

印刷画像の原本性証明に関する研究

日大生産工（院） ○ 栗田 兼太郎
日大生産工 伊藤 浩

1 まえがき

近年、紙幣だけでなく、株主優待券や処方箋、クーポン券を偽造する事件が発生している。

偽造、複写を防ぐ技術としてコピー予防用紙、RF タグなどがある。コピー予防用紙は、この用紙で印刷した文書をコピー機で複製すると、用紙に「COPY」などの文字が浮き出てくるものである。RF タグは、非接触 IC チップを使った記憶媒体とアンテナを埋め込んだプレートで、衣類や電化製品などの商品に取り付けて使用する。RF タグには取り付けた商品の商品情報などが書き込まれている。専用のリーダーで読み取る。

これらは、原本性を証明する方法として使われているが、以下の問題がある。コピー予防用紙は、コピー機でコピーはできないが、スキャナでパソコンに取り込んで編集を行うことで複製ができる。RF タグは、金属が近くにあると誤作動を起こしたり、電波が短い距離しか届かない、コストが高いなどの欠点がある。

本研究は原本と複写に本来存在している違いを直接比較することで、上記の欠点を解決する方法を提案する。

2 認証システム

クーポン券や商品券、有価証券などに原本特徴を暗号化してバーコードなどで埋め込み、認証時にそれを復号して原本の特徴と比べることで不正な複写、偽造を防止できる。暗号化する鍵が分からなければ埋め込みを複製できない。以下に具体的な処理の流れを示す。

原本の生成

- ① 原本を識別できる特徴を取り出す。
- ② 取り出した特徴を秘密鍵で暗号化する。
- ③ それをバーコードなどで原本に埋め込む。

認証

- ④ 埋め込んだ暗号を取り出して公開鍵で復号する。
- ⑤ 復号した情報を使い原本の特徴と比較する。
- ⑥ 相関が高ければ原本、低ければ複写と判断する。

3 原本と複写の識別

図 1 に書類の拡大画像を示した。左は原本、右はコピー機で複製した複写である。2 枚の画像を比較する。原本と複写では異なっている部分として印刷時のインクののにじみによる輪郭の凹凸、紙の繊維があげられる。しかし、紙の繊維を使って比較するのは MFI 処理 [2] をする手間がかかる。そこで印刷によるインクののにじみによる凹凸を使って原本と複写を識別することを検討する。

図 1 の原本、複写ともに背景の部分はどちらも白色で、文字の部分はどちらも黒色である。背景の部分、文字の部分ともにインクの濃淡や照明によって多少変化するが、大きな変化ではない。つまり色が同じなので原本でなくても一致してしまう。文字と背景の境界に注目すると、文字の印刷ののにじみの違いによる凹凸は原本と複写で異なる。このため、他の箇所より変化が大きくなり、原本と複写の特徴がよく出ると考える。この境界、エッジが原本と複写の識別に使えるか検討した。

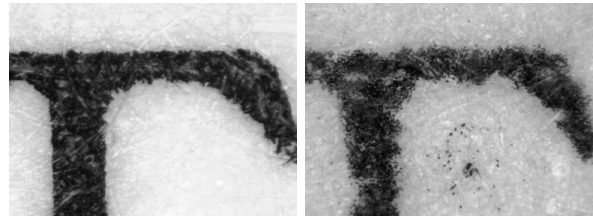


図 1: 書類の拡大画像 左：原本、右：複写

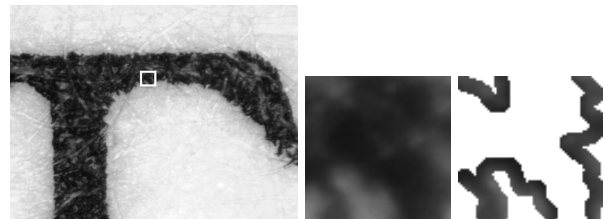


図 2: 左：原本のトリミング位置、中央：検索範囲限定テンプレート、右：エッジ限定検索テンプレート

まず §2 で述べたとおり、埋め込む原本の特徴を取り出す。これは原本をトリミングして取り出した。これをテンプレートとする。図 2 の左は原本のトリミ

ング位置を示した画像である。白で囲った部分がトリミング位置である。中央に示した矩形領域全体を含むテンプレートをテンプレート A とする。右はテンプレートのエッジ以外の部分を白で塗りつぶした図である。塗りつぶした部分を除くエッジだけの部分を取り出したテンプレートをテンプレート B とする。

図 3 はテンプレートを複写画像のトリミング箇所周辺から検索した場合に、相関係数 0.5 以上 0.95 未満となる場所の分布を白点で示した。相関係数は以下のように求められる。

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

ただし、 $\bar{x}$ 、 $\bar{y}$ はそれぞれのデータの平均である [1]。薄暗く着色してあるのは検索範囲である。図 3 の検索範囲は画像をスキャンする際に発生するズレを考慮して決定した。トリミング箇所周辺において相関係数 0.5 以上 0.95 未満の点が多ければ原本の可能性高くなり、逆に少なければ複写の可能性が高くなる。テンプレート A の場合は、相関係数 0.5 以上 0.95 未満の点が多くあり、原本の可能性が高いことがわかる。テンプレート B の場合は相関係数 0.5 以上 0.95 未満の点はなく複写画像の可能性が高くなる。テンプレート A を利用した場合よりもテンプレート B を利用した方が、トリミング箇所においての原本画像との相関係数の差が大きくなり、原本と複写を識別できる可能性が高いとわかった。

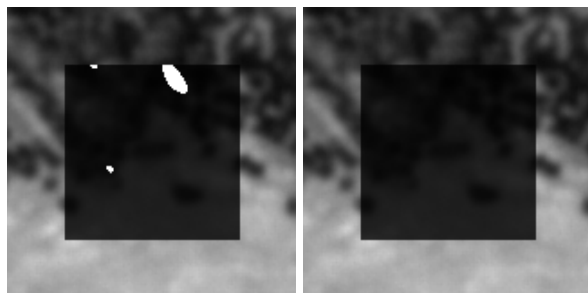


図 3: 複写画像から検索 左: テンプレート A、右: テンプレート B

4 異なる条件下での原本の識別

§3 でテンプレート B が有効だとわかった。そこで、この同じテンプレート B を使って異なる条件下でも原本を識別できるか検討した。原本は常に同じ条件で撮影されるとは限らない。撮影する器具が変われば抽出した特徴に変化が生じる。また、照明条件を完全に統一することも困難である。そこで照明の明るさを変えても原本を識別できるか検討した。図 4 の左が明るい場合、右が暗い場合の原本である。

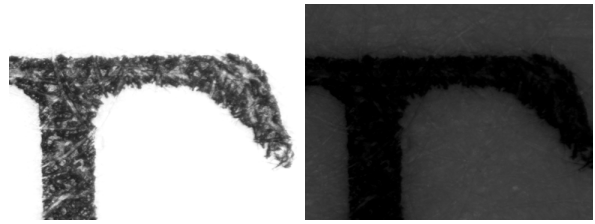


図 4: 原本の拡大画像 左: 明るい、右: 暗い

図 5 に相関係数 0.95 以上の値の分布を白点で示した。薄暗く着色してあるのは検索範囲である。図 5 を比較すると、明るさが暗い場合でも明るい場合であっても、相関係数 0.95 以上の白点ただ一か所見つかる。明るさを変えた場合であっても、原本で自分自身を検索した場合の相関係数はほとんど下がらず、原本を識別できた。原本を作成した条件が異なってもテンプレート B が有効であるとわかった。

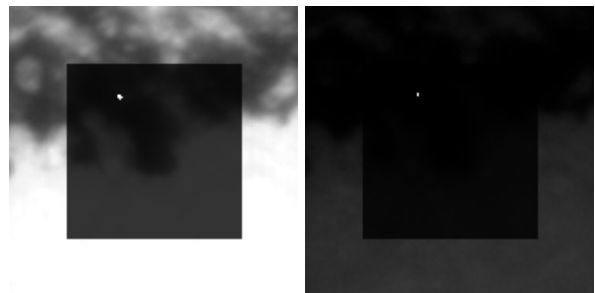


図 5: テンプレート B を利用した検索 左: 明るい、右: 暗い

5 まとめ

本研究では印刷画像におけるテンプレートを利用した原本と複写の識別を検討した。テンプレートの矩形領域全体を含むテンプレートを使用するよりも、エッジ部分だけを取り出したテンプレートを使用する方が、原本と複写を正確に識別できる可能性が高いことがわかった。また明るさを変えてもエッジ部分だけを取り出したテンプレートは有効であるとわかった。今後は原本と複写を識別する相関係数の閾値の検討と検索範囲の閾値の検討を行う予定である。

参考文献

- [1] 田村秀行: コンピュータ画像処理, オーム社, pp.251-255 (2002)
- [2] 早川俊: 印刷画像の認証に関する研究, 日大生産工, 平成 21 年度卒業研究 (2010)
- [3] 石田雄基: 印刷画像の認証に関する基礎検討, 日大生産工, 平成 21 年度卒業研究 (2010)