Scale Spaceの概念を導入した部分曲線の同定と検索

6C-2

小谷 亮，長尾 真
京都大学工学部

1 はじめに

多くの曲線（以下ファイル曲線と呼ぶ）をファイルに蓄積しておき、任意の部分曲線（以下検索曲線と呼ぶ）を入力したときにそれと似た部分を持つ曲線を検索出力する方法を示す。本研究ではscale spaceの概念のほかに新しくARテーブルと名づけた部分曲線に関する情報を用いることにより、方向・スケールに依存しない部分曲線の検索と同定を行なうことを可能とした。

2 処理の流れ

ファイル曲線登録時は、記憶すべき曲線をファイルに登録するとともに、曲線から次に述べる方法で特徴点を抽出し、それをもとに後述のARベクトルというデータを作成し、テーブルに登録する。曲線検索時には、まず検索曲線から特徴点を抽出し、ARテーブルを効率的に検索して候補となる曲線を検出し、当該部分に対する詳細なマッチングをとることにより同定を行う。全体の流れを図1に示す。

特徴点としては、曲線上で曲率が極値になる点をとることにした。曲線を始点からの周囲長 s と接線の角度θにより関数$\theta(s)$としてあらわすと、曲率は$\theta(s)$の一次微分であり、曲率が極値になる点は$\theta(s)$の二次微分が零となる点である。そこで、$*$をたたみ込み、$g(s,\sigma)$をガウス分布として、

$$\theta(s) * \frac{\partial^2}{\partial s^2} g(s,\sigma) = 0, \qquad g(s,\sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{s^2}{2\sigma^2}} \qquad (1)$$

によって特徴点を求める。

3 AR(Angle & Ratio)テーブル

図2のP_i, P_{i+1}, P_{i+2}を特徴点とするとき、$\angle P_i P_{i+1} P_{i+2}$を$\phi$とする。また、$P_iP_{i+1} = a, P_{i+1}P_{i+2} = b$とするとき、$r = \log(b/a)$とする。このとき$(\phi, r)$の組は$P_i, P_{i+1}, P_{i+2}$の配置について全体的な位置・スケール・方向の情報を除くすべての情報を保持している。したがって、この(ϕ, r)の組はこの曲線のP_iからP_{i+2}までの部分の大まかな形状を表現していると考えることができる。そこでP_i, P_{i+1}, P_{i+2}の3点の組について次のデータの組（これをARベクトルと呼ぶ）を考える。

ARベクトル:（ファイル曲線のID,ϕ,r,P_iの始点からの位置,P_{i+1}の始点からの位置,P_{i+2}の始点からの位置）

これを隣接する3つの特徴点の組すべてについて求め、ϕおよびrを両軸にとった2次元配列に登録する。これをAR(angle & ratio)テーブルと呼ぶ。これを図3に示す。

4 Scale Spaceの概念の利用

特徴点を抽出する際には、たたみ込みに用いるガウス分布の標準偏差σの値が問題になる。σを変化させたときの影響は次の2点である。

1. σを大きくすると、平滑化のため求まる特徴点が減る。

2. σの変化によって特徴点の位置がずれる。

Identification and Retrieval of Partial Curve by Scale Space Concept
Akira KOTANI, Makoto NAGAO
Kyoto University

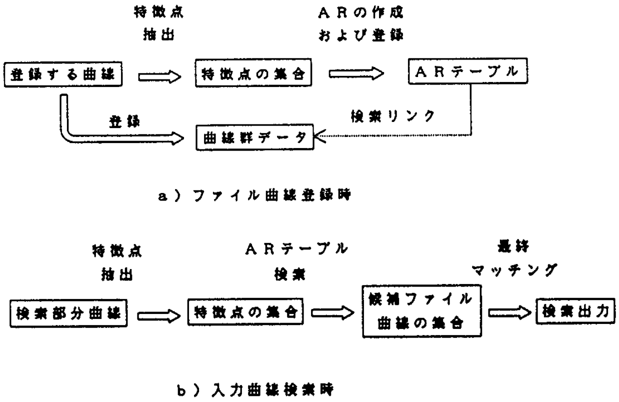

図 1: 処理の流れ

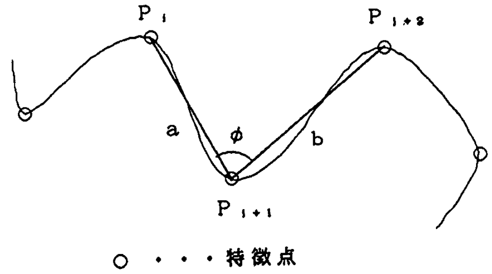

図 2: 隣接3特徴点

したがって2つの曲線のマッチングを特徴点の位置によってとるには、特徴点の抽出の際、互いに等しいσを用いる必要がある。ところが、検索曲線がファイルに登録された曲線のある部分に似ている場合にも、ファイル曲線と検索曲線のスケールは一般に異なるので、検索曲線から特徴点を抽出する際の適正なσを前もって知ることができない。この問題についての対策として、scale spaceの概念を導入する。

$s\sigma$平面においては(1)式は図4のようにアーチ状の入れ子構造をもつ曲線を描く。この曲線と直線$\sigma = \sigma_0$の交点のs座標は$\sigma = \sigma_0$のガウス分布を用いたときに求まる特徴点の位置をあらわす。そこで、σ_0を大きい方から徐々に小さくしていき、次の条件をみたしたときにARベクトルを登録する。

条件1： 新しく零交差点が現われたとき。

条件2： 前回ARベクトルを登録した際の隣接3特徴点および現在の$\sigma = \sigma_0$における対応する隣接3特徴点のなす(ϕ, r)をそれぞれ(ϕ_1, r_1)および(ϕ_2, r_2)とするとき、$|\phi_1 - \phi_2|$または$|r_1 - r_2|$があるしきい値をこえたとき。

図4のA'は条件2が成り立つ場合にのみ登録する。この方法でARベクトルを登録することにより、すべてのσをカバーすることができ、また登録するARベクトルが極端に増えるのを抑えることができる。

5 曲線検索時の処理

曲線検索時には次のような処理をおこなう。

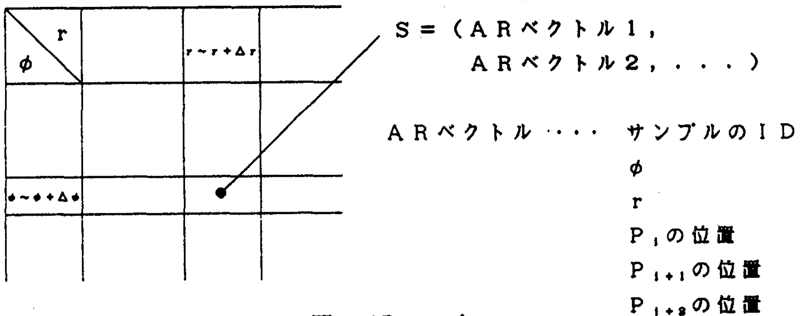

図 3: AR テーブル

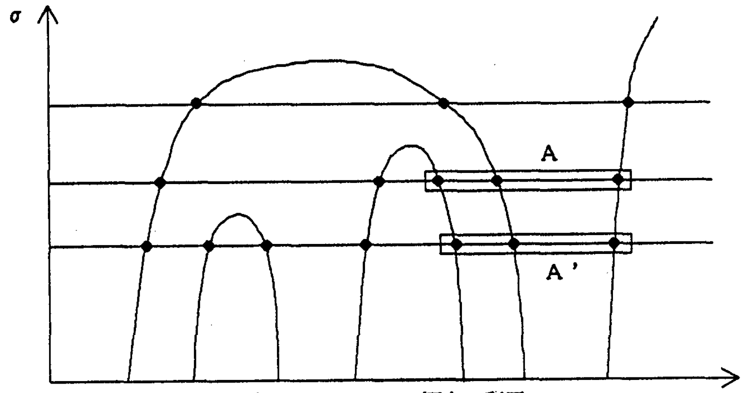

図 4: scale space の概念の利用

1. 検索曲線に対して、適当なσによって特徴点$P_i(i=1,2,\ldots,n)$を抽出する。
2. 隣接する 3 つの特徴点の組それぞれに対してϕおよびrを計算し、これらに対応する AR ベクトルの集合$S_i(i=1,2,\ldots,n-2)$を AR テーブルからひく。
3. $S_i, S_{i+1}(i-1,2,\ldots,n-3)$の中で同じファイル曲線のＩＤをもち、しかも隣接する AR ベクトルをみつける。これをすべてのiについておこなうと、あるファイル曲線の一部に対応する AR ベクトルの列が得られる。
4. 得られた AR ベクトルの列があらわすファイル曲線の部分と検索曲線に対して詳細なマッチングをおこなう。

このようにして図 5に示すような多くの異なった曲線データを記憶し、その後適当な部分曲線を与えて、それに類似する部分を持つ曲線の検索をおこない良好な結果を得た。

6 おわりに

本方式は相似形までの変形を認め、任意の部分で一致がとれる曲線部分を含む曲線を取り出す方法であり、効率よく曲線検索がおこなえることを示した。

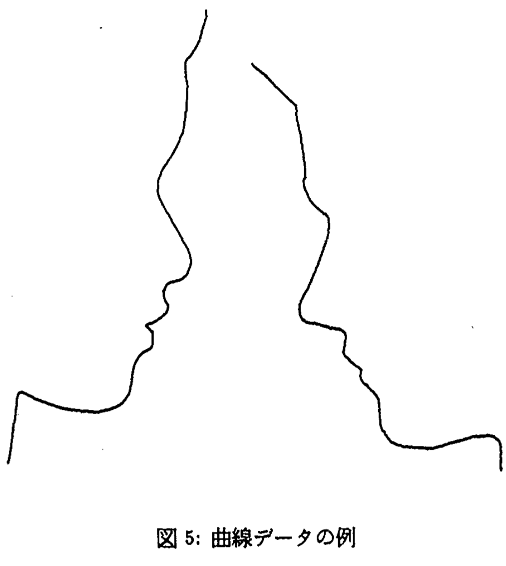

図 5: 曲線データの例

参考文献

[1] A.P.Witkin: "Scale-space filtering",*Proc. of 8th Int. Joint Conf. on Artificial Intell.,pp.1019-1022,Karlsrühe(1983).*

[2] A.L.Yuille and T.Poggio: "Scaling theorems for zero crossings",*IEEE Trans. Pattern Analysis. Machine Intell.,PAMI-8,pp.15-25(Jan. 1986).*