Vol.2015-CVIM-197 No.26
2015/5/19

魚画像認識に有効な特徴量の検討

柴田 利樹[1]　齊藤 剛史[1,a)]

概要：本論文では画像処理技術を利用した魚種同定に取り組んでいる．従来手法の多くは自動処理化を図るため，白背景あるいは領域抽出しやすい魚画像を用いていた．本論文では手動で特徴点を与えるアプローチを採る．これにより岩場などで撮影された複雑背景の魚画像も処理対象とする．また認識に有効な特徴量を検討するため，特徴点より求まる形状特徴量，局所特徴量および 6 種のテクスチャ特徴量を検討した．様々な条件で撮影された 81 種の魚画像に対して認識実験を適用した結果，形状特徴量と局所特徴量を用いた場合に高い認識精度を得られることを確認した．

キーワード：魚画像，形状特徴量，局所特徴量，テクスチャ特徴量

Efficient features for image-based fish recognition

Toshiki Shibata[1]　Takeshi Saitoh[1,a)]

Abstract: We are studying image-based fish identification. Most of traditional approaches used a fish image which was easy to extract a fish region with a white background or uniform background for automatic processing. This research adapted an approach to give several points by manual operation by the user. The proposed approach is able to accept the fish image in the complicated background taken on the rocky place. Furthermore, to investigate the efficient features for fish recognition, we defined various features, such as, shape features, local features, and six kinds of texture features. We collected 81 species under various photography conditions, and the proposed method was carried out to it. As the results, it was confirmed that shape features and local features obtained the highest recognition accuracy.

Keywords: Fish image, shape features, local features, texture features.

1. はじめに

近年の温暖化の影響で，魚の生息分布が変化しつつあり，これまで生息していなかった有毒魚が目撃されている．形状が似ている有毒魚と無毒魚もあり，見慣れない魚の識別は素人だけでなく専門家でも難しい場合がある．そこで本研究では画像処理技術を用いた魚種識別について取り組む．

画像処理技術を用いた魚種認識に関する研究として，Alsmadi ら [1] は魚画像の腹部矩形領域を切り出し，カラーヒストグラムから 2 特徴量，同時生起行列より求まる 3 特徴量を求め，合計 15 個の特徴量を定義している．認識処理には 3 層の階層型 NN を適用している．20 種 610 枚の魚画像を用いた実験の結果 84%の認識精度を得ている．Huang ら [2] は水中カメラを用いて撮影された水中の魚を対象とした認識手法を提案している．Grabcut により魚領域を抽出し，色，形状およびテクスチャを合わせた 66 個の特徴量を定義し，逐次特徴選択により特徴量の次元数を削減している．階層型の識別器を用いて，10 種 3179 枚の魚画像より 95%の認識精度を得ている．Storbeck と Daan は 6 種を対象としニューラルネットワークを適用した手法を提案している [3]．平岡らは魚の輪郭線とテクスチャ特徴量を用いた手法を提案している [4]．50 種で 97.3%の認識率を得ているが，図鑑の画像を用いており，2 値化処理により正確な輪郭線を抽出している．平らは形状特徴を用いてニューラルネットワークによる認識手法を提案している [5]．11 種

1 九州工業大学
Kyushu Institute of Technology, Kawazu 680–4, Iizuka, Fukuoka 820–8502, Japan
a) saitoh@ces.kyutech.ac.jp

© 2015 Information Processing Society of Japan

各 10 サンプルに対する認識実験を報告している．仲松らは 5 個の形状特徴量，4 個の色特徴量を定義している [6]．70 種 120 枚の魚画像を用いた実験の結果，26%の精度を得ている．対馬らは水族館で撮影された魚画像に対する認識手法を提案している．Grabcut を適用して魚領域を抽出し，色特徴量と形状特徴量を定義している．30 種 203 枚の画像に対する認識実験の結果，約 80%の認識精度を得ている．

従来研究の多くは白色背景の魚画像あるいは水中の魚であるが魚領域が他の物体と重ならず領域を抽出しやすい画像を入力としている．一方，本研究では，提案する魚種識別手法を利用したアプリ開発を目標としている．そのため，釣った魚をその場で識別することを考慮する必要があり，船上や岩場で撮影するときに白背景で撮影することは困難である．そこで本研究では背景の撮影条件を設けずに撮影された魚画像を対象とする．

本論文では，魚画像を入力として自動的に魚種を認識するのでなく，特徴点を手動で入力し，特徴点に基づく形状特徴量を提案する．その他に局所特徴量，複数のテクスチャ特徴量を用い，特徴量の組み合わせ実験などを通じて魚種識別に有効な特徴量を検討する．

2. データセット

本研究では，北九州北部でよく見かける釣魚 44 科 81 種を選定し，インターネットを通じて各種 20 サンプルの魚画像を収集した．ただし，一般的な魚形状を横から撮影した魚画像より観測されるヒレなどを特徴点として利用するため，図 1 左のタチウオなどのように細長い体をもち撮影時に曲がって撮影されやすい魚種や図 1 右のゴンズイのように側面からの撮影でなく特徴点の入力が困難な魚種は識別対象から省いた．図 2 に本研究で認識対象とする魚画像例を示す．インターネットから収集したため撮影者は不特定多数であり，撮影に利用されるカメラや画像サイズは多種多様であった．収集画像 1620 枚の内，最小画像サイズは 200 × 160 画素，最大画像サイズは 5184 × 3456 画素であった．

3. 前処理

3.1 特徴点のアノテーション

本研究では，図 2 に示したように自然な状態で撮影された魚画像を入力に用いる．そのため魚領域と背景の境界が不明瞭であり，魚領域を自動的に抽出することは困難である．そこで図 3 に示す口（P_1），背ビレの前側（P_2），尾ビレの付け根（P_3），尻ビレの前側（P_4）の 4 特徴点を手動で与える方針を採る．これら 4 特徴点は魚の代表的な部位であり，魚の素人でも特定しやすい部分である．

図 1　認識対象にしない魚画像例（左：ゴンズイ，右：タチウオ）

図 2　認識対象の魚画像例（左：アイゴ，右：キジハタ）

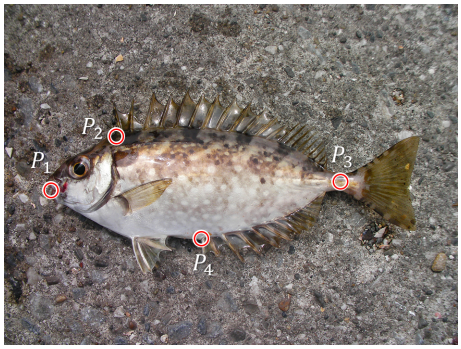

図 3　4 特徴点

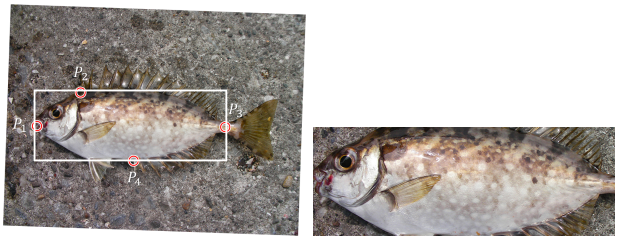

図 4　正規化処理（左：アフィン変換適用後，右：切り出し後）

3.2 正規化処理

2 で述べた通り，データセットの画像サイズは統一されておらず，また魚の向きも統一されていない．そこで **3.1** で入力された特徴点を利用して魚画像の大きさと魚の向きの正規化処理を施す．

正規化処理では，最初に図 4 左に示すように二つの特徴点 P_1 と P_3 の距離が L 画素となるように画像を拡大あるいは縮小し，また P_1 と P_3 が同じ y 座標に位置するように回転する．次に，図 4 右に示すように 4 特徴点を結ぶ矩形領域を切り出す．

4. 特徴量

本研究では魚の画像認識に有効な特徴量を検討するた

© 2015 Information Processing Society of Japan

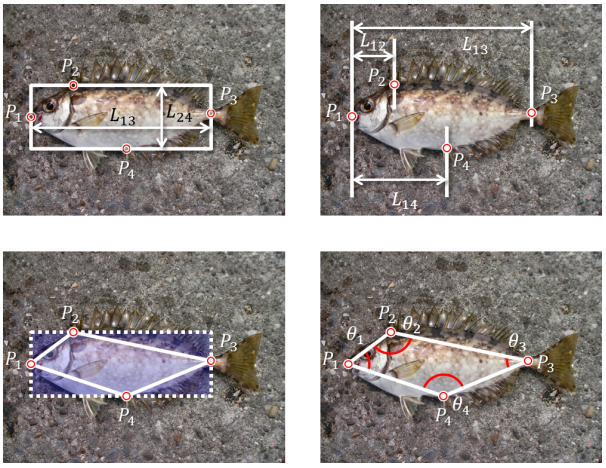

図 5　形状特徴量

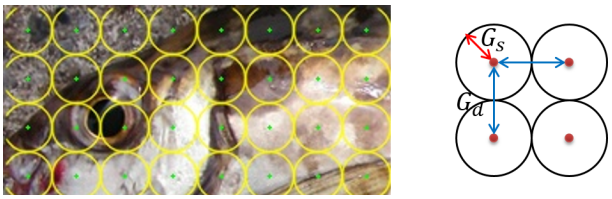

図 6　Dense sampling

め，形状特徴量，局所特徴量，テクスチャ特徴量の 3 種の特徴量を定義する．

4.1　形状特徴量

本論文では 4 特徴点から以下に定義する 8 個の形状特徴量を定義する．また各特徴点と形状特徴量を求めるためのパラメータの関係を図 5 に示す．

(1) アスペクト比（L_{24}/L_{13}）
(2) 4 特徴点を角とする多角形面積 S_1 と 4 特徴点を通る矩形面積 S_2 の比率（S_1/S_2）
(3) 背ビレの位置（L_{12}/L_{13}）
(4) 尻ビレの位置（L_{14}/L_{13}）
(5) 頭側角度（θ_1）
(6) 尾側角度（θ_3）
(7) 上側角度（θ_2）
(8) 下側角度（θ_4）

4.2　局所特徴量

局所特徴量として SIFT 特徴量を用いる．ここで特徴点検出には dense sampling と sparse sampling がある．魚には斑点状，横縞状，縦縞状あるいはほぼ一様など様々な模様がある．sparse sampling を適用すると，魚によって特徴点検出数が大きく異なる．そこで本研究では dense sampling を用いる．

dense sampling では図 6 に示すように，サンプリング点の間隔 G_d 画素と大きさ G_s 画素がある．これらは実験で議論する．

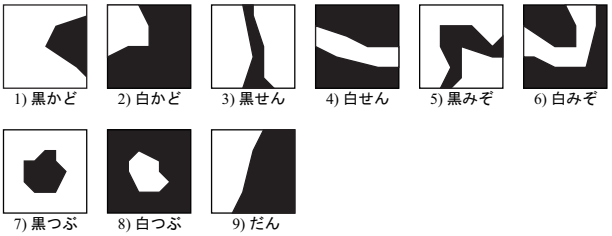

図 7　形状通過型非線形フィルタの基本要素

各サンプリング点における SIFT 特徴量を用いて学習用画像の全特徴量を k-means 法によりクラスタリングを適用し，各クラスタのセントロイドを visual words として求める．一般物体認識で用いられる bag of visual words を用いて画像全体の特徴量を表現する．

4.3　テクスチャ特徴量

テクスチャ特徴量としてよく利用されている以下の特徴量を用いる．

- Local binary pattern（LBP）
  注目点の画素輝度値とその近傍にある画素輝度値の大小関係により符号化する手法で，各画素より求まる LBP 値のヒストグラムを特徴量として用いる．
- Histogram of oriented gradient（HOG）[7]
  画像の輝度勾配をヒストグラム化する画像特徴量であり，本論文では画像を 64×64 画素に縮小し，8×8 画素毎に輝度勾配のヒストグラムを作成する．これを 2×2 セル毎に正規化して特徴量とする．
- 2 次元コサイン変換（DCT）
  2 次元離散コサイン変換を適用し，DCT 係数の低周波成分を特徴量として用いる．
- 同時生起行列（LCM）[8]
  画像の輝度 i の点から一定の変位 $\delta = (r, \theta)$ だけ離れた点の輝度が j である確率 $P_\delta(i, j)$ を要素とする同時生起行列を求め，この行列より求まる 14 個の特徴量（ASM，CNT，CRR，VAR，IDM，SAV，SVR，SEP，EPY，DVR，DEP，IM1，IM2，MCC）を用いる．本論文では，輝度値を 8 階調とし，$\delta = 1$，$\theta = 0°, 45°, 90°, 135°$ とし，56 個の特徴量を求める．
- ランレングス行列（RLM）[9]
  画像内で θ の方向の輝度 i の点が j 個続く頻度 $P_\theta(i, j)$ を要素とするランレングス行列を求める．この行列より求まる 5 個の特徴量（SRE，LRE，GLN，RLN，RPC）を用いる．LCM と同様に輝度値を 8 階調とし，$\theta = 0°, 45°, 90°, 135°$ とし，20 個の特徴量を求める．
- 形状通過型非線形フィルタ（NF）[10]
  図 7 に示す 9 個の非線形フィルタを用いて出力値 $y_i, i = 1, \cdots, 9$ を求める．画像サイズを $X \times Y$ とすると，画像全体の平均 2 乗振幅値 $r_i = \sqrt{\sum_{XY} y_i^2 / XY}$ を求め特徴量とする．

© 2015 Information Processing Society of Japan

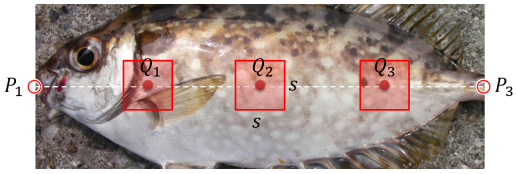

図 8　テクスチャ特徴量における処理対象領域

ここで魚は頭部，背，腹など部位毎に模様が異なる魚種がある．そのため画像全体でテクスチャ特徴量を求めるより，一部の領域で求めるほうが特徴量のばらつきが少ないと考えられる．そこで図 8 に示す (1) 頭側 Q_1，(2) 中央 Q_2，(3) 尾側 Q_3 の 3 点を中心とした $s \times s$ 画素の正方領域をテクスチャ特徴量を求めるための対象領域と定義する．

5.　認識手法

本研究では認識手法として Random Forests（RFs）を用いる．RFs は複数の決定木をもつマルチクラス識別器を構築するアンサンブル学習アルゴリズムである．個々の決定木の学習にランダム性を導入しており，過学習を防ぐことが可能な点や特徴量の次元数が大きくても高速に学習が可能であるなどのメリットをもつ．

6.　評価実験

全ての魚画像に対して手動で 4 特徴点を入力し，$L = 640$ 画素として正規化処理を適用した．これにより，処理対象領域の最小縦幅，最大縦幅，平均縦幅はそれぞれ 48 画素，421 画素，213 画素となった．

本認識実験では，各種 20 サンプルを収集している．そこで leave-one-out 法を適用し，20 通りの認識結果の平均値を認識率として評価基準にする．

6.1　形状特徴量

4.1 で定義した 8 個全ての形状特徴量を用い，RFs の決定木の数 N_t を 20 から 200 まで 20 刻みで変化させて実験した．その結果，N_t による認識率の変化はほとんど観測されず，$N_t = 200$ のとき 60.1%の認識率を得た．

6.2　局所特徴量

dense sampling のパラメータである G_d を $\{12, 14, 16, 18, 32, 64\}$，$G_s$ を $\{8, 12, 16, 32\}$ にそれぞれ変化させて 24 条件における認識実験を実施した．ただし，クラスタ数は 300，$N_t = 200$ とした．その結果，$G_d = 14$，$G_s = 12$ で最高認識率 54.4%を得た．

6.3　テクスチャ特徴量

4.3 で示した 6 種のテクスチャ特徴量をそれぞれ用いて認識実験を実施した．正方領域のサイズを実験的に $s = 0.9h$ 画素とした．ただし，h は切り出し画像の高さを意味する．

表 1　テクスチャ特徴量による認識結果

location	LBP	HOG	DCT	LMC	RLM	NF
Q_1	24.0	45.5	29.4	8.1	14.8	15.3
Q_2	34.2	36.2	27.5	10.1	18.3	17.3
Q_3	34.6	50.4	37.1	10.1	19.5	18.2

表 2　特徴量の組み合わせにおける認識結果

candidates	{S,L}	{S,T}	{L,T}	{S,L,T}
1	75.6	63.9	57.7	65.7
2	87.0	75.9	69.9	79.3
3	92.2	81.4	76.9	86.1
5	96.0	88.5	83.5	91.4
10	98.2	94.1	90.3	96.4

各テクスチャ特徴量における認識結果を表 1 に示す．ただし，RFs の木の数は $N_t = 200$ とした．

全てのテクスチャ特徴量において Q_3，すなわち尾側を観測すると認識精度が高くなる傾向が観測された．Q_1 は個体により目，胸ビレ，エラなど含まれる部位に違いが生じている．また Q_2 に関して，背側と腹側で模様に違いがある魚種があり，Q_2 は模様が移り変わる範囲を占めるため Q_3 に比べるとばらつきが多く認識精度が低くなったと推測する．全ての条件内で，位置 Q_3 において HOG を用いたときに最高認識率 50.4%を得た．また予備実験より，s が大きいほうが高い精度が得られる傾向も観測された．これはテクスチャ特徴量は統計情報を用いており，大きな観測領域を考慮することが望まれることを示している．

6.4　特徴量の組み合わせ

前節までの実験では，形状特徴量 S，局所特徴量 L，テクスチャ特徴量 T をそれぞれ独立に用いており，S で最も高い認識率を得ている．本実験では，3 種の特徴量の組み合わせを検討する．ただし，RFs の木の数は $N_t = 200$ とした．また本研究での応用目的として，魚種の検索システムを想定している．そのため第 1 候補のみでなく第 10 候補まで考慮した場合の認識率まで求めた．その結果を表 2 に示す．{S, L}，{S, T}，{L, T}，{S, L, T} の認識率はそれぞれ 75.6%，63.9%，57.7%，65.7%であり，S と L を組み合わせた場合に認識精度が高いことが判明した．またこの組み合わせで第 3 候補までを考慮すると 92.2%，第 10 候補まで考慮すると 98.2%の高い認識精度を得た．

前述までの実験により判明された最も高い認識率を得られる特徴量の組み合わせ {S, L} において，第 1 候補のみを考慮した場合の認識結果を解析した．図 9 に 81 種の認識率の分布を示す．認識率が 80%以上を得た種は 48 種であった．一方，3 種（クロイソ（10%），フエフキダイ（20%），ブダイ（25%））が 30%未満の認識率であった．

誤認識の傾向を解析するために，混同行列（Confusion matrix; CM）を求めた．CM を図 10 に示す．CM は識別器に入力されるパターンが属するクラス（正解魚種）と識

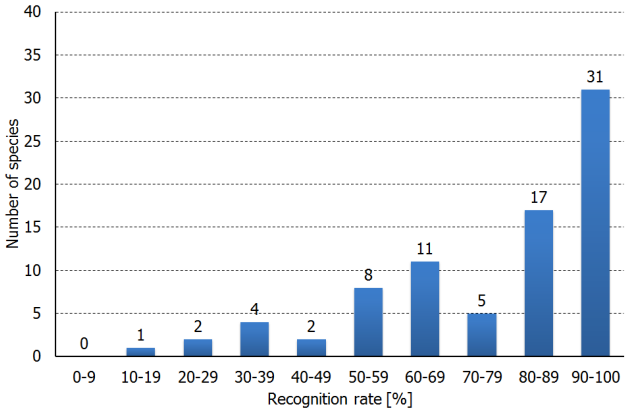

図 9 認識率の分布

別器が出力するクラス（認識結果）の対応を表す行列である．図中，数値は認識率を示し，各格子の濃淡は認識率を表現し，高い認識率ほど濃い色を割り当てている．CM を観測することにより，特定の魚種に偏って誤認識される魚種として，アイナメがクジメ，ヒラマサがブリ，マサバがゴマサバ，フエキエダイがハマフエフキ，マフグがクサフグがあった．これらは全て同一科内の誤認識であり形状や体表が類似していたために誤認識されていることから妥当な誤認識と考えられる．

7. おわりに

本論文では，インターネットから収集した様々な条件下で撮影された 81 種各 20 サンプルの魚画像を用いて，認識に有効な特徴量の検討に取り組んだ．4 個の特徴点より定義する 8 個の形状特徴量，局所特徴量および 6 種のテクスチャ特徴量を単独および組み合わせて認識実験を実施した．その結果，個々の特徴量を用いる場合は形状特徴量，複数の特徴量を組み合わせた場合は形状特徴量と局所特徴量を用いた場合に最高認識率を得ることを確認した．また誤認識の傾向を解析した結果，同一科内の魚種に誤認識する傾向が観測され，妥当な誤認識であることも確認できた．

本論文で用いた特徴点は正確な位置に手動で特徴点を与えている．実利用を想定した場合，全てのユーザが正しい位置に特徴点を入力するとは限らない．そこで今後の課題として，特徴点の入力誤差に対する認識精度の影響を検討する．さらに入力特徴点がずれていた場合において正しい特徴点に自動的に補正される要素も検討する．また実用化のために魚種数を増加させることも今後の課題である．

謝辞 本研究の一部は，北九州産業学術推進機構（FAIS）中小企業産学官連携研究開発事業によるものである．また本研究を遂行するにあたり，魚種選定に協力して頂いた（株）ケイエス企画の中嶋良一氏，竹中幸治氏に感謝致します．

参考文献

[1] Alsmadi, M. K., Omar, K. B., Noah, S. A. and Almarashdeh, I.: Fish Recognition Based on Robust Features Extraction from Size and Shape Measurements Using Neural Network, *Journal of Computer Science*, Vol. 6, No. 10, pp. 1059–1065 (2010).

[2] Huang, P. X., Boom, B. J. and Fisher, R. B.: Underwater Live Fish Recognition Using a Balance-Guaranteed Optimized Tree, *ACCV*, Vol. 7724, pp. 422–433 (2012).

[3] Storbecka, F. and Daan, B.: Fish species recognition using computer vision and a neural network, *Fisheries Research*, Vol. 51, pp. 11–15 (2001).

[4] 平岡　透，矢野啓司，瀧山龍三：輪郭線及びテクスチャ情報に基づく画像認識法ー魚画像認識への応用，信学技報，Vol. PRMU96-148, pp. 55–62 (1997).

[5] 平雄一郎，森元映治，中村　誠：ニューラルネットを用いた魚種の識別ー特徴量解析による入力数の低減ー，水産大学校研究報告，Vol. 53, No. 4, pp. 137–145 (2005).

[6] 仲松幸信，姜　東植，宮城隼夫：ディジタル画像を用いた魚種の識別，信学技報，Vol. IE2006-124, pp. 49–52 (2006).

[7] Dalal, N. and Triggs, B.: Histograms of oriented gradients for human detection, *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Vol. 1, pp. 886–893 (2005).

[8] Haralick, R. M., Shanmugam, K. and I.Dinstein: Textural features for image classification, *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. SMC-3, No. 6, pp. 601–621 (1973).

[9] Galloway, M. M.: Texture analysis using gray level run lengths, *Computer Graphics and Image Processing*, Vol. 4, No. 2, pp. 172–179 (1975).

[10] 田村　仁，阿刀田央一：自然なテクスチャの特徴抽出用「形状通過型」非線形フィルタバンク，信学論，Vol. J82-D-II, No. 12, pp. 2260–2270 (1999).

© 2015 Information Processing Society of Japan

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 |
|---|---|---