

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3338618号  
(P3338618)

(45)発行日 平成14年10月28日(2002. 10. 28)

(24)登録日 平成14年 8 月 9 日(2002. 8. 9)

|                          |       |                      |
|--------------------------|-------|----------------------|
| (51)Int.Cl. <sup>7</sup> | 識別記号  | F I                  |
| H 0 4 N 5/64             | 5 1 1 | H 0 4 N 5/64 5 1 1 A |
| G 0 6 T 15/40            |       | G 0 6 F 15/72 4 2 0  |

請求項の数 5 (全 9 頁)

|   |                         |          |  |
|---|-------------------------|----------|--|
| (21)出願番号  | 特願平8-265935             | (73)特許権者 | 000006079<br>ミノルタ株式会社<br>大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル |
| (22)出願日   | 平成8年10月7日(1996. 10. 7)  | (73)特許権者 | 596145318<br>▲たち▼ ▲すすむ▼<br>茨城県つくば市梅園2-31-14          |
| (65)公開番号  | 特開平10-112831            | (72)発明者  | ▲たち▼ ▲すすむ▼<br>茨城県つくば市梅園2-31-14                       |
| (43)公開日   | 平成10年4月28日(1998. 4. 28) | (72)発明者  | 前田 太郎<br>東京都台東区谷中1-2-19                              |
| 審査請求日   | 平成12年8月23日(2000. 8. 23) | (72)発明者  | 鈴木 伸介<br>東京都文京区本駒込3-35-1 宮前荘                         |
| 特許法第30条第1項適用申請有り 第35回計測自動制御学会学術講演会(1996. 7. 24)にて発表 |                         | (74)代理人  | 100086933<br>弁理士 久保 幸雄                               |
|   |                         | 審査官      | 伊東 和重  |

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 実空間画像と仮想空間画像の表示方法及び表示装置

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】実空間画像と仮想空間画像とを観察者に同時に提示するために、前記観察者の眼と共役な位置に撮影手段を配置し、前記撮影手段によって撮影した実空間画像と仮想空間情報に基づく仮想空間画像とを表示する方法であって、  
前記仮想空間画像の画素と同じ位置にある実空間画像の画素に対して、前記撮影手段により撮影される実空間画像に基づいて前記観察者からの距離を求め、それによって得られる前記実空間画像の距離と前記仮想空間情報に基づく前記仮想空間画像の距離とを比較し、前記観察者に近い方の画素を選択して表示する、  
ことを特徴とする実空間画像と仮想空間画像の表示方法。

【請求項2】実空間画像と仮想空間画像とを観察者に同

2

時に提示するための表示装置であって、  
前記観察者の眼と共役な位置に配置される撮影手段と、  
前記観察者の視点を検出する位置検出手段と、  
前記撮影手段により撮影される実空間画像に基づいて実空間画像の各画素に対応する距離情報である実空間距離画像を生成する実空間距離画像生成手段と、  
前記位置検出手段により検出される前記視点の位置と予め記憶された仮想空間情報とに基づいて仮想空間画像の各画素に対応する距離情報である仮想空間距離画像を生成する仮想空間距離画像生成手段と、  
前記実空間距離画像と前記仮想空間距離画像とを画素毎に比較する比較手段と、  
前記比較手段による比較結果に基づいて、前記実空間画像と前記仮想空間画像とのうち前記視点に近い方の画素の画像情報を選択する選択手段と、

10

3

選択された画像情報に基づく合成画像を表示する表示手段と、

を有してなることを特徴とする表示装置。

【請求項 3】前記実空間距離画像生成手段は、同一の前記撮影手段により撮影される複数の実空間画像に基づいて前記実空間距離画像を生成するものである、請求項 2 記載の表示装置。

【請求項 4】第 1 の 2 次元画像を撮影する撮影手段と、前記第 1 の 2 次元画像の各画素に対応する第 1 の距離情報を測定する距離測定手段と、

観察者の視点を検出する位置検出手段と、前記位置検出手段の出力と予め記憶された情報とに基づいて、第 2 の 2 次元画像と前記第 2 の 2 次元画像の各画素に対応する第 2 の距離情報とを出力する第 2 情報出力手段と、

前記第 1 の距離情報と前記第 2 の距離情報とを画素毎に比較する比較手段と、

前記比較手段の出力に基づいて、前記第 1 の 2 次元画像と前記第 2 の 2 次元画像のうち前記視点に近い方の画素の画像情報を選択する選択手段と、

選択された画像情報を前記第 1 の 2 次元画像と前記第 2 の 2 次元画像との合成画像として表示する表示手段と、を有し、

前記撮影手段、前記距離測定手段、及び前記表示手段が、前記観察者の視線と実質的に同一視線上に配置されていることを特徴とする表示装置。

【請求項 5】第 1 の 2 次元画像を撮影する撮影手段と、前記第 1 の 2 次元画像の各画素に対応する第 1 の距離情報を測定する距離測定手段と、

観察者の視点を検出する位置検出手段と、

前記位置検出手段の出力と予め記憶された情報とに基づいて、第 2 の 2 次元画像と前記第 2 の 2 次元画像の各画素に対応する第 2 の距離情報とを出力する第 2 情報出力手段と、

前記第 1 の距離情報と前記第 2 の距離情報とを画素毎に比較する比較手段と、

前記比較手段の出力に基づいて、前記第 1 の 2 次元画像と前記第 2 の 2 次元画像のうち前記視点に近い方の画素の画像情報を選択する選択手段と、

選択された画像情報を前記第 1 の 2 次元画像と前記第 2 の 2 次元画像との合成画像として表示する表示手段と、を有し、

前記距離測定手段は、異なる位置から撮影した複数の前記第 1 の 2 次元画像とそれぞれの位置における前記位置検出手段の出力とに基づいて前記第 1 の距離情報を測定することを特徴とする表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、実空間画像と仮想空間画像の表示方法及び表示装置に関し、特に、AR

4

(Augmented Reality)において視点距離情報を用いて実空間画像と仮想空間画像とを融合させた表示方法及び表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、コンピュータによってつくられた情報を人間に提示することによって、人間があたかも現実の世界であるかのような認識を与える技術が、VR (Virtual Reality) 技術として知られている。VR 技術によって、人間が仮想環境内に入り込んで現実と同じような体験をすることができる。VR はまた、Artificial Reality と呼称されることがある。

【0003】VR 技術の一分野に、Augmented Reality (以下「AR」という) 技術と呼称される分野がある。AR では、実空間とコンピュータのつくった仮想空間とが混ぜて人間に提示される。つまり、AR では実空間が仮想空間により増強される。

【0004】VR 技術では人間が完全に仮想環境に没入するのに対して、AR 技術では、実環境に対して仮想環境を適切に配置することにより、実環境の質を高めることを目的としている。仮想環境として画像を提示するのが視覚的 AR である。以下における「AR」は「視覚的 AR」を指す。

【0005】AR 技術の利用例として、患者の脳の CT スキャン画像を現実の患者の脳に重畳させながら手術を行うシステム、現実の機械装置の各部品に対し CG (コンピュータグラフィックス) によって注釈を付けて組立て又は修理などの作業を支援するシステム、現実の部屋に付加物を置いた場合にどのような感じに見えるかを評価するシステム、都市の再開発で新しい建物を建てた場合の景観を実物大で実際の場所で評価するシステムなどが考えられる。

【0006】AR 技術では、実空間と仮想空間とを同時に人間に提示するために、通常、STHMD (See-Through Head Mounted Display) が用いられる。STHMD には、光学式によるものとビデオ信号によるものがある。

【0007】図 7 は従来の光学式の STHMD による AR システム 80 の原理を示す図、図 8 は従来のビデオ方式の STHMD による AR システム 90 の原理を示す図である。

【0008】図 7 に示す AR システム 80 では、観察者の目の前の視線上に配置されたハーフミラー 81 を透して実空間画像を見ることができ、投影機 82 が投影する仮想空間画像をハーフミラー 81 を介して見ることができる。これによって、仮想空間画像が実空間画像とオーバーラップして提示される。なお、観察者の頭部には視点を検出するための位置検出器 83 が設けられ、位置検出器 83 の出力に基づいて、ワークステーション 84 から投影機 82 に対して仮想空間画像の信号が送出され

る。

【0009】図8に示すARシステム90では、左右の眼と共役な位置に配置された2つのカメラ93によって、両面ミラー91に写った実空間画像が撮影される。撮影された実空間画像と仮想空間画像とがワークステーション95によって合成され、合成された画像が投影機82から投影される。その結果、実空間画像と仮想空間画像との合成画像が両面ミラー91を介して観察者に提示される。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】ARの実現のためには、従来から指摘されている位置合わせの問題の他に、遮蔽関係を正しく表現することが必要である。しかし、上述したいずれのARシステム80, 90においても、観察者に近い空間又は物体によって遠い空間又は物体が遮蔽されるという遮蔽関係を正しく表現することができない。

【0011】すなわち、前者のARシステム80においては、仮想空間の物体の後ろに実空間が透けていると決まっており、観察者には仮想空間及び実空間の両方の画像が単に重なって見える。したがって、このシステムでは遮蔽関係を表現することは全くできない。

【0012】後者のARシステム90においては、遠近に関係なく仮想空間の物体が常に実空間の物体を覆い隠すようになっており、遮蔽関係を正しく表現できない。つまり、仮想空間の物体が実空間の物体よりも近い場合には遮蔽関係は正しいが、その反対に実空間の物体が近い位置にある場合であっても、実空間の物体が遠い位置にあるはずの仮想空間の物体によって遮蔽されてしまい、遮蔽関係が逆になってしまう。

【0013】視覚心理学の知見によると、遮蔽関係が正しく表現されていない状態では、輻輳・視差情報と遮蔽関係との矛盾のために、立体視が阻害されたり予想外の立体視をしてしまうことが報告されている。つまり、遮蔽関係を正しく表現することはAR技術にとって極めて重要である。

【0014】本発明は、上述の問題に鑑みてなされたもので、ビデオ方式のARにおいて、遮蔽関係を正しく表現することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明に係る方法は、実空間画像と仮想空間画像とを観察者に同時に提示するために、前記観察者の眼と共役な位置に撮影手段を配置し、前記撮影手段によって撮影した実空間画像と仮想空間情報に基づく仮想空間画像とを表示する方法であって、前記仮想空間画像の画素と同じ位置にある実空間画像の画素に対して、前記撮影手段により撮影される実空間画像に基づいて前記観察者からの距離を求め、それによって得られる前記実空間画像の距離と前記仮想空間情報に基づく前記仮想空間画像の距離とを比較し、前

記観察者に近い方の画素を選択して表示する方法である。

【0016】請求項2の発明に係る装置は、実空間画像と仮想空間画像とを観察者に同時に提示するための表示装置であって、前記観察者の眼と共役な位置に配置される撮影手段と、前記観察者の視点を検出する位置検出手段と、前記撮影手段により撮影される実空間画像に基づいて実空間画像の各画素に対応する距離情報である実空間距離画像を生成する実空間距離画像生成手段と、前記位置検出手段により検出される前記視点の位置と予め記憶された仮想空間情報とに基づいて仮想空間画像の各画素に対応する距離情報である仮想空間距離画像を生成する仮想空間距離画像生成手段と、前記実空間距離画像と前記仮想空間距離画像とを画素毎に比較する比較手段と、前記比較手段による比較結果に基づいて、前記実空間画像と前記仮想空間画像とのうち前記視点に近い方の画素の画像情報を選択する選択手段と、選択された画像情報に基づく合成画像を表示する表示手段と、を有して構成される。

【0017】請求項3の発明に係る装置において、前記実空間距離画像生成手段は、同一の前記撮影手段により撮影される複数の実空間画像に基づいて前記実空間距離画像を生成するものである。

【0018】請求項4の発明に係る装置は、第1の2次元画像を撮影する撮影手段と、前記第1の2次元画像の各画素に対応する第1の距離情報を測定する距離測定手段と、観察者の視点を検出する位置検出手段と、前記位置検出手段の出力と予め記憶された情報とに基づいて、第2の2次元画像と前記第2の2次元画像の各画素に対応する第2の距離情報とを出力する第2情報出力手段と、前記第1の距離情報と前記第2の距離情報とを画素毎に比較する比較手段と、前記比較手段の出力に基づいて、前記第1の2次元画像と前記第2の2次元画像のうち前記視点に近い方の画素の画像情報を選択する選択手段と、選択された画像情報を前記第1の2次元画像と前記第2の2次元画像との合成画像として表示する表示手段と、を有し、前記撮影手段、前記距離測定手段、及び前記表示手段が、前記観察者の視線と実質的に同一視線上に配置されて構成される。

【0019】請求項5の発明に係る装置は、第1の2次元画像を撮影する撮影手段と、前記第1の2次元画像の各画素に対応する第1の距離情報を測定する距離測定手段と、観察者の視点を検出する位置検出手段と、前記位置検出手段の出力と予め記憶された情報とに基づいて、第2の2次元画像と前記第2の2次元画像の各画素に対応する第2の距離情報とを出力する第2情報出力手段と、前記第1の距離情報と前記第2の距離情報とを画素毎に比較する比較手段と、前記比較手段の出力に基づいて、前記第1の2次元画像と前記第2の2次元画像のうち前記視点に近い方の画素の画像情報を選択する選択手

段と、選択された画像情報を前記第1の2次元画像と前記第2の2次元画像との合成画像として表示する表示手段と、を有し、前記距離測定手段は、異なる位置から撮影した複数の前記第1の2次元画像とそれぞれの位置における前記位置検出手段の出力とに基づいて前記第1の距離情報を測定するように構成される。

【0020】本発明においては、観察者の眼と共役な位置に撮影手段を配置し、撮影手段によって実空間画像を撮影する。その実空間画像の動きに基づいて観察者の視点から物体までの距離を求め、それによって得られた実空間画像の距離と仮想空間画像の距離とを画素毎に比較し、近い方の画素を選択する。これによって、実空間画像と仮想空間画像とが合成され、合成された画像が表示手段によって観察者に提示される。

【0021】撮影手段により撮影される実空間画像における動きの要因として、頭及び物体のそれぞれの並進運動及び回転運動の4つがある。頭の動きは位置検出手段によって検出される。頭と視点との位置関係は予め設定され又は適当な手段で検出される。物体が静止している場合に、撮影された実空間画像の動きに基づいて視点から物体までの距離が一意に計算される。計算に当たって、例えば視点の回転運動をキャンセルし、並進運動のみに基づいて距離が計算される。

【0022】

【発明の実施の形態】図1は本発明に係る表示装置1の全体的な構成の概略を示すブロック図、図2は表示装置1の遮蔽画素切替え部14の構成を示すブロック図である。

【0023】図1において、表示装置1は、ミラー11、カメラ12、表示部13、遮蔽画素切替え部14、位置検出センサ15、及び仮想空間画像出力部16などから構成されている。なお、ミラー11、カメラ12、及び表示部13は、左右の眼EYにそれぞれ対応して設けられている。

【0024】ミラー11は、両面に反射面を有するものであり、観察者BSの左右の眼EYの前方において、その視線方向に対してほぼ45度の角度を有するように配置されている。

【0025】カメラ12は、観察者BSの左右の眼EYと光学的に共役な位置に配置されており、ミラー11に写る実空間画像FRを撮影するものである。表示部13は、遮蔽画素切替え部14から出力される合成画像FMを表示する。観察者BSは、ミラー11を介して表示部13に表示された合成画像FMを観察する。カメラ12と表示部13とは、観察者BSの視線と実質的に同一視線上に配置されている。表示部13として、液晶パネル又はCRTなど、従来から公知の種々の表示デバイスが用いられる。各種のレンズ又はミラーも必要に応じて用いられる。

【0026】遮蔽画素切替え部14は、実空間画像FR

と仮想空間画像FVとを、観察者BSの視点からの距離(奥行き)に応じて画素毎に切り替えて出力する。詳細は後述する。

【0027】位置検出センサ15は、その出力信号S1に基づいて観察者BSの視点を検出するためのものである。位置検出センサ15及び信号S1に基づく視点の検出方法は従来より公知である。

【0028】仮想空間画像出力部16は、位置検出センサ15の出力する信号S1と予め記憶された仮想空間情報DVとに基づいて、仮想空間画像FVとその各画素に対応する距離情報である仮想空間距離画像FVdとを出力する。仮想空間情報DVとして、種々の方法により撮影した画像データ、CGにより作成した画像データ、又はそれらの画像データを生成するためのプログラムなど、種々のものが用いられる。

【0029】遮蔽画素切替え部14及び仮想空間画像出力部16は、適当なハードウェアにより、ワークステーション又はパーソナルコンピュータなどの適当な処理装置にインストールされたプログラムを実行することにより、又はそれらの併用により実現することができる。そのようなプログラムは、RAM、ROM、ハードディスク装置などに格納され、又はCD-ROM装置、光磁気ディスク装置、フロッピディスク装置などによってそれぞれ対応する記録媒体から読み出され、又は通信回線を介してホストからダウンロードされる。プログラムは、種々のOS、システム環境、又はプラットフォームの下で動作するように供給可能である。

【0030】表示装置1においては、観察者BSの眼EYと光学的に共役な位置にあるカメラ11からの実空間画像FRを基にして、後述する手法により視点距離座標を計算し、視点からの距離に応じて実空間画像FRと仮想空間画像FVとを画素毎に切り替えて合成画像FMを生成し、これを観察者BSに提示する点が1つの特徴である。

【0031】一般に、CGにおいては、遮蔽関係を正しく表現するためにZバッファ法が用いられている。実空間と仮想空間との間においても同様な手法で遮蔽関係を表現するために、金出らによってZ-keyという考え方が提案された。これはカメラ座標系におけるz座標値によって実空間と仮想空間とを切り替えて表示する方法である。遮蔽画素切替え部14はこのZ-keyの考え方を利用してそれをさらに押し進めたものである。

【0032】図2において、遮蔽画素切替え部14は、実空間画像出力部21、比較部22、及び選択部23を備えている。実空間画像出力部21は、色情報生成部211及び奥行き情報生成部212を備える。色情報生成部211は、カメラ12で撮影された実空間画像FRに基づいて色情報FRcを生成する。奥行き情報生成部212は、実空間画像FRに基づいて、実空間画像FRの各画素に対応する奥行き情報(距離情報)FRdを生成

する。その際に、位置検出センサ 1 5 の信号 S 1 も用いられる。奥行き情報 F R d は実空間距離画像に相当するので、奥行き情報 F R d を実空間距離画像 F R d と記載することがある。また、色情報 F R c は実空間画像 F R と同一であることもある。

【 0 0 3 3 】なお、図 2 において、仮想空間画像出力部 1 6 は、仮想空間情報記憶部 1 6 0、色情報生成部 1 6 1、及び奥行き情報生成部 1 6 2 を備える。仮想空間情報記憶部 1 6 0 には仮想空間情報 D V が記憶されている。色情報生成部 1 6 1 は、信号 S 1 及び仮想空間情報 D V に基づいて色情報 F V c を生成する。奥行き情報生成部 1 6 2 は、信号 S 1 及び仮想空間情報 D V に基づいて、色情報 F V c の各画素に対応する奥行き情報（距離情報）F V d を生成する。奥行き情報 F V d は仮想空間距離画像に相当するので、奥行き情報 F V d を仮想空間距離画像 F V d と記載することがある。また、色情報 F V c は仮想空間画像 F V と同一であることもある。

【 0 0 3 4 】比較部 2 2 は、実空間距離画像 F R d と仮想空間距離画像 F V d とを画素毎に比較し、比較結果を示す信号 S 2 を出力する。選択部 2 3 は、比較部 2 1 からの信号 S 2 に基づいて、実空間画像 F R と仮想空間画像 F V とのうち視点に近い方の画素の画像データを選択する。したがって、選択部 2 3 からは、実空間画像 F R と仮想空間画像 F V とのうち視点に近い方の画素の画像データの集合である合成画像 F M が出力される。

【 0 0 3 5 】このように、表示装置 1 においては、遮蔽画素切替え部 1 4 を用いることにより、実空間と仮想空間との融合の際に実空間の立体構造を推定する必要がなくなる。すなわち、実空間及び仮想空間の各画像 F R、F V を各画素の色情報 F R c、F V c と奥行き情報 F R d、F V d で表現することにより、上述のような単純な回路を用いて電気信号レベルで両者を正しく融合できるようになる。A R のようなリアルタイム処理が求められるアプリケーションにとって、こうした特徴は非常に役立つものである。

【 0 0 3 6 】さて、A R に Z - key を適用するためには、リアルタイムに視点座標系からの距離画像を計測する必要がある。こうした高速な距離画像の計測手法として、V i d e o - R a t e S t e r e o M a c h i n e やシリコンレンジファインダといったシステムが提案されている。しかしこれらのいずれの手法においても、解像度が低過ぎたり規模が大き過ぎたりするため、各眼の位置からの距離画像を得るのには向いていない。

【 0 0 3 7 】そこで、本実施形態における表示装置 1 で \*

$$\begin{aligned} x / X_2 &= z / R、 \\ (x + x) / X_1 &= (z + z) / R、 \\ y / Y_2 &= z / R、及び、 \\ (y + y) / Y_1 &= (z + z) / R \quad \dots\dots (2) \end{aligned}$$

であるから、

$$z = (X_1 z - R x) / (X_2 - X_1) \quad \dots\dots (3)$$

\* は、左右の眼と共役な位置にあるカメラ 1 2 で撮影された画像から、左右の眼からの距離画像を求める。つまり、左右それぞれについて、1 つのカメラ 1 2 で撮影された 2 枚の実空間画像 F R を用いて実空間距離画像 F R d を求める。

【 0 0 3 8 】眼の位置にあるカメラ 1 2 により撮影される画像の動きの要因として、頭及び物体のそれぞれの並進運動及び回転運動の 4 つがある。一般に、H M D の実現に際して頭部の位置をリアルタイムに計測する必要があり、本実施形態の表示装置 1 においても従来から用いられている方法により頭の動きに関する情報を得る。そのため、物体が静止している場合には、カメラ 1 2 で撮影された画像の動きから物体の距離を一意に計算することが可能である。

【 0 0 3 9 】次に、画像の動きから頭の回転運動の効果を差し引き、頭の並進運動から距離画像を計算する手法を説明する。図 3 は頭の回転運動のキャンセルを説明するための図である。

【 0 0 4 0 】図 3 において、観察者 B S が座標系 O<sub>1</sub> から座標系 O<sub>2</sub> へ移動した際に、観察者 B S の視線方向が y 軸を中心として角度 だけ回転したとする。このとき、観察者 B S が移動前に z<sub>1</sub> 方向と逆の方向を見ていたとした場合には、物体 P は画面上で横に角度 ( ) だけずれて見えるはずである。このずれの長さ L h は、画面上で次の ( 1 ) 式のように表される。

【 0 0 4 1 】

$$\begin{aligned} L h &= - R \tan ( ) + R \tan \\ &= - ( R^2 + X^2 ) / R \tan + X_1 \quad \dots\dots (1) \end{aligned}$$

したがって、( 1 ) 式で決まる長さ L h だけ各画素を平行移動することにより、頭（視点）の回転運動をキャンセルすることができる。

【 0 0 4 2 】同様に、x 軸を中心とした回転もキャンセルすることができる。このような演算処理は奥行き情報生成部 2 1 2 によって行われる。その結果、観察者 B S の移動前後において視線方向が不変となるので、観察者 B S の移動量と移動にともなう画素の動きとに基づいて、物体 P の視点からの奥行きが算出できる。

【 0 0 4 3 】図 4 は頭の移動にともなう奥行きの算出方法を説明するための図である。図 4 において、観察者 B S が ( x , y , z ) だけ移動したとき、画素 ( X<sub>1</sub> , Y<sub>1</sub> ) が ( X<sub>2</sub> , Y<sub>2</sub> ) へ移動したとすると、座標系 O<sub>2</sub> から見た物体 P の奥行き z は次のように計算できる。

【 0 0 4 4 】すなわち、

$$= (Y_1 \quad z - R \quad y) / (Y_2 - Y_1) \dots\dots (4)$$

となる。

【0045】上述の(2)式には、移動の前後で物体Pとその像がE p i p o l a r面上に乗っているという条件が暗黙のうちに入っているので、(3)式の値と(4)式の値とが異なっていれば、その物体Pは静止していないことがわかる。

【0046】ここでは観察者BSが移動した場合について説明したが、観察者BSが頭を回転させただけの場合でも視点は移動するので、奥行きを計算することが可能である。頭を回転させることによって、眼E Yすなわち視点は回転と並進の両方の運動を行うこととなるからである。

【0047】なお、頭及び視点又は視線の位置又は方向の変化量は、位置検出センサ15の出力する信号S1に基づいて求められる。頭と眼E Yとの位置関係は既知であり、予め設定されている。

【0048】上述したアルゴリズムでは、オプティカルフローさえ計算できれば単純な四則演算だけで距離画像を計算できる。また、奥行きの計算には他の画素での計算結果が不要であるので、奥行き計算の不要な画素については計算を省略することが可能である。したがって、奥行き計算を高速に行うことができ、この特徴は実空間画像FRと仮想空間画像FVとを高速で融合するのに大きく寄与する。

【0049】上述のように、物体Pの視点座標系での座標値とその像の位置との間には常に一定の関係が成立する。表示装置1においては、頭の位置を常時検出しており且つ頭と眼E Yとの位置関係も既知であるから、移動の前後での視点座標系の関係も容易に算出される。したがって、移動の前後での像の位置の対応関係が分かれば、この2つの条件によって移動後の視点からのある画素の奥行きを一意に定めることができるのである。

【0050】参考のために上述した式を一般化して示した場合について説明する。〔運動視差による距離計測〕図5には、視点O<sub>1</sub>から視点O<sub>2</sub>へ移動したとき、視点O<sub>1</sub>、O<sub>2</sub>での画像と各々の視点座標系間の変換行列T<sup>2</sup><sub>1</sub>を元にして、視点O<sub>2</sub>から見た物体の奥行きを算出する場合が示されている。

【0051】図6には、カメラの焦点距離をfとした場合に、物体の像Iをその視点座標系での座標値xを用いて算出する場合が示されている。〔回転キャンセル〕座標軸を視点座標系O<sub>2</sub>と同じ方向とし、原点を視点座標系O<sub>1</sub>と同じとした視点座標系O<sub>1</sub>'における像I<sup>1</sup>'を計算すればよい。

$$\begin{aligned} \text{【0052】} & I^1 = - (x^1 / x_z^1) f \\ & I^{1'} = - (x^{1'} / x_z^{1'}) f \\ & x^{1'} = R x^1 \end{aligned}$$

であるから、

$$I^{1'} = - \{ R I^1 / (R I^1)_z \} f$$

となる。画素I<sup>1</sup>を上述の式のように変換すれば、回転による画像の変化はキャンセルされる。

〔並進運動からの奥行き算出〕

$$\begin{aligned} I^2 &= - (x^2 / x_z^2) f \\ I^{1'} (I^2) &= - (x^{1'} / x_z^{1'}) f \\ x^2 &= t + x^{1'} \end{aligned}$$

であるから、

$$x_z^2 (I^{1'} - I^2) = f t + t_z I^{1'}$$

10 となる。I<sup>2</sup>に対応する画素I<sup>1'</sup>分かれば、上述の式によって奥行きが計算される。

【0053】上述したように、本実施形態の表示装置1によると、電気信号レベルでの実空間画像FRと仮想空間画像FVとの融合が可能である。実空間画像FRに基づいて実空間距離画像FRdを計算するので、実世界の3次元構造の推定を行ったりモデルフィッティングを行ったりする場合と比較して計算コストが小さい。したがって、処理時間が短くなって処理が高速に行え、リアルタイム性において有利である。

20 【0054】また、実空間画像FRの各画素データを元にして各画素の奥行き情報FRdを求めるので、実空間画像FRと実空間距離画像FRdとの位置合わせが不要である。観察者BSの視点からの距離を求めて実空間距離画像FRd及び仮想空間距離画像FVdを得るので、実空間距離画像FRdと仮想空間距離画像FVdとの位置合わせが不要である。1つのカメラ12で撮影された2枚の実空間画像FRに基づいて実空間距離画像FRdを求めるので、2つのカメラで撮影された2枚の実空間画像に基づく場合と比較すると、2つの画像間の対応位置関係を検索する必要がなく検索スピードの面で有利である。また、カメラ12によって実空間画像FRを撮影する周期は30分の1秒程度であるから、その間における観察者BSの移動量は通常小さく、したがって2つの画像間隔が小さくなり、画像上の移動ベクトルが小さい。点のトラッキングによる奥行き計測を行っているので、対応点検索の際に空間近傍の対応点検索結果だけでなく、過去の計測結果をも利用し易い。

30 【0055】また、実空間画像FR及び実空間距離画像FRdを得るためのカメラ12と表示部13とが、すなわち撮影手段としてのカメラ12と距離測定手段としてのカメラ12と表示手段としての表示部13との合計3つの手段が、観察者BSの視線と実質的に同一視線上に配置されているので、観察者BSは画像を違和感なく観察することができる。

【0056】また、位置検出センサ15が、実空間距離画像FRdの算出と、仮想空間画像FV及び仮想空間距離画像FVdの供給とに兼用されているので、装置を安価に且つ軽量に構成することができる。

50 【0057】上述の実施形態において、カメラ12が本発明の撮影手段に、位置検出センサ15が本発明の位置

検出手段に、奥行き情報生成部 2 1 2 が本発明の実空間距離画像生成手段及び距離測定手段に、仮想空間画像出力部 1 6 が本発明の第 2 情報出力手段に、奥行き情報生成部 1 6 2 が本発明の仮想空間距離画像生成手段に、比較部 2 2 が本発明の比較手段に、選択部 2 3 が本発明の選択手段に、表示部 1 3 が本発明の表示手段に、それぞれ対応する。

【0058】また、実空間画像 F R が本発明の第 1 の 2 次元画像に、実空間距離画像 F R d が本発明の第 1 の距離情報に、仮想空間画像 F V が本発明の第 2 の 2 次元画像に、仮想空間距離画像 F V d が本発明の第 2 の距離情報に、それぞれ対応する。

【0059】上述の実施形態において、表示装置 1 の各部又は全体の構成、処理内容、処理順序、処理タイミングなどは、本発明の主旨に沿って適宜変更することができる。

【0060】

【発明の効果】請求項 1 乃至請求項 5 の発明によると、ビデオ方式の AR において、遮蔽関係を正しく表現することができる。

【0061】また、実空間画像に基づいて実空間画像の画素の距離を求めるので計算コストが小さい。したがって、処理時間が短くなって処理が高速に行え、リアルタイム性において有利である。

【0062】請求項 2 乃至請求項 5 の発明によると、実空間画像の各画素データを元にして各画素の奥行きを求めるので、実空間画像と実空間距離画像との位置合わせが不要である。観察者からの距離を求めて実空間距離画像及び仮想空間距離画像を得るので、実空間距離画像と仮想空間距離画像との位置合わせが不要である。

【0063】請求項 3 乃至請求項 5 の発明によると、1 つの撮影手段で撮影された複数の実空間画像に基づいて実空間距離画像を求めるので、2 つの画像間の対応位置関係を検索する必要がなく検索スピードの点で有利である。2 つの画像間隔が小さくなり、画像上の移動ベクトルが小さい。

【0064】請求項 4 の発明によると、撮影手段、距離測定手段、及び表示手段が、観察者の視線と実質的に同一視線に配置されているので、観察者は画像を違和感\*

\*なく観察することができる。

【0065】請求項 5 の発明によると、位置検出手段が実空間距離画像の算出と仮想空間画像及び仮想空間距離画像の供給とに兼用されているので、装置を安価に且つ軽量に構成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る表示装置の全体的な構成の概略を示すブロック図である。

10 【図 2】表示装置の遮蔽画素切替え部の構成を示すブロック図である。

【図 3】頭の回転運動のキャンセルを説明するための図である。

【図 4】頭の移動にともなう奥行き算出方法を説明するための図である。

【図 5】運動視差による距離計測の算出方法を説明する図である。

【図 6】運動視差による距離計測の算出方法を説明する図である。

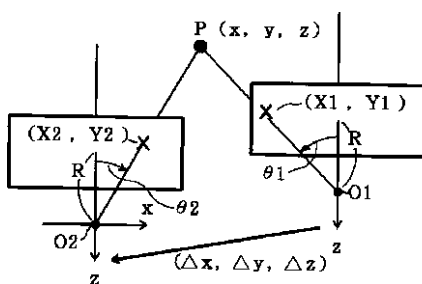
20 【図 7】従来の光学式の S T H M D による AR システムの原理を示す図である。

【図 8】従来のビデオ方式の S T H M D による AR システムの原理を示す図である。

【符号の説明】

- 1 表示装置
- 1 2 カメラ（撮影手段）
- 1 3 表示部（表示手段）
- 1 5 位置検出センサ（位置検出手段）
- 1 6 仮想空間画像出力部（第 2 情報出力手段）
- 2 2 比較部（比較手段）
- 30 2 3 選択部（選択手段）
- 1 6 2 奥行き情報生成部（仮想空間距離画像生成手段）
- 2 1 2 奥行き情報生成部（実空間距離画像生成手段、距離測定手段）
- F R 実空間画像（第 1 の 2 次元画像）
- R R d 実空間距離画像（第 1 の距離情報）
- F V 仮想空間画像（第 2 の 2 次元画像）
- F V d 仮想空間距離画像（第 2 の距離情報）

【図 4】

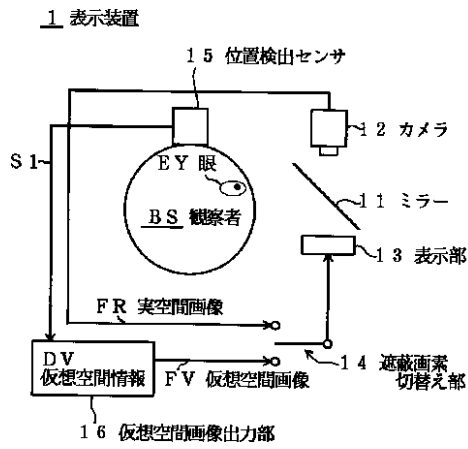


【図 5】

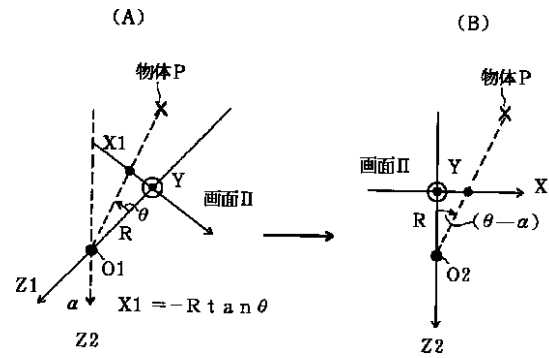
$$T_1^2 = \begin{pmatrix} R & t \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} I & t \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

【図1】

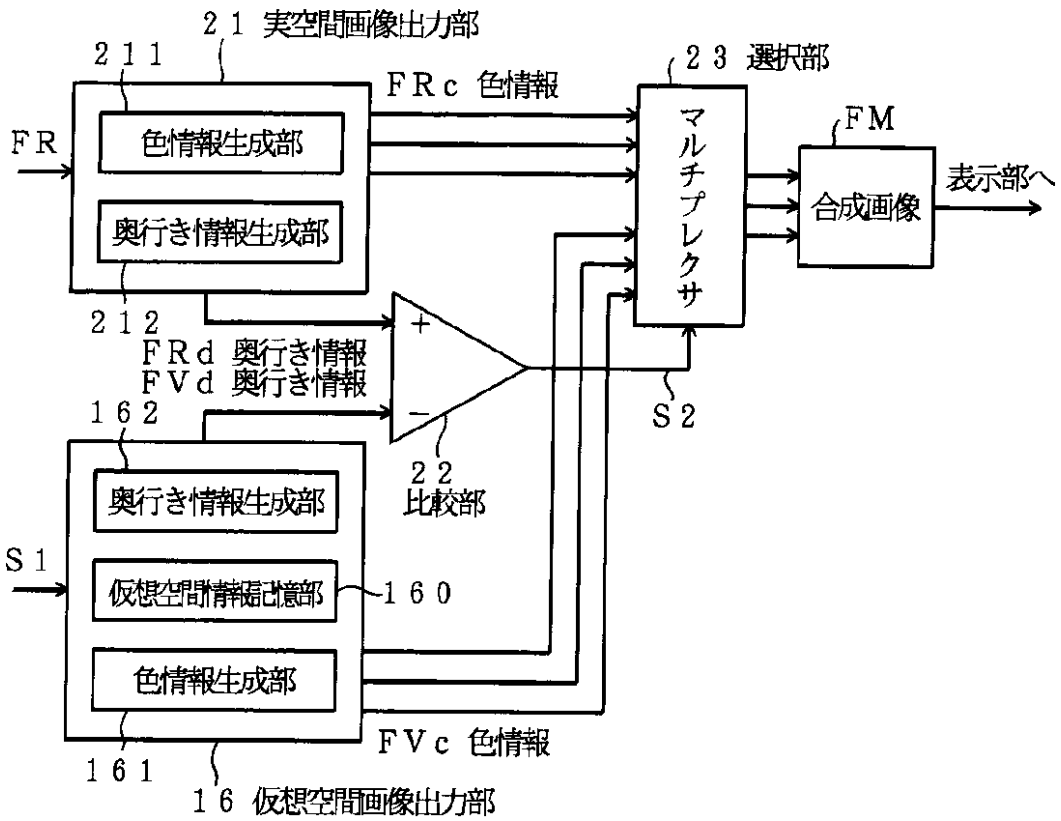


【図3】

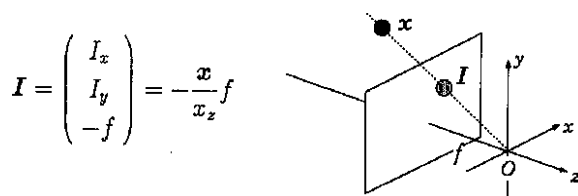


【図2】

14

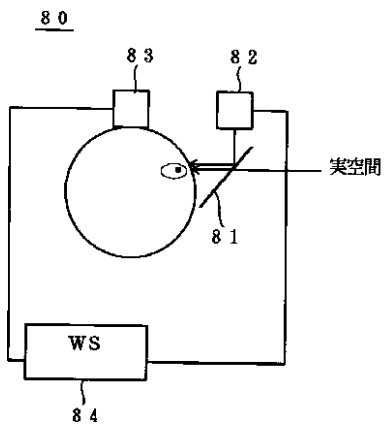


【図6】

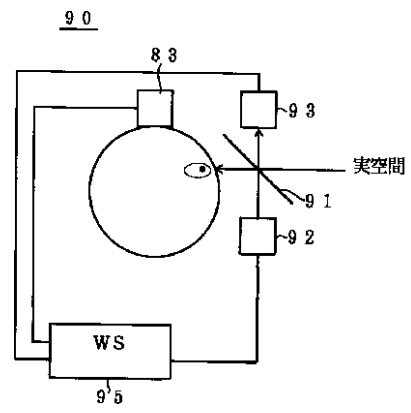




【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

- (56) 参考文献 特開 平 8 - 322064 ( J P , A )  
特開 平 8 - 212379 ( J P , A )

- (58) 調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, D B 名)  
H04N 5/64 511  
G06T 15/40