



(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
2014 年 11 月 13 日 (13.II.2014)



W O | P C T



(10) 国際公開番号

WO 2014/181581 A1

- (51) 国際特許分類 :
G01C 3/06 (2006.01) G06T 1/00 (2006.01)
G01C 3/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号 : PCT/JP2014/056816
- (22) 国際出願日 : 2014 年 3 月 14 日 (14.03.2014)
- (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 2013-097272 2013 年 5 月 7 日 (07.05.2013) JP
- (71) 出願人 : 日立オートモティブシステムズ株式会社 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.)
[JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 Ibaraki (JP).

- (72) 発明者 : 青木 利幸 (AOKI Toshiyuki); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 志磨 健 (SHIMA Take-shi); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 笹田 義幸 (SASADA Yoshiyuki); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 松浦 一雄 (MATSUURA Kazuo); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 樋口 未来 (HIGUCHI Mirai); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 大角 謙 (OHSUMI Ken); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP).

[続葉有]

(54) Title: CALIBRATION DEVICE, CALIBRATION SYSTEM, AND IMAGING DEVICE

(54) 発明の名称 : キャリブレーション装置、キャリブレーションシステム、及び撮像装置

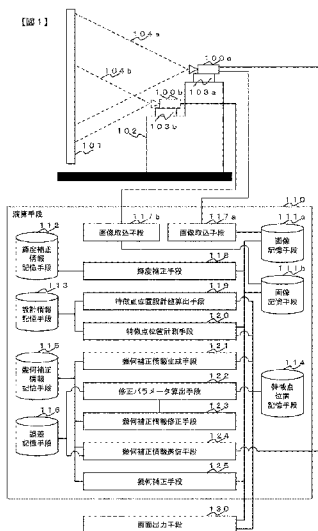


FIG. 1:
110 Calculation means
111a, 111b Image storage means
112 Brightness calibration information storage means
113 Design information storage means
114 Feature point position storage means
115 Geometric calibration information storage means
116 Error storage means
117a, 117b Image acquisition means
118 Brightness calibration means
119 Feature point position design value calculation means
120 Feature point position measurement means
121 Geometric calibration information generation means
122 Correction parameter calculation means
123 Geometric calibration information correction means
124 Geometric calibration information transmission means
125 Geometric calibration means
130 Image output means

(57) Abstract: The purpose of the present invention is to reduce, in an imaging device having a plurality of imaging means, errors in geometric calibration information caused by manufacturing errors in the attachment positions of the imaging means and errors in the placement of the imaging device in relation to a chart. The present invention has a first image acquisition means for acquiring a first image taken by an imaging device separated by a predetermined first distance from a chart having a plurality of feature points drawn thereon; a calibration information generation means for generating first calibration information on the basis of the first image, camera parameters of the plurality of imaging means, baseline lengths between the plurality of imaging means, and a plurality of feature point positions; a second image acquisition means for acquiring a second image taken by the imaging device separated by a predetermined second distance from the chart that is different than the first distance; and a calibration information correction means for correcting the first calibration information on the basis of the second image, the camera parameters of the plurality of imaging means, the baseline lengths between the plurality of imaging means, and the plurality of feature point positions and generating second calibration information.

(57) 要約:

[続葉有]



(74) 代理人 :井上 学 , 外 (NOUE Manabu et al.) ;〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目6番1号株式会社日立製作所内 Tokyo (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (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))

複数の撮像系手段を有する撮像装置において、撮像系手段の取付位置の製造誤差及びチャートに対する撮像装置の設置位置の誤差による幾何補正情報の誤差を低減することである。複数の特徴点が描かれたチャートから予め定めた第1の距離離れた撮像装置において撮像した第1の画像を取得する第1の画像取込手段と、第1の画像と、複数の撮像系手段のカメラパラメータと、複数の撮像系手段間の基線長と、複数の特徴点位置と、に基づいて、第1の補正情報を生成する補正情報生成手段と、チャートから第1の距離と異なる予め定めた第2の距離離れた撮像装置において撮像した第2の画像を取得する第2の画像取込手段と、第2の画像と、複数の撮像系手段のカメラパラメータと、複数の撮像系手段間の基線長と、複数の特徴点位置と、に基づいて、第1の補正情報を修正し、第2の補正情報を生成する補正情報修正手段と、を有する。

明 細 書

発明の名称：

キャリブレーション装置、キャリブレーションシステム、及び撮像装置
技術分野

[0001] 複数の撮像装置から取得された画像から距離画像を算出する撮像装置、撮像装置のキャリブレーション装置、及びキャリブレーションシステムに関する。

背景技術

[0002] 特許文献1の従来技術は、幾何キャリブレーション工程において、複数の特徴点が描かれたチャートを1つの視点から撮影した画像を用いて、その画像においてレンズの収差に起因する輝度分布を修正して、修正された画像上の特徴点位置を計測し、カメラパラメータを推定する。これにより、レンズの収差に起因する誤差を除去でき、正確なカメラパラメータを推定でき、このカメラパラメータを用いて、正確な幾何補正パラメータ（幾何補正テーブル、幾何補正情報）を得ることができる。また、撮像装置でこの幾何補正パラメータを用いて、画像を補正することにより、対象物までの距離を正確に算出する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：WO 2009 / 14 1998号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 複数の撮像系手段（カメラ、撮影手段）を有する撮像装置（ステレオカメラ）を製造すると、撮像系手段の取付位置に製造誤差が発生する。また、幾何キャリブレーションにおいて、チャートに対する撮像装置の設置位置にも誤差が生じる。1つの視点からの画像を用いた幾何キャリブレーションでは、撮像装置内における複数の撮像系手段間の取付位置の誤差、チャートに対

する撮像装置の設置位置の誤差により、推定したカメラパラメータや幾何補正情報に誤差が生じる。

[0005] このため、撮像装置では、誤差が生じた幾何補正情報を用いて、画像を補正するため、画像に画素ずれが生じる。横方向の画素ずれにより対象物までの距離に誤差が生じるとともに、縦方向の画素ずれが大きい場合、左右のカメラ画像間のマッチングが正確に行われず、距離画像を正しく求めることができない。

[0006] 本発明の目的は、複数の撮像系手段を有する撮像装置において、撮像系手段の取付位置の製造誤差及びチャートに対する撮像装置の設置位置の誤差による幾何補正情報の誤差を低減することである。

課題を解決するための手段

[0007] 上記に記載した課題を解決するため、本発明の複数の撮像系手段を有する撮像装置のキャリブレーション装置において、複数の特徴点が描かれたチャートから予め定めた第1の距離離れた撮像装置において撮像した第1の画像を取得する第1の画像取込手段と、第1の画像と、複数の撮像系手段のカメラパラメータと複数の撮像系手段間の基線長と、複数の特徴点位置と、に基づいて、第1の補正情報を生成する補正情報生成手段と、チャートから第1の距離と異なる予め定めた第2の距離離れた撮像装置において撮像した第2の画像を取得する第2の画像取込手段と、第2の画像と、複数の撮像系手段のカメラパラメータと複数の撮像系手段間の基線長と、複数の特徴点位置と、に基づいて、第1の補正情報を修正し、第2の補正情報を生成する補正情報修正手段と、を有する構成とする。

[0008] また、本発明のキャリブレーションシステムは、複数の特徴点が描かれたチャートと、チャートから予め定めた第1の距離離れた位置に撮像装置を設置可能であって、且つ前記チャートから第1の距離と異なる予め定めた第2の距離離れた位置に撮像装置を設置可能な設置台と、チャートから第1の距離離れた位置に設置された撮像装置にて撮像した第1の画像を取得する第1の画像取込手段と、第1の画像と、複数の撮像系手段のカメラパラメータと

複数の撮像素子手段間の基線長と、複数の特徴点位置と、に基づいて、第１の補正情報を生成する補正情報生成手段と、チャートから第２の距離離れた位置に設置された撮像素子装置にて撮像した第２の画像を取得する第２の画像取込手段と、第２の画像と、複数の撮像素子手段のカメラパラメータと複数の撮像素子手段間の基線長と、複数の特徴点位置と、に基づいて、第１の補正情報を修正し、第２の補正情報を生成する補正情報修正手段と、を有する演算装置と、を有する構成とする。

[0009] また、本発明の撮像素子装置は、第１の光学素子手段を通過した光を受光し、基準画像として処理される第１の画像を出力する第１の撮像素子手段を有する第１の撮像素子手段と、第２の光学素子手段を通過した光を受光し、比較画像として処理される第２の画像を出力する第２の撮像素子手段を有する第２の撮像素子手段と、基準画像と比較画像を用いて距離画像を生成する演算手段と、を有し、演算手段は、第１の撮像素子手段及び第２の撮像素子手段の幾何補正情報に基づいて基準画像及び比較画像を補正する幾何補正手段と、補正された基準画像及び比較画像に基づいて距離画像を生成する距離算出手段と、を有し、幾何補正手段は、第１の撮像素子手段と第２の撮像素子手段間を結ぶ実際の基線長の線と第１の撮像素子手段と第２の撮像素子手段間を結ぶ理想の基線長の線のなす角度と、第１の撮像素子手段の回転角の理想値からの誤差と、を足し合わせ角度を、回転方向に補正する構成とする。

発明の効果

[001 0] 複数の撮像素子手段を有する撮像素子装置において、撮像素子手段の取付位置の製造誤差及びチャートに対する撮像素子装置の設置位置の誤差による幾何補正情報の誤差を低減することができる。

図面の簡単な説明

[001 1] [図1] 本発明に係るキヤリブレーション装置の一構成例を示す図である。

[図2] チャートの模様の例を示す図である。

[図3] チャートに描かれる特徴点の例を示す図である。

[図4] 本発明に係る撮像素子装置及び設置治具を示す図である。

[図5] 本発明のキャリブレーション装置の動作手順の一例を示す図である。

[図6] 本発明のキャリブレーション装置の特徴点位置の計測の動作手順の一例を示す図である。

[図7] 本発明のキャリブレーション装置の動作手順の一例を示す図である。

[図8] 撮像装置の製造誤差及び設置誤差を有しない撮像系手段及び補正画像を示す図である。

[図9] 撮像装置の設置誤差を有する撮像系手段、補正画像、及び修正画像を示す図である。

[図10] 撮像系手段に縦方向の製造誤差がある場合の補正画像及び修正画像を示す図である。

[図11] 撮像系手段に横方向の製造誤差がある場合の補正画像及び修正画像を示す図である。

[図12] 本発明に係るキャリブレーションシステムの一構成例を示す図である。

[図13] 本発明に係るキャリブレーションシステムの一構成例を示す図である。

[図14] 本発明のキャリブレーション装置の動作手順の他の例を示す図である。

[図15] 本発明に係るキャリブレーションシステムの一構成例を示す図である。

[図16] 本発明に係るキャリブレーションシステムの他の構成例を示す図である。

[図17] 本発明に係るキャリブレーションシステムの他の構成例を示す図である。

[図18] 本発明に係る撮像装置の一構成例を示す図である。

[図19] 本発明の撮像装置の動作手順の一例を示す図である。

[図20] 基準画像及び比較画像の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

実施例 1

- [001 2] 図 1 に示す本発明のキャリブレーション装置及びそれを用いたキャリブレーションシステムの一実施例は、左右に配置された 2 つの撮像系手段（カメラ）を有する撮像装置からの画像上の歪、設計値からの左右上下方向のずれを補正する各画素の補正量（幾何補正情報）を算出する。
- [001 3] 図 1 に本発明のキャリブレーション装置及びシステムの一実施例の構成を示す。
- [001 4] 本発明のキャリブレーション装置の一実施例は、演算手段 110 を備えており、キャリブレーションシステムの一実施例は、キャリブレーション装置である演算手段 110 に加え、チャート 101、設置台 102、設置治具 103a、設置治具 103b、画面出力手段 130 を備えている。
- [001 5] チャート 101 は、撮像装置 100（撮像装置 100a は設置治具 103a に設置した場合の撮像装置 100、撮像装置 100b は設置治具 103b に設置した場合の撮像装置 100）の視野 104a 及び 104b に設置され、視野 104a 及び 104b を含む大きさである。
- [001 6] また、図 2 に示すように、複数の特徴点が描かれている。図 2（a）に示すチャートの例 101a は特徴点の形状が矩形である場合であり、図 2（b）に示すチャートの例 101b は特徴点の形状がリングである場合である。
- [001 7] 設置台 102 は、設置治具 103a 及び 103b を介して、撮像装置 100 を取り付ける台である。
- [001 8] 設置治具 103a は、撮像装置 100 を取り付け、固定する。チャート 101 の面に対して垂直な方向が光軸になるように、撮像装置 100 が取り付けられている。具体的には、チャート 101 から予め定めた第 1 の距離離れた位置（視点 1）に撮像装置を設置可能であって、且つチャート 101 から第 1 の距離と異なる予め定めた第 2 の距離離れた位置（視点 2）に撮像装置を設置可能な台である。なお、本実施例では、チャート 101 から第 1 の距離離れた位置の高さは、第 1 の距離より短い第 2 の距離離れた位置の高さより低く設定している。

[0019] 図4に示すように、設置治具103aには、3つのピン401a〜401cがある。また、撮像装置100にはピン401a〜401cにあたる箇所402a〜402cが平面に加工されている。3つのピン401a〜401cを、平面に加工された箇所402a〜402cにそれぞれあてて、撮像装置100を設置治具103aに取り付け、固定する。

また、3つの全てのピン401a〜401cは1つの直線上にはない。

[0020] 設置治具103bは、チャート101と設置治具103bの距離とは異なる距離に設置されている。また、設置治具103bに取り付けられた撮像装置100の視野104aに入っていない場所に設置されている。設置治具103a及び103bに設置された撮像装置100のチャート101上のそれぞれの視野104a及び104bが重なるように設置されている。設置治具103bと同様に、図4に示すように、設置治具103bには、3つのピン401a〜401cがある。

[0021] CPU (central processing unit、中央演算処理装置) 及びメモリ (記憶装置) などから構成される演算手段110は、画像記憶手段111a、画像記憶手段111b、輝度補正情報記憶手段112、設計情報記憶手段113、特徴点位置記憶手段114、幾何補正情報記憶手段115、誤差記憶手段116、画像取込手段117a、画像取込手段117b、輝度補正手段118、特徴点位置設計値算出手段119、特徴点位置計測手段120、幾何補正情報生成手段121、修正パラメータ算出手段122、幾何補正情報修正手段123、幾何補正情報送信手段124、幾何補正手段125と、を備えている。

[0022] メモリやハードディスクなどの画像記憶手段111aは、設置治具103a (視点1) に撮像装置100が設置されたときの画像、その画像を輝度補正、幾何補正した画像を記憶する。

[0023] メモリやハードディスクなどの画像記憶手段111bは、設置治具103b (視点2) に撮像装置100が設置されたときの画像、その画像を輝度補正、幾何補正した画像を記憶する。

- [0024] メモリやハードディスクなどの特徴点位置記憶手段 114 は、特徴点位置の設計値、計測値及び補正值を記憶する。
- [0025] メモリやハードディスクなどの輝度補正情報記憶手段 112 は、撮像装置 100 が有する２つのカメラなどの撮像系手段が出力する画像における各画素の輝度の補正係数を記憶する。この補正係数は、均一なライトや対象物を撮影したときの画像の輝度が画像全面で同じになる値である。
- [0026] メモリやハードディスクなどの設計情報記憶手段 113 は、左右の撮像系手段のカメラパラメータ、撮像装置 100 内における２つの撮像系手段の位置及び姿勢、チャート 101 に対する視点 1 の位置及び姿勢、チャート 101 に対する視点 2 の位置及び姿勢、チャート 101 に描かれた特徴点の数、位置及び形状の設計値（設計情報）を記憶する。カメラパラメータは、焦点距離、画素ピッチ、横及び縦方向の解像度及び画像上の光軸位置である。
- [0027] メモリやハードディスクなどの幾何補正情報記憶手段 115 は、撮像装置 100 が有する２つのカメラなどの撮像系手段が出力する画像における各画素の幾何的な補正量（幾何補正情報）を記憶する。ここでは、幾何補正情報生成手段 121 及び幾何補正情報修正手段 123 が出力する幾何補正情報を記憶する。
- [0028] メモリやハードディスクなどの誤差記憶手段 116 は、撮像装置 100 における撮像系手段間の位置誤差、撮像装置 100 の設置誤差を記憶する。ここでは、修正パラメータ算出手段 122 が算出する誤差を記憶する。
- [0029] 画像取込手段 117 a は、視点 1 に設置された撮像装置 100 が出力する画像を取得する。言い換えれば、複数の特徴点が描かれたチャート 101 から予め定めた第 1 の距離離れた撮像装置において撮像した第 1 の画像を取得する。
- [0030] 画像取込手段 117 b は、視点 2 に設置された撮像装置 100 が出力する画像を取得する。言い換えれば、チャート 101 から第 1 の距離と異なる予め定めた第 2 の距離離れた撮像装置において撮像した第 2 の画像を取得する。

- [0031] 輝度補正手段 118 は、輝度補正情報記憶手段 112 から各画素の輝度の補正係数を読み込み、左右の画像をそれぞれ補正する。
- [0032] 特徴点位置設計値算出手段 119 は、設計情報記憶手段 113 からカメラパラメータ、2つの撮像系手段の位置及び姿勢、チャート101と視点1との距離、チャート101と視点2との距離、チャート101に描かれた特徴点の数及び位置の設計値をもとに、撮像装置100の製造誤差及び設置誤差がない場合の特徴点位置の設計値を算出する。
- [0033] 特徴点位置計測手段 120 は、設計情報記憶手段 113 からカメラパラメータ、2つの撮像系手段の位置及び姿勢、チャート101と視点1との距離、チャート101と視点2との距離、チャート101に描かれた特徴点の数、位置及び形状の設計値を読み込み、これらの設計情報をもとに、1つの特徴点の画像を視点1及び視点2に関してそれぞれ作成する。チャート101から視点1の距離及びチャート101から視点2までの距離は異なるため、特徴点の画像の大きさが異なる。
- [0034] ここで、図3(a)に示す特徴点の例301aは、特徴点の形状が矩形である場合であり、図3(b)に示す特徴点の例301bは、特徴点の形状がリングである場合である。輝度補正された視点1の画像を画像記憶手段111aから読み込み、特徴点の画像と視点1の左右の画像の各特徴点をマッチング処理して、左右の画像上の特徴点の位置(計測値)を計測する。また、輝度補正された視点2の画像を画像記憶手段111bから読み込み、特徴点の画像と視点2の左右の画像の各特徴点をマッチング処理して、左右の画像上の特徴点の位置(計測値)を計測する。
- [0035] 幾何補正情報生成手段 121 は、特徴点位置記憶手段 114 から左右の画像上における特徴点位置の設計値及び計測値を読み込み、左右の特画像について特徴点位置の設計値と計測値の差をそれぞれ算出し、この差を特徴点位置の設計値における補正量とする。特徴点位置の設計値間の補正量を補間することにより、各画素における補正量(幾何補正情報)を算出する。つまり、幾何補正情報生成手段 121 は、複数の特徴点が描かれたチャート101か

ら予め定めた第 1 の距離離れた撮像装置において撮像した第 1 の画像（視点 1 から取り込んだ画像）と、2 つの撮像系手段のカメラパラメータと、2 つの撮像系手段間の基線長と、複数の特徴点位置と、に基づいて、幾何補正情報（第 1 の補正情報）を生成する。

[0036] 修正パラメータ算出手段 1 2 2 は、幾何補正情報生成手段 1 2 1 で生成された各画素における補正量を用いて、視点 2 から撮影した画像上の特徴点位置の計測値を補正して、特徴点位置の補正值を算出する。もし撮像装置 1 0 0 の撮像系手段の位置の製造誤差及び撮像手段の設置位置の誤差がなければ、特徴点位置の補正值と設計値は一致する。しかし、実際には、これらの誤差が発生する。そこで、更に、補正した画像を横、縦、回転及び拡大縮小方向に修正することにより、より正確な補正を実現することにする。

[0037] 次に、特徴点位置の補正值と設計値を用いて、撮像装置 1 0 0 の撮像系手段の位置の横及び縦方向の製造誤差及び撮像装置 1 0 0 の設置位置の奥行き方向の誤差を算出するとともに、左右の画像を横、縦、回転及び拡大縮小方向に修正するパラメータの値をそれぞれ算出する。

[0038] 撮像装置 1 0 0 の撮像系手段の位置の横方向の誤差、つまり 2 つの撮像系手段間の基線長の誤差は、複数の特徴点が描かれたチャート 1 0 1 から第 1 の距離と異なる予め定めた第 2 の距離離れた撮像装置において撮像した第 2 の画像（視点 2 から取り込んだ画像）と、2 つの撮像系手段のカメラパラメータと、2 つの撮像系手段間の基線長と、幾何補正情報（第 1 の補正情報）と、に基づいて算出する。

[0039] 幾何補正情報修正手段 1 2 3 は、修正パラメータ算出手段 1 2 2 で算出した修正パラメータの値だけ、横、縦、回転及び拡大縮小方向に画像を補正したときの各画素における補正量を左右の画像についてそれぞれ算出し、その補正量を、幾何補正情報生成手段 1 2 1 で算出した各画素における補正量に加算して、各画素における新たな補正量とする。つまり、幾何補正情報修正手段 1 2 3 は、画像取込手段 1 1 7 b で取り込んだ第 2 の画像と、2 つの撮像系手段のカメラパラメータと、2 つの撮像系手段間の基線長と、複数の特

微点位置と、に基づいて、幾何補正情報生成手段 121 にて生成された第 1 の補正情報 (幾何補正情報) を修正し、第 2 の補正情報 (幾何補正情報) を生成する。その第 2 の補正情報 (幾何補正情報) は、幾何補正情報記憶手段 115 に記憶される。

[0040] 幾何補正情報送信手段 124 は、幾何補正情報修正手段 123 で修正されて記憶された幾何補正情報記憶手段 115 から幾何補正情報 (第 2 の補正情報) を、誤差記憶手段 116 から撮像装置 100 における撮像系手段間の横及び縦方向の位置誤差を読み込む。幾何補正情報と、撮像装置 100 における撮像系手段間の横及び縦方向の位置誤差と、を撮像手段に送る。

[0041] 幾何補正手段 125 は、視点 1 及び視点 2 から撮影され、輝度補正された画像を画像記憶手段 111a あるいは 111b から読み込み、幾何補正情報修正手段 123 で修正された画像補正情報を幾何補正情報記憶手段 115 から読み込む。各画素の補正量をもとに左右の画像を補正する。

[0042] モニタなどの画面出力手段 130 は、画像記憶手段 111a あるいは 111b から左右の入力画像 (基準画像及び比較画像)、輝度補正画像、あるいは、幾何補正画像を読み込み、画面に表示する。また、特徴点位置記憶手段 114 から特徴点位置の設計値、計測値及び補正值を読み込み、画像上にそれらのいずれか、あるいは、全ての位置にマークを表示する。

[0043] 図 1 に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例の動作手順を、図 5 を用いて説明する。

[0044] ステップ 501 は、撮像装置 100 が設置治具 103a (視点 1) に設置された状態で、撮像装置 100 は左右の撮影系手段で撮影した画像を出力する。画像取込手段 117a は撮影装置からの左右の画像を取得し、画像記憶手段 111a に送る。画像記憶手段 111a は、その画像を格納する。

[0045] ステップ 502 は、輝度補正手段 118 にて、輝度補正情報記憶手段 112 から左右画像における各画素の輝度の補正係数を、画像記憶手段 111a から撮像装置 100 が出力した視点 1 での画像をそれぞれ読み込み、左右の画像について各画素の輝度に補正係数をかけ合わせて、画像を補正する。補

正した画像を画像記憶手段 1 1 1 a に格納する。

[0046] ステップ 5 0 3 は、特徴点位置計測手段 1 2 0 にて、設計情報記憶手段 1 1 3 からカメラパラメータ、撮像装置 1 0 0 内における 2 つの撮像系手段の位置及び姿勢、チャート 1 0 1 に対する視点 1 の位置及び姿勢、チャート 1 0 1 に描かれた特徴点の数、位置及び形状の設計値を、画像記憶手段 1 1 1 a から、輝度補正された視点 1 からの画像を読み込む。読み込んだ設計情報をもとに、視点 1 における特徴点画像を作成し、輝度補正した視点 1 の画像と特徴点画像をマッチング処理することにより、特徴点位置を計測する。特徴点位置の計測値を特徴点位置記憶手段 1 1 4 に格納する。詳細な処理は図 6 を用いて、後で説明する。

[0047] ステップ 5 0 4 は、特徴点位置設計値算出手段 1 1 9 にて、設計情報記憶手段 1 1 3 からカメラパラメータ、撮像装置 1 0 0 内における 2 つの撮像系手段の位置及び姿勢、チャート 1 0 1 に対する視点 1 の位置及び姿勢、チャート 1 0 1 に描かれた特徴点の数及び位置の設計値を読み込む。これらの設計情報をもとに、チャート 1 0 1 上の特徴点位置から画像上の特徴点位置へ透視変換を行い、視点 1 からの画像上の特徴点位置の設計値を算出する。この処理を左右の画像について行う。特徴点位置の設計値を特徴点位置記憶手段 1 1 4 に格納する。

[0048] ステップ 5 0 5 は、幾何補正情報算出手段にて、左右の画像上の特徴点位置の設計値及び計測値を読み込む。特徴点位置の設計値と計測値の差を算出し、この差を特徴点位置の設計値における補正量とする。特徴点位置の設計値間の補正量を補間することにより、各画素における補正量（幾何補正情報）を算出する。この処理を左右の画像について行う。

左右の画像における幾何補正情報を幾何補正記憶手段に格納する。

[0049] ステップ 5 0 6 は、撮像装置 1 0 0 が設置治具 1 0 3 b（視点 2）に設置された状態で、撮像装置 1 0 0 は左右の撮影系手段で撮影した画像を出力する。画像取込手段 1 1 7 b は撮影装置からの左右の画像を取得し、画像記憶手段 1 1 1 b に送る。画像記憶手段 1 1 1 b は、その画像を格納する。

- [0050] ステップ507は、輝度補正手段118にて、輝度補正情報記憶手段112から左右画像における各画素の輝度の補正係数を、画像記憶手段111bから撮像装置100が出力した視点2での画像をそれぞれ読み込み、左右の画像について各画素の輝度に補正係数をかけ合わせて、画像を補正する。補正した画像を画像記憶手段111bに格納する。
- [0051] ステップ508は、特徴点位置計測手段120にて、設計情報記憶手段113からカメラパラメータ、撮像装置100内における2つの撮像系手段の位置及び姿勢、チャート101に対する視点2の位置及び姿勢、チャート101に描かれた特徴点の数、位置及び形状の設計値を、画像記憶手段111bから、輝度補正された視点2からの画像を読み込む。読み込んだ設計情報をもとに、視点2における特徴点画像を作成し、輝度補正した視点2の画像と特徴点画像をマッチング処理することにより、特徴点位置を計測する。特徴点位置の計測値を特徴点位置記憶手段114に格納する。詳細な処理を図3を用いて、後で説明する。
- [0052] ステップ509は、特徴点位置設計値算出手段119にて、設計情報記憶手段113からカメラパラメータ、撮像装置100内における2つの撮像系手段の位置及び姿勢、チャート101に対する視点2の位置及び姿勢、チャート101に描かれた特徴点の数及び位置の設計値を読み込む。これらの設計情報をもとに、チャート101上の特徴点位置から画像上の特徴点位置へ透視変換を行い、視点1からの画像上の特徴点位置の設計値を算出する。この処理を左右の画像について行う。特徴点位置の設計値を特徴点位置記憶手段114に格納する。
- [0053] ステップ510は、修正パラメータ算出手段122にて、幾何補正情報記憶手段115からステップ505で作成された幾何補正情報を、特徴点位置記憶手段114から視点2からの画像上の特徴点位置の計測値及び設計値を読み込む。各画素における補正量（幾何補正情報）を用いて、視点2から撮影した画像上の特徴点位置の計測値を補正して、特徴点位置の補正值を算出する。特徴点位置の補正值と設計値を用いて、撮像装置100の撮像系手段

の位置の横及び縦方向の製造誤差及び撮像装置 100 の設置位置の奥行き方向の誤差を算出するとともに、左右の画像を横、縦、回転及び拡大縮小方向に修正するパラメータの値をそれぞれ算出する。特徴点位置の補正量を特徴点位置記憶手段 114 に格納し、撮像装置 100 の撮像系手段の位置の横及び縦方向の製造誤差及び視点 1 での撮像装置 100 の設置位置の奥行き方向の誤差を誤差記憶手段 116 に格納し、修正パラメータを幾何補正情報修正手段 123 に送る。図 7 を用いて、詳細な処理を後で説明する。

[0054] ステップ 511 は、幾何補正情報修正手段 123 にて、幾何補正情報記憶手段 115 からステップ 505 で作成された幾何補正情報を読み込む。修正パラメータ算出手段 122 から左右の画像に関する横、縦、回転及び拡大縮小方向の修正パラメータの値をそれぞれ受け取る。修正パラメータの値だけ、横、縦、回転及び拡大縮小方向に画像を変換したときの各画素における変換量を左右の画像についてそれぞれ算出し、各画素の変換後の位置を算出する。ここで、回転及び拡大縮小方向の変換を画像上の光軸の位置を中心に行う。幾何補正情報を用いて、変換後の位置における各画素の補正量を補間により算出する。各画素における変換量と補正量を加算したものを各画素における新たな補正量とする。各画素の新たな補正量（幾何補正情報）を幾何補正記憶手段に格納する。

[0055] ステップ 512 は、幾何補正情報送信手段 124 にて、幾何補正情報記憶手段 115 から幾何補正情報を、誤差記憶手段 116 から撮像装置 100 における撮像系手段間の横及び縦方向の位置誤差を読み込み、幾何補正情報、撮像装置 100 における撮像系手段間の横及び縦方向の位置誤差を撮像手段に送る。撮像装置 100 は、幾何補正情報、撮像装置 100 における撮像系手段間の横及び縦方向の位置誤差を受け取り、幾何補正情報記憶手段 115 及び誤差記憶手段 116（実施例 5 に記述）にそれぞれ記憶する。

[0056] ステップ 513 は、幾何補正手段 125 にて、画像記憶手段 111a あるいは 111b から輝度補正された左右の画像を、幾何補正情報記憶手段 115 からステップ 511 で修正された幾何補正情報を読み込む。各画素の補正

量をもとに左右の画像を補正する。画像記憶手段 111a あるいは 111b は左右の幾何補正画像を格納する。

[0057] ステップ 514 は、画面出力手段 130 にて、画像記憶手段 111a あるいは 111b から左右の入力画像、輝度補正画像、あるいは、幾何補正画像を読み込み、画面に表示する。また、特徴点位置記憶手段 114 から特徴点位置の設計値、計測値及び補正值を読み込み、画像上にそれらのいずれか、あるいは、全ての位置にマークを表示する。

[0058] 図 1 に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例の動作手順のステップ 503 及びステップ 508 を、図 6 を用いて説明する。ここで、ステップ 508 では、視点 1 に関する情報の代わりに視点 2 の情報を用いる。

[0059] ステップ 601 は、特徴点位置計測手段 120 にて、設計情報記憶手段 113 からカメラパラメータ、撮像装置 100 内における 2 つの撮像系手段の位置及び姿勢、チャート 101 に対する視点 1 (視点 2) の位置及び姿勢、チャート 101 に描かれた特徴点の数、位置及び形状の設計値を、画像記憶手段 111a (111b) から、輝度補正された視点 1 (視点 2) からの画像を読み込む。

[0060] ステップ 602 は、特徴点位置計測手段 120 にて、カメラパラメータ、撮像装置 100 内における 2 つの撮像系手段の位置及び姿勢、チャート 101 に対する視点 1 (視点 2) の位置及び姿勢、チャート 101 に描かれた特徴点の形状の設計値をもとに、視点 1 (視点 2) に関して、図 3 (a) あるいは (b) に示す 1 つの特徴点の画像を作成する。

[0061] ステップ 603 は、特徴点位置計測手段 120 にて、視点 1 (視点 2) からの輝度補正画像と特徴点画像との各輝度の差の絶対値の和 (SAD、Sum of Absolute Difference) を算出して、この輝度の絶対値の和が最も小さい位置を求める。各輝度の絶対値の和が最も小さい位置の左右方向の隣の位置において、特徴点画像との各輝度の差の絶対値の和を算出する。以下数 1 を用いて、折れ線近似 (Equiangular Fitting、1 次の対称関数フィッティング、等角フィッティング)

で特徴点位置の横方向の計測値 u をサブピクセルまで算出する。ここで、 S_c 、 S_l 、 S_r は、輝度の差の絶対値の和が最も小さい位置、その左隣及び右隣の画素の位置における輝度の差の絶対値の和である。

[0062] [数 1]

$$\begin{cases} u = \frac{s - S_c}{2S_l - 2S_c} & (s \geq S_r) \\ u = -\frac{S_r - S_l}{2S_r - 2S_c} & (S_l < S_r) \end{cases} \quad \dots (式1)$$

[0063] 縦方向についても同様な処理を行い、特徴点位置の縦方向の計測値を算出する。これにより、一つの特徴点について画像上の位置を計測する。この処理を各特徴点について順次行い、画像上の全ての特徴点の位置を計測する。特徴点位置の計測値を特徴点位置記憶手段 114 に格納する。

[0064] 図 1 に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例の動作手順のステップ 510 を、図 7 を用いて説明する。ここで、ステップ 711〜714 は、拡大縮小方向の修正パラメータの算出を行うステップ 710、ステップ 721〜724 は、回転及び縦方向の修正パラメータの算出を行うステップ 720、ステップ 731〜734 は、横方向の修正パラメータの算出を行うステップ 730 である。

[0065] ステップ 701 は、修正パラメータ算出手段 122 にて、幾何補正情報記憶手段 115 からステップ 505 で作成された幾何補正情報を、特徴点位置記憶手段 114 から視点 2 からの画像上の特徴点位置の計測値及び設計値を読み込む。各画素における補正量（幾何補正情報）を用いて、視点 2 から撮影した画像上の特徴点位置の計測値を補正して、特徴点位置の補正值を算出する。

[0066] ステップ 711 は、修正パラメータ算出手段 122 にて、視点 2 からの左右の画像上における特徴点位置の設計値を読み込む。視点 2 からの左右の画像上において、横方向の列ごとに最も右にある特徴点と最も左にある特徴点位置の間隔の補正值と計測値を算出する。横方向の各列において、特徴点位置の間隔の補正值と計測値の比を算出し、それらの平均を算出する。同様に

、視点 2 からの左右の画像上において、縦方向の特徴点位置の間隔の補正值と計測値の比の平均値を算出する。横と縦方向の特徴点位置の間隔の補正值と計測値の比の平均値から、それらの平均値を算出する。

[0067] ステップ 7 1 2 は、以下数 2 ～数 4 を用いて、チャート 1 0 1 と視点 1 間の奥行きを設置誤差 Δz_1 を算出する。ここで、 r_l 及び r_r は左右の画像上における特徴点位置の間隔の補正值と設計値の比、 L_1 及び L_2 はチャート 1 0 1 から視点 1 及び視点 2 までの距離である。

[0068] [数 2]

$$\Delta z_{lr} = \frac{(r_l - 1)L_1 L_2}{r_l(L_1 - L_2)} \dots (\text{式 2})$$

[0069] [数 3]

$$\Delta z_{lr} = \frac{(r_r - 1)L_1 L_2}{r_r(L_1 - L_2)} \dots (\text{式 3})$$

[0070] [数 4]

$$\Delta z_1 = \frac{\Delta z_{lr} + \Delta z_{lr}}{2} \dots (\text{式 4})$$

[0071] ステップ 7 1 3 は、以下数 5 を用いて、幾何補正情報の拡大縮小方向の修正パラメータ m を算出する。ここで、左右の画像における拡大縮小方向の修正パラメータの値は同じである。

[0072] [数 5]

$$m = \frac{L_1}{L_1 + \Delta z_1} \dots (\text{式 5})$$

[0073] ステップ 7 1 4 は、視点 2 の画像上の特徴点位置の補正值を光軸位置を中心に拡大縮小方向に修正パラメータの値だけ変換する。チャート 1 0 1 と視点 2 間の奥行きを設置誤差の値が、チャート 1 0 1 と視点 1 間の奥行きを設置誤差の値と同じがあると想定して、透視変換を用いて、チャート 1 0 1 上の特徴点位置の設計値を画像上の特徴点位置 (変換値) に変換する。特徴点位置の変換値と設計値の差を算出し、その差だけ、視点 2 からの画像の特徴

点位置の補正量を変更する。

[0074] ステップ 7 2 1 は、修正パラメータ算出手段 1 2 2 にて、視点 2 からの左画像と右画像における各特徴点の縦方向の位置の補正值の差、設計値の差をそれぞれ算出し、各特徴点について縦方向の位置の補正值の差と設計値の差の差を算出して、その差の平均を算出する。

[0075] ステップ 7 2 2 は、以下数 6 を用いて、撮像装置 1 0 0 における 2 つの撮像系手段の縦方向の位置間の製造誤差 Δh を算出する。ここで、 Δv は視点 2 からの左画像と右画像における特徴点の縦方向の位置の補正值の差と設計値の差の平均値、 c は撮像系手段の画像素子の画素ピッチ、 f は撮像系手段の焦点距離である。

[0076] [数 6]

$$\Delta h = \frac{\text{Ave} \left(\frac{L_{12} - L_2}{f} \right)}{c} \dots \text{(式 6)}$$

[0077] ステップ 7 2 3 は、以下数 7 及び数 8 を用いて、幾何補正情報の回転及び縦方向の修正パラメータ θ 及び t_v を算出する。ここで、 B は基線長 (撮像系手段間の距離) である。

[0078] [数 7]

$$\theta = \tan^{-1} \frac{\Delta h}{B} \dots \text{(式 7)}$$

[0079] [数 8]

$$t_v = \frac{f \Delta h}{c L_1} \dots \text{(式 8)}$$

[0080] ステップ 7 2 4 は、視点 2 の画像上の特徴点位置の補正值を光軸位置を中心に回転方向に修正パラメータ θ の値だけ変換するとともに、左右の画像における特徴点位置の補正值を縦方向にそれぞれ $t_v / 2$ 及び $-t_v / 2$ 変換する。撮像装置 1 0 0 の撮像系手段間の縦方向の位置の製造誤差が Δh だけあると想定して、透視変換を用いて、チャート 1 0 1 上の特徴点位置の設計値を視点 2 からの画像上の特徴点位置 (変換値) に変換する。特徴点位置の

変換値と設計値の差を算出し、その差だけ、視点2からの画像の特徴点位置の補正量を変更する。

[0081] ステップ731は、修正パラメータ算出手段122にて、視点2からの左画像と右画像における各特徴点の横方向の位置の補正値の差、設計値の差をそれぞれ算出し、各特徴点について横方向の位置の補正値の差と設計値の差の差を算出して、その差の平均を算出する。

[0082] ステップ732は、以下数9を用いて、撮像装置100における2つの撮像系手段の横方向の位置間の製造誤差 ΔB を算出する。ここで、 Δu は視点2からの左画像と右画像における特徴点の横方向の位置の補正値の差と設計値の差の平均値である。

[0083] [数9]

$$\Delta B = \frac{\Delta u c}{f} \frac{L_1 L_2}{(L_1 - L_2)} \dots, \text{ (式 9) }$$

[0084] ステップ733は、以下数10を用いて、幾何補正情報の横方向の修正パラメータ t_u を算出する。

[0085] [数10]

$$t_u = -\frac{f \Delta B}{c L_1} \dots \text{ (式 10) }$$

[0086] ステップ734は、視点2の画像上の特徴点位置の補正値を左右の画像における特徴点位置の補正値を横方向にそれぞれ $t_u / 2$ 及び $-t_u / 2$ 変換する。撮像装置100の撮像系手段間の横方向の位置の製造誤差が ΔB だけあると想定して、透視変換を用いて、チャート101上の特徴点位置の設計値を視点2からの画像上の特徴点位置(変換値)に変換する。特徴点位置の変換値と設計値の差を算出し、その差だけ、視点2からの画像の特徴点位置の補正量を変更する。横、縦、回転及び拡大縮小方向の修正パラメータを幾何補正情報修正手段123に送る。特徴点位置の補正量を特徴点位置記憶手段114に格納し、撮像装置100の撮像系手段の位置の横及び縦方向の製造誤差及び撮像装置100の設置位置の奥行き方向の誤差を誤差記憶手段1

16に格納する。

[0087] 図8(a)に示すように、撮像装置100における2つの撮像系手段801a及び801b間の製造誤差がなく、撮像装置100の視点1での設置誤差もなければ、図8(b)及び(c)に示すように、ステップ505で視点1の画像をもとに生成した幾何補正情報を用いて補正した左右の画像802a及び802bでは、画像中央に映る像803a及び803bは設計情報通りに中央に映る。

[0088] しかし、図9(a)に示すように、チャート101に対する撮像装置100の奥行き方向の設置位置に誤差903が発生し、遠くに設置されると、図9(b)及び(c)に示すように、ステップ505で生成した幾何補正情報を用いて幾何補正した左右の画像802a及び802bでは、設計で画像中央に映る像901a及び901bが図8(b)及び(c)に比べ小さくなってしまう。

[0089] このため、例えば、左画像の中心の特徴点位置は設計値通りであるが、それに対応する右画像の左側の領域の特徴点位置の計測値は設計値よりも右方向誤差を持つ。1つの視点からの画像だけで幾何補正情報を求める手法では、このように、横方向に誤差を持つ特徴点位置の計測値により、幾何補正情報に誤差が発生してしまう。撮像装置100において、横方向の誤差を持つ幾何補正情報を用いて、画像を補正すると、視差に誤差が発生し、距離画像に誤差が発生してしまう。

[0090] 図1に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例の動作手順(図5〜図7)によれば、ステップ701で、視点1からの画像を用いて算出した幾何補正情報で視点2の特徴点位置の計測値を補正し、ステップ711〜ステップ714で、視点2からの画像における横及び縦方向の特徴点間隔の補正值と設計値の比をもとに、チャート101と視点1間の奥行き誤差を算出し、その誤差を修正する拡大縮小方向の修正パラメータを算出して、ステップ512で、幾何補正情報を拡大縮小方向に修正パラメータで修正する。この処理により、チャート101と視点1間の奥行き誤差の影響を幾何補正情

報から除去でき、図9 (d) 及び (e) に示すように、ステップ5 1 1で修正した幾何補正情報を用いて補正した左右の画像8 0 4 a 及び 8 0 4 b の中央に写る像9 0 2 a 及び 9 0 2 b は図8 (b) 及び (c) と同様に設計通り補正されるとともに、修正された幾何補正情報を用いた撮像装置1 0 0 では、正確な距離画像を算出することができる。

[0091] 図10 (a) に示すように、撮像装置1 0 0 における2つの撮像系手段8 0 1 a と8 0 1 b の縦方向の位置に製造誤差があると、図10 (b) 及び (c) に示すように、ステップ5 0 5 で視点1の画像をもとに生成した幾何補正情報を用いて補正した左右の画像8 0 2 a 及び 8 0 2 b では、設計で画像中央に映る像1 0 0 1 a 及び 1 0 0 1 b が上下方向にずれてしまう。

[0092] このため、特徴点位置の計測値が上下方向に誤差を持つ。1つの視点からの画像だけで幾何補正情報を求める手法では、このように、縦方向に誤差を持つ特徴点位置の計測値により、幾何補正情報に誤差が発生してしまう。撮像装置1 0 0 において、縦方向の誤差を持つ幾何補正情報を用いて、画像を補正すると、画像上に上下方向に位置誤差が発生し、基準画像のテンプレート画像にマッチする比較画像の領域がなく、距離画像を求めることができなくなる。

[0093] 図1に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例の動作手順 (図5〜図7) によれば、ステップ7 0 1で、視点1からの画像を用いて算出した幾何補正情報で視点2の特徴点位置の計測値を補正し、ステップ7 2 1〜ステップ7 2 4で、視点2からの左画像と右画像における特徴点の縦方向の位置の補正值の差と設計値の差の平均をもとに、撮像装置1 0 0 における2つの撮像系手段の縦方向の位置間の製造誤差を算出し、その誤差を修正する回転及び上下方向の修正パラメータを算出して、ステップ5 1 2で、幾何補正情報を回転及び上下方向に修正パラメータで修正する。この処理により、撮像装置1 0 0 における2つの撮像系手段の縦方向の位置間の製造誤差の影響を幾何補正情報から除去でき、図10 (d) 及び (e) に示すように、ステップ5 1 1で修正した幾何補正情報を用いて補正した左右の画像8 0 4 a 及び 8

04bの中央に写る像1002a及び1002bは設計通り補正されるとともに、修正された幾何補正情報を用いた撮像装置100では、基準画像のテンプレート画像にマッチする比較画像の領域を探索でき、距離画像を求めることができる。

[0094] 以上の処理では、ステップ505で生成された幾何補正情報により、各撮像系手段の光軸中心の回転方向の製造誤差の影響を除去して、画像を補正する。また、ステップ721〜724で算出された回転方向の修正パラメータにより、式7及び図10(d)及び(e)に示すように、撮像系手段間の実際の位置(焦点)を結んだ線と撮像系手段間の設計上の位置(焦点)を結んだ線がなす角度1003だけ左右の画像を回転させて、撮像装置100における2つの撮像系手段との縦方向の位置に製造誤差の影響を除去する。よって、ステップ511で修正された幾何補正情報を用いて画像を補正すると、各撮像系手段の光軸中心の回転方向の製造誤差と、撮像系手段間の実際の位置を結んだ線と撮像系手段間の設計上の位置を結んだ線がなす角度1003を足し合わせた角度だけ画像が回転する。

[0095] 図11(a)に示すように、撮像装置100における2つの撮像系手段801aと801bの横方向の位置に製造誤差があると、図11(b)及び(c)に示すように、ステップ505で視点1の画像をもとに生成した幾何補正情報を用いて補正した左右の画像802a及び802bでは、設計で画像中央に映る像1101a及び1101bが左右方向にずれてしまう。

[0096] このため、特徴点位置の計測値が左右方向に誤差を持つ。1つの視点からの画像だけで幾何補正情報を求める手法では、このように、横方向に誤差を持つ特徴点位置の計測値により、幾何補正情報に誤差が発生してしまう。撮像装置100において、横方向の誤差を持つ幾何補正情報を用いて、画像を補正すると、視差に誤差が発生し、距離画像に誤差が発生してしまう。

[0097] 図1に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例の動作手順(図5〜図7)によれば、ステップ701で、視点1からの画像を用いて算出した幾何補正情報で視点2の特徴点位置の計測値を補正し、ステップ731〜ス

テツプ 7 3 4 で、視点 2 からの左画像と右画像における特徴点の横方向の位置の補正值の差と設計値の差の平均をもとに、撮像装置 1 0 0 おける 2 つの撮像系手段の横方向の位置間の製造誤差を算出し、その誤差を修正する横方向の修正パラメータを算出して、ステップ 5 1 2 で、幾何補正情報を横方向に修正パラメータで修正する。この処理により、撮像装置 1 0 0 おける 2 つの撮像系手段の横方向の位置間の製造誤差の影響を幾何補正情報から除去でき、ステップ 5 1 1 で修正した幾何補正情報を用いて補正した左右の画像 8 0 4 a 及び 8 0 4 b の中央に写る像 1 1 0 2 a 及び 1 1 0 2 b は設計通り補正されるとともに、修正された幾何補正情報を用いた撮像装置 1 0 0 では、正確な距離画像を算出することができる。

[0098] 以上の処理では、ステップ 7 3 1 〜 7 3 4 で、撮像装置 1 0 0 おける 2 つの撮像系手段の横方向の位置間の製造誤差により発生する画像上の横（視差）方向の誤差を除去する。すなわち、ステップ 5 1 0 で得られる幾何補正情報によって補正された左右の画像間の視差を求めると、撮像装置 1 0 0 おける 2 つの撮像系手段の横方向の位置間の距離の設計値と製造誤差を足し合わせたことを想定したときの視差を求めることができる。

[0099] 撮像装置 1 0 0 を設置治具 1 0 3 a 及び設置治具 1 0 3 b に設置するときに設置ずれが発生すると、チャート 1 0 1 に対する撮像装置 1 0 0 の奥行き位置に誤差が生じ、画像上の特徴点位置の計測値に横方向の誤差が発生するとともに、撮像装置 1 0 0 において、横方向の誤差を持つ幾何補正情報を用いて、画像を補正すると、視差に誤差が発生し、距離画像に誤差が発生してしまう。

[01 00] 図 1 に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例によれば、図 4 に示すように、撮像装置 1 0 0 の設置治具 1 0 3 a 及び 1 0 3 b に 3 つのピン 4 0 1 a 〜 4 0 1 c を配置するとともに、撮像装置 1 0 0 の筐体における平面に加工されている箇所 4 0 2 a 〜 4 0 2 c にピン 4 0 1 a 〜 4 0 1 c をあてて 3 つの平面を有して、3 つの平面に 3 つのピン 4 0 1 a 〜 4 0 1 c をそれぞれあてて設置することにより、撮像装置 1 0 0 の設置ずれを防ぐことが

できるとともに、撮像装置 100 の設置ずれによる誤差を幾何補正情報から除去でき、撮像装置 100 において正確な距離画像を算出することができる。

[0101] なお、本発明のキャリブレーション装置は、上記で説明したような実施の形態に限定されるものではなく、様々に変形して適用することができる。以下では、本発明のキャリブレーション装置の変形例について説明する。

[0102] (変形例 1-1)

図 1 に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例の動作手順 (図 5 〜図 7) のステップ 502 及びステップ 507 において、輝度補正手段 118 は、輝度補正情報記憶手段 112 から左右画像における各画素の輝度の補正係数をそれぞれ読み込み、左右の画像について各画素の輝度に補正係数をかけ合わせて、画像を補正するとともに、画像がカラーである場合、RGB の画素の輝度値を補正する処理を行う。

[0103] 具体的には、特徴点ごとに特徴点画像の黒い部分及び白い部分における RGB の画素の輝度値の平均をそれぞれ算出して、RGB の画素の黒い部分及び白い部分が同じ所定の輝度値になるように変換する一次関数を RGB ごとに求める。これにより、特徴点ごとに RGB の一次関数の 2 つの係数が算出される。特徴点位置間を線形補間することにより、画素毎に一次関数の 2 つの係数を算出する。各画素ごとの一次関数の 2 つの係数を用いて、画素毎に輝度値を補正する。

[0104] 以上のカラーの輝度補正処理を行わないと、同じ画像領域で RGB ごとに輝度値が異なり、ステップ 504 及びステップ 508 で、特徴点画像と補正画像をマッチングするときに特徴点位置の計測値に誤差が発生し、これにより、幾何補正情報に誤差が発生する。

[0105] 図 1 に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例の動作手順 (図 5 〜図 7) のステップ 502 及びステップ 507 において、画像がカラーである場合、RGB の画素の輝度値を補正する処理を行うことにより、同じ画像領域で RGB ごとに輝度値をほぼ同じにでき、特徴点位置の計測値の誤差及

び幾何補正情報の誤差を除去できる。また、同じ画像領域で異なるRGBの輝度値による誤差を除去した幾何補正情報を用いた撮像装置100において正確な距離画像を算出することができる。

[01 06] (変形例 1 - 2)

図1に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例の動作手順(図5～図7)のステップ603において、特徴点位置計測手段120は、視点1(視点2)からの輝度補正画像と特徴点画像との各輝度の差の絶対値の和(SAD)を算出する代わりに、ZSAD(Zero-mean Sum of Absolute Differences)、あるいは、SSD(Sum of Squared Differences)、ZSSD(Zero-mean Sum of Squared Differences)、NCC(Normalized Cross Correlation)、ZNCC(Zero-mean Normalized Cross Correlation)を算出して、これらのいずれかの値が最も小さい位置を求め、これらのいずれかの値が最も小さい位置の左右方向の隣の位置において、特徴点画像とのこれらのいずれかの値を算出して、式1を用いて、特徴点位置の計測値を算出しても、サブピクセルまで算出することができる。

[01 07] (変形例 1 - 3)

図1に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例の動作手順(図5～図7)のステップ603において、特徴点位置計測手段120は、式1を用いた折れ線近似の代わりに、以下数11を用いた放物線近似(Parabola Fitting、パラボラ・フィッティング)で、特徴点位置の横方向の計測値uを算出しても、サブピクセルまで算出することができる。ここで、縦方向についても同様な処理を行う。ここで、ここで、Sc、Sl、Srは、輝度の差の絶対値の和(SAD)、あるいは、ZSAD、SSD、ZSSD、NCC、ZNCCの値である。

[01 08]

[数 11]

$$u = \frac{S_l - S_r}{2\frac{3}{4} - 4S_c + 2S_r} \dots (\text{式 } 11)$$

[01 09] (変形例 1-4)

撮像装置 100 が 3 つ以上の撮像系手段 (カメラ) を有している場合、図 1 に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例の動作手順 (図 5 ～図 7) のステップ 501 ～ステップ 513 を、2 つの撮像系手段の組合せごとに実施する。撮像装置 100 では、2 つの撮像系手段の組合せごとに、それぞれの幾何補正情報で画像を補正して、距離画像を算出する。これにより、3 つ以上の撮像系手段を有する撮像装置 100 の幾何キャリブレーションを可能にする。

[01 10] (変形例 1-5)

図 1 に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例の動作手順 (図 5 ～図 7) において、ステップ 501 の後にステップ 506 を実施する。このようにステップ 506 の処理の順序を換えても、撮像装置 100 における 2 つの撮像系手段及びの製造誤差及び撮像装置 100 の設置誤差の影響を幾何補正情報から除去でき、撮像装置 100 において正確な距離画像を算出することができる。

[01 11] (変形例 1-6)

図 1 に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例において、画像取込手段 117 a 及び 117 b の代わりに、視点 1 及び視点 2 に設置された撮像装置 100 からの画像を取得する画像取込手段 117 にするとともに、画像記憶手段 111 a 及び 111 b の代わりに、視点 1 及び視点 2 からの画像、輝度補正した画像、幾何補正した画像を記憶する画像記憶手段 111 にする。このように画像取込手段 117 a 及び 117 b の代わりに画像取込手段 117 を、画像記憶手段 111 a 及び 111 b の代わりに画像記憶手段 111 を設けても、撮像装置 100 における 2 つの撮像系手段及びの製造誤差及び撮像装置 100 の設置誤差の影響を幾何補正情報から除去でき、撮像装置

100において正確な距離画像を算出することができる。

[01 12] (変形例 1 - 7)

図 1 に示す本発明のキャリブレーションシステムの一実施例において、図 12 に示すように、設置台 102 に設置治具 103 c を新たに設け、画像取込手段 117 b は、設置治具 103 c (視点 3) に設置したときの撮像装置 100 (撮像装置 100 c は設置治具 103 c に設置した場合の撮像装置 100) の画像を取得する (チャート 101 からの第 1 の距離、第 2 の距離とは異なる第 3 距離離れた撮像装置において撮像した第 3 の画像を取得する) と共に、画像記憶手段 111 b は、視点 3 からの画像、輝度補正した画像及び幾何補正した画像を記憶する。

[01 13] この設置台 102 は、チャート 101 から第 1 の距離離れた位置 (視点 1) に撮像装置を設置可能であって、且つチャート 101 から第 1 の距離と異なる予め定めた第 2 の距離離れた位置 (視点 2) に撮像装置を設置可能であって、且つチャート 101 から第 1 の距離と第 2 の距離とは異なる予め定めた第 3 の距離離れた位置 (視点 3) に撮像装置を設置可能な台である。

[01 14] ここで、設置治具 103 c に設置された撮像装置 100 の視野 104 c は設置治具 103 a 及び 104 b に設置された撮像装置 100 の視野 104 a 及び 104 b と重なるとともに、設置治具 103 c は視野 104 a 及び 104 b に撮像装置 100 が入らないように配置されている。

[01 15] 図 1 に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例の動作手順 (図 5 - 図 7) において、ステップ 506 - ステップ 510 を視点 3 からの画像についても実施する。ここで、視点 3 からの画像におけるステップ 510 で、修正パラメータ算出手段 122 は、視点 3 の画像を用いて、幾何補正情報の横、縦、回転及び拡大縮小方向の修正パラメータ、製造誤差及び設置誤差を算出する。ステップ 511 で、視点 2 及び視点 3 の画像を用いて算出した修正パラメータの平均値をもとに幾何補正情報を修正する。これにより、2 つの視点からの画像をもとに幾何補正情報を修正でき、幾何補正情報の精度が向上する。また、精度が向上した幾何補正情報を用いた撮像装置 100 にお

いてより正確な距離画像を算出することができる。

実施例 2

[01 16] 図 1 3 に本発明のキャリブレーション装置及びのキャリブレーションシステムの一実施例の構成を示す。

[01 17] 本発明の一実施例は、チャート 1 0 1、設置台 1 4 2、設置治具 1 0 3、スライダ手段 1 0 5、演算手段 1 5 0、画面出力手段 1 3 0 を備えている。チャート 1 0 1、設置治具 1 0 3、画面出力手段 1 3 0 は、図 1 に示すものと同じであり、説明の記述を省略する。

[01 18] 設置台 1 4 2 は、スライダ手段 1 0 5 及び設置治具 1 0 3 を介して、撮像装置 1 0 0 を取り付ける台である。つまり、図 1 や図 1 2 のように、視点毎に段差を設けた設置台ではなく、スライダ手段 1 0 5 を設けて、チャート 1 0 1 と撮像装置間の距離を可変して、それぞれ異なる距離にて画像を撮像し、取り込んでいる。それにより異なる視点での画像を取り込むことが可能となる。

[01 19] 図 1 2 のキャリブレーションシステムに、本実施例のスライダ手段 1 0 5 を適用したものを図 1 5 に記す。但し、内容は、図 3 と全く同様ですので、説明は省略する。

[01 20] スライダなどのスライダ手段 1 0 5 は、制御信号を受け取り、制御信号で指定された位置に、設置治具 1 0 3 が取り付けられた台を移動させる。ここでは、チャートの面に対して垂直な方向に光軸となるように設置治具 1 0 3 を介して撮像装置 1 0 0 が設置される。スライダ手段 1 0 5 は、チャートの面に対して垂直な方向に設置治具 1 0 3 及び撮像装置 1 0 0 を移動させる。

[01 21] CPU 及びメモリなどから構成されるキャリブレーション装置である演算手段 1 5 0 は、画像記憶手段 1 1 1 a、画像記憶手段 1 1 1 b、輝度補正情報記憶手段 1 1 2、設計情報記憶手段 1 1 3、特徴点位置記憶手段 1 1 4、幾何補正情報記憶手段 1 1 5、誤差記憶手段 1 1 6、画像取得手段 1 1 7、輝度補正手段 1 1 8、特徴点位置設計値算出手段 1 1 9、特徴点位置計測手

段 1 2 0、幾何補正情報生成手段 1 2 1、修正パラメータ算出手段 1 2 2、幾何補正情報修正手段 1 2 3、幾何補正情報送信手段 1 2 4、幾何補正手段 1 2 5、制御手段 1 2 6 を備えている。

[01 22] 画像記憶手段 1 1 1 a、画像記憶手段 1 1 1 b、輝度補正情報記憶手段 1 1 2、設計情報記憶手段 1 1 3、特徴点位置記憶手段 1 1 4、幾何補正情報記憶手段 1 1 5、誤差記憶手段 1 1 6、画像取得手段 1 1 7、輝度補正手段 1 1 8、特徴点位置設計値算出手段 1 1 9、特徴点位置計測手段 1 2 0、幾何補正情報生成手段 1 2 1、修正パラメータ算出手段 1 2 2、幾何補正情報修正手段 1 2 3、幾何補正情報送信手段 1 2 4、幾何補正手段 1 2 5 は、図 1 に示すものと同じであり、説明の記述を省力する。

[01 23] 画像取込手段 1 1 7 は、撮像装置 1 4 0 が出力する画像を取り込む。

[01 24] 制御手段 1 2 6 は、撮像装置の位置（視点 1、）（撮像装置 1 4 0 a は視点 1' に位置した場合の撮像装置）、あるいは、撮像装置 1 4 0 b の位置（視点 2'）（撮像装置 1 4 0 b は視点 2' に位置した場合の撮像装置）に移動するという制御信号をスライダ手段 1 0 5 に送る。

[01 25] 視点 1、及び視点 2' はチャート 1 0 1 からの撮像装置までの距離が異なる。ここでは、視点 1' 及び視点 2' における撮像装置の視野 1 4 1 a 及び 1 4 1 b はチャート 1 0 1 の面を含まれている。スライダ手段 1 0 5 の台がチャート 1 0 1 の面に対して垂直に移動し、チャート 1 0 1 と視点 2' の距離がチャート 1 0 1 と視点 1' の距離よりも短いため、視点 2' における撮像装置の視野 1 4 1 b は視点 1、における撮像装置の視野 1 4 1 a に含まれる。

[01 26] 図 1 3 に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例の動作手順を、図 1 4 を用いて説明する。

[01 27] ここで、ステップ 5 0 2 ～ 5 0 5、ステップ 5 0 7 ～ 5 1 4 の処理は、図 5 のステップ 5 0 2 ～ 5 0 5、ステップ 5 0 7 ～ 5 1 4 と同じであるため、説明の記述を省略する。

[01 28] ステップ 1 4 0 1 は、制御手段 1 2 6 にて、視点 1' の位置に台を移動す

るという制御信号をスライダ手段 105 に送る。スライダ手段 105 はこの制御信号を受け取り、設置治具 103 が取れ付けられた台を視点 1' まで移動させる。

[01 29] ステップ 1402 は、撮像装置にて、左右の撮影系手段で撮影した画像を出力する。画像取得手段 117 は撮影装置からの左右の画像を取得し、画像記憶手段 111a に送る。

画像記憶手段 111a はその画像を格納する。

[01 30] ステップ 1403 は、制御手段 126 にて、視点 2' の位置に台を移動するという制御信号をスライダ手段 105 に送る。スライダ手段 105 はこの制御信号を受け取り、設置治具 103 が取れ付けられた台を視点 2' まで移動させる。

[01 31] ステップ 1404 は、撮像装置にて左右の撮影系手段で撮影した画像を出力する。画像取得手段 117 は撮影装置 100 からの左右の画像を取得し、画像記憶手段 111b に送る。画像記憶手段 111b はその画像を格納する。

[01 32] 図 13 に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例の動作手順 (図 14) によれば、ステップ 1401 及びステップ 1403 でスライダ手段 105 が視点 1' 及び視点 2' に撮像装置 100 を移動させる。これにより、撮像装置 100 の移動を自動化できる。

[01 33] なお、本発明のキャリブレーション装置は、上記で説明したような実施の形態に限定されるものではなく、様々に変形して適用することができる。以下では、本発明のキャリブレーション装置の変形例について説明する。

[01 34] (変形例 2 — 1)

図 1 に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例の動作 (図 14) において、ステップ 510 の後に、撮像装置を 130c の位置 (視点 3') (撮像装置 140c は視点 3' に位置した場合の撮像装置) に設置して、ステップ 1403、1404、ステップ 507 ~ 510 を実施して、ステップ 511 で、視点 2' 及び視点 3' の画像を用いて算出した修正パラメータの

平均値をもとに幾何補正情報を修正する。これにより、2つの視点からの画像をもとに幾何補正情報を修正でき、幾何補正情報の精度が向上する。また、精度が向上した幾何補正情報を用いた撮像装置においてより正確な距離画像を算出することができる。

実施例 3

[0135] 図16に本発明のキャリブレーションシステムの一実施例の構成を示す。

[0136] 本発明の一実施例は、チャート1601、設置台1602、第1の設置治具（図示せず）、第2の設置治具（図示せず）、演算手段1610a～1610e、画面出力手段1620a～1620eを備えている。この実施例では、チャート101の面に対して平行方向に複数の撮像装置（5台の撮像装置1600a～1600e）が配置され、その複数の撮像装置の各々は、互いに撮像領域が重なるように配置されている。

[0137] チャート1601は、複数の特徴点が描かれている。例えば、図3（a）に示す特徴点の例101aの形状は矩形であり、図3（b）に示す特徴点の例301bの形状はリングである。

[0138] 設置台1602は、第1の設置治具と第2の設置治具を介して、5台の撮像装置1600a～1600eをそれぞれ取り付ける台である。つまり設置台1602は、チャート101の面に対して平行方向に複数の撮像装置が配置され、その複数の撮像装置の各々は、互いに撮像領域が重なるように配置される台である。

[0139] 第1の設置治具は、チャート1601からの距離が同じ位置に設置されている。第1の設置治具に設置された撮像装置1600a～1600eの視野1604a～1604eが重なるように、第1の設置治具が設置されている。

[0140] 第2の設置治具は、チャート1601からの距離が同じ位置に設置され、チャート1601と第1の設置治具の距離とは異なる。第2の設置治具に設置された撮像装置1600a～1600eの視野は、第1の設置治具に設置された撮像装置1600a～1600eの視野1604a～1604eと重

なるように設置されている。

[0141] キャリブレーション装置である演算手段 1610a～1610e の構成は、図 1 に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例の演算手段 110 と同じ構成である。このため、説明の記述を省略する。

[0142] 画面出力手段 1620a～1620e は、図 1 に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例の画面出力手段 130 と同じである。このため、説明の記述を省略する。

[0143] 図 16 に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例における演算手段 1610a～1610e、画面出力手段 1620a～1620e のそれぞれの動作は、図 2～図 7 に示す動作と同じである。このため、説明の記述を省略する。

[0144] 図 16 に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例によれば、複数の撮像装置のキャリブレーションを実施でき、複数の撮像装置の視野が重なるように、複数の撮像装置が設置されていることにより、図 1 に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例を複数設置するスペースよりも狭くすることができる。

実施例 4

[0145] 図 17 に本発明のキャリブレーションシステムの他の実施例の構成を示す。

[0146] 本発明の一実施例は、チャート 1701、設置台 1702、スライダ手段 1705a～1705e、設置治具（図示せず）、5 台の撮像装置 1700a～1700e、演算手段 1710a～1710e、画面出力手段 1720a～1720e を備えている。ここで、チャート 1701 は、図 16 に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例のチャートと同じである。このため、説明の記述を省略する。

[0147] 設置台 1702 は、スライダ手段 1705a～1705e 及び設置治具を介して、5 台の撮像装置 1700a～1700e をそれぞれ取り付ける台である。

- [0148] スライダなどのスライダ手段 1705a～1705e は、制御信号を受け取り、制御信号で指定された位置に、設置治具がそれぞれ取り付けられた台を移動させる。ここでは、チャート1701の面に対して垂直な方向に光軸となるように設置治具を介して撮像装置 1700a～1700e が設置される。スライダ手段 1705a～1705e は、この方向に設置治具及び撮像装置 1700a～1700e を移動させる。撮像装置 1700a～1700e の視野 1704a～1704e はそれぞれ重なるように、スライダ手段 1705a～1705e が設置されている。
- [0149] 設置治具は、図13に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例の設置治具と同じ構成である。このため、説明の記述を省略する。
- [0150] 演算手段 1710a～1710e の構成は、図13に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例の演算手段 150 と同じ構成である。このため、説明の記述を省略する。
- [0151] 画面出力手段 1720a～1720e は、図1に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例の画面出力手段 130 と同じである。このため、説明の記述を省略する。
- [0152] 図17に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例におけるスライダ手段 1705a～1705e、演算手段 1710a～1710e、画面出力手段 1720a～1720e のそれぞれの動作は、図14、図6及び図7に示す動作と同じである。このため、説明の記述を省略する。
- [0153] 図17に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例によれば、複数の撮像装置をキャリブレーションを実施でき、複数の撮像装置の視野が重なるように、複数の撮像装置が設置されていることにより、図13に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例を複数設置するスペースよりも狭くすることができる。
- [0154] 図17に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例の動作手順（図14、図6及び図7）によれば、ステップ1401及びステップ1403でスライダ手段が視点1'及び視点2'に撮像装置を移動させる。これにより

、撮像装置の移動を自動化できる。

実施例 5

[01 55] 図 18 に本発明の撮像装置の一実施例の構成を示す。

[01 56] 本発明の一実施例は、撮像系手段 1800a、撮像系手段 1800b、演算手段 1810、画面音声出力手段 1830、制御手段 1840 を備えている。

[01 57] カメラなどの撮像系手段 1800a は、光学素子手段 1801a、シャッタ手段 1802a、撮像素子手段 1803a を備えている。

[01 58] レンズなどの光学素子手段 1801a は、光を屈折させて、撮像素子に像を結ぶ。

[01 59] シャッタなどのシャッタ手段 1802a は、光学素子手段 1801a を通過した光が通る箇所に設置され、シャッタ開閉信号及び露光時間の情報を受け取った直後に露光時間だけその光が通るようにシャッタの機構を開き、それ以外の時は光をさえぎるようにシャッタの機構を閉じる。

[01 60] 撮像素子などの撮像素子手段 1803a は、光学素子手段 1801a により屈折した光の像を受光し、その光の強さに応じた画像を生成する。

[01 61] カメラなどの撮像系手段 1800b は、光学素子手段 1801b、シャッタ手段 1802b、撮像素子手段 1803b を備えている。また、撮像系手段 1800a と撮像系手段 1800b の焦点距離の設計値は同じである。撮像系手段 1800a と撮像系手段 1800b の光軸の方向は、おおむね同じである。

[01 62] レンズなどの光学素子手段 1801b は、光を屈折させて、撮像素子に像を結ぶ。

[01 63] シャッタなどのシャッタ手段 1802b は、光学素子手段 1801b を通過した光が通る箇所に設置され、シャッタ開閉信号及び露光時間の情報を受け取った直後に露光時間だけその光が通るようにシャッタの機構を開き、それ以外の時は光をさえぎるようにシャッタの機構を閉じる。

[01 64] 撮像素子などの撮像素子手段 1803b は、光学素子手段 1801b によ

り屈折した光の像を受光し、その光の強さに応じた画像を生成する。

[01 65] CPU及びメモリなどから構成される演算手段 18 10 は、基準画像記憶手段 18 11、比較画像記憶手段 18 12、処理画像記憶手段 18 13、輝度補正情報記憶手段 18 14、幾何補正情報記憶手段 18 15、設計情報記憶手段 18 16、誤差記憶手段 18 17、同期信号発信手段 18 18、基準画像取込手段 18 19 a、比較画像取込手段 18 19 b、輝度補正手段 18 20、幾何補正手段 18 21、視差算出手段 18 22、距離算出手段 18 23、認識手段 18 24 を備えている。

[01 66] メモリやハードディスクなどの基準画像記憶手段 18 11 は、撮像系手段 18 00 a で撮影された画像を記憶する。視差算出において、基準画像記憶手段 18 11 に記憶されている画像からテンプレート画像を切り出されるため、この画像は基準画像である。

[01 67] メモリやハードディスクなどの比較画像記憶手段 18 12 は、撮像系手段 18 00 b で撮影された画像を記憶する。視差算出において、比較画像記憶手段 18 12 に記憶されている画像をテンプレート画像で探索されるため、この画像は比較画像である。

[01 68] メモリやハードディスクなどの処理画像記憶手段 18 13 は、演算手段 18 10 で処理され、生成された画像を記憶する。

[01 69] メモリやハードディスクなどの輝度補正情報記憶手段 18 14 は、撮像系手段 18 00 a 及び撮像系手段 18 00 b の画像（基準画像及び比較画像）における各画素の輝度の補正係数を記憶する。この補正係数は、均一なライトや対象物を撮影したときの画像の輝度が画像全面で同じになる値である。

[01 70] メモリやハードディスクなどの幾何補正情報記憶手段 18 15 は、撮像系手段 18 00 a 及び撮像系手段 18 00 b の画像（基準画像及び比較画像）における各画素の幾何の補正量（幾何補正情報）を記憶する。この補正量は、光学素子手段 18 01 a 及び光学素子手段 18 01 b の歪、撮像系手段 18 00 a 及び撮像系手段 18 00 b の焦点距離の誤差、画像上の光軸位置の誤差及び取付誤差が 0 であるときの画像に補正する値である。

- [0171] 記憶されている幾何補正情報は、図 1、図 13、図 16 及び図 17 に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例が算出したものである。このため、撮像系手段の光軸中心の回転方向の製造誤差と、撮像系手段間の実際の位置（焦点）を結んだ線と撮像系手段間の設計上の位置（焦点）を結んだ線がなす角度を足し合わせた角度だけ画像を回転させる幾何補正情報である。
- [0172] メモリハードディスクなどの設計情報記憶手段は、撮像系手段と間の距離（基線長）、撮像系手段の焦点距離の設計値、撮像素子手段の画素ピッチ、解像度の設計値を記憶する。
- [0173] メモリハードディスクなどの誤差記憶手段は、撮像系手段との間の横方向の位置誤差を記憶する。撮像系手段との間の位置誤差は、図 1、図 13、図 16 及び図 17 に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例が算出したものである。
- [0174] 同期信号発信手段 1818 は、同期信号を生成し、発信する。
- [0175] 基準画像取込手段 1819a は、同期信号発信手段 1818 の同期信号に合わせて、シャッター手段 1802a にシャッターを開けるという信号を送るとともに、撮像素子手段 1803a が生成する画像を取得する。
- [0176] 比較画像取込手段 1819b は、同期信号発信手段 1818 の同期信号に合わせて、シャッター手段 1802b にシャッターを開けるという信号を送るとともに、撮像素子手段 1803b が生成する画像を取得する。
- [0177] 輝度補正手段 1820 は、輝度補正情報記憶手段 1814 から各画素の輝度の補正係数を読み込み、基準画像及び比較画像の輝度を補正する。
- [0178] 幾何補正手段 1821 は、幾何補正情報記憶手段 115 から各画素の幾何の 2 次元補正量（幾何補正情報）を読み込み、基準画像及び比較画像に幾何学的に補正し、写る像の形状を補正する。つまり、撮像系手段 1800a（第 1 の撮像系手段）と撮像系手段 1800b（第 2 の撮像系手段）の幾何補正情報に基づいて基準画像及び比較画像を補正する。更に、撮像系手段 1800a と撮像系手段 1800b 間を結ぶ実際の基線長の線と撮像系手段 1800a と撮像系手段 1800b 間を結ぶ理想の基線長の線のなす角度と、撮

像系手段 1800a の回転角の理想値からの誤差と、を足し合わせ角度を、回転方向に補正する。

[0179] 視差算出手段 1822 は、基準画像上から抽出した所定のサイズの領域（テンプレート画像）に対応する比較画像上の領域を探索する。テンプレート画像と一致する比較画像上の領域の位置と、基準画像上のテンプレート画像の位置の差すなわち視差を算出する。各画素について視差を算出することにより、視差画像を算出する。

[0180] 距離算出手段 1823 は、視差算出手段 1822 が算出した視差、撮像系手段 1800a と撮像系手段 1800b の焦点の距離（基線長）、焦点距離及び画素ピッチをもとに、撮像系手段 1800a 及び撮像系手段 1800b の光軸方向に撮像装置から画像上の対象物までの距離を算出する。各画素について距離を算出することにより、距離画像を算出する。また、撮像系手段 1800a と撮像系手段 1800b 間の基線長と、その基線長の理想値からの誤差と、を足し合わせた値を用いて、距離画像を算出する。

[0181] 認識手段 1824 は、基準画像及び距離画像を用いて、基準画像に写っている対象物及び基準画像上の対象物の位置を認識し、撮像装置に対する対象物の 3 次元の相対位置及び相対速度を算出する。ここで、撮像装置に対する 3 次元の相対位置座標系は、撮像系手段 1800a と撮像系手段 1800b の焦点間の中点を原点として、撮像系手段 1800a 及び撮像系手段 1800b に対して右方向に x 座標、上方向に y 座標、光軸方向に z 座標をとる。

[0182] また、撮像装置と対象物の相対位置及び相対速度をもとに衝突までに時間を算出して、所定の時間内に衝突するかどうかを判定する。撮像装置と対象物の相対位置、相対速度、衝突判定結果及び衝突時間を画面音声出力手段 1830 及び制御手段 1840 に送る。

[0183] モニタ及びスピーカなどの画面音声出力手段 1830 は、基準画像、あるいは、視差画像、距離画像を画面に表示する。また、対象物の位置に枠あるいはマーカを表示する。このとき、認識手段 1824 からの衝突判定結果が衝突するという判定である対象物の枠あるいはマーカの色を、衝突しない対

象物と異なるものとする。認識手段 1824 からの衝突判定結果が衝突するという判定である対象物がある場合、警告音を出力する。

[0184] CPU などの制御手段 1840 は、撮像装置と対象物の相対位置、相対速度、衝突時間及び衝突判定結果をもとに制御信号を生成して、撮像装置の外部に出力する。

[0185] 図 18 に示す本発明の撮像装置の一実施例の動作手順を、図 19 を用いて説明する。

[0186] ステップ 1901 は、同期信号発信手段 1818 にて、同期信号を生成して、基準画像取込手段 1819a 及び比較画像取込手段 1819b に送る。基準画像取込手段 1819a は、同期信号発信手段 1818 からの同期信号を受け取った直後に、シャッター手段 1802a にシャッター開閉信号及び露光時間の情報を送る。

[0187] シャッター手段 1802a は、基準画像取込手段 1819a からのシャッター開閉信号及び露光時間の情報を受け取った直後に、シャッターの機構を露光時間だけ開き、その後、閉じる。撮像素子手段 1803a は、光学素子手段 1801a により屈折した光の像を受光し、その光の強さに応じた画像を生成して、基準画像取込手段 1819a に画像を送る。基準画像取込手段 1819a は、撮像素子手段 1803a から画像を受け取り、基準画像記憶手段 1811 に格納する。

[0188] 比較画像取込手段 1819b は、同期信号発信手段 1818 からの同期信号を受け取った直後に、シャッター手段 1802b にシャッター開閉信号及び露光時間の情報を送る。シャッター手段 1802b は、比較画像取込手段 1819b からのシャッター開閉信号及び露光時間の情報を受け取った直後に、シャッターの機構を露光時間だけ開き、その後、閉じる。

[0189] 撮像素子手段 1803b は、光学素子手段 1801b により屈折した光の像を受光し、その光の強さに応じた画像を生成して、比較画像取込手段 1819b に画像を送る。比較画像取込手段 1819b は、撮像素子手段 1803b から画像を受け取り、比較画像記憶手段 1812 に格納する。

[01 90] ステップ 1902 は、輝度補正手段 1820 にて、輝度補正情報記憶手段 1814 から撮像素子手段 1803 a 及び撮像素子手段 1803 b の画像における各画素の補正係数を読み込み、基準画像記憶手段 1811 及び比較画像記憶手段 1812 からそれぞれ基準画像及び比較画像を読み込む。基準画像の各画素の輝度値に撮像素子手段 1803 a の画像における各画素の補正係数を掛け合わせて、基準画像の輝度値を補正する。同様に、比較画像の各画素の輝度値に撮像素子手段 1803 b の画像における各画素の補正係数を掛け合わせて、比較画像の輝度値を補正する。補正した基準画像及び比較画像をそれぞれ基準画像記憶手段 1811 及び比較画像記憶手段 1812 に格納する。

[01 91] ステップ 1903 は、幾何補正手段 1821 にて、幾何補正情報記憶手段 1815 から撮像素子手段 1803 a 及び撮像素子手段 1803 b の画像における各画素の幾何の 2 次元補正量を読み込み、基準画像記憶手段 1811 及び比較画像記憶手段 1812 からそれぞれ基準画像及び比較画像を読み込む。基準画像の各画素から 2 次元補正量を変化させた基準画像上の位置を算出して、その位置周辺の画素の輝度値から補間計算によりその位置の輝度値を算出する。この計算を基準画像上の全ての画素について実施する。同様に、比較画像の各画素から 2 次元補正量を変化させた比較画像上の位置を算出して、その位置周辺の画素の輝度値から補間計算によりその位置の輝度値を算出する。この計算を比較画像上の全ての画素について実施する。補正した基準画像及び比較画像をそれぞれ基準画像記憶手段 1811 及び比較画像記憶手段 1812 に格納する。

[01 92] ステップ 1904 は、視差算出手段 1822 にて、図 20 に示すように、基準画像 2001 上の所定のサイズの領域の画像 2003 (テンプレート画像) を抽出する。比較画像 2002 上でテンプレート画像 2003 と同じ対象物が写っている領域の画像を以下のテンプレートマッチングで探索する。比較画像 2002 上の所定のサイズの領域の画像 2004 を抽出して、基準画像 2001 上のテンプレート画像 2003 の輝度値と比較画像 2002 上

の所定のサイズの領域の画像 2004 の輝度値の差の絶対値の和 (SAD) を比較画像 2002 上の各領域の画像 2004 について算出して、最も小さい値の比較画像 2002 上の領域の画像 2004 を求める。

[01 93] 各輝度の絶対値の和が最も小さい比較画像 2002 上の領域の画像 2004 の左右方向の隣の位置において、基準画像 2001 上のテンプレート画像 2003 の輝度値と比較画像 2002 上の所定のサイズの領域の画像 2004 の輝度値の差の絶対値の和を算出する。

[01 94] 上記数 1 を用いて、輝度の差の絶対値の和が最も小さい位置、その左隣及び右隣の画素の位置における輝度の差の絶対値の和 S_c 、 S_l 、 S_r をもとに、折れ線近似で比較画像 2002 上の領域の画像 2004 とテンプレート画像 2003 の領域の横方向の距離 u 、すなわち、視差を算出する。この処理を基準画像 2001 上の全ての領域について実施して、基準画像 2001 の全体での視差を算出する。このようにして算出した視差画像を処理画像記憶手段 1813 に格納する。

[01 95] ステップ 1905 は、距離算出手段 1823 は、処理画像記憶手段 1813 から視差画像を、設計情報記憶手段から基線長、焦点距離及び画素ピッチの設計値を、誤差記憶手段から撮像系手段と間の横 (基線長) 方向の位置誤差を読み込む。

[01 96] 以下数 12 を用いて、基準画像上の各領域の画像 2003 に写っている像と撮像装置との光軸方向の距離 L を算出する。ここで、 B は撮像系手段 1800 a と撮像系手段 1800 b の焦点間の距離 (基線長) の設計値、 ΔB は基線長の誤差、 f は焦点距離の設計値、 d はステップ 1904 で算出した各領域の視差、 c は撮像素子手段の画素ピッチの設計値である。

[01 97] [数 12]

$$L = \frac{(B + \Delta B)f}{d c} \quad \dots (12)$$

[01 98] この処理を基準画像上の全ての領域について実施して、基準画像の全体における各像と撮像装置との光軸方向の距離を算出する。このようにして算出

した距離画像を処理画像記憶手段 18 13 に格納する。

[0199] ステップ 1906 は、認識手段 1824 は、基準画像記憶手段 1811 から基準画像を、処理画像記憶手段 1813 から距離画像を読み込む。そこで、基準画像上の消失点の位置の算出、自動車や歩行者などの対象物の判定、撮像装置に対する対象物の相対位置及び相対速度の算出、対象物と撮像装置との衝突判定を行う。

[0200] 先ず、認識手段 1824 は、基準画像上の消失点の位置の算出を以下の手順で実施する。基準画像上の車線の境界にある両側の白線を検出して、基準画像上の白線の傾きを算出する。両側の白線が直線であるとして、算出した傾きにより、両側の白線が交わる点の基準画像上の位置を算出する。これが消失点の位置である。

[0201] 次に、認識手段 1824 は、自動車や歩行者などの対象物の検出を以下の手順で実施する。距離画像において、距離が所定の範囲内にある画素が連結している領域 1 を求める。所定の範囲の例として、5 ～ 10 m、7.5 ～ 12.5 m、10 ～ 15 m などと幅 5 m で 2.5 m ごとに範囲が重複する複数の範囲を設定する。

[0202] 距離が所定の範囲内にある画素が連結している各領域 1 の基準画像上の縦及び横方向の長さを求める。各領域 1 の基準画像上の縦方向の長さ、距離と画素ピッチをかけた値を焦点距離で割って、各領域 1 の 3 次元の縦方向の長さを算出する。同様に、各領域 1 の基準画像上の横方向の長さ、距離と画素ピッチをかけた値を焦点距離で割って、各領域 1 の 3 次元の横方向の長さを算出する。

[0203] 以下数 13 を用いて、各領域 1 の地面に関する基準画像上の縦方向の位置 V_g を近似的に算出する。ここで、 V_v は消失点の高さ、 H_i は撮像装置の取付高さ、 L_r は領域 1 の平均距離である。また、撮像系手段 100a 及び撮像系手段 100b の光軸はおおむね水平方向であるという仮定を設定したときの計算式である。

[0204]

[数 13]

$$V_g = \frac{V_v - f H_i}{L_r c} \dots (\text{式 } 13)$$

[0205] 領域 1 の 3 次元の縦及び横方向の長さが自動車の所定の範囲内であり、かつ、領域 1 の下限の基準画像上の縦方向の位置と、上記数 1 で算出した領域 1 の地面の基準画像上の縦方向の位置の差が閾値以内である場合、領域 1 の対象物は自動車であると判定する。同様に、領域 1 の 3 次元の縦及び横方向の長さが歩行者の所定の範囲内であり、かつ、領域 1 の下限の基準画像上の縦方向の位置と、上記数 1 で算出した領域 1 の地面の基準画像上の縦方向の位置の差が閾値以内である場合、領域 1 の対象物は歩行者であると判定する。これらの処理を全ての領域 1 について実施して、自動車、歩行者であるかを判定する。

[0206] 次に、撮像装置に対する対象物の相対位置及び相対速度の算出を以下の手順で実施する。自動車あるいは歩行者と判定された領域 1 について、以下数 14 ～数 16 を用いて、撮像装置に対する対象物の相対位置 (X_o 、 Y_o 、 Z_o) を算出する。ここで、(U_o 、 V_o) は自動車あるいは歩行者と判定された領域 1 の中央に関する基準画像上の位置である。

[0207] [数 14]

$$X_o = \frac{L_r c U_o}{f} \dots (\text{式 } 14)$$

[0208] [数 15]

$$Y_o = H + \frac{L A}{f} \frac{-V_o}{f} \dots (\text{式 } 15)$$

[0209] [数 16]

$$Z_o = L_r \dots (\text{式 } 16)$$

[0210] ステップ 1901 ～ 1908 の処理は、所定の周期で繰り返し実施される。前回と今回の処理のステップ 1906 で検出された領域 1 の基準画像上の位置の差が閾値以内である場合、同じ対象物であると判定して、今回の処理

で算出された撮像装置に対する対象物の相対位置から、前回の処理のステップ 1906 で算出された相対位置を引いた値を、ステップ 1901 ~ 1908 の処理周期の時間間隔で割って、撮像装置に対する対象物の相対速度 (V_x 、 V_y 、 V_z) を算出する。

[021 1] 最後に、対象物と撮像装置との衝突判定を以下の手順で実施する。撮像装置に対する対象物の相対速度 V_z が 0 以上である場合、自動車あるいは歩行者と判定された領域 1 の対象物に衝突しないと判定する。撮像装置に対する対象物の相対速度 V_z が負である場合、今回の処理で算出した撮像装置に対する対象物の相対位置 Z_o を、撮像装置に対する対象物の相対速度 V_z の絶対値で割り、衝突までの時間 (衝突時間) を算出する。

[021 2] また、撮像装置に対する対象物の相対速度 V_x に衝突時間をかけた値に対象物の相対位置 X_o を足して、衝突時における撮像装置に対する対象物の相対位置 X_o を算出する。

[021 3] そこで、撮像装置に対する対象物の相対速度 V_z が負であり、かつ、衝突時間が閾値以内であり、かつ、衝突時における撮像装置に対する対象物の相対位置 X_o の絶対値が閾値内である場合、自動車あるいは歩行者と判定された領域 1 の対象物に衝突すると判定する。それ以外の場合、衝突しないと判定する。

[0214] 認識手段 1824 は、自動車あるいは歩行者と判定された領域 1 に関する基準画像上の四隅の位置、撮像装置に対する対象物の相対位置及び相対速度、衝突判定結果及び衝突時間を画面音声出力手段 1830 及び制御手段 1840 に送る。

[021 5] ステップ 1907 は、画面音声出力手段 1830 にて、認識手段 1824 から自動車あるいは歩行者と判定された領域 1 に関する基準画像上の四隅の位置、撮像装置に対する対象物の相対位置及び相対速度、衝突判定結果及び衝突時間を受け取る。

[021 6] 基準画像記憶手段 1811 から基準画像を読み込む。画面に基準画像を表示し、自動車あるいは歩行者と判定された領域 1 を枠として表示する。また

、衝突判定結果が衝突するという判定結果である領域 1 の枠の色を衝突しないという判定結果の対象物の領域 1 の枠の色と変えて、画面に表示する。領域 1 の中に、衝突判定結果が衝突するという判定結果がある場合、警告音を出力する。

[021 7] ステップ 1908 は、制御手段 1840 にて、認識手段 1824 から自動車あるいは歩行者と判定された領域 1 に関する基準画像上の四隅の位置、撮像装置に対する対象物の相対位置及び相対速度、衝突判定結果及び衝突時間を受け取る。自動車あるいは歩行者と判定された領域 1 の中に、衝突判定結果が衝突するという判定結果がある場合、衝突を回避する制御信号を生成して、撮像装置の外部に出力する。

[021 8] 図 10 (a) に示すように、撮像装置における 2 つの撮像系手段との縦方向の位置に製造誤差があると、図 10 (b) 及び (c) に示すように、ステップ 505 で視点 1 の画像をもとに生成した幾何補正情報を用いて補正した左右の画像及びでは、設計で画像中央に映る像が上下方向にずれてしまう。このため、特徴点位置の計測値が上下方向に誤差を持つ。

[021 9] 1 つの視点からの画像だけで幾何補正情報を求める手法では、このように、縦方向に誤差を持つ特徴点位置の計測値により、幾何補正情報に誤差が発生してしまい、2 つの撮像系手段を有する撮像装置において、縦方向の誤差を持つ幾何補正情報を用いて、画像を補正すると、画像上に上下方向に位置誤差が発生し、基準画像のテンプレート画像にマッチする比較画像の領域がなく、距離画像を求めることができなくなる。

[0220] 図 1、図 13、図 16 及び図 17 に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例の動作手順 (図 5 (図 14)、図 6 及び図 7) によれば、ステップ 701 で、視点 1 からの画像を用いて算出した幾何補正情報で視点 2 の特徴点位置の計測値を補正し、ステップ 721〜ステップ 724 で、視点 2 からの左画像と右画像における特徴点の縦方向の位置の補正值の差と設計値の差の平均をもとに、撮像装置における 2 つの撮像系手段の縦方向の位置間の製造誤差を算出し、その誤差を修正する回転及び上下方向の修正パラメータを

算出して、ステップ512で、幾何補正情報を回転及び上下方向に修正パラメータで修正する。

[0221] この処理により、撮像装置おける2つの撮像系手段の縦方向の位置間の製造誤差の影響を幾何補正情報から除去できる。

[0222] 図18に示す本発明の撮像装置の一実施例の動作手順(図19)によれば、図1、図13、図16及び図17に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例が算出した幾何補正情報を幾何補正情報記憶手段に格納して、ステップ1903で前記の幾何補正情報を用いて、基準画像及び比較画像を幾何補正する。これにより、画像の上下方向の誤差が除去できるため、基準画像のテンプレート画像にマッチする比較画像の領域を探索でき、距離画像を求めることができる。

[0223] 図11(a)に示すように、撮像装置における2つの撮像系手段との横方向の位置に製造誤差があると、図11(b)及び(c)に示すように、ステップ505で視点1の画像をもとに生成した幾何補正情報を用いて補正した左右の画像及びでは、設計で画像中央に映る像が左右方向にずれてしまう。このため、特徴点位置の計測値が左右方向に誤差を持つ。

[0224] 1つの視点からの画像だけで幾何補正情報を求める手法では、このように、横方向に誤差を持つ特徴点位置の計測値により、幾何補正情報に誤差が発生してしまう。撮像装置において、横方向の誤差を持つ幾何補正情報を用いて、画像を補正すると、視差に誤差が発生し、距離画像に誤差が発生してしまう。

[0225] 図1、図13、図16及び図17に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例の動作手順(図5(図14)、図6、図7)によれば、ステップ701で、視点1からの画像を用いて算出した幾何補正情報で視点2の特徴点位置の計測値を補正し、ステップ731〜ステップ734で、視点2からの左画像と右画像における特徴点の横方向の位置の補正值の差と設計値の差の平均をもとに、撮像装置おける2つの撮像系手段の横方向の位置間の製造誤差を算出し、その誤差を修正する横方向の修正パラメータを算出して

、ステップ512で、幾何補正情報を横方向に修正パラメータで修正する。

[0226] この処理により、撮像装置おける2つの撮像系手段の横方向の位置間の製造誤差の影響を幾何補正情報から除去できる。

[0227] 図18に示す本発明の撮像装置の一実施例の動作手順(図19)によれば、図1、図13、図16及び図17に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例が算出した幾何補正情報を幾何補正情報記憶手段に格納して、ステップ1903で前記の幾何補正情報を用いて、基準画像及び比較画像を幾何補正する。これにより、画像の横方向の誤差が除去できるため、基準画像のテンプレート画像にマッチする比較画像の領域を正確に探索でき、正確な距離画像を算出することができる。

[0228] 図11(a)に示すように、撮像装置における2つの撮像系手段との横方向の位置に製造誤差があると、たとえこの製造誤差の影響を画像から除去したとしても、この製造誤差の値が不明である場合、この製造誤差を考慮せず、距離を算出するため、以下式17に示す距離の誤差 ΔL が発生する。

[0229] [数17]

$$\Delta L = \frac{\Delta B f}{d_c} \dots (\text{式 } 17)$$

[0230] 図1、図13、図16及び図17に示す本発明のキャリブレーション装置の一実施例の動作手順(図5(図14)、図6、図7)、図18に示す本発明の撮像装置の一実施例の動作手順(図19)によれば、ステップ732で撮像装置おける2つの撮像系手段の横方向の位置間の製造誤差を算出して、ステップ512で撮像装置の誤差記憶手段に格納して、ステップ1905で式12に示すように、この製造誤差を考慮して、距離を算出する。これにより、視差をもとにした距離の算出で、2つの撮像系手段の横方向の位置間の製造誤差による距離誤差を除去できる。

[0231] 撮像装置100を設置治具103a及び設置治具103bに設置するとき、設置ずれが発生すると、チャート101に対する撮像装置100の奥行き位置に誤差が生じ、画像上の特徴点位置の計測値に横方向の誤差が発生する

とともに、撮像装置 100 において、横方向の誤差を持つ幾何補正情報を用いて、画像を補正すると、視差に誤差が発生し、距離画像に誤差が発生してしまう。

[0232] 図 1 に示す本発明のキヤリブレーション装置の一実施例及び図 18 に示す本発明の撮像装置の一実施例によれば、図 4 に示すように、撮像装置 100 を設置する設置治具 103 a 及び 103 b に 3 つのピン 401 a ~ 401 c を配置するとともに、撮像装置 100 の筐体における平面に加工されている箇所 402 a ~ 402 c にピン 401 a ~ 401 c をあてる 3 つの平面を有して、3 つの平面に 3 つのピン 401 a ~ 401 c をそれぞれあてて設置することにより、撮像装置 100 の設置ずれを防ぐことができるとともに、撮像装置 100 の設置ずれによる誤差を幾何補正情報から除去でき、撮像装置 100 において正確な距離画像を算出することができる。

[0233] なお、本発明の撮像装置は、上記で説明したような実施の形態に限定されるものではなく、様々に変形して適用することができる。以下では、本発明の撮像装置の変形例について説明する。

[0234] (変形例 5 - 1)

図 18 に示す本発明の撮像装置の一実施例の動作手順 (図 19) のステップ 1904 において、視差算出手段 1822 は、基準画像 2001 上のテンプレート画像 2003 の輝度値と比較画像 2002 上の所定のサイズの領域の画像 2004 の輝度値の差の絶対値の和 (SAD) を比較画像 2002 上の各領域の画像 2004 について算出する代わりに、基準画像 2001 上のテンプレート画像 2003 の輝度値と比較画像 2002 上の所定のサイズの領域の画像 2004 の輝度値の ZSAD、あるいは、SSD、ZSSD、NCC、ZNCC を比較画像 302 上の各領域の画像 2004 について算出しても、比較画像 2002 上の領域の画像 2004 とテンプレート画像 2003 の領域の横方向の距離、すなわち、視差を算出することができる。

[0235] (変形例 5 - 2)

図 18 に示す本発明の撮像装置の一実施例の動作手順 (図 19) のステッ

プ 1 9 0 4 において、視差算出手段 1 8 2 2 は、輝度の差の絶対値の和が最も小さい位置、その左隣及び右隣の画素の位置における輝度の差の絶対値の和 S_c 、 S_l 、 S_r をもとに、式 1 を用いて、折れ線近似で比較画像 2 0 0 2 上の領域の画像 2 0 0 4 とテンプレート画像 2 0 0 3 の領域の横方向の距離 u 、すなわち、視差を算出する代わりに、数 1 1 を用いて、放物線近似 (Parabola Fitting、パラボラ・フィツティング) で比較画像 2 0 0 2 上の領域の画像 2 0 0 4 とテンプレート画像 2 0 0 3 の領域の横方向の距離 u 、すなわち、視差を算出することができる。

[0236] (変形例 5 — 3)

図 1 8 に示す本発明の撮像装置の一実施例において、3 つ以上の撮像系手段を備え、動作手順 (図 1 9) のステップ 1 9 0 1 ~ 1 9 0 8 の処理を、複数の撮像系手段の組合せの数だけ実施する。これにより、2 つの撮像系手段を備えた場合に比べ、広い範囲の距離画像が得られるとともに、広い範囲の対象物を認識することができる。

符号の説明

[0237] 1 0 0 撮像装置、
 1 0 0 a 撮像装置、
 1 0 0 b 撮像装置、
 1 0 1 チャート、
 1 0 2 設置台、
 1 0 3 a 設置治具、
 1 0 3 b 設置治具、
 1 0 4 a 視野、
 1 0 4 b 視野、
 1 1 0 演算手段、
 1 1 1 a 画像記憶手段、
 1 1 1 b 画像記憶手段、
 1 1 2 輝度補正情報記憶手段、

- 1 1 3 設計情報記憶手段、
- 1 1 4 特徴点位置記憶手段、
- 1 1 5 …幾何補正情報記憶手段、
- 1 1 6 …誤差記憶手段、
- 1 1 7 a …画像取込手段、
- 1 1 7 b …画像取込手段、
- 1 1 8 …輝度補正手段、
- 1 1 9 …特徴点位置設計値算出手段、
- 1 2 0 …特徴点位置計測手段、
- 1 2 1 …幾何補正情報生成手段、
- 1 2 2 …修正パラメータ算出手段、
- 1 2 3 …幾何補正情報修正手段、
- 1 2 4 …幾何補正情報送信手段、
- 1 2 5 …幾何補正手段、
- 1 3 0 …画面出力手段

請求の範囲

[請求項1] 複数の撮像系手段を有する撮像装置のキャリブレーション装置において、

複数の特徴点が描かれたチャートから予め定めた第1の距離離れた撮像装置において撮像した第1の画像を取得する第1の画像取込手段と、

前記第1の画像と、前記複数の撮像系手段のカメラパラメータと、前記複数の撮像系手段間の基線長と、前記複数の特徴点位置と、に基づいて、第1の補正情報を生成する補正情報生成手段と、

前記チャートから前記第1の距離と異なる予め定めた第2の距離離れた前記撮像装置において撮像した第2の画像を取得する第2の画像取込手段と、

前記第2の画像と、前記複数の撮像系手段のカメラパラメータと、前記複数の撮像系手段間の基線長と、前記複数の特徴点位置と、に基づいて、前記第1の補正情報を修正し、第2の補正情報を生成する補正情報修正手段と、を有するキャリブレーション装置。

[請求項2] 請求項1記載のキャリブレーション装置において、

前記補正情報修正手段で生成された前記第2の補正情報を前記撮像装置へ出力する補正情報送信手段を有するキャリブレーション装置。

[請求項3] 請求項1記載のキャリブレーション装置において、

前記第2の補正情報に基づいて前記第1の画像、又は前記第2の画像を補正する補正手段を有するキャリブレーション装置。

[請求項4] 請求項2記載のキャリブレーション装置において、

前記第2の画像と、前記複数の撮像系手段のカメラパラメータと、前記複数の撮像系手段間の基線長と、第1の補正情報と、に基づいて、前記複数の撮像系手段間の基線長の誤差を算出する修正パラメータ算出手段を有し、

前記補正情報送信手段は、前記補正情報修正手段で算出された前記

複数の撮像系手段間の基線長の誤差を前記撮像装置へ出力するキャリブレーション装置。

[請求項5] 複数の撮像系手段を有する撮像装置のキャリブレーションシステムにおいて、

複数の特徴点が描かれたチャートと、

前記チャートから予め定めた第1の距離離れた位置に撮像装置を設置可能であって、且つ前記チャートから前記第1の距離と異なる予め定めた第2の距離離れた位置に撮像装置を設置可能な設置台と、

前記チャートから前記第1の距離離れた位置に設置された撮像装置にて撮像した第1の画像を取得する第1の画像取込手段と、前記第1の画像と、前記複数の撮像系手段のカメラパラメータと前記複数の撮像系手段間の基線長と、前記複数の特徴点位置と、に基づいて、第1の補正情報を生成する補正情報生成手段と、前記チャートから前記第2の距離離れた位置に設置された前記撮像装置にて撮像した第2の画像を取得する第2の画像取込手段と、前記第2の画像と、前記複数の撮像系手段のカメラパラメータと前記複数の撮像系手段間の基線長と、前記複数の特徴点位置と、に基づいて、前記第1の補正情報を修正し、第2の補正情報を生成する補正情報修正手段と、を有する演算装置と、を有するキャリブレーションシステム。

[請求項6] 請求項5記載のキャリブレーションシステムにおいて、

前記設置台は、前記チャートから前記第1の距離離れ、且つ予め定めた第1の高さの位置に前記撮像装置を設置可能であって、前記チャートから前記第1の距離より短い前記第2の距離離れ、且つ前記第1の高さより低い前記第2の高さの位置に設置可能な台であるキャリブレーションシステム。

[請求項7] 請求項5記載のキャリブレーションシステムにおいて、

前記設置台には、前記チャートに対して前記撮像装置を前記第1の距離から前記第2の距離に距離を移動可能なスライダ手段を有するキ

ャリプレーションシステム。

[請求項 8]

請求項 5 記載のキヤリプレーションシステムにおいて、

前記設置台は、前記チャートの面に対して平行方向に複数の撮像装置が配置され、前記複数の撮像装置の各々は、互いに撮像領域が重なるように配置される台であるキヤリプレーションシステム。

[請求項 9]

第 1 の光学素子手段を通過した光を受光し、基準画像として処理される第 1 の画像を出力する第 1 の撮像素子手段を有する第 1 の撮像系手段と、

第 2 の光学素子手段を通過した光を受光し、比較画像として処理される第 2 の画像を出力する第 2 の撮像素子手段を有する第 2 の撮像系手段と、

前記基準画像と前記比較画像を用いて距離画像を生成する演算手段と、を有し、

前記演算手段は、

前記第 1 の撮像系手段及び前記第 2 の撮像系手段の幾何補正情報に基づいて前記基準画像及び前記比較画像を補正する幾何補正手段と、

補正された前記基準画像及び前記比較画像に基づいて距離画像を生成する距離算出手段と、を有し、

前記幾何補正手段は、前記第 1 の撮像系手段と前記第 2 の撮像系手段間を結ぶ実際の基線長の線と前記第 1 の撮像系手段と前記第 2 の撮像系手段間を結ぶ理想の基線長の線のなす角度と、前記第 1 の撮像系手段の回転角の理想値からの誤差と、を足し合わせ角度を、回転方向に補正する撮像装置。

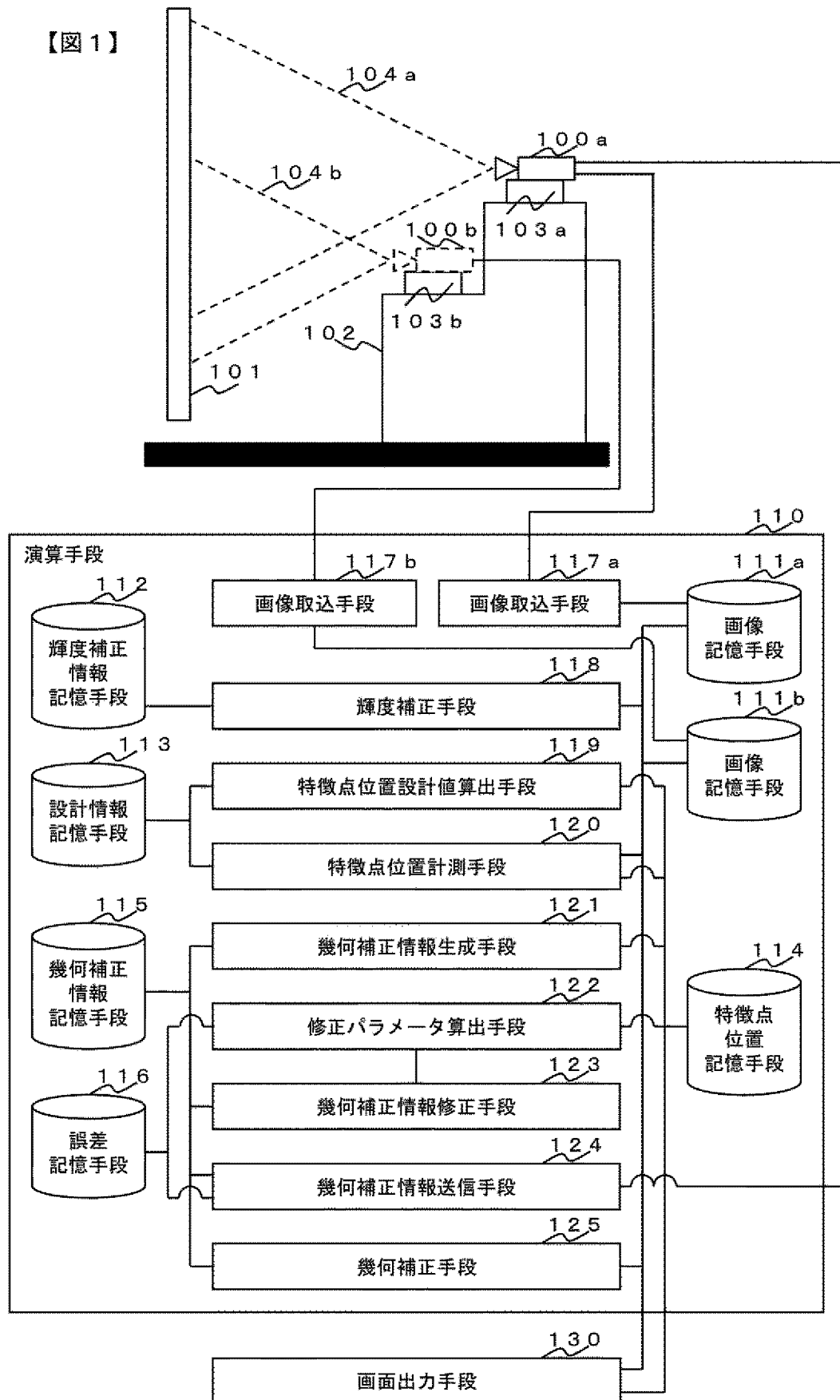
[請求項 10]

請求項 9 記載の撮像装置において、

前記距離算出手段は、前記複数の撮像系手段間の基線長と前記基線長の理想値からの誤差とを足し合わせた値を用いて、距離画像を算出する撮像装置。

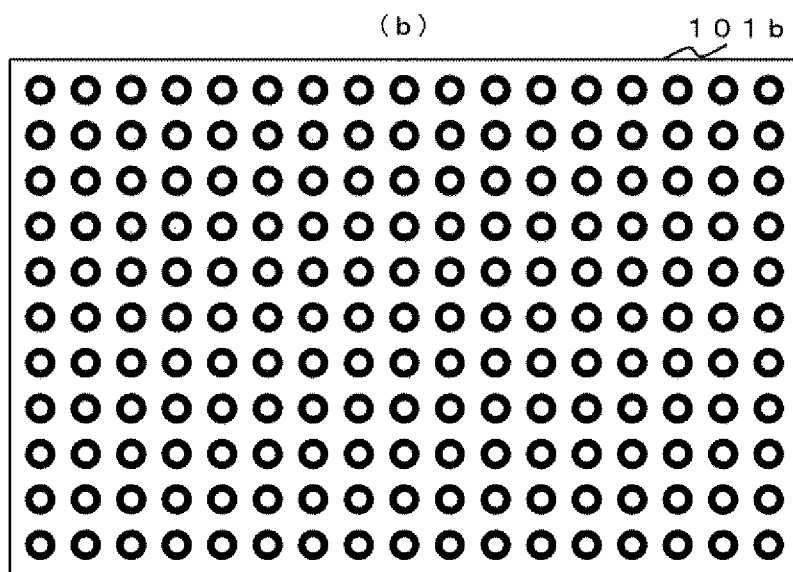
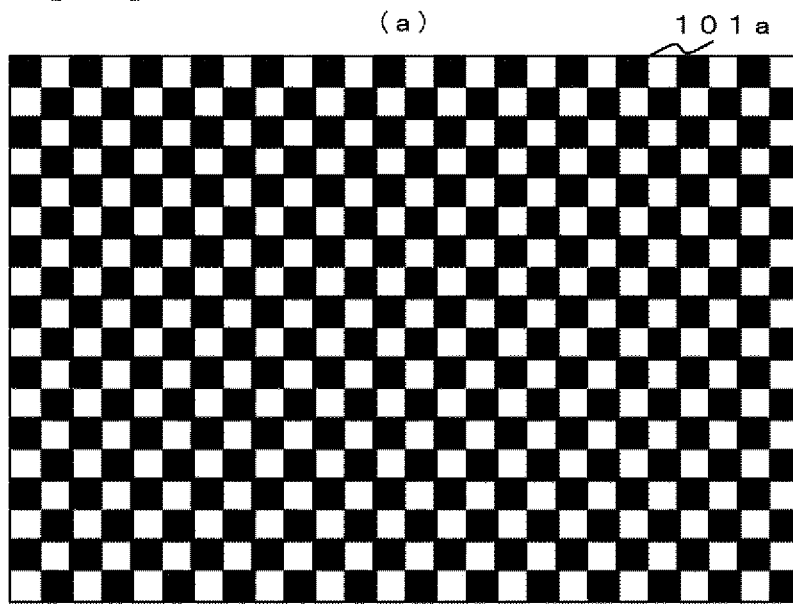
- [請求項 11] 請求項 9 記載の撮像装置において、
- 前記基準画像と前記距離画像に基づいて、対象物の相対位置及び相
対速度を算出する認識手段を有する撮像装置。
- [請求項 12] 請求項 9 記載の撮像装置において、
- 前記幾何補正情報を記憶する幾何補正情報記憶手段を有し、
- 前記幾何補正手段は、前記幾何補正情報記憶手段から読み出した前
記幾何補正情報に基づいて前記基準画像及び前記比較画像を補正する
撮像装置。

[図1]



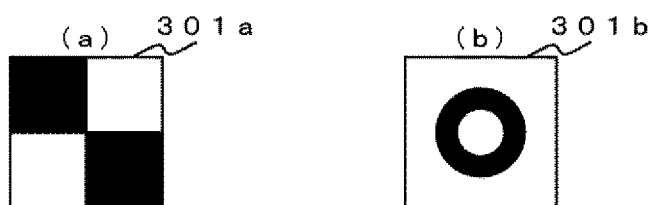
[図2]

【図2】



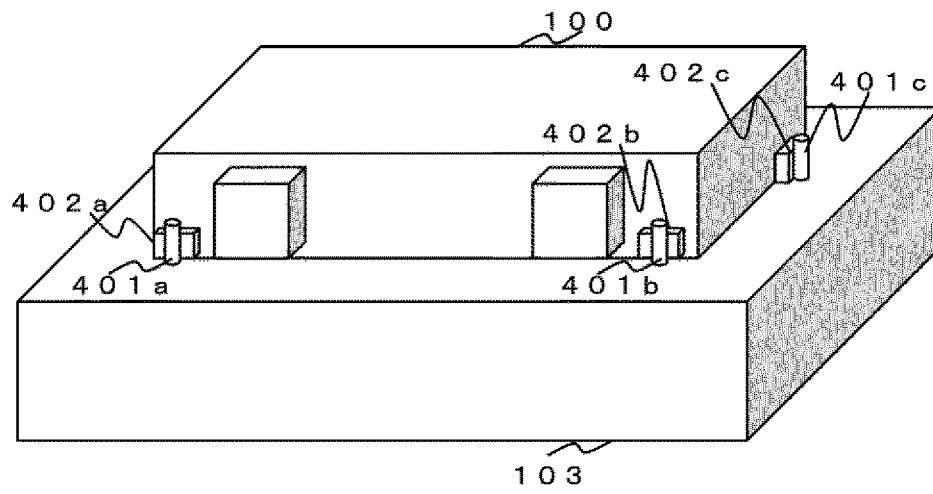
[図3]

【図3】



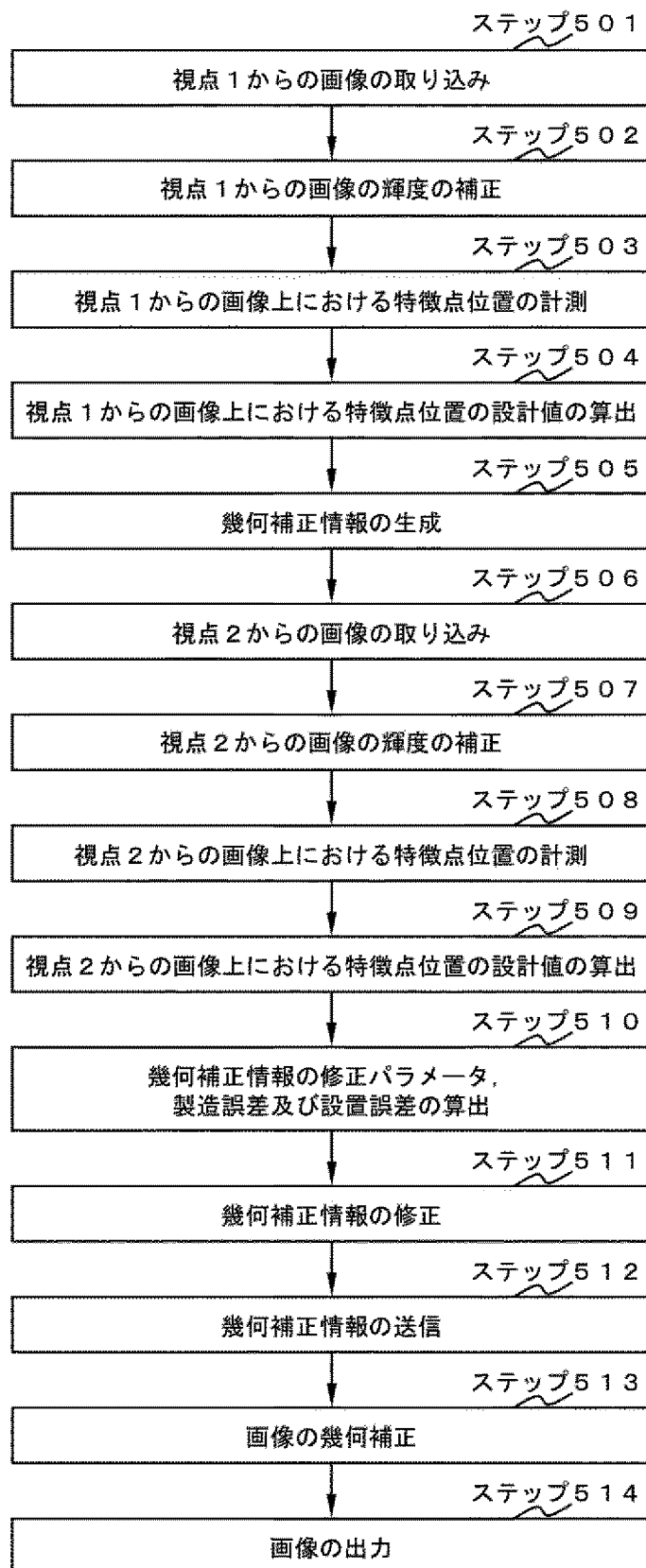
[図4]

【図4】



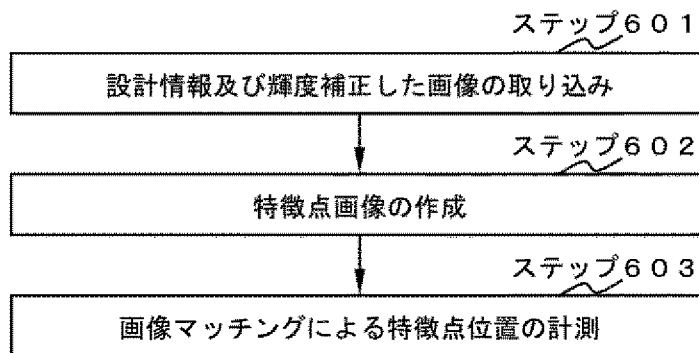
[図5]

【図5】



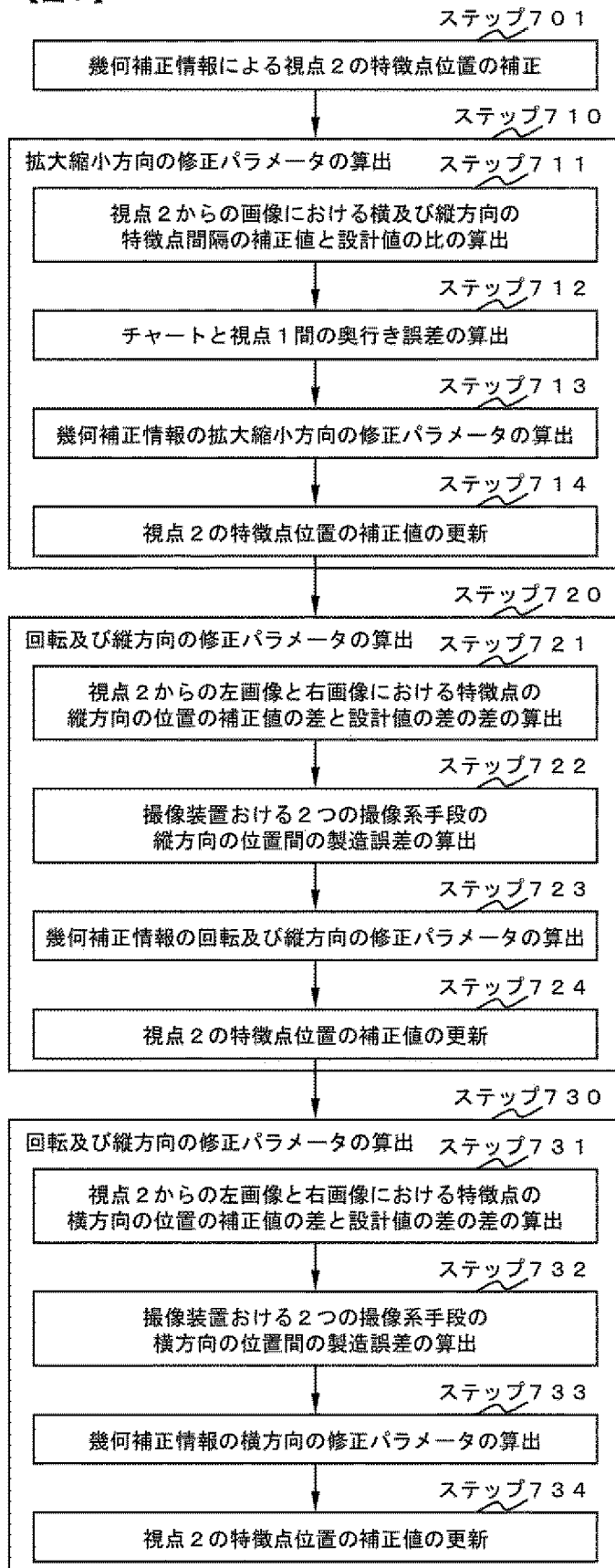
[図6]

【図 6】



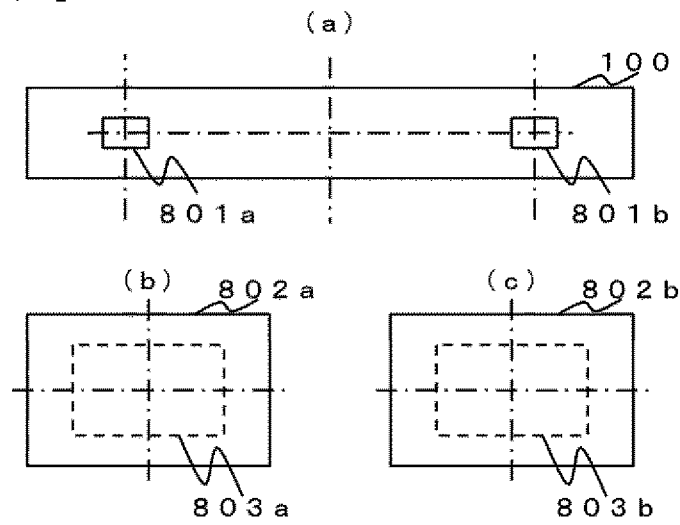
[図7]

【図7】



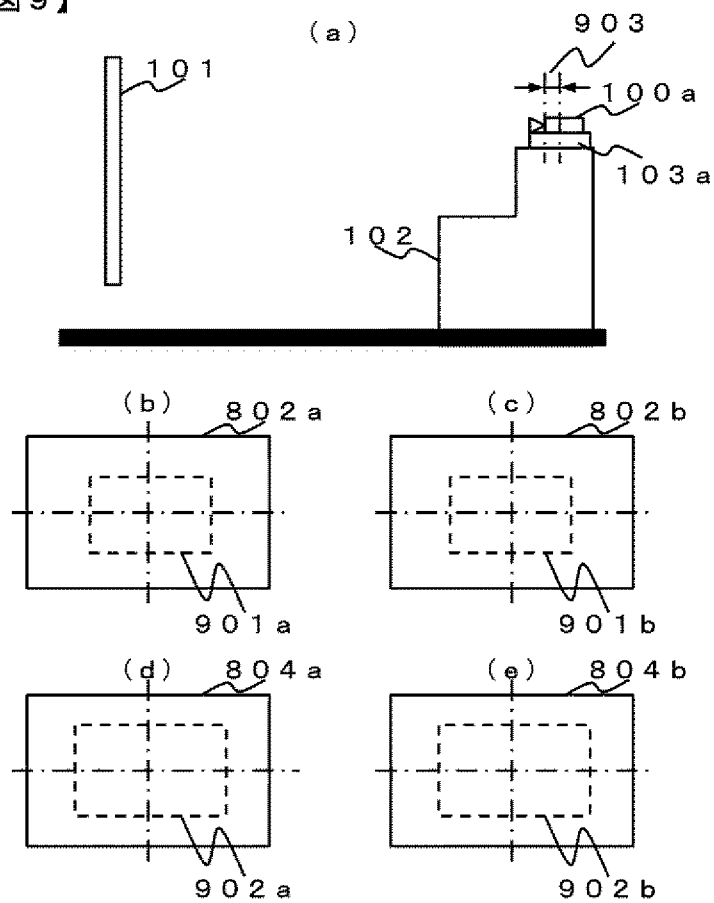
[図8]

【図8】



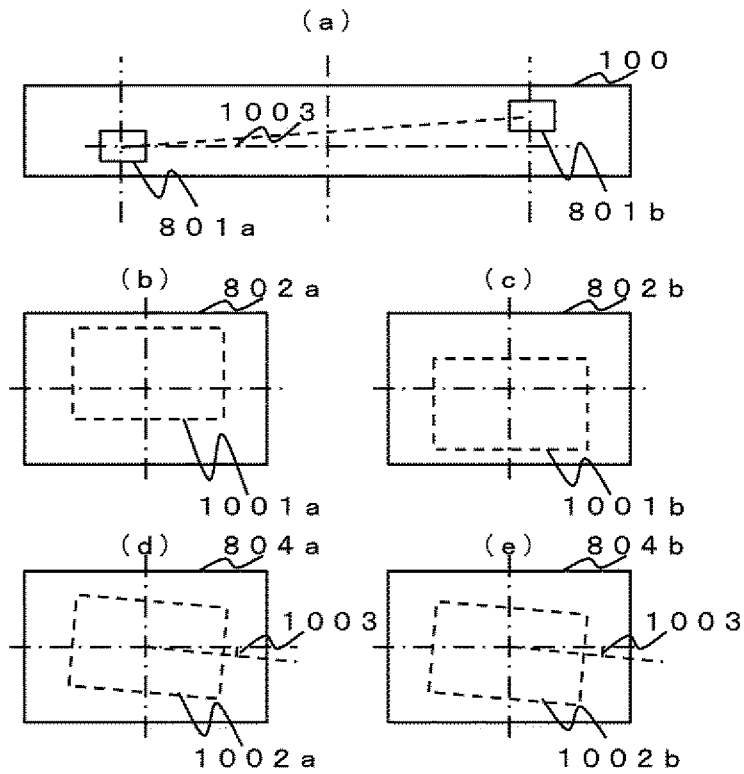
[図9]

【図9】



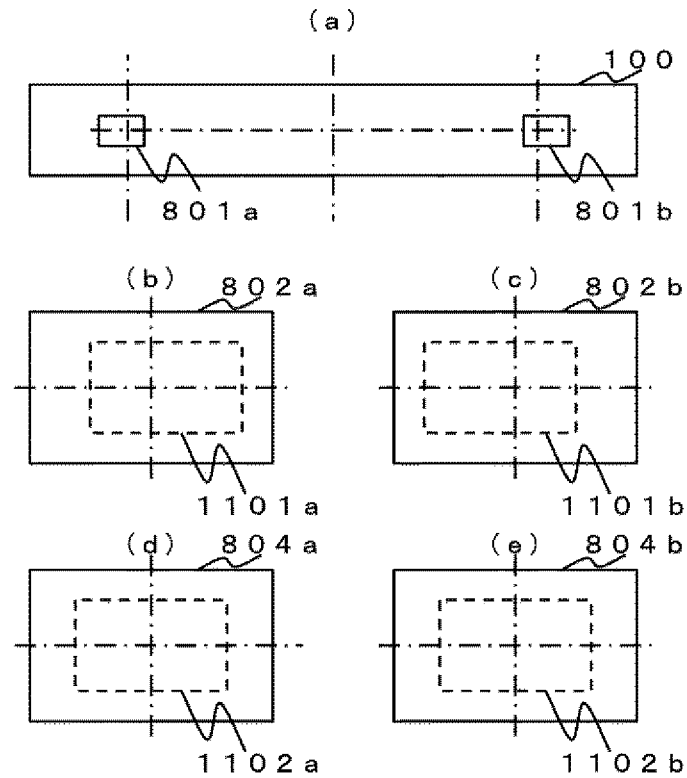
[図10]

【図10】



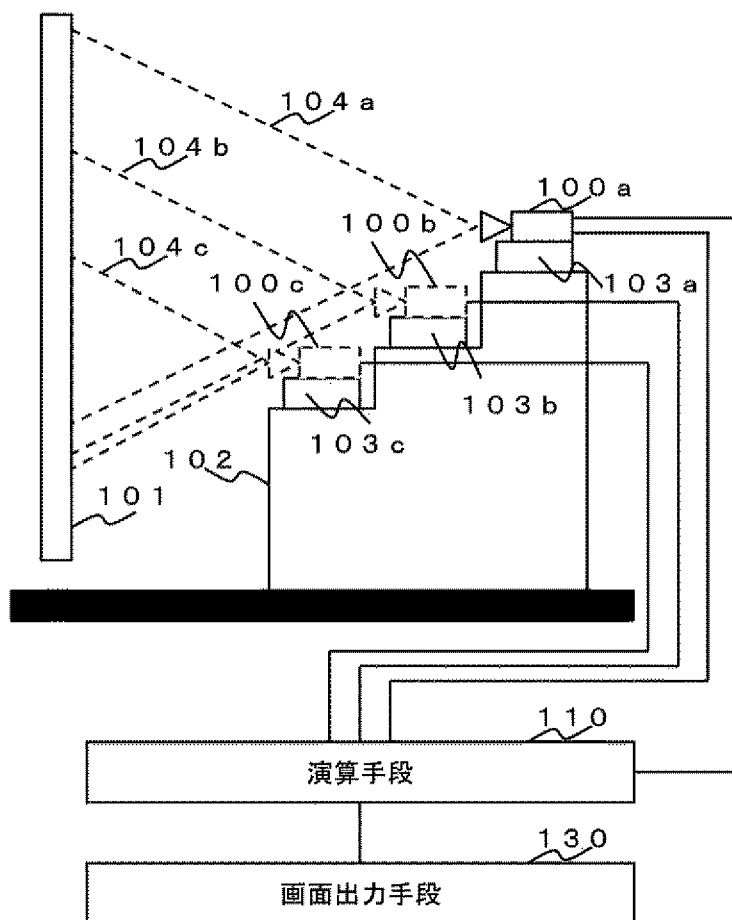
[図11]

【図11】

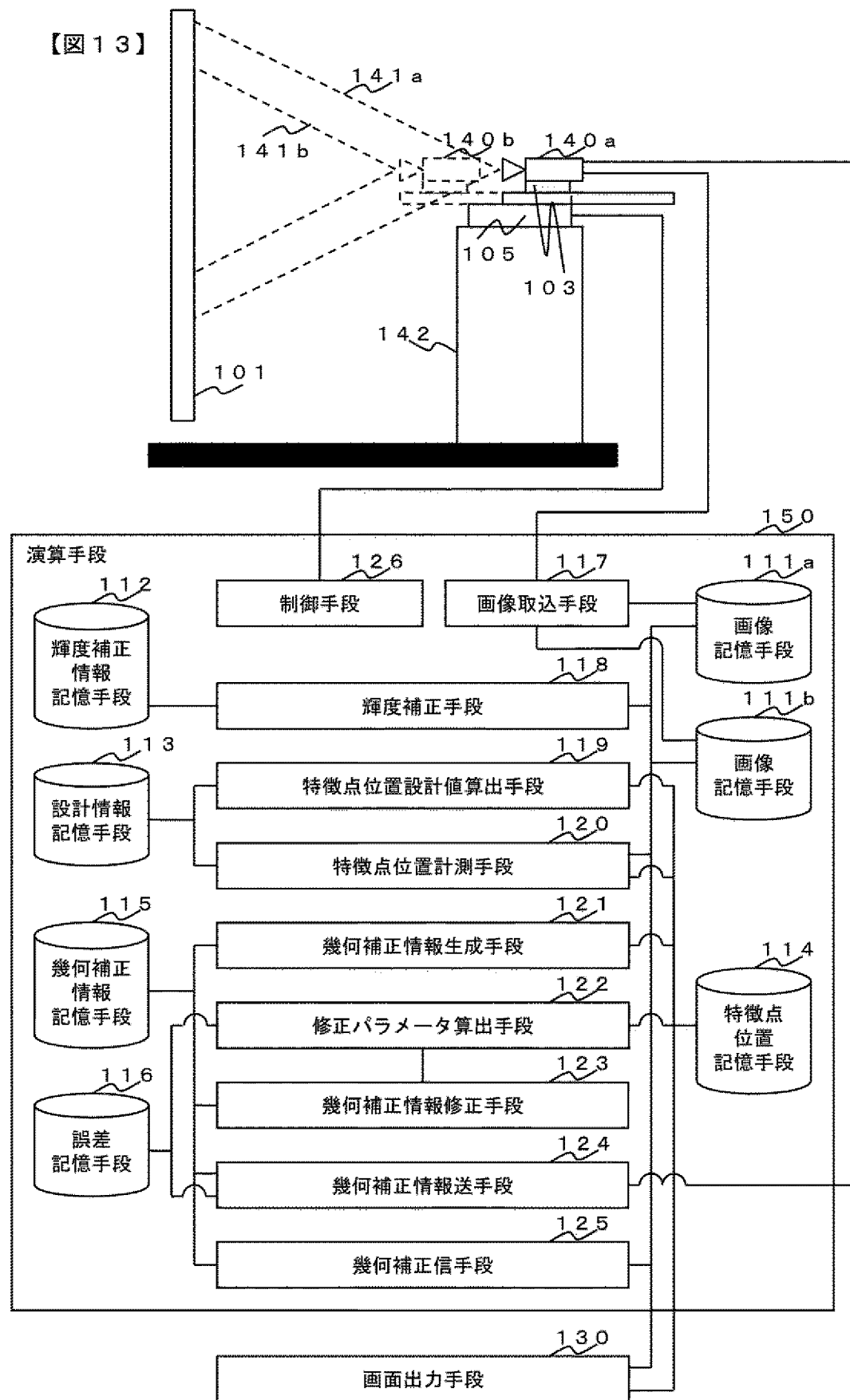


[図12]

【図12】

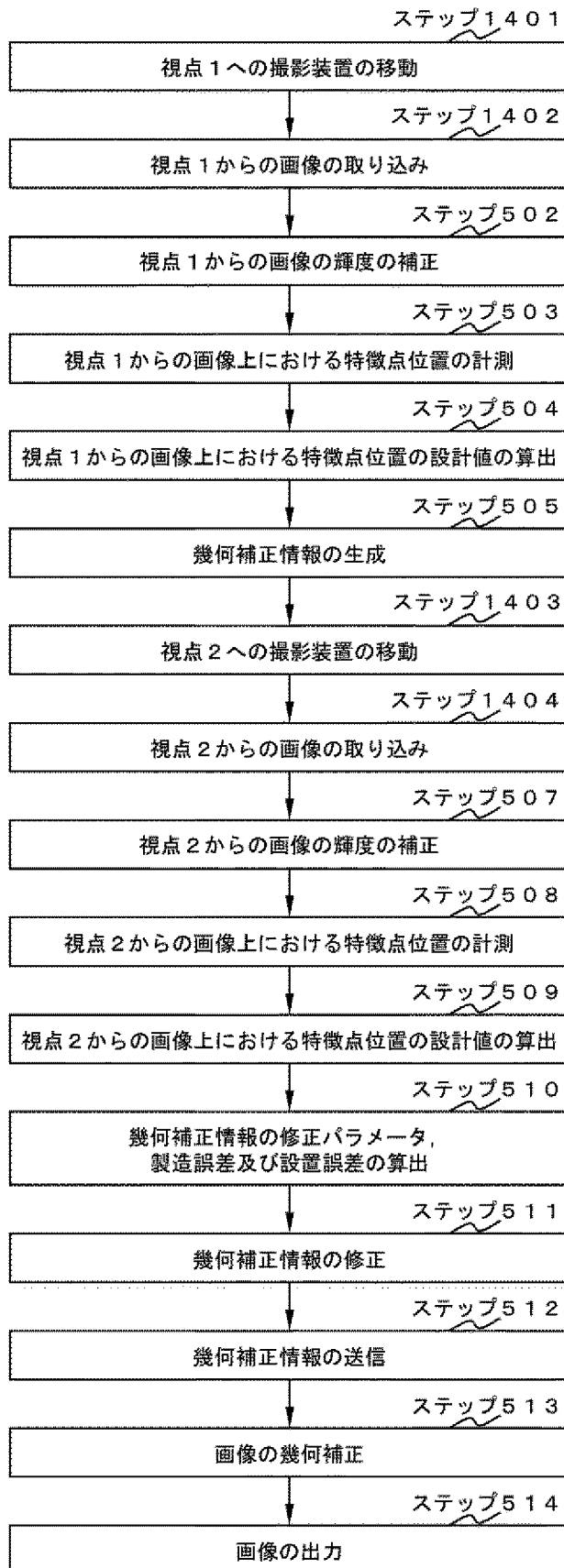


[図13]



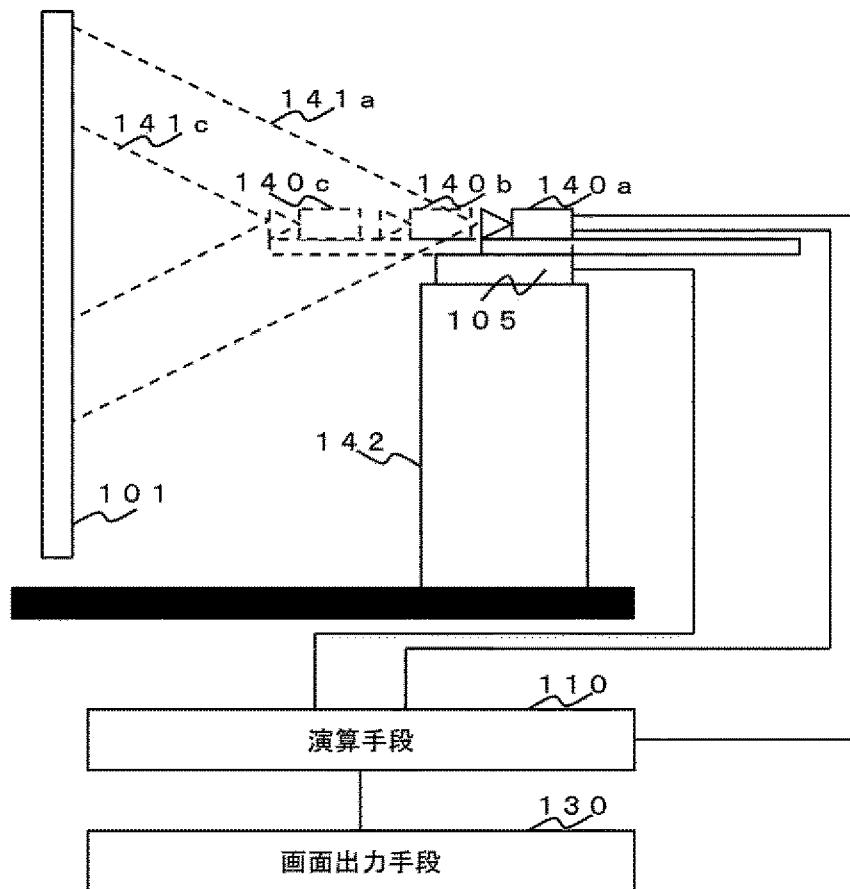
[図14]

【図 1 4】



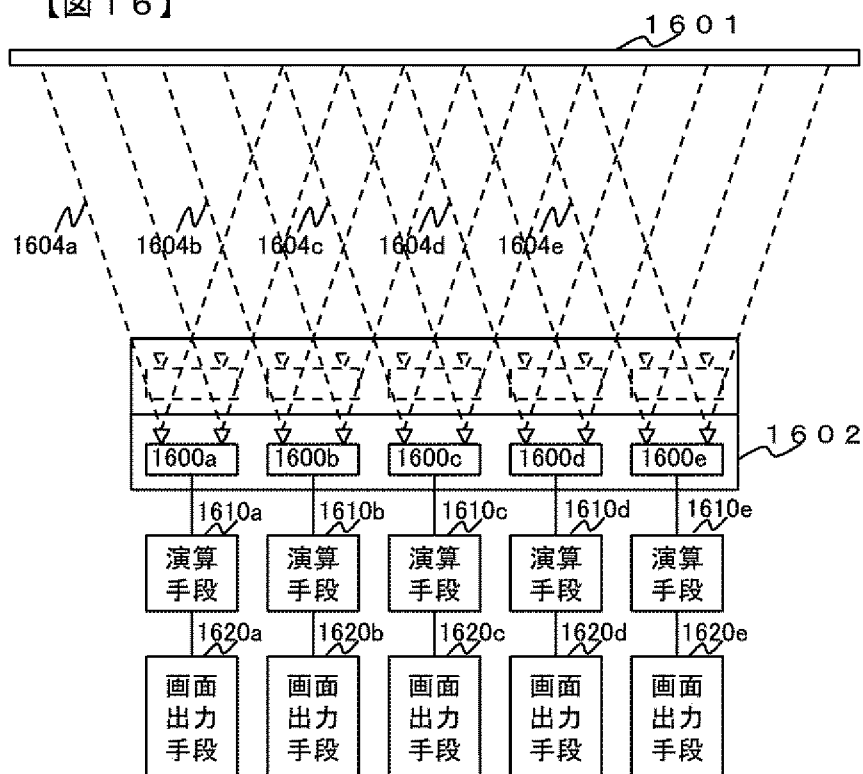
[図15]

【図15】



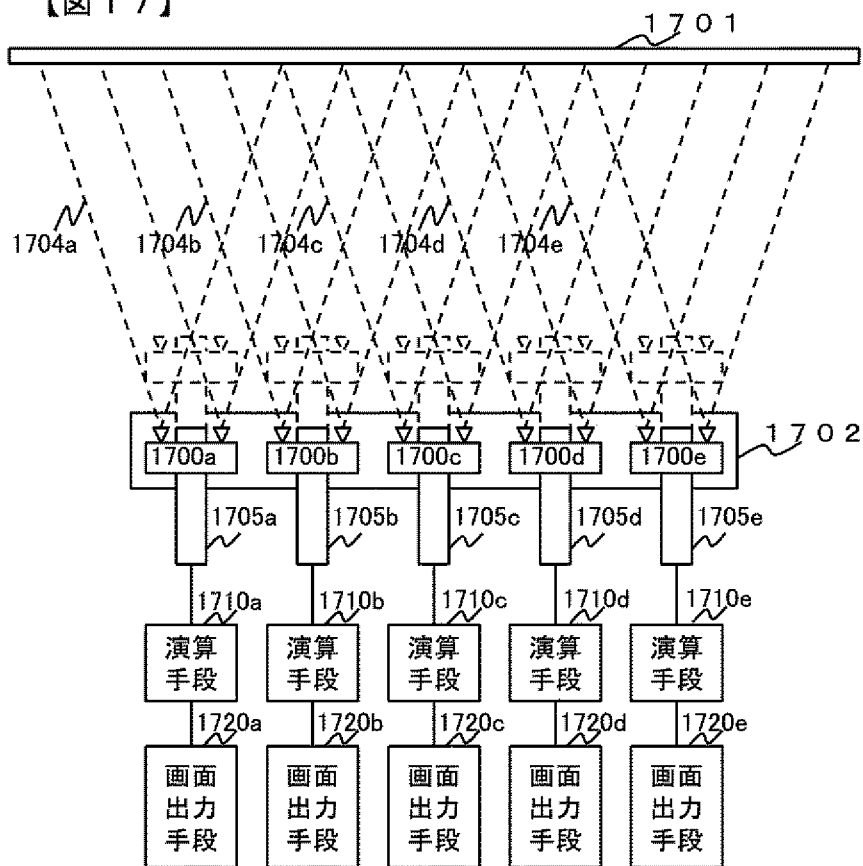
[図16]

【図16】

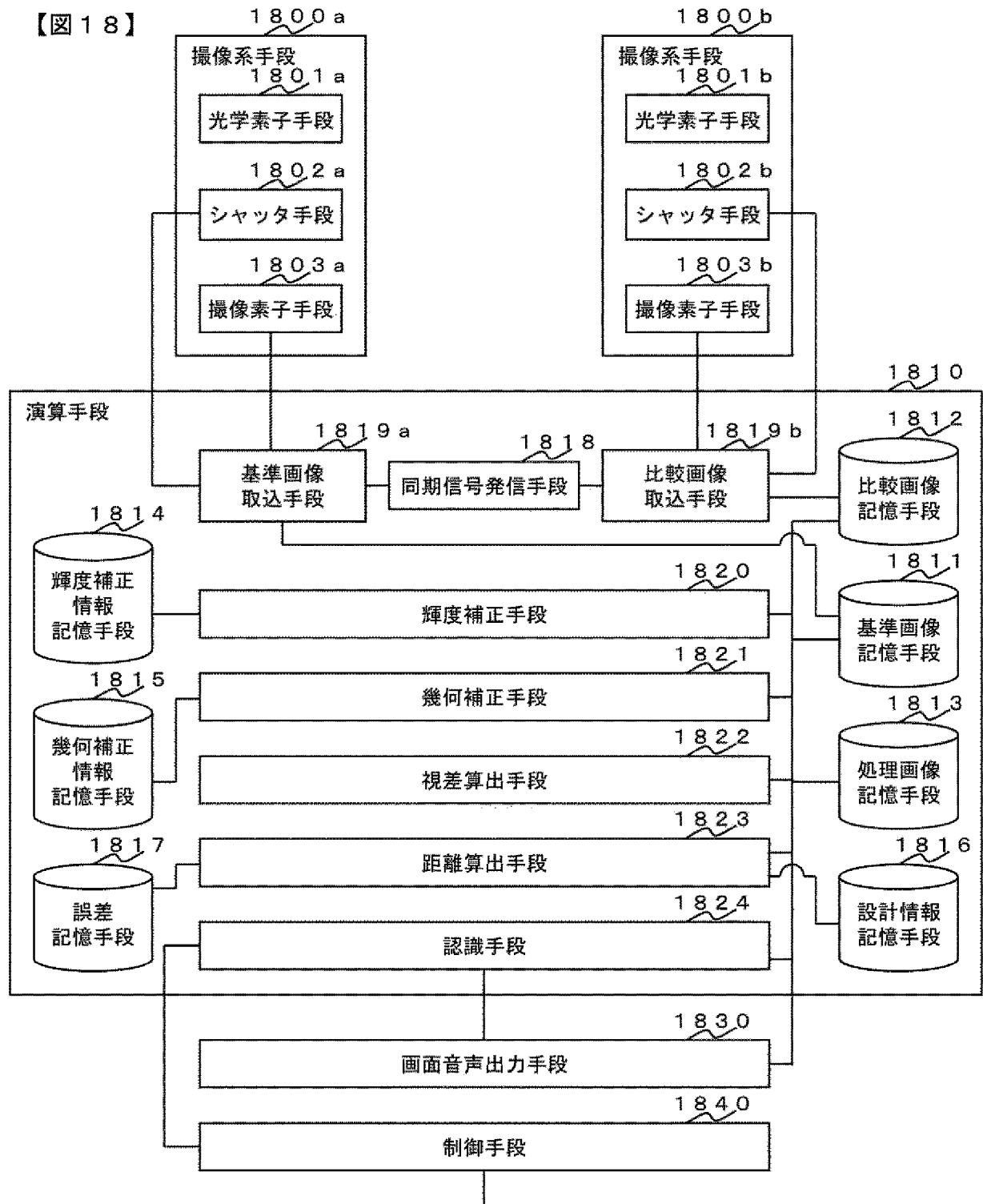


[図17]

【図 17】

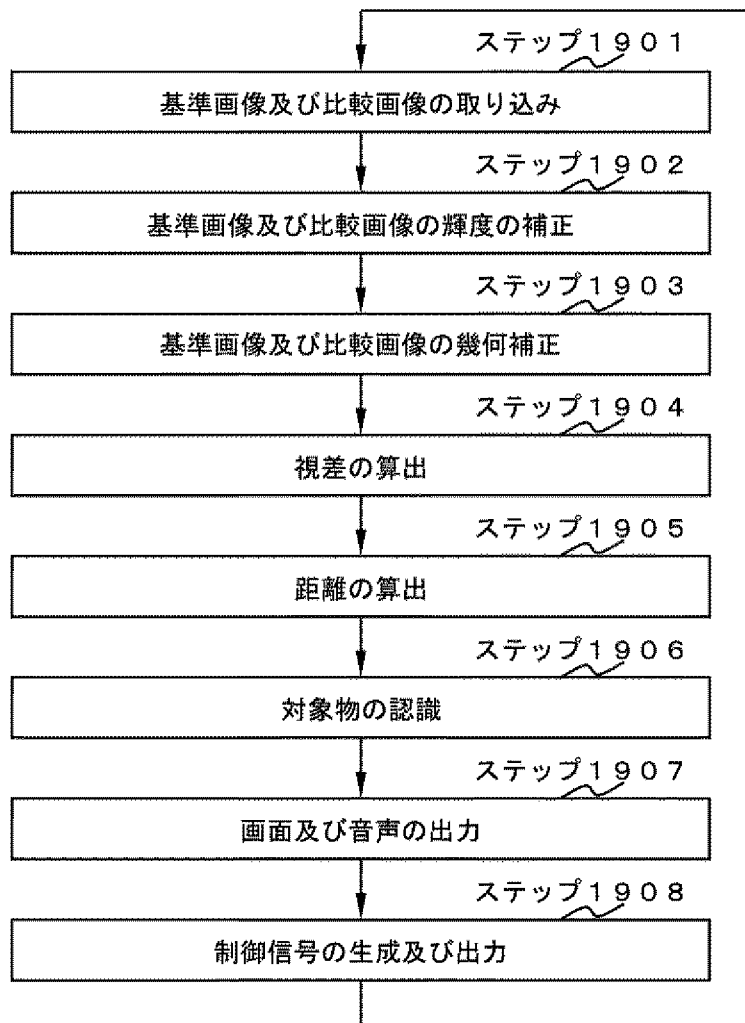


[図18]



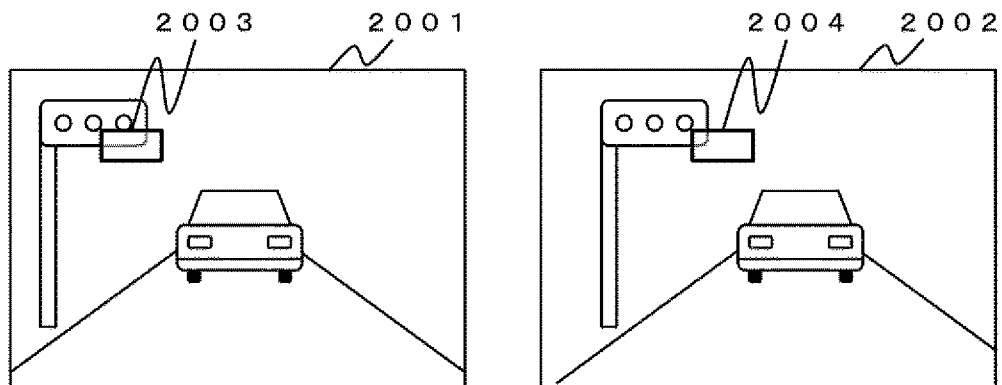
[図19]

【図19】



[図20]

【図20】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT / JP2 014 / 056816

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01 C3/0 6 {2006.01}i , G01 C3/0 0 {2006.01}i , G06T1 / 00 {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)

G01C3 / 06 , G01C3 / 00 , G06T1 / 00

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	1996-2014
Kokai	Jitsuyo	Shinan	1971-2014	Toroku	Jitsuyo	Shinan	Koho	1994-2014

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	J P 2 0 0 7 - 2 6 3 6 6 9 A (Denso I T Laboratory , Inc .) , 1 1 October 2 0 0 7 (1 1 . 1 0 . 2 0 0 7) , paragraphs [0 0 2 9] t o [0 0 3 8] (F a m i l y : n o n e)	1 - 8
X	J P 2 0 1 2 - 2 0 2 6 9 4 A (Canon I n c .) , 2 2 October 2 0 1 2 (2 2 . 1 0 . 2 0 1 2) , ent ire text ; a l l drawings (F a m i l y : n o n e)	9 - 1 2
A	J P 7 - 2 7 5 1 4 A (Sumitomo Electric I ndus trie s , Ltd .) , 2 1 January 1 9 9 5 (2 7 . 0 1 . 1 9 9 5) , ent ire text ; a l l drawings (F a m i l y : n o n e)	1 - 1 2



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 8 June , 2 0 1 4 (1 8 . 0 6 . 1 4)

Date of mailing of the international search report

0 1 July, 2 0 1 4 (0 1 . 0 7 . 1 4)

Name and mailing address of the ISA/

Japan e s e Patent Offi c e

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT / JP2 014 / 056816

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 10-115506 A (Fuji Heavy Industries Ltd.), 06 May 1998 (06.05.1998), entire text ; all drawings (Family : none)	1- 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT / JP2 014 / 056816

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos. :
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos. :
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos. :
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Claims 1 - 8 describe the invention of a calibration device for capturing image s at a first distance and a second distance and generating correction information .

Claims 9 - 12 describe the invention of an image capturing device comprising a geometrical correction means for correcting an image from arbitrarily defined geometrical correction information -

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01C3/06 (2006. 01) i, G01C3/00 (2006. 01) i, G06T1/00 (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 (I P C))

Int.Cl. G01C3/06, G01C3/00, G06T1/00

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	1 9 2 2 -
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 -
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2

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)

年

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	JP 2007-263669 A (株式会社デンソー アイティーラボラトリ) 2007. 10. 11, 段落 【0029】 - 【0038】 (ファミリーなし)	1-8
X	JP 2012-202694 A (キャノン株式会社) 2012. 10. 22, 全文, 全図 (ファミリーなし)	9-12
A	JP 7-27514 A (住友電気工業株式会社) 1995. 01. 27, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-12

☒ 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

- 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」
- E 「国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日後に公表されたもの」
- [「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)」
- O 「口頭による開示、使用、展示等に言及する文献」
- P 「国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

- F 「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」
- 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」
- Y 「特に関連のある文献であって、当該文献と他の Y 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」
- & 「同一パテントファミリー文献」

国際調査を完了した日

1 8 . 0 6 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 1 . 0 7 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

2 S

3 1 0 0

丑田 真悟

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 8

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
A	JP 10-115506 A (富士重工業株式会社) 1998. 05. 06, 全文 ,全図 (ファミリーなし)	1-12

第 II 欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第 1 ページの 2 の続き)

法第 8 条第 3 項 (P C T 17 条 (2) (a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であって P C T 規則 6.4 (a) の第 2 文及び第 3 文の規定に従って記載されていない。

第 III 欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第 1 ページの 3 の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求項 1－8 には、第 1 の距離と第 2 の距離とで撮影をおこない補正情報を生成するキャリブレーション装置の発明が記載されている。

請求項 9－12 には、任意の幾何補正情報から画像を補正する幾何補正手段を有する撮像装置の発明が記載されている。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付し、; ので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかつ、; ので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項にして作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。