

掌画像の局所特徴量を用いた物体照合の研究

佐久間 実花[†] 藤田 悟[†]法政大学 情報科学部[†]

1. まえがき

パスワードに代わる本人確認の仕組みとして生体認証が注目されている。個人特有の身体的特徴を用いて認証を行うため偽装が難しく、金融機関など厳重なセキュリティが求められる場面で利用されている。不正アクセスや侵入の防止に繋がる一方で、体調や外的要因による生体情報の変化や、照明などの外部環境の影響を受けやすい。

また、近年では新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) が流行している。感染症防止のためマスクを着用する機会が増えており、顔認証ではマスクによって認証部位が隠蔽され認証失敗に繋がっている。加えて衛生面の配慮から、非接触であることが重要視されている。

そこで本研究では、隠蔽されにくい認証部位として掌に着目し、非接触的かつ掌の立体形状の変化に頑丈な物体照合の手法を提案する。複数人の掌画像を用いて実験を行い、物体照合の妥当性の評価を行う。

2. 物体指紋認証

個体を識別する方法のひとつに物体指紋認証がある [1]。物体の製造時にできた傷や塗装の凹凸などの模様が唯一無二であることに着目し、微小な特徴を比較することで個体を識別する技術である。特徴点検出器で画像から特徴点を検出し、特徴量が近い特徴点ペアを生成する。生成されたペアが正しいペアであるかを判断するために、特徴点ペアの座標を Random Sample Consensus (RANSAC) algorithm に適用し射影変換行列を求める。射影変換を行い座標の誤差を求めることで、特徴点ペアの確かさを測定し、同一個体であるか判断をする。しかし、掌は力の入れ具合や指の開き方により立体形状が変化するため複雑な歪みが発生する。そのためひとつの射影変換行列に基づいた RANSAC アルゴリズムによって正しい特徴点ペアを推定することが

難しく、掌の変形歪みを補完する手法が必要とされる。

3. 提案手法

3.1 RAW 画像とフィルタリング

掌には目立った特徴がなく、濃度変化も平坦であることから詳細なデータが残る画像が望ましいと考える。そこで本研究では RAW 画像データを照合に利用する。具体的には iPhone12 のカメラを利用し、3024x4032 画素の非圧縮画像を用いた。

特徴点と特徴量の検出には ORB を用いる [2]。ORB 特徴量は周囲の画素値の比較によって得られるため、補正のされていない RAW 画像では光源の明るさや輝度の影響を受けやすい。そこで、以下の手順で特徴を強調した画像を生成する。まず、元画像から 16bit グレースケール画像を生成する。それをガウシアンフィルタにより平滑化した画像と 16bit グレースケール画像との差分画像を作成する。実際には 16bit の差分データは 11bit 前後の符号付整数となるため、3bit 右シフトさせ、128 を加算し、上位 8bit をマスクすることで、8bit グレースケールデータに変換する。以上の手順により生成された 8bit グレースケール画像は、特徴点が強調されかつ、十分な階調を持った画像となる。

3.2 RANSAC による相似三角形検出

ORB によって 10,000 点の特徴点を検出し、特徴点マッチングによって対応点を決定する。しかし対応点の多くは誤ったペアであり、正しくマッチングできているペアを見つけ出す必要がある。床指紋照合の研究では相似三角形になる 3 点のマッチングペアから Affine 変換行列を求め、幾何学的整合性が取れるペアを検出することで判定している [3]。掌は立体的な形状であり複雑な歪みが生じるため、1 つの相似三角形から取得する Affine 変換行列で補える対応点以外にも正しいペアが存在することがある。そこで整合性が取れた対応点が含まれる領域を拡張しさらに多くの正しいペアを取り出すために以下の手順を実施する。

まずは床指紋照合と同様に、特徴点のペアがそれぞれ相似三角形を形成する点の集合を求める。

Micro feature identification of palm images
[†]MIKA SAKUMA and SATORU FUJITA,
Computer and Information Sciences, Hosei University

次に特徴点ペアを包含した凸多角形を生成する。その各辺の2頂点を三角形の2点とし、3点目をすべての特徴点から探索する。この時、既に整合性が取れている点及び凸多角形内部に位置する点は探索対象から外すため、ベクトルの外積を計算し多角形の内部の点であるか判定する。そして新たな相似三角形が検出された場合、整合性が取れていないペアに対して Affine 変換による座標変換を行い、整合性が取れるペアを再度探す。この拡張処理を凸多角形の全ての辺に対して行い、正しいペアを増やし補強する。

以上の処理により掌画像の照合を行い、特徴点ペア数によって掌画像の一致性を判定する。閾値となるペア数については、実験により検証する。

4. 実験と結果

4.1 実験の概要

複数人の左右の掌の画像を用いて性能の評価実験を行う。指を開いた時と閉じた時の2パターンを左右の掌で撮影し、30人分用意した。各掌画像に対して1枚の本物のペアと118枚の偽物のペアを実験に適用し、整合性が取れたペア数で評価する。

4.2 実験結果と考察

図1に照合に成功した掌の例を示す。見てわかる通りガウシアンフィルタとの差分画像により、掌の特徴的な模様が強調されている。図中の多角形は照合した領域を示している。

図2は正解のペアと不正解のペアのマッチした特徴点数のヒストグラムである。不正解のペアはおおよそ50点以下に収まり、正解のペアの多くは50点以上である。

図3は縦軸を本人拒否率(FRR)、横軸を他人受入率(FAR)としたDET曲線である。FRR=FARとなる場合の閾値が26点であり、83.4%の精度で判別が可能である。

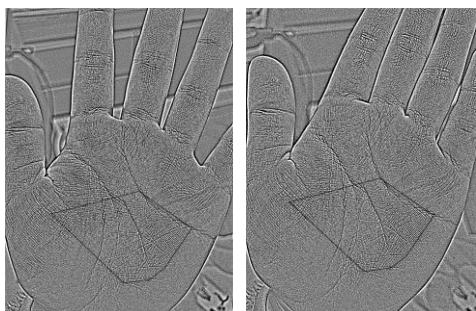


図1. 特徴点の照合

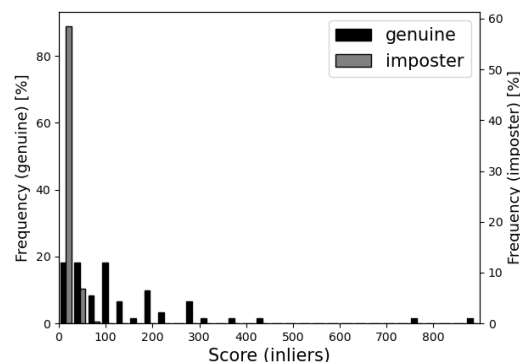


図2. 正解ペアと不正解ペア

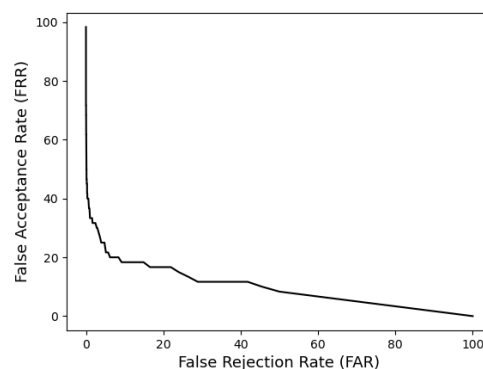


図3. DET 曲線

5. おわりに

掌を用いた物体照合の手法について提案した。実験では26点を閾値にすることで83.4%の精度で正解と不正解の判別をすることができるとが示された。

謝辞

本研究は JSPS 研究費 JP20K11777 の助成を受けたものです。

文献

- [1] Takahashi Toru, Ishiyama Rui, FIBAR: Fingerprint Imaging by Binary Angular Reflection for Individual Identification of Metal Parts, Proc. of the 5th Int. Conf. on Emerging Security Technologies, pp.46-51, 2014.
- [2] Ethan Rublee, Vincent Rabaud, Kurt Konolige, Gary Bradski, ORB: an efficient alternative to SIFT or SURF, Proc. IEEE International Conference on Computer Vision, Nov. 2011.
- [3] 藤田悟, 藤田貴大, “床指紋: 床の模様に基づく位置推定”, 情報処理学会論文誌, vol.58, no.12, pp.1-10, Dec. 2017.