

ラジコンヘリを用いた河道の物理環境計測への適用性に関する基礎的研究

株式会社 ECR 正会員 渡辺 豊 東京大学 会員 長井正彦
東京大学 正会員 柴崎亮介 広島大学 正会員 河原能久
中央大学 正会員 内田龍彦 中電技術コンサルtant株式会社 正会員 荒木義則
中電技術コンサルtant株式会社 正会員 金本 満

1. 背景および目的

コンピュータ技術の進展により洪水流の平面 2 次元解析は実務レベルで行われている。しかし、解析に必要なデータが質・量ともに不十分であることが大きな課題となっている。このため、場所的、時間的に変化している河道の物理環境（河床高、植生、河床材料等）を迅速かつ低コストで計測する技術が求められている。現在、三次元座標を経済的かつ一定の品質で大量に取得できる航空レーザ測量が多方面で実施されつつある¹⁾。しかし、有人機の利用は、高い運用コストや飛行スケジュールの調整のため、河川区間のような比較的狭い領域における物理環境の動態を計測するような応用には適していない。そこで本研究では、産業用無人ヘリコプター搭載のレーザスキャナ&デジタルカメラ²⁾に着目し、そのシステムの河道物理環境計測への適用性を検討する。

2. 計測の概要

(1) 機器構成

本研究では、計測プラットフォームとして農薬等の散布等に利用されている産業用無人ヘリコプター（富士重工株式会社製：RPH2、図-1）を利用し、表-1 に示すような、レーザスキャナ、デジタルカメラ、GPS、IMU（慣性航法装置）を搭載した。また、各種センサの制御は同時に搭載するノート PC で行い、1/100 秒単位での時刻同期を行っている。また、センサ間の相対的な位置関係は、計測前にキャリブレーションを行い、デジタルカメラについては、画像の歪み補正のためにあらかじめ内部標定を行っている。



図-1 無人ヘリコプター

(2) 現地観測

調査地は、広島県広島市湯来町を流れる一級河川水内川（太田川水系）において、柏原地区約 1 km 区間とした。当地区では、平成 18 年 9 月 15 日～17 日の秋雨前線及び台風 13 号に起因する洪水により河川堤防が被害を受けた。

現地観測は、無人ヘリコプターを利用し、オペレーター（2 人）の操作により、高度 30m 地点で縦断方向に 1 側線、レーザ計測及びデジタルカメラによる画像取得を行い、高度 150 m 地点で写真測量用にデジタルカメラによる画像取得を行った。本研究では、レーザデータは高度 30m、写真測量データは高度 150m のものを使用した。また、レーザ計測及び写真測量の精度を比較するために、計測区間中程にある堰を対象として実測横断測量を行った。

表 1 搭載センサの諸元

機器	特性	重量
IMU	光ファイバ・ジャイロ：FOG 計測範囲：±200°/s 角度：±0.1° 角速度：±0.05°/s 加速度：±0.02m/S ²	1,000g
GPS	水平精度：30cm 加速度：196m/S ² 最大速度：1,000knts	400g
レーザ スキャナ	観測角：100° 分解能：0.25° 最大測定距離：80m 計測頻度：19Hz	4,500 g
デジタル カメラ	画素数：4,368×2,912pix 焦点距離：24mm シャッター速度：1/1,024 秒 シャッター間隔：8 秒	800 g

3. 計測結果

(1) オルソモザイク画像

オルソモザイク画像は、1組のステレオ画像から左画像の“ある”ピクセルに対して右画像より対応する点を画像相関関係から自動的に検出し、標定、ステレオマッチングを実施し、構築した DSM を利用して作成したものである。今回作成したオルソモザイク画像を図-2 に示す。図-2 は、高さ 150m の地点で撮影した写真 2 枚を合成したものである。



図-2 オルソモザイク画像

(2) DSM の構築

本実験で実施した計測プラットフォームは、レーザ計測と写真撮影を同時に実施している。レーザ計測は、対象物の 3 次元情報を直接計測できるものの、色情報が無く、計測対象を詳細に識別するのは困難である。図-3 にレーザ計測結果から作成した DSM を示す。図-3 より、画像中央の水面ではレーザ光が吸収され計測できていないが、画像左側の樹林帯等の複雑な形状や、河床、堤防等は計測できている。一方、写真測量では、画像内の特徴点を利用し、ステレオマッチングを行った。特徴点を見つけるのが困難な森林等では誤差が多くなるが、色情報を持っているため識別がしやすく、詳細な情報を得ることができる。写真測量により作成した DSM を図-4 に示す。図-4 では、図-3 に比べて、河床や堤防等が詳細に再現されているが、画像左側の森林等の植生は画像のミスマッチングにより多くの誤差を含んでいる。

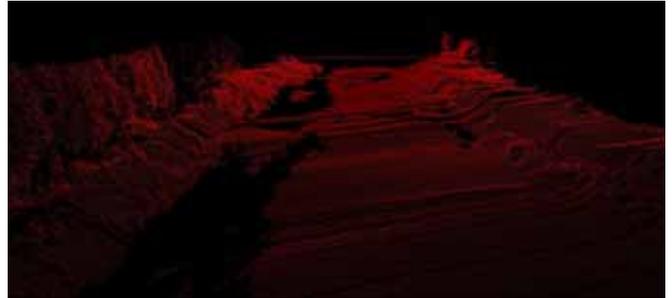


図-3 DSM (レーザ計測)



図-4 DSM (写真測量)

計測に用いたレーザの地上分解能は高度 30 m でおおよそ 30 cm である。高度 150 m から計測した写真画像の分解能はおおよそ 5 cm / ピクセルである。ステレオマッチングにより作成した DSM のグリッドサイズはレーザデータとの比較を行うために 30cm メッシュとしている。レーザ測量と写真測量のそれぞれの精度検証(平均誤差)は、図-2 のオルソモザイク画像中央部の「堰」において別途実施した地上測量と相対比較することにより行った。精度検証の結果、地上測量との水平方向の誤差は、レーザ測量では約 18 cm、写真測量では約 14 cm となった。従来の衛星写真や航空写真では判読することが出来なかった詳細な情報を得ることができることがわかる。

4. おわりに

本研究では、無人ヘリコプターに搭載したレーザスキャナ&デジタルカメラにより、河道物理環境計測への適用性を検討した。現時点では地形計測とオルソモザイク画像の作成が可能となっている。レーザ計測、写真測量にはそれぞれ長所・短所がある。今後、レーザ計測と写真測量を同時に実施することで、双方のメリットを生かした高精度 DSM の作成、土地被覆の分類、河床材料の定量的な把握を検討して行きたい。

参考文献

- 1) 内田龍彦, 河原能久, 山水綾, 渡辺豊: ヘリコプターに搭載した高精度 3D レーザスキャナによる河川の物理環境の計測, 土木学会, 河川技術論文集, Vol.13, pp. 243-248, 2007.
- 2) 長井正彦, 柴崎亮介, 黒田清一郎, 結城洋一: 無人ヘリコプターを用いた新潟県中越地震による農地地すべり調査, 応用測量論文集, Vol.17, pp. 77-85, 2006.