

可視偏光撮像による魚眼センシング — 生鮮魚と解凍魚の判別 —

金森克洋^{†1} 加藤弓子^{†1} 脇田由実^{†2} 白瀧優莉^{†3} Xu Cheng^{†3}
 小川雄一^{†3} 鈴木哲仁^{†3} 近藤直^{†3}

1. はじめに

「食」分野における安心・安全の確保は重要なテーマである。特に「魚」など生鮮水産物分野では品質のラベル表示が義務づけられており消費者、流通業者及び生産者の利益を保護するため解凍魚と生鮮魚の判別方法を確立することが急務になっている¹⁾。魚眼の瞳孔と虹彩を可視領域で偏光撮像し、画像処理にて非破壊で解凍魚と生鮮魚を判別する技術につき検討をしたので報告する。

2. 原理

2.1 冷凍魚の魚眼の虹彩の経時変化

生鮮魚の死後、魚眼の虹彩を紫外(365nm)照明にて画像観察すると常温(20℃)環境では時間経過に従って白化する現象があり、これを利用して鮮度推定を行う試みがある²⁾。しかし可視光での画像観察によると、魚を一旦冷凍状態(-80℃)にすると解凍後は魚眼の虹彩の白化は全く進行しないことが判明した。すなわち虹彩領域の平均輝度を観測すると生鮮魚では時間と共に輝度上昇するが解凍魚(魚を死後直後に冷凍保存し後日解凍した魚)では経過時間によらず低輝度状態が維持される。一方、瞳孔(黒目領域)の平均輝度は解凍魚においても、生鮮魚よりもわずかに高い状態で経時変化する。このように逆の性質を有する魚眼の虹彩と瞳孔の輝度の比率を利用することにより経時変化、撮影条件変化に依存せず生鮮魚と解凍魚を判別できる。

2.2 魚眼の自動偏光撮像システムハードウェア

図1のように本システムはFluxData社特注のプリズムビームスプリッタを用いたカラー偏光カメラFD-1665P(消光比=約100:1)と硬性内視鏡(ミルスシステムズ社製)と接続光学系の35mmレンズ、および先端部の偏光分割リング照明系とから構成されている³⁾。偏光分割リング照明は白色LED分割光源8個と隣接する光源が交互に90°異なる偏光透過面を有する偏光板より構成される。虹彩からの鏡面反射を最小化し、瞳孔を黒く撮像するためLED光源のリングからの照射角度は約22.4°とした。魚は長時間保湿のためラップ包装し、撮影はその上から実施した。これは魚の店頭小売り状態での撮像も考慮した設定である。

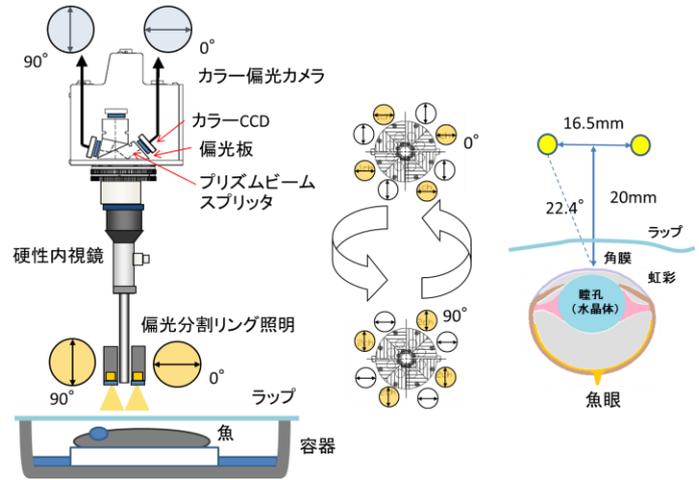


図1 魚眼の撮像システム(左) 偏光分割リング照明の照明切り替え動作(中) 魚眼への照射状況(右)

2.3 画像処理の流れ

図2は、生鮮魚と解凍魚の識別処理における画像入力から結果出力までのフローチャートである。画像入力+前処理部では、画像からラップ表面、魚眼の角膜・虹彩による鏡面反射を除去して、後の画像処理に適する画像を生成する。まず、最初に照明Lを0/90°の角度に偏光させた状態で互いに直交ニコルとなる90/0°の偏光画像を取得し2種類の偏光画像(L0C90とL90C0)を得る。次に2枚の画像を画素ごとにMinimum処理、すなわち2個のうち小さい画素値を採用して1枚の画像を生成する。この1枚のカラー画像が生鮮魚、解凍魚の1個体につき各時刻ごとに生成される。

魚眼検出+推定部では、最初に上記画像内の画像処理の基準点となる画像内における魚眼の瞳孔の中心座標(X0,Y0)をマニュアルで指定する。その後は自動的に瞳孔の外径、虹彩の外径を検出し、次に瞳孔領域内のグレイ輝度(RGBから算出)の平均値M_pと虹彩領域内のグレイ輝度平均値M_iを計算し、輝度比コントラストRatio=M_i/M_pを求める。そしてRatioとあらかじめ決めたしきい値THとの大小関係を判別し、それが大きい場合、すなわち虹彩が瞳孔に比較して十分明るい場合には生鮮魚と判定され、それ以外の場合には解凍魚と判定される。

†1 パナソニック株式会社 先端研究本部 知能研究室
 †2 パナソニック株式会社 先端研究本部 知能研究室 現在 大阪工業大学工学部
 †3 京都大学 大学院農学研究科

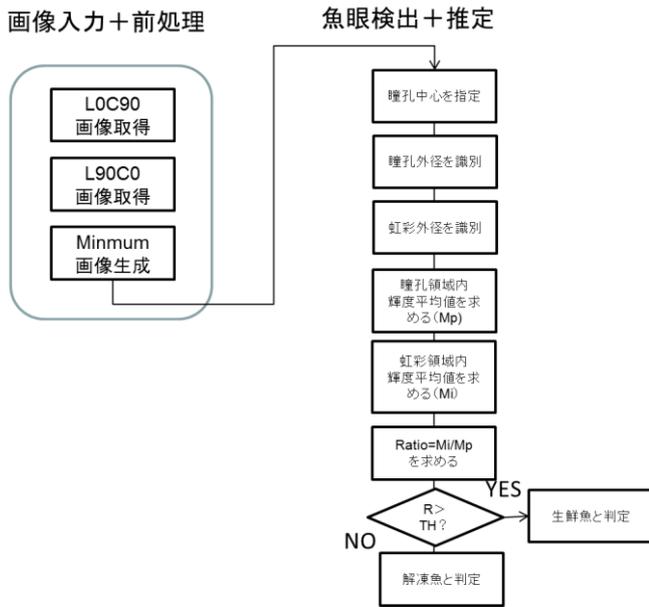


図 2 画像処理の流れ

3. 実験結果

3.1 サンプル (ウグイ) の処理

生鮮魚 4 個体のサンプルは生きたウグイの腹部を切開し背骨の運動神経を切断して刺殺した。解凍魚 4 個体のサンプルは、刺殺した直後のウグイを「超低温フリーザー Ultra-Low Temperature Freezers MDF-193」(SANYO 製)で -84℃ で冷凍した。冷凍されたウグイを解凍する際には、室温解凍と冷蔵庫内 (3~6℃) での解凍の 2 種類を実施した。これら合計 8 個体について連続 24hr の継続的な自動撮像を 10 分毎に実施し各個体ごとに 6hr 毎の 5 サンプルからなる 40 枚の画像を処理した。

3.2 画像処理結果

図 3 は前処理として説明したラップ面と魚眼の角膜・虹彩による鏡面反射除去結果の例である。偏光 (直交ニコル) だけではラップ面からの非常に強い直接反射が残ってしまうが、分割光源を使った Minimum 処理によって画像処理が可能な画質にまで向上できた。この画像から魚眼検出を実施して瞳孔領域と虹彩領域を検出し、各領域の平均輝度を求めた 6hr 毎の経時変化を図 4 に示す。虹彩 (実線) では生鮮魚 (左) で 24hr の間に 2~3 倍の輝度上昇が観測されるが、解凍魚 (右) では一定または低下傾向を示した。瞳孔 (点線) はほぼ低輝度のままであった。次にここから計算された虹彩と瞳孔の輝度比率を同じく 6hr 毎の経時変化と共に図 5 に示す。生鮮魚では個体差が著しいが、しきい値 (TH=6) を設定すれば識別誤り (生鮮魚を解凍魚と誤判定) が 4 サンプルまで抑制でき、精度としては 90% 検出率 (40 サンプル内) を得ることができた。

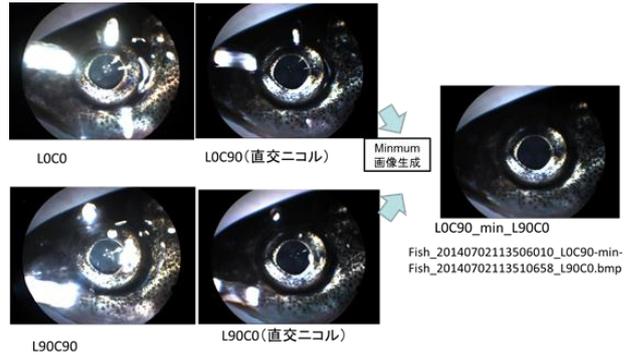


図 3 ラップ面と角膜表面からの鏡面反射の除去

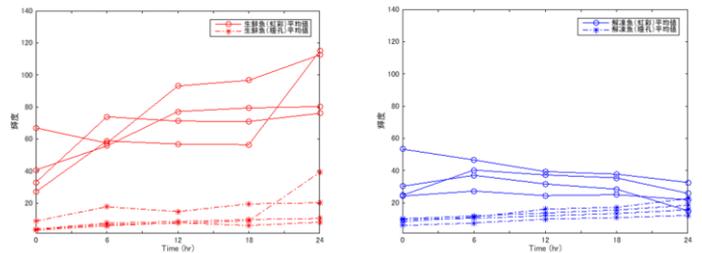


図 4 虹彩と瞳孔の平均輝度

(左: 生鮮魚 右: 解凍魚 実線: 虹彩 点線: 瞳孔)

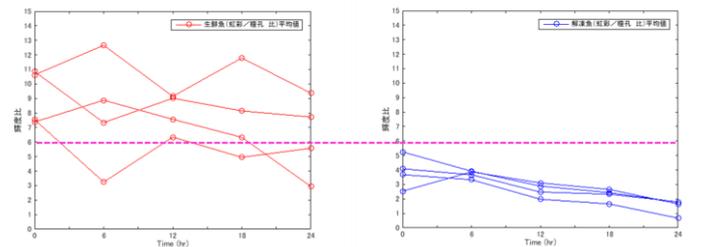


図 5 虹彩と瞳孔の輝度比率

(左: 生鮮魚 右: 解凍魚 実線: 虹彩 点線: 瞳孔)

4. まとめ

魚眼の虹彩と瞳孔の輝度比率を用いてウグイの生鮮魚と解凍魚を 90% 精度で判別できた。冷凍温度と虹彩白化が停止するメカニズムとの関係の解明は今後の課題である。

参考文献

- 1) 北口裕一、角田福太郎、内野三禎、高嶋康晴、山下由美子、山下倫明、“解凍魚と生鮮魚の判別方法の検討(第 2 報)”, 農林水産消費技術センター調査研究報告 Vo.;27,PP.9-19 ,2003 年 12 月
- 2) 白瀧優莉, 近藤直, Anisur Rahman, 椎木友朗, 篠原義昭, 小川雄一, 鈴木哲仁, 藤浦建史, 脇田由実: “紫外画像におけるウグイ (Tribolodon hakonensis) の虹彩の死後変化”, 2014/05/17-19 農業食料工学会第 73 回
- 3) Katsuhiko Kanamori: “Polarimetric Endoscope for Image Enhancement of Surface micro-structure on Mucosa”, IPSJ Transactions on Computer Vision and Application, Vol. 6 24-38 (July 2014).