

平成 30 年 6 月 20 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26330190

研究課題名(和文) 夜間のリアルタイム個人認証

研究課題名(英文) Real-time personal identification at night

研究代表者

山本 正信 (Yamamoto, Masanobu)

新潟大学・自然科学系・フェロー

研究者番号：00242397

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：Kinectセンサから得られる身体の動作データとサイズデータを使って、夜間の個人認証法を開発した。動作データからは、個人認証を実動作パラメータ空間よりも小さな固有空間で行った。このとき、複数の固有平面を利用することによりさらに計算効率を向上させた。この手法を高次固有空間法とよぶ。一方、サイズデータからは、ユークリッド距離に基づく最近傍決定法が最も識別率が高かった。さらに、高次固有空間法と最近傍決定法を弱識別器とし、それらの出力を最小順位和で統合した強識別器により識別率を向上させた。

研究成果の概要(英文)：This research proposed a personal identification method using body motion data and size data obtained from the Kinect sensor. This method is used in the night. From the motion data, personal identification is performed in an eigenspace smaller than the actual parameter space. In this case, the calculation efficiency is further improved by using several 2D eigenplanes. This method is called a higher order eigenspace method. On the other hand, from the size data, the nearest neighbor method based on Euclidean distance has the highest identification rate. In addition, the identification rate is more improved by a strong classifier to be determined by the minimum sum of ranks from the higher order eigenspace method and the nearest neighbor method.

研究分野：知覚情報処理

キーワード：パターン認識 個人認証 夜間 Kinect 歩行動作 身体サイズ

1. 研究開始当初の背景

ビデオ映像からの個人認証技術は広く研究されている。通常の映像や画像には、個人の情報が豊富に含まれており、個人認証には有利と考えられるが、二つの難点を持っている。その一つは、映像や画像はカメラと身体との相対的な位置・姿勢の關係に依存するため、この關係が変われば認識手法の前提条件が成り立たなくなることがある。二つ目は、夜間、すなわち暗い所では人物の画像、映像自体が撮れないことである。

2. 研究の目的

監視カメラは、屋内や屋外を問わず至る所に設置されている。犯罪の防止が目的であるが、映像の量が桁違いに多いためリアルタイムでの利用はあまりなく、映像の記録に留められている。そして、残念ながら犯罪が起きてしまったからの分析が主な用途となっている。犯人の確保や犯行の分析などに有用であることは実証されているが、可能であれば、犯罪を未然に防ぐために使われることが望ましい。

本研究は、身体の骨格とその動作をリアルタイムで取得できる Kinect センサを使って個人認証を行う。Kinect センサは赤外線レーザー投射型であるため、暗所でも犯罪者に気付かれずにその挙動を測定することが可能である。そのため、夜間の犯罪防止に有用と考えられる。

3. 研究の方法

画像や映像からの個人認証では、もっぱら通常照明下でのビデオ映像が利用されているが、夜間では利用できない。Kinect センサは赤外線レーザーパターンの照射により、深度画像を経由して身体の骨格モデルを得ることができる。骨格モデルで表された身体の姿勢は、各部位の上位部位に対する相対角度を姿勢パラメータとして表すことができるため、センサと身体との相対的關係に依存しない認証方法が可能である。また、赤外線の利用は真っ暗闇でも骨格モデルを得ることができ、夜間での認証を可能とする。

Kinect は 2010 年頃の登場であるので、個人認証に利用しようとする試みは既に数多く行われている。それらは、背の高さなどもっぱら身体のサイズ情報を利用するものが多かった。Kinect からの骨格モデルには身体サイズなどの構造情報の他に運動情報が含まれている。歩幅や歩行速度などによる個人認証が試みられているが、これらは身体の運動情報の一部である。身体の骨格運動は部位の姿勢パラメータの時系列パターンで表される。姿勢パラメータの照合により認証が行えるが、時間軸上の照合は、照合開始時刻に加えて動作速度の速い遅いなどの時間の伸縮も探索過程に加える必要があり計算に手間がかかる。

骨格の運動は姿勢パラメータ空間内で軌道を描く。動作を歩行動作とすれば、歩行は周期運動であるので、この軌道は閉じた軌道となる。歩行の加速や減速などの揺らぎはこの軌道内の位置の変化に過ぎなく、軌道の形状は変わらない。一方、身体動作の姿勢パラメータ数は 40~50 個に達する。パラメータ空間は広大ではあるが、身体の部位間は依存性が強いいため、KL 展開により低次元のパラメータ空間で表すことができる。実際、動作パラメータを 2 次元のパラメータ空間に射影し、2 次元図形化された動作軌道の比較により動作識別が行われている。今回は歩行動作のような同じ種類の動作を対象に、個人差を識別することにする。

研究期間中に、Kinect は v1 から v2 へとバージョンアップした。v1 では三角測量により距離を測定していたのに対し、v2 では投射した光の飛行時間から距離を測定している。したがって、測定死角がより少なくなり、さらに、センサの解像度が SD から HD へ拡大したことにより、測定レンジも拡大した。そのため、研究期間の途中で v1 から v2 へと機種を変更した。実は、v1 と v2 は梱包されている測定アプリケーションが異なっている。v2 は動作と同時に身体サイズも測定できるが、v1 は同時に測定できない。そこで、研究期間の前半は v1 による 34 名の動作データベース、後半は v2 による 30 名の動作とサイズのデータベースを使用した。

実験データの撮影では、Kinect の前で一人ずつ 3 回歩行を行いそのうちの 2 回を教示データとし、残りをテストデータとした。撮影にあたって、バッグなどの携帯物は手足と誤認する可能性があるため、今回は携帯させなかった。服装は夏服と冬服に限り、同一被験者に着替えてもらい二通り撮影した。

Kinect センサは優れたセンサではあるが、その限界も見えてきた。一つは、測定レンジがセンサの手前 1m~5m と比較的狭いため十分な長さの歩行動作が測定できないこと。もう一つは、赤外線レーザーの投射であるため、動作データベースの構築に安全上の危惧が一部にはある。そこで、脱 Kinect を目指して遠赤外線カメラによるモーションキャプチャの構築を検討した。

4. 研究成果

研究期間の前半は、Kinect v1 による動作データベースを使用し、歩行動作からの識別法を検討した。

動作データから教示用姿勢パラメータデータを KL 展開し、第 1 第 2 固有ベクトルを基底とする固有平面上に動作を投影する。図 1 左は Kinect からの深度画像上の骨格モデル、右は固有平面上の歩行軌道である。図 2 は多数の被験者の歩行軌道である。歩行という特定の動作にも個人差が見られる。このことから動作による個人識別が期待できる。

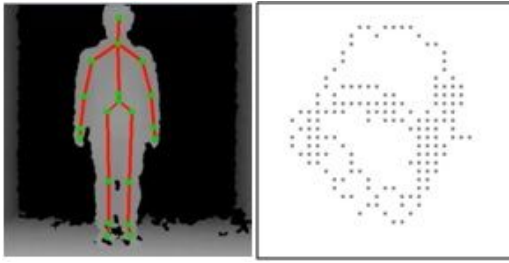


図1 左：骨格モデル、右：固有平面

固有平面上に描かれた歩行軌道を図形とみなす。教示図形とテスト図形のコサイン類似度に基づき個人識別を行った。その結果、平均識別率は約 50%であった。このときの固有値の累積寄与率も 50%程度であった。このことは、第 2 固有値までの固有空間には十分な動作特徴が含まれておらず、より高次の固

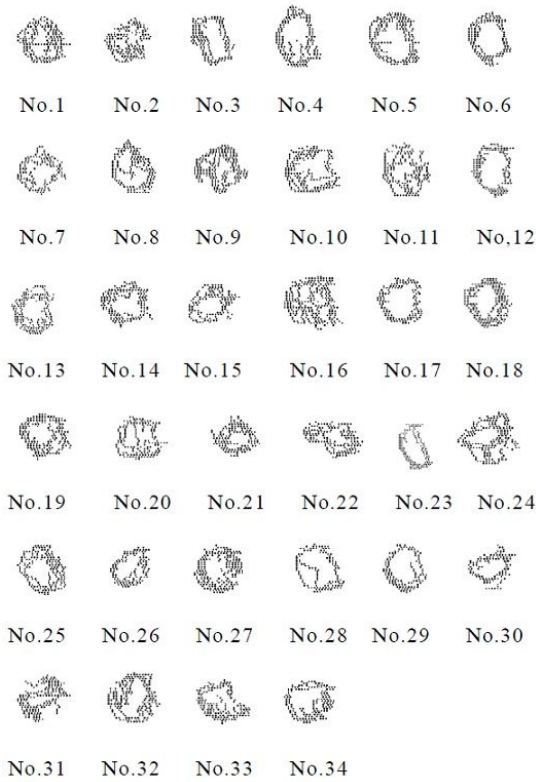


図2 固有平面上の個人別歩行軌道

有空間で識別を行う必要がある。そこで、第 10 固有値までの累積寄与率を調べたところ 93%であった。これは第 10 次元までの固有空間内にほとんどの動作特徴が含まれていることを意味する。10次元の固有空間は広大であるので、第 3・4、第 5・6、第 7・8、第 9・10 固有ベクトルを基底とする新たな固有平面を 4 枚作り、第 1・2 も合わせて 5 枚の固有平面上で識別を行った。図 3 に第 1・2 から第 9・10 までの固有平面の例を示す。それぞれの固有平面上に描かれた教示図形とテスト図形のコサイン類似度を合算し累積類似度とする。累積類似度による個人識別の結果、平均識別率は 83%まで上昇した。

研究期間の後半は、Kinect v2 による動作

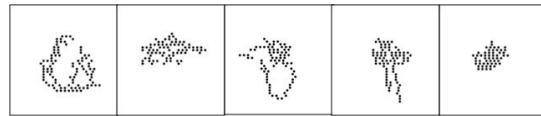


図3 高次固有平面例

とサイズのデータベースを使用し、二つの特徴の融合により識別率の向上を目指した。

Kinect v2 からは動作以外に身体サイズも同時に測定できている。身体サイズデータは両腕や両肩などの比較的安定して測定できる部位を対象とし、部位別サイズを並べて特徴ベクトルとした。識別手法として、ユークリッド距離に基づく最近傍決定法、ベクトル要素間距離に基づく多数決法及び相互部分空間法を試みた。まず、夏服(半袖)の場合、識別率は最近傍決定法(80%)、相互部分空間法(67%)、多数決法(47%)の順に低下した。一方、冬服(長袖)の場合は、最近傍決定法(75%)、相互部分空間法(56%)、多数決法(41%)の順に低下した。3種類の識別法のうち、単純なユークリッド距離に基づく最近傍決定法が最も識別性能が高いという結果になった。なお、冬服よりも夏服のほうが識別率が高くなっているが、被験者数を少なくすると逆転することもあった。

動作特徴から高次固有空間を利用した個人識別では 83%の識別率(v1 からの動作データを対象とした識別率)、身体サイズ特徴から最近傍決定法による識別では 80%の識別率(v2 からの身体サイズデータを対象とした識別率)を達成した。動作特徴とサイズ特徴を融合すれば、シナジー効果によりさらに識別率の向上が期待できる。すなわち、動作特徴やサイズ特徴による識別器を弱識別器とし、それらを統合した強識別器による識別を試みるのである。

具体的には、動作特徴に対しては高次固有空間による識別法に加えて相互部分空間による識別法を弱識別器とし、サイズ特徴に対してはユークリッド距離に基づく最近傍決定法を弱識別器とした。それぞれの弱識別器の結果を最小順位和を用いて統合しそれを強識別器とする。その結果を図 4 のグラフに示す。縦軸は識別率、横軸は対象人数である。青線が高次固有空間法、緑線が相互部分空間法、赤線が最近傍決定法、紫線が最小順位和による統合結果からの識別率推移である。全 30 名を対象とした高次固有空間法による識別率は 57% (v2 からの動作データによる結果は v1 よりも低くなった) 相互部分空間法では 60%、最近傍決定法では 80%となった。

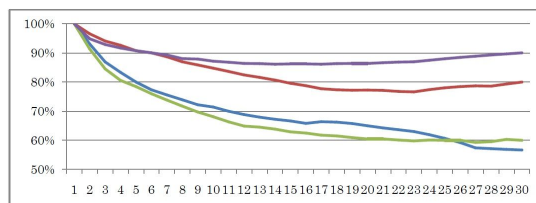


図4 識別手法別の個人識別率の推移



図5 歩行者の遠赤外線ステレオ画像対

そして、最小順位和による識別率は90%に達しシナジー効果が裏付けられた。

脱 Kinect センサの一つとして遠赤外線センサの使用を検討した。遠赤外線センサは物体から発する遠赤外線を感知するセンサで、物体の表面温度分布を測定することができる。受動型センサであるので安全上の問題はない。複数の遠赤外線センサによりステレオセンサを構成し、画像間対応付けにより深度画像を得ることができれば、Kinect と同様に身体骨格モデルを得ることも可能である。そこでまず、ステレオ遠赤外線センサからのステレオ画像により身体の立体視が可能であることを確認した。図5に約100m先の歩行者の遠赤外線ステレオ画像対を示す。

既存の設備である遠赤外線カメラ (FLIR TAU 320 9MM) は解像度が 320×240 と低いため、通常の可視光カメラによりモーションキャプチャの検討を行った。Kinect の問題点である狭い測定レンジの拡大法を検討した。解決法の一つとして、ステレオカメラをパン・ズームさせて身体を捉えることにより測定レンジの拡大を試みる。このとき問題となるのはステレオカメラ間の較正である。この問題はあらかじめ背景のパノラマ画像を撮っておき、身体画像の背景をパノラマ画像と照合することによりパン回転角とズーム倍率を得ている。この結果、約25m移動する身体の動作を測定することができた。

現時点では、遠赤外線ステレオセンサが Kinect と同程度の性能を持つためには、まだ幾つか克服すべき課題がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計6件)

佐藤真悟, 田中秀明, 山本正信, 航空機の翼の熟練研磨技能の重回帰分析, 電気学会論文誌C, 査読有, 137巻, 7号, 2017, 948-956

<https://doi.org/10.1541/ieejieiss.137.948>

水津俊介, 遠藤孝彬, 山本正信, 遠方両眼立体視による適切な車両ブレーキタイミングのための遠赤外線ハイパーステレオカメラ配置, 映像情報メディア学会誌, 査読有, 70巻, 2016, J191-J199

<http://doi.org/10.3169/itej.70.J191>

M.Yamamoto, R.Suzuki, Does Action Have to Relate to Speech?, SIGGRAPH ASIA Posters, 査読有, SA '16, 2016, Article No.3

<http://dx.doi.org/10.1145/3005274.30>

05321

加藤和輝, 今村友哉, 石本貴康, 渡部郁美, 山本正信, HMM による電子掲示板からのトークアニメの生成, 情報処理学会論文誌, 査読有, 56巻, 2015, 1680-1690

<http://id.nii.ac.jp/1001/00144720/>

D.Kobayashi, M.Yamamoto, Wide-range motion capture from panning Multiview cameras, SIGGRAPH ASIA Posters, 査読有, SA '15, 2015, Article No.36

10.1145/2820926.2820949

山本正信, 磯野誠也, 和田悠希, 多視点カメラ映像からの絡み合った身体の姿勢決定, 映像情報メディア学会誌, 査読有, 68巻, 2014, J358-J370

<http://doi.org/10.3169/itej.68.J358>

〔学会発表〕(計4件)

小林大将, 五十嵐崇, 山本正信, 可動多視点カメラからの広領域モーションキャプチャ, 電子情報通信学会 PRMU 研究会, 2018

S.Suidu, T.Endo, M.Yamamoto, Development of 3D night driving assistance system for disaster rescue vehicle, The 1st Int. Conf. Advanced Imaging, 2015

遠山卓也, 山本正信, Kinect で測定された夜間における歩行動作からの個人認証, 電子情報通信学会バイオメトリクス研究会, 2015

水津俊介, 遠藤孝彬, 山本正信, 3D テレビを用いた災害救助車両用夜間運転支援システムの開発, 電子情報通信学会総合退会, 2015

〔図書〕(計1件)

山本正信他, 共立出版, 人工知能学大事典, 2016, 1600

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山本 正信 (Yamamoto, Masanobu)

新潟大学・自然科学系・フェロー

研究者番号: 00242397