

小規模河川におけるデジタルカメラ画像を用いた 浮子追跡による流量観測手法の構築

野殿龍之介

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

近年、河川流量の減少は生態系および社会生活に影響を及ぼしており、森林面積や樹木量が流量に大きく関与している。流量算出手法は大型河川を対象としたものが多く、小規模河川では水深や河幅が小さいことから、PIVやADCPなどの既存手法の適用が困難である。そこで本研究では、非接触かつ簡易に適用可能な流量観測手法の構築を目的として、輝度安定性の高いピンポン球を浮子として用いた流速算出手法を提案した。その結果、ほぼ同じ位置を通過した浮子の流速に14.28[cm/s]のばらつきが生じ、風や渦などの外乱の影響が示唆された。今後は、これらの外的要因を考慮した解析により、手法の精度向上を図る必要がある。

Keywords: 点群, yolo, 写真測量, 表面流速, 浮子

1. はじめに

近年、河川流量の減少は生態系や社会生活に影響を及ぼしており、森林管理は流量の安定化において重要な役割を果たしている。森林は遮断蒸発、地下浸透、蒸散で降雨の流出量を抑制する一方で、水源涵養機能により渇水期の流量を維持する機能も有する。その関係性を評価するためには、森林と河川流量の計測が必要である[1]。近年、河川流量計測は、PIVやADCPなどの観測技術が活用されているが、小規模河川では適用が困難である。本研究では、固定カメラを用いた動画による写真測量により、小規模河川における非接触かつ迅速な流量観測を試みる。今回は、浮子追跡による流速推定を行う。浮子には、輝度安定性が高いピンポン玉を選定した[2]。観測対象は、香美市と香南市の境界に位置する舞川とした(図1)。

2. デジタルカメラ画像による流速計測

2.1 観測点における点群計測

固定カメラ画像の幾何補正のためには、基準点が必要となる。そのため、岩の角などの特徴点ができるだけ多く必要なことから、三次元点群データが有用となる。観測地点の点群作成には、DJI社製アクションカメラAction6(図2)を使用した。点群の幾何補正に用いる基準点は、トータルステーション(TS)による基準点測量を実施し、対象河川に5点設置した。河川を撮影した動画から1秒間隔でフレームを抽出し、画像化

することで点群の作成を行った。なお、点群の誤差は各基準点の平均誤差が0.018[m]であった。

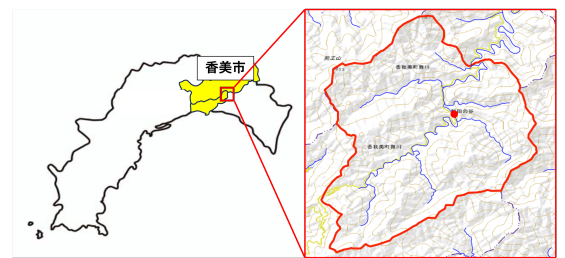


図1:観測地点

2.2 射影変換による固定カメラの幾何変換

固定カメラの画像座標と、地上の三次元座標との変換は、式(1)を用いた。固定カメラに写っている特徴点の画像座標 (u, v) と対応する作成した点群における地上座標 (x, y, z) を基準点として6点、検証点として6点使用した。変換精度は、基準点周りの u のRMSEが0.4888[px]、 v のRMSEが0.7681[px]、検証点周りの u のRMSEが2.991[px]、 v のRMSEが1.366[px]であった。

$$\begin{pmatrix} u \\ v \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1 & a_2 & a_3 & a_4 \\ a_5 & a_6 & a_7 & a_8 \\ b_1 & b_2 & b_3 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \quad (1)$$

u, v : 画像座標 [px]

x, y, z : 相対座標 [m]

$a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, b_1, b_2, b_3$: 変換係数

2.3 YOLOによる固定カメラでの浮子追跡

YOLOは、物体検知のためのディープラーニングアルゴリズムの一つであり、動画内の物体を高精度に検出し物体の画像座標をフレームごとに抽出可能な手法である。YOLOを用いた浮子検出の学習には、舞川において取得した動画を使用し、1フレームごとに切り出した画像のうち、学習用データとして929枚、検証用データとして239枚を用いた。また、実験室環境で取得した画像については、学習用データ228枚、検証用データ62枚を使用した。これらの学習結果に基づき、YOLOにより浮子の画像座標を自動的に算出した(図2)。次に(1)の式を用い地上座標に変換した。測線(図2の赤線)における流速は浮子が測線を跨ぐ前3フレームと跨いだ後3フレームの計6フレーム間における浮子の移動距離から算出した。すなわち、移動距離を $\frac{5}{30}$ [s]で除することで速度が算出できる。ここで、z座標は本研究では測線両端における水面高さの平均値をzの値として採用した。水面波による微小な高さ変動は無視できるものとした。



図2:yoloによる追跡

3. 精度検証

精度検証用にプロペラ式流速計を用いて流速観測を実施した。流速計にはKENEK社製VR-301を使用し、本機の測定精度は ± 3 [cm/s]である。計測は、浮子の通過位置に測線を設定し、25[cm]間隔で複数点の流速を測定することで行った。

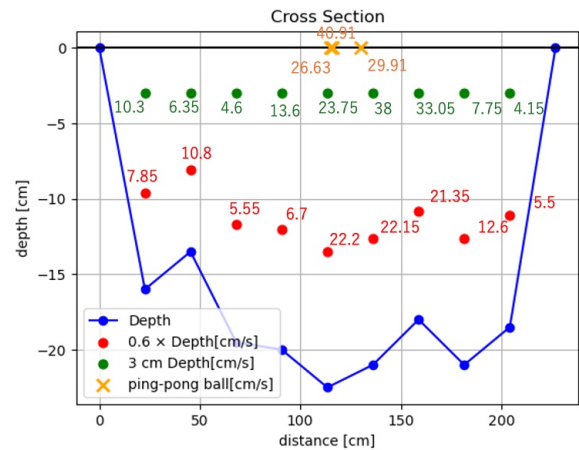


図3：流速分布

図3は、青線が水深を示し、測線直下における河川断面形状を表している。黄色の×印は本研究により算出した表面流速、赤丸は水面から水深の6割の位置における流速、緑丸は水面下3[cm]の位置における流速を示す。舞川における実験結果から、ほぼ同一位置を通過した浮子の流速に14.28[cm/s]のばらつきが確認された。

4. 考察

デジタルカメラ画像を用いた浮子追跡による流速推定結果は、ばらつきが大きかった。そこで、ゴルフボールを自由落下させ、速度と時間の関係を検証した。実験の結果、理論式 $y = gt$ からの乖離はRMSEで0.1988[cm/s]となった。舞川での実験でばらつきが生じた要因は、風や渦の影響が考えられる。今後は、これらの外的要因を考慮した解析を行うことで、より高精度な速度推定手法の構築を目指す。

参考文献

- [1] 笹岡南斗, 森林評価のための写真測量による河川流量推定
- [2] King Kuok KUOK, Po Chan CHIU, Application of Particle Image Velocimetry (PIV) for Measuring Water Velocity in Laboratory Sedimentation Tank
- [3] 国土交通省, 非接触型流速計測法の手引き
- [4] 高木方隆, 国土を測る技術の基礎
- [5] 村井亮介, homepage