

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02010/050110

発行日 平成24年3月29日 (2012.3.29)

(43) 国際公開日 平成22年5月6日 (2010.5.6)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
G06T 7/20 (2006.01) G06T 7/20 B 5L096

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 86 頁)

<p>出願番号 特願2009-549322 (P2009-549322)</p> <p>(21) 国際出願番号 PCT/JP2009/004523</p> <p>(22) 国際出願日 平成21年9月11日 (2009.9.11)</p> <p>(11) 特許番号 特許第4456181号 (P4456181)</p> <p>(45) 特許公報発行日 平成22年4月28日 (2010.4.28)</p> <p>(31) 優先権主張番号 特願2008-276157 (P2008-276157)</p> <p>(32) 優先日 平成20年10月27日 (2008.10.27)</p> <p>(33) 優先権主張国 日本国 (JP)</p>	<p>(71) 出願人 00005821 パナソニック株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地</p> <p>(74) 代理人 100109210 弁理士 新居 広守</p> <p>(72) 発明者 岩崎 正宏 日本国大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内</p> <p>(72) 発明者 登 一生 日本国大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内</p> <p>Fターム(参考) 5L096 CA04 FA74 GA19 GA34 HA05 JA03 MA07</p>
---	--

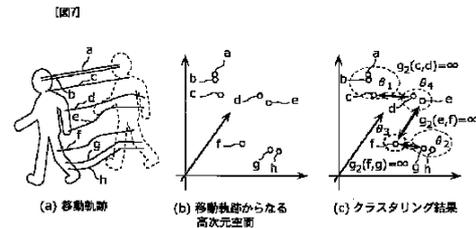
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 移動体検出方法及び移動体検出装置

(57) 【要約】

形状が変化しながら移動する人物等の被写体を含む画像に対しても、正しく領域分割することができる移動体検出方法を提供する。

動画像を構成する複数枚のピクチャを受け付けるステップ(S101)と、ピクチャを構成する1個以上の画素からなるブロックごとに、時間的に隣接する2枚のピクチャ間での画像の動きを検出し、検出した動きを複数枚のピクチャについて連結することで、移動軌跡を算出するステップ(S102及びS103)と、算出された複数の移動軌跡について、移動軌跡間の類似性を表す距離を算出するステップ(S104)と、算出された距離のうち、閾値よりも小さい距離を連結することで測地距離に変換し、得られた測地距離の分布における不連続点を検出し、検出した不連続点よりも小さい測地距離だけ離れた移動軌跡を一つのクラスタとすることによって領域分割をするステップ(S105及びS106)とを含む。



(a) MOVEMENT LOCUS
 (b) HIGH-DIMENSIONAL SPACE INCLUDING MOVEMENT LOCI
 (c) CLUSTERING RESULT

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

動画像中の移動体の全部又は一部の領域を特定する領域分割をすることによって動画像中の移動体を検出する方法であって、

動画像を構成する複数枚のピクチャを受け付ける画像入力ステップと、

前記ピクチャを構成する 1 個以上の画素からなるブロックごとに、時間的に隣接する 2 枚のピクチャ間での画像の動きを検出し、検出した動きを前記複数枚のピクチャについて連結することで、移動軌跡を算出する動き解析ステップと、

前記動き解析ステップで算出された複数の移動軌跡について、移動軌跡間の類似性を表す距離を算出する距離算出ステップと、

前記距離算出ステップで算出された距離のうち、予め定められた閾値よりも小さい距離を連結することで、前記距離算出ステップで算出された距離を測地距離に変換し、得られた測地距離の分布における不連続点を検出し、検出した不連続点よりも小さい測地距離だけ離れた移動軌跡を一つのクラスタとすることによって前記領域分割をする領域分割ステップと、

前記領域分割ステップで領域分割された結果を出力する出力ステップとを含む移動体検出方法。

【請求項 2】

前記領域分割ステップでは、前記距離から前記測地距離への変換において、第 1 の移動軌跡と第 2 の移動軌跡との間の距離を測地距離に変換する場合には、前記距離算出ステップで算出された距離のうち、前記予め定められた閾値よりも小さい距離だけ離れた移動軌跡をたどりながら前記第 1 の移動軌跡から前記第 2 の移動軌跡に至る経路の距離を、測地距離として算出する

請求項 1 記載の移動体検出方法。

【請求項 3】

前記領域分割ステップでは、前記距離算出ステップで算出された距離を測地距離に変換するときに、前記複数の移動軌跡の分布における密集度が大きいほど小さい測地距離となるような重み付けをしたうえで、前記変換をする

請求項 1 記載の移動体検出方法。

【請求項 4】

前記領域分割ステップは、前記領域分割に用いられる閾値を複数生成し、生成した複数の閾値のそれぞれについて、前記距離算出ステップで算出された距離のうち、当該閾値よりも小さい距離を連結することで、前記距離算出ステップで算出された距離を前記測地距離に変換し、得られた複数の測地距離の分布における不連続点を検出し、検出した不連続点よりも小さい測地距離だけ離れた移動軌跡を一つのクラスタとすることによって前記領域分割をし、その領域分割の結果を領域分割候補として生成する領域分割候補生成ステップと、

クラス数についての指示を取得し、所得したクラス数と同じもしくは最も近い個数の領域に分割された領域分割候補を前記領域分割候補生成ステップで生成された複数の領域分割候補から選択し、選択した領域分割候補を前記領域分割の結果として出力する領域分割候補選択ステップを含む

請求項 1 記載の移動体検出方法。

【請求項 5】

前記領域分割候補生成ステップでは、前記距離算出ステップで算出された複数の距離における最大値と最小値との間の複数の値を、前記閾値として、生成する

請求項 4 記載の移動体検出方法。

【請求項 6】

前記領域分割候補生成ステップでは、前記距離算出ステップで算出された複数の距離について、閾値を大きい値から小さい値の順に並べた場合における最初の不連続点を検出し、検出した不連続点よりも小さい複数の値を、前記複数の閾値として、生成する

10

20

30

40

50

請求項 4 記載の移動体検出方法。

【請求項 7】

前記領域分割候補生成ステップでは、前記距離算出ステップで算出された複数の距離について不連続点の検出を行い、閾値の大小に基づいて階層的に前記領域分割をする

請求項 4 記載の移動体検出方法

【請求項 8】

前記領域分割候補生成ステップでは、前記距離算出ステップで算出された複数の距離について、閾値を大きい値から不連続点の検出を行い、分割されたクラスタに対して、それぞれ、より閾値を用いて不連続点の検出を行い、階層的に前記領域分割をする

請求項 7 記載の移動体検出方法

10

【請求項 9】

前記領域分割候補生成ステップでは、前記距離算出ステップで算出された複数の距離の平均値又は中央値を中心に増加及び減少させて得られる複数の値を、前記複数の閾値として、生成する

請求項 4 記載の移動体検出方法。

【請求項 10】

前記領域分割候補生成ステップでは、前記動き解析ステップで算出された複数の移動軌跡のそれぞれについて、当該移動軌跡との距離が N 番目に小さい距離を特定し、特定した複数の距離について大きい順から選択した複数の値を、前記複数の閾値として、生成する

請求項 4 記載の移動体検出方法。

20

【請求項 11】

前記領域分割ステップでは、前記動き解析ステップで算出された複数の移動軌跡のそれぞれについて、前記距離が小さい順に予め定められた個数の移動軌跡を選択し、選択されなかった移動軌跡との距離を無限大に変更する非線形化をした後に、前記複数の距離のそれぞれを測地距離に変換する

請求項 1 記載の移動体検出方法。

【請求項 12】

前記領域分割ステップでは、前記動き解析ステップで算出された複数の移動軌跡のそれぞれについて、前記距離が予め定められた閾値以下の移動軌跡を選択し、選択されなかった移動軌跡との距離を無限大に変更する非線形化をした後に、前記複数の距離のそれぞれを測地距離に変換する

請求項 1 記載の移動体検出方法。

30

【請求項 13】

前記動き解析ステップでは、前記動きの検出として、前記動きを示す 2 次元動きベクトル又はアフィンパラメータを算出する

請求項 1 記載の移動体検出方法。

【請求項 14】

前記距離算出ステップでは、前記距離の算出として、前記ブロックの移動軌跡間の類似性に加えて、前記ピクチャでの前記ブロック間の距離及び前記ブロックどうしを接続する直線の傾斜を示す角度の少なくとも 1 つを算出する

請求項 1 記載の移動体検出方法。

40

【請求項 15】

前記出力ステップは、前記領域分割ステップで得られた領域分割の結果を、前記画像入力ステップで受け付けたピクチャに重ねて表示する表示ステップを含む

請求項 1 記載の移動体検出方法。

【請求項 16】

前記画像入力ステップでは、2 つ以上の移動体が含まれる動画像を受け付け、前記領域分割ステップでは、前記 2 以上の移動体について前記領域分割をすることで、2 以上の移動体を検出する

請求項 1 記載の移動体検出方法。

50

【請求項 17】

前記移動体検出方法はさらに、前記領域分割ステップで特定された領域を構成するブロックの移動軌跡から、当該領域を代表する移動軌跡を算出し、算出した代表の移動軌跡に従って当該領域が移動すると予測することで、前記移動体の動きを予測する動き予測ステップを含む

請求項 1 記載の移動体検出方法。

【請求項 18】

前記出力ステップは、前記領域分割ステップでの領域分割の結果に基づいて、前記画像入力ステップで受け付けたピクチャにおける領域を特定し、特定した領域ごとに、対応する領域分割の結果を、記憶手段に記録する、又は、送信する記録・送信ステップを含む

10

請求項 1 記載の移動体検出方法。

【請求項 19】

動画像中の移動体の全部又は一部の領域を特定する領域分割をすることによって動画像中の移動体を検出する移動体検出装置であって、

動画像を構成する複数枚のピクチャを受け付ける画像入力部と、

前記ピクチャを構成する 1 個以上の画素からなるブロックごとに、時間的に隣接する 2 枚のピクチャ間での画像の動きを検出し、検出した動きを前記複数枚のピクチャについて連結することで、移動軌跡を算出する動き解析部と、

前記動き解析部で算出された複数の移動軌跡について、移動軌跡間の類似性を表す距離を算出する距離算出部と、

20

前記距離算出部で算出された距離のうち、予め定められた閾値よりも小さい距離を連結することで、前記距離算出部で算出された距離を測地距離に変換し、得られた測地距離の分布における不連続点を検出し、検出した不連続点よりも小さい測地距離だけ離れた移動軌跡を一つのクラスタとすることによって前記領域分割をする領域分割部と、

前記領域分割部で領域分割された結果を出力する出力部と
を備える移動体検出装置。

【請求項 20】

動画像中の移動体の全部又は一部の領域を特定する領域分割をすることによって動画像中の移動体を検出する移動体検出装置のためのプログラムであって、

請求項 1 記載の移動体検出方法に含まれるステップをコンピュータに実行させるプログラム。

30

【請求項 21】

動画像を構成する複数枚のピクチャを受け付ける画像入力ステップと、

前記ピクチャを構成する 1 個以上の画素からなるブロックごとに、時間的に隣接する 2 枚のピクチャ間での画像の動きを検出し、検出した動きを前記複数枚のピクチャについて連結することで、移動軌跡を算出する動き解析ステップと、

前記動き解析ステップで算出された複数の移動軌跡について、移動軌跡間の類似性を表す距離を算出する距離算出ステップと、

前記距離算出ステップで算出された距離が小さい順に移動軌跡のペアを同一クラスタとして統合する処理をクラスタ数が規定の数になるまで繰り返すことによって、距離が一定以上離れた不連続点をクラスタの境界として前記領域分割をする領域分割ステップと、

40

前記領域分割ステップでの領域分割の結果を出力する出力ステップと
を含む移動体検出方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、画像中の移動体を検出する方法に関し、特に複数枚の画像から構成される動画像から、画像の動き情報に基づいて、形状が変化しながら移動する人物等の移動体の全部又は一部の領域を特定する領域分割をすることによって移動体を検出する方法に関する

50

【背景技術】

【0002】

画像に基づいて、形状が変化しながら移動する人物等の移動体を検出したり、移動体を含む画像の領域分割を行う技術の1つとして、画像から対象物の候補領域を抽出する手法と、抽出した対象物の候補領域に対しあらかじめ用意した対象物モデルを当てはめる手法とを組合せた方法がある（例えば、特許文献1及び非特許文献1参照）。例えば、特許文献1では、対象物候補領域として複数の画像から人物等の対象物のシルエット画像を抽出し、前記対象物に関する知識から対象物の部位をあらかじめパラメータ化した人物等の対象物に関するモデルを用いて、抽出したシルエット画像に対してそのモデルを当てはめる方法が開示されている。これによって、形状が変化しながら移動する人物等の移動体に対してパラメータ化したモデルを当てはめることができるため、移動体の検出及び領域分割が可能となる。

10

【0003】

また、非特許文献1では、固定された1つの移動体を複数の視点から撮影した画像を入力として、各画像における画素値データとその他の画像の画素値データとのユークリッド距離を計算し、それを測地距離変換を行った後、次元圧縮を行うことによって、類似した視点から撮影した画像が2次元空間上で近距離となるように射影することを可能にする方法が開示されている。ここでは、従来の特許文献1（Principal Component Analysis）等の線形次元圧縮方法と比較して、測地距離変換によって、より低次元に圧縮可能であり、さらに、非線形に分布するデータに対しても取扱いが可能なことが示されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平8-214289号公報

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】Joshua Tenenbaum, Vin de Silva, John Langford, "A Global Geometric Framework for Nonlinear Dimensionality Reduction", Science, VOL290, pp.2319-2322, 22 December, 2000

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上記特許文献1の技術では、特に街頭等、人物等の移動体が行き交うシーンにおいて、正しく移動体を検出することができないという問題がある。上記特許文献1に代表される移動体検出手法は、前述のように画像から対象物候補領域を抽出する必要がある。この時、正しく対象物候補領域を抽出できなければ、対象物をパラメータ化したモデルを正確に対象物候補領域に当てはめることが不可能になる。特に、混雑したシーンにおいては、対象物候補領域を正しく抽出することは困難である。例えば、画像上でさまざまな大きさの移動体が混在するような場合には、複数の移動体を1つの移動体として誤って対象物候補領域として抽出したり、抽出対象となる移動体が存在しない領域を対象物候補領域として誤って抽出したりするといった問題がある。また、移動体の一部が隠れる場合にも同様に、複数の移動体を一つの対象物候補領域として抽出したり、対象物候補領域として抽出することができないといった問題がある。さらに、対象物候補領域を正しく抽出できたとしても以下のような課題がある。特に人物等の多関節物体を対象物とした場合、対象物の様々な姿勢あるいは大きさに起因する画像上での見えのバリエーションが非常に大きいため、対象物モデルのパラメータ化を行う際に膨大な数のパラメータが必要となる。このことは、モデルの当てはめミスを誘発する。そのため、実際とは異なる姿勢に対応する対象物モデルが当てはめられることにより、領域分割が正しく行われなかった問題がある。

40

50

【 0 0 0 7 】

一方で、非特許文献 1 に代表される移動体検出手法では、画像間の距離を入力として非線形処理を行うことにより、効率良く圧縮された低次元空間に画像データを射影することができる。さらには、測地距離変換と次元圧縮により連続的かつ非線形に分布するデータを効率良く表現することができる。しかしながら、非特許文献 1 の主な目的は、複数の画像を低次元空間に射影することで画像間の類似性を可視化することであり、形状が変化する人物等の多関節物体における様々な姿勢変化に対応しながら、正しく移動体を検出する方法は開示されていない。

【 0 0 0 8 】

そこで、本発明は、形状が変化しながら移動する人物等の移動体を含む画像に対しても、移動体の姿勢あるいは大きさの影響を受けずに、正しく領域分割することができる移動体検出方法及び移動体検出装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

この課題を解決するために本発明は、動画像中の移動体の全部又は一部の領域を特定する領域分割をすることによって動画像中の移動体を検出する方法であって、動画像を構成する複数枚のピクチャを受け付ける画像入力ステップと、前記ピクチャを構成する 1 個以上の画素からなるブロックごとに、時間的に隣接する 2 枚のピクチャ間での画像の動きを検出し、検出した動きを前記複数枚のピクチャについて連結することで、移動軌跡を算出する動き解析ステップと、前記動き解析ステップで算出された複数の移動軌跡について、移動軌跡間の類似性を表す距離を算出する距離算出ステップと、前記距離算出ステップで算出された距離のうち、予め定められた閾値よりも小さい距離を連結することで、前記距離算出ステップで算出された距離を測地距離に変換し、得られた測地距離の分布における不連続点を検出し、検出した不連続点よりも小さい測地距離だけ離れた移動軌跡を一つのクラスタとすることによって前記領域分割をする領域分割ステップと、前記領域分割ステップで領域分割された結果を出力する出力ステップとを含む。

【 0 0 1 0 】

なお、本発明は、上記移動体検出方法として実現できるだけでなく、上記各ステップを構成要素とする移動体検出装置、上記各ステップをコンピュータに実行させるプログラム、そのプログラムを格納した CD - ROM 等のコンピュータ読み取り可能な記録媒体等として実現することもできる。

【発明の効果】

【 0 0 1 1 】

上記の方法及び装置等により、形状が変化しながら移動する人物等の移動体を正確に検出及び部位を領域分割することができる。さらに、検出と領域分割を行った結果を用いて、移動体の移動予測等を行うことも可能である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図 1】図 1 は、本発明の実施の形態 1 における移動体検出装置の基本構成を示す機能ブロック図である。

【図 2】図 2 は、本発明に係る移動体検出装置のハードウェア構成を示すブロック図である。

【図 3】図 3 は、本発明の実施の形態 1 における移動体検出装置の基本動作を示すフローチャートである。

【図 4】図 4 は、本発明の実施の形態 1 における動き解析部の処理例を示す図である。

【図 5】図 5 (a) ~ (c) は、本発明の実施の形態 1 における領域分割部の測地距離の効果の一例を示す図である。

【図 6】図 6 (a) 及び (b) は、本発明の実施の形態 1 における領域分割部の測地距離の効果の一例を示す図である。

【図 7】図 7 (a) ~ (c) は、本発明の実施の形態 1 における領域分割部の処理例を示

10

20

30

40

50

す図である。

【図 8】図 8 は、本発明の実施の形態 1 の変形例における移動体検出装置の基本動作を示すフローチャートである。

【図 9】図 9 (a) ~ (d) は、本発明の実施の形態 1 の変形例における領域分割部の処理例を示す図である。

【図 10】図 10 は、本発明の実施の形態 2 における移動体検出装置の基本構成を示す機能ブロック図である。

【図 11】図 11 は、本発明の実施の形態 2 における移動体検出装置の基本動作を示すフローチャートである。

【図 12】図 12 (a) ~ (f) は、本発明の実施の形態 2 における領域分割部の処理例を示す図である。

【図 13】図 13 (a) ~ (c) は、本発明の実施の形態 2 における領域分割部の階層的なクラスタリング処理例を示す図である。

【図 14】図 14 は、本発明の実施の形態 1 及び 2 の第 1 変形例における移動体検出装置の構成例を示す機能ブロック図である。

【図 15】図 15 (a) 及び (b) は、本発明の実施の形態 1 及び 2 の第 1 変形例における画像表示部の表示例を示す図である。

【図 16】図 16 は、本発明の実施の形態 1 及び 2 の第 2 変形例における移動体検出装置の構成例を示す機能ブロック図である。

【図 17】図 17 は、本発明の実施の形態 1 及び 2 の第 2 変形例における記録・送信データの一例を示す図である。

【図 18】図 18 は、本発明の実施の形態 3 における移動体検出装置の構成例を示す機能ブロック図である。

【図 19】図 19 は、本発明の実施の形態 3 における移動体検出装置の基本動作を示すフローチャートである。

【図 20】図 20 は、本発明の実施の形態 3 における動き予測の一例を示す図である。

【図 21】図 21 (a) ~ (c) は、本発明の実施の形態 2 の方法によって分離可能な図形の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

本発明の一実施形態は、動画像中の移動体の全部又は一部の領域を特定する領域分割をすることによって動画像中の移動体を検出する方法であって、動画像を構成する複数枚のピクチャを受け付ける画像入力ステップと、前記ピクチャを構成する 1 個以上の画素からなるブロックごとに、時間的に隣接する 2 枚のピクチャ間での画像の動きを検出し、検出した動きを前記複数枚のピクチャについて連結することで、移動軌跡を算出する動き解析ステップと、前記動き解析ステップで算出された複数の移動軌跡について、移動軌跡間の類似性を表す距離を算出する距離算出ステップと、前記距離算出ステップで算出された距離のうち、予め定められた閾値よりも小さい距離を連結することで、前記距離算出ステップで算出された距離を測地距離に変換し、得られた測地距離の分布における不連続点を検出し、検出した不連続点よりも小さい測地距離だけ離れた移動軌跡を一つのクラスタとすることによって前記領域分割をする領域分割ステップと、前記領域分割ステップで領域分割された結果を出力する出力ステップとを含む。これにより、不連続点よりも小さい測地距離だけ離れた移動軌跡どうしが一つのクラスタとなるので、直線的な距離であるユークリッド距離を用いたクラスタリングに比べ、移動軌跡間の類似性に関して、空間的な連続性を考慮したクラスタリングが行われる。そのため、ピクチャにおける各ブロックが同一の物体（又は部位）に属するか別個の物体（又は部位）に属するかが確実に弁別される。その結果、動きの異なる複数の部位からなる人物等の多関節物体を移動体として検出する場合であっても、正確な領域分割が行われ、移動体が確実に検出される。つまり、形状が変化しながら移動する人物等の移動体に対しても正しく領域分割し、これによって画像中の移動体を確実に検出することが可能である。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 4 】

なお、測地距離変換のより詳細な方法として、前記領域分割ステップでは、前記距離から前記測地距離への変換において、第1の移動軌跡と第2の移動軌跡との間の距離を測地距離に変換する場合には、前記距離算出ステップで算出された距離のうち、前記予め定められた閾値よりも小さい距離だけ離れた移動軌跡をたどりながら前記第1の移動軌跡から前記第2の移動軌跡に至る経路の距離を、測地距離として算出するのが好ましい。

【 0 0 1 5 】

また、本発明のより好ましい形態は、前記領域分割ステップでは、前記距離算出ステップで算出された距離を測地距離に変換するときに、前記複数の移動軌跡の分布における密集度が大きいほど小さい測地距離となるような重み付けをしたうえで、前記変換をする構成としたものであり、移動軌跡の分布の密集度を用いて距離変換を行うことにより、類似性の高い移動軌跡をより高精度に同一クラスタとすることで、特に形状が変化しながら移動する人物等の移動体に対しても確実に検出し、同時に正しく領域分割を行うことが可能である。

10

【 0 0 1 6 】

また、領域分割ステップの具体的な手法の他の一つとして、前記領域分割ステップは、前記領域分割に用いられる閾値を複数生成し、生成した複数の閾値のそれぞれについて、前記距離算出ステップで算出された距離のうち、当該閾値よりも小さい距離を連結することで、前記距離算出ステップで算出された距離を前記測地距離に変換し、得られた複数の測地距離の分布における不連続点を検出し、検出した不連続点よりも小さい測地距離だけ離れた移動軌跡を一つのクラスタとすることによって前記領域分割をし、その領域分割の結果を領域分割候補として生成する領域分割候補生成ステップと、クラス数についての指示を取得し、所得したクラス数と同じもしくは最も近い個数の領域に分割された領域分割候補を前記領域分割候補生成ステップで生成された複数の領域分割候補から選択し、選択した領域分割候補を前記領域分割の結果として出力する領域分割候補選択ステップを含んでもよい。これによって、予め生成した複数の判断基準のそれぞれについてクラスタリングが行われるので、それら複数のクラスタリングから、所望の個数のクラスタが生成される。

20

【 0 0 1 7 】

本発明のより好ましい形態は、前記領域分割候補生成ステップでは、前記距離算出ステップで算出された複数の距離における最大値と最小値との間の複数の値を、前記閾値として、生成する構成としたものであり、これにより、閾値を効果的に設定することで、特に形状が変化しながら移動する人物等の移動体に対しても確実にかつより高速に検出し、同時に正しく領域分割を行うことが可能である。

30

【 0 0 1 8 】

本発明のより好ましい形態は、前記領域分割候補生成ステップでは、前記距離算出ステップで算出された複数の距離について、閾値を大きい値から小さい値の順に並べた場合における最初の不連続点を検出し、検出した不連続点よりも小さい複数の値を、前記複数の閾値として、生成する構成としたものであり、これにより、閾値を効果的に設定することで、特に形状が変化しながら移動する人物等の移動体に対しても確実にかつより高速に検出し、同時に正しく領域分割を行うことが可能である。

40

【 0 0 1 9 】

本発明のより好ましい形態は、前記領域分割候補生成ステップでは、前記距離算出ステップで算出された複数の距離について不連続点の検出を行い、閾値の大小に基づいて階層的に前記領域分割をする構成としたものであり、これにより、階層的にクラスタリングを行うことによって、特に形状が変化しながら移動する人物等の被写体に対して、被写体の画像上での位置を特定する粗い移動体抽出から、被写体の詳細な動きに基づいた精細な移動体抽出までを行うことが可能である。

【 0 0 2 0 】

本発明のより好ましい形態は、前記領域分割候補生成ステップでは、前記距離算出ステ

50

ップで算出された複数の距離について、閾値を大きい値から不連続点の検出を行い、分割されたクラスタに対して、それぞれ、より閾値を用いて不連続点の検出を行い、階層的に前記領域分割をする構成としたものであり、これにより、閾値を大きい値から順に階層的にクラスタリングを行うことによって、特に形状が変化しながら移動する人物等の被写体に対して、被写体の画像上での位置を特定する粗い移動体抽出から、被写体の詳細な動きに基づいた精細な移動体抽出までをより少ない計算量で行うことが可能である。

【0021】

本発明のより好ましい形態は、前記領域分割候補生成ステップでは、前記距離算出ステップで算出された複数の距離の平均値又は中央値を中心に増加及び減少させて得られる複数の値を、前記複数の閾値として、生成する構成としたものであり、これにより、閾値を効果的に設定することで、特に形状が変化しながら移動する人物等の移動体に対しても確実かつより高速に検出し、同時に正しく領域分割を行うことが可能である。

10

【0022】

本発明のより好ましい形態は、前記領域分割候補生成ステップでは、前記動き解析ステップで算出された複数の移動軌跡のそれぞれについて、当該移動軌跡との距離がN番目に小さい距離を特定し、特定した複数の距離について大きい順から選択した複数の値を、前記複数の閾値として、生成する構成としたものであり、これにより、閾値を効果的に設定することで、特に形状が変化しながら移動する人物等の移動体に対しても確実かつより高速に検出し、同時に正しく領域分割を行うことが可能である。

20

【0023】

本発明のより好ましい形態は、前記領域分割ステップでは、前記動き解析ステップで算出された複数の移動軌跡のそれぞれについて、前記距離が小さい順に予め定められた個数の移動軌跡を選択し、選択されなかった移動軌跡との距離を無限大に変更する非線形化をした後に、前記複数の距離のそれぞれを測地距離に変換する構成としたものであり、これにより、選択された距離と選択されなかった距離とが非線形な関係となるため、線形距離と比較して、移動軌跡間の類似/非類似が強調されることとなり、人物のように関節で繋がった物体の動きを正しく表現することが可能となる。

【0024】

本発明のより好ましい形態は、前記領域分割ステップでは、前記動き解析ステップで算出された複数の移動軌跡のそれぞれについて、前記距離が予め定められた閾値以下の移動軌跡を選択し、選択されなかった移動軌跡との距離を無限大に変更する非線形化をした後に、前記複数の距離のそれぞれを測地距離に変換する構成としたものであり、これにより、選択された距離と選択されなかった距離とが非線形な関係となるため、線形距離と比較して、移動軌跡間の類似/非類似が強調されることとなり、人物のように関節で繋がった物体の動きを正しく表現することが可能となる。

30

【0025】

本発明のより好ましい形態は、前記動き解析ステップでは、前記動きの検出として、前記動きを示す2次元動きベクトル又はアフィンパラメータを算出する構成としたものであり、これにより、動きベクトルもしくはアフィンパラメータによりブロックの動きを解析することで、ブロックの移動軌跡を算出することが可能になる。

40

【0026】

本発明のより好ましい形態は、前記距離算出ステップでは、前記距離の算出として、前記ブロックの移動軌跡間の類似性に加えて、前記ピクチャでの前記ブロック間の距離及び前記ブロックどうしを接続する直線の傾斜を示す角度の少なくとも1つを算出する構成としたものであり、これにより、人物のように関節を軸とした回転運動を伴いながら形状が変化する移動物体の動きを効率良く捉えることが可能になる。

【0027】

本発明の一実施形態は、前記出力ステップは、前記領域分割ステップで得られた領域分割の結果を、前記画像入力ステップで受け付けたピクチャに重ねて表示する表示ステップを含む構成としたものであり、これにより、領域分割した部位を画像上に表示することに

50

よって、スポーツにおけるフォームの修正あるいはリハビリテーションにおける歩行の矯正等に 응용が可能である。

【0028】

本発明の一実施形態は、前記画像入力ステップでは、2つ以上の移動体が含まれる動画を受け付け、前記領域分割ステップでは、前記2以上の移動体について前記領域分割をすることで、2以上の移動体を検出する構成としたものであり、これにより、形状が変化しながら移動する複数の移動体を含む画像に対しても、正しく複数の移動物体を検出することが可能である。

【0029】

本発明の一実施形態は、前記移動体検出方法はさらに、前記領域分割ステップで特定された領域を構成するブロックの移動軌跡から、当該領域を代表する移動軌跡を算出し、算出した代表の移動軌跡に従って当該領域が移動すると予測することで、前記移動体の動きを予測する動き予測ステップを含む構成としたものであり、これにより、複数のブロックの移動軌跡を代表する軌跡を用いて移動体の動きを予測することにより、ノイズ耐性の高い動き予測が可能となる。

【0030】

本発明の一実施形態は、前記出力ステップは、前記領域分割ステップでの領域分割の結果に基づいて、前記画像入力ステップで受け付けたピクチャにおける領域を特定し、特定した領域ごとに、対応する領域分割の結果を、記憶手段に記録する、又は、送信する記録・送信ステップを含む構成としたものであり、これにより、検出した移動体画像を分割した領域に基づいてそれぞれ別々に保持することによって、各移動体画像の中から必要な部分の画像のみを選択して保存したり、外部に出力したりすることによって、図形要素として効率的な保存及び出力が可能になる。そのため、携帯電話等、処理能力の限られた機器に保存及び送信する場合に有効に作用する。

【0031】

本発明の一実施形態は、動画を構成する複数枚のピクチャを受け付ける画像入力ステップと、前記ピクチャを構成する1個以上の画素からなるブロックごとに、時間的に隣接する2枚のピクチャ間での画像の動きを検出し、検出した動きを前記複数枚のピクチャについて連結することで、移動軌跡を算出する動き解析ステップと、前記動き解析ステップで算出された複数の移動軌跡について、移動軌跡間の類似性を表す距離を算出する距離算出ステップと、前記距離算出ステップで算出された距離が小さい順に移動軌跡のペアを同一クラスタとして統合する処理をクラスタ数が規定の数になるまで繰り返すことによって、距離が一定以上離れた不連続点をクラスタの境界として前記領域分割をする領域分割ステップと、前記領域分割ステップでの領域分割の結果を出力する出力ステップとを含む。これにより、距離が小さい順に移動軌跡のペアを統合する処理をクラスタ数が規定の数になるまで繰り返すことによって、距離が一定以上離れた不連続点をクラスタの境界として得ることができる。結果として、移動軌跡間の類似性に関する連続性を考慮したクラスタリングが行われ、移動体を検出することが可能である。

【0032】

以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。

【0033】

(実施の形態1)

図1は、実施の形態1における移動体検出装置100の構成を示す機能ブロック図である。図1に示されるように、この移動体検出装置100は、画像入力部101、動き解析部102、距離算出部103、領域分割部104、出力部105を備える。そして、この移動体検出装置100は、動画中の移動体の全部又は一部の領域を特定する領域分割をすることによって動画中の移動体を検出する。

【0034】

画像入力部101は、動画を構成する時間的に異なる複数枚の画像(ピクチャ)の入力を受け付ける処理部であり、例えば、ビデオカメラ、あるいは、ビデオカメラと接続さ

10

20

30

40

50

れた通信インターフェース等である。

【0035】

動き解析部102は、画像入力部101で受け付けたピクチャを構成する1個以上の画素からなるブロックごとに、時間的に隣接する2枚のピクチャ間での画像の動きを検出し、検出した動きを複数枚のピクチャについて連結することで、移動軌跡を算出する処理部である。

【0036】

距離算出部103は、移動する物体の形状変化を捉えるために、動き解析部102で算出したブロック*i*の移動軌跡と、*i*以外のブロックの移動軌跡とを用いて、ブロックの動きの類似性を表す距離を算出する処理部である。例えば、*N*個のブロックの移動軌跡を用いた場合、算出される距離は*N*×*N*の距離マトリクスとなる。ここでは、ブロックの動きの類似性を評価する距離を計算することによって、ブロック間の距離が動きによって変化する移動体、特に、関節物体のように形状が変化しながら移動する人物等の物体の動きを距離マトリクスとして表現することが可能である。なお、以降の説明では、ブロック*i*の移動軌跡を移動軌跡*i*と呼ぶこととする。このように、本明細書における「距離」は、2次元空間における2点間の距離だけでなく、多次元のデータ間の算術的な距離を含み、1つの値、あるいは、複数の値の集合（距離マトリクス）である。

10

【0037】

領域分割部104は、領域分割に用いられる閾値を用いて、動き解析部102で算出された複数の移動軌跡をクラスタリングすることによって領域分割を行う処理部である。具体的には、この領域分割部104は、距離算出部103で算出した距離マトリクスに対してデータの連続性に関する閾値を用いて測地距離変換を適用し、つまり、距離算出部103で算出された複数の距離のうち当該閾値よりも小さい距離を連結することで複数の距離のそれぞれを測地距離に変換し、それぞれの閾値における測地距離変換後の移動軌跡間の距離の分布における不連続点を検出し、検出した不連続点よりも小さい測地距離だけ離れた移動軌跡どうしが一つのクラスタとなるように、連続に分布する移動軌跡をクラスタリングすることによって、前記閾値に対する領域分割を行う。

20

【0038】

なお、この領域分割部104は、距離算出部103で算出された距離（距離マトリクス）から測地距離への変換（測地距離変換）において、第1の移動軌跡と第2の移動軌跡との間の距離を測地距離に変換する場合には、距離算出部103で算出された距離のうち、予め定められた閾値よりも小さい距離だけ離れた移動軌跡をたどりながら第1の移動軌跡から第2の移動軌跡に至る経路の距離を、測地距離として算出する。

30

【0039】

出力部105では、領域分割部104で行った動画像中の移動体の検出結果もしくは、画像の領域分割結果を出力するメモリや記録媒体への書き込み処理部、あるいは、ディスプレイ装置に出力する出力インターフェース等である。

【0040】

本明細書において、領域分割を行った結果の各領域は、それぞれの移動体に対応するため、各移動体の検出と、画像中の複数の移動体領域をそれぞれ分割する領域分割とは、特に区別しない。つまり、「移動体の検出」という処理が、即ち、「領域分割」という処理に相当する。

40

【0041】

なお、この移動体検出装置100を構成する各構成要素（画像入力部101、動き解析部102、距離算出部103、領域分割部104、出力部105）は、図2に示されるように、カメラ2001から送られてくる画像を取得するインターフェース（I/F）2004、CPU2005、RAM2007、ROM2006、ハードディスク2008、ディスプレイ2003に映像信号を出力するビデオカード2009等を備えるコンピュータ2002上で実行されるプログラム等のソフトウェアで実現されてもよいし、電子回路等のハードウェアで実現されてもよい。つまり、本実施の形態における構成要素のうち、デ

50

ィスプレイ装置等の入出力部を除く構成要素については、コンピュータで実行されるプログラム及びデータ（つまり、ソフトウェア）で実現してもよいし、電子回路、メモリ及び記録媒体等のハードウェアで実現してもよいし、それらの混在で実現してもよい。以下、他の実施の形態における移動体検出装置についても同様である。

【0042】

以下に、本発明の移動体検出方法、つまり、移動体検出装置100の動作について、図3のフローチャートを用いて移動する移動体を検出（つまり、領域分割）する例について詳細に説明する。

【0043】

まず、ステップS101にて、画像入力部101は、複数枚のピクチャを受け付ける。

10

【0044】

次に、ステップS102にて、動き解析部102は、少なくとも2枚のピクチャからブロックの動きを算出する。なお、ここでは、ブロックの動きを算出する一例として、画素の動きを算出する。以下、本実施の形態では、ブロック単位の処理の一例として、画素単位の処理を説明する。なお、複数の画素からなるブロック単位で処理をする場合には、(i)画素に対応するデータをブロック分だけ合計したり、(ii)ブロック分の平均値を求めたり、(iii)ブロックの中心値を求めることで、ブロックに対応するデータ（代表値）を求め、得られた代表値を用いて画素単位の処理と同様に処理すればよい。なお、本明細書で、「ブロックの動き」及び「画素の動き」とは、それぞれ、「画像のブロックごとの動き」及び「画像の画素ごとの動き」を意味する。

20

【0045】

まず、画素の動きをオプティカルフロー計算により算出する例について説明する。オプティカルフロー計算による動きベクトルの算出は、非特許文献2もしくは非特許文献3および非特許文献4に開示された技術を用いることができる。

【0046】

【非特許文献2】P. Anandan, "A Computational Framework and an Algorithm for the Measurement of Visual Motion", International Journal of Computer Vision, Vol. 2, pp. 283-310, 1989

30

【0047】

【非特許文献3】Vladimir Kolmogorov and Ramin Zabih, "Computing Visual Correspondence with Occlusions via Graph Cuts", International Conference on Computer Vision, 2001

【0048】

【非特許文献4】Thomas Pock, Martin Urschler, Christopher Zach, Reinhard Beichel and Horst Bischof, "A Duality Based Algorithm for TV-L1-Optical-Flow Image Registration", International Conference on Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention, 2007

40

【0049】

例えば、ステップS101にてT枚のピクチャが入力されたと仮定すると、動き解析部102は、時刻tと時刻t+1に入力されたピクチャを用いて、画素iの動きベクトル(u^i_t, v^i_t)を推定する。ここでは、必ずしもフレームが連続している必要はなく、例えば、時刻tと時刻t+nに入力されたピクチャを用いて画素の動きを求めてもよい。ただし、nは1以上の整数である。さらに、画素の動きとして、前記2次元動きベクトルの代わりにアフィンパラメータを推定してもよい。この時、すべての画素について動き情報を求め

50

てもよい。また、より高速に処理を行いたい場合には、画像をグリッドに区切って一定間隔のグリッド上の画素についてのみ動き情報を求めてもよいし、上述したように、画像をブロックに区切ってブロックごとに動き情報を求めてもよい。さらに、非特許文献2を用いて動きベクトルを算出する場合は、その信頼度を計算することができるため信頼度の高い動き情報を持つ画素のみを用いてもよい。また、非特許文献3を用いて動きベクトルを算出する場合は、オクルージョンを推定することができる。そのため、遮蔽(しゃへい)されていない画素の動き情報のみを用いてもよい。また、非特許文献4は、高速に処理できることが知られており、処理の高速化が必要な場合に用いてもよい。

【0050】

さらに、画素の動きを算出する手法として、前記したブロックの並進移動を仮定して動きベクトルを算出する方法の代わりに、ブロックのアフィン変形を仮定して動きベクトルを算出する方法を用いてもよい。アフィン変形を仮定して動きベクトルを算出する方法は、非特許文献5に開示された技術を用いることができる。

10

【0051】

【非特許文献5】 Jianbo Shi and Carlo Tomasi “ Good Features to Track ” , IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition , pp593 - 600 , 1994

【0052】

上記手法は、時刻 t と時刻 $t+1$ に入力されたピクチャの画素 i 近傍の動きに相当するアフィンパラメータ A_t^i を推定する。画素 i について、時刻 t と時刻 $t+1$ におけるピクチャ上での画素位置 x_t^i と x_{t+1}^i は次の関係がある。

20

【0053】

【数1】

$$\mathbf{x}_{t+1}^i = \mathbf{A}_t^i \mathbf{x}_t^i \quad (\text{式1})$$

【0054】

上記手法は、特に回転運動をする物体に対して、並進移動を仮定して動きベクトルを算出する手法を用いる場合よりも、高精度に画素 i の動きを推定することができる。

30

【0055】

次に、ステップS103にて、動き解析部102は、ステップS102で算出した動き情報を用いて、時間的に異なる複数枚のピクチャに対して前記画素の動きから移動軌跡 i を算出する。以下、画素 i の移動軌跡を移動軌跡 i と呼ぶこととする。図4に示すように、時刻 t における入力画像301の画素 i 303からステップS102で算出した動き情報302を用いて、画素 i の動きを追跡する。この時、画素 i が通った時刻 t におけるピクチャ上での画素位置 (x_t^i, y_t^i) を用いて、以下のように移動軌跡 i を算出する。

【0056】

【数2】

$$\mathbf{X}^i = (x_1^i, y_1^i, \dots, x_t^i, y_t^i, \dots, x_T^i, y_T^i) \quad (\text{式2})$$

40

【0057】

ここで、 T は移動軌跡の算出に用いたピクチャの枚数である。

【0058】

次に、ステップS104にて、距離算出部103は、上記式2で算出した移動軌跡 i を用いて画素の動きの類似性を含む距離マトリクスを算出する。移動軌跡 i と移動軌跡 j との線形距離 $f(i, j)$ は以下の式3のように算出できる。

50

【 0 0 5 9 】

【 数 3 】

$$f(i, j) = ptn_{ij} + w \cdot mtn_{ij} \quad (\text{式 3})$$

【 0 0 6 0 】

ここで、 w は重み係数であり、設計者が設定するパラメータである。さらに、上記式3は、次の式4のように変形してもよい。

【 0 0 6 1 】

【 数 4 】

$$f(i, j) = 1.0 - \exp\left(-\frac{w \cdot mtn_{ij}}{ptn_{ij}}\right) \quad (\text{式 4})$$

【 0 0 6 2 】

また、 ptn_{ij} 、 mtn_{ij} については、それぞれ、以下の式5及び式6に示す。

【 0 0 6 3 】

【 数 5 】

$$ptn_{ij} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T d_{ij}^t \quad (\text{式 5})$$

【 0 0 6 4 】

【 数 6 】

$$mtn_{ij} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (d_{ij}^t - ptn_{ij})^2} \quad (\text{式 6})$$

ここで、

【 0 0 6 5 】

【 数 7 】

$$d_{ij}^t = \sqrt{(x_t^i - x_t^j)^2 + (y_t^i - y_t^j)^2} \quad (\text{式 7})$$

【 0 0 6 6 】

上記のように、上記式3に示されるように、上記式5に示した移動軌跡間距離の時間平均値に加えて、上記式6に示した移動軌跡間距離の時間的ばらつきを前記線形距離 $f(i, j)$ の要素とする。特に上記式6に示した移動軌跡間距離の時間的ばらつきは、画素の

10

20

30

40

50

動きの類似性を示すものであり、これによって、画素間のなす距離の関係が時間的に変化しない剛体だけでなく、関節物体等の形状変化を捉えることができる。なお、上記式 6 の代わりに下記の式 8 から式 13 のような時間変動成分を用いることで、同様の効果が期待できる。

【 0 0 6 7 】

【 数 8 】

$$mtn_{ij} = \frac{1}{(T-1)} \sum_{t=1}^{T-1} (1 - \cos \theta_{ij}^t) \quad (\text{式 8}) \quad 10$$

ここで、

【 0 0 6 8 】

【 数 9 】

$$\cos \theta_{ij}^t = \frac{\langle \mathbf{u}_i^t \cdot \mathbf{u}_j^t \rangle}{|\mathbf{u}_i^t| |\mathbf{u}_j^t|} \quad (\text{式 9}) \quad 20$$

であり、 \mathbf{u}_i^t は、時刻 t から $t+1$ への動きベクトル (u_i^t, v_i^t)、 $\langle \mathbf{u}_i^t \cdot \mathbf{u}_j^t \rangle$ は内積である。

【 0 0 6 9 】

また、以下のような計算を用いてもよい。

【 0 0 7 0 】

【 数 10 】

$$mtn_{ij} = mtn_max - \frac{1}{(T-1)} \sum_{t=1}^{T-1} \langle \mathbf{u}_i^t \cdot \mathbf{u}_j^t \rangle \quad (\text{式 10}) \quad 30$$

ここで、

【 0 0 7 1 】

【 数 11 】

$$mtn_max = \max_i \left(\frac{1}{(T-1)} \sum_{t=1}^{T-1} \langle \mathbf{u}_i^t \cdot \mathbf{u}_i^t \rangle \right) \quad (\text{式 11}) \quad 40$$

【 0 0 7 2 】

【数 1 2】

$$mtn_{ij} = \frac{1}{(T-1)} \sum_{t=1}^{T-1} \sqrt{(u_i^t - u_j^t)^2 + (v_i^t - v_j^t)^2} \quad (\text{式 1 2})$$

ここで、

【0073】

【数 1 3】

$$\mathbf{u}_i^t = (u_i^t, u_j^t) \quad (\text{式 1 3})$$

10

である。

【0074】

次に、領域分割部 104 は、ステップ S105 (測地距離変換) と S106 (領域分割) とを実行する。具体的には、S105 では、領域分割部 104 は、上記式 3 もしくは上記式 4 で算出した線形距離 $f(i, j)$ に対して閾値 R を用いて、その閾値に対して以下の式 14 ように非線形化処理を行い $f'(i, j)$ を算出する。

20

【0075】

【数 1 4】

$$f'(i, j) = \begin{cases} f(i, j) & \text{if } i \text{ is } R\text{-NearestNeighbor} \\ \infty & \text{otherwise} \end{cases} \quad (\text{式 1 4})$$

【0076】

つまり、領域分割部 104 は、移動軌跡 i に着目した時に移動軌跡 i との線形距離が小さい順に R 個の移動軌跡 j を選択し、選択された移動軌跡 j との距離は変更せず、一方、選択されなかった移動軌跡 j との距離を無限大に変更する。なお、ここでは、線形距離 $f(i, j)$ が小さい順に選択したが、次式のように閾値 R を設定してもよい。

30

【0077】

【数 1 5】

$$f'(i, j) = \begin{cases} f(i, j) & \text{if } f(i, j) < R \\ \infty & \text{otherwise} \end{cases} \quad (\text{式 1 5})$$

40

【0078】

つまり、領域分割部 104 は、上記式 14 に示すように、動き解析部 102 で算出された複数の移動軌跡のそれぞれについて、距離が小さい順に予め定められた個数の移動軌跡を選択し、選択されなかった移動軌跡との距離を無限大に変更する非線形化をした後に、複数の距離のそれぞれを測地距離に変換してもよいし、上記式 15 に示すように、移動軌跡 i に着目した時に、動き解析部 102 で算出された複数の移動軌跡 j のそれぞれについて、距離が予め定められた閾値以下の移動軌跡 j を選択し、選択されなかった移動軌跡との距離を無限大に変更する非線形化をした後に、複数の距離のそれぞれを測地距離に変換してもよい。

50

【 0 0 7 9 】

なお、距離の非線形化に関しては、上記の関数に限定されるものではなく、移動軌跡*i*と移動軌跡*j*に関する距離に対して非線形変換を行うものであれば何でもよい。

【 0 0 8 0 】

さらには、線形距離 $f(i, j)$ に対して、以下のように式 1 6 及び式 1 7 を用いて計算した重みを掛け算して重み付けを行った後に式 1 4 もしくは式 1 5 の処理を行ってもよい。

【 0 0 8 1 】

【 数 1 6 】

$$wf_{ij} = 1.0 - \exp\left(-z\left(\frac{1}{N_a} \sum_{a \in NN} f(a, j) + \frac{1}{N_b} \sum_{b \in NN} f(i, b)\right)\right) \quad (\text{式 1 6})$$

10

【 0 0 8 2 】

ここで、NNは移動軌跡の近傍点について処理することを示し、移動軌跡*a*及び*b*に対して、移動軌跡*j*及び*i*からそれぞれ一定距離以内にある移動軌跡もしくは、距離が小さい順に*N*個の移動軌跡を用いて計算することを示す。すなわち、 N_a 、 N_b は、一定距離以内にある移動軌跡の数もしくは、前記*N*である。なお、*z*は設計者が設定する。

【 0 0 8 3 】

また、上記式 1 6 の代わりに次の式 1 7 のように分散を用いてもよい。

20

【 0 0 8 4 】

【 数 1 7 】

$$wf_{ij} = 1.0 - \exp\left(-z\left(\frac{1}{N_a} \sum_{a \in NN} (f(a, j) - \overline{f(a, j)})^2 + \frac{1}{N_b} \sum_{b \in NN} (f(i, b) - \overline{f(i, b)})^2\right)\right)$$

(式 1 7)

ここで、

30

【 0 0 8 5 】

【 数 1 8 】

$$\overline{f(a, j)} = \frac{1}{N_a} \sum_{a \in NN} f(a, j) \quad (\text{式 1 8})$$

【 0 0 8 6 】

40

【 数 1 9 】

$$\overline{f(i, b)} = \frac{1}{N_b} \sum_{b \in NN} f(i, b) \quad (\text{式 1 9})$$

であり、近傍点については、上記式 1 6 の場合と同じである。

【 0 0 8 7 】

上記式 1 6 や上記式 1 7 の重みを用いて $f(i, j)$ を変換することによって、移動軌

50

跡*i*及び*j*と類似した移動軌跡が空間的に密集している場合（距離が近い移動軌跡の場合）には、 $f(i, j)$ を相対的に小さく、また、空間的に疎な場合（距離が遠い移動軌跡の場合）には、密集している場合と比較して $f(i, j)$ が相対的に大きくなる。つまり、領域分割部104は、距離算出部103で算出された複数の距離のそれぞれを測地距離に変換するとき、動き解析部102で算出された複数の移動軌跡の分布における密集度が大きいほど小さい測地距離となるような重み付けをしたうえで、測地距離への変換をする。これによって、画素の移動軌跡の分布の密集度を考慮した距離変換が可能になる。

【0088】

次に、領域分割部104は、非線形化された距離 $f'(i, j)$ を用いて、次式のように測地距離を算出する。

【0089】

【数20】

$$g(i, j) = \min(f'(i, j), f'(i, s) + f'(s, j)) \quad (\text{式20})$$

【0090】

なお、 $\min(x, y)$ は、値*x*と値*y*のうち小さい方を返す関数である。また、*s*は、移動軌跡*s*であり、移動軌跡*i*から移動軌跡*j*に辿（たど）りつくための中継点である。ここで、 $f'(i, s) + f'(s, j)$ における中継点*s*は1点に限るものではない。この方法は、ダイクストラ法と呼ばれる最短経路探索手法であり、以下の非特許文献6に記載されている。

【0091】

【非特許文献6】E.W.Dijkstra, "A note on two problems in connexion with graphs", Numerische Mathematik, pp.269-271, 1959

【0092】

ここで、上記式14及び上記式15に示した非線形化処理について、図5(a)～(c)の概念図を用いて説明する。ここでは、上記式15に示された非線形処理について説明するが、他の非線形化処理を行っても同様の効果が期待できる。

【0093】

まず、図5(a)は2次元のデータ分布を示す。ここで、それぞれのデータ点は、上記式3もしくは上記式4に示した移動軌跡*i*に相当する。上記式14から上記式17の非線形化処理を行わない場合には、図5(b)に示したように、データ点*i*とデータ点*j*との距離は、データ点*i*とデータ点*k*との距離よりも小さくなる。しかしながら、図5(c)に示すように、例えば、上記式15の処理及び上記式17の処理を行うことによって、データ点*i*とデータ点*j*との距離は、ユークリッド距離ではなく、測地距離と呼ばれるデータ点を矢印のように辿（たど）った距離となる。結果として、ユークリッド距離を用いる場合と異なり、データ点*i*とデータ点*j*との距離は、データ点*i*とデータ点*k*との距離よりも大きくなる。

【0094】

ここで、このような上記式14から上記式17に示した測地距離変換の特徴を図6(a)及び(b)の概念図を用いて説明する。ここでは、線形距離 $f(i, j)$ と測地距離 $g(i, j)$ の違いを分かりやすく説明するため、上記式5に示すような時刻*t*における移動軌跡間距離を例とする。実際には、移動軌跡間距離に加えて、上記式3に示したように画素の動きの類似性として移動軌跡間距離の変動成分を用いることにより、関節物体等の形状だけではなく形状変化をも捉えることができる。図6(a)は、上記式14から上記式17の処理を行わない場合の例である。例えば、頭部の画素*i*802と手先部の画素*j*803との距離は、線形距離801に示す距離となる。一方、上記式14から上記式17のような非線形処理を行うことによって、閾値*R*が適切に設定されていれば、図6(b)に示されるように、頭部の画素*i*802と手先部の画素*j*803との距離は、画素*k*80

10

20

30

40

50

4 を通って画素 j にたどり着くまでの矢印で示したような線形和としての距離となる。そのため、線形距離 801 では人物のような関節物体の関節が繋がった形状をデータとして連続的に表現できないのに対して、関節が繋がった形状を距離として連続性を表現することが可能となる。なお、測地距離の計算方法は、上記式 17 に限定されるものではない。

【0095】

次に、ステップ S106 では、領域分割部 104 は、ステップ S105 で閾値 R に対応する測地距離変換を行った $g(i, j)$ を用いて、不連続点を検出することによってクラスタリングを行う。ここでは、 $g(i, j)$ が無限大となる移動軌跡 i と移動軌跡 j の間が不連続点である。閾値 R に対して得た測地距離変換の結果の例を図 7(a) ~ (c) を用いて説明する。ここで、図 7(a) は移動軌跡 $a \sim h$ を示す図であり、図 7(b) は、図 7(a) に示した移動軌跡 $a \sim h$ を表す高次元空間の概念図である。なお、図 7(a) では、移動軌跡 $a \sim h$ の数を 8 本としたが、実際には、各画素に対応する移動軌跡を用いてもよいし、ブロック単位で求めた移動軌跡を用いてもよい。ここで、移動軌跡 $a \sim h$ を表す高次元空間の 1 点が、上記式 2 に示した一つの移動軌跡に対応する。すなわち、高次元空間上の点は、1 枚のピクチャ上の領域だけではなく時間的に異なる複数枚のピクチャに渡って画素を追跡した結果である。さらに、高次元空間上で、点と点との距離は、ベクトル間のユークリッド距離ではなく、上記式 20 に示すような測地距離に対応する。

10

【0096】

図 7(c) は、クラスタリング結果を示す図である。ここで、図 7(c) において、上記式 3 もしくは上記式 4 に示した移動軌跡 a と移動軌跡 b との距離を $f(a, b)$ とした時に、 $f(e, f) > f(c, d) > f(f, g) > f(b, c)$ とする。また、閾値を R として設定した場合に、距離 $f(f, g)$ は、閾値 R よりも大きな値を持つとする。この場合、上記式 17 によって測地距離を求めても $g(e, f)$ 、 $g(c, d)$ 、 $g(f, g)$ はそれぞれ無限大となる。よって、領域分割部 104 は、移動軌跡 c と移動軌跡 d との間、移動軌跡 e と移動軌跡 f との間、移動軌跡 f と移動軌跡 g との間が不連続点であると判定する。この結果、移動軌跡 a, b, c は、互いに不連続点を通らずに辿ることができるため、無限大の値はとらず、逆に、例えば、移動軌跡 a, b, c から、他の移動軌跡に対しては、不連続点 $g(c, d)$ を通るため無限大となる。このように、測地距離が無限大とならない移動軌跡 i と移動軌跡 j の組は同じクラスタとし、無限大となる場合は別のクラスタとする。そして、測地距離が無限大となる組と無限大にならない組とを整理して、 1 、 2 、 3 、 4 の合計 4 つのクラスタに分離することができる。

20

30

【0097】

ここで、閾値 R の性質について述べる。閾値 R が小さいほど、画像上でより小さな移動体を検出可能となる一方で、誤検出（フォルスポジティブ）が増加するというトレードオフがある。そこで、例えば、監視用途等、移動体検出を行いたい範囲が事前に分かっている場合には、検出したい移動体の最小サイズとその画像上での動きに合わせて閾値 R を設定すればよい。また、シーンに合わせて、閾値 R を変えながら検出率と誤検出率を算出し、検出率と誤検出率が等しくなる、すなわち EER (Equal Error Rate) となる閾値 R を選択することも可能であるし、検出率を優先したり、誤検出率を小さくすることを優先して閾値 R を選択することも可能である。

40

【0098】

以上の処理によって、領域分割部 104 は、測地距離が無限大とならない移動軌跡の組は連続とすることで同じクラスタと判定することができ、測地距離が無限大となる移動軌跡の組は不連続とすることによって、不連続点をもとにクラスタを分離することができる。

【0099】

出力部 105 では、S106 でクラスタに分離された移動軌跡を、領域分割の結果として、装置の内部（メモリ等）又は外部（記録媒体、ディスプレイ装置等）に出力する。これによって、移動体を検出することができる。

【0100】

50

なお、本実施の形態では、移動軌跡に対して上記式 3 もしくは上記式 4 のような距離を計算することによって、画素の位置と動きの類似性を考慮した領域分割が可能になる。そのため、図 7 (a) ~ (c) に示される例では、頭部の動きと腕の動きの違い、上腿と下腿との動きの違いが反映され、頭部、腕、上腿 (じょうたい)、下腿 (かたい) を別々のクラスとして領域分割することができる。さらに、本方法は、同様の方法によって、一つの移動体のボディパーツの検出、領域分割だけでなく、複数人が存在するシーンにおいて、それぞれの移動体を検出、領域分割することも可能である。

【 0 1 0 1 】

このように、測地距離を用いて算出した不連続点をもとにクラスタリングを行うことで、結果として移動体を検出及び領域分割を行うことができる。

10

【 0 1 0 2 】

以上のようにして、画素間の距離あるいは移動軌跡の類似性に基づいてクラスタリングを行うことによって、類似する移動軌跡がまとめられて領域分割が行われるので、距離が近く、かつ、類似する動きをする部位が一つの領域として認識され、動画像中を移動する物体の領域を時間的に追跡した結果として、関節物体の姿勢によらずに、動画像中の移動体もしくは、移動体の部位の検出、移動体を含む画像の領域分割をすることができる。また、前処理として人物候補領域を設定する必要がなく、移動軌跡の類似性に基づいて複数の閾値を用いてクラスタリングを行うため、画像中でさまざまな大きさの移動体が存在する場合や、移動体の一部が隠れている場合に特に問題となる人物候補領域の検出ミス、それに起因する領域分割の失敗がない。さらには、不連続点に基づいたクラスタリングは、

20

【 0 1 0 3 】

以上のように、膨大なパラメータのフィッティングを必要とせずに、非線形空間でクラスタリングを行うことによって、形状が変化しながら移動する人物等を含む動画像に対しても正しく領域分割し、これによって動画像中の移動体の検出を行うことが可能となる。

【 0 1 0 4 】

なお、本発明に係る移動体検出装置は、本実施の形態における測地距離の不連続点にもとづいた領域分割とは異なる方法で領域分割をしてもよい。以下、実施の形態 1 における領域分割と異なる方法、ここでは、測地距離への変換をすることなく領域分割をする方法について、実施の形態 1 の変形例として説明する。

30

【 0 1 0 5 】

本変形例に係る移動体検出装置の構成は、基本的には、図 1 に示されるように、画像入力部 1 0 1、動き解析部 1 0 2、距離算出部 1 0 3、領域分割部 1 0 4、出力部 1 0 5 を備える。そして、この移動体検出装置 1 0 0 は、動画像中の移動体の全部又は一部の領域を特定する領域分割をすることによって動画像中の移動体を検出する。画像入力部 1 0 1、動き解析部 1 0 2、距離算出部 1 0 3 は実施の形態 1 と同様であるため説明を省略する。本変形例に係る領域分割部 1 0 4 は、実施の形態 1 と異なる方法で、領域分割をする。以下、本変形例に係る領域分割部 1 0 4 を中心に説明する。

40

【 0 1 0 6 】

図 8 は、本発明の実施の形態 1 の変形例における移動体検出装置の基本動作を示すフローチャートである。なお、本図において、ステップ S 1 0 1 ~ S 1 0 4 は、図 3 のステップ S 1 0 1 ~ S 1 0 4 と同じであるので、説明を省略する。

【 0 1 0 7 】

本変形例に係る領域分割部 1 0 4 は、ステップ S 2 0 5 (クラスタリング) と S 2 0 6 (ラベル付け) とを実行する。ステップ S 2 0 5 では、領域分割部 1 0 4 は、上記式 3 もしくは上記式 4 で算出した移動軌跡 i と移動軌跡 j との距離 $f (i , j)$ を用いて、 $f (i , j)$ が小さい順に移動軌跡 i と移動軌跡 j とを同一クラスとして結合する処理を繰り返すことによってクラスタリングを行う。図 9 (a) に示すように、移動軌跡 a ~ h は、同一移

50

動体であっても、姿勢変化によって大きく変化する。しかしながら、関節で繋がった物体である限り、特に近傍における移動軌跡は高い類似性を保持していることを仮定することができる。ここで、高い類似性とは、移動軌跡*i*と移動軌跡*j*との距離 $f(i, j)$ が小さいことを意味する。さらに、 $f(i, j)$ が小さいことは、移動軌跡*i*と移動軌跡*j*とが移動軌跡からなる高次元空間上に近距離に分布していると解釈することができる。図9(b)は、移動軌跡*a*～*h*を表す高次元空間の概念図である。なお、この概念図では、説明を容易にするため、3次元空間としたが、実際には、上記式2に示したベクトルの各要素が各次元と対応する。また、移動軌跡*a*～*h*の数を8本としたが、実際には、各画素に対応する移動軌跡を用いてもよいし、ブロック単位で求めた移動軌跡を用いてもよい。ここで、移動軌跡*a*～*h*を表す高次元空間の1点が、それぞれ上記式2に示した一つの移動軌跡に対応する。すなわち、高次元空間上の点は、1枚のピクチャ上の領域だけではなく時間的に異なる複数枚のピクチャに渡って画素を追跡した結果である。さらに、高次元空間上で、点と点との距離は、上記式2に示したベクトル間のユークリッド距離ではなく、上記式3もしくは上記式4に示すような距離に対応する。

10

【0108】

そして、領域分割部104は、移動軌跡からなる高次元空間上の分布の連続性によって移動軌跡をクラスタリングしていくことによって、移動軌跡間の距離の不連続性をもとにクラスタリングを行う。その結果、各クラスタは、個別の移動体もしくは移動体の一部に対応することが期待でき、移動体の検出と領域分割を行うことができる。

20

【0109】

まず、分割する各領域を次のように表現する。

【0110】

【数21】

$$\theta = \{\theta_1, \dots, \theta_m, \dots, \theta_M\} \quad (\text{式21})$$

【0111】

ここで、*M*は、領域数であり利用するシーンに応じて経験的に決定する。

30

【0112】

まず、自分自身を除く $f(i, j)$ が小さい順に移動軌跡*i*と移動軌跡*j*とを同一領域ラベル m とする処理を行う。この処理を行う上で、移動軌跡*i*もしくは移動軌跡*j*の一方が既に領域 k に属している場合には、まだ領域ラベルが付与されていない画素も領域 k に属するようにする。さらに、既に移動軌跡*i*と移動軌跡*j*とがそれぞれ異なる領域に属している場合には、領域ラベルを統合する。

【0113】

ステップS206では、領域分割部104は、ステップS205で行った処理に対して、すべての移動軌跡に対してラベル付けをし、かつ領域数が規定の*M*になっているか否かを判断する。ここで、ステップS206における条件が満たされていない場合には、領域分割部104は、ステップS205の $f(i, j)$ が小さい順に移動軌跡*i*と移動軌跡*j*とを同一領域ラベル m とする処理を繰り返す。なお、各領域に属する移動軌跡の数が閾値*N*個以下であれば、外れ値(Outlier)として扱うことで領域から除外してもよい。

40

【0114】

ここで、ステップS205とステップS206の処理の具体例を図9(c)及び(d)を用いて説明する。*M* = 2とした場合と、*M* = 3とした場合について説明する。ここで、図9(b)に示される例では、移動軌跡*a*と移動軌跡*b*との距離を $f(a, b)$ とした時に、 $f(a, b) < f(g, h) < f(d, e) < f(b, c) < f(f, g) < f(c, d)$ とする。まず、*M* = 2の例について図9(c)を用いて説明する。ここでは、ステップS205において、移動軌跡*a*と移動軌跡*b*との距離 $f(a, b)$ が最小であるため、領域分割部1

50

04は、移動軌跡aと移動軌跡bに同一の領域ラベル l_1 を付与する。次に、移動軌跡gと移動軌跡hとの距離 $f(g, h)$ が2番目に小さいため、領域分割部104は、同一の領域ラベル l_2 を付与する。さらに、3番目に小さい距離である移動軌跡dと移動軌跡eに対して、領域分割部104は、同一の領域ラベル l_3 を付与する。次に距離が小さいのは、移動軌跡bと移動軌跡cとの距離 $f(b, c)$ である。ここでは、移動軌跡bがすでにラベル付けされているため、領域分割部104は、移動軌跡cに移動軌跡bと同一の領域ラベル l_1 を付与する。次に距離が小さいのは、移動軌跡fと移動軌跡gとの距離 $f(f, g)$ である。ここでは、 $f(b, c)$ の場合と同様に、領域分割部104は、移動軌跡fに対して移動軌跡gと同一の領域ラベル l_3 を付与する。ここで $M = 3$ とした場合は、ステップS206にて、すべての移動軌跡にラベルが付与され、 $M = 3$ となると判断されるため、出力部105にて、各移動軌跡にラベル付けした結果を出力して処理を終了する。

10

【0115】

一方、 $M = 2$ と設定した場合には、ステップS206にて条件を満たさないことが起こる。そこで、再度ステップS205にて、領域分割部104は、次に小さい距離をなす移動軌跡cと移動軌跡dについて移動軌跡cが属する領域ラベル l_1 と移動軌跡dが属する領域ラベル l_3 とを統合して、移動軌跡aからeの移動軌跡に対して、領域ラベル l_1 を付与する。そして、ステップS206にて、領域分割部104により、すべての移動軌跡にラベルが付与され、 $M = 2$ となると判断されるため、出力部105にて、各移動軌跡にラベル付けした結果を出力して処理を終了する。

20

【0116】

このように、本実施の形態1の変形例では、移動軌跡に対して上記式3もしくは上記式4のような距離を計算することによって、画素の位置と動きの類似性を考慮した領域分割が可能になる。そのため、図9(a)~(d)に示される例において、 $M = 2$ の場合は、下半身の動きが上半身の動きと大きく異なることが反映されて、上半身と下半身とに分離される。さらに、 $M = 3$ の場合は、 $M = 2$ の場合に加えて、頭部の動きと腕の動きの違いが反映され、上半身、腕、下半身とを分離することが可能になる。

【0117】

このように、類似した移動軌跡に対して、順々に領域ラベルを付与することによって、高次元空間上で連続している移動軌跡を一つのクラスと判断し、移動軌跡間の距離が大きいところを不連続点として、それぞれのクラスを分離することが可能となる。その結果、各クラスに属する移動軌跡が移動体検出及び領域分割に対応する。

30

【0118】

もちろん、本方法は、同様の方法によって、一つの移動体のボディパーツの検出、領域分割だけでなく、複数人が存在するシーンにおいて、それぞれの移動体を検出、領域分割することも可能である。

【0119】

以上のようにして、画素間の距離あるいは移動軌跡の類似性に基づいてクラスタリングを行うことによって、類似する移動軌跡がまとめられて領域分割が行われるので、距離が近く、かつ同様の動きをする部位が一つの領域として認識され、動画像中を移動する物体の領域を時間的に追跡した結果として、関節物体の姿勢によらずに、動画像中の移動体もしくは、移動体の部位の検出、移動体を含む画像の領域分割を行うことができる。また、前処理として人物候補領域を設定する必要がなく、移動軌跡の類似性に基づいてクラスタリングを行うため、画像中でさまざまな大きさの移動体が存在する場合や、移動体の一部が隠れている場合に特に問題となる人物候補領域の検出ミス、それに起因する領域分割の失敗がない。

40

【0120】

以上のように、膨大なパラメータのフィッティングを必要とせずに、非線形空間でクラスタリングを行うことによって、形状が変化しながら移動する人物等を含む画像に対しても正しく領域分割し、これによって動画像中の移動体の検出を行うことが可能となる。

【0121】

50

(実施の形態2)

次に、上記実施の形態1で行った非線形空間上での領域分割を、実施の形態1とは異なる方法で実現する方法について、実施の形態2として説明する。

【0122】

図10は、実施の形態2における移動体検出装置100aの構成を示す機能ブロック図である。本移動体検出装置100aは、図10に示すように、画像入力部101、動き解析部102、距離算出部103、領域分割部104a(領域分割候補生成部501と領域分割候補選択部502)及び出力部105を備える。画像入力部101、動き解析部102、距離算出部103は実施の形態1と同様であるため説明を省略する。

【0123】

領域分割部104aは、距離算出部103で算出された距離に基づいて、類似する移動軌跡をもつブロックから構成される領域を特定することによって領域分割をする点で、実施の形態1の領域分割部104と同じであるが、その具体的な処理が異なる。そのために、この領域分割部104aは、領域分割候補生成部501と領域分割候補選択部502とを備える。

【0124】

領域分割候補生成部501は、領域分割に用いられる判断基準を複数個生成し、生成した複数個の判断基準のそれぞれについて、当該判断基準を用いて、動き解析部102で算出された複数の移動軌跡をクラスタリングすることによって領域分割をし、その領域分割の結果を領域分割候補として生成する処理部である。具体的には、この領域分割候補生成部501は、距離算出部103で算出した距離マトリクスに対してデータの連続性に関する閾値を用いて測地距離変換を適用し、つまり、距離算出部103で算出された複数の距離のうち当該閾値よりも小さい距離を連結することで複数の距離のそれぞれを測地距離に変換し、それぞれの閾値における測地距離変換後の移動軌跡間の距離の分布における不連続点を検出し、検出した不連続点よりも小さい測地距離だけ離れた移動軌跡どうしが一つのクラスタとなるように、連続に分布する移動軌跡をクラスタリングすることによって、前記閾値に対する領域分割の候補を生成する。ここでは、前記閾値の設定によって、領域分割数が増加する。

【0125】

領域分割候補選択部502は、クラス数についての指示(あるいは、予め設定されたクラス数)を取得し、取得したクラス数に近い個数の領域に分割された領域分割候補を、領域分割候補生成部501で生成された複数の領域分割候補から選択し、選択した領域分割候補を、距離算出部103で算出された距離に基づく領域分割の結果として出力する処理部である。具体的には、この領域分割候補選択部502は、領域分割候補生成部501で生成した、それぞれの前記閾値に対する領域分割の候補から、あらかじめ定めたクラス数に最も近い領域分割結果を選択する。すなわち、クラス数に応じた閾値による領域分割結果を選択することになる。

【0126】

出力部105は、実施の形態1と同様である。この出力部105からの出力により、最終的な移動体の検出と領域分割結果を得ることができる。

【0127】

以下に、本発明の移動体検出方法、つまり、移動体検出装置100aの動作について、図11のフローチャートを用いて移動する移動体を検出、領域分割する例について詳細に説明する。ステップS101からS104までは、実施の形態1と同様であるため説明を省略する。

【0128】

領域分割候補生成部501は、ステップS601(測地距離変換)とステップS602(クラスタリング)とを実行する。ステップS601では、領域分割候補生成部501は、上記式3もしくは上記式4で算出した線形距離 $f(i, j)$ に対してK個の閾値 R_k を用いて、それぞれの閾値 R_k に対して以下のように非線形化処理を行い $f'(i, j)$ を算出する

10

20

30

40

50

。

【 0 1 2 9 】

【 数 2 2 】

$$f'_k(i, j) = \begin{cases} f(i, j) & \text{if } i \text{ is } R_k - \text{NearestNeighbor} \\ \infty & \text{otherwise} \end{cases} \quad (\text{式 2 2})$$

【 0 1 3 0 】

つまり、領域分割候補生成部 5 0 1 は、移動軌跡 i に着目した時に移動軌跡 i との線形距離が小さい順に R_k 個の移動軌跡 j を選択し、選択された移動軌跡 j との距離は変更せず、選択されなかった移動軌跡 j との距離を無限大に変更する。なお、ここでは、線形距離が小さい順に選択したが、次式のように閾値 R_k を設定してもよい。

【 0 1 3 1 】

【 数 2 3 】

$$f'_k(i, j) = \begin{cases} f(i, j) & \text{if } f(i, j) < R_k \\ \infty & \text{otherwise} \end{cases} \quad (\text{式 2 3})$$

【 0 1 3 2 】

つまり、領域分割候補生成部 5 0 1 は、上記式 2 2 に示すように、動き解析部 1 0 2 で算出された複数の移動軌跡のそれぞれについて、距離が小さい順に予め定められた個数の移動軌跡を選択し、選択されなかった移動軌跡との距離を無限大に変更する非線形化をした後に、複数の距離のそれぞれを測地距離に変換してもよいし、上記式 2 3 に示すように、動き解析部 1 0 2 で算出された複数の移動軌跡のそれぞれについて、距離が予め定められた閾値以下の移動軌跡を選択し、選択されなかった移動軌跡との距離を無限大に変更する非線形化をした後に、複数の距離のそれぞれを測地距離に変換してもよい。

【 0 1 3 3 】

なお、距離の非線形化に関しては、上記の関数に限定されるものではなく、移動軌跡 i と移動軌跡 j に関する距離に対して非線形変換を行うものであれば何でもよい。

【 0 1 3 4 】

さらには、線形距離 $f(i, j)$ に対して、前述した式 1 6 及び式 1 7 を用いて計算した重みを掛け算して重み付けを行った後に上記式 2 2 もしくは上記式 2 3 の処理を行ってもよい。

【 0 1 3 5 】

上記式 1 7 や上記式 1 8 の重みを用いて $f(i, j)$ を変換することによって、移動軌跡 i 及び j と類似した移動軌跡が空間的に密集している場合（距離が近い移動軌跡の場合）には、 $f(i, j)$ を相対的に小さく、また、空間的に疎な場合（距離が遠い移動軌跡の場合）には、密集している場合と比較して $f(i, j)$ が相対的に大きくなる。つまり、距離算出部 1 0 3 で算出された複数の距離のそれぞれを測地距離に変換するときに、動き解析部 1 0 2 で算出された複数の移動軌跡の分布における密集度が大きいほど小さい測地距離となるような重み付けをしたうえで、測地距離への変換をする。これによって、画素の移動軌跡の分布の密集度を考慮した距離変換が可能になる。

【 0 1 3 6 】

次に、非線形化された距離 $f'_k(i, j)$ を用いて、領域分割候補生成部 5 0 1 は、次式のように測地距離を算出する。

【 0 1 3 7 】

10

20

30

40

50

【数 2 4】

$$g_k(i, j) = \min(f'_k(i, j), f'_k(i, s) + f'_k(s, j)) \quad (\text{式 2 4})$$

【0 1 3 8】

なお、 $\min(x, y)$ は、値 x と値 y のうち小さい方を返す関数である。また、 s は、移動軌跡 s であり、移動軌跡 i から移動軌跡 j に辿（たど）りつくための中継点である。ここで、 $f'_k(i, s) + f'_k(s, j)$ における中継点 s は 1 点に限るものではない。なお、 k は複数の閾値 R_k に対応する。この方法は、前述したようにダイクストラ法と呼ばれる最短経路探索手法である。

10

【0 1 3 9】

次に、ステップ S 6 0 2 では、領域分割候補生成部 5 0 1 にて、それぞれの閾値 R_k に対応する測地距離変換を行った $g_k(i, j)$ を用いて、不連続点を検出することによってクラスタリングを行う。ここでは、 $g_k(i, j)$ が無限大となる移動軌跡 i と移動軌跡 j の間が不連続点である。複数の閾値 R_k に対して得た測地距離変換の結果の例を図 1 2 (a) ~ (f) を用いて説明する。ここで、図 1 2 (a) は移動軌跡 $a \sim h$ を示す図であり、図 1 2 (b) は、図 1 2 (a) に示した移動軌跡 $a \sim h$ を表す高次元空間の概念図である。また、移動軌跡 $a \sim h$ の数を 8 本としたが、実際には、各画素に対応する移動軌跡を用いてもよいし、ブロック単位で求めた移動軌跡を用いてもよい。ここで、移動軌跡 $a \sim h$ を表す高次元空間の 1 点が、それぞれ上記式 2 に示した一つの移動軌跡に対応する。すなわち、高次元空間上の点は、1 枚のピクチャ上の領域だけでなく時間的に異なる複数枚のピクチャに渡って画素を追跡した結果である。さらに、高次元空間上で、点と点との距離は、ベクトル間のユークリッド距離ではなく、上記式 2 1 に示すような測地距離に対応する。

20

【0 1 4 0】

閾値 R_k が十分に大きな値である場合、例えば、上記式 1 6 において $f(i, j)$ の最大値よりも閾値 R_k が大きい場合には、図 1 2 (c) に示すように測地距離 $g_k(i, j)$ は、すべての i, j の組合せにおいて無限大にならない。すなわち、不連続点が 1 点もないためクラスタは 1 個と判断できる。一方、閾値 R_k が十分に小さい場合、具体的には、上記式 1 6 において $f(i, j)$ の最小値よりも閾値 R_k が小さい場合には、すべての i, j の組合せにおいて $g_k(i, j)$ が無限大となる。すなわち、クラスタ数は移動軌跡の数と同数となる。ここでは、閾値 R_k を $f(i, j)$ の最大値と最小値の間の値に設定して、それぞれクラスタリングを行うことが効率的である。図 1 2 (d) に示される例について説明する。ここで、図 1 2 (b) において、上記式 3 もしくは上記式 4 に示した移動軌跡 a と移動軌跡 b との距離を $f(a, b)$ とした時に、 $f(e, f) > f(c, d) > f(f, g) > f(b, c)$ とする。また、閾値を R_1 として設定した場合に、距離 $f(e, f)$ は、閾値 R_1 よりも大きな値を持つとする。この場合、上記式 1 8 によって測地距離を求めても $g_1(e, f)$ は無限大となる。そこで、領域分割候補生成部 5 0 1 は、移動軌跡 e と移動軌跡 f との間を不連続点と判定する。この結果、移動軌跡 a から d と移動軌跡 e との測地距離は不連続点を通らないため無限大の値を取らず、逆に移動軌跡 f から h の各移動軌跡と移動軌跡 a から e の各移動軌跡との測地距離は、不連続点 $g_1(e, f)$ を通るためそれぞれ無限大となる。このように、領域分割候補生成部 5 0 1 は、測地距離が無限大とならない移動軌跡 i と移動軌跡 j の組は同じクラスタとし、無限大となる場合は別のクラスタとする。これによって、図 1 2 (d) のように 1 、 2 の 2 つのクラスタに分離することができる。さらに、いま、図 1 2 (e) に示すように、閾値を R_2 (ただし、 $R_1 > R_2$) とした場合に、無限大となる測地距離は、 $g_2(c, d)$ 、 $g_2(e, f)$ 、 $g_2(f, g)$ であつたとする。この場合には、領域分割候補生成部 5 0 1 は、それぞれ、移動軌跡 c と移動軌跡 d との間、移動軌跡 e と移動軌跡 f との間、移動軌跡 f と移動軌跡 g との間が不連続点であると判定し、図 1 2 (d) に示される例の場合と同様に測地距離が無限大となる組と無限大にならない組

30

40

50

とを整理して、 1 、 2 、 3 、 4 の合計4つのクラスタに分離する。以上の処理によって、測地距離が無限大とならない移動軌跡の組は連続とすることで同じクラスタと判定することができ、測地距離が無限大となる移動軌跡の組は不連続とすることによって、不連続点をもとにクラスタを分離することができる。なお、閾値 R_k の設定方法については、 $f(i, j)$ の最小値から最大値の間を均等に K 個設定することによって、すべての移動軌跡が一つのクラスタと判定されたり、各移動軌跡がそれぞれ個別のクラスタと判断される危険性を減らすといった効果がある。つまり、領域分割候補生成部501は、距離算出部103で算出された複数の距離における最大値と最小値との間の複数の値を、複数の領域分割候補を生成するための複数の閾値として生成してもよい。

【0141】

10

さらに、 $f(i, j)$ の平均値あるいはメディアンを中心に一定間隔で増加、減少させた値を用いてもよい。 $f(i, j)$ の値が比較的均一な場合には、より効率的に不連続点に対応する閾値を決定することができる。つまり、領域分割候補生成部501は、距離算出部103で算出された複数の距離の平均値又は中央値を中心に増加及び減少させて得られる複数の値を、複数の領域分割候補を生成するための複数の閾値として生成してもよい。

【0142】

また、最大値から一定間隔で値を減少させていき、最初に不連続点を検出した時の値をもとに、より小さい値を $K-1$ 個、閾値として決定してもよい。これにより、すべての移動軌跡が一つのクラスタと判定される危険性がなくなるといった効果がある。

20

【0143】

さらには、ステップS601とステップS602とを閾値 R_k を小さくしながら繰り返しても良い。例えば、図12(d)に示される例のように、領域分割候補生成部501は、閾値 R_1 で、ステップS601とステップS602で、移動軌跡のクラスタリングを行い、次に、ステップS601で、図12(e)に示される例のように、閾値 R_1 で抽出したそれぞれのクラスタに対応する $f(i, j)$ (ここで、 i, j は同一クラスタに属する移動軌跡)を、閾値 R_1 より小さな閾値 R_2 を用いてそれぞれ測地距離に変換し、ステップS602で、それぞれのクラスタに対応する $g(i, j)$ (ここで、 i, j は同一クラスタに属する移動軌跡)から、不連続点を検出することでクラスタリングを行うことができる。このように、閾値 R_k を小さくしながら、測地距離への変換と不連続点の検出を、それぞれのクラスタに属する移動軌跡に対して行うことによって、図12(f)に示すような階層的なクラスタリングが可能になる。もちろん、逆に、閾値を小さな値から順に大きくしてクラスタリングを行うことによって、同様に階層的なクラスタリングが可能になる。ただし、閾値を大きな値から小さくしていくことによって、より大きな閾値で抽出したクラスタに対してのみ、より小さい閾値での測地距離への変換と不連続点の検出処理を行えば良いため、より少ない計算量で処理を行うことができるという効果がある。具体的には、図12(f)に示すように、閾値 R_2 によるクラスタリングは、閾値 R_1 で抽出されたクラスタそれぞれについて行えばよいから、計算に用いる $f(i, j)$ (ここで、 i, j は同一クラスタに属する移動軌跡)のトータルでのサイズをより小さくすることができる。そのため、計算量もより少なくてすむ。

30

40

【0144】

そして、上記のように階層的なクラスタリングを行えば、図13(a)~(c)に示すように、シーンの構造をツリー構造として表すことも可能である。例えば、図13(a)の入力に対して、閾値 R_1 でクラスタリングを行うと、図13(c)に示すように、クラスタ 1 と 2 が抽出される。さらに、閾値をより小さな R_2 としてクラスタリングを行うと、より小さな被写体であるクラスタ 3 を抽出することができる。このように、よりカメラから離れた被写体や動きの小さな被写体がより小さな閾値によって抽出されることになるため、このようなシーンの構造を階層構造として獲得することができるという効果がある。例えば、衝突の危険性等を閾値の大きさで表現することも可能である。なお、ここで 0 は、背景に対応する。ここで、カメラが固定の場合は、動きのある移動軌跡のみを

50

用いることで、移動物体のみを抽出することも可能であるし、カメラが動く場合には、最も移動軌跡数の大きいクラスタを背景としても良い。

【0145】

さらに、上記の例よりも閾値を小さくしてクラスタリングを行った例を図13(b)を用いて説明する。ここでは、簡単のためクラスタ₂について説明するが、すべてのクラスタについてより小さな閾値でクラスタリングを行っても良いし、利用者が指示したクラスタ(被写体)に対して、クラスタリングを行っても良い。まず、クラスタ₂に対して、より小さな閾値 R_3 でクラスタリングを行うと、図13(c)右側に示すように、右脚、左脚と上半身とに分類することができる。一般的に、歩行は、脚の動きが大きいために、他の部位と比較して大きな閾値で抽出される。さらに、より小さな閾値 R_4 でクラスタリングを行うと、右脚、左脚がそれぞれ上腿(₅、 ₇)、下腿(₆、 ₈)に分類され、上半身から腕(₃)が抽出される。さらに、より小さな閾値 R_5 でクラスタリングを行うと、上半身を頭部(₁)、胸部(₂)、腹部(₄)にクラスタリングすることができる。以上のように、動きの不連続さを反映した階層構造によるクラスタリングが可能になる。これによって、ユーザが見たい粒度で被写体の各部位の動きを見ることができるといふ効果がある。

10

【0146】

すなわち、閾値を小さくしながら処理する場合は、一旦抽出されたクラスタに対して、より小さな閾値でそれぞれのクラスタをより詳細にクラスタリングすることで、すべての移動軌跡の分布を反映した階層的なクラスタリングが実現できる。

20

【0147】

また、領域分割候補生成部501は、距離算出部103で算出された複数の距離について、大きい値から小さい値の順に並べた場合における最初の不連続点を検出し、検出した不連続点よりも小さい複数の値を、複数の領域分割候補を生成するための複数の閾値として生成してもよい。

【0148】

さらには、次のように閾値 R_k を設定してもよい。まず、移動軌跡 i と N 番目に小さい距離となる移動軌跡 j を算出し、その値を閾値 R_k として設定し、 R_k が大きい順に処理を行ってもよい。この場合、 N は、例えば処理に用いる移動軌跡の数を設定したいクラスタ数で割った値とすることで、希望のクラスタ数に近いクラスタ数となる閾値 R_k を設定しやすくなる効果がある。つまり、領域分割候補生成部501は、動き解析部102で算出された複数の移動軌跡のそれぞれについて、当該移動軌跡との距離が N 番目に小さい距離を特定し、特定した複数の距離について大きい順から選択した複数の値を、複数の領域分割候補を生成するための複数の閾値として生成してもよい。

30

【0149】

次に、ステップS603にて、領域分割候補選択部502は、ステップS602で行った複数のクラスタリング結果から、あらかじめ設定したクラス数に最も近いクラスタ数となったクラスタリング結果を選択する。図12(a)~(f)に示される例で説明すると、クラス数 $M=4$ と設定した場合には、閾値 R_2 の時のクラスタリング結果(図12(e))が選択される。また、クラス数 $M=2$ と設定した場合には、閾値 R_1 の時のクラスタリング結果(図12(c))が選択され、出力部105にて、各移動軌跡にラベル付けした結果を出力する。

40

【0150】

なお、本実施の形態では、移動軌跡に対して上記式3もしくは上記式4のような距離を計算することによって、画素の位置と動きの類似性を考慮した領域分割が可能になる。そのため、図12(a)~(f)の例では、クラス数 $M=2$ と設定した場合には、下半身の動きが上半身の動きと大きく異なることが反映されて、上半身と下半身とが別々のクラスタとして領域分割でき、クラス数 $M=4$ と設定した場合には、 $M=2$ の場合に加えて、頭部の動きと腕の動きの違い、上腿と下腿との動きの違いが反映され、頭部、腕、上腿(じょうたい)、下腿(かたい)を別々のクラスタとして領域分割することができる。

50

【 0 1 5 1 】

なお、ここでは、閾値の数は2個に限るものではなく、何種類用意してもかまわない。また、設定したクラス数と同数のクラスタリング結果がない場合には、最も近いクラス数となったものを選択してもよいし、設定したクラス数よりも小さいクラス数の中から一番近いクラス数となったクラスタリング結果を選択してもよいし、同様に、設定したクラス数よりも大きいクラス数の中から一番近いクラス数となったクラスタリング結果を選択してもよい。

【 0 1 5 2 】

また、複数の閾値 R_k を用いることによって、図 1 2 (f) に示すように、閾値 R_1 の時のクラスタリング結果と閾値 R_2 の時のクラスタリング結果を階層構造として得ることができるという効果がある。例えば、 $M = 2$ 、閾値 R_1 の場合のクラスタリングでは、上半身と下半身に分離され、 $M = 4$ 、閾値 R_2 の場合のクラスタリングでは、頭、腕等の各ボディパーツに分離される。そこで、 $M = 2$ 、閾値 R_1 で上半身に分離されたクラス C_1 と、 $M = 4$ 、閾値 R_2 で頭部に分離されたクラス C_1 と腕に分離されたクラス C_4 とは、図 1 2 (f) に示すように階層関係として得ることができる。このように、画像中の被写体の構造を階層構造として抽出することも可能である。

10

【 0 1 5 3 】

さらに、本方法は、同様の方法によって、一つの移動体のボディパーツの検出、領域分割だけでなく、複数人が存在するシーンにおいて、それぞれの移動体を検出、領域分割することも可能である。

20

【 0 1 5 4 】

このように、複数の閾値に対して、測地距離を用いて算出した不連続点をもとにクラスタリングを行い、規定したクラス数に最も近いクラスタリング結果を選択することによって、結果として検出及び領域分割を行うことができる。

【 0 1 5 5 】

以上のようにして、画素間の距離あるいは移動軌跡の類似性に基づいてクラスタリングを行うことによって、類似する移動軌跡がまとめられて領域分割が行われるので、距離が近く、かつ類似する動きをする部位が一つの領域として認識され、動画像中を移動する物体の領域を時間的に追跡した結果として、関節物体の姿勢によらずに、動画像中の移動体もしくは、移動体の部位の検出、移動体を含む画像の領域分割をすることができる。また、前処理として人物候補領域を設定する必要がなく、移動軌跡の類似性に基づいて複数の閾値を用いてクラスタリングを行うため、画像中でさまざまな大きさの移動体が存在する場合や、移動体の一部が隠れている場合に特に問題となる人物候補領域の検出ミス、それに起因する領域分割の失敗がない。

30

【 0 1 5 6 】

さらには、本実施例における不連続点に基づいたクラスタリングは、クラスサイズの大きさに影響を受けないクラスタリングが可能であるため、大きな被写体と小さな被写体が混在する場合や、大きな動きの被写体と小さな動きの被写体が混在する場合においても、確実に抽出することが可能である。また、閾値を減少させながらクラスタリングを行うことで、粗いクラスタリングから詳細なクラスタリングまでを階層的に行うことができるため、シーンの構造や被写体のボディの構造を階層的に抽出することが可能になる。これにより、画像中の被写体の存在位置を抽出するような粗い画像の解析から、特定の画像領域や被写体領域の詳細な解析までを同一の方式で行えるという効果がある。また、抽出した階層構造は、すべての移動軌跡のデータ構造を示すことになるため、入力画像におけるシーンの構造を表すことも可能である。

40

【 0 1 5 7 】

以上のように、膨大なパラメータのフィッティングを必要とせずに、非線形空間でクラスタリングを行うことによって、形状が変化しながら移動する人物等を含む動画像に対しても正しく領域分割し、これによって動画像中の移動体の検出を行うことが可能となる。

【 0 1 5 8 】

50

(実施の形態 1 及び 2 の第 1 変形例)

次に、本発明の実施の形態 1 及び 2 の第 1 変形例における移動体検出装置について説明する。ここでは、実施の形態 1 及び 2 において移動体を検出及び部位を領域分割した結果を画像として表示する機能を付加した例について説明する。ここでは、実施の形態 1 における変形例について述べるが、実施の形態 1 の変形例、実施の形態 2 においても同様に適用可能である。このような第 1 変形例に係る移動体検出装置 100b は、図 14 の機能ブロック図に示すように、画像入力部 101、動き解析部 102、距離算出部 103、領域分割部 104 及び出力部 105a を備える。ここで、出力部 105a は、実施の形態 1 における出力部 105 の機能に加えて、画像表示部 1001 を有し、その画像表示部 1001 によって、分割した領域を画像としてモニタ等に表示することが可能である。

10

【0159】

画像表示部 1001 は、領域分割部 104 で得られた領域分割の結果を、画像入力部 101 で受け付けた動画像（ピクチャ）に重ねて表示する処理部であり、例えば、LCD のディスプレイ及びその表示制御部からなる。図 15 (a) 及び (b) は、画像表示部 1001 による表示例を示す図である。ここでは、図 15 (a) に $M = 3$ として移動体をそれぞれ領域分割した例を、図 15 (b) に $M = 8$ として、1 つの移動体の領域分割を行った例を示す。このように、領域 m に対応する画像上での領域を色分け等して、分割された領域をそれぞれ区別できるようにしてモニタ等に表示する。図 15 (a) のように移動体ごとに色分けして表示してもよいし、図 15 (b) のように、部位ごとに別個に表示してもよい。つまり、図 15 (a) 及び (b) から分かるように、本発明に係る移動体検出装置は、上述した領域分割によって、複数の移動体を検出することもできるし（図 15 (a)）、一つの移動体を構成する複数の部分を検出する、つまり、一つの移動体に対して領域を分割することもできる（図 15 (b)）。

20

【0160】

ここで、上記式 2 に示した移動軌跡 i は、アウトライアを除いて領域 m のいずれかに対応する。そのため、領域 m に属する移動軌跡 i に基づいてピクチャ上の画素を選択し、領域ラベル m に基づいて色分け等を行えば容易に分割した領域を画像上に表示することができる。これによって、実施の形態 1 及び 2 で説明した、形状が変化しながら移動する人物等を含む動画像に対しても正しく領域分割できるという効果に加えて、分割した領域を動画像上に表示することで、ユーザがそれぞれの移動体もしくは移動体の部位、さらにはその動きを区別しやすくなるという効果がある。

30

【0161】

(実施の形態 1 及び 2 の第 2 変形例)

次に、本発明の実施の形態 1 及び 2 の第 2 変形例における移動体検出装置について説明する。ここでは、実施の形態 1 及び 2 において移動体を検出及び部位を領域分割した結果をそれぞれ分割した領域ごとに記録・送信する機能を付加した例について説明する。ここでは、実施の形態 1 における変形例について述べるが、実施の形態 1 の変形例、実施の形態 2 においても同様に適用可能である。このような第 2 変形例に係る移動体検出装置 100c は、図 16 の機能ブロック図に示すように、画像入力部 101、動き解析部 102、距離算出部 103、領域分割部 104 及び出力部 105b を備える。ここで、出力部 105b は、実施の形態 1 における出力部 105 の機能に加えて、記録・送信部 1201 を有する。

40

【0162】

記録・送信部 1201 は、領域分割部 104 での領域分割の結果に基づいて、画像入力部 101 で受け付けたピクチャにおける領域を特定し、特定した領域ごとに、対応する領域分割の結果を、メモリやハードディスク等の記録媒に記録する、又は、通信インターフェース等を介して外部に送信する処理部である。つまり、この記録・送信部 1201 は、画像表示の場合と同様に、領域分割した結果画像を領域ラベル m に応じてそれぞれ別々に記録・送信する。また、各領域に属する動き情報を以下のように平均化することで、動き情報を圧縮することも可能である。通常であれば画素ごとに動き情報を保持する必要が

50

あるが、以下の処理を行えば1つの領域に対して1つの動きを保持するだけでよい。例えば、動き情報として画素*i*の動きベクトル(u_t^i, v_t^i)を用いた場合には、以下のように分割された領域ごとに平均化した動き情報を計算することができる。

【0163】

【数25】

$$u_t^m = \frac{1}{C_m} \sum_{c_m=1}^{C_m} u_t^{c_m} \quad (\text{式25})$$

10

【0164】

【数26】

$$v_t^m = \frac{1}{C_m} \sum_{c_m=1}^{C_m} v_t^{c_m} \quad (\text{式26})$$

20

【0165】

ここで、 C_m は、領域 m に属する画素数もしくは移動軌跡の数である。 $u_t^{c_m}, v_t^{c_m}$ は、それぞれ、領域 m に属する画素の動きベクトルである。図17に図15(a)に示される処理結果について時刻Tからt枚の画像を入力として領域分割を行い、その結果を用いてセグメント領域を記録、送信する例を示す。識別子として各領域ラベル m と、各領域ラベル 1 から 3 に属する時刻Tにおけるピクチャの画素位置と画素値、そして、各領域ラベルに対応する時刻Tから時刻T+tまでの動きベクトル $u_T^m, v_T^m, u_{T+1}^m, v_{T+1}^m, \dots, u_{T+t}^m, v_{T+t}^m$ を記録、送信する。もちろん、画像の画素位置と画素値を用いる代わりに、時刻Tにおける1枚のピクチャに対して、画素ごとに各領域ラベルを付けて送信してもかまわない。これにより、動き情報を領域数分送信するだけで済むために、ピクチャをt枚送信する場合と比べて、効率よく記録、送信することができるといった効果がある。特に、領域数が画素数に比べて少なければ少ないほど効率がよい。さらには、図13(c)に示したように、階層的なクラスタリング結果に応じて、記録、送信しても良い。たとえば、データの記憶容量や転送容量が小さい場合は、より大きな閾値でのクラスタリング結果に対応する動きベクトルを記録、送信しても良いし、階層順に粗いクラスタリング結果に基づいた動きベクトルから、詳細なクラスタリング結果に基づいた動きベクトルを順次、記録、送信しても良い。このように、記録時間や送信容量に適応的な記録、送信が可能になるという効果がある。

30

【0166】

なお、アフィン動きを用いて動き情報を圧縮する場合は上記、式25及び上記式26の代わりに、アフィン動きに基づいて移動した画素位置の平均値を計算するとよい。以上のようにして、画素の動き情報を圧縮しながら領域の記録、送信が可能である。これによって、実施の形態1及び2で説明した、形状が変化しながら移動する人物等を含む動画像に対しても正しく領域分割できるという効果に加えて、それぞれの領域に対して1つの動き情報を用いることで高い符号化効率を実現できるという効果がある。

40

【0167】

さらには、別途、セグメント領域復元部を設けることによって、送信、記録した情報を復元することも可能である。具体的には、図15(a)及び(b)に示した各領域ラベルに対応する画素位置と画素値から、時刻Tのピクチャを復元する。さらに、画素の移動軌

50

跡情報を用いて、時刻 T の各画素を移動させることによって、時刻 T + 1 から T + t のピクチャを復元することが可能である。ここで、固定カメラを用いる場合には、画素の移動軌跡情報が 0 でない情報のみを用い、さらにセグメント領域復元部にて背景画像をあらかじめ取得、保持しておくことで、復元した画像を背景画像に上書きしても良い。これにより、効率よく送信、記録された情報を用いて、低計算量でピクチャとして復元できるといった効果がある。

【0168】

(実施の形態 1 及び 2 の第 3 変形例)

次に、本発明の実施の形態 1 及び 2 の第 3 変形例における移動体検出装置について説明する。ここでは、2 つ以上の距離尺度を用いることで、検出と領域分割をより高精度に実現する例について説明する。ここでは、実施の形態 1 における変形例について述べるが、実施の形態 1 の変形例、実施の形態 2 においても同様に適用可能である。このような第 3 変形例に係る移動体検出装置は、実施の形態 1 と同じ構成であるため、その構成の説明は省略する。

10

【0169】

実施の形態 1 及び 2 と異なる点は、距離算出部 103 での処理である。

【0170】

距離算出部 103 では、より高精度に処理するために、追加のパラメータを用いている点が実施の形態 1 と異なる。以下、実施の形態 1 と異なる点を中心に説明する。

【0171】

距離算出部 103 は、移動軌跡間の画像上での距離及びその変動に関する距離尺度と、画素間が画像上で成す角度（つまり、画素どうしを接続する直線の傾斜角度（その直線とピクチャの横軸とが成す角度））及びその変動に関する距離尺度とを用い、それぞれの距離尺度について距離マトリクスを算出する。そして、両マトリクスを統合することによって、より高精度な処理を実現する。

20

【0172】

ここでは、図 3 に示した処理のフローチャートに沿って説明する。まず、ステップ S 101 から S 103 までは実施の形態 1 と同じであるため、説明を省略する。

【0173】

次に、ステップ S 104 にて、距離算出部 103 は、上記式 2 で算出した移動軌跡 i を用いて画素動きの類似性を含む距離マトリクスを算出する。ここでは、上記式 3 もしくは上記式 4 に示した距離 $f(i, j)$ に加えて、2 つ目の距離尺度として、画素 i と画素 j が成す角度に基づいた、以下の式 27 で示される距離 $f_2(i, j)$ を用いる例について説明する。

30

【0174】

【数 27】

$$f_2(i, j) = a_mean_{ij} + w_a \cdot \sqrt{a_var_{ij}} \quad (\text{式 27})$$

40

【0175】

ここで、 w_a は重み係数であり、設計者が設定するパラメータである。また、 a_mean_{ij} 、 a_var_{ij} については以下に示す。

【0176】

【数 2 8】

$$a_mean_{ij} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T a_{ij}^t \quad (\text{式 2 8})$$

【0 1 7 7】

【数 2 9】

$$a_var_{ij} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (a_{ij}^t - a_mean_{ij})^2 \quad (\text{式 2 9})$$

10

ここで、

【0 1 7 8】

【数 3 0】

$$a_{ij} = \arctan\left(\frac{y_t^i - y_t^j}{x_t^i - x_t^j}\right) \quad (\text{式 3 0})$$

20

【0 1 7 9】

上記のように、画素 i と画素 j が成す角度及びその変動成分を用いて画素の動きの類似性を表現することができる。これによって、剛体のみならず、関節物体等の特に回転運動を伴う形状変化を捉えることができる。

30

【0 1 8 0】

なお、 $f_2(i, j)$ は、画素動きの類似性を評価できる距離値であれば何を用いてもよく、例えば 上記式 2 8 ~ 式 3 0 の代わりに下記の式 3 1 から式 3 3 を用いてもよいし、下記の式 3 3 の代わりに上記式 2 のアフィンパラメータ A^i_t を用いた下記の式 3 4 を用いてもよい。下記式 3 1 から式 3 3 は、画素 i と画素 j の動きベクトルの角度差及びその変動成分を用いて画素の動きの類似性を表現することができる。これによって、回転を含む動きの変化を捉えることができる。下記式 3 4 は、画素 i と画素 j の近傍ブロックのアフィンパラメータの差及びその変動成分を用いて画素の動きの類似性を表現することができる。これによって、回転、並進移動、スケール変化を含む動きの変化を捉えることができる。

40

【0 1 8 1】

【数 3 1】

$$a_mean_{ij} = \frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^{T-1} a_{ij}^t \quad (\text{式 3 1})$$

【0 1 8 2】

【数 3 2】

$$a_var_{ij} = \frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^{T-1} (a_{ij}^t - a_mean_{ij})^2 \quad (\text{式 3 2})$$

ただし、

【0 1 8 3】

【数 3 3】

$$a_{ij}^t = \arctan\left(\frac{y_{t+1}^i - y_t^i}{x_{t+1}^i - x_t^i}\right) - \arctan\left(\frac{y_{t+1}^j - y_t^j}{x_{t+1}^j - x_t^j}\right) \quad (\text{式 3 3})$$

【0 1 8 4】

【数 3 4】

$$a_{ij}^t = \left\| A_t^i - A_t^j \right\| \quad (\text{式 3 4})$$

【0 1 8 5】

次に、次式 3 5 のように、上記式 3 で求めた距離マトリクスに上記式 2 7 で算出した距離マトリクスを追加する。ここでは、画素間の距離と画素間が成す角度の 2 つについて説明するが、他の画素動きの類似性を表現した距離を用いて 3 つ以上の距離を求めてもかまわない。

【0 1 8 6】

【数 3 5】

$$f(i, j) = f_1(i, j) + w \cdot f_2(i, j) \quad (\text{式 3 5})$$

【0 1 8 7】

ここで、 w は、設計者が設定する重み係数である。

【0 1 8 8】

上記式 3 5 で算出した距離マトリクスを用いて、ステップ S 1 0 5 以降、同様の処理を行えばよい。以降の説明を省略する。

【0 1 8 9】

以上のようにして、本実施の形態の移動体検出装置によれば、画素間の画像上での距離及びその変動に関する距離尺度と、画素間が画像上で成す角度及びその変動に関する距離尺度とを用い、それぞれの距離尺度について距離マトリクスを算出し、それぞれの距離マトリクスを統合した後、連続性に基づいてクラスタリングを行うことで、より高精度に動画像中を移動する物体の領域を時間的に追跡した結果として検出、領域分割することができる。さらに、画素間がピクチャ上で成す角度とその変動を距離尺度として用いることによって、特に関節運動に起因する回転運動をより正確に捉えることができる。また、前処

10

20

30

40

50

理として人物候補領域を設定する必要がなく、移動軌跡の類似性に基づいてクラスタリングを行うため、画像中でさまざまな大きさの移動体が存在する場合や、移動体の一部が隠れている場合に特に問題となる人物候補領域の検出ミス、それに起因する領域分割の失敗がない。

【0190】

以上のようにして、より高精度に、形状が変化しながら移動する人物等の移動体を検出及び部位を領域分割することができる。

【0191】

(実施の形態3)

本実施の形態では、実施の形態0、1及び2で説明した移動体検出方法を用いて、移動体を検出及び領域分割を行った結果から、移動体の動きを予測する機能を付加した移動体検出装置について説明する。ここでは、実施の形態1に沿って説明するが、実施の形態1、2、それらの変形例においても同様に実現可能である。

10

【0192】

図18は、実施の形態3における移動体検出装置100dの構成を示す機能ブロック図である。図18に示すように、本実施の形態における移動体検出装置100dは、画像入力部101、動き解析部102、距離算出部103、領域分割部104、出力部105に動き予測部1401を付加することによって、移動体の動きを予測する機能を有する。

【0193】

動き予測部1401は、領域分割した結果から、各領域に含まれる画素の移動軌跡から代表軌跡を算出し、前記代表軌跡をもとに移動体の動きを予測する。図19に実施の形態3による処理のフローチャートを示す。ステップS101からS106までは、実施の形態1と同様であるため説明を省略する。

20

【0194】

次に、ステップS1501では、動き予測部1401は、ステップS105及びS106で行った領域分割結果を用いて、以下のようにクラスタの代表点及びその代表軌跡を求める。

【0195】

ここで、領域 m に属する画素の移動軌跡を x^{C_m} と表現することとする。次の式36のように、クラスタ領域 m ごとに代表の移動軌跡を求める。ここでは、代表の移動軌跡として、平均移動軌跡を算出する例について説明するが、下記の計算に対して画素の移動軌跡 x^{C_m} ごとに重み付け等を行ってもよいし、画像上でのクラスタの重心に対応する画素の移動軌跡を代表の移動軌跡としてもよい。

30

【0196】

【数36】

$$\overline{\mathbf{x}}^m = \frac{1}{C_m} \sum_{c=1}^{C_m} \mathbf{x}^{C_m} \quad (\text{式36})$$

40

【0197】

ここで、 C_m は、領域 m に属する画素数もしくは画素の移動軌跡の数である。

【0198】

図20に上記式36に基づいてクラスタ領域 m ごとに代表の移動軌跡を求める例を示す。ただし、見やすさを考慮して、頭部に対応するクラスタ領域 1 と脚部に対応するクラスタ領域 8 に関する代表の移動軌跡のみを示している。図中の x は、それぞれ時刻 t に対応する x^m の要素であり画素位置を示している。さらに、上記式3や上記式4に示したように、非線形空間上でのクラスタリングによる領域分割は、画素動きの類似性を考慮して行われるため、単純に近接した画素の移動軌跡の時間平均を求めるような方法と比較

50

して、動きが類似した画素の移動軌跡のみを用いて算出できるため、より高精度に代表の移動軌跡を求めることができる。このように、クラスタ領域ごとに代表の移動軌跡を求めることによって、部位ごとの動きを正確かつ簡便に表現することができる。

【0199】

次に、ステップS1502では、動き予測部1401は、ステップS1501にて算出した代表の移動軌跡から、時刻Tより先の時刻における移動体の位置を予測する。初めに、代表の移動軌跡から加速度を算出し、T+1以降の移動体の位置を予測する例について説明する。3枚以上の時系列画像が入力された場合は、次の式37のように代表の移動軌跡 x^m ごとに加速度ベクトル s^m を得ることができる。

【0200】

【数37】

$$\mathbf{s}_{t+1}^m = \{\mathbf{u}_{t+1}^m - \mathbf{u}_t^m\} - \{\mathbf{u}_t^m - \mathbf{u}_{t-1}^m\} \quad (\text{式37})$$

【0201】

ここで、 \mathbf{u}_t^m は動きベクトルであり、次の式38のように表すことができる。

【0202】

【数38】

$$\mathbf{u}_t^m = (u_t^m, v_t^m) \quad (\text{式38})$$

【0203】

上記式37の加速度ベクトルを用いて、図20にて破線の矢印及びで示したように、移動体の部位ごとに、時刻T+t'における移動体の部位位置 $\text{pos}_m(T+t')$ を以下の式39のように予測することができる。ここでは、移動体の部位を例として挙げたが、図15(a)及び(b)に示した検出例から、移動体ごとの位置を予測することも可能である。

【0204】

【数39】

$$\text{pos}_m(T+t') = \text{pos}_m(T) + t' \mathbf{u}_T^m + \frac{1}{2} t'^2 \mathbf{s}_T^m \quad (\text{式39})$$

【0205】

そして、出力部105にて、ステップS1502で予測した移動体の位置や移動体部位の位置を出力する。これにより、加速度を加味した予測が可能である。動きが急激に早くなったり、急激に止まったりといった場合に、その加速度を反映して移動体の位置を予測することができるといった効果がある。また、動きベクトルの代わりにアフィンパラメータを用いてもかまわない。アフィンパラメータは、回転運動を含む動きの表現が可能であり、腕あるいは足の回旋運動の表現に適しているため、特に関節物体の位置をより正確に予測することができる。

【0206】

さらに、前述した動きベクトルと加速度の代わりに、代表の移動軌跡 x^m に対して直接N次関数をフィッティングすることも可能である。T枚の時系列に並んだ画像を入力とした場合、 x^m に含まれるT個の画像上での位置情報に対してN次の関数でフィッティングすることができる。これにより、フィッティングした関数の値に沿うように、時刻(T+t')における画像上での位置 $\text{pos}_m(T+t')$ を推定することが可能である。具体的には、関数でフィッティングすることによって、より滑らかな動きを表現することが可能とな

10

20

30

40

50

るため、より高精度な予測が可能となる。特に、フィッティングした関数に沿った予測が可能であるため、フィッティングした関数が本来の動きに近い場合に動き予測の精度が高い。もちろん、これらの画像上での位置予測は、時間的内挿にも利用可能である。

【0207】

以上のように、本実施の形態によれば、動きが類似した画素の移動軌跡を同一のクラスターとして算出できるため、高精度に代表の移動軌跡を求めることができる。特に関節物体等に対して部位ごとの動きを表現することが可能であり、前処理として人物候補領域を設定することなく、高精度に移動体の部位位置を予測することが可能であるという効果がある。

【0208】

以上、本発明に係る移動体検出方法及び移動体検出装置について、実施の形態及びその変形例に基づいて説明したが、本発明は、これらの実施の形態及び変形例に限定されるものではない。当業者が思いつく各種変形を、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で各実施の形態に施して実現される形態も本発明に含まれる。

【0209】

また、これまでに説明した全ての実施の形態及び全ての変形例における特徴的な構成要素を任意に組合せて実現される形態も本発明に含まれる。

【0210】

(測地距離変換の補足)

最後に、測地距離変換を用いた領域分割によって分割される画像上の領域の性質について説明する。ここでは、一例として、実施の形態2で説明した方法を用いた場合に、領域分割可能な移動体の性質について補足する。図21(a)~(c)に実施の形態2の方法を用いた場合に分離可能な図形の一例を示す。実施の形態2の方法を用いることで、それぞれ図形 $_1$ と $_2$ とに領域分割することが可能である。ここでは、図21(a)~(c)に示したそれぞれの図形 $_1$ と $_2$ の移動方向は、同一であっても、異なってもかまわない。ただし、図形 $_1$ に属する画素はすべて同じ動きであり、かつ図形 $_2$ に属する画素はすべて同じ動きであることが条件である。

【0211】

実施の形態2におけるステップS601では、図5に示したような特徴を持つ測地距離変換を行う。これによって、通常のユークリッド距離とは異なり、移動軌跡から移動軌跡を辿(たど)った距離を算出することができるという特徴がある。そのため、図21(a)から(c)に共通するように湾曲した形状に対して、その形状に沿った距離を算出することができる。

【0212】

さらに、ステップS602では、測地距離が無限大となる移動軌跡と移動軌跡の間を不連続点としてクラスタリングを行う。このため、移動軌跡と移動軌跡の間に閾値以上の距離がある場合には、その不連続点をもとに、それぞれ $_1$ と $_2$ とを領域分割することが可能である。

【0213】

以上のように、測地距離変換を伴う領域分割を用いれば、湾曲した形状を含む移動体でかつ一定の不連続点がある場合に、不連続点をもとに領域を分割することが可能である。

【0214】

一方で、ステップS601の処理を行わない場合には、 $_1$ に属する移動軌跡と $_2$ に属する移動軌跡との距離がユークリッド距離で算出されるため、図5で説明した場合と同様に、点iと点jの距離は、点iと点kの距離より大きくなる。すなわち、同一クラスに属している点間の距離が別クラスに属している点間の距離よりも大きくなる。さらに、ステップS602の処理にて、測地距離変換を行わないとデータを辿(たど)る処理を行わないために、隣接する移動軌跡と移動軌跡の間が不連続か連続かを判断することができない。そのため、図21(a)~(c)に示すような例では、湾曲した形状を含む移動体でかつ一定の不連続点がある場合に、不連続点をもとに領域を分割することは難しい。

10

20

30

40

50

【 0 2 1 5 】

よって、本発明に係る移動体検出方法及び装置では、このような測地距離を用いたクラスタリングにより、直線的な距離であるユークリッド距離を用いたクラスタリングに比べ、移動軌跡間の類似性に関する連続性を考慮したクラスタリングが行われ、入り組んだ複雑な関係の領域どうしであっても、同一の物体（又は部位）に属するか別個の物体（又は部位）に属するかが確実に弁別される。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 2 1 6 】

本発明は、動画像中の移動体の全部又は一部を検出する装置、つまり、複数枚の画像における1個以上の画素からなるブロックの動きに基づいて、形状が変化しながら移動する人物等の移動体を含む画像を領域分割することによって画像中の移動体を検出する移動体検出装置として、例えば、運動解析装置、監視装置、ビデオカメラあるいはTV等のAV機器に内蔵させる移動体検出装置等として利用することが可能である。

10

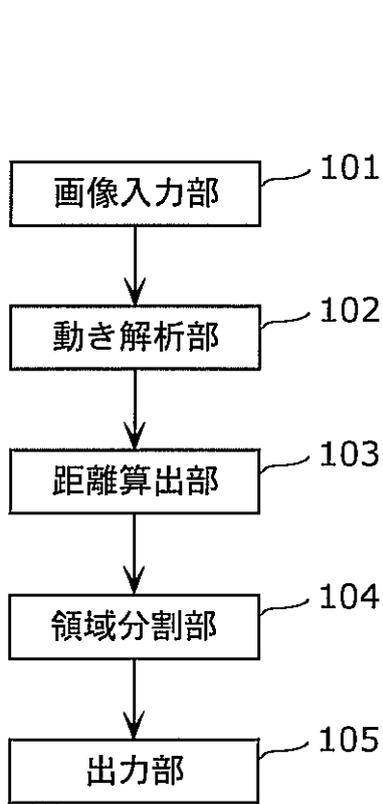
【 符号の説明 】

【 0 2 1 7 】

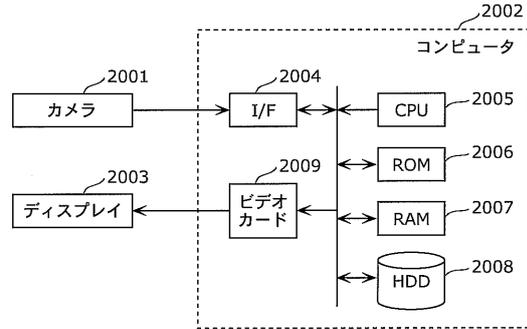
- 1 0 0、1 0 0 a ~ 1 0 0 d 移動体検出装置
- 1 0 1 画像入力部
- 1 0 2 動き解析部
- 1 0 3 距離算出部
- 1 0 4、1 0 4 a 領域分割部
- 1 0 5、1 0 5 a、1 0 5 b 出力部
- 5 0 1 領域分割候補生成部
- 5 0 2 領域分割候補選択部
- 1 0 0 1 画像表示部
- 1 2 0 1 記録・送信部
- 1 4 0 1 動き予測部

20

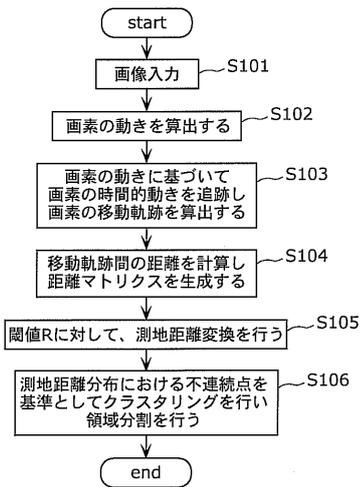
【 図 1 】



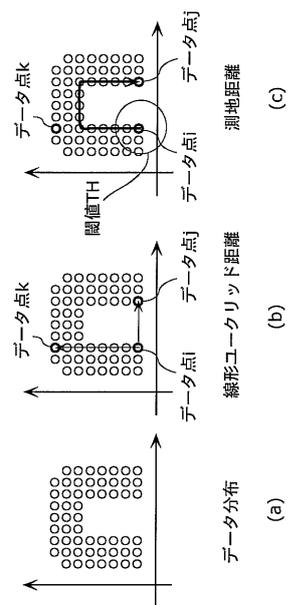
【 図 2 】



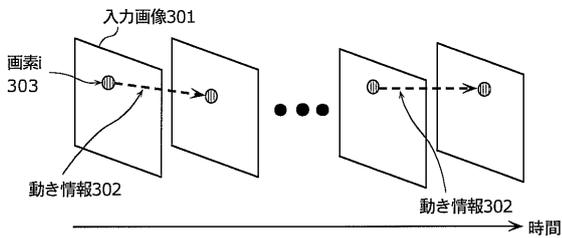
【 図 3 】



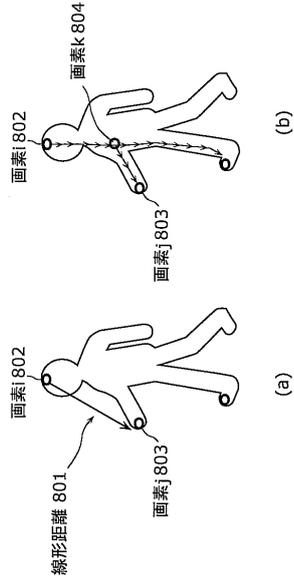
【 図 5 】



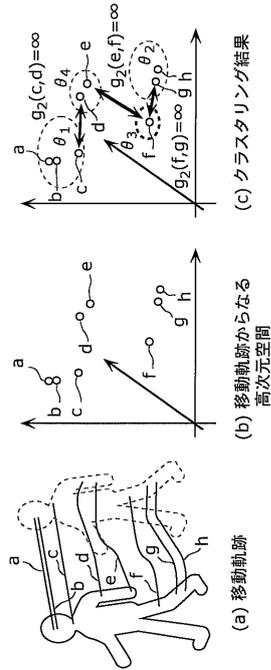
【 図 4 】



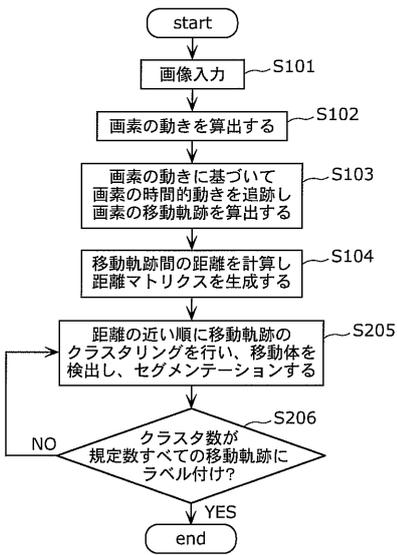
【 図 6 】



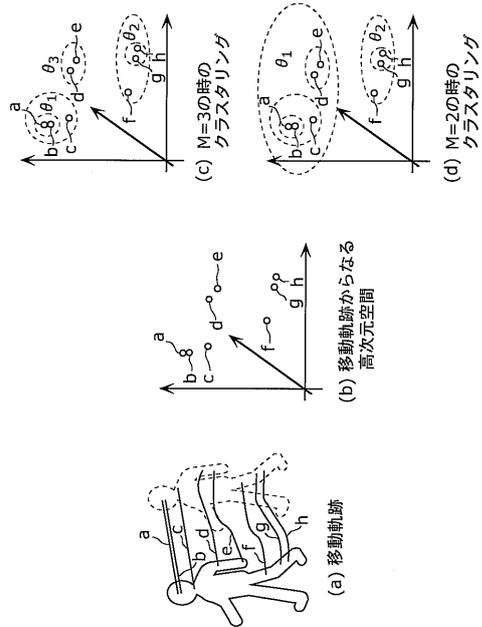
【 図 7 】



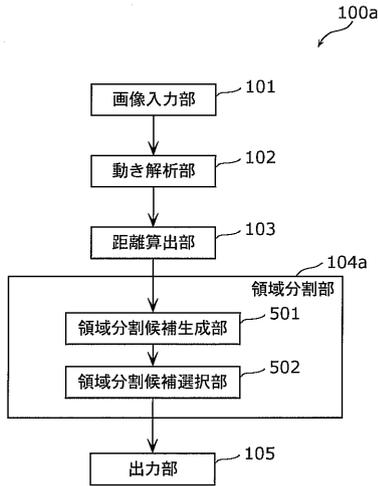
【 図 8 】



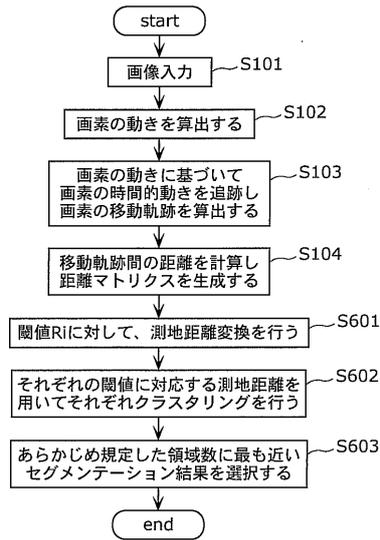
【 図 9 】



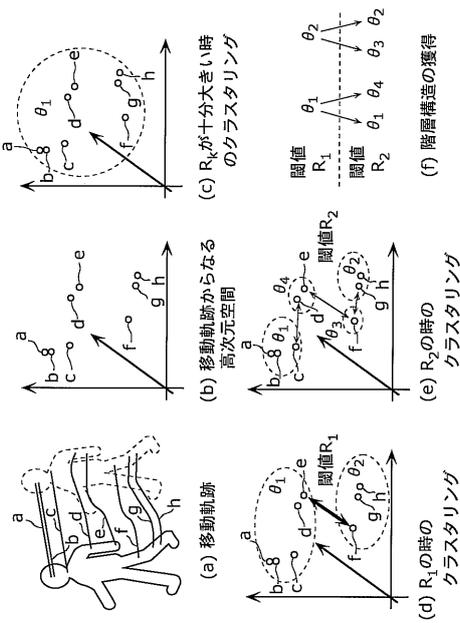
【図10】



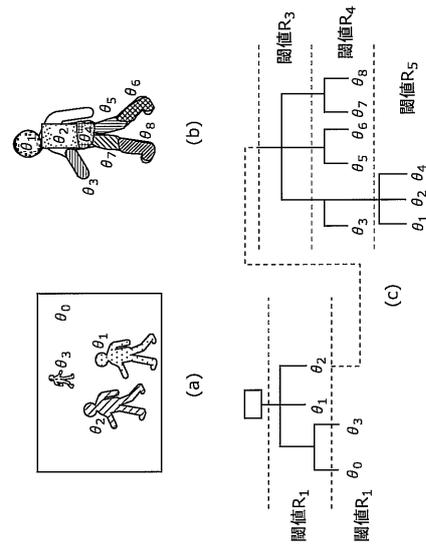
【図11】



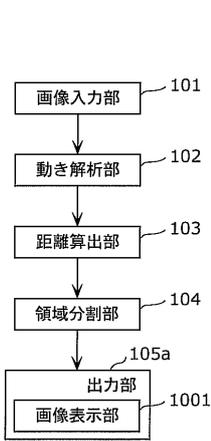
【図12】



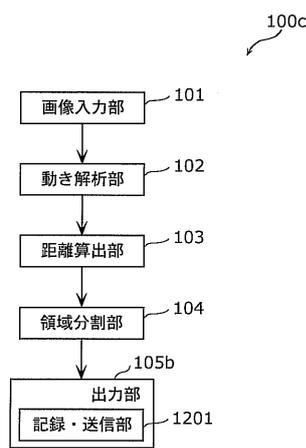
【図13】



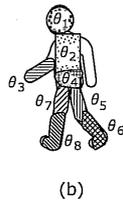
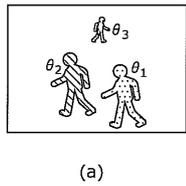
【図14】



【図16】



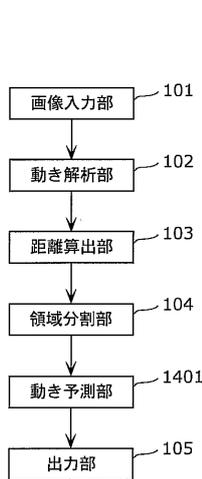
【図15】



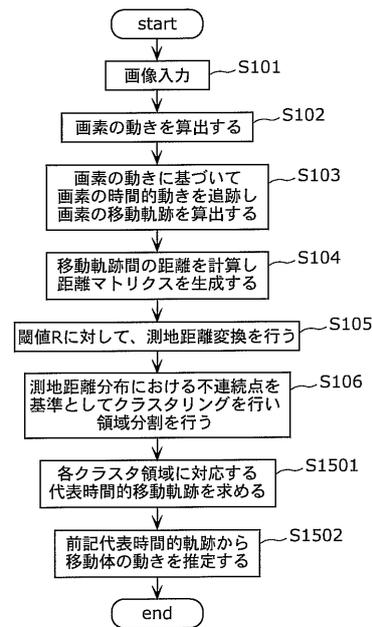
【図17】

ラベル	画素値と画素位置	画素の移動軌跡情報
θ_1	時刻Tの画像中で θ_1 に属する画素の画素位置と画素値	$u_T^1, v_T^1, u_{T+1}^1, v_{T+1}^1, \dots, u_{T+t}^1, v_{T+t}^1$
θ_2	時刻Tの画像中で θ_2 に属する画素の画素位置と画素値	$u_T^2, v_T^2, u_{T+1}^2, v_{T+1}^2, \dots, u_{T+t}^2, v_{T+t}^2$
θ_3	時刻Tの画像中で θ_3 に属する画素の画素位置と画素値	$u_T^3, v_T^3, u_{T+1}^3, v_{T+1}^3, \dots, u_{T+t}^3, v_{T+t}^3$

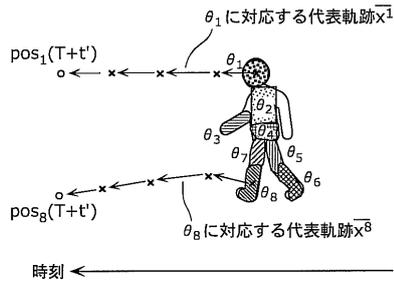
【図18】



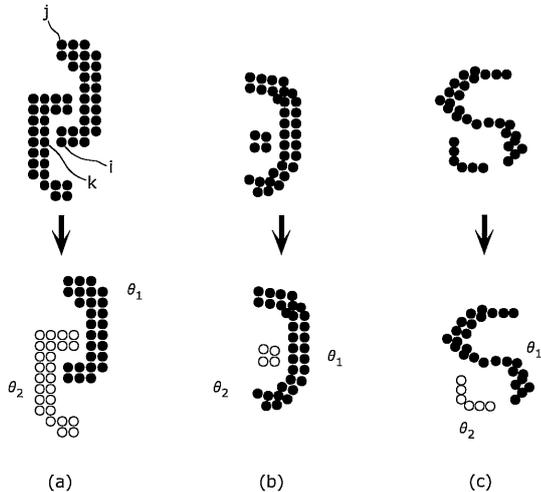
【図19】



【図 2 0】



【図 2 1】



【手続補正書】

【提出日】平成21年11月20日(2009.11.20)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像中の移動体を検出する方法に関し、特に複数枚の画像から構成される動画画像から、画像の動き情報に基づいて、形状が変化しながら移動する人物等の移動体の全部又は一部の領域を特定する領域分割をすることによって移動体を検出する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

画像に基づいて、形状が変化しながら移動する人物等の移動体を検出したり、移動体を含む画像の領域分割を行う技術の1つとして、画像から対象物の候補領域を抽出する手法と、抽出した対象物の候補領域に対しあらかじめ用意した対象物モデルを当てはめる手法とを組合せた方法がある(例えば、特許文献1及び非特許文献1参照)。例えば、特許文献1では、対象物候補領域として複数の画像から人物等の対象物のシルエット画像を抽出し、前記対象物に関する知識から対象物の部位をあらかじめパラメータ化した人物等の対象物に関するモデルを用いて、抽出したシルエット画像に対してそのモデルを当てはめる方法が開示されている。これによって、形状が変化しながら移動する人物等の移動体に対してパラメータ化したモデルを当てはめることができるため、移動体の検出及び領域分割

が可能となる。

【0003】

また、非特許文献1では、固定された1つの移動体を複数の視点から撮影した画像を入力として、各画像における画素値データとその他の画像の画素値データとのユークリッド距離を計算し、それを測地距離変換を行った後、次元圧縮を行うことによって、類似した視点から撮影した画像が2次元空間上で近距離となるように射影することを可能にする方法が開示されている。ここでは、従来のPCA(Principal Component Analysis)等の線形次元圧縮方法と比較して、測地距離変換によって、より低次元に圧縮可能であり、さらに、非線形に分布するデータに対しても取扱いが可能ながことが示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平8-214289号公報

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】Joshua Tenenbaum, Vin de Silva, John Langford, "A Global Geometric Framework for Nonlinear Dimensionality Reduction", Science, VOL290, pp.2319-2322, 22 December, 2000

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上記特許文献1の技術では、特に街頭等、人物等の移動体が行き交うシーンにおいて、正しく移動体を検出することができないという問題がある。上記特許文献1に代表される移動体検出手法は、前述のように画像から対象物候補領域を抽出する必要がある。この時、正しく対象物候補領域を抽出できなければ、対象物をパラメータ化したモデルを正確に対象物候補領域に当てはめることが不可能になる。特に、混雑したシーンにおいては、対象物候補領域を正しく抽出することは困難である。例えば、画像上でさまざまな大きさの移動体が混在するような場合には、複数の移動体を1つの移動体として誤って対象物候補領域として抽出したり、抽出対象となる移動体が存在しない領域を対象物候補領域として誤って抽出したりするといった問題がある。また、移動体の一部が隠れる場合にも同様に、複数の移動体を一つの対象物候補領域として抽出したり、対象物候補領域として抽出することができないといった問題がある。さらに、対象物候補領域を正しく抽出できたとしても以下のような課題がある。特に人物等の多関節物体を対象物とした場合、対象物の様々な姿勢あるいは大きさに起因する画像上での見えのバリエーションが非常に大きいため、対象物モデルのパラメータ化を行う際に膨大な数のパラメータが必要となる。このことは、モデルの当てはめミスを誘発する。そのため、実際とは異なる姿勢に対応する対象物モデルが当てはめられることにより、領域分割が正しく行われなかった問題がある。

【0007】

一方で、非特許文献1に代表される移動体検出手法では、画像間の距離を入力として非線形処理を行うことにより、効率良く圧縮された低次元空間に画像データを射影することができる。さらには、測地距離変換と次元圧縮により連続的かつ非線形に分布するデータを効率良く表現することができる。しかしながら、非特許文献1の主な目的は、複数の画像を低次元空間に射影することで画像間の類似性を可視化することであり、形状が変化する人物等の多関節物体における様々な姿勢変化に対応しながら、正しく移動体を検出する方法は開示されていない。

【0008】

そこで、本発明は、形状が変化しながら移動する人物等の移動体を含む画像に対しても、移動体の姿勢あるいは大きさの影響を受けずに、正しく領域分割することができる移動

体検出方法及び移動体検出装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

この課題を解決するために本発明は、動画像中の移動体の全部又は一部の領域を特定する領域分割をすることによって動画像中の移動体を検出する方法であって、動画像を構成する複数枚のピクチャを受け付ける画像入力ステップと、前記ピクチャを構成する1個以上の画素からなるブロックごとに、時間的に隣接する2枚のピクチャ間での画像の動きを検出し、検出した動きを前記複数枚のピクチャについて連結することで、移動軌跡を算出する動き解析ステップと、前記動き解析ステップで算出された複数の移動軌跡について、移動軌跡間の類似性を表す距離を算出する距離算出ステップと、前記距離算出ステップで算出された距離のうち、予め定められた閾値よりも小さい距離を連結することで、前記距離算出ステップで算出された距離を測地距離に変換し、得られた測地距離の分布における不連続点を検出し、検出した不連続点よりも小さい測地距離だけ離れた移動軌跡を一つのクラスタとすることによって前記領域分割をする領域分割ステップと、前記領域分割ステップで領域分割された結果を出力する出力ステップとを含む。

【0010】

なお、本発明は、上記移動体検出方法として実現できるだけでなく、上記各ステップを構成要素とする移動体検出装置、上記各ステップをコンピュータに実行させるプログラム、そのプログラムを格納したCD-ROM等のコンピュータ読み取り可能な記録媒体等として実現することもできる。

【発明の効果】

【0011】

上記の方法及び装置等により、形状が変化しながら移動する人物等の移動体を正確に検出及び部位を領域分割することができる。さらに、検出と領域分割を行った結果を用いて、移動体の移動予測等を行うことも可能である。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】図1は、本発明の実施の形態1における移動体検出装置の基本構成を示す機能ブロック図である。

【図2】図2は、本発明に係る移動体検出装置のハードウェア構成を示すブロック図である。

【図3】図3は、本発明の実施の形態1における移動体検出装置の基本動作を示すフローチャートである。

【図4】図4は、本発明の実施の形態1における動き解析部の処理例を示す図である。

【図5】図5(a)～(c)は、本発明の実施の形態1における領域分割部の測地距離の効果の一例を示す図である。

【図6】図6(a)及び(b)は、本発明の実施の形態1における領域分割部の測地距離の効果の一例を示す図である。

【図7】図7(a)～(c)は、本発明の実施の形態1における領域分割部の処理例を示す図である。

【図8】図8は、本発明の実施の形態1の変形例における移動体検出装置の基本動作を示すフローチャートである。

【図9】図9(a)～(d)は、本発明の実施の形態1の変形例における領域分割部の処理例を示す図である。

【図10】図10は、本発明の実施の形態2における移動体検出装置の基本構成を示す機能ブロック図である。

【図11】図11は、本発明の実施の形態2における移動体検出装置の基本動作を示すフローチャートである。

【図12】図12(a)～(f)は、本発明の実施の形態2における領域分割部の処理例を示す図である。

【図13】図13(a)～(c)は、本発明の実施の形態2における領域分割部の階層的なクラスタリング処理例を示す図である。

【図14】図14は、本発明の実施の形態1及び2の第1変形例における移動体検出装置の構成例を示す機能ブロック図である。

【図15】図15(a)及び(b)は、本発明の実施の形態1及び2の第1変形例における画像表示部の表示例を示す図である。

【図16】図16は、本発明の実施の形態1及び2の第2変形例における移動体検出装置の構成例を示す機能ブロック図である。

【図17】図17は、本発明の実施の形態1及び2の第2変形例における記録・送信データの一例を示す図である。

【図18】図18は、本発明の実施の形態3における移動体検出装置の構成例を示す機能ブロック図である。

【図19】図19は、本発明の実施の形態3における移動体検出装置の基本動作を示すフローチャートである。

【図20】図20は、本発明の実施の形態3における動き予測の一例を示す図である。

【図21】図21(a)～(c)は、本発明の実施の形態2の方法によって分離可能な図形の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

本発明の一実施形態は、動画像中の移動体の全部又は一部の領域を特定する領域分割をすることによって動画像中の移動体を検出する方法であって、動画像を構成する複数枚のピクチャを受け付ける画像入力ステップと、前記ピクチャを構成する1個以上の画素からなるブロックごとに、時間的に隣接する2枚のピクチャ間での画像の動きを検出し、検出した動きを前記複数枚のピクチャについて連結することで、移動軌跡を算出する動き解析ステップと、前記動き解析ステップで算出された複数の移動軌跡について、移動軌跡間の類似性を表す距離を算出する距離算出ステップと、前記距離算出ステップで算出された距離のうち、予め定められた閾値よりも小さい距離を連結することで、前記距離算出ステップで算出された距離を測地距離に変換し、得られた測地距離の分布における不連続点を検出し、検出した不連続点よりも小さい測地距離だけ離れた移動軌跡を一つのクラスタとすることによって前記領域分割をする領域分割ステップと、前記領域分割ステップで領域分割された結果を出力する出力ステップとを含む。これにより、不連続点よりも小さい測地距離だけ離れた移動軌跡どうしが一つのクラスタとなるので、直線的な距離であるユークリッド距離を用いたクラスタリングに比べ、移動軌跡間の類似性に関して、時空間的な連続性を考慮したクラスタリングが行われる。そのため、ピクチャにおける各ブロックが同一の物体（又は部位）に属するか別個の物体（又は部位）に属するかが確実に弁別される。その結果、動きの異なる複数の部位からなる人物等の多関節物体を移動体として検出する場合であっても、正確な領域分割が行われ、移動体が確実に検出される。つまり、形状が変化しながら移動する人物等の移動体に対しても正しく領域分割し、これによって画像中の移動体を確実に検出することが可能である。

【0014】

なお、測地距離変換のより詳細な方法として、前記領域分割ステップでは、前記距離から前記測地距離への変換において、第1の移動軌跡と第2の移動軌跡との間の距離を測地距離に変換する場合には、前記距離算出ステップで算出された距離のうち、前記予め定められた閾値よりも小さい距離だけ離れた移動軌跡をたどりながら前記第1の移動軌跡から前記第2の移動軌跡に至る経路の距離を、測地距離として算出するのが好ましい。

【0015】

また、本発明のより好ましい形態は、前記領域分割ステップでは、前記距離算出ステップで算出された距離を測地距離に変換するとき、前記複数の移動軌跡の分布における密集度が大きいほど小さい測地距離となるような重み付けをしたうえで、前記変換をする構成としたものであり、移動軌跡の分布の密集度を用いて距離変換を行うことにより、類似

性の高い移動軌跡をより高精度に同一クラスタとすることで、特に形状が変化しながら移動する人物等の移動体に対しても確実に検出し、同時に正しく領域分割を行うことが可能である。

【0016】

また、領域分割ステップの具体的な手法の他の一つとして、前記領域分割ステップは、前記領域分割に用いられる閾値を複数生成し、生成した複数の閾値のそれぞれについて、前記距離算出ステップで算出された距離のうち、当該閾値よりも小さい距離を連結することで、前記距離算出ステップで算出された距離を前記測地距離に変換し、得られた複数の測地距離の分布における不連続点を検出し、検出した不連続点よりも小さい測地距離だけ離れた移動軌跡を一つのクラスタとすることによって前記領域分割をし、その領域分割の結果を領域分割候補として生成する領域分割候補生成ステップと、クラス数についての指示を取得し、所得したクラス数と同じもしくは最も近い個数の領域に分割された領域分割候補を前記領域分割候補生成ステップで生成された複数の領域分割候補から選択し、選択した領域分割候補を前記領域分割の結果として出力する領域分割候補選択ステップを含んでもよい。これによって、予め生成した複数の判断基準のそれぞれについてクラスタリングが行われるので、それら複数のクラスタリングから、所望の個数のクラスタが生成される。

【0017】

本発明のより好ましい形態は、前記領域分割候補生成ステップでは、前記距離算出ステップで算出された複数の距離における最大値と最小値との間の複数の値を、前記閾値として、生成する構成としたものであり、これにより、閾値を効果的に設定することで、特に形状が変化しながら移動する人物等の移動体に対しても確実にかつより高速に検出し、同時に正しく領域分割を行うことが可能である。

【0018】

本発明のより好ましい形態は、前記領域分割候補生成ステップでは、前記距離算出ステップで算出された複数の距離について、閾値を大きい値から小さい値の順に並べた場合における最初の不連続点を検出し、検出した不連続点よりも小さい複数の値を、前記複数の閾値として、生成する構成としたものであり、これにより、閾値を効果的に設定することで、特に形状が変化しながら移動する人物等の移動体に対しても確実にかつより高速に検出し、同時に正しく領域分割を行うことが可能である。

【0019】

本発明のより好ましい形態は、前記領域分割候補生成ステップでは、前記距離算出ステップで算出された複数の距離について不連続点の検出を行い、閾値の大小に基づいて階層的に前記領域分割をする構成としたものであり、これにより、階層的にクラスタリングを行うことによって、特に形状が変化しながら移動する人物等の被写体に対して、被写体の画像上での位置を特定する粗い移動体抽出から、被写体の詳細な動きに基づいた精細な移動体抽出までを行うことが可能である。

【0020】

本発明のより好ましい形態は、前記領域分割候補生成ステップでは、前記距離算出ステップで算出された複数の距離について、閾値を大きい値から不連続点の検出を行い、分割されたクラスタに対して、それぞれ、より小さな閾値を用いて不連続点の検出を行い、階層的に前記領域分割をする構成としたものであり、これにより、閾値を大きい値から順に階層的にクラスタリングを行うことによって、特に形状が変化しながら移動する人物等の被写体に対して、被写体の画像上での位置を特定する粗い移動体抽出から、被写体の詳細な動きに基づいた精細な移動体抽出までをより少ない計算量で行うことが可能である。

【0021】

本発明のより好ましい形態は、前記領域分割候補生成ステップでは、前記距離算出ステップで算出された複数の距離の平均値又は中央値を中心に増加及び減少させて得られる複数の値を、前記複数の閾値として、生成する構成としたものであり、これにより、閾値を効果的に設定することで、特に形状が変化しながら移動する人物等の移動体に対しても確

実かつより高速に検出し、同時に正しく領域分割を行うことが可能である。

【0022】

本発明のより好ましい形態は、前記領域分割候補生成ステップでは、前記動き解析ステップで算出された複数の移動軌跡のそれぞれについて、当該移動軌跡との距離がN番目に小さい距離を特定し、特定した複数の距離について大きい順から選択した複数の値を、前記複数の閾値として、生成する構成としたものであり、これにより、閾値を効果的に設定することで、特に形状が変化しながら移動する人物等の移動体に対しても確実にかつより高速に検出し、同時に正しく領域分割を行うことが可能である。

【0023】

本発明のより好ましい形態は、前記領域分割ステップでは、前記動き解析ステップで算出された複数の移動軌跡のそれぞれについて、前記距離が小さい順に予め定められた個数の移動軌跡を選択し、選択されなかった移動軌跡との距離を無限大に変更する非線形化をした後に、前記複数の距離のそれぞれを測地距離に変換する構成としたものであり、これにより、選択された距離と選択されなかった距離とが非線形な関係となるため、線形距離と比較して、移動軌跡間の類似/非類似が強調されることとなり、人物のように関節で繋がった物体の動きを正しく表現することが可能となる。

【0024】

本発明のより好ましい形態は、前記領域分割ステップでは、前記動き解析ステップで算出された複数の移動軌跡のそれぞれについて、前記距離が予め定められた閾値以下の移動軌跡を選択し、選択されなかった移動軌跡との距離を無限大に変更する非線形化をした後に、前記複数の距離のそれぞれを測地距離に変換する構成としたものであり、これにより、選択された距離と選択されなかった距離とが非線形な関係となるため、線形距離と比較して、移動軌跡間の類似/非類似が強調されることとなり、人物のように関節で繋がった物体の動きを正しく表現することが可能となる。

【0025】

本発明のより好ましい形態は、前記動き解析ステップでは、前記動きの検出として、前記動きを示す2次元動きベクトル又はアフィンパラメータを算出する構成としたものであり、これにより、動きベクトルもしくはアフィンパラメータによりブロックの動きを解析することで、ブロックの移動軌跡を算出することが可能になる。

【0026】

本発明のより好ましい形態は、前記距離算出ステップでは、前記距離の算出として、前記ブロックの移動軌跡間の類似性に加えて、前記ピクチャでの前記ブロック間の距離及び前記ブロックどうしを接続する直線の傾斜を示す角度の少なくとも1つを算出する構成としたものであり、これにより、人物のように関節を軸とした回転運動を伴いながら形状が変化する移動物体の動きを効率良く捉えることが可能になる。

【0027】

本発明の一実施形態は、前記出力ステップは、前記領域分割ステップで得られた領域分割の結果を、前記画像入力ステップで受け付けたピクチャに重ねて表示する表示ステップを含む構成としたものであり、これにより、領域分割した部位を画像上に表示することによって、スポーツにおけるフォームの修正あるいはハビリテーションにおける歩行の矯正等に応用が可能である。

【0028】

本発明の一実施形態は、前記画像入力ステップでは、2つ以上の移動体が含まれる動画像を受け付け、前記領域分割ステップでは、前記2以上の移動体について前記領域分割をすることで、2以上の移動体を検出する構成としたものであり、これにより、形状が変化しながら移動する複数の移動体を含む画像に対しても、正しく複数の移動物体を検出することが可能である。

【0029】

本発明の一実施形態は、前記移動体検出方法はさらに、前記領域分割ステップで特定された領域を構成するブロックの移動軌跡から、当該領域を代表する移動軌跡を算出し、算

出した代表の移動軌跡に従って当該領域が移動すると予測することで、前記移動体の動きを予測する動き予測ステップを含む構成としたものであり、これにより、複数のブロックの移動軌跡を代表する軌跡を用いて移動体の動きを予測することにより、ノイズ耐性の高い動き予測が可能となる。

【0030】

本発明の一実施形態は、前記出力ステップは、前記領域分割ステップでの領域分割の結果に基づいて、前記画像入力ステップで受け付けたピクチャにおける領域を特定し、特定した領域ごとに、対応する領域分割の結果を、記憶手段に記録する、又は、送信する記録・送信ステップを含む構成としたものであり、これにより、検出した移動体画像を分割した領域に基づいてそれぞれ別々に保持することによって、各移動体画像の中から必要な部分の画像のみを選択して保存したり、外部に出力したりすることによって、図形要素として効率的な保存及び出力が可能になる。そのため、携帯電話等、処理能力の限られた機器に保存及び送信する場合に有効に作用する。

【0031】

本発明の一実施形態は、動画像を構成する複数枚のピクチャを受け付ける画像入力ステップと、前記ピクチャを構成する1個以上の画素からなるブロックごとに、時間的に隣接する2枚のピクチャ間での画像の動きを検出し、検出した動きを前記複数枚のピクチャについて連結することで、移動軌跡を算出する動き解析ステップと、前記動き解析ステップで算出された複数の移動軌跡について、移動軌跡間の類似性を表す距離を算出する距離算出ステップと、前記距離算出ステップで算出された距離が小さい順に移動軌跡のペアを同一クラスタとして統合する処理をクラスタ数が規定の数になるまで繰り返すことによって、距離が一定以上離れた不連続点をクラスタの境界として前記領域分割をする領域分割ステップと、前記領域分割ステップでの領域分割の結果を出力する出力ステップとを含む。これにより、距離が小さい順に移動軌跡のペアを統合する処理をクラスタ数が規定の数になるまで繰り返すことによって、距離が一定以上離れた不連続点をクラスタの境界として得ることができる。結果として、移動軌跡間の類似性に関する連続性を考慮したクラスタリングが行われ、移動体を検出することが可能である。

【0032】

以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。

【0033】

(実施の形態1)

図1は、実施の形態1における移動体検出装置100の構成を示す機能ブロック図である。図1に示されるように、この移動体検出装置100は、画像入力部101、動き解析部102、距離算出部103、領域分割部104、出力部105を備える。そして、この移動体検出装置100は、動画像中の移動体の全部又は一部の領域を特定する領域分割をすることによって動画像中の移動体を検出する。

【0034】

画像入力部101は、動画像を構成する時間的に異なる複数枚の画像(ピクチャ)の入力を受け付ける処理部であり、例えば、ビデオカメラ、あるいは、ビデオカメラと接続された通信インターフェース等である。

【0035】

動き解析部102は、画像入力部101で受け付けたピクチャを構成する1個以上の画素からなるブロックごとに、時間的に隣接する2枚のピクチャ間での画像の動きを検出し、検出した動きを複数枚のピクチャについて連結することで、移動軌跡を算出する処理部である。

【0036】

距離算出部103は、移動する物体の形状変化を捉えるために、動き解析部102で算出したブロック i の移動軌跡と、 i 以外のブロックの移動軌跡とを用いて、ブロックの動きの類似性を表す距離を算出する処理部である。例えば、 N 個のブロックの移動軌跡を用いた場合、算出される距離は $N \times N$ の距離マトリクスとなる。ここでは、ブロックの動きの

類似性を評価する距離を計算することによって、ブロック間の距離が動きによって変化する移動体、特に、関節物体のように形状が変化しながら移動する人物等の物体の動きを距離マトリクスとして表現することが可能である。なお、以降の説明では、ブロック*i*の移動軌跡を移動軌跡*i*と呼ぶこととする。このように、本明細書における「距離」は、2次元空間における2点間の距離だけでなく、多次元のデータ間の算術的な距離を含み、1つの値、あるいは、複数の値の集合（距離マトリクス）である。

【0037】

領域分割部104は、領域分割に用いられる閾値を用いて、動き解析部102で算出された複数の移動軌跡をクラスタリングすることによって領域分割を行う処理部である。具体的には、この領域分割部104は、距離算出部103で算出した距離マトリクスに対してデータの連続性に関する閾値を用いて測地距離変換を適用し、つまり、距離算出部103で算出された複数の距離のうち当該閾値よりも小さい距離を連結することで複数の距離のそれぞれを測地距離に変換し、それぞれの閾値における測地距離変換後の移動軌跡間の距離の分布における不連続点を検出し、検出した不連続点よりも小さい測地距離だけ離れた移動軌跡どうしが一つのクラスタとなるように、連続に分布する移動軌跡をクラスタリングすることによって、前記閾値に対する領域分割を行う。

【0038】

なお、この領域分割部104は、距離算出部103で算出された距離（距離マトリクス）から測地距離への変換（測地距離変換）において、第1の移動軌跡と第2の移動軌跡との間の距離を測地距離に変換する場合には、距離算出部103で算出された距離のうち、予め定められた閾値よりも小さい距離だけ離れた移動軌跡をたどりながら第1の移動軌跡から第2の移動軌跡に至る経路の距離を、測地距離として算出する。

【0039】

出力部105では、領域分割部104で行った動画像中の移動体の検出結果もしくは、画像の領域分割結果を出力するメモリや記録媒体への書き込み処理部、あるいは、ディスプレイ装置に出力する出力インターフェース等である。

【0040】

本明細書において、領域分割を行った結果の各領域は、それぞれの移動体に対応するため、各移動体の検出と、画像中の複数の移動体領域をそれぞれ分割する領域分割とは、特に区別しない。つまり、「移動体の検出」という処理が、即ち、「領域分割」という処理に相当する。

【0041】

なお、この移動体検出装置100を構成する各構成要素（画像入力部101、動き解析部102、距離算出部103、領域分割部104、出力部105）は、図2に示されるように、カメラ2001から送られてくる画像を取得するインターフェース（I/F）2004、CPU2005、RAM2007、ROM2006、ハードディスク2008、ディスプレイ2003に映像信号を出力するビデオカード2009等を備えるコンピュータ2002上で実行されるプログラム等のソフトウェアで実現されてもよいし、電子回路等のハードウェアで実現されてもよい。つまり、本実施の形態における構成要素のうち、ディスプレイ装置等の入出力部を除く構成要素については、コンピュータで実行されるプログラム及びデータ（つまり、ソフトウェア）で実現してもよいし、電子回路、メモリ及び記録媒体等のハードウェアで実現してもよいし、それらの混在で実現してもよい。以下、他の実施の形態における移動体検出装置についても同様である。

【0042】

以下に、本発明の移動体検出方法、つまり、移動体検出装置100の動作について、図3のフローチャートを用いて移動する移動体を検出（つまり、領域分割）する例について詳細に説明する。

【0043】

まず、ステップS101にて、画像入力部101は、複数枚のピクチャを受け付ける。

【0044】

次に、ステップS102にて、動き解析部102は、少なくとも2枚のピクチャからブロックの動きを算出する。なお、ここでは、ブロックの動きを算出する一例として、画素の動きを算出する。以下、本実施の形態では、ブロック単位の処理の一例として、画素単位の処理を説明する。なお、複数の画素からなるブロック単位で処理をする場合には、(i)画素に対応するデータをブロック分だけ合計したり、(ii)ブロック分の平均値を求めたり、(iii)ブロックの中心値を求めることで、ブロックに対応するデータ(代表値)を求め、得られた代表値を用いて画素単位の処理と同様に処理すればよい。なお、本明細書で、「ブロックの動き」及び「画素の動き」とは、それぞれ、「画像のブロックごとの動き」及び「画像の画素ごとの動き」を意味する。

【0045】

まず、画素の動きをオプティカルフロー計算により算出する例について説明する。オプティカルフロー計算による動きベクトルの算出は、非特許文献2もしくは非特許文献3および非特許文献4に開示された技術を用いることができる。

【0046】

【非特許文献2】P. Anandan, "A Computational Framework and an Algorithm for the Measurement of Visual Motion", International Journal of Computer Vision, Vol. 2, pp. 283-310, 1989

【0047】

【非特許文献3】Vladimir Kolmogorov and Ramin Zabih, "Computing Visual Correspondence with Occlusions via Graph Cuts", International Conference on Computer Vision, 2001

【0048】

【非特許文献4】Thomas Pock, Martin Urschler, Christopher Zach, Reinhard Beichel and Horst Bischof, "A Duality Based Algorithm for TV-L1-Optical-Flow Image Registration", International Conference on Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention, 2007

【0049】

例えば、ステップS101にてT枚のピクチャが入力されると仮定すると、動き解析部102は、時刻tと時刻t+1に入力されたピクチャを用いて、画素iの動きベクトル(u^i_t, v^i_t)を推定する。ここでは、必ずしもフレームが連続している必要はなく、例えば、時刻tと時刻t+nに入力されたピクチャを用いて画素の動きを求めてもよい。ただし、nは1以上の整数である。さらに、画素の動きとして、前記2次元動きベクトルの代わりにアフィンパラメータを推定してもよい。この時、すべての画素について動き情報を求めてもよい。また、より高速に処理を行いたい場合には、画像をグリッドに区切って一定間隔のグリッド上の画素についてのみ動き情報を求めてもよいし、上述したように、画像をブロックに区切ってブロックごとに動き情報を求めてもよい。さらに、非特許文献2を用いて動きベクトルを算出する場合は、その信頼度を計算することができるため信頼度の高い動き情報を持つ画素のみを用いてもよい。また、非特許文献3を用いて動きベクトルを算出する場合は、オクルージョンを推定することができる。そのため、遮蔽(しゃへい)されていない画素の動き情報のみを用いてもよい。また、非特許文献4は、高速に処理できることが知られており、処理の高速化が必要な場合に用いてもよい。

【0050】

さらに、画素の動きを算出する手法として、前記したブロックの並進移動を仮定して動きベクトルを算出する方法の代わりに、ブロックのアフィン変形を仮定して動きベクトル

を算出する方法を用いてもよい。アフィン変形を仮定して動きベクトルを算出する方法は、非特許文献5に開示された技術を用いることができる。

【0051】

【非特許文献5】 Jianbo Shi and Carlo Tomasi, " Good Features to Track ", IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp593 - 600, 1994

【0052】

上記手法は、時刻 t と時刻 $t + 1$ に入力されたピクチャの画素 i 近傍の動きに相当するアフィンパラメータ A_t^i を推定する。画素 i について、時刻 t と時刻 $t + 1$ におけるピクチャ上での画素位置 x_t^i と x_{t+1}^i は次の関係がある。

【0053】

【数1】

$$\mathbf{x}_{t+1}^i = A_t^i \mathbf{x}_t^i \quad (\text{式1})$$

【0054】

上記手法は、特に回転運動をする物体に対して、並進移動を仮定して動きベクトルを算出する手法を用いる場合よりも、高精度に画素 i の動きを推定することができる。

【0055】

次に、ステップ S103 にて、動き解析部 102 は、ステップ S102 で算出した動き情報を用いて、時間的に異なる複数枚のピクチャに対して前記画素の動きから移動軌跡 i を算出する。以下、画素 i の移動軌跡を移動軌跡 i と呼ぶこととする。図4に示すように、時刻 t における入力画像 301 の画素 i 303 からステップ S102 で算出した動き情報 302 を用いて、画素 i の動きを追跡する。この時、画素 i が通った時刻 t におけるピクチャ上での画素位置 (x_t^i, y_t^i) を用いて、以下のように移動軌跡 i を算出する。

【0056】

【数2】

$$\mathbf{X}^i = (x_1^i, y_1^i, \dots, x_t^i, y_t^i, \dots, x_T^i, y_T^i) \quad (\text{式2})$$

【0057】

ここで、 T は移動軌跡の算出に用いたピクチャの枚数である。

【0058】

次に、ステップ S104 にて、距離算出部 103 は、上記式2で算出した移動軌跡 i を用いて画素の動きの類似性を含む距離マトリクスを算出する。移動軌跡 i と移動軌跡 j との線形距離 $f(i, j)$ は以下の式3のように算出できる。

【0059】

【数3】

$$f(i, j) = ptn_{ij} + w \cdot mtn_{ij} \quad (\text{式3})$$

【0060】

ここで、 w は重み係数であり、設計者が設定するパラメータである。さらに、上記式3は、次の式4のように変形してもよい。

【0061】

【数 4】

$$f(i, j) = 1.0 - \exp\left(-\frac{w \cdot mtn_{ij}}{ptn_{ij}}\right) \quad (\text{式 4})$$

【0062】

また、 ptn_{ij} 、 mtn_{ij} については、それぞれ、以下の式 5 及び式 6 に示す。

【0063】

【数 5】

$$ptn_{ij} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T d_{ij}^t \quad (\text{式 5})$$

【0064】

【数 6】

$$mtn_{ij} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (d_{ij}^t - ptn_{ij})^2} \quad (\text{式 6})$$

ここで、

【0065】

【数 7】

$$d_{ij}^t = \sqrt{(x_t^i - x_t^j)^2 + (y_t^i - y_t^j)^2} \quad (\text{式 7})$$

【0066】

上記のように、上記式 3 に示されるように、上記式 5 に示した移動軌跡間距離の時間平均値に加えて、上記式 6 に示した移動軌跡間距離の時間的ばらつきを前記線形距離 $f(i, j)$ の要素とする。特に上記式 6 に示した移動軌跡間距離の時間的ばらつきは、画素の動きの類似性を示すものであり、これによって、画素間のなす距離の関係が時間的に変化しない剛体だけでなく、関節物体等の形状変化を捉えることができる。なお、上記式 6 の代わりに下記の式 8 から式 13 のような時間変動成分を用いることで、同様の効果が期待できる。

【0067】

【数 8】

$$mtn_{ij} = \frac{1}{(T-1)} \sum_{t=1}^{T-1} (1 - \cos \theta_{ij}^t) \quad (\text{式 8})$$

ここで、

【0068】

【数 9】

$$\cos \theta_{ij}^t = \frac{\langle \mathbf{u}_i^t \cdot \mathbf{u}_j^t \rangle}{|\mathbf{u}_i^t| |\mathbf{u}_j^t|} \quad (\text{式 9})$$

であり、 \mathbf{u}_i^t は、時刻 t から $t+1$ への動きベクトル (u_i^t, v_i^t)、 $\langle \mathbf{u}_i^t \cdot \mathbf{u}_j^t \rangle$ は内積である。

【0069】

また、以下のような計算を用いてもよい。

【0070】

【数 10】

$$mtn_{ij} = mtn_max - \frac{1}{(T-1)} \sum_{t=1}^{T-1} \langle \mathbf{u}_i^t \cdot \mathbf{u}_j^t \rangle \quad (\text{式 10})$$

ここで、

【0071】

【数 11】

$$mtn_max = \max_i \left(\frac{1}{(T-1)} \sum_{t=1}^{T-1} \langle \mathbf{u}_i^t \cdot \mathbf{u}_i^t \rangle \right) \quad (\text{式 11})$$

【0072】

【数 12】

$$mtn_{ij} = \frac{1}{(T-1)} \sum_{t=1}^{T-1} \sqrt{(u_i^t - u_j^t)^2 + (v_i^t - v_j^t)^2} \quad (\text{式 12})$$

ここで、

【0073】

【数 1 3】

$$\mathbf{u}_i^t = (u_i^t, u_j^t) \quad (\text{式 1 3})$$

である。

【0 0 7 4】

次に、領域分割部 1 0 4 は、ステップ S 1 0 5 (測地距離変換) と S 1 0 6 (領域分割) とを実行する。具体的には、S 1 0 5 では、領域分割部 1 0 4 は、上記式 3 もしくは上記式 4 で算出した線形距離 $f(i, j)$ に対して閾値 R を用いて、その閾値に対して以下の式 1 4 のように非線形化処理を行い $f'(i, j)$ を算出する。

【0 0 7 5】

【数 1 4】

$$f'(i, j) = \begin{cases} f(i, j) & \text{if } i \text{ is } R\text{-NearestNeighbor} \\ \infty & \text{otherwise} \end{cases} \quad (\text{式 1 4})$$

【0 0 7 6】

つまり、領域分割部 1 0 4 は、移動軌跡 i に着目した時に移動軌跡 i との線形距離が小さい順に R 個の移動軌跡 j を選択し、選択された移動軌跡 j との距離は変更せず、一方、選択されなかった移動軌跡 j との距離を無限大に変更する。なお、ここでは、線形距離 $f(i, j)$ が小さい順に選択したが、次式のように閾値 R を設定してもよい。

【0 0 7 7】

【数 1 5】

$$f'(i, j) = \begin{cases} f(i, j) & \text{if } f(i, j) < R \\ \infty & \text{otherwise} \end{cases} \quad (\text{式 1 5})$$

【0 0 7 8】

つまり、領域分割部 1 0 4 は、上記式 1 4 に示すように、動き解析部 1 0 2 で算出された複数の移動軌跡のそれぞれについて、距離が小さい順に予め定められた個数の移動軌跡を選択し、選択されなかった移動軌跡との距離を無限大に変更する非線形化をした後に、複数の距離のそれぞれを測地距離に変換してもよいし、上記式 1 5 に示すように、移動軌跡 i に着目した時に、動き解析部 1 0 2 で算出された複数の移動軌跡 j のそれぞれについて、距離が予め定められた閾値以下の移動軌跡 j を選択し、選択されなかった移動軌跡との距離を無限大に変更する非線形化をした後に、複数の距離のそれぞれを測地距離に変換してもよい。

【0 0 7 9】

なお、距離の非線形化に関しては、上記の関数に限定されるものではなく、移動軌跡 i と移動軌跡 j に関する距離に対して非線形変換を行うものであれば何でもよい。

【0 0 8 0】

さらには、線形距離 $f(i, j)$ に対して、以下のように式 1 6 及び式 1 7 を用いて計算した重みを掛け算して重み付けを行った後に式 1 4 もしくは式 1 5 の処理を行ってもよい。

【0 0 8 1】

【数 1 6】

$$wf_{ij} = 1.0 - \exp\left(-z\left(\frac{1}{N_a} \sum_{a \in NN} f(a, j) + \frac{1}{N_b} \sum_{b \in NN} f(i, b)\right)\right) \quad (\text{式 1 6})$$

【0082】

ここで、NNは移動軌跡の近傍点について処理することを示し、移動軌跡a及びbに対して、移動軌跡j及びiからそれぞれ一定距離以内にある移動軌跡もしくは、距離が小さい順にN個の移動軌跡を用いて計算することを示す。すなわち、 N_a 、 N_b は、一定距離以内にある移動軌跡の数もしくは、前記Nである。なお、zは設計者が設定する。

【0083】

また、上記式16の代わりに次の式17のように分散を用いてもよい。

【0084】

【数 1 7】

$$wf_{ij} = 1.0 - \exp\left(-z\left(\frac{1}{N_a} \sum_{a \in NN} (f(a, j) - \overline{f(a, j)})^2 + \frac{1}{N_b} \sum_{b \in NN} (f(i, b) - \overline{f(i, b)})^2\right)\right)$$

(式 1 7)

ここで、

【0085】

【数 1 8】

$$\overline{f(a, j)} = \frac{1}{N_a} \sum_{a \in NN} f(a, j) \quad (\text{式 1 8})$$

【0086】

【数 1 9】

$$\overline{f(i, b)} = \frac{1}{N_b} \sum_{b \in NN} f(i, b) \quad (\text{式 1 9})$$

であり、近傍点については、上記式16の場合と同じである。

【0087】

上記式16や上記式17の重みを用いて $f(i, j)$ を変換することによって、移動軌跡i及びjと類似した移動軌跡が空間的に密集している場合（距離が近い移動軌跡の場合）には、 $f(i, j)$ を相対的に小さく、また、空間的に疎な場合（距離が遠い移動軌跡の場合）には、密集している場合と比較して $f(i, j)$ が相対的に大きくなる。つまり、領域分割部104は、距離算出部103で算出された複数の距離のそれぞれを測地距離に変換するとき、動き解析部102で算出された複数の移動軌跡の分布における密集度が大きいほど小さい測地距離となるような重み付けをしたうえで、測地距離への変換をする。これによって、画素の移動軌跡の分布の密集度を考慮した距離変換が可能になる。

【0088】

次に、領域分割部 104 は、非線形化された距離 $f'(i, j)$ を用いて、次式のように測地距離を算出する。

【0089】

【数20】

$$g(i, j) = \min(f'(i, j), f'(i, s) + f'(s, j)) \quad (\text{式20})$$

【0090】

なお、 $\min(x, y)$ は、値 x と値 y のうち小さい方を返す関数である。また、 s は、移動軌跡 s であり、移動軌跡 i から移動軌跡 j に辿（たど）りつくための中継点である。ここで、 $f'(i, s) + f'(s, j)$ における中継点 s は 1 点に限るものではない。この方法は、ダイクストラ法と呼ばれる最短経路探索手法であり、以下の非特許文献 6 に記載されている。

【0091】

【非特許文献 6】E.W.Dijkstra, " A note on two problems in connexion with graphs ", Numerische Mathematik, pp.269-271, 1959

【0092】

ここで、上記式 14 及び上記式 15 に示した非線形化処理について、図 5 (a) ~ (c) の概念図を用いて説明する。ここでは、上記式 15 に示された非線形処理について説明するが、他の非線形化処理を行っても同様の効果が期待できる。

【0093】

まず、図 5 (a) は 2 次元のデータ分布を示す。ここで、それぞれのデータ点は、上記式 3 もしくは上記式 4 に示した移動軌跡 i に相当する。上記式 14 から上記式 17 の非線形化処理を行わない場合には、図 5 (b) に示したように、データ点 i とデータ点 j との距離は、データ点 i とデータ点 k との距離よりも小さくなる。しかしながら、図 5 (c) に示すように、例えば、上記式 15 の処理及び上記式 17 の処理を行うことによって、データ点 i とデータ点 j との距離は、ユークリッド距離ではなく、測地距離と呼ばれるデータ点を矢印のように辿（たど）った距離となる。結果として、ユークリッド距離を用いる場合と異なり、データ点 i とデータ点 j との距離は、データ点 i とデータ点 k との距離よりも大きくなる。

【0094】

ここで、このような上記式 14 から上記式 17 に示した測地距離変換の特徴を図 6 (a) 及び (b) の概念図を用いて説明する。ここでは、線形距離 $f(i, j)$ と測地距離 $g(i, j)$ の違いを分かりやすく説明するため、上記式 5 に示すような時刻 t における移動軌跡間距離を例とする。実際には、移動軌跡間距離に加えて、上記式 3 に示したように画素の動きの類似性として移動軌跡間距離の変動成分を用いることにより、関節物体等の形状だけではなく形状変化をも捉えることができる。図 6 (a) は、上記式 14 から上記式 17 の処理を行わない場合の例である。例えば、頭部の画素 $i802$ と手先部の画素 $j803$ との距離は、線形距離 801 に示す距離となる。一方、上記式 14 から上記式 17 のような非線形処理を行うことによって、閾値 R が適切に設定されていれば、図 6 (b) に示されるように、頭部の画素 $i802$ と手先部の画素 $j803$ との距離は、画素 $k804$ を通って画素 j にたどり着くまでの矢印で示したような線形和としての距離となる。そのため、線形距離 801 では人物のような関節物体の関節が繋がった形状をデータとして連続的に表現できないのに対して、関節が繋がった形状を距離として連続性を表現することが可能となる。なお、測地距離の計算方法は、上記式 17 に限定されるものではない。

【0095】

次に、ステップ S106 では、領域分割部 104 は、ステップ S105 で閾値 R に対応する測地距離変換を行った $g(i, j)$ を用いて、不連続点を検出することによってクラスタリングを行う。ここでは、 $g(i, j)$ が無限大となる移動軌跡 i と移動軌跡 j の間が

不連続点である。閾値 R に対して得た測地距離変換の結果の例を図 7 (a) ~ (c) を用いて説明する。ここで、図 7 (a) は移動軌跡 $a \sim h$ を示す図であり、図 7 (b) は、図 7 (a) に示した移動軌跡 $a \sim h$ を表す高次元空間の概念図である。なお、図 7 (a) では、移動軌跡 $a \sim h$ の数を 8 本としたが、実際には、各画素に対応する移動軌跡を用いてもよいし、ブロック単位で求めた移動軌跡を用いてもよい。ここで、移動軌跡 $a \sim h$ を表す高次元空間の 1 点が、上記式 2 に示した一つの移動軌跡に対応する。すなわち、高次元空間上の点は、1 枚のピクチャ上の領域だけではなく時間的に異なる複数枚のピクチャに渡って画素を追跡した結果である。さらに、高次元空間上で、点と点との距離は、ベクトル間のユークリッド距離ではなく、上記式 20 に示すような測地距離に対応する。

【 0 0 9 6 】

図 7 (c) は、クラスタリング結果を示す図である。ここで、図 7 (c) において、上記式 3 もしくは上記式 4 に示した移動軌跡 a と移動軌跡 b との距離を $f (a , b)$ とした時に、 $f (e , f) > f (c , d) > f (f , g) > f (b , c)$ とする。また、閾値を R として設定した場合に、距離 $f (f , g)$ は、閾値 R よりも大きな値を持つとする。この場合、上記式 17 によって測地距離を求めても $g (e , f)$ 、 $g (c , d)$ 、 $g (f , g)$ はそれぞれ無限大となる。よって、領域分割部 104 は、移動軌跡 c と移動軌跡 d との間、移動軌跡 e と移動軌跡 f との間、移動軌跡 f と移動軌跡 g との間が不連続点であると判定する。この結果、移動軌跡 a 、 b 、 c は、互いに不連続点を通らずに辿ることができるため、無限大の値はとらず、逆に、例えば、移動軌跡 a 、 b 、 c から、他の移動軌跡に対しては、不連続点 $g (c , d)$ を通るため無限大となる。このように、測地距離が無限大とならない移動軌跡 i と移動軌跡 j の組は同じクラスタとし、無限大となる場合は別のクラスタとする。そして、測地距離が無限大となる組と無限大にならない組とを整理して、 1 、 2 、 3 、 4 の合計 4 つのクラスタに分離することができる。

【 0 0 9 7 】

ここで、閾値 R の性質について述べる。閾値 R が小さいほど、画像上でより小さな移動体を検出可能となる一方で、誤検出（フォルスポジティブ）が増加するというトレードオフがある。そこで、例えば、監視用途等、移動体検出を行いたい範囲が事前に分かっている場合には、検出したい移動体の最小サイズとその画像上での動きに合わせて閾値 R を設定すればよい。また、シーンに合わせて、閾値 R を変えながら検出率と誤検出率を算出し、検出率と誤検出率が等しくなる、すなわち $E E R$ (Equal Error Rate) となる閾値 R を選択することも可能であるし、検出率を優先したり、誤検出率を小さくすることを優先して閾値 R を選択することも可能である。

【 0 0 9 8 】

以上の処理によって、領域分割部 104 は、測地距離が無限大とならない移動軌跡の組は連続とすることで同じクラスタと判定することができ、測地距離が無限大となる移動軌跡の組は不連続とすることによって、不連続点をもとにクラスタを分離することができる。

【 0 0 9 9 】

出力部 105 では、S106 でクラスタに分離された移動軌跡を、領域分割の結果として、装置の内部（メモリ等）又は外部（記録媒体、ディスプレイ装置等）に出力する。これによって、移動体を検出することができる。

【 0 1 0 0 】

なお、本実施の形態では、移動軌跡に対して上記式 3 もしくは上記式 4 のような距離を計算することによって、画素の位置と動きの類似性を考慮した領域分割が可能になる。そのため、図 7 (a) ~ (c) に示される例では、頭部の動きと腕の動きの違い、上腿と下腿との動きの違いが反映され、頭部、腕、上腿（じょうたい）、下腿（かたい）を別々のクラスタとして領域分割することができる。さらに、本方法は、同様の方法によって、一つの移動体のボディパーツの検出、領域分割だけでなく、複数人が存在するシーンにおいて、それぞれの移動体を検出、領域分割することも可能である。

【 0 1 0 1 】

このように、測地距離を用いて算出した不連続点をもとにクラスタリングを行うことで、結果として移動体を検出及び領域分割を行うことができる。

【0102】

以上のようにして、画素間の距離あるいは移動軌跡の類似性に基づいてクラスタリングを行うことによって、類似する移動軌跡がまとめられて領域分割が行われるので、距離が近く、かつ、類似する動きをする部位が一つの領域として認識され、動画像中を移動する物体の領域を時間的に追跡した結果として、関節物体の姿勢によらずに、動画像中の移動体もしくは、移動体の部位の検出、移動体を含む画像の領域分割をすることができる。また、前処理として人物候補領域を設定する必要がなく、移動軌跡の類似性に基づいて複数の閾値を用いてクラスタリングを行うため、画像中でさまざまな大きさの移動体が存在する場合や、移動体の一部が隠れている場合に特に問題となる人物候補領域の検出ミス、それに起因する領域分割の失敗がない。さらには、不連続点に基づいたクラスタリングは、クラスタサイズの大きさに影響を受けないクラスタリングが可能であるため、大きな被写体と小さな被写体が混在する場合や、大きな動きの被写体と小さな動きの被写体が混在する場合においても、確実に抽出することが可能である。

【0103】

以上のように、膨大なパラメータのフィッティングを必要とせずに、非線形空間でクラスタリングを行うことによって、形状が変化しながら移動する人物等を含む動画像に対しても正しく領域分割し、これによって動画像中の移動体の検出を行うことが可能となる。

【0104】

なお、本発明に係る移動体検出装置は、本実施の形態における測地距離の不連続点にもとづいた領域分割とは異なる方法で領域分割をしてもよい。以下、実施の形態1における領域分割と異なる方法、ここでは、測地距離への変換をすることなく領域分割する方法について、実施の形態1の変形例として説明する。

【0105】

本変形例に係る移動体検出装置の構成は、基本的には、図1に示されるように、画像入力部101、動き解析部102、距離算出部103、領域分割部104、出力部105を備える。そして、この移動体検出装置100は、動画像中の移動体の全部又は一部の領域を特定する領域分割をすることによって動画像中の移動体を検出する。画像入力部101、動き解析部102、距離算出部103は実施の形態1と同様であるため説明を省略する。本変形例に係る領域分割部104は、実施の形態1と異なる方法で、領域分割をする。以下、本変形例に係る領域分割部104を中心に説明する。

【0106】

図8は、本発明の実施の形態1の変形例における移動体検出装置の基本動作を示すフローチャートである。なお、本図において、ステップS101～S104は、図3のステップS101～S104と同じであるので、説明を省略する。

【0107】

本変形例に係る領域分割部104は、ステップS205（クラスタリング）とS206（ラベル付け）とを実行する。ステップS205では、領域分割部104は、上記式3もしくは上記式4で算出した移動軌跡 i と移動軌跡 j との距離 $f(i, j)$ を用いて、 $f(i, j)$ が小さい順に移動軌跡 i と移動軌跡 j とを同一クラスとして結合する処理を繰り返すことによってクラスタリングを行う。図9(a)に示すように、移動軌跡 $a \sim h$ は、同一移動体であっても、姿勢変化によって大きく変化する。しかしながら、関節で繋がった物体である限り、特に近傍における移動軌跡は高い類似性を保持していることを仮定することができる。ここで、高い類似性とは、移動軌跡 i と移動軌跡 j との距離 $f(i, j)$ が小さいことを意味する。さらに、 $f(i, j)$ が小さいことは、移動軌跡 i と移動軌跡 j とが移動軌跡からなる高次元空間上に近距離に分布していると解釈することができる。図9(b)は、移動軌跡 $a \sim h$ を表す高次元空間の概念図である。なお、この概念図では、説明を容易にするため、3次元空間としたが、実際には、上記式2に示したベクトルの各要素が各次元と対応する。また、移動軌跡 $a \sim h$ の数を8本としたが、実際には、各画素に対応

する移動軌跡を用いてもよいし、ブロック単位で求めた移動軌跡を用いてもよい。ここで、移動軌跡 a ~ h を表す高次元空間の 1 点が、それぞれ上記式 2 に示した一つの移動軌跡に対応する。すなわち、高次元空間上の点は、1 枚のピクチャ上の領域だけではなく時間的に異なる複数枚のピクチャに渡って画素を追跡した結果である。さらに、高次元空間上で、点と点との距離は、上記式 2 に示したベクトル間のユークリッド距離ではなく、上記式 3 もしくは上記式 4 に示すような距離に対応する。

【 0 1 0 8 】

そして、領域分割部 1 0 4 は、移動軌跡からなる高次元空間上の分布の連続性によって移動軌跡をクラスタリングしていくことによって、移動軌跡間の距離の不連続性をもとにクラスタリングを行う。その結果、各クラスタは、個別の移動体もしくは移動体の一部に対応することが期待でき、移動体の検出と領域分割を行うことができる。

【 0 1 0 9 】

まず、分割する各領域を次のように表現する。

【 0 1 1 0 】

【 数 2 1 】

$$\theta = \{\theta_1, \dots, \theta_m, \dots, \theta_M\} \quad (\text{式 2 1})$$

【 0 1 1 1 】

ここで、M は、領域数であり利用するシーンに応じて経験的に決定する。

【 0 1 1 2 】

まず、自分自身を除く $f(i, j)$ が小さい順に移動軌跡 i と移動軌跡 j とを同一領域ラベル m とする処理を行う。この処理を行う上で、移動軌跡 i もしくは移動軌跡 j の一方が既に領域 k に属している場合には、まだ領域ラベルが付与されていない画素も領域 k に属するようにする。さらに、既に移動軌跡 i と移動軌跡 j とがそれぞれ異なる領域に属している場合には、領域ラベルを統合する。

【 0 1 1 3 】

ステップ S 2 0 6 では、領域分割部 1 0 4 は、ステップ S 2 0 5 で行った処理に対して、すべての移動軌跡に対してラベル付けをし、かつ領域数が規定の M になっているか否かを判断する。ここで、ステップ S 2 0 6 における条件が満たされていない場合には、領域分割部 1 0 4 は、ステップ S 2 0 5 の $f(i, j)$ が小さい順に移動軌跡 i と移動軌跡 j とを同一領域ラベル m とする処理を繰り返す。なお、各領域に属する移動軌跡の数が閾値 N 個以下であれば、外れ値 (Outlier) として扱うことで領域から除外してもよい。

【 0 1 1 4 】

ここで、ステップ S 2 0 5 とステップ S 2 0 6 の処理の具体例を図 9 (c) 及び (d) を用いて説明する。M = 2 とした場合と、M = 3 とした場合について説明する。ここで、図 9 (b) に示される例では、移動軌跡 a と移動軌跡 b との距離を $f(a, b)$ とした時に、 $f(a, b) < f(g, h) < f(d, e) < f(b, c) < f(f, g) < f(c, d)$ とする。まず、M = 2 の例について図 9 (c) を用いて説明する。ここでは、ステップ S 2 0 5 において、移動軌跡 a と移動軌跡 b との距離 $f(a, b)$ が最小であるため、領域分割部 1 0 4 は、移動軌跡 a と移動軌跡 b に同一の領域ラベル $_1$ を付与する。次に、移動軌跡 g と移動軌跡 h との距離 $f(g, h)$ が 2 番目に小さいため、領域分割部 1 0 4 は、同一の領域ラベル $_2$ を付与する。さらに、3 番目に小さい距離である移動軌跡 d と移動軌跡 e に対して、領域分割部 1 0 4 は、同一の領域ラベル $_3$ を付与する。次に距離が小さいのは、移動軌跡 b と移動軌跡 c との距離 $f(b, c)$ である。ここでは、移動軌跡 b がすでにラベル付けされているため、領域分割部 1 0 4 は、移動軌跡 c に移動軌跡 b と同一の領域ラベル $_1$ を付与する。次に距離が小さいのは、移動軌跡 f と移動軌跡 g との距離 $f(f, g)$ である。ここでは、 $f(b, c)$ の場合と同様に、領域分割部 1 0 4 は、移動軌跡 f に

対して移動軌跡 g と同一の領域ラベル 3 を付与する。ここで $M = 3$ とした場合は、ステップ $S 2 0 6$ にて、すべての移動軌跡にラベルが付与され、 $M = 3$ となると判断されるため、出力部 $1 0 5$ にて、各移動軌跡にラベル付けした結果を出力して処理を終了する。

【 0 1 1 5 】

一方、 $M = 2$ と設定した場合には、ステップ $S 2 0 6$ にて条件を満たさないことが起こる。そこで、再度ステップ $S 2 0 5$ にて、領域分割部 $1 0 4$ は、次に小さい距離をなす移動軌跡 c と移動軌跡 d について移動軌跡 c が属する領域ラベル 1 と移動軌跡 d が属する領域ラベル 3 とを統合して、移動軌跡 a から e の移動軌跡に対して、領域ラベル 1 を付与する。そして、ステップ $S 2 0 6$ にて、領域分割部 $1 0 4$ により、すべての移動軌跡にラベルが付与され、 $M = 2$ となると判断されるため、出力部 $1 0 5$ にて、各移動軌跡にラベル付けした結果を出力して処理を終了する。

【 0 1 1 6 】

このように、本実施の形態 1 の変形例では、移動軌跡に対して上記式 3 もしくは上記式 4 のような距離を計算することによって、画素の位置と動きの類似性を考慮した領域分割が可能になる。そのため、図 $9 (a) \sim (d)$ に示される例において、 $M = 2$ の場合は、下半身の動きが上半身の動きと大きく異なることが反映されて、上半身と下半身とに分離される。さらに、 $M = 3$ の場合は、 $M = 2$ の場合に加えて、頭部の動きと腕の動きの違いが反映され、上半身、腕、下半身とを分離することが可能になる。

【 0 1 1 7 】

このように、類似した移動軌跡に対して、順々に領域ラベルを付与することによって、高次元空間上で連続している移動軌跡を一つのクラスタと判断し、移動軌跡間の距離が大きいところを不連続点として、それぞれのクラスタを分離することが可能となる。その結果、各クラスタに属する移動軌跡が移動体検出及び領域分割に対応する。

【 0 1 1 8 】

もちろん、本方法は、同様の方法によって、一つの移動体のボディパーツの検出、領域分割だけでなく、複数人が存在するシーンにおいて、それぞれの移動体を検出、領域分割することも可能である。

【 0 1 1 9 】

以上のようにして、画素間の距離あるいは移動軌跡の類似性に基づいてクラスタリングを行うことによって、類似する移動軌跡がまとめられて領域分割が行われるので、距離が近く、かつ同様の動きをする部位が一つの領域として認識され、動画像中を移動する物体の領域を時間的に追跡した結果として、関節物体の姿勢によらずに、動画像中の移動体もしくは、移動体の部位の検出、移動体を含む画像の領域分割を行うことができる。また、前処理として人物候補領域を設定する必要がなく、移動軌跡の類似性に基づいてクラスタリングを行うため、画像中でさまざまな大きさの移動体が存在する場合や、移動体の一部が隠れている場合に特に問題となる人物候補領域の検出ミス、それに起因する領域分割の失敗がない。

【 0 1 2 0 】

以上のように、膨大なパラメータのフィッティングを必要とせずに、非線形空間でクラスタリングを行うことによって、形状が変化しながら移動する人物等を含む画像に対しても正しく領域分割し、これによって動画像中の移動体の検出を行うことが可能となる。

【 0 1 2 1 】

(実施の形態 2)

次に、上記実施の形態 1 で行った非線形空間上での領域分割を、実施の形態 1 とは異なる方法で実現する方法について、実施の形態 2 として説明する。

【 0 1 2 2 】

図 $1 0$ は、実施の形態 2 における移動体検出装置 $1 0 0 a$ の構成を示す機能ブロック図である。本移動体検出装置 $1 0 0 a$ は、図 $1 0$ に示すように、画像入力部 $1 0 1$ 、動き解析部 $1 0 2$ 、距離算出部 $1 0 3$ 、領域分割部 $1 0 4 a$ (領域分割候補生成部 $5 0 1$ と領域分割候補選択部 $5 0 2$) 及び出力部 $1 0 5$ を備える。画像入力部 $1 0 1$ 、動き解析部 $1 0$

2、距離算出部 103 は実施の形態 1 と同様であるため説明を省略する。

【0123】

領域分割部 104 a は、距離算出部 103 で算出された距離に基づいて、類似する移動軌跡をもつブロックから構成される領域を特定することによって領域分割をする点で、実施の形態 1 の領域分割部 104 と同じであるが、その具体的な処理が異なる。そのために、この領域分割部 104 a は、領域分割候補生成部 501 と領域分割候補選択部 502 とを備える。

【0124】

領域分割候補生成部 501 は、領域分割に用いられる判断基準を複数個生成し、生成した複数個の判断基準のそれぞれについて、当該判断基準を用いて、動き解析部 102 で算出された複数の移動軌跡をクラスタリングすることによって領域分割をし、その領域分割の結果を領域分割候補として生成する処理部である。具体的には、この領域分割候補生成部 501 は、距離算出部 103 で算出した距離マトリクスに対してデータの連続性に関する閾値を用いて測地距離変換を適用し、つまり、距離算出部 103 で算出された複数の距離のうち当該閾値よりも小さい距離を連結することで複数の距離のそれぞれを測地距離に変換し、それぞれの閾値における測地距離変換後の移動軌跡間の距離の分布における不連続点を検出し、検出した不連続点よりも小さい測地距離だけ離れた移動軌跡どうしが一つのクラスタとなるように、連続に分布する移動軌跡をクラスタリングすることによって、前記閾値に対する領域分割の候補を生成する。ここでは、前記閾値の設定によって、領域分割数が増える。

【0125】

領域分割候補選択部 502 は、クラス数についての指示（あるいは、予め設定されたクラス数）を取得し、取得したクラス数に近い個数の領域に分割された領域分割候補を、領域分割候補生成部 501 で生成された複数の領域分割候補から選択し、選択した領域分割候補を、距離算出部 103 で算出された距離に基づく領域分割の結果として出力する処理部である。具体的には、この領域分割候補選択部 502 は、領域分割候補生成部 501 で生成した、それぞれの前記閾値に対する領域分割の候補から、あらかじめ定められたクラス数に最も近い領域分割結果を選択する。すなわち、クラス数に応じた閾値による領域分割結果を選択することになる。

【0126】

出力部 105 は、実施の形態 1 と同様である。この出力部 105 からの出力により、最終的な移動体の検出と領域分割結果を得ることができる。

【0127】

以下に、本発明の移動体検出方法、つまり、移動体検出装置 100 a の動作について、図 11 のフローチャートを用いて移動する移動体を検出、領域分割する例について詳細に説明する。ステップ S101 から S104 までは、実施の形態 1 と同様であるため説明を省略する。

【0128】

領域分割候補生成部 501 は、ステップ S601（測地距離変換）とステップ S602（クラスタリング）とを実行する。ステップ S601 では、領域分割候補生成部 501 は、上記式 3 もしくは上記式 4 で算出した線形距離 $f(i, j)$ に対して K 個の閾値 R_k を用いて、それぞれの閾値 R_k に対して以下のように非線形化処理を行い $f'_k(i, j)$ を算出する。

【0129】

【数 2 2】

$$f'_k(i, j) = \begin{cases} f(i, j) & \text{if } i \text{ is } R_k - \text{NearestNeighbor} \\ \infty & \text{otherwise} \end{cases} \quad (\text{式 2 2})$$

【 0 1 3 0 】

つまり、領域分割候補生成部 5 0 1 は、移動軌跡 i に着目した時に移動軌跡 i との線形距離が小さい順に R_k 個の移動軌跡 j を選択し、選択された移動軌跡 j との距離は変更せず、選択されなかった移動軌跡 j との距離を無限大に変更する。なお、ここでは、線形距離が小さい順に選択したが、次式のように閾値 R_k を設定してもよい。

【 0 1 3 1 】

【 数 2 3 】

$$f'_k(i, j) = \begin{cases} f(i, j) & \text{if } f(i, j) < R_k \\ \infty & \text{otherwise} \end{cases} \quad (\text{式 2 3})$$

【 0 1 3 2 】

つまり、領域分割候補生成部 5 0 1 は、上記式 2 2 に示すように、動き解析部 1 0 2 で算出された複数の移動軌跡のそれぞれについて、距離が小さい順に予め定められた個数の移動軌跡を選択し、選択されなかった移動軌跡との距離を無限大に変更する非線形化をした後に、複数の距離のそれぞれを測地距離に変換してもよいし、上記式 2 3 に示すように、動き解析部 1 0 2 で算出された複数の移動軌跡のそれぞれについて、距離が予め定められた閾値以下の移動軌跡を選択し、選択されなかった移動軌跡との距離を無限大に変更する非線形化をした後に、複数の距離のそれぞれを測地距離に変換してもよい。

【 0 1 3 3 】

なお、距離の非線形化に関しては、上記の関数に限定されるものではなく、移動軌跡 i と移動軌跡 j に関する距離に対して非線形変換を行うものであれば何でもよい。

【 0 1 3 4 】

さらには、線形距離 $f(i, j)$ に対して、前述した式 1 6 及び式 1 7 を用いて計算した重みを掛け算して重み付けを行った後に上記式 2 2 もしくは上記式 2 3 の処理を行ってもよい。

【 0 1 3 5 】

上記式 1 7 や上記式 1 8 の重みを用いて $f(i, j)$ を変換することによって、移動軌跡 i 及び j と類似した移動軌跡が空間的に密集している場合（距離が近い移動軌跡の場合）には、 $f(i, j)$ を相対的に小さく、また、空間的に疎な場合（距離が遠い移動軌跡の場合）には、密集している場合と比較して $f(i, j)$ が相対的に大きくなる。つまり、距離算出部 1 0 3 で算出された複数の距離のそれぞれを測地距離に変換するとき、動き解析部 1 0 2 で算出された複数の移動軌跡の分布における密集度が大きいほど小さい測地距離となるような重み付けをしたうえで、測地距離への変換をする。これによって、画素の移動軌跡の分布の密集度を考慮した距離変換が可能になる。

【 0 1 3 6 】

次に、非線形化された距離 $f'_k(i, j)$ を用いて、領域分割候補生成部 5 0 1 は、次式のように測地距離を算出する。

【 0 1 3 7 】

【 数 2 4 】

$$g_k(i, j) = \min(f'_k(i, j), f'_k(i, s) + f'_k(s, j)) \quad (\text{式 2 4})$$

【 0 1 3 8 】

なお、 $\min(x, y)$ は、値 x と値 y のうち小さい方を返す関数である。また、 s は、移動軌跡 s であり、移動軌跡 i から移動軌跡 j に辿（たど）りつくための中継点である。こ

ここで、 $f'_k(i, s) + f'_k(s, j)$ における中継点 s は1点に限るものではない。なお、 k は複数の閾値 R_k に対応する。この方法は、前述したようにダイクストラ法と呼ばれる最短経路探索手法である。

【0139】

次に、ステップS602では、領域分割候補生成部501にて、それぞれの閾値 R_k に対応する測地距離変換を行った $g_k(i, j)$ を用いて、不連続点を検出することによってクラスタリングを行う。ここでは、 $g_k(i, j)$ が無大となる移動軌跡 i と移動軌跡 j の間が不連続点である。複数の閾値 R_k に対して得た測地距離変換の結果の例を図12(a)~(f)を用いて説明する。ここで、図12(a)は移動軌跡 $a \sim h$ を示す図であり、図12(b)は、図12(a)に示した移動軌跡 $a \sim h$ を表す高次元空間の概念図である。また、移動軌跡 $a \sim h$ の数を8本としたが、実際には、各画素に対応する移動軌跡を用いてもよいし、ブロック単位で求めた移動軌跡を用いてもよい。ここで、移動軌跡 $a \sim h$ を表す高次元空間の1点が、それぞれ上記式2に示した一つの移動軌跡に対応する。すなわち、高次元空間上の点は、1枚のピクチャ上の領域だけではなく時間的に異なる複数枚のピクチャに渡って画素を追跡した結果である。さらに、高次元空間上で、点と点との距離は、ベクトル間のユークリッド距離ではなく、上記式21に示すような測地距離に対応する。

【0140】

閾値 R_k が十分に大きな値である場合、例えば、上記式16において $f(i, j)$ の最大値よりも閾値 R_k が大きい場合には、図12(c)に示すように測地距離 $g_k(i, j)$ は、すべての i, j の組合せにおいて無限大にならない。すなわち、不連続点が1点もないためクラスタは1個と判断できる。一方、閾値 R_k が十分に小さい場合、具体的には、上記式16において $f(i, j)$ の最小値よりも閾値 R_k が小さい場合には、すべての i, j の組合せにおいて $g_k(i, j)$ が無大となる。すなわち、クラスタ数は移動軌跡の数と同数となる。ここでは、閾値 R_k を $f(i, j)$ の最大値と最小値の間の値に設定して、それぞれクラスタリングを行うことが効率的である。図12(d)に示される例について説明する。ここで、図12(b)において、上記式3もしくは上記式4に示した移動軌跡 a と移動軌跡 b との距離を $f(a, b)$ とした時に、 $f(e, f) > f(c, d) > f(f, g) > f(b, c)$ とする。また、閾値を R_1 として設定した場合に、距離 $f(e, f)$ は、閾値 R_1 よりも大きな値を持つとする。この場合、上記式18によって測地距離を求めても $g_1(e, f)$ は無大となる。そこで、領域分割候補生成部501は、移動軌跡 e と移動軌跡 f との間を不連続点と判定する。この結果、移動軌跡 a から d と移動軌跡 e との測地距離は不連続点を通らないため無限大の値を取らず、逆に移動軌跡 f から h の各移動軌跡と移動軌跡 a から e の各移動軌跡との測地距離は、不連続点 $g_1(e, f)$ を通るためそれぞれ無限大となる。このように、領域分割候補生成部501は、測地距離が無大とならない移動軌跡 i と移動軌跡 j の組は同じクラスタとし、無限大となる場合は別のクラスタとする。これによって、図12(d)のように、 1 、 2 の2つのクラスタに分離することができる。さらに、いま、図12(e)に示すように、閾値を R_2 (ただし、 $R_1 > R_2$)とした場合に、無限大となる測地距離は、 $g_2(c, d)$ 、 $g_2(e, f)$ 、 $g_2(f, g)$ であったとする。この場合には、領域分割候補生成部501は、それぞれ、移動軌跡 c と移動軌跡 d との間、移動軌跡 e と移動軌跡 f との間、移動軌跡 f と移動軌跡 g との間が不連続点であると判定し、図12(d)に示される例の場合と同様に測地距離が無大となる組と無限大にならない組とを整理して、 1 、 2 、 3 、 4 の合計4つのクラスタに分離する。以上の処理によって、測地距離が無大とならない移動軌跡の組は連続とすることで同じクラスタと判定することができ、測地距離が無大となる移動軌跡の組は不連続とすることによって、不連続点をもとにクラスタを分離することができる。なお、閾値 R_k の設定方法については、 $f(i, j)$ の最小値から最大値の間を均等に K 個設定することによって、すべての移動軌跡が一つのクラスタと判定されたり、各移動軌跡がそれぞれ個別のクラスタと判断される危険性を減らすといった効果がある。つまり、領域分割候補生成部501は、距離算出部103で算出された複数の距離における最大値と最小値との間の複数の値を、複数の領

域分割候補を生成するための複数の閾値として生成してもよい。

【0141】

さらに、 $f(i, j)$ の平均値あるいはメディアンを中心に一定間隔で増加、減少させた値を用いてもよい。 $f(i, j)$ の値が比較的均一な場合には、より効率的に不連続点に対応する閾値を決定することができる。つまり、領域分割候補生成部501は、距離算出部103で算出された複数の距離の平均値又は中央値を中心に増加及び減少させて得られる複数の値を、複数の領域分割候補を生成するための複数の閾値として生成してもよい。

【0142】

また、最大値から一定間隔で値を減少させていき、最初に不連続点を検出した時の値をもとに、より小さい値を $K - 1$ 個、閾値として決定してもよい。これにより、すべての移動軌跡が一つのクラスターと判定される危険性がなくなるといった効果がある。

【0143】

さらには、ステップS601とステップS602とを閾値 R_k を小さくしながら繰り返しても良い。例えば、図12(d)に示される例のように、領域分割候補生成部501は、閾値 R_1 で、ステップS601とステップS602で、移動軌跡のクラスタリングを行い、次に、ステップS601で、図12(e)に示される例のように、閾値 R_1 で抽出したそれぞれのクラスターに対応する $f(i, j)$ (ここで、 i, j は同一クラスターに属する移動軌跡) を、閾値 R_1 より小さな閾値 R_2 を用いてそれぞれ測地距離に変換し、ステップS602で、それぞれのクラスターに対応する $g(i, j)$ (ここで、 i, j は同一クラスターに属する移動軌跡) から、不連続点を検出することでクラスタリングを行うことができる。このように、閾値 R_k を小さくしながら、測地距離への変換と不連続点の検出を、それぞれのクラスターに属する移動軌跡に対して行うことによって、図12(f)に示すような階層的なクラスタリングが可能になる。もちろん、逆に、閾値を小さな値から順に大きくしてクラスタリングを行うことによって、同様に階層的なクラスタリングが可能になる。ただし、閾値を大きな値から小さくしていくことによって、より大きな閾値で抽出したクラスターに対してのみ、より小さい閾値での測地距離への変換と不連続点の検出処理を行えば良いため、より少ない計算量で処理を行うことができるという効果がある。具体的には、図12(f)に示すように、閾値 R_2 によるクラスタリングは、閾値 R_1 で抽出されたクラスターそれぞれについて行えばよい。計算に用いる $f(i, j)$ (ここで、 i, j は同一クラスターに属する移動軌跡) のトータルでのサイズをより小さくすることができる。そのため、計算量もより少なくてすむ。

【0144】

そして、上記のように階層的なクラスタリングを行えば、図13(a)~(c)に示すように、シーンの構造をツリー構造として表すことも可能である。例えば、図13(a)の入力に対して、閾値 R_1 でクラスタリングを行うと、図13(c)に示すように、クラスター $_1$ と $_2$ が抽出される。さらに、閾値をより小さな R_2 としてクラスタリングを行うと、より小さな被写体であるクラスター $_3$ を抽出することができる。このように、よりカメラから離れた被写体や動きの小さな被写体がより小さな閾値によって抽出されることになるため、このようなシーンの構造を階層構造として獲得することができるという効果がある。例えば、衝突の危険性等を閾値の大きさを表現することも可能である。なお、ここで $_0$ は、背景に対応する。ここで、カメラが固定の場合は、動きのある移動軌跡のみを用いることで、移動物体のみを抽出することも可能であるし、カメラが動く場合には、最も移動軌跡数の大きいクラスターを背景としても良い。

【0145】

さらに、上記の例よりも閾値を小さくしてクラスタリングを行った例を図13(b)を用いて説明する。ここでは、簡単のためクラスター $_2$ について説明するが、すべてのクラスターについてより小さな閾値でクラスタリングを行っても良いし、利用者が指示したクラスター(被写体)に対して、クラスタリングを行っても良い。まず、クラスター $_2$ に対して、より小さな閾値 R_3 でクラスタリングを行うと、図13(c)右側に示すように、右脚

、左脚と上半身とに分類することができる。一般的に、歩行は、脚の動きが大きいために、他の部位と比較して大きな閾値で抽出される。さらに、より小さな閾値 R_4 でクラスタリングを行うと、右脚、左脚がそれぞれ上腿（ 5 、 7 ）、下腿（ 6 、 8 ）に分類され、上半身から腕（ 3 ）が抽出される。さらに、より小さな閾値 R_5 でクラスタリングを行うと、上半身を頭部（ 1 ）、胸部（ 2 ）、腹部（ 4 ）にクラスタリングすることができる。以上のように、動きの不連続さを反映した階層構造によるクラスタリングが可能になる。これによって、ユーザが見たい粒度で被写体の各部位の動きを見ることができるといふ効果がある。

【0146】

すなわち、閾値を小さくしながら処理する場合は、一旦抽出されたクラスタに対して、より小さな閾値でそれぞれのクラスタをより詳細にクラスタリングすることで、すべての移動軌跡の分布を反映した階層的なクラスタリングが実現できる。

【0147】

また、領域分割候補生成部 501 は、距離算出部 103 で算出された複数の距離について、大きい値から小さい値の順に並べた場合における最初の不連続点を検出し、検出した不連続点よりも小さい複数の値を、複数の領域分割候補を生成するための複数の閾値として生成してもよい。

【0148】

さらには、次のように閾値 R_k を設定してもよい。まず、移動軌跡 i と N 番目に小さい距離となる移動軌跡 j を算出し、その値を閾値 R_k として設定し、 R_k が大きい順に処理を行ってもよい。この場合、 N は、例えば処理に用いる移動軌跡の数を設定したいクラスタ数で割った値とすることで、希望のクラスタ数に近いクラスタ数となる閾値 R_k を設定しやすくなる効果がある。つまり、領域分割候補生成部 501 は、動き解析部 102 で算出された複数の移動軌跡のそれぞれについて、当該移動軌跡との距離が N 番目に小さい距離を特定し、特定した複数の距離について大きい順から選択した複数の値を、複数の領域分割候補を生成するための複数の閾値として生成してもよい。

【0149】

次に、ステップ S603 にて、領域分割候補選択部 502 は、ステップ S602 で行った複数のクラスタリング結果から、あらかじめ設定したクラス数に最も近いクラス数となったクラスタリング結果を選択する。図 12 (a) ~ (f) に示される例で説明すると、クラス数 $M = 4$ と設定した場合には、閾値 R_2 の時のクラスタリング結果 (図 12 (e)) が選択される。また、クラス数 $M = 2$ と設定した場合には、閾値 R_1 の時のクラスタリング結果 (図 12 (c)) が選択され、出力部 105 にて、各移動軌跡にラベル付けした結果を出力する。

【0150】

なお、本実施の形態では、移動軌跡に対して上記式 3 もしくは上記式 4 のような距離を計算することによって、画素の位置と動きの類似性を考慮した領域分割が可能になる。そのため、図 12 (a) ~ (f) の例では、クラス数 $M = 2$ と設定した場合には、下半身の動きが上半身の動きと大きく異なることが反映されて、上半身と下半身とが別々のクラスタとして領域分割でき、クラス数 $M = 4$ と設定した場合には、 $M = 2$ の場合に加えて、頭部の動きと腕の動きの違い、上腿と下腿との動きの違いが反映され、頭部、腕、上腿 (じょうたい)、下腿 (かたい) を別々のクラスタとして領域分割することができる。

【0151】

なお、ここでは、閾値の数は 2 個に限るものではなく、何種類用意してもかまわない。また、設定したクラス数と同数のクラスタリング結果がない場合には、最も近いクラス数となったものを選択してもよいし、設定したクラス数よりも小さいクラス数の中から一番近いクラス数となったクラスタリング結果を選択してもよいし、同様に、設定したクラス数よりも大きいクラス数の中から一番近いクラス数となったクラスタリング結果を選択してもよい。

【0152】

また、複数の閾値 R_k を用いることによって、図 12 (f) に示すように、閾値 R_1 の時のクラスタリング結果と閾値 R_2 の時のクラスタリング結果を階層構造として得ることができるという効果がある。例えば、 $M = 2$ 、閾値 R_1 の場合のクラスタリングでは、上半身と下半身に分離され、 $M = 4$ 、閾値 R_2 の場合のクラスタリングでは、頭、腕等の各ボディパーツに分離される。そこで、 $M = 2$ 、閾値 R_1 で上半身に分離されたクラスタ c_1 と、 $M = 4$ 、閾値 R_2 で頭部に分離されたクラスタ c_1 と腕に分離されたクラスタ c_4 とは、図 12 (f) に示すように階層関係として得ることができる。このように、画像中の被写体の構造を階層構造として抽出することも可能である。

【 0 1 5 3 】

さらに、本方法は、同様の方法によって、一つの移動体のボディパーツの検出、領域分割だけでなく、複数人が存在するシーンにおいて、それぞれの移動体を検出、領域分割することも可能である。

【 0 1 5 4 】

このように、複数の閾値に対して、測地距離を用いて算出した不連続点をもとにクラスタリングを行い、規定したクラス数に最も近いクラスタリング結果を選択することによって、結果として検出及び領域分割を行うことができる。

【 0 1 5 5 】

以上のようにして、画素間の距離あるいは移動軌跡の類似性に基づいてクラスタリングを行うことによって、類似する移動軌跡がまとめられて領域分割が行われるので、距離が近く、かつ類似する動きをする部位が一つの領域として認識され、動画像中を移動する物体の領域を時間的に追跡した結果として、関節物体の姿勢によらずに、動画像中の移動体もしくは、移動体の部位の検出、移動体を含む画像の領域分割をすることができる。また、前処理として人物候補領域を設定する必要がなく、移動軌跡の類似性に基づいて複数の閾値を用いてクラスタリングを行うため、画像中でさまざまな大きさの移動体が存在する場合や、移動体の一部が隠れている場合に特に問題となる人物候補領域の検出ミス、それに起因する領域分割の失敗がない。

【 0 1 5 6 】

さらには、本実施の形態における不連続点に基づいたクラスタリングは、クラスタサイズの大きさに影響を受けないクラスタリングが可能であるため、大きな被写体と小さな被写体が混在する場合や、大きな動きの被写体と小さな動きの被写体が混在する場合においても、確実に抽出することが可能である。また、閾値を減少させながらクラスタリングを行うことで、粗いクラスタリングから詳細なクラスタリングまでを階層的に行うことができるため、シーンの構造や被写体のボディの構造を階層的に抽出することが可能になる。これにより、画像中の被写体の存在位置を抽出するような粗い画像の解析から、特定の画像領域や被写体領域の詳細な解析までを同一の方式で行えるという効果がある。また、抽出した階層構造は、すべての移動軌跡のデータ構造を示すことになるため、入力画像におけるシーンの構造を表すことも可能である。

【 0 1 5 7 】

以上のように、膨大なパラメータのフィッティングを必要とせずに、非線形空間でクラスタリングを行うことによって、形状が変化しながら移動する人物等を含む動画像に対しても正しく領域分割し、これによって動画像中の移動体の検出を行うことが可能となる。

【 0 1 5 8 】

(実施の形態 1 及び 2 の第 1 変形例)

次に、本発明の実施の形態 1 及び 2 の第 1 変形例における移動体検出装置について説明する。ここでは、実施の形態 1 及び 2 において移動体を検出及び部位を領域分割した結果を画像として表示する機能を付加した例について説明する。ここでは、実施の形態 1 における変形例について述べるが、実施の形態 1 の変形例、実施の形態 2 においても同様に適用可能である。このような第 1 変形例に係る移動体検出装置 100 b は、図 14 の機能ブロック図に示すように、画像入力部 101、動き解析部 102、距離算出部 103、領域分割部 104 及び出力部 105 a を備える。ここで、出力部 105 a は、実施の形態 1 に

おける出力部 105 の機能に加えて、画像表示部 1001 を有し、その画像表示部 1001 によって、分割した領域を画像としてモニタ等に表示することが可能である。

【0159】

画像表示部 1001 は、領域分割部 104 で得られた領域分割の結果を、画像入力部 101 で受け付けた動画像（ピクチャ）に重ねて表示する処理部であり、例えば、LCD 等のディスプレイ及びその表示制御部からなる。図 15（a）及び（b）は、画像表示部 1001 による表示例を示す図である。ここでは、図 15（a）に $M = 3$ として移動体をそれぞれ領域分割した例を、図 15（b）に $M = 8$ として、1つの移動体の領域分割を行った例を示す。このように、領域 m に対応する画像上での領域を色分け等して、分割された領域をそれぞれ区別できるようにしてモニタ等に表示する。図 15（a）のように移動体ごとに色分けして表示してもよいし、図 15（b）のように、部位ごとに別個に表示してもよい。つまり、図 15（a）及び（b）から分かるように、本発明に係る移動体検出装置は、上述した領域分割によって、複数の移動体を検出することもできるし（図 15（a））、一つの移動体を構成する複数の部分を検出する、つまり、一つの移動体に対して領域を分割することもできる（図 15（b））。

【0160】

ここで、上記式 2 に示した移動軌跡 i は、アウトライアを除いて領域 m のいずれかに対応する。そのため、領域 m に属する移動軌跡 i に基づいてピクチャ上の画素を選択し、領域ラベル m に基づいて色分け等を行えば容易に分割した領域を画像上に表示することができる。これによって、実施の形態 1 及び 2 で説明した、形状が変化しながら移動する人物等を含む動画像に対しても正しく領域分割できるという効果に加えて、分割した領域を動画像上に表示することで、ユーザがそれぞれの移動体もしくは移動体の部位、さらにはその動きを区別しやすくなるという効果がある。

【0161】

（実施の形態 1 及び 2 の第 2 変形例）

次に、本発明の実施の形態 1 及び 2 の第 2 変形例における移動体検出装置について説明する。ここでは、実施の形態 1 及び 2 において移動体を検出及び部位を領域分割した結果をそれぞれ分割した領域ごとに記録・送信する機能を付加した例について説明する。ここでは、実施の形態 1 における変形例について述べるが、実施の形態 1 の変形例、実施の形態 2 においても同様に適用可能である。このような第 2 変形例に係る移動体検出装置 100c は、図 16 の機能ブロック図に示すように、画像入力部 101、動き解析部 102、距離算出部 103、領域分割部 104 及び出力部 105b を備える。ここで、出力部 105b は、実施の形態 1 における出力部 105 の機能に加えて、記録・送信部 1201 を有する。

【0162】

記録・送信部 1201 は、領域分割部 104 での領域分割の結果に基づいて、画像入力部 101 で受け付けたピクチャにおける領域を特定し、特定した領域ごとに、対応する領域分割の結果を、メモリやハードディスク等の記録媒体に記録する、又は、通信インターフェース等を介して外部に送信する処理部である。つまり、この記録・送信部 1201 は、画像表示の場合と同様に、領域分割した結果画像を領域ラベル m に応じてそれぞれ別々に記録・送信する。また、各領域に属する動き情報を以下のように平均化することで、動き情報を圧縮することも可能である。通常であれば画素ごとに動き情報を保持する必要があるが、以下の処理を行えば 1つの領域に対して 1つの動きを保持するだけでよい。例えば、動き情報として画素 i の動きベクトル (u_i^t, v_i^t) を用いた場合には、以下のように分割された領域ごとに平均化した動き情報を計算することができる。

【0163】

【数 2 5】

$$u_t^m = \frac{1}{C_m} \sum_{c_m=1}^{C_m} u_t^{c_m} \quad (\text{式 2 5})$$

【0 1 6 4】

【数 2 6】

$$v_t^m = \frac{1}{C_m} \sum_{c_m=1}^{C_m} v_t^{c_m} \quad (\text{式 2 6})$$

【0 1 6 5】

ここで、 C_m は、領域 m に属する画素数もしくは移動軌跡の数である。 $u^{c_m}_t, v^{c_m}_t$ は、それぞれ、領域 m に属する画素の動きベクトルである。図 1 7 に図 1 5 (a) に示される処理結果について時刻 T から t 枚の画像を入力として領域分割を行い、その結果を用いてセグメント領域を記録、送信する例を示す。識別子として各領域ラベル m と、各領域ラベル 1 から 3 に属する時刻 T におけるピクチャの画素位置と画素値、そして、各領域ラベルに対応する時刻 T から時刻 $T + t$ までの動きベクトル $u^m_T, v^m_T, u^m_{T+1}, v^m_{T+1}, \dots, u^m_{T+t}, v^m_{T+t}$ を記録、送信する。もちろん、画像の画素位置と画素値を用いる代わりに、時刻 T における 1 枚のピクチャに対して、画素ごとに各領域ラベルを付けて送信してもかまわない。これにより、動き情報を領域数分送信するだけで済むために、ピクチャを t 枚送信する場合と比べて、効率よく記録、送信することができるといった効果がある。特に、領域数が画素数に比べて少なければ少ないほど効率がよい。さらには、図 1 3 (c) に示したように、階層的なクラスタリング結果に応じて、記録、送信しても良い。たとえば、データの記憶容量や転送容量が小さい場合は、より大きな閾値でのクラスタリング結果に対応する動きベクトルを記録、送信しても良いし、階層順に粗いクラスタリング結果に基づいた動きベクトルから、詳細なクラスタリング結果に基づいた動きベクトルを順次、記録、送信しても良い。このように、記録時間や送信容量に適応的な記録、送信が可能になるといった効果がある。

【0 1 6 6】

なお、アフィン動きを用いて動き情報を圧縮する場合は上記、式 2 5 及び上記式 2 6 の代わりに、アフィン動きに基づいて移動した画素位置の平均値を計算するとよい。以上のようにして、画素の動き情報を圧縮しながら領域の記録、送信が可能である。これによって、実施の形態 1 及び 2 で説明した、形状が変化しながら移動する人物等を含む動画像に対しても正しく領域分割できるという効果に加えて、それぞれの領域に対して 1 つの動き情報を用いることで高い符号化効率を実現できるという効果がある。

【0 1 6 7】

さらには、別途、セグメント領域復元部を設けることによって、送信、記録した情報を復元することも可能である。具体的には、図 1 5 (a) 及び (b) に示した各領域ラベルに対応する画素位置と画素値から、時刻 T のピクチャを復元する。さらに、画素の移動軌跡情報を用いて、時刻 T の各画素を移動させることによって、時刻 $T + 1$ から $T + t$ のピクチャを復元することが可能である。ここで、固定カメラを用いる場合には、画素の移動軌跡情報が 0 でない情報のみを用い、さらにセグメント領域復元部にて背景画像をあらかじめ取得、保持しておくことで、復元した画像を背景画像に上書きしても良い。これによ

り、効率よく送信、記録された情報を用いて、低計算量でピクチャとして復元できるといった効果がある。

【0168】

(実施の形態1及び2の第3変形例)

次に、本発明の実施の形態1及び2の第3変形例における移動体検出装置について説明する。ここでは、2つ以上の距離尺度を用いることで、検出と領域分割をより高精度に実現する例について説明する。ここでは、実施の形態1における変形例について述べるが、実施の形態1の変形例、実施の形態2においても同様に適用可能である。このような第3変形例に係る移動体検出装置は、実施の形態1と同じ構成であるため、その構成の説明は省略する。

【0169】

実施の形態1及び2と異なる点は、距離算出部103での処理である。

【0170】

距離算出部103では、より高精度に処理するために、追加のパラメータを用いている点が実施の形態1と異なる。以下、実施の形態1と異なる点を中心に説明する。

【0171】

距離算出部103は、移動軌跡間の画像上での距離及びその変動に関する距離尺度と、画素間が画像上で成す角度(つまり、画素どうしを接続する直線の傾斜角度(その直線とピクチャの横軸とが成す角度))及びその変動に関する距離尺度とを用い、それぞれの距離尺度について距離マトリクスを算出する。そして、両マトリクスを統合することによって、より高精度な処理を実現する。

【0172】

ここでは、図3に示した処理のフローチャートに沿って説明する。まず、ステップS101からS103までは実施の形態1と同じであるため、説明を省略する。

【0173】

次に、ステップS104にて、距離算出部103は、上記式2で算出した移動軌跡*i*を用いて画素動きの類似性を含む距離マトリクスを算出する。ここでは、上記式3もしくは上記式4に示した距離 $f(i, j)$ に加えて、2つ目の距離尺度として、画素*i*と画素*j*が成す角度に基づいた、以下の式27で示される距離 $f_2(i, j)$ を用いる例について説明する。

【0174】

【数27】

$$f_2(i, j) = a_mean_{ij} + w_a \cdot \sqrt{a_var_{ij}} \quad (\text{式27})$$

【0175】

ここで、 w_a は重み係数であり、設計者が設定するパラメータである。また、 a_mean_{ij} 、 a_var_{ij} については以下に示す。

【0176】

【数28】

$$a_mean_{ij} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T a_{ij}^t \quad (\text{式28})$$

【0177】

【数 2 9】

$$a_var_{ij} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (a_{ij}^t - a_mean_{ij})^2 \quad (\text{式 2 9})$$

ここで、

【0 1 7 8】

【数 3 0】

$$a_{ij} = \arctan\left(\frac{y_t^i - y_t^j}{x_t^i - x_t^j}\right) \quad (\text{式 3 0})$$

【0 1 7 9】

上記のように、画素*i*と画素*j*が成す角度及びその変動成分を用いて画素の動きの類似性を表現することができる。これによって、剛体のみならず、関節物体等の特に回転運動を伴う形状変化を捉えることができる。

【0 1 8 0】

なお、 $f_2(i, j)$ は、画素動きの類似性を評価できる距離値であれば何を用いてもよく、例えば上記式28～式30の代わりに下記の式31から式33を用いてもよいし、下記の式33の代わりに上記式2のアフィンパラメータ A^i を用いた下記の式34を用いてもよい。下記式31から式33は、画素*i*と画素*j*の動きベクトルの角度差及びその変動成分を用いて画素の動きの類似性を表現することができる。これによって、回転を含む動きの変化を捉えることができる。下記式34は、画素*i*と画素*j*の近傍ブロックのアフィンパラメータの差及びその変動成分を用いて画素の動きの類似性を表現することができる。これによって、回転、並進移動、スケール変化を含む動きの変化を捉えることができる。

【0 1 8 1】

【数 3 1】

$$a_mean_{ij} = \frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^{T-1} a_{ij}^t \quad (\text{式 3 1})$$

【0 1 8 2】

【数 3 2】

$$a_var_{ij} = \frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^{T-1} (a_{ij}^t - a_mean_{ij})^2 \quad (\text{式 3 2})$$

ただし、

【 0 1 8 3 】

【 数 3 3 】

$$a_{ij}^t = \arctan\left(\frac{y_{t+1}^i - y_t^i}{x_{t+1}^i - x_t^i}\right) - \arctan\left(\frac{y_{t+1}^j - y_t^j}{x_{t+1}^j - x_t^j}\right) \quad (\text{式 3 3})$$

【 0 1 8 4 】

【 数 3 4 】

$$a_{ij}^t = \left\| A_t^i - A_t^j \right\| \quad (\text{式 3 4})$$

【 0 1 8 5 】

次に、次式 3 5 のように、上記式 3 で求めた距離マトリクスに上記式 2 7 で算出した距離マトリクスを追加する。ここでは、画素間の距離と画素間が成す角度の 2 つについて説明するが、他の画素動きの類似性を表現した距離を用いて 3 つ以上の距離を求めてもかまわない。

【 0 1 8 6 】

【 数 3 5 】

$$f(i, j) = f_1(i, j) + w \cdot f_2(i, j) \quad (\text{式 3 5})$$

【 0 1 8 7 】

ここで、w は、設計者が設定する重み係数である。

【 0 1 8 8 】

上記式 3 5 で算出した距離マトリクスを用いて、ステップ S 1 0 5 以降、同様の処理を行えばよいので以降の説明を省略する。

【 0 1 8 9 】

以上のようにして、本実施の形態の移動体検出装置によれば、画素間の画像上での距離及びその変動に関する距離尺度と、画素間が画像上で成す角度及びその変動に関する距離尺度とを用い、それぞれの距離尺度について距離マトリクスを算出し、それぞれの距離マトリクスを統合した後、連続性に基づいてクラスタリングを行うことで、より高精度に動画像中を移動する物体の領域を時間的に追跡した結果として検出、領域分割することができる。さらに、画素間がピクチャ上で成す角度とその変動を距離尺度として用いることによって、特に関節運動に起因する回転運動をより正確に捉えることができる。また、前処理として人物候補領域を設定する必要がなく、移動軌跡の類似性に基づいてクラスタリングを行うため、画像中でさまざまな大きさの移動体が存在する場合や、移動体の一部が隠れている場合に特に問題となる人物候補領域の検出ミス、それに起因する領域分割の失敗がない。

【 0 1 9 0 】

以上のようにして、より高精度に、形状が変化しながら移動する人物等の移動体を検出及び部位を領域分割することができる。

【 0 1 9 1 】

(実施の形態 3)

本実施の形態では、実施の形態 1 及び 2 で説明した移動体検出方法を用いて、移動体を検出及び領域分割を行った結果から、移動体の動きを予測する機能を付加した移動体検出装置について説明する。ここでは、実施の形態 1 に沿って説明するが、実施の形態 1、2、それらの変形例においても同様に実現可能である。

【0192】

図 18 は、実施の形態 3 における移動体検出装置 100d の構成を示す機能ブロック図である。図 18 に示すように、本実施の形態における移動体検出装置 100d は、画像入力部 101、動き解析部 102、距離算出部 103、領域分割部 104、出力部 105 に動き予測部 1401 を付加することによって、移動体の動きを予測する機能を有する。

【0193】

動き予測部 1401 は、領域分割した結果から、各領域に含まれる画素の移動軌跡から代表軌跡を算出し、前記代表軌跡をもとに移動体の動きを予測する。図 19 に実施の形態 3 による処理のフローチャートを示す。ステップ S101 から S106 までは、実施の形態 1 と同様であるため説明を省略する。

【0194】

次に、ステップ S1501 では、動き予測部 1401 は、ステップ S105 及び S106 で行った領域分割結果を用いて、以下のようにクラスタの代表点及びその代表軌跡を求める。

【0195】

ここで、領域 m に属する画素の移動軌跡を x^{C_m} と表現することとする。次の式 36 のように、クラスタ領域 m ごとに代表の移動軌跡を求める。ここでは、代表の移動軌跡として、平均移動軌跡を算出する例について説明するが、下記の計算に対して画素の移動軌跡 x^{C_m} ごとに重み付け等を行ってもよいし、画像上でのクラスタの重心に対応する画素の移動軌跡を代表の移動軌跡としてもよい。

【0196】

【数 36】

$$\overline{\mathbf{x}}^m = \frac{1}{C_m} \sum_{c=1}^{C_m} \mathbf{x}^{c_m} \quad (\text{式 36})$$

【0197】

ここで、 C_m は、領域 m に属する画素数もしくは画素の移動軌跡の数である。

【0198】

図 20 に上記式 36 に基づいてクラスタ領域 m ごとに代表の移動軌跡を求める例を示す。ただし、見やすさを考慮して、頭部に対応するクラスタ領域 1 と脚部に対応するクラスタ領域 8 に関する代表の移動軌跡のみを示している。図中の x は、それぞれ時刻 t に対応する x^{C_m} の要素であり画素位置を示している。さらに、上記式 3 や上記式 4 に示したように、非線形空間上でのクラスタリングによる領域分割は、画素動きの類似性を考慮して行われるため、単純に近接した画素の移動軌跡の時間平均を求めるような方法と比較して、動きが類似した画素の移動軌跡のみを用いて算出できるため、より高精度に代表の移動軌跡を求めることができる。このように、クラスタ領域ごとに代表の移動軌跡を求めることによって、部位ごとの動きを正確かつ簡便に表現することができる。

【0199】

次に、ステップ S1502 では、動き予測部 1401 は、ステップ S1501 にて算出した代表の移動軌跡から、時刻 T より先の時刻における移動体の位置を予測する。初めに、代表の移動軌跡から加速度を算出し、 $T+1$ 以降の移動体の位置を予測する例について説明する。3 枚以上の時系列画像が入力された場合は、次の式 37 のように代表の移動軌跡 x^{C_m} ごとに加速度ベクトル s^m を得ることができる。

【 0 2 0 0 】

【 数 3 7 】

$$\mathbf{s}_{t+1}^m = \{ \mathbf{u}_{t+1}^{m1} - \mathbf{u}_t^m \} - \{ \mathbf{u}_t^m - \mathbf{u}_{t-1}^n \} \quad (\text{式 3 7})$$

【 0 2 0 1 】

ここで、 \mathbf{u}_t^m は動きベクトルであり、次の式 3 8 のように表すことができる。

【 0 2 0 2 】

【 数 3 8 】

$$\mathbf{u}_t^m = (u_t^m, v_t^m) \quad (\text{式 3 8})$$

【 0 2 0 3 】

上記式 3 7 の加速度ベクトルを用いて、図 2 0 にて破線の矢印及び \mathbf{s}_T^m で示したように、移動体の部位ごとに、時刻 $T + t'$ における移動体の部位位置 $\text{pos}_m(T + t')$ を以下の式 3 9 のように予測することができる。ここでは、移動体の部位を例として挙げたが、図 1 5 (a) 及び (b) に示した検出例から、移動体ごとの位置を予測することも可能である。

【 0 2 0 4 】

【 数 3 9 】

$$\text{pos}_m(T + t') = \text{pos}_m(T) + t' \mathbf{u}_T^m + \frac{1}{2} t'^2 \mathbf{s}_T^m \quad (\text{式 3 9})$$

【 0 2 0 5 】

そして、出力部 1 0 5 にて、ステップ S 1 5 0 2 で予測した移動体の位置や移動体部位の位置を出力する。これにより、加速度を加味した予測が可能である。動きが急激に早くなったり、急激に止まったりといった場合に、その加速度を反映して移動体の位置を予測することができるといった効果がある。また、動きベクトルの代わりにアフィンパラメータを用いてもかまわない。アフィンパラメータは、回転運動を含む動きの表現が可能であり、腕あるいは足の回旋運動の表現に適しているため、特に関節物体の位置をより正確に予測することができる。

【 0 2 0 6 】

さらに、前述した動きベクトルと加速度の代わりに、代表の移動軌跡 x^m に対して直接 N 次関数をフィッティングすることも可能である。T 枚の時系列に並んだ画像を入力とした場合、 x^m に含まれる T 個の画像上での位置情報に対して N 次の関数でフィッティングすることができる。これにより、フィッティングした関数の値に沿うように、時刻 $(T + t')$ における画像上での位置 $\text{pos}_m(T + t')$ を推定することが可能である。具体的には、関数でフィッティングすることによって、より滑らかな動きを表現することが可能となるため、より高精度な予測が可能となる。特に、フィッティングした関数に沿った予測が可能であるため、フィッティングした関数が本来の動きに近い場合に動き予測の精度が高い。もちろん、これらの画像上での位置予測は、時間的内挿にも利用可能である。

【 0 2 0 7 】

以上のように、本実施の形態によれば、動きが類似した画素の移動軌跡を同一のクラスターとして算出できるため、高精度に代表の移動軌跡を求めることができる。特に関節物体等に対して部位ごとの動きを表現することが可能であり、前処理として人物候補領域を設定することなく、高精度に移動体の部位位置を予測することが可能であるという効果がある。

【0208】

以上、本発明に係る移動体検出方法及び移動体検出装置について、実施の形態及びその変形例に基づいて説明したが、本発明は、これらの実施の形態及び変形例に限定されるものではない。当業者が思いつく各種変形を、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で各実施の形態に施して実現される形態も本発明に含まれる。

【0209】

また、これまでに説明した全ての実施の形態及び全ての変形例における特徴的な構成要素を任意に組合せて実現される形態も本発明に含まれる。

【0210】

(測地距離変換の補足)

最後に、測地距離変換を用いた領域分割によって分割される画像上の領域の性質について説明する。ここでは、一例として、実施の形態2で説明した方法を用いた場合に、領域分割可能な移動体の性質について補足する。図21(a)~(c)に実施の形態2の方法を用いた場合に分離可能な図形の一例を示す。実施の形態2の方法を用いることで、それぞれ図形 γ_1 と γ_2 とに領域分割することが可能である。ここでは、図21(a)~(c)に示したそれぞれの図形 γ_1 と γ_2 の移動方向は、同一であっても、異なってもかまわない。ただし、図形 γ_1 に属する画素はすべて同じ動きであり、かつ図形 γ_2 に属する画素はすべて同じ動きであることが条件である。

【0211】

実施の形態2におけるステップS601では、図5に示したような特徴を持つ測地距離変換を行う。これによって、通常のユークリッド距離とは異なり、移動軌跡から移動軌跡を辿(たど)った距離を算出することができるという特徴がある。そのため、図21(a)から(c)に共通するように湾曲した形状に対して、その形状に沿った距離を算出することができる。

【0212】

さらに、ステップS602では、測地距離が無限大となる移動軌跡と移動軌跡の間を不連続点としてクラスタリングを行う。このため、移動軌跡と移動軌跡の間に閾値以上の距離がある場合には、その不連続点をもとに、それぞれ γ_1 と γ_2 とを領域分割することが可能である。

【0213】

以上のように、測地距離変換を伴う領域分割を用いれば、湾曲した形状を含む移動体でかつ一定の不連続点がある場合に、不連続点をもとに領域を分割することが可能である。

【0214】

一方で、ステップS601の処理を行わない場合には、 γ_1 に属する移動軌跡と γ_2 に属する移動軌跡との距離がユークリッド距離で算出されるため、図5で説明した場合と同様に、点iと点jの距離は、点iと点kの距離より大きくなる。すなわち、同一クラスに属している点間の距離が別クラスに属している点間の距離よりも大きくなる。さらに、ステップS602の処理にて、測地距離変換を行わないとデータを辿(たど)る処理を行わないために、隣接する移動軌跡と移動軌跡の間が不連続か連続かを判断することができない。そのため、図21(a)~(c)に示すような例では、湾曲した形状を含む移動体でかつ一定の不連続点がある場合に、不連続点をもとに領域を分割することは難しい。

【0215】

よって、本発明に係る移動体検出方法及び装置では、このような測地距離を用いたクラスタリングにより、直線的な距離であるユークリッド距離を用いたクラスタリングに比べ、移動軌跡間の類似性に関する連続性を考慮したクラスタリングが行われ、入り組んだ複雑な関係の領域どうしであっても、同一の物体(又は部位)に属するか別個の物体(又は部位)に属するかが確実に弁別される。

【産業上の利用可能性】

【0216】

本発明は、動画像中の移動体の全部又は一部を検出する装置、つまり、複数枚の画像に

おける1個以上の画素からなるブロックの動きに基づいて、形状が変化しながら移動する人物等の移動体を含む画像を領域分割することによって画像中の移動体を検出する移動体検出装置として、例えば、運動解析装置、監視装置、ビデオカメラあるいはTV等のAV機器に内蔵させる移動体検出装置等として利用することが可能である。

【符号の説明】

【0217】

- 100、100a～100d 移動体検出装置
- 101 画像入力部
- 102 動き解析部
- 103 距離算出部
- 104、104a 領域分割部
- 105、105a、105b 出力部
- 501 領域分割候補生成部
- 502 領域分割候補選択部
- 1001 画像表示部
- 1201 記録・送信部
- 1401 動き予測部

【手続補正2】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

動画像中の移動体の全部又は一部の領域を分割することによって動画像中の移動体を検出する方法であって、

動画像を構成する複数枚のピクチャを受け付ける画像入力ステップと、

前記ピクチャを構成する1個以上の画素からなるブロックごとに、時間的に隣接する2枚のピクチャ間での画像の動きを検出し、検出した動きを前記複数枚のピクチャについて連結することで、移動軌跡を算出する動き解析ステップと、

前記動き解析ステップで算出された複数の移動軌跡について、移動軌跡間の類似性を表す距離を算出する距離算出ステップと、

前記距離算出ステップで算出された距離のうち、予め定められた閾値よりも小さい距離を連結することで、前記距離算出ステップで算出された距離を測地距離に変換し、得られた測地距離の分布における不連続点を検出し、検出した不連続点よりも小さい測地距離だけ離れた移動軌跡を一つのクラスタとすることによって前記領域分割をする領域分割ステップと、

前記領域分割ステップで領域分割された結果を出力する出力ステップとを含む移動体検出方法。

【請求項2】

前記領域分割ステップでは、前記距離から前記測地距離への変換において、第1の移動軌跡と第2の移動軌跡との間の距離を測地距離に変換する場合には、前記距離算出ステップで算出された距離のうち、前記予め定められた閾値よりも小さい距離だけ離れた移動軌跡をたどりながら前記第1の移動軌跡から前記第2の移動軌跡に至る経路の距離を、測地距離として算出する

請求項1記載の移動体検出方法。

【請求項3】

前記領域分割ステップでは、前記距離算出ステップで算出された距離を測地距離に変換するときに、前記複数の移動軌跡の分布における密集度が大きいほど小さい測地距離となるような重み付けをしたうえで、前記変換をする

請求項 1 記載の移動体検出方法。

【請求項 4】

前記領域分割ステップは、前記領域分割に用いられる閾値を複数生成し、生成した複数の閾値のそれぞれについて、前記距離算出ステップで算出された距離のうち、当該閾値よりも小さい距離を連結することで、前記距離算出ステップで算出された距離を前記測地距離に変換し、得られた複数の測地距離の分布における不連続点を検出し、検出した不連続点よりも小さい測地距離だけ離れた移動軌跡を一つのクラスタとすることによって前記領域分割をし、その領域分割の結果を領域分割候補として生成する領域分割候補生成ステップと、

クラス数についての指示を取得し、所得したクラス数と同じもしくは最も近い個数の領域に分割された領域分割候補を前記領域分割候補生成ステップで生成された複数の領域分割候補から選択し、選択した領域分割候補を前記領域分割の結果として出力する領域分割候補選択ステップを含む

請求項 1 記載の移動体検出方法。

【請求項 5】

前記領域分割候補生成ステップでは、前記距離算出ステップで算出された複数の距離における最大値と最小値との間の複数の値を、前記閾値として、生成する

請求項 4 記載の移動体検出方法。

【請求項 6】

前記領域分割候補生成ステップでは、前記距離算出ステップで算出された複数の距離について、閾値を大きい値から小さい値の順に並べた場合における最初の不連続点を検出し、検出した不連続点よりも小さい複数の値を、前記複数の閾値として、生成する

請求項 4 記載の移動体検出方法。

【請求項 7】

前記領域分割候補生成ステップでは、前記距離算出ステップで算出された複数の距離について不連続点の検出を行い、閾値の大小に基づいて階層的に前記領域分割をする

請求項 4 記載の移動体検出方法。

【請求項 8】

前記領域分割候補生成ステップでは、前記距離算出ステップで算出された複数の距離について、閾値を大きい値から不連続点の検出を行い、分割されたクラスタに対して、それぞれ、より小さな閾値を用いて不連続点の検出を行い、階層的に前記領域分割をする

請求項 7 記載の移動体検出方法。

【請求項 9】

前記領域分割候補生成ステップでは、前記距離算出ステップで算出された複数の距離の平均値又は中央値を中心に増加及び減少させて得られる複数の値を、前記複数の閾値として、生成する

請求項 4 記載の移動体検出方法。

【請求項 10】

前記領域分割候補生成ステップでは、前記動き解析ステップで算出された複数の移動軌跡のそれぞれについて、当該移動軌跡との距離が N 番目に小さい距離を特定し、特定した複数の距離について大きい順から選択した複数の値を、前記複数の閾値として、生成する

請求項 4 記載の移動体検出方法。

【請求項 11】

前記領域分割ステップでは、前記動き解析ステップで算出された複数の移動軌跡のそれぞれについて、前記距離が小さい順に予め定められた個数の移動軌跡を選択し、選択されなかった移動軌跡との距離を無限大に変更する非線形化をした後に、前記複数の距離のそれぞれを測地距離に変換する

請求項 1 記載の移動体検出方法。

【請求項 12】

前記領域分割ステップでは、前記動き解析ステップで算出された複数の移動軌跡のそれ

それぞれについて、前記距離が予め定められた閾値以下の移動軌跡を選択し、選択されなかった移動軌跡との距離を無限大に変更する非線形化をした後に、前記複数の距離のそれぞれを測地距離に変換する

請求項 1 記載の移動体検出方法。

【請求項 1 3】

前記動き解析ステップでは、前記動きの検出として、前記動きを示す 2 次元動きベクトル又はアフィンパラメータを算出する

請求項 1 記載の移動体検出方法。

【請求項 1 4】

前記距離算出ステップでは、前記距離の算出として、前記ブロックの移動軌跡間の類似性に加えて、前記ピクチャでの前記ブロック間の距離及び前記ブロックどうしを接続する直線の傾斜を示す角度の少なくとも 1 つを算出する

請求項 1 記載の移動体検出方法。

【請求項 1 5】

前記出力ステップは、前記領域分割ステップで得られた領域分割の結果を、前記画像入力ステップで受け付けたピクチャに重ねて表示する表示ステップを含む

請求項 1 記載の移動体検出方法。

【請求項 1 6】

前記画像入力ステップでは、2 つ以上の移動体が含まれる動画像を受け付け、
前記領域分割ステップでは、前記 2 以上の移動体について前記領域分割をすることで、2 以上の移動体を検出する

請求項 1 記載の移動体検出方法。

【請求項 1 7】

前記移動体検出方法はさらに、前記領域分割ステップで特定された領域を構成するブロックの移動軌跡から、当該領域を代表する移動軌跡を算出し、算出した代表の移動軌跡に従って当該領域が移動すると予測することで、前記移動体の動きを予測する動き予測ステップを含む

請求項 1 記載の移動体検出方法。

【請求項 1 8】

前記出力ステップは、前記領域分割ステップでの領域分割の結果に基づいて、前記画像入力ステップで受け付けたピクチャにおける領域を特定し、特定した領域ごとに、対応する領域分割の結果を、記憶手段に記録する、又は、送信する記録・送信ステップを含む

請求項 1 記載の移動体検出方法。

【請求項 1 9】

動画像中の移動体の全部又は一部の領域を分割することによって動画像中の移動体を検出する移動体検出装置であって、

動画像を構成する複数枚のピクチャを受け付ける画像入力部と、

前記ピクチャを構成する 1 個以上の画素からなるブロックごとに、時間的に隣接する 2 枚のピクチャ間での画像の動きを検出し、検出した動きを前記複数枚のピクチャについて連結することで、移動軌跡を算出する動き解析部と、

前記動き解析部で算出された複数の移動軌跡について、移動軌跡間の類似性を表す距離を算出する距離算出部と、

前記距離算出部で算出された距離のうち、予め定められた閾値よりも小さい距離を連結することで、前記距離算出部で算出された距離を測地距離に変換し、得られた測地距離の分布における不連続点を検出し、検出した不連続点よりも小さい測地距離だけ離れた移動軌跡を一つのクラスタとすることによって前記領域分割をする領域分割部と、

前記領域分割部で領域分割された結果を出力する出力部と

を備える移動体検出装置。

【請求項 2 0】

動画像中の移動体の全部又は一部の領域を分割することによって動画像中の移動体を検

出する移動体検出装置のためのプログラムであって、

請求項 1 記載の移動体検出方法に含まれるステップをコンピュータに実行させるプログラム。

【請求項 2 1】

動画像を構成する複数枚のピクチャを受け付ける画像入力ステップと、

前記ピクチャを構成する 1 個以上の画素からなるブロックごとに、時間的に隣接する 2 枚のピクチャ間での画像の動きを検出し、検出した動きを前記複数枚のピクチャについて連結することで、移動軌跡を算出する動き解析ステップと、

前記動き解析ステップで算出された複数の移動軌跡について、移動軌跡間の類似性を表す距離を算出する距離算出ステップと、

前記距離算出ステップで算出された距離が小さい順に移動軌跡のペアを同一クラスタとして統合する処理をクラスタ数が規定の数になるまで繰り返すことによって、距離が一定以上離れた不連続点をクラスタの境界として前記領域分割をする領域分割ステップと、

前記領域分割ステップでの領域分割の結果を出力する出力ステップと

を含む移動体検出方法。

【手続補正 3】

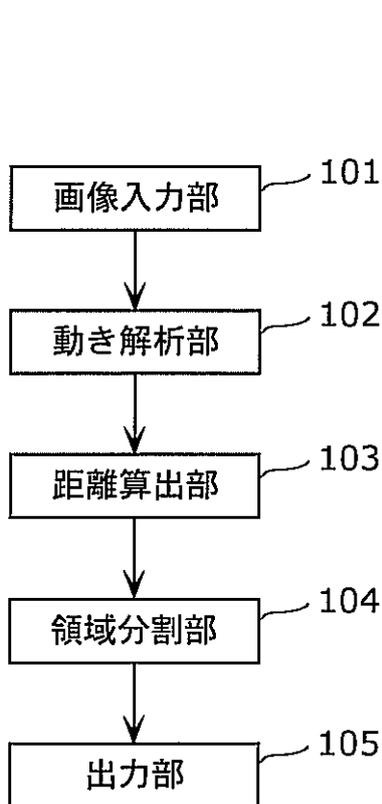
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】全図

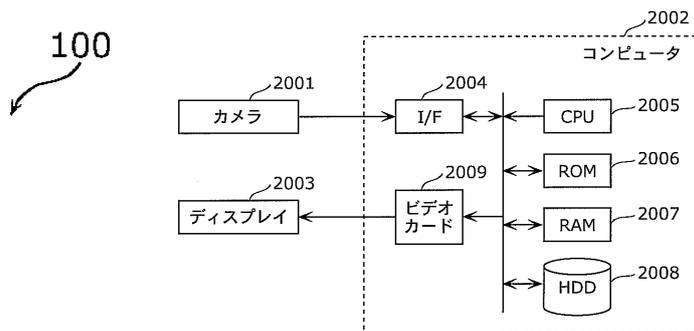
【補正方法】変更

【補正の内容】

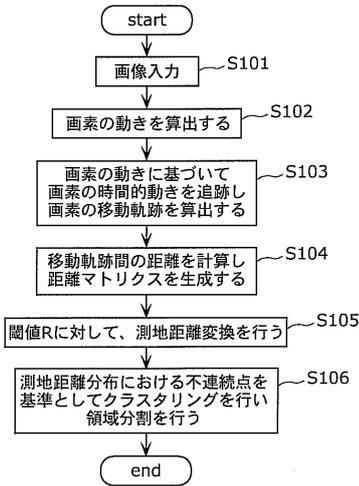
【図 1】



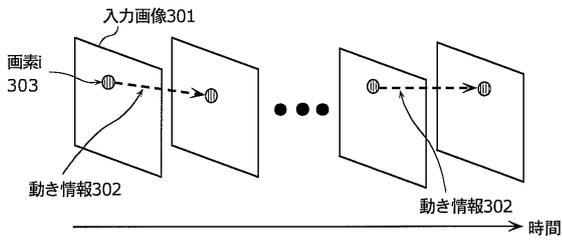
【図 2】



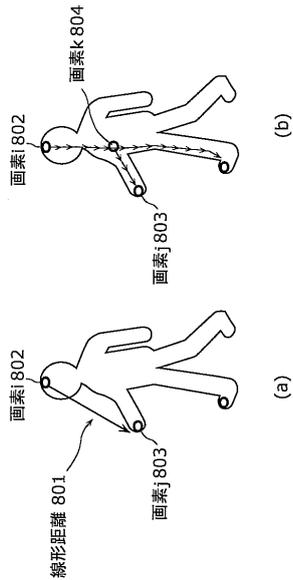
【 図 3 】



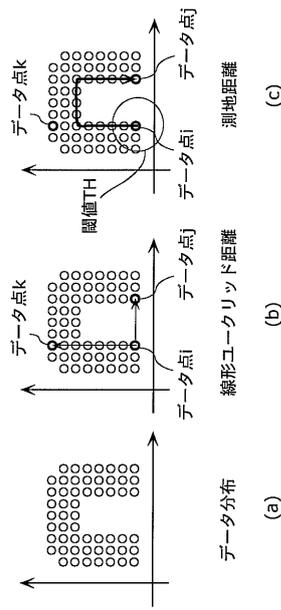
【 図 4 】



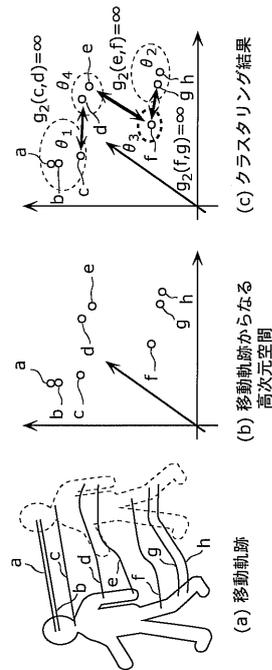
【 図 6 】



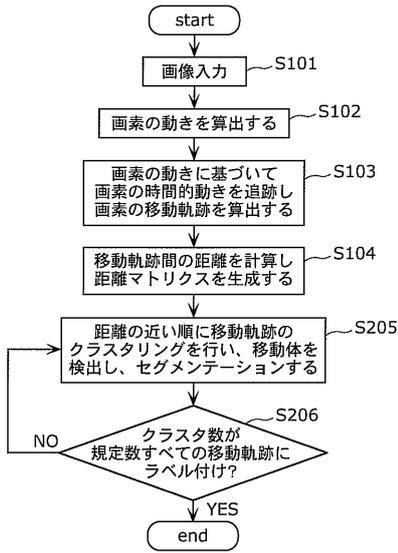
【 図 5 】



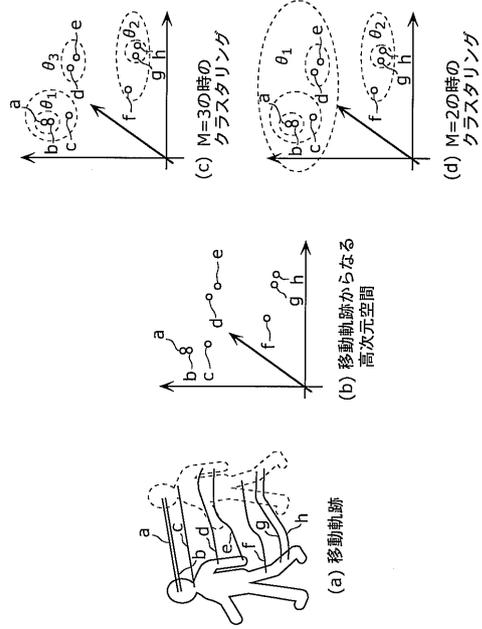
【 図 7 】



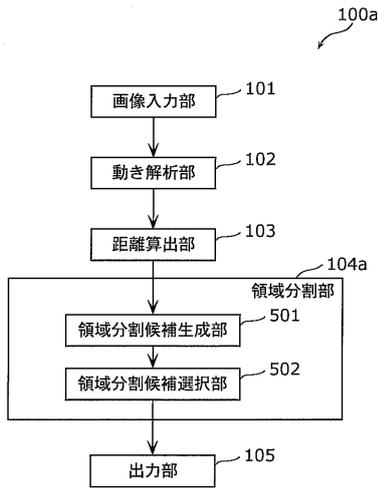
【 図 8 】



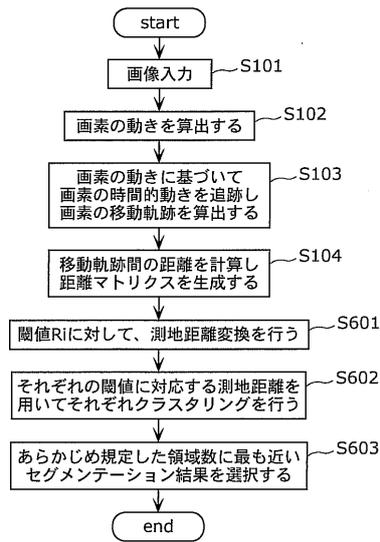
【 図 9 】



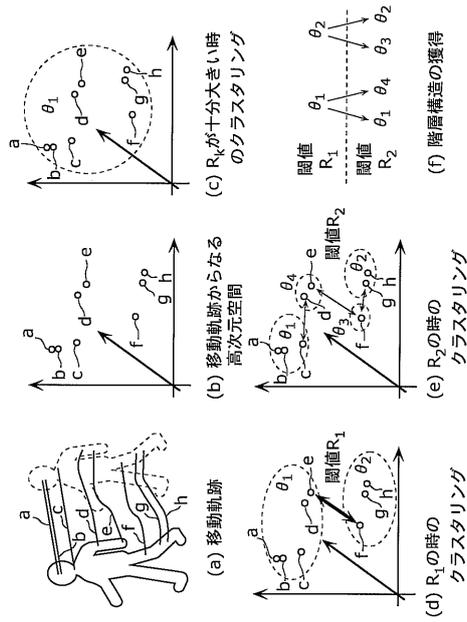
【 図 10 】



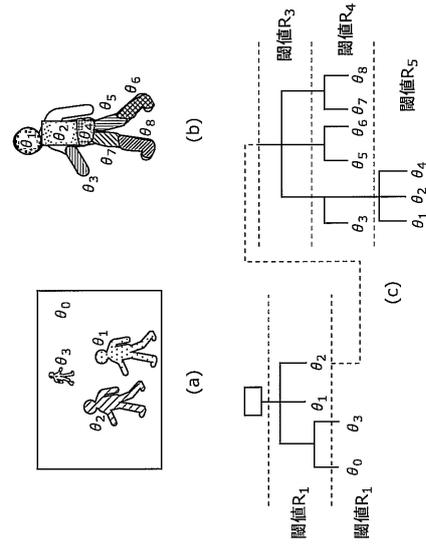
【 図 11 】



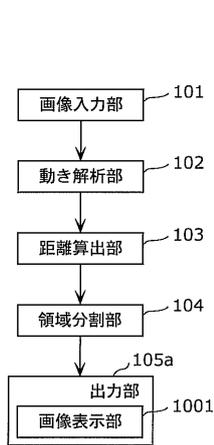
【 図 1 2 】



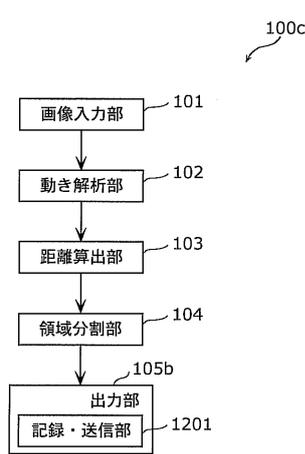
【 図 1 3 】



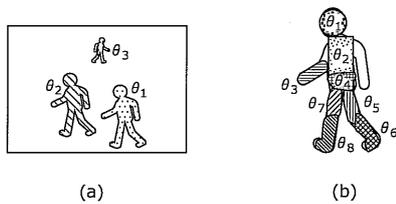
【 図 1 4 】



【 図 1 6 】



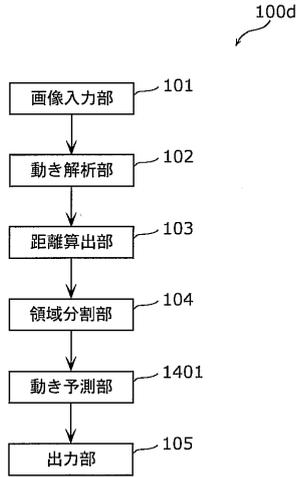
【 図 1 5 】



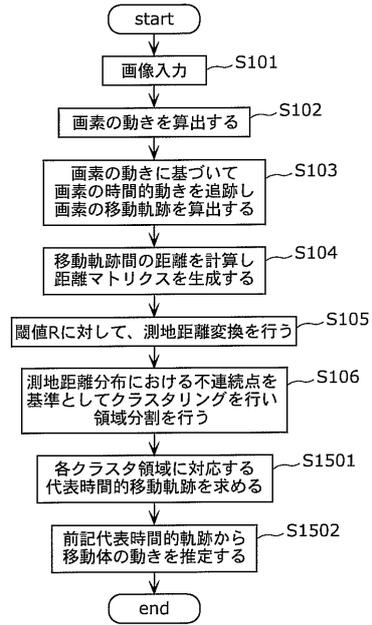
【 図 1 7 】

ラベル	画素値と画素位置	画素の移動軌跡情報
θ_1	時刻Tの画像中で θ_1 に属する画素の画素位置と画素値	$u_T^1, v_T^1, u_{T+1}^1, v_{T+1}^1, \dots, u_{T+t}^1, v_{T+t}^1$
θ_2	時刻Tの画像中で θ_2 に属する画素の画素位置と画素値	$u_T^2, v_T^2, u_{T+1}^2, v_{T+1}^2, \dots, u_{T+t}^2, v_{T+t}^2$
θ_3	時刻Tの画像中で θ_3 に属する画素の画素位置と画素値	$u_T^3, v_T^3, u_{T+1}^3, v_{T+1}^3, \dots, u_{T+t}^3, v_{T+t}^3$

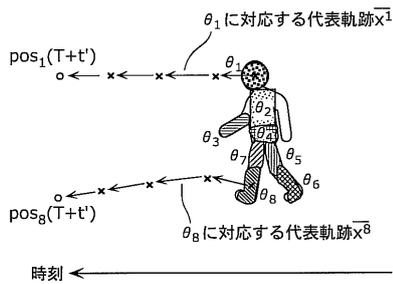
【 図 1 8 】



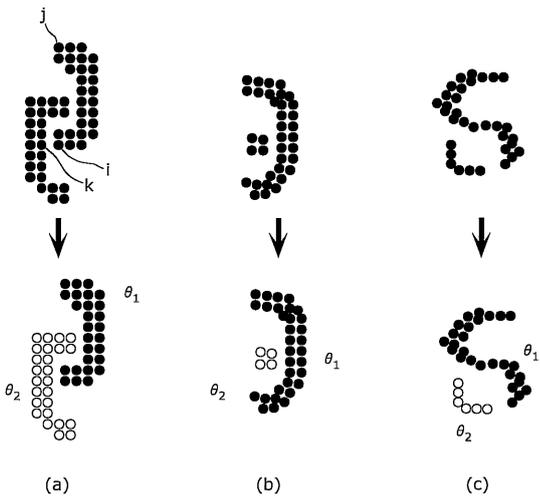
【 図 1 9 】



【 図 2 0 】



【 図 2 1 】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2009/004523
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G06T7/00(2006.01)i, G06T7/20(2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G06T7/00, G06T7/20 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2009 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2009 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2009 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-66319 A (Omron Corp.), 09 March 1999 (09.03.1999), claims 1, 2, 6; fig. 13 (Family: none)	1-21
A	JP 2005-332206 A (Nippon Hoso Kyokai), 02 December 2005 (02.12.2005), paragraphs [0049] to [0053]; fig. 7, 8 (Family: none)	1-21
A	JP 2000-222584 A (Toshiba Corp.), 11 August 2000 (11.08.2000), claim 8 & US 7003156 B1 & US 2006/0045349 A1	1-21
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 06 October, 2009 (06.10.09)		Date of mailing of the international search report 20 October, 2009 (20.10.09)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/004523

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-87049 A (KDDI Corp.), 05 April 2007 (05.04.2007), claim 6 (Family: none)	1-21

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2009/004523									
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G06T7/00(2006.01)i, G06T7/20(2006.01)i											
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G06T7/00, G06T7/20											
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2009年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2009年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2009年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2009年	日本国実用新案登録公報	1996-2009年	日本国登録実用新案公報	1994-2009年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2009年										
日本国実用新案登録公報	1996-2009年										
日本国登録実用新案公報	1994-2009年										
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)											
C. 関連すると認められる文献											
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号									
A	JP 11-66319 A (オムロン株式会社) 1999.03.09, 請求項 1, 2, 6、 図 13 (ファミリーなし)	1-21									
A	JP 2005-332206 A (日本放送協会) 2005.12.02, 段落【0049- 53】、図 7, 8 (ファミリーなし)	1-21									
A	JP 2000-222584 A (株式会社東芝) 2000.08.11, 請求項 8 & US 7003156 B1 & US 2006/0045349 A1	1-21									
A	JP 2007-87049 A (KDDI株式会社) 2007.04.05, 請求項 6 (ファ ミリーなし)	1-21									
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。											
* 引用文献のカテゴリー		の日の後に公表された文献									
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの		「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの									
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの		「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの									
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)		「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの									
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		「&」同一パテントファミリー文献									
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願											
国際調査を完了した日 06.10.2009		国際調査報告の発送日 20.10.2009									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 松永 稔	5H 4237								
		電話番号 03-3581-1101	内線 3531								

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(注)この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。