

科学研究費補助金研究成果報告書

平成 24 年 6 月 20 日現在

機関番号：85502 研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2009～2011
 課題番号：21500232
 研究課題名（和文） 鮮魚の色彩と熟練的品質評価に基づく品質推定システムの開発
 研究課題名（英文） On quality estimation system based on color of the fresh fish
 and the skillful quality evaluation by experts.
 研究代表者 中村 誠 (NAKAMURA MAKOTO)
 独立行政法人水産大学校・海洋機械工学科・教授
 研究者番号：40399639

研究成果の概要（和文）：本研究では水産物の流通における品質管理に役立てることを目的として、魚市場の競り人による鮮魚の外観評価についてモデル化を試みた。試料魚には熟達した競り人により 5 段階に外観評価された 3 種類の彩度の低い魚種（体表の平均彩度 $C^*ab < 7.0$ ）を用いた。競り人による外観評価、魚体体表の色彩および魚肉鮮度の関係について統計解析を行った結果、競り人の彩度の低い魚種に対する評価には魚体体央の色彩等が共通して反映すること、またそれらの色彩は魚肉鮮度とも関連することが明らかとなった。これらの色彩を説明変量に用いた統計モデルにとファジィモデルによる品質推定は、競り人の外観評価と 70%以上が一致する結果を得た。このことにより、競り人の知識を水産物の品質評価システムの設計に活かす手法の有用性が確認された。

研究成果の概要（英文）：A model of the appearance evaluation of fresh fish conducted by auctioneers was designed to improve quality control in the distribution of marine products. Three kinds of fish with low body-surface chroma (mean $C^*ab \leq 7.0$) were graded into five classes by experienced auctioneers. Analysis of appearance evaluations by auctioneers, combined with information on fish coloration and meat freshness, indicated that the color over the central from the thorax in the body best reflected the appearance evaluation and the degree of freshness of the meat. Statistical models and fuzzy inference models were then constructed using four color indexes set on the surface of fish bodies as explanatory variables and evaluated. The results obtained corresponded with the inspections of fish appearance by auctioneers with a certainty of more than 70%. These results confirm the validity of the proposed method, which incorporates the knowledge of auctioneers in the design of a robust marine-product quality evaluation system

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合 計
21 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
22 年度	1,500,000	450,000	1,950,000
23 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総 計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：人間工学

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング
キーワード：鮮魚、鮮度、熟練、品質推定、システム

1. 研究開始当初の背景

(1) 水産物の鮮度を示す代表的な指標としてはK値があげられる。この指標は筋肉中に含まれるATP関連化合物の総量に対するイノシンとヒポキサンチンの割合で鮮度を判定するものであり、値が低いものほど鮮度が良いとされる。K値の測定には、測定精度の向上や測定の迅速化を図ることを目的として、バイオ・フレッシュ法、酵素と酸素電極による方法及びHPLC法等の有用な方法が考案されて現在に至っている。しかし、何れの方法も採肉により魚体を傷つけること、またクロマトグラフィー等を経て分析結果を得る迄に長時間を要す等の問題を有している。よって、卸売市場（所謂、魚市場）等の生鮮度を競う流通の拠点では必ずしも普及が進んでいない状況にある。

(2) 漁獲後の水産物の死後変化は、硬直、完全硬直、解硬、軟化の過程を経て腐敗に至る。死後硬直の継続時間や自身の酵素による自己消化の進行速度には筋肉中のグリコーゲンやATPの含有量等が影響するが、これらは魚種により大きく異なる。また同一魚種であっても、漁獲方法や漁獲時の扱い、保管温度によっても差異が生じる。このように、水産物の鮮度は多くの因子に影響を受ける。よって、鮮魚の扱いや品質の見積もりを誤ると、ヒスタミンの生成等により中毒事故が発生する危険性が高まることになる。

(3) 以上を理由として水産物の流通経路において迅速かつ正確に鮮度管理を行うことは容易ではなく、現状ではその多くを官能検査に頼るものとなっている。なかでも魚市場の競り人の官能検査は、陸路における流通の起点に位置することから非常に重要な意味を有している。

(4) 魚市場の競り人は、鮮魚の外観から素早く品質の程度を見積もった後、品質に見合った商品価値を推定して競りに臨む。上述のとおり、鮮魚の品質は漁獲方法や漁獲時の扱い、競りに至るまでの保存条件と経過時間等の影響を受けて劣化し、品質の程度が魚体体表の色彩や輝き具合などの外観に表れる。よって、熟達した競り人による外観評価には対象魚の生鮮度や食品としての摂取可能性に対する判断が良好に反映するものと見なすことができる。しかし、近年魚市場では厳しい労働環境に起因して若年就業者の確保が困難な状況が続いており、競り人の後継の育成は必ずしも順調であるとは言えない。よって、食の安全を確保するために、魚市場では

技術水準の維持を目的とした何らかの有効な対策を講じる必要がある。

(5) 以上を背景として、本研究では先ず産地市場における競り人の鮮魚の外観評価に着目している。所謂「目利きの技」を解析して精度良くモデル化したら、流通における品質管理への利用や市場の技術水準維持に対する貢献に留まらず、例えば、一般消費者でも昨今普及が進む携帯用小型端末等により競り人と同程度の品定めが可能となる等、幾つかの有益な展開が考えられる。

(6) 前採択課題[18500185]では魚体体表の彩度が高く色相が異なる魚類（アカアマダイ、イサキ、シロサバフグ）及び頭足類（ケンサキイカ）を対象として、魚市場の競り人の外観評価の特徴について調査すると共に、外観評価のモデル化を試みた。その結果、競り人の外観評価には魚体体表上の3個の共通した色彩の特徴が反映することが明らかになった。また、それらの色彩を含んだ計4個の前件部変数から成るファジィ推論モデルで、競り人とほぼ同等の品質推定が可能になることを確認した。

2. 研究の目的

(1) 本研究は、先ず競り人による鮮魚の外観評価を解析してモデル化し、これを組み込む品質管理システムの構築を目的としている。

(2) 魚体体表の色彩に品質劣化の特徴が表れ易い彩度の高い3魚種（以下、有彩色魚種とよぶ）について得た検討結果が、魚体の退色で品質劣化の程度を表し難い彩度の低い魚種（以下、低彩度魚種とよぶ）に対しても同様に適用できるかを検討する。

(3) 低彩度魚種を対象とした競り人の外観評価の解析とモデル化を試みてモデルの有用性を確認するとともに、モデル化のアルゴリズムを検討する。

(4) 次に、鮮魚の熟練の品質評価の解析とモデル化の手法が、表皮を除去した一次加工品の品質推定にも適用できるかを考察する。具体的には、下関市内の老舗フグ仲卸のふぐ処理師によるトラフグ身欠き品の品質評価を対象としてスキル分析とモデル化を試みる。

(5) 更に、鮮魚（有彩色魚種、無彩色魚種）及び一次加工品（トラフグ身欠き品）の魚肉鮮度K値と魚体の色彩との関連を解析し、体表の色彩からK値を推定する数理モデルを作成する。以上のステップを経て、競り人とふぐ処理師の熟練の品質評価モデルとK値推定の数理モデル併せて多角的に品質を推定するプロトタイプシステムを試作する。

3. 研究の方法

(1) 競り人は山口県漁業協同組合萩地方卸売市場に所属する 50 代男性（勤続年数約 31 年）と 40 代男性（同約 23 年）の 2 名とした。ふぐ処理師は下関市内の老舗フグ仲卸に勤務する 50 代男性 2 名（経験年数 30 年と 25 年）とした。

(2) 低彩度魚種の試料魚には、市場において水揚げの多い魚種のうち、有彩色魚種より彩度が低く、かつ品質管理強化への要望が強いマアジ（375 尾/54 箱）、ウマヅラハギ（294 尾/50 箱）及びサワラ（154 尾）の 3 魚種を定めた。試料魚の体格は市場における標準サイズでマアジとウマヅラハギは魚箱毎の評価、サワラは 1 尾毎の評価とした。身欠き品の試料魚には下関市地方卸売市場南風泊市場で競りにかけられふぐ処理師により身欠き処理された養殖トラフグを計 229 尾用いた。

(3) 品質の評価尺度は計 5 段階とし、評価の高いものから順に第 1 群（優：Class 1）、第 2 群（良：Class 2）、第 3 群（並：Class 3）、第 4 群（やや劣る：Class 4）および第 5 群（劣る：Class 5）とした。

(4) 測定項目には魚体体表の色彩（CIE1976 表色系に規定された明度 L^* 、色座標 a^* 、 b^* 、彩度 C^*ab 、色差 ΔE^*ab 及び輝度 L ）と魚肉鮮度 K 値を設定し、これらの測定時間は低彩度魚種では競り終了後 2 時間から 72 時間経過時迄、身欠き品では身欠き処理後 1 時間から 72 時間経過時迄とした。

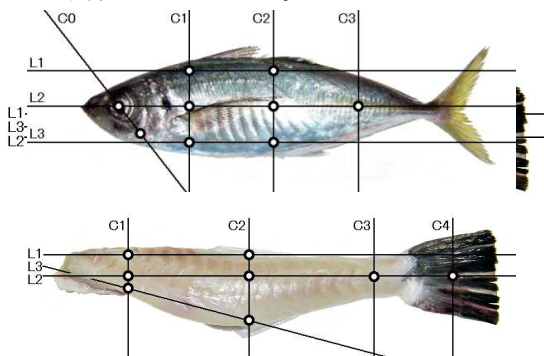


図 1 色彩の測定点（上：低彩度魚種，下：トラフグ身欠き品）

(5) 外観評価の解析にあたっては、まず①から④の色彩の各指標の基本統計量の算出、相関分析、群間の有意差の検定を経て、評価の特徴と傾向を表し得る指標を抽出した。

① 部位内の測定点の平均（背部，体幹部，腹部：計 3 点）

② 測定点（計 9 点）

③ 部位内の 2 点の測定点間の差（計 5 点）

④ 部位間の 2 点の測定点間の差（計 6 点）

(6) 次に、これらの指標を説明変数とする判別分析を行った。説明変数の数は判別分析式の複雑化を避けるために 4 個迄とした。判別

分析の結果、判別率的中率が 90%以上を得た判別分析式のうち、魚肉の変性（硬直，解硬，腐敗）に伴う魚体体表の色彩の挙動，保水性と粘性の経時的変動等の観点，および競り人の意見を参考にして，外観評価を最も良く表現し得るものを絞り込むものとした。

(7) 判別分析式の説明変数を前件部変数に，また鮮魚の品質（等級）を後件部変数とするファジィ推論モデルを作成し，シミュレーションと評価実験により有用性を検討した。なお，各変数のメンバーシップ関数は 5 個とし，確定演算には min-max 重心法を用いるものとした。

4. 研究成果

(1) 低彩度魚種を対象とした競り人の外観評価の解析とモデル化を試みた結果，次のことが明らかとなった。

① 競り人の低彩度魚種の外観評価には魚肉鮮度が良好に反映する。

② 競り人の低彩度魚種の外観評価には，(ア)体幹部内の色彩，又は色彩の差，(イ)体中央の背部，又は体幹部と腹部肛門付近の色彩の差，が共通して反映する。

③ 競り人の低彩度魚種の外観評価はこれらの色彩を含む計 4 変数でモデルの構成が可能となるが，彩度の低い魚種ではモデルの確度が低下する。

④ 競り人は対象とする魚種の色彩の分布とその経時的変化の特徴を経験的に上手く捉えており，精度良く対象の品質を見積もる。即ち，競り人の評価は魚体体表の彩度の低下に伴って相対的に体幹部の色彩が品質の程度を表し易くなること，同様に頭部寄りから体中央に品質の評価ポイントが推移することに由来している。

⑤ 魚肉鮮度 K 値は体表の色彩を説明変数とした数理モデルにより推定可能であることが示唆された。但し，推定精度を高めるためにはより一層のデータが必要となる。

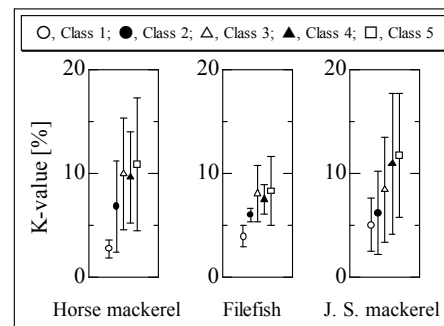


図 2 低彩度御魚種の K 値（競り終了後 2 時間経過時）

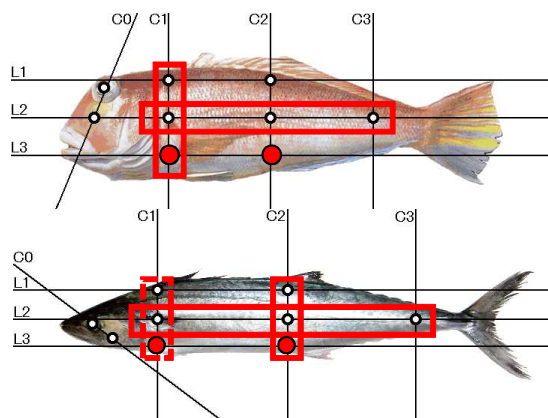


図3 有彩度魚種（上）と低彩度魚種（下）の外観評価のポイントの比較

表1 低彩度魚種の外観モデルの精度

魚種	シミュレーション	評価実験
マアジ	24/26箱 (92.3%)	25/28箱 (89.3%)
ウマヅラハギ	21/24箱 (87.5%)	22/26箱 (84.6%)
サワラ	69/79尾 (88.6%)	69/75尾 (90.7%)

一致した数/試料数, (一致率)

(2) ふぐ処理師を対象としてトラフグ身欠きの品質評価を解析すると共に、品質評価のモデル化に有用となる指標の組合せを求めた結果、次のことが明らかとなった。

- ① ふぐ処理師の品質評価には魚肉鮮度が良好に反映する
- ② 魚肉のかたさには関連がない
- ③ 体幹部を除く体表の計4箇所色彩の組合せが反映する
- ④ ふぐ処理師が注視するのは背部の背鰭付近、尾鰭および腹部の色彩である。これらの箇所は身欠き品の処理の丁寧さと魚肉鮮度の違いを表し得るところであり、これらの色彩（もしくは色彩の差）を組合せてモデル化することで、ふぐ処理師の品質評価を表し得ることが可能であることが示唆された。

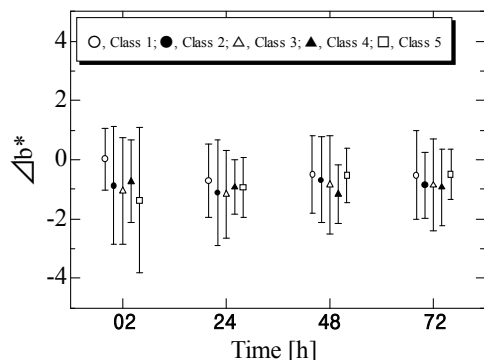


図4 トラフグ身欠きの腹部(L3-C1)と(L3-C2)の間の色度差 Δb^* の経時変化

表2 身欠き品の品質推定モデルの精度

魚種	シミュレーション	評価実験
養殖トラフグ	75/100尾 (75%)	112/129尾 (77.5%)

一致した数/試料数, (一致率)

(3) 魚体の色彩からK値を推定する数理モデルには重回帰式を用いたが、推定精度は低彩度魚種で $\pm 10\%$ 度、身欠き品で $\pm 13\%$ 程度となった。推定精度の向上に更に工夫を要するものと判断した。

(4) 色彩計とパーソナルコンピュータから成り、非破壊でリアルタイムで評価クラスとK値を評価する品質推定システムのプロトタイプを試作した。現在、対象魚種にシロサバフグ、サワラ、トラフグの身欠き品を設定して性能評価を繰り返し行っている。推定誤差が10%以内に納まるように工夫をすると共に、対象魚種を拡大して流通における品質管理に資するように展開しているところである。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計3件)

①中村 誠, 太田博光, 平 雄一郎, 森元映治, 江副 寛, 前田俊道, 三好佳廣, 鮮魚の熟練的品質評価の解析—彩度の低い魚種の外観評価について—, 人間工学, 48巻, 印刷中, 2012, 査読有り

②Ohta H, Sasada K, Shiota S, Nakamura M: Non Destructive Estimation Method about the Texture of Raw Puffers Meat on its Frequency Response - Identification of Optimum Discrimination Sensitivity by Discrimination Index -. International Journal of Comprehensive Engineering, Vol. 1, Part C, 56-62, 2012, 査読有り

③Nakamura M, Matsumoto K, Morimoto E, Ezoe S, MAEDA H, HIRANO T: Model of Auctioneer Estimation of Swordtip Squid (*Loligo edulis*) Quality. KANSEI Engineering International Journal, Vol. 10, 99-107, 2011, 査読有り

〔学会発表〕(計8件)

①中村 誠, 中村堯史, 太田博光, 平雄一郎, 森元映治, マフグ身欠きの熟練的品質評価のモデル化について, 日本人間工学会第53回大会, 2012年6月9日, 九州大学(博多市)

②中村 誠, 中村堯史, 太田博光, 平雄一郎, 森元映治, 前田俊道, マフグ身欠きの熟練的品質評価の解析, 第44回日本人間工学会中国四国支部大会, 2011年11月26日, 下関市生涯学習プラザ(下関市)

③中村 誠, 森元映治, 平 雄一郎, 太田博光, 江副 寛, 伊澤瑞夫, 彩度の低い魚種の

熟練的品質評価のモデル化，日本人間工学会
第 52 回大会，2011 年 6 月 6 日，早稲田大学
(東京都)

④中村 誠，太田博光，森元映治，江副 覚，
松本佳祐，下関トラフグ身欠きの熟練的品質
評価のモデル化について，日本人間工学会第
51 回大会，2010 年 6 月 19 日，北海道大学(札
幌市)

⑤中村 誠，太田博光，森元映治，江副 覚，
原田和樹，松本佳祐，下関トラフグ身欠きの
熟練的品質評価のモデル，第 26 回ファジィ
システムシンポジウム 2010 年 9 月 14 日，広
島大学(東広島市)

⑥中村 誠，松本佳祐，森元映治，江副 覚，
前田俊道，伊澤瑞夫，ファジィ推論による低
彩度魚種の品質推定，第 26 回ファジィシス
テムシンポジウム，2010 年 9 月 14 日，広島
大学(東広島市)

⑦中村 誠，中村洋平，太田博光，森元映
治，江副 覚，原田和樹，下関トラフグ身
欠きの熟練的品質評価の基礎的解析，第 42
回日本人間工学会中国・四国支部大会，2009
年 11 月 28 日，岡山大学(岡山市)

⑧中村 誠，松本佳祐，平雄一郎，森元映
治，江副 覚，前田俊道，低彩度魚種の熟
練的品質評価の解析，日本人間工学会第 42
回中国・四国支部大会，2009 年 11 月 28 日，
岡山大学(岡山市)

〔その他〕

①J-COM，鮮魚の目利きの技に挑戦，2012 年
1 月 1 日～7 日放映

②NHK 総合，たべもの一直線ー山口萩のケン
サキイカー，2011 年 10 月 9 日放映

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中村 誠 (NAKAMURA MAKOTO)

独立行政法人水産大学校・海洋機械工学
科・教授

研究者番号：4 0 3 9 9 6 3 9

(2) 研究分担者

該当無し

(3) 連携研究者

該当無し

(4) 研究協力者

藤田 勲 (FUJITA ISAO)

山口県漁業協同組合・山口県漁協萩地方卸
売市場・市場長

研究者番号：該当無し

酒井 一 (SAKAI HAJIME)

株式会社酒井商店・代表取締役社長

研究者番号：該当無し