

## 稚魚自動選別装置の開発-効率的な養鯉を目指して-

長岡工業高等専門学校 電気電子システム工学科 助教 和久井直樹

### ポイント

- 養鯉職人が手作業で行っている稚魚の選別作業を自動化する稚魚自動選別装置のプロトタイプを開発。
- プロトタイプの選別精度は 98%であり、既存の装置を用いた選別作業よりも選別精度が高い。
- 稚魚自動選別装置を複数台用いることで稚魚選別の高効率化が期待される。

### 【背景・目的】

錦鯉は新潟県旧山古志村（現長岡市）・小千谷市を発祥とし 200 年以上の長い歴史を有している。近年では海外から多くの注目を集めていることもあり、アジアやヨーロッパをはじめ世界 40 カ国以上に輸出されている。錦鯉の輸出額は年々増加しており、2018 年の輸出額は約 43 億円にもなる。錦鯉は新潟県産米と並ぶ海外訴求力の高い重要な地域資源であり、山間部における国際ビジネスの最先端産業としての地位を確立している。しかし、既存の養鯉業者の高齢化および後継者不足が深刻な問題となり、この 10 年で養鯉業者の数は約 4 割減少している。高齢化に伴い、養鯉業者の負担となっている作業の 1 つとして「選別」が挙げられる。選別とは色彩や斑紋などから将来売れる見込みのある稚魚を選ぶ作業のことである。孵化後 1 年の間に行われる 3~4 回の選別によって数十万匹の稚魚の中から数千匹に絞り込んでいる。この 3~4 回の選別作業はすべて手作業であり、養鯉業者の身体的負担や拘束時間は膨大であり自動選別装置の開発が求められている。本事業では 3~4 回の選別作業のうち、1 回目の選別に焦点をあてることとする。1 回目の選別では体長 5mm 程度の稚魚数十万匹の中から、体色が黒の稚魚だけを残す作業を行う。作業の内容が非常に単純であること、対象となる稚魚の数が最も多いことから本事業では 1 回目の選別の効率化を目的とした自動選別装置のプロトタイプを製作することを目的とする。

### 【研究手法】

稚魚自動選別装置の試作にあたり、稚魚自動選別装置には 2 つの機能—「分割機能」と「選別機能」—が必要であると考えた。「分割機能」はゴールドンボードから着想を得た機構を設計した。製作には積層型 3D プリンタを用いた。「選別機能」はカメラ、マイコンボード、モータドライバ、サーボモータを組み合わせることで製作した。稚魚の判定にはオープンソースの画像処理ライブラリを活用したプログラムを開発した。「分割機能」は稚魚に見立てたプラスチック片がどのように流路を出てくるかで評価を行った。「選別機能」は稚魚に見立

てたプラスチック片を 1 分間に何個選別できるかと白色と黒色のプラスチック片をどれだけ正確に選別できるか評価した。

### 【研究成果】

積層型 3D プリンタを用いて 7 個の流路を分岐する部品を製作した。流路を分岐する部品の間はシリコンチューブで接続し、分割機能を製作した (図 1a)。稚魚を模した 50 個のプラスチック片を「分割機能」に流した時、中心に近い流路からは約 10 個のプラスチック片が出てくることが分かった。一方、端の流路からは約 3 個のプラスチック片が出てくることが分かった。「選別機能」は試行錯誤の結果、IMX219 カメラモジュール (SainSmart)、Jetson Nano (NVIDIA)、PCA9685 (HiLetgo)、MS18 (Miuzei) を組み合わせ製作した (図 1b)。チューブを流れる稚魚を模したプラスチック片の画像をカメラモジュールが取得する。取得した画像からチューブ内のプラスチックの色を判定し、モータドライバへと信号を送付する。受信した信号に基づき、モータドライバはサーボモータを時計回りもしくは反時計回りに回転させ、チューブを動かすことができることを確認した。選別機能が 1 分間に選別できるプラスチック片の数は平均して 28 個であることが分かった (表 1 エラー! 参照元が見つかりません。)。3 名の養鯉職人が 1 分間に選別できる稚魚の数は平均して 46 匹~50 匹であることから、選別速度では養鯉職人に劣る結果となった。製作した選別機能と養鯉職人の選別精度を比較したところ、選別機能の選別精度は 0.98 であったのに対して、養鯉職人の選別精度は 0.84 であった (表 2)。選別精度においては製作した選別機能が優れているという結果が得られた。黒子選別では 1 回に 25000 匹の稚魚を選別することがある。製作した選別機能で 25000 匹の稚魚を選別するのに要する時間は約 12 時間程度と推計することが出来る。一方、養鯉職人 3 名が 25000 匹を選別するのに要する時間は約 3 時間程度と推計される。選別速度に関してはどうしても養鯉職人に分があるが、自動選別装置を 6 台用いることで養鯉職人 3 名と同等程度の選別速度を達成できると考えられる。選別精度は既存の装置を用いた手作業よりも高精度で選別できることから実運用に耐えうる選別精度が実現できたと考えられる。

### 【今後の展望】

自動選別装置の量産および養鯉業者への導入を行い、実際に養鯉業者の負担軽減に貢献できるかなど社会実装を進めていく。また、本研究では 1 回目の選別の効率化を目的としていたが、養鯉業者へのインタビューでは 2 回目以降の選別の効率化も課題とされている。本研究室では AI を用いた選別の効率化の研究も行っていることから、本研究で試作した選別機構と組み合わせることで模様の良し悪しを踏まえた稚魚自動選別装置の開発にも発展させる予定である。

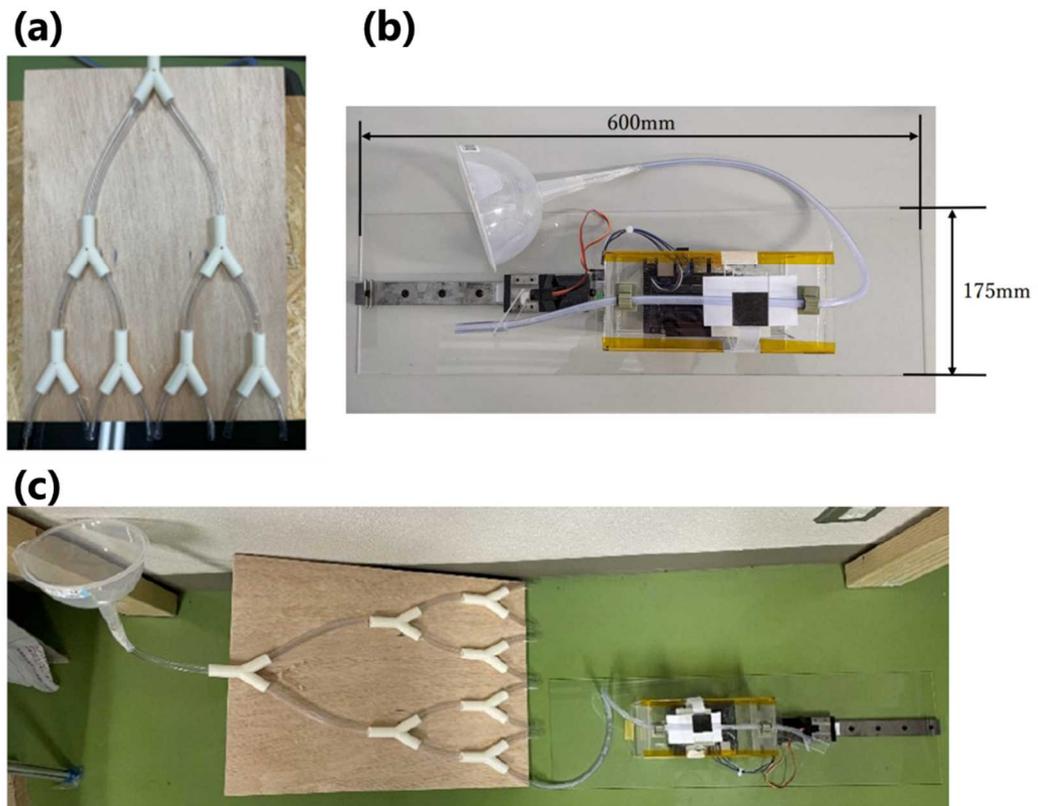


図 1 本研究で製作した稚魚自動選別装置のプロトタイプ

(a)稚魚自動選別装置を構成する「分割機能」。図中の白色の部品は積層型 3D プリンタを用いて製作した。(b)稚魚自動選別装置の「選別機能」。カメラ、マイコンボード、モータドライバ、サーボモータで構成されている。(c)「分割機能」と「選別機能」を接続した稚魚自動選別装置の全体像。

表 1 選別速度評価実験の結果

	選別数 [匹/min]			選別数 [個/min]
	職人 A	職人 B	職人 C	選別機能
1 回目	49	48	49	26
2 回目	65	46	57	25
3 回目	45	31	48	24
4 回目	53	57	41	27
5 回目	46	61	47	26
6 回目	42	40	44	32
7 回目	55	51	50	30
8 回目	54	54	37	31
9 回目	61	54	40	29
10 回目	34	48	46	31
平均	50.4±8.7	49.0±8.2	45.9±4.7	28.1±2.7

表 2 選別精度評価実験の結果

	職人	選別機能
選別精度	0.84	0.98

**【メディア掲載】**

錦鯉の美しさ AI が判定, 新潟日報, 2021 年 8 月 18 日  
<https://www.niigata-nippo.co.jp/articles/-/10234>

**【謝辞】**

本研究は「北陸地域の活性化」に関する研究助成事業（助成番号：2020 技術 5）の助成を受けて実施されました。

**【問合せ先】**

長岡工業高等専門学校 電気電子システム工学科  
 助教 和久井直樹（わくいなおき）  
 Tel: 0258-34-9237 Fax:0258-34-9700  
 E-mail: wakui[at]nagaoka-ct.ac.jp