

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-26018

(P2018-26018A)

(43) 公開日 平成30年2月15日(2018.2.15)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G06T 7/20 (2017.01)	G06T 7/20 300	5C054
H04N 7/18 (2006.01)	H04N 7/18 D	5L096
	H04N 7/18 U	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2016-158232 (P2016-158232)	(71) 出願人	506122327 公立大学法人大阪市立大学 大阪府大阪市住吉区杉本3丁目3番138号
(22) 出願日	平成28年8月10日(2016.8.10)	(74) 代理人	100124039 弁理士 立花 顕治
		(74) 代理人	100156845 弁理士 山田 威一郎
		(74) 代理人	100179213 弁理士 山下 未知子
		(74) 代理人	100170542 弁理士 榊田 剛
		(74) 代理人	100195305 弁理士 本田 恵

最終頁に続く

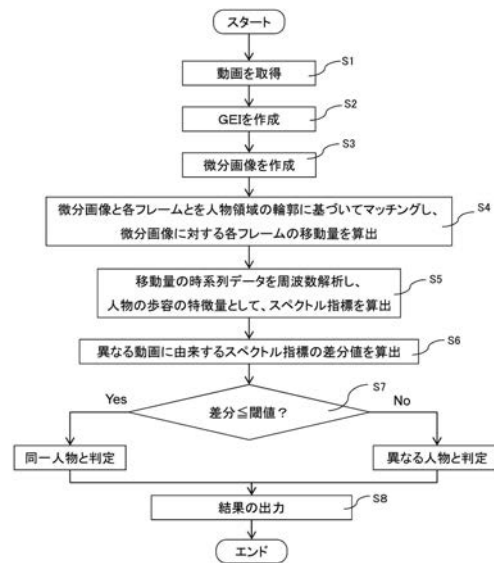
(54) 【発明の名称】 歩容解析装置

(57) 【要約】

【課題】人物の背景化及び背景の人物化の影響を低減し、精度よく人物の歩容を解析することができる歩容解析装置を提供する。

【解決手段】人物の歩容を解析する歩容解析装置が提供される。歩容解析装置は、GEI作成部と、微分画像作成部と、移動量算出部と、特徴量算出部とを備える。GEI作成部は、歩容を捉えた第1動画に含まれる複数の第1フレームを、人物に対応する領域どうしが重なるように重ね合わせることにより、第1GEI(歩容エネルギー画像)を作成する。微分画像作成部は、第1GEIを微分した第1微分画像を作成する。移動量算出部は、第1微分画像と各第1フレーム上の人物に対応する領域の輪郭とをマッチングし、マッチングによる第1微分画像に対する各第1フレームの移動量である第1移動量を算出する。特徴量算出部は、第1移動量に基づいて、歩容の特徴量である第1特徴量を算出する。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

人物の歩容を解析する歩容解析装置であって、

前記歩容を捉えた第 1 動画に含まれる複数の第 1 フレームを、前記人物に対応する領域どうしが重なるように重ね合わせることにより、第 1 G E I (歩容エネルギー画像)を作成する G E I 作成部と、

前記第 1 G E I を微分した第 1 微分画像を作成する微分画像作成部と、

前記第 1 微分画像と前記各第 1 フレーム上の前記人物に対応する領域の輪郭とをマッチングし、前記マッチングによる前記第 1 微分画像に対する前記各第 1 フレームの移動量である第 1 移動量を算出する移動量算出部と、

前記第 1 移動量に基づいて、前記歩容の特徴量である第 1 特徴量を算出する特徴量算出部と

を備える、歩容解析装置。

【請求項 2】

前記 G E I 作成部は、前記人物に対応する領域の重心どうしが重なるように、前記複数の第 1 フレームを重ね合わせる、

請求項 1 に記載の歩容解析装置。

【請求項 3】

前記特徴量には、前記移動量の時系列データのスペクトルの特徴を表すスペクトル指標が含まれる、

請求項 1 又は 2 のいずれかに記載の歩容解析装置。

【請求項 4】

前記スペクトル指標は、前記歩容の 1 回のストロークに対応する周波数の 7 倍以下の周波数帯での前記スペクトルの特徴を表す指標である、

請求項 3 に記載の歩容解析装置。

【請求項 5】

前記スペクトルは、前記歩容の 3 回以下のストロークに対応する前記移動量の時系列データを周波数解析したスペクトルである、

請求項 3 又は 4 に記載の歩容解析装置。

【請求項 6】

前記移動量には、前記人物の上下方向の移動量が含まれる、

請求項 1 から 5 のいずれかに記載の歩容解析装置。

【請求項 7】

前記 G E I 作成部は、前記歩容を捉えた第 2 動画に含まれる複数の第 2 フレームを、前記人物に対応する領域どうしが重なるように重ね合わせることにより、第 2 G E I をさらに作成し、

前記微分画像作成部は、前記第 2 G E I を微分した第 2 微分画像をさらに作成し、

前記移動量算出部は、前記第 2 微分画像と前記各第 2 フレーム上の前記人物に対応する領域の輪郭とをマッチングし、前記マッチングによる前記第 2 微分画像に対する前記各第 2 フレームの前記移動量である第 2 移動量を算出し、

前記特徴量算出部は、前記第 2 移動量に基づいて、前記歩容の特徴を表す前記特徴量である第 2 特徴量をさらに算出し、

前記第 1 特徴量と前記第 2 特徴量とを比較することにより、前記第 1 動画に捉えられた前記人物と前記第 2 動画に捉えられた前記人物とが同一人物であるか否かを判定する判定部

をさらに備える、

請求項 1 から 6 のいずれかに記載の歩容解析装置。

【請求項 8】

人物の歩容を解析する歩容解析プログラムであって、

前記歩容を捉えた第 1 動画に含まれる複数の第 1 フレームを、前記人物に対応する領域

10

20

30

40

50

どうしが重なるように重ね合わせることににより、第 1 G E I (歩容エネルギー画像)を作成するステップと、

前記第 1 G E I を微分した第 1 微分画像を作成するステップと、

前記第 1 微分画像と前記各第 1 フレーム上の前記人物に対応する領域の輪郭とをマッチングし、前記マッチングによる前記第 1 微分画像に対する前記各第 1 フレームの移動量である第 1 移動量を算出するステップと、

前記第 1 移動量に基づいて、前記歩容の特徴量である第 1 特徴量を算出するステップと

をコンピュータに実行させる、歩容解析プログラム。

【請求項 9】

人物の歩容を解析する歩容解析方法であって、

前記歩容を捉えた第 1 動画に含まれる複数の第 1 フレームを、前記人物に対応する領域どうしが重なるように重ね合わせることににより、第 1 G E I (歩容エネルギー画像)を作成するステップと、

前記第 1 G E I を微分した第 1 微分画像を作成するステップと、

前記第 1 微分画像と前記各第 1 フレーム上の前記人物に対応する領域の輪郭とをマッチングし、前記マッチングによる前記第 1 微分画像に対する前記各第 1 フレームの移動量である第 1 移動量を算出するステップと、

前記第 1 移動量に基づいて、前記歩容の特徴量である第 1 特徴量を算出するステップと

を含む、歩容解析方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、人物の歩容を捉えた動画に基づいて、人物の歩容を解析する歩容解析装置、方法及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、G E I と呼ばれる歩容エネルギー画像に基づいて、人物の歩く様子、すなわち歩容を解析する様々な技術が提案されている(例えば、非特許文献 1 等参照)。G E I とは、人物の歩容を捉えた動画に含まれる複数のフレームを、人物に対応する領域(人物領域)どうしが重なるように重ね合わせた画像であり、人が歩くときの歩容のエネルギーの分散を表す画像である。図 4 は、G E I の一例であり、図 1 のような歩行中の人物のシルエットが抽出されたシルエット画像を重ね合わせて作成したものである。そして、このような歩容のエネルギーの分散は、人によって異なる。そのため、2 枚の G E I の相関係数が高ければ、歩容が似ており、両画像に写る人物は同一人物であると判定することができ、反対に、相関係数が低ければ、別人物であると判定することができる。かかる判定手法は、従来、G E I に基づく人物の同定を行う場面ではしばしば用いられてきた。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0003】

【非特許文献 1】東山侑真、他 3 名、「様々な歩行状況下における歩容認証手法の性能評価」、情報処理学会、研究報告コンピュータビジョンとイメージメディア(C V I M)、2013 - C V I M - 187 巻, 10 号, 1 - 8 頁, 2013 年 5 月 23 日

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上述の判定手法には問題がある。図 2 及び図 3 は、図 1 の部分拡大図であるが、これらの図に示されるように、しばしば人物の背景化と、背景の人物化が起こる。例えば、図 2 の例では、人物の胸辺りの服の色が背景の色と似ているため、当該服の部

10

20

30

40

50

分は人物領域として抽出されることなく、人物領域から抜けてしまっている。これが人物の背景化である。また、図3の例では、人物領域に人物の陰が入り込んでしまっている。これが背景の人物化である。

【0005】

人物の背景化及び背景の人物化によるシルエット画像上での人物領域の誤認識は、シルエット画像を重ね合わせて作成されるGEIにも反映される。従って、2枚のGEIの相関係数を比較して人物の同定を行おうとしたとき、人物の背景化及び背景の人物化が起きていると、同一人物であるにも関わらず相関係数が低くなり、誤判定が生じ得る。

【0006】

本発明は、人物の背景化及び背景の人物化の影響を低減し、精度よく人物の歩容を解析することができる歩容解析装置、方法及びプログラムを提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0007】

第1観点に係る歩容解析装置は、人物の歩容を解析する歩容解析装置であって、GEI作成部と、微分画像作成部と、移動量算出部と、特徴量算出部とを備える。前記GEI作成部は、前記歩容を捉えた第1動画に含まれる複数の第1フレームを、前記人物に対応する領域どうしが重なるように重ね合わせることにより、第1GEI(歩容エネルギー画像)を作成する。前記微分画像作成部は、前記第1GEIを微分した第1微分画像を作成する。前記移動量算出部は、前記第1微分画像と前記各第1フレーム上の前記人物に対応する領域の輪郭とをマッチングし、前記マッチングによる前記第1微分画像に対する前記各第1フレームの移動量である第1移動量を算出する。前記特徴量算出部は、前記第1移動量に基づいて、前記歩容の特徴量である第1特徴量を算出する。

20

【0008】

第2観点に係る歩容解析装置は、第1観点に係る歩容解析装置であって、前記GEI作成部は、前記人物に対応する領域の重心どうしが重なるように、前記複数の第1フレームを重ね合わせる。

【0009】

第3観点に係る歩容解析装置は、第1観点又は第2観点のいずれかに係る歩容解析装置であって、前記特徴量には、前記移動量の時系列データのスペクトルの特徴を表すスペクトル指標が含まれる。

30

【0010】

第4観点に係る歩容解析装置は、第3観点に係る歩容解析装置であって、前記スペクトル指標は、前記歩容の1回のストロークに対応する周波数の7倍以下の周波数帯での前記スペクトルの特徴を表す指標である。

【0011】

第5観点に係る歩容解析装置は、第3観点又は第4観点に係る歩容解析装置であって、前記スペクトルは、前記歩容の3回以下のストロークに対応する前記移動量の時系列データを周波数解析したスペクトルである。

【0012】

第6観点に係る歩容解析装置は、第1観点から第5観点のいずれかに係る歩容解析装置であって、前記移動量には、前記人物の上下方向の移動量が含まれる。

40

【0013】

第7観点に係る歩容解析装置は、第1観点から第6観点のいずれかに係る歩容解析装置であって、判定部をさらに備える。前記GEI作成部は、前記歩容を捉えた第2動画に含まれる複数の第2フレームを、前記人物に対応する領域どうしが重なるように重ね合わせることにより、第2GEIをさらに作成する。前記微分画像作成部は、前記第2GEIを微分した第2微分画像をさらに作成する。前記移動量算出部は、前記第2微分画像と前記各第2フレーム上の前記人物に対応する領域の輪郭とをマッチングし、前記マッチングによる前記第2微分画像に対する前記各第2フレームの前記移動量である第2移動量を算出する。前記特徴量算出部は、前記第2移動量に基づいて、前記歩容の特徴を表す前記特徴

50

量である第 2 特徴量をさらに算出する。前記判定部は、前記第 1 特徴量と前記第 2 特徴量とを比較することにより、前記第 1 動画に捉えられた前記人物と前記第 2 動画に捉えられた前記人物とが同一人物であるか否かを判定する。

【0014】

第 8 観点に係る歩容解析プログラムは、人物の歩容を解析する歩容解析プログラムであって、以下のステップ(1)～(4)をコンピュータに実行させる。

(1) 前記歩容を捉えた第 1 動画に含まれる複数の第 1 フレームを、前記人物に対応する領域どうしが重なるように重ね合わせることににより、第 1 G E I (歩容エネルギー画像)を作成するステップ。

(2) 前記第 1 G E I を微分した第 1 微分画像を作成するステップ。

(3) 前記第 1 微分画像と前記各第 1 フレーム上の前記人物に対応する領域の輪郭とをマッチングし、前記マッチングによる前記第 1 微分画像に対する前記各第 1 フレームの移動量である第 1 移動量を算出するステップ。

(4) 前記第 1 移動量に基づいて、前記歩容の特徴量である第 1 特徴量を算出するステップ。

【0015】

第 9 観点に係る歩容解析プログラムは、人物の歩容を解析する歩容解析方法であって、以下のステップ(1)～(4)を含む。

(1) 前記歩容を捉えた第 1 動画に含まれる複数の第 1 フレームを、前記人物に対応する領域どうしが重なるように重ね合わせることににより、第 1 G E I (歩容エネルギー画像)を作成するステップ。

(2) 前記第 1 G E I を微分した第 1 微分画像を作成するステップ。

(3) 前記第 1 微分画像と前記各第 1 フレーム上の前記人物に対応する領域の輪郭とをマッチングし、前記マッチングによる前記第 1 微分画像に対する前記各第 1 フレームの移動量である第 1 移動量を算出するステップ。

(4) 前記第 1 移動量に基づいて、前記歩容の特徴量である第 1 特徴量を算出するステップ。

【発明の効果】

【0016】

本発明では、人物の背景化及び背景の人物化の影響を低減し、精度よく人物の歩容を解析することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図 1】人物領域を表す二値フレーム(シルエット画像)を示す図。

【図 2】図 1 の人物の胸辺りの部分拡大図。

【図 3】図 1 の人物の足元の部分拡大図。

【図 4】G E I を示す図。

【図 5】歩容解析装置の構成を示すブロック図。

【図 6】歩容解析処理の流れを示すフローチャート。

【図 7】G E I を微分した微分画像を示す図。

【図 8】二値フレームの輪郭を抽出した輪郭フレームを示す図。

【図 9】移動量の上下方向の成分の波形を示すグラフ。

【図 10】移動量の前後方向の成分の波形を示すグラフ。

【図 11】移動量の時系列データのスペクトルを示すグラフ。

【図 12】実施例に係る歩容解析処理の受信者操作特性を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、図面を参照しつつ、本発明の一実施形態に係る歩容解析装置について説明する。

< 1. 歩容解析装置の構成 >

図 5 に、本実施形態に係る歩容解析装置 1 を含む歩容解析システム 100 の全体構成を

10

20

30

40

50

示す。歩容解析装置 1 は、人物 P 1 , P 2 の歩容を捉えた動画 M 1 , M 2 に基づいて、歩容を解析する装置である。本実施形態に係る歩容解析装置 1 は、動画 M 1 に写る人物 P 1 の歩容の特徴量 C 1 と、動画 M 2 に写る人物 P 2 の歩容の特徴量 C 2 とを算出し、これらの特徴量 C 1 , C 2 を比較することにより、人物 P 1 , P 2 が同一人物であるか否かを判定する。動画 M 1 , M 2 は、それぞれ異なる位置に設置されたカメラ 2 1 , 2 2 により撮影され、歩容解析装置 1 は、カメラ 2 1 , 2 2 とともに、歩容解析システム 1 0 0 を構成する。動画 M 1 , M 2 は、インターネット、LAN、専用のケーブル等のネットワーク 6 経由で、カメラ 2 1 , 2 2 から歩容解析装置 1 に送信される。なお、歩容解析装置 1 とカメラ 2 1 , 2 2 とは、常時接続されていてもよいし、動画 M 1 , M 2 の受け渡し時のみ接続されてもよい。

10

【0019】

歩容解析装置 1 は、ハードウェアとしては、汎用のコンピュータである。歩容解析装置 1 には、CD-ROM、USBメモリ等のコンピュータで読み取り可能な記録媒体 5 から、又はネットワーク 6 を介して別のコンピュータから歩容解析プログラム 2 がインストールされている。歩容解析プログラム 2 は、本発明の一実施形態に係る歩容解析プログラムであり、カメラ 2 1 , 2 2 から取得される動画 M 1 , M 2 に基づいて、人物 P 1 , P 2 の歩容を解析する機能を有するアプリケーションソフトウェアである。歩容解析プログラム 2 は、歩容解析装置 1 に後述するステップを実行させる。

【0020】

図 5 に示すとおり、歩容解析装置 1 は、表示部 1 0、入力部 2 0、記憶部 3 0、制御部 4 0 及び通信部 5 0 を有する。これらの部 1 0 ~ 5 0 は、互いにバス線 7 で接続されている。表示部 1 0 は、液晶ディスプレイ等で構成されており、適当な画面をユーザに対し表示する。また、入力部 2 0 は、マウスやキーボード、タッチパネル、操作ボタン等で構成されており、歩容解析装置 1 に対するユーザからの操作を受け付ける。通信部 5 0 は、歩容解析装置 1 をネットワーク 6 に接続し、ネットワーク 6 上に存在するカメラ 2 1 , 2 2 等の外部装置との間でデータ通信を行う通信インターフェースである。記憶部 3 0 は、ハードディスク、フラッシュメモリ等の不揮発性の記憶装置から構成されており、記憶部 3 0 内には、歩容解析プログラム 2 が格納されている。

20

【0021】

制御部 4 0 は、CPU、ROM 及び RAM 等から構成されており、記憶部 3 0 内に格納されている歩容解析プログラム 2 を読み出して実行することにより、仮想的に動画取得部 4 1、GEI 作成部 4 2、微分画像作成部 4 3、移動量算出部 4 4、特徴量算出部 4 5、判定部 4 6 及び表示制御部 4 7 として動作する。各部 4 1 ~ 4 7 の動作については、後述する。

30

【0022】

< 2 . 歩容解析処理の流れ >

以下、図 6 を参照しつつ、歩容解析装置 1 により実行される歩容解析処理について説明する。まず、動画取得部 4 1 が、通信部 5 0 を介してネットワーク 6 経由で、カメラ 2 1 , 2 2 からそれぞれ動画 M 1 , M 2 を取得する (ステップ S 1)。動画 M 1 には、人物 P 1 の歩容が捉えられており、動画 M 2 には、人物 P 2 の歩容が捉えられている。

40

【0023】

続くステップ S 2 では、GEI 作成部 4 2 が、動画 M 1 , M 2 からそれぞれ GEI (歩容エネルギー画像) 7 1 , 7 2 を作成する。具体的には、GEI 作成部 4 2 は、動画 M 1 に含まれる複数のフレーム F 1 1 , F 1 2 , . . . の平均画像を作成し、これを背景画像 H 1 とする。平均画像とは、画素毎に、フレーム F 1 1 , F 1 2 , . . . の画素値を平均した画像である。続いて、GEI 作成部 4 2 は、各フレーム F 1 1 , F 1 2 , . . . から背景画像 H 1 を減算し、差分フレーム I 1 1 , I 1 2 , . . . を作成する。差分フレーム I 1 1 , I 1 2 , . . . は、それぞれ、画素毎に、フレーム F 1 1 , F 1 2 , . . . の画素値から背景画像 H 1 の画素値を減算した画像である。さらに、GEI 作成部 4 2 は、各差分フレーム I 1 1 , I 1 2 , . . . を二値化し、図 1 に示すような二値フレーム K 1 1

50

, K 1 2 , . . . を作成する。二値化とは、所定の閾値以上の画素値を有する画素に画素値「1 (白)」を与え、それ以外の画素に画素値「0 (黒)」を与える処理である。二値フレーム K 1 1 , K 1 2 , . . . 上では、人物 P 1 に対応する領域が「白」で表され、背景に対応する領域が「黒」で表される。すなわち、二値フレーム K 1 1 , K 1 2 , . . . は、人物 P 1 のシルエットを表すシルエット画像である。

【0024】

続いて、G E I 作成部 4 2 は、以上の二値フレーム K 1 1 , K 1 2 , . . . を、人物に対応する領域 (人物領域) どうしが重なるように重ね合わせることにより、G E I 7 1 を作成する。本実施形態では、G E I 作成部 4 2 は、二値フレーム K 1 1 , K 1 2 , . . . にそれぞれ写る人物領域の重心 G 1 1 , G 1 2 , . . . を計算し、これらの重心 G 1 1 , G 1 2 , . . . どうしが重なるように二値フレーム K 1 1 , K 1 2 , . . . を位置合わせする。G E I 7 1 とは、図 4 に示すような画像であり、画素毎に、位置合わせされた二値フレーム K 1 1 , K 1 2 , . . . の画素値を平均した画像である。なお、二値フレーム K 1 1 , K 1 2 , . . . の位置合わせの方法は、これに限られず、人物領域が適切に重なる限り、任意の方法を採用することができる。例えば、I C P (Iterative Closest Point) と呼ばれる位置合わせのアルゴリズムを用いることもできる。また、例えば、2 枚の二値フレームどうしの相対位置を変化させながら両フレームの積和を計算し、当該積和が最大となるような相対位置で両フレームを重ね合わせることもできる。

10

【0025】

G E I 作成部 4 2 は、同様の方法で、動画 M 2 に含まれる複数のフレーム F 2 1 , F 2 2 , . . . に基づいて、順次、背景画像 H 2 、差分フレーム I 2 1 , I 2 2 , . . . 、二値フレーム K 2 1 , K 2 2 , . . . 、重心 G 2 1 , G 2 2 , . . . を導出し、G E I 7 2 を作成する。

20

【0026】

ところで、人物が歩くときには、手足が前後及び鉛直上下に概ね周期的に移動する。そのため、図 4 に示すように、G E I 上では、常時動いている手足に対応する領域は薄くなる。また、頭や上半身に対応する領域も、歩行中前後に揺れるため、薄くなる。これに対し、身体の重心に近く、ほぼ等速運動をしている腰の辺りに対応する領域は、色が濃くなる。さらに、前方斜め下に蹴り出した太ももに対応する領域も、余り動かないため、色が濃くなる。

30

【0027】

続くステップ S 3 では、微分画像作成部 4 3 が、G E I 7 1 , 7 2 を微分し、それぞれ微分画像 J 1 , J 2 を作成する。ここでいう微分とは、画素毎に、当該画素と当該画素に隣接する画素との間の画素値の変化量を求める処理である。本実施形態では、P R E W I T T フィルタを用いた 1 次微分が行われる。すなわち、画素毎に、画像の上下及び左右の両方向の画素値の変化量を算出し、当該上下及び左右の変化量の二乗和のルートが新たな画素値とされる。

【0028】

図 7 は、G E I 7 1 の微分画像 J 1 を示している。同図から分かるように、微分画像 J 1 上では、人物領域の輪郭が現れ、G E I 7 1 上で濃く現れた部分は、当該輪郭上でも濃く現れ、G E I 7 1 上で薄く現れた部分は、当該輪郭上でも薄く現れる傾向にある。すなわち、G E I を微分した微分画像上では、人物領域の輪郭が、身体の歩行中に余り動かない部分、典型的には、腰の辺り及び前方斜め下に蹴り出した太ももと重なる部分において濃く現れる。つまり、G E I 上において、身体の歩行中に余り動かない部分に対応する領域と背景領域との境界では、白と黒のコントラストが大きくなるため、微分画像上では、このような境界に対応する輪郭上の画素値 (微分成分) が大きくなる。一方、微分画像上では、人物領域の輪郭のうち、身体の歩行中によく動く部分と重なる部分においては薄く現れる。

40

【0029】

続くステップ S 4 では、移動量算出部 4 4 は、微分画像 J 1 と各二値フレーム K 1 1 ,

50

K 1 2 , . . . とを人物領域の輪郭に基づいてマッチングし、このマッチングによる微分画像 J 1 に対する各二値フレーム K 1 1 , K 1 2 , . . . の移動量 $d 1 1$, $d 1 2$, . . . を算出する。具体的には、まず、移動量算出部 4 4 は、各二値フレーム K 1 1 , K 1 2 , . . . に対しエッジ検出を行い、人物領域の輪郭が現れる輪郭フレーム L 1 1 , L 1 2 , . . . (図 8 参照) を作成する。次に、移動量算出部 4 4 は、微分画像 J 1 と各輪郭フレーム L 1 1 , L 1 2 , . . . とを、両画像に現れる輪郭どうしが重なるようにマッチングする。そして、このマッチングの結果に従って、各二値フレーム K 1 1 , K 1 2 , . . . を微分画像 J 1 に対し位置合わせしたときの、各二値フレーム K 1 1 , K 1 2 , . . . の移動量 $d 1 1$, $d 1 2$, . . . を算出する。このとき、移動量 $d 1 1$, $d 1 2$, . . . は、微分画像 J 1 上において、G E I 7 1 の作成時にステップ S 2 で重心 G 1 1 , G 1 2 , . . . を重ね合わせた位置 G 1 からの、微分画像 J 1 に対する位置合わせ後の二値フレーム K 1 1 , K 1 2 , . . . 上の重心 G 1 1 , G 1 2 , . . . の位置の移動量として算出することができる (図 7 参照) 。本実施形態では、移動量 $d 1 1$, $d 1 2$, . . . は、2次元ベクトルであり、上下 (概ね鉛直上下に一致する) 方向の移動量と、左右 (概ね水平に一致する) 方向の移動量との 2 つの値を要素とする。

10

【 0 0 3 0 】

本実施形態では、微分画像 J 1 と各二値フレーム K 1 1 , K 1 2 , . . . とのマッチングは、微分画像 J 1 と輪郭フレーム L 1 1 , L 1 2 , . . . との相対位置を変化させながら両画像の積和を計算し、当該積和が最大となるような両画像の相対位置を検出することにより行われる。なお、このときの相対位置が、移動量 $d 1 1$, $d 1 2$, . . . である。

また、微分画像 J 1 と各二値フレーム K 1 1 , K 1 2 , . . . とのマッチングの方法は、これに限られず、人物領域の輪郭どうしが重なる限り、任意の方法を採用することができる。

20

【 0 0 3 1 】

移動量 $d 1 1$, $d 1 2$, . . . は、この順番に、動画 M 1 のフレームレートに対応する時間間隔で並ぶ時系列データを構成している。図 9 は、2 回のストローク分の時間に対応する移動量 $d 1 1$, $d 1 2$, . . . の上下方向の成分の波形を表しており、図 1 0 は、2 回のストローク分の時間に対応する移動量 $d 1 1$, $d 1 2$, . . . の前後方向の成分の波形を表している。このように移動量 $d 1 1$, $d 1 2$, . . . の特に上下方向の成分は、ステップ毎に山を形成し、ストローク毎に周期的な波形を構成することが分かる。なお、1 回のストロークとは、右足を前に出す 1 回のステップと、続いて左足を前に出す 1 回のステップとからなる。

30

【 0 0 3 2 】

移動量算出部 4 4 は、同様の方法で、微分画像 J 2 と各二値フレーム K 2 1 , K 2 2 , . . . とに基づいて、輪郭フレーム L 2 1 , L 2 2 , . . . を算出し、移動量 $d 2 1$, $d 2 2$, . . . を算出する。すなわち、微分画像 J 2 と各二値フレーム K 2 1 , K 2 2 , . . . とを人物領域の輪郭に基づいてマッチングし、このマッチングによる微分画像 J 2 に対する各二値フレーム K 2 1 , K 2 2 , . . . の移動量 $d 2 1$, $d 2 2$, . . . を算出する。

【 0 0 3 3 】

微分画像 J 1 , J 2 上では、上記のとおり、歩行中に余り動かない部分が濃く現れる。従って、このような微分画像 J 1 , J 2 に対して各輪郭フレーム L 1 1 , L 1 2 , . . . 及び L 2 1 , L 2 2 , . . . がマッチングされることにより、ステップ S 4 では、人物領域のうち、歩行中に余り動かない部分どうしが優先的に重なるように位置合わせされる。また、微分画像 J 1 , J 2 と輪郭フレーム L 1 1 , L 1 2 , . . . 及び L 2 1 , L 2 2 , . . . とを両画像の積和が最大化されるようにマッチングするということは、歩行中に余り動かない部分の輪郭どうしが強く重なるように位置合わせされるということである。従って、この位置合わせ時に微分画像 J 1 , J 2 を基準として算出される移動量 $d 1 1$, $d 1 2$, . . . 及び $d 2 1$, $d 2 2$, . . . の動きは、人物 P 1 , P 2 の歩容のリズムを適切に表すことができる。

40

50

【0034】

続くステップS5では、特徴量算出部45は、上述した移動量 d_{11} 、 d_{12} 、・・・に基づいて、人物P1の歩容の特徴量C1を算出する。本実施形態では、特徴量C1として、移動量 d_{11} 、 d_{12} 、・・・の時系列データを周波数解析したスペクトルの特徴を表すスペクトル指標 v_r 、 v_i 、 w_r 、 w_i が算出される。より具体的には、特徴量算出部45は、移動量 d_{11} 、 d_{12} 、・・・に含まれる上下方向の成分の時系列データを離散フーリエ変換してスペクトルを導出し、当該スペクトルの実数部及び虚数部をそれぞれスペクトル指標 v_r 、 v_i とする。周波数解析の対象となるデータは、移動量 d_{11} 、 d_{12} 、・・・の上下方向の成分の1回のストロークに対応する時系列データである。また、基本周波数の1倍、2倍、3倍、4倍、5倍及び6倍の周波数での v_r 、 v_i が算出される。基本周波数は、1回のストロークに対応する周波数、すなわち、1回のストロークに要する時間（周期）の逆数である。

10

【0035】

また、特徴量算出部45は、移動量 d_{11} 、 d_{12} 、・・・に含まれる前後方向の成分の時系列データを離散フーリエ変換してスペクトルを導出し、当該スペクトルの実数部及び虚数部をそれぞれスペクトル指標 w_r 、 w_i とする。周波数解析の対象となるデータは、上下方向の成分の場合と同じく、移動量 d_{11} 、 d_{12} 、・・・の前後方向の成分の1回のストロークに対応する時系列データである。また、上下方向の成分の場合と同じく、基本周波数の1倍、2倍、3倍、4倍、5倍及び6倍の周波数での w_r 、 w_i が算出される。

20

【0036】

さらに、特徴量算出部45は、同様の方法で、移動量 d_{21} 、 d_{22} 、・・・に基づいて、人物P2の歩容の特徴量C2となるスペクトル指標 v_r 、 v_i 、 w_r 、 w_i を算出する。

【0037】

図11は、ある特定の人物について、上記のとおり定義されるスペクトル指標 v_r 、 v_i 、 w_r 、 w_i を実際に算出した結果を表している。本実施形態では、上記のとおり、1回のストロークに対応する移動量の時系列データに基づいて、基本周波数の1倍～6倍の整数倍の周波数での v_r 、 v_i 、 w_r 、 w_i が算出される。しかしながら、勿論、ここでの例に限定されず、1回のストロークよりも長い移動量の時系列データを周波数解析してもよいし、基本周波数の6倍よりも大きい周波数帯でのスペクトル指標を算出してもよい。ただし、1回のストローク分の移動量の時系列データからでも、十分な精度を達成することができる。その意味では、3回以下のストロークに対応する移動量の時系列データを周波数解析することが好ましい。また、本発明者が検証したところ、基本周波数の6倍を超える周波数帯のスペクトル指標を用いて解析を行うと、移動量の時系列データに含まれる高周波成分のノイズが影響し、誤差が大きくなる。その意味では、基本周波数の7倍以下の周波数帯でのスペクトル指標を算出することが好ましく、6倍以下の周波数帯であればより好ましい。また、スペクトルの特徴を表すスペクトル指標も、 v_r 、 v_i 、 w_r 、 w_i に限られず、適宜設定することができる。

30

【0038】

続くステップS6では、判定部46が、人物P1の歩容の特徴量C1と、人物P2の歩容の特徴量C2とを比較するべく、特徴量C1、C2の差分を算出する。本実施形態では、特徴量C1、C2を構成する4つのスペクトル指標 v_r 、 v_i 、 w_r 、 w_i は、各々、6つの周波数に対応する6つの値からなる6次元ベクトルであるため、特徴量C1、C2は、各々、 $6 \times 4 = 24$ 次元のベクトルである。判定部46は、これら24個の要素について、各要素どうしの差の二乗の平均（分散）を算出し、特徴量C1、C2の差分を表す差分値とする。

40

【0039】

続くステップS7では、判定部46は、ステップS6の差分値を予め設定されている閾値と比較する。そして、差分値が閾値以下であれば、人物P1と人物P2とを同一人物で

50

あると判定し、差分値が閾値よりも大きければ、人物 P 1 と人物 P 2 とを別人物であると判定する。

【 0 0 4 0 】

以上の判定が終わると、表示制御部 4 7 は、以上の判定結果を示す画面を作成し、表示部 1 0 上に表示させる。以上により、歩容解析処理は終了する。

【 0 0 4 1 】

< 3 . 用途 >

上記実施形態に係る歩容解析装置 1 は、例えば、近年、空港や商業施設等の至るところに設置されている監視カメラに捉えられた人物の動画から、人の動きの流れ（動線）を発見するために用いることができる。特に、テロ対策への応用も期待される。

10

【 0 0 4 2 】

< 4 . 特徴 >

上記実施形態では、G E I の微分画像が作成され、微分画像と、動画に含まれる各フレーム上の人物領域の輪郭とがマッチングにより位置合わせされる。そして、この位置合わせ時の微分画像に対する各フレームの移動量が算出され、当該移動量に基づいて人物の歩容の特徴量が算出される。ところで、微分画像上には、人物領域の輪郭が現れ、このうち、歩行中に余り動かない部分、典型的には腰付近に対応する部分が濃く現れる。従って、このような微分画像に対して各フレーム上の人物領域の輪郭がマッチングされることにより、歩行中に余り動かない部分どうしが優先的に重なるように位置合わせされる。そのため、微分画像を基準として算出される各フレームの移動量の動きは、人物に固有の歩容のリズムを適切に表すものとなる。その結果、このような移動量に基づいて算出される特徴量により、人物に固有の歩容のリズムを評価することができ、精度よく人物の歩容を解析することができる。

20

【 0 0 4 3 】

また、人物の背景化及び背景の人物化が起こった場合、G E I は大きく変化し得るが、上記移動量は余り変化しない。すなわち、G E I の微分画像と、各フレーム上に現れる輪郭とは、人物の歩行中に余り動かない部分に重点を置いてマッチングされるため、足元の陰が人物化していたとしても、人物の服が背景化していたとしても、微分画像に対する各フレームの移動量は、人物の背景化及び背景の人物化の影響を余り受けない。従って、上記特徴量を用いることにより、人物の背景化及び背景の人物化の影響を低減し、精度よく人物の歩容を解析することができる。

30

【 0 0 4 4 】

< 5 . 変形例 >

以上、本発明の一実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない限りにおいて、種々の変更が可能である。例えば、以下の変形が可能である。また、以下の変形例の要旨は、適宜組み合わせることができる。

【 0 0 4 5 】

< 5 - 1 >

上記実施形態に係る歩容解析処理は、異なる場所で撮影された異なる動画に写る複数の人物が同一人物であるか否かを判定するのに用いられた。かかる構成では、例えば、異なる A 地点及び B 地点にそれぞれカメラを配置し、A 地点及び B 地点でカメラに捉えられた人物が同一人物か否かを判定することにより、ある人物が A 地点から B 地点に移動したか否かの判定を行うことができる。

40

【 0 0 4 6 】

しかしながら、本発明に係る歩容解析処理の用途は、これに限定されない。例えば、ある動画の異なる時間に写る人物どうしが同一人物であるか否かを判定するのにも使用することができる。この場合、1 台のカメラで撮影された動画の異なるシーンを切り出し、これらのシーンに写る人物どうしが同一人物であるか否かを判定することができる。

【 0 0 4 7 】

別の例を挙げると、個人の歩容の特徴量のデータを予め記録しておき、当該記録されて

50

いるデータと、カメラにより撮影された動画に含まれる人物の歩容の特徴量のデータとを比較し、これらが一致するか否かで同一人物か否かを判定することができる。

【 0 0 4 8 】

さらに、同一人物の同定に限らず、正常な人の歩容と怪我をした人の歩容とを比較し、怪我をした人の回復の程度を評価するのにも使用することができる。

【 0 0 4 9 】

< 5 - 2 >

上記実施形態では、G E I が、動画に含まれる各フレーム上の人物領域の重心を重ね合わせるにより作成されたが、G E I は、他の方法によっても作成することができる。例えば、人物の頭の頂点に対応する点や、腰の位置等、重心以外の特定の点を重ね合わせるによっても算出することもできる。

10

【実施例】

【 0 0 5 0 】

上記実施形態に係る歩容解析処理と同じ方法で、同一人物の判定を行った。このとき用いた動画は、ミュンヘン工科大学が公開している“tumiiitgait”データベースから取得した。また、同一人物の別時間の1ストロークの動画データを20対用意し、別人物の1ストロークの動画データを20対用意した。そして、ステップS7で用いられる閾値を0.21に設定して検証したところ、以下の結果が得られた。

【表1】

	同一人物と判定	別人物と判定
同一人物の別時間のデータを使用	18(TruePositive)	2(FalseNegative)
別人物のデータを使用	1(FalsePositive)	19(TrueNegative)

20

【 0 0 5 1 】

全体の40例のうち、正解は18+19=37例あり、0.925という高い正解率が確認された。また、 $\text{TruePositive} / (\text{TruePositive} + \text{FalsePositive})$ と定義される適合率は、 $18 / (18 + 1) = 0.947$ となり、 $\text{TruePositive} / (\text{TruePositive} + \text{FalseNegative})$ と定義される再現率は、 $18 / (18 + 2) = 0.900$ となり、いずれも高い値が得られた。

30

【 0 0 5 2 】

また、上記実施形態に係る歩容解析処理のアルゴリズムによる判定の能力を評価するために、ステップS7で用いられる閾値を変化させながら、受信者操作特性を示すROC曲線を求めたところ、図12に示す結果が得られた。ROC曲線は、図12に示すような感度を縦軸とし、1-特異度を横軸とする領域において、(0.0, 1.0)を通ることが理想的であり、ROC曲線よりも下の面積(AUC)が1.0に近いほど優れていることになる。なお、感度は、再現率に等しく、特異性とは、 $\text{TrueNegative} / (\text{TrueNegative} + \text{FalsePositive})$ と定義される。本実施例では、AUCが0.97となり、上記実施形態に係る歩容解析処理のアルゴリズムが非常に優れていることが確認された。

40

【符号の説明】

【 0 0 5 3 】

- 1 歩容解析装置
- 2 歩容解析プログラム
- 42 G E I 作成部
- 43 微分画像作成部
- 44 移動量算出部
- 45 特徴量算出部
- 46 判定部
- 71 G E I (第1 G E I)
- 72 G E I (第2 G E I)

50

- P 1 人物 (第 1 人物)
- P 2 人物 (第 2 人物)
- M 1 動画 (第 1 動画)
- M 2 動画 (第 2 動画)
- K 1 1 , K 1 2 , . . . 二値フレーム (第 1 フレーム)
- K 2 1 , K 2 2 , . . . 二値フレーム (第 2 フレーム)
- J 1 微分画像 (第 1 微分画像)
- J 2 微分画像 (第 2 微分画像)
- L 1 1 , L 1 2 , . . . 輪郭フレーム (第 1 フレーム)
- L 2 1 , L 2 2 , . . . 輪郭フレーム (第 2 フレーム)
- d 1 1 , d 1 2 , . . . 移動量 (第 1 移動量)
- d 1 2 , d 2 2 , . . . 移動量 (第 2 移動量)
- C 1 特徴量 (第 1 特徴量)
- C 2 特徴量 (第 2 特徴量)
- v r スペクトル指標
- v i スペクトル指標
- w r スペクトル指標
- w i スペクトル指標

【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】

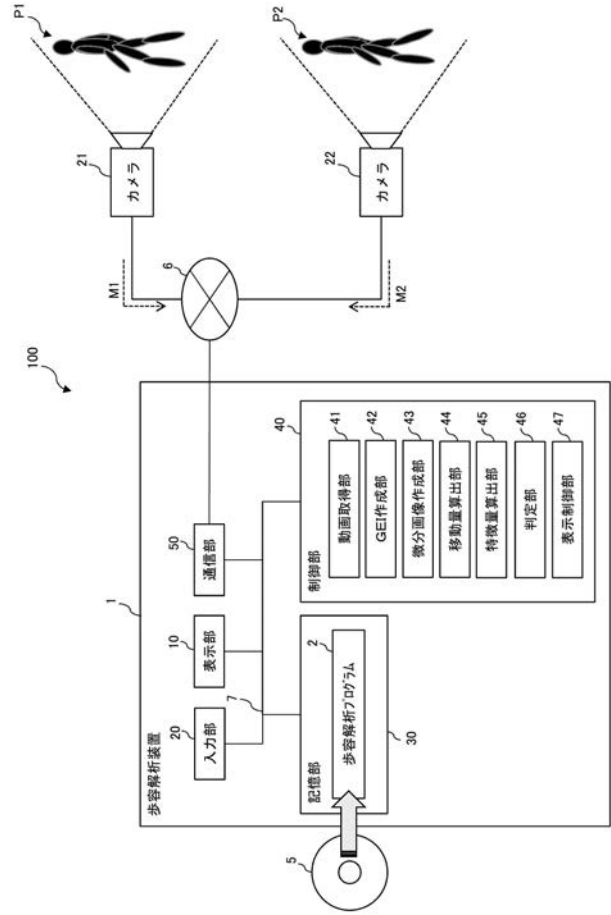


【 図 4 】

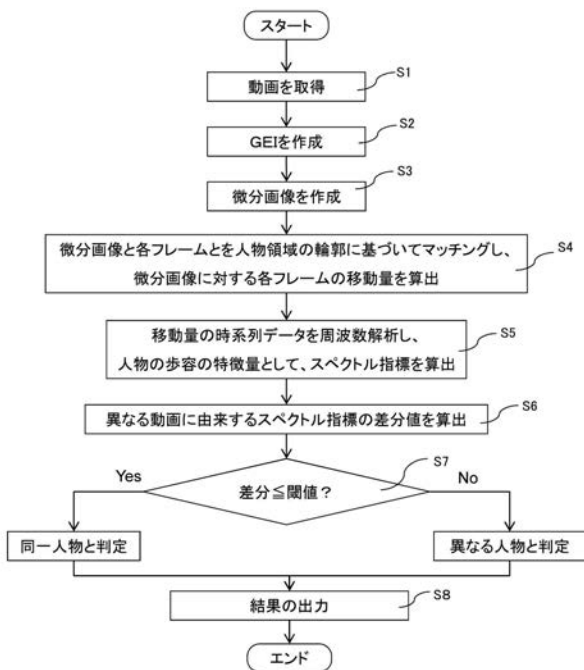
GEI(歩容エネルギー画像)



【 図 5 】

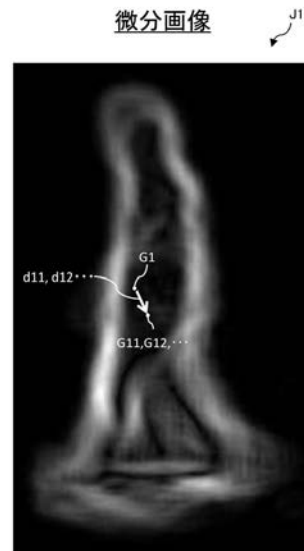


【 図 6 】

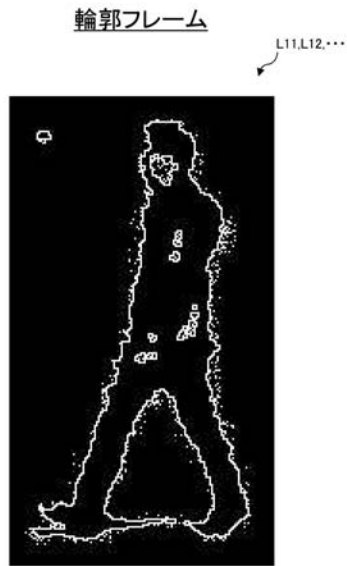


【 図 7 】

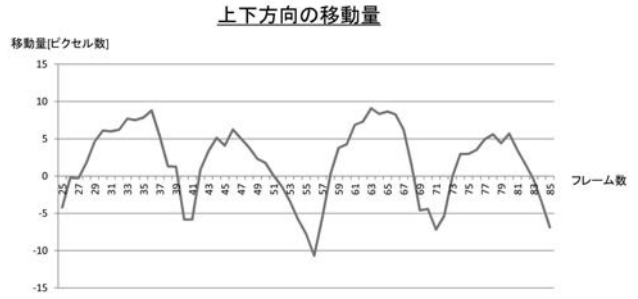
微分画像



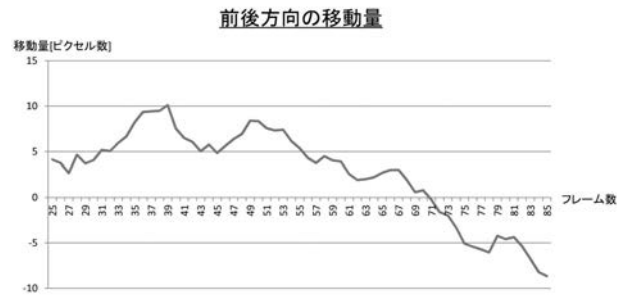
【 図 8 】



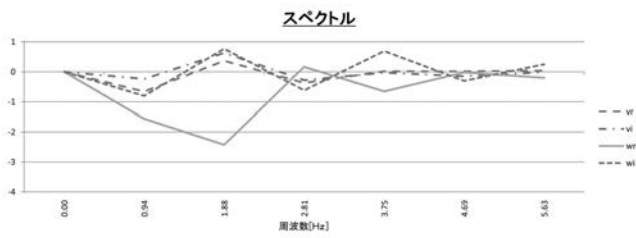
【 図 9 】



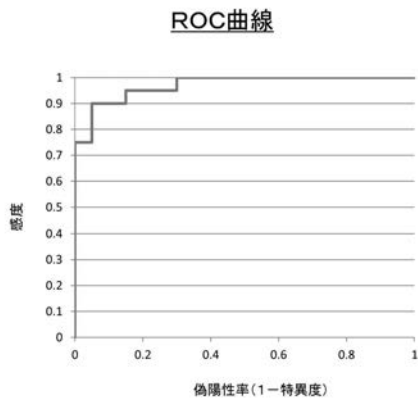
【 図 10 】



【 図 11 】



【 図 12 】



フロントページの続き

(72)発明者 中島 重義

大阪市住吉区杉本3丁目3番138号 公立大学法人大阪市立大学内

Fターム(参考) 5C054 CC02 EA05 FC12 FC14 HA19

5L096 BA02 EA15 EA43 FA06 FA23 FA32 FA60 GA02 GA08 HA03