

動画画像を用いた指関節紋認証システムとその性能評価

草薙 大地† 青山 章一郎† 伊藤 康一† 青木 孝文†

†東北大学 大学院情報科学研究科

1 はじめに

近年、人間の生体特徴を用いた個人認証技術であるバイOMETRICS認証が注目されている。バイOMETRICS認証は、鍵やパスワードの代わりに、人間の身体的、あるいは、行動的特徴を利用して個人認証を行う技術である。鍵やパスワードに比べ、紛失、忘却、盗難といった危険性がなく、記憶や所持を必要としないことから利便性も高い。バイOMETRICS認証において利用される身体的特徴には、指紋や虹彩や顔などがあるが、近年では、指の第2関節の外側のパターン（指関節紋）を用いた個人認証手法が提案されている [4, 5, 6]。指関節紋は、物を握った状態でも認証が可能であるといった特長がある。この特長を活かして、ドアレバーのための指関節紋認証システムが提案されている [1]。このシステムでは、ユーザがドアレバーを握った際に画像を撮影し、画像中の指関節紋を利用して認証を行う。ドアを開ける一連の動作で認証を行えることから、ユーザが意識せずとも認証が可能であり、利便性が高い。また、動画画像として一連の動作を撮影することにより、ドアレバーの握り方の個人差に対応でき、安定した認証が可能である [2]。文献 [2] では、被験者が25人の小規模なデータベースを用いた性能評価しか行われておらず、必ずしもシステムの有効性が示されているとはいえない。これに対して、本稿では、動画画像を用いた指関節紋認証システムの処理を改善するとともに、大規模なデータベースを用いた性能評価実験を通して提案システムの有効性を実証する。

2 指関節紋認証システム

提案システムは、図1に示すように、ドアレバー、カメラ、照明で構成される。図2に示すように、(i) 動画画像の撮影、(ii) 動画画像からの関心領域 (Region Of Interest: ROI) 抽出、(iii) 登録画像との照合という手順で行われる。文献 [1, 2] で報告されているように、他の指に比べて小指の変形が大きいので、小指を認証に用いると性能が低下してしまう。そのため、本稿では、人差指、

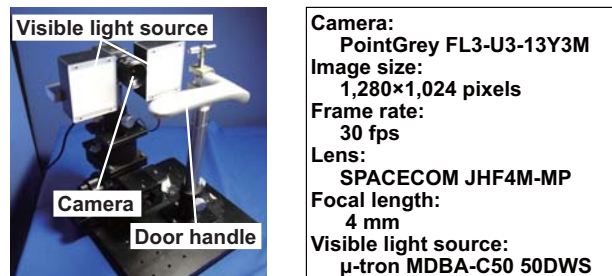


図1: 提案システムの外観と仕様

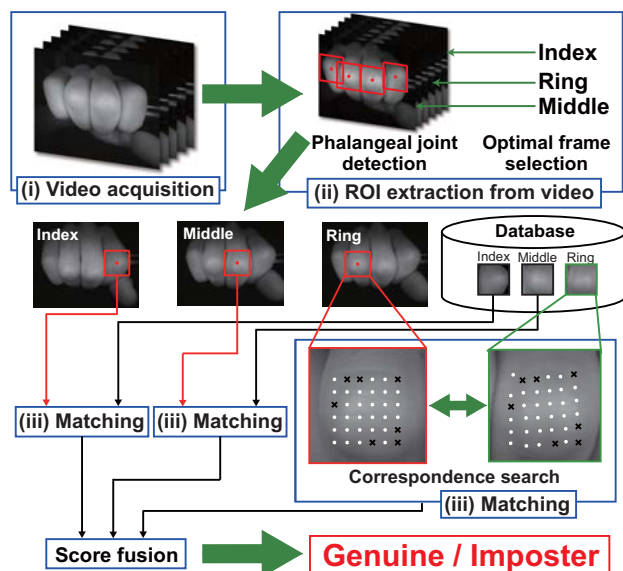


図2: 提案システムの処理フロー

中指、薬指を認証で使用する。各処理の詳細について、以下に示す。

(i) 動画画像の撮影

ドアレバーの握り方に個人差があるため、握った状態を静止画像で撮影しても、指関節紋が画角に収まらなかったり、カメラに正対しなかったりする。そこで、ドアレバーを握る動作を動画として撮影する。具体的には、それぞれの指の関節が画角に収まり、かつ、カメラに正対するフレームが動画に存在するように、ドアレバーを握ってから手を上下に動かす動作を撮影する。

(ii) 動画画像からの ROI 抽出

撮影した動画画像から照合に使用する ROI を抽出する。まず、指と指の間の境界を検出し、指ごとの領域を抽出する。次に、抽出したそれぞれの指領域の輝度情報に基づいて関節位置を推定する。以上の処理を全てのフレームに適用する。各指領域の関節位置と輝度情報に基づいて、関節がカメラに正対しているフレームを

Finger Knuckle Recognition System Using Video and Its Performance Evaluation

†Daichi KUSANAGI †Shoichiro AOYAMA †Koichi ITO †Takafumi AOKI

†Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

表 1: 照合ペア数 (I: 人差指, M: 中指, R: 薬指)

| | I | M | R | I+M+R |
|----------|---------|---------|---------|---------|
| Genuine | 1,495 | 1,405 | 1,420 | 1,196 |
| Imposter | 296,111 | 274,991 | 270,533 | 223,589 |

選択する．それぞれの指領域で選択されたフレームから，推定した関節位置に基づいて ROI を抽出する．

(iii) 登録画像との照合

画像の局所的な位相情報に基づく対応点探索 [3] を用いて画像間の変形にロバストな照合を行う．抽出した ROI 画像上に基準点を配置し，登録画像に対して対応点探索を行う．信頼度の高い対応点ペアの数の割合を照合スコアとし，認証を行う．さらに，提案システムでは，認証性能を向上させるために，それぞれの指のペアから得られた照合スコアを組み合わせる．

3 実験

80 人の被験者からそれぞれ 5 回ずつ撮影した左右の手の動画像 (800 シーケンス) を使用して，システムの性能を評価する．まず，全ての動画像に対して ROI 抽出を行い，抽出の成功率を評価する．成功率は人差指，中指，薬指についてそれぞれ 96.50%，93.00%，92.25% であり，すべての指から 90% 以上の高い成功率で抽出が行えることがわかる．次に，抽出した ROI 画像を用いて 1 対 1 認証を行い，認証性能を評価する．1 本の指による認証と，複数の指を組み合わせた認証を行う．照合ペア数は，表 1 に示す．提案手法の有効性を実証するために，従来の指関節紋認証アルゴリズム [4, 5, 6] との比較を行う．各手法の認証性能は，Receiver Operating Characteristic (ROC) 曲線と Equal Error Rate (EER) で評価する．結果を図 3 と表 2 に示す．どのアルゴリズムでも複数の指を用いることで大幅に認証精度が向上している．また，どの場合でも提案手法の EER が最も低い．MATLAB R2013a で実装し，Intel Core i5-4250U (1.3GHz) で実行した場合の処理時間は，関節位置推定が 1 フレームあたり 22msec.，フレーム選択が 12msec.，照合が 1 ペアあたり 95msec. であった．以上より，提案システムの有効性が確認できる．

4 まとめ・今後の課題

本稿では，動画像を用いた指関節紋認証システムを改善するとともに，大規模なデータベースを用いた性能評価実験を行った．性能評価実験を通して，提案システムの有効性および実用性を実証した．今後は，指関節紋に対する認証アルゴリズムの最適化を行い，認証精度の向上を検討する．

表 2: 認証性能評価実験における EER [%] (I: 人差指, M: 中指, R: 薬指)

| | I | M | R | I+M+R |
|--------------|------|------|------|-------|
| BLPOC [4] | 7.78 | 6.23 | 5.24 | 0.89 |
| CompCode [5] | 7.46 | 7.09 | 5.82 | 2.22 |
| LGIC [6] | 6.57 | 5.84 | 4.82 | 0.74 |
| Proposed | 4.60 | 3.69 | 2.92 | 0.26 |

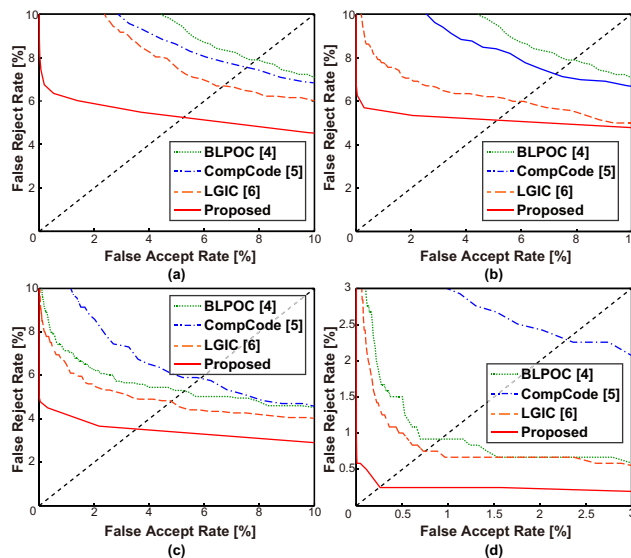


図 3: 認証性能評価実験における ROC 曲線 : (a) 人差指, (b) 中指, (c) 薬指, (d) 人差指 + 中指 + 薬指

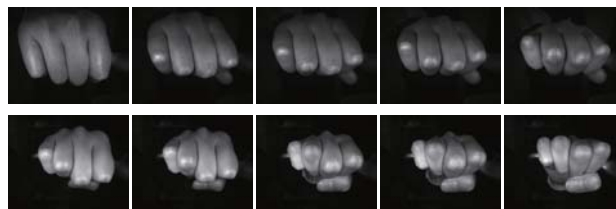


図 4: 実験で使用するデータベースの動画像の例

参考文献

- [1] S. Aoyama et al., A multi-finger knuckle recognition system for door handle, Proc. BTAS, pp. 1–7, 2013.
- [2] D. Kusanagi et al., Multi-finger knuckle recognition from video sequence: extracting accurate multiple finger knuckle regions, Proc. IJCB, pp. 1–8, 2014.
- [3] S. Aoyama et al., Similarity measure using local phase features and its application to biometric recognition, Proc. CVPRW, pp. 180–187, 2013.
- [4] L. Zhang et al., Finger-knuckle-print verification based on band-limited phase-only correlation, Proc. CAIP, pp. 141–148, 2009.
- [5] L. Zhang et al., Online finger-knuckle-print verification for personal authentication, Pattern Recognition, pp. 2560–2571, 2010.
- [6] L. Zhang et al., Ensemble of local and global information for finger-knuckle-print recognition, Pattern Recognition, pp. 1990–1998, 2011.