

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 5 月 30 日現在

機関番号：52601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25420395

研究課題名(和文) 生体画像輪郭解析法によるセキュアで利便性の高いユビキタス社会向け生体認証

研究課題名(英文) Personal identification by border analysis of biometric images for ubiquitous society

研究代表者

大塚 友彦(OHTSUKA, Tomohiko)

東京工業高等専門学校・その他部局等・教授

研究者番号：80262278

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、まず、認証技術の利便性向上、生体情報保護の課題を解決する手法を提案した。これらの解決策として、劣化生体情報(画像)の堅牢な画質修復方法の提案、高速・高精度な特徴解析手法の提案、生体認証システムのセキュアな構成法を目標とした。初めの2つの目標実現のため、輪郭追跡法による虹彩領域検出法や虹彩特徴点検出法をさらに高速・高精度化させた。また、3つ目の目標実現のため、歩容認証に不可欠な背景画像推定手法の確立、並びに光電脈波を用いた個人認証手法の確立により実現した。

研究成果の概要(英文)：In this study, new method is proposed to solve problems such as improved convenience of authentication technology, the problem of the biometric information protection. As these solutions, new robust image quality enhancement of poor biometric image, improvement of the processing time with higher detection ratio, was set as the goal of secure configuration method of biometric authentication system. The iris region detection method and the iris feature extraction method to further high-speed, high-accuracy by contour tracing method are proposed to achieve the first and second goals. Further, since the target realization of the third goal, the establishment of essential background image estimation techniques gait, as well as realized by establishing a personal authentication method using photoplethysmographys.

研究分野：画像処理

キーワード：輪郭追跡法 虹彩認証 虹彩検出 特徴抽出 背景推定 光電脈波 正規化光電脈波間距離 歩容認証

## 1. 研究開始当初の背景

将来のユビキタス社会において、飛躍的に増大する情報を安全管理するため個人認証技術の役割は重要となる。個人認証技術は大別して、

- ・ (タイプ1) ICカードのような人が持っている何らかの特徴を用いる方法
- ・ (タイプ2) 暗証番号やパスワードのような人が知っている何らかの特徴を用いる方法
- ・ (タイプ3) 指紋や虹彩などの人が持っている生体的特徴を用いる方法

があるが、ユーザの安心感からタイプ3に関心が集まっている。2003年の生体認証製品全体の市場規模は82億円を越え、特に指紋認証の製品シェアが76%を占めている。また、生体認証に関するアンケート結果によると、生体認証に対して安心感を抱く割合は80%強、利用意思を示す割合も75%強となる。

しかし、一方で生体認証技術の課題も見えてくる。即ち、

- ・ (課題1) 認証がスムーズに行われにくい(利便性向上)。
- ・ (課題2) 漏洩、偽造、目的外使用などの生体情報のセキュリティ課題がある(生体情報保護)。

が課題として読み取れる。

## 2. 研究の目的

現在、課題1の解決策として有望視されている方法は、

- ・ (解決案1) 劣化した生体情報(画像)の画質改善
- ・ (解決案2) より高速・高精度な特徴量解析法の確立

が挙げられる。解決案1、並びに解決案2として、劣化画像修復手法の改良、虹彩特徴点抽出手法の改良が試みられている。いずれも、従来の指紋特徴点抽出手法の流れに沿って、

- (1) 劣化画像修復
- (2) 円・楕円検出による虹彩領域検出
- (3) 指紋特徴点(隆線の分岐点と端点)

の検出を踏襲する処理手順となっているが、処理時間増大や虹彩輪郭のゆがみの問題のために虹彩特徴量の検出率が上限値に達していると言われている。このため、他人受容率(FAR)は低いものの、本人拒否率(FRR)が高くなり、結果として個人認証の再試行回数が増大して利便性が損なわれるという課題が残る。生体認証の利便性向上のため、研究代表者は、従来法の特徴点検出手法の枠にとらわれずに全く新しい手法で虹彩特徴点検出する

- ・ (解決案3) 生体認証システムのセキュアな構成

として、今後期待される生体認証技術である歩容認証に不可欠な背景画像推定手法の確立、並びに光電脈波を用いた個人認証手法の確立により実現させることを目的とする。

## 3. 研究の方法

本研究では、まず、最も将来性が期待できる虹彩認証をターゲットとし、生体認証のセキュリティで利便性の高い生体認証を提案する。具体的には、

- ・ (課題1) 指紋認証技術の利便性向上
  - ・ (課題2) 生体情報保護
- の課題を解決する手法を研究期間内に明らかにする。ここでは、課題1、課題2の解決策として、
- ・ (目標1) 劣化生体情報(画像)の堅牢な画質修復方法の提案
  - ・ (目標2) 高速・高精度な特徴解析手法の提案
  - ・ (目標3) 生体認証システムのセキュアな構成法の提案

を検討する。目標1及び目標2は、既に研究代表者が提案した画質修復機能付き輪郭解析法による指紋特徴点検出法をさらに虹彩検出にも応用し、高速・高精度化させて実現させる。また、目標3は、今後期待される生体認証技術である歩容認証に不可欠な背景画像推定手法の確立、並びに光電脈波を用いた個人認証手法の確立により実現することを目標とする。

研究代表者らが提案する輪郭(流線)解析による指紋特徴点検出手法は、細線化を一切使用しない従来法の枠を超えた独創的な手法で、高速・高精度な生体認証の実現が期待できる。本研究では、さらに虹彩領域検出や虹彩特徴量抽出への応用を検討するとともに、その処理時間と性能の高速・高精度化を図る。さらに、歩容認証に不可欠な背景画像推定手法の確立、並びに光電脈波を用いた個人認証手法の確立することを目標とする。

本研究の成果により、これまで課題であった生体認証の利便性や安心面を向上し、ユビキタス社会に適した一層安心安全な生体認証技術の確立が実現できる。

## 4. 研究成果

### (1) 輪郭追跡法による虹彩検出手法

#### A. はじめに

個人認証の必要性が高まっている中、非接触型で精度の高い虹彩認証が注目されている。虹彩とは、瞳孔と強膜の間にある円環状の器官であり、個々によって異なる複雑な模様を持つ。また、この模様は終生不変という特徴を持つ。虹彩領域の検出率向上は、虹彩認証のリトライ回数を削減し、その利便性向上につながる。本研究では、虹彩輪郭形状に依存しない虹彩検出手法を提案し、虹彩検出率向上と処理時間削減を図る。

#### B. 提案手法の概要

虹彩輪郭検出手法として、Haar-like 特徴量を用いた虹彩検出手法がある。提案手法では、従来手法を改良し、輪郭連結画素のみを探索対象とすることで処理時間削減と虹彩輪郭補正を同時に行う。

まず、前処理として瞳孔やまつ毛などの低

輝度の領域を暗部領域として求め、暗部領域から瞳孔中心を検出する。次に、瞳孔中心を原点として、瞳孔中心からの距離  $r$  と基準線（水平線）からの角度  $\theta$  を用いて極座標変換する（図 1, 2）。そして、Haar-like 特徴量を用いて、 $5^\circ \sim 35^\circ$  と  $145^\circ \sim 175^\circ$  の境界点候補列を求める。得られた境界点候補列について、連結画素数が最も多いものを基準境界点列として求める（図 3）。

極座標系において、基準境界点列と連結している画素の Haar-like 特徴量を求め、これが最大値となる画素を境界点とし、逐次境界点を求めていく。まず、基準境界点列 1 と連結している画素を  $90^\circ$  まで探索する。次に、基準境界点列 1 と連結している画素を  $271^\circ$  まで探索する。同様に、基準境界点列 2 と連結している画素を  $91^\circ$  までと  $270^\circ$  までを各々探索し、境界点列を求めていく。

最後に、入力虹彩画像において境界点列より外側の領域と瞳孔やまつ毛などの暗部領域を除去することで虹彩領域を検出する。

### C. 提案手法の評価結果

提案手法を評価するために、CASIA-IrisV3-Lamp の虹彩画像 183 枚に対して評価実験を行った。比較のために Ohnuki の手法[2]についても同様の実験を行った。また、同じデータベースを用いている Ling の手法[3]も虹彩検出率の比較を行った。測定には、CPU Intel® CORE™ i3 530@2.93GHz, メモリ 4.0GB, Windows 7 の PC を用いた。評価実験では、検出精度を評価するため、手作業で作成した正解画像を用いて、虹彩検出率を測定した。また、同様に処理時間も測定した。虹彩認証で利用する領域は限定されているため、虹彩検出率は、 $141^\circ \sim 183^\circ$ ,  $354^\circ \sim 45^\circ$  の虹彩輪郭において、検出された輪郭が正解画像輪郭の 15 ピクセルの範囲内に存在すれば成功と定義した（15 ピクセルはまつ毛 3 本程度の幅に相当）。図 4 に検出結果、表 1 に測定結果を示す。

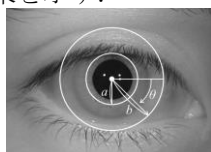


図1 入力虹彩画像



図2 極座標系に変換した虹彩画像

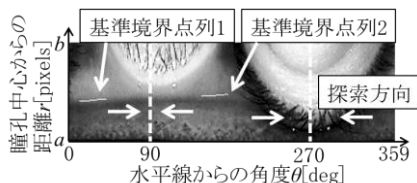


図3 基準境界点列と連結画素の探索



(a) 入力画像 (b) 検出結果

図4 虹彩検出結果

表1 評価実験結果

評価項目	提案手法	Ohnuki[2]	Ling[3]
虹彩検出率[%]	94.5	94.0	93.8
処理時間[ms]	59	86	-

### D. まとめと今後の課題

本研究では、連結画素に絞って虹彩輪郭探索することで処理時間削減と虹彩輪郭補正を同時に行う虹彩検出手法を提案した。評価実験の結果、虹彩検出率は同程度の性能であったのに対し、処理時間は約 31[%]削減できることを確認した。一方、瞳孔中心検出精度や画像が低輝度コントラストの場合、課題が残ることが確認された。これらは今後の課題となる。

#### (2) 虹彩特徴抽出精度向上のためのブロックサイズ可変局所二値化法

##### A. はじめに

近年のコンピュータ技術の発展により、ドア解錠や PC ログイン等の方式として、生体認証の活用が注目されている。IC カードやパスワードによる認証方式とは異なり、生体認証では盗難や紛失が生じにくい。中でも、虹彩認証は信頼性の高く、非接触のため心理的抵抗感が少ない個人認証方式とされる。虹彩認証の利便性は、照合リトライ回数に大きく依存すると言われ、高精度な虹彩特徴抽出手法の確立は照合リトライ回数削減のために急務であった。そこで、本研究では、虹彩画像からの信頼性の高い虹彩特徴抽出法を提案し、虹彩認証の性能向上に寄与しうる虹彩特徴検出手法を提案する。

##### B. 先行研究の課題

虹彩特徴（虹彩パターン）には、多様な大きさや輝度のパターンが複数含まれるため、固定しきい値による二値化ではパターン全体を正確に抽出することは難しい。例えば、虹彩には微細な細部パターンや粗く大きなパターンなど様々なパターンが含まれ、それらの輝度も多様となる。

先行研究<sup>1)8)</sup>では、グレースケールモルフォロジー演算により、虹彩の細部パターンを多値スケルトンとして抽出・二値化していた。しかし、固定しきい値による二値化のため、低コントラストの虹彩パターンを抽出することは困難であった。また、虹彩パターンのスケルトンのみの抽出であるため、虹彩パターンの幅情報が欠落する問題があった。

##### C. 提案手法の概要

そこで本手法では、二値化の際のブロックサイズを輝度分散に基づいて自動調整し、しきい値を可変サイズブロックの平均輝度とする。もし、比較的大きなブロック内の輝度平均を固定しきい値として局所的な二値化を行ったとすると、細部パターンは抽出されにくい。一方、比較的小さな矩形領域内の輝度平均をしきい値として局所的な二値化すると、わずかな輝度のバラツキにより、本来模様が存在しない明暗のパターンが誤って検出されてしまう恐れがある。

そこで、本手法では、輝度分散に着目し、これに基づいてブロックサイズの最適化を図り、多様な寸法や輝度を含む虹彩パターンを正確に抽出する手法を提案する。ブロックサイズを輝度分散により最適化することで、より正確に虹彩特徴を抽出することを可能としている。

まず、提案するブロックサイズ可変局所二値化法では、予め、虹彩抽出、虹彩パターン正規化及び瞳孔中心に対する極座標変換された虹彩画像を入力とする。初めに前処理として、平均値フィルタにより撮影ノイズや瞳孔中心の位置ずれを軽減する。次に、予め与えられたサイズの正方形ブロックを二値化のための検査ブロックとする。ブロック内の画素に注目し、そのブロック内での輝度分散を求める。もし、得られた輝度分散が、予め設定されたしきい値よりも高ければ、ブロックサイズを縮小し、さもなければ、ブロックサイズを拡大して、ブロックサイズの最適化を図る。なお、ブロックの縦横比は1:1の固定とする。続いて、以下に示す局所二値化を行って出力画像を得る。

ブロックサイズ可変局所二値化法では、ブロック内の輝度平均をしきい値とし、ブロックの中心座標の画素の輝度を二値化する。ブロックサイズが小さい場合、比較的狭い矩形領域内の輝度平均がしきい値となるため、二値化によって細部パターンを抽出しやすい効果がある。一方、ブロックサイズが大きい場合、比較的広い矩形領域の輝度平均をしきい値として二値化するため、粗く大きなパターンのみを抽出しやすい効果がある。

注目画素の二値化後、ラスタスキャン方式でブロックを1画素ずつ移動させ、同様に注目画素の二値化を行う。最終的に画像全体が二値化されるまで本処理を繰り返す。  
D. 評価実験

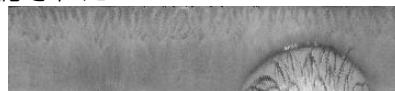
実際の虹彩画像に対して、提案手法を適用したところ、図5のような虹彩特徴画像が得られた。図5に示す実験結果より、本手法によって、従来手法では困難であった低コントラストの虹彩パターン抽出が可能となったことを示している。

さらに、本手法の有効性を検証するため、虹彩画像データベース CASIA Ver. 1 から、一人当たり3枚の目の画像を、105人分を

選定して性能評価実験を行った。評価実験の際、入力画像として、予め虹彩検出、虹彩パターンの正規化、極座標変換を行った画像を用いている。提案手法の有効性は、本手法を組み込んだ虹彩認証方式における本人拒否率で評価することとした。

まず、本手法により、虹彩特徴画像を生成し、照合対象となる虹彩特徴画像との一致度を算出する。ここで、一致度とは、符号化された虹彩特徴の照合において、合致したビットの割合と定義する。続いて、一致度のしきい値を設定し、そのしきい値に基づいて個人識別実験を行って、一致度の分布及び本人拒否率を評価した。比較のため、従来手法について同様の実験を行った。

実験結果を図6に示す。なお、ここでは、他人受入率が0[%]になるように本人識別のためのしきい値を63[%]に設定した。図6より、本人拒否率は3.8[%]となることが確認された。一方、従来手法では、他人受入率が0[%]となるしきい値は64[%]となり、この際の本人拒否率は、36.7[%]となった。本評価実験から本手法の有効性が確認された。



(a) 虹彩の極座標画像の例。



(b) 提案手法による特徴量抽出結果。  
図5 提案手法による虹彩特徴量抽出。

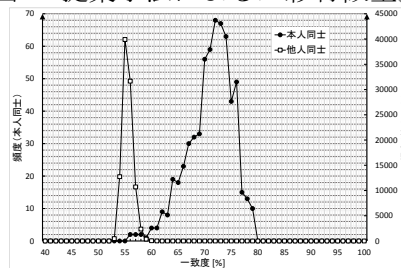


図6 提案手法による認証率。

#### E. まとめ

本研究では、虹彩の局所的な明暗変化に着目し、輝度分散に基づいてブロックサイズを最適化するブロックサイズ可変局所二値化法を提案した。

提案手法の有効性を確認するため評価実験を行ったところ、虹彩パターンの輝度や大きさに依存しにくい安定した虹彩特徴抽出が可能となることを確認した。

一方、まつ毛、まぶた、瞳孔付近において、虹彩特徴抽出が正確に行えない事例が若干観測された。今後の課題として、これらの改善が挙げられる。

(3) 歩容認証のための静止した移動物体の影響に頑強な背景推定

#### A. はじめに

屋外の移動物体検出に背景差分法を用いる場合、事前に背景だけを取得することは難しい。

このため、混合ガウスモデルや移動物体領域周囲の画素値から背景推定する手法が研究されている。しかし、従来手法では静止した移動物体の背景推定することが困難であった。そこで、本研究では、画素値時系列変化から移動物体領域を追跡し、背景推定する手法を提案する。

## B. 提案手法の概要

### B. 1. 移動物体領域検出

従来手法では、フレーム差分による動き領域検出と、静止画素の画素値の時系列平均より推定した背景を用いて移動物体を検出していた。提案手法の移動物体領域検出も従来手法と同様に行う。ただし、ここでは移動物体と判定した領域  $\{m[x,y,n]\}$  を次のように定義する。フレーム番号  $n$ 、座標  $[x,y]$  が移動物体であれば  $m[x,y,n]$  を 1、それ以外は  $m[x,y,n]$  を 0 とする。

### B. 2. 背景画素値推定

照明変動がない場合、背景領域の各フレームの注目画素の画素値変化はほぼ一定値となる。そこで、移動物体領域  $\{m[x,y,n]\}$  から背景画素値を次のように推定する。

①  $m[x,y,n]$  が 0 から 1 に変化する直前のフレーム番号を  $n_0$ 、 $m[x,y,n]$  が 1 から 0 に変化したフレーム番号を  $n_1$  とする。

② 座標  $[x,y]$  のフレーム番号が区間  $[n_0, n_1]$  (ここでは  $n_0 < n_1$  とする) の画素値について、線形補間を用いて背景画素値  $B[x,y,n]$  を推定する。背景画素値  $B[x,y,n]$  は式 (1) より求める。

$$B[x,y,n] = \frac{f[x,y,n_1] - f[x,y,n_0]}{n_1 - n_0} (n - n_0) + f[x,y,n_0] \quad (1)$$

ここで、 $f[x,y,n]$  はフレーム番号  $n$  における入力画像の座標  $[x,y]$  の画素値である。

③  $m[x,y,n]$  が 0 のときは、 $f[x,y,n]$  を背景画素値  $B[x,y,n]$  と推定する。

### B. 3. 長時間静止した移動物体への対応

予め設定したしきい値よりも長時間連続して移動物体が検出された場合、静止した直後の画素値を用いて背景画素値を再推定する。

## C. 評価実験

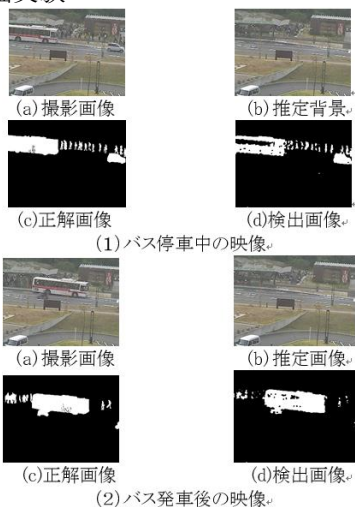


図7. 提案手法による Bus Stop Evening の検出結果  
提案手法の性能を評価するため、推定背景

画像の背景推定精度、及び背景差分法による移動物体検出精度の評価実験を行った。実験には、実際の屋外の様子を撮影したデータセットを用いた。移動物体が静止したときの背景推定に大きく影響すると考えられる場面のうち、バス停車直後から150フレーム目までの区間及びバスが再び動き出した直後について、背景推移と移動物体検出実験を行った(図7)。背景推定の評価尺度として、再現率、適合率、及び F 値を用いて従来手法[1][4]と比較を行った。図7と同様の場面における再現率、適合率、F 値を表2に示す。

表2. Bus Stop Evening の検出精度比較

手法	停車中			発車後		
	適合率	再現率	F 値	適合率	再現率	F 値
Maeda	0.75	0.69	0.72	0.70	0.73	0.71
Shimada	0.87	0.74	0.81	0.91	0.82	0.86
提案手法	0.88	0.77	0.82	0.91	0.82	0.86

## D. まとめ

従来手法と比較し、F 値が改善していることが確認された。今後の課題は、背景と画素値が類似した移動物体を検出する手法の確立である。

## (4) 正規化光電脈波間距離による生体認証

### A. はじめに

近年、光電脈波は医療検査時など様々な場面で活用されている。医療事故防止の観点から、医療現場においても生体認証を用いた個人認証の必要性が高まっている。そこで、本研究では、光電脈波の特徴量を抽出し、生体認証する手法を提案する。

### B. 提案手法の概要

#### B. 1. 光電脈波の性質

指先などに光を照射し、散乱光強度を測定すると、光吸収特性を持つ酸化ヘモグロビンにより、動脈の拍動に応じた光電脈波信号が得られる。これは、体内の身体的特徴に関する情報を含むため、個人により異なる波形となる。一方、同一人物であってもセンサと指の接触状態、運動直後の測定、心理的緊張の影響などの検査時の物理的・身体的・心理的状态により光電脈波は変動する課題がある。

#### B. 2. 光電脈波測定

指先に照射した光の散乱光をフォトフレクタにより測定する。光電脈波は測定状況により変動するため、ここでは指を置くためのガイドを用いて指の接触位置を一定にし、測定環境をできるだけ一定に保つ。アナログ加算回路により増幅させた信号を LabVIEW により 15 秒間の電圧測定を行う。

#### 2.3 光電脈波の正規化

特徴抽出精度向上のため、光電脈波の正規化を行う。ここでは、光電脈波から 10 周期分の波形を抽出し、波形の振幅、周期の変動を抑えるため、ピーク値を 1[V] とした光電脈波と周期を 1[s] とした光電脈波に変換する。

#### B. 4. 光電脈波間距離

まず、正規化した光電脈波を照合するため、(1), (2)式の相互相関関数  $R_{xy}(\tau)$  を用いて、二つ

の光電脈波が最も一致する位置  $\tau_0$  を求める. 相互相関関数は相関の程度を定量化した指標であり, 最大となる位置  $\tau_0$  が, 最も類似する位置となる. 一方を  $\tau_0$  だけシフトさせて平均二乗誤差  $\mu$  を算出する. 同一人物の周期, 振幅は近い値となるため, 周期を 1[s] に正規化した光電脈波の平均二乗誤差  $\mu_1$  とピーク値を 1[V] に正規化した光電脈波の平均二乗誤差  $\mu_2$  を求め, その積を照合する 2 つの光電脈波の光電脈波間距離 ( $\mu^2 = \mu_1 \mu_2$ ) と定義する.

$$C_{xy}(\tau) = \overline{x(t)y(t+\tau)} = \frac{1}{N} \sum_{t=0}^{N-1} x(t)y(t+\tau) \quad (1)$$

$$R_{xy}(\tau) = \frac{C_{xy}(\tau)}{C_x(0)C_y(0)} = \frac{\overline{x(t)y(t+\tau)}}{\sqrt{x^2} \sqrt{y^2}} \quad (2)$$

$$\mu_1, \mu_2 = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=0}^{N-1} (x(t) - y(t+\tau))^2} \quad (3)$$

ここで  $t$  は時間[s],  $x$  と  $y$  は光電脈波,  $\tau$  は時間シフト量[s] を表す.

#### C. 評価結果

提案手法の有効性を確認するため, 照合実験を行った. 本人同士は 50 通り, 他人同士は 300 通りの照合を行い, 等価エラー率 (EER) 21[%] を得た.

#### D. まとめ

正規化光電脈波間の光電脈波間距離より生体認証する手法を提案した. 今後の課題として, さらに EER を低減するため, 照合手法の改善が挙げられる.

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者, 研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① T. Maeda, T. Ohtsuka, "Reliable Background Prediction Using Approximated GMM", Proceedings of IAPR Conference on Machine Vision Applications (MVA2015), May, 2015, pp. 142-145, 査読有
- ② T. Maeda, T. Ohtsuka, and H. Aoki, "Reliable Background Prediction by Approximate Gaussian Mixture Model Frame Differences for Background Subtraction", Proceedings of the Seventh International Workshop on Image Media Quality and its Applications (IMQA 2014), September, 2014, pp. 84-87, 査読有
- ③ K. Ohnuki, T. Ohtsuka, H. Aoki, "Reliable Iris Detection by Boundary Search using Haar-like Features", Proceedings of 2013 IEEE International Conference on

Biometrics and Kansei Engineering (ICBAKE2013), July, 2013, pp. 95-98, 査読有

[学会発表] (計 6 件)

- ① 平岡朋晟, 大塚友彦, "静止した移動物体の影響に頑強な背景推定", 2016 年電子情報通信学会総合大会情報・システムソサイエティ特別企画 学生ポスターセッション予稿集, pp. 199, 九州大学伊都キャンパス(福岡県福岡市), 2016 年 3 月
- ② 中村 誠, 大塚友彦, "正規化光電脈波間距離を用いた生体認証", 2016 年電子情報通信学会総合大会情報・システムソサイエティ特別企画 学生ポスターセッション予稿集, pp. 198, 九州大学伊都キャンパス(福岡県福岡市), 2016 年 3 月
- ③ 戸澤賢樹, 大塚友彦, "輪郭追跡法による虹彩領域検出", 2016 年電子情報通信学会総合大会情報・システムソサイエティ特別企画 学生ポスターセッション予稿集, pp. 108, 九州大学伊都キャンパス(福岡県福岡市), 2016 年 3 月
- ④ 伊藤 環, 舘泉雄治, 大塚友彦, 青木宏之, 石川 諒, "動的要素を付加した虹彩認証に関する検討", 情報処理学会第 78 回全国大会, 2M-08, 慶應義塾大学矢上キャンパス(神奈川県横浜市), 2016 年 3 月
- ⑤ 石川 諒, 大塚友彦, 青木宏之, 舘泉雄治, "虹彩特徴抽出精度向上のためのブロックサイズ可変局所二値化法", 第 18 回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2015) Extended Abstract, SS2-12, pp. 1-2, ホテル阪急エキスポパーク(大阪府吹田市), 2015 年 7 月
- ⑥ 大貫量孝, 石川 諒, 大塚友彦, "積分画像を用いた Haar-like 特徴量に基づく虹彩検出の高速化", 第 4 回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム論文集, pp. 64, 産業技術総合研究所臨海副都心センター(東京都江東区), 2014 年 11 月

#### 6. 研究組織

- (1) 研究代表者  
大塚友彦 (OHTSUKA Tomohiko)  
東京工業高等専門学校・電子工学科・教授  
研究者番号: 80262278
- (2) 研究分担者  
青木博之 (AOKI Hiroyuki)  
東京工業高等専門学校・電子工学科・教授  
研究者番号: 20249759
- (3) 研究分担者  
舘泉雄治 (TATEIZUMI Yuji)  
東京工業高等専門学校・電気工学科・准教授  
研究者番号: 80197392