

河川管理のための三次元レーザ点群データの活用法

岡山大学 学生会員 ○秋山 菜乃香
 岡山大学 正会員 西山 哲
 国土交通省中国地方整備局 非会員 富田 紀子
 株式会社オーエスエー 非会員 山本 道輔

1. 序論

近年、地球温暖化等の影響により、時間雨量 50mm を超える短時間強雨や総雨量が数百から数千 mm を超える大雨が多発しており、全国各地で毎年のように大規模災害が発生している。その他、線状降水帯のような豪雨をもたらす要因が増加する傾向を考慮すれば、綿密に点検することが、より一層重要になる。しかしながら現状の河川管理は、出水期、台風期及び出水後の徒歩による目視点検あるいは 200m ごとの定期縦断および横断測量の結果により判断されているのみである¹⁾。また、技術者と予算の不足は深刻化しており、点検作業の詳細化や回数の増加を図ることは不可能である。ところが、主に実施されている目視点検では、経験に基づいた健全性の判断に頼っており、定量的なデータがないために、必要箇所を優先的に対策するための客観的な根拠に乏しいのが実情である。そこで近年では、河川の定期縦横断測量の業務などにおいて、点群測量が注目されている。点群測量とは、航空レーザ測深(ALB)に代表される ICT 機器を用いて高密度三次元地形データを取得する測量手法のことである。従来の測量では、1 点 1 点測量した「点」を繋ぎ合わせていたデータが、この測量により地形を連続的な「面」として可視化できるので、詳細な点検・調査が実現する。この利点を含めて、ICT 機器による三次元点群データの活用は、河川管理の効率化・高度化を図ることができる²⁾。本研究では、点群レーザ測量システムに用いられる様々な手法の中でも、グリーンレーザスキャナを搭載したドローン測量に着目する。水中を透過するグリーンレーザスキャナを搭載し、150m 以下の対地高度から陸上と水中部の地形を 100 点/m² 以上の高密度で計測する。また航空機を用いる手法と異なり、誰でも飛行させる

ことができるので、低コストの計測が可能である。このような特徴は DX を推進するものとして注目されており、局所的に詳細に調査・点検したい箇所への適用が期待される。本研究では、これらの背景を鑑み、河川分野の DX を実現する手法であると期待されているグリーンレーザドローン測量の特性が発揮できる活用法の研究に取り組んだ成果を取りまとめ、考察した結果を報告する。

2. 実験計測

図-1 にグリーンレーザドローン測量システムの外観、表-1 にグリーンレーザスキャナの仕様を示す。



図-1 グリーンレーザドローン測量システム

表-1 グリーンレーザスキャナの仕様

レーザ波長	532±1nm
レーザ反射角	90°
レーザパルスレート	60,000Hz
ビーム拡がり角	0.3mrad
スキャン速度	30scan/s
レーザスキャンレート	2.6kg

また、図-2 に計測現場の概況を示す。図の赤枠で

キーワード ドローン、三次元点群、グリーンレーザ、河川管理

連絡先 〒700-8530 岡山県岡山市北区津島中 3-1-1 岡山大学環境理工学部棟

TEL 086-251-8801

示した岡山県旭川 14.6—15.8k の約 1.2km 区間を対象として、2020年3月と10月の2時期に実施した。計測時の対地高度は50m、サイドラップを75%、飛行高度を2.5m/sとした。



図-2 計測現場

3. 陸部における精度検証結果

現場には、データを補正するための調整点と、測量精度を検証するための検証点を5点ずつ設置し、検証点をトータルステーション(TS)によって計測した結果と比較することで精度検証を行った。表-2に測量精度検証結果を示す。表の値は、グリーンレーザ搭載ドローンとTSの座標値の差の平均および二乗平均平方根誤差(RMSE)である。「河川管理用三次元データ活用マニュアル(案)」において、越水危険箇所抽出のための堤防高の計測には50mmの計測精度が必要とされている²⁾。グリーンレーザ搭載ドローン測量の精度は、調整点を用いないと50mm以上の系統誤差が含まれるが、任意の調整点を用いることで、所望の精度が確保できることが実証できた。2時期ともに平均およびRMSEが、平面で50mm以下、標高で30mm以下であった。よって、調整点の使用により50mmの精度を有する測量が実施できるとわかった。

表-2 精度検証結果

単位：mm	1 時期目		2 時期目	
	水平	標高	水平	標高
平均	36	8	14	8
RMSE	42	29	19	29

4. 河川の透明度による河床計測への影響

図-3に示す1時期目の点群で示した計測範囲の結果より、河道内にレーザ点群が取得できなかった箇所があった。これは、水深約2.0m以上の箇所である。また、現地で計測した透明度は図-4の通りであった。FTU濁度0.8では、最大2.0mの水深の計測ができたが、FTU濁度3.1では、1.0m以上の水深の地形測量は困難であった。これらの結果より、FTU濁度1.0以下となる時期に、水深2.0m以下の測量に適用できると考えられる。さらに両時期の河道の横断面図の例を図-5に示す。1,2時期目の点群をそれぞれ緑色、赤色の点群で表す。この位置では、30~70cm程度の堆積が見られた。高密度の点群により河床の詳細な地形の再現が可能であることがわかる。



図-3 計測範囲の再現結果

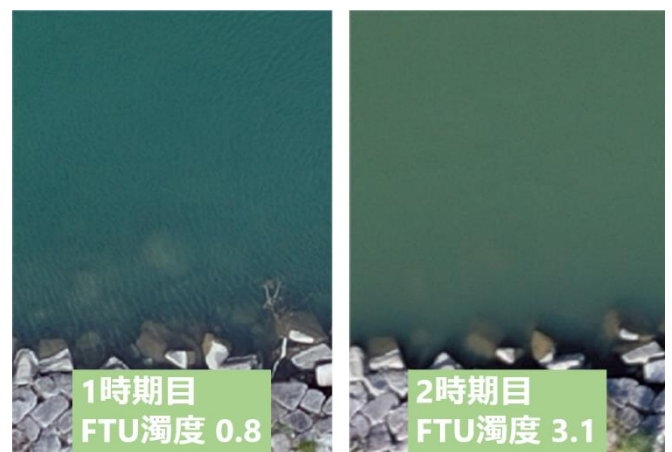


図-4 FTU濁度と透明度の違い

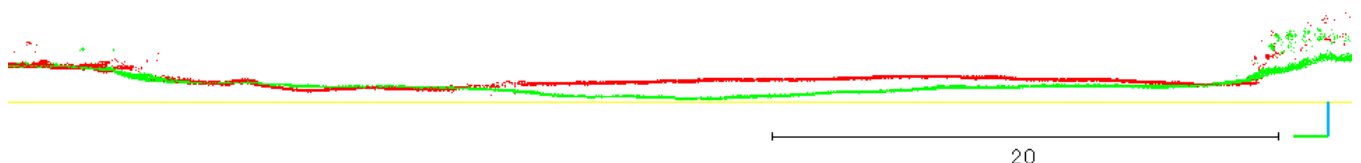


図-5 河道の横断面図の例

5. 2 時期データの变状箇所抽出技術の開発

グリーンレーザドローン測量によって、高密度のレーザ点群で計測対象区間の地形が詳細に再現される。一方で、ドローン測量データは約 500 点/m² のビッグデータになる。延長の長い管理区間では数十万点以上の点群にもなり、その中からどこに変状が発生しているのかを簡便に検知できるデータ処理技術がなければ、詳細な地形を再現しても計測結果を有効に活用できない。そこで本研究では、自動運転車両の分野で物体検知用として利用される ICP(Iterative Closet Points)を応用したレーザ点群解析を開発し、その有用性を検証した³⁾。ICP は図-6 に示すように、1 時期目のレーザ点群からなす図形に、2 時期目のレーザ点群から作った図形を重ね合わせる技術である。点の移動量と向きを変位ベクトルとしてみなせるため、変状を定量的に表せ、点群のまま解析できる。点群データから TIN モデルなどを作成することなく、2 時期のデータを直接重ね合わせる処理なので、リアルタイムの解析が可能である。

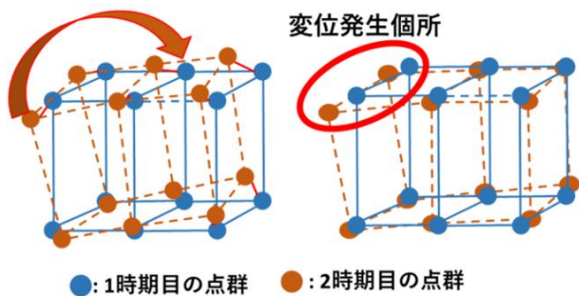


図-6 ICP による変状箇所抽出技術の概念

図-7, 8 に堤防天端の Z 方向に対する変状抽出結果の例を示す。変状はカラースケールで表される。また、図-9 に堤防法面の変状抽出結果の例を示す。変状はベクトルで表す。図-10 に 1,2 時期目の点群をそれぞれ緑色と青色で示す。堤防天端では、変状が 5cm 以内であったことから、沈下や隆起は起こっていないと考えられる。また、堤防法面では 2m 以上の変状が確認できた。これは、図-10 より、2 期間間の植

生の成長であることがわかる。よって、局所的な範囲での変状の把握が可能であると示される。なお、フィルタリングで植生を取り除く処理を加えることで、地表面自体の変化を捉えることが可能である。

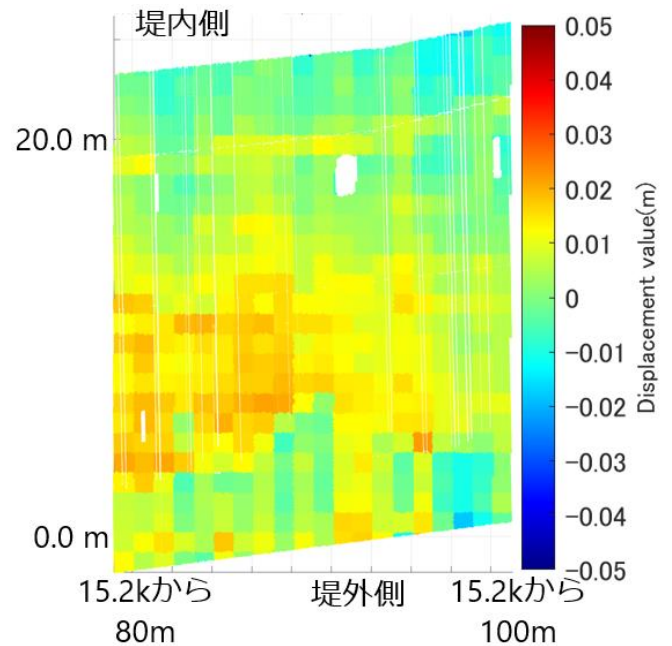


図-7 堤防天端の変状抽出結果の例 1

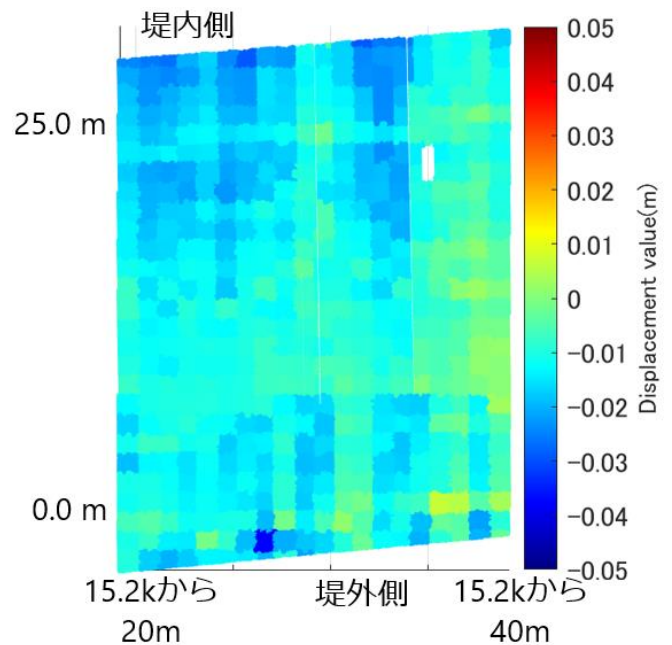


図-8 堤防天端の変状抽出結果の例 2

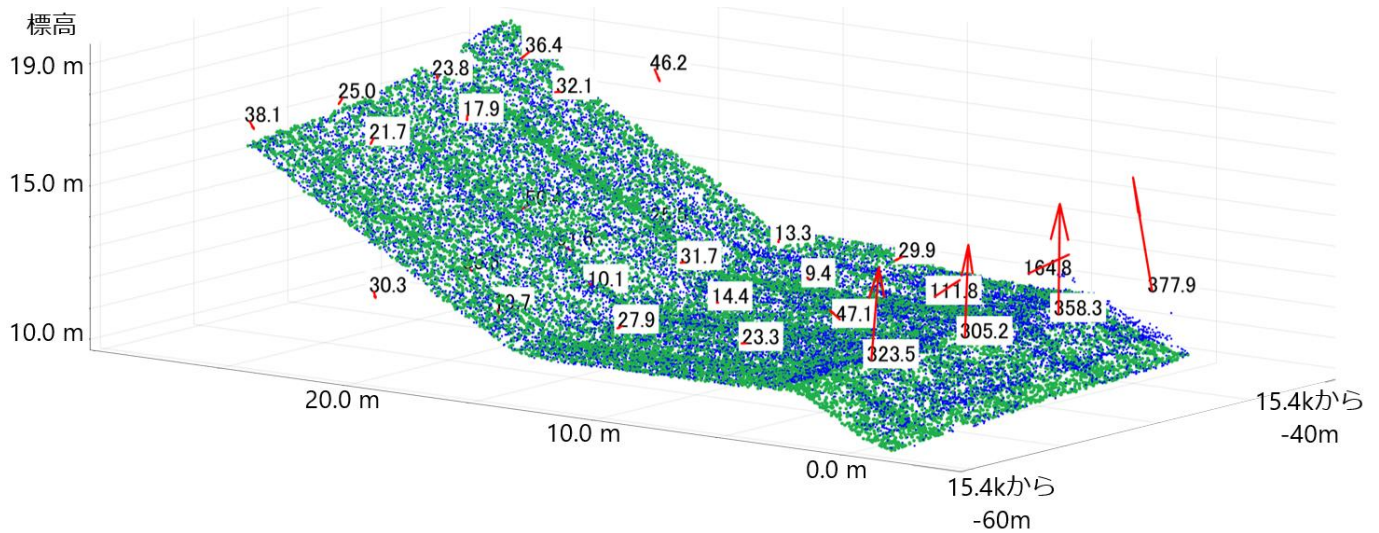


図-9 堤防法面の変状抽出結果の例

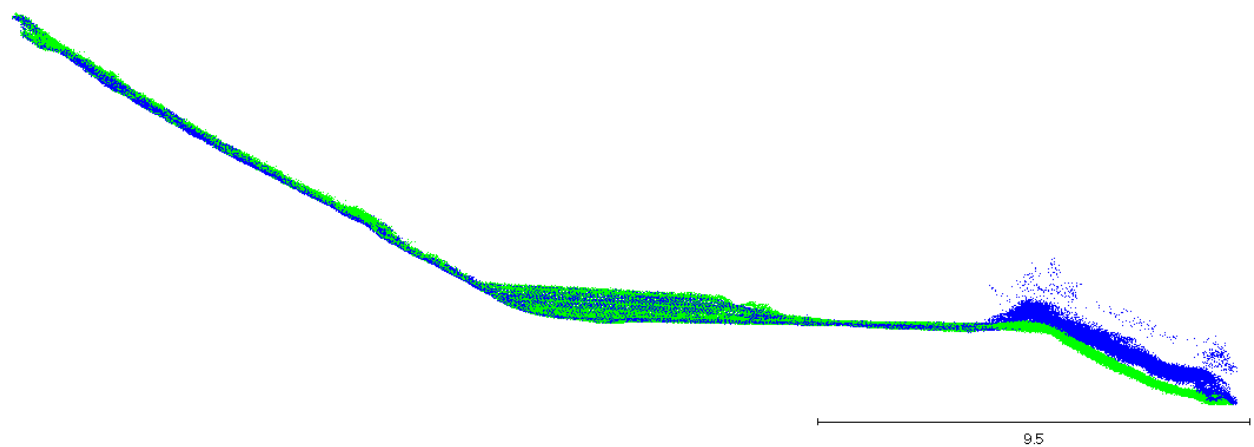


図-10 2 時期の堤防法面の再現結果

6. 結論

水中を透過するグリーンレーザスキャナを搭載したドローン測量の活用法の成果を以下にまとめる。

- 1) 調整点と検証点を用いることで、5cmの精度を有する測量が実施できた。このことから、50mmの計測精度を有する越水危険箇所抽出のための堤防高の計測が可能である。
- 2) FTU濁度により水中透過能力を把握でき、FTU濁度が1.0以下であり、約2.0m以下の水深が浅い箇所の地形の測量に適用するのが有効である。
- 3) グリーンレーザドローン測量のデータは、ビッグデータになるため、複数の時期の測量データから変状発生箇所を抽出する処理に人的労力を要し、測量手法の利点が発揮できない課題があった。しかし、本研究で開発した2時期レーザ点群データを重ね合わせる手法は、定量的に変状発生箇所を表現できたことから、リアルタイムに変状発生箇所を検知できる

ことが実証された。

今後、フィルタリングによる植生除去後の堤防や河床の変状抽出も検討していく必要がある。

謝辞

本研究は国土交通省岡山河川事務所のプロジェクト研究により実施されたものである。

参考文献

- 1) 国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課：堤防河川管理施設及び河道の点検・詳細要領，pp. 1-5，2019。
- 2) 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)，2020。
- 3) 友納正裕：SLAM入門 ロボットの自己位置推定と地図構築の技術，pp. 79-83，オーム社，2018。