

## 鮮魚の熟練的品質評価のモデル化

橋立知典<sup>1†</sup>, 中村 誠<sup>2</sup>, 原田和樹<sup>3</sup>, 前田俊道<sup>3</sup>, 森元映治<sup>2</sup>, 平 雄一郎<sup>2</sup>

### Modeling of skillful quality evaluation of fresh fish

Tomonori Hashidate<sup>1†</sup>, Makoto Nakamura<sup>2</sup>, Kazuki Harada<sup>3</sup>, Toshimichi Maeda<sup>3</sup>, Eiji Morimoto<sup>2</sup> and Yuichiro Taira<sup>2</sup>

**Abstract** : Auctioneer knowledge of marine product freshness is useful for evaluating and managing the quality of fresh fish. The severity of the working environments in modern fish markets means that it is often difficult to recruit and train new auctioneers in the workplace. Therefore, this study analyzed the physical characteristics employed by auctioneers when assessing fresh fish and described the development of a quality evaluation system for assessing fish freshness. The system analyzed differences in the hue of three different kinds of fish species (*Branchiostegus japonicus*, *Parapristipoma trilineatum*, *Lagocephalus wheeleri*) and compared these against the evaluation criteria employed by auctioneers when assessing meat freshness. Furthermore, appearance evaluation and the relationship this has with the color of the fish surface was undertaken and indexes for color similar to that used by auctioneers was extracted. A model was then designed and used to estimate fish quality by fuzzy inference. The model, designed to use fuzzy inference in combination with the extracted indexes, was applied to both simulated and experimental inspections of fish appearance. Results obtained corresponded with the assessments of auctioneers with a certainty of more than 90%.

**Key Words** : Quality evaluation, Fresh fish, Color, Modeling

## 緒 言

水産物の流通に関わる競り人の知識は、品質の評価や管理、冷凍の有無や天然物と養殖の鑑定<sup>1)</sup>、加工品の製造<sup>2)</sup>など多岐にわたって活かされており、業界では貴重な知的財産として見なすことが出来る。しかし、業界では厳しい労働環境が起因して若年層就業者の確保が困難な状況が続いている。特に、水産物卸売市場において、鮮魚の外観から即座に品質を見定めることができる競り人の後継者が育ちにくい状況にある。このことは、単に現場の技術水準の低落を招くというだけではなく、ひいては食の安全を脅かす問題へと発展する危険を秘めている。安全で品質の良い水産物を提供するためにも、人材育成に努めつつ品質管理

の強化に資する対策が必要であると考えられる。

一般に魚肉の品質の評価に関する指標の1つとしてK値<sup>3-7)</sup>がある。しかしK値は試料の採取に伴って魚体を傷つけること、またクロマトグラフィーなどの分析を経るため多くの時間を要することなどの問題を有する。よって、生鮮度を扱う職場では必ずしも実用的であるとは言えない。そこで本研究では、競り人の鮮魚の外観から品質を即座に見積もる能力を組み込んだ品質評価システムを構築することを目指してきた<sup>8-10)</sup>。競り人の品質評価についての知識抽出を行うことにより後継者への知識の伝承に貢献でき、また、システムを構築することで業界での品質管理や評価に貢献可能である。

本報では、近海物の鮮魚であり3種類の色相の違う魚種

2007年11月28日受付。Received November 28, 2007.

1 水産大学校水産学研究科 (Graduate School of Fisheries Science, National Fisheries University)

2 水産大学校海洋機械工学科 (Department of Ocean Mechanical Engineering, National Fisheries University)

3 水産大学校食品科学科 (Department of Food Science and Technology, National Fisheries University)

† 別刷り請求先 (corresponding author) : m202234@c-port.fish-u.ac.jp

であるアカアマダイ (学名: *Branchiostegus japonicus*, 英名: Tilefish), イサキ (学名: *Parapristipoma trilineatum*, 英名: Striped grunt), シロサバフグ (学名: *Lagocephalus wheeleri*, 英名: White chestnut) を対象魚に設定し, 競り人による外観評価及び魚体体表の色彩と魚肉鮮度との関係を統計的手法により解析して外観評価の特徴を明らかにする。次に, 解析結果を基に競り人の外観評価と等価なファジィ推論モデルを設計し, コンピューターシミュレーションと評価実験によりモデルの有用性を検討する。

## 方 法

### 実験方法

競り人は山口県漁業協同組合 (以下, 萩漁協とする) に所属する50代男性 (勤続年数28年) と40代男性 (同約20年) の2名とした。試料魚は萩漁協で入手性が良く, 魚体体表の色相の異なるアカアマダイ (学名: *Branchiostegus japo-*

*nicus*, 英名: Tilefish), イサキ (学名: *Parapristipoma trilineatum*, 英名: Striped grunt), シロサバフグ (学名: *Lagocephalus wheeleri*, 英名: White chestnut) を設定した。Fig. 1 に各魚種の魚体の色彩の分布を示す。競り人の品質評価の尺度は5段階とし, 評価の高い群から順に第1群 (優: Class 1), 第2群 (良: Class 2), 第3群 (並: Class 3), 第4群 (やや劣: Class 4), 第5群 (劣: Class 5) とした。Table 1 に試料魚の体格と試料数を示す。この内, アカアマダイ18箱 (144尾), イサキ20箱 (140尾), シロサバフグ25箱 (189尾) をモデルの設計に使用し, その他の試料をモデルの評価実験に用いた。

Fig. 2 に魚体体表の色彩の測定点を示す。色彩の測定点は, 競り人の意見を参考にして次の方法で定めた。色相の大きく異なる部位 (背部, 体幹部, 腹部) を測定するために, 体幹部に基準となる測定線 (L2) を設定し, 等間隔でかつ並行に背部と腹部の測定線 (L1及びL3) を定めた。同様に, 胸部, 中央部, 尾部の測定線としては, まず, 肛門を通りかつ測定線 (L2) と垂直となる測定線 (C2) を設定し, それぞれ等間隔でかつ並行である測定線 (C1及びC2) を胸部と尾部に定めた。これらの測定線の交点 (背部2点, 体幹部3点, 腹部2点) の他に頭部及び眼球の各1点を加えて合計9点とした。以下, 各測定点は測定線の交点で (例えば, 背部の頭部方向の測定点では記号に

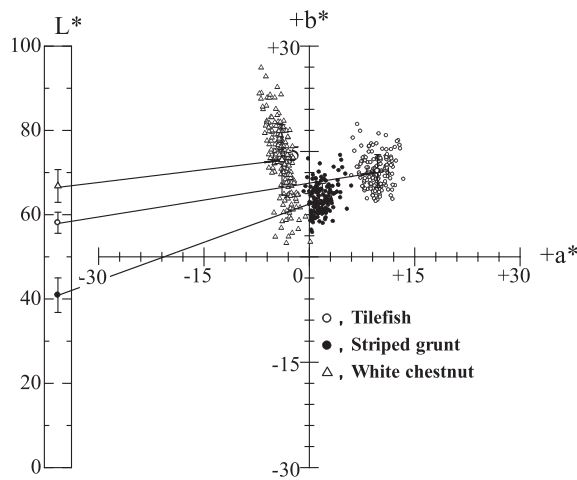


Fig. 1. Distribution of color on the fish surface

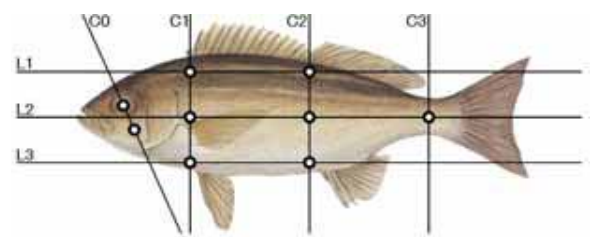


Fig. 2. Measuring points of color on the fish surface

Table 1. Constitution of the sample fish

Fish species	Total length (mm)	Weight (g)	Number of samples (Population / Cases)
Tilefish	345.0 ± 25.3	520.2 ± 121.2	240 / 30
Striped grunt	303.9 ± 32.1	425.5 ± 120.3	287 / 40
White chestnut	306.7 ± 22.5	446.7 ± 106.2	269 / 35

mean ± standard deviation

より (L1-C1) で、また体幹部の尾部付近の測定点では (L2-C3) で表すものとする。

測定項目には、魚体体表の色彩の指標としてCIE1976<sup>12)</sup> 表色系 (L\*a\*b\*表色系) に規定される明度指数L\*, クロマトキネス指数a\*及びb\*を、また、魚体体表の保水性や粘性の程度を表す指標<sup>11,13)</sup> として輝度Lを設定した。各測定点の彩度C\*と各測定点間の色差 $\Delta E^*ab$ はそれぞれ式 (1) と式 (2) により計算で求めた。なお、色彩の測定には接触式色彩計 (コニカミノルタセンシング(株): CR-400) を、また輝度の測定には非接触式色測色差計 (日本電色工業(株): NL-1) を用いた。

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (1)$$

$$\Delta E^*ab = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2} \quad (2)$$

魚肉の鮮度指標にはK値を用いた。試料は色彩の測定面の裏側から1尾あたり魚肉1gを採取して試料液を作り、クロマトグラフィーによる分析に供した。

これらの色彩の指標の測定時間は、試料魚の入手 (競り終了後) から2時間、12時間、24時間、48時間及び72時間の経過時とした。また、K値の測定時間は、2時間経過時から24時間毎に分析するものとした。測定は温度を12.0℃、湿度を50%RH、照度を300lxに保った恒温室内で行った。試料は測定時を除いて温度2.0℃に保つ冷蔵室内で発泡スチロール製の容器に氷納保存するものとした。

## 解析方法

まず、各測定時間における各指標の基本統計量を算出し、第1) 項~第4) 項に示す指標について母平均の群間の比較及び有意差の検定を行った。また、K値に関しては相関分析を行った。

- 1) 部位 (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)

次に、競り人による外観評価の構造を正準判別による判別分析法により解析するものとした。式 (3) に判別分析の基本式を示す。

$$Z = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i x_i \quad (3)$$

ここで、Zは判別関数、 $x_i$ は説明変数、 $a_0$ と $a_i$ はそれぞれ定数と判別係数である。説明変数には、先の母平均の群間の比較において高い有意差 ( $P < 0.01$ ) が確認された指

標を用いた。説明変数の数は判別分析式の複雑化を避けるため4変数までとした。判別分析の結果、判別中率が85%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及び競り人の意見を参考にして、外観評価に強く反映するものを絞り込み、外観評価に対する色彩の影響と特徴を検討するものとした。

## モデルの設計方法

判別分析の結果、確度の高い変数の組合せをファジィ推論<sup>14)</sup> の言語規則の前件部変数に用いるものとした。言語規則の基本式を式 (4) に示す。

If Hue is  $A_i$  and Value is  $B_i$  and Chroma is  $C_i$  and Brightness is  $D_i$  then Class is  $E_i$  (4)

ここで、Hue: 色相, Value: 明度, Chroma: 彩度, Brightness: 輝度, Class: 等級,  $A_i \sim E_i$ : ファジィラベルである。前件部変数のメンバーシップ関数 (以下、MFと称す) は5個で構成するものとし、MFのラベルは値の高いものから順にVH, HI, ME, LO, VLとした。各MFの形状は、魚類の指標の多くが正規分布する特徴を捉えて<sup>2)</sup>、次のように設計するものとした。

- Step 1 関数MEのグレード値1.0に平均値 $V_{uv}$ を設定し、MEの台集合の幅を標準偏差 $\sigma$ とする。
- Step 2 関数MEの台集合の中心から $\sigma$ ほど離れた距離に関数VLと関数VHのグレード値1.0を設定する。
- Step 3 関数HIと関数LOとは、各々関数VHと関数MEとの間、関数VLと関数MEとの間を補うように設定する。

確定演算方式にはMin-Max重心法<sup>15)</sup> を用いるものとし、競り人の評価とモデルでの推定結果とに差が生じた場合には、その都度該当するMFの台集合の幅をチューニングするものとした。

## 解析結果

### 外観評価と色彩との関係

Table 2 に競り人の外観評価に対応することが確認された主な指標の一覧<sup>8,11)</sup> を示す。また、Table 3 に競り終了後2時間経過時のこれらの指標の色彩の値を示す。Table 2 より、競り人の外観評価の特徴は全魚種共に体幹部内の測定線 (L2) 上の色相の差、胸部の測定線 (C1) 上の色彩の差、腹部の色彩に表れていることが分かる。胸部の測定線 (C1) 上と体幹部内の (L2) は、いわゆる「肩と尾」

**Table 2.** Color of the fish surface which confirmed features and tendency of the auctioneer's evaluation

Fish species	Indexes	Features and tendency
Tilefish	Trunk (L2-C3), L	Class 1 and Class 5 are high.
	Abdomen (L3-C2), C*	Class 1 is a maximum, Class 5 is minimum.
	Trunk {(L2-C1) - (L2-C3)}, $\Delta$ C*	Class 5 is minimum.
	Back-Trunk {(L1-C1) - (L2-C1)}, $\Delta$ C*	Class 5 is a maximum.
Striped grunt	Eye (E), L*	Class 4 and Class 5 are high.
	Abdomen (L3-C1), L*	Class 1 and Class 2 are low.
	Trunk {(L2-C1) - (L2-C3)}, $\Delta$ C*	Class 1 and Class 5 are low.
	Back-Trunk {(L1-C1) - (L2-C1)}, $\Delta$ E*ab	Class 1 is a minimum.
White chestnut	Head (L2-C0), b*	The ranking from Class 2 to Class 5 is reflected.
	Abdomen (L3-C2), L*	The ranking is reflected.
	Trunk {(L2-C1) - (L2-C3)}, $\Delta$ b*	The ranking from Class 3 to Class 5 is reflected.
	Back-Abdomen (L1-C1) - (L3-C1)}, $\Delta$ b*	The ranking is almost reflected.

**Table 3.** Color of the fish surface (elapsed 2 hours after the auction)

## (a) Tilefish

Indexes	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5
Trunk (L2-C3), L	86.4	76.0	71.0	75.8	88.6
Abdomen (L3-C2), C*	7.28	6.22	6.15	6.21	5.60
Trunk {(L2-C1) - (L2-C3)}, $\Delta C^*$	3.12	2.91	2.72	3.43	0.30
Back-Trunk {(L1-C1) - (L2-C1)}, $\Delta C^*$	-9.17	-9.34	-8.61	-10.13	-6.91

## (b) Striped grunt

Indexes	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5
Eye (E), L*	26.10	26.42	27.90	28.99	30.10
Abdomen (L3-C1), L*	70.27	67.02	71.68	70.96	71.67
Trunk {(L2-C1) - (L2-C3)}, $\Delta C^*$	6.29	8.43	8.67	7.61	5.67
Back-Trunk {(L1-C1) - (L2-C1)}, $\Delta E^*_{ab}$	14.99	17.06	17.57	15.30	14.99

## (c) White chestnut

Indexes	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5
Head (L2-C0), b*	22.78	28.13	22.27	20.98	12.39
Abdomen (L3-C2), L*	87.78	87.10	85.89	85.25	85.00
Trunk {(L2-C1) - (L2-C3)}, $\Delta b^*$	5.71	4.62	7.33	3.18	2.44
Back-Abdomen {(L1-C1) - (L3-C1)}, $\Delta b^*$	5.55	7.87	6.84	5.87	5.39

に相当しており, 競り人が着目する部位である。

これらの色彩の指標を説明変量に用いて判別分析を行った結果, 判別の中率はアカアマダイでは88.9% (18箱中16箱が正答) となり, 第2群の2箱がそれぞれ第1群と第3群に誤判別される結果となった。イサキでは90.0% (20箱中18箱が正答) となり第3群の2箱がそれぞれ第2群と第4群に, またシロサバフグでは96.0% (25箱中24箱が正答) となり第5群が第4群に誤判別される結果となった。総ての魚種で誤判別は隣群へのものであり確度の高いものとなった。

#### (a) 体幹部内の色相の差

Fig. 3 に競り終了後時間経過時の体幹部間の彩度の差  $\Delta C^*$  を示す。また, Fig. 4 にシロサバフグの彩度の差  $\Delta C^*$  の経時変化を例示する。漁獲直後の鮮度の良い状態の体幹部の色彩は, アカアマダイは黄赤方向の色相を持ち薄い色を, イサキでは赤みの黄方向の色相を持ち暗い色を, シロ

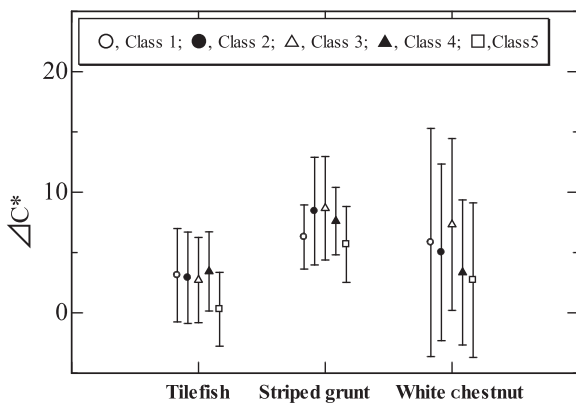


Fig. 3. Difference in Chroma between point (L2-C1) and point (L2-C3) (elapsed 2 hours after the auction)

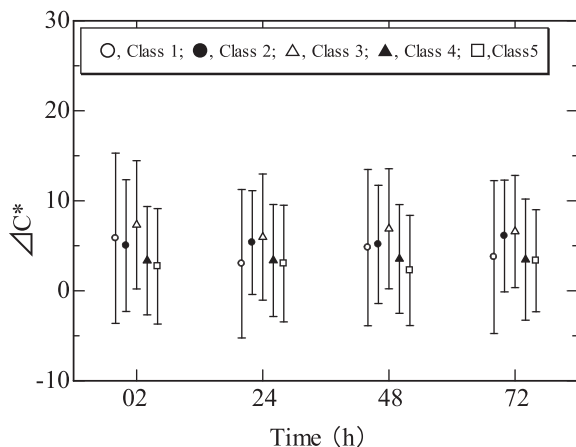


Fig. 4. Changes in difference in chroma between point (L2-C1) and point (L2-C3) for White chestnut

サバフグでは黄方向の色相を持ちごく薄い色を呈している。体幹部内の胸部と尾部の彩度  $C^*$  は全魚種共に尾部より胸部の方が高く, 魚種固有の色度も胸部の方が高い傾向がある。また, 胸部の測定点 (L2-C1) と尾部の測定点 (L2-C3) とは共に時間経過に伴い魚種固有の色度が弱まって退色し, 彩度  $C^*$  が減少する傾向を示す。Fig. 3 に示すとおり, 競り終了後2時間経過時の彩度の差  $\Delta C^*$  は第5群が最小となる。また, Fig. 4 に示すとおり, 評価の高い群では時間経過に伴って彩度の差  $\Delta C^*$  が減少するが, 評価の低い群では一定の値を保っている。これは, 鮮度の良いものは漁獲直後から胸部と尾部共に退色は進行するが, この傾向は尾部より胸部の方が顕著であることから時間経過に伴い彩度の差  $\Delta C^*$  が減少するものである。しかし, 第5群では既に退色の過程は終了しており, 彩度の差  $\Delta C^*$  の低下は見られない。以上のことから, 競り人は漁獲後の経過時間を反映しやすい体幹部の退色の差を捉えて品質を見積もるものと推察する。

#### (b) 頭部方向の測定点上 (C1) の色彩の差

背部 (L1-C1) と体幹部 (L2-C1) の色彩を比較すると, 背部 (L1-C1) の方が3魚種共に明度  $L^*$  と彩度  $C^*$  共に低く, くすんだ暗い色を呈している。また, 時間経過に伴い, これら2点の彩度  $C^*$  は減少する傾向にある。この傾向は背部 (L1-C1) より体幹部 (L2-C1) の方が顕著であり, 品質劣化が進行したもほど彩度の差  $\Delta C^*$  が小さくなる。競り終了後2時間経過時において, 第5群の2点間の彩度の差  $\Delta C^*$  は, アカアマダイでは-6.91, イサキでは-5.52, シロサバフグでは-5.81となり最小となる。第5群での彩度の差  $\Delta C^*$  は, 時間経過に依存しない。しかし, 評価の高い群では時間経過に伴い2点間の彩度差が減少し, 第5群の状態に近似する。よって競り人の外観評価には胸部の測定線 (C1) 上の色彩が反映するものと推察する。

#### (c) 腹部の色彩

腹部の色彩は, 3魚種共に彩度  $C^*$  が10以下で明度  $L^*$  が70以上であることから無彩色でごく薄い色を呈しており, 時間経過に伴って彩度  $C^*$  と明度  $L^*$  とは共に減少して灰方向に色彩が移る。アカアマダイの腹部 (L3-C2) の彩度  $C^*$  は競り終了後2時間経過時において第1群が7.28, また第5群では5.60である。第1群の彩度  $C^*$  は時間経過に伴い低下し, 48時間経過時では6.72となる。イサキの腹部 (L3-C1) においても同様の彩度  $C^*$  の低下傾向が確認され, 明度  $L^*$  も低下する。シロサバフグの腹部 (L3-C2) の彩度  $C^*$  の低下傾向は顕著ではないものの, 2時間経過時に

おける第1群の明度L\*が87.8, 第5群では85.0であり, 第1群は48時間経過時の明度L\*が86.0まで減少する。2時間経過時における第1群と第5群との色差 $\Delta E^*ab$ は5.78であり, これらを並べて比較した場合には著しく異なるものとして知覚されることとなる。これらのことから, 競り人は時間経過に伴い腹部の色彩が灰方向に移ったものを鮮度が劣化したものと見積もるものと推察する。

### 外観評価と魚肉鮮度との関係

Fig. 5 に試料魚の競り終了後2時間経過時における魚肉鮮度K値を示す。また, Fig. 6 にシロサバフグの経時変化を例示する。Fig. 5 より, 競り人の外観評価と魚肉鮮度K値とは良く対応することがわかる。イサキのK値は, 第4群と第5群は第3群より低い。これは, 第1群から第3群までは血抜き処理がされており, その影響が現れたものと考ええる。

競り終了後2時間経過時におけるK値は, 全魚種共に輝

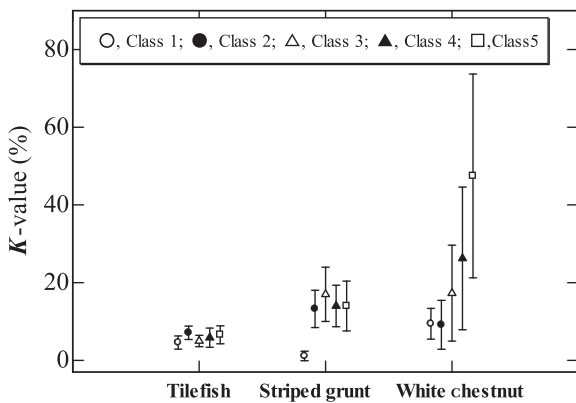


Fig. 5 . K-values (elapsed 2 hours after the auction)

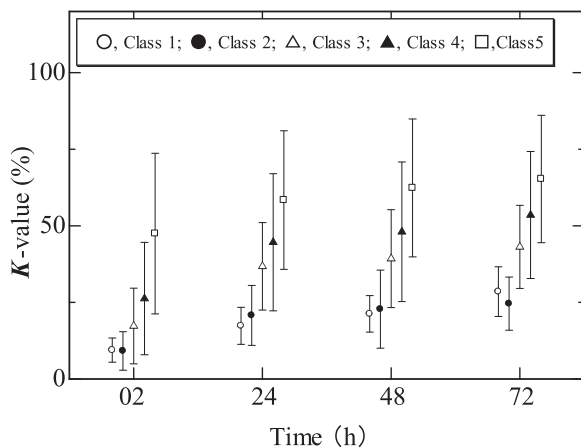


Fig. 6 . Changes in K-values (White chestnut)

度L及び各魚種固有の色相に強い関連が確認された。アカアマダイの体表全域での輝度LとK値との関係では, 第1群と第2群とは負の相関 ( $r = -0.464, P < 0.01$ ), 第4群と第5群とは正の相関 ( $r = 0.469, P < 0.01$ ) が確認された。イサキの体表の輝度Lでは, 第1群~第3群で負の相関 ( $r = -0.342, P < 0.05$ ) が確認された。第4群と第5群では, Fig. 5 で示す通り差が無く相関が確認されなかった。また, シロサバフグの体表の輝度LとK値では, 全群において正の相関 ( $r = 0.344, P < 0.01$ ) が確認された。一般に鮮魚は魚市場での取り扱いや時間経過により, 体表の水分が減じて粘性を増す。アカアマダイとイサキの評価の高い群では, 経時的な水分の減少が輝度Lの低下に表れ, 負の相関として確認できる。しかし, 評価の低い群では, すでに水分が減じており, 体表の粘性が増していく様が正の相関として表れている。また, シロサバフグでは競り終了後2時間経過時から全群で正の相関が確認されることから, 粘性が高まる様子を強く示すものである。以上の理由から, 主に経時的な体表の保水性や粘性の変動の程度が競り人の外観評価に反映するものと考えられる。

各魚種固有の色相は, アカアマダイは黄赤方向の色相を持ち薄い色を, イサキでは赤みの黄方向の色相で暗い色を, またシロサバフグでは黄方向の色相で薄い色となる。全魚種共に背部及び体幹部における彩度C\*とK値との間に負の相関が確認された。また, 同部位において魚種固有の色相(アカアマダイでは色度a\*, イサキでは色度a\*, シロサバフグでは色度b\*)とK値との間にも負の相関が確認された。これは鮮度劣化, 即ちK値の上昇に伴って各魚種固有の色相が薄れる傾向を表すものである。

全魚種共通に強く色彩とK値との相関が確認された部位としては, 胸部方向の測定線(C1)上の色彩の差がある。背部-体幹部の測定点間(L1-C1-L2-C1)においてアカアマダイでは彩度の差 $\Delta C^*$ , イサキでは色度の差 $\Delta a^*$ , シロサバフグでは色度の差 $\Delta b^*$ とK値との正の相関が確認された。競り終了後のそれぞれの相関係数rは各々0.262 ( $P < 0.05$ ), 0.356 ( $P < 0.01$ ), 0.485 ( $P < 0.01$ ) となった。また72時間経過時迄の相関係数rは各々0.410 ( $P < 0.01$ ), 0.241 ( $P < 0.01$ ), 0.447 ( $P < 0.01$ ) が確認された。これらの関連は, 前述したとおり群順位にも反映されており, 競り人の外観評価と魚肉鮮度K値とはよく対応していることがわかる。以上の結果より, 競り人の外観評価には魚肉鮮度K値, 即ち品質が良く反映されているものと言える。

## モデルの推定結果

Fig. 7にTable 2に示す変量を用いて設計したMFの構成例を示す。言語規則の数はアカアマダイ, イサキ及びシロサバフグで各々79規則, 72規則及び86規則とした。設計したモデルでシミュレーションを行った結果, アカアマダイ, イサキ, シロサバフグの正答率は各々94.4%, 95.0%, 96.0%となり3魚種共に第1群が第2群に誤推定される結果となった。評価の高い第1群と第2群の体幹部では, 測定点(L2-C1)と他の点の色彩の程度にほとんど差がない。よって前件部変数のMFの関数VHや関数HIの台集合の幅の調整や, 後件部変数のMFのClass 1とClass 2の台集合の距離を縮小すること等で更に推定精度の改善に余地を残すものである。

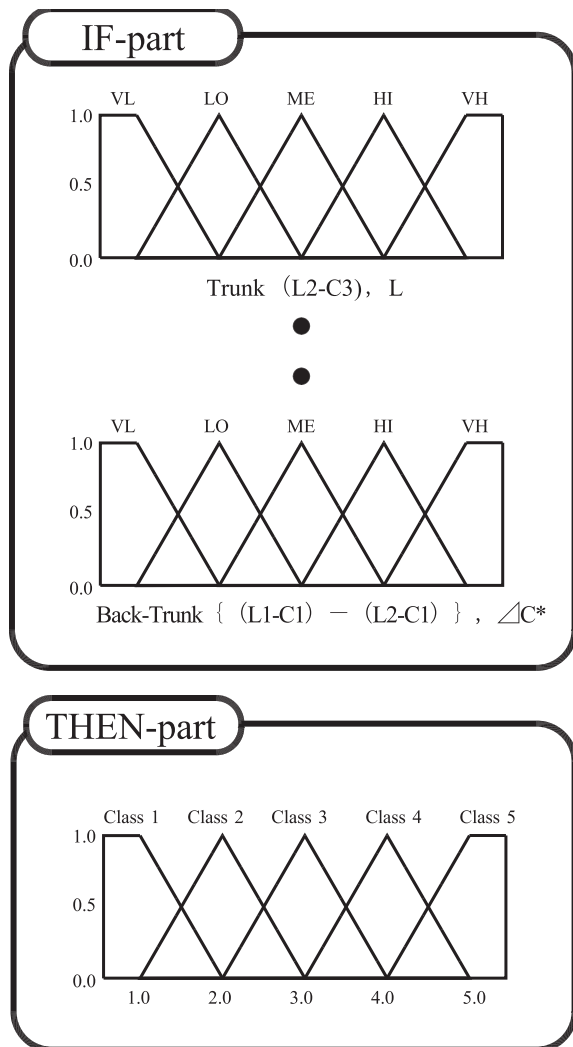


Fig. 7. Membership functions for inferring the quality of fresh fish

評価実験の結果では, アカアマダイとシロサバフグは共に正答率は100%であった。イサキの正答率は90.0%であり, 第1群と第5群の各1箱が各々隣群の第2群と第4群へと誤推定される結果となった。

以上に示すとおり, 競り人の外観評価と設計したモデルでの推定結果とは良く一致しており, また, 誤推定も隣群のものであったことから, モデルの有用性は高いものであると考える。

## 結 言

本研究では, 競り人の知識を取り入れた鮮魚の品質評価システムを構築することを目指している。本報では, 色相の異なる3種類の魚種を対象に競り人の外観評価, 魚体の色彩及び魚肉鮮度の関係を調査し, ファジィ推論を用いて外観評価のモデル化を試みた。その結果, 以下のことが示された。

- (1) 競り人の外観評価は魚肉鮮度, 即ち品質によく対応する。
- (2) 競り人の外観評価には「肩と尾」と腹部の色彩の特徴が共通に反映する。
- (3) 競り人の外観評価はファジィ推論モデルで表現可能となる。

現在, 無彩色であるサワラや, 他の色相の魚種に研究対象を広げているところである。

## 謝 辞

本研究にご協力頂いた山口県漁業共同組合山口はぎ地方卸売市場の藤田勲市場長と組合の皆様へ感謝します。また, 魚肉鮮度の分析に快くご支援いただいた山口県水産研究センター海外研究部の嶋内潤専門研究員に衷心より感謝を申し上げます。

なお, 本研究は科学研究費補助金(No.18500185)の助成によるものです。

## 文 献

- 1) 衣巻豊輔, 鈴木秋果, 関伸夫: 水産食品の鑑定. 恒星社厚生閣刊, 東京, 93-112 (1979)
- 2) 中村誠, 酒井義郎, 藤本正克: 魚類乾燥予測モデルの構成. 計測自動制御学会論文集, 31, 1778-1786 (1995)
- 3) Cesarettion A, Anthony T, Fereidoon S: Comparative



- quality assessment of cultured and wild sea bream (*Sparus aurata*) stored in ice. *J Agric Food Chem*, **50**, 2039-2045 (2002)
- 4) Saito T, Arai K, Matsuyoshi M: A new method for estimating the freshness of fish. *Bull Japan Soc Sci Fish*, **24**, 749-750 (1959)
- 5) 渡邊悦生: 魚介類の鮮度と加工・貯蔵. 成山堂書店, 東京 (1998)
- 6) 中添純一, 山中英明: 水産物の品質・鮮度とその高度保持技術. 恒星社厚生閣, 東京, 102-112 (2004)
- 7) 渡邊悦生: 魚介類の鮮度判定と品質保持. 恒星社厚生閣, 東京 (1995)
- 8) 中村 誠, 橋立知典, 池田一朗: 熟練者による鮮魚の品質評価に関する研究—アカアマダイの外観評価と魚肉鮮度について—. *人間工学*, **41** (特別号), 128-129 (2006)
- 9) 中村 誠, 橋立知典, 森元映治: ファジィ推論による鮮魚の熟練的品質評価のモデル化について. *人間工学*, **42** (特別号), 160-161 (2007)
- 10) 中村 誠, 橋立知典, 太田博光: 鮮魚の熟練的品質評価の解析—サバフグの外観評価について—. *人間工学*, **42** (特別号), 296-297 (2007)
- 11) 中村 誠, 平雄一郎, 森元映治: 鮮魚の熟練的品質評価に関する基礎的検討—アカアマダイの外観評価について—. *人間工学*, **43**, 261-267 (2007)
- 12) CIE Technical report 3rd Edition. *Colorimetry*, Vienna, 16-21 (2004)
- 13) 馬場護郎: 新編色彩科学のハンドブック第2版. 東京大学出版会, 東京 (1998)
- 14) Zadeh LA: Fuzzy Sets, *Inform Cont*, **8**, 339-353 (1965)
- 15) Mamdani EH: Applications of fuzzy algorithms for control of a simple dynamic plant. *Proc of IEEE*, **121**, 1585-1588 (1974)