



重ね合わせによる印鑑の鑑定実験と考察*

三 重 野 博 司**

Abstract

An Experiment of Identification of Seal Impression by Pattern Matching.

In the Japanese social activity, seal impression pays an important part in stead of the person's signature.

This paper is the first report on Identification of seal impression by computer.

Usually, these seal identifications have been carried out by visual perception. It is obvious by this experiment that identification by computer is better than by visual perception.

The process of this case is set up by a probability model.

1. ま え が き

紙面の上に捺印されたものを印鑑の印影という。現在の印鑑証明では印鑑の印影が登録されている印影と同一であることを証明してくれる直接証明方式が多い。同一印鑑からの印影は全く同一のパターンではありえない。その原因として、印肉のつきかた、紙質、捺印の圧力と紙面の弾力性、印鑑のゴミのつまり、印鑑の破損などが考えられる。

一方、自動印鑑製造機が実用化され、非常に類似した印鑑が作られるようになった。このため類似した印鑑からそれぞれ別に捺印された印影を同一の印鑑から捺印された印影と認識される恐れが生じてきた。

現在の印影の精密な鑑定法は、つぎの三種類である。

- (a) 比較顕微鏡法、(b) 幾何学的計測法、
- (c) 重合法

以上は直接肉眼でみるものより精度は良いが手間がかかり、銀行などでは多くの取扱件数があるので容易ではない。そしてこれらの方法でも全体にわたってわずかに変化する印影の違いを判定するのはむずかしい。そして自動印鑑製造機は手掘りに比し全体が少しづつちがう印鑑を作りやすく、部分部分では目立たないので判定が困難である。それは同一版下をもとにして作られた印鑑は、単に機械的ガタによる違いから生

ずるためである。

そこで、この論文では、総合的(印影全体からみて)に違いをみる方法として、部分部分の違いを総和する方式を電算機で行うこととした。

2. 肉眼による判定実験

自動印鑑製造機によって作られたいくつかの印鑑(下図が同じものを用いたので非常に類似している)をもとにして類似した印影を作り、これの判別が素人、専門家でどの程度違いがあるかを実験した。

自動印鑑製造機は、人の画いた下図(版下という)

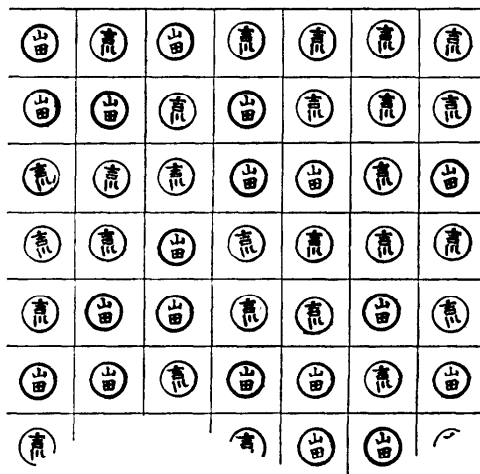


Fig. 1 印影判定実験の供試表

* An Experiment of Identification of Seal Impression by Pattern Matching by Hiroshi MIENO (Science University of Tokyo).

** 東京理科大学

に光をあて光電管でその濃度を測定し、あるレベル以上のときは印材に回転する錐で穴をあける機構である。版下と印材は同期して螺旋状に回転させている。この機械で同一の版下で山田という印鑑を2個、吉川という印鑑を3個作った。それらを20回づつ捺印してFig. 1(前頁参照)に示すような計100個の印影表を作成した。

この表を素人5人、専門家4人に一定時間(5分)提示して、見本の山田、吉川2種類と同一か否かを答えさせた。このことによってつぎの結果が判明した。

異なる印鑑からの印影を同一と誤る率が素人で0.15、専門家で0.07(有意水準1%で有意)。

同一の印鑑からの印影を異なると誤る率が素人で0.31、専門家で0.21(有意水準5%で有意)。

3. 電算機による判定法の実験

印影のパターン認識を電算機で行う際に、メッシュ法を用いるとすると、まずメッシュの数を幾つにしたらよいかということが問題になる。

印影の場合、肉のついた所とつかない所との濃さの差は明確で、メッシュの数を非常に大きくとり、1つのメッシュの面積を極めて小さくすれば、濃さは2種類に分れ、1, 0と記号化してしまう事が可能である。しかしながら、メッシュの数は少いほうが経済的であるから、メッシュを粗くし、メッシュの濃さを3段に量子化し、それを D_0, D_1, D_2 とした。 D_1 はメッシュ中に肉のついた部分とついていない部分が混在するときのメッシュの濃さをあらわす。

以下どの程度まで少くできるかを検討する。

一般に漢字の認識では1文字のメッシュ数は25×25といわれるので、2文字が丸型の枠に入っている印鑑では、50×50となる。そこで本実験では40×40, 30×30をも加えて3種類のメッシュの切り方で実験を行った。

1メッシュ当たりの濃さを測定する方法は、印影の透過光を1メッシュ当たり測定し、あらかじめ、メッシュ内の黒の部分が100%~70%である場合の光の量、70~30%, 30~0%の光の量の範囲を測定しておいて、今測定した光の量がそのどの範囲にはいるかをみて類別した。そしてそれら範囲を D_2, D_1, D_0 の濃さと名付けた。

もちろん印影は肉のうすれがあるから、肉をつけて第1回目の印影と2回目、3回目の印影とでは次第に薄れてゆくから、ここでいう黒の部分が100~70%な

どというときの光の量の測定は同一の条件“肉を正しくつけて、注意して垂直に紙面に押し、しかも肉をつけたばかりの1回目の印影”とした。こうすることで濃さの値については、2つの印影が同一の場所に肉が同一%つければ同じ濃さの類別に入る筈である。

ここで、2つの印影を比べるとき、メッシュの切り方がずれていると上記の判断が誤るので、正しく中心線を定めてから行なっていることはいうまでもない。

このようにして、印のつけ方と押し方を標準化することにより、濃さの正規化が行なわれ、印影の中心線を合わせることににより、位置の正規化が行なわれることになる。

つぎに、メッシュに番号をつけ、それを k ($k=1, \dots, m$) とする。標準の印影および判定しようとする印影について、 k 番目のメッシュの濃さの測定結果をそれぞれ D_i^k, D_j^k とする。

$D_i^k=D_2, D_j^k=D_2$ となったとき、および $D_i^k=D_1, D_j^k=D_1$ そして $D_i^k=D_0, D_j^k=D_0$ の3通りのときは、標準の印影と判定しようとする印影は k に関しては肉のつき方の程度が一致していることになる。そしてすべての k について成り立てば、両印影の形は同一であるとみることができる。

もしも、 $D_i^k=D_2, D_j^k=D_0$ あるいは $D_i^k=D_0, D_j^k=D_2$ であり、すべての k について成り立てば、両印影の形はその濃さにおいて反転していると考えられる。

一般には、上記の D_i^k, D_j^k の組合せの他に $D_i^k=D_1, D_j^k=D_0$ などが含まれていて、このような中途半端なものは両印影が同一とも非同一同いえない。

そこで、両印影の同一か否かの判定のための評価関数の定め方として

$$\left. \begin{array}{l} D_i^k=D_2, D_j^k=D_2 \\ D_i^k=D_1, D_j^k=D_1 \\ D_i^k=D_0, D_j^k=D_0 \end{array} \right\} \text{重み } W^k=1$$

$$\left. \begin{array}{l} D_i^k=D_2, D_j^k=D_0 \\ D_i^k=D_0, D_j^k=D_2 \end{array} \right\} \text{重み } W^k=0$$

$$\left. \begin{array}{l} D_i^k=D_1, D_j^k=D_0 \\ D_i^k=D_2, D_j^k=D_1 \end{array} \right\} \text{重み } W^k=p$$

$$\left. \begin{array}{l} D_i^k=D_0, D_j^k=D_1 \\ D_i^k=D_1, D_j^k=D_2 \end{array} \right\} \text{重み } W^k=q$$

という重み W^k を定め(p, q は0と1の間の変数とし、後に定める)、これを用いて評価関数を E として

$$E = \sum_k W^k / m$$

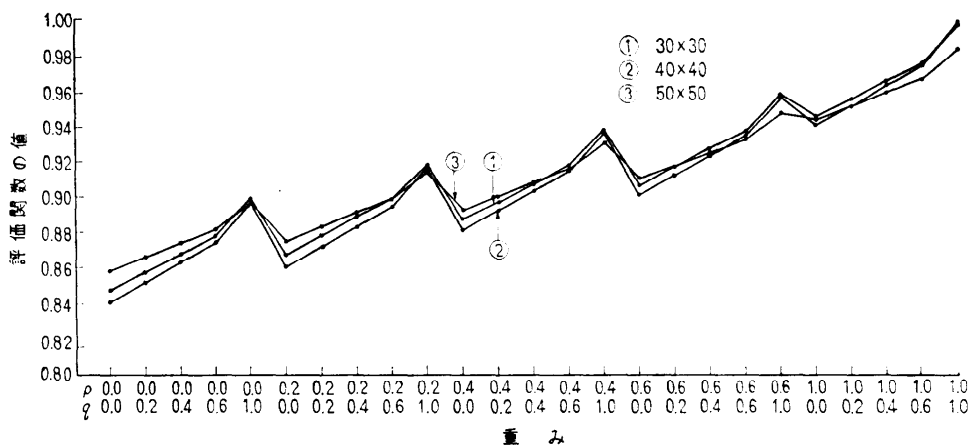


Fig. 2 重みと評価関数

を定める。

この評価関数の値が1に近ければ両印影は同じ形であり、0に近ければそうでないと判定できる。

実験としては2段階に分け、次のように行う。

(1) メッシュの数の決定と重みによる差の検定。

(2) 重み p , q の決定、一致した図形か否かを判定する評価関数の閾値の決定、判定方式の確立、誤差の算出。

始めに版下が同一の吉川という印鑑を自動印鑑製造機により2個作成し、それから得られる印影を 30×30 , 40×40 , 50×50 のメッシュに等分割し、メッシュの濃さ D_1^A , D_2^A を測定した。その測定回数は $(30 \times 30 + 40 \times 40 + 50 \times 50) \times 2 = 10000$ 回に達した。

この D_1^A , D_2^A をもとにして、評価関数を算出した結果 Fig. 2 の縦軸の値に示すものとなった。この図について説明すると、 $W^A = p$, q の値を 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 1.0 とし、 p , q のそれ等の値の組合せ方でいかに評価関数の値が実際上変わるものかを計算し、Fig. 2 にプロットした。しかも 30×30 , 40×40 , 50×50 の3種類について計算した。

その結果、重みを増加すると評価関数値は当然のことながら増加する傾向を示している。そしてその傾向がメッシュの切り方(図中の3本の線)については差がないことが図から認められた。

そこで、75ヶのデータをもとにして統計の検定を試みると Table 1 に示すような結果を得た。その表は統計学における標準的記述し方に基づいているが、一応説明すると、評価関数の値に変化がある原因として、いまメッシュの切り方による変化、重み p , q の

Table 1 メッシュの切り方と重みづけの影響をみるための分散分析表

要 因	平方和 (S, S)	自由度 (ϕ)	不偏分散 (V)	分散比 (F_0)
メッシュ間	208.51×10^{-6}	2	104.25×10^{-6}	2.72
重み間	101017.79×10^{-6}	24	4209.07×10^{-6}	109.73**
誤差	1841.49×10^{-6}	48	38.36×10^{-6}	
計	103067.79×10^{-6}	74		

** は 0.01% で有意

$F(2, 48; 0.05) = 3.20$

$F(24, 48; 0.01) = 2.21$

定め方の違いによる変化が考えられるので、その2つの影響をしらべるための分散分析表が Table 2 (次頁参照)である。その他の原因は誤差として1つにまとめて考える。データからそれらについて別々に、平方和、不偏分散を算出した。なお自由度は、メッシュの切り方が3通りあるからその自由度は $3-1=2$ 、重みのつけ方は $5 \times 5 = 25$ 通りあるから $25-1=24$ 、全体としての自由度が $75-1=74$ 、そこで誤差の自由度は $74-2-24=48$ となる。

誤差の不偏分散で他のそれを除すると分散比はメッシュの切り方、重みのつけ方でそれぞれ 2.72, 109.73 の数を得た。他方、自由度が2と48での0.05%有意で影響していると考えられるには分散比が3.20以上なくてはならないことが F 検定用の表から引ける。このことを $F(2, 48; 0.05) = 3.20$ と記すことが統計学で習慣づけられている。2.72よりこの値は大きいので、メッシュの切り方の影響はないといえる。

また、同様に、自由度24, 48では $F(24, 48; 0.01) = 2.21$ であるから、重みづけの影響は0.01%の確しかさで有ると言える。0.01%の確かさで有意なので

もちろん 0.05% では有意であるから、その検定はする必要がない。0.01% の有意のときは**印を分散比の横に 0.05% のときは*を横につけることになっている。

結論として、重みのことのみ考えればよく、メッシュの切り方は 30×30 でも 50×50 と変りなく判定できることを示している。そこで吉川という文字よりも複雑な文字にも間違いなく判定できるように 40×40 のメッシュの切り方とする。

重みについて差があることがわかったので多数のパターンを実験して定める。

版下を2種類作成し、それぞれの版下から自動作成した印鑑の印影を下記カッコ内のように名付ける。それは規準の印影に対して名付けられるものである。比較の対象となる印影の数は、規準の印影と同一の印鑑による印影（これを“同一印鑑による印影”と名付ける）を9個、規準の印影と版下が同一の印鑑による印影（これを“類似印鑑による印影”と名付ける）を15

Table 2 評価関数値

種 類	重 み	評 価 関 数 値 ($\times 10^{-4}$)									
同一印鑑による印影	㊸	933	928	901	936	930	905	954	943	943	
	㊹	999	998	991	999	999	992	1000	1000	1000	
類似印鑑による印影	㊸	775	777	791	720	720	706	838	838	827	754 833
	㊹	845	814	814	812						
異なる印鑑による印影	㊸	676	665	684	718	724	736	706	720	706	677 684
	㊹	661	674	674	666	707	709	689	678	673	664
	㊸	874	873	872	906	912	902	886	896	891	893 872
	㊹	895	873	874	872	878	885	869	869	864	872

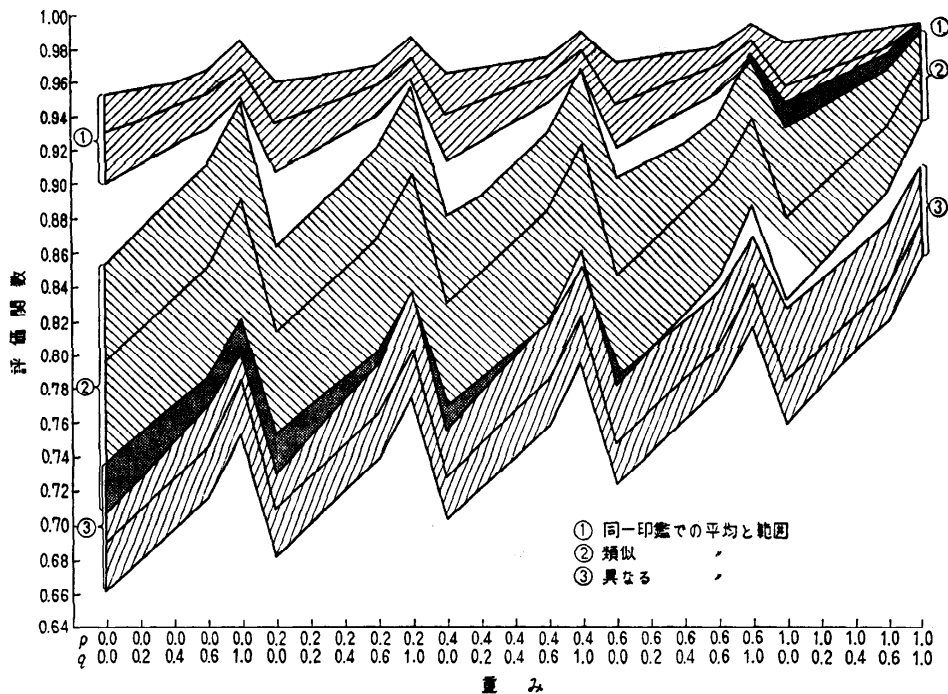
㊸ 重み $p=0.0$ $q=0.0$ ㊹ 重み $p=1.0$ $q=1.0$ 

Fig. 3 評価関数の平均と範囲

個、標準の印影と異なる版下による印鑑の印影（これを“異なる印鑑による印影”と名付ける）を 21 個とする。その 40×40 のメッシュによる評価値を計算した 1 部を Table 2（前頁参照）に示す。重み p, q を 0.0, 0.0 とそれぞれしたときと 1.0, 1.0 としたときのみをあげたが、それ以外の p, q の値についての評価値も含めて Fig. 3（前頁参照）に示す。

Fig. 3 は評価値の平均値と範囲が示してある。この図によれば、同一印鑑による印影の評価値と類似印鑑による評価値が一番離れている所の $p=0.0, q=0.0$ の重みづけが一番適当であることがわかる。それは、版下が異なる印鑑によるものは肉眼でも区別しやすいものであるが、版下が同一のときの自動作成した 2 本の印鑑によるそれぞれの印影は肉眼では区別しにくいものであるためである。

以上で実験（1）が終了しメッシュの数と重みづけが定まったから実験（2）の段階にはいる。

Table 2 の $p=0.0, q=0.0$ のデータから平均値 μ , 標準偏差 σ の推定をすると、同一印鑑による印影の μ は 0.931, σ は 0.01765, 類似印鑑による印影の μ は 0.797, σ は 0.04824 となった。その分布を図に示したものが Fig. 4 である。（正規分布と仮定）

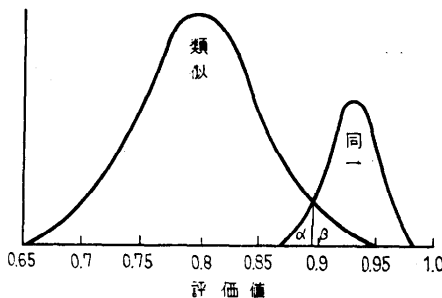


Fig. 4 同一、類似印鑑の印影の評価値の推定確率分布

Table 3 評価関数の閾値と α, β の関係

評価関数の閾値	α	β
0.855	0.0052	0.0336
0.890	0.0113	0.0262
0.895	0.0228	0.0207
0.900	0.0427	0.0158
0.886	0.0062	0.0322
0.887	0.0073	0.0301
0.888	0.0084	0.0287
0.869	0.0099	0.0274
0.894	0.0197	0.0217
0.896	0.0262	0.0197
0.897	0.0294	0.0188

つぎにこの分布としたときに、同一の印鑑からの印影を異なると判定する確率を α , 異なる印鑑からの印影を同一と判定する確率を β とすると正規分布表から, Table 3 のように α, β が求まる。

$\alpha + \beta$ の値が最小になるのは評価関数値の閾値を, 0.888 としたときであるが, 実用上 β のより小さい方が事故防止上安全なので, 少なくとも α と同じ位の値まで閾値を上げ, 0.895 とした。このときの $\alpha = 0.0228, \beta = 0.0207$ である。

以上で閾値が定まり, そのときの α, β を得た。改めて α, β を人の場合と比較すると, α は素人に対し 1/13.2, 専門家に対し 1/9.2, β は素人に対し 1/6.8, 専門家に対し 1/3.2 で, この方法の良いことがわかる。実際にこの方法で光電管からのアナログデータをディジタル化して電算機で評価関数を判定した時間は極めて短時間であり, 人の処理時間より高能率であることは他の電算機による自動化と同様である。

4. 評価関数と確率

前章の評価関数について, 図解による解説をこころみてみる。

Fig. 5 は横軸に位置をとり 1 次元のメッシュに分かれているその一部(印影の文字の端の部分付近のみ)を示す。縦軸に濃さをとり, それは D_2, D_1, D_0 に分割されている。Fig. 5 中に画かれた 2 本の折線は, 同一印鑑による印影の範囲を示す。いま単純化してその範囲内の分布が平等と仮定して話をすすめてみる。

Fig. 5 からみられるように, D_1^k と D_1^k がつねに D_2 である k の範囲は $l_0 \sim l_1$ である。同様に共に D_1 である範囲は $l_2 \sim l_3$, 共に D_0 である範囲は $l_4 \sim l_5$ である。これらの重みは $W=1$ である。

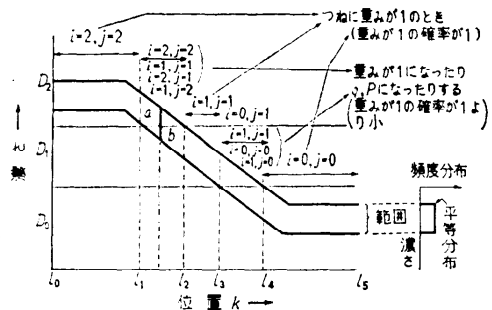


Fig. 5 同一印鑑による印影分布から得られる標準の印影と比較する印影の濃さの比較による重みづけ

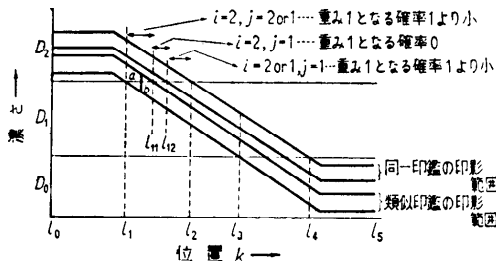


Fig. 6 類似印鑑によるもの

これに反し、 $l_1 \sim l_2$ の範囲では $D_i^k = D_2 = D_j^k$ である場合と $D_i^k = D_1 = D_j^k$ である場合の他に $D_i^k = D_2$, $D_j^k = D_1$ あるいは $D_i^k = D_1$, $D_j^k = D_2$ のときがありうる。つまり、重みが1のときと p , q のときがありうるのである。

いま $l_1 \sim l_2$ 間のある k において D_2 が a , D_1 が b (a, b は Fig. 5 中に示してある) に相当する比率 ($a+b=1$ 範囲を1としたとき) とする。その場合 D_i^k, D_j^k が D_2 である確率は a^2 , D_i^k, D_j^k が共に D_1 である確率は b^2 となる。したがって重みが1である場合の l_1 から l_2 までの確率 a^2+b^2 の総和は $\sum_{k=l_1}^{l_2} (a^2+b^2)$ となる。

つぎに $D_i^k = D_2, D_j^k = D_1$ である確率は $a \cdot b$, その重み p づき総和 $\sum_{k=l_1}^{l_2} (a \cdot b) \cdot p$ となる。同様に、 $D_i^k = D_1, D_j^k = D_2$ に対し $\sum_{k=l_1}^{l_2} (a \cdot b) \cdot q$ となる。

同様に、 $l_3 \sim l_4$ に対しても考えられる。

前章で示した評価関数は重みを k すべてについて加えたものであり、これはこの章で示した $l_0 \sim l_1, l_2 \sim l_3, l_4 \sim l_5$ までの重み1の総和と

$\sum_{k=l_1}^{l_2} (a^2+b^2) + \sum_{k=l_1}^{l_2} (a \cdot b)(p+q)$ とそれに相当する $l_3 \sim l_4$ の和が評価関数に相当するのである。

つぎに、 k における濃さの確率分布が平等分布でなく正規分布であるとしたら、それに応じた発生確率と W が p, q である確率を計算して行わねばならぬ。

これまででは、同一印鑑での印影を考えたが、Fig. 6 に類似の印鑑による印影の場合を示した。

この場合は、2つの範囲の中から別々にとりだして共に D_2, D_1, D_0 になる確率と、そうでない確率を計算しなければならない。たとえば Fig. 6 において $k=l_1 \sim l_2$ の区間において、 $k=l_1 \sim l_{11}$

の区間で D_i^k は D_2 に固定されるが、比較される印影は D_j^k が D_1 か D_2 である。したがって、この区間での $D_i^k = D_2, D_j^k = D_2$ となる確率は $D_j^k = D_2$ となる確率にのみよる。そしてそれは前記の算出と異なり a のみとなる。

同様に、 $k=l_{11} \sim l_{12}$ ではつねに $D_i^k = D_2, D_j^k = D_1$ となり、 $k=l_{12} \sim l_2$ では D_j^k はつねに D_2 だが D_i^k は D_1 か D_2 でその確率により異なる。 $l_3 \sim l_4$ も別に算出する。

5. 検 討

前章の評価方法は全体の印影の変化を総和という形でとらえていて、印影のふちのわずかな変化が印影全

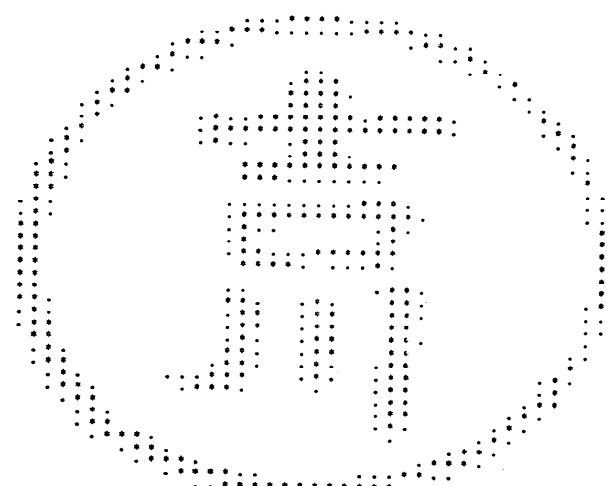


Fig. 7 (イ)

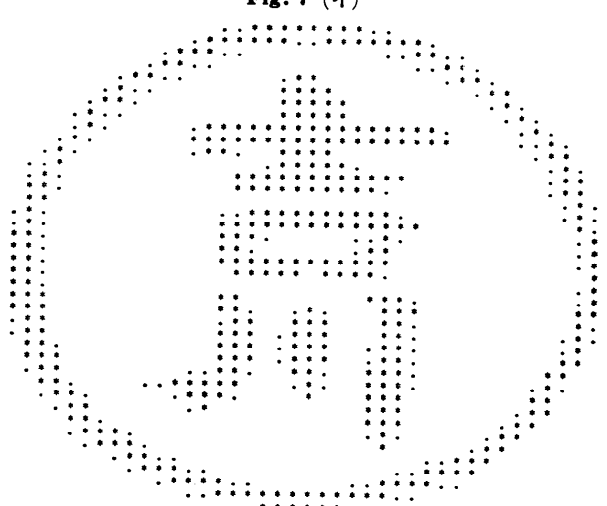


Fig. 7 (ロ)

体にわたって生じているような印影の違いを把握するには極めて有利な方法である。

2章で示したように、自動印鑑製造機から作られた同一版下からの印鑑は、このようにわずかなふちの違いを生ずるので、肉眼では見きわめがつかないものである。その理由は、版下を盗用して印鑑を複製したとき錐の形（4角、6角などあり）モータの回転速度までは始めに製造したものとは一致しないであろう。錐の形、速度（5～12分）の違いは全体のふちにわたってわずかな差を生ずるものであるためである。

Fig. 7 イ、ロ）は電算機のプログラム上で評価値を変えたとき、印影の字体のふちが全体的に太くなるさまを示したものである。光電管によるアナログデータの差としてとらえられても、人の肉眼によっては、この程度の薄れをとらえることはむずかしい。評価値では 0.8906 と明らかな差を示している。逆に全体のふちではなく一部のふちが変る場合、つまりゴミのつまり、印鑑の欠損による印影の変化に対しては、この評価法が総和方式をとることから感度がにぶくなるが、2章に示したように重要な書類でははじめからこの種の変化はあり得ない。総和する方式はまた雑音が一部発生するときの判定には有理である。

6. む す び

本実験の結果、人による判定よりも電算機による判

定の方が精度、速度において勝れていることがわかった。特に評価関数を本論のように設定する方法では、肉眼による判定に困難な全体的にわずかつつ印影が変化する場合に有効であり、自動印鑑製造機からはこのような類似の印鑑が作られることを示した。そして現在行われている精度の高い方法（まえがきに示した3つの方法）でも最終的には肉眼によるので、この種の印影の違いは判定がむずかしいと思われる。

今後この点の比較実験とスライスレベルを種々変えた実験を試みたいと思う。

なお、印鑑々定の電算機化の実験をご推奨頂き、ご配慮いただいた学会レフリーの方々に厚く謝意を表します。また、印鑑々定についてお教え頂いた科学警察研究所技官荒井晴夫氏、統計処理と電算機プログラム作成に協力してくれた岡部直樹君に深く感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) A. Rosenfeld: Picture Processing by Computer, 石田晴久他訳、「電子計算機による画像処理」Academic Press.「共立出版」(1969).

(昭和48年12月24日受 付)

(昭和49年11月15日再受付)