



Title	偏心だ円との差による2次元形状分析法の魚類への適用
Author(s)	鈴木, 翼; SUZUKI, Akira; 後藤, 圭司 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 33(2), 106-114
Issue Date	1982-06
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23791
Type	departmental bulletin paper
File Information	33(2)_P106-114.pdf



偏心だ円との差による2次元形状分析法の魚類への適用

鈴木 翼*・後藤 圭司**

Two-Dimensional Shape Analysis and its
Application to Fish

Akira SUZUKI* and Keishi GOTOH**

Abstract

A new method of shape analysis is proposed to characterize two-dimensional forms. The Fourier coefficients are calculated for a vectorial expression of the form about the center of gravity. As a reference form, an eccentric ellipse having two parameters is determined from the 1st and 2nd coefficients. From the difference in Fourier coefficients between the present form and the reference one, several shape parameters are derived.

The shape analysis is applied to 19 kinds of fish, and the some discussions about the validity of the shape parameters are made.

緒 言

2次元形状を数値で表現することの目的は主として次の2つに大別できる。すなわち、

- (1) 形状の同定、識別および分類。
- (2) 形状が関与する物理・化学現象の量的な取り扱い。

しかし、形状の影響が支配的であつ重要な現象は現在のところあまり見出されていないため、(2)に関する研究はほとんど行われていない。本研究も(1)に属する。

一方、形状の表現方法については、入力データから最終的な形状パラメータ群(出力データ)を得るデータ変換の過程により、種々の方法が提案されている。古くは、入力データが数個の代表寸法で、出力データもただ1つのパラメータ(たとえば体積形状係数、長短度、球形度など)であったり。この方法は物理的意味が明解であり、また演算も簡単なため今日でも広く使用されており、特に物理現象と形状との関係を近似的に取り扱うのに便利である。しかし、最初の入力データがすでに形状に関する情報の大部分を失っているため、最も巨視的な形状パラメータしかこの方法によっては得ることができず、先に述べた(1)への適用はほとんど不可能である。

したがって、より詳細な形状パラメータを得るには、元の形状を代表する大量の入力データとその複雑な変換処理が必要となるが、近年のコンピュータの著しい普及と高性能化によって、この処理過程は大きな障害ではなくなっている。現在では一般に入力データとして、2次元図形の境界線から多数の点をサンプリングし、その座標値を与えることが多い。この入力データの変換方法としては、大きく分けてフーリエ解析によるものとそれ以外のものがある。フーリエ解析法は図形解析以外の分野でも広く用いられており、根拠が明確で、かつ必要なら得られたフーリエ係数から元の図形を逆に再

* 北海道大学水産学部化学工学講座
(Laboratory of Chemical Engineering, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

** 豊橋技術科学大学エネルギー工学系
(Energy Engineering, Toyohashi University of Technology)

生することも可能なため、総合的に見て最も優れた方法の1つと言える。本研究で取り扱う方法もフーリエ解析法の1種である。以下ではフーリエ解析法の特徴を簡単に検討した後、偏心だ円を基準とする新しい形状分析法と、その魚類形状への適用結果について述べる。

形状のフーリエ解析法

この方法の入力データは一般に元の2次元図形（以下では対象図形と呼ぶ）を多数の折れ線によって近似したその折れ点の x, y 座標である。しかし、フーリエ変換の対象は周期関数であるから、この座標データから周期関数を得る必要がある。その方法は近似折れ線の長さや変化角度の関係をを用いる接線法²⁾と重心を原点とする極座標を用いる方法に大別できる。接線法はあらゆる形状に対して周期関数の独立変数領域を $0 \sim 2\pi$ にすることができるという長所をもっている反面、フーリエ級数展開に誤差があると、各折れ点ごとにこれが累積され、再生図形の始点と終点が一致しないという重大な欠点がある。一方、極座標を用いる方法はこれと逆の特徴をもっているが、他に形状と周期関数の関係が直観的にわかりやすいため、現在最も広く使用されている。本研究の方法も極座標法に基礎をおいているので、以下ではこれについてのみ述べる。

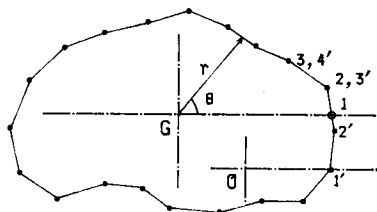


Fig. 1. Vectorial coordinate system.

説明の便宜上図1に示すような対象図形を考える。Oは図形内の任意の位置に定めた、初期データ $1', 2', 3', \dots$ に対する原点である。このデータから図形の重心 G を求め、これを新しい原点とするように初期データの座標を変換する。この際、新しい正の x 軸と図形との交点をデータとしてつけ加え、この点を出発点とするように反時計方向にデータ番号をつけ直す ($1, 2, 3, \dots$)。次に動径 r を角度 θ の関数として表わす。ここではまず r と θ は1対1の関係 (Holomorphic と呼ぶ) にあるとする。 $r(\theta)$ をフーリエ展開して (1) 式を得る。

$$\begin{aligned}
 r(\theta) &= A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \{A(n) \cdot \cos n\theta + B(n) \cdot \sin n\theta\} \\
 &= A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} C'(n) \cdot \cos \{n\theta + \phi(n)\}
 \end{aligned} \tag{1}$$

ここに

$$A_0 \equiv \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} r(\theta) d\theta \tag{2}$$

$$A(n) \equiv \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} r(\theta) \cdot \cos n\theta d\theta \tag{3}$$

$$B(n) \equiv \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} r(\theta) \cdot \sin n\theta d\theta \tag{4}$$

$$C'(n) \equiv \sqrt{A(n)^2 + B(n)^2}, \quad \phi(n) \equiv -\tan^{-1} \frac{B(n)}{A(n)} \quad (5)$$

(1) 式の定数 A_0 は対象図形と周長の等しい円の半径を意味しているので、(1) 式の両辺を A_0 で割って規格化し、図形の大きさの影響をとり除くと (6) 式を得る。

$$\begin{aligned} R(\theta) &\equiv \frac{r(\theta)}{A_0} = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{C'(n)}{A_0} \cdot \cos\{n\theta + \phi(n)\} \\ &= 1 + \sum_{n=1}^{\infty} C(n) \cdot \cos\{n\theta + \phi(n)\} \end{aligned} \quad (6)$$

ここに

$$C(n) \equiv \frac{C'(n)}{A_0} \quad (7)$$

この変換によって得た 2 組の級数 $C(n)$ および $\phi(n)$ は対象図形の形状と厳密に等価ではあるが、その個数が ∞ であるため、これをそのまま形状パラメタにすることは無意味である。また、位相 $\phi(n)$ は図形の再生にとっては重要であるが、図形のおき方、すなわち図形の回転に依存し、単に波番 n の cosine 波の開始点を示しているにすぎないから、単独で形状パラメタとするには適当ではない。一方、 $C(n)$ は図形の回転に対して不変であり、図形に含まれる波番 n の成分の強さを意味しているから、最終的な形状パラメタを得るための新たな入力データとして最も適当である。

Meloy^{3,4)} は粉体粒子の形状に関して、(1) 式の $C'(n)$ あるいは (6) 式の $C(n)$ と n の関係を両対数紙にプロットすると、図 2 のように右下がりの直線が近似的に得られることを見出し、これを“Particle Signature”と名付けた。図 2 は相馬標準砂粒子の Meloy plot の例である。一般に粉体粒子

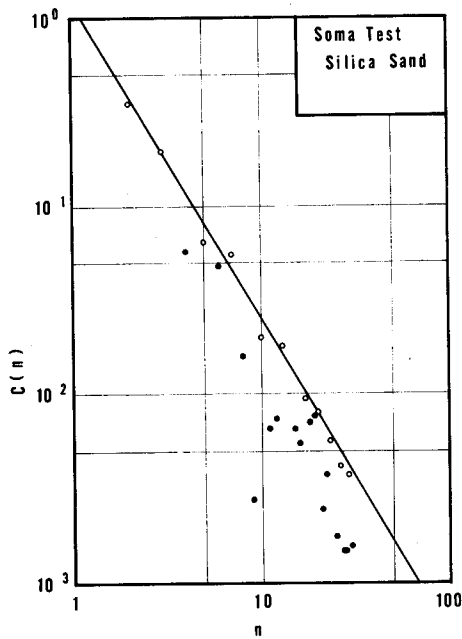


Fig. 2. Meloy plot for Soma test silica sand.

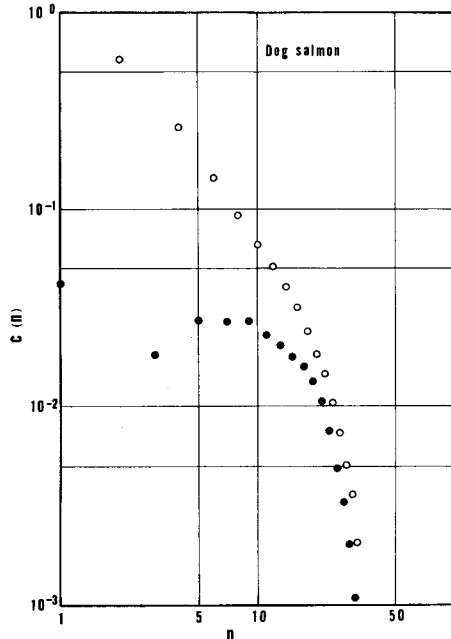


Fig. 3. Meloy plot for dog salmon.

のように不規則性の強い形状に対しては、この直線関係が比較的良好に成立することは経験的によく知られているが、たとえば魚類の側面形状あるいはだ円のように比較的なめらかな形状においては、図3（シロザケの例）に示すように $\log C(n) : \log n$ のプロットは良好な直線関係を与えず、むしろ図4のように $\log C(n) : n$ の片対数プロットの方が直線に近い。さらに重要なことはフーリエ係数の奇数項と偶数項とがはっきりと別な傾向を示していることである。このような図形の場合、ただ1本の直線で対象図形の形状を表現するのは困難であり、“Particle Signature 法”の1つの限界を示している。

偏心だ円のフーリエ係数

フーリエ係数 $C(n)$ の奇数項と偶数項が別の傾向をもつ級数になるのは、規則的な形状によく見られ、その典型的な例がだ円である。魚類の側面形状も一般にだ円に類似した図形と見なせるから、以下ではだ円のフーリエ係数の特性について若干の考察を行う。

重心を原点とするだ円を x 軸に沿って α だけずらしてできる偏心だ円（図5）の方程式は次式である。

$$\frac{(x-\alpha)^2}{b^2} + \frac{y^2}{a^2} = 1 \tag{8}$$

ここに a はだ円の短径の $1/2$ 、 b はだ円の長径の $1/2$ 、そして α は偏心距離である。このだ円の動径関数を $r_e(\theta)$ とおけば、 $r_e(\theta)$ は次式で表わされる。

$$\begin{aligned} r_e(\theta) &= b \cdot k \cdot \frac{k \cdot e \cdot \cos \theta + \sqrt{k^2 \cdot \cos^2 \theta + (1-e^2) \cdot \sin^2 \theta}}{k^2 \cdot \cos^2 \theta + \sin^2 \theta} \\ &= b \cdot k^2 \cdot e \cdot \frac{\cos \theta}{K(\theta)} + \frac{b \cdot k}{\sqrt{K(\theta)}} \sqrt{1 - \frac{e^2 \cdot \sin^2 \theta}{K(\theta)}} \end{aligned} \tag{9}$$

ここに

$$k \equiv \frac{a}{b}, \quad e \equiv \frac{\alpha}{b}, \quad K(\theta) \equiv k^2 \cdot \cos^2 \theta + \sin^2 \theta \tag{10}$$

(9) 式をフーリエ展開して規格化すると、(11) 式を得る。

$$\begin{aligned} R_e(\theta) &\equiv \frac{r_e(\theta)}{A_{e0}} = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{A_e(n)}{A_{e0}} \cdot \cos n\theta \\ &= 1 + \sum_{n=1}^{\infty} C_e(n) \cdot \cos n\theta \end{aligned} \tag{11}$$

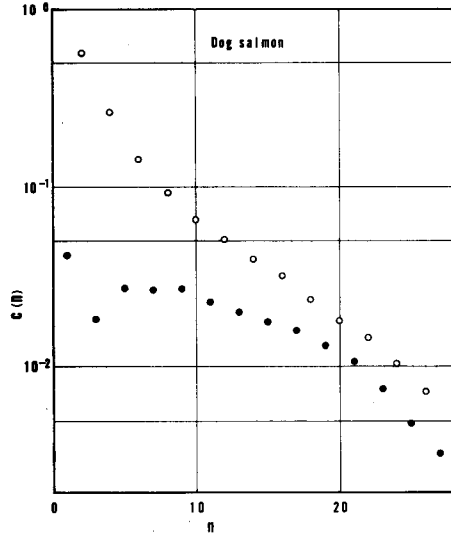


Fig. 4. Semi-log plot of $C(n)$ vs. n for dog salmon.

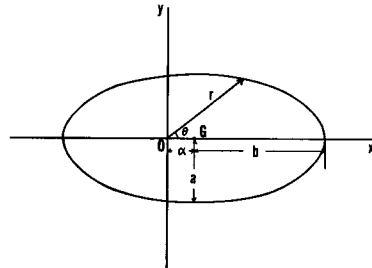


Fig. 5. Coordinate system for eccentric ellipse.

ここに

$$A_{e0} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} r_e(\theta) d\theta \quad (12)$$

$$A_e(n) = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} r_e(\theta) \cdot \cos n\theta d\theta \quad (13)$$

$$C_e(n) = \frac{A_e(n)}{A_{e0}} \quad (14)$$

この偏心だ円は x 軸に関して対称，すなわち $r_e(\theta)$ は $\theta = \pi$ に関して対称であるため，(11) 式に sine 項は現われない。

だ円の周長は近似的に $\pi \sqrt{2(a^2+b^2)}$ と表わせるから，だ円と周長の等しい円の半径を意味する A_{e0} は次式で近似される。

$$A_{e0} \approx \sqrt{\frac{a^2+b^2}{2}} = \sqrt{k^2+1} \cdot \frac{b}{\sqrt{2}} \quad (15)$$

したがって， $C_e(n)$ は次式となる。

$$\begin{aligned} C_e(n) &\approx \frac{\sqrt{2}}{\pi b \sqrt{k^2+1}} \int_0^{2\pi} \left\{ b \cdot k^2 \cdot e \cdot \frac{\cos \theta}{K(\theta)} + \frac{b \cdot k}{\sqrt{K(\theta)}} \sqrt{1 - \frac{e^2 \cdot \sin^2 \theta}{K(\theta)}} \right\} \cos n\theta d\theta \\ &= \frac{\sqrt{2}}{\pi \sqrt{k^2+1}} \left\{ k^2 \cdot e \int_0^{2\pi} \frac{\cos \theta \cdot \cos n\theta}{K(\theta)} d\theta + k \int_0^{2\pi} \frac{\cos n\theta}{\sqrt{K(\theta)}} \sqrt{1 - \frac{e^2 \cdot \sin^2 \theta}{K(\theta)}} d\theta \right\} \quad (16) \end{aligned}$$

関数 $K(\theta)$ の対称性を考慮すると，(16) 式の第1項の積分値は n が奇数の時，また第2項の積分値は n が偶数の時にのみ値をもつ。したがって：

n が奇数の時；

$$C_e(n) = \frac{\sqrt{2} k^2 \cdot e}{\pi \sqrt{k^2+1}} \int_0^{2\pi} \frac{\cos \theta \cdot \cos n\theta}{K(\theta)} d\theta \quad (17)$$

n が偶数の時；

$$C_e(n) = \frac{\sqrt{2} k}{\pi \sqrt{k^2+1}} \int_0^{2\pi} \frac{\cos n\theta}{\sqrt{K(\theta)}} \times \sqrt{1 - \frac{e^2 \cdot \sin^2 \theta}{K(\theta)}} d\theta \quad (18)$$

1例として，だ円の長短比 k が 0.3 および 0.5 の場合について，それぞれだ円の偏心率 e が 0 と 0.1 における $\log C_e(n) : n$ の関係を図6に示す。この図と (17) 式および (18) 式から，偏心だ円のフーリエ係数の偶数項は e が比較的小さい時にはだ円の形状すなわち k の影響が支配的であり，奇数項は k が一定であれば e に比例して増大することがわかる。

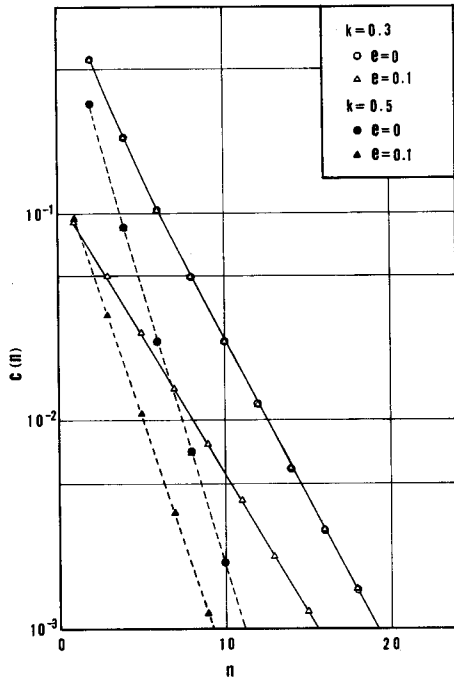


Fig. 6. Relation between $C(n)$ and n for eccentric ellipse.

偏心だ円を基準図形とする形状分析法

偏心だ円のフーリエ係数 $C_e(n)$ と n の関係は 2本の曲線で表わされ，両者は n と共に単調に

減少する。これに類似した傾向は一般の形状にもしばしば観測されることから、偏心だ円は最も基本的で、しかも多くの図形に含まれる形状要素と考えられる。以下では偏心だ円を基準図形として、対象図形との含まれる周波数成分の差からいくつかの形状パラメタを導く新しい方法について述べる。

偏心だ円のフーリエ係数のうち最も重要な項は奇数項と偶数項それぞれの初項、すなわち $C_e(1)$ と $C_e(2)$ である。 $C_e(1)$ および $C_e(2)$ は (17), (18) 式より次のように表わされる。

$$C_e(1) = \frac{\sqrt{2k^2 \cdot e}}{\pi \sqrt{k^2 + 1}} \int_0^{2\pi} \frac{\cos^2 \theta}{K(\theta)} d\theta \quad (19)$$

$$C_e(2) = \frac{\sqrt{2k}}{\pi \sqrt{k^2 + 1}} \int_0^{2\pi} \frac{\cos \theta}{\sqrt{K(\theta)}} \sqrt{1 - \frac{e^2 \cdot \sin^2 \theta}{K(\theta)}} d\theta \quad (20)$$

(19), (20) 式からわかるように、偏心だ円の2つのパラメタ k および e に適当な値を与えることによって、 $C_e(1)$ と $C_e(2)$ を任意の値に一致させることができる。本研究では $C_e(1)$ および $C_e(2)$ の2項が対象図形の $C(1)$ および $C(2)$ にそれぞれ一致するような k と e の値をもつ偏心だ円を決定し、これを基準図形と定めた。このようにして得た基準図形は複雑な形状の対象図形をそのフーリエ係数に着目して単純化した1つの近似図形と考えることができる。フーリエ係数は形状に含まれる波番 n の成分の強さを意味しているから、

$$\Delta C(n) \equiv C(n) - C_e(n) \quad (21)$$

とおけば、 $\Delta C(n)$ は対象図形が基準図形（フーリエ係数の第1, 2項が対象図形と同一の値をもつ偏心だ円）に比較して、波番 n の成分の過剰あるいは不足の度合いを表わしている。言い換えれば、対象図形の最も大まかな形状特性は基準図形である偏心だ円の2つのパラメタによって表わすことができるが、さらに詳細な特性はすべて $\Delta C(n)$ に含まれている。マヌノスケについて本法を適用した場合の $\Delta C(n)$ と n の関係を1例として図7に示す。他の魚種についてもその傾向はほぼ同様である。この図から、偏心だ円成分を対象図形から取り除くことによって得た $\Delta C(n): n$ のプロットは、単に対象図形そのものの $C(n): n$ のプロットに比較して、はるかに奇数項と偶数項の間に差がなくなっていることがわかる。

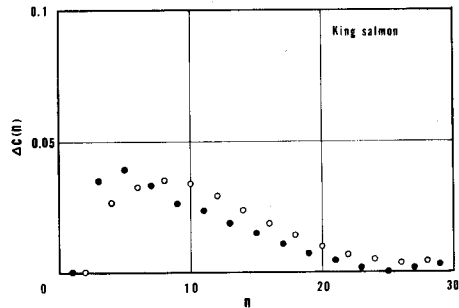


Fig. 7. Relation between $\Delta C(n)$ and n for king salmon.

数列 $\Delta C(n)$ は一般にある n において最大を示し、それ以降は n と共に減少する。通常の対象図形では $n > 20$ においてはほとんど $\Delta C(n)$ の値は0と見なすことができ、かつ $\Delta C(1)$ と $\Delta C(2)$ は常に0であるから、 $\Delta C(3) \sim \Delta C(20)$ に対象図形と偏心だ円との差に関する主要な形状特性が包含されている。したがって、 $\Delta C(3) \sim \Delta C(20)$ から次式で示す新しい形状パラメタをここで定義する。

$$\bar{n} \equiv \frac{\sum_{n=3}^{20} n \cdot \Delta C(n)}{\sum_{n=3}^{20} \Delta C(n)} \quad (22)$$

$$\bar{AC} \equiv \frac{\sum_{n=3}^{20} n \cdot \Delta C(n)}{\sum_{n=3}^{20} n} \quad (23)$$

$$\sigma_n^2 = \frac{\sum_{n=3}^{20} (n-\bar{n})^2 \cdot \Delta C(n)}{\sum_{n=3}^{20} \Delta C(n)} \quad (24)$$

形状分析法の魚類への適用

形状分析の対象とする2次元画像は魚類側面の写真あるいはスケッチ画のいずれでもよいが、本研究においては表1に示す19の魚種のスケッチ画⁵⁾を使用した。図8の例に示すように、これらの画像から比較的不安定で同種の魚でも個体によって差が大きいと考えられるヒレの部分を除いた外形(実線)を対象図形とした。以下では形状分析法の手順の概略を述べる。

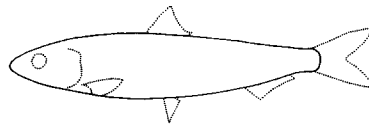


Fig. 8. Two-dimensional shape of fish.

- 1) 対象図形の内部に原点をもつように $x-y$ 座標軸を仮に定める。
- 2) 正の x 軸と対象図形の交点を出発点とし、これから図形の外周を反時計方向にたどり、周上の各点の $x-y$ 座標を順にデジタイザによって数値化し、これをディスク上のファイルに格納する。
- 3) 以後は 2) で得た外形データを入力データとしてアイ電子測器(株)製のマイクロコンピュータ ABC-24 により次に示す処理を行った。
 - a) 図形の重心を求め、これを新たな原点とするように先の仮の座標軸を平行移動し、これに伴い入力データを変換する。この際、新しい正の x 軸と図形との交点は一般に先の出発点とは異なるので、新しい交点をデータとしてつけ加え、これを出発点とするようにデータ番号を変更する。
 - b) 上記のデータから動径が図形の周囲を1周したときの積算角度変化* L を400等分し、その各々における動径の長さを出発点から順次求める。
 - c) (1)~(7)式にしたがって、対象図形のフーリエ係数 $C(n)$ を $n=1\sim 30$ について求める。なお、数値積分は Simpson 法によった。
 - d) $C(1)$ および $C(2)$ にそれぞれ一致する $C_e(1)$ および $C_e(2)$ をもつ偏心だ円の2つのパラメタ k および e を (19), (20) 式から試行錯誤法によって求める。
 - e) d) で決定したパラメタをもつ偏心だ円のフーリエ係数 $C_e(n)$ を $n=1\sim 30$ について求める。
 - f) c) および e) でそれぞれ求めた $C(n)$ および $C_e(n)$ から、(22)~(24) 式を用い、各形状パラメタを計算する。

上述の方法によって、19種の魚類について計算した結果を表1にまとめて示した。また、 $\Delta C(n)$ が最大になるときの n を n_p として併せて示した。この表から、対象図形の最も大まかな近似図形である偏心だ円の1つのパラメタである長短比 k はかなりよく各魚類の体型を数値化していると言える。

* Holomorphic な図形においては、動径が図形の周上を1周したときの積算角度変化 L は 2π に等しい。魚類形状の場合、ほとんどは $L=2\pi$ になるが、 $L>2\pi$ になることもあり得る。しかし、 $L\approx 2\pi$ と見なせる程度であるので、本研究ではこのような場合でも Holomorphic な図形と同様な取り扱いを行った。

Table 1. Shape parameters of fish

Name	k	$e \times 10^2$	\bar{n}	n_p	$\overline{\Delta C} \times 10^2$	σ^2_n
1 Dog salmon (Sake)	0.29	4.57	11.6	10	2.01	19.3
2 Red salmon (Benizake)	0.31	1.76	10.2	6	2.07	20.9
3 Silver salmon (Ginzake)	0.29	3.67	10.2	7	2.01	19.2
4 King salmon (Masunosuke)	0.29	1.02	9.6	5	2.15	21.7
5 Pink salmon (Karafuto masu)	0.32	4.19	11.0	7	2.45	19.3
6 Trout (Masu)	0.24	4.38	11.7	9	1.75	17.5
7 Steelhead trout (Nijimasu)	0.22	2.82	11.1	9	1.48	17.6
8 Rainbow trout (Nijimasu)	0.27	3.23	8.9	5	1.48	16.0
9 Sardine (Ma-iwashi)	0.22	4.58	12.4	10	1.27	14.8
10 Mackerel (Ma-saba)	0.25	3.55	11.2	6	2.02	22.4
11 Tuna (Maguro)	0.32	0.80	11.5	8	2.19	22.4
12 Skipjack (Katsuo)	0.30	0.67	11.9	10	1.44	22.4
13 Japanese horse mackerel (Ma-aji)	0.27	0.74	11.3	10	2.35	22.6
14 Yellow tail (Buri)	0.27	4.83	12.1	11	1.84	18.4
15 Red sea bream (Ma-dai)	0.40	1.87	8.7	5	2.36	16.9
16 Herring (Nishin)	0.23	5.59	13.0	9	1.15	10.1
17 Saury (Samma)	0.11	9.28	7.0	12	-0.76	16.0
18 Cod (Tara)	0.30	7.85	10.3	6	3.27	20.1
19 Alaska pollack (Suketo dara)	0.27	11.90	10.3	7	2.81	21.2

すなわち、サンマ、ニジマス、イワシ、マスなどは k の値が小さく、したがって細長い形状の魚であり、また一方、タイ、マグロ、カラフトマスなどは k の値が大きく、巾の広い形状であることを示している。先の (22)~(24) 式で定義した3種の形状パラメタについては、 $\overline{\Delta C}$ の値に比較的好く魚の形状特性が現われている。 $\overline{\Delta C}$ はその定義から、対象図形と基準図形とのフーリエ係数の差の平均、すなわち形状の差を意味しているから、この値が0に近いほどだ円との形状の差が小さいことになる。取り扱った魚種のうち、サンマ、ニシン、イワシ、ニジマスなどは $\overline{\Delta C}$ が小さく、かなりだ円に近いなめらかな形状であることを意味している。一方、スケトウダラ、タラなどは $\overline{\Delta C}$ が大きいため、逆にかなりだ円とは遠い、複雑な形状をもっていることになる。このことは人間の視覚から得られる形状情報とかなりよく一致していると言え、本法によって得た形状パラメタは1つの客観的な形状表現

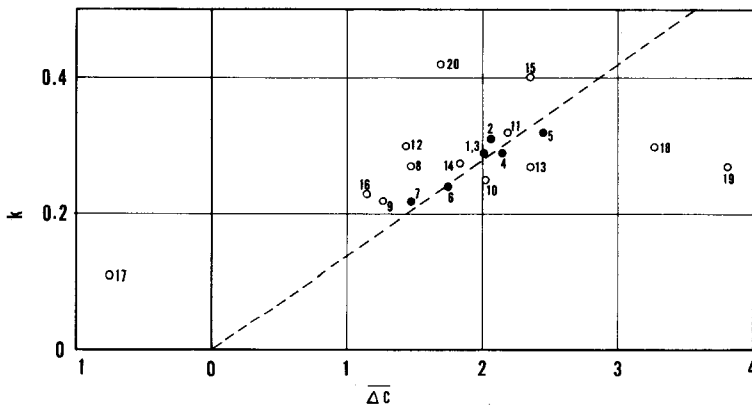


Fig. 9. Relation between $\overline{\Delta C}$ and k for 19 kinds of fish.

法を与えていると考えられる。 k および \overline{dC} 以外の表にかかげたパラメタについては魚種間の形状差をそれほど顕著に示しているものは見出されない。

図9は表1に示した19種の魚類について k と \overline{dC} の関係を考察するために試みたプロットである。興味深いことに、いわゆるサケ・マス類(番号1~8, 図中では黒丸で示す)は一般に k と \overline{dC} の関係が正の傾きをもつ直線で相關できる。言い換えれば、図の破線近くにプロットされている魚種ほどサケ・マス類に類似した形状特性をもっていることになる。取り扱った例では、マグロ、ブリなどがこれに当る。また、破線の下方にプロットされている魚種はサケ・マス類に比較して形状が複雑である(だ円から遠い)ことを意味し、上方にプロットされている魚種はサケ・マス類よりさらに形状がなめらかでだ円に近いことを意味している。前者にはスケトウダラ、タラが相当し、後者にはタイ、サンマ、カツオが相当している。

結 言

2次元形状の特性を数値で表現する方法の1つとして、対象図形の重心を原点とする動径関数をフーリエ展開し、得られたフーリエ係数から基準図形である偏心だ円の2つのパラメタを決定し、さらに対象図形と基準図形のフーリエ係数の差から、いくつかの形状パラメタを導く方法について検討した。

本方法を19種の魚類に適用した結果、得られたパラメタのうち、だ円の長短比 k とだ円と対象図形の形状の差を表わすパラメタ \overline{dC} が比較的良好に魚類の形状特性を表わし得るとの知見を得た。

文 献

- 1) 三輪茂雄(1965). 粒子形状. p. 54-64. 井伊谷綱一編, 粉体工学ハンドブック. 869p. 朝倉書店, 東京.
- 2) Fong, S.T., Beddow, J.K. and Vetter, A.F. (1979). A refined method of particle shape representation. *Powder Technology* 22, 17-21.
- 3) Meloy, T.P. (1977). A hypothesis for morphological characterization of particle shape and physiochemical properties. *Powder Technology* 16, 233-253.
- 4) Meloy, T.P. (1977). Fast Fourier Transform applied to shape analysis of particle silhouettes to obtain morphological data. *Powder Technology* 17, 27-35.
- 5) 檜山義夫・安田富士郎(1961). 日本水産魚譜. 内田老鶴圃, 東京.