

# 顔認識とフリーステスチャー認識による スマートフォン向け画面アンロック法

山森 一人<sup>a)</sup>・十楚 航<sup>b)</sup>・相川 勝<sup>c)</sup>

## Smartphone Screen Unlock Method by Combination of Face Recognition and Free Gesture Recognition

Kunihito YAMAMORI, Wataru JUSO, Masaru AIKAWA

### Abstract

This paper proposes smartphone screen unlock method with high usability and security. Our proposed method combines free gesture recognition and high speed face recognition. Free gesture recognition compares a previously registered gesture with trace of finger on the screen. Face recognition compares a previously registered face information with those from built-in camera. The conventional face recognition has a big problem that can unlock device by simply showing face photo. To solve this problem, we combine real-time free gesture recognition with face recognition. Since it is hard to know registered gesture in advance, this combination gives us high level security. In addition, we improve usability by recognizing face and gesture in parallel. Our method use ORB (Oriented FAST and Rotated Brief) to get feature extraction on image. In our method, authentication will be cancelled if both recognitions don't successfully finish a limited time. Experimental results showed that accuracy of face recognition is 90%. In addition, the questionnaire survey said that proposed method gave a good impression.

**Keywords:** screen lock, face recognition, feature matching, android

### 1. はじめに

インターネットの普及とともにここ数年、急激に普及しているのがスマートフォンやタブレットなどの携帯端末である。これらの携帯端末は小さいパソコンと言われるほど高性能で、インターネット上のサービスをどこにいても利用することができる。しかし、どこにいてもサービスを利用できる反面、携帯端末そのものや端末に保存した情報が盗まれる危険性が増加した。携帯端末にはインターネット上のサービスを利用するために、さまざまな情報やメールアドレス、電話番号などの個人情報が保存されている。これらの情報を守るためにセキュリティは必須である。

携帯端末を使用する上で、セキュリティの1つとなっているのが画面ロックである。画面ロックは、ロック解除を試行する端末使用者が携帯端末の所有者であるかを判定する重要な認証である。この画面ロックが設定されていないと、思わぬ個人情報の漏洩につながる。画面ロックには従来、PIN (Personal Identification Number) やパスワードが使用されている。Android では、全9節点の内、4節点以上を経由するパターンを指でなぞることで認証を行う、

パターンロック認証をロック解除の手法として採用している。パターンロック認証は PIN やパスワード認証とは違い、スムーズに画面ロックを解除できるが、覗き見に弱いという欠点がある。Google は Face Unlock という顔認識による画面ロックも採用しているが、周りの環境によって認証時間が長くなってしまうため、あまり使われていない。

本論文では、画面ロックの強度を高めつつ、ユーザビリティの高い画面アンロック法を提案する。そのため、顔画像認証を行っている間に、パターンロックより自由度のあるジェスチャー認識を同時に行い、強度とユーザビリティの両立を図る。

### 2. 顔領域の検出と顔の認識

本研究では、顔検出に Viola<sup>1)</sup>らの提案した顔検出法を用いる。Viola らは Haar-like 特徴量に基づき、2.2 節で述べる Adaboost により作成した検出器を用いて顔検出を行う手法を提案している。

図 1 に示すように、Viola らの手法ではまず画像上に設けた顔領域検出器を走査して顔の位置を特定する。次に、上部の帽子の箇所など顔でないとはっきり判断できる部分を 2.3 節で述べる cascade 構造を用い認識対象領域から除外する。以上のプロセスで決定した顔領域から特徴点を取得してマッチングを行う特徴点照合を行う。

a) 工学部教育研究部教授

b) 情報システム工学科

c) 宮崎大学工学部教育研究支援技術センター技術職員



図 1. Viola らの手法を用いた顔領域の検出法.

## 2.1 Haar-like 特徴量

Haar-like 特徴量は Viola らがオブジェクトを高速に検出するために考案した特徴量である。

Haar-like 特徴量は図 2 と式(1)に示すように、黒色の矩形領域  $P$  内の画素値  $I(P)$  の和から、白色の矩形領域  $Q$  の画素値  $I(Q)$  の和を引いた値  $S$  で表される。画素単位でなくある程度の大きさの領域を対象とすることで輝度差を明瞭化し、安定かつ高速な検出を可能にしている。図 2 右は目と頬、目と眉間を検出する検出器の例である。

$$S = \sum I_P - \sum I_Q. \quad (1)$$



図 2. Haar-like 特徴量を持つ検出器とその使用例.

## 2.2 Adaboost

Adaboost<sup>3)</sup>はブースティングアルゴリズムの1種である。ブースティングとはいくつかの簡単な弱識別器の出力を統合し、弱識別器をまとめた強識別器の判断能力が徐々に向上するように学習する機械学習法である。

目的となる画像を含んだ正解サンプルと含まない不正解サンプルを大量に用意し、これらのサンプルの正解不正解を判別しながら学習させることで、目的となる識別器を作成する。Adaboost では弱識別器の重要度を学習によって修正することで、識別能力が高い強識別器を作成することができる。

## 2.3 cascade 構造

顔検出を高速に行うため、Viola らは識別器の cascade 構造を提案している。cascade 構造とは、学習データを変えてブースティングにより作成された強識別器を一列に並べて、1つの識別器のように用いる構造である。

画像上に検出窓を設定し、検出窓をずらして走査してい

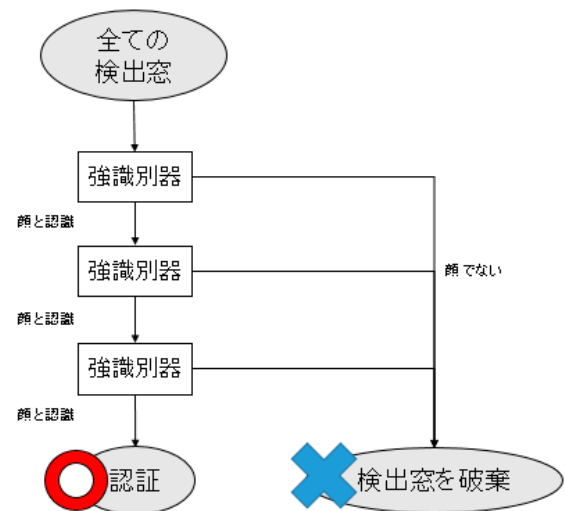


図 3. Cascade 構造.

く。図 3 のように、1つの強識別器がある検出窓内の探索でオブジェクトがないと判断した場合、それ以降の強識別器は検出を行わず、次の検出窓から検出を始めることで、計算量の大幅な削減を図ることができる。

## 2.4 ORB

抽出した顔領域から ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF) 特徴量<sup>4)</sup>を求め、顔認識に利用するため保存しておく。ORB とは、FAST<sup>5)</sup> (Features from Accelerated Segment Test) による特徴点検出と、BRIEF<sup>6)</sup> (Binary Robust Independent Elementary Features) による特徴量記述を組み合わせた手法である。

局所特徴量の抽出法として有名なものに SIFT や SURF などがある。これらは高精度に特徴量を取得できるが、特徴量を実数として表すので処理コストが高く、携帯端末など処理能力が低い端末では計算時間が長くなりリアルタイム処理ができない。一方、ORB では特徴量をバイナリコードで表し、2つの画像間のマッチングを論理演算のみで実現できることから高速な処理が可能である。

特徴点検出で使用する FAST では、ある画素に注目したとき、周辺の画素のなかであらかじめ決めたしきい値以上の画素値を持つ画素が連続している場合、その画素を周辺との境界となるコーナーとラベル付けする。

特徴量記述で使用する BRIEF では、パッチと呼ぶ微小領域内においてランダムに選択された 2 点の輝度差の符号からバイナリコードを生成し特徴量とする。FAST でコーナーとラベル付けされた画素を中心とするパッチの中から、学習により決定された  $N=256$  組のペア画素  $p_i, q_i (i = 1, \dots, N)$  を用意する。 $p_i$  の輝度を  $I(p_i)$ 、 $q_i$  の輝度を  $I(q_i)$  とし、 $I(p_i) - I(q_i)$  の輝度差が正であれば 1、負であれば 0 を割り当て、 $N$  ビットのバイナリコードを作成する。特徴量がバイナリコードで表されているので、マッチングでは



図 4. ジェスチャー入力例.

ハミング距離を求めるだけでよく、高速に画像間の類似度を計算できる。

### 3. ジェスチャー入力と認証

Android で使用されているジェスチャー認証について説明する。

まず、ユーザは自身が登録したジェスチャーを画面に入力する。登録するジェスチャーは線分 1 本だけなどの簡単なものは許可しない。図 4 はタッチパネル上でジェスチャーを入力した例である。このように、ジェスチャーでは自分で決めたとような形でも描くことができる。

Android のジェスチャーはユーザがなぞった跡を 1 つの長い線分として扱っているのではなく、式 (2)、式 (3) のように座標列として扱っており、照合にはユークリッド距離とコサイン類似度が使用できる。

$$\mathbf{v}_a = \{(x_{a1}, y_{a1}), (x_{a2}, y_{a2}), \dots, (x_{an}, y_{an})\}. \quad (2)$$

$$\mathbf{v}_b = \{(x_{b1}, y_{b1}), (x_{b2}, y_{b2}), \dots, (x_{bn}, y_{bn})\}. \quad (3)$$

## 4. 提案手法

提案手法のフローチャートを図 5 に示す。

ユーザは事前に顔画像とジェスチャーを登録しておく。ユーザが端末を起動し、画面タッチ後顔画像を取得する。顔画像取得後、2.4 節で述べた ORB 特徴量照合とジェスチャー認識の 2 つの処理にわかれる。ORB 特徴量照合では、登録画像の ORB 特徴量、入力画像の ORB 特徴量をそれぞれ求めて照合を行う。ジェスチャー認識では登録していたジェスチャーと入力したジェスチャーのコサイン類似度を求める。2 つの認識がともに成功した時点で画面ロックを解除する。

### 4.1 顔画像入力

端末を起動後、ユーザが画面へのタッチを行った時点で顔画像を内蔵フロントカメラから取得する。顔画像を取得した後、以下の 2 つの処理をスレッドを用いて並列に行う。

- 顔画像からの ORB 特徴量の抽出
- ジェスチャー入力

カメラから取得したユーザの画像には顔以外のオブジェクトも写っている。ORB 特徴量の照合を行う前に、取得した画像から Viola らの手法を用い顔領域を抽出する。

### 4.2 ORB 特徴量照合

提案手法では、あらかじめ登録していた顔画像の ORB 特徴量と、フロントカメラから取得した顔画像の ORB 特徴量を取得する。次に、2 つの ORB 特徴量のハミング距離を類似度 *similarity* とし、*similarity* が *t* 以上の特徴点数 *S* を式 (6) により求める。*S* がしきい値  $\alpha$  よりも大きい場合に一致したものとする。式 (4)、式 (5) で *i, j* はそれぞれ登録していた顔画像の特徴点、カメラから取得した顔画像の特徴点である。

$$S = \sum_i \sum_j s(i, j), \quad (4)$$

$$s(i, j) = \begin{cases} 1, & \text{similarity} \geq t, \\ 0, & \text{similarity} < t. \end{cases} \quad (5)$$

### 4.3 ジェスチャー入力と判定

提案手法ではジェスチャー照合をコサイン類似度により行う。また、ジェスチャーは完全に同じものを再現する

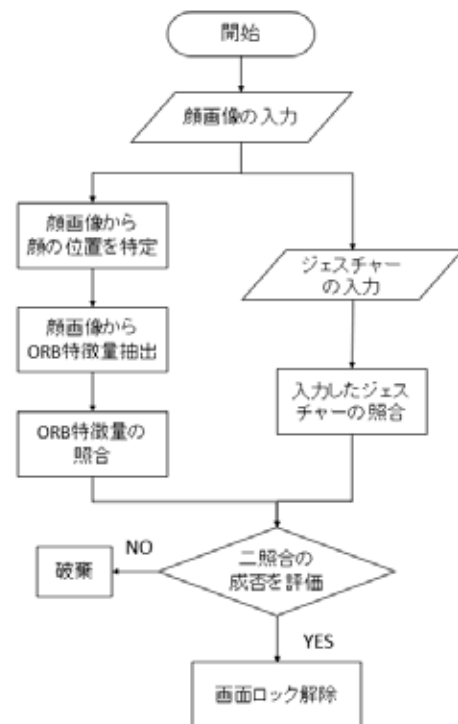


図 5. 提案手法の流れ.

のは難しいので、登録時にユーザは複数回ジェスチャーを描き、それらのコサイン類似度 $\omega$ を求め、しきい値（許容度） $\beta$ を設定しておく。

ユーザが登録したジェスチャーのベクトル $\mathbf{a} = (\mathbf{a}_1, \dots, \mathbf{a}_n)$ と、ユーザが画面アンロックの際に入力したジェスチャーのベクトル $\mathbf{b} = (\mathbf{b}_1, \dots, \mathbf{b}_n)$ について、コサイン類似度の和  $score$  を式 (6) から求める。式 (7) に示すように $\omega$ と $\beta$ から定まるしきい値 $\gamma$ を用い、 $score$  が $\gamma$ 以上であった場合に一致したとみなす。

$$score = \sum_{k=0}^n \cos(\mathbf{a}_k, \mathbf{b}_k),$$

$$= \sum_{k=0}^n \frac{\mathbf{a}_k \cdot \mathbf{b}_k}{|\mathbf{a}_k| |\mathbf{b}_k|} \quad (6)$$

$$\gamma = \omega \cdot \beta. \quad (7)$$

#### 4.4 総合判定

ジェスチャー認識と特徴量照合の非同期処理が完了した後、2つの評価値からロック認証を行う。2つの認証がどちらも成功した場合のみ、画面ロックを解除する。

### 5. 評価と考察

提案手法について、画面ロックを使用している人、していない人計7名を対象にアンケート形式で評価を行う。提案した手法を実装した端末のスペックを表1に、しきい値の設定は事前の実験から表2のように設定した。また、実装に利用したライブラリはOpenCV-2.4.7 for Androidである。

実験手順としては顔画像、ジェスチャーを登録後、画面アンロックを試行してもらう。なお、顔画像とジェスチャーの登録、画面アンロックの試行は、協力者毎に同一の場所で行った。

表1. 実装端末.

端末	Acer Aconia TAB a100
メモリ	1GB
CPU	Tegra2(1GHz)
OS	Android3.2

表2. 実験条件.

しきい値	しきい値の範囲	設定したしきい値
$\alpha$	$40 \leq \beta \leq 100$	70
$\beta$	$0.5 \leq \alpha \leq 1.5$	1.0

#### 5.1 顔特徴量照合結果

協力者に提案手法を試行してもらった結果を表3に示す。登録画像と同じ人物同士の照合率は90%となり正確な照合ができています。登録画像とは異なる人物での照合率は

2%であり、100%に近い確率で拒否できた。

顔画像の撮影環境を変えて実験を行った結果を表4に示す。撮影環境の変化は室内の照明の明るさを変えている。また、顔からカメラまでの距離についても、正面顔が認識できる範囲で協力者の任意とした。

表4から、光のあたり具合と顔からカメラまでの距離の両方を変化させると照合率が27%まで低下することが分かる。光のあたり具合、または顔とカメラとの距離のみを変化させても照合率はそれほど低下していないことから、これらの同時変化は特徴量抽出に大きな影響を与えていることが分かる。このことから、提案手法を現実の環境下で用いるには、よりロバストな顔領域の抽出法と認識法を考える必要がある。

表3. 協力者による顔特徴量照合結果.

組み合わせ	照合成功	照合失敗
同じ人物同士	19	2
違う人物同士	4	189

表4. 実験条件を変化させた顔特徴量照合結果.

実験条件の変化	組み合わせ数	照合数	照合率
光のあたり具合	45	37	82%
カメラの距離	45	45	100%
その両方	45	12	27%

#### 5.2 アンケート評価結果

協力者に提案手法を試行してもらった感想アンケートの集計結果を図6に示す。

「わかりやすい」、「使いやすい」、「覚えやすい」は7割以上が「そう思う」、「なんとなくそう思う」と答えた。しかし、「安心を感じる」、「今後使いたいかどうか」という質問では低い評価に留まった。「安心を感じる」が低い理由としては、ジェスチャー認証時のしきい値 $\beta$ が低い場合、

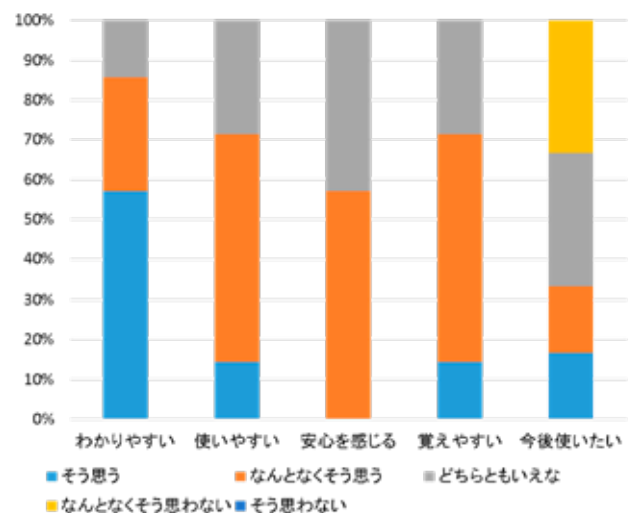


図6. 提案手法に対するアンケート結果.

登録したジェスチャーと比較的似た別のジェスチャーでもロックが解除されてしまうことがあったためである。ジェスチャーの開始位置を制限するなどの改善が必要である。

「今後使いたいかどうか」という質問に対しては、顔を写すという行為に少し抵抗があるという感想が得られている。顔を画面に表示せずバックグラウンドで顔特徴量を取得するようにすることで改善できると思われる。

## 6. おわりに

本論文では、簡単な設定でもロック強度が強く、ユーザビリティの高い画面ロックを実装するために顔認識とジェスチャー認識を併用する画面アンロック法を提案した。

提案手法で使用したORB特徴量による顔認識は、理想的な環境下においては高い精度を示した。しかし、光の変化や顔の向きのゆらぎなどに十分対応できず、今後の改善が必要である。

提案手法により作成した画面ロックに対してアンケート評価を行ったところ、「わかりやすい」、「使いやすい」、「覚えやすい」という質問に対しては良好な結果が得られた。しかし、「今後使いたいか」という質問に対してあまり高い評価が得られなかった。

今後の課題は、スマートフォン上でよりロバストな顔領域の抽出を行うこと、ユーザビリティの更なる向上などが挙げられる。

## 参考文献

- 1) P. Viola and M. Jones : Robust real-time object detection, International Journal of Computer Vision., Vol. 57, No. 2, pp. 137-154 , 2002.
- 2) R. Szeliski, 徹玉木: コンピュータビジョン: アルゴリズムと応用, 共立出版(2013), 2006.
- 3) E. Rublee, V. Rabaud, K. Konolige and G. R. Bradski: Orb: An efficient alternative to sift or surf., ICCV (eds.D. N. Metaxas, L. Quan, A. Sanfeliu and L. J. V. Gool), pp. 2564-2571, IEEE, 2011.
- 4) E. Rosten and T. Drummond: Machine learning for high-speed corner detection., In Proc. European Conference on Computer Vision, pp. 430-443, 2006.
- 5) M. Calonder, V. Lepetit and C. Strecha and P. Fua: BRIEF: Binary Robust Independent Elementary Features., In Proc. European Conference on Computer Vision, pp.778-792, 2010.
- 6) 山下隆義, 藤吉弘亘: 特定物体認識に有効な特徴量, Computer Vision and Image Media, pp.221-236, 2008.