

3 次元点群データを用いた全断面魚道の評価手法の提案

(国研) 土木研究所 自然共生研究センター 正会員 ○林田 寿文
 (国研) 土木研究所 自然共生研究センター 正会員 阿部 謙三
 (国研) 土木研究所 水環境研究グループ 正会員 萱場 祐一

1. はじめに

我が国の魚道整備は1888年に始まったと言われ¹⁾、近年では生態系ネットワーク²⁾、小さな自然再生³⁾、小わが魚道⁴⁾などの活発化も相まって魚道がますます注目されている。これまでは、魚がのぼりやすい川づくり事業などにより大河川で階段式魚道の様な河川流量の一部を利用するプール型魚道の研究や設置が主であった⁵⁾が、近年では中小河川でも魚道の普及が進み川幅全体を流下する全断面魚道の設置事例も増加している²⁾。プール型魚道はプールが一つでも閉塞すると魚類の遡上は困難となるが、全断面魚道は土砂などで一部が埋没しても魚類は別ルートから遡上できるメリットがある²⁾。設置場所や予算の制約がなければ景観にも配慮できる全断面魚道の設置が望ましい。しかしながら、全断面魚道はプール型魚道と比べて明確な機能評価方法や設計方法が確立していない²⁾。そのため、効果的に魚類が遡上できているか不明な全断面魚道が全国の河川で散見される。

そこで、本研究は既存の全断面魚道を対象に、全断面魚道の物理環境面からの簡易的な機能評価方法や設計方法の確立を目的とした。今後、様々な魚道でも機能評価が行えるよう、ドローン(UAV)で撮影した写真から3次元点群データを作成し解析することを試みた。

2. 方法

評価を行う全断面魚道は、岐阜県中央部のT川に設置されたウロコ型全断面魚道を設定した(図-1、以下ウロコ型とする)。大小のプールを配置し少しずつ落差を設けて魚類の遡上を促す魚道である(図-1 右上)。解析のため、水面標高が異なる21個のプールに番号を付けた(図-1 左)。

全断面魚道の3次元点群データを作成するため、ドローン(DJI社製 Mavic2 Pro)により上空から写真撮影を行った。また基準点として魚道内に対空標識を5か所設置し、それぞれの緯度経度・高度を求めるRTK測量を実施した。測量機器はW-band RTK-GNSS(ビズステーション社製)、解析は調査地近傍の国土地理院が提供する電子基準点(下呂)データを用いた。ドローン撮影及び測量は2020年10月6日に実施した。

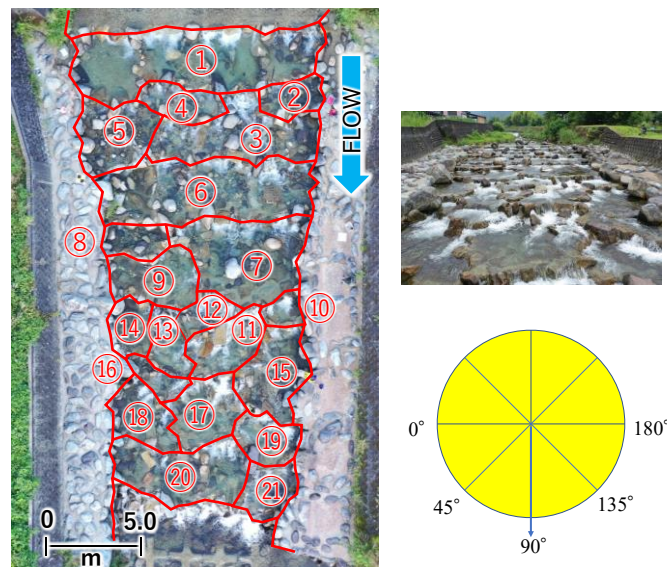


図-1 評価に用いたウロコ型全断面魚道
 (右上図は下流側から撮影した魚道、右下図は設定角度)

ドローンによる撮影写真と対空標識の座標データからSfM解析(Agisoft社 Metashape)を行い、全断面魚道の3次元点群データ及びオルソ画像の作成を行った。全断面魚道において魚類の遡上に重要である隣接するプール間の水面落差(以下、落差とする)の評価をするため、作成した点群データから全プールの水面標高を求めた。

オルソ画像よりプールから流下する水脈の白波だっている部分の角度を算出した。角度は向かって左側を0°から半時計周りで設定した。下流に流下する流れは90°となる(図-1 右下)。水脈の下流方向への差異を評価するため各プールにおける水脈角度の変動係数を求めた。数値が大きくなるほど移動経路の多様性が大きくなり、結果として流れも減勢する可能性が高いと言える。また、各プールに水が流入してくるプール数および水が流出していくプール数を算出した。加えて、少なくとも3方向の水の流出がある場合を想定し、正六角形(ハニカム型)の変動係数(60°, 90°, 120°)を算出した。この値と本魚道の変動係数を比較することで、本魚道の移動経路の多様性を判断することとした。

3. ウロコ型全断面魚道の機能評価

(1) 各プールの水面落差

図-2にウロコ型内の隣接するプール間の落差分布を示

キーワード 魚道, ウロコ型, 全断面, ドローン, RTK測量, 3次元点群データ

連絡先 〒501-6021 岐阜県各務原市川島笠田町官有地無番地 (国研)土木研究所自然共生研究センター TEL0586-89-6036

す。河川から魚道内へ遡上するための落差（魚道入口：20番，21番へ）は，それぞれ約52 cmと約63 cmであった（図-2 赤色）。全体の魚道内落差は，25-29 cmに最も多く分布しており8箇所あった。落差10 cm以内は全体の約11%，落差20 cm以内は全体の約38%，落差30 cm以内は全体の71%を占めていた。魚道内からの出口の落差は約31 cmであった（図-2 紫色）。

(2) 流下する水脈の角度

下流プールへの水脈角度の変動係数を図-3に示す。最も大きいプールは12番，続いて4番，7番であった。最も小さいプールは21番，続いて5番，11番であった。3方向の水脈がある場合（正六角形（ハニカム型））の変動係数（0.272）を参考値として図-3 緑線で示した。この値と本魚道の値を比較すると，ほとんどのプールでこの数値を上回っていた。また各プールに対する水脈の流入プール数と流出プール数を図-3に示した。流入・流出のプール数ともに1～4個であった。変動係数と流入・流出プール数の相関性は確認できなかった。

4. 考 察

(1) 各プールの水面落差

魚道の3次元点群データから落差を把握する方法は，現状の全断面魚道の機能を効率的に評価できることが明らかになった。つまり，魚類が魚道内の遡上を成功させるには落差が大きなポイント⁵⁾であるが，このデータを瞬時に把握できる。魚道内に魚類が進入できるかを考えた場合，入口落差が重要になる。本魚道の場合，魚道入口での落差は50 cm以上あり，明らかに大部分の魚類が魚道内へ進入することが困難もしくは不可能であると評価できる⁶⁾。魚道よりも下流側の河床が低下したことで大きな段差が形成されたと想定している。魚道内全体の落差を見ても20 cm以上あるプールは全体の約6割におよび，遊泳力の小さい魚が容易に遡上出来る環境ではない可能性がある⁶⁾。魚道から上流への出口プールについても落差が30 cm以上あり，魚類は魚道内から上流河川へ遡上しづらいことも明らかになった⁶⁾。本魚道の場合，主に遊泳力の大きい魚類（例えばサケ科魚類成魚など）が遡上可能だと考えられるが，この近傍では遊泳力の大きい魚類はほとんど確認出来ない。このように設計図面だけでは分からない現状の全断面魚道の機能評価を行うことが出来た。

(2) 流下する水脈の角度

ウロコ型の水脈角度の変動係数に着目してプール間の水脈角度の大きさを評価し，その支配要因をプールの平面形状との関係から考察する。本魚道の各プールでは，変動係数に差が確認された。この原因としては，プール形状が大きな影響を与えと考えられる。プールの平面

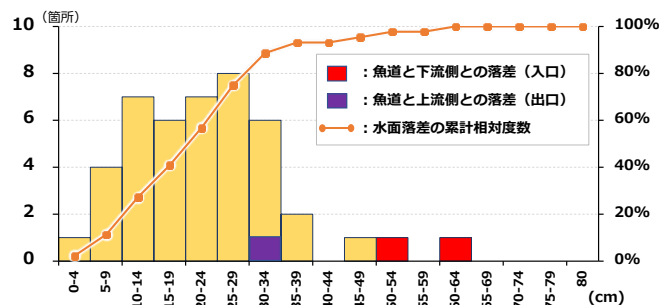


図-2 ウロコ型全断面魚道の水面落差分布

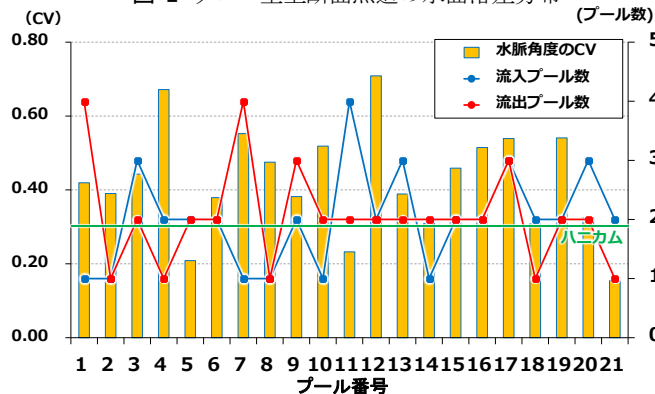


図-3 流下する水脈角度の変動係数 (CV)

形状が四角状で構成され，直線の辺から下流側へ一方にのみ流下する場合には変動係数が0となる。そのため四角状のプールが多く配置された魚道は，水脈角度は増大せずに移動経路の多様性が増えることもない。5番，18番，21番のように下流側への水脈が直線部を通過するほど変動係数が小さく，4番，12番，19番のように曲線や角度のある2辺である場合には変動係数が大きくなった。本魚道を3方向（ハニカム型）の水脈を基準に評価した場合，多くのプールがこの数値を上回っており，水脈は下流方向への角度を広げ，多様な遡上経路の確保に寄与したものと推察された。以上より，魚道設計を行う場合，落差に加えプール形状の検討も重要であることが示唆された。

5. おわりに

本研究で対象としたウロコ型は，形状が複雑で水理計算などが困難だが，3次元点群データにより現況の簡易的な機能評価を行えることが明らかになった。

謝辞：自然共生研究センター職員各位には現地作業を手伝ってもらった。日本工営(株)佐藤隆洋氏には測量機器をご紹介いただいた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 鬼束幸樹：魚道の流れ特性と魚の遡上特性との関係，ながれ31, pp19-28, 2012.
- 2) 石山信雄ら：河川生態系における水域ネットワーク再生手法の整理，応用生態工学 19(2), 143-164, 2017.
- 3) できることからはじめよう水辺の小さな自然再生事例集，日本河川・流域再生ネットワーク，2015.3
- 4) 山口県河川課：水辺の小わざ 改訂二版，フロム7. 2017.
- 5) 和田吉弘：魚道の設計で知っておきたいこと，応用生態工学 3(2), 225-230, 2000.
- 6) 鬼束幸樹ら：階段式魚道におけるプール間落差と遡上率の関係，応用力学論文集 Vol.11, pp677-688, 2009.8