

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 19 日現在

機関番号：82505

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2015～2016

課題番号：15H06874

研究課題名(和文) 内部メカニズムの推定に基づくモデルベース歩容認証の新規識別手法の開発

研究課題名(英文) Development of a Novel Recognition Method of Model-based Gait Recognition based on the Mechanism of Walking

研究代表者

井元 大輔 (Imoto, Daisuke)

科学警察研究所・法科学第二部・研究員

研究者番号：10760902

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,900,000円

研究成果の概要(和文)：モデルベース手法は関節運動の相違度から映像中の人物が同一人か否かを判別する技術である(既存手法)。本研究課題では、自己回帰モデルを用いる方法(非線形数理モデルのパラメータを用いる方法)と関節位置の確率分布を用いる方法(予め学習した分布から計算した確率密度の時系列を用いる方法)の二つを提案し、独自のデータベースを用いて評価したところ、前者は推定時のデータ量の不足から既存手法よりも識別力が低いことが分かった。一方で、後者は既存手法と同程度の識別力を示し、さらに服装が異なる場合(シルエットが変わる場合)の識別力の低下が既存手法よりも抑えられることが明らかとなった(今後大規模なデータでの検証が必要)。

研究成果の概要(英文)：Model-based Gait Recognition is a method by which we can recognize two pedestrians in CCTV videos is a same person or are different people from dynamics of joints' coordinates (Conventional method). It is a problem that intra-individual variability, for example different clothes, sometimes deteriorate the accuracy of the analysis. Here we propose two methods which is based on the mechanism of walking. One is a method using estimated parameters of coupled nonlinear oscillators' model. The other is a method using dynamics of probability densities computed from presumably learned spatial distributions of joints' positions. It is revealed that the method using coupled nonlinear oscillators' are not useful for forensic purpose, on the other hand the method via spatial joints' distributions may be useful in a different clothes' case. It is suggested that representation of walking using spatial joints' distributions could be overcome a part of intra-individual variability.

研究分野：法科学、情報学、数理生物学

キーワード：歩容認証法 モデルベース手法 関節位置の確率分布 非線形数理モデル

1. 研究開始当初の背景

近年、公共空間における防犯カメラの普及により、画像や映像が犯罪捜査において有効となる機会が増している。防犯カメラの性能は日毎に高まっているものの、未だ低画質低フレームレートのものも多く、資料映像が手に入っているのに、身長や着衣、顔などの情報から個人を割り出すことできない場合も少なくない。また、来たるサミットやオリンピック等の大規模なイベントにおける防犯の需要が高まってきており、実用的な人物映像の解析技術の開発は急務となってきた。

そこで近年注目されているのが、歩容認証技術である。これは、歩き方、姿勢などから、二つの映像の歩行者が同一人物かどうか調べる技術で、非接触非侵襲の新しいバイオメトリクスとして注目を集めている(図1)。歩行者の見え方の類似度により識別を行う手法(以下現状の科学捜査の手法)(Y. Makihara *et al.*, ECCV, 2006/ 岩間 他, CVIM, 2013)は、科学捜査の現場で利用されており、日増しに分析のニーズが高まっている。しかし、防犯カメラの画質やフレームレート、撮影角度の相違、歩行速度の違い、歩行者の状況や体調の違いなどにより、分析不可となる場合があり、現在、分析の適用範囲の拡大が課題となっている。



図1. 歩容認証法

既存手法と別のアプローチとして、モデルベース手法があり、これは関節の位置や角度等の人体モデルを映像から抽出し、識別を行う方法である。モデルベース手法は、専ら、身体部位の寸法や関節運動の類似性に基づいて行われている(L. Bouchrika, JFS, 2011)。歩行速度、歩行者の状況や体調等により歩行形態は大きく変わることが知られるが、歩行形態が異なる場合に個人性を特徴付けることは挑戦的な課題である。歩行形態が異なっても、関節運動を生む内部メカニズムには個人性があると考えられ、内部メカニズムを考慮して歩行運動を理解する方法として、神経ネットワークによる運動制御の枠組みが挙げられる。これは、中枢神経からの指令が神経ネットワークを介して伝わり、身体の各部位の筋肉が協調して働くことにより歩行運動が実現されるという考え方である。神経ネットワークによる運動制御は、結合興奮子や結合振動子等の非線形数理モデルによって表現でき、人間の歩行運動のモデル化や二足歩行ロボットの運動制御に応用されているものの、非線形数理モデルを直接、個人識別の問題に応用した例は未だない。

2. 研究の目的

本研究課題では、歩行運動の内部メカニズ

ムの非線形数理モデルによる表現を用い、内部メカニズムの推定に基づく新規識別手法の開発を行い、モデルベース手法の識別率を向上させ、歩容認証の分析の適応範囲の拡大を目的とする。

3. 研究の方法

(1) まず、現状の科学捜査の手法での前提条件とモデルベース手法に対する理解を深めるため、現状の手法で使われるシルエット画像から自動処理で関節点と類似する特徴点を得る方法を開発した。ここで得られた特徴点とその近傍の形状情報を合わせて特徴量とした。特徴量の時系列から相違度を算出する際には歩行運動の非線形性を考慮して、動的計画法(DTW)を用いた。九州大学の公開データベース(KY 4D Gait Database A)を用いて、現状の科学捜査の手法との比較および個人識別の性能の評価を行った。

(2) 次に、歩行運動の非線形性を表現できる特徴づけ(モデル化)を重視し、内部メカニズムの推定に基づく手法に関して、自己回帰モデルを用いる方法と関節位置の確率分布を用いる方法の2つを開発・評価した。1つは、Multi-Layer Perseptronを用いた非線形数理モデル(自己回帰モデル)により関節運動をモデル化し、そのパラメータを用いて識別を行う方法である(自己回帰モデルを用いる方法)。2つ目は予め学習した関節位置の確率分布から計算した確率密度の時系列を用いて識別を行う手法である(関節分布を用いる方法)。比較した既存手法は関節運動を用いて識別を行う方法(Bouchrika *et al.*, 2011, JFS)、とした。1歩行データにつき約1~2周期が含まれる被験者14人以下の小規模な独自のデータベースを用いて、服装が異なる場合及び歩き方が異なる場合の個人識別の性能の比較を行った。

評価に用いた独自のデータベース構築は以下のように行った。まず同じ人で歩行形態の違い(個人内変動)が生じる原因は大きく分けて二つある。服装の違いや身体部位の隠蔽などの原因でシルエットが異なる場合と歩行者の状況や体調などにより歩き方が異なる場合である。本研究では前者に関しては服装が異なる場合、後者に関しては別の日に測定する場合とし、関節運動を簡易的に取得するため、距離画像センサ(Microsoft Kinect v2)を用いて三次元関節点の時系列データを取得した。個人識別の性能評価では、実用的には画像から関節点を得ることを考慮し、想定される撮影角度3条件(横方向から撮影、斜め方向から撮影、正面方向からの撮影)の方向に射影することで二次元の関節運動のデータを作成し評価に用いた。

4. 研究成果

(1) 特徴点とその近傍の形状情報に基づく歩容認証法(以下、特徴点手法)を開発し、九州大学の公開データベース(KY 4D Gait

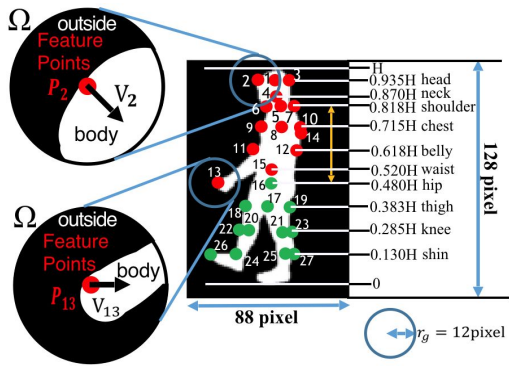


図2 特徴点とその近傍の形状情報に基づく手法 (特徴点手法)

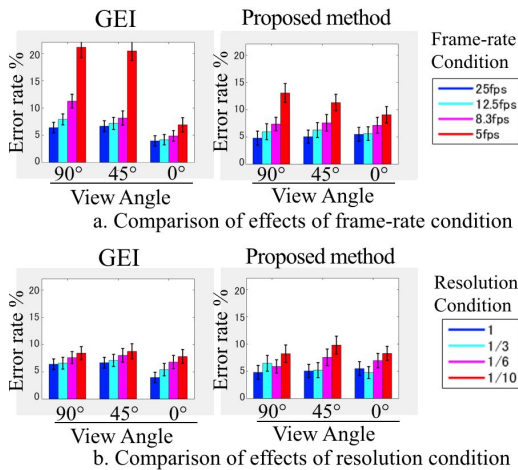


図3 現状の科学捜査の方法(GEI)と特徴点手法 (Proposed method)との比較 (a)フレームレートに対する依存性、(b)解像度に対する依存性

Database A)を用いて、現状の科学捜査の手法との比較および個人識別の性能の評価を行った。この方法では、各関節点が存在する典型的な相対的な高さ(J-H Yoo., ETRI, 2011)を用いることで、シルエット画像から関節点に類似する特徴点 27 個を自動処理で得ることができる(図 2)。特徴点の近傍の形状情報は特徴点から一定半径の円内のシルエットの重み付きの重心点の座標として算出した。特徴点及び形状特徴量の時間変化の傾向が、関節運動を調べたモデルベース手法の先行研究と一致することが分かった(井元 他, ViEW2015, 2015)。これらの特徴点と形状情報を合わせて特徴量とし、特徴量の時系列から相違度を算出する際には歩行運動の非線形性を考慮して、動的計画法(DTW)を用いた。撮影角度3条件(真横から撮影(90°)、斜めから撮影(45°)、正面から撮影(0°))に関して、現状の科学捜査の手法と比較したところ、特徴点手法は現状の手法と同程度の識別力を示すことが分かった(図3青)(井元 他, 第21回 法科学技術学会, 2015)。さらに、フレームレートと解像度に関する依存性を比較したところ(図3)、

特徴点手法は、真横(90°)及び斜め(45°)方向の撮影条件で、フレームレートの低下に対して頑健であることが明らかとなった(井元 他, 精密工学会誌, 2017)。提案した特徴点手法は、自動処理による手法であり従来のモデルベース手法と違い熟練者による分析を要しないこと、及び、個人識別の性能に関してフレームレートの低下に対して頑健であることといった利点がある。

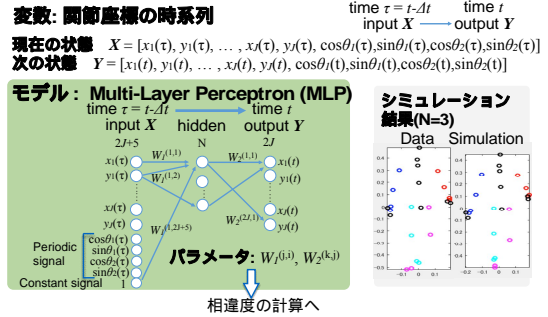
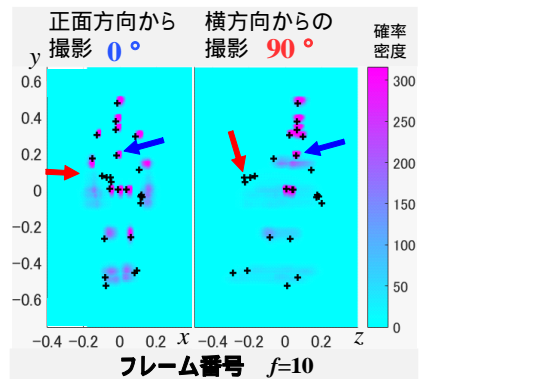
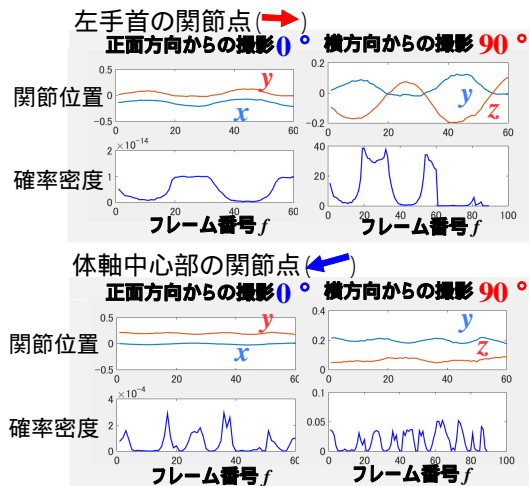


図4 自己回帰モデルを用いる方法



a. 学習した関節位置の確率分布



b. 確率密度の時系列と関節位置の時系列の比較

図5 関節位置の確率分布に基づく手法

(2) 次に、個人内変動の克服を目指し、歩行運動の非線形性の特徴づけ(モデル化)による内部メカニズムの推定に基づく手法を2つ開発した。提案した手法は、自己回帰モデ

ルを用いる方法と関節位置の確率分布を用いる方法の2つである。1つ目は、Multi-Layer Perseptron を用いた自己回帰型の非線形数理モデルにより関節運動をモデル化し、そのパラメータを用いて識別を行う方法である(自己回帰モデルを用いる方法、図4)。推定したパラメータを用いて歩行のシミュレーションを行った結果を実データと比較したものを図4に示した。2つ目は予め学習した関節位置の確率分布から計算した確率密度の時系列を用いて識別を行う手法である(確率分布法、図5)。関節位置の確率分布の学習結果を図5aに、確率密度の時系列を図5bに示した。確率密度の時系列を関節位置の時系列と比較すると、非線形性の強い時間変動を示すことが分かり、歩行本来の非線形性を表現できている可能性が考えられた。

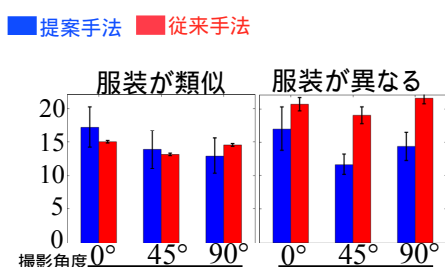


図6 確率分布法の個人識別の性能

1つの歩行データが1~2周期の比較的短い歩行が含まれる独自のデータベースを用いて平均の識別性能を評価した結果、自己回帰モデルを用いる方法はパラメータの推定に用いるデータ量の不足から推定したパラメータが定まらず識別力が低いことが明らかとなった(Not Shown)。その一方で、確率分布法は既存手法と同程度の識別力を示し、さらに服装が異なる場合の識別力の低下が既存手法よりも抑えられることが明らかとなった(図6)。この結果から、服装が変わることでシルエットが変化しても、関節抽出精度が元来のばらつきの範囲内に抑えられることが示唆された。しかし、本研究課題では10人規模の小規模のデータでしか評価できなかったため、今後大規模のデータベースでの検証が必要である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

井元大輔、黒沢健至、土屋兼一、黒木健郎、秋葉教充、角田英俊、身体部位の特徴点と形状情報に基づくモデルベース歩容認証法の検討、精密工学会誌、査読有、83(1)、2017、pp.94-100

〔学会発表〕(計 5 件)

井元大輔、黒沢健至、土屋兼一、黒木健郎、秋葉教充、角田英俊、歩容解析におけるモデルベース手法の併用に向けた基

礎検討(奨励賞受賞)、第21回日本法科学技術学会学術集会、p.129、2015

井元大輔、黒沢健至、土屋兼一、黒木健郎、秋葉教充、角田英俊、身体部位の特徴点と形状情報に基づくモデルベース歩容認証の検討、ViEW2015 ビジョン技術の実利用ワークショップ、pp.120-121、2015

井元大輔、黒沢健至、土屋兼一、黒木健郎、秋葉教充、角田英俊、平林学人、歩容解析における既存のモデルベース手法の検討、第22回日本法科学技術学会学術集会、p.105、2016

井元大輔、黒沢健至、土屋兼一、黒木健郎、秋葉教充、角田英俊、平林学人、関節位置の確率分布に基づくモデルベース歩容認証法の検討、第6回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム(SBRA2016)、S4-3、2016

Daisuke Imoto, Kenji Kurosawa, Ken'ichi Tsuchiya, Kenro Kuroki, Norimitsu Akiba, Hidetoshi Kakuda, Manato Hirabayashi, Can Gait Recognition using Coupled Nonlinear Oscillators Overcome Intra-individual Variability?, American Academy of Forensic Sciences, 69th Annual Scientific Meeting (AAFS 2017), 2017

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等 なし

6. 研究組織

(1)研究代表者 井元 大輔

(IMOTO, Daisuke)

科学警察研究所・法科学第二部物理研究室・研究員

研究者番号: 10760902