

# ウグイを用いた水中体積測定装置誘導の条件付け学習に関する基礎的研究

## The basic study of reward learning of Ugui for leading to volume measurement in water

Key words: Reward learning, Feeding, Volume measuring

生物センシング工学分野 渡邊 匠

### 1. 背景および研究目的

養殖業においては、残餌による養殖場周辺海域の富栄養化が引き起こす周辺生態系の破壊などが深刻な問題となっている。また過剰量の給餌は経済的な損失にも直結するため、適量の給餌を行うことが望まれる。そのためには、養殖魚の成長に応じた給餌量の調整が必須である。

そこで、本研究グループではヘルムホルツ共鳴を用いた水中体積測定装置について研究してきた<sup>1)</sup>。鰮も含めた魚体全体の密度は海水密度と等しいため、生簀内で遊泳魚の体積を測定できれば魚体重を算出可能になる。

しかし、この体積測定装置を養殖現場に応用するには、適宜遊泳魚を装置に誘導する技術が必須である。これには、魚の学習能力を利用し、音刺激と装置通過を条件づける誘導法が考えられる。魚類の学習能力を用いた漁業の例として、海洋牧場が挙げられる<sup>2)</sup>。海洋牧場では、稚魚に対し音刺激と餌に関して学習させた上で放流する。そして、放流地点にある給餌ブイより放音と給餌を同時に行い、放流魚を放流地点に滞留させ、成長後に漁獲するというものである。このように、音刺激と給餌の条件付けは漁業においても応用されつつある。しかし、養殖業において先述の体積測定装置へ誘導するためには、音刺激と給餌の条件付けに加えて、遊泳域と比較して非常に狭い通路を通過させる必要があり、そのような条件下での魚の誘導を検討した研究はない。

そこで本研究では、飼育の容易な淡水魚であるウグイ *Tribolodon hakonensis* を供試魚として、生簀と体積測定装置を模した仕切り付きの水槽を用いて、音刺激と給餌による条件付けによってパイプ通過が可能かどうかを検証することを目的とした。

### 2. 実験装置

#### 2.1 実験水槽

図1に装置の概略図を示す。実験水槽は90 cm規格水槽(幅900 mm, 奥行450 mm, 高さ450 mm)を用い、水槽の片側にアングル鋼材を箱型に組み立て設置した。水中で音刺激を発生させる装置として、水中スピーカーUW-30(ボッシュセキュリティシス

テムズ株式会社), 及びそれに対応する定電流駆動電力増幅器 KU-6AE-CA(小林計測器, 特注)を用いた。水中スピーカーはアングル鋼材の枠内に設置し、音声は PC からオーディオインターフェース OCTA-CAPTURE(Roland Inc.)を通して出力した。

また、実験水槽を半分仕切るために、箱型に組み立てたアングル鋼材の、1面にナイロン製のネットを固定した。また、仕切りネットの水槽底面から150 mmの位置に、共鳴器への誘導部分を模した穴の直径150 mm, 長さ50 mmのパイプ(塩化ビニル製)を固定した。また、パイプの出口側はナイロン糸によって水槽外から吊り上げる形で、パイプが水槽底面に平行になるように設置した。

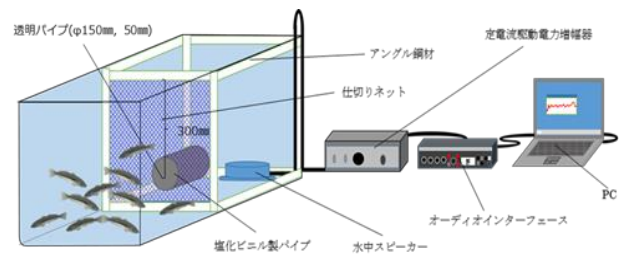


図1 実験水槽

#### 2.2 供試魚

本実験においては株式会社浜市より購入した宮城県内の河川で採取された体長9.2~10.5 cm, 体重10.2~14.1 gの個体を用いた。ウグイはコイ科魚類であり胃袋を持たず、餌を貯めておくことができない。活動中は餌を食べ続けるため、飼育実験を行う上では適当な種である。

### 3. 実験方法

#### 3.1 音刺激によるウグイの学習可能性の検証

仕切りネットの無い実験水槽を3つ用意し、各水槽にウグイ10匹を投入し、2日間の馴致を行った。馴致後は300 Hz, 70 dBの音刺激を15秒鳴動し、鳴動終了後すぐに浮上性の餌を0.1 g, 合計約10粒程度投入する動作を10回繰り返し、鳴動中に水面近くまで浮上行動を示す個体の総数を計数した。この10回の鳴動と給餌の繰り返しを1トライアルとし、水面から10 cmの間まで浮上した個体の総数が

合計 70 匹以上となったトライアルを成功とみなした<sup>3)</sup>。そして、成功したトライアルが 3 回連続したところで学習完了とした。ただし、同じ個体が 2 回以上の浮上行動を示した場合に計数せず、実験者の影などによる影響を排除するため、給餌はパイプを用いて十分離れたところから行った。また、供試魚の摂餌が鈍らないよう、刺激の間隔は 3 分程度、トライアルの間隔は 3 時間程度取った。

### 3.2 パイプ誘導の条件付け学習可能性の検討

仕切りネットとパイプを設置した実験水槽を 3 つ用意し、パイプ入口側の区画に、ウグイを 10 匹投入し、2 日間の馴致を行った。

馴致後は 300 Hz、70 dB の音刺激を 15 秒間鳴動し、鳴動終了後すぐに反対側の区画のパイプ出口付近に沈降性の餌を 0.1 g、約 15 粒投入する動作を 10 回繰り返し、鳴動中にパイプを通過した個体の総数を計数した。この 10 回の鳴動と給餌の繰り返しを 1 トライアルとした。さらに音刺激によらず偶然ウグイがパイプを通り抜けた可能性を排除するために、各トライアル終了後、150 秒間でパイプを通過したウグイの個体数を偶然通過個体数として計測した。

## 4. 実験結果と考察

### 4.1 音刺激によるウグイの学習可能性の検証

各水槽のそれぞれのトライアルにおける浮上個体数のグラフを図 2 に示す。

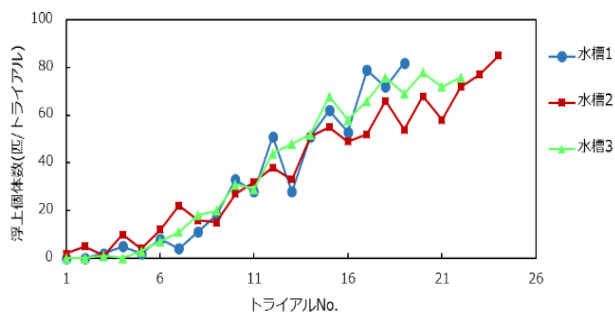


図 2 各トライアルにおける浮上個体数

浮上個体数はトライアルを繰り返すごとに増加する傾向が見られ、各水槽 12~17 回目のトライアル以降には、鳴動前には底層に群れていたウグイが鳴動中、つまり給餌前に水面をつつくような行動も見られるようになった。よって、ウグイにおいて音刺激と給餌の条件付けは可能であった。

### 4.2 パイプ誘導の条件付け学習可能性の検討

各水槽において、各トライアルのパイプ通過個体総数から偶然通過個体数を引いたものを学習通過個体数とみなした。各トライアルの学習通過個体数を図 3 に示した。

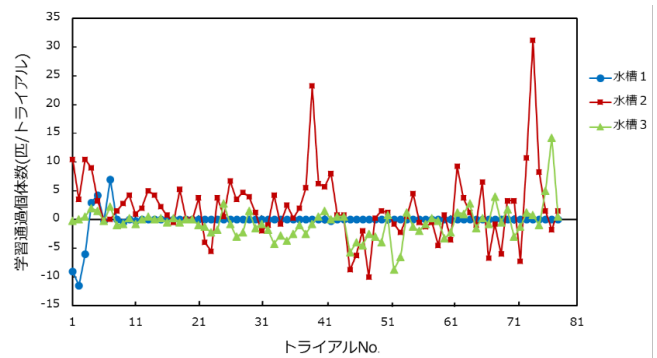


図 3 各トライアルにおける学習通過個体数

馴致後は 10 匹とも群れを成して片側の区画に居ついた。水槽 1 においては、10 回目のトライアル以降は給餌によってもパイプを通過せず入口付近でターンし、もとの区画に戻る行動が見られた。水槽 2、水槽 3 に関しては、パイプ通過個体数は徐々に増加したものの、偶然通過個体数も徐々に増加したため、結果的に学習通過個体数に関して増加傾向は見られなかった。

条件付けは摂餌による報酬によって成立するが、本実験においてはパイプを通過したその先で報酬を受け取る必要がある。しかし、音刺激終了後の給餌によってもパイプを通過しない個体が多く見られたため、学習完了への効率下がった可能性が考えられる。また音刺激後の給餌の際、落下していく餌料を目で追って追尾する行動が見られたが、ネットに遮られる形で給餌した区画に移動できなかったウグイも多く見られた。よって給餌後に確実にパイプを通過させるために、パイプ入口に向かってネットを絞っていくような形状にするなどの工夫が必要だと考えられる。

### 参考文献

- 1) 篠原義昭 (2014) : ウォーターリード法による水中ヘルムホルツ共鳴を用いた体積測定法に関する研究, 平成 26 年度京都大学農学研究科修士論文
- 2) 上條義信 : 音響馴致システムによる魚群制御, 水産工学, 28(1), pp65-70, 1991
- 3) 川村軍造, 下和田隆 (1983) : イシダイの帯模様分別能, 日本水産学会誌, 49(1), 55-60.