

## フグ類魚種鑑別のための画像解析技術の開発

阿野裕司\*・藤本正克\*

## Development of Image Analysis Technology for Puffer Fish Species Discrimination

Yuji Ano and Masakatsu Fujimoto

## 1. 緒言

下関は日本随一のフグの集積地であり、「下関ふく」は平成20年に地域団体商標登録<sup>1)</sup>され、平成28年には水産物として初めて地理的表示保護制度(GI)登録<sup>2)</sup>されるなど、下関水産物の最重要種となっている。

一方で近年の景気低迷の影響でフグの需要は縮小傾向にあり<sup>3)</sup>、特に絶対量の多い養殖トラフグに関して、下関の取扱量ならびに全国シェアは低下傾向にある。さらにフグの輸出に関しても、フグ毒の問題から一部のごく限られた地域にのみ行っているのが現状である。<sup>4)</sup>

このような状況において、下関フグの全国シェアを回復し、取引量また輸出量を増加させるためには、安全性の確保と他地域のフグとの品質の差別化が重要と考えられる。そのためには、安全性や品質の根拠となる下関の仲卸業者の「目利き」技術の高さを科学的に裏付けること、つまり定性的な評価である「目利き」技術をモデル化し、定量的な評価とする必要がある<sup>5)</sup>。この定量的な「目利き」技術の一例として、フグ類魚種鑑別システム<sup>6)</sup>が挙げられる。このシステムでは、色彩色差計を用いてフグ類身欠きの特定部位の色彩情報を測定し、魚種鑑別を実施している。

本研究では、より簡便に色彩情報を測定する方法として、フグ類身欠きを撮影した画像から特定部位の色彩情報を抽出する手法の開発を行ったので、その結果を報告する。

## 2. 実験方法

## 2・1 撮影環境の構築

対象となる養殖トラフグの身欠きを用いて、フグ類身欠きの撮影環境の検討を行った。図1に養殖トラフグ身欠きの一例を示す。撮影はCMOSカメラにより非接触でかつ同一方向から撮影する構成とした。照明には(株)アイゼット製の蛍光灯や(株)アイテックシステムのLED照明を用い、カメラはIDS製の600万画素のUSBカメラを用いた。なお、フグ類身欠きに対して直接照明を照射すると、照明の



図1 養殖トラフグの身欠き

光源がフグ類身欠きに映り込みハレーションを起こしたため、対策としてトレーシングペーパーも用いて撮影環境を構築した。

## 2・2 色彩情報抽出部位の特定

2・1で撮影したフグ類身欠きの画像から、色彩情報を抽出する部位の算出方法について検討を行った。まず、フグ類身欠き部を抽出し、抽出したフグ類身欠きの形状から、色彩情報を抽出する部位を算出する手法を検討した。なお、色彩情報を抽出する部位は、仲卸業者へのヒアリングから実際の「目利き」の際に用いている9点<sup>6)</sup>とした。

## 2・3 色彩情報の抽出

2・2で特定したフグ類身欠きの色彩情報抽出部位から色彩情報L\*a\*b\*値を抽出する手法の検討を行った。また、画像から抽出したL\*a\*b\*値が正しい値であるかを評価するために、コニカミノルタ(株)製の色彩色差計で測定したL\*a\*b\*値との比較を行った。さらに、画像から抽出したL\*a\*b\*値を色彩色差計で測定したL\*a\*b\*値へ補正する手法の検討も合わせて行った。

## 2・4 試作機での評価

2・1での結果を基に産業電機(株)に撮影装置の試作を依頼し、水産大学校において開発されたフグ類魚種鑑別システム<sup>6)</sup>と、2・3での色彩情報の抽出手法を組み合わせることで、実際にフグ類魚種鑑別を実施した。開発環境はVisual Studio2017上でVC++を、鑑別対象として養殖トラフグ10尾を用いた。試作機での魚種鑑別結果と、色彩色差計で測定したL\*a\*b\*値での魚種鑑別結果を比較し、画像から特定部位の色彩情報を抽出する手法の有用性の評価を行った。

## 3. 実験結果

## 3・1 撮影環境の構築

フグ類身欠きは柔らかくかつ個体差もあり、床置きや治具による安定的な撮影は困難であった。そこで、フグ類身欠きを吊るして固定し、撮影を行った。吊るすことによって自由な角度回転も可能となり、色彩情報が必要な部位の撮影も容易に行えるようになった。

上記の方法でフグ類身欠きを固定し、蛍光灯とカメラで

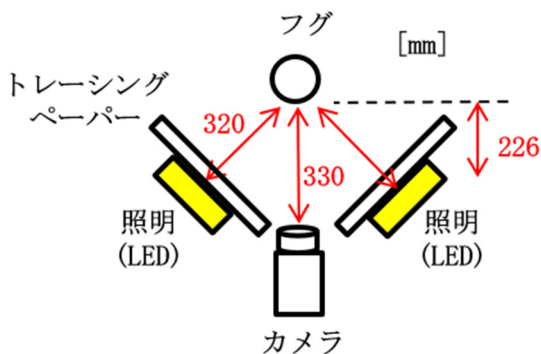
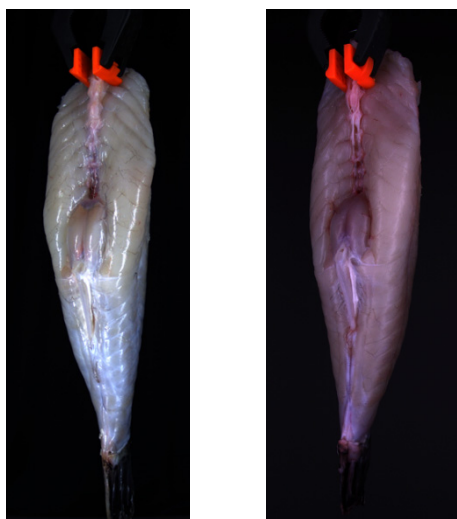


図2 トレーシングペーパーを用いた撮影環境



(a) 映り込みあり (b) 映り込み低減

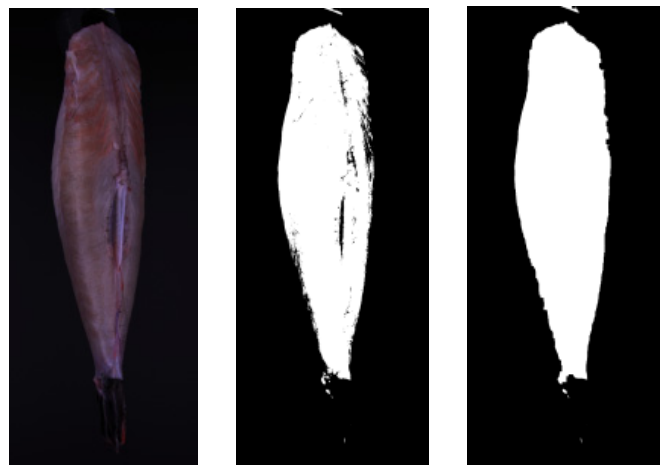
図3 フグ類身欠きの画像

撮影を行った場合、蛍光灯の光源がフグ類身欠きに映り込むことでハレーションを起こし、フグ類身欠きの色彩情報を抽出可能な画像が取得できなかった。そこで、光源の映り込みを低減するため、照明を調光可能なLED照明に変更し、さらにフグと照明の間にトレーシングペーパーを設置した。その結果、光源の映り込みを低減でき、色彩情報の抽出が可能なフグ類身欠きの画像撮影が可能となった。LED照明とトレーシングペーパーを用いた撮影環境を図2、光源の映り込みを低減させる前後のフグ類身欠きの画像の一例を図3に示す。

### 3・2 色彩情報抽出部位の特定

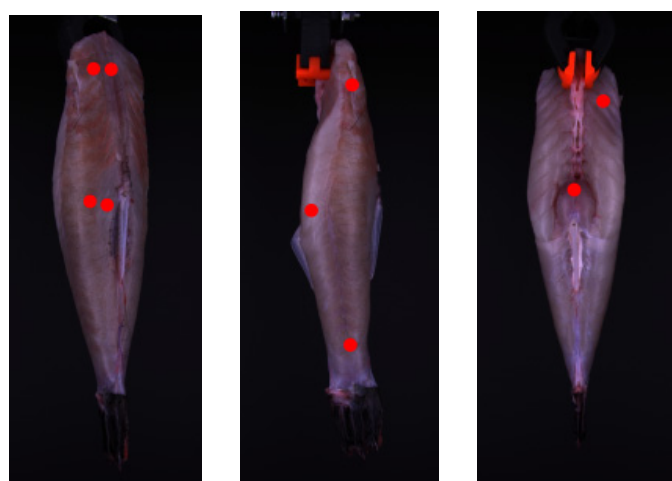
3・1で構築した撮影環境で撮影した画像から、フグ類身欠き部を抽出する手法の検討を行った。二値化(閾値64)によりおおまかな身欠き部の抽出を行った後、モルフォロジー処理(Closing 10回)を行うことで身欠き部のみを抽出した。図4に二値化後およびモルフォロジー処理後の画像の一例を示す。

次に、色彩情報を抽出する部位を特定する手法として、フグ類身欠きの大きさを算出し、実際に仲卸業者が「目利き」の際に用いている部位9点を基準として、フグ類身欠き全体からの相対位置を求め、色彩情報を抽出する部位とした。「目利き」の際に用いられている部位を図5、画像か



(a) 原画像 (b) 二値化後 (c) モルフォロジー処理後

図4 二値化後およびモルフォロジー処理後の画像



(a) 部位 1, 2, 3, 4 (b) 部位 5, 6, 7 (c) 部位 8, 9

図5 仲卸業者が「目利き」の際に用いる部位

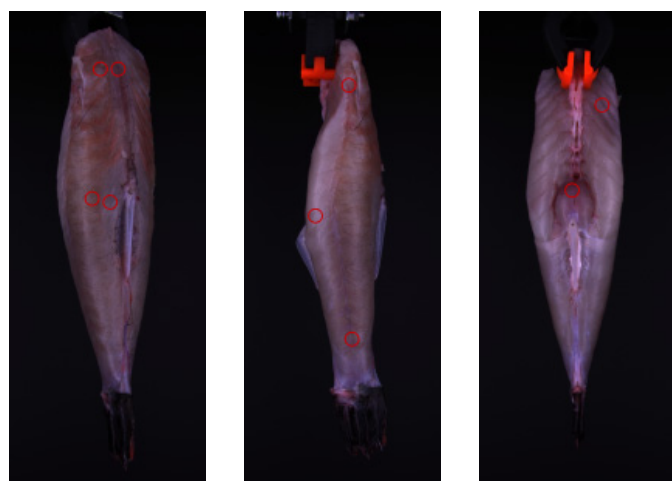
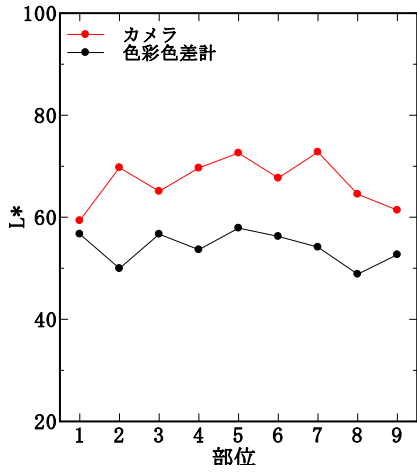
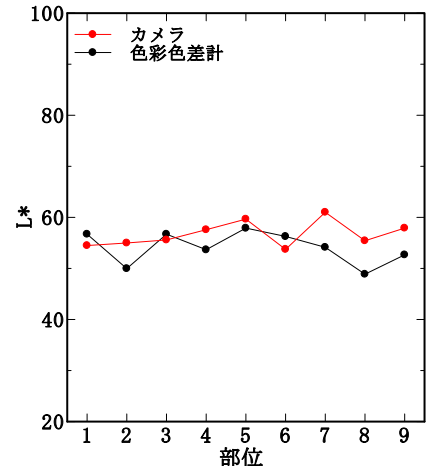


図6 画像から色彩情報を抽出する部位を特定した一例

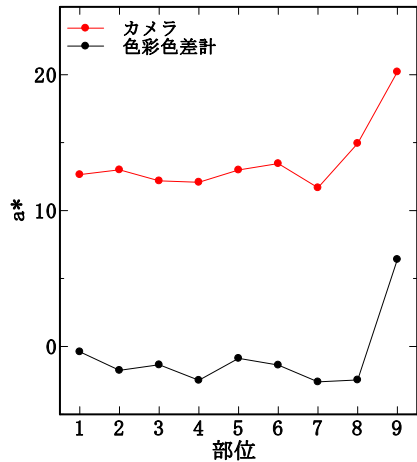
ら色彩情報を抽出する部位を特定した一例を図6に示す。なお、図5(a)の右上の赤丸を部位1、右下を部位2、左上を部位3、左下を部位4とし、図5(b)は下側が部位5、上側が部位6、真ん中が部位7、図5(c)は上側から部位8と部位9とする。



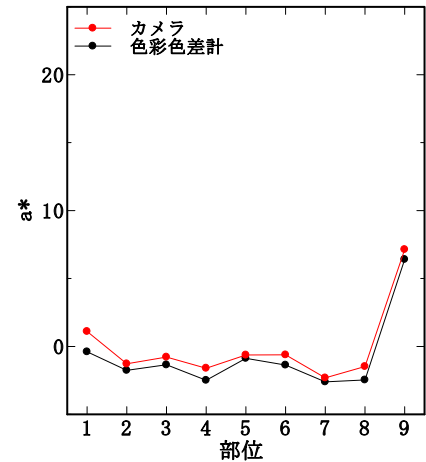
(a) L\*値



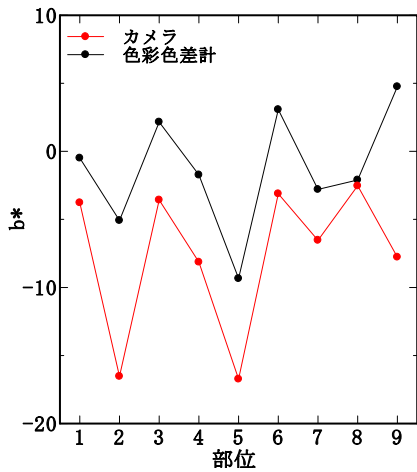
(a) L\*値



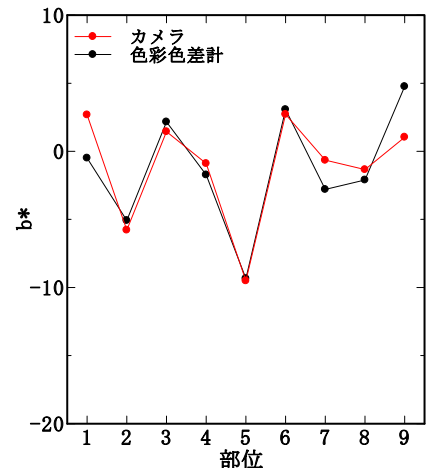
(b) a\*値



(b) a\*値



(c) b\*値



(c) b\*値

図7 画像から抽出したL\*a\*b\*値と色彩色差計で測定したL\*a\*b\*値

図8 画像から抽出したL\*a\*b\*値を補正した値と色彩色差計で測定したL\*a\*b\*値

### 3・3 色彩情報の抽出

3・1で構築した撮影環境と、3・2での色彩情報抽出部位の特定を用いて、養殖トラフグ身欠きを撮影した画像からL\*a\*b\*値を抽出した。具体的には、フグ類身欠きを撮影した画像からRGB値を抽出し、L\*a\*b\*値への変換を行うことで、画像からL\*a\*b\*値の抽出を可能とした。色彩色差計で

測定したL\*a\*b\*値との比較結果を図7に示す。横軸は、色彩情報を抽出する部位9点を表し、縦軸はそれぞれL\*, a\*, b\*値を示す。結果として、単純なオフセット補正等では、画像から抽出したL\*a\*b\*値を色彩色差計で測定したL\*a\*b\*値へ補正できないことがわかった。原因としては、用いている光源や測色方法の違いが影響していることが考

えられる。そこで、部位毎に補正値を個別に求めることにより補正を行った。具体的には、補正対象となる養殖トラフグ以外のフグを撮影した画像から得られる  $L^*a^*b^*$  値を用いて、最小二乗法により補正値を決定し、補正を行った。図 8 に 9 尾の養殖トラフグから補正値を求めて補正した  $L^*a^*b^*$  値と色彩色差計で測定した  $L^*a^*b^*$  値との比較を行った結果を示す。図 8 から、色彩色差計での測定値に近い値へ補正が可能であることを確認した。

3・4 試作機での評価

試作した撮影装置を図 9 に示す。右側が撮影装置本体であり、左側が電源部である。この試作機を用いてフグ類身欠きの撮影を行い、色彩情報の抽出までを実行した画面例を図 10 に示す。

続いて、試作機を用いて魚種鑑別を行った結果と、色彩色差計を用いて魚種鑑別を行った結果の比較を行い、画像から特定部位の色彩情報を抽出する手法の有用性の評価を行った。具体的には、養殖トラフグ身欠き 10 尾に対して、1 日 3 回、4 日間の測定を実施することで、120 尾の養殖トラフグ身欠きのデータと見なし、それぞれの魚種鑑別結果を比較した。



図 9 試作した撮影装置

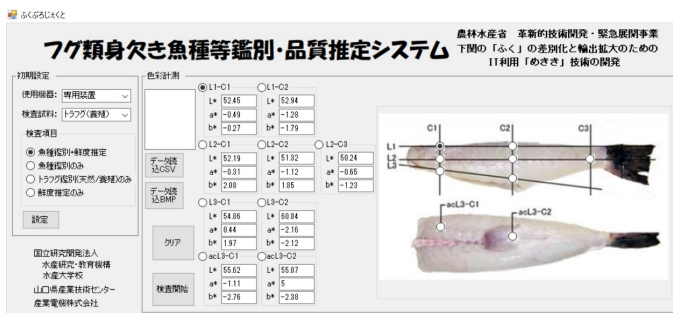


図 10 色彩情報の抽出を実行した画面の一例

表 1 養殖トラフグの鑑別結果の比較

	鑑別結果[尾]		正解率[%]
	養殖トラフグ	カラス	
試作機	100 (85)	20 (11)	83.3 (88.5)
色彩色差計	91 (84)	29 (12)	75.8 (87.5)

結果を表 1 に示す。試作機を用いた魚種鑑別の正解率は 83.3%(養殖トラフグ 100 尾, カラス 20 尾), 色彩色差計を用いた魚種鑑別の正解率は 75.8%(養殖トラフグ 91 尾, カラス 29 尾)と、やや試作機を用いた魚種鑑別の方が正解率は高かった。この原因として評価に用いた 10 尾のうち、2 尾については色彩色差計を用いた鑑別結果の正解率が 29.2%(養殖トラフグ 7 尾, カラス 17 尾)と非常に低かったことが挙げられる。

カラスはトラフグと同じトラフグ属に属しており、ある程度の誤鑑別は想定されるが、この 2 尾に関して試作機を用いた鑑別結果の正解率は 62.5%(養殖トラフグ 15 尾, カラス 9 尾)と色彩色差計ほど低くはなかった。ここで、トラフグとカラスの鑑別の際に寄与率が高い色彩情報は、図 5 に示す部位 1 の  $L^*$  および部位 6 の  $b^*$  となっており、この 2 変数が共に高い値の場合にカラスと誤鑑別する傾向があった。実際に、誤鑑別の多かった 2 尾の部位 1 の  $L^*$  および部位 6 の  $b^*$  について、色彩色差計での測定値は他の 8 尾と比べて高い値となっていた。しかしながら、試作機を用いた場合はそれほど高い値になっておらず、色彩色差計ほど値に明確な差が見られなかった。つまり、試作機は、画像から  $L^*a^*b^*$  値を抽出するため微小な色彩情報の変化を測定できず、色彩色差計ではこの微小な変化を測定できているために今回の誤鑑別につながったのではないかと考えられる。なお、この 2 尾を除いた 8 尾の場合の鑑別結果は表 1 で括弧内に示しており、試作機で 88.5%(養殖トラフグ 85 尾, カラス 11 尾), 色彩色差計で 87.5%(養殖トラフグ 84 尾, カラス 12 尾) とほぼ同程度の結果となった。

以上のことから、フグ類身欠きの画像から特定部位の色彩情報を抽出する手法は、色彩色差計ほど微小な色彩情報の変化を測定できない可能性がある。しかしながら、本研究においては魚種鑑別の正解率が 80%を超えており、色彩色差計での魚種鑑別と同等以上の結果であることから、フグ類身欠きの画像から特定部位の色彩情報を抽出する手法に有用性はあると考えられる。

なお、本研究では入手性の問題から養殖トラフグでの評価しか実施できていない。養殖トラフグ以外での検討や、魚種鑑別の正解率向上のための鑑別手法の改良について、現在も水産大学校で研究が進められている。

4. 結 言

本研究では、フグ類魚種鑑別システムのために必要なフ

グ類身欠きの色彩情報抽出方法として、フグ類身欠きを撮影した画像から特定部位の色彩情報を抽出する手法の開発を行い、その有用性を評価した。

フグ類身欠きの撮影環境の検討、色彩情報抽出部位の特定、色彩情報の抽出手法の検討を行い、開発した試作機で養殖トラフグの魚種鑑別を実施した結果、色彩色差計での魚種鑑別結果より高い正解率を得られたが、その原因として、色彩色差計ほど微小な色彩情報の変化を測定できていない可能性があることも分かった。しかしながら、本研究において魚種鑑別の正解率が80%を超えており、色彩色差計で魚種鑑別結果と同等以上であることから、フグ類身欠きを撮影した画像から特定部位の色彩情報を抽出する手法に有用性はあると考えられる。

本研究の遂行に当たり、数多くのご有益なご指導、ご助言を賜りました国立大学法人水産大学校海洋機械工学科 中村誠教授、椎木友朗助教に深く感謝致します。フグ類身欠き魚種鑑別システムの試作において、撮影装置の試作を実施頂いた産業電機(株) 嶋村健児代表取締役社長に心より感謝申し上げます。フグのサンプル提供でご協力頂いた(株)酒井商店 酒井一代表取締役に深く感謝致します。

この研究は、農林水産技術会議の助成金交付により研究が遂行されたものです。

#### 参考文献

- 1) 下関唐戸魚市場仲卸協同組合，商標登録第 5174640 号
- 2) 下関唐戸魚市場仲卸協同組合，登録番号第 19 号
- 3) 中村誠，太田博光，平雄一郎，森元映治，江副寛，前田俊道，中村堯史：下関トラフグ身欠きの熟練的品質評価の解析，人間工学，**48**(6)，p.304-312 (2012)。
- 4) 古川澄明，三木奈都子，松村久，森本徹：フグ・ビジネスの海外市場開拓とアジア日系産業集積地の拡大：地域商業活性化への活路，科学研究費助成事業研究成果報告書 (2016)。
- 5) 中村誠，太田博光，鴻上健一郎，明田川雅子，徳永憲洋，前田俊道：ファジィ推論を用いたフグ類身欠きの熟練的品質評価モデル，知能と情報，**26**(4)，p.781-792 (2014)
- 6) 川口健太郎，中村誠，椎木友朗，高岡佑多，渡邊敏晃：フグ肉の色彩に基づく魚種鑑別システム，第 33 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集，p.739-742 (2017)。