

携帯端末による遊泳中の魚種識別システムに関する研究

淵上 雄策¹ 鹿嶋 雅之¹ 福元 伸也¹ 佐藤 公則¹ 渡邊 睦¹ 広瀬 純² 佐々木 章²

概要：本論文では、遊泳中の魚を対象とした画像処理による魚種識別を行うシステムについて述べる。遊泳中の魚を対象としているため、従来の魚種識別の手法において用いられる背鰭や尾鰭等の指標ではなく、魚体の縦横比や色情報等の動きに左右されにくい指標を識別に用いる。魚種識別として、魚体の縦横比及び最頻出色により魚種の候補を挙げ、部位の色、縞模様の有無等の特徴を用いることで候補を絞り、最終的な魚種の特定を行う。本手法により 30 種の魚を対象とし 78.3% の識別結果を得た。本システムは水族館での活用を想定しており、携帯端末上で撮影から魚種識別まで行う。また既存の魚種識別のアプリケーションとの比較を行うことで有用性を検証する。

キーワード：画像処理、画像認識・理解、携帯端末インターフェース、魚種識別

Fish species identification system during swimming by mobile terminal

YUSAKU FUCHIGAMI¹ MASAYUKI KASHIMA¹ SINYA FUKUMOTO¹ KIMINORI SATO¹
MUTSUMI WATANABE¹ JUN HIROSE² AKIRA SASAKI²

Abstract: In this paper, we propose a fish species identification method for swimming fish by image processing. Since it is targeted at swimming fish, it's used for identification using indices which are hardly affected by movement such as aspect ratio and color information of fish body. Candidates for fish species are cited based on the aspect ratio and the most frequent color of the fish body, the features such as the color of the part and the presence or absence of the striped pattern are used to narrow down the candidates and specify the final fish species. This method obtained a recognition result of 78% in 30 fish species. This system is assumed to be used in an aquarium, aiming to construct a system that operates on mobile terminals.

Keywords: Image processing, Image recognition/understanding, PDA interfaces, Fish species identification

1. はじめに

水族館の水槽には多種多様の魚が混在し、来場者を楽しませる。その一方全ての魚に関しての情報を案内板に記載することは難しく、また魚名を知りたい場合に案内板から探している間に見失ってしまうこともある。スタッフに尋ねれば魚名や解説を得ることが可能であるものの、全ての水槽に常駐させることはコストの問題などから現実的ではない。しかし魚画像から魚種識別を行うシステムがあれば、魚名や解説などをその場で知ることが可能となる。

近年の携帯端末性能の向上は目覚しく、画像識別や個人

識別等様々な研究 [1][2] で活用されており、本研究においても携帯端末によって撮影された魚画像を用いて魚種識別を行う。魚画像を用いた魚種識別の研究 [3][4] が挙げられるが、これらは陸上に吊り上げられた魚を識別の対象としている。また水中の魚を対象として魚種識別を行った研究 [5] では、識別の対象をキチジ一種のみとしている。

本研究では、携帯端末を用いて撮影された遊泳中の魚を識別対象とし、色情報や縦横比等の魚体の動きに左右されにくい指標を用いた魚種識別システムを実現する。識別対象は、かごしま水族館で二番目に大きい水槽中の魚 30 種である。また本システムを、Android アプリケーションとして実装し、既存の魚種識別アプリケーションとの比較を行う事で本システムの有用性の検証を行う。

¹ 鹿児島大学大学院理工学研究科

² かごしま水族館

2. 関連研究

2.1 魚種識別に関する関連研究

魚の識別手法は主に二つに大別することができる。外見情報を用いた画像処理による手法 [3][4][5] と、外見以外のエコーによる音響的情報等による外見情報を用いない手法 [6] である。前者は外見情報を用いるため魚に接近できる場合で使用され、後者では海洋生物資源量の調査など遠隔的に魚種や魚の全長を取得する場合に用いられる。

本研究では水槽中の魚を対象としているため、外見情報を用いた魚種識別を行う。

2.2 外見情報を用いた魚種識別

外見情報を用いた識別においては、色や体形、大きさ、鰭や鱗の形 [3][4] などを指標として利用することが一般的である。中でも尾びれの形状のタイプによって魚種をある程度分別することが可能であり有効な指標である。しかし尾びれの形状は魚体の動きに左右されやすく、遊泳中の魚を対象とした場合安定した指標として期待することが出来ない。尾びれの形状を識別の指標とした [3] [4] においても陸上に釣り上げられた魚を識別の対象としている。

本研究では、遊泳中の魚を識別対象としているため、魚体の色や縦横比等の動きに左右されにくい特徴を用いた魚種識別手法を提案する。

3. 魚種識別システムの概要

撮影から魚種識別までの手順を図 1 に示す。入力画像として魚体を真横から撮影し、識別の前処理として魚の頭が右側に、尾が左側になるように回転させ、魚体領域のみを抽出するために背景除去を行う。特徴抽出に関しては、処理した画像に対し色や形状による特徴量を取得する。最後の識別段階においては、まず魚体の縦横比及び最頻出色を取得し候補を絞る。次に絞られた候補群に応じて模様の有無やその数、体色の割合などの特徴を抽出し魚種の識別を行う。

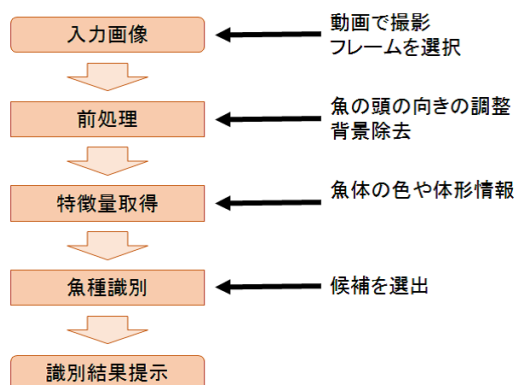


図 1 システムの概要

4. 前処理

本節では魚の撮影から魚体領域の抽出のための背景除去の手法について述べる。

4.1 入力画像の取得

入力画像として、魚体の特徴を一番取得できる真横から撮影した画像を用いる。近年の携帯端末搭載のカメラ機能の向上は目覚しく、鮮明な写真を撮れるものの、移動物体を撮影しようとするときピント調節が追いつかずぶれた写真になってしまう。あるいは激しく動き回る魚においては魚体が横を向ける瞬間を捉えることが困難である場合もあり、魚種識別のための入力画像を写真で取得することは難しい。そのため静止画ではなく遊泳中の魚を、動画として撮影し、その後 1 フレームずつ分割し提示することで、入力画像として適切な画像を選択する。その後、頭が右側、尾が左側になるように、回転・反転を行う。

4.2 背景除去

背景除去には GrabCut[7] を用いる。GrabCut は前景情報及び背景情報を初期値として前景抽出を行うアルゴリズムである。初期値の与え方として、矩形を用いるものと、前景情報と背景情報をマスクとして指示する 2 つの方法が存在し、それらを組み合わせた対話的背景除去を行う。

4.2.1 矩形による指示

魚体を矩形で指定し前景、つまり魚体領域を抽出する。また入力画像全体に対して処理を行うのではなく、図 2 に示すように、指定した魚体領域の周辺部のみを処理対象と指定することで、処理の高速化を行う。図 3 に示すように背景がシンプルであると魚体のみを抽出することが可能であるが、図 4 に示すように背景条件によっては、完全に背景を除去できない場合が存在する。

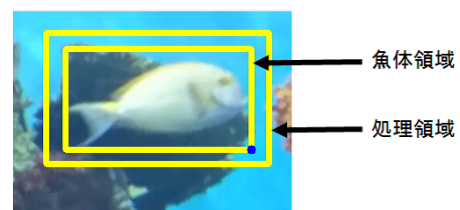


図 2 処理領域

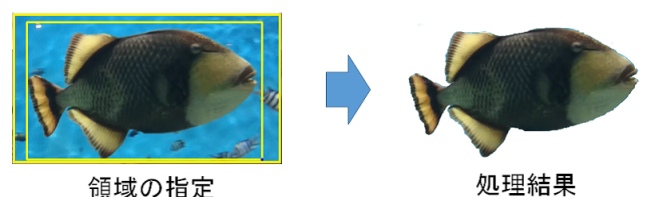


図 3 背景がシンプルである場合の GrabCut



図 4 背景がシンプルでない場合の GrabCut

4.2.2 Mask による指示

先述したように、矩形を用いた前景指示による GrabCut では背景を除去しきれない場合がある。その場合は図 5 のように魚体領域を前景 (黒色線)、それ以外の領域を背景 (灰色線) とした Mask を作成し、背景除去を行う。また十分に背景を除去できていない処理結果に対しては背景と前景の Mask 情報をより細かく設定することで、より正確な背景除去を行うことが可能である。



図 5 Mask を用いた GrabCut

4.2.3 手動による指示

図 6 に示すように、魚体と背景の色がほぼ同一、あるいは影の影響が強い等の状況では、GrabCut による背景除去ができない。その場合は、図 7 に示すように、魚体を手動で囲み、その領域内部を魚体領域として扱う。

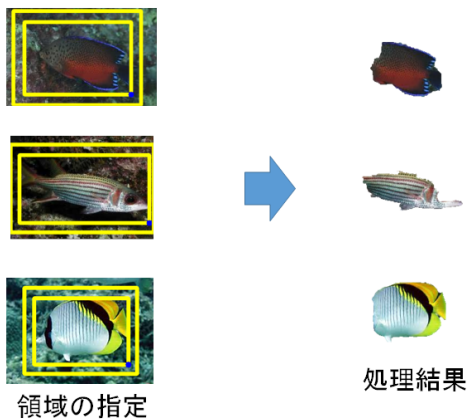


図 6 魚体と背景の色が似ている場合の GrabCut

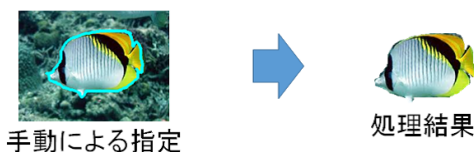


図 7 手動による指示

5. 特徴量取得

本節では識別に用いる特徴量の取得手法について述べる。前述したように魚種識別には色や体形といった全体の特徴、鰭や顎のような局部的特徴を指標として用いる。しかし、尾びれや背びれといった形状は遊泳中の魚から安定して取得することは困難である。そのため、本研究では動きの影響を受けにくい指標として縦横比、最頻出色、縞模様等の特徴量を用いる。ただし、同一固体、または同一種の魚であっても、個体差やその時の魚の動きによって必ずしも同じ値を取得できるわけではない。

5.1 縦横比

魚領域の外接矩形における長辺と短辺の比率で、その多くが高さよりも幅が大きいため、魚の高さに対する横の割合を、縦横比とした。

5.2 最頻出色

魚の体表色のうち最も割合の多いものを HSV モデルの H(色相: 0~180) の値として算出する。画像を HSV 形式に変換後、色相ヒストグラムを算出しそのピーク値を持つ色相をその魚の最頻出色とした。例えば図 8 の魚の場合の最頻出色の色相値は 103 であり、色としては青色である。

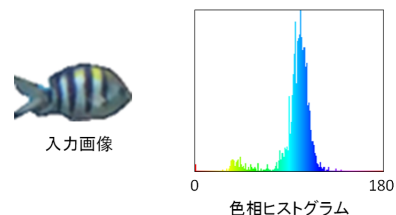


図 8 色相ヒストグラム

5.3 縞模様

縞模様は、明度情報を用いて検出を行う。魚領域の縦一列ごとの重心を取得し、次に点群に対して最小二乗法より近似二次曲線を求め、その曲線状の明暗情報を算出する。さらに式 (1) による単純移動平均によって平滑化を行い、ノイズの除去をする。こうして明度のプロフィール情報を取得する。

$$V_n = \frac{V_{n-2} + V_{n-1} + V_n + V_{n+1} + V_{n+2}}{5} \quad (1)$$

また本研究の識別対象となる魚種の中において、縞模様は黒またはそれに準じる色であった。そのため明暗情報の谷部分を縞模様部分として検出した。ただし全ての谷を縞模様として扱うと誤検出してしまうので、谷と隣接する山との明度値の差が少ない場合は、そこを縞模様として扱わ

ないことにした。またこの手法により縞模様を検出し、点として示した例を図9に示す。魚種によっては縞模様の個数が決まっている固体もあるため、縞模様の有無だけではなく、検出個数も指標として用いることが可能である。

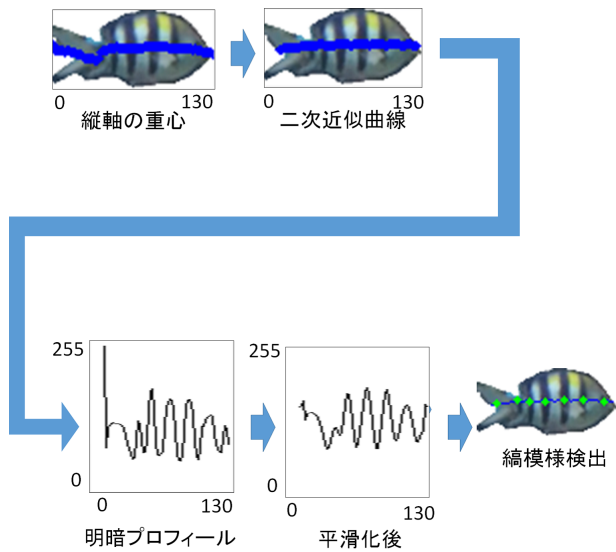


図9 縞模様検出例

5.4 部位色

部位の色を、尾びれや背中に、体表色に対して特異な色を帯びている種に対しての指標とする。体形や縞模様等の特徴もほぼ同一であるが、背中に黄色を帯びていることにより区別を行う種もあるため有効な手法である。魚体を尾びれや背中の領域として分割し、部位領域内における指定範囲の色相を持つ領域の割合により、その部位がその色を帯びているか判断する。図10に挙げる3種は順に、背中、尾、背びれから尾びれの部分に黄色を帯びており、部位色を検出した結果を示す。

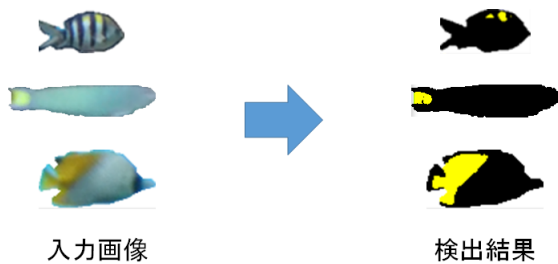


図10 部位色の検出例

5.5 暗色検出

暗色の出現部位を、前方と後方あるいは上部と下部で暗色と灰色等の2色に分かれている種に対する指標とする。HSVモデルのV(明度)の値を使用する。部位色の取得と同様に、部位領域内部における閾値を越える領域の割合によりその部位が暗色を持つか判断する。図11に挙げる2種は順に、前方、後方部分が暗色であり、検出した結果を示す。



図11 暗色の検出例

5.6 体表色の濃さ

体表色の全体的な彩度値を検出する。HSVモデルのS(彩度)の値として算出する。画像をHSV形式に変換し、彩度ヒストグラムを算出し、そのピーク値を持つ彩度値を体表色の濃さとした。図12に示す体表色の薄い種の場合と濃い2種において、彩度ヒストグラムのピーク値が異なる彩度値で出現することを確認した。

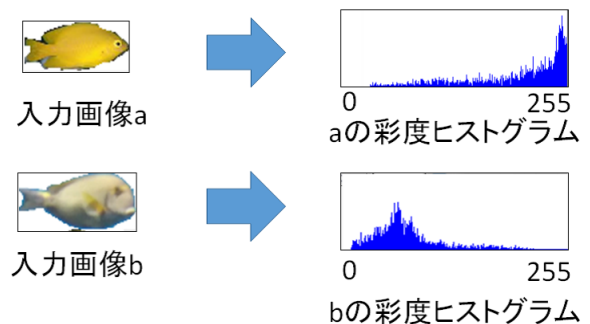


図12 彩度ヒストグラム例

6. 魚種識別

ここでは、前節で説明した特徴量を用いた魚種識別の手順について述べる。識別手法は図13に示すように、入力画像に対して縦横比及び体表色の最頻出色により、魚種の候補を絞る。その後、候補群に応じた特徴量を用い候補を絞る操作を繰り返し、最終的な候補を提示する。

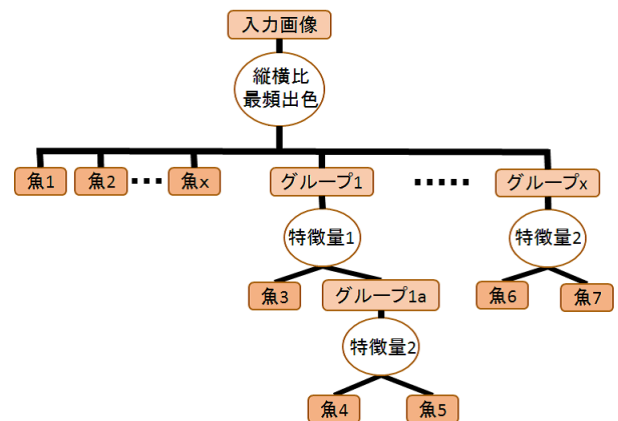


図13 魚種識別の流れ

6.1 縦横比と最頻出色

縦横比 (以降 F 値) と最頻出色 (以降 H 値) を用いた識別について述べる。

6.1.1 魚種ごとの縦横比と最頻出色

縦横比と最頻出色による識別を行う。個体差や画像の写り方の問題等の要因により、同一固体、あるいは同一種においても F 値と H 値に差が生じる。そのため 1 種につき 5 枚ずつ識別データを設定し、その種が取り得る F 値と H 値と取得する。例としてオヤビッチャという種の識別データの F 値と H 値は表 1 のようになり、これよりオヤビッチャの F 値の取り得る範囲は 1.80 から 2.52, H 値取り得る範囲は 95 から 103 とする。また識別対象全てと同様に F 値と H 値の取り得る範囲を取得し、その例を表 2 に示す。

表 1 識別データ群の縦横比と最頻出色

番号	入力画像	縦横比 (F)	最頻出色 (H)
1		1.95	99
2		1.80	95
3		2.12	102
4		2.32	98
5		2.52	103

表 2 魚種ごとの縦横比と最頻出色の範囲の例

魚名	縦横比 (F)	最頻出色 (H)
アカマツカサ	$2.70 \leq F \leq 2.97$	$2 \leq H \leq 8$
アカモンガラ	$1.47 \leq F \leq 1.75$	$107 \leq H \leq 120$
アマミスズメダイ	$1.62 \leq F \leq 2.07$	$90 \leq H \leq 109$
ウロコマツカサ	$1.97 \leq F \leq 2.20$	$3 \leq H \leq 8$
オグロトラギス	$3.62 \leq F \leq 3.80$	$88 \leq H \leq 92$

6.1.2 縦横比と最頻出色の二次元表現

取得した各魚種の取り得る 2 値の範囲に関して、横軸を F 値、縦軸を H 値として魚種毎の F 値と H 値のマップとする。このマップ上に、各魚種の領域を明示したものが図 14 である。また領域の濃淡は、どの程度領域が重複しているかを示し、濃くなるほどその F 値と H 値を含む魚種が多く存在していることを示している。そのため入力画像の F 値と H 値を含む領域が重複していない場合は、魚種をその領域を持つ魚種を識別結果とする。例えば図 15 のように入力画像が F=4.3, H=80 であった場合、魚種をオトメベラと特定できる。また最も重複している値の例として F=2.0, H=102 の点においては、図 16 のように、アマミスズメダイ、オヤビッチャ、ナメラヤッコ、ヒレナガハギ、ミスジリュウキュウスズメダイの 5 種の領域が含まれる。

また、入力画像の F 値と H 値を領域に含む魚種が存在しない場合は、最近傍探索により最も近い領域を、候補の魚種とした。ただし F 値と H 値でスケールが異なるため、以下の式 (2) により 0 から 100 までの数値に変換する。また、F 値に関しては min=0, max=6 とし、H 値に関して

は min=0, max=180 として変換を行った。その例として、F=1.35, H=115 の点において最近傍探索によって、アカモンガラが候補が選出された結果を図 17 として示す。

$$O = (I - \min) \frac{100}{\max - \min} \quad (2)$$

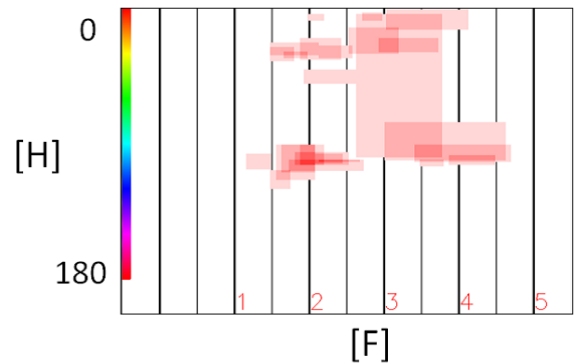


図 14 魚種毎の縦横比と最頻出色の領域

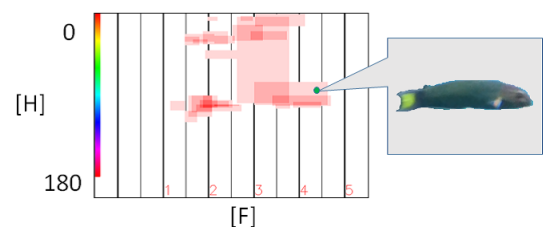


図 15 F=4.3, H=80 を含む領域

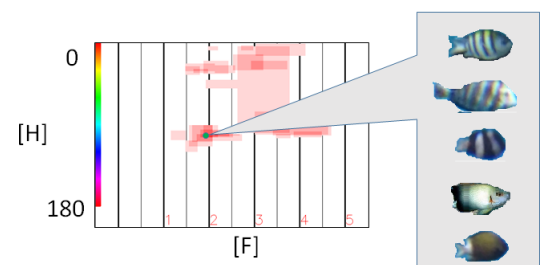


図 16 F=2.0, H=102 を含む領域

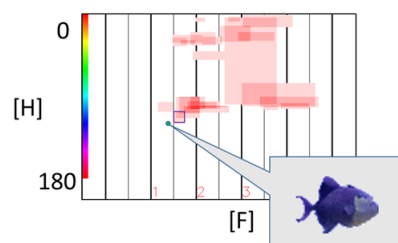


図 17 最近傍探索による候補選出

6.1.3 縦横比と最頻出色による識別

入力画像の F 値と H 値を取得し、その値を 2 値の範囲に含む魚種を候補として選出する。一つの魚種のみが候補として挙げた場合にはそれを識別結果とし、複数の魚種が候補として挙げられた場合には、さらなる特徴量を用いて魚種の識別を行う。

6.2 特徴量による識別

縦横比と最頻出色による識別の結果、複数の魚種が候補として挙げられた場合には候補に応じた特徴量を用いて識別を行い、魚名の提示を行う。また以下の項でどのような特徴量を用いて識別しているかを例を挙げて解説する。

6.2.1 識別例 1

図 18 を入力画像とした時、縦横比と最頻出色により、1. アマミスズメダイ、2. オヤビッチャ、3. ナメラヤッコ、4. ヒレナガハギ、5. ミスジリュウキュウスズメダイの 5 種が候補として選出される。またこの時図 18 で示されている候補群の並びは、あいいうお順で表示されている。この 5 種が候補に挙げられた場合は、縞模様の有無、部位色、暗色の特徴量を用いる。縞模様の有無において候補 2, 4, 5 と候補 1, 3 の二つに分類される。また候補 5 においては縞模様の個数が 3 個であるという特徴があるため 2, 4 と 5 の二つに分類できる。入力画像は図 19 で示すように縞模様が有り、縞模様の個数により候補 2, 4 の二つに絞られた。また候補 2 には背中が黄色を帯びている特徴が有り、図 20 に示すように、背中が黄色を帯びているため、この魚は候補 2 のオヤビッチャであると識別する。また入力画像に縞模様が検出されず候補 1 及び 3 が選出されなかった場合においては、暗色部分を検出しその出現部位が前方であれば候補 1、後方であれば候補 3 であると識別を行う。

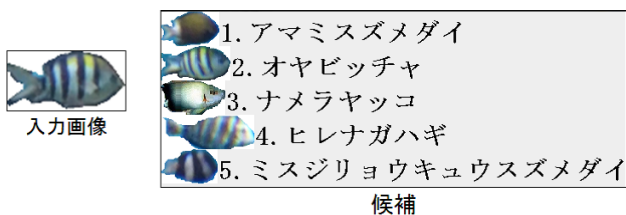


図 18 縦横比と最頻出色による候補選出例 1

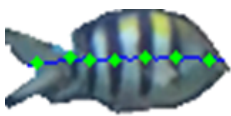


図 19 縞模様検出



図 20 部位色検出

6.2.2 識別例 2

図 21 を入力画像とした時、縦横比と最頻出色により、1. セダカスズメダイ、2. ニセタカサゴ、3. ハリセンボンの 3 種が候補として選出される。この 3 種が挙げられた場合には縞模様の有無、部位の色の特徴量を用いる。候補 3 においては模様及びハリセンボンが持つ針の影が縞模様として検出され、残りの候補 1 及び 2 には縞模様が検出されない。図 22 に示すように入力画像からは縞模様が検出されなかったため、候補 1 及び 2 に絞られた。次に尾の色において候補は胴体と同じ赤色である特徴があり、赤色の抽出を行ったが図 23 に示すように入力画像においては尾の領域にお

いて赤色領域の割合が閾値を超えていなかったため、この魚は候補 1 のセダカスズメダイであると識別する。

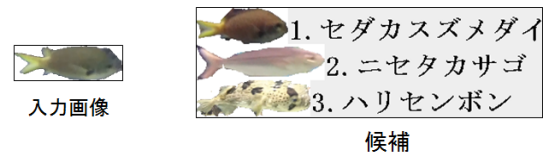


図 21 縦横比と最頻出色による候補選出例



図 22 縞模様検出



図 23 部位色検出

6.2.3 識別例 3

図 24 を入力画像とした時、縦横比と最頻出色により、1. ニセカンランハギ、2. ネットアイスズメダイの 2 種が候補として選出される。この 2 種の場合には体表色の濃さの特徴量を用いる。候補 1 の彩度のピーク値は 30 から 60 の範囲に出現し、候補 2 においては 100 から 170 の範囲に出現する。入力画像の色相ヒストグラムを表すと図 25 のようになっており、ピーク値は $S=81$ に現れたため、この魚は候補 1 のニセカンランハギであると識別する。

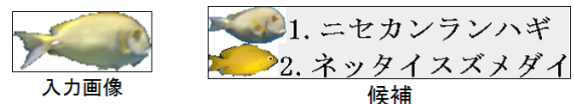


図 24 縦横比と最頻出色による候補選出例 3

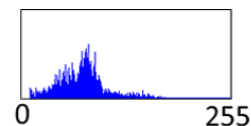


図 25 入力画像の彩度ヒストグラム

7. 評価実験

本実験では、水槽中の魚を新たに撮影し 60 枚を入力画像とし、提案した特徴量および識別手法を用いて入力画像から魚種を識別する実験を行った。また同じ 60 枚のデータを用いて既存の魚種識別アプリ「魚みつけ」[8] との比較を行った。

7.1 識別対象

かごしま水族館の中でも 2 番目に大きく、最も多くの種が混在している水槽中の魚種を識別対象とした。水槽中には魚だけでなく甲殻類やヒトデ等の軟体動物を含めて 104 種 710 匹が存在し、その内魚は 93 種 680 匹存在する。しかし 1 匹しか居ない種や、全長が 3cm 程度の種、岩陰に隠れている種等のデータ収集が困難な種が多く存在した。そのため本研究では 93 種の中でも 3 匹が存在しデータを採取が可能であった表 3 に示す 30 種を識別の対象とした。

表 3 識別対象

魚名	画像
アカマツカサ	
アカモンガラ	
アブラヤッコ	
アマミスズメダイ	
ウロコマツカサ	
オグロトラギス	
オジサン	
オトメベラ	
オニハタタテダイ	
オヤビッチャ	
クギベラ	
クマドリ	
ゴマモンガラ	
セダカスズメダイ	
ソメワケベラ	
チョウチョウウオ	
チョウハン	
トゲチョウチョウウオ	
ナメラヤッコ	
ニシキベラ	
ニセカンランハギ	
ニセタカサゴ	
ネットアイズズメダイ	
ハタタテダイ	
ハリセンボン	
ヒレナガハギ	
ホンソメワケベラ	
ミスジリュウキュウスズメダイ	
ユメウメイロ	
ロクセンスズメダイ	

7.2 提案手法による実験

最終候補及び、縦横比と最頻出色候補に選出された魚種群を提示し、それぞれに正しい魚種が含まれた結果を表 4 に示す。入力画像 60 枚に対し、第 1 候補に正しい魚種を挙げたのは 70%(42 枚)、第 2 候補から第 5 候補にあげたのは 8.3%(5 枚)であった。

7.3 「魚みつけ」による実験

図 26 で示す、携帯端末を用いた魚種識別アプリケーションであり、識別対象は約 2 千種である。入力画像として魚の頭が左、尾が右を向いており、背景が布や地面の上など比較的シンプルである画像を対象に識別を行う。識別のデータとして web 魚図鑑の約 37,000 点のデータを使用している。魚の写真を撮影しアップロードすると魚の候補が現れ、解説を得ることが可能である。

提案手法による実験と同じく、入力画像 60 枚を用いて実験を行った。その結果を表 4 に示す。第 1 候補に正しい魚種を挙げたのは 21.7%(13 枚)、第 2 候補から第 5 候補に

あげたのは 1.7%(1 枚)であった。

表 4 提案手法と「魚みつけ」による識別結果

	識別候補		合計
	第 1 候補	第 2 から第 5 候補	
提案手法	70.0%(42 枚)	8.3%(5 枚)	78.3%(47 枚)
魚みつけ	21.7%(13 枚)	1.7%(1 枚)	23.3%(14 枚)



図 26 Android アプリ「魚みつけ」の紹介画像 [8]

8. 考察

提案手法による識別率は 78.3%であり、「魚みつけ」より高い識別精度を出した。識別に失敗した例として、識別データ群の F 値と H 値の領域から外れるほどに、体表色の見え方が大きく変化した図 27 のような種や、長い背びれを持ち、遊泳速度に応じて縦横比が変化する図 28 のような動きに応じて変化する種らが挙げられる。また縦横比と最頻出色により選出された魚種群の中でも図 29 のように体表色の色の割合が似ている種において最終識別を失敗することが多かった。これらの問題は識別データを増やし、照明による体表色への変化や動きによる変化にも対応させることでの対処を行う。

提案手法による魚種識別と「魚みつけ」による魚種識別を比較に関して、表 5 に示す。識別の元となるデータを水槽中の画像を用いるか、図鑑のように地面においた画像を用いているかの点が異なっている。本手法と「魚みつけ」の識別結果において、背びれが小さい種や遊泳中に図 30 のように体形の変化が少ない画像においては、両方とも識別精度が高かったものの、図 31 のように変化が大きい画像に対して提案手法の方が識別精度が高かった。また図 32 のように魚体の色が水や光源の影響を受け体色の見え方が異なった画像においても、提案手法の方が識別精度が高い結果となった。

表 4 及び表 5 が示すように、本研究では魚体の動きに影響を受けにくい指標を用いることにより、遊泳中の魚を対象とした魚種識別において、「魚みつけ」より高い魚種識別

精度を実現した．ただし今回提案した特徴量では図 33 のように体系が丸みを帯びているかどうかの識別の指標となる種等に対しては識別が困難であり，用いる指標を増やす等の改良が必要である．

表 5 提案手法と「魚みつけ」との比較

項目	魚みつけ	提案手法
識別データ	釣り上げた魚	遊泳中の魚
動きの影響が少ない種	○	○
動きの影響が大きい種	×	△
照明による影響を受ける種	×	△



図 27 照明の影響を受けやすい種



図 28 縦横比が大きく変化する種



図 29 特徴が似ている種

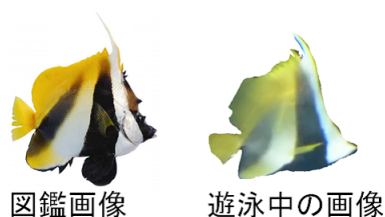


図 30 動きによる体形変化が少ない例

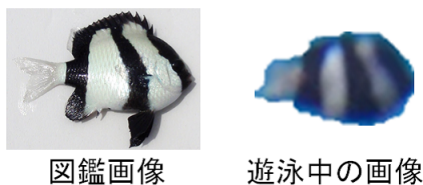


図 31 動きによる体形変化が多い例



図 32 色の見え方の差が大きい例

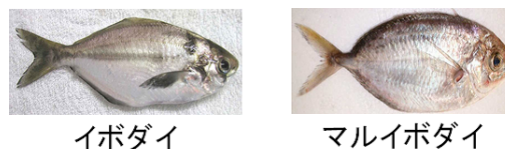


図 33 識別困難な画像

9. 携帯端末での実現

入力画像取得から魚種識別までのシステムを，Android アプリとして実装した．また魚種識別が行われた後に，PC 上での動作と比較した場合 Android アプリの方がユーザビリティが高かった．特にタッチパネルによる操作は，背景除去を行う際にマウスよりもより細かい指定が可能であった．ただし指で操作した場合，指の影で魚が隠れてしまうためタッチペンによる操作が望ましく，操作性の改良が今後の課題である．

10. おわりに

本研究では，色情報や縦横比，縞模様の有無等の魚体の動きに左右されにくい特徴量を用いた魚種識別システムを Android アプリケーションとして実現した．今後の課題として，水槽中の照明状況に応じた識別データの増加，魚種識別の対象が増加した時に用いる特徴量の追加やアプリケーションの操作性の評価を行うことが挙げられる．

参考文献

- [1] 吉藤 大貴, 宮森 恒, “ユーザ調理環境の自動登録に向けた調理道具の識別手法の検討”, 電子情報通信学会技術研究報告. DE, データ工学, vol.114, no.204, pp.1-5, (2014).
- [2] 山田 健一郎, 納富 一宏, 齊藤 恵一, “スマートフォン操作時における行動的特徴量を利用した個人識別手法”, バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌, vol.16, no.1, pp.41-48, (2014).
- [3] 園部 博崇, 野田 真樹子, 高木 佐恵子, 吉本 富士市, “モバイル機器を利用した魚の画像検索システム”, 第 65 回全国大会講演論文集, pp.9-10, (2003) .
- [4] 仲松 幸信, 姜 東植, 宮城 隼夫, “デジタル画像を用いた魚種の識別” 電子情報通信学会技術研究報告. CS, 通信方式 Vol.106, No.421, pp.49-52, (2006).
- [5] 西田 祐也, 浦 環, 濱津 友紀, 永橋 賢司, 稲葉 祥梧, 中谷 武志, “自律型海中ロボット用いたオホーツク海における底生水産資源量の調査” ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2015, ”2A2-D02(1)”-”2A2-D02(4)”, (2015).
- [6] M. E. Zakharia, F. Magand, F. Hetroit and N. Diner, “Wideband sounder for fish species identification at sea”, ICES J. Mar. Sci. , vol.53, no.2, pp.203-208 (1996).
- [7] C. Rother, A. Blake, and V. Kolmogorov, “GrabCut - interactive foreground extraction using iterated graph cuts” ACM Trans. on Graphics, Vol.23, No.3, pp. 309-314, (2004).
- [8] ズカンドットコム, “魚みつけ”, <http://zukan.com/fish/mikke>, 参照 2016)