

(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
2019年3月14日(14.03.2019)



(10) 国際公開番号

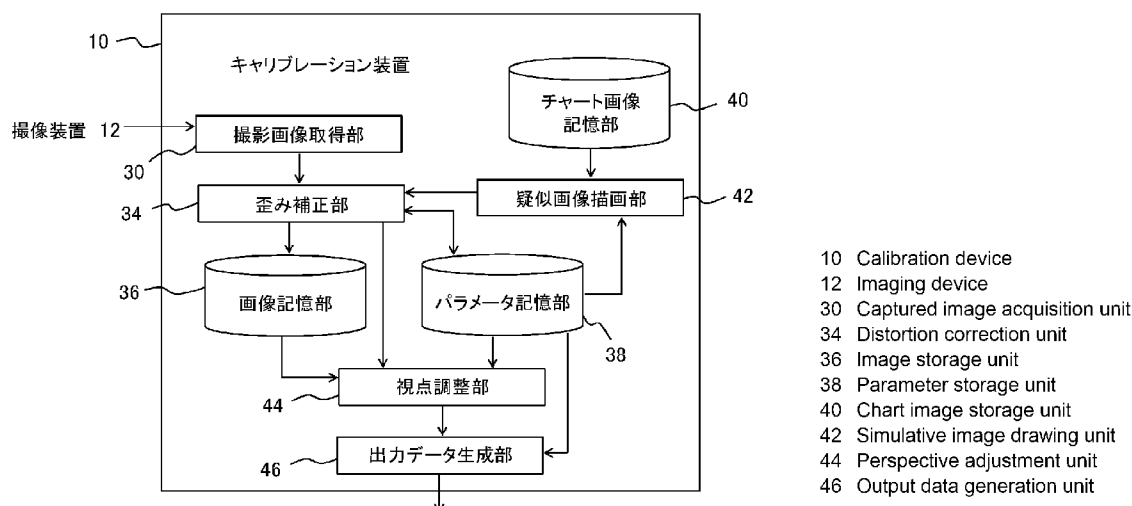
WO 2019/049331 A1

- (51) 国際特許分類:
G06T 7/80 (2017.01) *H04N 17/00* (2006.01) **Akio**; 〒1080075 東京都港区港南 1 丁目 7 番 1 号株式会社ソニー・インタラクティブエンタテインメント内 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/032563
- (22) 国際出願日: 2017年9月8日(08.09.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社ソニー・インタラクティブエンタテインメント (**SONY INTERACTIVE ENTERTAINMENT INC.**) [JP/JP]; 〒1080075 東京都港区港南 1 丁目 7 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 山下 紀之 (**YAMASHITA Noriyuki**); 〒1080075 東京都港区港南 1 丁目 7 番 1 号株式会社ソニー・インタラクティブエンタテインメント内 Tokyo (JP). 大場 章男 (**OHBA**
- (74) 代理人: 森下 賢樹 (**MORISHITA Sakaki**); 〒1500021 東京都渋谷区恵比寿西 2-11-12 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, 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,

(54) **Title:** CALIBRATION DEVICE, CALIBRATION SYSTEM, AND CALIBRATION METHOD

(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、およびキャリブレーション方法

[図5]



(57) **Abstract:** A captured image acquisition unit 30 of a calibration device 10 acquires data about an image obtained by imaging a calibration chart using a fish-eye imaging device 12. A distortion correction unit 34 assumes a parameter of the imaging device, performs a correction by considering the projection method, and adjusts the parameter until the original chart image is obtained. A simulative image drawing unit 42 simulatively draws a captured image by using chart model data. A perspective adjustment unit 44 compares the simulative image and the captured image, and identifies the location of the imaging device 12 by adjusting the perspective location of a virtual camera according to differences in the location of a marker and the interval of a pattern.

[続葉有]

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:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: キャリブレーション装置 10 において、撮影画像取得部 30 はキャリブレーション用のチャートを魚眼の撮像装置 12 で撮影した画像のデータを取得する。歪み補正部 34 は、撮像装置のパラメータを仮定して、射影方式を考慮した補正を行い、元のチャートの像が得られるまでパラメータを調整する。疑似画像描画部 42 はチャートのモデルデータを用いて撮影画像を疑似的に描画する。視点調整部 44 は疑似的な画像と撮影画像を比較し、マーカーの位置やパターンの間隔の差に応じて仮想カメラの視点位置を調整することで、撮像装置 12 の位置を特定する。

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、およびキャリブレーション方法

技術分野

[0001] 本発明は、撮像装置のキャリブレーションを実現する装置、キャリブレーションシステム、およびキャリブレーション方法に関する。

背景技術

[0002] ユーザの体やマーカーをカメラで撮影し、その像の領域を別の画像で置換してディスプレイに表示するゲームが知られている（例えば、特許文献1参照）。撮影画像における像を検出し解析することにより、被写体やカメラ自体の位置や動きを取得したり被写体の属性を認識したりする技術は、ゲーム装置や情報端末に搭載されたカメラのみならず、防犯カメラ、車載カメラ、ロボット搭載カメラなどを含むシステムにおいても広く導入されている。

[0003] それらのシステムにおける処理精度を保障するため、撮像装置の内部パラメータ、歪み補正係数、外部パラメータ等、装置固有の情報を事前に取得するキャリブレーション処理が行なわれる。内部パラメータは、撮影画像における画素の位置座標と、光学中心を原点とし長さを単位とするカメラ座標系における位置座標との関係を規定する。歪み補正係数は、レンズによる樽型歪みや円周方向の歪みを補正するための係数である。

[0004] 外部パラメータは、カメラ座標系とワールド座標系の関係を規定し、特にステレオカメラなど多眼カメラについて同時にキャリブレーションを行うことにより、それぞれが撮影した画像の傾きを合わせるなどの目的で用いられる。キャリブレーション技術としては、チェッカーパターンの平面チャートを複数の視点から撮影し、撮影画像上での特徴点の位置と、実空間でのチャートの平面における特徴点の位置とが正しい対応関係となるようにパラメータを最適化するZhangの手法が広く知られている（非特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：欧州特許出願公開第0999518号明細書

非特許文献

[0006] 非特許文献1：Zhengyou Zhang, "A Flexible New Technique for Camera Calibration", Microsoft Research Technical Report, MSR-TR-98-71, December 2, 1998.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] Zhangの手法では、いくつかの位置や姿勢で撮像装置やチャートをセッティングしたうえ、撮影を繰り返す必要があり、作業負担が大きい。また近年、魚眼レンズを用いて広角画像を撮影する技術が一般的になりつつあるが、魚眼レンズ特有の歪みを画像全体で精度よく補正するのは困難であった。

[0008] 本発明はこうした課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、魚眼カメラのキャリブレーションを、容易かつ高精度に行うことのできる技術を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 上記課題を解決するために、本発明のある態様はキャリブレーション装置に関する。このキャリブレーション装置は、魚眼レンズを有する撮像装置から、キャリブレーション用のチャートの撮影画像のデータを取得する撮影画像取得部と、撮影画像における各画素位置への視線ベクトルと光軸のなす角度に基づきレンズによる歪みを補正するとともに、補正された画像を評価することにより撮像装置に係るパラメータの値を導出し出力する補正部と、を備えたことを特徴とする。

[0010] 本発明の別の態様もキャリブレーション装置に関する。このキャリブレーション装置は、魚眼レンズを有する撮像装置から、キャリブレーション用のチャートの撮影画像のデータを取得する撮影画像取得部と、撮像装置に係る

パラメータの値を取得するパラメータ取得部と、仮想カメラとチャートのオブジェクトモデルを仮想3次元空間に配置し、仮想カメラが撮影する画像として、取得したパラメータの値を用いて撮影画像を疑似的に生成する疑似画像描画部と、疑似的に生成された画像と撮影画像とを比較することにより、チャートに対する撮像装置の位置を導出する視点調整部と、を備えたことを特徴とする。

[0011] 本発明のさらに別の態様はキャリブレーションシステムに関する。このキャリブレーションシステムは、魚眼レンズを有する撮像装置と、上記キャリブレーション装置と、を備えたことを特徴とする。

[0012] 本発明のさらに別の態様はキャリブレーション方法に関する。このキャリブレーション方法は、魚眼レンズを有する撮像装置から、キャリブレーション用のチャートの撮影画像のデータを取得するステップと、撮影画像における各画素位置への視線ベクトルと光軸のなす角度に基づきレンズによる歪みを補正するステップと、補正された画像を評価することにより撮像装置に係るパラメータの値を導出し出力するステップと、を含むことを特徴とする。

[0013] なお、以上の構成要素の任意の組合せ、本発明の表現を方法、装置、システム、記録媒体、コンピュータプログラムなどの間で変換したものもまた、本発明の態様として有効である。

発明の効果

[0014] 本発明によれば、撮像装置のキャリブレーションを、容易かつ高精度に行うことができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]本実施の形態を適用できるシステムの構成を例示する図である。

[図2]一般的な撮像装置においてなされる中心射影を説明するための図である。

[図3]本実施の形態における撮像装置においてなされる等距離射影を説明するための図である。

[図4]本実施の形態におけるキャリブレーション装置の内部回路構成を示す図

である。

[図5]本実施の形態におけるキャリブレーション装置の機能ブロックの構成を示す図である。

[図6]本実施の形態におけるキャリブレーション装置が撮像装置のパラメータを特定する処理手順を示すフローチャートである。

[図7]本実施の形態において実際の撮影画像が補正される様子を例示する図である。

[図8]本実施の形態の歪み補正部の補正による概念的な画像の変遷を示す図である。

[図9]本実施の形態において、歪み補正部が撮影画像を補正する処理手順を示すフローチャートである。

[図10]図8のS32における射影変換の処理を説明するための図である。

[図11]図8のS30における歪み補正の処理を説明するための図である。

[図12]本実施の形態における拡張された中心射影のスクリーン面と魚眼レンズのスクリーン面の関係を例示する図である。

[図13]本実施の形態におけるレンズの歪み補正の逆補正の手法を説明するための図である。

[図14]図9のS46において、補正後の画像の格子線を探索する手法の例を説明するための図である。

[図15]本実施の形態において格子線の境界線を表す線を微調整する手法を説明するための図である。

[図16]図9のS48において、補正後の格子線の像が画像平面の水平および垂直方向と一致するように、撮像装置の姿勢の設定を調整する処理手順を示すフローチャートである。

[図17]図9のS50において、画角および歪み補正の係数を調整する処理手順を示すフローチャートである。

[図18]本実施の形態における疑似画像描画部が疑似画像を描画する処理手順を示すフローチャートである。

[図19]本実施の形態における疑似画像描画部が生成した実際の疑似画像を例示する図である。

[図20]図19で示した疑似画像の補正後の画像を示す図である。

[図21]本実施の形態に適用できるチャートのパターンの別の例を示す図である。

[図22]本実施の形態におけるチャートの撮影画像を例示する図である。

[図23]運用時における広角レンズを有する撮像装置を用いた一般的な処理の体系と、本実施の形態を利用した処理の体系との差を説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0016] 図1は、本実施の形態を適用できるシステムの構成を例示している。このシステムは撮像装置12、キャリブレーション用のチャート200、および撮像装置12が撮影したチャート200の画像を用いてキャリブレーションを実施するキャリブレーション装置10を含む。キャリブレーション装置10は、チャート200の撮影画像を用いて撮像装置12に係る所定のパラメータを取得する。ここで所定のパラメータとは、レンズ歪み補正係数、レンズ中心の位置、接線歪み補正係数など一般的なカメラパラメータのほか、チャート200を撮影したときの撮像装置12の位置、姿勢、水平／垂直画角（以後、単に「画角」と呼ぶ）を含む。

[0017] 撮像装置12は撮像光学系として魚眼レンズ、CCD (Charge Coupled Device) センサやCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) センサなどのイメージセンサ、およびデモザイク処理など一般的な画像処理を実施する機構を備え、被写空間を広角で撮影する。撮像装置12はレンズとイメージセンサのセットを1つのみ備えた単眼カメラでもよいし、当該セットを複数有する多眼カメラとしてもよい。撮像装置12に備えるカメラをどのような構成とするかは、撮影画像を用いて行う情報処理の内容によって決定してよい。

[0018] 例えばユーザやコントローラなどの対象物の3次元空間における位置を撮

影画像から取得して電子ゲームを実現する場合、左右に既知の間隔を設けた2つのカメラからなるステレオカメラで構成することが考えられる。また撮像装置12の形態は図示するものに限らない。例えばキャリブレーション装置10と一体的に実現してもよい。あるいは撮像装置12を、ロボットやヘッドマウントディスプレイに装備させてもよい。この場合、ロボットや、ヘッドマウントディスプレイを装着したユーザの視野に対応するような画像を所定のフレームレートで撮影し、ロボットの動作に反映させたり、対応する画像をヘッドマウントディスプレイに表示させたりするのに利用することが考えられる。

[0019] チャート200は所定のパターン（図柄）を表した平面状のボードや紙などの実物体である。あるいは当該図柄を表示した表示装置や、表示装置を備えた電子機器などでもよい。図示する例でチャート200のパターンは、図の下方の正面図に示すように、白い背景に所定幅の黒い水平線、垂直線を等間隔に配置してなる格子線と、当該格子線が形成する白い矩形の2次元配列のうち所定位置、例えば中心の矩形に配したマーカー202で構成されている。

[0020] ただしチャート200のパターンはこれに限らず、チャートの水平方向、垂直方向が所定の間隔で表される図柄と、チャート上の特定の位置を表す図柄の組み合わせであればよい。例えば、格子状に区切られてなる矩形領域のうち隣り合う矩形で白黒が逆転するようなチェッカーのパターンにマーカーを付加したものでもよいし、後に例示するバーコードなどでもよい。マーカー202は図示する例では黒い正方形であるが、それに限定する趣旨ではなく、格子線との区別が明らかな既知の形状や色であればよい。

[0021] キャリブレーション装置10は、チャート200を撮影した画像を入力データとして、撮像装置12に係る上述のパラメータを取得する。ここで入力データとする撮影画像は、魚眼レンズ特有の樽型歪みを補正する前の画像とする。キャリブレーション装置10は、そのレンズ歪みを利用することで、撮像装置12の姿勢や補正係数などのパラメータを1枚の撮影画像から取得

する。さらに、別途準備したチャートのモデルデータを利用して疑似的に撮影画像を作り出し、マーカー 202 の像の位置やサイズに基づき撮像装置 12 の 3 次元空間での位置を導出する。

[0022] キャリブレーション装置 10 は、得られたパラメータを内部のメモリに格納したり、図示しない外部の装置に出力したりする。あるいは得られたパラメータを用いて上述の電子ゲームなどの情報処理を実施し、図示しない出力装置に表示させる機能を備えてもよい。また撮像装置 12 とともにロボットに実装し、撮影された画像を、当該パラメータを用いて解析することにより、周囲の環境地図を作成することも考えられる。これらの場合、キャリブレーション装置 10 の機能を備えた情報処理装置を実現できる。

[0023] 図 2 は、魚眼でない一般的な撮像装置においてなされる中心射影を説明するための図である。同図は焦点距離 f_a の撮像装置が、主点 14 から距離 Z_a にある平面を撮影する様子を俯瞰した様子を示している。この撮像装置が写す画像は、主点 14 から距離 f_a だけ離れたスクリーン 15 へ被写体を射影した像に対応する。またセンササイズが既知のとき、焦点距離 f_a は画角 θ を決定づける。この場合、被写体表面の同一サイズ a を有する範囲 13a、13b は、撮影画像上での位置によらず同じサイズ ($f_a \cdot a / Z_a$) の像 16a、16b を形成する。

[0024] すなわち像のサイズは焦点距離 f_a と距離 Z_a の比率の関数となるため、当該比率が同じであれば、距離 Z_a が異なっても像のサイズは同じになり得る。換言すれば 1 つの撮影画像上の像のサイズから、視点の位置と画角を同時に求めることはできない。そのため一般的な撮像装置のキャリブレーションでは、チャートを様々な方向から撮影することにより連立方程式とするか、チャートまでの距離を固定して撮影することにより、各種カメラパラメータを求める。

[0025] 図 3 は、本実施の形態における撮像装置においてなされる等距離射影を説明するための図である。同図でも焦点距離 f_b の撮像装置が、主点 18 から距離 Z_b にある平面を撮影する様子を示している。一方、本実施の形態の撮

像装置 12 は、魚眼レンズにより、像が射影されるスクリーン 19 が球面状となる。この場合、被写体表面の同一サイズ b を有する範囲 17 a、17 b の像 20 a、20 b は、撮影画像上で中心から離れるほど小さくなる。

[0026] そして撮影画像上での中心からの距離に対する縮小率の変化は、主点の位置によらずスクリーン 19 球面の曲率、すなわち焦点距離 f_b に依存する。本実施の形態ではこれを利用し、魚眼レンズによって生じる歪みを評価することで焦点距離、ひいては画角を特定し、像の位置やサイズを評価することで撮像装置の位置を特定する。これにより、厳密な位置合わせなしにチャート 200 を撮影した 1 枚のみの撮影画像によってキャリブレーションが可能になる。

[0027] 図 4 は、キャリブレーション装置 10 の内部回路構成を示している。キャリブレーション装置 10 は、CPU (Central Processing Unit) 122、GPU (Graphics Processing Unit) 124、メインメモリ 126 を含む。CPU 122 は、オペレーティングシステムやアプリケーションなどのプログラムに基づいて、装置内部の構成要素における処理や信号伝送を制御する。GPU 124 は画像処理を行う。メインメモリ 126 は RAM (Random Access Memory) により構成され、処理に必要なプログラムやデータを記憶する。

[0028] これらの各部は、バス 130 を介して相互に接続されている。バス 130 にはさらに入出力インターフェース 128 が接続されている。入出力インターフェース 128 には、USB や IEEE 1394 などの周辺機器インターフェースや、有線又は無線 LAN のネットワークインターフェースからなる通信部 132、ハードディスクドライブや不揮発性メモリなどの記憶部 134、図示しない表示装置、プリンタなどの出力装置へデータを出力する出力部 136、撮像装置 12 や図示しない入力装置からデータを入力する入力部 138、磁気ディスク、光ディスクまたは半導体メモリなどのリムーバブル記録媒体を駆動する記録媒体駆動部 140 が接続される。

[0029] CPU 122 は、記憶部 134 に記憶されているオペレーティングシステムを実行することにより装置の全体を制御する。CPU 122 はまた、リム

ーバブル記録媒体から読み出されてメインメモリ 126 にロードされた、あるいは通信部 132 を介してダウンロードされた各種プログラムを実行する。GPU 124 は、ジオメトリエンジンの機能とレンダリングプロセッサの機能とを有し、CPU 122 からの描画命令に従って画像描画を行う。

[0030] 図5はキャリブレーション装置10の機能ブロックの構成を示している。図5に示す各機能ブロックは、ハードウェア的には、図4で示したCPU 122、GPU 124、メインメモリ126などで実現でき、ソフトウェア的にはハードディスクや記録媒体からメインメモリにロードされたコンピュータプログラムなどで実現される。したがって、これらの機能ブロックがハードウェアのみ、ソフトウェアのみ、またはそれらの組合せによっていろいろな形で実現できることは当業者には理解されるところであり、いずれかに限定されるものではない。

[0031] キャリブレーション装置10は、撮影画像のデータを取得する撮影画像取得部30、実際の撮影画像およびモデルから生成した画像を射影変換したりレンズ歪みを補正したりする歪み補正部34、補正した画像を格納する画像記憶部36、補正の際に取得したパラメータを格納するパラメータ記憶部38、チャート200のパターンのモデルデータを格納するチャート画像記憶部40、チャート200のモデルデータを用いて歪みのある画像を疑似的に生成する疑似画像描画部42、マーカの像の位置とサイズに基づき撮像装置12の視点位置を取得する視点調整部44、および、撮像装置に関し求められたパラメータ、あるいはそれを用いて情報処理を行った結果を示すデータを生成し出力する出力データ生成部46を含む。

[0032] 撮影画像取得部30は、チャート200を撮影した画像のデータを撮像装置12から取得する。撮像装置12が多眼カメラで構成される場合、各カメラが撮影した画像のデータを全て取得する。この撮影画像におけるチャートの像は、撮像装置の姿勢に応じた傾きや、魚眼レンズによる歪みを有する。以後、撮影画像におけるこのような本来のチャートからの変形を総じて「歪み」と呼ぶことがある。

- [0033] 歪み補正部 34 は撮影画像から歪みを除く補正を行う。具体的には、等距離射影方式で撮影された画像を中心射影のデータに変換し、さらに歪み補正式により詳細な補正を行う。これによりチャート 200 の格子線がおよそ直線になる。さらに撮像装置 12 の姿勢によるチャート 200 の像の傾きを解消するように射影変換を施す。これらの処理において、撮像装置 12 の画角、姿勢、レンズ歪み補正係数、レンズ中心に対応する画像上の位置（以後、「レンズ中心の位置」と呼ぶ）、接線歪み補正係数を用いている。
- [0034] 歪み補正部 34 はまず、これらのパラメータを仮定して補正を行い、その結果が本来のチャートのパターンの画像となるようにパラメータ調整を行う。これにより、各パラメータを取得できる。歪み補正部 34 はさらに、疑似画像描画部 42 が生成した、チャートのモデルデータを用いた疑似的な撮影画像についても同じ処理を実施する。これらの補正処理により得られた補正後の画像のデータは画像記憶部 36 に、パラメータはパラメータ記憶部 38 に格納する。
- [0035] 疑似画像描画部 42 は、チャート画像記憶部 40 に格納しておいたチャート 200 のモデルデータを読み出し、仮想カメラとともに仮想 3 次元空間に配置する。ここで仮想カメラには、実際の撮影画像から得られた撮像装置 12 の姿勢を与える。撮像装置 12 の位置は未知のため仮の値を設定する。そしてオブジェクトモデルとしてのチャート 200 を等距離射影することにより、実際の撮像装置 12 による撮影環境と同じ状態を作り出す。このとき、パラメータ記憶部 38 に格納された、撮像装置 12 に対し得られた画角、レンズ歪み補正係数、レンズ中心の位置、接線歪み補正係数を用いて、上述のレンズ歪みを解消する補正とは逆の補正を実施することにより、撮影画像と類似する歪みのある画像を生成する。以後、この画像を「疑似画像」と呼ぶ。
- [0036] 視点調整部 44 は、撮影画像の補正後の画像におけるマーカー 202 の位置およびサイズと、疑似画像の補正後の画像におけるマーカー 202 の位置およびサイズとを比較する。疑似画像描画部 42 が疑似画像を生成する際に

設定した仮想カメラの位置が正しくなければそれらのパラメータに差が生じる。したがって、その差に基づき視点の位置を調整することで、撮像装置 12 の実際の位置を特定する。

[0037] 出力データ生成部 46 は、パラメータ記憶部 38 に格納された各種パラメータや、視点調整部 44 が特定した撮影画像の位置を取得し、それを出力データとして記憶装置に格納したり外部の装置に出力したりする。あるいはそれらの情報を用いて、運用時に撮影された画像の補正に用いたり、画像解析に用いたりして所定の情報処理を実施し、表示画像などの出力データを生成、出力してもよい。例えば撮像装置 12 をステレオカメラとした場合、各カメラの位置と姿勢に基づき両者の主点の間隔や姿勢の差が判明する。したがってそれらのパラメータを、運用時に得られたステレオ画像の補正に用いたり、三角測量に基づく演算に利用したりすることで、対象物の位置を正確に特定できる。

[0038] 次に、上記構成によって実現できるキャリブレーション装置 10 の動作を説明する。図 6 は、キャリブレーション装置 10 が撮像装置のパラメータを特定する処理手順を示すフローチャートである。まず撮影画像取得部 30 は、撮像装置 12 からチャート 200 を撮影した画像のデータを取得する（S10）。撮像装置 12 が多眼カメラの場合は、各カメラが撮影した画像のデータを取得する。このデータは、チャート 200 をおよそ正面から撮影した画像でよく、撮影時に厳密な位置合わせをする必要はない。

[0039] 姿勢・歪み補正部 34 は、撮影画像を補正し元のチャートのパターンに近づけることで、撮像装置に係る上述したパラメータを取得する（S12）。上述のとおり撮影画像の歪みには、撮像装置 12 の姿勢によるものと、魚眼レンズなど撮像装置 12 の構造によるものとが含まれる。したがって、補正に必要なパラメータを仮定して両者を解消する補正を順に施し、得られた補正後のデータがチャートのパターンと略同一になるまでパラメータを調整していくことで、最終的な補正後の画像とパラメータの値を取得する。ただし撮像装置 12 の位置は歪みの補正には用いないため、この段階では判明しな

い。なお撮像装置 1 2 の位置を求める必要がない場合、次に述べる S 1 4 ~ S 1 8 の処理は省略できる。

[0040] 次に疑似画像描画部 4 2 は、チャート画像記憶部 4 0 からチャート 2 0 0 のモデルデータを読み出し仮想空間に配置したうえ、仮想カメラがそれを撮影した画像を疑似画像として描画する (S 1 4)。このとき仮想カメラの姿勢は、S 1 2 で取得した値とし、位置については仮の値を与えておく。また当該仮想カメラも魚眼レンズとし、撮像装置 1 2 と同じ画角、レンズ歪み補正係数、レンズ中心の位置、接線歪み補正係数を有するとする。これに従いモデル上のチャートを射影して歪みをつけることにより、S 1 0 で取得した撮影画像に類似の画像を生成できる。

[0041] 次に姿勢・歪み補正部 3 4 は、S 1 4 で描画された疑似画像を、S 1 2 と同様に補正する (S 1 6)。すなわち S 1 2 で得られたパラメータを用いて歪みを解消する補正を施す。これによりチャートのパターンに近い画像が得られるが、画像上でのチャートの位置や倍率は、疑似画像の描画時に設定した仮想カメラの位置に依存している。視点調整部 4 4 は、S 1 2 で取得した撮影画像の補正後の画像におけるマーカーの位置および格子の間隔と、S 1 6 で取得した疑似画像の補正後の画像におけるマーカーの位置および格子の間隔が略同一になるように仮想カメラの位置を調整する (S 1 8)。

[0042] 両者の差が所定のしきい値以下となったときの仮想カメラの位置を、実際の撮像装置 1 2 の位置として取得する。出力データ生成部 4 6 は、それまでの処理で得られたパラメータ自体や、それを用いて行った画像解析や情報処理の結果を表すデータを生成し出力する (S 2 0)。上述のとおり出力先は、ゲームや表示などその他の処理を実行する装置でもよいし、記憶装置でもよい。あるいは撮像装置 1 2 自体でもよい。

[0043] 次に、歪み補正部 3 4 が図 6 の S 1 2 において行う撮影画像の補正手法について説明する。図 7 は実際の撮影画像が補正される様子を例示している。撮影画像 5 0 に写るチャートは、図 1 で説明したように、白い背景上に所定幅を有する黒い直線を格子状に表し、さらに当該格子線で囲まれた矩形のう

ちの１つに黒い矩形のマーカーを表したパターンを有する。撮像装置１２を魚眼レンズとすることにより、レンズの中心に対応する画像平面の略中心から離れるほど像が縮小されている。

[0044] 歪み補正部３４は撮影画像５０を補正し、本来のチャートパターンに近い状態、すなわち黒い直線が等間隔で直交している補正後の画像５２を生成する。上述のとおり画像端に向かう像の縮小度合い、ひいては直線の曲がり具合は撮像装置１２の画角やレンズ中心の位置のずれなど、主に撮像装置１２の内部構造に依存し、画像平面の水平方向、垂直方向に対する格子の傾斜の度合いは撮像装置１２の姿勢に依存する。したがって撮影画像５０から画像５２に補正する過程でそれらのパラメータを導出できる。

[0045] 図８は、歪み補正部３４の補正による概念的な画像の変遷を示している。当該補正は上述のとおり、撮影画像６０におけるレンズ歪みを解消して格子が直線状の画像６２を生成し（Ｓ３０）、それを射影変換することにより格子が直交する補正後の画像６４を得る処理である（Ｓ３２）。画像処理としては、撮影画像６０上の位置座標を入力して、補正後の画像６４上の位置座標を出力する処理となる。また本実施の形態では、Ｓ３０の処理により格子が直線状の画像となるように撮像装置１２の画角や補正係数等を模索し、Ｓ３２の処理により格子が直交するように撮像装置１２の元の姿勢を模索する。

[0046] すなわち、画像６２、６４のように目標となる画像での直線性や直交性を評価したうえ、各種パラメータを調整した場合に当該直線性や直交性がどのように改善されるかを確認する処理が含まれる。このとき評価対象の画像６２、６４上の位置座標を入力して、撮影画像６０上の元の位置座標を出力する処理経路を準備しておく、調整処理を効率化できる。すなわち補正後の画像６４に逆の射影変換を施し（Ｓ３４）、レンズ歪みをつける（Ｓ３６）処理経路を準備する。

[0047] 歪み補正部３４は、これらの処理を適宜使い分けることにより、補正後の画像６４を効率的に生成する。以後、Ｓ３０、Ｓ３２のように歪みのある画

像からチャートパターンの画像を生成する処理経路を「順方向補正」、S 34、S 36のようにチャートパターンの画像から歪みのある画像を生成する処理経路を「逆方向補正」と呼ぶ。

[0048] 図9は、歪み補正部34が撮影画像を補正する処理手順を示すフローチャートである。この処理は図6のS12に対応する。まず補正後の画像の平面を準備するとともに(S40)、補正に用いるパラメータを仮に設定する(S42)。具体的には撮像装置12の画角、姿勢(パン角、チルト角、ロール角)、レンズ歪み補正係数、レンズ中心の位置、接線歪み補正係数を設定する。多くの場合、レンズ歪みはレンズ歪み補正係数 k_2 、 k_4 、 k_6 を用いて次式により補正される。

$$i' = i (1 + k_2 * r^2 + k_4 * r^4 + k_6 * r^6) / (1 + k_2 + k_4 + k_6)$$

$$j' = j (1 + k_2 * r^2 + k_4 * r^4 + k_6 * r^6) / (1 + k_2 + k_4 + k_6)$$

[0049] ここで(i , j)は歪みのある画像における位置座標、(i' , j')はその補正後の位置座標、 r は補正前の画像における位置座標(i , j)の、レンズ中心からの距離であり、レンズ中心の位置座標を(i_c , j_c)とすると次の式で定義される。

$$r = ((i - i_c)^2 + (j - j_c)^2)^{1/2}$$

なお上記は6次までの補正を示しているが、補正の次数は限定されない。一方、接線歪みは接線歪み補正係数 p_1 、 p_2 を用いて次式により補正される。

$$i' = i + (2p_1 * ij + p_2 (r^2 + 2i^2))$$

$$j' = j + (p_1 (r^2 + 2j^2) + 2p_2 * ij)$$

すなわちこれらの式を用いると、レンズ中心からの距離のみに依存した補正がなされる。

[0050] なお後述するように、本実施の形態では魚眼レンズによる歪みを、まず射影方式の違いを考慮して補正し、さらに上式により補正することで補正精度を向上させる。次に、S42で設定した仮のパラメータを用いたときの補正画像を、S40で準備した画像平面に描画する(S44)。この処理には、

当該画像平面における各画素の位置座標を入力値として、撮影画像上の対応する位置座標を求める逆方向補正の処理経路を利用する。これにより、仮設定されたパラメータを用いて補正された、チャートパターンに近い画像が生成される。

[0051] 次に、当該画像において、チャートパターンの格子を構成する直線を探索する（S46）。S42で設定した撮像装置12の姿勢が実際と異なっている場合、それらの直線は直交しないため、直交するまで姿勢の設定を調整していく（S48）。ただしここでは、最も外側に検出された上下左右の4直線の交点のみを監視しながら姿勢の設定を調整することにより処理効率を上げる。これにより撮像装置12の姿勢が判明する。S42で設定した姿勢以外のパラメータが実際と異なっている場合、S48で生成した画像における格子線はなお、微小量歪曲していたり傾斜していたりする。したがってそれらの歪みが解消されるまで、当該パラメータの設定を調整していく（S50）。

[0052] この場合も、格子線の幅を2分する点を所定間隔でサンプリングし、それらの近似直線に対する誤差のみを監視しながらパラメータの設定を調整することにより処理効率を上げる。これにより撮像装置12の画角、補正係数、レンズ中心の位置が判明する。S48、S50の処理により、S42で設定したパラメータが更新されるため、当該更新値を用いて再度、S44と同様の描画処理を実施することにより、最終的な補正後の画像を生成する（S52）。このとき、当該画像に対し格子線とマーカの検出を行うことにより、格子線の間隔とマーカのサイズも特定しておく。補正後の画像のデータは画像記憶部36に、更新されたパラメータはパラメータ記憶部38に、それぞれ格納する。

[0053] 図10は、図8のS32における射影変換の処理を説明するための図である。（a）はチャート200と、撮像装置12の視点205および視線ベクトル207を含む3次元空間を示している。なおここでの視線ベクトル207は撮像装置の光軸が向く方向を規定する。図示する例では、視点205の

位置座標 (x, y, z) は、チャート 200 に平行な XZ 平面とチャートの中心で垂直に交わる Y 軸がなす 3 次元空間で定義される。3 次元空間の原点 O は、 Y 軸方向を視線ベクトルとしたときにチャートパターンが視野全体に表示されるときの視点とする。換言すれば、視点が原点 O にあり視線ベクトルが Y 軸と重なる（撮像装置 12 がチャート 200 に正対する）基準状態において、図 8 の補正後の画像 64 が得られる。

[0054] 同図 (b) には、視線ベクトル 207 を拡大したうえ、撮像装置 12 の姿勢を定義するパラメータを示している。視点 205 からチャート 200 への垂線 L (Y 軸方向) を基準としてパン角 p 、チルト角 q が定義され、視線ベクトル 207 の回転方向にロール角 r が定義される。視点 205 と視線ベクトル 207 が標準状態へ変位するときの画像上の位置座標の変化は、これらのパラメータを用いて一般的な射影変換行列により求めることができる。

[0055] 始点となる視点 205 および視線ベクトル 207 が既知であれば、当該射影変換により図 8 の補正後の画像 64 が得られる。本実施の形態では視点 205 と視線ベクトル 207 が未知のため、それらを定義するパラメータを仮に設定して変換後の画像を確認し、目的とするチャートパターンの画像が得られるように設定パラメータを調整する。これにより、視点 205 と視線ベクトル 207、ひいては撮像装置 12 の位置と姿勢を特定できる。

[0056] 図 11 は、図 8 の S30 における歪み補正の処理を説明するための図である。魚眼レンズの場合は特に、上述した補正式による一般的な歪み補正では、光軸からの距離が大きい画像端部において補正量が不足し、歪みの解消が十分でない場合がある。そこで本実施の形態では、魚眼レンズ特有の歪みを、射影方式を考慮して補正したうえで、一般的な補正式を適用する。同図は、視点 74 と、直線 AB で表される中心射影のスクリーン面 70、弧 $A2B2$ で表される魚眼レンズの等距離射影のスクリーン面 72 を俯瞰した状態を示している。

[0057] 画角を θ としたときの中心射影の水平画素数 N_h の画像における左右の端が A および B であり、それに対応する魚眼レンズの画像における左右の端が

A 2 および B 2 である。視点 7 4 から画像までの距離 f は、画素を単位として次の式で表される。

$$f = N_h / (2 * (\tan(q / 2)))$$

等距離射影のスクリーン面 7 2 上の点 $P(i_1, j_1)$ と、それに対応する中心射影のスクリーン面 7 0 上の点 $Q(i_2, j_2)$ は、それぞれの画像中心（厳密にはレンズ中心の位置）C からの距離 r_1 、 r_2 と次の関係にある。

$$r_1 = f * \tan(r_2 / f)$$

$$r_2 = (i_2^2 + j_2^2)^{1/2}$$

ここで $\tan(r_2 / f)$ は、補正前後の点 $P(i_1, j_1)$ および点 $Q(i_2, j_2)$ への視線ベクトルと光軸がなす角度を表す。距離 r_2 に対する距離 r_1 の割合 s は点 $Q(i_2, j_2)$ の位置座標を用いて次のように求められる。

$$s = r_1 / r_2 = (f * \tan(r_2 / f)) / r_2$$

[0058] 中心から画像端までの長さの割合 R は

$$R = (2f * \tan(N_h / 2f)) / N_h$$

であるから、正規化された割合 s' は次のようになる。

$$s' = s / R = (N_h / 2r_2) * (\tan(r_2 / f) / \tan(N_h / 2f))$$

この演算は、画像中心からの距離に基づく一般的な補正式に対し、光軸に対する視線ベクトルの角度に基づいている。すなわち画像の平面上での情報のみならず、それと視点との関係を考慮した 3 次元での情報を用いて画像を補正できる。

[0059] これにより、画像上での位置によらず正確な補正を実現できる。なお割合 s' は補正後の点 $Q(i_2, j_2)$ を既知として求められる。これは実際の処理では、中心射影のスクリーン面 7 0 を先に準備し、当該面上の画素の位置座標に割合 s' を乗算することにより、補正前の魚眼レンズの画像における参照先を特定するためである。このようにして参照先の画素値を引いてくることにより、補正後の画像を生成できる。

[0060] このように魚眼レンズによる歪みを解消してもなお、レンズの固体差や組み付け具合による歪みが残るため、上述したレンズ中心からの距離に基づく一般的な補正式を用いて補正する。ただし魚眼レンズの歪みを上述のとおり補正した場合、レンズ歪み補正式のうち2次の項を省略する。本実施の形態ではこれらの処理をセットとして歪み補正を行うことにより、画像の端まで高い精度で歪みが解消された画像を得ることができる。この補正には、撮像装置の画角、レンズ歪み補正係数、レンズ中心の位置、接線歪み補正係数が用いられるため、一旦それらのパラメータを仮定して補正を実施し、その結果として格子線が十分な精度で直線に近づくまで調整することで、最終的なパラメータの値を決定する。

[0061] 図示する例では、魚眼レンズの画角 θ を 100° 程度に限定しているため、中心射影のスクリーン面70への変換が容易である。一方、魚眼レンズを用いたカメラは、視点に対し 360° の画角での画像が一度に得られるという利点がある。この特性を活かすため、中心射影のスクリーン面を拡張することが考えられる。図12は、拡張された中心射影のスクリーン面と魚眼レンズのスクリーン面の関係を例示している。同図は図11と同様、視点74と各スクリーン面の俯瞰図であるが、画角を 360° とすることで、魚眼レンズのスクリーン面76が、焦点距離 f を半径とする球面全体となる。

[0062] この場合、画像全体を補正するため、球面のスクリーン面76に外接する立方体の6面の内壁を中心射影のスクリーン面とする（例えばスクリーン面78a、78b、78c、78d）。そして視点74を頂点とし内壁の各面を底面とする四角錐状に空間を領域分割し、球面のスクリーン面76上の対象画素がどの領域に属するかによって、変換先のスクリーン面を選択する。図ではスクリーンを俯瞰しているため、視点74周りで 90° ごとの4象限に分割されている。球面のスクリーン面76のうち第I象限に属する画像はスクリーン面78a上での画像に補正する。第II、III、IV象限に属する画像はそれぞれ、スクリーン面78b、78c、78d上での画像に補正する。

- [0063] 各象限における補正の計算は上述したのと同様でよい。チャート200も立方体の内壁にチャートパターンを表した形態とし、その中央に撮像装置12を配置して撮影すれば、本実施の形態のその他の処理についても象限ごとに同様に行える。これにより画角の制限なしに、魚眼レンズの画像をほぼ歪みのない画像に補正できる。画角が 360° の場合に限らず、それより小さい任意の画角に対し適切な枚数の平面を準備すれば、同じように補正できる。また準備する平面は立方体の面に限らず、球面のスクリーン面76に外接する多面体や、球面のスクリーン面76に外接する円筒形などでもよい。
- [0064] この手法は、これまで述べたような補正係数を特定する目的以外に、運用時に撮影された画像から歪みのない画像を生成し表示させる態様にも適用できる。例えばヘッドマウントディスプレイに魚眼レンズの撮像装置を設け、撮影された画像をそのまま表示したり仮想オブジェクトを描画して表示したりする場合、一旦、中心射影のスクリーン上での画像に補正する。そして各スクリーン上で必要な加工を行ったうえ、ユーザの視線に対応するビュースクリーンに射影し直すことで、歪みのない画像を効率的に表示できる。
- [0065] これまでの説明は主に、図8におけるS30、S32の順方向補正を想定した。一方、図9のS44における処理は、補正後の画像平面における画素値を決定するため、その位置座標から撮影画像の位置座標を求める逆方向補正となる。S48において格子線が直交するように姿勢の設定を調整する処理や、S50において歪みが解消されるように補正パラメータを調整する処理も、逆方向補正を用いることにより、仮に補正された画像上でサンプリングされた特定の画素のみを対象として調整具合を評価でき処理効率を上げられる。
- [0066] 逆方向補正のうち図8のS34における射影変換は、S32について説明した射影変換行列の逆行列を用いるなどの手段で容易に実現できる。一方、図8のS36の、レンズに起因した歪み補正の逆補正については、特に補正係数による歪み補正式を用いた補正の逆処理が含まれるため工夫を要する。本実施の形態では上述のとおり、「魚眼レンズ特有の歪み補正と補正係数を

用いた補正」をセットで実施している。逆補正においても当該セットをそのまま用いて、実質的に逆の補正となるようにする。

[0067] 図13は、レンズの歪み補正の逆補正の手法を説明するための図である。同図上段に示すように、この処理は、レンズ歪みのない画像82上の点Q (i_2, j_2) から、レンズ歪みのある画像80における対応する点P (i_1, j_1) を求める処理である(矢印B)。レンズ歪みを解消する順方向の補正(矢印A)は上述したとおりであり、逆補正においてもこれをそのまま利用する。

[0068] 具体的には同図下段に示すように、順方向の補正を施したときの終点が点Q (i_2, j_2) になるような始点を次のように探索する。まず始点の初期値P0を、目標とする点Q (i_2, j_2) の位置に仮に定め、上述した順方向の補正を行う。これにより得た終点Q0は当然、目標とする点Q (i_2, j_2) からずれている。そこで例えば、当該ずれ量の所定割合を点P0の位置座標に乗算することで始点をずらす。当該始点P1に対し再び順方向の補正を施し、終点Q1を得る。

[0069] そして終点Q1と目標とする点Q (i_2, j_2) のずれ量の所定割合を、点P1の位置座標に乗算することで、さらに始点をずらし順方向の補正を施す。この処理を、終点の位置Qnが目標とする点Q (i_2, j_2) から所定範囲内に収まるまで繰り返す。収束したときの始点Pnを、歪みのある画像80における逆補正の終点P (i_1, j_1) とする。

[0070] 図14は、歪み補正部34が図9のS46において、補正後の画像の格子線を探索する手法の例を説明するための図である。図は当該補正後の画像における中央近傍の領域を拡大して示している。当該画像領域において、例えば画像の中央84を中心とする所定長の線分を定義したうえ、当該線分の角度と位置を変化させながらそれが通る画素値の合計を取得していく。線分全体が格子線の黒い領域に入っていれば画素値は最小になるため、そのような状態の線分86を決定する。

[0071] 次に、線分86を中心84で等分してなる2つの線分をそれぞれ、画像平

面の下方方向に移動させながらそれが通る画素値の合計を取得していく。線分がチャートパターンの白い矩形に入ると、画素値の合計が大きくなる。実際にはしきい値判定によりそのような状態を検出する。同図において当該状態の線分 88 a、88 b を示している。ここで右の線分 88 b は、左の線分 88 a より早く白い矩形に到達している。これにより当初の線分 86 は、チャートパターンの格子線より右下がりになっていることが判明する。そこで線分 86 を所定角度右上がりにしたうえ、再度それを分割してなる線分を下方方向に移動させることにより白い矩形を探索し、到達するタイミングによって元の線分の角度を調整する。

[0072] この処理を所定回数繰り返すことにより、チャートパターンの格子線のうち横線の下端のおよその角度と位置が判明する。同様に、当該角度および位置で線分を定義し、それを分割してなる 2 つの線分を、画像平面の下方方向にさらに移動させながら、それが通る画素値の合計を取得していく。線分がチャートパターンの黒い格子線に入ると、画素値の合計が小さくなる。実際にはしきい値判定によりそのような状態を検出する。同図において当該状態の線分 90 a、90 b を示している。この場合も、どちらが早く到達したかによって角度を調整し、再度黒い格子線を探索する処理を繰り返す。これによりチャートパターンの格子線のうち横線の上端のおよその角度と位置が判明する。

[0073] 以後は、それらの直線を基点として上方向および下方方向に、角度を調整しながら探索していくことで、格子線のうち横線の上端および下端の傾きおよび位置を全て特定できる。格子線のうち縦線についても同様の処理により、左端および右端の傾きおよび位置を特定できる。図 9 の S 5 2 において最終的な補正後の画像が生成された際も、同様の処理を実施する。この場合、さらにチャートパターンの格子線で囲まれた白い矩形領域のうち、中心が黒い領域を探索することによりマーカーの像を検出する。そしてマーカーのサイズを求めておき、格子線の間隔とともに、撮像装置 12 の視点位置の取得に用いる。

[0074] 上記のように特定した、格子線の境界線の傾きおよび位置を、広い領域で確認することにより微調整し、精度を高めてもよい。図15は、格子線の境界線を表す線を微調整する手法を説明するための図である。同図は探索対象の画像92において検出された、最も外側の4直線を辺とする矩形96と、調整対象の線94を示している。まず線94と矩形96の交点98a、98bを取得する。

[0075] 次に交点98a、98bを始点として画像の中心方向に、線94と同じ傾きで所定長さの線分100a、100bを定義する。そして図14の手法と同様の原理で、線分100a、100bを上方向または下方向に移動させながら、それが通る画素値の合計を取得していく。これにより線分100a、100bが白い矩形に入るタイミングを検出し、その位置に基づき得られる直線の傾き反映させて再度線分を定義し探索を繰り返す。この処理により画像の両端に近い離れた位置で、境界線の傾きおよび位置が検出できるため、これらを結ぶことにより線94の調整後の線とする。

[0076] 図16は、歪み補正部34が図9のS48において、補正後の格子線の像が画像平面の水平および垂直方向と一致するように、撮像装置12の姿勢の設定を調整する処理手順を示すフローチャートである。まず上述のように検出された格子線の境界線のうち、図15の矩形96の各辺を構成する、最も外側の4直線について、画像平面の水平方向あるいは垂直方向からの傾き誤差を求める(S60)。続いてそれらの直線の交点の位置座標を取得し、当該4点の補正前の位置座標を撮影画像上で特定する(S62)。この処理には上述の逆方向補正を適用できる。

[0077] そしてS60で求めた誤差を解消する方向に、撮像装置12の姿勢の設定を調整し(S64)、当該姿勢を仮定して4点の位置座標を補正する(S66)。そして補正後の位置座標を頂点とする矩形の各辺について、画像平面の水平方向あるいは垂直方向からの傾き誤差を再度求める(S68)。誤差が所定のしきい値以上の場合(S70のN)、S64からS68の処理を繰り返す。誤差がしきい値より小さくなったら、設定された姿勢が正しいとし

て処理を終了する（S 7 0 の Y）。これにより、僅か 4 点の補正状況を追跡することにより、撮像装置 1 2 の姿勢を正確に求めることができる。

[0078] 図 1 7 は、歪み補正部 3 4 が図 9 の S 5 0 において、画角および歪み補正の係数を調整する処理手順を示すフローチャートである。上述したように、本実施の形態では撮影画像からレンズに起因した歪みを解消するため、魚眼レンズ特有の歪み補正と補正係数を用いた補正を実施する。これらの補正には、撮像装置の画角と補正係数を用いる。一方、図 9 の S 4 4 における処理では、仮に設定された値を用いているため、格子線が歪曲していたり傾いていたりすることがあり得る。そこで格子線の直線性を確認しながらそれらのパラメータを調整することで、正しいパラメータを導出する。

[0079] まず図 1 4、1 5 で説明したように検出された、チャートパターンの格子線の境界線の情報を利用して、当該格子線の幅を 2 等分する中点群を所定の間隔で抽出していく（S 8 0）。次に抽出した中点群を最小二乗法等で直線に近似したうえ、各中点から直線までの距離の合計を誤差として取得する（S 8 2）。さらに中点群の補正前の位置座標を、撮影画像上で特定する（S 8 4）。この処理には上述の逆方向補正を適用できる。そして S 8 2 で求めた誤差を解消する方向に各パラメータを調整し（S 8 6）、それを用いて補正したときの補正後の中点群の位置座標を求める（S 8 8）。

[0080] そして S 8 2 と同様に近似直線からの誤差を求め（S 9 0）、それがしきい値以上の場合（S 9 2 の N）、S 8 6 から S 9 0 の処理を繰り返す。誤差がしきい値より小さくなったら、正しいパラメータが得られたと判定して処理を終了する（S 9 2 の Y）。この場合も、限定された数の点の補正状況のみを追跡することにより、撮像装置 1 2 の画角を含むパラメータを効率的に求めることができる。

[0081] 図 1 8 は、疑似画像描画部 4 2 が疑似画像を描画する処理手順を示すフローチャートである。この処理は図 6 の S 1 4 に対応する。疑似画像描画部 4 2 はまず、図 1 0 で示したのと同様の仮想的な 3 次元空間にチャート 2 0 0 のオブジェクトモデルを配置し、さらに図 1 6、1 7 で示したように取得し

た撮像装置 1 2 の姿勢および画角で仮想カメラを配置する (S 1 0 0)。位置については仮の値を設定しておく。そして仮想カメラの画像平面を準備し (S 1 0 2)、当該画像平面における各画素を始点として、チャート 2 0 0 上の対応する位置を求める。この処理は、上述の順方向補正に対応する。

[0082] すなわち図 8 で説明したのと同様に、本来歪みのある画像が表されるべき仮想カメラの画像平面の各画素について (S 1 0 4)、魚眼レンズ特有の歪みを補正したうえ補正係数を用いた補正を行う (S 1 0 6)。補正には図 1 7 で示した撮像装置 1 2 の各パラメータの値を用いる。この時点で、レンズ歪みのない中心射影の画素配列となっているため、仮想カメラの位置と姿勢に応じた一般的な射影変換により、チャート 2 0 0 のパターン上の参照先の位置座標を決定する (S 1 0 8)。

[0083] そして当該参照先の位置から画素値を引いてくることにより、仮想カメラの画像平面における対象画素の画素値を決定する (S 1 1 0)。S 1 0 4 から S 1 1 0 の処理を、画像平面の全ての画素について実施し (S 1 1 2 の N)、完了したら処理を終了させる (S 1 1 2 の Y)。このようにして生成された、撮影画像の疑似画像は歪み補正部 3 4 に供給される。歪み補正部 3 4 は当該画像に対し、図 9 で説明したのと同じ処理を実施する。すなわち撮影画像に対する補正処理により得られた、撮像装置に係る各種パラメータを用いて補正処理を実施し、歪みのない画像を生成する。

[0084] この際、当該画像に対しても図 1 4、1 5 で説明したような格子線の探索を行い、さらにマーカーを検出することで、格子線の間隔とマーカーの位置を取得する。そして図 9 の S 5 2 で取得した、撮影画像の補正画像における格子線の間隔とマーカーの位置とそれぞれ比較する。仮想カメラの位置が実際と異なっている場合、それらのパラメータは撮影画像に対し得られた値と異なっている。したがって視点調整部 4 4 は、その差を解消するように仮想カメラの視点位置を調整する。例えば疑似画像描画部 4 2 に、調整後の視点位置での疑似画像を再度描画させ、それを補正することで格子線の間隔とマーカーの位置が実際と合致するように調整していく。

[0085] 一方、疑似画像の補正後の画像のみを用いて調整処理を効率化してもよい。すなわち格子線の間隔およびマーカの位置の実際との差と、それを解消するのに必要な視点位置の移動量との関係をあらかじめ求めておく。当該関係を用いて、実際の差に基づき移動させた視点位置が、求めるべき撮像装置の位置となる。なお撮像装置12を多眼カメラとする場合、図6で示した処理をそれぞれの撮影画像に対し行う。これにより各カメラの位置および姿勢が得られるため、一般的なカメラの外部パラメータと同等に利用できる。すなわち運用時に、各カメラで撮影された画像から対応点を抽出する際、撮影画像の補正に用いることができる。

[0086] 図19は、疑似画像描画部42が生成した実際の疑似画像を例示している。すなわち仮想空間に配置したチャートを、魚眼レンズを有する仮想カメラで撮影することを想定したときの撮影画像を示している。ただし仮想カメラの位置は、視点調整部44による調整後のものとしている。その結果、図7の撮影画像50とほぼ同一の画像が得られることがわかる。図20は、図19で示した疑似画像の補正後の画像を示している。当該画像も、図7の補正後の画像52とほぼ同一となっている。

[0087] 厳密には、実際の撮影画像の補正後の画像52では、画像上の位置によって歪み特性に僅かな差があるため、格子線が微妙に歪曲している場合があるが、図20の画像ではそのような差が生じない。したがって補正処理により、格子線が直交するチャートパターンを再現できる。また実際には、疑似画像を補正して最初に得られる画像は、仮想カメラの設定位置に依存して、格子線の間隔やマーカの位置が実際と異なっている。これが同一になるように視点の位置を調整することにより、図示するように撮影画像の補正後の画像52とほぼ同一の画像が得られる。

[0088] 図21は、本実施の形態に適用できるチャート200のパターンの別の例を示している。図示するパターンは、フラクタルバーコードと呼ばれ、米国特許第7857232号明細書に開示されている。フラクタルバーコードは最小単位の2次元バーコードを2行2列に配置し、さらにそれを2行2列に

配置する、というように入れ子状の階層構造の繰り返しパターンとすることにより、埋め込む情報も階層構造にできる。また各バーコードには、全体に対する位置に係る情報が含まれる。したがって撮像装置を近づけてその一部領域のみが撮影されても必要な情報を得ることができる。

[0089] そこでフラクタルバーコードを本実施の形態のチャートパターンのマーカーとして用いたり、チャート全体に複数、配置したりすることにより、チャートに対する撮像装置の位置をその撮影画像からおおよそ特定できる。したがって疑似画像描画部42における仮想カメラの設定を、当初より比較的正確に行え、処理効率を向上させることができる。またチャートの一部のみを撮影しても同様の効果が得られるため、撮影時の位置合わせの必要性をさらに低くできる。例えば魚眼レンズの広い視野のうち一部にフラクタルバーコードが映り込んでいれば、キャリブレーションが可能となる。

[0090] 図22は、チャート200の撮影画像を例示しており、(a)は格子とマーカーからなるチャートパターンを携帯端末の表示画面に表示させた場合、(b)はフラクタルバーコードからなるチャートパターンをテレビ受像器に表示させた場合の撮影画像を示している。このように電子機器の画面に表示させても、チャートのパターンを鮮明に撮影することができる。また(b)のフラクタルバーコードの場合、図示するように一部領域のみが写っていてもキャリブレーションが可能である。したがって一般ユーザが運用時の任意のタイミングで、自らが保有する電子機器にチャートを表示させることによりキャリブレーションを実施することも容易にできる。

[0091] 例えば据え置き型のモニターやテレビ受像器にチャートを表示させ、ユーザ自らが装着したヘッドマウントディスプレイが備える撮像装置のキャリブレーションを行えば、モニターなどに対するヘッドマウントディスプレイの位置や姿勢が判明する。その状態を始点として、撮像装置が撮影し続ける画像を追跡していくことにより、ヘッドマウントディスプレイの動きを追跡できる。また視野に入った物とモニターとの関係が判明し、室内の環境地図を作成することが容易になる。画像を解析して周囲の環境地図を作成する技術

としてSLAM (Simultaneous Localization and Mapping)が知られている。本実施の形態はそのような画像解析技術にも適用できる。

[0092] 図23は、運用時における広角レンズを有する撮像装置を用いた一般的な処理の体系と、本実施の形態を利用した処理の体系との差を説明するための図である。(a)に示す一般的な処理では、主に画像平面上の2次元的な補正情報を利用する。図示するように撮影処理がなされたあと、平面上での補正情報が与えられ、それに応じて歪み補正等を実施することにより、画像処理を行いやすく、また表示上で違和感のない画像が得られる。そのようなことを目的とするため、キャリブレーション時にも魚眼レンズが撮影した画像を早々に、平面的な情報に変換しても構わない。

[0093] 一方、本実施の形態では、キャリブレーション時に魚眼レンズの歪みを利用することで、撮像装置とチャートの位置や姿勢の関係といった3次元の情報が求められる。画角も、視点に対する視野を規定するという意味では3次元の情報である。したがって運用時には(b)に示すように、撮影画像に対し3次元の情報が与えられるため、3次元空間における幾何学的な情報を取得できる。例えば上述のような環境地図の作成に用いることができる。その結果を用いれば、情報処理のバリエーションを格段に増やすことができる。その結果を表示する場合も、仮想現実や拡張現実などより魅力的な画像世界を精度よく表現できる。

[0094] 以上、述べた本実施の形態によれば、魚眼レンズを用いて所定パターンのチャートを撮影することによりキャリブレーションを行う。この際、魚眼レンズによる歪みを利用して撮像装置の画角を求める。これにより、1回の撮影では切り分けが困難であった、画角と視点位置のうち一方を既知とできる。さらに得られた姿勢を用いて、仮想カメラから見たチャートのモデル上の画像を描画し、実際の画像と比較することで、視点位置も特定できる。

[0095] 結果として、チャートと撮像装置の間隔を固定としたうえで撮影したり、撮像装置の向きを変化させて複数回の撮影を繰り返したりする手間なく、補正係数など一般的なパラメータも取得できる。またレンズ歪みを補正する際

は、まず魚眼レンズの等距離射影の画像を、中心射影の画像に補正したうえで、一般的な補正式を適用する。これにより従来見られた、画像の中心から離れるほど補正精度が悪化する状況を改善できる。結果として、画像全体から情報を取得することができ、キャリブレーションやそれを用いた情報処理の精度を向上させられる。

[0096] 撮像装置から各種パラメータを得る際は、目標とする画像が得られるまでパラメータを調整しながら補正を繰り返す。この際、目標とする画像のうち評価対象のサンプリング点のみに着目し、調整による変化を追跡することにより、効率的にパラメータの最適値へ到達することができる。本実施の形態は、魚眼レンズを用いて1枚の撮影画像から3次元情報を取得していることに他ならない。したがって、運用時にも環境地図の作成など3次元空間での幾何的な処理に利用でき、撮影画像を用いた処理のバリエーションを増やすことができる。

[0097] 多眼カメラに適用すれば、全てのカメラの相対位置や姿勢の差を取得するため、各カメラによる撮影画像の位置合わせに利用でき、ひいてはそれを用いた被写体の位置取得も容易になる。多眼カメラによる撮影画像を接続して表示画像とするスティッチング処理においても、各カメラの相対位置や姿勢の差を考慮して3次元空間での射影変換により微調整できるため、より精密なつなぎ合わせを実現できる。

[0098] また、チャートに対する撮影画像の位置や姿勢が判明するため、キャリブレーションにおいてチャートと撮像装置を厳密に位置合わせする必要がない。チャートパターンとしてフラクタルバーコードを用いると、部分領域のみの撮影でも撮像装置の位置を特定できるため、撮影に対する自由度がさらに増える。チャートは電子機器に表示させることも可能なため、時期や場所に関わらずユーザが容易にキャリブレーションを実施でき、その後の継続的な情報取得の基点とできるほか、装置の経年変化に対し最新の補正環境を提供できる。

[0099] 以上、本発明を実施の形態をもとに説明した。上記実施の形態は例示であ

り、それらの各構成要素や各処理プロセスの組合せにいろいろな変形例が可能なこと、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは当業者に理解されるところである。

[0100] 例えば本実施の形態の歪み補正部は、パラメータを仮定してチャートの撮影画像を補正し、その像が本来のチャートパターンと同等になるまで調整することでパラメータを導出し、その過程において、射影変換の差に基づく魚眼レンズ特有の歪み補正を行った。一方、当該補正手法はキャリブレーション時に限らず、魚眼カメラで撮影されたあらゆる画像の補正にも用いることができる。

[0101] すなわち魚眼カメラで撮影された屋外や屋内の画像を、図 11 で示したように中心射影の画像に変換する。さらに必要に応じて補正係数を用いた一般的な補正式を適用して補正し、それを表示させたり情報処理に用いたりする。この場合も、画像全体を高精度に補正できるため、視野の広い画像では生じがちな歪みを最小限に抑えることができる。

[0102] また本実施の形態では、歪み補正部が上述のとおり画角や補正係数などのパラメータを調整し、それを用いて疑似画像描画部が仮想カメラの設定を行った。一方、それらのパラメータを別の手段で取得し、疑似画像描画部はそのデータを用いて仮想カメラを設定してもよい。例えば一般的なキャリブレーション手法により補正係数を取得し、撮像装置に内蔵させたモーションセンサにより撮像装置の姿勢を取得する。その結果を用いて疑似画像を生成し、本実施の形態と同様に仮想カメラの視点を調整することで撮像装置の位置を特定してもよい。

[0103] あるいは撮像装置の位置に加え姿勢も未知としてよい。この場合、仮想カメラの視点位置と視線ベクトルの双方を調整しながら結果として得られる疑似画像を確認し、撮影画像と一致するときの視点位置と視線ベクトルを、撮像装置の位置および姿勢として決定できる。撮影画像との比較には本実施の形態と同様、補正後の画像における格子線やマーカーを利用することにより、一致度を正確に評価できる。

[0104] また本実施の形態における歪み補正部 34 は、射影方式を変換する補正、補正係数を用いた一般的な補正、基準状態からの姿勢の差に基づく射影変換をセットとして行ったが、それらのうち 1 つまたは 2 つを省略してもよい。例えば射影方式を変換する補正のみで要求される精度が得られれば、補正係数を用いた補正を行わなくてよい。また撮像装置がチャートに正対していることが明らかな状況においては、射影変換を行わなくてよい。そのようにしても、本実施の形態と同様の効果が得られる。

符号の説明

[0105] 10 キャリブレーション装置、 12 撮像装置、 30 撮影画像取得部、 34 歪み補正部、 36 画像記憶部、 38 パラメータ記憶部、 40 チャート画像記憶部、 44 視点調整部、 46 出力データ生成部、 122 CPU、 124 GPU、 126 メインメモリ、 200 チャート。

産業上の利用可能性

[0106] 以上のように本発明は、キャリブレーション装置、撮像装置、画像処理装置、表示装置、ロボット、パーソナルコンピュータなど各種情報処理装置や、それらのいずれかを含むシステムなどに利用可能である。

請求の範囲

- [請求項1] 魚眼レンズを有する撮像装置から、キャリブレーション用のチャートの撮影画像のデータを取得する撮影画像取得部と、
- 前記撮影画像における各画素位置への視線ベクトルと光軸のなす角度に基づきレンズによる歪みを補正するとともに、補正された画像を評価することにより撮像装置に係るパラメータの値を導出し出力する補正部と、
- を備えたことを特徴とするキャリブレーション装置。
- [請求項2] 前記補正部は、前記撮像装置の画角を仮定して前記レンズによる歪みを補正することにより得られた画像を、前記チャートのパターンと比較することにより当該画像を評価し、その結果に基づき前記画角を導出することを特徴とする請求項1に記載のキャリブレーション装置。
- [請求項3] 前記補正部はさらに、前記撮像装置の姿勢を仮定して、補正された画像を射影変換し、当該画像を前記チャートのパターンと比較することにより評価し、その結果に基づき前記姿勢を導出することを特徴とする請求項1または2に記載のキャリブレーション装置。
- [請求項4] 仮想カメラと前記チャートのオブジェクトモデルを仮想3次元空間に配置し、前記仮想カメラが撮影する画像として、前記パラメータの値を用いて前記補正部と逆の処理を実施することにより、前記撮影画像を疑似的に生成する疑似画像描画部と、
- 前記疑似的に生成された画像と前記撮影画像とを比較することにより、前記チャートに対する前記撮像装置の位置を導出する視点調整部と、
- をさらに備えたことを特徴とする請求項1から3のいずれかに記載のキャリブレーション装置。
- [請求項5] 前記補正部は、前記疑似的に生成された画像に対し前記撮影画像と同じ補正を施し、

前記視点調整部は、補正された画像同士を比較することにより前記撮像装置の位置を導出することを特徴とする請求項4に記載のキャリブレーション装置。

[請求項6] 前記補正部は、前記視線ベクトルと光軸のなす角度に基づく補正の後、レンズ中心に対応する位置から各画素位置までの距離に基づく補正を行うことを特徴とする請求項1から5のいずれかに記載のキャリブレーション装置。

[請求項7] 前記補正部は、前記パラメータを調整しながら補正を行い、前記補正された画像のうち所定のサンプリング点について評価を繰り返すことにより、前記パラメータの値を決定することを特徴とする請求項1から6のいずれかに記載のキャリブレーション装置。

[請求項8] 前記補正部は、前記撮像装置の画角の範囲によって、前記レンズによる歪みの補正を個別に行うことを特徴とする請求項1に記載のキャリブレーション装置。

[請求項9] 前記撮影画像取得部は、画像平面の水平方向および垂直方向に伸張する複数の直線からなる格子線と、当該直線で囲まれた矩形領域のうち所定の位置の矩形領域に配された所定形状のマーカーと、を含むチャートの撮影画像のデータを取得することを特徴とする請求項1から8のいずれかに記載のキャリブレーション装置。

[請求項10] 前記撮影画像取得部は、上層の2次元バーコードの配列内に、下層の複数の2次元バーコードの配列が包含されてなる入れ子構造のバーコード配列を含むチャートの撮影画像のデータを取得することを特徴とする請求項1から7のいずれかに記載のキャリブレーション装置。

[請求項11] 魚眼レンズを有する撮像装置から、キャリブレーション用のチャートの撮影画像のデータを取得する撮影画像取得部と、

前記撮像装置に係るパラメータの値を取得するパラメータ取得部と、

仮想カメラと前記チャートのオブジェクトモデルを仮想3次元空間

に配置し、前記仮想カメラが撮影する画像として、前記パラメータの値を用いて前記撮影画像を疑似的に生成する疑似画像描画部と、

前記疑似的に生成された画像と前記撮影画像とを比較することにより、前記チャートに対する前記撮像装置の位置を導出する視点調整部と、

を備えたことを特徴とするキャリブレーション装置。

[請求項12]

魚眼レンズを有する撮像装置と、

請求項1から11のいずれかに記載のキャリブレーション装置と、
を備えたことを特徴とするキャリブレーションシステム。

[請求項13]

魚眼レンズを有する撮像装置から、キャリブレーション用のチャートの撮影画像のデータを取得するステップと、

前記撮影画像における各画素位置への視線ベクトルと光軸のなす角度に基づきレンズによる歪みを補正するステップと、

補正された画像を評価することにより撮像装置に係るパラメータの値を導出し出力するステップと、

を含むことを特徴とする、キャリブレーション装置によるキャリブレーション方法。

[請求項14]

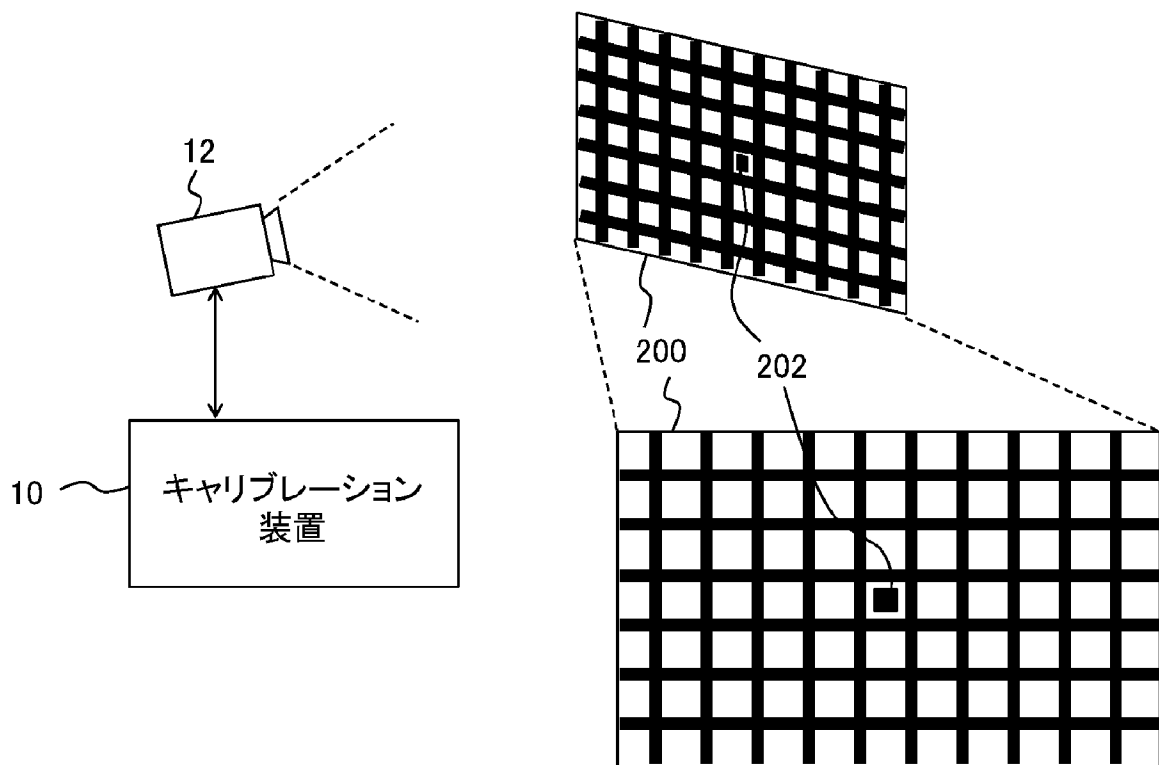
魚眼レンズを有する撮像装置から、キャリブレーション用のチャートの撮影画像のデータを取得する機能と、

前記撮影画像における各画素位置への視線ベクトルと光軸のなす角度に基づきレンズによる歪みを補正する機能と、

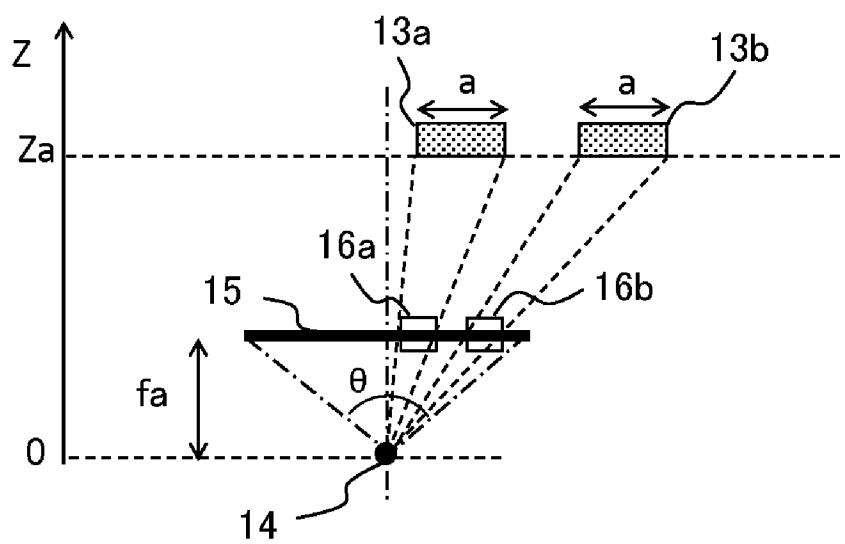
補正された画像を評価することにより撮像装置に係るパラメータの値を導出し出力する機能と、

をコンピュータに実現させることを特徴とするコンピュータプログラム。

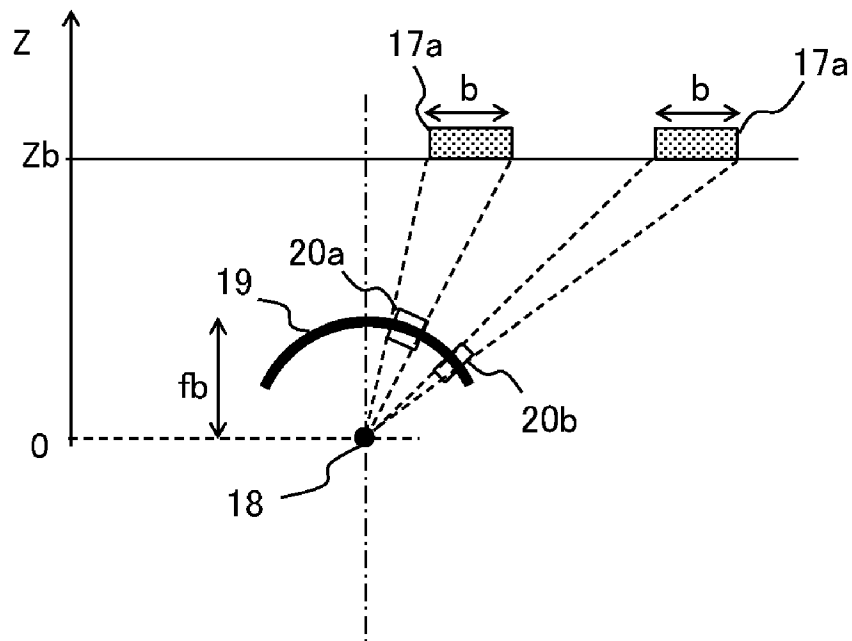
[図1]



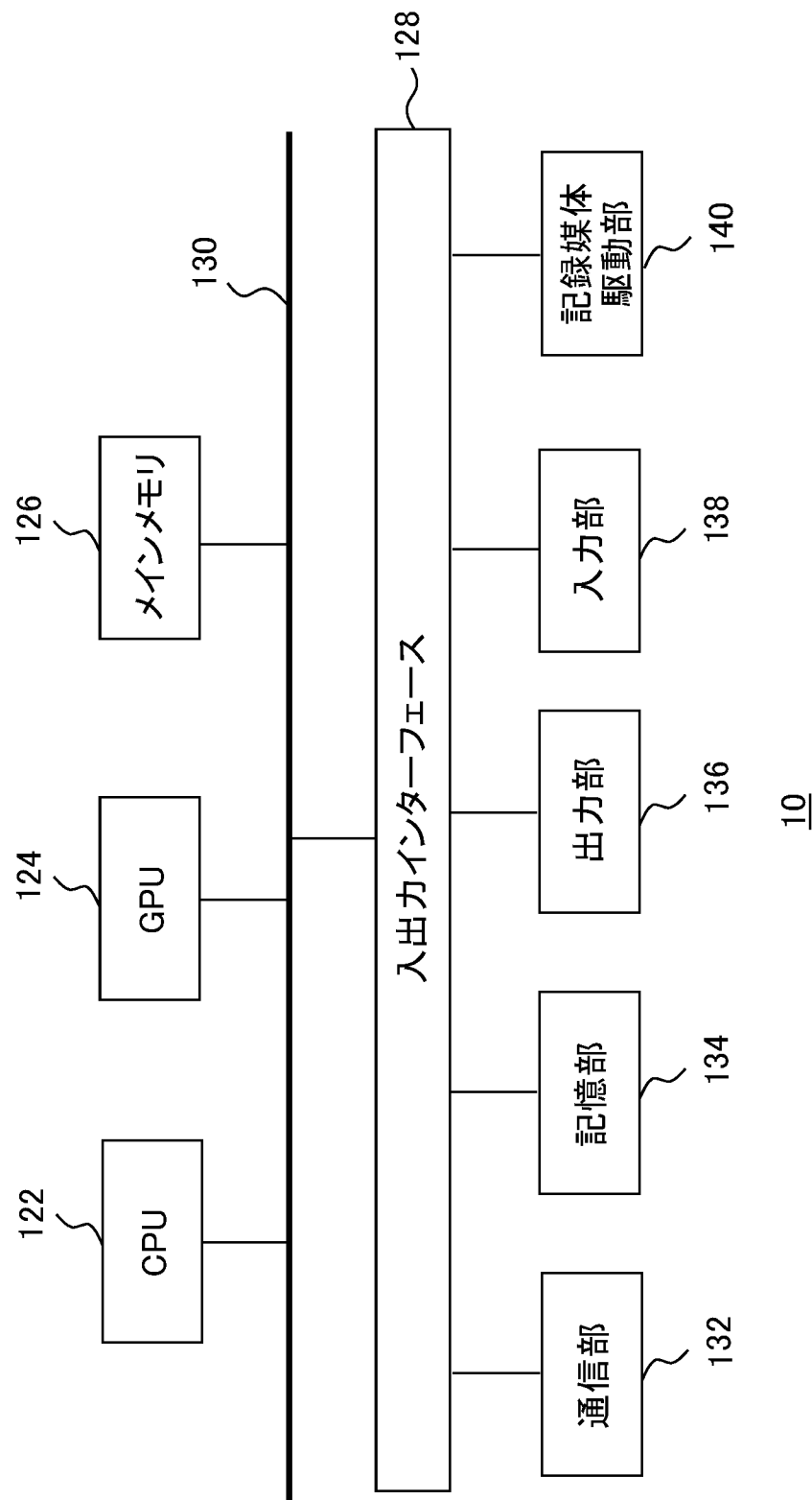
[図2]



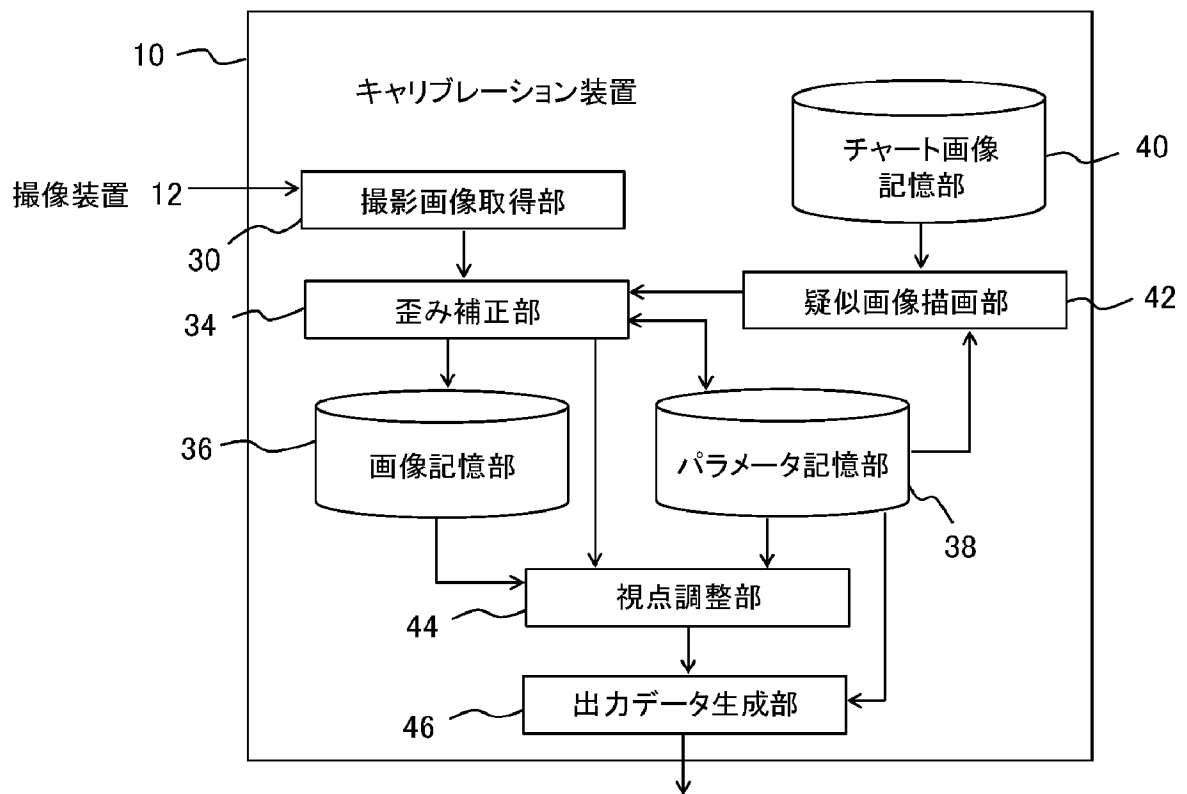
[図3]



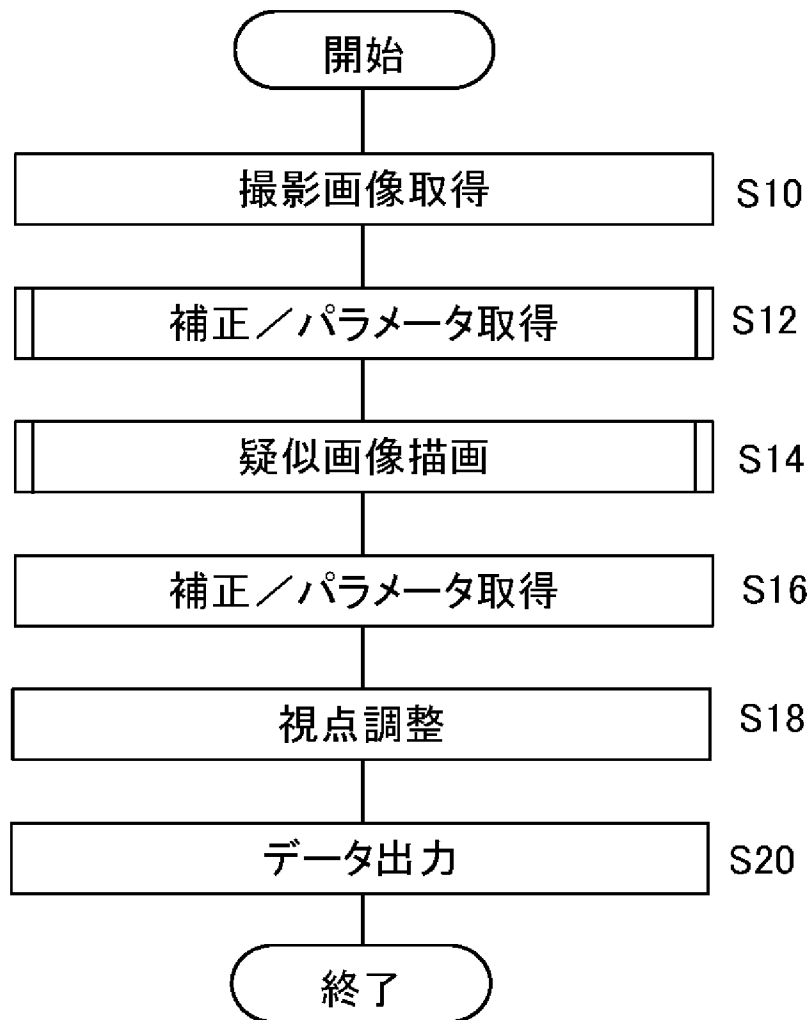
[図4]



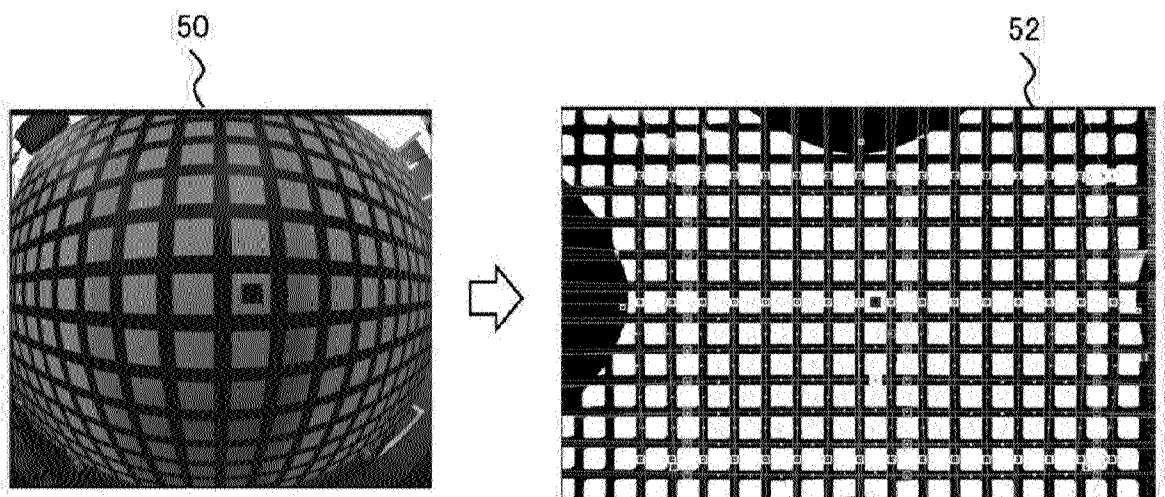
[図5]



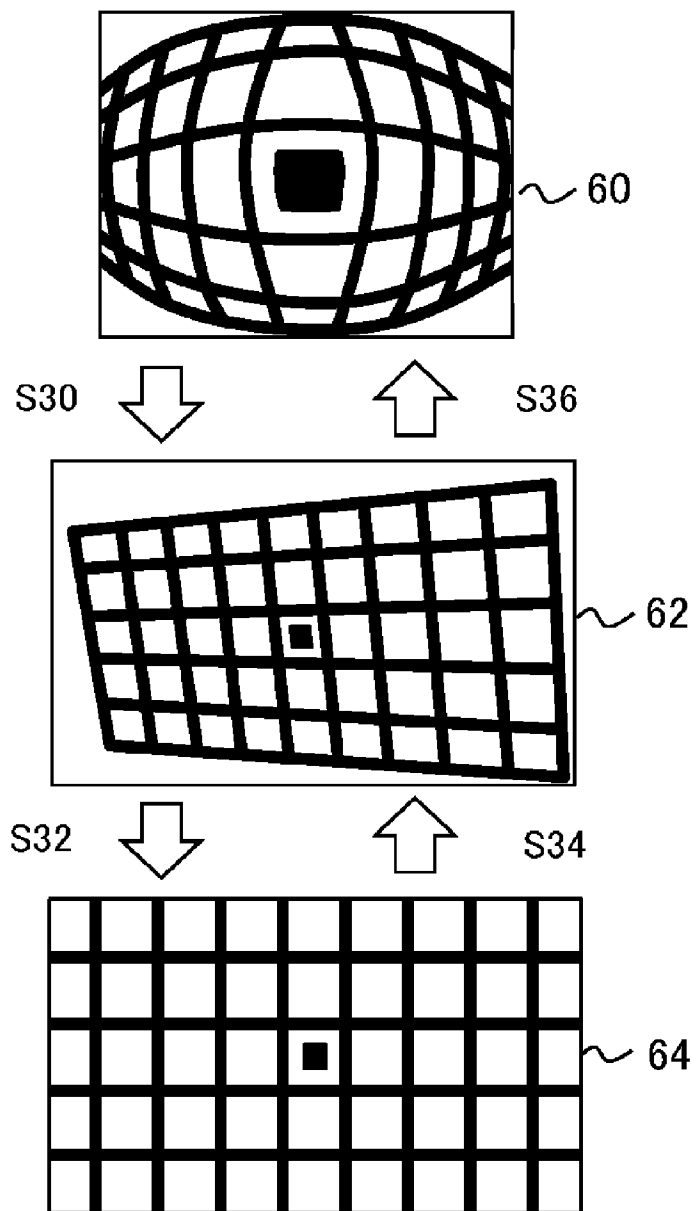
[図6]



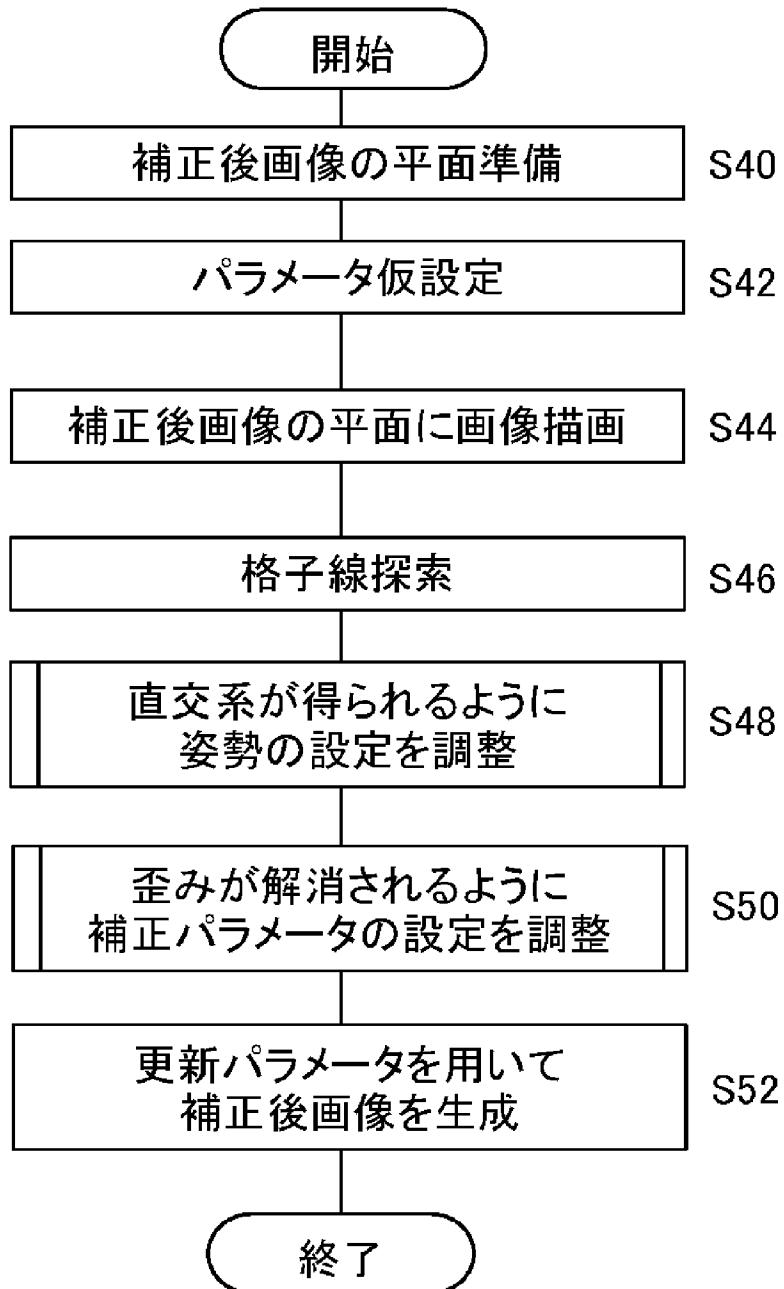
[図7]



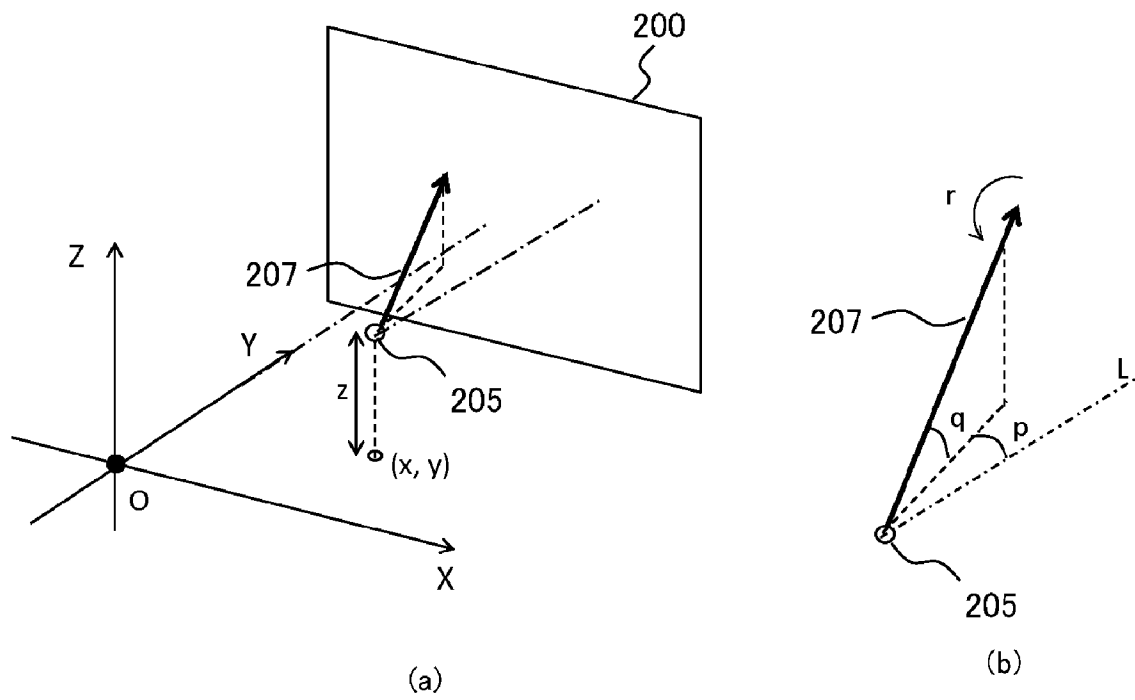
[図8]



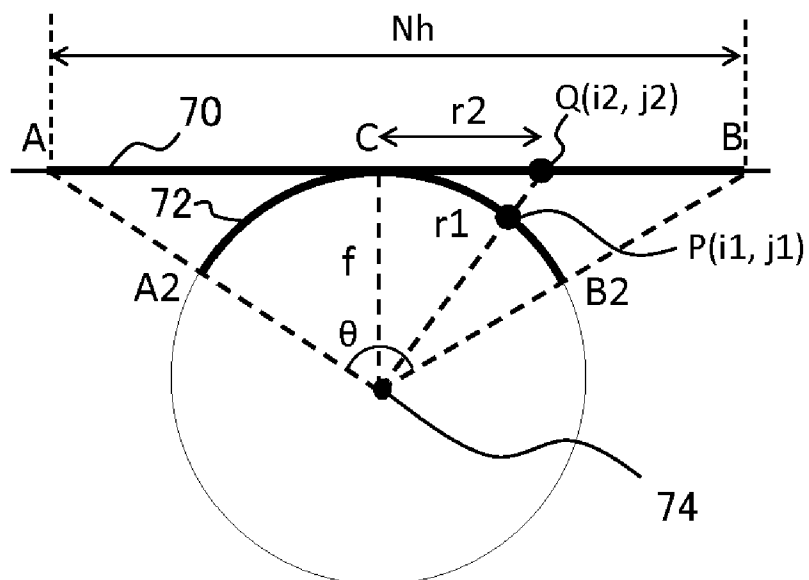
[図9]



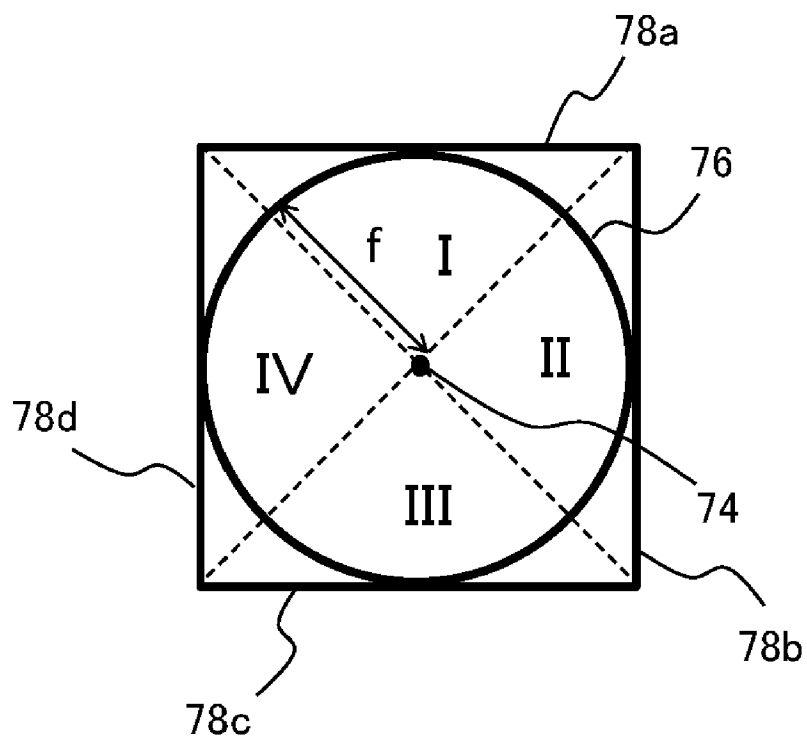
[図10]



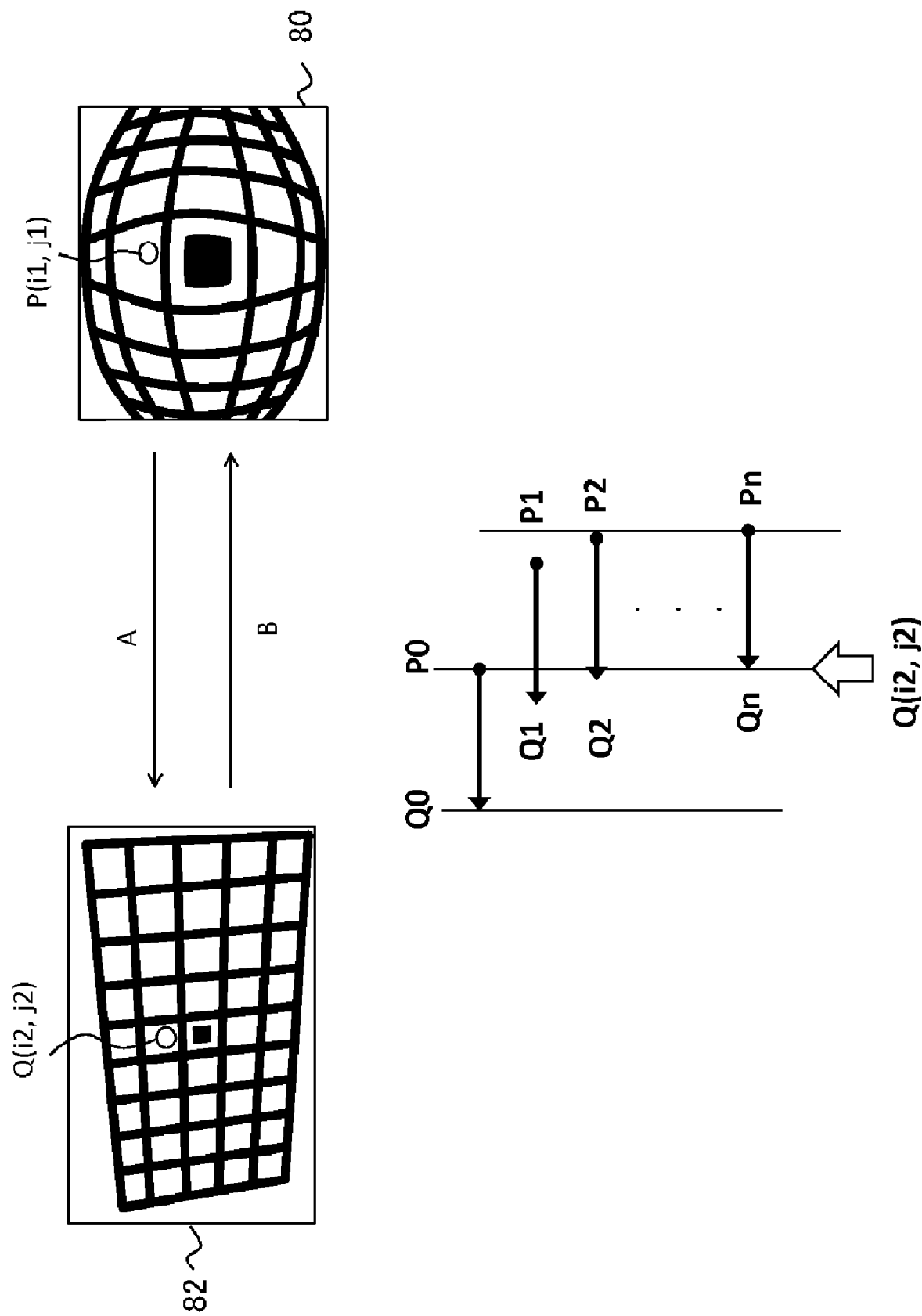
[図11]



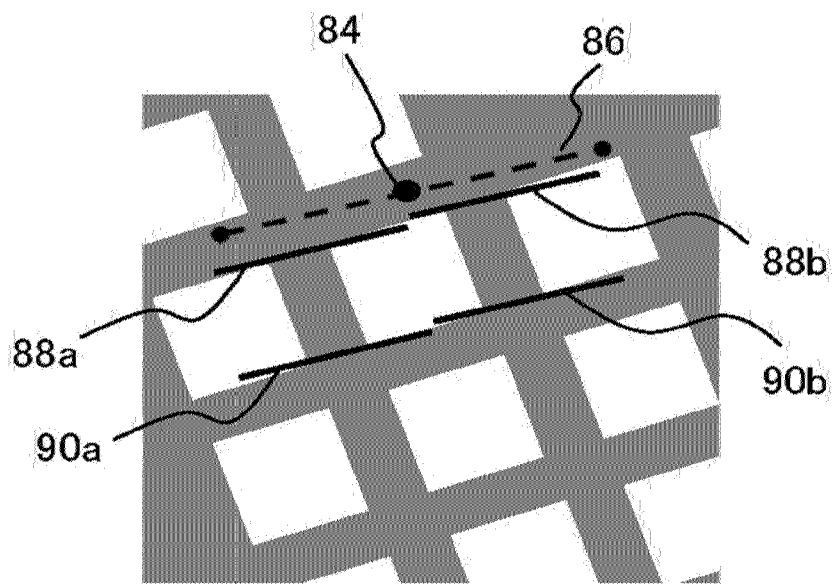
[図12]



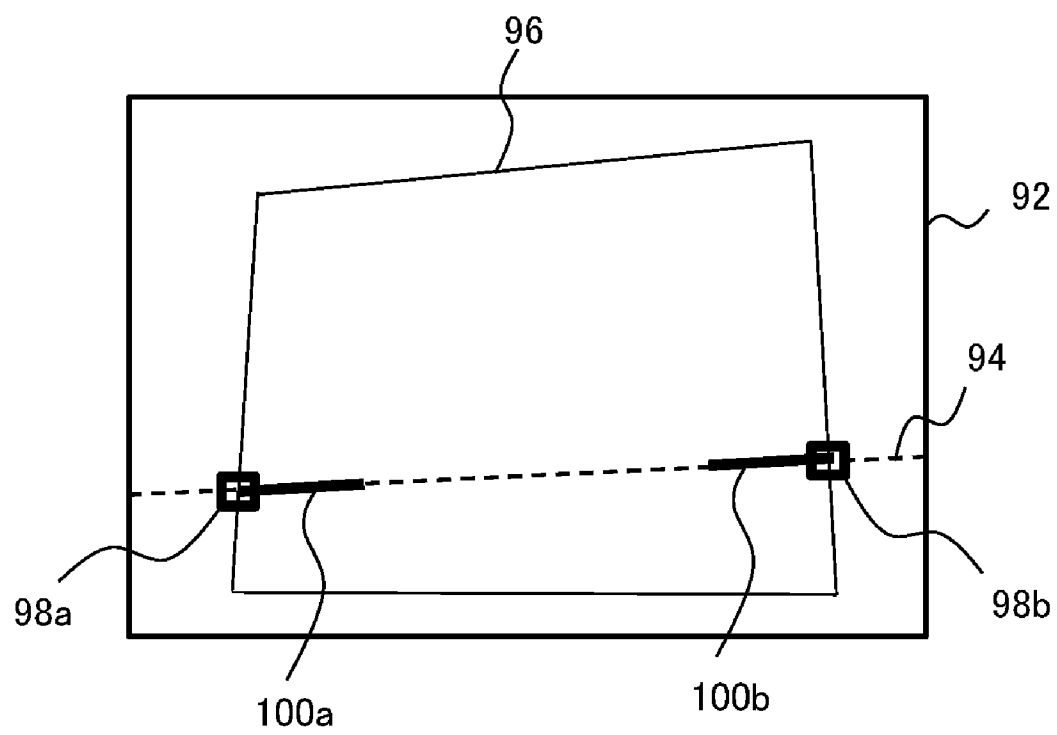
[図13]



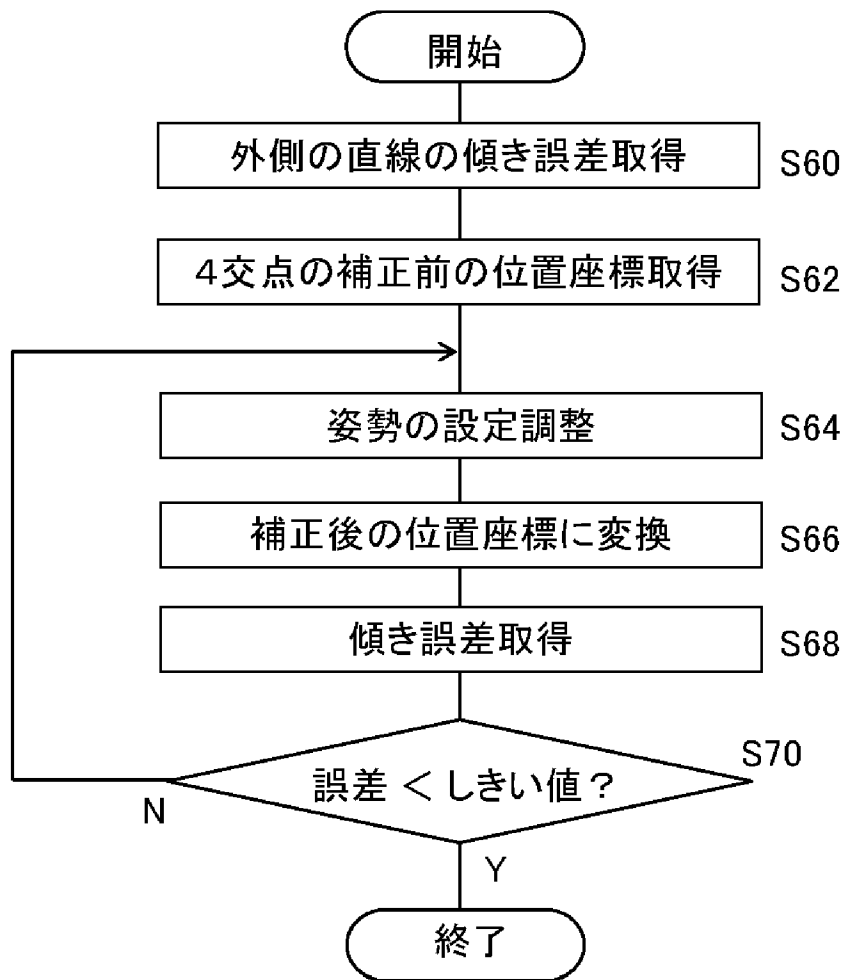
[図14]



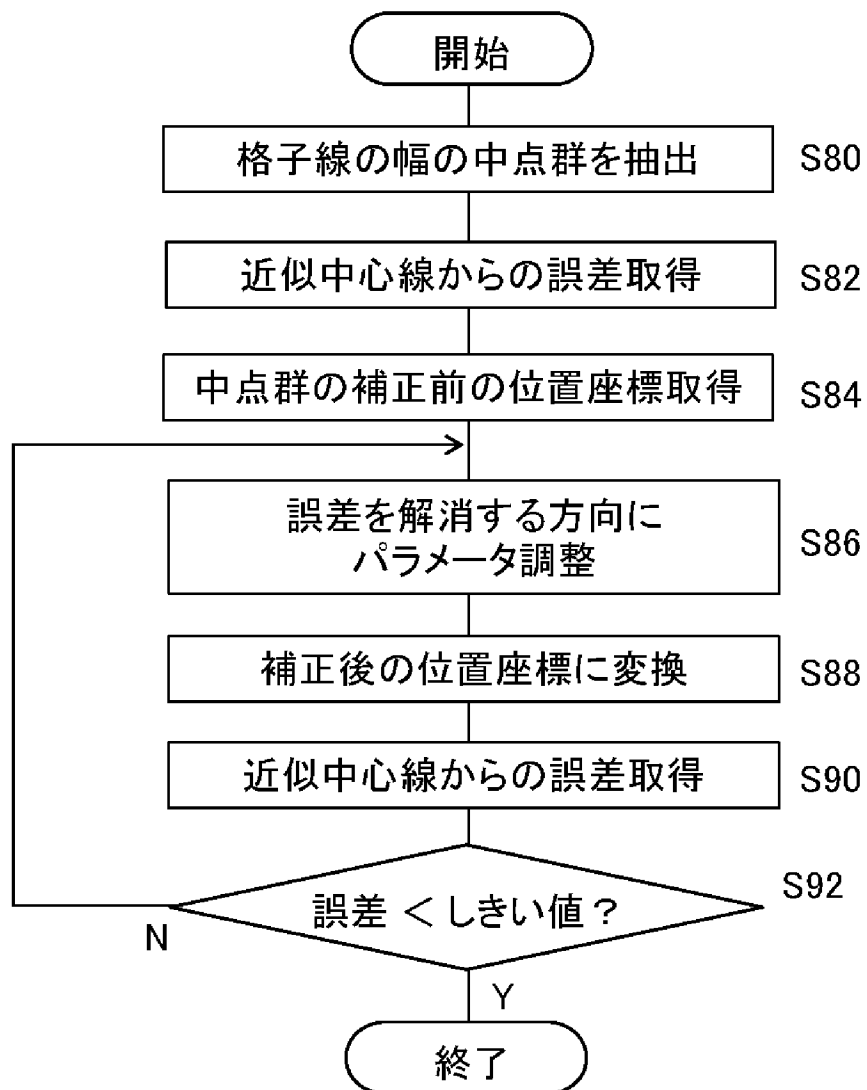
[図15]



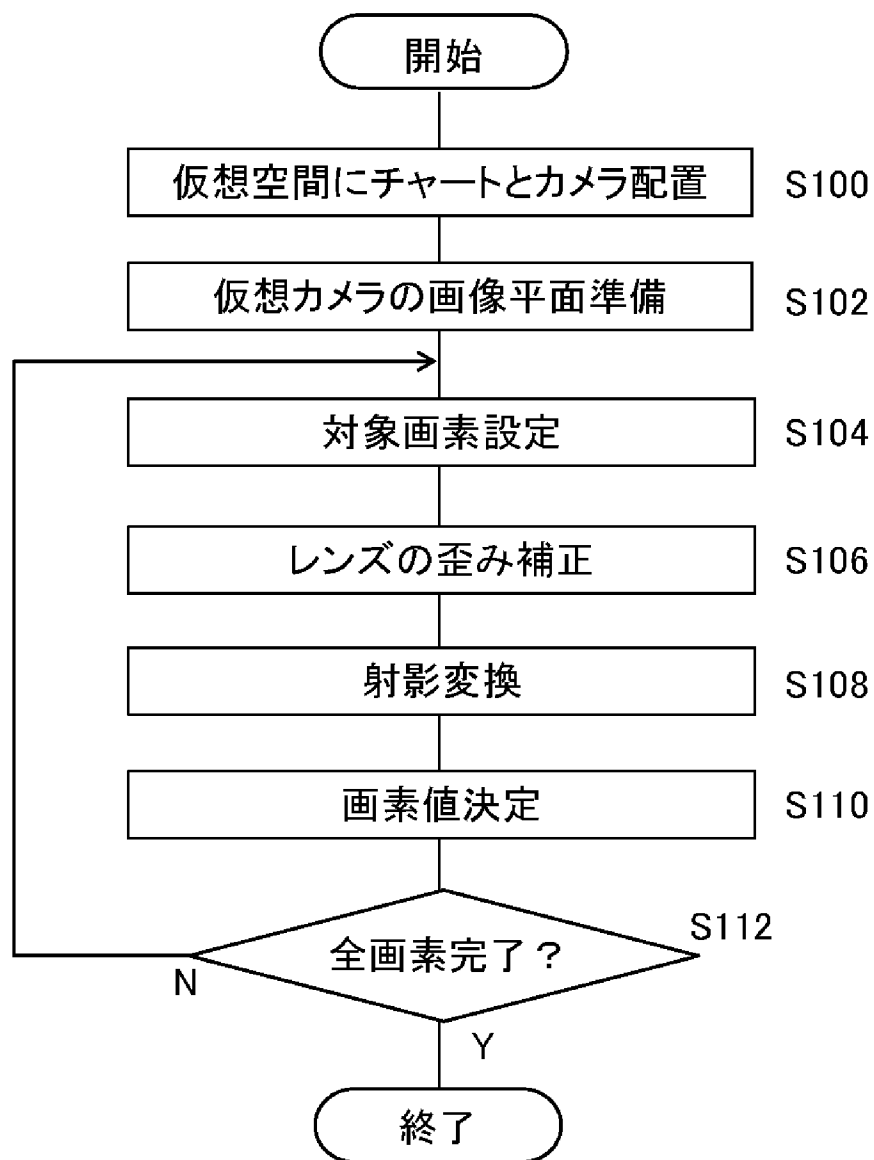
[図16]



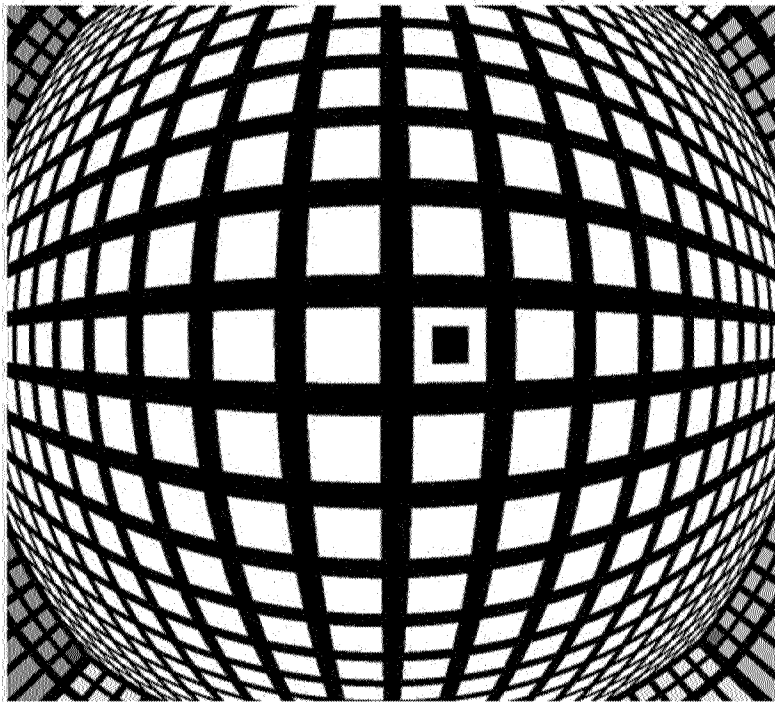
[図17]



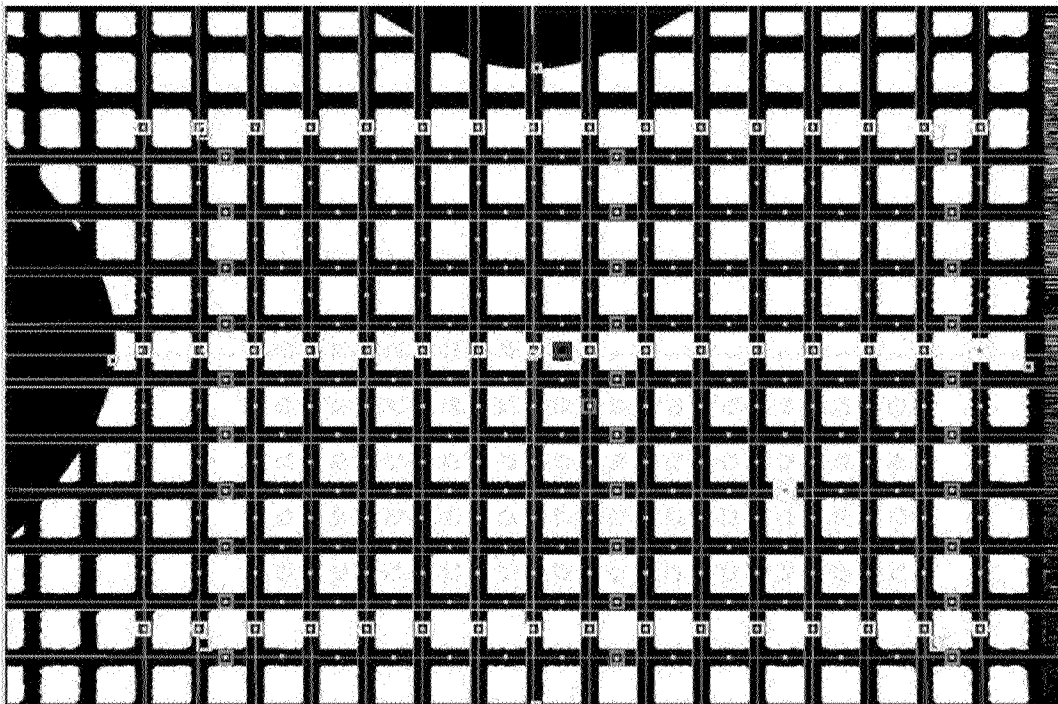
[図18]



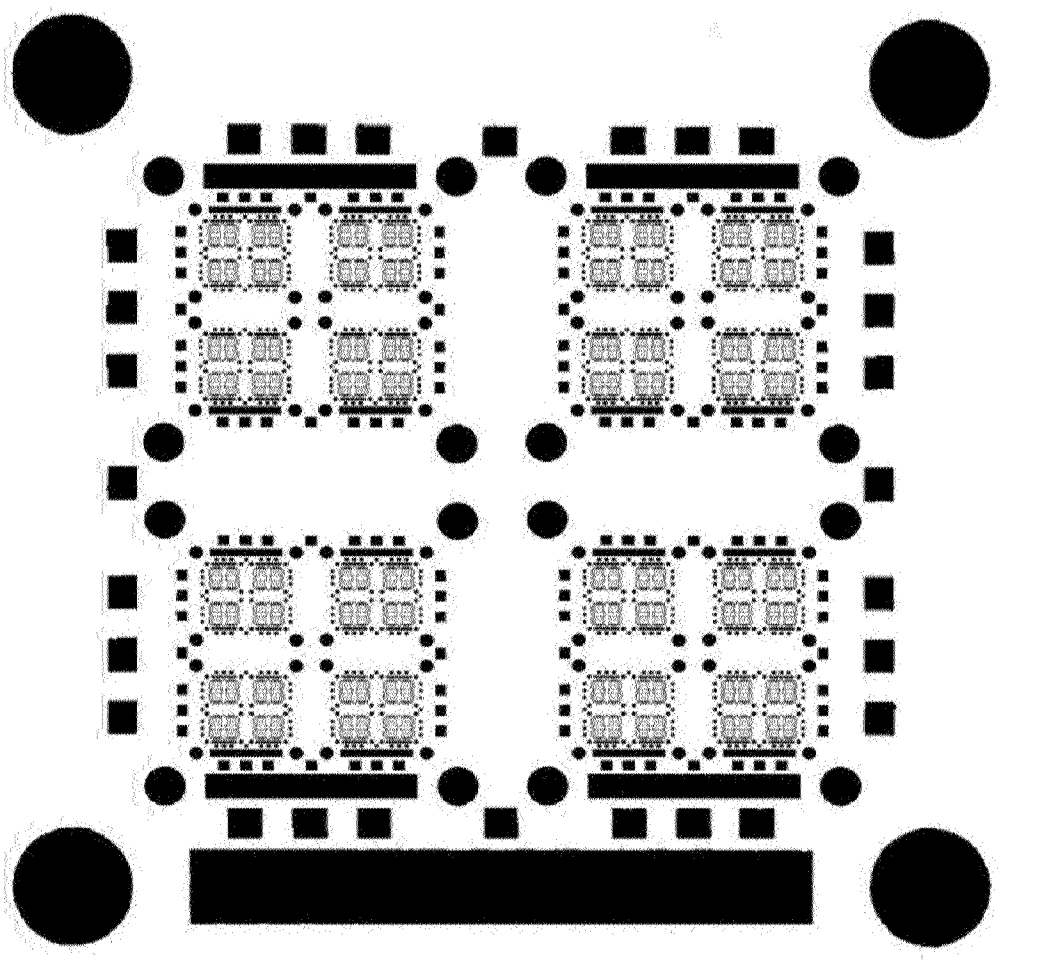
[図19]



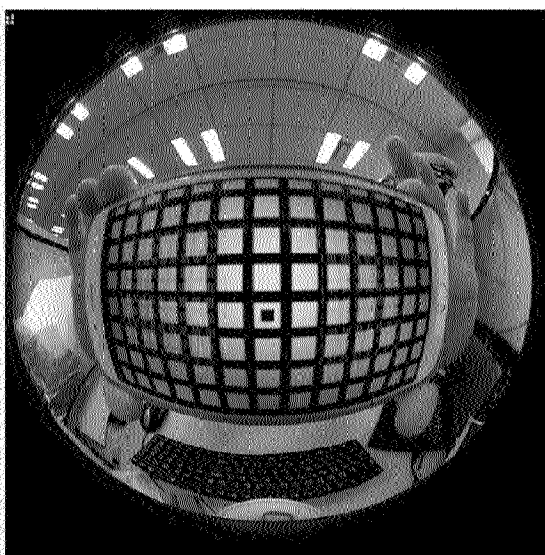
[図20]



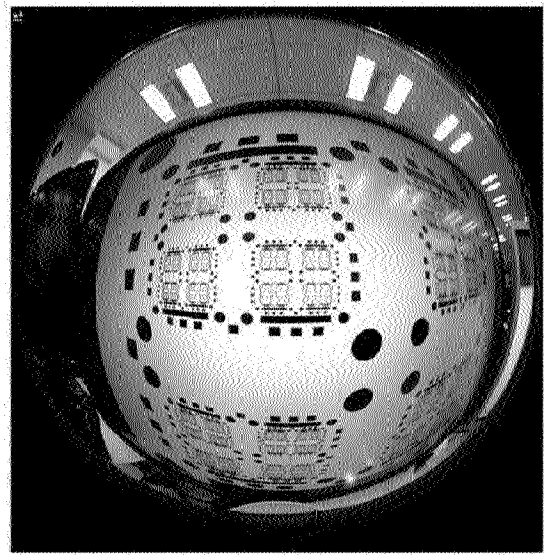
[図21]



[図22]

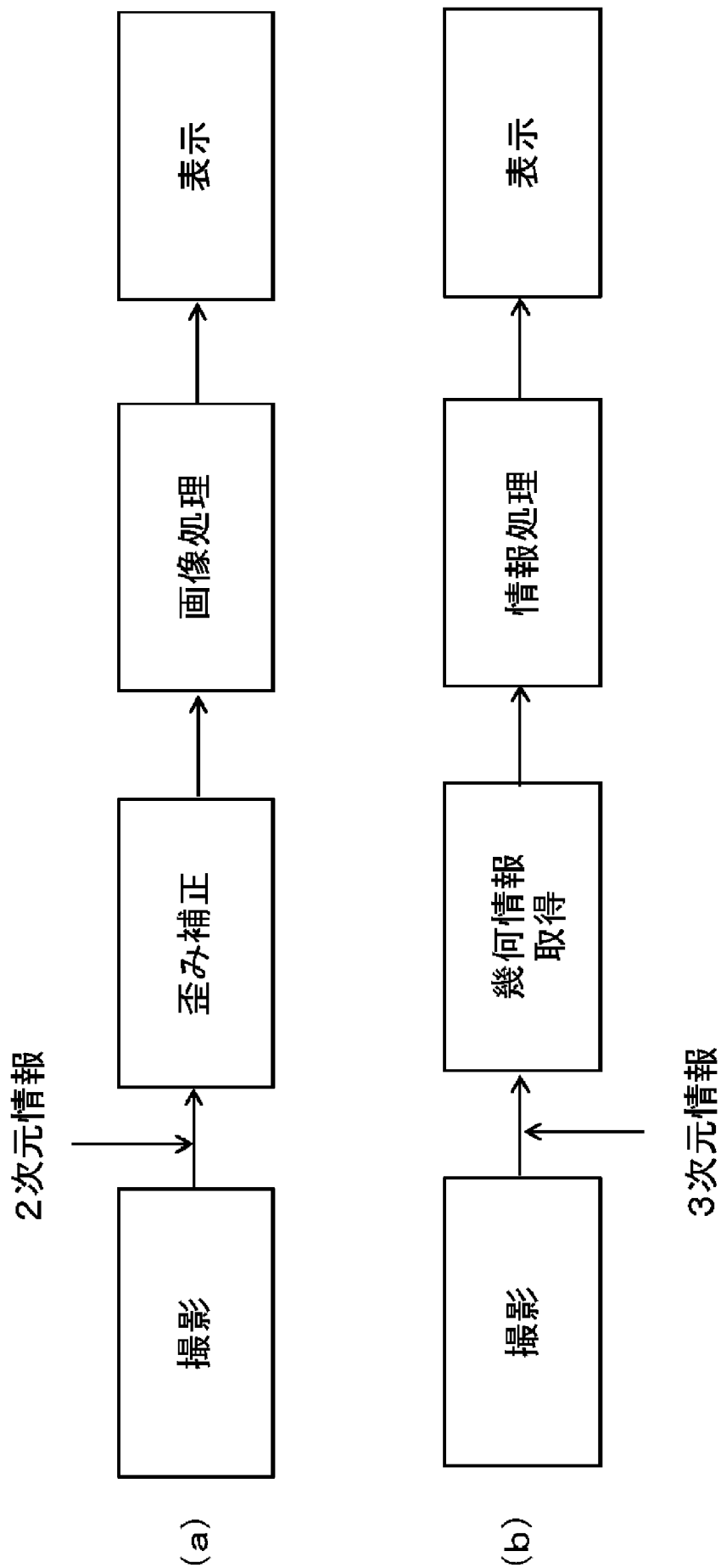


(a)



(b)

[図23]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/032563

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G06T7/80 (2017.01) i, H04N17/00 (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)

Int. Cl. G06T7/80, H04N17/00

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2017

Registered utility model specifications of Japan 1996-2017

Published registered utility model applications of Japan 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.
A	WO 2007/055336 A1 (SONY CORP.) 18 May 2007, paragraphs [0042]-[0053] & US 2009/0160996 A1, paragraphs [0095]-[0105] & EP 1950954 A1 & KR 10-2008-0068698 A & CN 101305596 A	1-14
A	WO 2012/120561 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 13 September 2012, paragraphs [0013]-[0020], [0037]-[0053] & US 2013/0258047 A1, paragraphs [0035]-[0060], [0084]-[0111]	1-14
A	JP 2012-085026 A (TOSHIBA ALPINE AUTOMOTIVE TECH) 26 April 2012, paragraph [0061] (Family: none)	1-14

☐ 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
27.11.2017

Date of mailing of the international search report
05.12.2017

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G06T7/80(2017.01)i, H04N17/00(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. G06T7/80, H04N17/00

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 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 7 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 7 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 7 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
A	WO 2007/055336 A1（ソニー株式会社）2007.05.18, 段落 [0 0 4 2] - [0 0 5 3] & US 2009/0160996 A1, 段落 [0 0 9 5] - [0 1 0 5] & EP 1950954 A1 & KR 10-2008-0068698 A & CN 101305596 A	1-14

☒ 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、国際出願日以後に公表されたもの
「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）
「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

「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
「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
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 7 . 1 1 . 2 0 1 7

国際調査報告の発送日

0 5 . 1 2 . 2 0 1 7

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）

板垣 有紀

5 H

4 4 5 2

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

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	WO 2012/120561 A1 (三菱電機株式会社) 2012. 09. 13, 段落 [0 0 1 3] - [0 0 2 0]、[0 0 3 7] - [0 0 5 3] & US 2013/0258047 A1, 段落 [0 0 3 5] - [0 0 6 0]、[0 0 8 4] - [0 1 1 1]	1-14
A	JP 2012-085026 A (東芝アルパイン・オートモティブテクノロジー 株式会社) 2012. 04. 26, 段落 [0 0 6 1] (ファミリーなし)	1-14