

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6840889号
(P6840889)

(45) 発行日 令和3年3月10日(2021.3.10)

(24) 登録日 令和3年2月19日(2021.2.19)

(51) Int.Cl.

F 1

G02C 13/00	(2006.01)	G02C	13/00	
G06F 30/10	(2020.01)	G06F	17/50	680F
G06F 30/12	(2020.01)	G06F	17/50	622Z
		G06F	17/50	624A
		G06F	17/50	604A

請求項の数 22 (全 33 頁)

(21) 出願番号 特願2020-500077 (P2020-500077)
 (86) (22) 出願日 平成30年7月3日 (2018.7.3)
 (65) 公表番号 特表2020-525858 (P2020-525858A)
 (43) 公表日 令和2年8月27日 (2020.8.27)
 (86) 國際出願番号 PCT/EP2018/067914
 (87) 國際公開番号 WO2019/007939
 (87) 國際公開日 平成31年1月10日 (2019.1.10)
 審査請求日 令和2年3月4日 (2020.3.4)
 (31) 優先権主張番号 17179990.1
 (32) 優先日 平成29年7月6日 (2017.7.6)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
歐州特許庁 (EP)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 504284168
 カール ツアイス アーゲー
 ドイツ連邦共和国 73447、オーバー
 コーヘン、カール ツアイス シュトラー
 セ 22
 (73) 特許権者 507062222
 カール ツアイス ヴィジョン インター
 ナショナル ゲーエムベーハー
 ドイツ国 73430 アーレン トゥル
 ンシュトラーセ 27
 (74) 代理人 100147485
 弁理士 杉村 憲司
 (74) 代理人 230118913
 弁護士 杉村 光嗣

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】眼鏡フレームの仮想適合化のための方法、装置及びコンピュータプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

人の頭の3Dモデル(122)上の第1の測定点であって一対の眼鏡のその後の適合化に使用され得るモデル上の測定点を定義する工程と、眼鏡フレームのモデル(120)を前記第1の測定点に基づき前記頭の前記3Dモデル(122)へ適合化する工程(128)とを含む一対の眼鏡の仮想適合化のためのコンピュータ実施方法において、

前記第1の測定点を定義する工程は、パラメトリック頭モデルを前記人の頭の前記3Dモデルへ適合化する工程(124)と、前記パラメトリック頭モデルを前記頭の前記3Dモデル(122)へ適合化する前記処理後に、前記パラメトリック頭モデル上に定義された第2の測定点の位置に基づき前記頭の前記3Dモデル(122)上に前記第1の測定点を設定する工程(125, 126)とを含むことを特徴とする、方法。

【請求項 2】

前記第2の測定点は前記パラメトリック頭モデルの標準頭上で定義されることを特徴とする請求項1に記載の方法において、前記第1の測定点を設定する工程は、前記標準頭上で定義された前記第2の特徴を前記適合化に従って前記適合化されたパラメトリック頭モデルへ転送する工程(125)を含む、方法。

【請求項 3】

前記第1の測定点を設定する工程は前記第1の測定点として前記転送された第2の測定点を使用する工程を含むことを特徴とする請求項2に記載の方法。

【請求項 4】

前記第1の測定点を設定する工程は前記転送された第2の測定点を前記頭の前記3Dモデル上へ投影する工程(126)を含むことを特徴とする請求項2に記載の方法。

【請求項5】

前記頭の前記3Dモデルの領域を識別する特徴を形成するために複数の第1の測定点を組み合わせること(127)により特徴付けられる請求項1乃至4のいずれか一項に記載の方法。

【請求項6】

前記組み合わせることは幾何学図形又は関数を前記複数の測定点へ適合化することを含むことを特徴とする請求項5に記載の方法。

【請求項7】

前記3Dモデルの前記領域は鼻翼、額の曲率、眉毛又は頬領域を含むことを特徴とする請求項5又は6に記載の方法。

10

【請求項8】

前記3Dモデルの少なくとも1つの別の測定点を前記第1の測定点に基づき計算することにより特徴付けられる請求項1乃至7のいずれか一項に記載の方法。

【請求項9】

前記眼鏡フレームの前記モデルはパラメトリックフレームモデルを含むことと、前記適合化する工程は前記パラメトリックフレームモデルの1つ又は複数のパラメータを前記第1の測定点に基づき判断する工程を含むことを特徴とする請求項1乃至8のいずれか一項に記載の方法。

20

【請求項10】

前記眼鏡フレームの前記モデルはパラメトリックフレームモデルを含むことと、前記適合化する工程は前記パラメトリックフレームモデルの1つ又は複数のパラメータを前記特徴に基づき判断する工程を含むことを特徴とする請求項5乃至7のいずれか一項に記載の方法。

【請求項11】

前記方法は前記パラメトリック頭モデル(121)上の前記第2の測定点を定義する工程(123)をさらに含むことを特徴とする請求項1乃至10のいずれか一項に記載の方法。

【請求項12】

30

プロセッサ(12)上で実行されると請求項1乃至11のいずれか一項に記載の方法を行うプログラムコードを含むコンピュータプログラム。

【請求項13】

コンピュータによりプログラムが実行されると前記コンピュータに請求項1乃至11のいずれか一項に記載の方法を行わせる指示を含むコンピュータプログラム。

【請求項14】

コンピュータによりプログラムが実行されると前記コンピュータに、人の頭の3Dモデル(122)上の第1の測定点であって一対の眼鏡のその後の適合化に使用され得るモデル上の測定点を定義する工程と、眼鏡フレームのモデル(120)を前記第1の測定点に基づき前記頭の前記3Dモデル(122)へ適合化する工程(128)とを行わせる指示を含むコンピュータプログラムにおいて、

40

前記第1の測定点を定義する工程は、パラメトリック頭モデルを前記人の頭の前記3Dモデルへ適合化する工程(124)と、前記パラメトリック頭モデルを前記頭の前記3Dモデル(122)へ適合化する前記処理後に、前記パラメトリック頭モデル上に定義された第2の測定点の位置に基づき前記頭の前記3Dモデル(122)上に前記第1の測定点を設定する工程(125, 126)とを含むことを特徴とする、コンピュータプログラム。

【請求項15】

コンピュータにより実行されると前記コンピュータに請求項1乃至11のいずれか一項に記載の方法を行わせる指示を含むコンピュータ可読記憶媒体。

50

【請求項 16】

コンピュータによりプログラムが実行されると前記コンピュータに、人の頭の3Dモデル(122)上の第1の測定点であって一対の眼鏡のその後の適合化に使用され得るモデル上の測定点を定義する工程と、眼鏡フレームのモデル(120)を前記第1の測定点に基づき前記頭の前記3Dモデル(122)へ適合化する工程(128)とを行わせる指示を含むコンピュータ可読記憶媒体において、

前記第1の測定点を定義する工程は、パラメトリック頭モデルを前記人の頭の前記3Dモデルへ適合化する工程(124)と、前記パラメトリック頭モデルを前記頭の前記3Dモデル(122)へ適合化する前記処理後に、前記パラメトリック頭モデル上に定義された第2の測定点の位置に基づき前記頭の前記3Dモデル(122)上に前記第1の測定点を設定する工程(125, 126)とを含むことを特徴とする、コンピュータ可読記憶媒体。10

【請求項 17】

請求項12乃至14のいずれか一項に記載のコンピュータプログラムが格納されるコンピュータ可読データ媒体。

【請求項 18】

請求項12乃至14のいずれか一項に記載のコンピュータプログラムが格納されるメモリ(13)と前記コンピュータプログラムを実行するためのプロセッサ(12)とを含む装置(10)。

【請求項 19】

請求項1乃至11のいずれか一項に記載の方法を行う手段を含むデータ処理のための装置。20

【請求項 20】

人の頭の3Dモデル(122)上の第1の測定点であって一対の眼鏡のその後の適合化に使用され得るモデル上の測定点を定義する手段と、眼鏡フレームのモデル(120)を前記第1の測定点に基づき前記頭の前記3Dモデル(122)へ適合化する手段(128)とを含むデータ処理のための装置において、

前記第1の測定点を定義する手段は、パラメトリック頭モデルを前記人の頭の前記3Dモデルへ適合化する手段(124)と、前記パラメトリック頭モデルを前記頭の前記3Dモデル(122)へ適合化する前記処理後に、前記パラメトリック頭モデル上に定義された第2の測定点の位置に基づき前記頭の前記3Dモデル(122)上に前記第1の測定点を設定する手段(125, 126)とを含むことを特徴とする、装置。30

【請求項 21】

請求項1乃至11のいずれか一項に記載の方法を行うように構成されたプロセッサを含むデータ処理のための装置。

【請求項 22】

請求項1乃至11のいずれか一項に記載の方法を行う工程と眼鏡フレームの前記適合化されたモデルに基づき前記眼鏡フレームを製造する工程とを含む眼鏡フレームを製造する方法。40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は眼鏡フレームの仮想適合化のための方法、装置及びコンピュータプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

ここで、DIN ESO 77998:2006-01及びDIN ESO 8624:2015-12に準じて、眼鏡フレームは、これにより眼鏡レンズが頭上に装着され得

るフレーム又はホルダーを意味するように理解されるべきである。特に、本明細書で使用される用語はまた、リム無し眼鏡フレームを含む。口語的には、眼鏡フレームはフレームとも呼ばれる。本出願の範囲内で、眼鏡フレームの仮想装着は、通常はディスプレイ（例えばコンピュータモニタ）上での眼鏡フレームの人の頭への適合化のグラフィック表現に関連するコンピュータデバイス上で眼鏡フレームのモデルを頭のモデルへ適合化することを表す。

【0003】

頭上の眼鏡フレームの仮想装着は例えば米国特許出願公開第2003/0123026 A1号明細書又は米国特許出願公開第2002/015530 A1号明細書から知られている。これらの文献では、眼鏡フレームの仮想装着は主に、ユーザの頭が眼鏡フレームと共に表示されるグラフィック表現のおかげでユーザが様々な眼鏡フレームの中から選ぶのを支援する役目を果たす。

10

【0004】

米国特許第9,286,715 B2号明細書もまた一対の眼鏡の仮想試装着のための方法を開示する。ここでは、複数の点が眼鏡フレーム上と頭上との両方で定義される。眼鏡フレームは、眼鏡フレーム上で選択された点が頭上で選択された点と対応付けられるおかげで頭上に配置される。位置は選択される点を変更することにより変更される。これは、視覚印象を得る目的のための仮想試装着を提供する米国特許第9,286,715 B2号明細書の目的に十分な精度での位置決めを容易にする。同様に、米国特許出願公開第2005/162419 A号明細書は特徴点の助けを借りた眼鏡フレームの仮想装着について説明する。この文献では、フレームは、当初スケーリングされ、次に様々な方向に配置される。最後に、眼鏡フレームの耳当てが2つの空間軸を中心として回転される。

20

【0005】

Volumentalは、2017年3月5日時点で「Vacker」ソフトウェアのデモ映像を <https://www.volumental.com/face-scanning/> において利用可能にしており、ここでは、装着された一対の眼鏡を有する頭が提示され、一対の眼鏡のパラメータがスライダ（例えば鼻梁上の一対の眼鏡の台座）により修正可能である又はそうでなければそり角などの他のパラメータが修正可能である。眼鏡フレームの色又は眼鏡フレームの蝶番の色もまた選択され得る。次に、選択されたパラメータが出力される。この映像では、眼鏡フレームのパラメトリックモデルの様々なパラメータも適応化される。

30

【0006】

一対の眼鏡を仮想的に適合化するための別のシステムが米国特許出願公開第2015/0055085 A1号明細書から知られている。ここでは、一対の眼鏡が、適応化される人の頭上の眼鏡のサイズ及び適合化のおかげで自動的に適合化される。さらに、眼鏡の形式、スタイル及び色が選択され得る。

【0007】

一対の適合化された眼鏡（すなわち人の頭へ自動的に適合化された一対の眼鏡）を構築する方法及び装置は独国特許出願公開第102016824 A1号明細書から知られている。この方法では、頭画像データが2又は3次元で記録され、一対の見本眼鏡が選択され、この一対の見本眼鏡は一対の見本眼鏡の構築パラメータに基づき表される。構築パラメータは頭画像データに基づき判断される。

40

【0008】

米国特許出願公開第2015/0277155 A1号明細書は眼鏡フレームのフレームの個人化を開示し、この範囲内では、距離が人の顔上で測定され、眼鏡フレームはこの測定された距離に基づく3D印刷により生成される。

【0009】

米国特許出願公開第2013/0088490 A1号明細書は、眼鏡フレームを適合化する反復方法を開示する。ここでは、眼鏡フレームはいくつかの小さな段階を経て置かれ、適合化は衝突検出に基づき実施される。衝突検出では、眼鏡フレームが人の頭と重なる

50

かどうかに関してのチェックが行われる。

【0010】

米国特許第8733936B1号明細書は一対の眼鏡を人の頭の画像記録の助けを借りて人の頭へ適合化するための方法及びシステムを開示する。

【0011】

国際公開第2014/037915A1号パンフレットは同様に、一対の眼鏡を人の頭へ適合化するための方法及びシステムを開示し、ここでは、一対の眼鏡が適合化されるよう意図された人の顔の画像内に特性点が識別される。

【0012】

例えばオペレータによりシステムへ入力される解剖学的データ入力に基づき人の頭へ適合化される一対の眼鏡を適合化する別の方法及びシステムは米国特許第9703123B2号明細書又は米国特許出願公開第2016/062152A1号明細書から知られている。

【0013】

米国特許出願公開第2015/0293382A1号明細書は装着された例示的フレームを有する人を記録することによる一対の眼鏡の仮想試装着のためのパラメータの判断を開示する。この例示的フレームにより判断されるパラメータは仮想フレームの仮想試装着に応じて修正される。人は記録中に眼鏡フレームを既に装着しているので、眼鏡フレームの無い頭のいかなる3次元モデルもこの場合使用されない。

【0014】

記事“Virtual Try-On of Eyeglasses using 3D-Model of the Head”, Institute for Infocomm Research, December 2011, DOI: 10.1145/2087756.2087838において、Niswar、Kahn及びFarbizzは一対の眼鏡を仮想的に試装着する方法について説明している。これは4つの基準点（2点は耳上に存在し、2点は鼻上に存在する）に基づく。ここでは、頭の3Dモデルが、2～3個の特徴点に基づき頭の汎用モデルを変形することにより適応化される。

【0015】

米国特許出願公開第2016/0327811A1号明細書はフレームの仮想モデルから進む方法を説明する。この方法はフレームの仮想モデルから進む。フレームは変形により頭へ適合化される。眼鏡フレームを適合化する目的のために、以下の適合化判断基準がここでは実施され得る：例えば、鼻パッドと人の鼻との間の接触領域の最大化、眼鏡耳当ての接触領域の最大化、眼に対する眼鏡フレームのフレームリムの心取り、眼鏡フレームのアラインメント又は、フレームリムと人の頬骨と人の眉毛との接触領域の最小化。

【0016】

目標値を設定することが、これらの判断基準に対する可能な拡張として規定される。一例として、このような目標値は、眼鏡フレームの2つの眼鏡耳当て間の距離、フレームの「装用時」前傾角、フレームのパッド間の距離、眼鏡リムからの眼の距離、眉毛及び頬骨からの眼鏡リムの距離、眼鏡フレームの「装用時」前傾角、又は眼鏡フレームのそり角に関連し得る。これらのパラメータ及び目標値は費用関数に含まれ、最適化は従来の最適化処理（例えばLevenberg-Marquardtアルゴリズム）により行われる。次に、フレームはさらに変形され得る。

【0017】

この処理における問題は「グローバル最適条件は、Levenberg-Marquardtアルゴリズムなどの最適化方法が通常は費用関数の局所最小値だけを発見し得るのでこのような最適化処理を使用することにより必ずしも達成される必要がない」ということである。眼鏡フレーム又は頭のために採用された3Dモデルにおける表面のうねりの場合、最適化は最適条件からかけ離れたこのような表面うねり内で「行き詰まり」得、したがって最適適合化は実現されない。

【0018】

10

20

30

40

50

さらに、このような最適化方法による最適化は多くのパラメータが使用されれば多くのコンピュータ費用を必要とする。これは、比較的多くのパラメータが最適化されなければならないパラメトリックフレームモデルの使用をより困難にする。

【0019】

上に引用された多くの文献：例えば米国特許第9,286,715 B2号明細書、米国特許出願公開第2005/162419 A1号明細書、米国特許出願公開第2016/0327811 A1号明細書では、例えば頭の鼻上の点が、頭の3Dモデル上に印され、次に、眼鏡フレームのモデルの適合化のために使用される。これらの点は本質的に、与えられるものと仮定される。米国特許第9,286,715 B2号明細書では、これらの点を取得するための画像処理が全面的に参照され、米国特許出願公開第2016/0327811 A1号明細書もまた、ここではいかなる詳細な指摘も与えないが、コンピュータ支援判断を参照する。

10

【0020】

米国特許出願公開第2005/0162419 A1号明細書は点を頭モデル上に定義する方法を開示し、ここでは、人の2D画像が記録され、2D像点が印される。次に、これらの点は標準頭モデルへ転送される。次に、眼鏡フレームがこれらの点に基づき適合化される。したがって、ここではまた、ユーザが対応点を人のそれぞれの顔上に印す必要があり、これは時間がかかる。

【0021】

国際公開第2016/164859 A1号パンフレットは人の頭の3Dモデルを実現するための2つの異なる可能性を開示する。第1の手順では、一般的パラメトリック頭モデルが例えばユーザにより入力される解剖学的パラメータに基づき人へ適合化される。この適合化はまた、パラメトリックモデルの特定特徴が人の画像記録へ対応付けられることにより行われ得る。別の手順では、パラメトリックモデルは人の解剖学的データに基づき新たに生成される。いずれの場合も、パラメトリックモデルは眼鏡フレームの位置決めに関係する領域内で特に詳述され得る。一対の眼鏡を適合化することに関係する測定点がここではいくつかの他のやり方で画像記録に基づき同様に定義され得る。したがって、ここでは追加画像記録が必要とされる。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0022】

米国特許出願公開第2005/0162419 A1号明細書から進んで、本発明の目的は、一対の眼鏡を適合化する方法並びに対応コンピュータプログラム及び装置もまた提供することであり、ここでは、一対の眼鏡が適合化されるように意図された人の顔上又は頭のモデル上に個々にユーザが点を印す必要無しにそして国際公開第2016/164859 A1号パンフレットと同様に画像記録の分析を行う必要性無しに点のうちの少なくともいくつかが自動的やり方で人の頭の3Dモデル上に定義され得る。

【0023】

この目的は、請求項1に記載の方法、請求項11、12又は13に記載のコンピュータプログラム、請求項14又は15に記載のコンピュータ可読記憶媒体、請求項16に記載のコンピュータ可読データ媒体、請求項17に記載のデータ媒体信号、及びまた請求項18、19、20又は21に記載の装置により達成される。従属請求項は別の実施形態を定義する。このような方法の助けを借りて適合化された眼鏡フレームを製造する方法が追加的に提供される。

40

【課題を解決するための手段】

【0024】

本発明は、一対の眼鏡の仮想適合化のためにコンピュータにより実行されるコンピュータ実施方法又は方法を提供し、ここでは、第1の測定点が人の頭の3Dモデル上に定義され、眼鏡フレームのモデルが第1の測定点に基づき人の頭の3Dモデルへ適合化される。本方法は、第1の測定点を定義する工程が、パラメトリック頭モデルを人の頭の3Dモ

50

ルへ適合化する工程と、パラメトリック頭モデル上に定義された第2の測定点に基づき第1の測定点を判断する工程と、パラメトリック頭モデルを頭の3Dモデルへ適合化する工程とを含むことを特徴とする。

【0025】

測定点は、一对の眼鏡のその後の適合化のために（特に頭上の距離などの変数を測定するため）使用され得るモデル上の点を一般的に意味するものとここでは理解される。

【0026】

この方法のおかげで、パラメトリック頭モデル上の第2の測定点は一回だけ定義される必要がある。次に、その上に定義された第2の測定点を有するこのパラメトリック頭モデルは、これらの3Dモデル上の第1の測定点を定義するために様々な人間の頭の3Dモデルのために使用され得る。したがって国際公開第2016/164859A1号パンフレットにおける手順とは対照的に、ここでは、人の画像も他の情報項目も使用されなく、2つのモデル（すなわちパラメトリック頭モデル及び人の頭の3Dモデル）が使用され、一方、国際公開第2016/164859A1号パンフレットでは1つのモデルだけが使用される。

10

【0027】

上に述べたようにパラメトリック頭モデル上に第2の測定点を一回定義することは、上記方法の文脈で行われてもよいし、又はそうでなければ別個に及び／又は前もって行われてもよい（例えば異なるコンピュータ上で）。したがって、上記方法はパラメトリック頭モデル上に第2の測定点を定義する工程を含み得る、又は第2の測定点は、例えばパラメトリック頭モデル上に第2の測定点を定義する工程を含む方法が別個に提供されるというおかげで前もって定義され提供され得る。次に、第2の測定点は、例えば3Dモデル毎の点が手動で定義される必要無く、人に依存して複数の異なる3Dモデルに使用され得る。

20

【0028】

上に述べられ後で説明される方法において使用される用語はまた、以下のように説明される：

【0029】

適合化は、この処理がパーソナルコンピュータ（PC）などのコンピュータデバイス上で行われるので「仮想的」であり、実際の眼鏡フレームは実際の頭の上に置かれない。

【0030】

30

モデル（特に3Dモデル）は、記憶媒体（例えばコンピュータのメモリ又はデータ媒体）内でデータ記録として利用可能である現実物体の3次元表現を意味するものと理解されるべきである。一例として、このような3次元表現は一組の3D点（頂点とも呼ばれる）とこれらの点間の接続（縁とも呼ばれる）とからなる3Dメッシュあり得る。最も単純な場合、この接続は三角形メッシュを形成する。3Dメッシュとしてのこのような表現は物体の容積ではなく表面だけを記述する。メッシュは必ずしも閉じられる必要はない。したがって、頭が例えばメッシュの形式で記述されれば、頭はマスクのように見える。このような3Dモデルに関する詳細は、Rau J-Y, Yeh P-C, "A Semi-Automatic Image-Based Close Range 3D Modeling Pipeline Using a Multi-Camera Configuration." Sensors (Basle, Switzerland). 2012; 12(8): 11271-11293. doi: 10.3390/s120811271；特に11289頁、図16に見出される。

40

【0031】

ボクセルグリッド（容積型表現を表す）は3Dモデルを表すための別の選択肢である。ここでは、空間は小さい立方体又は直方体（ボクセルとも呼ばれる）に分割される。最も簡単な場合、表される物体の有無がボクセル毎に2進値（1又は0）の形式で格納される。1mmのボクセルの縁長さ及び300mm×300mm×300mmの容積（頭の典型的な容積を表す）の場合、合計2700万のこののようなボクセルが結果的に得られる。このようなボクセルグリッドは例えばM. Niessner, M. Zollhoefer,

50

S. Izadi, 及び M. Stammerger, "Real-time 3D reconstruction at scale using voxel hashing". ACM Trans. Graph. 32, 6, Article 169 (November 2013), DOI: <https://doi.org/10.1145/2508363.2508374> に記載されている。

【0032】

特に、頭の3Dモデル及び/又は眼鏡フレームの3Dモデルはテクスチャを有する3Dモデルであり得る。テクスチャを有する3Dモデルは、現実物体の表面点の色情報アイテムを追加的に含む3Dモデルを意味するものと理解される。テクスチャを有する3Dモデルの使用は頭及び眼鏡フレームの真の色表現を容易にする。

10

【0033】

ここでは、色情報アイテムが属性として(例えばRGB(赤緑青)色値として)頂点に直接含まれ得る、又は一対のテクスチャ座標が属性として各頂点へ添付される。頂点は上に述べたように3Dモデルの点を表す。ここで、属性は通常、物体へ割り当てられる特徴、特性など(本ケースでは特定頂点)を表す(2017年7月5日時点の独語Wikipeディア記事 "Attribut (Objekt)" ["Attribute (Object)"]も参照)。このとき、これらの座標は追加テクスチャ画像内の画像座標(画素位置)であると理解されるべきである。このとき、三角形メッシュの前述の三角形のテクスチャは例えばテクスチャ画像の画素からの補間により生成される。

【0034】

パラメトリックモデルは1つ又は複数の可変パラメータを有する3Dモデルである。このとき、3Dモデルにより記述される物体(この場合眼鏡フレーム)の幾何学形状は、パラメータ又はパラメータ群を変更することにより変化する(例えばサイズ又は形式に関し)。このようなパラメータの例は、例えば眼鏡フレームの鼻梁幅又は耳当て長さ又はそうでなければ眼鏡フレームのフレームリムの形式を含む。これらのパラメータのタイプ及び数は、パラメトリックフレームモデルにより表される眼鏡フレームに依存する。特に、眼鏡フレームの製造業者はパラメータの値範囲を設定し得、このとき、パラメータの値範囲は製造されることができる眼鏡フレームをそれに応じて記述する。自由フレームパラメータはパラメトリックフレームモデルのパラメータ(本方法の範囲内で未だ設定されていないパラメータ、すなわち依然として適合化され判断されるべきパラメータ)を意味するものと理解される。

20

【0035】

適合化ガイドラインは、どのように眼鏡フレームが眼、瞳、眉毛又は鼻などの頭上の領域又は点に対し位置決めされるべきかに関係する仕様である。パラメトリックフレームモデルに固有なこれらの適合化ガイドラインは、特に眼鏡フレームの製造業者により望まれる美的印象を保証するために使用される。固有適合化ガイドラインは、それぞれの製造業者により例えば適切なファイルとしてパラメトリックフレームモデルと共に電子的形式で提供され得る。

30

【0036】

対照的に、解剖学的適合化は、頭上の眼鏡フレームの正しい快適な適合化を保証するよう意図された適合化に関係する。この目的のため、それぞれの眼鏡フレームに固有な判断基準ではないが、むしろ耳上の眼鏡耳当ての正しい適合又は一対の眼鏡の鼻パッドの正しい適合など複数の眼鏡フレームへ一般的に適用可能な判断基準が使用される。解剖学的適合化はまた、頭の領域までの最小距離を保証すること(例えば眼鏡フレームのフレームリムと頬骨及び/又は頭の眉毛部との間の最小距離を保証すること及び/又はまつ毛までの最小距離を保証すること)を含み得る。解剖学的適合化の別の例は、眼鏡レンズと眼との間の意図された距離(すなわち頂点間距離(vertex distance:独語略称HSA))又はこの距離の意図された範囲の設定にある。ここで頂点間距離は眼の角膜の前面と眼に面する眼鏡レンズの表面との間の距離である。一例として、解剖学的適合化は、意図された12mmの頂点間距離又は12mm~17mmの範囲の頂点間距離が遵守

40

50

されることを保証し得る。この理由は、眼鏡レンズはまつ毛との接触を回避するとともにレンズ上の凝結（発汗）を回避するためには眼に対し余りに近くに置かれるべきでないということである。さらに、何人かの眼鏡技師は、球面円柱状屈折を測定するために使用されるフォロープタにおいて初期設定される頂点間距離からの頂点間距離の偏差を回避することを好む。比較的大きな頂点間距離は屈折力を正のジオプタ値の方向に修正するので、遠視の場合（すなわち所謂正レンズが必要とされる場合）には較的大きな頂点間距離が恐らく好ましいかもしれない。したがって、屈折測定の結果に基づく意図された頂点間距離が有利なやり方で使用され得る。

【0037】

適合化ガイドラインはテキスト形式で（例えば処理を簡単にするxml又はJSONファイルとして）利用可能なことが好ましい。

【0038】

本出願の範囲内で、「人」は、その頭が眼鏡フレームへ最終的に適合化されるべき人を表す。「ユーザ」は、眼鏡を適合化するための装置及び方法を操作し行う人を表す。これはその人自身でもよいが誰か他の人（例えば眼鏡技師）でもよい。

【0039】

好適なパラメトリック頭モデルは、例えばA. Brunton, A. Salazar, T. Bolkart, S. Wuhrer, "Review of Statistical Shape Spaces for 3D Data with Comparative Analysis for Human Faces", Computer Vision and Image Understanding, 128:1-17, 2014に記載されている、又はそうでなければ頭モデルは、J. Booth, A. Roussos, S. Zafeiriou, A. Ponniah and D. Dunaway, "A 3D Morphable Model Learnt from 10,000 Faces", 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, NV, 2016 pages 5543~5552, doi:10.1109/CVPR.2016.598に記載されている。

【0040】

好適には、パラメトリック頭モデル上に第2の測定点を定義することは、パラメトリック頭モデルの標準頭上に第2の測定点を定義することにより行われる、又は、第2の測定点はパラメトリック頭モデルの標準頭上に前もって定義される。この場合、標準頭は、パラメトリック頭モデルのパラメータが所定値を採るパラメトリック頭モデルの頭である。

【0041】

主成分分析に基づく頭モデルの場合、例えば、主成分の基礎となるデータの平均値が標準モデルであり得る。

【0042】

このようにして、本方法のための定義された出発点を提供することが可能である。

【0043】

次に、標準頭上で定義された特徴は適合化に従って適合化されたパラメトリック頭モデルへ転送され得る、すなわち、適合化されたパラメトリック頭モデルを形成する標準頭の代替物に従って、第2の測定点もまた、適合化された頭モデル上の対応位置に存在するようすにそれに応じて変更される。これに関し、第2の測定点は適合化された頭モデルへ簡単なやり方で転送され得る。このような点の転送の基本原理は上に引用したJ. Boothらの参考文献のセクション4.1に説明されている。

【0044】

次に、第2の頭モデルへ転送される第2の測定点は、頭モデルの適合化が十分に正確であれば第1の測定点として直接使用され得る。十分に正確なものは、眼鏡のその後の適合化の所望精度と、頭の3Dモデルを生成するために使用される測定システムの精度とに依存する。この点に関し、一例として、0.2mmの測定システムの精度と0.5mmの点

10

20

30

40

50

の所望精度とを所与として、パラメトリック頭モデルの適合化の助けを借りて、同様に0.5 mmの精度が達成されるだろう。測定システムが著しく劣悪な精度を有すれば、誤差の分布が重要である：ガウス分布を有する誤差の場合、平滑化が適合化の結果として得られ、最大偏差という意味での精度が通常は適合化により改善される。代替的に、第2の測定点を判断することは、転送された測定点を頭の3Dモデルへ投影することを含み得る。このような投影の結果として、第1の測定点は簡単なやり方で判断され得る。投影目的のために、それぞれの転送された第2の測定点と適合化されたパラメトリック頭モデル上の法線ベクトルとの交点が例えればそれぞれの第1の測定点として使用され得る。

【0045】

適合化は従来の適合化アルゴリズムの助けを借りて行われ得る（2017年5月22日時点の独語ウィキペディア記事“Ausgleichsrechnung”[“Curve fitting：曲線適合法”]を参照）。

10

【0046】

本方法は、頭の3Dモデルの領域を識別する特徴を形成するために複数の第1の測定点を組み合わせる工程を含み得る。このような特徴の助けを借りて、眼鏡フレームは、適合化に関する3Dモデルの領域を特徴が識別すれば効率的に適合化され得る。特徴の例は例えば鼻翼、額の曲率又は耳の基部を含む。

【0047】

この場合、組み合わせることは幾何学的基本要素又は関数を複数の測定点へ適合化することを含み得る。このような幾何学的基本要素の例は、面、円の弧、球又は円柱の弧である。関数の例はスプライン関数を含む。この結果、複数の測定点は少数のパラメータ（例えば、面の場合の基準点と法線ベクトル、額の曲率の場合の半径と中間点）により記述され得、データが少ないので処理を容易にする。フレームモデルはパラメトリックフレームモデルを含み得る。

20

【0048】

特徴としての鼻翼により、例えは、次に、パラメトリックフレームモデルの鼻梁幅は、パラメトリックフレームモデルの鼻パッドが鼻翼と合致されることにより簡単なやり方で適合化され得る。パラメトリックフレームモデルの耳当て長さは、測定点又は特徴としての耳の基部における点により判断され得る。DIN EN ISO 13666:2012 5.1.8に従う眼鏡フレームの前傾角（すなわちフレームリムの傾斜）は、フレームリムと人の3Dモデルの頬を記述する特徴との間の距離を判断することにより判断され得る。このようにして、パラメトリックフレームモデルの様々なパラメータが簡単なやり方で適合化され得る。

30

【0049】

本方法は、第1の測定点又は上に説明した特徴に基づく頭の3Dモデルの別の測定点の計算を含み得る。このような計算される別の測定点の例は、頬領域内の第1の測定点からの耳の基部における点及び/又は耳上の第1の測定点を含む。この場合、耳の基部における点は、眼鏡フレームの適合化中に眼鏡耳当てが静止することになる点である。他の例示的実施形態では、耳の基部における点は、第2の測定点に基づき判断される第1の測定点のうちの1つであり得る。

40

【0050】

このような方法では、耳の基部における点のような別の測定点は髪の毛により隠された場合ですら計算され得る。この場合、計算される別の測定点は、3Dモデル上に必ずしも存在する必要は無く、むしろそれから一定距離に在ってもよい。

【0051】

別の測定点を計算するために、第1の測定点とこのような別の測定点との間の所定幾何学的関係を使用することが可能である。この場合、幾何学的関係はどのように別の測定点が第1の測定点に対して位置を定められ得るかを規定する。その例として、別の測定点の計算は一組の第1の測定点の線形結合を含み得る。別の例として、別の測定点の計算は第1の測定点に基づく外挿を含み得る。この場合、曲線又は領域モデル（例えは1つ又は複

50

数の自由パラメータを有する曲線又は領域)を補間による又は誤差関数による近似により一組の第1の測定点に基づき計算することが可能である(例えば自由パラメータが適合化処理により判断されるという意味で)。

【0052】

一例として、多項式曲線が、頬上に在る第1の測定点へ適合化され得る。外挿の過程で、前記多項式曲線は耳の方向に在る領域内で評価され、このようにして計算された別の測定点が判断される。

【0053】

さらに、プロセッサ上で実行されると上記方法のうちの1つを行うプログラムコードを含むコンピュータプログラムも提供される。最後に、コンピュータプログラムを格納するメモリとこのコンピュータプログラムを実行するためのプロセッサとを含む対応装置が提供される。

10

【0054】

コンピュータによりプログラムが実行されるとコンピュータに上述の方法を行わせる指示を含むコンピュータプログラムも提供される。

【0055】

コンピュータによりプログラムが実行されるとコンピュータに人の頭の3Dモデル上の第1の測定点であって一対の眼鏡のその後の適合化に使用され得るモデル上の測定点を定義する工程と、眼鏡フレームのモデルを第1の測定点に基づき頭の3Dモデルへ適合化する工程とを行わせる指示を含むコンピュータプログラムにおいて、第1の測定点を定義する工程はパラメトリック頭モデルを人の頭の3Dモデルへ適合化する工程と、パラメトリック頭モデル上に定義された第2の測定点に基づき第1の測定点を判断する工程と、パラメトリック頭モデルを頭の3Dモデルへ適合化する工程を含むことを特徴とする、コンピュータプログラムも提供される。

20

【0056】

加えて、上に説明したものの中から別的方法工程が行われ得る。

【0057】

コンピュータにより実行されるとコンピュータに上述の方法を行わせる指示を含む特に触知可能なコンピュータ可読記憶媒体も提供される。記憶媒体の例は、CD又はDVDなどの光記憶媒体、ハードディスクドライブなどの磁気記憶媒体、又はフラッシュメモリ又は読み取り専用メモリ(ROM)などの固体記憶装置を含む。

30

【0058】

コンピュータにより実行されるとコンピュータに人の頭の3Dモデル上の第1の測定点であって一対の眼鏡のその後の適合化に使用され得るモデル上の測定点を定義する工程と、眼鏡フレームのモデルを第1の測定点に基づき頭の3Dモデルへ適合化する工程とを行わせる指示を含む特に触知可能なコンピュータ可読記憶媒体において、第1の測定点を定義する工程はパラメトリック頭モデルを人の頭の3Dモデルへ適合化する工程と、パラメトリック頭モデル上に定義された第2の測定点に基づき第1の測定点を判断する工程と、パラメトリック頭モデルを頭の3Dモデルへ適合化する工程を含むことを特徴とする、コンピュータ可読記憶媒体も提供される。

40

【0059】

加えて、上に説明したものの中から別的方法工程が行われ得る。

【0060】

上述のコンピュータプログラムを格納する特に触知可能なコンピュータ可読データ媒体も提供される。

【0061】

さらに、上述のコンピュータプログラムを伝送するデータ媒体信号が(例えばインターネットなどのネットワークを介し)提供される。

【0062】

上述の方法を行う手段を含むデータ処理及び/又は一対の眼鏡を適合化するための装置

50

も提供される。

【0063】

人の頭の3Dモデル上の第1の測定点であって一対の眼鏡のその後の適合化に使用され得るモデル上の測定点を定義する手段と、眼鏡フレームのモデル(120)を第1の測定点に基づき頭の3Dモデルへ適合化する手段とを含むデータ処理のための及び／又は一対の眼鏡の適合化のための装置において、第1の測定点を定義する手段はパラメトリック頭モデルを人の頭の3Dモデルへ適合化する手段と、パラメトリック頭モデル上に定義された第2の測定点に基づき第1の測定点を判断する手段と、パラメトリック頭モデルを頭の3Dモデルへ適合化する手段を含むことを特徴とする、装置も提供される。

【0064】

この目的のため、任意選択的に、上記方法の別の工程を行う別の手段も追加的に提供され得る。

【0065】

上述の方法を行うように構成されたプロセッサを含むデータ処理のための及び／又は一対の眼鏡の適合化のための装置も提供される。

【0066】

上述のコンピュータプログラム及び装置は本方法に関して説明したのと同じ特性を有し得る。

【0067】

さらに、上述の方法を行う工程、第1の測定点を使用することによる頭の3Dモデルへの眼鏡フレームの仮想適合化工程、及び適合化された眼鏡フレームを製造する工程を含む眼鏡フレームを製造する方法が提供される。

【0068】

したがって、第1の測定点を含む3Dモデルであって上述の方法によって提供される3Dモデルが眼鏡フレームの仮想適合化のために当初使用される。眼鏡フレームの仮想適合化自体は、最初に説明された従来技術において説明したように実施され得る。次に、このようにして仮想的に適合化された眼鏡フレームは、最初に引用された従来技術において説明したのと同様に実物の眼鏡フレームとして製造され得る。製造は3D印刷などの加法的方法により実施され得る、例えば；この点の概要に関して、2018年6月25日時点の独語ウィキペディア記事“Generatives Fertigungssverfahren”[“Additive manufacturing method”]を参照されたい。

【0069】

本発明は添付図面を参照して好ましい例示的実施形態に基づき以下にさらに詳細に説明される。

【図面の簡単な説明】

【0070】

【図1】例示的一実施形態による一対の眼鏡の仮想適合化のための装置を示す。

【図2】図1のカメラデバイスの実施形態の例を示す。

【図3】例示的一実施形態による一対の眼鏡を適合化する方法の概要を提供する流れ図を示す。

【図4】図3の方法において使用可能である例示的一実施形態による方法の流れ図を示す。

【図5】図3の方法の範囲内で使用可能である例示的一実施形態による方法の流れ図を示す。

【図6】適合化ガイドラインにおいて参照され得る頭の特徴を解明するための図を示す。

【図7】図4の方法工程40又は図5の工程54の詳細な実施形態を示す。

【図8】補助的特徴を説明するための線図を示す。

【図9】適合化を解明するための頭の概略図を示す。

【図10】適合化ガイドラインに基づき適合化を解明するための頭の別の概略図を示す。

10

20

30

40

50

【図11】図3の方法の範囲内で使用可能である例示の一実施形態による方法の流れ図を示す。

【図12】図11の方法の詳細な実施形態の流れ図を示す。

【図13A-D】頭モデルを解明するための図解を示す。

【図14】頭モデルを解明するための図解を示す。

【図15】図12の方法における一対の眼鏡を適合化する部分的工程を解明するための線図を示す。

【図16】鼻梁幅を解明するためのフレームモデルの図を示す。

【発明を実施するための形態】

【0071】

10

図1は、例示の一実施形態による一対の眼鏡の仮想適合化のための装置の例示的実施形態を示す。図1の装置は、プロセッサ12及びメモリ13を含むコンピュータデバイス11を含む。メモリ13は、データを格納する役目を果たし、図1の例示的実施形態では、ランダムアクセスメモリ(RAM)、読み取り専用メモリ(ROM)及び1つ又は複数の大量記憶媒体(ハードディスク、固体ディスク、光ドライブなど)を含む。プロセッサ12上で実行されると、上に既に詳述された又は以下にさらに詳細に説明される一対の眼鏡を仮想適合化する方法を行うために使用されるプログラムがメモリ13内に格納される。

【0072】

20

図1の装置はさらに、コンピュータプログラムがプロセッサ12上で実行されると眼鏡フレームと共に人の頭を表示するディスプレイ16を含む。ユーザ入力は1つ又は複数の入力機器17(例えばキーボード、マウス)により実施され得る。追加的に又はその代わりに、ディスプレイ16は、入力を実施することができるために接触感知画面(タッチスクリーン)であり得る。

【0073】

20

図1の装置はさらに、これによりデータが受信され得るネットワーク18へのインターフェース14を含む。特に、ここでは眼鏡フレームのパラメトリックフレームモデルと関連適合化ガイドラインとを眼鏡の製造業者から受信することが可能である。いくつかの例示的実施形態では、データがまた、例えばこの一対の眼鏡の適合化に必要とされる計算の一部分を行うためにインターフェース14を介し別のコンピュータデバイスへ送信される。一対の眼鏡が適合化されるべき人の頭の3Dモデルを生成するために、図1の装置は任意選択的に、これにより人の複数の画像が様々な方向から記録され得るとともに3Dモデルが判断され得るカメラデバイス15を含む。画像記録に基づく3Dモデルのこのような判断に関する情報は、例えばH. Hirschmueller, "Stereo Processing by Semiglobal Matching and Mutual Information" in IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 30, no. 2, pp. 328-341, Feb. 2008. doi:10.1109/TPAMI.2007.1166に見出される。

30

【0074】

40

図2は図1のカメラデバイス15の実施形態を示す。図2の例示的実施形態では、カメラの半円状配置110が柱19へ固定される。次に、人は、図2に示すように人の頭111が半円状配置110で位置決めされそして様々な方向から記録され得るようなやり方で自らを位置決めし得る。次に、頭111の3Dモデルが頭111から生成され得る。テクスチャ(すなわちモデルの色(上に説明したような)に関する情報)もまた画像記録から生じる。さらに、このような装置は欧州特許出願第17153556.0号明細書に記載のように心取り測定のために使用され得る。

【0075】

図3は例示的一実施形態による一対の眼鏡の仮想適合化の方法全体の流れ図を示す。本発明は特にこの方法の部分的工程に関する。

【0076】

50

本方法は工程 3 0 で始まる。工程 3 1 では、頭モデルメタデータを含む頭の 3 D モデルがメモリからロードされる。この 3 D モデルは、図 1 と図 2 を参照して上に説明したように画像記録の助けを借りて生成されてもよいし、例えばある人に対する一対の眼鏡の以前の調整から既に利用可能な 3 D モデルであってもよい。

【 0 0 7 7 】

頭モデルメタデータは、モデル自体ではなく 3 D モデルの特徴に関する情報項目を含むデータである。特に、メタデータは、頭の 3 D モデルに関する追加情報を提供し得る、及び / 又は頭の 3 D モデル上のいくつかの点、曲線又は領域を含み得る。このようなメタデータの使用に関するさらなる詳細もまた欧州特許出願第 1 7 1 7 3 9 2 9 . 5 号明細書に見出される。

10

【 0 0 7 8 】

パラメトリックフレームモデルにより記述される眼鏡フレームの基本モデルが工程 3 2 において選択される。パラメトリックフレームモデルは自由パラメータ（すなわち判断されるべきパラメータ）を有する。このような自由パラメータの例は、特にパラメトリックフレームモデル（特に眼鏡フレームの鼻梁幅又は耳当て長さ又はそうでなければ眼鏡フレームのフレームリムの形式）の記述の文脈においてさらに上方で既に規定された。

【 0 0 7 9 】

工程 3 1 2 において、パラメータの少なくともいくつかが次に、上に記載されたそして以下にさらに詳細に説明されるフレームモデルに関連付けられた適合化ガイドラインに基づき計算される。他のパラメータが、同様に既に説明されたように解剖学的適合化に基づき判断される。

20

【 0 0 8 0 】

次に、工程 3 3 ~ 3 1 0 では、より深い解剖学的適合化による眼鏡の仮想装着がある。この目的を達成するために、工程 3 3 では、欧州特許出願第 1 7 1 7 3 9 2 9 . 5 号明細書において既に述べられたような配置点及び鼻梁静止点に基づく近似的位置決めがある。眼鏡耳当ては、頭の耳の方へ開かれて折り曲げられ、配置される。ここでは、工程 3 4 及び 3 5 において、一対の眼鏡の x 軸を中心とする回転があり得る。ここで、x 軸は頭内の眼同士を結ぶ方向に対応し、z 方向は耳当ての方向にほぼ対応し、y 方向はそれに対し垂直である。一対の眼鏡の接触領域は x y 面内の微細位置決めにより工程 3 6 において最適化される。さらに、工程 3 1 2 において未だ設定されていないパラメータがここでさらに適応化され得る。この場合の工程 3 4 ~ 3 6 は欧州特許出願第 1 7 1 7 3 9 2 9 . 5 号明細書に記載された対応工程に対応する。この適合化の範囲内で、パラメトリック眼鏡モデルは、特にパラメータが工程 3 1 2 において判断された後に変形及び配置され得る。

30

【 0 0 8 1 】

次に、フレーム及び頭が工程 3 7 において描画される、すなわち図 1 のディスプレイ 1 6 上に適切な表現が存在する。この描画も欧州特許出願第 1 7 1 7 3 9 2 9 . 5 号明細書において既に説明された。ここで、描画又は画像合成は、生データ（この場合はそれぞれのモデルからの）に基づく画像の（例えばコンピュータモニタ上の表示のための）生成であると理解される。

【 0 0 8 2 】

40

次に、工程 3 8 では、工程 3 9 に示すように様々な結果を有し得るユーザとモデルとの相互作用がある。したがって、例えば異なる方向から頭を観測するために単純にナビゲーションがあり得る。この場合、新しい描画が工程 3 7 においてある。

【 0 0 8 3 】

工程 3 9 における相互作用はまた、x 軸を中心とするフレームの回転の手動適応化を可能にする。この場合、本方法は、例えばフレームの新しい位置に従って耳当てを判断するために工程 3 5 へ戻る。

【 0 0 8 4 】

さらに、モデルとユーザとの相互作用のおかげで、頭モデルの鼻梁上の眼鏡フレームの位置も本装置のユーザにより適応化され得る。これは工程 3 3 において設定された眼鏡フ

50

レームの位置を実質的に変更する。したがって、本方法はこの場合工程 3 3 へ戻る。

【0085】

例えは観測角度を変更する、回転を適応化する、鼻梁上に配置された一対の眼鏡の位置を適応化するためのこれらの前述のタイプの相互作用（特にナビゲーション）が同様に欧洲特許出願第 17173929.5 号明細書において既に詳細に説明されている。

【0086】

さらに、パラメトリックフレームモデルのフレームパラメータのうちの 1 つもまた、相互作用の範囲内でユーザにより設定され得る。一例として、ユーザはこの場合、工程 3 1 2 において自動計算により実施されたパラメータの判断を修正し得る。この場合、これは工程 3 1 0 における自由フレームパラメータの数を低減し、本方法は工程 3 6 において続けられる。ユーザが、相互作用に続く適合化に最終的に満足すれば、本方法は工程 3 1 1 において終了される。この処理において、最終検査が依然としてあり得る。ユーザ（例えは眼鏡技師）は最終チェック中に発注データをチェックする。この処理では、発注のデータ及び対応図的表現が概観モニタ上で前記ユーザへ提示される。この表現は、本方法の範囲内で判断された眼鏡フレーム及び／又は頭のパラメータ（鼻梁幅及び鼻翼角度など）と、また、恐らく例えは適合化ガイドラインにより処方される理想形からの偏差に関する注釈も含む発注されたフレームのパラメータとを示す。このようなパラメータの判断も後ほど説明される。次に、確定されたパラメータは、対応パラメータを有する実物の眼鏡フレームを発注するためにそれぞれの製造業者の発注システムへ送信され得る。

【0087】

図 3 の方法の個々の態様が図 4 ~ 1 5 を参照して以下にさらに詳細に説明される。

【0088】

図 4 は例示的一実施形態による方法の流れ図を示す。図 4 は、それぞれのパラメトリックフレームモデルに関連付けられた適合化ガイドラインに基づく適合化とその後に続く頭の生体構造への適合化とへの眼鏡適合化の下位部分を示す。

【0089】

図 4 の方法では、パラメトリックフレームモデルは工程 4 0 において適合化ガイドラインに基づき人の頭の 3 D モデルへ適合化される。ここで、前記適合化ガイドラインはそれぞれの眼鏡フレームの眼鏡フレーム製造業者により眼鏡フレーム専用に予め定められている。これらの適合化ガイドラインは以下に同様により詳細に説明される美的処方箋に関係し得る。この工程の実施形態例が後でさらに詳細に説明される。一例として、工程 4 0 は図 3 の工程 3 1 2 の範囲内で行われ得る。

【0090】

パラメトリックフレームモデルの第 1 部分のパラメータが工程 4 0 における適合化により設定され得る。

【0091】

次に、人の頭の生体構造への一般的適合化が工程 4 1 において企てられる、すなわち工程 4 1 における適合化は特定適合化ガイドラインとは無関係に実施される。この適合化は、最初に引用された従来技術において説明されたように実施され得、工程 3 1 2 において又は任意選択的に工程 3 4 及び 3 5 における適合化においても同様に実施され得る。このとき、解剖学的眼鏡適合化がまた、頭モデルのメタデータに基づき又はそうでなければ Johannes Eber, "Anatomische Brillen anpassung", Verlag Optische Fachveroeffentlichungen GmbH, 1987, 頁 23 ff において説明されるように直接発生し得る。

【0092】

図 5 は、図 4 の方法の実施形態の詳細流れ図を示す。

【0093】

本方法の入力データは図 5 の工程 5 0 ~ 5 3 において提供される。工程 5 1 では、フレーム製造業者が眼鏡フレームのパラメトリックフレームモデルを生成する。工程 5 1 からのパラメトリックフレームモデルは、データが専用 C A D (コンピュータ支援設計) フォ

10

20

30

40

50

一マットで眼鏡製造業者により供給されれば本発明による方法において使用される一様な標準化されたフォーマットへ変換され得る。

【0094】

さらに、従来の圧縮方法の助けを借りたデータ削減（例えば3Dモデルにおける三角形又はポクセルの数の低減）又はデータ圧縮があり得る。

【0095】

工程50では、フレーム製造業者は、説明したようにフレームを適合化する際に美的態様を考慮し得るこのパラメトリックフレームモデルの特定適合化ガイドラインを生成する。

【0096】

人の頭の3Dモデルが工程52及び53において生成及び分析される。ここで、このモデルは当初、3D測定システムにより（特に図2に示すカメラデバイスにより）工程52において生成される。3D頭スキャナなどの他の測定システムも使用され得る。このような頭スキャナの例は2017年6月8日時点でいずれの場合も`http://cyberware.com/products/scanners/ps.html`又は`http://www.3d-shape.com/produkte/face_d.php`に見出される。工程53では、点又は領域が、最初に説明された従来技術においても使用されるようなこの頭モデル上の特徴（例えば点、特徴）として識別される。

【0097】

次に、フレームが、図4における工程40に対応する特定適合化ガイドラインに従って工程54において適合化される。加えて、眼鏡フレームの意図された位置及び配向が、工程54における適合化のための開始値として設定され得る。パラメトリックフレームモデルの所定標準パラメータと共に欧州特許出願第17173929.5号明細書におけるもののようなメタデータによる位置が適合化のための開始値として役立ち得る意図された位置及び意図された配向として役立ち得る。その代替案として、意図された位置はいくつかのケースでは特定適合化ガイドラインから計算され得る。一例として、特定適合化ガイドラインはxz面内の瞳孔中心に対するフレームリムの好み位置を定義し、意図された頂点間距離（例えば12mm）はy軸の方向の位置を定義する。空間内のフレームの配向の一部分としての前向き勾配すなわちx軸のまわりの角度もまた例えば9度の意図された値へ設定され得る。これは同様に特定適合化ガイドラインの一部であり得る。

【0098】

次に、フレームは工程55において頭の解剖学的条件へ適合化される。ここで、工程54において未だ適合化されなかったパラメータ（すなわち依然として自由なパラメータ）がさらに適合化される。

【0099】

工程56では仮想装着及び描画があり、工程57では手動適合化がある。ここで、仮想装着及び手動適合化は、図3において参照符号33～310を参照して既に説明されたように実施される。

【0100】

工程58では、図3の工程311に対応するフレーム製造業者の発注システムへの転送がある。

【0101】

次に、フレーム固有適合化ガイドラインの使用及び対応適合化が図6～10を参照してさらに詳細に説明される。

【0102】

図6は、このような特定適合化ガイドラインの顔内の特徴及び点として好適である顔の様々な特徴を示す。換言すれば、顔のこのような点に対する眼鏡フレームの特徴の目標位置又は目標範囲がこのような例示的実施形態では適合化ガイドライン内に提供される。顔のこのような特徴はまた、Johannes Eber, "Anatomische Brillenanpassung", Verlag Optische Fachver

10

20

30

40

50

o e f f e n t l i c h u n g G m b H , 1 9 8 7 , 頁 1 7 f f において説明されている。

【0103】

この例は以下のものを含む：

1. 眼の位置、特に瞳孔中心（図6の線L2と線LBとの交点）。線L2はさらに瞳軸を表す。

2. 眼のボックス寸法（すなわち眼の周囲に置かれた矩形の寸法）すなわち各矩形の位置、矩形の幅及び高さ。

3. 図6の線LA、L3に一致する鼻の位置。

4. 図6の線LDに対応する顔の幅及びこめかみの位置。

10

5. 図6の線L1と線L5（顎の線）との間の顔の高さ。

6. 顎領域（すなわち線L5に接触する顎の部分）の曲率半径。

7. 眉毛の位置：ここで図6の線L1は眉毛の中心軸を表し、線LCは眉毛の外側限界を表す。

8. 図6の線L4に一致する口の位置。

【0104】

前述の特徴は、パラメトリック頭モデルによる又はそうでなければ画像解析方法（画像認識）による以下に述べるような手順により、及び／又は図2のカメラデバイスにより記録された画像における機械学習により識別され得、したがって前記特徴の位置は頭の3Dモデル上で判断され得る。このような特徴の自動認識の一つの可能性がまた、V. Kazemi, J. Sullivan, "One millisecond face alignment with an ensemble of regression trees" Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2014に記載されている。

20

【0105】

以下の説明では、左眼、右眼、顔の左半分又は顔の右半分などの指定は一対の眼鏡が適合化された人の観点から理解されるべきである。

【0106】

図7は、データが提供されることと併せて適合化ガイドラインに基づき眼鏡フレームを適合化する詳細な方法（すなわち図4の工程40又は図5の工程54の詳細な例）を示す。

30

【0107】

パラメトリックフレームモデルの適合化ガイドラインが、図7の工程70において提供され、提示された方法においてこれらを使用することができるために工程73においてコンピュータデバイスへ読み込まれる。ここで、適合化ガイドラインは例えばxmlファイル又はJSONファイルなどのテキストファイルとして格納される。

【0108】

パラメトリックフレームモデルが工程71において提供され、工程70における適合化ガイドラインがそれへ割り当てられる。例えばフレームモデルのいくつかの領域又は点を表すメタデータが、パラメトリックフレームモデルへ割り当てられ得る。フレームモデルのこのようなメタデータもまた欧州特許出願第17173929.5号明細書に記載されている。このパラメトリックフレームモデルは工程74において読み出される。工程77では、工程74において読み出されることから生じるパラメトリックフレームモデルのパラメータ及びそれらの値範囲がその後の最適化のために提供される。最後に、眼鏡フレームが適合化されるべき人の頭の3Dモデルには工程72において関連メタデータが与えられ、前記モデルは工程75において読み出される。

40

【0109】

適合化ガイドラインは工程76において解析される。解析は、さらなる処理にとってより好ましいフォーマットへの入力データの分解及び変換を意味するものと理解される。解

50

析器はこのような解析を行う対応デバイス（通常コンピュータプログラムにより実現される）である。この点に関するより詳細は2017年5月19日時点の独語ウィキペディア記事「解析器」に見出される。

【0110】

ここで、適合化ガイドラインは、特にその後の最適化処理に好適なフォーマットに翻訳される。ここで、説明したように、適合化ガイドラインは、特に眼鏡フレームの特徴と頭上の特徴との間の距離（例えば上側フレームリムと眉毛との間の距離、フレームの上側フレームリムと眼の上縁との間の距離、眼の下縁までの下側フレームリムの距離、又はフレームリムに対する瞳の相対位置）の目標量及び／又は許容可能範囲を含み得る。さらに、計算され導出された特徴（すなわち頭及び／又はフレームの複数の特徴から導出された点又は領域）までの距離を使用することも可能である。このような導出された特徴は補助的特徴とも呼ばれる。10

【0111】

このような補助的特徴の一例が図8に示される。図8は眼鏡フレーム81を備えた頭80を示す。顔の幅の1/2の半径と鼻の下縁における中心の幅とを有する仮想円が82により表される。図8では、yUNは鼻の下縁を表し、yUKは顎の下縁を表し、yUODは眼の下縁を表す。顔の幅（すなわち図6の線D同士間の距離）がyGにより表される。工程76における解析中に検出された適合化ガイドライン70内の項の助けを借りて定義される導出された補助的特徴yHの例は次のとおりである：

$$yH = (yUK - (yUN - 0.5 \times xG)) / 0.5 \times xG$$

【0112】

この値yHは、顔の幅の1/2に対する比として実際の顎下縁からの理想的顔の計算された顎下縁の偏差を表し、前記値は鼻の下の顔の垂直方向長さの尺度である。このような補助的特徴は眼鏡フレームの下側フレームリムの比率を設定するために使用され得る。この結果、垂直方向の顔の長さもまた眼鏡フレームにより引き起こされる美的印象に影響を与えるということと、したがって特定適合化ガイドラインはパラメータyHに対する眼鏡フレームのサイズ及び／又は形式の関係性を予め定め得るということとを考慮することが可能である。

【0113】

適合化ガイドラインの別の例はフレーム外接ボックス内の瞳の位置である。これは図10Dに示される。図10Dは、この場合は右眼のフレーム外接ボックス102を有する眼鏡フレーム81を示す。30

【0114】

瞳の適合化点高さ（下側フレームリムの上の瞳の高さ）はyにより表され、瞳の水平位置はxにより表される。ボックス102の幅はaであり、ボックスの高さはbである。一例として、このとき、適合化ガイドラインは「水平方向において瞳がボックス中心と鼻黄金部分との間に在るべきである、すなわち $a \times 3.82 < x < a \times 0.5$ 」ということを規定し得る。ここで、黄金部分は、 $x = a \times 3.82$ の場合のように $a - x$ に対するxの比がaに対するa-xの比に等しいことを意味する。この黄金部分よりフレームリムの内側により近い眼位置はそれほど美的でないということが一般的に分かる。40

【0115】

同様のガイドラインは垂直方向に眼位置の位置をセットしてもよい：具体的には、瞳はボックス102のボックス中心と中心の上方の黄金部分の値との間の垂直方向に精密に位置が定められる（すなわち $b \times 0.5 < y < b \times 0.618$ ）。

【0116】

適合化ガイドラインはまた、算定式として直接提供され得、ここでは、このとき算定式の変数が上述の特徴である。換言すれば、特定適合化ガイドライン内のフレームパラメータは、項として直接規定され得る、又は最適化ループにより反復的に判断され得る。後者の場合、項の助けを借りて定義される適合化品質が最適化され、項は目標を設定するがこ50

これらの目標は通常は叶えられない。したがって、例えば形式「目標量 = 項」の表現は、最適化の意味の範囲内（例えば最小二乗法の意味の範囲内）で適合化品質に寄与するだけであろうが、この適合化品質を直接には満足しないだろう。

【0117】

工程76における解析は、特に、述べられた補助的特徴に関し、この目的を達成するための目標量及び計算処方箋に関し、そして任意選択的に、既に上に説明したように例えば目標量からの偏差の加重二乗和の形式で利用可能であり且つ追加ペナルティ項を任意選択的に有し得るスカラ量としての品質値に関し、実施される。

【0118】

次に、工程76の項の構文ツリーのリストが工程79において生成される。

10

【0119】

したがって、瞳孔中心の位置、眼の位置及び寸法（例えば眼を囲む矩形）、鼻の位置、配向及び寸法、眉毛の位置及び配向、及び／又は顎の位置などの頭モデルの値の位置、配向及び寸法が工程78において判断される。

【0120】

補助的特徴の構文ツリーの項が工程710において評価される、すなわち、補助的特徴が提示及び判断され、例えば上に説明した値 yH のこれらの補助的特徴の値が工程711において判断される。次に、工程712の最適化工程がある。ここで、パラメトリックフレームモデルのフレームパラメータは変更され、項は目標量が工程713において到達されるまで評価される。これから、適合化ガイドラインに基づき適合化されたフレームパラメータの部分のパラメータセットが714において出現する。特に、これらは美的効果を有するパラメータ：例えば可変フレームリムの場合は、眼鏡フレームのスケーリング、眼鏡フレームの「装用時」前傾角及び／又はフレームリムの形式である。例えば鼻パッドの角度又は眼鏡耳当ての長さ又は鼻梁幅などの別のパラメータが、製造業者により予め定められた標準値に当初維持される。次に、これらは解剖学的適合化（例えば図4の工程41）中に適応化される。

20

【0121】

最適化ループはまた、例えば欧州特許出願第17173929.5号明細書に記載のように仮想装着を含み得る。パラメトリックフレームモデルのパラメータの適合化を含む先の工程が一対の眼鏡の最適適合化への最適化の収斂を保証する。

30

【0122】

仮想装着中に結果として出現すると、第1に例えば回転行列及び変換ベクトルのような提示可能な幾何学的運動のパラメータ（6つの自由度：2017年5月22日時点の独語「*Wikipedia*記事“*Bewegung (Mathematik)*”[“*Motion (Mathematics)*”]を参照）、そして第2にフレームの撓みのパラメータのようなパラメータがある。一般に、後者のパラメータは、曲げ中に耳静止点において横断された角度の単一パラメータである。これは欧州特許出願第17173929.5号明細書に記載のような仮想装着に対応する。上述の仮想装着の結果、フレームの回転及び並進並びに耳当ての変形のパラメータが存在する。

【0123】

40

装着後、すべてのフレーム固有特徴が頭の座標系において利用可能である。この目的を達成するために、幾何学的運動が特徴へ適用される。一例として、個別フレーム（すなわち適合化されたパラメータを有するパラメトリックフレームモデルに対応するフレーム）の右及び左側鼻パッドの位置及び配向が計算される。理想的なケースでは、この位置及び配向はフレーム固有パラメータを適応化する工程において以前に計算された位置に対応すべきである。この工程では、鼻翼の対応特徴は、以下にさらに具体的に説明されるように、フレーム上の特徴に対応付けされた。しかし、鼻領域における個人化への制約のために、場合によっては仮想装着の処理はフレームの位置を判断する際に適合化手順と同じ結果を生じないかもしれない。一例として、これは、フレームの対称的な鼻台（*nose rest*）と併せて実際の鼻の非対称性に起因し得る。しかし、一般に、位置間には非常に

50

わずかな差だけがあるはずである。わずかな差（例えば1mm未満の鼻パッド中心間の距離）の場合、これは無視され得る。比較的大きな差の場合、仮想装着に続く新しい位置が、フレーム固有適合化ガイドラインに基づき判断されるべきパラメータの新しい適合化手順をトリガし得る。フレームモデルのあり得る非互換性に関するオペレータへの通知の形式でのフィードバックもまた可能である。

【0124】

図10A～10Cは、頭80における様々な瞳孔間距離PD₁（図10A）、PD₂（図10B）及びPD₃（図10C）のボックス102内の眼のこの位置決めを解明する。ここで、PD₁は比較的小さい瞳孔間距離であり、PD₂は中間の瞳孔間距離であり、PD₃は比較的大きな瞳孔間距離である。美的適合化のために、フレーム形式100の外側リムが、例えば黄金部分の状態を維持するために図10Aの場合には厚くされるとともに、主末端部を備える。主末端部は眼鏡フレームの中心部分の外側部分であり、内側部分は鼻梁と呼ばれる。したがって、この場合の修正されたパラメータはフレーム形式である。図10Cの場合、主領域又は主鼻梁は所望美的印象を得るために恐らくより大きな鼻梁幅と併せて選択される。

【0125】

図9は、所望美的効果を得るために適合化ガイドラインに基づきパラメータを適合化する例を示す。ここで、図9A～9Cは眼鏡フレーム81のスケーリングの効果を示す。図9Aでは、非常に小さなフレームが人の上に仮想的に置かれるが、これは美的及びファッショントン様によると小さ過ぎる。フレームは図9Cでは大き過ぎる。図9Bでは、フレームは中間サイズを有する。一対の眼鏡の美的適合サイズを保証するために、適合化ガイドラインは、この場合はフレームリムと顔及び/又は眉毛の縁との間の距離を処方し得る。

【0126】

図9D～9Fは鼻梁幅の影響を示す。ここで説明される例示的実施形態では、鼻梁幅は、以下にさらに詳細に説明される鼻上のメガネフレームの解剖学的に正しい適合化を保証するために、解剖学的適合化中に設定される。しかし、鼻梁幅はまた、解剖学的適合化中に追加的に考慮され得る美的印象を変更し得る。小さな鼻梁幅b₁が図9Dでは選択される。ここで、フレームは鼻梁との衝突に起因して非常に高く位置する。鼻梁幅は図9Eにおいて鼻梁幅b₂へ若干拡張された。結果として、眼鏡フレームは若干下側に且つより調和の取れたやり方で着座される。図9Fの場合、鼻梁幅はさらに値b₃まで下げられた。ここで、瞳は例えば黄金部分に基づくフレームリムに対する所定範囲内に位置を定められるという注意が解剖学的適合化の範囲内で払われ得る。

【0127】

その結果、適合化ガイドラインと、頭の生体構造への適合化が続く適合化ガイドラインに基づく適合化への分割との助けを借りて保証され得るものは、眼鏡製造業者の処方箋（特に、美的性質のものである）が満足され得るということである。

【0128】

前述の方法では、そしてまた一対の眼鏡を適合化する他の方法では、例えば欧洲特許出願第17173929.5号明細書に記載された方法では又は従来技術として最初に説明された方法のうちのいくつかでは、頭の3Dモデル上のいくつかの点の位置が必要とされる、及び/又は静止点又は耳静止領域など眼鏡を適合化するためのいくつかの領域を特徴付けるメタデータが必要とされる。1つの選択肢は、このような点又は領域を手動で又はパターン認識方法により判断することにある。次に、別の選択肢が図11～15を参照して説明される。

【0129】

図11は、例示的実施形態による測定点を人の頭の3Dモデル上へ設定する方法を示す。ここで、測定点は上述の方法に使用され得る点（例えば耳、眼、眉毛などの顔特徴を表現する点）を意味するものと理解されるべきである。

【0130】

工程110では、測定点と共にパラメトリック頭モデルが提供される。ここで、パラメ

10

20

30

40

50

トリック頭モデルは頭を記述するパラメトリックモデルである。パラメトリックモデルのパラメータを変更することで、頭モデルにより記述された頭形式を変更する。本明細書で使用される用語「パラメトリック頭モデル」はまた、頭の一部分だけ（例えば眼鏡の適合化に必要な部分（特に、眼、鼻及び耳の領域）だけ）を記述するモデルを含む。パラメトリック頭モデルの例は図13A、13Cを参照して以下に説明される。測定点は、例えば手動選択によりこのパラメトリック頭モデル上に設定される。このような測定点の例は図13A、13Cを参照して同様に以下に説明される。

【0131】

次に、工程111では、パラメトリック頭モデルが人の頭の3Dモデルへ適合化される。この目的を達成するために、パラメトリック頭モデルと人の頭の3Dモデルとの間に可能な限り小さい偏差があるようなやり方（例えば、最小二乗法により又は上に引用されたJ. Boothらによる記事内 の方法により）でパラメトリック頭モデルのパラメータを適合化する任意の従来の最適化方法が使用され得る。次に、工程112では、測定点は適合化に基づき人の頭の3Dモデルへ転送される。異なるやり方で表現すると、適合化されたパラメトリック頭モデル上の測定点の位置は頭の3Dモデル上の対応測定点を設定するために使用される。これは、例えば法線ベクトル（すなわちパラメトリック頭モデル上の測定点の場合には使用されている頭の3Dモデルと垂直なベクトル）の交点を使用することによる、パラメトリック頭モデルの頭の3Dモデルへの投影により実現され得る。精密モデルでは、頭の3Dモデル上の位置としてパラメトリック頭モデル上の測定点の位置を直接使用することも可能である。

10

【0132】

このようにして、パラメトリック頭モデル上に一度だけ設定される必要がある測定点により、任意の頭のほぼ任意の3Dモデルの測定点を判断することが可能である。

【0133】

図12は、一対の眼鏡の仮想適合化の方法に埋め込まれた人の頭の3Dモデル上の測定点を設定するためのパラメトリック頭モデルを使用するより詳細な方法を示す。図12の一対の眼鏡の仮想適合化の方法の代わりに、図1～10を参照して上に説明された方法がまた、図11の方法の可能な応用として役立ち得る。

【0134】

図12において、自由パラメータを含むパラメトリックフレームモデルが工程120において提供される。図12の例示的実施形態では、自由パラメータは解剖学的適合化に役立つ。他の例示的実施形態では、上に説明したように、フレーム固有適合化ガイドラインによる追加の適合化があり得る。

20

【0135】

工程121では、パラメトリック頭モデルが提供される。パラメトリック頭モデルは、例えばA. Brunton, A. Salazar, T. Bolkart, S. Wuhrer, "Review of Statistical Shape Spaces for 3D Data with Comparative Analysis for Human Faces", Computer Vision and Image Understanding, 128:1-17, 2014に説明されるような主成分分析（PCA: principal component analysis）に基づき判断される顔モデル又は頭モデル、又はそうでなければJ. Booth, A. Roussos, S. Zafeiriou, A. Ponniah and D. Dunaway "A 3D Morphable Model learnt from 10,000 faces", 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Patent Recognition (CVPR), Las Vegas, NV 2016 pages 5543-5552 doi:10.1109/CVPR.2016.598に説明されるような頭モデルであり得る。工程122では、人の頭の3Dモデル（例えば図2のカメラデバイスにより生成されたかもしれない）が提供される。

30

40

50

【0136】

工程123では、測定点がパラメトリック頭モデル上で判断される。顔の少なくとも一部分のこのような3Dモデルの例が図14に座標軸と共に呈示される。

【0137】

工程123では、測定点がパラメトリック頭モデル上で判断される。この目的を達成するためには、パラメトリック頭モデルの所謂標準頭が提供される。標準頭は、パラメトリック頭モデルのパラメータが所定標準値を採る頭である。主成分分析に基づく頭モデルの場合、これは、例えば主成分分析の第1の成分に対応する平均的頭であり得る。

【0138】

工程123では、測定点がパラメトリック頭モデル上で設定される。これは手動で点を設定することにより実行され得る。このような規定の例が図13Aに示される。ここでは、複数の点（例えば口の角、鼻の先端、額しわに沿った点、視点、鼻梁、及び鼻翼上の点）がパラメトリック頭モデルの標準頭130上に設定された。別の例が図13Cに示される。ここでは、三角形132（すなわち3点）が頭モデル130の鼻翼上に印される。

【0139】

そして工程124では、パラメトリック頭モデルは、適合化処理を使用することにより人の頭の3Dモデルへ適合化される。適合化処理は、パラメトリック頭モデルが（例えば最小二乗判断基準に従って）人の頭の3Dモデルに可能な限り精密に適合化されるようやり方でパラメトリック頭モデルのパラメータが判断される処理である。工程123、124は任意の順番で行われ得る。工程123は本方法が行われる前に一回だけ行われる必要があるので、判断された測定点は、本方法が様々な人間の頭の様々な3Dモデル及び様々なパラメトリックフレームモデルに関して行われるたびに、使用され得る。

【0140】

次に、工程125では、測定点は適合化済みパラメトリック頭モデルへ転送される。換言すれば、測定点の位置は適合化済み頭モデル上で判断される。この目的を達成するためには、これを元に測定点が工程123において判断された標準頭モデルから適合化済みパラメトリック頭モデルへ到達するために使用されるほぼ同じ変換が、例えばJ. Boothらによる前述の記事に記載のように測定点へ適用される。任意選択的に、工程126では、測定点は頭の3Dモデルへ転送される。工程126が使用されるかどうかは採用されたモデルの精度に（すなわち、どれだけ精確に適合化済みパラメトリック頭モデルが人の頭の3Dモデルに対応するかに）依存する。一例として、工程126は平均二乗偏差が閾値未満であれば省略され得る。適合化済みパラメトリック頭モデルから人の頭の3Dモデルへの測定点の転送は、法線ベクトルが適合化済み頭モデル上のそれぞれの測定点を通して判断され、次にこの法線ベクトルと人の頭の3Dモデルとの交点が人の頭の3Dモデル上の対応測定点として使用される投影により、実施され得る。この例が図13B、13Dに示される。図13Bでは、図13Aの点が人の頭の3Dモデル131上へ投影され、図13Dでは図13Cの三角形132が三角形132'として3Dモデル131上へ投影される。

【0141】

この投影は、パラメトリックモデルが大きな平滑度（特に図14に示すような頭の典型的3Dモデルより大きな平滑度）をしばしば有するので、多くの顔モデルの場合確実に働く。ここで、表面の平滑度は法線ベクトルの局所偏差の尺度として定義され得る。代替的に、近似多項式面からの頭の3Dモデルのポイントクラウドの局所偏差もまた尺度として定義され得る（例えばいずれの場合も5mmの径を有する局所領域において）。多項式面は、無限に多くの回数微分可能であり、その結果、微分幾何学では「平滑」であると呼ばれる。例示的実施形態において適用され得る「移動最小二乗法」（MLS）による局所平滑化は2017年6月8日時点で <http://pointclouds.org/documentation/tutorials/resampling.php> に記載されている。

【0142】

10

20

30

40

50

さらに、手動工程が、頭の3Dモデル上に別の測定点をマーキングするために使用され得る（図12では不図示）。特に、これらは3Dモデルにより容易に検出されない点（例えば髪の毛により覆われた人の部分）であり得る。特に、これは耳の場合かもしれない。したがって、これらの点は人の頭の3Dモデルでは精確に識別可能でなく、前記点は手動で追加され得る。このような測定点の例は耳の基部上の眼鏡耳当ての静止点である。

【0143】

次に、工程127では、特徴が測定点（工程126が無しで済まされれば適合化済み頭モデルにおける測定点、又は工程126が行われる場合は転送済み測定点）に基づき計算される。測定特徴とも呼ばれるこれらの特徴は、測定点のグループに基づいており、例えば頭の領域を定義する。

10

【0144】

特徴は、直接計算により（例えば、空間内の3つの非共線点が面を一意的に定義し、その法線ベクトルが正規化差ベクトルのクロス積により計算され得る；4つの非共線点が球を定義し、5つの非共線点が円柱を定義する）、又は面又は球又は円柱などの幾何学的基本要素（点、線又は領域）のいくつかの測定点への近似により、確定され得る。次に、特徴は、適合化済み幾何学的基本要素のパラメータにより（例えば面の場合は面の法線ベクトル及び参照点により、又は球の場合は球の中心及び半径により、等々により）判断される。工程127において計算されるこのような特徴の例は以下のように規定される：

【0145】

左又は右鼻翼

20

鼻の左又は右鼻翼に関し、鼻支持体の領域又は鼻パッドの領域内のモデルの小領域（例えば6mmの径を有する）に対する近似により定義される面（例えば図13D内の三角形132'に対応する）が特徴として使用され得る。水平及び垂直方向鼻翼角度はこの面の位置及び配向から生じる。ここで、この面は鼻支持体の領域の中心点内の座標軸により交差され、生じる角度は何れの場合も測定される。一例として、三角形132に対応する3点が図13Cの各鼻翼上に印されれば、当該面は3点から計算され得る。4点以上の場合は、当該面は、適合化処理により（例えば一組の点上で主成分分解により又は最小二乗法の助けを借りた適合化により）計算され得る。上述のように、單一面は面内の点（x, y, z）とこの点を通る法線ベクトル（nx, ny, nz）とにより表現可能であり、x, y, zはデカルト座標である。したがって、両方の鼻翼は纏めて、例えば（x[N, 0D], y[N, 0D], z[N, 0D], nx[N, 0D], ny[N, 0D], nz[N, 0D], x[0S, 0D], y[0S, 0D], z[0S, 0D], nx[0S, 0D], ny[0S, 0D], nz[0S, 0D]）のように12タブルとして（すなわち12の値（2点と2つの法線ベクトル）により）表され得る。

30

【0146】

ここで、指標Nは鼻を表し、指標ODは右側の眼（右眼）を表し、指標OSは左側の眼（左眼）を表す。

【0147】

額の曲率

ここで、空間内の円曲線の断面が図13A、13Cに示すような額上の測定点へ適合化され得る。この適合化のパラメータは円が存在する面の中心、半径、法線ベクトルである。この適合化は2つの工程で行われ得る。当初、面は鼻翼について上に説明されたように適合化され、次に、円がこの面内で適合化される。円のこの適合化は、例えば最小二乗法又は任意の他の従来の適合化方法により実行され得る。

40

【0148】

眉毛及び/又は頬骨

ここで、スプライン曲面S（2017年5月23日時点の独語ウィキペディア記事「スプライン」を参照）又は2017年6月8日時点の二変数多項式（例えばhttps://en.wikipedia.org/wiki/Polynomial#Definition「二変数多項式」参照）が眉毛周囲の領域内で及び/又は頬骨のまわりの領域

50

内で眉毛の領域内及び頬骨の領域内の測定点に対し適合化される。スプライン表現 $S(c_1, \dots, c_n)$: $(x, z) \rightarrow y$ では、スプライン関数 S の係数 (c_1, \dots, c_n) は、対応領域（眉毛又は頬骨）内の一組の測定点 $\{(x_1, y_1, z_1), \dots, (x_m, y_m, z_m)\}$ に関し、二乗平均平方根誤差 F が最小となるような、すなわち誤差 F が $F(c_1, \dots, c_n) = \sum_{i=1}^m (y_i - S(c_1, \dots, c_n)(x_i, z_i))^2$ 形式を有するようなやり方で判断される。

【0149】

この表現では、フレームを装着する処理は何れの場合も図14の座標系内の固定 y 値を有する x y 面に対する平行運動によりその後実施されるという仮定がなされる。後部フレームリムと頭の3Dモデルとの間の最小距離が適合化処理により実現されれば、この距離値はスプライン曲面に関するオフセットとして予め提供され得る。次に、接触は y 値における対応関係の結果として検出され得る（ y 値はオフセットとして予め格納されるので）。この目的を達成するために、次に、後部フレームリムの各頂点は眼鏡フレームの適合化後の適合化中に検査され得、座標 (x, y, z) により与えられるそれぞれの頂点は差 $y = y - S(c_1, \dots, c_n)$: (x, z) に関し検査される。モデル内の頂点との接触又はその中に埋められていることが検出されると、眼鏡フレームの位置が適応化され得る又は眼鏡フレームのフレームリムが修正され得る。

【0150】

眼鏡耳当ての静止点として働く耳の基部上の点

この目的を達成するために、頭モデル上の単一点が使用され得る；すなわちこの場合いかなる測定点も組み合わせられる必要がない。他の実施形態では、耳静止曲線は欧州特許出願第17173929.5号明細書に記載のように判断され得る。耳のモデリングの無いモデル（例えば純粋な顔モデル）が使用されれば（上記参照）、又は人の頭の3Dモデルを生成する際に耳が覆われていたならば、耳の基部におけるこの点は、異なるやり方で（例えば頭の3Dモデルの生成のために使用された画像からの機械学習により）生成され得る。この機械学習では、この目的を達成するために、トレーニングされた特徴検出器が画像内の耳の基部における点を検出する目的を達成するために使用され得る。2D画像内で検出されたこれらの点は、別の工程において頭の3Dモデル上へ投影される。このような投影に関する情報は、射影幾何学及びカメラ校正に関する以下の背景文献に見出される：例えば、Hartley and Zisserman, "Multiple View Geometry in Computer Vision", 2000、空間内の直線としての画像ピクセルの表現の頁7から；三角形メッシュと直線との最前交点の計算としての空間内の3Dモデル上への投影 "ray casting" とも呼ばれる；また例えばソフトウェアライブラリ "vtk"、関数 "vtkModifiedBSPTree::IntersectWithLine" を参照されたい。代替的に、このような点はまた、上に説明したように手動で判断され得る。

【0151】

いくつかの例示的実施形態では、眼位置又は瞳位置などのいくつかの点もまた、別個の方法により（例えば図2のカメラにより記録される画像を使用する瞳検出及び角膜検出により）判断され得る。このような判断は欧州特許出願第17153558.3号明細書及び欧州特許出願第17153559.4号明細書に記載されている。

【0152】

工程127においてこのように計算された特徴に基づき、次にパラメトリックフレームモデルのフレームパラメータが工程128において計算される。この計算の例が以下に提供される。しかし、特徴はまた、欧州特許出願第17173929.5号明細書に記載のように特定適合化ガイドラインに基づき上述のフレーム適合化のために又は仮想装着のために使用され得る。

【0153】

一般的に、適合化の目的のために、特徴は、相対位置に関する及び/又は角度又は曲率などの別の特性に関する組み合わせで評価される。工程128におけるフレームパラメー

10

20

30

40

50

タの計算のいくつかの例が以下に説明される。これらもまた、図4の工程41の解剖学的適合化の例として役立ち得る。

【0154】

鼻梁幅

鼻梁幅はDIN EN ISO 8624:2015-12, 付録Aに定義されている。鼻梁幅は、より大きな鼻梁幅の場合には鼻パッド同士がさらに離れて位置し、より狭い鼻梁幅の場合には鼻パッド同士が互いにより接近して位置するので鼻パッド同士の相対位置から生じる。鼻パッドの無い眼鏡フレームの場合、一般化された鼻パッドが、鼻との接触領域として設けられる鼻台の特定領域として定義される。鼻梁幅は、これらの一般化された鼻パッドの中心点同士の間隔として生じる。したがって、鼻梁幅は、両鼻翼上の三角形(図13Dの三角形132'に対応する)の中心点間の間隔に対応し得る。ここでは、幾何学的重心(すなわち角度二等分線の交点)が三角形の中心点と見做され得る。

【0155】

説明目的のために、図16は、鼻パッド160(この意味の範囲内の)及び鼻梁幅161を有するパラメトリックフレームモデルの斜視図を示す。

【0156】

鼻パッドの相対位置及び角度

この適合化は図15において説明される。ここでは、鼻翼は断面として提示される。これは曲線150により表され、鼻パッド151が適合化される。

【0157】

2つの鼻パッドのそれぞれはそれぞれの鼻パッドと接触する面(接平面)により適合化され得る。他の面に関して上に説明したように、鼻パッドのこの面は参照点(x_p, y_p, z_p)と法線ベクトル(n_x, n_y, n_z)とにより近似され得る。特に、参照点は鼻パッドの中心であり得る。従来の意味での鼻パッドの場合、すなわち金属フレームの場合、この中心点は、例えば鼻パッドの重心を外側(すなわちパッドと鼻との接触面)へ投影することにより定義され、このパッド中心はまた、所定点としてパラメータ化可能フレームモデルの一部分であり得る、すなわちこの点はモデルと共に提供される。別個パッドの無いプラスチックフレームの場合、鼻の接触領域(図16内の160)と想定されるフレームの部分は、鼻台又はここでの一般化されたやり方では鼻パッドと呼ばれる。その結果、2つの鼻パッドは同様に12タブルとして次のように表され得、この表現は本例示的実施形態におけるフレームの局所座標系において実現される：

$(x_{[P, O_D]}, y_{[P, O_D]}, z_{[P, O_D]}, n_x_{[P, O_D]}, n_y_{[P, O_D]}, n_z_{[P, O_D]}, x_{[P, O_S]}, y_{[P, O_S]}, z_{[P, O_S]}, n_x_{[P, O_S]}, n_y_{[P, O_S]}, n_z_{[P, O_S]})$ 、ここで、指標Pは鼻パッドを表す。

【0158】

上に説明したように、このとき、鼻パッドの位置及び配向もまた鼻梁幅を意味する。

【0159】

鼻パッドのこの表現では、座標系の座標原点及び配向は、12タブルが参照点への共通回転マッピングと参照点への共通翻訳マッピング及び法線ベクトルにより任意の所望座標系へ転送可能であるので、自由に選択され得る。前提条件は、前述の12タブルのすべてのパラメータが実際にパラメトリックフレームモデル内で自由に選択可能であるということである。実際、パラメータはパラメトリックフレームモデルにおける制約に従い、パラメトリックフレームモデルの個々のパラメータの最大及び最小値が存在する(一例として、フレームは、任意に大きなサイズでは又は任意に大きな又は任意に小さな鼻梁幅では製造され得ない)。いずれにせよ、両方の鼻パッド及び上に述べたような鼻翼は12タブルとして表され得る。

【0160】

上述のデカルト座標における代わりに、法線ベクトルは、空間内の2つの角度及び(実質的に、極座標における表現)により何れの場合も次のように表され得、ここでは1

10

20

30

40

50

が法線ベクトルの長さ(半径)として選択される:

$(n_x, n_y, n_z) = (\sin(\theta) \times \sin(\phi), \cos(\theta) \times \sin(\phi), \cos(\phi))$

【0161】

したがって、このとき、合計10個の自由度が、パッド(従ってまた鼻梁)に関して併せて生じ;次の10タブルとしての表現が得られる:

$(x_{[P, OD]}, y_{[P, OD]}, z_{[P, OD]}, \theta_{OD}, \phi_{OD}, x_{[P, OS]}, y_{[P, OS]}, z_{[P, OS]}, \theta_{OS}, \phi_{OS}) = z_{[P, OS]}$

【0162】

鼻梁幅と鼻パッドの位置との間の関係は図15から明らかである:鼻梁が広げられれば
、それに応じて左及び右パッドの面の参照点同士間の距離の拡大があり、逆も同様である。
。

【0163】

パラメータの数の低下は、鼻梁が対称であり鼻パッドは互いに対しても対称であるという仮定がなされれば発生する。対称面としての図14のyz面により、以下のことが適用される:

$$i \cdot x_{[P, OS]} = -x_{[P, OD]}$$

$$i i \cdot y_{[P, OD]} = y_{[P, OS]} \text{ 及び } z_{[P, OD]} = z_{[P, OS]}$$

$$i i i \cdot [P, OD] = [P, OS] \text{ 及び } [P, OD] = -[P, OS]$$

【0164】

次に、 $(w, y_p, z_p, \theta, \phi)$ が自由パラメータとして生じ、ここで、 $= [P, OD] = [P, OS]$ 及び $= [P, OD] = -[P, OS]$ である。ここで、 w は鼻梁幅である。ここでは、 $x_{[P, OD]} = w/2$ 及び $x_{[P, OS]} = -w/2$ が適用される。その結果、パラメトリックフレームモデルを適合化するために使用され得る5つの自由パラメータは、対称的な場合には存在する。フレームに依存して、上に説明したように、より少ない自由度が存在し得る又は自由度は特定適合化ガイドラインにより制約され得る。

【0165】

パラメトリックフレームモデルを頭の3Dモデルへ適合化するために、鼻パッドの面は鼻翼の面に対応するようなやり方で選択され得る;すなわち、一般的に、鼻パッドの12タブルは鼻翼の12タブルに対応する。

【0166】

一例として、制約として、鼻梁又は鼻パッドの位置はフレームの局所座標系において固定され得る(すなわち、値 y_p 及び z_p が固定される)、又は θ と ϕ との間に固定されれば、線形な関係は θ と ϕ が互いに独立に選択され得ないように選択され得る。

【0167】

縮小された組のフレームパラメータの場合、例えば前述の対称的な場合、平均化が使用され得る。一例として、鼻翼の対応角度 $[P, OD]$ と $[P, OS]$ とが異なれば、平均値が使用され得る。角度間の差が閾値より大きければ、不利な摩耗特性を生じる対称的なフレーム形式の影響に対する警告がこの場合は出力され得る。解剖学的適合化品質を表す品質尺度が、摩耗特性がどれだけ不利かを評価するために使用され得る。このような品質尺度は頭の領域からの眼鏡フレームの前述の距離に基づき計算され得、ここでは、様々な距離が、様々な重み付けを有する品質尺度に含まれ得る。パラメトリックフレームのタイプに依存して、自由パラメータの数は、例えば鼻支持体の領域内の2つのパラメータ(具体的には鼻梁幅と鼻梁角度のパラメータ)までさらに低減され得る。一例として、鼻梁角度は、鼻梁角度に関する Johannes Eber, "Anatomische Brillenanpassung", Verlag Optische Fachveroeffentlichung GmbH, 1987, 頁26, 図24に説明されている。

【0168】

10

20

30

40

50

フレームの前傾角

さらに、フレームの前傾角（「装用時」前傾角とも呼ばれる）は計算されてもよいし、特徴により適合化されてもよい。上に説明したようなフレーム固有適合化ガイドラインが使用される例示的実施形態では、前傾角はこの適合化中に既に設定され得る（図4の工程40）。次にこの前傾角は図12の工程128においてさらに適応化され得る。この目的を達成するために、フレームリム（例えばフレームリムの下側境界の後縁、フレームの正面図における左又は右下角）と前述の頬面（スプライン曲面により表され得る）との間の距離が計算される。次に、前傾角は所定最小距離例えば2mmが保証されるようなやり方で修正される。

【0169】

10

耳当て長さ

耳当て長さは、鼻上のフレームの適合化が例えば前述の鼻パッドにより設定されると工程128において計算される。フレームの耳当て長さを設定する目的のために（これはパラメトリックフレームモデルの自由パラメータであると仮定する）、耳当ての前側静止点が耳の基部における前述の点と合致される。

【0170】

次に、工程129では、工程128において計算されたフレームパラメータがパラメトリックフレームモデルへ適用される。工程1210では、図5の工程56を参照して説明したように仮想装着及び描画がある。任意選択的に、別の最適化（例えば、初めに述べた米国特許出願公開第2016/0327811A1号明細書に説明されるような最適化、又は図5の工程57において説明されたような手動適合化）が工程1211において発生し得る。次に、工程1212では発注システムへの転送がある。別のフレームパラメータ（例えば眼鏡フレームの中心部分の色、眼鏡フレームの眼鏡耳当ての色、眼鏡フレームの蝶番の材料及び色、眼鏡フレームの眼鏡耳当て上の彫刻、設計要素、眼鏡フレームの眼鏡耳当て又は中心部分への塗布）を選択することも可能である。次に、発注された眼鏡フレームは、最初に説明したように例えば付加製造方法を使用することにより、判断されたパラメータに従って製造される。

20

【図1】

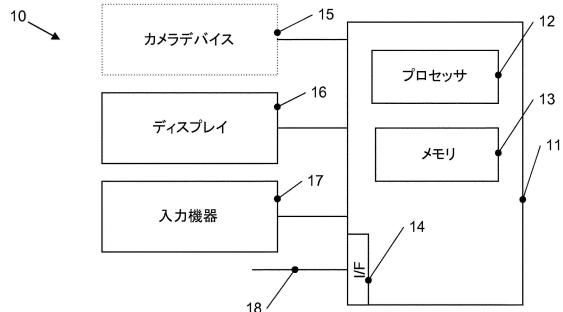


図1

【図2】

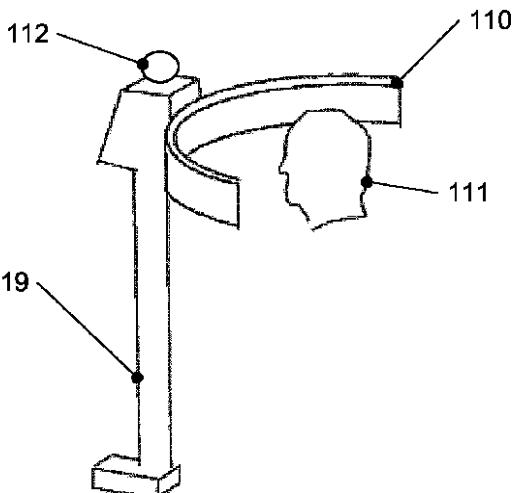


Fig. 2

【図3】

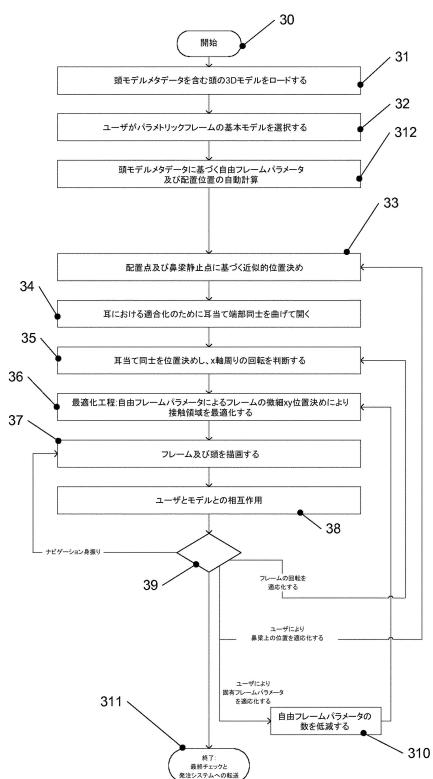


図3

【図4】

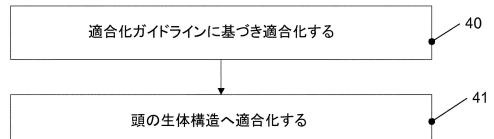


図4

【 図 5 】

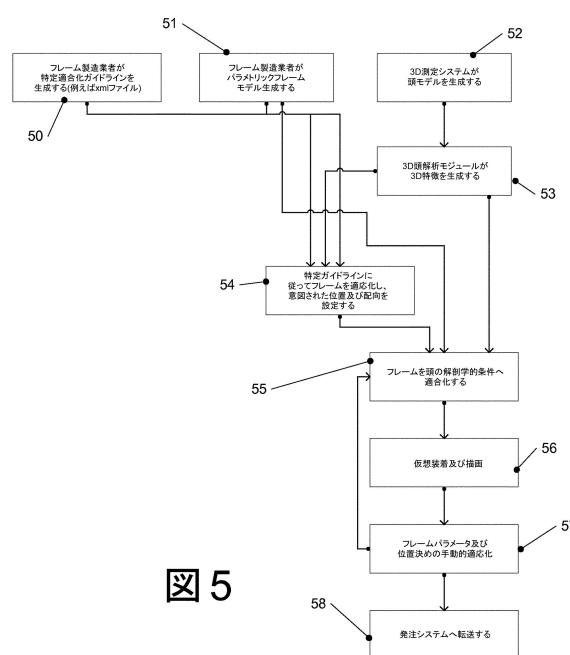


図 5

【 図 6 】

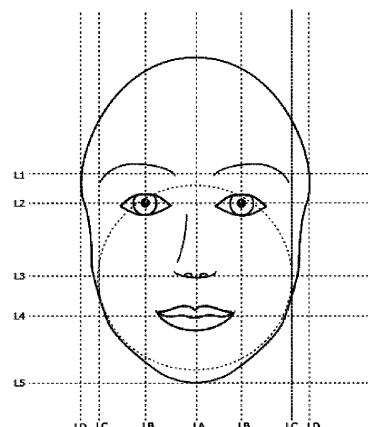
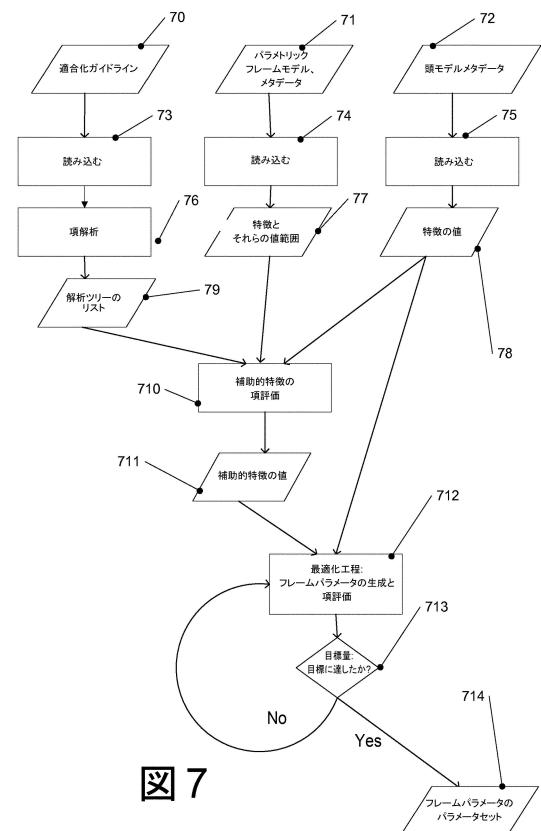


Fig. 6

【図7】



7

【 四 8 】

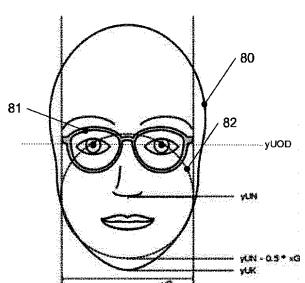


Fig. 8

【図9】

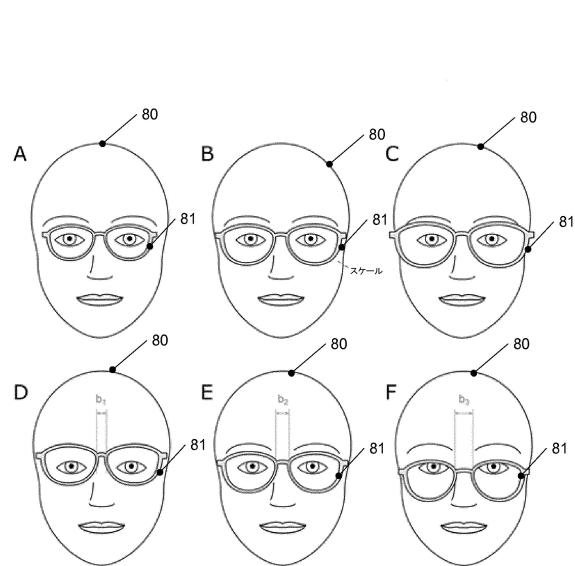
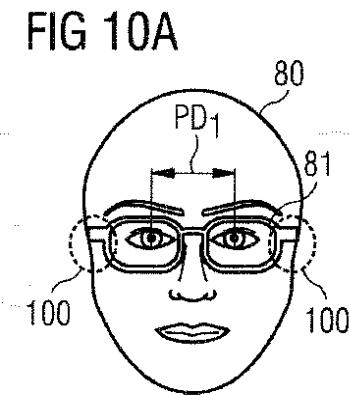
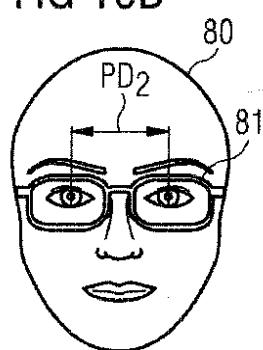


図9

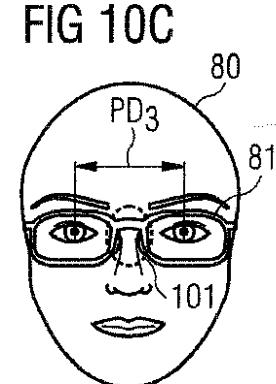
【図10A】



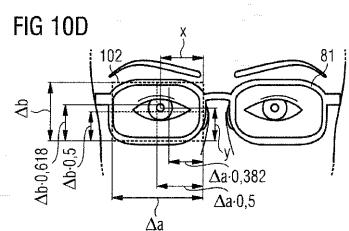
【図10B】



【図10C】

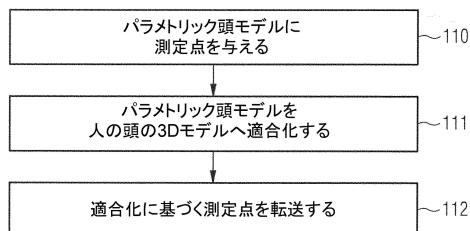


【図10D】



【図11】

図11



【図12】

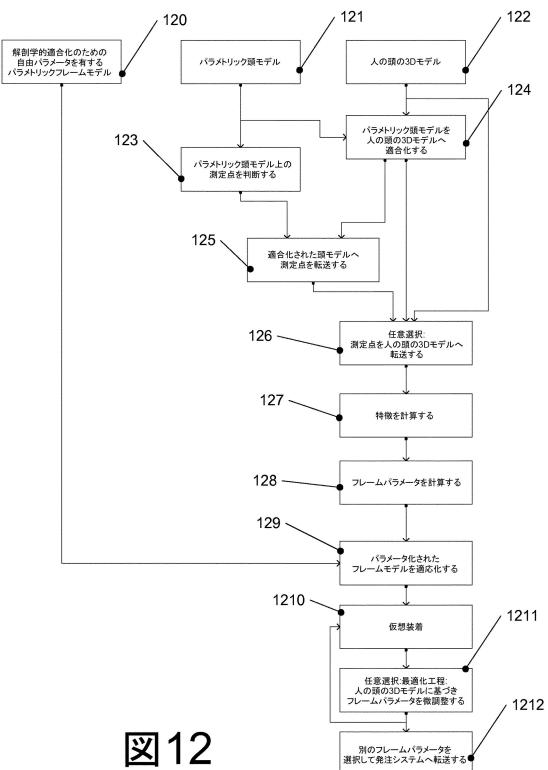
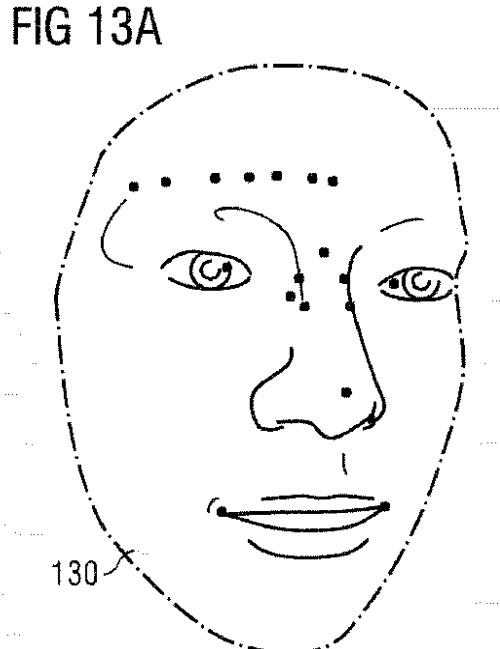
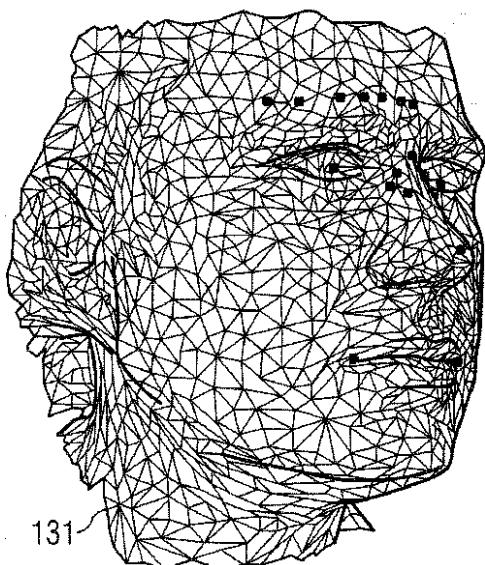


図12

【図13A】

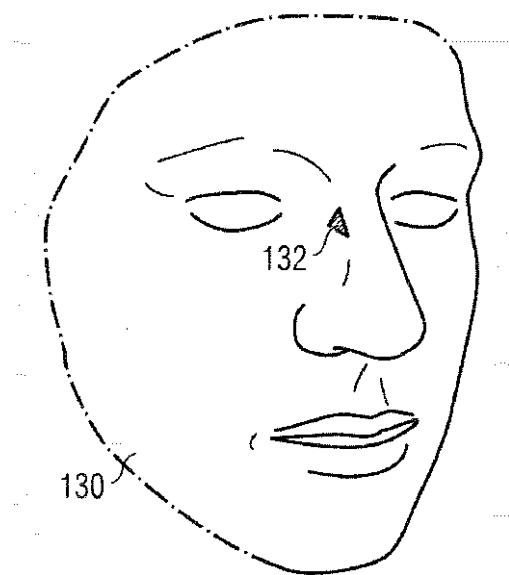


【図13B】



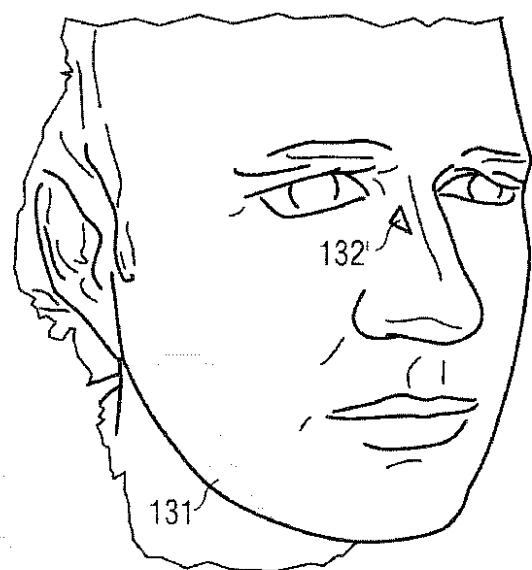
【図 13C】

FIG 13C



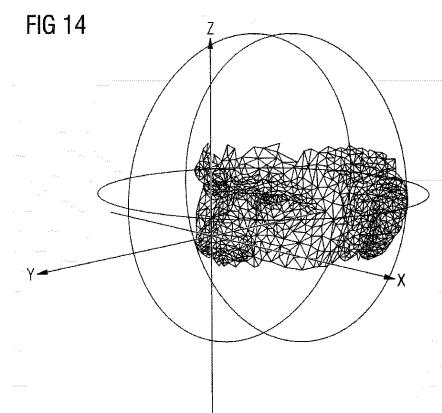
【図 13D】

FIG 13D



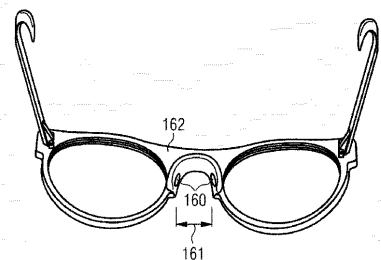
【図 14】

FIG 14



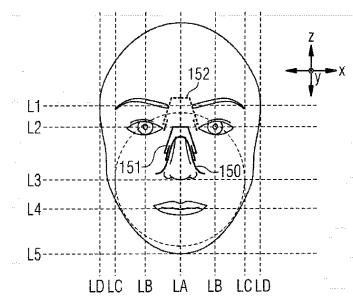
【図 16】

FIG 16



【図 15】

FIG 15



フロントページの続き

(74)代理人 100147692

弁理士 下地 健一

(72)発明者 オリバー シュワルツ

ドイツ国 73479 エルヴァンゲン エルヒシュトラーセ 13

(72)発明者 イヴォ イーケ

ドイツ国 73486 アデルマンスフェルデン ハウプトシュトラーセ 55

審査官 森内 正明

(56)参考文献 米国特許出願公開第2016/0299360(US, A1)

米国特許第6792401(US, B1)

米国特許出願公開第2005/0162419(US, A1)

米国特許出願公開第2016/0327811(US, A1)

米国特許出願公開第2015/0243015(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 C 1 / 00 - 13 / 00

G 06 F 30 / 10 - 30 / 398