UAV を用いた河川の水辺構造調査

丹羽 英之*・林 直弥・森本 幸裕

京都学園大学 〒621-8555 京都府亀岡市曾我部町南条大谷 1-1

Survey of riverbanks using UAV

Hideyuki Niwa* and Naoya Hayashi and Yukihiro Morimoto

Kyoto Gakuen University, 1-1 Sogabe-cho Nanjyo Otani, Kameoka City, Kyoto 621-8555, Japan

Key Words: River, Habitat, Revetment riverbanks

キーワード: 河川, ハビタット, 人工護岸

はじめに

淡水域の水辺は生態学的に重要で、絶滅に瀕した多くの動植物の生息・生育環境となっているが、人間活動により大きく改変され続けている (Strayer and Findlay 2010). 河川の水辺に関する研究では、人工護岸率が高い河川ほどニホンウナギの漁獲量が減少する (Itakura *et al.* 2015), 水辺の植生が少ないと魚類の種数が減少する (土屋ほか 1996; 中島ほか 2010), 水辺の植生が少ないと魚類の個体数が減少する (渡辺ほか 2008) ことなど、水辺の構造が生物に影響を与えることが指摘されている. そのため、河川改修においては水辺の構造について考慮することが重要となる (辻・平塚 2008).

ところが、河川の水辺構造を連続的かつ広域に調べるには現地調査などに多大な労力が必要である. Itakura *et al.* (2015) は、国土交通省の河川水辺の国勢調査報告書を参照し日本全国の主要河川の人工護岸率を算出している. しかし、人工護岸の種類が区分できない、調査時期が古いなど、既存の報告書を参照することの制約がうかがえる. 一般には、生物調査を行った周辺の水辺構造を調査することが多い (例えば、土屋ほか 1996; 中島ほか 2010). そのため、連続して広域の水辺構造を詳細に調査した例は、河川管理資料を含めて見られない.

一方、UAV (Unmanned Aerial Vehicles) は安価に高解像度の空中写真を即時的に繰り返し撮影できることから生態学調査に有用であり (Anderson and Gaston 2013), 河川形態の分類などの調査に利用され始めている (例えば、Tamminga *et al.* 2015). 水辺構造の調査に UAV を用いることによって、今までより効率的に連続して広域の水辺構造を調査できる可能性がある. 特に水辺の植生の有無については、河川管理上必ずしも把握されておらず、現地調査によらなければ現状はつかめない. そのため、本研究では UAV を用いた河川の水辺構造調査の可能性と

図 1. 調査対象とした淀川水系桂川の 3 支川

* 連絡先: niwa-h@kyotogakuen.ac.jp

受付: 2016 年 5 月 15 日 / 受理: 2016 年 6 月 29 日

有用性について検証した。

方法

淀川水系桂川の支川で亀岡市を流れる曾我谷川、犬飼川、七谷川を調査対象河川とした（図1）。これら3河川は、現地予備調査から水辺の構造が多様で変化に富み、検証に適していると判断した。調査区間は桂川合流点から、曾我谷川は6.6 km、犬飼川は6.0 km、七谷川4.9 kmとした。ただし、曾我谷川の人口集中地区を流れる区間（約900 m）は、航空法改正前でUAVに注目が集まっていた時期であったため撮影を自粛し調査対象外とした。

UAVによる空撮はDJI社のPhantom3を用い、あらかじめ河川中心線上に設定した飛行ルート上を自動航行させ、高度40 m、速度4 m/s、撮影間隔1回/5sで撮影した。曾我谷川は2015年10月8日、犬飼川は2015年9月18日および10月6日、七谷川は2015年9月29日および10月9日に撮影した。撮影した画像はSfM（Structure from Motion）で処理し、DSM（Digital Surface Model）を用いてオルソ画像を作成し（Agisoft PhotoScan Ver. 1.2を使用）、水辺構造を判読した。判読に当たっての水辺構造の区分は、水辺生物のハビタットタイプと写真判読の可能性を考慮し区分した（表1）。まず、水際の人工構造物の有無により人工と自然に区分した（区分1）。次に、人工は人工構造物の空隙の有無で区分し、自然は砂州、岩盤、竹林、その他樹林に区分した（区分2）。次に、砂州は植生の有無により区分した（区分3）。さらに、撮影時に流水が見られず水辺の位置を特定できなかった区間を瀬切れ、橋脚などの下で河川が写っていない区間を判読不能として加えた全9区分とした。GIS上で、左岸と右岸のポリラインを作成し、

水辺構造の区分でポリラインを分割した（図2）。さらに、左岸と右岸のポリラインから河川区域のポリゴンを作成し、ポリゴンから作成した河川中心線を下流から100 mの等間隔で区切り、区切り点から作成した垂線で河川区域のポリゴンを区切ることで連続した方形区域（以下、ユニットとよぶ）を作成した（図3）。ユニットごとに左岸と右岸のポリラインを分割し、ポリラインの長さに対する水辺構造の比率をユニットごとに算出した。

また、曾我谷川で現地踏査により地図上に写真判

図2. 水辺構造の判読例. 左岸と右岸のポリラインを区分ごとに分割した（数字は表1のIDと対応）

図3. ユニットの例. 1つのユニットの河川中心線の長さは100 m

表1. 水辺構造の区分

ID	区分1	区分2	区分3
1	人工	空隙あり	
2		空隙なし	
3	自然	砂州	砂礫
4			植生
5		岩盤	
6		竹林	
7		その他樹林	
8	瀬切れ		
9	判読不能		

表 2. 河川ごとの水辺構造の比率 (%)

ID	区分1	区分2	区分3	犬飼川	七谷川	曾我谷川
1	人工	空隙あり		1.8	0.0	1.6
2		空隙なし		21.1	0.7	16.3
			計	22.9	0.7	17.9
3	自然	砂州	砂礫	26.2	0.0	3.6
4			植生	30.0	69.9	56.2
5		岩盤		0.3	0.0	0.0
6		竹林		11.8	0.0	18.7
7		その他樹林		5.6	0.0	1.7
			計	73.9	69.9	80.3
8	瀬切れ			0.0	27.5	0.0
9	判読不能			3.2	1.9	1.8

読と同様の水辺構造区分を記載する調査を行い、調査に要した時間を記録し、作業効率を比較した。

結果

河川ごとに水辺構造の比率を比較すると、「人工」の率が最も高いのは犬飼川 (22.9%), 次いで曾我谷川 (17.9%), 最も低いのは七谷川 (0.7%) であった (表 2)。「自然 - 砂州 - 砂礫」の率は、犬飼川が

図 4. ユニットごとに算出した各水辺構造の比率 (1/2). 凡例の階級は等量 5 段階で区分した

図 5. ユニットごとに算出した各水辺構造の比率 (2/2). 凡例の階級は等量 5 段階で区分した (岩盤は 2 段階, 瀬切れは 3 段階).

26.2%と顕著に高かった。「自然-砂州-植生」の率は、七谷川が最も高かった。「自然-岩盤」は犬飼川のみわずかに見られ (0.3%), 「自然-竹林」および「自然-その他樹林」は、七谷川には見られなかった。「瀬切れ」は七谷川のみにみられた。判読不能な区間は 1.8%~3.2%であった。

ユニットごとの集計をみると、「人工」の比率は、犬飼川と曾我谷川で市街地を流下する区間で高くなる傾向がみられた (図 4 ; 図 5)。「人工-空隙あり」

は一部でみられるのみであった。「自然-砂州-砂礫」は犬飼川の上流から下流までの全体にわたって比率が高く、「自然-砂州-植生」は七谷川の上流から下流までの全体および曾我谷川の下流で比率が高かった。「自然-岩盤」は犬飼川の上流 1 ユニットのみにみられた。「自然-竹林」は犬飼川が山に接して流れる山付き区間にみられたほか、曾我谷川では蛇行部を中心に点在していた。「自然-その他樹林」は犬飼川の山付き区間にみられた。「瀬切れ」は七谷川の上

流にみられた。

また、UAVによる空撮は3河川あわせて約2.5時間、GIS上で水辺構造を判読するのに約2時間を要した。曾我谷川で行った現地踏査では、水辺構造を区分し地図に記入するのに平均で約3時間/km、延べ約20時間を要した。

考察

1. 水辺構造の判読

UAVで作成したオルソ画像の判読により水辺構造を7区分に分類することができた。「人工」については「空隙あり」と「空隙なし」を区分できたが、オルソ画像の空間解像度が高いことから、さらに「空隙あり」を蛇籠などの工種によって細分することが可能だと考えられる。「自然-砂州」も「砂礫」と「植生」に区分できたことから、水辺生物のハビタットとして重要な区分は判読することがわかった。ただし、竹林や樹林に覆われた場所は、水際に人工護岸がみられることがあるが、オルソ画像の判読では写っていないため区分できない。竹林や樹林下部の深掘れは、スナヤツメなどの重要なハビタットとなることがあることから、調査目的によってはオルソ画像の判読を現地調査により補足する必要がある。また、撮影時期によっては水辺の人工構造物が植生で覆われているため判読を誤る可能性があるなど、判読結果と現地調査結果を比較検証する必要があるが、今回の研究では検証できていない。

2. 各河川の特徴

3河川を同じ方法で調査し評価することで各河川の特徴を把握することができた。七谷川は、上流から下流までの全体が「自然-砂州-植生」であり、水辺の自然性が高い河川で、現地踏査では水辺にゴキブリの生育が確認されている。上流の扇状地に「瀬切れ」区間があることも特徴である。曾我谷川は、下流（JR橋より下流）はすべての区間が「自然-砂州-植生」で自然性が高い区間である。それより上流は市街地を除き自然性の高い水辺が残存しており、「自然-竹林」が点在することが特徴である。犬飼川は、「自然-砂州-砂礫」が多く、流水や流砂による攪乱の強さがうかがえる。市街地を中心に水辺の人工改変が顕著である。上流に山付き区間がある。

3. UAVの利点

UAVを用いることで、少ない労力で広域の水辺構造を調査し、河川の特徴を知ることができた。調査時間は、UAVはすべての作業に約4.5時間で、曾我谷川での現地調査の約3時間/kmを調査対象全区間（16.6 km）に当てはめた約49.8時間と比較すると、現地調査に比べてUAVによる調査では約1/11に作業時間が減少したことになる。もちろん、曾我谷川の現地調査効率は他の区間では異なるはずであるが、UAVを用いる方法は現地調査に比べ効率的に水辺構造を調査できることは明らかである。また、今回の調査対象河川にはみられなかったが、河川には現地調査でアクセスが困難な区間があるが、UAVではその区間も判読できる。UAVの撮影は短時間で終わることから、複数河川の長い区間を同時に撮影しておけば、同じ条件で水辺構造の把握が可能である。さらに、出水時に撮影し水位との関係を把握することや植生による被覆が減少する冬季に調査し人工構造物の判読精度を上げることなど、UAVが即時的で繰り返しの撮影に適していることを活かした調査が可能である。調査対象河川では、撮影後に護岸工事が行われている区間が複数存在したことから、定期的に撮影すれば、水辺構造の変化をモニタリングすることが可能である。なお、本研究で撮影を自粛した曾我谷川の人口集中地区を流れる区間は、現行の制度では国土交通省の許可を得れば撮影が可能である。

引用文献

- Anderson, K. and Gaston, K. J. 2013. Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11: 138-146.
- Itakura, H., Kitagawa, T., Miller, M. and Kimura, S. 2015. Declines in catches of Japanese eels in rivers and lakes across Japan: Have river and lake modifications reduced fishery catches? *Landscape and Ecological Engineering* 11: 147-160.
- 中島淳・島谷幸宏・巖島怜・鬼倉徳雄. 2010. 魚類の生物学的指数を用いた河川環境の健全度評価法. *河川技術論文集* 16: 449-454.
- Strayer, D. L. and Findlay, S. E. G. 2010. Ecology of freshwater shore zones. *Aquatic Sciences* 72: 127-163.
- Tamminga, A., Hugenholtz, C., Eaton, B. and Lapointe,

- M. 2015. Hyperspatial Remote Sensing of Channel Reach Morphology and Hydraulic Fish Habitat Using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV): A First Assessment in the Context of River Research and Management. *River Research and Applications* 31: 379-391.
- 土屋十囀・佐藤一夫・岩永勉・金子義明・清水孝之・久保好明. 1996. いきものの生息環境を考慮した河川改修と生物相に関する調査. *水工学論文集* 40: 175-180.
- 辻盛生・平塚明. 2008. 特集「水辺エコトーンの自然再生」. *日本緑化工学会誌* 33: 548-553.
- 渡辺亮一・山崎惟義・島谷幸宏・川口洋一・兼重俊介・神尾章記. 2008. 裂田水路における水際および水路内植生が魚類の生息量に与える影響. *水工学論文集* 52: 1153-1158.