

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4911230号
(P4911230)

(45) 発行日 平成24年4月4日(2012.4.4)

(24) 登録日 平成24年1月27日(2012.1.27)

(51) Int. Cl. F 1
HO 4 N 13/02 (2006.01) HO 4 N 13/02
GO 3 B 35/02 (2006.01) GO 3 B 35/02

請求項の数 8 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2010-20738 (P2010-20738)
 (22) 出願日 平成22年2月1日(2010.2.1)
 (65) 公開番号 特開2011-160233 (P2011-160233A)
 (43) 公開日 平成23年8月18日(2011.8.18)
 審査請求日 平成22年12月24日(2010.12.24)

(73) 特許権者 000001443
 カシオ計算機株式会社
 東京都渋谷区本町1丁目6番2号
 (74) 代理人 100095407
 弁理士 木村 満
 (72) 発明者 中嶋 光康
 東京都羽村市栄町3丁目2番1号 カシオ
 計算機株式会社 羽村技術センター内

 審査官 伊東 和重

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮影装置、並びに制御プログラム及び制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

対象物を撮影する撮影手段の主点から前記対象物に合わせた焦点までの焦点距離を検出する焦点距離検出手段と、

前記対象物に焦点を合わせた前記撮影手段によって撮影された第1画像と第2画像とを取得する画像取得手段と、

前記画像取得手段が取得した前記第1画像における前記対象物上の点の位置を表す第1画像位置と、前記第2画像における前記点の位置を表す第2画像位置とを検出する画像位置検出手段と、

前記画像位置検出手段が検出した前記第1画像位置と前記第2画像位置との差異に基づいて、前記対象物の三次元画像を生成する三次元画像生成手段と、

前記画像位置検出手段が検出した前記第1画像位置及び前記第2画像位置と、前記焦点距離検出手段が検出した前記焦点距離とに基づいて、前記第1画像の撮影時における前記撮影手段の光軸と、前記第2画像の撮影時における前記撮影手段の光軸とがどの程度平行に近いかを表す平行度を算出する平行度算出手段と、

前記平行度算出手段が算出した前記平行度を表示する表示手段と、
 を備えることを特徴とする撮影装置。

【請求項2】

前記平行度算出手段が算出する前記平行度は、前記撮影手段の投影面に投影された前記第1画像の走査方向が、前記撮影手段の前記投影面に投影された前記第2画像の走査方向

10

20

とどの程度平行に近いかをさらに表すことを特徴とする請求項 1 に記載の撮影装置。

【請求項 3】

前記平行度算出手段が算出する前記平行度は、前記撮影手段の前記投影面に投影された前記第 1 画像の副走査方向が、前記撮影手段の前記投影面に投影された前記第 2 画像の副走査方向とどの程度平行に近いかをさらに表すことを特徴とする請求項 2 に記載の撮影装置。

【請求項 4】

前記平行度算出手段が算出する前記平行度は、前記第 1 画像の撮影時から前記第 2 画像の撮影時までの前記撮影手段の前記主点の移動方向が、前記撮影手段の前記投影面に投影された前記第 1 画像の前記走査方向又は前記副走査方向とどの程度異なるかをさらに表すことを特徴とする請求項 3 に記載の撮影装置。

10

【請求項 5】

前記撮影手段の前記主点から前記対象物までの奥行距離を取得する奥行距離取得手段と、

前記画像位置検出手段が検出した前記第 1 画像位置と前記第 2 画像位置とに基づいて、前記対象物上の前記点が前記第 1 画像と前記第 2 画像とで画像上の位置を移動した移動量を算出する実移動量算出手段と、

前記奥行距離取得手段が取得した前記奥行距離に基づいて、前記三次元画像生成手段が所定の奥行精度で前記三次元画像を生成するために必要な前記移動量を算出する必要移動量算出手段と、

20

前記実移動量算出手段が算出した前記移動量と、前記必要移動量算出手段が算出した前記移動量とに基づいて、前記三次元画像生成手段が前記奥行精度で前記三次元画像を生成するために必要な前記撮影手段の移動方向を判断する必要移動方向判断手段と、をさらに備え、

前記表示手段は、前記必要移動方向判断手段が判断した前記移動方向を表示することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の撮影装置。

【請求項 6】

前記平行度算出手段が算出した前記平行度に基づいて、前記第 1 画像の撮影時における前記撮影手段と、前記第 2 画像の撮影時における前記撮影手段との配置が平行ステレオであるか否かを判定する平行判定手段をさらに備え、

30

前記三次元画像生成手段は、前記平行判定手段によって前記配置が平行ステレオであると判定された場合に、前記対象物の前記三次元画像を生成することを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の撮影装置。

【請求項 7】

コンピューターを、
対象物を撮影する撮影手段の主点から前記対象物に合わせた焦点までの焦点距離を検出する焦点距離検出手段と、

前記対象物に焦点を合わせた前記撮影手段によって撮影された第 1 画像と第 2 画像とを取得する画像取得手段と、

前記画像取得手段が取得した前記第 1 画像における前記対象物上の点の位置を表す第 1 画像位置と、前記第 2 画像における前記点の位置を表す第 2 画像位置とを検出する画像位置検出手段と、

40

前記画像位置検出手段が検出した前記第 1 画像位置と前記第 2 画像位置との差異に基づいて、前記対象物の三次元画像を生成する三次元画像生成手段と、

前記画像位置検出手段が検出した前記第 1 画像位置及び前記第 2 画像位置と、前記焦点距離検出手段が検出した前記焦点距離とに基づいて、前記第 1 画像の撮影時における前記撮影手段の光軸と、前記第 2 画像の撮影時における前記撮影手段の光軸とがどの程度平行に近いかを表す平行度を算出する平行度算出手段と、

前記平行度算出手段が算出した前記平行度を表示するよう表示手段を制御する表示制御手段と、

50

して機能させることを特徴とする制御プログラム。

【請求項 8】

コンピューターが、対象物を撮影する撮影手段の主点から前記対象物に合わせた焦点までの焦点距離を検出する焦点距離検出ステップと、

前記コンピューターが、前記対象物に焦点を合わせた前記撮影手段によって撮影された第 1 画像と第 2 画像とを取得する画像取得ステップと、

前記コンピューターが、前記画像取得ステップで取得された前記第 1 画像における前記対象物上の点の位置を表す第 1 画像位置と、前記第 2 画像における前記点の位置を表す第 2 画像位置とを検出する画像位置検出ステップと、

前記コンピューターが、前記画像位置検出ステップで検出された前記第 1 画像位置と前記第 2 画像位置との差異に基づいて、前記対象物の三次元画像を生成する三次元画像生成ステップと、

前記コンピューターが、前記画像位置検出ステップで検出された前記第 1 画像位置及び前記第 2 画像位置と、前記焦点距離検出ステップで検出された前記焦点距離とに基づいて、前記第 1 画像の撮影時における前記撮影手段の光軸と、前記第 2 画像の撮影時における前記撮影手段の光軸とがどの程度平行に近いかを表す平行度を算出する平行度算出ステップと、

前記コンピューターが、前記平行度算出ステップで算出された前記平行度を表示するよう表示手段を制御する表示制御ステップと、

を有することを特徴とする撮影装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像を撮影する撮影装置、並びに撮影装置の制御プログラム及び制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

非特許文献 1 には、2つのカメラを光軸が平行で、かつ画像座標系の座標軸が同一直線上で同一方向になる配置（つまり、平行ステレオ）に固定すると共に、固定した2つのカメラで撮影された画像における撮影対象物（以下単に、対象物という）の見え方の差異（つまり、視差）とカメラ間の距離（つまり、基線長）とに基づいて、対象物の三次元画像を生成する技術について開示されている。また、1つのカメラを移動前後で平行ステレオになるように移動させると共に、移動の前後にカメラで撮影した2つの画像を用いて、撮影された対象物の三次元画像を生成する技術が知られている。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0003】

【非特許文献 1】佐藤 洋一 著、「デジタル画像処理」、CG - ARTS 協会出版、2009年11月2日発行、第251頁から第262頁

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ここで、非特許文献 1 に係る技術は、2つのカメラが必要であるという問題があった。また、1つのカメラが撮影した2つの画像を用いて三次元画像を生成する技術では、移動前後でカメラを平行ステレオにすることが困難であるため、三次元画像の生成に適した画像を撮影することが困難であるという問題があった。

【0005】

そこで、本発明は、このような点に鑑み、その目的とするところは、三次元画像の生成に適した画像を容易に撮影できる撮影装置並びに制御プログラム及び制御方法を提供することにある。

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的を達成するため、本発明の第一の観点に係る撮影装置は、
対象物を撮影する撮影手段の主点から前記対象物に合わせた焦点までの焦点距離を検出する焦点距離検出手段と、

前記対象物に焦点を合わせた前記撮影手段によって撮影された第1画像と第2画像とを取得する画像取得手段と、

前記画像取得手段が取得した前記第1画像における前記対象物上の点の位置を表す第1画像位置と、前記第2画像における前記点の位置を表す第2画像位置とを検出する画像位置検出手段と、

前記画像位置検出手段が検出した前記第1画像位置と前記第2画像位置との差異に基づいて、前記対象物の三次元画像を生成する三次元画像生成手段と、

前記画像位置検出手段が検出した前記第1画像位置及び前記第2画像位置と、前記焦点距離検出手段が検出した前記焦点距離とに基づいて、前記第1画像の撮影時における前記撮影手段の光軸と、前記第2画像の撮影時における前記撮影手段の光軸とがどの程度平行に近いかを表す平行度を算出する平行度算出手段と、

前記平行度算出手段が算出した前記平行度を表示する表示手段と、を備えることを特徴としている。

【0007】

また上記目的を達成するため、本発明の第二の観点に係る制御プログラムは、
コンピューターを、
対象物を撮影する撮影手段の主点から前記対象物に合わせた焦点までの焦点距離を検出する焦点距離検出手段と、

前記対象物に焦点を合わせた前記撮影手段によって撮影された第1画像と第2画像とを取得する画像取得手段と、

前記画像取得手段が取得した前記第1画像における前記対象物上の点の位置を表す第1画像位置と、前記第2画像における前記点の位置を表す第2画像位置とを検出する画像位置検出手段と、

前記画像位置検出手段が検出した前記第1画像位置と前記第2画像位置との差異に基づいて、前記対象物の三次元画像を生成する三次元画像生成手段と、

前記画像位置検出手段が検出した前記第1画像位置及び前記第2画像位置と、前記焦点距離検出手段が検出した前記焦点距離とに基づいて、前記第1画像の撮影時における前記撮影手段の光軸と、前記第2画像の撮影時における前記撮影手段の光軸とがどの程度平行に近いかを表す平行度を算出する平行度算出手段と、

前記平行度算出手段が算出した前記平行度を表示するよう表示手段を制御する表示制御手段と、して機能させることを特徴としている。

【0008】

また上記目的を達成するため、本発明の第三の観点に係る制御方法は、
コンピューターが、対象物を撮影する撮影手段の主点から前記対象物に合わせた焦点までの焦点距離を検出する焦点距離検出ステップと、

前記コンピューターが、前記対象物に焦点を合わせた前記撮影手段によって撮影された第1画像と第2画像とを取得する画像取得ステップと、

前記コンピューターが、前記画像取得ステップで取得された前記第1画像における前記対象物上の点の位置を表す第1画像位置と、前記第2画像における前記点の位置を表す第2画像位置とを検出する画像位置検出ステップと、

前記コンピューターが、前記画像位置検出ステップで検出された前記第1画像位置と前記第2画像位置との差異に基づいて、前記対象物の三次元画像を生成する三次元画像生成ステップと、

前記コンピューターが、前記画像位置検出ステップで検出された前記第1画像位置及び前記第2画像位置と、前記焦点距離検出ステップで検出された前記焦点距離とに基づいて

10

20

30

40

50

、前記第1画像の撮影時における前記撮影手段の光軸と、前記第2画像の撮影時における前記撮影手段の光軸とがどの程度平行に近いかを表す平行度を算出する平行度算出ステップと、

前記コンピューターが、前記平行度算出ステップで算出された前記平行度を表示するよう表示手段を制御する表示制御ステップと、を有することを特徴としている。

【発明の効果】

【0009】

本発明に係る撮影装置並びに撮影装置の制御プログラム及び制御方法によれば、三次元画像の生成に適した画像を容易に撮影できる。

【図面の簡単な説明】

10

【0010】

【図1】本発明の実施形態に係るデジタルカメラの外観の一例を表す図である。図1(a)は正面図、図1(b)は背面図、図1(c)は右側面図、図1(d)は上面図である。

【図2】は、デジタルカメラの回路構成の一例を表すブロック図である。

【図3】デジタルカメラ100が実行する三次元画像生成処理の一例を表すフローチャートの前半部である。

【図4】デジタルカメラ100が実行する三次元画像生成処理の一例を表すフローチャートの後半部である。

【図5】図5(a)はデジタルカメラ100の一構成例を表す機能ブロック図である。図5(b)は平行評価部150の一構成例を表す機能ブロック図である。

20

【図6】図6(a)は、平行評価部150が実行する平行度算出処理の一例を表すフローチャートである。図6(b)は、実移動量算出部162が実行する実移動量算出処理の一例を表すフローチャートである。図6(c)は、三次元画像生成部170が実行する3Dモデリング処理の一例を表すフローチャートである。

【図7】第1画像の撮影時と第2画像の撮影時における撮影部の透視投影モデルの一例を表す図である。

【図8】図8(a)は表示部が行う平行度の表示例を表す図であり、図8(b)は表示部が行う必要移動方向の表示例を表す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

30

以下、本発明の最良の実施形態について添付図面を参照しつつ説明する。

【0012】

本発明の実施形態に係るデジタルカメラ100は、図1(a)に示すような、携帯可能な所謂コンパクトカメラの形状を模しており、ユーザーに携帯されて撮影位置を変更される。デジタルカメラ100は、撮影位置の変更前後(つまり、デジタルカメラ100の移動前後)に対象物を撮影した2つの画像を用いて対象物を表す三次元画像を生成する。また、このデジタルカメラ100は、移動前後でデジタルカメラ100の配置が平行ステレオからどの程度外れているのかを表す指標(以下、平行度という)を表示する。

【0013】

デジタルカメラ100は、図1(a)に示すように、正面にストロボ発光窓101及び結像光学系(撮像レンズ)102を有する。

40

【0014】

また、図1(b)に示すように、デジタルカメラは、背面に、液晶モニタ画面である表示部104と、カーソルキー105、セットキー105s、メニューキー106m、及び3D(dimension)モデリングキー106dを有する。

表示部104は、撮影された画像、撮影された画像から算出される平行度、及び撮影された画像に基づいて生成された三次元画像を表示する。カーソルキー105は、メニューキー106mが押し下げられると表示部104に表示されるメニューを選択する信号を入力する。セットキー105sは、選択されたメニューを確定する信号を入力する。3Dモデリングキー106dは、トグル動作をし、押される度に通常の撮影を行う通常撮影モー

50

ドと、三次元画像を生成する3Dモデリングモードとの二者を択一に切り替える信号を入力する。

【0015】

さらに、デジタルカメラ100は、図1(c)に示すように、右側面に、USB(Universal Serial Bus)端子接続部107を有し、図1(d)に示すように、上面に、電源ボタン108及びシャッターボタン109を有する。

【0016】

次に、デジタルカメラ100の回路構成について説明する。

デジタルカメラ100は、図2に示すように、撮影部110、画像エンジン120、CPU(Central Processing Unit)121、フラッシュメモリ122、ワークメモリ123、VRAM(Video Random Access Memory)制御部124、VRAM125、DMA(Direct Memory Access)126、キー入力部127、USB制御部128、及びスピーカ129をバス100aにより接続して構成される。

10

【0017】

撮影部110は、CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)カメラモジュールであり、対象物を撮影し、撮影した対象物を表す画像データを出力する。撮影部110は、結像光学系(撮像レンズ)102、(光学系)駆動制御部111、CMOSセンサー112、及びISP(Image Signal Processor)113で構成される。

【0018】

結像光学系(撮像レンズ)102は、CMOSセンサー112の撮像面上に被写体(対象物)の光像を結像する。

20

駆動制御部111は、撮像レンズ102の光軸を調整するズームモーター、撮像レンズ102の焦点を合わせる合焦モーター、撮像レンズ102の絞りを調整する絞り制御部、及びシャッター速度を制御するシャッター制御部を備える。

【0019】

CMOSセンサー112は、結像光学系102からの光を光電変換した後に、光電変換で得られた電気信号をA/D(Analog/Digital)変換したデジタルデータを出力する。

【0020】

ISP113は、CMOSセンサー112が出力したデジタルデータについて色の調整及びデータフォーマットの変更を行った後に、デジタルデータを輝度信号Y、並びに色差信号Cb及びCrへ変換する。

30

【0021】

画像エンジン120についてはワークメモリ123の後に説明する。CPU121は、キー入力部127の操作に対応して、操作に応じたモードに対応した撮影プログラム又はメニューデータをフラッシュメモリ122から読み出すと共に、読み出したデータに対してプログラムを実行することで、デジタルカメラ100を構成する各部を制御する。

【0022】

ワークメモリ123は、DRAMで構成され、DMA126によって撮影部110が出力したYCbCrデータを転送され、転送されたデータを記憶する。

【0023】

40

画像エンジン120は、DSP(Digital Signal Processor)で構成され、ワークメモリ123に格納されたYCbCrデータをRGB形式のデータに変換した後に、VRAM制御部124を介してVRAM125へ転送する。

【0024】

VRAM制御部124は、VRAM125からRGB形式のデータを読み出した後に、RGB形式の信号を表示部104へ出力することで、表示部104の表示を制御する。

【0025】

DMA126は、CPU121の命令に従って、CPU121に代わって撮影部110からの出力(YCrCbデータ)をワークメモリ123へ転送する。

【0026】

50

キー入力部 127 は、図 1 (b) のカーソルキー 105、セットキー 105 s、メニューキー 106 m、及び 3D モデリングキー 106 d の操作に対応した信号を入力すると共に、信号の入力を CPU 121 へ通知する。

【 0027 】

USB 制御部 128 は、USB 端子接続部 107 と接続し、USB 端子接続部 107 を介して USB 接続するコンピューターとの USB 通信を制御して、撮影した画像又は生成した三次元画像を表す画像ファイルを接続するコンピューターへ出力する。

スピーカー 129 は、CPU 121 の制御に従って、所定のアラーム音を出力する。

【 0028 】

次に、デジタルカメラ 100 が図 2 に示したハードウェアを用いて三次元画像を生成するために実行する三次元画像生成処理について説明を行う。図 2 の CPU 121 は、図 3 及び図 4 に示す様な三次元画像生成処理を実行することで、図 5 (a) に示す様な撮影制御部 141、画像取得部 142、特徴点对応部 143、平行評価部 150、表示制御部 160、平行判定部 161、実移動量算出部 162、奥行距離取得部 163、必要移動量算出部 164、移動量判定部 165、必要移動方向判断部 166、通知制御部 167、三次元画像生成部 170、出力制御部 171、及び三次元画像保存部 172 として機能する。

【 0029 】

ユーザーが図 1 (b) の 3D モデリングキー 106 d を操作して 3D モデリングモードを選択すると、CPU 121 は、選択を検出して三次元画像生成処理を開始する。三次元画像生成処理が開始されると、図 5 (a) の撮影制御部 141 は、シャッターボタン 109 がユーザーによって押し下げられたか否かを判断する (ステップ S01)。ユーザーがシャッターボタン 109 を押すと、撮影制御部 141 は、シャッターボタン 109 が押し下げられたと判断して (ステップ S01; Yes)、撮影部 110 の焦点を、撮影対象とする対象物へ合わせる。具体的には、対象物が人物であるため、撮影部 110 は、顔検出処理を行うと共に、図 2 の駆動制御部 111 を駆動させることで、検出した顔の位置に合うように撮影部 110 の焦点を制御する。尚、撮影制御部 141 は、シャッターボタン 109 が押し下げられていないと判断すると (ステップ S01; No)、押し下げられるまで待機する。

【 0030 】

次に、画像取得部 142 は、撮影部 110 から対象物を撮影した画像 (以下、第 1 画像という) を表すデータを取得すると共に、取得したデータを図 2 のワークメモリ 123 へ格納する (ステップ S03)。その後、ユーザーによって、デジタルカメラ 100 は、第 1 画像を撮影した撮影位置と異なる撮影位置へ移動させられる。次に、画像取得部 142 は、ステップ S03 と同様に、対象物を撮影した画像 (以下、第 2 画像という) を表すデータを取得すると共に、データをワークメモリ 123 へ格納する (ステップ S04)。

【 0031 】

次に、図 5 (a) の特徴点对応部 143 は、対象物上の同じ点を表した第 1 画像上の点と、第 2 画像上の点とを対応させた点 (対応点) を取得する (ステップ S05)。具体的には、特徴点对応部 143 は、第 1 画像及び第 2 画像に対してハリスのコーナー検出法を用いることで、第 1 画像を特徴付ける特徴点 (以下、第 1 特徴点という) と、第 2 画像を特徴付ける特徴点 (以下、第 2 特徴点という) とを取得する。次に、第 1 特徴点と第 2 特徴点との間で、特徴点から所定の距離にある画像領域 (特徴点近傍画像) に対するテンプレート照合を行うと共に、テンプレート照合で算出した照合度が所定の閾値以上であり、かつ最も高い値となる第 1 特徴点と第 2 特徴点とを対応させて、それぞれを対応点とする。

【 0032 】

次に、平行評価部 150 は、平行度を算出する平行度算出処理を実行する (ステップ S06)。尚、平行評価部 150 は、図 6 (a) に示す様な平行度算出処理を実行することで、図 5 (b) に示す様な、画像位置検出部 151、焦点距離検出部 152、基礎行列算出部 153、並進ベクトル算出部 154、回転行列算出部 155、及び平行度算出部 15

10

20

30

40

50

6として機能する。

【0033】

ステップS06において平行度算出処理が実行されると、図5(b)の画像位置検出部151は、図7に示す様な、第1画像の画像座標系P1に対して対象物上の対応点M1を投射したベクトル m_1 の座標値(以下単に、第1画像位置という)及び第2画像の画像座標系P2に対して対応点M1を投射したベクトル m_2 の座標値(以下単に、第2画像位置という)を検出する(ステップS21)。尚、図7は、移動前(第1画像の撮影時)と移動後(第2画像の撮影時)における撮影部110の透視投影モデルを表す。

【0034】

尚、画像座標系P1は、撮影部110の投影面に投影された第1画像の左上の角を原点とし、かつ第1画像の縦方向(走査方向)及び横方向(副走査方向)に一致した座標軸 u 及び v からなる。画像座標系P2は、画像座標系P1と同様であるが、第2画像の左上の角を原点とする。

【0035】

図6(a)のステップS21が実行された後に、図5(b)の焦点距離検出部152は、第1画像の撮影時における撮影部110の主点C1と焦点 f_1 との焦点距離 f を検出する(ステップS22)。尚、焦点 f_1 は、光軸 l_{a1} と画像座標系P1との交点と一致し、座標 (u_0, v_0) で表される。また、焦点距離の検出は、例えば、予め測定されたレンズ駆動部に与える信号と、信号がレンズ駆動部に与えられた場合に実現される焦点距離 f との関係を利用して行われる。

【0036】

その後、基礎行列算出部153は、対応点の画像位置(つまり、第1画像位置と第2画像位置)と焦点距離とを用いて、以下の式(1)で表される様な、基礎行列Eを算出する(ステップS23)。第1画像の撮影時と第2画像の撮影時におけるデジタルカメラ100の配置が平行ステレオであるか否かは、第1画像の撮影時における撮影部110の主点C1から、第2画像の撮影時における撮影部110の主点C2へ向かう並進ベクトル t と、主点C2から主点C1への回転の向きを表す回転行列Rとを用いて判断できるからである。

【0037】

基礎行列 $E = t \times R \cdots (1)$

但し、記号 t は並進ベクトルを表し、記号Rは回転行列を表し、記号 \times は外積を表す。

【0038】

ここで、以下の数式1で表される様な行列Aの逆行列は、カメラ内部情報(カメラパラメータ)に依存した画像座標系P1を、カメラ内部情報に依存しない図7のXYZ座標軸からなるカメラ座標系(つまり、正規化カメラ座標系)へ変換する。尚、カメラ内部情報は、撮影部110で定まる焦点距離 f 及び光軸 l_{a1} と画像座標系P1との交点 (u_0, v_0) の位置を含む。このカメラパラメータは、撮影前に予め定められている。また、X座標の方向は u 座標の方向に一致し、Y座標の方向は v 座標の方向に一致し、Z座標は光軸 l_{a1} に一致し、XYZ空間の原点は主点C1である。また、図2のCMOSセンサー112のアスペクト比は1であるとし、行列Aは、スケールに関連するパラメータを考慮していない。

【0039】

【数1】

$$A = \begin{pmatrix} f & 0 & u_0 \\ 0 & f & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

【0040】

10

20

30

40

50

ここで、世界座標系（ワールド座標系）の原点を正規化カメラ座標系の原点 C_1 とし、世界座標系の座標軸 $X_w Y_w Z_w$ の方向を正規化カメラ座標系の座標軸 $X Y Z$ とそれぞれ同じ方向とすると、世界座標における点 m_1 の正規化カメラ座標は、逆行列を表す記号 inv 及び内積を表す記号 \cdot を用いて $inv(A) \cdot m_1$ と表される。また、点 M_1 が第2座標に投影された画像座標が m_2 であるため、世界座標系で m_2 の正規化座標は、回転行列 R を用いて $R \cdot inv(A) \cdot m_2$ と表される。

【0041】

ここで、図7に示す様に、並進ベクトル t と、上記で説明した $inv(A) \cdot m_1$ 及び $R \cdot inv(A) \cdot m_2$ とは同一平面上にあるため、これらのスカラー三重積は値「0」となり、以下の式(2)及び式(2)を変形した式(3)から式(5)が成立する。

$$trans(inv(A) \cdot m_1) \cdot (t \times (R \cdot inv(A) \cdot m_2)) = 0 \cdot \cdot \cdot (2)$$

但し、記号 $trans$ は転置行列を表す。

$$trans(m_1) \cdot trans(inv(A)) \cdot t \times R \cdot inv(A) \cdot m_2 = 0 \cdot \cdot \cdot (3)$$

$$trans(m_1) \cdot trans(inv(A)) \cdot E \cdot inv(A) \cdot m_2 = 0 \cdot \cdot \cdot (4)$$

基礎行列 $E = t \times R$ (式(1)参照)

$$trans(m_1) \cdot F \cdot m_2 = 0 \cdot \cdot \cdot (5)$$

但し、基本行列 $F = trans(inv(A)) \cdot E \cdot inv(A)$

【0042】

ここで、基本行列 F は、3行3列の行列であり、行列 A は、スケールに関連するパラメータを考慮していないため、図5(b)の基礎行列算出部153は、8個以上の対応点(つまり、 m_1 と m_2 との組)と上記の式(5)とを用いて、基本行列 F 及び基礎行列 E を算出する。

【0043】

図6(a)のステップS23が実行された後に、図5(b)の並進ベクトル算出部154は、基礎行列 E から並進ベクトル t を算出する(ステップS25)。具体的には、並進ベクトル算出部154は、行列「 $trans(E) \cdot E$ 」の最小固有値の固有ベクトルを算出する。

【0044】

これは、上記の式(1)において、基礎行列 $E = t \times R$ と定義したため、基礎行列 E と並進ベクトル t との内積は値「0」となり、以下の式(6)が成立するからであり、式(6)が成立するという事は、並進ベクトル t が行列「 $trans(E) \cdot E$ 」の最小固有値の固有ベクトルとなるからである。

$$trans(E) \cdot t = 0 \cdot \cdot \cdot (6)$$

【0045】

但し、並進ベクトル t は、スケールと符号が不定であるが、カメラ前方に対象物が存在するという制約により並進ベクトル t の符号を求めることができる。

【0046】

図6(a)のステップS24が実行された後に、図5(b)の回転行列算出部155は、基礎行列 E と並進ベクトル t とを用いて回転行列 R を算出する(ステップS25)。具体的には、上記の式(4)において基礎行列 $E = t \times R$ と定義されているため、回転行列算出部155は、以下の式(7)を用いて、算出対象とする回転行列 R 及び既に算出した並進ベクトル t の外積と、既に算出した基礎行列 E との誤差が最小になるように、最小二乗法を用いて回転行列 R を算出する。

$$(t \times R - E)^2 \min \cdot \cdot \cdot (7)$$

但し、記号 $\wedge 2$ は行列の2乗を表し、記号 \sum は行列の全要素の和を表し、記号 \min は左辺の値を最小化することを表す。

【0047】

10

20

30

40

50

ここで、回転行列算出部 155 は、上記の式 (7) を解くために、既に算出した並進ベクトル t と基礎行列 E とを用いて $-t \times E$ を算出すると共に、以下の式 (8) の様に $-t \times E$ を特異値分解してユニタリ行列 U 、特異値の対角行列 S 、及び随伴行列 V を算出する。

$$U \cdot S \cdot V = s v d (-t \times E) \cdots (8)$$

但し、記号 $s v d$ は、括弧内の行列 $-t \times E$ を特異値分解することを表す。

【0048】

次に、回転行列算出部 155 は、既に算出したユニタリ行列 U 及び随伴行列 V を下記の式 (9) に用いて、回転行列 R を算出する。

$$R = U \cdot \text{diag}(1, 1, \det(U \cdot V)) \cdot V \cdots (9)$$

但し、記号 \det は行列式を表し、 diag 対角行列を表す。

【0049】

図 6 (a) のステップ S25 が実行された後に、図 5 (b) の平行度算出部 156 は、並進ベクトル t と回転行列 R とを以下の式 (10) に用いて平行度 E_{RR} を算出する (ステップ S26)。その後、平行度算出処理の実行が終了する。

$$E_{RR} = R_{ERR} + k \cdot T_{ERR} \cdots (10)$$

但し、記号 R_{ERR} 及び k は、所定の値の調整係数を表し、記号 R_{ERR} は回転系のエラーを表し、記号 T_{ERR} は移動方向のエラーを表す。

【0050】

ここで、回転系のエラー R_{ERR} は、第 2 画像の撮影時のカメラ座標系 (第 2 カメラ座標系) を、第 1 画像の撮影時のカメラ座標系 (第 1 カメラ座標系) に重ねるためにどの程度だけ回転させる必要があるかを表す指標である。ここで、回転行列 R が単位行列の場合には、第 2 カメラ座標系を回転させることなく第 1 カメラ座標系に重ねることができるため、第 1 画像撮影時の光軸 l_{a1} と、第 1 画像撮影時の光軸 l_{a2} とが平行になる。このため、回転系のエラー R_{ERR} は、単位ベクトルと計算で求めた回転行列 R との成分毎の差異の二乗和で算出する。

【0051】

また、移動方向のエラー T_{ERR} は、第 1 画像の撮影時における主点 C_1 から第 2 画像の撮影時における主点 C_2 への移動方向 (つまり、並進ベクトル t) が、第 1 カメラ座標系の X 軸方向とどの程度異なるかを評価する評価指標である。ここで、並進ベクトル t に Y 成分及び Z 成分がない場合に、第 1 画像の撮影時におけるカメラ座標系の X 軸と、第 2 画像の撮影時におけるカメラ座標系の X 軸とが、同じ直線上で同じ向きになるため、移動方向のエラー T_{ERR} は、並進ベクトル t の Y 成分と Z 成分との二乗和で算出する。

【0052】

図 3 のステップ S06 が実行された後に、図 5 (a) の表示制御部 160 は、図 8 (a) に示す様に、バー BR_1 で平行度 E_{RR} の値を示す棒グラフ G_1 を表示面 DP に表示すると共に、回転行列 R 及び並進ベクトル t の値を示すグラフ G_2 を表示するよう表示部 104 を制御する (ステップ S07)。これらの構成によれば、デジタルカメラ 100 の移動前後で配置が平行ステレオになっているか否かを表すことができるだけでなく、どの程度平行ステレオから外れているかを表示することができる。このため、デジタルカメラ 100 の移動前後でカメラ配置を容易に平行ステレオにすることができるので、三次元画像の生成に適した画像を容易に撮影できる。

【0053】

尚、図 8 (a) の棒グラフ G_1 は、バー BR_1 が表示されていない場合に、撮影部 110 が移動前後で平行ステレオ状態にあることを表し、バー BR_1 の長さが長くなる程、平行度が高く平行ステレオ状態から外れていることを表す。

【0054】

また、グラフ G_2 は、画像 GS が表す球体の中心点と画像 GP が表す面の中心とが一致し、かつ画像 GP が表す面が表示部 104 の表示面 DP と水平である場合に、撮影部 110 が移動前後で平行ステレオ状態にあることを表す。また、グラフ G_2 は、画像 GP が表

10

20

30

40

50

す面の回転量で回転行列 R が表す回転量を表す。つまり、図 8 (a) の様に、表示部 1 0 4 は、画像 GP が表す面の表示方向に向かって右側を表示方向側に傾かせて表示することで、デジタルカメラ 1 0 0 の光軸の方向が平行ステレオになる方向よりも光軸方向に向かって右側に傾いていることを表す。この構成によれば、どの程度だけデジタルカメラ 1 0 0 (のカメラ座標系) を回転させれば平行ステレオ状態になるかを表示できる。

【 0 0 5 5 】

さらに、画像 GS が表す球体の中心点と画像 GP が表す面の中心との表示方向側の差異及び縦方向側 (走査方向側) の差異で、並進ベクトル t の Z 成分及び Y 成分をそれぞれ表す。この構成によれば、デジタルカメラ 1 0 0 の位置を被写体に向かってどの程度だけ前後上下すれば平行ステレオ状態になるかを表示できる。

10

【 0 0 5 6 】

図 3 のステップ $S 0 7$ が実行された後に、図 5 (a) の平行判定部 1 6 1 は、平行度が所定の閾値を超えているか否かに基づいて、第 1 画像の撮影時のデジタルカメラ 1 0 0 と、第 2 画像の撮影時のデジタルカメラ 1 0 0 との配置が平行ステレオであるか否かを判定する (ステップ $S 0 8$) 。

【 0 0 5 7 】

平行判定部 1 6 1 は、平行度が所定の閾値を超えているため、平行ステレオでないと判定する (ステップ $S 0 8$; No) 。その後、デジタルカメラ 1 0 0 の撮影位置が再度変更された後に、画像取得部 1 4 2、特徴点对応部 1 4 3、平行評価部 1 5 0、及び表示制御部 1 6 0 は、ステップ $S 0 4$ から $S 0 7$ の処理を順に繰り返す。

20

【 0 0 5 8 】

その後、平行判定部 1 6 1 は、平行度が所定の閾値を超えていないため、平行ステレオであると判定する (ステップ $S 0 8$; Yes) 。次に、実移動量算出部 1 6 2 は、図 6 (b) に示す様な、デジタルカメラ 1 0 0 の移動に伴って対象物上の点 $M 1$ の画像座標系における投影点 $m 1$ が点 $m 2$ へ移動した移動量 (画素距離) c を算出する実移動量算出処理を実行する (ステップ $S 0 9$) 。

【 0 0 5 9 】

実移動量算出処理の実行を開始すると、実移動量算出部 1 6 2 は、第 1 画像から撮影対象とする人物 (対象物) の顔検出を行うと共に、検出した顔部分の特徴点を取得する (ステップ $S 3 1$) 。次に、実移動量算出部 1 6 2 は、同様に、第 2 画像から特徴点を取得する (ステップ $S 3 2$) 。その後、実移動量算出部 1 6 2 は、第 1 画像の特徴点の画像座標系における座標値と、第 2 画像の特徴点の画像座標系における座標値との差異から、両特徴点の画素距離 c を算出する (ステップ $S 3 3$) 。その後、実移動量算出部 1 6 2 は、移動量算出処理の実行を終了する。

30

【 0 0 6 0 】

図 4 のステップ $S 0 9$ が実行された後に、図 5 (a) の奥行距離取得部 1 6 3 は、ユーザーに操作されたカーソルキー 1 0 5 及びセットキー 1 0 5 s が入力する信号に基づいて、撮影モードがポートレートモードに選択されていると判断する。次に、奥行距離取得部 1 6 3 は、図 2 のフラッシュメモリ 1 2 2 が予め記憶しているポートレートモードに対応付けた主点 $C 1$ から対象物上の点 $M 1$ までの奥行距離 Z の値「 3メートル」を取得する (ステップ $S 1 0$) 。次に、奥行距離取得部 1 6 3 は、フラッシュメモリ 1 2 2 が予め記憶しているポートレートモードに対応付けた奥行精度 (奥行誤差) Z の値「 1センチメートル」を取得する。尚、奥行精度 Z は、許容する奥行距離の誤差を表す。

40

【 0 0 6 1 】

次に、必要移動量算出部 1 6 4 は、奥行距離 Z が 3 m であり、かつ奥行誤差 Z が 1 cm であるので、以下の式 (1 1) を用いて、奥行精度 Z 以上で三次元座標を生成するのに必要な移動量 N を「 3 0 0 」と算出する (ステップ $S 1 1$) 。

【 0 0 6 2 】

$$N = 1 / (Z / Z) \cdots (1 1)$$

但し、記号 Z は奥行距離を表し、記号 Z は奥行誤差を表す。

50

【0063】

これは、奥行距離 Z に対する相対誤差 Z/Z は、ピクセルサイズで決まる精度に倍率を積算して算出されるため、相対誤差 Z/Z は、以下の式 (12) を用いて表されるからである。また、平行ステレオである場合には、絶対距離 (絶対視差距離) に対する基線長 (主点 C1 から C2 までの距離) の比は倍率に等しいため、奥行 Z は、以下の式 (13) 及び (14) で算出される。よって、これらの式 (12) から (14) を用いて上記式 (11) が導かれるためである。

【0064】

$$Z/Z = (p/B) \cdot (Z/f) \cdot \dots (12)$$

但し、記号 B は基線長を表し、記号 f は焦点距離を表し、記号 p は図 2 の CMOS センサー 112 のピクセルサイズを表す。また、 (p/B) がピクセルサイズで決まる精度を表し、 (Z/f) が倍率を表す。

10

【0065】

$$Z = f \cdot (B/d) \cdot \dots (13)$$

但し、記号 d は絶対視差距離を表し、以下の式 (14) で表される。

$$d = p \cdot N \cdot \dots (14)$$

但し、記号 N は、画像座標上の点の移動量を表す。

【0066】

図 4 のステップ S11 が実行された後に、図 5 (a) の移動量判定部 165 は、実際に移動した移動量 c が、以下の式 (15) を満足する様な所定の範囲に属するか否かを判断する (ステップ S12)。必要な移動量の 20% までの実際の移動量を適正な移動量 (適正距離) とするためである。

20

$$N \cdot ABS(c) \leq N * 1.2 \cdot \dots (15)$$

但し、記号 ABS は絶対値を表し、記号 N は上記の式 (11) を満足する値を表し、記号 * は積算記号を表す。

【0067】

ここで、移動量判定部 165 は、画素距離 c の絶対値が N の値「300」よりも小さい値であるので、規定の範囲に属しないと判定する (ステップ S12; No)。このため、移動量判定部 165 は、デジタルカメラ 100 の移動状態が、所定の奥行精度 Z で三次元画像を生成するのに十分な距離だけ、移動前 (第 1 画像の撮影時) における撮影位置から未だ移動していないと判定する。視差が十分でない精度良く奥行 Z を求めることができないためである。

30

次に、必要移動方向判断部 166 は、移動量判定部 165 の判定結果と、画素距離 c の符号が負であることから、以下の表 1 に基づいてデジタルカメラ 100 を右側に動かす必要があると判断する (ステップ S13)。尚、表 1 は、図 2 のフラッシュメモリ 122 に記憶されている。

【0068】

【表 1】

	拘束条件	必要移動方向
1	$0 < c < N$	左 (-Xw 軸) 方向
2	$1.2 * N < c$	右 (+Xw 軸) 方向
3	$-N > c > 0$	右 (+Xw 軸) 方向
4	$c < -1.2 * N$	左 (-Xw 軸) 方向

40

【0069】

これは、第 1 画像の画像座標系における特徴点の座標値を基準とした場合に、世界座標系で Xw 軸の正方向にデジタルカメラ 100 が移動すると、画像上で特徴点が Xw 軸の負方向に移動するので、画素距離 c の符号は負になるためである。

【0070】

尚、表 1 の第 1 行に示すように、画素距離 c が拘束条件 $0 < c < N$ を満足する場合には

50

、必要移動方向判断部 166 は、デジタルカメラ 100 が第 1 画像の撮影位置から世界座標の Xw 軸の負方向（つまり、対象物に向かって左側）に移動しているが、十分な距離を移動していないと判断し、デジタルカメラ 100 をさらに負方向へ移動させる必要があると判断する。

【0071】

また第 2 行に示すように、画素距離 c が拘束条件 $c > 1 \cdot 2 \cdot N$ を満足する場合には、必要移動方向判断部 166 は、デジタルカメラ 100 が Xw 軸の負方向に移動しているが、移動し過ぎていると判断し、デジタルカメラ 100 を Xw 軸の正方向へ戻させる必要があると判断する。

【0072】

さらに第 3 行に示すように、画素距離 c が拘束条件 $-N > c > 0$ を満足する場合には、必要移動方向判断部 166 は、デジタルカメラ 100 が Xw 軸の正方向に移動しているが、十分な距離を移動していないと判断し、さらにデジタルカメラ 100 をさらに正方向へ移動させる必要があると判断する。

【0073】

またさらに第 4 行に示すように、画素距離 c が拘束条件 $c < -1 \cdot 2 \cdot N$ を満足する場合には、必要移動方向判断部 166 は、デジタルカメラ 100 が Xw 軸の正方向に移動しているが、移動し過ぎていると判断し、デジタルカメラ 100 を Xw 軸の負方向へ戻させる必要があると判断する。

【0074】

図 4 のステップ S13 が実行された後、表示制御部 160 は、必要移動方向判断部 166 の判断結果に基づいて、図 8 (b) に示す様なデジタルカメラ 100 を右に移動するよう促す矢印画像 GA を表示面 DP に表示するよう図 1 (b) の表示部 104 を制御する（ステップ S14）。これらの構成によれば、デジタルカメラ 100 を対象物に対して左右のどちらに移動させれば、所定の精度で三次元画像を生成できるかを表示できる。またこれらの構成によれば、基線長を固定する必要がなく、対象物の距離に応じて基線長を変更できると共に、変更された基線長だけデジタルカメラ 100 が移動したことを表示できる。

【0075】

また、図 5 (a) の表示制御部 160 は、移動量判定部 165 の判定結果に基づいて、図 8 (b) に示す様なバー BR3 で必要な移動距離を示す棒グラフ G3 を表示する表示部 104 を制御する。この構成によれば、どの程度だけデジタルカメラ 100 を移動させればよいかを容易に知ることができる。

【0076】

矢印画像 GA に従ったユーザーによってデジタルカメラ 100 が右方向にさらに移動した後に、図 3 のステップ 04 から S11 の処理を、図 5 (a) の画像取得部 142、特徴点对応部 143、平行評価部 150、表示制御部 160、平行判定部 161、実移動量算出部 162、奥行距離取得部 163、及び必要移動量算出部 164 が順に再度実行する。尚、画像取得部 142 は、第 2 画像を再度取得するため、前回に取得された第 2 画像は破棄される。

【0077】

ステップ S11 の処理が実行された後に、移動量判定部 165 は、ステップ S11 で再度算出された画素距離 c の絶対値が $1 \cdot 2 \cdot N$ の値「360」よりも大きい値であるので、上記の式 12 を満足する様な所定の範囲に属しないと判定する（ステップ S12；No）。次に、移動量判定部 165 は、画素距離 c が $1 \cdot 2 \cdot N$ の値よりも大きいので、デジタルカメラ 100 の移動状態が、所定の奥行精度 Z で三次元画像を生成するには、第 1 画像の撮影位置と離れすぎていると判定する。視差が大き過ぎると、視点が異なり過ぎるため、対象物の同じ部位であっても第 1 画像と第 2 画像とで表され方が異なり過ぎる。この場合、対象物の同じ点を第 1 画像が表した点と第 2 画像が表した点とを精度良く対応付けることができず、精度良く奥行 Z を求めることができないためである。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 8 】

次に、必要移動方向判断部 1 6 6 は、移動量判定部 1 6 5 の判定結果と、画素距離 c の符号が負であることから、上記の表 1 の第 4 行に示した様に、デジタルカメラ 1 0 0 の位置を左側に戻す必要があると判断する（ステップ S 1 3）。

その後、表示制御部 1 6 0 は、移動量判定部 1 6 5 の判定結果に基づいて、デジタルカメラ 1 0 0 を左に戻すように促す画像を表示部 1 0 4 に表示させる（ステップ S 1 4）。

【 0 0 7 9 】

ユーザーによってデジタルカメラ 1 0 0 が左方向に移動させられた後に、図 3 のステップ 0 4 から S 1 1 の処理が再度実行される。

【 0 0 8 0 】

ステップ S 1 1 の処理が実行された後に、移動量判定部 1 6 5 は、ステップ S 1 1 で再度算出された画素距離 c が規定の範囲に属すると判定する（ステップ S 1 2 ; Yes）。次に、通知制御部 1 6 7 は、デジタルカメラ 1 0 0 が所定の奥行精度 Z で三次元画像を生成するのに適した位置にあることを、アラームで通知するように図 2 のスピーカー 1 2 9 を制御する（ステップ S 1 5）。

【 0 0 8 1 】

次に、図 5 (a) の三次元画像生成部 1 7 0 は、図 6 (c) に示す様な、第 1 画像と第 2 画像とを用いて対象物の三次元画像を生成する 3 D モデリング処理を実行する（ステップ S 1 6）。尚、三次元画像生成部 1 7 0 は、図 1 (a) のシャッターボタン 1 0 9 が押下げられるのを待った後に、第 1 画像と新たに撮影された画像とを用いて 3 D モデリング

処理を実行しても良い。

【 0 0 8 2 】

3 D モデリング処理の実行を開始すると、三次元画像生成部 1 7 0 は、ハリスのコーナー検出法を用いて、第 1 画像の濃度勾配の孤立点と、第 2 画像の濃度勾配の孤立点とをそれぞれ特徴点候補とする（ステップ S 4 1）。尚、三次元画像生成部 1 7 0 は、複数個の特徴点候補を取得する。

【 0 0 8 3 】

次に、三次元画像生成部 1 7 0 は、SSD (Sum of Squared Difference) のテンプレートマッチングを用いて、第 1 画像の特徴点候補と、第 2 画像の特徴点候補との相関度 R_SSD が所定の閾値以下となるものを、第 1 画像の特徴点及び第 2 画像の特徴点と決定

する（ステップ S 4 2）。尚、相関度 R_SSD は、以下の式 (1 6) を用いて算出される。尚、三次元画像生成部 1 7 0 は、複数個の特徴点の対応を決定する。

【 0 0 8 4 】

$$R_SSD = (K - T)^2 \cdot \dots \cdot (16)$$

但し、 K は、対象画像（つまり、第 1 画像における特徴点候補から所定の距離にある領域のテンプレート）を表し、 T は基準画像（つまり、 K と同形状の第 2 画像における領域）を表し、 \dots は、水平方向と垂直方向との総和を表す。

【 0 0 8 5 】

ステップ S 4 2 が実行されると、三次元画像生成部 1 7 0 は、第 1 画像の特徴点の画像座標上の位置 (u_1, v_1) を表す位置情報、及び第 2 画像の特徴点の画像座標上の位置 (u'_1, v'_1) を表す位置情報を算出する（ステップ S 4 3）。その後、三次元画像生成部 1 7 0 は、位置情報を用いて、ドルネー（ドロネー：Delaunay）三角形で表される三次元画像（つまり、ポリゴン）を生成する（ステップ S 4 4）。

【 0 0 8 6 】

具体的には、三次元画像生成部 1 7 0 は、以下の 2 つの条件の下で三次元画像を生成する。1 つめの条件は、三次元画像生成部 1 7 0 は、スケールに関する情報（スケール情報）を有さない相対的な大きさで対象物の三次元画像を生成するというものである。またもう 1 つの条件は、第 1 画像の撮影時と第 2 画像の撮影時とで撮影部 1 1 0 の配置が平行ステレオであるというものである。この 2 つの条件の下では、第 1 画像の特徴点の位置 (u_1, v_1) が、第 2 画像の特徴点の位置 (u'_1, v'_1) に対応付けられ、かつこの対

10

20

30

40

50

応する点が三次元座標で表される位置 (X 1 , Y 1 , Z 1) に復元されるとすると、以下の式 (1 7) から式 (1 9) が成立する。

【 0 0 8 7 】

$$X 1 = u 1 / (u 1 - u ' 1) \cdots (1 7)$$

$$Y 1 = v 1 / (u 1 - u ' 1) \cdots (1 8)$$

$$Z 1 = f / (u 1 - u ' 1) \cdots (1 9)$$

【 0 0 8 8 】

よって、三次元画像生成部 1 7 0 は、上記の式 (1 7) から式 (1 9) を用いて、残りの対応付けられた特徴点について三次元座標で表される位置を算出すると共に、算出した位置の点を頂点とする多面体の三次元画像を生成する。その後、三次元画像生成部 1 7 0 は、3 Dモデリング処理の実行を終了する。

10

【 0 0 8 9 】

この構成によれば、第 1 画像の撮影時と第 2 画像の撮影時とで撮影部 1 1 0 の配置が平行ステレオである場合に、上記の式 (1 7) から式 (1 9) を用いて対象物を表す三次元画像を生成するため、平行ステレオでない場合に下記の式 (2 0) を用いて三次元画像を生成する場合よりも少ない計算量で三次元画像を生成できる。

【 0 0 9 0 】

$$t r a n s (u 1 , v 1 , 1) \sim P \cdot t r a n s (X 1 , Y 1 , Z 1 , 1)$$

$$t r a n s (u ' 1 , v ' 1 , 1) \sim P ' \cdot t r a n s (X 1 , Y 1 , Z 1 , 1)$$

但し、記号 \sim は両辺が定数倍の違いを許して等しいことを表し、行列 P は第 1 画像のカメラ座標系への射影行列 (カメラ射影パラメーター)、行列 P ' は第 2 画像のカメラ射影パラメーターを表す。

20

【 0 0 9 1 】

図 4 のステップ S 1 6 が実行された後に、図 5 (a) の表示制御部 1 6 0 は、対象物の三次元画像を表示するよう図 1 (b) の表示部 1 0 4 を制御する (ステップ S 1 7)。次に、出力制御部 1 7 1 は、図 1 (c) の U S B 端子接続部 1 0 7 で接続するコンピューターへ三次元画像を表す電子ファイルを出力するよう図 2 の U S B 制御部 1 2 8 を制御する (ステップ S 1 8)。次に、三次元画像保存部 1 7 2 は、三次元画像を図 2 のフラッシュメモリ 1 2 2 へ保存する (ステップ S 1 9)。その後、デジタルカメラ 1 0 0 は、三次元画像生成処理の実行を終了する。

30

【 0 0 9 2 】

尚、本実施例において、実移動量算出部 1 6 2 は、撮影対象とする人物 (対象物) の顔を表した画像部分から特徴点を取得するとして説明した。しかし、実移動量算出部 1 6 2 は、焦点を合わせた画像領域 (つまり、画像の中心部から所定距離の画像領域) から特徴点を取得しても良い。この構成によれば、他の領域に比べて焦点を合わせた画像領域は、対象物をより鮮明に表現するため、精度良く特徴点を対応させることができる。

また、デジタルカメラ 1 0 0 は、図 1 (b) の表示部 1 0 4 の上にタッチパネルを備え、実移動量算出部 1 6 2 は、ユーザーがタッチパネルを操作して指定した画像領域から特徴点を取得しても良い。

【 0 0 9 3 】

40

尚、本発明に係る機能を実現するための構成を予め備えたデジタルカメラとして提供できることはもとより、プログラムの適用により、既存のデジタルカメラを本発明に係るデジタルカメラとして機能させることもできる。すなわち、上記実施形態で例示したデジタルカメラ 1 0 0 による各機能構成を実現させるための制御プログラムを、既存のデジタルカメラを制御するコンピューター (C P U など) が実行できる様に適用することで、本発明に係るデジタルカメラ 1 0 0 として機能させることができる。

【 0 0 9 4 】

このようなプログラムの配布方法は任意であり、例えば、メモリカード、C D - R O M、又は D V D - R O M などの記録媒体に格納して配布できる他、インターネットなどの通信媒体を介して配布することもできる。

50

【0095】

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

【符号の説明】

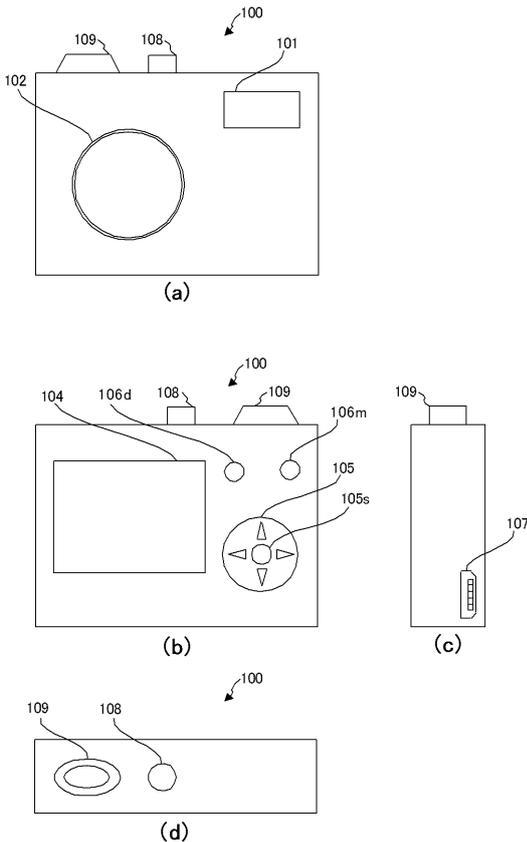
【0096】

100・・・デジタルカメラ、100a・・・バス、101・・・ストロボ発光窓、102・・・結像光学系（撮像レンズ）、104・・・表示部、105・・・カーソルキー、105s・・・セットキー、106m・・・メニューキー、106d・・・3Dモデリングキー、107・・・USB端子接続部、108・・・電源ボタン、109・・・シャッターボタン、110・・・撮影部、111・・・駆動制御部、112・・・CMOSセンサー、113・・・ISP、120・・・画像エンジン、121・・・CPU、122・・・フラッシュメモリ、123・・・ワークメモリ、124・・・VRAM制御部、125・・・VRAM、126・・・DMA、127・・・キー入力部、128・・・USB制御部、130・・・スピーカー、141・・・撮影制御部、142・・・画像取得部、143・・・特徴点対応部、150・・・平行評価部、151・・・画像位置検出部、152・・・焦点距離検出部、153・・・基礎行列算出部、154・・・並進ベクトル算出部、155・・・回転行列算出部、156・・・平行度算出部、160・・・表示制御部、161・・・平行判定部、162・・・実移動量算出部、163・・・奥行距離取得部、164・・・必要移動量算出部、165・・・移動量判定部、166・・・必要移動方向判断部、167・・・通知制御部、170・・・三次元画像生成部、171・・・出力制御部、172・・・三次元画像保存部、C1、C2・・・主点、f1、f2・・・焦点、t・・・並進ベクトル、R・・・回転行列、l a 1、l a 2・・・光軸、M 2・・・対象物

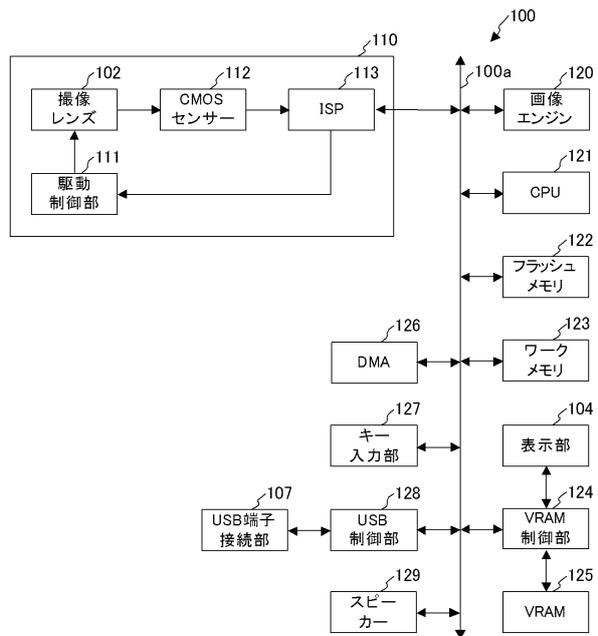
10

20

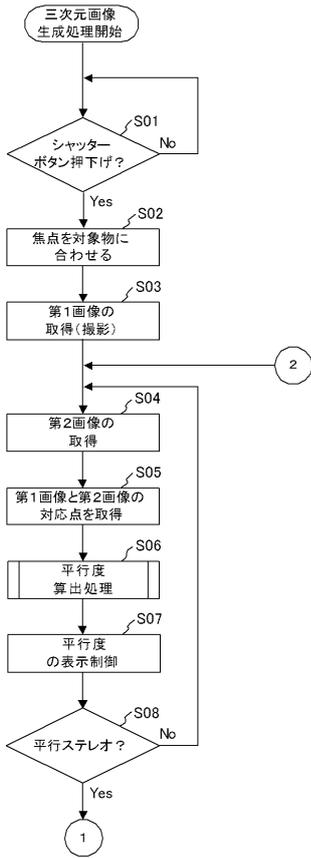
【図1】



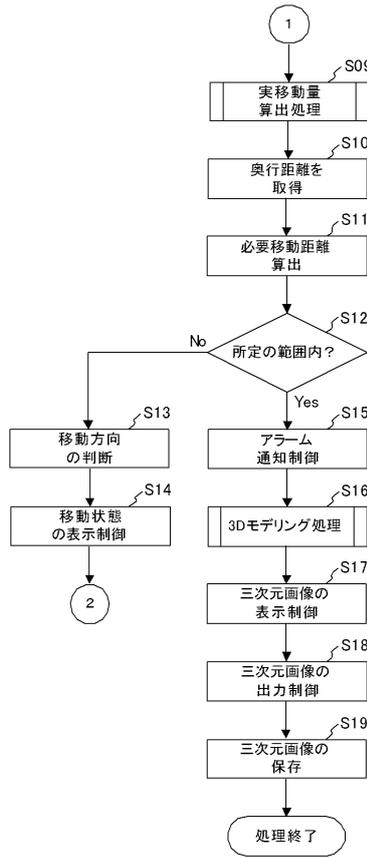
【図2】



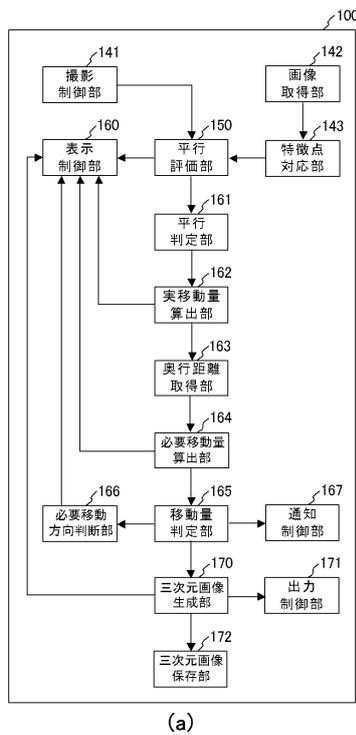
【図3】



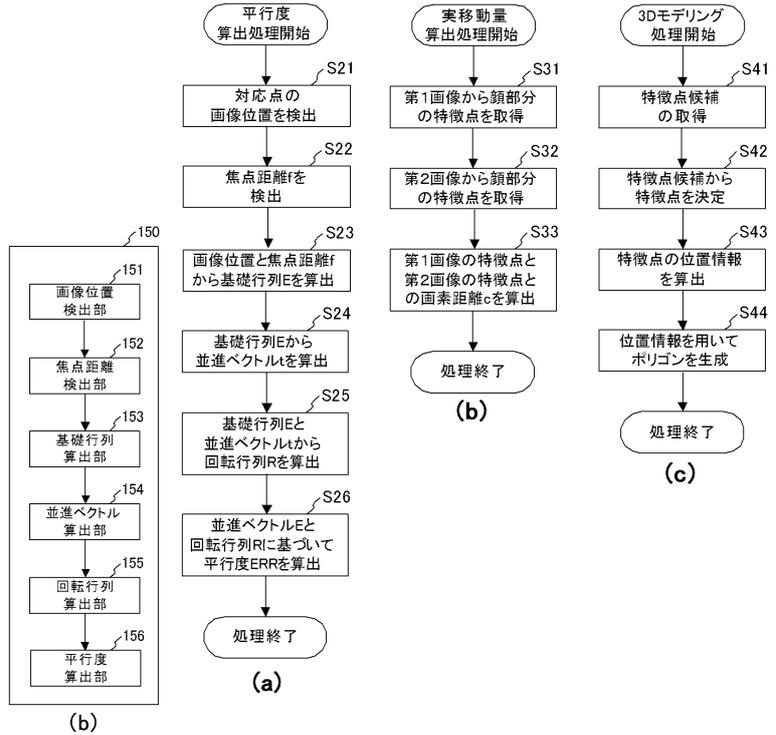
【図4】



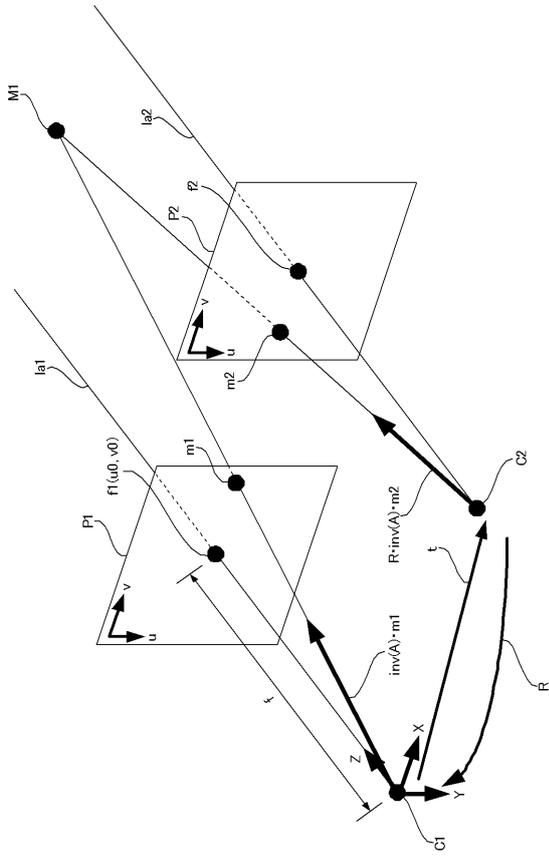
【図5】



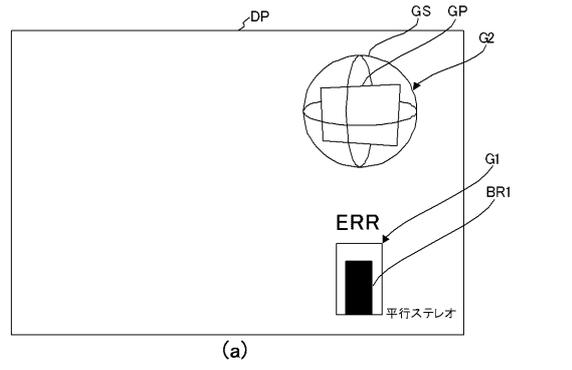
【図6】



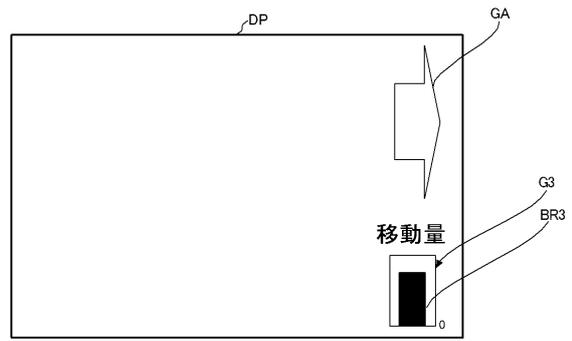
【図7】



【図8】



(a)



(b)

フロントページの続き

(56)参考文献 特表2002-501349(JP,A)
特開2003-244727(JP,A)
特表2007-504511(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N 13/00
G03B 35/00