

(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5913346号  
(P5913346)

(45) 発行日 平成28年4月27日 (2016. 4. 27)

(24) 登録日 平成28年4月8日 (2016. 4. 8)

(51) Int. Cl.

F I

H04N 5/64 (2006.01)

G09G 3/20 (2006.01)

G02B 27/02 (2006.01)

G09G 3/36 (2006.01)

G09G 5/00 (2006.01)

H04N 5/64 511A

G09G 3/20 680A

G02B 27/02 Z

G09G 3/20 660X

G09G 3/20 642P

請求項の数 12 (全 45 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-538778 (P2013-538778)  
 (86) (22) 出願日 平成23年10月31日 (2011. 10. 31)  
 (65) 公表番号 特表2014-505381 (P2014-505381A)  
 (43) 公表日 平成26年2月27日 (2014. 2. 27)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2011/058604  
 (87) 国際公開番号 W02012/064546  
 (87) 国際公開日 平成24年5月18日 (2012. 5. 18)  
 審査請求日 平成26年10月31日 (2014. 10. 31)  
 (31) 優先権主張番号 12/941, 825  
 (32) 優先日 平成22年11月8日 (2010. 11. 8)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 314015767  
 マイクロソフト テクノロジー ライセン  
 シング, エルエルシー  
 アメリカ合衆国 ワシントン州 9805  
 2 レッドモンド ワン マイクロソフト  
 ウェイ  
 (74) 代理人 100140109  
 弁理士 小野 新次郎  
 (74) 代理人 100075270  
 弁理士 小林 泰  
 (74) 代理人 100101373  
 弁理士 竹内 茂雄  
 (74) 代理人 100118902  
 弁理士 山本 修

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 拡張現実表示のための自動可変仮想焦点

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

拡張現実システムによって仮想物体を可変焦点で表示するための方法であって、

1 つ以上のプロセッサが、前記拡張現実システムのニアアイ・ディスプレイ・デバイスのユーザー視野内において 1 つ以上の仮想物体の三次元位置を特定するステップであって、前記ニアアイ・ディスプレイ・デバイスが、マイクロディスプレイ・アセンブリーと、該マイクロディスプレイ・アセンブリーから 1 つ以上の画像を受けるように光学的に結合されたディスプレイ・ユニットとを含み、前記マイクロディスプレイ・アセンブリーが 1 つ以上の光処理エレメントを含み、該 1 つ以上の光処理エレメントが、少なくとも 1 つの光学エレメントと、該少なくとも 1 つの光学エレメントと光路内において整列したマイクロディスプレイ・ユニットとを含む、ステップと、

前記 1 つ以上のプロセッサが、前記ユーザー視野内において前記ニアアイ・ディスプレイ・デバイスを装着したユーザーの三次元の現在の焦点領域を、ユーザーの目の位置を追跡することによって決定するステップと、

前記 1 つ以上の仮想物体の内どれがユーザーの前記現在の焦点領域内にあるかを、前記ユーザー視野内の前記 1 つ以上の仮想物体の前記三次元位置に基づいて特定するステップと、

前記 1 つ以上のプロセッサの制御の下で、前記マイクロディスプレイ・アセンブリーの前記光路内の前記 1 つ以上の光処理エレメントの位置を動かすことにより、前記現在の焦点領域において画像データを生成するために前記マイクロディスプレイ・アセンブリ

一の焦点領域を調節するステップと、

前記マイクロディスプレイ・アセンブリーが、前記 1 つ以上の仮想物体に関して、一連のレイヤで構成された画像データを互いに異なった焦点領域において生成するステップであって、これにより前記マイクロディスプレイ・アセンブリーの調節された前記焦点領域において前記現在の焦点領域内にあると特定された前記 1 つ以上の仮想物体が合焦状態で生成され、前記現在の焦点領域外の前記 1 つ以上の仮想物体がぼけた状態で生成される、

ステップと、  
前記 1 つ以上の仮想物体の生成された前記画像データを、前記マイクロディスプレイ・アセンブリーから受け前記ディスプレイ・ユニットにより表示するステップと、  
を含む、方法。

10

【請求項 2】

請求項 1 記載の方法において、前記 1 つ以上のプロセッサが前記ユーザー視野内において前記ニアアイ・ディスプレイ・デバイスを装着したユーザーの三次元現在の焦点領域を、ユーザーの目の位置を追跡することによって決定するステップは、更に、

ユーザーの前記三次元現在の焦点領域を、パナムの融合エリアに基づいて決定するステップ、  
を含む、方法。

【請求項 3】

請求項 1 記載の方法であって、更に、

少なくとも 1 つの人為的被写体深度技法を、前記ユーザー視野内にあるが、ユーザーの前記現在の焦点領域の外にある仮想物体に、前記現在の焦点領域からの距離の関数として適用するステップを含む、方法。

20

【請求項 4】

仮想物体の可変焦点を与える拡張現実システムであって、

ニアアイ・サポート構造と、

1 つ以上のプロセッサと、

ユーザーの目によって透視されるように、前記ニアアイ・サポート構造によって位置決めされた透視ディスプレイ・ユニットと、

1 つ以上の画像を生成するためのマイクロディスプレイ・アセンブリーであって、該マイクロディスプレイ・アセンブリーが、前記ニアアイ・サポート構造によって支持され、前記透視ディスプレイ・ユニットにユーザーの現在の焦点領域のための画像データを出力するため前記透視ディスプレイ・ユニットに光学的に結合され、前記マイクロディスプレイ・アセンブリーが、1 つ以上の光処理エレメントを含み、該 1 つ以上の光処理エレメントが、マイクロディスプレイと、少なくとも 1 つの光学エレメントと、可変仮想焦点調節器とを含み、前記少なくとも 1 つの光学エレメントと前記マイクロディスプレイが、光路内において整列し、前記可変仮想焦点調節器が、前記 1 つ以上のプロセッサの制御の下で前記光路において前記 1 つ以上の光処理エレメントの位置を動かすことによって、1 つ以上の仮想物体をユーザーの前記現在の焦点領域内に置くために、前記マイクロディスプレイ・アセンブリーの焦点領域を変化させる、マイクロディスプレイ・アセンブリーと、  
を含む、

30

40

前記 1 つ以上のプロセッサが、前記 1 つ以上の仮想物体に関して、一連のレイヤで構成された画像データを互いに異なった焦点領域において生成するため、前記マイクロディスプレイ・アセンブリーを制御し、これにより前記マイクロディスプレイ・アセンブリーの変化させた前記焦点領域において前記現在の焦点領域内にあると特定された前記 1 つ以上の仮想物体が合焦状態で生成され、前記現在の焦点領域外の前記 1 つ以上の仮想物体がぼけた状態で生成され、

前記ディスプレイ・ユニットが、前記マイクロディスプレイ・アセンブリーからの生成された前記画像データを受け、該生成された画像データを表示し、

前記ディスプレイ・ユニットが、

50

前記可変仮想焦点調節器を制御するためにドライバーであって、前記プロセッサが、ソフトウェアの制御の下で、ユーザーの前記現在の焦点領域内に少なくとも1つの仮想物体を含むように、前記マイクロディスプレイに命令する、ドライバーと、

三次元仮想画像を表示するために前記光路を介して前記マイクロディスプレイ・アセンブリーに光学的に結合されたディスプレイと、を含む、拡張現実システム。

【請求項5】

請求項4記載の拡張現実システムであって、更に、

前記マイクロディスプレイ・アセンブリーの少なくとも1つの光処理エレメントを支持するアーマチャーであって、前記可変仮想焦点調節器の制御の下にある、アーマチャーを含む、拡張現実システム。

10

【請求項6】

請求項4記載の拡張現実システムであって、前記可変仮想焦点調節器は圧電アクチュエーターである、拡張現実システム。

【請求項7】

請求項4記載の拡張現実システムにおいて、

更に、前記可変仮想焦点調節器を制御するドライバーにレートを提供する、前記1つ以上のプロセッサの制御の下のタイミング・ジェネレーターを含み、

前記可変仮想焦点調節器が、前記マイクロディスプレイ・アセンブリーの前記光路内における変位の範囲にわたって、前記レートで前記マイクロディスプレイ・アセンブリーの少なくとも1つの光処理エレメントを動かし、前記変位の範囲が、焦点領域の範囲に対応し、

20

前記焦点領域の範囲が、1つの焦点領域を含み、該1つの焦点領域において、前記マイクロディスプレイが生成する画像が、ユーザーの前記現在の焦点領域において前記ディスプレイ・ユニットにより表示される画像データを生じ、

前記1つ以上のプロセッサが、前記変位の範囲内の各変位に達したときに、前記範囲のそれぞれの1つの焦点領域に配置されるように特定された任意の仮想物体を含む画像を生成するように、前記マイクロディスプレイに命令する、拡張現実システム。

【請求項8】

請求項4記載の拡張現実システムにおいて、

前記マイクロディスプレイ・アセンブリーの前記少なくとも1つの光学エレメントが、挿入可能なレンズの組を含み、前記可変仮想焦点調節器が、前記組内のそれぞれの挿入可能なレンズを前記光路内へあるいは前記光路外へ動かすためのそれぞれのアームを含み、

30

前記可変仮想焦点調節器が、1つ以上のプロセッサの制御の下で前記光路において前記1つ以上の光処理エレメントを動かすことによって、1つ以上の仮想物体をユーザーの前記現在の焦点領域内に置くために、前記マイクロディスプレイ・アセンブリーの前記焦点領域を変化させることが、更に、前記マイクロディスプレイ・アセンブリーの前記焦点領域を変化させるため前記光路に関して前記組内のそれぞれの挿入可能なレンズの位置を動かすための前記それぞれのアームを動かすことを含む、拡張現実システム。

40

【請求項9】

請求項4記載の拡張現実システムにおいて、

前記マイクロディスプレイ・アセンブリーの前記少なくとも1つの光学エレメントが、前記可変仮想焦点調節器の制御の下にある回転可能なサポート内にレンズの組を含み、

前記可変仮想焦点調節器が、1つ以上のプロセッサの制御の下で前記光路において前記1つ以上の光処理エレメントを動かすことによって、1つ以上の仮想物体をユーザーの現在の焦点領域内に置くために、前記マイクロディスプレイ・アセンブリーの焦点領域を変化させることが、更に、前記可変仮想焦点調節器が、前記マイクロディスプレイ・アセンブリーの前記焦点領域を変化させるため前記レンズの組のうちのレンズを前記光路において変化させるため前記回転可能なサポートを回転させることを含む、

50

拡張現実システム。

【請求項 10】

請求項 7 記載の拡張現実システムにおいて、前記ディスプレイ・ユニットは、前記変位の範囲によって生成された前記画像を前記少なくとも 1 つの目の位置へ投射する、拡張現実システム。

【請求項 11】

請求項 7 記載の拡張現実システムにおいて、

前記マイクロディスプレイが、前記変位の範囲によって生成された異なる画像の合焦部分を含む複合画像を生成し、

前記ディスプレイ・ユニットが、前記少なくとも 1 つの目の位置に前記複合画像を投射する、拡張現実システム。

10

【請求項 12】

請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の方法をプロセッサに実行させるための命令をエンコードされた 1 つ以上のコンピュータ読み取り可能な不揮発性記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【従来技術】

【0001】

[0001] 拡張現実(augmented reality)とは、仮想形像(imagery)を実世界の物理環境と混合することを可能にする技術である。通例、仮想物体および実物体の混合形像を見るために、ユーザーは透過ニアアイ・ディスプレイ(see through near eye display)を装着する。ニアアイ・ディスプレイは、通例、光学素子と立体素子(stereopsis)との組み合わせを使用して、仮想形像を固定距離において合焦する。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0002】

しかしながら、仮想物体が固定距離にあり、ユーザーの位置が変化すると、仮想物体は、ユーザーがその仮想物体を自然の視野(sight)で見える場合のようには、ユーザーに対して焦点が合ったりぼやけたりする動きはしない。

【課題を解決するための手段】

【0003】

30

[0002] 本技術は、混合実現または拡張実現ディスプレイに可変焦点を達成するための実施形態を提供する。ユーザーは、透過ディスプレイ・デバイスによって場面を見る。この場面は、ユーザーが彼または彼女の目で、ディスプレイ・デバイスの透明なレンズ即ち透過レンズを介して直接見る物理環境において、1 つ以上の実物体(real object)を含む。1 つ以上の仮想物体が、ディスプレイ・デバイスによって、ユーザーの目の位置の少なくとも一方に投射される。こうして、実場面の表示が仮想物体によって拡張される。

【0004】

[0003] 一実施形態では、本技術は、ディスプレイ・デバイスによって投射される仮想物体の焦点距離を可変にするための装備を有する。ユーザーに対して三次元視野を決定し、ユーザーの視野内にある 1 つ以上の仮想物体の三次元位置も決定する。視野内において、ユーザーの現在の三次元焦点領域が決定される。ユーザーの現在の焦点領域内にある 1 つ以上の仮想物体が、それらの位置に基づいて特定される。

40

【0005】

[0004] ディスプレイにおいてユーザーの現在の焦点領域に仮想物体を表示するために、仮想物体が現在の焦点領域における画像の領域に動かされる。一実施形態では、これを行うには、透過ディスプレイ・デバイスのマイクロディスプレイ・アセンブリの焦点領域を変化させる。マイクロディスプレイ・アセンブリは、反射エレメント、少なくとも 1 つの光学エレメント、および光路に沿って整列されたマイクロディスプレイ・ユニットというようなエレメント、および可変仮想焦点調節器を含むことができる。マイクロディスプレイ・ユニットは表示用画像を生成し、この画像の光は、光路に沿って少なくとも 1

50

つの光学エレメント、例えば、平行化レンズを通過して、反射エレメントまで進む。

【 0 0 0 6 】

[0005] 一実施形態では、調節器が、マイクロディスプレイ・アセンブリの少なくとも2つのエレメント間にある光路に沿った変位(displacement)を変化させて、画像における仮想物体の焦点領域を変化させる。他の実施形態では、光学エレメントの焦点距離を調節して、所望の焦点領域を得ることもできる。例えば、少なくとも1つの複屈折レンズの偏光を変化させてもよく、あるいは流体レンズ(fluid lens)または液体レンズ(liquid lens)の曲率半径を調節してもよい。

【 0 0 0 7 】

[0006] 一実施形態では、ユーザー焦点領域の外側であるがユーザー視野の内側にある仮想物体に、ユーザー焦点領域からの距離の関数として人工焦点深度技法を適用することができる。

10

【 0 0 0 8 】

[0007] また、本技術は、可変仮想焦点調節器を含むマイクロディスプレイ・アセンブリを含む透過ディスプレイ・ユニットを含み、仮想物体の可変焦点に備えた、拡張現実システムも提供する。制御回路は、可変仮想焦点調節器を制御するドライバーを含む。一実施形態では、本システムは、更に、可変仮想焦点調節器がマイクロディスプレイ・アセンブリを異なる焦点領域にわたって掃引するタイミングを制御するために、制御回路にタイミング・ジェネレーターも含む。殆どの実施形態では、掃引のレートは、人間の時間的画像融合(temporal image fusion)によって、異なる焦点領域において生成された画像が同時に存在するかの如く見えるように、十分速く設定される。異なる焦点領域において生成された画像の表示を見ているユーザーは、仮想物体が物理環境における実物体であるかのように、仮想物体に自然に焦点が合い、そして焦点が外れていく様子を見る。

20

【 0 0 0 9 】

[0008] また、本技術は、拡張現実ディスプレイにおいて異なる焦点領域に仮想物体を生成する方法も提供する。透過ディスプレイ・デバイスを使用して、実物体および仮想物体を含む場面を見ているユーザーに対して、三次元視野が決定される。ユーザーの視野内にある1つ以上の仮想物体に対して、三次元焦点領域が特定される。マイクロディスプレイ・アセンブリは、複数の焦点領域にわたって掃引するために調節される。焦点領域は、ユーザーが現在見ている焦点領域、および仮想物体を含む領域を含むように選択されるとよい。焦点領域毎に画像が生成される。

30

【 0 0 1 0 】

[0009] 一例では、これらの画像の各々が、人間の時間的画像融合によって人間の目には同時に画像が存在するかの如く見えるように、十分に速いレートでユーザーに表示することができる。他の例では、異なる焦点領域において生成された仮想画像の合焦部分の複合画像が表示される。

【 0 0 1 1 】

[0010] この摘要は、詳細な説明の章において以下で更に説明する概念から選択したものを簡略化された形式で紹介するために、設けられている。この摘要は、特許請求する主題の主要な特徴や必須の特徴を特定することを意図するのではなく、特許請求する主題の範囲を決定するときに補助として使用されることを意図するのではない。

40

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図 1】図 1 は、仮想物体の可変焦点を供給するシステムの一実施形態のコンポーネント例を示すブロック図である。

【図 2 A】図 2 A は、頭部装着ディスプレイ・ユニットの一実施形態の一部の上面図である。

【図 2 B】図 2 B は、頭部装着ディスプレイ・ユニットの他の実施形態の一部の上面図である。

【図 3 A】図 3 A は、ニアアイ・ディスプレイのマイクロディスプレイ・アセンブリの

50

一部として使用する回転可能レンズ・システムの一例である。

【図 3 B】図 3 B 1 および図 3 B 2 は、マイクロディスプレイ・アセンブリーの一部として使用する、流体レンズが呈する異なる曲率半径の例である。

【図 3 C】図 3 C は、ニアアイ・ディスプレイのマイクロディスプレイ・アセンブリーの一部として使用する複屈折レンズ・システムの一例である。

【図 3 D】図 3 D は、マイクロディスプレイ・アセンブリーの一部として使用する挿入可能レンズ・システム(insertable lens system)の一例である。

【図 4】図 4 は、頭部装着ディスプレイ・ユニットのコンポーネントの一実施形態のブロック図である。

【図 5】図 5 は、頭部装着ディスプレイ・ユニットと関連する処理ユニットのコンポーネントの一実施形態のブロック図である。

10

【図 6】図 6 は、頭部装着ディスプレイ・ユニットと共に使用されるハブ計算システムのコンポーネントの一実施形態のブロック図である。

【図 7】図 7 は、本明細書において記載するハブ計算システムを実現するために使用することができる計算システムの一実施形態のブロック図である。

【図 8】図 8 は、ユーザーに対して合焦する仮想コンテンツの焦点を可変にすることができるマルチユーザー・システムを示すブロック図である。

【図 9】図 9 は、仮想物体がユーザーによって見られるときにこの仮想物体に焦点を合わせて表示するプロセスの一実施形態を記載するフローチャートである。

【図 10】図 10 は、空間のモデルを作るプロセスの一実施形態を記載するフローチャートである。

20

【図 11】図 11 は、モデルを複数の物体に区分するプロセスの一実施形態を記載するフロー・チャートである。

【図 12】図 12 は、物体を識別するプロセスの一実施形態を記載するフロー・チャートである。

【図 13】図 13 は、透過ディスプレイを見ているユーザーによって仮想物体が見られるときに、この仮想物体に焦点を合わせて表示するプロセスの一実施形態を記載するフローチャートである。

【図 14】図 14 は、ハブがユーザーおよび/または頭部装着ディスプレイ・ユニットの位置および向きを追跡するときのプロセスの一実施形態を記載するフロー・チャートである。

30

【図 15】図 15 は、目の位置を追跡するプロセスの一実施形態を記載するフロー・チャートである。

【図 16】図 16 は、ユーザーの視野を判定するプロセスの一実施形態を記載するフロー・チャートである。

【図 17 A】図 17 A は、アセンブリーの少なくとも 1 つのレンズを変位させることによって、マイクロディスプレイ・アセンブリーの焦点領域を変化させるプロセスの一実施形態を記載するフローチャートである。

【図 17 B】図 17 B は、アセンブリーの少なくとも 1 つのレンズの偏光を変位させることによって、マイクロディスプレイ・アセンブリーの焦点領域を変化させるプロセスの一実施形態を記載するフローチャートである。

40

【図 17 C】図 17 C は、アセンブリーの少なくとも 1 つの流体レンズの曲率半径を変位させることによって、マイクロディスプレイ・アセンブリーの焦点領域を変化させるプロセスの一実施形態を記載するフローチャートである。

【図 18 A】図 18 A は、拡張現実ディスプレイにおける異なる焦点領域に仮想物体画像を生成するプロセスの一実施形態を記載するフロー・チャートである。

【図 18 B】図 18 B は、拡張現実ディスプレイにおける異なる焦点領域に仮想物体画像を生成するプロセスの他の実施形態を記載するフロー・チャートである。

【図 19 A】図 19 A は、拡張現実ディスプレイにおいて多重焦点仮想物体を表示する異なる方法の例を模式的に示す。

50

【図 19B】図 19B は、拡張現実ディスプレイにおいて多重焦点仮想物体を表示する異なる方法の例を模式的に示す。

【発明を実施するための形態】

【0013】

[0037] 本技術は、混合現実または拡張現実ディスプレイのために可変焦点を得る実施形態を提供する。一実施形態では、システムは、拡張現実のためのニアアイ・ディスプレイとして、透過ディスプレイ・デバイスと、この透過ディスプレイ・デバイスと通信可能な処理ユニットとを含む。以下で論ずる実施形態では、透過ディスプレイは、1組のめがね内にあるが、他のHMDフォーマットおよびニアアイ・ディスプレイ・ホルダーも使用することができる。

10

【0014】

[0038] ユーザーの自然な視界(sight)が、透過ディスプレイによって見られる場面において実物体を実際にそして直接見るために使用される。ソフトウェア、例えば、ゲーミング・アプリケーションを実行するコンテキストに基づいて、本システムは仮想画像をディスプレイ上に投射することができ、これらの仮想画像は、頭部装着ディスプレイ・デバイスを装着している人によって見つつ、この人はディスプレイを介して現実世界の物体も見ることができる。

【0015】

[0039] 1つ以上のセンサーが、ユーザーが見る物理環境をスキャンするために使用され、こうしてスキャンされた環境の三次元モデルを築くことができるデータを提供する。このモデルは実物体に区分され、そして以下で説明するように、仮想物体画像の位置によって拡張される。

20

【0016】

[0040] 加えて、種々のセンサーが、仮想画像をどこに投射すべきか決定するために、ユーザーの頭の位置および向き、ならびに目の位置を検出するために使用される。本システムは、自動的に、ユーザーがどこを見ているのか追跡するので、本システムは、透過ディスプレイ・デバイスの表示によって、ユーザーの視野を解明することができる。ユーザーを追跡するには、深度カメラ、および深度センサー、画像センサー、慣性センサー、眼位センサー等を含む種々のセンサーの内任意のものを使用することができる。ユーザーの視野の他に、本システムは、視野の中のどの位置にユーザーの焦点が合わされているか、またはユーザーが見ているか判断する。これを、多くの場合、ユーザー焦点領域と呼ぶ。

30

【0017】

[0041] 実施形態では、ユーザー焦点領域は、パナムの融合エリア(Panum's fusional area)として知られているボリューム(volume)であり、このエリアでは、人間の目は物体を単一視(single vision)で見る。人間は、双眼視(vinocular vision)または立体視(ster eoptic vision)を有する。各目は異なる視点から画像を生成する。このパナムの融合エリアという小さなボリュームのみにおいて、人間は単一視で物体を見る。これは、一般に、物体が焦点が合っていると言われるときに意味することである。このエリアの外側では、物体はぼやけて見えるか、または二重画像として現れる可能性がある。パナムの融合エリアの中央内に、ユーザーの目の焦点を含むホロプター(Horopter)がある。ユーザーの焦点が空間内の一点において合っているとき、この点を以後焦点(focal point)と呼ぶが、この焦点は湾曲線上に位置する。空間におけるこの湾曲線上にある物体は、眼窩において目の網膜上に来る。この湾曲線は、ときとして水平ホロプターと呼ばれることもある。また、垂直ホロプターもあり、これはその湾曲線を通る線であって、その曲線上の焦点よりも上では目から離れるように傾き、そしてその曲線上の焦点よりも下では目に向かって傾く。ホロプターという用語は、以後使用する場合、その垂直成分および水平成分の双方を指すものとする。

40

【0018】

[0042] 一旦システムがユーザーの視野およびユーザーの焦点領域を把握したなら、システムは、透過ディスプレイ・デバイスの表示によってどこに1つ以上の仮想物体画像を

50

投射すべきか解明することができる。投射される表示において選択された焦点領域の位置に仮想物体の表示を生成するには、透過ディスプレイ・デバイスのマイクロディスプレイ・アセンブリにおける光路長を調節することによって行えばよい。

【 0 0 1 9 】

[0043] 左および右のマイクロディスプレイ上に置かれた画像をずらすことによって、視差が発生する。仮想物体に対して視差量を設定することによって、その仮想距離は、左目ディスプレイによって生成された仮想物体までの見通し線が、右目ディスプレイに対する対応する見通し線と交差する距離によって暗示(imply)される。従来のディスプレイは、この視差暗示距離を設定することができる。視差とは無関係に、ディスプレイから出る波頭の曲率によって暗示される距離がある。この曲率半径は、単に、物体上の一点までの距離である。近隣の物体は強く湾曲した波頭を有する。何故なら、それによって曲率半径が小さくなるからである。離れている物体は、遙かに平坦な波頭を有する。何故なら、曲率半径が対応して大きくなるからである。非常に離れた物体の極限において、波頭は平面になる。従来の頭部装着ディスプレイは、固定の波頭曲率を有する。何故なら、これらは、場面の内容に基づいて可変にすることができる光学エレメントを有していないからである。

【 0 0 2 0 】

[0044] ユーザーの位置が仮想物体の現在地から更に遠い位置に変化する場合、左および右マイクロディスプレイ上にしかるべき画像を置くことによって、仮想物体に対する視差およびスケール(scale)を変化させることができる。ユーザーの新しい位置に対して、ホロプター、およびパナムの融合エリアを定めることができる。従来のディスプレイは、仮想物体をパナムの融合エリアに持っていくように、波頭の曲率半径を調節することができない。以下で説明する技術は、波頭曲率を、スケールおよび視差によって設定される他のキュー(cue)とも符合し、仮想物体をパナムの融合エリアに持っていく距離に設定することができる。このようにして、画像は自然で現実的に現れる。同じ議論(argument)は、ユーザーが一定の位置に居続ける場合にも該当し、仮想物体は、場面における自然物体に対して一層近づくようにまたは遠ざかるように動くことになる。

【 0 0 2 1 】

[0045] マイクロディスプレイ・アセンブリは、光処理エレメントおよび可変焦点調節器を含む。光処理エレメントの例をいくつかあげると、マイクロディスプレイ・ユニット、1つ以上の光学エレメント、例えば、レンズ・システムのレンズ、および反射エレメント、例えば、反射面または部分的反射面がある。マイクロディスプレイ・ユニットは、光源を含み、仮想物体の画像を生成する。マイクロディスプレイ・ユニットは、光学的に1つ以上の光学エレメントおよび反射エレメントと整列されている。光学的整列は、光軸または1つ以上の光軸を含む光路に沿っているとよい。画像光は、1つ以上の光学エレメントによって平行化され、反射エレメントに導かれるのであってよい。部分的反射エレメントからの反射光は、一実施形態では、ユーザーの目の位置に導かれるのであってよい。表面は部分的に反射するので、自然場面からの光にそれを通して、見えるようにすることもできる。他の実施形態では、反射エレメントによって反射されたマイクロディスプレイ・ユニットからの光は、他の光学エレメントに進み、この光学エレメントは、ユーザーが見るために画像を投射し、更に自然光も見られることを可能にする。可変焦点調節器は、マイクロディスプレイ・アセンブリの光路内にある1つ以上の光処理エレメント間における変位、またはマイクロディスプレイ・アセンブリにおけるエレメントの光学倍率(optical power)を変化させる。レンズの光学倍率は、その焦点距離の逆数、例えば、 $1 / \text{焦点距離}$ と定められているので、一方が変化すると他方に影響を及ぼす。この変化の結果、マイクロディスプレイ・アセンブリによって生成された画像に対して、焦点が合っている視野の領域が、変化した変位または光学倍率によって変化することになる。以下で実施形態について論ずるが、マイクロディスプレイ・アセンブリは各目に設けることができる。マイクロディスプレイ・アセンブリの各々は、そのそれぞれの目の視界(perspective)に対して処理を実行する。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 2 2 】

[0046] 一例では、人為的なぼけ(artificial blur)のような人為的被写体深度技法が、視野内および焦点領域の外側にある任意の仮想物体に、焦点領域からのその距離に比例して適用される。他の実施形態では、調節器が、焦点領域の範囲に対応する焦点距離の範囲にわたって、あるレートまたは頻度で掃引しつつ、それぞれの焦点領域内において仮想物体を表示する。このレートまたは頻度は、ディスプレイ・デバイスのフレーム・レート以上とするとよい。一実施形態では、異なる焦点領域において生成された仮想物体画像は、階層画像(layered images)として表示され、これらの画像が同時に現れるが如く見えるように、ディスプレイのレートを十分に速く(fast or rapid)する。他の実施形態では、異なる焦点領域において生成された画像の合焦部分の複合画像が表示される。ユーザーが彼または彼女の現在の焦点を他の焦点領域に変化させると、異なる焦点領域にある仮想物体は、自然光において見るときのように、焦点が合いそして外れていく。

10

## 【 0 0 2 3 】

[0047] 次いで、仮想画像のサイズおよび向きを決め、このサイズ/向きを決めた画像を透過ディスプレイ上にレンダリングすることによって、画像がレンダリングされる。

[0048] 図 1 は、仮想物体の可変焦点を与えるシステム 10 の一実施形態のコンポーネント例を示すブロック図である。システム 10 は、頭部装着ディスプレイ・デバイス 2 のような、ワイヤ 6 によって処理ユニット 4 と通信可能な透過ディスプレイ・デバイスを含む。他の実施形態では、頭部装着ディスプレイ・デバイス 2 は処理ユニット 4 とワイヤレス通信によって通信する。頭部装着ディスプレイ・デバイス 2 は、一実施形態では、めがねの形状となっており、フレーム 115 が本システムのエレメントを保持するためのサポート、および電気接続のための導線を備えており、ユーザーの頭部に装着され、ユーザーがディスプレイを透視しこれによってユーザーの前方にある空間の実際の実直接視(direct view)を有することができるようになっている。「実際の直接視」という用語の使用は、作られた物体の画像表現を見るのではなく、人間の目で直接実世界の物体を見る能力を指す。例えば、ガラスを通して室内を見ると、ユーザーはその部屋の実際の直接視を有することができ、一方テレビジョンにおいて部屋のビデオを見ることは、その部屋の実際の直接視ではない。頭部装着ディスプレイ・デバイス 2 のこれ以上の詳細については、以下で説明する。

20

## 【 0 0 2 4 】

[0049] 一実施形態では、処理ユニット 4 は、ユーザーの手首に着用され、頭部装着ディスプレイ・デバイス 2 を動作させるために使用される計算パワーの多くを含む。処理ユニット 4 は、1 つ以上のハブ計算システム 12 にワイヤレスで通信する(例えば、Wi-Fi、Bluetooth(登録商標)、赤外線、または他のワイヤレス通信手段)。

30

## 【 0 0 2 5 】

[0050] ハブ計算システム 12 は、コンピューター、ゲーミング・システムまたはコンソール等であってもよい。一実施形態例によれば、ハブ計算システム 12 は、このハブ計算システム 12 が、ゲーミング・アプリケーション、ゲーム以外のアプリケーション等のようなアプリケーションを実行するために使用できるように、ハードウェア・コンポーネントおよび/またはソフトウェア・コンポーネントを含むことができる。一実施形態では、ハブ計算システム 12 は、本明細書において記載するプロセスを実行するためにプロセッサ読み取り可能記憶デバイスに格納されている命令を実行することができる、標準的なプロセッサ、特殊プロセッサ、マイクロプロセッサ等のようなプロセッサを含むことができる。

40

## 【 0 0 2 6 】

[0051] 更に、ハブ計算システム 12 は、キャプチャー・デバイス 20A および 20B のような、1 つ以上のキャプチャー・デバイスも含む。他の実施形態では、2 つよりも多いまたは少ないキャプチャー・デバイスを使用することができる。一実施形態例では、キャプチャー・デバイス 20A および 20B は、部屋の異なる部分を取り込むように、異なる方向に照準を向けられる。尚、2 つのキャプチャー・デバイスの視野が多少重複し、ハ

50

ブ計算システム 12 が、これらのキャプチャー・デバイスの視野が互いにどのように関係するのか把握できるようにすると有利であると考えられる。このように、複数のキャプチャー・デバイスを使用して、部屋全体（または他の空間）を見る (view) ことができる。あるいは、1つのキャプチャー・デバイスを動作中にパンニングすることができる場合、関連する空間全体が経時的にそのキャプチャー・デバイスによって見られるように、このキャプチャー・デバイスを使用することができる。

【0027】

[0052] キャプチャー・デバイス 20A および 20B は、例えば、1人以上のユーザーおよび周囲の空間を視覚的に監視するカメラとするとよく、1人以上のユーザーによって行われるジェスチャーおよび/または動き、更には周囲の空間の構造を取り込み、分析し、追跡して、アプリケーションにおいて1つ以上の制御または動作 (action) を実行する、および/またはアバターまたは画面上のキャラクターを動画化することができる。10

【0028】

[0053] ハブ計算システム 12 は、ゲームまたはアプリケーションの映像部分を供給することができるテレビジョン、モニター、高品位テレビジョン (HDTV) 等のようなオーディオビジュアル・デバイス 16 に接続されていてもよい。例えば、ハブ計算システム 12 は、ゲーム・アプリケーション、ゲーム以外のアプリケーション等と関連するオーディオビジュアル信号を供給することができる、グラフィクス・カードのようなビデオ・アダプター、および/またはサウンド・カードのようなオーディオ・アダプターを含んでもよい。オーディオビジュアル・デバイス 16 は、ハブ計算システム 12 からオーディオビジュアル信号を受け取ることができ、次いでこのオーディオビジュアル信号と関連するゲームまたはアプリケーションの映像部分および/またはオーディオを出力することができる。20  
一実施形態によれば、オーディオビジュアル・デバイス 16 は、ハブ計算システム 12 に、例えば、S-Video ケーブル、同軸ケーブル、HDMI (登録商標) ケーブル、DVI ケーブル、VGA ケーブル、コンポーネント・ビデオ・ケーブル、RCA ケーブルなどによって接続されるとよい。一例では、オーディオビジュアル・デバイス 16 は内部スピーカを含む。他の実施形態では、オーディオビジュアル・デバイス 16、別のステレオ、またはハブ計算システム 12 が外部スピーカ 22 に接続される。

【0029】

[0054] ハブ計算デバイス 10 は、キャプチャー・デバイス 20A および 20B と共に、人間（または他のタイプの）ターゲットを認識、分析、および/または追跡するために使用することができる。例えば、キャプチャー・デバイス 20A および 20B を使用して、頭部装着ディスプレイ・デバイス 2 を着用しているユーザーを追跡することができ、ユーザーのジェスチャーおよび/または動きを取り込んでアバターまたは画面上のキャラクターを動画化することができ、および/またはハブ計算システム 12 が実行しているアプリケーションに影響を及ぼすために使用することができる制御として、ユーザーのジェスチャーおよび/または動きを解釈することもできる。30

【0030】

[0055] 図 2A は、頭部装着ディスプレイ・デバイス 2 の一部の上面図を示し、テンブル 102 および鼻ブリッジ 104 を含むフレームの一部を含む。頭部装着ディスプレイ・デバイス 2 の右側だけが図示されている。鼻ブリッジ 104 内には、以下で説明するように、音を記録しそのオーディオ・データを処理ユニット 4 に送るマイクロフォン 110 が組み込まれている。頭部装着ディスプレイ・デバイス 2 の前方には、ビデオ・カメラ 113 に面する物理環境がある。ビデオ・カメラ 113 は、ビデオおよび静止画像を取り込むことができる。これらの画像は、以下で説明するように、処理ユニット 4 に送られる。40

【0031】

[0056] 頭部装着ディスプレイ・デバイス 2 のフレーム 115 の一部が、ディスプレイを包囲する（1つ以上の光学エレメントを含む）。頭部装着ディスプレイ・デバイス 2 のコンポーネントを示すために、ディスプレイを包囲するフレーム 115 の一部は図示されていない。ディスプレイは、導光光エレメント 112、不透明フィルター 114、透過レ 50

ンズ 1 1 6、および透過レンズ 1 1 8 を含む。一実施形態では、不透明フィルター 1 1 4 は、透過レンズ 1 1 6 の後ろにあってこれと整列されており、導光光学エレメント 1 1 2 は不透明フィルター 1 1 4 の後ろにあってこれと整列されており、透過レンズ 1 1 8 は、導光光学エレメント 1 1 2 の後ろにあってこれと整列されている。透過レンズ 1 1 6 および 1 1 8 は、めがねに使用される標準的なレンズであり、任意の処方(prescription)に合わせて(処方がない場合も含む)作ることができる。一実施形態では、透過レンズ 1 1 6 および 1 1 8 は、可変処方レンズと置き換えることができる。実施形態の中には、頭部装着ディスプレイ・デバイス 2 が 1 つの透過レンズしか含まない、または透過レンズを含まない場合もある。他の代替案では、処方レンズは導光光学エレメント 1 1 2 の内側に進む(go)ことができる。不透明フィルター 1 1 4 は、自然光(画素毎または均一のいずれか)を排除して、仮想画像のコントラストを強調する。導光光学エレメント 1 1 2 は、人工光を目まで伝える。不透明フィルター 1 1 4 および導光光学エレメント 1 1 2 のこれ以上の詳細については、以下で説明する。

#### 【0032】

[0057] テンプル 1 0 2 には、またはその内側には、画像ソースが装着されている。1 つ以上の実施形態では、この画像ソースは、1 つ以上の光学エレメント、例えば、レンズ・システム 1 2 2 を通して画像を反射エレメント上に投射するマイクロディスプレイ 1 2 0 を含む。反射エレメントは、この実施形態では、画像を導光光学エレメント 1 1 2 に導く反射面 1 2 4 である。マイクロディスプレイ 1 2 0 を実現するために使用することができる、異なる画像生成技術がある。例えば、マイクロディスプレイ 1 2 0 は、透過型投射技術を使用して実現することができる。この場合、光源は、白色光によるバックライトを受ける、光学的にアクティブな材料によって変調される。これらの技術は、通常、強力なバックライトおよび高い光エネルギー密度を有する LCD 型ディスプレイを使用して実現される。また、マイクロディスプレイ 1 2 0 は、反射技術を使用して実現することもできる。この場合、外部光が反射され光学的にアクティブな材料によって変調される。技術に依存して、白色光源または RGB 光源のいずれかによって、照明が前方に照らされる。デジタル光処理(DLP)、シリコン上液晶(LCOS)、およびQualcomm, inc.(クアルコム社)からのMirasol(登録商標)表示技術は全て、反射技術の例である。これらの技術は、殆どのエネルギーが変調構造(modulated structure)から遠ざかるように反射され、本明細書において記載するシステムにおいて使用することができるので、効率的である。加えて、マイクロディスプレイ 1 2 0 は、発光技術(emissive technology)を使用して実現することもできる。この場合、光はディスプレイによって生成される。例えば、Microvision, Inc.(マイクロビジョン社)からのPicoP(登録商標)は、レーザ信号を、マイクロ・ミラー制御(steering)によって、透過エレメントとして作用する小さな画面上に出すか、または直接目に向けて送る(例えば、レーザ)。

#### 【0033】

[0058] 図示した実施形態では、マイクロディスプレイ 1 2 0 は、マイクロディスプレイ・アセンブリー 1 7 3 の一部である。マイクロディスプレイ・アセンブリー 1 7 3 は、画像を透過ディスプレイに伝える(transfer)光処理エレメントを含む。この例におけるマイクロディスプレイ・アセンブリーは、マイクロディスプレイ 1 2 0、レンズ・システム 1 2 2 内で具体化される 1 つ以上の光学エレメント、および反射面 1 2 4 を含む。レンズ・システム 1 2 2 は、1 つのレンズまたは複数のレンズを含んでもよい。レンズ・システム 1 2 2、マイクロディスプレイ・ユニット 1 2 0、および反射面 1 2 4(例えば、ミラーまたは他の表面)は、光路において整列されており、この例では、光軸 1 3 3 に沿って整列されている。画像光は、レンズ・システム 1 2 2 によって平行化され、反射面 1 2 4 に導かれるのであってよい。

#### 【0034】

[0059] 更に、マイクロディスプレイ・アセンブリー 1 7 3 は、可変仮想焦点調節器 1 3 5 も含む。可変仮想焦点調節器 1 3 5 は、レンズ・システム 1 2 2 とマイクロディスプレイ・ユニット 1 2 0 との間の変位、あるいはレンズ・システム 1 2 2 と反射面 1 2 4 と

の間の変位、あるいは双方を光路 1 3 3 に沿って制御する。マイクロディスプレイ・アセンブリーの光処理エレメント間における異なる変位は、仮想物体を投射することができるユーザーの三次元視野における異なる焦点領域に対応する。この例では、変位変化は、アーマチャー 1 3 7 内部で導かれる。アーマチャー 1 3 7 は、この例では、レンズ・システム 1 2 2 およびマイクロディスプレイ 1 2 0 のような、少なくとも 1 つの光処理エレメントを支持する。アーマチャー 1 3 7 は、エレメントの物理的動きの間光路 1 3 3 に沿った整列を安定させて、選択された変位または選択された光学パワーを得るのに役立つ。変位の範囲は、通例、数ミリメートル (mm) 程度である。一例では、この範囲は 1 ~ 2 mm である。

#### 【 0 0 3 5 】

[0060] 一例では、調節器 1 3 5 が、圧電モータのような、アクチュエーターであってもよい。アクチュエーターのための他の技術を使用してもよく、このような技術の例をいくつか挙げると、コイルと永久磁石によって形成されたボイス・コイル、磁気歪みエレメント、および電気歪みエレメントがある。

#### 【 0 0 3 6 】

[0061] 導光光学エレメント 1 1 2 は、マイクロディスプレイ 1 2 0 からの光を透過させて、頭部装着ディスプレイ・デバイス 2 を着用しているユーザーの目 1 4 0 に向かわせる。また、導光光学エレメント 1 1 2 は、矢印 1 4 2 によって示されるように、頭部装着ディスプレイ・デバイス 2 の前方からの光も、導光光学エレメント 1 1 2 を介して目 1 4 0 に向けて透過させることができ、これによってユーザーがマイクロディスプレイ 1 2 0 からの仮想画像を受けることに加えて、頭部装着ディスプレイ・デバイス 2 の前方にある空間の実際の直接視を有することを可能にする。つまり、導光光学エレメント 1 1 2 の壁は、透けて見える (see-through)。導光光学エレメント 1 1 2 は、第 1 反射面 1 2 4 を含む。マイクロディスプレイ 1 2 0 からの光は、レンズ・システム 1 2 2 を通過して、反射面 1 2 4 に入射する。反射面 1 2 4 は、マイクロディスプレイ 1 2 0 からの入射光を反射して、導光光学エレメント 1 1 2 を含む平面基板の内側に、内反射によって光が取り込まれるようにする。この基板の表面を数回反射した後、取り込まれた光波は、選択的反射面 1 2 6 のアレイに到達する。尚、図面が混みすぎるのを防止するために、5 つの表面の内 1 つだけに 1 2 6 を付していることを注記しておく。反射面 1 2 6 は、基板の外側からこれらの反射面上に入射した光波を、ユーザーの目 1 4 0 に結合する。異なる光線が進行し異なる角度で基板の内側から反射する (bounce off) と、異なる光線が種々の反射面 1 2 6 に異なる角度で衝突する。したがって、異なる光線が、反射面の異なる 1 つ 1 つによって、基板から反射される。どの光線をどの表面 1 2 6 によって基板から反射させるかという選択は、表面 1 2 6 の適した角度を選択することによって管理される。導光光学エレメントのこれ以上の詳細については、米国特許出願公開 2 0 0 8 / 0 2 8 5 1 4 0、第 1 2 / 2 1 4、3 6 6 号において見いだすことができる。この出願は、"Substrate-Guide Optical Device" (基板誘導光学デバイス) と題し、2 0 0 8 年 1 1 月 2 0 日に公開された。この出願をここで引用したことにより、その内容全体が本願にも含まれるものとする。一実施形態では、各目がそれ自体の導光光学エレメント 1 1 2 を有する。頭部装着ディスプレイ・デバイスが 2 つの導光光学エレメントを有するとき、各目は、それ自体のマイクロディスプレイ 1 2 0 を有し、双方の目で同じ画像を表示すること、または 2 つの目で異なる画像を表示することができる。他の実施形態では、光を双方の目に反射させる 1 つの導光光学エレメントを設けることができる。

#### 【 0 0 3 7 】

[0062] 不透明フィルター 1 1 4 は、導光光学エレメント 1 1 2 と整列されており、選択的に自然光が、均一にまたは画素毎に、導光光学エレメント 1 1 2 を通過するのを遮断する。一実施形態では、不透明フィルターは、透視 LCD パネル、エレクトロクロミック・フィルム、または不透明フィルターとして役割を果たすことができる同様のデバイスとすることができる。このような透視 LCD パネルは、従来の LCD から基板、バックライト、およびディフューザーの種々の層を除去することによって得ることができる。LCD

10

20

30

40

50

パネルは、光に液晶を通過させる１つ以上の光透過ＬＣＤチップを含むことができる。このようなチップは、例えば、ＬＣＤプロジェクターにおいて使用されている。

【００３８】

[0063] 不透明フィルター１１４は、密集した画素の格子を含むことができ、各画素の光透過度は、最低透過度および最高透過度の間で個々に制御可能である。透過度の範囲は０～１００％が理想的であるが、これよりも限られた範囲でも容認可能である。一例として、偏光フィルターが２つしかないモノクロームＬＣＤパネルは、画素当たり約５０％から９０％の不透明度範囲をＬＣＤの分解能まで与えるには十分である。最低の５０％において、レンズは多少着色した外観を有するが、許容可能である。１００％の透過度は、完全に透明なレンズを表す。「アルファ」スケールを０～１００％まで定めることができ、

10

０％では光を通過させず、１００％では光を通過させる。アルファの値は、以下で説明する不透明フィルター制御回路２２４によって、画素毎に設定することができる。

【００３９】

[0064] 不透明フィルターについてのこれ以上の詳細は、"Opacity Filter For See-Through Mounted Display"（透過装着ディスプレイ用不透明フィルター）と題し、２０１０年９月２１日に出版された米国特許出願第１２／８８７，４２６号、および"Fusing Virtual Content Into Real Content"（仮想コンテンツの実コンテンツへの融合）と題し２０１０年１０月１５日に出版された米国特許出願第１２／９０５，９５２号において示されている。これらの発明者は、Jason Flaks、Avi Bar-Zev、Jeffrey Margolis、Chris Miles、Alex Kipman、Andrew Fuller、およびBob Croccoであり、双方の出願をここで引用し

20

たことにより、これらの内容全体が本願にも含まれることとする。

【００４０】

[0065] また、頭部装着ディスプレイ・デバイス２は、ユーザーの目の位置を追跡するシステムも含む。以下で説明するが、このシステムは、ユーザーの視野を判定できるようにユーザーの位置および向きを追跡する。しかしながら、人間は、彼らの前にあるあらゆるものを認知する訳ではない。逆に、ユーザーの目は環境の内部分集合に向けられる。したがって、一実施形態では、本システムは、ユーザーの視野の測定をリファインするために、ユーザーの目の位置を追跡する技術を含む。例えば、頭部装着ディスプレイ・デバイス２は、目追跡アセンブリー１３４（図２Ａ参照）を含む。目追跡アセンブリー１３４は、目追跡照明デバイス１３４Ａ、および目追跡カメラ１３４Ｂ（図４参照）を含む。一実施形態では、目追跡照明源１３４Ａは、１つ以上の赤外線（ＩＲ）発光器を含み、ＩＲ光を目に向けて放出する。目追跡カメラ１３４Ｂは、反射したＩＲ光を検知する１つ以上のカメラを含む。

30

【００４１】

[0066] 瞳の位置は、角膜の反射を検出する既知の撮像技法によって特定することができる。例えば、２００８年７月２２日にOphir et al.,に発行された"Head Mounted Eye Tracking and Display System"（頭部装着目追跡および表示システム）と題する米国特許第７，４０１，９２０号を参照のこと。この特許をここで引用したことにより、その内容全体が本願にも含まれるものとする。このような技法は、追跡カメラに対する目の中心の位置を突き止めることができる。一般に、目の追跡には、目の画像を得て、コンピューター映像技法を使用して眼窩内部にある瞳の位置を判定する必要がある。一実施形態では、１つの目の位置を追跡すれば十分である。なぜなら、目は通常一緒に動くからである。しかしながら、各目を別々に追跡することも可能である。

40

【００４２】

[0067] 一実施形態では、本システムは、矩形配列とした４つの赤外線（ＩＲ）ＬＥＤおよび４つのＩＲ光検出器を使用し、頭部装着ディスプレイ・デバイス２のレンズの角毎に１つずつのＩＲ ＬＥＤおよびＩＲ光検出器がある。ＬＥＤからの光は目で反射する。４つのＩＲ光検出器の各々において検出された赤外線光量によって、瞳の方向を判定する。即ち、目における白および黒の量から、その特定の光検出器に対して目から反射する光の量を判定する。こうして、光検出器は、目における白または黒の量を測定する。４つの

50

サンプルから、本システムは目の方向を判定することができる。

【 0 0 4 3 】

[0068] 他の代替案は、先に論じたように、4つの赤外線LEDを使用するが、頭部装着ディスプレイ・デバイス2のレンズの側には1つの赤外線撮像デバイスしか使用しない。この撮像デバイスは、小型のミラーおよび/またはレンズ(魚眼)を使用し、この撮像デバイスがめがねのフレームから見るることができる目の75%までを撮像することができるようにしている。次いで、この撮像デバイスは、先に論じたのと全く同じように、画像を検知し、コンピューター映像を使用して画像を発見する。つまり、図2Aは1つのIR発光器を有する1つのアセンブリーを示すが、図2Aの構造は、4つのIR送信機および/または4つのIRセンサーを有するように調節することができる。4つよりも多いまたは少ないIR送信機および/またはIRセンサーを使用することもできる。

10

【 0 0 4 4 】

[0069] 目の方向を追跡する他の実施形態では、電荷追跡に基づく。この概念は、網膜が測定可能な正の電荷を保持し(carry)、角膜は負の電荷を有するという観察に基づく。目が動き回る間に電位を検出するために、ユーザーの耳にセンサーを装着し(イヤホン130の近く)、目が何をしているのかリアル・タイムで効果的に読み出すことができる。目を追跡するための他の実施形態を使用することもできる。

【 0 0 4 5 】

[0070] 制御回路136は、頭部装着ディスプレイ・デバイス2の他のコンポーネントをサポートする種々の電子回路を設ける。制御回路136のこれ以上の詳細については、以下で図4に関して示すことにする。テンプル102の内側に、またはテンプル102に取り付けられたイヤホン130、慣性センサー132、および温度センサー138がある。一実施形態では、慣性センサー132は、三軸磁力計132A、三軸ジャイロ132B、および三軸加速度計132C(図4参照)を含む。慣性センサーは、頭部装着ディスプレイ・デバイス2の位置、向き、急激な加速を検知するためである。

20

【 0 0 4 6 】

[0071] 図2Aは、頭部装着ディスプレイ・デバイス2の半分のみを示す。頭部装着ディスプレイ・デバイス全体では、もう1組の透視レンズ、他の不透明フィルター、他の導光光学エレメント、他のマイクロディスプレイ120、他のレンズ・システム122、部屋に面するカメラ113、目追跡アセンブリー134、イヤホン130、および温度センサー138を含む。

30

【 0 0 4 7 】

[0072] 図2は、頭部装着ディスプレイ・ユニットの他の実施形態の一部の上面図である。フレーム115は、その中に支持されている光学エレメントの配列を露出させるために、点線で示されている。この実施形態では、反射エレメント124aからの光は、部分的反射エレメント124bに導かれる。部分的反射エレメント124bは、光路133に沿って進行する仮想画像を、自然または実際の直接視142と組み合わせる。自然視(natural view)142は、不透明フィルター114による影響を受けることがある。この視野(view)の組み合わせは、ユーザーの目140に導かれるのであって、導光光学エレメント112のような他の光学エレメントに導かれるのではない。この実施形態では、フレーム115は、光処理エレメント122および120を含むマイクロディスプレイ・アセンブリー173、可変焦点調節器135、およびアーマチャー137というような、本システムのエレメントのサポートとして便利なめがねフレームを設ける(provide)。この例では、各目に対する目追跡カメラ134r、134lはブリッジ104上に位置付けられている。他の実施形態では、めがねフレーム以外の他のサポート構造を使用することができる。このような構造の一例に、バイザーがある。

40

【 0 0 4 8 】

[0073] 前述のように、マイクロディスプレイ・アセンブリー173の光処理エレメントの構成から、仮想物体が画像において現れる焦点距離または焦点領域が求められる。この構成を変更すると、仮想物体画像の焦点領域が変化する。光処理エレメントによって決

50

定される焦点領域は、式  $1/S_1 + 1/S_2 = 1/f$  に基づいて決定および変更することができる。記号  $f$  は、マイクロディスプレイ・アセンブリー 173 におけるレンズ・システム 122 のような、レンズの焦点距離を表す。レンズ・システム 122 は、前節点(front nodal point)および後節点を有する。光線がいずれかの節点に向けて、光軸に対して所与の角度で導かれると、光線は他方の節点から光軸に対して等価な角度で現れる。一例では、レンズ・システム 122 の後節点は、それ自体と図 2 A における反射エレメント 124 または図 2 B における反射エレメント 124 a との間にある。後節点から反射エレメント 124、124 a までの距離を  $S_2$  で示すことができる。前節点は、レンズ・システム 122 と、ユーザーの物理空間の三次元モデルにおいてマイクロディスプレイ 120 によって生成された仮想画像の目標位置との間にある。(モデルの作成についてのこれ以上の詳細は、以下の図 10 ~ 図 12 の論述を参照のこと)。前節点から仮想画像の目標位置までの距離は  $S_1$  で示すことができる。

【0049】

【0074】 レンズの焦点距離が固定されている場合、仮想物体を異なる深度で合焦するためには、 $S_1$  および  $S_2$  を変化させる。例えば、初期位置において、 $S_1$  を無限遠に設定し、 $S_2$  をレンズ・システム 122 の焦点距離に等しく設定するとよい。レンズ・システム 122 の焦点距離が 10 mm であると仮定して、仮想物体を約 1 フィートまたは 30 cm ユーザーの視野内に置く例について考える。この場合、 $S_1$  は約 30 cm 即ち 300 mm であり、 $f$  は 10 mm であり、 $S_2$  は現焦点距離、10 mm の初期位置にあり、レンズ・システム 122 の後節点が反射エレメント 124、124 a から 10 mm のところにあることを意味する。 $1/300 + 1/S_2 = 1/10$  に基づいて、レンズ 122 と反射エレメント 124、124 a との間における新たな距離または新たな変位を決定する。ここで、全ての単位は mm である。その結果、 $S_2$  は約 10.3 mm となる。

【0050】

【0075】 一例では、処理ユニット 4 は、 $S_1$  および  $S_2$  について変位値を計算することができ、焦点距離  $f$  を固定のままにして、制御回路 136 に、駆動信号を可変調節器ドライバー 237 に送らせて、例えば、可変仮想焦点調節器 135 にレンズ・システム 122 を光路 133 に沿って移動させることができる。例の中には、調節器 135 がアーマチャー 137 内部で 1 つ以上の光学エレメント 122 を動かすことができる場合もある。他の例では、アーマチャーが、光処理エレメントの周囲のエリアにおいて溝または空間を有し、光処理エレメントを動かすことなく、エレメント、例えば、マイクロディスプレイ 120 上を摺動できるようにすることもできる。アーマチャー内に、1 つ以上の光学エレメント 122 のような他のエレメントを取り付けて、これらが、移動するアーマチャー 237 と共に摺動するまたは動くようにする。他の実施形態では、マイクロディスプレイ・ユニット 120 または反射エレメント 124、124 a、あるいは双方を、レンズ・システム 122 の代わりに、またはこれに加えて、動かしてもよい。

【0051】

【0076】 他の実施形態では、レンズ・システム 122 における少なくとも 1 つのレンズの焦点距離を、代わりに変化させるか、または光路 133 に沿った変位の変化と共に変化させるのでもよい。マイクロディスプレイ・アセンブリーの様々な実施形態を、図 3 A から図 3 D に示す。示されている具体的なレンズの数は、単なる例に過ぎない。同じ原理で動作する他の数または構成のレンズを使用してもよい。

【0052】

【0077】 図 3 A は、ニアアイ・ディスプレイのマイクロディスプレイ・アセンブリーの一部として使用するための回転レンズ・システムの一例である。レンズ 122 a から 122 d までの各々は、異なる焦点距離を有し、可変仮想焦点調節器 135 によって回転可能なディスク・サポート 160 内に支持されている。処理ユニット 4 は、焦点領域を決定し、その焦点領域を得るために、焦点距離レンズから 1 つを選択する。図 3 に関して示すように、制御回路 136 の可変調節器ドライバー 237 は、少なくとも 1 つの制御信号を可変仮想焦点調節器 135 に送り、選択されたレンズがアセンブリーの光路 133 内に整列

するように、ディスクを回転させる。

【 0 0 5 3 】

[0078] 図 3 B 1 および図 3 B 2 は、Hongwen et al., Tunable-focus liquid lens controlled using a servo motor (サーボ・モータを使用して制御する、焦点調節可能な流体レンズ), OPTICS EXPRESS, 4, September 2006, Vol. 14, No. 18, pp. 8031-8036 に示されるような異なる曲率半径を呈する流体レンズの例である。流体レンズは、マイクロディスプレイ・アセンブリーの一部として使用することができる。このレンズの焦点距離は、曲率半径を変化させることによって、変化させることができる。曲率半径  $R$  と焦点距離  $f$  との関係は、 $f = R / n_{\text{liquid}} - 1$  によって示される。レンズの液体または流体の屈折率は、 $n_{\text{liquid}}$  である。

10

【 0 0 5 4 】

[0079] この実施形態は、可撓性の外部メンブレン 1 5 2、一例ではラバー・メンブレンをその一部として有するまたは繋がれている環状密封リングのような、サポート 1 3 7 を含む。外部メンブレン 1 5 3 は、液体 1 5 6 のリザーバーと接触している。レンズ・メンブレン 1 5 0 が、液体レンズ・セル 1 5 8 の上に載っているか、またはその可撓性側面を形成する。液体レンズ・セル 1 5 8 は、液体をリザーバー 1 5 6 から受け、液体をリザーバー 1 5 6 に放出することができる。この引用している例では、可撓性レンズ・メンブレンは、ポリジメチルシロキサン (PDMS) エラストマー・メンブレンのような、伸縮性メンブレンである。液体セルの後ろにあるガラス板 1 5 4 が、サポートを設ける。可変仮想焦点調節器 1 3 5 は、図 3 B 2 に示すような、可撓性外部メンブレン 1 5 2 に対抗して押し込み、図 3 B 1 におけるように、メンブレン 1 5 2 を解放して、リザーバー 1 5 6 内にある体積の水が液体レンズ 1 5 8 に入ったり出たりさせることにより、液体の体積変化によって可撓性メンブレン 1 5 0 をへこませ、そして伸縮性メンブレン 1 5 0 を弛緩させるように制御される。液体体積の変化が、レンズ・メンブレン 1 5 0 の曲率半径の変化を起こし、したがって液体レンズ 1 5 8 の焦点距離の変化を起こす。曲率半径と体積変化  $V$  との関係は、次のように表すことができる。

20

【 0 0 5 5 】

【数 1】

$$\Delta V = (1/3) \pi (2R^2 - r_0^2 - 2R\sqrt{R^2 - r_0^2}) (2R + \sqrt{R^2 - r_0^2})$$

30

【 0 0 5 6 】

ここで、 $r_0$  はレンズ・アパーチャーの半径である。

[0080] 図 3 C は、ニアアイ・ディスプレイのマイクロディスプレイ・アセンブリーの一部として使用する複屈折レンズ・システムの一例である。複屈折材料は、異方性であり、即ち、方向に依存する。例示的な構造として、光を光線と記述すると、複屈折レンズは、光を通常光線と異常光線とに分解する。1つの異方性軸または光軸について、異なる屈折率、したがって異なる焦点距離が、異なる偏光に対して、つまり、1つは軸に対して平行な偏光、もう1つは軸に対して垂直な偏光に対して、存在することができる。図 3 C の例では、レンズ 1 2 2 a および 1 2 2 b は複屈折材料で作られたレンズであり、矢印で示すように異なる偏光を有する。この2つのレンズの例では、4つの異なる屈折率または焦点距離を選択のために予め決めることができる。異なる焦点距離には各々、処理ユニット 4 による選択のために、異なる焦点領域と関連付けることができる。偏光の組み合わせは、図 3 C に示すように、レンズ 1 2 2 a および 1 2 2 b の垂直偏光、図 3 C に示すものとは逆の垂直偏光、一方向に同じ偏光を有する2枚のレンズ、そして他方の偏光方向に同じ偏光を有する2枚のレンズとすることができる。一実施形態では、可変仮想焦点調節器は、電圧を各レンズに印加して、選択された偏光を実施することができる。他の実施形態では、物理的な応力を加えて、レンズの偏光を変化させることもできる。

40

【 0 0 5 7 】

[0081] 図 3 D は、マイクロディスプレイ・アセンブリーの一部として使用する挿入可能レンズ・システム(insertable lens system)の一例である。この実施形態では、複数の

50



レンズ 1 2 2 の各々は、アーマチャー 1 3 7 に取り付けられているそれぞれのアーム 1 2 3 に取り付けられている。各アーム 1 2 3 は、その 1 つ以上の光学エレメント 1 2 2、例えば、レンズまたはレンズ・システム 1 2 2 を、可変仮想焦点調節器 1 3 5 の制御下で、マイクロディスプレイ・アセンブリの光路 1 3 3 においてある変位の位置に動かす。例えば、予め設定されている焦点領域に対する所定の変位が使用されている場合、各レンズ 1 2 2 は、その近隣からある距離、例えば、0 . 1 ミリメートル (mm) だけ離れて設定することができる。また、均一でない間隔や、調節可能な変位も使用することができる。

【 0 0 5 8 】

[0082] レンズの焦点距離を調節する以上の例の各々において、光路 1 3 3 に沿った変位を行うこともできる。

[0083] 再度、前述のように、マイクロディスプレイ・アセンブリの各々は、仮想画像がユーザーの焦点領域、例えば、パナムの融合エリア、人間の単一視のエリアに現れるように、そのそれぞれの目の視野 (perspective) に対する処理を実行する。

【 0 0 5 9 】

[0084] 図 4 は、頭部装着ディスプレイ・デバイス 2 の種々のコンポーネントを示すブロック図である。図 5 は、処理ユニット 4 の種々のコンポーネントを説明するブロック図である。頭部装着ディスプレイ・デバイス 1 2 は、そのコンポーネントが図 4 に示されており、ユーザーの実世界視野 (view) と焦点が合う仮想画像を供給するために使用される。加えて、図 4 の頭部装着ディスプレイ・デバイスのコンポーネントは、種々の状態を追跡する多くのセンサーを含む。頭部装着ディスプレイ・デバイスは、仮想画像についての命令を処理ユニット 4 から受け、逆にセンサー情報を処理ユニット 4 に提供する。処理ユニット 4 は、そのコンポーネントが図 5 に示されており、頭部装着ディスプレイ 3 から、そしてハブ計算デバイス 1 2 (図 1 参照) からセンサー情報を受ける。この情報に基づいて、処理ユニット 4 は、焦点が合った仮想画像をどこにそしていつユーザーに供給すべきか判断し、それに応じて命令を図 4 の頭部装着ディスプレイ・デバイスに送る。

【 0 0 6 0 】

[0085] 尚、図 4 のコンポーネントの一部 (例えば、物理環境対面カメラ 1 1 3、目追跡カメラ 1 3 4 B、可変仮想焦点調節器 1 3 5、マイクロ・ディスプレイ 1 2 0、不透明フィルター 1 1 4、目追跡照明 1 3 4 A、イヤホン 1 3 0、および温度センサー 1 3 8) は、これらのデバイスが各々 2 つずつあり、1 つが頭部装着ディスプレイ・デバイス 2 の左側、そして 1 つが右側にあることを示すために、陰を付けて (in shadow) 図示されていることを注記しておく。図 4 は、電力管理回路 2 0 2 と通信可能な制御回路 2 0 0 を示す。制御回路 2 0 0 は、プロセッサ 2 1 0、メモリー 2 1 4 (例えば、D - R A M) と通信可能なメモリー・コントローラー 2 1 2、カメラ・インターフェース 2 1 6、カメラ・バッファ 2 1 8、ディスプレイ・ドライバー 2 2 0、ディスプレイ・フォーマッター 2 2 2、タイミング・ジェネレーター 2 2 6、ディスプレイ出力インターフェース 2 2 8、およびディスプレイ入力インターフェース 2 3 0 を含む。一実施形態では、制御回路 2 2 0 のコンポーネントは全て、互いに、専用線または 1 つ以上のバスを介して通信可能になっている。他の実施形態では、制御回路 2 0 0 のコンポーネントは全て、プロセッサ 2 1 0 と通信可能になっている。カメラ・インターフェース 2 1 6 は、2 つの物理環境対面カメラ 1 1 3 に対するインターフェースを設け、物理環境直面カメラから受けた画像をカメラ・バッファ 2 1 8 に格納する。ディスプレイ・ドライバー 2 2 0 は、マイクロディスプレイ 1 2 0 を駆動する。ディスプレイ・フォーマッター 2 2 2 は、マイクロディスプレイ 1 2 0 上に表示されている可動画像についての情報を、不透明フィルター 1 1 4 を制御する不透明制御回路 2 2 4 に提供する。タイミング・ジェネレーター 2 2 6 は、システムにタイミング・データを供給するために使用される。ディスプレイ出力 2 2 8 は、物理環境対面カメラ 1 1 3 から処理ユニット 4 に画像を供給するためのバッファである。ディスプレイ入力 2 3 0 は、マイクロディスプレイ 1 2 0 に表示しようとする仮想画像のような画像を受けるためのバッファである。ディスプレイ出力 2 2 8 およびディスプレイ入力 2 3 0 は、処理ユニット 4 に対するインターフェースである帯域インターフェース

232と通信する。

【0061】

[0086] 電力管理回路202は、電圧レギュレーター234、目追跡照明ドライバー236、可変調節器ドライバー237、オーディオDACおよび増幅器238、マイクロフォン・プリアンプおよびオーディオADC240、温度センサー・インターフェース242、ならびにクロック・ジェネレーター244を含む。電圧レギュレーター234は電力を処理ユニット4から帯域インターフェース232を介して受け、その電力を頭部装着ディスプレイ・デバイス2の他のコンポーネントに供給する。目追跡照明ドライバー236は、前述のように、IR光源を目追跡照明134Aのために設ける。可変調節器ドライバー237は、制御信号、例えば、駆動電流または駆動電圧を調節器135に供給し、マイクロディスプレイ・アセンブリの1つ以上のエレメントを動かして、焦点領域に対する変位を行う。この変位は、処理ユニット4またはハブ・コンピューター12あるいは双方において実行するソフトウェアによって計算される。ある範囲の変位にわたって、したがって焦点領域の範囲にわたって掃引する実施形態では、可変調節器ドライバー237は、タイミング信号をタイミング・ジェネレーター226から、または代わりにクロック・ジェネレーター244から受け、プログラミングされたレートまたは頻度で動作する。オーディオDACおよび増幅器238は、オーディオ情報をイヤホン130から受ける。マイクロフォン・プリアンプおよびオーディオADC240は、マイクロフォン110に対するインターフェースを設ける。温度センサー・インターフェース242は、温度センサー138に対するインターフェースである。また、電力管理ユニット202は、電力を供給し、三軸磁力計132A、三軸ジャイロ132B、および三軸加速度計132Cからは逆にデータを受ける。

10

20

【0062】

[0087] 図5は、処理ユニット4の種々のコンポーネントを説明するブロック図である。図5は、電力管理回路306と通信可能な制御回路304を示す。制御回路304は、中央処理ユニット320、グラフィクス処理ユニット322、キャッシュ324、RAM326、メモリー330（例えば、D-RAM）と通信可能なメモリー制御328、フラッシュ・メモリー334（または他のタイプの不揮発性ストレージ）と通信可能なフラッシュ・メモリー・コントローラー332、帯域インターフェース302および帯域インターフェース232を介して頭部装着ディスプレイ・デバイス2と通信可能なディスプレイ出力バッファ326、帯域インターフェース302および帯域インターフェース232を介して頭部装着ディスプレイ・デバイス2と通信可能なディスプレイ入力バッファ338、マイクロフォンに接続するために外部マイクロフォン・コネクタ342と通信可能なマイクロフォン・インターフェース340、ワイヤレス通信デバイス346に接続するためのPCIEクスプレス・インターフェース、ならびにUSBポート（1つまたは複数）348を含む。一実施形態では、ワイヤレス通信コンポーネント346は、Wi-Fi対応通信デバイス、Bluetooth（登録商標）通信デバイス、赤外線通信デバイス等を含むことができる。USBポートは、処理ユニット4をハブ計算デバイス12にドッキングして、データまたはソフトウェアを処理ユニット4および充電処理ユニット(charge processing unit 4)にロードするために使用することができる。一実施形態では、CPU320およびGPU322は、どこに、いつ、そしてどのように仮想画像をユーザーの視野に挿入すべきか判断するための主要な機械(workhorse)である。これ以上の詳細は、以下で示す。

30

40

【0063】

[0088] 電力管理回路306は、クロック・ジェネレーター360、アナログ/デジタル変換器362、バッテリー充電器364、電圧レギュレーター366、頭部装着ディスプレイ電源376、および温度センサー374（処理ユニット4の手首バンド上に配置されている）と通信可能な温度センサー・インターフェース372を含む。交流/直流変換器362が、AC供給電力を受け、本システムのためにDC供給電力を発電するために、充電ジャック370に接続されている。電圧レギュレーター366は、本システムに電

50

力を供給するために、バッテリー 368 と通信可能になっている。バッテリー充電器 364 は、充電ジャック 370 から電気を受けたときに、バッテリー 368 を充電する（電圧レギュレーター 366 を介して）ために使用される。HMD 電力インターフェース 376 は、電力を頭部装着ディスプレイ・デバイス 2 に供給する。

【0064】

[0089] 前述のシステムは、仮想画像がユーザーにとって自然に焦点が合うまたは焦点が外れるように、ユーザーの視野内に仮想画像を挿入するように構成される。種々の実施形態において、仮想画像は、画像が挿入されようとしている環境に基づいて、しかるべき向き、サイズ、および形状に一致するように調節される。一実施形態では、頭部装着ディスプレイ・デバイス 2、処理ユニット 4、およびハブ計算デバイス 12 は、一緒に動作する。これは、これらのデバイスの各々が、どこに、いつ、そしてどのように仮想画像を挿入すべきか判断するためのデータを得るために使用されるセンサーの部分集合を含むからである。一実施形態では、どこに、いつ、そしてどのように仮想画像を挿入すべきか判断する計算は、ハブ計算デバイス 12 によって実行される。他の実施形態では、これらの計算は処理ユニット 4 によって実行される。他の実施形態では、これらの計算の一部はハブ計算デバイス 12 によって実行されるが、他の計算は処理ユニット 4 によって実行される。他の実施形態では、これらの計算は頭部装着ディスプレイ・デバイス 2 によって実行することができる。

【0065】

[0090] 一実施形態例では、ハブ計算デバイス 12 は、ユーザーが入っている環境のモデルを作り、その環境内において動いている種々の物体を追跡する。加えて、ハブ計算デバイス 12 は、頭部装着ディスプレイ・デバイス 2 の位置および向きを追跡することによって、頭部装着ディスプレイ・デバイス 2 の視野を追跡する。モデルおよび追跡情報は、ハブ計算デバイス 12 から処理ユニット 4 に供給される。頭部装着ディスプレイ・デバイス 2 によって得られたセンサー情報は、処理ユニット 4 に送られる。すると、処理ユニット 4 は、頭部装着ディスプレイ・デバイス 2 からそれが受けた追加のセンサー情報を使用して、ユーザーの視野をリファインし、どのように、どこに、そしていつ仮想画像を挿入すべきかについての命令を頭部装着ディスプレイ・デバイス 2 に供給する。

【0066】

[0091] 図 6 は、ハブ計算システム 12 の一実施形態例を、キャプチャー・デバイスと共に示す。一実施形態では、キャプチャー・デバイス 20A および 20B は同じ構造であり、したがって、図 6 はキャプチャー・デバイス 20A のみを示す。

【0067】

[0092] 一実施形態例では、キャプチャー・デバイス 20A は、深度値を含むこともできる深度画像を含む深度情報によって、任意の適した技法によってビデオを取り込むように構成するとよい。任意の適した技法には、例えば、飛行時間、構造化光、ステレオ撮像などが含まれる。一実施形態によれば、キャプチャー・デバイス 20A は、深度情報を「Z レイヤー」即ち、深度カメラからその見通し線に沿って延びる Z 軸に対して垂直であるとよいレイヤーに編成することができる。

【0068】

[0093] 図 6 に示すように、キャプチャー・デバイス 20A はカメラ・コンポーネント 423 を含むことができる。一実施形態例によれば、カメラ・コンポーネント 423 は、場面の深度画像を取り込むことができる深度カメラであってもよく、またはこの深度カメラを含むのでもよい。深度画像は、取り込まれた場面の二次元（2-D）画素エリアを含むことができ、この 2-D 画素エリアにおける各画素は、カメラからの取り込まれた場面における物体の距離というような深度値を、例えば、センチメートル、ミリメートル等を単位として表すことができる。

【0069】

[0094] カメラ・コンポーネント 23 は、IR 発光コンポーネント 425、三次元（3D）カメラ 426、および場面の深度画像を取り込むために用いることができる RGB カ

10

20

30

40

50

メラ 4 2 8 を含むことができる。例えば、飛行時間分析では、キャプチャー・デバイス 2 0 A の I R 発光コンポーネント 4 2 5 は、キャプチャー・エリアに向けて赤外線光を出すことができ、次いでセンサー（実施形態の中には、図示されていないセンサーを含む場合もある）を使用して、その場面内にある 1 つ以上のターゲットおよび物体の表面からの後方散乱光を、例えば、3 D カメラ 4 2 6 および / または R G B カメラ 4 2 8 を用いて検出することができる。実施形態の中には、パルス状赤外線光を用いて、発信光パルスと対応する入射光パルスとの間の時間を測定し、キャプチャー・デバイス 2 0 A から場面内にあるターゲットまたは物体上における特定の場所までの物理的距離を判定するために使用することができるようにするとよい場合がある。加えて、他の実施形態例では、発信光波の位相を着信光波の位相と比較して、位相ずれを判定することもできる。次いで、この位相ずれを用いて、キャプチャー・デバイスからターゲットまたは物体上の特定の場所までの物理的距離を判定することができる。

10

#### 【 0 0 7 0 】

[0095] 他の一実施形態例によれば、飛行時間分析を使用して、例えば、散乱光パルス撮像(shuttered light pulse imaging)を含む種々の技法によって、経時的な光の反射ビームの強度を分析することによって、キャプチャー・デバイス 2 0 A からターゲットまたは物体上の特定の場所までの物理的距離を間接的に判定することができる。

#### 【 0 0 7 1 】

[0096] 他の一実施形態例では、キャプチャー・デバイス 2 0 A は、構造化光を用いて深度情報を取り込むことができる。このような分析では、パターン光（即ち、格子パターン、縞パターン、または異なるパターンのような既知のパターンとして表示される光）を、例えば、I R 発光コンポーネント 4 2 4 によって、場面向けて投射する。場面において 1 つ以上のターゲットまたは物体の表面に衝突したときに、パターンが、それに応答して、変形すると考えられる。このようなパターンの変形を、例えば、3 D カメラ 4 2 6 および / または R G B カメラ 4 2 8 （および / または他のセンサー）によって取り込むことができ、次いで分析して、キャプチャー・デバイスからターゲットまたは物体上における特定の場所までの物理的距離を判定することができる。実施態様の中には、I R 発光コンポーネント 4 2 5 がカメラ 4 2 5 および 4 2 6 から変位されて、カメラ 4 2 5 および 4 2 6 からの距離を判定するために三角測量法を使用できるようにしたものもある。実施態様の中には、キャプチャー・デバイス 2 0 A が、I R 光を検知するために専用の I R センサー、または I R フィルターを有するセンサーを含む場合もある。

20

30

#### 【 0 0 7 2 】

[0097] 他の実施形態によれば、キャプチャー・デバイス 2 0 A は、2 つ以上の物理的に分離されたカメラを含むことができ、これらが異なる角度から場面を捕らえて、視覚的な立体データーを得て、これを解明することによって深度情報を生成することができる。他のタイプの深度画像センサーも、深度画像を作るために使用することができる。

#### 【 0 0 7 3 】

[0098] 更に、キャプチャー・デバイス 2 0 A は、マイクロフォン 4 3 0 も含むことができる。マイクロフォン 4 3 0 は、音を受けて電気信号に変換することができる変換器またはセンサーを含む。マイクロフォン 4 3 0 は、オーディオ信号を受けるために使用することもできる。オーディオ信号は、ハブ計算デバイス 1 2 によって供給するのでもよい。

40

#### 【 0 0 7 4 】

[0099] 一実施形態例では、キャプチャー・デバイス 2 0 A は、更に、撮像カメラ・コンポーネント 4 2 3 と通信可能であるとよいプロセッサ 4 3 2 も含むことができる。プロセッサ 4 3 2 は、標準的なプロセッサ、特殊プロセッサ、マイクロプロセッサ等を含むことができ、例えば、深度画像を受ける命令、しかるべきデーター・フォーマット（例えば、フレーム）を生成する命令、およびデーターをハブ計算デバイス 1 2 に送る命令を含む命令を実行することができる。

#### 【 0 0 7 5 】

[00100] キャプチャー・デバイス 2 0 A は、更に、プロセッサ 4 3 2 によって実行

50

される命令、3-Dカメラおよび/またはRGBカメラによって取り込まれた画像または画像のフレーム、あるいは他の任意の適した情報、画像等を格納することができるメモリ434も含むことができる。一実施形態例によれば、メモリ434は、ランダム・アクセス・メモリ(RAM)、リード・オンリー・メモリ(ROM)、キャッシュ、フラッシュ・メモリ、ハード・ディスク、または任意の他の適した記憶コンポーネントを含むことができる。図6に示すように、一実施形態では、メモリ434は、画像キャプチャー・コンポーネント423およびプロセッサ432と通信可能な別個のコンポーネントであってもよい。他の実施形態によれば、メモリ434をプロセッサ432および/または画像キャプチャー・コンポーネント422に統合してもよい。

【0076】

[00101] キャプチャー・デバイス20Aおよび20Bは、通信リンク436を介して、ハブ計算デバイス12と通信することができる。通信リンク436は、例えば、USB接続、Firewire接続、イーサネット(登録商標)・ケーブル接続等を含む有線接続、および/またはワイヤレス802.1b、g、a、またはn接続というようなワイヤレス接続とすることができる。一実施形態によれば、ハブ計算デバイス12は、クロックをキャプチャー・デバイス20Aに供給することができる。このクロックは、例えば、通信リンク436を介して場面を取り込むときを決定するために使用することができる。加えて、キャプチャー・デバイス20Aは、深度情報、ならびに、例えば、3-Dカメラ426および/またはRGBカメラ428によって取り込まれた視覚(例えば、RGB)画像をハブ計算デバイス12に、通信リンク436を介して供給する。一実施形態では、深度画像および視覚画像は、毎秒30フレームで送られる。しかしながら、他のフレーム・レートも使用することができる。ハブ計算デバイス12は、次に、モデルを作り、このモデル、深度情報、および取り込まれた画像を使用して、例えば、ゲームまたはワード・プロセッサのようなアプリケーションを制御すること、および/またはアバターまたは画面上のキャラクターを動画化することができる。

【0077】

[00102] ハブ計算システム12は、深度画像処理および骨格追跡モジュール450を含む。このモジュール450は、深度画像を使用して、キャプチャー・デバイス20Aの深度カメラ機能によって検出可能な1人以上の人を追跡する。深度画像処理および骨格追跡モジュール450は、追跡情報をアプリケーション452に提供する。アプリケーション452は、ビデオ・ゲーム、生産性アプリケーション、通信アプリケーション、または他のソフトウェア・アプリケーション等とすることができる。また、オーディオ・データおよびビジュアル画像データも、アプリケーション452および深度画像処理および骨格追跡モジュール450に供給される。アプリケーション452は、追跡情報、オーディオ・データ、およびビジュアル画像データを認識エンジン454に供給する。他の実施形態では、認識エンジン454は、追跡情報を直接深度画像処理および骨格追跡モジュール450から受け、オーディオ・データおよびビジュアル画像データを直接キャプチャー・デバイス20Aおよび20Bから受ける。

【0078】

[00103] 認識エンジン454は、フィルター460、462、464、...、466の集合体と関連付けられている。各フィルターは、キャプチャー・デバイス20Aまたは20Bによって検出可能な任意の人あるいは物体によって行うことができるジェスチャー、行為、または状態に関する情報を含む。例えば、キャプチャー・デバイス20Aからのデータは、フィルター460、462、464、...、466によって処理して、ユーザーまたはユーザーのグループが1つ以上のジェスチャーまたは他の行為を行ったときを特定することができる。これらのジェスチャーには、アプリケーション452の種々の制御、物体、または条件と関連付けることもできる。つまり、ハブ計算デバイス12は、これらのフィルターと共に認識エンジン454を使用して、物体(人を含む)の動きを解釈し追跡することができる。

【0079】

[00104] キャプチャー・デバイス 20A および 20B は、RGB 画像（あるいは他のフォーマットまたは色空間における視覚画像）および深度画像を、ハブ計算デバイス 12 に供給する。深度画像は、複数の被観察画素とすることもでき、各被観察画素は観察画素値を有する。例えば、深度画像は、取り込まれた場面の二次元（2-D）画素エリアを含むことができ、この 2-D 画素エリアにおける各画素は、取り込まれた場面における物体のキャプチャー・デバイスからの距離というような、深度値を有することができる。ハブ計算デバイス 12 は、RGB 画像および深度画像を使用して、ユーザーまたは物体の動きを追跡する。例えば、本システムは、深度画像を使用して人のサポートを追跡する。深度画像を使用して人の骨格を追跡するために使用することができる方法は、数多くある。深度画像を使用して骨格を追跡するのに適した一例が、2009 年 10 月 21 日に出願された Craig, et al. の米国特許出願第 12 / 603, 437 号、"Pose Tracking Pipeline"（姿勢追跡パイプライン）に示されている（以後、'437 出願と呼ぶ）。この出願をここで引用したことにより、その内容全体が本願にも含まれるものとする。'437 出願のプロセスは、深度画像を取り込み、データをダウン・サンプリングするステップと、高分散ノイズ・データ（high variance noisy data）を除去および／またはスムージングするステップと、背景を特定および除去するステップと、前景画素の各々を身体異なる部分に指定するステップを含む。これらのステップに基づいて、本システムは、モデルをこのデータに当てはめ、骨格を作る。この骨格は、1 組の関節と、これらの関節間にある接続とを含む。他の追跡方法を使用することもできる。また、適した追跡技術が以下の 4 件の米国特許出願にも開示されている。その全てをここで引用することにより、その内容全体が本願にも含まれるものとする。2009 年 5 月 29 日に開示された米国特許出願第 12 / 475, 308 号、"Device for Identifying and Tracking Multiple Humans Over Time"（複数の人間を経時的に特定および追跡するデバイス）、2010 年 1 月 29 日に開示された米国特許出願第 12 / 696, 282 号、"Visual Based Identity Tracking"（外見に基づく識別追跡）、2009 年 12 月 18 日に開示された米国特許第 12 / 641, 788 号、"Motion Detection Using Depth Images"（深度画像を使用する動き検出）、および 2009 年 10 月 7 日に開示された米国特許第 12 / 575, 388 号、"Human Tracking System"（人間追跡システム）。

【0080】

[00105] 認識エンジン 454 は、ジェスチャーまたは行為を判定するために複数のフィルター 460、462、464、...、466 を含む。フィルターは、ジェスチャー、行為、または状態を定める情報を、そのジェスチャー、行為、または状態についてのパラメーター、またはメタデータと共に含む。例えば、投げる動作は、一方の手が身体の背後から身体の前方を通過する動きを含み、その動きが深度カメラによって取り込まれると、ユーザーの一方の手が身体の背後から身体の前方を通過する動きを表す情報を含むジェスチャーとして実現することができる。次いで、このジェスチャーに対してパラメーターを設定することができる。ジェスチャーが投げる動作である場合、パラメーターは、手が達しなければならないしきい値速度、手が移動する距離（ユーザー全体のサイズに対して絶対的、または相対的のいずれか）、および認識エンジンによる、ジェスチャーが行われたことの信頼度格付けとするとよい。ジェスチャーに対するこれらのパラメーターは、アプリケーション間、1 つのアプリケーションのコンテキスト間、または 1 つのアプリケーションの 1 つのコンテキスト内において、経時的に様々に変化するのであってもよい。

【0081】

[00106] フィルターは、モジュール状または相互交換可能であるとよい。一実施形態では、フィルターは、複数の入力（これらの入力の各々は型を有する）と、複数の出力（これらの出力の各々は型を有する）とを有する。認識エンジンのアーキテクチャーの他の態様を全く変更することなく、第 1 のフィルターを、この第 1 のフィルターと同じ数および同じタイプの入力と出力とを有する第 2 フィルターと交換することができる。例えば、入力として骨格データを取り込み、そのフィルターと関連するジェスチャーが行われている確実度と、操縦角度とを出力する駆動用第 1 フィルターがあってもよい。おそらく

は第2駆動フィルタの方が効率的であり必要な処理リソースが少なく済むために、この第1駆動フィルタを第2駆動フィルタと交換したい場合、第2フィルタが同じ入力および出力、即ち、骨格データー型である1つの入力と、確実度型および角度型である2つの出力を有する限り、単に第1フィルタを第2フィルタと交換することによって、そうすることができる。

【0082】

[00107] フィルタがパラメータを有する必要はない。例えば、ユーザーの身長を戻す「ユーザー身長」フィルタが、調整することができるパラメータを全く考慮しなくてもよい。代替りの「ユーザー身長」フィルタが、ユーザーの身長を判定するときに、ユーザーの靴、髪形、帽子、および姿勢を考慮に入れるべきか否かというような、調整可能なパラメータを有してもよい。

10

【0083】

[00108] フィルタへの入力は、関節において合体する骨によって形成される角度のような、ユーザーの関節位置についての関節データー、シーンからのRGBカラー・データー、およびユーザーの態様の変化率、というような事項を含むことができる。フィルタからの出力は、所与のジェスチャーが行われる確実度、ジェスチャーの動きが行われる速度、およびジェスチャーの動きが行われた時刻というような事項を含むことができる。

【0084】

[00109] 認識エンジン454は、前述のフィルタに機能を設ける基本認識エンジンを有することができる。一実施形態では、認識エンジン454が実装する機能は、認識されたジェスチャーおよび他の入力を追跡する経時的入力アーカイブ、隠れマルコフ・モデルの実装（モデル化されるシステムは、未知のパラメータを有するマルコフ・プロセスであると仮定される。このプロセスでは、現在の状態が、今後の状態を判定するために必要な任意の過去の状態情報をカプセル化するので、この目的のために他の過去の状態情報を維持しなくてもよく、隠れているパラメータは、観察可能なデーターから判定される）、およびジェスチャー認識の特定の場合(instance)を解決するために必要とされる他の機能を含む。

20

【0085】

[00110] フィルタ460、462、464、...、466は、認識エンジン454の上にロードされ実装され、認識エンジン454によって全てのフィルタ460、462、464、...、466に提供されるサービスを利用することができる。一実施形態では、認識エンジン454は、任意のフィルタ460、462、464、...、466の要件を満たすか否か判断するためにデーターを受ける。入力の解析というような、これらの提供されるサービスは、各フィルタ460、462、464、...、466によってではなく、認識エンジン454によって1回提供されるので、このようなサービスは、ある時間期間に1回だけ処理されればよいのであって、その期間においてフィルタ毎に1回ずつ処理されるのではない。したがって、ジェスチャーを判定するために使用される処理が少なくなる。

30

【0086】

[00111] アプリケーション452は、認識エンジン454に設けられたフィルタ460、462、464、...、466を使用することができ、またはそれ自体のフィルタを設けることもできる。このフィルタは、認識エンジン454に差し込まれる。一実施形態では、全てのフィルタは、この差し込み特性を可能にするために、共通のインターフェースを有する。更に、全てのフィルタはパラメータを利用することができるので、以下の1つのジェスチャー・ツールを使用して、フィルタ・システム全体のデバッグおよび調整(tune)を行うことができる。

40

【0087】

[00112] 認識エンジン454についてのこれ以上の情報は、2009年4月13日に出願された米国特許出願第12/422,661号、"Gesture Recognizer System Architecture"（ジェスチャー認識システムのアーキテクチャー）において見いだすことができ

50

る。この特許出願をここで引用したことにより、その内容全体が本願にも含まれるものとする。ジェスチャー認識についてのこれ以上の情報は、2009年2月23日出願された米国特許出願第12/391,150号、"Standard Gestures" (標準的ジェスチャー)、および2009年5月29日出願された米国特許第12/474,655号、"Gesture Tool" (ジェスチャー・ツール) において見いだすことができる。これら双方の特許出願をここで引用したことにより、それらの内容全体が本願にも含まれるものとする。

【0088】

【00113】 図7は、ハブ計算デバイス12を実現するために使用することができる計算システムの一実施形態例を示す。図7に示すように、マルチメディア・コンソール500は、中央処理ユニット(CPU)501を有する。CPU501は、レベル1(L1)キャッシュ502、レベル2(L2)キャッシュ504、およびフラッシュROM(リード・オンリー・メモリー)506を有する。レベル1キャッシュ502およびレベル2キャッシュ504は、一時的にデータを格納し、したがってメモリー・アクセス・サイクル回数を減らすことによって、処理速度およびスループットを向上させる。CPU501は、1つよりも多いコア、つまり追加のレベル1およびレベル2キャッシュ502および504を有するものが、設けられてもよい。フラッシュROM506は、実行可能コードを格納することができる。実行可能コードは、マルチメディア・コンソール500に最初に電力を投入するときのブート・プロセスの初期フェーズの間にロードされる。

【0089】

【00114】 グラフィクス処理ユニット(GPU)508およびビデオ・エンコーダー/ビデオ・コデック(コーダー/デコーダー)514は、高速および高分解能グラフィクス処理のためのビデオ処理パイプラインを形成する。データは、グラフィクス処理ユニット508からビデオ・エンコーダー/ビデオ・コデック514に、バスを通じて伝達される。ビデオ処理パイプラインが、テレビジョンまたはその他の表示装置への送信のために、データをA/V(オーディオ/ビデオ)ポート540に出力する。メモリー・コントローラー510がGPU508に接続されており、限定ではないが、RAM(ランダム・アクセス・メモリー)のような、種々の形式のメモリー512にプロセッサがアクセスし易くする。

【0090】

【00115】 プロセッサ500は、I/Oコントローラー520、システム管理コントローラー522、オーディオ処理ユニット523、ネットワーク・インターフェース・コントローラー524、第1USBホスト・コントローラー526、第2USBコントローラー528、およびフロント・パネルI/Oサブアセンブリー530を含む。これらは、モジュール518に実装することが好ましい。USBコントローラー526および528は、ペリフェラル・コントローラー542(1)~542(2)、ワイヤレス・アダプター548、および外部メモリー・ユニット546(例えば、フラッシュ・メモリー、外部CD/DVD ROMドライブ、リムーバブル・メディア等)のホストとしての役割を果たす。ネットワーク・インターフェース524および/またはワイヤレス・アダプター548は、ネットワーク(例えば、インターネット、ホーム・ネットワーク等)へのアクセスを与え、イーサネット(登録商標)・カード、モデム、Bluetooth(登録商標)モジュール、ケーブル・モデム等を含む、多種多様な様々な有線またはワイヤレス・アダプター・コンポーネントの内任意のものでよい。

【0091】

【00116】 システム・メモリー543は、ブート・プロセスの間にロードされるアプリケーション・データを格納するために設けられている。メディア・ドライブ544が設けられており、DVD/CDドライブ、ブルー・レイ・ドライブ、ハード・ディスク・ドライブ、またはその他のリムーバブル・メディア・ドライブ等を含むことができる。メディア・ドライブ144は、マルチメディア・コンソール500の内部でも外部でもよい。マルチメディア・コンソール500による実行、プレーバック(playback)等のために、マルチメディア・コンソール500はアプリケーション・データ544にアクセスするこ



とができる。メディア・ドライブ 5 4 4 は、シリアル A T A バスまたはその他の高速接続（例えば、I E E E 1 3 9 4）のようなバスを通じて、I / O コントローラー 5 2 0 に接続されている。

【 0 0 9 2 】

【00117】 システム管理コントローラー 5 2 2 は、マルチメディア・コンソール 5 0 0 の利用可能性を確保することに関する種々のサービス機能を提供する。オーディオ処理ユニット 5 2 3 およびオーディオ・コデック 5 3 2 は、高信頼度およびステレオ・オーディオ処理を備えた、対応するオーディオ処理パイプラインを形成する。通信リンクが、オーディオ処理ユニット 5 2 3 とオーディオ・コデック 5 2 6 との間において、オーディオ・データを送達することができる。オーディオ処理パイプラインは、外部オーディオ・ユーザまたはオーディオ能力を有するデバイスによる再生のために、A / V ポート 5 4 0 にデータを送出する。

10

【 0 0 9 3 】

【00118】 フロント・パネル I / O サブアセンブリ 5 3 0 は、電力ボタン 5 5 0 およびイジェクト・ボタン 5 5 2 の機能をサポートし、更にマルチメディア・コンソール 5 0 0 の外面上に露出する任意の L E D（発光ダイオード）またはその他のインディケータの機能もサポートする。システム電源モジュール 5 3 6 は、電力をマルチメディア・コンソール 1 0 0 のコンポーネントに供給する。ファン 5 3 8 は、マルチメディア・コンソール 5 0 0 内部にある回路を冷却する。

【 0 0 9 4 】

20

【00119】 C P U 5 0 1、G P U 5 0 8、メモリー・コントローラー 5 1 0、およびマルチメディア・コンソール 5 0 0 内部にある種々の他のコンポーネントは、1 つ以上のバスによって相互接続されている。これらのバスには、シリアルおよびパラレル・バス、メモリー・バス、ペリフェラル・バス、ならびに種々のバス・アーキテクチャーの内任意のものを採用したプロセッサ・バスまたはローカル・バスが含まれる。一例として、このようなアーキテクチャーは、周辺コンポーネント相互接続（P C I）バス、P C I-Express バス等を含むことができる。

【 0 0 9 5 】

【00120】 マルチメディア・コンソール 5 0 0 に電源を投入すると、アプリケーション・データを送システム・メモリー 5 4 3 からメモリー 5 1 2 および / またはキャッシュ 5 0 2、5 0 4 にロードすることができ、C P U 5 0 1 において実行することができる。アプリケーションは、マルチメディア・コンソール 5 0 0 において利用可能な異なるメディア・タイプにナビゲートするとき、一貫性のあるユーザ体験を提供するグラフィカル・ユーザ・インターフェースを提示することができる。動作において、アプリケーションおよび / またはメディア・ドライブ 5 4 4 内に含まれているその他のメディアをメディア・ドライブから起動または再生して、追加の機能をマルチメディア・コンソール 5 0 0 に提供することもできる。

30

【 0 0 9 6 】

【00121】 マルチメディア・コンソール 5 0 0 は、単に単体システムをテレビジョンまたはその他のディスプレイに接続することによって、その単体システムとして動作させることができる。この単体モードでは、マルチメディア・コンソール 5 0 0 は、1 人以上のユーザがシステムと対話処理すること、ムービーを見ること、音楽を聞くこと等を可能にする。しかしながら、ネットワーク・インターフェース 5 2 4 またはワイヤレス・アダプター 5 4 8 を通じて利用可能なブロードバンド接続の統合により、マルチメディア・コンソール 5 0 0 は、更に、それよりも大きなネットワーク共同体における参加者として動作することができる。加えて、マルチメディア・コンソール 5 0 0 は、処理ユニット 4 とワイヤレス・アダプター 5 4 8 を介して通信することができる。

40

【 0 0 9 7 】

【00122】 マルチメディア・コンソール 5 0 0 の電源をオンにすると、マルチメディア・コンソールのオペレーティング・システムによって、設定されている量のハードウェア

50

・リソースがシステムの使用のために確保される。これらのリソースは、メモリー、CPUおよびGPUサイクル、ネットワーク帯域幅等の確保を含むことができる。これらのリソースは、システムのブート時に確保されるので、確保されたリソースは、アプリケーションの視点からは存在しない。特に、メモリーの確保は、起動カーネル、コンカレント・システム・アプリケーション、およびドライバを含めるのに十分大きいことが好ましい。確保されたCPUの使用がそのシステム・アプリケーションによって使用されない場合、アイドル状態にあるスレッドが未使用サイクルの内任意のものを消費するように、CPUの確保を一定に維持することが好ましい。

【0098】

[00123] GPUの確保に関して、GPU割り込みを使用することによって、システム・アプリケーション（例えば、ポップアップ）によって生成される軽量メッセージを表示して、ポップアップをオーバーレイにレンダリングするコードをスケジューリングする。オーバーレイに必要とされるメモリー量は、オーバーレイのエリア・サイズに依存し、オーバーレイは画面の解像度と共にスケールリングする(scale)ことが好ましい。コンカレント・システム・アプリケーションによってユーザー・インターフェース全体が用いられる場合、アプリケーションの解像度とは独立した解像度を使用することが好ましい。周波数を変更しTVの同期を取り直す必要性をなくすように、スケーラーを使用してこの解像度を設定するとよい。

【0099】

[00124] マルチメディア・コンソール500がブートして、システム・リソースが確保された後、コンカレント・システム・アプリケーションが実行してシステム機能を提供する。これらのシステム機能は、前述の確保したシステム・リソースの内部で実行する1組のシステム・アプリケーション内にカプセル化されている。オペレーティング・システム・カーネルは、システム・アプリケーション・スレッドと、ゲーミング・アプリケーション・スレッドとの間でスレッドを識別する。一貫したシステム・リソース・ビューをアプリケーションに提供するために、システム・アプリケーションは、所定の時点および間隔でCPU501において実行するようにスケジューリングされていることが好ましい。このスケジューリングは、コンソールにおいて実行しているゲーミング・アプリケーションに対するキャッシュの分裂(disruption)を最少に抑えるためにある。

【0100】

[00125] コンカレント・システム・アプリケーションがオーディオを必要とする場合、時間に敏感であるため、オーディオ処理を非同期にゲーミング・アプリケーションにスケジューリングする。マルチメディア・コンソール・アプリケーション管理部（以下で説明する）は、システム・アプリケーションがアクティブのとき、ゲーミング・アプリケーションのオーディオ・レベル（例えば、無音化、減衰）を制御する。

【0101】

[00126] オプションの入力デバイス（例えば、コントローラ542（1）および542（2））は、ゲーミング・アプリケーションおよびシステム・アプリケーションによって共有される。入力デバイスは、確保されたリソースではないが、システム・アプリケーションとゲーミング・アプリケーションとの間で切り換えられて、各々がそのデバイスのフォーカス(a focus of the device)を有するようにする。アプリケーション管理部は、好ましくは、ゲーミング・アプリケーションの知識を知ることなく、入力ストリームの切換を制御し、ドライバがフォーカス・スイッチ(focus switches)に関する状態情報を維持する。キャプチャー・デバイス20Aおよび20Bは、コンソール500のための追加の入力デバイスを、USBコントローラ526または他のインターフェースを介して、定めることができる。他の実施形態では、ハブ計算システム12は、他のハードウェア・アーキテクチャーを使用して実現することができる。ハードウェア・アーキテクチャーが1つである必要はない。

【0102】

[00127] 図4、図5、図6、および図7に示したコンピューター・システム例は、コ

10

20

30

40

50

ンピューター読み取り可能記憶媒体の例を含む。このような媒体は、揮発性および不揮発性媒体、リムーバブルおよび非リムーバブル媒体を含み、コンピュータ読み取り可能命令、データ構造、プログラム・モジュール、または他のデータというような情報の任意の記憶方法または技術で実現される。コンピュータ記憶媒体は、RAM、ROM、EEPROM、フラッシュ・メモリーまたは他のメモリー技術、CD-ROM、デジタル・バーサタイル・ディスク(DVD)または他の光ディスク・ストレージ、メモリー・スティックまたはカード、磁気カセット、磁気テープ、磁気ディスク記憶デバイスまたはその他の磁気記憶デバイス、あるいは所望の情報を格納するために使用することができ、コンピュータによってアクセスすることができる任意の他の媒体が含まれるが、これらに限定されるのではない。図におけるコンピュータ読み取り可能記憶媒体のいくつかの例には、図4のメモリー214、図5のフラッシュ・メモリー334、メモリー330、RAM326、およびキャッシュ324、図6のメモリー434、ならびにROM506、キャッシュ502、504、メモリー512、システム・メモリー543、メモリー・ユニット546、およびメディア・ドライブ544を含む。

【0103】

[00128] 図1は、1つのハブ計算デバイス12(ハブと呼ぶ)と通信可能な1つの頭部装着ディスプレイ・デバイス2および処理ユニット4(纏めて移動体ディスプレイ・デバイスと呼ぶ)を示す。他の実施形態では、複数の移動体ディスプレイ・デバイスを1つのハブと通信可能にすることができる。これらの移動体ディスプレイ・デバイスの各々は、前述のように、ワイヤレス通信を使用してハブと通信する。このような実施形態では、移動体ディスプレイ・デバイスの全てに有用である情報の多くが、ハブにおいて計算および格納され、移動体ディスプレイ・デバイスの各々に送られることが考えられる。例えば、ハブは環境のモデルを生成し、ハブと通信可能な移動体ディスプレイ・デバイスの全てにこのモデルを供給する。加えて、ハブは、移動体ディスプレイ・デバイスの位置および向きを追跡し、更に部屋内において動いている物体の位置および向きを追跡し、その情報を移動体ディスプレイ・デバイスの各々に伝えることができる。

【0104】

[00129] 他の実施形態では、ユーザーに対して焦点が合うように仮想コンテンツの焦点を可変にすることができるマルチユーザー・システムが、複数のハブを含むことができ、各ハブが1つ以上の移動体ディスプレイ・デバイスを含む。これらのハブは、互いに直接またはインターネット(または他のネットワーク)を介して通信することができる。例えば、図8はハブ560、562、および564を示す。ハブ560は、直接ハブ562と通信する。ハブ560は、ハブ564とインターネットを介して通信する。ハブ560は、移動体ディスプレイ・デバイス570、572、...、574と通信する。ハブ562は、移動体ディスプレイ・デバイス578、580、...、582と通信する。ハブ564は、移動体ディスプレイ・デバイス584、586、...、588と通信する。先に論じたように、移動体ディスプレイ・デバイスの各々は、それらそれぞれのハブと、ワイヤレス通信を介して通信する。これらのハブが共通の環境にある場合、これらのハブの各々は環境のモデルの一部を設けることができ、または1つのハブが他のハブのためにモデルを作ることができる。これらのハブの各々は、動いている物体の部分集合を追跡し、その情報を他のハブと共有する。一方、他のハブは、しかるべき移動体ディスプレイ・デバイスとこの情報を共有する。移動体ディスプレイ・デバイスについてのセンサー情報が、それらそれぞれのハブに提供され、次いで他のハブに共有され、最終的に他の移動体ディスプレイ・デバイスに共有される。つまり、ハブ間で共有される情報は、骨格追跡、モデルについての情報、アプリケーションの種々の状態、およびその他の追跡を含むことができる。ハブおよびそれらそれぞれの移動体ディスプレイ・デバイス間で伝えられる情報には、動いている物体の追跡情報、世界モデルについての状態および物理的更新(physics updates)、幾何学的形状および表面模様の情報、ビデオおよびオーディオ、ならびに本明細書において記載される動作を実行するために使用される他の情報が含まれる。

【0105】

[00130] 図9は、仮想物体がユーザーによって見られるときにこの仮想物体に焦点を合わせて表示するプロセスの一実施形態を説明するフローチャートである。このプロセスは、以上で論じたコンポーネントによって実行される。ステップ602において、本システムが構成される。例えば、アプリケーション（例えば、図6のアプリケーション452）が、特定の仮想画像（仮想物体を表す）を、指定された位置において場面の三次元モデルに挿入すべきことを示すように、本システムを構成することができる。空の部屋に仮想物体を詰め込んで、この空の部屋を仮想現実にする例について考える。他の例では、ハブ計算システム12において実行するアプリケーションが、特定の仮想画像（仮想物体を表す）が、ビデオ・ゲームまたは他のプロセスの一部として、場面に挿入されようとしていることを示す。

10

#### 【0106】

[00131] ステップ604において、本システムは頭部装着ディスプレイ・デバイス2が配置される空間の立体モデル(volumetric model)を作る。一実施形態では、例えば、ハブ計算デバイス12は1つ以上の深度カメラからの深度画像を使用して、頭部装着ディスプレイ・デバイス2が配置される環境または空間の三次元モデルを作る。ステップ606において、そのモデルが1つ以上の物体(object)に区分される。例えば、ハブ計算デバイス12が部屋の三次元モデルを作る場合、この部屋は複数の物体をその内部に有する可能性が高い。部屋内の可能性がある物体の例には、人、椅子、テーブル、ソファ等が含まれる。ステップ606は、互いに別々の物体を判定することを含む。ステップ608において、本システムはこれらの物体を特定する。例えば、ハブ計算デバイス12は、ある特定の物体がテーブルであり、他の物体が椅子であることを特定するのでもよい。ステップ610において、本システムは、ユーザーによって見られるときに焦点が合うように仮想物体を表示する。この仮想物体は、透視レンズ、例えば、116、118sを介して実際にそして直接見られる実物体であるかのように、焦点が合って現れる。即ち、本システムは、ユーザーが頭部装着ディスプレイ・デバイス2を介して見ている間、ユーザーが見ている焦点深度において、ユーザーの視野内に仮想画像を表示する。このようにして、仮想画像は、ディスプレイ・デバイスのその実世界位置に現れ、そのディスプレイを介して、物理環境の少なくとも一部の実際の直接目視を可能にする。この仮想物体は、静止物体または移動している物体とすることができる。ステップ612において、頭部装着ディスプレイ・デバイス2のユーザーは、頭部装着ディスプレイ・デバイス2に表示されている仮想物体に基づいて、ハブ計算デバイス12（または他の計算デバイス）において実行しているアプリケーションと対話処理を行う。ステップ604から610の各々については、以下で更に詳しく説明する。

20

30

#### 【0107】

[00132] 図10は、空間の三次元モデルを作るプロセスの一実施形態を説明するフローチャートである。例えば、図10のプロセスは、図9のステップの一実施形態様例である。ステップ640において、ハブ計算デバイス12は頭部装着ディスプレイ・デバイス2がある空間の複数の視線(perspective)に対する1つ以上の深度画像を受ける。例えば、ハブ計算デバイス12は、複数の深度カメラから深度画像を得ることができ、あるいはカメラを異なる方向に向けることによって、またはモデルが構築される空間の全視野(full view)を可能にするレンズを有する深度カメラを使用することによって、同じカメラから複数の深度画像を得ることができる。ステップ642において、種々の深度画像からの深度データが共通座標系に基づいて組み合わせられる。例えば、このシステムが深度画像を複数のカメラから受ける場合、本システムは2つの画像を相関付けて共通の座標系を有する（例えば、画像を並べる）。ステップ644において、深度データを使用して、空間の立体記述が作られる。ステップ646において、本システムは、部屋の中で動いている人というような、動いている物体を検出し追跡する。人の追跡についてのこれ以上の詳細は、先に説明した。ステップ648において、動いている物体の追跡に基づいて、空間の立体記述が更新される。ステップ646および648は、動いている物体を考慮に入れることによってモデルが連続的に更新されるように、本システムの動作の間連続的に実行

40

50

することができる。他の実施形態では、モデルは静止物体についての情報のみを含み、移動物体は別々に追跡される。

#### 【0108】

図11は、空間のモデルを物体に区分するプロセスの一実施形態を説明するフローチャートである。例えば、図11のプロセスは、図9のステップ606の一実施態様例である。図11のステップ680において、本システムは、先に論じたように、1つ以上の深度画像を1つ以上の深度カメラから受ける。あるいは、本システムは、既に受けている1つ以上の深度画像にアクセスすることもできる。ステップ682において、本システムは、1つ以上の仮想画像を、前述したカメラから受ける。あるいは、本システムは、既に受けられている1つ以上の仮想画像にアクセスすることもできる。ステップ684において、ハブ計算システムは、深度画像および/または視覚画像に基づいて1人以上の人を検出する。例えば、本システムは1つ以上の骨格を認識する。ステップ686において、ハブ計算デバイスは、深度画像および/または視覚画像に基づいてモデル内でエッジを検出する。ステップ688において、ハブ計算デバイスは、検出したエッジを使用して、別個の物体を互いから識別する。例えば、エッジが物体間の境界であると捉えられる。ステップ690において、図10のプロセスを使用して作られたモデルが、モデルのどの部分が異なる物体と関連付けられているかを示すために、更新される。

#### 【0109】

[00133] 図12は、物体を特定するプロセスの一実施形態を説明するフローチャートである。例えば、図12のプロセスは、図9のステップ608の一実施態様例である。ステップ710において、ハブ計算デバイス12は、特定された人をユーザー識別と照合する。例えば、本システムは、物体の検出された画像と照合することができる仮想画像を有するユーザー・プロファイルを有することができる。あるいは、ユーザー・プロファイルが、深度画像または視覚的画像に基づいて照合することができる人の特徴を記述することができる。他の実施形態では、ユーザーが本システムにログインするのでもよく、ハブ計算デバイス12がログイン・プロセスを使用して個々のユーザーを特定し、本明細書において記載する対話処理の間にわたってユーザーを追跡することができる。ステップ712において、ハブ計算デバイス12は形状のデータベースにアクセスする。ステップ714において、ハブ計算デバイスは、モデル内の物体をデータベースにおける同じ数の形状と照合する。ステップ716において、一致しない形状が強調され、ユーザーに表示される(例えば、モニター16を使用する)。ステップ718において、ハブ計算デバイス12は、強調された形状の各々(または部分集合)を特定するユーザー入力を受ける。例えば、ユーザーはキーボード、マウス、音声入力、または他のタイプの入力を使用して、特定されなかった形状の各々が何であるのかを示すことができる。ステップ720において、ステップ718におけるユーザー入力に基づいて、形状のデータベースが更新される。ステップ722において、ステップ604において作られそしてステップ606において更新された環境のモデルが、更に、物体の各々についてのメタデータを追加することによって更新される。メタデータは物体を特定する。例えば、メタデータは、特定の物体が、丸く輝くテーブル、氏名不詳の男性、緑色の革製ソファ等であることを示すこともできる。

#### 【0110】

[00134] 図13は、透視ディスプレイを見ているユーザーによって見られるときに、焦点が合うように仮想物体を表示するプロセスの一実施形態を説明するフローチャートである。例えば、図13のプロセスは、図9のステップ610の一実施態様例である。図13のステップ950において、本システムはユーザーの視野を判定する。即ち、本システムは、環境または空間のどの部分をユーザーが見ているのか判定する。一実施形態では、ハブ計算デバイス12、処理ユニット4、および頭部装着ディスプレイ・デバイス2を使用する協調的作業である。一実施態様例では、ハブ計算デバイス12がユーザーおよび頭部装着ディスプレイ・デバイス2を追跡し、頭部装着ディスプレイ・デバイス2の位置および向きの暫定的判断を与える。頭部装着ディスプレイ・デバイス2上にあるセンサーが

、判定された向きをリファインするために使用される。例えば、前述の慣性センサー 3 4 は、頭部装着ディスプレイ・デバイス 2 の向きをリファインするために使用することができる。加えて、前述の目追跡プロセスは、最初に判定した視野の部分集合を特定するために使用することができる。この部分集合は、ユーザーが特に見ているところに対応し、ユーザー焦点領域または視野における深度焦点(depth focus)としても知られている。これ以上の詳細は、図 1 4、図 1 5、および図 1 6 に関して以下で説明する。

【 0 1 1 1 】

[00135] 仮想物体のタイプおよびユーザーの視野内におけるそれらの位置は、デフォルトのパラメーター、ユーザー入力、または双方の組み合わせに基づいて、アプリケーション 4 5 2 によって決定される。例えば、ユーザーが、部屋内のコーヒー・テーブルという実世界物体を選択し、アプリケーション 4 5 2 を実行して、巨礫の如く見えるようにすることができる。仮想巨礫の目標位置が、三次元モデル内のコーヒー・テーブルの位置に関係付けられる。他の例では、仮想いるかが部屋中を泳ぐように、ユーザーによって選択されるのでもよい。このいるかの部屋中における仮想的な動きは、いるかオブジェクト(dolphin object)の軌道(trjectory path)によって実現することができ、各表示フレームにおいているかに対する目標位置が更新される。ユーザーが巨礫を見つめていても、いるかは総じてユーザーの焦点領域および視野に入ったり出たりする可能性が高い。ユーザーが彼または彼女の目あるいは頭を動かすと、ユーザーの視野および現在の焦点領域も、これらの動きと共に更新していく。1 つ以上の仮想物体が、ユーザーの焦点領域およびユーザーの視野内に、いずれの所与の時点においても配置されてもよい。

【 0 1 1 2 】

[00136] 先のステップ 9 5 0 において視野を判定した後、本システムは、ステップ 9 5 2 において、ユーザーの現在の視野内に仮想物体のいずれかの目標位置があるか否か判断する。ハブ計算デバイス 1 2 または処理ユニット 4 のような 1 つ以上のコンピューター・システムにおいて実行するソフトウェアが、視野内の目標の位置を特定する。一実施形態では、ハブ計算デバイス 1 2 がモデルを処理ユニット 4 に供給する。ステップ 9 5 2 の一部として、処理ユニット 4 は、環境のモデルならびにユーザーの位置および向きの知識を使用して、任意の仮想物体の目標位置がユーザーの視野内にあるか否か判断する。

【 0 1 1 3 】

[00137] ユーザーの現在の視野内に仮想物体がない場合、ステップ 9 6 6 における処理は、ステップ 9 5 0 におけるユーザーの視野の判定および更新に戻る。

[00138] ユーザーの視野内に目標位置を有する少なくとも 1 つの仮想物体がある場合、次にステップ 9 5 4 において、処理ユニット 4 において実行するソフトウェアのようなシステムは、ユーザーの視野内におけるユーザーの現在の焦点領域を判定する。図 1 5 および図 1 6 において以下で更に論ずるが、各目に対する追跡カメラ 1 3 4 によって取り込まれたデータに基づく目追跡処理が、ユーザーの現在の焦点領域を与えることができる。例えば、瞳間の収斂(convergence)は、ユーザーの顔の位置を示すデータと共に、焦点曲線、ホロプター上の焦点距離まで三角測量するために使用することができる。焦点領域、パナムの融合エリアは、この焦点から計算することができる。パナムの融合エリアは、人間の目によって使用される両眼立体視に対する単一視のエリアである。

【 0 1 1 4 】

[00139] ステップ 9 5 6 において、ハブ計算デバイス 1 2、処理ユニット 4、または双方において実行するソフトウェアが、ユーザーの視野内における仮想物体の内どれが、現在のユーザーの焦点領域内にあるか、モデルにおける仮想物体の目標位置に基づいて特定する。

【 0 1 1 5 】

[00140] ステップ 9 5 8 において、処理ユニット 4 は、ユーザーの視野内に挿入する画像に対する仮想物体をスケーリングし、向きを決める。仮想画像のスケーリングおよび向きの決定は、視野内の目標の位置、およびモデルに基づく仮想物体の既知の形状に基づく。

## 【 0 1 1 6 】

[00141] ステップ 9 6 0 において、処理ユニット 4、制御回路 1 3 6、または双方は、マイクロディスプレイ・アセンブリの焦点領域を変化させることによって、現在のユーザーの焦点領域内に、特定された各仮想物体を置く処理を共有する。ステップ 9 6 2 において、人為的被写体深度技法が、目標位置がユーザーの視野内でユーザーの現在の焦点領域の外側にある仮想物体に、現在の焦点領域からの距離の関数として適用される。人為的被写体深度技法の一例は、人為的ぼけ技法である。

## 【 0 1 1 7 】

[00142] 人為的ぼけは、被写体深度シェーダー(depth of field shader)または他のガウスぼかしフィルターを適用し、焦点領域からの距離を関数として、焦点が外れている物体をシミュレートすることによって得ることができる。この技法は、全体的にまたは部分的に、ハブ・コンピューター 1 2、処理ユニット 4、または双方において実行するソフトウェアによって実行することができる。説明を容易にするために、処理ユニット 4 を参照する。仮想物体の目標位置の一部として、画像内の物体の焦点距離が処理ユニット 4 によって深度値から決定される。また、処理ユニット 4 は、導光光学エレメント 1 1 2 を密封するもののようなディスプレイ・エレメント 1 1 2 におけるどの画素が、画像内の仮想物体にマッピングするか判断する。焦点距離に基づいて、ガウス関数によって画像を畳み込み(convolve)、画像の焦点または固定点から離れた画素に適用される変換程、大きなぼけ効果を受けるようにすることによって、少なくとも二次元をカバーするように、1 つ以上の加重ガウスぼかしフィルターが適用される。一例では、ガウスぼかしフィルターは、高周波情報を除去するロー・パス・フィルターとして動作する。

## 【 0 1 1 8 】

[00143] ステップ 9 6 4 において、ユーザーの視野内に仮想物体を含む仮想画像が表示される。一例では、ユーザーの視野内に仮想物体を含む仮想画像のマイクロディスプレイ 1 2 0 における表示のための命令を、処理ユニット 4 が制御回路 1 3 6 のディスプレイ・ドライバー 2 2 0 に送る。次いで、レンズ・システム 1 2 2 は、マイクロディスプレイ 1 2 0 から受けた仮想画像を、反射面 1 2 4 上に、そしてユーザーの目に向けて、または導光光学エレメント 1 1 2 内に、ユーザーが見るために投射する。一実施態様では、ユーザーが頭部装着ディスプレイ・デバイス内を透視しているディスプレイ(例えば、導光光学エレメント 1 1 2)が、画素に分割される。ステップ 9 6 4 は、どの画素が目標位置に対応するか判断することを含むことができ、これらの画素がステップ 9 6 4 において仮想画像を表示する。不透明フィルター 1 1 4 が、非現実的な視覚効果を防止するために使用されるとよい。例えば、不透明フィルター 1 1 4 は、背景仮想物体が前景仮想物体を透過して見られないように、導光光学エレメント 1 1 2 内の画素への光を変更することができる。処理はステップ 9 5 0 に戻り、再度このリアル・タイム・ディスプレイ・システムにおけるユーザーの視野を判定する。図 1 3 の処理ステップは、ユーザーが彼または彼女の頭を動かすに連れて、ユーザーの視野およびユーザーの焦点領域が更新されるように、そして、仮想物体が、それに応じて自然に動いてユーザーに対する焦点に合ったり外れたりするように、本システムの動作中連続して実行することができる。

## 【 0 1 1 9 】

[00144] 図 1 6 は、ユーザーの視野を判定するプロセスの一実施形態を説明するフローチャートであり、図 1 3 のステップ 9 5 0 の一実施態様例である。図 1 6 は、前述したハブ計算デバイス 1 2 および目追跡技術からの情報を抛り所とする。図 1 4 は、図 1 6 のプロセスにおいて使用される追跡情報を提供するためにハブ計算システムによって実行されるプロセスの一実施形態を説明するフローチャートである。図 1 5 は、目を追跡するプロセスの一実施形態を説明するフローチャートであり、その結果が、図 1 6 のプロセスによって使用される。

## 【 0 1 2 0 】

[00145] 図 1 4 のステップ 8 1 0 において、ハブ計算デバイス 1 2 はユーザーの位置を追跡する。例えば、計算デバイス 1 2 は 1 つ以上の深度画像および 1 つ以上の視覚画像

を使用して、ユーザーを追跡する（例えば、骨格追跡を使用する）。1つ以上の深度画像および1つ以上の視覚画像は、頭部装着ディスプレイ・デバイス2の位置、および頭部装着ディスプレイ・デバイス2の向きをステップ812において判定するために使用することができる。ステップ814において、ユーザーならびに頭部装着ディスプレイ・デバイス2の位置および向きが、ハブ計算デバイス12から処理ユニット4に送られる。ステップ816において、この位置および方位情報が、処理ユニット4において受け取られる。図14の処理ステップは、ユーザーが連続的に追跡されるように、本システムの動作中連続的に実行することができる。

#### 【0121】

[00146] 図15は、前述の技術を使用して目を追跡する一実施形態を説明するフローチャートである。ステップ860において、目に照明を当てる。例えば、目追跡照明144Aからの赤外線光を使用して、目に照明を当てることができる。ステップ862において、目からの反射が、1つ以上の目追跡カメラ134Bを使用して検出される。ステップ864において、反射データーが頭部装着ディスプレイ・デバイス2から処理ユニット4に送られる。ステップ866において、処理ユニット4は、先に論じたように、反射データーに基づいて目の位置を判定する。ステップ868において、処理ユニット4は、反射データーに基づいて、ユーザーの目が見ている焦点深度位置または焦点領域も判定する。図15の処理ステップは、ユーザーの目が連続的に追跡されて現在のユーザー焦点領域を追跡するためのデーターを提供するように、本システムの動作中連続的に実行することができる。

#### 【0122】

[00147] 図16は、視野を判定するプロセスの一実施形態を説明するフローチャートである（例えば、図13のステップ950）。ステップ902において、処理ユニット4は、ハブから受けた最新の位置および向き情報にアクセスする。図14のプロセスは、ステップ814からステップ810への矢印によって示されるように、連続的に実行することができる。したがって、処理ユニット4は周期的に更新された位置および向き情報を、ハブ計算デバイス12から受ける。しかしながら、処理ユニット4は、ハブ計算デバイス12から更新情報を受けるよりも高い頻度で仮想画像を描画する必要がある。したがって、処理ユニット4は、ローカルに（例えば、頭部装着ディスプレイ・デバイス2から）検知された情報を拠り所として、ハブ計算デバイス12からのサンプルの間に、向きに対する更新を与える必要がある。ステップ904において、処理ユニット4は、三軸ジャイロ132Bからのデーターにアクセスする。ステップ906において、処理ユニット4は三軸加速度132Cからのデーターにアクセスする。ステップ908において、処理ユニット4は三軸磁力計132Aからのデーターにアクセスする。ステップ910において、処理ユニット4は、ハブ計算デバイス12からの位置および向きデーターを、ジャイロ、加速度計、および磁力計からのデーターによって、リファインする（または、言い換えると、更新する）。ステップ912において、処理ユニット4は、頭部装着ディスプレイ・デバイスの位置および向きに基づいて、可能な視野を判定する。

#### 【0123】

[00148] ステップ914において、処理ユニット4は最新の眼位情報にアクセスする。ステップ916において、処理ユニット4は、ユーザーによって見られているモデルの部分を、可能な視野の部分集合として、眼位に基づいて判定する。例えば、ユーザーが壁に向かっていることもあり、したがって、頭部装着ディスプレイの視野は、壁に沿ったいずれかの場所を含む可能性がある。しかしながら、ユーザーの目が右に向けられている場合、ステップ916では、ユーザーの視野は壁の右側部分のみであると結論付ける。ステップ916の終了時には、処理ユニット4はユーザーの視野を頭部装着ディスプレイ2によって判定し終えている。処理ユニット4は、視野内の仮想物体の目標位置を特定することができる。ステップ918において、処理ユニット4は、眼位に基づくモデルの部分によって、現在のユーザーの焦点領域を判定する。処理ユニット4は、現在のユーザーの焦点領域内にある仮想物体のモデル内で目標位置を特定することができる。図16の処理ス

10

20

30

40

50



テップは、ユーザーが彼または彼女の頭を動かすに連れてユーザーの視野および焦点領域が連続的に更新されるように、そして仮想物体が、それに応じて自然に動いてユーザーに対する焦点に合ったり外れたりするように、本システムの動作中に連続的に実行することができる。

【 0 1 2 4 】

[00149] 図 1 7 A は、マイクロディスプレイ・アセンブリの少なくとも 1 つのレンズを変位させることによって、マイクロディスプレイ・アセンブリの焦点領域を変化させるプロセスの一実施形態を説明するフローチャートである。この実施形態は、ステップ 1 3 におけるステップ 9 6 0 を実現するために使用することができる。例示的なコンテキストについて、図 2 A および図 2 B に関して先に説明したようなマイクロディスプレイ・アセンブリを参照する。このマイクロディスプレイ・アセンブリは、光路 1 3 3 においてレンズ・システム 1 2 2 と整列されているマイクロディスプレイ・ユニット 1 2 0 を含む。レンズ・システム 1 2 2 は、マイクロディスプレイ・ユニット 1 2 0 から反射エレメント 1 2 4 または反射エレメント 1 2 4 a、1 2 4 b への画像光を平行化し、そしてユーザーの目または他の光学エレメント 1 1 2 に入射させる。また、マイクロディスプレイ・アセンブリは、選択されたまたは決定された焦点領域を得るために光処理エレメントの 1 つを物理的に動かすために、可変仮想焦点調節器 1 3 5 も含む。

【 0 1 2 5 】

[00150] 図 3 A ~ 図 3 D の論述の前に、マイクロディスプレイ・アセンブリの変位および焦点距離は、以下の式、 $1 / S_1 + 1 / S_2 = 1 / f$  によって関係付けられる。ステップ 9 8 0 において、処理ユニット 4 は、レンズ・システム 1 2 2 の前節点と仮想物体の目標位置との間で変異値  $S_1$  を判定する。加えて、ステップ 9 8 2 において、処理ユニット 4 は、反射エレメント 1 2 4、1 2 4 a とレンズ・システムの後節点との間で、レンズ・システム  $f$  の焦点距離に対して、上の式に基づいて変異値  $S_2$  を判定する。処理ユニット 4 は、ステップ 9 8 4 において、制御回路 1 3 6 のプロセッサに、可変調節器ドライバー 2 3 7 に少なくとも 1 つの駆動信号を可変仮想焦点調節器 1 3 4 に印加させて、レンズ・システムの内少なくとも 1 つのレンズを物理的に動かし、判定した変位値  $S_1$  および  $S_2$  を生成する。図 2 A および図 2 B に示したマイクロディスプレイ・アセンブリの他に、他の実施態様には、図 3 D の挿入可能なレンズ・システム例を使用するマイクロディスプレイ・アセンブリがある。その動きは、レンズが定位置にある場合には、アーム 1 2 3 を解放する動きであり、そして決定された変位にある場合には、光路 1 3 3 内にレンズをロックするために、レンズのアーム 1 2 3 を動かす動きである。

【 0 1 2 6 】

[00151] 図 1 7 B は、マイクロディスプレイ・アセンブリの少なくとも 1 つのレンズの偏光を変化させることによって、このマイクロディスプレイ・アセンブリの焦点領域を変化させるプロセスの一実施形態を説明するフローチャートである。この実施形態は、図 1 3 におけるステップ 9 6 0 を実現するために使用することができる。図 3 C に示したようなマイクロディスプレイ・アセンブリの実施形態と共に使用するのに適している。この実施形態では、レンズ・システムは、マイクロディスプレイ 1 2 0 と反射エレメント 1 2 4 (図 2 A)、1 2 4 a (図 2 B) との間の光路内に少なくとも 1 つの複屈折レンズを含む。ステップ 9 8 6 において、処理ユニット 4 は、仮想物体の目標位置および式  $1 / S_1 + 1 / S_2 = 1 / f$  に基づいて、 $S_1$  に対する変位値を選択する。ステップ 9 8 8 において、可変調節器ドライバー 2 3 7 は、可変焦点調節器 1 3 5 に少なくとも 1 つの複屈折レンズの偏光を変化させて、この複屈折レンズの焦点距離  $f$  を変化させ、選択した  $S_1$  を生成するために、少なくとも 1 つの駆動信号を印加する。各複屈折レンズは、2 つの変更軸に対応する 2 つの離散焦点距離を有するので、2 つのこのようなレンズの組み合わせによって、4 つの離散焦点距離の選択が与えられる。つまり、ソフトウェアの制御の下で、処理ユニット 4 または制御回路 1 3 6 のプロセッサ 2 1 0 は、 $f$  の値に近似する最も近い利用可能な焦点距離を選択する。追加される複屈折レンズ毎に、離散焦点距離の数は 2 倍になる。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 2 7 】

[00152] 図 1 7 C は、マイクロディスプレイ・アセンブリーの少なくとも 1 つの流体レンズの曲率半径を変化させることによって、マイクロディスプレイ・アセンブリーの焦点領域を変化させるプロセスの一実施形態を説明するフローチャートである。この実施形態は、図 1 3 におけるステップ 9 6 0 を実現するために使用することができ、図 3 B 1 および図 3 B 2 に示したような、そのレンズ・システム 1 2 2 において少なくとも 1 つの液体レンズを採用するマイクロディスプレイ・アセンブリーの実施形態と共に使用するのに適している。ステップ 9 9 0 において、処理ユニット 4 は、仮想物体の目標位置および式  $1/S_1 + 1/S_2 = 1/f$  に基づいて、 $S_1$  に対する変位値を選択する。ステップ 9 9 2 において、可変調節器ドライバー 2 3 7 は、可変焦点調節器 1 3 5 に流体レンズの流体において体積変化を生じさせ、その曲率半径の変化を生じさせてその焦点距離  $f$  を変化させて、選択した  $S_1$  値を生成するために、少なくとも 1 つの駆動信号を印加する。

10

## 【 0 1 2 8 】

[00153] 図 1 3 の実施形態において先に述べたように、ユーザーの視野内にあるがユーザーの焦点領域内にない仮想物体に対して、人工ぼけ技法を適用することもできる。他の実施形態では、異なる焦点領域において一連の画像を生成することもできる。複数の焦点(foci)の範囲または焦点領域にわたって動かし、各焦点領域において画像を表示することによって、異なる焦点領域画像のレイヤーで構成された画像をユーザーに見させることができる。ユーザーが彼または彼女の焦点を再調節するとき、ユーザーはこれらの領域の内 1 つに静定し、これらの領域の残りにおける仮想物体は自然にぼける。焦点領域の範囲にわたる掃引は、所定のレートまたは頻度で行うことができる。これは、人間の時間的画像融合がこれら全てを一度に現れさせるように、十分に速く行われる。人為的ぼけのような人為的被写体深度技法の必要性は減少するが、レンダリング負荷はかなり増大する場合がある。

20

## 【 0 1 2 9 】

[00154] 焦点領域の範囲にわたる動きは、一実施形態では、マイクロディスプレイ・アセンブリーの光処理エレメント間の変位を変化させることによって、またはアセンブリーにおける光処理エレメントの光パワーをある速度のレートで変化させることによって実現することができる。速度のレートは、少なくとも毎秒 3 0 フレームのフレーム・レート ( f p s ) 位にするとよいが、実施形態の中には、6 0、1 2 0、または 1 8 0 H z というような、それよりも高い速度のレートにすることができる場合もある。光路に沿って高い速度のレートでレンズを変位させると、異なる焦点領域において画像が供給される。このレンズは、ときとして、振動レンズまたは発振レンズと呼ばれている。場合によっては、レンズ・システム 1 2 2 または画像ソース 1 2 0 ではなく、画像領域、例えば、反射面 1 2 4、1 2 4 a が動かされるが、原理は同じである。

30

## 【 0 1 3 0 】

[00155] 図 1 8 A は、図 9 におけるステップ 6 1 0 を実現するために使用することができる拡張現実ディスプレイにおける異なる焦点領域において仮想物体画像を生成するプロセスの一実施形態を説明するフロー・チャートである。図 1 8 A のステップ 1 0 0 2 において、ハブ計算デバイス 1 2 または処理ユニット 4、あるいは双方は、ソフトウェアの制御の下で、図 1 3 のステップ 9 5 0 におけるようにユーザーの視野を判定し、ステップ 1 0 0 4 において、ステップ 9 5 2 におけるようにユーザーの現在の視野内に仮想物体の目標位置があるか否か判定を行う。ステップ 9 6 6 と同様、ユーザーの現在の視野内に仮想物体がない場合、ステップ 1 0 0 6 における処理は、ステップ 1 0 0 2 におけるユーザーの視野の判定および更新に戻る。

40

## 【 0 1 3 1 】

[00156] ステップ 9 5 8 におけるように、処理ユニット 4 は、ステップ 1 0 1 2 において、ユーザーの視野に挿入される画像に対して、仮想物体のスケーリングを行い、向きを決める。この仮想物体のスケーリングおよび向きの決定は、視野における目標の位置、およびモデルに基づく仮想物体の既知の形状に基づく。

50

## 【 0 1 3 2 】

[00157] ステップ 1 0 1 6 において、掃引レート期間(sweep rate period)が、タイミング・ジェネレーター 2 2 6 または制御回路のクロック・ジェネレーター 2 4 4 によって開始される。ステップ 1 0 1 8 において、掃引期間中に前述の範囲における複数の焦点領域を通過するために、カウンタが初期化される。場合によっては、焦点領域が予め決められている。掃引期間の時間刻み毎に、マイクロディスプレイ・アセンブリーのエレメントの焦点領域が調節され、ステップ 1 0 2 2 において焦点領域毎にその掃引時間または時間刻みで画像がユーザーに表示される。ステップ 1 0 2 4 において、カウンタを進めることによって次の焦点領域が選択され、範囲掃引が完了したことをカウンタが示すまで、ステップ 1 0 2 0 から 1 0 2 4 までの処理が繰り返される。掃引期間はステップ 1 0 2 8 において終了する。他の例では、表示のためのフレームの終点で、掃引範囲にわたる掃引を中断することもでき、新たな掃引が次のフレームで開始する。

10

## 【 0 1 3 3 】

[00158] 一実施形態では、レンダリング負荷は、焦点領域の内部分集合をレンダリングし、ユーザーの焦点領域の追跡を使用して、レンダリングのための焦点領域の選択を最適化することによって、低減することができる。他の例では、目追跡データは、ユーザーが見ている焦点位置の深度を判定するためには、十分な正確度を提供しない。推論ロジックによって、ユーザーが焦点を合わせている物体を推論することもできる。一旦ある物体が注目物体として選択されたなら、現在の場面の三次元モデルまたはマッピングを、注目物体までの距離を判定するために使用することができる。

20

## 【 0 1 3 4 】

[00159] 図 1 8 B は、図 9 におけるステップ 6 1 0 を実現するために使用することができる拡張現実ディスプレイを見ているユーザーによって見られるときに、焦点が合うように仮想物体を表示するプロセスの他の実施形態を示す。図 1 8 B は、拡張現実ディスプレイにおける異なる焦点領域において仮想物体画像を生成するプロセスの一実施形態を説明するフロー・チャートである。図 1 8 B のステップ 1 0 0 2 において、ハブ計算デバイス 1 2 または処理ユニット 4、あるいは双方は、ソフトウェアの制御の下で、図 1 3 のステップ 9 5 0 におけるように、ユーザーの視野を判定し、1 0 0 4 において、ステップ 9 5 2 におけるように、ユーザーの現在の視野内に任意の仮想物体の目標位置があるか否か判定を行う。ステップ 9 6 6 と同様、ユーザーの現在の視野内に仮想物体がない場合、ステップ 1 0 0 6 における処理は、ステップ 1 0 0 2 におけるユーザーの視野の判定および更新に戻る。

30

## 【 0 1 3 5 】

[00160] ユーザーの視野内に目標位置を有する少なくとも 1 つの仮想物体がある場合、ステップ 9 5 4 におけるようにステップ 1 0 0 8 において、処理ユニット 4 において実行するソフトウェアのような本システムは、ユーザーの視野内におけるユーザーの現在の焦点領域を判定し、ステップ 9 5 6 におけるように、ハブ・コンピューター・システム 1 2、処理ユニット 4、または双方において実行するソフトウェアは、ステップ 1 0 1 0 において、ユーザーの視野内における仮想物体の内どれが、現在のユーザーの焦点領域内にあるか、モデルにおける仮想物体の目標位置に基づいて判定する。ステップ 9 5 8 におけるように、処理ユニット 4 は、ステップ 1 0 1 2 において、ユーザーの視野に挿入する画像に対する仮想物体をスケーリングし、向きを決める。この仮想画像のスケーリングおよび向きの決定は、視野内における目標の位置、およびモデルに基づく仮想物体の既知の形状に基づく。

40

## 【 0 1 3 6 】

[00161] ステップ 1 0 1 4 において、処理ユニット 4 は、現在のユーザー焦点領域を含む、ある範囲の焦点領域を選択する。処理ユニット 4 は、実行アプリケーション、例えば、4 5 2 のコンテキストというような、判断基準に基づいて、この焦点領域の範囲を選択することができる。アプリケーションは、仮想物体の選択を、所定の動きの軌道と、それらの出現をトリガーするイベントと共に使用することができる。物体の動きによって物

50

体のモデルが更新される毎に、処理ユニット4は、図10の論述のように、これらの更新を受ける。更新の間に、処理ユニット4はユーザーの頭の位置および向きについてのセンサー・データーを使用して、どの仮想物体に彼または彼女がその時点において焦点を合わせている可能性が高いか判断することができる。処理ユニット4は、場面の三次元モデルに基づいて、仮想物体の軌道が進む複数の焦点領域を選択することができる。したがって、判断基準の一例は、仮想物体が位置する各焦点領域を含むことである。加えて、焦点領域は、動く仮想物体の軌道が所定の時間枠内にある領域が選択されてもよい。所定の時間枠は、一例では、仮想物体の正確な位置を示すモデル・データーの次の更新までとするとよい。

【0137】

10

[00162] 焦点領域の範囲にわたって掃引する開始焦点領域は、ユーザーの目から、ユーザーの視野において無限遠に最も近いものとする。他の開始位置も使用してもよいが、無限遠において開始すると、不透明フィルター114の適用を簡素化することができる。ステップ1016において、掃引レート期間が、タイミング・ジェネレーター226または制御回路のクロック・ジェネレーター244によって開始される。ステップ1018において、掃引期間中に前述の範囲における複数の焦点領域を通過するために、カウンターが初期化される。場合によっては、焦点領域が予め決められている。掃引期間の時間刻み毎に、マイクロディスプレイ・アセンブリーのエレメントの焦点領域が調節され、ステップ1022において焦点領域毎にその掃引時間または時間刻みで画像がユーザーに表示される。ステップ1024において、カウンターを進めることによって次の焦点領域が選択され、範囲掃引が完了したことをカウンターが示すまで、ステップ1020から1024までの処理が繰り返される。掃引期間はステップ1028において終了する。他の例では、表示のためのフレームの終点で、掃引範囲にわたる掃引を中断することもでき、新たな掃引が次のフレームで開始する。

20

【0138】

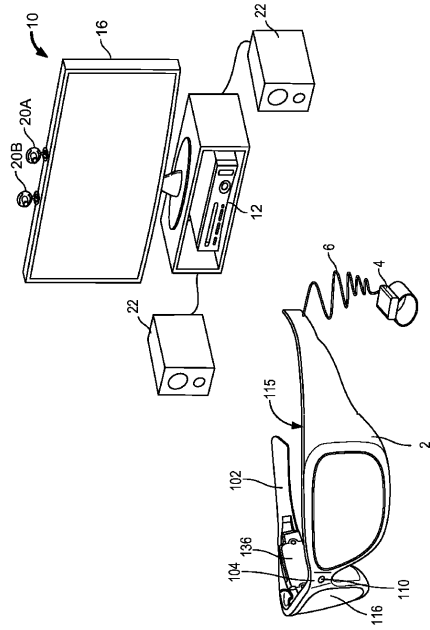
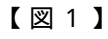
[00163] 図19Aおよび図19Bは、拡張現実ディスプレイにおいて多焦点仮想物体を表示する、異なる方法の例を模式的に示す。図19Aでは、4つの画像1050a~1050dの例が、マイクロディスプレイ・アセンブリーの光路133内の異なる変位において生成された異なる焦点領域において生成され、全ての画像が、導光光学エレメント112における表示のために送られる。図19Bでは、処理ユニット4が、その焦点または画像領域において焦点が合っている各画像のセクションまたは部分を、ディスプレイ112における表示のために、複合画像1055に含ませる。一例では、焦点が合っている各画像のセクションおよび部分は、仮想物体が生成された時点で画像内に位置する部分とすることができる。

30

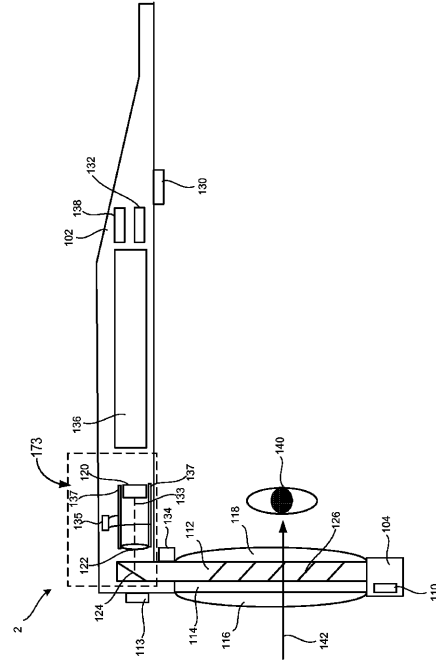
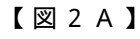
【0139】

[00164] 以上、構造的特徴および/または方法論的動作に特定な文言で主題について説明したが、添付した特許請求の範囲に定められている主題は、以上で説明した特定の特徴や動作には必ずしも限定されないことは理解されてしかるべきである。逆に、以上で説明した特定の特徴および動作は、特許請求の範囲を実現する形態例として開示されたまでである。

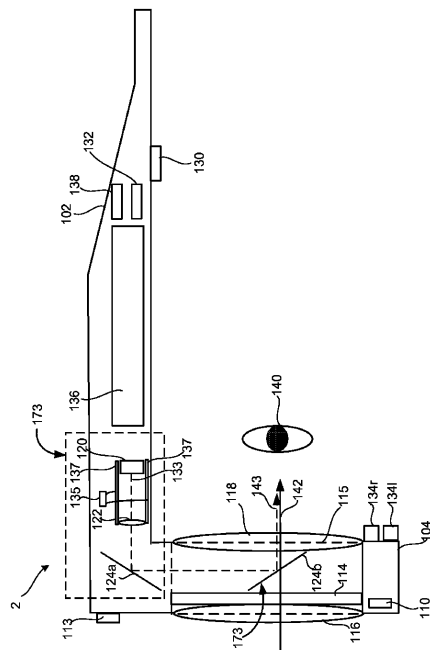
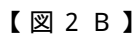
40



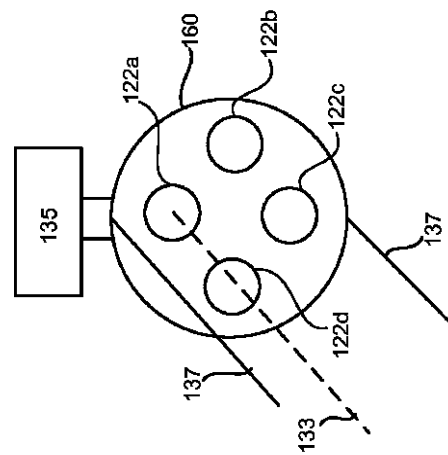
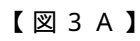
**FIG. 1**



**FIG. 2A**



**FIG. 2B**



**FIG. 3A**

【図 3 B 1】

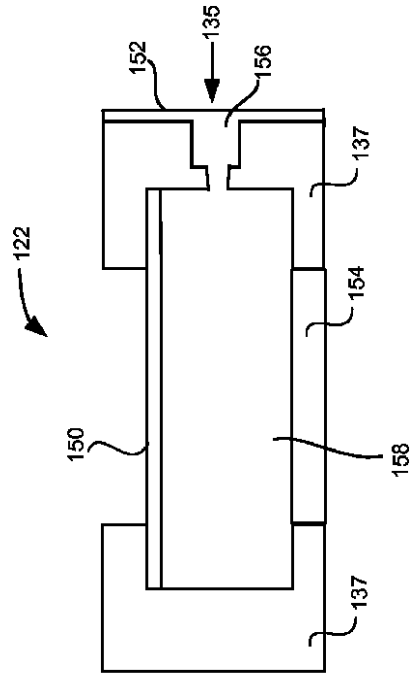


FIG. 3B1

【図 3 B 2】

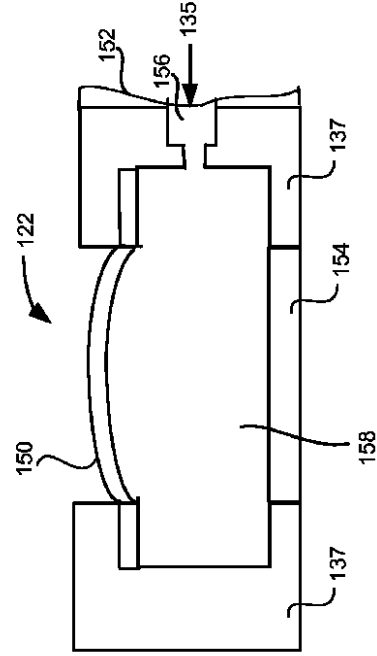


FIG. 3B2

【図 3 C】

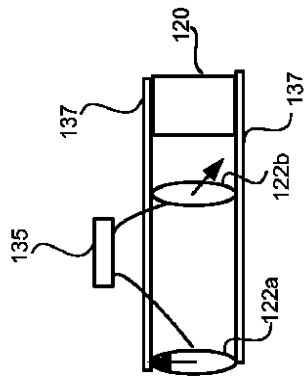


FIG. 3C

【図 3 D】

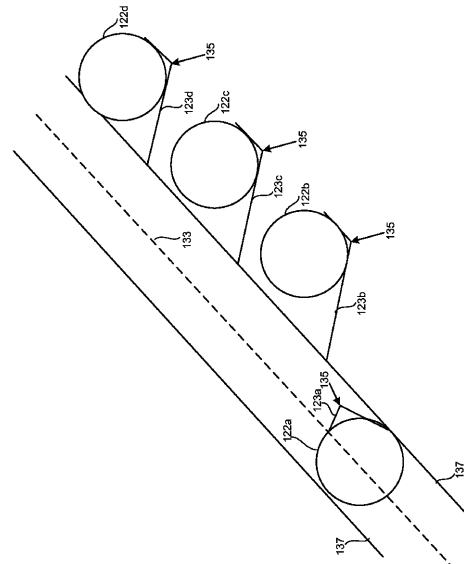
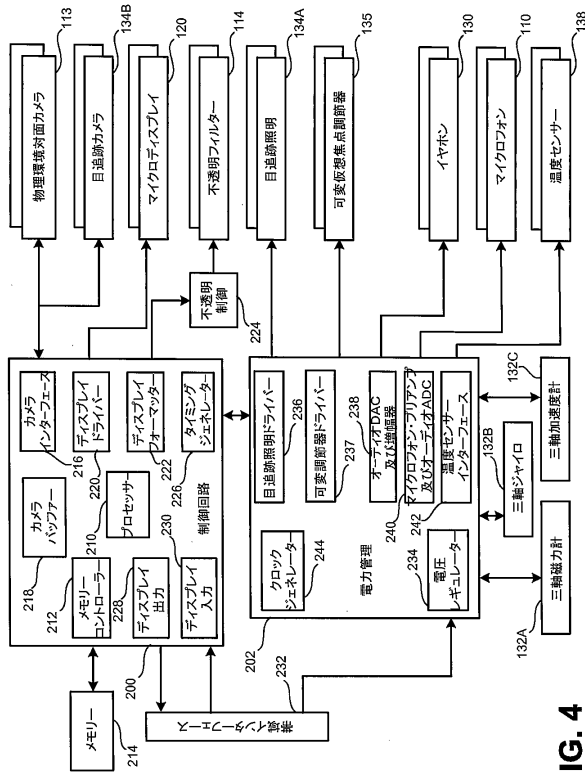


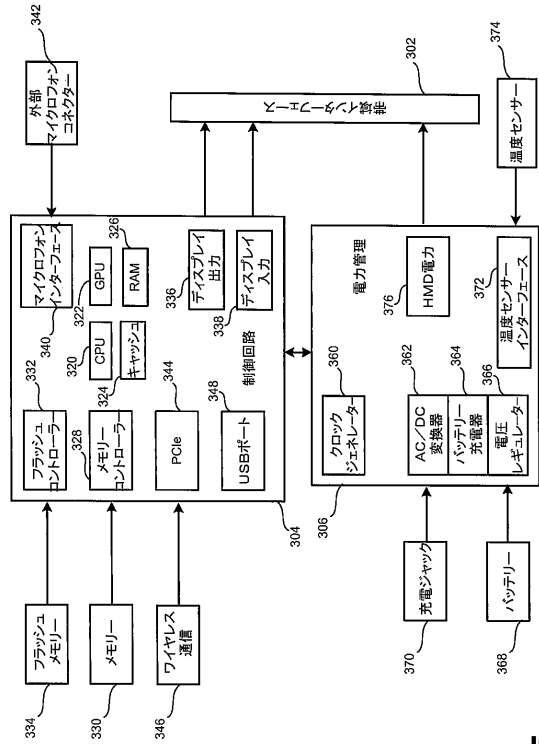
FIG. 3D

【 図 4 】



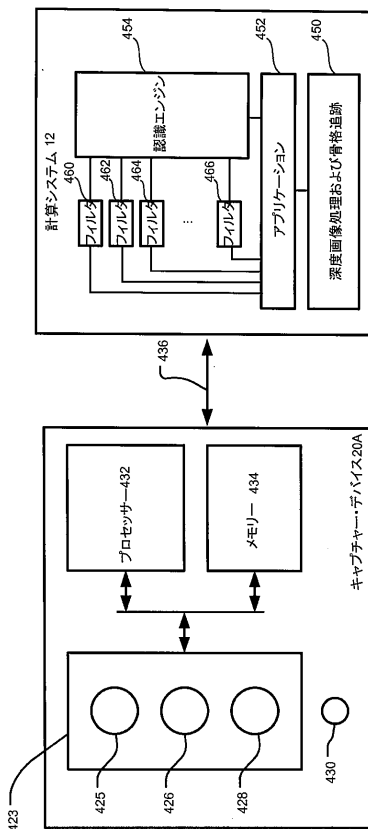
**FIG. 4**

【 図 5 】



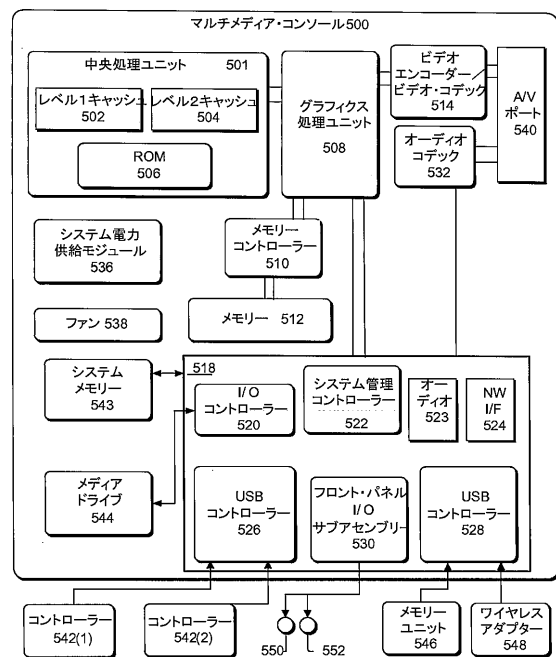
**FIG. 5**

【 図 6 】



**FIG. 6**

【 図 7 】



**FIG. 7**

【図 8】

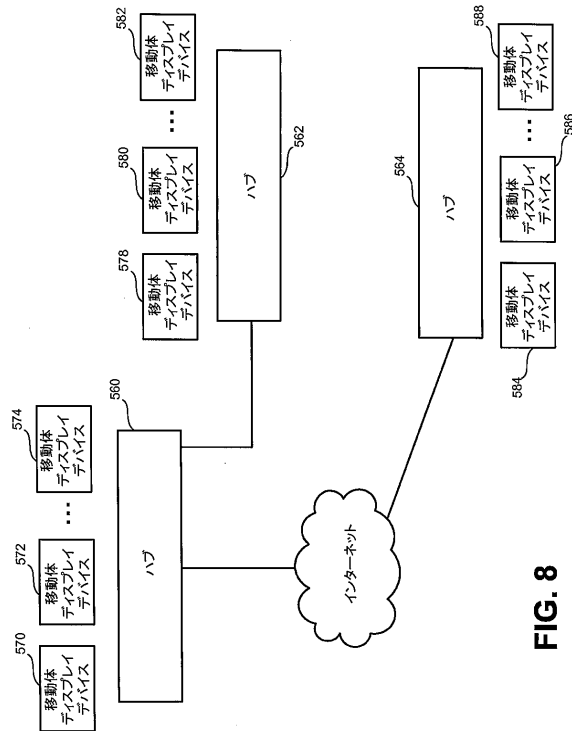


FIG. 8

【図 9】

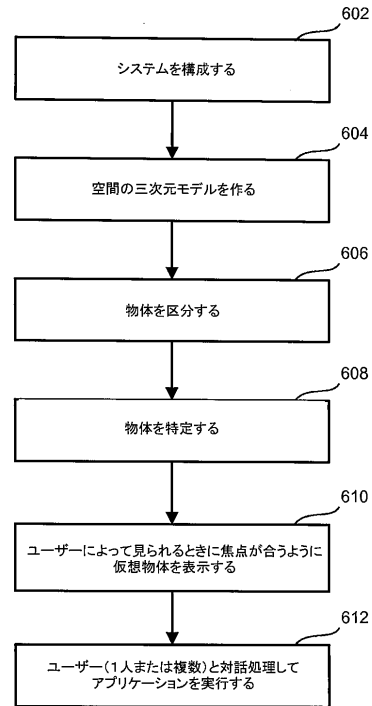


FIG. 9

【図 10】

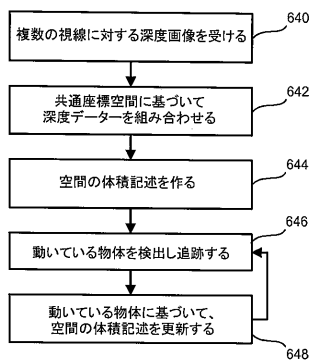


FIG. 10

【図 11】

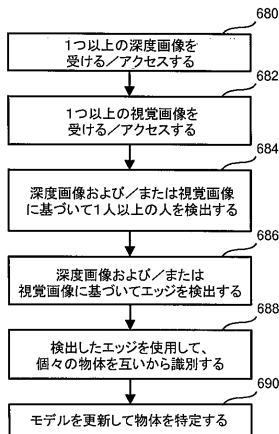


FIG. 11



【図 12】

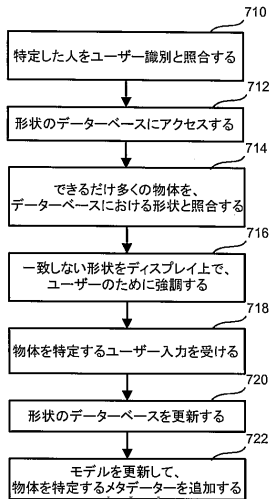


FIG. 12

【図 13】

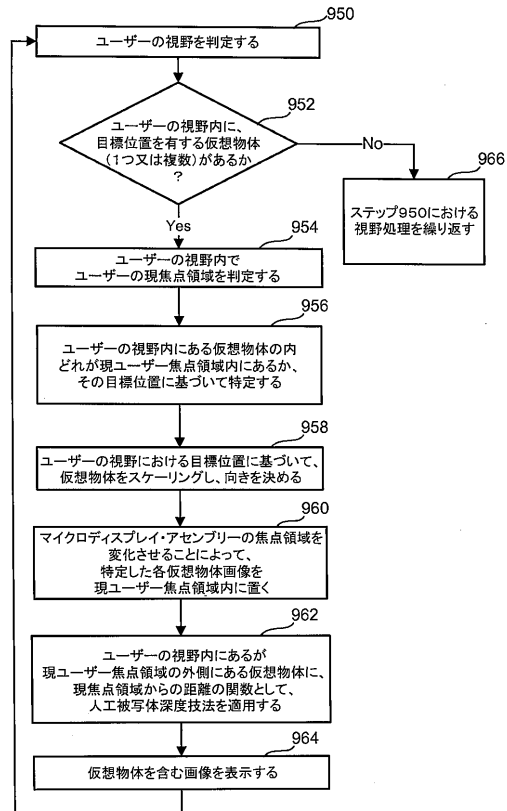


FIG. 13

【図 14】

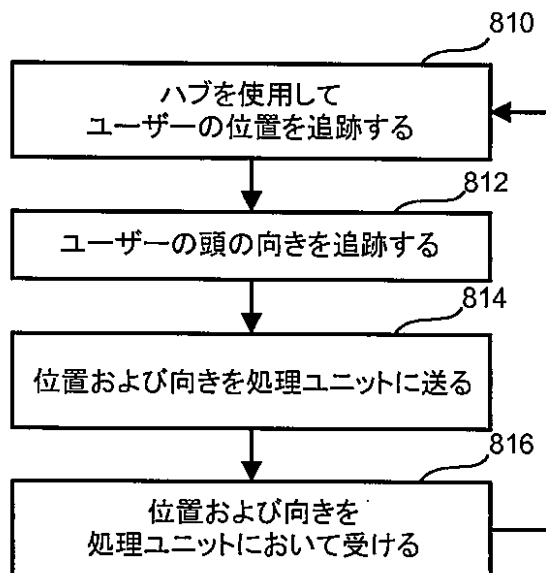


FIG. 14

【図 15】

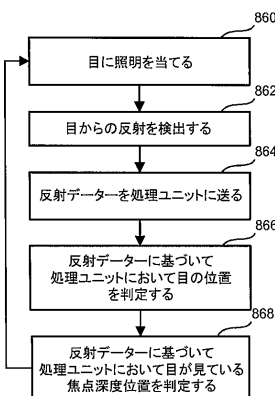


FIG. 15

【図 16】

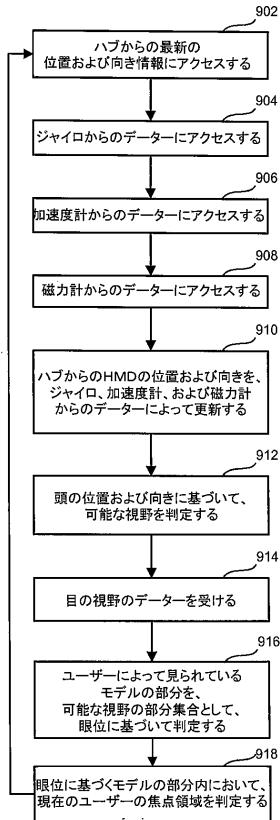


FIG. 16

【図 17 A】

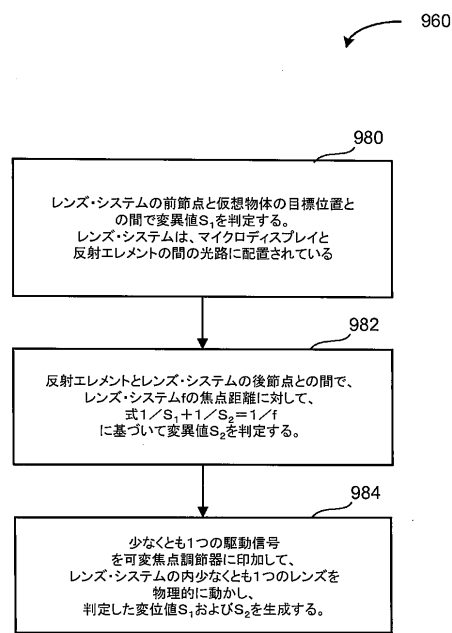


FIG. 17A

【図 17 B】

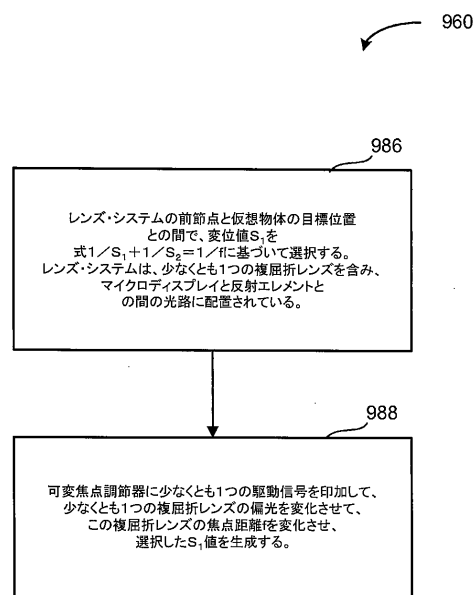


FIG. 17B

【図 17 C】

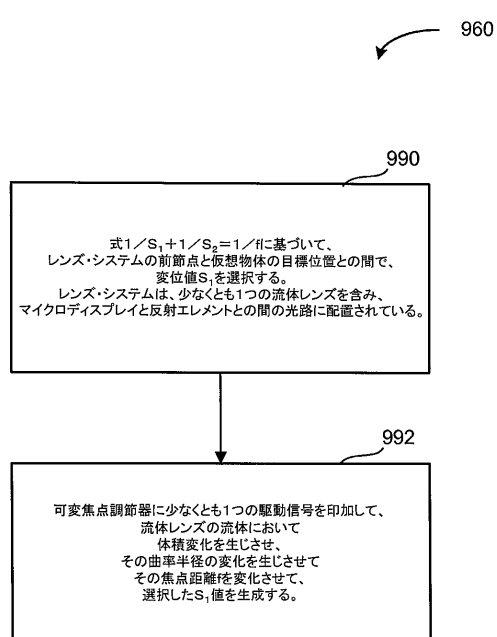


FIG. 17C

【図18A】

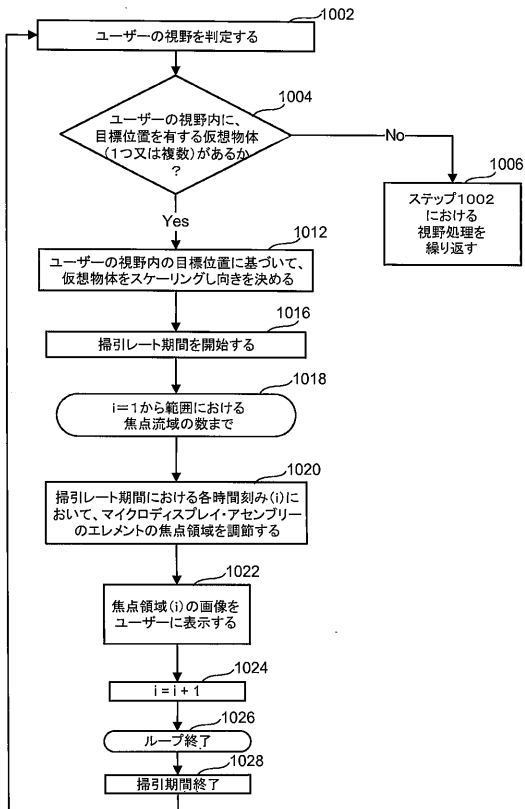


FIG. 18A

【図18B】

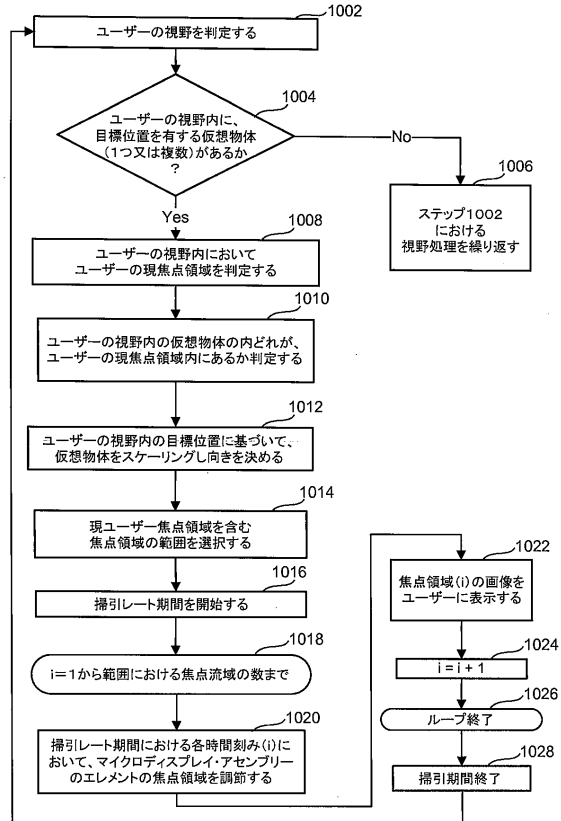


FIG. 18B

【図19A】

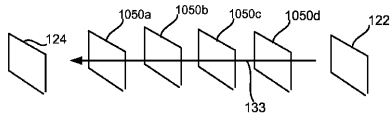


FIG. 19A

【図19B】

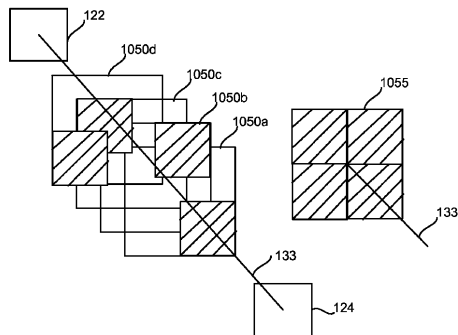


FIG. 19B

## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
 G 0 9 G 3/36  
 G 0 9 G 5/00 5 5 5 D  
 G 0 9 G 5/00 5 3 0 M

(74)代理人 100153028

弁理士 上田 忠

(74)代理人 100120112

弁理士 中西 基晴

(74)代理人 100196508

弁理士 松尾 淳一

(74)代理人 100147991

弁理士 鳥居 健一

(74)代理人 100119781

弁理士 中村 彰吾

(74)代理人 100162846

弁理士 大牧 綾子

(74)代理人 100173565

弁理士 末松 亮太

(74)代理人 100138759

弁理士 大房 直樹

(72)発明者 バー - ジーヴ , アヴィ

アメリカ合衆国ワシントン州 9 8 0 5 2 - 6 3 9 9 , レッドモンド , ワン・マイクロソフト・ウェイ , マイクロソフト コーポレーション , エルシーエイ - インターナショナル・パテント

(72)発明者 ルイス , ジョン

アメリカ合衆国ワシントン州 9 8 0 5 2 - 6 3 9 9 , レッドモンド , ワン・マイクロソフト・ウェイ , マイクロソフト コーポレーション , エルシーエイ - インターナショナル・パテント

審査官 西谷 憲人

(56)参考文献 特開 2 0 1 0 - 1 3 9 9 0 1 ( J P , A )

特開 2 0 1 0 - 1 3 9 5 7 5 ( J P , A )

国際公開第 2 0 1 0 / 0 9 0 1 4 4 ( W O , A 1 )

特開 2 0 0 3 - 1 4 1 5 2 2 ( J P , A )

特開 2 0 0 2 - 1 9 9 7 4 7 ( J P , A )

特開 2 0 0 2 - 1 7 6 6 6 1 ( J P , A )

国際公開第 2 0 0 9 / 0 9 6 3 2 5 ( W O , A 1 )

特開 2 0 0 5 - 2 0 8 2 5 5 ( J P , A )

特開 2 0 1 0 - 0 3 2 7 5 9 ( J P , A )

特開平 0 2 - 2 6 2 1 1 2 ( J P , A )

特開 2 0 0 5 - 3 5 1 9 6 7 ( J P , A )

特開 2 0 0 1 - 2 4 2 3 7 0 ( J P , A )

米国特許出願公開第 2 0 0 6 / 0 2 5 0 3 2 2 ( U S , A 1 )

A Novel Prototype for an Optical See-Through Head-Mounted Display with Addressable Focus Cues , IEEE transactions on visualization and computer graphics , 米国 , IEEE , 2 0 1 0 年 5 月 1 日 , vol.16 No.3 , 381-393

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 4 N	5 / 6 4
G 0 2 B	2 7 / 0 2
G 0 9 G	3 / 2 0
G 0 9 G	3 / 3 6
G 0 9 G	5 / 0 0