

微分処理を用いた小型魚用魚カウンターの計数精度の向上

新潟大学農学部 ○権田豊, 水落悠斗, 土木研究所寒地土木研究所 布川雅典
徳島大学大学院社会産業理工学研究部 河口洋一

1. はじめに

著者らの研究グループでは河川を移動する魚類を低コストで自動計数するための新たな手法として魚カウンターの開発を行っている。魚カウンターは魚道や河床に魚の通過を感知するセンサー部を設置し、魚の通過時に発生するパルス状の電位差変動の波形（パルス波）をプログラムによって自動計数する装置である。魚カウンターの開発で現在課題となっているのは小型魚の計数精度の向上である。小型魚は魚体が小さいため、センサー部で検知する電位差変動も小さく、波や振動によって常時発生する微弱なノイズとの識別が難しいことや、複数の魚の同時通過によって波形が複雑化することで、プログラムによる自動計数精度が低下してしまう。

本研究では目視による波形の計数と分析を行い、プログラムによる自動計数の弱点を明らかにするとともに、微分処理を用いたカウント補正により計数精度を向上させることを目的とする。

2. 解析方法

本研究では権田ら（2022）による徳島県阿南市那賀川の北岸堰魚道での、稚アユを対象とした調査によって得られたデータを解析した。この調査では、2021年3月25日～5月25日の期間に4つの誘導路をもつ魚カウンターを設置し、体長10cm未満の稚アユの遡上数を計測した。計数精度を検証するためにビデオカメラを誘導路の間に設置し、各誘導路内部の映像を記録した。

この調査によって得られたデータのうち、今回は3月29日の8、9、10、13、15時台の計5時間を対象とし、カウンターから出力されたパルス波を目視で計数した精度とプログラムによって自動計数した精度を比較した。精度の算出には以下の式を用いた。

$$\text{目視精度 (\%)} = (\text{Ne}/\text{Nv})$$

$$\text{プログラム精度 (\%)} = (\text{Np}/\text{Nv})$$

ここで Ne:目視による波形カウント数(尾/分), Np:プログラムによる自動カウント数(尾/分), Nv:ビデオカメラの映像から求めた実際の通過数(尾/分)である。

次にビデオカメラの映像と出力されたパルス波を照合し、プログラムによる自動計数が上手く行われないパターンを詳しく分析した。

最後に微分処理を用いたカウント補正が計数精度に及ぼす効果を検討した。微分処理とは波形を時間微分することで電位差変化が大きい箇所、すなわち魚通過時のパルス波を強調する処理で、過去にはパルス波を計数する際に、ノイズとパルス波を識別し、パルス波の計数精度を向上させるために用いられていた。近年は装置の改良が進んだため不要な処理になっていたが、今回はノイズとの識別ではなく精度低下の主原因と思われる魚の連続通過に伴う複雑な波形の識別に用いることを検討した。波形を微分処理すると通過時のパルス波が下に凸の形として現れる。この下向きのピークの数に閾値を設定して計数した。その後プログラムによる計数結果に加算することで精度を求めた。

3. 結果と考察

まず目視とプログラムによる計数精度を比較した(表-1)。その結果どちらも通過数が多くなるほど精度が下がる点は共通していた。しかし各時間帯の1分間当たりの平均精度を比較すると、どの時間帯でも目視の平均精度はプログラムの平均精度を上回った。目視の場合通過数が30尾/分未満であれば92%以上の高い精度となっているが、54尾/分以上の通過数となると80%程度まで精度が低下している。プログラムの場合、通過数が10尾/分未満と少ない時間帯であれば85%以上の精度となっているが28尾/分以上で70%未満、54尾以上では53%程度と、大幅に精度が低下する結果となった。また通過数とカウント数から散布図を作成すると、実際には通過数が100尾/分を超える場合でもプログラムでは40尾/分以上はカウントできていないことが明らかとなった(図-1)。

次にプログラムによる自動計数精度が低下する原因を明らかにするため、パルス波とカウンター側面に設置されたビデオカメラの映像を照らし合わせて分析を行った。その結果、プログラムによるカウントが上手く行われないパターンを5つに分類することができた。1つ目はパルス波の振幅が小さすぎるため検出されないパターン。2つ目は魚が通過しパルス波が生じた後、電位差が0mVに戻らず、続いて発生したパルス波と合わせて1つのパルス波と判定されるパターン。3つ目は複数の魚が同時に通過することでパルス波が重なり、1つのパルス波と判定されるパターン。4つ目は複雑な遊泳により波形が複雑化するパターン。最後に複数の魚が連

続で通過することで波形が複雑化するパターンである。現在のプログラムでは魚が連続で通過した際、複数の魚が通過したことは判断できないものの、具体的な通過数を正確に識別ができない。現状のプログラムでは、複数の魚が通過した場合は、全て1匹の遡上として扱っている。そのため、通過数が多くなると、計数精度が低下することがわかった。

最後に微分処理によるカウント補正を行った。微分係数 $\Delta v / \Delta t$ の分母 Δt は 60ms, 80ms の2つの条件とし、処理後の波形から閾値 -3mV/ms を下回る下向きのピーク数を計数した。このピーク数を通過数として加算し、精度を求めた。その結果どの時間帯でも微分処理によって計数精度の向上が見られた。5時間の合計平均精度を求めると、プログラムでは 75.0%だった精度が微分処理によって 86%程度まで向上している。時間帯ごとに見た場合、13時台では 70%程度から 83%程度に、17時台では 53%から 73%前後まで精度が向上している(表-2)。図-2 は、5時間分のデータをすべて散布図にプロットしたものであるが、微分処理によってデータの分布が縦軸:横軸 = 1:1 の直線に近づいており、精度が向上したと言える。また、平均精度は Δt が 60msの方が精度が高い傾向にある。さらに閾値を -1, -3, -5 (mV/ms) の3通りに変えて比較したところ、-1mV/ms が最も精度が高くなることがわかった。

4. おわりに

本研究により、小型魚(体長 10cm 未満の稚アユ)を計数対象として場合でも、目視で波形のカウントを行った場合、通過数が 30 尾/分程度までは 90%以上、55 尾/分以上でも 80%以上の精度で計数が可能なことが示された。しかしプログラムを用いて自動計数を行った場合、30 尾/分程度で 70%以下、55 尾/分以上では 50%程度まで精度が低下してしまう。これに対し微分処理を用いたカウント数の補正を行うことでプログラムによる自動計数の精度を向上させ、通過数が多い時間帯では最大 20%以上の精度向上が可能であることが示された。

一方で通過数が 50 尾/分を超えるような極めて通過数が多い時間帯には微分処理だけでは未だ十分な精度での計数はできないため、今後微分処理以外にも連続通過時の複雑な波形を識別する手法を検討する必要がある。

引用文献

権田豊, 茂崎孝祐, 布川雅典, 河口洋一, 林哲平 (2022) 稚アユ遡上期における現地計測実験を通じた小型魚用魚カウンターの計数精度の検証, 令和4年度砂防学会研究発表会概要集, pp.99-100

表-1 目視とプログラムの波形判別の精度比較

時間帯	合計通過数(尾)	通過数/分	プログラム精度	目視精度
8:00~8:59	178	2.97	86.3%	98.3%
9:00~9:59	547	9.12	85.5%	93.9%
10:00~10:59	1039	17.32	80.4%	92.8%
13:00~13:59	1738	28.97	69.5%	93.9%
17:00~17:59	3284	54.73	53.1%	81.4%
合計平均精度	1357.2	22.62	74.4%	91.7%

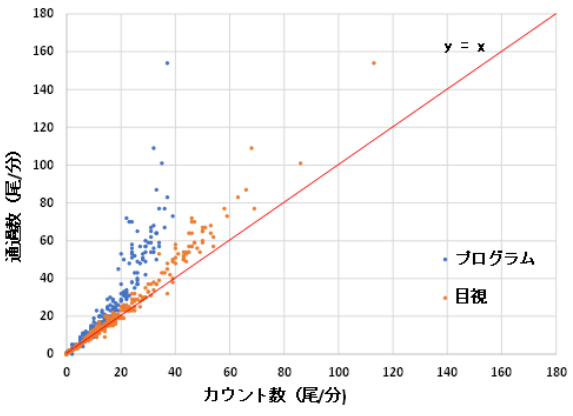


図-1 目視・プログラムのカウント数の比較

表-2 微分処理後の精度比較

	遡上数	目視精度	プログラム精度	60ms 微分精度	80ms 微分精度
8:00~8:59	178	98.3%	86.3%	88.8%	89.4%
9:00~9:59	547	93.9%	85.5%	94.5%	92.8%
10:00~10:59	1039	92.0%	75.0%	92.0%	91.6%
13:00~13:59	1738	93.9%	69.5%	83.6%	82.5%
17:00~17:59	3284	81.4%	53.1%	74.5%	72.4%
合計平均精度	1357.2	92.0%	75.0%	86.7%	85.7%

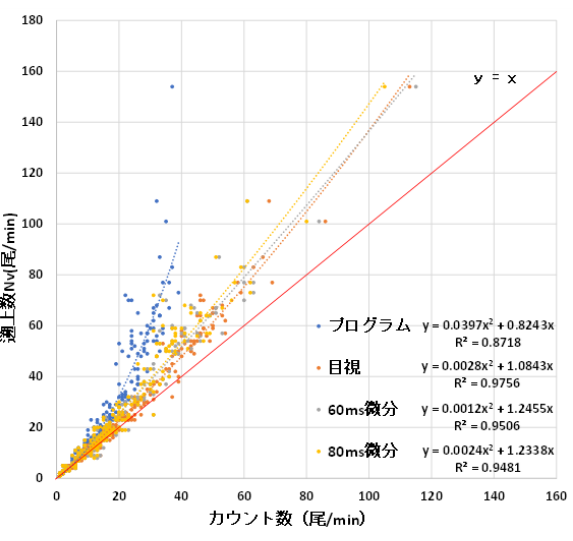


図-2 微分処理後のカウント数の比較