

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6502586号
(P6502586)

(45) 発行日 平成31年4月17日 (2019. 4. 17)

(24) 登録日 平成31年3月29日 (2019. 3. 29)

(51) Int. Cl.			F I		
GO 2 B	27/02	(2006. 01)	GO 2 B	27/02	Z
HO 4 N	5/64	(2006. 01)	HO 4 N	5/64	5 1 1 A
GO 2 B	27/22	(2006. 01)	GO 2 B	27/22	
GO 6 T	19/00	(2011. 01)	GO 6 T	19/00	3 0 0 B

請求項の数 17 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2018-528282 (P2018-528282)	(73) 特許権者	515046968
(86) (22) 出願日	平成28年2月10日 (2016. 2. 10)		フェイスブック・テクノロジーズ・リミテッド・ライアビリティ・カンパニー
(65) 公表番号	特表2019-507363 (P2019-507363A)		FACEBOOK TECHNOLOGIES, LLC
(43) 公表日	平成31年3月14日 (2019. 3. 14)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州94025, メンロ パーク, ウィロー ロード 1601
(86) 国際出願番号	PCT/US2016/017397	(74) 代理人	100105957
(87) 国際公開番号	W02017/099824		弁理士 恩田 誠
(87) 国際公開日	平成29年6月15日 (2017. 6. 15)	(74) 代理人	100068755
審査請求日	平成30年8月22日 (2018. 8. 22)		弁理士 恩田 博宣
(31) 優先権主張番号	14/963, 109		
(32) 優先日	平成27年12月8日 (2015. 12. 8)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 焦点調整するバーチャルリアリティヘッドセット

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

バーチャルリアリティ (VR) ヘッドセットであって、
 少なくとも1つのプロセッサと、
 前記バーチャルリアリティヘッドセットを装着しているユーザにバーチャルシーンを表示するように構成された電子ディスプレイ素子と、
 前記電子ディスプレイ素子から前記バーチャルリアリティヘッドセットの射出瞳に光を向けるように構成された光学ブロックと、
 撮像素子を含むアイトラッキングシステムであって、前記ユーザの各眼についての眼の位置と前記ユーザの各眼についての注視線とを決定するように構成された前記アイトラッキングシステムと、
 複数の命令を含むメモリであって、前記複数の命令は、前記少なくとも1つのプロセッサによって実行されると、前記少なくとも1つのプロセッサに、前記ユーザの各眼についての前記注視線の推定交点に基づいて前記ユーザについての輻輳奥行きを決定することを行わせる、前記メモリと、
 前記輻輳奥行きに少なくとも部分的に基づいて前記光学ブロックの焦点距離を変化させるように構成された可変焦点作動ブロックと、を備え、
 前記メモリは、
 前記少なくとも1つのプロセッサによって実行されると、前記少なくとも1つのプロセッサに、

10

20

前記バーチャルシーンのフレームについて、前記光学ブロックの状態を決定することであって、前記光学ブロックの状態は、決定された輻輳奥行きに対する焦点距離と、前記光学ブロックに対する前記ユーザの眼の決定された眼の位置との組み合わせに対応し、前記光学ブロックの各状態は、複数の歪み補正マップのうちの1つの歪み補正マップに関連付けられ、各歪み補正マップは、(1)前記光学ブロックに固有であり且つ決定された輻輳奥行きに対する焦点距離に関連付けられた第1の光学誤差と、(2)前記光学ブロックに対する前記ユーザの眼の決定された眼の位置に関連付けられた第2の光学的誤差との異なる組合せについて補正する、前記光学ブロックの状態を決定すること、

前記フレームについて、前記光学ブロックの状態に基づいて、前記バーチャルシーンのフレームについて前記歪み補正マップを決定すること、

10

前記フレームについての前記光学ブロックの決定された状態によってもたらされる光学誤差について補正するために、前記バーチャルシーンのフレームについて前記歪み補正マップの対象となる前記電子ディスプレイ素子上の前記バーチャルシーンのフレームを表示すること、を行わせる複数の命令をさらに含む、バーチャルリアリティヘッドセット。

【請求項2】

前記可変焦点作動ブロックは、前記光学ブロックと前記電子ディスプレイ素子との間の距離を変化させることにより、前記光学ブロックの焦点距離を変化させるように構成された、請求項1に記載のバーチャルリアリティヘッドセット。

【請求項3】

前記可変焦点作動ブロックは、前記光学ブロックに含まれるレンズの形状または光路長を変化させることにより、前記光学ブロックの焦点距離を変化させるように構成された、請求項1に記載のバーチャルリアリティヘッドセット。

20

【請求項4】

前記光学ブロックのレンズの形状または光路長を変化させることは、形状変化ポリマーレンズ、液体レンズおよびエレクトロウェットティング、アルバレスローマンレンズ、変形可能膜ミラー、液晶(電気活性)レンズ、位相限定空間光変調器(SLM)およびそれらの任意の組合せからなる群から選択される少なくとも1つを使用することを含む、請求項3に記載のバーチャルリアリティヘッドセット。

【請求項5】

前記バーチャルリアリティヘッドセットの位置および向きを決定するように構成された1つ以上の位置センサを含むヘッド位置トラッキングシステムをさらに備え、

30

前記少なくとも1つのプロセッサによって実行されると、前記少なくとも1つのプロセッサに、前記ユーザの各眼についての前記注視線の推定交点に基づいて前記ユーザについての前記輻輳奥行きを決定することを行わせる前記複数の命令は、前記少なくとも1つのプロセッサに、

前記バーチャルリアリティヘッドセットの位置および向きに基づいて、前記ユーザが見ている前記バーチャルシーンの一部分を決定させ、

前記ユーザが見ている前記バーチャルシーンの一部分における複数の距離を特定するシーンジオメトリデータに対する前記輻輳奥行きの比較に基づいて、フィルタリングされた輻輳奥行きを生成させる、請求項1に記載のバーチャルリアリティヘッドセット。

40

【請求項6】

前記可変焦点作動ブロックは、前記フィルタリングされた輻輳奥行きに少なくとも部分的に基づいて、前記光学ブロックの焦点距離を変化させるように構成された、請求項5に記載のバーチャルリアリティヘッドセット。

【請求項7】

バーチャルリアリティヘッドセットであって、
 少なくとも1つのプロセッサと、
 バーチャルシーンを表示するように構成された電子ディスプレイと、
 前記電子ディスプレイから前記バーチャルリアリティヘッドセットの射出瞳に光を向けるように構成された光学ブロックと、

50

ユーザの各眼についての眼の位置と、前記ユーザの各眼についての注視線と、前記注視線の交点に対応する輻輳奥行きとを決定するように構成されたアイトラッキングシステムと、

前記輻輳奥行きに少なくとも部分的に基づいて前記光学ブロックの焦点距離を変化させるように構成された可変焦点作動ブロックと、を備え、

前記少なくとも1つのプロセッサによって実行されると、前記少なくとも1つのプロセッサに、

前記バーチャルシーンのフレームについて、前記光学ブロックの状態を決定することであって、前記光学ブロックの状態は、決定された輻輳奥行きに対する焦点距離と、前記光学ブロックに対する前記ユーザの眼の決定された眼の位置との組み合わせに対応し、前記光学ブロックの各状態は、複数の歪み補正マップのうちの1つの歪み補正マップに関連付けられ、各歪み補正マップは、(1)前記光学ブロックに固有であり且つ決定された輻輳奥行きに対する焦点距離に関連付けられた第1の光学誤差と、(2)前記光学ブロックに対する前記ユーザの眼の決定された眼の位置に関連付けられた第2の光学的誤差との異なる組合せについて補正する、前記光学ブロックの状態を決定すること、

前記フレームについて、前記光学ブロックの状態に基づいて、前記バーチャルシーンのフレームについて前記歪み補正マップを決定すること、

前記フレームについての前記光学ブロックの決定された状態によってもたらされる光学誤差について補正するために、前記バーチャルシーンのフレームについて前記歪み補正マップの対象となる前記電子ディスプレイ素子上の前記バーチャルシーンのフレームを表示すること、を行わせる複数の命令を含むメモリをさらに備えるバーチャルリアリティヘッドセット。

【請求項8】

前記バーチャルリアリティヘッドセットの位置および向きを決定するように構成された1つ以上の位置センサを含むヘッド位置トラッキングシステムと、

複数の命令を含むメモリであって、前記複数の命令は、前記少なくとも1つのプロセッサによって実行されると、前記少なくとも1つのプロセッサに、

前記バーチャルリアリティヘッドセットの位置および向きに基づいて、前記ユーザが見ている前記バーチャルシーンの一部分を決定すること、

前記ユーザが見ている前記バーチャルシーンの一部分における複数の距離を特定するシーンジオメトリデータに対する前記輻輳奥行きの比較に基づいて、フィルタリングされた輻輳奥行きを生成すること、を行わせる、前記メモリと、をさらに備える請求項7に記載のバーチャルリアリティヘッドセット。

【請求項9】

前記可変焦点作動ブロックは、前記フィルタリングされた輻輳奥行きに少なくとも部分的に基づいて、前記光学ブロックの焦点距離を変化させるように構成された、請求項8に記載のバーチャルリアリティヘッドセット。

【請求項10】

前記可変焦点作動ブロックは、前記光学ブロックと前記電子ディスプレイとの間の距離を変化させることにより、前記光学ブロックの焦点距離を変化させるように構成された、請求項7に記載のバーチャルリアリティヘッドセット。

【請求項11】

前記可変焦点作動ブロックは、前記光学ブロックに含まれるレンズの形状または光路長を変化させることにより、前記光学ブロックの焦点距離を変化させるように構成された、請求項7に記載のバーチャルリアリティヘッドセット。

【請求項12】

前記光学ブロックのレンズの形状または光路長を変化させることは、形状変化ポリマーレンズ、液体レンズおよびエレクトロウェットティング、アルバレスローマンレンズ、変形可能膜ミラー、液晶(電気活性)レンズ、位相限定空間光変調器(SLM)およびそれらの任意の組合せからなる群から選択される少なくとも1つを使用す

10

20

30

40

50

ることを含む、請求項 1 1 に記載のバーチャルリアリティヘッドセット。

【請求項 1 3】

前記メモリは、前記少なくとも 1 つのプロセッサによって実行されると、前記少なくとも 1 つのプロセッサに、

各眼の決定された眼の位置について、各眼と前記光学ブロックとの間の距離または前記光学ブロックに対する各眼の位置のうちの少なくとも 1 つを決定することをさらに行わせる前記複数の命令を含み、

前記光学ブロックの各状態は、前記光学ブロックの焦点距離、および、各眼と前記光学ブロックとの間の距離または前記光学ブロックに対する各眼の位置のうちの少なくとも 1 つに関連し、

10

各歪み補正マップはさらに、各眼と前記光学ブロックとの間の距離または前記光学ブロックに対する各眼の位置のうちの少なくとも 1 つによってもたらされる光学誤差について補正する、請求項 1 2 に記載のバーチャルリアリティヘッドセット。

【請求項 1 4】

方法であって、

バーチャルシーンを提示している電子ディスプレイ素子から光学ブロックを介してバーチャルリアリティヘッドセットの射出瞳に光を向ける前記バーチャルリアリティヘッドセットを介して、ユーザに前記バーチャルシーンを表示すること、

前記バーチャルリアリティヘッドセットに含まれるアイトラッキングシステムによって撮像された前記ユーザの各眼の画像を介して前記ユーザの各眼についての眼の位置と前記ユーザの各眼についての注視線とを決定すること、

20

前記ユーザの各眼についての前記注視線の推定交点と前記ユーザの各眼についての眼の位置とに基づき前記ユーザについての輻輳奥行きを決定することであって、

前記バーチャルシーンのフレームについて、前記光学ブロックの状態を決定することであって、前記光学ブロックの状態は、決定された輻輳奥行きに対する焦点距離と、前記光学ブロックに対する前記ユーザの眼の決定された眼の位置との組み合わせに対応し、前記光学ブロックの各状態は、複数の歪み補正マップのうちの 1 つの歪み補正マップに関連付けられ、各歪み補正マップは、(1) 前記光学ブロックに固有であり且つ決定された輻輳奥行きに対する焦点距離に関連付けられた第 1 の光学誤差と、(2) 前記光学ブロックに対する前記ユーザの眼の決定された眼の位置に関連付けられた第 2 の光学的誤差との異なる組合せについて補正する、前記光学ブロックの状態を決定すること、

30

前記フレームについて、前記光学ブロックの状態に基づいて、前記バーチャルシーンのフレームについて前記歪み補正マップを決定すること、

前記フレームについての前記光学ブロックの決定された状態によってもたらされる光学誤差について補正するために、前記バーチャルシーンのフレームについて前記歪み補正マップの対象となる前記電子ディスプレイ素子上の前記バーチャルシーンのフレームを表示すること、

に基づいて、前記ユーザの各眼についての前記注視線の推定交点と前記ユーザの各眼についての眼の位置とに基づき前記ユーザについての輻輳奥行きを決定すること、

前記ユーザについての決定された輻輳奥行きに少なくとも部分的に基づいて前記電子ディスプレイ素子から前記バーチャルリアリティヘッドセットの前記射出瞳に光を向ける前記光学ブロックの焦点距離を調整すること、を備える方法。

40

【請求項 1 5】

前記ユーザについての決定された輻輳奥行きに少なくとも部分的に基づいて前記電子ディスプレイ素子から前記バーチャルリアリティヘッドセットの射出瞳に光を向ける前記光学ブロックの焦点距離を調整することは、

決定された輻輳奥行きを調節するよう前記光学ブロックと前記電子ディスプレイ素子との間の距離を変化させることを含む、請求項 1 4 に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記ユーザについての決定された輻輳奥行きに少なくとも部分的に基づいて前記電子デ

50

ディスプレイ素子から前記バーチャルリアリティヘッドセットの射出瞳に光を向ける前記光学ブロックの焦点距離を調整することは、

決定された輻輳奥行きを調節するよう前記光学ブロックに含まれる1つ以上のレンズの形状を変化させることを含む、請求項15に記載の方法。

【請求項17】

前記ユーザについての決定された輻輳奥行きに少なくとも部分的に基づいて前記電子ディスプレイ素子から前記バーチャルリアリティヘッドセットの射出瞳に光を向ける前記光学ブロックの焦点距離を調整することは、

前記バーチャルリアリティヘッドセットの位置および向きを決定すること、

前記バーチャルリアリティヘッドセットの位置および向きに基づいて、前記ユーザが見ている前記バーチャルシーンの一部分を決定すること、

前記ユーザが見ている前記バーチャルシーンの一部分における複数の距離を特定するシーンジオメトリデータに対する前記輻輳奥行きの比較に基づいて、フィルタリングされた輻輳奥行きを生成すること、

フィルタリングされた輻輳奥行きに少なくとも部分的に基づいて前記電子ディスプレイ素子から前記バーチャルリアリティヘッドセットの射出瞳に光を向ける前記光学ブロックの焦点距離を調整すること、を含む、請求項15に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、概して、電子ディスプレイからの画像をエンハンスすることに関し、具体的には、画像をエンハンスするために光学系の焦点距離を変化させることに関する。

【背景技術】

【0002】

バーチャルリアリティ(VR)ヘッドセットは、仮想環境をシミュレートするために使用されることができる。例えば、立体画像は、奥行き錯覚をシミュレートするためにヘッドセット内の電子ディスプレイ上に表示されることができ、複数のヘッドトラッキングセンサ(head tracking sensors)は、ユーザが仮想環境のどの部分を見ているかを推定するために使用されることができる。このようなシミュレーションは、しかし、既存のヘッドセットが正しくレンダリングできないこと、あるいは別様には輻輳調節矛盾について補償できないことから生じる視覚疲労および吐き気を引き起こす可能性がある。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0003】

バーチャルリアリティヘッドセットは、ユーザが見るバーチャルリアリティヘッドセットによって提示されるバーチャルシーン内の場所に基づいて自動的にその焦点を調整する。3次元(3D)バーチャルシーンは、バーチャルリアリティヘッドセットの電子ディスプレイ素子(例えば、スクリーン)上に提示され、電子ディスプレイ素子からユーザの眼へと画像光を向ける光学ブロックの焦点距離は、ユーザが見ているバーチャルシーン内の場所または物体に基づいて、可変焦点素子(例えば、光学ブロック内のレンズ系と電子ディスプレイ素子との間の距離を機械的に変化させる素子、光学ブロック内のレンズ系における1つ以上のレンズの形状を変化させる素子等)を使用して調整される。例えば、バーチャルリアリティヘッドセットは、ユーザの眼をトラッキングして注視線を近似し、注視線の交点の推定点として輻輳奥行き(vergence depth)を含む注視点を決定する。バーチャルシーンの特定フレームについての物体または焦点面を特定する注視点は、バーチャルリアリティヘッドセットによってユーザに提示される。

【0004】

注視線はしばしば交差せず、ユーザの眼の場所または位置に基づく近似であり、注視線から推定された注視点の輻輳奥行きは、バーチャルリアリティヘッドセットにより提示されるバーチャルシーンについてのジオメトリデータを使用してさらに洗練またはフィルタ

10

20

30

40

50

リングされ得る。ユーザの頭および眼の位置に基づいて、バーチャルリアリティヘッドセットは、バーチャルリアリティヘッドセットにより提示される、ユーザが見ているバーチャルシーン内の場所または物体を特定する。ユーザが見ているバーチャルシーン内の場所または物体とバーチャルシーンについてのジオメトリデータ（すなわち、バーチャルシーン内の物体間の仮想距離）とに基づいて、バーチャルリアリティヘッドセットは、推定された輻輳奥行きおよび注視点を補正する。

【0005】

様々な実施形態では、可変焦点素子は、輻輳および調節の変化として快適ゾーンにユーザの眼を保つために注視点についての補正された推定輻輳奥行きで光学ブロックの焦点を合わせるよう光学ブロックの焦点距離を調整する。さらに、補正された推定輻輳奥行きで物体または焦点面が与えられると、バーチャルリアリティヘッドセットは、奥行きキューを提供するためにバーチャルシーンをレンダリングするときに物体または焦点面に基づいてフィールドブラー（field blur）の奥行きを動的に追加し得る。

10

【0006】

本発明による実施形態は、方法、記憶媒体、システムおよびコンピュータプログラム製品を対象とする添付の請求項で特に開示され、ある請求項のカテゴリ、例えば方法、で述べられた任意の特徴は、別の請求項のカテゴリ、例えばシステム、でも同様に請求されることができる。添付の請求項の従属性または後方参照は、形式上の理由でのみ選択されている。しかし、任意の先行請求項への意図的な後方参照から生じる任意の主題（特に多項従属）は同様に請求されることができるので、添付の請求項で選ばれた従属性に関係なく、請求項およびその特徴の任意の組合せが開示され、請求されることができる。請求することのできる主題は、添付の請求項に記載される特徴の組合せだけでなく、請求項の特徴の任意の他の組合せも含み、請求項で述べられる各特徴は請求項の任意の他の特徴または他の特徴の組合せと組み合わせることができる。さらに、本明細書で記述または示される実施形態および特徴のいずれも、個別の請求項で、および/または、本明細書で記述もしくは示される任意の実施形態もしくは特徴または添付の請求項の特徴のいずれかとの任意の組合せで請求することができる。

20

【0007】

本発明による実施形態では、バーチャルリアリティ（VR）ヘッドセットは、少なくとも1つのプロセッサと、VRヘッドセットを装着しているユーザにバーチャルシーンを表示するように構成された電子ディスプレイ素子と、電子ディスプレイ素子からVRヘッドセットの射出瞳に光を向けるように構成された光学ブロックと、撮像素子を含むアイトラッキングシステムであって、ユーザの各眼に関する眼の位置とユーザの各眼についての注視線とを決定するように構成されたアイトラッキングシステムと、少なくとも1つのプロセッサによって実行されると、少なくとも1つのプロセッサに、ユーザの各眼についての注視線の推定交点に基づいてユーザについての輻輳奥行きを決定することを伴う命令を含むメモリと、輻輳奥行きに少なくとも部分的に基づいて光学ブロックの焦点距離を変化させるように構成された可変焦点作動ブロックと、を備える。

30

40

【0008】

可変焦点作動ブロックは、光学ブロックと電子ディスプレイ素子との間の距離を変化させることにより、光学ブロックの焦点距離を変化させるように構成され得る。

可変焦点作動ブロックは、光学ブロックに含まれるレンズの形状または光路長を変化させることにより、光学ブロックの焦点距離を変化させるように構成され得る。

【0009】

光学ブロックのレンズの形状または光路長を変化させることは、形状変化ポリマーレン

50

ズ、液体レンズおよびエレクトロウエッティング、アルバレス ローマン (Alvarez-Lohmann) レンズ、変形可能膜ミラー、液晶 (電気活性) レンズ、位相限定空間光変調器 (SLM) およびそれらの任意の組合せからなる群から選択される少なくとも1つを使用することを含み得る。

【0010】

メモリは、少なくとも1つのプロセッサによって実行されると、少なくとも1つのプロセッサに、

バーチャルシーンのフレームについて、バーチャルシーンの1つ以上の以前に提示されたフレームにおける光学ブロックの状態に基づいて光学ブロックの状態を決定することであって、光学ブロックの各状態は、光学ブロックの状態によってもたらされる光学誤差について補正する歪み補正マップに関連付けられている、決定することと、

10

フレームについての光学ブロックの状態に基づいて、フレームについての光学ブロックの決定された状態によってもたらされる光学誤差について補正するために、バーチャルシーンのフレームについて歪み補正マップを決定することと、

フレームについての光学ブロックの決定された状態によってもたらされる光学誤差について補正するために、バーチャルシーンのフレームについて歪み補正マップの対象となる電子ディスプレイ素子上のバーチャルシーンのフレームを表示することと、

を行わせる命令をさらに含み得る。

【0011】

本発明による実施形態では、VRヘッドセットは、VRヘッドセットの位置および向きを決定するように構成された1つ以上の位置センサを含むヘッド位置トラッキングシステムをさらに備え、少なくとも1つのプロセッサによって実行されると、少なくとも1つのプロセッサに、ユーザの各眼についての注視線の推定交点に基づいてユーザについての輻輳奥行きを決定することを行わせる命令は、少なくとも1つのプロセッサに、

20

VRヘッドセットの位置および向きに基づいて、ユーザが見ているバーチャルシーンの部分を決定させ、

ユーザが見ているバーチャルシーンの部分内の距離を特定するシーンジオメトリデータに対する輻輳奥行きの比較に基づいて、フィルタリングされた輻輳奥行きを生成させ得る。

【0012】

可変焦点作動ブロックは、フィルタリングされた輻輳奥行きに少なくとも部分的に基づいて、光学ブロックの焦点距離を変化させるように構成され得る。

30

本発明による実施形態では、ヘッドセットは、

少なくとも1つのプロセッサと、

バーチャルシーンを表示するように構成された電子ディスプレイと、

電子ディスプレイからVRヘッドセットの射出瞳に光を向けるように構成された光学ブロックと、

ユーザの各眼についての眼の位置と、ユーザの各眼についての注視線と、注視線の交点に対応する輻輳奥行きとを決定するように構成されたアイトラッキングシステムと、

輻輳奥行きに少なくとも部分的に基づいて光学ブロックの焦点距離を変化させるように構成された可変焦点作動ブロックと、

40

を備え得る。

【0013】

本発明による実施形態では、ヘッドセットは、

VRヘッドセットの位置および向きを決定するように構成された1つ以上の位置センサを含むヘッド位置トラッキングシステムと、

少なくとも1つのプロセッサによって実行されると、少なくとも1つのプロセッサに、

VRヘッドセットの位置および向きに基づいて、ユーザが見ているバーチャルシーンの部分を決定することと、

ユーザが見ているバーチャルシーンの部分内の距離を特定するシーンジオメトリデータ

50

に対する輻輳奥行きと比較に基づいて、フィルタリングされた輻輳奥行きを生成することと、

を行わせる命令を含むメモリと、
をさらに備え得る。

【0014】

可変焦点作動ブロックは、フィルタリングされた輻輳奥行きに少なくとも部分的に基づいて、光学ブロックの焦点距離を変化させるように構成され得る。

可変焦点作動ブロックは、光学ブロックと電子ディスプレイとの間の距離を変化させることにより、光学ブロックの焦点距離を変化させるように構成され得る。

【0015】

可変焦点作動ブロックは、光学ブロックに含まれるレンズの形状または光路長を変化させることにより、光学ブロックの焦点距離を変化させるように構成され得る。

光学ブロックのレンズの形状または光路長を変化させることは、形状変化ポリマーレンズ、液体レンズおよびエレクトロウエットティング、アルバレスローマンレンズ、変形可能膜ミラー、液晶（電気活性）レンズ、位相限定空間光変調器（SLM）およびそれらの任意の組合せからなる群から選択される少なくとも1つを使用することを含み得る。

【0016】

本発明による実施形態では、ヘッドセットは、少なくとも1つのプロセッサによって実行されると、少なくとも1つのプロセッサに、

バーチャルシーンのフレームについて、バーチャルシーンの1つ以上の以前に提示されたフレームにおける光学ブロックの状態に基づいて光学ブロックの状態を決定することとあって、光学ブロックの各状態は、光学ブロックの状態によってもたらされる光学誤差について補正する歪み補正マップに関連付けられている、決定することと、

フレームについての光学ブロックの状態に基づいて、フレームについての光学ブロックの決定された状態によってもたらされる光学誤差について補正するために、バーチャルシーンのフレームについて歪み補正マップを決定させ、

フレームについての光学ブロックの決定された状態によってもたらされる光学誤差について補正するために、バーチャルシーンのフレームについて歪み補正マップの対象となる電子ディスプレイ素子上のバーチャルシーンのフレームを表示することと、

を行わせる命令を含むメモリをさらに備え得る。

【0017】

メモリは、少なくとも1つのプロセッサによって実行されると、少なくとも1つのプロセッサに、

各眼の決定された眼の位置について、各眼と光学ブロックとの間の距離または光学ブロックに対する各眼の位置のうちの少なくとも1つを決定することをさらに行わせ得る命令を含み、

光学ブロックの各状態は、光学ブロックの焦点距離、および、各眼と光学ブロックとの間の距離または光学ブロックに対する各眼の位置のうちの少なくとも1つに関連し、

各歪み補正マップはさらに、各眼と光学ブロックとの間の距離または光学ブロックに対する各眼の位置のうちの少なくとも1つによってもたらされる光学誤差について補正する

【0018】

本発明による実施形態では、方法は、

バーチャルシーンを提示している電子ディスプレイ素子から光学ブロックを介してバーチャルリアリティヘッドセットの射出瞳に光を向けるバーチャルリアリティヘッドセットを介して、ユーザにバーチャルシーンを表示することと、

バーチャルリアリティヘッドセットに含まれるアイトラッキングシステムによって撮像されたユーザの各眼の画像を介してユーザの各眼についての眼の位置とユーザの各眼についての注視線とを決定することと、

ユーザの各眼についての注視線の推定交点とユーザの各眼についての眼の位置とに基づ

10

20

30

40

50

いてユーザについての輻輳奥行きを決定することと、

ユーザについての決定された輻輳奥行きに少なくとも部分的に基づいて電子ディスプレイ素子からバーチャルリアリティヘッドセットの射出瞳に光を向ける光学ブロックの焦点距離を調整することと、

を備え得る。

【0019】

ユーザについての決定された輻輳奥行きに少なくとも部分的に基づいて電子ディスプレイ素子からバーチャルリアリティヘッドセットの射出瞳に光を向ける光学ブロックの焦点距離を調整することは、

決定された輻輳奥行きを調節するよう光学ブロックと電子ディスプレイ素子との間の距離を変化させること

を備え得る。

【0020】

ユーザについての決定された輻輳奥行きに少なくとも部分的に基づいて電子ディスプレイ素子からバーチャルリアリティヘッドセットの射出瞳に光を向ける光学ブロックの焦点距離を調整することは、

決定された輻輳奥行きを調節するよう光学ブロックに含まれる1つ以上のレンズの形状を変化させること

を備え得る。

【0021】

ユーザについての決定された輻輳奥行きに少なくとも部分的に基づいて電子ディスプレイ素子からバーチャルリアリティヘッドセットの射出瞳に光を向ける光学ブロックの焦点距離を調整することは、

バーチャルリアリティヘッドセットの位置および向きを決定することと、

VRヘッドセットの位置および向きに基づいて、ユーザが見ているバーチャルシーンの部分を決定することと、

ユーザが見ているバーチャルシーンの部分内の距離を特定するシーンジオメトリデータに対する輻輳奥行きの比較に基づいて、フィルタリングされた輻輳奥行きを生成することと、

フィルタリングされた輻輳奥行きに少なくとも部分的に基づいて電子ディスプレイ素子からバーチャルリアリティヘッドセットの射出瞳に光を向ける光学ブロックの焦点距離を調整することと、

を備え得る。

【0022】

本発明による実施形態では、方法は、

バーチャルシーンのフレームについて、バーチャルシーンの1つ以上の以前に提示されたフレームにおける光学ブロックの状態に基づいて光学ブロックの状態を決定することであって、光学ブロックの各状態は、光学ブロックの状態によってもたらされる光学誤差について補正する歪み補正マップに関連付けられる、決定することと、

フレームについての光学ブロックの状態に基づいて、フレームについての光学ブロックの決定された状態によってもたらされる光学誤差を補正するために、バーチャルシーンのフレームについて歪み補正マップを決定することと、

フレームについての光学ブロックの決定された状態によってもたらされる光学誤差について補正するために、バーチャルシーンのフレームについて歪み補正マップの対象となる電子ディスプレイ素子上のバーチャルシーンのフレームを表示することと、

をさらに備え得る。

【0023】

本発明によるさらなる実施形態では、1つ以上のコンピュータ可読非一時的記憶媒体は、本発明による方法または上述のいずれかの実施形態を実行するために実行されると動作可能であるソフトウェアを具現化する。

10

20

30

40

50

【0024】

本発明によるさらなる実施形態では、システムは、1つ以上のプロセッサと、プロセッサに結合されて、プロセッサによって実行可能な命令を備える少なくとも1つのメモリとを備え、プロセッサは、本発明による方法または上述のいずれかの実施形態を実行するために命令が実行されると動作可能である。

【0025】

本発明によるさらなる実施形態では、好ましくはコンピュータ可読非一時的記憶媒体を備えるコンピュータプログラム製品は、本発明による方法または上述のいずれかの実施形態を実行するためにデータ処理システム上で実行されると動作可能である。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】少なくとも1つの実施形態による、例示のバーチャルリアリティシステムを示す。

【図2】少なくとも1つの実施形態による、バーチャルリアリティヘッドセットの図を示す。

【図3】少なくとも1つの実施形態による、バーチャルリアリティヘッドセットを示す。

【図4】少なくとも1つの実施形態による、バーチャルリアリティヘッドセットの光学ブロックの焦点距離を調整することにより、輻輳調節矛盾を緩和するための例示的なプロセスを示す。

【図5】少なくとも1つの実施形態による、眼の位置をトラッキングするためのカメラを含むバーチャルリアリティヘッドセットの断面を示す。

【図6】少なくとも1つの実施形態による、シーンジオメトリに基づいて輻輳奥行きをフィルタリングするための例示的なプロセスを示す。

【図7A】現実の世界での輻輳と眼の焦点距離との関係を示す。

【図7B】3次元ディスプレイにおける輻輳と眼の焦点距離との間の矛盾を示す。

【図8A】少なくとも1つの実施形態による、可変焦点素子を使用してディスプレイスクリーンと光学ブロックとの間の距離を変化させることによって、バーチャルリアリティヘッドセットの光学ブロックの焦点距離を調整するための例示的なプロセスを示す。

【図8B】少なくとも1つの実施形態による、可変焦点素子を使用してディスプレイスクリーンと光学ブロックとの間の距離を変化させることによって、バーチャルリアリティヘッドセットの光学ブロックの焦点距離を調整するための例示的なプロセスを示す。

【図9A】少なくとも1つの実施形態による、可変焦点素子を使用してバーチャルリアリティヘッドセットの光学ブロックの形状または光路長を変化させることにより、焦点距離を調整するための例示的なプロセスを示す。

【図9B】少なくとも1つの実施形態による、可変焦点素子を使用してバーチャルリアリティヘッドセットの光学ブロックの形状または光路長を変化させることにより、焦点距離を調整するための例示的なプロセスを示す。

【発明を実施するための形態】

【0027】

図面は、例示のみの目的のために、本開示の実施形態を示す。当業者は、本明細書に例示の構造および方法の代替実施形態が、本明細書に記載の開示の原理またはうたわれる利点から逸脱することなく採用され得ることを、以下の説明から容易に認識するであろう。

【0028】

図1は、バーチャルリアリティ(VR)コンソール150が動作するVRシステム環境である。この例では、VRシステム環境は、VRコンソール150に各々結合されている、VRヘッドセット100、撮像デバイス160およびVR入力インタフェース170を含む。図1は、単一のVRヘッドセット100、単一の撮像デバイス160および単一のVR入力インタフェース170を示すが、他の実施形態では、任意数のこれらの構成要素がシステムに含まれ得る。例えば、各々が関連VR入力インタフェース170を有するとともに1つ以上の撮像デバイス160により監視される複数のVRヘッドセット100が

10

20

30

40

50

存在し、各VRヘッドセット100、VR入力インタフェース170および撮像デバイス160は、VRコンソール150と通信する。代替構成では、異なる構成要素および追加の構成要素の両方または一方も、VRシステム環境に含まれ得る。

【0029】

VRヘッドセット100は、ユーザにコンテンツを提示するヘッドマウントディスプレイ(HMD: Head-Mounted Display)である。例示的なコンテンツは、画像、ビデオ、オーディオ、またはそれらの何らかの組合せを含む。オーディオコンテンツは、VRヘッドセット100、VRコンソール150またはその両方からオーディオ情報を受信する、VRヘッドセット100の外部の別個のデバイス(例えば、スピーカおよびヘッドホンの両方もしくは一方)を介して提示され得る。VRヘッドセット100は、電子ディスプレイ102、光学ブロック104、可変焦点作動ブロック106、焦点予測モジュール108、アイトラッキングモジュール(eye tracking module)110、輻輳処理モジュール112、1つ以上のロケータ(locator)114、内部計測ユニット(IMU: internal measurement unit)116、ヘッドトラッキングセンサ118およびシーンレンダリングモジュール(scene rendering module)120を含む。

【0030】

光学ブロック104は、アパーチャ、フレネルレンズ、凸レンズ、凹レンズ、フィルタ等の1つ以上の光学素子を用いて、電子ディスプレイ102からユーザが見るための射出瞳に光を向け、異なる光学素子の組合せを含み得る。いくつかの実施形態では、光学ブロック104内の1つ以上の光学素子は、反射防止コーティング等の1つ以上のコーティングを有し得る。光学ブロック104による画像光(image light)の拡大により、より大きなディスプレイよりも、電子ディスプレイ102を物理的に小さくし、重量を少なくし、少ない電力消費とすることが可能となる。また、画像光の拡大は、表示コンテンツの視野を増加させ得る。例えば、表示コンテンツの視野は、表示コンテンツがユーザの視野のほぼすべて(例えば、斜め方向150度)、また、いくつかの場合にはすべて、を使用して提示されるというものである。

【0031】

光学ブロック104は、1つ以上の光学誤差を補正するように構成され得る。光学誤差の例としては、バレル歪み、ピンクッション歪み、軸上色収差、横色収差、球面収差、コマ収差、像面湾曲、非点収差等が挙げられる。いくつかの実施形態では、表示のために電子ディスプレイ102に提供されるコンテンツは予め歪まされ、光学ブロック104は、コンテンツに基づいて生成された電子ディスプレイ102からの画像光を光学ブロック104が受け取るときに歪みを補正する。

【0032】

可変焦点作動ブロック106は、VRヘッドセット100の焦点距離(または光学的倍率)を変化させるための光学ブロック104に、輻輳調節の変化として快適ゾーンにユーザの眼を保たせる可変焦点素子を含む。1つの実施形態では、可変焦点作動ブロック106は、電子ディスプレイ102または光学ブロック104(または両方)を移動させることにより、電子ディスプレイ102と光学ブロック104との間の距離を物理的に変化させる。あるいは、可変焦点作動ブロック106は、1つ以上のレンズの1つ以上の特性を調整することによって、光学ブロック104の焦点距離を変化させる。可変焦点作動ブロックによって調整されるレンズの特性の例としては、光路長、レンズ媒質の屈折率、レンズの形状等が挙げられる。例えば、可変焦点作動ブロック106は、形状変化ポリマーレンズ、液体レンズを伴うエレクトロウエッティング法、アルパレスローマンレンズ、変形可能膜ミラー、液晶(電気活性)レンズ、または、位相限定空間光変調器(SLM)、または、任意の他の適切な構成要素を使用して、1つ以上のレンズの焦点距離を変化させる。さらに、互いに対して2つのレンズを移動または平行移動させることも、VRヘッドセット100の焦点距離を変化させるために使用され得る。このように、可変焦点作動ブロック106は、電子ディスプレイ102および光学ブロック104または電子ディスプレイ102もしくは光学ブロック104をトラック上で移動させるアクチュエータまたは

10

20

30

40

50

モータを含み、それらの間の距離を変化させ、または、光学ブロック104に含まれる1つ以上のレンズの特性を変化させるためのアクチュエータおよび他の構成要素または機構を含み得る。様々な実施形態において、可変焦点作動ブロック106を光学ブロック104から分離し、または、光学ブロック104に統合し得る。

【0033】

光学ブロック104の各状態は、(さらに後述するように)VRヘッドセット110の焦点距離に、または、焦点距離と光学ブロック104に対する眼の位置との組合せに対応する。動作において、光学ブロック104は、光学ブロック104の1000個の状態に対応する約1000個の焦点距離の細かさについて約5 μ mの位置精度で約5mmの範囲で移動し得る。任意数の状態を設けることができるが、しかし、限定数の状態とすることにより人間の眼の感度を調節し、これにより、いくつかの実施形態ではより少ない焦点距離を含むことができる。例えば、第1の状態は、理論的無限メートル(0ジオプトリ)の焦点距離に対応し、第2の状態は、2.0メートル(0.5ジオプトリ)の焦点距離に対応し、第3の状態は、1.0メートル(1ジオプトリ)の焦点距離に対応し、第4の状態は、0.5メートル(2ジオプトリ)の焦点距離に対応し、第5の状態は、0.333メートル(3ジオプトリ)の焦点距離に対応し、第6の状態は、0.250メートル(4ジオプトリ)の焦点距離に対応する。可変焦点作動ブロック106は、このように、光学ブロック104の状態を設定して変化させ、所望の焦点距離を達成する。

【0034】

焦点予測モジュール108は、光学ブロック104の状態をトラッキングするロジックを含むエンコーダであり、光学ブロック104の1つ以上の将来の状態または場所を予測する。例えば、焦点予測モジュール108は、光学ブロック104の以前の状態に対応する履歴情報を蓄積し、以前の状態に基づいて光学ブロック104の将来の状態を予測する。VRヘッドセット100によるバーチャルシーンのレンダリングが光学ブロック104の状態に基づいて調整されるので、予測された状態により、以下でさらに説明するシーンレンダリングモジュール120が、特定フレームについてバーチャルシーンに適用するための調整を決定することができる。したがって、焦点予測モジュール108は、フレームについての光学ブロック104の予測された状態を示す情報を、シーンレンダリングモジュール120に通信する。シーンレンダリングモジュール120により実行される光学ブロック104の異なる状態についての調整は、さらに後述される。

【0035】

アイトラッキングモジュール110は、VRヘッドセット100のユーザの眼の位置と眼の動きとをトラッキングする。VRヘッドセット100内のカメラまたは他の光学センサは、ユーザの眼の画像情報を撮像し、アイトラッキングモジュール110は、撮像された情報を使用して、瞳孔間距離、眼間距離、ねじりおよび回転(すなわち、ロール、ピッチ、ヨー)の大きさを含む各眼のVRヘッドセット100に対する3次元(3D)位置(例えば、歪み調整目的のために)、ならびに各眼についての注視方向を決定する。1つの例では、赤外光が、VRヘッドセット100内に放出され、各眼から反射される。反射光がカメラによって受光または検出され、各眼によって反射された赤外光の変化から眼球回転を抽出するために分析される。ユーザの眼をトラッキングするための多くの方法が、アイトラッキングモジュール110により使用されることができる。したがって、アイトラッキングモジュール110は、各眼の6つの自由度(すなわち、3D位置、ロール、ピッチ、ヨー)にまでトラッキングし、トラッキングされた量の少なくとも一部分が、注視点(すなわち、ユーザが見ているバーチャルシーン内の3D場所または位置)を推定するためにユーザの両眼から組み合わされ得る。例えば、アイトラッキングモジュール110は、過去の測定値からの情報、ユーザの頭の位置を特定する測定値、および、電子ディスプレイ素子102によって提示されたシーンを記述する3D情報を統合する。したがって、ユーザの眼の位置および向きについての情報は、VRヘッドセット100により提示された、ユーザが見ているバーチャルシーンにおける注視点を決定するために使用される。

【0036】

さらに、瞳孔と光学ブロック104との間の距離は、異なる方向を見るために眼が移動するにつれて変化する。見ている方向の変化に伴って変化する、瞳孔と光学ブロック104との間の距離は、「瞳スイム (pupil swim)」と称され、瞳孔と光学ブロック104との間の距離として異なる場所に光を集束させた結果としてユーザによって知覚される歪みに寄与する。したがって、光学ブロック104に対する異なる眼の位置および瞳孔距離の歪みを測定すること、ならびに、異なる位置および距離について歪み補正を生成することにより、ユーザの眼の3D位置をトラッキングし、所与の時点でのユーザの各眼の3D位置に対応する歪み補正を適用することによって、「瞳スイム」による歪みの緩和が可能となる。したがって、ユーザの各眼の3D位置が分かることにより、各眼の3D位置に歪み補正を適用することによって、眼の瞳孔と光学ブロック104との間の距離における変化により生じる歪みの緩和が可能となる。

10

【0037】

輻輳処理モジュール112は、アイトラッキングモジュール110によって決定される注視点または注視線の推定交点に基づいて、ユーザの注視の輻輳奥行きを決定する。輻輳は、単一の両眼視を維持するための反対方向への両眼の同時移動または回転であり、これは、自然にかつ自動的に人間の眼によって行われる。したがって、ユーザの眼が輻輳している場所は、ユーザが見ているところであり、典型的にはユーザの眼が焦点を合わせている場所でもある。例えば、輻輳処理モジュール112は、注視線の交点に関連付けられたユーザからの距離または奥行きを推定するために注視線を三角測量する。そして、注視線の交点に関連付けられた奥行きは、調節距離の近似値として使用することができ、これは、ユーザの眼が向けられている場所の、ユーザからの距離を特定する。したがって、輻輳距離により、ユーザの眼が焦点を合わせるべき場所、および、(眼が焦点を合わせる)ユーザの眼からの奥行きの決定が可能となり、それによって、バーチャルシーンへの調整をレンダリングするための、物体または焦点面などの情報が提供される。

20

【0038】

いくつかの実施形態では、決定された輻輳奥行きで眼についての調節を提供するのではなく、調節は、シャック ハルトマン (Shack-Hartmann) 波面センサなどの波面センサによって直接、決定され、したがって、光学ブロック104の状態は、輻輳または調節奥行きと各眼の3D位置との関数であり、よって、光学ブロック104は、シーンを見ているユーザのために、電子ディスプレイ素子102によって提示されたシーン内の物体に焦点を合わせる。さらに、輻輳調節情報は、光学ブロック104を焦点に合わせ、フィールドブラーの合成奥行きをレンダリングするために組み合わせられ得る。

30

【0039】

ロケータ114は、互いに対しておよびVRヘッドセット100上の特定の基準点に対してVRヘッドセット100上の特定の位置に配置された物体である。ロケータ114は、発光ダイオード(LED)、コーナーキューブリフレクタ、反射型マーカ、VRヘッドセット100が動作する環境に対してコントラストをもたらすある種類の光源、または、それらの何らかの組合せであり得る。アクティブロケータ114(すなわち、LEDまたは他の種類の発光デバイス)は、可視光域(約380nm~750nm)、赤外(IR)域(約750nm~1mm)、紫外域(10nm~380nm)、電磁スペクトルの何らかの他の部分、または、それらの何らかの組合せの光を放出し得る。

40

【0040】

ロケータ114は、VRヘッドセット100の外側表面の下に配置することができ、これは、ロケータ114によって放出もしくは反射された光の波長に対して透明であるか、または、ロケータ114によって放出もしくは反射された光の波長を実質的に減衰しないように十分に薄い。さらに、VRヘッドセット100の外側表面または他の部分は、光の波長の可視光域で不透明であることができる。したがって、ロケータ114は、VRヘッドセット100の外側表面下においてIR域の光を放出し、VRヘッドセット100の外側表面は、IR域で透明であるが、可視域では不透明である。

【0041】

50

IMU116は、1つ以上のヘッドトラッキングセンサ118から受信した測定信号に基づいて高速校正データを生成する電子デバイスであり、これは、VRヘッドセット100の動きに応答して、1つ以上の測定信号を生成する。ヘッドトラッキングセンサ118の例には、加速度計、ジャイロスコープ、磁力計、動きを検出し、IMU116に関連する誤差を補正するのに適した他のセンサ、または、それらの何らかの組合せが含まれる。ヘッドトラッキングセンサ118は、IMU116の外部、IMU116の内部、または、それらの何らかの組合せにて配置され得る。

【0042】

ヘッドトラッキングセンサ118からの測定信号に基づいて、IMU116は、VRヘッドセット100の初期位置に対するVRヘッドセット100の推定位置を示す高速校正データを生成する。例えば、ヘッドトラッキングセンサ118は、並進運動（前/後、上/下、左/右）を測定するための複数の加速度計、および、回転運動（例えば、ピッチ、ヨー、およびロール）を測定するための複数のジャイロスコープを含む。IMU116は、例えば、測定信号を迅速にサンプリングし、サンプリングされたデータからVRヘッドセット100の推定位置を算出することができる。例えば、IMU116は、速度ベクトルを推定するために経時的に加速度計から受信した測定信号を積分し、VRヘッドセット100上の基準点の推定位置を決定するために経時的に速度ベクトルを積分する。基準点は、VRヘッドセット100の位置を記述するために使用され得る点である。基準点は、概して空間内の点として定義され得るが、様々な実施形態において、基準点は、VRヘッドセット100内の点（例えば、IMU130の中心）として定義される。あるいは、IMU116は、サンプリングされた測定信号をVRコンソール150に提供し、これが高速校正データを決定する。

【0043】

IMU116は、さらにVRコンソール150から1つ以上の校正パラメータを受信することができる。以下でさらに説明するように、1つ以上の校正パラメータは、VRヘッドセット100のトラッキングを維持するために使用される。受信した校正パラメータに基づいて、IMU116は、1つ以上のIMUパラメータ（例えば、サンプルレート）を調整し得る。いくつかの実施形態では、特定の校正パラメータは、IMU116に、基準点の次の校正位置に対応させるために基準点の初期位置を更新させる。基準点の次の校正位置として基準点の初期位置を更新することは、推定位置を決定することに関連した累積誤差を低減するのに役立つ。累積誤差は、ドリフト誤差とも称され、基準点の推定位置を経時的に基準点の実際の位置から「ドリフト」させる。

【0044】

シーンレンダリングモジュール120は、VRエンジン156からバーチャルシーンについてのコンテンツを受信し、電子ディスプレイ102上に表示するためのコンテンツを提供する。さらに、シーンレンダリングモジュール120は、焦点予測モジュール108、輻輳処理モジュール112、IMU116およびヘッドトラッキングセンサ118からの情報に基づいてコンテンツを調整することができる。例えば、VRエンジン156からコンテンツを受信すると、シーンレンダリングモジュール120は、バーチャルシーンのレンダリングに補正または予歪みを加えることにより、焦点予測モジュール108から受信した光学ブロック104の予測された状態（すなわち、目の位置および焦点距離）に基づいてコンテンツを調整し、光学ブロック104の予測された状態により生じる歪みについて補償または補正する。シーンレンダリングモジュール120は、ユーザの注視、輻輳処理モジュール112から受信した輻輳奥行き（または調節奥行き）、または、ユーザの眼の測定された特性（例えば、眼の3D位置等）に基づいてフィールドブレイの奥行きを追加し得る。また、シーンレンダリングモジュール120は、さらに以下に説明するように、1つ以上のトラッキングモジュール154、ヘッドトラッキングセンサ118またはIMU116に基づいて、電子ディスプレイ102上に表示されるべきコンテンツの部分を決定する。

【0045】

撮像デバイス160は、VRコンソール150から受信した較正パラメータに従って低速較正データを生成する。低速較正データは、撮像デバイス160により検出可能なロケータ114の観察位置を示す1つ以上の画像を含む。撮像デバイス160は、1つ以上のカメラ、1つ以上のビデオカメラ、1つ以上のロケータ114を含み画像を撮像可能な他のデバイス、または、それらの何らかの組合せを含み得る。また、撮像デバイス160は、(例えば信号対雑音比を増加させるための)1つ以上のフィルタを含み得る。撮像デバイス160は、撮像デバイス160の視野内のロケータ114から放出または反射された光を検出するように構成される。ロケータ114が受動素子(例えば、再帰反射器)を含む実施形態では、撮像デバイス160は、ロケータ114の一部または全部を照明する光源を含み、これは、光を撮像デバイス160内の光源に向けて逆反射する。低速較正データは、撮像デバイス160からVRコンソール150に通信され、撮像デバイス160は、VRコンソール150から1つ以上の較正パラメータを受信し、1つ以上の撮像パラメータ(例えば、焦点距離、焦点、フレームレート、ISO、センサ温度、シャッタ速度、アパーチャ等)を調整する。

10

【0046】

VR入力インタフェース170は、ユーザがVRコンソール150にアクション要求を送信することを可能にするデバイスである。アクション要求は、特定のアクションを実行するための要求である。例えば、アクション要求は、アプリケーションを開始もしくは終了するため、または、アプリケーション内の特定のアクションを実行するためのものであり得る。VR入力インタフェース170は、1つ以上の入力デバイスを含み得る。例示の入力デバイスは、キーボード、マウス、ゲームコントローラ、または、アクション要求を受信し、受信したアクション要求をVRコンソール150に通信するための任意の他の適切なデバイスを含む。VR入力インタフェース170によって受信されたアクション要求は、VRコンソール150に通信され、このVRコンソール150は、そのアクション要求に対応するアクションを実行する。いくつかの実施形態では、VR入力インタフェース170は、VRコンソール150から受信した命令に従って、ユーザに触覚フィードバックを提供し得る。例えば、触覚フィードバックは、アクション要求を受信したときにVR入力インタフェース170によって提供されるか、または、VRコンソール150は、VRコンソール150がアクションを実行するときにVR入力インタフェース170に触覚フィードバックの生成を行わせる命令をVR入力インタフェース170に通信する。

20

30

【0047】

VRコンソール150は、撮像デバイス160、VRヘッドセット100またはVR入力インタフェース170から受信した情報に従って、ユーザに提示するためのコンテンツをVRヘッドセット100へ提供する。図1に示す例では、VRコンソール150は、アプリケーションストア152、トラッキングモジュール154およびバーチャルリアリティ(VR)エンジン156を含む。VRコンソール150のいくつかの実施形態は、図1に関連して記載されたものとは異なる、または、追加のモジュールを有する。同様に、以下でさらに説明される機能は、ここで説明されているものとは異なる方法でVRコンソール150の構成要素間で分散され得る。

【0048】

アプリケーションストア152は、VRコンソール150による実行のための1つ以上のアプリケーションを格納する。アプリケーションは、プロセッサによって実行されたとき、ユーザに提示するためのコンテンツの生成を行わせる命令群である。アプリケーションによって生成されたコンテンツは、VRヘッドセット100またはVRインタフェースデバイス170の動きを介してユーザから受信した入力に回答し得る。アプリケーションの例には、ゲームアプリケーション、会議アプリケーション、ビデオ再生アプリケーションまたは他の適切なアプリケーションが含まれる。

40

【0049】

トラッキングモジュール154は、1つ以上の較正パラメータを用いてVRシステムを較正し、VRヘッドセット100の位置を決定する際に誤差を低減するために1つ以上の

50

較正パラメータを調整し得る。例えば、トラッキングモジュール154は、観察されたロケータ114についてのVRヘッドセット100上のより正確な位置を得るために、撮像デバイス160の焦点を調整する。また、トラッキングモジュール154によって実行される較正もまた、IMU116から受信した情報を考慮に入れる。また、VRヘッドセット100のトラッキングが失われる(例えば、撮像デバイス160が少なくともロケータ114の閾値数の視線を失う)場合、トラッキングモジュール154は、VRシステム構成要素の一部または全部を再較正する。

【0050】

さらに、トラッキングモジュール154は、撮像デバイス160からの低速較正情報を使用してVRヘッドセット100の動きをトラッキングし、低速較正情報とVRヘッドセット100のモデルとから観察されたロケータを使用してVRヘッドセット100上の基準点の位置を決定する。トラッキングモジュール154はまた、VRヘッドセット100上のIMU116からの高速較正情報からの位置情報を使用して、VRヘッドセット100上の基準点の位置を決定する。さらに、トラッキングモジュール154は、高速較正情報の一部、低速較正情報またはその何らかの組合せを使用して、VRヘッドセット100の将来位置を予測してVRエンジン156に提供する。

【0051】

VRエンジン156は、VRシステム内のアプリケーションを実行し、トラッキングモジュール154からVRヘッドセット100について、位置情報、加速度情報、速度情報、予測将来位置またはその何らかの組合せを受信する。受信した情報に基づいて、VRエンジン156は、バーチャルシーンなどの、ユーザに提示するためにVRヘッドセット100に提供するためのコンテンツを決定する。例えば、受信された情報が、ユーザが左を見たことを示す場合、VRエンジン156は、仮想環境内のユーザの動きをミラーリングまたはトラッキングするVRヘッドセット100用のコンテンツを生成する。また、VRエンジン156は、VR入力インタフェース170から受信したアクション要求にตอบสนองしてVRコンソール150上で実行されるアプリケーション内のアクションを実行し、アクションが実行されたというフィードバックをユーザに提供する。提供されたフィードバックは、VRヘッドセット100を介した視覚もしくは聴覚フィードバックまたはVRインタフェース170を介した触覚フィードバックであり得る。

【0052】

図2は、少なくとも1つの実施形態によるVRヘッドセット100の図である。この例では、VRヘッドセット100は、ユーザの頭を取り囲む前部剛体およびバンドを含む。前部剛体は、電子ディスプレイ102に対応する1つ以上の電子ディスプレイ素子、IMU116、ヘッドトラッキングセンサ118および複数のロケータ114を含む。この例では、ヘッドトラッキングセンサ118は、IMU116内に配置されている。

【0053】

複数のロケータ114は、互いに対してかつ基準点200に対して前部剛体上の固定位置に配置されている。この例では、基準点200は、IMU116の中心に配置されている。複数のロケータ114の各々は、撮像デバイス160によって検出可能な光を放出する。複数のロケータ114、または複数のロケータ114の一部は、図2に示すように前部剛体の前側、上側、下側、右側および左側に配置される。図3は、光学ブロック104の外側レンズが見えるVRヘッドセット300内をのぞき込む背面斜視図を示す。この例では、複数のロケータ114が見え、上述したように、撮像デバイス160により検出するためにVRヘッドセット300の表面に提供される。

【0054】

焦点調整方法

図4は、バーチャルリアリティ(VR)ヘッドセット100の光学ブロック104の焦点距離を調整することにより、輻輳調節矛盾を緩和するためのプロセス400の実施形態を示す。上述のように、可変焦点システムは、VRヘッドセット100を装着しているユーザに提示する画像に焦点を合わせるために、その焦点を動的に変更し、この変更は、ユ

10

20

30

40

50

ーザの眼を輻輳調節の変化として快適ゾーンに保つ。また、アイトラッキングを可変焦点システムの可変焦点と組み合わせることにより、VRヘッドセット100によって提示される画像に奥行きキューとしてブラー(blurring)が導入されることを可能にする。

【0055】

したがって、図4に示す実施形態では、VRヘッドセット100の位置、向きおよび/または動きは、図1に関連して上述したように、ロケータ114、IMU116、ヘッドトラッキングセンサ118、撮像デバイス160およびトラッキングモジュール154の組合せによって決定される(402)。VRヘッドセット100によって提示されるバーチャルシーンの部分は、VRヘッドセット100の様々な位置および向きにマッピングされる。したがって、ユーザが現在見ているバーチャルシーンの部分は、VRヘッドセット100の位置、向きおよび動きに基づいて決定される(404)。ユーザが見ているバーチャルシーンの部分を決定(404)した後、VRシステムは、ユーザが見ている決定された部分内の場所または物体を決定し、それに応じてその位置または物体について焦点を調整し得る。

10

【0056】

ユーザが見ているバーチャルシーンの決定された部分内の場所または物体を決定するために、VRヘッドセット100は、ユーザの眼の位置および場所をトラッキングする。したがって、VRヘッドセット100は、ユーザの各眼について眼の位置を決定する(406)。例えば、VRヘッドセット100は、各眼の3D位置、ロール、ピッチおよびヨーのうち少なくとも一部分をトラッキングし、各眼の3D注視点を推定するためにこれらの量を使用する。さらに、過去の眼の位置からの情報、ユーザの頭の位置を記述する情報、および、ユーザに提示されるシーンを記述する情報はまた、様々な実施形態において、眼の3D注視点を推定するために使用され得る。例えば、図5は、各眼500の位置をトラッキングするためのカメラ502を含むVRヘッドセット100の実施形態の断面を示す。この例では、カメラ502は、ユーザの眼の画像を撮像し、アイトラッキングモジュール110は、撮像した画像に基づいて、各眼500と、ユーザが見ている注視点または場所に対応する注視線504とについての出力を決定する。

20

【0057】

図4および図5を参照すると、ユーザについての注視点の輻輳奥行き(d_v)508は、注視線504の推定交点に基づいて決定される(410)。図5に示すように、注視線504は、 d_v 508で収束または交差し、そこには、物体506が配置されている。バーチャルシーン内の仮想距離がVRシステムに既知であるので、輻輳奥行き508は、バーチャルシーンについてのより正確な輻輳奥行きを決定するためにフィルタリングまたは検証されることができる。例えば、輻輳奥行き508は、注視線504の交点の近似であり、これは、ユーザの眼500の位置に基づく近似そのものである。注視線504は、必ずしも正確に交差するようには現れない。したがって、バーチャルシーン内の仮想距離は、フィルタリングされた輻輳奥行きを生成するために、バーチャルシーンの部分についての輻輳奥行きと比較される(412)。

30

【0058】

図6は、シーンジオメトリ(scene geometry)に基づいて、輻輳奥行きまたは注視点の場所をフィルタリングするための例示的なプロセスを示す。図6の例は、物体606は、バーチャルシーン600の床の上に示され、バーチャルシーン600内の唯一の物体である。さらに、バーチャルシーン600についてのジオメトリが知られている。例えば、ユーザが仮想環境内に実際に存在するかのようその環境とユーザが相互作用することを可能にする仮想環境を提供するために、そのジオメトリに対応する環境の寸法は、正確にVRシステムに知られている。したがって、バーチャルシーン600の特定のフレームについて、ユーザと壁との間の距離、ユーザと物体606との間の距離、および、物体606と壁との間の距離は、既知の値である。これらの既知の値は、決定された輻輳奥行きの精度を可能にする。

40

【0059】

50

図6の例では、注視線602は、最初に輻輳奥行き d_1 （線604）で輻輳され、これは、輻輳処理モジュール112によって決定される推定された輻輳奥行きに対応する。輻輳処理モジュール112は、推定された輻輳奥行きの精度を検証するためにシーンレンダリングモジュール120からバーチャルシーン600内の物体間の距離を記述するシーンジオメトリデータを含むバーチャルシーン600についてのデータを受信する。シーンジオメトリデータは、この例では、バーチャルシーン600が距離 d_2 （線608）でユーザから物体606を含むことを示す。輻輳処理モジュール112は、距離 d_1 を d_2 と比較し、それらが等しいかどうかを決定する。図6の例では、距離 d_1 と d_2 とは等しくはないが、その差は閾値距離未満であり、推定された輻輳奥行き（ d_1 ）がわずかに不正確であり、輻輳奥行きがより正確には d_2 であることを示す。輻輳処理モジュール112がバーチャルシーン600内に他の物体がないことを示す情報を取得するため、輻輳処理モジュール112は、推定された輻輳奥行き d_1 を、フィルタリングされた輻輳奥行き d_2 にフィルタリングまたは調整する。

10

【0060】

より正確な輻輳奥行きまたは注視点を決定することにより、バーチャルシーンがユーザの物体または焦点面をより正確に決定することが可能となり、シーンレンダリングモジュール120は、バーチャルシーン内で適切な奥行きおよび物体の両方または一方にフィールドプレーの奥行きを追加することができ、または別様に、より現実的に見えるようにバーチャルシーンを修正することができる。さらに、図6中のバーチャルシーン600に複数の物体が含まれる場合、輻輳処理モジュール112は、物体の少なくとも一部分に関連する距離と推定された輻輳奥行きとを比較する。1つの例では、物体までの距離と推定された輻輳奥行きとの間の最小の差は、フィルタリングされた輻輳奥行きであると決定されるが、しかし、フィルタリングされた輻輳奥行きを指定する物体を特定する他の方法が、様々な実施形態で使用され得る。

20

【0061】

図4に戻ると、光学ブロック104の状態は、バーチャルシーンの以前のフレームの提示中に光学ブロック104の状態に基づいて、バーチャルシーンのフレームについて決定される（414）。例えば、焦点予測モジュール108は、バーチャルシーンの様々なフレームについて光学ブロック104の状態をトラッキングし、バーチャルシーンの後続のフレームについて光学ブロック104の将来の状態を予測する。光学ブロック104の予測された状態（例えば、光学ブロック104の予測された場所）により、シーンレンダリングモジュール114が、バーチャルシーンのフレームに適用する調整を決定することができ、よって、光学ブロック104の予測された状態により生じる歪みが、フレームを歪ませるのではなく、適用された調整を補正またはキャンセルする。このように、光学ブロック104の状態に基づいて、歪み補正は、バーチャルシーンのフレームへの適用について光学ブロック104の状態によりもたらされる光学誤差を補正するために決定される（416）。

30

【0062】

図7Aは、人間の眼が現実の世界で輻輳および調節をどのように経験するかの例を示す。輻輳は、単一の両眼視を取得または維持するための反対方向への両眼の同時移動または回転であり、眼の調節につながっている。通常の条件下では、異なる距離にある物体を見るために眼の焦点を変化させると、自動的に輻輳および調節が生じる。図7Aの例では、ユーザが現実の物体700Aを見ている（つまり、ユーザの眼は現実の物体700A上で輻輳され、ユーザの眼からの注視線は現実の物体700Aで交差する）。図7A中の矢印で示すように、現実の物体700Aはユーザのより近くに移動されるので、各眼702は、内側に回転し、現実の物体700Aの上で輻輳されたままとなる。現実の物体700Aがより近づくにつれて、眼702は、その状態（shape）を変更することにより眼702の倍率または焦点距離を低減することによって、より近い距離について「調節」しなければならない。したがって、現実の世界における通常条件下で、輻輳奥行き（ d_v ）は、焦点距離（ d_f ）に等しい。

40

50

【 0 0 6 3 】

しかし、図 7 B は、いくつかの 3 次元ディスプレイで起こることがある例示の輻輳調節矛盾を示す。この例では、ユーザは、3 D 電子スクリーン 7 0 4 上に表示される仮想物体 7 0 0 B を見ているが、しかし、ユーザの眼が仮想物体 7 0 0 B 上で輻輳され、ユーザの眼からの注視線は仮想物体 7 0 0 B で交差し、これは、3 D 電子スクリーン 7 0 4 よりもユーザの眼から大きい距離である。仮想物体 7 0 0 B がユーザにより近くに見えるよう 3 D 電子ディスプレイ 7 0 4 上にレンダリングされるので、各眼 7 0 2 が再び内向きに回転して仮想物体 7 0 0 B 上で輻輳されたままとなるが、各眼の倍率または焦点距離が低減されず、したがって、ユーザの眼は、図 7 A に示すように調節しない。したがって、より近い輻輳奥行きについて調節するために倍率または焦点距離を低減させる代わりに、眼 7 0 2 は、3 D 電子ディスプレイ 7 0 4 と関連する距離で調節を維持する。したがって、輻輳奥行き (d_v) はしばしば、3 D 電子ディスプレイ上に表示された物体についての、人間の眼についての焦点距離 (d_f) と等しくない。輻輳奥行きと焦点距離との間のこの不一致は、「輻輳調節矛盾 (vergence-accommodation conflict)」と称される。両方ではなく輻輳または調節の一方のみを経験するユーザは、最終的にはある程度の疲労および吐き気を経験し、これは、バーチャルリアリティシステムのクリエイターにとって望ましくない。3 D 電子スクリーンについての輻輳の変化は、輻輳奥行き (または予測された輻輳奥行き) に基づいて光学ブロックの倍率を動的に調整する V R ヘッドセットによって調節され得る。

10

【 0 0 6 4 】

したがって、図 4 を再び参照すると、光学ブロック 1 0 4 の焦点距離 (または倍率) は、生成されフィルタリングされた輻輳奥行きについての調節を提供するためにバーチャルシーンの提示されたフレームについて調整される (4 1 8)。図 8 A および図 8 B は、可変焦点素子 8 0 2 を使用して電子ディスプレイ 1 0 2 と光学ブロック 1 0 4 との間の距離を変化させることによって光学ブロック 1 0 4 の焦点距離を調整するための例示的なプロセスを示す。図 8 A および図 8 B の例では、可変焦点作動ブロック 1 0 6 は、アクチュエータまたはモータなどの可変焦点素子 8 0 2 およびトラック 8 0 4 を含むが、光学ブロック 1 0 4、電子ディスプレイ 1 0 2 またはその両方がトラック 8 0 4 に沿って移動することを可能にする他の構成要素も含み得、光学ブロック 1 0 4 の光学倍率を動的に調整する。

20

30

【 0 0 6 5 】

図 8 A は、バーチャルシーンのフレーム n についての焦点調整を提供する V R ヘッドセット 1 0 0 の例を示す。この例では、バーチャルシーンは、ユーザ 8 0 0 の注視が向けられる (すなわち、輻輳される) 電子ディスプレイ 1 0 2 上に表示された物体 8 0 6 を含む。物体 8 0 6 の仮想画像は、射出瞳 8 1 0 から電子ディスプレイ 1 0 2 の後ろに仮想距離 d_i で位置している。図 8 A の例では、光学ブロック 1 0 4 は位置 p_i にあり、これは、物体 8 0 6 を快適に見られるようにするために、距離 d_i についての調節を提供する。

【 0 0 6 6 】

図 8 B は、バーチャルシーンの後続のフレーム $n + 1$ についての焦点調整を提供する V R ヘッドセット 1 0 0 を示す。この例では、ユーザ 8 0 0 は、物体 8 0 8 を見るために視線を再配置したところであり、すなわち、物体 8 0 8 は、バーチャルシーン内でユーザ 8 0 0 に向かって素早く移動したところである。結果として、物体 8 0 8 の仮想画像は、電子ディスプレイ 1 0 2 の近くに配置されている。(図 8 A の物体 8 0 6 よりも近い) 電子ディスプレイ 1 0 2 に近い物体 8 0 8 の場所に応じて、ユーザ 8 0 0 の眼は、物体 8 0 8 上で輻輳するよう内側に回転し、輻輳処理モジュール 1 1 2 にフレーム $n + 1$ について新たな輻輳奥行きを決定させ、可変焦点作動ブロック 1 0 6 に新たな輻輳奥行きを提供させる。新たな輻輳奥行きに基づいて、可変焦点素子 8 0 2 は、光学ブロック 1 0 4 を位置 p_i から新しい位置 p_f に移動させ、より近い物体 8 0 8 について新しい輻輳奥行き d_f でユーザ 8 0 0 を調節する。

40

【 0 0 6 7 】

50

1つの例では、光学ブロック104の各状態は、焦点距離と眼の位置との組合せに対応し、輻輳奥行き範囲について調節を提供し、光学ブロック104の特定の位置に関連付けられている。したがって、輻輳奥行きは、光学ブロック104の位置にマッピングされ得、ルックアップテーブルに格納され得る。したがって、輻輳奥行きが輻輳処理モジュール112から受信された場合、可変焦点作動ブロック106は、ルックアップテーブルに基づいて、受信した輻輳奥行きに応じた位置に光学ブロック104を自動的に移動する。

【0068】

多くの場合、バーチャルリアリティシステムは、現実の世界の環境を綿密にシミュレートする、または、バーチャルリアリティシステムによって作成された錯覚の中にユーザを没入させるコンテンツをユーザに提供する仮想環境をユーザに提示することを目指している。現実的または魅惑的な仮想環境をユーザに提供するために、バーチャルリアリティシステムは、ユーザには感知できない効率でともに動作するよう、本明細書で議論する複数のシステムおよび方法を実装する。例えば、遷移遅延は、バーチャルリアリティシステムではユーザエクスペリエンス (user experiencing) にとって特に代償が大きい。ユーザの脳が既に期待しているものに追いつくために、VRヘッドセットが提示したバーチャルシーンをユーザが待っている場合は、錯覚が壊れていてユーザが吐き気を催し得るか、または、錯覚が壊れているかもしくはユーザが吐き気を催し得る。しかし、処理速度および市販のアクチュエータは現在、人間の眼がそのレンズの形状を変化させて、レンズの新しい形状が何に焦点を合わせているのかを人間の脳が登録するための協調動作よりも速い。これにより、開示されたシステムおよび方法は、高品質の仮想環境をユーザに提供することができる。

【0069】

図8Aおよび図8Bに戻って参照すると、ユーザに遅延を知覚させることなく追加計算を実行する時間も残しながら新しい輻輳奥行きについての調節を提供するために、可変焦点素子802が光学ブロック104を移動させる速さは、人間の眼が調節を実行する速度によって制限される。例えば、人間の眼の調節が、10ジオプトリ/秒のピーク速度、100ジオプトリ/秒²のピーク加速度を有し、電子ディスプレイ102と光学ブロック104との間の距離の変化が約0.5ジオプトリ/mmで仮想画像を移動させると仮定すると、可変焦点素子802は、電子ディスプレイ102に対する光学ブロック104の再配置をユーザに知覚させないために、 $10 / 0.5 = 20 \text{ mm / 秒}$ の最小速度および加速度 $100 / 0.5 = 200 \text{ mm / 秒}^2$ の最小加速度で動作する。上記の値を満たす市販のアクチュエータは、存在する。

【0070】

図9Aおよび図9Bは、光学ブロック104内の1つ以上のレンズの形状を変化させることにより可変焦点素子で光学ブロック104の焦点距離を調節するための代替の例示的なプロセスを示す。図8Aおよび図8Bの例と同様に、図9Aは、ユーザ900の注視が向けられる(例えば、輻輳される)電子ディスプレイ102上に表示された物体902を含むバーチャルシーンのフレームnについて焦点を提供するVRヘッドセット100の例を示す。物体902の仮想画像は同様に、射出瞳810から電子ディスプレイ102の後ろに仮想距離 d_1 で位置している。図9Aの例では、可変焦点作動ブロック106は、光学ブロック104の1つ以上のレンズの形状を変化させ、物体902を快適に見られるようにするために、距離 d_1 についての調節をレンズ形状 S_1 で提供する。

【0071】

図9Bは、光学ブロック104の1つ以上のレンズの形状を変化させることにより、バーチャルシーンの後続のフレームn+1について焦点を提供するVRヘッドセット100を示す。この例では、物体902は、バーチャルシーン内でユーザ900に向かって距離 d_1 から d_2 へ移動したところであり、輻輳の変化を引き起こし、調節における相補的な調整が必要となる。したがって、輻輳処理モジュール106は、フレームn+1について新たな輻輳奥行きを決定して、可変焦点作動ブロック106に新たな輻輳奥行きを提供し、これは、形状 S_1 から新たなレンズ形状 S_2 へ光学ブロック104の1つ以上のレンズ

10

20

30

40

50

の形状を変化させ、新しい、より近くの輻輳奥行き d_2 でユーザ 900 を調節する。

【0072】

上記のように、光学ブロック 104 の異なる状態は、様々な焦点距離に対応し、輻輳奥行きの範囲について調節を提供し、レンズ形状または焦点距離に影響を与える他の調節可能な特性に関連している。したがって、輻輳奥行きは、レンズ形状または特性にマッピングされることができ、ルックアップテーブルに格納されることができる。したがって、輻輳奥行きを輻輳処理モジュール 112 から受信した場合、可変焦点作動ブロック 106 は、ルックアップテーブルから輻輳奥行きに対応したレンズ形状を特定し、新しい輻輳奥行きに対応する特定されたレンズ形状に光学ブロック 104 中の 1 つ以上のレンズの形状を変化させる。図 1 に関連して上述したように、可変焦点作動ブロック 106 は、光学ブ

10

【0073】

図 4 に戻ると、フィールドブラーの奥行きは、バーチャルシーンについて決定される (420)。フィールドブラーの奥行きを決定する (420) ために、ユーザの注視が向けられる、VRヘッドセット 100 によりユーザに提示されるシーン内の点が決定され、光学ブロック 104 は、ユーザの注視が向けられるシーン内の点の焦点がユーザにとって合

20

30

【0074】

ブラーは、焦点面 (または焦点物体) からの物体もしくは特徴の距離に基づいて物体もしくは特徴に適用されるブラーのレベルとしてプログレッシブ (progressive) であり、または、ブラーの概して均一なレベルが、バーチャルシーン内の物体もしくは特徴に適用され得る。フィールドブラーの奥行きは、両眼視の自然な結果であるので、バーチャルシーン内にフィールドブラーの奥行きを含ませることは、期待される奥行きキューをユーザに提供することによりバーチャルシーンの錯覚をさらに進めることとなり、これは、バーチャルシーンでのユーザエクスペリエンスを向上させ得る。さらに、ブラーは、ユーザの

40

【0075】

ユーザが見ているバーチャルシーンの部分に対応するバーチャルシーンのフレームは、光学ブロック 104 の決定された状態により生じる光学誤差を補正するための歪み補正と、フィルタリングされた輻輳奥行きに基づくフィールドブラーの奥行きとを伴って、電子

50

ディスプレイ102上に表示される(422)。さらに、可変焦点作動ブロック106は、光学ブロック104の焦点を変更しており、バーチャルシーンの部分における、ユーザの眼が輻輳された場所に焦点および調節を提供する。様々な実施形態において、プロセス400は、追加のステップを含み得るか、または、図4に関連して記載された順序とは異なる順序でステップを実行し得る。

【0076】

様々な実施形態では、可変焦点作動ブロック106の動作は、ユーザの視力の特性に少なくとも部分的に基づく。例えば、光学ブロック104、可変焦点作動ブロック106およびシーンレンダリングモジュール120は、シーンがユーザに提示される場合、ユーザの視力の1つ以上の特性を補償する。可変焦点作動ブロック106によって補償または別様に考慮され得るユーザの視力の特性の例として、屈折異常(例えば、眼鏡処方)と調節範囲(例えば、老眼、近視、遠視または乱視)が挙げられる。例えば、ユーザが+1D球面度数の屈折異常を有する場合、光学ブロック104は、ユーザの屈折異常を補正して焦点を維持する状態に構成され、および、ユーザが見ているシーン内の物体の焦点を維持する。さらに、可変焦点作動ブロック106およびシーンレンダリングモジュール120は、フィールドブレイクの奥行きを決定する(420)際にユーザの特定の調節範囲(補正を伴う、近くから遠くへの距離)を考慮し得る。例えば、老眼があるユーザは、調節範囲が減少しているので、可変焦点作動ブロック106は、限られた数の焦点距離を考慮するかまたは別様にユーザの調節範囲を考慮する、光学ブロック104の限定された数の状態を提供し得る。調節範囲と屈折異常は、ユーザによって指定され得るか、または、ユーザがVRシステム環境の1つ以上の構成要素からのアクセスを許可したユーザのデジタル医療記録などの、ユーザに関連した情報から取得され得る。あるいは、レンズアセンブリまたは他の構成要素が、VRヘッドセット100に結合され、眼鏡の代わりにVRヘッドセット100を使用しつつユーザの視力を補正する。レンズアセンブリがVRヘッドセット100に結合されている場合、レンズアセンブリは、光学ブロック104の状態間の相関関係および様々な歪み補正を調整するために別個に較正され得る。さらに、可変焦点作動ブロック106は、非点収差を補償するためにVRヘッドセット100の円柱レンズ度および軸を調整し、ならびに、VRヘッドセット100の球面度数を調整し得る。例えば、可変焦点作動ブロック106は、回転する2つのシリンドリカルレンズを互いに回転させ、VRヘッドセット100の円柱レンズ度を調整する。

【0077】

VRヘッドセット100によるシーンの表示は、ユーザの眼にシーンを提示する電子ディスプレイ素子102からの画像光を向けるVRヘッドセット100に含まれる光学ブロック104の光学誤差によってもたらされる歪みを緩和するように修正される。歪み補正は、シーンに予歪み(pre-distort)を与えるようシーンに適用され、光学ブロック104により生じる歪みは、修正されたシーンからの光が光学ブロック104を通過するとき予歪みを補償する。したがって、ユーザが見ているシーンは歪まない。したがって、歪み補正は、光学ブロック104に対する異なる眼の位置または光学ブロック104の異なる焦点距離により生じる歪みの、異なるレベルおよびタイプを考慮する。したがって、光学ブロック104に対する異なる潜在的な眼の位置に対応し、かつ光学ブロック104の潜在的な焦点距離における歪みが、光が光学ブロックを通過した後の電子ディスプレイ素子からの光の波面(すなわち、同位相の点の伝播)を測定することによって決定される。光学ブロック104に対する異なる眼の位置および光学ブロック104の異なる状態は、光学ブロック104を通して導かれる光における異なる程度の光学誤差を生じさせる。この光学誤差は、VRヘッドセット100に含まれる電子ディスプレイ素子102からの光を歪ませ、これは、ユーザへのバーチャルシーンの提示を損ない得る。したがって、歪み補正マップは、光学ブロック104の異なる状態について波面の測定値に基づいて生成され、光学ブロック104の異なる状態によってもたらされる光学誤差を補正し、これは、光学ブロック104により生じる異なる焦点距離を考慮する。

【0078】

10

20

30

40

50

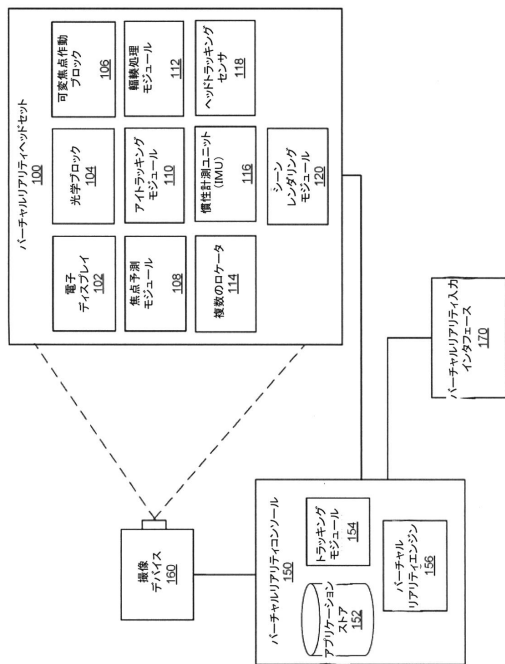
追加構成情報

実施形態の前述の説明は、例示の目的のために提示されており、網羅的であること、または、開示された正確な形態に特許権を限定することを意図するものではない。関連技術の当業者は、上記の開示に照らして多くの修正および変形が可能であることを理解することができる。

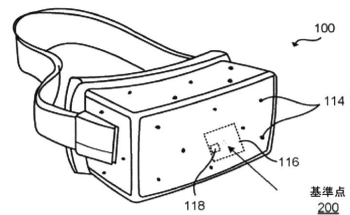
【0079】

本明細書で使用される言語は、主として読みやすさおよび説明を目的として選択されており、本発明の主題を線引きまたは画定するように選択されていない可能性がある。したがって、特許権の範囲は、この詳細な説明によってではなく、むしろ、これに基づいて本願について発行される任意の特許請求の範囲によって限定されるものである。したがって、実施形態の開示は、特許権の範囲を例示することを意図しているが、特許権の範囲を限定するものではない。

【図1】



【図2】



【図3】

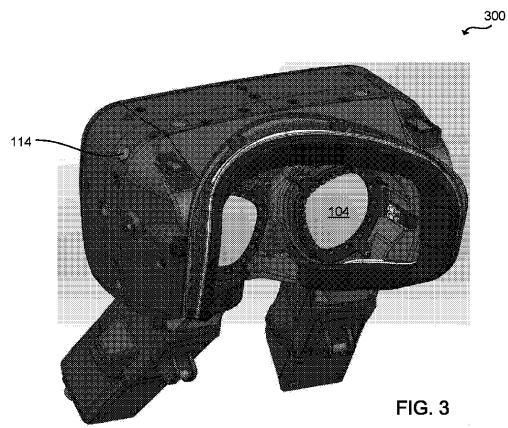
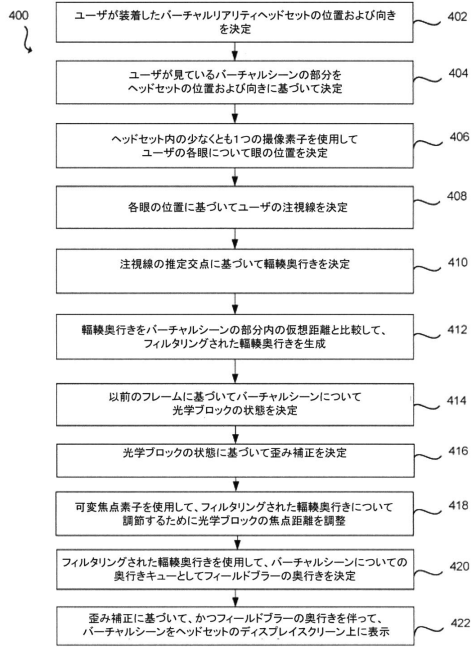
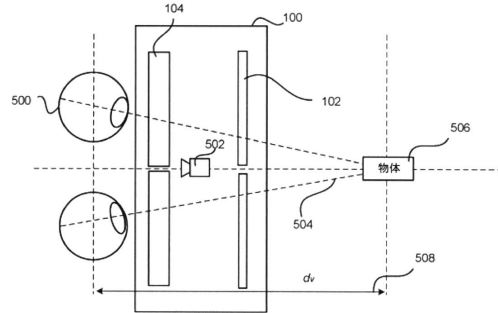


FIG. 3

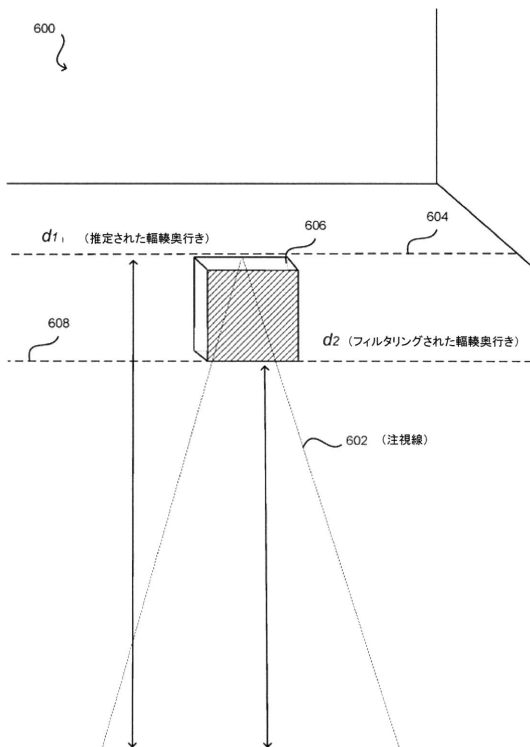
【図4】



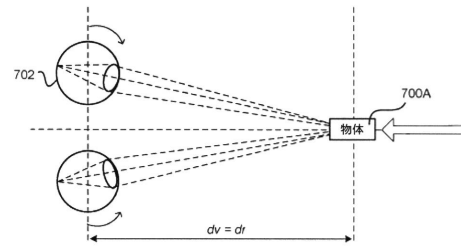
【図5】



【図6】

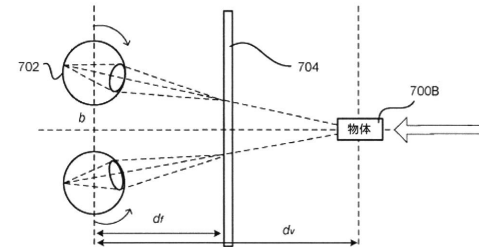


【図7A】



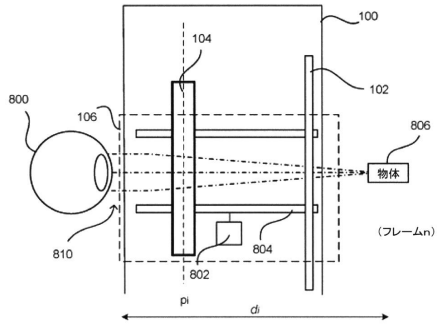
(現実の世界)

【図7B】

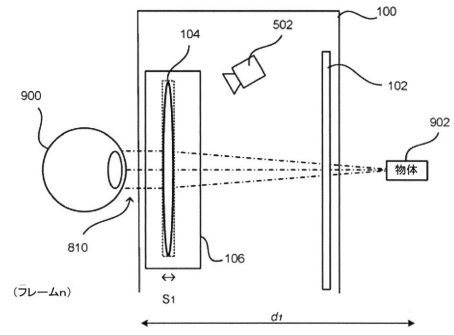


(3Dディスプレイ)

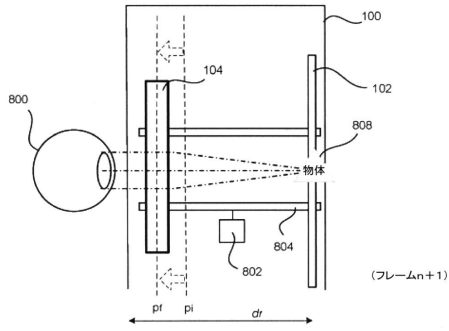
【図 8 A】



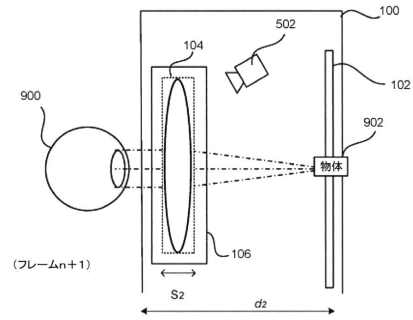
【図 9 A】



【図 8 B】



【図 9 B】



フロントページの続き

- (72)発明者 ランマン、ダグラス ロバート
 アメリカ合衆国 94025 カリフォルニア州 メンロ パーク ウィロー ロード 1601
 オキュラス ブイアール, エルエルシー内
- (72)発明者 エバート、ライアン マイケル
 アメリカ合衆国 94025 カリフォルニア州 メンロ パーク ウィロー ロード 1601
 オキュラス ブイアール, エルエルシー内
- (72)発明者 フィックス、アレクサンダー ジョーブ
 アメリカ合衆国 94025 カリフォルニア州 メンロ パーク ウィロー ロード 1601
 オキュラス ブイアール, エルエルシー内
- (72)発明者 ニコルス、ウィリアム アーロン
 アメリカ合衆国 94025 カリフォルニア州 メンロ パーク ウィロー ロード 1601
 オキュラス ブイアール, エルエルシー内
- (72)発明者 ムニエ、マイケル ショーン
 アメリカ合衆国 94025 カリフォルニア州 メンロ パーク ウィロー ロード 1601
 オキュラス ブイアール, エルエルシー内
- (72)発明者 キャビン、ロバート デール
 アメリカ合衆国 94025 カリフォルニア州 メンロ パーク ウィロー ロード 1601
 オキュラス ブイアール, エルエルシー内

審査官 堀部 修平

- (56)参考文献 国際公開第2015/184412(WO, A1)
 米国特許出願公開第2015/0237336(US, A1)
 特開2014-219621(JP, A)
 米国特許出願公開第2006/0210111(US, A1)
 米国特許出願公開第2010/0141852(US, A1)
 国際公開第2013/140697(WO, A1)
 特開平07-064013(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 27/01 - 27/02
 H04N 5/64