

誘導型小型魚計測用魚カウンターの計数精度および自動計数手法の検討

パシフィックコンサルタンツ（株） 嶺出湧太

エコ・パワー株式会社 ○近藤 康行

新潟大学農学部 権田豊, 川邊洋

1. はじめに

近年、河川生態系への配慮から堰堤や頭首工等の横断構造物には魚道が設置されている。魚道が十分な効果を発揮するためには、設置後に魚類の利用実態調査を行い、機能改善を行うことが重要であると考えられる。しかし実際には、調査に人手を要し調査コストが嵩む等の理由から、利用実態調査は十分に行われていない。そこで近藤ら(2003)は、魚の通過数を経済的に計数可能な魚カウンターによる調査方法を提唱した。

魚カウンターは、魚が通過する際に水路底に設置した3本の電極間の電気抵抗がパルス状に変化することを利用して、通過魚数を通過方向別に計数する装置である。電極間の電気抵抗の変化を計測するセンサー部と、魚が通過した際にセンサー部から出力されるパルス状の波形を検出し、魚数を計数する解析部からなる。体長50cm以上の魚を対象にした魚カウンターは実用化されており、現在、体長約10cmの小型魚を計測対象にした魚カウンターの開発が進められている。近藤ら(2013)により、実際の魚道を利用した現地実験が行われ、センサー部の電極として、棒型の電極を塩ビ板で囲んだセンサーユニットを用いた場合、体長約7cmのアユを計測できることが検証された。阿部(2014)は、小型魚用魚カウンターの計数精度向上や設置を容易にするために、近藤ら(2013)のセンサーユニットを改良した新型センサーユニットに遡上魚を誘導する網をつけた誘導型カウンターを作成した。しかし、現地実験の際に魚道を遡上する魚が非常に少なく、このカウンターの有用性を検証できなかった。

また、中村(2012)により、解析部で遡上魚のパルス波を自動で計数するアルゴリズムが検討されている。これは、1)センサー部から出力される電気信号に通過帯域1~8Hzのバンドパスフィルターを適用後、時間間隔 $\Delta t=100\text{ms}$ で微分処理をする。2)遡上魚のパルス波を微分処理すると下向きに凸なスパイク状波形になることから、波形の底点の値が閾値 -1.2V/s よりも小さいものを計数し魚数を求めるというものである。しかし、このアルゴリズムは、誘導型カウンターに使用されてい

るものとは異なるセンサーユニットで計測することを前提としており、誘導型カウンターに有効であるかどうかは不明である。さらに、中村のアルゴリズムでは状波形の底点が一定の閾値を超えるものを計数するようにしているが、長期観測を行った場合、微分処理後の波形に含まれるノイズの振幅は経時変化する傾向がある。閾値を一定値に設定して自動計数を行うと計数精度が低下する可能性があるため、閾値はノイズの変化に対応して、自動的に再設定されることが望ましい。

そこで、本研究では誘導型カウンターを用いて現地実験を行い、誘導型カウンターの有用性を検証する。さらに本研究では、微分係数のノイズの変化に応じて閾値を変化させるために、閾値を微分係数の標準偏差の一定倍(α 倍)で与えるように中村(2012)の計数アルゴリズムを変更し、誘導型カウンターで取得されたデータから高精度で魚の計数を可能にする、バンドパスフィルターの通過帯域、微分係数を算出する Δt 、閾値と標準偏差の比 α を検討する。

2. 現地実験

2.1 実験の概要

2014年5月17、18日に埼玉県行田市の利根大堰3号魚道で体長約8cmのアユを対象に誘導型カウンターを用いた現地実験を行った。阿部(2014)が行った現地実験では誘導距離(隔壁越流部からセンサーユニットまでの距離)を50cmにしたが、誘導距離が長すぎて魚がセンサー部入口まで辿り着けなかったと思われる個体が存在した。そこで、今回の実験では誘導距離を15cmに縮小した。また、センサー部の側面に設置したCCDカメラの映像から正確な魚数を把握し、パルス波の数と比較し計数精度を求めた。

2.2 結果及び考察

17日は遡上尾数0であったが、18日はCCDカメラの映像から4時間24分間で678尾の遡上が確認できた。突発的に生じる振幅の大きなノイズが発生し、計数に支障が生じた時間帯のデータを除き、次式によりカウント率は92%であった。

$$A=B/C \times 100 \quad (1)$$

ただし、A:カウント率(%), B:カウンターの遡上数(尾), C:ビデオの遡上数(尾)である。

今回の調査では、遡上を試みたアユ約 800 尾の内 85%にあたる 678 尾が遡上した。15%のアユが遡上できなかった主な理由は、センサーユニット内部の流速が大きく、センサーユニット内部での遡上が阻害されたためと推測される。水路の流速は現地調査当日の天気や水理条件、付着するごみの量によっても変化すると考えられるため、誘導型カウンターの有用性を証明するためには、今後も様々な条件下で現地調査を行う必要があると考えられる。

今回の計数精度は、実用化されている大型魚用魚カウンターのカウント率 95%に近い値を示したため、十分な計数精度であると考えられる。

3. 計数アルゴリズムの再考

3.1 バンドパスフィルターによる信号の通過帯域の検討

パルス波とノイズのスペクトル解析を行い、ノイズの振幅に対するパルス波の振幅の比 (S/N 比) を向上させることが可能なバンドパスフィルターの周波数通過帯域を検討した。検討の結果 2~7Hz を通過帯域として採用した。計測されたパルス波にフィルターを適用した結果、S/N 比は平均で約 3.5 倍に向上することがわかった。

3.2 信号の微分処理と自動計数化に最適なパラメータ Δt , α の決定

カウンター回路から出力される信号を微分処理する際に用いる時間間隔 Δt を、パルス波の半周期と同定度の値に設定するとスパイク状の波形の振幅が大きくなる(中村, 2012)。野外実験のデータを解析したところ、パルスの半周期の頻度が 110~150ms で多かったため、 Δt を 110, 150ms とし、それぞれの Δt を用いて微分処理を行った。さらに、微分処理後の波形の標準偏差 σ を当該時刻の前後 15 秒間のデータを用いて算出した。 $-2.5\sigma \sim -4.5\sigma$ の間で閾値を変化させ、スパイク状の波形を計数しカウント率を求めた。

途中で遡上を断念した場合を除外し、全ての魚がスムーズの遡上した場合(理想的な条件での)カウント率を求めた結果、 $\Delta t=150ms$ で、閾値が $-3.3\sigma \sim -3.8\sigma$ の範囲でカウント率が約 100%を示すことがわかった

(図 1)。カウント率が 100%に最も近く、計数が最も正確な -3.8σ が閾値として最適であると考えられる。

4. まとめ

今回の現地調査により、誘導型カウンターのセンサー一部の計数精度は十分であることが示された。今後は異なる条件下で現地調査を行い、有用性を検証する必要がある。また、微分処理をした信号に含まれるスパイク状の波形を計数する際の閾値を信号の標準偏差の定数倍に設定する新たな計数アルゴリズムが提案され、検証の結果、 $\alpha=-3.8$ の場合、高い精度で遡上魚の自動計数が可能であることが示された。今後は、降下魚の計数アルゴリズムを検討するとともに、魚がセンサー途中で引き返す、突発的に大きなノイズが発生する等、カウント率を低下させる様々な要因への対策を行い、さらなる計数精度向上を図りたい。

引用文献

- 阿部(2014) H25 年度新大農学部卒業論文, 40p
 近藤ら(2003) H15 年度砂防学会概要集, 386-387
 中村(2012) H23 年度新大農学部卒業論文, 59p

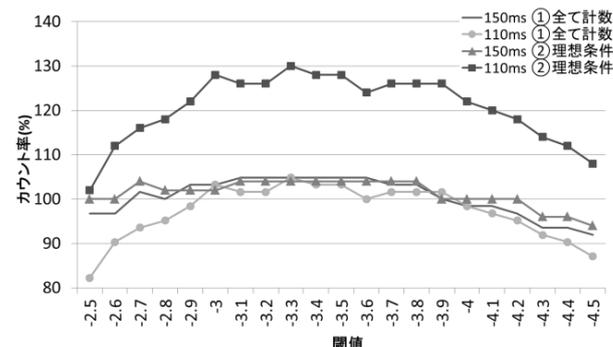


図 1. 閾値を超えたスパイク状波形を全て計数した場合と理想的な条件でのカウント率

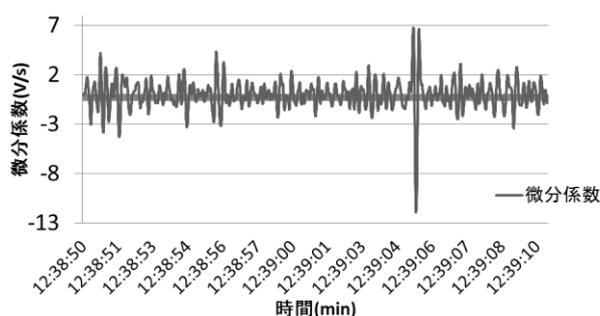


図 2. スパイク状波形とノイズ