

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4670010号
(P4670010)

(45) 発行日 平成23年4月13日 (2011.4.13)

(24) 登録日 平成23年1月28日 (2011.1.28)

(51) Int. Cl.		F I			
G06T	7/60	(2006.01)	G06T	7/60	110
G06T	1/00	(2006.01)	G06T	1/00	340B
G06M	11/00	(2006.01)	G06M	11/00	D

請求項の数 7 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2005-301231 (P2005-301231)	(73) 特許権者	393031586 株式会社国際電気通信基礎技術研究所 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
(22) 出願日	平成17年10月17日 (2005.10.17)	(73) 特許権者	301022471 独立行政法人情報通信研究機構 東京都小金井市貫井北町4-2-1
(65) 公開番号	特開2007-109126 (P2007-109126A)	(74) 代理人	100067828 弁理士 小谷 悦司
(43) 公開日	平成19年4月26日 (2007.4.26)	(74) 代理人	100096150 弁理士 伊藤 孝夫
審査請求日	平成20年10月8日 (2008.10.8)	(74) 代理人	100109438 弁理士 大月 伸介
		(72) 発明者	内海 章 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 移動体分布推定装置、移動体分布推定方法及び移動体分布推定プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

一の移動体のみが位置することが可能な大きさを有するM (Mは2以上の整数) 個のブロックに分割された移動領域を移動する移動体を撮影する複数の撮影手段と、

前記複数の撮影手段により撮影された複数の撮影画像から移動体のシルエットを表す複数の観測シルエット画像を作成する作成手段と、

前記作成手段により作成された観測シルエット画像群に対して、各撮影手段のカメラ視点から各ブロック内に位置する移動体を撮影したと仮定したときに各撮影手段の画像座標系に投影されるモデル画像を当て嵌め、モデル選択基準に基づいて観測シルエット画像群に最も適した移動領域上の移動体の数及び分布を推定する推定手段とを備え、

前記推定手段は、移動体の個数をゼロから1ずつ増加させ、移動体が存在するブロックを表す値を1からMまで変化させながら観測シルエット画像群に対して各個数の移動体のモデル画像を当て嵌めて観測シルエット画像群の記述長を算出し、算出した記述長が低減していればモデル画像に基づき移動体が存在する全ブロックを表すブロックデータを更新し、記述長が低減しなくなったときの移動体の個数及びブロックデータを、最も適した移動領域上の移動体の数及び分布として推定することを特徴とする移動体分布推定装置。

【請求項2】

前記作成手段は、前記観測シルエット画像を2値化し、

前記推定手段は、前記2値化された観測シルエット画像群に対して2値化されたモデル画像を当て嵌め、モデル選択基準に基づいて最も適した移動体の数及び分布を推定するこ

とを特徴とする請求項 1 に記載の移動体分布推定装置。

【請求項 3】

前記推定手段は、前記 2 値化されたモデル画像の画素値に対して前記 2 値化された観測シルエット画像の画素値が反転している部分を観測誤差として観測シルエット画像群の記述長を算出し、算出した記述長が最も短くなる移動体の数及び分布を最も適した移動領域上の移動体の数及び分布として推定することを特徴とする請求項 2 記載の移動体分布推定装置。

【請求項 4】

前記複数のモデル画像を予め記憶する記憶手段をさらに備え、

前記推定手段は、前記記憶手段に記憶されているモデル画像を順次読み出し、読み出したモデル画像を前記観測シルエット画像群に対して順次当て嵌め、モデル選択基準に基づいて最も適した移動体の数及び分布を推定することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の移動体分布推定装置。

【請求項 5】

前記複数のモデル画像は、移動体を異なるカメラ視点から撮影した複数の画像からモーフィング処理により作成されることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の移動体分布推定装置。

【請求項 6】

複数の撮影手段、作成手段及び推定手段を備える移動体分布推定装置を用いた移動体分布推定方法であって、

前記複数の撮影手段が、一の移動体のみが位置することが可能な大きさを有する M (M は 2 以上の整数) 個のブロックに分割された移動領域を移動する移動体を撮影するステップと、

前記作成手段が、前記複数の撮影手段により撮影された複数の撮影画像から移動体のシルエットを表す複数の観測シルエット画像を作成するステップと、

前記推定手段が、前記作成手段により作成された観測シルエット画像群に対して、各撮影手段のカメラ視点から各ブロック内に位置する移動体を撮影したと仮定したときに各撮影手段の画像座標系に投影されるモデル画像を当て嵌め、モデル選択基準に基づいて最も適した移動領域上の移動体の数及び分布を推定するステップであって、前記推定手段が、移動体の個数をゼロから 1 ずつ増加させ、移動体が存在するブロックを表す値を 1 から M まで変化させながら観測シルエット画像群に対して各個数の移動体のモデル画像を当て嵌めて観測シルエット画像群の記述長を算出し、算出した記述長が低減していればモデル画像に基づき移動体が存在する全ブロックを表すブロックデータを更新し、記述長が低減しなくなったときの移動体の個数及びブロックデータを、最も適した移動領域上の移動体の数及び分布として推定するステップとを含むことを特徴とする移動体分布推定方法。

【請求項 7】

一の移動体のみが位置することが可能な大きさを有する M (M は 2 以上の整数) 個のブロックに分割された移動領域を移動する移動体を複数の撮影手段により撮影した複数の撮影画像から移動体のシルエットを表す複数の観測シルエット画像を作成する作成手段と、

前記作成手段により作成された観測シルエット画像群に対して、各撮影手段のカメラ視点から各ブロック内に位置する移動体を撮影したと仮定したときに各撮影手段の画像座標系に投影されるモデル画像を当て嵌め、モデル選択基準に基づいて最も適した移動領域上の移動体の数及び分布を推定する推定手段であって、移動体の個数をゼロから 1 ずつ増加させ、移動体が存在するブロックを表す値を 1 から M まで変化させながら観測シルエット画像群に対して各個数の移動体のモデル画像を当て嵌めて観測シルエット画像群の記述長を算出し、算出した記述長が低減していればモデル画像に基づき移動体が存在する全ブロックを表すブロックデータを更新し、記述長が低減しなくなったときの移動体の個数及びブロックデータを、最も適した移動領域上の移動体の数及び分布として推定する推定手段としてコンピュータを機能させることを特徴とする移動体分布推定プログラム。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の撮影手段を用いて移動体の数及び分布を推定する移動体分布推定装置、移動体分布推定方法及び移動体分布推定プログラムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

画像を用いて人の動きを検出する方法は、ユーザが検出装置を装着する必要がなく、非接触で検出できるため、ユーザへの負担を軽減することができ、また、不特定者の検出が可能となるため、応用範囲が広がる等の利点があるが、服装や照明条件といった環境条件の変化や歩行者同士のオクルージョン等のシーンに依存した要因により、検出処理が不安定となるという問題がある。

10

【0003】

一方、複数のカメラを用いて撮影した多視点観測を利用する従来の多視点システムでは、オクルージョンを確実に減少させながら、広範囲の観測が可能となることから、多くの研究が行われている（例えば、非特許文献1参照）。

【非特許文献1】加藤博一他、「楕円体モデルを用いたリアルタイム人物追跡」、1999年、情処学論、40(11)、4087-4096

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記の多視点システムでは、必要とされる視点数が検出エリアの広さ及び人物の分布(人物間の距離)に応じて増加し、人物同士が極度に接近する場合には、視点数の増加によりオクルージョンの発生を完全に抑制することは困難となる。また、上記の多視点システムにおいて、背景差分又は動きベクトルを利用して各人物の位置を独立に検出する場合、人物間でオクルージョンが発生すると、各人物を分離できないため、位置検出処理が破綻する。

20

【0005】

本発明の目的は、多数のオクルージョン領域を持つ複雑なシーンにおいても、移動体の数及び分布を高精度に推定することができる移動体分布推定装置、移動体分布推定方法及び移動体分布推定プログラムを提供することである。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

また、本発明に係る移動体分布推定装置は、一の移動体のみが位置することが可能な大きさを有するM(Mは2以上の整数)個のブロックに分割された移動領域を移動する移動体を撮影する複数の撮影手段と、前記複数の撮影手段により撮影された複数の撮影画像から移動体のシルエットを表す複数の観測シルエット画像を作成する作成手段と、前記作成手段により作成された観測シルエット画像群に対して、各撮影手段のカメラ視点から各ブロック内に位置する移動体を撮影したと仮定したときに各撮影手段の画像座標系に投影されるモデル画像を当て嵌め、モデル選択基準に基づいて観測シルエット画像群に最も適した移動領域上の移動体の数及び分布を推定する推定手段とを備え、前記推定手段は、移動体の個数をゼロから1ずつ増加させ、移動体が存在するブロックを表す値を1からMまで変化させながら観測シルエット画像群に対して各個数の移動体のモデル画像を当て嵌めて観測シルエット画像群の記述長を算出し、算出した記述長が低減していればモデル画像に基づき移動体が存在する全ブロックを表すブロックデータを更新し、記述長が低減しなくなったときの移動体の個数及びブロックデータを、最も適した移動領域上の移動体の数及び分布として推定するものである。

40

【0008】

本発明に係る移動体分布推定装置においては、一の移動体のみが位置することが可能な大きさを有するM(Mは2以上の整数)個のブロックに分割された移動領域を移動する移動体が複数の撮影手段により撮影され、撮影された複数の撮影画像から移動体のシルエッ

50

トを表す複数の観測シルエット画像が作成され、作成された観測シルエット画像群に対して、各撮影手段のカメラ視点から各ブロック内に位置する移動体を撮影したと仮定したときに各撮影手段の画像座標系に投影されるモデル画像が当て嵌められ、モデル選択基準に基づいて観測シルエット画像群に最も適した移動領域上の移動体の数及び分布が推定されるので、多数のオクルージョン領域を持つ複雑なシーンにおいても、移動体の数及び分布を高精度に推定することができる。

【0010】

また、移動領域は、一の移動体のみが位置することが可能な大きさを有するM（Mは2以上の整数）個のブロックに分割されているため、一のブロック内に一の移動体のみが位置することとなり、移動領域を推定に適した大きさのブロックに分割することができるので、移動体の数及び分布をより高精度に推定することができる。

10

【0013】

また、前記推定手段は、移動体の個数をゼロから1ずつ増加させ、移動体が存在するブロックを表す値を1からMまで変化させながら観測シルエット画像群に対して各個数の移動体のモデル画像を当て嵌めて観測シルエット画像群の記述長を算出し、算出した記述長が低減していればモデル画像に基づき移動体が存在する全ブロックを表すブロックデータを更新し、記述長が低減しなくなったときの移動体の個数及びブロックデータを、最も適した移動領域上の移動体の数及び分布として推定している。

【0014】

したがって、移動体の個数をゼロから1ずつ増加させ、移動体が存在するブロックを表す値を1からMまで変化させながら観測シルエット画像群に対して各個数の移動体のモデル画像を当て嵌めて観測シルエット画像群の記述長を算出し、算出した記述長が低減していればモデル画像に基づき移動体が存在する全ブロックを表すブロックデータを更新し、記述長が低減しなくなったときの移動体の個数及びブロックデータを、最も適した移動領域上の移動体の数及び分布として推定しているので、移動体の数及び分布推定処理の計算量の増大を避けることができ、移動体の数及び分布をより高速に推定することができる。

20

【0015】

前記作成手段は、前記観測シルエット画像を2値化し、前記推定手段は、前記2値化された観測シルエット画像群に対して2値化されたモデル画像を当て嵌め、モデル選択基準に基づいて最も適した移動体の数及び分布を推定することが好ましい。

30

【0016】

この場合、2値化された観測シルエット画像及びモデル画像を用い、モデル選択基準に基づいて最も適した移動体の数及び分布を推定しているので、移動体の数及び分布をさらに高速に推定することができ、リアルタイムに移動体の数及び分布を求めることができる。

【0017】

前記推定手段は、前記2値化されたモデル画像の画素値に対して前記2値化された観測シルエット画像の画素値が反転している部分を観測誤差として観測シルエット画像群の記述長を算出し、算出した記述長が最も短くなる移動体の数及び分布を最も適した移動領域上の移動体の数及び分布として推定することが好ましい。

40

【0018】

この場合、観測誤差を考慮して記述長が最も短くなる移動体の数及び分布を最も適した移動領域上の移動体の数及び分布として推定しているので、移動体の数及び分布をより高精度に推定することができる。

【0019】

前記複数のモデル画像を予め記憶する記憶手段をさらに備え、前記推定手段は、前記記憶手段に記憶されているモデル画像を順次読み出し、読み出したモデル画像を前記観測シルエット画像群に対して順次当て嵌め、モデル選択基準に基づいて最も適した移動体の数及び分布を推定することが好ましい。

【0020】

50

この場合、複数のモデル画像を作成する必要がなくなり、モデル画像の作成処理を省略することができるので、移動体の数及び分布をより高速に推定することができる。

【0021】

前記複数のモデル画像は、移動体を異なるカメラ視点から撮影した複数の画像からモーフィング処理により作成されることが好ましい。この場合、少ない画像から任意のカメラ視点から撮影した画像を作成することができるので、モデル画像を容易に作成することができる。

【0022】

本発明に係る移動体分布推定方法は、複数の撮影手段、作成手段及び推定手段を備える移動体分布推定装置を用いた移動体分布推定方法であって、前記複数の撮影手段が、一の移動体のみが位置することが可能な大きさを有するM（Mは2以上の整数）個のブロックに分割された移動領域を移動する移動体を撮影するステップと、前記作成手段が、前記複数の撮影手段により撮影された複数の撮影画像から移動体のシルエットを表す複数の観測シルエット画像を作成するステップと、前記推定手段が、前記作成手段により作成された観測シルエット画像群に対して、各撮影手段のカメラ視点から各ブロック内に位置する移動体を撮影したと仮定したときに各撮影手段の画像座標系に投影されるモデル画像を当て嵌め、モデル選択基準に基づいて最も適した移動領域上の移動体の数及び分布を推定するステップであって、前記推定手段が、移動体の個数をゼロから1ずつ増加させ、移動体が存在するブロックを表す値を1からMまで変化させながら観測シルエット画像群に対して各個数の移動体のモデル画像を当て嵌めて観測シルエット画像群の記述長を算出し、算出した記述長が低減していればモデル画像に基づき移動体が存在する全ブロックを表すブロックデータを更新し、記述長が低減しなくなったときの移動体の個数及びブロックデータを、最も適した移動領域上の移動体の数及び分布として推定するステップとを含むものである。

【0023】

本発明に係る移動体分布推定プログラムは、一の移動体のみが位置することが可能な大きさを有するM（Mは2以上の整数）個のブロックに分割された移動領域を移動する移動体を複数の撮影手段により撮影した複数の撮影画像から移動体のシルエットを表す複数の観測シルエット画像を作成する作成手段と、前記作成手段により作成された観測シルエット画像群に対して、各撮影手段のカメラ視点から各ブロック内に位置する移動体を撮影したと仮定したときに各撮影手段の画像座標系に投影されるモデル画像を当て嵌め、モデル選択基準に基づいて最も適した移動領域上の移動体の数及び分布を推定する推定手段であって、移動体の個数をゼロから1ずつ増加させ、移動体が存在するブロックを表す値を1からMまで変化させながら観測シルエット画像群に対して各個数の移動体のモデル画像を当て嵌めて観測シルエット画像群の記述長を算出し、算出した記述長が低減していればモデル画像に基づき移動体が存在する全ブロックを表すブロックデータを更新し、記述長が低減しなくなったときの移動体の個数及びブロックデータを、最も適した移動領域上の移動体の数及び分布として推定する推定手段としてコンピュータを機能させるものである。

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、撮影された複数の撮影画像から移動体のシルエットを表す複数の観測シルエット画像が作成され、作成された観測シルエット画像群に対して、各撮影手段のカメラ視点から各ブロック内に位置する移動体を撮影したと仮定したときに各撮影手段の画像座標系に投影されるモデル画像が当て嵌められ、モデル選択基準に基づいて観測シルエット画像群に最も適した移動領域上の移動体の数及び分布が推定されるので、多数のオクルージョン領域を持つ複雑なシーンにおいても、移動体の数及び分布を高精度に推定することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

以下、本発明の一実施の形態による移動体分布推定装置について図面を参照しながら説

10

20

30

40

50

明する。図 1 は、本発明の一実施の形態による移動体分布推定装置の構成を示すブロック図である。なお、以下の説明では、移動体として歩行者（人間）の分布及び数を推定する場合を例に説明するが、本発明が適用される移動体は、この例に特に限定されず、その形状が予めわかっているものであれば、種々の移動体に同様に適用することができる。

【 0 0 2 6 】

図 1 に示す移動体分布推定装置は、K 台のカメラ 1 1 ~ 1 K（K は 2 以上の整数）及び画像処理装置 2 0 を備える。画像処理装置 2 0 は、画像取得部 2 1、人物領域抽出部 2 2、観測ベクトル作成部 2 3、記述長算出部 2 4、分布推定部 2 5 及び形状投影モデル記憶部 2 6 を備える。

【 0 0 2 7 】

カメラ 1 1 ~ 1 K は、複数のブロックに分割された移動領域となる空間、例えば、部屋又は廊下等の天井又は壁等の所定箇所に取り付けられ、移動領域を移動する一人又は複数の歩行者をカラー画像で撮影し、撮影した画像データを LAN 等の所定のネットワークを介して画像取得部 2 1 へ出力する。なお、カメラ 1 1 ~ 1 K の内部パラメータ、位置及び姿勢は、予め手動で校正されている。また、カメラ 1 1 ~ 1 K は、上記の例に特に限定されず、白黒画像、赤外線画像を撮影する種々の撮像装置を用いることができる。また、推定精度を考慮すると、カメラ 1 1 ~ 1 K の台数は、3 台以上であることが好ましく、4 台以上であることがより好ましいが、1 台のカメラのみを用いて推定することも可能である。

【 0 0 2 8 】

画像処理装置 2 0 は、ROM（リードオンリメモリ）、CPU（中央演算処理装置）、RAM（ランダムアクセスメモリ）、外部記憶装置、入力装置、画像インタフェース装置及び表示装置等を備える通常のコンピュータから構成され、後述する移動体分布推定処理を実行するための移動体分布処理プログラムを CPU 等で実行することにより上記の各ブロックの機能が実現される。なお、画像処理装置 2 0 の構成は、この例に特に限定されず、図示の各ブロックの機能を専用のハードウェア回路から構成したり、上記の各機能の一部又は全部を 1 台又は複数台のコンピュータを用いて実行するようにしてもよい。

【 0 0 2 9 】

形状投影モデル記憶部 2 6 には、各カメラ 1 1 ~ 1 K のカメラ視点から各ブロック内に位置する一人の歩行者を撮影したと仮定したときの画像を各カメラ 1 1 ~ 1 K の画像座標系に投影したモデル画像である形状投影モデルが予め記憶されている。

【 0 0 3 0 】

ここで、形状投影モデルについて詳細に説明する。まず、カメラ投影モデルについて説明する。図 2 は、カメラ投影モデルを説明するための模式図である。

【 0 0 3 1 】

一般的なピンホールカメラモデルでは、空間中の 3 次元点（X，Y，Z）と対応する画像面上の像（x，y）との間には、次の関係が成り立つ。ここで、S は画像面への投影を表す内部パラメータであり、R、t はそれぞれカメラの 3 次元姿勢及び位置を表す。

【 0 0 3 2 】

【数 1】

$$k \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = S \begin{bmatrix} R & t \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \cdot \quad (1)$$

【 0 0 3 3 】

図 2 に示すように、観測画像は、単数又は複数の 3 次元人物形状が上式に従って画像面に投影されたものと考えられる。ここで、移動領域である床面を M ブロックに分割し、下

10

20

30

40

50

式のように、ブロック j に人が存在するか否かを x_j ($1 \leq j \leq M$) で表す。

【0034】

【数2】

$$x_j = \begin{cases} 0 & (\text{ブロック } j \text{ に人がいない}) \\ 1 & (\text{ブロック } j \text{ に人がいる}). \end{cases} \quad (2)$$

【0035】

但し、1ブロックは二人以上が同時に入ることがない程度に十分小さい領域に設定している。このとき、移動領域内の歩行者の分布は、 x_j を要素とする M 次元ベクトル X として下式のように表すことができる。

10

【0036】

【数3】

$$X = [x_1 \quad x_2 \quad \cdots \quad x_M]^T. \quad (3)$$

【0037】

このシーンをカメラ k で観測して得た歩行者のシルエット像を A^k 、 N をシルエット画像の画素数とすると、下式が成り立つ。

20

【0038】

【数4】

$$A^k = [a_1^k \quad a_2^k \quad \cdots \quad a_N^k]^T,$$

$$a_i^k = \begin{cases} 0 & (\text{画素 } a_i^k \text{ が人領域に属さない}) \\ 1 & (\text{画素 } a_i^k \text{ が人領域に属する}). \end{cases} \quad (4)$$

30

【0039】

図3は、シルエット画像と床面上の歩行者の分布との対応関係を示す模式図である。図3に示すように、以下の説明では、 X と A^k との関係を考え、特定のブロック l のみに歩行者が存在する場合、その分布を X_l とすると、下式が成り立つ。

【0040】

【数5】

$$X_l = [x_1 \quad x_2 \quad \cdots \quad x_M]^T,$$

$$x_j = \begin{cases} 0 & (j \neq l) \\ 1 & (j = l). \end{cases} \quad (5)$$

40

【0041】

上記の分布を X_l に対して、画素 $a_{l,i}^k$ が人物領域に属するか否かは、分布 X_l だけでなく、歩行者の体格や姿勢にも依存するため、分布 X_l に対して i 番目の画素 $a_{l,i}^k$ が1となる確率を $p_{l,i}^k$ とする。

【0042】

実際に観測されるシルエット像では、さらに複数の人物像が重畳されていると考えられる。例えば、 L 個所 (x_{l_1}, \dots, x_{l_L}) に歩行者が存在する場合、カメラ k で観測し

50

て得た歩行者のシルエット像 A^k の画素 a_{i^k} が 1 である確率 p_{i^k} は、画素 a_{i^k} がいずれかの歩行者の人物領域に属する確率として次式で表される。

【 0 0 4 3 】

【 数 6 】

$$p_i^k = 1 - \prod_{j=1}^L (1 - p_{l_j, i}^k). \quad (6)$$

【 0 0 4 4 】

10

各画素の変化が互いに独立であるとする、カメラ k で観測されるシルエット像の分布は、以下の確率画像として表すことができる。

【 0 0 4 5 】

【 数 7 】

$$P^k = [p_1^k \quad p_2^k \quad \cdots \quad p_N^k]^T. \quad (7)$$

【 0 0 4 6 】

任意のカメラ配置及び歩行者分布に対するシルエット像を生成するには、ポリゴンモデルなど 3 次元の幾何情報を含むモデルの利用も考えられるが、本実施の形態では、より簡便な方法として有限個の観測方向からのシルエット像を平均化したモデル生成用画像を作成し、これらを組み合わせるモーフィング処理により任意方向に対するシルエット像を予め作成している。

20

【 0 0 4 7 】

図 4 は、モデル生成用画像の取得方法を説明するための模式図である。図 4 に示すように、ブルースクリーン BS を背景とし、直立姿勢にある 1 名の人間（男性、身長 170 cm）の位置及び向きを変化させながら、水平、斜め 45 度上方及び真上の 3 種類の観測方向から撮影し、クロマキーを利用してそれぞれ 70 ~ 100 枚のシルエット像を取得する。このとき、人間の位置は、床面上の約 30 cm x 30 cm のエリア（1 ブロック）内とし、多方向からの観測画像が含まれるよう人間を回転させながら、観測方向算出の基準高さを床面上 80 cm とし、画像を撮影する。

30

【 0 0 4 8 】

図 5 は、各観測方向における平均画像の一例を示す図である。図 5 の (a) は、水平方向（0 度）から撮影した平均画像 P_0 、(b) は、斜め 45 度上方から撮影した平均画像 P_{45} 、(c) は、真上から撮影した平均画像 P_{90} を示している。これらの平均画像から任意の観測角度の投影像を生成するために、人物位置 $XX = [X \quad Y \quad Z]^T$ 、カメラ位置 $XX_c = [X_c \quad Y_c \quad Z_c]^T$ から、次式により算出される観測角 θ を利用する。

【 0 0 4 9 】

【 数 8 】

40

$$\theta = \tan^{-1} \frac{Z_c - Z}{\sqrt{(X - X_c)^2 + (Y - Y_c)^2}} \quad (8)$$

【 0 0 5 0 】

なお、 $Z = 80$ であり、カメラは常に水平方向よりも上方に位置するものとし、得られた観測角に応じて、 $0^\circ < \theta < 45^\circ$ であれば、平均画像 P_0 、 P_{45} を、 $45^\circ < \theta < 90^\circ$ であれば、平均画像 P_{45} 、 P_{90} をそれぞれ利用してモーフィングにより所定の投影シルエット画像を生成する。

【 0 0 5 1 】

50

図 6 は、投影シルエット画像の生成方法を説明するための模式図であり、図 7 は、投影シルエット画像の一例を示す図である。図 6 に示すように、モーフィングにより生成された画像 M I をカメラ画像面上に投影し、投影シルエット画像を得る。これにより、任意のカメラ配置及び歩行者分布に対する投影シルエット画像 P を生成することができ、例えば、図 7 に示すように、 $\theta = 0、15、30、45、60、75、90$ (度) の各投影シルエット画像を生成することができる。

【 0 0 5 2 】

次に、下式のように、カメラ k における X_1 に対する投影シルエット画像を 2 値化し、2 値化シルエット画像 $B_{1, k}$ を得る。

【 0 0 5 3 】

【 数 9 】

$$B_l^k = [b_{l,1}^k \quad b_{l,2}^k \quad \dots \quad b_{l,N}^k]'$$

$$b_{l,i}^k = \begin{cases} 1 & (p_{l,i}^k \geq 0.5) \\ 0 & (p_{l,i}^k < 0.5). \end{cases} \quad (9)$$

【 0 0 5 4 】

カメラ K 台分の 2 値化シルエット画像の集合 B は、以下のように定義される。

【 0 0 5 5 】

【 数 1 0 】

$$B = [B^{1'} \quad B^{2'} \quad \dots \quad B^{K'}]'. \quad (10)$$

【 0 0 5 6 】

本実施の形態においては、予め全てのブロック 1 に対して 2 値化シルエット画像の集合 B 1 が予め計算され、歩行者の位置とシルエット像との関係をモデル化した形状投影モデルとして、2 値化シルエット画像が形状投影モデル記憶部 2 6 に予め記憶されており、L 個所 ($x_{1,1}, \dots, x_{1,L}$) に人物が存在する場合の 2 値化シルエット画像 B は、(6) 式を簡略化した次式により算出される。

【 0 0 5 7 】

【 数 1 1 】

$$B = B_{l_1} \cup B_{l_2} \cup \dots \cup B_{l_L} \quad (11)$$

【 0 0 5 8 】

なお、本実施の形態では、作成した形状投影モデルを形状投影モデル記憶部 2 6 に予め記憶しているが、この例に特に限定されず、上記の平均画像を形状投影モデル記憶部 2 6 に予め記憶し、記憶されている平均画像からモーフィング処理により移動体分布推定処理に使用する形状投影モデルを作成したり、移動体の 3 次元モデルを形状投影モデル記憶部 2 6 に予め記憶し、記憶されている 3 次元モデルから移動体分布推定処理に使用する形状投影モデルを作成したりする等の種々の変更が可能である。

【 0 0 5 9 】

再び、図 1 を参照して、画像取得部 2 1 は、カメラ 1 1 ~ 1 K により撮影された複数の画像データに撮影時刻情報を付加して人物領域抽出部 2 2 へ出力する。人物領域抽出部 2 2 は、フレーム間差分等の公知の人物領域抽出処理を実行して画像データから人間のシルエットを表す人物領域をシルエット領域として抽出し、シルエット領域を特定したシルエ

10

20

30

40

50

ット画像を撮影時刻情報とともに観測ベクトル作成部 2 3 へ出力する。観測ベクトル作成部 2 3 は、シルエット領域を基にシルエット画像を人物領域と背景領域とに区分して 2 値化し、2 値化シルエット画像を観測ベクトル（観測シルエット画像）として記述長算出部 2 4 へ出力する。

【 0 0 6 0 】

ここで、観測ベクトルについて詳細に説明する。まず、カメラ 1 1 ~ 1 K からのカラー画像の入力を仮定し、時刻 t にカメラ k で得られる N 画素からなる一枚の入力画像 C_t^k を以下のように表す。

【 0 0 6 1 】

【 数 1 2 】

$$C_t^k = [c_{1,t}^k \quad c_{2,t}^k \quad \cdots \quad c_{N,t}^k]'. \quad (12)$$

10

【 0 0 6 2 】

各画素 $c_{i,t}^k$ は、下式のように、R、G、B の各画素値 $r_{i,t}^k$ 、 $g_{i,t}^k$ 、 $b_{i,t}^k$ から構成される。

【 0 0 6 3 】

【 数 1 3 】

$$c_{i,t}^k = [r_{i,t}^k \quad g_{i,t}^k \quad b_{i,t}^k]'. \quad (13)$$

20

【 0 0 6 4 】

計算を単純化するため、本実施の形態では、人物領域抽出部 2 2 は、ある時間間隔内に大きく変化する画素を人物領域として抽出する。カメラ k に対する入力ベクトル Z^k は、以下のように表される。

【 0 0 6 5 】

【 数 1 4 】

$$Z_t^k = [z_{1,t}^k \quad z_{2,t}^k \quad \cdots \quad z_{N,t}^k]',$$

$$z_{i,t}^k = \begin{cases} 0 & ((c_{i,t}^k - \bar{c}_{i,t}^k)'(c_{i,t}^k - \bar{c}_{i,t}^k) < threshold) \\ 1 & (otherwise). \end{cases}$$

(14)

30

ここで、

$$\bar{c}_{i,t}^k = \frac{1}{s} \sum_{j=t-s}^{t-1} c_{i,t-j} \quad (s \text{ は定数}). \quad (15)$$

40

【 0 0 6 6 】

したがって、カメラ K 台分の観測ベクトルの集合 Z_t は、以下のように定義される。

【 0 0 6 7 】

【数 15】

$$\mathbf{Z}_t = \left[\mathbf{z}_t^{1'} \quad \mathbf{z}_t^{2'} \quad \dots \quad \mathbf{z}_t^{K'} \right]'. \quad (16)$$

【0068】

記述長算出部 24 は、歩行者数を順次増大させながら、形状投影モデル記憶部 26 から形状投影モデルを読み出し、観測ベクトル作成部 23 から出力される観測ベクトル（観測シルエット画像群）に形状投影モデルを当て嵌めて記述長を算出し、観測ベクトルの記述長が最も短くなる形状投影モデルを観測ベクトルに最も適した形状投影モデルとして決定する（記述長最小基準（MDL：Minimum Description Length））。

10

【0069】

ここで、記述長最小基準とは、観測データを記述する適切なモデルを決定するために提案されたモデル選択基準の一つであり、モデルの複雑さと入力データに関する当て嵌め誤差の双方を考慮してモデルが選択されるものである。この記述長最小基準は、画像処理及びコンピュータビジョンの分野でも、領域分割や曲線当て嵌め等において既に広く用いられており、本実施の形態では、移動領域となる平面（床面）を小ブロックに分割し、形状投影モデルを利用しながら、歩行者画像の解析に記述長最小基準を用い、歩行者の数及び分布を直接推定している。

20

【0070】

また、実際には観測誤差により理想的な観測データが得られないため、本実施の形態では、以下のようにして、観測誤差を観測値が反転する現象としてモデル化し、観測誤差を考慮した記述を行っている。

【0071】

まず、人物領域について $Z_j = 0$ となる確率を q 、背景領域について $Z_j = 1$ となる確率を r とすると、カメラ k において観測ベクトル Z_t^k が観測される確率 $P(Z_t^k | B^k)$ は以下のように計算できる。

【0072】

【数 16】

$$P(\mathbf{Z}_t^k | \mathbf{B}^k) = \prod_i P(z_{i,t}^k | b_i),$$

$$P(z_{i,t}^k | b_i) = \begin{cases} b_i \cdot q + (1 - b_i)(1 - r) & (z_{i,t}^k = 1) \\ b_i(1 - q) + (1 - b_i) \cdot r & (z_{i,t}^k = 0). \end{cases}$$

(17)

30

【0073】

このとき、モデル分布 B のもとで画像集合 Z_t が観測される確率は、下式で表される。

40

【0074】

【数 17】

$$P(\mathbf{Z}_t | \mathbf{B}) = q^{n_a} (1 - q)^{n_b} r^{n_c} (1 - r)^{n_d}, \quad (18)$$

【0075】

ここで、 n_a 、 n_b 、 n_c 、 n_d は、それぞれ $(b = 1, z = 1)$ 、 $(b = 1, z = 0)$ 、 $(b = 0, z = 1)$ 、 $(b = 0, z = 0)$ となる画素の総数であり、以下のように表される。

50

【 0 0 7 6 】

【 数 1 8 】

$$\begin{aligned}
 n_a &= (\mathbf{B} \cap \mathbf{Z})' \cdot (\mathbf{B} \cap \mathbf{Z}), \\
 n_b &= (\mathbf{B} \cap \bar{\mathbf{Z}})' \cdot (\mathbf{B} \cap \bar{\mathbf{Z}}), \\
 n_c &= (\bar{\mathbf{B}} \cap \mathbf{Z})' \cdot (\bar{\mathbf{B}} \cap \mathbf{Z}), \\
 n_d &= (\bar{\mathbf{B}} \cap \bar{\mathbf{Z}})' \cdot (\bar{\mathbf{B}} \cap \bar{\mathbf{Z}}).
 \end{aligned} \tag{19}$$

10

【 0 0 7 7 】

結果として、入力ベクトル \mathbf{Z}_t の対数尤度は、以下のように表される。

【 0 0 7 8 】

【 数 1 9 】

$$\begin{aligned}
 -\log P(\mathbf{Z}_t | \mathbf{B}) &= -n_a \log q - n_b \log(1 - q) \\
 &\quad -n_c \log r - n_d \log(1 - r).
 \end{aligned} \tag{20}$$

20

【 0 0 7 9 】

一方、一般に、記述長最小基準は、 F をモデルの自由度、 n をデータ数とすると、以下のように定式化される。

【 0 0 8 0 】

【 数 2 0 】

$$\text{MDL} = -(\text{Maximum Log Likelihood}) + \frac{F}{2} \log n. \tag{21}$$

30

【 0 0 8 1 】

上式に対応する形状投影モデルの記述長 $D(\mathbf{B}, \mathbf{Z}_t)$ は、 h を歩行者数 ($h \ll M$) とすると、式 (20) から、次式により計算できる。

【 0 0 8 2 】

【 数 2 1 】

$$\begin{aligned}
 D(\mathbf{B}, \mathbf{Z}_t) &= -n_a \log q - n_b \log(1 - q) - n_c \log r \\
 &\quad -n_d \log(1 - r) - \frac{h}{2} \log M + \text{const.}
 \end{aligned} \tag{22}$$

40

【 0 0 8 3 】

なお、本発明に適用される統計的なモデル選択基準は、上記の例に特に限定されず、赤池の情報量基準 (AIC: Akaike Information Criterion)、ベイズ理論に基づく基準 (BIC: Bayesian Information Criterion) 等の他のモデル選択基準を用いてもよい。

【 0 0 8 4 】

分布推定部 25 は、記述長算出部 24 により決定された形状投影モデルに対応する各ブ

50

ロックに人間が存在すると判定し、人間が存在するブロックの数を移動領域上の歩行者の数として推定し、人間が存在するブロックの位置を移動領域上の歩行者の分布として推定する。

【 0 0 8 5 】

本実施の形態では、カメラ 1 1 ~ 1 K が撮影手段の一例に相当し、画像取得部 2 1、人物領域抽出部 2 2 及び観測ベクトル作成部 2 3 が作成手段の一例に相当し、記述長算出部 2 4 及び分布推定部 2 5 が推定手段の一例に相当し、形状投影モデル記憶部 2 6 が記憶手段の一例に相当する。

【 0 0 8 6 】

次に、上記のように構成された移動体分布推定装置による移動体分布推定処理について説明する。図 8 は、図 1 に示す移動体分布推定装置による移動体分布推定処理を説明するためのフローチャートである。

10

【 0 0 8 7 】

まず、ステップ S 1 において、カメラ 1 1 ~ 1 K は、移動領域を移動する歩行者を撮影し、撮影した画像データを画像取得部 2 1 へ出力し、画像取得部 2 1 は、画像データを撮影時刻情報とともに人物領域抽出部 2 2 へ出力する。

【 0 0 8 8 】

次に、ステップ S 2 において、人物領域抽出部 2 2 は、画像データから人間のシルエットを表す人物領域をシルエット領域として抽出し、シルエット領域を特定したシルエット画像を撮影時刻情報とともに観測ベクトル作成部 2 3 へ出力する。

20

【 0 0 8 9 】

次に、ステップ S 3 において、観測ベクトル作成部 2 3 は、上記の式 (1 4) ~ (1 5) を用いて、シルエット画像を人物領域と背景領域とに 2 値化し、2 値化シルエット画像を観測ベクトルとして記述長算出部 2 4 へ出力する。

【 0 0 9 0 】

次に、ステップ S 4 において、記述長算出部 2 4 は、初期値として、歩行者数を表す h を 0 に、最小記述長を表す D_{min} を $D(0, Z)$ に設定する。

【 0 0 9 1 】

次に、ステップ S 5 において、記述長算出部 2 4 は、 $flag$ を 0 に設定し、歩行者が存在するブロックを表す l_{h+1} を 1 から M まで変化させながら、以下の処理を実行する。すなわち、記述長算出部 2 4 は、形状投影モデル記憶部 2 6 から該当する形状投影モデルを読み出し、 K 台のカメラ 1 1 ~ 1 K の形状投影モデルの集合 $B = B_{11} \ B_{12} \ \dots$

30

B_{1h+1} を算出し、算出した形状投影モデルの集合 B と K 台のカメラ 1 1 ~ 1 K の観測ベクトル Z とを用いて、不等式 $D(B, Z) + ((h+1)/2)(\log M) < D_{min}$ を満たすか否かを判定し、この不等式を満たす場合、すなわち記述長が低減している場合、 D_{min} を $D_{min} = D(B, Z) + ((h+1)/2)(\log B)$ に更新するとともに、 $flag$ を $flag = 1$ に更新し、分布推定部 2 5 は、人間が存在する全ブロックを表す ans を $ans = [l_1 \ l_2 \ \dots \ l_{h+1}]'$ に更新する。

【 0 0 9 2 】

次に、ステップ S 6 において、記述長算出部 2 4 は、 $flag = 1$ であるか否か判断し、 $flag = 1$ の場合、すなわち記述長が低減している場合は、ステップ S 7 において、歩行者数を表す h を $h = h + flag$ に更新することにより歩行者の人数を増加させてステップ S 5 以降の処理を繰り返し、 $flag = 1$ でない場合、すなわち記述長が低減していない場合は、処理をステップ S 8 へ移行する。

40

【 0 0 9 3 】

記述長が低減していない場合、ステップ S 8 において、分布推定部 2 5 は、現在の $ans = [l_1 \ l_2 \ \dots \ l_{h+1}]'$ を基に、ブロック l_1 、 l_2 、 \dots 、 l_{h+1} に歩行者が存在すると判断し、歩行者の数及び分布を推定する。その後、ステップ S 1 に戻り、次フレームの画像データを取得し、フレーム単位で上記の処理を継続し、入力画像群に適合するシーン内の人物位置を探索する。

50

【 0 0 9 4 】

上記の処理により、本実施の形態では、撮影された複数の画像データから歩行者のシルエットを表す複数の2値化シルエット画像が観測ベクトルとして作成され、歩行者数を順次増加させながら、2値化された複数の観測ベクトルと、2値化された形状投影モデルの集合とを用いて記述長最小基準が算出され、記述長最小基準が低減しなくなるまで探索が行われ、このときの形状投影モデルに対応するブロックに歩行者が存在すると判断して移動領域上の歩行者の数及び分布が推定されるので、歩行者の位置とシルエット画像との関係をモデル化した形状投影モデルに基づき、観測画像群の尤度が極大となる歩行者分布を推定することができ、多数のオクルージョン領域を持つ複雑なシーンにおいても、歩行者の数及び分布を高精度に且つリアルタイムに推定することができる。

10

【 0 0 9 5 】

また、上記の処理では、0人の場合から一人ずつ徐々に増加させながら、各歩行者の位置を確定させている。この場合、カメラ11～1Kから遠方に位置する複数の歩行者のシルエットにカメラ11～1Kに近い一人の歩行者のモデルが当てはまる等、処理が局所解に陥る可能性があるが、複数のカメラ11～1Kを用いた多視点で得られる画像群を同時に評価しているので、上記のように局所解に陥ることを抑制することができる。

【 0 0 9 6 】

次に、上記の移動体分布推定装置の推定精度について説明する。まず、形状投影モデルに基づいて得られるシミュレーション画像を用いて歩行者位置分布を推定した。歩行者の存在範囲は、床面上の330cm×330cmの矩形領域とし、該当領域を11×11の

20

ブロックに分割し、1ブロックのサイズは、30cm×30cmとした。歩行者は、これらブロックのいずれかに存在するものとした。

【 0 0 9 7 】

図9は、カメラの配置例を示す図である。図9に示すように、歩行者HMの存在範囲の周囲に3台の仮想カメラCAを設置し、観測像を生成した。このカメラ配置は、後述の実画像観測における環境の制約を考慮し、極力多様な方向から観測可能な配置を選定した。

【 0 0 9 8 】

図10は、3名の歩行者に対する生成画像の例を示す図である。図10に示す例は、3名の歩行者が座標 $(x, y) = (0, 60)$ 、 $(x, y) = (210, 210)$ 、 $(x, y) = (240, 180)$ の3箇所が存在する場合の生成画像である。この例では、全てのカメラの観測において、2人目と3人目の歩行者間でオクルージョンが生じている。この画像を入力として、図1に示す移動体分布推定装置により歩行者の位置分布を推定した。

30

【 0 0 9 9 】

図11は、歩行者の位置分布を推定した結果を示す図である。図中、印は歩行者の配置を、+印は位置推定結果をそれぞれ示している。図11から、このときの推定歩行者数は3名であり、推定結果と一致し、また、歩行者の分布についても、全歩行者について正しい推定結果が得られていることがわかる。

【 0 1 0 0 】

次に、ランダムな位置に仮想的に歩行者を配置し、繰り返し推定を行うことにより図1に示す移動体分布推定装置の安定性を調べた。この例では、歩行者数を1人、2人、3人、4人、5人と変化させながら、上記の例と同様に330cm×330cmの範囲内に歩行者を配置し、3台の仮想カメラに対する投影像を各人数10組ずつ生成した。歩行者の位置は、床面を30cm×30cmに区切った格子点上とし、実画像における歩行者同士の物理的な干渉を考慮し、複数の歩行者が隣り合う格子点に位置しないという条件でランダムに選択し、歩行者の分布を推定した。

40

【 0 1 0 1 】

図12は、歩行者の数の推定結果を示す図であり、図13は、図12に示す推定結果の平均及び標準偏差を示す図であり、図14は、各推定位置に最も近い真値の位置までの距離を計算したときの歩行者の位置分布推定誤差を示す図であり、図15は、図14に示す

50

位置分布推定誤差のX位置及びY位置の平均及び標準偏差を示す図である。図12乃至図15から、一人の場合を除いて、推定人数に誤差は生じているものの、人数及び位置ともに、真値に近い推定値が得られていることがわかる。

【0102】

次に、歩行者数を2人とし、2者間の距離を1～5ブロック(30～150cm)のいずれかに固定した上で、歩行者の位置をランダムに選択し、各10回の推定を行った。図16は、歩行者の位置分布推定誤差を示す図であり、図17は、図16に示す位置分布推定誤差のX位置及びY位置の平均及び標準偏差を示す図である。距離が2ブロック以下の場合、多くの観測についてオクルージョンが生じるが、図16及び図17から、図1に示す移動体分布推定装置では、その場合も問題なく、位置及び分布が推定できていることが

10

【0103】

次に、カメラ数と推定精度との関係を示すため、歩行者数5人の場合について、観測に用いるカメラを1～3台に変化させ、上記と同様に各10回の推定を行った。図18は、カメラ数に対する歩行者の数の推定結果を示す図であり、図19は、図18に示す推定結果の平均及び標準偏差を示す図であり、図20は、カメラ数に対する歩行者の位置分布推定誤差を示す図であり、図21は、図20に示す位置分布推定誤差のX位置及びY位置の平均及び標準偏差を示す図である。

【0104】

図18乃至図21から、この例では、カメラ2台と3台とでは、推定結果に差がないものが、カメラ数を1とすると推定精度が悪化していることがわかる。この結果は、多人数時における多視点観測の効果を示しており、この傾向は、歩行者数の増加に伴い、より顕著になる。

20

【0105】

次に、実際に3台のカメラ11～13を用いて歩行者を撮影した観測画像を用いて推定を行った。この例では、人数を1人、2人、3人、4人、5人と変化させながら、上記の各例と同様に330cm×330cmの範囲内に歩行者を配置し、3台のカメラ11～13によって各人数10組の画像を撮影し、予め無人状態で撮影した画像との差分処理によりシルエット像を得た。

【0106】

図22は、観測画像の一例を示す図である。このときのカメラ配置及び歩行者の配置は、図12及び図13の例と同一とした。ここで、歩行者の内訳は、男性4名(身長183cm、178cm、176cm、170cm)、女性1名(身長165cm)である。

30

【0107】

図23は、歩行者の数の推定結果を示す図であり、図24は、図23に示す推定結果の平均及び標準偏差を示す図であり、図25は、各推定位置に最も近い真値の位置までの距離を計算したときの歩行者の位置分布推定誤差を示す図であり、図26は、図25に示す位置分布推定誤差のX位置及びY位置の平均及び標準偏差を示す図である。

【0108】

図23乃至図26から、実写画像に対して、位置で±80cm未満、人数で±1名以下という精度で推定が行えていることがわかる。一方、人数の増加に伴って誤差が増加していることに加え、図12及び図13の結果に比べても、推定精度が悪化している。この要因としては、シルエット観測自体のノイズに加え、歩行者間のオクルージョン、姿勢及び体格の違い、着衣形状の違い等が考えられる。したがって、本実施の形態では、歩行者の直立姿勢についてのみモデル化したが、複数の異なる姿勢ごとに形状投影モデルを作成し、歩行者の姿勢を検出した後に、検出した姿勢の形状投影モデルを用いて歩行者の数及び分布を推定するようにしてもよい。

40

【0109】

最後に、図1に示す移動体分布推定装置を用いてシーン内を移動する歩行者の位置を連続的に推定した。図27は、シーン内を移動する歩行者の位置を連続的に推定した結果を

50

示す図であり、図 28 は、図 27 に示す例に使用した観測画像の一例を示す図である。

【0110】

本例では、歩行者に図 27 に示す破線上の軌跡を辿るように教示し、観測画像に対して式(14)に示した差分処理によりシルエット像を得た。図 27 中の + 印は、各時刻における推定位置を示している。図 27 に示すように、位置推定結果と教示したコースとの平均距離は、8.59 cm (距離分布の標準偏差 11.6 cm) という精度が得られた。この結果、本実施の形態では、連続的な運動に対しても、その位置を推定できることがわかる。

【0111】

なお、本例では、教示コースの上辺 ($Y = 300$) 上の 8 箇所 ($X = 30, 60, \dots, 240$) 以外では、教示コースはブロックの中心と一致していない。本実施の形態では、モデル生成時に仮定したブロック単位で入力画像に尤も適合する歩行者分布が選択されるため、ブロックの大きさよりも細かな位置の変動を推定することはできない。このため、ブロック境界付近に存在する歩行者は、その周辺のいずれかのブロックに存在するものとして推定される。図 27 の追跡結果では、教示コースの周辺ブロックに推定位置が得られており、上記状況を示しているといえる。

【0112】

上記の各例により、歩行者の数及び分布の推定における本実施の形態の有効性が確認された。なお、上記の各例では、画像サイズを全て 80×60 画素とし、一般的なパーソナルコンピュータ 4 台で並列処理した場合の処理速度は、3 ~ 10 フレーム / 秒であった。

【図面の簡単な説明】

【0113】

【図 1】本発明の一実施の形態による移動体分布推定装置の構成を示すブロック図である。

【図 2】カメラ投影モデルを説明するための模式図である。

【図 3】シルエット画像と床面上の歩行者の分布との対応関係を示す模式図である。

【図 4】モデル生成用画像の取得方法を説明するための模式図である。

【図 5】各観測方向における平均画像の一例を示す図である。

【図 6】投影シルエット画像の生成方法を説明するための模式図である。

【図 7】投影シルエット画像の一例を示す図である。

【図 8】図 1 に示す移動体分布推定装置による移動体分布推定処理を説明するためのフローチャートである。

【図 9】カメラの配置例を示す図である。

【図 10】3 名の歩行者に対する生成画像の例を示す図である。

【図 11】歩行者の位置分布を推定した結果を示す図である。

【図 12】歩行者の数の推定結果を示す図である。

【図 13】図 12 に示す推定結果の平均及び標準偏差を示す図である。

【図 14】各推定位置に最も近い真値の位置までの距離を計算したときの歩行者の位置分布推定誤差を示す図である。

【図 15】図 14 に示す位置分布推定誤差の X 位置及び Y 位置の平均及び標準偏差を示す図である。

【図 16】歩行者の位置分布推定誤差を示す図である。

【図 17】図 16 に示す位置分布推定誤差の X 位置及び Y 位置の平均及び標準偏差を示す図である。

【図 18】カメラ数に対する歩行者の数の推定結果を示す図である。

【図 19】図 18 に示す推定結果の平均及び標準偏差を示す図である。

【図 20】カメラ数に対する歩行者の位置分布推定誤差を示す図である。

【図 21】図 20 に示す位置分布推定誤差の X 位置及び Y 位置の平均及び標準偏差を示す図である。

【図 22】観測画像の一例を示す図である。

10

20

30

40

50

【図23】歩行者の数の推定結果を示す図である。

【図24】図23に示す推定結果の平均及び標準偏差を示す図である。

【図25】各推定位置に最も近い真値の位置までの距離を計算したときの歩行者の位置分布推定誤差を示す図である。

【図26】図25に示す位置分布推定誤差のX位置及びY位置の平均及び標準偏差を示す図である。

【図27】シーンを移動する歩行者の位置を連続的に推定した結果を示す図である。

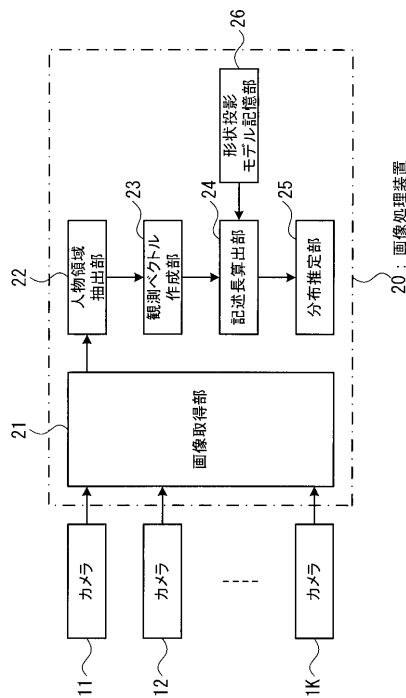
【図28】図27に示す例に使用した観測画像の一例を示す図である。

【符号の説明】

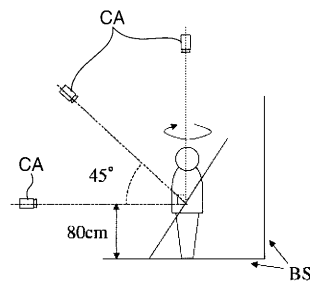
【0114】

- 11～1K カメラ
- 20 画像処理装置
- 21 画像取得部
- 22 人物領域抽出部
- 23 観測ベクトル作成部
- 24 記述長算出部
- 25 分布推定部
- 26 形状投影モデル記憶部

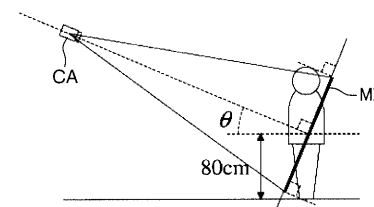
【図1】



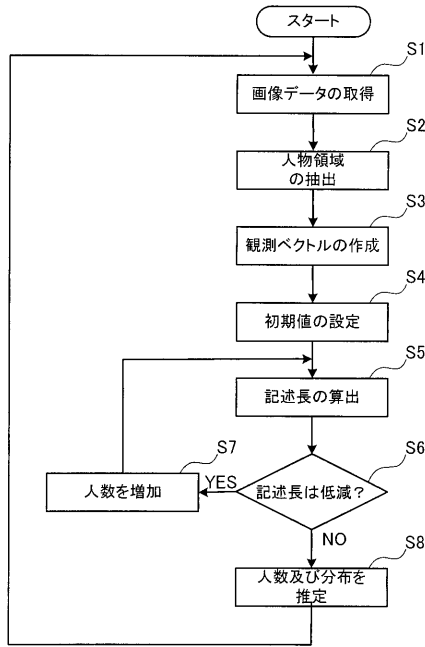
【図4】



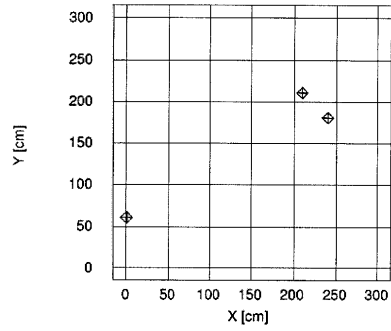
【図6】



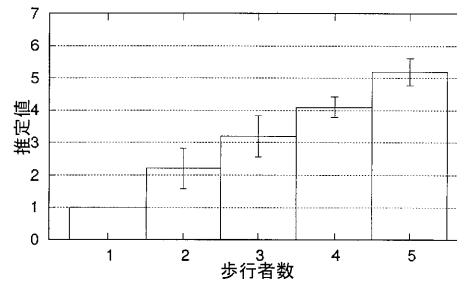
【 図 8 】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



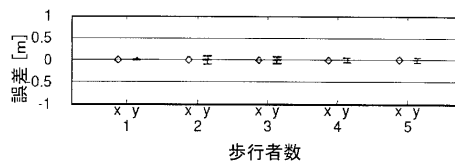
【 図 1 3 】

歩行者数	1	2	3	4	5
推定値 (Ave.)	1.0	2.2	3.1	4.1	5.2
推定値 (S.D.)	0.0	0.632	0.632	0.316	0.422

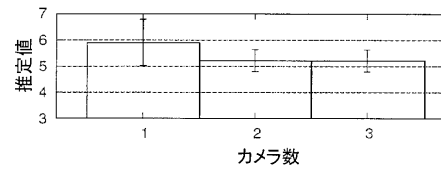
【 図 1 7 】

距離	1	2	3	4	5
X位置 (Ave.)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
X位置 (S.D.)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Y位置 (Ave.)	0.0	0.0	-0.01	0.01	0.0
Y位置 (S.D.)	0.0	0.0	0.07	0.07	0.0

【 図 1 4 】



【 図 1 8 】



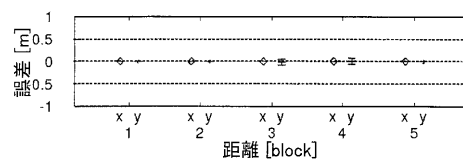
【 図 1 5 】

歩行者数	1	2	3	4	5
X位置 (Ave.)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
X位置 (S.D.)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Y位置 (Ave.)	0.0	0.0	0.0	0.01	0.0
Y位置 (S.D.)	0.0	0.09	0.08	0.05	0.06

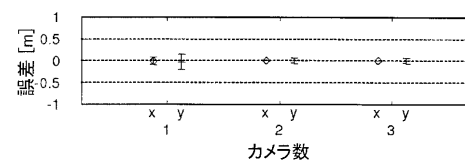
【 図 1 9 】

カメラ数	1	2	3
推定値 (Ave.)	5.9	5.2	5.2
推定値 (S.D.)	0.876	0.422	0.422

【 図 1 6 】



【 図 2 0 】



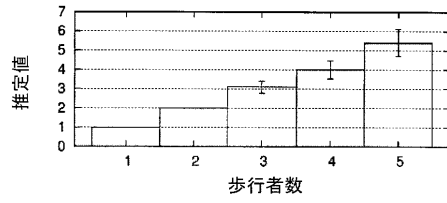
【図 2 1】

カメラ数	1	2	3
X位置(Ave.)	-0.01	0.0	0.0
X位置(S.D.)	0.09	0.0	0.0
Y位置(Ave.)	-0.03	0.0	0.0
Y位置(S.D.)	0.18	0.06	0.06

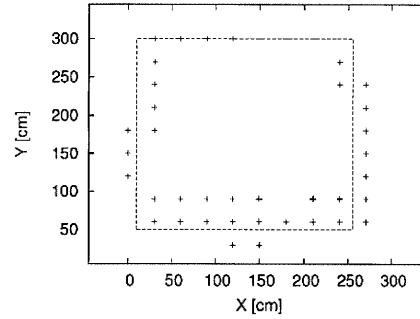
【図 2 6】

歩行者数	1	2	3	4	5
X位置(Ave.)	0.0	-0.02	0.03	0.23	-0.08
X位置(S.D.)	0.0	0.31	0.32	0.23	0.49
Y位置(Ave.)	0.06	-0.09	-0.06	0.01	-0.07
Y位置(S.D.)	0.13	0.69	0.57	0.44	0.78

【図 2 3】



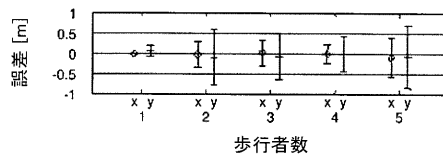
【図 2 7】



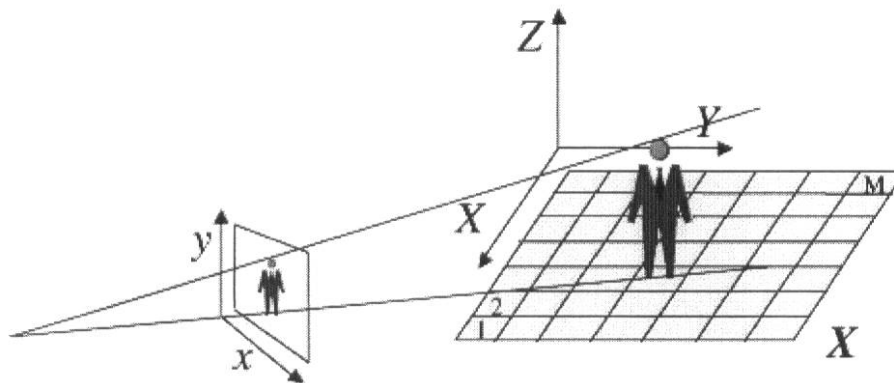
【図 2 4】

歩行者数	1	2	3	4	5
推定値(Ave.)	1.0	2.0	3.3	4.1	5.3
推定値(S.D.)	0.0	0.0	0.483	0.568	0.823

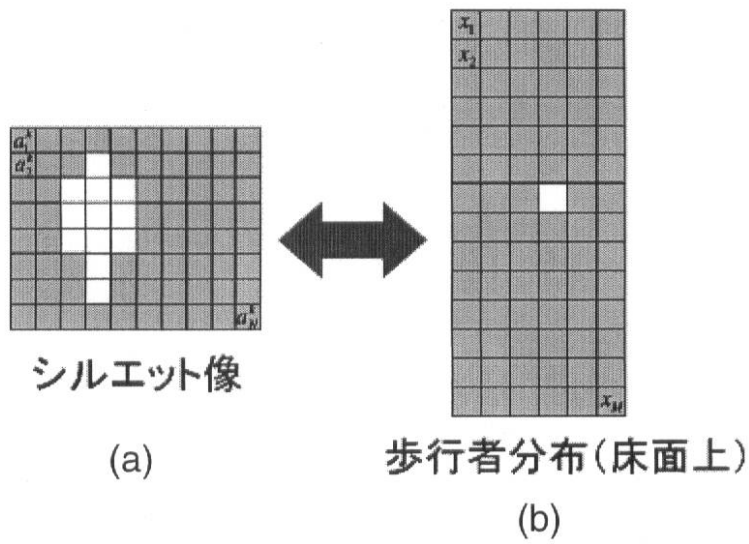
【図 2 5】



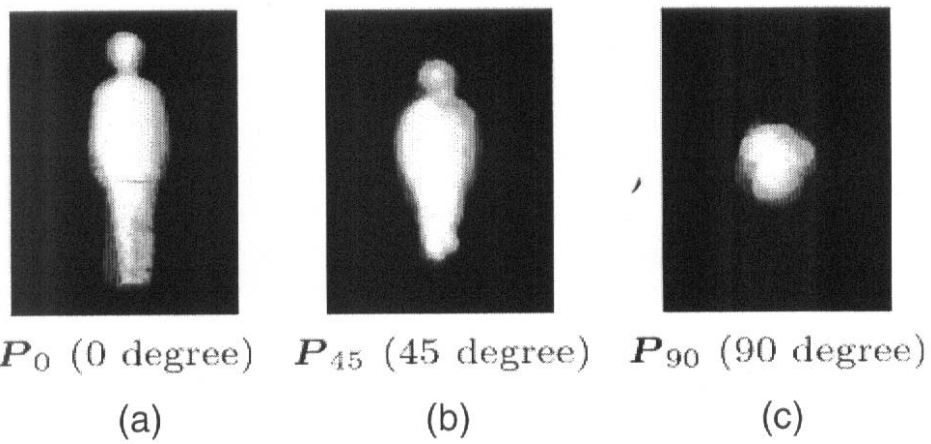
【図 2】



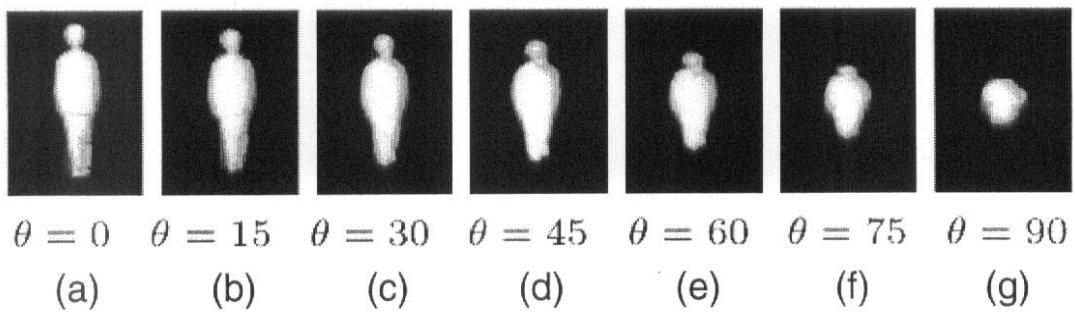
【 図 3 】



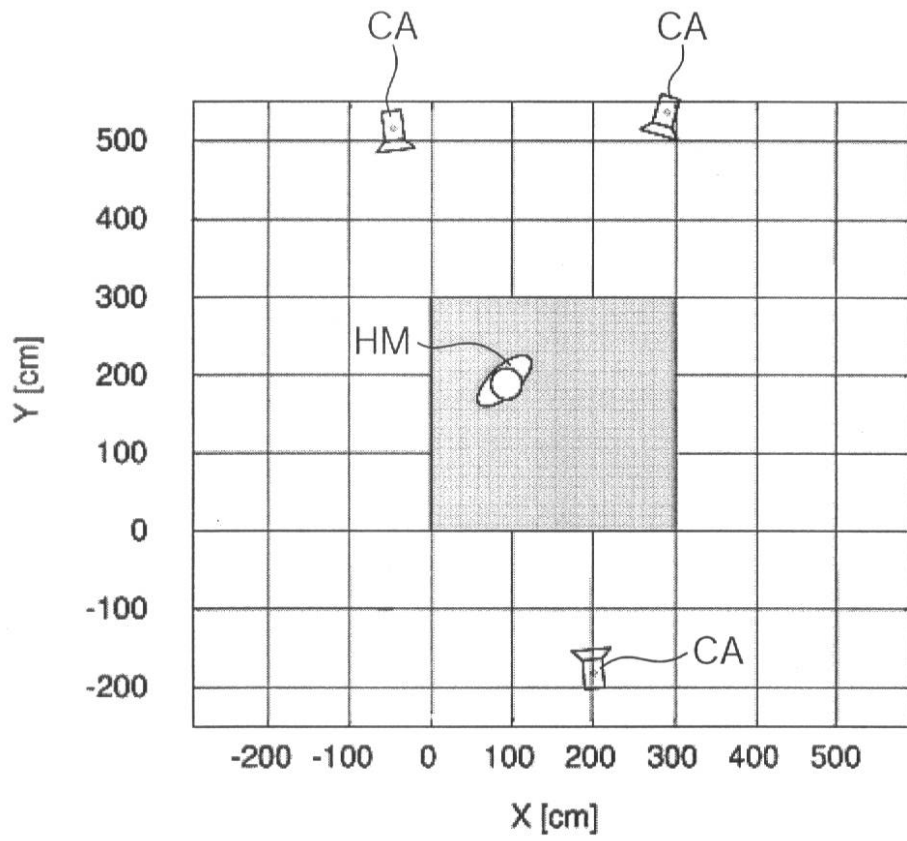
【 図 5 】



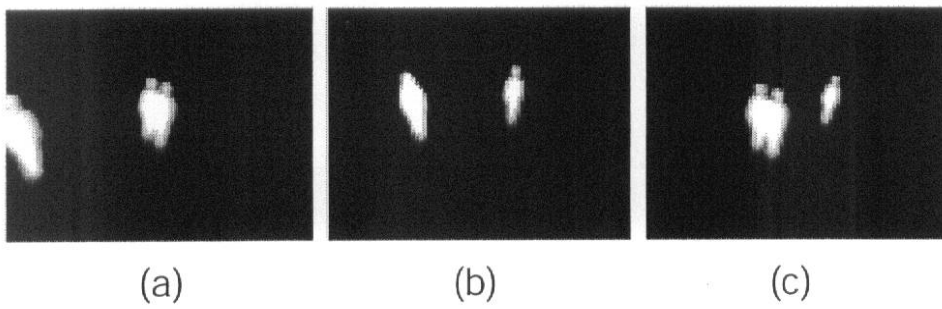
【 図 7 】



【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 2 2 】



カメラ11

(a)

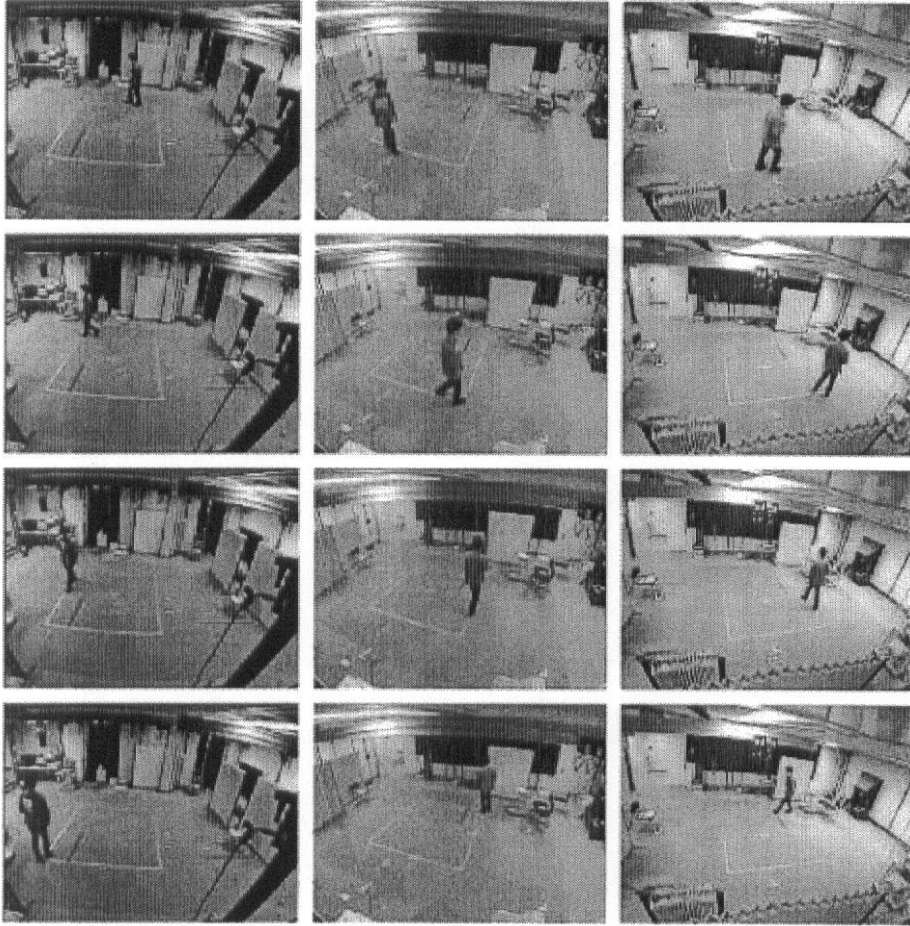
カメラ12

(b)

カメラ13

(c)

【 28 】



フロントページの続き

- (72)発明者 山添 大丈
京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
- (72)発明者 鉄谷 信二
京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
- (72)発明者 保坂 憲一
京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
- (72)発明者 猪木 誠二
東京都小金井市貫井北町4-2-1 独立行政法人情報通信研究機構内

審査官 松永 稔

- (56)参考文献 特開2002-230550(JP,A)
特開2005-242646(JP,A)
特開2005-115932(JP,A)
特開2005-025328(JP,A)
特開2006-285878(JP,A)
特表2002-525719(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T 7/60
G06M 11/00
G06T 1/00