

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6619927号
(P6619927)

(45) 発行日 令和1年12月11日(2019.12.11)

(24) 登録日 令和1年11月22日(2019.11.22)

(51) Int.Cl.	F I
HO4N 5/232 (2006.01)	HO4N 5/232
HO4N 17/00 (2006.01)	HO4N 5/232 290
	HO4N 5/232 190
	HO4N 5/232 220
	HO4N 17/00 200

請求項の数 8 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2014-216820 (P2014-216820)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成26年10月24日(2014.10.24)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2016-86250 (P2016-86250A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成28年5月19日(2016.5.19)	(74) 代理人	100098660
審査請求日	平成29年8月22日(2017.8.22)		弁理士 戸田 裕二
前置審査		(72) 発明者	笹谷 聡
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
			株式会社日立製作所
			内
		(72) 発明者	弓場 竜
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
			株式会社日立製作所
			内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 キャリブレーション装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

撮像装置から画像を取得する画像取得部と、
前記画像から複数の物体を抽出する物体抽出部と、
前記複数の物体間の幾何学的な関係を示す幾何学情報を、物体間毎に特性情報として付加する特性情報付加部と、

前記特性情報に応じて前記物体の画像座標を取得し、前記特性情報および前記画像座標に基づいて焦点距離、アスペクト比、スキュー、画像座標の中心座標のいずれかを示す内部パラメータと、カメラの向き、カメラ設置位置の世界座標のいずれかを示す外部パラメータからなるカメラパラメータを推定するカメラパラメータ推定部と、

前記カメラパラメータを出力するカメラパラメータ出力部と、を有し

前記撮像装置は複数台設けられており、

推定された前記カメラパラメータに基づいて、前記画像上の物体と前記撮像装置との距離を算出することにより、前記物体の3次元情報を取得し、前記3次元情報に基づいて前記カメラパラメータの値を調整するカメラパラメータ精度確認部と、前記カメラパラメータに基づき前記3次元情報を異なる視点から見た視点変換画像を表示する表示部と、

前記調整後のカメラパラメータから再生成した真正面方向や真横方向の前記視点変換画像に基づき人物を検出する物体検出部とを有し、

前記表示部は、前記カメラパラメータの値の変更を受け付ける撮像システム。

【請求項2】

請求項 1 に記載の撮像システムであって、
前記特性情報が垂直である場合には、前記カメラパラメータ出力部は、
前記複数の物体のうち実空間上で水平面を構成する物体については、前記物体の任意の
2 つの画像座標を取得し、前記複数の物体のうち実空間上で水平面に垂直な物体について
は、前記物体の物体領域の実空間上での高さ方向軸上にある 2 つの画像座標を取得する撮
像システム。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の撮像システムであって、
前記特性情報が同じ高さである場合には、前記カメラパラメータ出力部は、
前記複数の物体のうち実空間上で水平面に垂直な物体について、物体領域の実空間上で
の高さ方向軸上にある 2 つの画像座標を取得する撮像システム。

10

【請求項 4】

請求項 1 に記載の撮像システムであって、
前記画像を表示させ、前記複数の物体を選択することができるとともに、前記複数の物
体において前記複数の物体の任意の物体間毎に特性情報を付加する表示画面を有する撮
像システム。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の撮像システムであって、
前記物体抽出部は、前記画像のシーン認識を行い、前記シーン認識の結果に基づいて前
記画像中から複数の物体を検出するとともに、前記特性情報を付加する撮像システム。

20

【請求項 6】

撮像装置から画像を取得する画像取得部と、
前記画像から物体を検出し、追跡する物体追跡部と、
前記物体追跡部は、
第 1 の時刻において検出した第 1 の物体と第 2 の時刻において検出した第 2 の物体とが
同一物体であるかを判定する物体認識部、
前記物体が同一物体である場合には、前記第 1 の時刻および前記第 2 の時刻における画
像上の前記物体の高さに関する情報を取得し、前記第 1 の物体および前記第 2 の物体の間
で成り立つ幾何学的な関係を示す幾何学情報を、物体間毎に特性情報として付加する物
体情報保存部、を含み、

30

前記特性情報および前記特性情報に応じて取得した前記物体の画像座標に基づいて、焦
点距離、アスペクト比、スキュー、画像座標の中心座標のいずれかを示す内部パラメータ
と、カメラの向き、カメラ設置位置の世界座標のいずれかを示す外部パラメータからなる
カメラパラメータを推定するカメラパラメータ推定部と、

前記カメラパラメータを出力するカメラパラメータ出力部と、を有し

前記撮像装置は複数台設けられており、

推定された前記カメラパラメータに基づいて、前記画像上の物体と前記撮像装置との距
離を算出することにより、前記物体の 3 次元情報を取得し、前記 3 次元情報に基づいて前
記カメラパラメータの値を調整するカメラパラメータ精度確認部と、前記カメラパラメ
ータに基づき前記 3 次元情報を異なる視点から見た視点変換画像を表示する表示部と、

40

前記調整後のカメラパラメータから再生成した真正面方向や真横方向の前記視点変換画
像に基づき人物を検出する物体検出部とを有し、

前記表示部は、前記カメラパラメータの値の変更を受け付ける撮像システム。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の撮像システムにおいて、
前記カメラパラメータ精度確認部において、前記のカメラパラメータに基づき前記 3 次
元情報を異なる視点から見た視点変換画像を表示し、前記 2 つのカメラパラメータの値を
変更すると前記視点変換画像も変更するステレオカメラ装置。

【請求項 8】

請求項 7 に記載のステレオカメラ装置において、

50

前記視点変換画像の画像を用いて物体検出を行うステレオカメラ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、監視カメラのカメラパラメータを求めるキャリブレーション装置及びキャリブレーション方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、監視分野において、撮像装置で撮影した映像から、対象物の位置やサイズを検出する画像認識技術のニーズが高まっている。このような画像認識技術を実現するためには、カメラの撮影した画像上に設置した座標（以下「画像座標」と称する）と実空間上に設置した座標（以下「世界座標」と称する）とを対応付ける必要がある。この対応付けには、カメラパラメータが使用される。

10

【0003】

カメラパラメータは、カメラの焦点距離や向き等を示すカメラ情報であり、大きく内部パラメータと外部パラメータの2つに分けられる。（数1）は、内部パラメータ行列であり、 f は焦点距離、 a はアスペクト比、 s はスキュー、 (v_c, u_c) は画像座標の中心座標を示す。

【0004】

【数1】

$$\mathbf{K} = \begin{bmatrix} f & sf & v_c & 0 \\ 0 & af & u_c & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

20

【0005】

また、（数2）は、外部パラメータ行列であり、 $(r_{11}, r_{12}, r_{13}, r_{21}, r_{22}, r_{23}, r_{31}, r_{32}, r_{33})$ はカメラの向きを示し、 (t_x, t_y, t_z) はカメラ設置位置の世界座標を示す。

【0006】

【数2】

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

30

【0007】

これら2つのパラメータ行列 \mathbf{K} 、 \mathbf{D} 及び定数 λ を用いると、画像座標 (u, v) と世界座標 (X_w, Y_w, Z_w) は（数3）の関係式により対応付けられる。

40

【0008】

【数3】

$$\lambda \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \mathbf{KD} \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \\ 1 \end{bmatrix}$$

50

【0009】

なお、外部パラメータのカメラの向きを示す(r_{11} 、 r_{12} 、... r_{33})においては、オイラー角により定義すると、カメラの設置角度であるパン、チルト、ロールの3個のパラメータによって表される。そのため、画像座標と世界座標の対応付けのために必要なカメラパラメータ数は、5個の内部パラメータと6個の外部パラメータを合計した11個となる。(数3)において、カメラパラメータ行列は定数倍しても意味が不変であることから、とパラメータ行列K、Dを1つの行列に整理して(数4)のように表現しても良い。さらに、(数4)において、 $c_{34}=1$ と固定すると未知のパラメータ数は11個となり、これら11個のパラメータを求めることは(数3)における5つの内部パラメータと6つの外部パラメータを求めることと同義である。

10

【0010】

【数4】

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & c_{14} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} & c_{24} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} & c_{34} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \\ 1 \end{bmatrix}$$

【0011】

したがって、最終的に(数3)は(数5)のように変形でき、(数5)における行列Cが最終的に求めるカメラパラメータとなる。このカメラパラメータCを算出するために、キャリブレーション技術が求められている。

20

【0012】

【数5】

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \mathbf{C} \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \\ 1 \end{bmatrix} \quad \left(\mathbf{C} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & c_{14} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} & c_{24} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} & 1 \end{bmatrix} \right)$$

30

【0013】

一般的なキャリブレーションでは、対象のカメラにて特定の被写体を撮影して、特徴点の世界座標と、その特徴点に対応する画像座標の複数の組み合わせを(数5)に入力することでカメラパラメータCを算出する。例えば、特許文献1では、手動にてこれら座標情報を取得している。

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0014】

【特許文献1】特開2006-067272

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0015】

特許文献1では、キャリブレーションに必要な情報を人手により入力している。そのため、複数のカメラを設置する際に作業負担が大きくなるだけでなく、作業内容の複雑さから人手によるミスも生じやすいという課題がある。

【0016】

本発明は、前記の課題を解決するための発明であって、キャリブレーションにおいて、

50

カメラ画像から複数の物体を抽出してそれぞれの物体に特性情報を付加することで、座標情報を入力することなくキャリブレーションを実施することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0017】

前記目的を達成するため、本発明のキャリブレーション装置は、撮像装置から画像を取得する画像取得部と、画像から複数の物体を抽出する物体抽出部と、複数の物体間の幾何学的な関係を示す幾何学情報を、物体間毎に特性情報として付加する特性情報付加部と、

特性情報に応じて物体の画像座標を取得し、特性情報および画像座標に基づいて焦点距離、アスペクト比、スキュー、画像座標の中心座標のいずれかを示す内部パラメータと、カメラの向き、カメラ設置位置の世界座標のいずれかを示す外部パラメータからなるカメラパラメータを推定するカメラパラメータ推定部と、カメラパラメータを出力するカメラパラメータ出力部と、を有し前記撮像装置は複数台設けられており、推定された前記カメラパラメータに基づいて、前記画像上の物体と前記撮像装置との距離を算出することにより、前記物体の3次元情報を取得し、前記3次元情報に基づいて前記カメラパラメータの値を調整するカメラパラメータ精度確認部と、前記カメラパラメータに基づき前記3次元情報を異なる視点から見た視点変換画像を表示する表示部と、を有し前記表示部は、前記カメラパラメータの値の変更を受け付けるパラメータ調整手段と、を有することを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0018】

以上述べた特徴により本発明のキャリブレーション装置を適用することで、監視カメラにおいて、座標情報を入力せずキャリブレーションを実施できる。

20

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の実施例1の機能ブロック図である。

【図2】物体抽出部において、撮像画像から建物、人、道路を抽出した例である。

【図3】図2の場合において、特性情報付加部によって、物体抽出部により撮像画像中から抽出された物体 P_n 、 Q_n に付加される特性情報 O_n の一例を示している。

【図4】撮像画像から、高さが同じである物体、および道路を示している。

【図5】図4の場合において、特性情報付加部によって、物体抽出部により撮像画像中から抽出された物体 P_n 、 Q_n に付加される特性情報 O_n の一例を示している。

30

【図6】物体情報取得部のフローを説明する図である。

【図7】物体情報取得部の処理のフローを示している。

【図8】特性情報が「垂直」である物体間の空間ベクトルの一例である。

【図9】特性情報が「同じ高さ」である物体間の空間ベクトルの一例である。

【図10】本発明の実施例2の機能ブロック図である。

【図11】カメラパラメータ精度確認部を説明する図である。

【図12】本発明の実施例3の機能ブロック図である。

【図13】人物追跡部のフローを説明する図である。

【図14】本発明の実施例4の機能ブロック図である。

40

【図15】人物位置推定部を説明する図である。

【図16】人流解析部を説明する図である。

【図17】人流解析部のフローを説明する図である。

【図18】3次元情報により生成される俯瞰画像の違いを説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、本発明の具体的な実施形態について、図面を参照しながら説明する。

【実施例1】

【0021】

図1は、本実施例におけるキャリブレーション装置1のブロック構成図を示している。

50

【 0 0 2 2 】

図 1 に示すキャリブレーション装置 1 は、画像取得部 3、物体抽出部 4、特性情報付加部 5、カメラパラメータ推定部 6、およびカメラパラメータ出力部 7 を有する。キャリブレーション装置は、撮像装置 2 とネットワークを介して管理サーバー等に設けられていてもよいし、撮像装置 2 内に設けられていてもよい。

【 0 0 2 3 】

撮像画像取得部 3 は、所定の時間周期で少なくとも 1 つ以上のカメラ 2 から取得した可視光を、CCD や CMOS 素子を介して電気信号に変換する。デジタル方式の場合には、これに加えてデジタル変換も行う。以降では、電気信号やデジタル変換を施した画像取得部 3 から出力された画像を、撮像画像と称する。

10

【 0 0 2 4 】

物体抽出部 4 は、撮像画像から物体を抽出する。本実施例において、例えば、撮像画像中に含まれる水平面や、その水平面に直立した物体等を抽出する。屋外では、水平面として道路、水平面に直立した物体として人や建築物等があげられる。一方、屋内では、水平面として床面、水平面に直立した物体としては、机や棚等が挙げられる。

【 0 0 2 5 】

物体の抽出方法は、GUI 等の表示画面による手動の検出と、画像認識による自動の検出方法がある。前者の GUI 等による手動の検出は、撮像画像をディスプレイ等に表示させた後、物体の外枠を直接指定する方法や物体を矩形により囲む方法がある。後者の画像認識による自動の検出は、物体が存在しない背景画像を予め取得して背景画像と撮像画像との差分により物体を抽出する方法や、撮像画像から特別な色情報を持つ物体のみを抽出する方法がある。この他にも、シーン認識により画像中から複数の物体を抽出及び分別して、それら物体の中から手動にて特定の物体を選択する方法もある。なお、物体の抽出方法としては、上記以外にも撮像画像から特定の物体を検出する方法であれば、特に限定しない。

20

【 0 0 2 6 】

特性情報付加部 5 は、物体抽出部 4 において抽出した物体に対して特性情報を付加する。特性情報とは、複数の物体間で成立する幾何学的な関係を示す幾何学情報のことである。

【 0 0 2 7 】

図 2 ~ 5 は、特性情報付加部 5 によって、物体抽出部 4 により撮像画像中から抽出された物体 P_n 、 Q_n に付加される特性情報 O_n の一例を示している。

30

【 0 0 2 8 】

図 2 は、物体抽出部 4 において、撮像画像から建物である物体 10 および 11、人である物体 12、道路である物体 13 を抽出した例を示している。このような撮像画像が得られる場合、図 3 のような特性情報が付加される。

【 0 0 2 9 】

図 3 の n は、物体間毎に付加される特性情報に付与した通し番号であり、 P_n 、 Q_n は、特性情報が付加される物体を示す。本実施例では幾何学情報が付加される物体は、 P_n 、 Q_n の 2 物体の場合で説明するが、2 以上の複数の物体間における幾何学情報が付加されてもよい。特性情報 O_n は、物体間の幾何学情報を示し、本実施例では「垂直」、「同じ高さ」といった 2 つの特性情報である。図 3 において $n = 1$ の場合、 $P_1 = 10$ 、 $Q_1 = 12$ の幾何学情報 O_1 は、水平である。すなわち、図 2 に示すように、建物 10 と人 12 は、いずれも地面に対して垂直に立っているため、幾何学的には互いに水平関係にある。

40

【 0 0 3 0 】

図 4 は、撮像画像から、物体 14 a ~ 14 d は高さが同じである電柱、物体 15 は道路を示している。

【 0 0 3 1 】

この場合、例えば図 5 のような特性情報を付加できる。特性情報付加部 5 により付加する特性情報数としては、未知のパラメータ数存在すればよい。例えば図 2 の場合は、図

50

3に記載の物体10と物体13が「垂直」、図4の場合は、図4に記載の物体14aと物体14bが「同じ高さ」という特性情報 O_n のみ付加するだけでも良い。

【0032】

ここで、物体に特性を付加する手段としては、表示画面などのGUI等により、撮像画像中から抽出した物体を2つ選択した後、特性情報を「垂直」、「同じ高さ」の中から1つ選択するというフローを繰り返す方法や、予め抽出物体にID番号等を付加しておき、その番号と特性情報をテキストファイル等へ書き込み対応付ける方法がある。

【0033】

その他にも、例えば図4の場合、物体14a、14b、14c、14dが「同じ高さ」の属性であるに対応付けられれば、自動的に6つの物体間の組み合わせを作成し、それぞれに特性情報を付加させる方法もある。なお、上記以外にも撮像画像内の抽出物体の中から物体を複数選択して、それら物体に特性情報を対応付ける方法であれば、特に限定しない。

10

【0034】

図6は、図1に示したカメラパラメータ推定部6の詳細を示した図である。カメラパラメータ推定部6は、物体の特性情報に基づき、カメラパラメータを推定する。

【0035】

カメラパラメータ推定部6は、物体情報取得部20、初期パラメータ取得部21、およびパラメータ算出部22を有する。

【0036】

20

物体情報取得部20は、特性情報付加部5から出力された特性情報を入力するとともに、画像座標を取得する。

【0037】

初期パラメータ取得部21は、カメラパラメータの初期値を取得する。パラメータ算出部22は、物体に付加された特性情報と画像座標に基づき、カメラパラメータの初期値から最終カメラパラメータを計算する機能である。

【0038】

図7は、物体情報取得部20の処理のフローを示している。

【0039】

物体情報取得部20では、まず特性情報付加部5により物体 P_n 、 Q_n に付加された特性情報 O_n が「垂直」か「同じ高さ」であるか判定する(S701)。

30

【0040】

S701において、特性情報 O_n が「垂直」と判定された場合は、物体 P_n 、 Q_n が水平面か水平面に垂直な物体のどちらかを判定する(S702)。物体が水平面の場合は、その水平面上から2つの画像座標を取得する(S703)。水平面上から2つの画像座標を取得する方法としては、水平面上からランダムに選出する方法や、GUI等を用いて手動にて選択する方法等がある。一方、物体が水平面に垂直な物体の場合は、その物体領域の上底と下底の画像座標を取得する(S704)。なお、物体領域の上底と下底でなくても、物体領域の実空間上での高さ方向軸上にある2点であればよい。また、物体の物体領域の撮像画像上でのy軸上にある2つの画像座標を取得してもよい。

40

【0041】

S701において、特性情報 O_n が「同じ高さ」と判定された場合は、物体 P_n 、 Q_n のそれぞれの領域における上底と下底の画像座標を取得する(S705)。なお、物体領域の上底と下底でなくても、物体領域の実空間上での高さ方向軸上にある2点であればよい。物体領域の上底と下底の画像座標を取得する方法としては、画像左上を原点とした場合、物体領域の外枠の画像座標の中でy座標が最大のものを上底、最小のものを下底とする方法や、物体領域の上辺の midpoint を上底、下辺の midpoint を下底とする方法等がある。なお、画像座標を取得する方法としては、上記以外の方法でも画像座標を選出できる方法であれば良い。このようにして、物体情報取得部20は、物体に付加された特性情報と、特性情報に応じた画像情報を取得する機能を有する。

50

【 0 0 4 2 】

次に、初期パラメータ取得部 2 1 について説明する。初期パラメータ取得部 2 1 は、1 1 個のカメラパラメータの初期値を取得する機能を有する。初期パラメータの取得の方法としては、乱数により取得する方法や、カメラのハード情報を利用して手動にて入力する方法等があり、特に限定しない。

【 0 0 4 3 】

最後に、パラメータ算出部 2 2 について説明する。パラメータ算出部 2 2 は、物体情報取得部 2 0 により取得した物体 P_n 、 Q_n の特性情報 O_n と、物体 P_n の画像座標 (px_n, py_n) 、 (px_n', py_n') 及び物体 Q_n の画像座標 (qx_n, qy_n) 、 (qx_n', qy_n') と、初期パラメータ取得部 2 1 により入力された初期カメラパラメータ C_0 とに基づいて、最終的なカメラパラメータを算出する。

10

【 0 0 4 4 】

パラメータ算出部 2 2 により扱うカメラパラメータ C について説明する。前述した (数 5) において、世界座標 Z_w を固定値 H とすると、(数 6) の式を経ることで (数 7) のように変形できる。(数 7) は世界座標 Z_w を H が既知であれば、画像座標 (u, v) とカメラパラメータ C から、世界座標 X_w と Y_w を導出できることを示している。

【 0 0 4 5 】

【数 6】

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & c_{14} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} & c_{24} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ H \\ 1 \end{bmatrix}$$

20

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{14} \\ c_{21} & c_{22} & c_{24} \\ c_{31} & c_{32} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ 1 \end{bmatrix} + H \begin{bmatrix} c_{13} \\ c_{23} \\ c_{33} \end{bmatrix}$$

30

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} - H \begin{bmatrix} c_{13} \\ c_{23} \\ c_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{14} \\ c_{21} & c_{22} & c_{24} \\ c_{31} & c_{32} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ 1 \end{bmatrix}$$

【 0 0 4 6 】

40

【数 7】

$$\begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{14} \\ c_{21} & c_{22} & c_{24} \\ c_{31} & c_{32} & 1 \end{bmatrix}^{-1} \left(\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} - H \begin{bmatrix} c_{13} \\ c_{23} \\ c_{33} \end{bmatrix} \right) = \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ 1 \end{bmatrix}$$

【 0 0 4 7 】

ここで、(数 8) のように (数 7) を展開し、 $c_{31} \cdot c_{13} + c_{32} \cdot c_{23} + c_{34} \cdot c_{33} = 0$ という条件を加えると、固定値 H は (数 9) のように置き換えることが可能である。

50

【 0 0 4 8 】

【 数 8 】

$$\begin{bmatrix} c_{11}' & c_{12}' & c_{14}' \\ c_{21}' & c_{22}' & c_{24}' \\ c_{31}' & c_{32}' & c_{34}' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} - H \begin{bmatrix} c_{13}' \\ c_{23}' \\ c_{33}' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\left(\begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{14} \\ c_{21} & c_{22} & c_{24} \\ c_{31} & c_{32} & 1 \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} c_{11}' & c_{12}' & c_{14}' \\ c_{21}' & c_{22}' & c_{24}' \\ c_{31}' & c_{32}' & c_{34}' \end{bmatrix} \right) \quad 10$$

$$\begin{bmatrix} c_{11}'u + c_{12}'v + c_{14}' - H(c_{11}'c_{13}' + c_{12}'c_{23}' + c_{14}'c_{33}') \\ c_{21}'u + c_{22}'v + c_{24}' - H(c_{21}'c_{13}' + c_{22}'c_{23}' + c_{24}'c_{33}') \\ c_{31}'u + c_{32}'v + c_{34}' - H(c_{31}'c_{13}' + c_{32}'c_{23}' + c_{34}'c_{33}') \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ 1 \end{bmatrix} \quad 20$$

【 0 0 4 9 】

【 数 9 】

$$H = \frac{c_{31}'u + c_{32}'v + c_{34}' - 1}{(c_{31}'c_{13}' + c_{32}'c_{23}' + c_{34}'c_{33}')} \quad (c_{31}'c_{13}' + c_{32}'c_{23}' + c_{34}'c_{33}' \neq 0)$$

【 0 0 5 0 】

したがって、(数7)においてHの値が既知でなくても、画像座標(u,v)とカメラパラメータCにより世界座標 w_i は算出でき、本実施例ではこの関係式を関数fを用いて(数10)のように示す。パラメータ算出部22では、(数10)によりカメラパラメータを推定する。

30

【 0 0 5 1 】

【 数 1 0 】

$$\mathbf{w}_i = f(u_i, v_i, h, \mathbf{C})$$

$$\left[\mathbf{w}_i = (X_{wi}, Y_{wi}, h) \right]$$

40

【 0 0 5 2 】

以下、特性情報 0_n が「垂直」の場合を例に、カメラパラメータの推定方法について説明する。図8は、この例における撮像画像を示している。物体 P_n が水平面に垂直かつ高さHの物体、物体 Q_n が水平面とした場合、物体 P_n の上底部分の画像座標 (px_n, py_n) に対応する世界座標 w_{pn} と下底部分の画像座標 (px_n', py_n') に対応する世界座標 w_{pn}' は(数11)のように示される。

【 0 0 5 3 】

【数 1 1】

$$\mathbf{w}_{pn} = f(px_n, py_n, H, \mathbf{C}_0)$$

$$\mathbf{w}'_{pn} = f(px'_n, py'_n, 0, \mathbf{C}_0)$$

【0054】

一方、物体 Q_n の画像座標は水平面に存在するため、その世界座標 w_{qn} 、 w'_{qn} は(数12)のように示される。

【0055】

10

【数 1 2】

$$\mathbf{w}_{qn} = f(qx_n, qy_n, 0, \mathbf{C}_0)$$

$$\mathbf{w}'_{qn} = f(qx'_n, qy'_n, 0, \mathbf{C}_0)$$

【0056】

ここで、図8に示すように、物体 P_n と物体 Q_n は垂直であるため、(数13)のように空間ベクトルの $\mathbf{w}_{pn}\mathbf{w}'_{pn}$ と $\mathbf{w}_{qn}\mathbf{w}'_{qn}$ の内積は0となる。

【0057】

20

【数 1 3】

$$\overrightarrow{\mathbf{w}_{pn}} \cdot \overrightarrow{\mathbf{w}'_{pn}} \cdot \overrightarrow{\mathbf{w}_{qn}} \cdot \overrightarrow{\mathbf{w}'_{qn}} = (\mathbf{w}_{pn} - \mathbf{w}'_{pn}) \cdot (\mathbf{w}_{qn} - \mathbf{w}'_{qn}) = 0$$

【0058】

そして、(数14)に示すエラー関数 E が最小となるよう、初期カメラパラメータ \mathbf{C}_0 の最適化を行うことで、最終カメラパラメータ \mathbf{C} を導出できる。

【0059】

【数 1 4】

$$E(\mathbf{C}_0) = \min \sum_i \sum_j ((\mathbf{w}_{pi} - \mathbf{w}'_{pi}) \cdot (\mathbf{w}_{qj} - \mathbf{w}'_{qj}))$$

30

【0060】

最適化の手法としては、バンドル調整等の一般的な方法を使用し、特に限定しない。次に、特性情報 O_n が「同じ高さ」の際の推定方法について説明する。図9は、この例における撮像画像を示している。物体 P_n 、 Q_n の高さが H でありかつそれらが水平面に直立していると仮定すると、物体 P_n の上底、下底部分の画像座標 (px_n, py_n) 、 (px'_n, py'_n) 及び、高さが H である物体 Q_n の上底、下底部分の画像座標 (qx_n, qy_n) 、 (qx'_n, qy'_n) に対応する世界座標 w_{pn} 、 w'_{pn} 、 w_{qn} 、 w'_{qn} は(数15)のように示される。

40

【0061】

【数 1 5】

$$\mathbf{w}_{pn} = f(px_n, py_n, H, C_0)$$

$$\mathbf{w}'_{pn} = f(px'_n, py'_n, 0, C_0)$$

$$\mathbf{w}_{qn} = f(qx_n, qy_n, H, C_0)$$

$$\mathbf{w}'_{qn} = f(qx'_n, qy'_n, 0, C_0)$$

10

【0 0 6 2】

ここで、図 9 に示すように、物体 P_n 、 Q_n は同じ高さであるため、(数 1 6) のように空間ベクトルの $\mathbf{w}_{pn}\mathbf{w}'_{pn}$ と $\mathbf{w}_{qn}\mathbf{w}'_{qn}$ の大きさの差は 0 となる。

【0 0 6 3】

【数 1 6】

$$\left| \overrightarrow{\mathbf{w}_{pn} \mathbf{w}'_{pn}} \right| - \left| \overrightarrow{\mathbf{w}_{qn} \mathbf{w}'_{qn}} \right| = \left| \mathbf{w}_{pn} - \mathbf{w}'_{pn} \right| - \left| \mathbf{w}_{qn} - \mathbf{w}'_{qn} \right| = 0$$

20

【0 0 6 4】

したがって、(数 1 7) に示すエラー関数 E が最小となるよう初期パラメータ C_0 の最適化によりカメラパラメータ C を推定できる。

【0 0 6 5】

【数 1 7】

$$E(C_0) = \min \sum_i \sum_j \left(\left| \mathbf{w}_{pi} - \mathbf{w}'_{pi} \right| - \left| \mathbf{w}_{qj} - \mathbf{w}'_{qj} \right| \right)$$

【0 0 6 6】

なお、(数 1 4) や (数 1 7) を用いて最適化をする際、1 組のベクトル情報のみでは 1 つのカメラパラメータしか推定することはできない。しかし、特性情報を増やすことで複数のカメラパラメータを同時に推定することが可能であることは自明である。制約条件を増やす方法としては、例えば、特性情報が「垂直」の場合は、水平面の物体領域から 2 つ以上の画像座標を抽出して複数の空間ベクトルを取得することで対応することができる。また、特性情報が「同じ高さ」の場合は、同じ高さの物体を更に画像上から選択することで、空間ベクトル情報を増やすことで対応できる。また、カメラのハード情報等から既知のカメラパラメータを固定値として初期パラメータ C_0 に設定することで、制約条件を少なくしカメラパラメータを推定することも可能である。また、本実施例では物体の特性情報を「垂直」と「同じ高さ」のみについて述べたが、例えば「平行」や「物体間の成す角度が 45 度」等の特性情報を使用しても良い。

30

40

【0 0 6 7】

図 1 に戻り、カメラパラメータ出力部 7 は、カメラパラメータ推定部 6 で推定されたカメラパラメータを、撮像装置 2 又は管理サーバー等に出力して、撮像装置 2 に対してカメラパラメータを設定する。

【0 0 6 8】

以上の通り、本実施例では、カメラ画像から抽出した複数の物体と、それら物体に付加された特性情報を利用することで、実空間上の座標情報を入力することなくキャリブレーションを実施することができる。

【0 0 6 9】

50

なお、実施例 1 において、ある物体間の特性情報から最終カメラパラメータを求めた後に、最終カメラパラメータを初期パラメータとして前回とは異なる物体間の特性情報を用いてパラメータの値を更新しても良い。

【実施例 2】

【0070】

本実施例は、実施例 1 において求めたカメラパラメータの精度調整を行う場合に関するものである。

【0071】

実施例 2 の機能ブロック図を、図 10 に示す。図 10 において、1、2、3、4、5、6、7 の各機能は実施例 1 と同一である。

10

【0072】

図 10 の概要を述べると、まず、複数のカメラ 2 (撮像装置 2) において、機能 3、4、5、6、7 により各カメラ 2 のカメラパラメータを推定する。次に、3次元情報取得部 30 は 2 台のカメラの撮像画像とカメラパラメータ出力部 7 より入手したカメラパラメータから、画像中の物体の 3次元情報を取得する。

【0073】

そして、カメラパラメータ精度確認部 31 は、3次元情報取得部 30 により取得した物体の 3次元情報からカメラパラメータの精度を確認し、パラメータの精度が悪い場合は再度カメラパラメータを推定する。このような構成にすることにより、精度の高いカメラパラメータを取得することが可能となる。

20

【0074】

以下、3次元情報取得部 30 とカメラパラメータ精度確認部 31 の機能について説明する。

【0075】

3次元情報取得部 30 は、2台のカメラにより得た撮像画像と各カメラにおいて推定したカメラパラメータから、撮像画像中の物体とカメラとの距離を算出することで物体の 3次元情報を取得する。なお、3次元情報の取得方法としては、カメラパラメータから求めた基礎行列 F によって視差を算出するステレオマッチングと呼ばれる一般的な手法を使用する。基礎行列 F は、2台のカメラの相対的な位置関係を示すパラメータ行列であり、(数 18) に示すように、カメラパラメータ出力部 7 により取得した 2台のカメラの内部パラメータ K_0 、 K_1 と外部パラメータ D_0 、 D_1 により算出できる。

30

【0076】

【数 1 8】

$$\mathbf{F} = (\mathbf{K}_0^{-1})^T \mathbf{TRK}_1^{-1}$$

$$\mathbf{R} = \mathbf{R}_0 \mathbf{R}_1^{-1}$$

$$\mathbf{T} = \begin{bmatrix} 0 & -t_3 & t_2 \\ t_3 & 0 & -t_1 \\ -t_2 & t_1 & 0 \end{bmatrix}$$

10

$$\mathbf{D}_i = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_X \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_Y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_Z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \left[\begin{array}{ccc|c} 0 & \mathbf{R}_i & 0 & \mathbf{T}_i \\ \hline & & & 1 \end{array} \right]$$

$$\mathbf{R}_0(\mathbf{T}_1 - \mathbf{T}_0) = \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \end{bmatrix}$$

20

【0077】

図11は、カメラパラメータ精度確認部31において、3次元情報から作成した視点変換画像を見ることで、ユーザがカメラパラメータの精度を確認しつつ、パラメータの値を調整するGUI画面の一例である。

【0078】

30

図11において、画面40はカメラ2の撮像画像であり、同じ身長的人物41a、41b、41cと道路42が撮影されている。画面43は、人物41a、41b、41cと道路42の3次元情報を示し、画面44、45、46は、画面43に表示された3次元情報を仮想の視点から見た際の視点変換画像である。画面44は真正面方向、画面45は真横(右)方向、画面46は真上方向の視点における視点変換画像を示す。なお、視点変換画像の作成方法としては、カメラパラメータを用いた透視投影といった一般的な方法を使用する。また、真正面、真横(右)、真上以外の視点方向から作成した視点変換画像を利用しても良い。

【0079】

カメラパラメータ精度確認部31では、この視点変換画像44、45、46によりカメラパラメータの精度を確認する。カメラパラメータが正確に算出されている場合、図11に示すように、視点変換画像44、45において、道路42は水平となり、人物41a、41b、41cは道路42に直立しかつ各頭頂部が同じ高さになり、視点変換画像46においては、人物41a、41b、41cの位置が離れているため各人物領域は独立する。

40

【0080】

しかし、例えば、カメラの外部パラメータの内、カメラの俯角を示すチルト角に誤差がある際は、視点変換画像44、45において、道路42は水平とならず、人物41a、41b、41cの頭頂部も同じ高さにならない。よって、ユーザは表示画面を確認することによりチルト角に誤差があることを確認できる。そこで、図11のカメラパラメータ調整GUI47により、誤差があるカメラパラメータの調整を行う。カメラパラメータ調整GUI4

50

7では、画面48にて表示された撮像画像40を出力するカメラのカメラパラメータを、増減ボタン49により調整することが可能である。なお、GUI47において、増減ボタン49によりパラメータ値を変更すると、その値に応じて視点変換画像44、45、46が更新されるため、ユーザは視覚的にカメラパラメータを補正できる。ユーザが変更したカメラパラメータは、初期値あるいは固定値として再度カメラパラメータ推定部6に入力し最適化を行うか、あるいはそのまま使用しても良い。なお、カメラパラメータ調整GUIによりパラメータを調整するカメラは選択でき、調整するカメラを変更すると撮像画像40と視点変換画像44、45、46は変更後のカメラに応じた画像に更新される。また、パラメータの調整手段としては、図11のような増減ボタン49の使用の他にも、直接値を入力するといった方法でも良く、特に限定はしない。

10

【0081】

本発明の実施例2では、以上説明した機能構成により、2台のカメラから取得したカメラパラメータと物体の3次元情報から視点変換画像を生成しGUIに表示することで、ユーザは視覚的に2台のカメラのカメラパラメータの精度を確認しつつ、必要な場合はそのパラメータ値を調整できる。

【0082】

なお、実施例2において、カメラ台数は2台に限定せず、複数台のカメラのカメラパラメータの精度を同時に確認しつつパラメータ値を調整しても良い。

【実施例3】**【0083】**

20

本実施例では、実施例1における1つの撮像画像上に存在する2以上の物体間の幾何学的関係に基づいて付加される特性情報に代えて、異なる時刻に取得された2以上の撮像画像上に存在する物体間の幾何学的関係に基づいて特性情報を付加する場合を説明する。

【0084】

図12は、実施例3の機能ブロック図を示したものである。

【0085】

図12において、1、2、3、6、7の各機能は実施例1と同一である。物体追跡部60は、例えば、動体である人物を追跡することで、複数の撮像画像から物体の特性情報と画像情報を取得する機能である。以下、物体追跡部60の機能の詳細について説明する。

【0086】

30

図13は、物体追跡部60の機能を詳細に示したものである。

【0087】

図13において、物体検出部61は撮像画像から人物を検出する機能、物体認識部62は物体検出部61により検出された物体が過去の撮像画像から検出された物体と同一であるかを判定する機能、ID番号付加部63は物体認識部62の判定結果に基づき物体にID番号を付加する機能、物体情報保存部64は検出された物体の画像情報等を保存する機能である。

【0088】

物体検出部61は、撮像画像から物体を検出する機能であり、GUI等を用いて手動にて検出する方法や、画像特徴量を用いて自動で検出する方法がある。後者の画像特徴量を用いて自動で検出する方法としては、予め撮影した背景画像との差分により物体領域を抽出する方法、オプティカルフロー等を利用して画像中の動きのある領域を物体として抽出する方法、HOG特徴量等を利用したパターン認識により検出する方法等がある。なお、この他にも物体を画像から検出する方法であれば、特に限定しない。

40

【0089】

物体認識部62は、現在の撮像画像から物体検出部61により検出した物体と、過去の撮像画像から検出した物体が同一であるかを判定する機能である。同一であるかを判定する方法としては、物体が人物である場合には顔認識を利用する方法や、オプティカルフロー等により直前フレームとの動きの差を求め動きが最少のものは同一人物とみなすといった位置情報から判定する方法等があり、この他にも同一物体と判定できる方法であれば良

50

い。

【0090】

ID番号付加部63では、現在の撮像画像において物体検出部102により検出した物体が、物体認識部62により過去の物体と同一と判定された場合は、過去の物体と同じID番号を、同一と判定されなければ新しいID番号を付加する。なお本実施例では、ID番号は0から昇順に付加することとする。

【0091】

物体情報保存部64は、現在の撮像画像から物体検出部61により検出された物体 P_n において、その領域の上底と下底の画像情報を取得及び保存する。そして、過去の撮像画像の中から、その物体 P_n のID番号と同一のID番号を持つ物体 Q_n の画像情報を保存していた場合は、「同じ高さ」という特性情報 O_n を付加する。

10

【0092】

以上のような処理を採用することにより、特性情報 O_n が「同じ高さ」である物体 P_n 、 Q_n 、 R_n 、...の上底と下底の画像情報 $[(px_n, py_n), (px'_n, py'_n)]$ 、 $[(qx_n, qy_n), (qx'_n, qy'_n)]$ 、 $[(rx_n, ry_n), (rx'_n, ry'_n)]$ 、...を出力することで、実施例1と同様にカメラパラメータ推定部6からカメラパラメータを算出することができる。なお、物体追跡部60において、上述した方法以外でも、同一物体を追跡でき、かつその物体の物体領域の実空間上での高さ方向軸上にある2つの画像座標を取得することができれば、特に限定しない。

【0093】

本発明の実施例3では以上説明した機能構成により、カメラ映像内で同一人物を追跡することで、実空間上の座標情報を入力することなくキャリブレーションを実施することができる。

20

【0094】

なお、実施例3において、映像内における同一人物を追跡することが可能であれば、2台のカメラを用いた撮像装置2であるステレオカメラにも適用できる。

【実施例4】

【0095】

本発明の実施例4の機能ブロック図を図14に示す。

【0096】

図14において、1、2、3、4、5、6、7、30、31の各機能は実施例2と同一であり、人物位置推定部70は距離情報取得部30から取得した距離情報と、カメラパラメータ精度確認部31により調整したカメラパラメータから、画像中の人物における実空間上の位置を推定する機能、人流解析部71は人物位置推定部70により推定した人物の位置に基づき、人数計測、動線抽出、混雑時間計測等の人流解析を行う機能、解析結果表示部72は人流解析部71によって行われた人流解析の結果をPCディスプレイ等に表示する機能である。以下、人物位置推定部70と人流解析部71の詳細について説明する。ここでは、人物としたが他の動体であってもよい。

30

【0097】

図15は、人物位置推定部を説明するための図である。

【0098】

図15において、(a)は2台のカメラの内、どちらか一方のカメラにおける撮像画像であり、75a、75bは人物、76は道路、77はビルを示している。人物位置推定部70では、まず人検出により撮像画像から人物のみ抽出し、図15(b)に示す人物領域画像を作成する。なお、人検出の方法については、実施例3で述べた人検出部61の手法や、予め取得した人物が存在しない状況での3次元情報との差分により導出する方法がある。次に、カメラパラメータ精度確認部31と同様に、抽出した人物領域に対応する3次元情報を取得し、取得した3次元情報を真上方向からの視点から見た際の視点変換画像である俯瞰画像(c)を生成する。最後に、俯瞰画像(c)における各人物領域において重心位置を求めることで、人物位置画像(d)を算出でき、人物75a、75bの実空間上の位置である、78a、78bの推定が可能となる。

40

50

【0099】

図16は、人流解析部71を説明するための図である。図16において、(a)は撮像画像、(b)は推定した実空間上の人物の位置と実際の地図をマッピングするフロー、(c)、(d)、(e)は人数計測、動線抽出、滞留時間測定といった人流解析のアプリ例を示す。人流解析部71では、まず撮像画像(a)から人物位置推定部70によって算出した人物位置画像79と、実際の地図情報である地図画像80との対応付けを行う。この対応付けの方法としては、GUI等により、人物位置画像79に示される人物位置78a、78bがマップ画像80の適した場所に収まるよう画像座標を手動で調整する方法等があり、特に限定しない。次に、人物位置画像79と地図画像80を対応付けたマッピング画像83を使用して人流解析を行う。図16(c)は、マッピング画像83における道路76の画像情報と、人物位置78a、78bの画像情報とを比較することで、道路76上にいる人物の数を計測するアプリの実行例である。本実行例では、道路76上にいる人物は75aのみなので、実行結果84には1人と表示される。図16(d)は、連続フレームにおいて、人物位置推定部70により推定した人物位置の結果を結合して人物を追跡する動線抽出アプリの実行例である。人物の追跡方法としては、実施例3にて述べた人物追跡部60と同様の方法や、俯瞰画像における複数の人物領域を前後フレームにて比較し、移動量が最小のものを同じ人物領域と扱い追跡する方等があるが、特に限定しない。図16(d)において、85aは人物75aの、85bは人物75bの動線を示しており、人物75aは大きく移動しているものの、人物75bは同じ場所付近を滞留していることがわかる。図16(e)はマップ画像を4つのブロックに分割し、動線抽出結果を利用して各ブロックごとの人物の平均滞留時間を計測するアプリの実行例である。実行結果86では、ブロックA、Cには人物がいないため平均滞留時間は0秒、ブロックBには大きく移動する人物75aが居り、ブロックDには滞留する人物76bがいるため、平均滞留時間はDブロックが最も大きくなる。

10

20

【0100】

本発明の実施例4では、以上説明した機能構成により、2台のカメラから取得したカメラパラメータと物体の3次元情報から人物の位置を推定することで、実空間上の座標情報を入力することなく、人流解析を実施できる。

【0101】

実施例4において、人物全体の3次元情報ではなく頭部の3次元情報を利用しても良い。

30

【0102】

図17は、人物位置推定部70により撮像画像から人物の位置を推定するフローの一例である。

【0103】

まず人検出により撮像画像から人物領域画像を作成する(S1701)。

【0104】

次に、人物領域に対応する3次元情報を取得し(S1702)、取得した人物の3次元情報から頭部のみの3次元情報を抽出する(S1703)。

【0105】

最後に、抽出した頭部のみの3次元情報からカメラパラメータを使用して俯瞰画像を作成し(S1704)、作成した俯瞰画像における各頭部の重心位置を求めることで(S1705)、人物位置を推定できる。

40

【0106】

なお、S1703における頭部の3次元情報を抽出する方法としては、あらかじめ撮像画像から画像特徴量を用いて頭部の凸状の形状等を検出し、検出した頭部領域に対応する3次元情報を取得する方法や、カメラパラメータ精度確認部31により作成した、真正面方向や真横方向の視点変換画像を用いて一定以上の高さから上の3次元情報を頭部として検出する等の方法がある。その他にも、頭部付近を検出する手法であれば、特に限定しない。

50

【0107】

人物全体の3次元情報から人物の位置を推定した結果と、図17のフローに従い頭部のみの3次元情報から人物の位置を推定した結果の違いを図18に示す。図18において、人物90a、90b、90cが密集した撮像画像91から人物全体の3次元情報92を抽出して俯瞰画像93を作成した場合、肩等の部分に重なりが生じてしまい人物の区別が困難となりその位置を正確に推定できない。しかし、撮像画像91から人物の顔部分のみの3次元情報94を抽出して作成した俯瞰画像95では、重なりが生じないため人物90a、90b、90cの位置を精度良く推定することが可能となる。

【0108】

また、実施例4において、人流解析部71では、人数計測、動線抽出、滞留時間測定といった推定した人物の位置に基づく人流解析アプリ以外のアプリを実行しても良い。例えば、ある特定領域内に直立する人物の数と人物ごとの滞留時間を測定することで、特定領域内の混雑度を数値として算出する混雑度推定アプリや、俯瞰画像における人物領域同士の結合状態により、人物が近づいたか遠のいたか判定し、近づいた場合その場での滞留時間を計測することで店頭等の接客行動を認識する行動認識アプリ等がある。

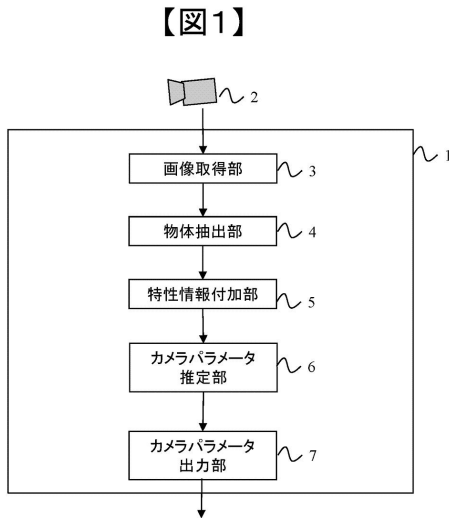
10

【符号の説明】

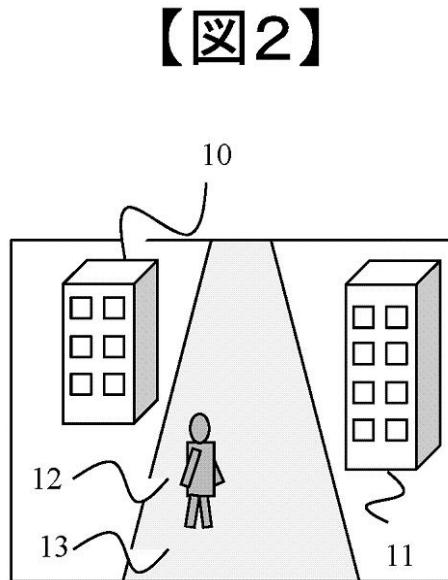
【0109】

- 1 ... キャリブレーション装置、 2 ... 撮像装置、 3 ... 画像取得部、 4 ... 物体抽出部、
- 5 ... 特性情報付加部、 6 ... カメラパラメータ推定部、 7 ... カメラパラメータ出力部

【図1】



【図2】



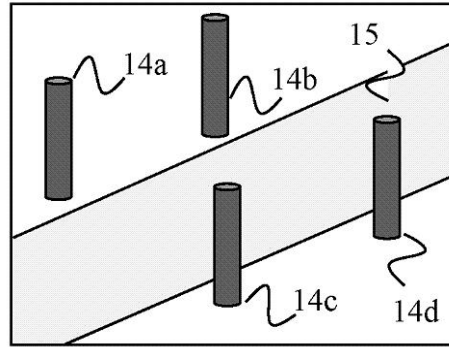
【図3】

【図3】

n	P_n	Q_n	O_n
1	10	12	水平
2	11	12	垂直
3	13	12	垂直

【図4】

【図4】



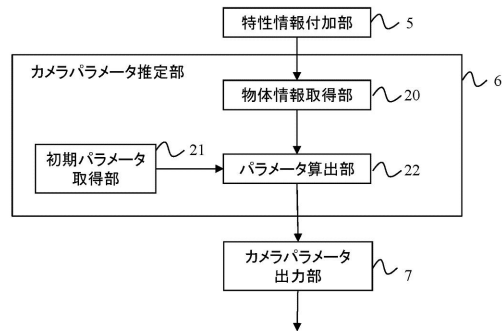
【図5】

【図5】

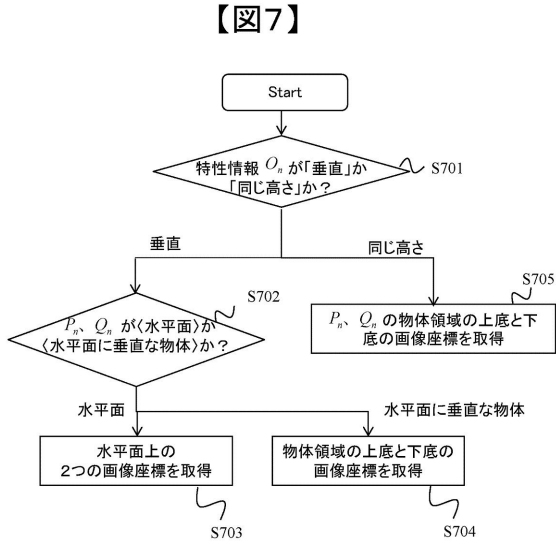
n	P_n	Q_n	O_n
1	14a	15	垂直
2	14b	15	垂直
3	14c	15	垂直
4	14d	15	垂直
5	14a	14b	同じ高さ
6	14a	14c	同じ高さ
7	14a	14d	同じ高さ
8	14b	14c	同じ高さ
9	14b	14d	同じ高さ
10	14c	14d	同じ高さ

【図6】

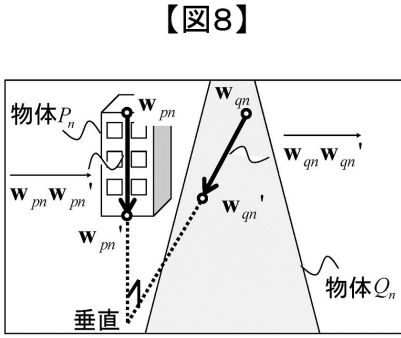
【図6】



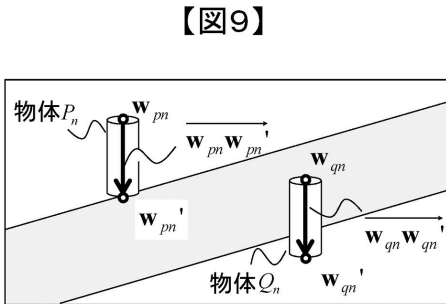
【図7】



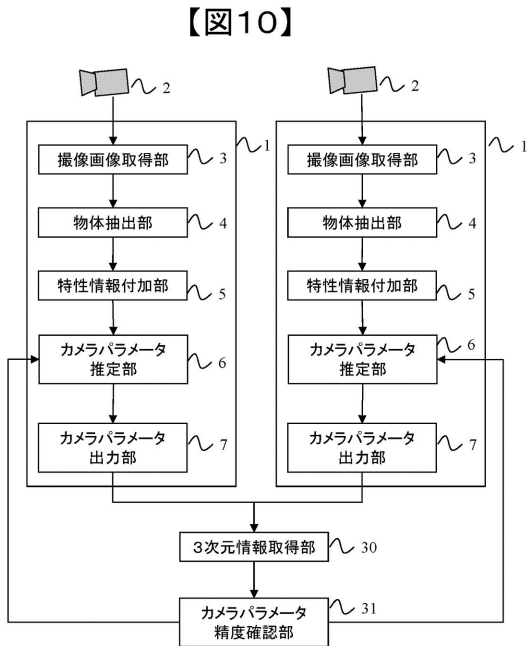
【図8】



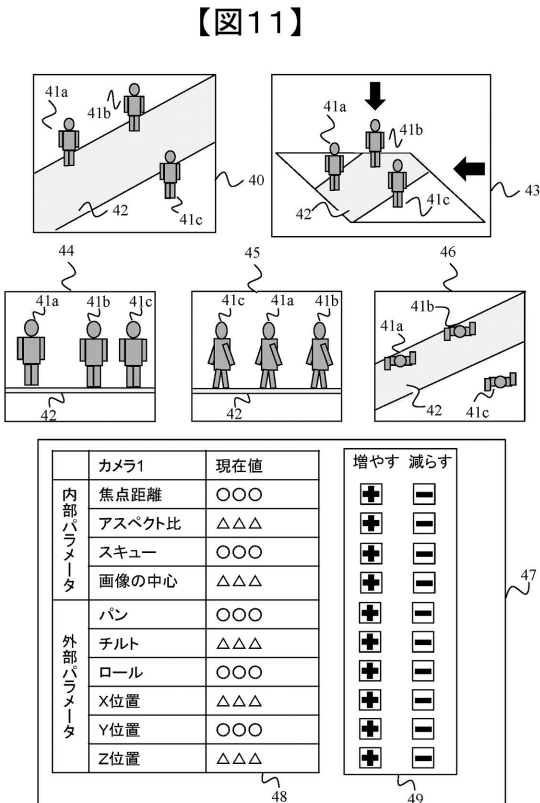
【図9】



【図10】

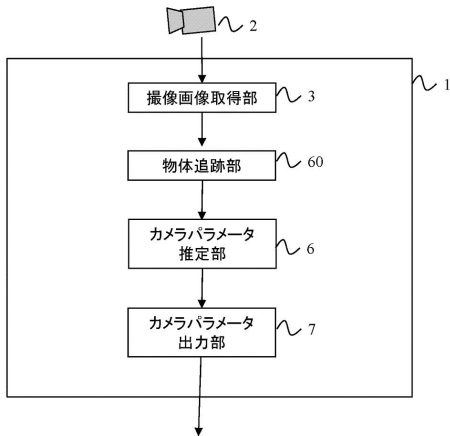


【図11】



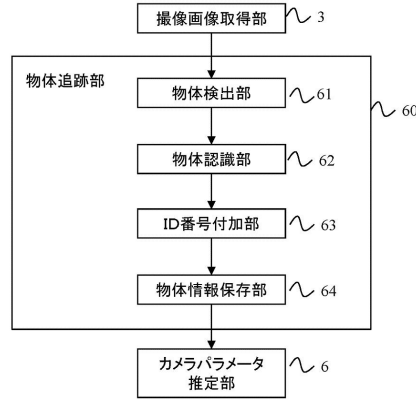
【図12】

【図12】



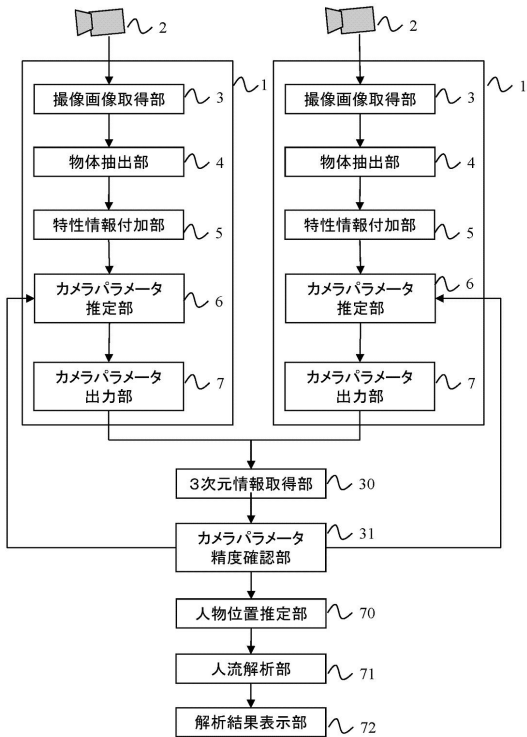
【図13】

【図13】



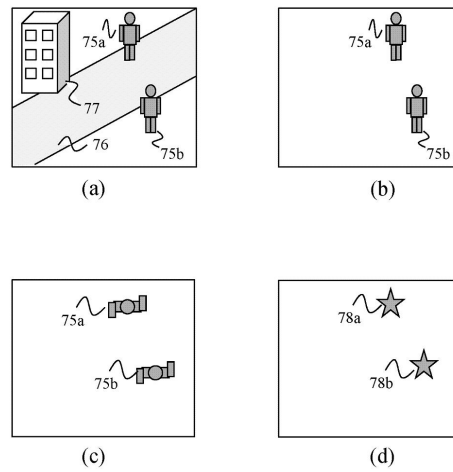
【図14】

【図14】



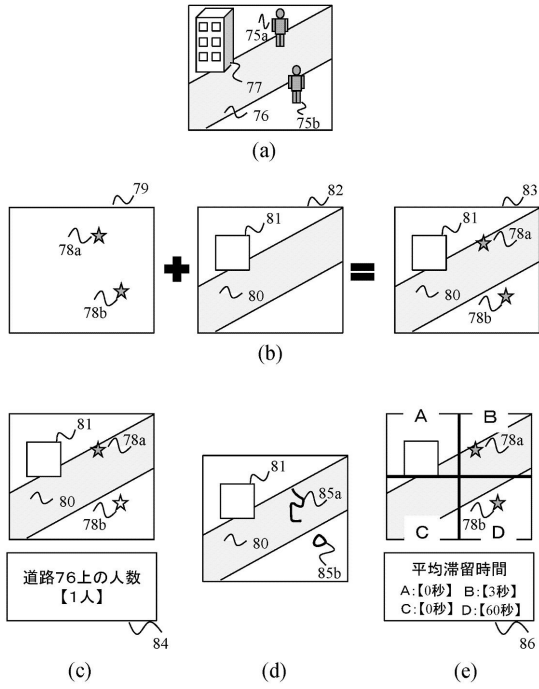
【図15】

【図15】



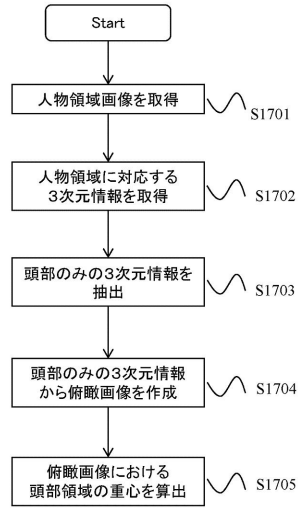
【図16】

【図16】



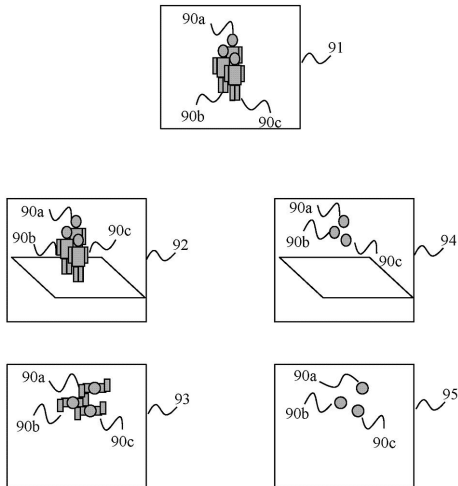
【図17】

【図17】



【図18】

【図18】



フロントページの続き

(72)発明者 伊藤 誠也

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号

株式会社日立製作所内

審査官 大西 宏

(56)参考文献 国際公開第2013/111229(WO, A1)

特開2013-115540(JP, A)

特開2010-178312(JP, A)

特開2012-198031(JP, A)

特開2010-256995(JP, A)

特開2009-135663(JP, A)

特開2009-266003(JP, A)

特開2002-005625(JP, A)

特開平09-319896(JP, A)

特開2003-284059(JP, A)

特開2010-237193(JP, A)

ROGER Y.TSAI, A VERSATILE CAMERA CALIBRATION TECHNIQUE FOR HIGH-ACCURACY 3D MACHINE VISION METROLOGY USING OFF-THE-SHELF TV CAMERAS AND LENSES, IEEE JOURNAL OF ROBOTICS AND AUTOMATION, IEEE, 1987年 8月, VOL.RA-3,NO.4, 323-344

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N 5/222 - 5/257

H04N 3/00 - 17/06