

時空間画像処理による魚の動作可視化と行動解析

村田 名美枝 古谷 雅理 宮村 (中村) 浩子 斎藤 隆文

東京農工大学 生物システム応用科学府

本研究では、ビデオカメラで撮影された魚の行動を画像処理により静止画像として可視化し、その行動を解析することを試みる。本研究では魚の行動のうち、ペア成立の過程から産卵行動に着目し、撮影時間内における産卵の有無やペアリングの良否について、時空間投影画像を用いて解析する。その結果、産卵行動の特徴や産卵前の行動に特徴があり、時空間投影画像からその様子が読み取れることがわかった。また、時空間投影画像から情報を読み取りやすくする方法をいくつか提案し、実験した。

Visualization and analysis of fish behavior by spatio-temporal projection image processing

Namie MURATA, Tadasuke FURUYA,

Hiroko Nakamura MIYAMURA,
Takafumi SAITO

Tokyo University of Agriculture and Technology

In this study, we try to visualize and analyze fish behavior by processing its video images. In various kind of fish behavior, we focus on pairing and spawning, and analyze the behavior with spatio-temporal projection images. As a result, some characteristics of the behavior can be visualized in spatio-temporal projection images. Also, we tested several methods to obtain better visualization result.

1 はじめに

今日、犬や猫をはじめとしたペット飼育者数は年々増加しており、観賞魚も初心者が簡単に手入し飼育することができるようになった。このため初心者が観賞魚を飼育し、繁殖させる機会が多くなった。

観賞魚を手入は簡単でも、健康を維持し、繁殖を行うのは容易ではない。観賞魚も人間と同じように病気になり、病気になったら治療が必要である。しかし、病気かどうかの判断は、飼育者には一目見ただけでは分からないことも多いため、病気に気付いた時には手遅れであったり、異変に気付いても原因

がわからず重症になってしまっている。

繁殖においても健康管理は重要で、健康状態が良くなければ繁殖は成功しない。観賞魚によってはただ一緒に飼うのではなく、雄と雌の組を決めるペアリングが必要になり、そのタイミングやペア選びが難しい場合がある。この場合、健康状態の悪化やペア選びの失敗で観賞魚が傷つき死んでしまうこともある。健康状態や、繁殖の有無は飼育者にとって重要な情報である。

また、飼育者が家を空ける間の観賞魚の状態が分からないとその間心配であったり、変化があった場合

にその原因を調べたいことがある。犬や猫では、家を空ける時にペットを預けるサービスが充実しており、旅行の際にはこのようなサービスを利用することができる。一方観賞魚にはまだそのようなサービスはなく、知り合いに世話を頼む、あるいはそのまま出かけるしかない。

このような場合、長時間観察する必要があるが、実際に観察し続けるのは非常に大変である。このため長時間観察を行うための手法が必要とされている。

近年、CCDカメラの低価格化、高性能化によりデジタルカメラが普及し、誰でも簡単に写真や動画像を撮影することが可能になった。これにより長時間観察手段として動画像から画像を解析することが考えられる。

長時間観察手法には、観察対象を動画像や静止画で記録し画像処理により閲覧を簡単にする集約画像[1]、時空間投影画像による手法[2]が提案されている。これらの手法は動きを全て取るため、背景が一定で対象以外のものが動かない場合に特に有効である。集約画像では、人通りの少ない場所での監視カメラなど動きの少ない場面に向いており、一方、時空間投影画像では、一定の位置に設置したカメラでの植物の観察が行われており、絶えず動くものの観察が可能である。

本研究では長時間観察手法の一つである時空間投影画像を応用し、観賞魚の行動のx方向、y方向の動きをそれぞれ時間でどう変化したかを表すx-t画像、y-t画像にし、どのような行動をしたか調べる手法を提案する。

特に観察が重要になるペアリング時の行動を画像から解析し、ペアリングの成功、産卵行動の有無について判断する。これにより飼育者の留守中に産卵を行ったか、初心者がペアリングを行う際、ペアリングを継続すべきかどうかを判断する。

2 実験環境

本節では、撮影に使用した実験環境及び実験に用いた魚について述べる。本実験では、次のような環境で撮影した。

2.1 飼育環境

図1は熱帯魚を飼うための一般的な環境である。水温を一定に保つためのヒーター、ろ過装置、隠れ家が設置してある。

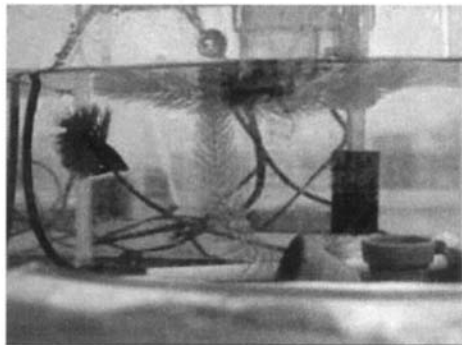


図1: 普通の飼育環境

図2はろ過装置を停止させた飼育環境である。今回はろ過装置は停止させ、取り除いて撮影した。水温を一定に保つためのヒーター、隠れ家が設置してある。

ろ過装置は水流を作り出してしまうため、動作させると水面の揺れ、水草などの動きやすいものが流れる、排水口から気泡が出るなどがあり、画像処理に影響を及ぼす。このため結果画像に魚以外の動きが入ってしまい、読み取りが困難になる。また、本研究で用いるベタという魚は水流にあまり強くなく、泡巣を作りにくかったり泡巣が水流に流されてしまうため、繁殖の際は水流が緩やかなろ過装置を用いることが多い。今回はろ過装置を取り除いた環境で繁殖を行い、撮影した。

2.2 本研究に用いた観賞魚

本研究で用いた観賞魚は、学名で、ベタ・スプレンドンというものである。以下「ベタ」と呼ぶ。飼育適温は26~28℃程度、全長は約7cmで、雌は雄よりやや小さい。カラーパターンは赤や青が多く、これらの色は単色だけではなく、様々な混色も存在する。また、尾ひれの形状もいくつか存在する。

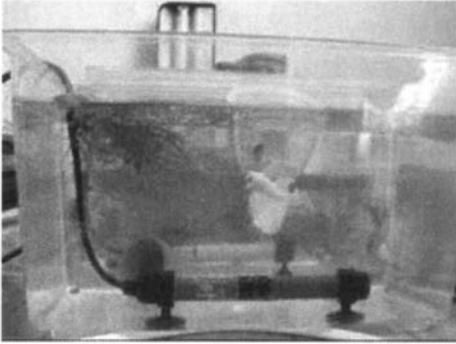


図 2: ろ過装置を停止させた飼育環境

ベタは、闘魚として有名であり、雄同士は一緒にすると喧嘩／攻撃し、最悪相手を死に至らす。このため雄と雌も繁殖目的以外に一緒に飼育することはなく、雄と雌であっても攻撃し、最悪の場合殺してしまう。

攻撃を行う際にする威嚇行為をフレアリングといい、全ての鰭を広げ、相手に自分の姿を見せ付ける。この行為は求愛行動でも見られ、雌の目の前で自分をアピールする。

2. 3 ベタの繁殖方法

前節で述べたようにベタは闘争心が強く、互いを激しく攻撃する。このため、水槽で繁殖のため雄と雌を一緒にする時はいきなり2匹を入れるのではなく、手順があり、観察と注意が必要である。以下にその手順を示す。

- (1) 繁殖用水槽にまず雄を入れ、仕切りまたは別容器に雌を入れお見合いをさせる。雄は雌を見るとフレアリングし、攻撃しようとする。お見合いは2～3日程度行い、雄が泡巣を作るようになれば終了する。
- (2) 雌を雄の水槽に入れる。しばらくは、雄は激しく雌を追い回し、攻撃をする。この時期が最も観察が重要で、雄が激しく攻撃し雌を殺してしまうことがある。また、逆もあり雌が強く、雄を激しく攻撃し殺してしまうということもある。

- (3) しばらくすると雄が泡巣を作り、その下へ雌を誘うようになる。雌も雄を気に入ると誘いに応え、雄とともに泡巣の下へ行くようになる。2匹を一緒にして即日～1週間程で産卵が始まるが、なかなか産卵しない場合は最初からやり直す。
- (4) 2匹が泡巣の下に行き、産卵が始まる。産卵行動は約6時間程度続き、産卵を何度も繰り返す。雄は雌の体を巻くようにして卵を産ませる。産卵直後放心状態の雌からこぼれ落ちた卵を雄は、口で拾い集め水面の泡巣の中へ運ぶ。
- (5) 産卵後、泡巣の中には白色の小さい卵が100～300程度集められる。雄が泡巣の下に、雌が泡巣から離れ雄に近づく様子がなければ、産卵行動は終了である。雄は泡巣のメンテナンスと泡巣の中からこぼれ落ちた卵を口で拾い上げ、また泡巣の中に戻す世話を始める。産卵が終了したら繁殖用産卵水槽から雌を取り出す。

3 本研究で解析対象とする行動

本研究では、ペア成立の過程と産卵行動に着目する。

ペアリングでは、ペアの様子を観察し、状況によりペアリングを続けるかどうかの判断をする必要がある。すなわち、ペアリング後の数日間は連続して観察を続ける必要があるが、現実の飼育においては不可能である。そこで一定時間、ビデオで撮影して解析することを考える。ベタの場合、ペアリングの結果として一定時間内に以下のいずれかの行動を行う可能性がある。

- (a) ペアリングに成功し、産卵する
- (b) ペアリングに成功し、産卵するが無精卵であったため雄が食べてしまう
- (c) ペアリングに成功し、泡巣を作るが卵を産まない
- (d) ペアが互いに慣れてしまい、喧嘩もせず仲良く暮らしてしまう
- (e) どちらかが攻撃的で、激しく傷付いてしまう

(a) は、産卵が無事成功したことであり、ペアリングに問題はない。(b) は、このまま継続しても有精卵が産まれる可能性は低いく、ペアを替える必要がある。(c) は、成功の可能性が残されているので、このまま様子を見てよい。ただし、この状態が長く続く場合はペアの相性、又は具合が良くないためにペアを替える必要がある。(d) は、お互いに興味がなく、産卵する気配が全くない場合である。いつまでたっても産卵しないため、ペアリングをやり直す必要がある。(e) は危険な状態で直ちにペアリングを中断する必要がある。

一方、撮影時間後の状態だけに着目した場合、(a) は泡巣に卵がある状態、(b)、(c) は泡巣はあるが卵がない状態、もしくは作った泡巣が消えて何も無い状態、(d)、(e) は何も無い状態である。したがって、(a) 以外の場合には撮影したビデオ画像を解析し、どの行動をとったかを区別する必要がある。

4 時空間投影画像の生成

本研究では魚のペアリング後の行動を撮影したビデオ画像から時空間投影画像を生成し、行動を可視化して解析することを試みる。時空間投影画像は、RGB 表色系の画像を YUV 表色系に変換し、輝度値を利用して魚の動きを抽出する。

4.1 動物体抽出

まず、各フレームについて動物体を抽出する。この時以下の2つの差分方法について実験を行った。

(1) フレーム間差分

動きを取り出す方法として前後のフレームを比較して変化量を取り出すフレーム間差分法を利用した。フレーム間差分では処理対象フレームの輝度値からその直前のフレームの輝度値の差を絶対値として取り出す。この手法では魚が静止していると差分が0となり、時空間投影画像に反映されない。そのため作成した時空間投影画像から魚の動きが消えることがあった。しかし、魚が激しく動き、水槽内の隠れ家などの配置が変わってしまう時には配置が変わった付近の時間だけに影響し、その後には影響しない。

(2) 背景差分

背景差分とは、処理する画像と背景画像の差をとる手法である。フレーム間差分では、連続した2つのフレームの差分をとるため動きの少ないところが多いと出せない欠点があったが、背景差分では動きの少ないところははっきりと出すことができる。このため産卵中に動きが止まる時も魚のいる位置を取り出すことができる。この際利用する背景は、次のように作成した。

魚は頻繁に動き場所を変えるため、同じところに居続けることはあまりないものとし、動画の平均をとったものを背景とする。

しかし、読み込んだフレーム全ての画素値の平均値をとるため、魚が激しく動き、水槽内の隠れ家などの配置が変わってしまう時にはその時間以降にも影響し、ノイズとして時空間投影画像に表れてしまう。

4.2 時空間画像処理

動物体抽出を行った画像に対し、各 y 毎に x 方向の1ラインの輝度値の最大値を順に求める。これによって、各フレームの情報を y 方向の各1ラインに集約させた時空間投影画像が作成できる。(図3)

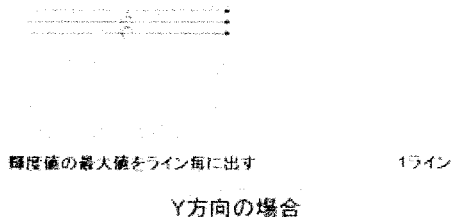


図3: 輝度値の最大値の走査

同様に、各 x 毎に y 方向の輝度値の最大値を順に求めることで、x 方向の時空間投影画像が作成できる。

4.3 フレームの間引き

フレーム数が多い場合、時空間投影画像も大きくなり表示できない。そこで、フレームの間引きを行う。本研究では、次の2つの間引き方法について実験を行った。

(1) 単純な間引き

フレームを一定量ずつ飛ばして処理を行い、情報を圧縮する。単純に処理するフレーム数を減らしているため、削ったフレームの情報は時空間投影画像に反映されない。差分をとる時間間隔が間引いた分だけ長くなるため、ゆっくり動くものの動きも反映される。また、処理をしないフレームが存在するため、処理速度が速いという利点がある。

(2) 間引くフレームの最大値を取る

一定量のフレームの中で注目画素の差分値を比較し、最大の差分値を時空間投影画像に反映させる。単純な間引きでは削られてしまう情報を出力させることができるが、ノイズの多い環境ではノイズも出やすくなる。

4. 4 色情報の利用

本研究では次の2つの着色方法を提案した。

(1) 原画像の色の利用

色情報の利用として時空間投影画像に原画像の色を利用する手法を提案した。処理対象フレーム内で差分値が最大であった画素の元のフレームの色情報を取ってきて結果画像に貼り付ける。原画像の色を利用することで、時空間投影画像に表れている動きが何の動きであるか読み取りやすくなる考えた。撮影する魚の色は分かっているため、それ以外の色であれば魚の動きではないと判断できる。また、ベタは様々な色の個体が存在するため、雄と雌の色を変えることでどちらの魚の動きかを判断できる。

(2) 色相と位置情報の対応

色情報の利用としてHSB表色系を利用し、時空間投影画像 $y-t$ 画像に x 情報を色相として表現する手法を提案した。処理対象フレーム内で差分値が最大であった画素の元のフレームの x の位置情報を保存しておき、その位置を色相を利用して表現した。時空間投影画像 $x-t$ 画像では、 y の位置情報を保存し、 $y-t$ 画像では x の位置情報を保存する。

色相は0度から300度までの範囲に絞って利用した。

また、明度の値は差分値の大きさに応じ割り振った。この方法では、魚の位置関係がより分かりやす

くなる考えた。 x 方向、 y 方向の両方の位置情報が読み取れるため、ペアリングの際、魚が近い位置にいるのかどうかを1枚の画像から知ることができる。

5 実験結果

5. 1 産卵の有無

産卵行動中は、2匹が長時間水面付近の近い距離にいる。雄が雌を抱くことができると、2匹は水面でしばらく静止し動かない。その後雌は水面で横たわり卵を産み落とし、雄が水底に沈んだ卵を取りに行く。この行動は産卵特有で、時空間投影画像にも表れている。

産卵行動中は、2匹が近づいては卵を探すために下に行っている様子が、 y 方向の時空間投影画像からわかる。(図4)

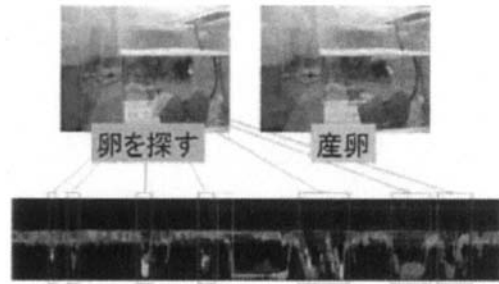


図4: 産卵シーンの時空間投影画像 y 方向

5. 2 泡巣作り

(a), (b) のようにペアリングに成功し、産卵する場合、雄は盛んに泡巣を作っている。このため、泡巣を作る行動をしているかどうかによりペアリングの成否を判断できると考えられる。

雄が産卵のために泡巣を作る様子を時空間投影画像から読み取ることができた。泡でできているため時間が経つにつれ巣は消えてしまうため、雄は絶えず泡巣を作ることを繰り返す。(図5) 泡巣作りは水面の空気を吸っては巣の下で吐くことを繰り返すため x 方向にも y 方向にも波打つような動きとして表れている。(図6, 図7)

空気を吸う

呼吸

泡を作る

図 5: 雄の泡巣作り

6 おわりに

本研究では、時空間投影画像を作成し、見やすくするための手法について提案、実験した。また、時空間投影画像から産卵の有無、泡巣作りの様子を観察した。

今後の課題として、攻撃についてはまだデータが得られていないので、観察、実験を行う必要がある。また、長時間の時空間投影画像をより見やすくすること、普通の飼育環境で撮影できることが挙げられる。

参考文献

- [1] 阿久津 渡, 古谷 雅理, 宮村 (中村) 浩子, 斎藤 隆文:「監視カメラ画像閲覧のための階層的画像集約手法」, 2006 年情報処理学会研究報告, グラフィックスと CAD 研究会, 2006
- [2] 柴崎 裕一, 宮村 (中村) 浩子, 斎藤 隆文:「時空間画像解析に基づくイネの初期生長過程の可視化」, 画像電子学会ビジュアルコンピューティングワークショップ 2004, 2004 年 10 月

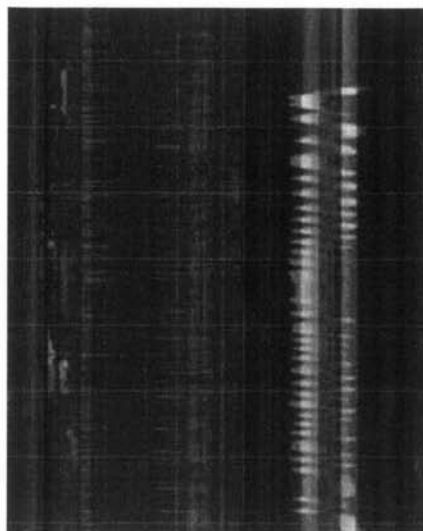


図 6: x 方向での動き

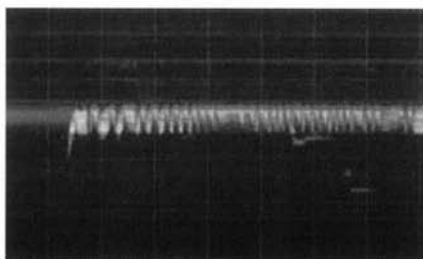


図 7: y 方向での動き