

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-187769

(P2015-187769A)

(43) 公開日 平成27年10月29日(2015.10.29)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
G06T 7/00	(2006.01)	G06T 7/00	300F	5L096
G06T 7/60	(2006.01)	G06T 7/60	150P	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2014-64556 (P2014-64556)	(71) 出願人	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成26年3月26日 (2014.3.26)	(74) 代理人	100090273 弁理士 園分 孝悦
		(72) 発明者	郭 睦凌 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
		(72) 発明者	胥 立豊 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
		(72) 発明者	矢野 光太郎 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
		Fターム(参考)	5L096 EA35 FA25 FA67 FA69 JA11

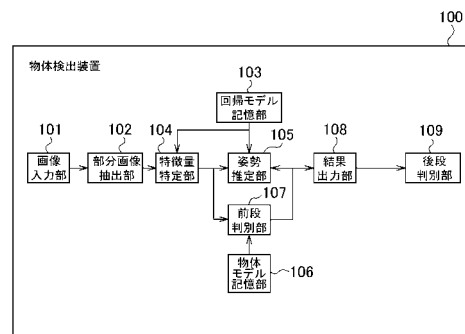
(54) 【発明の名称】 物体検出装置、物体検出方法及びプログラム

(57) 【要約】

【課題】姿勢が変化する物体を少ない演算量で精度よく検出することを目的とする。

【解決手段】入力画像から物体を検出する物体検出装置であって、入力画像から処理対象の部分画像を抽出する抽出手段と、部分画像に基づいて、特徴量を特定する特徴量特定手段と、特徴量に基づいて、物体の姿勢を推定する姿勢推定手段と、特徴量と、姿勢推定手段による推定結果とに基づいて、入力画像に物体が含まれているか否かを判別する第1の判別手段とを有する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

入力画像から物体を検出する物体検出装置であって、
前記入力画像から処理対象の部分画像を抽出する抽出手段と、
前記部分画像に基づいて、特徴量を特定する特徴量特定手段と、
前記特徴量に基づいて、前記物体の姿勢を推定する姿勢推定手段と、
前記特徴量と、前記姿勢推定手段による推定結果とに基づいて、前記入力画像に前記物体が含まれているか否かを判別する第 1 の判別手段と
を有する物体検出装置。

【請求項 2】

前記姿勢推定手段による推定結果に基づいて、前記部分画像に変更を施す変更手段と、
前記変更手段による変更後の前記部分画像の前記特徴量に基づいて、前記部分画像に前記物体が含まれているか否かを判別する第 2 の判別手段と
をさらに有し、

前記特徴量特定手段、前記姿勢推定手段及び前記第 2 の判別手段は、前記変更手段により前記部分画像に変更がなされる度に、各処理を繰り返し、

前記第 1 の判別手段は、前記第 2 の判別手段による複数の判別結果に基づいて、物体が含まれているか否かを総合的に判定する請求項 1 に記載の物体検出装置。

【請求項 3】

前記特徴量特定手段は、前記部分画像と基準姿勢の物体との間の傾き量を前記特徴量として特定し、

前記変更手段は、前記姿勢推定手段による推定結果に基づいて、前記入力画像に対する前記部分画像の傾きを変更する請求項 2 に記載の物体検出装置。

【請求項 4】

前記特徴量特定手段は、前記部分画像と基準姿勢の物体との間の位置ずれ量を前記特徴量として特定し、

前記変更手段は、前記姿勢推定手段による推定結果に基づいて、前記部分画像の前記入力画像内における位置を変更する請求項 2 に記載の物体検出装置。

【請求項 5】

前記第 2 の判別手段が判別を行う度に、前記第 2 の判別手段により既に得られている判別結果に基づいて、判別評価値を算出する評価値算出手段と、

前記判別評価値が、前記部分画像に前記物体が含まれている場合に得られる評価値の基準範囲に含まれるか否かを判定する評価値判定手段と
をさらに有し、

前記特徴量特定手段、前記姿勢推定手段及び前記第 2 の判定手段は、前記判別評価値が前記基準範囲に含まれない場合に、処理の繰り返しを終了する請求項 2 乃至 4 何れか 1 項に記載の物体検出装置。

【請求項 6】

入力画像から物体を検出する物体検出装置であって、

前記入力画像から処理対象の第 1 の部分画像を抽出する第 1 の抽出手段と、

前記部分画像から前記物体の一部のパーツの検出対象の第 2 の部分画像を抽出する第 2 の抽出手段と、

前記第 2 の部分画像に基づいて、前記パーツの姿勢にかかる特徴量を特定する特徴量特定手段と、

前記特徴量に基づいて、前記パーツの姿勢を推定する姿勢推定手段と、

前記特徴量と、前記推定手段による推定結果とに基づいて、前記入力画像に前記パーツが含まれているか否かを判別するパーツ判別手段と、

前記パーツ判別手段による判別結果に基づいて、前記入力画像に前記物体が含まれているか否かを判別する物体判別手段と

を有する物体検出装置。

10

20

30

40

50

【請求項 7】

入力画像から物体を検出する物体検出装置が実行する物体検出方法であって、
 前記入力画像から処理対象の部分画像を抽出する抽出ステップと、
 前記部分画像に基づいて、特徴量を特定する特徴量特定ステップと、
 前記特徴量に基づいて、前記物体の姿勢を推定する姿勢推定ステップと、
 前記特徴量と、前記姿勢推定手段による推定結果とに基づいて、前記入力画像に前記物体が含まれているか否かを判別する判別ステップと
 を含む物体検出方法。

【請求項 8】

入力画像から物体を検出する物体検出装置が実行する物体検出方法であって、
 前記入力画像から処理対象の第 1 の部分画像を抽出する第 1 の抽出ステップと、
 前記部分画像から前記物体の一部のパーツの検出対象の第 2 の部分画像を抽出する第 2 の抽出ステップと、
 前記第 2 の部分画像に基づいて、前記パーツの姿勢にかかる特徴量を特定する特徴量特定ステップと、
 前記特徴量に基づいて、前記パーツの姿勢を推定する姿勢推定ステップと、
 前記特徴量と、前記推定ステップにおける推定結果とに基づいて、前記入力画像に前記パーツが含まれているか否かを判別するパーツ判別ステップと、
 前記パーツ判別ステップにおける判別結果に基づいて、前記入力画像に前記物体が含まれているか否かを判別する物体判別ステップと
 を含む物体検出方法。

【請求項 9】

コンピュータを、
 入力画像から処理対象の部分画像を抽出する抽出手段と、
 前記部分画像に基づいて、特徴量を特定する特徴量特定手段と、
 前記特徴量に基づいて、物体の姿勢を推定する姿勢推定手段と、
 前記特徴量と、前記姿勢推定手段による推定結果とに基づいて、前記入力画像に前記物体が含まれているか否かを判別する第 1 の判別手段と
 して機能させるためのプログラム。

【請求項 10】

コンピュータを、
 入力画像から処理対象の第 1 の部分画像を抽出する第 1 の抽出手段と、
 前記部分画像から物体の一部のパーツの検出対象の第 2 の部分画像を抽出する第 2 の抽出手段と、
 前記第 2 の部分画像に基づいて、前記パーツの姿勢にかかる特徴量を特定する特徴量特定手段と、
 前記特徴量に基づいて、前記パーツの姿勢を推定する姿勢推定手段と、
 前記特徴量と、前記推定手段による推定結果とに基づいて、前記入力画像に前記パーツが含まれているか否かを判別するパーツ判別手段と、
 前記パーツ判別手段による判別結果に基づいて、前記入力画像に前記物体が含まれているか否かを判別する物体判別手段と
 して機能させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、物体検出装置、物体検出方法及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、映像機器のインテリジェント化が進んでいる。例えば、監視カメラに人体検出機能を搭載し、監視結果から人数カウント、お客様意図分析、異常動作検知、危険領域侵入

検知などを行う技術が提案されている。

また、デジタルカメラなどの撮影装置により撮影された映像中の人物の位置を特定し追尾することにより、カメラのフォーカス、露出を自動制御する機能が注目されている。さらに、人物の他に、犬、猫、花などの一般の物体に注目して、カメラを自動制御する機能も普及している。

【0003】

映像機器のインテリジェント化の基盤は、機械学習による物体検出技術にある。機械学習では、大量な物体と非物体の学習サンプルから、物体と非物体を区別する特徴量を抽出し、認識モデルを作成する。画像から物体を検出する際には、原画像をスケーリングしてピラミッド画像レイヤーを作成する。各ピラミッド画像レイヤーについて、ラスタスキャンを行い、認識モデルに記述した各特徴量の判別器応答を組み合わせることにより、異なるサイズの物体を検出する。

物体検出の技術としては、例えば非特許文献1には、人物の顔領域を判別するカスケード型識別器が開示されている。非特許文献1に記載の方法は、人物の顔領域の Haar 特徴量に対するアダプスト学習により、顔の識別にエラーの最も少ない特徴量を選択し、弱判別器を学習し、これをカスケード化して、カスケード型識別器を構成するものである。

【0004】

人体のように物体を構成するパーツごとの姿勢が可変の物体を検出する技術も知られている。例えば、非特許文献2には、パーツ識別器において、パーツ毎の尤度を求め、ルート識別器によりルートの尤度を求め、これらの尤度と物体姿勢変形のコストとを統合し、物体を検出する技術が開示されている。

また、非特許文献3には、回転した物体について、Pose-Indexed Features と呼ばれる回転不変の特徴量を利用して、回転した物体の角度をカスケード型回帰により、逐次的に回帰し推定する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】"Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features," Paul Viola, Michael Jones, CVPR2001.

【非特許文献2】"A Discriminatively Trained, Multiscale, Deformable Part Model," Pedro Felzenszwalb, David McAllester, Deva Ramanan, CVPR2008.

【非特許文献3】"Cascaded Pose Regression," Piotr Dollár, Peter Welinder, Pietro Perona, CVPR2010.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、従来技術においては、姿勢変化を伴う物体を検出する場合に、処理量が多くなるという問題があった。例えば、非特許文献2に記載された方法では、ルート識別器が検出した、物体のルート候補領域すべてに対し、対応するすべてのパーツ候補領域に各パーツ識別器を適用するため、処理量が多い。また、非特許文献3に記載された方法では、姿勢が大きく変化する物体を検出する場合、すべてのスキャンウィンドウについて、全弱回帰器を適用する必要がある。このため、処理量が多くなってしまふ。

【0007】

本発明はこのような問題点に鑑みなされたもので、姿勢が変化する物体を少ない演算量で精度よく検出することを目的とする。

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】

【0008】

そこで、本発明は、入力画像から物体を検出する物体検出装置であって、前記入力画像から処理対象の部分画像を抽出する抽出手段と、前記部分画像に基づいて、特徴量を特定する特徴量特定手段と、前記特徴量に基づいて、前記物体の姿勢を推定する姿勢推定手段と、前記特徴量と、前記姿勢推定手段による推定結果とに基づいて、前記入力画像に前記物体が含まれているか否かを判別する第1の判別手段とを有する。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、姿勢が変化する物体を少ない演算量で精度よく検出することができる。 10

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】物体検出装置を示す図である。

【図2】スキンの説明図である。

【図3】姿勢推定部及び前段判別部を示す図である。

【図4】ウィンドウの一例を示す図である。

【図5】LUT_r及びLUT_cを示す図である。

【図6】ウィンドウの一例を示す図である。

【図7】物体検出処理を示すフローチャートである。 20

【図8】物体検出装置を示す図である。

【図9】第1の部分画像と第2の部分画像を説明するための図である。

【図10】回帰推定処理を説明するための図である。

【図11】物体モデルの一例を示す図である。

【図12】物体検出処理を示すフローチャートである。

【図13】パーツ判別処理を示すフローチャートである。

【図14】物体検出処理を説明するための図である。

【図15】物体検出処理を説明するための図である。

【図16】物体検出処理を説明するための図である。

【図17】物体検出処理を説明するための図である。 30

【図18】物体検出処理を説明するための図である。

【図19】物体検出装置を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明の実施形態について図面に基づいて説明する。

【0012】

(第1の実施形態)

図1は、第1の実施形態にかかる物体検出装置100を示す図である。物体検出装置100は、フレーム画像から物体を検出する。物体検出装置100は、例えば人体、飛行機、車、猫等の物体を検出する。物体検出装置100はまた、人体の頭部など、ある物体の一部のパーツを物体として検出する。本実施形態においては、人体の頭部を検出する場合を例に、物体検出装置100について説明する。 40

物体検出装置100は、物体を検出するための機能として、画像入力部101と、部分画像抽出部102と、回帰モデル記憶部103と、特徴量特定部104と、姿勢推定部105とを有している。物体検出装置100はまた、物体モデル記憶部106と、前段判別部107と、結果出力部108と、後段判別部109とを有している。

【0013】

画像入力部101は、物体検出の対象となるフレーム画像を入力する。ここで、フレーム画像は、入力画像の一例である。部分画像抽出部102は、フレーム画像の一部の領域を、部分画像(ウィンドウ)として抽出する。部分画像は、物体検出の処理対象の画像で 50

ある。部分画像は、所定サイズの矩形領域である。部分画像はまた、後述の回帰モデルの弱回帰器及び物体モデルの弱判別器と同じサイズの領域である。部分画像抽出部 102 は、具体的には、フレーム画像に対し縮小処理を施し、画像系列としてのピラミッド画像を作成する。部分画像抽出部 102 は、ピラミッド画像の各レイヤーにおいて、部分画像を抽出する。

部分画像抽出部 102 は、所定のステップ幅でフレーム画像上をスキャンし、各位置において部分画像を抽出する。図 2 は、部分画像抽出部 102 によるスキャンの説明図である。このように、部分画像抽出部 102 は、ステップ幅ずつ部分画像 11 の位置をずらしながら、フレーム画像 10 上をスキャンし、部分画像を抽出する。

【0014】

回帰モデル記憶部 103 は、回帰モデルを格納する。ここで、回帰モデルは、物体の姿勢を回帰的に推定するためのモデルである。後述の姿勢推定部 105 は、カスケード化された複数の弱回帰器を有し、回帰モデルは、この複数の弱回帰器それぞれにおいて利用される LUT (Look Up Table) である。LUT は、特徴量を出力値に変換するための参照テーブルである。

特徴量特定部 104 は、回帰モデルを参照し、部分画像抽出部 102 により処理対象として抽出された部分画像に基づいて、処理対象の部分画像における特徴量を特定する。ここで、特徴量は、検出対象とする物体の姿勢に関する特徴量である。特徴量については、後に詳述する。なお、特徴量特定部 104 は、カスケード化された複数の弱回帰器それぞれに入力するための複数の特徴量を特定する。

姿勢推定部 105 は、特徴量に基づいて、部分画像に含まれる物体の姿勢を推定する。姿勢推定部 105 は、具体的には、カスケード化された複数の弱回帰器を有し、各弱回帰器は、前段の弱回帰器の出力値に基づいて、姿勢推定値を算出する。

【0015】

物体モデル記憶部 106 は、物体モデルを格納する。ここで、物体モデルは、物体か否かを回帰的に推定するためのモデルである。後述の前段判別部 107 は、カスケード化された複数の弱判別器を有し、物体モデルは、複数の弱判別器それぞれにおいて利用される LUT である。LUT は、特徴量を弱判別器による出力値に変換するための参照テーブルである。

前段判別部 107 は、物体モデルを参照し、特徴量を出力値に変換し、出力値に基づいて、部分画像が物体を含むか否かを判定する。結果出力部 108 は、姿勢推定部 105 が有する複数の弱回帰器による逐次的な処理により得られた最終的な姿勢推定値を出力する。後段判別部 109 は、最終的な姿勢推定値に基づいて、姿勢別の識別器により、処理対象の部分画像が物体を含むか否かを総合的に判定する。

【0016】

次に、図 3 及び図 4 を参照しつつ、特徴量特定部 104、姿勢推定部 105 及び前段判別部 107 による回帰処理について説明する。図 3 は、姿勢推定部 105 が有する複数の弱回帰器 1 ~ m と、前段判別部 107 が有する複数の弱判別器 1 ~ m とを示す図である。複数の弱回帰器 1 ~ m 及び複数の弱判別器 1 ~ m は、図 3 に示すように、それぞれカスケード化されている。

回帰処理では、部分画像抽出部 102 が図 4 (a) に示すように、部分画像 I_0 を抽出すると、特徴量特定部 104 は、部分画像において予め設定されている 2 対の 2 点の位置を姿勢推定値 S に応じて座標変換する。ここで、姿勢推定値 S は、物体の回転角度 (傾き量) に相当する。

部分画像抽出部 102 により抽出された部分画像 I_0 に対する姿勢推定値 S には、初期値 S_0 が設定されているものとする。また、姿勢推定値 S_0 における物体の回転角度、すなわち初期状態における物体の回転角度 θ_0 は、 S_0 に設定されているものとする。回転角度 θ は、部分画像の傾きの値であり、本実施形態においては、フレーム画像の上下方向に対する部分画像の上下方向の傾きを回転角度 θ とする。

【0017】

10

20

30

40

50

特徴量特定部 104 は、具体的には、(式 1) により 1 対の 2 点 $p_1 = (x_1, y_1)$, $p_2 = (x_2, y_2)$ を姿勢推定値 S に応じて座標変換する。(式 1) において、 $tp_1 = (tx_1, ty_1)$, $tp_2 = (tx_2, ty_2)$ は、それぞれ、 p_1 , p_2 の座標変換後の座標である。なお、各座標値は、処理対象のウィンドウ I の中心位置を原点とする座標値である。また、部分画像 I_0 を処理対象とする場合、回転角度 $\theta = \theta_0$ とする。

【数 1】

$$\begin{bmatrix} tx_1 \\ ty_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} \quad 10$$

$$\begin{bmatrix} tx_2 \\ ty_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \end{bmatrix} \quad 20$$

... (式 1)

【0018】

次に、特徴量特定部 104 は、座標変換後の 2 点 tp_1 , tp_2 の位置に基づいて、(式 2) により、部分画像 I 内における 2 点の画素値の差分を算出し、算出結果と閾値とを比較し 2 値化する。ここでは、閾値を 0 とする。なお、閾値は、例えば物体検出装置 100 の記憶部 (不図示) に予め設定されているものとする。

【数 2】

$$\text{画素値差} = (V_{tp_1} - V_{tp_2} \geq 0?) \in \{0, 1\} \quad 30$$

... (式 2)

ここで、 V_{tp_1} , V_{tp_2} は、それぞれ tp_1 , tp_2 の点の画素値である。

【0019】

特徴量特定部 104 は、もう 1 対の 2 点に対しても、上記と同様の処理を行うことにより、2 つの画素値差を得る。そして、特徴量特定部 104 は、2 つの画素値差に基づいて、(式 3) より、部分画像 I の特徴量 f を得る。

$$f = (\text{画素値差}_1, \text{画素値差}_2) \in \{(0, 0), (0, 1), (1, 0), (1, 1)\} \quad 40$$

... (式 3)

ここで、画素値差 1 は、1 対目の 2 点の画素値差であり、画素値差 2 は、2 対目の 2 点の画素値差である。

このように、特徴量 f は、画素値差 1 及び画素値差 2 により定まる値である。さらに、画素値差 1 , 2 は、部分画像と、部分画像に対して想定される基準姿勢の物体との間の傾き量により定まる値である。すなわち、特徴量 f は、傾き量を示す値である。

特徴量特定部 104 は、 $\theta = \theta_0$ として (式 1) ~ (式 3) により得られた特徴量 f 、すなわち部分画像 I_0 の特徴量 f を弱回帰器 1 及び弱判別器 1 に入力する。

【0020】

弱回帰器 1 は、自身が有する LUT_r を参照し、特徴量 f を回帰値 R_0 に変換する。図 5 (a) に示すように、 LUT_r は、特徴量 f から変化量 d へのマッピング関数である

。また、回帰値 R_0 は、(式4)に示すように、回転角度 θ_0 の変化量 d である。

$$R_0 = d \theta_0 = L U T r (f) \quad \dots (式4)$$

弱回帰器1はさらに、姿勢推定値の初期値 S_0 と、回帰値 R_0 とに基づいて、(式5)により、姿勢推定値 S_1 を算出する。

$$S_1 = S_0 + R_0 = \theta_0 + d \quad (式5)$$

【0021】

一方で、弱判別器1では、自身が有する $L U T c$ を参照し、(式6)に示すように特徴量 f を応答 $h(f)$ に変換する。図5(b)に示すように、 $L U T c$ は、特徴量 f から応答 $h(f)$ へのマッピング関数である。なお、 $h(f)$ は、実数空間 R またはそのサブ空間である。

$$h(f) = L U T c (f) \quad \dots (式6)$$

弱判別器1はさらに、応答 $h(f)$ に基づいて、判別評価値 $h(f)$ を算出する。各弱判別器は、カスケード接続において、自身の前に接続されている1又は2以上の弱判別器により既に得られたすべての応答 $h(f)$ の総和を、判別評価値 $h(f)$ として算出する。ただし、弱判別器1においては、 $h(f)$ の値は1つのみであるため、加算処理は行わない。

【0022】

そして、弱判別器1は、(式7)に示すように、判別評価値 $h(f)$ に基づいて、部分画像 I_0 が検出対象の物体である人体の頭部(物体)を含むか否かを判定する。

【数3】

$$\begin{aligned} \sum h(f) < \text{閾値} &\rightarrow \text{物体を含まないと判定} \\ \sum h(f) \geq \text{閾値} &\rightarrow \text{次の弱回帰器に移ると判定} \end{aligned}$$

... (式7)

ここで、閾値は、予め設定された値であり、閾値以上の範囲は、部分画像に物体が含まれている場合に得られる評価値の基準範囲である。すなわち、弱判別器1は、上記処理により、判別評価値 $h(f)$ が基準範囲に含まれているか否かを判定する。

このように、弱判別器1は、弱回帰器1が用いたのと同じ特徴量により、物体か否かの物体判別処理を行うことができる。

【0023】

弱判別器1が次の弱回帰器に移ると判定した場合、弱回帰器2は、処理を開始する。すなわち、この場合、回帰処理が継続する。なお、弱判別器1が物体を含まないと判定した場合、弱判別器1は、繰り返し処理を終了する。この場合、弱回帰器2~m及び弱判別器2~mの処理は行われない。

弱判別器1が次の弱回帰器に移ると判定した場合には、特徴量特定部104は、図4(b)に示すように、部分画像 I_0 を部分画像 I_0 の中心を回転中心として、 $R_0(d_0)$ だけ回転させ、部分画像 I_1 を得る。ここで、部分画像 I_1 の回転角度 θ_1 は、(式8)のよう

$$\theta_1 = \theta_0 + R_0 \quad \dots (式8)$$

【0024】

そして、特徴量特定部104は、姿勢推定値 S_1 (回転角度 θ_1) に基づいて、部分画像 I_1 の特徴量 f を特定し、特定した特徴量 f を弱回帰器2及び弱判別器2に入力する。特徴量特定部104は、同様に、弱回帰器3~m及び弱判別器3~mに入力するための特徴量 f を特定する。

弱回帰器2には、弱回帰器1により算出された回帰値 R_0 に基づいて特徴量特定部104により特定された特徴量 f が入力される。そして、弱回帰器2は、特徴量 f に基づいて、回帰値 R_1 を算出し、回帰値 R_1 に基づいて、姿勢推定値 S_2 を算出する。

弱回帰器3~mの処理は、弱回帰器2の処理と同様である。

【0025】

10

20

30

40

50

また、弱判別器 2 には、対応する弱回帰器 2 に入力された特徴量 f と同一の特徴量 f が入力される。そして、弱判別器 2 は、特徴量 f に基づいて、応答 $h(f)$ を得る。そして、弱判別器 2 は、カスケード接続における直前の弱判別器 1 により得られた応答 $h(f)$ と、自身が算出した応答 $h(f)$ との総和である判別評価値 $h(f)$ を算出する。弱判別器 2 は、判別評価値 $h(f)$ により、部分画像 I_1 が物体を含むか否かを判定する。弱判別器 3 ~ m の処理は、弱判別器 2 の処理と同様である。そして、回帰処理においては、以上の処理が、弱回帰器及び弱判別器の数だけ回帰的に繰り返される。

【0026】

図 4 に示すように、フレーム画像のうち、人体の頭部を含む領域が部分画像として抽出され、処理対象となったとする。この場合には、この部分画像に対し、すべての弱回帰器 1 ~ m 及び弱判別器 1 ~ m による処理が行われ、部分画像が人体の頭部を含むと判別される。

10

これに対し、図 6 に示すように、フレーム画像のうち、人体の頭部を含まない領域が部分画像として抽出され、処理対象となったとする。この場合には、(式 7) の判定処理により、すべての弱回帰器及び弱判別器による処理が行われる前に、部分画像が人体の頭部を含まないと判別され、回帰処理の途中で処理は終了することとなる。

【0027】

図 7 は、物体検出装置 100 による物体検出処理を示すフローチャートである。ステップ S 101 において、画像入力部 101 は、不図示の画像撮影装置または画像記憶装置から一つのフレーム画像を受け付ける。次に、ステップ S 102 において、部分画像抽出部 102 は、フレーム画像の縮小処理を行い、ピラミッド画像を作成する。そして、部分画像抽出部 102 は、一のレイヤーのフレーム画像から処理対象の部分画像を抽出する(抽出処理)。

20

部分画像抽出部 102 はさらに、各部分領域に対するステップ S 102 ~ ステップ S 114 の繰り返し処理を制御する。すなわち、部分画像抽出部 102 は、ステップ S 102 ~ ステップ S 114 の処理を繰り返す度に、所定ステップ幅ずつずらしながら順次部分画像を抽出する。さらに、部分画像抽出部 102 は、すべてのレイヤーにおいて同様に順次部分画像を抽出する。そして、抽出された各部分画像に対し、ステップ S 103 ~ ステップ S 114 の処理が実行される。

【0028】

30

次に、ステップ S 103 において、姿勢推定部 105 は、回帰モデル記憶部 103 から、回帰モデル(LUT_r)を読み込む。次に、ステップ S 104 において、姿勢推定部 105 は、弱回帰器を初期化する。具体的には、姿勢推定部 105 は、弱回帰器 1 に初期状態における姿勢推定値 S_0 (回転角度 θ_0) を設定する。

次に、ステップ S 105 において、前段判別部 107 は、物体モデル記憶部 106 から物体モデル(LUT_c)と、判別のための閾値とを読み込む。次に、ステップ S 106 ~ ステップ S 111 において、特徴量特定部 104、弱回帰器及び弱判別器は、それぞれ特徴量抽出処理、姿勢推定処理及び物体判別処理を繰り返す。

【0029】

40

次に、ステップ S 106 において、姿勢推定部 105 は、ステップ S 102 において抽出された部分画像に対し、一つの弱回帰器を選択する。このとき、前段判別部 107 は、姿勢推定部 105 により選択された弱回帰器に対応する弱判別器を選択する。そして、姿勢推定部 105 は、各弱回帰器によるステップ S 106 ~ ステップ S 111 の処理が終了したか否かを判断する。

なお、姿勢推定部 105 は、繰り返し処理により、カスケード接続された複数の弱回帰器が順にステップ S 106 ~ ステップ S 111 における処理を実行するように、カスケード接続された複数の弱回帰器を、先頭から順に選択する。

【0030】

ステップ S 107 において、特徴量特定部 104 は、(式 1) ~ (式 3) により、ステップ S 106 において選択された弱回帰器に入力するための特徴量 f を算出する。ここで

50

、ステップ S 1 0 7 の処理は、部分画像に基づいて特徴量を特定する特徴量特定処理の一例である。なお、繰り返し処理における 1 回目のステップ S 1 0 7 においては、特徴量特定部 1 0 4 は、姿勢推定値 S を S_0 、回転角度 θ を初期値 θ_0 として、特徴量 f を算出する。

次に、ステップ S 1 0 8 において、弱回帰器（ステップ S 1 0 6 において選択された弱回帰器）は、自身が有する LUT_r を参照し、特徴量 f に基づいて、物体の姿勢を回帰推定する（姿勢推定処理）。弱回帰器は、具体的には、自身が有する LUT_r を参照し、（式 4）、（式 5）により、特徴量 f から姿勢推定値 S_x ($x = 1, 2, \dots, m$) を算出する。

【 0 0 3 1 】

次に、ステップ S 1 0 9 において、ステップ S 1 0 6 において選択された弱判別器は、特徴量 f に基づいて、部分画像が物体を含むか否かを判別する。具体的には、弱判別器は、自身が有する LUT_c を参照し、特徴量 f から $h(f)$ を算出し、判別評価値 $h(f)$ を算出する。すなわち、ステップ S 1 0 9 は、カスケード接続において、選択されている弱判別器よりも前の弱判別器により得られた $h(f)$ に基づいて、判別評価値 $h(f)$ を算出する評価値算出処理の一例である。

次に、ステップ S 1 1 0 において、弱判別器は、（式 7）に示すように、判別評価値 $h(f)$ と閾値との比較結果に基づいて、ステップ S 1 0 2 において抽出された部分画像が物体を含むか否かを判定する。ここで、判別評価値 $h(f)$ と比較される閾値以上の範囲は、部分画像に物体が含まれている場合に得られる評価値の基準範囲である。すなわち、ステップ S 1 1 0 の処理は、判別評価値 $h(f)$ が評価値の基準範囲に含まれているか否かを判定する評価値判定処理の一例である。また、ステップ S 1 1 0 の処理は、特徴量に基づいて、部分画像に物体が含まれているか否かを判別する第 2 の判別処理の一例である。

【 0 0 3 2 】

弱判別器は、部分画像が物体を含まないと判定した場合（ステップ S 1 1 0 で No ）、すなわち判別評価値 $h(f)$ が基準範囲に含まれない場合には、ステップ S 1 0 6 ~ ステップ S 1 1 4 の処理の繰り返しを終了する。なお、この場合、ステップ S 1 0 2 において抽出されていない部分画像が存在する場合には、部分画像抽出部 1 0 2 は、処理対象の部分画像を変更し、ステップ S 1 0 3 以降の処理を継続する。

ステップ S 1 1 0 において、弱判別器は、次の弱回帰器に移ると判別した場合には（ステップ S 1 1 0 で Yes ）、ステップ S 1 0 6 ~ ステップ S 1 1 4 の繰り返し処理を継続する。そして、ステップ S 1 0 2 において、姿勢推定部 1 0 5 は、未処理の弱回帰器がある場合には、次段の弱回帰器を選択し、前段判別部 1 0 7 は、選択された弱回帰器に対応する弱判別器を選択する。

【 0 0 3 3 】

ステップ S 1 0 6 ~ ステップ S 1 1 0 の処理の繰り返しにおいて、1 回目のステップ S 1 0 6 ~ ステップ S 1 1 0 の処理では、特徴量特定部 1 0 4 は、部分画像 I_0 における特徴量 f を算出し、これを弱回帰器 1 及び弱判別器 1 に入力する。そして、弱回帰器 1 は、特徴量 f に基づいて回帰値 R_0 を算出し、回帰値 R_0 に基づいて、姿勢推定値 S_1 を算出する。また、弱判別器 1 は、特徴量 f に基づいて、 $h(f)$ を算出し、（式 7）に示す $f(h)$ と閾値との比較により、部分画像 I_0 に物体が含まれるか否かを判定する。

そして、2 回目のステップ S 1 0 6 ~ ステップ S 1 1 1 の処理では、特徴量特定部 1 0 4 は、弱回帰器 1 により算出された回帰値 R_0 （回転角度 θ_1 ）に基づいて、部分画像 I_0 を θ_1 だけ回転させた部分画像 I_1 における特徴量 f を特定する。そして、特徴量特定部 1 0 4 は、特徴量 f を弱回帰器 2 及び弱回帰器 2 に入力する。

【 0 0 3 4 】

弱回帰器 2 は、特徴量 f に基づいて、回帰値 R_1 を算出し、回帰値 R_1 に基づいて、姿勢推定値 S_2 を算出する。また、弱判別器 2 は、特徴量 f に基づいて、 $h(f)$ を求め、さらに判別評価値 $f(h)$ を算出する。そして、弱判別器 2 は、判別評価値 $f(h)$ と

10

20

30

40

50

閾値との比較により、部分画像に物体が含まれるか否かを判定する。3回目以降における特徴量特定部104、弱回帰器3～m及び弱判別器3～mの処理は、2回目の処理と同様である。

弱回帰器に対する繰り返し処理における2回目以降のステップS107においては、特徴量特定部104は、前段の弱回帰器により算出された回帰値Rに基づいて、回転角度を求め、部分画像Iを部分画像I₀から回転角度だけ傾ける。そして、特徴量特定部104は、部分画像Iにおける特徴量fを算出する。すなわち、ステップS107の処理は、姿勢の推定結果に基づいて、フレーム画像に対する部分画像の傾きを変更する変更処理の一例である。

【0035】

すべての弱回帰器に対するステップS106～ステップS111の処理が終了すると、姿勢推定部105は、処理をステップS112へ進める。ステップS106～ステップS111の処理は、ステップS110において、物体がないと判定されない場合には、カスケード化された弱回帰器及び弱判別器の数(m)だけ繰り返し実行される。

ステップS112において、結果出力部108は、ステップS106からステップS111まで逐次的に回帰した物体の姿勢を後続の後段判別部109に出力する。次に、ステップS113において、後段判別部109は、回帰した物体の姿勢に基づいて、姿勢別の識別器により、処理対象の部分画像に物体が含まれているか否かを総合的に判別する(第1の判別処理)。

そして、ステップS102において、部分画像抽出部102は、すべての部分画像に対し、ステップS103～ステップS114の処理が終了すると、処理をステップS115へ進める。ステップS115において、後段判別部109は、物体が含まれると判別された部分画像のうち、互いに重複する部分画像を1つに統合する。以上で、物体検出処理が終了する。

【0036】

以上のように、第1の実施形態にかかる物体検出装置100においては、姿勢推定部105及び前段判別部107は、同じ特徴量fに基づいて、それぞれ姿勢推定処理及び物体判別処理を行う。これにより、処理の高速化を図ることができる。

さらに、物体検出装置100は、回帰処理において、いずれかの弱判別器が物体を含まないと判定した場合には、判定が行われた弱判別器よりも後段の弱回帰器及び弱判別器による処理を行うことなく、部分画像に物体が含まれないと判定する。これにより、さらなる処理の高速化を図ることができる。

【0037】

第1の実施形態の第1の変更例について説明する。本実施形態に係る物体検出装置100は、複数の画素値の差分を特徴量として算出したが、これに限定されるものではない。物体検出装置100は、物体の姿勢変化によらず不変な値を特徴量として算出し、これに基づいて、物体の姿勢推定処理及び物体判別処理を行えばよい。

また、第2の変更例としては、特徴量特定部104は、傾き量にかえて、部分画像と、部分画像に対して想定される物体の基準姿勢(位置)との間の位置ずれ量を特徴量fとして算出してもよい。この場合には、姿勢推定値は、物体の位置ずれ量を姿勢推定値として回帰推定することとする。

第3の変更例としては、前段判別部107と姿勢推定部105により利用された特徴量と推定された物体の姿勢に基づいて、新たな特徴量を算出し、算出された特徴量に基づいて物体判別処理を行うこととしてもよい。

【0038】

(第2の実施形態)

次に、第2の実施形態にかかる物体検出装置について説明する。図8は、物体検出装置200を示す図である。物体検出装置200は、物体の一部であるパーツの検出と、物体全体の検出とを行い、各検出結果に基づいて、総合的に物体を検出する。なお、ここでは、物体検出装置200が、物体としての人体と、人体のパーツである頭部とを検出し、総

10

20

30

40

50

合的に人体を検出する場合を例に説明する。

物体検出装置 200 は、画像入力部 201 と、第 1 の部分画像抽出部 202 と、物体識別器 203 と、第 2 の部分画像抽出部 204 と、回帰モデル記憶部 205 と、回帰モデル選択部 206 とを有している。物体検出装置 200 はまた、特徴量特定部 207 と、姿勢推定部 208 と、パーツモデル記憶部 209 と、パーツモデル選択部 210 と、パーツ判別部 211 とを有している。物体検出装置 200 はまた、結果出力部 212 と、物体モデル記憶部 213 と、物体モデル選択部 214 と、物体判別部 215 と、統合部 216 とを有している。

【0039】

画像入力部 201 は、物体検出の対象となるフレーム画像を入力する。第 1 の部分画像抽出部 202 は、フレーム画像の一部の領域を第 1 の部分画像（ウィンドウ）として抽出する。ここで、第 1 の部分画像は、物体検出の処理対象の領域の画像である。第 1 の部分画像は、後述の物体識別器 203 の判別器と同一サイズの矩形領域である。第 1 の部分画像抽出部 202 は、具体的には、フレーム画像に対し縮小処理を施し、画像系列としてのピラミッド画像を作成する。第 1 の部分画像抽出部 202 は、ピラミッド画像の各レイヤーにおいて、第 1 の部分画像を抽出する。第 1 の部分画像抽出部 202 は、所定のステップ幅でフレーム画像上をスキャンし、各位置において第 1 の部分画像を抽出する。

画像入力部 201 及び第 1 の部分画像抽出部 202 は、それぞれ第 1 の実施形態にかかる画像入力部 101 及び部分画像抽出部 102 に相当する。

【0040】

物体識別器 203 は、第 1 の部分画像抽出部 202 により抽出された第 1 の部分画像において物体候補領域を抽出する。物体識別器 203 は、例えば検出対象の物体が人物である場合には、立位、前傾、しゃがんだ状態など様々な姿勢の人体を検出する識別器であるものとする。

第 2 の部分画像抽出部 204 は、第 1 の部分画像抽出部 202 により抽出された第 1 の部分画像から第 2 の部分画像を抽出する。ここで、第 2 の部分画像は、パーツ検出の処理対象の領域の画像である。第 2 の部分画像は、後述の回帰モデルの弱回帰器及びパーツモデルの弱判別器と同じサイズの矩形領域である。

図 9 は、第 1 の部分画像と第 2 の部分画像を説明するための図である。物体検出装置 200 においては、第 1 の部分画像 900 に対し、第 2 の部分画像抽出部 204 が抽出する第 2 の部分画像 901 の初期位置が予め設定されている。複数の初期位置は、例えば弱回帰器のサイズに応じたグリッド間隔で設定されている。図 9 には、P1～P8 の 8 つの初期位置に対応する第 2 の部分画像 901～908 が設定されている例を示している。

【0041】

回帰モデル記憶部 205 は、複数の回帰モデルを格納する。回帰モデル記憶部 205 は、例えば人体の頭部（パーツ）に対し、正面頭部と、側面頭部の 2 つの向きの回帰モデルを格納している。回帰モデル選択部 206 は、回帰モデル記憶部 205 から 1 つの回帰モデルを選択する。

なお、回帰モデル記憶部 205 に格納される各回帰モデルは、第 1 の実施形態にかかる回帰モデル記憶部 103 に格納される回帰モデルと同様のモデルである。また、姿勢推定部 208 は、第 1 の実施形態にかかる姿勢推定部 105 と同様であり、カスケード化された複数の弱回帰器を有している。

特徴量特定部 207 は、回帰モデル選択部 206 により選択された回帰モデルに基づいて、第 2 の部分画像の特徴量を計算する。なお、第 2 の実施形態にかかる特徴量特定部 207 は、第 2 の部分画像と、第 2 の部分画像に対して想定されるパーツの基準姿勢（位置）との間の位置ずれ量を特徴量 f として算出する。

【0042】

姿勢推定部 208 は、回帰モデル選択部 206 により選択された回帰モデルと、特徴量特定部 207 により抽出された特徴量に基づいて、パーツの姿勢を推定する。姿勢推定部 208 は、位置ずれ量により定まる特徴量 f に基づいて、パーツの姿勢、すなわち位置を

推定する。

姿勢推定部 208 は、具体的には、パーツとしての人体の頭部の中心位置 (x, y) の位置ずれ量 d_x, d_y を姿勢推定値として回帰推定する。図 10 に示すように、姿勢推定部 208 は、初期位置 (X_k^0, Y_k^0) を初期状態として、パーツ（人体の頭部）の姿勢（位置）を回帰推定する。ここで、下付き文字 k は、初期位置の番号である。また、上付き文字 0 は、回帰推定の回数である。弱回帰器 1 は、初期位置 (X_k^0, Y_k^0) から頭部位置を回帰推定し、推定姿勢値 S_1 として位置 (X_k^1, Y_k^1) を算出する。さらに、弱回帰器 2 は、推定姿勢値 S_2 として位置 (X_k^2, Y_k^2) を算出する。

【0043】

パーツモデル記憶部 209 は、複数のパーツモデルを格納する。なお、パーツモデル記憶部 209 に格納されている複数のパーツモデルは、回帰モデル記憶部 205 に記憶されている複数の回帰モデルに対応するものである。パーツモデル選択部 210 は、回帰モデル選択部 206 により選択された回帰モデルに対応するパーツモデルを選択する。

パーツ判別部 211 は、パーツモデル選択部 210 により選択された回帰モデルを参照し、特徴量を出力値に変換し、出力値に基づいて、処理対象の第 2 の部分画像がパーツを含むか否かを判別する。

なお、パーツモデル記憶部 209 に格納されている複数のパーツモデルは、第 1 の実施形態にかかる物体モデル記憶部 106 に格納されている物体モデルと同様のモデルである。また、パーツ判別部 211 は、第 1 の実施形態にかかる前段判別部 107 と同様であり、カスケード化された複数の弱判別器を有している。

【0044】

結果出力部 212 は、姿勢推定部 208 が有する複数の弱回帰器による逐次的な処理により得られた最終的な姿勢推定値を出力する。物体モデル記憶部 213 は、複数の物体モデルを格納する。物体モデル記憶部 213 は、例えば立位、前傾、しゃがんだ状態など姿勢の異なる物体モデルを格納する。

図 11 は、物体モデルの一例を示す図である。本実施形態にかかる物体モデル 1100 は、全身検出モデル 1101 と、頭部検出モデル 1102 と、胴体検出モデル 1103 とを有している。ここで、全身検出モデル 1101 は、物体としての人体の全身を検出するためのモデルである。頭部検出モデル 1102 は、パーツの 1 つである頭部を検出するためのモデルである。胴体検出モデル 1103 は、パーツの 1 つである胴体を検出するためのモデルである。

【0045】

物体モデル選択部 214 は、物体識別器 203 により検出された物体の位置と、結果出力部 212 により出力された姿勢推定値に基づいて、物体の姿勢を推定する。そして、物体モデル選択部 214 は、推定した物体の姿勢に対応する物体モデルを選択する。

物体判別部 215 は、物体モデルに基づいて、物体ウィンドウに物体が含まれるか否かを判別する。統合部 216 は、物体が含まれると判別した物体モデルのうち、互いに重複するウィンドウを統合し、統合結果を出力する。

【0046】

図 12 は、物体検出処理を示すフローチャートである。まず、ステップ S201 において、画像入力部 201 は、不図示の画像撮影装置または画像記憶装置から一つのフレーム画像を受け付ける。次に、ステップ S202 において、第 1 の部分画像抽出部 202 は、フレーム画像の縮小処理を行い、ピラミッド画像を作成する。そして、第 1 の部分画像抽出部 202 は、一のレイヤーのフレーム画像から物体検出の処理対象とする第 1 の部分画像を抽出する（第 1 の抽出処理）。

【0047】

第 1 の部分画像抽出部 202 はさらに、各第 1 の部分領域に対するステップ S202 ~ ステップ S207 の繰り返し処理を制御する。すなわち、第 1 の部分画像抽出部 202 は、ステップ S202 ~ ステップ S207 を繰り返す度に、所定ステップ幅ずつずらしながら順次第 1 の部分画像を抽出する。さらに、第 1 の部分画像抽出部 202 は、すべてのレ

10

20

30

40

50

イヤーにおいて同様に順次部分画像を抽出する。そして、抽出された各第1の部分画像に対し、ステップS 2 0 2～ステップS 2 0 7の処理が実行される。

次に、ステップS 2 0 3において、物体識別器2 0 3は、第1の部分画像から検出対象の物体を含むと判別された物体候補領域を抽出する。次に、ステップS 2 0 4において、パーツ判別部2 1 1等は、処理対象の第1の部分画像から抽出された第2の部分画像がパーツを含むか否かを判別する。本実施形態においては、パーツ判別処理（ステップS 2 0 4）において、人体のパーツとしての頭部を含むか否かが判別される。

【0048】

次に、ステップS 2 0 5において、物体モデル選択部2 1 4は、物体識別器2 0 3により抽出された物体候補領域の位置と、パーツ判別の判別結果に基づいて、人体の姿勢を推定する。そして、物体モデル選択部2 1 4は、推定結果に基づいて、物体モデルを選択する。

次に、ステップS 2 0 6において、物体判別部2 1 5は、選択された物体モデルをロードする。そして、物体判別部2 1 5は、ロードした物体モデルに基づいて、姿勢に応じた物体判別を行う。具体的には、物体判別部2 1 5は、（式9）により、処理対象の第1の部分画像における総合尤度を算出する。ここで、総合尤度とは、第1の部分画像が人物を含むことの確からしさを示す評価値である。

総合尤度 = 全身尤度 + パーツ尤度 - 期待位置（姿勢）からのずれのコスト

...（式9）

【0049】

そして、物体判別部2 1 5は、総合尤度と閾値とを比較し、総合尤度が閾値以上である場合に、第1の部分画像に物体としての人体が含まれていると判別する。すなわち、物体判別部2 1 5は、パーツ判別結果に基づいて物体判別を行う。ここで、ステップS 2 0 6の処理は、物体判別処理の一例である。

ステップS 2 0 2～ステップS 2 0 6において、すべての第1の部分領域に対する、人体識別処理が終了すると、統合部2 1 6は、ステップS 2 0 7の処理を行う。すなわち、ステップS 2 0 7において、統合部2 1 6は、人体が含まれていると判別された第1の部分領域のうち、互いに重複する第1の部分領域を1つに統合する。そして、統合部2 1 6は、統合結果を出力する。以上で、物体検出処理が終了する。

【0050】

図13は、パーツ判別処理（ステップS 2 0 4）における詳細な処理を示すフローチャートである。ステップS 3 0 1において、回帰モデル選択部2 0 6は、回帰モデル記憶部2 0 5から1つの回帰モデルを選択する。回帰モデル選択部2 0 6はさらに、回帰モデル記憶部2 0 5に格納される各回帰モデルに対するステップS 3 0 1～ステップS 3 1 2の繰り返し処理を制御する。すなわち、回帰モデル選択部2 0 6は、ステップS 3 0 1～ステップS 3 1 2を繰り返す度に回帰モデルを変更する。そして、変更後の回帰モデルに対し、ステップS 3 0 1～ステップS 3 1 2の処理が実行される。

本実施形態においては、回帰モデル記憶部2 0 5は、人体の頭部パーツの正面及び側面の2つに対応する2つの回帰モデルを格納している。そして、回帰モデル選択部2 0 6は、初期設定において、正面の頭部パーツの回帰モデルを選択し、繰り返し処理の2回目において、側面の頭部パーツの回帰モデルを選択するものとする。

【0051】

次に、ステップS 3 0 2において、姿勢推定部2 0 8は、回帰モデル選択部2 0 6により選択された回帰モデルを読み込む。次に、ステップS 3 0 3において、パーツモデル選択部2 1 0は、パーツモデル記憶部2 0 9から、回帰モデル選択部2 0 6により選択されたパーツモデルに対応するパーツモデルを選択する。そして、パーツ判別部2 1 1は、パーツモデル選択部2 1 0により選択されたパーツモデルを読み込む。

次に、ステップS 3 0 4において、第2の部分画像抽出部2 0 4は、回帰モデルに対応する初期位置のうち1つの初期位置により定まる第2の部分領域を抽出する（第2の抽出処理）。第2の部分画像抽出部2 0 4はさらに、各初期位置により特定される第2の部分

10

20

30

40

50

領域に対するステップ S 3 0 5 ~ ステップ S 3 1 1 の処理の繰り返しを制御する。

【 0 0 5 2 】

次に、ステップ S 3 0 5 において、姿勢推定部 2 0 8 は、1 つの弱回帰器を選択する。このとき、パーツ判別部 2 1 1 は、姿勢推定部 2 0 8 により選択された弱回帰器に対応する弱判別器を選択する。そして、姿勢推定部 2 0 8 は、各弱回帰器によるステップ S 3 0 6 ~ ステップ S 3 1 0 の繰り返し処理を制御する。

次に、ステップ S 3 0 6 において、特徴量特定部 2 0 7 は、第 2 の部分画像に基づいて、ステップ S 3 0 5 において選択された弱回帰器及び弱判別器に入力する特徴量 f を特定する（特徴量特定処理）。次に、ステップ S 3 0 7 において、弱回帰器（ステップ S 3 0 6 において選択された弱回帰器）は、特徴量 f に基づいて、パーツの姿勢（位置）を回帰推定する（姿勢推定処理）。具体的には、弱回帰器は、姿勢（位置） $S(x, y)$ の変化量 (dx, dy) を回帰推定し、姿勢推定値 S_x を算出する。

10

【 0 0 5 3 】

次に、ステップ S 3 0 8 において、弱判別器は、ステップ S 3 0 7 において算出された特徴量 f に基づいて、処理対象の第 2 の部分領域がパーツを含むか否かを判別する（パーツ判別処理）。具体的には、弱判別器は、判別評価値を算出する。そして、ステップ S 3 0 9 において、弱判別器は、判別評価値と閾値との比較結果に基づいて、パーツウィンドウにパーツが含まれているか否かを判定する。

弱判別器は、パーツウィンドウがパーツを含まないと判定した場合には（ステップ S 3 0 9 で No）、処理対象の第 2 の部分領域に対する処理を終了する。そして、未処理の初期位置が存在する場合には、ステップ S 3 0 4 において、第 2 の部分画像抽出部 2 0 4 は、初期位置を変更し、変更後の初期位置により定まる第 2 の部分画像を処理対象として、ステップ S 3 0 5 以降の処理を継続する。ステップ S 3 0 4 において、第 2 の部分画像抽出部 2 0 4 は、フレーム画像内（入力画像内）における第 2 の部分画像の位置を変更する。すなわち、ステップ S 3 0 4 の処理は、変更処理の一例である。

20

【 0 0 5 4 】

ステップ S 3 0 9 において、弱判別器は、パーツウィンドウがパーツを含むと判定した場合には（ステップ S 3 0 9 で Yes）、選択されている弱判別器による処理を終了する。そして、未処理の弱回帰器が存在する場合には、ステップ S 3 0 5 において、弱回帰器を変更し、ステップ S 3 0 6 以降の処理を継続する。

30

すべての弱回帰器に対する処理（ステップ S 3 0 5 ~ ステップ S 3 1 0）が終了すると、初期位置が変更される。そして、すべての初期位置に対する繰り返し処理（ステップ S 3 0 4 ~ ステップ S 3 1 1）が終了すると、回帰モデルが変更される。そして、すべての回帰モデルに対する繰り返し処理（ステップ S 3 0 1 ~ ステップ S 3 1 2）が終了すると、ステップ S 3 1 3 において、結果出力部 2 1 2 は、逐次的に回帰した物体の姿勢を後続の物体判別部 2 1 5 に出力する。

【 0 0 5 5 】

図 1 4 ~ 図 1 9 を参照しつつ、物体検出処理についてより具体的に説明する。図 1 4 は、フレーム画像 1 4 0 0 と、第 1 の部分画像 1 4 0 1, 1 4 0 2 を示す図である。以下、第 1 の部分画像 1 4 0 1, 1 4 0 2 をそれぞれ $body_1$, $body_2$ と称する。

40

まず、 $body_1$ に対する処理について説明する。ステップ S 3 0 1 において、初期状態において、まず正面頭部の回帰モデルと、これに対応するパーツモデルが選択される。そして、ステップ S 3 0 4 において、回帰モデルの初期位置に基づく第 2 の部分画像がパーツ検出の処理対象として抽出される。 $body_1$ に対しては、図 1 5 (a) に示すように、順次 8 つの初期位置に基づく第 2 の部分画像が抽出される。

【 0 0 5 6 】

次に、処理対象の第 2 の部分画像においてパーツ姿勢の回帰推定が行われる。図 1 5 (b) は、初期位置 (X_k^0, Y_k^0) により定まる第 2 の部分画像を示す図である。初期位置 (X_k^0, Y_k^0) により定まる第 2 の部分画像を初期状態として、頭部の回帰推定が行われる。しかし、 $body_1$ は、背景画像であり人体の頭部を含まない。したがって、初期位

50

置 (X_k^0, Y_k^0) により定まる第 2 の部分領域に対しては、すべての回帰器による処理が終了する前に、繰り返し処理が終了する。

例えば、図 15 (c) に示すように、1 回目の回帰推定により姿勢推定値 $S_1 (X_k^1, Y_k^1)$ が得られる。このとき、物体でないとの判定は行われず、2 回目の回帰推定が行われる。この場合、図 15 (d) に示すように、姿勢推定値 $S_2 (X_k^2, Y_k^2)$ が得られる。そして、2 回目の回帰推定において、第 2 の部分領域にパーツが含まれないと判定されて (ステップ S 3 0 9 で No)、弱回帰器による繰り返し処理が終了する。

【 0 0 5 7 】

ステップ S 3 0 4 において、すべての初期位置により定まる第 2 の部分画像が抽出されると、ステップ S 3 0 1 において、回帰モデルが側面頭部の回帰モデルに変更され、これに対応するパーツモデルが選択される。

そして、再びステップ S 3 0 4 において、図 16 (a) に示すように、変更後の回帰モデルに対する 8 つの初期位置のうち一の初期位置に基づく第 2 の部分画像が抽出され、抽出された第 2 の部分画像に対するパーツ姿勢の回帰推定が行われる。

図 16 (b) は、初期位置 (X_j^0, Y_j^0) により定まる第 2 の部分領域を示す図であり、この第 2 の部分画像を初期状態として、頭部の回帰推定が行われる。body 1 は、背景画像であるため、この場合も、すべての弱回帰器による処理が終了する前に、繰り返し処理が終了する。

【 0 0 5 8 】

例えば、図 16 (c) に示すように、1 回目の回帰推定により (X_j^1, Y_j^1) が得られる。そして、第 2 の部分領域にパーツが含まれないと判定されて (ステップ S 3 0 9 で No)、弱回帰器による繰り返し処理が終了する。

このように、すべての初期位置において、すべての回帰モデルにより第 2 の部分領域にパーツが含まれないと判定され、ステップ S 3 1 3 において、非人体の回帰結果が出力される。この場合、ステップ S 2 0 5、ステップ S 2 0 6 の処理がスキップされ、次の第 1 の部分画像の処理に移る。

【 0 0 5 9 】

次に、body 2 に対する処理について説明する。body 1 と同様に、ステップ S 3 0 1 において、初期状態において、まず正面頭部の回帰モデルと、これに対応するパーツモデルが選択される。そして、ステップ S 3 0 4 において、回帰モデルの初期位置に基づく第 2 の部分領域がパーツ検出の処理対象として抽出される。body 1 に対しては、図 17 (a) に示すように、順次 8 つの初期位置に基づく第 2 の部分領域が抽出される。

次に、処理対象の第 2 の部分領域においてパーツ姿勢の回帰推定が行われる。図 17 (b) に示すように、初期位置 (X_k^0, Y_k^0) を初期状態として、頭部の回帰推定が行われる。図 17 (b) に示す初期位置 (X_k^0, Y_k^0) により定まる第 2 の部分領域は、人体の頭部を含まない。したがって、すべての回帰器による処理が終了する前に、繰り返し処理が終了する。

【 0 0 6 0 】

例えば、図 17 (c) に示すように、1 回目の回帰推定により姿勢推定値 $S_1 (X_k^1, Y_k^1)$ が得られる。このとき、物体でないとの判定は行われず、2 回目の回帰推定が行われる。この場合、図 17 (d) に示すように、姿勢推定値 $S_2 (X_k^2, Y_k^2)$ が得られる。そして、2 回目の回帰推定において、第 2 の部分領域にパーツが含まれないと判定されて (ステップ S 3 0 9 で No)、弱回帰器による繰り返し処理が終了する。

ステップ S 3 0 4 において、すべての初期位置により定まる第 2 の部分画像が抽出されると、ステップ S 3 0 1 において、回帰モデルが側面頭部の回帰モデルに変更され、これに対応するパーツモデルが選択される。

【 0 0 6 1 】

そして、再びステップ S 3 0 4 において、図 18 (a) に示すように、変更後の回帰モデルに対応する 8 つの初期位置のうち一の初期位置に基づく第 2 の部分画像が抽出される。

。

10

20

30

40

50

次に、処理対象の第2の部分画像においてパーツ姿勢の回帰推定が行われる。図18(b)に示すように、 (X_j^0, Y_j^0) を初期状態として、頭部の回帰推定が行われる。このときの処理対象の第2の部分画像には、頭部が含まれている。このため、図18(c)、(d)に示すように、すべての弱回帰器による繰り返し処理が行われた後に、body2に頭部が含まれると判別される。

なお、第2の実施形態にかかる物体検出装置200のこれ以外の構成及び処理は、第1の実施形態にかかる物体検出装置100の構成及び処理と同様である。

【0062】

以上のように、第2の実施形態にかかる物体検出装置200においては、姿勢推定部208及びパーツ判別部211は、同じ特徴量fに基づいて、それぞれ姿勢推定処理及びパーツ判別処理を行う。これにより、処理の高速化を図ることができる。

第2の実施形態の第1の変更例としては、特徴量特定部207は、パーツの位置ずれ量に替えて、傾き量を特徴量fとして算出してもよい。第2の変更例としては、パーツモデル選択部210は、1つの回帰モデルに対し1つのパーツモデルを選択したが、これに替えて複数のパーツモデルを選択してもよい。

【0063】

図19は、物体検出装置100、200のハードウェア構成を示す図である。CPU301は、装置の各種制御を実行する。ROM302は、装置立ち上げ時に実行されるブートプログラムや各種データを格納する。RAM303は、CPU301が処理するための制御プログラムを格納するとともに、CPU301が各種制御を実行する際の作業領域を提供する。キーボード304、マウス305は、ユーザによる各種入力操作環境を提供する。

外部記憶装置306は、各種情報を格納する。表示器307は、各種情報を表示する。NIC308は、ネットワークに接続し、外部装置との通信を行う。ビデオI/F309は、外部機器と通信を行う。各部は、バス310により接続されている。

なお、上述の物体検出装置100、200の機能や処理は、CPU301がROM302又は外部記憶装置306に格納されているプログラムを読み出し、このプログラムを実行することにより実現されるものである。

【0064】

<その他の実施形態>

また、本発明は、以下の処理を実行することによっても実現される。即ち、上述した実施形態の機能を実現するソフトウェア(プログラム)を、ネットワーク又は各種記憶媒体を介してシステム或いは装置に供給する。そして、そのシステム或いは装置のコンピュータ(又はCPUやMPU等)がプログラムを読み出して実行する処理である。

【0065】

以上、上述した各実施形態によれば、姿勢が変化する物体を少ない演算量で精度よく検出することができる。

【0066】

以上、本発明の好ましい実施形態について詳述したが、本発明は係る特定の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

【符号の説明】

【0067】

100 物体検出装置、101 画像入力部、102 部分画像抽出部、103 回帰モデル記憶部、104 特徴量特定部、105 姿勢推定部、106 物体モデル記憶部、107 前段判別部、108 結果出力部、109 後段判別部

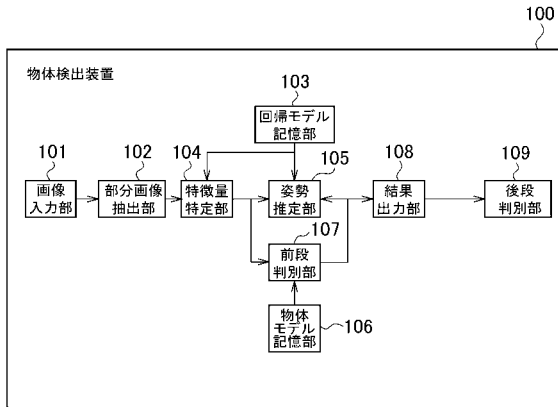
10

20

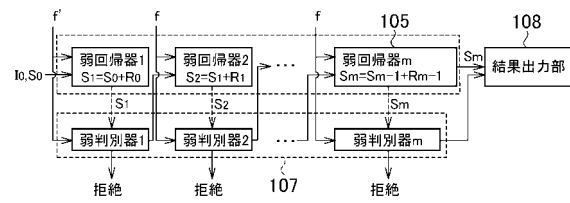
30

40

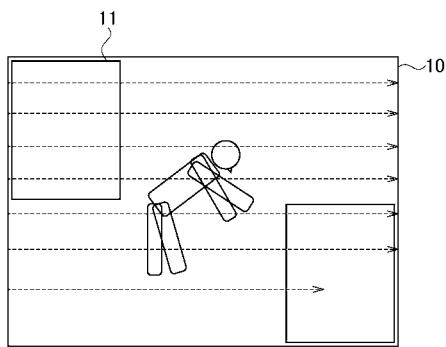
【 図 1 】



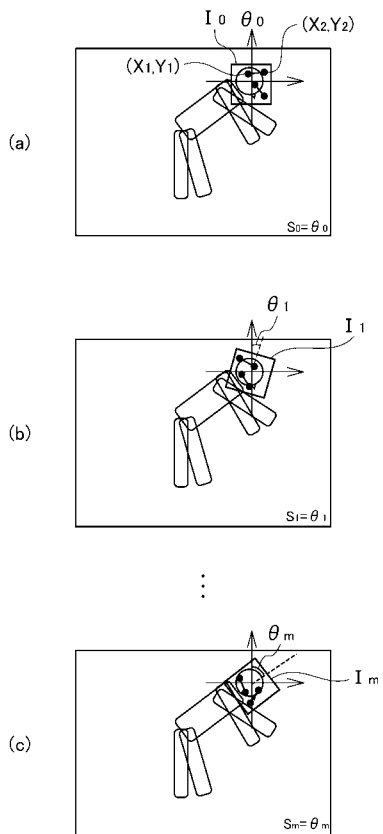
【 図 3 】



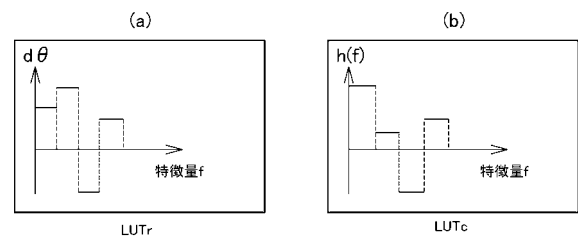
【 図 2 】



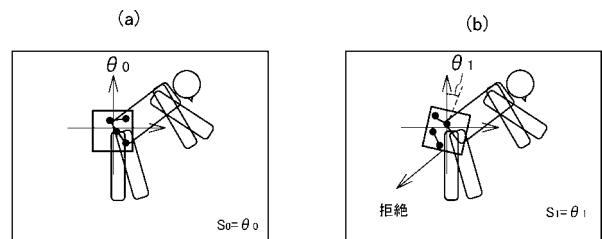
【 図 4 】



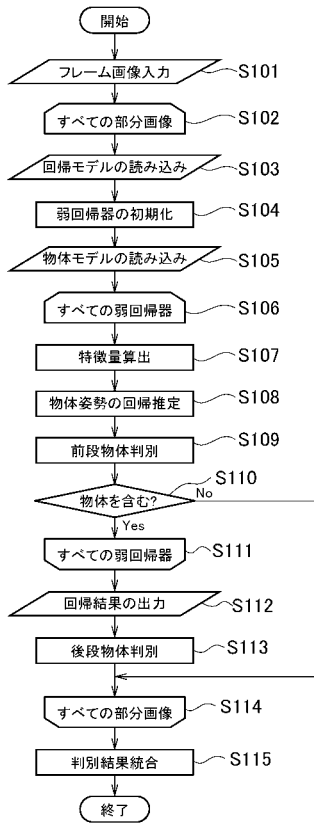
【 図 5 】



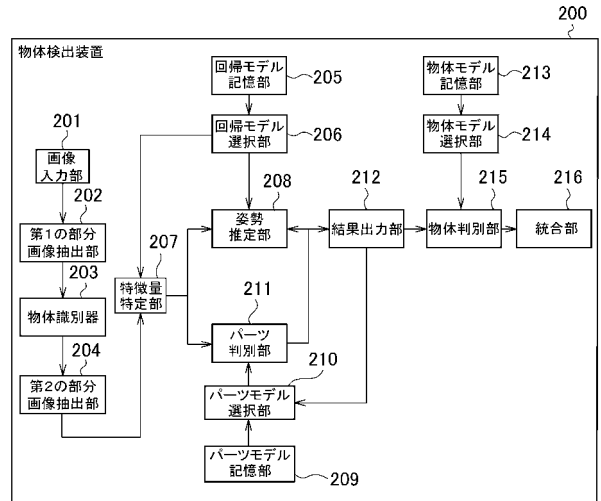
【 図 6 】



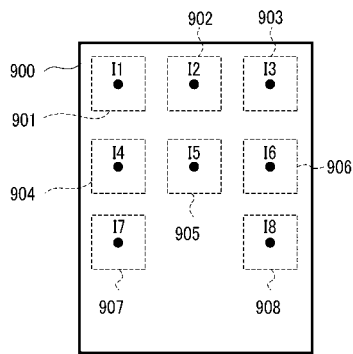
【 図 7 】



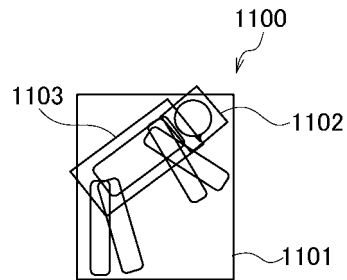
【 図 8 】



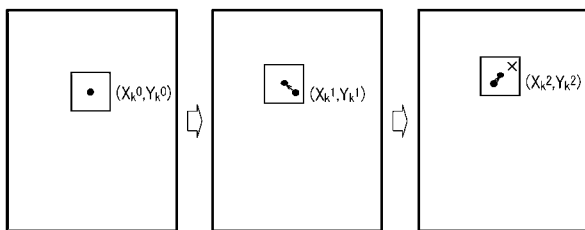
【 図 9 】



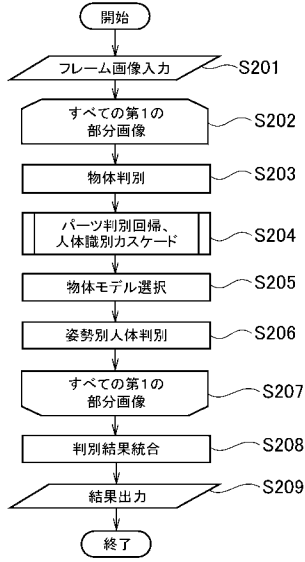
【 図 1 1 】



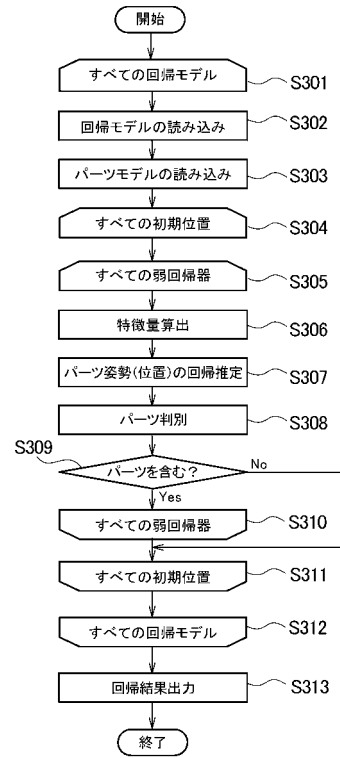
【 図 1 0 】



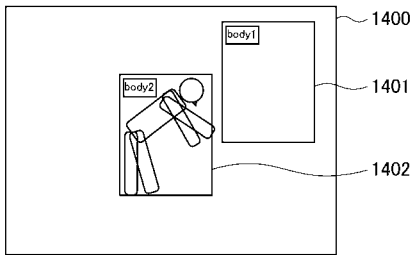
【 図 1 2 】



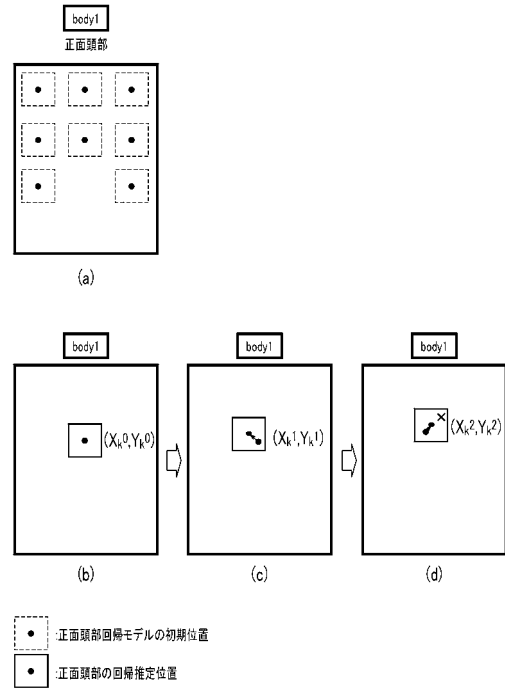
【 図 1 3 】



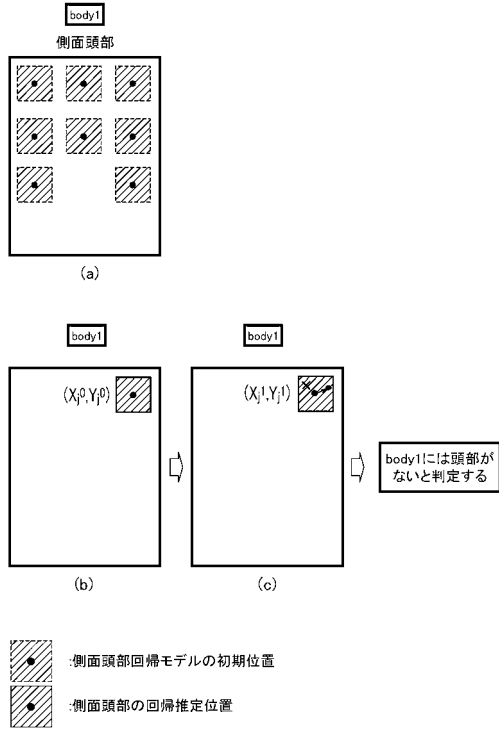
【 図 1 4 】



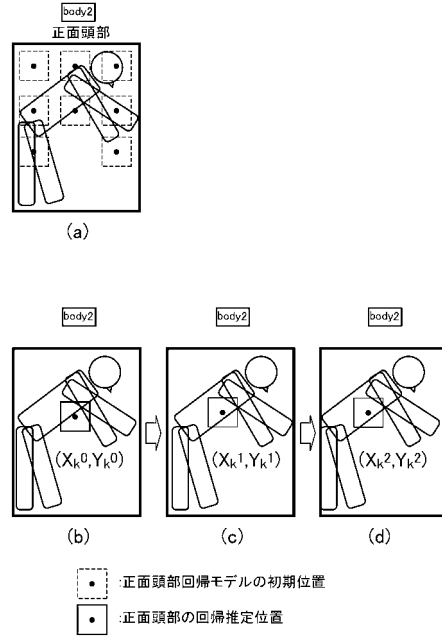
【 図 1 5 】



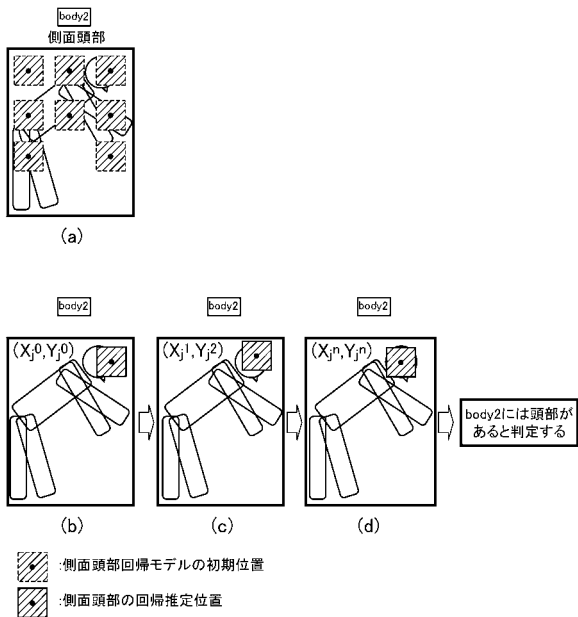
【図 16】



【図 17】



【図 18】



【図 19】

