

印影画像からの3Dプリンタによる印章の偽造と 未経験者を対象とした真贋判定による評価

南里 英幸¹ 松尾 太郎¹ 大貫 祥央² 福地 健太郎^{1,a)}

概要: 高精細な3Dプリンタが安価に利用可能となり、印章（はんこ）の偽造は誰もが容易にできるようになりつつある。本調査では、紙に捺印された印影をスキャンした画像から、複数種類の手法で印章を作成し、予備調査によってもっとも高評価であった、アクリルを用いたマテリアル・ジェットング方式によるものを用いて目視による真贋判定実験を実施した。対象者は著者らが所属する大学の大学生で、いずれも印影照合の経験は持っていなかった。実験の結果、正答率は約70%となり、また偽造した印章による印影のうち25%は本物と誤判定された。また、照合の過程で印影のどの箇所を見て判断したかについて被験者に指摘してもらい、本実験で採用した手法の問題点を分析した。

1. はじめに

紙文書において、本人がその文書を記したこと、あるいは意思表示があったことを示すことを目的として、著者本人がその紙文書に署名したり、記名に添えて捺印する習慣がある。

日本では古くから印章文化が根強く続いており、現在でも必要に応じて書類において本人であることの証明として、印章が広く使われている。

さて、近年では高精細な3Dプリンタが安価に利用できるようになってきており、また高解像度のカメラ・スキャナも広く普及している。市販品あるいは一般に利用可能なサービスを組み合わせることで、文書に捺印された印影から印章の偽造ができる可能性が指摘されるようになってきている[3]。しかしながら、こうした手法でどれほどの精度で印章の偽造が可能であるかどうかは明らかでなかった。

本調査では、紙に捺印された印影をスキャンした画像から、複数種類の手法で偽造印章を作成し、予備調査で一番正答率の低かったアクリルを用いたマテリアル・ジェットング方式によるものを用いて目視による真贋判定実験を実施した。調査対象者は大学生で、いずれも印影の照合経験を持っていなかった。

実験の結果、全体での真贋判定の正答率は77%となり、また偽造した印章による印影を真印と判定した割合 (false-positive) は、一部印章では25%に達した。照合の過程で

印影のどの部分を見て真贋判定したのか被験者に指摘してもらい、本実験で採用した手法の問題点を分析した。分析の結果、被験者は主に線の太さや細部の形状を見ていたことが分かった。

実験結果を詳しく分析すると、経験を積むに従って正答率は向上し、印影の状態によっては90%から100%に達することが確認された。そこから、熟練者は高い精度で真贋の判定ができるであろうことが予想できる。そのため厳密な印鑑照合が行われるような場面においては提案手法による印章の偽造が通用する可能性は低い。

しかしながら、日常的に取り交される重要度の低い紙文書で、押される印章も認印であるようなものであれば、提案手法でも十分に通用する可能性が高い。今回の実験では偽造印章が存在し、真贋を見分けることが被験者に説明された上で実施されたが、現実には押された印影が偽造された可能性を前提して文書を確認することは稀であり、看過される可能性はより高まるだろう。

2. 背景

印章の偽造手法は古来より様々なものが知られており、実際に悪用された事例も枚挙に暇がない。熟練した技術者が十分な資料を元に時間をかければ、精度の高い偽造印が作成可能であることは言をまたない。

しかしながら従来知られた手法の多くは、その作成に高度な技術を要したり、また偽造印の連続使用が困難であるといった障壁があった。そうした障壁により偽造印の作成は費用がかかるため、偽造印の使用は悪意を持った者が重要な書類に対して行う傾向があった。

¹ 明治大学総合数理学部

² 明治大学理工学部

^{a)} kentaro@fukuchi.org

一方、近年では 3D プリンタや CNC 切削機に代表される工作機械で、高精度かつ安価に使用できるものが一般に流通するようになってきている。またそうした工作機械を共同利用できる施設や、インターネット上で出力を依頼できるサービス業者が増加している。

そのため、従来は熟練の技術を必要としていたような加工でも、データさえあれば誰もが安価に行うことができる環境が整えられつつある。技術による障壁は急速に失われつつあるといえる。

こうした状況を背景に、偽造印の作成はいまや誰もが簡単に行えるような下地が整えられつつある。長嶋の報告では、3D プリンタを使用した実印の偽造が行われている可能性が示唆されている。使用された技術や発覚した件数などの具体的詳細は同報告では明らかにされていないが、今後さらに加工機械の高精度化・一般化が進展していけば、いよいよ印章の偽造はカジュアル化した犯罪として件数が増えていくであろうことは想像に難くない。

こうしたカジュアルな犯罪としての印章偽造が、現在普及している工作機械や加工サービスを利用してどの程度可能であるのか、その技術的な実体を調査したのが本研究である。

3. 本研究における印章の偽造手法

印章の偽造をする上で元となる資料は、印章本体が利用できる場合と、紙面に捺印された印影のみ利用できる場合とがある。今回の調査では、より偽造の機会が広いであろう後者の場合を対象とした。

なお、入手できる印影は必ずしも高品質であるとは限らず、かすれや欠損のために偽造を困難にする場合も多いが、今回の調査では良条件下における偽造印章の精度を確認する目的から、複数の印影から品質の高いものを選別した上で使用した。

以降、本研究での評価実験に使用した偽造印章の作成手順について、まず偽造の対象とした印章について説明した上で、印面データの作成手順とそこから印章を生成する手順の、二つに分けて説明する。

3.1 偽造の対象とした印章

本研究では「佐藤」と書かれた、書体の異なる印章 2 種を用いた。「佐藤」を選んだ理由は、実在する姓で字形が単純なものと複雑なものを合わせ持ち、また日本人に多い姓であり被験者に予断を持たせにくく実験に適していると判断したためである。

印章はいずれもアスクル株式会社が運営する「アスクルスピードプリントセンター」（当時名称）で「認印 黒 10.5mm」として販売されている、印影直径 10.5mm のものを利用した。価格は一つあたり 399 円であった。図 1 にその外形と印影を示す。図にあるように、同一サービスで



図 1 評価実験で偽造の対象とした、「佐藤」姓の印章 2 種の外形と印影。本報告では、上図の印章「真印 1」、下図の印章を「真印 2」と呼ぶ。

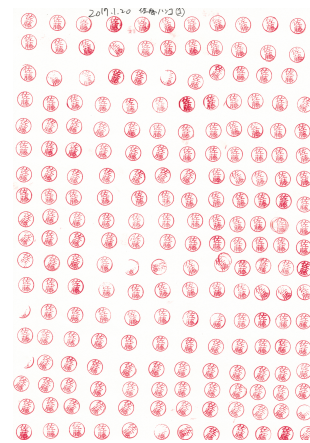


図 2 「佐藤 1」を A4 コピー用紙に捺印したもの。

同一姓のものを購入しているが、書体が異なり、両者は識別可能なものとなっている。

3.2 印面データの作成

偽造印章を作成するために、まず印面データを作成する。印面データは紙面に捺印された印影のみから生成する。

まず、図 2 に示すように、A4 コピー用紙に印影を約 200 個捺印し、その後目視で状態の良いものを目視で選別した。捺印には市販のマット（呉竹 KO500-1）を紙の下に敷き、朱肉には一般事務で広く使われるインキ式のもの（シヤチハタ MG-50EC）を使用した。選別の過程で重視した要素を以下に挙げる。

- かすれ・にじみの少ないもの
- 欠損の少ないもの
- 線の太さに著しい偏りのないもの

なお付言すると、上記のような印影の品質のぶれは、捺印の仕方が一定しないこと、および紙面の品質が一定でないことに起因しているものと思われる。一次選別において上記項目を満たした印影は全体の約 15%であった。仮にこの比率が一般の印影品質に適用できるとすれば、まずこの



図 3 作成した印面データ。左から佐藤 1 の単一印影から作成したもの、佐藤 1 の複数印影を合成して作成したもの、佐藤 2 の単一印影から作成したもの。

段階で多くの印影は印章偽造の役に立ちにくい可能性がある。この点については後に議論する。

次に選別したものからさらに高品質のものを選ぶため、スキャン画像を拡大しながら選別を行った。この段階では、線のエッジが綺麗に出ているかどうかを基準とした。選別担当者の主観としては、この段階では紙面の凹凸が印影の品質に強く影響していると思われた。すなわち、紙面の凹では朱肉が転写されず、白く欠損した部位が品質低下を招いていると思われた。そのため画像処理によってこの欠損を回復させることとした。

次に、最終的に最も品質が高かった印影をスキャンし、デジタルデータにした。スキャンにはブラザー工業の複合機 MFC-9210CN を使用し、解像度 600dpi でスキャンし品質 95 の JPEG 画像化したものを以降使用した。

次に上記画像に加工を施した。具体的には画像をグレイスケール化した後に、モルフォロジー変換により膨張処理の後に収縮処理をかける「クロージング」と呼ばれる手法で欠損箇所を埋めた後、目視によって、朱肉が転写された範囲の内側に残る欠損箇所を探し、手作業で埋めた。

また、輪郭上の欠損を埋めるために、複数の印影を重ねて埋める手法もあわせて試みた。具体的には、選別過程で残った印影のうち複数、位置と向きを手作業で精密に合わせた上で加算合成するという手法を用いた。その後に上述したクロージングおよび手作業による修正を行った。

後に詳述する実験では、主に単一の印影のみを加工した印面データを用い、複数印影の加算合成による印面データも補足的に用いた。

最終的に作成された印面データを図 3 に示す。

3.3 印章の作成

前節で説明した手順で作成した印面データを元に、印章を作成した手順について説明する。

紙面に印影を写すことができる手段としては、元となった印章と同様の凸版式の他にも、シルクスクリーンを応用する手法が知られているが、今回は元の印章と同じように使える凸版式のものを対象とした。

どの手法のものが精度の高い印章を印面データから作成できるか、明確な指針は先行研究から得られなかったため、簡便に利用できる手法を複数試し、その中からもっとも精



図 4 CNC フライスを用いて作成した偽造印章（左）とその印影（右）。



図 5 熱収縮現象を利用した偽造印章（左）とその印影（右）。

度の高い手法を採用することとした。今回の研究では次の成形手法を試し、マテリアルジェットング方式を最終的に採用した。

- CNC フライス
- レーザー加工機
- フトリソグラフィ
- マテリアルジェットング

以下に各手法による結果について詳述する。なお、成形手法間の比較実験では、「山田」姓の印章を元データとして使用している。

3.3.1 CNC フライス

エンドミルを回転させることで切削加工を行う、CNC フライスを用いて印面を材料に刻む手法である。

今回の加工では Roland 社の MODELA MDX-40A を使用した。エンドミルは、細かい模様を刻む必要があるため、同社が提供するもの内もっとも細い $\phi 1\text{mm}$ のもの (ZHS-100) を使用した。

試験的に切削加工をしてみたところ、ヘッドの移動精度の面では十分高精度に思われたが、エンドミルの大きさが印面の細かさに対して太いため、期待した精度のものは得られなかった。例を図 4 に示す。

そこで、加圧プラスチック素材の熱収縮現象を利用して工作精度を向上させる手法を採用し、精度向上を図った。これは、加圧プラスチックに熱を加えると形をほぼ保ったまま収縮する現象を応用するものであり、精密部品を同手法により製造する手法が研究されている [4]。

使用した材料はタミヤ社のスチロール樹脂（ポリスチレ



図 6 レーザー加工機を利用した偽造印章（左）とその印影（右）。

ン）製板で、0.4mm 厚のものを使用した。この板は加工後に熱を加えると、長軸方向で 46%、短軸方向で 42% の大きさに収縮することが予備実験により判明したため、印面データをそれに合わせてあらかじめ拡大したパターンを、深さ 0.2mm に設定して切削加工した。

切削したものは、オーブントースターを用いて加熱し収縮させた。収縮が収まった後にまだ材料が柔らかい段階で取り出し、平板になるよう、平たい板で樹脂板を挟み重しをのせて力をかけた。作成したものとそれによる印影を図 5 に示す。

この手法の欠点は、熱収縮が想定通りに起こるとは限らない点にある。そのため、同一印面のもを多数作成した上で、その中から出来のよいものを選別する工程が必要となる。今回の調査ではそれでも予備実験では多くの被験者が正しく真贋を識別することができることが分かったため、本手法は採用しないこととした。

3.3.2 レーザーによる切削

レーザー加工機の彫刻モードを利用し、材料表面に印面データを彫刻することで印章を作成する手法である。高精度なレーザー加工機は高価ではあるが、時間貸しできる施設やインターネット経由での出力サービスが存在するため、利用障壁は低い。

今回は Trotec 社 Trotec Speedy300 を使用し、材料としてはハードタイプのゴム板を利用した。CNC フライスと比べると、レーザービームの大きさがエンドミルと比べて小さく、高精度な加工が可能である。作成したものを図 6 に示す。

しかしながら、予備実験の結果では被験者の多くが真贋を見分けることができた。被験者が指摘したのは、凸面で辺が鈍角に交わる箇所の精度であった。すなわち、凹面では鋭角に交わる箇所で、その角の鋭さが真印に比べると鈍っていることが、大きな違いとして認識されていた。

この原因は、レーザービームの直径は小さいとはいえ無視できないものであり、その分角度が鈍くなることにある。レーザービームの直径をさらに絞ることが可能であればより精度の向上が期待できるが、今回はそうした機材の使用ができなかったため、採用を見送った。



図 7 フォトリソグラフィを利用した偽造印章（左）とその印影（右）。

3.3.3 フォトリソグラフィ

印面データからネガフィルムを作成し、紫外線硬化樹脂へ、紫外線をネガフィルム越しに照射して硬化させ、印章を作成する手法である。

ネガフィルムは市販の OHP シートにレーザープリンタで印刷することで代用可能であり、またこの手法を応用したスタンプ作成キットが市販されており、利用障壁は低い。

原理的には印面の解像度はレーザープリンタの解像度と同等となるため、高精度に印章を偽造することが可能である。作成したものを図 7 に示す。

印面は部分的には高精度に作成可能であることは確認できたが、余計な箇所紫外線が漏れ出てしまい硬化してしまった箇所が現われてしまった。後処理でこれは除去可能ではあるが手作業での加工技術を要するものであり、カジュアルな偽造に向くとは言い難いため、今回は採用は見送った。

しかしながら原理的には高精度な加工が可能であり、また紫外線 DLP プロジェクタを用いて簡便に扱える 3D プリンタも提案されており、プロジェクタの精度が向上すれば印章偽造に十分に使用できることが期待できる手法である。

3.3.4 マテリアルジェットング

紫外線硬化樹脂をインクジェットの手法で噴射し、紫外線で固めて積層して成形する手法である。耐久性に難があるが高精度な成形が可能とされる。機器は非常に高価であるが、インターネット上の出力サービスが存在し、利用障壁は低い。

なお、積層造形式に分類される手法であり、加工精度においては層の段差が議論されることが多いが、印章の製造においては層方向の解像度は問題にならない。

今回は 3D Systems 社の ProJet 3500HD MAX の Xtreme High Definition モードによるアクリル造形を利用した。出力は、DMM.com 社が展開する DMM.make 下の 3D プリントサービスを利用した。

出力に用いた形状データは、先述の印面データを面掃引して深さ 3mm の印面を作り、またその背にさらに 5mm の支持体を付加し、印面形状を保持できるようなものを作成した。



図 8 マテリアルジェッティング方式を利用した偽造印章(左)とその印影(右)。

出力した印章の印面はそのままではわずかな凹凸があったため、目の細かい紙やすりで印面を平滑化して使用した。作成したものを図 8 に示す。

予備実験の結果では、本手法によるものがもっとも真贋判定における正答率が低かったため、本手法を今回の評価実験では採用することとした。

4. 評価実験

4.1 実験概要

紙面に捺印された印影画像から画像加工により作成した印面データを用い、マテリアルジェッティング方式により作成した偽造印章が、どの程度まで見破られにくいかを検証する実験を実施した。

偽造の対象とした印章は、3.1 節で示した、「佐藤」姓の印章 2 種である。以降、本報告では「真印 1」「真印 2」とそれぞれ呼ぶ。

これら真印 2 種に対し、偽造印章を 3 種類作成した。真印 1 に対しては、単一印影を加工して得られた印面および、複数運営を合成して得られた印面からそれぞれ偽造印章を作成した。また、真印 2 に対しては単一印影を加工して得られた印面から偽造印章を 1 種作成した。以降、それぞれ「偽印 1a」「偽印 1b」「偽印 2」と呼ぶ。

被験者には、真印の印影が常に参照できる状態で、偽印を捺印した試料を提示し、その真贋を判定させた。また、その判定理由を口頭で述べさせた。

評価実験は、印章照合に関する特別な経験を持たない大学生を対象に実施した。今回の調査での我々の狙いは、カジュアル犯罪としての印章偽造を対象としており、熟練者による照合が行われない場面を想定している。

4.2 偽造印章の作成

偽造印章は、マテリアルジェッティング方式により直径 10.5mm、高さ 8mm で作成した。ただしこのままでは高さが一般的な印章に比べて不足しており捺印がしにくいいため、市販の印章の先端にこれを瞬間接着剤で接着してこれを改善した(図 9)。

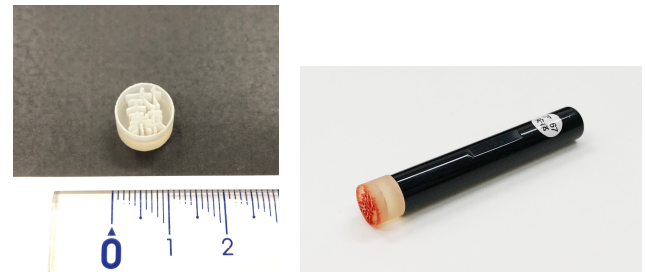


図 9 マテリアルジェッティング方式により作成した偽印 2 (左)と、市販の印章の先端にそれを接着して押しやすくしたもの(右)。

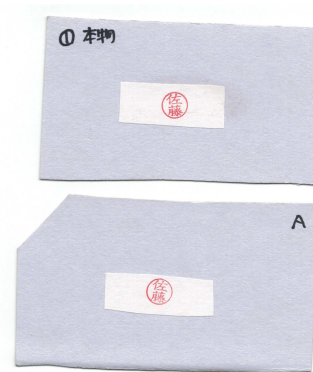


図 10 実験試料。上は真印の印影として被験者に提示するもの。下は真偽が被験者には分からないように提示されるもの。

4.3 実験資料の作成

真印・偽印ともにそれぞれ、市販のコピー用紙に実験担当者が手で複数捺印し、その中から品質の良いものを選別した。捺印および選別の手順は 3.2 節のものと同様である。

次に、真印の印影として被験者に提示するためのものを真印 1・真印 2 用にそれぞれ 1 つずつ選び、切り抜いて厚紙に貼り付け、真印であることが識別できるよう厚紙に「本物」と記入した。

また、被験者に提示する試料は、真印 1・真印 2 それぞれに対し、それぞれ以下の内訳で 10 種ずつ試料を作成した。各試料は、真印の系ごとにシャッフルした上で A~J の記号を振った。

真印 1 系

- 真印 1 の印影 4 個
- 偽印 1a の印影 3 個
- 偽印 1b の印影 3 個

真印 2 系

- 真印 2 の印影 5 個
- 偽印 2 の印影 5 個

作成した試料の例を図 10 に示す。

4.4 実験手順

各被験者は、真印系ごとに真贋判定課題が与えられた。実験に先立ってまず、試料の印影は真印によるものと偽印によるものと混ぜられていることが伝えられた。偽印に

よるものの割合については伝えなかった。

次に各被験者に、真印1系と真印2系とに分けて真贋判定課題を与えた。半数の被験者は真印1系のものが初めに与えられ、残りの半数は真印2系のものが初めに与えられた。

各真印系の課題では、まず「本物」とラベルづけされた真印の印影を捺印した試料が被験者に示された。被験者は課題の実施中、いつでもこれを参照しながら真贋判定ができた。

一つの系の課題で、試料はA~Jの順の一つずつ被験者に提示され、その都度被験者はそれが真印によるものか偽印によるものかを回答させられた。回答は必答であり、またあわせて判定理由を口頭で述べてもらった。その後試料は伏せられ、次の試料が示された。

それぞれの系で10個の試料が提示された後、残りの系の課題が被験者には与えられた。

被験者は大学生26名で、いずれも印章照合に関して特別な経験は有していなかった。ただしその内1名は、趣味で消しゴムを彫って干支スタンプを作った経験を有していた。後述するが、正答率は他被験者と比べて有意に高いとは言えないものの、判定理由については他被験者と比べてやや細かい点を指摘する傾向が見られた。

4.5 結果

実験結果を以下に示す。

表1には、全体および各真印毎に confusion matrix を示した。全体を総合した場合、正答率（判定が正しかった割合）は78%となった。真印毎の正答率に大きな差は見られなかったが、偽印を真印と誤判定した割合は、真印1系では10%なのに対し、真印2系では25%となり、差が見られた。同様に、真印を偽印と誤判定した割合は、真印1系では39%に対し、真印2系では22%となった。明瞭な順序効果は観察されなかった。

表2には、試料別の正答率を示した。いずれの系列においても、それぞれの始めの1~2個の試料の正答率が低いという傾向が見られた。そこで、最初の2個とそれ以降とで分けて集計した正答率を表中に示した。

被験者毎に集計した正答率のヒストグラムを表3に示した。正答率が並外れて高い、もしくは低い被験者は見られなかったため、特定の被験者の結果は除外せずに扱った。

4.6 考察

提案手法による印章偽造の成功率は、False Positive Rate (FPR)、すなわち偽印が与えられたときにそれを真印と誤判定した率に相当し、全体では17%という結果となった。しかし本実験条件下では False Negative Rate (FNR)、すなわち真印が与えられたときにそれを偽印と誤判定した率は30%に上ることは注意されたい。

表1 真贋判定結果の confusion matrix。各指標はそれぞれ、FPR: 偽印を真印と誤判定した率, FNR: 真印を偽印と誤判定した率, PPV: 真印と判定したときの正解率, NPV: 偽印と判定したときの正解率、を表わす。

全体											
総合			真印1→真印2				真印2→真印1				
試料	真印	判定		試料	真印	判定		試料	真印	判定	
		真印	偽印			真印	偽印			真印	偽印
		0.32	0.13			0.32	0.13			0.31	0.14
	偽印	0.09	0.46			0.10	0.45			0.08	0.47
FPR		0.17		FPR		0.19		FPR		0.15	
FNR		0.30		FNR		0.28		FNR		0.32	
PPV		0.77		PPV		0.76		PPV		0.79	
NPV		0.77		NPV		0.78		NPV		0.77	

真印1											
総合			真印1→真印2				真印2→真印1				
試料	真印	判定		試料	真印	判定		試料	真印	判定	
		真印	偽印			真印	偽印			真印	偽印
		0.24	0.16			0.23	0.17			0.25	0.15
	偽印	0.06	0.54			0.06	0.54			0.06	0.54
FPR		0.10		FPR		0.10		FPR		0.10	
FNR		0.39		FNR		0.42		FNR		0.37	
PPV		0.80		PPV		0.79		PPV		0.80	
NPV		0.77		NPV		0.76		NPV		0.79	

真印2											
総合			真印1→真印2				真印2→真印1				
試料	真印	判定		試料	真印	判定		試料	真印	判定	
		真印	偽印			真印	偽印			真印	偽印
		0.39	0.11			0.42	0.08			0.36	0.14
	偽印	0.12	0.38			0.15	0.35			0.10	0.40
FPR		0.25		FPR		0.29		FPR		0.20	
FNR		0.22		FNR		0.17		FNR		0.28	
PPV		0.76		PPV		0.74		PPV		0.78	
NPV		0.77		NPV		0.81		NPV		0.74	

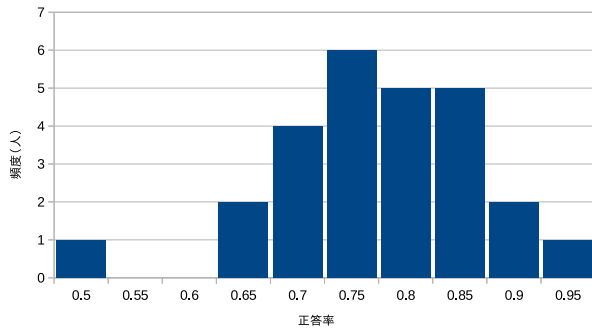
また、各課題における最初の試料の正答率の低さは注目を要する。真印1系では最初の2個の正答率は35%、真印2系では67%であった。真印1系においては、最初の2個の試料はいずれも真印であったにも関わらず、65%の被験者がこれを偽印によるものと回答した。先に真印2系の真贋判定を行った後に真印1系の判定を行った被験者群では正答率は46%であるのに対し、逆の被験者群では23%に正答率が低下している。ここから推測されるのは、まだ真贋判定のポイントが掴みきれておらず、不慣れであることも手伝って、印影に少しでも不鮮明な箇所があるとそれを偽印の特徴と見誤って、偽印と回答した可能性である。回答された真贋判定理由を見ると「線が太すぎる」「字画の一部が不鮮明」といった理由が挙げられていた。また、真印1系から始めた群では「はっきりしすぎている」「輪郭が綺麗すぎる」といった理由が挙げられており、偽印の存在を意識しすぎている傾向が見られる。

一方で、最初の2個を除いた場合の正答率は、真印1系では89%、真印2系では79%となっており、全員が印章照合の経験を持ち合わせていないことを考えれば低いとはい

表 2 真贋判定結果の試料別正答率。

系列	真印1										真印2									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
試料番号																				
真印/偽印種類	○	○	a	○	a	b	○	b	a	b	○				○		○		○	○
1→2 正答率	0.23	0.15	0.77	0.92	0.92	0.85	1.00	0.92	0.92	1.00	0.31	0.92	0.85	0.77	0.85	0.85	1.00	0.77	0.62	0.77
2→1 正答率	0.46	0.54	0.92	0.92	0.92	0.77	0.62	0.92	1.00	0.85	0.69	0.77	0.92	0.69	0.62	0.92	0.77	0.77	0.85	0.62
総正答率	0.35	0.35	0.85	0.92	0.92	0.81	0.81	0.92	0.96	0.92	0.50	0.85	0.88	0.73	0.73	0.88	0.88	0.77	0.73	0.69
系列毎正答率	0.78										0.77									
総正答率	0.77																			
A-B正答率と C-J正答率	0.35		0.89						0.67		0.79									

表 3 被験者毎の正答率のヒストグラム。



えない率である。これは、真印と偽印の印影を観察したことで、注目すべき特徴を被験者が学習したことによるものであろうと考えられる。実際、真印1系では最初の2個は連続して真印であり、どちらも正答率は低かったが、真印2系では最初の1個が偽印で次が真印であった。偽印の特徴を学ぶことで、2個目の試料についてその真贋判定の際に見分けるポイントがすぐに判明したのではないかと考えられる。真贋判定理由を見ると、真印2-Aの試料(偽印)に対してそれを「真印」と判断した理由として「違いが見当たらない」といったものがほとんどだったが、真印2-Cの試料(偽印)に対して「偽印」と判断した理由は隙間の空き具合や字画の細かい形状の違いなどに細かく言及したものが多くある。

FNRに着目すると、真印1系は真印2系と比べて高く、また反対にFPRは、真印1系は真印2系と比べると低い。これは真印1系の印影の最初の2個が真印のものであり、それらが偽印のものと誤判定される率が高かったことが影響したものと考えられ、真印1と真印2との間での本質的な差は明らかにならなかった。

また、真贋判定理由として多くの被験者が、線の太さ/細さを挙げている。たしかに偽印の印面の字画が真印のそれと精密に一致しているわけではないが、印影の線の太さは捺印時の押下圧力に強く依存するため、真贋判定に適した特徴とは言い難い。

5. 議論

実験結果より、提案した手法で作成した偽造印章は、その印影が見慣れたものでない限りにおいては、経験を積ん

でいない者にとって正しく真贋を判定することは困難であるという結論を導くことができる。また同時に、真印・偽印の両方の印影を見た後ではその見分け方を獲得し、真贋判定の正答率は向上することも明らかになった。印章照合の訓練を積んだ者であれば正答率はより高くなるだろう。

一方で注意したいのは、この結果は「偽造された印章による印影が混在している」ということが事前に伝えられた上でのものであるということである。実際、FNRは本実験条件下では30%となったが、日常的にこの率で真印を偽印と誤判定することは業務に支障をきたす水準である。

この結果を実際の業務場面に適用して議論したい。日常的には捺印された文書を確認する際にそれが偽印によるものであることを前提とすることはあまりなく、また印章照合を日常的に行うような場面であったとしてもその業務の大半は真印の印影を対象としたものであり、偽印の印影を目にする機会はほとんどないことを考え合わせると、実際に偽印を使用した場合にそれが偽印であると正しく指摘できる可能性は評価実験の結果に示されるほど高くはないことが予想される。故に、利用可能な技術を組み合わせ作成した偽造印章はすでに十分に通用する可能性が高い。また、利用可能な造形手法や画像処理手段がより高精度になるにつれ、この可能性はさらに高まることは言うまでもない。

印面データの作成で実施した画像処理については、今回は原始的なモルフォロジー変換を用いたが、より高度な手法で偽造に役立つものは他にも考えられる。印影画像からの印面復元はつまりはノイズを加えた画像から元画像を復元する処理に他ならず、様々な手法が知られている。例えばニューラルネットワークを利用した画像復元技術[5]や超解像技術[1]など、機械学習技術を応用したものは、印影画像に特化した学習を行うことでより高精度に印面を復元できるかもしれない。

今回の実験では目視による印章照合のみ取り扱ったが、コンピュータを用いた印章照合システムはすでに広く実用化されており、それらを対象とした真贋判定実験は今後の課題である。しかしながら原理的にはいずれは真印とほとんど変わらない偽印が作成可能であることはまず間違いのないところであろう。

そうした限界を突破する手法として、真印の印影のみを元に照合するのではなく、印面の三次元形状をあわせて

データ化し、それを元に照合することで、捺印条件が変化しても照合を可能にする手法が堀内らによって提案されている [6]。印影のみから印章を偽造する提案手法はこうした照合手法を応用することで正しく判定することができる可能性がある。

しかし、真印の印面の立体形状を高精度にスキャンする機会があれば、やはり三次元加工機を用いて偽造印章を作成できる可能性は十分にあると考えられる。高精度に立体形状をスキャンするのは現状技術では時間がかかるが、印面の写真から立体形状を推測することは、特に大量生産品の場合はその加工形状は画一的であることから、それほど難しくないことが予想される。

印面とスキャン面との接触形状をスキャンすることで、印影を残さずに印章照合する手法が山下らによって開発されている [2]。印影が書面に残されないため、印面偽造の機会を低減させることが期待できる。ただしスキャン面にわずかに残った印面の痕跡については注意を払う必要があるかもしれない。

6. 結論

本研究では、紙面に捺印された印影画像から偽造した印章について、偽造が見破られる割合を調査した。印章照合の経験を持たない大学生を対象とした調査では、False Positive Rate は 17% という結果が得られた。しかしながら諸条件を緩和することでこの率はもっと高くなることが示唆された。

結論として、画像処理技術や加工機の精度がさらに高度化するに従って、印章を用いた認証は今後その機能を果たせなくなっていくことは間違いない。重要な書類を対象としたものだけでなく、日常的に使用されるありとあらゆる印章が、手軽に偽造可能となることを意味している。加工速度が向上すれば、印影を撮影して瞬時に偽造印章を作成することすら可能になると言えるだろう。

紙の文書に対して認証が必要な場面において有効な手段を考案する必要がある。

参考文献

- [1] Dong, C., Loy, C. C., He, K. and Tang, X.: Image Super-Resolution Using Deep Convolutional Networks, *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 38, No. 2, pp. 295–307 (2015).
- [2] 山下宏之：印鑑の印影を、紙を使わずに直接データ化する：「押印」もペーパーレスで行えるシステムを実現，自動認識， Vol. 29, No. 2, pp. 52–54 (2016).
- [3] 長嶋 修：積水ハウスまで騙された地面師暗躍の実態：3D プリンタで実印すら完全偽造される時代に，<http://toyokeizai.net/articles/-/183621>.
- [4] 庄司 彰，片岡 紘，松沢欽哉：加圧熱収縮超微小プラスチック歯車に関する基礎的研究：第 1 報，加工原理と精度，日本機械学会論文集 C 編， Vol. 57, No. 538, pp. 2132–2137 (1991).

- [5] 瀬戸篤志，大塚和弘，石井六哉：ニューラルネットワークを用いた劣化画像の復元法，電子情報通信学会論文誌. D-2, Vol. 80, No. 5, pp. 1276–1285 (1997).
- [6] 堀内隆彦，山口真樹：登録印鑑の 3 次元形状を利用した自動印鑑照合，電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol. J82-D-II, No. 11, pp. 2000–2007 (1999).