

# 形状識別の1方法

行田 尚義・伊藤 伸一

(受理 平成8年5月31日)

## One Method of Pattern Discrimination

Naoyoshi NAMEDA and Shinichi ITOH

This paper concerns pattern discrimination using part of a pattern form. Limb and Neck were chosen as the feature of the form. Numerical values were calculated for the part of the form distilled from a pattern according to the proposed calculating methods. For the sample pattern, fish were used. In Japan, the sea bream is the most expensive fish, then other fishes whose outside figures are similar to the sea bream, are called the kin of the sea bream. Then, using the discriminative feature numerical value calculated from these fishes, the discrimination between the true sea bream and the false sea bream was implemented.

### 第1章 はしがき

本研究では、画像の中の部分的な形状の特徴を抽出して画像を認識する試みである。

K.S. Siddiqi and B.B. Kimia [1] によれば、画像の特徴は limb 型・neck 型の2つのトポロジカルな形状の組み合わせで特徴出来ると提案している。そこで本論文でも、画像をこの2つのトポロジカルな形状に分解して解析を試みた。

K.S. Siddiqi B.B. Kimia の論文では neck の定義にかかわる具体的な形状の計測方法について記述されているが、limb については突出部の出る部分の角度の特徴付けの方法のみが記述されていて突出部全体についての記述がない。そこで本論文ではこれらを統一的に数値化する方法を提案した。この方法を使って魚、特にタイについてタイ科とそうでない魚の識別を行った。魚の識別ではある特定の位置にある limb 部寸法が重要であることが分かった。

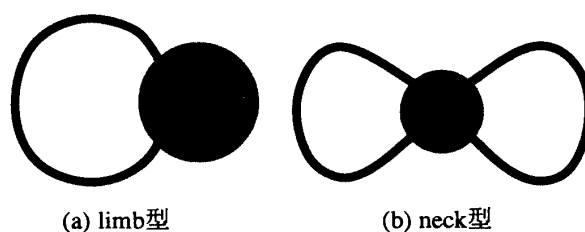


図1.1 limb と neck の概念図

((a)の黒い部分が limb, (b)の黒い部分が neck)

### 第2章 limb と neck について数値化の方法

#### 2.1 limb 型

本論文では図2.1のように像から一部分が突出しているような形を limb (手足) と呼ぶ。

limb である条件としては、

- 1) 画像の縁に沿って、画像の内側に湾曲している点で隣り合った三点間に突出がみられる場合。
- 2) 図2.1(b)における、 $\theta_1$  と  $\theta_2$  が  $0 < \theta_1 < \frac{\pi}{2}$  かつ  $0 < \theta_2 < \frac{\pi}{2}$  である場合。の2つである。これらを同時に満たし

たとき、はじめて Limb とみなすことができる。

limb 型には、特徴である部分を数値化する L と DI の二つの式を提案する。

$$L = \frac{\text{limb 突}}{\text{limb 幅}}$$

$$DI = 1 - \frac{\theta_1 + \theta_2}{\pi}$$

L はの突出の度合いを表す式で、DI は突出している根本の部分を表している。

図2.2(a)のように画像の一部分が首のようにくびれているような形を neck (首) と呼ぶ。

neck である条件としては、

1) 画像の内側に湾曲している部分を短軸とする楕

円を、画像内に描くことが出来る場合。(図2.2(a))

neck 型には、特徴である部分を数値化する以下の二つの式がある。

$$N = \frac{1}{2} \frac{\text{長軸}}{\text{短軸}}$$

$$Dn = 1 - \frac{\theta_{11} + \theta_{12} + \theta_{21} + \theta_{22}}{2\pi}$$

N は楕円の長軸と短軸の比率を表す式で、Dn はくびれの角度を表す式である。

N は limb と比較しやすいように  $\frac{1}{2}$  を掛けてある。

また、Dn は DI と比較しやすいようにくびれの両側の平均をとっている。

### 2.3 試験画像の計測手順

1. コンピュータにスキャナ (EPSON GT-9000) で画像を取り込む。
2. 取り込んだ画像をモノクロ画像に変換し解像度を 72 (dots/inch) に変換する。(図2.3)
3. 画像の輪郭の内側を黒く塗りつぶす。
4. 画像の輪郭でへこんでいる点を中心とする、半径一定 (今回の実験では半径 10 dots とした) の円 (以後これを計測円と呼ぶ) を描く。(図2.4)
5. 計測円の中心と、計測円と画像の輪郭との交点 (計 3 箇所) の座標を計測する。(図2.5の P1, P2, P3)
6. 画像の輪郭で突出した部分を計測しこの点の座標を計測する。

#### 2.3.1 limbの計算

図2.6のような場所が画像内に存在したとする。(測定した箇所は P1<sub>0</sub>, P1<sub>1</sub>, P1<sub>2</sub> と P2<sub>0</sub>, P2<sub>1</sub>, P2<sub>2</sub> と P3 の 7 点とする) この場所が limb であるための条件は、

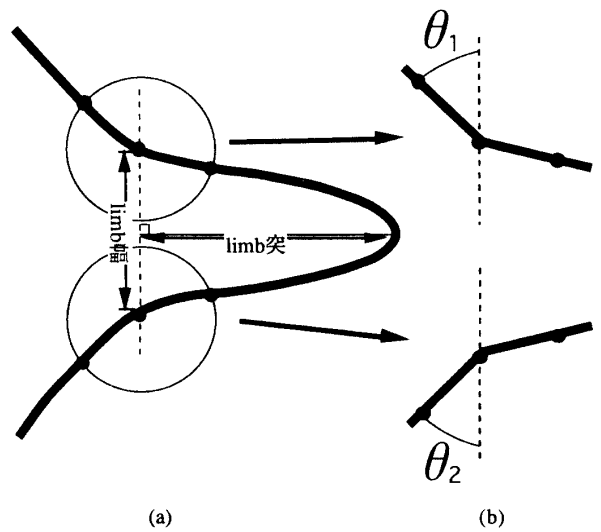


図2.1 limb ((b)は(a)の円の中を拡大したもの)

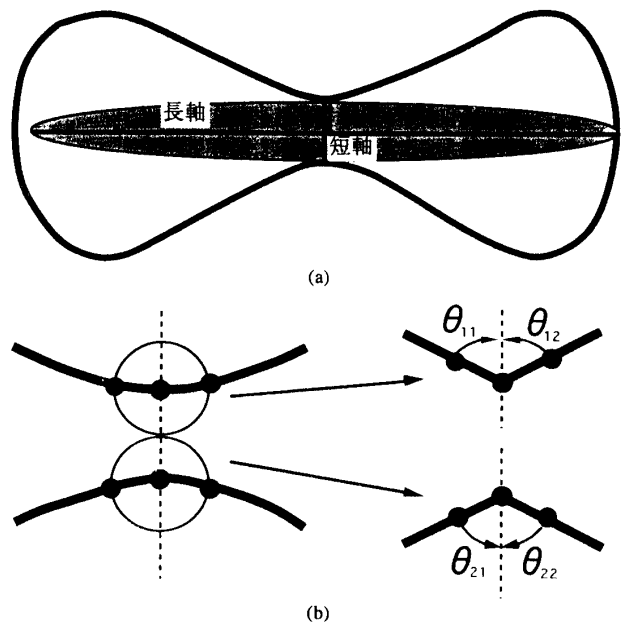


図2.2 neck ((b)は(a)の短軸部分を拡大したもの)

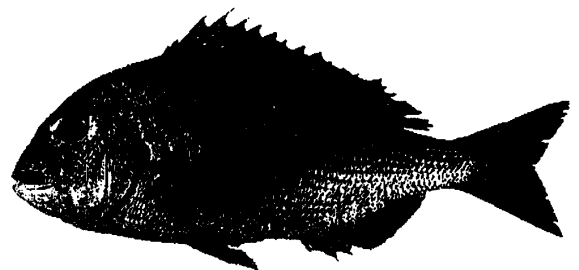


図2.3 スキャナで取り込んだ画像 (マダイ)



図2.4 黒色に塗りつぶし、円を張り付けた画像 (マダイ)

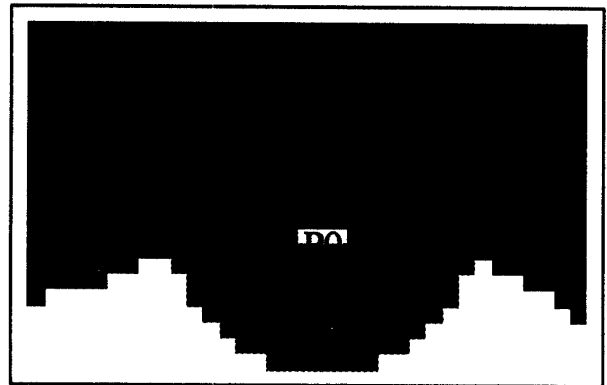


図2.5 計測円

- 1) 計測円1と計測円2の間には他の計測円がなく(つまり画像の境界線に沿って計測円が隣り合っているとき), 計測点(ここではP3)が存在しているとき。
- 2) P1<sub>0</sub>とP2<sub>0</sub>を通る直線を境界線とし, P3の存在する側を内側とするとき, P3からそれぞれの計測円による計測点の内, 最も遠い点だけが境界線の外側にあるとき。

の2つである。これらを同時に満たしたとき, はじめて limb とみなすことができる。

この図の L と D1 を算出する。

$$L = \frac{\text{limb 突}}{\text{limb 幅}}$$

limb 突は P1<sub>0</sub> P2<sub>0</sub> を通る直線からみた P3 の高さである。ここで, この3点を頂点とする三角形を考えてみる。これにより P1<sub>0</sub> の座標を P1<sub>0</sub>[P1<sub>0x</sub>, P1<sub>0y</sub>] とすると

$$\text{面積} = (P1_0 P2_0 \text{ 間の距離}) \times (P3 \text{ の高さ}) \div 2$$

$$= \sqrt{(P1_{0x} - P2_{0x})^2 + (P1_{0y} - P2_{0y})^2} \times (P3 \text{ の高さ}) \div 2$$

また, 三角形の面積は P1<sub>0</sub> P2<sub>0</sub> P3 を通る矩形の面積からそれぞれの2点の組み合わせを三角形の2点とする3個の直角三角形の面積を差し引くことで得られる次の面積の式

$$\text{面積} = \frac{1}{2} |(P2_{0x} - P1_{0x}) \cdot (P3_y - P1_{0y}) - (P3_x - P1_{0x}) \cdot (P2_{0y} - P1_{0y})|$$

この二式から

$$\text{limb 突} = P3 \text{ の高さは}$$

$$\text{limb 突} = \frac{|(P2_{0x} - P1_{0x}) \cdot (P3_y - P1_{0y}) - (P3_x - P1_{0x}) \cdot (P2_{0y} - P1_{0y})|}{\sqrt{(P1_{0x} - P2_{0x})^2 + (P1_{0y} - P2_{0y})^2}}$$

とした。

limb 幅は P1<sub>0</sub> P2<sub>0</sub> 間の距離なので,

$$\text{limb 幅} = \sqrt{(P1_{0x} - P2_{0x})^2 + (P1_{0y} - P2_{0y})^2}$$

$$L = \frac{\text{limb 突}}{\text{limb 幅}}$$

$$\therefore L = |(P2_{0x} - P1_{0x}) \cdot (P3_y - P1_{0y}) - (P3_x - P1_{0x}) \cdot (P2_{0y} - P1_{0y})|$$

となる。

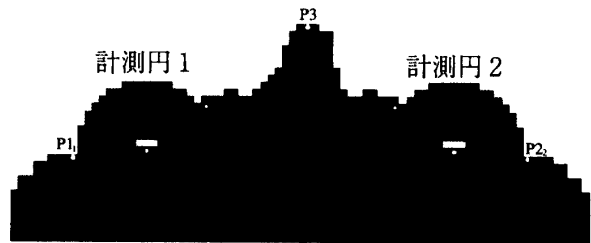


図2.6 計測のためのモデル図 (limb)

DI は,

$$DI = 1 - \frac{\theta_1 + \theta_2}{\pi}$$

$$= 1 - \frac{(\pi - \angle P1_1 P1_0 P2_0) + (\pi - \angle P2_2 P2_0 P1_0)}{\pi}$$

ここで

$$\begin{aligned} \cos \theta_1 &= \cos(\pi - \angle P1_1 P1_0 P2_0) \\ &= \cos \angle P1_1 P1_0 P2_0 \\ &= \frac{|P1_0 - P1_1|^2 + |P1_0 - P2_0|^2 - |P1_1 - P2_0|^2}{2 \cdot |P1_0 - P1_1| \cdot |P1_0 - P2_0|} \end{aligned}$$

よって

$$\begin{aligned} \theta_1 &= \cos^{-1} \left( \frac{|P1_0 - P1_1|^2 + |P1_0 - P2_0|^2 - |P1_1 - P2_0|^2}{2 \cdot |P1_0 - P1_1| \cdot |P1_0 - P2_0|} \right) \\ &= \cos^{-1} \left( \frac{\{(P1_{0x} - P1_{1x})^2 + (P1_{0y} - P1_{1y})^2\} + \{(P1_{0x} - P2_{0x})^2 + (P1_{0y} - P2_{0y})^2\} - \{(P1_{1x} - P2_{0x})^2 + (P1_{1y} - P2_{0y})^2\}}{2 \cdot \{(P1_{0x} - P1_{1x})^2 + (P1_{0y} - P1_{1y})^2\} \cdot \{(P1_{0x} - P2_{0x})^2 + (P1_{0y} - P2_{0y})^2\}} \right) \end{aligned}$$

$$\therefore DI = 1 - \frac{1}{\pi} \cdot$$

$$\left\{ \begin{aligned} &\cos^{-1} \left( \frac{\{(P1_{0x} - P1_{1x})^2 + (P1_{0y} - P1_{1y})^2\} + \{(P1_{0x} - P2_{0x})^2 + (P1_{0y} - P2_{0y})^2\} - \{(P1_{1x} - P2_{0x})^2 + (P1_{1y} - P2_{0y})^2\}}{2 \cdot \{(P1_{0x} - P1_{1x})^2 + (P1_{0y} - P1_{1y})^2\} \cdot \{(P1_{0x} - P2_{0x})^2 + (P1_{0y} - P2_{0y})^2\}} \right) \\ &+ \cos^{-1} \left( \frac{\{(P2_{0x} - P2_{2x})^2 + (P2_{0y} - P2_{2y})^2\} + \{(P2_{0x} - P1_{0x})^2 + (P2_{0y} - P1_{0y})^2\} - \{(P2_{2x} - P1_{0x})^2 + (P2_{2y} - P1_{0y})^2\}}{2 \cdot \{(P2_{0x} - P2_{2x})^2 + (P2_{0y} - P2_{2y})^2\} \cdot \{(P2_{0x} - P1_{0x})^2 + (P2_{0y} - P1_{0y})^2\}} \right) \end{aligned} \right\}$$

となる。

### 2.3.2 Neck の計算

図2.7のような場所が画像内に存在したとする。(測定した箇所は  $P1_0, P1_1, P1_2$  と  $P2_0, P2_1, P2_2$  の6点とする) この場所が neck であるための条件は,

- 1)  $P1_0$  に対して  $P2_0$  が  $P2_1, P2_2$  より近い場所に存在し, かつ  $P2_0$  に対して  $P1_0$  が  $P1_1, P1_2$  より近い場所に存在するとき。
- 2)  $P1_0, P2_0$  の二点間の線分が短軸となるような楕円を描くことが出来るとき。

の2つである。これらを同時に満たしたとき, はじめて neck とみなすことができる。

この図2.7における  $N$  と  $Dn$  を算出する。

$N$  は,

$$N = \frac{1}{2} \frac{\text{長軸}}{\text{短軸}}$$

短軸は  $P1_0$  間の距離であるので,  $P2_0$  の座標を  $P1_0[P1_{0x}, P1_{0y}]$  とすると

$$\begin{aligned} \text{短軸} &= |P1_0 - P2_0| \\ &= \sqrt{(P1_{0x} - P2_{0x})^2 + (P1_{0y} - P2_{0y})^2} \end{aligned}$$

である。

長軸は, 後の楕円のところで別に算出した値を用いると,  $N$  は,

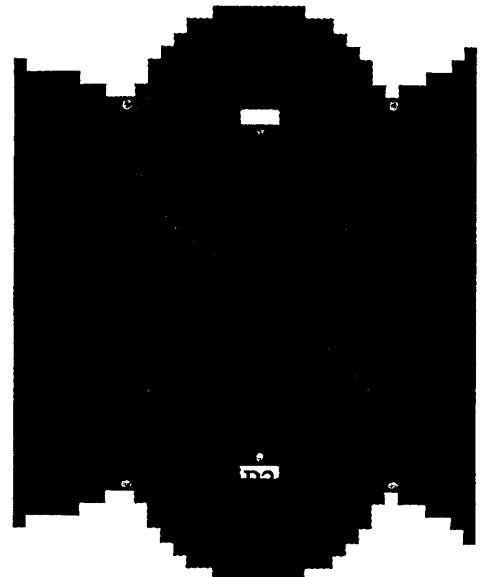


図2.7 計測のためのモデル図 (neck)

$$N = \frac{1}{2} \cdot \frac{a}{b}$$

短軸 ( $=2b$ ) を座標で表すと,

$$\begin{aligned} N &= \frac{1}{2} \cdot \frac{2a}{\sqrt{(P1_{0x} - P2_{0x})^2 + (P1_{0y} - P2_{0y})^2}} \\ &= \frac{a}{\sqrt{(P1_{0x} - P2_{0x})^2 + (P1_{0y} - P2_{0y})^2}} \end{aligned}$$

となる。

また,  $Dn$  は,

$$\begin{aligned} Dn &= 1 - \frac{\theta_{11} + \theta_{12} + \theta_{21} + \theta_{22}}{2\pi} \\ &= 1 - \frac{\theta_1 + \theta_2}{2\pi} \\ &= 1 - \frac{\angle P1_1 P1_0 P1_2 + \angle P2_1 P2_0 P2_2}{2\pi} \end{aligned}$$

ここで

$$\begin{aligned} \cos \angle P1_1 P1_0 P1_2 &= \frac{|P1_0 - P1_1|^2 + |P1_0 - P1_2|^2 - |P1_1 - P1_2|^2}{2 \cdot |P1_0 - P1_1| \cdot |P1_0 - P1_2|} \\ \angle P1_1 P1_0 P1_2 &= \cos^{-1} \left( \frac{|P1_0 - P1_1|^2 + |P1_0 - P1_2|^2 - |P1_1 - P1_2|^2}{2 \cdot |P1_0 - P1_1| \cdot |P1_0 - P1_2|} \right) \end{aligned}$$

となり,

$$\angle P1_1 P1_0 P1_2 = \cos^{-1} \left( \frac{\{(P1_{0x} - P1_{1x})^2 + (P1_{0y} - P1_{1y})^2\} + \{(P1_{0x} - P1_{2x})^2 + (P1_{0y} - P1_{2y})^2\} - \{(P1_{1x} - P1_{2x})^2 + (P1_{1y} - P1_{2y})^2\}}{2 \cdot \{(P1_{0x} - P1_{1x})^2 + (P1_{0y} - P1_{1y})^2\} \cdot \{(P1_{0x} - P1_{2x})^2 + (P1_{0y} - P1_{2y})^2\}} \right)$$

$$\therefore Dn = 1 - \frac{1}{2\pi} \cdot$$

$$\left[ \cos^{-1} \left( \frac{\{(P1_{0x} - P1_{1x})^2 + (P1_{0y} - P1_{1y})^2\} + \{(P1_{0x} - P1_{2x})^2 + (P1_{0y} - P1_{2y})^2\} - \{(P1_{1x} - P1_{2x})^2 + (P1_{1y} - P1_{2y})^2\}}{2 \cdot \{(P1_{0x} - P1_{1x})^2 + (P1_{0y} - P1_{1y})^2\} \cdot \{(P1_{0x} - P1_{2x})^2 + (P1_{0y} - P1_{2y})^2\}} \right) \right. \\ \left. + \cos^{-1} \left( \frac{\{(P2_{0x} - P2_{1x})^2 + (P2_{0y} - P2_{1y})^2\} + \{(P2_{0x} - P2_{2x})^2 + (P2_{0y} - P2_{2y})^2\} - \{(P2_{1x} - P2_{2x})^2 + (P2_{1y} - P2_{2y})^2\}}{2 \cdot \{(P2_{0x} - P2_{1x})^2 + (P2_{0y} - P2_{1y})^2\} \cdot \{(P2_{0x} - P2_{2x})^2 + (P2_{0y} - P2_{2y})^2\}} \right) \right]$$

となる。

### 第3章 結果および考察

画像のサンプルとして魚を取り上げた。魚の分類は、マダイの場合

動物界→脊椎動物門→顎口上綱→硬骨魚綱→条鰭亜綱→真骨下綱→スズキ目→スズキ亜目→タイ科→マダイ属→マダイ

となるが、本研究では「科」において区別する識別実験を行った。

#### 3.1 L・DI・N・Dn の比較

まず、タイ科の5種類魚について、魚の頭から尻尾にむかって中心軸上の長さの割合をとり、発生位置毎にL・DI・N・Dnを計算した。横軸に発生位置、縦軸に計算したL・DI・N・Dnをプロットしたグラフが、それぞれ図3.1, 図3.2, 図3.3, 図3.4である。

その結果魚はL・DIについては多くのデータが得られたが、N・Dnについては、サンプル1種類につき一カ所しかデータが得られなかったため比較には適していない。

また、N・DIのうちLの方が差別化に適していることが分かった。Lのグラフ図3.1について解析すると特徴を

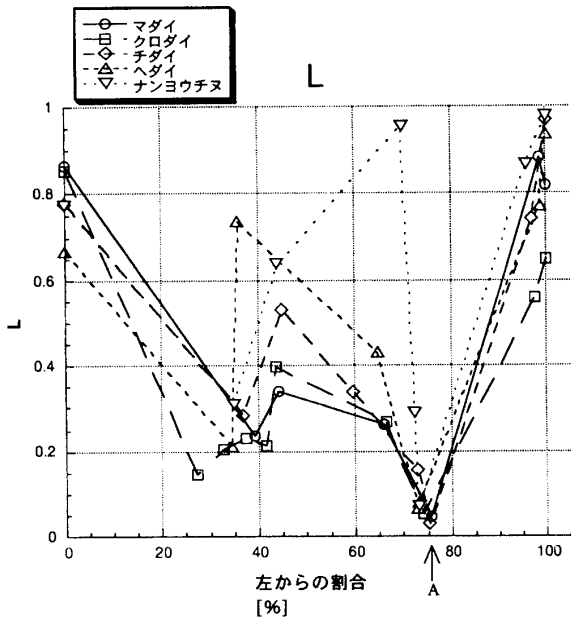


図3.1 グラフによる L の比較 (タイ科)

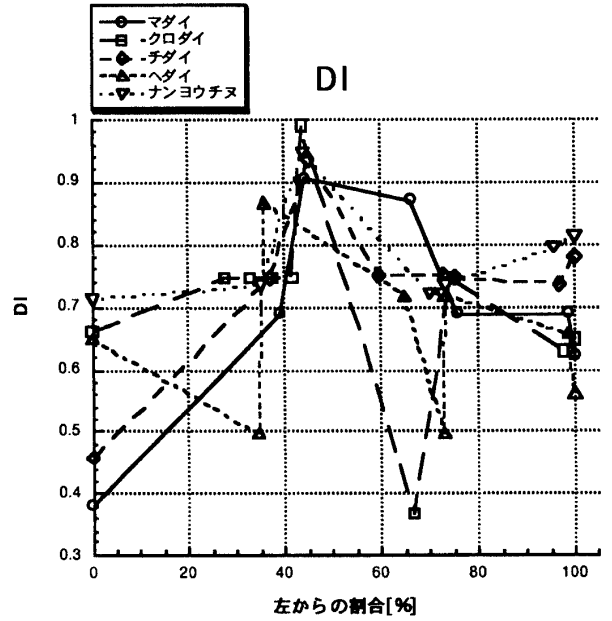


図3.2 グラフによる DI の比較 (タイ科)

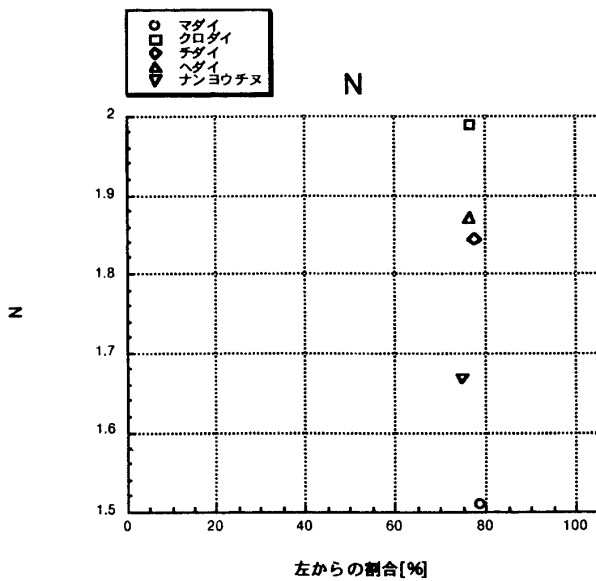


図3.3 グラフによる N の比較 (タイ科)

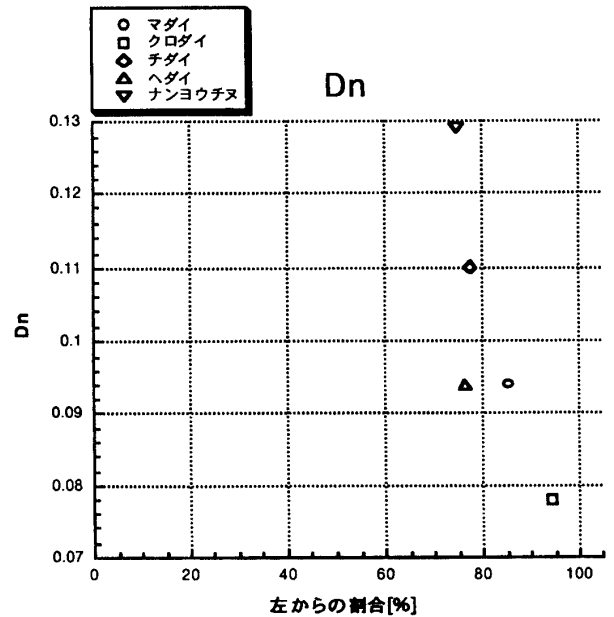


図3.4 グラフによる Dn の比較 (タイ科)

持つ部分が如実に現れた。

ここで特徴を持つ部分とは例えば図3.1のAのように点が集中している部分のことをさす。

図3.1について平均とSD(標準偏差)をとってグラフ化すると図3.5になった。

ここでSDの値が小さい部分が最もタイ科の特徴を表している点であると考えられる。

これによって他科の魚との比較を行った。

特にタイは高級魚のため日本ではタイ科でないにもかかわらず語尾に「~ダイ」と付けられていてタイ科と誤解

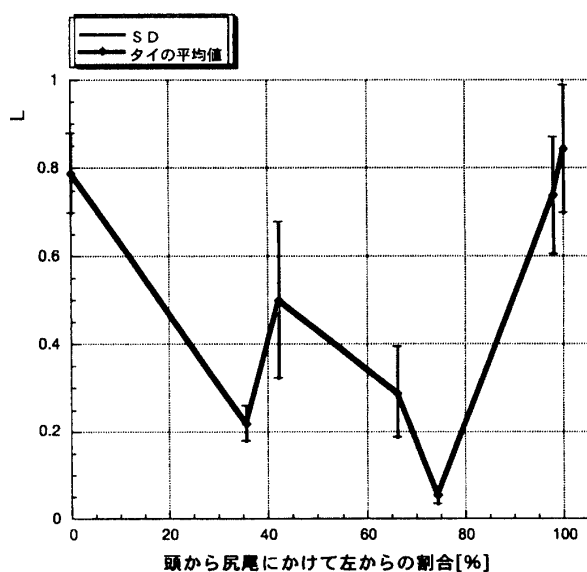


図3.5 タイ科の魚についての平均とSD

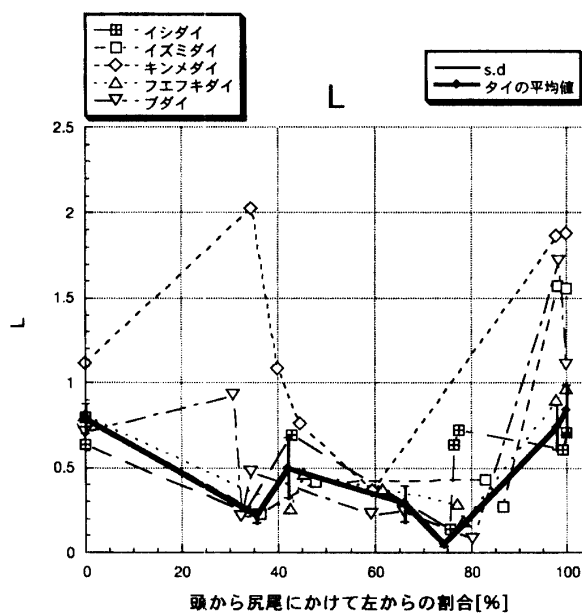


図3.6 タイ科とタイと名の付く魚のパターン

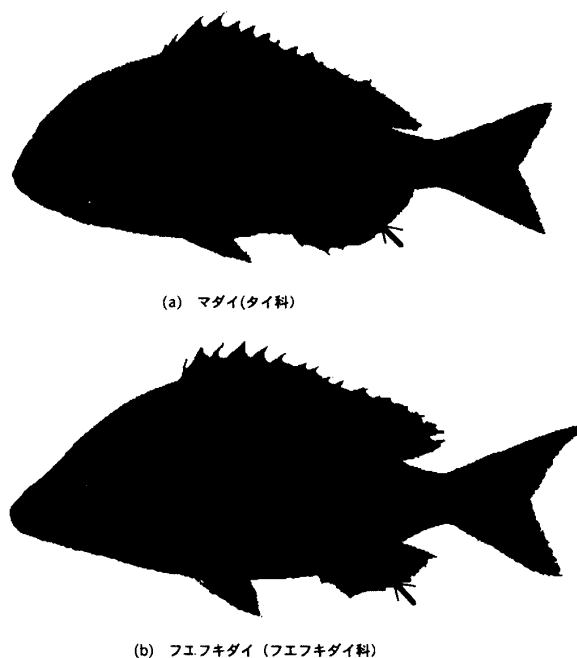
されやすい魚が多い。そこで次の5種類の魚について、上記のタイ科のデータとの比較を行った。(図3.6)

- イシダイ : スズキ目のイシダイ科
- イズミダイ : スズキ目イズミダイ科
- キンメダイ : キンメ目キンメ科
- フエフキダイ : スズキ目フエフキダイ科
- ブダイ : スズキ目ブダイ科

これらの魚については、魚の形状がマダイに似ているために素人には、タイ科の魚と区別出来ないが、Lの標準偏差の差が極めて小さい点、すなわち最も特徴を表していると考えられる点というのは、実画像(図3.7)では矢印で示した部分であった。下びれにあたる部分の limb であることがわかる。

### 第4章 結論

- 1 画像の特徴を limb と neck で数値化する方法を提案した。
- 2 この方法で魚特にタイ科の魚の識別を試みたところある特定の位置にある limb の形状に特徴があることが分かった。
- 3 limb の形状のうち前述の計算による L を求め、タイ科の異種の魚について求めた SD (標準偏差) の最小値の出現位置における L を比較することで、タイ科と他の科の魚の識別をすることが可能であった。本論文は平成7年度卒業生 毛利秀輝, 森 光司 両君の努力に依存していることを付記する。



(a) マダイ(タイ科)

(b) フエフキダイ (フエフキダイ科)

図3.7 実画像 (黒色)

## 第5章 参考文献

- 1) K.S. Siddiqi and B.B. Kimia, Part of Visual Form: Computational Aspects, IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, Vol. 17, No. 3, (1995) pp. 239-251