

# BiometricJammer: ユーザの利便性を考慮した指紋の盗撮防止手法

大金 建夫<sup>†1</sup> 越前 功<sup>†1</sup>

**概要:** 撮像素子の高画素化により、数千万画素の解像度を持つデジタルカメラが広く普及している。それに伴い、従来接触式の指紋センサーでしか読み取れなかった指紋情報を、デジタルカメラを使って遠隔から窃取し、不正ログインやなりすましなどに悪用される危険性が指摘されている。本論文は、接触式の指紋センサーには正常に反応しつつ、撮影された写真から指紋の復元を不可能にする盗撮防止手法を提案する。提案手法を実装した装着具 (BiometricJammer) は、装着したまま正当な指紋認証が可能であるなどユーザの利便性を確保しつつ、盗撮による生体情報の不正な取得を効果的に防止できることを検証した。

**キーワード:** 生体情報, 指紋認証, 盗撮防止

## BiometricJammer: Method to Prevent Unauthorized Capturing of Fingerprint in Consideration of User-friendliness

Tateo Ogane<sup>†1</sup> Isao Echizen<sup>†1</sup>

**Abstract:** Advances in high-resolution image sensors has increased the risk of spoofing through unauthorized capturing of fingerprint with digital cameras. We propose a method for preventing capturing of fingerprint by being photographed without causing users' discomfort in use of their fingerprint reader. Testing of our prototype "BiometricJammer" showed that it can effectively prevent unauthorized capturing fingerprint by corrupting the fingerprint images, while maintaining user-friendliness to use legitimate fingerprint readers.

**Keywords:** Biometric information, Fingerprint authentication, Preventing unauthorized capturing

### 1. はじめに

現代において指紋認証は、入退室管理やコンピュータのログインといった機密情報へのアクセス以外にも、集合住宅のオートロックなど多くの場所で個人認証手段として広く採用されている。その一方で、数千万画素の解像度を持つデジタルカメラが広く普及し、従来接触式の指紋センサーでしか読み取れなかった指紋情報を、遠隔から撮影し窃取される可能性が懸念されている。2014年には、ドイツのハッカー集団が、市販のデジタルカメラを使って政治家の指を遠隔から撮影し、指紋の取得に成功したという発表を行っている[1]。指紋データが他人の手に渡ると、そこから偽の指紋を作成することにより、指紋認証システムをくぐり抜けることが可能になる[2][3]。指紋は生体固有の情報であるため、パスワードのように頻繁に変更することができず、ひとたびそれが盗まれると、長期間にわたって被害が続く恐れがある。

意図せず指紋情報を撮影されることへの簡単な対策としては、手袋を装着することが挙げられる。しかし、その場合は正当な指紋認証を行うたびに手袋を外さなければならず、ユーザの利便性を損なう。そこで筆者らは、ユーザの

利便性を確保しつつ、盗撮による指紋情報の不正な取得を防止する盗撮防止手法を提案する。また、提案手法を指への装着具「BiometricJammer」として実装し、評価実験を通じてその有効性を示す。以下2章では指紋認証の原理について解説し、3章で撮影された指紋画像から指紋データの取得を防止する手法について検討する。それに基づいて4章で装着具の実装を行い、5章でその有効性を評価する。

### 2. 指紋認証の原理

本章では、提案手法の前提となる指紋認証手法について解説し、写真から不正に取得した指紋がいかにして認証可能になるかについて述べる。

#### 2.1 指紋データの取得

現在広く使われている指紋センサーの原理[4]を図1に示す。静電容量方式の指紋センサー(図1(a))は、接触面と皮膚の間の距離に応じて変化する電位差を測定し、ピクセルの輝度にマッピングする。一方、光学方式の指紋センサー(図1(b))は、プリズムを使って接触面における反射光を捉え、ピクセルの輝度にマッピングする。輝度の分布はいずれの場合も指紋の隆線で最小、溝で最大となるため、二値化に近い高コントラストで指紋の微細な凹凸をマッピングすることができる(図2)。

<sup>†1</sup> 国立情報学研究所  
National Institute of Informatics

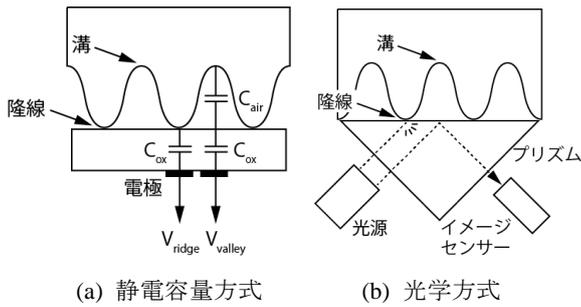


図1 指紋センサーの原理

Figure 1 Principles of fingerprint sensors



図2 指紋センサーで取得された画像の例  
Figure 2 Images obtained with fingerprint sensors

## 2.2 特徴点の抽出およびマッチング

取得された指紋画像から指紋を認識する段階で主流となっている手法は、マニューシャ・マッチング方式[5]である(図3)。これは、指紋画像から特徴点(マニューシャ)を検出し、その配置を比較することによって同一性の判定を行う。特徴点としては隆線の端点および分岐が利用される。

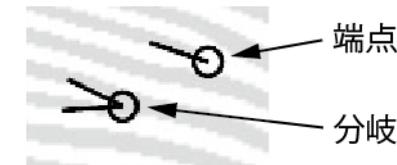
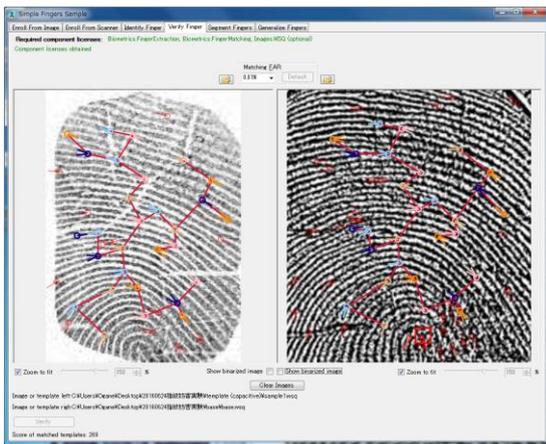


図3 マニューシャ・マッチング方式  
Figure 3 Minutiae based matching

指紋画像にはノイズが多く含まれているため、特徴点の検出に先立って画像の強調処理を行う[6]。抽出された特徴点は、 $x, y$  座標および方向  $t$  を用いて

$$p = \{x, y, t\}$$

と表され、特徴点のリスト(指紋テンプレート)に保存される[7]。指紋のマッチングは、これらの点群間のパターンマッチング問題とみなすことができる。

## 2.3 撮影された指紋画像からの指紋の取得

デジタルカメラで撮影した指紋画像は、環境光によって指紋の微細な凹凸が作り出す陰影を光学センサーでサンプリングした結果にすぎない(図4(a))。これは指紋データの取得という観点では、接触式の指紋センサーと比較して以下の点で異なっている。

- (1) 環境光の向きや明るさによって陰影の方向が変化し、隆線と溝とのコントラストが局所的にまちまちである。
- (2) 丸く膨らんだ形状を任意の方向から撮影するため、形状のアラインメントが困難である。
- (3) 指表面の汚れや汗、また血流による色の変化で色ムラが発生しやすい。
- (4) カメラのピント合わせの問題、および被写体との間に介在するゴミなどによってディテールが失われやすい。



(a) 撮影画像 (b) 適応的閾値処理後

図4 適応的閾値処理

Figure 4 Adaptive thresholding

このような違いにより、撮影された指紋画像から直接指紋を復元することは不可能であるが、適応的閾値処理などの画像処理を施すことによって、上記の欠点を克服することが可能である(図4(b))。適応的閾値処理によって、あるピクセル  $(x, y)$  の閾値  $d(x, y)$  は、画素  $I(x, y)$  の局所領域  $D$  における平均として

$$d(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{x, y \in D} I(x, y)$$

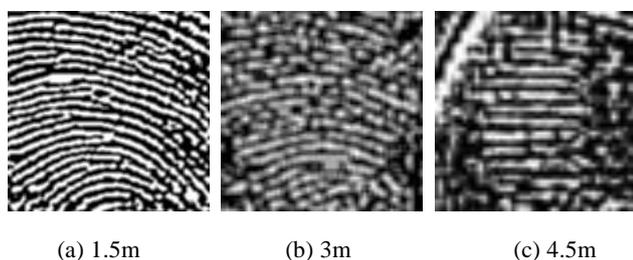
と表すことができる。局所領域のサイズを指紋の隆線間隔に近い値に設定することにより、環境光による大域的な陰影の変化および隆線間隔以下の微小なノイズを効果的に除去することができる。

このようにして得られた画像は、指紋の隆線を区別できる解像度があれば、特徴点を検出するのに十分な品質を持つと予想できる。そこで市販のデジタルカメラ(Canon EOS 70D, 2040万ピクセル, 標準ズーム, 焦点距離135mm)を用いて、撮影された画像から指紋検出可能な距離の見積も

りを行った。その手順を以下に示す。

- (1) 1m の距離で撮影した指紋画像を使い、指の幅の画素数および隆線間隔の画素数を計測する。隆線間隔の計測方法については、湾曲領域を使った隆線周波数推定法を用い[8]、任意の 10 点で計測した隆線間隔からその最頻値を採用した。
- (2) 1.5m から 6m まで、0.5m 間隔で撮影した画像の指の幅の画素数を計測し、最初の画像の指の幅の画素数との比率から、隆線間隔の見積もりを与える。

撮影画像（適応的閾値処理後）のサンプルを図 5 に、撮影距離に対する隆線間隔の見積もり結果を表 1 に示す。2本の隆線は、隆線間隔が水平または垂直な場合は 2 ピクセル、斜め 45 度の場合は  $2\sqrt{2}(=2.82)$  ピクセルあれば区別できるので、このカメラの場合は、約 5m 以下の距離であれば撮影画像から指紋を検出される可能性があるといえる。



(a) 1.5m (b) 3m (c) 4.5m

図 5 撮影距離別の指紋画像

Figure 5 Fingerprint images by the shooting distance

表 1 撮影距離別の隆線間隔の見積もり

Table 1 Ridge interval estimation by the shooting distance

距離 (m)	指の幅 (ピクセル)	隆線間隔 (ピクセル)
1	591	11.8
1.5	426	8.5
2	326	6.5
2.5	275	5.5
3	229	4.5
3.5	200	4.0
4	177	3.5
4.5	153	3.0
5	141	2.8
5.5	129	2.5
6	121	2.4

Canon EOS 70D, 2040 万ピクセル, 標準ズーム, 焦点距離 135mm で撮影。

### 3. 提案手法

前章で説明した指紋認証の原理を踏まえ、ユーザの利便性を確保しつつ、盗撮による指紋情報の不正な取得を防止する盗撮防止手法を提案する。提案する手法は、以下の相

反する 2 つの要件を満たさなければならない。

- (1) 接触式の指紋センサーによる指紋認識が可能であること。これに付随して、タッチスクリーンの正常な使用が可能であること。
- (2) 撮影された写真、および任意の画像処理を施した写真からの指紋データの取得が不可能であること。

基本的なアイディアは、指先の表面にノイズとなるようなパターンを重畳し、指紋センサーに対する透過性を確保しながら、画像処理による指紋パターンの抽出を失敗させることである。

#### 3.1 指紋センサーに対する透過性

指先の表面にパターンを重畳すると、指紋センサーの接触面と指の間に薄膜を介することになる。この薄膜の存在によって、指紋センサーによる隆線と溝の判定を妨げることがあってはならない。

静電容量方式の指紋センサーは、指と電極との間の静電容量の違いを検知する (図 1 (a))。薄膜の材料として考えられるゴム、プラスチック、シリコンといった素材は 2.0 ~ 5.0 程度の比誘電率を持つ[9]。一方空気の比誘電率は約 1.0 であり、検出画素が空気を介する場合 (溝) とそうでない場合 (隆線) との間で静電容量の違いが明確であるため、隆線と溝の区別を妨げることはない。

光学方式の指紋センサーは、接触部分と空気層の散乱特性の違いを検知する (図 1 (b))。光源からの光はプリズムと空気層との境界で全反射し、隆線では皮膚内部に入射するため全方向に散乱してごくわずかな光量しか検出されない[10]。光源に主として高輝度の LED を使うため、薄膜を透過し、隆線と溝の区別を妨げることはない。

#### 3.2 ノイズ効果の考察

指紋画像にドットパターンを重畳し、適応的閾値処理を施した結果を図 6 に示す。このフィルタは一種のエッジ検出器として機能し、画像のコントラストのギャップを強調する。このノイズが特徴点の検出に与える影響は以下の 3 点である。



(a) ドットが皮膚より暗い (b) 同程度の明るさ (c) ドットが皮膚より明るい

図 6 指紋画像に対するノイズの効果

Figure 6 Noise effect against fingerprint images

- (1) 偽の特徴点の発生。ドットが皮膚より暗い場合 (図 6 (a)) またはドットが皮膚より明るい場合 (図 6 (c)) には、ドットの外側に白黒のリングが発生する。前者の場合

は外側の明るいリングが指紋の隆線を分断し、後者の場合は外側の暗いリングが指紋の隆線に接続する。その結果、本来の隆線に余分な端点および分岐が追加され、偽の特徴点が数多く発生する。

(2) **本来の特徴点の消失**. ドットの周囲に特徴点がある場合、隆線が前述の2つのリングに分断または接続されるため、正しい接続を予想することができず、本来の特徴点を検出することができなくなる。発生するリングのサイズはフィルタの影響範囲と考えられるので、フィルタのカーネルサイズを  $k$  とすると、リングの太さは  $k\sqrt{2}/2$  と見積もることができる。

(3) **特徴点の隠蔽**. ドットと皮膚が同程度の明るさの場合 (図 6 (b)), コントラストがないので他の2例のようなリングは発生せず、先の2例のような効果を期待できない。この場合はドットによって特徴点を隠蔽する効果しかないので、ノイズ効果としては非常に限定的である。

### 3.3 サイズ要件

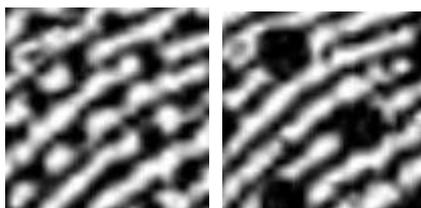
指紋検出に対するドットサイズの影響を図7に示す。ドットが1本の隆線に乗っている場合は、他の隆線とは離れているため、特徴点の検出には何の影響も与えない (図7 (a)). ドットが2本以上の隆線に乗っている場合、隆線の接続に曖昧さが発生するので、特徴点の検出に対する積極的な妨害効果が期待できる (図7 (b)). よってドット半径を  $r$ , 隆線間隔を  $h$  とすると、

$$2r > 2h$$

すなわち

$$r > h$$

であることが必要である。



(a) 1本の隆線に乗っている場合 (b) 2本の隆線に乗っている場合

図7 ドットサイズの影響

Figure 7 Effect of dot size

### 3.4 密度要件

指紋検出に対するドット配列の影響を図8に示す。ドット半径よりも広い領域にノイズの効果が及ぶのは先に見たとおりである。マニューシャ・マッチング方式では一部の特徴点だけでも正確にマッチさせることができるので、画像全体にわたってノイズの影響が及ぶ必要がある。

ドット半径を  $r$ , フィルタのカーネルサイズを  $k$ , ドットの間隔を  $d$  とすると、ノイズの影響半径は  $r + k\sqrt{2}/2$  である

から、

$$r + \frac{k\sqrt{2}}{2} > \frac{d}{2}$$

すなわち

$$r > \frac{d}{2} - \frac{k\sqrt{2}}{2}$$

であることが必要である。

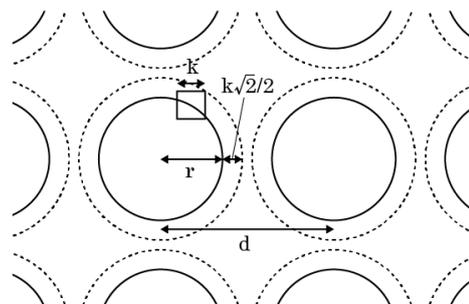


図8 ドット配列の影響

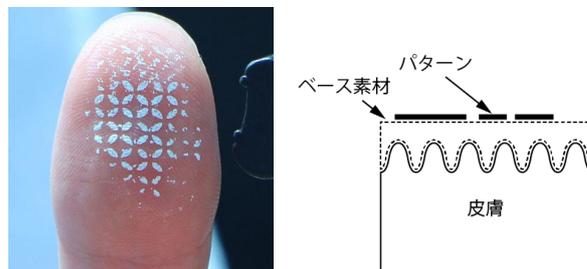
Figure 8 Effect of dot arrangement

## 4. 実装

前章の検討に基づき、筆者らは提案手法を指への装着具「BiometricJammer」として実装した。実装した装着具は、前章に挙げた2つの要件, (1)接触式の指紋センサーによる指紋認識が可能であり, (2)撮影された写真および任意の画像処理を施した写真からの指紋データの取得が不可能である, の双方を満たすように設計された。以下に実装したプロトタイプの詳細について述べる。

### 4.1 プロトタイプの概要

今回製作したプロトタイプの概要を図9に示す。その構成は、指表面に塗布する透明なベース層およびその上に印刷される不透明なパターンからなる。前者は皮膚に密着して指紋の凹凸を均し、後者は指紋のディテールを覆い隠すことにより特徴点の検出を妨害する。素材については、水溶性のアクリル樹脂およびアクリル塗料を採用した。



(a) 外観

(b) 構成図

図9 BiometricJammer の概要

Figure 9 Overview of BiometricJammer

### 4.2 技術要件

冒頭に挙げた2つの要件はトレードオフの関係にあるため、単純なシールやペイントではその片方しか実現できな

い。プロトタイプの見直し過程で明らかになった詳細な技術要件を以下に述べる。

- (1) ベース層は指紋の隆線と溝の凹凸を均し、その上に印刷するパターンを平坦にするため必要不可欠である。指紋の表面に直接パターンを塗布した場合、指紋の溝にインクが染み込み、逆に指紋を強調する結果となってしまう (図 10)。

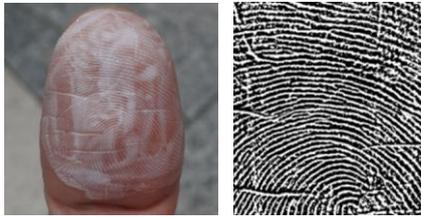


図 10 指紋表面にパターンを直接塗布した結果  
Figure 10 Result of direct painting on the fingerprint

- (2) ベース層は指表面に密着しなければならない。指との間に隙間や気泡が発生すると、指紋のその部分は指紋センサーの接触面に触れないため、読み取った画像に欠落が生じる。単純なシールで実現が難しいのはこのためである (図 11)。

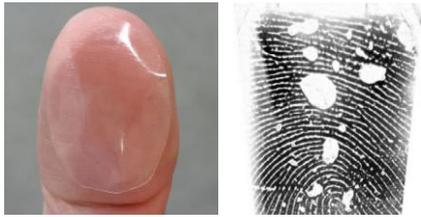


図 11 シール素材の指紋センサーに対する影響  
Figure 11 Influence of sticker material to the fingerprint sensors

- (3) ベース層の厚さは、指紋センサーの認識率と写真に対する妨害効果とのトレードオフの関係に影響する。ベース層が厚すぎる場合は、静電容量式の指紋センサーでは像がぼやけて細部が潰れてくる (図 12 (a))。光学式の指紋センサーでは気泡のような欠落が発生する (図 12 (b))。これに対し、ベース層が薄すぎる場合は、指紋の凹凸を完全に均すことができず、パターンに陰影を発生させる可能性がある。



(a) 静電容量式



(b) 光学式

図 12 膜厚の指紋センサーに対する影響

Figure 12 Influence of thickness of base material to the fingerprint sensors

- (4) 印刷されるパターンは、撮影された写真だけでなく、それを使ったあらゆる画像操作に対しても耐性があるものなければならない。3章で見たように、指紋認識に対するノイズの効果が最小になるのは、パターンの明るさが皮膚の色と同じ場合である。ここから予想されるノイズキャンセル手法の1つを図 13 に示す。図 13 (a) は撮影された指紋画像を白のパターンで塗りつぶし、図 13 (b) は同じく皮膚に近い色で塗りつぶした結果である。後者ではパターンのエッジが明らかに弱くなり、一部ではパターン自体も消失していることが分かる。



(a) 白で塗りつぶし



(b) 皮膚に近い色で塗りつぶし

図 13 塗りつぶし色の影響

Figure 13 Influence of painting colors

### 4.3 パターンの検討

表面に印刷するパターンの設計は、それが特徴点の検出に直接与える影響だけでなく、前節で検討したように任意の画像操作に耐性があるように設計しなければならないという点においても本質的に重要である。そこで、可変サイズのドットパターンを指紋画像に重畳し、指紋センサーによるテンプレートとのマッチングを行うというシミュレー

シヨンによって、最適なパターン密度の検討を行った。

作成したサンプルパターンを図 14 に示す。ドット密度を 10 線, 20 線, 40 線 (1 インチあたりのドット数) とし, パターンの被覆率が 20%, 40%, 60% となるようにドットサイズを調節した。また, 同一のパターンに対して 3 種類の塗りつぶし方法を設定し, それぞれ(a)明るいグレーで塗りつぶし, (b)皮膚の色平均色で塗りつぶし, (c)ドット周囲の色で塗りつぶし (インペイント) として, マッチスコアの違いを比較した。(b)(c)については前述のノイズキャンセル手法を念頭に置いたものである。



(a) 明るいグレーで塗りつぶし



(b) 皮膚の平均色で塗りつぶし



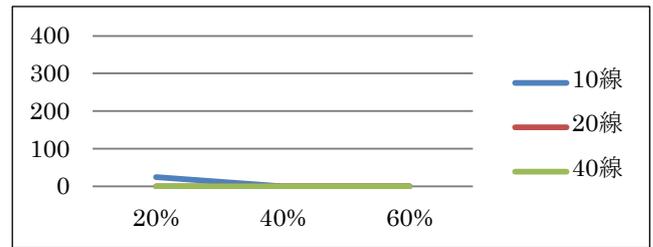
(c) 周囲の色で塗りつぶし (インペイント)

図 14 パターン検討用サンプル

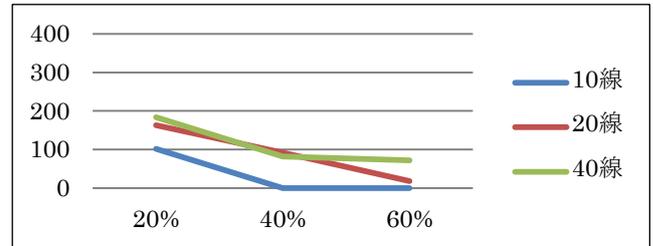
Figure 14 Samples for designing paint patterns

マッチングには商用の指紋認識ソフトウェア VeriFinger[11]を使用する。あらかじめ指紋センサーで取得したテンプレート画像とのマッチングを行い, マッチスコア 48 以上を一致とみなす。この数値は FAR0.01% で同一の指紋と判定される基準である。特徴点の抽出に失敗した場合は, マッチスコアをゼロとする。

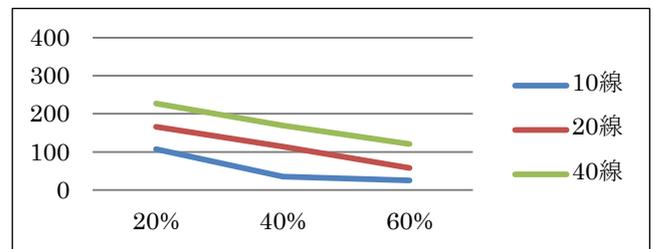
サンプルパターンのマッチング結果を図 15 に示す。明るいグレーについてはすべてのケースで効果的に妨害できているが, ノイズキャンセルを行った場合は妨害に失敗するケースが多くなる。被覆率が低いとほとんどのケースで妨害が失敗し, また同じ被覆率でも線数が多い (すなわちドットサイズが小さい) ものほど妨害効果が低い。この結果から, 被覆率 60% 以上かつドットサイズが大きいパターンが必須であるといえる。



(a) 明るいグレーで塗りつぶし



(b) 皮膚の平均色で塗りつぶし



(c) 周囲の色で塗りつぶし (インペイント)

図 15 サンプルパターンのマッチング結果

Figure 15 Matching result of sample patterns

続いて, これらのサンプルパターンについて, 3 章で検討したサイズ要件および密度要件の判定を行った。撮影距離を 1m とし, 表 1 から隆線間隔  $h = 10.0$  (ピクセル) を, そこからカーネルサイズ  $k = 11$  (ピクセル) を得た。サイズ要件の判定結果を表 3 に, 密度要件の判定結果を表 4 に示す。2つの要件を同時に満たすドットパターンは, 10 線 40%, 10 線 60%, 20 線 60% の 3 種類である。これは図 15 のマッチング結果とおおむね一致している。

表 3 サイズ要件の判定結果

Table 3 Decision result of size requirement

パターン	r	h	$r > h$
10 線 20%	12.615	10.0	True
10 線 40%	17.841	10.0	True
10 線 60%	21.850	10.0	True
20 線 20%	6.307	10.0	False
20 線 40%	8.920	10.0	False
20 線 60%	10.925	10.0	True
40 線 20%	3.153	10.0	False
40 線 40%	4.460	10.0	False
40 線 60%	5.462	10.0	False

表 4 密度要件の判定結果

Table 4 Decision result of density requirement

パターン	r	$\frac{d}{2} - \frac{k\sqrt{2}}{2}$	$r > \frac{d}{2} - \frac{k\sqrt{2}}{2}$
10線 20%	12.615	17.222	False
10線 40%	17.841	17.222	True
10線 60%	21.850	17.222	True
20線 20%	6.307	4.722	True
20線 40%	8.920	4.722	True
20線 60%	10.925	4.722	True
40線 20%	3.153	-1.528	True
40線 40%	4.460	-1.528	True
40線 60%	5.462	-1.528	True

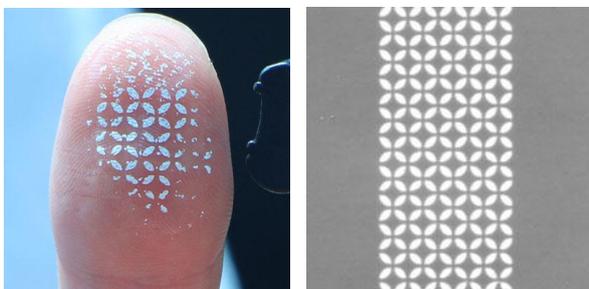
## 5. 評価

### 5.1 撮影画像からのマッチング

前章の検討に基づいて BiometricJammer のプロトタイプを作成し、4人の被験者に対してその有効性を評価した。評価に使用したプロトタイプを図16に、評価環境を表5に示す。評価手順は以下のとおりである。

- (1) プロトタイプを装着していない指(右手親指)を指紋センサーでスキャンし、テンプレートとして登録する。
- (2) 同じ指をデジタルカメラを使って撮影し、テンプレート(1)とのマッチングを行う。
- (3) 同じ指にプロトタイプを装着し、デジタルカメラを使って撮影、テンプレート(1)とのマッチングを行う。
- (4) 撮影画像(3)に対して、4.3節と同様にパターン部分を周囲の平均色で塗りつぶす処理を行い、テンプレート(1)とのマッチングを行う。

撮影画像(2)(3)(4)については、テンプレートとのマッチングに先立ち、画像処理ソフトウェアでテンプレートと同じサイズに拡大・縮小した後、カーネルサイズ  $k=11$  で適応的閾値処理を行う。マッチングには4章と同様 VeriFinger を使用し、マッチスコア 48 以上を一致とみなす。



(a) 外観 (b) パターン設計

図 16 評価に使用したプロトタイプ

Figure 16 Prototype model used for evaluation

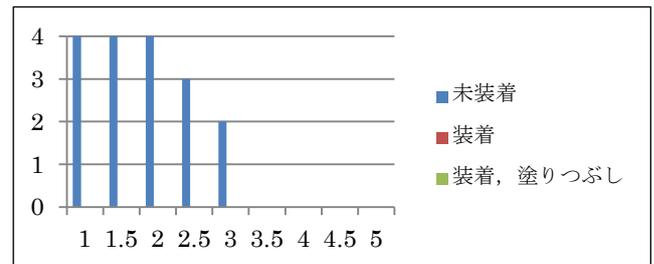
表 5 評価環境

Figure 5 Environment of evaluation

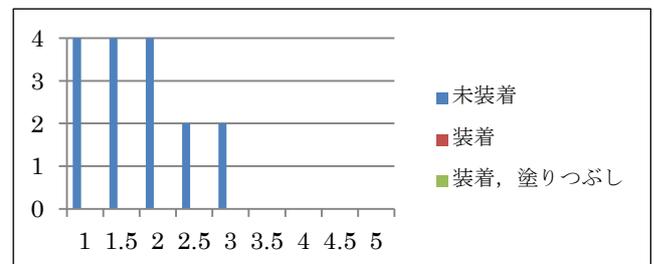
装着具	BiometricJammer (アクリル樹脂+アクリル塗料, 被覆率 40%)
指紋センサー	(a) DigitalPersona EikonTouch 710 (静電容量方式, 13x18mm, 508ppi) (b) DigitalPersona U.are.U 4500 (光学方式, 15x18mm, 512ppi)
デジタルカメラ	Canon EOS 70D (2020 万画素, ISO 感度自動, 露出自動, 1点 AF)
レンズ	Canon EF-S 18-135mm F3.5-5.6 IS STM (焦点距離を 135mm に固定)
撮影距離	1m~5m (0.5m 間隔)
日照条件	屋外, 薄曇~晴 (被写体照度 7800~31600 ルクス)

撮影距離別のマッチ人数の分布を図17に、平均マッチスコアの分布を図18に示す。プロトタイプを装着しない場合、全ての被験者で撮影画像からの指紋のマッチングに成功した。最長マッチ距離は 3m であり、これは盗撮者にとって本人に気づかれずに撮影するのが困難な距離ではない。

プロトタイプを装着した場合、全ての被験者および距離において特徴点の検出に失敗した(マッチスコア 0)。パターンの塗りつぶしを行った場合も同様であった。パターン密度は、4.3節で検討したドットパターン「10線 40%」に近いが、塗りつぶしを行った画像については先のシミュレーションよりも高い妨害効果を発揮した。これは撮影画像から塗りつぶし領域を検出する過程で、境界線の汚れ(フリッジ)の処理が不十分であったことに起因する。



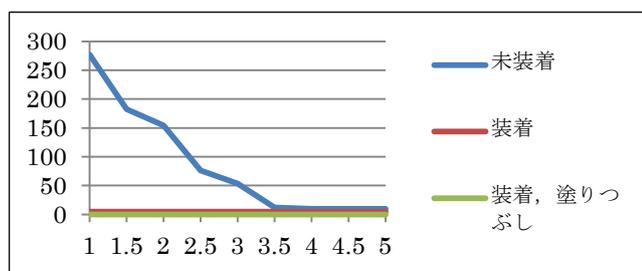
(a) 静電容量方式



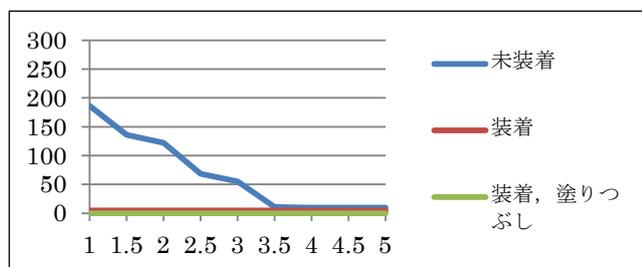
(b) 光学方式

図 17 撮影距離別のマッチ人数

Figure 17 Matched person count by the shooting distance



(a) 静電容量方式



(b) 光学方式

図 18 撮影距離別の平均マッチスコア

Figure 18 Average matched score by the shooting distance

## 5.2 指紋センサーによるマッチング

続いて、今回作成したプロトタイプを装着し、指紋センサーによる正当な指紋認証に成功するかどうかを検証した。指紋センサー1機種につき、テンプレートおよび認証用の画像をそれぞれ3回ずつ読み取り、合計9回のマッチングを行って、成功数ならびにマッチスコアの最大値・最小値を集計した。その結果を表6に示す。

4人中3人については全ての試行でマッチングに成功した。マッチスコアのばらつきが大きいのは、指紋センサーに対する指の置き方が安定していない結果であり、これは通常の指紋認証においても同様である。被験者Bの成功数が特に低いのは、テンプレートの読み取りで指の置き方が不安定だった結果であり、常にその一部分しかマッチしないため、総じて低いマッチスコアとなった。

表6 指紋センサーによる認証結果

Figure 6 Authentication result with fingerprint sensors

(a) 静電容量方式

被験者	成功数	最小スコア	最大スコア
A	9	262	441
B	8	44	211
C	9	163	276
D	9	59	158

(b) 光学方式

被験者	成功数	最小スコア	最大スコア
A	9	196	333
B	3	19	80
C	9	263	370
D	9	179	375

## 6. おわりに

バイオメトリクス技術が発達し、生体情報を個人の識別や認証に活用することにより、私たちの生活に利便性や安全性をもたらす一方、その生体情報を不正に窃取され悪用されるリスクもまた増大している。今回筆者らは、ユーザの利便性を確保しつつ生体情報の不正な取得を防止する技術「BiometricJammer」を提案し、評価実験によってこの技術が有効であることを検証した。個人の識別や認証に使われる生体情報としては他に虹彩や指静脈、手のひら静脈などがある。今後は生体情報ごとの特徴に合わせた不正取得防止技術を確立し、「BiometricJammer」技術のポートフォリオに追加する予定である。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP16H06302, JP16K12431 の助成を受けたものである。

## 参考文献

- [1] Chaos Computer Club. "Fingerprint biometrics hacked again". <https://www.ccc.de/en/updates/2014/ursel>, (参照 2016-08-02).
- [2] Putte and Keuning. "Biometrical Fingerprint Recognition: Don't Get Your Fingers Burned," in Proc. Working Conf. on Smart Card Research and Advanced Applications (4th), Proc. IFIP TC8/WG8.8, pp. 289-303, 2000.
- [3] Matsumoto et al.. "Impact of Artificial "Gummy" Fingers on Fingerprint Systems," in Proc. Of SPIE, vol. 4677, pp. 275-289, 2002.
- [4] Android Authority. "How fingerprint scanners work: optical, capacitive, and ultrasonic variants explained". <http://www.androidauthority.com/how-fingerprint-scanners-work-670934/>, (参照 2016-08-03).
- [5] Jain et al.. "On-line Fingerprint Verification," IEEE Transactions on Pattern Analysis Machine Intelligence, vol. 19, no. 4, pp. 302-313, 1997.
- [6] Hong et al.. "Fingerprint Image Enhancement: Algorithm and Performance Evaluation," IEEE Transactions on Pattern Analysis Machine Intelligence, vol. 20, no. 8, pp. 777-789, 1998.
- [7] National Institute of Standards and Technology. "User's Guide to Expert Controlled Distribution of NIST Biometric Image Software (NBIS-EC)". [http://www.nist.gov/customcf/get\\_pdf.cfm?pub\\_id=51096](http://www.nist.gov/customcf/get_pdf.cfm?pub_id=51096), (参照 2016-08-08).
- [8] Gottschlich. "Curved-region-based ridge frequency estimation and curved Gabor filters for fingerprint image enhancement," IEEE Transactions on Image Processing, vol. 21, no. 4, pp. 2220-2227, 2012.
- [9] 山本電機インスツルメント. "比誘電率表". <http://www.yei-jp.com/technology/hiyudenritu/hiyudenritu.html>, (参照 2016-08-09).
- [10] 藤枝一郎. "画像入出力デバイスの基礎 光学と半導体物理の理論からディスプレイとイメージセンサを理解する". 森北出版, 2005.
- [11] Neurotechnology. VeriFinger SDK. <http://www.neurotechnology.com/verifinger.html>, (参照 2016-08-03).