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

中村 誠, ○橋立知典, 森元映治, 平 雄一郎, 三好佳廣 (水産大学校)

Modeling of a skillful quality evaluation of fresh fish using fuzzy inference

Makoto Nakamura, Tomonori Hashidate, Eiji Morimoto, Yuichiro Taira and Yoshihiro Miyoshi

(National Fisheries University)

1. はじめに

水産物の流通に関わる熟練者の知見は、特に鮮度の評価など品質管理のうえで有用となる。本研究では、この熟練的手法を取り入れた水産物の品質評価システムの構築を目指して、魚市場競り人による3種類の鮮魚の外観評価を解析するとともに、ファジィ推論を用いてこれらのモデル化を試みた。その結果、各魚種とも高い確度の推定結果が得られたので、これについて報告する。

2. 方法

2.1. 実験 試料魚には魚市場競り人により5群に外観評価(評価の高いものから順に第1群～第5群)された色相の異なる3種類の魚種(アカアマダイ¹⁾、イサキ、シロサバフグ)を用いた。表1に試料魚の体格を、また図1に魚体の色彩の分布を示す。

魚体の色彩の測定指標には CIE1976 表色系に規定される明度指数 L^* とクロマティックネス指数 a^* 及び b^* を、また体表の保水性や粘性を表すものとして輝度 L を設定した。彩度 C^* と色差 ΔE^*ab とは各々式(1)と式(2)により求めた。図2に魚体上の色彩の測定点を示す。

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

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

測定は魚市場の競り終了後約2時間経過時とし、水産大学校の電気実験室内の簡易人工気象室で行った。

2.2. モデルの設計 先ず各測定指標の基本統計量を算出し、第1)項～第3)項について各群間の比較と検定を行い、有意差の高い指標を抽出した。

1) 部位(背部、体幹部、腹部)間、2) 各測定点間、3) 部位内・部位間の測定点間の差

表1 試料魚の体格 means ± SD

魚種	全長(mm)	体重(g)	尾/箱
アカアマダイ	346.1 ± 28.4	528.7 ± 121.0	144 / 18
イサキ	290.8 ± 23.8	393.2 ± 100.1	140 / 20
シロサバフグ	304.4 ± 22.4	415.6 ± 82.3	189 / 25

図1 体表の色彩の分布

図2 色彩の測定点(イサキ)

次に、正準判別による判別分析法により熟練者の外観評価と抽出した指標間との構造を解析し、説明変数が3～5個迄の確度が高い組合わせのものを求めた。さらに、魚肉の変性(硬直、解硬、腐敗)に伴う表皮の色素細胞の挙動、保水性と粘性の変動等の観点、及び熟練者の意見を参考に、言語規則の前件部変数となり得る指標の組合わせを選別した。言語規則の基本を式(3)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 $E_i \quad (3)$

ここで、Hue: 色相, Value: 明度, Chroma: 彩度, Brightness: 輝度, $A_i \sim E_i$: ファジィラベルである。前件部変数の MF は5個で構成し、各 MF は文献2)に示す方法で設計した。

表 2 競り人の外観評価と魚体の色彩との対応

魚種	有意差が確認された部位, 指標	傾向・特徴
アカアマダイ	体幹部 (L2-C3), L 腹部 (L3-C2), C* 体幹部内 (L2-C1 - L2-C3), $\angle C^*$ 背部-体幹部間 (L1-C1 - L2-C1), $\angle C^*$	1 群, 5 群が高い 1 群が最大, 5 群が最小 5 群が最少 5 群が最大
イサキ	眼 (E), L* 腹部 (L3-C1), L* 体幹部内 (L2-C1 - L2-C3), $\angle C^*$ 背部-体幹部間 (L1-C1 - L2-C1), $\angle E^*ab$	評価の高い群 < 評価の低い群 2 群が最小, 3 ~ 5 群が高い 3 ~ 5 群の群順位を反映, 1 群, 5 群が低い 1 群が最小
シロサバフグ	頭部 (L2-C0), b* 腹部 (L3-C2), L* 体幹部内 (L2-C1 - L2-C3), $\angle b^*$ 背部-腹部間 (L1-C1 - L3-C1), $\angle b^*$	2 ~ 5 群の群順位を反映, 5 群が最小 全群の群順位を反映, 1 群が最大, 5 群が最小 3 ~ 5 群の群順位を反映, 5 群が最小 2 ~ 5 群の群順位を反映, 1 群, 5 群が低い

3. 結果と考察

3.1. 熟練の品質評価の解釈 表 2 に群間の比較と検定を行った結果, 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を示す. 表より, 競り人の外観評価の特徴は全魚種とも列 C1 と行 L2 における色彩に表れていることがわかる. 特に, 背部 L1-C1 と体幹部の 2 点 (胸部方向 L2-C1, 尾部方向 L2-C3) の色調が競り人の評価に良く対応していることが見受けられる. 漁獲直後の鮮度の高い状態では, アカアマダイの背部は黄赤方向の色相を持ちごく暗い色, イサキでは黄方向の色相でごく暗い色, シロサバフグでは黄方向の色相でやや暗い灰色となり, 色相は異なるものの明度 L*と彩度 C*がともに低いことから他の部位と比較すると暗い色調となる. 逆に, 漁獲後の時間経過に伴い, 魚体体表から水分が減じて背部の頭部方向では一旦ごく暗い色調が更に強まる. 同時に体幹部の胸部付近 L2-C1 と尾部付近 L2-C3 では魚種固有の色度が薄れる. よって胸部付近では背部との色差が強まると同時に, 尾部方向との色差が増す. 漁獲後の鮮魚の保管に問題を有する場合でも, 短時間にこのような傾向が顕著となる. また, 腹部は鮮度の高い状態では無彩色であるが, 経時的に劣化が進んだ場合は特に肛門付近 L3-C2 で薄い黄赤の色相が強まる. 競り人の評価には以上の魚体の経時的な色彩の変化の特徴がよく反映されており, これらを捉えて評価したものと推察する.

表 3 ファジィ推論の結果

魚種	試料数 (箱)	的中数 (箱)	的中率
アカアマダイ	18	16	0.889
イサキ	20	19	0.950
シロサバフグ	25	24	0.960

3.2. モデルの確度 表 3 に競り人の外観評価と各魚種のファジィ推論モデルでの推定結果とを比較した結果を示す. 式 (3) の言語規則の前件部には表 2 に示した各指標を設定した. その結果, アカアマダイでの誤推定は 18 箱中 2 箱 (2 群を 1 群, 3 群と推定), イサキとシロサバフグでは 1 箱 (ともに 1 群を 2 群と推定) となり, 極めて高い推定結果を得た.

4. むすび

本研究では, 熟練的手法を取り入れた水産物の品質評価システムを構築することを目指して, 競り人による色相の異なる 3 種類の魚種の外観評価を対象として, ファジィ推論によりモデル化を試みた. その結果, 各魚種とも, モデルの前件部変数が 4 変数の構成で, 極めて高い的中率が得られた.

なお, 本研究は科学研究費補助金 (No. 185001850001) の助成によるものである.

参考文献

- 1) 中村 誠, 他: 「鮮魚の熟練の品質評価のモデル化に関する基礎的検討」, 第 11 回日本知能情報ファジィ学会中国・四国支部大会論文集, 19-20, 2006
- 2) 中村 誠, 他: 「魚類乾燥予測モデルの構成」, 計測自動制御学会論文集, Vol.31, No.10, 1,778-1,786, 1995