

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7647908号  
(P7647908)

(45)発行日 令和7年3月18日(2025.3.18)

(24)登録日 令和7年3月10日(2025.3.10)

(51)国際特許分類		F I		
G 0 6 T	7/285(2017.01)	G 0 6 T	7/285	
G 0 6 T	7/70 (2017.01)	G 0 6 T	7/70	A
G 0 6 T	7/20 (2017.01)	G 0 6 T	7/20	3 0 0 Z
G 0 6 T	7/00 (2017.01)	G 0 6 T	7/00	6 6 0 Z

請求項の数 7 (全28頁)

(21)出願番号	特願2023-552670(P2023-552670)	(73)特許権者	000005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(86)(22)出願日	令和3年10月8日(2021.10.8)	(74)代理人	110002147 弁理士法人酒井国際特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/037415	(72)発明者	楊 帆 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
(87)国際公開番号	WO2023/058241	審査官	豊田 好一
(87)国際公開日	令和5年4月13日(2023.4.13)		
審査請求日	令和6年2月14日(2024.2.14)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 追従プログラム、追従方法および情報処理装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のカメラのそれぞれが撮影した複数の画像から、人物の頭領域をそれぞれ特定し、前記複数の画像から特定した前記頭領域の位置を基にして、頭領域の組み毎にエピポーラ線に基づく値を算出し、前記値がゼロ以外の最小値となる頭領域の組みを、同一の人物に対応する頭領域の組として特定し、

同一の人物の頭領域の組の2次元上の位置と、前記複数のカメラにそれぞれ設定されたパラメータとを基にして、3次元上の人物の頭の位置を特定する

処理をコンピュータに実行させることを特徴とする追従プログラム。

【請求項2】

前記同一の人物の頭に対応する領域の組を特定する処理は、第1画像に含まれるエピポーラ線であって、第2画像に含まれる頭領域に対応する前記エピポーラ線と、前記第1画像から特定された頭領域との距離を基にして、前記第1画像に含まれる頭領域と、前記第2画像に含まれる頭領域とが、同一の人物に対応する頭領域であるか否かを特定する処理を含むことを特徴とする請求項1に記載の追従プログラム。

【請求項3】

前記第1画像に含まれる頭領域の大きさ、および、前記第2画像に含まれる頭領域の大きさを基にして、前記距離を修正する処理を更にコンピュータに実行させることを特徴とする請求項2に記載の追従プログラム。

【請求項4】

第1のタイミングおよび第3のタイミングで複数のカメラのそれぞれが撮影した複数の画像を基にして特定された3次元上の人物の頭の位置を基にして、前記第1のタイミングと前記第3のタイミングの間の第2のタイミングにおける3次元上の人物の頭の位置を推定する処理を更にコンピュータに実行させることを特徴とする請求項1に記載の追従プログラム。

【請求項5】

前記3次元上の人物の頭の位置を特定する処理は、連続する画像フレームを含むウィンドウ区間毎に、前記3次元上の人物の頭の位置の軌跡情報を特定し、各ウィンドウ区間の軌跡情報を関連付ける処理を更にコンピュータに実行させることを特徴とする請求項1に記載の追従プログラム。

10

【請求項6】

複数のカメラのそれぞれが撮影した複数の画像から、人物の頭領域をそれぞれ特定し、前記複数の画像から特定した前記頭領域の位置を基にして、頭領域の組み毎にエビポーラ線に基づく値を算出し、前記値がゼロ以外の最小値となる頭領域の組みを、同一の人物に対応する頭領域の組として特定し、

同一の人物の頭領域の組の2次元上の位置と、前記複数のカメラにそれぞれ設定されたパラメータとを基にして、3次元上の人物の頭の位置を特定する

処理をコンピュータが実行することを特徴とする追従方法。

【請求項7】

複数のカメラのそれぞれが撮影した複数の画像から、人物の頭領域をそれぞれ特定する第1特定部と、

20

前記複数の画像から特定した前記頭領域の位置を基にして、頭領域の組み毎にエビポーラ線に基づく値を算出し、前記値がゼロ以外の最小値となる頭領域の組みを、同一の人物に対応する頭領域の組として特定する第2特定部と、

同一の人物の頭領域の組の2次元上の位置と、前記複数のカメラにそれぞれ設定されたパラメータとを基にして、3次元上の人物の頭の位置を特定する第3特定部と

を有することを特徴とする情報処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、追従プログラム等に関する。

30

【背景技術】

【0002】

複数のカメラによって撮影された映像を用いて、3次元上の人物の位置を追従する技術がある。図25は、人物追従結果の一例を説明するための図である。図25において、映像M1は、カメラc1によって撮影された映像である。映像M2は、カメラc2によって撮影された映像である。映像M3は、カメラc3によって撮影された映像である。映像M1～M3に含まれる各画像フレームの同一人物の位置と、カメラc1～c3のパラメータを基にして、3次元上(世界座標系)の人物の位置を算出する処理を繰り返すことで、3次元上の人物を追従する。

40

【0003】

たとえば、映像M1の人物1-1と、映像M2の人物2-1とは同一人物であり、かかる人物の3次元上の追従結果は、軌跡tra1となる。映像M1の人物1-2と、映像M2の人物2-2と、映像M3の人物3-2とは同一人物であり、かかる人物の3次元上の追従結果は、軌跡tra2となる。

【0004】

映像M1の人物1-3と、映像M2の人物2-3と、映像M3の人物3-3とは同一人物であり、かかる人物の3次元上の追従結果は、軌跡tra3となる。映像M1の人物1-4と、映像M2の人物2-4と、映像M3の人物3-4とは同一人物であり、かかる人物の3次元上の追従結果は、軌跡tra4となる。映像M1の人物1-5と、映像M2の

50

人物 2 - 5 と、映像 M 3 の人物 3 - 5 とは同一人物であり、かかる人物の 3 次元上の追従結果は、軌跡  $t r a 5$  となる。

【 0 0 0 5 】

ここで、複数のカメラによって撮影された映像を用いて、3次元上の人物の位置を追従する従来技術 1、2 について説明する。

【 0 0 0 6 】

図 2 6 は、従来技術 1 を説明するための図である。従来技術 1 を実行する装置を、従来装置 1 0 と表記する。従来装置 1 0 は、シングル M O T ( Multiple Object Tracking ) 1 1 と、3次元軌跡計算部 1 2 と、関連付け処理部 1 3 とを有する。

【 0 0 0 7 】

シングル M O T 1 1 は、2次元領域情報 1 a , 1 b , 1 c ( その他の 2次元領域情報 ) を受け付けると、2次元軌跡情報 2 a , 2 b , 2 c ( その他の 2次元軌跡情報 ) を生成する。

【 0 0 0 8 】

2次元領域情報 1 a は、カメラ c 1 によって撮影された映像 ( 連続する画像フレーム ) から抽出される人物の領域の 2次元座標 ( 2d bboxes ) である。2次元領域情報 1 b は、カメラ c 2 によって撮影された映像から抽出される人物の領域の 2次元座標である。2次元領域情報 1 c は、カメラ c 3 によって撮影された映像から抽出される人物の領域の 2次元座標である。

【 0 0 0 9 】

2次元軌跡情報 2 a は、連続する 2次元領域情報 1 a を追従することで算出される軌跡情報である。2次元軌跡情報 2 b は、連続する 2次元領域情報 1 b を追従することで算出される軌跡情報である。2次元軌跡情報 2 c は、連続する 2次元領域情報 1 c を追従することで算出される軌跡情報である。

【 0 0 1 0 】

3次元軌跡計算部 1 2 は、2次元軌跡情報 2 a , 2 b , 2 c ( その他の 2次元軌跡情報 ) を受け付けると、カメラ c 1 ~ c 3 のパラメータを基にして、3次元軌跡情報 3 a , 3 b , 3 c ( その他の 3次元軌跡情報 ) を計算する。3次元軌跡計算部 1 2 は、人物の足元の Z 軸座標が 0 (  $Z = 0$  ) であることを仮定して、2次元の人物の軌跡から、3次元の人物の軌跡に変換する。

【 0 0 1 1 】

たとえば、3次元軌跡計算部 1 2 は、2次元軌跡情報 2 a を基にして、3次元軌跡情報 3 a を計算する。3次元軌跡計算部 1 2 は、2次元軌跡情報 2 b を基にして、3次元軌跡情報 3 b を計算する。3次元軌跡計算部 1 2 は、2次元軌跡情報 2 c を基にして、3次元軌跡情報 3 c を計算する。

【 0 0 1 2 】

関連付け処理部 1 3 は、3次元軌跡情報 3 a , 3 b , 3 c ( その他の 3次元軌跡情報 ) を基にして、関連付けを行い、3次元軌跡情報 4 を生成する。たとえば、関連付け処理部 1 3 は、3次元軌跡情報 3 a , 3 b , 3 c から各軌跡のユーグリッド距離等を算出し、ユーグリッド距離を基にして、3次元軌跡情報 3 a , 3 b , 3 c を関連付けて、3次元軌跡情報 4 を生成する。

【 0 0 1 3 】

従来装置 1 0 は、上記処理を繰り返し実行することで、3次元上の人物の位置を追従する。

【 0 0 1 4 】

図 2 7 は、従来技術 2 を説明するための図である。従来技術 2 を実行する装置を、従来装置 2 0 と表記する。従来装置 2 0 は、関連付け処理部 2 1 と、M O T 2 2 とを有する。

【 0 0 1 5 】

関連付け処理部 2 1 は、2次元姿勢情報 5 a , 5 b , 5 c ( その他の 2次元姿勢情報 ) を基にして、3次元姿勢情報 6 を生成する。2次元姿勢情報 5 a は、カメラ c 1 によって

10

20

30

40

50

撮影された映像（連続する画像フレーム）から抽出される人物の姿勢の情報であり、関節位置等の情報を含む。2次元姿勢情報5bは、カメラc2によって撮影された映像から抽出される人物の姿勢の情報であり、人物の関節位置等の情報を含む。2次元姿勢情報5cは、カメラc3によって撮影された映像から抽出される人物の姿勢の情報であり、関節位置等の情報を含む。

【0016】

関連付け処理部21は、2次元姿勢情報5a, 5b, 5c（その他の2次元姿勢情報）から特定されるエピソード線と人物との距離、類似度等を基にして、2次元姿勢情報5a, 5b, 5cを関連付け、3次元姿勢情報6を生成する。3次元姿勢情報6は、3次元上の人物の姿勢の情報であり、人物の関節位置等の情報を含む。

10

【0017】

MOT22は、3次元姿勢情報6を基にして、3次元軌跡情報7を生成する。3次元軌跡情報7は、3次元の人物の軌跡の情報である。

【0018】

従来装置20は、上記処理を繰り返し実行することで、3次元上の人物の位置を追従する。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0019】

【文献】Yuhang He et al “Multi-Target Multi-Camera Tracking by Tracklet-to-Target Assignment” IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING, VOL. 29, 2020

20

【文献】He Chen et al “Multi-person 3D Pose Estimation in Crowded Scenes Based on Multi-View Geometry”

【文献】Long Chen et al “Cross-View Tracking for Multi-Human 3D Pose Estimation at over 100 FPS” arXiv:2003.03972v3 [cs.CV] 29 Jul 2021

【文献】Junting Dong et al “Fast and Robust Multi-Person 3D Pose Estimation and Tracking from Multiple Views” JOURNAL OF LATEX CLASS FILES, VOL. 14, NO. 8, AUGUST 2015

【文献】Yifu Zhang et al “VoxelTrack: Multi-Person 3D Human Pose Estimation and Tracking in the Wild” arXiv:2108.02452v1 [cs.CV] 5 Aug 2021

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0020】

しかしながら、上述した従来技術では、人物の3次元上の位置を追従することができないという問題がある。

【0021】

図28は、従来技術の問題を説明するための図である。従来技術では、一つの2次元軌跡情報から、一つの3次元軌跡情報を計算するために、人物P1の足元のZ軸座標が0 ( $Z = 0$ )であることを仮定し、人物P1の3次元座標を算出する。たとえば、カメラc1の画像Im1に含まれる人物の領域A1から人物P1の3次元座標を算出する。また、カメラc2の画像Im2に含まれる人物の領域A2から人物P1の3次元座標を算出する。

40

【0022】

このため、人物P1が、台上等に位置している場合には、人物P1の足元のZ軸座標が0とはならないため ( $Z \neq 0$ )、人物P1の3次元座標を精度よく算出できず、追従に失敗する。

【0023】

また、従来技術では、複数の人物が密集して状況では各人物が重なり合うため、異なるカメラが撮影した画像に含まれる同一の人物の領域同士を対応付けることができない場合があった。さらに、複数の人物が密集して状況では、オクルージョンが発生して、人物の

50

足元が画面に映らず、人物の3次元位置を算出することが難しい。

【0024】

1つの側面では、本発明は、人物の3次元上の位置を精度よく追従することができる追従プログラム、追従方法および情報処理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】

【0025】

第1の案では、コンピュータに次の処理を実行させる。コンピュータは、複数のカメラのそれぞれが撮影した複数の画像から、人物の頭領域をそれぞれ特定する。コンピュータは、複数の画像から特定した頭領域の位置を基にして、同一の人物に対応する頭領域の組を特定する。コンピュータは、同一の人物の頭領域の組の2次元上の位置と、複数のカメラ

10

【発明の効果】

【0026】

人物の3次元座標を追従することができる。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】図1は、本実施例1に係るシステムの一例を示す図である。

【図2】図2は、本実施例1に係る情報処理装置の構成例を示す図である。

【図3】図3は、映像DBのデータ構造の一例を示す図である。

【図4】図4は、頭領域の検出結果の一例を示す図である。

20

【図5】図5は、シングルMOTの処理の一例を説明するための図である。

【図6】図6は、第1補間部の処理を説明するための図である。

【図7】図7は、関連付け処理部の処理を説明するための図(1)である。

【図8】図8は、関連付け処理部の処理を説明するための図(2)である。

【図9】図9は、関連付け処理部の処理を説明するための図(3)である。

【図10】図10は、関連付け処理部の処理を説明するための図(4)である。

【図11】図11は、算出処理部の処理を説明するための図(1)である。

【図12】図12は、算出処理部の処理を説明するための図(2)である。

【図13】図13は、第2補間部の処理を説明するための図である。

【図14】図14は、本実施例1に係る情報処理装置の処理手順を示すフローチャートである。

30

【図15】図15は、本実施例2に係るシステムの一例を示す図である。

【図16】図16は、本実施例2に係る情報処理装置の処理を説明するための図である。

【図17】図17は、従来技術による関連付けの結果を示す図である。

【図18】図18は、従来技術の関連付けの誤りの一例を示す図である。

【図19】図19は、本実施例2の情報処理装置による関連付けの結果を示す図で(1)ある。

【図20】図20は、本実施例2の情報処理装置による関連付けの結果を示す図で(2)ある。

【図21】図21は、本実施例2に係る情報処理装置の構成例を示す図である。

40

【図22】図22は、本実施例2に係る関連付け処理部250の処理を説明するための図である。

【図23】図23は、本実施例2に係る情報処理装置の処理手順を示すフローチャートである。

【図24】図24は、実施例の情報処理装置と同様の機能を実現するコンピュータのハードウェア構成の一例を示す図である。

【図25】図25は、人物追従結果の一例を説明するための図である。

【図26】図26は、従来技術1を説明するための図である。

【図27】図27は、従来技術2を説明するための図である。

【図28】図28は、従来技術の問題を説明するための図である。

50

**【発明を実施するための形態】****【0028】**

以下に、本願の開示する追従プログラム、追従方法および情報処理装置の実施例を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施例によりこの発明が限定されるものではない。

**【実施例1】****【0029】**

図1は、本実施例1に係るシステムの一例を示す図である。図1に示すように、このシステムは、複数のカメラc1、c2、c3と、データ取得装置60と、情報処理装置100とを有する。カメラc1～c3と、データ取得装置60とは、ネットワーク50を介して相互に接続される。図1では、カメラc1～c3を示すが、本実施例1に係るシステムは、更に他のカメラを有していてもよい。

10

**【0030】**

カメラc1～c3は、コンビニエンスストア、スーパーマーケット等の店内の映像を撮影するカメラである。カメラc1～c3は、映像のデータを、データ取得装置60に送信する。以下の説明では、映像のデータを「映像データ」と表記する。以下の説明では、カメラc1～c3を特に区別しない場合に、単に「カメラ」と表記する。

**【0031】**

映像データには、時系列の複数の画像フレームが含まれる。各画像フレームには、時系列の昇順に、フレーム番号が付与される。1つの画像フレームは、カメラがあるタイミングで撮影した静止画像である。

20

**【0032】**

データ取得装置60は、カメラc1～c3から映像データを受信し、受信した映像データを映像DB(Data Base)65に登録する。ユーザ等によって、映像DB65は情報処理装置100に設定される。なお、本実施例1では一例として、情報処理装置100をオフライン(offline)として説明するが、情報処理装置100をネットワーク50に接続して、カメラc1～c3から映像データを直接、情報処理装置100に送信してもよい。

**【0033】**

情報処理装置100は、映像DB65に登録された各画像フレーム(映像データ)を基にして、3次元上の人物を追従することで、3次元軌跡情報を生成する装置である。

**【0034】**

たとえば、情報処理装置100は、映像DB65に登録された各画像フレームから人物の頭部の領域とエピポーラ線とをそれぞれ特定する。以下の説明では、人物の頭部の領域を「頭領域」と表記する。

30

**【0035】**

情報処理装置100は、各画像フレームからそれぞれ特定した頭領域とエピポーラ線と距離を基にして、同一の人物に対応する頭領域の組を特定し、特定した頭領域の組を基にして、人物の頭部の3次元座標を算出する。情報処理装置100は、かかる処理を繰り返し実行することで、人物の頭領域に関する3次元軌跡情報を生成する。

**【0036】**

通常、カメラは高い場所に設置されているため、複数の人物が密集していても、頭領域は、オクルージョンの影響を受けにくく、ほとんどのカメラで複数の人物の頭領域を撮影することが可能である。このため、従来技術のように、人物の全身の領域情報を利用する場合と比較して、頭領域をロストすることが少なくなり、安定して、人物の位置(頭領域の位置)を追従することができる。また、情報処理装置100は、頭領域のみを抽出するため、従来技術のように、人物の全身の領域情報や姿勢を特定する場合と比較して、計算コストを低くでき、処理速度を高めることができる。

40

**【0037】**

また、本実施例に係る情報処理装置100は、各画像フレームからそれぞれ特定した人物の頭領域とエピポーラ線と距離を基にして、同一の人物に対応する頭領域の組を特定する。このため、異なる人物の頭領域を、同一の組として特定することを抑止し、人物の3

50

次元上の位置を精度よく追従することができる。

【 0 0 3 8 】

続いて、図 1 に示した情報処理装置 1 0 0 の構成の一例について説明する。図 2 は、本実施例 1 に係る情報処理装置の構成例を示す図である。図 1 に示すように、この情報処理装置 1 0 0 は、映像 D B 6 5 と、頭領域特定部 1 1 0 と、シングル M O T 1 1 1 と、第 1 補間部 1 1 2 と、関連付け処理部 1 1 3 と、算出処理部 1 1 4 と、第 2 補間部 1 1 5 とを有する。頭領域特定部 1 1 0、シングル M O T 1 1 1、第 1 補間部 1 1 2、関連付け処理部 1 1 3、算出処理部 1 1 4、第 2 補間部 1 1 5 は、C P U 等の制御部によって実現される。頭領域特定部 1 1 0 は、第 1 特定部の一例である。関連付け処理部 1 1 3 は、第 2 特定部の一例である。算出処理部 1 1 4 は、第 3 特定部の一例である。

10

【 0 0 3 9 】

映像 D B 6 5 は、カメラ c 1 , c 2 , c 3 等に撮影された映像データを格納する D B である。図 3 は、映像 D B のデータ構造の一例を示す図である。図 3 に示すように、映像 D B 6 5 は、カメラ識別情報と、映像データとを対応付けて保持する。カメラ識別情報は、カメラを一意に識別する情報である。たとえば、c a m 1 は、カメラ c 1 を示す。c a m 2 は、カメラ c 2 を示す。c a m 3 は、カメラ c 3 を示す。映像データは、該当するカメラに撮影された映像データである。映像データには、時系列の画像フレームが含まれ、フレーム番号が付与される。

【 0 0 4 0 】

図 2 の説明に戻る。頭領域特定部 1 1 0 は、映像 D B 6 5 に登録された、各カメラがそれぞれ撮影した各画像フレームを解析することで、人物の頭領域をそれぞれ特定し、人物の頭領域の 2 次元座標を設定した 2 次元領域情報 8 a , 8 b , 8 c を出力する。

20

【 0 0 4 1 】

たとえば、頭領域特定部 1 1 0 は、機械学習済みの検出モデルを利用する。検出モデルは、映像データに含まれる時系列の画像フレームを入力すると、画像フレームに含まれる人物の頭領域を検出する機械学習モデルである。画像フレームから検出される人物には、人物を識別するための人物 I D が割り当てられる。検出モデルは、オープンソースの機械学習モデル等で実現される。

【 0 0 4 2 】

図 4 は、頭領域の検出結果の一例を示す図である。図 4 に示すように、あるカメラが撮影した画像フレーム f r a m e 1 から、各人物の頭領域 H A 1 a , H A 1 b , H A 1 c , H A 1 d , H A 1 e が検出されている。頭領域特定部 1 1 0 は、各人物の頭領域 H A 1 a ~ H A 1 e の 2 次元座標 ( 2 d b b o x e s )、人物 I D 等を設定し、2 次元領域情報を生成する。

30

【 0 0 4 3 】

頭領域特定部 1 1 0 は、カメラ c 1 に撮影された各画像フレームを基にして、2 次元領域情報 8 a を生成し、シングル M O T 1 1 1 に出力する。頭領域特定部 1 1 0 は、カメラ c 2 に撮影された各画像フレームを基にして、2 次元領域情報 8 b を生成し、シングル M O T 1 1 1 に出力する。頭領域特定部 1 1 0 は、カメラ c 3 に撮影された各画像フレームを基にして、2 次元領域情報 8 c を生成し、シングル M O T 1 1 1 に出力する。図示を省略するが、頭領域特定部 1 1 0 は、更に、他のカメラに撮影された各画像フレームを基にして、2 次元領域情報を生成してもよい。

40

【 0 0 4 4 】

シングル M O T 1 1 1 は、2 次元領域情報 8 a , 8 b , 8 c を受け付けると、2 次元軌跡情報 9 a , 9 b , 9 c を生成する。シングル M O T 1 1 1 は、2 次元軌跡情報 9 a , 9 b , 9 c を、第 1 補間部 1 1 2 に出力する。

【 0 0 4 5 】

図 5 は、シングル M O T の処理の一例を説明するための図である。図 5 に示す画像フレーム f r a m e k - 1、f r a m e k、f r a m e k + 1 は、同一のカメラによって撮影された連続する画像フレームであって、各画像フレームから特定される 2 次元領域情報に相当するもの

50

である。画像フレームframe k-1において、頭領域HA 1 a, HA 1 b, HA 1 cが含まれる。画像フレームframe kにおいて、頭領域HA 2 a, HA 2 b, HA 2 cが含まれる。画像フレームframe kにおいて、頭領域HA 3 a, HA 3 b, HA 3 cが含まれる。シングルMOT 1 1 1は、各画像フレームにおける頭領域の距離を基にして、同一人物の頭領域を特定する。

【0046】

シングルMOT 1 1 1は、頭領域HA 1 a, HA 2 a, HA 3 aを同一の人物の頭領域とすると、頭領域HA 1 a, HA 2 a, HA 3 aをそれぞれリンクさせる。シングルMOT 1 1 1は、頭領域HA 1 b, HA 2 b, HA 3 bを同一の人物の頭領域とすると、頭領域HA 1 b, HA 2 b, HA 3 bをそれぞれリンクさせる。シングルMOT 1 1 1は、頭領域HA 1 c, HA 2 c, HA 3 cを同一の人物の頭領域とすると、頭領域HA 1 a, HA 2 a, HA 3 aをそれぞれリンクさせる。

10

【0047】

シングルMOT 1 1 1は、図5に示す処理を実行することで、同一のカメラによって撮影された各画像フレームに対応する各2次元領域情報から、2次元軌跡情報を生成する。

【0048】

なお、シングルMOT 1 1 1は、非特許文献(Ramana Sundararaman et al "Tracking Pedestrian Heads in Dense Crowd" arXiv:2103.13516v1 [cs.CV] 24 Mar 2021)に記載された技術を用いることで、各2次元領域情報から、2次元軌跡情報を生成することができる。

20

【0049】

図2の説明に戻る。第1補間部1 1 2は、2次元軌跡情報9 a ~ 9 cを受け付け、ある画像フレームにおいて、頭領域に抜け等が存在する場合には、前後の頭領域の情報を用いて、頭領域を補間する。第1補間部1 1 2は、補間した2次元軌跡情報9 a ~ 9 cを、関連付け処理部1 1 3に出力する。

【0050】

図6は、第1補間部の処理を説明するための図である。図6に示す例では、補間前の画像フレームframe kにおいて、頭領域が検出されていない。なお、補間前の画像フレームframe k-1において、頭領域HA 1 a, HA 1 b, HA 1 cが検出されている。補間前の画像フレームframe k+1において、頭領域HA 3 a, HA 3 b, HA 3 cが検出されている。

30

【0051】

第1補間部1 1 2は、画像フレームframe k-1の頭領域HA 1 aの2次元座標と、画像フレームframe k+1の頭領域HA 3 aの2次元座標とを基にして、画像フレームframe kの頭領域HA 2 aを補間する。第1補間部1 1 2は、画像フレームframe k-1の頭領域HA 1 bの2次元座標と、画像フレームframe k+1の頭領域HA 3 bの2次元座標とを基にして、画像フレームframe kの頭領域HA 2 bを補間する。第1補間部1 1 2は、画像フレームframe k-1の頭領域HA 1 cの2次元座標と、画像フレームframe k+1の頭領域HA 3 cの2次元座標とを基にして、画像フレームframe kの頭領域HA 2 cを補間する。

40

【0052】

第1補間部1 1 2が上記の処理を実行することで、補間後において、画像フレームframe kの頭領域HA 2 a, HA 2 b, HA 2 cが設定される。

【0053】

図2の説明に戻る。関連付け処理部1 1 3は、2次元軌跡情報9 a ~ 9 cを基にして、異なるカメラによって撮影された画像フレーム間の頭領域について、同一の人物に対応する頭領域を関連付ける。図7 ~ 図10は、関連付け処理部の処理を説明するための図である。

【0054】

まず、図7について説明する。図7では、画像フレームIm 1 0 - 1と、画像フレーム

50

Im10-2とを用いる。画像フレーム10-1は、カメラc1に撮影された映像データに含まれる画像フレームである。画像フレーム10-1には、ある人物の頭領域HA10が含まれる。頭領域HA10の高さを「 $h^1$ 」、幅を「 $w^1$ 」とする。

【0055】

画像フレーム10-2は、カメラc2に撮影された映像データに含まれる画像フレームである。画像フレーム10-2には、ある人物の頭領域HA11が含まれる。頭領域HA10の高さを「 $h^2$ 」、幅を「 $w^2$ 」とする。

【0056】

画像フレーム10-1と、画像フレーム10-2とは、同じタイミングで撮影された画像フレームとする。たとえば、画像フレーム10-1のフレーム番号と、画像フレーム10-2のフレーム番号とを同一とする。

10

【0057】

関連付け処理部113は、カメラc1, c2のパラメータと、頭領域HA11の中心座標 $x^2$ 等を基にして、画像フレームIm10-1上のエピポーラ線 $l(x^2, 0)$ を特定する。エピポーラ線 $l(x^2, 0)$ 上には、頭領域HA11の中心座標 $x^2$ が含まれることを意味する。

【0058】

関連付け処理部113は、画像フレームIm10-1上において、頭領域HA10の中心座標 $x^1$ と、エピポーラ線 $l(x^2)$ との距離 $d(l(x^2), x^1)$ を算出する。関連付け処理部113は、距離 $d(l(x^2), x^1)$ を $(w^1 + h^1) / 2$ によって除算することで、スケール調整を行い、頭領域HA10と、頭領域HA11とのエピポーラ距離を算出する。

20

【0059】

関連付け処理部113は、カメラc1, c2のパラメータと、頭領域HA10の中心座標 $x^1$ 等を基にして、画像フレームIm10-2上のエピポーラ線 $l(x^1)$ を特定する。エピポーラ線 $l(x^1)$ 上には、頭領域HA10の中心座標 $x^1$ が含まれることを意味する。関連付け処理部113は、距離 $d(l(x^1), x^2)$ を $(w^2 + h^2) / 2$ によって除算することで、スケール調整を行い、頭領域HA10と、頭領域HA11とのエピポーラ距離を算出する。

【0060】

関連付け処理部113は、異なるカメラに撮影された画像フレームに含まれる各頭領域について、上記処理をそれぞれ実行し、各頭領域のエピポーラ距離を算出する。

30

【0061】

図8の説明に移行する。図8では、各頭領域に関するエピポーラ距離を、マトリックスMAによって示す。たとえば、頭領域HA10-1、HA11-1は、カメラc1に撮影された画像フレームの人物の頭領域である。頭領域HA10-2、HA11-2は、カメラc2に撮影された画像フレームの人物の頭領域である。同一の頭領域に関するエピポーラ距離は「0.0」となる。

【0062】

関連付け処理部113は、マトリックスMAに設定されたエピポーラ距離を縦方向に走査し、同じ画像に相当するエピポーラ距離「0.0」を除く、各エピポーラ距離のうち、最小のエピポーラ距離を特定し、特定結果を基にして、同一の人物に対応する頭領域の組を特定する。以下の説明では、エピポーラ距離「0.0」を除く、エピポーラ距離のうち、最小のエピポーラ距離を、「最小エピポーラ距離」と表記する。

40

【0063】

図8に示すマトリックスMAの0行目、2行目において、最小エピポーラ距離は、頭領域HA10-1と、頭領域HA10-2との組から得られるエピポーラ距離「0.2」となる。このため、関連付け処理部113は、頭領域HA10-1と、頭領域HA10-2との組を、同一の人物の頭領域として関連付ける。

【0064】

50

図 8 に示すマトリックス M A の 1 行目、3 行目において、最小エピソード距離は、頭領域 H A 1 1 - 1 と、頭領域 H A 1 1 - 2 との組から得られるエピソード距離「0.1」となる。このため、関連付け処理部 1 1 3 は、頭領域 H A 1 1 - 1 と、頭領域 H A 1 1 - 2 との組を、同一の人物の頭領域として関連付ける。

【0065】

関連付け処理部 1 1 3 は、2 次元軌跡情報 9 a ~ 9 c の各画像フレームに含まれる各頭領域について、上記処理を繰り返し実行することで、同一の人物に対応する頭領域の組を特定する。

【0066】

図 9 の説明に移行する。フレーム番号「k-1」の画像フレーム I m 2 0 - 1 , I m 2 0 - 2 を用いて説明する。たとえば、画像フレーム I m 2 0 - 1 は、カメラ c 1 が撮影した画像フレームである。画像フレーム I m 2 0 - 1 から、人物の頭領域 H A 1 a , H A 1 b , H A 1 c が特定されている。

10

【0067】

画像フレーム I m 2 0 - 2 は、カメラ c 2 が撮影した画像フレームである。画像フレーム I m 2 0 - 2 から、人物の頭領域 H A 1 x , H A 1 y , H A 1 z が特定されている。画像フレーム I m 2 0 - 2 において、頭領域 H A 1 a に対応するエピソード線 l 1 a が特定されている。画像フレーム I m 2 0 - 2 において、頭領域 H A 1 b に対応するエピソード線 l 1 b が特定されている。画像フレーム I m 2 0 - 2 において、頭領域 H A 1 c に対応するエピソード線 l 1 c が特定されている。

20

【0068】

関連付け処理部 1 1 3 は、上記のエピソード距離を算出し、同一の人物の頭領域の関連付けを行う。たとえば、関連付け処理部 1 1 3 は、頭領域 H A 1 a と、頭領域 H A 1 x とを、同一の人物の頭領域として関連付ける。関連付け処理部 1 1 3 は、頭領域 H A 1 b と、頭領域 H A 1 y とを、同一の人物の頭領域として関連付ける。関連付け処理部 1 1 3 は、頭領域 H A 1 c と、頭領域 H A 1 z とを、同一の人物の頭領域として関連付ける。

【0069】

続いて、フレーム番号「k」の画像フレーム I m 2 1 - 1 , I m 2 1 - 2 を用いて説明する。画像フレーム I m 2 1 - 1 は、カメラ c 1 が撮影した画像フレームである。画像フレーム I m 2 1 - 1 から、人物の頭領域 H A 2 a , H A 2 b , H A 2 c が特定されている。

30

【0070】

画像フレーム I m 2 1 - 2 は、カメラ c 2 が撮影した画像フレームである。画像フレーム I m 2 1 - 2 から、人物の頭領域 H A 2 x , H A 2 y , H A 2 z が特定されている。画像フレーム I m 2 1 - 2 において、頭領域 H A 2 a に対応するエピソード線 l 2 a が特定されている。画像フレーム I m 2 1 - 2 において、頭領域 H A 2 b に対応するエピソード線 l 2 b が特定されている。画像フレーム I m 2 1 - 2 において、頭領域 H A 2 c に対応するエピソード線 l 2 c が特定されている。

【0071】

関連付け処理部 1 1 3 は、上記のエピソード距離を算出し、同一の人物の頭領域の関連付けを行う。たとえば、関連付け処理部 1 1 3 は、頭領域 H A 2 a と、頭領域 H A 2 x とを、同一の人物の頭領域として関連付ける。関連付け処理部 1 1 3 は、頭領域 H A 2 b と、頭領域 H A 2 y とを、同一の人物の頭領域として関連付ける。関連付け処理部 1 1 3 は、頭領域 H A 2 c と、頭領域 H A 2 z とを、同一の人物の頭領域として関連付ける。

40

【0072】

続いて、フレーム番号「k+1」の画像フレーム I m 2 2 - 1 , I m 2 2 - 2 を用いて説明する。画像フレーム I m 2 2 - 1 は、カメラ c 1 が撮影した画像フレームである。画像フレーム I m 2 2 - 1 から、人物の頭領域 H A 3 a , H A 3 b , H A 3 c が特定されている。

【0073】

画像フレーム I m 2 2 - 2 は、カメラ c 2 が撮影した画像フレームである。画像フレ

50

ム I m 2 2 - 2 から、人物の頭領域 H A 3 x , H A 3 y , H A 3 z が特定されている。画像フレーム I m 2 2 - 2 において、頭領域 H A 3 a に対応するエピソード線 1 3 a が特定されている。画像フレーム I m 2 2 - 2 において、頭領域 H A 3 b に対応するエピソード線 1 3 b が特定されている。画像フレーム I m 2 2 - 2 において、頭領域 H A 3 c に対応するエピソード線 1 3 c が特定されている。

【 0 0 7 4 】

図 1 0 の説明に移行する。関連付け処理部 1 1 3 は、図 8 で説明した処理と同様にして、フレーム k - 1、k、k + 1 でもフレーム毎にマトリックス M A 1、M A 2、M A 3 を作成して、最小エピソード距離から同一人物の頭領域として関連付ける。以下に一例を示す。図 1 0 では連続する各画像フレームに基づくマトリックス M A 1、M A 2、M A 3 を用いて説明する。マトリックス M A 1 は、フレーム番号「k - 1」の画像フレームを基に特定される。マトリックス M A 2 は、フレーム番号「k」の画像フレームを基に特定される。マトリックス M A 3 は、フレーム番号「k + 1」の画像フレームを基に特定される。

10

【 0 0 7 5 】

マトリックス M A 1 について説明する。頭領域 H A 1 0 - 1、H A 1 1 - 1 は、カメラ c 1 に撮影された画像フレームの人物の頭領域である。頭領域 H A 1 0 - 2、H A 1 1 - 2 は、カメラ c 2 に撮影された画像フレームの人物の頭領域である。

【 0 0 7 6 】

関連付け処理部 1 1 3 は、マトリックス M A 1 の 0 行目において、最小エピソード距離は、頭領域 H A 1 0 - 1 と、頭領域 H A 1 0 - 2 との組から得られるエピソード距離「0 . 2」となる。このため、関連付け処理部 1 1 3 は、頭領域 H A 1 0 - 1 と、頭領域 H A 1 0 - 2 との組を、同一の人物の頭領域として関連付ける。

20

【 0 0 7 7 】

関連付け処理部 1 1 3 は、マトリックス M A 1 の 1 行目において、最小エピソード距離は、頭領域 H A 1 1 - 1 と、頭領域 H A 1 1 - 2 との組から得られるエピソード距離「0 . 1」となる。このため、関連付け処理部 1 1 3 は、頭領域 H A 1 1 - 1 と、頭領域 H A 1 1 - 2 との組を、同一の人物の頭領域として関連付ける。

【 0 0 7 8 】

マトリックス M A 2 について説明する。頭領域 H A 1 2 - 1、H A 1 3 - 1 は、カメラ c 1 に撮影された画像フレームの人物の頭領域である。頭領域 H A 1 2 - 2、H A 1 3 - 2 は、カメラ c 2 に撮影された画像フレームの人物の頭領域である。

30

【 0 0 7 9 】

関連付け処理部 1 1 3 は、マトリックス M A 2 の 0 行目において、最小エピソード距離は、頭領域 H A 1 2 - 1 と、頭領域 H A 1 2 - 2 との組から得られるエピソード距離「0 . 1」となる。関連付け処理部 1 1 3 は、マトリックス M A 2 の 1 行目において、最小エピソード距離は、頭領域 H A 1 3 - 1 と、頭領域 H A 1 3 - 2 との組から得られるエピソード距離「0 . 2」となる。関連付け処理部 1 1 3 は、頭領域 H A 1 2 - 1 と、頭領域 H A 1 2 - 2 との組、頭領域 H A 1 2 - 2 と、頭領域 H A 1 2 - 3 との組、同一の人物の頭領域として関連付ける。

【 0 0 8 0 】

マトリックス M A 3 について説明する。頭領域 H A 1 4 - 1、H A 1 5 - 1 は、カメラ c 1 に撮影された画像フレームの人物の頭領域である。頭領域 H A 1 4 - 2、H A 1 5 - 2 は、カメラ c 2 に撮影された画像フレームの人物の頭領域である。

40

【 0 0 8 1 】

関連付け処理部 1 1 3 は、マトリックス M A 3 の 0 行目において、最小エピソード距離は、頭領域 H A 1 4 - 1 と、頭領域 H A 1 4 - 2 との組から得られるエピソード距離「0 . 2」となる。このため、関連付け処理部 1 1 3 は、頭領域 H A 1 4 - 1 と、頭領域 H A 1 4 - 2 との組を、同一の人物の頭領域として関連付ける。

【 0 0 8 2 】

関連付け処理部 1 1 3 は、マトリックス M A 3 の 1 行目において、最小エピソード距離

50

は、頭領域 H A 1 5 - 1 と、頭領域 H A 1 5 - 2 との組から得られるエピソード距離「0.3」となる。このため、関連付け処理部 1 1 3 は、頭領域 H A 1 5 - 1 と、頭領域 H A 1 5 - 2 との組を、同一の人物の頭領域として関連付ける。

【0083】

関連付け処理部 1 1 3 は、上記の図 7 ~ 図 1 0 で説明した処理を実行することで、2次元軌跡情報 9 a ~ 9 c を基にして、異なるカメラによって撮影された画像フレーム間の頭領域について、同一の人物に対応する頭領域を関連付ける。関連付け処理部 1 1 3 は、関連付けた頭領域の情報を、算出処理部 1 1 4 に出力する。

【0084】

算出処理部 1 1 4 は、カメラのパラメータ、三角測量を用いて、関連付けられた頭領域の2次元座標から、人物の頭領域の3次元座標を算出する。図 1 1 および図 1 2 は、算出処理部の処理を説明するための図である。

10

【0085】

図 1 1 について説明する。画像フレーム I m 1 9 - 1 は、カメラ c 1 が撮影した画像フレームである。画像フレーム I m 1 9 - 1 から、人物の頭領域 H A 1 a , H A 1 b が特定されている。画像フレーム I m 1 9 - 2 から、人物の頭領域 H A 1 x , H A 1 y が特定されている。たとえば、上記の関連付け処理部 1 1 3 の処理によって、頭領域 H A 1 a と、頭領域 H A 1 x とが関連付けられているものとする。頭領域 H A 1 b と、頭領域 H A 1 y とが関連付けられているものとする。

【0086】

算出処理部 1 1 4 は、算出処理部 1 1 4 は、頭領域 H A 1 a の2次元座標と、頭領域 H A 1 x の2次元座標とを基にして、三角測量により、人物 P 1 の頭の3次元座標を算出する。算出処理部 1 1 4 は、頭領域 H A 1 b の2次元座標と、頭領域 H A 1 y の2次元座標とを基にして、三角測量により、人物 P 2 の頭の3次元座標を算出する。算出処理部は、各フレーム番号の画像フレームについて、上記処理を繰り返し実行する。

20

【0087】

図 1 2 の説明に移行する。フレーム番号「k-1」の画像フレーム I m 2 0 - 1 , I m 2 0 - 2 を用いて説明する。たとえば、画像フレーム I m 2 0 - 1 は、カメラ c 1 が撮影した画像フレームである。画像フレーム I m 2 0 - 1 から、人物の頭領域 H A 1 a , H A 1 b , H A 1 c が特定されている。画像フレーム I m 2 0 - 2 から、人物の頭領域 H A 1 x , H A 1 y , H A 1 z が特定されている。関連付け処理部 1 1 3 の処理により、頭領域 H A 1 a と、頭領域 H A 1 x とが関連付けられているものとする。頭領域 H A 1 b と、頭領域 H A 1 y とが関連付けられているものとする。頭領域 H A 1 c と、頭領域 H A 1 z とが関連付けられているものとする。

30

【0088】

算出処理部 1 1 4 は、頭領域 H A 1 a の2次元座標と、頭領域 H A 1 x の2次元座標とを基にして、三角測量により、人物 P 1 の3次元座標を算出する。算出処理部 1 1 4 は、頭領域 H A 1 b の2次元座標と、頭領域 H A 1 y の2次元座標とを基にして、三角測量により、人物 P 2 の3次元座標を算出する。算出処理部 1 1 4 は、頭領域 H A 1 c の2次元座標と、頭領域 H A 1 z の2次元座標とを基にして、三角測量により、人物 P 3 の3次元座標を算出する。

40

【0089】

フレーム番号「k」の画像フレーム I m 2 1 - 1 , I m 2 1 - 2 を用いて説明する。たとえば、画像フレーム I m 2 1 - 1 は、カメラ c 1 が撮影した画像フレームである。画像フレーム I m 2 1 - 1 から、人物の頭領域 H A 2 a , H A 2 b , H A 2 c が特定されている。画像フレーム I m 2 1 - 2 から、人物の頭領域 H A 2 x , H A 2 y , H A 2 z が特定されている。関連付け処理部 1 1 3 の処理により、頭領域 H A 2 a と、頭領域 H A 2 x とが関連付けられているものとする。頭領域 H A 2 b と、頭領域 H A 2 y とが関連付けられているものとする。頭領域 H A 2 c と、頭領域 H A 2 z とが関連付けられているものとする。

50

## 【 0 0 9 0 】

算出処理部 1 1 4 は、頭領域 H A 2 a の 2 次元座標と、頭領域 H A 2 x の 2 次元座標とを基にして、三角測量により、人物 P 1 の 3 次元座標を算出する。算出処理部 1 1 4 は、頭領域 H A 2 b の 2 次元座標と、頭領域 H A 2 y の 2 次元座標とを基にして、三角測量により、人物 P 2 の 3 次元座標を算出する。算出処理部 1 1 4 は、頭領域 H A 2 c の 2 次元座標と、頭領域 H A 2 z の 2 次元座標とを基にして、三角測量により、人物 P 3 の 3 次元座標を算出する。

## 【 0 0 9 1 】

フレーム番号「 $k + 1$ 」の画像フレーム  $I_{m22-1}$  ,  $I_{m22-2}$  を用いて説明する。たとえば、画像フレーム  $I_{m22-1}$  は、カメラ  $c_1$  が撮影した画像フレームである。画像フレーム  $I_{m22-1}$  から、人物の頭領域 H A 3 a , H A 3 b , H A 3 c が特定されている。画像フレーム  $I_{m22-2}$  から、人物の頭領域 H A 3 x , H A 3 y , H A 3 z が特定されている。関連付け処理部 1 1 3 の処理により、頭領域 H A 3 a と、頭領域 H A 3 x とが関連付けられているものとする。頭領域 H A 3 b と、頭領域 H A 3 y とが関連付けられているものとする。頭領域 H A 3 c と、頭領域 H A 3 z とが関連付けられているものとする。

10

## 【 0 0 9 2 】

算出処理部 1 1 4 は、頭領域 H A 3 a の 2 次元座標と、頭領域 H A 3 x の 2 次元座標とを基にして、三角測量により、人物 P 1 の 3 次元座標を算出する。算出処理部 1 1 4 は、頭領域 H A 3 b の 2 次元座標と、頭領域 H A 3 y の 2 次元座標とを基にして、三角測量により、人物 P 2 の 3 次元座標を算出する。算出処理部 1 1 4 は、頭領域 H A 3 c の 2 次元座標と、頭領域 H A 3 z の 2 次元座標とを基にして、三角測量により、人物 P 3 の 3 次元座標を算出する。

20

## 【 0 0 9 3 】

算出処理部 1 1 4 が上記処理を実行することで、各フレーム番号の画像フレーム番号から、人物 P 1 , P 2 , P 3 の頭領域の 3 次元座標の軌跡 ( 3 次元軌跡情報 1 5 ) が算出される。算出処理部 1 1 4 は、3次元軌跡情報 1 5 を、第 2 補間部 1 1 5 に出力する。

## 【 0 0 9 4 】

図 2 の説明に戻る。第 2 補間部 1 1 5 は、3次元軌跡情報 1 5 を受け付け、ある画像フレームにおいて、頭領域の 3 次元座標に抜け等が存在する場合には、前後の頭領域の 3 次元座標の情報を用いて、頭領域を補間する。第 2 補間部 1 1 5 は、補間した 3 次元軌跡情報 1 5 を出力する。

30

## 【 0 0 9 5 】

図 1 3 は、第 2 補間部の処理を説明するための図である。図 1 3 に示す例では、補間前の 3 次元軌跡情報において、フレーム番号  $k - 1$  で、人物 P 1 の 3 次元座標が特定され、フレーム番号  $k$  で、人物 P 1 の 3 次元座標が特定されず、フレーム番号  $k + 1$  で、人物 P 1 の 3 次元座標が特定されている。

## 【 0 0 9 6 】

第 2 補間部 1 1 5 は、フレーム番号  $k - 1$  における人物 P 1 の 3 次元座標と、フレーム番号  $k + 1$  における人物 P 1 の 3 次元座標との間の座標を、フレーム番号  $k$  における人物 P 1 の 3 次元座標として算出することで補間を行う。

40

## 【 0 0 9 7 】

次に、本実施例 1 に係る情報処理装置 1 0 0 の処理手順の一例について説明する。図 1 4 は、本実施例 1 に係る情報処理装置の処理手順を示すフローチャートである。情報処理装置 1 0 0 の頭領域特定部 1 1 0 は、映像 D B 6 5 から、各カメラが撮影した各画像フレームを取得する ( ステップ S 1 0 1 ) 。頭領域特定部 1 1 0 は、画像フレームから、人物の頭領域を特定し、2次元領域情報を生成する ( ステップ S 1 0 2 ) 。

## 【 0 0 9 8 】

情報処理装置 1 0 0 のシングル M O T 1 1 1 は、2次元領域情報を基にして、2次元軌跡情報を生成する ( ステップ S 1 0 3 ) 。情報処理装置 1 0 0 の第 1 補間部 1 1 2 は、補

50

間対象となる頭領域が存在する場合に、2次元軌跡情報に対して補間処理を実行する(ステップS104)。

【0099】

情報処理装置100の関連付け処理部113は、2次元軌跡情報を基にして、エピソード距離を算出し、同一の人物に対応する頭領域を関連付ける(ステップS105)。情報処理装置100の算出処理部114は、同一の人物に対応する頭領域の組の2次元座標を基にして、三角測量を基により、3次元軌跡情報を生成する(ステップS106)。

【0100】

情報処理装置100の第2補間部115は、補間対象となる頭領域が存在する場合に、3次元軌跡情報に対して補間処理を実行する(ステップS107)。情報処理装置100は、3次元軌跡情報を出力する(ステップS108)。

【0101】

次に、本実施例1に係る情報処理装置100の効果について説明する。情報処理装置100は、各画像フレームからそれぞれ特定した頭領域とエピソード線と距離を基にして、同一の人物に対応する頭領域の組を特定し、特定した頭領域の組を基にして、人物の頭部の3次元座標を算出する。情報処理装置100は、かかる処理を繰り返し実行することで、人物の頭領域に関する3次元軌跡情報を生成する。

【0102】

カメラは高い場所に設置されているため、複数の人物が密集していても、頭領域は、オクルージョンの影響を受けにくく、ほとんどのカメラで複数の人物の頭領域を撮影することが可能である。情報処理装置100は、人物の頭領域を特定するため、従来技術のように、人物の全身の領域情報を利用する場合と比較して、頭領域をロストすることが少なくなり、安定して、人物の位置(頭領域の位置)を追従することができる。また、情報処理装置100は、頭領域のみを抽出するため、従来技術のように、人物の全身の領域情報や姿勢を特定する場合と比較して、計算コストを低くでき、処理速度を高めることができる。

【0103】

情報処理装置100は、各画像フレームからそれぞれ特定した人物の頭領域とエピソード線と距離を基にして、同一の人物に対応する頭領域の組を特定する。このため、異なる人物の頭領域を、同一の組として特定することを抑止し、人物の3次元上の位置を精度よく追従することができる。

【0104】

情報処理装置100は、エピソード距離を算出する場合に、各画像フレームに含まれる頭領域の大きさを基にして、エピソード距離のスケールを調整する。これによって、人物と各カメラとの距離が異なっても、同一の人物に対応する頭領域を適切に関連付けることができる。

【実施例2】

【0105】

図15は、本実施例2に係るシステムの一例を示す図である。図15に示すように、このシステムは、複数のカメラc1, c2, c3と、情報処理装置200とを有する。カメラc1~c3と、情報処理装置200とは、ネットワーク50を介して相互に接続される。図15では、カメラc1~c3を示すが、本実施例2に係るシステムは、更に他のカメラを有していてもよい。

【0106】

カメラc1~c3は、コンビニエンスストア、スーパーマーケット等の店内の映像を撮影するカメラである。カメラc1~c3は、映像データを、情報処理装置200に送信する。情報処理装置200は、オンライン(online)で、カメラc1~c3から映像データを受信し、3次元軌跡情報を出力する。情報処理装置200は、受信した映像データを映像DB65に登録することもできる。

【0107】

情報処理装置200は、カメラc1~c3から画像フレームを順次取得し、予め設定さ

10

20

30

40

50

れたウィンドウ (sliding window) 毎に、3次元軌跡情報を算出する。情報処理装置 200 は、各ウィンドウの3次元軌跡情報を関連付けて、人物の3次元軌跡情報を生成する。

【0108】

図16は、本実施例2に係る情報処理装置の処理を説明するための図である。情報処理装置200は、ウィンドウw1、ウィンドウw2、ウィンドウw3を設定する。ここでは、ウィンドウw1~w3を用いて説明するが、ウィンドウw3以降のウィンドウw4、w5も含まれる。

【0109】

隣接するウィンドウの区間は、一部の画像フレームがオーバーラップしており、ウィンドウw1~w3の区間をnフレームとする。たとえば、n=60とする。

10

【0110】

情報処理装置200は、画像フレームを複数のショート区間のウィンドウに分割する。情報処理装置200は、実施例1で説明した、シングルMOT111、第1補間部112、関連付け処理部113、算出処理部114、第2補間部115に対応する処理を、ショート区間の画像フレームに実行し、ショート区間毎の3次元軌跡情報を生成する。情報処理装置200は、ウィンドウw1のショート区間毎の3次元軌跡情報を統合することで、3次元軌跡情報(w1)を生成する。

【0111】

情報処理装置200は、ウィンドウw2、w3についても、ウィンドウw1と同様の処理を実行することで、3次元軌跡情報(w2)、3次元軌跡情報(w3)を生成する。

20

【0112】

情報処理装置200は、関連付け処理部250-1に3次元軌跡情報(w1)と、3次元軌跡情報(w2)とを入力する。関連付け処理部250-1は、3次元軌跡情報(w1)と、3次元軌跡情報(w2)とを関連付けた3次元軌跡情報(w1&w2)を生成し、3次元軌跡情報(w1&w2)を、関連付け処理部250-2に出力する。

【0113】

情報処理装置200は、関連付け処理部250-2に3次元軌跡情報(w3)を入力する。関連付け処理部250-2は、3次元軌跡情報(w1&w2)と、3次元軌跡情報(w3)とを関連付けた3次元軌跡情報(w1&w2&w3)を生成し、3次元軌跡情報(w1&w2)を、続く関連付け処理部に出力する。

30

【0114】

情報処理装置200の各関連付け処理部が、上記処理を繰り返し実行することで、各ウィンドウの3次元軌跡を関連付けた情報が生成される。

【0115】

ここで、従来技術2の従来装置20と、情報処理装置200とを比較する。従来装置20の方式は、各カメラで撮影した一つの画像フレームに含まれる同一の人物の領域をそれぞれ関連付ける方式(Single-frame Multi-view Data Association方式)である。

【0116】

図17は、従来技術による関連付けの結果を示す図である。図17では説明の便宜上、人物の頭領域を用いて説明を行うが、実際の従来技術では、体全体の領域や、姿勢等の情報となる。図17において、画像フレームIm30-1は、カメラc1によって撮影された画像である。画像フレームIm30-1から、人物の領域A1-1、A1-2、A1-3、A1-4が検出されている。

40

【0117】

画像フレームIm30-2は、カメラc2によって撮影された画像である。画像フレームIm30-2から、人物の領域A2-1、A2-2が検出されている。画像フレームIm30-3は、カメラc3によって撮影された画像である。画像フレームIm30-3から、人物の領域A3-1が検出されている。

【0118】

画像フレームIm30-1、Im30-2、Im30-3のフレーム番号を「k」とす

50

る。従来装置 20 では、Single-frame Multi-view Data Association方式によって、領域 A 1 - 1、A 2 - 1、A 3 - 1 がそれぞれ関連付けられる。従来装置 20 では、各フレーム番号の各画像フレームについて、上記の関連付けを繰り返し実行していくと、関連付けに誤りが発生する場合がある。

【0119】

図 18 は、従来技術の関連付けの誤りの一例を示す図である。図 18 において、画像フレーム Im 40 - 1、Im 40 - 2、Im 40 - 3、Im 40 - 4、Im 40 - 5 のフレーム番号を同一とする。

【0120】

画像フレーム Im 40 - 1 は、カメラ c 1 によって撮影された画像である。画像フレーム Im 40 - 1 から、人物の領域 A 1 - 0、A 1 - 1、A 1 - 2、A 1 - 3、A 1 - 4、A 1 - 7 が検出されている。

10

【0121】

画像フレーム Im 40 - 2 は、カメラ c 2 によって撮影された画像である。画像フレーム Im 40 - 2 から、人物の領域 A 2 - 0、A 2 - 1、A 2 - 2 が検出されている。

【0122】

画像フレーム Im 40 - 3 は、カメラ c 3 によって撮影された画像である。画像フレーム Im 40 - 3 から、人物の領域 A 3 - 0、A 3 - 1、A 3 - 2、A 3 - 3、A 3 - 4、A 3 - 5、A 3 - 7 が検出されている。

20

【0123】

画像フレーム Im 40 - 4 は、カメラ c 4 によって撮影された画像である。画像フレーム Im 40 - 4 から、人物の領域 A 4 - 0、A 4 - 1、A 4 - 2、A 4 - 3、A 4 - 6 が検出されている。

【0124】

画像フレーム Im 40 - 5 は、カメラ c 5 によって撮影された画像である。画像フレーム Im 40 - 5 から、人物の領域 A 5 - 0、A 5 - 1、A 5 - 2、A 5 - 3、A 5 - 4、A 5 - 5 が検出されている。

【0125】

従来技術では、各画像フレームの各人物の領域について、同一の人物の領域の関連付けを行うと、領域 A 1 - 0、A 2 - 0、A 3 - 0、A 4 - 0、A 5 - 0 がそれぞれ関連付けられる。領域 A 1 - 1、A 2 - 1、A 3 - 1、A 4 - 1、A 5 - 1 がそれぞれ関連付けられる。領域 A 1 - 2、A 2 - 2、A 3 - 2、A 4 - 2、A 5 - 2 がそれぞれ関連付けられる。領域 A 1 - 3、A 3 - 3、A 4 - 3、A 5 - 3 がそれぞれ関連付けられる。領域 A 1 - 4、A 3 - 4、A 5 - 4 がそれぞれ関連付けられる。領域 A 3 - 5、A 5 - 5 がそれぞれ関連付けられる。領域 A 4 - 6、A 5 - 6 がそれぞれ関連付けられる。

30

【0126】

ここで、領域 A 1 - 4、A 3 - 4、A 5 - 4 の関連付けに誤りが発生している。正しい関連付けは、領域 A 1 - 4、A 3 - 5 (A 3 - 4 は誤り)、A 5 - 5 (A 5 - 4 は誤り) となる。

【0127】

図 19 および図 20 は、本実施例 2 の情報処理装置による関連付けの結果を示す図である。図 19 について説明する。画像フレーム Im 35 - 1、Im 35 - 2、Im 35 - 3 のフレーム番号を「k」とする。画像フレーム Im 35 - 4、Im 35 - 5、Im 35 - 6 のフレーム番号を「k + 」とする。

40

【0128】

画像フレーム Im 35 - 1 は、カメラ c 1 によって撮影された画像である。画像フレーム Im 35 - 1 から、人物の頭領域 A 1 - 1、A 1 - 2、A 1 - 3、A 1 - 4 が検出されている。

【0129】

画像フレーム Im 35 - 2 は、カメラ c 2 によって撮影された画像である。画像フレー

50

△Im35-2から、人物の頭領域A2-1, A2-2が検出されている。

【0130】

画像フレームIm35-3は、カメラc3によって撮影された画像である。画像フレームIm35-3から、人物の頭領域A3-1が検出されている。

【0131】

画像フレームIm35-4は、カメラc1によって撮影された画像である。画像フレームIm35-4から、人物の頭領域A4-1, A4-2, A4-3が検出されている。

【0132】

画像フレームIm35-5は、カメラc2によって撮影された画像である。画像フレームIm35-2から、人物の頭領域A5-1, A5-2, A5-3が検出されている。

10

【0133】

画像フレームIm35-6は、カメラc3によって撮影された画像である。画像フレームIm35-6から、人物の頭領域A6-1, A6-2が検出されている。

【0134】

情報処理装置200は、図16で説明した処理を実行して、異なるフレーム番号間の頭領域を関連付けると、頭領域A1-1, A2-1, A3-1, A4-1, A5-1, A6-1がそれぞれ関連付けられる。頭領域A1-2, A2-2, A4-2, A5-2, A6-2がそれぞれ関連付けられる。頭領域A1-3, A4-3, A5-3がそれぞれ関連付けられる。情報処理装置200は、ウィンドウを設定して、上記の関連付けを繰り返していくことで、図18で説明したような関連付けの誤りが発生することを抑止することができる。

20

【0135】

図20の説明に移行する。図20において、画像フレームIm45-1, Im45-2, Im45-3, Im45-4, Im45-5のフレーム番号を同一とする。

【0136】

画像フレームIm45-1は、カメラc1によって撮影された画像である。画像フレームIm45-1から、人物の頭領域A1-1, A1-2, A1-3, A1-4, A1-5, A1-6, A1-7が検出されている。

【0137】

画像フレームIm45-2は、カメラc2によって撮影された画像である。画像フレームIm45-2から、人物の頭領域A2-1, A2-2, A2-4が検出されている。

30

【0138】

画像フレームIm45-3は、カメラc3によって撮影された画像である。画像フレームIm45-3から、人物の頭領域A3-1, A3-2, A3-3, A3-4, A3-5, A3-6, A3-7が検出されている。

【0139】

画像フレームIm45-4は、カメラc4によって撮影された画像である。画像フレームIm45-4から、人物の頭領域A4-1, A4-2, A4-3, A4-4, A4-5が検出されている。

【0140】

40

画像フレームIm45-5は、カメラc5によって撮影された画像である。画像フレームIm45-5から、人物の頭領域A5-1, A5-2, A5-3, A5-4, A5-5, A5-6, A5-7が検出されている。

【0141】

情報処理装置200が、各画像フレームの各人物の領域について、同一の人物の領域の関連付けを行うと、領域A1-1, A2-1, A3-1, A4-1, A5-1がそれぞれ関連付けられる。領域A1-2, A2-2, A3-2, A4-2, A5-2がそれぞれ関連付けられる。領域A1-3, A3-3, A4-3, A5-3がそれぞれ関連付けられる。領域A1-6, A3-6, A5-6がそれぞれ関連付けられる。領域A1-7, A3-7, A5-7がそれぞれ関連付けられる。図20に示す関連付けは、正しい関連付けであ

50

る。

【 0 1 4 2 】

図 1 7、図 1 8 で説明した従来装置 2 0 の関連付けの結果と、図 1 9、図 2 0 で説明した情報処理装置 2 0 0 との関連付けの結果に示される通り、情報処理装置 2 0 0 によれば、区間がオーバーラップするウィンドウを設定して、関連付けを行うことで、追従精度を向上させることができる。

【 0 1 4 3 】

次に、図 1 5 に示した情報処理装置 2 0 0 の構成の一例について説明する。図 2 1 は、本実施例 2 に係る情報処理装置の構成例を示す図である。図 2 1 に示すように、この情報処理装置 2 0 0 は、ウィンドウ生成部 6 5 A と、頭領域特定部 1 1 0 と、シングル M O T 1 1 1 と、第 1 補間部 1 1 2 と、関連付け処理部 1 1 3 と、算出処理部 1 1 4 と、第 2 補間部 1 1 5 とを有する。情報処理装置 2 0 0 は、通信部 2 1 0 と、ウィンドウ制御部 2 2 0 と、関連付け処理部 2 5 0 とを有する。頭領域特定部 1 1 0、シングル M O T 1 1 1、第 1 補間部 1 1 2、関連付け処理部 1 1 3、算出処理部 1 1 4、第 2 補間部 1 1 5 は、C P U 等の制御部によって実現される。また、通信部 2 1 0、ウィンドウ制御部 2 2 0 と、関連付け処理部 2 5 0 も C P U 等の制御部によって実現される。

10

【 0 1 4 4 】

図 2 1 において、頭領域特定部 1 1 0、シングル M O T 1 1 1、第 1 補間部 1 1 2、関連付け処理部 1 1 3、算出処理部 1 1 4、第 2 補間部 1 1 5 に関する説明は、図 2 で説明した各処理部の説明と同様である。ウィンドウ生成部 6 5 A は、カメラから受信したフレームからウィンドウ毎のフレームを生成する。

20

【 0 1 4 5 】

通信部 2 1 0 は、カメラ c 1 ~ c 3 (他のカメラ) から映像データを受信し、受信した映像データを、ウィンドウ生成部 6 5 A に出力する。

【 0 1 4 6 】

ウィンドウ制御部 2 2 0 は、図 1 6 で説明した所定区間のウィンドウに対し、頭領域特定部 1 1 0 と、シングル M O T 1 1 1 と、第 1 補間部 1 1 2 と、関連付け処理部 1 1 3 と、算出処理部 1 1 4 と、第 2 補間部 1 1 5 と協働して処理を実現する。ウィンドウ制御部 2 2 0 により、各ウィンドウの 3 次元軌跡情報 ( w 1、w 2、・・・ ) が生成され、各ウィンドウの 3 次元軌跡情報 ( w 1、w 2、・・・ ) を、関連付け処理部 2 5 0 に出力される。

30

【 0 1 4 7 】

関連付け処理部 2 5 0 は、図 1 6 で示した関連付け処理部 2 5 0 - 1、2 5 0 - 2、・・・等に対応する処理を実行する。たとえば、関連付け処理部 2 5 0 は、3 次元軌跡情報 ( w 1 ) と、3 次元軌跡情報 ( w 2 ) とを関連付けた 3 次元軌跡情報 ( w 1 & w 2 ) を生成する。関連付け処理部 2 5 0 は、3 次元軌跡情報 ( w 1 & w 2 ) と、3 次元軌跡情報 ( w 3 ) とを関連付けた 3 次元軌跡情報 ( w 1 & w 2 & w 3 ) を生成する。

【 0 1 4 8 】

図 2 2 は、本実施例 2 に係る関連付け処理部 2 5 0 の処理を説明するための図である。図 2 2 に示すように、ウィンドウ w には、人物 A の頭領域の 3 次元軌跡 w 1 - 1 と、人物 B の頭領域の 3 次元軌跡 w 1 - 2 とが含まれる。ウィンドウ w + 1 には、人物 C の頭領域の 3 次元軌跡 w 2 - 1 と、人物 D の頭領域の 3 次元軌跡 w 2 - 2 と、人物 E の頭領域の 3 次元軌跡 w 2 - 3 とが含まれるものとする。

40

【 0 1 4 9 】

関連付け処理部 2 5 0 は、3 次元軌跡 w 1 - 1 と、3 次元軌跡 w 2 - 1、w 2 - 2、w 2 - 3 とのユークリッド距離を算出し、ユークリッド距離が閾値未満となる 3 次元軌跡の組を特定し、関連付けを行う。たとえば、3 次元軌跡 w 1 - 1 と、3 次元軌跡 w 2 - 1 とが関連付けられ、一つの 3 次元軌跡に統合される。

【 0 1 5 0 】

関連付け処理部 2 5 0 は、3 次元軌跡 w 1 - 2 と、3 次元軌跡 w 2 - 1、w 2 - 2、w

50

2 - 3 とのユーグリッド距離を算出し、ユーグリッド距離が閾値未満となる 3 次元軌跡の組を特定し、関連付けを行う。たとえば、3 次元軌跡 w 1 - 2 と、3 次元軌跡 w 2 - 2 とが関連付けられ、一つの 3 次元軌跡に統合される。

【 0 1 5 1 】

たとえば、関連付け処理部 2 5 0 は、ユーグリッド距離を、式 ( 1 ) を基にして算出する。また、関連付け処理部 2 5 0 は、式 ( 2 ) に示すコストマトリックス、式 ( 3 ) に示すプールマトリックスを用いて、各 3 次元軌跡の関連付けを行ってもよい。

【 0 1 5 2 】

【 数 1 】

$$\begin{aligned} & \text{dist}(T_w^i, T_{w+1}^i) && 10 \\ &= \frac{1}{\text{NumSharedFrames}(T_w^i, T_{w+1}^j)} \sum_{k \in \text{shared Frames}(T_w^i, T_{w+1}^j)} \left\| p3d_k^i - p3d_k^j \right\| && \dots (1) \end{aligned}$$

【 数 2 】

$$C^{3d}[i, j] = \text{dist}(T_w^i, T_{w+1}^j) \quad \dots (2) \tag{20}$$

【 数 3 】

$$M^{3d*} = \underset{M^{3d}}{\text{argmin}} C^{3d} M^{3d} \quad \dots (3)$$

【 0 1 5 3 】

次に、本実施例 2 に係る情報処理装置 2 0 0 の処理手順の一例について説明する。図 2 3 は、本実施例 2 に係る情報処理装置の処理手順を示すフローチャートである。情報処理装置 2 0 0 の通信部 2 1 0 は、カメラから映像データの受信を開始する (ステップ S 2 0 1 )。

30

【 0 1 5 4 】

情報処理装置 2 0 0 のウィンドウ制御部 2 2 0 は、所定区間のウィンドウを設定し、頭領域特定部 1 1 0 と、シングル M O T 1 1 1 と、第 1 補間部 1 1 2 と、関連付け処理部 1 1 3 と、算出処理部 1 1 4 と、第 2 補間部 1 1 5 と協働し、ウィンドウ毎の 3 次元軌跡情報を順次生成する (ステップ S 2 0 2 )。

【 0 1 5 5 】

情報処理装置 2 0 0 の関連付け処理部 2 5 0 は、各ウィンドウの 3 次元軌跡情報のユーグリッド距離を基にして、3 次元情報を関連付ける (ステップ S 2 0 3 )。関連付け処理部 2 5 0 は、3 次元軌跡情報を出力する (ステップ S 2 0 4 )。

【 0 1 5 6 】

40

次に、本実施例 2 に係る情報処理装置 2 0 0 の効果について説明する。情報処理装置 2 0 0 は、映像 D B 6 5 に登録された画像フレームを順次取得し、予め設定されたウィンドウ毎に、3 次元軌跡情報を算出し、各ウィンドウの 3 次元軌跡情報を関連付けて、人物の 3 次元軌跡情報を生成する。これによって、各画像フレームの頭領域の関連付けに誤りが発生することを抑止し、人物毎の 3 次元軌跡情報を精度よく生成することができる。

【 0 1 5 7 】

次に、上記実施例に示した情報処理装置 1 0 0 ( 2 0 0 ) と同様の機能を実現するコンピュータのハードウェア構成の一例について説明する。図 2 4 は、実施例の情報処理装置と同様の機能を実現するコンピュータのハードウェア構成の一例を示す図である。

【 0 1 5 8 】

50

図 2 4 に示すように、コンピュータ 3 0 0 は、各種演算処理を実行する CPU 3 0 1 と、ユーザからのデータの受け付ける入力装置 3 0 2 と、ディスプレイ 3 0 3 とを有する。また、コンピュータ 3 0 0 は、有線または無線ネットワークを介して、カメラ c 1 ~ c 1 (他のカメラ)、および、外部装置等との間でデータの授受を行う通信装置 3 0 4 と、インタフェース装置 3 0 5 とを有する。また、コンピュータ 3 0 0 は、各種情報を一時記憶する RAM 3 0 6 と、ハードディスク装置 3 0 7 とを有する。そして、各装置 2 0 1 ~ 2 0 7 は、バス 2 0 8 に接続される。

【 0 1 5 9 】

ハードディスク装置 3 0 7 は、頭領域特定プログラム 3 0 7 a、軌跡情報算出プログラム 3 0 7 b、ウインドウ処理プログラム 3 0 7 c、関連付け処理プログラム 3 0 7 d を有する。また、CPU 3 0 1 は、各プログラム 3 0 7 a ~ 3 0 7 d を読み出して RAM 3 0 6 に展開する。

10

【 0 1 6 0 】

頭領域特定プログラム 3 0 7 a は、頭領域特定プロセス 3 0 6 a として機能する。軌跡情報算出プログラム 3 0 7 b は、軌跡情報算出プロセス 3 0 6 b として機能する。ウインドウ処理プログラム 3 0 7 c は、ウインドウ処理プロセス 3 0 6 c として機能する。関連付けプログラム 3 0 7 d は、関連付け処理プロセス 3 0 6 d として機能する。

【 0 1 6 1 】

頭領域特定プロセス 3 0 6 a の処理は、頭領域特定部 1 1 0 の処理に対応する。軌跡情報算出プロセス 3 0 6 b の処理は、シングル M O T 1 1 1、第 1 補間部 1 1 2、関連付け処理部 1 1 3、算出処理部 1 1 4、第 2 補間部 1 1 5 の処理に対応する。ウインドウ処理プロセス 3 0 6 c の処理は、ウインドウ制御部 2 2 0 の処理に対応する。関連付け処理プロセス 3 0 6 d の処理は、関連付け処理部 2 5 0 の処理に対応する。

20

【 0 1 6 2 】

なお、各プログラム 3 0 7 a ~ 3 0 7 d については、必ずしも最初からハードディスク装置 3 0 7 に記憶させておかなくても良い。例えば、コンピュータ 3 0 0 に挿入されるフレキシブルディスク ( F D )、C D - R O M、D V D、光磁気ディスク、I C カードなどの「可搬用の物理媒体」に各プログラムを記憶させておく。そして、コンピュータ 3 0 0 が各プログラム 3 0 7 a ~ 3 0 7 d を読み出して実行するようにしてもよい。

【 符号の説明 】

30

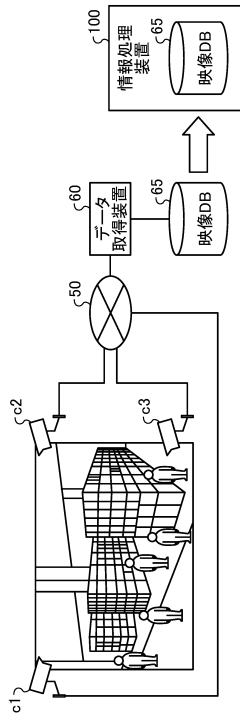
【 0 1 6 3 】

6 5 映像 D B  
 1 0 0 , 2 0 0 情報処理装置  
 1 1 0 頭領域特定部  
 1 1 1 シングル M O T  
 1 1 2 第 1 補間部  
 1 1 3 関連付け処理部  
 1 1 4 算出処理部  
 1 1 5 第 2 補間部  
 2 2 0 ウインドウ制御部  
 2 5 0 関連付け処理部

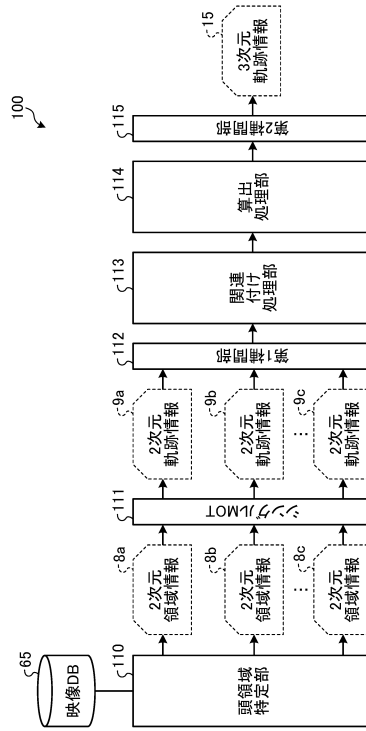
40

【図面】

【図 1】



【図 2】



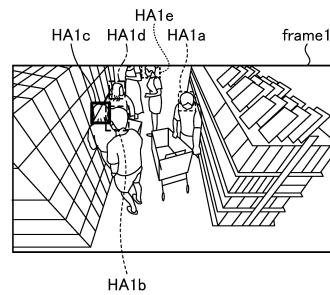
10

20

【図 3】

カメラ識別情報	映像データ
cam1	カメラ識別情報「cam1」のカメラに撮影された映像データ
cam2	カメラ識別情報「cam2」のカメラに撮影された映像データ
cam3	カメラ識別情報「cam3」のカメラに撮影された映像データ
...	...

【図 4】

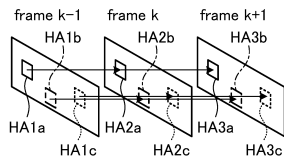


30

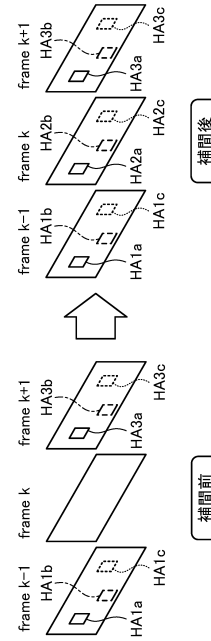
40

50

【 図 5 】



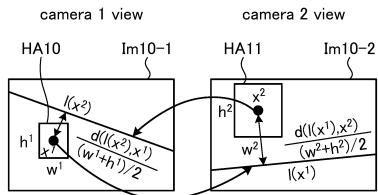
【 図 6 】



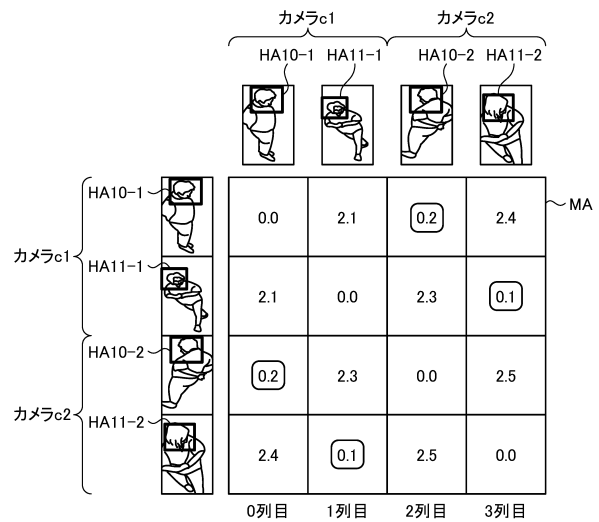
10

20

【 図 7 】



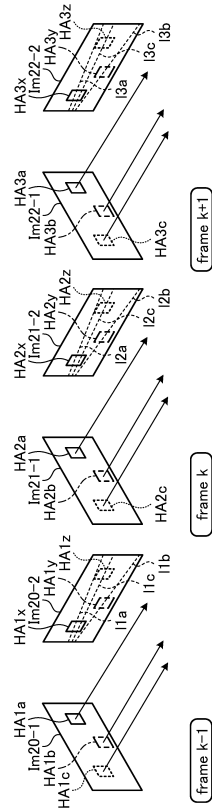
【 図 8 】



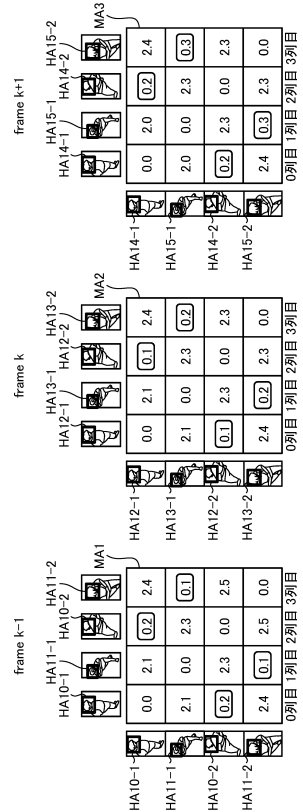
30

40

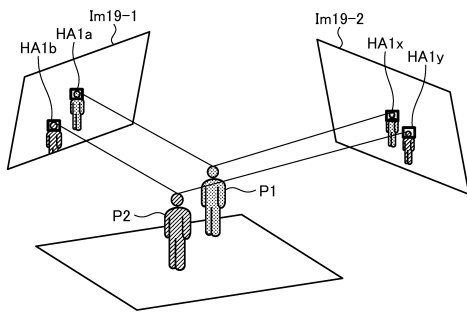
【 図 9 】



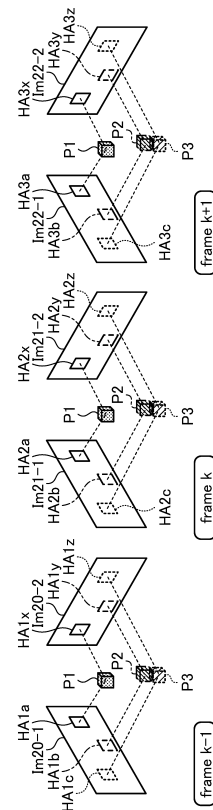
【 図 10 】



【 図 11 】



【 図 12 】



10

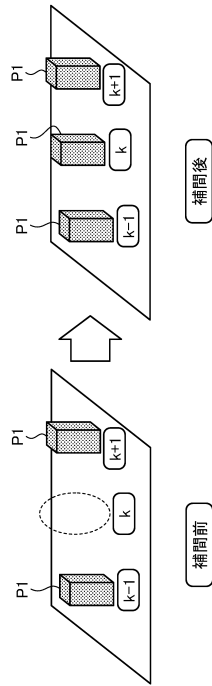
20

30

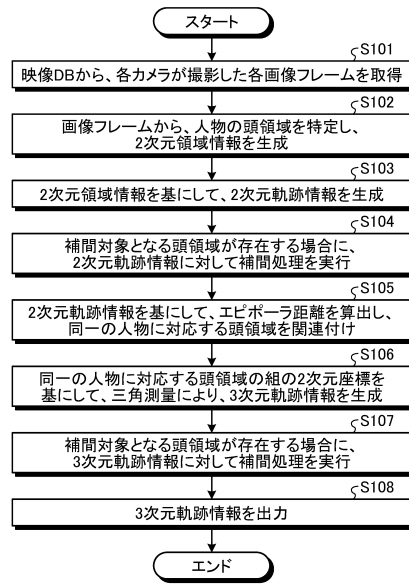
40

50

【図13】



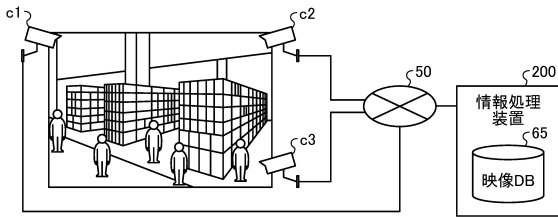
【図14】



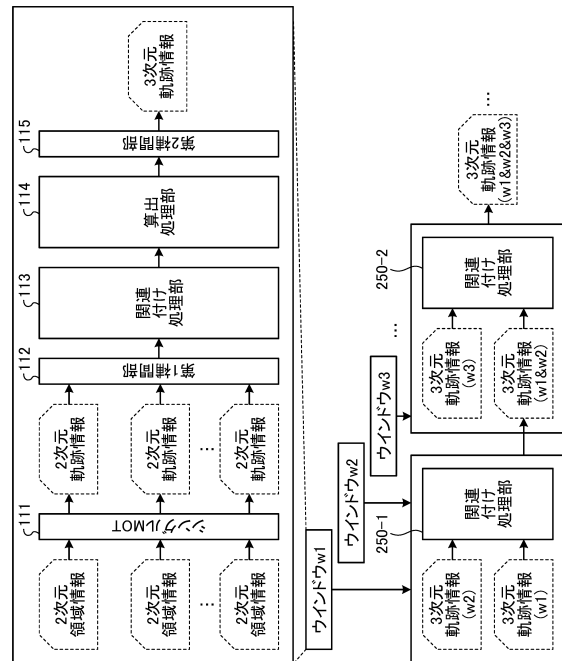
10

20

【図15】



【図16】

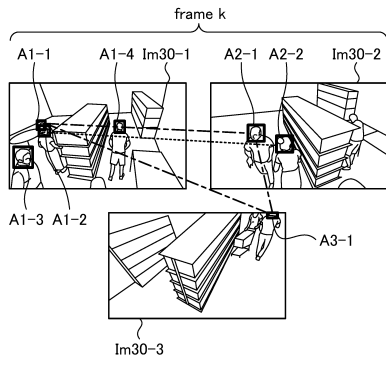


30

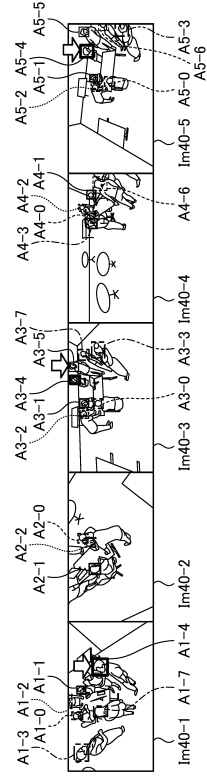
40

50

【 図 17 】



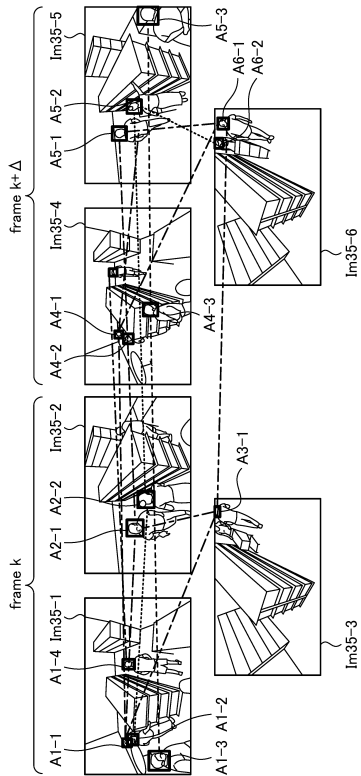
【 図 18 】



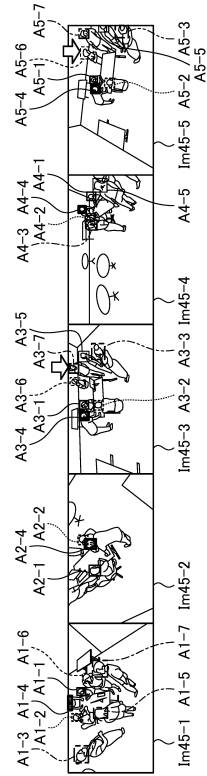
10

20

【 図 19 】



【 図 20 】

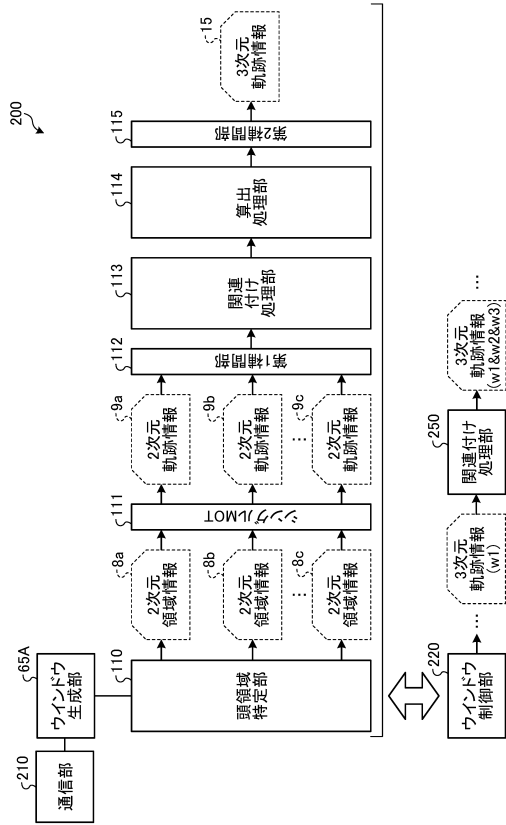


30

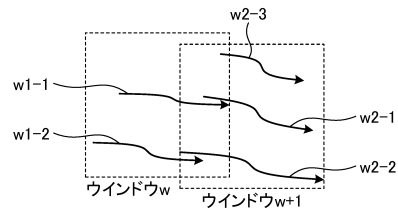
40

50

【図 2 1】



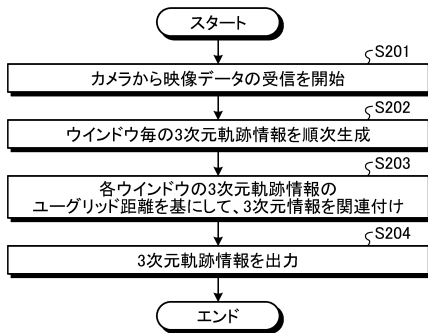
【図 2 2】



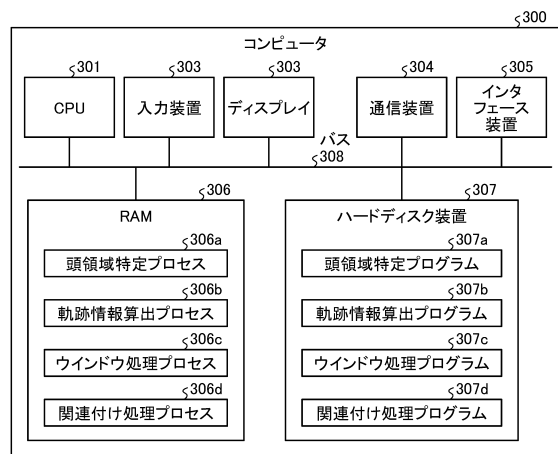
10

20

【図 2 3】



【図 2 4】

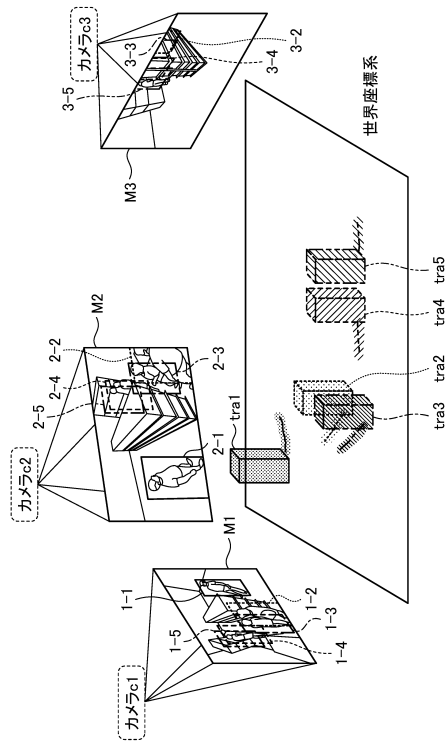


30

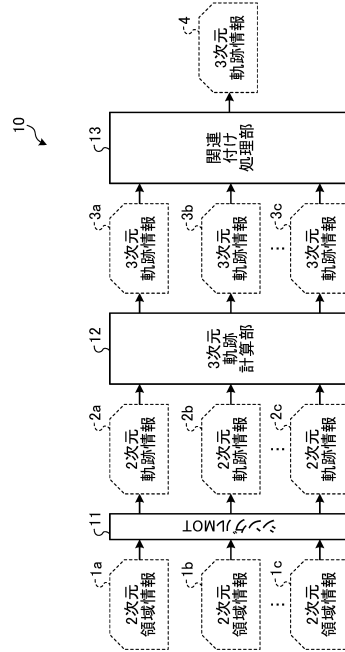
40

50

【図 25】



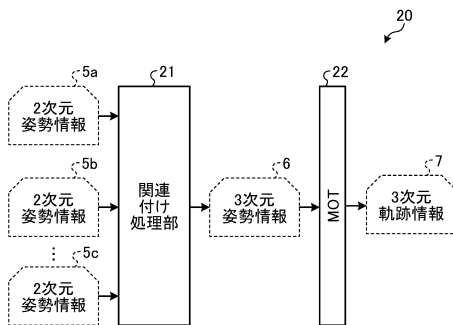
【図 26】



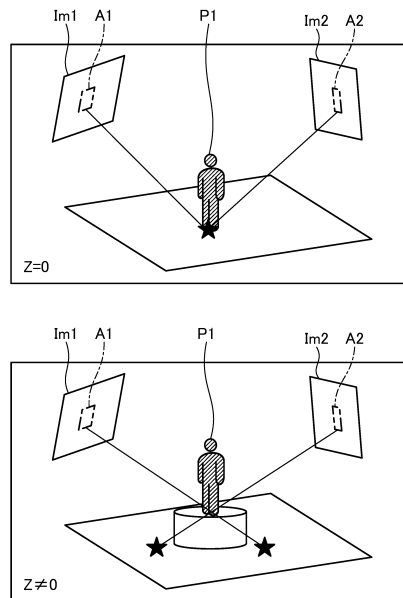
10

20

【図 27】



【図 28】



30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2017-059945(JP,A)  
特開2019-045967(JP,A)  
特開2008-140290(JP,A)  
国際公開第2019/044038(WO,A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- |      |       |
|------|-------|
| G06T | 7/285 |
| G06T | 7/70  |
| G06T | 7/20  |
| G06T | 7/00  |