

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7145432号
(P7145432)

(45)発行日 令和4年10月3日(2022.10.3)

(24)登録日 令和4年9月22日(2022.9.22)

(51)国際特許分類	F I			
G 0 6 T 3/00 (2006.01)	G 0 6 T	3/00	7 6 0	
H 0 4 N 5/74 (2006.01)	H 0 4 N	5/74	Z	
G 0 9 G 5/00 (2006.01)	G 0 9 G	5/00	5 1 0 B	
G 0 3 B 21/14 (2006.01)	G 0 9 G	5/00	X	
	G 0 9 G	5/00	5 5 0 C	
請求項の数 5 (全21頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号	特願2018-113782(P2018-113782)	(73)特許権者	314012076 パナソニックIPマネジメント株式会社 大阪府大阪市中央区域見2丁目1番61号
(22)出願日	平成30年6月14日(2018.6.14)	(74)代理人	100106518 弁理士 松谷 道子
(65)公開番号	特開2019-215811(P2019-215811 A)	(72)発明者	青木 あすか 大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
(43)公開日	令和1年12月19日(2019.12.19)	(72)発明者	増谷 健 大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
審査請求日	令和3年4月23日(2021.4.23)	審査官	小池 正彦
最終頁に続く			

(54)【発明の名称】 投影システム、画像処理装置および投影方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

被投影物に可視光による映像を投影する可視光投影装置と、
前記可視光投影装置の光軸と一致しない光軸を有し、前記被投影物の画像を撮像するカメラと、
前記カメラによって撮像された前記画像に基づいて、前記被投影物に可視光により投影する映像を生成する画像処理装置とを備え、
前記画像処理装置は、
前記可視光投影装置の光軸と前記カメラの光軸との違いに起因する投影映像と前記被投影物との間のずれに対して、前記被投影物の位置に応じた補正を行い、前記可視光投影装置によって映像が投影される前記被投影物の投影領域を算出する補正部と、
前記被投影物に投影される映像を前記投影領域に投影するように映像データを生成する映像生成部とを備え、
前記補正部は、前記カメラと前記被投影物との間の、前記カメラの光軸方向の距離に応じて、前記被投影物の位置を補正する
投影システム。

【請求項2】

前記補正部は、前記被投影物の、前記カメラの光軸方向に垂直な方向の位置に応じて、前記被投影物の位置を補正する請求項1に記載の投影システム。

【請求項3】

操作部を更に備え、

前記補正部は、前記操作部によって入力された、前記可視光投影装置によって投影された映像の位置と前記被投影物の位置との間のずれ量の測定値に基づいて前記被投影物の位置を補正する

請求項 1 または 2 に記載の投影システム。

【請求項 4】

可視光投影装置によって被投影物に投影される可視光による映像を示す映像データを出力する映像出力部と、

前記可視光投影装置の光軸と一致しない光軸を有するカメラによって撮像された前記被投影物の画像データを入力する画像入力部と、

前記画像データが示す画像に基づいて、前記映像データを生成する制御部とを備え、

前記制御部は、

前記可視光投影装置の光軸と前記カメラの光軸との違いに起因する投影映像と前記被投影物との間のずれに対して、前記被投影物の位置に応じた補正を行い、前記可視光投影装置によって映像が投影される前記被投影物の投影領域を算出する補正部と、

前記被投影物に投影される映像を前記投影領域に投影するように映像データを生成する映像生成部とを備え、

前記補正部は、前記カメラと前記被投影物との間の、前記カメラの光軸方向の距離に応じて、前記被投影物の位置を補正する

画像処理装置。

【請求項 5】

被投影物に可視光による映像を投影できる位置に可視光投影装置を設置し、

前記可視光投影装置の光軸と一致しない光軸を有するように、前記被投影物の画像を撮像するカメラを設置し、

前記可視光投影装置の光軸と前記カメラの光軸との違いに起因する投影映像と前記被投影物との間のずれに対して、前記被投影物の位置に応じた補正として、前記カメラと前記被投影物との間の、前記カメラの光軸方向の距離に応じて、前記被投影物の位置の補正を行い、前記可視光投影装置によって映像が投影される前記被投影物の投影領域を決定し、

前記被投影物に投影される映像を前記投影領域に投影するように映像データを生成し、

前記生成された映像データが示す映像を前記可視光投影装置によって投影する

投影方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、被投影物に、その位置に応じた映像を投影する投影システム、画像処理装置および投影方法に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 は、照射光を被投影物に対して照射することによって、被投影物の表面に模様や色等のオブジェクトをマッピングする制御部、投影システム、プログラム及び画像処理方法を開示する。特許文献 1 の制御部は、撮像手段と、撮像手段によって撮像された被投影物を含む画像を取得する画像取得手段と、画像取得手段から取得された画像から被投影物の投影領域を抽出する領域抽出手段と、投影領域に対応したオブジェクトを投影領域にマッピングするマッピング手段と、を備える。これにより、被投影物が形状変化や移動等をして、オブジェクトの像が被投影物にマッピングされる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2013 - 192189 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】**【0004】**

本開示は、被投影物が移動した場合に生じる投影映像と被投影物との間のずれを補正し、被投影物が移動しても投影映像と被投影物との間にずれが生じないようにする投影システム、画像処理装置および投影方法を提供する。

【課題を解決するための手段】**【0005】**

本開示の一態様は、被投影物に可視光による映像を投影する可視光投影装置と、可視光投影装置の光軸と一致しない光軸を有し、被投影物の画像を撮像するカメラと、カメラによって撮像された画像に基づいて、被投影物に可視光により投影する映像を生成する画像処理装置とを備える投影システムを提供する。画像処理装置は、可視光投影装置の光軸とカメラの光軸との違いに起因する投影映像と被投影物との間のずれに対して、被投影物の位置に応じた補正を行い、可視光投影装置によって映像が投影される被投影物の投影領域を算出する補正部と、被投影物に投影される映像を投影領域に投影するように映像データを生成する映像生成部とを備える。

10

【0006】

本開示の他の態様は、可視光投影装置によって被投影物に投影される可視光による映像を示す映像データを出力する映像出力部と、可視光投影装置の光軸と一致しない光軸を有するカメラによって撮像された被投影物の画像データをを入力する画像入力部と、画像データが示す画像に基づいて、映像データを生成する制御部とを備える画像処理装置を提供する。制御部は、可視光投影装置の光軸とカメラの光軸との違いに起因する投影映像と被投影物との間のずれに対して、被投影物の位置に応じた補正を行い、可視光投影装置によって映像が投影される被投影物の投影領域を算出する補正部と、被投影物に投影される映像を投影領域に投影するように映像データを生成する映像生成部とを備える。

20

【0007】

本開示の更に他の態様は、可視光投影装置の光軸と一致しない光軸を有するように、被投影物の画像を撮像するカメラを設置し、可視光投影装置の光軸とカメラの光軸との違いに起因する投影映像と被投影物との間のずれに対して、被投影物の位置に応じた補正を行い、可視光投影装置によって映像が投影される被投影物の投影領域を決定し、被投影物に投影される映像を投影領域に投影するように映像データを生成し、生成された映像データが示す映像を可視光投影装置によって投影する投影方法を提供する。

30

【発明の効果】**【0008】**

本開示により、被投影物が移動した場合に生じる投影映像と被投影物との間のずれを補正し、被投影物が移動しても投影映像と被投影物との間にずれが生じないようにする投影システムを得る。

【図面の簡単な説明】**【0009】**

【図1】実施の形態1に係る投影システムの構成を示す図

【図2】実施の形態1に係る投影システムの画像処理装置の具体的な構成を示す図

40

【図3】実施の形態1に係る投影システムによるキャリブレーション処理の流れを示すフローチャート

【図4】可視光投影座標系における、実施の形態1に係る投影システムによるキャリブレーション処理に用いられる特徴点を示す図

【図5】カメラ座標系から見た図4の特徴点を示す図

【図6】投影システムにおけるオブジェクトの位置および形状の計測原理を説明するための図

【図7】オブジェクトが移動した場合に、テクスチャ映像の位置とオブジェクトの位置とがずれることを説明するための図

【図8A】テクスチャ映像の位置とオブジェクトの位置とがずれていない状態を示す図

50

【図 8 B】テクスチャ映像の位置とオブジェクトの位置とがずれた状態を示す図

【図 9】実施の形態 1 に係る投影システムによるプロジェクションマッピング動作を示すフローチャート

【図 10】実施の形態 2 に係る投影システムの構成を示す図

【図 11】実施の形態 2 に係る投影システムによる実測動作を説明するための図

【図 12】実施の形態 2 に係る投影システムによる実測動作の流れを示すフローチャート

【図 13】実施の形態 3 に係る投影システムの構成を示す図

【図 14】実施の形態 3 に係る投影システムによる補正動作を説明するための図

【図 15】実施の形態 3 に係る投影システムによる実測動作を説明するための図

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、適宜図面を参照しながら、実施の形態を詳細に説明する。但し、必要以上に詳細な説明は省略する場合がある。例えば、既によく知られた事項の詳細説明や実質的に同一の構成に対する重複説明を省略する場合がある。これは、以下の説明が不必要に冗長になるのを避け、当業者の理解を容易にするためである。

【0011】

なお、発明者（ら）は、当業者が本開示を十分に理解するために添付図面および以下の説明を提供するのであって、これらによって特許請求の範囲に記載の主題を限定することを意図するものではない。

【0012】

（実施の形態 1）

以下、図 1～8 を参照して、実施の形態 1 を説明する。

【0013】

[1-1. 構成]

図 1 は、実施の形態 1 に係る投影システム 100 の構成を示す図である。投影システム 100 は、スクリーン 2 と、投影システム 100 とスクリーン 2 との間を移動し得る人、物等のオブジェクト 3 とに、それらの位置および形状に応じた映像を投影するプロジェクションマッピングを行うシステムである。

【0014】

オブジェクト 3 には、模様、色彩、マーク、記号等を含むテクスチャ映像が投影される。

【0015】

ここで、図 1 に示すように、説明の便宜上、鉛直方向下向きを y 軸とし、y 軸に垂直な水平方向を x 軸とし、x 軸と y 軸に垂直な方向を z 軸とする。

【0016】

スクリーン 2 は、図 1 の例では、x y 平面上の長方形の平面状の形状を有する。しかしながら、スクリーン 2 の形状はこれに限定されず、球、曲面などであってもよいし、凹凸を有してもよい。また、スクリーン 2 は、例えば紙や布などを投影用に長方形に加工したものであるが、これに限定されず、建物の壁面や自然に形成された岩壁などであってもよい。

【0017】

投影システム 100 は、スクリーン 2 およびオブジェクト 3 を撮像するカメラ 4 を備える。カメラ 4 は、例えば CCD または CMOS イメージセンサなどの画像センサを備え、可視光および赤外線に対して感度を有するカメラである。投影システム 100 は、画像処理装置 5 を更に備える。画像処理装置 5 は、カメラ 4 によって撮像された画像に基づいて、スクリーン 2 およびオブジェクト 3 に投影する映像を生成するとともに、投影システム 100 の各部を制御する。

【0018】

投影システム 100 は、画像処理装置 5 によって生成された映像をスクリーン 2 およびオブジェクト 3 に可視光により投影する可視光投影装置 6 と、オブジェクト 3 に、それらの形状および位置を計測するための赤外線によるパターン映像を投影する赤外線投影装置

10

20

30

40

50

7とを更に備える。

【0019】

可視光投影装置6は、例えばDLP方式、3LCD方式、LCOS方式またはDMD方式などの方式により可視光による映像を投影するプロジェクタである。可視光投影装置6は、例えば画像処理装置5から入力される映像データに基づき、種々の映像コンテンツを含む映像を投影する。

【0020】

赤外線投影装置7は、例えばDLP方式、LCOS方式またはDMD方式などの方式により赤外線による映像を投影するプロジェクタである。赤外線投影装置7は、例えば画像処理装置5から入力される映像データに基づき、空間コード化法を用いてオブジェクト3

10

【0021】

可視光投影装置6および赤外線投影装置7は、同一の領域に、例えばスクリーン2およびオブジェクト3に光による映像を投影できるように配置される。可視光投影装置6の光軸と赤外線投影装置7の光軸は、図1では一致していないが、一致するように光学的に結合されてもよい。

【0022】

カメラ4は、可視光投影装置6および赤外線投影装置7によって映像が投影される領域（例えばスクリーン2およびオブジェクト3）の画像を撮像可能な位置に配置される。また、カメラ4は、カメラ4の光軸が、可視光投影装置6の光軸および赤外線投影装置7の光軸のいずれとも一致しないように配置される。

20

【0023】

投影システム100は、可視光投影装置6からの可視光によるコンテンツ映像をスクリーン2およびオブジェクト3に投影する。コンテンツ映像のうちオブジェクト3に投影されるべきもの（テキスト映像）を、オブジェクト3が移動したとしてもオブジェクト3に投影するために、赤外線投影装置7およびカメラ4を用いてオブジェクト3の位置および形状を計測する。

【0024】

図2は、画像処理装置5の具体的な構成を示す図である。画像処理装置5は、制御部10と、記憶部20と、カメラ4によって撮像された画像を受け取る画像入力部11と、制御部10内で生成された映像データを出力する映像出力部18とを備える。

30

【0025】

制御部10は、画像処理装置5の動作全体の制御を司る装置である。制御部10は、プログラムを実行することにより所定の機能を実現するCPUまたはMPUのような汎用プロセッサを含む。制御部10は、記憶部20に格納された制御プログラムを呼び出して実行することにより、画像処理装置5における各種の制御を実現する。制御部10は、ハードウェアとソフトウェアの協働により所定の機能を実現するものに限定されず、所定の機能を実現する専用に設計されたハードウェア回路でもよい。すなわち、制御部10は、CPU、MPU、GPU、FPGA、DSP、ASIC等、種々のプロセッサで実現することができる。

40

【0026】

記憶部20は種々の情報を記録する媒体である。記憶部20は、具体的には、フラッシュメモリ、SSD等の半導体メモリ装置やハードディスク等のディスク装置、その他の記憶デバイス単独で又はそれらを適宜組み合わせることで実現される。記憶部20には、制御部10が実行する制御プログラム、映像データ等が格納される。また、記憶部20は、制御部10の作業領域として動作してもよい。

【0027】

画像入力部11は、画像処理装置5と周辺機器（例えばカメラ4）とを接続するインターフェース回路（モジュール）である。また、映像出力部18は、画像処理装置5と周辺機器（例えば、可視光投影装置6および赤外線投影装置7）とを接続するインターフェース回

50

路（モジュール）である。画像入力部 1 1 および映像出力部 1 8 としては、U S B（Universal Serial Bus）、H D M I（登録商標）（High Definition Multimedia Interface）、I E E E 1 3 9 4、B l u e t o o t h（登録商標）等、種々のインタフェースが用いられる。

【 0 0 2 8 】

制御部 1 0 は、画像入力部 1 1 に入力された画像に基づいてオブジェクト 3 の位置を検出する検出部 1 2 を備える。

【 0 0 2 9 】

制御部 1 0 は、カメラ 4 によって撮像された画像に基づいて、可視光投影装置 6 によって投影された可視光による映像の各画素とカメラ 4 の各画素とを対応付ける座標変換行列を算出するキャリブレーション部 1 3 を更に備える。座標変換行列は、カメラ 4 から見た座標系（以下、「カメラ座標系」という。）を、可視光投影装置 6 による映像投影のための座標系（以下、「可視光投影座標系」という。）に変換するものである。座標変換行列は、記憶部 2 0 に格納される。

10

【 0 0 3 0 】

さらに、キャリブレーション部 1 3 は、赤外線投影装置 7 によって投影された赤外線による映像の各画素とカメラ 4 の各画素とを対応付けることもできる。これにより、可視光映像、赤外線映像およびカメラの各画素が対応づけられる。

【 0 0 3 1 】

制御部 1 0 は、検出部 1 2 によって検出されたカメラ座標系におけるオブジェクト 3 の位置に、座標変換行列を適用して、可視光投影座標系におけるオブジェクト 3 の位置を算出する座標変換部 1 4 を更に備える。

20

【 0 0 3 2 】

後述のように、座標変換部 1 4 によって算出された可視光投影座標系におけるオブジェクト 3 の位置に合致するように映像を投影しても、オブジェクト 3 がキャリブレーションが行われた位置から z 方向に移動した場合、テクスチャ映像の位置とオブジェクト 3 の位置とがずれる。そこで、制御部 1 0 は、このようなずれを補正して、テクスチャ映像の位置とオブジェクト 3 の位置とを一致させる補正部 1 5 を更に備える。補正方法の詳細については後述する。

【 0 0 3 3 】

制御部 1 0 は、補正部 1 5 によって得られたオブジェクト 3 の補正後の位置に応じて、予め与えられたコンテンツ映像データから、スクリーン 2 およびオブジェクト 3 に投影するための映像データを生成する映像生成部 1 6 を更に備える。映像生成部 1 6 で生成された映像データは、映像出力部 1 8 を経由して可視光投影装置 6 に送信され、可視光投影装置 6 によってスクリーン 2 およびオブジェクト 3 に投影される。

30

【 0 0 3 4 】

制御部 1 0 は、空間コード化法を用いてオブジェクト 3 の形状および位置を計測するためのパターン映像データを生成するパターン映像生成部 1 7 を更に備える。パターン映像生成部 1 7 で生成されたパターン映像データは、映像出力部 1 8 を経由して赤外線投影装置 7 に送信され、赤外線投影装置 7 によってオブジェクト 3 に投影される。

40

【 0 0 3 5 】

[1 - 2 . キャリブレーション動作]

以下、本実施形態に係る投影システム 1 0 0 によって行われるキャリブレーション動作について説明する。

【 0 0 3 6 】

図 3 は、投影システム 1 0 0 によるキャリブレーション処理の流れを示すフローチャートである。図 1 ~ 3 を参照して、キャリブレーション処理について説明する。まず、可視光投影装置 6 がスクリーン 2 上に特徴点を投影する（S 1 0 1）。次に、特徴点をカメラ 4 で撮影する（S 1 0 2）。

【 0 0 3 7 】

50

図 4 には、可視光投影座標系における 4 つの特徴点が示されている。可視光投影装置 6 によって投影される特徴点は、例えば図 4 に示すように交差する 2 つの線分である。

【 0 0 3 8 】

可視光投影装置 6 によって投影された特徴点をカメラ座標系で見ると、キャリブレーション処理が行われていない場合、図 5 のように見える。このように、キャリブレーション処理が行われていないと、カメラ 4 から見た映像は歪んで見える。つまり、キャリブレーション処理を行わずにプロジェクションマッピングを行った場合、可視光投影装置 6 と異なる位置にいる観客には、投影画像が歪んで見え、プロジェクションマッピングの演出効果が損なわれる。

【 0 0 3 9 】

そこで、画像処理装置 5 のキャリブレーション部 1 3 は、可視光投影装置 6 によって投影された可視光による映像の各画素とカメラ 4 の各画素とを対応付ける座標変換行列を算出する (S 1 0 3)。座標変換は、例えば、射影変換、アフィン変換、または透視投影変換である。算出された座標変換行列は、記憶部 2 0 に保存され、プロジェクションマッピングを行う際に使用される。プロジェクションマッピングを行う際に投影すべきデータにこの座標変換行列を適用することにより、カメラ 4 から見た映像が歪んで見える問題が解消される。

【 0 0 4 0 】

以上のキャリブレーション処理の前または後に、赤外線投影装置 7 によって投影された赤外線による映像の各画素とカメラ 4 の各画素とを対応付けるキャリブレーション処理が行われてもよい。これにより、可視光映像、赤外線映像およびカメラの各画素が対応づけられる。

【 0 0 4 1 】

[1 - 3 . 位置および形状の計測原理]

本実施の形態では、オブジェクト 3 の位置および形状 (深度) を計測する手段として、アクティブステレオ計測法および空間コード化法を採用する。

【 0 0 4 2 】

図 6 は、アクティブステレオ計測法を説明するための図である。図 6 では、カメラ 4 と赤外線投影装置 7 とが、 x 方向に間隔 C だけ離れて同じ z 位置に配置されている。赤外線投影装置 7 から出射した赤外線は、オブジェクト 3 の表面に入射して反射し、反射光がカメラ 4 に入射する。図 6 に示すように、入射光路と反射光路がなす角度 (以下、「視差」という。) を θ とする。このように、赤外線投影装置 7 によって投影された映像は、カメラ 4 から撮像すると視差 d だけずれて写る。そして、図 6 に示すように、カメラ 4 とオブジェクト 3 との間の z 方向の距離が変化すると、カメラ 4 の撮像画像における赤外線の反射点の位置の x 座標が変化する。

【 0 0 4 3 】

このような座標の変化に基づき、画像処理装置 5 の制御部 1 0 は、カメラ 4 と赤外線投影装置 7 との間隔 C を基線長とする三角法に基づく計算を行って、カメラ 4 とオブジェクト 3 との間の z 方向の距離を算出する。座標の変化は、空間コード化法に基づく計測パターンを用いて計測される。

【 0 0 4 4 】

[1 - 4 . 補正動作]

図 2 に示された補正部 1 5 によって行われる、キャリブレーション処理後のテクスチャ映像のずれに対する補正動作は、後述のプロジェクションマッピング動作の中で行われるものであるが、本実施の形態の特徴の 1 つであるため、特に項目を設けてここで説明する。

【 0 0 4 5 】

図 7 は、キャリブレーションが実施された位置からオブジェクト 3 が移動した場合に、テクスチャ映像の位置とオブジェクト 3 の位置とがずれることを説明するための図である。図 7 には、上から見た、スクリーン 2 と、オブジェクト 3 と、カメラ 4 と、可視光投影装置 6 とが示されている。図 7 では、オブジェクト 3 は、スクリーン 2 上ではなく、スク

10

20

30

40

50

リーン 2 から z 方向に距離 d だけ離れたスクリーン 2 に平行な面（以下、「マッピング面」という。）の上の点 P の位置にある。

【 0 0 4 6 】

前述のキャリブレーション動作は、可視光投影装置 6 によってスクリーン 2 上に特徴点を投影し、この特徴点をカメラ 4 で撮像することによって行われている。つまり、キャリブレーション動作は、スクリーン 2 を基準にして行われている。このため、カメラ 4 によって撮像された画像に基づき、オブジェクト 3 の位置を認識する場合、制御部 10 は、オブジェクト 3 が、カメラ 4 と点 P とを通る直線がスクリーン 2 と交わる点 Q の位置にあるものと認識する。

【 0 0 4 7 】

そのため、画像処理装置 5 は、可視光投影装置 6 を制御して、テクスチャ映像を、点 Q の位置に投影しようとする。しかし、オブジェクト 3 のあるマッピング面がスクリーン 2 より手前にあるため、テクスチャ映像は、可視光投影装置 6 と点 Q とを通る直線がマッピング面と交わる点 R の位置に投影される。このため、本来、マッピング面上の位置 P に投影されるべきテクスチャ映像は位置 R に投影されてしまい、投影位置にずれが生じる。

【 0 0 4 8 】

このように、キャリブレーションが実施された面（キャリブレーション面、図示の例ではスクリーン 2 ）より手前（すなわち、キャリブレーション面とカメラ 4 との間）にオブジェクト 3 がある場合、テクスチャ映像の位置とオブジェクト 3 の位置とがずれる。

【 0 0 4 9 】

例えば、オブジェクト 3 がキャリブレーション面内にある場合、映像は、図 8 A に示すようにオブジェクト 3 に適切に投影される。これに対して、キャリブレーション面より手前にオブジェクト 3 がある場合、図 8 B に示すように、テクスチャ映像の位置とオブジェクト 3 の位置とが M m 1 だけずれる。

【 0 0 5 0 】

投影映像のずれ量 M m 1、すなわち図 7 の点 P と点 R との間の距離は、次の式で表される。

【 0 0 5 1 】

【数 1】

$$Mm1 = B \frac{d}{D} \quad \dots \text{ (式 1)}$$

【 0 0 5 2 】

ここで、B はカメラ 4 と可視光投影装置 6 との間の x 方向の距離であり、D はカメラ 4 とスクリーン 2 との間の z 方向の距離であり、d はスクリーン 2 とマッピング面またはオブジェクト 3 との間の z 方向の距離である。

【 0 0 5 3 】

投影映像のずれの方向（点 P を基準とする点 R の位置）は、カメラ 4 と可視光投影装置 6 との位置関係に依存する。図 7 に示すように可視光投影装置 6 がカメラ 4 の + x 方向（紙面右方向）にある場合、投影映像のずれの方向も + x 方向となる。

【 0 0 5 4 】

また、マッピング面における、可視光投影装置 6 が投影することができる映像の x 方向の幅（以下、「投影幅」という。）h p と、投影映像のずれ量 M m 1 を画素数に換算した補正量 M x 1 は、次の式で表される。

【 0 0 5 5 】

【数 2】

10

20

30

40

50

$$hp = Hp \frac{D - d}{D} \quad \dots \text{ (式 2)}$$

【数 3】

$$Mx1 = Ph \frac{Mm1}{hp} \quad \dots \text{ (式 3)}$$

10

【0056】

ここで、Hp はスクリーン 2 における投影幅であり、Ph は可視光投影装置 6 の水平画素数 (x 方向の画素数) である。

【0057】

以上のような投影位置のずれを解消するため、補正部 15 は、映像の位置を補正量 Mx1 だけずらす補正を行うことにより、オブジェクト 3 に適切に映像を投影させることができる。

【0058】

距離 D および距離 d は、パターン映像生成部 17 によって生成されたパターン映像を用いて、空間コード化法によって測定することができる。したがって、プロジェクションマッピングの実行前に、スクリーン 2 における投影幅 Hp、カメラ 4 と可視光投影装置 6 との間の x 方向の距離 B、および、可視光投影装置 6 の水平画素数 Ph を、例えば記憶部 20 に格納しておくことにより、投影システム 100 は、プロジェクションマッピング中に補正量 Mx1 を随時測定して補正を行うことができる。

20

【0059】

以上では、水平方向 (x 方向) のずれの補正について説明したが、垂直方向 (y 方向) のずれも同様に補正することができる。

【0060】

[1 - 5 . プロジェクションマッピング動作]

30

図 9 は、投影システム 100 によるプロジェクションマッピング動作を示すフローチャートである。図 1、2 および 9 を参照して、プロジェクションマッピング動作について説明する。まず、赤外線投影装置 7 は、赤外線による計測用のパターン映像を、オブジェクト 3 に投影する (S201)。計測用のパターン映像は、記憶部 20 に格納されたデータに基づいて、パターン映像生成部 17 で生成されたものである。

【0061】

カメラ 4 は、オブジェクト 3 を撮像し、赤外線投影装置 7 によって投影されたパターン映像を撮像する (S202)。

【0062】

制御部 10 は、画像入力部 11 を介して画像データを受け取る。制御部 10 の検出部 12 は、受け取ったパターン画像データに基づいて、カメラ座標系におけるオブジェクト 3 の位置、特にカメラ 4 とオブジェクト 3 との間の z 方向の距離 (深度) を検出する (S203)。

40

【0063】

座標変換部 14 は、ステップ S203 で検出されたカメラ座標系におけるオブジェクト 3 の位置に、図 3 に示したキャリブレーション動作で得られた座標変換行列を適用して、可視光投影座標系におけるオブジェクト 3 の位置を算出する (S204)。

【0064】

しかしながら、前述のように、ステップ S204 で算出されたオブジェクト 3 の位置は、オブジェクト 3 がキャリブレーション面内でない場合、実際のオブジェクト 3 の位置が

50

らずれている。そこで、補正部 15 は、このようなずれを補正して、テクスチャ映像の位置と、実際のオブジェクト 3 の位置とを一致させるため、補正係数を算出する (S 205)。補正係数は、例えば、スクリーン 2 とオブジェクト 3 との間の z 方向の距離 d に基づいて (式 3) で与えられる $M \times 1$ である。

【0065】

映像生成部 16 は、ステップ S 204 で算出されたオブジェクト 3 の位置を、ステップ S 205 で得られた補正係数に基づいて補正する (S 206)。

【0066】

補正された位置にテクスチャ映像が投影されるように、予め与えられたコンテンツ映像データから、スクリーン 2 およびオブジェクト 3 に投影するための映像データを生成する (S 207)。つまり、映像生成部 16 は、補正後のオブジェクト 3 の位置に基づいて、投影のための映像データを生成する。

【0067】

映像生成部 16 は、生成した映像データを、映像出力部 18 を経由して可視光投影装置 6 に送信し、スクリーン 2 およびオブジェクト 3 に映像を投影する (S 208)。

【0068】

投影システム 100 は、以上の処理を所定のフレームレートにおいて繰り返し行う (S 209)。これにより、可視光投影装置 6 から投影される映像コンテンツをオブジェクト 3 の動きに精度良く追従させることができる。

【0069】

[1 - 6 . 効果等]

以上のように、本実施の形態において、投影システム 100 は、オブジェクト 3 に可視光による映像を投影する可視光投影装置 6 と、可視光投影装置 6 の光軸に一致しない光軸を有し、オブジェクト 3 の画像を撮像するカメラ 4 と、カメラ 4 によって撮像された画像に基づいて、オブジェクト 3 に可視光により投影する映像を生成する画像処理装置 5 とを備える。

【0070】

画像処理装置 5 は、可視光投影装置 6 の光軸とカメラ 4 の光軸との違いに起因する投影映像とオブジェクト 3 との間のずれに対して、オブジェクト 3 の位置に応じた補正を行い、可視光投影装置 6 によって映像が投影されるオブジェクト 3 の投影領域を算出する補正部 15 と、オブジェクト 3 に投影される映像を投影領域に投影するように映像データを生成する映像生成部 16 とを備える。

【0071】

これにより、投影システム 100 は、プロジェクションマッピング中に、オブジェクト 3 が移動した場合に生じる投影映像とオブジェクト 3 との間のずれを補正し、オブジェクト 3 が移動しても投影映像とオブジェクト 3 との間にずれが生じないようにすることができる。

【0072】

(実施の形態 2)

実施の形態 2 では、キャリブレーション処理の実施後、プロジェクションマッピングの実演前に、オブジェクト 3 の位置とテクスチャ映像の投影位置とのずれの量を人が計測 (実測) し、実測されたずれの量を用いてプロジェクションマッピングの実演中のずれの補正を行う投影システム 200 を開示する。

【0073】

[2 - 1 . 構成]

図 10 は、実施の形態 2 に係る投影システム 200 の構成を示す図である。本実施の形態の投影システム 200 では、画像処理装置 205 が、実施の形態 1 の画像処理装置 5 の構成に加えて、後述の実測位置における投影映像のずれ量 (以下、「実測量」という。) $Mm2$ の入力指示を受け付ける操作部 21 を更に備える。また、投影システム 200 の制御部 210 の動作、特に補正部 215 の動作が実施の形態 1 のものと異なる。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 4 】

操作部 2 1 は、使用者からの入力指示を受け付ける入力用インタフェースである。操作部 2 1 は、使用者から受け付けた入力指示や操作の内容を電気信号に変換して制御部 1 0 に伝達する。操作部 2 1 は、マウス、キーボード、タッチパネル、ボタン等を含む。

【 0 0 7 5 】

[2 - 2 . 実測動作]

本実施の形態では、キャリブレーション処理の実施後に、実測量 $Mm2$ を計測する実測動作が行われる。図 1 0 ~ 1 2 を参照しながら投影システム 2 0 0 による実測動作について説明する。図 1 1 は、投影システム 2 0 0 による実測動作を説明するための図である。図 1 2 は、投影システム 2 0 0 による実測動作の流れを示すフローチャートである。実測動作は、プロジェクションマッピングの実演前に、準備として行われる。

10

【 0 0 7 6 】

キャリブレーション処理の実施後、キャリブレーション面（図 1 1 に示す例ではスクリーン面 2）から z 方向に A だけ離れた位置（以下、「実測位置」という。）にオブジェクト 3 を配置する（ $S300$ ）。

【 0 0 7 7 】

次に、赤外線投影装置 7 は、計測用のパターン映像をオブジェクト 3 に投影し（ $S301$ ）、カメラ 4 は、パターン映像を撮像する（ $S302$ ）。

【 0 0 7 8 】

制御部 1 0 が、画像入力部 1 1 を介して画像データを受け取り、検出部 1 2 は、受け取ったパターン画像データに基づいて、カメラ座標系におけるオブジェクト 3 の位置を検出する（ $S303$ ）。

20

【 0 0 7 9 】

座標変換部 1 4 は、ステップ $S303$ で検出されたカメラ座標系におけるオブジェクト 3 の位置に、キャリブレーション動作で得られた座標変換行列を適用して、可視光投影座標系におけるオブジェクト 3 の位置を算出する（ $S304$ ）。

【 0 0 8 0 】

映像生成部 1 6 は、ステップ $S304$ で算出されたオブジェクト 3 の位置に基づいて、予め与えられた実測用の映像データから、スクリーン 2 およびオブジェクト 3 に投影するための実測用の映像データを生成する（ $S305$ ）。

30

【 0 0 8 1 】

映像生成部 1 6 で生成された映像データは、映像出力部 1 8 を経由して可視光投影装置 6 に送信され、可視光投影装置 6 によってスクリーン 2 およびオブジェクト 3 に投影される（ $S306$ ）。

【 0 0 8 2 】

実測用の映像は、オブジェクト 3 がキャリブレーション面内にある場合は、オブジェクト 3 に適切に投影される。しかしながら、キャリブレーション面より手前である実測位置にオブジェクト 3 がある場合、図 1 1 に示すように、テクスチャ映像の位置とオブジェクト 3 の位置とが $Mm2$ だけずれる。

【 0 0 8 3 】

そこで、使用者は、可視光投影装置 6 による映像の投影位置を何画素分移動させれば、テクスチャ映像の位置とオブジェクト 3 の位置との間のずれがなくなるかを特定する。すなわち、使用者は、実測量 $Mm2$ を画素数に換算した実測量換算値 $Mx2$ を特定し、操作部 2 1 を用いてこれを入力する。制御部 1 0 は、使用者により入力された実測量換算値 $Mx2$ を取得し、記憶部 2 0 に格納する（ $S307$ ）。

40

【 0 0 8 4 】

[2 - 3 . 補正動作]

図 1 1 に示すように、プロジェクションマッピング動作時において、オブジェクト 3 がスクリーン 2（キャリブレーション面）から距離 d の位置（マッピング面）にある場合、補正を行わないと、テクスチャ映像の位置とオブジェクト 3 の位置とは、 $Mm3$ だけずれ

50

る。マッピング面における投影映像のずれ量 $Mm3$ を可視光投影装置 6 の画素数に換算した補正量 $Mx3$ は、次の式で表される。

【 0 0 8 5 】

【数 4】

$$Mx3 = Mx2 \frac{d}{A} \quad \dots \text{ (式 4)}$$

【 0 0 8 6 】

10

本実施の形態に係る投影システム 200 は、補正部 215 によって映像の位置を補正量 $Mx3$ だけずらす補正を行うことにより、オブジェクト 3 に適切に映像を投影させることができる。さらに、本実施の形態では、プロジェクションマッピングの実演前に、実測面においてオブジェクト 3 の位置とテクスチャ映像の投影位置とのずれの量を実測することにより、パラメータ（図 2 に示すカメラ 4 と可視光投影装置 6 との間の距離 B 、カメラ 4 とスクリーン 2 との間の z 方向の距離 D 、スクリーン 2 とオブジェクト 3 との間の z 方向の距離 d 、投影幅 H_p など）を用いた計算による補正量の算出に比べ、より精度の高い補正を行うことができる。

【 0 0 8 7 】

以上では、水平方向（ x 方向）のずれの補正について説明したが、垂直方向（ y 方向）のずれも同様に補正することができる。

20

【 0 0 8 8 】

[2 - 4 . 効果等]

以上のように、本実施の形態において、投影システム 200 は、操作部 21 を更に備える。補正部 15 は、操作部 21 によって入力された、可視光投影装置 6 によって投影された映像の位置とオブジェクト 3 の位置との間のずれ量の測定値に基づいて、オブジェクト 3 の位置を補正する。

【 0 0 8 9 】

これにより、少なくとも 1 つの実測位置において、テクスチャ映像の位置とオブジェクト 3 の位置とのずれ量を測定することによって、プロジェクションマッピング中にオブジェクトが移動しても、投影映像とオブジェクト 3 との間にずれが生じないようにすることができる。

30

【 0 0 9 0 】

(実施の形態 3)

[3 - 1 . 構成]

図 13 は、実施の形態 3 に係る投影システム 300 の構成を示す図である。投影システム 300 は、記憶部 20 と、操作部 21 と、制御部 310 とを備える画像処理装置 305 を含む。制御部 310 は、補正部 315 を備える。

【 0 0 9 1 】

図 14 は、投影システム 300 による補正動作を説明するための図である。実施の形態 1、2 では、プロジェクションマッピング動作時において、オブジェクト 3 がスクリーン 2（キャリブレーション面）から z 方向に移動した場合、テクスチャ映像の位置とオブジェクト 3 の位置とがずれることを説明した。しかしながら、この位置ずれは、オブジェクト 3 がキャリブレーション面内を x 方向または y 方向に移動することによっても生じ得る。これは、例えば、キャリブレーション処理の精度が低いことや、可視光投影装置 6 の光軸とカメラ 4 の光軸とが平行でないことに起因する。

40

【 0 0 9 2 】

例えば、キャリブレーション処理後、図 14 に示すように、可視光投影装置 6 からキャリブレーション面に向かって、スクリーン 2 の中央より左側にオブジェクト 3 がある場合、適切な位置より左側に映像が投影され、スクリーン 2 の中央より右側にオブジェクト 3

50

がある場合、適切な位置より右側に映像が投影される場合がある。

【 0 0 9 3 】

そこで、本実施の形態では、オブジェクト 3 がキャリブレーション面内を移動することによって生じる投影映像のずれについても、実施の形態 2 と同様の実測動作および補正動作を行う。

【 0 0 9 4 】

[3 - 2 . 実測動作]

図 1 5 を参照して、投影システム 3 0 0 による実測動作について説明する。まず、x y 方向に広がるキャリブレーション面内の所定の基準点 C (0 , 0) にオブジェクト 3 を配置する。次に、実施の形態 2 における図 1 2 のステップ S 3 0 1 ~ S 3 0 7 と同様の手段によって、オブジェクト 3 に実測用の映像を投影する。使用者は、テクスチャ映像の位置とオブジェクト 3 の位置との間のずれ量を画素数に換算した実測量換算値 $M_x(0)$ を特定し、操作部 2 1 を用いて、制御部 3 1 0 に入力する。実測量換算値 $M_x(0)$ は、記憶部 2 0 に格納される。

【 0 0 9 5 】

次に、基準点 C (0 , 0) から x 方向に L だけ離れた点 D (L , 0) にオブジェクト 3 を配置し、オブジェクト 3 に実測用の映像を投影する。使用者は、ずれ量を画素数に換算した実測量換算値 $M_x(L)$ を特定し、操作部 2 1 を用いて、制御部 3 1 0 に入力する。実測量換算値 $M_x(L)$ は、記憶部 2 0 に格納される。

【 0 0 9 6 】

[3 - 3 . 補正動作]

以上の実測動作によって得られた結果から、オブジェクト 3 が点 X (x , 0) にある場合、ずれを補正するための補正量 $M_x(x)$ は、次の式で表される。

【 0 0 9 7 】

【数 5】

$$M_x(x) = \frac{M_x(L) - M_x(0)}{L} \cdot x \quad \dots \text{(式 5)}$$

【 0 0 9 8 】

投影システム 3 0 0 は、補正部 3 1 5 によって映像の位置を補正量 $M_x(x)$ だけずらす補正を行うことにより、オブジェクト 3 に適切に映像を投影させることができる。

【 0 0 9 9 】

以上では、水平方向 (x 方向) のずれの補正について説明したが、垂直方向 (y 方向) のずれも同様に補正することができる。

【 0 1 0 0 】

(他の実施の形態)

以上のように、本出願において開示する技術の例示として、実施の形態 1 ~ 3 を説明した。しかしながら、本開示における技術は、これに限定されず、適宜、変更、置き換え、付加、省略などを行った実施の形態にも適用可能である。また、上記実施の形態 1 ~ 6 で説明した各構成要素を組み合わせ、新たな実施の形態とすることも可能である。そこで、以下、他の実施の形態を例示する。

【 0 1 0 1 】

実施の形態 1 ~ 3 では、撮像手段 (カメラ) の一例として CCD または CMOS イメージセンサなどの画像センサを備えたカメラ 4 を説明した。撮像手段は、被写体像を撮像して画像データを生成するものであればよい。したがって、撮像手段は、CCD または CMOS イメージセンサなどの画像センサを備えたカメラに限定されない。

【 0 1 0 2 】

また、カメラ 4 の一例として、可視光および赤外線に対して感度を有するカメラを説明

10

20

30

40

50

した。しかしながら、投影システム 100、200、300 は、例えば、可視光に対して感度を有する第 1 のカメラと、赤外線に対して感度を有する第 2 のカメラとを備えてもよい。

【0103】

実施の形態 1～3 では、非可視光投影装置の一例として赤外線投影装置 7 を説明した。非可視光投影装置は、人が見ることができない非可視光映像を投影するものであればよい。したがって、非可視光投影装置は、赤外線による映像を投影する赤外線投影装置 7 に限定されない。例えば、非可視光投影装置は、紫外線による映像を投影する紫外線投影装置であってもよい。

【0104】

実施の形態 1～3 では、映像出力部 18 の一例として、赤外線によって投影される映像を示す映像データと可視光によって投影される映像を示す映像データの両方を出力する映像出力部 18 を説明した。しかしながら、画像処理装置 5、205、305 は、例えば可視光によって投影される映像を示す映像データを出力する第 1 の映像出力部と、赤外線によって投影される映像を示す映像データを出力する第 2 の映像出力部とを備えてもよい。

【0105】

実施の形態 1～3 では、投影システム 100、200、300 は、赤外線投影装置 7 からパターン映像を投影し、これをカメラ 4 によって撮像した画像を用いてオブジェクト 3 の位置および形状を検出することによって投影領域を検出し、その投影領域にテクスチャ映像を投影することを説明した。しかしながら、テクスチャ映像を投影する投影領域は、オブジェクト 3 の位置に適合するものであればよい。例えば、オブジェクト 3 にマーカーとして機能する再帰性反射材が取り付けられており、検出部 12 は、再帰性反射材をカメラ 4 によって撮像した画像を用いてマーカーの位置を検出する。マーカーの位置とテクスチャ映像との位置関係を予め決めておけば、検出されたマーカーの位置に応じて、オブジェクト 3 の位置に適合するようにテクスチャ映像を投影することができる。

【0106】

実施の形態 1～3 では、可視光投影装置 6 によって投影された可視光による映像の各画素とカメラ 4 の各画素とを対応付ける座標変換行列を算出するキャリブレーション部 13 について説明した。しかしながら、キャリブレーション部 13 によるキャリブレーション処理は、可視光投影装置 6 によって投影された可視光による映像の各画素とカメラ 4 の各画素とを対応付けるものであればよい。したがって、キャリブレーション部 13 は、座標変換行列を算出するものに限定されず、可視光投影装置 6 によって投影された可視光による映像の各画素とカメラ 4 の各画素とを対応付ける座標変換情報を決定するものであればよい。

【0107】

実施の形態 1～3 では、検出手段の一例として、空間コード化法を用いてスクリーン 2 およびオブジェクト 3 の形状および位置（いわゆる深度）を計測する検出部 12 を説明した。検出手段は、スクリーン 2 およびオブジェクト 3 の形状および位置を計測できるものであればよい。したがって、検出手段は、空間コード化法を用いるものに限定されない。例えば、検出手段は、2 台のカメラによって同じ特徴点を撮像し、特徴点マッチングを行うステレオ法を用いるものであってもよい。また、検出手段は、TOF (Time Of Flight) 法を用いるものであってもよい。

【0108】

実施の形態 1 では、キャリブレーションを実施する面（キャリブレーション面）がスクリーン面 2 に一致する例を説明した。しかしながら、キャリブレーション面は、スクリーン面 2 から所定の距離 S だけ離れ、スクリーン面 2 に平行な面であってもよい。例えば、キャリブレーション面は、人などのオブジェクト 3 がプロジェクションマッピングの実演中に移動する位置（例えば $S = 1 \text{ m}$ ）に設定される。この場合、投影映像のずれ量 $M \text{ mm}$ および投影幅 $h \text{ p}$ は、それぞれ、(式 1) および (式 2) の代わりに、次の (式 6) および (式 7) で表される。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 9 】

【数 6】

$$Mm1 = B \frac{d}{D - S} \quad \dots \text{ (式 6)}$$

【数 7】

$$hp = Hp \frac{D - S - d}{D} \quad \dots \text{ (式 7)}$$

10

【 0 1 1 0 】

ここで、Dはカメラ4とスクリーン2との間のz方向の距離であり、dはキャリブレーション面とマッピング面またはオブジェクト3との間のz方向の距離である。

【 0 1 1 1 】

実施の形態2では、実測動作の例として、1つの実測位置においてのみずれの実測量Mm2を測定する手段を説明した。しかしながら、z方向の位置が異なる複数の位置においてずれの実測量を測定し、複数の実測量に基づく線形補完によって、ずれを補正するための補正量を算出してもよい。

20

【 0 1 1 2 】

以上のように、本開示における技術の例示として、実施の形態を説明した。そのために、添付図面および詳細な説明を提供した。

【 0 1 1 3 】

したがって、添付図面および詳細な説明に記載された構成要素の中には、課題解決のために必須な構成要素だけでなく、上記技術を例示するために、課題解決のためには必須でない構成要素も含まれ得る。そのため、それらの必須ではない構成要素が添付図面や詳細な説明に記載されていることをもって、直ちに、それらの必須ではない構成要素が必須であるとの認定をするべきではない。

30

【 0 1 1 4 】

また、上述の実施の形態は、本開示における技術を例示するためのものであるから、特許請求の範囲またはその均等の範囲において種々の変更、置き換え、付加、省略などを行うことができる。

【産業上の利用可能性】

【 0 1 1 5 】

本開示は、物体に映像を投影する種々の用途に適用可能である。

【符号の説明】

【 0 1 1 6 】

2 スクリーン

40

3 オブジェクト

4 カメラ

5 画像処理装置

6 可視光投影装置

7 赤外線投影装置

10 制御部

11 画像入力部

12 検出部

13 キャリブレーション部

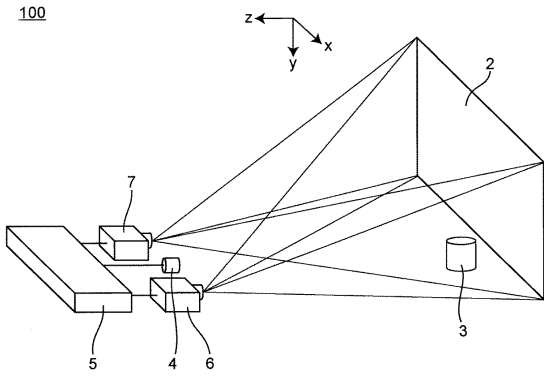
14 座標変換部

50

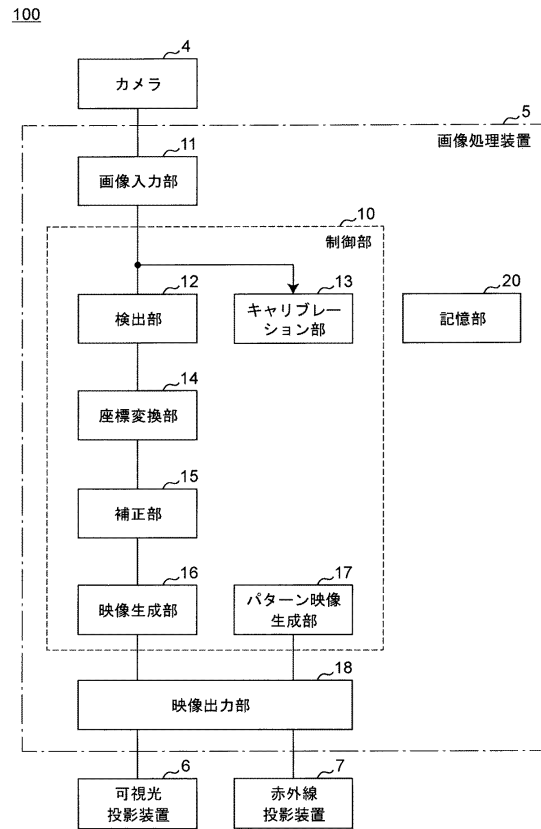
- 1 5 補正部
- 1 6 映像生成部
- 1 7 パターン映像生成部
- 1 8 映像出力部
- 2 0 記憶部
- 2 1 操作部
- 1 0 0 投影システム

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

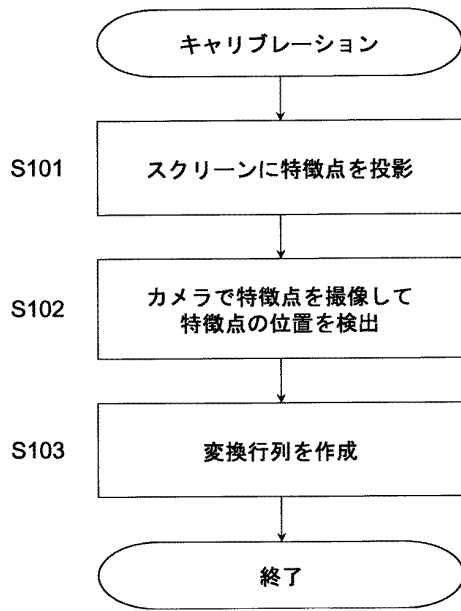
20

30

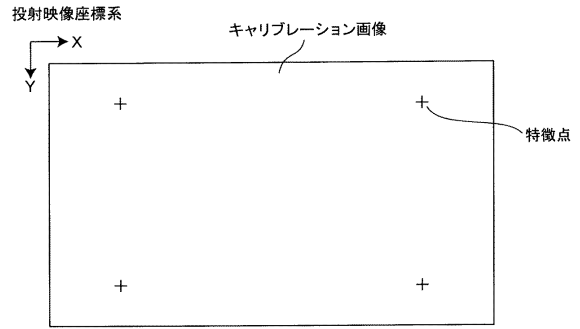
40

50

【図3】



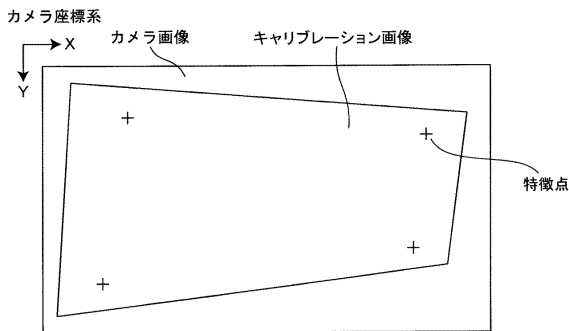
【図4】



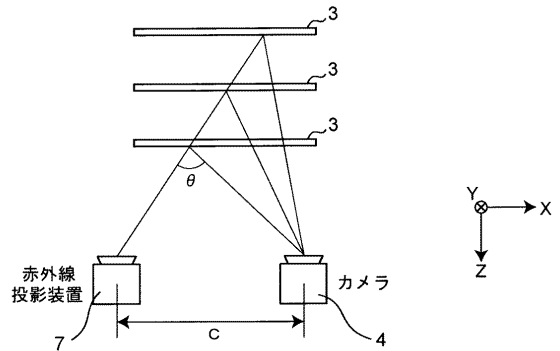
10

20

【図5】



【図6】

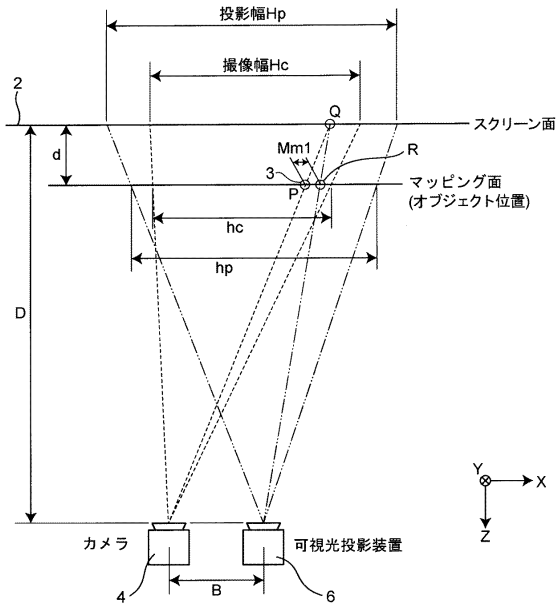


30

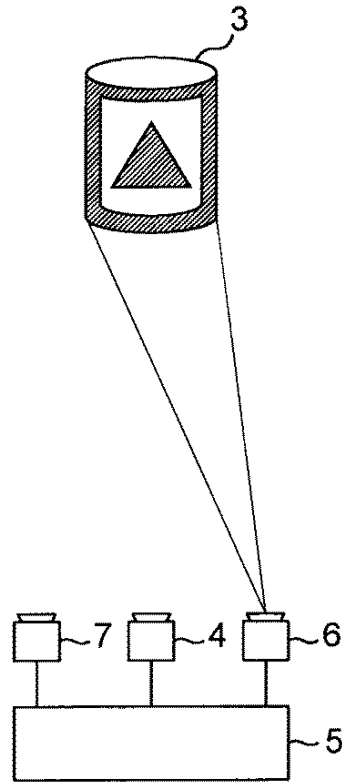
40

50

【図7】



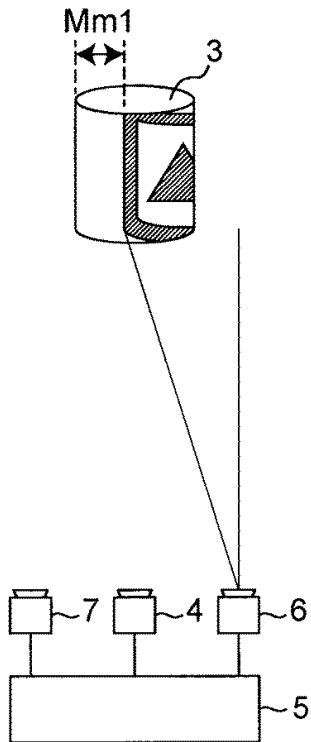
【図8A】



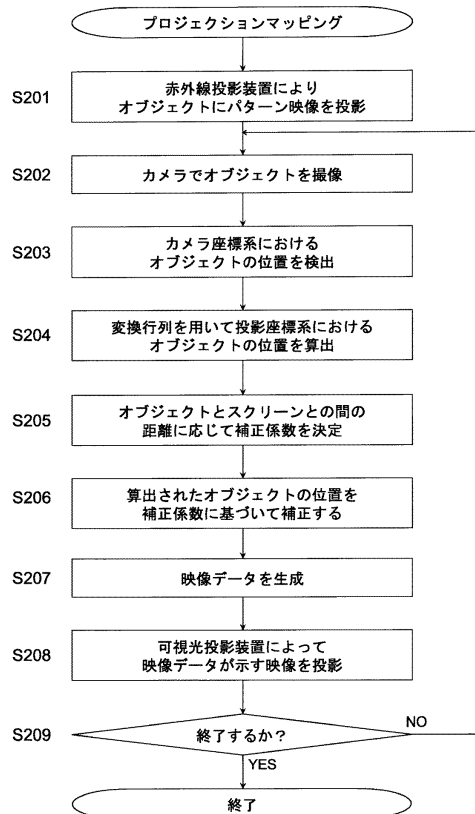
10

20

【図8B】



【図9】

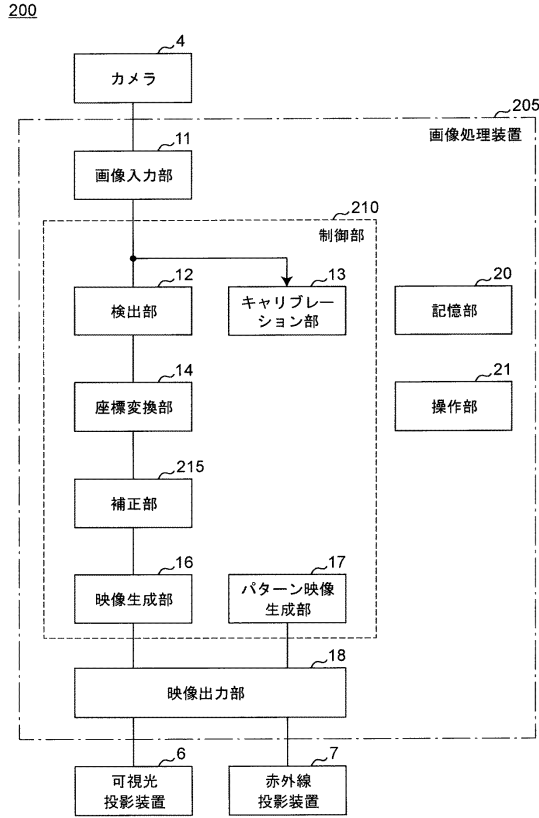


30

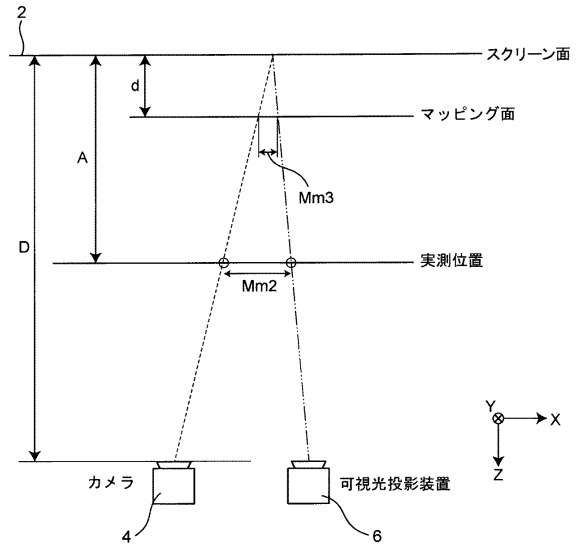
40

50

【図 1 0】



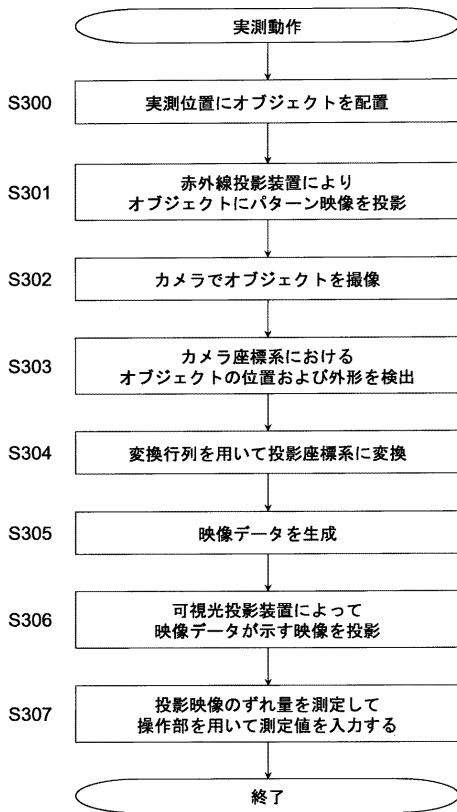
【図 1 1】



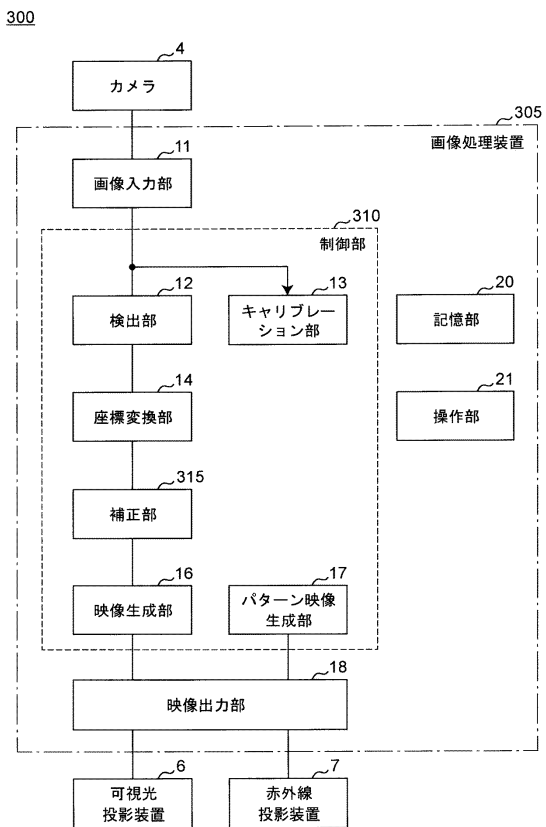
10

20

【図 1 2】



【図 1 3】

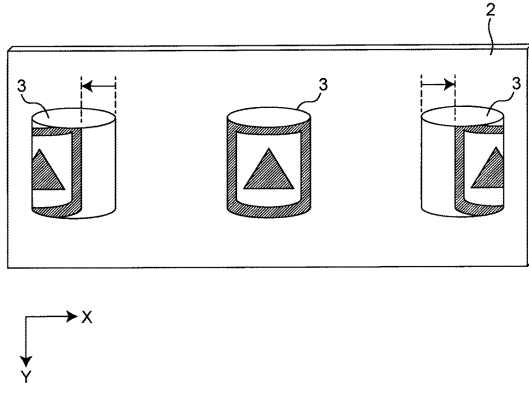


30

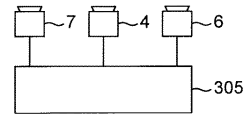
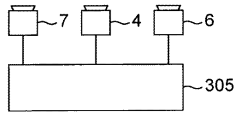
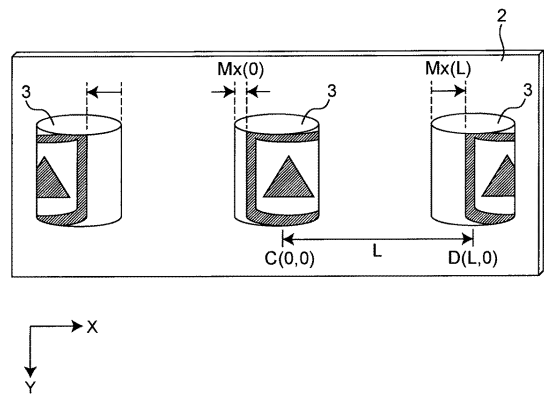
40

50

【 14 】



【 15 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I
G 0 3 B 21/14 Z

(56)参考文献

国際公開第 2 0 1 6 / 1 9 4 1 9 1 (W O , A 1)
特開 2 0 1 7 - 0 3 2 6 7 9 (J P , A)
特開 2 0 1 5 - 1 8 4 6 1 8 (J P , A)

(58)調査した分野

(Int.Cl. , D B 名)
G 0 6 T 3 / 0 0
H 0 4 N 5 / 7 4
G 0 9 G 5 / 0 0
G 0 3 B 2 1 / 1 4