

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年8月10日(10.08.2017)



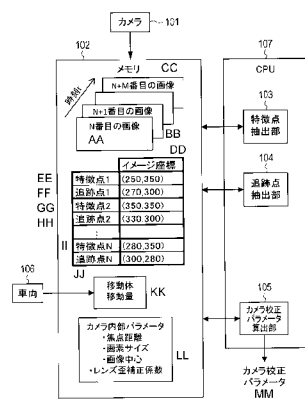
(10) 国際公開番号
WO 2017/135081 A1

- (51) 国際特許分類:
H04N 5/232 (2006.01) G06T 7/20 (2017.01)
B60R 1/00 (2006.01) H04N 5/225 (2006.01)
G03B 15/00 (2006.01) H04N 7/18 (2006.01)
G06T 1/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/002092
- (22) 国際出願日: 2017年1月23日(23.01.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-019072 2016年2月3日(03.02.2016) JP
- (71) 出願人: パナソニックIPマネジメント株式会社 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5406207 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 木本 大介(KIMOTO Daisuke). 間藤 隆一(MATO Ryuichi).
- (74) 代理人: 鎌田 健司, 外(KAMATA Kenji et al.); 〒5406207 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号 パナソニックIPマネジメント株式会社 内 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー

[続葉有]

(54) Title: VEHICLE-MOUNTED CAMERA CALIBRATION SYSTEM

(54) 発明の名称: 車載カメラ用校正システム



- 101 Camera
- 102 Memory
- 103 Feature point extraction unit
- 104 Tracking point extraction unit
- 105 Camera calibration parameter calculation unit
- 106 Vehicle
- I Time
- AA Nth image
- BB N+1th image
- CC N+Mth image
- DD Image coordinates
- EE Feature point 1
- FF Tracking point 1
- GG Feature point 2
- HH Tracking point 2
- II Feature point N
- JJ Tracking point N
- KK Amount of movement of mobile body
- LL Camera internal parameters
Focal distance
Pixel size
Image center
Lens distortion correction coefficient
- MM Camera calibration parameter

(57) Abstract: Provided is a vehicle-mounted camera calibration system which performs camera calibration automatically when a vehicle is moved in a production line without stopping the vehicle on the production line. The vehicle-mounted camera calibration system is provided with: a camera which is attached to the vehicle and which captures an image of a road surface in a time series; a memory in which the image captured by the camera is stored in a time series; a feature point extraction unit which extracts a feature point from the captured image stored in the memory; a tracking point extraction unit which extracts a tracking point to which the feature point moves after the elapse of a predetermined time; and a camera calibration parameter calculation unit which calculates a camera calibration parameter from the feature point and the tracking point.

(57) 要約: 生産ライン上で車両を停車することなく、生産ラインを車両が移動する際に自動的にカメラ校正を行う車載カメラ用校正システムを提供する。車載カメラ用校正システムは、車両に取り付けられ時系列に路面の画像を撮影するカメラと、カメラで撮影された画像を時系列に保存するメモリと、メモリに保存された撮影画像から特徴点を抽出する特徴点抽出部と、特徴点の所定時間経過後の移動先である追跡点を抽出する追跡点抽出部と、特徴点と追跡点からカメラの校正パラメータを算出するカメラ校正パラメータ算出部と、を具備する。

WO 2017/135081 A1

ロシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG). 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：車載カメラ用校正システム

技術分野

[0001] 本開示は、カメラにより撮影された画像を用いてカメラ画像の校正を行う車載カメラ用校正システムに関する。

背景技術

[0002] 従来から、車載カメラで撮影された車両後方の画像を車載モニタに表示することで、運転者から死角になる車両後方直近の状況を車載モニタに表示された画像として視認し、車両後退時の視認性を向上させることが行われている。

[0003] このような車載カメラの画像を車載モニタに表示するに際しては、車載カメラの車両への取り付け状態を是正するために、車両の後方に校正用のターゲットを設置する。そして、車載モニタに映った校正用ターゲットの像を見ながら、その校正用ターゲットの像が適正に映るように車載カメラの取り付け状態を調整することが行われる。

[0004] また、車載カメラで得られた画像に対して、校正用ターゲットの像に基づいた所定の演算処理を施すことで車載モニタに映る画像を適正に校正することが行われている。

[0005] また、車両の全周囲を複数の車載カメラで撮影し、各車載カメラで得られた複数の画像をそれぞれ車両の真上から見下ろしたような画像（俯瞰画像）に変換する。それとともに、各画像間での位置を調整したマッピングを行うことで、単一の視点変換合成画像を得ることも行われている。このような場合には、隣接する2つの画像間で精度よく位置合わせを行う必要があるため、高精度の校正が求められる。

[0006] しかし、従来の校正方法は、校正用ターゲットと車両との相対的な位置関係を厳密に定める必要があった。そのため、車両を設置した後にその車両に対して精度よく校正用ターゲットを設置するか、または校正用ターゲットを

設置した後にその校正用ターゲットに対して精度よく車両を設置する必要があった。

[0007] このため、車両生産ラインでは費用をかけて設備を改造し、車両と校正用ターゲットとの位置合わせ精度を向上させる工夫がされている。さらに、生産現場から一旦出荷された後に販売・サービス会社の整備部門で校正をやり直す場合（修理等の場合や車載カメラ等を後付けする場合等）は、校正用ターゲットをその都度、精度良く設置する必要がある。そのため作業の手間が一層かかるものとなっている。

[0008] このような状況から、車両と校正用ターゲットの相対的な設置精度をさほど要求されない校正方法が望まれており、従来においても幾つかの技術が提案されている。

[0009] 例えば、特許文献1には、白線格子を校正用ターゲットとし、白線格子の直線度、平行度、直交度、間隔といった、車両の停車状態とは無関係な特徴を利用して、複数台のカメラの内部／歪みパラメータ、および外部パラメータを校正する手法が提案されている。

[0010] また、特許文献2には、校正用ターゲットと、校正精度評価用ターゲットが一体化したものを使用して校正する手法が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0011] 特許文献1：特開2012-015576号公報

特許文献2：特開2009-118414号公報

発明の概要

[0012] しかしながら、特許文献1、2は、校正ターゲット内に車両を停車することが必要となっており、工場の生産ラインにおいて、各車両に対して、作業員が車両を校正ターゲット内に停車する作業（コスト）が発生してしまう。

[0013] 本開示はかかる点に鑑みてなされたものであり、生産ライン上で車両を停車することなく、車載カメラの校正を行うことができる車載カメラ用校正システムを提供することを目的とする。

[0014] 本開示の車載カメラ用校正システムは、カメラと、メモリと、特徴点抽出部と、追跡点抽出部と、カメラ校正パラメータ算出部と、を具備する。カメラは、車両に取り付けられ時系列に路面の画像を撮影する。メモリは、カメラで撮影された画像を時系列に保存する。特徴点抽出部は、メモリに保存された撮影画像から特徴点を抽出する。追跡点抽出部は、特徴点の所定時間経過後の移動先である追跡点を抽出する。カメラ校正パラメータ算出部は、特徴点と追跡点からカメラの校正パラメータを算出する。

[0015] 本開示によれば、生産ライン上で車両を停車することなく、生産ラインを車両が移動する際に自動的にカメラ校正を行うことができる。従って、車両の位置決めが不要な車載カメラの校正を行うことができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]本開示の実施の形態1に係るカメラ校正装置の機能構成を示すブロック図

[図2]メモリに保存されたN番目の画像の特徴点のイメージ座標を示す図

[図3]メモリに保存されたN+1番目の画像の追跡点のイメージ座標を示す図

[図4]カメラ校正パラメータを算出するフローチャート

[図5]メモリに保存された特徴点のイメージ座標と追跡点のイメージ座標を世界座標に変換するフローチャート

[図6A]世界座標における座標軸および各座標軸まわりの回転を説明する図

[図6B]世界座標における座標軸および各座標軸まわりの回転を説明する図

[図7]特徴点、追跡点のイメージ座標を世界座標に変換する処理を説明する図

[図8]移動体の移動量のズレを算出する処理を説明する図

[図9]本発明の実施の形態2に係るカメラ校正装置の機能構成を示すブロック図

[図10]移動体の移動量を算出する移動体移動量算出部の処理を説明するフローチャート

[図11]カメラの相対的な並進行列Tと回転行列Rから実世界上の移動量を算出する処理を説明する図

発明を実施するための形態

[0017] (実施の形態1)

以下、本開示の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。図1は、本開示の実施の形態1に係るカメラ校正装置の機能構成を示すブロック図である。以下、図1を用いて、本実施の形態に係るカメラ校正装置の構成および動作を説明する。

[0018] 本実施の形態のカメラ校正装置は、車両などの移動体に設置される。このカメラ校正装置は、カメラ101の校正を行うものであって、メモリ102、特徴点抽出部103、追跡点抽出部104およびカメラ校正パラメータ算出部105を備えている。なお、図1には、車両106も示す。

[0019] 特徴点抽出部103、追跡点抽出部104およびカメラ校正パラメータ算出部105の各々は、カメラ校正装置内のCPU（中央処理装置、Central Processing Unit）107がROM（Read only Memory、図示せず）に格納されたプログラムを実行することで実現される。なお、CPU、ROMを用いる代わりにハードウェアで構成された専用回路で各部を実現してもよい。

[0020] カメラ101は、車両に設置され、車両の移動中に路面を撮像した画像を時系列的にメモリ102に保存する。

[0021] 特徴点抽出部103は、図2に示すようなメモリ102に保存されたN番目の画像から特徴点を抽出し、その特徴点のイメージ座標をメモリ102に保存する。なお、イメージ座標とは、メモリ上に置かれた画像の左上を原点とする2次元の座標系である。また、特徴点とは、その点を含む所定の範囲における輝度の情報量が特徴的な大きさを持つような点である。例えば、ハリスコーナ点等が上記特徴点として探索される。

[0022] 追跡点抽出部104は、図3に示すようなメモリ102に保存されたN+1番目の画像から特徴点と同じ特徴を有する点を追跡点として抽出し、その追跡点のイメージ座標をメモリ102に保存する。追跡点の抽出は、カナデ・ルーカス・トマシ法（the Kanade-Lucas-Tomasi (KLT)）などの処理方法を用いて行われる。

- [0023] カメラ校正パラメータ算出部105は、カメラ校正パラメータを算出する。以下、図4を用いてカメラ校正パラメータ算出部105が行う処理を詳細に説明する。
- [0024] まず、初期カメラパラメータ設定処理において（ステップ201）、カメラ校正パラメータ算出部105は、カメラ取り付け設計値のカメラ角度（パン、チルト、ロール）、カメラ位置を初期カメラパラメータと設定する。
- [0025] 次に、特徴点、追跡点座標変換処理において（ステップ202）、カメラ校正パラメータ算出部105は、メモリ102に保存された特徴点のイメージ座標と追跡点のイメージ座標を世界座標に変換する。なお、ステップ202の処理の詳細については後述する。
- [0026] 次に、移動量ズレ算出処理において（ステップ203）、カメラ校正パラメータ算出部105は、各特徴点、追跡点の世界座標上の移動量とメモリ102に保存された実際の移動体の移動量との差を、移動量のズレとして算出する。なお、ステップ203の処理の詳細については後述する。
- [0027] カメラ校正パラメータ算出部105は、一定の範囲でカメラパラメータを変更し、ステップ202-203の処理を繰り返す（ステップ204：NO、205）。
- [0028] そして、一定の範囲でステップ202-203の処理が完了した後（ステップ204：YES）、カメラ校正パラメータ出力処理において（ステップ206）、カメラ校正パラメータ算出部105は、移動量のズレを評価値とする。そして、この評価値が最少となるカメラパラメータ（カメラ角度、位置）を、カメラの画像と実際の道路との対応関係を示すカメラ校正パラメータとし、カメラ校正パラメータをカメラ画像校正装置（図示せず）に出力する。
- [0029] なお、カメラ画像校正装置は、カメラ校正パラメータを用いて、車載モニタ（図示せず）に映る画像を適正に校正する。
- [0030] 次に、図5～図7を用いて、特徴点、追跡点座標変換処理（ステップ202）、すなわち、メモリ102に保存された特徴点のイメージ座標と追跡点

のイメージ座標を、世界座標に変換する処理の詳細について説明する。

[0031] なお、世界座標とは実世界上の3次元座標系のことであり、式(1)～式(4)は世界座標 (X_w, Y_w, Z_w) とカメラ座標 (X_c, Y_c, Z_c) の関係を示す式である。世界座標とカメラ座標の関係は、回転行列 R と並進行列 T というパラメータにより決定される。世界座標において、 X 軸、 Y 軸および Z 軸は図6Aのように設けられる。図6Aにおいて、 X 軸、 Y 軸、 Z 軸についてそれぞれ原点から正向きにみたときに、各軸のまわりを反時計回りに回る向きを回転の正の方向とする。なお、 R_x は X 軸に対する回転角度を表し、 R_y は Y 軸に対する回転角度を表す。また、 R_z は Z 軸に対する回転角度を表す。例えば、 Z 軸まわりの回転においては、図6Bに示すように、原点から正の方向に向かう方向に対して反時計まわりにまわる方向を R_z の正の方向とする。 R_x 、 R_y についても同様とする。

[0032] [数1]

$$\begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{bmatrix} + T \quad (\text{式1})$$

[0033] [数2]

$$R = \begin{bmatrix} r_1 & r_2 & r_3 \\ r_4 & r_5 & r_6 \\ r_7 & r_8 & r_9 \end{bmatrix} \quad (\text{式2})$$

[0034] [数3]

$$T = \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix} \quad \text{式(3)}$$

[0035] [数4]

$$R = \begin{bmatrix} \cos R_z & \sin R_z & 0 \\ -\sin R_z & \cos R_z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos R_y & 0 & -\sin R_y \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin R_y & 0 & \cos R_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos R_x & \sin R_x \\ 0 & -\sin R_x & \cos R_x \end{bmatrix} \quad (\text{式4})$$

[0036] ステップ301において、カメラ校正パラメータ算出部105は、入力さ

れたイメージ座標(イメージx座標, イメージy座標)を歪ありセンサー座標(歪ありセンサーx座標, 歪ありセンサーy座標)に変換する。式(5)、式(6)は、イメージ座標と歪ありセンサー座標の関係を示す式である。なお、x、y方向の画素ピッチと画像中心は、カメラ内部パラメータとしてメモリ102に保存されている値を用いる。

[0037] [数5]

$$\begin{aligned} \text{歪ありセンサーx座標} &= x\text{方向の画素ピッチ} \times (\text{イメージx座標} - x\text{方向の画像中心}) \\ &\dots(\text{式5}) \end{aligned}$$

[0038] [数6]

$$\begin{aligned} \text{歪ありセンサーy座標} &= y\text{方向の画素ピッチ} \times (\text{イメージy座標} - y\text{方向の画像中心}) \\ &\dots(\text{式6}) \end{aligned}$$

[0039] ステップ302において、カメラ校正パラメータ算出部105は、歪ありセンサー座標を歪なしセンサー座標(歪なしセンサーx座標, 歪なしセンサーy座標)に変換する。式(7)～式(9)は、歪ありセンサー座標と歪なしセンサー座標の関係を示す式である。なお、kappa1はレンズ歪補正係数であり、既知の値である。レンズ歪補正係数は、カメラ内部パラメータとしてメモリ102に保存されている値を用いる。

[0040] [数7]

$$\begin{aligned} \text{歪係数} &= 1.0 + (\text{kappa1} \times (\text{歪ありセンサーx座標}^2 + \text{歪ありセンサーy座標}^2)) \\ &\dots(\text{式7}) \end{aligned}$$

[0041] [数8]

$$\text{歪なしセンサーx座標} = \text{歪ありセンサーx座標} \times \text{歪係数} \quad (\text{式8})$$

[0042] [数9]

$$\text{歪なしセンサーy座標} = \text{歪ありセンサーy座標} \times \text{歪係数} \quad (\text{式9})$$

[0043] ステップ303において、カメラ校正パラメータ算出部105は、歪なし

センサー座標を世界座標に変換する。式（10）～式（14）は、歪なしセンサー座標と世界座標の関係を示す式である。

[0044] [数10]

$$\begin{aligned} \text{歪なしセンサー}x \text{座標} &= (\text{焦点距離} f \times \text{カメラ}x \text{座標} X_c) \div \text{カメラ}z \text{座標} Z_c \\ &\dots \text{ (式10)} \end{aligned}$$

[0045] 式（10）は、カメラx座標 X_c を求める式に変換できる。

[0046] [数11]

$$\begin{aligned} \text{カメラ}x \text{座標} X_c &= (\text{歪なしセンサー}x \text{座標} \div \text{焦点距離} f) \times \text{カメラ}z \text{座標} Z_c \\ &\dots \text{ (式11)} \end{aligned}$$

[0047] [数12]

$$\begin{aligned} \text{歪なしセンサー}y \text{座標} &= (\text{焦点距離} f \times \text{カメラ}y \text{座標} Y_c) \div \text{カメラ}z \text{座標} Z_c \\ &\dots \text{ (式12)} \end{aligned}$$

[0048] 式（12）は、カメラy座標 Y_c を求める式に変換できる。

[0049] [数13]

$$\begin{aligned} \text{カメラ}y \text{座標} Y_c &= (\text{歪なしセンサー}y \text{座標} \div \text{焦点距離} f) \times \text{カメラ}z \text{座標} Z_c \\ &\dots \text{ (式13)} \end{aligned}$$

[0050] 式（1）の回転行列Rと並進行列Tが既に決定している、および、特徴点、追跡点が路面である（世界y座標 $Y_w = 0$ ）という条件によって、カメラ校正パラメータ算出部105は、式（1）、式（11）および式（13）から式（14）にある3次元方程式が導き出され、世界x座標 X_w 、世界z座標 Z_w を算出できる。

[0051] [数14]

$$\left. \begin{aligned} r_1 \cdot X_w + r_3 \cdot Z_w - (\text{歪なしセンサー}x \text{座標} \div \text{焦点距離} f) \times Z_c + T_x &= 0 \\ r_4 \cdot X_w + r_6 \cdot Z_w - (\text{歪なしセンサー}y \text{座標} \div \text{焦点距離} f) \times Z_c + T_y &= 0 \\ r_7 \cdot X_w + r_9 \cdot Z_w - Z_c + T_z &= 0 \end{aligned} \right\} \text{ (式14)}$$

[0052] このように、図5のフローが実行されることにより、各特徴点、追跡点のイメージ座標は、図7に示すように世界座標の点に変換される。なお、図7では、カメラの光軸の頂点から路面に垂直に落とした点を原点としており、図2に示すイメージ座標の値を例として用いている。

[0053] 次に、図8を用いて、移動量ズレ算出処理（ステップ203）の詳細について説明する。

[0054] カメラ校正パラメータ算出部105は、式（15）により、世界座標に変換された特徴点と追跡点からZ軸方向とX軸方向の世界座標上の移動量を算出する。

[0055] [数15]

$$\left. \begin{array}{l} Z \text{ 軸方向世界座標上の移動量}=(\text{追跡点の}Z\text{座標}-\text{特徴点の}Z\text{座標}) \\ X \text{ 軸方向世界座標上の移動量}=(\text{追跡点の}X\text{座標}-\text{特徴点の}X\text{座標}) \end{array} \right\} \text{(式15)}$$

[0056] 次に、カメラ校正パラメータ算出部105は、式（16）により、各特徴点、追跡点の世界座標上の移動量とメモリ102に保存された実際の移動体の移動量との差を、移動量のズレとして算出する。この場合、実際の移動体（車両）の移動量は、車両106から取得された移動量に関する情報（車速パルスや舵角情報、車速など）に基づいて計算され、メモリ102に保存される。カメラの取り付けにズレがなければ、カメラパラメータを用いて算出した移動量と実際の車両の移動量とのズレは「0」となる。

[0057] [数16]

$$\begin{aligned} \text{移動量のズレ (評価値)} &= (\sum_{i=1}^n |(\text{移動体の奥行き方向の移動量} - \\ & Z \text{ 軸方向世界座標上の移動量})| \\ & + \sum_{i=1}^n |(\text{移動体の横方向の移動量} - X \text{ 軸方向世界座標上の移動量})|) \\ & \dots \text{(式16)} \end{aligned}$$

[0058] 図8の例では、式（15）、式（16）を使用することにより、特徴点1のイメージ座標 $(x, y) = (250, 350)$ が特徴点1の世界座標 $(X, Y, Z) = (500,$

0, 650) に変換され、追跡点 1 のイメージ座標 $(x, y) = (270, 300)$ が追跡点 1 の世界座標 $(X, Y, Z) = (600, 0, 900)$ に変換されている。

[0059] また、図 8 の例においては、式 (15) より X 方向の世界座標上の移動量は、追跡点 1 の X 座標から特徴点 1 の X 座標を減ずればよく、 $600 - 500 = 100$ となる。同様に、Z 方向の世界座標上の移動量は、追跡点 1 の Z 座標から特徴点 1 の Z 座標を減ずることにより得られ、 $900 - 650 = 250$ となる。

[0060] また、移動体の移動量が奥行き方向 230、横方向 90 としたとき、式 (16) より、移動量のズレ (評価値) は、 $| (230 - 250) | + | (90 - 100) | = 30$ となる。

[0061] 以上説明したように、本実施の形態によれば、車両の移動中に撮影された画像上の特徴点と追跡点を用いて実世界上の移動量を算出することにより、カメラ校正パラメータを算出することができるので、生産ライン上で車両を停車することなく、生産ラインを車両が移動する際に自動的にカメラ校正を行うことができる。

[0062] (実施の形態 2)

本開示は、上述した実施の形態 1 に限定されず、一部を変更した実施の形態も考えられる。以下、本開示の実施の形態 2 について、図面を参照して詳細に説明する。

[0063] 図 9 は、本開示の実施の形態 2 に係るカメラ校正装置の機能構成を示すブロック図である。なお、図 9 に示すカメラ校正装置において、図 1 に示したカメラ校正装置と共通する構成部分には図 1 と同一符号を付してその説明を省略する。図 9 に示すカメラ校正装置は、図 1 に示したカメラ校正装置と比較して、CPU 107 内に移動体移動量算出部 806 を追加した構成を採る。

[0064] 移動体移動量算出部 806 は、移動体 (車両) の移動量を算出する。以下、図 10 を用いて、移動体移動量算出部 806 の処理の詳細を説明する。

[0065] まず、基礎行列の算出処理において (ステップ 901)、移動体移動量算

出部 806 は、対応する特徴点と追跡点のイメージ座標の組 (x_α, y_α) , (x'_α, y'_α) , $\alpha=1, \dots, N$ (≥ 8) を入力とし、式 (17) により F 行列を算出する。

[0066] [数17]

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ f \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} F_{11} & F_{12} & F_{13} \\ F_{21} & F_{22} & F_{23} \\ F_{31} & F_{32} & F_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ f \end{pmatrix} = 0 \quad (\text{式 17})$$

[0067] なお、行列 $F=(F_{ij})$ ($i=1\sim 3, j=1\sim 3$) は基礎行列であり、 f は焦点距離である。

[0068] 次に、カメラの並進行列 T 、回転行列算出処理において (ステップ 902)、移動体移動量算出部 806 は、基礎行列 F と焦点距離 f から、式 (18) により、カメラ 101 の相対的な並進行列 T (単位行列) と回転行列 R を算出する。

[0069] [数18]

$$E = \text{diag}(1, 1, \frac{f_0}{f}) F \text{diag}(1, 1, \frac{f_0}{f'}) \quad (\text{式 18})$$

[0070] ここで、焦点距離は、内部パラメータとして保持しているため、 $f_0 = f = f'$ である。また、対称行列 $E E^T$ の最小固有値に対する単位固有ベクトルを並進行列 T とする。

[0071] 行列 $-T \times E$ は、(式 19) で表すように特異値分解される。

[0072] [数19]

$$-T \times E = U \text{diag}(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3) V^T \quad (\text{式 19})$$

[0073] また、回転行列 R は、(式 20) で表すように計算される。

[0074]

[数20]

$$R=Udiag(1, 1, \det(UV^T))V^T \quad (\text{式 } 20)$$

[0075] 次に、実世界上の移動量算出処理において（ステップ903）、移動体移動量算出部806は、カメラの相対的な並進行列Tと回転行列Rから実世界上の移動量を算出する。以下、図11を用いて、ステップ903について詳細に説明する。なお、図11において、移動前における車両のカメラ座標での点（特徴点）はP0、移動後における車両のカメラ座標での点（追跡点）はP'0で表される。このとき、P0とP'0との関係は、式（21）で表される。

[0076] [数21]

$$P'0=P0 \cdot R+T \quad (\text{式 } 21)$$

[0077] まず、移動体移動量算出部806は、特徴点のカメラ座標をPi(i=1,2,...,n)から、式（10）、式（11）により、平面の方程式を算出する。なお、特徴点は路面上の点なので、特徴点のカメラ座標Piは、一つの平面上にある。

[0078] [数22]

$$ax+by+cz+d=0 \quad (\text{式 } 22)$$

[0079] 式（22）で表される平面の法線ベクトルは(a,b,c)である、この平面と直交する直線の方程式は、式（23）で表される。

[0080] [数23]

$$\frac{x}{a}=\frac{y}{b}=\frac{z}{c} \quad (\text{式 } 23)$$

[0081] 次に、移動体移動量算出部806は、カメラ座標の原点から平面への垂線を計算し、式（24）により、交点C0の座標を求める。

[0082]

[数24]

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{-ad}{a^2+b^2+c^2} \\ y &= \frac{-bd}{a^2+b^2+c^2} \\ z &= \frac{-cd}{a^2+b^2+c^2} \end{aligned} \right\} \quad (\text{式 2 4})$$

[0083] ただし、Tは単位行列なのでカメラ座標原点と交点C0間の距離は、カメラ高さに等しくない。そこで、移動体移動量算出部806は、カメラ座標原点とC1を結ぶ直線を延長し、カメラ高さに等しい点C1を、点と平面の距離の公式(式25)を用いて算出する。すなわち、式(22)で表される平面p0と、点C0(x0, y0, z0)との距離Dは、

[0084] [数25]

$$D = \frac{|ax_0 + by_0 + cz_0 + d|}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}} \quad (\text{式 2 5})$$

[0085] である。

[0086] 図11のC0P0とC1Q0は平行なのでQ0を求めることができる。同様に、Q'0も求めることができる。移動体移動量算出部806は、車両の移動前の点Q0と移動後の点Q'0を求め、すべての特徴点のカメラ座標をPi(i=1, 2, …, n)での移動ベクトルの平均を求めて実世界の移動量とし、メモリ102に保存する。

[0087] 以上のように、本実施の形態によっても、実施の形態1と同様に、生産ライン上で車両を停車することなく、生産ラインを車両が移動する際に自動的にカメラ校正を行うことができる。

産業上の利用可能性

[0088] 本開示にかかる発明は、カメラにより撮影された画像を用いてカメラの校正を行う車載カメラ用校正システムに用いられる。

符号の説明

- [0089]
- 101 カメラ
 - 102 メモリ
 - 103 特徴点抽出部
 - 104 追跡点抽出部
 - 105 カメラ校正パラメータ算出部
 - 106 車両
 - 107 CPU
 - 806 移動体移動量算出部

請求の範囲

- [請求項1] 車両に取り付けられ時系列に路面の画像を撮影するカメラと、
前記カメラで撮影された画像を時系列に保存するメモリと、
前記メモリに保存された撮影画像から特徴点を抽出する特徴点抽出部と、
前記特徴点の所定時間経過後の移動先である追跡点を抽出する追跡点抽出部と、
前記特徴点と前記追跡点から前記カメラの校正パラメータを算出するカメラ校正パラメータ算出部と、
を具備する車載カメラ用校正システム。
- [請求項2] 前記特徴点抽出部は、CPUがプログラムを実行することにより抽出処理を行う、
請求項1に記載の車載カメラ用校正システム。
- [請求項3] 前記追跡点抽出部は、CPUがプログラムを実行することにより抽出処理を行う、
請求項1に記載の車載カメラ用校正システム。
- [請求項4] 前記カメラ校正パラメータ算出部は、CPUがプログラムを実行することにより算出処理を行う、
請求項1に記載の車載カメラ用校正システム。
- [請求項5] 前記カメラ校正パラメータ算出部は、前記特徴点のイメージ座標と前記追跡点のイメージ座標を世界座標に変換することにより前記カメラの校正パラメータを算出する、
請求項1に記載の車載カメラ用校正システム。
- [請求項6] 前記車両に関する車速情報と舵角情報を取得し、前記車両の移動量を算出して前記メモリに保存する、
請求項5に記載の車載カメラ用校正システム。
- [請求項7] 前記特徴点抽出部が抽出する特徴点と前記追跡点抽出部が抽出する追跡点から基礎行列を算出し、算出した前記基礎行列から前記車両の

移動量を算出する移動体移動量算出部を更に具備する、

請求項 5 に記載の車載カメラ用校正システム。

[請求項8]

前記カメラ校正パラメータ算出部は、前記車両の移動量と前記世界座標から前記カメラの校正パラメータを算出する、

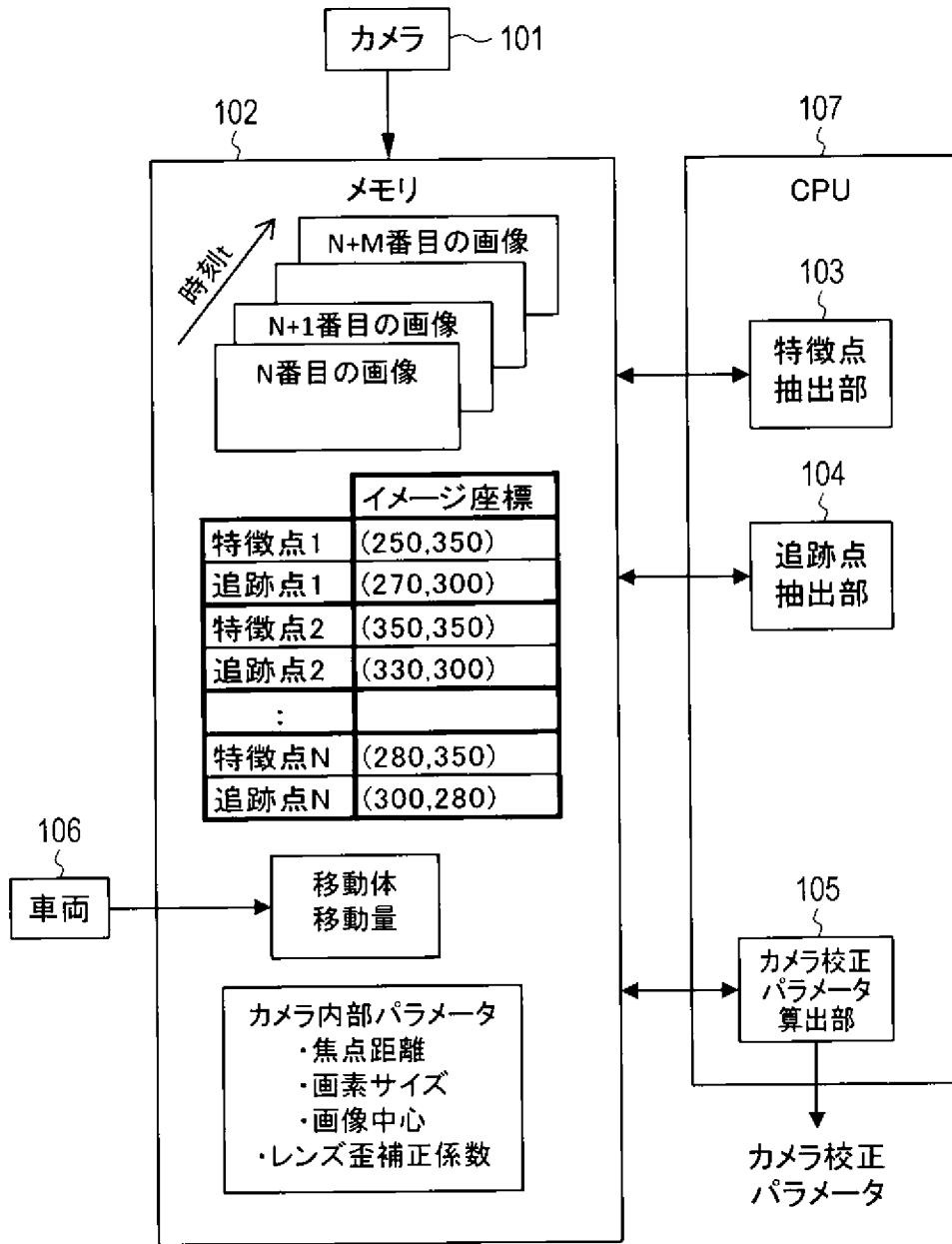
請求項 6 に記載の車載カメラ用校正システム。

[請求項9]

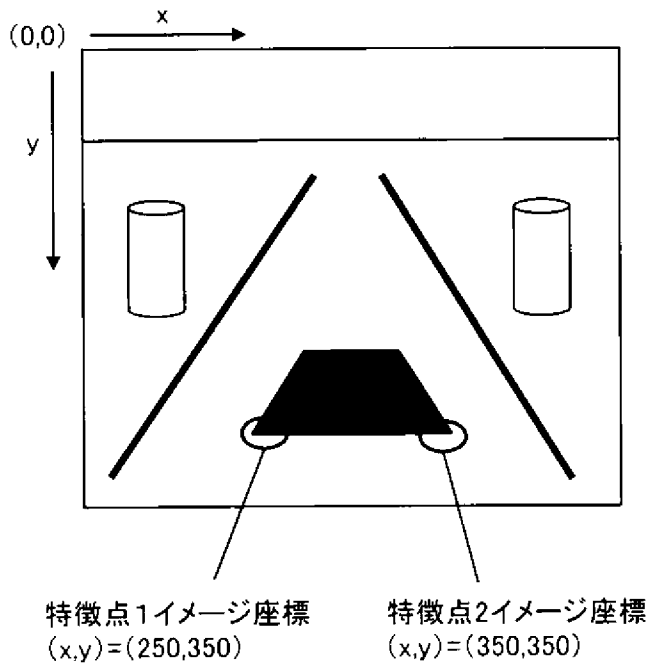
前記カメラ校正パラメータ算出部は、前記車両の移動量と前記世界座標から前記カメラの校正パラメータを算出する、

請求項 7 に記載の車載カメラ用校正システム。

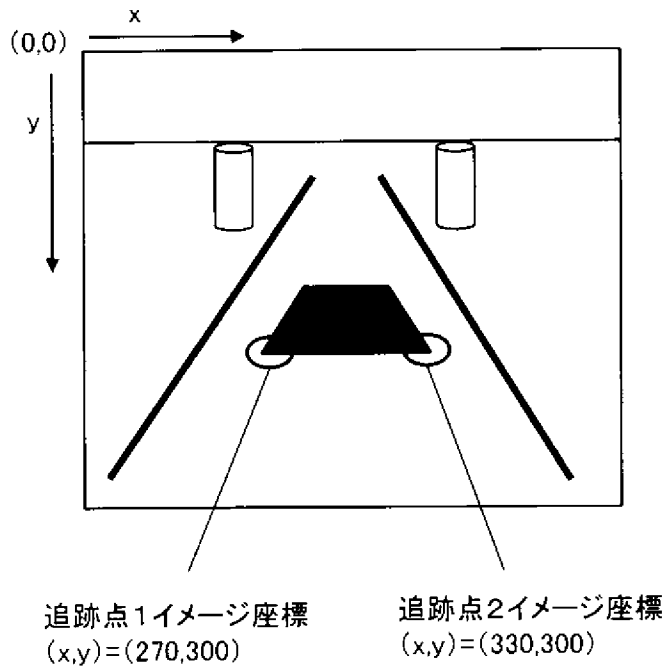
[図1]



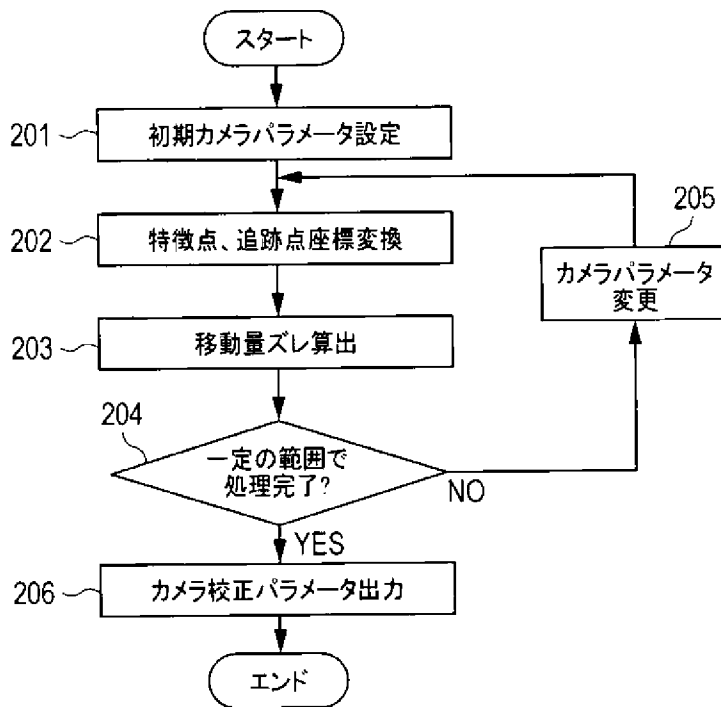
[図2]



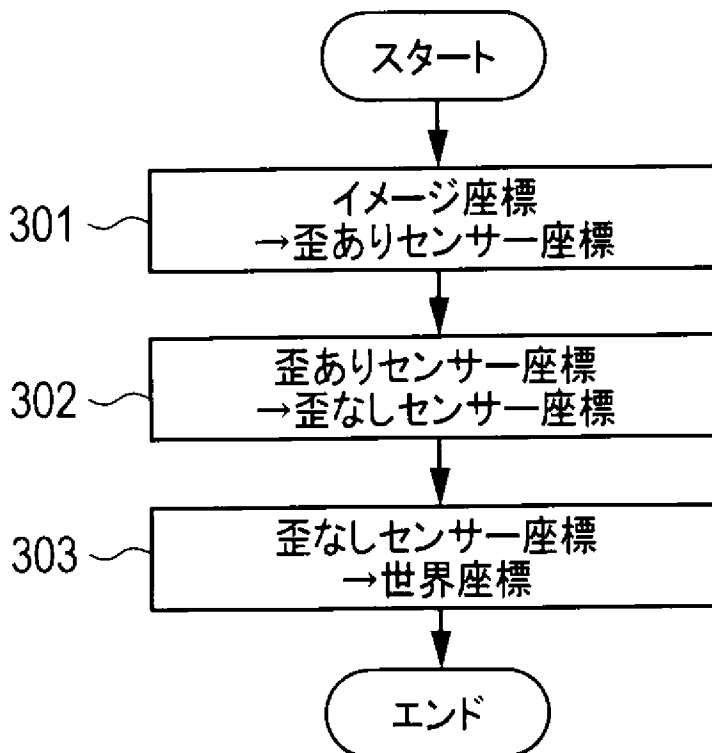
[図3]



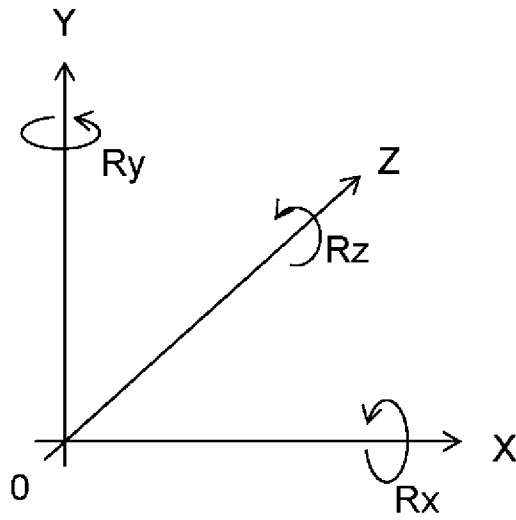
[図4]



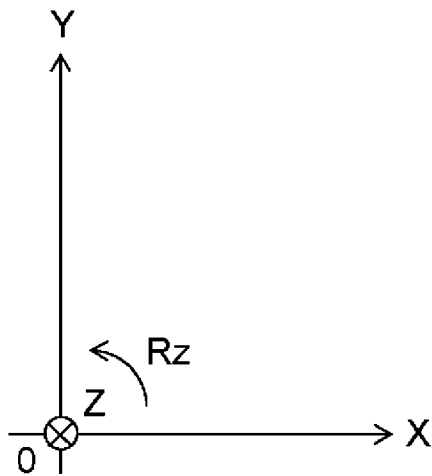
[図5]



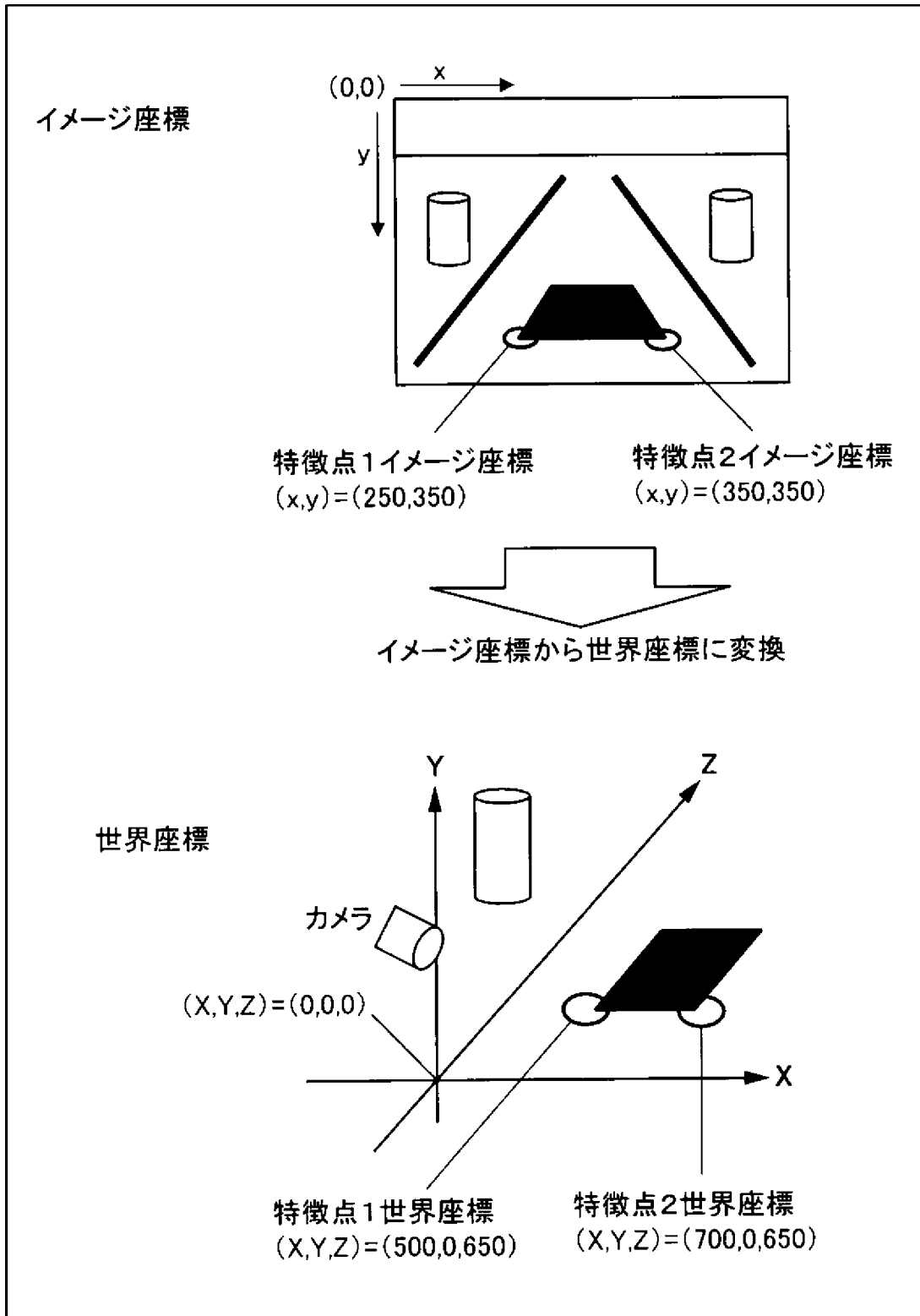
[圖6A]



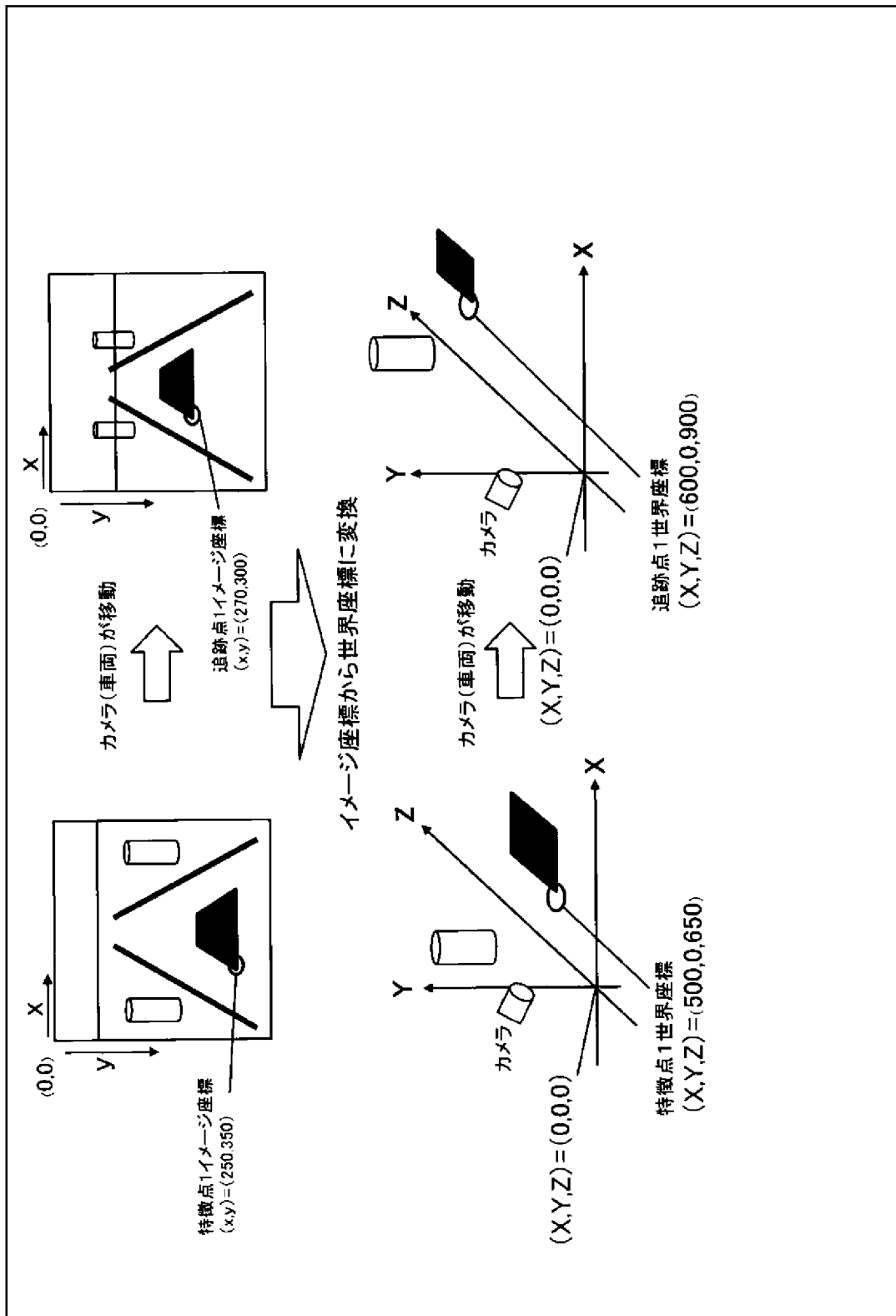
[圖6B]



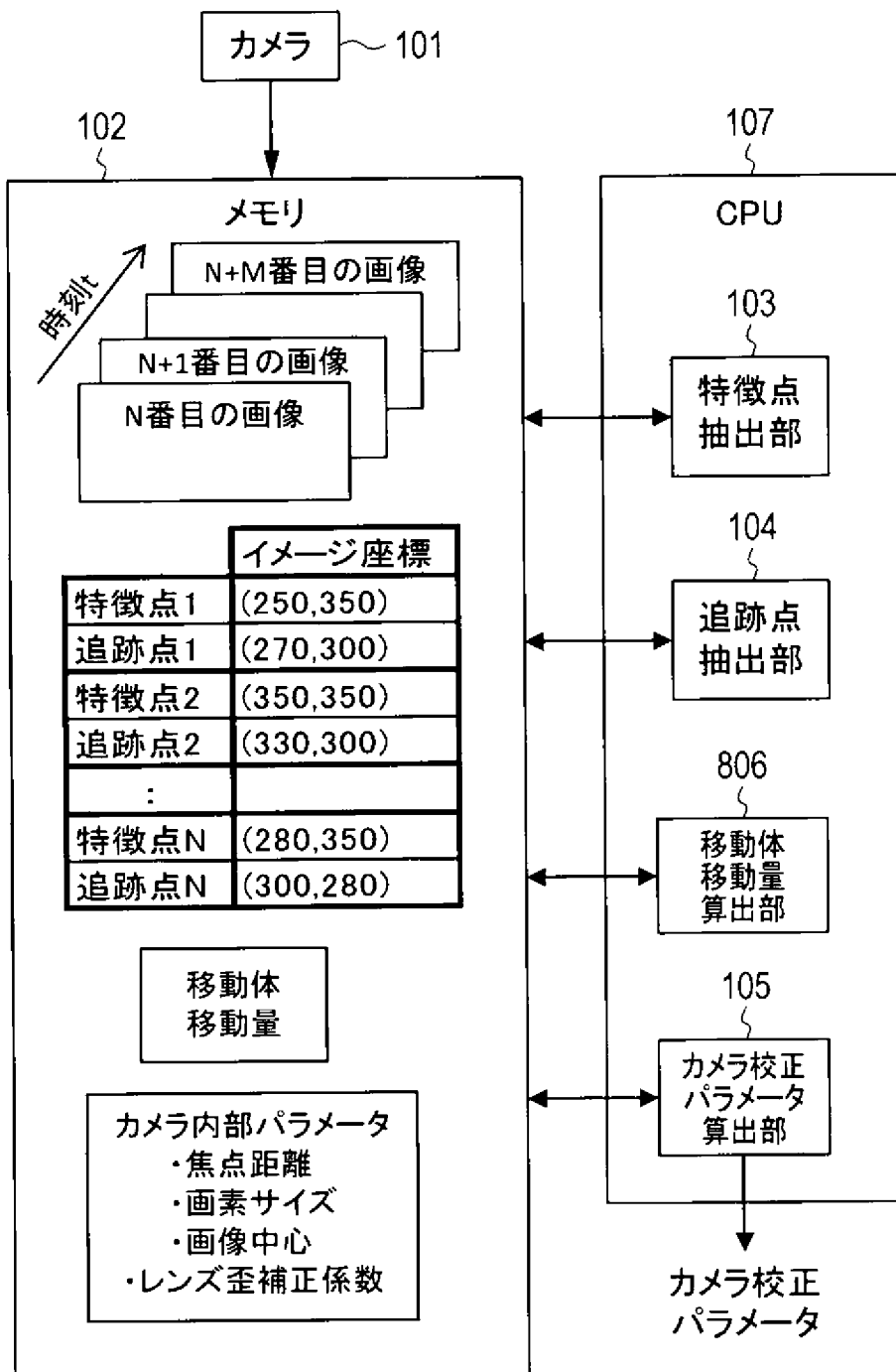
[図7]



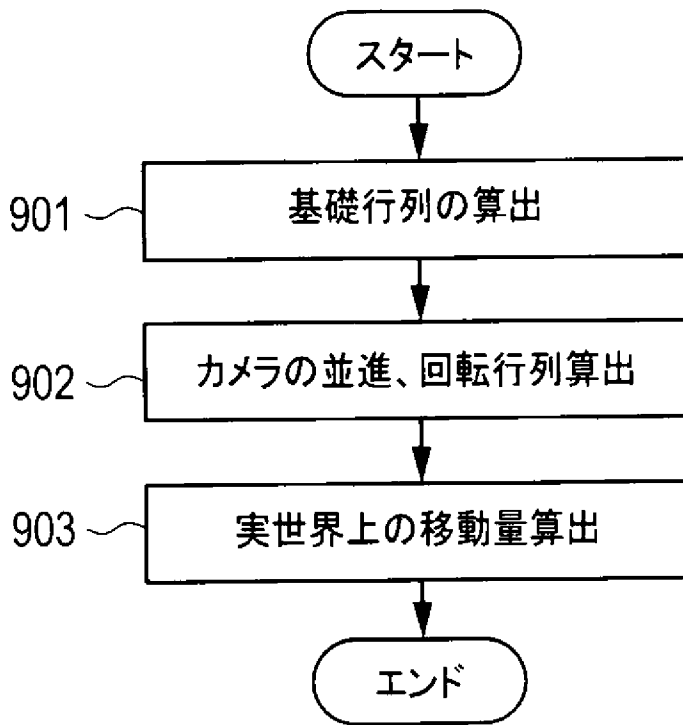
[図8]



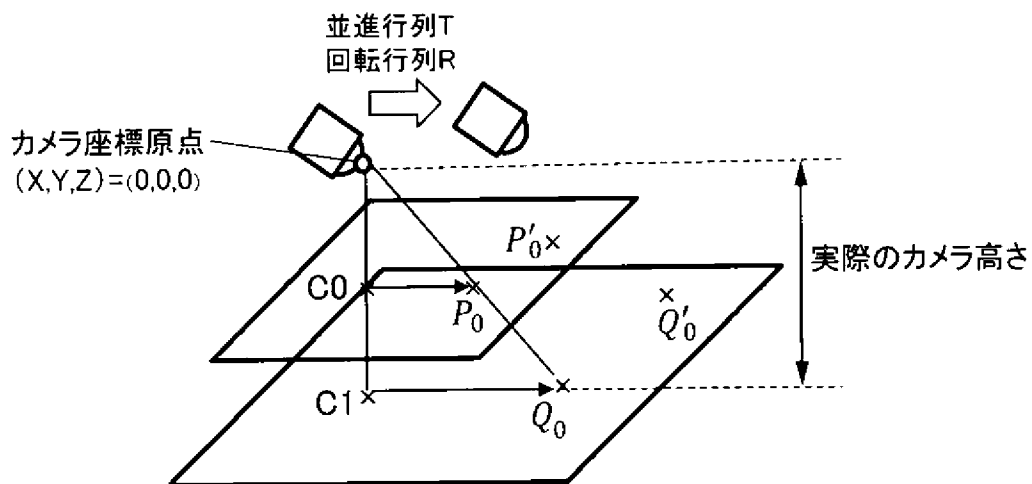
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/002092

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H04N5/232(2006.01)i, B60R1/00(2006.01)i, G03B15/00(2006.01)i, G06T1/00(2006.01)i, G06T7/20(2017.01)i, H04N5/225(2006.01)i, H04N7/18(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 H04N5/232, B60R1/00, G03B15/00, G06T1/00, G06T7/20, H04N5/225, H04N7/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2011-217233 A (Alpine Electronics, Inc.), 27 October 2011 (27.10.2011), paragraphs [0011] to [0039]; claim 3; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-5 7, 9
X Y	JP 2014-165810 A (Fujitsu Ten Ltd.), 08 September 2014 (08.09.2014), paragraphs [0025], [0035], [0051] to [0092], [0099]; claim 6; fig. 3, 7 to 14 (Family: none)	1-6, 8 7, 9

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 30 March 2017 (30.03.17)	Date of mailing of the international search report 11 April 2017 (11.04.17)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/002092

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2014-48803 A (Denso Corp., Nippon Soken, Inc.), 17 March 2014 (17.03.2014), paragraphs [0016] to [0049]; claim 7; fig. 1 to 5 & US 2015/0208041 A1 paragraphs [0022] to [0074]; claim 8; fig. 1 to 5 & WO 2014/034064 A1 & DE 112013004266 T & CN 104641394 A	1-6, 8 7, 9
Y	JP 2007-263669 A (Denso IT Laboratory, Inc., Denso Corp.), 11 October 2007 (11.10.2007), paragraphs [0020] to [0022] (Family: none)	7, 9
Y	JP 2007-256029 A (Denso IT Laboratory, Inc., Denso Corp.), 04 October 2007 (04.10.2007), paragraphs [0003] to [0005], [0026] to [0077] (Family: none)	7, 9

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H04N5/232(2006.01)i, B60R1/00(2006.01)i, G03B15/00(2006.01)i, G06T1/00(2006.01)i, G06T7/20(2017.01)i, H04N5/225(2006.01)i, H04N7/18(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H04N5/232, B60R1/00, G03B15/00, G06T1/00, G06T7/20, H04N5/225, H04N7/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 2011-217233 A (アルパイン株式会社) 2011.10.27, 段落[0011]-[0039], 請求項 3, 図 1-5 (ファミリーなし)	1-5 7,9
X Y	JP 2014-165810 A (富士通テン株式会社) 2014.09.08, 段落[0025], [0035], [0051]-[0092], [0099], 請求項 6, 図 3, 7-14 (ファミリーなし)	1-6,8 7,9

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 30.03.2017	国際調査報告の発送日 11.04.2017
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) ▲徳▼田 賢二 電話番号 03-3581-1101 内線 3581

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 2014-48803 A (株式会社デンソー、株式会社日本自動車部品総合研究所) 2014. 03. 17, 段落[0016]-[0049], 請求項 7, 図 1-5 & US 2015/0208041 A1, 段落[0022]-[0074], クレーム 8, 第 1-5 図 & WO 2014/034064 A1 & DE 112013004266 T & CN 104641394 A	1-6, 8 7, 9
Y	JP 2007-263669 A (株式会社デンソーアイティラボラトリ、株式会社デンソー) 2007. 10. 11, 段落[0020]-[0022] (ファミリーなし)	7, 9
Y	JP 2007-256029 A (株式会社デンソーアイティラボラトリ、株式会社デンソー) 2007. 10. 04, 段落[0003]-[0005], [0026]-[0077] (ファミリーなし)	7, 9