

ドローン型浮子による淀川の表面流・水深計測

Measurements of Surface Velocity and Water Depth in Yodo River by Drone-type Float

○相澤航・山上路生・加藤恭平・吉永功希

○Wataru AIZAWA, Michio SANJOU, Kyohei KATO, Koki YOSHINAGA

The present study describes an automated system to measure the discharge in natural river. The new system suggested here is the quadcopter - type float with a GPS receiver. This float flies to the target point on a free-surface according to an operator's control. After then, it runs freely downstream detecting time-series of self position with 10 cm order accuracy using RTK-GPS method. Furthermore, it measures the local water depth by the ultrasonic sensor during the traveling downstream. Same works are repeatedly conducted on also other streamlines to evaluate the discharge normal to a fixed cross section. We tried a field tests in Yodo river. It results in about thirty percent errors by comparison with estimation by H-Q curve.

1. はじめに

毎年各地で洪水被害が発生している日本では、河川における災害対策は重要な課題である。防災・減災のためには、河川の正確な流量観測が求められるが流量計測法として最も一般的な手法は浮子法である。浮子法では浮子を河川に投下し浮子の流下時間と流下距離から流速を算出する。これを川幅に応じた測線数実施し、求めた流速に川の断面積をかけることで流量を算出する。計測が簡便かつコストが抑えられる一方、計測精度が観測員の技能に依存する、洪水時には計測に危険が伴う、計測に時間がかかる等の課題がある。そこで本研究ではこうしたデメリットを補完するGPSを搭載したドローン型浮子による新たな流量観測手法を開発した。

2. 計測原理

2.1 概要

基本の原理は通常の浮子法と同様であるが、本研究では浮子にGPSを搭載することで、GPSの位置座標データから浮子の軌跡を確認し、流下速度を算出する。このような手法を取ることで、観測員の技能熟練度に依存しない信頼性のある計測が可能となる。また浮子に水深計測ソナーをとりつけることで、流速計測と同時に水深計測を行い、河川断面積を導出可能とした。したがって流速計測結果と組み合わせることで流量を算出することができる。さらに、浮子の回収・投下を安全かつ迅速に行うためにドローンを使用する手法をと

る。ドローンにGPS、ソナー、浮き輪を取り付け、安全な川岸から飛行させる。そしてドローンごと浮子として河川に着水させ、一定時間流下させる。その後ドローン浮子を操縦し離水させ、次の測線で同様の手順を行う。すべての測線での計測が終了したらドローン浮子を空中移動させ川辺の観測員の元へ帰還する。計測システムのイメージ図を図-1に製作したドローン浮子を図-2に示す。

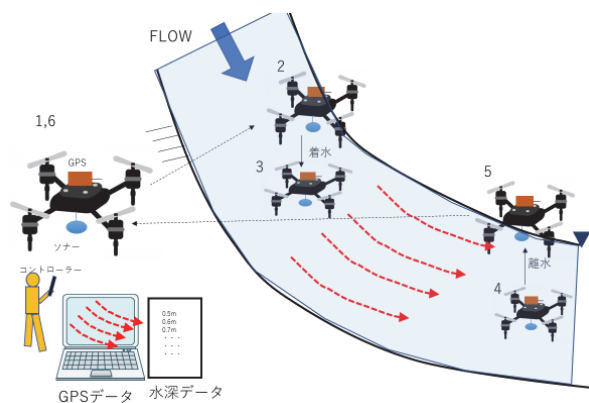


図-1 計測システムイメージ図



図-2 ドローン浮子

2.2 流速・流量導出方法

まず, GPS から得られる緯度経度座標データから緯度経度 1 秒あたりの実距離がそれぞれ 30.906m, 25.321m であることを利用し, 各測線における dt 秒間のドローン型浮子の流下速度 v を以下の式により求める.

$$v = \{(dN \times 3600 \times 30.906)^2 + (dE \times 3600 \times 25.321)^2\}^{0.5} / dt \quad (1)$$

(dN, dE : dt 秒間の変化緯度経度)

通常の浮子法では浮子の流下速度を河川流速とみなすが, ドローン型浮子は水面上部の表面積が大きいので流下時に空気抵抗を受けやすく, 浮子流下速度と河川流速が一致しない. そこで, 抗力式から導出した以下の補正式を使用して浮子流下速度 v を河川流速 V へと変換する.

$$V = \left(1 + \sqrt{\frac{k_2}{k_1}}\right)v - \sqrt{\frac{k_2}{k_1}}c \quad (2)$$

(c : 風速, k_1, k_2 : 係数)

こうして求まる河川流速 V は河川表面流速であるので, 流量を求める際にはべき乗則近似式を利用して平均断面流速へと変換する. そして平均断面流速と分割した断面積を掛け合わせその和を取ることで, 流量を導出できる. なお分割区間の横断面の長さは GPS の座標データから, 水深はソナーデータを利用し断面積を算出した.

3. 結果と考察

大阪府枚方市の淀川でドローン浮子を用いて流量観測を実施した. 計測時のドローン浮子の軌跡を航空写真にプロットしたものを図-3 に, 流速を導出する 1m 区間のみの軌跡を取り出したものを図-4 に示す. 計測サイトの川幅は約 250m であり, 実務の浮子法では 200~400m の川幅の河川において測線数を 6 としていることから, 本計測でも測線数を 6 本とした. また, ドローンを目視で確認し安全に操縦を行うことができる距離は 150m 程度であり左岸もしくは右岸からすべての測線を計測することが困難であったため, 左岸からドローンを飛ばし 3 測線, 右岸から 3 測線計測を行った. 測線番号は左岸側から順に 1, 2, 3, 4, 5, 6 とした. 表-1 に各測線の 1m 計測区間における流速, 水深, 各断面ごとの流量・総流量を示す. なお, 測線 6 では計測地点下流部で行われていた護岸工事の影響で流れが逆流していたため, 分割区間 6 の流量は 0 とした.



図-3 ドローン浮子軌跡(全体)



図-4 ドローン浮子軌跡(計測区間抜粋)

表-1 計測結果

測線	表面流速 (m/s)	水深(m)	流量 (m^3/s)
1	0.83	1.3	28.7
2	0.87	1.5	41.7
3	0.72	1.5	74.3
4	0.28	1.6	25.1
5	0.38	1.1	11.2
6	-0.016	1.0	0
合計			181

流量計測結果は $181m^3/s$ となり, 淀川河川事務所が高浜地点の水位と H-Q 曲線に基づき算出した流量 $136m^3/s$ との誤差は約 33% となった. 高浜地点と枚方地点の間には複数の支流があることを考慮すると実際の計測誤差はさらに小さくなると考えられ, 良好な精度の計測を行うことができたといえる. 一方で課題としては, ドローン操縦の難しさがある. 目視かつ手動で行う操縦には限界距離があり, また測線間隔を完全に均一にすることは困難である. したがってドローン浮子の自動操縦システムの構築を今後目指したい.