

サケ稚魚の被食回避能力を測定する 遊泳力評価システムの開発

高橋 剛*, 本田 匠**, 小清水 誠***, 荒井 誠****

Development of evaluation system to measure the swimming ability of salmon fry in order to escape from a prey fish

Tsuyoshi Takahashi, Takumi Honda, Makoto Koshimizu, Makoto Arai

Abstract — This paper has described the result of the joint research with Doto Branch, Salmon and Freshwater Fisheries Research Institute of Hokkaido Research Organization for two years.

It is considered that aquaculture juvenile fries of salmon have the low probability of survival after release of that. Therefore, the method of measuring the swimming ability of an aquaculture juvenile fry was developed. The evaluation items are two, namely the instantaneous power and the endurance of an aquaculture juvenile fry. The coauthor has constructed the software which computes an instantaneous power by picture processing. The other coauthor has developed the equipment of swimming ability in order to measure endurance.

As a result, authors provide the software by image treatment capable of accurately calculating the acceleration of escaping fry by accurately measuring the position of a fry's body.

Key words : Swimming ability, Instantaneous power, Endurance, Aquaculture juvenile fry, Image treatment

1. はじめに

平成24年度から2年間、地方独立行政法人北海道立総合研究機構水産研究本部さけます・内水面水産試験場 道東支場の申し出を受け、標題に関する共同研究を実施し、平成26年度も自主的に研究を継続した。この概ね3年間の研究成果の概要を報告する。

2. 研究背景と目的

さけ・ます類計の全国漁獲量に対し、北海道の占める割合は全体の7~8割にも達することから、北海道の水産業にとってさけ資源の高水準の維持は必須課題である。しかしながら、その漁獲量は2003年をピークにその後変動しながら徐々に低下傾向にあり、北海道経済に与える影響は大きなものとなっている。従って、漁獲量確保のためのサケ稚魚の養殖はこれまで以上に重要である。

しかしながら、さけ養殖稚魚の放出量の増加分ほど、漁獲量は増えないことから、放流後の生存率が野生稚魚のそれよりも低いと推測され、その理由の一つとし

て考えられるのは野生稚魚に比べて大型捕食魚に被食される確率が高いということである。これを明らかにするためには、放流前の養殖稚魚の被食回避のための遊泳能力を測定する必要がある。ところで、回避に必要な遊泳能力には具体的に二種類が要求される。一つ目は捕食魚の攻撃を瞬間的に回避する瞬発力であり、二つ目は捕食魚の執拗な追跡から逃げ切るための持久力である。

本報は、上述した必要性を背景にサケ稚魚の遊泳能力を測定できる二項目①瞬発力と②持久力を評価できる測定システムを開発することを目的とする。そして、本研究の最終的目標は、本システムを用いて野生稚魚との遊泳能力の違いを明らかにすることである。更に推測通り、養殖稚魚の遊泳能力が野生稚魚のそれよりも劣っていた場合、水槽内で遊泳訓練を施すための飼育方法を開発することも検討する必要がある。

以降、さけ稚魚の遊泳能力を評価する①瞬発力と②持久力の二項目を分けて述べる。

3. 瞬発力評価ソフト“サケ稚魚トラッキングシステム”の開発

3-1. システムの目的

稚魚の瞬間力の評価指標として、遊泳加速度を用いる。従来は、稚魚の瞬間的回避能力測定試験の様子を

* 釧路高専機械工学科

** 釧路高専電気工学科

*** 釧路高専教育研究支援センター

**** 釧路高専機械工学科(当時), 現・釧路工業技術センター

撮影した動画を再生し、画像をコマ送りしながら移動距離とコマの時間間隔から、速度と加速度を算出するマニュアル手法であった。この方法では、人為的誤差も大きく非効率的である。そこで、トラッキング画像処理技術を用いて、稚魚の移動距離と加速度を自動的かつ算出誤差が少ない処理評価システムの構築をする。

3-2. 回避加速度試験法と処理システム概要

1) 試験方法: 図1(a)に示すように青いポリバケツの中に一匹の稚魚を入れ、バケツに打撃を加えると、稚魚は驚き、瞬間的な逃避行動をとる。その様子を数回繰り返し撮影し、上述したように人的処理で加速度を求



(a) ある時刻での稚魚の画像



(b) 理想的なトラッキング画像

図1 トラッキング画像の前後

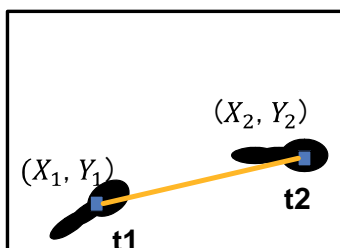


図2 時間毎の稚魚の位置の変化

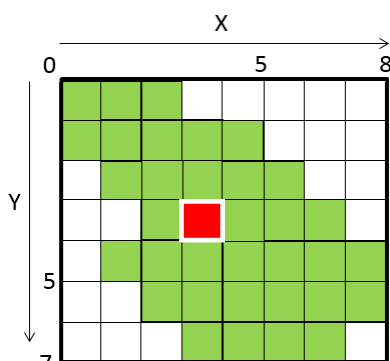


図3 図心座標算出の例

$$L_1 = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2} \quad \dots \quad (1)$$

$$V_1 = L_1/t \quad \dots \quad (2)$$

$$a_1 = (V_1 - V_2)/t \quad \dots \quad (3)$$

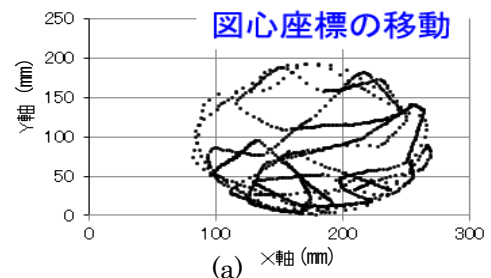
$$X = \frac{1}{N} \sum_{s=0}^{N-1} X_s \quad \dots \quad (4)$$

$$Y = \frac{1}{N} \sum_{s=0}^{N-1} Y_s \quad \dots \quad (5)$$

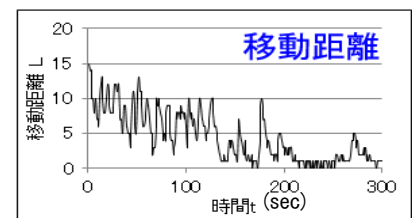
めていたが、この後処理に膨大な工数を要していた。

2) トラッキング処理: トラッキング処理の前処理として、背景差分法を用いて図1(a)の画像を図1(b)に示すように二値化し、さけ稚魚のみを表示させ理想的なトラッキング画像に加工する。更に、図1(b)を用いて、サケ稚魚の移動軌跡を一定時間間隔で図2のように示すことができる。

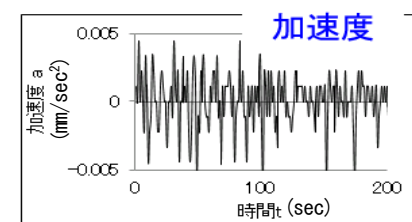
座標値の変化から式(1)を用いて移動距離を求め、式(2), (3)を用いて、速度、加速度を求める。ここで、 t は時間間隔、 V_1 と V_2 は速度、 a_1 は加速度、 $X_{1,2}$ 、 $Y_{1,2}$ は画像上の稚魚の図心座標である。この $X_{1,2}$ 、 $Y_{1,2}$ を求めるために図3に示すように画像全体をピクセル単位で分割し、魚体部分のピクセルのみカウントし式(4), (5)を用いて X 方向、 Y 方向の図心座標を自動的に算出する。



(a) 図心座標の移動



(b) 移動距離



(c) 加速度

図4 瞬発力評価ソフトを用いた処理結果の例

3-3. 瞬発力評価ソフトを用いた処理結果の例

図4は、共著者が構築した処理ソフトを用いて得られた結果の例を示している。(a)図は稚魚の図心座標の移動軌跡を示している。全長5cm程度の稚魚が直径30cmのバケツのほぼ全域を泳いでいるのが分かる。その動きは、バケツの内壁に沿う円周方向と半径方向を直線的なもの二種類あることが分かる。内壁に沿う軌跡を示すドット間隔の方が半径方向のそれよりも広いことから、遊泳速度は内壁に沿う動きの方が速いことが分かる。(b)図を見ると、稚魚は突然の打撃音に驚き、直後は長い距離を移動し、徐々に短くなる。(c)図の加速度を見ても、打撃直後のそれは大きく、100秒を越えると小さくなる傾向にある。このような処理が自動的に行えるようになり、測定者誤差と労力の低減が可能になった。

3-4. 処理システムの今後課題

瞬発力評価ソフトとしての完成度は高いと考えられるが導入先における定着化のためには汎用性および拡張性、そして特に重要な課題はユーザーインターフェースの改良である。柔軟かつユーザー個々に使い勝手がよくなるように自らシステムをカスタマイズできるような機能を持たせる必要がある。

4. 持久力評価装置の開発

4-1. 装置の目的

稚魚の持久力の評価指標として、連続遊泳時間を用いる。従来法の装置模式図を図5に示す。この装置は原始的な方法で、水槽Aに沈めた遊泳管に稚魚を入れ、高い位置にある水槽Bに溜めた水を一挙に放出する。さき稚魚は流れに逆らって泳ぐ習性があるため、必死に泳ぐものの疲れてやがて後方に設置された仕切り金網にへばり付く。泳ぎ始めてから金網にへばり付くまでの時間を持久力の指標とする。

この装置の欠点は、水槽Bへの水の供給を人力に頼っているため重労働であること。更なるこの水槽の高さを変えることで試験流速を調整しているため、試験中に水槽液位が下がることにより所定の一定流速とならないことである。

4-2. 改良装置の概要

図6に改良した装置のスケッチ図を示す。上述した欠点を改善するため、汲み上げポンプを用いて水流循環式にし、更に水流速は電磁バルブの開度によって設定でき、労力と水流速のバラツキを削減した。循環式水流速はバルブ開度をPIC(Peripheral Interface Controller)プログラムにより可変制御にし、自動的な段階的速度変化を可能にした。図7は水流速度を自動

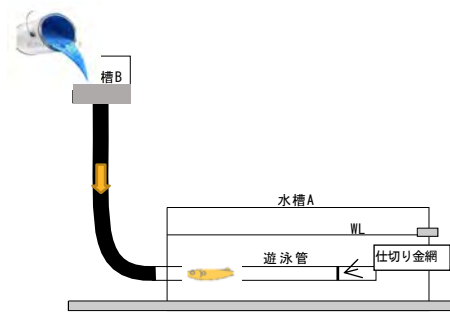


図5 従来の瞬発力評価装置

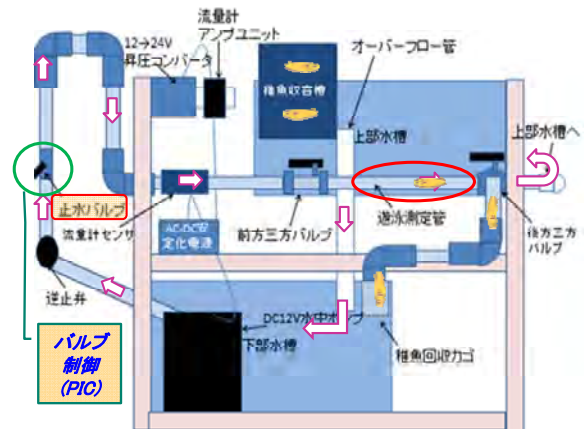


図6 改良型の瞬発力評価装置

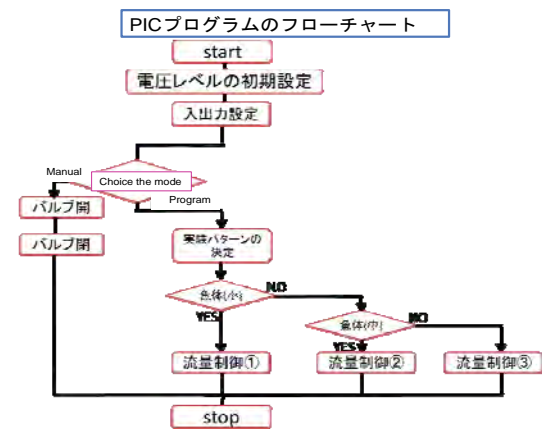


図7 水流速設定プログラムのフローチャート

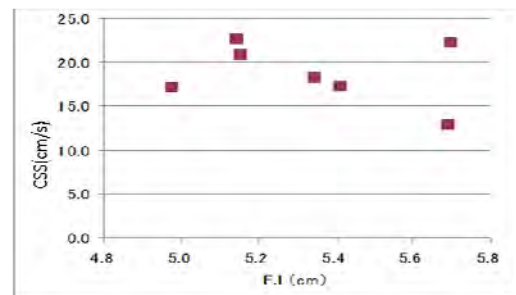


図8 臨界遊泳速度とサケ稚魚の体長

化するためのPICプログラムフローチャートである。予備実験で行った電圧レベルとバルブ開度の関係、バ

ルブ開度と水流速の関係から、電圧レベルと水流速の関係を明らかにし、試験で用いる水流速の入出力設定を行う。更に、マニュアル設定もできるようにモード選択機能を加えた。稚魚の体長によって試験水流速が異なるように流量を制御した。図8は、臨界遊泳速度(CSS:Critical Swimming Speed)とサケ養殖稚魚の体長(F.L)の関係を示した実験結果の一例である。CSSとは、稚魚が遊泳不能になったときの速度のことである。この図を見ると、体長と臨界遊泳速度に明確な相関性は認められないことが分かる。

4-3. 改良装置の今後課題

- ① 現状の改良装置は、上部水槽内にある稚魚収容槽から一匹ずつすくい遊泳測定管に挿入しなければならない。この操作中に魚体を傷つけ、処理時間が長くなると稚魚はストレスを受け、パフォーマンスが低下する。そのため、人の手を介さず自動的に遊泳測定管に挿入する装置を設置する必要がある。
- ② 現状の改良装置は、稚魚が疲労により遊泳不能になり、仕切り金網にへばり着くタイミングは目視に依るため、試験中は監視が必要になる。そこで、赤外線遮断などの光学的手段により自動測定できる工夫も必要となる。

5. まとめ

地方独立行政法人北海道立総合研究機構水産研究本部さけます・内水面水産試験場 道東支場としては初めて共同研究の申し出を受けて実施した。本研究の二つの研究課題に共通なのは、試験及び評価のためのMH低減のための自動化と人為誤差を低減するための制御化が課題であった。これらは、いずれも共著者の持つ研究シーズの水平展開で概ね対応が可能であったため、卒業研究及び特別研究のテーマとして取り組んだ。

今回の共同研究を通して改めて顕在化したことは、専門分野の異なる相手と進めることの難しさである。その典型例が3-4. で述べたユーザーインターフェースの重要性である。いわゆるGUIのことであり、本研究課題の範疇に含まれないものの、実装のためにはワークフロー上、不可欠な部分であり、専門分野の異なる未経験者にとっては違和感のない充実したものが望まれる。社員数の少ない中小企業と共同研究を進める場合も同様な問題が生じる可能性があるため、何らかの対策が必要である。