

長良川河口堰におけるA I 技術を活用した アユ遡上数自動計数システムの構築

田中 幹大¹・國枝 信明²・市原 裕之³・米澤 喜弥⁴

¹ (独) 水資源機構 長良川河口堰管理所 環境課 (〒511-1146 三重県桑名市長島町十日外面136)

² (独) 水資源機構 岩屋ダム管理所 (〒509-1602 岐阜県下呂市金山町卯野原6-27)

³ (独) 水資源機構 経営企画本部 経営企画部 国際課 (〒330-6008 埼玉県さいたま市中央区新都心11-2)

⁴ (独) 水資源機構 徳山ダム管理所 管理課 (〒501-0815 岐阜県揖斐郡揖斐川町開田448)

長良川河口堰の魚道の機能を確保するための稚アユの遡上調査について、これまでは魚道を撮影したビデオ映像から人の目視により稚アユの遡上数を手動計数してきたが、より効率的な計数方法とするため、2019年にAI (人工知能) を用いたアユ遡上数自動計数システムを構築した。本システムは、魚道のビデオ映像をもとに、AIによりアユを特定しつつ、その遡上数を自動で計数するものであり、2020年稚アユ遡上期の試行運用において実用化レベルでの有効性が確認できた。

本稿では、アユ遡上数自動計数システムの構築と、その本格運用に向けた取組みを報告する。

キーワード 長良川、魚道、アユ遡上、A I、自動計数

1. はじめに

長良川のアユは、世界農業遺産「清流長良川」や岐阜県の地域ブランド「郡上鮎」に代表されるように、長良川流域の貴重な水産資源および観光資源であり、海から長良川へ遡上する天然アユは、長良川流域のみならず全国でも関心の高い注目種である。よって、河口から5.4km上流の地点に位置する長良川河口堰 (以下「河口堰」という) では、稚アユ遡上期における日々の調査で得られた稚アユ遡上数を毎日平日にホームページにて公開することにより、魚道の効果を示すとともに、漁業関係者や遊漁者などへ貴重且つ重要な情報を提供している。

河口堰における稚アユの遡上数調査は、稚アユの遡上が確認される2月頃から6月末までの期間において、遡上盛期 (4月1日～6月10日) は毎日、それ以外の日は2～3日に1回の間隔で日の出から日の入りまでを対象に、左岸呼び水式魚道の陸側において、魚道を真上から撮影したビデオ映像から人の目視により稚アユの遡上数を手動計数している (写真-1) が、今後も継続的な調査員の確保が懸念されるため、稚アユ遡上数の自動計数化が求められていた。

これまでの自動計数装置の事例としては、光電管方式、超音波方式、電気伝導度の変化を利用した電極棒方式の



写真-1 目視による稚アユ遡上数調査状況

ほか、ビデオカメラによる画像解析方式が挙げられる¹⁾。このうち、超音波方式については、河口堰建設時に開発を進めてきたものの、連続的に遡上する魚影を一尾ずつ分離するまでには至らず現在の目視による計数に至っている経緯がある。また、その他の方式も特定した魚種のみを自動計数するには至っておらず、同時期に同程度の体長となるボラの稚魚などが遡上する河口堰での採用は不適であった。

しかし、近年ではICT技術の進展により、AIによる画像認識技術が著しい進化を遂げ、映像から特定の物体を認識することも可能となっていたことから、河口堰ではこのAI画像認識技術に着目し、ビデオ映像をもとに、稚アユの泳ぎ方などを予めAIで学習させることでアユかアユ以外かの魚種判定を行いつつ、稚アユの遡上数を自動で計数する「アユ遡上数自動計数システム」を2019年に構築した。

2. アユ遡上数自動計数システムの概要

アユ遡上数自動計数システムは、左岸呼び水式魚道の陸側を真上から撮影したビデオ映像から稚アユを特定したうえでその遡上数を自動計数し、その結果を出力するシステムとした。図-1に本システムの全体フロー、表-1に本システムの内容を示す。

このシステムの根幹をなす稚アユとそれ以外の魚種の判定と稚アユのみの遡上数の自動計数を行う「アユ遡上数計数モデル」（以下「アユモデル」という）の作成に当たっては、これまでの稚アユ遡上の計数で培われた経験を生かしてモデルの有用性を確保したうえで構築する必要があった。

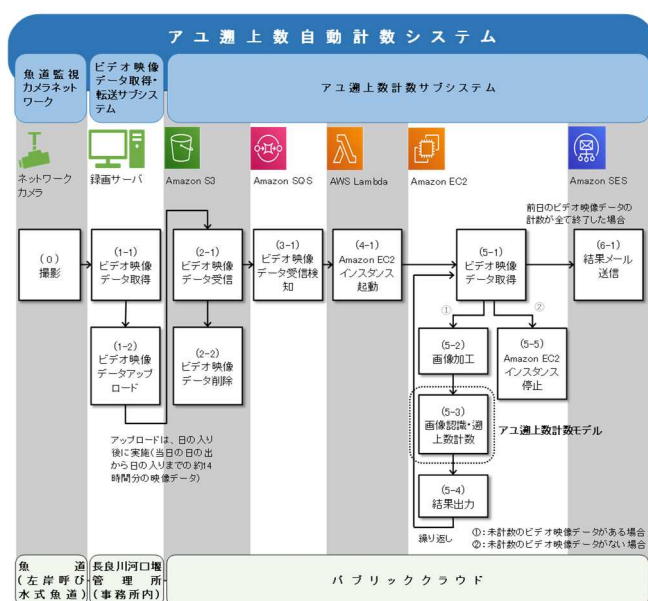


図-1 アユ遡上数自動計数システムの全体フロー

3. アユモデルの検討

(1) アユモデルの概要

アユモデルは、稚アユの遡上状況を撮影したビデオ映像データから、稚アユとそれ以外の魚種とを判別するとともに、稚アユのみを検出し、遡上が認められた稚アユの個体数を計数し、計数結果を出力できる機能を持つコンピュータプログラムである。この稚アユとそれ以外の魚種の判定には、AIによる画像認識を利用し、AIが判定した稚アユは計数アルゴリズムによりカウントを行う。

AIによる画像認識においては、機械学習技術（教師あり学習）を使用した物体検出を活用し、機械学習に必要な教師データは、既往の稚アユ遡上調査により撮影したビデオ映像から抽出した稚アユ約17,000尾と、魚種の判別のため、それ以外の魚種約3,200尾の画像データを用いた。

(2) アユモデルの精度評価

アユモデルの精度指標は、目視による計数結果が存在するため、「目視による計数結果」を正解とした場合の「AIによる計数結果」の差の割合による『正解率』を用いた。また、AIがアユを見逃した件数と他の物体をアユと誤判定した件数が同数の場合、正解率が100%になる可能性があることを考慮し、実際にアユである物体をAIがアユと判定した割合とする『再現率』の2つを用い、

表-1 アユ遡上数自動計数システムの内容

機器名	内容
魚道監視カメラネットワーク	左岸呼び水式魚道の陸側を遡上する稚アユの遡上状況を、魚道に設置した2台のネットワークカメラで撮影する。
ビデオ映像データ取得・転送サブシステム	魚道監視カメラネットワークからアユ遡上数計数サブシステムへビデオ映像データを送るサブシステム。このサブシステムは次の機能から構成される。 ① 魚道監視カメラネットワークで撮影したビデオ映像データを録画サーバに保存する機能 ② 取得したビデオ映像データをパブリッククラウドに転送する機能
アユ遡上数計数サブシステム	アユを判別しカウントするサブシステム。パブリッククラウド上で稼働する。このサブシステムは次の要素から構成される。 ① ビデオ映像データを取得し、静止画として切り出しながら画像の加工を行う機能 ② ビデオ映像データ中にアユが存在するかどうかを判別するAIを使用した判定機能 ③ AIが判別したアユをカウントする計数機能 ④ 計数結果を出力する機能 アユモデルは上記②と③に該当する。

それぞれの目標値は、正解率90%以上、再現率80%とした。これは正解としている「目視による計数結果」にも魚種判定の誤りなどの誤差を含んでいることや再現率は正解率より難易度が高いことを踏まえ設定したものである。正解率と再現率の数式をそれぞれ数式-1、数式-2に示す。

このアユモデルを用いて2019年稚アユ遡上盛期から終期（4月1日～6月30日）の映像データより計数を行った結果、稚アユ遡上数の増加や収束は目視による計数と同じ傾向であり、AIによるアユの判定ができていることが分かるものの、4月末以降は累計の乖離が大きく正解率は79.4%となり、目標値の達成には至らなかった（図-2）。

(3) アユモデルの改善

計数結果の分析により、ビデオ映像が明るくはっきりと稚アユが見えている場合には稚アユの検出ができている（写真-2）ものの、稚アユの誤検出や検出ができていないケースが確認された（写真-3）。

$1 - \frac{ count - model }{count}$	
目視による計数結果	count
アユ遡上数計数モデルによる計数結果	model

数式-1 正解率を算出する式

$\frac{a}{a + c}$			
		目視による計数結果	
		アユ	その他
アユ遡上数計数モデル による計数結果	アユ	a	b
	その他	c	d

数式-2 再現率を算出する式

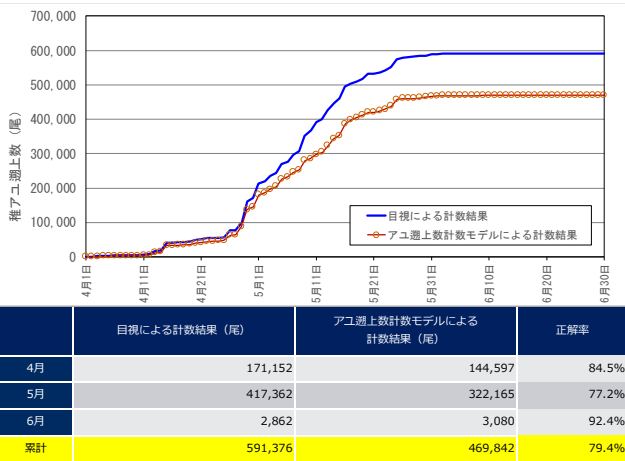


図-2 稚アユ遡上数計数結果（アユモデル改善前）

これらの課題には、アユの検出の確率を高めることを目的とした「検出の向上」、魚梯隔壁の汚れなどをアユとして判定してしまう場合があることからアユ以外の画像に対してアユと判定しない「判定の向上」の対応を実施（表-2）し、アユモデルの改善を図った（図-3）。

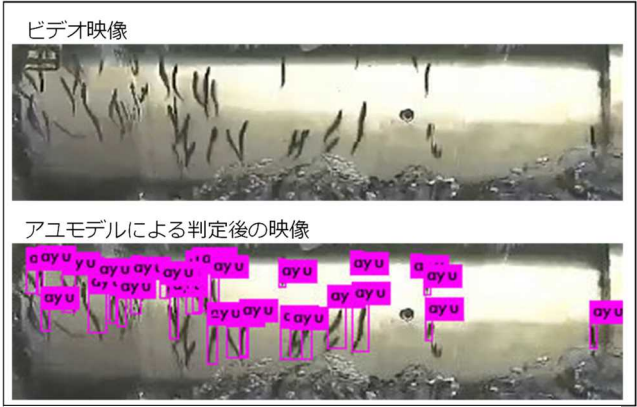


写真-2 アユの検出ができている例



写真-3 アユの検出ができていないなどの例

表-2 「検出・判定の向上」の対応

内容	対応
検出の向上	① 魚道が屋外であり水面を撮影することから、水流や光量の影響を強く受ける。そのため、ビデオ映像を静止画像に変換する際に画像加工を行うことで、稚アユ検出の向上を図ることとした。具体的には、画像の明るさの調整や鮮鋭化を行った。 ② 計数作業で使用したビデオ映像のうち、アユとして検出できなかった画像を抽出し、教師データとして追加学習を実施した。
判定の向上	① 梯隔壁部の汚れや水流の影、水面の光の反射をアユと判定しているものが確認され、この場合、静止画中の同じ座標で繰り返しアユと判定していた。このように繰り返し検出している座標のデータについては計数を行わないよう計数アルゴリズムの改善を行った。

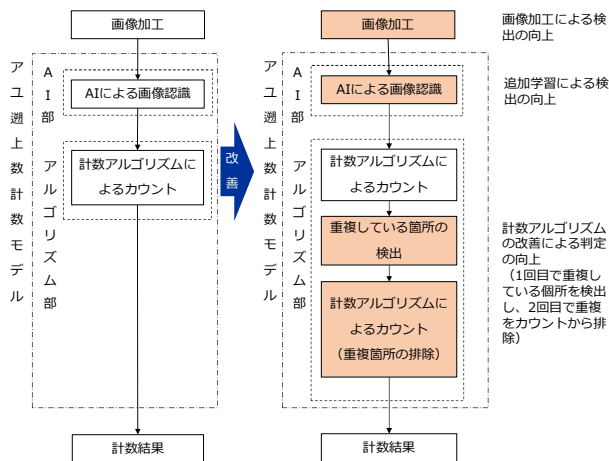


図3 アユモデルの改善

(4) アユモデルの改善後の計数結果

改善後のアユモデルによる再計数の結果は、目視による計数結果との差が縮まり、正解率は目標値90%を達成した（図-4）。また、改善前のアユモデルにおいて正解率の低かった時間帯を抽出した再現率は、12.1%から82.6%へ大幅に改善し、目標値80%以上を達成した（図-5）。

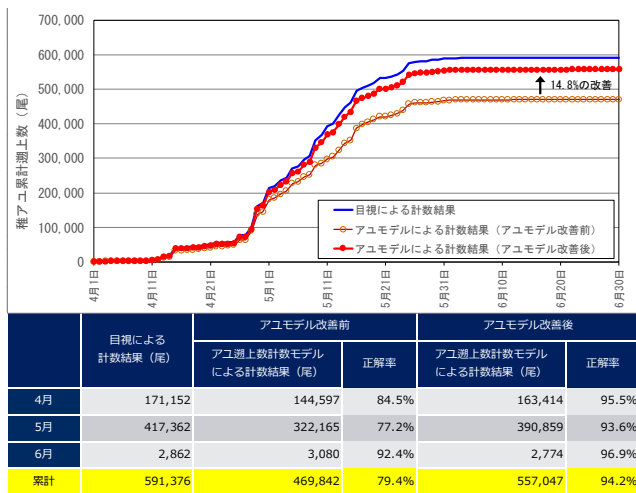


図4 稚アユ遡上数計数結果（アユモデル改善後）

No	対象データ		目視による計数結果（尾）	アユモデル改善前				アユモデル改善後			
				計数結果（尾）	正解率	アユをアユと判定した数（尾）	再現率	計数結果（尾）	正解率	アユをアユと判定した数（尾）	再現率
1	4月30日	13:20~13:30	1,191	422	35.4%	308	25.9%	1,089	91.4%	969	81.4%
2	5月3日	8:10~8:20	1,626	224	13.8%	185	11.3%	1,471	90.5%	1,328	81.7%
3	5月9日	13:00~13:10	520	15	2.9%	12	2.3%	533	97.5%	461	88.7%
4	5月10日	15:20~15:30	157	3	1.9%	3	1.9%	149	94.9%	132	84.1%
5	5月10日	17:30~17:40	49	0	0.0%	0	0.0%	38	77.6%	37	75.5%
6	5月13日	18:20~18:30	82	1	1.2%	1	1.2%	80	97.6%	66	80.5%
7	5月16日	5:30~5:40	706	19	2.7%	17	2.4%	658	93.2%	583	82.5%
8	6月2日	17:00~17:10	12	1	8.3%	1	8.3%	11	91.7%	10	83.3%
合計			4,343	685	15.8%	527	12.1%	4,029	92.8%	3,586	82.6%

図5 アユモデル改善前後の再現率

4. 2020年試行運用の結果

アユ遡上数自動計数システムの構築が完了した2020年4月21日から本システムの試行運用を開始し、6月30日まで計数を行った結果、月ごとおよび累計ともに、前年に引き続き正解率は目標値90%を達成し、アユモデルの汎化性能の高さを確認した（図-6）。

10分ごとの目視計数結果に対する自動計数結果の計数比は、平均で92.1%であり、その多くが80%~120%に集中している。また、稚アユ遡上数が多いときも高い精度を維持して計数ができていることが分かる（図-7）。

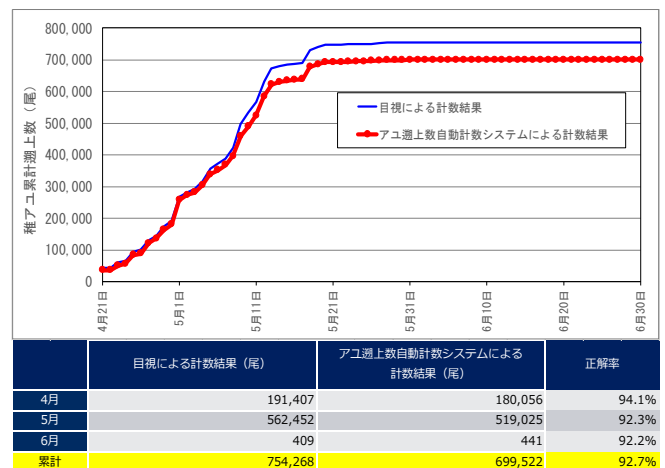


図6 稚アユ遡上数計数結果（2020年試行運用）

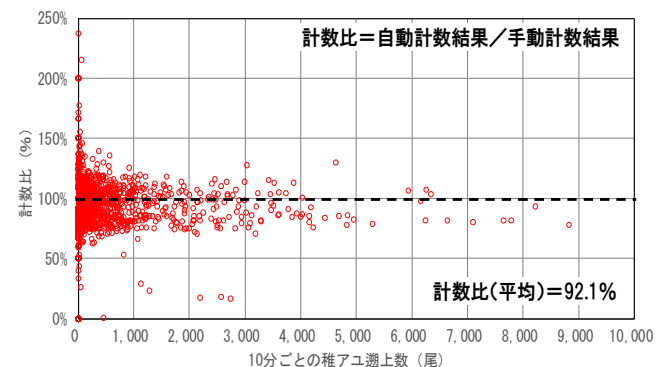


図7 10分毎の計数比

5. まとめ

河口堰の魚道を遡上する稚アユの計数方法について、これまでの人の目視による手動計数から自動計数化を図ることを目的にAIによる画像認識技術を用いた「アユ遡上数自動計数システム」を構築した。

これにより、河口堰で管理開始以来からの課題であった稚アユ遡上数の自動計数化が可能となり、計数作業の

省力化・効率化を図ることができる。また、この省力化によりコストの削減を図ることができる。

今後の課題としては、アユ遡上数自動計数システムの稚アユ検出精度の維持を図るため、魚梯隔壁の清掃やビデオ撮影箇所における遮光設備の設置はこれまで通り継続が必要である。

6. おわりに

2021年1月26日に開催された「令和2年度中部地方ダム等管理フォローアップ委員会」において、今後の長良川河口堰の稚アユの遡上状況の確認について、今回構築したアユ遡上数自動計数システムによって計測を行うことが了承された。その後、同年2月12日に河口堰の魚道で

当年初の稚アユの遡上を確認したことから、翌日2月13日より同システムの本格運用を開始し、計数結果は河口堰のホームページにて公開している。

今回、AIによる画像認識技術を活用し、稚アユという特定した魚種のみを自動計数するシステム構築を示したが、この手法は環境調査への応用としては国内において先駆的な例となるものと考えられる。堰施設で魚道を遡上する魚類の調査は広く行われており、ビデオ映像から人の目で魚種を判別できる状況にあれば、応用可能と考えられることから、今回構築したシステムの今後の活用が期待される。

参考文献

- 1) 廣瀬利雄・中村中六(1991). 魚道の設計. 財団法人ダム水源地環境整備センター. p. 332-335.