

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5147760号
(P5147760)

(45) 発行日 平成25年2月20日(2013.2.20)

(24) 登録日 平成24年12月7日(2012.12.7)

(51) Int.Cl.		F I			
HO4N	7/18	(2006.01)	HO4N	7/18	D
GO6T	7/20	(2006.01)	HO4N	7/18	K
GO6T	1/00	(2006.01)	GO6T	7/20	A
			GO6T	1/00	340B

請求項の数 7 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2009-48409 (P2009-48409)	(73) 特許権者	000108085
(22) 出願日	平成21年3月2日(2009.3.2)		セコム株式会社
(65) 公開番号	特開2010-206404 (P2010-206404A)		東京都渋谷区神宮前一丁目5番1号
(43) 公開日	平成22年9月16日(2010.9.16)	(72) 発明者	中沢 裕二
審査請求日	平成24年2月6日(2012.2.6)		東京都三鷹市下連雀8-10-16 セコム株式会社内
		審査官	松田 岳士

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像監視装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

互いに視野の一部を共有し当該視野内を移動する人物を互いに異なる方向から撮像して監視画像を出力する複数の撮像部と、

前記監視画像から前記人物が存在するローカル座標系での人物位置を検出する人物位置検出手段と、

前記撮像部ごとに設定された前記ローカル座標系から前記複数の撮像部に共通して設定された共通座標系へ前記人物位置を射影する射影手段と、

前記複数の撮像部により同時に撮像された前記監視画像の一方から検出された前記人物位置及び他方の前記監視画像から検出された前記人物位置のペアを設定して当該ペアの近接度を算出する近接度算出手段と、

前記近接度がより高い前記ペアを他の前記ペアよりも優先的に同一人物の人物位置としてまとめることで前記人物位置の情報を統合する人物位置統合手段と、

を備え、

前記近接度算出手段は、前記共通座標系において前記一方の人物位置と当該人物位置が検出された前記撮像部の位置とを結ぶ投影線と前記他方の人物位置との間の線点間距離を算出し、当該線点間距離が近いほど前記近接度を高く算出することを特徴とする画像監視装置。

【請求項2】

前記近接度算出手段は、前記一方の人物位置と前記他方の人物位置を入れ替えた前記線

点間距離をさらに算出し、算出された2つの線点間距離のうち小さい方の線点間距離を前記近接度の算出に用いる請求項1に記載の画像監視装置。

【請求項3】

前記近接度算出手段は、前記線点間距離が人物の幅に相当する所定しきい値を超える場合に前記近接度を予め設定された最小値とする請求項1又は2に記載の画像監視装置。

【請求項4】

前記近接度算出手段は、前記ペアを構成する人物位置間の2点間距離をさらに算出し、当該2点間距離が大きいほど前記近接度を小さく補正する請求項1乃至3に記載の画像監視装置。

【請求項5】

前記近接度算出手段は、予め設定された上限値を超える前記近接度を前記上限値に修正する請求項4に記載の画像監視装置。

【請求項6】

前記人物位置統合手段は、前記人物位置のそれぞれについて当該人物位置に対して算出された前記近接度の最大値を前記上限値から減じた単独度を算出し、前記単独度が前記近接度より高い人物位置はまとめずに統合する請求項5に記載の画像監視装置。

【請求項7】

前記人物位置統合手段は、同一人物とされた人物位置の平均位置を統合後の当該人物の位置として算出する請求項1乃至6に記載の画像監視装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、監視空間が撮像された画像を処理して監視空間内の人物の位置を検出する画像監視装置に関し、特に複数の撮像部により撮像された画像から人物の位置を検出する画像監視装置に関する。

【背景技術】

【0002】

広範囲に亘って人物の行動を監視するために、複数のカメラを設置して各カメラにより撮像された画像のそれぞれから人物の位置を検出し、各画像から検出された人物位置の情報を統合することが行われてきた。

【0003】

人物位置の情報を統合するために、特許文献1においては重心位置が近い情報同士を同一人物の情報として統合している(0015段落、0033段落)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平7-49952号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、検出される人物位置には一般に誤差が含まれ、検出誤差は誤った統合を引き起こしていた。検出誤差の要因は、撮像される人物像の一部又は全部が他の人物や障害物に隠蔽されるオクルージョン、影、量子化誤差など様々である。中でも特にオクルージョンによる検出誤差は大きく、統合を誤る主要因となっていた。

【0006】

例えば、図11(a)は、障害物91によるオクルージョンの影響で人物90の下半身部分が隠蔽され、人物90の上半身部分の重心が人物90の重心位置92として検出された様子を表している。人物90の重心は、本来は上半身と下半身を合わせた領域の重心位

10

20

30

40

50

置 9 3 の位置に検出されるべきものである。

【 0 0 0 7 】

検出誤差が含まれると、本来同一人物のものである人物位置同士が離間したり、離間した人物位置が他人の人物位置と近接したりしてしまう。そのため、従来技術においては、本来同一人物のものである人物位置同士を別々の人物としてしまったり、本来他人のものである人物位置同士を同一人物としてしまうという問題があった。

【 0 0 0 8 】

本発明は、上記問題を鑑みてなされたものであり、複数の撮像部により撮像された画像から検出された人物位置に誤差が含まれていても、同一人物の人物位置を誤りなくまとめて人物位置の情報を統合できる画像監視装置を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

本願発明者は、上記問題点を解決する画像監視装置を実現するために研究を行い、その結果、縦長である人物の検出誤差は人物の幅方向よりも高さ方向に大きく現れること、高さ方向の検出誤差は撮像部から人物への投影線に沿って現れることが判明した。例えば、図 1 1 (a) の例において検出された人物位置 9 2 は、図 1 1 (b) に示すように投影線 9 6 に沿って撮像部から遠ざかる位置に存在する人物像 9 4 の重心位置 9 5 とみなされてしまうのである。本発明はこの知見を利用したものである。

【 0 0 1 0 】

本発明にかかる画像監視装置は、互いに視野の一部を共有し当該視野内を移動する人物を互いに異なる方向から撮像して監視画像を出力する複数の撮像部と、監視画像から人物が存在するローカル座標系での人物位置を検出する人物位置検出手段と、撮像部ごとに設定されたローカル座標系から複数の撮像部に共通して設定された共通座標系へ人物位置を射影する射影手段と、複数の撮像部により同時に撮像された監視画像の一方から検出された人物位置及び他方の監視画像から検出された人物位置のペアを設定して当該ペアの近接度を算出する近接度算出手段と、近接度がより高いペアを他のペアよりも優先的に同一人物の人物位置としてまとめることで人物位置の情報を統合する人物位置統合手段と、を備え、近接度算出手段は、共通座標系において一方の人物位置と当該人物位置が検出された撮像部の位置とを結ぶ投影線と他方の人物位置との間の線点間距離を算出し、当該線点間距離が近いほど近接度を高く算出することを特徴とする。

20

30

かかる構成によれば、投影線に沿って現れる高さ方向の検出誤差を無視した線点間距離に基づき近接度が算出されて近接度の高いペアが優先的に同一人物の人物位置としてまとめられるため、人物位置に検出誤差が含まれていても同一人物の人物位置を高精度にまとめて人物位置の情報を統合できる。

【 0 0 1 1 】

また、本発明の好適な態様においては、近接度算出手段は、一方の人物位置と他方の人物位置を入れ替えた線点間距離をさらに算出し、算出された 2 つの線点間距離のうち小さい方の線点間距離を近接度の算出に用いる。

かかる構成によれば、投影線に沿って現れる高さ方向の検出誤差がより大きい方の人物位置への投影線に対する線点間距離が選択的に近接度の算出に用いられ、投影線に沿う誤差成分を無視する効果が最大限に発揮されるため、同一人物の人物位置をより高い精度でまとめて人物位置の情報を統合できる。

40

【 0 0 1 2 】

また、本発明の好適な態様においては、近接度算出手段は、線点間距離が人物の幅に相当する所定しきい値を超える場合に近接度を予め設定された最小値とする。

かかる構成によれば、高さ方向の検出誤差がほぼ無視されて人物の幅方向の検出誤差が主成分である線点間距離から不当に高い近接度が算出されなくなるので、他人の人物位置を同一人物の人物位置としてまとめる誤りが減じられる。

【 0 0 1 3 】

また、本発明の好適な態様においては、近接度算出手段は、ペアを構成する人物位置間

50

の2点間距離をさらに算出し、当該2点間距離が大きいほど近接度を小さく補正する。

かかる構成によれば、2点間距離が大きいほど近接度を小さく補正することで投影線に沿って現れる高さ方向の検出誤差を無制限に許容することがなくなるので、他人の人物位置を同一人物の人物位置としてまとめる誤りが減じられる。

【0014】

また、本発明の好適な態様においては、近接度算出手段は、予め設定された上限値を超える近接度を上限値に修正する。

かかる構成によれば、検出誤差が少なく補正の程度が小さい同一人物のペアについて近接度がクリッピングされ、検出誤差が大きく補正の程度が大きい同一人物のペアについての近接度と近い近接度となるよう調整されるので、上記補正をより効果的に作用させることができる。

10

【0015】

また、本発明の好適な態様においては、人物位置統合手段は、人物位置のそれぞれについて当該人物位置に対して算出された近接度の最大値を上限値から減じた単独度を算出し、単独度が近接度より高い人物位置はまとめずに統合する。

かかる構成によれば、単独度が近接度より高い人物位置はまとめずに統合するので、低めの近接度が算出されたペアを無理にまとめることがなくなり、より高い精度で人物位置の情報を統合できる。

【0016】

また、本発明の好適な態様においては、人物位置統合手段は、同一人物とされた人物位置の平均位置を統合後の当該人物の位置として算出することで、同一人物の人物位置をひとつにまとめることができる。

20

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、複数の撮像部により撮像された画像から検出された人物位置の情報に検出誤差が生じていても、これらの人物位置の情報を適確に統合できる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本実施の形態に係る画像監視装置の全体構成図である。

【図2】画像監視装置の各部の配置例を示す図である。

30

【図3】近接度を算出する関数 $f(\cdot)$ を例示した図である。

【図4】信頼度を算出する関数 $g(\cdot)$ を例示した図である。

【図5】人物位置が検出される様子を例示した図である。

【図6】近接度を算出する様子を例示した図である。

【図7】近接度、単独度の算出例を示す図である。

【図8】統合評価値の算出例を示す図である。

【図9】画像監視処理のフローチャートである。

【図10】人物情報統合処理のフローチャートである。

【図11】人物位置の検出誤差を例示した図である。

【発明を実施するための形態】

40

【0019】

本発明の好適な実施形態の一例として、監視空間を移動する人物の移動軌跡を分析して不審人物を検知する画像監視装置について説明する。

【0020】

< 画像監視装置1の構成 >

図1, 図2を参照して画像監視装置1の構成を説明する。図1は機能ブロック図、図2は配置例を示している。

【0021】

画像監視装置1は、複数のカメラユニット2と統合ユニット3とがLAN等の通信網4により接続されてなる。カメラユニット2のそれぞれは自身の視野内に存在する人物の位

50

置（人物位置）を検出し、検出された人物位置を統合ユニット3に送信する。統合ユニット3は各カメラユニット2から受信した人物位置の情報を統合する。このとき同一人物による人物位置はひとつにまとめられる。そして統合ユニット3は統合された人物位置を基に人物の行動を認識して不審行動を検知する。画像監視装置1においては統合により広範囲かつ死角の少ない監視が可能となる。また人物位置の情報を基礎とするためカメラユニット2の間でカラーキャリブレーションを行う必要がない、カメラユニット2と統合ユニット3の間の通信量が少ないなどの利点が見られる。尚、各ユニット2及び3は、互いに通信を行うことでタイミングを合わせ、同期して動作しているものとする。

【0022】

カメラユニット2のそれぞれは、撮像部20と、カメラ記憶部21と、カメラ通信部23とがカメラ制御部22に接続されてなる。

10

【0023】

撮像部20は所謂監視カメラである。各撮像部20は、一定時間おきに監視空間を撮像して監視画像を出力する。各撮像部20は少なくとも隣り合う撮像部20と互いに視野50の一部を共有する程度に離間させて天井や壁などに設置され、当該視野内を移動する人物を互いに異なる方向から同時に撮像する。これによりひとつの撮像部20により撮像された監視画像においてオクルージョンが生じている人物について、オクルージョンが生じていない監視画像を別の撮像部20から同時に得ることができる。好適には各撮像部20は、魚眼レンズを有する監視カメラで構成され、その光軸を鉛直下方に向けて設置される。また好適には、各撮像部20の撮像範囲のうち画像処理により人物位置を検出できる解像度が得られる撮像範囲が各視野50とみなす設定が予め為される。

20

【0024】

カメラ記憶部21は、ROM(Read Only Memory)、RAM(Random Access Memory)等のメモリ装置である。各ユニットのアドレスや各種プログラムを予め記憶し、また視野内の人物の画像特徴（色ヒストグラム）を表すテンプレート、監視画像、視野内に人物がないときの背景画像等のデータを必要に応じて記憶する。

【0025】

カメラ制御部22は、DSP(Digital Signal Processor)、MCU(Micro Control Unit)等の演算装置である。カメラ制御部22は、人物位置検出手段220等の動作を記述したプログラムをカメラ記憶部21から読み出して実行することにより各手段として機能する。

30

【0026】

人物位置検出手段220は、監視画像から人物が存在する人物位置を検出し、検出された人物位置をカメラ通信部23に出力する。人物位置の検出は次のようにして探索的に行われる。人物位置検出手段220は、背景画像と監視画像との差分処理により変化領域を抽出し、変化領域内に候補位置を設定して当該候補位置を重心とするテンプレートと同一の形状及び大きさの領域を設定し、当該領域において監視画像から抽出した色ヒストグラムとテンプレートの色ヒストグラムの類似度を算出する。類似度の算出は順次候補位置を移動させながら繰り返され、人物位置検出手段220は、極大且つ予め設定された基準値以上の類似度が算出された候補位置を人物位置として検出する。

40

【0027】

上述したように、人物位置としては人物像の重心位置が検出される。別の実施形態では、人物位置として頭頂を想定した人物像の最上部位置、足元を想定した人物像の最下部位置などを採用することもできる。しかし人物像の外縁部である最上部位置や最下部位置は変化領域抽出の誤差の影響を受けやすい、最上部位置は投影線の俯角が小さくなるため後述する射影の誤差が大きくなる、最下部位置はオクルージョンにより欠落しやすく、その抽出誤差が大きいといった欠点がある。一方、重心位置はこれらの抽出誤差や射影誤差の影響が稀釈されて小さくなる点で最上部位置や最下部位置より優れる。

【0028】

また、人物位置検出手段220は、変化領域が抽出されないときの監視画像で置き換え

50

る背景画像の更新、いずれのテンプレートとも一致しない変化領域の画像特徴を新規追加するテンプレートの更新、いずれの変化領域とも一致しないテンプレートを破棄する更新などのデータ更新を適宜行う。

【 0 0 2 9 】

カメラ通信部 2 3 は、通信網 4 に適合した通信回路である。カメラ通信部 2 3 は、通信網 4 に接続され、人物位置検出手段 2 2 0 から入力された人物位置を通信網 4 経由で統合ユニット 3 に送信する。

【 0 0 3 0 】

統合ユニット 3 は、統合通信部 3 0 と、操作部 3 1 と、統合記憶部 3 2 と、出力部 3 4 とが統合制御部 3 3 に接続されてなる。

10

【 0 0 3 1 】

統合通信部 3 0 は、通信網 4 に適合した通信回路である。統合通信部 3 0 は、通信網 4 に接続され、カメラユニット 2 のそれぞれから人物位置を通信網 4 経由で受信する。

【 0 0 3 2 】

操作部 3 1 は、タッチパネルディスプレイ等のユーザインターフェース装置である。画像監視装置 1 の管理者が各種設定の入力に用いる。

【 0 0 3 3 】

統合記憶部 3 2 は、ROM、RAM等のメモリ装置である。各ユニットのアドレスや各種プログラムを予め記憶し、また各種データを必要に応じて記憶する。各種データには、撮像部 2 0 の設置位置CAM、射影規則 3 2 0 や移動軌跡 3 2 1 が含まれる。

20

【 0 0 3 4 】

射影規則 3 2 0 は、撮像部 2 0 ごとに設定された監視画像面のローカル座標系から全ての撮像部 2 0 に共通して設定された共通座標系へ人物位置を射影する座標変換式である。

【 0 0 3 5 】

撮像部 2 0 - 1 のローカル座標系は、撮像面 5 1 - 1 上で互いに直交する x 1 軸及び y 1 軸で表される。同様に撮像部 2 0 - 2 のローカル座標系は撮像面 5 1 - 2 上で互いに直交する x 2 軸及び y 2 軸で表される。

【 0 0 3 6 】

共通座標系には、実際の監視空間 5 2 を表す 3 次元の世界座標系における水平面が設定される。すなわち世界座標系を互いに直交する X 軸、Y 軸、Z 軸で表し、Z 軸を監視空間 5 2 の鉛直方向に設定したときの X - Y 平面を共通座標系に設定する。平面の Z 座標は任意だが本実施形態では処理を簡単化するために Z = 0 の平面とする。

30

【 0 0 3 7 】

射影規則 3 2 0 は、撮像部 2 0 それぞれのカメラパラメータに公知のピンホールカメラモデル等のカメラモデルを適用することで設定される。カメラパラメータは、撮像部 2 0 の焦点距離、画角、画素数及びレンズ歪み、世界座標系における撮像部 2 0 の設置位置CAM及び撮像方向等であり、画像処理に先立って操作部 3 1 から入力される。

【 0 0 3 8 】

また、ローカル座標系の人物位置を共通座標系の 1 点に射影するには人物の身長を規定して射影規則 3 2 0 を設定する必要がある。この身長には監視対象とする人物群の平均身長を予め規定しておけばよい。例えばATMコーナーなど成人主体の監視対象であれば平均身長を 1 7 0 c m に規定することができる。

40

【 0 0 3 9 】

移動軌跡 3 2 1 は、人物ごとに統合された共通座標系における人物位置の履歴である。

【 0 0 4 0 】

統合制御部 3 3 は、CPU (Central Processing Unit)、DSP等の演算装置である。統合制御部 3 3 は、射影手段 3 3 0、近接度算出手段 3 3 1、人物位置統合手段 3 3 2、追跡手段 3 3 3、不審行動検知手段 3 3 4等の動作を記述したプログラムを統合記憶部 3 2 から読み出して実行することにより各手段として機能する。

【 0 0 4 1 】

50

射影手段 330 は、射影規則 320 を用いて人物位置検出手段 220 により検出された人物位置を共通座標系に射影する。

【0042】

近接度算出手段 331 は、人物位置のうち互いに異なる監視画像から検出された人物位置のペアを総当りで設定して当該ペアの近接度を算出する。近接度は、ペアを構成する人物位置間の近さを表し、ペアの設定が尤もらしいかを判定するための尺度、いわばペア度である。具体的には、近接度算出手段 331 は、共通座標系においてペアの一方の人物位置と当該人物位置が検出された撮像部 20 の位置とを結ぶ直線（投影線）と当該ペアの他方の人物位置との間の距離（本発明における線点間距離）を算出し、当該距離が近いほど大きな値を出力するよう予め設定された関数 $f(\cdot)$ に距離を入力して近接度 $f(\cdot)$ を算出する。

10

【0043】

移動する人物は立位の姿勢をとっているため縦長の形状、すなわち幅より高さの方が大きい形状で撮像される。そのため人物位置の検出誤差においては高さ方向の成分が支配的となる。そして高さ方向の誤差成分は撮像部 20 から遠ざかる方向、すなわち撮像部 20 から人物位置への投影線に沿った方向に現れる。

【0044】

一方の人物位置に対する投影線と他方の人物位置との距離に基づく近接度は、一方の人物位置に生じた投影線に沿う誤差成分を無視した近さを表すため、検出誤差が生じていても同一人物に関する人物位置のペアに対して高い近接度が算出され、同一人物のペアをより確実に識別することが可能となる。

20

【0045】

ところで各ペアについては、ペアの一方の人物位置への投影線と他方の人物位置の距離、及び一方と他方を入れ替えたときの距離の 2 通りの距離を算出できる。上記原理に従えば、オクルージョンが生じている方の人物位置に対する投影線とオクルージョンが生じていない方の人物位置との距離に基づいて近接度を算出することで、投影線に沿う誤差成分を無視する効果が最大限に発揮される。そしてこのとき算出される距離はもうひとつの距離よりも小さな距離となる。

【0046】

そこで、近接度算出手段 331 は、各ペアについて 2 通りの距離 d_1 、 d_2 を算出して、そのうち小さい方の距離 $d = \min\{d_1, d_2\}$ を近接度の算出に用いる。こうすることで投影線に沿って現れる高さ方向の検出誤差がより大きい方の人物位置への投影線に対する距離が選択的に近接度の算出に用いられる。そのため投影線に沿う誤差成分を無視する効果が最大限に発揮され、同一人物のペアをより確実に識別することが可能となる。

30

【0047】

また、上述の説明から分かるように距離 d の主成分は人物の幅方向の誤差成分である。よって、距離 d が人物の幅として妥当な範囲を超える人物位置のペアは同一人物のものとして認識すべきではない。そこで、上記関数 $f(\cdot)$ は距離 d が人物の幅の上限に相当する距離 d_{max} を超える場合に最小値を出力するような関数として設定する。距離 d_{max} は例えば 1 m に設定される。

40

【0048】

図 3 の関数 f_1 は関数 $f(\cdot)$ の一例である。すなわち関数 f_1 は、 $d = 0$ のときに最大値を出力し、 $0 < d < d_{max}$ のときに d の増加とともに出力が減少し、 $d = d_{max}$ のときに最小値を出力する。

【0049】

別の実施形態において、関数 $f(\cdot)$ は $0 < d < d_{max}$ のときに最大値を出力し、 $d = 0$ のときに最小値を出力するステップ関数 f_2 とすることもできる。さらに別の実施形態において、関数 $f(\cdot)$ は関数 f_1 と関数 f_2 を合成した関数 f_3 とすることもできる。

【0050】

50

このように距離しきい値 による制限を加えることで、人物の幅を超える距離 が算出された人物位置のペアについて不当に高い近接度が算出されなくなるため、他人の人物位置を同一人物の人物位置としてまとめる誤りを減じることが可能となる。

【 0 0 5 1 】

また、投影線に沿う検出誤差を無制限に許容してしまうと他人の人物位置が同一人物によるものとして誤って統合されるケースが発生する。そこで近接度算出手段 3 3 1 は、ペアを構成する人物位置間の距離 d (本発明における 2 点間距離) を算出し、当該 2 点間距離が大きいかほど近接度を小さく補正する。具体的には、近接度算出手段 3 3 1 は距離 d が大きくなるほど小さな値を出力するよう予め設定された関数 $g(\cdot)$ に距離 d を入力して信頼度 $g(d)$ を算出し、算出された信頼度 $g(d)$ を近接度 $f(\cdot)$ に乗じることで補正を行う。

10

【 0 0 5 2 】

図 4 の関数 5 1 は関数 $g(\cdot)$ の一例である。すなわち関数 5 1 は、 $d = 0$ のときに最大値を出力し、 $0 < d < D$ のときに d の増加とともに出力が減少し、 $d = D$ のときに最小値を出力する。距離しきい値 D は人の身長に由来する値であり、例えば平均身長の約 3 倍である 5 m に設定される。

【 0 0 5 3 】

このように人物位置が離間しているほど小さくなる信頼度に応じて近接度を補正することにより、十分に離間しているが単に同一投影線上に存在する他人同士の人物位置のペアを同一人物によるものとしてまとめる誤りを減じることが可能となる。

20

【 0 0 5 4 】

また、信頼度による近接度の補正を行ったときに、オクルージョンの影響で離間してしまっているが本来同一人物のものである人物位置のペアの近接度は低く補正され、オクルージョンが発生していない同一人物のものである人物位置のペアの近接度は高く維持される。しかし、これらのペアはいずれも同一人物のものであるから同等に高い近接度となるよう補正されるべきである。

【 0 0 5 5 】

そこで、近接度算出手段 3 3 1 は、関数 $f(\cdot)$ が出力する最大値を予め定めた近接度の上限值以上の大きな値に設定しておき、信頼度により補正された後の近接度を上限値でクリッピングさせる修正を行う。本実施形態においては、近接度の上限值を 1.0 とし、図 3 に例示した関数 $f(\cdot)$ では最大値を 1.5 としている。最大値 1.5 から上限値 1.0 への低下倍率 0.67 はオクルージョンが発生していない同一人物のものである人物位置のペアに対して信頼度が近接度を低下させる倍率より小さく設定されている。

30

【 0 0 5 6 】

このように近接度を上限値でクリッピングさせることにより、検出誤差が少なく補正の程度が小さい同一人物のペアについて近接度がクリッピングされ、検出誤差が大きく補正の程度が大きい同一人物のペアについての近接度と近い近接度となるよう調整される。そのため、上記補正がより効果的に作用し、同一人物の人物位置をより高い精度でまとめて人物位置の情報を統合することが可能となる。

【 0 0 5 7 】

以上をまとめると、近接度の導出は次の式 (1) 及び式 (2) により表される。

$$\text{近接度} = f(\min\{1, 2\}) \times g(d) \quad \dots \text{式 (1)}$$

$$\text{ただし、近接度} > 1.0 \text{ となる場合、近接度} = 1.0 \quad \dots \text{式 (2)}$$

40

【 0 0 5 8 】

近接度算出の様子を、図 5, 図 6 を参照し、撮像部 20-1 と撮像部 20-2 の共有視野に人物 と人物 が存在するときの例示により説明する。

【 0 0 5 9 】

撮像部 20-1 により撮像された監視画像 60-1 においてオクルージョンが発生しており、人物 の一部が人物 により隠蔽されている。他方、撮像部 20-2 により撮像された監視画像 60-2 においては別の角度から撮像しているためオクルージョンは発生し

50

ていない。人物位置検知手段 220 - 1 が監視画像 60 - 1 から検出した人物 の位置を a_1 、人物 の位置を b_1 とする。人物 の像は下半身が隠蔽されているため人物位置 b_1 は本来の位置より上方にずれてしまっている。他方、人物位置検知手段 220 - 2 が監視画像 60 - 2 から検出した人物 の位置を a_2 、人物 の位置を b_2 とする。

【0060】

人物位置 a_1 , b_1 , a_2 , b_2 のそれぞれは射影手段 330 により共通座標系 70 の位置 A_1 , B_1 , A_2 , B_2 に射影される。人物 の位置 A_1 と A_2 は略同位置となっている。しかし、人物 の位置 B_1 は撮像部 2 - 1 の設置位置 CAM 1 から遠ざかる方向にずれてしまい B_1 と B_2 は離間してしまっている。

【0061】

近接度算出手段 331 は、人物位置 B_1 への投影線 CAM 1 - B_1 を算出し、当該投影線と人物位置 B_2 の距離 d_2 を算出する。また近接度算出手段 331 は、人物位置 B_2 への投影線 CAM 2 - B_2 を算出し、当該投影線と人物位置 B_1 の距離 d_1 を算出する。

【0062】

近接度算出手段 331 は $d_1 > d_2$ であることから d_2 を基に近接度 $f(d_2)$ を算出する。つまりオクルージョンが生じている人物位置 B_1 への投影線とオクルージョンが生じていない人物位置 B_2 との距離 d_2 に基づき近接度 $f(d_2)$ が算出される。 A_1 と A_2 のペア、 A_1 と B_2 のペア、 B_1 と A_2 のペアについても同様にして近接度 $f(d)$ が算出される。

【0063】

さらに近接度算出手段 331 は、信頼度及びクリッピングによる近接度の補正を行う。

【0064】

図 7 の数値群 80 は、こうして算出された近接度の例である。人物位置 A_1 と A_2 の近接度はクリッピングされて 1.0、人物位置 A_1 と B_2 の近接度は 0.9、人物位置 B_1 と A_2 の近接度は 0.15、人物位置 B_1 と B_2 の近接度は 0.75 と算出された。

【0065】

人物位置統合手段 332 は、人物位置のペアのうち近接度算出手段 331 により算出された近接度がより高いペアを他のペアよりも優先的に同一人物の人物位置としてまとめることで人物位置の情報を統合し、統合結果を追跡手段 333 へ出力する。このとき人物位置統合手段 332 は 1 対多の統合（例えば人物位置 A_1 と A_2 のペアと人物位置 A_1 と B_2 のペアの同時成立など）が生じないようにペアを排他的に組み合わせて統合を行う。人物位置統合手段 332 は同一人物の人物位置とされたペアについてはこれらの人物位置の平均位置を当該人物の統合後の位置とすることで同一人物の人物位置をひとつにまとめる。

【0066】

ここで、人物位置検出手段 220 により検出された人物位置の全てがペアを有しているとは限らない。すなわち、一方の撮像部 20 の視野内に居るが他方の撮像部 20 の視野外に居る人物、或いは両方の撮像部 20 の視野内に居るがオクルージョンにより一方の撮像部 20 からはほぼ撮像されない人物については 1 つの人物位置検出手段 220 からしか人物位置は検出されない。このような人物位置は、ペアの一方の人物位置として統合されるのではなく、単独の人物位置として統合されるべきである。

【0067】

そこで、人物位置統合手段 332 は、人物位置が単独である蓋然性の尺度を表す単独度を算出し、単独度が近接度より高い人物位置はまとめずに統合する。単独度は次式により算出する。尚、式中の 1.0 は上述した近接度の上限値である。

人物位置の単独度 = $1.0 - \text{当該人物位置に関する近接度の最大値}$... 式 (3)

例えば図 7 の例において、人物位置 A_1 の単独度 S_1 は $1.0 - \max\{1.0, 0.9\} = 0.0$ と算出される。人物位置 B_1 , A_2 , B_2 の単独度 S_1 は同様にしてそれぞれ 0.25 , 0.0 , 0.1 と算出される。

【0068】

具体的には、人物位置統合手段 332 は、近接度及び単独度を加味して人物位置を統合

10

20

30

40

50

するために、可能な限り人物位置のペアを組んだ場合、一部の人物位置を単独として残りの人物位置でペアを組んだ場合、及び全ての人物位置が単独の場合を網羅した組み合わせ（以下、統合パターンと称する）を設定し、各統合パターンに応じた近接度及び/又は単独度を選択的に総和することで統合評価値を算出し、最も高い統合評価値が算出された統合パターンを選定する。

【 0 0 6 9 】

このように統合パターンを決定することで、近接度がより高いペアは他のペアよりも優先的に同一人物の人物位置としてまとめられ、さらに単独度が近接度より高い人物位置はまとめずに統合される。結果、低めの近接度が算出されたペアを無理にまとめることがなくなり、より高い精度で人物位置の情報を統合できる。尚、人物位置統合手段 3 3 2 は単独と決定された人物位置については当該人物位置をそのまま人物の位置とする。

10

【 0 0 7 0 】

例えば図 7 の例のように 2 つのカメラユニット 2 において 2 つずつ人物位置が検出されている場合、図 8 のように 7 つの統合パターン # 1 ~ # 7 のそれぞれについて統合評価値が算出され、統合評価値が最大である統合パターン # 1 が選定される。すなわち、図 5 ~ 図 8 にて示してきた例では、「人物位置 A 1 と A 2 を同一人物の人物位置、且つ人物位置 B 1 と B 2 を同一人物の人物位置として統合する」ことが決定される。この決定は、まず近接度及び単独度の中で値が最も高い A 1 と A 2 のペアを第一に優先して選定し、次に既に選定された A 1 , A 2 に関する近接度及び単独度を除いた中で値が最も高い B 1 と B 2 のペアを第二に優先して選定したことを意味している。

20

【 0 0 7 1 】

そして人物位置統合手段 3 3 2 は、A 1 と A 2 の平均位置を算出して当該平均位置を人物の統合後の位置として出力し、B 1 と B 2 の平均位置を算出して当該平均位置を人物の統合後の位置として出力する。

【 0 0 7 2 】

追跡手段 3 3 3 は、前後する時刻において人物位置統合手段 3 3 2 から出力された統合後の人物位置を人物位置の整合性に基づいて対応付けることで人物ごとの移動軌跡 3 2 1 を生成する。具体的には、追跡手段 3 3 3 は、一時刻前までに生成された移動軌跡 3 2 1 から現時刻における各人物の人物位置を予測し、各予測位置に予め設定された距離しきい値の範囲内で最も近い統合後の人物位置を当該予測位置と対応する人物のものとして移動軌跡 3 2 1 に追記する。予測位置は移動軌跡 3 2 1 に等速運動モデル等の運動モデル、又はカルマンフィルタ等の予測フィルタを適用することで算出できる。

30

【 0 0 7 3 】

尚、追跡手段 3 3 3 は、いずれの予測位置とも対応付かない人物位置については新規出現の人物であるとして移動軌跡 3 2 1 に新規登録し、いずれの人物位置とも対応付かない予測位置が算出された移動軌跡 3 2 1 については視野外に消失した人物であるとして移動軌跡 3 2 1 から登録抹消する。

【 0 0 7 4 】

不審行動検知手段 3 3 4 は、移動軌跡 3 2 1 を分析して不審行動の有無を判定し、不審行動を検知すると検知の旨及び不審行動が検知された移動軌跡 3 2 1 を含んだ異常信号を出力部 3 4 に出力する。不審行動は、例えば、規定時間を超える滞在や予め設定された立ち入り禁止エリア等への立ち入りである。

40

【 0 0 7 5 】

出力部 3 4 は、スピーカやブザー等の音響出力装置、CRT や液晶ディスプレイ等のモニタ装置、通信網を介して警備センタ等と通信する通信装置などである。出力部 3 4 は、異常信号が入力されると音響出力装置を鳴動させて検知の旨を監視員に報知したり、モニタ装置に不審行動が検知された移動軌跡 3 2 1 を表示したり、警備センタへ異常信号を転送したりして異常信号を出力する。

【 0 0 7 6 】

< 画像監視装置 1 の動作 >

50

図 9 を参照して、画像監視装置 1 の動作を説明する。

【 0 0 7 7 】

監視空間が無入であることを確認した管理者が電源を投入すると各部、各手段は初期化されて動作を始める。統合制御部 3 3 は統合記憶部 3 2 に射影規則 3 2 0 が記憶されているかを確認し (S 1) 、記憶されていないならば (S 1 にて N O) 、管理者にカメラパラメータの入力を要求する。管理者の入力操作により操作部 3 1 からカメラパラメータが入力されると (S 2) 、統合制御部 3 3 はカメラパラメータに基づく射影規則 3 2 0 及び設置位置 C A M を統合記憶部 3 2 に記憶させる (S 3) 。

【 0 0 7 8 】

すなわち統合制御部 3 3 は、入力された撮像部 2 0 - 1 のカメラパラメータに基づく撮像部 2 0 - 1 のローカル座標系から共通座標系への射影規則 3 2 0 及び設置位置 C A M 1 をカメラユニット 2 - 1 のアドレスと対応付けて記憶させ、入力された撮像部 2 0 - 2 のカメラパラメータに基づく撮像部 2 0 - 2 のローカル座標系から共通座標系への射影規則 3 2 0 及び設置位置 C A M 2 をカメラユニット 2 - 2 のアドレスと対応付けて記憶させる。

10

【 0 0 7 9 】

射影規則 3 2 0 等の設定がなされると、或いは既になされていると (S 1 にて Y E S) 、以降、撮像部 2 0 が一定時間間隔で新たな監視画像を撮像するたびに S 4 ~ S 1 1 の処理が繰り返される。尚、以下では上記一定時間間隔で刻まれる時間の単位を時刻と称する。

20

【 0 0 8 0 】

新たな監視画像が入力されると (S 4) 、各カメラ制御部 2 2 の物体位置検出手段 2 2 0 は当該監視画像から人物位置を検出し (S 5) 、検出された人物位置を統合ユニット 3 へ送信する。このとき人物位置検出手段 2 2 0 は、送信元アドレスとして自ユニット 2 のアドレス、送信先アドレスとして統合ユニット 3 のアドレスを人物位置に付与して出力する。

【 0 0 8 1 】

各カメラユニット 2 から人物位置の情報を受信した統合ユニット 3 の統合制御部 3 3 はこれらの情報を統合する (S 6) 。

【 0 0 8 2 】

図 1 0 を参照してステップ S 6 の人物情報統合処理の詳細を説明する。

30

【 0 0 8 3 】

まず、統合制御部 3 3 の射影手段 3 3 0 は、射影規則 3 2 0 を用い、現時刻において物体検出手段 2 2 0 により検出された全ての人物位置を共通座標系に射影する (S 6 0) 。このとき射影手段 3 3 0 は、各人物位置に付与されている送信元アドレスから変換元のローカル座標系を特定し、特定したローカル座標系に対応する射影規則 3 2 0 を用いて射影する。射影結果は元の人物位置と対応付けて一時記憶される。

【 0 0 8 4 】

次に、統合制御部 3 3 の近接度算出手段 3 3 1 は、射影された人物位置のペアを順次生成してループ処理を設定し (S 6 1 ~ S 6 8) 、全てのペアに対して近接度を算出する。ここで、ペアは異なる監視画像から検出された人物位置で構成されることに注意されたい。例えば図 5 の例では a 1 と a 2 , a 1 と b 2 , b 1 と a 2 , b 1 と b 2 の 4 組のペアが順次生成される。

40

【 0 0 8 5 】

ループ処理において、まず、近接度算出手段 3 3 1 は、ペアを構成する射影後の人物位置と当該人物位置が検知された監視画像を撮像した撮像部 2 0 の設置位置 C A M とを結び投影線を算出し (S 6 2) 、ペアの一方の人物位置に対する投影線とペアの他方の人物位置との間の距離 1 及び 2 を算出する (S 6 3) 。このとき近接度算出手段 3 3 1 は各人物位置に付与された送信元アドレスから投影線の算出に用いる設置位置 C A M を特定する。

50

【 0 0 8 6 】

続いて、近接度算出手段 3 3 1 は、算出された距離 d_1 及び d_2 のうち小さい方の距離を選出し (S 6 4)、選出された距離 d を関数 $f (\cdot)$ に入力して近接度 $f (d)$ を算出する (S 6 5)。

【 0 0 8 7 】

さらに、近接度算出手段 3 3 1 は、ペアを構成する人物位置間の距離 d を算出し (S 6 6)、算出された距離 d を関数 $g (\cdot)$ に入力して信頼度 $g (d)$ を算出し (S 6 7)、算出された信頼度 $g (d)$ をステップ S 6 5 にて算出された近接度 $f (d)$ に乗じて近接度を補正する (S 6 8)。但し、補正された近接度が 1 . 0 を超えていた場合は (S 6 9 にて Y E S)、さらに近接度を 1 . 0 に修正する (クリッピング) (S 7 0)。

10

【 0 0 8 8 】

こうして全ペアに対して近接度が算出されると (S 7 1 にて Y E S)、統合制御部 3 3 の人物位置統合手段 3 3 2 は、近接度を参照して式 (3) により各人物位置に対する単独度を算出し (S 7 2)、統合パターンをリストアップして各統合パターンに対する統合評価値を算出する (S 7 3)。

【 0 0 8 9 】

そして、人物位置統合手段 3 3 2 は、最も高い統合評価値が算出された統合パターンを決定し (S 7 4)、決定された統合パターンに従って人物位置を統合する (S 7 5)。すなわちペアと決定された人物位置についてはその平均位置、単独と決定された人物位置については当該人物位置が統合された人物位置として求められる。

20

【 0 0 9 0 】

図 9 に戻り、統合制御部 3 3 の追跡手段 3 3 3 は、統合された現時刻の人物位置をその位置の整合性に基づいて一時刻前までの移動軌跡 3 2 1 と対応付け、対応付け結果に従い現時刻の人物位置で移動軌跡 3 2 1 を更新することで追跡を進捗させる (S 7)。

【 0 0 9 1 】

追跡が進捗すると、統合制御部 3 3 の不審行動検知手段 3 3 4 は、更新された移動軌跡 3 2 1 を分析して不審行動の有無を判定し (S 8)、不審行動を検知すると (S 9 にて Y E S)、不審行動が検知された移動軌跡を含む異常信号を生成して出力部 3 4 へ出力する (S 1 0)。異常信号が入力された出力部 3 4 は、音響出力手段を鳴動させモニタ装置に移動軌跡を表示する、或いは通信装置により異常信号を遠隔地の警備センタへ転送して警備センタの音響出力装置やモニタ装置に表示を行わせる (S 1 1)。これらの表示を見聞きした監視員は移動軌跡を基に案内或いは排除といった対処の必要性を判断し、必要であれば監視空間に急行して対処を行う。

30

【 0 0 9 2 】

以上の処理を終えると、処理は再び S 4 へ戻される。

【 0 0 9 3 】

< 変形例 >

上記実施形態においては、人物位置統合手段 3 3 2 は、単独度を算出して近接度と単独度を加味した統合評価値を算出した。別の実施形態において、人物位置統合手段 3 3 2 は、単独度を用いずに統合評価値を算出する。すなわち、人物位置統合手段 3 3 2 は、予め設定された近接度しきい値を下回る近接度が算出されたペアを除外して統合パターンを設定し、設定された統合パターンに応じて近接度を総和して統合評価値を算出する。

40

【 0 0 9 4 】

上記実施形態においては、統合ユニット 3 には 2 つのカメラユニット 2 が接続されている。別の実施形態において統合ユニット 3 には 3 つ目のカメラユニット 2 - 3 が接続される。この場合、統合ユニット 3 はカメラユニット 2 - 1 及びカメラユニット 2 - 2 からの物体位置を統合し、この統合結果とカメラユニット 2 - 3 からの物体位置をさらに統合することで 3 つのカメラユニット 2 からの物体位置を統合する。尚、 4 つ以上のカメラユニット 2 が接続されている場合も以下同様に多段階で統合を行うことで、全てのカメラユニット 2 からの物体位置を統合できる。

50

【 0 0 9 5 】

上記実施形態においては統合ユニット3にて射影を行ったが、別の実施形態においてはカメラユニット2にて射影を行って処理を分散化する。この場合、射影規則320は各カメラ記憶部21に記憶され、射影手段330は各カメラ制御部22により実現される。

【 0 0 9 6 】

上記実施形態においては各カメラユニット2にて人物位置を検出したが、別の実施形態においては統合ユニット3にて人物位置を検出する。すなわち人物位置検出手段220は統合制御部33により実現される。この場合、監視画像が送受信されるため通信網4の通信負荷は上がるが、カメラ制御部22において画像処理を行う必要がなくなりカメラユニット2の調達が容易になる。

10

【 0 0 9 7 】

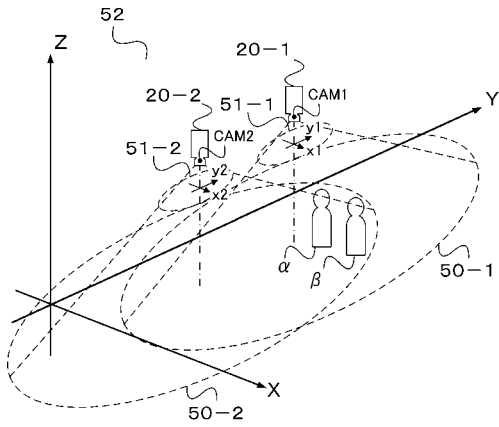
以上、本発明の画像監視装置は、主として人物の高さ方向に大きく現れる検出誤差を効果的に無視できる線点間距離に基づき近接度を算出し、近接度がより高いペアを優先して同一人物の人物位置としてまとめるので、人物位置の情報を高精度に統合することができる。

【 符号の説明 】

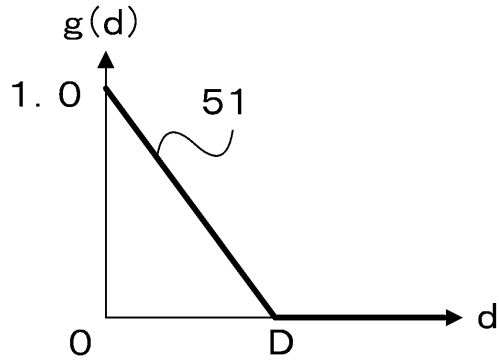
【 0 0 9 8 】

- 1・・・画像監視装置 20
- 2・・・カメラユニット
- 3・・・統合ユニット
- 20・・・撮像部
- 21・・・カメラ記憶部
- 22・・・カメラ制御部
- 23・・・カメラ通信部
- 30・・・統合通信部
- 31・・・操作部
- 32・・・統合記憶部
- 33・・・統合制御部 30
- 34・・・出力部
- 220・・・人物位置検出手段
- 320・・・射影規則
- 321・・・移動軌跡
- 330・・・射影手段
- 331・・・近接度算出手段
- 332・・・人物位置統合手段
- 333・・・追跡手段
- 334・・・不審行動検知手段 40

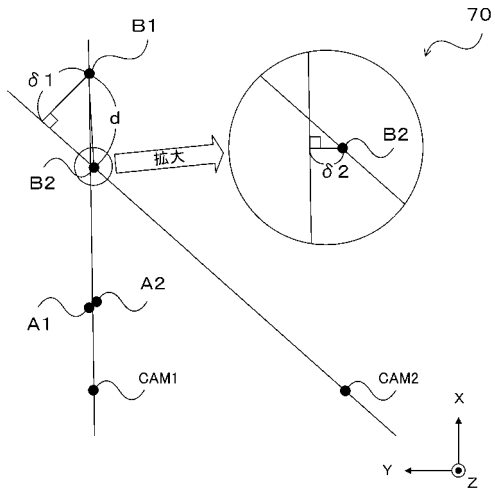
【図2】



【図4】



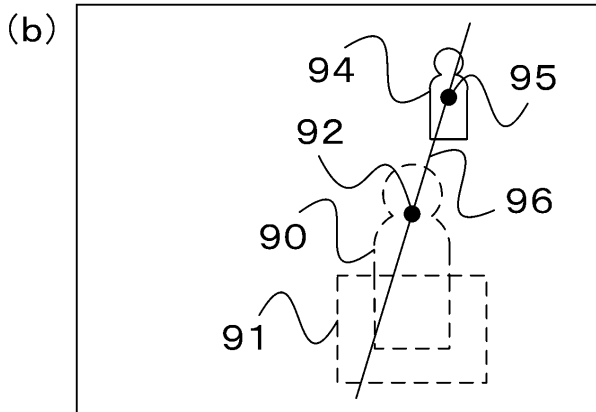
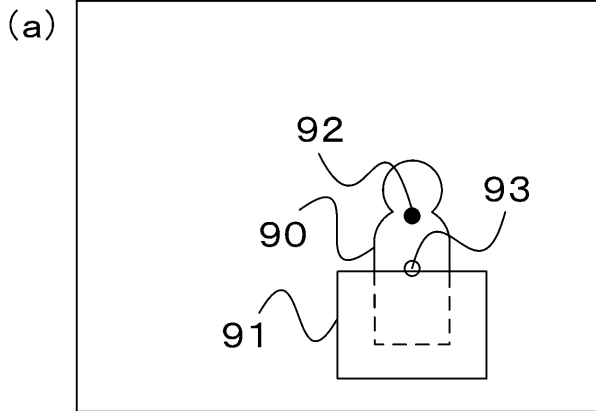
【図6】



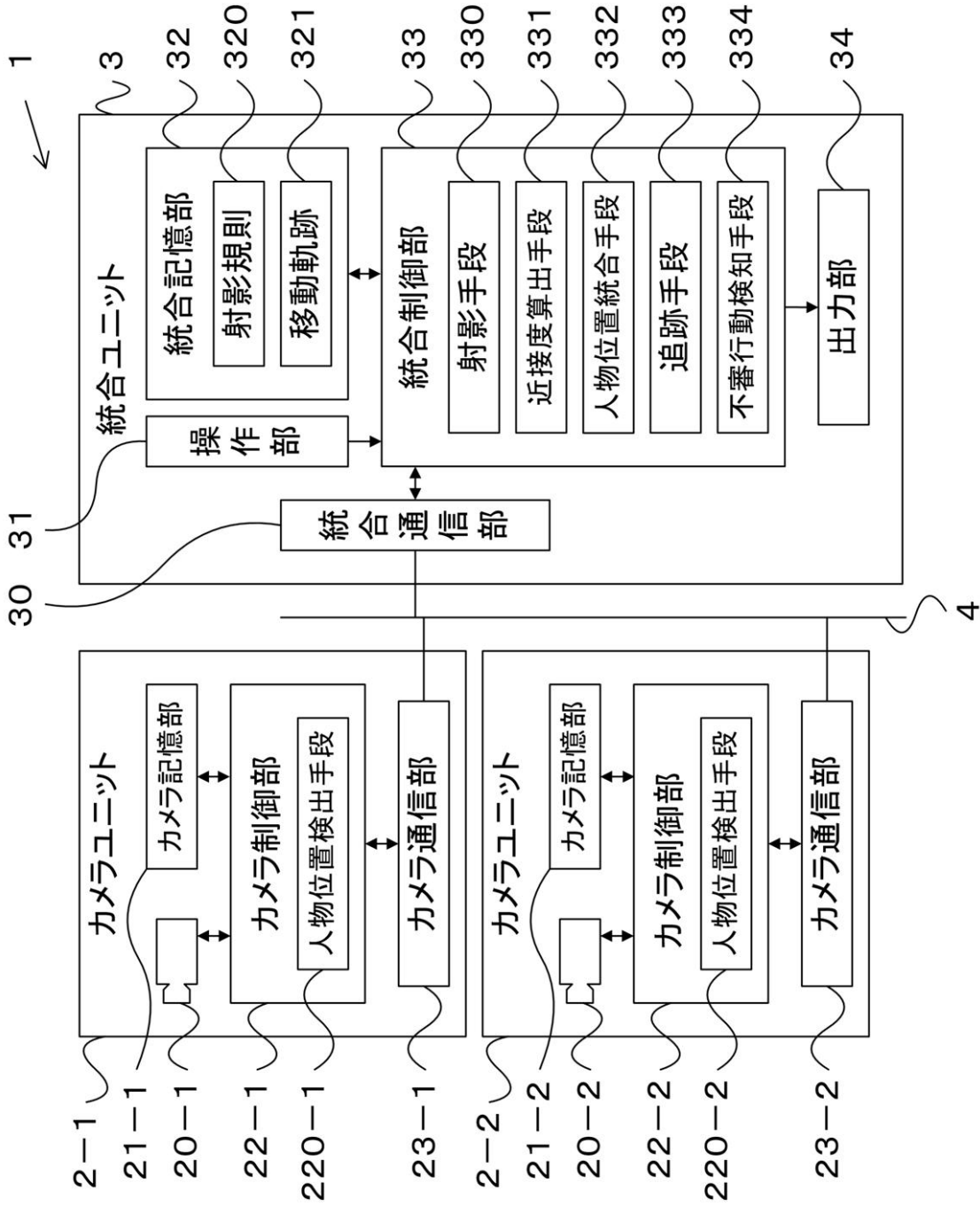
【図7】

人物位置		カメラユニット2-2		近接度(ペア度)
		A2	B2	
カメラユニット2-1	A1	0.0	1.0	80
	B1	0.25	0.75	
単独度		0.0	0.1	81

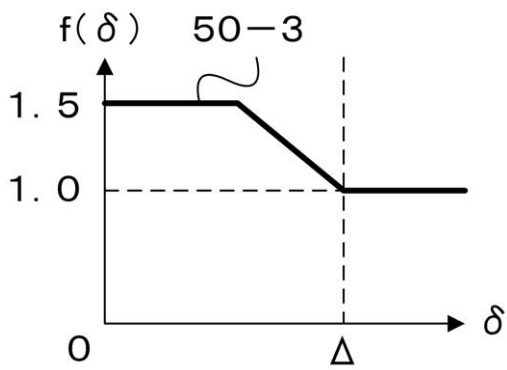
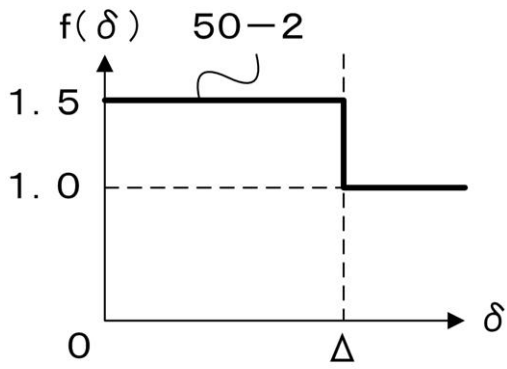
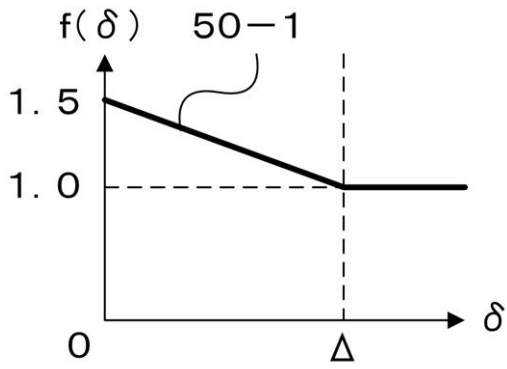
【図11】



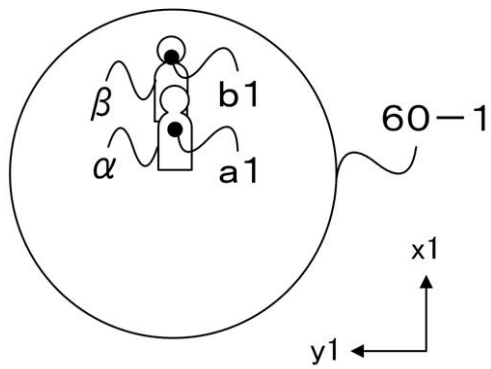
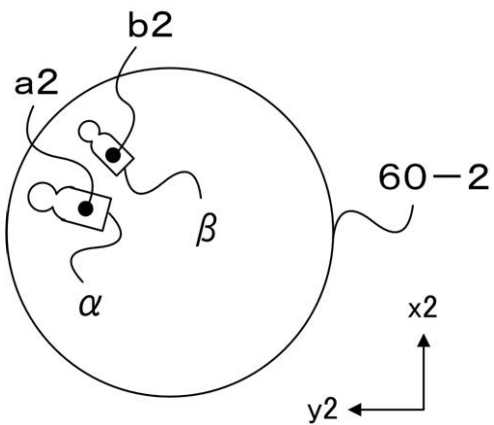
【図1】



【図3】



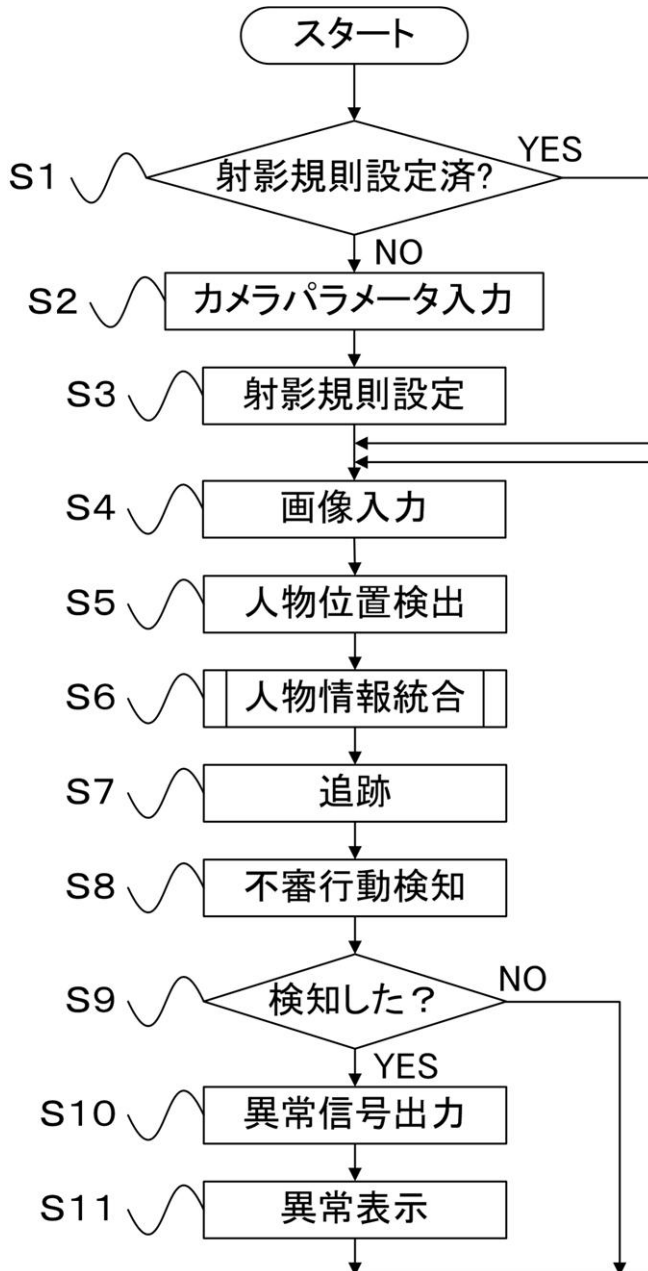
【図5】



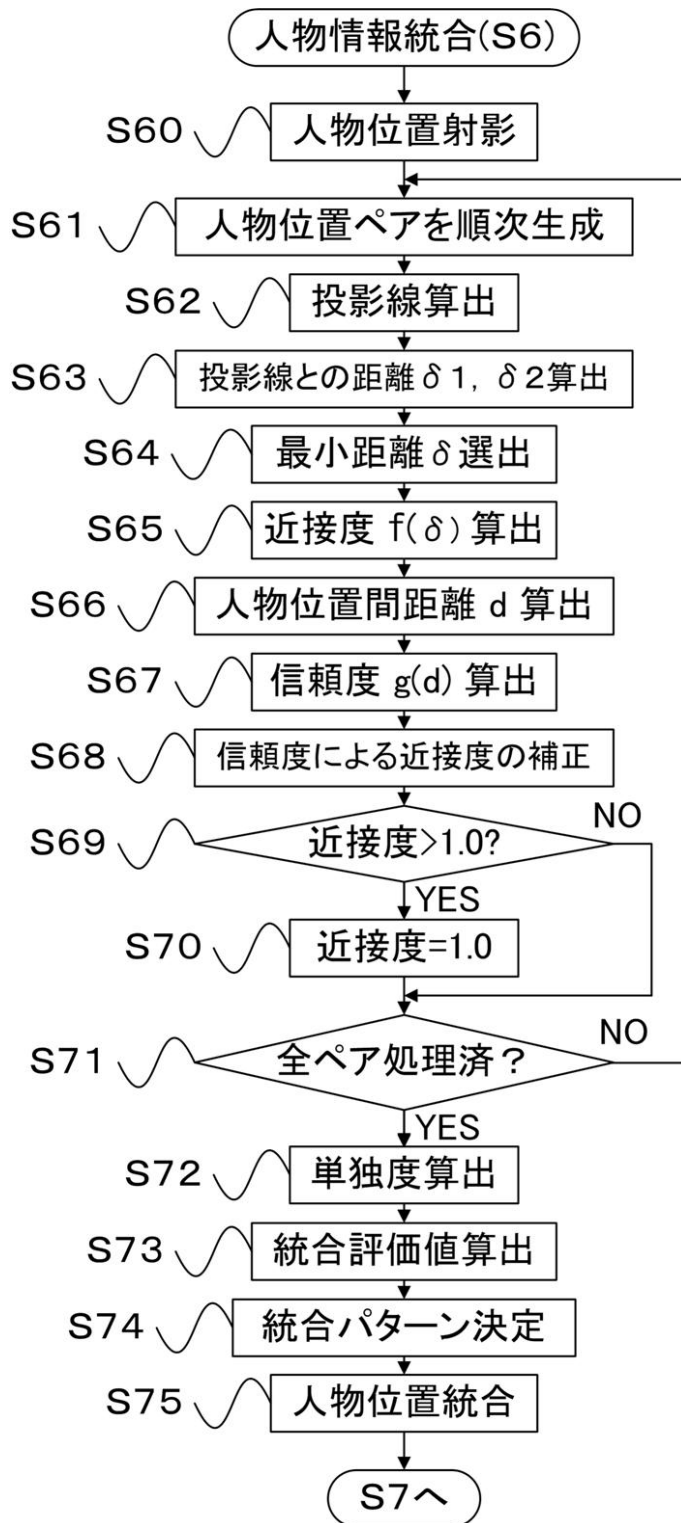
【図8】

統合パターン		統合評価値	
識別番号	内容		
#1	A1とA2, B1とB2	1.0+0.75	=1.75
#2	A1とB2, B1とA2	0.9+0.15	=1.05
#3	A1とA2, B1単独, B2単独	1.0+0.25+0.1	=1.35
#4	A1とB2, B1単独, A2単独	0.9+0.25+0.0	=1.15
#5	B1とA2, A1単独, B2単独	0.15+0.0+0.1	=0.25
#6	B1とB2, A1単独, A2単独	0.75+0.0+0.0	=0.75
#7	A1単独, B1単独, A2単独, B2単独	0.0+0.25+0.0+0.1	=0.35

【図9】



【図10】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平07 - 049952 (JP, A)
特開2006 - 245795 (JP, A)
特開2004 - 220292 (JP, A)
特開平10 - 255057 (JP, A)
特開2002 - 218449 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N	7 / 18
G06T	1 / 00
G06T	7 / 20
H04N	5 / 225