

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6007178号  
(P6007178)

(45) 発行日 平成28年10月12日 (2016. 10. 12)

(24) 登録日 平成28年9月16日 (2016. 9. 16)

(51) Int. Cl.			F I		
<b>G06T</b>	<b>1/00</b>	<b>(2006.01)</b>	G06T	1/00	315
<b>G01B</b>	<b>11/00</b>	<b>(2006.01)</b>	G01B	11/00	H
<b>G06T</b>	<b>7/00</b>	<b>(2006.01)</b>	G06T	7/00	100D
<b>G06T</b>	<b>7/60</b>	<b>(2006.01)</b>	G06T	7/60	150P

請求項の数 8 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2013-527054 (P2013-527054)	(73) 特許権者	305053547
(86) (22) 出願日	平成22年11月19日 (2010. 11. 19)		カリフォルニア インスティテュート オブ テクノロジー
(65) 公表番号	特表2013-541081 (P2013-541081A)		アメリカ合衆国 91125 カリフォルニア、パサデナ、イースト カリフォルニア ブールバード 1200
(43) 公表日	平成25年11月7日 (2013. 11. 7)	(74) 代理人	100114775
(86) 国際出願番号	PCT/US2010/057532		弁理士 高岡 亮一
(87) 国際公開番号	W02012/030357	(72) 発明者	ガリブ, モルテザ
(87) 国際公開日	平成24年3月8日 (2012. 3. 8)		アメリカ合衆国, カリフォルニア州 91101, アルタ デナ, 842 ラ ヴィーナ レーン
審査請求日	平成25年10月23日 (2013. 10. 23)		
審判番号	不服2015-9190 (P2015-9190/J1)		
審判請求日	平成27年5月18日 (2015. 5. 18)		
(31) 優先権主張番号	61/380, 094		
(32) 優先日	平成22年9月3日 (2010. 9. 3)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元撮像システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

3次元高密度データセットを表し、対象物の走査された画像フレームを有するスキャナ出力のためにカメラ位置を決定する方法であって、

前のフレーム群のロバストな記述子を使用して、前記前のフレーム群と現在のフレームとの一致があるか否かを決定することによって、逐次的に撮影された複数の画像フレームから暫定的なカメラ位置を決定する工程と、

前記暫定的なカメラ位置を使用して、前記現在のフレームと発見されたフレームとを相互関連させることによってラフなカメラ位置を決定する工程と、  
を含み、

前記画像フレームは、少なくとも2つの異なるチャネルから取得され、前記少なくとも2つの異なるチャネルは、(a)マスク中のレンズおよび第1の開口を通して光が透過する第1のチャネルと、(b)前記マスク中の前記レンズおよび第2の開口を通して光が透過する第2のチャネルとを含む、方法。

【請求項 2】

前記3次元高密度データセットは、関連する3次元キーポイントデータセットを有し、前記暫定的なカメラ位置が決定されない場合は、前記関連する3次元キーポイントデータセットに基づきフレームをマッチングすることによって前記暫定的なカメラ位置を決定する、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記ラフなカメラ位置の決定を用いて、単なる表示用の前記高密度データセット集合を生成する工程をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記暫定的なカメラ位置およびラフなカメラ位置の決定を、コンピュータプロセッサでリアルタイムに決定する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記ラフなカメラ位置を用いて詳細なカメラ位置を決定する工程をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記詳細なカメラ位置の決定を後処理で行う、請求項 5 に記載の方法。

10

【請求項 7】

前記詳細なカメラ位置を決定する工程は、

第 1 の閾値距離で複数の前記 3 次元高密度データセットのマッチングを行う工程と、別の複数の 3 次元高密度データセットを前記第 1 の閾値距離でマッチングした前記複数のうちの 1 つとマッチングする工程と、

全ての対象のフレームがそのようにマッチングされるまで、別の複数の 3 次元高密度データセットを前記第 1 の閾値距離でマッチングした前記複数の別の一つとマッチングする工程と、

前記マッチングしたセットの相対位置を決定する工程と、を含む、請求項 5 に記載の方法。

20

【請求項 8】

前記詳細なカメラ位置の決定を用いて前記高密度データセット集合から物理的なモデルを生成するためにコンピュータ可読走査出力を生成する工程をさらに含む、請求項 7 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

それぞれが発明者として G h a r i b を含み、かつカリフォルニア工科大学に譲渡された複数の特許は、単一のイメージャレンズおよび 1 つ以上のカメラ/イメージャに関連して、多開口デフォーカスを用いたプロフィロメトリを行うのに有用なハードウェア構成を包含している。これらの特許としては、米国特許第 6, 278, 847 号、第 7, 006, 132 号、第 7, 612, 869 号および第 7, 612, 870 号が挙げられ、その全てのライセンスが本明細書の譲受人に与えられており、その内容全体が参照により本明細書に組み込まれる。2 次元走査データを用いて 3 次元座標情報を生成するデフォーカス原理は、これらの特許を参照して理解することができる。これらのデフォーカス原理を適用するためにさらに改良されたハードウェアが本明細書に記載されている。

30

【背景技術】

【0002】

ハードウェアのそのような改良に関わらず、対象物の表面をマッピングするために、デフォーカスによって決定される 3 次元情報を集めるには、鋭い位置情報が必要である。

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

多くの場合カメラ「姿勢」と呼ばれるそのような位置情報は、様々な方法で取得することができる。Z h a n g に付与され(3 M 社に譲渡された)米国特許第 7, 605, 817 号明細書には 1 つの手法が記載されており、G h a r i b に付与され(カリフォルニア工科大学に譲渡された)米国特許出願公開第 2009/0295908 号明細書には、別の手法が記載されている。どちらの手法にも、本明細書に記載されている姿勢技術の利点は示されていない。

50

## 【課題を解決するための手段】

## 【0004】

従って、任意に対象物のプロフィロメトリを行うためのハードウェアおよびソフトウェア構成を開示する。有利な撮像装置（すなわち、イメージャ、カメラまたはスキャナ）について記載する。イメージャ位置を決定する有利な手法についても記載する。一緒に使用すると有利であるが、記載されている各態様を互いに独立して使用してもよい。さらに、本教示を、速度測定などを含む他の分野に応用してもよい。

## 【0005】

ハンドヘルドイメージャ/カメラ/スキャナを用いて3次元情報を取得してもよい。時として、走査される対象は、スキャナの視野よりも大きく、かつ/または、当該対象は異なる有利な地点から走査される。そのような情報を取り込むために、スキャナ装置の姿勢は、異なる時間で変化する。そこで、任意の数の画像シーンにわたって空間的に関連した基準でカメラ姿勢を決定することに関連して、組み合わせられたか集められた画像シーンを用意してもよい。カメラ姿勢決定の忠実性から、以下、それをカメラの「真の姿勢」という。

## 【0006】

カメラ位置を決定するためのこの実施は、潜在的にマッチング可能であることを示す情報が既に決定されているシーンを比較することによって開始する（ここでは、以下にさらに詳しく述べる相互相関、最小二乗平均、超解像PIVまたは歪み処理/歪み補正処理手法などの様々な技術によって、マッチングを行ってもよい）。最終的もしくは実際の（すなわち、システム出力のためにデータセットを組み合わせるための）カメラ位置の真の姿勢の決定は、画像の取り込み後の後処理設定で行う。

## 【0007】

シーンは、画像の取り込みの間に（すなわち「リアルタイム」などで）行われるおよそ正確なカメラ位置決定（すなわち「ラフな姿勢」）に基づいて潜在的にマッチング可能なものとして示されている。「リアルタイム」で実行される処理および他の動作は、ユーザがシステム性能の遅れを認識しないように実行される。可能であれば、データセットに基づく所与の暫定的な姿勢情報を（上記のように）マッチングすることによって、ラフな姿勢を生成する。

## 【0008】

ラフな姿勢を決定する際に使用される（もはや信頼されない）最初のカメラ位置情報（すなわち「暫定的な姿勢」）は、複数の方法で生成することができる。一般に、ロバスタな処理を用いて暫定的な姿勢を見つける。1つの手法は、1つのフレームに由来する容易に認識可能な特徴に関する減少したデータセットを、その後のフレームに由来する容易に認識可能な特徴に関する減少したデータセットと比較するという標準的な方法を使用することである。米国特許出願公開第2008/0201101号明細書の0010段落（本出願の優先日前の最先端技術の状態を記載している）を参照されたい。但し、そのような手法は、前の（例えば、20~100）フレームから蓄積されたか集められたものから現在のフレーム中のそのような特徴を比較することによって、変更および強化することができる。

## 【0009】

いずれの場合も、暫定的な姿勢それ自体は、対象データを組み合わせるスキャナ出力を生成するための上記任意の方法では使用されない。その解決法は、本システムの要件を全く満たさないため、歯冠の製造および/または他の高精度のプロフィロメトリ用途にとって望ましい実行可能な画像ファイル出力を提供することができない。但し、いくつかの状況では、暫定的な姿勢データは、空間的/グローバルマッチングによって真の姿勢の決定を実行する際に、ラフな姿勢データの代役を務めることができる。

## 【0010】

類似性を使用すると、暫定的な姿勢により、米国の郵便配達の状態を示すのに類似した位置データが得られる。地域の郵便番号に類似したより近い位置は、ラフな姿勢手順によ

10

20

30

40

50

って決定される。特定の私書箱位置に類似した真の姿勢を単独で使用して、最終的に提供可能なものが得られる。

【 0 0 1 1 】

従って、画像集合のために真の姿勢を使用することにより、不正確なアドレス情報に関連する誤差の累積およびデータ/パッケージの喪失を回避する。暫定的もしくはラフな姿勢を使用することにより、計算時間の面から実行可能な真の姿勢の発見を行う（これは、特に、ラフな姿勢の空間的な精度の向上がより明白である完全な顎の走査のようなより長い走査の際にラフな姿勢を用いる場合に当てはまる）。

【 0 0 1 2 】

より直接的には、「暫定的な姿勢」は、とりあえず使用される位置情報であるが、非常に不確かで予備的である。「ラフな姿勢」は、まだ不確かであるが、カメラ位置について言えば、より正確であり、およそ正確である。「真の姿勢」は、意図された目的のためにシステム仕様を満たすのに必要な程度に正確なカメラ位置決定である。一例として、この精度は、それが以下の仕様（1本の歯に対して約35ミクロン以下のRMS誤差、3本の歯に対して約40ミクロン以下のRMS誤差）を有するプロフィロメトリ出力ファイルを提供することができるような精度である。

【 0 0 1 3 】

そのような結果を提供する際に、本明細書の発明者らは、順次/経時的に生成された位置情報（すなわち暫定的な姿勢）に対する信頼により、誤差の累積または集積が生じるため、暫定的な姿勢を精密化して、可能であれば真の姿勢を決定する際にさらに使用されるラフな姿勢を生成することが重要であることを見出した。重要な/関連した領域を走査する際は（歯冠の製造のために走査する場合など）、生成される誤差があまりに大きいため、正確に情報を集めて関連したモデルを生成することができない。

【 0 0 1 4 】

本明細書で検討される別の態様は、マッチングそのものを行う方法である。様々な技術が用いられる。そのような技術としては、以下に記載する相互関連技術ならびに「姿勢に基づくマッチング」処理全体に回転要素を任意に組み込むことが挙げられる。1つのフレームを回転させて、いくらか知られている（すなわち、暫定的もしくは大まかに知られている）空間的な関係を有する別のフレームにより密接に一致させることにより、そうしなければ行うことができない相互関連を可能にする。

【 0 0 1 5 】

有利なハードウェアの実装に関しては、参照されている手法と同様に、それは多開口を有する単レンズを用いる。好ましい実施形態は、市販のセンサの異なるカラーチャネルを用いて、簡易ハードウェアで、（任意にLEDなどの単一のカラー光源によって発光された）光の異なる波長を取り込む。従って、さらなるビームスプリッタ、ロックダウンを有する位置合わせ制御装置または他の扱いにくいハードウェアは必要ではないため、非常に小型かつ（衝撃、熱循環などに対して）ロバスタなイメージャハンドピースの製造が可能になる。

【 0 0 1 6 】

本発明は、それを具体化するハードウェアおよびソフトウェアを含む主題の装置および方法を含む。より詳細な考察を、以下の図に関連して示す。

【 0 0 1 7 】

本願は、2010年9月3日に出願された「複数の決定を有する3次元画像システム（Three-Dimensional Image System with Multiple Determinations）」という発明の名称の米国仮特許出願第61/380094号の優先権を主張するものであり、上記出願の開示内容全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【 0 0 1 8 】

本明細書で提供されている図は必ずしも縮尺どおりではなく、いくつかの構成要素および特徴は、明確性のために誇張されている。図示されている実施形態からの本発明の変形

10

20

30

40

50

も想定されている。従って、図中の本発明の態様および要素の描写は、本発明の範囲を限定するものではない。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1A】一実施形態のハードウェアのブロック図である。

【図1B】市販のカラーセンサに関連するフィルタ特性を示す。

【図2】要約フローチャートである。

【図3A】図3A～図3Cは、図2のリアルタイム動作のより詳細なフローチャートである。

【図3B】図3A～図3Cは、図2のリアルタイム動作のより詳細なフローチャートである。

10

【図3C】図3A～図3Cは、図2のリアルタイム動作のより詳細なフローチャートである。

【図4A】図4Aおよび図4Bは、相互相関マッチングを詳述する。

【図4B】図4Aおよび図4Bは、相互相関マッチングを詳述する。

【図4C】3次元点位置の決定を示すフローチャートである。

【図5】走査手順を概略的に示す。

【図6】対象の歯の画像を取得することに関連して、複数の異なるライブラリの使用を示す。

【図7】グローバルマッチングを行う方法を示す。

20

【図8】フレームの発見と、図3Cおよび図7で言及されている姿勢に基づく歪み処理における平行移動を示す。

【図9】姿勢に基づく歪み処理の技術を関数で詳述する。

【発明を実施するための形態】

【0020】

本発明の様々な例示的な実施形態について以下に記載する。非限定的な意味でこれらの例は参照されている。より広く適用可能な本発明の態様を例示するためにそれらは提供されている。本発明の真の趣旨および範囲を逸脱しない範囲で、記載されている本発明に様々な変更をなしてもよく、かつ均等物を代わりに用いてもよい。さらに、本発明の趣旨または範囲を逸脱しない範囲で、特定の状況、材料、化合物、方法、処理行為または工程を目的に合わせるために、多くの修正を行ってもよい。そのような修正は、本明細書に記載されている特許請求の範囲に含まれるものとする。

30

【0021】

(撮像ハードウェア)

図1Aは、ハードウェアの実施形態のブロック図である。ハンドヘルドスキャナ100を使用して対象物99を撮像する。スキャナ100は、複数の光学および電気部材を保持する外側ハウジング102を有する。スキャナは、任意の種類のカメラ140、または光学情報を受け取ってその光学情報を電気情報に変換する任意の他の装置を備えることができる。例えば、スキャナは、CCDカメラ、CMOSイメージセンサ、または光量子を電気信号に変換する任意の他の種類の光センサを備えていてもよい。カメラ140は、2次元情報および/または3次元情報のうちの一方または両方を示す出力情報を生成する。2次元情報を、撮像装置と撮像される対象物との間のz軸方向111に垂直な座標として定義されるxおよびy座標と称してもよい。3次元情報は、カメラ110と撮像される対象物との距離を示す、xおよびy座標に直交するz軸座標を含んでいてもよい。この特定の座標配置に限定されるものではないため、従来どおりに、軸を傾けたり反転させたりすることもできる。

40

【0022】

画像情報は、x、yおよびz座標として格納されていてもよく、3次元点群、3次元メッシュ、または2次元および/または3次元情報を表すことができる任意の他の形態などの任意の他の形態で格納されていてもよい。

50

## 【 0 0 2 3 】

ウィンドウ 1 0 5 は、3次元対象物 9 9 の走査を可能にするスキャナ 1 0 0 の一部に形成されている。一実施形態では、これを、歯などの歯科対象物を走査して歯のマップを形成するために使用してもよい。本実施形態は歯の走査について記載しているが、撮像される対象物 9 9 は、任意の対象物、対象物の集合体、対象物の一部または他の対象であってもよい。例えば、歯科撮像用途では、対象物 9 9 としては、1本の歯、歯の四半部、または仮想的な歯科印象が望まれる歯の完全な集合体が挙げられる。他の実施形態では、対象物は、いくつかの他の医用対象、例えば、目、鼻、頭または耳などであってもよい。

## 【 0 0 2 4 】

異なるカラー光要素 1 1 5、1 1 6 を含む照明器は、歯 9 9 に光を与える。また、照明された対象物の画像は、ウィンドウ 1 0 5 によって受け取られる。コーナー反射鏡 1 2 0 は、受け取った照り返し(radiation)を光学系 1 2 5 に反射させる。他の実施形態では、光学系を、コーナー反射鏡なしで動作させてもよい。

10

## 【 0 0 2 5 】

光学系は、レンズ 1 3 0 と、多開口 1 3 5 を有するマスクとを備えていてもよい。開口 1 3 5 は、色分けされた開口であってもよく、すなわち、一方の開口が唯一または主に青い色を透過させてもよく、他方の開口は、赤い色を有する光のみを透過させてもよい。照明 1 1 5、1 1 6 は、マスクの色に一致する色(ここでは、1 1 5 から青い照明、1 1 6 から赤い照明)を与えてもよい。これにより、2つの異なるチャンネル、すなわち2つの開口のそれぞれから1つのチャンネルの情報が生成される。本明細書に記載されている処理は、これらの2つの異なるチャンネルを識別して2つのチャンネルから異なる情報を入手する。

20

## 【 0 0 2 6 】

開口 1 3 5 からの光は、電子カメラ 1 4 0 に提供され、電子カメラ 1 4 0 は、開口から受け取った光を示す電子出力を生成する。上記カメラは、ケーブル 1 4 5 によって、上記カメラを駆動しかつ情報を分析するためのソフトウェアを備えた計算装置 1 5 0 に接続されている。ワイヤ 1 4 5 は、上記カメラを駆動するための電力を含んでいてもよく、上記カメラから情報を受け取ってもよい。

## 【 0 0 2 7 】

計算装置 1 5 0 は、本出願の技術に従って記述された内部プログラムに従って動作するマイクロプロセッサ 1 5 3 を有する汎用プロセッサであってもよい。上記計算装置は、これに加えて、あるいはこれに代えて、例えば、表示装置 1 6 0 を駆動するビデオカード内にグラフィック処理装置またはGPU 1 5 5 を備えていてもよい。GPU 1 5 5 は、例えばATIまたはNvidiaビデオカードであってもよい。上記計算装置は、これに加えて、あるいはこれに代えて、フィールドプログラマブルメモリ(例えばゲートアレイ)または任意のカスタムハードウェアもしくはカスタムロジックを備えていてもよい。

30

## 【 0 0 2 8 】

一実施形態では、図 1 A の携帯型ハンドヘルドスキャナを移動しながら、走査領域に関する情報をなお入手することができる。カメラが複数の異なる時間でそれぞれ移動すると、その新しいカメラ位置に関する新しい情報が得られる。これにより、最終的に撮像される対象物 9 9 全体をウィンドウ 1 0 5 よりも大きいものにすることができる。

40

## 【 0 0 2 9 】

カメラ 1 4 0 は、既にカメラ 1 4 0 内のイメージセンサの一部である色を分離するためのカラーフィルタアレイを使用する標準的なカラーカメラ(例えば、Micron Technology社製の1/3-Inch SOC Megapixel CMOS Digital Image Sensor)であってもよい。カメラ 1 4 0 のカラーフィルタアレイ部分のフィルタは、カラー光線(ここでは赤および青のチャンネル)を分離して情報を入手し、かつ開口 1 3 5 のカラーフィルタを透過したカラー光線を識別する。各カラーフィルタ付開口からの情報は、カメラ 1 4 0 の適当なフィルタ部分によってのみ受け取られる。

## 【 0 0 3 0 】

カラーフィルタアレイは、米国特許第 3, 9 7 1, 0 6 5 号明細書に記載されているよ

50

うなベイヤーフィルタであってもよく、あるいは、これに代えて、CYGMフィルタおよびRGBEフィルタなどの異なる種類のカラーフィルタまたはカスタムフィルタアレイであってもよい（例えば、青および赤として色分けされた2つの開口がある場合、フィルタアレイは青および赤の交互フィルタを有する）。カスタム二色フィルタが組み込まれたカメラであれば、二色二開口システムに関連して利用可能なセンサ域の全てを使用するという利点を有するであろう。

【0031】

しかし、そのような標準的なイメージャを使用する際は、利用可能な3チャンネルカラー（RGB）のうちの2つ（R, B）のみが使用される。これは、光センサの不動産の一部、すなわち使用されないカラーが配置されている領域が本質的に無駄になることを意味している。理論では、そのような手法では、使用することができない光センサ表面の量に等しい比率だけ、システムのダイナミックレンジが低下する。従来のベイヤーフィルタを用いた場合、これは、センサ領域のおよそ半分になる。

10

【0032】

驚くべきことに、そのような手法は、なお有利に実施されている。最適以下のデータセットが記録されるという従来からの懸念により、システムユーティリティが妨げられるという問題は生じない。実際には、赤および青のチャンネルのみを選択することによって、処理の観点からは、第3の緑の色分けされた開口および緑のチャンネルが記録される場合よりもノイズの導入は少ない。この事実は、図1Bに関連して示されている。すなわち、センサについて例示されている赤（R）および青（B）のフィルタの分離により、本質的に（所与の強度のカットオフまたは閾値で）赤で色分けされた開口を透過する光をセンサの赤のチャンネルのみに確実に記録することができ、青についても同様である。緑のチャンネルが導入される場合、透過範囲の重複により、緑の開口からの光は、赤および青のセンサチャンネルのそれぞれによってより容易に吸収され、また、緑のセンサチャンネル（G）は、赤および青で色分けされた開口のそれぞれからの（ここでも所与の閾値の）光をより容易に吸収するであろう。

20

【0033】

よりクリーンなセンサデータのためにそのような「クロストーク」を回避することにより、画素数の（効果的な）減少を十二分に補償することが見出された。本質的には、チャンネルの下位選択により、低コスト（それらは既製品として入手可能なため）のセンサ部品を有する高品質の画像システムを製造することができる。

30

【0034】

本発明のハードウェアの態様は上記に焦点を当てているが、本発明のソフトウェアおよび関連する方法論は異なる数の開口および/または色を用い得ることを理解されたい。いずれの場合も、控えめながら色のついたエミッタについて上に記載しているが、合成色（琥珀色または白色など）を用いることができる。特に、最終的に使用されるカラーチャンネル間のさらなる分離を達成するために緑のチャンネルの使用を省くと、この最後の状況でさらにより顕著な利点が得られることがある。

【0035】

（デフォーカス）

40

本明細書で全体として参照されている複数の参考文献（Gharibに付与された上記特許を含む）は、「デフォーカス」の概念について述べている。最も広い意味で、「デフォーカス」は、公知の空間的關係を有する複数のピンホールカメラ型の開口による撮像を必要とする。上記開口により、カメラのセンサシステムによって受け取られる画像が制限される。単一のセンサまたは複数の協働センサを使用するか否かに関わらず、各開口から受け取られた画像から特定された特徴のx, y座標の差を比較して、それらの特徴のz座標値を決定する。

【0036】

走査対象物からある距離で記録された特徴間のスカラ差を、別の距離で記録された特徴間のスカラ差と比較する。例えば、開口の千鳥形配列で撮像して得られた三角パターン間

50

の差を使用してz軸差を決定する。さらに、較正セットを使用して、その結果の精度を高めることができる。公知の格子パターンを撮像し、較正表を格納することによって、記録された画像データの非線形性を画像特徴位置の「歪み補正」によって補うことができる。

【0037】

(マージンの定義)

3次元データ出力ファイル(例えば、歯冠の製造で使用されるSTLファイル)を生成するために不規則な物体(例えば1つ以上の歯)を走査する際は、3次元走査データがデータベースに追加される境界を定義すると有用である。そのような境界(すなわち「マージン」)の定義は、ユーザが走査活動を完全な走査を生成する領域に集中するように指示されている範囲を定義するのに有用となり得る。また、走査は完了していないがマージンが定義されている場合、走査されていない領域の近似値は、代わりに補間によって補うことができる。なおさらに、明確に定義された境界は、点の外れ値のフィルタリングに有用である(すなわち、マージンの視野から外れた点は、内側表面の計算では考慮されない)。

【0038】

マージンのユーザによる定義により、特定の利点が得られる。走査されるか走査された対象物のデジタル表現に関して、(ワンド、タッチスクリーンインタフェースまたは他の手段を用いて)線または線分をデジタル的に描画することによって行う場合、ユーザは、観察および経験に基づいて主観的判断を行うことができる。このように人間の能力を利用することにより、高コストまたは複雑なプログラミングの埋め込みの必要性および/またはそれが無い場合にユーザの定性的な「目」で避けることができる誤差の導入を回避する手助けをしてもよい。

【0039】

上に記載されているユーザによって生成されるマージンの定義に対する手法では、xおよびy座標情報は、表示画面の基準面に記録される。これを行う際は、表示される(走査したか走査される)物体の画像上にユーザによって線または曲線が描かれる。従って、この平面の各(例えば青のチャンネルの)x, y点は、複数の可能なz値と交わる。次いで、走査からの高密度点群/情報集合および較正セットに関連して、真のx, y, zを決定することができる。従って、この行為により、ユーザが入力した2次元情報に基づいて、3次元特徴が生成される。

【0040】

(画像決定ソフトウェアの概要)

図2は、画像の決定および処理の演算の概要フローチャートである。200では、本システムは、第1の時間 $t_1$ で画像情報を取得する。

【0041】

一実施形態では、この情報は、開口を識別することができる方法で取り込まれた多開口からの複数画像である。上に例示されている実施形態では、カラーフィルタを使用してチャンネルを分離する。開口のうち的一方は、唯一もしくは主に赤い光を透過させる赤のフィルタに関連づけることができ、他方の開口は、唯一もしくは主に青い光を透過させること青のフィルタに関連づけることができる。この手法では、1つの情報が2つの分離した開口のそれぞれを透過したものである2つのチャンネルの情報が生成される。別の実施形態によれば、色によってチャンネルを分離するのではなく、開口が正三角形などの指定された配列で配置されており、プロセッサ153は、最終画像中でその正三角形を認識して、開口に由来する画像の一部を見つける。別の実施形態によれば、異なる開口およびカメラセンサに異なる偏光を与えることにより開口およびカメラの両方に偏光を使用することによって異なるチャンネルの偏光を修正して、異なるチャンネルを形成することができる。本実施形態は、異なるチャンネルとしてそれらの異なる偏光を使用する。異なる物理的なマスク形状(成形された開口)を与えることによって、あるいは開口を変更する時分割によって(例えば、それを至るところに移動させることによって)、チャンネルを異なる方法で形成することができる。

【0042】

10

20

30

40

50

実施の有無に関係なく、205では、ロバストな特徴検出器（例えば、ロバストな特徴検出器は、既製の「SIFT」ソフトウェアまたは簡単に実装されるカスタムソフトウェアを使用することができる）を使用して、この例では青のチャンネルからの減少したデータセットを用いて現在の画像フレームに対する基準を決定する。任意のある時間で取得された画像フレームは、画像フレーム全体よりも小さなものであることに留意されたい。本明細書では基準を「キーポイント」と称するが、異なる画像で認識することができる任意の基準を使用することができる。ロバストな特徴検出器は、キーポイントの位置の2次元情報（ $x, y$ ）ならびにそれらのキーポイントの特徴ベクトル式記述子を見つける。その特徴ベクトル式記述子は、点のあらゆるスケール回転および照明において一定のままである。

10

#### 【0043】

特徴ベクトル式記述子は、対象物に関する興味深い点を抽出して対象物の「特徴記述」を得ることによって取得することができる。この記述は、他の対象物を含む他の画像中に当該対象物を配置することを試みる場合および/または異なる視点/有利な地点から撮像する場合に、当該対象物を特定するのに使用することができる十分な情報を有する。トレーニング画像から抽出される特徴は、確実な認識を行うために画像スケール、ノイズ、照明および局所的な幾何学的歪みの変化にロバストであるように選択する。これは、例えば、米国特許第6,711,293号明細書に記載されている技術を使用してもよい。この検出のために、市販のスケール不変特徴量変換（SIFT: Scale Invariant Feature Transform）ソフトウェアを使用することができる。また、キーポイントのそれぞれに関する3次元点情報を、デフォーカス原理および本明細書に記載されているか米国特許第6,278,847号明細書および米国特許第7,006,132号明細書に記載されている種類の方程式を用いて決定する。

20

#### 【0044】

210では、次のフレームを取得し、ここでは、次のフレームは、時間 $t_2$ のフレーム番号2とすることができる。一般に、フレームを1つずつ増加させて次のフレームを得ることができる。

#### 【0045】

215では、異なる $t_s$ から暫定的な姿勢マップを形成する。それにより、 $t_s$ 間の変換 $T$ （平行移動および回転）を取得するために、キーポイントに対応する3次元情報の異なる部分のマッチングを行う。これは、コア時間 $t$ と任意の他の時間 $t_n$ との間の変換を表し、組み合わせられた情報によって、複数の $n_s$ 例えば、（ $t_{n1}, t_{n2}, \dots$ ）を含むことができる。

30

#### 【0046】

220では、各取得されたフレーム $t_n$ の高密度点群を取得する。高密度点群により、上に記載されている技術を適用したデフォーカスを用いて、3次元画像情報を取得することができる。高密度集合（点およびそれらの位置）の発見およびロバストな特徴の特定を同時に行うことができる。他の情報を既に決定した後に、ロバストな特徴の3次元座標の発見を行ってもよい。

#### 【0047】

225では、異なる時間の間の暫定的な姿勢に関連する線形変換 $T$ を使用して、異なる時間に取得された高密度点群を取り囲む画像の $16 \times 16$ 画素のウィンドウ間で変換および/または相互相関させて、ラフな姿勢を取得する。現在の高密度点集合（例えば、中心点の周囲の $16 \times 16$ 画素のウィンドウ）を前の高密度点集合と相互相関させるか、あるいは、前の低密度点集合（例えば青のチャンネル）に対するロバストな特徴検出を使用して、前のフレームセットに対してマッチングを行って一致を見つけることにより、これを行う。従って、225では、3次元情報およびラフな姿勢の両方を取得する。

40

#### 【0048】

そのラフな姿勢に基づいて、230では、現在の情報が2つのフレームを相互相関させるのに十分な程に基準フレームに近い否かを決定する。基準フレームに近い場合、相互

50

相関を行う。フレームが十分に近くない場合、現在のフレームは拒絶される。現在の情報が、2つのフレームを相互相関させるのに十分な程に基準フレームに近いが、新しいフレームが235でいくらか閾値距離の外側にある場合、それは拒絶もされるが、新しい基準フレームとして追加される。次いで、姿勢復元演算を使用して、暫定的な姿勢を決定または精密化してもよい。

【0049】

演算中、プロセッサは、デフォーカス方程式と共に点集合を処理して、3次元画像を取得するようにプログラムされている。赤および青のチャンネルを、本明細書に記載されているように多重格子と相互相関させる。226では、フレームを位置によって編成する。

【0050】

227では、異なるより正確な位置情報(すなわち「真の姿勢」)を取得するために、スキャナのラフな姿勢を表す変換情報を後処理によって決定する。後処理では、前の姿勢決定のいずれかをを用いた技術よりもロバストではないが、より正確な技術を使用してもよい。例えば、よりロバストでない技術では、特定の量を超える画素差のマッチングを行うのに計算コストがより高くなることがあるが、そのマッチングに関するより多くの情報が提供されることがある。

【0051】

本発明者らは、相互相関技術が極めてロバストであり、異なる変換の間で非常に正確な値を提供し得ることを見出した。しかし、このよりロバストな技術を使用して、姿勢間に大きな画素シフトを有する姿勢を復元することは、計算時間の面から実行不可能である(従って、単なる暫定的な姿勢に対するラフな姿勢を使用するのが有用である)。現在のNvidiaGPUを用いる場合、姿勢間で64もしくは128画素を超えるシフトは、計算時間の面からリアルタイムでは実行不可能である。

【0052】

227の後処理では、これらのフレームが「変換」されて、画素シフトがより少なくなるようにシフトされると、後処理のためにより正確な技術を使用できることが分かる。従って、一実施形態では、工程200~225をリアルタイムで行い、226および227を非リアルタイムで行い、リアルタイム後に、ラフな姿勢を計算する。従って、演算の第1の部分はリアルタイムで暫定的な姿勢およびラフな姿勢を計算し、次の部分はそれらの姿勢評価を精密化する。

【0053】

(相互相関)

本明細書の全体にわたって言及されている相互相関すなわち「CC」演算が図4Aに示されている。これは、ロバストな相互相関演算であってもよく(例えば、ロバストな特徴を使用する場合)、あるいは、これを点群データのマッチングを行うために使用してもよい。例えば、マイクロプロセッサ153またはGPU155などのプロセッサで、図4Aの演算を実行してもよい。

【0054】

アイテム400が、415では第1の時間/姿勢で、416では第2の時間/姿勢で示されている。例えば、異なる時間/姿勢は、同じフレームの異なるカラーチャンネルであってもよく、あるいは他のチャンネル分離技術を使用することができる。点は、自然な点であっても、例えば固定された照明器によって照射されたものであってもよく、あるいは、造影剤を用いて塗布されたものであってもよい。これにより、特定の輝度、コントラストまたは外観を有する表面領域である任意の位置を調べることもできる。

【0055】

各フレーム415、416を、401などの複数の小部分に細分する。415中の小部分401は、416中の別の小部分411と比較して示されている。図4Aでは、これらの2つの小部分401/411が比較されるものとして示されているが、この演算は、複数の小部分のそれぞれに対して実行するものであることを理解されたい。

【0056】

10

20

30

40

50

420では、2つの小部分401、411を相関させる。各相関は、画像の複数の異なるシフトを表す。425では、各相関により、複数の画素を含む相関画像を生成する。相関画像中の各画素は、1つの相関シフトの結果を表す。例えば、401と411を相互相関させると、全シフトを表す単一のCC画像425が得られる。なお、使用される相互相関技術は、循環、ゼロパディング、高速フーリエ変換(FFT)系または任意の他の種類などの任意の種類相互相関型であってもよい。

【0057】

例えば、画素427は、x方向にゼロだけシフトされ、下に向かって(y方向に)3だけシフトされた画素を表す。相関画像中の各画素値は、1つのシフト全体と、相関画像中の画素の位置の量を掛けた1つの乗算全体を表す。例えば、GPUのシェーダ、またはプロセッサ、あるいはゲートアレイもしくはカスタムハードウェアなどの専用のロジックで、これらの値をそれぞれ計算することができる。

10

【0058】

相関平面中の最も明るい画素を見つける。画素を調べることによってこれを行い、周囲の画素を使用して副画素位置のピークを見つける。このように、複数の異なるピークフィッティング技術のいずれかを使用することができる。最も一般的なピークフィッティングは、ガウス形状を取る。

【0059】

副画素のガウスピークフィッティングを使用することができる。図4Bは、青のチャンネル中の点格子と第2のチャンネル中のそれらの対応点との一致を見つけるためのこの技術の使用方法を示す。

20

【0060】

445では、相関画像の格子中の最も明るい画素は、画像間で最良の一致を有する位置を表す。この一致を使用して、画像間のオフセットを表す。バイキュービックス(登録商標)プラインを使用して、格子点間を補完することができる。

【0061】

450では、粗いオフセット群を見つける(445で)。次いで、450では、オフセットに基づいて、画像のうちの1つ(例えば赤)を他の画像(例えば青)に近似するように歪ませる。これにより、合成画像455を生成する。

【0062】

460では、画像を互いにより近づけるように歪ませる。より細かい小部分の格子を取得する。次いで、相関演算420、425を繰り返して、より細かい格子に対して画像間に新しい歪みを生じさせる。

30

【0063】

次いで、より細かい小部分を表す新しい格子を再度形成する。この手順を数回(例えば4回)行い、本実施形態の465で入手可能な計算精度に釣り合った所望の精度を反映させる。あるいは、繰返しを他のある回数で(例えば、 $16 \times 16$ の画素サイズに到達するまで)続けてもよい。この時点すなわち470で、最終画像情報を取得する。最終画像情報は、x, y(または、青のチャンネル情報のための位置情報として表現される「bx, by」)およびdx, dy(青と赤のチャンネル間での位置のシフト)を含む。

40

【0064】

(3次元点位置の決定)

一実施形態では、相互相関技術に関連して(図3Aの325に従って)3次元点群を生成する。一般に、相互相関を青と赤のチャンネル間に用いて、これらのチャンネル間に多数の対応する画像画素を見つける。相互相関によって(例えば上記のとおり)取得した点位置情報を用いて、対応する3次元点位置を、スキャナ較正情報に関連して取得することができる。

【0065】

較正手順のために、較正格子に基づいて較正セットもしくは表を定義するために、最初の演算を行う。より具体的には、複数の「z値」のそれぞれで撮像された較正格子のため

50

に、青のチャンネル中の値を赤のチャンネル中の値と比較する。例えば、青のチャンネル中の 0, 0 位置は、赤のチャンネル中の対応する位置を有するであろう。この較正セット / 表は、青のチャンネルから赤のチャンネルまでのオフセットを表す。

【 0 0 6 6 】

4 7 5 では、これらのオフセット  $d_x$  および  $d_y$  (それらは赤のチャンネルに対するオフセットである) を知る。各値について、 $x$ ,  $y$ ,  $z$  位置への平行移動も較正手順から知る。従って、任意の  $b_x$ ,  $b_y$  (すなわち、青のチャンネル中の  $x$  および  $y$ ) および  $d_x$ ,  $d_y$  のために、較正表を用い、線形代数を適用して、対応する  $x$ ,  $y$ ,  $z$  値を決定することができる。別の言い方をすれば、 $(b_x, b_y, d_x, d_y)$  を用いて、図 4 B の 4 8 0 に従って、青および赤の画像を一致させるために使用された変形分だけ後に辿って、 $z$  を決定することができる。

10

【 0 0 6 7 】

すなわち、図 4 B では、各歪み / 変形の繰返し (4 5 0 ~ 4 6 5) は、前の画像から次の変形までの差を表す。これらの変形を互いに追加して、4 7 0 で最終画像情報を取得する (任意に、 $x$ ,  $y$ ,  $d_x$ ,  $d_y$  に換算して表現される)。4 8 0 では、較正セットをこの情報に適用される関数として使用して、高密度点群を定義する際の  $x$ ,  $y$  および  $z$  位置情報を取得する。それにより、特定のカメラに対して個別の較正情報を用いて 4 次元から 3 次元に減少させて精度を向上させる。

【 0 0 6 8 】

( 姿勢に基づく歪み処理 )

相互相関技術により、「投影面」特徴に関連する手段も得られる。「姿勢に基づく歪み処理」は、平面を投影した後に相互相関させる機能と見なしてもよい。

20

【 0 0 6 9 】

大きな移動 (例えば、大きな中 / 外への平面回転および / または平行移動) により、画像を直接に相互相関させることができない場合、相互相関または他の同様の画像マッチングアルゴリズムを用いて姿勢を復元することは、計算時間の面からみて実行不可能である。R および T (例えば、現在の方法では実施の点に応じた暫定的もしくはラフな姿勢) に関する知識によって、オフセットが 6 4 画素よりも大きい場合であっても、相互相関される画像のうちの 1 つを調整した後に相互相関は可能となる。

【 0 0 7 0 】

調整を行うために使用される投影面特徴が図 8 に関連して記載されている。8 0 0 では、すぐ近くのベクトルを特定する。8 0 2 では、相互相関のために、可能な限り離れたベクトルを特定する。8 0 5 では、より詳細でない姿勢情報に基づいて 1 つのフレームをシフト (平行移動 / 回転) させて、より詳細な姿勢情報を決定する途中で他のフレームに近似させる。

30

【 0 0 7 1 】

より具体的には、第 1 および第 2 の画像 (1 1, 1 2) のために、1 2 が 1 1 の平面でどのように見えるかという予測として画像 1 2' を生成する。そこで、1 2' 中の代表点を選び、それを (較正セット、利用可能な姿勢情報および高密度点群情報を用いて) 3 次元で平行移動および回転 (すなわち投影) させて、1 2 中のその位置を見つける。検討される整数点の全てについて、 $f(x, y)$  は、連続関数のような動作を表す。

40

【 0 0 7 2 】

最終的に、任意にラフな姿勢および真の姿勢を決定する際に使用される姿勢に基づく歪み処理における投影面演算は、相互相関のために互により近似している複数の異なる画像からデータを生成することを目的としている。例えば、図 6 を見てみると、異なる姿勢のカメラは、同じアイテムおよび、さらにはそのアイテム上の同じ場所を見ている、異なる視点から見ているかもしれない。例えば、姿勢 1 の画像 1 (R 1, T 1) は、6 5 0 で発見されたものかもしれない。しかし、姿勢 2 の画像 2 (R 2, T 2) は、6 5 2 で発見されたものかもしれない。これら両方が同じ実際のアイテムを見ている、6 5 0 は 6 5 1 に示すように見えるが、6 5 2 は 6 5 3 に示すように見えるかもしれない。この時点で

50

、これらの値は、あまりに異なり、かつあまりにかけ離れているため、相互相関させることができない。

【 0 0 7 3 】

図 9 に従って、関数  $f(x, y)$  を使用して、画像 2' が画像 1 に類似した姿勢パラメータを有するように ( 投影面プロセス 8 0 0 に表されているように )、画像 2' を画像 2 にマッピングする。次いで、相互相関プロセス 4 0 0 によって、フローチャート要素 9 0 0 は、画像 2' を画像 1 の座標系まで歪ませる関数を見つけて、同じ座標系で画像 1 および画像 2' の両方を得る。

【 0 0 7 4 】

要素 9 0 5 に係る記述では、画像 1 を画像 2' に相互相関させる際に、画像 2' は既に反転させられているため、この関数のために反転を求める必要はない。これにより、簡易な歪みが生成される。そのような歪みは、Z 値の全てがゼロであると仮定している。

10

【 0 0 7 5 】

但し、これは典型的な事例ではないため、9 0 0 の  $f(x, y)$  の計算は、最小二乗平面を変換  $f(x, y) (x', y', z')$  に当てはめることによって、異なる z 軸深さを補うこともできる

( 式中、

$$\begin{aligned}
 x'_{i} &= a_x X_{i} + b_x y_{i} + c_x \\
 y'_{i} &= a_y X_{i} + b_y y_{i} + c_y \\
 z'_{1} &= . . .
 \end{aligned}$$

20

である )

これを行列形式で書くことができる。

【 0 0 7 6 】

次いで、新しい  $x, y, z$  の一致を用いて新しい点格子を生成して、この形状を滑らかにすることができる。新しい点格子により、スプライン ( 「 S p 」 ) 解釈に基づいて、 $f(x, y)$  と  $(x, y, z)$  との関係を生成する。ここでは、以下の関係：

$$\begin{aligned}
 (x, y) & \quad x \text{ S p } x \\
 (x, y) & \quad y \text{ S p } y \\
 (x, y) & \quad z \text{ S p } z
 \end{aligned}$$

を使用し、よって、平面を 3 次元の滑らかなスプラインにマッピングする。

30

【 0 0 7 7 】

上で言及したように、カメラのために取得された較正セットを用いて、青のチャンネルのための点を、 $x, y, z$  に変換することができる。 $x, y$  および  $z$  が変化するにつれて姿勢は倍率を変えるため、変換は完全な一次関数ではない。これらの値を行列形式で計算することによって、非線形性の量をこのようにして補償することができる。

【 0 0 7 8 】

( 画像の取り込みおよびリアルタイムの姿勢決定の詳細 )

図 3 A ~ 図 3 C は、プロセッサ 1 5 3 および / または G P U 1 5 5 上で実行されるプログラムの実施におけるフローチャートまたはリアルタイム動作を定めている。3 0 0 では、時間フレーム  $t_0$  において、本システムは、その 1 回の時間フレーム  $t_0$  で 2 つの画像を取り込む。これらの 2 つの画像は、本明細書に使用されている 2 つのチャンネルを形成する。2 つの画像 ( この場合、色分けされている ) を取得した後、2 つの平行な処理経路 3 0 5、3 0 6 を実行する。経路 3 0 5 を使用して ( 図 3 B に従って )、カメラ姿勢を決定し、かつカメラ情報の粗い決定を行い、よって、予備的な平行移動情報 ( すなわち、暫定的な姿勢 ) を見つける。経路 3 0 6 を使用して、高密度 3 次元情報を決定する。本出願は、これらを平行して実行するものとして記載しているが、これらの計算は任意の時間に実行することができることを理解されたい。

40

【 0 0 7 9 】

3 1 0 では、スケール不変特徴量変換 「 S I F T 」 ソフトウェアまたは上記のような他の手段などの、よりロバストであるが、より正確でない技術を用いて、キーポイントを取

50

得する。いずれの場合も、典型的に、複数のキーポイントのそれぞれに対して特徴ベクトル記述子を決定する。その特徴ベクトル記述子は、キーポイントがどのように見えるかについて記述している。選択される特徴は、画像の平行移動、拡大縮小および回転に対して不変であり、部分的に照明変化に対して不変であり、かつ局所的幾何学的歪みに対してロバストである。例えば、繰り返しサンプリングした一連の滑らかな画像に対して、スケール空間に適用されるガウス関数の差の結果の最大値および最小値を用いて、これを行ってもよい。

【 0 0 8 0 】

一実施形態では、ペインテッドオン特徴、例えばコントラストを用いて塗布された特徴を用いて、撮像を行ってもよい。一実施形態では、エアロゾルで吹き付けられた白色および黒色粒子からなるコントラストを使用してもよい。

10

【 0 0 8 1 】

一実施形態では、青のチャンネル画像に対してキーポイントの抽出を行う。次いで、315では、他のカラーチャンネル（ここでは赤のチャンネル）からの情報を使用して、対応する特徴を見つけることができる。そのような特徴発見では、本明細書に記載されているように、相互相関を用いることができる。

【 0 0 8 2 】

320では、このようにして取得されたキーポイントは、デフォーカスを用いて現在の時間フレームで決定されたそれらの3次元位置に関する情報を有する。従って、各キーポイントを処理して、そのキーポイントに対応する3次元情報ならびにその関連する記述子を取得する。この情報は、時間フレーム  $t_0$  に関する記述子と共に1組の低密度キーポイントを形成する。

20

【 0 0 8 3 】

暫定的な姿勢の決定経路305と平行して、高密度点群経路306を実行して、高密度3次元情報（但し記述子はない）を決定する。時間間隔  $t_0$  のために、デフォーカスされた情報を用いて点の高密度3次元群を決定することによって、工程325は開始する。青と赤のチャンネルを330で相互相関させて、これらのチャンネル間に多くの対応する点もしくは画像画素を見つけることによって、これを行ってもよい。335では、これらの点の3次元位置を取得する。2つのチャンネルからのデフォーカスされた情報を使用して、この3次元情報を決定する。

30

【 0 0 8 4 】

340では、姿勢および3次元点群の両方の決定を行う。時間フレーム  $t_0$  では、その時点で、記述子を有する低密度集合（経路305から）と記述子のない高密度群（経路306から）の2組の3次元点群が存在する。

【 0 0 8 5 】

345では、 $t_1$  と呼ばれる次の  $t$  を見つける演算の次の部分が進行する。このプロセスを繰り返し続けて、複数の異なる時間フレームで複数の異なる値を見つける。

【 0 0 8 6 】

上記演算によれば、対象物全体に関する高密度および低密度点集合の複数の異なるライブラリが存在する。例えば、図6は、これをどのように使用して600、602、604および606などの走査対象の歯の画像を取得するのかわを示す。610の第1のライブラリ1は、単一走査によりスキャナから取得することができる視野を表す。これは、画像、例えば、歯600、602であってもよい。しかし、歯604は、ライブラリ1（610）ではスキャナの視野の中にはない。従って、620として示されているライブラリ2を使用して、歯604、606の画像を取り込んでもよい。異なるライブラリはそれぞれ、異なる基準を表してもよい。

40

【 0 0 8 7 】

（姿勢方法論の概要）

最初のカメラ位置決定（「暫定的な姿勢」の生成）により、 $t$  次元で一致したリアルタイムの回転および平行移動  $R$  および  $T$  が得られる。ここでは、点間の差を受け入れる1つ

50

以上のロバストなマッチング技術を用いる（例えば、上記のような相互相関および/またはキーポイントを比較することによって行われる）。この動作の後で、任意に姿勢に基づく歪み処理による特徴マッチングにより、マッチング可能なフレーム間で姿勢を精密化する（ラフな姿勢を得る）。後処理では典型的に、そのラフな姿勢情報を使用する。ラフな姿勢により、選択されたフレームに関するより多くの情報が得られ、ここでも任意に姿勢に基づく歪み処理により、空間的に関連したフレームに対する完全なマッチングを可能にして、さらなる先験的な知識を利用することによって、より正確な姿勢点を決定する（「真の姿勢」を得る）。

【0088】

（暫定的な姿勢の決定）

図3Bでは、暫定的な姿勢を決定する演算を開始する。350では、相互相関技術により、現在の点集合を前の点集合と比較する。355では、点集合間に相互相関すなわち「CC」の一致があるか否かの決定を行う。一致がある場合、360は、2つの一致した高密度点群が存在することを決定し、制御は、ノード3C（工程390）に移動して、ライブラリの比較および形成を表す図3Cに示されている処理演算を実行する。

【0089】

355でCCの一致が存在しない場合、制御は、365で前のフレーム群のロバストな記述子（例えばSIFT記述子）を使用するように移動し、そこでは、フレーム群は、例えば、20フレーム～100フレームであってもよい。370では、前の20～100フレームと現在のフレームとの一致があるか否かを決定する。一致がある場合、これは、375で低密度点群の間に一致を確立し、制御は、ライブラリノード3C（図3C）に移動する。

【0090】

現在のフレームと前の20～100フレームとの間に一致が存在しない場合、380では、キーポイントの格納されたライブラリに関する記述子を用いて姿勢復元を行う。ここでは、ロバストな記述子を、生成されているキーポイントの全ライブラリと比較する。一致が存在する場合、これは暫定的な姿勢とみなされ、制御は3Cのライブラリ決定に移動する。385で一致が存在しない場合、これは、386では、全ての基準フレームが現在のフレームから非常にかげ離れていることを意味する。この時点で、現在のフレームは拒絶される（すなわち破棄される）。

【0091】

（ラフな姿勢の決定）

図3Cは、図3Bで発見された暫定的な姿勢を用いて、姿勢決定を続ける。これは、工程391で開始し、暫定的な姿勢情報を取得した後、392で近いCCフレームがあるか否かを決定する。392の動作の結果が、十分に近いCCフレームが存在しないとなった場合、全てのフレームは非常にかげ離れているため、フレームは破棄される。あるいは、それを、今後のCC動作のためのライブラリ基準として追加してもよい。但し、十分に近いCCフレームが存在する場合、それを393で取得し、新しいフレームをより古いフレームに対して歪ませる（すなわち、393でフレームを投影し、394で相互相関させる）。

【0092】

一般に、本演算は、最も近い複数の異なるベクトル（シーン位置の値）を発見する試みである。本目的は、なお相互相関可能である限り、可能な限り離れたベクトルを相互相関させることである。図8は、フレーム発見と、上で言及した平面の投影を伴う平行移動を視覚的に詳述する。

【0093】

図3Cに戻ると、393での投影後に、 $R_0$ 、 $T_0$ を使用して、現在のフレームを発見されたフレームと相互相関させる。これを使用して、新しい姿勢（ラフな姿勢）のためのRおよびTを見つける。395でRおよびTを見つけることができた場合、399では、ユーザインタフェース装置（例えば、コンピュータモニタ）に表示するために、このより

10

20

30

40

50

詳細な姿勢を、3次元点群データを集めるために使用することができる。そうでない場合、396では、現在のフレームをSIFT基準と比較する。RおよびTがこの段階397で発見されない場合、398では、それをSIFT基準として追加する。それ以外の場合、処理は完全であり、工程3Aで次の点を得るために演算は進行する。

【0094】

なお、上記では、記述子によって、現在のフレーム内の3次元点およびキーポイントを、複数の異なる前の時間フレーム内のキーポイントとマッチングさせる。すなわち、各コアフレーム $t_n$ について、各キーポイントを、複数の前のフレーム $t(n-x)$ (ここで、 $x$ は設定数であってもよい)のそれぞれとマッチングさせる。例えば、利用可能な処理電力およびメモリに応じて、 $x$ を0~10000の任意の数に設定してもよい。本実施形態では、これを20~100フレームとしている。そのため、ここでは、複数のフレームのそれぞれをコアフレームとマッチングさせる。

【0095】

350では、一致を使用して、現在のフレームから前のフレームまでの変換を見つける。この演算により、フレーム $n$ と、フレーム $n$ と比較する予定の全ての他のフレームとの間の変換 $T_n$ (平行移動および回転)を決定する。この同じ情報は、高密度点に関する変換も表す。このようにして、フレームの全てが、最終的に基準座標系と呼ばれる単一の座標系になる。基準座標系は任意であるが、一般に全ての基準フレームにわたって同じままである。本明細書に記載されているように、カメラの動きにより対象の画像が最初の位置から非常に離れて移動してしまった場合、基準フレームは時には変わる可能性がある。

【0096】

別の実施形態によれば、多くの異なるフレームをベース/基準フレームとして使用することができるため、多くの異なる変換が存在する。例えば、指定された時間毎に新しいベースフレームが存在する可能性がある。さらに別の実施形態では、変換を見つけることができることから、中間フレームが存在する可能性がある。さらに別の実施形態では、変換を組み合わせる代わりに、変換の平均を使用してもよい。

【0097】

360(図3B)では、基準フレームと任意の他のフレーム $t_n$ との間で変換がなされる。これにより、同じ座標系内に全てが存在するデータライブラリが形成される。データの全てが単一の座標系に存在し、ここでは、その座標系は本質的に無作為に選択される。

【0098】

この連続的な変換は、任意の所与のフレームのために組み合わせられる変換数を最小限に抑え、それにより誤り伝播を最小限に抑えてもよい。

【0099】

図3A~図3Cで最大解像度での画像の生成を可能にするように高密度集合を変換した後(例えば、処理中にユーザフィードバックとして走査時にのみ表示するため)、図7に示すように姿勢の後処理を行う。この後処理では、CNCまたは他の生成技術によって代表的なデータから物理的な対象物を提供するために、「グローバルマッチング技術」を使用して、誤り伝播を最小限に抑えながら、より良好なフレームマッチングを可能にして、上に定義されている真の姿勢を見つけ、かつ最終走査出力生成物(例えば、コンピュータ可読媒体内に具体化されるSTLファイル)を生成してもよい。

【0100】

(さらに詳細な/真の姿勢の決定)

このグローバルマッチング手法を記載する前置きとして、図5は、より大きな領域を撮像する際に、カメラがどのように異なる位置間を移動し得るかについて示す。図5の上部は方向500に移動しているカメラを示し、下部は方向505への移動を示す。図示されている1、2、3...254、255、256の順序でフレームが取得される。カメラが順次に画像を通過すると、カメラは、1秒につき10回画像を撮影する。フレーム1および2は時間的に近いが、実際にはフレーム1と256との間により多くの類似点が存在するかもしれない。例えば、カメラは、1/2よりも1/256において空間的に近いか

10

20

30

40

50

もしれない。

【0101】

本手法は、画像データを比較する際に最良の空間的一致を追求して、画像を組み合わせるために使用されるカメラ姿勢情報を決定することによって、この可能性を補償している。他のシステム（例えば、Zhang）は、姿勢を決定する際に、最も近い時間の一致（すなわち順次フレーム）に焦点を当てる。

【0102】

実際には、本発明者らは、異なるフレームのうちのどれが最良の空間的一致を生成するのかについて事前に予測する方法が実際には存在しないことを見出した。実際には、暫定的な/仮の一致を発見した後に異なるフレームの集合体に対してその暫定的な一致を精密化することによって、最良の情報が取得される。

10

【0103】

この問題を認めて、言及されている後処理をグローバルに行う。1つのフレームを次のフレームと自動的に比較するのではなく、本実施形態の処理は、異なるフレームのライブラリ全体を調べる。例えば、空間的により近いという理由から、古いフレームから現在のフレームに関するより多くの情報が得られるかもしれない。

【0104】

本発明者らは、複数のフレームに対して同時にマッチングを行うと、連続フレームに対するマッチングよりも良好な結果が得られるという予想外の結果を見出した。このグローバルマッチングシステムは、本質的に点ライブラリ全体を調べて、実行可能な限り複数のフレームにわたって同じ点を追跡し続け、その情報を平均化する。そのライブラリ全体の全ての記述子を比較して「最良の記述子」を見つけ、それらの最良の記述子を有する点を比較することができる。その点は撮像されるアイテムにあるため、複数のフレームにわたるその点を平均化することで、その点に関するより多くの情報が得られる。平均化することにより、複数のフレームのそれぞれが、他の空間的に近いフレームに姿勢情報を与える。また、平均化を使用して、様々な種類の統計的ノイズを除去することによってそれらの真の位置をより正確に見つけてもよい。

20

【0105】

後処理では、可能な限り離れた異なるフレーム間にグローバルマッチングを使用する。同じ点の異なる視点を含む異なるフレームは、その同じ点を表す。それらの点が常に同じであるため、それらを平均化することにより精度が高まる。本システムによれば、フレーム間の点位置の誤差を累積することなく、点を平均化する。

30

【0106】

図7のフローチャートを参照しながら、そのような後処理を詳細に示す。700では、最良の既存の回転および平行移動R, T（典型的にはラフな姿勢）を取得する。これにより、全ての時間でカメラが存在する全ての場所のマップを生成する。各時間の各場所は、特定の3次元姿勢に対応している。

【0107】

705では、このライブラリのためのルートノードとして姿勢を選択する。例えば、リストで第1の姿勢を選択することによって、これを本質的に無作為に選択することができる。あるいは、例えば、ルートノード姿勢として重心点を選ぶことによって、判定基準を選択することができる。

40

【0108】

710では、選択された姿勢に近い全ての隣接姿勢を見つけることによって演算を継続させる。演算により、近接さに基づいて全ての3次元姿勢のグラフを表す情報が生成される。

【0109】

最初に、706で姿勢に基づく歪み処理を行って、互いにより近似するように姿勢を歪ませる。本明細書では、図9を参照しながら、姿勢に基づく歪み処理について詳細に説明する。

50

## 【 0 1 1 0 】

歪み処理後に、710では、出発姿勢のT1内にある全ての隣接姿勢を見つける。これらの隣接姿勢のそれぞれを取り除き、ラベルをつける。T1は、誤り伝播を減少させるのに最大で実行可能な距離であるように選択されている値であるが、計算の実行可能性によってなお制限されている。

## 【 0 1 1 1 】

715では、隣接姿勢を取り除いた後に、第2の閾値T2を使用して子姿勢を見つける。残されている全ての姿勢が、ルートノードに対する隣接姿勢ではない。閾値T2は、異なる基準面の画像間において最小の重なりがあるか全く重なりがないような閾値である。T2は、T1よりも大きく、姿勢に基づく歪み処理により姿勢を見つけることができる最大距離として選択される。ルートノードに対してT2内にある点を子ノードと呼ぶ。T1 + T2を超えるものはいずれもルートノードから非常にかげ離れているため、子ノードのT1は、親ノードによる影響を受けない。

10

## 【 0 1 1 2 】

全ての点をこのようにして分析する。フローチャート要素720は、全ての子ノードが見つかるまでこの演算を続けることを表す。725では、ライブラリ内の全てのノードは、子もしくは隣接ノードのいずれか一方である。この時点で、このサブプロセスは「完了している」と呼ばれる。

## 【 0 1 1 3 】

730では、ルートノードに対する隣接ノードをそれぞれ、ルートノードと共に平均化する。子ノードに対する隣接ノードをそれぞれ、その子ノードの全てと共に平均化する。これにより、平均姿勢値を形成する複数の異なる隣接ノードと共に平均化された重量なノードが生成される。

20

## 【 0 1 1 4 】

この時点で、子ノードとルートノードと間の平行移動を決定する。子ノードを平行移動させて、子ノードが親ノード内のどこにあるか決定する。次いで、重量な子ノードを平行移動させて、親ノードと共に平均化する。そのような動作により、多くの異なる姿勢に基づく非常に重量なノードが形成される。このようにして平均化された姿勢により、平均化によって向上したルートノードの非常に正確な描写が得られる。735で取得された新しいR, Tは、705として選択されたルートノードとその全ての隣接および子ノードと間の重量平均である。

30

## 【 0 1 1 5 】

この新しいRおよびTを、後処理された姿勢（最も詳細な真の姿勢）として使用して、より大きな精度で3次元値を再計算する。

## 【 0 1 1 6 】

本システムの利点は、時間的手法から生じ得るような誤差を累積することなく複数のフレームからの同じ点を互いに平均化することができる点である。また、演算を1つの層深さのみで実行するため、誤差は層を通して伝播しない。これは、相互相関点の識別誤差が伝播しないことを意味している。

## 【 0 1 1 7 】

(変形例)

一実施形態は、バイキュービックス（登録商標）プライン関数を用いた値間の補間を含む画像処理の特定の部分を行う。一実施形態によれば、バイキュービックス（登録商標）プライン関数は、1組のスプライン係数を形成する。各係数を使用して次の係数を計算する。係数の一覧は、1つの係数が他の係数の値に影響を与える因果関係を表す。

40

## 【 0 1 1 8 】

一実施形態によれば、スプライン係数全体のスライディングウィンドウとして、いくつか前の数の係数のみを用いて、バイキュービックス（登録商標）プライン関数を単純化する。本発明者らは、このスライディングウィンドウをバイキュービックス（登録商標）プライン計算を達成しない値まで（ここでは16ブロックだけ）選択することができること

50

を見出した。例えば16ブロックを用いることによって、係数における誤差を、浮動小数点の変数の精度よりも小さくすることができる。しかし、このようにして結果を減少させることによって、各アイテムをGPUのシェーダで同時に計算することができる。これにより、超並列処理が可能になり、その結果、各単一のシェーダは、このようにして16個の係数のみを用いて一部を計算することができ、従って、各シェーダに1つの画素の値を計算させることができる。

【0119】

重要なことに、本発明者らは、このような処理をGPUで行う場合、全ての値をシェーダ内に維持することが重要であることを見出した。例えば、バイキュービクス（登録商標）ラインなどの計算の中にはシェーダでより高速に実行することができるものもあるが、ソートや比較などの他の計算は、プロセッサでより高速に実行することができる。しかし、本発明者らは、シェーダとメインプロセッサと間の書込みでは、より多くの時間を要するため、シェーダでより非効率的に実行されるものでさえ、全てをシェーダ内で実行するとより高速となることを見出した。姿勢に基づく歪み処理では、上記のようにバイキュービクス（登録商標）ライン計算を使用し、また、この計算の一部または全てを、一実施形態に従ってGPUでより効率的に実行することができる。

10

【0120】

CC演算の前に実行される別の演算では、他の値よりも中心、左および右の値に重み付けしてもよい。

【0121】

別の演算では、相互相関演算の一部として実行される最終的な $16 \times 16$ の正方形中の全ての値の標準偏差を利用してよい。画像の指定されたピークよりも高い任意の標準偏差値は、それらのピークがデータを偏らせないように切り捨てられる。これにより、異常に明るい画素を取り除いて、データを偏らせることを回避する。

20

【0122】

別の演算では、青/赤の開口が1次元のみシフトされるように公知の値を利用してよい。従って、相互相関細分のために、この1次元シフトは、生じ得る最大の変形を表してもよい。これよりも大きいあらゆる変形を相互相関細分で検出し、これを使用して最終値に重み付けすることができる。

【0123】

以上、実施形態のほんの数例について詳細に開示してきたが、他の実施形態も可能であり、本発明者らは、これらも本明細書に包含することを意図している。本明細書は、別の方法で達成され得るより一般的な目的を達成するための具体例について記載している。本開示は、例示のためのものであり、特許請求の範囲は、当業者には予測可能であり得るあらゆる修正または他の形態を含むことが意図されている。例えば、相互相関以外のマッチングの他の形態を使用することができる。

30

【0124】

当業者であれば、本明細書に開示されている実施形態に関連して記載されている様々な例示的な論理ブロック、モジュール、回路およびアルゴリズム工程が、電子ハードウェア、コンピュータソフトウェアまたはその両方の組み合わせとして実装され得ることをさらに理解しているであろう。ハードウェアおよびソフトウェアのこの互換性を明確に例示するために、概してそれらの機能性に関して、様々な例示的な構成要素、ブロック、モジュール、回路および工程について上に記載してきた。そのような機能性がハードウェアまたはソフトウェアとして実装されるか否かは、特定用途およびシステム全体に課される設計制約によって決まる。当業者は、各特定用途のために様々な方法で上記機能を実装することができるが、そのような実装の決定は、本発明の例示的な実施形態の範囲から逸脱するものとして解釈されてはならない。

40

【0125】

本明細書に開示されている実施形態に関連して記載されている様々な例示的な論理ブロック、モジュールおよび回路を、汎用プロセッサ、デジタル信号プロセッサ(DSP)、

50

特定用途向け集積回路（ASIC）、フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）または他のプログラマブルロジックデバイス、個別ゲートもしくはトランジスタロジック、個別ハードウェア構成要素、または本明細書に記載されている機能を実行するように設計されたそれらの任意の組み合わせと共に実装または実行してもよい。汎用プロセッサはマイクロプロセッサであってもよいが、これに代えて、プロセッサは、任意の従来のプロセッサ、制御装置、マイクロコントローラまたは状態機械であってもよい。プロセッサは、ユーザインタフェースと通信するユーザインタフェースポートも有しかつユーザによって入力された命令を受け取るコンピュータシステムの一部であってもよく、上記コンピュータシステムは、プロセッサの制御下で、ユーザインタフェースポートを介して通信可能に動作するプログラムなどの電子情報を格納する少なくとも1つのメモリ（例えば、ハードドライブまたは他の相当する記憶装置およびランダムアクセスメモリ）と、任意の種類ビデオ出力フォーマット（例えば、VGA、DVI、HDMI（登録商標）、ディスプレイポートまたは任意の他の形態）でその出力を生成するビデオ出力部とを有する。

【0126】

プロセッサは、計算装置の組み合わせ、例えば、DSPとマイクロプロセッサとの組み合わせ、DSPコアと複数のマイクロプロセッサすなわち1つ以上のマイクロプロセッサとの組み合わせ、または任意のそのような他の構成として実装されていてもよい。また、これらの装置を使用して、本明細書に記載されている装置のための値を選択してもよい。

【0127】

本明細書に開示される実施形態に関連して記載されている方法またはアルゴリズムの工程を、ハードウェアに、プロセッサによって実行されるソフトウェアモジュールに、あるいはこれらの2つの組み合わせに、直接具体化してもよい。ソフトウェアモジュールは、ランダムアクセスメモリ（RAM）、フラッシュメモリ、読取り専用メモリ（ROM）、電気的プログラマブルROM（EPROM）、電気的消去可能プログラマブルROM（EEPROM）、レジスタ、ハードディスク、取り外し可能なディスク、CD-ROM、または当該技術分野で知られている任意の他の形態の記憶媒体中に存在していてもよい。例示的な記憶媒体は、プロセッサが記憶媒体からの情報を読み込み、かつそこに情報を書き込むことができるように、プロセッサに接続されている。あるいは、記憶媒体は、プロセッサに一体化されていてもよい。プロセッサおよび記憶媒体は、ASIC内に存在していてもよい。ASICは、ユーザ端末内に存在していてもよい。あるいは、プロセッサおよび記憶媒体は、ユーザ端末内の個別の構成要素として存在していてもよい。

【0128】

1つ以上の例示的な実施形態では、記載されている機能は、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、またはそれらの任意の組み合わせで実装されていてもよい。ソフトウェア内に実装されている場合、当該機能は、コンピュータ可読媒体に格納されているか、1つ以上の命令もしくはコードとしてそこに伝送されてもよい。コンピュータ可読媒体としては、1つの場所から別の場所へのコンピュータプログラムの転送を容易にする任意の媒体を含むコンピュータ記憶媒体および通信媒体の両方が挙げられる。記憶媒体は、コンピュータによってアクセスすることができる任意の利用可能な媒体でもあってもよい。一例であって、限定されるものではないが、そのようなコンピュータ可読媒体は、RAM、ROM、EEPROM、CD-ROMもしくは他の光学ディスク記憶装置、磁気ディスク記憶装置もしくは他の磁気記憶装置、または、命令もしくはデータ構造の形態で所望のプログラムコードを保持もしくは格納するために使用することができ、かつコンピュータによってアクセスすることができる任意の他の媒体を含むことができる。メモリ記憶装置は、回転磁気ハードディスクドライブ、光学ディスクドライブまたはフラッシュメモリ系記憶装置ドライブ、あるいは他のそのようなソリッドステート、磁気もしくは光学記憶装置であってもよい。また、任意の接続は、コンピュータ可読媒体と適切に称される。例えば、ソフトウェアが、同軸ケーブル、光ファイバケーブル、ツイストペア、デジタル加入者回線（DSL）または赤外線、無線およびマイクロ波などの無線技術を用いて、ウェブサイト、サーバまたは他のリモートソースから送信される場合、同軸ケーブル、光ファ

10

20

30

40

50

イバーケーブル、ツイストペア、DSLまたは赤外線、無線およびマイクロ波などの無線技術は媒体の定義に含まれる。本明細書に使用されているディスク(disk)およびディスク(disc)としては、コンパクトディスク(CD)、レーザディスク、光ディスク、デジタル多用途ディスク(DVD)、フロッピー(登録商標)ディスクおよびブルーレイディスクが挙げられ、ここでは、ディスク(disk)は通常、磁気的にデータを再生するが、ディスク(disc)は、レーザで光学的にデータを再生する。上記組み合わせも、コンピュータ可読媒体の範囲に含まれるものとする。

【0129】

本明細書に記載されている演算を、ウェブサイト上またはウェブサイトを通じて行うことができる。ウェブサイトは、サーバコンピュータで動作させるか、例えば、クライアントコンピュータにダウンロードすることによって、ローカルで動作させるか、あるいは、サーバファームを介して動作させることができる。ウェブサイトには、携帯電話またはPDAによって、あるいは任意の他のクライアント上でアクセスすることができる。ウェブサイトは、例えば、HTMLまたはXMLなどの任意の形態のHTMLコードをカスケーディングスタイルシート(「CSS」)などの任意の形態で使用することができる。

10

【0130】

また、本発明者らは、「~のための手段」という言葉を使用するそれらの特許請求の範囲のみが米国特許法第112条第6段落の下で解釈されることを意図している。さらに、本明細書からの限定は、それらの限定が特許請求の範囲に明示的に含まれていない限り、いずれの請求項にも読み込まれないものとする。本明細書に記載されているコンピュータは、任意の種類のコピュータ、すなわち、汎用コンピュータまたはワークステーションなどのいくつかの特定の目的のコンピュータのうちのいずれか一方であってもよい。プログラムは、CもしくはJava(登録商標)、Brewまたは任意の他のプログラミング言語で書かれていてもよい。プログラムは、例えば、磁気もしくは光学の記憶媒体、例えば、コンピュータハードディスク、メモリスティックもしくはSD媒体などの取り外し可能なディスクもしくは媒体、または他の取り外し可能な媒体に常駐していてもよい。また、プログラムを、例えば、本明細書に記載されている演算を行わせることができるローカル機械に信号を送信するサーバまたは他の機械を用いて、ネットワーク上で実行してもよい。

20

【0131】

本明細書において具体的な数値が言及されている場合、本出願の教示の範囲内になお留まっており、異なる範囲が具体的に言及されていない限り、その値は20%で増減し得るものとみなす。これらの実施形態の多くが64ビットについて述べているが、128もしくは256ビットのプロセッサもしくは処理を代わりに使用することができる。特定の論理的意味が使用されている場合、反対の論理的意味も含まれるものとする。

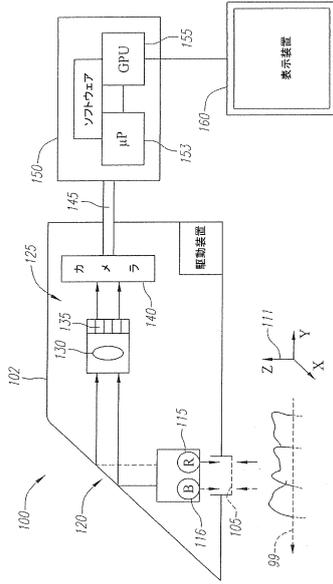
30

【0132】

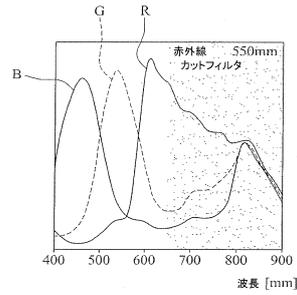
開示されている例示的な実施形態の先の記述は、任意の当業者が本発明を製造または利用できるように提供されている。当業者には、これらの例示的な実施形態に対する様々な修正は容易に明らかであり、本明細書に定義されている一般的な原理は、本発明の趣旨または範囲を逸脱しない限り、他の実施形態に適用してもよい。従って、本発明は、本明細書に示されている実施形態に限定されるものではなく、本明細書に開示されている原理および新しい特徴と矛盾しない最も広い範囲を認めるものとする。

40

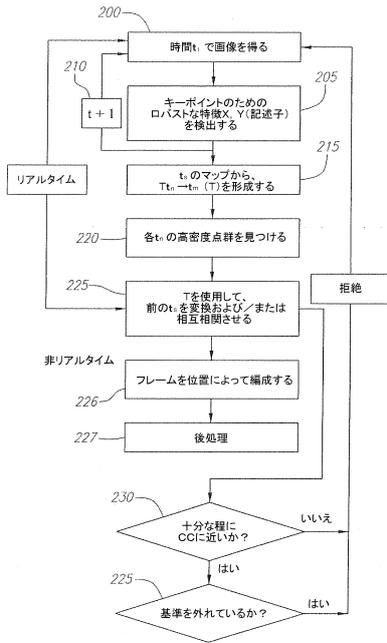
【図1A】



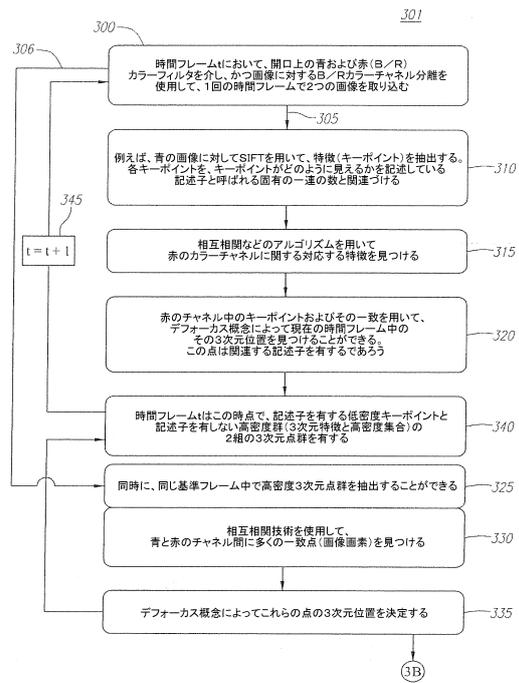
【図1B】



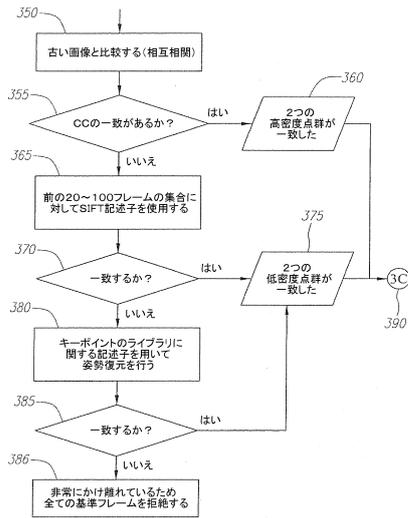
【図2】



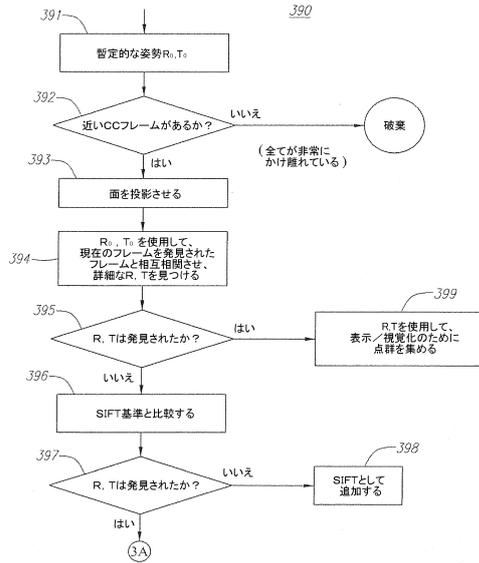
【図3A】



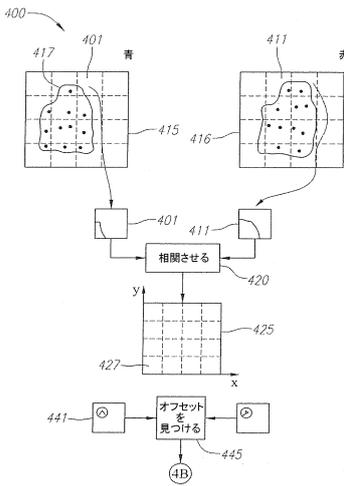
【図3B】



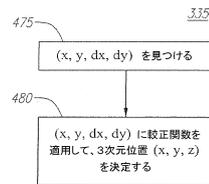
【図3C】



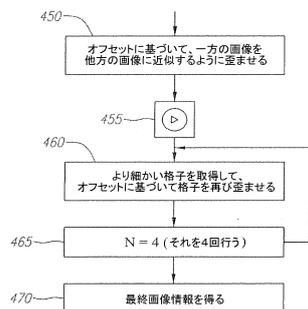
【図4A】



【図4C】



【図4B】



【図5】

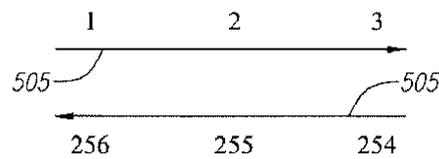
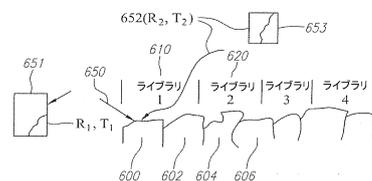
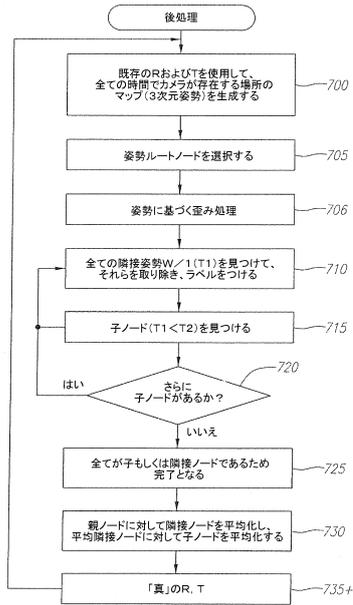


FIG. 5

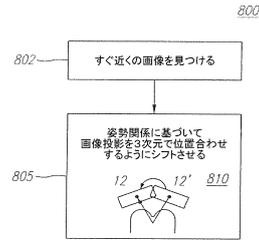
【図6】



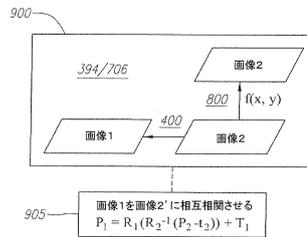
【図7】



【図8】



【図9】



## フロントページの続き

- (72)発明者 ハーバード, アレクセイ  
アメリカ合衆国, カリフォルニア州 91107, パサデナ, 2445 イー. デル マール
- (72)発明者 ルー, ジアン  
アメリカ合衆国, カリフォルニア州 91016, モンロビア, #ディー, 207 エス. アルタ  
ビスタ アベニュー
- (72)発明者 シェ, スコット  
アメリカ合衆国, カリフォルニア州 92807, アナハイム, 4467 イー. リッジ ゲー  
ト ロード

## 合議体

審判長 藤井 浩  
審判官 小池 正彦  
審判官 渡邊 聡

- (56)参考文献 特開2003-50110(JP, A)  
特開2003-196656(JP, A)  
国際公開第2007/119468(WO, A1)  
大澤奈々穂、外3名, " 移動ロボットによる環境認識のための実時間距離画像位置合わせ", 情報処理学会研究報告, 日本, 社団法人情報処理学会, 2005年 5月13日, Vol. 2005, No. 38, p. 111-118  
吉川武志、外5名, " 大規模3次元データの多視点統合", 第46回システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集, 日本, システム制御情報学会, 2002年 5月17日, p. 325-326

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T 1/00  
G06T 7/00- 7/60  
G01B11/00-11/30