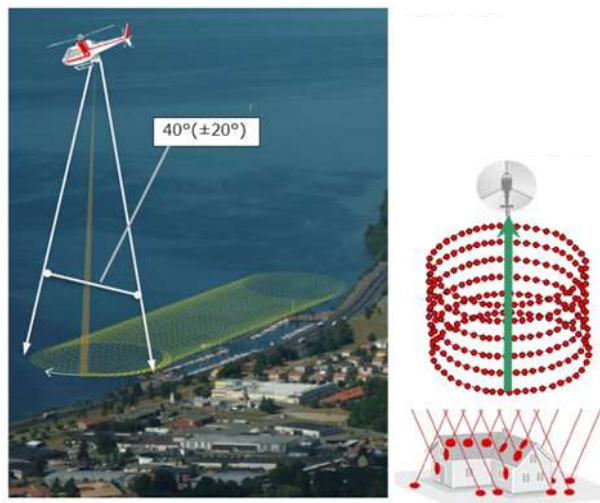


図 3-10 オブリーク方式の計測イメージ

2) スキャナー方式（参考：従来型の航空レーザ）

発振されたレーザは、往復回転するスキャン用反射ミラーに当たり、地上にジグザグの軌跡で照射される。スキャナー方式の場合、中心から遠ざかるほど、場所による点密度の差が大きくなる。

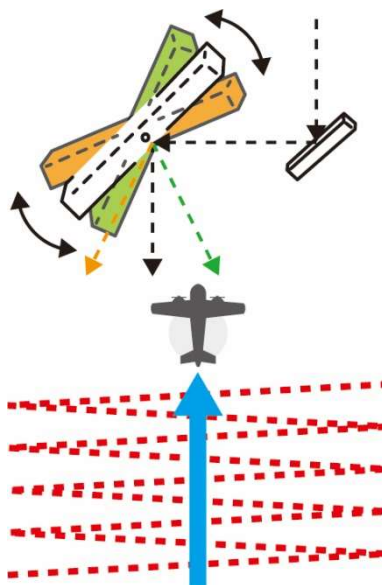


図 3-11 スキャナー方式の計測イメージ

3.4 解析

3.4.1 三次元計測データ作成

「三次元計測データ作成」とは、航空レーザ計測データを統合解析し、計測位置の三次元座標データを作成する作業をいう。なお、三次元計測データの地上座標値は、センチメートル位とする。

【準則】第 325 条 1 および 3

1) ノイズ除去

三次元計測データを作成する際は、断面表示、鳥瞰表示等により、隣接する建物等に複数回反射して得られるノイズ等によるエラー計測部分を削除する。

【準則】第 325 条 2

2) 三次元計測データの点検

三次元計測データの点検は、調整用基準点との比較により行う。各調整用基準点と三次元計測データとの較差の平均値の絶対値が 25cm 以上の場合は、原因を調査の上、再計算処理又は再測等の是正処置を講じる。すべての調整用基準点と三次元計測データとの較差の平均値の絶対値が 25cm 以上の場合は、原因を調査の上、再計算処理又は再測等の是正処置を講じる。ただし、較差の傾向が、作業地域全体で同じ場合は第 333 条の規定に基づき補正を行う。

【準則】第 326 条

3) コース間調整

コース間標高値の点検は、コース間の重複部分に点検箇所を選定し、コースごとの標高値の比較点検を行う。重複コースごとの標高値の較差の平均値の絶対値が 30cm 以上の場合は、点検箇所の再選定または点検結果からキャリブレーション値の再計測と計測データの再補正を行う。

【準則】第 327 条

4) 航空レーザ用写真地図データの作成

航空レーザ用写真地図データの作成は、航空レーザ用数値写真及び三次元計測データ等を用いて正射変換(※)により行う。航空レーザ用写真地図データのデータ形式は、TIFF とする。位置情報ファイルは、ワールドファイル形式とする。航空レーザ用写真地図データの地上画素寸法は、0.25m以下を標準とするが、目的に応じて適切な地上画素寸法を設定することが望ましい。

【準則】第 329 条

※空中写真(数値写真)は、土地の起伏(高低差)による位置ズレが生じるとともに、高層ビルなどの高い建物や周縁部のとがった山の像は、写真の中心から外側へ傾いているように写る。これを中心投影という。オルソ画像(写真地図データ)は、写真上の像の位置ズレをなくし、真上から見たような傾きのない、正しい大きさと位置に表示される画像に正射変換したものである。オルソ画像は、GIS などにおいて、地図データなどと重ね合わせて利用することができる。

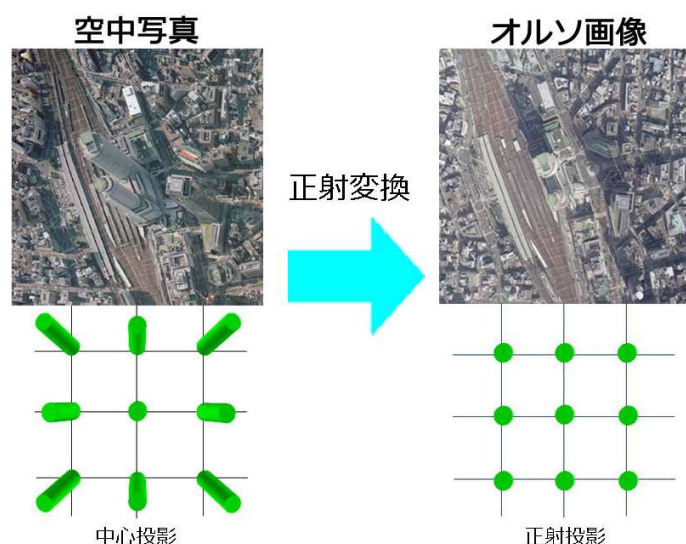


図 3-12 航空レーザ用写真地図データ (オルソ画像) イメージ

3.4.2 オリジナルデータ作成

「オリジナルデータ作成」とは、三次元計測データから調整用基準点成果を用いて点検・調整した三次元座標データを作成する作業をいう。

【準則】第 333 条

オリジナルデータは、地表面だけでなく、建物や樹木の計測データも含まれている。このような建物や樹木を含んだ地球表面の高さのモデルを数値表層モデル、通称 DSM(Digital Surface Model)という。

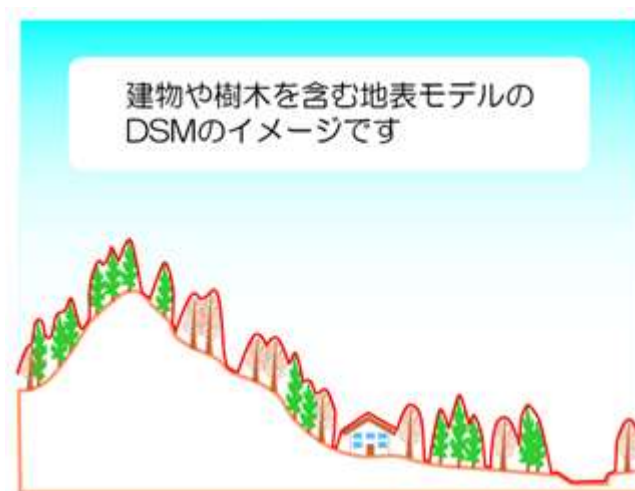


図 3-13 数値表層モデル DSM (赤い太線)

1) オリジナルデータの作成

オリジナルデータの作成は、調整用基準点と三次元計測データとの較差の平均値の絶対値が最小※となるように、必ず地域全体の三次元計測データの標高値を上下の一律シフトの平行移動による補正を行う。なお、シフト量は、調整用基準点残差表に調整量として記載すること。

※準則第 333 条 2 では、調整用基準点と三次元計測データとの較差の平均値の絶対値が 25cm 以上の場合は、地域全体について補正を行うこととなっているが、河川定期縦横断測量の目的を踏まえて最小となるように補正を行うこととしている。

2) オリジナルデータの点検

オリジナルデータの点検は、オリジナルデータ作成の補正前及び補正後において行い、作業の終了時において再点検を行う。点検の結果は、調整用基準点残差表にとりまとめるとともに、補正後の較差の平均値が 5cm 以内であるかを再点検する。点検の結果、許容範囲を超える場合は、原因を調査の上、再計算処理又は再計測等の是正処置を講じることを検討する。

【準則】第 334 条

3.4.3 グラウンドデータ作成

「グラウンドデータ作成」とは、オリジナルデータからフィルタリング処理（※）により地表面の三次元座標データを作成する作業をいう。

【準則】第 335 条

※フィルタリング処理は、オリジナルデータから地表面以外のデータを取り除く作業のことである。取り除く対象項目は、準則第 335 条に規定されている。フィルタリング処理により得られた地表面の高さのモデルを数値標高モデル、通称 DEM(Digital Elevation Model) という。

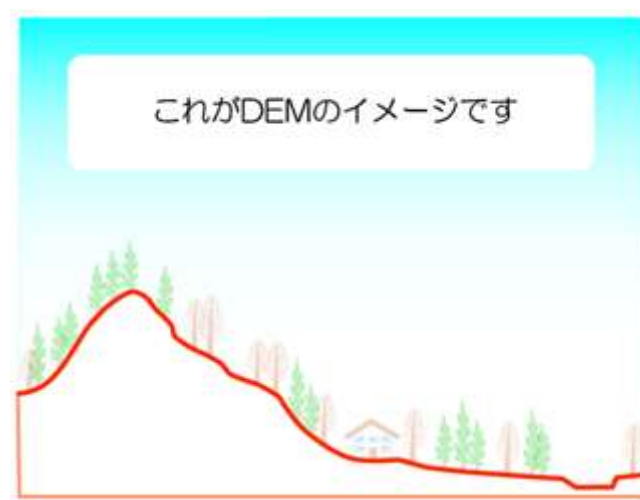


図 3-14 数値標高モデル DEM（赤い太線）

1) フィルタリング

「フィルタリング」は、地表面以外のデータを取り除く作業をいう。対象項目は、準則第 335 条の表を標準とする。

2) フィルタリング結果の確認

フィルタリングの結果は、フィルタリングが適切に行われたか否か、作成されたグラウンドデータの異常の有無について確認するため、フィルタリング点検図を作成し、点検することが望ましい。

フィルタリング点検図を作成する場合は、「陰影段彩等の地形解析図データもしくは航空レーザ用写真地図データ及び等高線データの重ね合せ図」および「航空レーザ用写真地図データ、オリジナルデータ、水部ポリゴンデータ及び低密度ポリゴンデータの重ね合せ図」の 2 種類を作成するものとする。ただし、航空レーザ用写真地図データが作成されていない場合は、航空レーザ用写真地図データに代えてオリジナルデータから作成された陰影段彩図等とすることができる。

3.4.4 グリッドデータ作成

「グリッドデータ作成」とは、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を作成する作業をいう。グリッドデータへの標高値内挿補間法は、地形形状並びにグリッドデータの使用目的及びグラウンドデータの密度を考慮し、T I N、最近隣法を用いることを標準とする。ただし、データの欠損が多い箇所については、K r i g i n g 法により内挿補間することができるものとする。なお、グリッドデータにおける標高値は、0.1メートル位とする。

【準則】第340条

オリジナルデータやグラウンドデータは、非常に多くのランダム点群からなるデータの集まりである。これらを使って、普通のパソコンで処理させようとする、データ量が大きすぎて、処理に非常に多くの時間がかかってしまう。そこで、利用しやすくなるように、メッシュ化して容量を小さく、扱いやすくしたものがグリッドデータである。

【T I Nによるグリッドデータ作成手順】

手順①：グラウンドデータを結んで三角形の網からなるT I Nモデルを形成する。

手順②：T I Nモデルにメッシュをかぶせ、メッシュの中心点の高さを、その点を含む三角形の頂点の高さから内挿補間して求める。

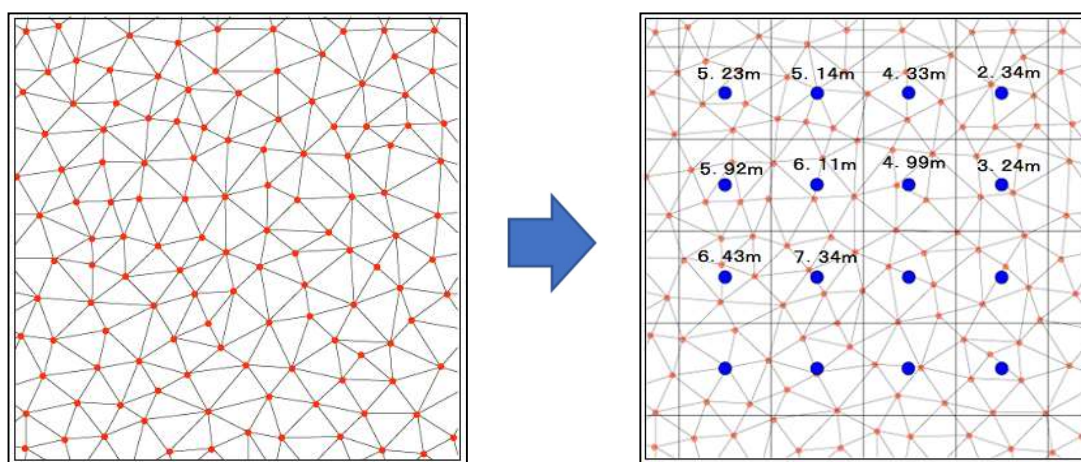


図 3-15 TINによる内挿補間イメージ

三次元データを活用した管理では、航空レーザ測深（ALB）を中心とした航空レーザ測量から得られた三次元データによる日常管理を基本とし、河川管理項目に応じた基準（精度、点密度）によってはMMSやUAVレーザ等を用いて、より高精度・高密度なレーザ測量から得られた三次元データを活用するなど、目的に応じて三次元データを使い分ける必要がある。

航空レーザ測深（ALB）から得られる三次元点群データの中では、ランダム点群であるグラウンドデータが最も高密度な点群データとなるが、前述のとおりグラウンドデータは、データ量が大きく扱いにくいという観点から、河川の日常管理においてはグリッドデータによる管理を基本とする。

グリッドデータの格子間隔は、1.0mを標準とする。ただし、河川の規模や目的に応じて1.0mより細かい間隔で設定すること。

※参考

「グリッドデータの格子間隔の考え方」

グリッドデータの作成に必要なグラウンドデータの基となる三次元計測データのデータ間隔は、準則第315条4に規定されており、グリッドデータの格子間隔と定数を用いた式によって決まる。

三次元計測データのデータ間隔を求める式を以下に示す。

$$(式) \quad \beta = \alpha / \theta \quad (\theta : 1.1 \sim 1.5)$$

β : 三次元計測データのデータ間隔

α : グリッドデータの格子間隔

θ : 定数

準則では、上記の式を用いて三次元計測データがグリッドデータの格子内に1点以上となるように規定している。(定数 θ は、安全率。航空レーザ計測時における航空機の傾きや計測コースからのずれ、地形の起伏によるレーザの照射ムラを考慮した上で三次元計測データがグリッドデータの格子内に1点以上となるように設定している。)つまり、設定したグリッドデータの格子の中に、三次元計測データが必ず1点以上となるようなデータ間隔を規定している。

一方で、本マニュアルでは、『データ間隔』ではなく『点密度』を規定した。本マニュアルで規定した点密度は、平成30年度に全国の国管理河川で試行した河川定期縦横断測量における点群測量業務の結果を踏まえ、国管理区間における河川管理に必要な地形の再現度の観点から、陸部においては10点以上/ m^2 、水部においては1点以上/ m^2 を確保するように規定した。点密度をデータ間隔に換算すると、おおよその三次元計測データのデータ間隔は、陸部においては20~30cm程度、水部においては65~90cm程度となる。(点密度とデータ間隔の考え方は異なるため、あくまでも目安)

よって、本マニュアルで規定した点密度から作成可能なグリッドデータの格子間隔は、陸部を基準とした場合、最小でおおよそ30cmとなる。

しかしながら、本マニュアルでは、平成30年度試行結果を踏まえ、国管理区間における河川管理に必要な地形の再現度や第4章に後述する三次元管内図を用いた日常管理での操作性、ALB計測技術の現状等から総合的に判断し、グリッドデータの格子間隔は、1.0mを標準とした。

なお、堤防や低水路などの規模によってはグリッドデータの格子間隔を1.0mに設定すると地形の再現度が劣化する可能性がある。よって、三次元管内図を構築する範囲の規模および河川の規模等から総合的に判断し、より細かいグリッドデータの格子間隔の設定を妨げるものではない。グリッドデータの格子間隔は、国土基本図の図郭に対応した端数の出ない間隔に設定することが望ましい。(0.2m、0.25m、0.5mなど)

3.5 縦横断測量の実施

縦横断測量は、準則及び河川定期縦横断測量業務実施要領・同解説に準拠して実施すること。

3.5.1 測量断面の設定

定期縦横断測量を行うための測量断面は、距離標を基準にして定める測線上等に設定する。なお、三次元地形データから測量断面を設定する場合は、必要な断面の位置座標を用意する必要がある。設定した測量断面の位置座標は、適切に管理すること。

3.5.2 縦断測量の実施

縦断測量は、左右岸の距離標の標高並びにそれを基準とした堤防高等の変化点の地盤高及び主要な構造物についての位置と標高を測定する。堤防高は、点群測量で得た三次元地形データから読み取ることとを標準とする。三次元地形データは、グラウンドデータを用いることを標準とする。なお、距離標、水位標、零点高等の標高など、点群測量では測定できない項目が必要な場合は、別途測定すること。

3.5.3 縦断測量の法肩からのオフセット距離

堤防の法肩は植生があることから、点群測量で法肩の位置を定めることは難しい。そのため、法面から天端に倒れ込む草本の影響を考慮し、堤防の法肩から1 m程度天端中央寄りにずらした位置（オフセット）で堤防高を取得することが望ましい。なお、オフセットした場合は、経年比較を考慮してオフセット前後の位置座標を記録し、適切に管理すること。工事等により法肩の位置が変わった場合は、堤防高を取得する位置も同様に変更し、適切に管理すること。

3.5.4 横断測量の実施

横断測量は、設定された測量断面上の断面形状について距離標からの距離及び標高を測定する。断面形状は、点群測量で得た三次元地形データを用いて測定する。三次元地形データは、グラウンドデータを用いることを標準とする。

3.5.5 縦横断図の作成

縦横断図の作成は、点群測量で得た三次元地形データを用いて図化する。三次元地形データは、グラウンドデータを用いることを標準とする。縦横断図作成作業は、準則及び河川定期縦横断測量業務実施要領・同解説、河川定期縦横断データ作成ガイドラインによるものとする。

なお、河川定期縦横断測量では、三次元点群データを使用した断面図作成マニュアル（案）は適用しないことを標準とする。河川の規模や目的、グラウンドデータによる地形の再現状況に応じ、三次元点群データを使用した断面図作成マニュアル（案）を適用する必要がある場合は、計画機関と作業機関の間で協議し、実施した内容を記録することが望ましい。

3.6 精度管理

3.6.1 精度管理

1) 点検測量

現行の河川定期縦横断測量業務実施要領・同解説では、点検測量率は5%実施するものとしている。縦断測量の場合は、全測線の5%の延長について、横断測量の場合は、全横断面の5%について、再度公共測量作業規程第4編第3章(河川測量)に基づく手法により測量を実施し、その結果に基づいて作成した縦横断図を、三次元点群データから作成した縦横断図と重ね合わせ、縦横断形状を比較することが求められている。また、航空レーザ測深機を用いた公共測量マニュアル(案)では、点検測量率は5%実施するものとしている。点検測量は、深淺測量によることを標準とし、航空レーザ測深によることもできるものとしている。

点検測量は、測量の正確さを確認することに加え、人的要因や観測条件による誤差など、計画時には予測できずに対策が十分ではなかったところを把握するために行わなければならない。三次元データ活用の目的に応じた要求仕様を満たしているか、確認が必要である。

2) 精度基準

現行の縦横断測量は、測量延長によって精度基準が変わる。これに対して点群測量は、測量延長によって精度基準が変化しないため、調整用基準点による点検で点群の精度を管理する。しかし、河川の部位(天端、法面、高水敷、低水路等)や地表面の状態(植生の有無や繁茂状況等)によって計測精度が変化するため、重ね合わせにより大きな差異が生じていないか確認が必要である。横断測量における点検測量結果を重ね合わせた例を以下に示す。大きな差異が生じている場合は、原因を調査の上、計画機関と作業機関の間で再計算処理又は再測等の必要性について協議し、実施した内容を記録することが望ましい。

(出典：(公財)日本測量調査技術協会)

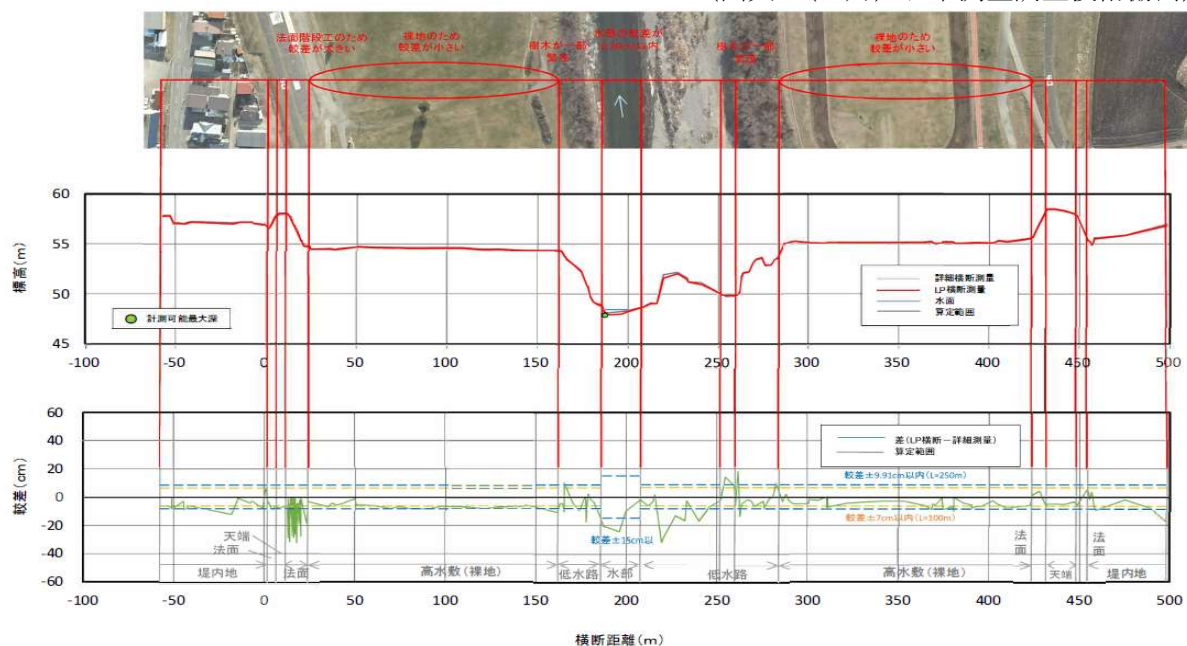


図 3-16 横断測量における点検測量結果を重ね合わせた例

3) 水部ポリゴンデータ【準則】第 330 条

水部ポリゴンデータは、陸部と水部の精度管理を分けて行えるよう、水中からの反射によって作成された標高値を特定するために作成する。水部ポリゴンデータは、水面標高から作成することを標準として、必要に応じて航空レーザ用写真地図データを使用して作成するものとする。「水部」とは、河川、池等地表が水で覆われている場所とする。水部ポリゴンデータの作成は、所定の格子間隔により決定するものとする。

4) 欠測率【準則】第 331 条

欠測率は、計画するグリッドデータの格子間隔を単位とし、三次元計測データの欠測の割合を算出する。その際、水部については、水面の近赤外レーザは対象から除外し、グリーンレーザのみとする。欠測率は、グリッドデータの格子間隔が 1 メートルを超える場合は 10 パーセント以下、1 メートル以下の場合は 15 パーセント以下を標準とする。

欠測の定義：1 つの格子内が、要求する点密度を満たさない場合をいう。

欠測率は、対象面積に対する欠測の割合を示す。計算は、国土基本図の図郭ごとに行う。

欠測率 = (欠測格子数 / 格子数) × 100

5) 低密度ポリゴンデータ【準則】第 336 条

低密度ポリゴンデータは、フィルタリング結果を用いてグラウンドデータが低密度になった範囲を対象に作成するものとする。「低密度」とは、オリジナルデータがフィルタリングによりまとまって除去された範囲をいう。低密度の範囲は、準則第 80 条の数値地形図データの精度を満たせない箇所とし、等高線等の表示によって決定するものとする。

なお、低密度ポリゴンデータは、水底と陸上毎に、「計測不可範囲」と「計測不足範囲」に分類して作成する。「計測不可範囲」は、フィルタリング作業後のデータにおいて、レーザの反射光が広い範囲で取得出来ていない範囲をいう。「計測不足範囲」は、フィルタリング作業後のデータにおいて、レーザの反射光が広い範囲で疎らにしか取得出来ていない範囲をいう。

3.6.2 補測の必要性の判断

欠測が発生した場合は、補測もしくは補間することを検討しなければならない。局所的な変化がない地形とみなせる場合は、周辺の地形情報から補間しても良いが、地形の変化がある場合は、補測を行うことが望ましい。補測を行う場合は、データの接合を考慮し、重複区間を設定することが望ましい。補測の実施判断は、例えば水衝部における洗堀箇所を把握したい場合は面的な補測が必要であるが、横断測線上の一部が欠測している場合で最小限の補測で十分な場合は線での補測を行うなど、補測を実施する箇所、補測手法について三次元点群データの使用目的に応じて適切に判断する必要がある。なお、計画機関と作業機関の間で補測の必要性について協議し、実施した内容は、データの処理過程が分かるように記録することが重要である。

3.7 成果及び保管

3.7.1 成果データ一覧

河川定期縦横断測量の成果は、以下を標準とする。なお、測量データは、準則に規定されているファイル仕様を原則とする。

1) 全業務

- ・ 報告書
- ・ 電子納品 CD-R 又は DVD

2) 測量データ

- ①オリジナルデータ
- ②グラウンドデータ
- ③グリッドデータ
- ④水部ポリゴンデータ
- ⑤低密度ポリゴンデータ
- ⑥航空レーザ用写真地図データ
- ⑦縦断図データファイル
- ⑧横断図データファイル
- ⑨精度管理表
- ⑩LAS (オリジナルデータ、グラウンドデータ)

⑦、⑧は河川定期縦横断データ作成ガイドラインによる。

⑩は高度な検討等に利用可能であることから、成果品として作成し保管することが望ましい。

3.7.2 LAS データの作成

LAS は、ASPRS (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing) が定めた三次元点群データを扱う上で主流となっているデータ形式である。測量データのうち、オリジナルデータおよびグラウンドデータについては、必要に応じて LAS データを作成する。なお、LAS データを作成する場合のバージョンは、1.2 以上とすることが望ましい。属性には、準則に規定されているファイル仕様に加えて intensity (反射強度) を含めるなど、目的に合わせて適宜設定するものとする。

<LAS Specification Version1.2>

https://www.asprs.org/a/society/committees/standards/asprs_las_format_v12.pdf

3.7.3 LandXML の作成

1) LandXML とは

土木測量業界におけるオープンな XML データ交換フォーマットとして 2000 年 1 月にアメリカで提起された XML データフォーマットが LandXML である。サポートは、官民の参加した国際的なコンソーシアム（OGC）が行っている。国内向けデータの表現は「LandXML 1.2 に準じた 3 次元設計データ交換標準（案）」による。

2) LandXML の特徴

LandXML は、以下のような特徴を持っている。

- ・ 土木・測量業界におけるオープンなデータ交換フォーマットである。
- ・ 線や面に要素種別（天端、土工面、法面、小段、擁壁、護岸等）を属性として定義することが可能である。
- ・ 取得した現況形状と三次元設計データの比較により、切土量・盛土量を算出することが可能である。
- ・ 属性が付与された三次元データがあれば、三次元ビューワを利用し、供用後の維持管理業務に活用することが可能である。

3) 成果の形式

LandXML は、必要に応じて作成する。なお、国土交通省 CIM 導入ガイドラインに CIM への対応ソフトウェア情報が掲載されており、LandXML への対応についても明示されている。

<CIM への対応ソフトウェア情報>

<http://www.ocf.or.jp/cim/CimSoftList.shtml>

4. 三次元データの管理

4.1 管理するデータ

各種検討等を行うための基礎資料として取得される三次元データは、二次元の測量データとは異なり、紙に出力した図面等で管理することは難しい。また、三次元データは、二次元の測量データと比べて情報量が多いことから、当初の目的以外にも日常的な河川管理から高度な検討まで多用途に活用することが期待される。

今後、三次元点群データによる河川定期縦横断測量が進められることに加え、調査や工事等においても三次元データを取得する機会が増えるにあたって、各種データを有効活用するために、以下の点に留意して、利用可能な状態でデータを管理する必要がある。

- ① 日常管理に三次元データを活用する環境の構築
- ② 各種検討に必要なデータを検索する環境の構築
- ③ データを蓄積、保管する環境の構築

第4章では、上記①、②への対応として、三次元ビューワによるデータ管理（以下「三次元管内図」とする。）について説明する。（③については第5章で説明する。）

4.2 三次元管内図について

「三次元管内図」は、河川管理業務の効率化・高度化を目的として、水系や管理区間の三次元地形データを基礎資料として表示するものである。

以下に、基本となる機能、搭載すべきデータなどを示す。

<三次元管内図の機能および搭載するデータについて>

三次元管内図に必要な機能は、取得したデータを可視化する「閲覧機能」、地理空間情報と関連付けて、分析や判断を補助する「GIS 機能」、今後蓄積されるデータの「検索機能」を備えることを原則とする。

三次元管内図には、三次元地形データおよびオルソ画像の搭載を必須とする。三次元地形データは、操作性の観点からオリジナルデータよりもファイル容量が小さい「グリッドデータ」を搭載する。なお、詳細な検討や設計にも活用することを想定して、より高度な機能を持った三次元管内図の作成を妨げるものではない。

<三次元管内図で使用するデータについて>

河川距離標や河川管理施設の位置情報など、重ね合わせることで活用の幅が広がるデータについては、測量等により得られる三次元データとは別に準備する必要がある。準備にあたっては、汎用性の高いファイル形式で作成することを基本とするが、三次元ビューワによっては専用のファイル形式への変換が必要となる。

<三次元管内図の構築について>

三次元管内図は、市販されている三次元ビューワで対応可能な機能もあるが、データの重ね合わせなど、職員では難しい作業もある。構築にあたっては三次元ビューワの調達だけでなく、業務による三次元管内図の作成が必要となる。

<データの更新・追加について>

ドローン等による点群測量で管理区間の一部のデータを取得した場合も同様に、三次元管内図上で管理することを原則とする。そのため、工事や調査により三次元データを取得する際には、三次元管内図の仕様に合わせたグリッドデータやオルソ画像等が作成されるように調整する。

三次元管内図を用いた日常管理や、検索機能を用いた活用事例を以下に示す。

＜活用事例＞

- オルソ画像、グリッドデータ、河川距離標などのデータを表示させることで、Webブラウザで閲覧可能なオンライン地図情報提供サービスなどの三次元地図表示が可能となる。
 - ➔ 取得した三次元データを可視化した状態で職場内に共有できる。
 - ➔ 占用申請者との事前協議において、申請者との調整、意思疎通が円滑化する。
 - ➔ 事業説明会などの際に、現地状況など、臨場感のある説明ができる。
- データ検索機能により、アーカイブされた三次元データの中から必要な三次元データを検索し、受注者等へスムーズに提供できる。
- 断面データ出力機能により、災害申請資料等の作成や、横断工作物設置の概略検討などに活用できる。
- 計測機能や注記作成機能により、概算数量を算出し、工事発注資料の作成に活用できる。
- 差分解析機能の追加により、災害前後の比較を行い、被災箇所の一次抽出および土砂変動の把握などができる。

4.3 三次元管内図に必要となるデータ

三次元管内図を作成する上で、必要となるデータの項目を表 4-1 に示す。

表 4-1 管理するデータの項目

	データの種類	内容	データ形式
測量データ	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に変換したデータ	.csv ビューワオリジナル形式
	オルソ画像	空中写真（数値写真）を正射変換した画像	.tif、.jpg
	検索用メタデータ	目的、公共測量申請、測量技術、データの種類、工事・業務名、データ取得時期、納品日、三次元データ取得エリア、河川名、河川距離標、座標系定義、発注機関名、受注機関名を記載 (4.4 節に別途記載)	.csv
	三次元データ取得エリア	属性情報に 4.4 節の内容を入力 面データの属性情報に 4.4 節の内容を入力 三次元データ取得エリアの範囲を面データで作成 引用・加工：(公財) 日本測量調査技術協会 航空レーザ測量データポータルサイト	面データ
【注意事項】 ・河川定期縦横断測量時など、広域で取得したデータを基本とする。 ・三次元地形データは、操作性の観点から、オリジナルデータよりもファイル容量が小さいグリッドデータを搭載する。 ・グリッドデータの格子間隔は、1.0m を標準とする。ただし、河川の規模や目的に応じて 1.0m より細かい間隔で設定すること。 ・ドローン等による点群測量で管理区間の一部のデータを取得した場合も同様に、三次元管内図上で管理する。そのため、工事や調査を実施する際には、三次元管内図の仕様に合わせたグリッドデータやオルソ画像等が作成されるように調整する。			

	・ 測量データは、準則に規定されているファイル仕様を作成することを基本とするが、三次元管内図に搭載する場合は、使用する三次元ビューワに対応するファイル形式へ変換する必要がある。		
基礎データ	地理院地図	国土地理院が発信するウェブ地図	面データ
	河川距離標	属性情報に距離を入力	点データ
	行政界	GIS ホームページ（国土交通省国土政策局国土情報課）等の公開データを利用してよい http://nlftp.mlit.go.jp/index.html	面データ
	河川区域	属性情報に河川名を入力	線データ 面データ
	河川保全区域	属性情報に河川名を入力	線データ 面データ
	河川管理施設 （堰・水門等）	構造物の概ね中央付近を点データで作成し、属性情報に構造物名を入力	点データ
	許可工作物	構造物の概ね中央付近を点データで作成し、属性情報に構造物名を入力	点データ
	橋梁等主要構造物 （ランドマーク）	GIS ホームページ（国土交通省国土政策局国土情報課）等の公開データを利用してよい http://nlftp.mlit.go.jp/index.html	線データ 点データ
	その他、港湾区域、 漁港区域等	関係区域を必要に応じて作成 属性情報に区域名を入力	線データ 面データ
	横断測線	従来の河川定期縦横断測量における横断測線	線データ
【注意事項】 ・ 基礎データは、用途に応じて必要なデータを作成する。 ・ 特に、位置確認のための「河川距離標」「行政界」や使用頻度の高い「横断測線」などは、搭載しておくことが望ましい。 ・ 点データ、線データ、面データは、汎用性のある GIS データ形式であるシェープファイル（.shp）等で作成する。 ・ 三次元管内図に搭載する場合は、使用する三次元ビューワに対応するファイル形式へ変換する必要がある。			

4.4 検索用メタデータの作成

ここでは、三次元管内図に備える「検索機能」に必要な情報を定義する。今後、取得される三次元データや同時に得られるオルソ画像などを蓄積し、日常管理以外の各種利用に必要なデータを検索するためには、適切な情報管理が必要である。これらのデータは、様々な測量技術により取得され、測量時期や測量箇所、取得精度、得られるデータの種類も様々である。そのため、利用者が目的に見合うデータを検索することができ、検索されたデータが要求仕様を満たしているかを確認できるようにデータ概要が記載されたファイルを作成する必要がある。

これを「検索用メタデータ」と称し、csv ファイルで作成する。なお、本データの作成単位は1 測量業務等単位とする。複数の測量業務等において三次元データを取得した場合は、測量業務等ごとに本データを作成すること。

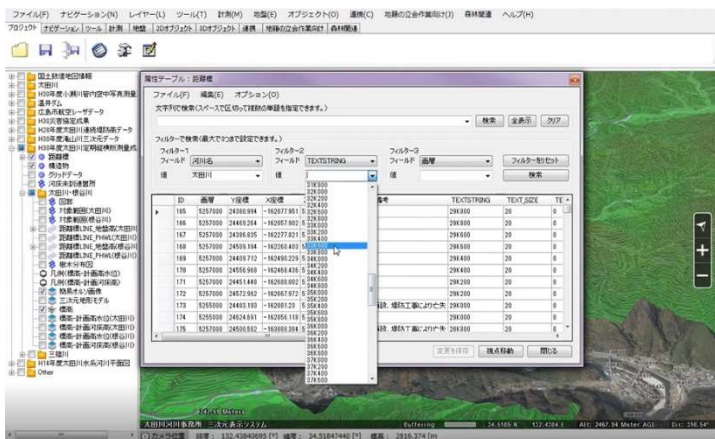
表 4-2 検索用メタデータの記載項目

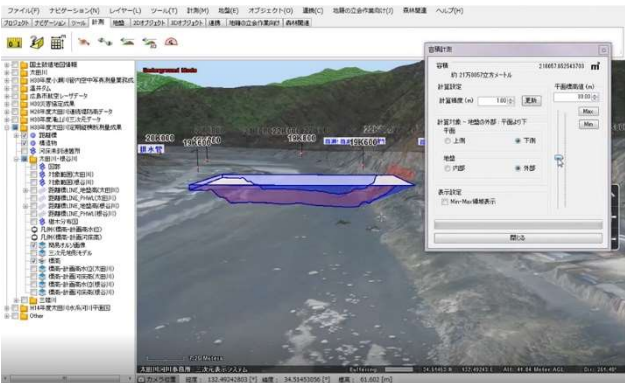
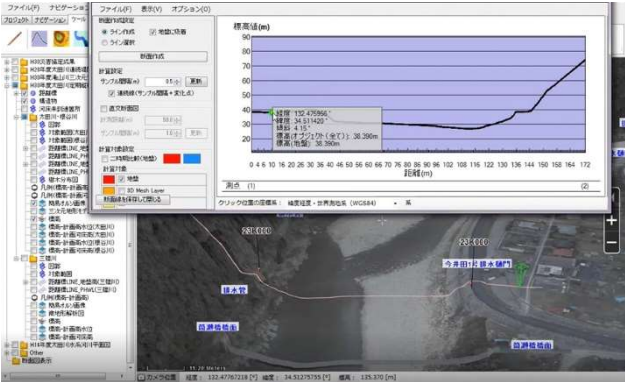
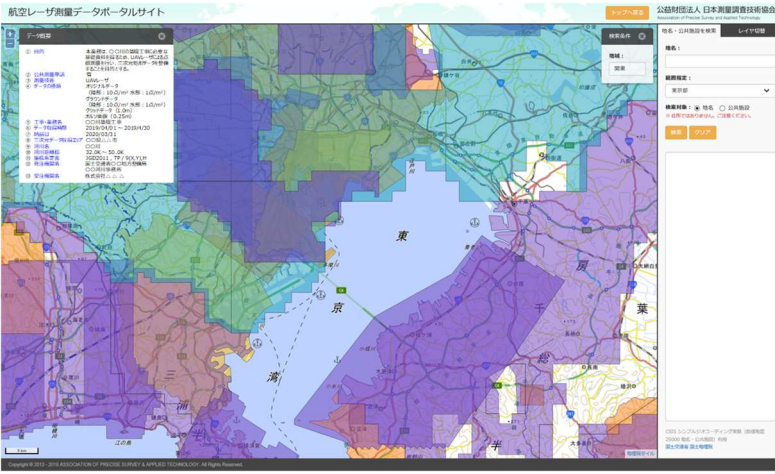
	入力項目	内容
①	目的	データを作成した目的を記載
②	公共測量申請	公共測量申請の有無を記載
③	測量技術	使用した測量技術、測量機器などを記載
④	データの種類	点群測量時に作成・保管されたデータの種類、仕様を記載 オリジナルデータ（計測時点密度 陸部、水部それぞれ記載） グラウンドデータ（同上） グリッドデータ（格子間隔） オルソ画像（地上画素寸法）他
⑤	工事・業務名	工事・業務名を記載 工事・業務名が無い場合は、判別可能な名称を記載
⑥	データ取得時期	データを取得した時期を記載（yyyy/mm/dd ～ yyyy/mm/dd）
⑦	納品日	納品日を記載（yyyy/mm/dd）
⑧	三次元データ取得 エリア	発注図書に示される三次元データの取得範囲を記載 （地名又は座標などを記載）
⑨	河川名	河川名を記載
⑩	河川距離標	河川距離標における測量区間の起点、終点を記載 （〇.〇k ～ 〇.〇k）
⑪	座標系定義	座標系を記載 通常は、JGD2011/平面直角座標系（X, Y）又は JGD2011/（B, L）と 標高 H を用いる。また、標高の基準面（平均海面等）を定義する。 東京湾平均海面の場合は TP （記載例）JGD2011, TP / 9(X, Y), H
⑫	発注機関名	発注機関の名称を記載
⑬	受注機関名	受注機関の名称を記載

4.5 三次元管内図に必要となる機能

三次元管内図は、三次元点群データを表示できることに加え、下表に示す機能を有することが望ましい。

表 4-3 三次元管内図に必要な機能

	機能	内容
①	三次元点群データ表示	三次元点群データを表示する
②	オーバーレイ表示	各種データを重ね合わせて表示する  引用：国土交通省 中国地方整備局 太田川河川事務所「太田川中流部定期縦横断測量効率化検討業務」
③	属性検索	属性情報から距離標や河川管理施設などを検索し、位置を表示する  引用：国土交通省 中国地方整備局 太田川河川事務所「太田川中流部定期縦横断測量効率化検討業務」
④	位置座標計測	任意に指定する箇所の位置座標を計測する
⑤	距離計測	任意に指定する点間距離を計測する
⑥	面積計測	任意に指定するエリアの面積を計測する

⑦ 体積計測	任意に指定するエリアの体積を計測する  引用：国土交通省 中国地方整備局 太田川河川事務所「太田川中流部定期縦横断測量効率化検討業務」
⑧ 断面表示	任意に指定する2点間の断面を作成する  引用：国土交通省 中国地方整備局 太田川河川事務所「太田川中流部定期縦横断測量効率化検討業務」
⑨ 断面データ出力	⑧で作成した断面を、三次元断面データおよび図面として出力する
⑩ 注記（コメント）作成	簡易な図形や文字を入力する
⑪ データ検索	任意に指定する箇所のデータ概要を表示する  引用・加工：（公財）日本測量調査技術協会 航空レーザ測量データポータルサイト

三次元ビューワの機能は、製品により異なり、例えば二時期の差分解析や、浸水シミュレーションなど、三次元管内図に搭載すると利便性が向上する機能が初期状態から搭載されている場合もある。必要に応じて機能を追加することを本マニュアルで妨げるものではない。

表 4-4 三次元管内図に搭載すると利便性が向上する機能

	機能	内容
①	浸水シミュレーション	レベル湛水法などにより浸水範囲をシミュレーションする
②	差分解析	2つのラスタ標高ファイルにより標高差分を算出する
③	三次元モデルの作成、配置	単純な三次元モデル形状を作成し、配置する
④	視通解析	任意に指定する箇所からの可視範囲を抽出する
⑤	動画作成	三次元管内図の操作を動画で記録する
⑥	タブレットによる表示	タブレットにより三次元管内図を表示する

※参考

「国土地理院が提供するデータの利活用」

国土地理院は、基盤地図情報や数値地図、地理院地図など、様々なデータを提供している。

基盤地図情報は、測量の基準点、海岸線、行政区画の境界線及び代表点、道路縁、軌道の中心線、標高点、水涯線、建築物の外周線、市町村の町もしくは字の境界線及び代表点などを整備した地理空間情報である。高さに関連するデータとしては、標高のメッシュデータである数値標高モデル（5mメッシュ及び10mメッシュの2種類）のデータが提供されており、これらのデータは、インターネットから誰でも無償でダウンロードして利用することができる。

地理院地図は、国土地理院が整備する地形図や空中写真、治水地形分類図等の地理空間情報や災害情報など、日本の国土の様子を発信しているウェブ地図である。これら国土地理院が提供する地理空間情報は、国土地理院ウェブサイトの地理空間情報ライブラリーから検索・閲覧することができる。

また、国土地理院と地方整備局等・都道府県のそれぞれが保有する地理空間情報の相互活用協定を締結している場合には、国土地理院から、数値地図（国土基本情報）、基盤地図情報、オルソ画像、高精度標高データ（航空レーザ測量データ）等入手することができる。

表 4-5 国土地理院が提供するデータ

対象	データ公開先
一般	基盤地図情報サイト https://www.gsi.go.jp/kiban/
一般	地理院地図 https://maps.gsi.go.jp/
一般	地理空間情報ライブラリー http://geolib.gsi.go.jp/
協力協定締結機関	データ入手は、協力協定締結機関窓口への問合せによる

5. 三次元データの保管

5.1 公共測量の手続き及び測量成果の写しの保管等

公共測量の実施にあたり、測量計画機関は、あらかじめ国土地理院へ計画書を提出し、技術的助言を得ることや、当該測量により得られた測量成果の写しを国土地理院へ送付することが測量法で求められている。点群測量を公共測量として実施する場合は、同様の手続きが必要となる。

送付された測量成果の写しは、国土地理院により審査され、その結果が測量計画機関に通知されるとともに、国土地理院で保管され、一般の閲覧に供される。また、当該測量の種類、実施時期、地域、測量計画機関の名称等の情報が公開される。

5.2 河川管理者による保管

三次元データの蓄積は、河川の経年的な変化を捉える上で重要であり、可能な限り長期にわたり保管することが望ましい。取得される三次元データは、河川管理者が継続的に蓄積・保管することが求められるが、ファイル容量が大きいことに加え、取得機会が増加傾向にあることから、保管するサーバの確保に関して考慮する必要がある。また、検討業務などで貸し出す機会もあるため、データの改変や紛失防止等の観点も踏まえ、確実にデータを保管及び利用する仕組みを構築しなければならない。

なお、公共測量に該当しない工事や調査などにおける三次元データの取得機会は、今後増加することが考えられる。公共測量に該当しない三次元データは、公共測量と同等の精度管理がされていない場合があるため、保管、利用する際は注意が必要である。

河川管理者による三次元データ等保管サーバの構成を以下に示す。

三次元データは、日常的に利用するデータを保管するサーバと、アーカイブとして全てのデータを保管するサーバにより構成し、用途に応じて保管することが望ましい。

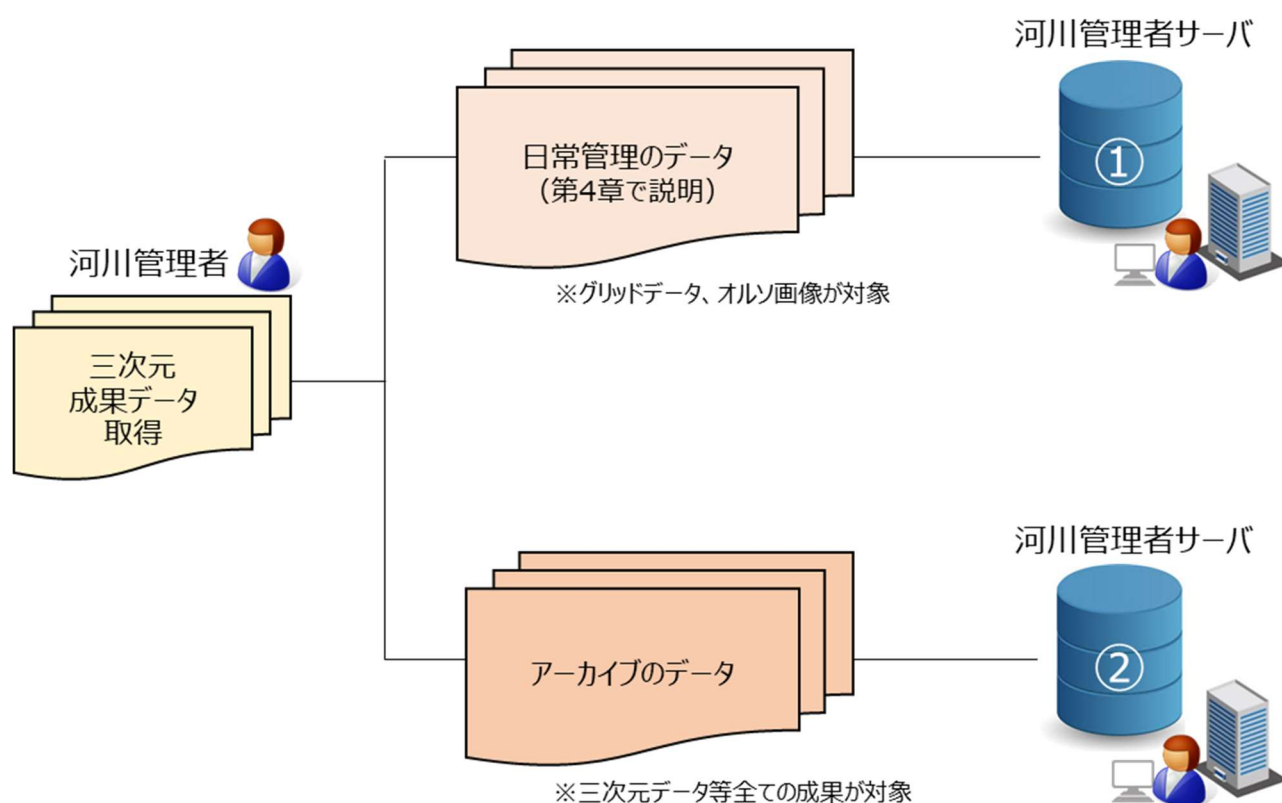


図 5-1 三次元データ等保管サーバの構成

表 5-1 三次元データ等保管サーバの構成

サーバ番号	データ管理者	保管サーバの用途
①	河川管理者	日常管理に必要なデータを保管 (表 4-1 に記載の成果)
②	河川管理者	アーカイブとして全てのデータを保管 (3.7 節に記載の成果)

表 5-2 得られるデータの保管先

保管対象データ	サーバ番号	
	①	②
オリジナルデータ ※1		●
グラウンドデータ ※1		●
グリッドデータ ※1	●	●
水部ポリゴンデータ		●
低密度ポリゴンデータ		●
オルソ画像 ※1	●	●
縦断図データファイル	●	●
横断図データファイル	●	●
精度管理表		●
検索用メタデータ (4.4 節で説明)	●	●
三次元データ取得エリア	●	●
LAS データ (必要に応じて作成) ※1		●
LandXML (必要に応じて作成) ※1		●

※1：公共測量に該当しない場合、利用する際はデータの精度に注意が必要

※参考

「データ容量の目安」

① 河川定期縦横断測量 1 業務あたり

河川延長約 3km、測量面積約 1km² の場合の例

表 5-2 に記載の項目全てを対象とした場合、データ容量 約 8GB

② ICT 工事によるデータ 1 業務あたり

測量面積約 0.1km²、UAV レーザで三次元データを取得する工事の例

表 5-2 に記載の項目全てを対象とした場合、データ容量 約 1GB

③ ICT 工事によるデータ 1 業務あたり

測量延長 1km、MMS で 1km あたりの河川堤防を計測する場合の例

オリジナルデータとカメラデータの合計 データ容量 約 5GB

6. 三次元データ活用方法

第1章で整理した河川管理項目のうち、以下の項目について、三次元データの活用方法等をまとめた。次頁以降に示す使用機器、要求される精度、点密度等は、作業上の目安であり、目的に応じた詳細な検討が必要である。

表 6-1 三次元データの活用が期待される河川管理項目

大分類	中分類	小分類
治水関連	河道の流下能力	堤防高・形状（越水危険箇所）
		河道形状
		土砂堆積
		植生（樹木）の繁茂
	局所的な流速・流向・抵抗	水衝部
	構造物	堤防
		許可工作物（橋梁）
危機管理	堤外側	被災箇所調査
		災害復旧
	堤内側	堤内地盤形状
河川環境他	自然環境	瀬・淵構造
		植生（樹木）
	占用	不法盛土・不法工作物
	利用	親水施設の利用

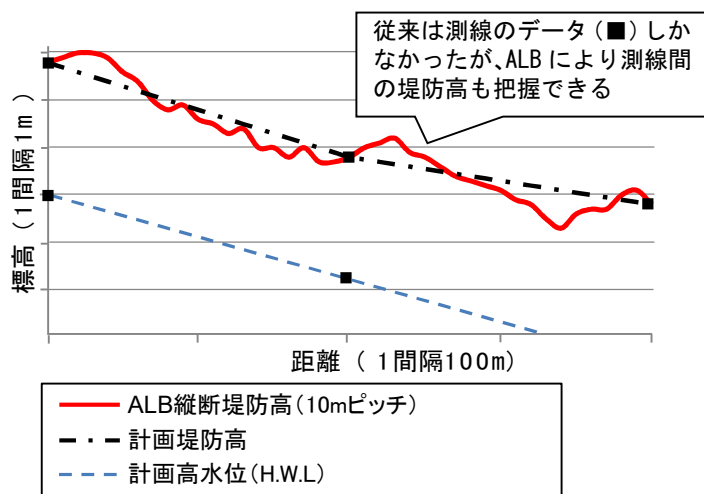
三次元データを活用し、各種検討を行う場合は、第1章で詳述した三次元データを活用する際の注意点を十分に理解した上で検討を行う必要がある。特に、点群測量で得た三次元地形データは、現地測量時の状況により地形の再現度が異なるため、第3章で詳述した精度管理の状況を踏まえた上で活用する必要がある。地形の再現度は、オルソ画像と三次元地形データ、低密度ポリゴンデータ等をGIS等によりオーバーレイさせることで確認できるため、検討を行う前に地形の再現状況を確認すべきである。

6.1 治水関連

6.1.1 河道の流下能力

(1) 堤防高・形状

従来の計測	定期縦横断測量により、距離標（200m 間隔等）及び変化点等の高さを把握しており、連続的な縦断堤防高や形状は把握していない。 （面的な把握は困難。）
今後求められる維持管理のあり方（点群で対応できること）	- 連続的な縦断堤防高や形状を把握し計画堤防高、計画高水位等と比較することで、越水危険箇所を網羅的に抽出する。その結果は水防団と共有し、洪水時の水防対策に活用する。 - UAV 搭載レーザで高密度計測を行い、パラペットの堤防高評価を行う。
使用機器	ALB、UAV 搭載レーザ（パラペットの堤防高評価時）、MMS（縦断堤防高の計測は有効だが、パラペットの計測は困難な場合もある。）
要求される精度	5cm 程度
点密度	標準（10～30 点/m ² ）～高（400 点/m ² 程度）
作業方法	- 越水危険箇所：得られた DEM データから、堤防高の縦断図を作成し、計画堤防高、計画高水位等を重ね合わせて表示することで、計画堤防高が確保できていない箇所を抽出する。 - パラペット：得られた DEM データとオルソ画像を重ね合わせてパラペットの堤防高を段彩図で表示することでパラペットの堤防高の低い箇所を抽出する。
注意点	・二時期の計測は、同じ精度で行うことが必要である。
標準スケール	縦 1/100 程度 横 1/1000 程度
活用効果	面的把握が可能、高密度データが得られる、今まで把握していなかった内容が把握できる、越水危険箇所の抽出作業の効率化が図られる



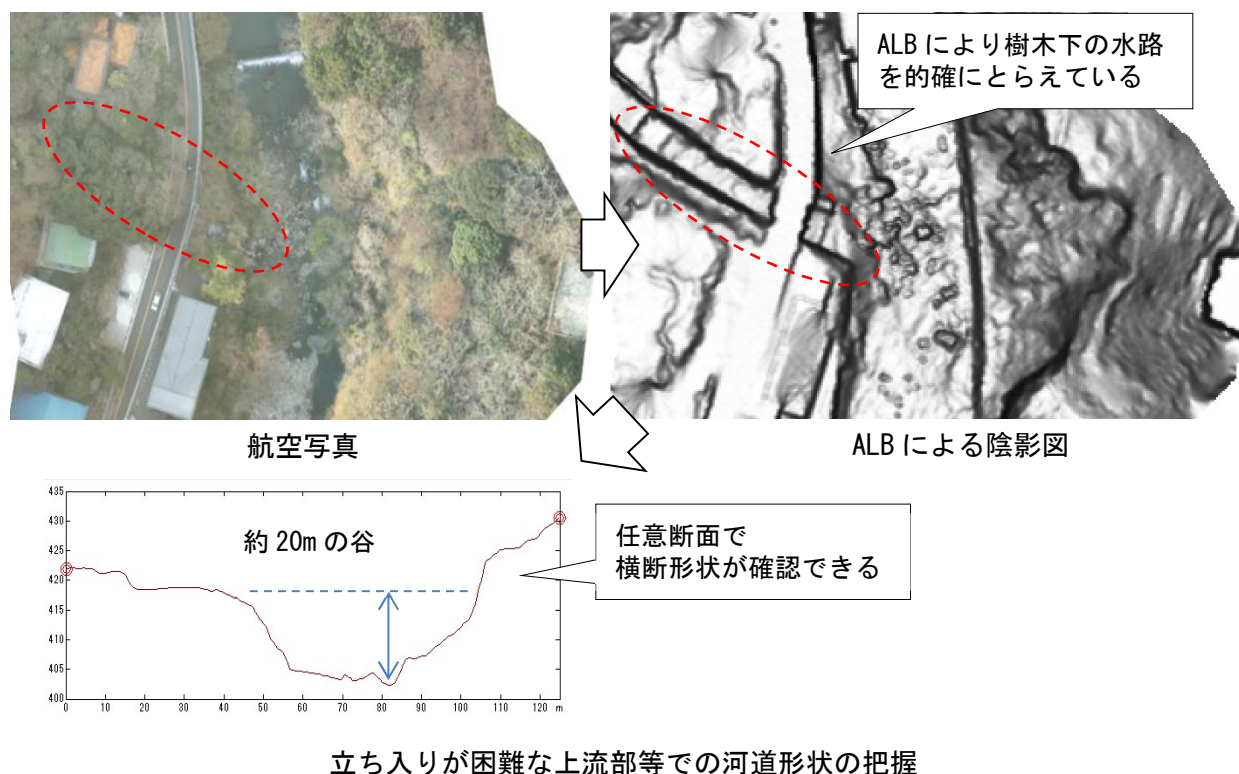
ALBによる越水危険箇所の把握（イメージ）



鬼怒川の越水（国土交通省撮影）

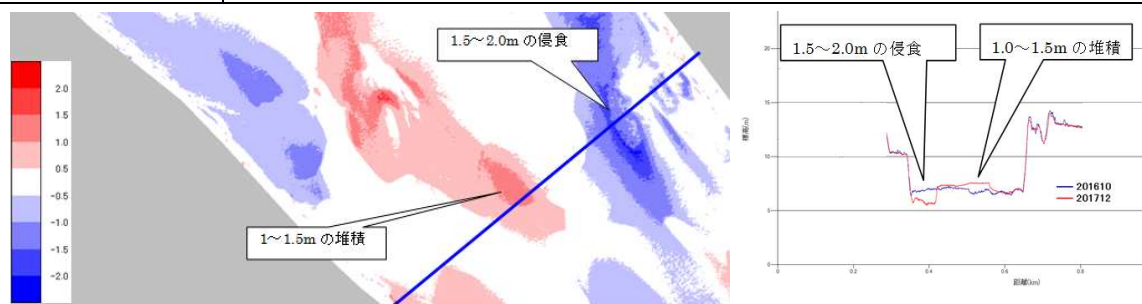
(2) 河道形状

従来の計測	定期縦横断測量により、距離標及び変化点等で把握する。 (面的な把握は困難。)
今後求められる維持管理のあり方(点群で対応できること)	- 面的な河道形状データが作成できる。 - 距離標がなくても任意の位置で横断形状が確認できる。 - 二時期の標高差分をとることにより、発達している砂州や深掘れしている滞筋といった箇所が把握できる。 - 中小河川や立ち入りが困難な上流部等でも計測が容易となる。
使用機器	ALB、UAV 搭載レーザ ※延長や河川の規模(川幅)による
要求される精度	30cm 程度
点密度	標準(陸部 10~30 点/m ² 、水部 1~3 点/m ²) ~ 高(陸部 100 点/m ²)
作業方法	- 得られた DEM データから陰影図や標高段彩図を作成することで河道形状を把握する。 - DEM データの二時期の標高差分をとり、段彩図や横断図を作成することで発達している砂州や深掘れしている滞筋などの形状変化を確認する。
注意点	- 二時期の計測は、同じ精度で行うことが必要である。 - 深い場所ではレーザが河床まで到達せず、河床を捉えられない場合がある。
標準スケール	1/2500 など
活用効果	面的把握が可能、高密度データが得られる、今まで把握していなかった内容が把握できる、流下能力に関する検討の高度化が図られる

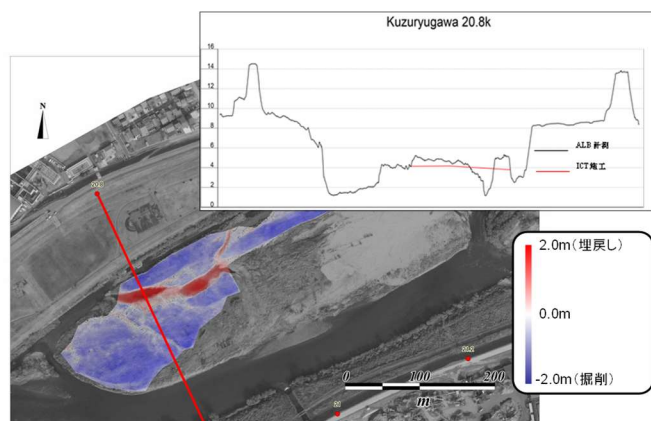


(3) 土砂堆積

従来の計測	・ 定期縦横断測量による距離標及び変化点等での把握に加え、河川巡視や点検時に目視により把握する。(面的な把握は困難。)
今後求められる維持管理のあり方(点群で対応できること)	・ 二時期の標高差分をとることにより、一連区間において堆積および侵食の各範囲及び土砂量が面的に把握できる。河床掘削等の対策検討の高度化が図られる。
使用機器	ALB、UAV 搭載レーザ ※計測範囲が小さい場合は UAV が有利
要求される精度	15cm 程度
点密度	標準(陸部 10~30 点/m ² 、水部 1~3 点/ m ²) ~ 高(陸部 100 点/m ²)
作業方法	・ 得られた DEM データから二時期の標高差分をとり、段彩図を作成することで土砂堆積や侵食の箇所及び形状を面的に確認し、その土砂量を把握する。 ・ 土砂堆積や侵食が発生している箇所について、二時期の横断図を作成し、重ね合わせて表示することで、断面ごとの堆積量や侵食量を把握する。 ・ 掘削・埋戻しの施工について、ICT を活用することにより、設計から工事後まで三次元データで管理できる。
注意点	・ 二時期の計測は、同じ精度で行うことが必要である。
標準スケール	1/2500 など
活用効果	面的把握が可能、高密度データが得られる、今まで把握していなかった内容が把握できる、河床掘削等の対策検討の高度化が図られる



ALB による土砂堆積の解析(二時期の差分)

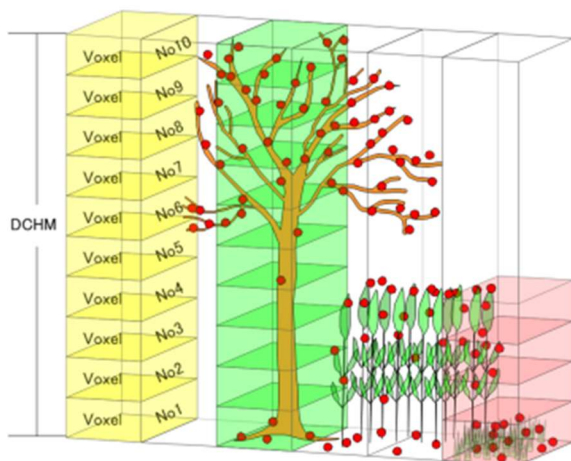


国土交通省近畿地方整備局福井河川国道事務所 提供

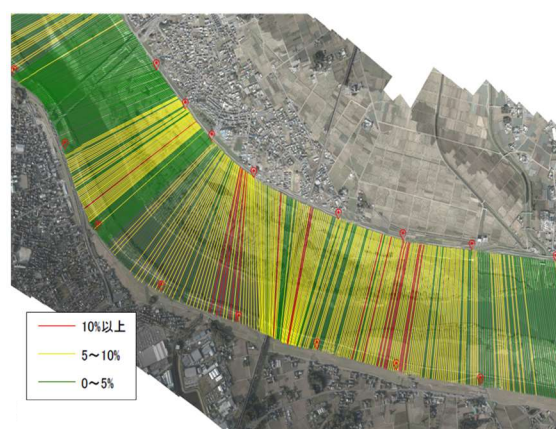
ICT 土工による工事後の納品データの活用

(4) 植生（樹木）の繁茂

従来の計測	- 河川巡視や点検時に植生（樹木）の状況を目視により把握する。 (植生のボリュームを定量的に把握することは困難。) - 点検結果及び住民から得られた情報から対処療法的に樹木を伐採する。 (成長速度を踏まえた全体像の把握は難しく、計画的な伐採は困難。)
今後求められる維持管理のあり方（点群で対応できること）	- Voxel 解析を用いて河道全体の植生ボリュームが把握できる。 - 粗度係数や樹木透過係数の設定が定量的かつ効率的に実施可能となる。 - 定期的な計測による変化を捉えることにより、成長度合いを踏まえた効率的な伐採計画の策定が可能となる。
使用機器	ALB、UAV 搭載レーザ
要求される精度	植生ボリュームの把握：50cm 程度、伐採計画：15cm 程度
点密度	標準（陸部 10～30 点/m ² 、水部 1～3 点/ m ² ）～高（陸部 100 点/m ² ）
作業方法	- 得られた DSM データと DEM データから群落ごとの平均高を求め、平均高の差分をとり、オルソ画像と重ね合わせた段彩図を作成することで河道内の植生の被覆状況や群落ごとの平均樹高を把握する。 - Voxel モデル（三次元データを高さによる階層ごとのメッシュに分け、各メッシュに含まれる点の数を表したもの）を作成し河道全体における植生ボリュームを把握する。また、任意の断面間隔で、河道断面における河道阻害率（植生の占める割合）を求める。 - 二時期の差分をとることにより群落ごとの成長度合い、新たな樹木の繁茂、樹木の消失を把握する。 - 河道阻害率の結果や群落ごとの成長度合いから伐採計画を策定する。
注意点	- 植生は季節による影響を大きく受けるため計測する時期は統一することが望ましい。 - 樹高は 1 本ごとの差分をとると誤差が生じることがあるため、群落ごとの平均高をもとに差分をとる。 - 二時期の計測は、同じ精度で行うことが必要である。
標準スケール	1/2500 など
活用効果	面的把握が可能、高密度データが得られる、今まで把握していなかった内容が把握できる



Voxel モデル（イメージ）

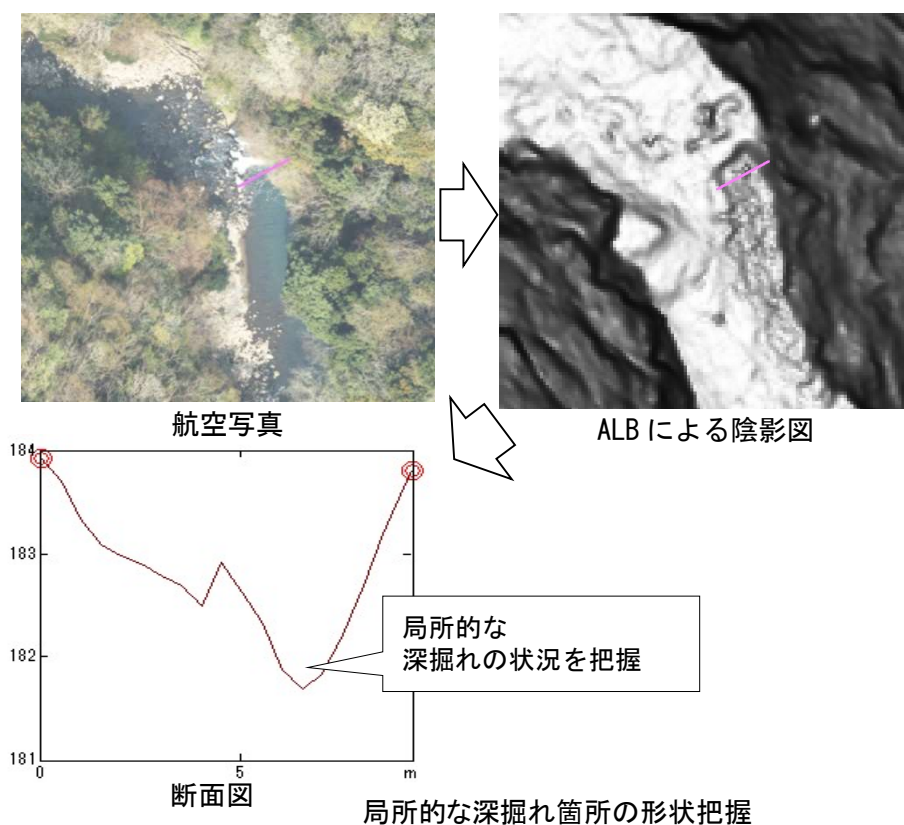


河道断面の植生阻害率評価

6.1.2 局所的な流速・流向・抵抗

(1) 水衝部

従来の計測	- 河川巡視や点検時に目視により把握する。 (河床洗掘や小規模な段階での河岸侵食を把握することは困難。)
今後求められる維持管理のあり方(点群で対応できること)	- 河床洗掘や河岸侵食が面的・定量的に把握できる。 - 作業の効率化が図られ、適切な評価や対策を講じることが可能となる。
使用機器	ALB、UAV 搭載レーザ
要求される精度	30cm 程度
点密度	標準(陸部 10~30 点/m ² 、水部 1~3 点/m ²) ~ 高(陸部 100 点/m ²)
作業方法	- 得られた DEM データから標高段彩図を作成し、局所的な深掘れ箇所を把握する。また、横断面図を作成することにより、深掘れ箇所の形状を把握する。 - DEM データの二時期の標高差分をとり、段彩図や横断面図を作成することで局所的な深掘れ箇所の変化を把握する。
注意点	- 二時期の計測は、同じ精度で行うことが必要である。 - 深い場所ではレーザが河床まで到達せず、河床を捉えられない場合がある。
標準スケール	1/1000 など
活用効果	面的把握が可能、高密度データが得られる、今まで把握していなかった内容が把握できる、河床洗掘等の適切な評価や対策検討ができる



6.1.3 構造物

(1) 堤防

従来の計測	・河川巡視や点検、定期縦横断測量等により変状を把握する。 (広域な河川の変状を把握するのに時間を要する。)
今後求められる維持管理のあり方(点群で対応できること)	・概略的な変状が把握できる。点検箇所の一次スクリーニングにより、作業の効率化が期待できる。また、はらみ出し、寺勾配、不陸など、目視点検では把握することが困難な変状を発見することが可能となる。
使用機器	ALB、UAV 搭載レーザ、アタッチメント型 LP
要求される精度	5cm 程度
点密度	標準 (10～30 点/m ²) ～高 (数万点/m ²)
作業方法	・得られた DEM データから二時期の標高差分をとり、段彩図を作成することで大規模な変状や、はらみ出し、寺勾配、不陸などの形状を把握し、点検箇所の 1 次スクリーニングを行う。 ※アタッチメント型 LP で高密度データを取得することにより、モグラ穴等の変状も把握できる。
注意点	・堤防の草刈り直後に実施することが望ましい。 ・小規模の亀裂・陥没等の変状は、捉えにくい。 ・二時期の計測は、同じ精度で行うことが必要である。
標準スケール	1/1000 など
活用効果	面的把握が可能、高密度データが得られる、今まで把握していなかった内容が把握できる、点検箇所の一次スクリーニングにより、作業の効率化が期待できる



現地状況



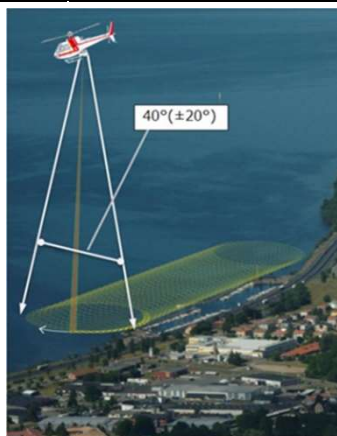
堤防の計測結果



アタッチメント型 LP を活用した堤防点検

(2) 許可工作物（橋梁）

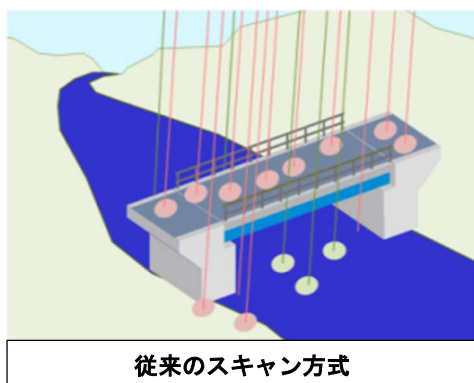
従来の計測	- 目視点検や定期縦横断測量により把握する。 （橋脚周辺の洗掘形状（最大洗掘深、洗掘範囲）等の面的な把握は困難。）
今後求められる維持管理のあり方（点群で対応できること）	- 水中の状況が把握できる（ALBの計測でもオブリーク（楕円状）スキャンであればレーザが届く範囲で桁下橋脚部の計測が可能）。 - 河川管理者として設置者に対する適切な情報提供および指導を行うことが可能となる。
使用機器	ALB、UAV 搭載レーザ、ナローマルチビーム 地上レーザ（地上の橋脚部、橋桁部）
要求される精度	30cm 程度
点密度	標準（陸部 10～30 点/m ² 、水部 1～3 点/m ² ）～高（陸部 10,000 点/m ² ）
作業方法	- 得られた DEM データから標高段彩図を作成することで、橋脚の洗掘状況を把握する。 - DEM データの二時期の標高差分をとり、段彩図を作成することで洗掘状況の進行度合いを確認する。
注意点	- 橋桁が低い位置にある場合、レーザが橋脚まで到達せず、橋脚周りが計測できない場合がある。 - 深い場所では、レーザが河床まで到達せず、洗掘状況を捉えられない場合がある。 - 二時期の計測は、同じ精度で行うことが必要である。
標準スケール	1/100 など
活用効果	面的把握が可能、高密度データが得られる、今まで把握していなかった内容が把握できる、設置者に対する適切な情報提供および指導ができる



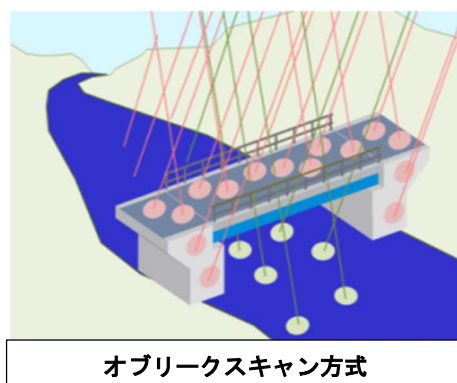
オブリーク（楕円状）計測のイメージ



橋脚の洗掘状況



従来のスキャン方式



オブリークスキャン方式

オブリーク（楕円状）スキャンは橋桁下の計測に有利

6.2 危機管理

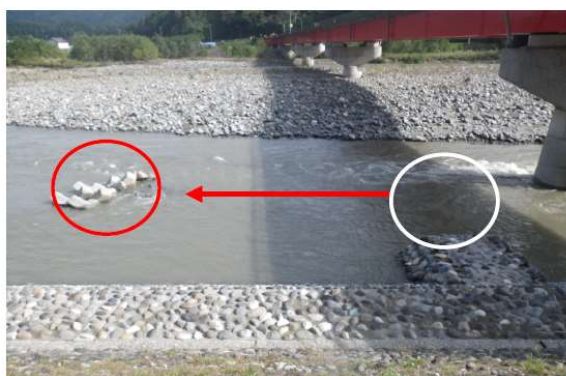
6.2.1 堤外側

(1) 被災箇所調査

従来の計測	・出水後の状況に応じて点検や定期縦横断測量により把握する。 (徒歩等による目視点検が中心となるため、調査に時間を要する。)
今後求められる維持管理のあり方(点群で対応できること)	・連続的な河道形状データが作成できる。 ・出水前データと出水後データの比較により、変状を効率的に把握することが可能となる。
使用機器	ALB、UAV 搭載レーザ
要求される精度	30cm 程度
点密度	標準(陸部 10~30 点/m ² 、水部 1~3 点/m ²) ~ 高(陸部 100 点/m ²)
作業方法	・得られた DEM データから出水前のデータと出水後のデータの差分をとり、段彩図や横断図を作成することで、大規模な変状を把握する。
注意点	・小規模な被害等は、捉えにくい。 ・災害直後の水中計測は、透明度により計測できない場合がある。 ・出水後の計測は、出水前の計測と同じ精度で行うことが必要である。
標準スケール	1/1000 など
活用効果	面的把握が可能、高密度データが得られる、今まで把握していなかった内容が把握できる、変状を効率的に把握できる



護岸崩壊状況



水制工の流出



洪水による土砂堆積

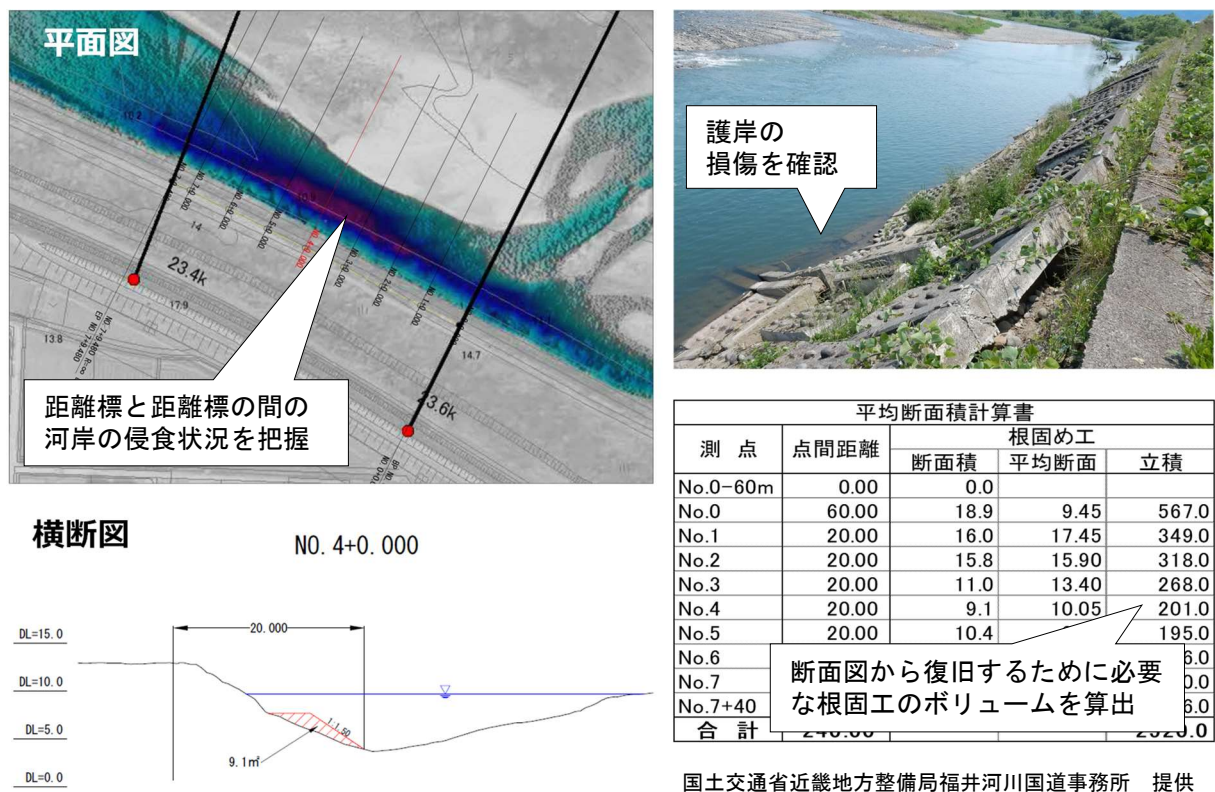


河道閉塞の状況

河川維持管理に関する技術研修テキスト【実務者編】 平成 26 年 3 月
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

(2) 災害復旧

従来の計測	・ 復旧が必要な被災箇所に対して、現地測量により把握する。 (現地状況によっては、計測に危険が伴う。) (対象箇所が多い場合、現地測量に時間を要する。)
今後求められる維持管理のあり方(点群で対応できること)	・ 被災箇所の形状が面的に把握できる。 ・ 被災箇所での直接的な作業がないため、安全である。 ・ UAV 搭載レーザを活用することで、より機動的に実施できる。
使用機器	ALB、UAV 搭載レーザ、地上レーザ、ナローマルチビーム
要求される精度	10cm 程度
点密度	標準 (陸部 10～30 点/m ² 、水部 1～3 点/ m ²) ナローマルチビームの場合 最大 2,000 測点
作業方法	・ 得られた DEM データから標高段彩図や横断面図を作成することで復旧箇所の 変状や侵食・洗掘等の状況を把握する。 ・ 三次元データから復旧箇所の施工計画を作成する。
注意点	・ 災害直後の水中計測は、透明度により計測できない場合がある。
標準スケール	1/1000 など
活用効果	面的把握が可能、高密度データが得られる、今まで把握していなかった内容 が把握できる、変状を効率的に把握できる



河岸侵食の対策検討への適用

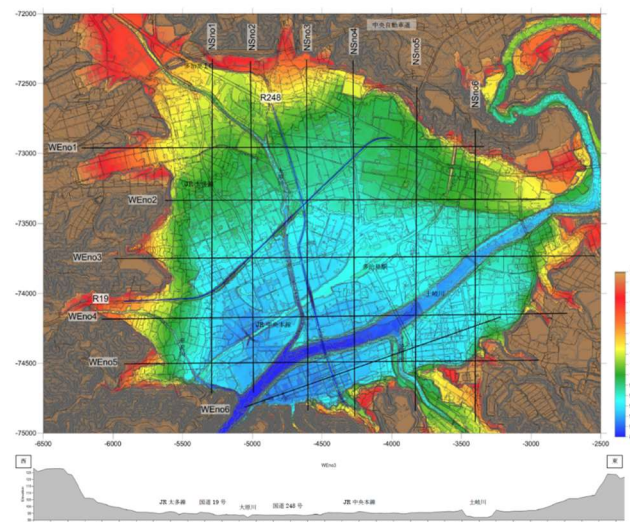
6.2.2 堤内側

(1) 堤内地盤形状

従来の計測	・定期縦横断測量により、堤内側 20～50m 又は河川保全区域相当を把握する。（定期縦横断では面的な把握は困難。） ・浸水想定区域図の作成には、三次元点群データを活用している。
今後求められる維持管理のあり方（点群で対応できること）	・越水危険箇所と併せて、面的に把握することが可能となる。溢水や越水が生じた場合の被害リスクについて、堤内地盤との比高も踏まえて判断することが可能となり、優先対応箇所の判断や水防団員の安全確保の高度化が図られる。
使用機器	ALB
要求される精度	5cm 程度
点密度	標準（陸部 10～30 点/m ² 、水部 1～3 点/ m ² ）
作業方法	・得られた DEM データから堤内地盤比高図、標高段彩図を作成し堤内地盤高が低い箇所を面的に把握する。堤内地盤高が低い箇所は、優先対応箇所を検討する。
標準スケール	1/2500 など
活用効果	面的把握が可能、高密度データが得られる、今まで把握していなかった内容が把握できる、優先対応箇所の判断ができる



堤内地盤比高図（イメージ）



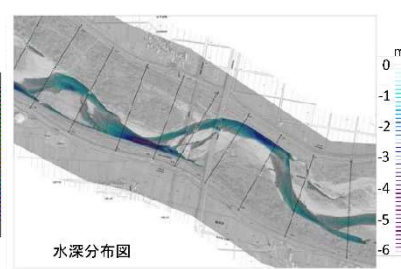
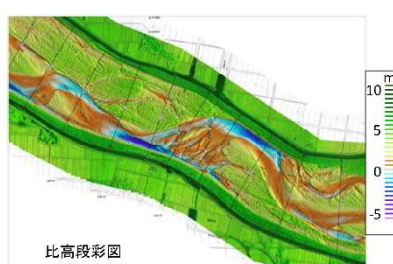
標高段彩図による堤内地の形状把握

6.3 河川環境他

6.3.1 自然環境

(1) 瀬・淵構造（水深分布）

従来の計測	・空中写真の判読や現地調査、深淺測量等により把握する。 (生物生息場に関する情報について、定量的な把握は困難。) ・河床材料調査は、河川縦断方向に1 km、1 断面につき3 点以上が原則。 (縦断延長が長い場合、調査に時間を要する。)
今後求められる維持管理のあり方（点群で対応できること）	・河川物理環境（生息場を含む）を把握するための広域な河川の標高・水深分布確認など、作業の効率化が図られる。 ・河川形状と瀬・淵構造の関係が視覚的かつ定量的に把握できるため、現地調査計画が効率的に立案できる。 ・河道の経年変化を捉えることができる。 ・中小河川や立ち入りが困難な上流部等でも計測が容易となる。 ・水深分布と流速分布（数値計算で算出）を生物情報と重ねることにより、保全すべき生物の生息場の物理環境が把握できる。
使用機器	ALB、UAV 搭載レーザ
要求される精度	30cm 程度
点密度	標準（陸部 10～30 点/m ² 、水部 1～3 点/ m ² ）～高（陸部 100 点/m ² ）
作業方法	・得られた DEM データから二時期の標高差分をとり比高段彩図や水深分布図などを作成することで、瀬・淵構造の状況を把握する。 ・定期的な計測を行い、各時期の標高差分をとることで、瀬・淵構造の経年変化を把握する。 ・深い場所ではレーザが河床まで到達せず、河床が計測できない場合があるため、マルチビーム等の活用も視野に入れる。
注意点	・定期的な計測は、同じ精度で行うことが必要である。
標準スケール	1/2500 など
活用効果	面的把握が可能、高密度データが得られる、今まで把握していなかった内容が把握できるなど、河川環境管理の高度化が図られるとともに作業の効率化が図られる

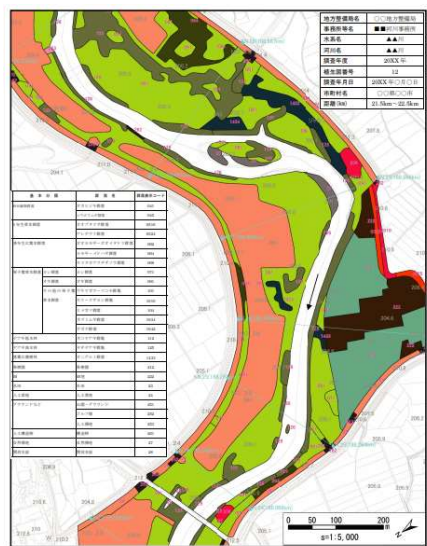


資料提供) 福井河川国造事務所

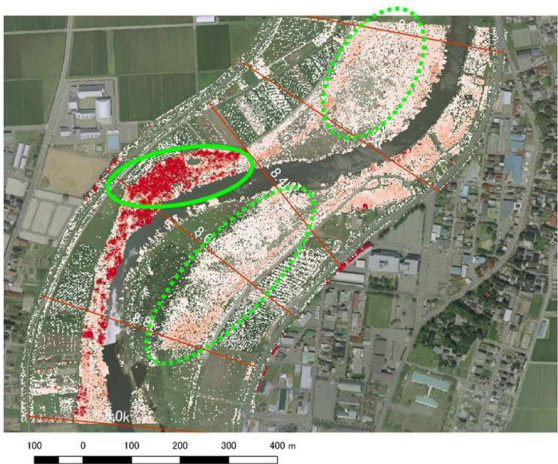
「三次元地形データの河川管理への適用性」より引用 国土交通省国土技術政策総合研究所

(2) 植生（樹木）

従来の計測	・ 空中写真の判読や現地調査により把握する。 (樹木の高さ、被度・群度などの定量的な把握は困難。)
今後求められる維持管理のあり方（点群で対応できること）	・ 河道全体の樹木の高さ、被度・群度などが把握できる。 ・ 「河川環境基図」の経年変化修正など、作業の効率化が図られる。
使用機器	ALB、UAV 搭載レーザ
要求される精度	50cm 程度
点密度	標準（陸部 10～30 点/㎡、水部 1～3 点/㎡）～高（陸部 100 点/㎡）
作業方法	・ 得られた DSM データと DEM データから群落ごとの平均高を求め、平均高の差分をとり、オルソ画像と重ね合わせた段彩図を作成することで河道内の植生の被覆状況や群落ごとの平均樹高を把握する。 ・ 二時期の差分をとることにより群落ごとの成長度合い、新たな樹木の繁茂、樹木の消失を把握する。
注意点	・ 植生は季節による影響を大きく受けるため計測する時期は統一することが望ましい。 ・ 樹高は 1 本ごとの差分をとると誤差が生じることがあるため、群落ごとの平均高をもとに差分をとる。 ・ 二時期の計測は、同じ精度で行うことが必要である。
標準スケール	1/5000 など
活用効果	面的把握が可能、高密度データが得られる、今まで把握していなかった内容が把握できる、作業の効率化が図られる



「平成 18 年度版 河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル [河川版]（河川環境基図作成調査編）」
国土交通省水管理・国土保全局河川環境課
河川環境基図

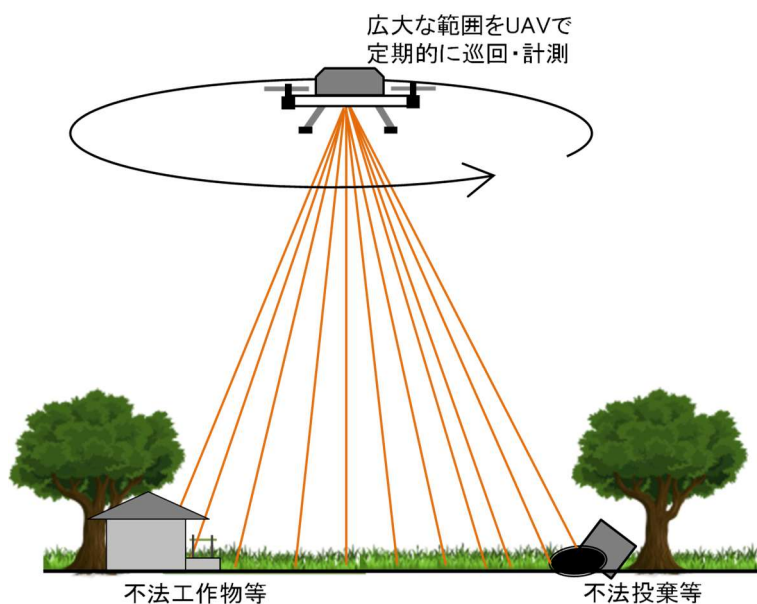


「河川の面的変状把握の手引き（案）平成 30 年 2 月
国土交通省東北地方整備局 東北技術事務所」
DSM データと DEM データの差分の分布

6.3.2 占用

(1) 不法盛土・不法工作物

従来の計測	・ 平常時の河川巡視により把握する。 (範囲が広域であることに加え、巡視回数等の制約がある。)
今後求められる維持管理のあり方(点群で対応できること)	・ 面的な変化を概略的に捉えることで、不法行為の早期発見につながる。 ・ 警告後の定量的な改善状況の把握が可能となる。
使用機器	UAV、据え置き型 LP
要求される精度	1m 程度
点密度	高 (100 点程度/m ²)
作業方法	・ 得られた DSM データとオルソ画像を重ね合わせた段彩図を作成することで不法盛土等を把握する。 ・ 定期的な計測を行い、各時期の標高差分をとることで不法盛土等の状況の変化を把握する。 ・ 必要に応じて、対象箇所を限定して高頻度で計測を行う。
注意点	・ 定期的な計測は、同じ精度で行うことが必要である。
標準スケール	1/2500 など
活用効果	面的把握が可能、高密度データが得られる、今まで把握していなかった内容が把握できる、不法行為の早期発見につながる

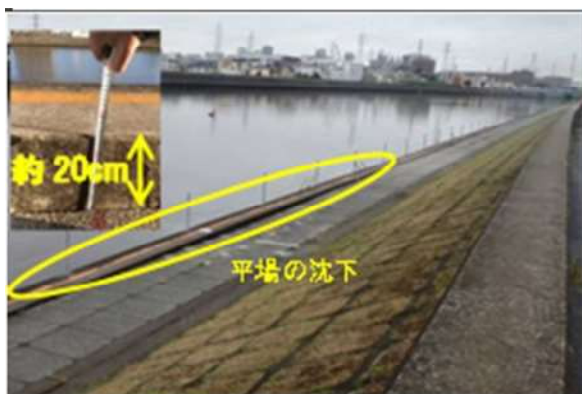


UAV による定期的な巡回計測 (イメージ)

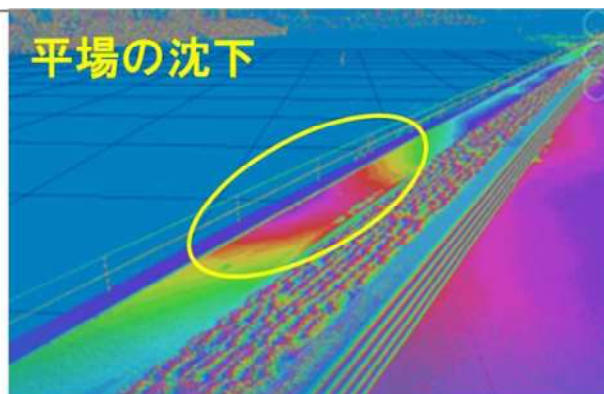
6.3.3 利用

(1) 親水施設の利用

従来の計測	定期縦横断測量、河川巡視、安全利用点検により把握する。 (面的な変化や、水中の状態把握は困難。)
今後求められる維持管理のあり方(点群で対応できること)	親水護岸等の形状を面的に把握することが可能となる。安全な利用に支障が生じるような変化を確認した場合、対象箇所を限定した高密度データを取得することにより、利用者への注意喚起など、安全性の向上に向けた対応に活用することが可能となる。
使用機器	ALB、UAV、MMS
要求される精度	30cm 程度
点密度	標準(陸部 10~30 点/m ² 、水部 1~3 点/m ²) ~ 高(数千点/m ²)
作業方法	- 得られた DEM データから二時期の標高差分をとり、段彩図を作成することで沈下等の変状の位置と深さを把握する。 - 安全な利用に支障が生じるような変化を確認した場合、UAV や MMS により対象箇所を限定した高密度データを取得する。
注意点	二時期の計測は、同じ精度で行うことが必要である。
標準スケール	1/1000 など
活用効果	面的把握が可能、高密度データが得られる、今まで把握していなかった内容が把握できる



対象地点の状況写真



MMSによる標高段彩図

LP の河川定期縦横断測量への適用検討会
委員名簿

東京大学大学院工学系研究科教授	池内 幸司
(公財) 日本測量調査技術協会専務理事	斉藤 和也
国土地理院 企画部 測量指導課長	出口 智恵 (～令和元年6月) 矢萩 智裕
国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室長	福島 雅紀
国土技術政策総合研究所 社会資本マネジメント研究部 社会資本施工高度化研究室長	森川 博邦
◎水管理・国土保全局 河川環境課 河川保全企画室長	笠井 雅広 (～令和元年6月) 青野 正志
水管理・国土保全局 河川計画課 河川情報企画室長	島本 和仁 (～令和元年6月) 平山 大輔
水管理・国土保全局 治水課 流域減災推進室長	高橋 伸輔

◎：座長
(敬称略、五十音順)