

3P-4

複素自己回帰モデルによる輪郭データの圧縮の試み

関田 巖, 栗田 多喜夫, 大津 展之

電子技術総合研究所

1 はじめに

我々は既に複素自己回帰モデルによって shape の輪郭 (平面曲線) を認識するための手法を提案し [1][2], その有効性を示した [3]. 本稿では, 間引かれた輪郭点の情報を複素自己回帰モデルの係数として抽出することによってデータ圧縮することを試みたので報告する.

2 点列の midpoint を近似する複素自己回帰モデル

平面上に与えられた輪郭点列 $\{(x_j, y_j)\}_{j=0}^{N-1}$ ($N = 2N_0$) を $z_j = x_j + iy_j$ によって複素表現する. $\{z_j\}_{j=0}^{N-1}$ から $\{z_{2j_1+1}\}_{j_1=0}^{N/2-1}$ を間引き, 残された $\{z_{2j_1}\}_{j_1=0}^{N/2-1}$ から, $\{z_{2j_1+1}\}_{j_1=0}^{N/2-1}$ を近似する m 次の複素自己回帰モデルを定義する. このモデルとして, z_{2j_1+1} を中心に近似する

$$z_{2j_1+1} = \sum_{k=1}^m a_k z_{2j_1+1-(2k-1)} + \sum_{k=1}^m b_k z_{2j_1+1+(2k-1)} + \epsilon_{2j_1+1}$$

が自然であろう. ここで ϵ_{2j_1+1} は予測誤差である. 係数 $\{a_k\}_{k=1}^m, \{b_k\}_{k=1}^m$ は平均 2 乗予測誤差が最小となるように,

$$\frac{1}{N/2} \sum_{j_1=0}^{N/2-1} |\epsilon_{2j_1+1}|^2 \rightarrow \min \quad (1)$$

より求める. すると $\{a_k\}_{k=1}^m, \{b_k\}_{k=1}^m$ は, ベクトル・行列を用いて

$$\begin{bmatrix} R_1 & R_2 \\ R_2^* & R_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{a}^\dagger \\ \mathbf{b} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{s}_1^\dagger \\ \mathbf{s}_2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

より求められる. ここで,

$$R_1 = \begin{bmatrix} r_0 & r_2 & r_4 & \dots & r_{2m-2} \\ \bar{r}_2 & r_0 & r_2 & \dots & r_{2m-4} \\ \bar{r}_4 & \bar{r}_2 & r_0 & \dots & r_{2m-6} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \bar{r}_{2m-2} & \bar{r}_{2m-4} & \bar{r}_{2m-6} & \dots & r_0 \end{bmatrix}$$

¹A method of compressing a boundary by complex autoregressive model

Iwao SEKITA, Takio KURITA and Nobuyuki OTSU
Electrotechnical Laboratory

$$R_2 = \begin{bmatrix} r_{2m} & r_{2m+2} & r_{2m+4} & \dots & r_{4m-2} \\ r_{2m-2} & r_{2m} & r_{2m+2} & \dots & r_{4m-4} \\ r_{2m-4} & r_{2m-2} & r_0 & \dots & r_{4m-6} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_2 & r_4 & r_6 & \dots & r_{2m} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{a} = [a_1, a_2, \dots, a_m]'$$

$$\mathbf{b} = [b_1, b_2, \dots, b_m]'$$

$$\mathbf{s}_1 = [s_1, s_3, \dots, s_{2m-1}]'$$

$$\mathbf{s}_2 = [s_{-1}, s_{-3}, \dots, s_{-2m+1}]'$$

$$r_k = \frac{1}{N/2} \sum_{j_1=0}^{N/2-1} (z_{2j_1}, \bar{z}_{2j_1-k})$$

$$s_k = \frac{1}{N/2} \sum_{j_1=0}^{N/2-1} (z_{2j_1+1}, \bar{z}_{2j_1+1-k}).$$

R_2^* は R_2 の転置 (') 共役 (¯) を表わし, \mathbf{a}^\dagger は \mathbf{a} の要素の順番を逆にしたベクトル $[a_m, a_{m-1}, \dots, a_1]'$ を表わす. R_1 は Hermitian 行列であり, $r_{-2k} = \bar{r}_{2k}, s_{-2k-1} \neq \bar{s}_{2k+1}$ である.

3 複素自己回帰モデルを用いた輪郭データの圧縮法

輪郭点列 $\{z_j\}_{j=0}^{N-1}$ からその重心を引き, 重心を原点にする. その後, N_1 ($N_1 = 2N_2$) 個間隔で初期輪郭点列 $\{z_{N_1 j_2}\}_{j_2=0}^{N/N_1-1}$ を抽出する. この点列から上記複素自己回帰モデルを用いて, 初期輪郭点列の midpoint の輪郭点列 $\{z_{N_1 j_2 + N_1/2}\}_{j_2=0}^{N/N_1-1}$ を近似する. 次に, $\{z_{N_1 j_2}\}_{j_2=0}^{N/N_1-1}$ と近似された結果の $\{z_{N_1 j_2 + N_1/2}\}_{j_2=0}^{N/N_1-1}$ とから, 同様にしてそれらの midpoint の輪郭点列 $\{z_{(N_1/2)j_3 + N_1/4}\}_{j_3=0}^{N/(N_1/2)-1}$ を近似する. 以下, 同様の近似操作を繰り返すことによって, 最終的には, 輪郭点列が初期輪郭点列と N_2 個の複素自己回帰モデルによって表現される. データ量としては, 初期輪郭点が N/N_1 個と, モデルの係数が $2mN_2$ 個となる.

再生輪郭を大小伸縮させたり原点まわりに回転させる際は, 初期輪郭点列に対してのみその変換を行えばよく, 複素自己回帰モデルの係数を変換する必要はない.

4 実験

各図形(図1の左端)当たり64(2⁶)点からなる輪郭点列を抽出し、その点列をデータ圧縮した。このとき、データ量の小さい順にN₁, mを定めてモデルを当てはめた。N = 64のとき実用的な範囲のN₁, mに対するデータ量(N/N₁ + 2mN₂)を表1に示す。

近似誤差の絶対値の平均が図形の最大幅(または高さ)Lの0.5%未満かつ近似誤差の絶対値の最大値がLの2%未満のとき、本手法で再生された輪郭点列と元の輪郭点列との差がわからないようである。このときの再生結果を図1に示す。但し、図形5と6は上記条件を満たす再生結果を表1の範囲のN₁, mで得られなかったため、近似精度があまり向上しなくなったときの再生結果を示した。図1の左から1列目は元の輪郭点列であり、2列目は初期輪郭点列であり、3列目以降は順次モデルを適用して再生されたものであり、右端が最終的な再生結果である。N₁によって、最終結果が得られるまでに当てはめられるモデルの当てはめ回数は異なっている。このときのデータ量を表2に示す。

比較実験として、輪郭点列{z_j}_{j=0}^{N-1}を離散フーリエ変換し、フーリエ係数を低周波成分から用いて逆変換し、上記近似条件を満たすときの係数の数を調べた。再生結果と係数の数とを各々図2、表3に示す。図2と図1とを比較すると、主観的な近似精度は図形5と6を除いて図1の方が良いようである(特に図形2, 8, 12)。これより、主観的にも同じ近似精度を得るためには、表3よりも多くのフーリエ係数が必要であると思われるが、表2と表3との差ほどではないと思われる、圧縮法としてはフーリエ係数を用いる方が有効と思われる。

5 おわりに

問引かれた輪郭点列から問引かれた点を復素自己回帰モデルを用いて復元することによって、データ圧縮することを試みた。64点からなる輪郭データに対して実験した結果、約1/2の圧縮率が得られたが、フーリエ係数を用いた手法に及ばないことがわかった。

参考文献

- [1] 大津展之, 栗田多喜夫: "Shape Descriptorとしての復素自己回帰モデルの提案," 信学総全大, D-496 (1989).
- [2] 栗田多喜夫, 大津展之, 関田麻: "復素自己回帰係数および復素PARCOR係数の高速計算法," 信学総全大, D-497 (1989).
- [3] 関田麻, 栗田多喜夫, 大津展之: "復素自己回帰モデルによる形の認識実験," 信学総全大, D-495 (1989).

表1. N=64のときのデータ量

N ₁ \ m	1	2	3	4	5
2	34	36	38	40	42
4	20	24	28	32	36
8	14	20	26	32	-
16	12	20	-	-	-

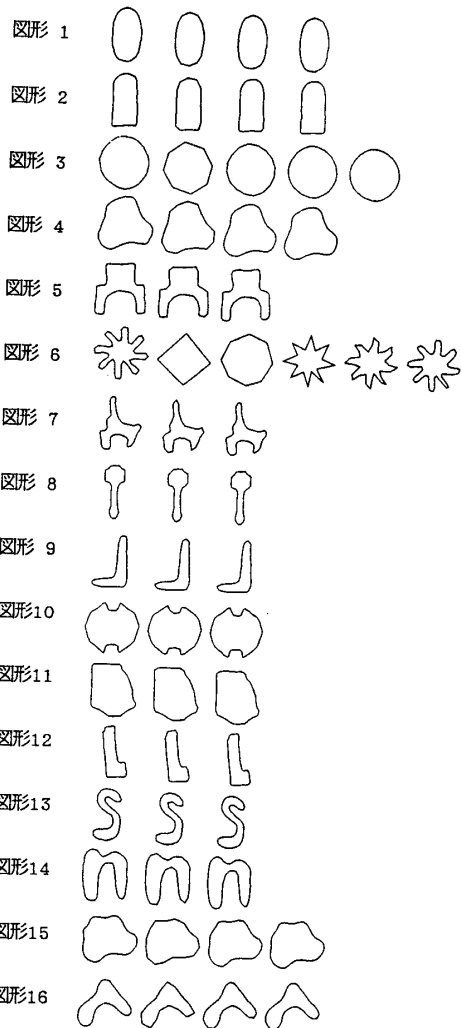


図1. 復素自己回帰モデルによる問引かれた点列からの再生結果



図2. 離散逆フーリエ変換による低周波成分からの再生結果

表2. 図1(右端)のデータ量

図形	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N ₁ - m	4-1	4-3	8-1	4-2	2-2	16-2	2-3	2-2	2-1	2-2
	20	28	14	24	36	20	38	36	34	36
図形	11	12	13	14	15	16	5, 6を除いた平均			
N ₁ - m	2-1	2-2	2-2	2-2	4-4	4-3				
	34	36	36	36	32	28	30.9			

表3. 図2のデータ量

図形	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	7	21	9	15	33	51	29	21	21	27
図形	11	12	13	14	15	16	5, 6を除いた平均			
	23	25	19	27	21	19	20.3			