

# 河川分野における三次元データの活用について ～堤防点検を対象にして～

福島雅紀・笹岡信吾・諏訪義雄

## 1. はじめに

測量技術の進展は目まぐるしい。カメラを搭載したUAV (Unmanned aerial vehicle) を使えば、測量に関する知識を持っていない者でも誰でも簡単に地形情報 (写真、地盤高、植生高) を取得することができる。河川測量においては、グリーンレーザを用いた航空測量により、濁度の大きい河川や水深の深い河川を除いて、水域を含めた地形情報の把握が可能となってきた<sup>1)</sup>。

国土交通省では、航空測量成果を活用し河川定期縦横断測量への適用や河川管理の効率化・高度化を図るための検討を進めている。計画・設計・施工の各段階での活用も期待されるが、ここでは河川管理、特に堤防点検に焦点を当てる。例えば、三次元データから堤防表面形状の立体図等を作成し、コンピュータ画面上で点検を実施することが想定される。しかしながら、レーザ計測を堤防形状の計測に用いた場合、計測される点群データの密度や植生の繁茂状況が計測精度に影響することが懸念される。

そこで河川研究室では、航空レーザ測量に比べ、高密度な点群データの取得が可能なレーザ計測機器を搭載したUAV (以下「UAVレーザ」という。)<sup>2)</sup> や大型除草機械にレーザ計測機器を搭載させ、除草と同時に堤防法面形状を計測する機器 (以下「除草機レーザ」という。) を用いて、植生がレーザ計測に与える影響を確認した。また、除草直後に堤防表面形状を計測した点群データから堤防の変状の検出率を確認した。

## 2. レーザ計測に与える植生の影響

UAVレーザによる測量は、航空レーザ測量に比べ低い高度からレーザを照射することにより、小さいフットプリントで高密度な点群データの計測が可能である。そのため、植生の繁茂する堤防法面でも、法面までレーザが到達することが期待されている。



図-1 調査対象範囲

## 2.1 調査概要

### 2.1.1 調査実施箇所

利根川水系小貝川49.6km付近右岸にて、延長30m程度の河川堤防を調査区間として設定した。図-1に示すように、同区間を3m毎に10個のブロックに分割し、植生高が10cm～90cmとなるように10cmずつ高さを変えて、各箇所の植生高を刈り揃えた (以下「調整高」という。) 残る1箇所は刈り揃えを実施せず、最大で1.5m程度の植生が繁茂していた。なお、刈り揃えた範囲において、調整高以下の植生には手を加えていない。

### 2.1.2 調査方法

図-1の範囲において、なるべく多くのレーザを地盤に到達させるため、調査対象範囲の上空をUAVにより3回飛行し、3回の飛行で得られた点群データを重ね合わせて、1m<sup>2</sup>あたり300点以上と高密度な点群データを作成した。

点群データの測量精度を確認するため、水準測量を実施した。図-1の各ブロックにおいて横断測線を縦断方向約1m間隔に3本設定し、各測線において50cm間隔の位置 (以下「測点」という。) で堤防断面形状を計測した。

植生の種類や繁茂密度によって、レーザ計測に与える影響が異なるため、調査対象範囲に優占する植生群落を確認し植生分布図を作成した (図-2)。次に、各植生群落の特徴を調査するため、各ブロックで6点ずつ (10ブロックあるので合計60点) 抽出し、図に“□”で示す30cm四方の調査枠を設けて

繁茂密度を確認し、疎、中間、密の三段階に分類した。また、葉の面積によってレーザを阻害する度合いが異なると考えられることから、上空から見た時の葉の面積が小さい植生（以下「A群」という。）と葉の面積が大きい植生（以下「B群」という。）に分類した。図-3に繁茂状況の一例を示す。セイバンモロコシに加え、オニウシノケグサ、チガヤをA群、ギシギシに加え、ダイコンをB群と分類した。なお、水準測量の際に、測点ごとに優占する植生の種類、植生高、繁茂密度を調べた。

## 2.2 調査結果

### 2.2.1 堤防横断面図

図-4は、植生高を0.3mに刈り揃えたブロック6の下流側測線の横断面図である。同図には、較差と植生の繁茂状況を合わせて示す。10cm最小較差とは、測点を中心とする10cm枠を設け、その中で計測された点群データの中から堤防表面形状との較差が最も小さい点を調べ、その較差を地形測量結果の標高に加えてプロットしたものである。堤防表面形状については、30本の横断測線上で得られた測点からTINを作成し、点群データの位置での表面形状を補間した。

### 2.2.2 植生高と測量較差の関係

各測点における較差最小値を植生高さ別に集計し、その最頻値を整理した（以下「較差最小最頻値」という）。図-5及び図-6は、それぞれA群及びB群の方形枠別の較差最小最頻値を表す。A群及びB群ともに植生高が大きくなると較差最小最頻値が大きくなる傾向である。ここで、除草時の刈高が0.1m程度であることを踏まえ、較差0.1m以下をUAVレーザの堤防法面計測への適用限界と考えると、葉の面積が小さいA群では、植生高が0.5m以下、葉の面積が大きいB群では0.2m程度となる。紙面の関係から、詳細は参考文献3)を参照してください。

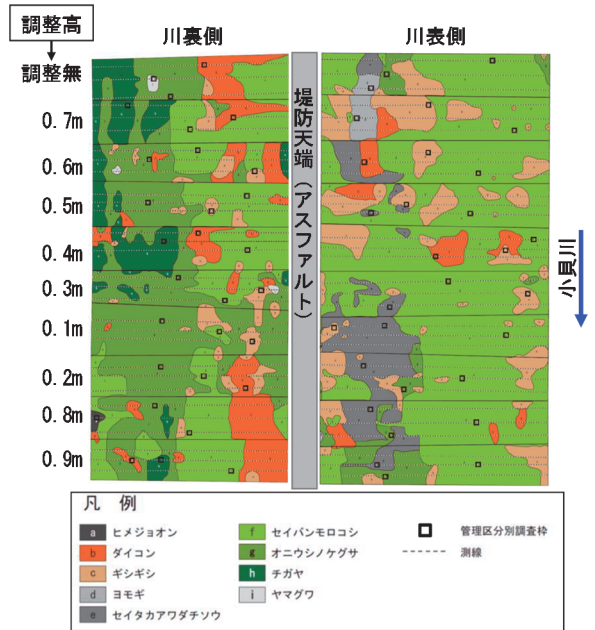


図-2 植生分布図

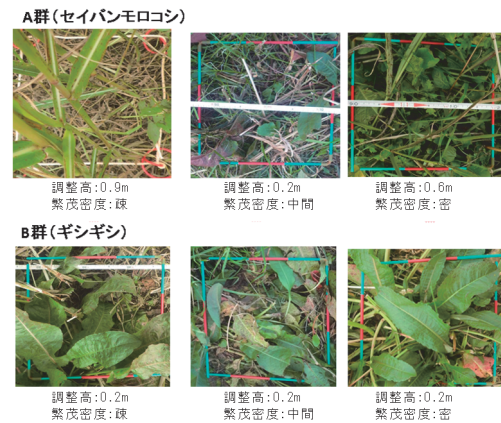


図-3 繁茂密度の分類

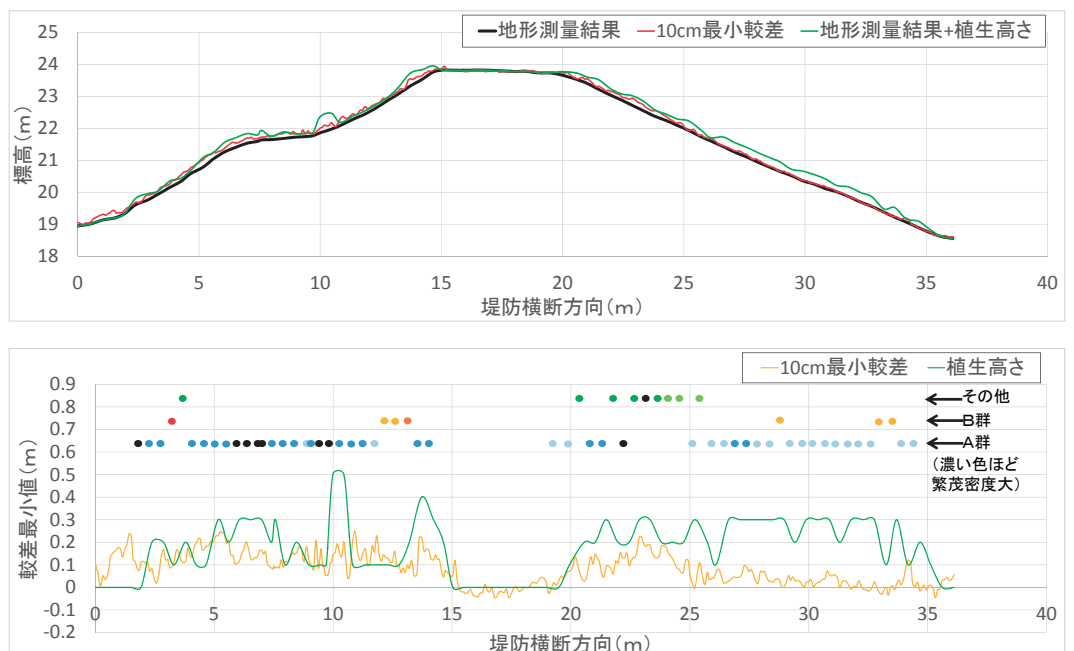


図-4 横断面、各測点における植生の繁茂密度及び較差分布

### 3. 三次元データからの変状の検出率

前節で述べたように、レーザ計測には植生が影響し、UAVレーザのように多点計測を行った場合でも、除草直後の法面でなければ堤防法面形状を的確に計測できているとは限らない。植生等の影響を含む三次元データを用いても堤防の変状を把握することが困難であることは明らかである。こうした課題を解決するため、堤防法面を対象として、除草機レーザの開発が進められている<sup>4)</sup>。本検討では、除草機レーザにより堤防法面形状を計測し、UAVレーザでも同時に計測した。また、通常の堤防点検も実施した。三次元データから得られる画像から確認される変状が、現地で直接確認した変状箇所をどの程度網羅しているか（以下「検出率」という。）を評価した。

#### 3.1 実施内容

##### 3.1.1 現地調査

円山川右岸9.2kp～11.2kp区間を対象として、除草機レーザ、UAVレーザによる測量及び堤防点検を実施した。除草機レーザは、法面上1.2m程度の高さからレーザ光を発射するため、1m<sup>2</sup>あたり20,000点程度の計測が可能である。UAVレーザについては、1往復で計測を行い1m<sup>2</sup>あたり100～300点程度のデータを取得した。堤防点検では、変状の種類を確認した上で、寸法の計測、位置情報の記録、写真撮影を行った。

##### 3.1.2 対象とする変状

堤防点検では、点検要領<sup>5)</sup>に記載された12種類の変状を対象とした。漏水・噴砂を除く11種類の変状（全53箇所）が確認された（表-1）。なお、寸法が異なる変状を作成し、検出率に与える影響を確認するため、小動物の穴3箇所、ガリ1箇所については人為的に作成した。

##### 3.1.3 三次元データの表示法の検討

三次元データの表示法を工夫することで変状を確認しやすくなると考え、得られた三次元データから等高線図、陰影図、段彩図、傾斜図、地上開度図等を作成した。なお、変状の確認しやすさに及ぼす三次元データの点群密度の影響を確認するため、三次元データから異なる大きさのメッシュデータを作成した。図-7は、除草機レーザから0.03m間隔のメッシュデータを作成・表示した図面の例である。堤防点検の実施経験のある技術者5人が、こうして

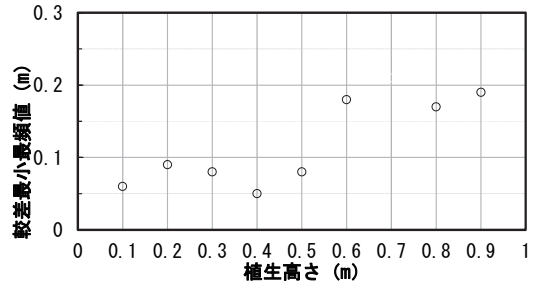


図-5 植生高と較差最小最頻値の関係（A群）

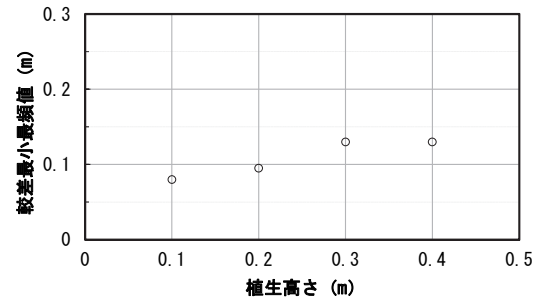


図-6 植生高と較差最小最頻値の関係（B群）

表-1 変状別点検箇所数

変状種別	箇所数	変状種別	箇所数
亀裂	1	寺勾配	2
陥没や不陸	8	モグラ穴等小動物の穴	14
法崩れ	4	排水不良	4
沈下	3	樹木の侵入	1
堤防保護工の変形	2	侵食(ガリ)・植生異常	12
はらみ出し	2	漏水・噴砂	0

作成した図面を確認し、変状に印を付けた。

#### 3.2 評価結果

##### 3.2.1 格子サイズと変状の見え方

図-8は、図-7(d)の格子サイズを変えて作成した傾斜図である。除草機レーザから作成される最小の格子サイズ(0.01m)を用いると、画像の解像度が高くなり、変状を捉えやすくなると考えたが、細かい変状が顕著となり抽出したい変状を確認できなかった。UAVレーザから作成される最小の格子サイズ(0.07m)を一段階粗くすると(d)、変状が不明瞭となった。今回の計測においては、変状を発見しやすい格子サイズは、0.02～0.1m程度であったが、変状発生箇所や変状種別等ごとの適切な格子サイズについてはさらなる検証が必要である。

##### 3.2.2 検出率

図-9は、5人の確認結果をもとに変状の規模別に検出率を整理した結果である。なお、一つの変状確認位置について、格子サイズの異なる図面を数枚確認させ、検出率を算定した。点群密度が大きい除草機レーザの方がUAVレーザに比べ、検出率が高い。

また、変状の規模が大きくなる程、検出率が高くなる傾向であった。

#### 4. おわりに

本報では、レーザ計測によって得られる三次元データを用いて、堤防形状の計測や堤防のり面の変状把握の可能性について検討した。チガヤ等の葉の面積が小さい植生が繁茂する堤防において、小貝川の1事例ではあるが、草丈を50cm以下に管理することで、UAVレーザにより、現行の航空レーザ測量と同程度の点群密度を確保することができた。変状の把握においては、変状の検出率がそれほど高くなく、机上検討に適用するには課題が残った。なお、除草機レーザは除草と計測を同時に行うことができ効率的であるが、法勾配が緩い、法覆工等の構造物が周辺にない等、大型除草機械を使用するための場の制約があり、現場状況に応じてUAVレーザと使い分けが必要である。三次元データの河川測量への活用が進む中、堤防点検への活用をはじめ、設計・施工・その他の維持管理にも適用できるように、個々の技術を発展させていく所存である。

#### 謝 辞

現地調査にあたっては、下館河川事務所、豊岡河川国道事務所の皆様にはお世話になった。ここに記して謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 山本一浩、中村圭吾、福岡浩史、戸村健太郎、金田真一：グリーンレーザ(ALB)を用いた河川測量の試み、河川技術論文集、第23巻、pp.293～298、2017
- 2) [http://www.mlit.go.jp/river/gijutsu/inovative\\_project/index.html](http://www.mlit.go.jp/river/gijutsu/inovative_project/index.html) (革新的河川管理プロジェクトURL)
- 3) 中村賢人、福島雅紀、諏訪義雄：堤防法面の変状把握におけるUAVレーザ測量の適用限界、河川技術論文集、第24巻、pp.35～40、2018
- 4) 白井正孝、民野孝臣、杉山史典、関晃伸、伊藤優美：大型除草機械によるモグラ(小動物)穴の面的検出システムCalsokの開発及び社会実装の取り組み事例の紹介、建設マネジメント技術、No.483、pp.46～52、2018

- 5) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：堤防等河川管理施設及び河道の点検要領、2016

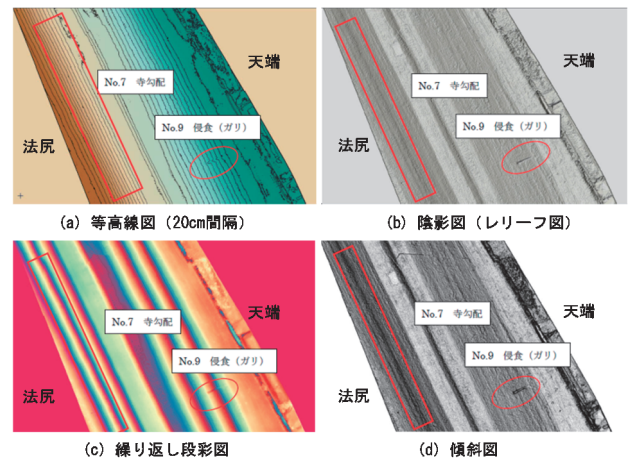


図-7 三次元データの表示方法の例

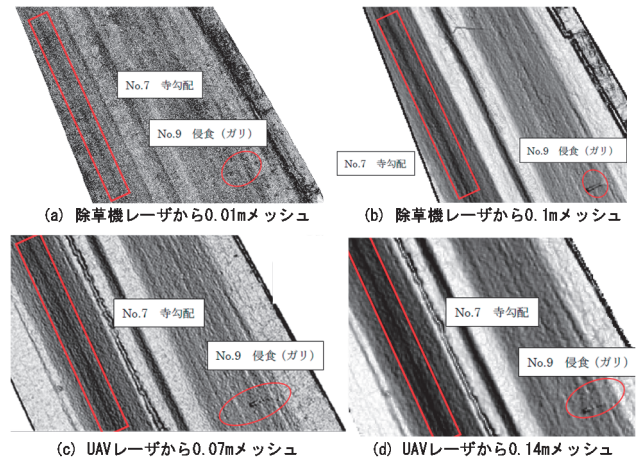


図-8 異なる格子サイズのデータから作成した傾斜図

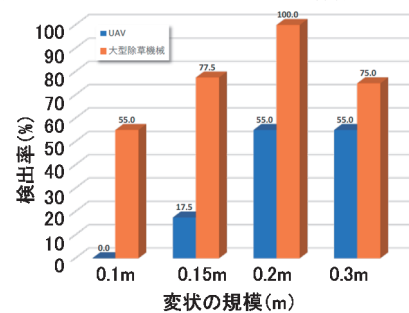


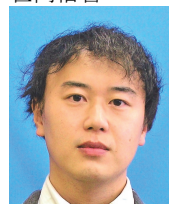
図-9 変状の規模別に算定した検出率

福島雅紀



国土交通省国土技術政策総合研究所  
河川研究部河川研究室長、  
博士(工学)  
Dr. Masaki FUKUSHIMA

笹岡信吾



国土交通省国土技術政策総合研究所  
河川研究部河川研究室 研究官  
Shingo SASAKA

諏訪義雄



国土交通省国土技術政策総合研究所  
河川研究部 河川構造物管理研究官  
Yoshio SUWA