

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第 6 部門第 3 区分  
 【発行日】平成 29 年 3 月 23 日 (2017.3.23)

【公表番号】特表 2015-508197 (P2015-508197A)  
 【公表日】平成 27 年 3 月 16 日 (2015.3.16)  
 【年通号数】公開・登録公報 2015-017  
 【出願番号】特願 2014-554717 (P2014-554717)  
 【国際特許分類】

G 0 6 T 7/00 (2017.01)

G 0 6 T 7/20 (2017.01)

G 0 1 B 11/24 (2006.01)

【 F I 】

G 0 6 T 7/00 C

G 0 6 T 7/20 1 0 0

G 0 1 B 11/24 K

【誤訳訂正書】

【提出日】平成 29 年 2 月 14 日 (2017.2.14)

【誤訳訂正 1】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】モーションセンサーデータに基づく 3D モデルを計算するように構成されたモバイルデバイス

【技術分野】

【 0 0 0 1 】

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、その開示全体が引用により本明細書に組み込まれる、2012 年 1 月 26 日に提出された米国仮特許出願第 61/591,196 号と、2012 年 11 月 9 日に提出された米国特許出願第 13/673,681 号の利益を主張する。

【 0 0 0 2 】

[0002] 本開示は、一般的にはオブジェクトの 3 次元モデル (three-dimensional (3D) models of objects.) の発生に関する。

【背景技術】

【 0 0 0 3 】

[0003] 技術における進歩は、より小型で、より強力な計算デバイスをもたらした。例えば、小型で、軽く、かつユーザによって容易に持ち運ばれる携帯用無線電話、携帯情報端末 (PDA)、およびページングデバイスなどの無線計算デバイスを含むさまざまな携帯用パーソナル計算デバイスが現在存在している。より具体的には、セルラ電話およびインターネットプロトコル (IP) 電話のようなポータブル無線電話は、無線ネットワーク上で音声およびデータパケットを通信することができる。また、このような無線電話は、インターネットにアクセスするために使用されることができるウェブブラウザアプリケーションなどのソフトウェアアプリケーションを含む実行可能な命令を処理することができる。または、これらの無線電話は、重要な計算能力を含み得、および、3 次元 (3D) オブジェクトの図形処理能力があり得る。

【 0 0 0 4 】

[0004] オブジェクトの 3 次元 (3D) モデルは、オブジェクトのマルチビューイメー

ジ（例えば、異なった角度および／または、場所から、１つまたは複数のカメラにより撮られたオブジェクトの複数の視界に基づき発生され得る。３次元（３Ｄ）モデルは、ワイヤレスデバイスのユーザに、便利な興味深い情報を提供し得、および、ユーザの経験全体を高め得る。３Ｄ復元は、セキュリティ、調査およびロボット工学に使用され得る。さらに、３Ｄ復元は、仮想の旅行を発生するための、または航海目的のための構築のモデルの開発のために、使用され得る。さらに、すでに破壊されている可能性のあるオブジェクトは、再現され保存され得る（例えば博物館において）。

【発明の概要】

【０００５】

[0005] ワイヤレスデバイスの複数の視界処理におけるオブジェクト復元を公式化された動作の方法とシステムが開示される。開示された具体的表現は、１つまたは複数の３Ｄ復元技術に関連した３次元（３Ｄ）モデル（例えば３Ｄ構造）を発生させることの複雑性を減少させるために、１つまたは複数のモーションセンサによって提供されたワイヤレスデバイスの動作の情報を利用する。

【０００６】

[0006] 特定な例によると、特徴点基準復元技術（例えばバンドル調整技術（bundle adjustment technique））は、３Ｄモデルを計算するためにモーションセンサデータの接続に使用されている。幾つかのアプローチによると、バンドル調整は、次の式のための「最大尤度ソリューション（maximum likelihood solution）」である。

【数１】

$$\min_{P^i, X_j} \sum_{i,j} d(P^i X_j, x_j^i)^2$$

【０００７】

ここで $P^i$ は、カメラの $i$ 番目の射影マトリクス（projection matrix）（つまり、カメラによりとられ、および $i$ 番目のイメージに投影されたオブジェクトの特徴点の表現）であり、ここで $X_j$ は、オブジェクトの $j$ 番目の特徴点であり、ここで $x_j^i$ は、 $i$ 番目のイメージにおける $j$ 番目の特徴点の座標であり、ここで $d(\cdot)$ は、下記で説明する距離関数（distance function）を表す。オブジェクトの特徴点は、オブジェクトの３Ｄモデルを発生させるために重要であり得るオブジェクトの部分を含む（例えばオブジェクトにおけるコーナー、オブジェクトにおけるカーブ、オブジェクトの端等）。例えば、特徴点は、マグのハンドル、マグのグラフィックパターンのコーナー、文字列を含むマグの部分、およびマグの底を含み得る。

【０００８】

[0007] バンドル調整技術（bundle adjustment technique）の少なくとも一つの使用によれば、カメラの最初の場所から次の場所へのカメラの位置と方向を推定している最初の（例えば $i = 1$ ）、および、次の（例えば $i = 2, 3, \dots, n$ ）射影マトリクス（projection matrix） $P^i$ は、推定される。オブジェクトの特徴点 $X_j$ は、推定され、カメラによりキャプチャされたオブジェクトの複数のイメージにおける特徴点 $x_j^i$ の座標もまた、推定される。バンドル調整ソリューションは、推定される大量のパラメータのために、大きな、コンピュータ的に激しい問題をもたらし得る。それ故に、バンドル調整ソリューションは、コンピュータ的に要求が多くなり得、プロセッサのリソースに負担をかけ得る。

【０００９】

[0008] 少なくとも本開示の一つの具体例によれば、バンドル調整技術の複雑性は、 $P^{i+1}$ を決定（または、 $P^{i+1}$ の推定）するために、モーションセンサデータを使用することにより減少され得る。例えば、バンドル調整の複雑性は、式により、減少され得る：

【数 2】

$$\min_{P^i, X_j} \sum_{i,j} d(P^i X_j, x_j^i)^2$$

【0010】

$P^{i+1} = [R_i | T_i] P^i$  の影響を受け、ここで、 $R_i$  と  $T_i$  は、それぞれ、回転および変換マトリクス (rotational and translation matrices) であり、 $[R_i | T_i]$  は、ワイヤレスデバイスの 1 つまたは複数のセンサによってなされた測定に基づいた、ワイヤレスデバイスと関係がある相対位置マトリクス (relative pose matrix) である。それ故に、少なくとも一つの  $i$  番目 + 1 の射影マトリクス (projection matrix) は、一つまたは複数のモーションセンサにより供給されるワイヤレスデバイスのモーション情報に、由来し得、バンドル調整技術を経由して、反復して推定される必要がなく、全体の複雑性の減少をもたらす。

【0011】

[0009] 他の特別な例によると、モーションセンサの測定は、シルエット基準 3D (silhouette-based 3D) オブジェクトを発生するためのカメラの位置情報を引き出すために使用される (例えば、視覚外殻構造技術 (visual hull technique) を用いて発生させられた 3D オブジェクト)。モーションセンサの測定を用いて、シルエット基準 3D (silhouette-based 3D) モデルは、モバイルデバイス (例えば、「固定された」または、あらかじめ位置を決められた、とは関係しないデバイス) により効果的に発生させられ得る。

【0012】

[0010] 特別な具体例においては、方法は、モバイルデバイスのカメラにて、モバイルデバイスが、第 1 のポジションにいる間、オブジェクトの第 1 のイメージを、キャプチャリングすること、および、モバイルデバイスが、第 2 のポジションにいる間、オブジェクトの第 2 のイメージを、キャプチャリングすること、を含んでいる。方法は、モバイルデバイスの少なくとも 1 つのモーションセンサーによる出力データに基づき、第 1 の位置から第 2 の位置へのモバイルデバイスの動きを決定することを含んでいる。方法は、第 1 のイメージ、第 2 のイメージ、およびモバイルデバイスの決定された動きに基づき、オブジェクトの 3 次元 (3D) モデルを計算することも含んでいる。

【0013】

[0011] 特定の具体例においては、装置は、第 1 のポジションの間、オブジェクトの第 1 のイメージを捕えるように、第 2 のポジションの間、オブジェクトの第 2 のイメージを捕えるように構成されたカメラを含んでいる。装置は、少なくとも 1 つのモーションセンサー、プロセッサおよびプロセッサにより実行可能な命令を記憶しているメモリを含んでいる。命令は、少なくとも 1 つのモーションセンサにより出力されたデータに基づき、第 1 の位置から第 2 の位置までカメラの動きを決定するために、および、第 1 のイメージ、第 2 のイメージ、およびカメラの決定された動きに基づき、オブジェクトの 3 次元 (3D) モデルを計算するために実行可能である。

【0014】

[0012] 特定の具体例において、方法は、少なくとも 1 つのモーションセンサから受信されたデータに基づき、第 1 の位置から第 2 の位置までのモバイルデバイスの動きを、決定することを含んでいる。方法は、モバイルデバイスの第 1 の位置からのオブジェクトの第 1 の視野に対応したオブジェクトの第 1 のイメージに基づき、さらに、モバイルデバイスの第 2 の位置からのオブジェクトの第 2 の視野に対応したオブジェクトの第 2 のイメージに基づき、さらに、モバイルデバイスの動きに基づき、オブジェクトの 3 次元 (3D) モデルを計算することをもまた含んでいる。

【0015】

[0013] 特定の具体例において、装置は、少なくとも 1 つのモーションをセンサするための手段から受信されたデータに基づき、第 1 の位置から第 2 の位置までのモバイルデバイスの動きを、決定するための手段を含んでいる。装置は、モバイルデバイスの第 1 の位置からのオブジェクトの第 1 の視野に対応したオブジェクトの第 1 のイメージに基づき、

さらに、モバイルデバイスの第 2 の位置からのオブジェクトの第 2 の視野に対応したオブジェクトの第 2 のイメージに基づき、さらに、モバイルデバイスの動きに基づき、オブジェクトの 3 次元 ( 3 D ) モデルを計算する手段もまた含んでいる。

【 0 0 1 6 】

【0014】 特定の具体例において、一時的でないコンピュータ可読媒体は、プロセッサにより実行されたときに、少なくとも 1 つのモーションセンサから受信されたデータに基づき、第 1 の位置から第 2 の位置までのモバイルデバイスの動きを、決定することをプロセッサに引き起こす命令を含んでいる。命令は、さらにモバイルデバイスの第 1 の位置からのオブジェクトの第 1 の視野に対応したオブジェクトの第 1 のイメージに基づき、さらに、モバイルデバイスの第 2 の位置からのオブジェクトの第 2 の視野に対応したオブジェクトの第 2 のイメージに基づき、さらに、モバイルデバイスの動きに基づき、オブジェクトの 3 次元 ( 3 D ) モデルを計算することも実行可能である。

【 0 0 1 7 】

【0015】 本開示の他の態様、利点、および特徴が、下記のセクション：図面の簡単な説明、発明を実施するための形態、および特許請求の範囲、を含む本願全体のレビュー後に明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 8 】

【図 1】 【0016】 第 1 図は、モーションセンサデータに基づき 3 D モデルを計算するように構成された、モバイルデバイスを含むシステムの特定の具体例の図である；

【図 2】 【0017】 図 2 は、図 1 のモバイルデバイスの特定の事例となる具体例の図である；

【図 3】 【0018】 図 3 は、図 1 のモバイルデバイスの他の特定の事例となる具体例の図である；

【図 4】 【0019】 図 4 は、図 1 のモバイルデバイスの他の特定の事例となる具体例の図である；

【図 5】 【0020】 図 5 は、モーションセンサデータに基づく 3 D モデルを計算する方法の特定の具体例を説明しているフロー図である；

【図 6】 【0021】 図 6 は、モーションセンサデータに基づく 3 D モデルを計算する方法の他の特定の具体例を説明しているフロー図である；

【図 7】 【0022】 図 7 は、モーションセンサデータに基づく特徴点基準復元技術 ( feature point-based reconstruction technique ) ( 例えばバンドル調整技術 ( bundle adjustment technique ) ) による 3 D モデルを計算する方法の特定の具体例を説明しているフロー図である；

【図 8】 【0023】 図 8 は、モーションセンサデータに基づくシルエット基準復元技術 ( 例えば視覚外殻構造技術 ( visual hull technique ) ) による 3 D モデルを計算する方法の特定の具体例を説明しているフロー図である；

【図 9】 【0024】 図 9 は、モーションセンサデータに基づくシルエット基準復元技術 ( silhouette-based reconstruction technique ) ( 例えば視覚外殻構造技術 ( visual hull technique ) ) による 3 D モデルを計算する方法の他の特定の具体例を説明しているフロー図である；

【図 1 0】 【0025】 図 1 0 は、図 1 のモバイルデバイスの他の特定の事例となる具体例の図であり、ここで、モバイルデバイスは、モーションセンサデータに基づく特徴点基準復元技術 ( feature point-based reconstruction technique ) ( 例えばバンドル調整技術 ( bundle adjustment technique ) ) による 3 D モデルを計算するように構成されている。

【図 1 1】 【0026】 図 1 1 は、図 1 のモバイルデバイスの他の特定の事例となる具体例の図であり、ここで、モバイルデバイスは、モーションセンサデータに基づくシルエット基準復元技術 ( silhouette-based reconstruction technique ) ( 例えば視覚外殻構造技術 ( visual hull technique ) ) による 3 D モデルを計算するように構成されている。

【発明を実施するための形態】

## 【 0 0 1 9 】

[ 0027 ] 図 1 を参照し、システムの特定の具体例の図が、概して 1 0 0 に指定され、開示されている。システム 1 0 0 は、オブジェクト 1 3 0 のような 1 または複数のオブジェクトの、1 または複数のイメージ(例えば第 1 のイメージ 1 2 0 と第 2 のイメージ 1 2 2)をキャプチャするように構成された、カメラ 1 0 8 を含むモバイルデバイス 1 0 2 を含んでいる。モバイルデバイス 1 0 2 はさらに、1 または複数のモーションセンサ 1 0 4、1 または複数の記憶デバイス 1 0 6、および 3 D モデラー 1 1 0 を含んでいる。3 D モデラー 1 1 0 は、さらに下述するようにハードウェアを用いて、コンピュータ可読な有形の媒体に保存されたプロセッサ実行可能な命令を、またはそれらの組み合わせを用いて実装され得る。

## 【 0 0 2 0 】

[ 0028 ] オブジェクト 1 3 0 は、オブジェクト 1 3 0 の頂点、オブジェクト 1 3 0 の土台、オブジェクト 1 3 0 のハンドル、オブジェクト 1 3 0 における文字列または画像、オブジェクト 1 3 0 のカーブ、オブジェクト 1 3 0 の 1 または複数の他の目立つ点、またはこれらの任意の組み合わせのような、1 または複数の特徴点を含み得る。図 1 は、モバイルデバイス 1 0 2 が、2 つのポジションにいたときの、カメラ 1 0 8 によりキャプチャされた、オブジェクト 1 3 0 の 1 2 0、1 2 2 の 2 つのイメージを表しているが、モバイルデバイス 1 0 2 の複数のポジションに対応したオブジェクト 1 3 0 の複数のイメージがカメラ 1 0 8 により、キャプチャされ得ることは、注目されるべきである。

## 【 0 0 2 1 】

[ 0029 ] カメラ 1 0 8 は、モバイルデバイス 1 0 2 の複数のポジションでオブジェクト 1 3 0 のイメージをキャプチャするように構成され得る(例えば、座標システムまたは、最初のポジションに対して異なる角度および/または、回転)。例えば、カメラ 1 0 8 は、モバイルデバイス 1 0 2 (およびカメラ 1 0 8) が、第 1 のポジション(例えばオブジェクト 1 3 0 の第 1 の視界 1 4 0)に位置するとき、オブジェクト 1 3 0 の第 1 のイメージ 1 2 0 をキャプチャし得、および、カメラ 1 0 8 は、モバイルデバイス 1 0 2 (およびカメラ 1 0 8) が、第 2 のポジション(例えばオブジェクト 1 3 0 の第 2 の視界 1 5 0)に位置するとき、オブジェクト 1 3 0 の第 2 のイメージ 1 2 2 をキャプチャし得る。少なくとも 1 つの具体例において、第 1 の視点 1 4 0 と第 2 の視点 1 5 0 に対応したイメージデータは、1 または複数の記憶デバイス 1 0 6 に保存され得る。

## 【 0 0 2 2 】

[ 0030 ] 1 つまたは複数のセンサ 1 0 4 は、モバイルデバイス 1 0 2 の場所を示すモーションセンサデータを、発生するように構成され得る(例えば、モバイルデバイス 1 0 2 の最初のポジションに対する、または座標システムに対するモバイルデバイス 1 0 2 の回転および/または、移動)。例えば、1 つまたは複数のモーションセンサ 1 0 4 は、第 1 のイメージ 1 2 0 をキャプチャしているカメラ 1 0 8 と同時に、モーションセンサデータ 1 1 2 を、発生するように構成され得る。他の例として、1 つまたは複数のモーションセンサ 1 0 4 は、第 2 のイメージ 1 2 2 をキャプチャしているカメラ 1 0 8 と同時に、モーションセンサデータ 1 1 4 を、発生するように構成され得る。少なくとも 1 つの具体例において、モバイルデバイス 1 0 2 は、さらに下述されたように、モーションセンサデータ 1 1 2、1 1 4 を用い、さらに、イメージ 1 2 0、1 2 2 に関するイメージデータを用い、オブジェクト 1 3 0 の 3 D モデル 1 1 6 を発生するために、3 D モデラー 1 1 0 を使用する。

## 【 0 0 2 3 】

[ 0031 ] 動作中に、モバイルデバイス 1 0 2 は、カメラ 1 0 8 の第 1 の視点 1 4 0 に基づくカメラ 1 0 8 を介し、オブジェクト 1 3 0 の第 1 のイメージ 1 2 0 をキャプチャし得る。モバイルデバイス 1 0 2 は、第 2 のポジション(例えばモバイルデバイス 1 0 2 のユーザの動きによる)に移動し得、カメラ 1 0 8 の第 2 の視点 1 5 0 に基づくカメラ 1 0 8 を介し、オブジェクト 1 3 0 の第 2 のイメージ 1 2 2 をキャプチャし得る。モバイルデバイス 1 0 2 の 1 つまたは複数のセンサ 1 0 4 は、第 1 のポジションから第 2 のポジション

へのモバイルデバイス 102 の移動の決定を可能にするモバイルデバイス 102 のモーションデータに対応したモーションセンサデータ 112、114 を出力し得る。モーションセンサデータ 112、114 は、モバイルデバイス 102 の回転および並進運動を示し得る。

【0024】

[0032] 説明のため、モバイルデバイス 102 が第 1 のポジションに位置するとき、3D モデラー 110 は、第 1 のイメージ 120 に対応したデータ受信し得、さらに、1 つまたは複数のモーションセンサ 104 により出力されたモーションセンサデータ 112 を受信し得る。同様に、モバイルデバイス 102 が、第 2 のポジションに位置するとき、3D モデラー 110 は、第 2 のイメージ 122 に対応したデータ受信し得、さらに、1 つまたは複数のモーションセンサ 104 により出力されたモーションセンサデータ 114 を受信し得る。モーションセンサデータ 114 は、第 1 のポジションから第 2 のポジションへのモバイルデバイス 102 の移動情報を示し得る。例えば、モーションセンサデータ 114 は、第 1 のポジションから第 2 のポジションへのモバイルデバイス 102 の回転および並進に対応した、モバイルデバイス 102 の回転および並進マトリクス (rotational and translational matrices) を含み得る。他の例として、モーションセンサデータ 112、114 は、モバイルデバイス 102 の回転および並進マトリクスの発生を可能にする情報を提供し得る。モーションセンサデータ 112、114 は、さらに下述するように、1 つまたは複数のモーションセンサ 104 から取得された「カメラポーズ」マトリクス (“camera pose” matrix) を含みまたは示し得る。

【0025】

[0033] 説明目的のため、無制限に、例示の動作は、オブジェクト 130 の 3D モデル 116 を発生するためにイメージ 120、120 に対応したデータおよびモーションセンサデータ 112、114 を使用した 3D モデラー 110 に供給される。特定の例において、3D モデラー 110 は、1 つまたは複数のモーションセンサ 104 により供給されたモーションセンサデータ 114 に基づくバンドル調整式

【数 3】

$$\min_{P^i, X_j} \sum_i d(P^i X_j, x_j^i)^2$$

【0026】

を計算により 3D モデル 116 を発生するように構成されている。そのような具体例によると、およびさらに下述するように、3D モデラー 110 は、計算に基づきオブジェクト 130 の 3D 特徴点を出力し得る。3D 特徴点の出力は、オブジェクト 130 の 3D モデルに対応している。特定の具体例において、バンドル調整式を計算することは、1 つまたは複数のモーションセンサ 104 データ出力および、第 1 の推定された再射影されたイメージポイント、第 2 の推定された再射影されたイメージポイントの機能に基づきオブジェクト 130 の特徴点を決定することを含み得る。例えば、バンドル調整式を計算することは、オブジェクト 130 の 1 つまたは複数の特徴点 ( $X_j$ ) および第 1 のポジション (すなわち  $P^1$ ) の第 1 の推定の結果に基づきオブジェクト 130 の第 1 の推定された再射影されたイメージポイントを決定することを含み得る (すなわち  $P^1 X_j$  を計算すること)。バンドル調整式を計算することは、オブジェクト 130 の 1 つまたは複数の特徴点 ( $X_j$ ) および第 2 のポジション (すなわち  $P^2$ ) の第 2 の推定の結果に基づきオブジェクト 130 の第 2 の推定された再射影されたイメージポイントを決定すること (すなわち  $P^2 X_j$  を計算すること) もまた含み得る。バンドル調整式を計算することは、第 1 の推定された再射影されたイメージポイントと第 1 のイメージ 120 におけるオブジェクト 130 の座標の間の第 1 のユークリッド距離の平方を決定すること (すなわち

【数 4】

$$d(P^1 X_j, x_j^1)^2$$

## 【 0 0 2 7 】

を計算すること)および、第2の推定された再射影されたイメージポイントと第2のイメージ122におけるオブジェクト130の座標の間の第2のユークリッド距離の平方を決定すること(すなわち

## 【 数 5 】

$$d(P^2 X_j, x_j^2)^2$$

## 【 0 0 2 8 】

を計算すること)もまた含み得る。バンドル調整式を計算することは、第1のユークリッド距離の平方、および第2のユークリッド距離の平方の合計を減少する、または「最小化」するために、3Dモデル116の推定を修正することを含み得る(すなわち

## 【 数 6 】

$$d(P^1 X_j, x_j^1)^2 + d(P^2 X_j, x_j^2)^2$$

## 【 0 0 2 9 】

を「最小化」すること)。第1のポジションの第1の推定 $P^1$ は、平方の合計をさらに減少するために、修正され得る。しかしながら、第1のポジションの第1の推定 $P^2$ は、 $P^{i+1} = P^i$ となるように制限され、ここで、 $R$ は、回転マトリクス(rotation matrix)  $R$ および/または変換マトリクス(transformation matrix)  $T$ のような、カメラのポーズ情報を指している。例えば、少なくとも1つの具体例では、 $[R^i | T^i]$ である。 $P^2, \dots, P^n$ を制限することにより、特徴点を発生することの複雑さは大いに軽減され得る。ユークリッド距離関数は、前述の例との関係において示されるが、他の距離関数が利用されていることは、注目されるべきである。例えば $d(\cdot)$ は、イメージにおける、測定された特徴座標と射影された特徴座標間の距離または開きを測定する任意の他のメトリックまたは、幾何学的な距離のような距離関数を表している。

## 【 0 0 3 0 】

[0034] カメラのポーズ情報は、技術の種類により決定され得る。説明のため、1つまたは複数の特徴点 $X_j$ の少なくとも1つが、カメラ108によりキャプチャされた $N$ のイメージ(例えば第一のイメージ120と第2イメージ122)において「一致した」(例えば判明された)と仮定する。一致した特徴点は、 $m^i$ として示され得、ここで( $i = 1, \dots, N$ )につき $m^i = [x^i, y^i, 1]^T$ である。一致した特徴点は、 $m^i$ は、空間ポジション $M = [X Y Z 1]^T$ と関連している。スケーリング因子 $\mu^i$ に対し、 $\mu^i [x^i, y^i, 1]^T = P^i M$ 、 $i = 1, \dots, N$ に対し、ここで $P^i = K^i [R^i | T^i]$ は $i$ 番目のカメラ射影マトリクスで $K^i$ は、 $i = 1, \dots, N$ に対するモバイルデバイス102の $i$ 番目のカメラ(例えばカメラ108のマルチカメラの具体例に対し、それは、明瞭な説明のため図1からは削除されている)の上三角較正マトリクス(upper triangular calibration matrix)(例えば $3 \times 3$ 上三角較正マトリクス)である。上三角較正マトリクス(upper triangular calibration matrix)  $K^i$ は、同じカメラでキャプチャされたイメージに対してと同様であり得る(例えば、モバイルデバイス102の一つのカメラの具体例に対するように、カメラ108が、 $N$ 個のイメージのそれぞれをキャプチャするのに使用されたとき)。 $[R^i | T^i]$ は、 $i$ 番目のカメラに関する、相対ポーズマトリクス(relative pose matrix)であり得る。それ故、

【数 7】

$$AM = 0 \quad \text{where } A = \begin{bmatrix} p_1^1 - x^1 p_3^1 \\ p_2^1 - y^1 p_3^1 \\ p_1^2 - x^2 p_3^2 \\ p_2^2 - y^2 p_3^2 \\ \vdots \\ p_1^N - x^N p_3^N \\ p_2^N - y^N p_3^N \end{bmatrix}$$

【0031】

[0035] ここで、 $P_{j^i}$  は、 $i$  番目のカメラの投影マトリクスの  $j$  番目の列で、3つの未知数 ( $X, Y, Z$ ) を伴う  $AM = 0$  は、 $2N$  個の同次方程式 (homogeneous equations) のセットである。全てのカメラ射影マトリクスは知られ得、 $N$  は 2 と等しいか超える数であり得るので、方程式は、最小二乗解 (least squares solution) を持ち得、それは、代数的な再射影誤差 (algebraic reprojection error) の最小化を可能にし得る。

【0032】

[0036] 以下の記述に対応するバンドル調整技術は、3Dモデル116の計算的に効率的な決定および簡易化を可能にするためにカメラポーズデータ (例えばモーションセンサデータ112、114) を利用し得ることは理解されるべきである。従来のアプローチ (例えばモーションセンサ情報を利用しないバンドル調整計算) は、幾何学的な誤差を「最小化する」ための非線形解によるような、計算的に集中的な「最小二乗解 (least squares solution)」の支配を受け得る。

【0037】

【数 8】

$$\min_{x, p^i} \sum_{i=1}^N \left[ \left( x^i - \frac{p_1^i M}{p_3^i M} \right)^2 + \left( y^i - \frac{p_2^i M}{p_3^i M} \right)^2 \right]$$

【0033】

[0038] 図2は、モバイルデバイス102の特定の実例となる具体例を描写している。図2のモバイルデバイス102は、1つまたは複数のモーションセンサ104、1つまたは複数のストレージデバイス106、カメラ108および3Dモデラー110を含んでいる。

【0034】

[0039] 図2の特定的具体例において、1つまたは複数のストレージデバイス106は、3Dモデル116を発生するために3Dモデラー110に使用されるため、3D復元データ202を記憶している。3D復元データ202は、モーションセンサデータ112、114を含み得、および、さらにそれぞれ図1の第1のイメージ120および図1の第2のイメージ122に対応した第1のイメージデータ220および第2のイメージデータ222を含み得る。3Dモデル116は、モバイルデバイス102のディスプレイに表示され得る (図2に不示)。

【0035】

[0040] 特定の実例となる具体例によると、図2のイメージデータ220、222は、ユーザの入力への応答において個別にキャプチャされている各画像であるが、画像のシーケンスに対応している (例えば、ビデオシーケンスの一部でなく、および、ユーザにより「手動」によってキャプチャされた「スチル」または「スナップショット」画像)。少なくとも一つの具体例において、図2の例は、ユーザが使用しているカメラ108によりキャプチャされたスチル画像に基づく、3Dモデル116のような3Dモデルをユーザに発生させることを可能にするモバイルデバイス102の適用とのつながりにおいて使用され得る。さらなる具体例によると、およびさらに下記に論じられるように、イメージデータ220、222は、ビデオフレームシーケンスのビデオフレーム対応し得る (例えば、「



自動的に」周期的にキャプチャされたシーケンシャルなスチルイメージ)。

【0036】

[0041] 図3は、図1を参照して描かれたモバイルデバイス102他の特定の事例となる具体例を表現している。図3のモバイルデバイス102は、1つまたは複数のモーションセンサ104、1つまたは複数のストレージデバイス106、カメラ108、3Dモデラー110およびディスプレイ320を含んでいる。図3の3Dモデラー110は、シンクロナイザ308を含んでいる。図3の1つまたは複数のストレージデバイス106は、モーションセンサデータバッファ306およびビデオフレームバッファ304を含んでいる。随意に、図3のモバイルデバイス102は、メインメモリ310を含み得る。

【0037】

[0042] 動作において、カメラ108は、ビデオフレームシーケンス302をキャプチャし得る。ビデオフレームバッファ304は、カメラ108に回答し得、ビデオフレームシーケンス302の1つまたは複数のビデオフレームを保存するように構成され得る。例えば、図3の例において、イメージデータ220、222は、ビデオフレームシーケンス302のビデオフレームに対応している。モーションセンサデータバッファ306は、1つまたは複数のモーションセンサ104に回答し得る。モーションセンサデータバッファ306は、モーションセンサデータ112、114を記憶し得る。

【0038】

[0043] シンクロナイザ308は、モーションセンサデータバッファ306からのデータに関して、ビデオフレームバッファ304からのデータを同期し得る。例えば、シンクロナイザ308は、第1のモーションセンサデータ112と第1のイメージデータ220を同期し得、更に第2のモーションセンサデータ114と第2のイメージデータ222を同期し得る。少なくとも第1の技術によると、シンクロナイザ308は、イメージデータ220、222と関連するタイムスタンプとモーションセンサデータ112、114と関係があるタイムスタンプとの比較によるように、タイムスタンプを比較することにより、モーションセンサデータバッファ306からのデータに関してビデオフレームバッファ304からのデータを同期する。少なくとも第2の技術によると、シンクロナイザ308は、定期的に、ビデオフレームバッファ304からのおよびモーションセンサデータバッファ306からのデータにアクセスする。少なくとも第3の技術によると、シンクロナイザ308は、モバイルデバイス102の動きに反応し(例えば、1つまたは複数のモーションセンサ104反応する)、検出された動作への回答において、ビデオフレームバッファ304からの、およびモーションセンサデータバッファ306からのデータを引き出す。更なる技術は、1つまたは複数の第1の技術、第2の技術、および第3の技術の組み合わせを利用し得る。随意に、ビデオフレームバッファ304によるデータ出力は、ビデオフレームシーケンス302を含むビデオファイル312として、メインメモリ310において記憶され得る。

【0039】

[0044] 理解されるように、メインメモリ310の代わりに「一時的な」ストレージからデータ引き出すことにより(例えば図3のモーションセンサデータバッファ306およびビデオフレームバッファ304)、3Dモデラー110は「急いで」動作し得る。例えば、3Dモデラー110は、3Dモデル116を発生し得、モバイルデバイス102は、キャプチャされたビデオフレームシーケンス302と同時に、または実質的に同時に、ディスプレイ320において3Dモデル116を表示し得る。ここで使われているように、「急いで」「同時に」および「実質的に同時に」は、ユーザが同時に起こっていると把握するオブジェクトの3Dモデルの発生とキャプチャされたオブジェクトの視野との間の関係を参照する。

【0040】

[0045] それ故、図3に関連して説明された例は、3Dモデル116の「急いで」の発生に対応し得る。例えば、ユーザは、オブジェクトについてのモバイルデバイス102を移動させるので(図1のオブジェクト130のように)、3Dモデラー110は、「自動

的」に、３Ｄモデル１１６を繰り出し得、それはユーザの動きと同時に、ディスプレイ３２０において表示される。さらなる具体例によると、さらに下記に論じるように、１つまたは複数の具体例が、ビデオフレームシーケンスとモーションセンサデータに基づく非同時な３Ｄモデルの発生を可能にし得る。

【００４１】

【0046】 図４は、図１を参照して描かれたモバイルデバイス１０２の他の特定の事例となる具体例を表現している。図４のモバイルデバイス１０２は、１つまたは複数のモーションセンサ１０４、１つまたは複数のストレージデバイス１０６、カメラ１０８、３Ｄモデラー１１０、ビデオフレームバッファ３０４、およびディスプレイ３２０を含んでいる。

【００４２】

【0047】 動作において、１つまたは複数のモーションセンサ１０４は、モーションセンサデータ１１２、１１４を発生し得、それは、１つまたは複数のストレージデバイス１０６において記憶され得る。カメラ１０８は、ビデオフレームシーケンス３０２をキャプチャし得、それは、ビデオフレームシーケンス３０２と関係がある「プレビュー」特性との関連におけるように、ビデオフレームバッファ３０４において、一時的に記憶され得、およびディスプレイ３２０において表示され得る。例えば、ビデオフレームシーケンス３０２は、１つまたは複数のストレージデバイス１０６において記憶されているビデオフレームシーケンス３０２（例えばイメージデータ２２０、２２２として）に先んじて、および／または３Ｄモデル１１６を発生している３Ｄモデラー１１０に先んじて、ディスプレイ３２０に表示され得る。

【００４３】

【0048】 それ故、図４の特定の具体例において、３Ｄモデラー１１０は、「ポストプロセシング」技術によれば、３Ｄモデル１１６を発生し得る。例えば、３Ｄモデル１１６は、カメラ１０８によりキャプチャされたビデオフレームシーケンス３０２と同時に表示および発生させられないので、ディスプレイ３２０は、そのかわりにカメラ１０８によりキャプチャされたイメージの「プレビュー」を見せ得る。さらに、ディスプレイ３２０は、カメラポジションに対するユーザの命令を表示し得る（例えば、見られるオブジェクトとの関係でカメラがホールドされるべきポジションおよび／または角度）。３Ｄモデル１１６は、その後、１つまたは複数のストレージデバイス１０６にアクセスすることにより、３Ｄモデラー１１０により発生させられ、それは、図３との関係で表現されているメインメモリ３１０のような「メインメモリ」であり得る。

【００４４】

【0049】 図５に関して、モーションセンサデータに基づいて、３Ｄモデルを計算する方法の特定の具体例を説明している図が、概して５００に指定され、開示されている。方法５００は、モバイルデバイスが、５０２における第１のポジションにいる間、オブジェクトの第１のイメージをモバイルデバイスのカメラにおいてキャプチャすること、および、モバイルデバイスが、５０４における第２のポジションにいる間、オブジェクトの第２のイメージをキャプチャすること、を含む。例えば、カメラ１０８は、モバイルデバイス１０２が、第１のポジションにいる間、オブジェクト１３０の第１のイメージ１２０をキャプチャし得、およびカメラ１０８は、モバイルデバイス１０２が、第２のポジションにいる間、オブジェクト１３０の第２のイメージ１２２をキャプチャし得る。第１のイメージ１２０は、第１のポジションにいる間、カメラ１０８によりキャプチャされたものとしてオブジェクト１３０の第１の視点１４０に対応し得、第２のイメージ１２２は、第２のポジションにいる間、カメラ１０８によりキャプチャされたものとしてオブジェクト１３０の第２の視点１５０に対応し得る。

【００４５】

【0050】 方法５００は、さらに、５０６において、第１のポジションから、第２のポジションへのモバイルデバイスの動きを、モバイルデバイスの少なくとも１つのモーションセンサにより出力されたデータに基づき決定することを含む。例えば、１つまたは複数の

モーションセンサ 104 は、モバイルデバイス 102 のモーション情報に対応したモーションセンサデータ 112、114 を出力し得る。特定の具体例において、モーション情報は、第 1 のポジションから、第 2 のポジションへのモバイルデバイス 102 の回転および並進を含み得る。説明のため、1 つまたは複数のモーションセンサは、第 1 のポジションに対応したモバイルデバイス 102 の第 1 の回転および / または並進マトリクスおよび、第 2 のポジションに対応したモバイルデバイス 102 の第 2 の回転および / または並進マトリクスを提供し得る。少なくとも 1 つの具体例において、モバイルデバイスの第 1 のポジションは、「基準」ポジションとして使用され、第 2 のポジションは、それに応じて、モバイルデバイスのポジションにおける変化を示す。他の具体例によると、他のポジション(例えば前回のポジション、または、あらかじめ定められた座標システムに対応したポジション)が、「基準」ポジションとして使用され、第 1 のポジション、第 2 のポジション両方が、モバイルデバイスのポジションにおける変化を各、表示する。

【0046】

[0051] 方法 500 は、508 において、モバイルデバイスの決定された動きおよび第 1 のイメージ、第 2 のイメージに基づきオブジェクトの 3D モデルを計算することを含む。例えば、特徴点基準復元技術 (feature point-based reconstruction technique) によれば、および少なくとも図 1 への言及に記述されたように、3D モデラー 110 は、第 1 のイメージ 120 と第 2 のイメージ 122 に基づく、オブジェクト 130 の特徴点を計算し得る。特定の具体例において、3D モデラー 110 は、第 1 のイメージ 120、第 2 のイメージ 122 および、1 つまたは複数のモーションセンサ 104 により供給されるモーションセンサデータ 114 に基づくバンドル調整式 (bundle adjustment expression)

【数 9】

$$\min_{P^i, X_j} \sum_{i,j} d(P^i X_j, x_j^i)^2$$

【0047】

を計算するように構成され得る。更なる具体例によれば、および、さらに下記に表現されたように、3D モデルは、シルエット基準技術 (silhouette-based technique) (例えば視覚外殻構造技術 (visual hull technique)) により計算され得る。

【0048】

[0052] 図 6 を参照し、モーションセンサデータに基づく 3 次元 (3D) モデルを計算する方法の他の特定の具体例を説明している図が、概して 600 に指定され、開示されている。方法 600 は、602 において第 1 のポジションから第 2 のポジションへのモバイルデバイスの動きを、少なくとも 1 つのモーションセンサから受信したデータに基づき、決定することを含んでいる。データ、少なくとも 1 つのモーションセンサ、およびモバイルデバイスは、モーションセンサデータ 112、114、1 つまたは複数のモーションセンサ 104 およびモバイルデバイス 102 に、それぞれ対応し得る。

【0049】

[0053] 方法 600 は、604 において、さらに、モバイルデバイスの第 1 のポジションからオブジェクトの第 1 の視点に対応するオブジェクトの第 1 のイメージに基づき、さらに、モバイルデバイスの第 2 のポジションからオブジェクトの第 2 の視点に対応するオブジェクトの第 2 のイメージに基づき、さらに、モバイルデバイスの動きに基づき、オブジェクトの 3D モデルを計算することを含む。例えば、カメラ 108 は、モバイルデバイス 102 が、第 1 のポジションに位置する間、オブジェクト 130 の第 1 のイメージ 120 をキャプチャし得、カメラ 108 は、モバイルデバイス 102 が、第 2 のポジションに位置する間、オブジェクト 130 の第 2 のイメージ 122 をキャプチャし得る。第 1 のイメージ 120 は、第 1 のポジションに位置する間、カメラ 108 によりキャプチャされるようにオブジェクト 130 の第 1 の視点 140 に対応し得、第 2 のイメージ 122 は、第 2 のポジションに位置する間、カメラ 108 によりキャプチャされるようにオブジェクト 130 の第 2 の視点 150 に対応し得る。

## 【 0 0 5 0 】

[0054] 図7を参照し、モーションセンサデータに基づく特徴点基準復元技術 (feature point-based reconstruction technique) (例えばバンドル調整技術 (bundle adjustment technique)) による3Dモデルを計算する方法の特定の具体例を説明しているフロー図は、表現され、概して700に指定されている。方法700は、702において、モバイルデバイス(例えばモバイルデバイス102)のカメラ(例えばカメラ108)を用いて、オブジェクト(例えばオブジェクト130)のイメージ(例えばイメージ120, 122)をキャプチャすることを含んでいる。

## 【 0 0 5 1 】

[0055] 704において、方法700は、1つまたは複数のモーションセンサを用い(例えば1つまたは複数のモーションセンサ104)モーションセンサデータ(例えばモーションセンサデータ112, 114)を決定することを含んでいる。706において、イメージの1つまたは複数の特徴点が一一致し、および、708において、1つまたは複数の一致した特徴点のそれぞれの3Dロケーションが決定される。1つまたは複数の特徴点および、1つまたは複数の一致した特徴点のそれぞれの3Dロケーションを決定することは、少なくとも図1を参照して上記で説明したようにバンドル調整技術 (bundle adjustment technique) のような、任意の適切な技術を使用して実行され得る。

## 【 0 0 5 2 】

[0056] 710において、オブジェクトの3Dモデルは、1つまたは複数の一致した特徴を用いて発生させられる(例えばバンドル調整技術 (bundle adjustment technique) により)。少なくとも1つの具体例において、図7の方法700は、少なくとも図10を参照して、さらに表現されたようにモバイルデバイス102のプロセッサを用いて実行される。

## 【 0 0 5 3 】

[0057] 図8を参照して、モーションセンサデータに基づくシルエット基準復元技術 (silhouette-based reconstruction technique) (例えば視覚外殻構造技術 (visual hull technique)) により3Dモデルを計算する方法の特定の具体例を説明しているフロー図が、概して800に指定され、表現されている。方法800は、802において、モバイルデバイス(例えばモバイルデバイス102)のカメラ(例えばカメラ108)を用いて、オブジェクト(例えばオブジェクト130)のイメージ(例えばイメージ120, 122)をキャプチャすることを含んでいる。

## 【 0 0 5 4 】

[0058] 804において、モバイルデバイスの1つまたは複数のモーションセンサを用い(例えば1つまたは複数のモーションセンサ104)モーションセンサデータ(例えばモーションセンサデータ112, 114)は決定される。806において、イメージのそれぞれにおけるオブジェクトのシルエットは、発生させられる。方法800は、808において、オブジェクトのシルエット基準モデルを発生することを、810において、シルエット基準モデルに基づいた3Dモデルを発生することを、さらに含んでいる。シルエット基準復元技術 (silhouette-based reconstruction technique) の特定の例が、図9を参照して、表わされている。

## 【 0 0 5 5 】

[0059] 図9を参照して、モーションセンサデータに基づくシルエット基準復元技術 (例えば視覚外殻構造技術) により3Dモデルを計算する方法の他の特定の具体例を説明しているフロー図が、概して900に指定され、表現されている。方法900は、902において、第1の視点の各画素をモバイルデバイス(例えばモバイルデバイス102)によりスキャンすること、および視野方向に基づき光線Rを投影することを含んでいる。904において、光線Rは、1つまたは複数の参照イメージに投影され、インターバルIは、インターバルIが、イメージのそれぞれのシルエットに交差するように見いだされる。

## 【 0 0 5 6 】

[0060] 906において、モバイルデバイスのポジションにおける変化 (change in po

sition) (例えば第1のポジションから第2のポジションへの)を示しているモーションセンサデータ(例えばモーションセンサデータ112、114)は、少なくとも1つのセンサを経由して(例えば1つまたは複数のモーションセンサ104を経由して)決定される。少なくとも1つの具体例において、906において決定されたモーションセンサデータは、902において1つまたは複数の参照イメージに光線Rを投影するために使用される。方法900は、さらに、908において、3DインターバルLとして、知られたカメラ射影 $P^i$ を用いて、もとの3Dスペースの中にインターバルIを射影することを含んでいる。知られたカメラ射影 $P^i$ は、モーションセンサデータから由来し得る。方法900はさらに、910において、重なっているLから、いちばん深い(例えば一番短い)(innermost)交点Qを選択することを含んでおり、ここで、Qは、構成されるべき3Dモデルの表面のポイントに対応したエンドポイントを持つ最後の3Dインターバルである。914において、閾値Nより交点Qの数が少ないことに応じて、他の光線または視点が加えられる。閾値Nを満足するQの数が満足することに応じて、3Dモデル(例えば3Dモデル116)は、交点Qを用いて発生される。図8の方法800、図9の方法900、またはこれらの組み合わせは、少なくとも図11を参照して、さらに記述されるように、モバイルデバイス102のプロセッサを用いて実行され得る。

【0057】

[0061] 図10は、モバイルデバイス102の他の特定の実例となる具体例の図であり、ここでモバイルデバイス102は、モーションセンサデータに基いた特徴点基準復元技術(feature point-based reconstruction technique)(例えばバンドル調整技術(bundle adjustment technique))によって3Dモデルを計算するように構成されている。図10のモバイルデバイス102は、1つまたは複数のモーションセンサ104およびメモリ1032に接続された、プロセッサ1010のような、プロセッサを含んでいる。1つまたは複数のモーションセンサ104は、また、メモリ1032に接続され得る。

【0058】

[0062] メモリ1032は、コンピュータ可読な、データ(例えばモバイルデバイス102のモーションセンサデータ)、命令、またはそれらの組み合わせを記憶する非一時的な媒体であり得る。特定の具体例において、メモリ1032は、モバイルデバイス102の1つまたは複数の機能を実行するための、プロセッサ1010を引き起こすため、プロセッサ1010により実行され得る命令1054を含み得る。例えば、命令1054は、ユーザアプリケーション、オペレーティングシステムまたは他の実行可能な命令またはそれらの組み合わせを含み得る。命令1054は、1つまたは複数のモーションセンサ104により決定されるモーションセンサデータ(例えばモーションセンサデータ112、114)に基づき、モバイルデバイス102の動きを決定することのような、ここに記載されたように、1つまたは複数の動作を実行するためのプロセッサ1010を引き起こすため、プロセッサ1010により実行可能であり得る。少なくとも1つの具体例において、メモリ1032は、図3を参照して、記述されるように、メインメモリ310のような「メインメモリ」である。代替としてまたは加えて、メモリ1032は、1つまたは複数のストレージデバイス106、モーションセンサデータバッファ306、ビデオフレームバッファ304またはそれらの組み合わせを含み得る。

【0059】

[0063] プロセッサ1010は、3Dモデラー110を含み得る。例えば、3Dモデラー110は、プロセッサ1010のハードウェアコンポーネント、プロセッサ1010にて実行され得る命令のセット(メモリ1032において記憶された命令、またはそれらの組み合わせであり得る。図10の特定の具体例において、3Dモデラー110は、特徴点発生器1092を含み、それは特徴点基準復元技術(feature-point based reconstruction technique)に関連したオブジェクトのキャプチャされたイメージ(例えば図1の第1のイメージ120および第2のイメージ122)の特徴点1094を決定し得る。3Dモデラー110は、特徴点1094に基づいた3Dモデル116を発生し得る。

【0060】

【0064】 図10は、イメージ120、122および/または3Dモデラー110により処理されるビデオデータを提供し得るカメラコントローラ1090に接続されたカメラ108を説明している。カメラコントローラ1090は、プロセッサ1010ディスプレイコントローラ1026に接続され得る。カメラ108は、ビデオカメラ、非ビデオカメラ、単数のカメラ、複数のカメラ(例えばステレオカメラ)または、それらの組み合わせであり得る。

【0061】

【0065】 図10は、ディスプレイコントローラ1026が、プロセッサ1010およびディスプレイ320に接続され得ることを示す。コーダ/デコーダ(コーデック(CODEC))1034(例えばオーディオおよび/またはボイスコーデック(voice CODEC))は、プロセッサ1010に接続され得る。スピーカ1036およびマイクロホン1038が、コーデック(CODEC)1034に接続されうる。図10は、ワイヤレスコントローラ1040が、プロセッサ1010およびワイヤレスアンテナ1042に接続されているトランシーバ1050に接続され得ることも示している。特定の具体例において、プロセッサ1010、1つまたは複数のモーションセンサ104、カメラコントローラ1090、ディスプレイコントローラ1026、メモリ1032、コーデック(CODEC)1034、ワイヤレスコントローラ1040、トランシーバ1050はシステムインパッケージ(system-in-package)またはシステムオンチップ(system-on-chip)デバイス1022に含まれる。

【0062】

【0066】 特定の具体例において、入力デバイス1030および電源1044が、システムオンチップ(system-on-chip)デバイス1022に接続される。さらに、特定の具体例において、図10において説明されるように、ディスプレイ320、カメラ108、入力デバイス1030、スピーカ1036、マイクロホン1038、ワイヤレスアンテナ1042および電源1044は、システムオンチップ(system-on-chip)デバイス1022の外付けとなる。しかしながら、ディスプレイ320、入力デバイス1030、スピーカ1036、マイクロホン1038、ワイヤレスアンテナ1042、および電源1044の各々は、インタフェースまたはコントローラなどの、システムオンチップ(system-on-chip)デバイス1022のコンポーネントに接続されうる。しかしながら、1つまたは複数のモーションセンサ104は、システムオンチップ(system-on-chip)デバイス1022に含まれるものとして説明され、他の具体例において、1つまたは複数のモーションセンサ104は、システムオンチップ(system-on-chip)デバイス1022の外付けおよび、システムオンチップ(system-on-chip)デバイス1022に接続され得る。

【0063】

【0067】 図11は、モバイルデバイス102の他の特定の事例となる具体例の図であり、ここで、モバイルデバイス102は、モーションセンサデータに基づきシルエット基準復元技術(silhouette-based reconstruction technique)(例えば視覚外殻構造技術(visual hull technique))により3Dモデルを計算するように構成されている。図11のあるモバイルデバイス102の特徴とコンポーネントは、プロセッサ1010、1つまたは複数のモーションセンサ104、カメラコントローラ1090、ディスプレイコントローラ1026、メモリ1032、命令1054、コーデック(CODEC)1034、ワイヤレスコントローラ1040、トランシーバ1050、システムインパッケージ(system-in-package)またはシステムオンチップ(system-on-chip)デバイス1022、ワイヤレスアンテナ1042、入力デバイス1030、ディスプレイ320、カメラ108、スピーカ1036、マイクロホン1038および電源1044のような、概して、図10のモバイルデバイス102に関連して表現され得る。しかしながら、図11の3Dモデラー110は、例えば、視覚外殻構造技術(visual hull technique)との関係で、シルエット1194を発生するための、シルエット発生器(silhouette generator)1192を、含んでいる。シルエット1194は、3Dモデル116を発生するために3Dモデラー110により使用され得る。

## 【 0 0 6 4 】

[0068] 本開示は、説明の簡易化のために、モバイルデバイス（例えばモバイルデバイス 102）との関連で、表現されているが、ここに説明された機能性は、他のデバイスを用いて実装され得ることを、理解されるべきである。例えば、図 10 と 11 のプロセッサ 1010 およびメモリ 1032 は、マルチメディアプレーヤ、娯楽ユニット、ナビゲーションデバイス、パーソナルデジタルアシスタント（personal digital assistant (PDA)）、固定位置データユニット（fixed location data unit）またはコンピュータ（例えばタブレットコンピュータ、ラップトップコンピュータ、デスクトップコンピュータなど）、メディアデバイス、ワイヤレスでデータを通信するように構成された他のデバイス、またはそれらの組み合わせに集積され得る。さらに、説明の便利のため、様々な技術（例えば、特徴点基準（feature point-based）およびシルエット基準復元技術（silhouette-based reconstruction techniques）のような、復元技術）が離れて表現されてきたが、1 つまたは複数のそのような技術（またはそれらの要素）は結合され得る。

## 【 0 0 6 5 】

[0069] 説明された具体例と連結して、第 1 のポジションから第 2 のポジションへのモバイルデバイスの動きを、動作をセンスするための少なくとも 1 つの手段から受信したデータに基づき、決定するための手段を含む装置が開示されている。例えば、決定するための手段は、図 1 - 4 , 10 , および 11 の 3D モデラー 110、図 10 および 11 のプロセッサ 1010、モバイルデバイスの動きを決定するように構成された 1 つまたは複数の他のデバイスまたは、それらの任意の組み合わせを含み得る。動作をセンスするための手段は、1 つまたは複数のモーションセンサ 104 を含み得る。

## 【 0 0 6 6 】

[0070] 装置は、モバイルデバイスの第 1 のポジションからオブジェクトの第 1 の視点に対応するオブジェクトの第 1 のイメージに基づいた、さらにモバイルデバイスの第 2 のポジションからオブジェクトの第 2 の視点に対応するオブジェクトの第 2 のイメージに基づいた、さらにモバイルデバイスの動きに基づいたオブジェクトの 3 次元（3D）モデルを計算するための手段をさらに含む。例えば、3D モデルを計算するための手段は、図 1 - 4 , 10 と 11 の 3D モデラー 110、図 10 と 11 のプロセッサ 1010、3D モデルを計算するように構成された 1 つまたは複数の他のデバイス、またはそれらの組み合わせを含み得る。

## 【 0 0 6 7 】

[0071] 当業者はさらに、ここに開示された具体例に関連して表現された様々な実例となる論理ブロック、構成、モデル、回路、およびアルゴリズムステップは、電気的なハードウェア、コンピュータ可読な有形な媒体、記憶されたプロセッサで実行可能な命令、または両方の組み合わせに実装され得ることを理解すべきである。さまざまな例示的なコンポーネント、ブロック、構成、モジュール、回路、およびステップは、一般的にそれらの機能の観点から上述された。このような機能が、ハードウェアとして実装されるか、あるいはソフトウェアとして実装されるかは、特定のアプリケーションおよびシステム全体に課せられる設計制約に依存する。当業者は、各々の特定のアプリケーションのために、多様な方法で説明された機能を実装し得るが、このような実装の決定は、本開示の範囲からの逸脱を引き起こしていると解釈されるべきでない。

## 【 0 0 6 8 】

[0072] ここで開示された実施形態に関連して説明されたアルゴリズムまたは方法のステップは、直接ハードウェアにおいて、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おいて、あるいは 2 つの組み合わせにおいて、具体化されうる。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、リードオンリーメモリ（ROM）、プログラマブルリードオンリーメモリ（PROM）、消去可能プログラマブルリードオンリーメモリ（EPROM）、電氣的消去可能プログラマブルリードオンリーメモリ（EEPROM）、レジスタ、ハードディスク、リムーバブルディスク、コンパクトディスクリードオンリーメモリ（CD-ROM）、あるいは非一時的な記憶媒体の

他の任意の形状に存在しうる。典型的な記憶媒体は、プロセッサがこの記憶媒体から情報を読み取り、またこの記憶媒体に情報を書き込むことができるように、プロセッサに結合される。代替において、記憶媒体は、プロセッサと一体化されうる。プロセッサおよび記憶媒体は、特定用途向け集積回路（ASIC）内に存在しうる。ASICは、計算デバイスまたはユーザ端末（例えば、モバイルフォンまたはPDA）内に存在しうる。代替において、プロセッサおよび記憶媒体は、ユーザ端末または計算デバイスに個別のコンポーネントとして存在しうる。

【0069】

[0073] 開示された実施形態の先の説明は、開示された実施形態を製造および使用することを当業者に可能にするために提供される。これらの実施形態への種々の変更は、当業者にとって容易に明らかであり、ここに定義された原理は、本開示の範囲から逸脱することなく他の実施形態に応用されうる。したがって、本開示は、ここに開示された実施形態に制限されるようには意図されず、下記の特許請求の範囲によって定義されるような原理および新規な特徴と一致する最も広い範囲と一致すべきである。

なお、本願の出願当初の請求項と同一の記載を以下に付記する。

[C1]

モバイルデバイスが第1のポジションに位置する間に、オブジェクトの第1のイメージを前記モバイルデバイスのカメラにおいて、キャプチャすること、前記モバイルデバイスが第2のポジションに位置する間に、前記オブジェクトの第2のイメージをキャプチャすること、前記第1のポジションから前記第2のポジションへの前記モバイルデバイスの動きを、前記モバイルデバイスの少なくとも1つのモーションセンサにより出力されたデータに基づき、決定すること、および前記モバイルデバイスの前記決定された動きおよび、前記第1のイメージ、前記第2のイメージに基づき前記オブジェクトの3次元（3D）モデルを計算することを備える方法。

[C2]

前記第1のイメージ、前記第2のイメージは、記憶されたビデオファイルに関連するビデオフレームであり、さらに、前記ビデオフレームにアクセスするために前記記憶されたビデオファイルに周期的にアクセスすることを備えるC1記載の方法。

[C3]

前記第1のイメージ、前記第2のイメージは、ビデオフレームシーケンスに関連するビデオフレームであり、さらに、ビデオファイルとしての前記ビデオフレームシーケンスを記憶することにより前に、ビデオフレームにアクセスすることを備えるC1記載の方法。

[C4]

前記第1のイメージ、前記第2のイメージは、スナップショットイメージであるC1記載の方法。

[C5]

前記オブジェクトの3Dモデルを計算することは、さらに、前記オブジェクトの1つまたは複数のシルエットに基づくC1記載の方法。

[C6]

前記少なくとも1つのモーションセンサにより出力された前記データは、前記モバイルデバイスに関連する回転動作、前記モバイルデバイスに関連する並進動作またはそれらの組み合わせを含むC1記載の方法。

[C7]

前記モバイルデバイスの前記決定された動きは、前記モバイルデバイスの回転、前記モバイルデバイスの移動、またはそれらの組み合わせを含むC1記載の方法。

[C8]

前記オブジェクトの前記3Dモデルを計算することは、さらに少なくとも1つのモーションセンサにより出力された前記データおよび、第一の推測された再射影されたイメージポイント、第二の推測された再射影されたイメージポイント、の関数に基づき前記オブジェクトの特徴点を決定することを備えるC1記載の方法。



[ C 9 ]

前記オブジェクトの前記 3 次元モデルを計算することは、さらに前記オブジェクトの 1 つまたは複数の特徴点および前記第 1 のポジションの第 1 の推定の成果に基づいた前記オブジェクトの第 1 の推定され再射影されたイメージポイントを、決定すること、前記オブジェクトの前記 1 つまたは複数の特徴点および前記第 2 のポジションの第 2 の推定の成果に基づいた前記オブジェクトの第 2 の推定され再射影されたイメージポイントを、決定すること、前記第 1 のイメージにおける前記オブジェクトの座標と前記第 1 の推定され再射影されたイメージポイントの間の第 1 のユークリッド距離の平方を決定すること、前記第 2 のイメージにおける前記オブジェクトの座標と前記第 2 の推定され再射影されたイメージポイントの間の第 2 のユークリッド距離の平方を決定すること、前記第 1 のユークリッド距離の前記平方、および前記第 2 のユークリッド距離の前記平方の合計を最小化するため、前記 3 D モデルの推定を修正すること、を含み、前記第 2 のポジションの前記第 2 の推定は、少なくとも 1 つのモーションセンサにより出力された前記データ、および前記第 1 のポジションの前記第 1 の推定に基づき発生される C 1 記載の方法。

[ C 1 0 ]

前記 3 D モデルの前記推定を修正することは、

【数 1 0】

$$\min_{P^i, X_j} \sum_{i,j} d(P^i X_j, x_j^i)^2$$

の最大尤度ソリューションを決定するためにバンドル調整技術により実行されここで d は、距離の演算に関係し、ここで  $P^i$  は、前記カメラの射影マトリクスであり、ここで  $X_j$  は、前記オブジェクトの j 番目の特徴点であり、ここで  $x_j^i$  は、i 番目のイメージにおける j 番目の特徴点の座標である C 9 記載の方法。

[ C 1 1 ]

第 1 のポジションに位置する間に、オブジェクトの第 1 のイメージをキャプチャするように、および第 2 のポジションに位置する間に、前記オブジェクトの第 2 のイメージをキャプチャするように、構成されたカメラと、少なくとも 1 つのモーションセンサと、プロセッサと、前記第 1 のポジションから前記第 2 のポジションへの前記カメラの動きを、少なくとも 1 つのモーションセンサにより出力されたデータに基づき、決定すること、および前記カメラの前記決定された動きおよび、前記第 1 のイメージ、前記第 2 のイメージに基づき前記オブジェクトの 3 次元 ( 3 D ) モデルを計算することを、前記プロセッサにより実行可能な命令を記憶しているメモリと、を備える装置。

[ C 1 2 ]

前記プロセッサは、モバイルデバイス、カメラ、マルチメディアプレーヤ、娯楽ユニット、ナビゲーションデバイス、パーソナルデジタルアシスタント ( P D A )、ポータブルコンピュータまたはそれらの任意の組み合わせに集積されている C 1 1 の装置。

[ C 1 3 ]

前記少なくとも 1 つのモーションセンサにより出力された前記データは、前記カメラに関連する回転の情報、前記カメラに関連する並進の情報またはそれらの組み合わせを含む C 1 1 の装置。

[ C 1 4 ]

前記カメラの前記決定された動きは、前記カメラの回転、前記カメラの並進、またはそれらの組み合わせを含む C 1 1 の装置。

[ C 1 5 ]

前記命令は、さらに前記少なくとも 1 つのモーションセンサにより出力された前記データおよび、第 1 の推定された再射影されたイメージポイント、第 2 の推定された再射影されたイメージポイント、の関数に基づき前記オブジェクトの特徴点を決定するために、前記プロセッサにより実行可能である C 1 1 の装置。

[ C 1 6 ]

前記オブジェクトの１つまたは複数の特徴点および前記第１のポジションの第１の推定の成果に基づいた前記オブジェクトの第１の推定され再射影されたイメージポイントを、決定するために前記オブジェクトの前記１つまたは複数の特徴点および前記第２のポジションの第２の推定の成果に基づいた前記オブジェクトの第２の推定された再射影されたイメージポイントを、決定するために前記第１のイメージにおける前記オブジェクトの座標と前記第１の推定され再射影されたイメージポイントの間の第１のユークリッド距離の平方を決定するために、前記第２のイメージにおける前記オブジェクトの座標と前記第２の推定され再射影されたイメージポイントの間の第２のユークリッド距離の平方を決定するために、前記第１のユークリッド距離の前記平方、および前記第２のユークリッド距離の前記平方の合計を最小化するため、前記３Ｄモデルの推定を修正するために、前記命令は、前記プロセッサにより、さらに実行可能であり、前記第２のポジションの前記第２の推定は、前記少なくとも１つのモーションセンサにより出力された前記データ、および前記第１のポジションの前記第１の推定に基づき発生されるＣ１１の装置。

[Ｃ１７]

前記３Ｄモデルの前記推定を修正することは、

【数１１】

$$\min_{P^i, X_j} \sum_{i,j} d(P^i X_j, x_j^i)^2$$

の最大尤度ソリューションを決定するためにバンドル調整技術により実行されここで  $d$  は、距離の演算に関係し、ここで  $P^i$  は、前記カメラの射影マトリクスであり、ここで  $X_j$  は、前記オブジェクトの  $j$  番目の特徴点であり、ここで  $x_j^i$  は、 $i$  番目のイメージにおける  $j$  番目の特徴点の座標であるＣ１６の装置。

[Ｃ１８]

第１のポジションから第２のポジションへのモバイルデバイスの動きを、少なくとも１つのモーションセンサから受信されたデータに基づき、決定すること、および前記モバイルデバイスの前記第１のポジションからのオブジェクトの第１の視野に対応した前記オブジェクトの第１のイメージに基づき、さらに、前記モバイルデバイスの前記第２のポジションからの前記オブジェクトの第２の視野に対応した前記オブジェクトの第２のイメージに基づき、さらに、前記モバイルデバイスの前記動きに基づき、オブジェクトの３次元（３Ｄ）モデルを計算すること、を備える方法。

[Ｃ１９]

第１のポジションから第２のポジションへのモバイルデバイスの動きを、少なくとも１つのモーションをセンサする手段から受信されたデータに基づき決定する手段、および前記モバイルデバイスの前記第１のポジションからのオブジェクトの第１の視野に対応した前記オブジェクトの第１のイメージに基づき、さらに、前記モバイルデバイスの前記第２のポジションからの前記オブジェクトの第２の視野に対応した前記オブジェクトの第２のイメージに基づき、さらに、前記モバイルデバイスの前記動きに基づき、オブジェクトの３次元（３Ｄ）モデルを計算する手段、を備える装置。

[Ｃ２０]

さらに、前記第１のイメージをキャプチャするための手段と、前記第２のイメージをキャプチャするための手段を備えるＣ１９の装置。

[Ｃ２１]

さらに、前記少なくとも１つのモーションをセンサするための手段により受信された前記データおよび、第１の推定された再射影されたイメージポイント、第２の推定された再射影されたイメージポイント、の関数に基づく前記オブジェクトの特徴点を決定するための手段を備えるＣ１９の装置。

[Ｃ２２]

プロセッサにより実行されたときにプロセッサに、第１のポジションから第２のポジションへのモバイルデバイスの動きを、少なくとも１つのモーションセンサから受信されたデータに基づき決定すること、および、前記モバイルデバイスの前記第１のポジションか

らのオブジェクトの第 1 の視野に対応した前記オブジェクトの第 1 のイメージに基づき、さらに、前記モバイルデバイスの前記第 2 のポジションからの前記オブジェクトの第 2 の視野に対応した前記オブジェクトの第 2 のイメージに基づき、さらに、前記モバイルデバイスの前記動きに基づき、オブジェクトの 3 次元 ( 3 D ) モデルを計算すること、を引き起こす命令を備えたコンピュータ可読媒体。

[ C 2 3 ]

データは、前記モバイルデバイスに対応した回転の情報、前記モバイルデバイスに対応した並進の情報、またはそれらの組み合わせを含む C 2 2 のコンピュータ可読媒体。

[ C 2 4 ]

前記データおよび、第 1 の推定され再射影されたイメージポイント、第二の推定され再射影されたイメージポイント、の関数に基づく前記オブジェクトの特徴点を決定することを、プロセッサにより実行可能な命令を備える C 2 2 のコンピュータ可読媒体。

[ C 2 5 ]

さらに、前記オブジェクトに対応した 1 つまたは複数のシルエットを発生するための前記プロセッサにより実行可能な命令を備え、前記オブジェクトの前記 3 D モデルは、さらに 1 つまたは複数のシルエットに基づく、C 2 2 のコンピュータ可読媒体。