

【技術分類】 4 - 2 - 1 サイン / 特徴抽出技術 / 前処理

【 F I 】 G06T7/00 570,

【技術名称】 4 - 2 - 1 - 1 データの調整

【技術内容】

オンライン/オフラインを問わず、署名はデジタル化してコンピュータに取り込むが、このとき画像が上下左右に偏っていたり、取得時にノイズが付加されていることが多い。これを先ず調整する。

オフセット調整は、筆跡の X-Y 座標の最大値や最小値が所定の範囲に収まるよう、水平方向にずらす操作を行う。場合によっては署名を拡大(縮小)するが、倍率は X-Y 方向に等しくすることが多い。筆跡とつながらない異常な点は、閾値を設けてそれ以下のものはノイズとして除去する。またデジタル化により生じたぎざぎざは、スムージング処理を行う。

【図】

オフセット調整



本標準技術集のために作成

【参考資料】

「オフライン署名照合における局所的な個人性特徴のアクティブ探索法」, 「電子情報通信学会論文誌 D-II Vol. J84-D-II No.7 pp.1339-1350」, 2001 年 7 月発行、安藤慎吾 中島真人著、電子情報通信学会発行

【技術分類】 4 - 2 - 1 - 2 サイン / 特徴抽出技術 / 前処理 / 正規化

【 F I 】 G06T7/00 570,G06K9/42

【技術名称】 4 - 2 - 1 - 2 - 1 データの正規化

【技術内容】

タブレットで得た筆跡のオンライン情報は、X 座標と Y 座標の離散時間標本値として検出される。ここで、例えば本人が署名する場合でも署名ごとに変動(個人内変動)が生じるため、筆記時間の違いはデータ総数の違いとなる。このようなデータ数の変動を吸収するため、標本化時刻をデータ総数で正規化する必要がある。

$x^*(n')$, $y^*(n')$ をそれぞれ X 座標と Y 座標の離散時間標本値とし、 $n' (=0, 1, \dots, N_{\max}-1)$ を標本化離散時刻、 $N_{\max}$ をデータ総数とすると、標本化時刻 n 、および各時刻における X, Y 座標 $x(n)$, $y(n)$ は、それぞれ次のように正規化される。

$$n = n' / (N_{\max} - 1)$$

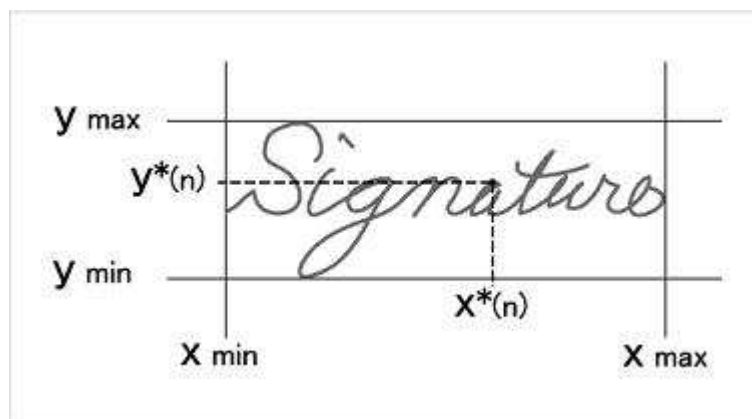
$$x(n) = \frac{x^*(n) - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \alpha_x$$

$$y(n) = \frac{y^*(n) - y_{\min}}{y_{\max} - y_{\min}} \alpha_y$$

ここで、 $x_{\max}$, $y_{\max}$ は座標値 $x^*(n)$, $y^*(n)$ の最大値、 $x_{\min}$, $y_{\min}$ は最小値である。また α_x , α_y は、後の演算途中で桁落ちが生じないようにダイナミックレンジを広げるための係数である。

【図】

データの正規化



本標準技術集のために作成

【参考資料】

「DWT によるサブバンド分解と適応信号処理を用いたオンライン署名照合」, 「電子情報通信学会論文誌 A Vol.J87 A No.2 pp.805-815」, 2004 年 6 月発行、中西功 西口直登 伊藤良生 副井裕著、電子情報通信学会発行

【技術分類】 4 - 2 - 1 - 2 サイン / 特徴抽出技術 / 前処理 / 正規化

【 F I 】 G06T7/00 570,G06K9/42

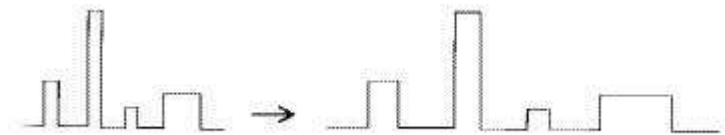
【技術名称】 4 - 2 - 1 - 2 - 2 アスペクトの正規化

【技術内容】

署名の大きさは必ずしも一定ではないため、取得した署名は大きさを正規化する必要がある。ここで、一般には縦方向・横方向同じ倍率で拡大縮小して正規化することが多いが、図のように、人の署名は必ずしも縦横等倍に拡大縮小されるものではない。特に署名を時間関数でなく局所的な形状で比較する場合は、縦横異なる倍率で正規化する必要がある。このときは、署名を取り囲むように多角形を当てはめ、全体の幅と最大の高さとの比が参照署名と同じとなるように、縦横にそれぞれ拡大縮小する。

【図】

アスペクトの変化



© 2005 IEEE

出典：「Automatic On-Line Signature Verification」, 「Proceedings of the IEEE Vol.85 No.2 pp.215-239」, 1997 年 2 月発行、Vishvjt S. Nalwa 著、IEEE 発行、222 頁 Fig.6 Aspect variation

【出典 / 参考資料】

「Automatic On-Line Signature Verification」, 「Proceedings of the IEEE Vol.85 No.2 pp.215-239」, 1997 年 2 月発行、Vishvjt S. Nalwa 著、IEEE 発行

【技術分類】 4 - 2 - 1 - 2 サイン / 特徴抽出技術 / 前処理 / 正規化

【 F I 】 G06T7/00 570,G06T7/60 150@P,G06K9/36

【技術名称】 4 - 2 - 1 - 2 - 3 回転正規化

【技術内容】

カメラなどにより署名を取得した場合、筆跡が傾いていることがある。これは DP マッチングなどでは正規化できないため、テンプレート化や照合の前に回転させ、正規化しておく必要がある。筆跡の最小慣性軸を抽出し、水平軸と一致するまで回転させることにより可能である。

筆跡の曲線が次のベクトルで与えられるとする。

$$C = \{X(i) = \begin{bmatrix} u(i) \\ v(i) \end{bmatrix}, i = 1, \Lambda, N\}$$

ここで、 $\bar{u} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N u(i)$, $\bar{v} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v(i)$ を署名の重心の座標とすると、最小慣性軸の向きは、次の行列の最小固有ベクトルの向きで与えられる。

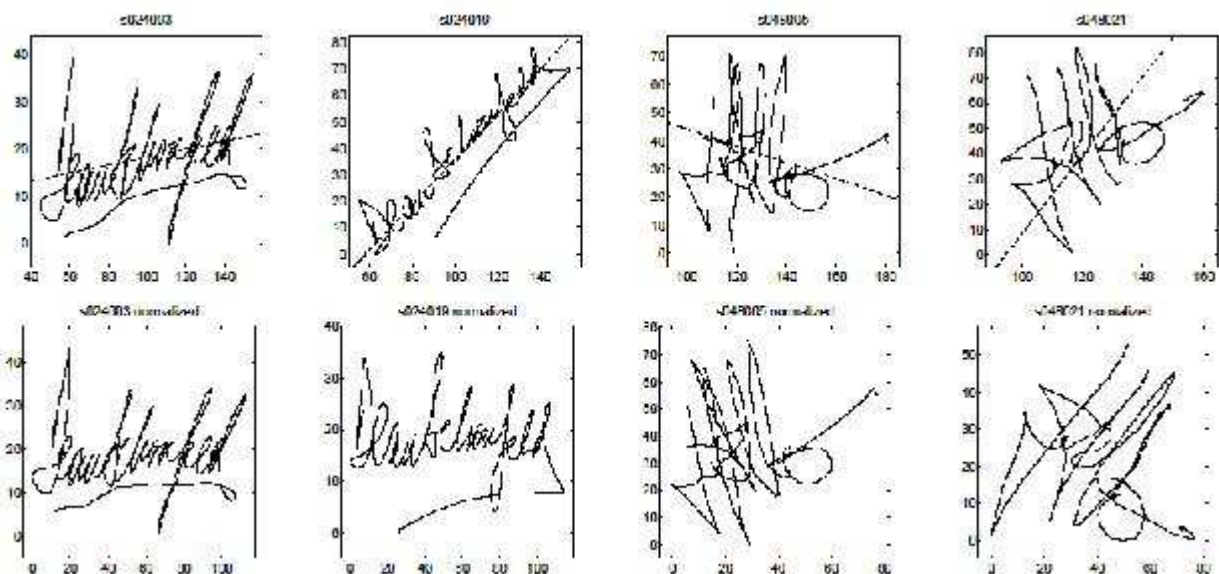
$$I = \begin{pmatrix} \overline{u^2} & \overline{uv} \\ \overline{uv} & \overline{v^2} \end{pmatrix}$$

$\overline{u^2} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (u(i) - \bar{u})^2$, $\overline{v^2} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (v(i) - \bar{v})^2$, $\overline{uv} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (u(i) - \bar{u})(v(i) - \bar{v})$ は署名の二次のモーメントである。

回転正規化した例を図に示す。上段が正規化前、下段が正規化後である。点線は最小慣性軸を示す。左 2 例は正しく正規化されているが、右 2 例のように失敗するものもある。

【図】

回転正規化例



© 2005 IEEE

出典:「Visual Identification by Signature Tracking」IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence Vol.25 No.2 pp.200-217、2003 年 2 月発行、Mario E. Munich Pietro Perona 著、IEEE 発行、207 頁 Fig.8 Rotation normalization

【出典 / 参考資料】

「Visual Identification by Signature Tracking」, 「IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence」 Vol.25 No.2 pp.200-217, 2003 年 2 月発行、Mario E. Munich Pietro Perona 著、IEEE 発行

【技術分類】 4 - 2 - 1 - 2 サイン / 特徴抽出技術 / 前処理 / 正規化

【 F I 】 G06T7/00 570,

【技術名称】 4 - 2 - 1 - 2 - 4 フーリエ正規化

【技術内容】

署名を HMM でモデル化するとき、筆跡をベクトルで表す必要がある。空間周波数領域では数列 Z を用いることもできるが、フーリエ変換により時間軸にマッピングすると、多くの係数は小さくなり、曲線をコンパクトで滑らかに表現できる。先ず平面上の曲線を複素ベクトル表示する。

$$z' = Az + B \quad (1)$$

$$A = K \exp[j\theta], \quad K = |A|, \quad \theta = \arg(A)$$

この曲線を、フーリエ行列 F で変換する。

$$Z = Fz$$

フーリエ行列は対称で直交であるから、

$$F^{-1} = \frac{1}{N} F^*$$

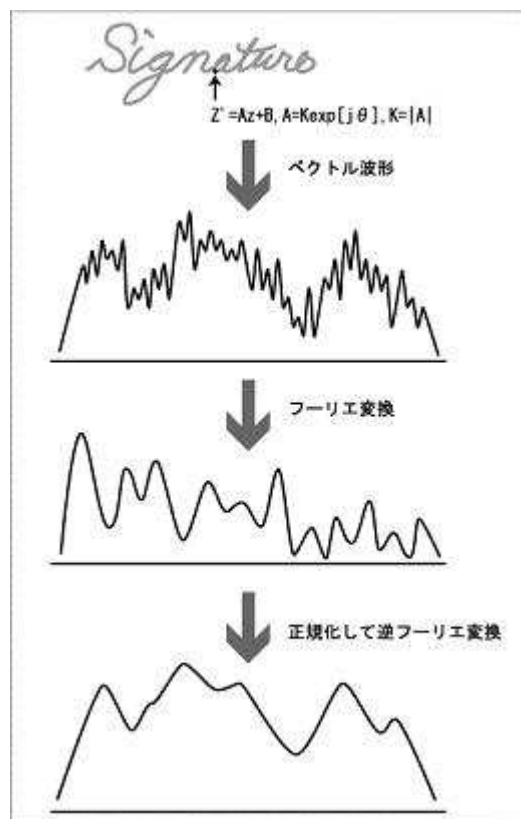
次いでフーリエ係数を正規化する。 $Z_0=0$ とおき、式(1)で座標原点を曲線の中心に置く。

$$Z_0 = 1/n \sum_{k=0}^{N-1} z_k$$

残りのフーリエ係数を Z_1 で割ると、フーリエ変換は線形であるため、 $K=1/|Z_1|$ でスケーリングし、 $\theta = -\arg Z_1$ で回転させることになる。得られたフーリエ係数を逆変換し、正規化署名が得られる。

【図】

フーリエ正規化手順



本標準技術集のために作成

【参考資料】

「 On-line Handwritten Signature Verification using Hidden Marcov Model Features 」、
「 Proceedings of the International Conference on Document Analysis and Recognition Vol.1
pp.253-257 」、 1997 年 8 月発行、 R.S.Kashi J.Hu W.L.Nelson W.Turin 著、 IEEE 発行

【技術分類】 4 - 2 - 1 - 2 サイン / 特徴抽出技術 / 前処理 / 正規化

【 F I 】 G06T7/00 570

【技術名称】 4 - 2 - 1 - 2 - 5 ストローク数の正規化

【技術内容】

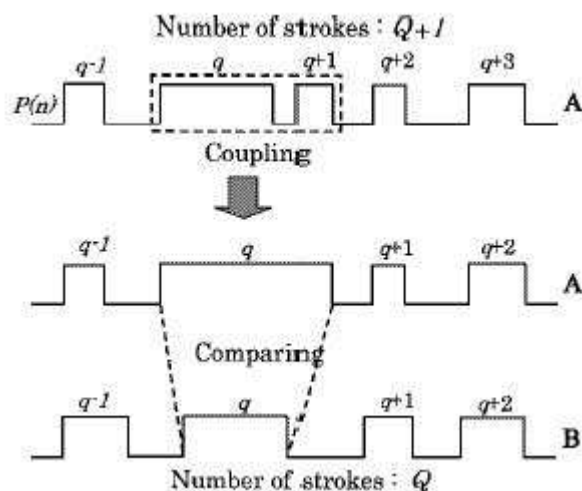
署名は本人でも署名のたびにストローク数が変動することがあるため、ストロークを処理の基本単位とする場合は、本人拒否率の増加に繋がる。これを防ぐために、過剰なストローク同士を結合して、ストローク数を正規化する必要がある。図にその例を示す。

ストローク数が、入力署名 A は $Q+1$ 、テンプレート B は Q である場合、A の 2 つの点画(q と $q+1$ 番目)を結合して一つの点画 q とすることにより、ストロークを一致させる。どのストローク同士を結合するか判定に、DP マッチングを用いることができる。入力署名の、ストロークの結合により生じた q 番目のストロークと、テンプレートの q 番目のストロークとの、正規化標本時間同士の差を DP マッチングにより求め、これを DP 距離とする。入力署名の隣接する全てのストロークの組み合わせについて DP 距離を求め、最も DP 距離の小さいものを実際に結合する。逆に 1 つのストロークを、同様の方法で 2 つに分割してもよい。

ストローク数の差が 2 のときは、4 つのストロークを 2 組に結合する場合と、3 つのストロークを 1 組に結合する場合とそれぞれについて DP 距離を計算する。本人の署名のストローク数の変動は通常 2 以内であるため、3 以上のストローク差がある場合は、偽筆であるとして拒否する。

【図】

ストロークの結合



出典：「DWT によるサブバンド分解と適応信号処理を用いたオンライン署名照合」, 「電子情報通信学会論文誌 A Vol. J87 A No.2 pp. 805-815」, 2004 年 6 月発行、中西功 西口直登 伊藤良生 副井裕著、電子情報通信学会発行、811 頁 図 9 ストロークマッチング

【出典 / 参考資料】

「DWT によるサブバンド分解と適応信号処理を用いたオンライン署名照合」, 「電子情報通信学会論文誌 A Vol. J87 A No.2 pp. 805-815」, 2004 年 6 月発行、中西功 西口直登 伊藤良生 副井裕著、電子情報通信学会発行

【技術分類】 4 - 2 - 1 サイン / 特徴抽出技術 / 前処理

【 F I 】 G06T7/00 570,G06K9/62@G

【技術名称】 4 - 2 - 1 - 3 リサンプリング

【技術内容】

通常、ペンタブレットなどからは 5ms といった時間間隔でサンプル点が取得される。しかしマッチング方法によってはサンプル数が多すぎるため、適度な時間間隔でリサンプリングすることが多い。ここで、等間隔のリサンプリングでは、図(a)の先端部のような特徴的な部分が、(b)のように失われる恐れがある。そこで、こういった特徴的な部分を失わないようなリサンプリングアルゴリズムが用いられる。

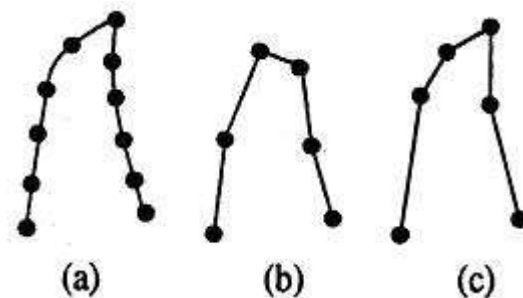
鋭角の部分保持する場合は、角度の閾値 θ^* を設け、元のサンプル点ごとに次のような判定を行う。

$$\theta_i = \tan^{-1} \frac{y(t_i) - y(t_{i-1})}{x(t_i) - x(t_{i-1})} \leq \theta^*$$

$x(t)$, $y(t)$ はそれぞれ、時刻 t における x, y 座標である。この式を満たす点は保存され、それ以外の点は取り除かれる。

【図】

リサンプリングの例



© 2005 IEEE

出典：「On-line Signature Verification using Pen-Position, Pen-Pressure and Pen-Inclination Trajectories」、 「Proceedings of the International Conference on Pattern Recognition Vol.4 pp.547-550」、 2000 年 9 月発行、T.Ohishi Y.Kamiya T.Matsumoto 著、IEEE 発行、548 頁 Fig. 2.3 Our resampling algorithm preserves sharp

【出典 / 参考資料】

「On-line Signature Verification using Pen-Position, Pen-Pressure and Pen-Inclination Trajectories」、 「Proceedings of the International Conference on Pattern Recognition Vol.4 pp.547-550」、 2000 年 9 月発行、T.Ohishi Y.Kamiya T.Matsumoto 著、IEEE 発行

【技術分類】 4 - 2 - 1 - 4 サイン / 特徴抽出技術 / 前処理 / パラメタライズ

【 F I 】 G06T7/00 570,G06K9/62@G

【技術名称】 4 - 2 - 1 - 4 - 1 時間パラメタライズ

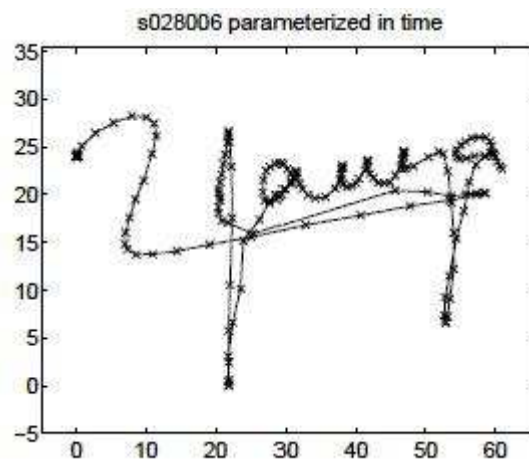
【技術内容】

電子ペンやペンタブレットなどの入力装置では、サンプリング周波数に従ってペン先の座標などのデータを取得し、コンピュータに送信する。これをそのまま時間の関数として用いる、即ち時間でパラメタライズすることが最も一般的な方法である。これは、データの取得が容易であることの他に、署名の個人的な特徴は署名の全体的、または局所的な速度や速度変化にもよく現れると考えられているからである。時間でパラメタライズすることにより、座標のデータから速度や加速度などが容易に求められる。また、DP マッチングにより時間軸を伸縮させて、署名の類似度を判定することもよくなされている。時間でパラメタライズできることは、オフライン方式にはないオンライン方式の最大の特徴である。

図に、サンプリングした時間でそのままパラメタライズした例を示す。ペン先が速く移動した場所では間隔が広く、遅い場所では狭くパラメタライズされていることが分かる。

【図】

時間でパラメタライズした例



© 2005 IEEE

出典:「Visual Identification by Signature Tracking」,「IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence Vol.25 No.2 pp.200-217」, 2003 年 2 月発行、Mario E. Munich Pietro Perona 著、IEEE 発行、207 頁 Fig.10 Signature parameterization

【出典 / 参考資料】

「Visual Identification by Signature Tracking」,「IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence Vol.25 No.2 pp.200-217」, 2003 年 2 月発行、Mario E. Munich Pietro Perona 著、IEEE 発行

【技術分類】 4 - 2 - 1 - 4 サイン / 特徴抽出技術 / 前処理 / パラメタライズ

【 F I 】 G06T7/00 570,G06K9/62@G

【技術名称】 4 - 2 - 1 - 4 - 2 ユークリッド長

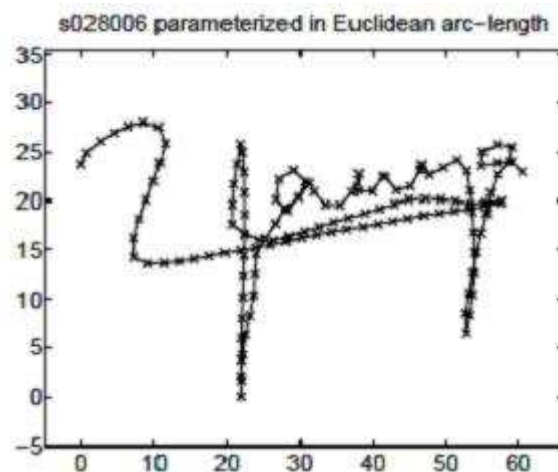
【技術内容】

オンライン方式であっても、時間的な特徴よりも署名の部分的な形状を詳しく調べた方が良いとの考えもある。なぜなら、普通の人々が署名するときには、速度よりもサインの形状が一致するように書くからであり、形状が一致しなければ署名とは言えないからである。また署名の形状も、全体的な形状よりは、局所的な形状のわずかな違いを比べた方が識別力は高い。

このような理由で、Nalwa は署名を弧長(arc-length)、即ち、署名の始点から筆跡に沿って測った距離でパラメタライズすることを提案している。尚、この場合の弧長は筆跡を等間隔に区切ったものであり、後述のアフィン長に対して、ユークリッド長(Euclidean arc-length)とも呼ばれている。図は、前項と同じ署名をユークリッド長でパラメタライズしたものである。ペン先の速さによらず、同じ間隔でパラメタライズされている。

【図】

ユークリッド長でパラメタライズした例



© 2005 IEEE

出典:「Visual Identification by Signature Tracking」,「IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence Vol.25 No.2 pp.200-217」, 2003 年 2 月発行、Mario E. Munich Pietro Perona 著、IEEE 発行、208 頁 Fig. 10 Signature parameterizations

【出典 / 参考資料】

・「Automatic On-Line Signature Verification」,「Proceedings of the IEEE Vol.85 No.2 pp.215-239」, 1997 年 2 月発行、Vishvjt S. Nalwa 著、IEEE 発行

・「Visual Identification by Signature Tracking」,「IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence Vol.25 No.2 pp.200-217」, 2003 年 2 月発行、Mario E. Munich Pietro Perona 著、IEEE 発行

【技術分類】 4 - 2 - 1 - 4 サイン / 特徴抽出技術 / 前処理 / パラメタライズ

【 F I 】 G06T7/00 570,G06K9/62@G

【技術名称】 4 - 2 - 1 - 4 - 3 アフィン長

【技術内容】

人間の目の感覚として、平面上の曲線的な動きに対して、角速度が大きくなれば曲率が小さくなるという、1/3 乗則があることが経験的に知られている。また平面上に曲線を描くときも同様に、単位時間当たり一定のアフィン速度で書かれていることが示されている。従って、署名もアフィン長でパラメタライズすることが合理的であるとの考えがある。

署名をユークリッド長でパラメタライズしたとき、曲線の長さは回転や変形(ユークリッド変換)に不変であるが、アフィン変換したとき、ユークリッド長は変化する。しかし、曲線 C に対して

$\left| \frac{\partial C}{\partial s} \times \frac{\partial^2 C}{\partial s^2} \right| = 1$ となるアフィン長 s は、アフィン変換に不変である。カメラなどで取得された署名は

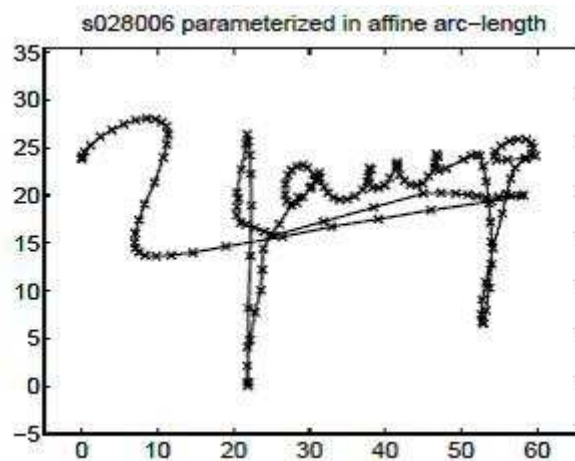
アフィン変換が必要であるため、アフィン長でパラメタライズすることが望ましい。パラメータを時間からアフィン長に変換するためには、次の式を適用すればよい。

$$s(p) = \int_0^p \left| \frac{\partial C}{\partial t} \times \frac{\partial^2 C}{\partial t^2} \right|^{\frac{1}{3}} dt$$

図は、前 2 項と同じ署名をアフィン長でパラメタライズしたものである。時間でパラメタライズしたものに近いが、角速度が速い部分は間隔が広く、遅い部分は狭くパラメタライズされている。

【図】

アフィン長でパラメタライズした例



© 2005 IEEE

出典:「Visual Identification by Signature Tracking」,「IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence Vol.25 No.2 pp.200-217」, 2003 年 2 月発行、Mario E. Munich Pietro Perona 著、IEEE 発行、208 頁 Fig. 10 Signature parameterizations

【出典 / 参考資料】

「Visual Identification by Signature Tracking」,「IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence Vol.25 No.2 pp.200-217」, 2003 年 2 月発行、Mario E. Munich Pietro Perona 著、IEEE 発行