

論文

多重解像度表現を用いた閉曲線画像の階層化マッチング手法

正員 菅本 透[†] 正員 松尾 啓志[†]

正員 岩田 彰[†] 正員 鈴村 宣夫[†]

Hierarchical Pattern Matching Method Using Multiscale Representation

Tohru SUGAMOTO[†], Hiroshi MATSUO[†], Akira IWATA[†]

and Nobuo SUZUMURA[†] Members

あらまし 従来、二つの画像のマッチングを行う手法の一つとして、テンプレートマッチング法がしばしば用いられている。しかし、対象となる画像が変位、変形を含む場合にはこのテンプレートマッチング法では、対応が困難になる欠点がある。ところが、人間は変形の生じた二つの画像間においても、仮想的に適当な変形を施すことによって、柔軟に対応付けを行うことができる。本論文では、この人間の視覚情報処理に注目し、変位、変形にも対応することのできる画像のマッチング手法を提案する。本手法は、解像度を段階的に変化させ階層的に記述した画像を用い、まず画像の大局的な特徴を用いて画像を大まかに対応づけ、次に画像の局所的な特徴を使って、詳細なマッチングを行う方法である。また本手法では、複数の方向から反復して対応付けを行うので誤ったマッチングを訂正可能であるという性質をもつ。我々は、対象を閉曲線で構成される画像に限定し、本手法の有効性を検討した。本手法は、変位、変形を含む画像を柔軟に対応づけることが可能であると考える。

キーワード 多重解像度表現、階層化、マッチング、大局的マッチング、局所的マッチング

1. まえがき

画像のマッチングは、画像認識、画像理解等に代表されるコンピュータビジョンの上位層の処理から、移動物体解析などの下位層の処理までと、応用範囲が極めて広い。従って画像のマッチングは、コンピュータビジョンにとって必要不可欠な技術と言える。

従来、画像のマッチングを行う手法の一つとして「テンプレートマッチング法」^{(1)~(3)}がしばしば用いられている。テンプレートとは、マッチングさせたい画像の特徴をもった部分画像のことである。入力画像上で、配置することが可能なすべての位置にこのテンプレートを置き、各位置において画像とテンプレートとの類似性の尺度を求める。そして尺度が最大となる位置をそのテンプレートの特徴が存在する場所であると決定する。この処理を、マッチングさせたいすべての部分画

像について適用することで、画像全体のマッチングを行なうことができる。

しかしテンプレートマッチング法では、テンプレートを配置することができるすべての位置において類似度を求めるために、計算コストが高価になり、また入力画像が変位、変形などを含む場合には、このテンプレートマッチング法では対応が困難になるなどの欠点がある。

ところが人間は、変形が生じた二つの画像間においても柔軟に対応付けを行うことができる。形状の似ている部分はそのまま対応づけ、変位や変形を含む部分では、適当なデフォルメにより形状を補正して対応付けを行っていると考えられる。

本論文では、人間の脳が行っているような高度な視覚情報処理に注目し、画像の変位、変形にも対応することのできる画像のマッチング手法を提案する。しかし、極めて一般的な意味での画像のマッチングは今のところ困難であるので、ここではマッチングを行う対象を閉曲線で構成される画像に限定した。複数の閉曲

† 名古屋工業大学電気情報工学科、名古屋市

Department of Electrical and Computer Engineering, Nagoya Institute of Technology, Nagoya-shi, 466 Japan

線で構成される画像は、一般的な画像の1次処理により抽出されるものであり、本手法の適用対象として適していると考えた。

本手法は、大局的マッチング過程と局所的マッチング過程をもつ階層化マッチング手法であり、人間のもつ柔軟なマッチング能力をある程度実現することが可能であると考える。2.では本手法のための画像の記述方法について、3.では階層化マッチングモデルについて述べ、4.で画像として閉曲線集合を用い、これに本手法を適用した実験について述べる。

2. 画像の記述方法のモデル化

人間は脳で視覚情報の処理を行う際、画像あるいは画像の特徴を何らかの方法で記述している、と考えられる。本章では、階層化マッチングのための画像の記述方法について述べる。

画像はいくつかの部品となる画像の集合であると考え、以下ではこの部品を画像要素と呼ぶ。人間が画像を観察する場合、

(1) 画像を構成する各画像要素間の位置関係

(2) 個々の画像要素の形状特徴

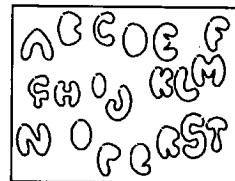
の二つに注目している、と我々は考えた。そしてこの二つの特徴を互いに関連づけ、画像を記述していると考えた。

2.1 画像要素間の位置関係

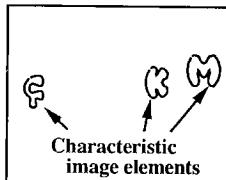
人間の網膜は、解像度の高い「中心視」と解像度の低い「周辺視」とで構成されている。この網膜をもつ人間が画像を観察する場合、まず周辺視で画像を大まかに観察し、そのあと中心視で興味を引かれた注視点のみを詳しく観察する。このようにして人間は、いくつかの注視点上の特徴のある形状の画像要素(以下、「特徴画像要素」)を抽出することができる。従って人間は、この抽出した特徴画像要素間の位置関係を求ることにより、画像の大まかな構成を知ることができる、と考えた(図1(b))。

次に人間は一つの特徴画像要素とこの近傍に含まれる他の画像要素に注目し(図1(c)), 画像要素間の相対的位置関係を知ることにより、画像の構成をより詳しいものにする。この一定近傍内の画像要素に目を向けるという過程を、順次すべての画像要素に適用すれば画像全体での画像要素間の位置関係をとらえることができる。

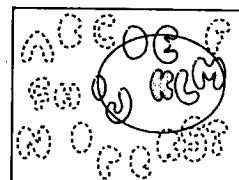
このように、解像度を変えて画像を観察することにより、画像要素の位置関係を、大局的な特徴と局所的



(a)



(b)



(c)

図1 (a)元画像, (b)抽出された特徴画像要素, (c)局所的な部分画像

Fig. 1 (a) Original image, (b) Extracted characteristic image elements, (c) Local image.

な特徴との両側面から階層的にとらえることができる。

2.2 画像要素の形状特徴

人間が個々の画像要素の形状を観察する過程を考える。まず、画像要素全体を含むように視野を絞り、画像要素全体の大まかな形状特徴をとらえる。次に、視野をいっそう小さく絞り画像要素の局所的な形状特徴をとらえる。つまり人間は、まず画像要素全体を低解像度で観察し、全体的な形状を求めた後、高解像度で局所的な形状特徴をとらえるという階層的な過程をたどると考えられる。

そこで我々は、画像が画像要素を用いて構成されると考えた場合、

(1) 画像要素間の位置関係

(2) 個々の画像要素の形状

の二つの特徴を用いれば画像を記述できると考え、この二つの特徴を各々、大まかにとらえる過程から詳しく調べる過程へと階層的にとらえて画像を記述した。この階層的な記述方法は、3.で述べる階層化マッチングに適した方法であると考えられる。

3. 画像マッチング過程のモデル化

2.で述べた画像記述のモデルにより、階層的に記述した画像を用いて、人間が画像のマッチングを行う過程を次に示すようにモデル化した。

まず画像の大局的な位置特徴と大局的な形状特徴を用いて二つの画像を大まかに対応づける。つまり特徴画像要素の位置関係と形状を用いて対応づけることで、

画像を大局的にマッチングさせる。次に、対応づけられた特徴画像要素を中心にしてその一定近傍に存在する画像要素について局所的なマッチングを行い、画像の対応付けを進める。この局所的マッチングは、局所的位置特徴と局所的な画像に含まれる画像要素の形状特徴を用いたマッチングである。

また局所的マッチング過程では、個々の画像要素の大局的形状特徴と局所的形状特徴を階層的に用いて画像要素を部分領域単位で対応付けを行い、変形にも適応したマッチングを行う。

この局所マッチングを、すべての画像要素について適用することで画像全体のマッチングを行う。

このように階層化マッチングモデルでは、

(1) 位置と形状の特徴を用いた大局的マッチング

(2) 位置と形状の特徴を用いた局所的マッチング

という二つのマッチング過程を併せもっている。そして、それぞれのマッチング過程を組み合わせることにより、変位、変形を含む画像を対応づけることが可能である、と考えた。

以上のような階層化マッチング過程のモデルを提案し、次に示すような閉曲線集合画像を使って、このモデルの有効性を検証する。

3.1 取り扱う閉曲線集合画像について

今回取り扱う閉曲線集合画像は、画像要素を閉曲線とする画像であり、一つの閉曲線は他の閉曲線と、内包、内接、交差、外接する事がないものとする。

また、対応付けを行う二つの画像には次の条件を許した。

(1) 対応する閉曲線の位置ずれを許す。(2)画像の閉曲線は、必ずしも1対1に対応しなくともよい。対応する閉曲線がない場合、この閉曲線は消滅したものと考えることにする。(3)閉曲線自身の変形を許す。

3.2 多重解像度表現

対象の形状を階層的に記述する方法として、「多重解像度表現」⁽⁴⁾が有効である。多重解像度表現は、対象にガウス関数を作用させ平滑化する際に、平滑化の尺度を段階的に変化させることにより、対象の特徴を階層的に記述することができる方法である。

閉曲線を例にとって多重解像度表現を説明する。閉曲線上のある点を始点とし、閉曲線に沿った媒介変数 t を考える。すると、閉曲線 C は、 $C = \{x(t), y(t)\}$ と表すことができる。またガウス関数は、 σ を標準偏差として式(1)で表せる。

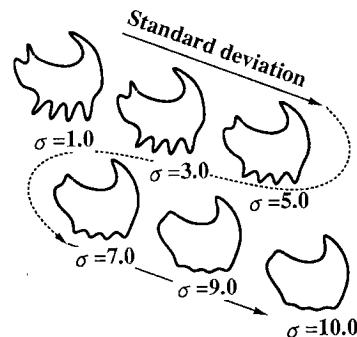


図2 多重解像度表現 (σ はガウス関数の標準偏差を示す)
Fig. 2 Multiscale representation of an image. (σ indicates standard deviation for Gauss function)

$$\omega(t, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{t}{\sigma}\right)^2\right) \quad (1)$$

$x(t)$, $y(t)$ について、ガウス関数 ω と畳み積分を行い、関数 $X(t, \sigma)$, $Y(t, \sigma)$ を次のように定義する。

$$X(t, \sigma) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\xi) \omega(t - \xi, \sigma) d\xi \quad (2)$$

$$Y(t, \sigma) = \int_{-\infty}^{\infty} y(\xi) \omega(t - \xi, \sigma) d\xi \quad (3)$$

これにより、閉曲線 C は、 σ の関数 $X(t, \sigma)$, $Y(t, \sigma)$ として、多重解像度表現されたことになる。多重解像度表現の例を図2に示す。

図2から明らかなように、高解像度(標準偏差が小さい)の閉曲線では、もとの閉曲線の局所的な凹凸形状や、大局的な構造がほとんどそのまま残っている。

これに対して、低解像度(標準偏差が大きい)の閉曲線では、もとの閉曲線の細かな凹凸は縮退して消滅し、全体的な構造のみが現れてくることがわかる。

従って、多重解像度表現を閉曲線に適用することにより、閉曲線の形状を大局的特徴から局所的特徴へと階層的に記述することが可能である。

4. 階層化マッチング手法

本章では、2枚の閉曲線集合画像を階層化マッチングモデルを用いて対応付けを行う、階層化マッチング手法について述べる。この手法は、3.で述べたように画像の中の閉曲線の「位置特徴」と「形状特徴」の二つを多重解像度表現を用いて階層的に表現し、これを用いて、巨視的な面と微視的な面の両面から二つの画像を滑らかに対応づける手法である。

4.1 大局的マッチング

全局的マッチングでは、階層化マッチングモデルに

基づいて、2枚の画像間で大まかな対応付けを行う。

取り扱う画像は、いくつかの閉曲線から構成されている。これらの閉曲線のうち、画像全体の特徴を表現するのによく寄与している閉曲線群の形状特徴とそれらの閉曲線間の相対的位置関係という二つの特徴を用いて画像を大局的にマッチングさせる。

4.1.1 特徴のある閉曲線

画像全体の大まかな特徴を決定する閉曲線（以下「特徴閉曲線」）について述べる。一般に、複雑な構造の閉曲線はその内部に多くの変曲点を含んでいると考えられる。従って、このような閉曲線は特徴のある閉曲線であると考えた。

しかし、ノイズやその他の細かな凹凸部分に存在する変曲点は、閉曲線の変形によって消滅したり、あるいは逆に新たに発生する可能性があるため、変曲点の数を用いて閉曲線の全体的な構造の複雑さを表現することは困難である。

そこで3.2で述べた、多重解像度表現を用いて閉曲線を階層的に記述する。そして各層のうち、閉曲線の全体的形状特徴を表している低解像度において閉曲線が保持している変曲点数を求め、この数が多いほど複雑な閉曲線であると考えた。本実験ではガウス関数の標準偏差に1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0, 10.0を使って解像度を段階的に変化させ、解像度の低い画像から高い画像へと、変曲点数の多い閉曲線を順に最低四つの閉曲線を特徴閉曲線として抽出した。但し、最後の特徴閉曲線と同数の変曲点をもつ閉曲線が存在する場合は、それらすべてを特徴閉曲線とした。

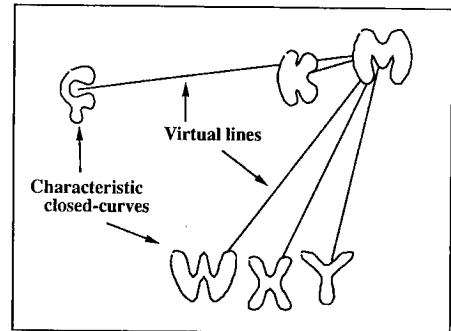
これによって、変形に影響されない閉曲線の全体的な形状の複雑さを知ることができ、特徴のある閉曲線を抽出することが可能となった。

4.1.2 大局的マッチング手法

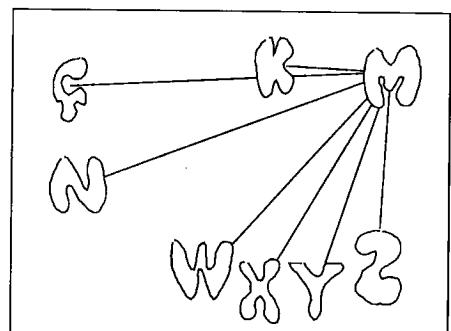
原画像の大まかな特徴を得るために、特徴閉曲線だけを抽出した「大局画像」を作成する（図3）。大局的マッチングでは、この大局画像を対応づけることで、原画像を大まかに対応づける。

一つの特徴閉曲線の重心と、その他の特徴閉曲線の重心間を仮想的に結合した放射状構造（図3）を考える。そして、二つの大局画像の対応付けは、対応づける二つの大局画像から得られた放射状構造を、放射状構造の枝ごとに對応づけることで行う。

この対応付けでは、特徴閉曲線間の相対的位置関係と、特徴閉曲線の形状特徴に関する特徴量の二つを用いた。



Global image for image A



Global image for image B

図3 画像Aと画像B（図11）の大局画像（大局的マッチングでは、大局画像を構成する特徴閉曲線間を仮想線で結合し、放射状構造を対応づける）

Fig. 3 Global images for Image A and B (Fig. 11). At global matching, a radiate structure is made by drawing virtual lines among characteristic image elements, and then two radiate structures are matched.

ここでは、特徴閉曲線の特徴量の評価には式(4)⁽⁵⁾を用いた。 s は閉曲線で囲まれる領域の面積、 l は閉曲線の周囲長を示す。

$$F = s/l^2 \quad (4)$$

階層化マッチングモデルの中の大局的マッチングは、画像全体の大まかな構造をとらえて対応付けを行うので、特徴閉曲線の形状を詳細に評価する必要はなく式(4)でほぼ目的を達することができる。

4.2 中心閉曲線の選択

まず放射状構造の中心となる閉曲線を特徴閉曲線の中から選び出す必要がある。以下では、これを「中心閉曲線」と呼ぶ。

この中心閉曲線は、複雑な特徴閉曲線、すなわち式(4)による評価値で値の小さい特徴閉曲線の中から順に数個選び、それぞれを中心閉曲線として4.3で述べる木

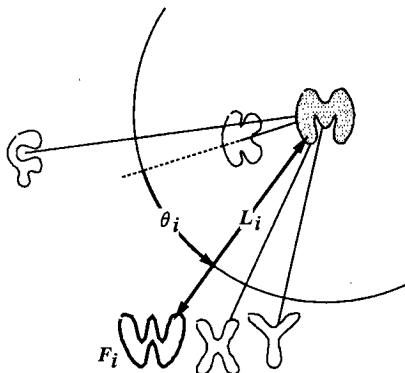


図4 大局的マッチング過程でのDPマッチングのコスト計算方法

Fig. 4 Matching cost of DP matching for global matching.

のマッチングを行った。

4.3 放射状構造のマッチング

二つの放射状構造のマッチングには、動的計画法(DPマッチング)⁽⁶⁾を用いて、枝ごとに対応付けを行う。

大局的マッチングでは、画像の位置ずれを大局的にとらえることが目的であるため、DPマッチングでのコスト評価関数は、次式のように容易に計算できるものを選んだ(図4)。

$$\text{cost} = \min \sum (\Delta L \cdot \Delta \theta + \Delta F)$$

$$\Delta L = \frac{|L_i - L_j|}{L_i + L_j} \quad (5)$$

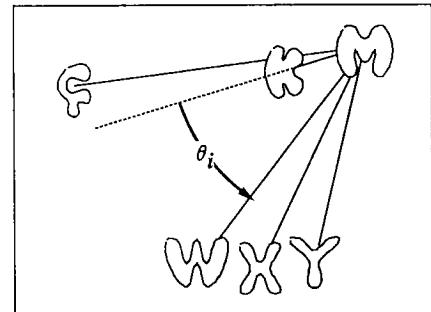
$$\Delta F = |F_i - F_j| \quad (6)$$

$$\Delta \theta = \frac{1}{2\pi} \cdot \min \{ |\theta_i - \theta_j| \} = \frac{1}{2\pi} \cdot \min \left\{ \left| \theta_i - \sum_{k_s}^{\theta_e} \theta_k \right| \right\} \quad (7)$$

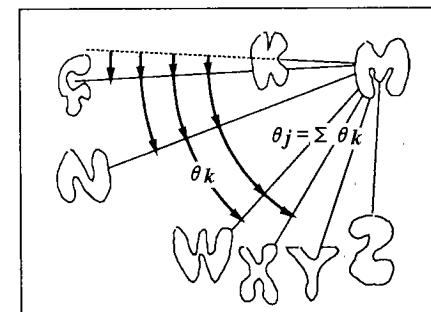
式(5)は、中心閉曲線と注目している特徴閉曲線との重心間距離の相違度を表している。式(6)は、特徴閉曲線自身の特徴量の相違度を表している。式(7)は、注目している枝とその隣接する枝とがなす角度の相違度を表している。

二つの放射状構造は図5のように、枝が必ずしも1対1に対応するとは限らない。また、特徴閉曲線の位置ずれにより、枝の順序も一致しない場合もある。そこで式(7)は、一方の放射状構造での枝間の一つ分の角度と、他方の放射状構造での複数の枝間にまたがる角度を考え、枝の消滅、枝の順序の移動に対しても考慮した評価式である。

また画像には、閉曲線の消滅を許しているので、閉曲線が必ずしも1対1に対応するという保証がなく、中心閉曲線が消滅している場合には、適切なマッチ



Global image for image A



Global image for image B

図5 特徴閉曲線の並び方が一致しない例

Fig. 5 Example in which characteristic closedcurves are in wrong order.

グが困難となる。そこで本実験では、中心閉曲線の選択を複数通り行い、その中で放射状構造を対応づける総コストが最小になる組合せを大局的マッチングの結果とした。また大局的マッチングを複数通り行うことでも、誤った対応付けを回避することが可能になる。

4.4 局所的マッチング

局所的マッチングを、図6を用いて説明する。図において、 \vec{R}_i は、一方の画像の閉曲線の位置ベクトル、 \vec{S}_j は、他方の画像の閉曲線の位置ベクトルを示す。なお、以下では位置ベクトルにより閉曲線を表す。また、大局的マッチングにより \vec{R}_i と \vec{S}_i 、 \vec{R}_j と \vec{S}_j は、既に対応づけられているものとする。

今、閉曲線 \vec{R}_j の近傍に存在する閉曲線 \vec{R}_k に対応する閉曲線 \vec{S}_k の対応付けを行う。

対応付けを行いたい二つの画像において、 $(\vec{R}_i, \vec{R}_j, \vec{R}_k)$ 間の局所的な相対位置関係は、 $(\vec{S}_i, \vec{S}_j, \vec{S}_k)$ 間においても保存されると考え、 $(\vec{R}_i, \vec{R}_j, \vec{R}_k)$ 間の位置関係を $(\vec{S}_i, \vec{S}_j, \vec{S}_k)$ 上に写像することで、 \vec{S}_k を推定する。写像には、次式を満たすアフィン変換(M, \vec{n})を用いる。

$$\vec{S}_i = M \vec{R}_i + \vec{n}$$

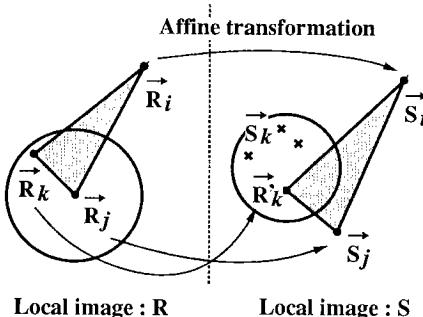


図6 アフィン変換により、 \vec{S}_k の位置を推定する
Fig. 6 Estimating position of \vec{S}_k using Affine transformation.

$$\vec{S}_j = M\vec{R}_j + \vec{n} \quad (8)$$

但し、 M は 2×2 の行列で回転伸縮を表し、 \vec{n} はベクトルで平行移動を表している。

このアフィン変換により、 \vec{R}_k を \vec{R}'_k へ写像する。しかし、二つの画像は変位変形を含んでいるので、必ずしも $\vec{R}'_k = \vec{S}'_k$ ではない。そこで、 \vec{R}'_k の一定近傍に含まれるすべての閉曲線について、それぞれ \vec{R}'_k との相違度を求める。

この相違度には、以下に示す2通りの評価方法を用いた。

(1) 局所的マッチングの各時点での仮の対応付けを行うための評価

(2) 局所的マッチング全体を通して相違度を累積し、局所的マッチング終了時に最終的な対応付けのための評価

前者の評価方法により、 \vec{R}_k と \vec{S}_k が対応づくと、局所的マッチングの単位サイクルが完了する。

次のサイクルは、 \vec{R}_k の一定近傍に含まれる \vec{R}_l に対応する閉曲線 \vec{S}_l を求める。

このサイクルでは、前回のサイクルと同様にして、 $(\vec{R}_j, \vec{R}_k, \vec{R}_l)$ と $(\vec{S}_j, \vec{S}_k, \vec{S}_l)$ の局所的な相対位置関係から対応付けを行う。

以上の処理をすべての閉曲線について複数回行った後、1回の局所的マッチングを終了させる。

この局所的マッチングでは、1回のサイクルにおいて図7のように一つの閉曲線についてマッチングの探索経路が複数通り存在する。従って、対応付けの尺度を累積評価することにより、閉曲線の変位や消滅が起こった画像でも正しく対応づけることができる。また局所的マッチングでは、一つの探索経路での対応付けを誤った場合でも、その他の探索経路での対応付けに

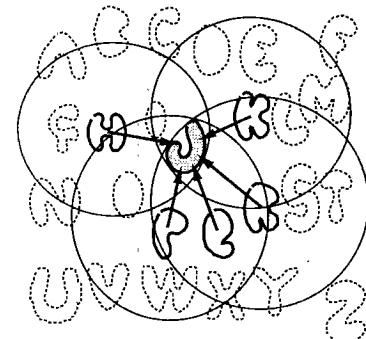


図7 一つの閉曲線について、複数の方向からの対応付けが存在する
Fig. 7 One closed-curve has plural matching routes.

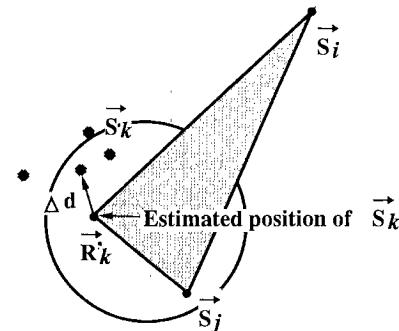


図8 閉曲線の位置ずれによるコスト
Fig. 8 Cost of closed-curve's displacement.

より訂正可能であるという性質をもつ。本論文の実験では、この局所的マッチングを複数回行った後、画像のマッチング評価を行った。

4.5 相違度の評価方法

局所的マッチングにおける対応付けの尺度は、閉曲線の位置ずれ度： C_1 、閉曲線の回転度： C_2 、閉曲線形状の類似度： C_3 、以上の三つの項の総和で評価する(式(9))。

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \quad (9)$$

〈閉曲線の位置ずれ度： C_1 〉

推定位置 \vec{R}'_k と、対応する閉曲線 \vec{S}'_k との位置の変位の度合を用いた(図8)。 K_1 は、実験的に決めた定数である。

$$C_1 = K_1 \Delta d \quad (10)$$

〈閉曲線の回転度： C_2 〉

自然な対応付けを行うために、回転の大きな閉曲線との対応付けを抑制する項である。図9のように、それぞれの閉曲線で対応する点を結んだ直線が作る角度

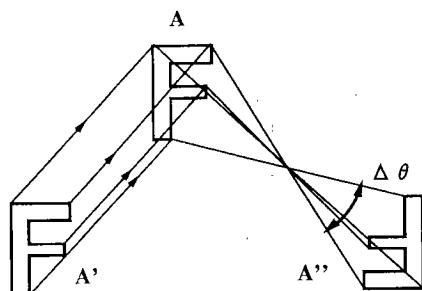


図 9 閉曲線の回転によるコスト
Fig. 9 Cost of closed-curve's rotation.

の最大値($\Delta\theta$)をコストとして用いた。対応点は、次の閉曲線形状の類似度を計算する際に副次的に求めたものを用いた。 K_2 は、実験的に決めた定数である。

$$C_2 = K_2 \Delta\theta \quad (11)$$

図9で、 A と A' では $C_2=0$ であり、 A と A'' では C_2 の値は大きい。

〈閉曲線形状の類似度： C_3 〉

上田らの提案した、凹凸構造マッチング⁽⁴⁾を用いて閉曲線形状の類似度を評価した。

このマッチングでは、閉曲線を変曲点で切斷し、いくつかの部分曲線に分割する。そして、この部分曲線を単位として動的計画法により、マッチングを行った。

また、この凹凸構造マッチングでは多重解像度表現を用いて解像度の異なる尺度間においても部分曲線の対応付けを考慮している。従って、変形の大きな閉曲線も対応づけることができるという性質をもつ。

5. 結 果

本手法により、図10の二つの画像間のマッチングを試みた。まず、網掛けを施した特徴閉曲線で構成される大局画像を生成し、この大局画像を用いて、二つの画像を大まかに対応づけた。この際の中心閉曲線は、No. 13の閉曲線であった。次に、対応づけられた閉曲線とその近傍に存在する未対応の閉曲線との位置関係により画像全体を対応づけた。その結果、画像をほぼ正しくマッチングさせることができた。但し実験に用いた画像のうち、No. 4, No. 9, No. 15の閉曲線は変曲点をもたず、4.5での凹凸構造マッチングによる形状の類似度評価ができないので、対応付けの対象外となっている。

更に他の画像間でのマッチングを行った場合、多くの閉曲線を正しくマッチングさせることができた。

図11のように、閉曲線の位置が逆転している場合で

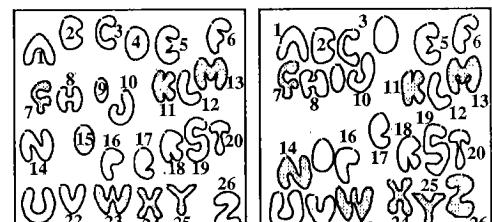


図10 階層化マッチング手法を用いた画像マッチングの結果(1)
Fig. 10 Result of hierarchical pattern matching (1).

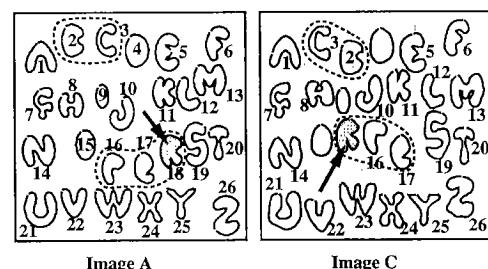


図11 階層化マッチング手法を用いた画像マッチングの結果(2)
Fig. 11 Result of hierarchical pattern matching (2).

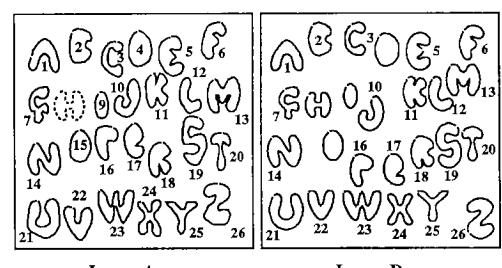


図12 階層化マッチング手法を用いた画像マッチングの結果(3)
Fig. 12 Result of hierarchical pattern matching (3).

も最適に対応づけることができた。しかし、矢印で示した閉曲線(No. 18)は、閉曲線の位置ずれが大きいため、正しくマッチングさせることができなかつたが、二つの画像を滑らかに対応づけるという観点から見れば、妥当な結果であると考えられる。

また、図12のように、閉曲線の一つが消滅していくも(点線の閉曲線)、その周囲の閉曲線は他の閉曲線との位置関係により、マッチングさせることができた。

図13で、同形状の二つの閉曲線(No. 5, No. 16)が存在している場合でも、周囲の画像要素との位置関係に

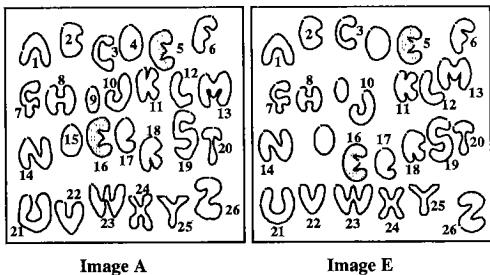


Image A

Image E

図 13 階層化マッチング手法を用いた画像マッチングの結果(4)

Fig. 13 Result of hierarchical pattern matching (4).

よって、対応付けを行うことが可能であった。しかし、同形状の二つの閉曲線が存在している画像の対応付けでは、大局的マッチングにおいて同形状の閉曲線が特徴のある閉曲線として抽出された場合、大局的マッチングで誤った対応付けがなされる可能性がある。

6. むすび

画像の大局的な特徴と局所的な特徴の二つの特徴を用いてマッチングを行う階層化マッチング手法を提案し、対応する閉曲線の位置ずれ、対応する閉曲線の消滅、閉曲線自身の変形という条件を許した二つの閉曲線集合画像間のマッチングに試みた。

その結果、閉曲線の位置ずれ、変形のある画像に対しても人間の行うマッチングと比較しても妥当と考えられるマッチングを行うことができ、本手法の有効性を示した。また閉曲線が消滅した画像でも、一つの閉曲線についてマッチングの探索経路が複数通り存在するという性質により、柔軟な対応付けが可能であった。

更に本マッチング手法は、大局的マッチングと局所的マッチングの2段階のマッチングを行うことで、すべての閉曲線の組合せを計算する場合と比較して、計算量を飛躍的に減少させることができると考えられる。しかし、大局的マッチングで誤った対応付けがなされた場合、画像全体を正しくマッチングできない可能性があるので検討を要する。

今後は、内包を許した閉曲線集合のマッチング、更には多値画像のマッチング、一般化多値画像の生成方法について検討する予定である。

文献

- (1) 尾上守夫、前田紀彦、斎藤 優：“残差逐次検定法による画像の重ね合わせ”，情報処理，17, 7, pp. 634-640 (1976).
- (2) 森 忠次、服部 進、内田 修、田辺広志：“画像相関を使った航空写真からの等高線自動図化の一方法一変位修正

と標高ファイルの作成”，写真測量とリモートセンシング，21, 1, pp. 4-14 (1982).

- (3) 森 忠次、服部 進、内田 修：“分割画像ごとの相関法による空中写真からの自動図化”，写真測量とリモートセンシング，24, 1, pp. 13-22 (1985).
- (4) 上田修功、鈴木 智：“スケールスペースを用いた輪郭图形記述の一般化”，信学論(D-II), J73-D-II, 7, pp. 47-54 (1990-07).
- (5) 安居院猛、飯塚久登、中嶋正之：“ピラミッド階層構造データの相変化情報を利用した市街地地図の処理”，信学論(D), J65-D, 10, pp. 1243-1249 (1982-10).
- (6) 長尾 真：“パターン情報処理”，電子通信学会 (1983).
- (7) 菅本 透、松尾啓志、岩田 彰、鈴村宣夫：“DPを用いた閉曲線集合の階層化マッチング手法”，信学'91春大, D-567.

(平成3年9月30日受付、4年2月13日再受付)



菅本 透

平2名工大・電気情報卒。現在、同大学院博士前期課程(電気情報工学専攻)在学中。画像認識に関する研究に従事。



松尾 啓志

昭58名工大・情報卒。昭60同大学院修士課程了。同年松下電器産業(株)入社。平1名工大大学院博士課程了。同年名工大・電気情報・助手、現在に至る。画像処理・画像認識に関する研究に従事。工博。情報処理学会、ソフトウェア科学会、IEEE各会員。



岩田 彰

昭48名大・工・電気卒。昭50同大学院修士課程了。同年名工大・情報・助手。昭57年4月より昭58年10月まで、ドイツ連邦共和国ギーセン大学医学部医用情報研究所客員研究员。昭59名工大・情報・助教授、現在、名工大・電気情報、助教授、生体情報処理、医用画像処理、ニューラルネットワークに関する研究に従事。工博。日本ME学会、情報処理学会、IEEE各会員。



鈴村 宣夫

昭28名大・工・電気卒。民間会社勤務の後、昭38名大・工・助手。以後、講師、助教授を経て、昭49名工大・情報工学科教授。学科改組により、現在、電気情報工学科教授。この間、生体信号の計測、処理、生体関連の画像処理等の研究に従事。工博。