

UAVレーザ計測による河道形状の把握

株式会社 パスコ 正会員 ○間野耕司, 森田真一, 井関禎之, 非会員 堺浩一, 小澤淳真, 森島章仁
株式会社 アミューズワンセルフ 非会員 富井隆春

1. 背景・目的

近年, 日本では, 大雨の発生頻度が増加傾向を示し, 降雨により発生する洪水流を安全に流下させる河川堤防の重要性が高まっている. こうした河川堤防の管理では, 河道形状を把握するために, 連続的な地形を計測できる航空レーザ測量が利用されている. この計測手法は, 写真測量に比べ植生被覆域の地形再現性が高い利点がある一方で, 有人飛行機を用いるため計測コストや機動性の面で課題がある. 近年, 無人飛行機 (Unmanned Aerial Vehicle :UAV) を用いたレーザ計測が実用段階に入り, 狭い範囲でのレーザ計測が有人機に比べ効率的にできると期待されている. そこで, 本稿では, 河道での実験計測から UAV レーザ計測で取得される三次元点群データ (UAV レーザ点群) の位置精度と植生被覆域の地形再現性を評価し, UAV レーザ計測による河道形状把握の適用性を確認した.

2. UAV レーザ計測機器の特徴

河道形状を精度良く把握するには, 位置精度を確保し, かつ植生下の地形を捉える可能性が高い機器を用いる必要がある. そのために, 使用する UAV レーザ計測機器には, 測位精度の高い 2 周波 GNSS 受信機, 姿勢測定の高解能な IMU, 更にビーム径の小さいレーザ照射が葉や幹の間隙を通り抜けて地盤を捉える可能性が高いと考え, ビーム径を小さく照射できる近赤外線波長帯のレーザスキャナを採用した. 機器の外観を図 1, 仕様を表 1 に示す.

3. 検証地区とデータ取得

検証地区は, 京都府を流れる由良川の距離標 24 k.p~28 k.p 地区と 33.4k.p 地区を選定した. 24k.p~28k.p 地区では, UAV レーザ点群の位置精度と対地高度の違いによる位置精度への影響を確認する. そのために, 対空標識や人工構造物の明瞭点を検証点として選定し, その位置を GNSS 測量で計測した. UAV レーザ計測は, 対地高度 30m で平均点間隔 0.077m, 対地高度 50m で平均点間隔 0.082m, 及び対地高度 80m で平均点間隔 0.095m の 3 つの計測諸元で実施した. 33.4k.p 地区はクワ畑等の木本とツル・ヨシ群集等の草本で覆われており, こうした地域における地形再現性を確認する. そのために UAV レーザ計測と地上測量による横断測量を実施した. UAV レーザ計測の諸元を対地高度 80m で平均点間隔 0.095m とし, 落葉樹の萌芽期である 2017 年 4 月 24 日・25 日と植生が繁茂した 9 月 4 日の 2 時期に実施した. 横断測量は, 4 月の UAV レーザ計測と同日にトータルステーションを用いて実施した.

4. 位置精度の検証

24 k.p~28 k.p 地区では, UAV レーザ点群から検証点を捉えた計測点を抽出し, GNSS 測量の位置座標と比較した. 図 2 は対地高度と標高誤差および機器スペックから想定される標高精度(期待精度)を, 図 3 は対地高度毎に色分けした水平位置誤差分布を示す. 図 2 に示す期待精度から対地高度が高くなるにつれ位置精度が低くなる計測特性がわかる. 実験計測から平均二乗誤差が対地高度 30m と 50m で 0.02m, 対地高度 80m で 0.05m を示し, 図 2 から全ての対地高度で期待精度と同等の位置精度を確保できること, 更に対地高度 80m 以下であれば, 高度による標高精度への影響は 0.03m 程度と僅かであることが確認できた. 一方, 図 3 で示す水平位置の誤差の分布には, 対地高度による系統的な傾向は確認できず, 対地高度 30m の平均二乗誤差が 0.09m, 対地高度 50m が 0.08m, 対地高度 80m が 0.10m を示した. これらは平均点間隔と同等な値を示すことから, 点間隔による座標の読み取り誤差が影響を及ぼしたと考えられる. 以上の結果から, 本機器による対地高度 80m 以下の UAV レーザ計測は, 明瞭な検証点で 0.05m

キーワード 河道形状計測, 横断測量, UAV, レーザ計測, 三次元計測

連絡先 〒556-0017 大阪市浪速区湊町 1-2-3 マルイト難波ビル 8F 株式会社パスコ Tel.06-6630-1935

表 1 機器仕様

機材	項目	内容
レーザ スキャナ	レーザ照射数	4万点/秒
	スキャン回転数	20回転/秒
	計測距離	受光強度 $\geq 30\%$ ~200m
	FOV (視野角)	90° (±45°)
	測距精度	4mm@50m (1 σ)
	レーザ拡散角	0.3mrad
IMU	フットプリント	12mm@80m
	水平精度	±10mm
	高さ精度	±20mm
	姿勢精度	Yaw $\pm 0.02^\circ$ 、Pitch/Roll $\pm 0.01^\circ$
全体	重量	1.8kg



図 1 機器の外観

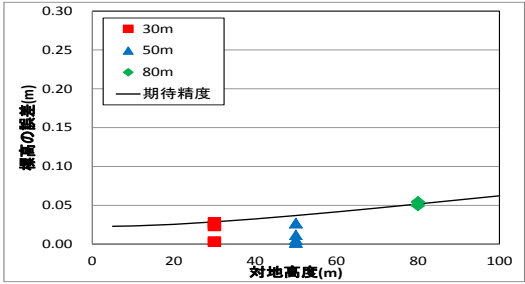


図 2 標高精度検証結果

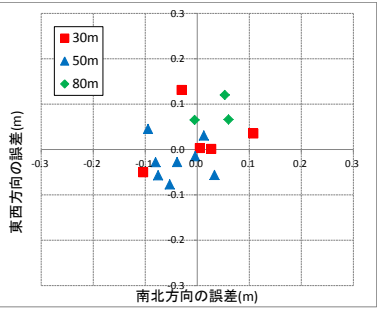


図 3 水平位置精度検証結果

表 2 植生被覆域における河道地形再現性の検証結果

項目		草本類										木本類			
		人工草地 (堤防)		オギ群落		セイタカアワ ダチソウ群落		ツル・ヨシ 群集		カナムグラ 群落		クワ畑		ジャヤナギー アカメヤナギ 群落	
計測時期		4月	9月	4月	9月	4月	9月	4月	9月	4月	9月	4月	9月	4月	9月
地上到達率 (%)		83.3	17.1	51.4	0.8	47.9	2.7	34.0	3.6	21.7	2.8	31.2	0.8	33.0	1.8
地形 再現 性	検証点数	203	215	304	67	159	90	169	116	58	84	253	85	27	37
	平均較差 (m)	-0.03	0.09	0.03	0.27	0.00	0.36	0.02	0.31	0.10	0.49	0.03	0.18	0.08	0.45
	平均二乗 誤差 (m)	0.09	0.13	0.10	0.39	0.10	0.47	0.12	0.41	0.19	0.74	0.13	0.25	0.11	0.60

の標高精度を確保でき、対地高度による標高精度への影響が僅かであることを確認できた。

5. 植生被覆域における地上到達度と地形再現性

33.4k.p 地区において、植生被覆域の地上到達度と地形再現性を評価した。地上到達度では、横断測量の断面線から水平位置 0.5m、標高 0.05m 以内に到達した UAV レーザ点群と地上到達点と見なし、その点数と照射点数の割合を植生種ごとに確認した。その結果を表 2 の地上到達度に示す。4 月の地上到達度は、人工草地で 83%と最も高く、多くの計測点が地盤を捉えている。一方、葉の大きいカナムグラ群落は 21%と低く、それ以外の草本が 30~50%、木本が約 30%の地上到達度を示した。9 月の地上到達度は全ての植生で 4 月より低い。有人機の航空レーザ測量よりビーム径の小さい UAV レーザ計測でも、葉が大きい植生被覆域や夏季の地上到達度が低くなることがわかった。

地形再現性では、有人機の航空レーザ測量で利用されている地盤抽出処理により UAV レーザ点群の最下点を地盤計測点として抽出し、横断測量の標高較差を確認した。その結果を表 2 の地形再現性に示す。4 月の結果に着目する。カナムグラ群落以外の植生は平均二乗誤差で約 0.1m を示し、4 章の検証結果に比べ若干高い値を示した。対空標識や人工構造物といったフラットなターゲットに比べ、植生被覆域の地盤は凹凸があるためと考えられる。こうした凹凸のある植生被覆域でも 0.1m 程度の位置精度で河道形状を再現できることが確認できた。一方で、葉の大きいカナムグラ群落は平均二乗誤差で約 0.2m を示し、平均較差から約 0.1m 地盤より上を地盤と誤認識していると考えられる。また、9 月の平均較差は 0.15m 以上の値を示し、人工草地以外で地盤高から 0.15m 以上高い位置を地盤と誤認識した。以上の結果から、最適な時期における UAV レーザ計測の実施が重要なことや、植生の種類によって地形再現精度が異なることがわかった。

6. まとめ

本稿は、河道での実験計測から UAV レーザ点群の位置精度と植生被覆域の地形再現性を評価した。その結果、対地高度 80m 以下の UAV レーザ計測によりフラットな計測対象物で 0.05m の標高精度を確保でき、最適な時期における計測により、凹凸のある植生被覆域の地形でも概ね 0.1m 程度の精度で地盤高を再現できることがわかった。以上の結果から UAV レーザ計測は、計測時期や対地高度を適切に設定することで、河道形状の把握に適用できることが確認できた。今後は、緑色波長帯のレーザスキャナを用いた検証を行い、水部における河道形状の再現性を確認する。本稿は、国土交通省の革新的河川管理プロジェクトの取り組みをまとめたものである。実験計測にあたり、同省 水管理・国土保全局、近畿地方整備局福知山河川国道事務所の各位には協力を頂いた。感謝の意を表する。