

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6625745号
(P6625745)

(45) 発行日 令和1年12月25日(2019.12.25)

(24) 登録日 令和1年12月6日(2019.12.6)

(51) Int.Cl. F I
G06T 15/80 (2011.01) G O 6 T 15/80
G06T 19/00 (2011.01) G O 6 T 19/00 6 0 0

請求項の数 13 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2018-523688 (P2018-523688)	(73) 特許権者	310021766
(86) (22) 出願日	平成29年6月7日(2017.6.7)		株式会社ソニー・インタラクティブエンタテインメント
(86) 国際出願番号	PCT/JP2017/021115		東京都港区港南1丁目7番1号
(87) 国際公開番号	W02017/217296	(74) 代理人	100122275
(87) 国際公開日	平成29年12月21日(2017.12.21)		弁理士 竹居 信利
審査請求日	平成30年7月5日(2018.7.5)	(72) 発明者	和田 信也
(31) 優先権主張番号	特願2016-119896 (P2016-119896)		東京都港区港南1丁目7番1号 株式会社ソニー・インタラクティブエンタテインメント内
(32) 優先日	平成28年6月16日(2016.6.16)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)	審査官	真木 健彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

実空間内の被写体までの距離を示す情報を含んだ距離画像であって、当該距離画像内の1又は複数の領域のそれぞれについて、当該領域に写っている被写体部分までの距離、及び当該被写体部分の色成分の情報を含んだ距離画像を取得する距離画像取得部と、

実空間の景色を表す景色画像に仮想オブジェクトを配置してなる合成画像を生成する合成画像生成部と、

を含み、

前記合成画像生成部は、前記距離画像に写っている前記被写体部分までの距離、及び色成分に基づいて、前記仮想オブジェクトの表示色を決定する

ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の画像処理装置において、

前記合成画像生成部は、前記被写体部分からの光による前記仮想オブジェクトに対する影響を、当該被写体部分の実空間内における位置、及び色成分に基づいて算出して、前記仮想オブジェクトの表示色を決定する

ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の画像処理装置において、

前記合成画像生成部は、前記仮想オブジェクトの配置位置を原点とした極座標系におけ

る前記被写体部分の位置座標を算出し、当該算出した位置座標に対応する単位領域に対して当該被写体部分の色成分が関連づけられた光源画像を生成し、当該光源画像を用いて前記仮想オブジェクトの表示色を決定する

ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の画像処理装置において、

前記合成画像生成部は、前記光源画像内の前記被写体部分に対応しない単位領域に対して、当該単位領域を囲む、前記被写体部分に対応する複数の単位領域に関連づけられた色成分に応じて算出される色成分を関連づける補間処理を実行してから、前記光源画像を用いて前記仮想オブジェクトの表示色を決定する

10

ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の画像処理装置において、

前記合成画像生成部は、前記補間処理において、前記被写体部分に対応しない単位領域に対して、前記被写体部分に対応する複数の単位領域に関連づけられた色成分の重み付き平均によって算出される色成分を関連づける

ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の画像処理装置において、

前記距離画像取得部は、実空間内の互いに異なる位置を基準とする距離の情報を含んだ複数の距離画像を取得し、

20

前記合成画像生成部は、前記複数の距離画像のそれぞれに写っている 1 又は複数の被写体部分の情報に基づいて、前記仮想オブジェクトの表示色を決定する

ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の画像処理装置において、

前記合成画像生成部は、前記被写体部分の実空間内における位置、及び前記仮想オブジェクトの表示色に基づいて、前記仮想オブジェクトからの光による前記被写体部分の色の变化量を算出し、当該算出した変化量に応じて、当該被写体部分に対応する前記景色画像内の画素の色を変化させる

30

ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の画像処理装置において、

前記合成画像生成部は、前記距離画像に写っている前記被写体部分までの距離、及び色成分に基づいて、前記仮想オブジェクトの表示色を決定してから、当該決定した表示色に基づいて、前記被写体部分の色の变化量を算出する

ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 9】

実空間内の被写体までの距離を示す情報を含んだ距離画像であって、当該距離画像内の 1 又は複数の領域のそれぞれについて、当該領域に写っている被写体部分までの距離の情報を含んだ距離画像を取得する距離画像取得部と、

40

実空間の景色を表す景色画像に仮想オブジェクトを配置してなる合成画像を生成する合成画像生成部と、

を含み、

前記合成画像生成部は、前記被写体部分の実空間内における位置、及び前記仮想オブジェクトの表示色に基づいて、前記仮想オブジェクトからの光による前記被写体部分の色の变化量を算出し、当該算出した変化量に応じて、当該被写体部分に対応する前記景色画像内の画素の色を変化させる

ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 10】

50

請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の画像処理装置において、
前記画像処理装置は、ユーザーが頭部に装着して使用する表示装置と接続され、
前記距離画像取得部は、前記表示装置に搭載されたステレオカメラによって撮影された
撮影画像に基づいて生成された距離画像を取得し、
前記合成画像生成部が生成した合成画像は、前記表示装置に表示される
ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 1 1】

被写体までの距離を示す情報を含んだ距離画像であって、当該距離画像内の 1 又は複数の領域のそれぞれについて、当該領域に写っている被写体部分までの距離、及び当該被写体部分の色成分の情報を含んだ距離画像を取得する距離画像取得ステップと、

10

実空間の景色を表す景色画像に仮想オブジェクトを配置してなる合成画像を生成する合成画像生成ステップと、

を含み、

前記合成画像生成ステップでは、前記距離画像に写っている前記被写体部分までの距離、及び色成分に基づいて、前記仮想オブジェクトの表示色を決定する

ことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 1 2】

実空間内の被写体までの距離を示す情報を含んだ距離画像であって、当該距離画像内の 1 又は複数の領域のそれぞれについて、当該領域に写っている被写体部分までの距離、及び当該被写体部分の色成分の情報を含んだ距離画像を取得する距離画像取得部、及び、

20

実空間の景色を表す景色画像に仮想オブジェクトを配置してなる合成画像を生成する合成画像生成部、

としてコンピュータを機能させるためのプログラムであって、

前記合成画像生成部は、前記距離画像に写っている前記被写体部分までの距離、及び色成分に基づいて、前記仮想オブジェクトの表示色を決定する

プログラム。

【請求項 1 3】

請求項 1 2 に記載のプログラムを記憶した、コンピュータ読み取り可能な情報記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本発明は、カメラの撮影画像に仮想オブジェクトを合成した画像を生成する画像処理装置、画像処理方法、プログラム、及び情報記憶媒体に関する。

【背景技術】

【0002】

カメラによって得られる撮影画像に対して、仮想オブジェクトを合成する技術が知られている。このような技術を用いることにより、現実には存在しない仮想オブジェクトがあたかも実空間に存在するかのような画像をユーザーに提示することができる。

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

もし仮想オブジェクトが実空間に実際に存在したとすると、周囲の環境光などのライティングによって、仮想オブジェクトの色が変化したり、陰影が生じたりするはずである。しかしながら、上記従来例の技術では、このようなライティングによる効果を表現することが困難であった。

【0004】

本発明は上記実情を考慮してなされたものであって、その目的の一つは、実空間の景色を表す景色画像に仮想オブジェクトを合成する際に、リアリティのあるライティング効果をもたらすことのできる画像処理装置、画像処理方法、プログラム、及び情報記憶媒体を

50

提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明に係る画像処理装置は、実空間内の被写体までの距離を示す情報を含んだ距離画像であって、当該距離画像内の1又は複数の領域のそれぞれについて、当該領域に写っている被写体部分までの距離、及び当該被写体部分の色成分の情報を含んだ距離画像を取得する距離画像取得部と、実空間の景色を表す景色画像に仮想オブジェクトを配置してなる合成画像を生成する合成画像生成部と、を含み、前記合成画像生成部は、前記距離画像に写っている前記被写体部分までの距離、及び色成分に基づいて、前記仮想オブジェクトの表示色を決定することを特徴とする。

10

【0006】

また、本発明に係る別の画像処理装置は、実空間内の被写体までの距離を示す情報を含んだ距離画像であって、当該距離画像内の1又は複数の領域のそれぞれについて、当該領域に写っている被写体部分までの距離の情報を含んだ距離画像を取得する距離画像取得部と、実空間の景色を表す景色画像に仮想オブジェクトを配置してなる合成画像を生成する合成画像生成部と、を含み、前記合成画像生成部は、前記被写体部分の実空間内における位置、及び前記仮想オブジェクトの表示色に基づいて、前記仮想オブジェクトからの光による前記被写体部分の色の变化量を算出し、当該算出した変化量に応じて、当該被写体部分に対応する前記景色画像内の画素の色を変化させることを特徴とする。

【0007】

20

本発明に係る画像処理方法は、被写体までの距離を示す情報を含んだ距離画像であって、当該距離画像内の1又は複数の領域のそれぞれについて、当該領域に写っている被写体部分までの距離、及び当該被写体部分の色成分の情報を含んだ距離画像を取得する距離画像取得ステップと、実空間の景色を表す景色画像に仮想オブジェクトを配置してなる合成画像を生成する合成画像生成ステップと、を含み、前記合成画像生成ステップでは、前記距離画像に写っている前記被写体部分までの距離、及び色成分に基づいて、前記仮想オブジェクトの表示色を決定することを特徴とする。

【0008】

本発明に係るプログラムは、実空間内の被写体までの距離を示す情報を含んだ距離画像であって、当該距離画像内の1又は複数の領域のそれぞれについて、当該領域に写っている被写体部分までの距離、及び当該被写体部分の色成分の情報を含んだ距離画像を取得する距離画像取得部、及び、実空間の景色を表す景色画像に仮想オブジェクトを配置してなる合成画像を生成する合成画像生成部、としてコンピュータを機能させるためのプログラムであって、前記合成画像生成部は、前記距離画像に写っている前記被写体部分までの距離、及び色成分に基づいて、前記仮想オブジェクトの表示色を決定するプログラムである。このプログラムは、コンピュータ読み取り可能で非一時的な情報記憶媒体に格納されて提供されてよい。

30

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の実施の形態に係る画像処理装置を使用する様子を示す図である。

40

【図2】本発明の実施の形態に係る画像処理装置の構成を示す構成ブロック図である。

【図3】本発明の実施の形態に係る画像処理装置の機能を示す機能ブロック図である。

【図4】実空間内の景色を表す景色画像の一例を示す図である。

【図5】図4の景色画像に対応する距離画像の一例を示す図である。

【図6】距離画像内において距離が検出された検出点を仮想空間内にプロットした様子を示す図である。

【図7】本実施形態における光源画像の一例を示す図である。

【図8】仮想オブジェクトが配置された合成画像の一例を示す図である。

【図9】本発明の実施の形態に係る画像処理装置が実行する処理の流れの一例を示すフロー図である。

50

【発明を実施するための形態】**【0010】**

以下、本発明の実施形態について、図面に基づき詳細に説明する。

【0011】

図1は、本発明の一実施形態に係る画像処理装置1を使用する様子を示す図である。また、図2は画像処理装置1の構成を示す構成ブロック図である。画像処理装置1は、例えば家庭用ゲーム機や携帯型ゲーム機、パーソナルコンピュータ、スマートフォン等であって、図2に示すように、制御部11と、記憶部12と、インタフェース部13と、を含んで構成されている。また、画像処理装置1は、図2に示すように、表示装置14、及びステレオカメラ15と接続されている。

10

【0012】

制御部11は少なくとも一つのプロセッサを含んで構成され、記憶部12に記憶されているプログラムを実行して各種の情報処理を実行する。本実施形態において制御部11が実行する処理の具体例については、後述する。記憶部12は、RAM等のメモリデバイスを少なくとも一つ含み、制御部11が実行するプログラム、及び当該プログラムによって処理されるデータを格納する。インタフェース部13は、画像処理装置1が表示装置14、及びステレオカメラ15との間で各種の情報を授受するためのインタフェースである。

【0013】

表示装置14は、ヘッドマウントディスプレイや家庭用テレビ受像機、液晶ディスプレイ等であって、画像処理装置1が出力する映像信号に応じた画像を画面上に表示する。

20

【0014】

ステレオカメラ15は、左右に並んで配置された複数のカメラから構成されている。本実施形態では具体的に、ステレオカメラ15はカメラ15aとカメラ15bの2台のカメラから構成されているものとする。これらのカメラの視差を利用することで、2台のカメラ双方の撮影範囲内に写っている被写体までの距離を算出することができる。各カメラによって撮影された撮影画像は、インタフェース部13経由で画像処理装置1に入力される。

【0015】

なお、表示装置14、及びステレオカメラ15は、いずれも画像処理装置1の筐体内に内蔵されてもよいし、画像処理装置1と有線又は無線により接続される別個の装置であってもよい。また、ステレオカメラ15は表示装置14に固定されてもよいし、表示装置14の筐体に内蔵されてもよい。

30

【0016】

以下、画像処理装置1が実現する機能について、図3を用いて説明する。図3に示すように、画像処理装置1は、機能的に、画像取得部21と、空間座標算出部22と、オブジェクト表示色決定部23と、合成画像生成部24と、を含んで構成されている。これらの機能は、制御部11が記憶部12に記憶されたプログラムに従って動作することにより実現される。このプログラムは、インターネット等の通信ネットワークを介して画像処理装置1に提供されてもよいし、光ディスク等のコンピュータ読み取り可能な情報記憶媒体に格納されて提供されてもよい。本実施形態において画像処理装置1は、実空間の景色を表す景色画像VIに対して仮想オブジェクトOを配置してなる合成画像CIを生成する。生成された合成画像CIは、表示装置14に表示される。

40

【0017】

画像取得部21は、ステレオカメラ15が実空間を撮影することで得られる距離画像(デプスマップ)DMを取得する。本実施形態において距離画像DMは、画像内の複数の単位領域ごとに、距離Dと色成分Cの情報を含んだ画像である。ここで単位領域は、画像内の一つ一つの画素であってもよいし、互いに隣接する複数の画素からなる画素ブロックであってもよい。距離Dは、対応する単位領域に写っている被写体の部分(以下、検出点Pという)までの距離である。画像取得部21は、カメラ15aの撮影画像とカメラ15b

50

の撮影画像の間における同じ検出点 P の視差による位置のずれから、当該検出点 P までの距離 D を算出する。色成分 C は、対応する単位領域の色を表す情報であって、一又は複数の数値によって構成される。例えば色成分 C は、R (赤)、G (緑)、B (青) の基本色それぞれの輝度を表す数値であってよい。画像取得部 2 1 は、カメラ 1 5 a 及びカメラ 1 5 b のいずれかの撮影画像内における、当該単位領域の画素値を、色成分 C として取得する。なお、カメラ 1 5 a 及びカメラ 1 5 b の撮影画像がモノクロ画像の場合、色成分 C は当該単位領域の輝度や明度を表す一種類の数値であってよい。

【0018】

図 4 は、ステレオカメラ 1 5 を構成するカメラの一つによって撮影された、実空間内の景色を表す景色画像 V I の一例を示している。また、図 5 は、この景色画像 V I に対応する距離画像 D M の一例を示している。この図の例では、距離画像 D M 内の全ての単位領域において距離 D が特定できているわけではない。具体的に、図中のドットパターンが、その位置に写っている被写体部分までの距離 D が特定された単位領域を示している。これに対してドットパターンが配置されていない領域は、距離 D が特定できていない領域である。ステレオカメラ 1 5 によって得られる 2 つの撮影画像の間で対応関係が特定できない箇所については、距離 D が算出されないことになる。検出点 P は、距離画像 D M 内において距離 D が特定された単位領域と一対一で対応している。つまり、ある大きさを持った物体が距離画像 D M 内において複数の単位領域にまたがって写っている場合、その物体の表面に複数の検出点 P が存在することになる。

【0019】

空間座標算出部 2 2 は、上述した距離画像 D M に含まれる各単位領域の画像内における位置、及び距離 D の情報に基づいて、各検出点 P の実空間内における位置座標 (空間座標) X を算出する。具体的に、ここでは注目する単位領域の距離画像 D M 内における位置座標を (u, v) で表すこととする。この座標値は、ステレオカメラ 1 5 の位置を基準とした検出点 P までの方向を表している。この座標値 (u, v) と距離 D の情報を用いることで、ステレオカメラ 1 5 の位置を原点とした空間座標系における検出点 P の位置座標 X の値を算出できる。なお、各単位領域の色成分 C は、この検出点 P の位置にある被写体部分の色を表している。つまり、実空間内の複数の検出点 P のそれぞれに対して、位置座標 X と色成分 C の情報が得られることになる。

【0020】

一例として、距離画像 D M 内の N 個の単位領域について、距離 D と色成分 C とが特定されているとする。ここで、i を 1 から N までの整数として、i 番目の単位領域の距離画像 D M 内の位置座標を (u_i, v_i)、当該単位領域に写っている被写体までの距離を D_i と表記する。また、当該単位領域の色成分が C_{r i}, C_{g i}, C_{b i} の 3 つの輝度値によって表現されるものとする。このとき、i 番目の単位領域に対応する検出点 P_i の位置座標 X_i は、u_i, v_i, D_i の 3 つの数値から算出される。位置座標 X_i は、3 次元空間の座標値 (x_i, y_i, z_i) によって表される。また、検出点 P_i の色成分 C は 3 つの輝度値 (C_{r i}, C_{g i}, C_{b i}) によって表される。このようにして、N 個の検出点 P のそれぞれについて、その位置座標 X の座標値 (x_i, y_i, z_i) と色成分 C の輝度値 (C_{r i}, C_{g i}, C_{b i}) が特定される。

【0021】

図 6 は、実空間に対応する仮想空間内に複数の検出点 P をプロットした様子を示している。この図における各検出点 P の位置は、位置座標 X によって表される実空間内の位置に対応している。また、図中においてステレオカメラ 1 5 の撮影位置から延びている直線は、ステレオカメラ 1 5 の撮影範囲を示している。このように、距離画像 D M を用いることによって、ステレオカメラ 1 5 の撮影範囲内に存在する物体の位置や色が特定されることになる。

【0022】

オブジェクト表示色決定部 2 3 は、実空間に対応する仮想空間内に仮想オブジェクト O を配置する。なお、仮想オブジェクト O の形状や表面のテクスチャー等の情報は、予め記

10

20

30

40

50

憶部 12 に格納されているものとする。

【0023】

さらにオブジェクト表示色決定部 23 は、仮想オブジェクト O の表示色を、空間座標算出部 22 によって算出された各検出点 P の位置座標 X、及び色成分 C の情報に基づいて決定する。より具体的に、オブジェクト表示色決定部 23 は、仮想オブジェクト O 表面の本来の色に対して、周囲の光による影響（ライティング効果）を反映させることによって、実際に表示する際の仮想オブジェクト O 表面の色成分を決定する。このライティング効果を決定する際に、各検出点 P の位置座標 X、及び色成分 C の情報を光源として利用する。これは、イメージベースドライティングと呼ばれる、画像を光源として利用する公知の手法に類似した手法である。ただし、イメージベースドライティングでは予め用意された画像が光源として用いられるため、実空間内の時間変化をリアルタイムに仮想オブジェクト O に反映させることは難しい。また、イメージベースドライティングでは仮想オブジェクト O から十分離れた位置に光源が存在すると仮定するため、仮想オブジェクト O の位置の変化による光源の影響の変化を再現することができず、仮想オブジェクト O の配置位置によらず仮想オブジェクト O に対するライティング効果は同じものになる。これに対して本実施形態では、実際にステレオカメラ 15 を用いて距離画像 DM を取得し、その距離画像 DM に基づいて算出される各検出点 P の位置座標 X 及び色成分 C の情報を光源として利用する。そのため、イメージベースドライティングと比較して、周囲の光による仮想オブジェクト O への影響をより現実に近い形で再現することができる。

10

【0024】

以下、オブジェクト表示色決定部 23 が検出点 P の情報を用いて仮想オブジェクト O の表示色を決定する処理の具体例について、説明する。まずオブジェクト表示色決定部 23 は、各検出点 P の位置座標 X を、仮想オブジェクト O の配置位置を原点とした極座標系（球面座標系）の座標値に変換する。この極座標系の座標値は、仮想オブジェクト O から見た各検出点 P の方向を表す 2 個の角度値 θ 、 ϕ と、原点から検出点 P までの距離 r からなる。ここで、 θ は仮想オブジェクト O から見た検出点 P の方位を表す 0 度から 360 度までの値である。 ϕ は仮想オブジェクト O から見た検出点 P の仰角または俯角を表し、水平方向を 0 度として -90 度（真下方向）から 90 度（真上方向）までの値をとる。

20

【0025】

図 7 は、この極座標系の（ θ ， ϕ ）平面に一部の検出点 P を配置した様子を示しており、サンプルとして検出点 P1 ~ P3 の 3 点を含む複数の検出点 P の位置が示されている。このように（ θ ， ϕ ）平面に検出点 P を配置してなる平面画像が、イメージベースドライティングにおける光源画像と同様に、仮想オブジェクト O に対するライティング効果の決定のために用いられる。以下では、（ θ ， ϕ ）平面上に検出点 P を配置して得られる平面画像を光源画像 LM という。光源画像 LM は、その内部を分割して得られる複数の単位領域のそれぞれに対して、色成分 C 及び距離 r の情報が設定された画像である。検出点 P に対応する単位領域については、この検出点 P に応じた色成分 C 及び距離 r が設定される。色成分 C はその検出点 P に存在する物体の色を表し、距離 r は仮想オブジェクト O から検出点 P までの距離を表している。なお、検出点 P の色成分 C は、距離画像 DM 内の当該検出点 P に対応する単位領域の色成分 C そのものであってもよいし、当該検出点 P 及びその周囲の検出点 P の色成分 C の平均値等であってもよい。

30

40

【0026】

この光源画像 LM は、全ての単位領域に検出点 P が対応しているわけではなく、検出点 P が対応しない単位領域も存在する。例えば、ステレオカメラ 15 から見て他の物体の陰に隠れて死角になっている箇所については、そこにどのような物体が存在するのか距離画像 DM を用いて特定することができない。そのため、そのような死角に何らかの物体が存在している場合であっても、光源画像 LM 内にその物体を表す検出点 P は含まれないことになる。また、前述したように、距離画像 DM 内の全ての単位領域について距離 D が特定できるとは限らないため、距離 D が特定できていない単位領域に写っている被写体については、その被写体に対応する検出点 P を光源画像 LM 内に配置することができない。また

50

、そもそもステレオカメラ 15 の撮影範囲外に存在する物体の情報は、光源画像 LM に反映されない。このような理由により、光源画像 LM 内には検出点 P が対応しない単位領域（以下、空白領域という）が存在することになる。この空白領域については、ライティング効果を決定する際に無視してもよいが、既知の検出点 P の情報を用いて補間処理を実行することによって、空白領域の色成分 C 及び距離 r を決定してもよい。この補間処理の具体例については、後述する。

【 0 0 2 7 】

必要に応じて補間処理を実行した後、オブジェクト表示色決定部 23 は、この光源画像 LM 内で色成分 C が設定された各単位領域（すなわち、検出点 P に対応する単位領域、及び補間処理によって色成分 C が算出された単位領域）を光源として、その光源からの光が照射された際の仮想オブジェクト O の表示色を決定する。これは、イメージベースドライティングと類似の処理によって実現できる。ただし、本実施形態では光源画像 LM 内の各単位領域に対して、色成分 C だけでなく仮想オブジェクト O からの距離 r が設定されている。そのため、仮想オブジェクト O の表示色を決定する際に、距離 r が小さい単位領域（すなわち、仮想オブジェクト O に近い位置に物体があると想定される単位領域）ほど、その単位領域による仮想オブジェクト O へのライティング効果が強くなるようにする。具体的には、例えば距離 r が小さい単位領域については輝度が実際よりも大きく、また距離 r が大きな単位領域については輝度が実際よりも小さくなるように色成分 C に含まれる輝度値を補正する。そして、イメージベースドライティングと同様の計算式で各単位領域の補正後の色成分 C が表す色を仮想オブジェクト O の表面に投影する。これにより、各検出点 P の現実の位置と仮想オブジェクト O との位置関係を反映した、よりリアリティがあるライティング効果を実現することができる。なお、光源画像 LM による仮想オブジェクト O へのライティング効果を算出する際には、距離 r だけではなく、仮想オブジェクト O 表面の材質（仮想オブジェクト O が周囲の光を反射しやすい物質か、反射しにくい物質かなど）に関する設定や、単位領域からの光の仮想オブジェクト O 表面に対する入射角などの情報を用いてもよい。

【 0 0 2 8 】

さらにオブジェクト表示色決定部 23 は、仮想オブジェクト O を配置することによって生じる周囲の物体の色の变化を算出してもよい。具体的にオブジェクト表示色決定部 23 は、仮想空間内において仮想オブジェクト O が配置される位置の周囲の各検出点 P に対して、前述した仮想オブジェクト O について行ったのと同様のライティング効果の演算を行って、仮想オブジェクト O からの光による色の变化量を算出する。ただし、他の検出点 P による光の影響は、実空間を実際に撮影した景色画像 V I に反映されているはずなので、オブジェクト表示色決定部 23 は仮想オブジェクト O 表面の色成分による検出点 P への影響だけを計算すればよい。また、全ての検出点 P について、仮想オブジェクト O からの光の影響を反映する必要はない。例えばオブジェクト表示色決定部 23 は、仮想オブジェクト O からの距離が所定値以下の検出点 P についてのみ、仮想オブジェクト O によって生じる色の变化量を算出する。仮想オブジェクト O によるライティング効果の計算の具体例については、後述する。

【 0 0 2 9 】

合成画像生成部 24 は、景色画像 V I に仮想オブジェクト O を配置してなる合成画像 C I を生成する。ここで、景色画像 V I に重ねて配置される仮想オブジェクト O は、ステレオカメラ 15 に対応する仮想空間内の位置から見た形状であって、かつ、オブジェクト表示色決定部 23 によって決定された表示色で表示される。

【 0 0 3 0 】

また、合成画像生成部 24 は、景色画像 V I 内の仮想オブジェクト O の周囲の領域に対して、仮想オブジェクト O の影響による色の变化を生じさせる。具体的に合成画像生成部 24 は、前述した処理によって算出された、検出点 P ごとの仮想オブジェクト O からの光による色の变化量を、景色画像 V I 内の検出点 P に対応する画素に反映させる。また、検出点 P に対応する画素だけでなく、その周囲の画素についても同様に画素値を変化させて

10

20

30

40

50

もよい。これにより、仮想オブジェクトOが現実中存在する場合にその光によって生じると想定されるライティング効果を景色画像V Iに発生させることができる。

【0031】

図8は、合成画像C Iの一例を示す図であって、図4で示した景色画像V Iに仮想オブジェクトOが配置された様子を示している。このようにして生成された合成画像C Iは、表示装置14の画面に表示される。これにより、景色画像V Iの中に現実の周囲の景色によるライティング効果を反映して色合いの変化した仮想オブジェクトOが存在する様子を表示することができる。

【0032】

以下、オブジェクト表示色決定部23が光源画像L M内の空白領域の色成分C及び距離rを決定する補間処理の具体例について、説明する。

【0033】

まず第1の例として、内挿を用いる例について説明する。この例では、光源画像L M内の複数の検出点Pを結んで光源画像L Mを複数のメッシュ（多角形領域）に分割する。そして、各メッシュ内のある空白領域について、メッシュの頂点を構成する検出点Pの色成分Cを重み付き平均して得られる値を、当該空白領域の色成分Cとする。このとき、各検出点Pの色成分Cに乘じられる重みは、当該空白領域と各検出点Pとの間の距離に応じて決定されてよい。例えば図7では検出点P1、P2、及びP3に囲まれた空白領域Wについて、その赤色の輝度値C_{rw}が、以下の計算式で計算される。

$$C_{rw} = (w_1 \cdot C_{rp1} + w_2 \cdot C_{rp2} + w_3 \cdot C_{rp3}) / (w_1 + w_2 + w_3)$$

ここでC_{rp1}、C_{rp2}、及びC_{rp3}はそれぞれ検出点P1、P2、及びP3の赤色の輝度値である。また、w₁、w₂、w₃はそれぞれの検出点Pと空白領域Wとの間の距離に応じて決まる重みである。この重みは、検出点Pと空白領域Wとの間の距離が近いほど大きな値になるよう決定される。その他の基本色の輝度値についても、同様にして算出される。また、距離rについても、同様にして算出されてよい。

【0034】

なお、このような内挿による空白領域の色成分Cの算出は、GPU（Graphics Processing Unit）によってハードウェア的に実現することもできる。GPUはテクスチャマッピングなどを実行する際に複数の頂点に囲まれたテクセルの色成分を内挿によって周囲の頂点の色成分から算出する機能を備えている。このような機能を利用することで、オブジェクト表示色決定部23は、各空白領域の色成分Cを高速に算出することができる。

【0035】

補間処理の第2の例として、オブジェクト表示色決定部23は、複数の検出点Pに囲まれた全ての空白領域に対して、同じ色成分Cを設定してもよい。この場合に空白領域に設定される色成分Cは、空白領域を囲む複数の検出点Pの色成分Cの代表値（平均値等）であってよい。この例では、例えば図7の検出点P1、P2、及びP3を結んでできる三角形内の全ての空白領域に対して、同じ色成分Cが設定される。なお、距離rについても、同様に算出された同じ値が設定されてよい。

【0036】

次に、仮想オブジェクトOによる周囲の物体へのライティング効果の計算の具体例について、説明する。

【0037】

まずオブジェクト表示色決定部23は、仮想オブジェクトOによる影響を計算する対象となる注目検出点Pについて、その注目検出点Pから仮想オブジェクトO表面上の1又は複数の基準点までの距離を算出する。ここで、仮想オブジェクトOの表面に設定される基準点は、仮想オブジェクトOの表面にマッピングされるテクスチャのテクセルであってもよいし、複数のテクセルから構成される領域であってもよい。また、仮想オブジェクトOを構成するポリゴンの頂点であってもよい。

【0038】

続いてオブジェクト表示色決定部23は、仮想オブジェクトO表面の各基準点の色成分

10

20

30

40

50

の情報を用いて、その基準点からの光による注目検出点 P の色の変化量（ライティング効果）を計算する。具体例として、仮想オブジェクト O 表面の一つの基準点 O 1 の影響による、ある注目検出点 P 1 の色の変化量 C_{p1} は、以下の計算式により計算されてよい。

$$C_{p1} = (A \cdot C_{o1}) / r$$

ここで C_{o1} は基準点 O 1 の色成分の値であり、 r は基準点 O 1 と注目検出点 P 1 との間の距離である。また、 A は予め定められた定数である。なお、色成分が複数種類の数値（複数の基本色の輝度値など）によって構成される場合、そのそれぞれについて上述の計算式によって変化量を算出する。あるいは、変化量 C_{p1} は、以下の計算式により計算されてもよい。

$$C_{p1} = A \cdot C_{o1} \cdot \exp(-r)$$

10

この計算式を使用した場合、距離 r が大きくなると、仮想オブジェクト O の色の影響は指数関数的に小さくなる。どのような計算式を用いる場合であっても、距離 r が大きければ大きいほど仮想オブジェクト O の色の影響が小さくなるようにすることが望ましい。

【0039】

一つの注目検出点 P に対して複数の基準点が影響を与える場合、オブジェクト表示色決定部 23 は、各基準点について上述したような計算式により変化量を計算する。そして、各基準点について算出された変化量を合計して、総変化量を算出する。この総変化量が、注目検出点 P の色成分 C に対する仮想オブジェクト O の影響による色の変化量 C_p となる。

【0040】

20

オブジェクト表示色決定部 23 は、仮想オブジェクト O 周囲の複数の注目検出点 P のそれぞれについて、以上説明したような計算により色の変化量 C_p を算出し、元の注目検出点 P の色成分 C に対して加算する。これにより、合成画像 C I 内における仮想オブジェクト O 周囲の領域へのライティング効果を表現することができる。なお、仮想オブジェクト O による周囲の物体へのライティング効果を算出するためには、各基準点の色成分として、前述した光源画像 L M によるライティング効果を反映した後の色成分を使用することが望ましい。

【0041】

以上説明した計算式では、仮想オブジェクト O までの距離 r を利用するため、実空間内の位置座標 X が特定できている検出点 P についてのみ、色の変化量 C_p を計算することができる。合成画像 C I 内の検出点 P 以外の位置の色については、補間処理によってその変化量 C_p を決定してもよい。この場合の補間処理は、光源画像 L M の空白領域について行ったものと類似する処理であってよい。すなわち、補間処理の対象となる注目領域に対して、その注目領域の周囲の複数の検出点 P の色の変化量 C_p を用いて、重み付け平均などにより当該注目領域の色の変化量 C_p を算出する。あるいは、オブジェクト表示色決定部 23 は、注目領域に最も近い検出点 P の色の変化量 C_p を、そのまま当該注目領域の色の変化量 C_p の値として用いてもよい。

30

【0042】

また、以上説明したものは別の手法として、オブジェクト表示色決定部 23 は、距離画像 D M に基づいて実空間内に存在する光源の位置を特定し、特定された光源位置を用いて仮想オブジェクト O による周囲へのライティング効果を計算してもよい。この例では、距離画像 D M を用いて実空間内における光源位置の位置座標が算出される。例えばオブジェクト表示色決定部 23 は、距離画像内 D M で色成分 C の値が所定値より大きい（すなわち、輝度や明度が高い）検出点 P を、光源と判定する。なお、色成分 C の値が所定値より大きい検出点 P が所定の大きさの範囲内に複数個ある場合、それらの検出点 P の中心位置を光源と判定してもよい。いずれにせよ、距離画像 D M に含まれる距離 D の情報を利用することによって、オブジェクト表示色決定部 23 は、実空間内における光源の 3 次元的な位置座標 L_x を特定できる。

40

【0043】

光源の位置座標 L_x を特定すると、オブジェクト表示色決定部 23 は、光源からの光が

50

仮想オブジェクトOの表面で反射することによって他の検出点Pにおいて生じる色の変化量 C_p を算出する。このような光源からの光の反射によるライティング効果は、光源の色成分C、光源の位置座標Lx、仮想オブジェクトO表面の法線方向などの情報を用いて、公知の手法により計算できる。さらに検出点P以外の箇所で生じるライティング効果も、前述した例と同様の補間処理によって計算できる。

【0044】

さらに、オブジェクト表示色決定部23は、光源の位置座標Lxと仮想オブジェクトOの位置座標を用いて、光源からの光によって生じる仮想オブジェクトOの影を表現してもよい。具体的に、仮想オブジェクトO周囲のある注目検出点P1の3次元的位置座標をX1とすると、オブジェクト表示色決定部23は、この位置座標X1と光源の位置座標Lxとを結ぶ直線が仮想オブジェクトOを通るか否か判定する。そして、通ると判定された場合、注目検出点P1に仮想オブジェクトOの影が生じることになるので、注目検出点P1の色を暗くする補正を行う。なお、前述したライティング効果の計算例と同様に、距離Dが特定されていない領域については、周囲の検出点Pの判定結果を利用して補間処理を行う。これにより、仮想オブジェクトOの存在によって合成画像CI内に生じる影を表現することができる。

10

【0045】

以上例示したような手法により、オブジェクト表示色決定部23は、景色画像VIに含まれる各单位領域に対する仮想オブジェクトOによるライティング効果（色の変化量）の情報を含んだ反射・陰影マップテクスチャーを生成する。合成画像生成部24は、このテクスチャーを景色画像VIに重ねることによって、実空間に存在する光源からの光を仮想オブジェクトOが反射したり遮ったりすることで生じるライティング効果を反映した合成画像CIを生成することができる。

20

【0046】

ここで、画像処理装置1が実行する処理の流れの具体例について、図9のフロー図を用いて説明する。

【0047】

まず画像取得部21が、ステレオカメラ15によって撮影された2枚の撮影画像を取得する（ステップS1）。ここでは、カメラ15aによって撮影された撮影画像を景色画像VIとして使用するものとする。続いて画像取得部21は、ステップS1で取得した2枚の撮影画像を用いて距離画像DMを生成する（ステップS2）。

30

【0048】

次に、空間座標算出部22が、ステップS2で生成された距離画像DM内の各单位領域の情報を用いて、検出点Pの位置座標X及び色成分Cを決定する（ステップS3）。ここでは、距離画像DM内において距離Dが特定されている単位領域と同数の検出点Pについて、位置座標Xが算出される。

【0049】

次に、オブジェクト表示色決定部23が、仮想オブジェクトOの実空間内における配置位置を決定する（ステップS4）。オブジェクト表示色決定部23は、例えばユーザーの指示に応じて仮想オブジェクトOの配置位置を決定してよい。あるいは、景色画像VIを解析した結果に基づいて仮想オブジェクトOの配置位置を決定してもよい。

40

【0050】

さらにオブジェクト表示色決定部23は、ステップS3で算出された各検出点Pの位置座標Xを、ステップS4で決定された仮想オブジェクトOの配置位置を原点とする極座標系の座標値に変換する。これにより、光源画像LMが生成される（ステップS5）。その後、オブジェクト表示色決定部23は、ステップS5で算出された検出点Pの光源画像LM内における位置、距離r、及び色成分Cの情報を用いて、光源画像LM内の空白領域に対する補間処理を実行する（ステップS6）。

【0051】

次に、オブジェクト表示色決定部23は、ステップS5及びS6によって各单位領域に

50

対して距離 r 、及び色成分 C が決定された光源画像 LM を用いて、仮想オブジェクト O の表示色を決定する（ステップ $S7$ ）。さらにオブジェクト表示色決定部 23 は、ステップ $S7$ で決定された仮想オブジェクト O の表示色の情報を用いて、仮想オブジェクト O 周囲の検出点 P について、仮想オブジェクト O の影響によって生じると想定される色の变化を算出する（ステップ $S8$ ）。

【0052】

次に、合成画像生成部 24 が、ステップ $S1$ で得られた景色画像 VI に対して仮想オブジェクト O を合成し、合成画像 CI を生成する（ステップ $S9$ ）。このとき、合成画像生成部 24 は仮想オブジェクト O の表示色としてステップ $S7$ で決定された色を使用する。また、ステップ $S8$ で決定された色の变化を、景色画像 VI 内の仮想オブジェクト O 周囲の画素に反映させる。これにより、仮想オブジェクト O があたかも現実存在しているかのようなライティング効果を仮想オブジェクト O やその周囲の物体に反映させた合成画像 CI を生成することができる。合成画像生成部 24 は、生成した合成画像 CI を表示装置 14 の画面に表示させる（ステップ $S10$ ）。

【0053】

画像処理装置 1 は、以上説明した処理を、例えば表示装置 14 のフレームレートに応じた時間間隔で繰り返し実行する。これにより画像処理装置 1 は、人の影に隠れた際に仮想オブジェクト O の表示色が暗くなるなど、リアルタイムで周囲の状況を仮想オブジェクト O の表示色に反映させた動画像を表示することができる。

【0054】

なお、本発明の実施の形態は以上説明したものに限られない。例えば以上の説明では、距離画像 DM の生成に用いる撮影画像をそのまま景色画像 VI としても利用することとした。しかしながらこれに限らず、画像処理装置 1 は距離画像 DM の生成に用いる撮影画像とは別に景色画像 VI を取得してもよい。例えば画像処理装置 1 は、予め定められた撮影条件で撮影された画像を景色画像 VI として使用する。一方、景色画像 VI を撮影する際の撮影条件とは異なる撮影条件で撮影した画像を用いて距離画像 DM を生成する。この場合の撮影条件としては、シャッタースピードや露出、感度等が挙げられる。このように撮影条件を変化させることで、距離 D を特定しやすい条件で撮影を行うことができる。なお、この場合において、距離画像 DM に含まれる各単位領域の色成分 C の情報は、景色画像 VI を参照して決定されてもよい。また、距離画像 DM の生成に用いる撮影画像を撮影する際に、シャッタースピードを速くすることで、明るい単位領域のみ距離 D が特定された距離画像 DM を得ることができる。このような距離画像 DM を利用すれば、仮想オブジェクト O に対するライティングの影響が少ないと想定される低輝度の検出点 P を無視して、大きな影響があると想定される高輝度の検出点 P だけを用いて仮想オブジェクト O の表示色を決定することができる。なお、ステレオカメラ 15 の撮影条件を変更する代わりに、距離画像 DM 内の色成分 C の値が所定値以上の単位領域の情報をを用いてライティング効果の算出を行ってもよい。

【0055】

また、以上の説明では一つのステレオカメラ 15 による撮影で得られる 1 枚の距離画像 DM だけを用いて仮想オブジェクト O に対するライティング効果を決定することとしたが、これに限らず、互いに異なる位置に配置された複数のステレオカメラ 15 を用いて得られる複数の距離画像 DM を用いて、仮想オブジェクト O の表示色を決定してもよい。この例では、画像処理装置 1 は各ステレオカメラ 15 の位置関係に関する情報を予め取得しているものとする。空間座標算出部 22 は、それぞれのステレオカメラ 15 の撮影で得られた距離画像 DM を用いて、検出点 P の位置座標 X を算出する。そして、オブジェクト表示色決定部 23 は、複数の距離画像 DM から得られた複数の検出点 P を一つの光源画像 LM 内に配置して、光源画像 LM を生成する。このとき、実空間の所定距離範囲内にそれぞれのステレオカメラ 15 から得られた検出点 P が存在する場合、そのうち一方のデータだけを使用してもよいし、双方のデータを光源画像 LM に反映させてもよい。このようにして得られる光源画像 LM を用いて仮想オブジェクト O の表示色を決定することにより、一つ

の距離画像DMだけでは撮影できない死角の領域などの情報も仮想オブジェクトOの表示色に反映させることができる。例えば、低い位置と天井等の高い位置の双方にステレオカメラ15を設置し、そこから得られた撮影画像を用いて距離画像DMを生成することで、単一の距離画像DMだけでは特定できない検出点Pの情報をを用いて仮想オブジェクトOの表示色を決定できる。

【0056】

また、画像処理装置1は、同じステレオカメラ15で時間をおいて複数回の撮影を行うことで得られる複数の距離画像DMを利用して仮想オブジェクトOの表示色を決定してもよい。特に、ステレオカメラ15の撮影条件や撮影方向、撮影位置を変化させて複数回の撮影を行うことで、より多く検出点Pの情報を取得することができる。特に、表示装置14がヘッドマウントディスプレイであって、ステレオカメラ15がヘッドマウントディスプレイに搭載されている場合、ユーザーの顔の動きに従ってステレオカメラ15の撮影範囲が変化する。この変化の前後で撮影を行って得られる複数の距離画像DMを利用することで、広範囲の検出点Pの情報をを用いて仮想オブジェクトOの表示色を決定することができる。

10

【0057】

さらに、景色画像VIを撮影するカメラは、距離画像DMを撮影するステレオカメラ15と別のカメラであってもよい。この場合、画像処理装置1は、複数のステレオカメラ15を使用する場合と同様に、各カメラの位置関係の情報を予め取得しているものとする。距離画像DMから得られる各検出点Pの実空間内における位置と、景色画像VIの撮影範囲との間の位置関係が判明していれば、画像処理装置1は、この検出点Pの情報をを用いて景色画像VIに重ねて配置される仮想オブジェクトOの表示色を決定することができる。

20

【0058】

また、以上の説明では距離画像DMは、ステレオカメラ15によって得られる複数の撮影画像を用いて生成されるものとした。しかしながらこれに限らず、距離画像DMは、その内部の単位領域ごとに被写体までの距離Dの情報を含むものであれば、どのような方式で生成されたものであってもよい。具体的に画像処理装置1は、例えばパターン照射方式やTOF方式などで生成された距離画像DMを用いて仮想オブジェクトOの表示色を決定してもよい。

【0059】

30

また、以上の説明では画像処理装置1は景色画像VIや距離画像DMの撮影が行われる場所に設置され、ステレオカメラ15と直接接続されることとしたが、本発明の実施の形態はこのようなものに限られない。例えば画像処理装置1は撮影場所から離れた場所に設置されたサーバ装置等であってもよい。この場合、画像処理装置1は、自身で距離画像DMを生成するのではなく、別のコンピュータで生成された距離画像DMをネットワーク経由で受信したりして取得してもよい。

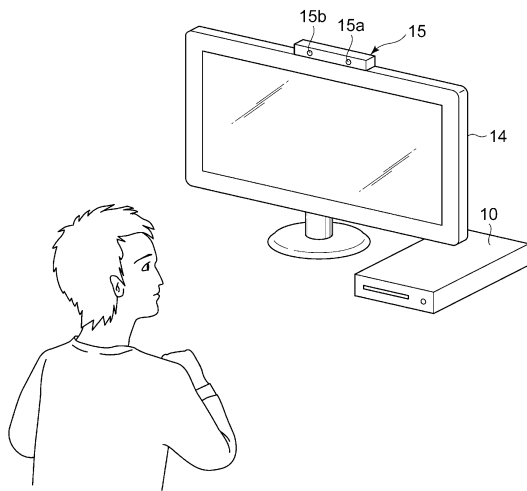
【符号の説明】

【0060】

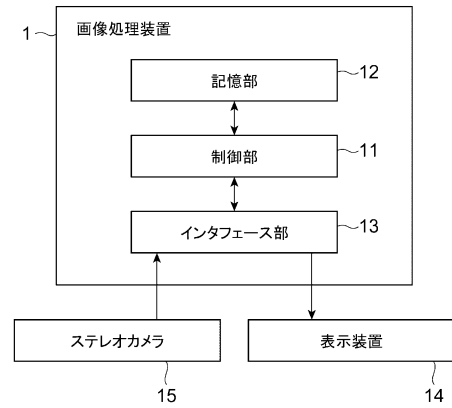
1 画像処理装置、11 制御部、12 記憶部、13 インタフェース部、14 表示装置、15 ステレオカメラ、21 画像取得部、22 空間座標算出部、23 オブジェクト表示色決定部、24 合成画像生成部。

40

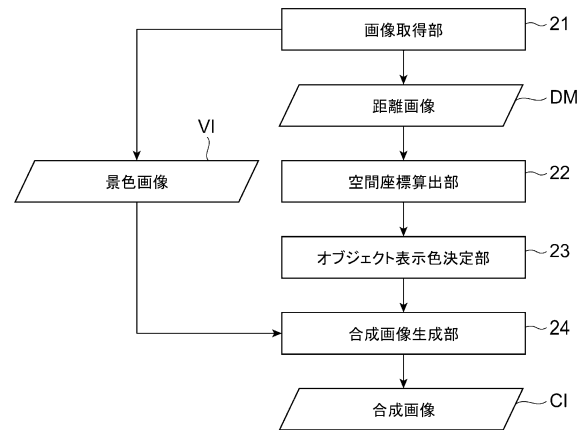
【図 1】



【図 2】



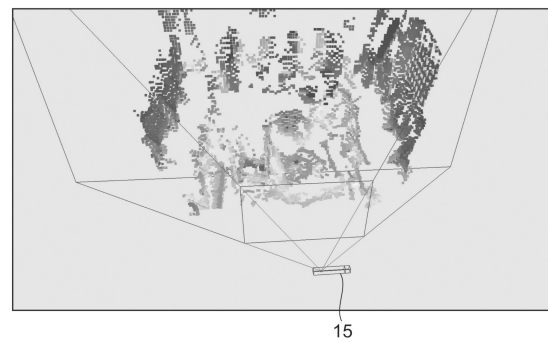
【図 3】



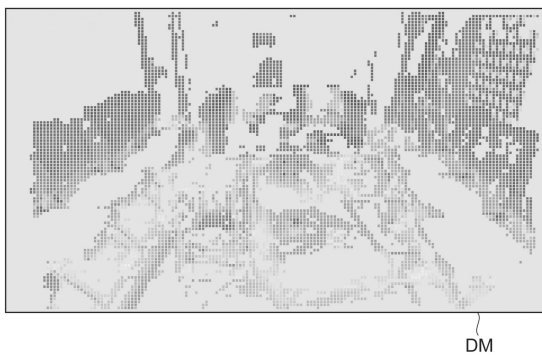
【図 4】



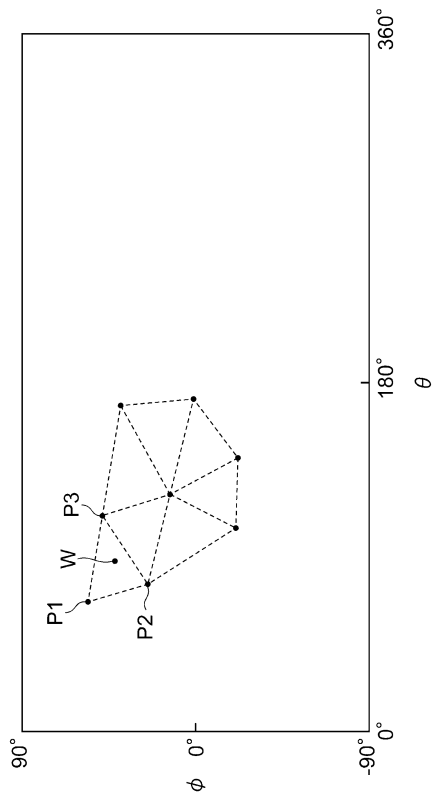
【図 6】



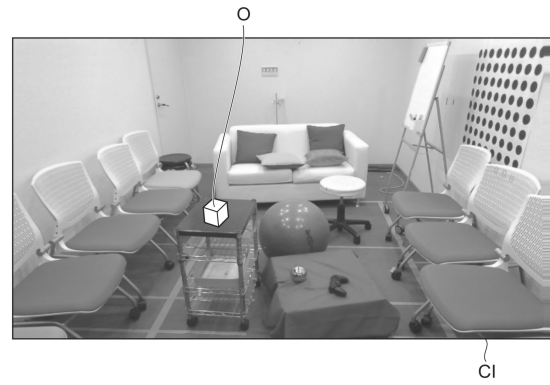
【図 5】



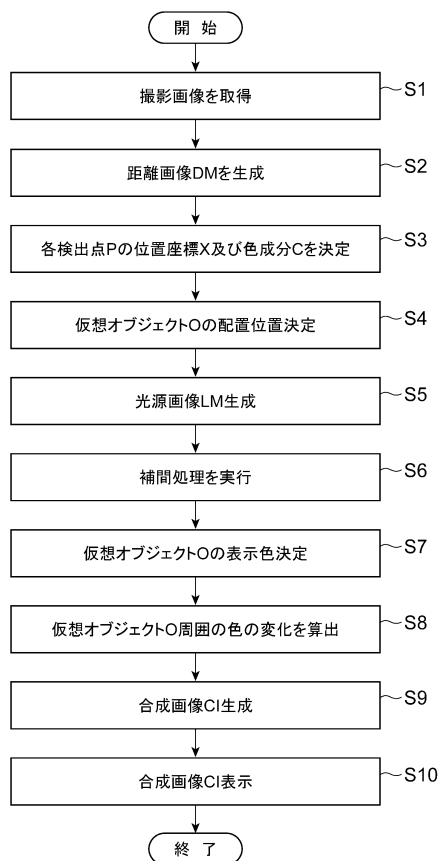
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 1 0 - 1 7 0 3 1 6 (J P , A)
特開 2 0 1 5 - 1 7 6 4 5 0 (J P , A)
特開 2 0 1 3 - 1 2 7 7 7 4 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
G 0 6 T 1 5 / 8 0
G 0 6 T 1 9 / 0 0
G 0 6 T 1 / 0 0