

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4265977号
(P4265977)

(45) 発行日 平成21年5月20日 (2009. 5. 20)

(24) 登録日 平成21年2月27日 (2009. 2. 27)

(51) Int. Cl.	F I
G06T 1/00 (2006.01)	G06T 1/00 315
G01B 11/00 (2006.01)	G01B 11/00 H
H04N 7/18 (2006.01)	H04N 7/18 D

請求項の数 5 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2004-20682 (P2004-20682)	(73) 特許権者	000006013
(22) 出願日	平成16年1月29日 (2004. 1. 29)		三菱電機株式会社
(65) 公開番号	特開2005-215908 (P2005-215908A)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(43) 公開日	平成17年8月11日 (2005. 8. 11)	(74) 代理人	100089233
審査請求日	平成17年11月15日 (2005. 11. 15)		弁理士 吉田 茂明
		(74) 代理人	100088672
			弁理士 吉竹 英俊
		(74) 代理人	100088845
			弁理士 有田 貴弘
		(72) 発明者	林 健太郎
			東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
			菱電機株式会社内
		(72) 発明者	奥田 晴久
			東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
			菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 人物検出方法およびそれを用いた人物追跡方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

人物をステレオカメラを用いて検出する人物検出方法であって、
 前記ステレオカメラから得られる画像情報を処理することにより床面上に起立した人物の表面上の点と前記ステレオカメラとの距離であるステレオ距離を求める工程と、
 前記ステレオ距離に基づき前記点を前記床面に平行な平面上における面として広げた前記点の広がりを求める工程と、
 前記広がりを前記人物の前記起立方向に加算することにより和を得る加算工程と、
 前記和からなるヒストグラムから前記人物を検出する工程と
 を備える人物検出方法。

【請求項2】

請求項1に記載の人物検出方法であって、
 前記加算工程において、前記広がり、前記ステレオ距離に基づく重みを与えて加算される
 人物検出方法。

【請求項3】

請求項1又は請求項2に記載の人物検出方法を用いて検出された人物を追跡する人物追跡方法であって、

第一人物と第二人物との距離である人物間距離が所定の閾値より小さい場合には、前記第一人物の前記人物検出方法を用いて検出された追跡位置と前記第二人物の前記人物検出

方法を用いて検出された追跡位置とに前記人物間距離を大きくする向きに修正を行う人物追跡方法。

【請求項4】

請求項3に記載の人物追跡方法であって、
前記修正は、前記人物間距離の一次関数で表される大きさを有する人物追跡方法。

【請求項5】

請求項1又は請求項2に記載の人物検出方法を用いて検出された人物を追跡する人物追跡方法であって、

第一人物が第二人物による隠蔽領域内にいる場合には前記第一人物に対して前記人物検出方法を用いた追跡ではなく頭部追跡を行う

人物追跡方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、人物検出方法およびそれを用いた人物追跡方法に関し、特に、床面上に起立した人物をステレオカメラを用いて検出する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、ステレオカメラ等を用いて得られた画像を処理することによる人物検出および人物追跡が行われている。

【0003】

例えば、特許文献1には、横断歩道上の人物をステレオカメラを用いて検出する手法が開示されている。また、特許文献2には、3次元データを特定平面に投影し、投影された面積より混雑度を計測する手法が開示されている。また、非特許文献1には、複数のステレオカメラを用いて人物検出および人物追跡を行う手法が開示されている。

【0004】

【特許文献1】特開2002-24986号公報

【特許文献2】特開2001-34883号公報

【非特許文献1】依田 育士、他1名、”ユビキタスステレオビジョンによる実時間実環境ヒューマンセンシング”、[online]、平成15年6月13日、画像センシング技術研究会、[平成16年1月9日検索]、インターネット<URL: <http://www.media.eng.hokudai.ac.jp/~liuxj/bak/pdf/F-19.pdf>>

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ステレオカメラを用いて得られた画像を処理する場合には、計測される人物とステレオカメラとの距離が大きくなると、誤差が大きくなってしまうという問題点があった。

【0006】

本発明は以上の問題点を解決するためになされたものであり、人物とステレオカメラとの距離が大きい場合の誤差を低減できる人物検出方法およびそれを用いた人物追跡方法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】

【0007】

上記の課題を解決するために、本発明に係る人物検出方法は、人物をステレオカメラを用いて検出する人物検出方法であって、前記ステレオカメラから得られる画像情報を処理することにより床面上に起立した人物の表面上の点と前記ステレオカメラとの距離であるステレオ距離を求める工程と、前記ステレオ距離に基づき前記点を前記床面に平行な平面上における面として広げた前記点の広がりを求める工程と、前記広がりを前記人物の前記起立方向に加算することにより和を得る加算工程と、前記和からなるヒストグラムから前

10

20

30

40

50

記人物を検出する工程とを備える。

【発明の効果】

【0008】

本発明に係る人物検出方法は、人物をステレオカメラを用いて検出する人物検出方法であって、前記ステレオカメラから得られる画像情報を処理することにより床面上に起立した人物の表面上の点と前記ステレオカメラとの距離であるステレオ距離を求める工程と、前記ステレオ距離に基づき前記点を前記床面に平行な平面上における面として広げた前記点の広がりを求める工程と、前記広がりを前記人物の前記起立方向に加算することにより和を得る加算工程と、前記和からなるヒストグラムから前記人物を検出する工程とを備えるので、ステレオ距離による誤差を低減できる。従って、ヒストグラム上に安定したピークを得ることができるので、精度をより高めることができる。また、ステレオ距離による誤差を低減できることにより、ステレオカメラを設置するときに、人物との距離を考慮する必要がなくなるので、ステレオカメラの設置場所に関する制限を緩和することができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

<実施の形態1>

実施の形態1に係る人物検出方法においては、起立した人物は床面に対して垂直方向に長い棒状の物体であると仮定できることに着目し、人物表面上の点を床面に投影しその点の個数のヒストグラムを作成する。また、このヒストグラムの作成においては、ステレオカメラからの距離が大きい点ほど視差に対する誤差が大きくなることを考慮し、ステレオカメラからの距離に基づき広がりや重みを与えることを特徴とする。

20

【0010】

図1において、ステレオカメラ10は、ベースラインDだけ離れたカメラ10Lおよびカメラ10Rを有し、床面30上に起立した人物40の身長よりも高い高さBを有する位置に固定されている。また、ステレオカメラ10には、ステレオカメラ10から得られる画像情報を処理するコンピュータ20が接続されている。

【0011】

次に、図2のフローチャートを用いて、本実施の形態に係る人物検出方法を説明する。

【0012】

まず、ステップS1において、コンピュータ20は、ステレオカメラ10から得られる画像情報に基づき、人物40表面上の点に対して、視差dの計測を行う。ここで、点とは、三次元空間を所定の解像度に基づき分割した場合の計測の最小単位のことである。また、この視差dは、人物40表面上の全ての点（人物40の表面のうち影で計測できない点や黒塗り部分等の画像情報の存在しない点を除く）において、計測される。これにより、コンピュータ20は、人物40について、解像度に等しい分解能を有する視差画像すなわち密な視差画像を得る。この視差画像は、カメラ10L、10Rに対応した二枚の画像から計算により得られる一枚の画像である。

30

【0013】

次に、ステップS2において、コンピュータ20は、得られた視差画像から、各点において、ステレオカメラ10と人物40との距離であるステレオ距離を算出する。

40

【0014】

なお、算出されたこのステレオ距離と、人物40の実身長Hとからは、図1に示されるような立体視画像45が得られる。ここで、人物40の実身長Hは、既存の手法により観測してもよく、または一般的な平均値（日本人であれば約164cm）を用いてもよい。この立体視画像45から、人物40の画像上の身長である画像身長hが得られる。

【0015】

次に、ステップS3において、コンピュータ20は、算出された各点のステレオ距離を用いて、世界座標系における上記の人物40表面上の全ての点の座標を算出する。図1においては、この世界座標系は、XYZ座標系として示されている。図1において、床面3

50

0はXY平面に対応し、ベースラインDはY軸に平行であり、ステレオカメラ10から見て奥行方向がX軸に一致し、人物40はZ軸方向に起立している。

【0016】

次に、ステップS4～S5において、コンピュータ20は、上記の人物40表面上の全ての点（以下では、これらの点を任意の点Pで代表させ説明を行う）を、床面30上すなわちXY平面上に投影することによりヒストグラムを作成する。具体的には、図3に示すように、床面30を、ヒストグラムを作成する単位となる領域であるビン50（図3においては、点線で囲まれた矩形）に分割し、全てのビン50上の全てのZ座標において、それぞれ、点Pが存在するかどうか（すなわち、任意のビン50の任意のZ座標において、人物40表面が計測されるかどうか）を確認する。そして、確認された点Pの個数をビン50毎にZ軸方向に加算する。これにより、加算された点Pの個数が比較的が多いビン50においては、人物40（の表面）が存在していると判断することができる。即ち、投影される点Pの個数のヒストグラムのピークから人物40の位置を求めることができる。

10

【0017】

このとき、上述したように、ステレオ距離が大きくなるほど、算出される点Pの座標の誤差は大きくなる。図4に、ステレオ距離と点Pの座標の誤差との関係を示す。視差dの誤差 Δd に対する点Pの誤差は、矩形60の各辺の長さで表され、ステレオ距離が大きくなるほど大きくなる。

【0018】

そこで、上記の誤差の影響を低減するために、本発明においては、以下に説明するように、点Pの座標に、誤差に対応させて、ステレオ距離に基づく広がりを与える。

20

【0019】

図3に示すように、点Pの広がり70は、ステレオカメラ10からの距離に基づく長さ σ_{cx} 、 σ_{cy} を有する辺からなる矩形で表される。この σ_{cx} 、 σ_{cy} は、図4における矩形60各辺の長さにそれぞれ対応している。すなわち、広がり70は、ステレオ距離が大きい場合には大きく、ステレオ距離が小さい場合には小さい。

【0020】

ステップS4においては、図4におけるステレオカメラ10と矩形60との幾何関係（即ち、ステレオカメラ10と広がり70との幾何関係）から導かれる以下の式（1）、（2）を用いることにより σ_{cx} 、 σ_{cy} を算出する。

30

【0021】

$$\sigma_{cx} = \xi \sigma_d / d^2 \cdots (1)$$

$$\sigma_{cy} = D \sigma_d / d \cdots (2)$$

ここで、 ξ は、 $\xi = dz$ （ z は点PのZ座標）を満たす定数であり、 σ_d は、一般的なステレオ計測における誤差標準偏差を表す定数である。また、式（1）は、 $z = \xi / d$ で表される式に対してdの1次のテーラー展開を行うことにより求められる。式（1）、（2）において、ステレオ距離が大きい場合には、視差dは小さくなるので、 σ_{cx} 、 σ_{cy} は、いずれも大きくなる。すなわち、広がり70は、ステレオ距離に基づき点Pを床面30に平行な平面上に面として広げたものである。

【0022】

40

この式（1）、（2）から算出された σ_{cx} 、 σ_{cy} を用いることにより、広がり70に相当するビン50の位置（図3において広がり70の下方に存在しているビン50の位置）を算出することができる。即ち、所定のビン50の上方において、所定のZ座標に広がり70が存在する場合には、当該Z座標において点Pが存在しているものとし個数に加算する。

【0023】

図5は、床面30上方から広がり70を視た場合の概念図である。広がり70は、Z座標毎に積み重ねられ、ステップS5において床面30に投影されその個数が加算される。この加算された値が所定のビン50においてピークを有する場合には、当該ビン50の位置を用いて人物40の位置を求めることができる。

50

【0024】

ステップS5においては、前述の画像身長 h を用いた以下の式(3)で表される σ_{cz} を、点Pの一個に対応する値として用いることにより、点Pの個数(すなわち広がり70の個数)に対してステレオ距離に基づく重みを付け、Z軸方向の投影即ち点Pの個数の加算を行う。

【0025】

$$\sigma_{cz} = k_{vote} / h \cdots (3)$$

ここで、 k_{vote} は定数であり、投影される点Pの個数(すなわち広がり70の個数)の総和に基づき定められる。例えば、ピーク値を1とする場合には、 $k_{vote} = 1$ と定め、濃淡画像をヒストグラムとするような場合には、 $k_{vote} = 255$ と定められる。

10

【0026】

人物40の画像身長 h は、ステレオ距離が大きくなるほど小さくなるので、式(3)における σ_{cz} は、ステレオ距離が大きくなるほど大きくなる。ヒストグラム上では、ピークの位置に加算される点Pの個数は画像身長 h に等しいので、予め h で割ってから加算することで、ピーク値を一定値 k_{vote} とすることができる。即ち、式(3)は、式(1)、(2)から求められた広がり70に対して、ステレオ距離に基づき、Z方向に対する重み(言い換えると、擬似的な高さ)を与えている。これにより、ステレオ距離に依らずピーク値を一定に保つことができる。

【0027】

また、人物40がステレオカメラ10の真下にいる場合に $h = 0$ となり σ_{cz} が発散してしまうことを防ぐために、所定の閾値 Δ を用いて、 $h \geq \Delta$ の場合には式(3)を適用し、 $h < \Delta$ の場合には、以下の式(4)を適用することにしてもよい。

20

【0028】

$$\sigma_{cz} = k_{vote} / \Delta \cdots (4)$$

次に、ステップS6において、全ての点PについてステップS3～S5が実行されたかどうかを確認する。実行されていない場合にはステップS3に進み、実行された場合には一連の処理が終了する。

【0029】

このように、本実施の形態に係る人物検出方法においては、点Pを床面30に投影するときにステレオ距離に基づく広がりや高さ(重み)を与えるので、ステレオ距離による誤差を低減できる。従って、ヒストグラム上に安定したピークを得ることができるので、精度をより高めることができる。また、ステレオ距離による誤差を低減できることにより、ステレオカメラ10を設置するときに、人物40との距離を考慮する必要がなくなるので、ステレオカメラ10の設置場所に関する制限を緩和することができる。

30

【0030】

なお、上記の説明においては、 σ_{cx} 、 σ_{cy} を用いて説明を行ったが、式(1)、(2)に限らず、点Pがステレオ距離に基づく広がり有しておればよい。例えば、図4における矩形60の各辺の長さに代えて、矩形60に内接する四辺形の各辺の長さを用いてもよい。誤差 Δd に対する点Pの誤差は、矩形60に内接する四辺形の各辺の長さを用いることでより正確に表すことができるので、さらに精度を高めることが可能となる。また、 σ_{cz} についても、式(3)、式(4)で表されるものに限らず、ステレオ距離に基づく高さ(重み)を有していればよい。

40

【0031】

<実施の形態2>

実施の形態1に係る人物検出方法を用いることにより、人物追跡を行うことが可能となる。即ち、床面30に投影されたヒストグラムのピークの位置を人物40の位置と仮定し、このピークの位置を時々刻々更新していくことにより、人物40を追跡する。コンピュータ20内のCPUは、コンピュータ20内のメモリに予め記憶されたソフトウェアに含まれる複数の追跡手段を用いて、この追跡を行う。この追跡手段は、二以上のピークが検

50

出された場合（すなわち二人以上の人物 40 が存在する場合）は、各ピークにそれぞれ対応して、カルマンフィルタ等の既存の手法を用いることにより、ピークを追跡する。

【0032】

しかし、二人以上の人物 40 において、互いの距離が近い場合には、各人物 40 に対応する複数のピークが重なり合うので、一つの大きなピークとして結合してしまうことがある。このような場合においては、二人以上の人物 40 を一人と誤って認識してしまうので、うまく追跡できない場合があるという問題点がある。

【0033】

そこで、実施の形態 2 に係る人物追跡方法においては、人物 40 同士が所定の距離よりも近づいた場合には、各人物 40 に対応する追跡位置（コンピュータ 20 での認識位置）を、互いに遠ざかる向きに修正することの特徴とする。

10

【0034】

図 6 は、本実施の形態に係る人物追跡方法を示すフローチャートである。

【0035】

まず、ステップ S 11 において、追跡位置 i と追跡位置 j との距離に対応する実際の人物間距離 a を算出する。ここで、追跡位置 i 、 j は、検出された任意の人物 40 である人物 40 i （第一个人物）、40 j （第二人物）それぞれに対応する追跡位置である。

【0036】

次に、ステップ S 12 において、算出された人物間距離 a と予め定められた所定の閾値 δ とを比較する。この閾値 δ は、人物 40 の平均的なサイズを用いて、例えば 400 mm 程度に定めてもよい。

20

【0037】

ステップ S 12 の比較において、 $a < \delta$ である場合には、ステップ S 13 へ進み、追跡位置 i を、追跡位置 j から遠ざかる向きへ、例えば $(\delta - a) / 2$ だけ修正する。即ち、人物 40 i の追跡位置は、人物 40 j の追跡位置との間の距離を大きくする向きに、当該距離の一次関数で表される修正量を与えられる。これにより、擬似的に、追跡位置 i と追跡位置 j との間に反発力を働かせることができる。

【0038】

ステップ S 12 の比較において、 $a < \delta$ でない場合（即ち $a \geq \delta$ である場合）には、追跡位置の修正は不要であるので、ステップ S 13 をスキップし、ステップ S 14 へ進む。

30

【0039】

次にステップ S 14 において、全ての追跡位置についてステップ S 11 ～ S 13 を実行したかどうかを確認し、実行されていない場合はステップ S 11 に進み、実行されていれば一連の処理を終了する。

【0040】

このように、本実施の形態に係る人物追跡方法においては、人物 40 i の追跡位置は、人物 40 j の追跡位置との間の距離に基づき互いの位置を遠ざける向きに修正される。従って、各人物 40 に対応する複数のピークが重なり合った場合においても、二人以上の人物 40 を一人として誤って認識してしまうことを防ぐことができる。

40

【0041】

また、与えられる修正量は、人物間距離 a の一次関数で表されるので、バランスを保ちながら滑らかな修正を行うことができる。

【0042】

なお、上記の説明においては、修正量が $(\delta - a) / 2$ である場合について説明したが、 $(\delta - a) / 2$ に限らず、人物 40 i と人物 40 j との間の距離を大きくする向きに修正するものであればよい。

【0043】

<実施の形態 3>

実施の形態 2 に係る人物追跡方法においては、人物 40 i の追跡位置を人物 40 j の追跡位置との間の距離に基づき修正する（追跡位置 i と追跡位置 j との間に擬似的に反発力

50

を働かせる）ことにより、各人物 40 に対応する複数のピークが重なり合った場合においても二人以上の人物 40 を一人として誤って認識してしまうことを防いでいる。

【0044】

実施の形態 3 に係る人物追跡方法においては、図 7 に示されるような人物 40 j による隠蔽領域（ステレオカメラ 10 から見て影になっている部分）80 を考慮することにより、上記と同様の効果を奏することを特徴とする。

【0045】

図 7 は、本実施の形態に係る人物追跡方法を示すフローチャートである。

【0046】

まず、ステップ S 2 1 において、人物 40 j とステレオカメラ 10 との幾何関係より、人物 40 j の隠蔽領域 80 の X, Y, Z 座標を全て算出する。

10

【0047】

次に、ステップ S 2 2 において、人物 40 i の位置座標を隠蔽領域 80 の X, Y, Z 座標と比較することにより、人物 40 i が隠蔽領域 80 内にあるかどうかを判断する。

【0048】

ステップ S 2 2 の判断において、人物 40 i が隠蔽領域 80 内にある場合には、ステップ S 2 3 に進む。そして、実施の形態 1 により得られるヒストグラムのピークを追跡するのではなく、既存の手法を用いて人物 40 i の頭部追跡を行う。

【0049】

上述したように、ステレオカメラ 10 は、床面 30 上に起立した人物 40 の身長よりも高い高さ B を有する位置に設置されているので、図 7 に示すように、人物 40 i の胴体が隠蔽領域 80 内に入った場合においても、人物 40 i の頭部は隠蔽領域 80 内に入っていない場合が多い。従って、人物 40 i の胴体が隠蔽領域 80 内に入った場合には、一時的に頭部追跡に切り換えることにより、二人以上の人物 40 を一人として誤って認識してしまうことを防ぐことができる。

20

【0050】

次に、ステップ S 2 4 において、人物 40 i の実身長 H（実施の形態 1 において前述したように、実際の観測値であっても一般的な平均値であってもよい）と、既存の手法により得られる画像上の頭部の位置とから、人物 40 i の位置を算出する。これにより、一連の処理が終了する。

30

【0051】

ステップ S 2 2 の判断において、人物 40 i が人物 40 j の隠蔽領域 80 内にない場合には、ステップ S 2 5 に進み、実施の形態 2 で説明したような本発明の手法を用いて人物 40 i の追跡を行う。そして、ステップ S 2 6 に進み、実施の形態 1 で説明したような本発明の手法を用いて人物 40 i の位置を計算する。これにより、一連の処理が終了する。

【0052】

このように、本実施の形態に係る人物追跡方法においては、人物 40 i が人物 40 j の隠蔽領域 80 内に入った場合には、ヒストグラムのピークを追跡するのではなく、頭部追跡を行う。従って、実施の形態 2 と同様に、各人物 40 に対応する複数のピークが重なり合った場合においても、二人以上の人物 40 を一人として誤って認識してしまうことを防ぐことができる。

40

【0053】

なお、実際には、頭部追跡とその 3 次元位置、距離情報の床面への投影 3 次元位置を統合する必要があるが、これは例えば隠蔽状態による重み付け和などの方法を採用することができる。また、頭部追跡などは、例えば一般によく知られている更新型テンプレートマッチなどの画像処理技術や、頭部シルエットを抽出する画像処理技術を用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【0054】

【図 1】実施の形態 1 に係る人物検出方法を示す斜視図である。

50

【図 2】実施の形態 1 に係る人物検出方法を示すフローチャートである。

【図 3】実施の形態 1 に係る人物検出方法を示す上面図である。

【図 4】実施の形態 1 に係る人物検出方法を示す上面図である。

【図 5】実施の形態 1 に係る人物検出方法を示す概念図である。

【図 6】実施の形態 2 に係る人物追跡方法を示すフローチャートである。

【図 7】実施の形態 3 に係る人物追跡方法を示す斜視図である。

【図 8】実施の形態 3 に係る人物追跡方法を示すフローチャートである。

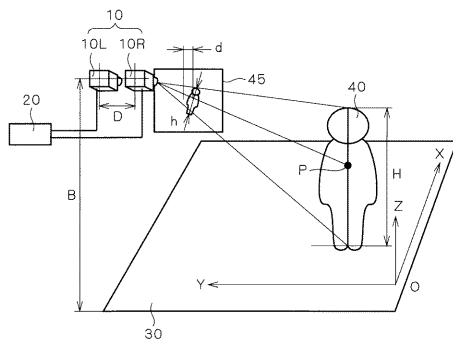
【符号の説明】

【0055】

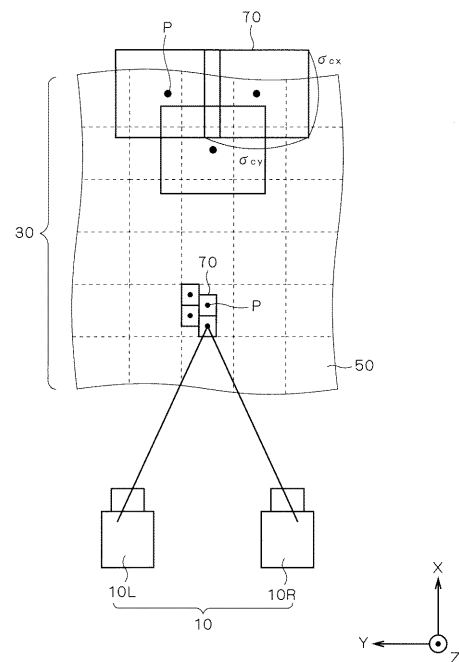
10 ステレオカメラ、10L, 10R カメラ、20 コンピュータ、30 床面、
40 人物、45 立体視画像、50 ビン、60 矩形、70 広がり、80 隠蔽領域、B 高さ、d 視差、D ベースライン、h 画像身長、H 実身長、P 点、 δ , Δ 閾値。

10

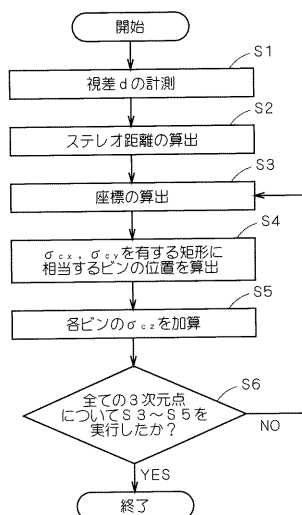
【図 1】



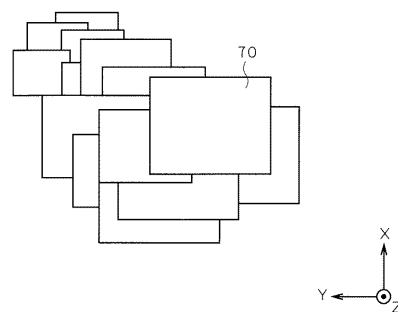
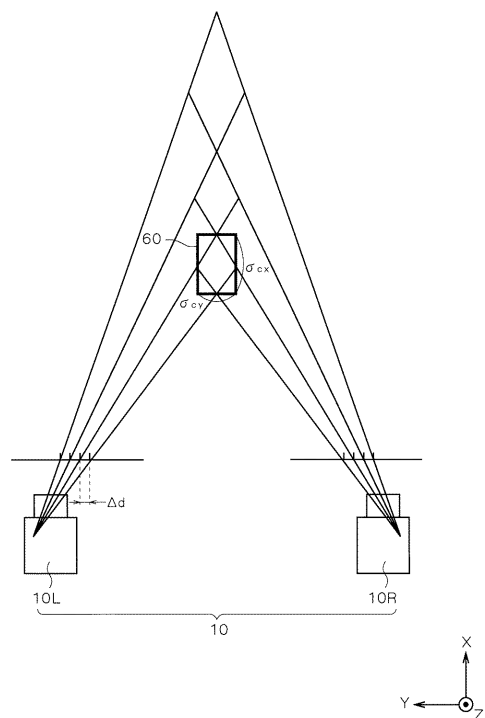
【図 3】



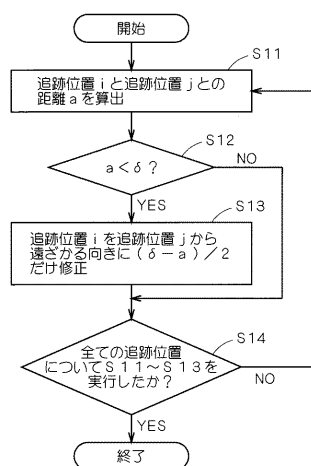
【図 2】



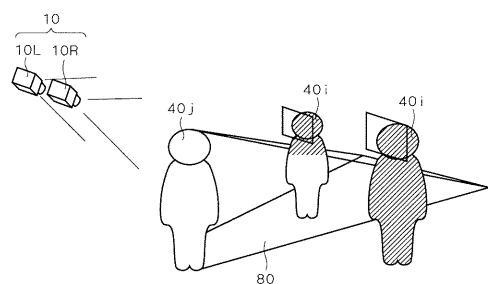
【図 5】



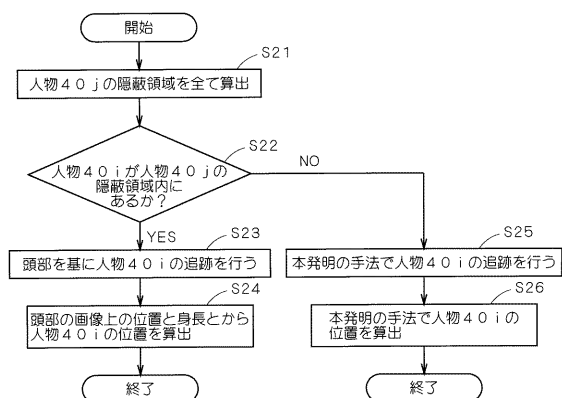
【図 6】



【图 7】



【图 8】



フロントページの続き

(72)発明者 笹川 耕一

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

審査官 岡本 俊威

(56)参考文献 特開2002-24986 (JP, A)

特開2001-34883 (JP, A)

林健太郎, 橋本学, 鷺見和彦, ステレオ距離画像を用いた人物計数技術の提案, 電子情報通信学会技術研究報告, PRMU2002-146~168, 日本, 社団法人電子情報通信学会, 2002年12月13日, Vol. 102 No. 532, p13-18

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T 1/00

G01B 11/00-11/30

H04N 7/18