

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第6996450号
(P6996450)

(45)発行日 令和4年1月17日(2022.1.17)

(24)登録日 令和3年12月20日(2021.12.20)

(51)国際特許分類

F I

G 0 6 T 19/00 (2011.01)

G 0 6 T

19/00

3 0 0 B

G 0 6 F 3/04815(2022.01)

G 0 6 F

3/0481

1 5 0

請求項の数 8 (全25頁)

(21)出願番号	特願2018-153334(P2018-153334)	(73)特許権者	000004226
(22)出願日	平成30年8月17日(2018.8.17)		日本電信電話株式会社
(65)公開番号	特開2020-27555(P2020-27555A)		東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(43)公開日	令和2年2月20日(2020.2.20)	(74)代理人	100121706
審査請求日	令和3年1月13日(2021.1.13)		弁理士 中尾 直樹
		(74)代理人	100128705
			弁理士 中村 幸雄
		(74)代理人	100147773
			弁理士 義村 宗洋
		(72)発明者	河邊 隆寛
			東京都千代田区大手町一丁目5番1号
			日本電信電話株式会社内
		(72)発明者	小川 奈美
			東京都渋谷区上原3-35-1 アパー
			トメントツ代々木上原309

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 画像処理装置、画像処理方法、およびプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

実空間または仮想現実空間における第1対象を拡大または縮小して、前記仮想現実空間における視対象である第2対象を生成する視対象生成部を有し、
前記実空間における実観察位置または前記仮想現実空間における仮想観察位置で前記第1対象のなす視角または推定視角である第1視角は、前記仮想観察位置で前記第2対象のなす視角である第2視角と同一または略同一であり、
前記第2対象が前記第1対象を拡大したものである場合には、前記仮想観察位置から前記第2対象までの距離である第2距離は、前記実観察位置または前記仮想観察位置から前記第1対象までの距離または推定距離である第1距離よりも大きく、
前記第2対象が前記第1対象を縮小したものである場合には、前記第2距離は前記第1距離よりも小さい、画像処理装置。

【請求項2】

請求項1の画像処理装置であって、
前記第1距離に対する前記第2距離の比率は、前記第1対象の線形寸法に対する前記第2対象の線形寸法の比率と同一または略同一である、画像処理装置。

【請求項3】

請求項1または2の画像処理装置であって、
前記視対象生成部は、前記第2視角を同一または略同一に保ったまま、前記仮想現実空間における前記第2対象の大きさおよび前記第2距離を変化させる、画像処理装置。

【請求項 4】

請求項 1 または 2 の画像処理装置であって、

前記第 1 対象は、前記実空間における視対象または前記実空間における視対象を模したものであり、

前記第 1 対象のなす視角は、前記実観察位置で前記実空間における視対象のなす視角であり、

前記第 1 距離は、前記実観察位置から前記実空間における視対象までの距離であり、

所定距離に対する前記第 1 距離の上回り分が第 1 値であるときの前記第 1 距離に対する前記第 2 距離の比率は、前記所定距離に対する前記第 1 距離の上回り分が第 2 値であるときの前記第 1 距離に対する前記第 2 距離の比率よりも大きく、

前記第 1 値は前記第 2 値よりも大きい、画像処理装置。

10

【請求項 5】

請求項 1 から 4 の何れかの画像処理装置であって、

前記第 1 対象は、前記実空間における視対象または前記実空間における視対象を模したものであり、

前記第 1 対象のなす視角は、前記実観察位置で前記実空間における視対象のなす視角であり、

前記第 1 距離は、前記実観察位置から前記実空間における視対象までの距離である、画像処理装置。

【請求項 6】

20

請求項 1 から 5 の何れかの画像処理装置であって、

前記仮想現実空間において前記仮想観察位置から見える前記第 2 対象を観察者に提示するための提示用画像を生成する提示用画像生成部をさらに有する、画像処理装置。

【請求項 7】

実空間または仮想現実空間における第 1 対象を拡大または縮小して前記仮想現実空間における視対象である第 2 対象を生成する視対象生成ステップを有し、

前記実空間における実観察位置または前記仮想現実空間における仮想観察位置で前記第 1 対象のなす視角または推定視角である第 1 視角は、前記仮想観察位置で前記第 2 対象のなす視角である第 2 視角と同一または略同一であり、

前記第 2 対象が前記第 1 対象を拡大したものである場合には、前記仮想観察位置から前記第 2 対象までの距離である第 2 距離は、前記実観察位置または前記仮想観察位置から前記第 1 対象までの距離または推定距離である第 1 距離よりも大きく、

前記第 2 対象が前記第 1 対象を縮小したものである場合には、前記第 2 距離は前記第 1 距離よりも小さい、画像処理方法。

30

【請求項 8】

請求項 1 から 6 の何れかの画像処理装置としてコンピュータを機能させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

40

本発明は、仮想現実技術に関し、特に、仮想現実空間における視対象の大きさを制御する技術に関する。

【背景技術】**【0002】**

バーチャルリアリティ（VR: virtual reality、「仮想現実」と訳される）とは、対象が観察者の周囲に存在しない（現前していない）にもかかわらず、観察者にその対象が周囲に存在すると感じさせる（同一の知覚表象を生じさせる）技術である（例えば、非特許文献 1 等参照）。VR を実現するために、知覚表象が現実の 3 次元空間と実質的に変わらない 3 次元空間（VR 空間、すなわち仮想現実空間）をコンピュータにより生成し、それをヘッドマウントディスプレイ（VR ゴーグル）によって観察者に提示することがある。ヘッ

50

ドマウントディスプレイは、観察者の顔面上部をすっぽりと覆うように装着される映像表示装置である。ヘッドマウントディスプレイは、それを装着した観察者の右眼および左眼の数センチ前にそれぞれ配置される独立の映像表示部を具備し、右眼用画像と左眼用画像とを右眼と左眼とに独立に提示できる。コンピュータが生成したVR空間からヘッドマウントディスプレイで表示される右眼用画像と左眼用画像とを得るために、VR空間内の2つの点を、2点間距離が実際の人間の眼間距離(6.5cm)またはそれに近い値となるように選択する。そして、これらの2つの点に2個のカメラ(VR空間のカメラ)を、それらの撮影方向が平行に同方向を向くようにそれぞれ設置する。実空間(現実空間)のカメラと同じように、VR空間のカメラにも光を受光できる空間範囲(画角)が存在し、そのVR空間のカメラの画角が右眼用画像と左眼用画像とにそれぞれ含まれるVR空間内の空間範囲を決定する。VR空間内に光源と光を反射する表面を持つ対象と対象を撮影するカメラとを配置し、当該対象で反射された光を当該カメラが受光して撮影するシミュレーションを行うことができる。これを撮影シミュレーションと呼ぶ。この撮影シミュレーションの結果として生成されるものが、ヘッドマウントディスプレイに表示される右眼用画像および左眼用画像である。撮影シミュレーションの結果の画像化は、一般的な3DモデリングソフトウェアやVRシミュレーターなどを用いて可能であり、例えばUnity(登録商標)やBlender(登録商標)といった3Dモデリング/レンダリングソフトウェアを用いることができる。撮影シミュレーションから画像化までの処理を自動化することも可能である。

10

【0003】

20

VR空間内における物体の3次元形状はポリゴン(三角形)の集合体によって表現される。VR空間における単位体積当たりのポリゴンの数が少なければ表面形状は粗くなり、逆に、VR空間における単位体積当たりのポリゴンの数が多ければ表面形状はきめ細やかになる。ポリゴンに対し、テクスチャと呼ばれる画像情報を貼り付けることによって、ポリゴンの集合体に色や肌理が表示される。

【0004】

VRでは、観察者のリアルな手(実空間における観察者自身の手)と同じ見かけの大きさを持つバーチャルな手(VR空間内に表示される手)の映像を、ヘッドマウントディスプレイによって提示することもできる。ここで「見かけの大きさ」とは、観察者が知覚する手の大きさのことを意味している。例えば、便宜的に実空間におけるリアルな手の中指から手首までの長さを「手の大きさ」として定義すると、通常、手の大きさは18~20cmであるが、バーチャルな手もリアルな手と同じ位の大きさに見えるように設定することができる。VR空間内において手の3次元形状を表現するポリゴン(三角形)の集合体のことを「バーチャルな手のモデル」と呼ぶ時、VR空間におけるバーチャルな手のモデルの大きさを18~20cmに設定すると、バーチャルな手の見かけの大きさはリアルな手の見かけの大きさと同じになる。

30

【0005】

一方で、VR空間におけるバーチャルな手のモデルの大きさを、リアルな手が通常取りうる大きさの範囲の外に設定すると、バーチャルな手の見かけの大きさはリアルな手の見かけの大きさと一致しない。例えばバーチャルな手のモデルの大きさを10cmに設定すると、VR空間内のバーチャルな手の見かけの大きさはリアルな手の見かけの大きさよりも小さく見える。例えばバーチャルな手のモデルの大きさを40cmに設定すると、VR空間内のバーチャルな手の見かけの大きさはリアルな手の見かけの大きさよりも大きく見える(例えば、非特許文献2等参照)。

40

【0006】

以降、VR空間におけるバーチャルな手がリアルな手と同じ見かけの大きさをもつ場合、そのバーチャルな手を「バーチャルな普通の手」と表現する。VR空間におけるバーチャルな手がリアルな手よりも見かけ上大きい場合、そのバーチャルな手を「バーチャルな巨人の手」と表現する。VR空間におけるバーチャルな手が、リアルな手よりも見かけ上小さい場合、そのバーチャルな手を「バーチャルな小人の手」と表現する。

50

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0007】

【文献】 舘 すすむ ・ 佐藤誠・ 廣瀬通孝 監修, “バーチャルリアリティ学”, 日本バーチャルリアリティ学会, 2011年.

Linkenauger, S. A., Leyrer, M., Bulthoff, H. H., Mohler, B. J. "Welcome to Wonderland: The Influence of the Size and Shape of a Virtual Hand On the Perceived Size and Shape of Virtual Objects," [online], 2013年7月11日, PLOS ONE, 8(7), e68594, [2018年6月1日検索], インターネット <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068594>>

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

VR空間でバーチャルな巨人の手を表現する方法として、バーチャルな手のモデルの大きさを大きくする方法が考えられる。逆にVR空間でバーチャルな小人の手を表現する方法として、バーチャルな手のモデルの大きさを小さくする方法が考えられる。

【0009】

しかし、バーチャルな手のモデルの大きさを変更した場合、バーチャルな手の見かけの質感に問題が生じる場合がある。例えば、VR空間内においてバーチャルな巨人の手を表現するために、バーチャルな手のモデルの大きさを大きくしたと仮定する。このバーチャルな巨人の手をカメラに近づけすぎると、バーチャルな手のモデルが大きすぎてその全貌がカメラの画角に収まらず、結果的にバーチャルな巨人の手がヘッドマウントディスプレイに表示される空間範囲からはみ出してしまふ。また、バーチャルな手のモデルの大きさを大きくした場合にはバーチャルな手を構成する単位体積当たりのポリゴン数が減少するため、バーチャルな巨人の手の表面形状は粗くなる。また、ポリゴンに貼るテクスチャの解像度も粗くなる。そのため、例えば、陰影や色、しわ、テクスチャといったバーチャルな巨人の手の質感がリアルな手の質感と大きく異なってしまい、観察者が違和感を感じる。さらには、バーチャルな巨人の手とバーチャルな普通の手とを切り替える場面においてバーチャルな手の質感が大きく変わってしまい、観察者が違和感を感じる。逆に、VR空間でバーチャルな小人の手を表現するために、バーチャルな手のモデルの大きさを小さくしたと仮定する。この場合には、VR空間のカメラで撮影されるバーチャルな小人の手の画像領域が小さくなりすぎてしまい、バーチャルな小人の手の詳細なテクスチャを視認することができなくなってしまう場合がある。さらに、バーチャルな手のモデルの大きさを小さくした場合にはバーチャルな手を構成する単位体積当たりのポリゴン数が増加するため、バーチャルな小人の手の表面形状はきめ細やかになるが、ポリゴンに貼るテクスチャが表示する際の画面の解像度に限界があるため、テクスチャの画素値が隣接する画素間で平均化され、結果的に小人の手に貼られたテクスチャがボケて見える。そのため、バーチャルな小人の手の質感がリアルな手の質感と大きく異なってしまい、観察者が違和感を感じる場合がある。さらには、バーチャルな小人の手とバーチャルな普通の手とを切り替える場面においてバーチャルな手の質感が大きく変わってしまい、観察者が違和感を感じる。

20

30

40

【0010】

このような問題は、観察者のリアルな手に基づいたバーチャルな手の大きさをリアルな手の大きさと異ならせて観察者に提示する場合やバーチャルな手の大きさを変更して観察者に提示する場合のみならず、ある対象がVR空間において拡大または縮小された視対象を観察者に提示する場合やある対象に対応するVR空間内の視対象を拡大または縮小して観察者に提示する場合にも共通するものである。

【0011】

本発明はこのような点に鑑みてなされたものであり、観察者が知覚する見かけの質感を大きく異ならせることなく観察者に提示するための、ある対象を拡大または縮小したVR空間における視対象を生成することを目的とする。

50

【課題を解決するための手段】**【0012】**

本発明では、実空間または仮想現実空間における第1対象を拡大または縮小して仮想現実空間における視対象である第2対象を生成する。ただし、実空間における実観察位置または仮想現実空間における仮想観察位置で第1対象のなす視角または推定視角である第1視角は、当該仮想観察位置で第2対象のなす視角である第2視角と同一または略同一である。第2対象が第1対象を拡大したものである場合には、当該仮想観察位置から第2対象までの距離である第2距離は、当該実観察位置または仮想観察位置から第1対象までの距離または推定距離である第1距離よりも大きく、第2対象が第1対象を縮小したものである場合には、第2距離は第1距離よりも小さい。

10

【発明の効果】**【0013】**

これにより、観察者が知覚する見かけの質感を大きく異ならせることなく観察者に提示するための、ある対象を拡大または縮小したVR空間における視対象を生成できる。

【図面の簡単な説明】**【0014】**

【図1】図1は、実施形態の画像処理装置の機能構成を例示したブロック図である。

【図2】図2は、左右の目のうち、左眼で大きさが同じ対象である物体aおよび物体bを見ている状況を例示した模式図である。

【図3】図3は、左右の目のうち、左眼が大きさの異なる対象である物体cと物体fを見ている状況を例示した模式図である。

20

【図4】図4は、手の基準部を例示した模式図である。

【図5】図5Aは、リアルな手の視角変化および奥行き変化を例示した模式図であり、図5Bは、このリアルな手に基づいたバーチャルな巨人の手の視角変化および奥行き変化を例示した模式図である。

【図6】図6Aは、リアルな手の視角変化および奥行き変化を例示した模式図であり、図6Bは、このリアルな手に基づいたバーチャルな小人の手の視角変化および奥行き変化を例示した模式図である。

【図7】図7Aおよび図7Bは、実空間での対象に対する視角と仮想空間での対象に対する視角とを同一とし、仮想空間の対象を実空間の対象と異なる大きさとした様子を例示した模式図である。

30

【図8】図8は実施形態の画像処理装置の機能構成を例示したブロック図である。

【図9】図9は、仮想空間において対象の奥行きを変化させた様子を例示した模式図である。

【発明を実施するための形態】**【0015】**

以下、図面を参照して本発明の実施形態を説明する。

[原理]

まず、本実施形態で説明する技術の原理を説明する。ここでは、観察者のリアルな手に基づくバーチャルな手の大きさをリアルな手の大きさと異ならせて知覚させる場合について説明する。

40

【0016】

本技術では、大きさ恒常性を利用することで、バーチャルな手の質感をリアルな手の質感と大きく異ならせずに、バーチャルな手をリアルな手よりも大きく見せたり小さく見せたりする。大きさ恒常性とは、対象の奥行きを考慮して対象の大きさを判断する脳（視覚）の特性を意味する。人間は世界から光を受容する。その受容器は目である。目の奥には網膜と呼ばれる部位があり、目を通過してきた光が網膜に当たる。網膜にある網膜細胞が光によって刺激され、刺激を受けた網膜細胞からの信号が神経繊維を通じて脳に伝わる。その信号が脳において更に情報処理されることにより、人間は世界を見ることができる。脳は、対象の大きさを直接測定することはできないので、網膜に当たった光のパタンの大き

50

さに基づいて対象の大きさを判断する。このとき、網膜に当たった光のパタンの大きさは対象がなす視角に対応する。図 2 は、観察者の左右の目のうち、左眼が同じ大きさの対象である物体 a および物体 b を見ている状況を例示している。左眼で物体 a がなす視角は、図 2 における角 AOA' であり、左眼で物体 b がなす視角は図 2 における角 BOB' である。なお、点 O は左眼の水晶体内部に位置する原点を表す。図 2 では物体 a と物体 b とが同じ大きさであるが、物体 b の方が物体 a よりも左眼から遠い位置にある。この場合、物体 b の視角は物体 a の視角よりも小さい。つまり、角 $AOA' > 角 BOB'$ である。しかしながら、図 2 のような事態に遭遇したときであっても、観察者は物体 a と物体 b の大きさが等しいと判断できる。この観察者による大きさ判断を理解するためには、脳による奥行き推定と大きさ推定の関係性を理解することが必要である。

10

【0017】

まず、脳は右眼と左眼に映る像のずれ（両眼視差）から奥行きを推定することができる。また、2つの対象が存在する場合、その2つの対象が生成する両眼視差の関係性（相対視差）から、2つの対象のどちらが遠くにあるかを推定することができる。例えば、図 2 において物体 b を注視した場合、物体 a は交差性視差を生成し、注視点である物体 b は両眼視差を生成しない（すなわち、物体 b が生成する両眼視差は零になる）。一般に脳は、交差性視差を生成する対象が両眼視差を生成しない対象よりも手前にあると推定するため、物体 a は注視された物体 b よりも手前にあると認識される。一方で、例えば、図 2 において物体 a を注視した場合、物体 b は非交差性視差を生成し、注視点である物体 a は両眼視差を生成しない（すなわち、物体 a が生成する両眼視差は零になる）。一般に脳は、非交差性視差を生成する対象が両眼視差を生成しない対象よりも奥まっていると推定するため、物体 b は注視された物体 a よりも奥まっていると認識される。このように脳は両眼視差を奥行き情報として用いることで、物体 b が物体 a よりも遠くにあることを認識することができる。

20

【0018】

次に、この奥行き推定に基づいて、脳が物体 a と物体 b の大きさをどのように判断するかという点について説明する。脳は、網膜に当たった物体 b の光のパタンが物体 a の光のパタンよりも小さいことから、物体 b が生成する視角（角 BOB' ）は、物体 a が生成する視角（角 AOA' ）よりも小さいと認識する。脳はまた、前述の奥行き推定により、物体 b が物体 a よりも遠くにあることを認識する。さらに、一般に脳は、遠くにあるものはそれが近くにあるときよりも小さく見えるという事前知識を持っている。脳は、このような視角および奥行きについての認識と事前知識との関係性から、物体 a と物体 b とが同じ大きさであることが最も確からしいと判断する。これが大きさ恒常性の働きである。

30

【0019】

図 3 は、観察者の左右の目のうち、左眼が大きさの異なる対象である物体 c および物体 f を見ている状況を例示している。左眼で物体 c のなす視角は角 $CO C'$ であり、左眼で物体 f のなす視角は角 $FO F'$ である。角 $CO C'$ は角 $FO F'$ と等しい。また、物体 f は物体 c よりも大きく、物体 f の方が物体 c よりも左眼から遠い位置にある。この時、脳は、網膜に当たった物体 c の光のパタンが物体 f の光のパタンと同じ大きさであることから、 $FO F' = CO C'$ であると認識する。脳はまた、前述の奥行き推定により、物体 f が物体 c よりも遠くにあることを認識する。さらに脳は、上述の事前知識を持っている。これらより、脳は、物体 c と物体 f とで視角は同じだけれど、物体 f の方が物体 c よりも遠くにあるから、物体 f の方が物体 c よりも実際の大きさは大きいだろうと推測する。これも大きさ恒常性の働きである。

40

【0020】

本技術では、実空間で移動するリアルな手を観察者が観察した際のリアルな手の視角と VR 空間内のカメラで撮影したバーチャルな手の視角とを一致させつつ、脳が感じるバーチャルな手の奥行き位置を両眼視差に基づいて操作する。これにより、バーチャルな手の質感をリアルな手の質感と大きく異ならせず、バーチャルな手を見かけ上、リアルな手よりも大きく見せたり小さく見せたりする。

50

【 0 0 2 1 】

まず、本技術において、バーチャルな手を見かけ上、リアルな手よりも大きく見せる場合、すなわちバーチャルな巨人の手を提示する場合について説明する。図 4 に例示するように、以降の説明では、便宜上、右手親指の先端から右手小指の付け根までの距離（ L から L' までの線形寸法）を「手の大きさ」と定義して視角を計算する。視角を計算するために利用した手の部分を基準部と呼び、基準部の長さ（線形寸法）を基準距離と呼ぶ。基準距離のなす視角が手の視角である。また、基準部を水平線分によって表現する。図 5 A に、本技術において、観察者の目からリアルな手までの奥行きが変化する場合における当該リアルな手の視角変化を例示し、図 5 B に、このリアルな手に基づいたバーチャルな手のカメラからの奥行きが変化する場合における当該バーチャルな手の視角変化を例示する。観察者の目の原点 O からリアルな手の 3 次元形状までの距離（例えば、原点 O からリアルな手の 3 次元形状の中心点までの距離）を「リアルな手の奥行き距離」と表現し、VR 空間を撮影するカメラの結像面 I に位置する原点 O_I （例えば、焦点）からバーチャルな手までの距離（例えば、原点 O_I からバーチャルな手の 3 次元形状の中心点までの距離）を「バーチャルな手の奥行き距離」と表現する。 k_r はリアルな手の奥行き距離を表し、 k_v はバーチャルな手の奥行き距離を表す。本技術では、バーチャルな手を、リアルな手の実空間での移動に伴って VR 空間内を移動させる。すなわち、バーチャルな手をリアルな手と終始同時に移動させる。例えば、リアルな手が実空間の位置 P_{r1} から位置 P_{r2} へ移動すると、それに伴ってバーチャルな手を VR 空間の位置 P_{v1} から位置 P_{v2} へ移動させる。リアルな手およびバーチャルな手の移動に伴い、リアルな手の奥行き距離 k_r 、およびバーチャルな手の奥行き距離 k_v が変化する。ただし、リアルな手の奥行き距離 k_r と当該リアルな手に基づいたバーチャルな手の奥行き距離 k_v との比は常に一定である。図 5 A における水平線分 $E_{r1} - E'_{r1}$ は、リアルな手が実空間の位置 P_{r1} に配置された際のリアルな手の基準部を例示し、水平線分 $E_{r2} - E'_{r2}$ は、リアルな手が実空間の位置 P_{r2} に配置された際のリアルな手の基準部を例示している。また、図 5 B における水平線分 $E_{v1} - E'_{v1}$ は、リアルな手が位置 P_{r1} に配置された際に位置 P_{v1} に配置されるバーチャルな手の基準部を例示している。水平線分 $E_{v2} - E'_{v2}$ は、リアルな手が位置 P_{r2} に配置された際に位置 P_{v2} に配置されるバーチャルな手の基準部を例示している。

【 0 0 2 2 】

リアルな手が実空間内を移動すると、リアルな手の奥行き距離が変化する。図 5 A の例の場合、位置 P_{r1} に配置されたリアルな手の奥行き距離は、位置 P_{r2} に配置されたリアルな手の奥行き距離よりも小さい。リアルな手の基準距離が変化しないので、水平線分 $E_{r1} - E'_{r1}$ の線形寸法と水平線分 $E_{r2} - E'_{r2}$ の線形寸法は等しい。この場合、原点 O で位置 P_{r1} のリアルな手のなす視角（破線がなす角） $E_{r1} O E'_{r1}$ は、位置 P_{r2} のリアルな手のなす視角（実線がなす角） $E_{r2} O E'_{r2}$ よりも大きい。しかしながら、たとえ実空間でリアルな手が位置 P_{r1} から位置 P_{r2} へ移動したり、位置 P_{r2} から位置 P_{r1} へ移動したりしても、観察者はリアルな手が小さくなったり大きくなったりしたとは感じず、同じ大きさのリアルな手の奥行きが自然に変化したと感じる。

【 0 0 2 3 】

図 5 B に例示するように、本技術では、バーチャルな手をリアルな手の移動に伴って移動させ、バーチャルな手の奥行き距離 k_v をリアルな手の奥行き距離 k_r に伴って変化させる。ここで、位置 P_{v1} に配置されたバーチャルな手の奥行き距離は、位置 P_{v2} に配置されたバーチャルな手の奥行き距離よりも小さい。図 5 B に例示するように、本技術では、バーチャルな手の基準距離は常に一定とし、水平線分 $E_{v1} - E'_{v1}$ の線形寸法と水平線分 $E_{v2} - E'_{v2}$ の線形寸法を等しくする。この場合、原点 O_I で位置 P_{v1} のバーチャルな手のなす視角（破線がなす角） $E_{v1} O_I E'_{v1}$ は、位置 P_{v2} のバーチャルな手のなす視角（実線がなす角） $E_{v2} O_I E'_{v2}$ よりも大きい。しかしながら、本技術によって VR 空間でバーチャルな手を位置 P_{v1} から位置 P_{v2} へ移動させたり、位置 P_{v2} から位置 P_{v1} へ移動させたりしても、観察者はバーチャルな手が小さくなったり大きくな

10

20

30

40

50

ったりしたとは感じず、同じ大きさのバーチャルな手の奥行きが自然に変化したと感じさせることができる。

【 0 0 2 4 】

また、本技術では、原点 O_I で位置 P_{V1} のバーチャルな手のなす視角（図 5 B の破線がなす角） $E_{V1} O_I E'_{V1}$ を、原点 O で位置 P_{R1} のリアルな手のなす視角（図 5 A の破線がなす角） $E_{R1} O E'_{R1}$ と一致させる。さらに、本技術では、リアルな手の位置 P_{R1} から位置 P_{R2} への移動に伴うリアルな手のなす視角の変化と、バーチャルな手の位置 P_{V1} から位置 P_{V2} への移動に伴うバーチャルな手のなす視角の変化が等しくなるようにする。よって、本技術では、リアルな手の位置 P_{R1} から位置 P_{R2} の方向への移動に伴ってバーチャルな手を位置 P_{V1} から位置 P_{V2} の方向へ移動させる場合に、バーチャルな手のなす視角をリアルな手のなす視角と常に一致させている。同様に、本技術では、原点 O_I で位置 P_{V2} のバーチャルな手のなす視角（図 5 B の実線がなす角） $E_{V2} O_I E'_{V2}$ を、原点 O で位置 P_{R2} のリアルな手のなす視角（図 5 A の実線がなす角） $E_{R2} O E'_{R2}$ と一致させる。さらに、本技術では、リアルな手の位置 P_{R2} から位置 P_{R1} への移動に伴うリアルな手のなす視角の変化と、バーチャルな手の位置 P_{V2} から位置 P_{V1} への移動に伴うバーチャルな手のなす視角の変化が等しくなるようにする。よって、本技術では、リアルな手の位置 P_{R2} から位置 P_{R1} の方向への移動に伴ってバーチャルな手を位置 P_{V2} から位置 P_{V1} の方向へ移動させる場合にも、バーチャルな手のなす視角をリアルな手のなす視角と常に一致させている。以上より、本技術では、バーチャルな手のなす視角をリアルな手のなす視角と常に一致させている。このようにすることで、本技術では、バーチャルな手の見かけの質感を、常時、リアルな手の見かけの質感と同等になるようにしている。一方、図 5 B に示すように、本技術では、バーチャルな手の奥行き距離 k_V を、図 5 A におけるリアルな手の奥行き距離 k_R よりも常に大きくなるようにしている（遠くなるようにしている）。それによって、図 5 B に示すように、本技術では、バーチャルな手の基準距離が、図 5 A におけるリアルな手の基準距離よりも常に大きくなるようにしている。これによって、本技術では、大きさ恒常性の働きにより、図 5 B のバーチャルな手が、図 5 A のリアルな手よりも見かけの大きさが大きく、バーチャルな巨人の手として知覚されるようにしている。これらにより、本技術では、リアルな手の質感を大きく変えることなく、バーチャルな手を巨人の手として知覚させることができる。

【 0 0 2 5 】

次に、本技術において、バーチャルな手を見かけ上、リアルな手よりも小さく見せる場合、すなわちバーチャルな小人の手を提示する場合について説明する。図 6 A に、本技術において、観察者の目からリアルな手までの奥行きがが変化する場合における当該リアルな手の視角変化を例示し、図 6 B に、このリアルな手に基づいたバーチャルな手のカメラからの奥行きが変化する場合における当該バーチャルな手の視角変化を例示する。本技術では、バーチャルな手をリアルな手よりも小さく見せる場合も、バーチャルな手をリアルな手と終始同時に移動させる。例えば、リアルな手が実空間の位置 P_{R3} から位置 P_{R4} へ移動すると、それに伴ってバーチャルな手を V_R 空間の位置 P_{V3} から位置 P_{V4} へ移動させる。リアルな手およびバーチャルな手の移動に伴い、リアルな手の奥行き距離 k_R 、およびバーチャルな手の奥行き距離 k_V が変化する。バーチャルな手をリアルな手よりも小さく見せる場合も、リアルな手の奥行き距離 k_R と当該リアルな手に基づいたバーチャルな手の奥行き距離 k_V との比は常に一定である。図 6 A における水平線分 $E_{R3} - E'_{R3}$ は、リアルな手が実空間の位置 P_{R3} に配置された際のリアルな手の基準部を例示し、水平線分 $E_{R4} - E'_{R4}$ は、リアルな手が実空間の位置 P_{R4} に配置された際のリアルな手の基準部を例示している。また、図 6 B における水平線分 $E_{V3} - E'_{V3}$ は、リアルな手が位置 P_{R3} に配置された際に位置 P_{V3} に配置されるバーチャルな手の基準部を例示している。水平線分 $E_{V4} - E'_{V4}$ は、リアルな手が位置 P_{R4} に配置された際に位置 P_{V4} に配置されるバーチャルな手の基準部を例示している。

【 0 0 2 6 】

リアルな手が実空間内を移動すると、リアルな手の奥行き距離が変化する。図 6 A の例の

場合、位置 P_{r3} に配置されたリアルな手の奥行き距離は、位置 P_{r4} に配置されたリアルな手の奥行き距離よりも小さい。リアルな手の基準距離が変化しないので、水平線分 $E_{r3} - E'_{r3}$ の線形寸法と水平線分 $E_{r4} - E'_{r4}$ の線形寸法と等しい。この場合、原点 O で位置 P_{r3} のリアルな手のなす視角（破線がなす角） $E_{r3} O E'_{r3}$ は、位置 P_{r4} のリアルな手のなす視角（実線がなす角） $E_{r4} O E'_{r4}$ よりも大きい。しかしながら、たとえ実空間でリアルな手が位置 P_{r3} から位置 P_{r4} へ移動したり、位置 P_{r4} から位置 P_{r3} へ移動したりしても、観察者はリアルな手が小さくなったり大きくなったりしたとは感じず、同じ大きさのリアルな手の奥行きが自然に変化したと感じる。

【0027】

図 6 B に例示するように、本技術では、バーチャルな手をリアルな手の移動に伴って移動させ、バーチャルな手の奥行き距離 k_v をリアルな手の奥行き距離 k_r に伴って変化させる。ここで、位置 P_{v3} に配置されたバーチャルな手の奥行き距離は、位置 P_{v4} に配置されたバーチャルな手の奥行き距離よりも小さい。図 6 B に例示するように、本技術では、バーチャルな手の基準距離は常に一定とし、水平線分 $E_{v3} - E'_{v3}$ の線形寸法と水平線分 $E_{v4} - E'_{v4}$ の線形寸法を等しくする。この場合、原点 O_I で位置 P_{v3} のバーチャルな手のなす視角（破線がなす角） $E_{v3} O_I E'_{v3}$ は、位置 P_{v4} のバーチャルな手のなす視角（実線がなす角） $E_{v4} O_I E'_{v4}$ よりも大きい。しかしながら、本技術によって VR 空間でバーチャルな手を位置 P_{v3} から位置 P_{v4} へ移動させたり、位置 P_{v4} から位置 P_{v3} へ移動させたりしても、観察者はバーチャルな手が小さくなったり大きくなったりしたとは感じず、同じ大きさのバーチャルな手の奥行きが自然に変化したと感じさせることができる。

【0028】

また、本技術では、原点 O_I で位置 P_{v3} のバーチャルな手のなす視角（図 6 B の破線がなす角） $E_{v3} O_I E'_{v3}$ を、原点 O で位置 P_{r3} のリアルな手のなす視角（図 6 A の破線がなす角） $E_{r3} O E'_{r3}$ と一致させる。さらに、本技術では、リアルな手の位置 P_{r3} から位置 P_{r4} への移動に伴うリアルな手のなす視角の変化と、バーチャルな手の位置 P_{v3} から位置 P_{v4} への移動に伴うバーチャルな手のなす視角の変化が等しくなるようにする。よって、本技術では、リアルな手の位置 P_{r3} から位置 P_{r4} の方向への移動に伴ってバーチャルな手を位置 P_{v3} から位置 P_{v4} の方向へ移動させる場合に、バーチャルな手のなす視角をリアルな手のなす視角と常に一致させている。同様に、本技術では、原点 O_I で位置 P_{v4} のバーチャルな手のなす視角（図 6 B の実線がなす角） $E_{v4} O_I E'_{v4}$ を、原点 O で位置 P_{r4} のリアルな手のなす視角（図 6 A の実線がなす角） $E_{r4} O E'_{r4}$ と一致させる。さらに、本技術では、リアルな手の位置 P_{r4} から位置 P_{r3} への移動に伴うリアルな手のなす視角の変化と、バーチャルな手の位置 P_{v4} から位置 P_{v3} への移動に伴うバーチャルな手のなす視角の変化が等しくなるようにする。よって、本技術では、リアルな手の位置 P_{r4} から位置 P_{r3} の方向への移動に伴ってバーチャルな手を位置 P_{v4} から位置 P_{v3} の方向へ移動させる場合にも、バーチャルな手のなす視角をリアルな手のなす視角と常に一致させている。以上より、図 6 A および図 6 B の例の場合も、本技術では、バーチャルな手のなす視角をリアルな手のなす視角と常に一致させている。このようにすることで、本技術では、バーチャルな手の見かけの質感を、常時、リアルな手の見かけの質感と同等になるようにしている。一方、図 6 B に示すように、本技術では、バーチャルな手の奥行き距離 k_v を、図 6 A におけるリアルな手の奥行き距離 k_r よりも常に小さくなるようにしている（近くなるようにしている）。それによって、図 6 B に示すように、本技術では、バーチャルな手の基準距離が、図 6 A におけるリアルな手の基準距離よりも常に小さくなるようにしている。これによって、本技術では、大きさ恒常性の働きにより、図 6 B のバーチャルな手が、図 6 A のリアルな手よりも見かけの大きさが小さく、バーチャルな小人の手として知覚されるようにしている。これらにより、本技術では、リアルな手の質感を大きく変えることなく、バーチャルな手を小人の手として知覚させることができる。

【0029】

10

20

30

40

50

〔第1実施形態〕

次に、第1実施形態を説明する。第1実施形態では、上述した原理を画像処理システムで実現するために、リアルな手の位置および奥行き距離を取得し、バーチャルな手がバーチャルな巨人の手であると観察者に認知させたい場合には、リアルな手の奥行き距離より長い距離をバーチャルな手の奥行き距離として決定し、バーチャルな手がバーチャルな小人の手であると観察者に認知させたい場合には、リアルな手の奥行き距離より短い距離をバーチャルな手の奥行き距離として決定し、この距離の位置に配置されたバーチャルな手の視角がリアルな手の視角と同じになるように、バーチャルな手のモデルの大きさを決定し、決定した奥行き距離と決定した大きさのバーチャルな手を含むVR空間をヘッドマウントディスプレイの右眼用ディスプレイと左眼用ディスプレイで提示する例を示す。

10

【0030】

<構成>

図1に例示するように、本実施形態の画像処理システム1は、実空間画像取得装置10、実空間位置取得装置11、画像処理装置12、および画像提示装置13を有する。実空間画像取得装置10は、実空間に存在する対象の画像を取得する装置である。実空間位置取得装置11は、実空間に存在する対象の位置の情報を取得する装置である。例えば、実空間画像取得装置10はカメラ（例えば、RGBカメラ）を備える装置であり、実空間位置取得装置11は位置センサ（例えば、深度センサ）を備える装置である。例えば、Leap Motion（登録商標）やKinect（登録商標）などの奥行カメラを実空間画像取得装置10および実空間位置取得装置11として用いることができる。本実施形態で例示する画像処理装置12は、実座標計算部121、実距離計算部122、仮想距離計算部123、仮想座標計算部124、仮想サイズ計算部126、画像処理部127、および提示用画像生成部128を有する装置である。実座標計算部121、実距離計算部122、仮想距離計算部123、仮想座標計算部124、仮想サイズ計算部126、および画像処理部127が、リアルな手を拡大または縮小したバーチャルな手を生成する処理部（視対象生成部）である。画像提示装置13は、観察者にVR空間を知覚させるための画像を提示する装置である。画像提示装置13の例は、右眼用画像と左眼用画像とを提示するヘッドマウントディスプレイである。

20

【0031】

<処理>

30

本実施形態の処理を説明する。

【0032】

リアルな手の位置の計測

実空間位置取得装置11は、観察者のリアルな手の位置を表す位置情報 p_r を取得して出力する。画像処理装置12の実座標計算部121は、この位置情報 p_r を入力とし、観察者のリアルな手の実空間における位置 $R[i_r, j_r, k_r]$ を表す座標値 i_r, j_r, k_r を出力する。本実施形態で例示する座標値 i_r, j_r, k_r は、観察者の目の位置を原点 $R[0, 0, 0]$ とした実空間の直交座標系 $R[x, y, z]$ におけるリアルな手の位置 $R[i_r, j_r, k_r]$ を表す。各実施形態では、便宜上、観察者の左眼または右眼の何れか一方の目（例えば、左眼）の原点 O を原点 $R[0, 0, 0]$ とする例を説明する。ここで i_r, j_r, k_r は、それぞれ実空間の直交座標系の水平軸、垂直軸、奥行軸上の座標値である。例えば、実空間位置取得装置11で得られたリアルな手の位置情報 p_r が、実空間位置取得装置11が備える位置センサを原点とした座標系で表現される位置情報である場合、実座標計算部121は、入力された位置センサを原点とした座標系で表現されるリアルな手の位置情報を、座標系 $R[x, y, z]$ におけるリアルな手の座標値 i_r, j_r, k_r に変換して出力する。位置 $R[i_r, j_r, k_r]$ は、例えば、リアルな手の3次元的な中心点である。また、仮想サイズ計算部126は、位置情報 p_r を入力とし、リアルな手の大きさ S_d （例えば、図4の L から L' までの線形寸法）を求めて出力する。

40

【0033】

50

観察者の目の位置からリアルな手までの距離を取得する処理

実距離計算部 122 は、座標値 i_r, j_r, k_r を入力とし、観察者の目の位置（原点 $R[0, 0, 0]$ ）から、座標値 i_r, j_r, k_r が表すリアルな手の位置までの距離 d を計算して出力する。本実施形態の座標値 i_r, j_r, k_r は座標系 $R[x, y, z]$ におけるリアルな手の位置 $R[i_r, j_r, k_r]$ を表すため、実距離計算部 122 は、距離 d を以下の式（1）で計算すればよい。

【数 1】

$$d = \sqrt{i_r^2 + j_r^2 + k_r^2} \quad (1)$$

10

【0034】

バーチャルな手の位置を決定する処理

仮想距離計算部 123 は、パラメータ α および上述した距離 d を入力とし、以下の式（2）で表される、VR空間におけるカメラの位置からバーチャルな手までの距離 D を得て出力する。

$$D = \alpha \times d \quad (2)$$

ただし、パラメータ α は、バーチャルな手の見かけ上の大きさをリアルな手の大きさの何倍にするかを特定する正の実数である。バーチャルな手をリアルな手よりも大きく見せる場合、すなわちバーチャルな巨人の手を提示する場合には $\alpha > 1$ とし、バーチャルな手をリアルな手よりも小さく見せる場合、すなわちバーチャルな小人の手を提示する場合は $0 < \alpha < 1$ とする。バーチャルな手をリアルな手と同じ大きさに見せる場合には $\alpha = 1$ とする。パラメータ α は、外部から画像処理装置 12 に入力されたものであってもよいし、画像処理装置 12 の記憶部（図示せず）から読み出されたものであってもよい。本実施形態では、大きさ恒常性を用い、バーチャルな手の質感をリアルな手の質感と大きく異ならせずに、バーチャルな手の見かけ上の大きさをリアルな手の大きさの α 倍にするために、式（2）のように距離 d の α 倍を距離 D にする。

20

【0035】

次に、仮想座標計算部 124 は、上述した位置 $R[i_r, j_r, k_r]$ の座標値 i_r, j_r, k_r 、距離 d 、および距離 D を入力とし、バーチャルな手の VR空間における位置 $V[i_v, j_v, k_v]$ の座標値 i_v, j_v, k_v を決定して出力する。ここで、本実施形態で例示する位置 $V[i_v, j_v, k_v]$ は、VR空間のカメラの位置を原点 $V[0, 0, 0]$ とした VR空間の直交座標系 $V[x, y, z]$ における位置である。各実施形態では、便宜上、VR空間の特定の一つのカメラ（例えば、前述した 2 個のカメラのうち左側に配置されるカメラ）の結像面 I の原点 O_I を原点 $V[0, 0, 0]$ とする例を説明する。バーチャルな手の位置 $V[i_v, j_v, k_v]$ は、例えば、バーチャルな手の 3 次元的な中心点である。なお、 i_v, j_v, k_v は、それぞれ VR空間の直交座標系の水平軸、垂直軸、奥行軸上の座標値である。例えば、仮想座標計算部 124 は、以下の式（3）によって距離 D に対応するバーチャルな手の座標値 i_v, j_v, k_v を決定する。

30

【数 2】

$$i_v = D \frac{i_r}{d}, j_v = D \frac{j_r}{d}, k_v = D \frac{k_r}{d} \quad (3)$$

40

【0036】

バーチャルな手の大きさの決定処理

図 7A および図 7B を用いてバーチャルな手の大きさの決定処理を説明する。実空間の原点 O （つまり原点 $R[0, 0, 0]$ ）から距離 d にある（つまり図 7A において位置 P_r にある）リアルな手の大きさを S_d とし、実空間の原点 O で当該原点 O から距離 d にあるリアルな手のなす視角を θ とし、視角 θ を二等分した視角を $half = \theta / 2$ とする

50

。この場合、このリアルな手の大きさ S_d は以下の関係式を満たす。

$$S_d = 2 \times d \times \tan \quad \text{half} \quad (4)$$

ここで、VR空間において、原点 O_I (つまり原点 $V[0, 0, 0]$) から距離 D にある (つまり図7Bにおいて位置 P_v2 にある) バーチャルな手の視角が、実空間の原点 O で当該原点 O から距離 d にあるリアルな手のなす視角と同じになるようにするためには、バーチャルな手の大きさ S_D が以下の関係式を満たす必要がある。

$$S_D = 2 \times D \times \tan \quad \text{half} \quad (5)$$

なお、図7Bは $D > d$ の場合を例示しているが、 $D = d$ の場合であってもバーチャルな手の大きさ S_D が式(5)を満たす必要がある。以上より、原点 O_I から距離 D の位置にバーチャルな手を配置し、その視角をリアルな手のなす視角と同一にするためには、式(5)を満たすバーチャルな手の大きさ S_D とすればよい。仮想サイズ計算部126は、上述した式(4)と式(5)を満たすバーチャルな手の大きさ S_D を得て出力する。例えば、仮想サイズ計算部126は、実空間位置取得装置11で得られた位置情報 p_r 、実距離計算部122から出力された距離 d 、および仮想距離計算部123から出力された距離 D を入力とし、式(4)と式(5)を満たすバーチャルな手の大きさ S_D を得て出力する。一例を示すと、仮想サイズ計算部126は、位置情報 p_r に基づいて $\tan \quad \text{half}$ を求め (例えば、前述のように位置情報 p_r に基づいて S_d を求め、 S_d と d とを用いて式(4)に従って $\tan \quad \text{half}$ を求め)、 $\tan \quad \text{half}$ と D とを用いて式(5)に従って S_D を求めて出力する。

【0037】

実空間画像取得装置10は、観察者のリアルな手の画像を表す画像情報 g_r を取得して出力する。画像処理部127には、実空間画像取得装置10で得られた画像情報 g_r 、仮想座標計算部124で得られた座標値 i_v, j_v, k_v 、および、仮想サイズ計算部126で得られたバーチャルな手の大きさ S_D が入力される。画像処理部127は、VR空間において、画像情報 g_r で特定されるリアルな手を模したバーチャルな手であって、座標値 i_v, j_v, k_v の位置 $V[i_v, j_v, k_v]$ に配置され (例えば、位置 $V[i_v, j_v, k_v]$ を中心点として配置され)、大きさが S_D であるバーチャルな手を含む画像 p_v を生成して出力する。リアルな手を模したバーチャルな手とは、例えば、リアルな手と相似または略相似なバーチャルな手を意味する。バーチャルな手の色彩は、例えば、リアルな手の色彩と同一である。

【0038】

提示用画像の生成および提示

画像処理部127から出力された画像 p_v は提示用画像生成部128に入力される。提示用画像生成部128は、画像 p_v を用い、VR空間においてカメラの位置 (例えば、原点 O_I や結像面 I) から見えるバーチャルな手 (リアルな手を拡大または縮小したものに対応するバーチャルな手であって、位置 $V[i_v, j_v, k_v]$ に配置され、大きさが S_D であるバーチャルな手) を観察者に提示するための提示用画像 P を生成して出力する。提示用画像 P は、静止画像であってもよいし、動画像 (動画) であってもよい。提示用画像 P の一例は、規定のフレームレート (例えば30Hz) の動画像である。提示用画像 P は、例えば、観察者の右眼と左眼にそれぞれ提示する右眼用画像と左眼用画像とを有する。この例の場合、提示用画像生成部128は、右眼用画像と左眼用画像とを取得するために、画像 p_v が表示されたVR空間に2つのカメラをそれらの撮影方向が平行に同方向を向くように設置し、これらのカメラでVR空間を撮影する撮影シミュレーションを行う。この撮影シミュレーションでは、例えば、これら2つのカメラの各結像面 I が同一直線上に配置され、カメラ間の水平距離を人間の眼間距離 (約6.5cm) またはその近傍に合わせる。左側に配置されたカメラで撮影した画像を左眼用画像とし、右側に配置されたカメラで撮影した画像を右眼用画像とする。撮影シミュレーションには、上述した3Dモデリング/レンダリングソフトウェアなどの周知の技術を用いればよい。

【0039】

画像提示装置13は、提示用画像 P を入力とし、提示用画像 P を観察者に提示する。例え

ば、画像提示装置 1 3 がヘッドマウントディスプレイであり、提示用画像 P が右眼用画像と左眼用画像とを有する場合、ヘッドマウントディスプレイの右眼用ディスプレイが右眼用画像を提示し、左眼用ディスプレイが左眼用画像を提示する。これにより、ヘッドマウントディスプレイを装着した観察者の右眼には右眼用画像が提示され、左眼には左眼用画像が提示される。提示用画像 P が提示された観察者は V R 空間でバーチャルな手を認知する。

【 0 0 4 0 】

ヘッドマウントディスプレイが提示する右眼用画像と左眼用画像におけるバーチャルな手のなす視角は、前述したパラメータ の値にかかわらず、リアルな手のなす視角と同一である。しかしながら、前述したパラメータ が > 1 であるとき、大きさ恒常性の働きにより、観察者はバーチャルな手がバーチャルな巨人の手であると認知する。 $0 < < 1$ であるとき、大きさ恒常性の働きにより、観察者はバーチャルな手がバーチャルな小人の手であると認知する。 $= 1$ であるとき、大きさ恒常性の働きにより、観察者はバーチャルな手がバーチャルな普通の手であると認知する。ここで、再掲するが、ヘッドマウントディスプレイが提示する右眼用画像と左眼用画像におけるバーチャルな手のなす視角は、の値にかかわらず、リアルな手のなす視角と同一である。そのため、ヘッドマウントディスプレイが提示する右眼用画像と左眼用画像におけるバーチャルな巨人の手、バーチャルな小人の手、およびバーチャルな普通の手の見かけの質感は、 の値にかかわらず、リアルな手の見かけの質感と大きく異ならない。すなわち、 > 1 のときにバーチャルな巨人の手の表面形状が粗くなり過ぎたり、 $0 < < 1$ のときにバーチャルな小人の手の表面形状がきめ細くなり過ぎたりしない。また、バーチャルな巨人の手がヘッドマウントディスプレイに表示される空間範囲からはみ出してしまうこともない。

【 0 0 4 1 】

[第 1 実施形態の変形例]

第 1 実施形態では、仮想サイズ計算部 1 2 6 が式 (5) に従って S_D を求めて出力した。上述した、式 (4) と式 (5) を満たすことは、下記の式 (6 A) や式 (6 B) を満たすことと等価である。

$$S_D / S_d = D / d \quad (6 A)$$

$$S_D = S_d \times D / d \quad (6 B)$$

また、式 (2) から分かる通り $D / d =$ であるので、式 (6 A) と式 (6 B) は下記の式 (6 C) と式 (6 D) と等価である。

$$S_D / S_d = \quad (6 C)$$

$$S_D = S_d \times \quad (6 D)$$

したがって、第 1 実施形態では仮想サイズ計算部 1 2 6 が式 (4) と式 (5) に従って S_D を求めて出力したが、仮想サイズ計算部 1 2 6 が S_d を D / d 倍した値を S_D として出力してもよいし、仮想サイズ計算部 1 2 6 が S_d を 倍した値を S_D として出力してもよい。例えば、仮想サイズ計算部 1 2 6 が、入力された位置情報 p_r に基づいて S_d を求め、求めた S_d と入力された と乗算したものを S_D として出力してもよい。あるいは、仮想サイズ計算部 1 2 6 が、入力された位置情報 p_r に基づいて S_d を求め、求めた S_d と入力された D および d を用いて式 (6 B) によって S_D を計算して出力してもよい。

【 0 0 4 2 】

[第 2 実施形態]

バーチャルリアリティを実現するソフトウェアでは、V R 空間内の対象のモデルの大きさを、基準となる対象の大きさに対する比率で設定することができる。このようなソフトウェアを用いてバーチャルな手の大きさをリアルな手の大きさの 倍にしてもよい。ただし、このような既存のソフトウェアは、対象の視角を保ちつつ、対象のモデルの大きさを変更するものではない。第 2 実施形態ではこのようなソフトウェア (「 V R ソフトウェア 」 と呼ぶことにする) の機能を用いる。以降、これまで説明した事項との相違点を中心に説明し、既に説明した事項については同じ参照番号を引用して説明を簡略化する。

【 0 0 4 3 】

< 構成 >

図 8 に例示するように、本実施形態の画像処理システム 2 は、実空間画像取得装置 1 0、実空間位置取得装置 1 1、画像処理装置 2 2、および画像提示装置 1 3 を有する。画像処理装置 2 2 は、実座標計算部 1 2 1、仮想座標計算部 2 2 4、画像処理部 2 2 7、および提示用画像生成部 1 2 8 を有する装置である。実座標計算部 1 2 1、仮想座標計算部 2 2 4、および画像処理部 2 2 7 が、リアルな手を拡大または縮小したバーチャルな手を生成する処理部（視対象生成部）である。

【 0 0 4 4 】

< 処理 >

本実施形態の処理を説明する。

リアルな手の位置の計測

第 1 実施形態と同じである。すなわち、実空間位置取得装置 1 1 は、実空間における観察者のリアルな手の位置を表す位置情報 p_r を取得して出力する。実座標計算部 1 2 1 は、この位置情報 p_r を入力とし、観察者のリアルな手の位置 $R[i_r, j_r, k_r]$ を表す座標値 i_r, j_r, k_r を得て出力する。

【 0 0 4 5 】

バーチャルな手の位置を決定する処理

= D/d であるため、式 (3) は以下の式 (7) に変形できる。

【 数 3 】

$$i_v = i_r \times \alpha, j_v = j_r \times \alpha, k_v = k_r \times \alpha \quad (7)$$

仮想座標計算部 2 2 4 は、実座標計算部 1 2 1 で得られた位置 $R[i_r, j_r, k_r]$ の座標値 i_r, j_r, k_r および入力されたパラメータ α を入力とし、式 (7) に従って、バーチャルな手の位置 $V[i_v, j_v, k_v]$ の座標値 i_v, j_v, k_v を得て出力する。バーチャルな手の位置 $V[i_v, j_v, k_v]$ の例は、バーチャルな手の 3 次元的な中心点である。

【 0 0 4 6 】

バーチャルな手の大きさの決定処理

実空間画像取得装置 1 0 は、観察者のリアルな手の画像を表す画像情報 g_r を取得して出力する。画像処理部 2 2 7 には、入力されたパラメータ α 、実空間画像取得装置 1 0 で得られた画像情報 g_r 、および仮想座標計算部 2 2 4 で得られた座標値 i_v, j_v, k_v が入力される。画像処理部 2 2 7 は、VR 空間において、画像情報 g_r で特定されるリアルな手を模したバーチャルな普通の手を拡大または縮小したバーチャルな手であって、座標値 i_v, j_v, k_v の位置 $V[i_v, j_v, k_v]$ に配置され（例えば、位置 $V[i_v, j_v, k_v]$ を中心点とし）、大きさがバーチャルな普通の手の α 倍であるバーチャルな手を含む画像 p_v を生成して出力する。ここで、大きさがバーチャルな普通の手の α 倍であるバーチャルな手を生成するためには、前述した VR ソフトウェアにおいて α を指定すればよい。リアルな手の大きさを D_d とすると、このように生成されるバーチャルな手の大きさ S_D も式 (6) の関係を満たす。

【 0 0 4 7 】

提示用画像の生成および提示

第 1 実施形態と同じである。

【 0 0 4 8 】

[第 3 実施形態]

第 1 実施形態、第 1 実施形態の変形例、および第 2 実施形態において、パラメータ α の値を変化させてもよい。これにより、バーチャルな手の質感を大きく変化させることなく、バーチャルな手の見かけの大きさを変化させることができる。図 9 に、VR 空間において、実空間の原点 O でリアルな手のなす視角が θ_r である場合にパラメータ α を変化させ、バーチャルな手の奥行き距離 k_v を変化させた様子を例示する。ここで、 $\alpha = 1$ の場合のバ

10

20

30

40

50

ーチャルな手の奥行き距離 k_v を $D = 1$ とし、 $\alpha = 1$ の場合のバーチャルな手の奥行き距離 k_v を $D = 1$ とし、 $\alpha = 1$ の場合のバーチャルな手の奥行き距離 k_v を $D = 1$ とする。ただし、 $0 < \alpha < 1$ である。原点 O_I から距離 $D = 1$ にある（つまり図 9 において位置 $P = 1$ にある）バーチャルな手の大きさを $S_D = 1$ とし、原点 O_I から距離 $D = \alpha$ にある（つまり図 9 において位置 $P = \alpha$ にある）バーチャルな手の大きさを $S_D = \alpha$ とし、原点 O_I から距離 $D = 1/\alpha$ にある（つまり図 9 において位置 $P = 1/\alpha$ にある）バーチャルな手の大きさを $S_D = 1/\alpha$ とする。ここで、 $S_D = S_D = 1$ とし、 $D = D = 1$ とすると、前述の式 (5) の関係を満たす。同様に、 $S_D = S_D = \alpha$ とし、 $D = D = \alpha$ とすると、前述の式 (5) の関係を満たし、 $S_D = S_D = 1/\alpha$ とし、 $D = D = 1/\alpha$ とすると、前述の式 (5) の関係を満たす。図 9 に例示するように、 α の値を増加させることにより、視角 θ を保ったままバーチャルな手の奥行き距離および大きさが共に大きくなる。具体的には、 α の値が n 倍になると、視角 θ を保ったままバーチャルな手の奥行き距離 k_v および大きさも共に n 倍になる。逆に、 α の値を減少させることにより、視角 θ を保ったままバーチャルな手の奥行き距離 k_v および大きさが共に小さくなる。具体的には、 α の値が $1/n$ 倍になると、視角 θ を保ったままバーチャルな手の奥行き距離 k_v および大きさも共に $1/n$ 倍になる。これにより、バーチャルな手の質感を大きく変化させることなく、バーチャルな手の見かけの大きさを変化させることができる。例えば、 $\alpha = 1$ を $\alpha = 2$ に変更することで、バーチャルな手の質感を大きく変化させることなく、バーチャルな普通の手をバーチャルな巨人の手に変更することができる。また、 $\alpha = 1$ を $\alpha = 0.5$ に変更することで、バーチャルな手の質感を大きく変化させることなく、バーチャルな普通の手をバーチャルな小人の手に変更することができる。あるいは、 $\alpha = 1$ または $\alpha = 2$ を $\alpha = 1$ に変更することで、バーチャルな手の質感を大きく変化させることなく、バーチャルな巨人の手やバーチャルな小人の手をバーチャルな普通の手に変更することができる。

【0049】

なお、画像処理装置に入力されるパラメータ α の値を変化させてもよい（変化態様 1）、画像処理装置に入力または記憶されたパラメータ α の値に何等かの演算を施してパラメータ α の値を変化させてもよい（変化態様 2）。変化態様 1 の一例は、パーソナルコンピュータ等のキーボードの左矢印キーと右矢印キーをインターフェースとし、左矢印キーを押すと α が小さくなり、右矢印キーを押すと α が大きくなるように設定するものである。例えば、 $\alpha = 1$ を満たすパラメータ α に対応するバーチャルな手をバーチャルな小人の手にしようとする場合には、観察者は左矢印キーを押して α を $0 < \alpha < 1$ を満たす値に設定する。例えば、 $0 < \alpha < 1$ を満たすパラメータ α に対応するバーチャルな手をバーチャルな巨人の手にしようとする場合には、観察者が右矢印キーを押して α を $\alpha > 1$ を満たす値に設定する。 $\alpha = 1$ を満たすパラメータ α に対応するバーチャルな手をバーチャルな普通の手にしようとする場合には、右矢印キーまたは左矢印キーを押して α を $\alpha = 1$ に設定する。実際に用いるキーは左右矢印キーでなくとも任意の 2 つのキーでよい。その他、例えば、マウスを用いた入力、スマートフォン端末装置などのタッチパネルへの入力、ゲームコントローラーによる入力、音声入力、非接触入力デバイスによる入力などによってパラメータ α の値を変更してもよい。変化態様 2 としては、例えば、 α の大きさが、時間経過に伴って単調増加または単調減少したり、時間経過に伴って周期的に変動したり、ランダムに変化したり、不連続に変化したり、別の処理結果に応じて変化したりする態様を例示できる。

【0050】

その他、パラメータ α がリアルな手の奥行き距離 k_r に応じた値であってもよい。例えば、画像処理装置は、リアルな手の奥行き距離 k_r が所定の奥行き距離（所定距離） k_1 （ただし、 k_1 は正值）であるときにパラメータ α の値を $\alpha = k_r/k_1$ （ただし、 k_1 は正值）とし、リアルな手の奥行き距離 k_r が k_2 （ただし、 k_2 は k_1 と異なる正值）あるときにパラメータ α の値を $\alpha = k_r/k_2$ （ただし、 k_2 は k_1 と異なる正值）としてもよい。例えば、リアルな手の奥行き距離 k_r の関数値 $FNC(k_r)$ を $\alpha = FNC(k_r)$ としてもよい。すなわち $\alpha = FNC(k_r)$ としてもよい。この例において、 $FNC(k_r)$ は、リアルな手の奥行き距離 k

r が所定距離 r_1 であるときに $r = 1$ となるものであってもよいし、 $0 < k_r < r_1$ であるときに $r = 1$ となるものであってもよい。また例えば、 $FNC(k_r)$ は、 $k_r = r_2$ と $k_r = r_2 > r_1$ とに対し、 $FNC(r_2) > FNC(r_1)$ を満たすものであるとよい。この例では、 r_1 に対する $k_r = r_2$ の上回り分が $r_2 - r_1$ であるときの $FNC(r_2)$ が、 r_1 に対する $k_r = r_1$ の上回り分が $r_1 - r_1$ であるときの $FNC(r_1)$ よりも大きくなる。 $r_2 > r_1$ であるため、上回り分 $r_2 - r_1$ は上回り分 $r_1 - r_1$ よりも大きい。例えば、 $FNC(k_r)$ は、 $r_1 < k_r$ の範囲において、 k_r の増加に対して単調増加するものであってもよいし、 k_r の増加に対して非減少（広義単調増加）するものであってもよい。また、 $FNC(k_r)$ は、連続関数とするとよく、 k_r の増加に対して単調増加する連続関数であることが好ましい。例えば、リアルな手の奥行き距離 k_r の最大値（例えばリアルな手が届く最大距離（例えば、1 m））を $max > r_1$ とし、 $k_r = max$ のときの関数値を $FNC(max) = 0$ （ただし、 $0 > 1$ ）とし、 $FNC(r_1) = 1$ と $FNC(max) = 0$ との間を k_r について線形補完した値を $FNC(k_r)$ （ただし、 $r_1 < k_r < max$ ）としてもよい。このような $FNC(k_r)$ を式（8）に例示する。

$$FNC(k_r) = 1 + (0 - 1) \times (k_r - r_1) / (max - r_1) \quad (8)$$

例えば、 $0 < k_r < r_1$ であるときに $r = 1$ とされ、 $r_1 < r_2 = k_r$ であるときに $r = FNC(r_2)$ とされ、かつ、 $FNC(r_2)$ が r_2 の増加に対して単調増加する例の場合、バーチャルな手は以下のように見える。すなわち、リアルな手の奥行き距離 k_r が r_1 以下（例えば目から 30 cm 以下）であるときには、バーチャルな手が、リアルな手と同じ奥行き（例えば目から 30 cm）に、リアルな手と同じ大きさで見える（ $r = 1$ ）。一方、リアルな手の奥行き距離 k_r が r_1 を超えるときには、リアルな手が目から遠ざかるにつれて、バーチャルな手はリアルな手より遠くに、リアルな手より大きく見える（ k_r が大きくなるにつれて r がだんだん大きくなる）。

【0051】

[その他の変形例]

なお、本発明は上述の実施形態およびその変形例に限定されるものではない。例えば、上述の実施形態およびその変形例では、実空間における原点 O からリアルな手の 3 次元形状の中心点までの距離を d とし、VR 空間におけるカメラの原点 O_I からバーチャルな手の 3 次元形状の中心点までの距離を D とする例を示した。しかしながら、原点 O からリアルな手の 3 次元形状の他の任意の一点までの距離を d としてもよいし、原点 O_I からバーチャルな手の 3 次元形状の他の任意の一点までの距離を D としてもよい。その他、原点 O からリアルな手の 3 次元形状の各点までの距離に基づいて、原点 O_I からバーチャルな手の 3 次元形状の各点の距離を定めてよい。また、上述の実施形態およびその変形例では、目の水晶体内部に位置する点を原点 O とする例を示したが、目の他の位置または目の近傍の位置を原点 O としてもよい。また、上述の実施形態およびその変形例では、目の原点 O を原点 $R[0, 0, 0]$ とする例を説明したが、目の原点 O の近傍を原点 $R[0, 0, 0]$ としてもよいし、目の原点 O に対する相対位置が固定されたその他の点を原点 $R[0, 0, 0]$ としてもよい。同様に、上述の実施形態およびその変形例では、VR 空間のカメラの結像面 I の焦点を原点 O_I とする例を示したが、カメラの結像面 I の他の位置または結像面 I の近傍の位置を原点 O_I としてもよい。また、上述の実施形態およびその変形例では、原点 O_I を原点 $V[0, 0, 0]$ とする例を示したが、原点 O_I の近傍を原点 $V[0, 0, 0]$ としてもよいし、原点 O_I に対する相対位置が固定されたその他の点を原点 $V[0, 0, 0]$ としてもよい。また、上述の実施形態およびその変形例では、画像処理部 127 が、位置 $V[i_v, j_v, k_v]$ を中心点とするバーチャルな手を含む画像 p_v を生成する例を示した。しかし、位置 $V[i_v, j_v, k_v]$ をバーチャルな手の他の位置としてもよいし、位置 $V[i_v, j_v, k_v]$ をバーチャルな手に対する相対位置としてもよい。また、上述の実施形態およびその変形例では、便宜上、手右手親指の先端から右手小指の付け根までの距離を基準距離とした。しかし、手の他の部位の距離を基準距離としてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 2 】

上述の実施形態およびその変形例ではパラメータ が正の実数変数であったが、パラメータ が正の実数定数であってもよい。すなわち、定数であるパラメータ が画像処理装置に予め設定され、画像処理装置がこのパラメータ を用いて前述の処理を行ってもよい。

【 0 0 5 3 】

上述の実施形態およびその変形例では、観察者（ヒト）のリアルな手を模したバーチャルな手のモデルをVR空間に配置した。しかし、このようなバーチャルな手のモデルに代えて任意の3D形状モデル（ポリゴンの集合体）をVR空間内に配置してもよい。すなわち、上述の実施形態およびその変形例において、「バーチャルな手」がVR空間における任意の3D形状物（「バーチャルな3D形状物」と呼ぶ）に置換され、「バーチャルな普通の手」が「バーチャルな普通の3D形状物」に置換され、「バーチャルな巨人の手」が「バーチャルな巨大3D形状物」に置換され、「バーチャルな小人の手」が「バーチャルな極小3D形状物」に置換され、前述の処理が実行されてもよい。ただし、「バーチャルな普通の3D形状物」とは、観察者がリアルな手と同じ見かけの大きさを持つと知覚するバーチャルな3D形状物を意味する。「バーチャルな巨大3D形状物」とは、観察者がリアルな手よりも大きいと知覚するバーチャルな3D形状物を意味する。「バーチャルな極小3D形状物」とは、観察者がリアルな手よりも小さいと知覚するバーチャルな3D形状物を意味する。「観察者がリアルな手と同じ見かけの大きさを持つと知覚する」とは、例えば、観察者がリアルな手の基準部の基準距離とバーチャルな3D形状物の線形寸法とが同じであると知覚することを意味する。「観察者がリアルな手よりも大きいと知覚する」とは、例えば、観察者がリアルな手の基準部の基準距離よりもバーチャルな3D形状物の線形寸法の方が大きいと知覚することを意味する。「観察者がリアルな手よりも小さいと知覚する」とは、例えば、観察者がリアルな手の基準部の基準距離よりもバーチャルな3D形状物の線形寸法の方が小さいと知覚することを意味する。「3D形状物の線形寸法」はどのように定義されてもよい。「3D形状物の線形寸法」の例は、3D形状物の特定の部位の外形寸法、3D形状物の外形寸法の最大値、3D形状物の外形寸法の最小値、3D形状物の外形寸法の平均値などである。バーチャルな手のモデルに代えて任意の3D形状モデルをVR空間内に配置する場合、実空間画像取得装置10が省略され、画像処理部127, 227には画像情報 g_r に代えて任意の3D形状モデルが入力される。この場合、画像処理部127, 227は、画像情報 g_r に代えて当該任意の3D形状モデルを用いて画像 p_v を生成して出力する。任意の3D形状モデルは、画像処理装置の外部から入力されたものであってもよいし、画像処理装置の記憶部（図示せず）から読み出されたものであってもよい。これにより、観察者に対し、リアルな手の動きに応じてVR空間内を移動するバーチャルな3D形状物を提示することができ、このバーチャルな3D形状物の質感を大きく異ならせずに、パラメータ の値に応じてバーチャルな3D形状物を大きく見せたり、小さく見せたりすることもできる。例えば、パラメータ の値を > 1 とすることで、リアルな手の動きに応じてVR空間内を移動するバーチャルな巨大3D形状物を提示できる。パラメータ の値を $0 < \quad 1$ とすることで、リアルな手の動きに応じてVR空間内を移動するバーチャルな極小3D形状物を提示できる。また、パラメータ の値を $= 1$ とすることで、リアルな手の動きに応じてVR空間内を移動するバーチャルな普通の3D形状物を提示できる。また、パラメータ を変更することで、観察者が知覚する見かけの質感を大きく異ならせることなく、リアルな手の動きに応じてVR空間内を移動するバーチャルな3D形状物を大きく見せたり小さく見せたりすることができる。また、「バーチャルな3D形状物」は、実空間における任意の視対象を模したものであってもなくてもよいし、実空間に存在する視対象を表したものであってもなくてもよい。「バーチャルな3D形状物」の例は、ロボットアームを表したポリゴンの集合体、ハンマーやトンクといった手で操作される道具を表したポリゴンの集合体などである。また、通常はリアルな手の動きに連動しないものを表したポリゴンの集合体を「バーチャルな3D形状物」としてもよい。例えば、トラを表したポリゴンの集合体を「バーチャルな3D形状物」としてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 4 】

上述の実施形態およびその変形例では、実空間のリアルな手の位置 $R[i_r, j_r, k_r]$ の座標値 i_r, j_r, k_r およびパラメータ θ に基づいて、VR空間のバーチャルな手の位置 $V[i_v, j_v, k_v]$ の座標値 i_v, j_v, k_v およびバーチャルな手の大きさ S_D を求める例を示した。しかしながら、距離 d と視角 θ との典型的な関係が予め推定可能であるならば、リアルな手の位置に基づかずとも、パラメータ θ のみからバーチャルな3D形状物の位置およびバーチャルな3D形状物の大きさを求めることができる。例えば、観察者から特定の距離（特定距離） d （例えば、 $d = 1$ ）の位置にある視対象のなす視角 θ を推定可能なのであれば、VR空間において、この推定した視角（推定視角） θ をなし、パラメータ θ に応じた大きさ S_D を持つバーチャルな3D形状物を提示することが可能である。バーチャルな3D形状物の大きさ S_D は、例えば、前述した「3D形状物の線形寸法」である。さらに、パラメータ θ の値を変化させることで、バーチャルな3D形状物の見かけの質感を大きく変えることなく、バーチャルな3D形状物を大きく見せたり、小さく見せたりすることができる。例えば、画像処理装置は、原点 O から特定距離 d に存在する視対象のなす視角を推定できれば、推定した視角（推定視角） θ を二等分した視角 θ_{half} とし、特定距離 d と θ_{half} を用い、式（4）に基づいて S_d を求めることができる。さらに、画像処理装置は、パラメータ θ と特定距離 d とを用い、式（2）に基づいて距離 D を求めることができる。さらに、画像処理装置は、上述の推定視角 θ を二等分した視角 θ_{half} と距離 D とを用い、式（5）に従って S_D を計算できる。画像処理装置は、このように得られた距離 D および大きさ S_D を用い、VR空間においてカメラの原点 O_I からの距離が D であり、大きさが S_D である3D形状物を含む画像 p_v を生成できる。前述のように、このように得られる3D形状物のなす視角は常に推定視角 θ と同一になる。例えば、消しゴムの大きさはそれほど個体差がないので、消しゴムの典型的な大きさから、観察者から任意の特定距離 d だけ離れた位置に存在する消しゴムのなす推定視角 θ を推定できる。そのため、消しゴムを表したポリゴンの集合体を3D形状物とした場合、画像処理装置は、実空間での消しゴムの位置に基づかずとも、VR空間において、原点 O_I で推定視角 θ をなし、パラメータ θ に対応する大きさ S_D を持つ消しゴムを表したポリゴンの集合体を含む画像 p_v を生成できる。

【 0 0 5 5 】

同様に、特定の視角（特定視角） θ （例えば、 $\theta = 10^\circ$ ）をなす視対象の距離 d が推定可能なのであれば、リアルな手の位置に基づかずとも、パラメータ θ のみからVR空間のバーチャルな3D形状物の位置およびバーチャルな3D形状物の大きさを求めることができる。すなわち、観察者で特定視角 θ をなす視対象の距離（推定距離） d が推定可能なのであれば、VR空間において、原点 O_I でこの特定視角 θ をなし、パラメータ θ に応じた大きさ S_D を持つバーチャルな3D形状物を提示することが可能である。さらに、パラメータ θ の値を変化させることで、バーチャルな3D形状物の見かけの質感を大きく変えることなく、バーチャルな3D形状物を大きく見せたり、小さく見せたりすることができる。例えば、画像処理装置は、観察者で特定視角 θ をなす視対象の推定距離 d を推定し、特定視角 θ を二等分した視角 θ_{half} とし、推定距離 d と θ_{half} を用い、式（4）に基づいて S_d を求めることができる。さらに、画像処理装置は、パラメータ θ と推定距離 d とを用い、式（2）に基づいて距離 D を求めることができる。さらに、画像処理装置は、上述の視角 θ を二等分した視角 θ_{half} と距離 D とを用い、式（5）に従って S_D を計算できる。画像処理装置は、このように得られた距離 D および大きさ S_D を用い、VR空間においてカメラの原点 O_I からの距離が D であり、大きさが S_D である3D形状物を含む画像 p_v を生成できる。

【 0 0 5 6 】

また、上述の実施形態およびその変形例において、リアルな手が実空間のその他の視対象に置換されてもよい。例えば、リアルな手が、実空間の観察者の頭や足などのその他の部位、実空間のボールや自動車などの観察者以外の物、実空間で表示された画像等に置換されてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 7 】

また、バーチャルな手の色彩が、リアルな手の色彩に応じたその他の色彩であってもよいし、リアルな手の色彩と無相関な色彩であってもよい。

【 0 0 5 8 】

上述の各種の処理は、記載に従って時系列に実行されるのみならず、処理を実行する装置の処理能力あるいは必要に応じて並列的にあるいは個別に実行されてもよい。その他、本発明の範囲で適宜変更が可能であることはいうまでもない。

【 0 0 5 9 】

〔 まとめ 〕

上述した各実施形態およびその変形例をまとめる。

10

上述したように、画像処理装置は、実空間または仮想現実空間における「第1対象」を拡大または縮小して仮想現実空間（VR空間）における視対象である「第2対象」を生成する。「第1対象」の例は、リアルな手その他の「実空間」における視対象、「実空間」における視対象を模したバーチャルな3D形状物、「実空間」に存在しない視対象を表したバーチャルな3D形状物などである。「第2対象」の例は、バーチャルな手、バーチャルな3D形状物などである。

【 0 0 6 0 】

ただし、実空間における「実観察位置（例えば、原点O）」または「仮想現実空間」における「仮想観察位置（例えば、原点O_I）」で「第1対象」のなす「第1視角（例えば、視角 θ_1 ）」は、「仮想観察位置」で「第2対象」のなす「第2視角（例えば、視角 θ_2 ）」と同一である（図7A、図7B、図9）。ここで、「第2対象」が「第1対象」を拡大したものである場合には、「仮想観察位置」から「第2対象」までの距離である「第2距離（例えば、距離D₂や距離 $D_2 = \frac{D_1}{k_r}$ ）」は、「実観察位置」または「仮想観測位置」から「第1対象」までの「第1距離（例えば、距離d₁や距離 $D_1 = 1$ ）」よりも大きい（図7A、図7B、図9）。一方、「第2対象」が「第1対象」を縮小したものである場合には、「第2距離（例えば、距離D₂や距離 $D_2 = \frac{D_1}{k_r}$ ）」は「第1距離（例えば、距離d₁や距離 $D_1 = 1$ ）」よりも小さい（図9）。例えば、「第1距離」に対する「第2距離」の比率（例えば、 D_2 / d_1 , $D_2 = \frac{D_1}{k_r}$, $D_2 = \frac{1}{k_r}$ ）は、「第1対象」の線形寸法（例えば、 S_{d1} , $S_{D1} = 1$ ）に対する「第2対象」の線形寸法（例えば、 S_{D2} , $S_{D2} = \frac{S_{d1}}{k_r}$, $S_{D2} = \frac{1}{k_r}$ ）の比率（例えば、 S_{D2} / S_{d1} , $S_{D2} = \frac{1}{k_r}$, $S_{D2} = \frac{1}{k_r}$ ）と同一である（式（6））。さらに、画像処理装置は、「仮想現実空間」において「仮想観察位置（例えば、原点O_Iや結像面I）」から見える「第2対象」を観察者に提示するための提示用画像Pを生成してもよい。提示用画像Pは画像提示装置によって観察者に提示される。

20

30

【 0 0 6 1 】

例えば、「第1対象」が「実空間」における視対象または「実空間」における視対象を模したものであり、「第1対象」のなす「視角（例えば、視角 θ_1 ）」が「実観察位置（例えば、原点O）」で「実空間」における視対象のなす「視角」であり、「第1距離（例えば、 k_r ）」が「実観察位置」から「実空間」における視対象までの距離である場合に、所定距離（例えば、 1 ）に対する「第1距離（例えば、 $k_r = 2.2$ ）」の上回り分（例えば、 $2.2 - 1$ ）が「第1値」とあるときの「第1距離」に対する「第2距離」の比率（例えば、 $\frac{1}{2.2} = \text{FNC}(2.2)$ ）が、「所定距離（例えば、 1 ）」に対する「第1距離（ $k_r = 2.1$ ）」の上回り分（例えば、 $2.1 - 1$ ）が「第2値」とあるときの「第1距離」に対する「第2距離」の比率（例えば、 $\frac{1}{2.1} = \text{FNC}(2.1)$ ）よりも大きくなるようにしてもよい。ただし、「第1値」は「第2値」よりも大きい。例えば、「所定距離」に対する「第1距離」の上回り分が大きいほど、「第1距離」に対する「第2距離」の比率が大きい。

40

【 0 0 6 2 】

前述のように、実空間の視対象の位置に基づかなくとも「実観察位置」で「第1対象」のなす視角を推定できるのであれば、その推定視角（例えば、 θ_1 ）である「第1視角」が「

50

仮想観察位置」で「第2対象」のなす「第2視角」と同一となるように「第2対象」が生成されてもよい。

【0063】

また、実空間の視対象の位置に基づかなくとも「観察位置」から「第1対象」までの距離を推定可能なのであれば、「実観察位置」から「第1対象」までの距離に代え、その推定距離（例えば、 d ）を「第1距離」としてもよい。

【0064】

なお、「第1視角」が「第2視角」に厳密に同一でなくてもよく、「第1視角」が「第2視角」に略同一であってもよい。例えば、「第1視角」と「第2視角」との相違が「第1視角」の $\%$ （例えば、1%、3%、5%、7%など）以下であってもよい。

10

【0065】

また、「第1距離」に対する「第2距離」の比率が、「第1対象」の線形寸法に対する「第2対象」の線形寸法の比率と厳密に同一でなくてもよく、これらが略同一であってもよい。例えば、これらの相違が、「第1距離」に対する「第2距離」の比率の $\mu\%$ （例えば、1%、3%、5%、7%など）以下であってもよい。

【0066】

[画像処理装置の構成例等]

上記の画像処理装置は、例えば、CPU (central processing unit) 等のプロセッサ (ハードウェア・プロセッサ) およびRAM (random-access memory) ・ROM (read-only memory) 等のメモリ等を備える汎用または専用のコンピュータが所定のプログラムを実行することで構成される。このコンピュータは1個のプロセッサやメモリを備えていてもよいし、複数個のプロセッサやメモリを備えていてもよい。このプログラムはコンピュータにインストールされてもよいし、予めROM等に記録されていてもよい。また、CPUのようにプログラムが読み込まれることで機能構成を実現する電子回路 (circuitry) ではなく、プログラムを用いることなく処理機能を実現する電子回路を用いて一部またはすべての処理部が構成されてもよい。1個の装置を構成する電子回路が複数のCPUを含んでいてもよい。

20

【0067】

画像処理装置の構成をコンピュータによって実現する場合、画像処理装置が有すべき機能の処理内容はプログラムによって記述される。このプログラムをコンピュータで実行することにより、上記処理機能がコンピュータ上で実現される。この処理内容を記述したプログラムは、コンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録しておくことができる。コンピュータで読み取り可能な記録媒体の例は、非一時的な (non-transitory) 記録媒体である。このような記録媒体の例は、磁気記録装置、光ディスク、光磁気記録媒体、半導体メモリ等である。

30

【0068】

このプログラムの流通は、例えば、そのプログラムを記録したDVD、CD-ROM等の可搬型記録媒体を販売、譲渡、貸与等することによって行う。さらに、このプログラムをサーバコンピュータの記憶装置に格納しておき、ネットワークを介して、サーバコンピュータから他のコンピュータにそのプログラムを転送することにより、このプログラムを流通させる構成としてもよい。

40

【0069】

このようなプログラムを実行するコンピュータは、例えば、まず、可搬型記録媒体に記録されたプログラムもしくはサーバコンピュータから転送されたプログラムを、一旦、自己の記憶装置に格納する。処理の実行時、このコンピュータは、自己の記憶装置に格納されたプログラムを読み取り、読み取ったプログラムに従った処理を実行する。このプログラムの別の実行形態として、コンピュータが可搬型記録媒体から直接プログラムを読み取り、そのプログラムに従った処理を実行することとしてもよく、さらに、このコンピュータにサーバコンピュータからプログラムが転送されるたびに、逐次、受け取ったプログラムに従った処理を実行することとしてもよい。サーバコンピュータから、このコンピュータ

50

へのプログラムの転送は行わず、その実行指示と結果取得のみによって処理機能を実現する、いわゆる A S P (Application Service Provider) 型のサービスによって、上述の処理を実行する構成としてもよい。

【 0 0 7 0 】

コンピュータ上で所定のプログラムを実行させて本装置の処理機能が実現されるのではなく、これらの処理機能の少なくとも一部がハードウェアで実現されてもよい。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 7 1 】

上述のように、本技術では、大きさ恒常性を用いて、観察者が知覚する見かけの質感を大きく異ならせることなく、ある対象を拡大または縮小した V R 空間における視対象を観察者に提示することができる。これにより、例えば、見かけの質感をリアルな手と大きく異ならせることなく、バーチャルな巨人の手やバーチャルな小人の手によって V R 空間を操作するアプリケーションを実現できる。また、例えば、バーチャルな手のモデルが既に存在する場合、その既存のバーチャルな手のモデルと大きさの異なるモデルを新たに作成することなく、既存のバーチャルな手のモデルを用いて、バーチャルな巨人の手やバーチャルな小人の手などを提示することもできる。このような技術は、バーチャルリアリティを用いる諸分野（例えば、ゲーム、映像作品、教育、医療など）で利用可能である。

【符号の説明】

【 0 0 7 2 】

1 , 2 画像処理システム

1 2 , 2 2 画像処理装置

10

20

30

40

50

【図面】

【図 1】

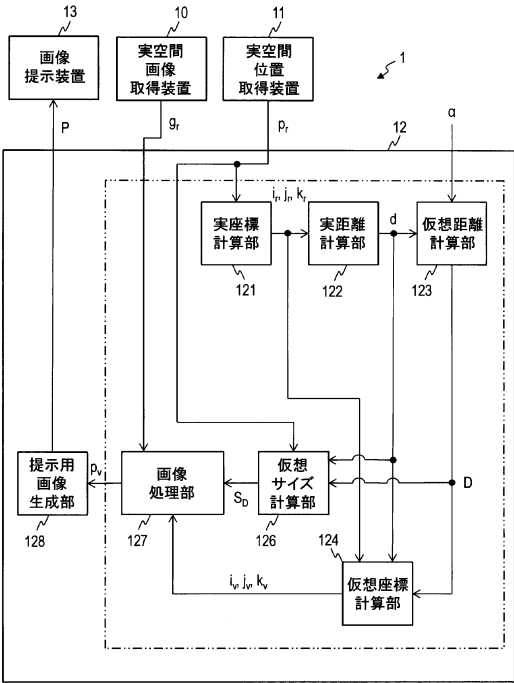


図1

【図 2】

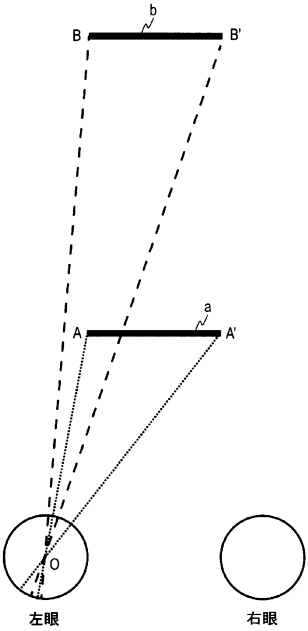


図2

【図 3】

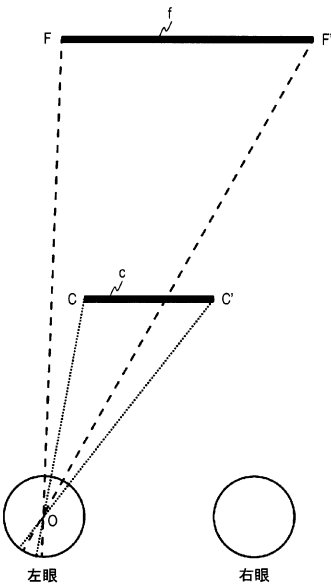


図3

【図 4】

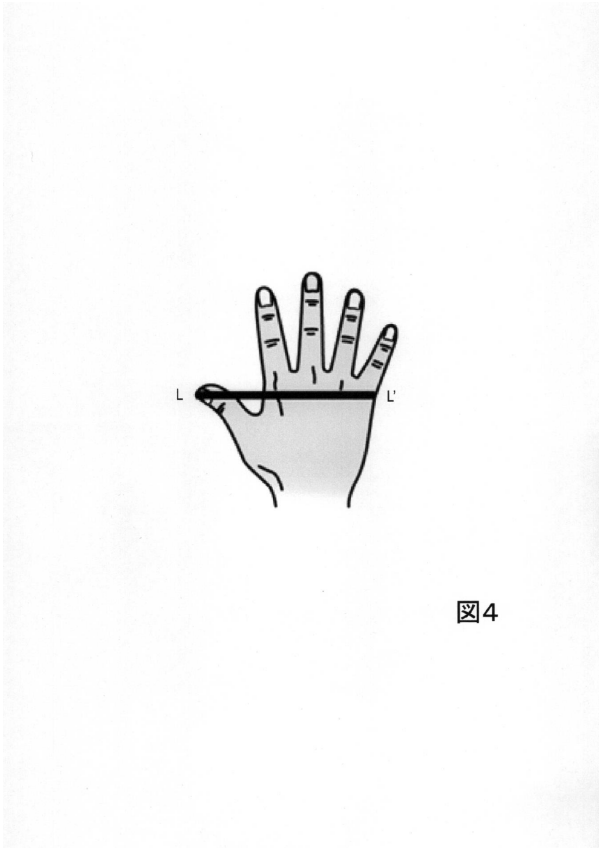
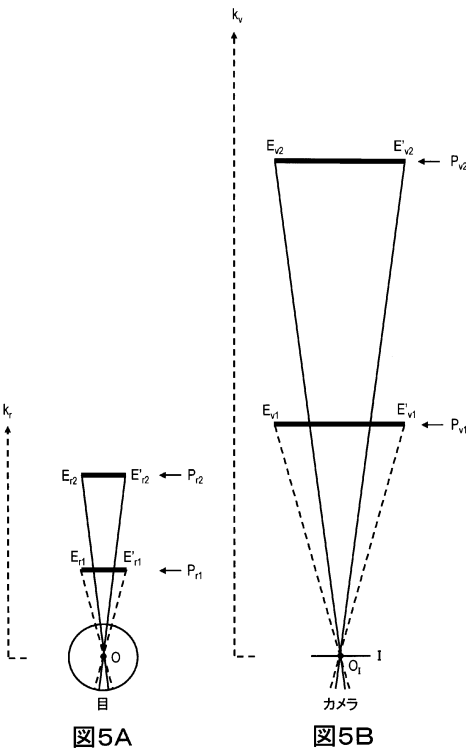
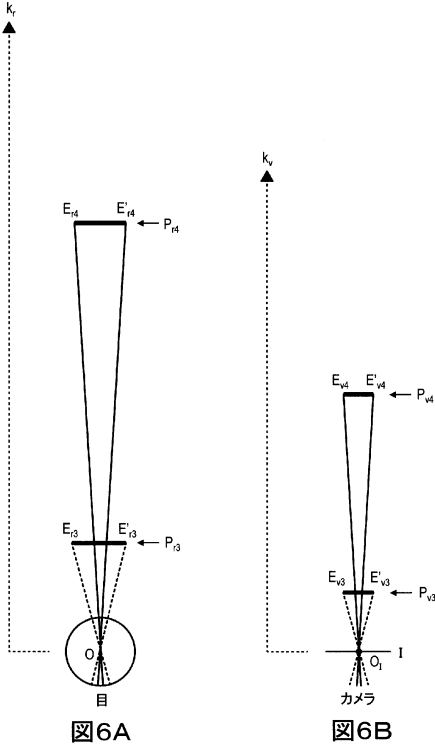


図4

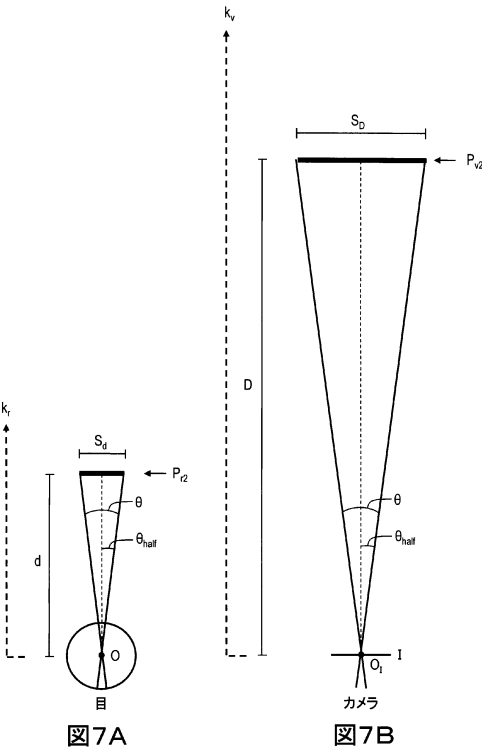
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【図 8】

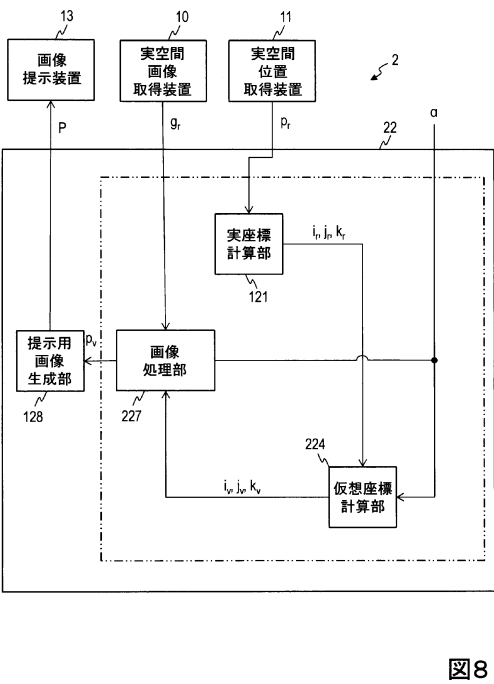


図 8

10

20

30

40

50

【 図 9 】

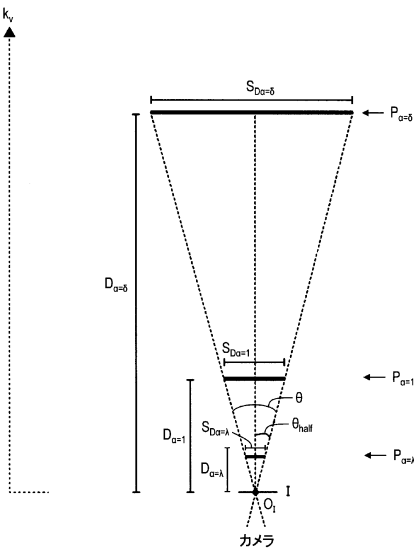


図9

10

20

30

40

50

フロントページの続き

審査官 真木 健彦

- (56)参考文献 特開平 1 1 - 1 9 5 1 4 0 (J P , A)
特開 2 0 1 7 - 0 8 4 2 1 5 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- G 0 6 T 1 9 / 0 0
G 0 6 F 3 / 0 4 8 1