

# TalkingNemoPad : Aquarium Fish Talks Its Mind for Breeding Support through Your iPad

磯川 直大<sup>1,a)</sup> 西山 勇毅<sup>1</sup> 大越 匡<sup>1</sup> 中澤 仁<sup>2</sup> 高汐 一紀<sup>2</sup> 徳田 英幸<sup>2</sup>

**概要:** ペットとしての生き物を飼育する際には、飼い主がペットの状態を正しく理解できず、ペットの体調管理は難しくなっている。世界中で最も飼育されているペットである観賞魚においては特に飼い主とペットとのコミュニケーションがより困難であるため、犬や猫などと比較してもそのような状況に陥りやすい。そのため、飼い主と観賞魚とのインタラクションを促進し、観賞魚飼育に役立てる研究が行われているが、それらのシステムは特定の水槽においてのみ動作しているため、一般的な飼育者が用いることは難しく、また様々な種類の観賞魚に関するデータを一律に収集することができない。本稿では、広く普及したデバイス上で動作する飼い主と観賞魚のインタラクションシステム“TalkingNemoPad”を提案する。TalkingNemoPadには、ユーザのタブレット上で動作し、観賞魚を飼育する人の多くが導入・実用可能という特徴がある。また、これにより様々な観賞魚飼育環境から広くデータを収集することが可能となる。本稿では、TalkingNemoPadが一般的な観賞魚飼育環境下でに使用可能であることを示すために、環境の異なる複数の水槽を用い、本システムの適用可能な観賞魚の飼育環境について評価する。

**キーワード:** 観賞魚飼育, 状態判定, 画像認識, Animal Computer Interaction

## TalkingNemoPad Aquarium Fish Talks Its Mind for Breeding Support through Your iPad

NAOHIRO ISOKAWA<sup>1,a)</sup> YUUKI NISHIYAMA<sup>1</sup> TADASHI OKOSHI<sup>1</sup> JIN NAKAZAWA<sup>2</sup> KAZUNORI TAKASHIO<sup>2</sup>  
HIDEYUKI TOKUDA<sup>2</sup>

### 1. はじめに

近年、Animal Computer Interaction[1]の分野が大きく発展を始め、コンピュータは人間のためのものではなく、様々な動物の生活の質の向上に活用されつつある。本稿では、数あるペットの中でも最も手軽で広く親しまれているペットの一つである観賞魚を対象とし、飼い主と観賞魚のためのインタラクションシステム“TalkingNemoPad”

を、観賞魚を飼育する人の多くが導入・実用可能な形で提案する。

魚を飼うことは、我々の生活を豊かで潤いのあるものにしてくれる。観賞魚は犬や猫と並び、世界中で親しまれているペットのうちの1つであり、日本を対象とした調査によると、40%の人々が魚を飼ったことがあると言われている[2]。観賞魚を長く健康に飼育するためには、魚の状態を正しく把握し、魚をストレスから遠ざける必要がある。なお、魚が感情を持ち、痛みや苦しみなどのストレスを感じる能力を持つことは既存の研究[5],[6]により実証されている。飼育環境化で観賞魚が受けうるストレスとしては、餌のあげ忘れによる空腹、水温や水質の変化、混泳魚や外的

<sup>1</sup> 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科  
Graduate school of Media and Governance, Keio University

<sup>2</sup> 慶應義塾大学 環境情報学部  
Faculty of Environment and Information Studies, Keio University

a) isokichi@ht.sfc.keio.ac.jp

な要因による恐怖などが挙げられるが、飼い主にとって観賞魚は犬や猫などと比較しても特にコミュニケーションがより困難であるため、魚がどのような状態にあり何に対してストレスを感じているのかを判断することは難しい。

そのような問題を解決するためには観賞魚飼育をサポートするシステムが必要になると考えられるが、そのような研究は未だなされていない。そこで我々は過去に、飼い主と観賞魚のインタラクションシステムの開発を行った [3], [4]。しかしながら、それらのシステムは特定の水槽においてのみ動作しているため一般的な飼育者が用いることは難しく、また様々な種類の観賞魚に関するデータを一律に収集することができないという問題がある。本稿では、観賞魚を飼育する多くの人にとって導入・実用可能な形でシステムを提供し、様々な観賞魚飼育環境から広くデータを収集することを目的として、一般に普及したデバイス上で動作する飼い主と観賞魚のインタラクションシステム “TalkingNemoPad” を提案する。

本研究の意義は以下の3点である。

- 観賞魚と飼い主のインタラクションのためのシステムを、広く普及可能な形で提案したこと。
- 様々な種類・飼育環境下における観賞魚のデータを収集するための仕組みを提案したこと。
- 今回実装したシステムにおいて、一般的な観賞魚飼育環境下で使用可能であることを示すために、環境の異なる複数の水槽を用い、適用可能な観賞魚の飼育環境について評価したこと。

以下の節において、第2章では本研究における関連研究とそれに関する問題点を述べることで研究背景についてまとめ、第3章で TalkingNemoPad システムの機能要件とアーキテクチャについて述べる。第4章では本システムの実装について論じる。第5章では TalkingNemoPad システムがさまざまな観賞魚飼育環境化で動作することを確認するための評価実験を行い、第6章で本研究をまとめる。

## 2. 背景

近年、世界中でペットの飼育数は年々増加傾向にあり、日本においても2003年以降ペットの数が15歳未満の子供の人口を上回っている [9], [10]。それに伴い、Animal Computer Interaction の分野が注目を集めつつあり、コンピュータを人間以外の動物のためにも用いるための研究が数多くなされている。特に人間に近い存在である犬や猫などのペットに関して、飼い主とのインタラクションを図り、ペットへの理解やペットのQOLの向上を促進する試みが盛んである。ペットの中でも観賞魚は最も飼育されているペットのうちの1つであり、日本を対象にしたアンケート調査によると、40%もの人々が魚を飼った経験があるというデータが存在する [2]。しかしながら、犬や猫のようなシステムは観賞魚において存在しない。

次章以降で、本研究における関連研究をまとめ、それに対する問題点を述べることで研究背景について詳しく説明する。

## 3. 関連研究

本研究の関連研究について、1) ペットと飼い主のインタラクションを促進する研究・サービス、2) 観賞魚飼育に関する既存のシステム、3) 魚の行動や状態を検知する研究、4) 我々が過去に行ってきた観賞魚と飼い主とのインタラクションシステムに関する研究の4種に分類して紹介する。

### 3.1 ペットと飼い主のインタラクションに関する研究

ペットと飼い主のインタラクションを促進する研究・サービスとして、Valentin ら [11] は、犬の首に取り付けたセンサから犬の頭部のジェスチャを解析し、犬と人間とのコミュニケーションに役立てている。また、Yonezawa ら [12] と、Paldanius ら [13] はそれぞれ猫と犬にカメラやGPSなどのセンサが搭載された首輪型のデバイスを取り付け、それらから取得した情報を元にユーザとペットのインタラクションの促進に利用している。また、上記の研究以外にも、ペットと飼い主のインタラクションについての研究やサービスが数多く存在するが、それらの多くは犬や猫などの動物を対象としている。

### 3.2 観賞魚飼育に関する既存システム

観賞魚飼育に関する既存のシステムとしては、Aquarimate[7] や Fishbit[8] などが挙げられる。これらのシステムは水槽内に取り付けられた各種のセンサから水温や塩分濃度、pHなどの値を取得しスマートフォンアプリから周辺機器の操作を行う、観賞魚飼育のための水槽内環境維持のためのシステムである。

### 3.3 魚の行動や状態を検知する研究

また、魚の行動や状態を検知する研究として、馬場ら [14] や Xiao ら [15] は水質の異常を検知するために魚を動画撮影し異常行動を記録している。これらの研究は魚の状態を細かく分析し記録しているが、対象としている魚はペットとしての観賞魚ではなく水質モニタリング用に飼育されている魚となっている。

### 3.4 観賞魚とのインタラクションに関するこれまでの研究

我々は、上記の関連研究から観賞魚におけるペットと飼い主のインタラクションを促進する研究がなされていないという問題点を発見した。観賞魚は、犬や猫と並ぶ最も広く親しまれているペットの一つであり、また、犬や猫と比べてコミュニケーションがより困難であるため、飼い主は観賞魚の状態を知ることは難しい。そのため、観賞魚向けのインタラクションシステムは、飼育上より重要となると

表 1 魚の状態判定の結果

	平常	活発	恐怖	食事
平常	97.7 %	0.0 %	0.0 %	2.3 %
活発	1.7 %	82.3 %	12.0 %	4.0 %
恐怖	0.3 %	22.3 %	66.0 %	11.3 %
食事	0.0 %	18.7 %	2.3 %	79.0 %

考えた。

魚に関する既存の研究は、(1) 観賞魚飼育に必要な、観賞魚の状態と水槽内の環境の両方のデータを飼い主に提供していない、(2) 飼育者に対して観賞魚の世話をする行動を促していない、(3) データを収集し周辺機器を制御するのみで、所有者と魚のインタラクションを促すことがない、という理由から飼い主と観賞魚のためのインタラクションシステムとしては不十分である。

これらの問題を解決するため、我々はこれまでに飼い主と観賞魚のためのインタラクションシステムを開発してきた [3], [4]。このシステムは、飼育環境が観賞魚に適したものかを判断し、改善が必要な場合には、ユーザに改善を促すよう通知する。またこの際、観賞魚がユーザに話しかけるように吹き出しによって表示することで、ユーザは観賞魚とコミュニケーションを取っていると感じ、観賞魚とユーザのインタラクティブな飼育環境が実現される。このシステムは、評価実験の結果、ユーザに観賞魚への興味を持たせること、観賞魚の世話をする行動を起しやすくすること、飼い主と観賞魚のインタラクションを促すことが確認された。

このシステムは、水槽に取り付けたウェブカメラの映像から背景差分を用いて魚を認識し、機械学習を用いてそれぞれの観賞魚の状態を平常、活発、恐怖、食事の4種に判別する。判別の精度は表1の通りである。また、水槽内に取り付けた温度センサと塩分濃度センサからそれぞれ水温と塩分濃度を測定する。そして、上記の観賞魚の状態と水槽内環境データから、飼育環境が観賞魚に適したものかを判断する。

#### 4. 本研究が取り組む問題

本研究が注目する問題点は、我々の先行研究 [3], [4] が、一般的な観賞魚飼育環境に適応できない点である。観賞魚と飼い主のインタラクションを促進し飼育環境を改善するためには、多くの観賞魚飼育者が手軽にシステムを利用できる必要がある。実際の一般的な観賞魚飼育においては、水槽の大きさにおける多様性、飼育される魚の種類・個体数における多様性が存在するが、先行システムは開発に用いた特定の水槽と観賞魚の種類においてのみ動作しており、実際の多彩な観賞魚飼育環境に対する適用性において問題がある。そのため一般的な飼育者が観賞魚飼育水槽にこれらのシステムを用いる際には効果的に動作しない。

また、観賞魚は種類や個体・おかれた環境によってその



図 1 TalkingNemoPad の動作の様子

生態や習性・行動が異なることがある。そのため、多くの種類の観賞魚を対象として状態の判定を行うためにはそれぞれの観賞魚のデータを広く収集する必要がある。しかし、現状として特定的水槽においてのみ動作しているため、様々な種類の観賞魚に関するデータを十分に収集することは難しい。システムが多くの飼育環境上で動作することが可能となれば、多くの種類の観賞魚のデータを集めることが可能となり、その時おかれた観賞魚の状態を判定する上で、状態判定の基準となり精度の向上に役立てることができると考えられる。

#### 5. TalkingNemoPad

前章で述べた問題点をうけ、本稿において我々は、広く普及したデバイス上で動作する飼い主と観賞魚のインタラクションシステム“TalkingNemoPad”を提案する。TalkingNemoPadはシステムがユーザの持つタブレット上で動作することによって、多くの観賞魚飼育者がさまざまな飼育環境化で手軽に利用できる。その結果、ユーザと観賞魚のインタラクションが促進され、観賞魚の飼育環境の改善、健康な長期飼育につながる。また、システムを多くの観賞魚飼育環境下で実際に使用することで、一度にさまざまな種類の観賞魚のデータが収集可能となる。現在までのシステムでは記録されなかった観賞魚の行動や変化を記録することは、今後観賞魚の状態の判定などをする上で有用となると考えられる。システムの動作する様子を図1に示す。

本章では TalkingNemoPad がタブレット上で動作するための要件とアーキテクチャについて述べる。

## 5.1 機能要件

本システムが多様な飼育環境下に対応し、タブレット上で動作するために必要な要件を以下に整理する。

- 同一デバイスからの撮影と表示：システムはタブレット上で動作するため、カメラによる水槽内の撮影とユーザに対する観賞魚の状態の検知はどちらも水槽の背面から前面に向かって行われる必要がある。
- 周囲の環境に左右されにくい魚認識：システムがさまざまな飼育環境下で動作するためには、周囲の状況に関わらずその中から観賞魚を認識しトラッキングを行い、観賞魚の行動を記録する必要がある。
- 多様な魚種への適応性：システムは特定の魚種のみではなく、多様な観賞魚種を認識可能である必要がある。
- 複数の観賞魚への適応性：複数の鑑賞後が飼育される環境下であっても利用可能であるために、各観賞魚を別々に識別する必要がある。

## 5.2 設計アプローチ

前節でのシステム機能要件を受け、本節では TalkingNemoPad システムの設計アプローチについて述べる。本システムは以下のような3つの特長を持つ。第一に、一台のタブレット上で、観賞魚の認識と状態の表示が可能である。第二に、さまざまな飼育環境下で観賞魚を認識しトラッキングを行い、観賞魚の行動を記録できる。第三に、複数の観賞魚を魚種によって識別することが可能である。本節では、以上の特長を実現するための設計アプローチについて詳しく述べる。なお本稿では特にタブレット端末における多様な飼育環境下での観賞魚認識に焦点を当てる。

### 5.2.1 同一デバイスからの撮影と表示

本システムは、一般の観賞魚飼育者が利用可能であるために広く普及した端末であるタブレット上で動作する。水槽背面にタブレットを設置し、搭載されたインカメラから水槽内の観賞魚を検知し、観賞魚の状態をディスプレイ上に表示する。通知を水槽の背面で行うため、タブレット端末は水槽の背後直近に設置されるが、一般的なタブレットのインカメラの画角は  $70^{\circ}$ ~ $80^{\circ}$  程度であるため、水槽の背面近くから水槽内全体を撮影することはできない。本システムでは、タブレット端末のインカメラに  $235^{\circ}$  魚眼レンズを取り付けることでこの問題を解決した。これによって、一台の端末上で観賞魚の撮影とユーザへの通知が可能となる。図2に通常のインカメラと魚眼レンズを比較した画像を示す。

なお、本システムは、水槽の大きさなどによってはミラーリングを用いて他のディスプレイに投影することも可能であり、必ずしも一台のタブレット上で動作させなければ

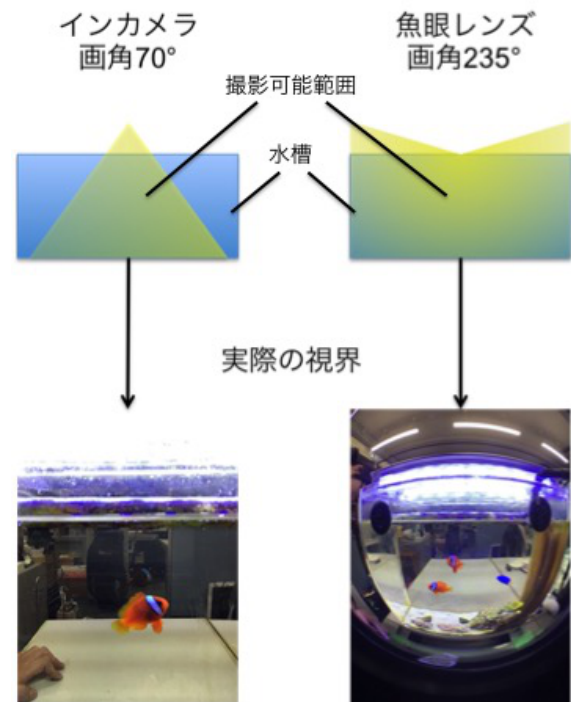


図2 インカメラと魚眼レンズの比較

ばならないという制約はない。

### 5.2.2 周囲の環境に左右されにくい魚認識

本システムは、さまざまな飼育環境下に対応し、観賞魚の認識とトラッキングを行う。従来の物体認識は、周囲の状況によって認識精度に差が出ることがあり、十分な精度を保つためには多くの正解画像が必要となる。また、複数の観賞魚を検知するときなど動作が重くなってしまう問題がある。

本システムでは、背景差分法による動体検知を用いることで、撮影した水槽内の画像から変化の大きい画素を探し出し、一定の大きさ以上の塊を水槽内で動いた物体領域としてラベリングを行う。これらの物体領域について観賞魚かどうかの判断をそれぞれ行う。これにより、多様な環境下でも複数の観賞魚を認識することが可能となる。

### 5.2.3 多様な魚種への適応性

システムは特定の魚種のみではなく、多様な観賞魚種を認識可能である必要がある。本システムでは認識された動体から、色と大きさのデータを取得し観賞魚と学習する。それにより、あらかじめプログラムで設定された観賞魚種以外にも対応可能となる。さらに、ユーザがあらかじめ水槽内の観賞魚の数を入力することで、過剰に認識してしまうことをなくす。

### 5.2.4 複数の観賞魚への適応性

本システムは、複数の鑑賞後が飼育される環境下であっても利用可能であるために、同時に別々の観賞魚を識別する必要がある。複数の観賞魚の動きを別々に取得するために、本システムは1フレーム前の動体の色、位置、大きさから観賞魚を同定する。これにより、複数の観賞魚が飼育

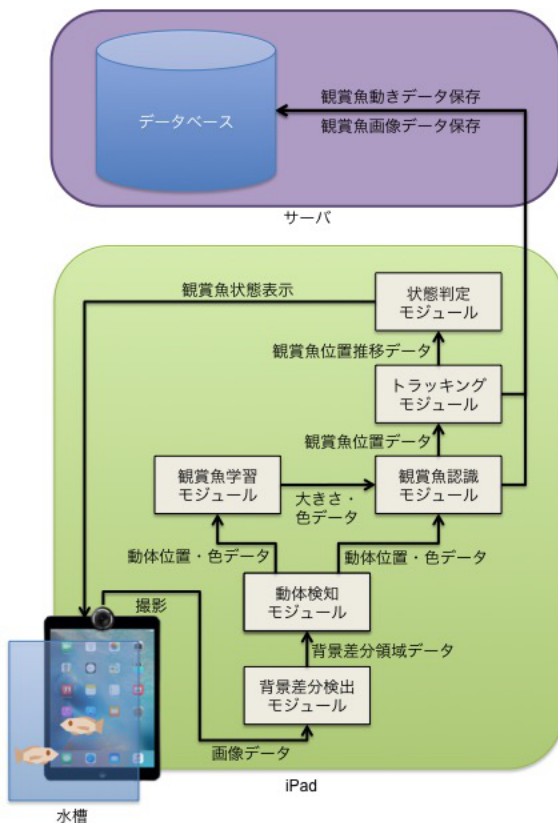


図 3 システム構成図

される環境下でも観賞魚の動きを一匹ずつ記録することが可能となる。

## 6. 実装

本章では、TalkingNemoPad の実装について述べる。図 3 に TalkingNemoPad のシステム構成図を示す。TalkingNemoPad は水槽内の観賞魚認識、観賞魚のトラッキング、観賞魚の状態判定と表示、それらの情報の記録の機能を持つシステムである。以下の説でそれぞれの機能について詳しく論じる。本システムは iOS 10 以上を搭載した iPhone もしくは iPad 端末上で動作する。

### 6.1 水槽内の観賞魚認識

水槽内の観賞魚認識機能では、先に述べたように 235° 魚眼レンズを取り付けた端末のインカメラを用いて行う。インカメラで撮影した画像は、画像処理ライブラリである OpenCV 3.1[16] によって背景差分法による動体検出処理を行う。なお、背景差分の検出には、アルゴリズムとして MOG2 を用いた。検出された背景差分は、OpenCV のラベリングアルゴリズムによって、差分のあった画素の塊を一つの動体として認識を行う。その後、画素の塊は動体の大きさ、面積、動体内の色の情報によって、あらかじめ学習された観賞魚の色と大きさをもとに観賞魚と判定される。

観賞魚の学習データは、ユーザによって入力された水槽内の観賞魚の個体数をもとに、水槽内の動体の数と照らし

合わせて作成する。なお、本システムが観賞魚の色と大きさのデータを学習する際も背景差分法によって動体を記録するため、ユーザは学習時に観賞魚以外の動体がインカメラに写りこまないよう留意する必要がある。

### 6.2 観賞魚のトラッキング

観賞魚のトラッキングは観賞魚の色、大きさ、位置の情報をもとに行う。認識された観賞魚は、1 フレーム前の観賞魚と色、大きさ、位置の近いものから同一の観賞魚と認識されるまた、観賞魚認識において観賞魚が一定フレーム数動かなかった際、背景差分法は観賞魚を背景と認識し動体は検出されなくなる。この際に観賞魚のトラッキングが外れることを防止するため、動体が検出されなかった際はもともと観賞魚として認識されていた範囲をトラッキングし続ける。

最後に、トラッキング機能は観賞魚ごとの重心の位置を記録する。

### 6.3 観賞魚の状態判定と表示

観賞魚は種類や個体・おかれた環境によってその生態や習性・行動が異なることがある。そのため、観賞魚の状態判定と表示機能において、本来、状態判定は観賞魚の種類に応じた学習モデルを用いるべきであると考えられる。だが、本稿においてはタブレット端末における多様な飼育環境下での観賞魚認識に焦点を当てるため、便宜的に 2 章にて挙げたこれまでの研究 [3], [4] と同様の学習モデルにて行う。今後、本システムを用いて多様な観賞魚種のデータを収集し、学習モデルの作成を行う予定である。

観賞魚の状態の表示に関しては吹き出しを用いて、タブレット端末のディスプレイに表示する。この際、認識された観賞魚の位置に吹き出しを表示することで観賞魚が自分の状態をしゃべっているように表示する。また、吹き出しの色に検出された観賞魚の動体領域の平均色を用いることで、ユーザの吹き出しがどの魚の状態を表すかの判断を容易にする。

### 6.4 情報の記録

認識された観賞魚の領域を切り出した画像データとトラッキングによる観賞魚の位置データは、端末上から無線通信によってサーバに送信される。これらのデータは、観賞魚の種類判定、観賞魚の種類に応じた状態判定などに利用し、今後本システムの機能として追加する予定である。

## 7. 評価実験

本稿では、TalkingNemoPad システムがさまざまな観賞魚飼育環境化で動作することを確認するために評価実験を行った。評価実験は、(1) 水槽の大きさ、(2) 水槽内の観賞魚の大きさ、(3) 水槽内の観賞魚の数、(4) 岩などの水槽内



図 4 水槽 1

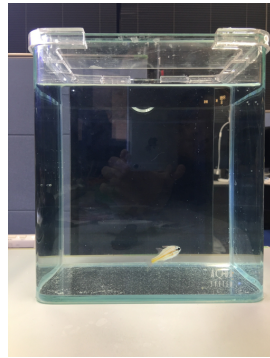


図 5 水槽 2

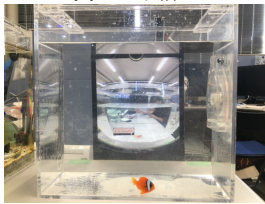


図 6 水槽 3



図 7 水槽 4

環境の4つの指標に着目し行った、以下の各節で詳細を示す。なお、評価項目として、観賞魚の検知精度、追跡精度と、観賞魚種の判定精度の3点の項目について評価した。評価方法はシステムを5分間動作させ、その間それぞれの項目について正確に動作したフレーム数を計測し、その割合を精度として評価した。

### 7.1 水槽の大きさに関する評価実験

水槽の大きさが変化することで、本システムが受ける影響として、水槽内のすべての領域を撮影可能でなくなる恐れがある。本システムが、多様な大きさの水槽に対応可能であることを示すために、4種類大きさの水槽を用意しそれぞれの水槽に対して本システムの性能を評価した。4種類の水槽はそれぞれ、

- 水槽 1 : 100 × 65 × 142 (mm) (図 4)
- 水槽 2 : 180 × 120 × 200 (mm) (図 5)
- 水槽 3 : 300 × 150 × 300 (mm) (図 6)
- 水槽 4 : 600 × 200 × 360 (mm) (図 7)

となっており、本システムは水槽 1 では iPhone 6S+ 上で、水槽 2 では iPad Air 2 上で、水槽 3 では 12.9 インチ iPad Pro 上で、水槽 4 では Apple TV に Air Play で接続された 12.9 インチ iPad Pro 上で動作している。各水槽には観賞魚が一匹ずつ入っており、水槽内に占める観賞魚の領域の割合をなるべく一定に保つため、小さい水槽には小さな観賞魚を、大きな水槽には大きな観賞魚を配置するよう配慮した。以上の条件下で、本システムの各水槽における観賞魚の検知精度と、観賞魚の追跡精度の2点について評価した。

評価結果を表 2 に示す。なお、検知精度よりも追跡精度が高いのは、観賞魚が一定時間動かずにいた場合背景とし

表 2 水槽の大きさに関する評価結果

	観賞魚の検知精度	観賞魚の追跡精度
水槽 1	72.2 %	73.8 %
水槽 2	97.2 %	99.0 %
水槽 3	96.5 %	98.1 %
水槽 4	88.1 %	91.4 %

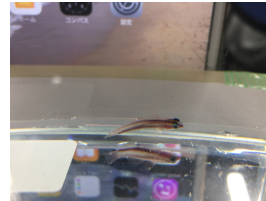


図 8 オヨギイソハゼ



図 9 バイカラードットイーバック



図 10 ルリスズメダイ



図 11 アミチョウチョウウオ



図 12 ハマクマノミ



図 13 ハナミノカサゴ

て認識されるため背景差分からは外れるが、トラッキング機能は最後に観賞魚を認識した場所を保持し続けるためである。評価の結果、水槽 1 以外では観賞魚の検知精度、観賞魚の追跡精度ともに 90 % 近い値となり、最も精度の低い水槽 1 においても、70 % 以上の精度で認識が可能であった。これらの結果から、本システムは大きさの異なる複数の水槽に適応可能であると言える。

### 7.2 水槽内の観賞魚の大きさに関する評価実験

次に、本システムが、様々な種類の観賞魚に対応することを示すために、大きさの異なる 6 種類の鑑賞魚に対して本システムの精度を評価した。実験に用いた観賞魚はそれぞれ、

- 観賞魚 1 : オヨギイソハゼ, 体長約 15mm (図 8)
  - 観賞魚 2 : バイカラードットイーバック, 体長約 30mm (図 9)
  - 観賞魚 3 : ルリスズメダイ, 体長約 35mm (図 10)
  - 観賞魚 4 : アミチョウチョウウオ, 体長約 40mm (図 11)
  - 観賞魚 5 : ハマクマノミ, 体長約 60mm (図 12)
  - 観賞魚 6 : ハナミノカサゴ, 体長約 80mm (図 13)
- を一匹ずつ用いた。魚種以外の条件を揃えるため、実験は

表 3 観賞魚の大きさに関する評価結果

	観賞魚の検知精度	観賞魚の追跡精度
観賞魚 1	12.7 %	13.1 %
観賞魚 2	93.6 %	98.4 %
観賞魚 3	92.8 %	96.2 %
観賞魚 4	96.5 %	98.1 %
観賞魚 5	95.8 %	97.0 %
観賞魚 6	87.5 %	89.4 %

表 4 観賞魚の数に関する評価結果

	観賞魚の検知精度	観賞魚の追跡精度	魚種の判定精度
1 匹	96.5 %	98.1 %	98.1 %
2 匹	92.4 %	96.2 %	95.5 %
3 匹	84.3 %	86.3 %	84.7 %
4 匹	74.2 %	75.4 %	73.3 %
5 匹	62.5 %	62.7 %	58.5 %
6 匹	49.3 %	49.4 %	43.7 %

前節であげた水槽 3 (300 × 150 × 300 (mm)) を用いた。以上の条件下で、本システムの各鑑賞魚における検知精度と、追跡精度の 2 点について評価した。

評価結果を表 3 に示す。観賞魚 1 以外では、観賞魚の検知精度、観賞魚の追跡精度ともに約 90 % を超える精度を記録した。観賞魚 1 に関しては、観賞魚のサイズが水槽の大きさに比べて小さく、背景差分が誤差として認識されてしまい、非常に低い精度となった。これらの結果から、本システムは水槽の 10 % 程度のサイズ以上の大きさの観賞魚に関しては、様々な種類の観賞魚に対応することが可能であると言えるだろう。水槽に対して小さな観賞魚に対して本システムを用いる際には、カメラの解像度を変更するなどの措置が必要になると考えられる。

### 7.3 水槽内の観賞魚の数に関する評価実験

さらに、水槽内に鑑賞魚が何匹いる状態までシステムが動作するかを確認するために、水槽内の観賞魚の数を変数とした評価実験を行った。実験内容としては、前節であげた水槽 3 に観賞魚を 1 ~ 6 匹まで入れ、それぞれの観賞魚の数での、観賞魚の検知精度、追跡精度と、観賞魚種の判定精度の 3 点の項目について評価した。

評価結果を表 4 に示す。観賞魚の検知精度、観賞魚の追跡精度、魚種の判定精度ともに、3 匹目の観賞魚までは緩やかに精度が下降し、4 匹目を越えたところで大きく精度が低下した。精度の低下原因としては、複数の観賞魚が重なり検知に支障が生じた時や、似た色の観賞魚とトラッキングが交差した場合などが見られた。通説では、観賞魚飼育の上で、飼育可能な生体数は 1L あたり 1cm<sup>3</sup> 程度と言われているため、上記の水槽には観賞魚が 3 匹、もしくは多くとも 4 匹が飼育の限界数となる。そのため、本システムは一般的な飼育環境下においては複数の観賞魚の個体に

表 5 水槽内環境に関する評価結果

	観賞魚の検知精度	観賞魚の追跡精度	魚種の判定精度
水槽 3	74.2 %	75.4 %	73.3 %
水槽 5	67.6 %	69.2 %	61.4 %

対応可能であると考えられる。

### 7.4 岩などの水槽内環境に関する評価実験

最後に、本システムがさまざまな水槽内環境下で動作することを確認するために、以下の二種類の環境の水槽を用意した

- 水槽 3 : 300 × 150 × 300 (mm), 底砂と魚のみ (図 6)
- 水槽 3 : 300 × 150 × 300 (mm), 魚, 底砂, 岩, サンゴなど (図 1)

水槽内の観賞魚数は通説での飼育限界数である 4 匹の観賞魚を用いた。以上の二つの水槽においてそれぞれ、観賞魚の検知精度、追跡精度と、観賞魚種の判定精度の 3 点の項目について評価した。

評価結果を表 5 に示す。すべての精度において、岩や珊瑚などが置かれた水槽では元の水槽を下回る結果となった。元の水槽と比べて精度が低下した要因としては、観賞魚が岩やイソギンチャクの陰に隠れていたことが挙げられる。様々な水槽内環境に対応する場合、認識精度にはさらなる向上の余地が存在すると言えるだろう。

## 8. まとめ

本稿では、観賞魚を飼育する多くの人にとって導入・実用可能な形でシステムを提供し、様々な観賞魚飼育環境から広くデータを収集することを目的として、一般に普及したタブレット端末上で動作する、飼い主と観賞魚のインタラクションシステム “TalkingNemoPad” を提案した。本システムは、一台のタブレット上で観賞魚の認識と状態の表示を行い、さまざまな飼育環境下で観賞魚の認識、トラッキング、行動の記録を行い、複数の観賞魚を魚種によって識別することが可能である。本稿では、水槽の大きさ、水槽内の観賞魚の大きさ、水槽内の観賞魚の数、岩などの水槽内環境の 4 つの指標に着目し評価実験を行い、精度を確認した。

今後、さらなる観賞魚の認識精度の向上に努め、実際の観賞魚飼育者に広くシステムを配布していきたい。また、それによって多くの種類の観賞魚のデータを集め、観賞魚の状態、種類判定などに利用していきたい。

### 参考文献

- [1] Animal-Computer Interaction 入手先  
(<http://www.open.ac.uk/blogs/ACI/>) (参照 2017-01-18).

- [2] 何でも調査団 (@nifty ニュース) 入手先  
([http://chosa.nifty.com/relation/chosa\\_report\\_A20120608/5/](http://chosa.nifty.com/relation/chosa_report_A20120608/5/))  
(参照 2017-01-18).
- [3] 磯川直大, et al. "Aqua Mapping: 水槽を介した観賞魚とのインタラクションシステム." 情報処理学会研究報告. UBI,[ユビキタスコンピューティングシステム] 2015.5 (2015): 1-8.
- [4] Isokawa, Naohiro, et al. "TalkingNemo: aquarium fish talks its mind for breeding support." Proceedings of the Third International Conference on Animal-Computer Interaction. ACM, 2016.
- [5] Chandroo, Kris P., Ian JH Duncan, and Richard D. Moccia. "Can fish suffer?: perspectives on sentience, pain, fear and stress." Applied Animal Behaviour Science 86.3 (2004): 225-250.
- [6] Rose, J. D., et al. "Can fish really feel pain?." Fish and Fisheries 15.1 (2014): 97-133.
- [7] Aquarimate - The Best Aquarium Maintenance App for iPhone & Android. 入手先 ([view-source:http://www.aquarimate.com/](http://www.aquarimate.com/)) (参照 2017-01-18).
- [8] Fishbit - Smart Tools For Beautiful Aquariums 入手先 (<https://getfishbit.com/>) (参照 2017-01-18).
- [9] 全国犬猫飼育実態調査 | 一般社団法人ペットフード協会 入手先 (<http://www.petfood.or.jp/data/index.html>) (参照 2017-01-18).
- [10] 統計局ホームページ 入手先 (<http://www.stat.go.jp/index.htm>) (参照 2017-01-18).
- [11] Valentin, Giancarlo, et al. "Towards a canine-human communication system based on head gestures." Proceedings of the 12th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology. ACM, 2015.
- [12] Yonezawa, Kyoko, Takashi Miyaki, and Jun Rekimoto. "Cat@ Log: sensing device attachable to pet cats for supporting human-pet interaction." Proceedings of the International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology. ACM, 2009.
- [13] Paldanius, Mikko, et al. "Communication technology for human-dog interaction: exploration of dog owners' experiences and expectations." Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2011.
- [14] 馬場研二, and 矢萩捷夫. "水質異常検知を目的とする魚類行動の画像監視." 水質汚濁研究 11.2 (1988): 114-122.
- [15] Gang Xiao, Tengfei Shao, Tianqi Zhu, Yi Li, Jiafa Mao, and Zhenbo Cheng. 2016. Attention Region Based Approach for Tracking Individuals in a Small School of Fish for Water Quality Monitoring. In Machine Learning and Data Mining in Pattern Recognition. Springer, 756760.
- [16] OpenCV 入手先 (<http://opencv.org/>) (参照 2017-01-18).