

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2009-509582

(P2009-509582A)

(43) 公表日 平成21年3月12日 (2009.3.12)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
A 6 1 C 13/00 (2006.01)		A 6 1 C	13/00 Z	5 C 1 2 2
A 6 1 B 19/00 (2006.01)		A 6 1 B	19/00 5 O 2	
A 6 1 F 9/02 (2006.01)		A 6 1 F	9/02	
H O 4 N 5/232 (2006.01)		H O 4 N	5/232 Z	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2008-532440 (P2008-532440)	(71) 出願人	505005049
(86) (22) 出願日	平成18年9月22日 (2006.9.22)		スリーエム イノベイティブ プロパティ
(85) 翻訳文提出日	平成20年5月16日 (2008.5.16)		ズ カンパニー
(86) 国際出願番号	PCT/US2006/037089		アメリカ合衆国, ミネソタ州 55133
(87) 国際公開番号	W02007/038330		-3427, セント ポール, ポスト オ
(87) 国際公開日	平成19年4月5日 (2007.4.5)		フィス ボックス 33427, スリーエ
(31) 優先権主張番号	60/720, 238		ム センター
(32) 優先日	平成17年9月22日 (2005.9.22)	(74) 代理人	100092783
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 小林 浩
(31) 優先権主張番号	60/760, 902	(74) 代理人	100095360
(32) 優先日	平成18年1月20日 (2006.1.20)		弁理士 片山 英二
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100093676
(31) 優先権主張番号	60/775, 643		弁理士 小林 純子
(32) 優先日	平成18年2月22日 (2006.2.22)	(74) 代理人	100114409
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 古橋 伸茂

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元イメージングにおけるアーチファクトの軽減

(57) 【要約】

モデルベース校正と、例えば、 x 変位、 y 変位、又は画像視差データに従って距離を解明するルックアップテーブルの利用を通じて、3次元イメージングシステムの精度を向上させる。1つの実施形態では、ルックアップテーブル（単数又は複数）は、校正結果を計算するための局所的パラメータ化データを格納する。

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数の較正画像セットを取得する工程、及び

前記較正画像セットからルックアップテーブルシステムを構築する工程であって、ルックアップテーブルシステムは、較正 3 次元データを計算するための 1 つ以上のパラメータと画像セットデータとを関連付ける工程を含む、方法。

【請求項 2】

画像セットを取得する工程であって、各画像セットに前記画像セットの処理メッシュ内の位置と関連付けられている少なくとも 1 つの視差値が含まれる工程、

前記処理メッシュ内の位置及び前記少なくとも 1 つの視差値をルックアップテーブルシステムに適用する工程であって、ルックアップテーブルシステムは 1 つ以上のパラメータに対応する工程、及び

1 つ以上のパラメータ及び視差値から較正 3 次元データを計算する工程を含む、方法。

【請求項 3】

前記 1 つ以上のパラメータを用いて 1 つ以上のモデルパラメータを計算し、それが較正 3 次元データを計算するため用いられる、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記ルックアップテーブルシステムが複数のルックアップテーブルを含む、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 5】

前記複数のルックアップテーブルが、処理メッシュの各インデックスに対して 1 つのルックアップテーブルを含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記複数のルックアップテーブルが、画像セットの各独立変数に対して 1 つのルックアップテーブルを含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 7】

前記視差値が視差の大きさを含む、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 8】

前記視差値が視差ベクトルを含む、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 9】

前記視差値が、 x 変位又は y 変位の少なくとも 1 つを含む、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 10】

前記ルックアップテーブルシステムが、深度依存性ひずみに対してパラメータ化されている請求項 2 に記載の方法。

【請求項 11】

前記ルックアップテーブルシステムが、放射ひずみ及び接線ひずみの少なくとも 1 つに対してパラメータ化されている請求項 2 に記載の方法。

【請求項 12】

前記ルックアップテーブルを構築する工程が、画像セットから得たデータをパラメータ化されたカメラモデルに適合させることによって、較正を精密化することを含む、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 13】

ルックアップテーブルを構築する工程が、カメラモデルに基づき 1 つ以上のパラメータ値を補間することを含む、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 14】

マルチチャネルイメージングシステムを較正する方法であって、

前記イメージングシステムの第 1 のチャネル用のモデルを割り出す工程、

画像データセットを得るとともに、前記画像データセットからのデータを前記モデルに適合することによって、第 1 のチャネルを較正する工程、及び

前記画像データセットの 1 つ以上の視差値を既知の深度にマッピングすることによって

10

20

30

40

50

、第2のチャンネルを校正する工程を含む、方法。

【請求項15】

前記モデルが、少なくとも1つの深度依存性項目を含む、請求項14に記載の方法。

【請求項16】

前記第1のチャンネルが、前記イメージングシステムのセンターチャンネルである、請求項14に記載の方法。

【請求項17】

前記第2のチャンネルが、前記イメージングシステムのオフセンターチャンネルである、請求項14に記載の方法。

【請求項18】

前記モデルは前記イメージングシステムの既知の特性が採用されており、前記既知の特性が、ひずみ、光軸、焦点距離、主点距離、及び主点位置のうちの少なくとも1つを含む、請求項14に記載の方法。

【請求項19】

前記第2のチャンネルを校正する工程が、前記画像データセットから得たデータをワールド座標系内の少なくとも1つのX、Y、Z点にマッピングすることを含む、請求項14に記載の方法。

【請求項20】

複数の光学チャンネルであって測定容量内の点に画像データを提供する光学チャンネル、メモリ内に格納されているルックアップテーブルであって深度依存性モデルの1つ以上のパラメータが格納されているルックアップテーブル、及び

前記画像データと前記ルックアップテーブルとから得た1つ以上のパラメータを適用して、校正アウトプットを復元させるように構成されているプロセッサを備える、イメージングシステム。

【請求項21】

前記校正アウトプットが、深度を含む、請求項20に記載のイメージングシステム。

【請求項22】

前記校正アウトプットが、カメラ座標系内の3次元データを含む、請求項20に記載のイメージングシステム。

【請求項23】

前記画像データの1つ以上の視差値によって、前記ルックアップテーブルにインデックスが付してある、請求項20に記載のイメージングシステム。

【請求項24】

1つ以上の処理メッシュ座標によって、前記ルックアップテーブルにインデックスが付してある、請求項20に記載のイメージングシステム。

【請求項25】

前記複数の光学チャンネルが、センターチャンネルを含む、請求項20に記載のイメージングシステム。

【請求項26】

イメージングシステムの校正を精密化する方法であって、

1つ以上の既知のパラメータを有する3次元物体を含む測定容量から画像データを取得する工程、

前記画像データ内の前記3次元物体の第1の投影輪郭を識別する工程、

前記1つ以上の既知のパラメータと前記イメージングシステムのモデルを用いて前記3次元物体の第2の投影輪郭を分析的に割り出す工程、及び

前記第1の投影輪郭と前記第2の投影輪郭の偏差を最小化することによって、前記イメージングシステムの校正を精密化する工程を含む、方法。

【請求項27】

前記3次元物体が球体であり、且つ前記1つ以上の既知のパラメータが、前記球体の半径を含む、請求項26に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 28】

平面、

前記平面上で既知の位置を有する複数の基点、及び

前記複数の基点間のランダムパターンを備える、校正ターゲット。

【請求項 29】

前記複数の基点が、中央基点及び方形グリッド上に規則正しい間隔で並んでいる複数の追加の基点を含む、請求項 28 に記載の校正ターゲット。

【請求項 30】

前記複数の基点の少なくとも 1 つと前記ランダムパターンが、前記平面上に投影されている、請求項 28 に記載の校正ターゲット。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】****1. 発明の分野**

本発明は、3次元スキャニングに関するものであり、さらに具体的には、3次元データ抽出時のアーチファクトに対処するための技法に関するものである。

【0002】**(関連出願)**

本出願は、2005年9月22日申請の米国出願第60/720,238号、2006年1月20日申請の米国出願第60/760,902号、及び2006年2月22日申請の米国出願第60/775,643号という同一所有者による米国暫定特許出願の優先権を主張するものであり、これらの特許の各々は、参照することにより全体が本明細書に組み込まれる。

【背景技術】**【0003】****2. 関連技術の説明**

3次元イメージング用データの収集には一般に、例えばイメージング対象、周囲条件、並びにデータ収集の際に用いる光学及び電子システム固有の特性に関わるアーチファクトが伴う。

【0004】

一般的な校正技法では、イメージングシステムの非理想的性状の数学モデリングとともに、既知のターゲットの直接測定を用いて、このようなエラーを特性化することができる。大きな欠点としては、モデリング技法は、特性化上の難題をもたらす可能性があり、イメージングアーチファクトの実際のソースを捕捉できない場合がある。逆に、ブルートフォース校正では多大な時間を要す場合があり、典型的には特殊な高感度ハードウェアプラットフォームが必要になる。ブルート校正は、また、とりわけ3次元イメージングで用いる多次元データセットで、大容量の校正ファイルをもたらす。これらの既存の選択肢から選定するには一般に、校正するシステムの特性に左右されることになり、通常は、ある程度の設計上の妥協を余儀なくされる。1つ以上の光学チャネルを備えたマルチアパーチャデバイス及びその他のシステムでは、校正に影響を及ぼす異なる特性を各チャネルがもたらす場合があるため、適切な校正レジームの選定がさらに困難になる場合がある。

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

1つ以上の光学チャネルを備えた光学デバイス、例えば、マルチアパーチャイメージングシステムとともに用いるのに適した、改良された校正技法に対するニーズが依然として存在している。

【課題を解決するための手段】**【0006】**

3次元イメージングシステムの性能と校正は、例えば、 x 変位、 y 変位、及び/又は、

10

20

30

40

50

画像視差データに従って深度を定める目的でモデルベース校正及びルックアップテーブルを用いることによって、向上する。ある実施形態では、ルックアップテーブル（単数又は複数）には、校正結果を計算するための局所的パラメータ化データを収納している。

【発明を実施するための最良の形態】

【0007】

以下では、3次元イメージングシステムを校正する技法について説明する。ルックアップテーブルと校正技法については、視差情報を利用して深度を修復する特定のマルチアパーチャシステムに関連させて説明するが、当業者には変形物と代替的实施形態が明らかであるとともに、変形物と代替的实施形態が本開示の範囲内に含まれることを意図していることが分かるであろう。例えば、あるシステムでは、深度のエンコード及び較正值の計算の際に用いるパラメータの体系化及び読み出しを行うのに適している時間、空間周波数成分の相違、又はその他のいずれかの基準を用いてもよい。

10

【0008】

以下の説明文では、「画像」という用語は一般に、像平面内に対象物の2次元像を形成する2次元ピクセル一式を指す。「画像セット」という用語は一般に、3次元データに変換されることになるとされる関連2次元画像一式を指す。典型的には、（必ずしも当てはまるわけではないが、）この用語には、異なるカメラ若しくはアパーチャを用いて実質的に同時に捕捉した対象物の2つ以上の画像、又は異なる時間で同じアパーチャから捕捉した対象物の2つ以上の画像が含まれるであろう。「ポイントクラウド」という用語は一般に、多数の2次元像から復元される対象物の3次元像を形成する3次元の点一式を指す。3次元画像捕捉システムでは、多数の前記ポイントクラウドをレジスタ及び合成して、移動カメラ（又は移動対象物）によって捕捉した画像から構築されているポイントクラウドの集合体にしてもよい。したがって、別の意味が明確に指示されているか又は文脈から明白である場合を除き、ピクセルとは一般に2次元データを指し、点とは一般に3次元データを指すことが分かるであろう。

20

【0009】

図1は画像捕捉システムを示している。一般に、システム100には、視野106内にある対象物104の画像を捕捉するスキャナー102を搭載してよく、さらにシステム100は画像をコンピュータ108に転送し、コンピュータ108には、ディスプレイ110と1つ以上のユーザ入力用デバイス、例えば、マウス112又はキーボード114を搭載してよい。

30

【0010】

スキャナー102には、3次元ポイントクラウドの復元元となると思われる画像を捕捉するのに適しているいずれかのカメラ又はカメラシステムを搭載してよい。例えば、カメラ102には、例えばハート（Hart）らに対する米国特許公開第20040155975号に開示されているようなマルチアパーチャシステムを採用してよく、前記特許のすべての内容は参照することにより本明細書に組み込まれる。ハート（Hart）は1つのマルチアパーチャシステムを開示しているが、当然のことながら、多数の2次元画像から3次元ポイントクラウドを復元させるのに適しているいずれかのマルチアパーチャ、マルチビュー、マルチカメラ、又はその他のマルチチャネル光学システムを同様に用いてよい。マルチアパーチャの実施形態の1つでは、スキャナー102には、レンズの中心光軸及びいずれかの付属の画像ハードウェア沿いのセンタアパーチャといった複数のアパーチャを搭載してよい。これに加えて、または、これに代えて、スキャナー102には、微妙に異なる多数の透視図から対象物の2次元画像を得るために多数のカメラ又は光パスをそれぞれ一定の関係に保つステレオスコープカメラ、トリスコープカメラ又はその他のマルチカメラ若しくはその他の構成を搭載してもよい。スキャナー102には、1つの画像セット又は多数の画像セットから3次元ポイントクラウドを抽出させるのに適している処理を搭載してよく、又は各2次元画像セットを、以下で説明するコンピュータ108に内蔵されているような外部プロセッサに送信してよい。別の実施形態では、スキャナー102では、3次元データ、又は3次元データに変換することができる2次元データを収集するのに

40

50

適している構造光、レーザースキャニング、直接測距、又はその他のいずれかの技術を採用してよい。１つの実施形態では、スキャナー１０２は、自由に位置づけ可能な手持ち式のプローブのうち、ユーザーが画像捕捉システム１００を制御するための、例えば、起動させたりスキャンを停止させたりするためのユーザー入力用デバイス、例えば、ボタン、レバー、ダイヤル、サムホイール、スイッチなどを少なくとも１つ備えているプローブである。

【００１１】

図１には示されていないが、当然ながら、画像捕捉中に、多数の補助照明システムを有用な形で用いてもよい。例えば、対象物１０４を照らす１つ以上のスポットライト、環状ライト、又は、同軸照明源によって周囲照度を上昇させて、画像収集を高速化するとともに、被写界深度（空間分解能の深度）を向上させてよい。これに加えて、または、これに代えて、スキャナー１０２に、ストロボ、フラッシュ、又はその他の光源を搭載して、画像収集中に対象物１０４を照らすのを補うか、又は異なるスペクトルバンドの照明をもたらしてよい。

10

【００１２】

対象物１０４は、いずれかの物体、物体の集合体、物体の一部、又はその他の対象物にしてよい。図１では、単純な幾何学的形状として図示されているが、対象物１０４には、これよりもはるかに複雑な表面、及びいずれかの数の別々の要素が備わっていてもよい。例えば、歯科用イメージング用途では、対象物１０４としては、歯、歯の四半部、又は対向する２つの歯列弓（ここから印象材をとるのが望ましい）が含まれている歯群全体が挙げられる。これに加えて、又は、これに代えて、対象物１０４としては、歯科補綴物、例えば、インレイ、クラウン、若しくはその他のいずれかの歯科補綴物、インプラント、又は同等物が挙げられる。対象物１０４としては、歯科用模型、例えば、１本の歯、複数の歯、軟組織の石膏模型、ワックスアップ、凹凸が逆の印象、又はこれらの組み合わせが挙げられる。特定の例では、３次元の点の捕捉を向上させる目的で、光学的又は非平滑化造影剤を対象物１０４の表面に塗布してよい。別の実施形態では、対象物１０４は、ヒトの頭、又はその一部であってよく、補聴器、眼鏡、ゴーグルなどの用途では、ヒトの頭、又はその一部から取った３次元模型が望ましい。別の実施形態では、対象物１０４は、ミニチュアなど、デジタルアニメーションで用いる物体の物理的模型、３次元デジタルアニメーションプロセスで用いる物理的模型にしてよい。前記の例から、本明細書に記載されている技法を用いるシステムは、レンジが比較的狭い高解像度の３次元画像の収集を目的とした幅広い用途にうまく適応するであろうことが分かるであろう。ただし、マルチアパーチャ又はマルチカメラシステム、並びにその他の３次元イメージングシステム及び技術をベースとするその他のさまざまな３次元イメージング用途に対して、画像捕捉システム１００への適切な適合がなされられると思われ、またこのような変形物がすべて、本開示の範囲内に含まれることを意図していることは、当業者であれば分かるであろう。

20

30

【００１３】

視野１０６としては、カメラ１０２の２次元視野を挙げてよい。「視野」という用語は、本段落で使用する場合、画像を捕捉する光学センサー（フィルム又はセンサーなど）内の平面ではなく、イメージング環境内の平面を指すことが分かるであろう。視野１０６は、矩形で図示されているが、スキャナー１０２によってもたらされる、例えば、正方形、円、又はその他の形状を形成してよい。一般に、スキャナー１０２には、被写界深度又は深さ分解能レンジが備わることになり、視野１０６とともに、被写界深度又は深さ分解能レンジによってスキャナー１０２の測定容量が決まる。被写界深度は、周辺光などの環境条件に応じて変わるであろう。

40

【００１４】

コンピュータ１０８は、例えば、パーソナルコンピュータ又はその他の処理デバイスであってよい。１つの実施形態では、コンピュータ１０８としては、デュアル２．８ＧＨｚ オプテロン（Opteron）中央演算処理装置、２ギガバイトのランダムアクセスメモリ、タヤンサンダー（TYAN Thunder）Ｋ８ＷＥマザーボード、及び２５０ギガバイト、１２５６

50

・6rad/秒(10,000rpm)のハードドライブを備えているパーソナルコンピュータが挙げられる。このシステムを動作させて、本明細書に記載の技法を用いて、リアルタイムで1画像セット当たり約1,500個の点を捕捉するとともに、100万個超の点から成る集合体のポイントクラウドを保管させてよい。もっと性能の高い市販のハードウェアを用いる別の実施形態では、リアルタイムで1画像セット当たり約3,000個の点を捕捉することができる。特定の実施形態における1画像当たりの点の数は、センサー及びその他のイメージングハードウェアの密度及び構成などの要因の数によって変わるであろう。さらに一般的には、対象物104のサイズ、画像収集速度、及び3次元の点の所要空間分解能によって、コンピュータ108の処理能力が変わるであろう。コンピュータ108には、カメラシステム100とのユーザインタラクション用として、キーボード114、ディスプレイ110、及びマウス112などの周辺機器を含めてもよい。ディスプレイ110は、ディスプレイ110との直接的かつ物理的なインタラクションを通じてユーザ入力を受信可能なタッチスクリーンディスプレイにしてよい。

【0015】

コンピュータ108とスキャナ102の間の通信では、例えば、有線接続、あるいは、例えば、IEEE802.11(無線イーサネット(登録商標)としても知られている)、ブルートゥース、又は例えば、無線周波、赤外線、若しくはその他の無線通信媒体を用いるその他のいずれかの適した無線規格を基盤とする無線接続など、いずれかの適した通信リンクを用いてよい。医療上のイメージング又はその他の高感度用途では、スキャナ102から無線で画像をコンピュータ108に転送するようにしてよい。コンピュータ108では、スキャナ102に対する制御信号が生成されるようにしてよく、これには、画像収集コマンドに加えて、フォーカス又はズームといった従来型のカメラ制御を含めてよい。

【0016】

3次元画像捕捉システム100の一般的動作の例では、スキャナ102に2次元画像セットを収集させてよく、その一方で、スキャナ102を、対象物の表面の上を通過させる。3次元ポイントクラウドを抽出するために、この2次元画像セットをコンピュータ108に転送してよい。新たに収集した2次元画像セットの各々の3次元データは、多種多様の技法を用いて、抽出され、既存の3次元データへ適合化されてよい。このような技法のある有用な例の1つは、同一所有者による米国出願第11/270,135号(2005年11月9日申請)に記載されており、この特許の内容全体は、参照することにより本明細書に組み込まれる。ただし、この例は本開示を限定するものではなく、本明細書に記載の原理は、広範な3次元画像捕捉システムに適用してよいことは分かるであろう。

【0017】

図2は、上で説明したシステムのようなマルチアパーチャイメージングシステムの座標系を図示している。「マルチアパーチャ」という用語は、本明細書で使用する時、2つ以上のアパーチャ(又はピュールなど)を備えている単一のカメラ、若しくは2つ以上のシングルアパーチャカメラ、例えば、ステレオスコプイメージングで用いられるようなカメラ、又はこれらの何らかの組み合わせを指すことを意図していることが分かるであろう。一般に、カメラ206の視野204内の物体202には、ワールド座標

【数1】

$$\{X_w, Y_w, Z_w\}$$

カメラ座標

【数2】

$$\{X_c, Y_c, Z_c\}$$

及び画像セット座標

【数 3】

$$\{x_i, y_i, d_i(x_i, y_i)\}$$

があり、 i は、視野 204 の処理メッシュ内の 1 ~ N 点又はピクセルであり、 d_i は、多数のアーチャーに関して視野 204 内の点の変位を特性化する 1 つ以上の視差値が含まれている視差ベクトルである。視差ベクトルは、例えば、カメラ 206 のセンターチャネルがある場合、そのセンターチャネルに対する変位の観点で表現してよい。一般に、視差ベクトルは深度をエンコードし、さらに別の 3 次元イメージングシステムでは、この視差ベクトルの代わりに、深度をエンコードするその他の数量を 1 つ以上用いてもよい。視差ベクトル、視差値、及び視差データのような用語には、深度情報をエンコードする目的でシステムで測定されるいずれかの 1 つ以上のスカラー及び / 又はベクトル量が含まれると広く理解すべきである。

10

【0018】

従来型の較正では、ワールド座標は、回転及び / 又は変換を通じて、ハードウェアとともに一連の較正測定値を用いて特性化することができる未較正の画像セット座標と関連付けられると思われる。較正台（又は類似のハードウェア）を用いて、カメラ 206 に対してさまざまな既知の位置及び / 又は回転動作を通じて、パターンを有する平面ターゲットのようなターゲットを移動させる一方で、画像セット座標を捕捉すると思われる。数多くのモデルを用いて、画像セット座標データをカメラ座標（単一又は複数）と関連させることができる。同様に、較正ターゲットの位置が既知であり、ターゲットに、1 つ以上の識別可能な特徴が備わっている場合、測定容量内の点は、ワールド座標の

20

【数 4】

$$X_w, Y_w, \text{及び}, Z_w$$

の各値と直接関連させることができる。このような較正の一般的な目的は、カメラ 206 から対象物 202 上の点までの実際の距離を動作中に割り出せるようにすること、又は対象物上の点のワールド座標又はカメラ座標を割り出すことである。

【0019】

図 3 は、ルックアップテーブルを構築及び利用するプロセスを示している。概要では、工程 301 に示されているように、初期較正で、既知のターゲットから多数の較正サイクルで画像データを収集する。この較正は、次の処理工程 302 で精密化してよく、得られた結果は、工程 304 に示されているように、較正システムから入手可能な実際の位置データ（例えば、既知のターゲット位置及び / 若しくは配向、又はポイントのカメラからの既知の距離）と併せて、得られた画像（例えば、スキャナーから得たデータ、及び / 若しくはスキャナーから得た視差データ又は深度情報をエンコードするその他のデータ）を用いて、パラメータ化してよい。較正システムから得られる実際の位置データとしては、較正具から供給されるか、若しくは 1 つ以上の較正サイクル中にターゲットの処理を通じて得られるか、又はこれらの何らかの組み合わせによって得られる位置データが挙げられる。工程 305 に示されているように、パラメータ化された結果を用いて、ルックアップテーブルを構築してよい。最後に、工程 309 に示されているように、ルックアップテーブルを用いて、画像捕捉システムによって捕捉した 2 次元画像から 3 次元データを抽出してよい。一般に、このプロセスの目的は、3 次元データの真の結果を得ることであり、その結果は、有益なことに、例えば、ルックアップテーブルの利用を通じてリアルタイムの較正済み 3 次元結果を得るためのシステムとして実現させてよい。

30

40

【0020】

ここで、工程 301 の較正データの初期収集について、さらに詳細に説明する。既知のターゲットからのデータ収集は、ターゲットを所定の距離分、各較正サイクル用の計器の方に移動させる制御された較正台を用いて行ってよい。例えば、較正台は、各較正サイクル用の計器に 25 ミクロン近づくようにターゲットを移動させるようにしてよい。それぞれの距離で、画像セット座標を得てよい。カメラ 206 には、センターアーチャーを搭載

50

してよく、この場合、較正測定値を用いて、カメラの外部パラメータ、すなわち、一連の点集合に関するワールド座標からカメラ座標への回転及び変換を捕捉させてよい。より一般的には、マルチアパーチャデータは、異なるアパーチャの点の、基準座標系の該当点（例えば、センターアパーチャ）からの変位を特性化する視差ベクトルとともに、各センサーの座標系内の x 及び y 座標として表現してよい。較正は、基準座標系上で、例えば、センターチャンネル又はセンターアパーチャから行ってよく、得られたルックアップテーブルを用いて視差データを X 、 Y 、 Z 座標に変換してよい。

【0021】

さまざまな有用なターゲットを用いてよい。例えば、市松模様又はその他のターゲットを用いてよい。一般に、イメージングシステムを較正するには、明確な中央機構又はその他の基準を備えているターゲットが望ましい。ランダムパターンを用いて画像視差領域を特性化してもよい。多数の基点、例えば、基点間のランダムパターンとともに、方形グリッド上に均一に分布している9個の点などのハイブリッドターゲットを用いてもよい。これによって、他のカメラ較正とともに、画像処理アルゴリズム（点ベースではなくエリアベースのアルゴリズムなど）のアーチファクトの処理を担うルックアップテーブルの構築が可能になる。このようなターゲットによって、例えば、センター画像とサイド画像の相関性、並びにサイド画像間の相関性が可能になる。例えば、基点の既知の配列を用いて、（例えば、センターチャンネル画像から）カメラ座標系内のターゲットの位置を復元させてよく、さらにランダムパターンを用いて、サイドチャンネル画像を用いて平面点を復元させてよい。復元させた平面点には、平面を直角に搭載してよく、搭載させた平面からの直交距離によって、（例えば、視差推定、ルックアップテーブルなどのノイズを背景として、）イメージングシステム内のノイズの測定値を提供する。ルックアップテーブルの検証については以下でさらに詳細に論じるが、この文脈では、基点を用いて識別する平面と、ルックアップテーブルシステムをハイブリッドターゲットのランダム要素に適用することによって識別する平面の相違が、本明細書に記載のシステムと方法に従って作成した特定のルックアップテーブルの妥当性確認又は検証機能を果たすであろうことに留意するべきである。

【0022】

基点内で複数のランダムパターンを用いることによって、好都合なことに、較正プロセス中の揺らぎノイズを減少させるためにアンサンブル平均視差の計算も可能になる。1つの実施形態では、ランダムノイズ及び/又は基点などのターゲットパターンは、ターゲット上に投影、例えば、ホログラフィックディフューザ上のデジタルデータプロジェクターによって逆投影させて、1つの較正サイクル内で、又は多数の較正サイクルにわたって、異なるパターンを利用可能にしてよい。

【0023】

1つの態様では、第1の較正は、任意の平面又は3次元較正ターゲットの位置及び配向を用いて行ってよい。標準的な較正技法を用いて行ってよいこの第1の工程を用いて、深度依存性項目の復元なしに較正を行ってよい。

【0024】

この較正は、工程302で示されているように、精密化してよい。第2の較正では、任意かつ未知の配向、及び任意かつ未知の方向の既知のステップインクリメント（例えば、200ミクロン）を有する一連の平面較正ターゲットを用いてよい。平行なターゲット運動の仮説（及び、実質的に平行なターゲット運動をもたらす当該較正ハードウェア）を用いることによって、第2の較正工程を用いて、深度依存性項目などの2次元の幾何学ひずみモデルを復元させてよい。これに加えて、このプロセスを用いて、ターゲットの配向と動作を復元させてよく、これによって、好都合なことに、当該較正ハードウェアに対する制限が緩和されると思われる。この較正技法は、良い性質を持っている光学チャンネル（例えば、上述のセンターチャンネル）、すなわち、パラメータ化に適した1つ以上の既知のひずみモデルに適合しているチャンネルを少なくとも1つ備えている光学システムで有効に用いてよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 5 】

典型的には、ルックアップテーブルの作成のための較正サイクルでは、システムの所望の解像度又は所望の解像度の近辺でZインクリメントを用いて、測定容量全体をサンプリングしたものであった。しかし、視差と、例えば、既知の幾何学的焦点はずしベースの式によって左右される深度の間に、綿密に制限されている関係がある場合、既知の関数によって視差と深度点を適合させた後に、等距離視差値を有する緻密なルックアップテーブルを構築することができる。したがって、1つの態様では、イメージングデバイスで既知の幾何学的焦点はずしを用いて較正済み距離測定値を得るために、緻密なルックアップテーブルを抽出する技法が開示されている。視差と、所定の幾何学的焦点はずしベースの式によって左右される深度の間に、綿密に制限されている関係があるとすると、上述の技法を用いて視差と深度点を十分適合させた後に、緻密なルックアップテーブルを等距離視差値によって分析的に構築させることができる。逆の言い方をすると、低解像度でルックアップテーブルベースシステムの視差 / 深度スペースをサンプリングできるとともに、最大解像度のルックアップテーブルを分析的に構築することができる。

10

【 0 0 2 6 】

較正は、例えば、Z依存性ひずみモデルによって平行ターゲットの制約を行うことによって精密化してよい。このような較正の精密化の成果としては、関連視差データとともに、カメラ座標系内の一連の点が挙げられる。精密化の1つの態様では、Z依存性ひずみパラメータを割り出してよい。精密化の別の態様では、較正済みアウトプットを得るのに有用な別のモデルパラメータ、例えば、カメラ焦点距離、像平面又は処理メッシュx依存性項目、像平面又は処理メッシュy依存性項目などを抽出してよい。視差は、良い性質を持っているチャンネル（例えば、マルチアパーチャシステムのセンターチャンネル）で一定の処理メッシュ上に挿入して、通常完全較正と関連付けられている処理時間を短縮させてよい。

20

【 0 0 2 7 】

原則として、収集画像のZ依存性ゆがみは、光学システムを通じてさまざまなレンズ及び / 又は軸外レイパスによって導入できると理解される。光学システムのひずみは典型的に、放射及びオフセンターひずみがその大半を占めており、大半のカメラ較正の目的ではこれで十分であるが、深度依存性ひずみは、正確なカメラ較正のために重要と思われる。1つの態様では、特定の主要項目、例えば、放射ひずみには第1の較正によって対処されてよく、さらに1つ以上の深度依存性項目は、次の較正精密化の際に加えられることができる。

30

【 0 0 2 8 】

工程304で示されているように、較正サイクルの結果は、ルックアップテーブルをより容易かつ柔軟に活用する目的でパラメータ化してよい。多数のパラメータ化モデルを有用な形で用いてよい。以下の例では一般に、ルックアップテーブルのインプットとして視差ベクトルを用いているが、取得データからz値を計算してよく、さらに後に続く処理に適して適合させるとともに、収集画像から得たx、y、及び（計算済みの）z値を代わりにルックアップテーブルのインデックスとして用いてよいことが分かるであろう。

【 0 0 2 9 】

40

較正結果をパラメータ化するには、各較正ターゲット位置 / 配向から得たデータを、カメラの視野の処理メッシュ内の各x及びy位置の視差値が含まれている1つの配列、又は多数の配列として特性化してよい。x軸視差（視野に対するもの） d_x 、y軸視差（視野に対するもの） d_y 、又は視差ベクトルの大きさ $|d|$ といった視差のスカラー特性は、取得データの1つ以上の実際のカメラ座標系とともに、データ点として保管してよい。この方法で保管する場合、ルックアップテーブルは、以下でさらに詳細に説明するように、カメラ座標

【 数 5 】

$$\{X_c, Y_c, Z_c\}$$

50

のダイレクトルックアップとして活用してよい。

【 0 0 3 0 】

別の実施形態では、Z 値などの実際の値は、視差パラメータ（上記のスカラー視差量のうちの 1 つなど）と、例えば、これらの変数の関係を数学モデリングする曲線適合法を用いて関連付けてよい。y 軸視差の経験的ローカルデータに相当する 1 つの有用な例では、Z は、以下のように、 d_y （ d_x 、又は $|d|$ も適切な形で用いることができるであろう）と関連付けられている。

【 数 6 】

$$Z(x, y) \propto \frac{1}{d_y(x, y)} \quad \text{[式 1]}$$

10

また、データを以下の一般的関係に適合させてよい。

【 数 7 】

$$Z(x, y, d_y) = \frac{p_1(x, y)}{p_2(x, y) + d_y(x, y)} + p_3(x, y) \quad \text{[式 2]}$$

d_y （像平面内の一定の（x、y）におけるもの）のパラメータベクトルは以下のよう
に表される。

【 数 8 】

$$\mathbf{p}(x, y) = [p_1(x, y) \quad p_2(x, y) \quad p_3(x, y)]^T \quad \text{[式 3]}$$

20

Z 値は、以下の関係から決まる。

【 数 9 】

$$Z(d_y(x, y), \mathbf{p}(x, y)) = \frac{p_1(x, y)}{p_2(x, y) + d_y(x, y)} + p_3(x, y) \quad \text{[式 4]}$$

この例では、式 3 のパラメータベクトル

【 数 1 0 】

p

は、x、y、及び d_y に従ってインデックスを付したルックアップテーブルに保管させて、式 4 のパラメータを得るために未校正画像結果を適用できるようにでき、次に、式 4 のパラメータを用いて Z の値を計算してよい。この文脈では、Z はおおむね、深度変数を指すと理解され、この深度変数は、特定の実施態様ではワールド座標、カメラ座標、カメラ深度、又は深度データを反映しているその他のいずれかの適切な量に相当すると理解される。y 座標視差の選定は一例にすぎず、本開示の範囲を限定するものではないとも理解されるべきである。同時に、特定の物理的カメラシステムは、主に y 依存性視差ベクトルを示すと思われる、このような場合、アパーチャは、処理メッシュの y 次元に沿って同一線上に配向する。さらに一般的には、カメラシステムの物理的属性（例えば、ビュービル収差）は、一貫したひずみ、例えば、マルチアパーチャカメラのセンターアパーチャに相当する光心から測定した Z 依存性放射又は接線ひずみを示唆する。パラメータ化モデルは、校正データ収集結果を 1 つ以上の該当するモデルに適合させることによって、このような既知の規則正しいパターンを明らかにし、つまり、ルックアップテーブルのコンパクト化、校正測定値の削減、又はこれらの両方を提供する。別の態様では、第 1 の巨視的校正は、続いて行われる精密な校正工程でパラメータ化に加わる追加の項によって、Z 依存性放射又は接線方向のひずみに対処する。

30

40

【 0 0 3 1 】

別の実施形態では、パラメータ面そのものをモデリングしてよい。パラメータ面が比較的単純なモデルに従う場合（カメラシステムによって、識別可能な点又は領域の周辺に、一貫した x、y、及び θ 又は z ひずみが生成されるケース）、パラメータ化させたパラメータモデルは、物理メモリ又は記憶の点から見ると、ルックアップテーブル校正システム

50

のサイズを実質的に縮小させる。この文脈では、明らかに、上述の画像捕捉システム 100 の実施形態の z 依存性ひずみ成分に、以下の形状の主要項目が含まれていることに留意されたい。

【数 11】

$$\delta_z(Z) \cong \kappa_1 + \frac{\kappa_2}{Z} + \kappa_3 \cdot Z \quad [\text{式 5}]$$

【0032】

工程 305 で示されているように、ルックアップテーブル、又はさらに一般的には、ルックアップテーブルシステムは、較正テストの結果を 1 つ以上のモデルに適合させて、いずれかの適したフィッティング、誤差の最小化、又はその他の技法を用いて、上で説明したモデルパラメータを得ることによって、上記の較正データ及びモデルのために作成してよい。ルックアップテーブルの構築は、特定の実施態様によって変わり、前記実施態様の一部については、以下でさらに詳細に論じる。一般的な命題として、画像捕捉システムのためのルックアップテーブルの実施態様は、画像捕捉システムから新たに収集したデータを、イメージング対象物上の表面の点の座標データに関連付けるためのメカニズムを提供するであろう。大きな利点として、この方法で画像システムを較正することによって、視差値をオブジェクトスペースデータに関連付ける際に用いるカメラモデルのローカライゼーション、又は言い換えれば、さらに汎用性の高いパラメータ化モデルに従う一連のローカルモデルの作成が可能になる。

【0033】

工程 306 で示されているように、ルックアップテーブル又はルックアップテーブルシステムは、多くの技法を用いて検証及び / 又は強化してよい。

【0034】

1 つの一般的なアプローチでは、ルックアップテーブルベースのモデルは、較正済みシステムをさまざまな制御条件又はオブジェクトにさらすとともに、得られたアウトプットの正確性を測定することによって検証することができる。上で述べたようなハイブリッドターゲットは、既知の位置に配置してよく、較正済みシステムから得た当該画像の結果をターゲットの予想結果と比較してよい。さらに、又は代わりに、この比較結果をフィードバックしてルックアップテーブル（単数又は複数）を精密化してよい。別の態様では、ルックアップテーブルベースシステムから得たポイントクラウドアウトプット内のノイズによって、システム及び / 又はルックアップテーブル全体のノイズを識別する。

【0035】

さまざまなパターンを有する平面ターゲットは、較正システムに 1 つの有用な媒体を提供するが、さらに、又は代わりに、さまざまな形状を有するターゲットを（ルックアップテーブルの構築及び検証の双方で）用いてよいと理解するものとする。例えば、球体、錐体、又はその他の形を用いてターゲットに次元性をもたらしてよく、較正済みシステムを用いてターゲットの（既知の）次元特性を測定することができる。したがって、検証プロセスの例では、球体の画像を 1 つ以上収集してよく、収集したデータを用いて前記球体の半径を計算するとともに、既知の値と比較してよい。さらに、又は代わりに、この比較結果をフィードバックしてルックアップテーブル（単数又は複数）を精密化してよい。

【0036】

別の方法で球体のような形を用いて、ルックアップテーブルベースの較正を検証又は確認してよい。例えば、イメージングシステムの測定容量内の球体又はその他の形をしている物体、及び / 又はそれらの一部では、既知の技法が用いられている輪郭検出を適用して、前記物体の外縁部、すなわち、像平面上の物体の投影を確認してよい。球体の例を用いると、円を検出するとともに、上で述べたような z 依存性又は z 非依存性カメラモデルとともに、球体位置とカメラ位置に基づいて分析的に割り出してもよい。球体位置の測定値は、輪郭の分析値と測定値が収束する（例えば、エラー又は偏差を最小化する）球体のパラメータについて反復して最適化することによって計算してよい。したがって、1 つの態

様では、2次元画像から3次元物体の第1の輪郭を収集し、3次元物体の第2の輪郭を、2次元画像の像平面内の3次元物体の投影に関して分析的に割り出し、第1の輪郭と第2の輪郭を2つ以上の変形物にわたって、3次元物体のパラメータと反復して比較する較正検証法が開示されている。前記反復比較では、第1の輪郭と第2の輪郭の間の偏差について評価し、さらに具体的には、これらの輪郭の間の偏差を最小化する目的で評価する。1つの実施形態では、3次元物体は球体であり、パラメータは球体の半径である。別の実施形態では、パラメータは球体の位置である。2つ以上のパラメータを変えてよい。第2の輪郭を分析的に割り出す工程には、イメージングシステムの1つ以上のカメラモデルを適用することを含めてよい。同様の技法は、例えば、錐体、ピラミッド、段差のあるピラミッドなどに適用してよい。さらに、上記の説明は一般に、センターチャネルのモデリングに関するものである（ただし、これに限らない）が、本明細書に記載されているモデルベースの確認技法は、マルチアパーチャシステムの1つ以上のサイドチャネルのようないずれかのチャネルに適用するのに適していると思われる。ただし、チャネルを十分うまくモデリングさせて予想結果の分析測定を可能にする場合に限る。

10

20

30

40

50

【0037】

プロセス330で概略的に示されているように、ルックアップテーブル又はルックアップテーブルシステムは、新たな画像データ、例えば、画像捕捉システム100から得た画像セットに適用して、収集した画像の高速較正を実現させてよい。ひとたび構築したら、ルックアップテーブルの利用は、ルックアップテーブルから得た結果へのダイレクトアクセス、又は適した又は所望のいずれかの線形、又はその他の補間とともにルックアップテーブルから得たパラメータを用いる比較的単純な計算、又はこれらの組み合わせに関して、容易であると思われる。

【0038】

さらに具体的には、ルックアップテーブルの利用は、工程307で示されているように、画像収集システムからデータを捕捉することから始めてよい。工程308で示されているように、当該技術分野で既知のさまざまな技法を用いて、マルチチャネル（又はマルチカメラ）イメージングシステムの1つ以上のチャネルについて視差データを取得してよい。視差データには一般的に、処理メッシュ位置と、前記位置の1つ以上の視差量が含まれており、ただし、深度情報をエンコードするための別の技法も知られており、その別の技法を本明細書に記載のシステム及び方法とともに有用な形で用いてもよい。

【0039】

工程309及び310で示されているように、イメージングシステムから得たデータをルックアップテーブルシステムに適用して、較正結果を抽出させてよい。ルックアップテーブルシステムは、例えば、実行に関する基本デザイン設定のいずれか、及び/又は特定の較正インプリメンテーションの特性から実現すると思われる処理若しくはメモリの改善に従って、例えば、インデックス、ベクトル、パラメータ、及び/又はパラメータ化パラメータを用いて多数の配置に適合させてよい。一般に、ルックアップテーブルの動作は、以下のように進行する。

【数12】

$$(i, j, k) \rightarrow LUT \rightarrow \{X_c, Y_c, Z_c\} \{X_c, Y_c, Z_c\}$$

【0040】

一般に、インデックス*i*及び*j*は処理メッシュ座標に相当し、*k*は視差データ（スカラー又はベクトル量）に相当し、上記のいずれかから計算したインデックスなど、インデックスの別の設定も可能であると理解するものとする。さらに、例えば、パラメータを復元させる中間ルックアップテーブル（続いて前記パラメータを用いて最終結果を計算するか、又は追加のルックアップテーブルのインデックスを計算してよい）など、ルックアップベーススキームに対するいずれかの数の変形物を用いてもよいことが分かるであろう。これに加えて、ルックアップベースシステム内で線形又はその他の補間を用いてよいことが分かるであろう。例えば、線形補間を適用して、隣接するルックアップテーブルの結果が

ら最終値を補間してよい。別の実施形態では、特定のモデルに適している場合、補間をインデックス又はパラメータなどの中間結果に適用してよい。補間では、透視投影などによる

【数 1 3】

$$\{X_c, Y_c, Z_c\}$$

の座標系内のデータの特有の分散を考慮してもよい。例えば、ある 1 つの点がルックアップテーブルの点の間にくる場合、距離加重補間は、特有の (x、y) 画像位置を横断する投影線を (補間を通じて) 見つけるとともに、別の補間によって前記投影線上の

【数 1 4】

$$\{X_c, Y_c, Z_c\}$$

の点を割り出すことによって対処することができるエラーを引き起こすと思われる。

【0 0 4 1】

上記の技法では、非常に多くの変形物、例えば、異なる校正ターゲット及びハードウェアの利用、異なるひずみ又はカメラモデルの利用、並びにさまざまな程度の経験的及び/又は理論的モデリングが考えられる。これに加えて、図 3 に描かれているプロセスに対する非常に多くの変形物が可能である。例えば、校正データを収集するとともに、結果をパラメータ化する工程は、複数回、例えば、各ターゲット位置につき 1 回行ってよく、また処理集約型の場合、複数のプロセッサ又は処理スレッドにわたって行ってよい。さらに、各校正サイクルの結果を用いて、次の校正サイクルを実行する前にルックアップテーブルにデータを読み込んでよい。1 つの実施形態では、校正精密化工程では、追加の制約を用いて、例えば、一連の同一平面配向性及び等距離ターゲットを利用して校正を向上させてよい。したがって、図 3 に描かれている、概念上は高レベルのプロセスフローは、本明細書に開示されている方法及びシステムを限定するか、又は当業者であれば理解できると思われる非常に多くの変形物及び修正物を制限するものとして理解すべきではない。このような変形物及び修正物はすべて、本開示の範囲内に入ることを意図している。

【0 0 4 2】

一例として及び限定しないものとして、図 4 及び 5 は、上述の技法が用いられている校正システム及びプロセスのさまざまな態様を図示している。

【0 0 4 3】

図 4 は、校正プロセスの態様を図示している。描かれているとおり、カメラ座標系 4 0 6 の Z 軸に相当する主点 4 0 4 があるセンターチャネル像平面 4 0 2 には、カメラ座標系 4 0 6 及びワールド座標系 4 1 0 内の位置を有する点がある校正ターゲット 4 0 8 の画像が含まれている。視差ベクトルなどの視差値 4 1 2 は、センターチャネル像平面 4 0 2 及び別の像平面 (図示なし)、例えば、サイドチャネル像平面からの点の変位を特性化する。視差値 4 1 2 としては、例えば、それぞれのチャネルの間の点の x 変位及び y 変位、あるいは、距離データをエンコードできるとともに、本明細書に記載の校正技法とともに用いることができるその他のいずれかの値 (単数又は複数) が挙げられる。検出と得られた校正を向上させる目的で、前記点は、隣接している黒と白の正方形で形成されている x 接合部であってよい。ただし、校正プロセス内の点として他の画像タイプを用いてよいと理解するものとする。本明細書に記載されているような Z 非依存性ひずみモデルを用いるセンターチャネルの初期標準参照校正に、図 4 に開示されている一般的な技法を採用してよい。

【0 0 4 4】

1 つの態様では、x 接合部を用いて校正を改善させることが開示されている。校正ターゲットとして市松模様盤 (x 接合部を含む) が広く用いられているが、x 接合部の非常に高い局所性から、このような x 接合部を利用することによって、焦点外の点で大きなエラーが発生する可能性があるとともに、無用な局所的アーチファクト、例えば、レンズの汚れ、引っかき傷、又はその他の物理的汚染から大きな影響を受ける可能性がある。焦点外

10

20

30

40

50

の点に関しては、精度は、捕捉画像内のブレの量に左右され、測定容量にわたってデータを捕捉する機能は、特定の画像捕捉の被写界深度に左右される。

【 0 0 4 5 】

このような状況では、較正は、像平面内の較正ターゲットとひずみのない点の間の平面射影制約と併せて、全体的制約、例えば、較正ターゲット上の多数のx接合部の共線性を用いて改善させてよい。このような制約を適用するために、x接合画像（さらに一般的には、ターゲット画像）は、システムに放射ひずみモデル、接線ひずみモデル、又はその他のいずれか既知のモデルを適用するなどすることによって、ひずみをなくす必要がある。続いて、画像を反らせてx接合位置を既知の共線性に適合させるなどすることによって、全体的制約（単数又は複数）を適用してよい。一般的な直交直線フィッティングアプローチを採用して、単一性を回避してよく、ひずみのない点を結ぶひずみのない線の交点は、いずれかの算出済みひずみパラメーターと併せて取得及び利用され、後に続く較正プロセスに備えて、ひずんだx接合部の位置を精密化することができる。ターゲットポイントとひずんだx接合部の位置の間の正確な（又は実質的に正確な）平面射影関係を強化することによって、ひずみ場の視差ベクトルが、ひずんだ点をひずみのない点と関連付けさせる。このひずみ場によって、イメージングシステムから得たひずみ画像の上で直接、後に続く動作が可能になると思われる。

【 0 0 4 6 】

得られた較正は有益なことに、較正がなければ交互に並ぶ黒と白の画像特性から生じる偏差を低減させるとともに、レンズ又はその他の表面上のよごれや引っかき傷など、光学的アーチファクトの較正に対する影響を低減させる。

【 0 0 4 7 】

ルックアップテーブルスイープとしては、上述のとおり、1つ以上の平行面414を通じて較正ターゲット408を移動させること、及びZ依存性ひずみなどのセンターチャネルカメラパラメータを精密化するためのデータを収集することが挙げられる。この較正精密化工程は、上記のルックアップテーブル生成のために、カメラ座標データポイントの準グランドトルース一式をもたらしと思われる。実施形態では、較正スイープは有益なことに、既知の間隔416と未知の方向418を有する較正ターゲット408の動作を用いて行ってよい。

【 0 0 4 8 】

図5は、較正プロセスのさらなる態様を図示している。較正プロセスでは、単レンズ、3チャネルイメージングシステム、又は3つの独立したカメラのセンターチャネル又は2つのサイドチャネルなどの第1の像面502、第2の像面504、及び第3の像面506が、較正ターゲット508（例えば、本明細書に記載の較正ターゲットのいずれかにしてよい）のルックアップテーブルスイープ中に視差情報を収集すると思われる。較正プロセス中、既知のカメラ座標を有する1つ以上の点510の視差データは、例えば、像平面（502、504、506）のうちの1つの処理メッシュ内のx及びy座標、並びに他の像平面内の視差データとして捕捉してよい。較正ターゲット508の各位置はさらに一般的には、一定の処理メッシュ上で補間される視差ベクトル（又はその他の視差データ）の場をもたらし。このデータから、視差データを深度に局所的にマッピングするルックアップテーブルを生成させてよい。適用時には、視差データに基づく較正座標の計算のためのパラメータを回復させるために、ルックアップテーブルを適用することができる。さまざまな実施形態では、ルックアップテーブルは、視差データの位置又は値によってインデックス付けしてよい。

【 0 0 4 9 】

したがって、本明細書にはルックアップテーブルの数多くの用途が開示されている。1つの実施形態では、2つの処理メッシュ座標及び視差値（特定の処理メッシュ座標の画像セットのデータ間のもの）などの画像データを、画像点のカメラ座標をもたらしルックアップテーブルのインデックスとして適用してよい。上記に対する非常に多くの変形物及び修正物が可能である。別の実施形態では、2つの処理メッシュ座標及び視差値などの画像

データを、第2のルックアップテーブルに較正インデックスをもたらすルックアップテーブルのインデックスとして適用してよい。位置データとしては、例えば、画像点のカメラからの距離、1つ以上のワールド座標、又は1つ以上のカメラ座標が挙げられる。別の態様では、パラメータ化されているルックアップテーブルの利用を通じて精度の向上を実現させるリアルタイム3次元画像捕捉システムが開示されている。

【0050】

本明細書に記載の3次元イメージング技法に適したハードウェア、ソフトウェア、又はこれらの組み合わせの中で上記のプロセスを実現させてよいことが分かるであろう。前記プロセスは、内部及び/又は外部メモリとともに、1つ以上のマイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、組込型マイクロコントローラ、プログラム可能なデジタル信号プロセッサ、又はプログラム可能なその他のデバイスの中で実現させてよい。加えて、又は代わりに、前記プロセスには特定用途向け集積回路、プログラム可能なゲートアレイ、プログラム可能なアレイ論理、又は電子信号を処理するように構成されているその他のいずれかのデバイスを含めてよい。さらには、前記プロセスは、上記デバイスのうちの1つの上で作動させるために格納、コンパイル、又は読み取られるCなどの構造化プログラミング言語、C++などのオブジェクト指向プログラミング言語、又はその他の高レベル又は低レベルなプログラミング言語（アセンブリ言語、ハードウェア記述言語、及びデータベースプログラミング言語並びに技術など）のいずれか、並びにプロセッサ、プロセッサアーキテクチャの不均一な組み合わせ、又は異なるハードウェアとソフトウェアの組み合わせを用いて作成したコンピュータ実行コードとして実現させてよいことが分かるであろう。同時に、処理は、多数の方法でカメラ及び/又はコンピュータにわたって分布させてよく、あるいは、すべての機能性を専用の独立した画像捕捉デバイスに統合させてもよい。このような順列と組み合わせはすべて、本開示の範囲内にあることを意図している。

10

20

【0051】

特定の好ましい実施形態と関連させながら本発明を開示してきたが、当業者であれば別の実施形態を認識するであろうし、そのような変形物、修正物、及び代用物は、本開示の範囲内に含まれると意図している。したがって、本明細書に記載されている発明は、法律によって、広義で許されていると理解するものとする。

【0052】

本発明及び以下の本発明の特定の実施形態の詳細な説明は、以下の図を参照することによって理解してよい。

30

【図面の簡単な説明】

【0053】

【図1】3次元イメージングシステムを示している。

【図2】3次元イメージングシステムの座標系を図示している。

【図3】ルックアップテーブルの構築及び利用のプロセスを示している。

【図4】較正プロセスの態様を図示している。

【図5】較正プロセスの態様を図示している。

【図 1】

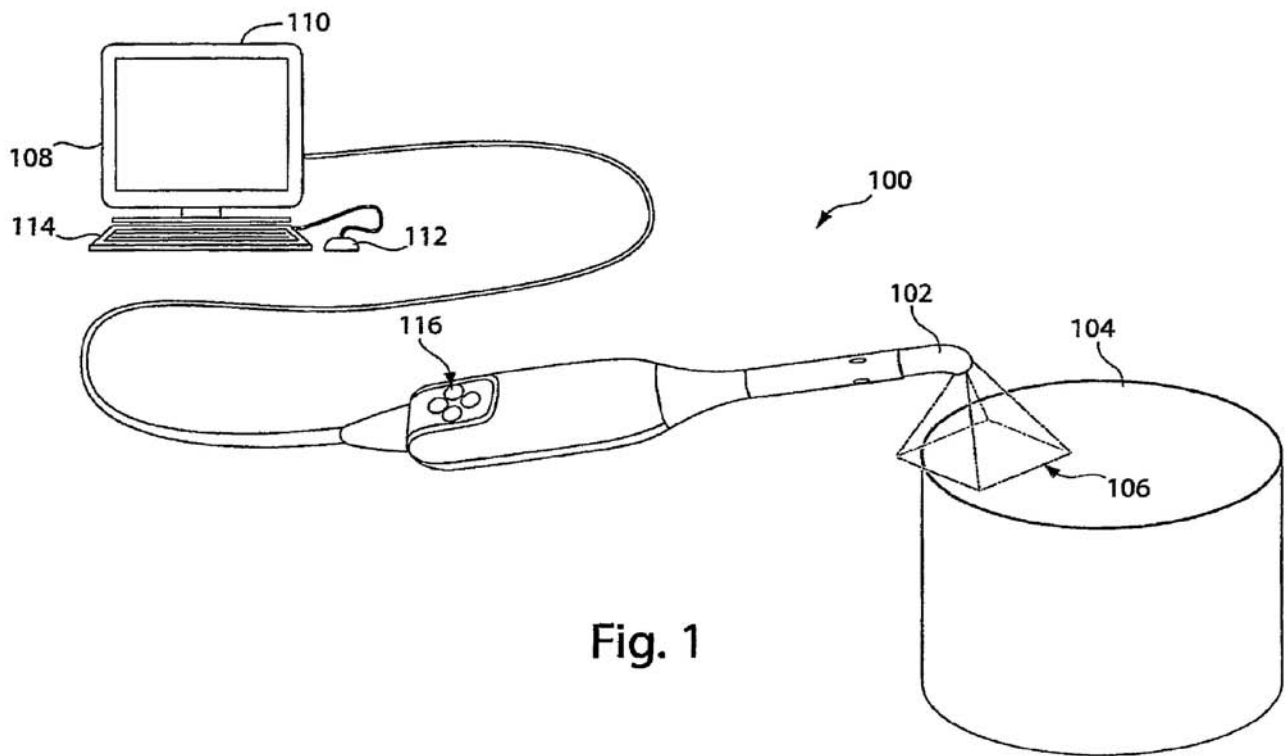


Fig. 1

【図 2】

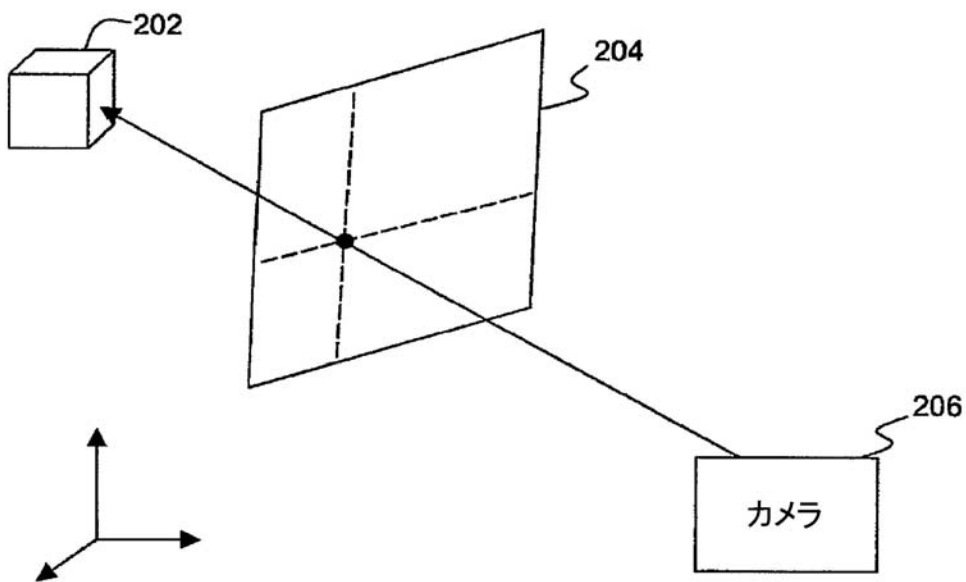


Fig. 2

【 図 3 】

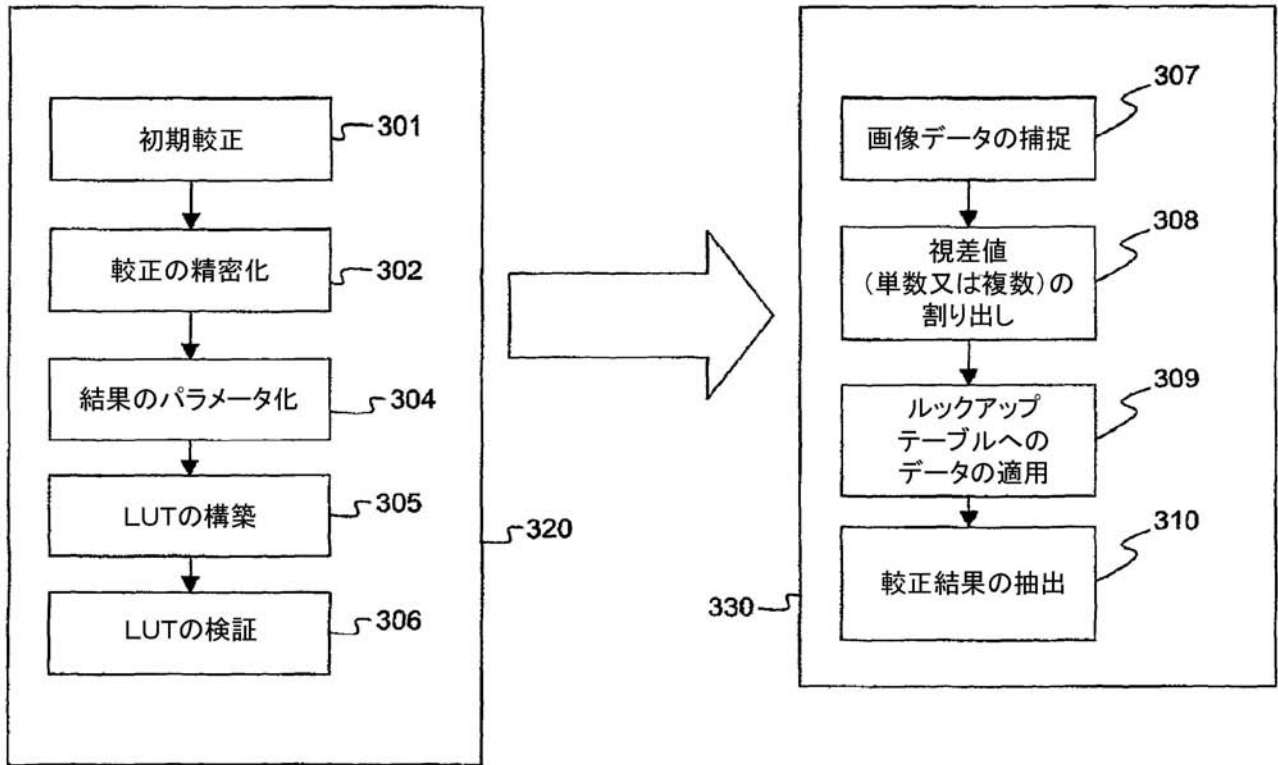


Fig. 3

【 図 4 】

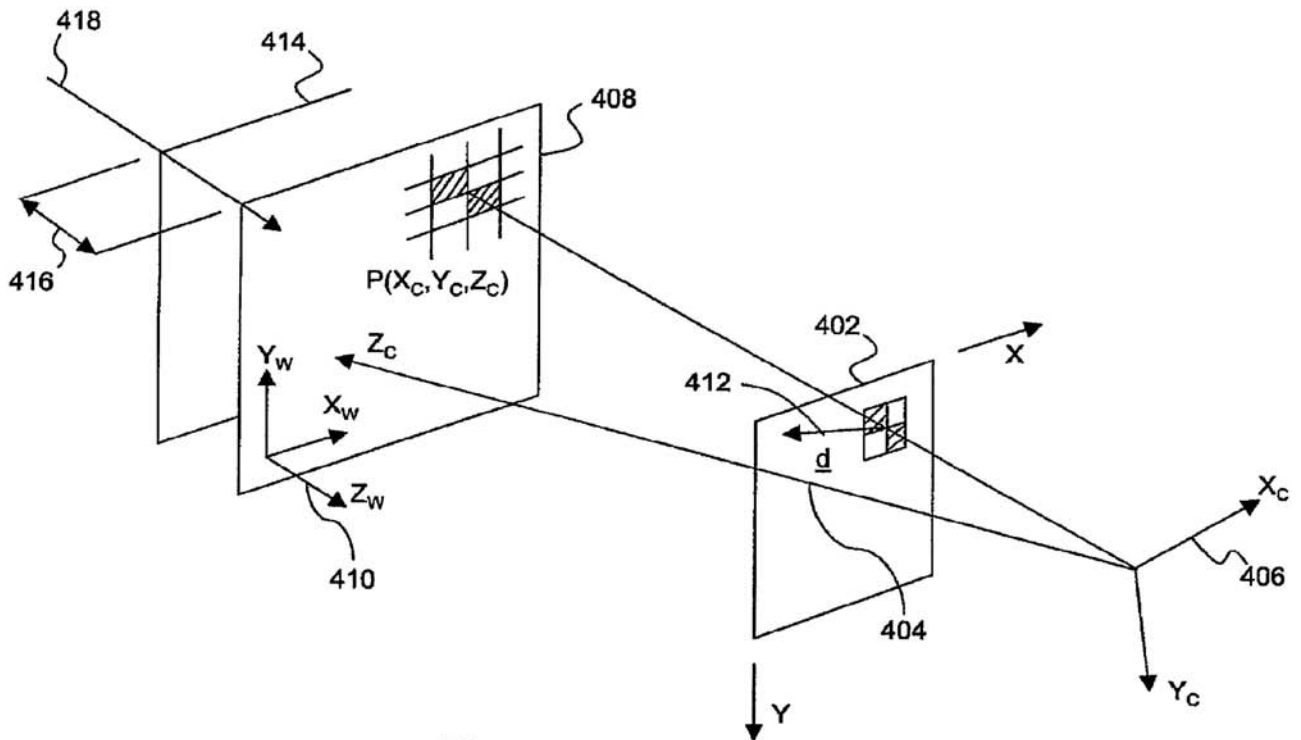


Fig. 4

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US06/37089

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC: G06K 9/00(2006.01); G01C 3/14(2006.01)

USPC: 382/154;356/12

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)

U.S. : 382/154; 356/12

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2004/0234122 A1 (KOCHI et al) 25 Nov 2004 (25.11.2004), figures 1-8; paragraphs 33 and 120	1-30
Y	US 2004/0201587 A1 (MIZUSAWA) 14 Oct 2004 (14.10.2004), figures 1, 6, 7 and paragraphs 79-81	1-30
Y	US 5,085,502 (WOMACK et al) 4 Feb 1992 (04.02.1992) figures 1-4 and columns 5-6	1-30
Y	US 2004/0233290 A1 (OHASHI et al) 25 Nov 2004 (25.11.2004) abstract, figures 5-7, paragraphs 85-87	1-30

☐ 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 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

13 November 2007 (13.11.2007)

Date of mailing of the international search report

20 NOV 2007

Name and mailing address of the ISA/US

Mail Stop PCT, Attn: ISA/US
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

Facsimile No. (571) 273-3201

Authorized officer

Matthew C Bella

Telephone No. (571) 272-2600

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US06/37089

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:
Please See Continuation Sheet

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 any 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.: 1 and 28-30

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.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US06/37089

BOX III. OBSERVATIONS WHERE UNITY OF INVENTION IS LACKING

This application contains the following inventions or groups of inventions which are not so linked as to form a single general inventive concept under PCT Rule 13.1. In order for all inventions to be examined, the appropriate additional examination fees must be paid.

Group I, claim(s) 1 and 28-30, drawn to a method for the construction of a calibration table.

Group II, claim(s) 2-13 and 20-25, drawn to a method and a system for the calculation of 3-d data.

Group III, claim(s) 14-19, drawn to a method for the calibration of a multi-channel imaging system.

Group IV, claim(s) 26 and 27, drawn to a method for refining calibration of an imaging system.

The inventions listed as Groups I-IV do not relate to a single general inventive concept under PCT Rule 13.1 because, under PCT Rule 13.2, they lack the same or corresponding special technical features for the following reasons: the invention of I does not contain any special technical feature; the invention of II concerns with using a lookup table to calculate 3-d data; the invention of III requires different approaches to calibrating different channels; the invention of IV requires minimizing deviation between projection contours.

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(74)代理人 100120134

弁理士 大森 規雄

(74)代理人 100104282

弁理士 鈴木 康仁

(72)発明者 ローハリー, ジャノス

アメリカ合衆国, マサチューセッツ州 01720, アクトン, ブラックホース ドライブ 26

(72)発明者 ハート, ダグラス, ピー.

アメリカ合衆国, マサチューセッツ州 02129, チャールズタウン, シップウェイ プレース 11

(72)発明者 ザング, トング

アメリカ合衆国, マサチューセッツ州 01702, フラミンガム 621デー, ウォーセスター ロード 1640

Fターム(参考) 5C122 DA04 DA25 EA22 FA01 FA04 FA18 FH10 FH11 FH19 GA24
HA88 HB01