

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

新潟大学農学部 ○権田豊, 株式会社建技 茂崎孝祐, 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, 徳島大学理工学部 林哲平

1. はじめに

近年、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が開発され、機能性や計数精度向上のための研究が行われている。魚カウンターは、魚道の水路部や自然河川の河床に魚を認識するためのセンサー部を設置し、センサー部を魚が通過した際に出力されるパルス状の電位差変動（パルス波）を、自動計数プログラムにより機械的に識別することにより、通過方向や通過数を自動計数する装置である。

これまで、魚道を通過する体長50cm以上のサケ（*Oncorhynchus keta*）を対象とした魚カウンターによる遡上数調査が行われており、高い精度でサケ遡上数を計数可能であることが証明されている。そのため、魚カウンターは、サケの水産資源量の把握手法として期待できる。

しかし、河川にはサケ以外にも水産資源として重要なアユ（*Plecoglossus altivelis*）などの小型の魚類が生息している。これらの小型魚も魚カウンターで高精度に計数できることが望まれるが、魚カウンターを用いて計測を行おうとした場合、体長50cmを超えるサケのような大型魚と比べると、体長20cm以下であるアユなどの小型魚の場合、水路を通過した際に生じるパルス波は著しく小さくなる。そのため、小型魚のパルス波は常時計測される微弱な電位差変動であるノイズに埋もれてしまい識別が難しい場合がある。また、サケと異なり、小型魚は群れで大量に遡上することが多いため、小型魚の遡上数の計数をサケと同じように高精度で行うことは難しいとされる。

自動計数プログラムはサケを計数するために開発されて実用化に至っているものの、稚アユに適用した場合の計数精度については検証されておらず、稚アユを計数するためのパラメータをどのように設定すべきかわかっていない。また、小型魚用の魚カウンターの設置・運用は試験的に始められたばかりであり、現場での性能を確かめる必要がある。

そこで本研究では、魚カウンターの小型魚を対象とした自動計数プログラムの現場での計数精度を検証することを目的に、体長10cm以下の稚アユが多数遡上する時期に、河川の頭首工の魚道に小型魚用の魚カウンターと計数精度検証用のビデオカメラを設置し、魚カウンターを用いた稚アユ遡上計測実験を行った。

2. 調査方法

2021年3月25日～5月25日の期間、徳島県阿南市那賀川の北岸堰魚道にて遡上する体長10cm未満の稚アユを対象に、魚カウンターを設置して、期間内の遡上数を計測した。

体長10cm未満の小型魚のパルス波を明瞭に識別するために、幅100mm、高さ100mm、長さ300mmのガラ

ス製通路内部にアルミ製コの字型電極3本を50mm間隔で組み込んだ誘導路を、魚道幅700mmを考慮して4本並列に設置した（Fig. 1）。また、計数精度を検証するために、各誘導路内部の映像を記録するためのビデオカメラを誘導路の間に設置した。

3. 解析方法

魚カウンターで計測したデータを田村電子工房製の自動計数プログラム Fish Count System Analyzer 03 Version 3.0.7 により処理することで自動計数を行った。この自動計数プログラムを用いた場合の計数精度を確かめるために、ビデオ映像から実際の稚アユの遡上数を読み取り、自動計数プログラムによる計数値と照らし合わせ、次式により計数精度を算出した。

$$\text{計数精度 (\%)} = (N_c / N_v) \times 100$$

ここで、 N_c ：魚カウンターで計数した遡上数（尾/分）、 N_v ：ビデオ映像から読み取った遡上数（尾/分）である。

また、小型魚を対象として自動計数プログラムの計数精度を検証するのは今回が初回のため、自動計数に用いるパラメータである判定閾値および終了判定時間の最適値を定める必要があった。したがって、計数精度に影響を与えるこの2つのパラメータを変化させて、それぞれの最適値を決定する作業をはじめに行い、その後の解析には最適値を用いた。

4. 結果

判定閾値は、60～210mVの範囲で10mVずつ変化させて計16条件、終了判定時間は、10～130msの範囲で10msずつ変化させて計13条件、これらを組み合わせ解析し計数精度を求めた。その結果、判定閾値は90mV、終了判定時間は60msに設定することで、最も高精度で計数できるという結果になった。これらを分析条件の最適値として決定し、以降の解析ではこの値を用いた。

稚アユが連続して遡上していた3月29日8:00～18:00までの10時間を解析して計数精度を算出した結果、遡上数が多くなるにつれて計数精度は低下する傾向が見られた（Fig. 2）。ビデオ映像を確認したところ、遡上数が増えると、同時に複数の稚アユが誘導路内を通過する現象（同時遡上）が多く発生していた。同時遡上によって複雑で不明瞭なパルス波が増加したことが計数精度低下の主な原因であると考えられた。

また、計数精度が低下する原因として、誘導路内部での稚アユの挙動によるものが見られた。誘導路内部で遊泳深度を変える、複雑な動きで通過する、停滞したり低速で通過したりする、といった特異的な挙動によってパ

ルス波が歪になってしまい、遡上数が少ない時でも計数精度が低下することがあった。このような例は一定数見られたが、全体の膨大な遡上数と比較すると少なく、早急に対策を講じる必要性は少ないものと考えた。

ビデオ映像により計数した1分間あたりの遡上数 N_{vm} とカウンターにより計数した1分間あたりの遡上数 N_{cm} の関係を散布図に示し、散布図からデータ分布の近似式を最小二乗法により求めた (Fig. 3)。カウンターによって計数した遡上数をこの近似式により補正することで、実際に近い遡上数を推定遡上数 N_{em} として推定できるのではないかと考えた。

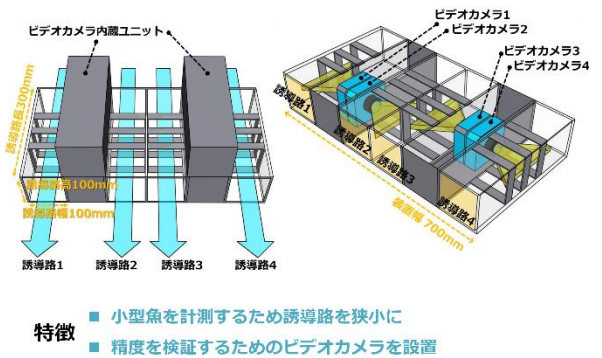
$$N_{em} = 0.0326N_{cm}^2 + 0.8685N_{cm}$$

この補正式の有用性を確かめるために、1分間あたりの遡上数のデータを、解析対象とした8時の時点から18時まで1分間ずつ累積し、1分間、2分間、3分間・・・60分間と1分毎に累積遡上数のカウント率を算出した (Fig. 4)。1分間あたりの個別の推定遡上数のカウント率は±40%の誤差があったが、それらを累積していった結果、累積時間が短い場合、カウント率は約70%だったが、累積時間が長くなると約100%で一定になった。これは、1分間あたりの推定遡上数のカウント率は、ランダムな誤差を含んでいるものの、累積することで誤差が相殺され、累積遡上数のカウント率がほぼ100%に向上したのと考えられる。このことから、累積時間が長くなり累尾積遡上数が多くなるほど補正効果は高くなると考えられる。

5. おわりに

本研究により、小型魚を自動計数するためのパラメータの最適値を求めた。また、遡上数が増えると計数精度が低下することを明らかにした。さらに、補正式を用いて遡上数を補正して、それらの値を積算することで、体長10cm未満の小型魚(稚アユ)を高い精度で計数できることが示された。補正式は数時間以上計測したときに補正効果が高くなる結果となり、これは、長時間の小型魚の遡上数を計数するといった用途であれば、小型魚用の魚カウンターを用いた自動計数プログラムが十分実用可能な計数精度を有していることを示唆している。

本研究ではカウンターの計数値とビデオ映像から読み取った計数値を比較することで補正式を求めている。魚の遡上パターンは水理条件によって変化する可能性があり、この補正式は今回の対象地でのみ有効である可能性が高い。別の河川魚道にてカウンターを設置する度に、新たに補正式を求めなければならないのであるとすると、結構な手間である。したがって、今後は補正式を簡易的に求める手法の開発が必要である。また、計数プログラムの計数精度をさらに向上させるために、同時遡上時の複雑なパルス波の処理方法を検討する必要がある。



- 小型魚を計測するため誘導路を狭小に
- 精度を検証するためのビデオカメラを設置

Fig. 1 使用した魚カウンターの概要

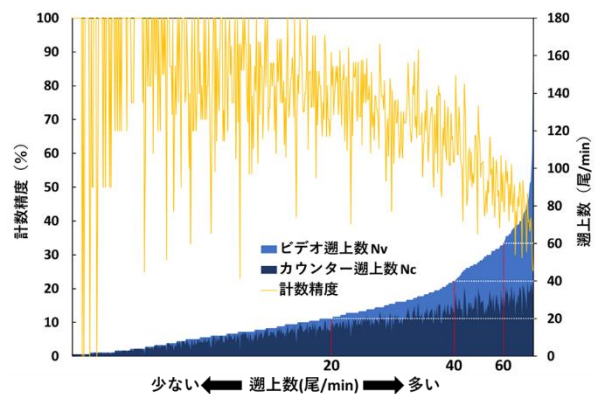


Fig. 2 遡上数の増減と計数精度の関係

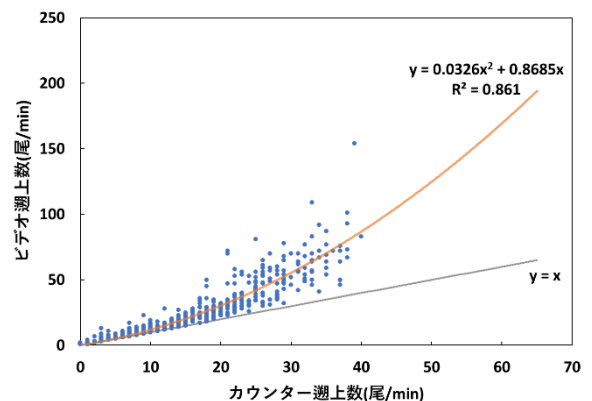


Fig. 3 カウンターとビデオ観察による1分間あたりの遡上数の関係

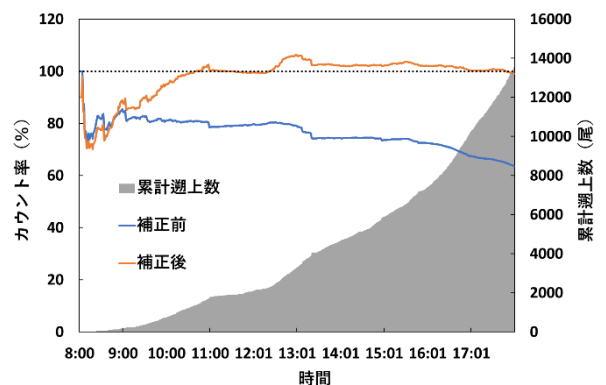


Fig. 4 時間毎の累計遡上数とカウント率の推移