

(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2010-3253

(P2010-3253A)

(43) 公開日 平成22年1月7日(2010.1.7)

(51) Int.Cl.

G06T 7/20 (2006.01)

F I

G06T 7/20 100

テーマコード (参考)

5 L 0 9 6

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2008-163626 (P2008-163626)
 (22) 出願日 平成20年6月23日 (2008. 6. 23)

(71) 出願人 508188972
 アイドゲノッシッシェ テヒニッシェ ホ
 ッホシューレ チューリッヒ
 スイス, ツェーハー 8092 チュー
 リッヒ, シュテルンヴァルトシュトラ
 セ 7
 (71) 出願人 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (74) 代理人 100088155
 弁理士 長谷川 芳樹
 (74) 代理人 100113435
 弁理士 黒木 義樹
 (74) 代理人 100116920
 弁理士 鈴木 光

最終頁に続く

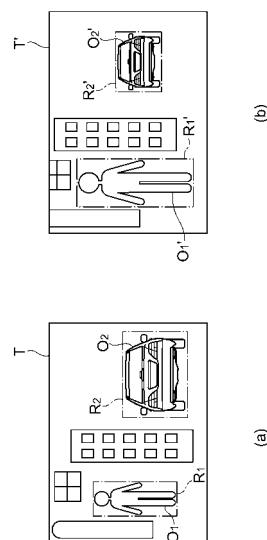
(54) 【発明の名称】 運動推定装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】画像中に移動物体が存在している場合でも、自律移動機械の運動推定を精度良く実施することができる運動推定装置を提供する。

【解決手段】運動推定装置は、まず連続する画像フレームT, T'に存在する移動物体O₁, O₁'を検出し、その移動物体O₁, O₁'に対応する画像領域R₁, R₁'を取得する。そして、運動推定装置は、画像フレームT, T'において移動物体O₁, O₁'に対応する画像領域R₁, R₁'を除去し、その画像領域R₁, R₁'が除去された後の画像領域の中から、画像フレームT, T'間の特徴点の対応点对を抽出し、その特徴点の対応点对の位置関係に基づいて、画像フレームT, T'間における自律移動機械の運動推定を行う。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

撮像器により自律移動機械の周辺環境を撮像し、前記周辺環境の各撮像画像の変化に基づいて前記自律移動機械の運動状態を推定する運動推定装置において、

前記周辺環境の各撮像画像に存在する移動物体を検出し、前記移動物体に対応する画像領域を除去する画像領域除去手段と、

前記移動物体に対応する画像領域を除去した後の前記各撮像画像から特徴対応点を抽出する特徴対応点抽出手段と、

前記各撮像画像の前記特徴対応点の位置関係に基づいて、前記自律移動機械の運動状態を推定する第 1 推定手段とを備えることを特徴とする運動推定装置。

10

【請求項 2】

前記特徴対応点の数が所定値よりも多いかどうかを判断する判断手段を更に備え、

前記第 1 推定手段は、前記判断手段により前記特徴対応点の数が前記所定値よりも多いと判断されたときに、前記各撮像画像の特徴対応点の位置関係に基づいて、前記自律移動機械の運動状態を推定することを特徴とする請求項 1 記載の運動推定装置。

【請求項 3】

前記判断手段により前記特徴対応点の数が前記所定値よりも多くないと判断されたときに、前記自律移動機械の過去の位置に基づいて、前記自律移動機械の運動状態を推定する第 2 推定手段とを更に備えることを特徴とする請求項 2 記載の運動推定装置。

【請求項 4】

20

前記撮像器に対する前記移動物体の位置を求める位置検出手段と、

前記移動物体の速度を求める速度検出手段と、

前記判断手段により前記特徴対応点の数が前記所定値よりも多くないと判断されたときに、前記自律移動機械の過去の位置に基づいて、前記自律移動機械の仮の運動状態を推定する仮推定手段と、

前記撮像器に対する前記移動物体の位置と前記移動物体の速度と前記自律移動機械の仮の運動状態とに基づいて、前記自律移動機械の運動状態を推定する第 2 推定手段とを更に備えることを特徴とする請求項 2 記載の運動推定装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

30

【0001】

本発明は、例えば自動運転車両や移動ロボット等の自律移動機械の運動状態を推定する運動推定装置に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

自律移動機械の運動状態を推定する運動推定装置としては、例えば特許文献 1 に記載されているように、例えばビデオカメラにより周囲環境の画像シーケンスを取得し、その画像シーケンスを例えばビデオ処理技法に従って処理し、周囲環境に対する運動推定を行うものが知られている。

【特許文献 1】特表 2008 - 503757 号公報

40

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0003】**

上記従来技術のように周囲環境の画像を用いて運動推定を行う場合には、例えば各画像において抽出された特徴対応点に基づいて自律移動機械の運動状態を推定する。しかし、各画像の特徴対応点は静止物体上にあるものと仮定するため、抽出された特徴対応点が移動物体（車両や歩行者等）上にある場合には、自律移動機械の運動推定を正しく行うことができなくなる。

【0004】

本発明の目的は、画像中に移動物体が存在している場合でも、自律移動機械の運動推定

50

を精度良く実施することができる運動推定装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は、撮像器により自律移動機械の周辺環境を撮像し、周辺環境の各撮像画像の変化に基づいて自律移動機械の運動状態を推定する運動推定装置において、周辺環境の各撮像画像に存在する移動物体を検出し、移動物体に対応する画像領域を除去する画像領域除去手段と、移動物体に対応する画像領域を除去した後の各撮像画像から特徴対応点を抽出する特徴対応点抽出手段と、各撮像画像の特徴対応点の位置関係に基づいて、自律移動機械の運動状態を推定する第1推定手段とを備えることを特徴とするものである。

【0006】

このように本発明の運動推定装置においては、撮像器により取得された自律移動機械の周辺環境の各撮像画像に存在する移動物体を検出し、その移動物体に対応する画像領域を除去する。そして、移動物体に対応する画像領域を除去した後の各撮像画像から特徴対応点を抽出することにより、実際には移動物体であるにも拘わらず、撮像画像において静止物体上にあるものとして特徴対応点が抽出されるといった不具合が生じることは無い。これにより、各撮像画像に移動物体が存在している場合でも、自律移動機械の運動推定を精度良く行うことができる。

【0007】

好ましくは、特徴対応点の数が所定値よりも多いかどうかを判断する判断手段を更に備え、第1推定手段は、判断手段により特徴対応点の数が所定値よりも多いと判断されたときに、各撮像画像の特徴対応点の位置関係に基づいて、自律移動機械の運動状態を推定する。この場合には、運動推定にとって十分な数の特徴対応点を使用するので、自律移動機械の運動推定をより精度良く行うことができる。

【0008】

このとき、判断手段により特徴対応点の数が所定値よりも多くないと判断されたときに、自律移動機械の過去の位置に基づいて、自律移動機械の運動状態を推定する第2推定手段とを更に備えることが好ましい。この場合には、各撮像画像に存在する静止物体が少なくても、自律移動機械の運動推定を行うことができる。

【0009】

また、撮像器に対する移動物体の位置を求める位置検出手段と、移動物体の速度を求める速度検出手段と、判断手段により特徴対応点の数が所定値よりも多くないと判断されたときに、自律移動機械の過去の位置に基づいて、自律移動機械の仮の運動状態を推定する仮推定手段と、撮像器に対する移動物体の位置と移動物体の速度と自律移動機械の仮の運動状態とに基づいて、自律移動機械の運動状態を推定する第2推定手段とを更に備えても良い。この場合には、各撮像画像に存在する静止物体が少なくても、各撮像画像に必要な数の移動物体が存在していれば、自律移動機械の運動推定を行うことができる。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、画像中に移動物体が存在している場合でも、自律移動機械の運動推定を精度良く実施することができる。これにより、例えばその後の自律移動機械の運動制御が行いやすくなる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

以下、本発明に係わる運動推定装置の好適な実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【0012】

図1は、本発明に係わる運動推定装置の一実施形態の概略構成を示すブロック図である。同図において、本実施形態の運動推定装置1は、自動運転車両や移動ロボット等の自律移動機械に搭載され、自律移動機械の自己運動（移動や回転等）の状態を推定する装置である。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 3 】

運動推定装置 1 は、自律移動機械の周辺環境を撮像するカメラ 2 と、CPU、ROM や RAM 等のメモリ、入出力回路等により構成された ECU (Electronic Control Unit) 3 とを備えている。カメラ 2 の数としては、1 つでも良いし、2 つ以上あっても良い。

【 0 0 1 4 】

ECU 3 は、画像処理部 4 と、記憶部 5 と、運動推定部 6 と、駆動制御部 7 とを有している。画像処理部 4 は、カメラ 2 により取得された自律移動機械の周辺環境の撮像画像に対してフィルタ処理、2 値化処理、特徴抽出処理等の画像処理を施し、画像フレームを生成する。

【 0 0 1 5 】

記憶部 5 には、自動車等の車両、二輪車、自転車及び歩行者等といった自律移動機械とは独立して移動する移動物体の形状や姿勢等に関するデータ (移動物体データ) が予め記憶されている。移動物体データとしては、移動物体の種類毎に数多くのデータが登録されている。

【 0 0 1 6 】

運動推定部 6 は、画像処理部 4 で得られた画像フレームを入力し、記憶部 5 に記憶された移動物体データを用いて所定の処理を行い、自律移動機械がどのように動いているかを推定する。

【 0 0 1 7 】

駆動制御部 7 は、運動推定部 6 で推定された運動状態に応じて、自律移動機械の駆動系 (自動運転車両の場合には操舵系も含む) を制御する。

【 0 0 1 8 】

図 2 は、運動推定部 6 により実行される運動推定処理の手順の詳細を示すフローチャートである。

【 0 0 1 9 】

同図において、まず最新の画像フレーム T' 及びその 1 つ前の画像フレーム T を用意し、これらの画像フレーム T, T' に存在する移動物体 O_i, O_i' を検出し、移動物体 O_i, O_i' に対応する画像領域 R_i, R_i' を取得する (手順 S 1 0 1)。なお、 $i = 1 \sim N$ (N は検出された移動物体の数) である。

【 0 0 2 0 】

具体的には、画像フレーム T, T' に存在する移動物体候補と記憶部 5 に記憶された移動物体データとを比較してパターン認識を行い、移動物体候補と何れかの移動物体データとの類似度が所定値以上のときに、当該移動物体候補を移動物体 O_i, O_i' とする。

【 0 0 2 1 】

図 3 は、画像フレーム T, T' の一例を示したものである。画像フレーム T, T' には、移動物体 (歩行者) O_1, O_1' に対応する画像領域 R_1, R_1' と、移動物体 (車両) O_2, O_2' に対応する画像領域 R_2, R_2' とが存在している。また、画像フレーム T, T' には、3 つの静止物体 (建物等) も存在している。

【 0 0 2 2 】

続いて、既知の手法を用いて、カメラ 2 から見た場合の移動物体 O_i, O_i' の位置 $P_i(X_i, Y_i, Z_i), P_i'(X_i', Y_i', Z_i')$ を計算する (手順 S 1 0 2)。

【 0 0 2 3 】

そして、カメラ 2 から見た場合の各移動物体の位置座標から各移動物体の移動距離を求め、この移動距離と撮像画像の取得時間間隔 (例えば 1 0 0 m s) とから各移動物体の速度 V_i を計算する (手順 S 1 0 3)。このとき、速度 V_i の算出精度を上げるためには、最新 2 枚の画像フレーム T, T' だけでなく、過去何枚もの画像フレームの情報を用いて各移動物体の速度 V_i を求めるのが望ましい。

【 0 0 2 4 】

続いて、画像フレーム T, T' において移動物体 O_i, O_i' に対応する画像領域 R_i, R_i' を除去する (手順 S 1 0 4)。例えば図 3 に示す画像フレーム T, T' に対して

10

20

30

40

50

本処理を実行すると、図4に示すように、移動物体 O_1 、 O_1' に対応する画像領域 R_1 、 R_1' と移動物体 O_2 、 O_2' に対応する画像領域 R_2 、 R_2' とが取り除かれ、3つの静止物体が残った画像となる。

【0025】

続いて、移動物体 O_i 、 O_i' に対応する画像領域 R_i 、 R_i' が除去された後の画像領域の中から、画像フレーム T 、 T' 間の特徴点の対応点対 P_j ($j = 1 \sim M$: M は対応点対の数)を取得する(手順S105)。特徴点は、画像フレーム T 、 T' に残った静止物体における特徴的な部位を表す点のことである。

【0026】

続いて、特徴点の対応点対(特徴対応点)の数 M が予め決められた閾値よりも多いかどうかを判断する(手順S106)。特徴点の対応点対 P_j の数 M が閾値よりも多いと判断されたときは、特徴点の対応点対 P_j の位置関係に基づいて、画像フレーム T 、 T' 間における自律移動機械の運動推定を実施する(手順S107)。このとき、運動推定を行う手法としては、因子分解法(例えばC.Tomasi and Kanade, Shape and Motion from Image Streams under Orthography: a Factorization Method, International Journal of Computer Vision, pp.137-154, 1992参照)等が用いられる。

【0027】

一方、特徴点の対応点対 P_j の数 M が閾値よりも多くないと判断されたときは、自律移動機械の過去の運動推定結果を用いて、画像フレーム T 、 T' 間における自律移動機械の運動推定を実施する(手順S108)。このとき、例えば自律移動機械の過去の動きを線形に外挿して、運動推定を行う。

【0028】

なお、手順S108においては、自律移動機械の過去の運動推定結果に加えて、画像フレーム T 、 T' に存在する特徴点の対応点対 P_j の位置関係も用いて、自律移動機械の運動推定を実施しても良い。

【0029】

以上において、ECU3における記憶部5と運動推定部6の手順S101、S104とは、周辺環境の各撮像画像に存在する移動物体を検出し、移動物体に対応する画像領域を除去する画像領域除去手段を構成する。運動推定部6の手順S105は、移動物体に対応する画像領域を除去した後の各撮像画像から特徴対応点を抽出する特徴対応点抽出手段を構成する。運動推定部6の手順S107は、各撮像画像の特徴対応点の位置関係に基づいて、自律移動機械の運動状態を推定する第1推定手段を構成する。

【0030】

また、運動推定部6の手順S106は、特徴対応点の数が所定値よりも多いかどうかを判断する判断手段を構成する。運動推定部6の手順S108は、判断手段により特徴対応点の数が所定値よりも多くないと判断されたときに、自律移動機械の過去の位置に基づいて、自律移動機械の運動状態を推定する第2推定手段を構成する。

【0031】

図5は、本実施形態の運動推定装置1により自律移動機械の運動状態を推定する時の動作を模式的に示したものである。ここでは、図5(a)に示すように、走行中の自律移動機械の前方に既知物体A、Bが存在しているものとする。この場合には、既知物体A、Bがカメラ2により撮像されることで、既知物体A、Bが写っている画像フレーム T が取得される。

【0032】

既知物体A、Bが静止物体であり、その静止物体上の特徴点数が十分多い場合には、図5(b)に示すように、自律移動機械の走行によってカメラ2が静止物体に近づくようになる。このため、その時の静止物体をカメラ2で撮像して画像フレーム T' を取得し、画像フレーム T 、 T' 間の特徴点の対応点対を求めることにより、自律移動機械の運動状態を正確に推定することができる。

【0033】

10

20

30

40

50

ところで、既知物体 A , B が本当は移動物体であるのに静止物体であると仮定して、運動推定を行った場合には、図 5 (c) に示すように、実際には自律移動機械が前進しているにも拘わらず、自律移動機械が停止または後退していると誤推定されてしまう。

【 0 0 3 4 】

これに対し本実施形態では、既知物体 A , B が移動物体である場合には、その事が認識可能であるため、移動後の移動物体をカメラ 2 で撮像して画像フレーム T ' を取得し、自律移動機械の過去の運動推定結果を用いることで、自律移動機械の運動状態を推定することができる。

【 0 0 3 5 】

以上のように本実施形態にあつては、連続する画像フレーム T , T ' に存在する移動物体 O_i , O_i' を検出し、この移動物体 O_i , O_i' に対応する画像領域 R_i , R_i' を除去し、その後の画像フレーム T , T ' において特徴点の対応点対 P_j を抽出し、対応点対 P_j の数が閾値よりも多いときに、画像フレーム T , T ' 間の特徴点の対応点対 P_j の位置関係に基づいて自律移動機械の運動状態を推定する。このように画像フレームに移動物体が存在している場合には、その移動物体に対応する画像領域を画像フレームから除去するので、図 5 (c) に示すように移動物体を静止物体と仮定して運動推定を行うといったことが防止される。このとき、移動物体が停止している場合や、移動物体の速度変化がゼロに近い場合でも、移動物体に対応する画像領域を除去するので、移動物体の微妙な動きによる推定誤差を無くすることができる。これにより、自律移動機械の周囲に多数の移動物体が存在している場合でも、自律移動機械の運動推定を高精度に行うことができる。

10

20

【 0 0 3 6 】

また、特徴点の対応点対 P_j の数が閾値よりも少ないときは、自律移動機械の過去の運動推定結果を運動推定に用いることで、画像フレームに存在する静止物体が少なくても、自律移動機械の運動状態を推定することができる。

【 0 0 3 7 】

さらに、GPS (全地球測位システム) を利用して運動推定を行う場合には、GPS 衛星からの電波が建物等で遮られて運動推定が困難になることがあり、また車輪の回転速度を検出して運動推定を行う場合には、路面でスリップすると運動推定が困難になることがあるが、本実施形態の運動推定装置 1 によれば、そのような不具合を回避することが可能となる。

30

【 0 0 3 8 】

図 6 は、運動推定部 6 により実行される運動推定処理の他の手順を示すフローチャートである。図中、図 2 に示すフローチャートと同一の手順には同じ符号を付し、その説明を省略する。

【 0 0 3 9 】

同図において、手順 S 1 0 6 において特徴点の対応点対 P_j の数 M が閾値よりも多くないと判断されたときは、自律移動機械の過去の運動推定結果を用いて、画像フレーム T , T ' 間における自律移動機械の仮の運動推定を実施する (手順 S 1 1 1) 。

【 0 0 4 0 】

続いて、上述した移動物体 O_i の位置 P_i 及び移動物体の速度 V_i を用いて、画像フレーム T ' の時間におけるカメラ 2 から見た場合の移動物体 O_i' の位置 P_i' (X_i' , Y_i' , Z_i') を補正する (手順 S 1 1 2) 。このとき、移動物体が速度 V_i で等速度運動を行っていると仮定して、補正計算を行う。

40

【 0 0 4 1 】

そして、上記の移動物体 O_i の位置 P_i と補正された移動物体 O_i' の位置 P_i' との位置関係と、移動物体の速度 V_i と、自律移動機械の仮の運動推定結果とに基づいて、画像フレーム T , T ' 間における自律移動機械の運動推定を実施する (手順 S 1 1 3) 。この時の運動推定法としては、例えば上記の手順 S 1 0 7 と同様に因子分解法等を採用することができる。

【 0 0 4 2 】

50

なお、手順 S 1 1 3 においては、画像フレーム T , T ' に存在する特徴点の対応点対 P_j の位置関係も用いて、自律移動機械の運動推定を実施しても良い。

【 0 0 4 3 】

以上において、運動推定部 6 の手順 S 1 0 2 は、撮像器 2 に対する移動物体の位置を求める位置検出手段を構成する。運動推定部 6 の手順 S 1 0 3 は、移動物体の速度を求める速度検出手段を構成する。運動推定部 6 の手順 S 1 1 1 は、判断手段により特徴対応点の数が所定値よりも多くないと判断されたときに、自律移動機械の過去の位置に基づいて、自律移動機械の仮の運動状態を推定する仮推定手段を構成する。運動推定部 6 の手順 S 1 1 2 , S 1 1 3 は、撮像器 2 に対する移動物体の位置と移動物体の速度と自律移動機械の仮の運動状態とに基づいて、自律移動機械の運動状態を推定する第 2 推定手段を構成する。

10

【 0 0 4 4 】

このような構成では、既知物体 A , B が移動物体である場合には、その事が認識可能であるため、図 5 (d) に示すように、移動後の移動物体をカメラ 2 で撮像して画像フレーム T ' を取得し、画像フレーム T , T ' 間の移動物体の位置関係と移動物体の速度とを求め、移動物体の動きを予測することにより、自律移動機械の運動状態を正確に推定することができる。

【 0 0 4 5 】

なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。例えば上記実施形態では、移動物体の速度 V_i を求め、静止物体上の特徴点の対応点対の数が閾値よりも少ないときは、移動物体が速度 V_i で等速度運動を行っているとは仮定して運動推定を行うようにしたが、移動物体が等速度運動を行っているとは仮定せずに、移動物体の加速度やジャーク等の速度変化を考慮して、運動推定を行っても良い。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 6 】

【 図 1 】 本発明に係わる運動推定装置の一実施形態の概略構成を示すブロック図である。

【 図 2 】 図 1 に示した運動推定部により実行される運動推定処理の手順の詳細を示すフローチャートである。

【 図 3 】 図 1 に示した画像処理部により得られる画像フレームの一例を示す概略図である。

30

【 図 4 】 図 3 に示した画像フレームから移動物体に対応する画像領域を除去した状態を示す概略図である。

【 図 5 】 図 1 に示した運動推定装置により自律移動機械の運動状態を推定する時の動作を模式的に示す図である。

【 図 6 】 図 1 に示した運動推定部により実行される運動推定処理の他の手順を示すフローチャートである。

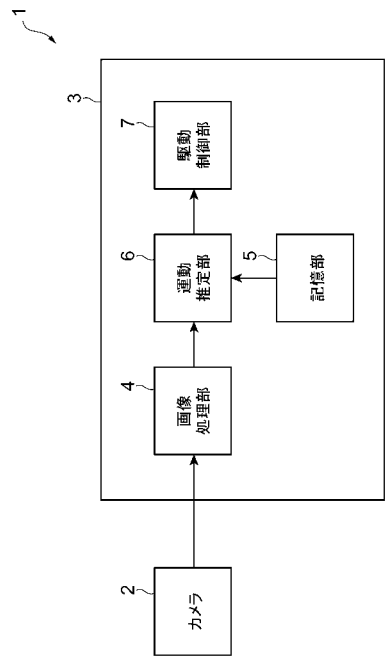
【 符号の説明 】

【 0 0 4 7 】

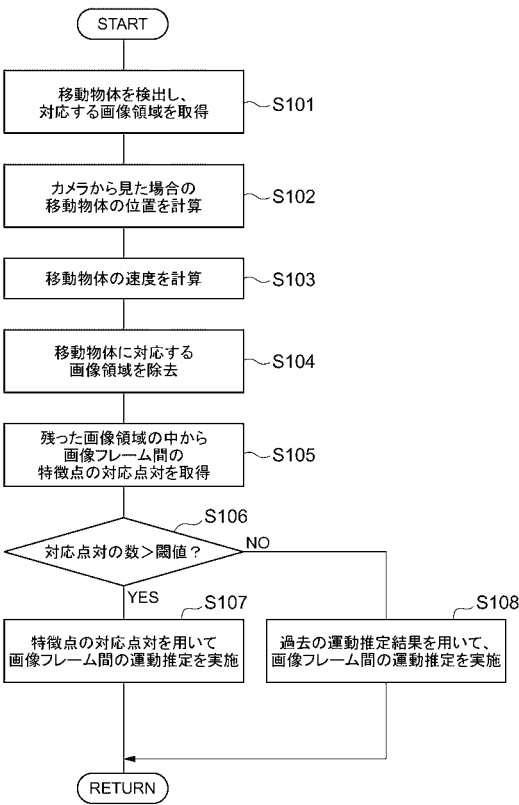
1 ... 運動推定装置、 2 ... カメラ (撮像器)、 3 ... E C U、 4 ... 画像処理部、 5 ... 記憶部 (画像領域除去手段)、 6 ... 運動推定部 (画像領域除去手段、 特徴対応点抽出手段、 第 1 推定手段、 判断手段、 第 2 推定手段、 位置検出手段、 速度検出手段、 仮推定手段)。

40

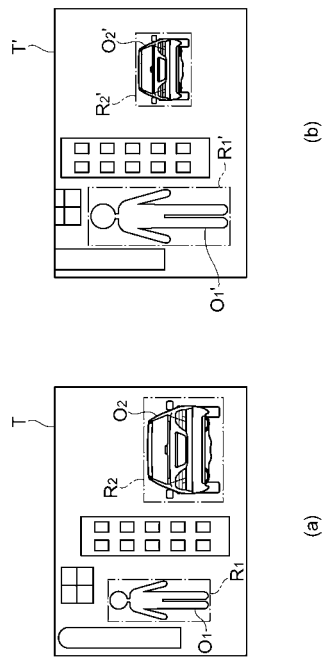
【 図 1 】



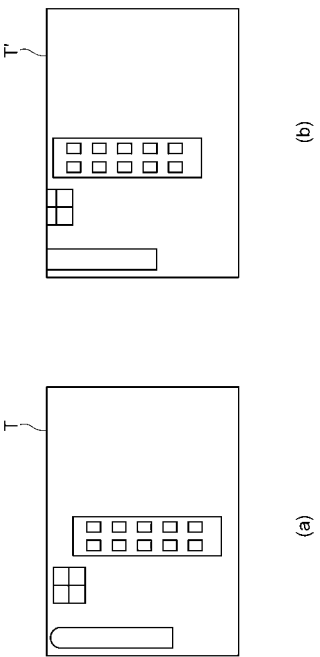
【 図 2 】



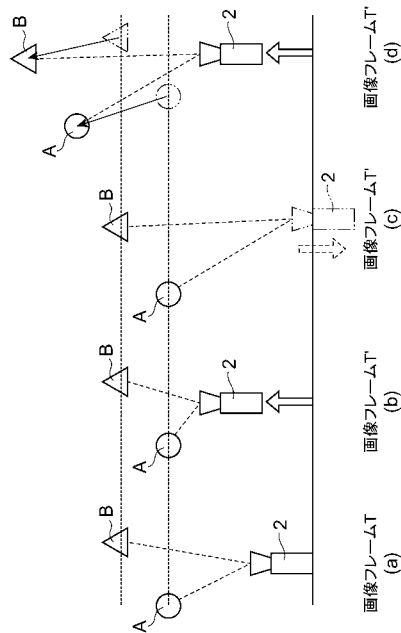
【 図 3 】



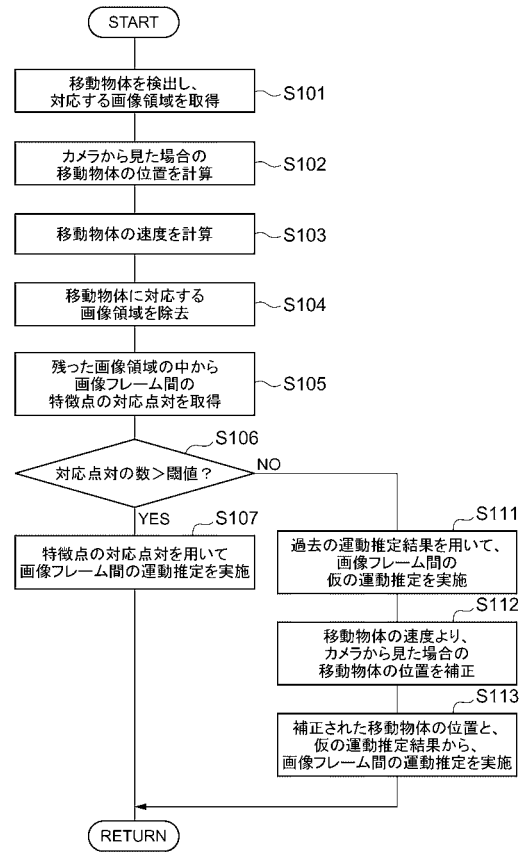
【 図 4 】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

- (72)発明者 アンドレアス エス
スイス, ツェーハー - 8 0 9 2 チューリッヒ, シュテルンヴァルトシュトラッセ 7
- (72)発明者 バスチャン リーベ
スイス, ツェーハー - 8 0 9 2 チューリッヒ, シュテルンヴァルトシュトラッセ 7
- (72)発明者 コンラッド シンドラー
スイス, ツェーハー - 8 0 9 2 チューリッヒ, シュテルンヴァルトシュトラッセ 7
- (72)発明者 ルック ファン ゴール
スイス, ツェーハー - 8 0 9 2 チューリッヒ, シュテルンヴァルトシュトラッセ 7
- (72)発明者 北浜 謙一
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 船山 竜士
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- Fターム(参考) 5L096 BA04 BA05 CA04 FA09 FA69 HA03