

(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2018-538593

(P2018-538593A)

(43) 公表日 平成30年12月27日(2018.12.27)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G06T 7/20 (2017.01)	G06T 7/20 300B	5B050
G06T 19/00 (2011.01)	G06T 19/00 A	5L096
G06T 7/00 (2017.01)	G06T 7/00 660A	
G06T 7/593 (2017.01)	G06T 7/593	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2018-517321 (P2018-517321)
 (86) (22) 出願日 平成28年9月26日 (2016. 9. 26)
 (85) 翻訳文提出日 平成30年4月20日 (2018. 4. 20)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2016/053821
 (87) 国際公開番号 W02017/058733
 (87) 国際公開日 平成29年4月6日 (2017. 4. 6)
 (31) 優先権主張番号 62/234, 478
 (32) 優先日 平成27年9月29日 (2015. 9. 29)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 62/337, 261
 (32) 優先日 平成28年5月16日 (2016. 5. 16)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 518108531
 バイナリーヴィーアール、インコーポレイ
 テッド
 B I N A R Y V R, I N C.
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94
 010 バーリングゲーム 533 エアポ
 ート ブルバード #315
 533 Airport Blvd #3
 15 Burlingame, CA 9
 4010 United States
 of America
 (74) 代理人 100110928
 弁理士 遠水 進治
 (74) 代理人 100127236
 弁理士 天城 聡

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表情検出機能を備えたヘッドマウントディスプレイ

(57) 【要約】

【解決手段】実施形態は、ユーザの目領域を撮影する2Dカメラ(例えば、赤外線カメラ)、ユーザの唇、顎先、及び頬を含む顔の下部特徴を撮影する深度カメラ又は他の2Dカメラを含むヘッドマウントディスプレイユニットを使用して、リアルタイムでユーザの表情を検出することに関連する。第1カメラ及び第2カメラによって撮影された画像が処理され、表情に関連付けられたパラメータを抽出する。これらのパラメータは、表情を含むユーザのデジタル表現が得られるように送信又は処理可能である。

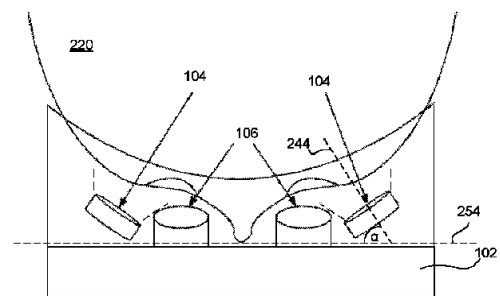


FIG. 2C

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

表情検出方法であって、

ヘッドマウントディスプレイ上の第 1 画像撮影装置により、ユーザの目領域を含む前記ユーザの顔の上部の第 1 画像を撮影することと、

前記ヘッドマウントディスプレイ上の第 2 画像撮影装置により、前記ユーザの顔の下部を含む前記ユーザの第 2 画像を撮影することと、

前記第 1 画像及び前記第 2 画像を処理することにより、前記ユーザの表情を表す表情パラメータを抽出することと、を備える方法。

【請求項 2】

前記第 1 画像撮影装置は、一对の赤外線カメラを備え、前記第 2 画像撮影装置は、深度カメラ、カラーカメラ、赤外線カメラ、又は 2 つの立体カメラ、のうちの 1 つを備える請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記第 1 画像及び前記第 2 画像を処理することは、

前記第 1 画像から、前記ユーザの目及び前記ユーザの眉に関連付けられたランドマーク位置を検出することと、

前記第 2 画像から、前記ユーザの顔の下部に関連付けられたランドマーク位置を検出することと、を備える請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記抽出された表情パラメータを前記ユーザのデジタル表現に適用することにより、前記ユーザのグラフィック表現を生成することをさらに備える請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記ユーザの無表情を表すキャリブレーション画像を撮影および処理することにより、キャリブレーションを実施することをさらに備える請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記キャリブレーションを実施することは、

前記キャリブレーション画像に基づき、個人化無表情メッシュを生成することと、

変形転写技術を前記個人化無表情メッシュに適用することにより、個人化追跡モデルを構築することと、を備え、

前記第 1 画像及び前記第 2 画像の前記処理は、前記個人化追跡モデルに基づき、少なくとも 1 つのプレントシェイプモデルを前記第 1 画像及び前記第 2 画像におけるランドマーク位置にフィッティングすることにより、前記表情パラメータを得ることを備える請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記第 1 画像及び前記第 2 画像の前記処理は、リアルタイムで実施される請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

ヘッドマウントディスプレイであって、

目領域を含むユーザの顔の上部を撮影するように構成された第 1 撮影装置と、

前記第 1 撮影装置の下方位置に設けられ、前記ユーザの顔の下部を撮影するように構成された第 2 撮影装置と、

前記ユーザに画像を表示するように構成された表示装置と、

前記第 1 撮影装置、前記第 2 撮影装置、及び前記表示装置を搭載するように構成された本体と、を備えるヘッドマウントディスプレイユニット。

【請求項 9】

前記第 2 撮影装置は、前記本体から前記ユーザの顔の前記下部に向かって伸びる伸張部に搭載される請求項 8 に記載のヘッドマウントディスプレイユニット。

【請求項 10】

前記第 1 画像撮影装置は、一对の赤外線カメラを備え、前記第 2 画像撮影装置は、深度

10

20

30

40

50

カメラ、カラーカメラ、赤外線カメラ、又は2つの立体カメラのうちの1つを備える請求項8に記載のヘッドマウントディスプレイユニット。

【請求項11】

前記第2撮影装置が搭載される摺動可能なマウントをさらに備える請求項8に記載のヘッドマウントディスプレイユニット。

【請求項12】

前記表示装置は、第1ディスプレイ及び第2ディスプレイを備え、前記第1ディスプレイは、左側画像を前記ユーザの左目の方に左目に表示するように構成され、前記第2ディスプレイは、右側画像を前記ユーザの右目の方に表示するように構成される請求項8に記載のヘッドマウントディスプレイユニット。

10

【請求項13】

前記第1撮影装置は、一对のカメラを備え、前記カメラは各々、前記本体の両側に設置される請求項8に記載のヘッドマウントディスプレイユニット。

【請求項14】

前記第1撮影装置は、前記本体の中間に設置されたカメラを備える請求項8に記載のヘッドマウントディスプレイユニット。

【請求項15】

前記第2撮影装置は、前記本体に直接搭載される請求項8に記載のヘッドマウントディスプレイユニット。

【請求項16】

前記本体は、前記目領域を包含する膨らんだ上部を有する請求項8に記載のヘッドマウントディスプレイユニット。

20

【請求項17】

前記表示装置は、一对の別個の表示部を備え、前記第1撮影装置は、前記一对の表示部の間に2つのカメラを備える請求項1に記載のヘッドマウントディスプレイユニット。

【請求項18】

仮想現実又は拡張現実システムであって、

目領域を含むユーザの顔の上部の第1画像を撮影するように構成された第1撮影装置と、

前記第1撮影装置の下方位置に設けられ、前記ユーザの顔の下部の第2画像を撮影するように構成された第2撮影装置と、

30

画像を前記ユーザに表示するように構成された表示装置と、

前記第1撮影装置、前記第2撮影装置、及び前記表示装置を搭載するように構成された本体と、

を備えるヘッドマウントディスプレイユニットと、

前記ヘッドマウントディスプレイユニットに通信可能に連結される演算装置と、

を備え、

前記演算装置は、

前記ヘッドマウントディスプレイユニットから前記第1画像及び前記第2画像を受信し、前記第1画像及び前記第2画像を処理することにより、前記ユーザの表情を表す表情パラメータを抽出するように構成される仮想現実又は拡張現実システム。

40

【請求項19】

前記演算装置は、

前記第1画像から、前記ユーザの目及び前記ユーザの眉に関連付けられたランドマーク位置を検出し、

前記第2画像から、前記ユーザの顔の前記下部に関連付けられたランドマーク位置を検出するように構成される請求項18に記載の仮想現実又は拡張現実システム。

【請求項20】

前記演算装置は、さらに、前記キャリブレーション画像に基づき個人化無表情メッシュを生成し、前記個人化無表情メッシュに変形転写技術を適用することで個人化追跡モデル

50

を構築することにより、キャリブレーションを実施するように構成され、

前記演算装置は、さらに、前記個人化追跡モデルに基づき、前記第1画像及び前記第2画像内のランドマーク位置に少なくともブレンドシェイプモデルをフィッティングすることにより、前記第1画像及び前記第2画像を処理して、前記表情パラメータを得るように構成される請求項に18に記載の仮想現実又は拡張現実システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、仮想現実又は拡張現実の環境において使用される、ユーザの表情検出のためのヘッドマウントディスプレイユニット全般に関連する。

【背景技術】

【0002】

仮想現実（VR）及び拡張現実（AR）は、没入型リアルライフ経験をさせることを可能にすることから、ゲーム、教育、医療、及びソーシャルネットワークサービス等の適用における新興分野となっている。これらの適用の一部として、ユーザが表示装置に表示された自身の3D表現（例えば、アバター）を通じて他のユーザと関わることができるようにするソーシャルプラットフォームがある。ユーザが仮想現実又は拡張現実を通じて他のユーザと交流できるようにすることにより、これらの適用におけるユーザの経験を向上させることができる。

【0003】

人同士の交流において、表情は、個人の感情状態について、他者に多くの情報を伝達する。ユーザ間の交流をより豊かなものとするために、ユーザの3D表現は、ユーザの表情を示すように開発されてもよい。このようにして、VR又はAR環境において、ユーザの心的状態についてより多くの情報を他のユーザに効果的に伝えることができる。

【発明の概要】

【0004】

本願は、2015年9月29日出願の米国仮特許出願シリアル番号62/234,478号及び2016年5月16日出願の米国仮特許出願シリアル番号62/337,261号に対する米国特許法第119条(e)に基づく優先権を主張するものであり、その内容全体を参照としてここに援用する。

【0005】

実施形態は、ヘッドマウントディスプレイを使用した表情検出に関連する。第1画像は、ヘッドマウントディスプレイ上の第1画像撮影装置により撮影される。第1画像は、ユーザの顔の上部を含む。第2画像は、ヘッドマウントディスプレイ上の第2画像撮影装置により撮影される。第2画像は、ユーザの顔の下部を含む。第1画像及び第2画像を処理することにより、ユーザの表情を表す表情パラメータを抽出する。

【0006】

一実施形態において、第1画像撮影装置は、一对の赤外線カメラを備える。第2画像撮影装置は、深度カメラ、カラーカメラ、赤外線カメラ、又は2つの立体カメラ、のうちの1つを備える。

【0007】

一実施形態において、第1画像及び第2画像を処理することにより、少なくとも、第1画像から、ユーザの目及びユーザの眉に関連付けられたランドマーク位置を検出し、第2画像から、ユーザの顔の下部に関連付けられたランドマーク位置を検出する。

【0008】

一実施形態において、抽出された表情パラメータをユーザのデジタル表現に適用することにより、ユーザのグラフィック表現を生成する。

【0009】

一実施形態において、ユーザの無表情を表すキャリブレーション画像を撮影および処理することにより、キャリブレーションを実施する。

10

20

30

40

50

【0010】

一実施形態において、キャリブレーション画像に基づき、個人化無表情メッシュを生成し、変形転写技術を個人化無表情メッシュに適用することで、個人化追跡モデルを構築することにより、キャリブレーションを実施する。

【0011】

一実施形態において、ブレンドシェイプモデルを、個人化追跡モデルに基づき、第1画像及び第2画像におけるランドマーク位置にフィットさせることにより、表情パラメータを得る。

【0012】

一実施形態において、第1画像及び第2画像はリアルタイムで処理され、表情を取得する。

10

【0013】

実施形態は、第1撮影装置と、第2撮影装置と、表示装置と、本体とを備えるヘッドマウントディスプレイにも関連する。第1撮影装置は、目領域を含むユーザの顔の上部を撮影する。第2撮影装置は、第1撮影装置の下方位置に設けられ、ユーザの顔の下部を撮影する。表示装置は、ユーザに画像を表示する。本体には、第1撮影装置、第2撮影装置、及び表示装置が搭載される。

【0014】

一実施形態において、第2撮影装置は、本体からユーザの顔の下部に向かって伸びる伸張部材に搭載される。

20

【0015】

一実施形態において、ヘッドマウントディスプレイユニットは、第2撮影装置が搭載される摺動可能なマウントをさらに備える。

【0016】

一実施形態において、表示装置は、第1ディスプレイ及び第2ディスプレイを備える。第1ディスプレイは、左側画像をユーザの左目の方に表示し、第2ディスプレイは、右側画像をユーザの右目の方に表示する。

【0017】

一実施形態において、第1撮影装置は、一对のカメラを備え、カメラは各々、本体の両側に設置される。

30

【0018】

一実施形態において、第1撮影装置は、本体の中間に設置されたカメラを備える。

【0019】

一実施形態において、第2撮影装置は、本体に直接搭載される。

【0020】

一実施形態において、本体は、目領域を包含する膨らんだ上部を有する。

【0021】

一実施形態において、表示装置は、一对の別個の表示部を備え、第1撮影装置は、一对の表示部の間に2つのカメラを備える。

40

【0022】

実施形態は、ヘッドマウントディスプレイユニットと、演算装置とを備える仮想現実システムにも関連する。演算装置は、ヘッドマウントディスプレイユニットに通信可能に連結される。演算装置は、ヘッドマウントディスプレイユニットから第1画像及び第2画像を受信し、第1画像及び第2画像を処理することにより、ユーザの表情を表す表情パラメータを抽出する。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】図1は、一実施形態に係る、ユーザの表情を撮影および処理するシステムを示すブロック図である。

【図2A】図2Aは、一実施形態に係る、図1のヘッドマウントディスプレイユニットの

50

概略図である。

【図 2 B】図 2 B は、一実施形態に係る、ユーザの目領域の画像を撮影する 2 D カメラを示す概略図である。

【図 2 C】図 2 C は、一実施形態に係る、ユーザの顔に対するヘッドマウントディスプレイユニットの構成要素を示す概略図である。

【図 2 D】図 2 D は、他の実施形態に係る、ヘッドマウントディスプレイユニットを示す概略図である。

【図 2 E】図 2 E は、他の実施形態に係る、立体画像センサを備えたヘッドマウントディスプレイユニットを示す概略図である。

【図 2 F】図 2 F は、他の実施形態に係る、摺動可能な立体画像センサを備えたヘッドマウントディスプレイユニットを示す概略図である。

【図 2 G】図 2 G は、一実施形態に係る、主要本体の中間頂上部分に 2 D カメラを備えたヘッドマウントディスプレイユニットを示す概略図である。

【図 2 H】図 2 H は、一実施形態に係る、2 D カメラを包含するように膨らんだ上部を備えたヘッドマウントディスプレイユニットを示す概略図である。

【図 2 I】図 2 I は、一実施形態に係る、図 2 G ~ 図 2 H のヘッドマウントディスプレイユニットを使用したユーザの目領域の撮影を示す概略図である。

【図 2 J】図 2 J は、一実施形態に係る、ヘッドマウントディスプレイユニットの表示装置の間に一对の 2 D カメラを配置することを示す概略図である。

【図 2 K】図 2 K は、一実施形態に係る、モバイルデバイスを受容するヘッドマウントディスプレイユニットを示す概略図である。

【図 3】図 3 は、一実施形態に係る、表情を判定するためにヘッドマウントディスプレイユニットに接続された演算装置を示すブロック図である。

【図 4】図 4 は、一実施形態に係る、演算装置におけるソフトウェアモジュールのブロック図である。

【図 5】図 5 は、一実施形態に係る、表情を判定するために追跡される顔のランドマークを示す図である。

【図 6】図 6 は、一実施形態に係る、ユーザのデジタル表現における表情を使用するプロセス全体を示すフローチャートである。

【図 7】図 7 は、一実施形態に係る、ユーザの表情を検出するプロセスを示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0024】

図面及び以下の説明は、単なる例示としての好適な実施形態に関連する。以下を検討することにより、本明細書に開示した構造及び方法の代替実施形態は、クレームの主旨から逸脱することなく採用されてもよい実行可能な代替として容易に認識されることに留意しなければならない。

以降、添付の図面に例示したいくつかの実施形態について詳細に説明する。可及的に、図中では同様の参照符号が使用され、同様の機能を示すことがあることに留意しなければならない。図面は、例示のみを目的として開示のシステム（又は方法）の実施形態を示している。以下の説明において、本明細書に記載の主旨から逸脱しない限り、本明細書に示される構造及び方法の代替実施形態が採用されてもよい。

【0025】

実施形態は、目領域を含むユーザの顔の上部を撮影する画像撮影装置（例えば、赤外線カメラ）と、鼻、唇、顎先、及び頬のうち少なくとも 1 つを含むユーザの顔の下部特徴を撮影するもうひとつの画像撮影装置（例えば、深度カメラ）とを含むヘッドマウントディスプレイユニットを使用して、リアルタイムでユーザの表情を検出することに関連する。第 1 画像撮影装置及び第 2 画像撮影装置によって撮影された画像が処理され、表情に関連付けられたパラメータを抽出する。このパラメータは、表情を含むユーザのデジタル表現が生成可能となるように、送信又は処理可能である。

10

20

30

40

50

【0026】

本明細書に記載の目領域とは、目と目の上方の眉をカバーする顔領域をいう。

表情検出システムの例としてのアーキテクチャ

【0027】

図1は、一実施形態に係る、ユーザの表情を撮影及び処理するシステム100を示すブロック図である。システム100は、数ある構成要素の中でも特に、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)102と、HMD102と通信する演算装置108とを備えてもよい。HMD102は、演算装置108と連携して使用され、ユーザの姿勢を検出し、ユーザの表情を検出し、ユーザに画像を表示する。

10

【0028】

演算装置108は、有線通信又は無線通信を介してHMD102と通信してもよい。HMD102にて再生するための画像及び音声のデータ120は、演算装置108から送信可能である。HMD102はまた、ユーザの頭部の姿勢を示し、表情に関連付けられた撮影画像を含む情報110を演算装置108に送信する。

【0029】

HMD102は、図2Cを参照して以下に詳細に示す通り、ユーザの頭部に装着される。HMD102は、数ある構成要素の中でも特に、1つ以上の2Dカメラ104と、1つ以上の深度カメラ105と、1つ以上のディスプレイ106とを備えてもよい。ディスプレイ106とそのオペレーティングモジュールの詳細については、説明を簡潔にするために、本明細書中では省略する。各2Dカメラ104は、ユーザの顔の目領域を撮影し、赤外線カメラ又はRGBカメラ(照明ランプを備えるか、備えないかを問わず)として実現されてもよい。各目領域は、目と眉とを含む。一方、深度カメラ105は、鼻、唇、頬、及び顎先のうちの少なくとも1つを含むユーザの顔の下部特徴について深度画像を生成する。

20

【0030】

演算装置108は、以降、図7を参照して詳細に説明する通り、赤外線カメラ104及び深度カメラ105によって生成された画像を処理することにより、ユーザの表情を判定する。深度カメラ105を使用する代わりに、2D RGBカメラ又は2D赤外線(IR)カメラも使用することができる。

30

【0031】

演算装置108は、HMD102とは別個のものとして図1に示されているが、この演算装置108は、HMD102の一部であってもよい。

ヘッドマウントディスプレイの例

【0032】

図2Aは、一実施形態に係るHMD102の概略図である。HMD102は、主要本体202と、主要本体202から下の方へ伸びる垂直伸張部材204とを備える。主要本体202は、2Dカメラ104と、ディスプレイ106と、その他のセンサ(例えば、ジャイロスコープ)とを備えて設置される。

40

【0033】

HMD102及び垂直伸張部材204は、深度カメラ105によって撮影されるユーザの顔の領域の調整を可能にする機構を介して連結されてもよい。垂直伸張部材の代わりに、水平に伸びるか、又は傾斜配向で伸びる部材も深度カメラ105を搭載するために使用されてよい。深度カメラ105は、(i)3D深度マップと、(ii)撮影領域の2Dカラー画像又は赤外線画像とを提供する。ユーザの顔の下部特徴を撮影するために深度カメラ105を使用することは、数ある理由の中でも特に、顔の下部特徴についての3Dジオメトリ情報を高精度に得ることができるという理由により、有利である。深度カメラ105を使用する代わりに、2Dカラーカメラもユーザの顔の下部特徴を撮影するために使用可能である。2Dカラーカメラで撮影されたカラー画像を演算装置108で処理すること

50

により、顔の下部特徴について3Dジオメトリ情報を生成してもよい。

【0034】

HMD102はまた、ユーザがHMD102をユーザの頭部に固定できるように、ストラップ212に取り付けられてもよい。

【0035】

図2Aに示される通り、一对の2Dカメラ104が、主要本体202の正面壁部の上方隅部に配置されて、ユーザの顔のそれぞれの領域（すなわち、左目及び右目の領域）を撮影する。代替実施形態においては、一对の2DカメラをHMD102の側壁203に配置することができる。2Dカメラ104は、ディスプレイ106のすぐ隣に配置することもできる。

10

【0036】

ディスプレイ106は2つの別個の表示モジュールを備えてもよく、そのうちのひとつは左側画像をユーザの左目の方に表示するもの、もう一つは右側画像をユーザの右目の方に表示するものである。2つのディスプレイ106は、物理的に離間してもよい。或いは、単一の表示モジュールが、左側画像及び右側画像を別々に表示するための2つの別個の表示領域に分けられてもよい。

【0037】

図2Bは、一実施形態に係る、目と眉を含むユーザの顔220の目領域を表す画像を撮影する2Dカメラ104を示す概略図である。2Dカメラ104は、ユーザが装着しているときにユーザの顔に対向するHMD102の本体202に設置される。具体的には、2Dカメラ104は、ユーザの顔の片目又は両目の領域を撮影する。

20

【0038】

赤外線カメラが、2Dカメラ104として使用されてもよい。目及び眉の周辺領域の画像を撮影するために赤外線カメラを使用することは、数ある理由の中でも特に、(i)赤外線カメラはユーザの肌に接触することなく顔の特徴を十分に撮影することができるという理由と、(ii)赤外線カメラは、HMD102がユーザによって装着されているときに外部の光が遮られることから生じ得る低照明条件の下で動作するという理由により、有利である。

【0039】

一実施形態において、2Dカメラ104は、広角を撮影するために魚眼レンズを備えてもよい。2Dカメラからユーザの目及び眉までの距離が短い（通常、5センチメートル以内）ため、魚眼レンズを使用して目領域全体を撮影する。深度カメラ105も、広角を撮影するために魚眼レンズを備える。

30

【0040】

図2Cは、一実施形態に係る、ユーザの顔220に対するHMD102の構成要素の配置を示す概略図である。図2CのHMD102は、左目領域を撮影するものと、右目領域を撮影するものとの一对の2Dカメラ104を有する。2Dカメラの中心軸244は、垂直面254に対して角度 θ を成す。角度 θ は、目領域を撮影するために $30^\circ \sim 45^\circ$ の範囲内であってもよい。

【0041】

40

図2Dは、他の実施形態に係るHMD102Bの概略図である。HMD102Bは、図2AのHMD102と同様であるが、ユーザの顔の下部の画像を撮影するためにカメラ105Bが取り付けられるマウント204Bを有する。マウント204Bは、図2Aの垂直伸張部材よりも短い。カメラ105Bは、深度カメラであってもよく、又は、RGB/グレースケールカメラであってもよい。カメラ105Bがユーザの顔の下部の画像をよりよく撮影できるように、1つ以上の赤外線又は可視光源（図示せず）もマウント204Bに取り付けられてもよい。代替実施形態では、HMD102は別個のマウント又は垂直伸張部材を備えないが、主要本体202に直接搭載されたカメラ105Bを有する。

【0042】

図2Eは、他の実施形態に係るHMD102Cの概略図である。HMD102Cは、図

50

2 DのHMD 1 0 2 Bと同様であるが、マウント 2 0 4 Cに設置される立体カメラ 1 0 5 Bを有する。両方の立体カメラ 1 0 5 Bがユーザの顔の下部の画像を撮影する。撮影された画像は、演算装置 1 0 8によって処理され、ユーザの表情を判定する。

【 0 0 4 3 】

図 2 Fは、一実施形態に係るHMD 1 0 2 Dの概略図である。HMD 1 0 2 Dは、図 2 EのHMD 1 0 2 Cと同様であるが、主要本体 2 0 2に対して摺動可能なマウント 2 2 2 A及び 2 2 2 Bを有する。マウント 2 2 2 A及び 2 2 2 Bにはカメラ 1 0 5 Dが搭載され、それらはIRカメラ又はグレースケールカメラであってもよい。マウント 2 2 2 A及び 2 2 2 Bが主要本体 2 0 2に対して摺動できるようにすることにより、マウント 2 2 2 A及び 2 2 2 Bの位置が、ユーザの顔の下部をよりよく撮影できるように調整されてもよい。いくつかの実施形態において、マウント 2 2 2 A及び 2 2 2 Bは、ユーザによって手で移動される。他の実施形態においては、マウント 2 2 2 A及び 2 2 2 Bは、アクチュエータ（例えば、図示しないモータである）によって自動調整される。

10

【 0 0 4 4 】

図 2 Gは、一実施形態に係るHMD 1 0 2 Eの概略図である。HMD 1 0 2 Eは、単一の2 Dカメラ 1 0 4が主要本体 2 0 2の中心に配置されることを除いて、図 2 AのHMD 1 0 2と同様である。単一の2 Dカメラ 1 0 4は、図 2 Iを参照して以下に説明する通り、ユーザの顔の左目領域および右目領域を撮影する。

【 0 0 4 5 】

図 2 Hは、一実施形態に係るHMD 1 0 2 Fの概略図である。HMD 1 0 2 Fは、主要本体 2 0 2が上の方へ突出した縁部 2 3 3を有することを除いて、図 2 GのHMD 1 0 2 Eと同様である。上の方へ突出した縁部 2 3 3は、ユーザの顔の目領域が、主要本体 2 0 2の下に完全に包まれるのを可能とする。

20

【 0 0 4 6 】

図 2 Iは、図 2 GのHMD 1 0 2 E又は図 2 HのHMD 1 0 2 Fにおける単一の2 Dカメラ 1 0 4を使用して両側の目領域を撮影することを示す概略図である。2 Dカメラ 1 0 4で撮影される顔の領域を広げるために、2 Dカメラ 1 0 4において魚眼レンズが使用されてもよい。

【 0 0 4 7 】

図 2 Jは、一実施形態に係る、2つの別個の2 Dカメラ 1 0 4 Jを使用して両側の目領域を撮影することを示す概略図である。図 2 Cの2 Dカメラ 1 0 4と異なり、2 Dカメラ 1 0 4 Jは、ディスプレイ 1 0 6の間に配置される。2 Dカメラ 1 0 4 Jの中心軸 2 4 7は、両方の2 Dカメラ 1 0 4 Jが顔の目領域に対向するように、垂直面 2 5 4に対して角度をなす。2 Dカメラ 1 0 4 Jをディスプレイ 1 0 6の間に配置する多くの利点のうちの1つとして、HMDの寸法（特に、幅W）を小さくできることがあげられる。

30

【 0 0 4 8 】

図 2 Aから図 2 Jを参照して上述したHMDは、画像をそれぞれの目の方に表示する専用ディスプレイ 1 0 6を使用するものとして説明したが、他の実施形態では、ディスプレイは、別のモバイルデバイス（例えば、スマートフォン）の表示装置として実現されてもよい。例えば、図 2 Kは、モバイルデバイス 2 6 1を受容するスロット 2 6 3を有するHMD 1 0 2 Gの概略図である。モバイルデバイス 2 6 1が主要本体 2 0 2のスロット 2 6 3に挿入されて、モバイルデバイスの表示装置がHMD 1 0 2 Gのディスプレイとして機能してもよい。図 2 Kに示されるようなスロット 2 6 3は、単なる例示であり、異なる構成のスロットも採用可能である。図 2 Kの実施形態において、ディスプレイ 1 0 6は、演算装置 1 0 8と同じように、モバイルデバイス 2 6 1で実現される。

40

表情を判定する一例としての演算装置

【 0 0 4 9 】

図 3は、一実施形態に係る、表情を判定するためにHMD 1 0 2と接続された演算装置 1 0 8を示すブロック図である。演算装置 1 0 8は、数ある構成要素の中でも特に、メモ

50

リ302と、プロセッサ304と、HMDインタフェース306と、ディスプレイ308と、ユーザインタフェース310と、これらの構成要素を接続するバス301とを備えてもよい。演算装置108は、他の演算装置（図示せず）と通信するために、ネットワークインタフェース等の他の構成要素を含んでもよい。

【0050】

メモリ302は、図4を参照して以下に詳細に説明する通り、ソフトウェアモジュールを記憶する非一時的コンピュータ可読記憶媒体である。メモリ302に記憶された命令は、プロセッサ304によって実行されることにより、表情検出に関連付けられたオペレーションと、検出された表情を組み込んだユーザのデジタル表現の生成とを実施する。

【0051】

プロセッサ304は、メモリ302に記憶された種々の命令を実行し、演算装置108における他の構成要素のオペレーションを制御する。演算装置108は、1つを上回る数のプロセッサを備えてもよい。

【0052】

HMDインタフェース306は、HMD102と通信するためのハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、又はそれらの組み合わせである。HMDインタフェース306は、演算装置108がHMD102において再生するための画像及び音声のデータ120を送信できるようにし、また、ユーザの頭部の姿勢に関連付けられた情報110と、表情に関連付けられた撮影画像とをHMD102から受信することができる。HMDインタフェース306は、1つ以上の通信プロトコルに対応するものであってもよい。

【0053】

ディスプレイ308は、画像をレンダリングしてユーザに提示するために使用される。これらの画像には、HMD102のオペレーションに関連付けられた情報が含まれてもよい。

【0054】

ユーザインタフェース310は、ユーザが演算装置108と情報をやりとりできるようにするためのハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、又はそれらの組み合わせである。ユーザインタフェース310は、ポインティングデバイス（例えば、マウス）及びキーボードを備えてもよい。

【0055】

図4は、一実施形態に係る、演算装置108におけるソフトウェアモジュールのブロック図である。メモリ302は、数あるソフトウェア構成要素の中でも特に、オペレーティングシステム406と、表情検出モジュール410と、アプリケーションモジュール440とを記憶する。メモリ302はまた、図4には図示されない他の種々のソフトウェアモジュールも備えてもよい。

【0056】

オペレーティングシステム406は、演算装置108において利用可能なリソースの管理を担うソフトウェアモジュールである。利用可能なオペレーティングシステムには、例えば、IOS、WINDOWS、LINUX、ANDROID、及びMAC OSが含まれてもよい。

【0057】

表情検出モジュール410は、2Dカメラ104から受信した2D画像（例えば、赤外線画像）402と、深度カメラ105から受信した画像404とに基づいて、ユーザの表情を検出するソフトウェアモジュールである。画像404には、深度カメラ105によって生成された深度画像とカラー画像又はグレースケール画像との双方が含まれてもよい。表情検出モジュール410は、赤外線画像402と画像404とを処理することにより、ユーザの表情を示す表情（FE）パラメータ424を生成する。

【0058】

表情検出モジュール410には、目及び眉追跡モジュール414と、顔下部追跡モジュール418と、FEパラメータ生成器422とを含むがこれに限定されないサブモジュール

10

20

30

40

50

ルが含まれてもよい。目及び眉追跡モジュール414は、ランドマーク位置に基づき、2D画像402における瞳の中心と、目の輪郭と、眉の輪郭とを判定する。目及び眉追跡モジュール414は、瞳、目の輪郭、眉の輪郭のランドマークのアノテーションのついたトレーニング画像サンプルを用いて事前トレーニングされている。このようなアノテーションは、手動で実施されてもよい。図5A及び図5B中、例としてのランドマークが「X」点として示されている。

【0059】

目及び眉追跡モジュール414は、追跡アルゴリズムを採用してもよい。追跡アルゴリズムは、当分野で周知である、例えば、(i)教師あり降下法(SDM)、(ii)変形可能モデルフィッティング、(iii)アクティブアピランスモデリング、(iii)ディープラーニング技術を使用してもよい。目及び眉追跡モジュール414は、ユーザの目と眉とを追跡した結果として、目及び眉の位置及び形状を示すランドマーク位置415を生成する。魚眼レンズを使用して2D画像を撮影するとき、目及び眉追跡モジュール414は、追跡アルゴリズムの実行前に、画像を平坦化して、魚眼レンズの使用によって生じた2D画像中の歪みを除去してもよい。

【0060】

同様に、顔下部追跡モジュール418は、画像404に基づき、ユーザの鼻、唇、顎先、頬、及び顎先と頬の周囲の顔のシルエットのうちの少なくとも1つの姿勢を追跡する。下部追跡モジュール418は、ユーザの顔の下部のランドマークを追跡するために、当分野において周知である、例えば、(i)教師あり降下法(SDM)、(ii)変形可能モデルフィッティング、(iii)アクティブアピランスモデリング、(iv)ディープマシンラーニングのうちの1つを使用して、追跡アルゴリズムも使用してもよい。ユーザの顔の下部におけるランドマークは、例えば、図5Cに示されている。顔下部追跡モジュール418は、ユーザの顔の下部におけるランドマークを追跡することにより、鼻、唇、顎先、及び頬のうちの少なくとも1つを含む顔の下部特徴のランドマーク位置419を生成する。顎先及び頬の周囲のシルエットを検出することの多くの利点のうちの1つとして、顎及び頬の動きを明確に撮影できることがあげられる。それはまた、カメラに対する頭部位置のロバストな追跡にも役立ち、これは唇追跡では容易なことではない。

【0061】

FEパラメータ生成器422は、ランドマーク位置415及び419と、深度カメラからの3D深度マップとを受信する。FEパラメータ生成器422は、図6を参照して以下に詳細に説明する通り、キャリブレーションプロセス中に得られる個人化3D表情モデルのモデルを記憶する。FEパラメータ生成器422はまた、図7を参照して以下に詳細に説明する通り、ランドマーク位置415及び419と3D深度マップを3D表情モデルのモデルにフィッティングすることにより、HMD102を装着するユーザの表情を総合的に示す表情(FE)パラメータ424を抽出する。

【0062】

アプリケーションモジュール440は、FEパラメータ424の形式での検出表情に基づき、種々のオペレーションを実施する。アプリケーションモジュール440には、数ある要素の中でも特に、マッピングモジュール442と、グラフィック表現ストレージ446と、仮想現実(VR)/拡張現実(AR)モジュール448とが含まれてもよい。グラフィック表現ストレージ446は、ユーザの1つ以上のデジタル表現を記憶する。マッピングモジュール442は、グラフィック表現ストレージ446からユーザのデジタル表現を検索し、受信されたユーザのデジタル表現にFEパラメータ424(例えば、ブレンドシェイプウェイト値)をリアルタイムで転写することにより、VR/ARモジュール448において使用するデータを生成する。

【0063】

VR/ARモジュール448は、FEパラメータ424(例えば、ブレンドシェイプ)に従って、又は、転写されたブレンドシェイプウェイトとユーザのデジタル表現の表現パラメータ空間との間のセマンティック・マッピング関数に基づき、ユーザの3Dグラフィ

10

20

30

40

50

ック表現を生成してもよい。VR / ARモジュール448は、表情に基づく、例えば、ソーシャルネットワーキングサービス、ゲーム、オンラインショッピング、ビデオ通話、及びヒューマン・マシン・インターフェースなどの種々のサービスを実施するソフトウェアモジュールの一部であってもよく、又はこれらと連携して動作してもよい。

【0064】

表情検出モジュール410及びアプリケーションモジュール440がソフトウェアモジュールとして実現されるものとして図4に示されているが、これらのモジュールは、集積回路(IC)構成要素として実現されてもよい。

表情検出プロセス

10

【0065】

図6は、一実施形態に係る、ユーザのデジタル表現における表情を使用するプロセス全体を示すフローチャートである。まず、ユーザがHMD102を装着した後、キャリブレーションが実施される(606)。一実施形態において、オンラインキャリブレーションプロセスを使用して、HMD102のユーザのための個人化追跡モデルを構築する。キャリブレーション中、2Dカメラ104及び/又は深度カメラ105が複数の深度画像及び2Dカラー画像又は赤外線画像を撮影している間の所定時間(例えば、数秒間)、ユーザは無表情の顔ポーズを保つ。

【0066】

表情検出モジュール410は、キャリブレーションプロセスの一部として、これらの画像を受信し、3D体積測定モデル作成プロセスを適用することにより、関連付けられた顔色情報を備えた、顔の下半分についての平滑化3D体積測定顔メッシュを作成する。平滑化3D体積測定顔メッシュを作成するプロセスは、当分野において周知である(例えば、Richard A. Newcombeらによる「Kinect Fusion: Real-time Dense Surface Mapping and Tracking」Mixed and augmented reality (ISMAR)、2011年第10回IEEE国際シンポジウム、2011年を参照のこと。その内容全体を参照としてここに援用する)。表情検出モジュール410はまた、目領域画像と顔下部画像とに2Dランドマーク検出を実施することにより、目、目のライン、眉のライン、唇のライン、鼻のライン、及び顔のシルエット(例えば、顎先及び頬のライン)の中心及び周囲を
30
探し出す。表情検出モジュール410は、複数の撮影画像に亘って2Dランドマークを平均化することにより、2Dランドマーク検出においてノイズとなるアーティファクトを低減する。FEパラメータ生成器422は、3D体積測定顔メッシュと2D画像における2D顔ランドマーク位置とを使用して、(i)テンプレート無表情モデルの剛性ポーズを推定した後、(ii)無表情の線形主成分分析(PCA)モデルを歪ませて、体積測定メッシュと2Dランドマークとをフィットさせることにより、個人化無表情モデルを構築する。

20

30

【0067】

具体的には、FEパラメータ生成器422は、個人化無表情モデルMの線形PCAモーフィングバージョンを利用し、以下の式を使用して、ワールド座標における顔メッシュWを表す。
40

【0068】

【数1】

$$W(w, R, t) = RM(w) + t \quad \dots \text{(式2)}$$

【0069】

式中、wはモーフィングモデルに対する線形重みづけベクトルを表し、Rは回転行列であり、tは変換ベクトルである。FEパラメータ生成器422は、以下のエネルギー項を
50

50

最小化することにより、反復的に w 及び (R, t) を求める。

【0070】

【数2】

$$\min_{w, R, t} \alpha C_{pl} + \beta C_m + \gamma(C_r + C_l) \quad \dots \text{(式3)}$$

【0071】

式中、 α 、 β 、 γ は、フィッティング項についての重みづけを表す。 C_{pl} は、式(4)に規定される通り、体積測定メッシュ V と顔メッシュ W との間の点 - 面誤差を最小化するためのフィッティング項である。 C_m は、式(5)に規定される通り、口、鼻、及びシルエットの2D顔特徴ランドマークと顔メッシュ W において対応する頂点との間の点 - 点誤差を最小化するフィッティング項である。 C_r は、式(6)に規定の通り、右目領域の2D顔特徴ランドマークと顔メッシュ W において対応する頂点との間の点 - 点誤差を最小化するフィッティング項である。 C_l は、式(7)に規定される通り、左目領域の2D顔特徴ランドマークと顔メッシュ W において対応する頂点との間の点 - 点誤差を最小化するフィッティング項である。 C_{pl} は、以下の通り、規定される。

【0072】

【数3】

$$C_{pl} = \sum_i [n_i \cdot (v_i - \bar{v}_i)]^2 \quad \dots \text{(式4)} \quad 20$$

【0073】

式中、 v_i は顔メッシュ W の i 番目の頂点であり、 \bar{v}_i は、体積測定メッシュ V 上の v_i の最も近い点であり、 n_i は、体積測定メッシュ V 上の v_i における面法線である。 C_m は、以下の通り、規定される。

【0074】

【数4】

$$C_m = \sum_j \|\pi_m(v_j) - u_j\|_2^2 \quad \dots \text{(式5)} \quad 30$$

【0075】

式中、 u_j は、追跡された2D顔特徴の位置であり、 $\pi_m(v_j)$ は、ユーザの口、鼻、及びシルエットの周辺のカメラ空間への対応メッシュ頂点 v_j の投影である。 C_r は、以下の通り、規定される。

【0076】

【数5】

$$C_r = \sum_j \|\pi_r(v_j) - u_j\|_2^2 \quad \dots \text{(式6)} \quad 40$$

【0077】

式中、 u_j は、追跡された2D顔特徴の位置であり、 $\pi_r(v_j)$ は、対応するメッシュ頂点 v_j の右目領域のカメラ空間への投影である。 C_l は、以下の通り、規定される。

【0078】

【数 6】

$$C_l = \sum_j \|\pi_l(v_j) - u_j\|_2^2 \quad \dots \quad (\text{式 7})$$

【0079】

式中、 u_j は、追跡された 2D 顔特徴の位置であり、 $\pi_l(v_j)$ は、対応するメッシュ頂点 v_j の左目領域のカメラ空間への投影である。

【0080】

個人化無表情メッシュが構築された後、当分野で周知の通り、テンプレートフェイスの表現ブレンドシェイプからの変形を、変形転写を用いて転写することにより、個人化表情モデル（ブレンドシェイプモデル）が得られる。変形転写を用いて表現ブレンドシェイプからの変形を転写する一例としての方法については、例えば、Robert W. Sumner らによる「Deformation transfer for triangle meshes」ACM Transactions on Graphics (TOG) 23.3 (2004 年) 399~405 頁に記載されている。或いは、顔のジオメトリの広がり、同一性、及び表情をマルチランクデータテンソルに符号化する双線形顔モデルを適用することにより、個人化表情モデルを得ることができる。双線形顔モデルを適用して個人化表情モデルを構築する一例としての方法は、例えば、Chen Cao らによる「Displaced dynamic expression regression for real-time facial tracking and animation」ACM Transactions on Graphics (TOG) 33.4 (2014 年) に記載されている。この内容全体を参照としてここに援用する。

【0081】

右目及び左目両方にひとつのカメラだけを使用すれば、 C_r 及び C_l は、1つの式に組み合わされる。

【0082】

キャリブレーションを実施した後、図 7 を参照して以下に詳細に説明する通り、ユーザの顔の特徴の 2D 画像及び深度画像を追跡及び処理することにより、ユーザの表情を検出する (610)。

【0083】

その後、ユーザのグラフィック表現に組み込むために、検出された表情をユーザのデジタル表現に適用する (616)。生成されたグラフィック表現は、演算装置 108 又はネットワーク（例えば、インターネット）を通じて演算装置 108 と通信する遠隔演算装置により、仮想現実又は拡張現実に表示されてもよい。

【0084】

図 7 は、一実施形態に係る、表情検出プロセスを示すフローチャートである。まず、図 4 を参照して以上に詳細に説明した通り、目領域に関連付けられたランドマーク位置 422 を 2D 画像から判定する (710)。図 4 を参照して以上に詳細に説明した通り、IR 画像又は RGB 画像及び / 又は 3D カメラの深度画像を処理することにより、ユーザの顔の下部特徴に関連付けられたランドマーク位置を生成する (720)。

【0085】

ランドマーク位置（及び任意で 3D 深度マップデータ）を使用することにより、ユーザの顔全体に対する FE パラメータ 424 を生成する (730)。一実施形態において、FE パラメータ生成器 422 は、ランドマーク位置 415 に基づき、顎の開放、笑み、及び息を吹く様子等の表現を示すように、FE パラメータ 424 の一部としてブレンドシェイプパラメータを生成する一方で、ランドマーク位置 419 に基づき、目の開閉及び眉の上下を示すように、FE パラメータ 424 の一部としてブレンドシェイプパラメータを生成する。

【0086】

10

20

30

40

50

FEパラメータ424を演算するために、追跡されたランドマーク位置415が入力制約として組み合わせられ、この入力制約に基づき、FE表現パラメータにフィッティングが実施される。フィッティングオペレーションは、2つの部分からなってもよい。すなわち、(i)剛性安定化と、(ii)表現パラメータ追跡とである。最適化オペレーションは、剛性ポーズ値とパラメータ値との双方が収束するまで、剛性安定化と表現パラメータ追跡の間で選択的に実施されてもよい。

【0087】

剛性安定化については、顔の剛性ポーズをカメラに対して動かすことができる。ユーザが表情を作るとき、ひよこの筋肉がヘッドセットを前方且つ上方に押し上げ、カメラに対する相対的な顔の剛性ポーズを経時的に変化させる。ポーズがロックされたとき、剛性的な動きにより、表現パラメータ追跡にアーティファクトを生じるため、無関係な剛性的動きの因子により、不正確なパラメータ値が得られることがある。さらに、ユーザが素早く頭部を動かすとき、ヘッドセットが顔にしっかり装着されていたとしても、顔に対して滑り落ちてしまうことがある。このような状況により、頭部ポーズが固定されているという前提が無効になり、表現追跡にアーティファクトを生じる。ヘッドセットに対する頭部の位置のずれを調整するために、剛性安定化が実施され、ヘッドセット上に剛性固定されたカメラに対する頭部の相対的ポーズを演算する。

10

【0088】

一実施形態において、頭部の初期剛性ポーズを判定するために、キャリブレーション段階において剛性反復最近接点(ICP)アルゴリズムが使用される。しかしながら、追跡モードへの切り替え後、初期剛性ポーズは、ヘッドセットに対する頭部の相対的な動きを調整するように限定的範囲での摂動を許容されたアンカーとして使用される。剛性ICPはまた、特に、ユーザがHMDを外し、それを再び装着した後に、HMDからの頭部ポーズのオフセットを考慮して頭部の初期剛性ポーズを判定するために、追跡モードの開始時にいくつかの画像フレームに対して実施されてもよい。その後、剛性ICPを再び実施することにより、剛性ポーズが再初期化される。初期剛性ポーズが判定された後、追跡されたランドマーク位置と入力された深度マップとを入力制約として使用しつつ、回転のヨー、ロール、ピッチと変換x、y、zの値が初期剛性ポーズの所与の限度を超えて外れることがないように、制約を追加して剛性ICPが実施されてもよい。

20

【0089】

FEパラメータ424を得るために、ランドマーク位置415及び419(及び3Dカメラが使用される場合には深度マップ)に基づき、個人化追跡モデルにフィッティングが実施される。キャリブレーションプロセスのように、撮影カメラは、ヘッドセットに剛性的に固定されると想定され、それらの相対的ポーズ(すなわち、回転及び変換)におけるパラメータが既知であると想定される。FEパラメータ生成器422は、ランドマーク位置415及び419(及び3Dカメラが使用される場合には深度マップ)に基づき、FE表現パラメータを取得するために、フィッティングオペレーションを実施してもよい。

30

【0090】

個人化線形モデルは、個人化無表情モデルMから導き出された一組の表情形状(例えば、笑顔と顎の開放)である。一実施形態において、FEパラメータ生成器422は、フィッティング最適化を実施するためのワールド座標における式(8)に示される通り、個人化線形表現モデル(すなわち、ブレンドシェイプモデル)Bを利用して顔メッシュWを表す。

40

【0091】

【数7】

$$W(e) = RB(e) + t \quad \dots \text{(式8)}$$

【0092】

式中、eはブレンドシェイプモデルのための線形重みづけベクトルであり、Rは回転行

50

列であり、 t は剛性安定化ステップから演算された変換ベクトルである。FEパラメータ生成器422における追跡プロセスでは、以下のエネルギー項を最小化することにより、最適な e を反復的にみつける。

【0093】

【数8】

$$\min_e \alpha C_{pl}^* + \beta C_m^* + \gamma (C_r^* + C_l^*) \quad \dots \quad (\text{式9})$$

【0094】

式中、 α 、 β 、 γ はフィッティング項についての重みづけを表し、 $C_{p_l}^*$ は、式(10)で規定される通り、深度マップと顔メッシュ W との間の点-面誤差を最小化するフィッティング項である。 C_m^* は、式(11)で規定される通り、口、鼻、シルエットの2D顔特徴ランドマークと顔のメッシュ W の対応頂点との間の点-点誤差を最小化するフィッティング項である。 C_r^* は、式(12)で規定される通り、右目領域の2D顔特徴ランドマークと顔メッシュ W の対応頂点との間の点-点誤差を最小化するフィッティング項である。 C_l^* は、式(13)で規定される通り、左目領域の2D顔特徴ランドマークと顔メッシュ W の対応頂点との間の点-点誤差を最小化するフィッティング項である。 $C_{p_l}^*$ は、以下の通り、規定される。

【0095】

【数9】

$$C_{pl}^* = \sum_i [n_i \cdot (v_i - p_i)]^2 \quad \dots \quad (\text{式10})$$

【0096】

式中、 v_i は顔メッシュ W の i 番目の頂点であり、 p_i は v_i と同一のカメラ空間座標である深度マップ上の点であり、 n_i は p_i における面法線である。 C_m^* は、以下の通り、規定される。

【0097】

【数10】

$$C_m^* = \sum_j \|\pi_m(v_j) - u_j\|_2^2 \quad \dots \quad (\text{式11})$$

【0098】

式中、 u_j は追跡された2D顔特徴の位置であり、 $\pi_m(v_j)$ は対応メッシュ頂点 v_j の口カメラ空間への投影である。 C_r^* は、以下の通り、規定される。

【0099】

【数11】

$$C_r^* = \sum_j \|\pi_r(v_j) - u_j\|_2^2 \quad \dots \quad (\text{式12})$$

【0100】

式中、 u_j は追跡された2D顔特徴の位置であり、 $\pi_r(v_j)$ は対応メッシュ頂点 v_j の右目領域のカメラ空間への投影である。 C_l^* は、以下の通り、規定される。

【0101】

10

20

30

40

【数 1 2】

$$C_l^* = \sum_j \|\pi_l(v_j) - u_j\|_2^2 \quad \dots \text{(式 1 3)}$$

【 0 1 0 2】

式中、 u_j は追跡された 2D 顔特徴の位置であり、 $\pi_l(v_j)$ は対応メッシュ頂点 v_j の左目領域のカメラ空間への投影である。右目及び左目の双方に対して 1 つのみのカメラが使用される場合、 C_r 及び C_l は、1 つの式に組み合わせられる。

【 0 1 0 3】

一実施形態において、FE パラメータ生成器 4 2 2 は、検出されたユーザの表情を総合的に示す FE パラメータを追跡プロセスの結果として生成しながら、式 (8) 中、 e で表されるブレンドシェイプウェイト値を出力する。

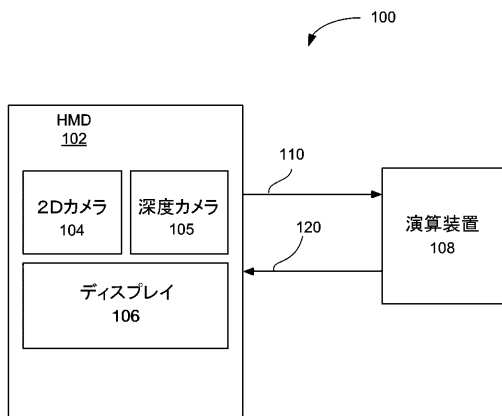
【 0 1 0 4】

1 つ以上の実施形態において、図 7 のステップは、リアルタイムで実施され、カメラから受信した画像 4 0 2 及び 4 0 4 の各セットを処理してもよい。さらに、図 7 に示されるステップ及びステップのシーケンスは、単なる例示である。例えば、ランドマーク位置を判定するステップ 7 1 0 と、3D 深度マップデータを判定するステップ 7 2 0 とは、逆の順序で実施することもでき、また並列に実施することもできる。

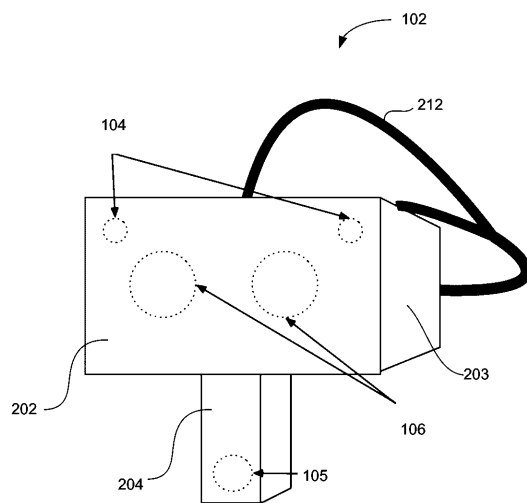
【 0 1 0 5】

本明細書中、本発明の特定の実施形態及び適用について図示及び説明したが、本発明は、本明細書に開示の精密な構成及び構成要素に限定されるものでなく、本発明の方法及び装置の配置、オペレーション、及び詳細において、添付のクレームによって規定される本発明の主旨及び範囲から逸脱することなく、種々の修正、変更、及び変化が加えられてもよいことが理解されなければならない。

【 図 1】



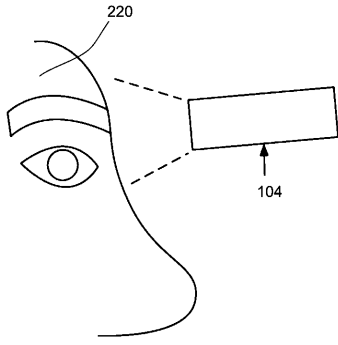
【 図 2 A】



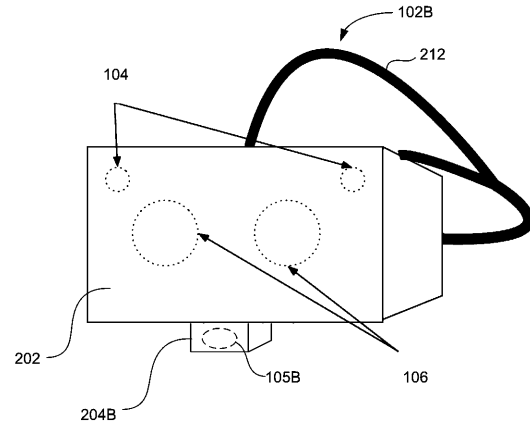
10

20

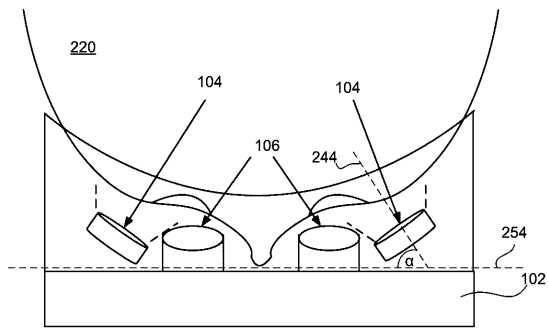
【 図 2 B 】



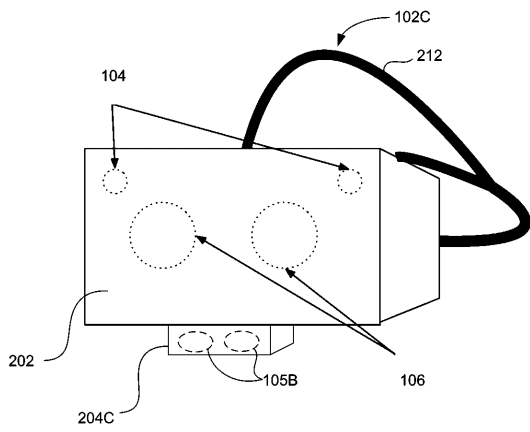
【 図 2 D 】



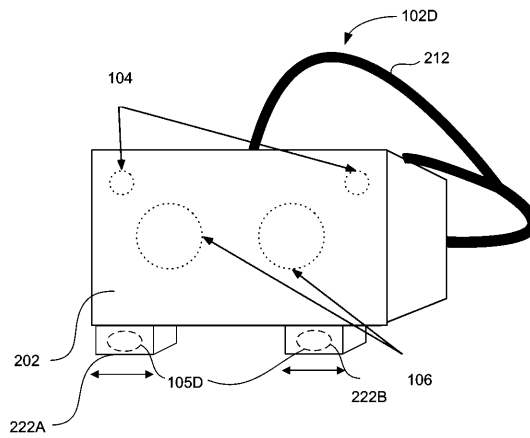
【 図 2 C 】



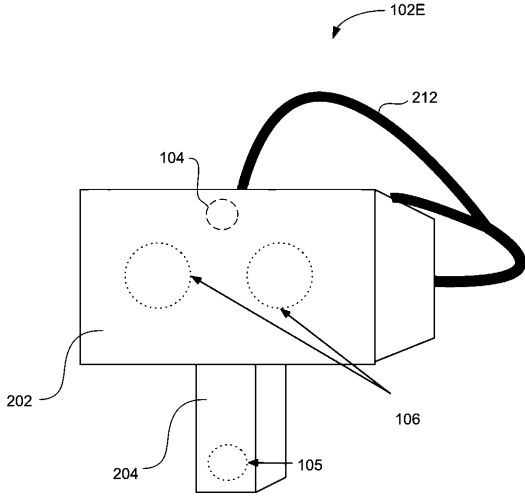
【 図 2 E 】



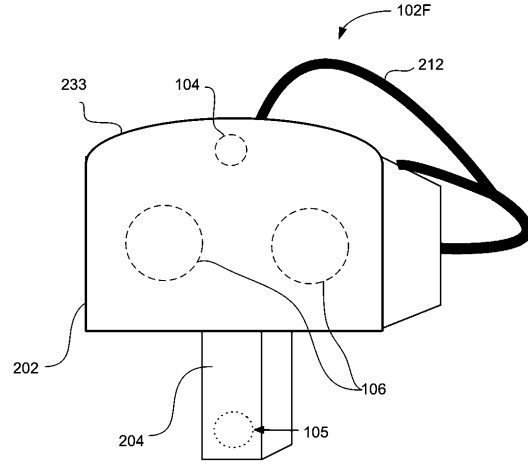
【 図 2 F 】



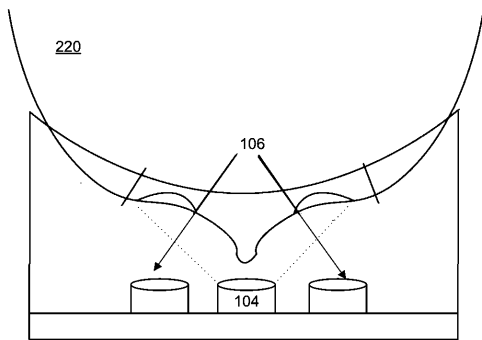
【 図 2 G 】



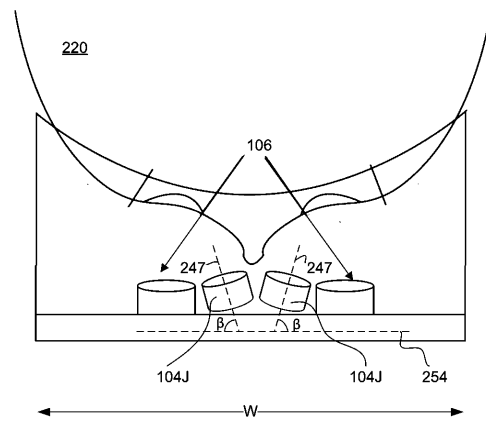
【 図 2 H 】



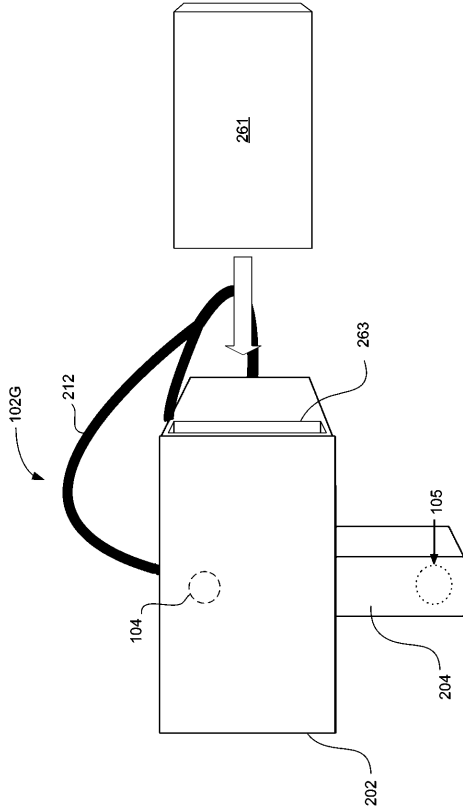
【 図 2 I 】



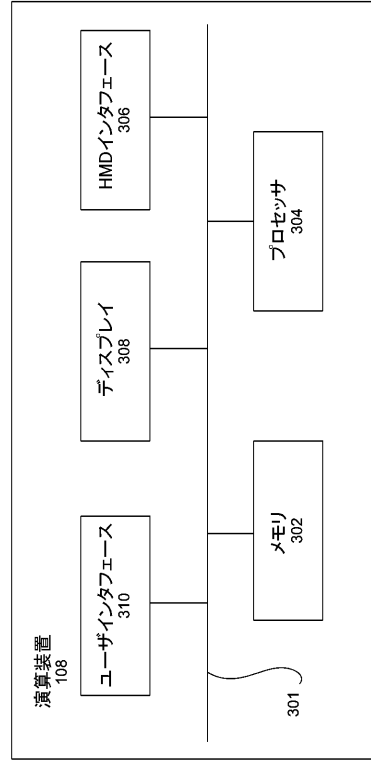
【 図 2 J 】



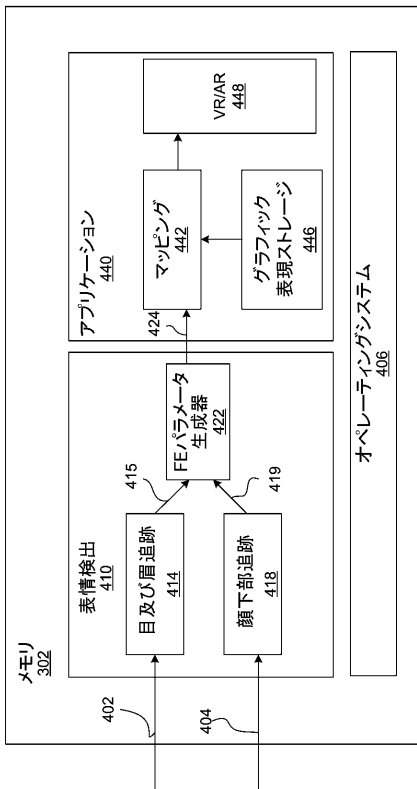
【 図 2 K 】



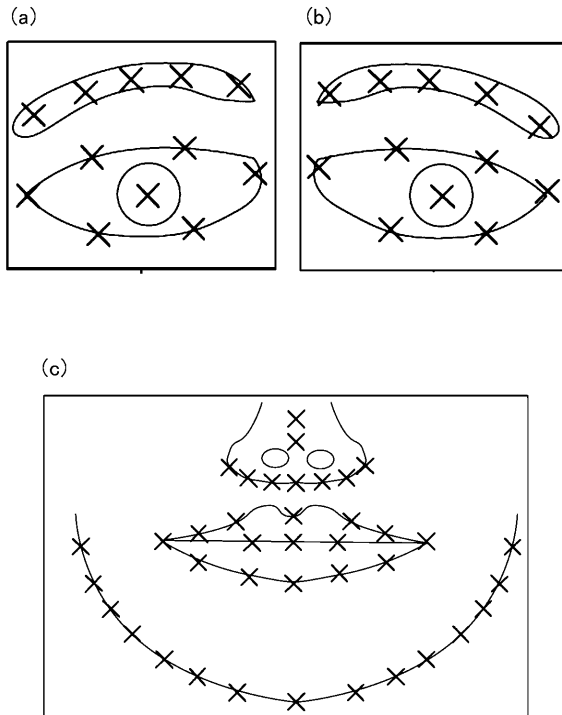
【 図 3 】



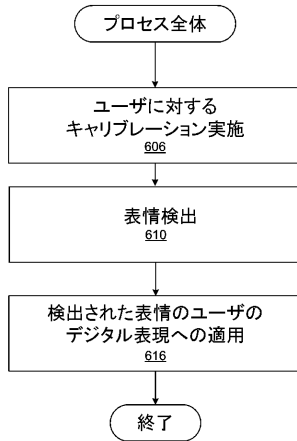
【 図 4 】



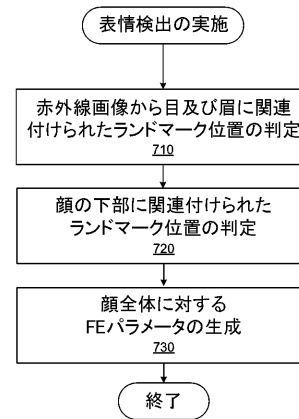
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



【 手続補正書 】

【 提出日 】平成30年4月26日(2018.4.26)

【 手続補正 1 】

【 補正対象書類名 】特許請求の範囲

【 補正対象項目名 】全文

【 補正方法 】変更

【 補正の内容 】

【 特許請求の範囲 】

【 請求項 1 】

表情検出方法であって、

ヘッドマウントディスプレイの主要本体上の第1画像撮影装置により、ユーザの目領域を含む前記ユーザの顔の上部の第1画像を撮影することと、

前記ヘッドマウントディスプレイの前記主要本体から前記ユーザの顔の下部に向かって下方に伸びる伸張部材上の第2画像撮影装置により、前記ユーザの顔の前記下部を含む前記ユーザの第2画像を撮影することと、

前記第1画像及び前記第2画像を処理することにより、前記ユーザの表情を表す表情パラメータを抽出することと、を備える方法。

【 請求項 2 】

前記第1画像撮影装置は、一对の赤外線カメラを備え、前記第2画像撮影装置は、深度カメラ、カラーカメラ、赤外線カメラ、又は2つの立体カメラ、のうちの1つを備える請求項1に記載の方法。

【 請求項 3 】

前記第1画像及び前記第2画像を処理することは、

前記第1画像から、前記ユーザの目及び前記ユーザの眉に関連付けられたランドマーク位置を検出することと、

前記第 2 画像から、前記ユーザの顔の下部に関連付けられたランドマーク位置を検出することと、を備える請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記抽出された表情パラメータを前記ユーザのデジタル表現に適用することにより、前記ユーザのグラフィック表現を生成することをさらに備える請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記ユーザの無表情を表すキャリブレーション画像を撮影および処理することにより、キャリブレーションを実施することをさらに備える請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記キャリブレーションを実施することは、

前記キャリブレーション画像に基づき、個人化無表情メッシュを生成することと、

変形転写技術を前記個人化無表情メッシュに適用することにより、個人化追跡モデルを構築することと、を備え、

前記第 1 画像及び前記第 2 画像の前記処理は、前記個人化追跡モデルに基づき、少なくとも 1 つのプレントシェイプモデルを前記第 1 画像及び前記第 2 画像におけるランドマーク位置にフィッティングすることにより、前記表情パラメータを得ることを備える請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記第 1 画像及び前記第 2 画像の前記処理は、リアルタイムで実施される請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

ヘッドマウントディスプレイであって、

目領域を含むユーザの顔の上部を撮影するように構成された第 1 撮影装置と、

前記第 1 撮影装置の下方位置に設けられ、前記ユーザの顔の下部を撮影するように構成された第 2 撮影装置と、

前記ユーザに画像を表示するように構成された表示装置と、

前記第 1 撮影装置、前記第 2 撮影装置、及び前記表示装置を搭載するように構成された本体と、

前記本体から前記ユーザの顔の前記下部に向かって伸び、前記第 2 撮影装置が搭載された伸張部材と、

を備えるヘッドマウントディスプレイユニット。

【請求項 9】

前記第 1 画像撮影装置は、一对の赤外線カメラを備え、前記第 2 画像撮影装置は、深度カメラ、カラーカメラ、赤外線カメラ、又は 2 つの立体カメラのうちの 1 つを備える請求項 8 に記載のヘッドマウントディスプレイユニット。

【請求項 10】

前記第 2 撮影装置が搭載され、前記本体の下方に位置し、摺動可能なマウントをさらに備える請求項 8 に記載のヘッドマウントディスプレイユニット。

【請求項 11】

前記表示装置は、第 1 ディスプレイ及び第 2 ディスプレイを備え、前記第 1 ディスプレイは、左側画像を前記ユーザの左目の方に左目に表示するように構成され、前記第 2 ディスプレイは、右側画像を前記ユーザの右目の方に表示するように構成される請求項 8 に記載のヘッドマウントディスプレイユニット。

【請求項 12】

前記第 1 撮影装置は、一对のカメラを備え、前記カメラは各々、前記本体の両側に設置される請求項 8 に記載のヘッドマウントディスプレイユニット。

【請求項 13】

前記第 1 撮影装置は、前記本体の中間に設置されたカメラを備える請求項 8 に記載のヘッドマウントディスプレイユニット。

【請求項 14】

前記第 2 撮影装置は、前記本体に直接搭載される請求項 8 に記載のヘッドマウントディスプレイユニット。

【請求項 15】

前記本体は、前記目領域を包含する膨らんだ上部を有する請求項 8 に記載のヘッドマウントディスプレイユニット。

【請求項 16】

前記表示装置は、一对の別個の表示部を備え、前記第 1 撮影装置は、前記一对の表示部の間に 2 つのカメラを備える請求項 8 に記載のヘッドマウントディスプレイユニット。

【請求項 17】

仮想現実又は拡張現実システムであって、

目領域を含むユーザの顔の上部の第 1 画像を撮影するように構成された第 1 撮影装置と、

前記第 1 撮影装置の下方位置に設けられ、前記ユーザの顔の下部の第 2 画像を撮影するように構成された第 2 撮影装置と、

画像を前記ユーザに表示するように構成された表示装置と、

前記第 1 撮影装置、前記第 2 撮影装置、及び前記表示装置を搭載するように構成された本体と、

前記本体から前記ユーザの顔の前記下部に向かって伸び、前記第 2 撮影装置が搭載された伸張部材と、

を備えるヘッドマウントディスプレイユニットと、

前記ヘッドマウントディスプレイユニットに通信可能に連結される演算装置と、
を備え、

前記演算装置は、

前記ヘッドマウントディスプレイユニットから前記第 1 画像及び前記第 2 画像を受信し、前記第 1 画像及び前記第 2 画像を処理することにより、前記ユーザの表情を表す表情パラメータを抽出するように構成される仮想現実又は拡張現実システム。

【請求項 18】

前記演算装置は、

前記第 1 画像から、前記ユーザの目及び前記ユーザの眉に関連付けられたランドマーク位置を検出し、

前記第 2 画像から、前記ユーザの顔の前記下部に関連付けられたランドマーク位置を検出するように構成される請求項 17 に記載の仮想現実又は拡張現実システム。

【請求項 19】

前記演算装置は、さらに、剛性安定化に基づき個人化無表情メッシュを生成し、前記個人化無表情メッシュに変形写技術を適用することで個人化追跡モデルを構築することにより、キャリブレーションを実施するように構成され、

前記演算装置は、さらに、前記個人化追跡モデルに基づき、前記第 1 画像及び前記第 2 画像内のランドマーク位置に少なくともブレンドシェイプモデルをフィッティングすることにより、前記第 1 画像及び前記第 2 画像を処理して、前記表情パラメータを得るように構成される請求項 17 に記載の仮想現実又は拡張現実システム。

【請求項 20】

前記第 1 画像及び前記第 2 画像の処理では、剛性安定化を実行し、前記第 1 画像撮影装置及び前記第 2 画像撮影装置に対する前記ユーザの顔の相対的ポーズを決定する請求項 1 に記載の方法。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0056

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0056】

オペレーティングシステム 406 は、演算装置 108 において利用可能なリソースの管理を担うソフトウェアモジュールである。利用可能なオペレーティングシステムには、例えば、IOS、WINDOWS (登録商標)、LINUX、ANDROID (登録商標)、及び MAC OS が含まれてもよい。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0087

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0087】

剛性安定化については、顔の剛性ポーズをカメラに対して動かすことができる。ユーザが表情を作るとき、頬の筋肉がヘッドセットを前方且つ上方に押し上げ、カメラに対する相対的な顔の剛性ポーズを経時的に変化させる。ポーズがロックされたとき、剛性的な動きにより、表現パラメータ追跡にアーティファクトを生じるため、無関係な剛性的動きの因子により、不正確なパラメータ値が得られることがある。さらに、ユーザが素早く頭部を動かすとき、ヘッドセットが顔にしっかり装着されていたとしても、顔に対して滑り落ちてしまうことがある。このような状況により、頭部ポーズが固定されているという前提が無効になり、表現追跡にアーティファクトを生じる。ヘッドセットに対する頭部の位置のずれを調整するために、剛性安定化が実施され、ヘッドセット上に剛性固定されたカメラに対する頭部の相対的ポーズを演算する。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2016/053821
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H04N 13/02(2006.01)i, G06T 7/00(2006.01)i, H04N 13/04(2006.01)i, H04N 5/225(2006.01)i		
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) H04N 13/02; G06T 7/40; A63B 69/00; G02C 13/00; G06K 9/00; G09G 5/00; H04N 7/14; G02C 7/02; A63F 13/00; G06T 7/00; H04N 13/04; H04N 5/225		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eCOMPASS(KIPO internal) & Keywords: facial expression, user, HMD, parameter, camera		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6313864 B1 (SEIICHIRO TABATA et al.) 06 November 2001 See column 5, line 45 - column 13, line 21, column 19, line 57 - column 21, line 27; claims 1-5; and figures 1-15.	8-17
Y		1-7, 18-20
Y	US 2015-0269424 A1 (FOTONATION LIMITED) 24 September 2015 See paragraphs [0066]-[0099]; claims 1-8; and figures 1-13.	1-7, 18-20
A	US 2015-0212343 A1 (BESPOKE, INC.) 30 July 2015 See paragraphs [0120]-[0131]; claims 29-46; and figures 1A-7.	1-20
A	JP 2011-036483 A (HIROSHIMA INDUSTRIAL PROMOTION ORGANIZATION) 24 February 2011 See paragraphs [0029]-[0092]; claims 1-6; and figures 1-10.	1-20
A	US 2012-0280893 A1 ((HOLAKOVSKY LASZLO) 08 November 2012 See paragraphs [0014]-[0018]; claims 10-18; and figures 1-4.	1-20
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 20 December 2016 (20.12.2016)		Date of mailing of the international search report 02 January 2017 (02.01.2017)
Name and mailing address of the ISA/KR International Application Division Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsu-ro, Seo-gu, Daejeon, 35208, Republic of Korea Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer AHN, Jeong Hwan Telephone No. +82-42-481-8633

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/US2016/053821

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6313864 B1	06/11/2001	JP 10-271470 A JP 3771989 B2	09/10/1998 10/05/2006
US 2015-0269424 A1	24/09/2015	US 2011-0007174 A1 US 2013-0300891 A1 US 8488023 B2	13/01/2011 14/11/2013 16/07/2013
US 2015-0212343 A1	30/07/2015	AU 2014-308590 A1 AU 2014-308590 B2 AU 2016-208357 A1 CA 2921938 A1 CN 105637512 A EP 3036701 A1 KR 10-2016-0070744 A US 2015-0055085 A1 US 2015-0055086 A1 US 2015-0154322 A1 US 2015-0154678 A1 US 2015-0154679 A1 US 2016-0062151 A1 US 2016-0062152 A1 US 9304332 B2 US 9470911 B2 WO 2015-027196 A1	03/03/2016 28/04/2016 11/08/2016 26/02/2015 01/06/2016 29/06/2016 20/06/2016 26/02/2015 26/02/2015 04/06/2015 04/06/2015 04/06/2015 03/03/2016 03/03/2016 05/04/2016 18/10/2016 26/02/2015
JP 2011-036483 A	24/02/2011	JP 5446572 B2	19/03/2014
US 2012-0280893 A1	08/11/2012	AU 2010-316814 A1 CN 102741727 A CN 102741727 B EP 2496986 A1 JP 2013-510491 A KR 10-2012-0092149 A WO 2011-055155 A1 WO 2011-055155 A4	21/06/2012 17/10/2012 03/02/2016 12/09/2012 21/03/2013 20/08/2012 12/05/2011 23/06/2011

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

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1. L i n u x

(72)発明者 チュ ジフン

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94010 バーリングゲーム 533 エアポート ブルバード #315 パイナリーヴィーアール, インコーポレイテッド内

(72)発明者 バク チュンウォン

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94010 バーリングゲーム 533 エアポート ブルバード #315 パイナリーヴィーアール, インコーポレイテッド内

Fターム(参考) 5B050 AA09 BA08 BA12 CA05 CA08 EA07 FA02

5L096 AA02 AA06 AA09 CA05 DA02 EA14 FA09 FA66 FA69 JA22