

シルエットを用いた歩行動画像からの個人識別

正員 村瀬 洋[†]

Recognizing Individuals from the Silhouettes of Their Walk

Hiroshi MURASE[†], Member[†] NTT 基礎研究所, 武蔵野市

NTT Basic Research Laboratories, Musashino-shi, 180 Japan

あらまし 本論文は、歩行動画像を利用した個人識別手法の可能性を示したものである。歩行時のシルエットの形状変化を利用した手法により、7名の被験者に対して91.4%の個人識別率が得られ、歩行動作に個人性情報が含まれることを実験的に示した。

キーワード パターン認識, 画像処理, 人間工学

1. まえがき

人間の各種運動機能は、誕生から現在に至るまでの長年の学習によって獲得されたものである。そのため人間の動作に見られる癖はその人物の過去の体験やその人物の体形などによって異なっていることが知られている。本論文では、歩行動作に含まれる動的な情報に個人性情報が含まれることを示し、それを利用した個人識別の可能性を示す。

2. 人間の歩行

人間の歩行についてはこれまで種々の観点から興味もたれている⁽¹⁾。例えば心理学の分野では、J. Cutting⁽²⁾らは6名の歩行者の歩行動作に対するMLD(手足に付けた電球の位置変化⁽³⁾)の情報から、人間はどの程度友人を認識できるかの実験を行った。しかし、この研究は人間の能力の調査であり構成的な実現を目指した研究ではない。また、人間工学⁽⁴⁾の分野では人体計測の立場から歩行パターンを観測しているが、その目的は各関節の可動範囲の計測や、エネルギー消費の少ない歩き方の検討などである。

一方、個人識別の研究はセキュリティ等の観点から近年重要性が着目されつつあるが、個人識別の観点から歩行画像に着目した例はこれまで見られない。本研究では、歩行動作を利用した個人識別を検討する。

3. 歩行動作の動画像データ収集

研究の第1段階として、解析しやすいデータを収集した。7名の歩行者を使い、「普段のように歩いてください」の指示のもとに右から左に10回歩行させた。撮影条件を以下に示す。(1)服装等の影響を防ぐために、全員灰色の作業服を着用し、素足にて歩行。(2)歩行場所は室内、背景はクリーム色の壁である。(3)毎秒30

フレーム、各歩行につき2.5秒分を抽出した後、A-D変換(512×512×8ビット)し、実験に使用した(総データ量は約1.3Gバイト)。

4. 個人性情報抽出と識別

4.1 手法の概要

歩行動作から個人識別する際には、体全体の大局的な動作と、手首の動きなどの局所的な動作の利用が考えられる。ここでは、第1段階としてシルエットに基づく大局的な動きを利用した。識別系は次の3段階、(1)シルエット画像の作成、(2)特徴抽出窓を利用した特徴抽出、(3)時系列照合による個人識別の段階から構成した。シルエットを採用した理由は、服装や、照明の色や明るさ等に影響をあまり受けたくないためである。

4.2 シルエット画像の作成

今回は背景が人物に比較して明るい場合に限定したため、簡単な2値化でシルエットを抽出できる。2値化には大津の手法⁽⁵⁾を採用した。これは入力画像の濃度値ヒストグラムの分布を判別分析法により分離する方法で、照明の変動に対してもしきい値は自動的に追従できる。

その後には雑音除去を行う。まず、2値図形の膨張処理と縮小処理による穴の充てんと孤立点の除去を行う。次に人の動きは連続であるという仮説を利用してフレーム間の情報を利用して時間的に不連続な比較的大領域の雑音を除去する。シルエットの例を図1に示す。

4.3 特徴抽出

画像中に占める人物の大きさはカメラからの距離によって変動するため、まず人間の高さの全フレーム平均を基準にして大きさの正規化を行う。

次に、スリット型特徴抽出窓を利用して手足の動きや体の動きを抽出する。高さ方向に図2に示すように N 分割した特徴抽出窓を設定し、各特徴抽出窓でシルエットが占める X 方向の値の最大値と最小値を求める。シルエットの重心の X 位置に対するそれらの値の時間変化により手足の動きを記述する。例えば、体の中央の窓に対する値の変化を見ることにより腕部の動きが観測される。実験には特徴抽出窓の分割数を仮に8とした。第 j 特徴の値(波形)を図2に示すように F_j で表わす。ある歩行者の特徴波形の例を図3に示す。更に重心の上下の変動も特徴として追加した(F_y :重心の y 座標)。重心の変動は人間の歩行のリズム(例えばスムーズな動作、ぎくしゃくした動作等)を抽出するのに有効である。重心はシルエットを構成する黒点の平均位置で定義した。

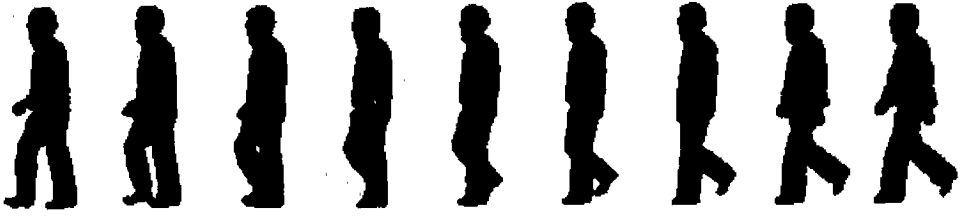


図1 連続するシルエットの時間的な変化
Fig. 1 Moving silhouettes.

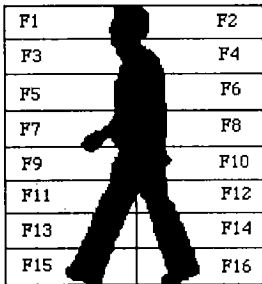


図2 特徴抽出ウィンドウ
Fig. 2 Windows for feature extraction.

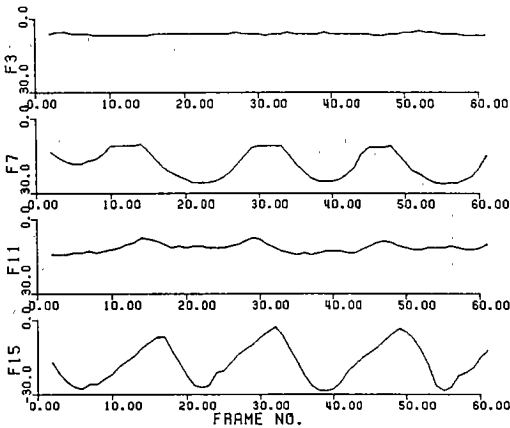


図3 特徴値 (F_3, F_7, \dots) の時間変化
Fig. 3 Time sequence of feature values (F_3, F_7, \dots).

次にこれらの特徴値の時間変化から時間方向のセグメンテーション(2歩分)を行う。その際、二つの位相(右足が前に動き始めた箇所を開始点とする場合($k=1$), および左足が動き始めた点を開始点とする場合($k=2$))についてセグメンテーションした。その理由は人間の左右の対称性の違いを考慮するためである。更に、時間方向に $0 \sim T$ となるように正規化を行う。

表1 個人識別率

	利用特徴	識別率
実験 1	全特徴 ($F_1 - F_{16}, F_y$)	91.4 %
実験 2	重心変動 (F_y)	82.8 %
実験 3	頭部の前後動 ($F_1 - F_4$)	74.2 %
実験 4	腕部の振り ($F_8 - F_{10}$)	85.7 %
実験 5	脚部の振り ($F_{11} - F_{16}$)	82.6 %

4.4 識別

(1) 学習

各歩行者ごとに収集した10シーンのデータのうち、前半の5シーンを学習に後半の5シーンを識別実験に用いた。学習では、各歩行者、各特徴ごとに位相をそろえた特徴波形の5シーン分の加算平均を求め、それを特徴の基準波形とする。

(2) 認識

入力から得られた特徴波形と特徴の基準波形とを時系列的に照合することにより認識を行う。入力データに対して求めた第 j 特徴、位相 k の波形を $f_j^k(t)$ 、人物 p に対する第 j 特徴の基準波形を $g_{pj}(t)$ とした場合に、相異度 D_{jk}^p を以下のように定義する。

$$D_{jk}^p = \frac{1}{T} \sum_0^T |f_j^k(t) - g_{pj}(t)| dt \quad (1)$$

次に、すべての k (位相) と、 p (歩行者名) の組合せに対する D_{jk}^p の中で最小となる D_{jk}^p に対する p を認識結果とする。異なる k について最小値を求めた理由は、左右の対称性が個人特徴として重要なものであると考えたからである。

5. 実験結果

特徴を選択的に利用して識別実験を行い、各特徴の有効性を比較した。表1に示す5種類の実験を行った。実験結果(表1)より、個人性は各特徴に分散的に現れていることがわかる。なかでも腕部の動きに個人性が多く含まれている。特徴を組み合わせることにより識

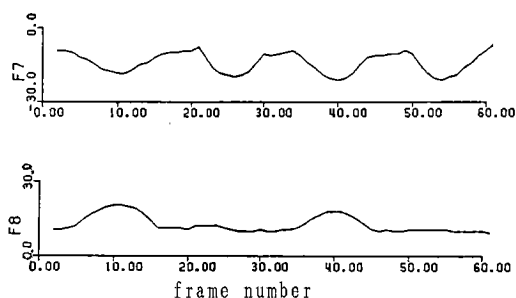


図4 特徴7, 8の時間変化
Fig. 4 Time sequences of features F_7 and F_8 .

別率は向上し、全特徴を使用した実験1では91.4%の識別率が得られた。

6. 考 察

(1) 職業ダンサーは人間の歩行動作から個人を識別する能力が優れているという報告⁽²⁾があるが、彼らは人間の手の曲げ具合に着目しているという。これは、腕部に個人性がよく表れていた本実験結果ともよく一致している。手の動きは、人間の個人性を抽出するのに重要な特徴である。今後は、腕部のより詳細な特徴の抽出法の検討が必要である。

(2) 個人によって、左右動作の対称性が高い歩行者と低い歩行者がいる。例えば、ある歩行者の F_7 , F_8 の時間変化を図4に示す。この歩行者の場合には手の後方への振り(F_8)が前方への振り(F_7)に比較して左右で異なることがわかる。左右の対応付けが誤った場合の実験を行ったところ識別率は51.4%となり、正しい場合の91.4%に比較してかなり低くなる。この結果より左右の対応付けの重要性がわかる。

7. む す び

人間の歩行動作は、その人物の体形、性別、年齢、体験などによって個人ごとで異なった性質をもっている。本論文ではこの点に着目し、歩行動画像による個人識別手法の可能性について検討した。

シルエットを利用した個人識別実験を行ったところ、91.4%の識別率が得られ、歩行時のシルエットの中に個人性情報が含まれていることを実験的に示した。更に、人間の歩行動作の左右の対称性はあまり高くないことを示した。また個人識別のために腕部のより詳細な特徴を併用することの有用性を示唆した。

今回の実験では、歩行者のサンプル数などの実験規模は、実用的な個人識別装置を作成するためには必ずしも十分ではない。しかし、歩行動作に個人識別が含まれ、これを個人識別の一つの特徴として利用することの可能性を示すことができた。今後は、実験規模の拡大、手足の動きなどの局所的な特徴の利用と共に、一般の環境での個人性に抽出法について検討してゆく。例えば、履き物の影響の調査や、複雑背景内での人物の抽出法について検討する必要がある。

謝辞 本研究においてデータ分析を手伝って頂いた京大情報工学科、武永氏に感謝します。日ごろ、御指導を頂く中津情報科学研究部長、内藤GLに深謝します。

文 献

- (1) 山本正信：“ステレオ動画像解析の一手法”，信学論(D-II), **J72-D-II**, 6, pp. 855-865 (1989-06).
- (2) Cutting J. E. and Kozlowski L. T.: “Recognizing friends by their walk: Gait perception without familiarity cues”, *Bulletin of the Psychonomic Society*, 19, pp. 353-356 (1977).
- (3) Johansson G.: “Spatio-Temporal Differentiation and Integration in Visual Motion Perception”, *Psychological Research*, 38, pp. 379-393 (1976).
- (4) 人間工学ハンドブック編集委員会：“人間工学ハンドブック”，金原出版(1966).
- (5) Otsu N.: “A threshold selection method from gray-level histograms”, *IEEE Trans., SMC-9*, pp. 62-66 (Jan. 1979).

(平成4年1月9日受付, 2月24日再受付)