

(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2018-536244

(P2018-536244A)

(43) 公表日 平成30年12月6日(2018.12.6)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
G06T 7/80	(2017.01)	G06T 7/80		5 L O 9 6
G06T 7/00	(2017.01)	G06T 7/00	3 5 O C	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2018-528977 (P2018-528977)
 (86) (22) 出願日 平成28年12月5日 (2016.12.5)
 (85) 翻訳文提出日 平成30年7月31日 (2018.7.31)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2016/065001
 (87) 国際公開番号 W02017/096396
 (87) 国際公開日 平成29年6月8日 (2017.6.8)
 (31) 優先権主張番号 62/263, 529
 (32) 優先日 平成27年12月4日 (2015.12.4)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 514108838
 マジック リープ, インコーポレイテッド
 Magic Leap, Inc.
 アメリカ合衆国 フロリダ 33322,
 プランテーション, ウェスト サンライズ
 ブールバード 7500
 7500 W SUNRISE BLVD
 , PLANTATION, FL 3332
 2 USA
 (74) 代理人 100078282
 弁理士 山本 秀策
 (74) 代理人 100113413
 弁理士 森下 夏樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 再位置特定システムおよび方法

(57) 【要約】

画像捕捉デバイスの姿勢を判定する方法は、画像捕捉デバイスを使用して画像を捕捉するステップを含む。本方法はまた、捕捉された画像に対応するデータ構造を生成するステップを含む。本方法はさらに、データ構造と複数の既知のデータ構造を比較し、最も類似する既知のデータ構造を識別するステップを含む。さらに、本方法は、最も類似する既知のデータ構造に対応するメタデータを読み取り、画像捕捉デバイスの姿勢を判定するステップを含む。

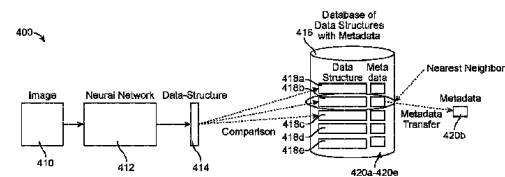


FIG. 4

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

画像捕捉デバイスの姿勢を判定する方法であって、
画像捕捉デバイスを使用して画像を捕捉するステップと、
前記捕捉された画像に対応するデータ構造を生成するステップと、
前記データ構造と複数の既知のデータ構造を比較し、最も類似する既知のデータ構造を識別するステップと、
前記最も類似する既知のデータ構造に対応するメタデータを読み取り、前記画像捕捉デバイスの姿勢を判定するステップと、
を含む、方法。

10

【請求項 2】

前記データ構造は、前記捕捉された画像のコンパクト表現である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記データ構造は、N 次元ベクトルである、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記捕捉された画像に対応するデータ構造を生成するステップは、ニューラルネットワークを使用して、前記捕捉された画像を前記 N 次元ベクトルにマッピングするステップを含む、請求項 3 に記載の方法。

20

【請求項 5】

前記ニューラルネットワークは、畳み込みニューラルネットワークである、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記データ構造は、128 次元ベクトルである、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 7】

前記複数の既知のデータ構造のそれぞれは、N 次元空間内の個別の既知の N 次元ベクトルである、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記データ構造は、N 次元ベクトルであり、

前記データ構造と前記複数の既知のデータ構造とを比較し、前記最も類似する既知のデータ構造を識別するステップは、

30

前記 N 次元ベクトルと各個別の既知の N 次元ベクトルとの間の個別のユークリッド距離を判定するステップと、

前記 N 次元ベクトルに対して最小距離を有する既知の N 次元ベクトルを前記最も類似する既知のデータ構造として識別するステップと、

を含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記複数の既知のデータ構造のそれぞれは、128 次元空間内の個別の既知の 128 次元ベクトルである、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 10】

複数の既知の画像を前記複数の既知のデータ構造にマッピングすることによって、ニューラルネットワークを訓練するステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

40

【請求項 11】

前記ニューラルネットワークは、畳み込みニューラルネットワークである、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

前記ニューラルネットワークを訓練するステップは、前記複数のうちの一对の既知の画像を比較することに基づいて、前記ニューラルネットワークを修正するステップを含む、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 13】

50

前記ニューラルネットワークを訓練するステップは、前記複数のうちの既知の画像のトリプレットを比較することに基づいて、前記ニューラルネットワークを修正するステップを含む、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 14】

前記複数のうちの各既知の画像は、姿勢データを含む個別のメタデータを有し、

前記ニューラルネットワークを訓練するステップは、前記個別のメタデータで注釈が付けられた前記既知の画像のデータベースにアクセスするステップを含む、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 15】

前記姿勢データは、既知の画像に対応するカメラの平行移動および回転をエンコードする、請求項 14 に記載の方法。

【請求項 16】

前記複数のうちの各既知のデータ構造は、N次元空間内の個別の既知のN次元ベクトルであり、

前記トリプレットの第1の既知の画像は、前記トリプレットの第2の既知の画像に関するマッチング画像であり、

前記トリプレットの第3の既知の画像は、前記トリプレットの第1の既知の画像に関する非マッチング画像である、

請求項 14 に記載の方法。

【請求項 17】

前記マッチングする第1および第2の既知の画像に対応する個別の第1および第2の姿勢データ間の第1のユークリッド距離は、所定の閾値未満であり、

前記マッチングしない第1および第3の既知の画像に対応する個別の第1および第3の姿勢データ間の第2のユークリッド距離は、前記所定の閾値を上回る、

請求項 16 に記載の方法。

【請求項 18】

前記ニューラルネットワークを訓練するステップは、

N次元空間内の前記マッチングする第1および第2の既知の画像にそれぞれ対応する第1および第2の既知のN次元ベクトル間の第1のユークリッド距離を減少させるステップと、

前記N次元空間内の前記マッチングしない第1および第3の既知の画像にそれぞれ対応する第1および第3の既知のN次元ベクトル間の第2のユークリッド距離を増加させるステップと、

を含む、請求項 16 に記載の方法。

【請求項 19】

リアルタイムで、前記データ構造と前記複数の既知のデータ構造とを比較し、前記最も類似する既知のデータ構造を識別するステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 20】

前記最も類似する既知のデータ構造に対応するメタデータは、前記最も類似する既知のデータ構造に対応する姿勢データを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 21】

前記最も類似する既知のデータ構造のメタデータ内の姿勢データから前記画像捕捉デバイスの姿勢を判定するステップをさらに含む、請求項 20 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(関連出願の相互参照)

本願は、米国仮特許出願第 62 / 263 , 529 号、出願日 2015 年 12 月 4 日、発明の名称 “RELOCALIZATION SYSTEMS AND METHODS”、代理人管理番号 9512 - 30061 . 00 US に対する優先権を主張するもので

10

20

30

40

50

ある。本願は、米国特許出願第 15 / 150 , 042 号、出願日 2016 年 5 月 9 日、発明の名称 “ DEVICES , METHODS AND SYSTEMS FOR BIOMETRIC USER RECOGNITION UTILIZING NEURAL NETWORKS ”、代理人管理番号 ML . 20028 . 00 . に記載されているものと類似した主題を含んでいる。上記特許出願の内容は、あたかも全体が開示されているように、それらの全体が参照により本明細書中に明示的にかつ完全に援用される。

【 0002 】

本明細書中の主題は、種々のシステム（例えば、Magic Leap , Inc (Fort Lauderdale , Florida) 等の組織によって設計されたウェアラブルコンピューティングシステムおよびその構成要素等）に採用され得る、かつ／または、そのような種々のシステムとともに利用され得る。以下のドキュメントは、あたかも全体が開示されているように、それらの全体が参照により本明細書中に明示的にかつ完全に援用される。米国特許出願第 14 / 641 , 376 号；米国特許出願第 14 / 555 , 585 号、米国特許出願第 14 / 205 , 126 号、米国特許出願第 14 / 212 , 961 号、米国特許出願第 14 / 690 , 401 号、米国特許出願第 13 / 663 , 466 号、および米国特許出願第 13 / 684 , 489 号。

【 0003 】

本開示は、姿勢に敏感なシステムの位置特定のためのデバイス、方法、およびシステムに関する。特に、本開示は、システムの姿勢を見失ったか、および／または未だ確立していないかのいずれかである、姿勢に敏感なシステムの再位置特定のためのデバイス、方法、およびシステムに関する。

【 背景技術 】

【 0004 】

システムの数の増加は、システムが最適に機能するために、姿勢情報を要求する。最適性能のために姿勢情報を要求する、システムの実施例として、限定ではないが、ロボットおよび混合現実（MR）システム（すなわち、仮想現実（VR）および／または拡張現実（AR）システム）が挙げられる。そのようなシステムは、集合的に、「姿勢に敏感な」システムと称され得る。姿勢情報の一実施例は、3次元空間内の姿勢に敏感なシステムを位置特定および配向する、6自由度に沿った空間情報である。

【 0005 】

姿勢に敏感なシステムは、種々のイベント後、「見失われ」得る（すなわち、システムの姿勢の追跡を見失う）。これらのイベントのうちのいくつかは、1．（例えば、スポーツ参加者によって装着されるARシステム内の）高速カメラ運動、2．閉塞（例えば、人物が視野の中に歩いて入って来ることによって）、3．運動ぶれ（例えば、ARシステムユーザによる高速頭部回転に伴う）、4．低光量（例えば、光の明滅）、5．突発的システム障害（例えば、停電）、および6．無特徴環境（例えば、平坦な壁を伴う部屋）を含む。これらのイベントのいずれかおよび多くのその他は、ロバストな追跡フロントエンドを伴う現在の同時位置特定およびマッピング（「SLAM」）システムによって採用されるもの等の特徴ベースの追跡に著しく影響を及ぼし、それによって、これらのシステムを見失わせ得る。

【 0006 】

故に、再位置特定（すなわち、システムがマッピングされた空間内で「見失われた」とき、システムの姿勢をマップ内で見出すこと）が、困難であって、リアルタイム視覚追跡の重要な側面である。追跡の失敗は、SLAMシステムにおける重大な問題であって、システムの復元（または再位置特定）能力は、以前に訪問した場所を正確に認識するその能力に依拠する。

【 0007 】

ロボットにおける画像ベースの位置特定の問題は、一般に、見失われたロボット問題（または誘拐されたロボット問題）と称される。見失われたロボット問題はまた、ウェイクアップロボット問題およびループ閉鎖検出の両方にも関連する。ウェイクアップロボット

10

20

30

40

50

問題は、システムが第 1 の時間にわたってオンにされることを伴う。ループ閉鎖検出は、システムが、正常に追跡し、以前に訪問した場所を再訪問することを伴う。ループ閉鎖検出では、画像位置特定システムは、システムが以前にその場所を訪問したことを認識しなければならない。そのようなループ閉鎖検出は、位置特定ドリフトを防止することに役立ち、大環境の 3 D マップを構築するときに重要である。故に、姿勢に敏感なシステム位置特定は、見失われたシステムシナリオ以外の状況において有用である。

【 0 0 0 8 】

M R システム（例えば、A R システム）は、典型的ロボットシステムよりさらに高い位置特定要件を有する。本明細書に説明および請求される姿勢に敏感なシステムを位置特定するためのデバイス、方法、およびシステムは、全ての姿勢に敏感なシステムの最適機能を促進することができる。

10

【 発明の概要 】

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 9 】

一実施形態では、画像捕捉デバイスの姿勢を判定する方法を対象とし、本方法は、画像捕捉デバイスを使用して画像を捕捉するステップを含む。本方法はまた、捕捉された画像に対応するデータ構造を生成するステップを含む。本方法はさらに、データ構造と複数の既知のデータ構造を比較し、最も類似する既知のデータ構造を識別するステップを含む。さらに、本方法は、最も類似する既知のデータ構造に対応するメタデータを読み取り、画像捕捉デバイスの姿勢を判定するステップを含む。

20

【 0 0 1 0 】

1 つまたはそれを上回る実施形態では、データ構造は、捕捉された画像のコンパクト表現である。データ構造は、N 次元ベクトルであってもよい。データ構造は、1 2 8 次元ベクトルであってもよい。

【 0 0 1 1 】

1 つまたはそれを上回る実施形態では、捕捉された画像に対応するデータ構造を生成するステップは、ニューラルネットワークを使用して、捕捉された画像を N 次元ベクトルにマッピングするステップを含む。ニューラルネットワークは、畳み込みニューラルネットワークであってもよい。

【 0 0 1 2 】

1 つまたはそれを上回る実施形態では、複数の既知のデータ構造はそれぞれ、N 次元空間内の個別の既知の N 次元ベクトルである。複数の既知のデータ構造はそれぞれ、1 2 8 次元空間内の個別の既知の 1 2 8 次元ベクトルであってもよい。

30

【 0 0 1 3 】

データ構造は、N 次元ベクトルであってもよい。データ構造と複数の既知のデータ構造を比較し、最も類似する既知のデータ構造を識別するステップは、N 次元ベクトルと各個別の既知の N 次元ベクトルとの間の個別のユークリッド距離を判定するステップとを含んでもよい。データ構造と複数の既知のデータ構造を比較し、最も類似する既知のデータ構造を識別するステップはまた、N 次元ベクトルに対して最小距離を有する既知の N 次元ベクトルを最も類似する既知のデータ構造として識別するステップを含んでもよい。

40

【 0 0 1 4 】

1 つまたはそれを上回る実施形態では、本方法はまた、複数の既知の画像を複数の既知のデータ構造にマッピングすることによって、ニューラルネットワークを訓練するステップを含む。ニューラルネットワークは、畳み込みニューラルネットワークであってもよい。ニューラルネットワークを訓練するステップは、複数のうちの一对の既知の画像を比較することに基づいて、ニューラルネットワークを修正するステップを含んでもよい。

【 0 0 1 5 】

1 つまたはそれを上回る実施形態では、ニューラルネットワークを訓練するステップは、複数のうちの既知の画像のトリプレットを比較することに基づいて、ニューラルネットワークを修正するステップを含む。複数のうちの各既知の画像は、姿勢データを含む、個

50

別のメタデータを有してもよい。ニューラルネットワークを訓練するステップは、個別のメタデータで注釈が付けられた既知の画像のデータベースにアクセスするステップを含んでもよい。姿勢データは、既知の画像に対応するカメラの平行移動および回転をエンコードしてもよい。

【0016】

1つまたはそれを上回る実施形態では、複数のうちの各既知のデータ構造は、N次元空間内の個別の既知のN次元ベクトルである。トリプレットの第1の既知の画像は、トリプレットの第2の既知の画像に関するマッチング画像であってもよい。トリプレットの第3の既知の画像は、トリプレットの第1の既知の画像に関する非マッチング画像であってもよい。マッチングする第1および第2の既知の画像に対応する個別の第1および第2の姿勢データ間の第1のユークリッド距離は、所定の閾値未満であってもよい。マッチングしない第1および第3の既知の画像に対応する個別の第1および第3の姿勢データ間の第2のユークリッド距離は、所定の閾値を上回ってもよい。

10

【0017】

1つまたはそれを上回る実施形態では、ニューラルネットワークを訓練するステップは、それぞれ、N次元空間内のマッチングする第1および第2の既知の画像に対応する第1および第2の既知のN次元ベクトル間の第1のユークリッド距離を減少させるステップを含む。ニューラルネットワークを訓練するステップはまた、それぞれ、N次元空間内のマッチングしない第1および第3の既知の画像に対応する第1および第3の既知のN次元ベクトル間の第2のユークリッド距離を増加させるステップを含んでもよい。

20

【0018】

1つまたはそれを上回る実施形態では、本方法はまた、リアルタイムで、データ構造と複数の既知のデータ構造を比較し、最も類似する既知のデータ構造を識別するステップを含む。最も類似する既知のデータ構造に対応するメタデータは、最も類似する既知のデータ構造に対応する姿勢データを含んでもよい。本方法はまた、最も類似する既知のデータ構造のメタデータ内の姿勢データから画像捕捉デバイスの姿勢を判定するステップを含んでもよい。

【図面の簡単な説明】

【0019】

図面は、本発明の種々の実施形態の設計および有用性を図示する。図は、正確な縮尺で描かれておらず、類似構造または機能の要素は、図全体を通して同様の参照番号によって表されることに留意されたい。本発明の種々の実施形態の前述および他の利点および目的を得る方法をより深く理解するために、上記に簡単に説明される本発明のより詳細な説明が、付随の図面に図示される、その具体的実施形態を参照することによって与えられるであろう。これらの図面は、本発明の典型的実施形態のみを描写し、したがって、その範囲の限定と見なされるものではないことの理解の下、本発明は、付随の図面の使用を通して、付加的特異性および詳細とともに記載および説明されるであろう。

30

【0020】

【図1】図1は、一実施形態による、位置特定/再位置特定システムのためのクエリ画像および6つの既知の画像の概略図である。

40

【図2】図2は、一実施形態による、データ構造への画像の埋込の概略図である。

【図3】図3は、一実施形態による、ニューラルネットワークを訓練するための方法の概略図である。

【図4】図4は、一実施形態による、姿勢に敏感なシステムを位置特定/再位置特定するための方法におけるデータフローの概略図である。

【図5】図5は、一実施形態による、姿勢に敏感なシステムを位置特定/再位置特定するための方法を描写する、フローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0021】

本発明の種々の実施形態は、単一実施形態または複数の実施形態における、姿勢に敏感

50

なシステム（例えば、拡張現実（AR）システム）を位置特定または再位置特定するための方法、システム、および製造品を対象とする。本発明の他の目的、特徴、および利点は、発明を実施するための形態、図、および請求項に説明される。

【0022】

種々の実施形態が、ここで、当業者が本発明を実践することを可能にするために本発明の例証的实施例として提供される、図面を参照して詳細に説明されるであろう。着目すべきこととして、以下の図および実施例は、本発明の範囲を限定することを意味するものではない。本発明のある要素が、部分的または完全に、公知のコンポーネント（または方法またはプロセス）を使用して実装され得る場合、本発明の理解のために必要なそのような公知のコンポーネント（または方法またはプロセス）の部分のみが、説明され、そのような公知のコンポーネント（または方法またはプロセス）の他の部分の詳細な説明は、本発明を曖昧にしないように省略されるであろう。さらに、種々の実施形態は、本明細書に例証として言及されるコンポーネントの現在公知の均等物および将来的に公知になる均等物も包含する。

10

（位置特定／再位置特定システムおよび方法）

【0023】

拡張現実ディスプレイシステムの種々の実施形態は、弁理士整理番号第ML-30011-US号の下で2014年11月27日に出願され、「VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY SYSTEMS AND METHODS」と題された共同所有の米国特許出願第14/555,585号と、弁理士整理番号第ML30017.00号の下で2014年5月30日に出願され、「METHODS AND SYSTEM FOR CREATING FOCAL PLANES IN VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY」と題された共同所有の米国仮特許出願第62/005,834号とにおいて議論されている（前述の米国特許出願の内容は、完全に記載される場合と同様に、参照することによって明示的かつ完全に本明細書に組み込まれる）。位置特定／再位置特定システムは、ARシステムから独立して実装されてもよいが、以下の多くの実施形態は、例証目的のみのために、ARシステムと関連して説明される。

20

【0024】

開示されるのは、姿勢に敏感なシステムを位置特定／再位置特定するためのデバイス、方法、およびシステムである。一実施形態では、姿勢に敏感なシステムは、頭部搭載型ARディスプレイシステムであってもよい。他の実施形態では、姿勢に敏感なシステムは、ロボットであってもよい。種々の実施形態は、頭部搭載型ARシステムの位置特定／再位置特定に関して以下に説明されるであろうが、本明細書に開示される実施形態は、任意の既存および／または公知のARシステムから独立して使用されてもよいことを理解されたい。

30

【0025】

例えば、ARシステムが、上記に説明される破壊的イベント（例えば、高速カメラ運動、閉塞、運動ぶれ、低光量、突発的システム障害、無特徴環境、および同等物）のうちの1つを被った後、その姿勢追跡を「見失う」と、ARシステムは、一実施形態によると、再位置特定プロシージャを行い、最適システム性能のために必要とされる、システムの姿勢を再確立する。ARシステムは、そこに結合される1つまたはそれを上回るカメラを使用して、1つまたはそれを上回る画像を捕捉することによって、再位置特定プロシージャを開始する。次に、ARシステムは、捕捉された画像と複数の既知の画像を比較し、捕捉された画像との最近似マッチングである、既知の画像を識別する。次いで、ARシステムは、姿勢データを含む、最近似のマッチングする既知の画像に関するメタデータにアクセスし、最近似のマッチングする既知の画像の姿勢データを使用して、システムの姿勢を再確立する。

40

【0026】

図1は、見失われたARシステムによって捕捉された画像を表す、クエリ画像110を

50

描写する。図 1 はまた、複数（例えば、6 つ）の既知の画像 1 1 2 a - 1 1 2 f を描写し、それに対して、クエリ画像 1 1 0 が、比較される。既知の画像 1 1 2 a - 1 1 2 f は、見失われた A R システムによって直近で捕捉されたものであり得る。図 1 に描写される実施形態では、既知の画像 1 1 2 a は、クエリ画像 1 1 0 との最近似のマッチングする既知の画像である。故に、A R システムは、既知の画像 1 1 2 a と関連付けられた姿勢データを使用して、その姿勢を再確立するであろう。姿勢データは、最近似のマッチングする既知の画像 1 1 2 a に対応するカメラの平行移動および回転をエンコードしてもよい。

【 0 0 2 7 】

しかしながら、ピクセル毎に多数（例えば、1 0 , 0 0 0 を上回る）の画像ペアを比較することは、計算集約的である。本限定は、リアルタイム（例えば、6 0 またはそれを上回るフレーム / 秒）の姿勢に敏感なシステムの再位置特定のために、ピクセル毎の比較を著しく非効率的にする。故に、図 1 は、システム再位置特定のための画像比較を図式的に描写するだけである。

【 0 0 2 8 】

一実施形態によると、クエリ画像（例えば、クエリ画像 1 1 0 ）および複数の既知の画像（例えば、既知の画像 1 1 2 a - 1 1 2 f ）は、処理および比較がより容易であって、かつ記憶および編成がより容易である、データ構造に変換される。特に、各画像は、三角不等式が保存される、より低い次元の多様体に画像を投影することによって、「埋め込まれる」。三角不等式は、1 つの線上にない任意の 3 つの点に関して、任意の 2 つの辺の和が第 3 の辺を上回る幾何学的性質である。

【 0 0 2 9 】

一実施形態では、より低い次元の多様体は、N 次元ベクトルの形態におけるデータ構造である。特に、N 次元ベクトルは、1 2 8 次元ベクトルであってもよい。そのような 1 2 8 次元ベクトルは、データ構造のサイズとデータ構造によって表される画像を分析する能力との間の効果的平衡をとる。変動する画像ベースの位置特定 / 再位置特定方法のための N 次元ベクトルの次元数は、類似性メトリック算出およびエンドツーエンド訓練（以下に説明される）の速度に影響を及ぼし得る。全ての他の因子が等しい場合、最低次元表現が、好ましい。1 2 8 次元ベクトルの使用は、画像ベースの位置特定 / 再位置特定方法のための無駄がなく、かつロバストな埋込をもたらす。そのようなベクトルは、畳み込みニューラルネットワークと併用され、位置特定 / 再位置特定システムを新しいデータを用いて改良可能にし、新しいデータセットにおいて効率的に機能することができる。

【 0 0 3 0 】

図 2 は、一連の分析 / 簡略化 / 縮小ステップ 2 1 2 を通した画像 2 1 0 の埋込を図式的に描写する。画像 2 1 0 は、1 2 0 ピクセル × 1 6 0 ピクセル画像であってもよい。画像 2 1 0 に関するステップ 2 1 2 における動作の結果は、画像 2 1 0 を表す、N 次元ベクトルである 2 1 4（例えば、1 2 8 次元）。本明細書に説明される実施形態は、1 2 8 次元ベクトルをデータ構造として利用するが、異なる数の次元を伴うベクトルを含む、任意の他のデータ構造が、本明細書の実施形態によると、位置特定 / 再位置特定システムにおいて分析されることになる画像を表すことができる。

【 0 0 3 1 】

位置特定 / 再位置特定のために、画像の本コンパクト表現（すなわち、埋込）は、N 次元ベクトル間のユークリッド距離を比較することによって、1 つの場所と別の場所の類似性を比較するために使用されてもよい。屋内および屋外の両方の場所ベースのデータセット（以下に説明される）で訓練された既知の訓練画像に対応する、既知の N 次元ベクトルのネットワークは、視覚的類似性（正の画像）および非類似性（負の画像）を学習するように構成されてもよい。本学習プロセスに基づいて、埋込は、具体的場所または面積に関する著しい程度の外観変化を比較的に小データ構造内に正常にエンコードし、位置特定 / 再位置特定システムにおける位置特定の効率的表現を成功させることを可能にする。

（ネットワーク訓練）

【 0 0 3 2 】

ネットワークは、画像をデータ構造の中に効率的に埋め込むために使用され得る前に、訓練されなければならない。図3は、一実施形態による、画像トリプレット310、312、314を使用して、ネットワーク300を訓練するための方法を図式的に描写する。ネットワーク300は、畳み込みニューラルネットワーク300であってもよい。ネットワーク訓練システムは、訓練の1つのサイクルのために、クエリ画像312、正の（マッチング）画像310、および負の（非マッチング）画像314を使用する。図3におけるクエリおよび正の画像312、310はそれぞれ、おそらく、異なる視点からの同一オブジェクト（すなわち、人物）を描写する。図3におけるクエリおよび負の画像312、314は、異なるオブジェクト（すなわち、人々）を描写する。同一ネットワーク310は、画像310、312、314の全てを学習するが、2つのマッチング画像310、312のスコア320、322を可能な限り近づけ、非マッチング画像314のスコア324を2つのマッチング画像310、312のスコア320、322と可能な限り異ならせるように訓練される。本訓練プロセスは、大量の画像セットで繰り返される。

10

20

30

40

50

【0033】

訓練が完了すると、ネットワーク300は、同一画像の異なるビューをともに近づけ、異なる画像を離れるようにマッピングする。本ネットワークは、次いで、画像を最近傍隣空間の中にエンコードするために使用されることができる。新しく捕捉された画像は、分析されると（上記に説明されるように）、エンコードされる（例えば、N次元ベクトルの中に）。次いで、位置特定/再位置特定システムは、捕捉された画像の最近傍の他のエンコードされた画像までの距離を判定することができる。いくつかのエンコードされた画像の近傍にある場合、その画像に対してマッチングしていると見なされる。いくつかのエンコードされた画像から遠隔にある場合、その画像に対して非マッチングしていると見なされる。本願で使用されるように、「近傍」および「遠隔」として、限定ではないが、2つの姿勢および/またはN次元ベクトル間の相対的ユークリッド距離が挙げられる。

【0034】

ニューラルネットワーク（すなわち、訓練アルゴリズム）の加重を学習することは、複数の既知のデータ構造の既知のデータ構造のトリプレットを比較することを含む。トリプレットは、クエリ画像と、正の画像と、負の画像とから成る。クエリおよび正の画像に対応する、個別の第1および第2の姿勢データ間の第1のユークリッド距離は、所定の閾値未満であって、クエリおよび負の画像に対応する、個別の第1および第3の姿勢データ間の第2のユークリッド距離は、所定の閾値を上回る。ネットワークは、トリプレット内の画像毎に、128次元ベクトルを生成し、誤差項は、負の画像が正の画像よりクエリ画像に近い（ユークリッド距離の観点から）場合、非ゼロである。誤差は、ニューラルネットワーク逆伝播アルゴリズムを使用して、ネットワークを通して伝播される。ネットワークは、N次元空間内のクエリおよび正の画像に対応する第1および第2の128次元ベクトル間の第1のユークリッド距離を減少させ、それぞれ、N次元空間内のクエリおよび負の画像に対応する第1および第3の128次元ベクトル間の第2のユークリッド距離を増加させることによって、訓練されることができる。ネットワークの最終構成は、多数のトリプレットをネットワークを通して通過させた後に達成される。

【0035】

外観ベースの再位置特定システムは、概して、視点、照明、およびスケールにおける変化に不変であることが望ましい。上記に説明される深層距離学習ネットワークは、外観不変再位置特定の問題を解法するために好適である。一実施形態では、トリプレット畳み込みニューラルネットワークモデルは、システムが画像間の有意義な距離を測定することができる、より低い次元空間の中に画像を埋め込む。アンカ - 正の対の類似画像およびアンカ - 負の対の非類似画像を形成する、3つの画像から成る、トリプレットの慎重な選択を通して、畳み込みニューラルネットワークは、可変場所を含む、種々の場所に関して訓練されることができる。

【0036】

上記に説明される訓練実施形態は、画像のトリプレットを使用するが、ネットワーク訓

練は、他の実施形態によると、他の複数の画像（例えば、対およびクワドラプレット）を利用してよい。画像対訓練に関して、クエリ画像は、正のおよび負の画像と連続して対合されてもよい。画像クワドラプレット訓練に関して、クワドラプレットは、少なくとも、クエリ画像と、正の画像と、負の画像とを含むべきである。残りの画像は、ネットワークが訓練されている意図される用途に基づいて、付加的な正のまたは負の画像であってもよい。典型的には、マッチングより多くの非マッチングを伴う、位置特定 / 再位置特定に関して、クワドラプレット訓練における第 4 の画像は、負の画像であってもよい。

【0037】

上記に説明される訓練実施形態は、単一畳み込みニューラルネットワークを使用するが、他の訓練実施形態は、複数の動作可能に結合されるネットワークを利用してよい。さらに他の実施形態では、ネットワークは、逆伝播を伴う、他のタイプのニューラルネットワークであってもよい。

10

（例示的ネットワークアーキテクチャ）

【0038】

一実施形態による、位置特定 / 再位置特定システムと併用するための例示的ニューラルネットワークは、 3×3 の畳み込みと、単一の完全に接続された層とを有する。本アーキテクチャは、システムが、一般的アーキテクチャのための新たなハードウェア加速と、ImageNet 事前訓練加重から初期化する能力とを利用することを可能にする。本 3×3 の畳み込みアーキテクチャは、同一ネットワークアーキテクチャを用いて多様な問題を解法するために十分である。

20

【0039】

本例示的ニューラルネットワークアーキテクチャは、8 つの畳み込み層と、4 つの最大プーリング層と、その後、サイズ 128 の単一の完全に接続された層とを含む。最大プーリング層は、2 つの畳み込みブロック毎に配置され、ReLU は、非線形性のために使用され、BatchNorm 層は、畳み込み毎に配置される。最終の完全に接続された層は、サイズ $[8 \times 10 \times 128]$ のプロブを 128×1 ベクトルにマッピングし、カスタム可微分 L2 - 正規化は、最終埋込を提供する。

（位置特定 / 再位置特定システムおよび方法）

【0040】

ここで、一実施形態による、畳み込みニューラルネットワークの訓練が、説明されたことを受けて、図 4 および 5 が、2 つの実施形態による、姿勢に敏感なシステムを位置特定 / 再位置特定する 2 つの類似方法 400、500 を描写する。

30

【0041】

図 4 は、ニューラルネットワーク 412 によって、対応するクエリデータ構造 414 の中に埋め込まれる、クエリ画像 410 を図式的に描写する。クエリ画像 410 は、再位置特定において使用するために、見失われた姿勢に敏感なシステムによって取得され得る。ニューラルネットワーク 412 は、訓練された畳み込みニューラルネットワーク（図 3 における 300 参照）であってもよい。クエリデータ構造 414 は、 128 次元ベクトルであってもよい。

【0042】

クエリ画像 410 に対応するクエリデータ構造 414 は、既知のデータ構造 418 a - 418 e のデータベース 416 と比較される。各既知のデータ構造 418 a - 418 e は、データベース 416 内において、既知のデータ構造 418 に対応する既知の画像を捕捉したシステムに関する姿勢データを含む、対応するメタデータ 420 a - 420 e と関連付けられる。比較の結果は、クエリ画像 410 に対応するクエリデータ構造 414 の最近傍近隣（すなわち、最良マッチング）の識別である。最近傍近隣は、クエリデータ構造 414 までの最短の相対的ユークリッド距離を有する、既知のデータ構造（例えば、既知のデータ構造 418 b）である。

40

【0043】

最近傍近隣の既知のデータ構造 418 b が、本実施形態において、識別された後、関連

50

付けられたメタデータ420bが、システムに転送される。システムは、次いで、メタデータ420b内の姿勢データを使用して、以前に見失われた姿勢に敏感なシステムを位置特定/再位置特定することができる。

【0044】

図5は、画像ベースの位置特定/再位置特定の方法500を描写する、フローチャートである。ステップ502では、姿勢情報を伴わない、姿勢に敏感なシステムが、画像を捕捉する。ステップ504では、システムは、捕捉された画像と複数の既知の画像を比較する。ステップ506では、システムは、捕捉された画像との最近似マッチングである、既知の画像を識別する。ステップ508では、システムは、最近似のマッチングする既知の画像に関する姿勢メタデータにアクセスする。ステップ510では、システムは、最近似のマッチングする既知の画像に関する姿勢メタデータから、それ自体に関する姿勢情報を生成する。

10

【0045】

トリプレット畳み込みニューラルネットワークを使用する再位置特定は、正確度および効率の両方において、現在の再位置特定方法に優る。

(画像ベースのマッピング)

【0046】

位置特定/再位置特定システムが、エンコードされた画像に基づいてマップを形成するために使用されるとき、システムは、場所の画像を得て、トリプレットネットワークを使用して、それらの写真をエンコードし、得られた画像の最近似画像に対応する場所に基づいて、システムをマップ上で位置特定する。

20

【0047】

本発明の種々の例示的实施形態が、本明細書で説明される。非限定的な意味で、これらの実施例が参照される。それらは、本発明のより広くて適用可能な側面を例証するように提供される。種々の変更が、説明される本発明に行われてもよく、本発明の真の精神および範囲から逸脱することなく、同等物が置換されてもよい。加えて、特定の状況、材料、物質組成、プロセス、プロセス行為、またはステップを本発明の目的、精神、または範囲に適合させるように、多くの修正が行われてもよい。さらに、当業者によって理解されるように、本明細書で説明および例証される個々の変形例のそれぞれは、本発明の範囲または精神から逸脱することなく、他のいくつかの実施形態のうちのいずれかの特徴から容易に分離され、またはそれらと組み合わせられ得る、離散コンポーネントおよび特徴を有する。全てのそのような修正は、本開示と関連付けられる請求項の範囲内にあることを目的としている。

30

【0048】

本発明は、主題のデバイスを使用して行われ得る方法を含む。方法は、そのような好適なデバイスを提供するという行為を含んでもよい。そのような提供は、エンドユーザによって行われてもよい。換言すれば、「提供する」行為は、単に、エンドユーザが、主題方法において必須デバイスを提供するように、取得し、アクセスし、接近し、位置付けし、設定し、起動し、電源を入れ、または別様に作用することを要求する。本明細書で記載される方法は、論理的に可能である記載された事象の任意の順番で、および事象の記載された順番で実行されてもよい。

40

【0049】

本発明の例示的側面が、材料選択および製造に関する詳細とともに、上記で記載されている。本発明の他の詳細に関しては、これらは、上記で参照された特許および出版物と関連して理解されるときにも、概して、当業者によって公知または理解され得る。一般的または論理的に採用されるような付加的な行為の観点から、本発明の方法ベースの実施形態に関して、同じことが当てはまり得る。

【0050】

加えて、本発明は、種々の特徴を随意的に組み込むいくつかの実施例を参照して説明されているが、本発明は、本発明の各変形例に関して考慮されるような説明および指示され

50

るものに限定されるものではない。種々の変更が、説明される本発明に行われてもよく、本発明の真の精神および範囲から逸脱することなく、同等物（本明細書に記載されようと、いくらか簡単にするために含まれていなかろうと）が置換されてもよい。加えて、値の範囲が提供される場合、その範囲の上限と下限との間の全ての介在値、およびその規定範囲内の任意の他の規定または介在値が、本発明内に包含されることを理解されたい。

【0051】

また、説明される本発明の変形例の任意の随意的な特徴が、独立して、または本明細書で説明される特徴のうちのいずれか1つまたはそれを上回るものと組み合わせて、記載および請求されてもよいことが考慮される。単数形のアイテムへの参照は、複数形の同一のアイテムが存在するという可能性を含む。より具体的には、本明細書で、および本明細書
10
に関連付けられる請求項で使用されるように、「1つの（「a」、「an」）」、「該（said）」、および「前記（the）」という単数形は、特に規定がない限り、複数形の指示主題を含む。換言すれば、冠詞の使用は、上記の説明および本開示と関連付けられる請求項において、主題アイテムの「少なくとも1つ」を可能にする。さらに、そのような請求項は、任意の随意的な要素を除外するように起草され得ることに留意されたい。したがって、この記述は、請求項の要素の記載と関連して、「単に」、「のみ」、および同等物等の排他的用語の使用、または「否定的」制限の使用のために、先行詞としての機能を果たすことを目的としている。

【0052】

そのような排他的用語を使用することなく、本開示と関連付けられる請求項での「備える」という用語は、所与の数の要素がそのような請求項で列挙されるか、または特徴の追加をそのような請求項に記載される要素の性質の変換として見なすことができるかにかかわらず、任意の付加的な要素を含むことを可能にするものとする。本明細書で具体的に定義される場合を除いて、本明細書で使用される全ての技術および科学用語は、請求項の有効性を維持しながら、可能な限り広い一般的に理解されている意味を与えられるものである。
20

【0053】

本発明の範疇は、提供される実施例および/または主題の仕様に限定されるものではなく、むしろ、本開示と関連付けられる請求項の言葉の範囲のみによって限定されるものである。
30

【0054】

前述の明細書では、本発明が、その具体的実施形態を参照して説明された。しかしながら、種々の修正および変更が、本発明のより広義の精神および範囲から逸脱することなく、本明細書に成され得ることは、明白となるであろう。例えば、前述のプロセスフローは、プロセスアクションの特定の順序を参照して説明される。しかしながら、説明されるプロセスアクションの多くの順序は、本発明の範囲または動作に影響を及ぼさずに変更されてもよい。明細書および図面は、故に、限定的意味ではなく、例証と見なされるべきである。

【図 1】

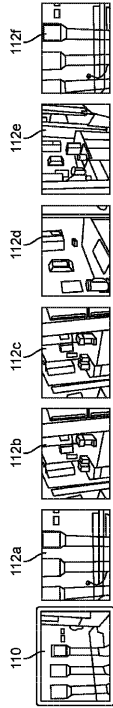


FIG. 1

【図 2】

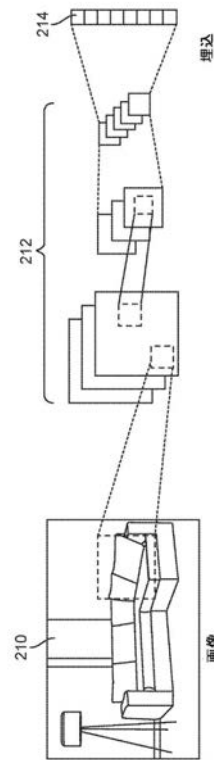


FIG. 2

【図 3】

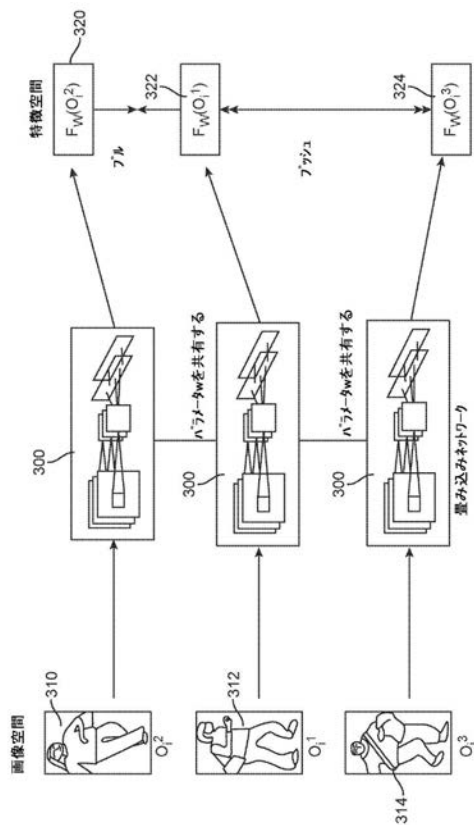


FIG. 3

【図 4】

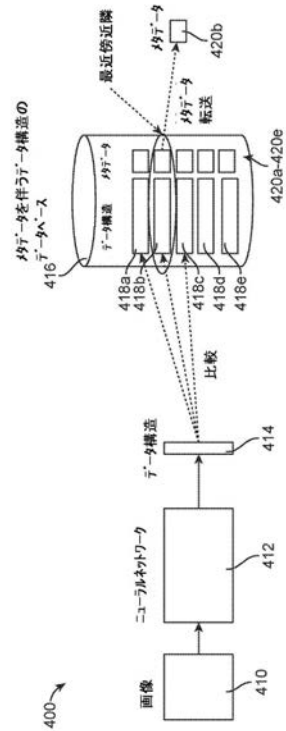


FIG. 4

【図5】

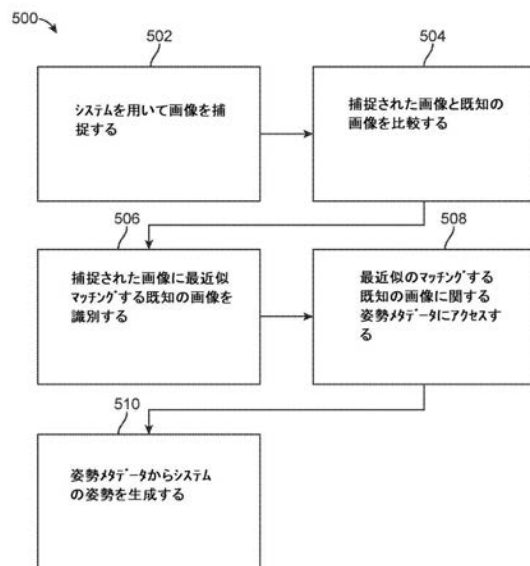


FIG. 5

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US16/65001

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC - G06T 7/80; G06F 3/03, 15/18, 17/30; G06K 9/20, 9/52, 9/60, 9/70 (2017.01)

CPC - G06T 7/80, 7/97; G06F 3/03, 17/30265, 17/30997, 17/30722; G06K 9/20, 9/36, 9/46, 9/52, 9/60, 9/62, 9/70; G06N 3/02

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)

See Search History document

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

See Search History document

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

See Search History document

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2014/0212027 A1 (HALLQUIST, A et al.) 31 July 2014; figures 2, 3; paragraphs [0026], [0034], [0038].	1-3, 7

Y		4-6, 8-16, 19-21
Y	US 2011/0184950 A1 (SKAFF, S et al.) 28 July 2011; paragraphs [0083], [0084].	4-6, 9-16
Y	US 2015/0178554 A1 (OBJECTVIDEO, INC.) 25 June 2015; paragraph [0060], [0069].	5, 11, 12
Y	US 2015/0163345 A1 (DIGIMARC CORPORATON) 11 June 2015; paragraph [0454], [0455].	8
---		17
A		
Y	US 2013/0290222 A1 (GORDO, A et al.) 31 October 2013; paragraphs [0057], [0080], [0107]-[0108].	13, 16
Y	US 2015/0262372 A1 (UCL BUSINESS PLC) 17 September 2015; paragraph [0066].	14-16, 20, 21
Y	US 2012/0194516 A1 (NEWCORBE, R et al.) 02 August 2012; paragraphs [0049], [0050].	15
Y	US 2012/0117076 A1 (AUSTERMANN, P) 10 May 2012; paragraphs [0011], [0013], [0027].	19
A	US 8,165,352 B1 (MOHANTY, P et al.) 24 April 2012; entire document.	1-21

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 January 2017 (30.01.2017)

Date of mailing of the international search report

16 FEB 2017

Name and mailing address of the ISA/

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

Facsimile No. 571-273-8300

Authorized officer

Shane Thomas

PCT Helpdesk: 571-272-4300
PCT OSP: 571-272-7774

フロントページの続き

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

(74)代理人 100181674

弁理士 飯田 貴敏

(74)代理人 100181641

弁理士 石川 大輔

(74)代理人 230113332

弁護士 山本 健策

(72)発明者 シュローダー, ブリジット

アメリカ合衆国 カリフォルニア 95060, サンタ クルーズ, メサ レーン 121

(72)発明者 マリシエウィチ, トマシュ ジェイ.

アメリカ合衆国 カリフォルニア 94041, マウンテン ビュー, ビュー ストリート
315

(72)発明者 ラビノビッチ, アンドリュー

アメリカ合衆国 カリフォルニア 94131, サンフランシスコ, マービュー ウェイ 1
57

Fターム(参考) 5L096 CA02 FA66 FA67 GA51 HA07 HA11 KA04