

# パラメータ平面を用いた印鑑画像の認識

塩野 充・小高 秀徳\*・佐藤 正宏\*\*

岡山理科大学工学部情報工学科

\*(株)フジキン

\*\*(株)日本電装

(1993年9月30日 受理)

## 1. ま え が き

印鑑は銀行等の金融機関，官公庁，企業その他，日本の社会の多くの場面で非常によく使われており，日常生活にとって必要不可欠な要素となっている。特に金融機関や官公庁における印鑑の真贋鑑定はその結果が非常に重大な影響をもつ為に，極力高精度に行われるべき作業である。現在，これらの印鑑の真贋鑑定は窓口等の係員の目視により行われている。しかしながら，これらの係員は真贋鑑定のための基礎的な訓練を受けているとは言え，その認識能力には必然的に個人差が存在し得る。このような観点から，印鑑の真贋鑑定をコンピュータ化して，コンピュータが高度な専門家と同等の精度をもって簡単に識別できるようになることが理想的である。しかしながら，コンピュータによる印鑑の自動照合技術はこれまで種々研究<sup>1-6)</sup>されているがまだ十分な実用化には至っておらず，その実用化が期待されている。

印鑑の自動照合の研究には二つの立場がある。第1は人間の介入を全く要しない完全な機械だけによる真贋鑑定であり，第2は人間による真贋鑑定のための支援ツールとしての考え方である。従来の研究の多くは前者の立場を取っており，そのために印影内の文字パターンの詳細な構造解析などを伴う方法<sup>4-6)</sup>などが提案されている。確かに前者は理想的であり，究極の姿ではあるが，印鑑の真贋鑑定という作業が及ぼし得る結果の重大さを考慮すると，その結果への信頼性は人間の係員の肉眼に少しでも劣るものは決して許されない。このような状況を考慮すると，当面は後者の立場から研究を進めてゆくのも1つの見識ではないかと考える。従って本論文では後者の立場に基づいている。なお，本論文では後者の立場も含めて自動照合という言葉を用いている。

印鑑の自動照合を行うにはまず前処理として，2つの印影（印鑑画像）の中心を合せること（位置の正規化と呼ぶ）と，印影の文字が正確に正立するように回転角度を補正すること（角度の正規化と呼ぶ）が必要となる。本論文では，これらの正規化について，ハフ（Hough）変換に用いられるパラメータ平面を利用した高速度の一手法を提案し，実験を行う。本論文では現在用いられている印鑑の最も一般的な形式として，円形の姓のみの印

鑑を対象とした。

## 2. 位置の正規化

円形の印鑑の位置の正規化として、最も単純に考えられることは、円の中心を検出して座標原点等の決められた位置に平行移動することである。円の中心を最も簡単に検出するには、円を囲む外接正方形を検出すればよい。その正方形の中心が円の中心となる。しかし、印影は常に完全な円を形成しているとは限らず、朱肉や押圧の不均等によって、円の一部がかすれたりしていることも考えられる。このような場合には印影を囲む外接矩形は正方形になるとは限らず、従って、その中心が円の中心を表すとは限らない。印影の一部がかすれていても正確に円の中心を検出するには、円そのものを検出することが第一である。円の検出方法には種々の方法があるが、ここでは最も一般的と思われるハフ変換による円の検出法を用いた。ハフ変換による円の検出原理の説明は文献<sup>7,8)</sup>に詳しいのでここでは省略する。

ハフ変換による円の検出を行う場合、最も問題となるのはその計算コストである。円を表す3つのパラメータ（中心位置と半径）が3次元のパラメータ空間を構成する。印影画像をそのままパラメータ空間に写像したのでは、非常に大きな空間となってしまう、長い計算時間と大きなメモリが必要となる。ここではその両者を低減するために、パラメータ空間領域制限ハフ変換（以後、領域制限ハフ変換と呼ぶ）を用いている。

印影は2値化済みとし、まず最初に、四辺がx軸、y軸に平行で印影を囲む外接矩形枠を検出する。これはx方向、y方向のヒストグラムを取ることで求めることができる。以後、印影画像の走査は全てこの矩形内のみについて行うものとする。

その矩形が正方形であった場合は、印影のかすれ（濃淡画像ではかすれであるが2値化後は明確な欠けとなるので以後、欠けと呼ぶ）がないものとする。そしてその正方形の中心付近を大まかな印影の中心位置とし、正方形の一辺の半分を大まかな半径と考えて、パラメータ空間をこれらの付近のみに制限した領域制限ハフ変換を施している。

その矩形が正方形でなかった場合は図1(a)に示すように、円の中心と矩形の中心は大きく異なるのでこのままでは上述の方法は適用できない。この場合は印影周辺に欠けがある

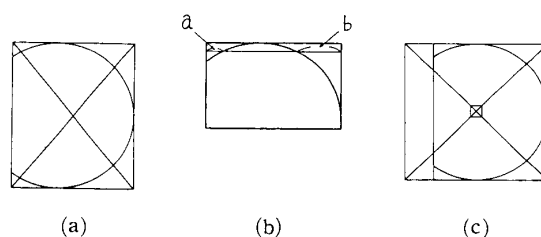


図1 外接矩形枠による印影の中心と半径の予測  
(a)欠けた印影の外接矩形枠, (b)矩形枠の補正, (c)補正された外接矩形枠

ものとして以下の補正処理を行う。

まず、矩形の縦と横の辺の長さを比較することにより、欠けている方を求める。即ち、短い方が欠けていることになる。次に、同図(b)に示すように、短い方の辺の少し内側に寄った場所で、両側から印影の外周までの距離  $a$ ,  $b$  を求める。同図のように、 $a < b$  ならば、 $a$  の方が欠けていることになり、 $a > b$  ならば逆である。このようにして、矩形の長辺と短辺の差を短辺の欠けている側にたすことにより、同図(c)のような補正された外接正方形が求められる。

なお、この方法で求めることができるのは  $x$  軸方向又は  $y$  軸方向の少なくともいずれかは欠けを含まない辺の長さが検出できた場合で、且つ、その欠けが印影の半分未満であるという制限がある。即ち、両方の辺に欠けが含まれている場合や、半分以上欠けている場合は適用できないことになる。しかしながら、印影の自動照合の対象になるものは、それ程極端な欠けのある印影を含むとは考え難いので、実用的には本方法で十分であると考ええる。

### 3. 角度の正規化

正しく押された印影は本来、その文字が正確に正立しているものである。即ち、文字の垂直中心線は  $y$  軸に平行になっているべきものである。しかしながら実際の印影は、押印者によって程度の差はあっても左右どちらかに傾いている場合が多い。これを回転させて正立させなければ印鑑照合ができない。即ち、角度の正規化が必要となる。

角度の正規化を厳密に行うには、その印影の中に存在する姓等の文字を認識し、その文字が正立するように印影全体を回転させてやればよい。しかし、このことを自動的に行うには文字認識から始めなくてはならず、特に印鑑の文字は極端に変形された文字が多く、その自動認識は容易ではなく、手彫りなどの印鑑においては肉眼でさえも容易でない場合も少なくない。そこで、本論文においては次のような方法を考えた。正立している登録パターン（データベース等に登録されている印影で、これを登録印影と呼ぶ）に対して、照合を行おうとする印影（照合印影と呼ぶ）を前述した位置の正規化によって重ね合せた後、類似度を計算する作業を微小角度ずつ、照合印影を回転させながら1周するまで繰り返す。そして、その間で類似度が最大となったときが、照合印影が登録印影に完全に重なった状態、即ち正立した状態であると考ええる。このときまでに回転した角度が、照合印影の有していた傾きであると考ええる。

無論、このときに照合印影が正確に正立しているという確実な根拠はない。しかし、もし照合印影が登録印影と同一であったならば、即ち、その印鑑が本物（登録している印鑑と同一の印鑑）で、且つ、欠けがなく明瞭に押印されていたならば、登録印影と照合印影が、角度が正確に一致したときに類似度が最大のピーク値を示すであろうことは十分に予測できる。

これとは逆に、照合印影が偽物ないし他の姓の印影であった場合には、それ程はっきりしたピーク値が現われないか、あるいは現われてもそのときの類似度の値がさほど大きくならないのではないかという予測を行った。

以上のような予測を元にして角度の正規化の実験を行った。微小角度回転させながらそのつど類似度を計算するという作業を行うに当たり、2種類の方法で実験を行った。即ち、第1は最も一般的なアフィン(Affine)変換による方法であり、第2は本論文で提案する方法で、直線検出のハフ変換のときに用いる  $\theta$ - $\rho$  パラメータ平面を用いる方法である。各々について以下に説明する。

### 3.1 アフィン変換による方法

画像を回転させる最も一般的な方法はアフィン変換による回転であろう。原画像上の黒点(図形を表す黒画素)を  $(x, y)$ 、回転後の画像上の対応する黒点を  $(x', y')$  とすると、アフィン変換による角度  $\omega$  の回転は次式で示される。

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \omega & \sin \omega \\ -\sin \omega & \cos \omega \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad (1)$$

この方法による1つの黒点の回転変換に要する計算量を最適化を考えずにごく単純に計算すると、正弦および余弦の三角関数の計算が4回、乗算が4回、加算が2回となる。

今、原画像上の総黒点数を  $N$  個、回転刻みを  $\Delta\omega$  (rad)、1回の加算に要する時間を  $t_A$ 、1回の乗算に要する時間を  $t_M$ 、1回の三角関数の計算に要する時間を  $t_T$  とする。画像全体を  $\Delta\omega$  だけ回転させるために要する計算時間  $T_{A1}$  は上式より、

$$T_{A1} = (2t_A + 4t_M + 4t_T)N \quad (2)$$

となる。登録印影を  $f(x, y)$ 、照合印影を  $g(x, y)$  (両印影の画面サイズは  $X \times Y$  で、 $x = 0 \sim (X - 1)$ 、 $y = 0 \sim (Y - 1)$ ) とすると、類似度  $s(f, g)$  は次式で表される。

$$s(f, g) = \frac{\sum_{y=0}^{Y-1} \sum_{x=0}^{X-1} \{f(x, y) \cdot g(x, y)\}}{\sqrt{\sum_{y=0}^{Y-1} \sum_{x=0}^{X-1} \{f(x, y)\}^2} \sqrt{\sum_{y=0}^{Y-1} \sum_{x=0}^{X-1} \{g(x, y)\}^2}} \quad (3)$$

1回の類似度計算に要する時間  $T_{A2}$  は次式で表される。但し、1回の平方根の計算に要する時間を  $t_R$  とする。

$$T_{A2} = 3\{XYt_M + (X - 1)(Y - 1)t_A\} + 2t_R \quad (4)$$

従って、アフィン変換による角度の正規化に要する全体の時間  $T_A$  は次式となる。

$$\begin{aligned}
 T_A &= \frac{2\pi}{\Delta\omega} (T_{A_1} + T_{A_2}) \\
 &= \frac{2\pi}{\Delta\omega} [2t_A + 4t_M + 4t_T]N + 3\{XYt_M + (X-1)(Y-1)t_A\} + 2t_R \\
 &= \frac{2\pi}{\Delta\omega} [\{2N + 3(X-1)(Y-1)\}t_A + (4N + 3XY)t_M + 4Nt_T + 2t_R] \quad (5)
 \end{aligned}$$

### 3.2 パラメータ平面を用いる方法

直線の検出を行うハフ変換では、原画像上の1個の黒点は次式によって、 $\theta$ - $\rho$ パラメータ平面上の1本のS状の曲線に変換される。

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (6)$$

パラメータ平面は縦軸に  $\rho$ 、横軸に  $\theta$  を取った2次元座標であり、2次元配列で表される。実際の計算は  $\theta$  を0から  $2\pi$  まで刻み  $\Delta\theta$  で走査し、その各時点での  $\rho$  を上式で計算し、対応する配列要素(初期値0)に1を加算する(voteという)ことにより行う。直線検出を行う場合は、voteされた数の大きい要素の対応する  $\theta$  と  $\rho$  が検出すべき直線を表していることになる( $\rho$ は原点からその直線に下ろした垂線の長さ、 $\theta$ はその垂線とx軸のなす角度である)。

本論文ではこのパラメータ平面を直線の検出のために用いるのではなく、印影の角度の正規化のために用いる。その理由は、原画像(x-y平面)上での回転は、パラメータ平面上では、 $\theta$ 軸(横軸)に沿った平行移動になり、計算が簡単化されるからである。計算量の検討を行う。まず、パラメータ平面の生成に要する時間を  $T_{B_1}$  とする。式(6)を1回実行するのに要する時間は、 $t_A + 2t_M + 2t_T$  である。1個の黒点に付きこれを  $2\pi/\Delta\omega$  回実行し、その各回ごとに vote、即ち1回の加間時間  $t_A$  を要する。従って、全黒点をパラメータ平面に写像するのに要する時間  $T_{B_1}$  は、

$$T_{B_1} = \frac{2\pi}{\Delta\omega} (2t_A + 2t_M + 2t_T)N \quad (7)$$

となる。生成されたパラメータ平面上で、 $\theta$ 軸に沿って0から  $2\pi$  まで  $\Delta\omega$  刻みで平行移動しながら類似度を計算する。パラメータ平面上に写像された登録印影を  $a(p, q)$ ,  $b(r, q)$  (登録印影の画面サイズは  $P \times Q$  で、 $p = 0 \sim (P-1)$ ,  $q = 0 \sim (Q-1)$ , 但し、 $P = 2\pi/\Delta\omega$  である。又、照合印影の画面サイズは  $3P \times Q$  で、 $r = (0-u) \sim (P-1-u)$ ,  $q = 0 \sim (Q-1)$  である。) とする。照合印影は横軸( $\theta$ 軸)に沿って  $u$  ずつ、ずらせながら類似度を計算する関係上、横軸に沿って本来のパラメータ平面の右側と左側に全画素が0のダミーのパラメータ平面を付けているものと仮定する。ずれが  $u$  ( $-P < u < P$ ) の場合の類似度を  $s'(a, b, u)$  とすると、次式で表される。

$$s'(a, b, u) = \frac{\sum_{q=0}^{Q-1} \sum_{p=0}^{P-1} \{a(p, q) \cdot b(p - u, q)\}}{\sqrt{\sum_{q=0}^{Q-1} \sum_{p=0}^{P-1} \{a(p, q)\}^2} \sqrt{\sum_{q=0}^{Q-1} \sum_{p=0}^{P-1} \{b(p - u, q)\}^2}} \quad (8)$$

1回の類似度計算に要する時間  $T_{B_2}$  は,

$$T_{B_2} = 3\{(PQ)2t_M + (P-1)(Q-1)t_A\} + 2t_R \quad (9)$$

となる。従って、パラメータ平面を用いた角度の正規化に要する全体の時間  $T_B$  は,

$$\begin{aligned} T_B &= T_{B_1} + \frac{2\pi}{\Delta\omega} T_{B_2} \\ &= \frac{2\pi}{\Delta\omega} (2t_A + 2t_M + 2t_T)N + \frac{2\pi}{\Delta\omega} [3\{PQt_M + (P-1)(Q-1)t_A\} + 2t_R] \\ &= \frac{2\pi}{\Delta\omega} [(2t_A + 2t_M + 2t_T)N + 3\{PQt_M + (P-1)(Q-1)t_A\} + 2t_R] \\ &= \frac{2\pi}{\Delta\omega} [\{2N + 3(P-1)(Q-1)\}t_A + (2N + 3PQ)t_M + 2Nt_T + 2t_R] \end{aligned} \quad (10)$$

となる。従って、アフィン変換による方式とパラメータ平面を用いる本方式との処理時間の理論的な比較はほぼ式(5)と式(10)に基づくことになる。これら両式だけを見ても  $t_A$ ,  $t_M$ ,  $t_T$ ,  $t_R$  などの各パラメータの具体値が不明なので、具体的に  $T_A$  と  $T_B$  の大小関係は明確ではない。しかしながら、後述する実験によって  $T_A > T_B$  なることが検証され、パラメータ平面を用いる方が高速であることが分かる。

ところで、単に回転を平行移動に置き換えるだけであれば、単純な極座標変換でも可能であり、その方がより簡単で高速化が期待できるであろうが、本論文であえてパラメータ平面への変換を用いた理由は、パラメータ平面に写像することにより、 $\theta$  軸に沿った平行移動で、原画像の回転を表せることだけではなく、パラメータ平面中に存在する要素値のいくつかの極大点が、印影の中にある直線成分の分布状況を表しているため、それらの情報を何らかの特徴量として表現し、印影内の文字構造をある程度反映した新たな類似度として定義して利用しうる可能性が考えられるからである。しかし、本論文における実験では第1段階として  $\theta$  軸に沿った平行移動だけを利用してアフィン変換による方法との精度と時間の比較検討を行うことを主眼としており、パラメータ平面の要素値の利用は第2段階としての今後の研究課題としている。

## 4. 実 験

### 4.1 実験の種類

実験は種々の円形の印鑑を用いて、前述した位置の正規化を施した後、角度の正規化としてアフィン変換を用いる方法と、本論文で提案するパラメータ平面を用いる方法とを用

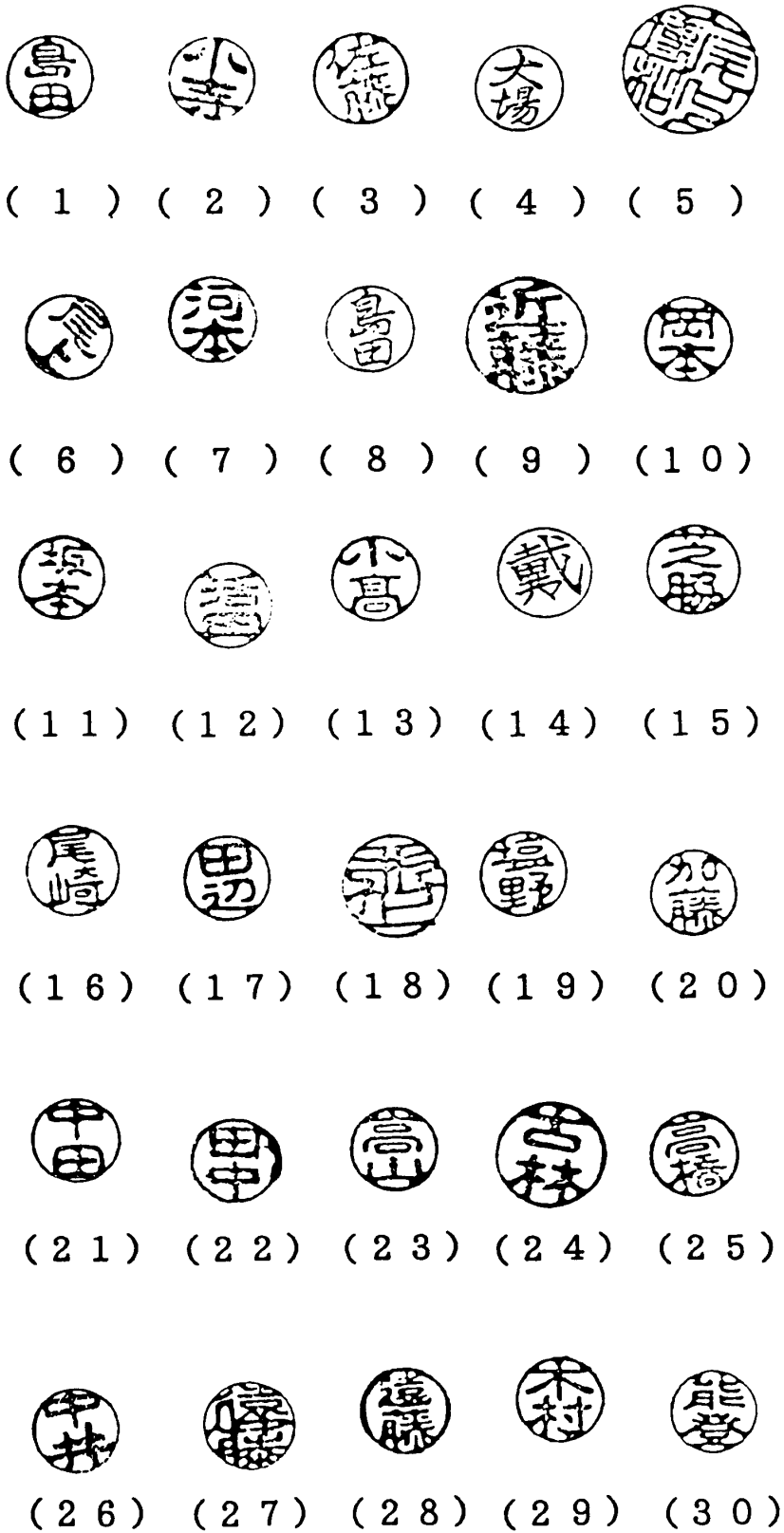


図2 実験に用いた印鑑

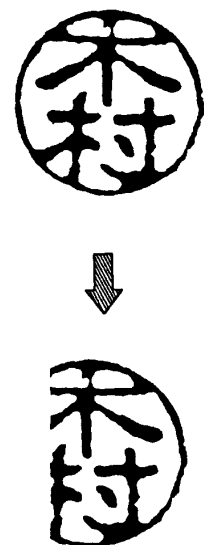


図3 欠けた印影の例

いて実施した。実験は以下の5種類に分けて行った。なお、使用したシステムはパソコン NEC PC-98RL (CPU: 80386, クロック周波数: 20MHz), プログラム言語は MS-C である。印影は白紙に丁寧に押印したものをイメージスキャナ PC-IN506 (16階調モノクロ, 300dpi) で撮像した後, 大津の判別分析法<sup>9)</sup>により2値化した。1個の印影画像の画面サイズは250×250である。このとき, 画面中での印影の大きさは印鑑の大きさにもよるが大体, 直径が画面一辺の半分程度となる。

#### 〈実験1〉 同一印影の照合実験

類似度を用いた角度の正規化の基本的な能力を検証するために, 図2に示す30種類の印鑑を用いて, 登録印影と同じ印鑑を照合印影として, 位置の正規化および前述した2つの方法による角度の正規化実験を行った。

#### 〈実験2〉 欠損印影の照合実験

印影のかすれや欠けに対する影響を調べるために, 上記30種の中から無作為に抽出した5種類の印鑑(「大場」, 「尾崎」, 「木村」, 「坂本」, 「田中」)を用いて, 実験1と同様な実験を行った。この場合は照合印影を図3のようにソフトウェア処理によって一部(左側約1/4)を消去し, 欠けた印影を想定して実験を行った。

#### 〈実験3〉 別姓印影との照合実験

照合印影が登録印影と異なる姓の印鑑であった場合の結果を調べるために, 上記の5種類の印鑑を相互に用いて実験を行った。

#### 〈実験4〉 同姓別種印影との照合実験

照合印影が登録印影と同姓であるが, 異なる印鑑であった場合の結果を調べる実験を3種類の姓について行った。

#### 〈実験5〉 倒立類似印影との照合実験

照合印影が登録印影と異なる姓の印鑑であるが, 正立以外の角度のときに文字として同じような図形となり得る場合の例として「田中」と「中田」という印鑑(いずれも縦書き)を用いて, 類似度の振舞いを調べる実験を行った。このような典型的な例としては「田」という姓があり, この場合, 90度回転するごとに文字としては全く同じ図形となる可能性がある。しかし, この姓の印鑑が入手できなかったので, 上記の組合せを用いた。この場合は180度回転したとき, 即ち一方が倒立したときに極めて類似した図形となる可能性がある。

## 4.2 実験結果と検討

### 4.2.1 実験1の結果

表1に実験1の結果を示す。1個の印鑑に対して, 正立している印影を登録印影とし, 照合印影としては同一印鑑を, 初期傾斜角度をおよそ0°, 20°, 40°, ……., 340°というようにほぼ20°おきに18種類押印して作成した。同表に示すのは, 最大類似度および処理時間



表1 実験1の結果

印鑑番号	印鑑の姓	アフィン変換による方法		パラメータ平面による方法		高速化率 (%)
		類似度	処理時間 (分:秒)	類似度	処理時間 (分:秒)	
1	島田	0.7041	51:27	0.9624	10:16	19.95
2	小寺	0.8547	51:28	0.9803	11:06	21.57
3	佐藤	0.5940	51:28	0.9577	10:51	21.08
4	大場	0.8815	51:26	0.9895	10:16	19.94
5	尾上	0.8270	51:40	0.9882	14:48	28.65
6	尾上	0.8190	51:27	0.9834	10:42	20.80
7	河本	0.9034	51:28	0.9927	11:10	21.70
8	島田	0.7764	51:27	0.9779	10:24	20.21
9	近藤	0.7085	52:03	0.9641	13:22	25.68
10	岡本	0.7697	51:55	0.9718	11:44	22.60
11	坂本	0.8822	51:27	0.9829	10:47	20.96
12	活田	0.7134	51:55	0.9777	10:53	20.96
13	小高	0.8205	51:27	0.9810	10:26	20.28
14	戴	0.8709	51:56	0.9913	11:34	22.27
15	芝脇	0.7564	51:30	0.9807	11:03	21.46
16	尾崎	0.8092	51:56	0.9261	11:34	22.27
17	田辺	0.9145	51:09	0.9932	11:50	23.13
18	井上	0.8321	50:43	0.9876	11:54	23.46
19	塩野	0.7508	50:40	0.9824	11:02	21.78
20	加藤	0.8641	50:39	0.9880	10:43	21.16
21	中田	0.9216	51:09	0.9938	11:37	22.71
22	田中	0.8807	51:08	0.9913	11:25	22.32
23	高山	0.8291	50:39	0.9799	11:11	22.08
24	古林	0.8634	50:44	0.9883	11:57	23.55
25	高橋	0.8337	50:40	0.9860	11:22	22.43
26	中井	0.8789	50:43	0.9939	11:26	22.54
27	遠藤	0.9146	51:12	0.9953	12:57	25.29
28	遠藤	0.8093	50:40	0.9833	11:36	22.96
29	木村	0.8568	50:39	0.9870	11:03	21.82
30	能登	0.8401	50:40	0.9836	11:09	22.01
全平均		0.8227	51:13	0.9814	11:24	22.25

に関する18回の試行における平均値である。いずれの印影も両方の方法で全て正しく角度の正規化に成功している。

最大類似度はアフィン変換による方法に比べてパラメータ平面による方法の場合、高めになっているが、これはアフィン変換は原画像を対象にした類似度で、黒点数もさほど多くなく、又、2値画像であることに対して、パラメータ平面は1個の黒点が1本の曲線に変換されることから画面内における黒点数が多くなり、又、voteによって多値画像になることがその原因として考えられる。

高速化率はアフィン変換による角度の正規化に要する時間を100としたときの、パラメー

タ平面による方法に要する時間の比率であり、この値が小さい程、高速化されていることになる。全印鑑の平均値は22.25%で、およそ5倍弱の高速化が実現していることになる。

#### 4.2.2 実験2の結果

表2に実験2の結果の一部を示す。1個の印鑑に対して、正立している印影を登録印影とし、照合印影としては同一印鑑を、適当に少しずつ傾斜させて押印した18種類の印影サンプル(a)~(r)を用いた。各印影は左側を約1/4だけ消去してある。同表に示すのは、第1ピーク及び第2ピークにおける類似度と検出された角度ずれである。角度に\*印が付いているのは誤検出を表す。

表2 実験2の結果の一例(印鑑「大場」の場合)

押印サンプル	実際の角度ずれ (正解°)	アフィン変換による方法		パラメータ平面による方法	
		角度ずれ	類似度	角度ずれ	類似度
(a)	16	17	0.7623	16	0.9494
		212	0.3846	199	0.8462
(b)	41	42	0.7296	41	0.9216
		238	0.4268	236	0.8716
(c)	60	61	0.6814	59	0.8869
		251	0.4481	249	0.8805
(d)	82	82	0.6273	270*	0.8741
		276	0.4035	81	0.8499
(e)	100	101	0.5817	289*	0.8750
		253	0.4195	100	0.8370
(f)	120	121	0.6149	317*	0.8798
		327	0.4070	120	0.8422
(g)	144	144	0.6952	347*	0.8969
		355	0.4354	144	0.8861
(h)	166	165	0.7360	166	0.9234
		352	0.4345	349	0.8956
(i)	174	174	0.7461	175	0.9306
		351	0.4392	351	0.8887
(j)	197	197	0.7674	197	0.9474
		7	0.4210	8	0.8593
(k)	223	222	0.7561	223	0.9389
		32	0.4214	11	0.8431
(l)	242	242	0.7731	242	0.9448
		51	0.4192	28	0.8371
(m)	263	263	0.7437	263	0.9371
		0	0.4113	—	—
(n)	281	281	0.7493	281	0.9317
		0	0.4259	—	—
(o)	300	300	0.7063	300	0.9339
		19	0.3947	149	0.7733
(p)	324	324	0.7714	324	0.9537
		0	0.4476	0	0.8056
(q)	345	345	0.7979	345	0.9691
		1	0.4933	172	0.8403
(r)	354	354	0.7744	354	0.9667
		253	0.3490	180	0.8507

各項の上段は第1ピーク、下段は第2ピーク、— は第2ピークなし、\*印は誤検出を表す。

アフィン変換による方法の場合には誤検出はない。パラメータ平面による方法の場合、当例(「大場」)においては4カ所誤検出がしているが、この原因は(d)~(g)では情報量の多い「場」という文字の大半が消失しているからであると考えられる。使用した5印鑑90例を通しての誤検出はアフィン変換による方法の場合には0で、本方法による場合は「大場」=4、「尾崎」=0、「木村」=0、「田中」=6、合計10例、比率にして約1.1%である。「田中」における誤検出はやはり同様に「田」の大半が消失している場合である。これらの誤検出においては正解角度は第2ピークの方に現われており、第1ピーク、第2ピークともに誤っている場合はなかった。これらの結果から言えることは、本方法においても、姓の文字のうち、情報を多く担っている方の文字の大半が消失するという特殊な場合を除いては、1/4程度以下の欠けやかすれであれば照合が可能であると考ええる。

### 4.2.3 実験3の結果

実験2で用いた5種類の印鑑を、それぞれ別の姓の印影とマッチングさせた場合(10通り)の類似度の振舞いを調べた結果を表3に示す。この場合角度ずれは0(すなわち最初から正立している)から出発しているので正解の角度ずれは0°のはずであるが2例以外はそうになっておらず、又、ピークの類似度の値も実験1の場合(表1の同姓の項目を参照)に比べてかなり低いことが分かる。従って、本方式の場合でも別姓の印鑑との識別能力は保持されていると考えられる。図4に、印鑑「大場」と「坂本」をマッチングさせた場合の角度(横軸)と類似度(縦軸)の関係をグラフで表す。下方のグラフがアフィン変換に

表3 実験3の結果

印 影			照 合 印 影			
			大 場	尾 崎	木 村	坂 本
田 中	アフィン変換	角 度	192	181	179	0
		類 似 度	0.5583	0.5045	0.6542	0.7000
	本 方 式	角 度	189	183	177	0
		類 似 度	0.9443	0.9421	0.9585	0.9640
坂 本	アフィン変換	角 度	186	167	191	
		類 似 度	0.5273	0.4715	0.6150	
	本 方 式	角 度	15	11	186	
		類 似 度	0.9326	0.9381	0.9504	
木 村	アフィン変換	角 度	341	8		
		類 似 度	0.5071	0.4787		
	本 方 式	角 度	189	8		
		類 似 度	0.9230	0.9399		
尾 崎	アフィン変換	角 度	359			
		類 似 度	0.4951			
	本 方 式	角 度	0			
		類 似 度	0.9400			

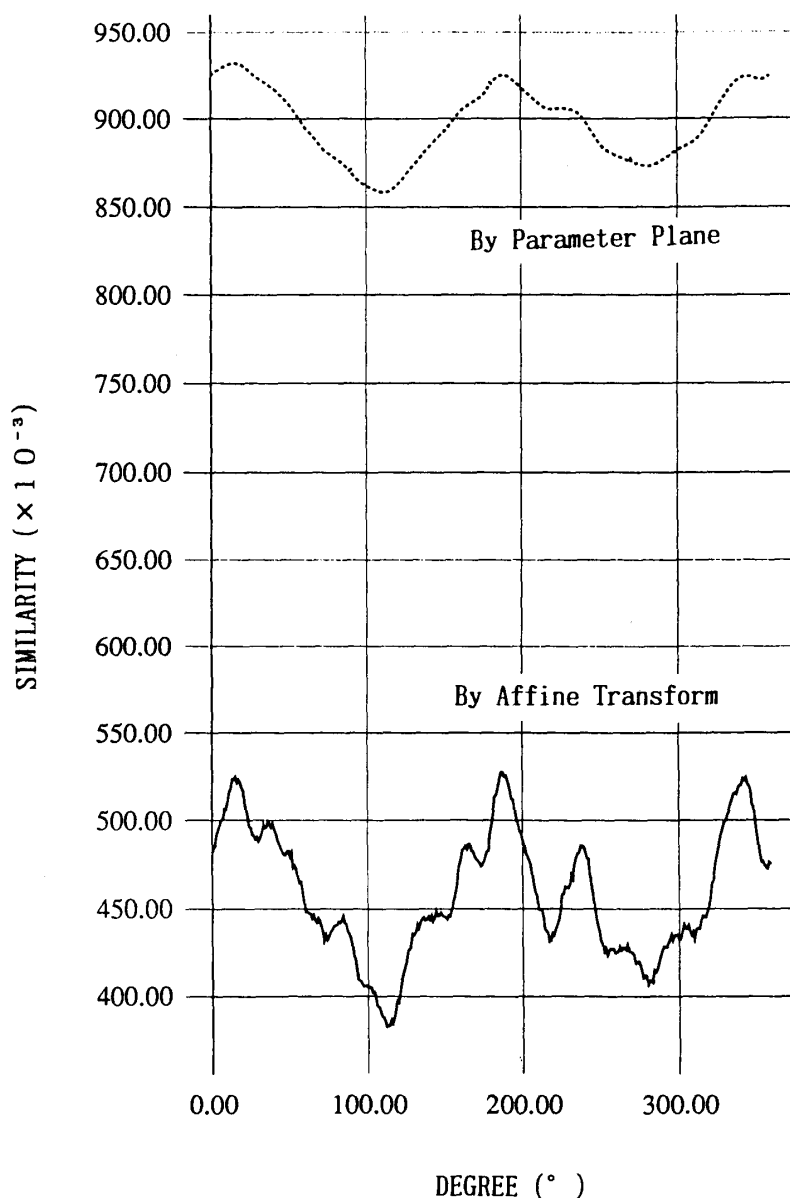


図4 印鑑「大場」と「板本」のマッチングによる類似度

よる方式の場合、上方が本方式の場合であるがいずれもピークがはっきりせず、類似度値自体が実験1の場合に比して相対的に低いことが分かる。

#### 4.2.4 実験4の結果

図5に示すように3種類の印鑑について、それぞれ同姓の別の印影とマッチングさせた場合の結果を表4に示す。異なる印鑑であるという点では実験3と共通しているが、この場合は同姓であるために類似度は若干高い値になった。この実験では角度ずれは180°から出発しており、いずれの場合もそれに近い角度が検出されている。しかし、類似度値は実験1のような同一印鑑のときに比べると低いので、同姓ではあっても別の印鑑であることが識別可能である。

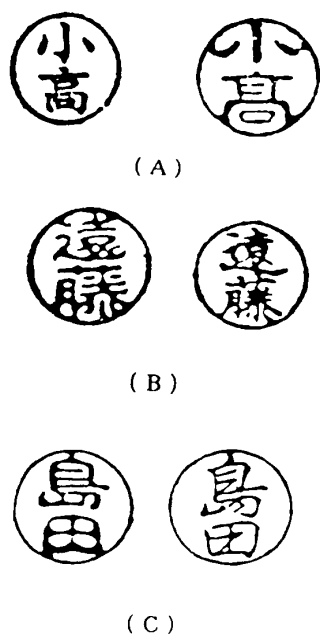


図5 実験4に用いた印鑑

表4 実験4の結果

		印鑑組		
		(A)	(B)	(C)
アフィン変換	角度	177	168	176
	類似度	0.4118	0.6096	0.5251
本方式	角度	180	180	180
	類似度	0.9165	0.9624	0.9312

#### 4.2.5 実験5の結果

印鑑「田中」に対して、印鑑「中田」を最初120°ずらせてマッチングを行った結果を図6に示す。同図を見ると、120°付近と300°付近にピークが見られる。120°付近のピークは2つの印影が正立した状態を表している。この時にピーク値となるのは両印影とも、文字「中」も「田」も殆ど垂直ないし水平線分から構成されているので、正立したときに類似度が上がるからであろう。次にそこから180°程進んだ300°付近でより大きなピークが現われている。これは「中田」が倒立すると幾何学的には「田中」と同一の図形になるからであろう（無論細部は異なるが）。しかしこの時の類似度はアフィン変換の場合で0.6弱、本方式の場合で0.88程度であり、表1の当該姓のところと比べて低いことが分かる。従って、このような特殊な場合に、倒立時に類似度がピークを呈したとしても、類似度にしきい値を設定しておくことにより同一印鑑であるかどうかの識別は可能である。

#### 4.2.6 検 討

以上の5種類の実験から、アフィン変換を用いる方式にしろ、本方式のようにパラメータ平面を用いる方式にしろ、印影の中心を合わせてから、少しずつ回転させながらマッチングを行うことにより、印影の真贋の識別はかなりの程度可能であるということが分かった。しかしながら、類似度値の第1ピークだけに基づく判定は危険であることが実験2～5から分かる。従って、同一印鑑と判定するには類似度値に対してしきい値を設定しておくことが重要である。それも一律のしきい値設定は困難であり、各印鑑ごとにしきい値を設定しておかなくてはならない。又、アフィン変換を用いる方法に比べ、パラメータ平面を用いる本方式は、約22%までの処理時間の短縮（約4.5倍の高速化）が可能となった。

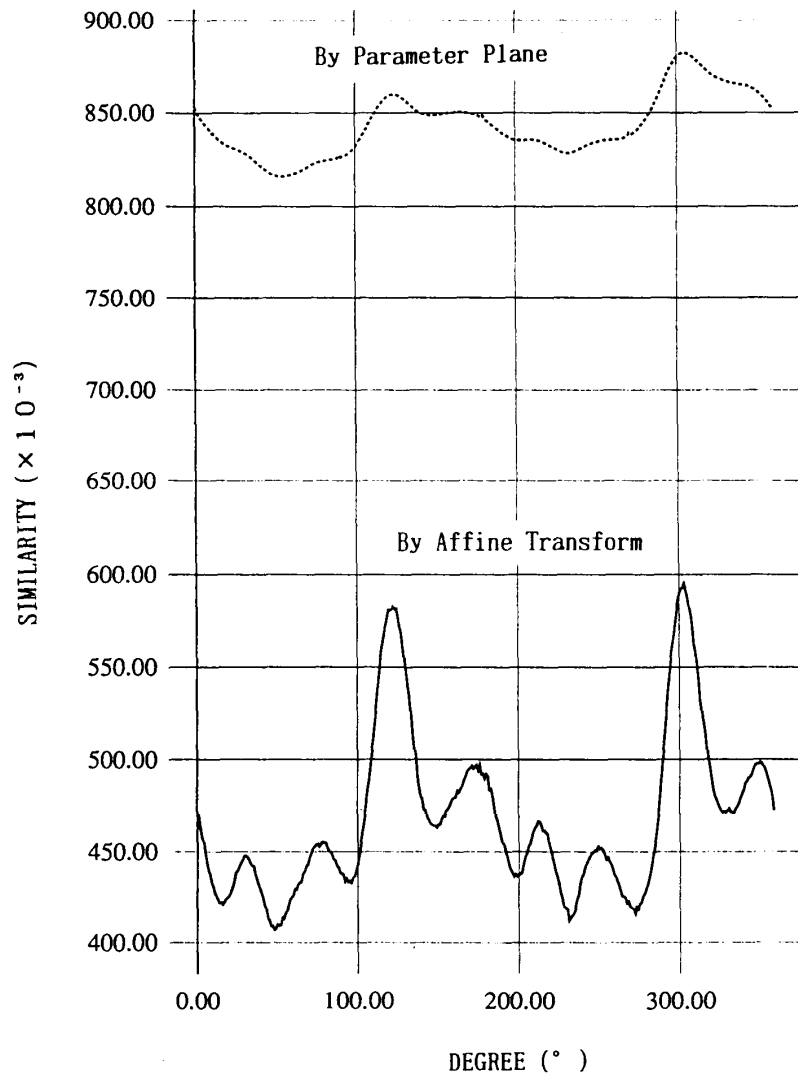


図6 印鑑「田中」と「中田」のマッチングによる類似度

## 5. む す び

コンピュータによる印影の自動照合のための前処理として、印影の中心を合わせる位置の正規化を円検出ハフ変換で行った後、回転角度を合わせる角度の正規化を、アフィン変換を用いる方法とパラメータ平面を用いる方法の2通りで行った。その結果、いずれの方法も角度の正規化をほぼ遂行することが可能であり、単純類似度を用いた方法により、同一の印影を識別することもかなりのレベルで可能であることが分かった。特に後者のパラメータ平面を用いる方式では処理速度が約4.5倍に高速化されることが分かった。無論、これで実際の自動印影照合にすぐに使えるとは考えていないが、人間がいちいちディスプレイ画面を見ながらマウスやジョイスティックなどのポインティングデバイスで2つの印影の位置合わせと角度合わせの操作を行う煩わしさがなく、照合しようとする2つの印影間の類似度値を瞬時に算出し、ディスプレイに呈示することができる。これによって、まえ

がきで述べたように人間による最終的な真贋鑑定を支援するツールとしての役割は大いに期待できるであろう。今後の課題としては以下のようなことが考えられる。

- ①各印鑑ごとに類似度のしきい値の設定方法の検討
- ②又、それに関連して、朱肉の付き具合による類似度値の変動の吸収方法の検討
- ③パラメータ平面上の要素値を利用して印影内の直線成分の分布状況を表現する特徴量とそれを用いた新たな類似度の定義とその実験的検討
- ④上述の利用目的のためにイメージスキャナと一体となった支援ツールとしての高速処理可能なシステムの構築

最後になったが、本実験のために種々御討論、御助力頂いた塩野研究室の各位、ならびに印影収集に快く御協力頂いた関係各位に感謝する。

#### 参考文献

- 1) 三重野博司：重ね合せによる印鑑の鑑定実験と考察，情報処理，**16**，3，pp. 205—211 (1975)
- 2) 田中康仁，相賀良久：印影の自動照合，昭53情報処理学会全国大会，5 F3 (1978)
- 3) 金子 透：印鑑の自動照合，電子情報通信学会誌，**69**，2，pp. 168—170 (1986)
- 4) 上田勝彦，中村善一：自動印鑑照合におけるパターン位置合せの一方法，電子情報通信学会論文誌D，**J68-D**，11，pp. 1910—1917 (1985)
- 5) 上田勝彦：印鑑照合における印影パターン特性の自動計測，電子情報通信学会論文誌D，**J69-D**，6，pp. 931—939 (1986)
- 6) 上田勝彦：自動印鑑照合実験と銀行員の照合能力との比較，電子情報通信学会論文誌D，**J70-D**，7，pp. 1374—1382 (1987)
- 7) 輿水大和：Hough 変換に関する最近の研究動向，情報処理学会研究会資料，**CV51-1**，pp. 1—8 (1987)
- 8) 塩野 充：黒点ランダム抽出と Hough 曲面の交点計算による同図形検出の一手法，情報処理学会論文誌，**32**，2，pp. 179—187 (1991)
- 9) 大津展之：判定及び最小2乗基準に基づく自動しきい値選定法，電子情報通信学会論文誌D，**J63-D**，4，pp. 349—356 (1980)

# Automatic Seal-Imprint Verification Using a Parameter Plane

Mitsuru SHIONO, Hidenori KOTAKA and Masahiro SATO

*Department of Information & Computer Engineering*

*Faculty of Engineering*

*Okayama University of Science*

*Ridai-cho 1-1, Okayama 700, Japan*

(Received September 30, 1993)

Seal-imprint verification is very important work in Japanese society. It is usually practiced by a clerk in charge of seal-imprint verification. Its computerization must be very valuable. Two preprocessings are required for automatic seal-imprint verification. The first is normalization of position, in which the centers of two seal-imprints are correctly superimposed. The second is normalization of rotation angle, in which two seal-imprints are correctly rotated so as the characters in them stand perpendicularly. In this paper, a new method for the second normalization using a parameter plane is proposed. As the experimental result, this method is about 4.5 times faster than the usual method.