

# ウェーブレット変換を用いた線図形の 多重解像度解析法と変形法（等長線分の場合）

東 恒人\*・黒田 巧\*\*・細木 寛志\*\*\*・片岡 修\*\*\*

\*岡山理科大学工学部情報工学科

\*\*三菱電機コントロールソフトウェア㈱

\*\*\*岡山理科大学大学院工学研究科情報工学専攻

(1998年10月5日 受理)

## 1 まえがき

等しい長さの線分で構成された線図形（等長線分図形）の形状の分析あるいは処理をするには、等長線分図形をP形フーリエ記述する方法<sup>1)~5)</sup>（以下、従来法という）がある。この方法を用いると、形状の特徴は、離散フーリエ変換された成分の大きさおよびその位相特性から把握でき、形状は変換された成分をフィルタ処理することによって変形できる。近年、ウェーブレット変換<sup>6)~9)</sup>を用いた多重解像度解析が画像分析に有効であることが報告されているが、線図形の形状分析あるいは処理に適用された例はないようである。そこで、本論文では、ウェーブレット変換を等長線分図形に適用し、その図形の多重解像度解析法と変形法を提案し、多重解像度解析法によって分解された図形の特徴を分析するとともに、変形法による形状処理について述べている。すなわち、まず、角度関数を多重解像度解析して得られた成分（和分成分と差分成分）を利用して、元の等長線分図形を多重解像度解析した図形に相当する線図形（和分線図形）を求める方法について述べる。次に、形状処理の方法として、差分成分にフィルタ処理を施すことによって、線図形を変形させる方法（変形法）について論じている。

## 2. 等長線分図形の表示式

図1に等長線分図形  $V$  に関する記号の定義を示す。等長線分図形  $V$  は長さ  $\delta$  の  $N$  本の線分で連結されて構成されている。等長線分図形  $V$  の線分の端点  $p(j)$  ( $j = 0, 1, 2, \dots, N$ ) の座標を  $(x(j), y(j))$  とする。 $\alpha(0)$  は  $|p(1) - p(0)|$  と  $x$  軸となす角度であり、 $\alpha(j)$  は  $|p(j) - p(j-1)|$  と  $|p(j+1) - p(j)|$  のなす角度である。また、 $|p(j) - p(j-1)|$  と  $x$  軸となす角度を  $\theta(j)$  とすると、次式が成り立つ。

$$\begin{aligned}\theta(j) &= \theta(j-1) + \alpha(j) \\ (j &= 1, 2, \dots, N-1) \\ \theta(0) &= \alpha(0)\end{aligned}\tag{1}$$

等長線分図形  $V$  が長さ  $\delta$  の線分で構成されているから、その形状を決定するパラメータは  $\alpha(j)$  である。従って、点  $p(j)$  の座標は次式で表すことができる。

$$\begin{aligned}x(j) &= x(j-1) + \delta \cos \left\{ \sum_{k=0}^{j-1} \alpha(k) \right\} \\ y(j) &= y(j-1) + \delta \sin \left\{ \sum_{k=0}^{j-1} \alpha(k) \right\}\end{aligned}\tag{2}$$

なお、 $\delta$  は一定であり、次式で定義される。

$$\begin{aligned}\delta &= |p(j) - p(j-1)| \\ &= \sqrt{\{x(j) - x(j-1)\}^2 + \{y(j) - y(j-1)\}^2} \\ (j &= 1, 2, \dots, N)\end{aligned}\tag{3}$$

複素数  $v(j)$  を

$$\begin{aligned}v(j) &= x(j) + iy(j) \\ (j &= 1, 2, \dots, N)\end{aligned}\tag{4}$$

と定義し、式(1)~式(4)を整理すると、次式を得る。

$$\begin{aligned}v(j+1) - v(j) &= \delta \exp \{i\theta(j)\} \\ &= \delta W(j) \\ (j &= 1, 2, \dots, N)\end{aligned}\tag{5}$$

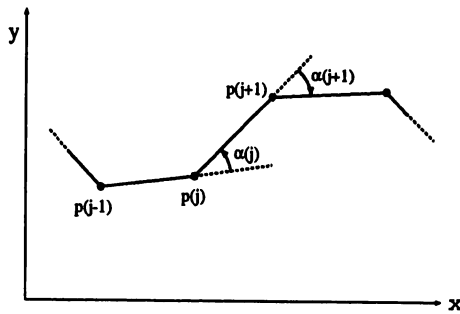
ここで、 $i = \sqrt{-1}$  であり、

$$\theta(j) = \sum_{k=0}^{j-1} \alpha(k)\tag{6}$$

である。また、 $W(j)$  は等長線分図形の形状を決める関数(角度関数)であり、次式のような複素数で表せる。

$$W(j) = W_r(j) + iW_s(j)\tag{7}$$

$W_r(j)$  および  $W_s(j)$  はともに実数である。

図1 線図形  $V$  に関する表示記号の定義

### 3. 等長線分図形の多重解像度解析法

#### 3.1 角度関数の多重解像度解析法

角度関数  $W(j)$  の実数部  $W_r(j)$  および虚数部  $W_s(j)$  に離散ウェーブレット変換を施すと,  $W_r(j)$  に対して和分成分  $W_{r,1}(j)$  と差分成分  $D_{r,1}(j)$  が,  $W_s(j)$  に対して和分成分  $W_{s,1}(j)$  と差分成分  $D_{s,1}(j)$  が得られる。分解された和分成分のみにウェーブレット変換を繰り返し施すことにより, 次式が成り立つ。

$$\begin{aligned} W_{r,m}(j) &\rightarrow W_{r,m+1}(j') + D_{r,m+1}(j') \\ W_{s,m}(j) &\rightarrow W_{s,m+1}(j') + D_{s,m+1}(j') \\ (j &= 1, 2, \dots, N/2^m) \\ (j' &= j/2) \end{aligned} \quad (8)$$

ここで,

$$\begin{aligned} W_{r,0}(j) &= W_r(j) \\ W_{s,0}(j) &= W_s(j) \end{aligned} \quad (9)$$

ただし,  $N$  は2のべき乗の数であり,  $m$  は階層番号である。また,  $W_{r,m}(j)$  と  $W_{s,m}(j)$  はそれぞれ実数部  $W_r(j)$  と虚数部  $W_s(j)$  の  $m$  階層の和分成分であり,  $D_{r,m}(j)$  と  $D_{s,m}(j)$  はそれぞれ実数部  $W_r(j)$  と虚数部  $W_s(j)$  の  $m$  階層の差分成分である。

上記の和分成分と差分成分を用いると, 角度関数  $W(j)$  の  $m$  階層における和分成分  $W_m^+(j)$  と差分成分  $W_m^-(j)$  は次式で表すことができる。

$$\begin{aligned} W_m^+(j) &\rightarrow W_{m+1}^+(j') + W_{m+1}^-(j') \\ W_{m+1}^+(j) &= W_{r,m+1}(j') + iW_{s,m+1}(j') \\ W_{m+1}^-(j) &= D_{r,m+1}(j') + iD_{s,m+1}(j') \end{aligned} \quad (10)$$

ここで,

$$W_0^+(j) = W(j) \quad (11)$$

図2(a)に、 $N = 2048$ の等長線分図形  $V$  の例を、図2(b)に、等長線分図形  $V$  に対して、P形フーリエ記述法による手順<sup>5)</sup>に従って求めた位相特性  $\phi$  を示す。位相特性において、他の直線に比べて、長い直線に対応する成分（フーリエ記述法における実数成分と虚数成分）は、形状を特徴付ける支配成分（以下、これを特徴成分という）である。<sup>5)</sup>また、図3に、等長線分図形  $V$  に対して、マザーウェーブレット関数として Daubechies 10 を用いて、角度関数の実数部  $W_r(j)$  について多重解像度解析して得られた成分の例を示す。

同図より、 $m = 0 \rightarrow 1 \rightarrow 2$  の様に階層が深く（ $m$  が大きく）なる程、実数部  $W_r(j)$  の

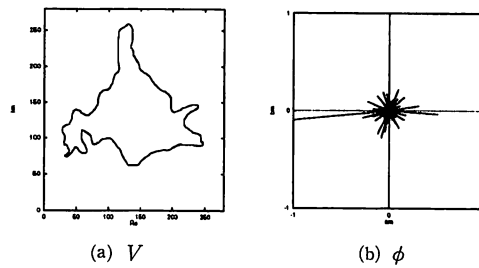


図2 等長線分図形  $V$  とその位相特性  $\phi$  の例

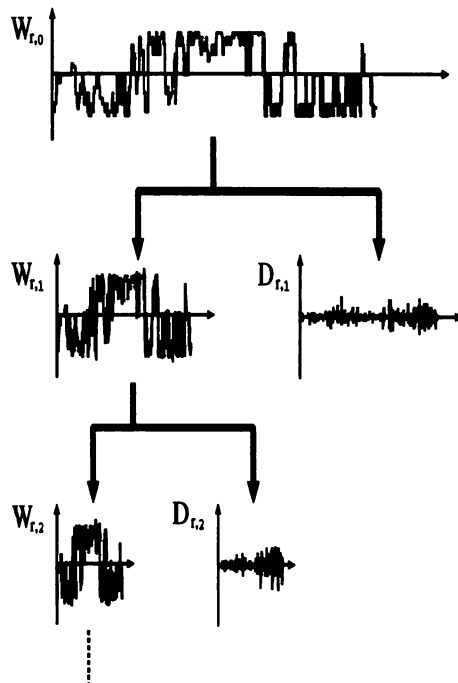


図3 角度関数の実数部  $W_r(j)$  を多重解像度解析して得られた成分の例

和分成分  $W_{r,m}(j)$  のデータ数は少なくなるが、その形状は元の角度関数  $W(j)$  の実数部  $W_r(j)$  の概形的な特徴を示すことが分かる。

また、虚数部  $W_s(j)$  の和分成分  $W_{s,m}(j)$  についても、実数部と同様の傾向を示す。

### 3.2 和分線図形とその特徴

#### 3.2.1 和分線図形の求め方

3.1で求めた角度関数  $W(j)$  の  $m$  階層における和分成分  $W_m^+(j)$  に対して、以下の漸化式を用いて、等長線分図形  $V$  の  $m$  階層における線図形  $V_m$  を求めることができる。

$$v_m(j+1) - v_m(j) = \delta W_m^+(j) \quad (12)$$

$$v_m(j) = x_m(j) + iy_m(j)$$

$$(j = 1, 2, \dots, N/2^m)$$

$$v_m(0) = \{x(0) + iy(0)\}/2^m \quad (13)$$

なお、 $x_m(j)$ 、 $y_m(j)$  は  $m$  階層における線図形  $V_m$  の端点の座標である。以下、この線図形  $V_m$  を和分線図形と呼ぶ。

図4に、階層1～4の和分線図形の例を示す。同図より、階層が深くなると、上式から明らかかなように、解像度が低下する（データ数が少なくなる）ことから、和分線図形  $V_m$  は元の等長線分図形  $V$ （以下、原図形という）に比べて、複雑さが減少した形状、すなわち、原図形に共通する形状的な特徴（以下、これを骨格形状という）を有しているようである。

#### 3.2.2 スケール変換法

異なる階層の和分線図形の間の特徴比較ができるように、 $m$  階層の和分線図形を  $m'$  階層のスケールの図形に変換する方法を示す。

新しいパラメータ  $\delta'$  を次式で定義する。

$$\delta' = 2^{\Delta_m} \delta \quad (14)$$

この  $\delta'$  を用いて、次式を定義する。

$$v'_{mm'}(j+1) - v'_{mm'}(j) = \delta W_m^+(j) \quad (15)$$

$$v'_{mm'}(j) = x'_{mm'}(j) + iy'_{mm'}(j)$$

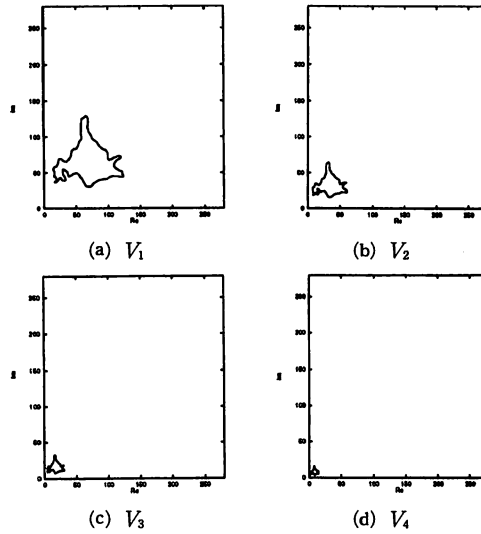
$$(j = 1, 2, \dots, N/2^m)$$

$$v'_{mm'}(0) = \{x(0) + iy(0)\}/2^{m'} \quad (16)$$

$$\Delta_m = m - m' \quad (17)$$

上記の式を用いて求めた図形をスケール変換図形  $V_{mm'}$  という。なお、 $x'_{mm'}(j)$ 、 $y'_{mm'}(j)$  は、スケール変換図形  $V_{mm'}$  の端点の座標である。

階層  $m$  の和分線図形  $V_m$  に対して、上式を適用することにより、 $\Delta_m > 0$  あるいは

図4 図形の  $V_m$  例

$\Delta_m < 0$  に依存して、階層  $m$  の和分線図形  $V_m$  の形状を拡大あるいは縮小したスケール変換図形  $V_{mm'}$  が得られる。従って、スケール変換図形  $V_{mm'}$  と階層  $m'$  の和分線図形  $V_{m'}$  とを同一スケールで比較することができる。

### 3.2.3 和分線図形の形状に及ぼす階層依存性

原図形  $V$ ，階層1の和分線図形  $V_1$  と階層4の和分線図形  $V_4$  の形状を比較するために、図形  $V_1$ ， $V_4$  について、式(14)~式(17)を用いて原図形  $V$  のスケールに変換した図形  $V_{10}$ ， $V_{40}$  を求め、これらを図5(a)，(c)に示す。同図より、 $V_{40}$  は  $V_{10}$  よりもデータ数が少ないため、角ばった形状をしているが、前述したように、階層が深くなると、いずれも共通の骨格形状に近づく傾向にあることがわかる。また、 $V_{10}$ ， $V_{40}$  の位相特性  $\phi_{10}$ ， $\phi_{40}$  を図5(b)，(d)に示す。図形  $V$ ， $V_{10}$ ， $V_{40}$  を構成するデータ数はそれぞれ2048個，1024個，128個であり、図2(b)，図5(b)，(d)より、これらの図形における特徴成分は一致していることがわかる。このことは、深い階層の和分線図形は少ないデータ数で、原図形  $V$  の形状の特徴を保存していることを意味する。しかし、図5(e)，(f)に示すように、図形  $V_{60}$  における位相特性  $\phi_{60}$  の特徴成分は他の図形の特徴成分と類似しているが、異なる成分も見られる。このことは階層が深すぎると、データ数が少なすぎて、原図形の特徴を保存しきれないことを意味する。和分線図形は原図形をデータ圧縮した図形に対応しているので、和分線図形を用いて検索等を行う場合には、このことを注意する必要がある。なお、式(14)を用いずに任意の大きさの  $\delta'$  を用いることにより、任意のスケールの和分線図形を表示できることは明らかである。

4. 等長線分図形の変形法

4.1 変形された線図形の求め方

4.1.1 処理関数

差分成分の値に修正を加えることを考える。その処理前の値  $E$  と処理後の値  $E'$  を関連付ける関数を  $E' = F(E)$  で表す。なお、 $W_{r,m}(j)$ ,  $W_{s,m}(j)$ ,  $D_{r,m}(j)$ ,  $D_{s,m}(j)$  の処理後の値をそれぞれ  $W'_{r,m}(j)$ ,  $W'_{s,m}(j)$ ,  $D'_{r,m}(j)$ ,  $D'_{s,m}(j)$  で表す。

処理関数の例を図6に示す。なお、図中の  $E_{th}$  はしきい値であり、 $a$  は倍率である。

4.1.2 角度関数の処理法

$W'_{r,m}(j)$ ,  $W'_{s,m}(j)$ ,  $D'_{r,m}(j)$ ,  $D'_{s,m}(j)$  に次の漸化式を用いることにより、 $W'_{r,0}(j)$ ,  $W'_{s,0}(j)$  を求めることができる。

$$W_m^{+'}(j) \leftarrow W_{m+1}^{+'}(j) + W_{m+1}^{-'}(j)$$

$$W'_{r,m}(j) \leftarrow W'_{r,m+1}(j) + D'_{r,m+1}(j)$$

$$W'_{s,m}(j) \leftarrow W'_{s,m+1}(j) + D'_{s,m+1}(j)$$

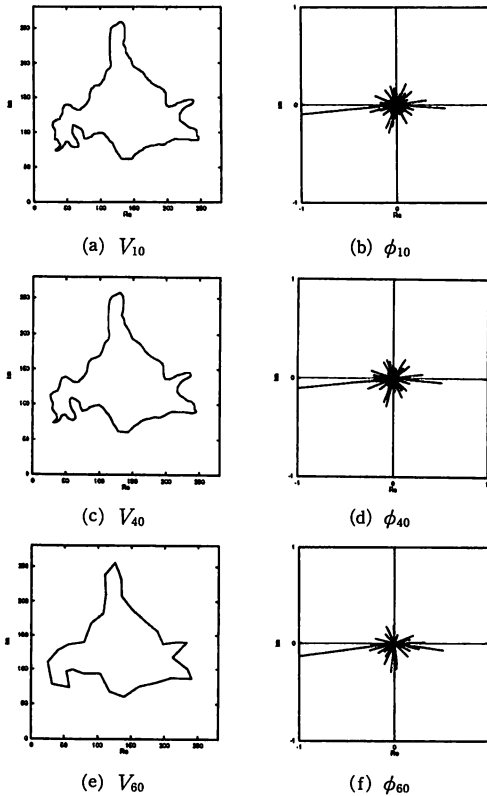


図5 図形  $V_{10}$ ,  $V_{40}$ ,  $V_{60}$  とその位相特性  $\phi_{10}$ ,  $\phi_{40}$ ,  $\phi_{60}$

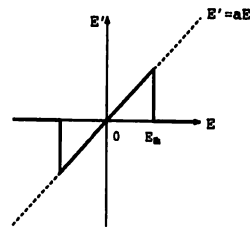


図6 処理関数の例

$$\begin{aligned}
 W_{m+1}^{+'}(j) &= W'_{r,m+1}(j') + iW'_{s,m+1}(j') \\
 W_{m+1}^{-'}(j) &= D'_{r,m+1}(j') + iD'_{s,m+1}(j') \\
 (j &= 1, 2, \dots, N/2^m) \\
 (j' &= j/2)
 \end{aligned}
 \tag{18}$$

よって、処理された角度関数は  $W'(j)$  は次式を用いて求めることができる。

$$W'(j) = W'_{r,0}(j) + iW'_{s,0}(j) = W_0^{+'}(j) \tag{19}$$

#### 4.1.3 変形線図形の求め方

角度関数  $W'(j)$  に対して、以下の式を用いることにより、線図形  $V'$  を求めることができる。

$$\begin{aligned}
 v'(j+1) - v'(j) &= \delta W'(j) \\
 v'(j) &= x'(j) + iy'(j) \\
 (j &= 1, 2, \dots, N)
 \end{aligned}
 \tag{20}$$

以下、この線図形  $V'$  を変形線図形という。なお、 $x'(j)$ 、 $y'(j)$  は変形線図形  $V'$  の端点の座標である。

#### 4.2 差分成分の処理効果

等長線分図形  $V$  と変形線図形  $V'$  の両者の形状を比較することにより、角度関数の差分成分の処理効果を調べることができる。

##### 4.2.1 部分処理と全体処理

一部分の  $j$  だけあるいは全ての  $j$  について、 $D_{r,m}(j)$  および  $D_{s,m}(j)$ 、( $j = 1, 2, \dots, N/2^m$ ) を処理することは、すなわち  $W_m^{-}(j)$  を処理することは、原図形の形状を局所的にあるいは全体的に処理することになる。

図7(a), (c)に、階層3における差分成分  $W_3^{-}(j)$  の一部および全部に対して、 $E_{th} = 0.2$ 、 $a = 64.0$  として処理した場合の変形線図形  $V'_{w_3^{-}part}$  および  $V'_{w_3^{-}all}$  を示す。

図7(b), (d)に、それぞれの位相特性  $\phi'_{w_3^{-}part}$ 、 $\phi'_{w_3^{-}all}$  を示す。図2(b)に示した原図形の位相特性  $\phi$  に比べて、全体処理図形  $V'_{w_3^{-}all}$  の場合の方が部分処理図形  $V'_{w_3^{-}part}$  の場合よりも、その位相特性の変化が大きく、これらは図7(a), (c)に示す図形の形状変化の特徴をよく示している。

##### 4.2.2 実数部処理と虚数部処理

式(18)～式(20)により、実数部  $D'_{r,m}(j)$  と虚数部  $D'_{s,m}(j)$  は、それぞれ変形線図形上の端点の座標  $x'$ 、 $y'$  に関係付けられているので、実数部  $D'_{r,m}(j)$  の値の変化は原図形上の端点の座標  $x$  に、虚数部  $D'_{s,m}(j)$  の変化は原図形上の座標  $y$  に、変化を与えることになる。



図8に、階層3における差分成分の実数部  $D_{r,3}(j)$  と虚数部  $D_{s,3}(j)$  を別々に  $E_{th} = 0.2, a = 64.0$  として処理した場合の変形線図形  $V'_{Dr,3}$ ,  $V'_{Ds,3}$  の例を示す。

同図より、実数部  $D'_{r,m}(j)$  の変化により  $x$  軸方向に、また、虚数部  $D'_{s,m}(j)$  の変化により  $y$  軸方向に、原図形に対して、変形した図形が得られることがわかる。従って、実数部と虚数部の両方の値の変化の度合を調整することにより、線図形の形状を任意の方向に変化させることができる。

#### 4.2.3 処理階層依存性

階層2, 4, 6 差分成分を  $E_{th} = 0.2, a = 45.0$  として処理した場合の変形線図形  $V'_{w_2}$ ,  $V'_{w_4}$  および  $V'_{w_6}$  を図9(a), (c), (e)に示す。同図から、処理する成分の階層が深いほど、形状変形の範囲が広く、かつ、変化の程度が滑らかになる傾向が見られる。また、これらの図形の位相特性  $\phi'_{w_2}$ ,  $\phi'_{w_4}$ ,  $\phi'_{w_6}$  を図9(b), (d), (f)に示す。同図および図2(b)から、 $\phi$  に比べて、 $\phi'_{w_2}$ ,  $\phi'_{w_4}$ ,  $\phi'_{w_6}$  の順に、特徴成分以外の位相成分について位相の偏りが

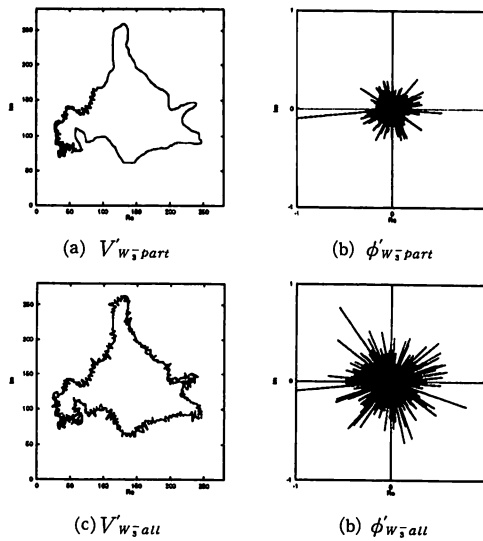


図7 図形  $V'_{w_2,part}$ ,  $V'_{w_2,all}$  その位相特性  $\phi'_{w_2,part}$ ,  $\phi'_{w_2,all}$

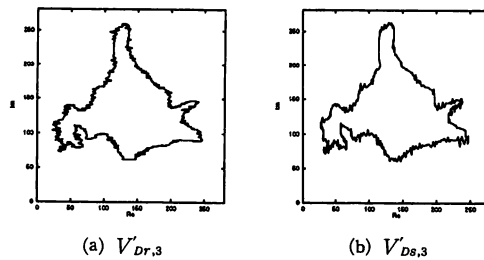


図8 図形  $V'_{Dr,3}$ ,  $V'_{Ds,3}$

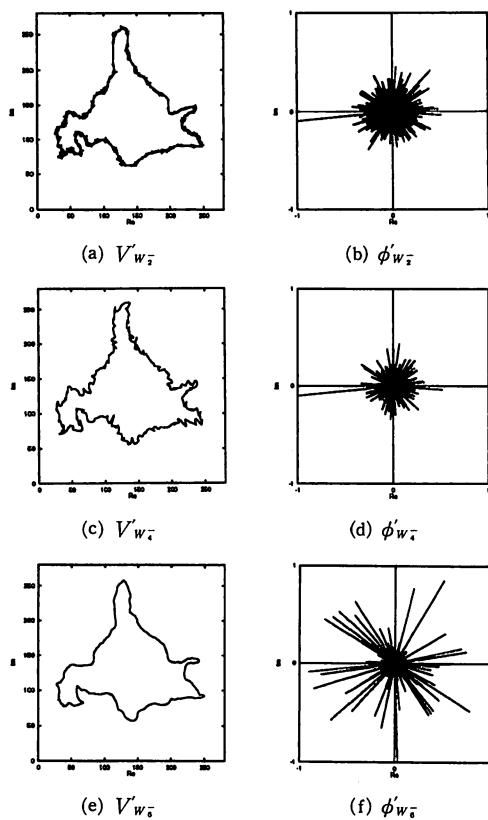


図9 図形  $V_{w_{\bar{z}}}$ ,  $V_{w_{\bar{z}}}$ ,  $V_{w_{\bar{z}}}$  とその位相特性  $\phi'_{w_{\bar{z}}}$ ,  $\phi'_{w_{\bar{z}}}$ ,  $\phi'_{w_{\bar{z}}}$

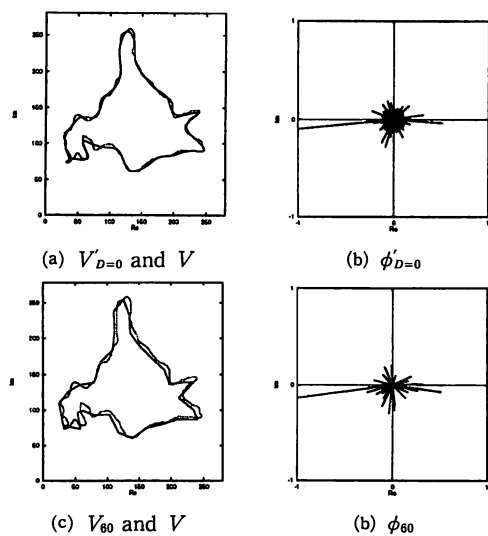


図10 図形  $V_{D=0}$ ,  $V_{60}$ ,  $V$  とその位相特性  $\phi'_{D=0}$ ,  $\phi_{60}$

顕著となる。このことは、上記の図形に現れた形状変化の特徴をよく示している。

#### 4.2.4 複数階層にわたる処理

図10(a),(c)に、階層1～6の全ての差分成分を削除して求めた変形線図形  $V'_{D=0}$  (実線)、階層6の和分線図形に対応するスケール変換図形  $V_{60}$  (実線)、および原図形  $V$  (点線)を示す。また、図10(b),(d)にこれらの図形に対応する位相特性  $\phi'_{D=0}$ 、 $\phi_{60}$ を示す。位相特性  $\phi$  と  $\phi'_{D=0}$  の特徴成分は一致しており、位相特性  $\phi$  と  $\phi_{60}$  の特徴成分は類似しているが、異なる成分も見られる。これらのことから、図形  $V'_{D=0}$  は原図形  $V$  と同じデータ数で原図形を円滑化処理したような図形に相当し、また、図形  $V_{60}$  は原図形よりも少ないデータ数で原図形  $V$  を折れ線近似した図形に相当している。

## 5 応 用

### 5.1 本手法による形状処理

本手法を用いた形状処理法について述べる。

#### (1) 差分成分

差分成分の処理階層の選び方、処理成分（実数成分と虚数成分）の選び方、処理区間の選び方に依存して、原図形の骨格形状に対して細かな変形が加わった変形線図形が得られる。

#### (2) 処理関数

本論文では、図6に示した処理関数を用いたが、用いる処理関数の種類により、多様な形状処理が可能である。

#### (3) マザーウェーブレット関数

本論文では、マザーウェーブレット関数として Daubechies 10を用いたが、一般に、用いるマザーウェーブレット関数が異なれば、多重解像度解析された成分は異なる。従って、同じ階層の成分を用いて得られる和分線図形でも、マザーウェーブレット関数の種類が異なれば、それらの形状が異なることとなる。従って、異なるマザーウェーブレット関数を用いることにより、形状処理を多様化できる可能性がある。

## 6 ま と め

本論文では、ウェーブレット変換を用いた等長線分図形については、多重解像度解析法と変形法を提案し、前者によって得られた和分線図形の特徴、後者による形状処理法について論じている。

まず、等長線分図形の角度関数に対する多重解像度解析法および多重解像度解析された和分成分を用いた和分線図形の求め方を示し、また、和分線図形と元の等長線分図形の形状の特徴について示した。次に、差分成分の処理を加えて、変形線図形を求める方法を示している。さらに、これによる形状処理の特徴は以下の通りである。

- (1) 特定の階層の差分成分の一部あるいは全部を処理することにより、局所的あるいは全体的な形状の変化が可能である。
- (2) 差分成分の実数部と虚数部の値の処理の仕方により、変形線図形の形状を任意方向に変化させることが可能である。
- (3) 元の等長線分図形の骨格形状を保持しつつ細かく形状を変化させるには低階層の、粗く形状を変化させるには、高階層の成分に処理を施す。
- (4) 種々の処理関数を用いることにより、形状処理を多様化する。

なお、本論文では、閉曲線についての分析を行なっているが、開曲線も同様に適用できる。

今後の課題として、雑音成分を含む線図形の形状の修正を行なう方法について、検討する必要がある。

#### 参考文献

- 1) 上坂吉則：開曲線にも適用できる新しいフーリエ記述子，信学論(A)，J 67-A，3，pp. 166-173(1984)。
- 2) 大友照彦，原 健一：線図形の曲がり特徴としたオンライン手書き漢字認識，信学論(D-II)，J 73-D-II，4，pp. 519-525 (1990)。
- 3) 大友照彦，石谷幹夫，原 健一：神経回路モデルを用いた手書き漢字認識，信学論(D-II)，J 73-D-II，8，pp. 1275-1280 (1990)。
- 4) 相原恒博，大上健二，松岡 靖：人間の横顔認識におけるP形フーリエ記述子の有効個数について，信学論(D-II)，J 74-D-II，10，pp. 1486-1487 (1991)。
- 5) 東 恒人：P形フーリエ記述形状の位相特性からの分析，研究速報，信学論(D-II)，J 75-D-II，10，pp. 1743-1746 (1992)。
- 6) A. Mallat : *A theory for multiresolution signal decomposition the wavelet representation*, IEEE Pattern Anal. and Machine Intell. 11 (1989)。
- 7) A. Mallat : *Multiresolution approximation and wavelet orthonormal bases of  $L^2(\mathbb{R})$* , Trans. Amer. Math. Soc. 315 (1989)。
- 8) I. Daubechies : *Orthonormal bases of compactly supported wavelets*, Comm. Pure and Appl. Math. 41 (1988)。
- 9) 榊原 進：ウェーブレットビギナーズガイド，東京電機大学出版局 (1995)。
- 10) 東 恒人，黒田 巧：ウェーブレット変換を用いた線図形の形状分析，信学総大，D 12-39，(1997)。

Both Multiple-Resolution Analysis and  
Transformation Methods of Line Segment Figures  
by Using Wavelet Transform  
(In case of the Segments of Equal Length)

Tsunehito HIGASHI\*, Takumi KURODA\*\*, Hiroshi HOSOGI\*\*\*  
and Osamu KATAOKA\*\*\*

*Department of Information and Computer Science,  
Faculty of Engineering,  
Okayama University of Science,  
Ridai-cho 1-1, Okayama 700-0005, Japan*

(Received October 5, 1998)

It is reported that the multiple-resolution analysis method using wavelet transform is useful for the analysis of images. However, there seems to have been no example reported so far regarding its application to the analysis of shapes or the process of line segment figures.

Therefore, both multiple-resolution analysis and transformation methods applying wavelet transform to the line segment figures of equal length are proposed and then, the characteristic analysis of line segment figures by the former and process method of shapes by the latter are discussed in this thesis.