

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 26 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500216

研究課題名(和文) 不可視光源による影領域を用いた歩容認証システムの開発

研究課題名(英文) Gait identification from invisible shadows

研究代表者

岩下 友美 (IWASHITA, Yumi)

九州大学・システム情報科学研究科(研究院・助教)

研究者番号：70467877

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、建物へのアクセス認証や屋内におけるセキュリティシステムにおいて、被認証者の負担の無い個人認証を実現するために、複数台の赤外線ライトにより地面に投影された歩行者の影領域を用いた、個人認証システムの開発を行った。また、着衣や持ち物の変化などの見えの変化に対して頑強な歩容による個人識別システムを提案した。さらに、高い個人認証性能を実現するために、開発システムを拡張して、時系列情報を考慮した個人識別手法を開発した。提案手法を用いて54名の歩行画像データベースを用いて実験を行い、従来手法と比較して高い認証性能を達成したことを確認した。

研究成果の概要(英文)：Gait is a powerful remote biometric, offering the advantages of identification from a distance, and of being unobtrusive. We proposed a person identification technique that uses information from person's shadow. In the proposed system, we obtain the advantages of multiple viewpoints with a single camera and additional light sources. More specific, we install multiple infrared lights, which have advantages as undetected sensing, to project shadows of a subject on the ground and a camera in the ceiling inside of a building. Shadow areas, which are projections of one's body on the ground by multiple lights, can be considered as body areas captured from different viewpoints; thus, the proposed system is able to capture multiple projections of the body from a single camera. In addition, we extended the proposed system to improve its performance, by introducing a voting-based method. We showed that the proposed system outperformed an existing method with a database consisting of 54 people.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：個人認証 歩容 影生体情報 赤外線

### 1. 研究開始当初の背景

生体情報による個人認証は、建物へのアクセス認証、屋内におけるセキュリティシステムや、遠隔監視システムなどの分野で多くの需要が見込まれており、現在、指紋や掌の静脈、光彩を用いたシステムが実用化されている。しかしこれらの生体情報の取得には、例えば装置に指先を乗せるなど被認証者が特定の動作を行う必要がある。

一方、被認証者に特別な動作を行わせることなく、また遠方からでも観測可能な生体情報の一つとして歩容がある。歩容による個人認証手法はアピアランスベース法とモデルベース法の2つに大別される。まずアピアランスベース法は、対象人物の“見え”に基づき歩行特徴を抽出する手法であり、代表的な手法として平均画像に基づき歩行特徴を抽出する手法がある。しかし、カメラ視点が変わると対象人物の見えが変化するため、認証率が低下する。これに対しモデルベース法の代表的な手法として、入力画像から抽出された対象人物の輪郭線に対して3次元人体モデルをあてはめて、対象人物の脚の関節角度や歩幅などの歩行特徴を抽出する方法がある。しかし被認証者の衣服の影響により、観測された対象人物の輪郭線が真の輪郭線と異なる場合、3次元人体モデルをあてはめに誤差が生じるため、識別性能が低下する。また、対象人物と人体モデルの体形が一致しない場合、歩行動作の推定結果に大きな誤差が生じる。さらに、単一カメラのみを用いた場合、人体モデルの奥行値が一意に推定されないため、識別性能が低下する。また、従来の生体認証システムに共通して、被認証者の生体情報の取得において、カメラなどの生体情報取得装置は被認証者から見える位置に設置される必要があり、これにより認証されていることを被認証者は意識することになる。

### 2. 研究の目的

本研究は、建物へのアクセス認証や屋内におけるセキュリティシステムにおいて、被認証者の負担の無い個人認証を実現するために、複数台の不可視光源により地面に投影された歩行者の影領域を用いた、個人認証システムの開発を目的とする。また、不可視光源により地面に投影された歩行者の影を用い、着衣や持ち物の変化などの見えの変化に対して頑強な歩容による個人識別システムを提案する。さらに、提案システムを用いて、54名からなる影画像データベースを構築する。

### 3. 研究の方法

本章では、まず開発する(1)不可視光源を用いた影画像撮影システムとそれを用いた影画像データベースの構築について述べ、次に(2)影画像を用いた個人認証システムについて述べる。

(1) 不可視光源を用いた影画像撮影システムとそれを用いた影画像データベースの構築

まず、認証を行っていることを被認証者に意識させないために、通常のリフトと同様に複数台の赤外線ライトを天井に設置し、また地面に対して垂直に画像を撮影するように、単一カメラを天井に埋め込み設置する。ここで、地面に投影された被認証者の“影”は、光源を視点として疑似的に撮影された画像であると考え、単一カメラにより撮影された歩行者の複数の影領域を用いることで、高い識別性能を実現できると考えられる。

赤外線ライトによる影画像の例として、人物の斜め上の位置に赤外線ライトを設置して、床面上に投影された影を撮影した画像を図1に示す。図1(a)の画像はカメラに可視光線透過フィルタを付けた場合であり、これは人間が見る映像と同じである。図1(b)の画像はカメラに赤外線透過フィルタを付けた場合の画像であり、これは人間にとって不可視な領域の画像である。これから、人間には不可視である赤外線によって影が投影されていることがわかる。



(a) An example of captured images with a visible light transmitting filter (b) An example of captured image with an infrared transmitting filter

図1 赤外線ライトにより投影された影領域の例。(a) 可視光線透過フィルタを付けた場合、(b) 赤外線透過フィルタを付けた場合

次に、実際の赤外線ライトによる影画像データベースの構築について述べる。まず、図2に示すように2台の赤外線ライト(Bosch, IR Illuminator 850 nm, UFLED30-8BD)を、それぞれ地面に対して同じ仰角となるように設置した。より具体的には、一台は歩行者の正面方向に設置し、またもう一台は、正面画像と比較して最も大きく見えが変化すると予想される真横に設置した。また、1台のカメラ(PointGrey Research Inc., Grasshopper2 M/C)をカメラの光軸が床面に対して垂直となるように設置した。画像解像度は1600×1200、フレームレートは30Hzである、また被験者は54名、それぞれ6回の直線歩行を撮影した。歩行者の見えの内訳は、図3に示す標準歩行(IRSD-ST)とする同じ衣服での歩行を4回、鞆を持って歩行する場合(IRSD-BG)が1回、そして標準歩行の際とは異なる衣服での歩行(IRSD-CL)を1回とした。また、鞆の種類はバックバック、

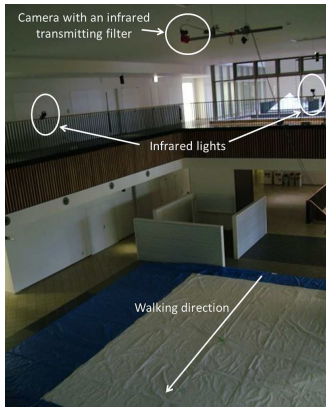


図2 構築した実験スタジオ



図3 (左)標準服装の被認証者の例,(右)撮影画像の一例



図4 (左)ダウンジャケットの被認証者の例(右)撮影画像の一例

ハンドバッグ、ボストンバッグの3種類であり、それぞれ18人分のデータを取得した。異なる衣服の種類は、ダウンジャケット、白衣、ロングコートの3種類であり、それぞれ18人分のデータを取得した。図4にダウンジャケットの被験者のその撮影画像の一例を示す。

#### (2) 影画像を用いた個人認証システム

まず撮影された複数の影領域を含む画像から、それぞれの影領域を抽出する手法について述べ、次に時系列の影領域から歩行特徴を抽出する手法について述べる。最後に、1歩行周期分の歩行特徴を用いた個人識別手法について述べる。

まず輝度値の差に基づく背景差分法により、撮影画像から実際の人物領域、及び影領域を抽出する。次に抽出した影領域から、歩行特徴として2次元アフィンモーメント不変量を抽出する。アフィンモーメント不変量はモーメントベースの記述子であり、一般的

アフィン変換に対して不変である。最後に、個人識別のために、識別器として k-nearest neighbour 法(knn) と投票を組み合わせる。個人識別を行う際には、まず学習用の歩行画像列に属する、それぞれの影画像から2次元アフィンモーメント不変量により歩行特徴を求めて、データベースを構築する。次にテスト用の歩行画像列に対しても同様に、影画像毎に特徴を求め、knnを用いて、それぞれの特徴に対して最近傍の特徴を持つデータベース内の人物へ投票を行う。例を図4に示す。最後に投票の結果を統合し、最も多くの票を得た人物を被認証者とする。

また、見えの変化に頑強な個人認証を実現するために、歩行画像中の対象人物領域を複数領域に分割し、特徴量の距離に応じて各領域の識別性能を推定する。

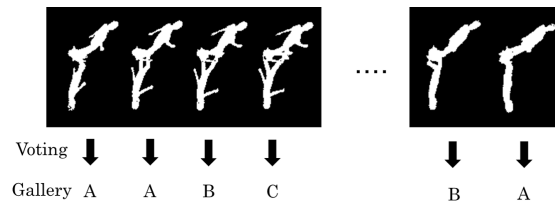


図4 最近傍の特徴を持つ人物への投票

#### 4. 研究成果

構築した見えの変化を含む影画像データベースを用いた、個人識別実験を行う。実験では、(a)従来手法、(b)提案手法(従来手法に対し、見えの変化に頑健な手法を導入したもの)の2通りを行い、その結果を比較する。実験では、まず IRSD-ST の4つのシーケンス中から3シーケンスを選び、データベースを構築する。従って、4パターンのデータベースが構築できる。次に、テストデータを IRSD-ST とする場合は、データベースの構築に用いていない残りの1シーケンスを用いる。IRSD-BG, IRSD-CL についてはテストデータのみとして用いる。識別率は、それぞれのテストデータに対して4回の個人識別実験を行い、その4回の施行の識別率の平均の値とする。

表1の上段に IRSD-ST, IRSD-BG, IRSD-CL に対してそれぞれ従来手法を適用した結果、表1の下段に IRSD-ST, IRSD-BG, IRSD-CL に対してそれぞれ提案手法を適用した結果を示す。実験結果より、提案手法が従来手法よりも高い識別率を実現していることを確認した。特に IRSD-ST と IRSD-BG では100%の認証率を達成した。しかし、衣服がデータベース構築時と異なる場合の識別率が低いため、衣服の種類毎の識別率を調査した。表2に示す実験結果より、ダウンジャケットの時に高い割合で識別に失敗していることが分かった。この原因として、ダウンジャケットは他の衣服に比べ、識別性能に大きく影響する上半身の形状変化が大きいことが挙げられる。

すなわち、複数光源による影を用いる個人識別では、足元領域が複数の影が重なる部分であり、形状がつぶれてしまい個人差がでないため、上半身部分の特徴に依存するためであると考えられる。

表 1 従来手法と提案手法による識別性能[%]

|      | IRSD-ST | IRSD-BG | IRSD-CL |
|------|---------|---------|---------|
| 従来手法 | 100.0   | 71.8    | 31.9    |
| 提案手法 | 100.0   | 100.0   | 57.4    |

表 2 衣服の種類毎の識別率[%]

|      | ダウ<br>ジャケット | 白衣   | コート  |
|------|-------------|------|------|
| 提案手法 | 11.1        | 77.8 | 94.4 |

## 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 9 件)

Yumi Iwashita, Koichi Ogawara, Ryo Kurazume, Identification of people walking along curved trajectories, 2014. (In Press)

DOI: 10.1016/j.patrec.2014.04.004

Yumi Iwashita, Koji Uchino, Ryo Kurazume, Gait-based person identification robust to changes in appearance, Sensors, Vol. 13, No.6, pp.7884-7901, 2013.

DOI:10.3390/s130607884

Yumi Iwashita, Adrian Stoica, Ryo Kurazume, Gait identification using shadow biometrics, Pattern Recognition Letters, Vol.33, pp.2148-2155, 2012.

岩下友美, 内野康司, 倉爪亮, 複数の不可視光源による歩行者の影を用いた個人識別, 画像ラボ, 日刊工業出版, pp.69-74, 2013.12.

Yumi Iwashita, Shuhei Takaki, Ken'ichi Morooka, Tokuo Tsuji, Ryo Kurazume, Abnormal behavior detection using privacy protected videos, 2013 4th Int. Conf. on Emerging Security Technologies, pp. 55-57, Sep 9th, 2013.

Yumi Iwashita, Koichi Ogawara, Ryo Kurazume, Expanding gait identification methods from straight to curved trajectories, IEEE Workshop on the Applications of Computer Vision 2013, pp.193-199, Jan 17-18. 2013.

Yumi Iwashita, Adrian Stoica, Ryo Kurazume, Finding People by their Shadows: Aerial Surveillance using Body Biometrics Extracted from Ground Video, International Conference on

Emerging Security Technologies, pp.43-48, September 5-7, 2012.

Yumi Iwashita, Koji Uchino, Ryo Kurazume, Adrian Stoica, Gait identification from invisible shadows, SPIE Biometric Technology for Human Identification IX, April, 2012.

Yumi Iwashita, Ryosuke Baba, Koichi Ogawara, Ryo Kurazume, Method for gait-based biometric identification robust to changes in observation angle, 26th International Conference Image and Vision Computing New Zealand, November, 2011.

[学会発表](計 9 件)

新崎誠, 岩下友美, 倉爪亮, 見えの変化に頑強な歩容認証のための統計的歩行動作モデルの構築, 画像の認識・理解シンポジウム 2013, SS3-13, 2013.

内野康司, 岩下友美, 倉爪亮, Adrian Stoica, 複数の不可視光源による歩行者の影を用いた個人識別 - 見えの変化に対する頑強性の向上 -, 信学技報, vol. 112, no. 441, PRMU2012-178, pp. 233-238, 2013.

内野康司, 岩下友美, 大石 修士, 倉爪亮, Adrian Stoica, 不可視光源による影を用いた歩容による個人識別, 第30回日本ロボット学会学術講演会, 3M1-5, 2012.

内野康司, 岩下友美, 倉爪亮, Adrian Stoica, 複数の不可視光源による歩行者の影を用いた個人識別, 画像の認識理解シンポジウム (MIRU2012), IS3-72, 2012.

岩下友美, 内野康司, 倉爪亮, Adrian Stoica, 複数の赤外線ライトによる影を用いた歩容による個人識別, 信学技報, vol. 111, no. 430, PRMU2011-198, pp. 71-75, 2012.

岩下友美, 馬場亮輔, 小川原光一, 倉爪亮, 見えの変化に頑強な歩容による個人識別 - 曲線軌道への拡張, 信学技報, vol. 111, no. 430, PRMU2011-197, pp. 65-70, 2012.

馬場亮輔, 岩下友美, 小川原光一, 倉爪亮, 4次元歩容データによる歩行の向きの変化に頑強な個人識別, 信学技報, vol. 111, no. 430, PRMU2011-196, pp. 59-64, 2012.

内野康司, 岩下友美, 倉爪亮, 領域分割に基づく見えの変化に頑強な歩容による個人識別, 画像の認識理解シンポジウム (MIRU2011), IS2-44, 2011.

内野康司, 岩下友美, 倉爪亮, 歩行者の見えの変化に頑強な個人識別, 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会, 2A1-L01, 2011.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://robotics.ait.kyushu-u.ac.jp/~yumi/index-j.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

岩下 友美 (IWASHITA, Yumi)  
九州大学・大学院システム情報科学研究  
院・助教  
研究者番号：70467877

### (2) 研究分担者

倉爪 亮 (KURAZUME, Ryo)  
九州大学・大学院システム情報科学研究  
院・教授  
研究者番号：70272672

諸岡 健一 (MOROOKA, Ken'ichi)  
九州大学・大学院システム情報科学研究  
院・准教授  
研究者番号：80323806